

道路 PPP 事業のアベイラビリティ・ペイメント方式における
民間事業者へのインセンティブメカニズム

2019 年 8 月

平島 寛

論文の内容の要旨

論文題目：道路 PPP 事業のアベイラビリティ・ペイメント方式における民間事業者へのインセンティブメカニズム

氏名：平島 寛

海外の道路 PPP (Public-Private Partnership) 事業では、道路サービスの品質、運営・維持管理の効率性、業務受託者のインセンティブを高めるために様々な支払い方法が採用されている。なかでも道路 PPP 事業の支払い方式で潮流となっているのが、「道路を供用可能な状態に保つための運営・維持管理に対する受託者のパフォーマンスに応じた支払い方法」である Availability Payment (A/P) 方式である。米国の道路 PPP 事業では 2009 年以降 2017 年まで、米国フロリダ州の I-595 をはじめ約半数で、A/P 方式の DBFOM (設計・建設・資金調達・運営・維持管理) コンセッション (運営権) 事業が採用されている。カナダ、英国、スペイン、豪州の道路事業でも A/P 方式は実績が重ねられている。国内の道路 PPP 事業では、愛知県道路公社の有料道路で、受託者が需要リスクを負う独立採算型 Real Toll 方式のコンセッション事業が推進されているが、今後、道路 PPP 事業における選択肢の一つとして、A/P 方式の導入も考えられる。

A/P 方式の特徴の一つは、支払い調整 (減額) メカニズムを伴うことである。同メカニズムは、受託者が委託者と合意した供用状態 (Availability) や運営・維持管理 (Operation & Maintenance) における性能規定型の要求水準を満足できなかった場合に、予め設定された算式や表に基づいて不達分に対する調整額が当初の業務委託費から差し引かれる方法である。ここで、委託者は受託者のモラルハザードを回避しつつ、受託者の行動を想定したうえで、「最適な減額幅」を設定する必要がある。

A/P方式が採用されている米国道路PPP事業では、契約書等に減額幅に相当する支払い減額率が記載されている。データが入手できた6プロジェクト (フロリダ州I-595、同州I-4、インディアナ州I-69、同州East End Crossing、カリフォルニア州Presidio Parkway、オハイオ州Portsmouth Bypass) の減額幅はそれぞれ異なり、減額幅の規定だけでは委託者が想定している受託者の利得水準がどの程度なのかは不明である。

一方、国内の一般の道路維持管理業務では、財源不足、人材不足、技術不足の問題が深刻さを増しており、民間部門の資金力、技術力、マネジメント力を活用することが欠かせない。そうしたなかで、維持管理業務の包括的民間委託が試行されている。その業務サービス品質と効率性の向上を目指して期待されているのが、性能規定化の導入である。しかし、受託者のパフォーマンスを測定する指標の選定や、指標と支払いの関係付けに対する考え方が確立されていないことも一因となって、維持管理業務における性能規定化はまだ普及していない。性能規定化の普及にはパフォーマンス指標と業務対価支払い方法の関係付けが不可欠であり、そこに A/P 方式における支払い調整メカニズムの考え方を適用することが一つの手段になると考えられる。

こうした背景のもとに、本研究では、道路 PPP 事業の A/P 方式に適用される支払い調整メカニズムを対象として、①適用事業において支払い調整に用いられるパフォーマンス指標の特徴を明らかにすること、②受託者の機会主義的行動を抑制し、かつ事業への参加動機を損なわない最適な支払い調整条件を明らかにすること、③米国の 6 つの道路 PPP 事業で適用されている

A/P方式の支払い調整メカニズムの違いを比較分析すること、④一般道路の維持管理業務を対象に、A/P方式の支払い調整メカニズムの適用可能性を提示することを目的とした。

まず、米国、カナダ、英国、スペイン、豪州でA/P方式（一部、他のパフォーマンスベースの支払い方式を含む）が導入されている道路PPP事業の支払い調整に用いられているパフォーマンス指標を比較分析した結果、指標が、①Lane availabilityに関する指標、②O&M業務に関する指標、③安全性（事故率等）に関する指標、④走行性（走行速度・時間等）に関する指標、⑤その他（交通量、利用者満足度等）に類型化されることを明らかにした。

次に上記の指標類型のうち、Lane availabilityに関する指標の「車線閉鎖率」について、Unavailability event（事故、落下物、ポットホール、気象等）による供用不能状態（Unavailability）に対する支払い調整メカニズムとして、短期的なキャッシュフローに基づいて受託者と委託者の利得を定式化した。この際、委託者にとって受託者の行動に関連する監視可能な指標（車線閉鎖率）と対価（金銭授受）との連動がメカニズム設計の要諦であり、解法として、受託者の行動を想定して委託者の戦略を決定する「逆向き帰納法」（Backward induction）を用いた。すなわち、委託者が設定した支払い減額条件の下で受託者が利得を最大化する行動を選択する前提条件下で委託者の利得を最大にする展開型ゲームとしてモデル化を行い、受託者のパフォーマンスを制約条件とし、参加動機を保持する条件を境界条件として解を求めることとした。

その結果、支払い減額率の大小によって受託者の行動パターンが3領域、すなわち、受託者にスラックが働いてパフォーマンスを発揮しない（コスト増率を掛けない）Slack zone、受託者がパフォーマンスを発揮する（コスト増率を掛ける）Performance zone、受託者が損失を被り業務への参画者が現れないShortfall zoneに分類され、以下の点が明らかとなった。

- ① 委託者が利得を上げる（車線閉鎖時間の短縮を図る）には、支払い減額率を Performance zone に設定して、受託者にパフォーマンスを発揮させることが必須である。発注者が最大の利得を上げるには、支払い減額率を Performance zone の上限値、すなわち受託者が最低利得を確保できる点に設定することが最適である。
- ② 受託者の能力が大きいほど、Performance zone における支払い減額率の下限値は小さく（スラックが働く範囲は狭く）、支払い減額率の上限値は大きく設定できる。その結果、有能な受託者に対するほど、Performance zone を広く設定でき、支払い減額率を上限値に設定した際の車線閉鎖時間の短縮の程度は大きくなる。
- ③ 車線閉鎖率が小さい（大きい）ほど、受託者にスラックが働かないようにするために、Performance zone における支払い減額率の下限値は大きく（小さく）設定する必要がある。一方、車線閉鎖時間の短縮の程度を大きくするには、車線閉鎖率が小さい（大きい）ほど、支払い減額率の上限値を大きく（小さく）設定する必要がある。
- ④ 通行料金収入による有料道路運営の場合、車線閉鎖による料金未徴収分を業務対価から機械的に減額するだけでは、受託者の最低利得との関係で、委託者にとって必ずしも十分な車線閉鎖時間の短縮効果が得られない場合がある。

また、データを入手できた米国の6道路PPP事業を対象に、各事業で規定された支払い減額率の比較を行った。各事業における支払い減額率については、影響因子（曜日、時間帯、区間、閉鎖車線数）によって数値が設定される点は共通しており、交通量の多い曜日、時間帯（6:00～9:00、16:00～19:00または15:00～18:00）の支払い減額率が高くなっている。また、3車線閉鎖の支払い減額率が1車線閉鎖の比率より高く設定されている。全般的に、Presidio Parkway、

Portsmouth Bypass、I-595 の支払い減額率が高く、一方で、I-69、East End Crossingの減額率が低く、交通量の多い時間帯を除き、受託者にスラックが発生しやすい設定になっていること等が明らかとなった。

更に、一般の維持管理業務にA/P方式の支払い減額メカニズムの考え方を適用する際の条件について、分析を試みた。O&M業務に関するパフォーマンス指標は、支払い対象期間内に設定指標の目標値に対して実測値が不達（不履行）の場合に不達分に応じて減額を科す「指標目標値設定型」と、管理瑕疵や不具合が発見された際に当該状態を修復するために時間的な猶予を与えて不達（不履行）の場合に減額を科す「処理時間設定型」に大別できることから、それぞれの利得評価モデルに則って定式化し分析評価を行った結果、以下が明らかとなった。

- ① 一般の維持管理業務に対して、委託者の収入を公的財源からの獲得予算と考えることで、有料道路におけるA/P方式の支払い調整メカニズムと同様のモデル化を行い、委託者にとって利得を最大にする条件を導くことが可能であり、一般道路の維持管理業務に道路PPP事業のA/P方式に用いられる支払い調整メカニズムを適用できる可能性が示唆される。
- ② 「指標目標値設定型」の維持管理業務では、最適な支払い減額倍率の設定は受託者のパフォーマンス発揮を誘導する指標目標値によって変化する。したがって、指標目標値と支払い減額倍率を適切に設定することによって、最大の達成値が期待できる一方、目標値を高く設定しすぎると、達成値が目標値を下回ることがある。
- ③ 「処理時間設定型」の維持管理業務に対しても、想定修復時間に対する修復猶予時間の比率によって支払い減額倍率の最適な設定が調整できる。委託者は修復猶予時間率と支払い減額倍率の組み合わせを適切に設定することによって、総処理時間を最小にして委託者の利得を最大とする条件を求めることが可能である。

最後に、本研究では定式化において複数のパラメータや変数を使っているため、委託者による適切な支払い減額幅の設定には実データの裏付けが必要になること、委託者の利得式について、財務ベースの利得の最大化ではなく **non-financial** な要素を考慮した費用便益（社会的厚生 の目標）の最大化も想定できることなど、定式化したモデルの検証に関する課題と、モデルの適用範囲を拡大し一般化するための課題を整理した。

[目次]

第1章 序論	1
1.1 研究の背景	1
1.2 研究の目的	6
1.3 研究の手法	7
1.4 既往の研究	9
1.5 論文の構成	13
第2章 アベイラビリティ・ペイメント方式とパフォーマンス指標	19
2.1 本章の目的と手法	19
2.2 支払い方式の分類と A/P 方式の位置付け	19
2.3 A/P 方式の動向とパフォーマンス指標	22
2.3.1 米国における A/P 方式の動向とパフォーマンス指標	22
2.3.2 カナダにおける A/P 方式の動向とパフォーマンス指標	39
2.3.3 英国における A/P 方式の動向とパフォーマンス指標	41
2.3.4 スペインにおける A/P 方式の動向とパフォーマンス指標	47
2.3.5 その他の A/P 方式の動向	49
2.4 パフォーマンス指標の分類と比較	52
2.5 結論	55
第3章 A/P 方式における支払い調整メカニズムの特性分析	57
3.1 本章の目的と手法	57
3.2 A/P 方式の支払い調整メカニズムの特性	58
3.2.1 支払い調整メカニズムと民間事業者の行動	58
3.2.2 Unavailability に対する支払い調整メカニズムの特性	58
3.2.2.1 民間事業者の利得の定式化と解法	58
3.2.2.2 発注者の利得の定式化	61
3.2.2.3 民間事業者の利得+発注者の利得	63
3.2.2.4 民間事業者と発注者の利得シミュレーション	64
3.2.3 まとめ	71
3.3 米国の事例分析	72
3.3.1 各プロジェクトの支払い調整メカニズムの分析	72
(1) I-595 (フロリダ州)	72
(2) I-4 (フロリダ州)	73
(3) I-69 (インディアナ州)	73
(4) East End Crossing (インディアナ州)	74
(5) Presidio Parkway (カリフォルニア州)	74
(6) Portsmouth Bypass (オハイオ州)	75
3.3.2 各プロジェクトの支払い調整メカニズムの比較	76

3.4	A/P方式の支払い調整メカニズムの運用に関する示唆	81
3.4.1	民間事業者にとっての示唆	81
3.4.2	発注者にとっての示唆	82
3.5	結論	82
第4章	道路の維持管理業務における支払い減額メカニズムの適用	85
4.1	本章の目的と手法	85
4.2	維持管理業務における支払い減額システム	85
4.2.1	維持管理業務に対するパフォーマンス指標	85
4.2.2	維持管理不履行に対する支払い減額システム	97
4.3	指標目標値の不達に対する支払い減額システムの定式化と評価	98
4.3.1	支払い減額システムの定式化	98
4.3.2	民間事業者と発注者の利得の解法	102
4.3.3	民間事業者と発注者の利得シミュレーション	104
4.4	管理瑕疵の修復までの時間に対する支払い減額システムの定式化と評価	110
4.4.1	支払い減額システムの定式化	110
4.4.2	民間事業者と発注者の利得の解法	112
4.4.3	民間事業者と発注者の利得シミュレーション	114
4.5	維持管理業務における定式化と評価のまとめ	118
4.6	一般道路における維持管理業務のケーススタディ	119
4.6.1	想定ケースの前提条件	119
4.6.2	アセットマネジメント目標	120
4.6.3	業務対価支払い方法の検討	121
4.6.4	支払い減額関連係数の設定	121
4.7	結論	126
第5章	結論	129
5.1	結論	129
5.2	今後の課題	131
補遺		133
	・ 「3.2.2.4」、「4.3.3」、「4.4.3」の補足	
謝辞		
付表		
	・ I-595（米国フロリダ州）におけるO&M要求水準とAvailability Faults（運営期間中）	

[図 目次]

第1章 序論

- ・ 図 1-1 米国道路 PPP 事業における事業タイプ別件数の推移

第2章 アベイラビリティ・ペイメント方式とパフォーマンス指標の比較

- ・ 図 2-1 事業タイプ別件数の推移

第3章 A/P 方式における支払い調整メカニズムの分析

- ・ 図 3-1 低減関数の係数と低減率
- ・ 図 3-2 各プロジェクトの閉鎖車線数による時間帯の支払い減額率
- ・ 図 3-3 時間帯による各プロジェクトの支払い減額率の分布（1車線閉鎖の場合）
- ・ 図 3-4 時間帯による各プロジェクトの支払い減額率の分布（全車線閉鎖の場合）
- ・ 図 3-5 各プロジェクトの車線閉鎖率と最低利得率の関係（全車線閉鎖の場合）
- ・ 図 3-6 各道路の車線閉鎖率による民間事業者の利得率の変化／1車線閉鎖（上）と全車線閉鎖（下）
- ・ 図 3-7 車線閉鎖率に対する業務委託費（MAP）

第4章 道路の維持管理業務委託における支払い減額メカニズムの適用

- ・ 図 4-1 民間事業者に対する支払い減額倍率を表す関数の考え方
- ・ 図 4-2 増加関数の設定
- ・ 図 4-3 指標目標値 D_m と支払い減額倍率 b の関係（ $\gamma=0.75$ 、 $k_1=0.8$ 、 $k_2=0.1$ 、 $D_0=0.7$ 、 $e=4.2857$ ）
- ・ 図 4-4 低減関数の設定
- ・ 図 4-5 修復猶予時間比率 g と支払い減額倍率 b の関係
- ・ 図 4-6 修復猶予時間比率 g と総処理時間の関係
- ・ 図 4-7 支払い減額メカニズムの適用フロー

補遺

<3.2.2.4の補足>

- ・ 図 3-11 支払い減額率 β による最適コスト増率 α_q の比較
- ・ 図 3-12 民間事業者と発注者の利得線（ $k_1=0.8$ 、 $E=1.0$ 、 $e=30$ 、 $k_2=0.1$ 、 $\gamma=0.5$ 、 $L=0.02$ ）
- ・ 図 3-13 発注者＋民間事業者の合計利得線
- ・ 図 3-14 民間事業者と発注者の利得線（ $k_1=0.8$ 、 $E=1.0/1.2$ 、 $e=30$ 、 $k_2=0.1$ 、 $\gamma=0.5$ 、 $L=0.02$ ）
- ・ 図 3-15 民間事業者と発注者の利得線（ $k_1=0.8$ 、 $E=1.0$ 、 $e=30$ 、 $k_2=0.1$ 、 $\gamma=0.5$ 、 $L=0.02/0.03$ ）

<4.3.3の補足>

- 図 4-11 支払い減額倍率 b による最大利得を与えるコスト増率 α の変化 ($k_1=0.8$ 、 $E=1.0$ 、 $e=4.2857$ 、 $k_2=0.1$ 、 $D_0=0.7$ 、 $D_m=0.8$)
- 図 4-12 支払い減額倍率 b による民間事業者の利得線 ($k_1=0.8$ 、 $E=1.0$ 、 $e=4.2857$ 、 $\gamma=0.75$ 、 $D_0=0.7$ 、 $D_m=0.8$)
- 図 4-13 「発注者+民間事業者」の合計利得
- 図 4-14 支払い減額倍率 b による民間事業者と発注者の利得線 ($k_1=0.8$ 、 $E=1.0$ 、 $e=4.2857$ 、 $\gamma=0.75$ 、 $D_0=0.7$ 、 $D_m=0.8$)
- 図 4-15 「発注者+民間事業者」の合計利得
- 図 4-16 支払い減額倍率 b による最大利得を与えるコスト増率 α ($k_1=0.8$ 、 $E=1.0$ 、 $e=8.1818$ 、 $k_2=0.1$ 、 $D_0=0.8$ 、 $D_m=0.9$)
- 図 4-17 支払い減額倍率 b による民間事業者と発注者の利得線 ($k_1=0.8$ 、 $E=1.0$ 、 $e=8.1818$ 、 $k_2=0.1$ 、 $\gamma=0.75$ 、 $D_0=0.8$ 、 $D_m=0.9$)
- 図 4-18 「発注者+民間事業者」の合計利得
- 図 4-19 民間事業者の能力 E の違いによる民間事業者と発注者の利得線 ($k_1=0.8$ 、 $E=1.2/1.0/0.8$ 、 $e=4.2857$ 、 $\gamma=0.75$ 、 $D_0=0.7$ 、 $D_m=0.8$)
- 図 4-20 指標目標値 D_m の違いによる民間事業者と発注者の利得線 ($k_1=0.8$ 、 $E=1.0$ 、 $e=4.2857$ 、 $\gamma=0.75$ 、 $D_0=0.7$ 、 $D_m=0.78/0.80/0.82$)

<4.4.3の補足>

- 図 4-21 支払い減額倍率 b による最大利得を与えるコスト増率 α ($k_1=0.8$ 、 $E=1.0$ 、 $e=40$ 、 $k_2=0.1$ 、 $T=2.0$ 、 $g=0.50$)
- 図 4-22 支払い減額倍率 b による民間事業者と発注者の利得線 ($k_1=0.8$ 、 $E=1.0$ 、 $e=40$ 、 $k_2=0.1$ 、 $\gamma=0.75$ 、 $T=2.0$ 、 $g=0.50$)
- 図 4-23 「発注者+民間事業者」の合計利得

[表目次]

第1章 序論

- ・ 表 1-1 本研究の枠組み

第2章 アベイラビリティ・ペイメント方式とパフォーマンス指標の比較

- ・ 表 2-1 支払い方式の比較
- ・ 表 2-2 A/P方式のメリット（道路サービス対価の定額支払い方式との比較）
- ・ 表 2-3 A/P方式のメリット（利用料金収入をベースにした独立採算型との比較）
- ・ 表 2-4 米国道路 P3 事業の概要
- ・ 表 2-5 I-595 の概要と支払い方法（Florida DOT）
- ・ 表 2-6 1時間毎の供用不能状態の係数
- ・ 表 2-7 中優先および高優先時間帯における通行止めのクラス分けの例
- ・ 表 2-8 区間重み係数
- ・ 表 2-9 時間重み係数（I595 回廊区間：区間 1、2、3、4）
- ・ 表 2-10 運営・維持管理の要求事項の例
- ・ 表 2-11 運営・維持管理不履行による調整
- ・ 表 2-12 プロポーザルの採点基準
- ・ 表 2-13 契約時と 2007 年時との支払いの比較
- ・ 表 2-14 I-4 の概要と支払い方法（Florida DOT）
- ・ 表 2-15 I-69 の概要と支払い方法（Indiana DOT）
- ・ 表 2-16 I-69 区間係数（S）
- ・ 表 2-17 I-69 曜日係数（D）
- ・ 表 2-18 I-69 供用不能時間帯係数（P）
- ・ 表 2-19 I-69 閉鎖車線数係数
- ・ 表 2-20 不履行イベントに対する評価カテゴリー
- ・ 表 2-21 O&M 不履行に属する主な事象
- ・ 表 2-22 East End Crossing の概要と支払い方法（Indiana DOT）
- ・ 表 2-23 Presidio Parkway の概要と支払い方法（Caltrans）
- ・ 表 2-24 供用不能状態（Unavailability）の係数
- ・ 表 2-25 Portsmouth Bypass における A/P の構成（FHWA, KPMG;2014）
- ・ 表 2-26 供用不能状態（Unavailability）の減額
- ・ 表 2-27 不適合（Noncompliance）事項の事例
- ・ 表 2-28 Northeast Anthony Henday Drive の概要と支払い方法（Alberta）
- ・ 表 2-29 車線閉鎖による調整額
- ・ 表 2-30 道路点検、緊急・日常維持管理の調整額
- ・ 表 2-31 Golden Ears Bridge Crossing の概要と支払い方法
- ・ 表 2-32 Non-Availability による調整額と Bridge-Closure による調整率
- ・ 表 2-33 英国における DBFO 道路事業
- ・ 表 2-34 英国のサービス購入型支払い方式

- ・ 表 2-35 A13 Thames Gateway の概要と支払い方法
- ・ 表 2-36 A69 Newcastle to Carlisle の概要と支払い方法
- ・ 表 2-37 A1 における Active traffic management payment
- ・ 表 2-38 ポーツマス道路・修繕管理 PFI 事業
- ・ 表 2-39 ポーツマス道路・修繕管理 PFI 事業の Network Condition Index
- ・ 表 2-40 ポーツマス道路・修繕管理 PFI 事業の Performance Standard の内容
- ・ 表 2-41 シェフィールド道路修繕管理 PFI 事業の概要
- ・ 表 2-42 スペインのコンセッション方式の変遷
- ・ 表 2-43 スペインにおけるコンセッションの性能指標
- ・ 表 2-44 調査対象のコンセッション事業
- ・ 表 2-45 Peninsula Link の事業概要と支払い方法
- ・ 表 2-46 施設を利用する上で明らかに重大な支障がある場合の事象と減額ポイント
- ・ 表 2-47 施設を利用できるが明らかに利便性を欠く場合の事象と減額ポイント
- ・ 表 2-48 減額ポイントの支払い額への反映
- ・ 表 2-49 施設を利用する上で明らかに重大な支障がある場合の事象と減額ポイント
- ・ 表 2-50 施設を利用できるが明らかに利便性を欠く場合の事象と減額ポイント
- ・ 表 2-51 減額ポイントの支払い額への反映
- ・ 表 2-52 A/P 方式の支払いに係る指標の比較
- ・ 表 2-53 支払いメカニズムの分類
- ・ 表 2-54 A/P 方式の指標の類型と概要
- ・ 表 2-55 パフォーマンスに応じた A/P 方式の特徴

第3章 A/P 方式における支払い調整メカニズムの分析

- ・ 表 3-1 パラメータ・変数一覧
- ・ 表 3-2 能力 E と車線閉鎖率 L の違いによる影響度
- ・ 表 3-3 Performance zone の支払い減額率 β の上限値（上）と下限値（下）
- ・ 表 3-4 各主体が最大利得を確保するための支払い減額率 β の最適値
- ・ 表 3-5 シミュレーションの比較 ($k_1=0.8$ 、 $k_2=0.1$ 、 $e=30$ 、 $\gamma=0.5$ 、 $L=0.02$)
- ・ 表 3-6 I-595 の時間帯毎の支払い減額率
- ・ 表 3-7 I-4 の時間帯毎の支払い減額率
- ・ 表 3-8 I-69 の時間帯毎の支払い減額率
- ・ 表 3-9 East End Crossing の時間帯毎の支払い減額率
- ・ 表 3-10 Presidio Parkway の時間帯毎の支払い減額率
- ・ 表 3-11 Portsmouth Bypass の時間帯毎の支払い減額率
- ・ 表 3-12 支払い減額率の設定方法
- ・ 表 3-13 I-595 の Incident Clearance Duration（事象撤去期間）
- ・ 表 3-14 District 4 の事象（Incident）の発生状況（2016 年）

第4章 道路の維持管理業務委託における支払い減額メカニズムの適用

- ・ 表 4-1 第二阪奈有料道路の業務範囲

- 表 4-2 植栽管理業務（除草の）要求水準
- 表 4-3 委託料の構成
- 表 4-4 対象業務範囲
- 表 4-5 罰則点と減額割合
- 表 4-6 大宮維持工事における性能規定
- 表 4-7 白糸ハイランドウェイにおける性能規定（ISO55000 シリーズより）
- 表 4-8 道路巡回（通常巡回）
- 表 4-9 路面清掃
- 表 4-10 除雪
- 表 4-11 ロジックモデルにおける「巡回」に関する性能指標の組み立て例
- 表 4-12 日常点検に関するロジックモデル
- 表 4-13 維持要素及び性能指標の例
- 表 4-14 各事業モデルの比較
- 表 4-15 維持管理業務のパフォーマンス指標の例
- 表 4-16 パラメータ・変数一覧
- 表 4-17 支払い減額倍率 b の最適値 ($\gamma=0.75$ 、 $k_1=0.8$ 、 $E=1.0$ 、 $F=0.9$)
- 表 4-18 支払い減額倍率 b の最適値 ($\gamma=0.75$ 、 $k_1=0.8$ 、 $E=1.0$ 、 $e=4.2857$ 、 $D_0/D_m=0.7/0.8$)
- 表 4-19 支払い減額倍率 b の最適値 ($\gamma=0.75$ 、 $k_1=0.8$ 、 $E=1.0$ 、 $e=8.1818$ 、 $D_0/D_m=0.8/0.9$)
- 表 4-20 能力 E の民間事業者の限界目標値 D_m （最低利得率 $k_2=0.1$ ）
- 表 4-21 米国 I-595 の O&M 業務における支払い調整システムの例
- 表 4-22 能力 E と修復猶予時間比率 g の組み合わせによる分析（総処理時間 2 時間）
- 表 4-23 対象業務一覧表
- 表 4-24 アセットマネジメント目標の監視・測定方法の事例
- 表 4-25 維持管理業務費の構成の考え方
- 表 4-26 標準処理時間（軽微）一定における修復猶予時間比率 g の違いによる分析
- 表 4-27 実際の超過時間による民間事業者の利得の変化
- 表 4-28 標準処理時間（重大）一定における修復猶予時間比率 g の違いによる分析
- 表 4-29 実際の超過時間による民間事業者の利得の変化
- 表 4-30 支払い減額倍率の設定例

第1章 序論

1.1 研究の背景

本研究が対象とする道路 PPP (Public-Private Partnership) 事業における業務委託者から受託者への業務対価支払い方法の一つである Availability Payment (A/P) 方式、および運営・維持管理業務に関する動向を、研究の背景として列挙する。

(1) A/P 方式のトレンド

海外の道路 PPP 事業では、道路サービスの品質、維持管理の効率性、受託者のインセンティブを高めるために様々な支払い方法が採用されている。なかでも道路 PPP 事業の支払い方式で潮流となっているのが、「道路を供用可能な状態に保つための運営・維持管理に対する受託者のパフォーマンスに応じた支払い方法」の Availability Payment (A/P) 方式である。米国の道路 PPP 事業ではフロリダ州の I-595 をはじめ 2009 年以降 (2017 年まで)、DBFOM (設計・建設・資金調達・運営・維持管理) コンセッション (運営権) 事業の全 21 事業中、10 事業で A/P 方式が採用されている^{1)、2)} (残りは独立採算型の Real Toll 方式、Long Term Lease 方式。図 1-1)。A/P 方式の 10 事業中、4 事業 (I-595、Goethals Bridge、I-4、East End Crossing、Central 70) が有料道路あるいは有料車線を含む道路、6 事業 (I-69、Port of Miami Tunnel、Presidio Parkway、Pennsylvania Rapid Bridge Replacement Project、Portsmouth Bypass) が一般道路である。英国では DBFO 事業の A13 Thames Gateway³⁾、ポーツマスやシェフィールドにおける広域的な Highway Maintenance PFI 事業⁴⁾ 等で A/P 方式が採用されている。そのほか、カナダ、英国、スペイン、豪州でも A/P 方式が実績を積んでいる。

一方、国内の道路 PPP 事業においては、2016 年 10 月から愛知県道路公社の有料道路で、受託者が需要リスクを負う独立採算型 Real Toll 方式のコンセッション事業が初めて推進されているが、今後、県道路公社の有料道路等に対して、道路 PPP 事業の選択肢の一つとして需要リスクを委託者側が負う A/P 方式の導入も考えられる。

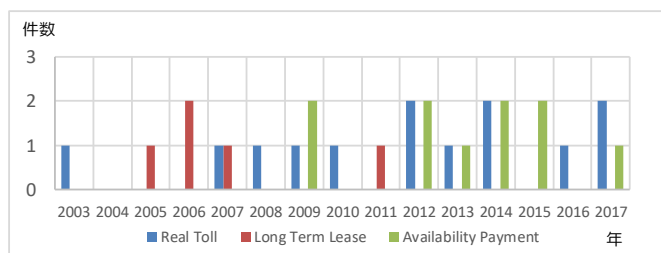


図1-1 米国道路PPP事業における事業タイプ別件数の推移

(2) A/P 方式の特徴

A/P 方式について、米国運輸省 (U.S. DOT) の“Public-Private Partnership (P3) Procurement : A Guide for Public Owners”⁵⁾ は次のように定義している。

“A periodic payment made to a concessionaire, typically commencing on completion of a project, a portion of which constitutes compensation for capital costs. Availability payments are subject to adjustment based on a payment scheme set forth in the concession agreement, including downward

adjustments if the concessionaire fails to meet performance requirements under the agreement. Using an availability payment structure protects the interests of the public by giving the concessionaire a financial incentive to maintain the facility in satisfactory condition and operating at a specified level of performance.”

「A/Pはコンセッションネアへの定期的な支払いで、一部は資本コストに充てられる。支払いは通常、プロジェクトの完成時に開始される。A/Pはコンセッション契約に定められた支払いスキームに基づいて調整され、コンセッションネアが契約に基づく履行要件を満たさない場合の下方調整を含む。A/Pの採用は、施設を満足な状態に維持するための財務的インセンティブをコンセッションネアに与え、規定された水準のパフォーマンスで施設を運営させることによって、公益を守ることができる」

A/P方式では、需要リスクを委託者が負うことが特徴で、料金収入だけでは成立困難な事業、料金収入の無い事業等に導入のメリットがある。委託者は、A/Pの財源として公的資金を使い、料金収入の一部や他の資金を活用することもある。受託者にとってはリスクプレミアムが小さくなるため、資金を調達しやすくなるが、需要リスクが回避できるとはいえ、運営・維持管理リスク（既設構造物の“隠れた瑕疵”や天候の影響等）による利益圧迫要因は依然として残る。

(3) A/P方式の支払い調整メカニズム

米国運輸省（U.S. DOT）のガイドにあるように、A/P方式は特徴の一つとして「支払い調整（減額）メカニズム」を伴う。支払い調整メカニズムは、受託者が委託者と合意した供用状態（Availability）や運営・維持管理（Operation & Maintenance）に関する性能規定型の要求水準を満足できなかった場合に、予め設定された算式や表に基づいて不達分に対する調整額（減額）が当初の委託費から差し引かれる方法である。

A/P方式の支払い調整メカニズムについて、米国の道路PPP事業で同方式が初めて採用されたI-595のポイントを挙げる。同事業は拡幅や改良工事を含む延長約10.5マイルのDBFOMで、事業期間は35年（拡幅・改良工事5年、運営・維持管理30年）。2009年にフロリダ州交通局とACS Infrastructure Developmentグループ（スペイン）が契約を交わした。I-595の契約書に規定されているA/P方式の支払い調整メカニズムの概要は以下の通りである⁶⁾。

- ① A/Pは供用不能状態（Unavailability）と運営・維持管理不履行（O&M Violation）に伴う調整によって支払いが減らされる。
- ② 供用不能状態による調整では、通行止め時間・車線数、時間帯、区間が考慮され、支払いが減らされる。
- ③ 運営・維持管理不履行による調整では、性能規定化された各項目のうちの未達項目に対し、不履行の程度に応じて減額幅が調整され、支払いが減らされる。

支払いの基本となるMAP（Maximum Availability Payment）は民間事業者が入札し、委託者と合意した金額をベースにインフレ率を考慮して求められる。MAPは年間6590.5万ドル（2009年時点）である。

Unavailability event（車両衝突、落下物、防護壁への衝突、ポットホール、路肩流出、路面陥没、照明柱倒れ、橋梁への船舶衝突、自然災害、人的要因による事象など）による車線閉鎖に

対する調整では、閉鎖車線数や時間帯等が考慮され、交通量が多い時間帯の多車線閉鎖の減額幅が大きくなっている。

一方、運営・維持管理不履行による調整は、拡幅・改良工事中と運営期間中に分けて規定されている。運営期間中の運営・維持管理項目（舗装、ガードレール、標識、排水システム、料金設備、照明、橋梁、斜面、植栽、防音壁、ITS システムなど）については、各項目に対する要求業務（Required Task）と、走行利用者の安全性に対する許容レベルとしての最低限の性能要求（Minimum Performance Requirements）、運営・維持管理不履行のクラス分け（O&M Violation Classification）、修復猶予時間（Cure Period）、再発間隔（Interval of Recurrence：修復猶予時間内に修復できなかった事象について減額が加算される間隔）が示されている。例えば、交通事故処理や散乱物の除去、舗装の状態、橋梁のメンテナンス等について、性能要求、修復猶予時間、支払い減額幅が具体的に数値化されており、緊急で修復猶予時間が短い事象の不履行ほど安全性を損ねるため、減額幅が大きくして受託者のパフォーマンス発揮を促している。

(4) 支払い減額幅の設定と委託者・受託者問題

A/P 方式の支払い調整メカニズムでは、個々の事象（Unavailability event による車線閉鎖や O&M 業務）に対する支払い減額幅（ペナルティ）をどのように設定するかが問題となる。委託者は受託者の行動パターンを予想して、減額幅の設定が委託者・受託者双方の利益に繋がるような Win-Win の関係を構築することが目標になる。この時、減額幅が小さすぎると受託者にモラルハザードが起こってパフォーマンスを発揮しない状況を招く。逆に減額幅が大きすぎると、受託者が業務参画を敬遠して受託者が現れない事態を招く。従って、受託者の行動パターンを念頭に「最適な減額幅」を設定しようとする場合、委託者と受託者の関係において受託者のモラルハザード回避を主眼とする委託者・受託者問題の観点に基づいた解法を利用することによって、最適な減額幅が導出できると考えられる。

「調整額（減額）の大きさ」について、米国運輸省（U.S. DOT）の“Availability Payment Concessions Public-Private Partnerships Model Contract Guide”⁷⁾は以下のように記述している。

“The size of the deductions should be such that the Developer makes the right decisions; in other words, that the interests of the Department and the Developer are aligned. Key is to shape the penalty system in such a way that it incentivizes the Developer to cure the deficiency/default as soon as possible. The Department and its financial advisors can “calibrate” the ideal amounts of deductions on the basis of scenario analyses of the payment mechanisms in the Project financial model. Often deductions are calculated to measure the actual loss incurred, not merely penalties.”

「減額の大きさは、受託者が適切な決定を下すように設定する必要がある。換言すれば、委託者と受託者の利益は合致している。重要なことは、受託者に欠陥/不履行をできるだけ早く解決するように督促する方法でペナルティシステムを構築することである。委託者と財務アドバイザーは、プロジェクト財務モデルの支払いメカニズムのシナリオ分析に基づいて、理想的な減額を調整できる。多くの場合、減額は単なるペナルティではなく、実際に発生した損失を測定するために算出される」

上述によれば、減額の大きさは、委託者と受託者の利益を合致させるように受託者にインセンティブを与えるために、理想的には財務モデル（プロジェクトに関連する収益、費用、配当、

債務および資本の返済に関する経済モデル)をベースに算出できる(例えば、米国カリフォルニア州のPresidio Parkwayを対象にした研究例がある)が、多くの場合は「実際の損失」から算出されると記されている。ここで「実際の損失」とは、有料車線があれば車線閉鎖や渋滞が起こることによる通行料金の減収分であり、一般道路であれば公的財源から拠出された業務受託費の一部と考えることができる。ただし、例えばI-595における減額幅がなぜ、そのように設定されているのか、詳細は不明である。委託者が設定した減額幅をどのように評価するのか、また国内の委託者が減額幅を設定することを想定した場合、どのような基準で減額幅を設定すればよいか、考え方の尺度を持っておきたいところである。

(5) A/P方式が導入された米国道路PPP事業

A/P方式が導入されている米国道路PPP事業では、支払い減額幅が契約書等に記載されている。ウェブ上でデータが入手できた6プロジェクト(フロリダ州I-595、同I-4、インディアナ州I-69、同East End Crossing、カリフォルニア州Presidio Parkway、オハイオ州Portsmouth Bypass)の「Unavailability eventによる車線閉鎖」に対する減額幅(支払い減額率)はそれぞれ設定法・数値が異なる。設定法については、支払い減額率を単位時間あたりMAP(Maximum Availability Payment)に対する倍率で示す方法や、時間当たりの減額の絶対値で示す方法がある。これらを同一の表現に合わせて換算すると、数値は事業によって異なっていることが分かる。相違は当該道路固有の立地条件、交通量、気象等による車線閉鎖の程度によるものと推測されるが、減額幅を示す各数値が受託者の収益性にどの程度の影響を与えるのか、どの程度の車線閉鎖率を想定しているのか、分析したいところである。

(6) 委託者・受託者の利得の定式化

上述(4)の最後で述べたように、支払い調整メカニズムにおいて、受託者に対する「最適な減額幅」の設定には基準となる考え方が必要である。受託者に行動のインセンティブをどのように与えるかという委託者・受託者問題として扱うことを前提にすると、「最適な減額幅」の導出に数式による表現が理解しやすいと考えられる。受託者の行動パターンは自身の利得(収入と支出の差分)に左右されるため、ここでは金銭の授受を扱える「財務ベース」を基本とするのが妥当であろう。この場合、受託者の収入は委託者からの業務費であり、支出は運営・維持管理に要するコストである。

一方、委託者の利得は、受託者の利得の評価と同様、道路管理者が財務当局から獲得する公的財源や通行料金(有料道路の場合)を収入と見立て、受託者への業務費を支出とする「財務ベース」で利得を評価する方法のほかに、道路事業整備等の検討時に用いられる「費用便益ベース」で評価する方法が考えられる。

国土交通省の費用便益分析マニュアルでは、費用便益分析について、「道路整備が行われる場合と、行われない場合のそれぞれについて、一定期間の便益額、費用額を算定し、道路整備に伴う費用の増分と、便益の増分を比較することにより分析、評価を行うもの⁸⁾」としている。道路整備の効果は、渋滞の緩和や交通事故の減少のほか、走行快適性の向上、沿道環境の改善、災害時の代替路確保、交流機会の拡大、新規立地に伴う生産増加や雇用・所得の増大等、多岐にわたるが、同マニュアルでは、十分な精度で計測が可能で、かつ金銭表現が可能である走行

時間短縮、走行経費減少、交通事故減少について、「社会的余剰」を計測することによって便益を算出することを目指している。同マニュアルでは、貨幣価値に換算できる3項目を対象にしているが、海外には貨幣換算が難しい non-financial な要素まで取り入れて総合評価をしている国（英国、米国等）もある⁹⁾。

本研究が対象としている運営・維持管理業務における委託者・受託者の関係を対象にするケースでも、費用便益分析、更に non-financial な要素まで考慮した分析まで考えられるが、これについては後述（1.3 研究の手法）する。

(7) 国内の維持管理業務のトレンド

一方、国内の一般の道路維持管理業務では、財源不足、人材不足、技術不足の問題が深刻さを増している。膨大なインフラストックの健全性を確保するには民間部門の資金力、技術力、マネジメント力を活用することが欠かせない。そうしたなかで、維持管理業務の包括的民間委託が試行されている。業種や工区・契約年の複数化と併せ、施設・構造物の管理水準やサービス水準の性能規定化を図り、業務の効率性、業務品質を高める狙いがある。

その先進事例である第二阪奈有料道路の維持管理業務では、一部（植栽管理業務等）に性能規定化が盛り込まれている。市域の街路で包括委託を実施している東京都府中市では3年の試行的実施を経て、次の3年は対象領域を市域の4分の1にまで広げている。民間の有料道路である白糸ハイランドウェイでは、アセットマネジメントの国際規格 ISO55000 シリーズに基づいた運営・維持管理に取り組んでいる¹⁰⁾。維持管理業務の効率性を高めるアプローチとして「情報の可視化」に焦点を当て、巡回や維持作業、行政相談処理等の道路維持管理において、各種作業工種（路面補修や落下物処理等）別のデータの「見える化」方法を検討し、統一の出力様式を作成している例もある¹¹⁾。

(8) 維持管理業務における性能指標

道路維持管理業務は多岐にわたる。例えば、上述(3)で挙げた I-595 の A/P 方式では、運営期間中の多くの運営・維持管理項目について、最低限の性能要求と、その管理瑕疵（障害）を認識して修復するまでの猶予時間が示され、猶予時間内に管理瑕疵を修復できなかった場合に超過時間に応じて減額が加算されていく、「レスポンスタイム」をベースにした仕組みを導入している。維持管理の基本とされる巡回業務についても、路上落下物やポットホールの大小によって除去・修復の猶予時間や減額の加算額がそれぞれ示されている。

ただ、通行に対する危険除去という点では、路上落下物やポットホールの存在を逸早く認識することも事故の未然防止の観点から極めて重要である。すなわち、管理瑕疵（障害）を自ら発見して迅速に対策を講じるために、「発見率」を指標として設定することもできると考えられる。ここで「発見率」とは、落下物やポットホールの存在を警察や道路利用者といった外部からの通報ではなく、受託者が道路巡回によって自ら発見する割合を指す。国内の道路巡回業務は、一般的に当該道路の交通量によって巡回頻度が規定されている。しかし、道路の安全性を確保するというアセットマネジメント上の目標を委託者が設定するのであれば、委託者は巡回頻度を規定するのではなく、「発見率」を指標に用いて、その目標値を設定することがアセットマネジメントの運用に相応しく、目標値は受託者のパフォーマンス発揮のインセンティブにな

ると考えられる。

従って、巡回業務に対する指標の立て方としては、管理瑕疵を認識してからの処理時間（レスポンスタイム）をベースとする立て方と、パフォーマンスの目標値を定める立て方の2通りが考えられる。いずれも、委託者のアセットマネジメントの目標（例えば、道路の安全性の向上）に沿って業務サービスの品質を測る指標を設け、受託者のパフォーマンス発揮のインセンティブを高めることが業務の性能規定化の本質であり、維持管理業務のサービス品質向上と効率化に繋がると考えられる。

(9) 維持管理業務の対価支払い方法

今後、道路維持管理業務において、業務の効率化を目指して包括的民間委託の導入促進が予想されることを鑑みると、前項（8）で記述した業務の性能規定化を「業務対価の支払い方式」と一体化させたシステムを構築する必要もある。現状では、委託者にとって「最適な支払い調整幅」の設定法に対する考え方がまだ確立されていないのが実態と言える。

一般道路を対象に中期包括委託モデルを示し、複数年契約、性能発注と共に、モニタリング指標とリンクした業績連動支払い方式の導入の必要性を指摘している研究もある¹²⁾。同論文では、業績連動支払い方式を導入するために、適切なモニタリング指標の選定を前提に、具体的にどのような状態になると支払い額がどの程度変動するかが、受託者にとって決定的に重要であると指摘している。この指摘に応える手段として、A/P方式の支払い調整メカニズムの考え方を性能指標と業務対価支払いの関係付けに適用できないか、考察したいところである。道路のサービス品質、受託者のパフォーマンスを測定する指標、業務対価の支払いを定量的に関連付けることは、性能規定型業務の普及には不可欠であると考えられる。

1.2 研究の目的

「研究の背景」を踏まえて、本研究では受託者の運営・維持管理業務におけるパフォーマンスに応じたA/P方式の支払い調整メカニズムに焦点を当て、以下の4点を研究の目的とする。

- ① 適用事業において支払い調整に用いられるパフォーマンス指標の特徴を明らかにすること。
- ② 民間事業者の機会主義的行動を抑制し、かつ事業への参加動機を損なわない最適な支払い調整条件を明らかにすること。
- ③ 米国の6つの道路PPP事業において適用されているA/P方式の支払い調整メカニズムの違いを比較・評価すること。
- ④ 一般道路における維持管理業務を対象に、A/P方式の支払い調整メカニズムの適用可能性を提示すること。

一般的に、減額要因となる供用不能状態（Unavailability）や運営・維持管理上の瑕疵が生じた場合、受託者はコスト増を掛けて供用不能状態や管理瑕疵状態をできるだけ早期に回復し、減額幅（ペナルティ）を低減しようとする。しかし、委託者が予め設定した減額幅に対して受託者が掛けるコスト増率が大きすぎると受託者の利得は低減してしまい、コスト増を掛けずに減額に甘んじる選択肢も出てくる。この状況は、受託者に起こるモラルハザード（エージェンシー・スラック）である。

委託者の立場では、公共サービスの安定的な提供のために供用不能状態の回避は当然であり、当該事象が生じたとしても可能な限り時間短縮を図りたいところである。しかし、受託者にスラックが発生すると、委託者が望む結果は得られなくなる。逆に減額幅が大きすぎると、当該業務に関わる受託者が現れなくなってしまう。従って、受託者にスラックが働くことなく、道路の車線閉鎖時間をできるだけ短縮させるために、減額幅の設定には一定の範囲があることが予想できる。

本研究ではまず、A/P方式のトレンドと同方式の支払い調整メカニズムに採用されているパフォーマンス指標について整理・類型化した後、その一つである供用性（Availability）を対象に、Unavailability eventに伴う車線閉鎖による支払い調整メカニズムを評価するためのモデル式を構築し、受託者のインセンティブを保ちつつ委託者にとって「最適な減額幅」を設定するための条件を求める。次に、米国の複数の道路PPP事業で適用されているA/P方式について、委託者は規定した減額幅によって受託者の利得の変化をどのように想定しているか、比較分析する。更に、類型化したパフォーマンス指標のうち、O&M業務における要求水準を指標に用い、一般の維持管理業務に対しても上記の評価モデル式をベースとした支払い調整メカニズムの構築が可能であることを示し、業務内容に応じて選択した指標と、委託者にとって利得を最大にする「最適な減額幅」の関係をシミュレーションによって求める。

1.3 研究の手法

本項では、「研究の目的」に合わせて研究の手法を整理する。

(1) 目的①（適用事業において支払い調整に用いられるパフォーマンス指標の特徴を明らかにすること）に関して

ここでは、文献・ウェブ調査によって、A/P方式の変遷、および財源を通行料金とする Real Toll 方式、公的財源を原資とし利用者が支払う仮想の通行料金に応じて間接的に委託者が受託者に業務対価を支払う Shadow Toll 方式等との違いから、A/P方式の位置付けを明らかにした後、同方式が採用されている道路事業からパフォーマンス指標の特徴を整理し類型化する。

文献・ウェブサイト等でデータが入手できたプロジェクトは、米国のフロリダ州 I-595、同州 I-4、インディアナ州 I-69、同州 East End Crossing、カリフォルニア州 Presidio Parkway、オハイオ州 Portsmouth Bypass、カナダのブリティッシュコロンビア州 Golden Ears Bridge Crossing、アルバータ州 Northeast Anthony Henday Drive、英国の A13 Thames Gateway、A69、A1、Portsmouth Highways Maintenance PFI、Sheffield Highways Maintenance PFI、豪州のビクトリア州 Peninsula link である。そのほか、スペインの PPP 事業のパフォーマンス指標を分析した報告もある。

(2) 目的②（民間事業者の機会主義的行動を抑制し、かつ事業への参加動機を損なわない最適な支払い調整条件を明らかにすること）に関して

委託者・受託者間の関係において、委託者にとって受託者がどんな行動を取るか分からない場合、受託者の行動が委託者の利得（公益）に結び付かない場合が起こる。いわゆる、モラルハザードである。こうした事態に起こらないように、委託者は受託者の行動に関連する監視可

能な指標と対価（金銭授受）を連動させることによって、受託者の行動をコントロールしようとする。これがインセンティブ契約の目標であり、委託者にとって望ましい結果が得られた時は、受託者の行動が望ましいものだったという前提を取ると、解法として、受託者の行動を想定して委託者の戦略を決定する「逆向き帰納法（Backward induction）」の考え方をを用いることができる。具体的には、誘因両立制約と参加制約の下、受託者の最適化問題を解く（制約条件下で目的関数を微分してゼロと置く）ことで受託者の行動を導出した後、その受託者の行動を前提に、委託者が利得を最大化できるように目的関数中の調整変数の設定条件を求める¹³⁾、¹⁴⁾。なお、上記2つの制約条件は、受託者のインセンティブを保持させる契約モデルについて様々なケースが収録されている“The Theory of Incentive: The Principal-Agent Model”（Laffont, J.J. & Martimort, D., 2002）中の「Moral Hazard : The Basic Trade-Offs」のモデルにおけるモラルハザード・インセンティブ条件と参加条件に相当するものである¹⁵⁾。

受託者と委託者の利得に関する評価モデルの定式化に対しては、Unavailability eventによる車線閉鎖回避のインセンティブを受託者に与えて、かつ受託者の利得を高める条件を求めるために、委託者と受託者の利得を「財務ベース」で考察することとする。ここで、委託者の収入は公的資金や通行料金を財源とする予算であり、支出は受託者への業務費である。受託者の収入は委託者からの業務費であり、支出は運営・維持管理に係るコストである。

委託者と受託者の利得を財務ベースで評価する理由としては、①受託者の利得を表現するには財務ベースが妥当であり、委託者とのインタラクティブな金銭授受を委託者・受託者間の問題として捉える場合、委託者の利得も同じ財務ベースで評価することが合理的と考えられること、②有料道路の場合、独立採算型の Real Toll 方式と異なって通行料金収入が委託者側に入り、委託者の利得が分かりやすく表現できること、③一般（無料）道路についても財務当局から拠出される予算を委託者の収入と考えると有料道路と同様の組み立てが可能であること、④財務（損益計算書）ベースで利得を上げる委託者は、事業を継続して道路サービスを提供し続けるという委託者本来の公益を上げるという役割を実現でき、利得最大化を目指す観点で委託者の目的関数を合理的に構築できること、⑤本研究で支払い調整の対象とする運営・維持管理一般の個別業務について委託者の利得を評価する場合も、個別業務対価の違いを財務ベースで反映させやすいこと、⑥費用便益分析は道路整備全体を対象にした事業効果を検討する際に有効な手段であるが、運営・維持管理における個別業務毎に費用便益を考えることは難しいこと、などが挙げられる。

また、定式を立てる際に複数のパラメータを採用するが、シミュレーションに際しては、一般的な実績を示した文献や資料を参考に妥当な数値を選定する一方、Unavailability eventによる車線閉鎖率や受託者のパフォーマンスを表す能力等、受託者の収益性に係るパラメータについては数値を変動させ、ケース毎に「最適な減額幅」を整理する。

(3) 目的③（米国の6つの道路PPP事業において適用されているA/P方式の支払い調整メカニズムの違いを比較・評価すること）に関して

まずウェブ上でデータが入手できた米道路路PPPの6事業（I-595、I-4、I-69、East End Crossing、Presidio Parkway、Portsmouth Bypass）を対象に、各プロジェクトで規定されている数値を根拠に支払い減額率を算出する。支払い減額率の規定法は3種類に大別できるが、同一の図表で同一

条件下の収益性を比較できるようにI-595の規定法に合わせて支払い減額率を算出する。本来、想定する受託者の能力発揮度はプロジェクト毎に異なり、仮定するパラメータの数値も異なるはずであるが、ここではいずれも同一とし、利得モデルの定式を使って比較している。定式は目的①と同様、財務ベースの利得評価式を用いる。

(4) 目的④（一般道路における維持管理業務を対象に、A/P方式の支払い調整メカニズムの適用可能性を提示すること）に関して

性能規定化を先行導入している国内の一般道路の維持管理業務を中心に文献・ウェブ調査で事例を収集し、採用されている性能指標を整理する。指標を整理した結果、指標の立て方が「指標目標値設定型」と「処理時間設定型」に大別できることを示す。その中から「巡回業務」を例に、目標値設定型では「管理瑕疵の発見率」、処理時間設定型では「管理瑕疵（路上散乱物やポットホール）の処理（除去や修復）までの時間」を指標として、利得評価式の構築を試みる。

「指標目標値設定型」では独自の考え方で、「処理時間設定型」では米国I-595の運営・維持管理業務に対するレスポンスタイムと減額の設定を参考に、「指標目標値設定型」と「処理時間設定型」それぞれに対して、指標と支払い減額幅を関連付けてシミュレーションを実施し、想定した条件下で委託者が自身の利得を最大にするために設定すべき最適な減額幅を求める。

ここでベースとなる考え方は目的②と同様、「委託者・受託者間のインセンティブ契約」の枠組みである。本研究では、国内の県道路公社の有料道路へのA/P方式の適用可能性も背景にあると述べたが、約30本ある有料道路の一部は通行料金収入だけでは建設費を償還できないため、県からの補助金が道路公社の収入として損益計算書に計上されている。基本的に30年の料金徴収期間が完了した後、道路は無料開放されて県からの公的財源による維持管理体制に移る。こうした事情も勘案すると、財務ベースでの評価は、無料開放後の一般道路に対しては県の公的資金を収入として、通行料金（一部、公的補助金を含む）を収入としている有料道路から、継続して比較できることもメリットとして挙げられる。これは、一般無料道路を対象とする包括的民間委託にも適用できる枠組みであると考えられる。

1.4 既往の研究

本項も研究の目的①～④に合わせて、関連する既往の研究について記述する。

(1) 目的①（A/P方式の支払い調整メカニズムにおけるパフォーマンス指標の整理）に関して

A/P方式の事例研究や課題に関する研究が多い。米国の道路PPP事業の四半世紀にわたる動向（事業概要や変遷、資金調達等）をレビューした研究がある¹⁶⁾。この中で、DBFOM Concession Availability Paymentについても分析している。委託者から受託者への業務対価支払いスキームは当初、受託者のパフォーマンスレベルに応じた支払いと利用者数に応じた支払いの組み合わせが主流であった。しかし、需要リスクを委託者が負う傾向が強くなっているとして、A/P方式が採用されたブリティッシュコロンビア州（カナダ）のDBFOプロジェクトの支払いスキームの特徴を分析している（Abdel, 2007）¹⁷⁾。道路だけでなく、公共施設等へのA/P方式の導入が早かったカナダの動向を検証した研究もある^{18)、19)}。欧州と北米の6プロジェクトを対象にア

ペイラビリティとサービス・パフォーマンスに基づいた支払いメカニズムの比較分析 (Harding 他, 2010)²⁰⁾ されている。英国について、A/P 方式が採用されている DBFO、Highway Maintenance PFI 事業、アクティブ・マネジメント・ペイメントをレビューしている研究もある^{3)、4)}。A/P 方式について、下記のように整理している研究もある²¹⁾。

- (ア) 一般的に下記のような事業に適する：直接の歳入を生まない事業や、利用料金だけを財源とする料金収入独立採算方式では実現不能な事業／運営・維持管理に対するパフォーマンスや成果が定義しやすく監視 (モニター) しやすい事業／公共セクターが利用料金の設定権限の保持を望む事業／交通需要や歳入の予測が難しく、運営の変更によって大きな影響を受ける事業／サービス品質が歳入の最大化より重要であり適切な目標である事業。
- (イ) 公共セクターには支払い義務、民間事業者には報酬收受の上限が設定される。
- (ウ) 支払いは運営とともに開始されるため、新設や改修事業がある場合は、民間事業者に早期の調達と竣工に対する諸要求の実現が促進される。
- (エ) 民間事業者は交通需要のリスクを負わないうえ、公共セクターのクレジットがあるため、資本コストにおけるリスクプレミアムが減少し、民間事業者への出資者・融資者にとって投融資のリスクが軽減される。
- (オ) 財源を公共セクターの支出に頼るため、公共セクターにとっては需要不足や変動の影響が潜在的に残り、支払いの一部、あるいは全体が他の公共債務に影響を受ける場合がある。

なお、本研究と既往の研究との違いについて、既往研究が、A/P 方式を含めた支払いメカニズム (他に Real toll、Shadow toll、Active traffic management payment 等) や、A/P 方式を導入した事業スキーム (DBFO、DBFO、Highway maintenance PFI 等)、A/P 方式におけるパフォーマンス指標の比較を行っているのに対して、本研究では複数の国 (米国、カナダ、英国、スペイン、豪州) のプロジェクトを取り上げ、A/P 方式における支払い調整メカニズムで採用されているパフォーマンス指標を横断的に整理して、A/P 方式の位置付けと採用されているパフォーマンス指標を類型化していることに特色がある。

(2) 目的② (受託者と委託者の利得に関する評価モデルを定式化し、委託者の利得を最大にする「最適な減額幅」を提示すること) に関して

PPP 事業における委託者・受託者関係について、受託者のモチベーションを維持しつつ、安定的な公共サービスの提供を可能にする契約が追究されている。PPP の事業性 (建設・運営の包括化、A/P の支払い額や事業運営期間)、インセンティブを考慮した最適契約、受託者のパフォーマンスに対する測定指標等の研究が 2000 年代半ばから盛んになっている。一般的な PPP は「一つの契約による委託者・受託者間の多くの業務内容の包括化 (バンドリング)」、インフラ施設の PPP は、「設計・建設と完成後の運営・維持管理に関わるサービス提供の包括化 (バンドリング)」と定義され²²⁾、契約の設計やリスク移転の問題の分析 (Dewatripont and Legros, 2005)²³⁾、建設と運営の包括化 (バンドリング) に関する分析 (Pouyet and Martimort, 2008)²⁴⁾等がある。

Iossa and Martimort (2009, 2011, 2015) は、PPP におけるインセンティブ問題と最適契約に焦点を当て、リスク回避的な受託者に監視されない努力を選択させる調達モデルを提示し、事業

フェーズの包括化と長期契約は、受託者に長期にわたって有効なインセンティブを与え、事業期間にわたる投資と保証のトレードオフを最適化することを示している（2009）²⁵⁾。また、情報の非対称性、モラルハザード、再交渉を許す様々なシナリオの下、PPPによる建設と運営の包括化（バンドリング）がもたらすコストと利益が明らかにし（2011）²⁶⁾、PPPにおけるインセンティブと最適契約書の形式を分析するために統合的な理論フレームワークを構築し、インフラ品質はサービス品質に大きな影響を及ぼすため、インフラのより良い品質が維持管理費を含む運営段階のコストをかなり低減できること、需要が安定的で予測が容易であるとき、PPPがより有益なことを示唆している。更に、インフラ品質が鍵であり需要が安定している場合、交通や水関係の施設にPPPは向いている一方、サービス品質が主に人的な投資に関係する医療施設や学校、需要の変化が早いITサービスには向かないことを示している（2015）²⁷⁾。

インフラ施設の維持管理業務に委託者・受託者問題を適用した研究として、道路や下水道施設を対象とした研究が挙げられる。Solinoは道路マネジメントにおける品質指標の設計を受託者のアプローチから試み、道路管理者向けに品質指標の効率的な設計まで考慮に入れた受託者モデルを提供している（2013, 2015）²⁸⁾、²²⁾。同モデルを使って、パフォーマンスレベルに応じた支払いシステムによるインセンティブは、ランダム性によって受託者の努力とパフォーマンス指標から得られる結果との乖離を生じさせ、受託者の報酬受領額にも影響を与えるため、不適切な指標の利用は全体の効率性を損ねる恐れがあることなども指摘している。

下水道施設を対象に、岡本は、委託者が期待効果を最大限に発現させるためには委託者と受託者が方策を実施する必要があるとし、両者間の情報の非対称性を解消する行為に伴うコスト負担について考察している（2005）²⁹⁾。また下水処理場の維持管理業務の民間委託に関する取引コストについて、受託地域での人員確保の特殊性とコスト縮減の必要性、エージェンシー・スラック発生の可能性を指摘している（2011）³⁰⁾。江川は、受託者の努力インセンティブを確保しつつ財政支出を削減できる契約条件の提案を目的に、委託金額、リスクの行政負担率、エージェンシー・スラックによる維持管理費やリスク変動を変数として考慮する契約モデルを構築し、その有用性を示している（2014）³¹⁾。

なお、本研究と既往研究との違いについて、既往の研究が、PPP事業の特性（建設・運営の包括化、リスク移転等）分析や受託者へのインセンティブを考慮した最適契約モデルを研究対象としているのに対して、本研究はPPP事業における支払い方式の一つであるA/P方式に焦点を当て、同方式の本質的な指標である「Availability（供用可能性）」と「個別の運営・維持管理業務の要求水準」を使って支払い調整メカニズムに焦点を当てていること、「個別業務」毎に受託者のパフォーマンスを性能指標によって測定することを前提に、業務毎にパフォーマンスを支払いに関係付けて、委託者・受託者の利得とも財務ベースで評価していることに特色がある。

(3) 目的③（米国の道路プロジェクトで適用されているA/P方式の支払い調整メカニズムの比較・評価）に関して

具体的な事業を対象にした研究として、米国 Presidio Parkway（カリフォルニア州）のMAP（Maximum Availability Payment）と運営期間の最適設計に多目的線形計画法と確率のハイブリッドモデルを使ったケーススタディ（Sharma, Cui, 2012）³²⁾が挙げられる。同論文では、受託者に所要のMAPとMARR（最小許容収益率）を確保するための最大減額幅を明らかにしてい

る。資本キャッシュフローと運営後の維持管理費をパラメータに、適切な MAP と運営期間を分析しているが、性能や安全性等、複数の目的を併せて分析する選択肢があることも指摘している。Presidio Parkway に確率モデルを使って、PCI (Pavement Condition Index) を指標に、受託者の O&M 戦略が対症療法から予防保全へと変わることによって、委託者・受託者の財務利益が改善することを示す研究もある (Zhu, Cui, 2013) ³³⁾。

なお、本研究と既往研究との違いについて、既往の研究に、A/P 方式を導入した事業の効果を向上させるために事業全体に係る MAP (Maximum Availability Payment) や事業運営期間の適切な設定に焦点を当てている研究がある一方、本研究では A/P 方式を導入した複数のプロジェクトの収益性を、目的②で構築した利得評価式を物差しとして比較可能なことを示している点に特色がある。

(4) 目的④ (国内の一般道路における維持管理業務への A/P 方式の支払い調整メカニズムの考え方の適用可能性) に関して

A/P 方式の支払い調整メカニズムの考え方について、上述の Soliño (2013, 2015) ^{29), 22)} の研究内容のうち、パフォーマンス指標の設定法に関する考察が有用である。すなわち、パフォーマンスレベルに応じた支払いシステムによるインセンティブは、ランダム性によって受託者の努力とパフォーマンス指標から得られる結果との乖離を生じさせる。例えば、事故や死者数の指標は、受託者のパフォーマンスは一定程度しか影響せず、また受託者の行動をコントロールするために品質指標を過度に使用することも弊害を招くことから、不適切な指標の利用は全体の効率性を損ねる恐れがあることを指摘している。Lawther は、A/P 方式は運営・維持管理段階における受託者のパフォーマンスマネジメントの比重が大きいこと、KPI (Key Performance Indicator) の果たす役割が大きいこと、社会的な目標・プロジェクトの目標・受託者の目標が合致している KPI の採用の必要性を指摘し、豪州、カナダのプロジェクトで採用されている KPI の選択や重み付けの妥当性を検証している。受託者のパフォーマンスを向上させるには、データ収集、成果と (委託者と受託者が) 合意した基準との比較・検証、測定方法と基準の調整が必要であるとしている (2015) ³⁴⁾。

国内の道路維持管理業務における性能指標の研究について、坂井はロジックモデルを用いた都市高速道路の維持管理に関する研究で、インプット (日常点検等)、アウトプット (穴ぼこ・轍掘れ発見等)、アウトプット指標 (穴ぼこ滞留量等)、中間アウトカム指標 (穴ぼこ・轍掘れによる事故発生件数)、最終アウトカム指標 (年間死傷事故率等) を体系的に整理している (2009) ³⁵⁾。吉田は、性能規定型維持管理契約の米国における成功事例である DC STREETS プロジェクト (米国初の性能規定型 AM プロジェクトで、コロンビア特別区交通局、FHWA 等によって計画され、特別区内における 75 マイルの国道網の資産保全・維持・修繕が民間企業 VMS に委託された) の 1 年目評価を例として、これらの指標と手法の実効性と発展性を考察している (2004) ³⁶⁾。また道路の最低限の状態を定義し、定義されたパフォーマンス基準に基づいて支払いがなされる性能規定型維持管理契約の現状と課題についても整理している (2008) ³⁷⁾。更に、道路維持管理における対症的な措置のパフォーマンスを測る指標として、「レスポンスタイム」(通報から措置完了までの時間) の有用性を考察している ³⁸⁾。川

瀬らは一般道路の中期包括委託モデルの可能性を示し、複数年契約、性能発注と共に、モニタリング指標とリンクした支払いメカニズムの導入の必要性を指摘している（2010）¹²⁾。

なお、本研究と既往研究との違いについて、既往研究が海外も含めて道路運営・維持管理に採用されているパフォーマンス指標の調査・体系化が主題になっているのに対して、本研究では A/P 方式の支払い調整メカニズムの考え方を応用して、財務ベースの利得評価式を構築できることを示し、それを用いて「性能指標と最適な減額幅の組み合わせ」が求まることを示している点に特色がある。

上述の通り、運営・維持管理業務のように、受託者のパフォーマンスが委託者や道路利用者の便益に影響を与える業務あるいは調達環境では、支払い調整メカニズム（運営・維持管理業務の目標を達成できなかった場合のペナルティや目標を上回った場合のボーナス）の適用が効果的であるという前提を立てることができ、受託者の能力や対象となる道路の特性等の影響等まで考慮した支払い調整メカニズムの適用条件を明らかにできると考えられる。

ただし、道路運営・維持管理業務における受託者へのインセンティブを契約に反映することに際して、委託者は受託者のタイプと行動が完全には分からない状態を考えることになる。当事者の受託者は当該業務に対して合理的に行動することが前提であるが、委託者は受託者の能力やコストの掛け方までは正確には把握できない。更に、受託者は当該業務以外の受注戦略まで考慮に入れ、リスクを負って当該業務における収益性を損なってでもコストを掛ける行動に出ることもあり得る。その点で、当該業務の先の時間軸まで考慮に入れた利得を忠実には反映できないが、それでも契約時に受託者の合理的な行動を想定し、受託者の合理的な行動を促す条件を見出すことには意義があると考えられる。財務ベースでの利得の評価式では多数のパラメータを採用することになるが、客観的な評価付け、ひいては支払い調整メカニズムの検証には実務における各種データの裏付けが必要となる。こうした実務的な検証は将来的な課題としている。

1.5 論文の構成

最後に、論文の構成について記述する。本論文は 5 つの章からなる。

第 1 章「序論」に続いて、第 2 章の「アベイラビリティ・ペイメント方式とパフォーマンス指標の比較」は、目的①の位置付けである。まず各国（米国、カナダ、英国、スペイン、豪州）の道路 PPP 事業で実績を積んでいる A/P 方式について、他の Real Toll 方式や Shadow Toll 方式との違いを明らかにして、A/P 方式の位置付け、採用が増加している要因、特徴とメリットを整理する。次に、各国の A/P 方式で使用されているパフォーマンス指標を整理する。その結果、車線閉鎖（通行止め）関わる狭義の Availability（供用可能性）に関する指標は共通しているが、維持管理（O&M）業務の要求水準や事故率等、広義の Availability の関わる指標は多様であることを明らかにする。パフォーマンス指標は 5 つに類型化でき、そのうち、受託者のパフォーマンス発揮の影響が大きい Availability に関する支払い調整メカニズムは第 3 章、同じく維持管理（O&M）業務に関する支払い調整メカニズムは第 4 章で考察する。

第3章「A/P方式における支払い調整メカニズムの分析」は、目的②と③の内容を包含する。A/P方式における Unavailability（供用不能状態）に対する支払い調整メカニズムに着目し、受託者と委託者の利得を財務（financial）ベースで評価する式を定め、受託者に業務遂行（コスト増）のインセンティブが働く条件と、それを基にして委託者の利得を最大化するための最適な減額幅（支払い減額率）の設定条件を分析する。分析に際しては、Availability（供用可能性）への対価支払いに対して、Unavailability event による車線閉鎖を支払い減額の対象として、道路固有の車線閉鎖率や受託者の能力、業務費に対する標準的なコスト比率、収益レベルを示す「パラメータ群」と、受託者が車線閉鎖時間を短縮するために掛けるコスト増率と委託者の裁量である支払い減額率の「変数」を設定する。パラメータ分析では、Availability によって本質的な車線閉鎖率と受託者の能力を組み合わせるシミュレーションを実施し、委託者の利得を最大にする「最適な支払い減額率」を求める。更に、当該の利得評価式を用いて、A/P方式が採用されている米国の道路 PPP 事業において規定された条件（支払い減額率）から、各事業の収益性を比較・評価できることを示す。

第4章「道路の維持管理業務委託における支払い減額メカニズムの適用」は目的④を包含する。一般の維持管理業務で試行されている包括的民間委託を想定し、第2章で述べたパフォーマンス指標の5類型のうち、維持管理（O&M）業務を「目標値設定型」と「処理時間設定型」に大別したうえで、受託者の業務遂行に対するインセンティブを保ちながら委託者の利得を最大に導く「最適な支払い減額倍率」を、第3章と同様の評価式で分析する。「目標値設定型」では指標目標値、「処理時間設定型」では標準的な総処理時間に対する処理時間猶予率を新たなパラメータとして、委託者が利得を最大にする「最適な支払い減額倍率」を求める。更に、維持管理業務委託への適用可能性を、一定条件下の維持管理業務契約を想定したケーススタディを通じて試みている。

最後の第5章「本研究の結論と課題」では、「結論」を、「A/P方式とパフォーマンス指標」についての結論（第2章、かつ目的①の結果）、「A/P方式の支払い調整メカニズム」についての結論（第3章、目的②、③に対する結果）、「一般の維持管理業務に支払い減額メカニズムを適用する際の条件」についての結論（第4章、目的④に対する結果）に分けて整理した後、「今後の課題」を、本研究の範囲に対する課題と、本研究の範囲外に対する課題に分けて整理している。

下表に、本研究の枠組みを示す。

表 1-1 本研究の枠組み

目的	① A/P 方式の支払い調整メカニズムにおけるパフォーマンス指標の整理	② 受託者と委託者の利得に関する評価モデルの定式化	③ 米国道路事業の収益性の比較	④ 一般の維持管理業務における A/P 方式の支払い調整メカニズムの考え方の適用可能性
章	第 2 章	第 3 章	第 3 章	第 4 章
目的の内容	A/P 方式における支払い調整メカニズムで採用されているパフォーマンス指標を横断的に整理して、パフォーマンス指標を類型化	業務支払いに関する受託者と委託者の行動パターンを分析するために、それぞれの利得を定式化し、委託者の利得を最大にする「最適な支払い減額幅」を提示	米国の道路事業で適用されている A/P 方式の支払い調整メカニズムに基づいて、各事業の収益性を利得評価式によって比較・評価	一般道路における維持管理業務を対象に、A/P 方式の支払い調整メカニズムの考え方の適用可能性を提示
手法	<ul style="list-style-type: none"> ・文献・ウェブで海外の A/P 方式の事例収集・整理 	<ul style="list-style-type: none"> ・委託者と受託者のゲーム的状况を「逆向き帰納法」で解法 ・パラメータの変化によるシミュレーション 	<ul style="list-style-type: none"> ・ウェブで米国 PPP 事業の契約書・要求水準書の情報を収集して整理 ・左記で定式化した評価式を使って比較 	<ul style="list-style-type: none"> ・文献・ウェブで国内維持管理業務の性能指標を収集・整理 ・A/P 方式を援用して利得評価式を構築 ・パラメータの変化によるシミュレーション

【参考文献】

- 1) 平島寛、小澤一雅：米国の道路 PPP 事業におけるアベイラビリティ・ペイメント方式の事例調査、土木学会建設マネジメント委員会建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集、2016
- 2) 米国連邦道路庁（FHWA）のホームページ：http://www.fhwa.dot.gov/ipd/p3/project_profiles/
- 3) Nigel C. Lewis：DBFO Payment Mechanisms in the United Kingdom, 2008
- 4) 土木学会建設マネジメント委員会・インフラ PFI/PPP 研究小委員会・道路 PPP 検討部会：道路事業への PFI/PPP 導入に向けた制度、事例調査報告書、2014
- 5) U.S. Department of Transportation：Public-Private Partnership (P3) Procurement：A Guide for Public Owners, 2019
- 6) Florida DOT：CONCESSION AGREEMENT for I-595 CORRIDOR ROADWAY IMPROVEMENTS PROJECT Between Florida Department of Transportation and I 595 Express, LLC, 2009
- 7) U.S.DOT：Availability Payment Concessions Public-Private Partnerships Model Contract Guide, 2016
- 8) 国土交通省道路局・都市局：費用便益分析マニュアル、2018
- 9) パシフィックコンサルタンツ：社会基盤投資における便益計測手法に関する調査、2002
- 10) 水野高志、平島寛ほか：インフラマネジメント最前線、日経BP社、2012
- 11) 岡本覚人：データの「見える化」による道路維持管理の効率化について、国土交通省、2017
- 12) 川瀬翔平、佐藤直人、原貴紀：Roadmap for PFI Road—道路維持管理修繕事業を対象としたPFI導入可能性分析—、東京大学公共政策大学院ワーキングペーパーシリーズ、2010
- 13) 柳川隆、町野和夫、吉野一郎：ミクロ経済学・入門、p159-165、有斐閣アルマ、2018
- 14) 岡田章：ゲーム理論・入門、p187-193、2014
- 15) Laffont, J.J. & Martimort, D.：The Theory of Incentive: The Principal-Agent Model, p147-152、2002
- 16) U.S. DOT：Report on Highway Public-Private Partnership Concessions in the United States U.S. Department of Transportation、2016
- 17) Abdel Aziz, A.M.：A Survey of the Payment Mechanism for Transportation DBFO Projects in British Columbia. Construction Management and Economics, 2007
- 18) Aon Infrastructure Solutions：Payment Mechanism: The First Form of Risk Transfer in Public-Private Partnerships, 2014
- 19) 谷口博文：官民連携事業の推進策に関するカナダの事例報告-日本のPPP/PFI 政策へのインプリケーション-、2014
- 20) Harding, J.：Bodarwe, H. and Cade, I.：Evaluation of availability and service performance based payment mechanism for PPP road traffic infrastructure projects. Transportation Research Board 89th Annual Meeting, Washington DC, 2010
- 21) Silviu Docia, Michael Parker：Introduction To Public-Private Partnerships With Availability Payments, Jeffrey A. Parker & Associates, Inc., 2009
- 22) Antonio Sánchez Soliño：Optimizing performance-based mechanisms in road management: an agency theory approach, EJTIR 15(4), 2015
- 23) Dewatripont, M., Patrick Legros：Public-private partnerships: contract design and risk transfer, *EIB PAPERS*, 2005
- 24) Pouyet, J., Martimort, D.：Build It or Not: Normative and Positive Theories of Public-Private Partnerships. International Journal of Industrial Organization, 2008

- 25) Iossa, E., Martimort, D. : The theory of incentives applied to the transport sector. Working Paper 09/210, CMPO, Bristol University, 2009
- 26) Iossa, E., Martimort, D : Risk Allocation and the Costs and Benefits of Public-Private Partnership, RAND Journal of Economics,2011
- 27) Iossa, E., Martimort, D : The Simple Micro-Economics of Public-Private Partnerships, Journal of Public Economic Theory, 2015
- 28) Antonio Sánchez Soliño : Application of the Agency Theory for the Analysis of Performance based Mechanism in Road Management, WCTR, 2013
- 29) 岡本直之 : 包括的民間委託とエージェント問題, 月刊下水道 29-1、2005
- 30) 岡本直之 : 下水処理施設の包括民間委託に伴う課題と改善策、愛媛経済論集(2011)vol.30、2011
- 31) 江川峻亮 : 下水道維持管理業務の包括的委託におけるエージェント・スラックの抑止を考慮した契約モデル、東京大学、2014
- 32) Deepak Sharma, Qingbin Cui : Design of Concession and Annual Payments for Availability Payment Public Private Partnership (PPP) Projects, Construction Research Congress / ASCE, 2012
- 33) Xinyuan Zhu, Qingbin Cui : Availability Payment Design in Public Private Partnership
- 34) Wendell C. Lawther, Lawrence Martin : Availability Payments and Key Performance Indicators: Challenges for Effective Implementation of Performance Management Systems in Transportation Public-Private Partnerships, Public Works Management & Policy, 2015
- 35) 坂井康人 : ロジックモデルを用いた都市高速道路の維持管理マネジメントに関する研究、2009
- 36) 吉田武 : 性能規定型維持管理契約に用いられる評価の指標と手法—米国 DC STREETS プロジェクトの1年目評価より—、2004
- 37) 吉田武 : 性能規定型維持管理契約の現状と課題, 2008
- 38) 吉田武 : 道路維持管理における対症的措置のパフォーマンス指標としてのレスポンスタイム、土木学会論文集 F Vol.61, No.1, 110-114, 2008.3

第2章 アベイラビリティ・ペイメント方式とパフォーマンス指標

2.1 本章の目的と手法

本章の目的は「研究の目的」の①、すなわち、「A/P方式の適用事業において支払い調整に用いられるパフォーマンス指標の特徴を明らかにすること」に対応する。

ここでは、文献・ウェブ調査によって、A/P方式の変遷、および、財源を通行料金とする Real Toll 方式、公的財源を原資とし利用者が支払う仮想の通行料金に応じて間接的に委託者が受託者に業務対価を支払う Shadow Toll 方式等との違いから、A/P方式の位置付けを明らかにした後、同方式が採用されている道路事業からパフォーマンス指標の特徴を整理し類型化する。

文献・ウェブサイト等でデータが入手できたプロジェクトは、米国のフロリダ州 I-595、同州 I-4、インディアナ州 I-69、同州 East End Crossing、カリフォルニア州 Presidio Parkway、オハイオ州 Portsmouth Bypass、カナダのブリティッシュコロンビア州 Golden Ears Bridge Crossing、アルバータ州 Northeast Anthony Henday Drive、英国の A13 Thames Gateway、A69、A1、Portsmouth Highways Maintenance PFI、Sheffield Highways Maintenance PFI、豪州のビクトリア州 Peninsula link である。そのほか、スペインの PPP 事業のパフォーマンス指標を分析した報告もある。

2.2 支払い方式の分類と A/P 方式の位置付け

道路運営・維持管理事業において、提供サービスに対する委託者（以後、公共セクター、または発注者）から受託者（以後、民間事業者）への支払いについては、財源を公的財源とするか、施設利用者による料金収入とするかに分かれる。支払い方法については公共セクターと民間事業者が契約合意した総額（精算を含む場合も併せて）を支払う方法と、提供サービスの質や交通量等の成果に応じて増減させる方法に大別される。表 2-1 にその比較を示す。同表では、日本国内における一般的な業務委託の支払い方法、米国連邦道路庁 FHWA（Federal Highway Administration）¹⁾が類型化している Real Toll (R/T) 方式、Availability Payment (A/P) 方式、Shadow Toll (S/T) 方式、英国²⁾等で採用されている Active Management Payment を比較している。

A/P 方式は、「公共セクターが施設の運営・維持管理サービスに対して、その対価を施設の利用者には依存せず、民間事業者の運営・維持管理における提供サービスのパフォーマンスに応じて、公的財源から支払う方式」である。同方式について、米国運輸省 (U.S. DOT) の“Public-Private Partnership (P3) Procurement : A Guide for Public Owners” は次のように定義している。

“A periodic payment made to a concessionaire, typically commencing on completion of a project, a portion of which constitutes compensation for capital costs. Availability payments are subject to adjustment based on a payment scheme set forth in the concession agreement, including downward adjustments if the concessionaire fails to meet performance requirements under the agreement. Using an availability payment structure protects the interests of the public by giving the concessionaire a financial incentive to maintain the facility in satisfactory condition and operating at a specified level of performance.”

「A/P はコンセッションネアへの定期的な支払いで、一部は資本コストに充てられる。支払いは通常、プロジェクトの完成時に開始される。A/P はコンセッション契約に定められた支払い

スキームに基づいて調整され、コンセッションネアが契約に基づく履行要件を満たさない場合の下方調整を含む。A/P の採用は、施設を満足な状態に維持するための財務的インセンティブをコンセッションネアに与え、規定された水準のパフォーマンスで施設を運営させることによって、公益を守ることができる」（上記英文の和訳）

一般的に、民間事業者は事業期間中に 100%の供用性を提供するという条件で A/P の最大額を入札する。しかし、民間事業者が公共セクターと合意した供用性（Availability）や運営・維持管理（Operation & Maintenance）における要求水準を満足できなかった場合、予め設定された算式に基づいて減額される。これが「パフォーマンスに関連付けられた支払い」、つまり Availability Payment（A/P）である。民間事業者のインセンティブは、施設に対する公共セクターのパフォーマンスの目標に連動されるものであり、民間事業者のパフォーマンスの低下は支払いの減額を招き、期待報酬が得られないリスクに晒されることになる。

A/P 方式と同じく、提供サービスに対する対価が公的財源から支払われる方式が S/T 方式である。S/T 方式は、利用者が支払う仮定の通行料金に対して、公共セクターが間接的に民間事業者に対価を支払う方式である。

一方、利用者の通行料金を財源に、公共セクターと合意したサービス内容を民間事業者が提供する方式が、通行料金収入（R/T）方式である。民間事業者が公共セクターから料金徴収の権利を事業運営権（コンセッション）の一部として獲得し、料金収入を資金に運営・維持管理を実践していくため、料金収入独立採算型と呼ばれる。

主たる収入源が利用料金である事業では、投資家による料金収入型コンセッションの評価は料金収入の推定次第である。道路や車線の新設による需要予測が難しい場合は、収入の予測も極めて困難になる。米国の道路 PPP（コンセッション）事業等で、投資家が歳入リスクを回避する傾向が強くなっており、A/P 方式が主流になってきた要因にもなっていると考えられる。

続いて、A/P 方式による支払いメカニズムを、一般的な道路サービス対価の定額支払い方式、通行料金収入をベースにした独立採算方式（R/T 方式）と比較することで公共セクター、民間事業者のメリットを明らかにする（表 2-3、2-4^{1),3)}。

一般の無料道路の維持管理等を対象とするサービス対価の定額支払い方式との比較では、A/P 方式が維持管理等の要求水準の性能規定化と一体とすることで、公共セクターが提供サービスの品質（安全性、快適性等）をより意識することになる。要求水準を規定する性能指標のモニタリングを徹底することによって、施設（構造物）と提供サービスの品質向上が期待できる。また要求水準に連動した支払いメカニズムの導入によって、民間事業者にサービス品質確保のインセンティブが働きやすくなり、利用者や納税者に対して支出の理由が説明しやすくなる。民間事業者にとっては、契約で合意したサービス水準の目標値を意識し、その確保や維持管理の工夫、技術・ノウハウの開発に取り組みやすくなると考えられる。

一方、利用料金収入をベースにした R/T 方式との比較では、財源が公的財源になることによるメリットが大きくなる。公共セクターにとって、支払い総額が最大値である A/P を超過しないため、長期予算が確実に設定できる。維持管理と将来の更新・取替費用が財源化され、ライフサイクルコストの最適化も実現しやすくなる。料金徴収の権利を事業運営権（コンセッション）として民間事業者に渡すこともないため、料金設定の権限も保持できる。

民間事業者にとっては、運営・維持管理の対価が契約で自らのパフォーマンスに依存するた

め、公共セクターと合意したサービス水準確保に持続的に取り組むことが必須になる。中長期の事業契約になることが多いため、維持管理の工夫や技術・ノウハウの開発により取り組みやすくなる。民間事業者にとって交通需要に依存せず予想外のリスクも少ないため、R/T方式やS/T方式に比べて、財務が安定する。したがって、資金調達コストが低い/DSCR (Debt Service Coverage Ratio) の要求値が低いといったメリットがある。

A/P方式には以上のようなメリットがあるが、一般的なPPPの契約ストラクチャと同様、民間事業者へのインセンティブを公共セクターの目標と連動させることが必要になる。すなわち、契約通りにサービス機能が発揮されることが、公共セクター、民間事業者の両者にとって最大の利益をもたらすというストラクチャの構築が必須になる。

表 2-1 支払い方式の比較²⁾

財源	基本的な支払い	支払い方式	内容
公的財源	定額	日本の一般的な支払い	積算に基づいて、公共セクターが一定額を民間事業者に支払う方式。精算を伴う場合もある
	成果に応じて	アベイラビリティ・ペイメント	道路の供用可能性に関わる指標に応じて、公共セクターが民間事業者に対価を支払う方式。既存道路レーンの拡張事業や維持補修のプロジェクトに適用されている
		アクティブ・マネジメント・ペイメント	混雑や安全性等の質的基準に対する成果に応じて、公共セクターが民間事業者に対価を支払う方式
		シャドートール・ペイメント	利用者が支払う（仮定の）通行料金に対して、間接的に公共セクターが民間事業者に対価を支払う方式
利用料金	—	リアルトール	利用者が支払う通行料金に対して、民間事業者が公共セクターと合意したサービスを提供する

表 2-2 A/P方式のメリット（道路サービス対価の定額支払い方式との比較）

関係主体	内容
公共セクター	・ 維持管理の要求水準の性能規定化と一体とすることで、提供サービスの品質（安全性、快適性等）レベルがより明確になる
	・ 性能指標のモニタリングを徹底することによって、施設（構造物）と提供サービスの品質向上が期待できる
	・ 要求水準に連動した支払いメカニズムの導入によって、民間事業者にサービス品質確保のインセンティブが働きやすくなる
	・ 提供サービスの質と対価が連動しているため、利用者等に支出の説明がしやすくなる
民間事業者	・ 契約で合意したサービス水準をより意識して、その確保に持続的に取り組む
	・ サービス水準の確保を前提に維持管理の工夫や技術・ノウハウの開発に取り組みやすい

表 2-3 A/P方式のメリット（利用料金収入をベースにした独立採算型との比較）

関係主体	内容
公共セクター	・ 支払いが最大A/Pを超過しないため、長期予算が確実に設定できる
	・ 維持管理と将来の資本の更新・取替費用が財源化され、ライフサイクルコストの最適化が実現できる
	・ 利用料金のコントロールを保持できる
民間事業者	・ 契約で合意したサービス水準確保に持続的に取り組む
	・ サービス水準の確保を前提に維持管理の工夫や技術・ノウハウの開発に取り組みやすい
	・ 事業収入が交通需要等に依存せず、民間事業者に予想外のリスクが少ないため、独立採算型やシャドートール方式に比べて、財務が安定し、資金調達コストが低く、DSCR (Debt Service Coverage Ratio) の要求値も低くなる

2.3 A/P方式の動向とパフォーマンス指標

本項では、A/P方式を採用している各国の支払い方式の動向と、A/P方式で民間事業者のパフォーマンスを測るために必須となるパフォーマンス指標について整理する。

2.3.1 米国におけるA/P方式の動向とパフォーマンス指標

2.3.1.1 A/P方式の動向

近年、米国道路PPP事業においてその一形態であるDBFOM（設計・建設・資金調達・運営・維持管理）コンセッション（事業運営権）事業で、通行料金収入（Real Toll）を原資とする独立採算型のR/T方式に代わり、A/P方式が主流になりつつある。同方式は、公共セクターが道路運営・維持管理サービスの対価を、交通需要に依存せず、民間事業者の運営・維持管理におけるパフォーマンスに応じて公的財源から支払う方法である。2009年にI-595（フロリダ州）で初採用されて以降、採用プロジェクトが増加している。

A/P方式が好まれるのにはいくつかの理由がある。初期のPPPプロジェクトを見ると、R/T方式を採用したいくつかのプロジェクトが需要不足に陥っている。これらのプロジェクトの投融资者、民間事業者がリスクを回避し慎重になっていることが、A/P方式の採用が増加傾向にある最も大きな理由とされている¹⁾。

ここでは、U.S.Department of Transportation（US DOT）が2016年12月に発行した“Report on Highway Public-Private Partnership Concessions in the United States”を参考に、四半世紀にわたる米国道路P3（米国ではPPPをP3と称する）事業の変遷を振り返る¹⁾。

米国の道路P3事業の嚆矢となったTeodoro Moscoso Bridge（プエルトリコ）、Dulles Greenway（バージニア州）、91 Express Lanes（カリフォルニア州）は1992～93年にかけて契約が締結された。その後、10年間ほどの空白期間があったが、2003年のSouth Bay Expressway（カリフォルニア州）の契約で再び始まった。それ以降、2004年を除いてP3事業は毎年、契約締結されてきた。2012年から2015年までは毎年2～4の事業が契約に至っており、1992年以降、米国の道路P3事業では合計28のプロジェクトが実施されている^{1),4)}（表2-4、図2-1）。

米国の道路P3事業は、その分類を変遷させてきているが、現在はDBFOM（設計・施工・資金調達・運営・維持管理）Real Toll concessions（R/T方式）、民間事業者の運営・維持管理のパフォーマンスに応じて業務対価を支払うDBFOM Availability Payments concessions（A/P方式）、既存道路を対象にしたLong-term leases（長期リース方式）の3つに分けている¹⁾。

R/T方式では、民間投資家や運営事業者はアップフロントでリース支払いをすることと引き換えに事業期間にわたって有料道路における料金徴収の権利が与えられる。主要な修繕や施設の拡張に、民間事業者が責任を負う場合もある。これらの事業では交通需要リスクを軽減しながら、数十年にわたって収益を確保することが見込まれているが、一般的にR/T方式による収入レベルは経済変動リスクの影響を多分に受けることになる。

R/T方式では多くのリスクを公共セクターから民間事業者に移転しているため、公共セクターを財政的な不安定性から開放しているものの、民間事業者に深刻な損失を与えるケースもあり、利潤をあげながら順調に推移しているケースは必ずしも多くない。当初の負債を返済できないまま推移したプロジェクトもある。

1992年以降、契約に至った合計28の道路P3事業の半数に当たる14事業がR/T方式である。内訳は、3つの新設有料道路、9つの有料管理レーン道路、2つの水路横断道路である。このうち11事業が供用中、3事業が建設中である。運営期間は35～85年、平均約52年となっている。供用中の11事業のうち、91 Express lanes と South Bay Expressway は公共交通当局によって買入れられ、SH130（テキサス州）は2016年に米連邦破産法11条（日本の民事再生法に相当）の適用を申請した。Dulles Greenway は破産を回避するために、Teodoro Moscoso Bridge は事業期間の初期の損失を取り戻すために、それぞれ運営期間が延長されている。他のプロジェクトでは、I-495（バージニア州）がリファイナンスされている。5事業が、2014～16年に供用が開始されたところだ。

2009年にI-595（フロリダ州）で初めて採用されたA/P方式は、建設工事を完了して支払いわれるマイルストーン支払いと、公共セクターによって定義された施設の状態と民間事業者の運営・維持管理のパフォーマンスに応じて支払いわれる毎年のA/Pの組み合わせを特徴とする。A/P方式では、民間事業者が交通需要リスクを負わないため、民間事業者や投資家にとって、R/T方式に代わる魅力的なスキームになっている。

A/P方式は2009年以降、9事業が契約に至っている。このうち半数以上が、フロリダ州（I-595、Port of Miami Tunnel、I-4）とインディアナ州（I-69、East End Crossing）に集中している。

A/P方式は、巡回や清掃、補修、ITSの運用、事故対応等、複数の小さな業務で構成される事業に効果的な手法である。R/T方式と同様、公共セクターはライフサイクルにわたるリスクを民間事業者に移転し、民間事業者は長期の運営・維持管理の効率性向上とコスト削減を目指す。業務受託の成否は主に運営・維持管理の算定コストに基づくため、A/P方式は民間事業者間に厳しい競争を強いることになる。R/T方式が高い収入リスクを伴うものの収入が上振れする可能性があるのに対し、A/P方式では、収入の上限は入札時に民間事業者が提示する最大A/P（MAP）に抑えられる。

A/P方式では、一部の事業スポンサーにA/Pをオフ・バランスの取引と同等視する向きもあるが、金融市場の信用格付け機関はA/Pを公共負債に等しいとみなす。そのため、A/P方式の採用は、州の信用格付けに下方圧力を与える可能性がある。公共セクターは、A/Pの支払い義務は州の予算と信用格付けに影響があることに留意しなければならない。

長期リース方式では、5事業が2005～11年に契約に至った。既存の有料道路に運営権が与えられる長期リース方式は期間中の施設の運営・維持管理が主業務になるが、A/P方式と異なって民間事業者に対するパフォーマンスベースの支払いがないため、民間事業者に施設やサービスの要求水準を厳守させることは容易でない。

長期リース方式の経過は多様である。すでに当初の民間出資者によって保有されていない運営権が多い。Indiana Toll Road は破綻に至っている。当初の民間投資家は近視眼的に投資に対するリターンを得ようとする一方、事業スポンサーである公共セクターは、既存の料金施設が生む収入を先取りし、長期リース契約を結ぶ際にアップフロントで多額の支払いを受領している。

米国の金融市場はR/T方式が持つ通行料金収入リスクの状況をよく理解している。それに代わるA/P方式についても、事業を推進できる高い信用格付けを有する州の数は限られている。しかし、インフラ投資への拡大のなかで、新規のP3事業が続く可能性は大きいと見られる。

DBFOM Availability Payment concessions（A/P方式）は2009年のI-595、Port of Miami Tunnel

を皮切りに、9つのプロジェクトが契約に至っている。A/P方式の増加は、2008年の金融危機と時期を一にする。金融市場の縮小と保証保険市場の毀損によって、民間投資家にとって許容できないリスク（例えば、R/T方式における収益リスク）を回避するために、DBFOMのP3事業に対する新たな手法としてA/P方式が採用された。A/P方式では、事業スポンサーと民間事業者のリスク管理は「建設・運営・維持管理（アセットマネジメント）」に集中できる。財務リスクの低下によって、公共部門はより小さな資金と資本コストで済む提案を民間事業者から受領できることになる。収益を生まない事業にも採用が可能である。

A/P方式は、事業費を賄うだけの収益が得られずR/T方式では成立困難な事業、料金収入の無い事業、公共セクターが通行料金のコントロールを保持したい事業等への適用にメリットがある。一般的に事業スポンサーは、A/Pの財源として連邦および州の財源を使い、料金収入の一部や他の資金によっても補う。州は予算からA/Pを供給し続けるという財政的な責務を負い、A/Pの支払いを他のニーズより優先させる一方で、将来必要とされる分野に収益を割り当てるという柔軟性を毀損しかねない点には留意が必要である。州は、A/Pの支払い義務が予算と財政の信用格付けに影響することを理解し、適用の価値を見いだせる優先度の高いプロジェクトにのみ、このアプローチを使わなければならない。

一部の事業スポンサーにはA/P方式をリースまたはバランス・シート外の事業と同等視する向きもあるが、主要な信用格付け機関はそれらを負債とみなすため、A/P方式の採用は州の信用格付けに下方圧力を与えることになる。信用格付けの低下を回避するにはA/Pを制限することが必要である。したがって、A/P方式の採用は通常、優良な信用格付けを有する州に限られてくる。フロリダ州はA/Pの全体量に制限を設けており、A/P方式による事業の現在のポートフォリオは上限を下回っている。その結果、信用格付け機関の評価を維持している。

民間事業者にとってはリスクプレミアムが小さくなるため、資金調達がしやすくなるが、A/Pが歳入の上限となること、収益リスクが無くなったとはいえ金融リスクが残ることに留意が必要である。民間事業者は一般的に州政府の予算をA/P自体と関連したリスクとみなさなければならない。州政府の政策によっては他の歳出義務に先んじて資本または工事へのA/Pの支払いを優先させ、こうした危惧を軽減することもできるが、それでも毎年の州議会の予算プロセスは民間事業者のリスクとして残る。カリフォルニア州のように、年間予算の通過に関係なく一括払いの予算としてA/Pが支払いわれる「連続予算」によって、予算遅れの影響を回避している例もある。

A/P方式は2009年に初めて契約に至った。それ以降、契約された合計18のP3事業の半数（以下の9事業：I-595 Managed Lanes（フロリダ州）、Port of Miami Tunnel（フロリダ州）、Presidio Parkway(II)（カリフォルニア州）、Goethals Bridge（ニューヨーク・ニュージャージー州）、I-69 Managed Lanes（インディアナ州）、I-4 Managed Lanes（フロリダ州）、Pennsylvania Rapid Bridge Replacement Project（ペンシルベニア州）、Portsmouth Bypass（オハイオ州）、East End Crossing（インディアナ州））がA/P方式である。

A/P方式のうち、半数以上は2つの州——3事業のフロリダ州と2事業のインディアナ州——に集中している。両州の5事業は2014と2015年の2年間に契約された。道路の改築・拡幅を含むDBFOM（Goethals BridgeとPennsylvania Rapid Bridge Replacement ProjectはDBFM）事業に、A/P方式が採用されている。運営期間は25～40年、平均約35年である。運営期間がR/T

方式に比べて 20 年ほど短くなっているのは、公共セクターが支払い義務の時間枠を延長する可能性があることを示している。

フロリダ州の 2 つの有料管理レーン事業 (I-595、I-4) やニューヨークとニュージャージーを結ぶ有料橋 (Goethals Bridge)、ケンタッキーとインディアナを結ぶ有料橋 (East End Crossing) のほか、事業には無料道路も含まれる。金門橋へのアクセス道路 (Port of Miami Tunnel)、オハイオ州のバイパス道路 (Portsmouth Bypass)、ペンシルバニア州の 558 の単径間・2 径間の橋梁更新・維持管理事業等である。

表 2-4 米国道路 P3 事業の概要

事業名	公共セクター	事業タイプ		事業費 (百万ドル)	事業期間 (年)	契約年	供用年	備考
SR 125 South Bay Express	Caltrans	DBFOM	RT	658	35	2003	2007	2010:破産、2011:負債リファイナンス、SANDAGが買い入れ
Chicago Skyway	City of Chicago	長期リース	RT	1,830	99	2005	2005	2005:リファイナンス、2016:コンセッション売却
Pocahontas Parkway	Virginia DOT	長期リース	RT	766	99	2006	既存施設	2012:コンセッションを債権者に移転、2016:新たなリース契約
Indiana Toll Road	Indiana DOT/IFA	長期リース	RT	3,948	75	2006	既存施設	2014:破産、2015:IFM Investorsがリース契約
Northwest Parkway	NP Public Highway Authority	長期リース	RT	726	99	2007	既存施設	2013:コンセッション売却
I-495 Express Lanes	Virginia DOT	DBFOM	RT	2,069	85	2007	2012	2014:負債リファイナンス
SH130 seg. 5+6	Texas DOT	DBFOM	RT	1,336	50	2008	2012	2014:負債支払延長、2016:破産、コンセッションを債権者に移転
I-595 Managed Lanes	Indiana DOT/IFA	DBFOM	AP	1,834	35	2009	2014	
Port of Miami Tunnel	Florida DOT	DBFOM	AP	1,113	35	2009	2014	
North Tarrant Express	Texas DOT	DBFOM	RT	2,122	52	2009	2014	
I-635 LBJ Managed Lanes	Texas DOT	DBFOM	RT	2,645	52	2010	2015	
PR22 and PR 5 Lease	Puerto Rico	長期リース	RT	1,146	40	2011	既存施設	2015:短期負債リファイナンス、2016:コンセッション10年延長
Ohio River Bridges East End Crossing	Indiana DOT/IFA	DBFOM	AP	1,319	40	2012	2016	
Midtown Tunnel	Virginia DOT	DBFOM	RT	2,088	58	2012	2016	
Presidio Parkway (I)	Caltrans	DBFOM	AP	365	30	2012	2015	
I-95 Express Lanes	Virginia DOT	DBFOM	RT	923	76	2012	2014	
North Tarrant Exp. 3A/B	Texas DOT	DBFOM	RT	1,641	52	2013	2016	
Goethals Bridge	NY-NJ Port Authority	DBFM	AP	1,526	40	2013	2017	
US 36 Managed Lanes	Colorado/HPTE	DBFOM	RT	209	50	2014	2016	
I-77 HOT Lanes	North Carolina DOT	DBFOM	RT	636	50	2014	建設中	2019年の最後の四半期に全体竣工
I-69 Managed Lanes	Indiana DOT/IFA	DBFOM	AP	466	35	2014	2018	
I-4 Managed Lanes	Florida DOT	DBFOM	AP	2,878	40	2014	建設中	2021年に供用開始予定
Pennsylvania Rapid Bridge Replacement Project	Penn DOT	DBFM	AP	1,117	25	2015	2017	
Portsmouth Bypass	Ohio DOT	DBFOM	AP	647	35	2015	2018	
SH 288 Toll Lanes	Texas DOT	DBFOM	RT	1,064	52	2016	建設中	
395 Express Lanes	Virginia DOT	DBFOM	RT	554	70	2017	建設中	
Transform 66	Virginia DOT	DBFOM	RT	3,724	50	2017	建設中	
Central 70	Colorado DOT	DBFOM	AP	1,271	35	2017	建設中	

(*)DBFOM: 設計・施工・資金調達・運営・維持管理, RT: Real Toll, AP: Availability Payment (網掛け)

(資料: USDOT の Report on Highway Public-Private Partnership Concessions in the United States、FHWA のウェブサイトを基に作成)

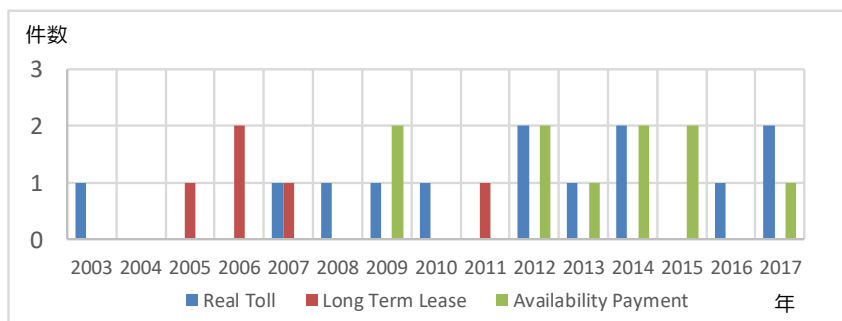


図 2-1 事業タイプ別件数の推移

2.3.1.2 A/P方式におけるパフォーマンス指標

道路 PPP 事業である I-595、I-4、I-69、East End Crossing、Presidio Parkway、Portsmouth Bypass の A/P 方式の事例を挙げる。米国連邦道路庁（FHWA）は 2015 年に Availability Payment Concession Public-Private Partnerships Model Contract Guide⁵⁾を発行している。それによると、最大 A/P（MAP）を Unavailability（Non-availability）と O&M Violation または Noncompliance Event によって調整（減額）するのが一般的である。Unavailability は、事前の維持管理計画以外の通行止めに対して、区間、車線数、時間帯等によって減額幅が設定される。O&M Violation（または Noncompliance）では、多項目の性能要求（Operation：ITS 運営、TMC 運営、TIM 運営、道路警備隊、バックアップ回線等、Maintenance：舗装、ガードレール、標識、排水システム、料金設備、照明、橋梁、斜面、植栽、防音壁、ITS システム等）に対して不履行が発覚した場合の原状修復期間、猶予時間等が示されており、それを達成できなかった場合の減額幅が MAP に対する比率やポイント加算制で規定されている。

(1) I-595（フロリダ州）の概要と支払い方法^{4), 6), 7)}

I-595 プロジェクトは、拡幅や改良工事を含む約 10.5 マイルの DBFOM であり、事業期間は 35 年。2009 年に 18 億 3400 万ドルで、フロリダ州交通局（FDOT）と ACS Infrastructure Development グループが契約を交わした。

表 2-5 I-595 の概要と支払い方法（Florida DOT）

項目	内容
事業名	I-595（米国フロリダ州）
対象施設	約 10 マイルの本線の拡幅、ランプの改良工事を含む DBFOM コンセッション
施設管理者	Florida DOT
事業者	I-595 Express（ACS Infrastructure Development, TIAA）
事業費	18.34 億ドル
事業期間	2009～2044：当初の 5 年間で DB 事業を実施して、それ以降 30 年の O&M 事業
事業タイプ	DBFOM
支払い方法	<p>Availability Payment：MAP（6590 万ドル／年、当初）から下記項目によって調整（減額）を行う</p> <p>① Unavailability Adjustment：事前の維持管理計画以外の通行止めに対して、区間、車線数、時間帯等によって重み付けをして減額幅を設定</p> <p>② O&M Violation Adjustment：多項目の性能要求に対して逸脱が発覚した場合の原状修復期間等が示されており、それを達成できなかった場合の減額幅を MAP に対する比率で重み付けして設定</p>

I-595 Concession Agreement & Appendice⁶⁾に規定されている A/P 方式の特徴は以下の通りである。

- ① A/P は供用不能状態（Unavailability）と運営・維持管理不履行（O&M Violation）による調整によって減額される。
- ② 供用不能状態による調整では、通行止めの範囲、時間帯の優先度、区間の重み等が考慮され減額される。
- ③ 運営・維持管理不履行による調整では、性能規定化された各項目のうちの未達成項目に対し、不履行の影響度に応じて調整額がクラス分けされ減額される。

まず、支払いの基本となる年間最大アベイラビリティ・ペイメント (MAP_y) はインフレ率が考慮された次式によって求められる。

$$\text{MAP}_y = \text{MAP}_{\text{Base}} \times k \times \frac{\text{CPI}_y}{\text{CPI}_{\text{Base}}} + \text{MAP}_{\text{Base}} \times (1-k) \times (1 + \text{FR})^{y-\text{FY}_{\text{Base}}} \quad \dots (2.1)$$

ここで、

Base : 起点日、k = 30% (消費者物価指数 CPI の変動を考慮した MAP の割合)、MAP_{Base} : 起点日の MAP、CPI_y : y 年度開始時点の消費者物価指数、y : インフレ調整された MAP の算出年度、FR = 3.0% の固定比率、FY_{Base} : 起点日の年度。

起点日 (2008 年 7 月 1 日) 時点で、MAP は公共セクター、民間事業者の両者の合意に基づいて標準金利等の変化によって調整され、年間 6590.5 万ドルであった。対価の支払は四半期毎にあり、次式によって算出される。

$$\text{QP}_{q,y} = \frac{\text{MAP}_y}{4} - \text{QPA}_{q,y} \quad \dots (2.2)$$

ここで、QP_{q,y} : y 年度 q 四半期における支払い額

QPA_{q,y} : y 年度 q 四半期における支払い調整額

上記の支払い調整額 (QPA_{q,y}) は次式による。

$$\text{QPA}_{q,y} = \text{QUA}_{q,y} + \text{QVA}_{q,y} \quad \dots (2.3)$$

QUA_{q,y} : y 年度 q 四半期の供用不能状態による調整額

QVA_{q,y} : y 年度 q 四半期の運営・維持管理不履行による調整額

① QUA_{q,y} : 供用不能状態による調整額

$$\text{QUA}_{q,y} = \sum_{h=1}^{h_q} \text{HUA}_h \quad \dots (2.4)$$

$$\text{HUA}_h = \sum_{s=1}^n (\text{HUF}_{h,s} \times \text{SWF}_{h,s} \times \text{TWF}_{h,s}) \times \frac{\text{MAP}_y}{365 \times 24} \quad \dots (2.5)$$

h_q : 四半期における合計時間

HUA_h : h 時に対する 1 時間毎の供用不能状態による調整額

HUF_{h,s} : s 区間の h 時に対する 1 時間毎の供用不能状態による係数

SWF_{h,s} : s 区間の h 時に対する区間重み係数

TWF_{h,s} : s 区間の h 時に対する時間重み係数

② $QVA_{q,y}$: 運営・維持管理違反による調整額

$$QVA_{q,y} = \sum_{OMV}^n VA_{i,q} \quad \dots \dots (2.6)$$

$VA_{i,q}$: q 四半期の運営・維持管理違反 (OMV) i による調整額

上記式(2.4)~(2.6)の各係数は表類で整理されている。①供用不能状態による調整額について、表2-6では、1時間毎の供用不能の係数 (HUF_{h,s}) がA(0.1)~G(1.0)にクラス分けされ、表2-7で通行止めの車線数による影響がクラス分けと連動して規定されている。通行止めの車線数が多いほど、減額の割合が大きくなる事が分かる。表2-8では区間の重み付け、表2-9では通行止めの時間帯の影響が規定されており、交通量が多い時間帯の通行止めの影響が減額を大きくすることが示されている。なお、民間事業者は通行止めが許可されている時間帯・区間・車線のうち、特定の時間を使った維持管理計画を立てることができる。

一方、②運営・維持管理不履行による調整額は建設中(拡張・改良工事中)と運営期間中に分けて規定されている。運営期間中の運営・維持管理項目(舗装、ガードレール、標識、排水システム、料金設備、照明、橋梁、斜面、植栽、防音壁、ITSシステム等)については、各項目に対する要求業務(Required Task)と、走行利用者の安全性に対する許容レベルとしての最低限の性能要求(Minimum Performance Requirements)、運営・維持管理業務に違反した場合のクラス分け(O&M Violation Classification)、修復期間(Cure Period)、再発間隔(Interval of Recurrence: 修復期間内に修復できなかった事象に対して減額が加算される間隔)が示されている。

表2-10では、たわみ性舗装と橋梁メンテナンスに関する記述を例示した。性能要求、または原状修復期間が具体的に数値化されており、修復期間が短い事項の不履行ほど安全性を損ねるため、表2-11の調整(年間最大アベイラビリティ・ペイメントMAP_yに対する減額の比率)に準じて、減額が大きくなる。

表 2-6 1時間毎の供用不能状態の係数

アベイラビリティの クラス分け	1時間毎の供用不能状態の 係数
A	0.1
B	0.2
C	0.4
D	0.6
E	0.7
F	0.8
G	1.0

表 2-7 中優先および高優先時間帯における通行止めのクラス分けの例

1595 回廊区間 (区間 1、2、3、4)	クラス分け	高速レーン区間 (区間 5)
	A	
	B	
<ul style="list-style-type: none"> ・SR-84 の 3 車線部の 1 車線、 ・I-595 の 6 車線部の 1 車線 ・2 車線ランプの 1 車線、 ・交差部のいずれか 1 車線 が時間中のある時に供用できない状態	C	
<ul style="list-style-type: none"> ・I-595 の 3・4・5 車線部の 1 車線、 ・I-595 の 6 車線部の 2 車線、 ・SR-84 の 2 車線部の 1 車線、 ・SR-84 の 3 車線部の 2 車線、 ・2 車線ハイ・インパクト・ランプの 1 車線、 ・ランプの全ての車線、 ・交差部の 2 車線以上 が時間中のある時に供用できない状態	D	<ul style="list-style-type: none"> ・高速車線の 3・4 車線部の 1 車線 ・高速車線ランプの入口の 1 車線以上 が時間中のある時に供用できない状態
<ul style="list-style-type: none"> ・I-595 の 4・5 車線部の 2 車線、 ・I-595 の 6 車線部の 3 車線、 が時間中のある時に供用できない状態	E	
<ul style="list-style-type: none"> ・I-595 の 3 車線部の 2 車線、 ・I-595 の 4・5 車線部の 3 車線、 ・I-595 の 5・6 車線部の 4 車線、 ・I-595 の 6 車線部の 5 車線、 ・SR-84 の全ての車線 ・ハイ・インパクト・ランプの全車線、 が時間中のある時に供用できない状態	F	<ul style="list-style-type: none"> ・高速車線の 2 車線部の 1 車線、3 車線部の 2 車線、4 車線部の 2 車線 ・高速車線ランプの出口の 1 車線以上 が時間中のある時に供用できない状態
<ul style="list-style-type: none"> ・I-595 の全車線が時間中のある時に供用できない状態 	G	<ul style="list-style-type: none"> ・全高速車線が時間中のある時に供用できない状態

表 2-8 区間重み係数

区間番号	区間	重み係数
1	I-595(東行き)、SR-84(Sewell Lock から西の東行き)、交差部・ランプ含む	0.2
2	I-595(東行き)、SR-84(Sewell Lock から東の東行き)、交差部・ランプ含む	0.2
3	I-595(西行き)、SR-84(Sewell Lock から西の西行き)、交差部・ランプ含む	0.2
4	I-595(西行き)、SR-84(Sewell Lock から東の西行き)、交差部・ランプ含む	0.2
5	高速レーンとそのランプ	0.2

表 2-9 時間重み係数 (I-595 回廊区間：区間 1、2、3、4)

時間帯の類別	重み係数	定義
週日		月 0:00～金 19:00
高優先時間帯	12.0	6:00～9:00、16:00～19:00
中優先時間帯	6.0	9:00～16:00、19:00～22:00
低優先時間帯	2.0	22:00～6:00
週末		金 19:00～日 24:00
高優先時間帯	12.0	12:00～2:00 (日 21:00～24:00 を除く)
中優先時間帯	6.0	8:00～12:00
低優先時間帯	2.0	2:00～8:00、日 21:00～24:00

表2-10 運営・維持管理の要求事項の例

要素種別	要求業務	最低限の性能要求	O&M違反	修復期間	再発間隔
たわみ性舗装 竣工3年後以降	走行利用者の安全性に対して、舗装を許容レベルに維持する	技術要求書の Division II Section6 の性能要求に適合すること			
		わだちが深さ0.375インチ未満	B	180日	5日
		乗り心地RNを3.3超に保持	B	180日	5日
		沈下／くぼみが最大深0.5インチ	C	7日	毎日
		ひび割れが舗装状態評価7.0超	B	180日	5日
橋梁メンテナンス	点検によって発覚した補修の実施	日常：既存の性能レベルを維持する、劣化の進行を予防する、あるいは構造物のサービス提供期間を延長する補修を完了する	B	180日	10日
		早期：構造物に信頼性を保持する、または望ましい性能レベルを維持するために不具合や欠陥を修繕する	C	90日	5日
		緊急：構造物に対する致命的な損傷を修繕して走行車に安全性を保証する補修を速やかに開始する。工事はすぐに開始してできるだけ早期に完了させる	E	30日	毎日

表 2-11 運営・維持管理不履行による調整

運営・維持管理不履行のクラス分け	運営・維持管理不履行による調整
A	MAP _y / 40,000
B	MAP _y / 8,000
C	MAP _y / 4,000
D	MAP _y / 1,600
E	MAP _y / 360

(*) MAP_y : 年間最大アベイラビリティ・ペイメント

なお、当該プロジェクトにおける MAP (Maximum Availability Payment) が決定された経緯 (入札状況) について述べる 7)。

- ① 2007年10月：FDOT が RFQ と PIM (Project Information Memorandum) をリリース。6 チームが実績、技術ノウハウ、財務力の概要を記載した SOQ (Statement of Qualification) を提出 (同年11月)。
- ② 2007年12月：4 チーム (ACS Dragados-Macquarie Partnership、Direct Connect Partners、Express Access Team、I-595 Development Partners) をショートリスト・プロポーザーに選出し RFP を配布。調達ルール、提出要求項目、最優秀者の選定方法等の記載を含む要項、コンセッション契約書、技術要求仕様の提示。
- ③ 2008年9月：2 チーム (ACS Dragados-Macquarie Partnership と Express Access Team) がプロポーザル提出。
- ④ 2008年10月：FDOT が ACS Dragados-Macquarie Partnership を最優秀者に選出。技術点 (50点満点) と価格点 (50点満点) をベースにした公式 (表 2-12) で評価点を算出 (小さい要素ではあるが、資金計画の確実性や柔軟性も考慮)。Express Access Team は技術点で ACS グループを上回ったが、価格点の差を挽回できなかった。MAP が ACS の 6398 万

ドルに対して Express Access Team は 1 億 4450 万ドル。更に資金計画の柔軟性の点数も下回った。

- ⑤ 2009 年 3 月：35 年に及ぶコンセッション契約を締結。最終の MAP は年間 6590.5 万ドル、IRR は 11.5%。

また、FDOT は入札価格に対して、当該事業の VfM 分析（2007 年 8 月）とも比較している。それによると、FDOT は 3 つの項目で歳出削減が可能になったとしている（表 2-13）⁷⁾。

- ① 年間最大 A/P が VfM 分析時の 7190 万ドルから、8%減の 6590 万ドルに低減する。
 ② 2007 年の分析では、FDOT の主要な支払いは 5 年の建設期間中に実施される前提だったが、本契約ではマイルストーン・ペイメントが建設工事の最終引渡後でよくなったため、支払いが 5 年以上延期され、財務に恩恵が生じる。
 ③ 民間事業者への最終引渡は総計 6 億 8600 万ドルになり、2007 年 8 月に必要とされたマイルストーン・ペイメントの総計より約 4 億ドル低減される。

表 2-12 プロポーザルの採点基準

Criteria		Points
Technical Proposal Criteria [Up to 50 Points]	Management / Administration Evaluation Criteria	Maximum 12 Points
	Preliminary Corridor Master Plan Submittal Evaluation Criteria	Maximum 30 Points
	Operation and Maintenance Evaluation Criteria	Maximum 8 Points
Financial Proposal Criteria [Up to 50 Points]	Maximum Availability Payment	Maximum 45 Points
	Feasibility of Financial Proposal	Maximum 5 Points

表 2-13 契約時と 2007 年時との支払の比較

	2007 年 時点	契約 締結時	削減額	削減率
最大 A/P（百万ドル）	71.9	65.9	6.0	8.3%
進捗支払い／最終引渡支払い（百万ドル）	1,079	686	394	36.5%
FDOT による初回進捗支払い／最終引渡支払い	2009～10	2014～15	5 年	—

(2) I-4（フロリダ州）の概要と支払い方法^{4), 8)}

I-4 は有料部分の増築、既存部分の拡幅等を含む約 21 マイルの運営・維持管理であり、A/P の支払い方法の考え方は同州の I-595 プロジェクトと同様である。

表 2-14 I-4 の概要と支払い方法 (Florida DOT)

項目	内容
事業名	I-4 (米国フロリダ州)
対象施設	有料部分の増築、既存部分の拡幅等を含む約 21 マイルの運営・維持管理
施設管理者	Florida DOT
事業者	I-4 Mobility Partners : John Laing Investments (29% equity partner, 50% project owner), Skanska Infrastructure Development (71% equity partner, 50% project owner)
事業費	28.78 億ドル
事業期間	2014～2054
事業タイプ	DBFOM
支払い方法	Availability Payment : MAP (7533 万ドル/年、当初) から下記項目によって調整 (減額) ① Unavailability Adjustment : 事前の維持管理計画以外の通行止めに対して、区間、車線数、時間帯等によって重み付けをして減額幅を設定 ② O&M Violation Adjustment : 多項目の性能要求に対して不履行が発覚した場合の修復期間が示されており、それを達成できなかった場合に減額される

(3) I-69（インディアナ州）の概要と支払い方法^{4), 9)}

I-69 プロジェクトは、21 マイルの改築・改良工事（インタチェンジや高架道路の増設を含む）とそれ以降の運営・維持管理であり、2014 年に Indiana Finance Authority & Indiana DOT が I-69 Development Partners（Isolux Infrastructure Netherlands B.V., Public Sector Pension Investment Board）と契約を締結している。

表 2-15 I-69 の概要と支払い方法 (Indiana DOT)

項目	内容
事業名	I-69 (米国インディアナ州)
対象施設	21 マイルの改築・改良工事（インタチェンジや高架道路の増設を含む）とそれ以降の運営・維持管理
施設管理者	Indiana Finance Authority
事業者	I-69 Development Partners (Isolux Infrastructure Netherlands B.V., Public Sector Pension Investment Board)
事業費	4.66 億ドル
事業期間	2014～2052 : 完全供用が 2017 年で、それ以降 35 年の O&M
事業タイプ	DBFOM
支払い方法	Availability Payment : MAP (2190 万ドル/年、当初) から下記項目によって調整 (減額) ① Unavailability : 事前の維持管理計画以外の通行止めに対して、区間、車線数、時間帯等によって重み付けをして減額幅を設定 ② Noncompliance Event : 多項目の性能要求に対して逸脱が発覚した場合の修復 (猶予) 期間が示されており、それを達成できなかった場合の減額幅がポイント制 (1 ポイント 5000 \$) で加算

I-69 の A/P 方式は、MAP (2190 万ドル/年、当初) から Unavailability と Noncompliance Event によって調整 (減額) する。Unavailability による調整は、事前の維持管理計画以外の通行止めに対して、区間、車線数、時間帯等によって重み付けをして減額幅を設定している。

I-595 では MAP の 1 時間当たりの額に対して、式(2.4)、(2.5)で (MAP/(365×24)) に掛かる複数の要素が加味された調整額を、支払い減額率 β と表現している。

一方、I-69 の 1 時間当たりの支払い減額率は、式(2.5)と同様の形で表現すると次式となる。

$$QUA_{q,y} = MAP_y \times \sum_{e=1}^n S \times D \times P \times T \times \frac{t}{H} = \frac{MAP_y}{365 \times 24} \times \sum_{e=1}^n S \times D \times P \times T \times \frac{t}{H} \times (365 \times 24) \dots (2.6)$$

従って、両者の 1 時間当たりの支払い減額率 β は以下を比較すればよいことになる。

$$I-595 : \beta = \sum_{h=1}^{hq} \sum_{s=1}^n (HUF_{h,s} \times SWF_{h,s} \times TWF_{h,s}) \dots (2.7)$$

$$I-69 : \beta = \sum_{e=1}^n S \times D \times P \times T \times \frac{t}{H} \times (365 \times 24) \dots (2.8)$$

I-69 の区間、曜日、供用不能時間帯、閉鎖車線数による係数を表 2-16～19 に示す。

表 2-16 I-69 区間係数 (S)

区間	区間係数 (S)
A	0.60
B	0.40

表 2-17 I-69 曜日係数 (D)

曜日のタイプ	年間日数 (A)	重み付け (B)	曜日係数 (D) (B/A)
標準週日	253	80%	0.3162%
土曜日	52	12%	0.2308%
日曜日または祝日	60	8%	0.1333%
合計	365	100%	NA

表 2-18 I-69 供用不能時間帯係数 (P)

曜日	供用不能期間	区分	時間帯	供用不能時間帯係数 (P)
標準週日	A	朝	6:00～9:00	35%
	B	昼	9:00～16:00	10%
	A	午後	16:00～19:00	35%
	B	夕方	19:00～22:00	10%
	B	夜	22:00～6:00	10%
				100%
土曜日、日曜日、祝日	B	朝	6:00～9:00	30%
	B	昼	9:00～21:00	50%
	B	夜	21:00～6:00	20%
				100%

表 2-19 I-69 閉鎖車線数係数

区間	一方向の閉鎖車線数		
	1 車線	2 車線	3 車線
I-69 片側 3 車線	0.25	0.75	1.0
I-69 片側 2 車線	0.5	1.0	—
I-69 インタチェンジランプ 1 車線	0.5	—	—
I-69 インタチェンジランプ 2 車線	0.25	0.5	—
交差道路片側 1 車線	0.2	—	—
交差道路片側 2 車線	0.1	0.3	—
交差道路片側 3 車線以上	0.1	0.3	0.5

② 不履行 (Noncompliance) による調整額

$$QNA_{q,y} = \sum_{x=1}^n NCA_x \times \$5000 \times \left(\frac{CPI_y}{CPI_{2014}} \right)$$

.....(2.9)

QNA_{q,y} : 不履行 (Noncompliance) による調整額

NCA_x : 運営期間の当該四半期中の不履行ポイント

表 2-20 不履行イベントに対する評価カテゴリー

カテゴリー	不履行修復期間	不履行ポイントの評価
A	不履行イベントが発生して IFA による事象認知の通達から修復期間が開始	修復期間内に完全に修復されなかった場合は、同じ修復期間毎に不履行ポイントが加算
B	不履行イベントが発生して IFA による事象認知の通達の有無に関わらず修復期間が開始	修復期間内に完全に修復されなかった場合は、同じ修復期間毎に不履行ポイントが加算
C	修復期間無し	最初に認知された時点で不履行ポイントが加算

表 2-21 O&M 不履行に属する主な事象

番号	項目	不備	評価カテゴリー	修復期間	ポイント
18	カテゴリー1の不履行	Performance and Measurement Table に記載された期間内にカテゴリー1 不履行に対する危機を緩和する	A	Performance and Measurement Table に記載	4
19	カテゴリー1の不履行	Performance and Measurement Table に記載された期間内にカテゴリー1 不履行に対して恒久的な補修を施す	A	Performance and Measurement Table に記載	2
20	カテゴリー2の不履行	Performance and Measurement Table に記載された期間内にカテゴリー2 不履行に対して恒久的な補修を施す	A	Performance and Measurement Table に記載	1
20a	復旧作業	復旧作業工程に合わせて実施	A	7 日	1
20b	点検義務	技術規定の要求に準じて実施	A	1 日	2
35	通行止め	1 車線以上の閉鎖が許容されている閉鎖以外の、時間帯 A に起こる閉鎖	C	無し	1
36	通行止め	1 車線以上の閉鎖が許容されている閉鎖以外の、時間帯 B の 4 時間以上の閉鎖	C	無し	1
37	通行止め	1 車線以上の閉鎖が許容されている閉鎖以外の、イベント中に起こる閉鎖	C	無し	1

(4) East End Crossing (インディアナ州) の概要と支払い方法^{4), 10)}

East End Crossing は Ohio River Bridge の建設を含む 3.8 マイルの運営・維持管理事業であり、A/P の支払い方法の考え方は同州の I-69 と同様である。

表 2-22 East End Crossing の概要と支払い方法 (Indiana DOT)

項目	内容
事業名	East End Crossing (米国インディアナ州)
対象施設	Ohio River Bridge を含む 3.8 マイルの運営・維持管理
施設管理者	Indiana Finance Authority, Indiana DOT
事業者	WVB East End Partners (Walsh Infrastructure, VINCI Highways, Bilfinger Project Investments International Holding)
事業費	13.19 億ドル
事業期間	2015～2050 : 2016 年に供用開始
事業タイプ	DBFOM
支払い方法	Availability Payment : MAP から下記項目によって調整 (減額) ① Unavailability Adjustment : 事前の維持管理計画以外の通行止めに対して、区間、車線数、時間帯等によって重み付けをして減額幅を設定 ② Noncompliance Adjustment : 多項目の性能要求に対して不履行が発覚した場合の修復期間が示されており、それを達成できなかった場合の減額幅がポイント制 (1 ポイント 5000\$) で加算される

(5) Presidio Parkway (カリフォルニア州) の概要と支払い方法^{4), 11)}

Presidio Parkway は、Golden Gate Bridge の南側アクセス道路 Doyle Drive の 1.6 マイルの付替を含む運営・維持管理事業である。

表 2-23 Presidio Parkway の概要と支払い方法 (Caltrans)

項目	内容
事業名	Presidio Parkway (米国カリフォルニア州)
対象施設	Golden Gate Bridge の南側アクセス道路 Doyle Drive 1.6 マイルの付替を含む運営・維持管理
施設管理者	California Department of Transportation (Caltrans)
事業者	Golden Link Partners (HOCHTIEF PPP Solutions North America, Meridiam Infrastructure)
事業費	3.65 億ドル
事業期間	2012～2042 : 2015 年に供用開始
事業タイプ	DBFOM
支払い方法	Availability Payment : MAP から下記項目によって調整 (減額) ① Unavailability Adjustment : 事前の維持管理計画以外の通行止めに対して、区間、車線数、時間帯等によって重み付けをして Unavailability Factors を設定 ② O&M Noncompliance Adjustment : 多項目の性能要求に対して不履行が発覚した場合の修復期間が示されており、それを達成できなかった場合に減額加算される

Presidio Parkway の A/P 方式における調整は、Unavailability Adjustment と O&M Noncompliance Adjustment による。Unavailability による調整は、区間車線数、時間帯等によって重み付けをして減額係数を設定している (表 2-24)。O&M Noncompliance による調整では、多項目の性能要求に対して不履行が発覚した場合の修復 (猶予) 期間が示されており、それを達成できなかった場合に減額が加算される

年間の供用不能状態（ $QUA_{q,y}$ ）による調整は以下による。

$$QUA_{q,y} = \sum_{e=1}^q UA_e \quad \dots\dots(2.10)$$

UA_e : 個々の供用不能状態の事象 (Event)

$$UA_e = \sum_{h=1}^h \left(UF_{h,td} \times \frac{MAP_y}{d_y \times 24} \right) \quad \dots\dots(2.11)$$

$UF_{h,td}$: 時間、走行方向による係数

表 2-24 供用不能状態 (Unavailability) の係数 (週日、本線)

		North- or Southbound (週日)		
区間	閉鎖車線数	高優先時間帯 7:00~11:00 (SB) 16:00~19:00 (NB)	中優先時間帯 11:00~16:00 19:00~21:00 6:00~7:00 7:00~11:00 (NB) 16:00~19:00 (SB)	低優先時間帯 21:00~6:00
5 車線部 (一方向)	1	0.10	0.07	0.02
	2	0.39	0.26	0.06
	3	0.69	0.46	0.10
	4	2.16	1.45	0.32
	5	12.00	12.00	6.20
4 車線部 (一方向)	1	0.10	0.07	0.02
	2	0.69	0.46	0.10
	3	2.16	1.45	0.32
	4	12.00	12.00	5.27
3 車線部 (一方向)	1	0.18	0.12	0.03
	2	0.64	0.43	0.10
	3	12.00	12.00	5.03

(6) Portsmouth Bypass の概要と支払い方法 ^{4), 12)}

Portsmouth Bypass プロジェクトは 16 マイルの 4 車線、26 マイルのバイパス (US23, US52)、5 つのインターチェンジを含む DBFOM 事業であり、2015 年に Ohio DOT が ACS Infrastructure Development、Infrared Capital Partners、Star America Fund GP と契約を締結した。

当該 A/P 方式の Unavailability に対する 1 時間毎の支払減額が時間帯、施設、閉鎖車線数によって実額で示されているのが特徴である。

表 2-25 Portsmouth Bypass における A/P の構成 (FHWA, KPMG;2014)

項目	内容
事業名	Portsmouth Bypass P3 Project
対象施設	16 マイルの 4 車線、26 マイルのバイパス (US23, US52)、5 つのインターチェンジ
施設管理者	Ohio DOT
事業者	ACS Infrastructure Development, Infrared Capital Partners, Star America Fund GP
事業期間	2015～2054 : DB/4 年、O&M/35 年
事業タイプ	DBFOM
支払い方法	<p>Availability Payment : Unavailability と Non-compliance による減額調整された毎月の支払い。支払いの減額は、事業者が毎月提出するパフォーマンスレポートと、IQF・交通局によるレビューによって決定</p> <p>① Unavailability : 供用不能状態 (ランプや車線の閉鎖。時間帯、週日・週末の重み付けを反映) に対する月額支払からの減額。CPI (消費者物価指数) の変動を考慮。過度の供用不能状態は持続的な違反の引き金になる。承認された閉鎖は減額免除</p> <p>② Noncompliance : 適用、報告、通知要求を含むポイント加算システムで 1 ポイント 5000 ドル。建設中・運営中に適用して持続的な違反は契約解除に至る。減額は、完工マイルストーン・ペイメントとアベイラビリティ・ペイメントに対して評価。自己申告と管理者の監視、監査と不適合の仕組みによって実施</p>

表 2-26 供用不能状態 (Unavailability) の減額 (単位 : ドル/時間)

時間	期間	供用不能状態のイベントによる 1 時間当たりの通行止め車線数				
		全区間に対する一方向の主線			交差道路の一方向	
		1 車線 通行止め	2 車線 通行止め	ランプ 通行止め	1 車線 通行止め	2 車線 通行止め
00:00～05:00	A	0	4,000	1,000	0	1,000
05:00～06:00		1,000			500	
06:00～09:00	B	2,000	8,000	2,000	1,000	2,000
09:00～15:00	A	1,500	6,000	1,000	500	1,000
15:00～18:00	B	2,000	8,000	2,000	1,000	2,000
18:00～21:00	A	1,000	4,000	1,000	500	1,000
21:00～24:00		0			0	

(注) 通行止め時に路肩を利用した場合は減額が 50%、休日は 150%、週末は 50%

表 2-27 不適合 (Noncompliance) 事項の事例

番号	活動 タイプ	項目	不履行事象	修復 期間 (日)	猶予 期間 (日)	ポイント
2.39	点検、欠陥、標準	適時・的確な点検	Project Scope の Section19.5 や 19.9 に準じて適時・的確な点検を実施	7	N/A	1
2.40	点検、欠陥、標準	タイムリー1の欠陥の適時修復	カテゴリ1 の欠陥を欠陥修復期間内に修復 (安全確保)	欠陥修復期間	N/A	4
2.41	点検、欠陥、標準	タイムリー2の欠陥の適時修復	カテゴリ2 の欠陥を欠陥修復期間内に恒久的に修復	欠陥修復期間	N/A	1
2.42	点検、欠陥、標準	欠陥の予防	カテゴリ2 の欠陥がカテゴリ1 の欠陥に劣化することを防ぐ	N/A	N/A	1
2.44	点検、欠陥、標準	交通制御の要求に対応	交通制御や、Project Scope の Section17 と 19.4.5.1 に規定された維持管理計画に準じた状態を維持するために、民間事業者が果たすべき義務である維持管理業務の遂行を逸脱	1	N/A	4
2.45	点検、欠陥、標準	改修工事の実施	Project Scope の Section19.3 や改修工事計画、改修工事工程に準じて実施	14	7	1

2.3.2 カナダにおける A/P 方式の動向とパフォーマンス指標

2.3.2.1 A/P 方式の動向

カナダでは、1980年代から病院や教育施設等の建物でPPPが実施されたことでA/P方式が主流であり、2014年時点では、カナダの全P3プロジェクトの96%がA/P方式を採用している¹³⁾。道路事業に関しては、1990年代のコンフェデレーション橋や各地の有料道路をはじめ、2014年までに約200件、総額約650億カナダドルに上るPPP事業を実施している。サービス購入型、独立採算型の分類についてはデータがないが、A/P方式がこれまでの事業の基本であり、需要リスクを完全に民間に移転して、Performance-based Payment だけで行う独立採算型の事業は極めて稀である¹⁴⁾。道路PPPコンセッションに関して、T/R方式からA/P方式にトレンドが移行しており、T/R方式とA/P方式の併用も増えている¹⁵⁾。

2.3.2.2 A/P 方式におけるパフォーマンス指標

カナダの道路 PPP 事業では、O&M Payment をベースに、O&M Performance、Non-Availability、Traffic Volume、Safety Performance 等による調整（減額）をしている。

(1) Northeast Anthony Henday Drive の概要と支払い方法¹⁶⁾

Northeast Anthony Henday Drive プロジェクトは、North Saskatchewan River を跨ぐ新設 2 橋の建設と、それらを含む延長 27km の 6 車線+8 車線道路の運営・維持管理事業であり、Alberta Transportation と Capital City Link Group (HOCHTIEF PPP Solutions North America, ACS Infrastructure Canada, Meridiam Infrastructure North America) が 2012 年に契約を締結している。

表 2-28 Northeast Anthony Henday Drive の概要と支払い方法 (Alberta)

項目	内容
事業名	Northeast Anthony Henday Drive (カナダ・アルバータ州)
対象施設	North Saskatchewan River を跨ぐ新設 2 橋の建設と、それらを含む延長 27km の 6 車線+8 車線道路の運営・維持管理
施設管理者	Alberta Transportation
事業者	Capital City Link Group (HOCHTIEF PPP Solutions North America, ACS Infrastructure Canada, Meridiam Infrastructure North America)
事業費	18.1 億ドル
事業期間	2012~2046 : 最初の 5 年で橋梁を建設して、以降、30 年間の路線の運営・維持管理
事業タイプ	DBFOM
支払い方法	一定額から道路の供用性 (availability)、要求水準に対するインフラのパフォーマンス (performance criteria) に応じて減額 (adjust) ① Capital Payment ② Major Rehabilitation Payment ③ O&M Payment ④ Traffic Volume Payment Adjustment (新設インフラに対して交通量が一定値を超過した場合に O&M 支払いを増額) ⑤ Payment Adjustment (多項目にわたって管理水準レベルと調整額を一覧) ・ Lane Closure ・ Roadway Inspections, Emergency and Routine Maintenance ・ General Pavement Maintenance Requirements ・ Others

表 2-29 車線閉鎖による調整額

タイプ	時間帯	調整額 (ドル、時間・車線数・km 当たり)
週日ピーク時	6:00～9:00、15:30～18:00	480
週日昼間	9:00～15:30	180
週末・祝日昼間	6:00～18:00	180
夜	18:00～22:00	120
深夜	22:00～6:00	0

表 2-30 道路点検、緊急・日常維持管理の調整額 (ドル、連続した 12 カ月中)

	道路点検	日常維持管理	緊急維持管理
1 回目	2,500	5,000	20,000
2 回目	5,000	10,000	40,000
3 回目 (以降)	10,000	20,000	
4 回目 (以降)	20,000	—	

(2) Golden Ears Bridge Crossing の概要と支払い方法¹⁷⁾

Golden Ears Bridge Crossing はカナダ西部の Fraser River を渡る橋長 2410m (アプローチを含む)、6 車線の有料橋 Golden Ears Bridge Crossing の建設・運営・維持管理事業であり、Greater Vancouver Transportation Authority と Golden Crossing General Partnership が 2006 年に契約を締結した。

表 2-31 Golden Ears Bridge Crossing の概要と支払い方法 (Golden Ears Bridge Project Agreement)

項目	内容
事業名	Golden Ears Bridge Crossing (カナダ・ブリティッシュコロンビア州)
対象施設	カナダ西部の Fraser River を渡る橋長 2410m (アプローチを含む)、6 車線の有料橋の建設・運営・維持管理
施設管理者	Greater Vancouver Transportation Authority
事業者	Golden Crossing General Partnership
事業費	8.08 億ドル
事業期間	2006～2041 : 3.5 年の建設と 32 年間の運営・維持管理
事業タイプ	DBFO
支払い方法	Availability Payment ① CAPITAL PAYMENT : 工期遅延による減額、建設・運営中の橋梁の通行止めによる減額を含む ② OMR PAYMENT : 最大支払い額から諸要因によって減額 ・ Maximum OMR Payment : \$316,198 (in Base Date dollars) ・ Non-Availability Deduction : 区間、方向、時間帯、車線数に応じて通行止めによる減額 ・ OMR Performance Deduction : Non-Conforming Event によるポイントを加算して減額 ③ Safety Initiative Change : 事業者の提案による効果の報酬

表 2-32 Non-Availability による調整額と Bridge-Closure による調整率（週日）

タイプ	時間帯	調整額（ドル、時間当たり）		
		1 車線	2 車線	3 車線
西側 接続ゾーン (1) 東行き／西行き	6:00～10:00	NA/200	400/400	—
	10:00～15:30	NA/NA	400/400	—
	15:00～19:00	200/NA	400/400	—
	19:00～22:00	NA/NA	400/400	—
	22:00～6:00	NA/NA	200/200	—
橋梁ゾーン (3) 南行き／北行き	6:00～10:00	500/500	12.8%/500	17.7%/8.6%
	10:00～15:30	500/500	4.2%/500	16.8%/14.0%
	15:00～19:00	500/500	500/21.8%	8.3%/21.8%
	19:00～22:00	500/500	500/500	3.9%/4.1%
	22:00～6:00	NA/NA	NA/NA	2.4%/2.4%
北側 接続ゾーン (4) 南行き／北行き	6:00～10:00	200/NA	17.7%/NA	—/8.6%
	10:00～15:30	200/NA	16.8%/200	—/14.0%
	15:00～19:00	NA/NA	8.3%/200	—/21.8%
	19:00～22:00	NA/NA	3.9%/NA	—/4.1%
	22:00～6:00	NA/NA	2.4%/NA	—/2.4%
Abernethy 接続ゾーン (5) 南行き／北行き	6:00～10:00	200/200	—	—
	10:00～15:30	200/200	—	—
	15:00～19:00	200/200	—	—
	19:00～22:00	NA/NA	—	—
	22:00～6:00	NA/NA	—	—

2.3.3 英国における A/P 方式の動向とパフォーマンス指標

2.3.3.1 A/P 方式の動向

英国では 1992 年に PFI（Private Finance Initiative）が始まり、道路部門では 1994 年に HA（Highways Agency）が DBFO による PFI を始めた。HA の DBFO 事業では S/T 方式が一般的であったが、A/P 方式が採用され始めている（表 2-33）。DBFO は有料化の布石として採用されたが、有料区間は M6 や一部の橋梁（第 2 セバーン橋）等に限られている¹⁸⁾。A/P 方式の初採用は A13 Thames Gateway（2000 年）²⁾である。ポーツマスやシェフィールド等の市域を対象とした Highway Maintenance PFI 事業では、A/P 方式やそれに準じた方式、さらに S/T 方式との組み合わせが見られる¹⁹⁾。A1 や A249 では、Active Traffic Management Payment（混雑や安全性等の質的基準に対する成果に応じて、公共が民間事業者に対価を支払う方式）が導入されている²⁾。

表 2-33 英国における DBFO 道路事業^{2), 20), 21)}

事業名	民間事業者	事業費用(百万ポンド)	支払い方法	供用開始
M40 Junctions 1-15	UK Highways M40	37.1	Shadow tolls	1996.01
A69 Newcastle to Carlisle	Road Link (A69)	9.4	Shadow tolls	1996.04
A1(M) Alconbury to Peterborough	Road Management Services (Peterborough)	128	Shadow tolls	1996.04
A417/A419 Swindon to Gloucester	Road Management Services	49	Shadow tolls	1996.04
M1-A1 Motorway Link, Leeds	Connect Roads	214	Shadow tolls	1996.04
A50/A564 Stoke to Derby Link	Balfour Beatty Infrastructure Services	20.6	Shadow tolls	1996.07
A30/A35 Exeter to Bere Regis	Connect A30/A35	75.7	Shadow tolls	1996.10
A19 Dishforth to Tyne Tunnel	Autolink Concessionaires (A19)	29.4	Shadow tolls	1997.02
A13 Thames Gateway	Road Management Services (A13)	146	Lane availability	2000.04
A1 Darrington to Dishforth	Road Management Services (Darrington)	245	Congestion	2003.03
A249 Stockbury to Sheerness	Sheppey Route	100	Congestion	2004.02
M25, link roads to GLA Boundary, Berks Bucks, Herts, Essex, Kent & Surry	Connect Plus M25		Availability	2009.10

2.3.3.2 A/P 方式におけるパフォーマンス指標

一般的に、英国の道路事業におけるサービス購入型支払い方式は Shadow Toll Payment、Availability Payment、Active Traffic Management Payment に大別できる（表 2-34）。英国道路庁（HA）の道路 PFI 事業の DBFO で A/P 方式が最初に採用された A13 Thames Gateway では、A/P は①Lane availability：車線の供用性（時間帯による走行車線数）、②HGV/bus shadow tolls：重量積載物車両（HGV）とバスのシャドートール、③Safety payments：安全性（事故率）に対する支払い、④Bus-journey time reliability：バス走行時間の信頼性に対する支払い——の組み合わせになっている（表 2-35）。A69 では S/T 方式を主体に、A/P 方式の考え方を組み合わせている（表 2-36）。A1 では Active Traffic Management Payment 方式が採用され（表 2-37）、交通量と走行速度の関係で、民間事業者に対するボーナスとペナルティが設定されている。

ポーツマスやシェフィールド等、市域を対象にした道路維持管理（Highway Maintenance）PFI の支払いメカニズムでは、A/P 方式と Usage Payment 方式の組み合わせになっている（表 2-38～2-41）。HA の A/P 方式とは構成が違っており、HA で考慮されている「Safety payments：安全性（事故率）に対する支払い」と「Bus-journey time reliability に対する支払い」がない代わりに、ポーツマスでは HA には無い「路面の状態」が考慮されている。

表2-34 英国のサービス購入型支払い方式^{2), 18)}

支払い方式	内容	事例
Shadow Toll Payments	<狭義>道路の利用量にのみ着目して、当該道路の交通量に応じて政府が民間事業者に対価を支払う方式。当初(1996年頃)導入されていたが、徐々に廃止されていった。	
	<広義>利用者が支払う通常の通行料金に対して、間接的に政府が民間事業者に対価を支払う方式。道路利用量 (usage) や需要量 (demand) を基本的な指標としたもの、道路の利用可能性 (アベイラビリティ) を指標としたもの、および安全性等を成果指標としたものなど、様々な指標を組み合わせた形で支払いが行われる包括的な概念。	
	車数や車種、車線の通行止め、安全性のパフォーマンスに準じて公共セクターから民間事業者へ支払う方法	HA から DBFO 会社への支払い：A69, A1(M), A417/A419, M1-A1, A50/A564, A30/A35, M40, A168/A19
Availability Payments	道路の利用可能性に関わる指標に応じて、政府が民間事業者に対価を支払う方式。道路が通行止めになった時間等の指標を設けて、それを支払いと関連付ける。既存道路レーンの拡張や維持補修のプロジェクトに適用されている。	
	① Lane availability: 車線の供用性(時間帯による走行車線数) ② HGV/bus shadow tolls: 重量積載物車両 (HGV) とバスのシャドートール ③ Safety payments: 安全性 (事故率) に対する支払い ④ Bus-journey time reliability: バス走行時間の信頼性 — に応じて公共セクターが民間事業者に対価を支払う方法	A13 Thames Gateway
Active Management Payments	混雑や安全性等の質的基準に対する成果に応じて、政府が民間事業者に対価を支払う方式	
	渋滞マネジメントと安全パフォーマンス(人身事故数)に応じて、公共セクターが民間事業者に対価を支払う方法	A1, A249

表 2-35 A13 Thames Gateway の概要と支払い方法²⁾

項目	内容
事業名	A13 Thames Gateway
対象施設	ロンドン東部とドックランズ英国東部海岸を結ぶ路線の建設と運営
施設管理者	Highways England
事業者	Road Management Services (A13)
事業費	1.46 億ポンド
事業期間	2000～2030
事業タイプ	DBFO
支払い方法	Availability Payment: 以下の項目に応じて支払う ① Lane availability: 車線の供用性 (時間帯による走行車線数) ② HGV/bus shadow tolls: 重量積載物車両 (HGV) とバスの Shadow toll ③ Safety payments: 安全性 (事故率) に対する支払い ④ Bus-journey time reliability: バス走行時間の信頼性

表 2-36 A69 Newcastle to Carlisle の概要と支払い方法²¹⁾

項目	内容
事業名	A69 Newcastle to Carlisle
対象施設	Haltwhistle Bypass の建設とそれを含む 52 マイルにわたる A69 Newcastle to Carlisle の運営・維持管理
施設管理者	Highways England
事業者	Road Link (A69)
事業費	940 万ポンド
事業期間	1996～2026
事業タイプ	DBFO
支払い方法	<p>シャドートールをベースに、安全対策の効果や車線通行止めによって支払いを増減</p> <p>① Shadow toll : 全線を 13 区間に分け、利用車台数・車両長を基にしたバンド幅に応じて支払う</p> <p>② Safety Performance Payments : 事業者が安全対策（事故死傷者の低減）を提案して道路管理者に承認されると、事業者自らの支出で対策を施した見返りに、過去 3 年前のデータと比較した死傷者数の減少による経済損失回避分を受領できる</p> <p>③ Lane Closure Charge : 通常であれば 1 車線 500 台/時、2 車線 1200 台/時を超える場合に、車線通行止めによる課金がなされる。多くのメンテナンス工事は夏季の夜 20:00～朝 7:00 に実施</p>

表 2-37 A1 における Active traffic management payment²²⁾

平均速度	交通量 ≤ 想定容量	交通量 > 想定容量
道路閉鎖（または計画閉鎖）	・ ゼロ	・ ゼロ
目標速度の 67%以下	<ul style="list-style-type: none"> ・ ゼロ（交通量が想定 80%以下） ・ 減額（同 80%超） 	・ 満額
目標速度の 67～100%	<ul style="list-style-type: none"> ・ 減額 ・ 満額（平均速度が 100%の場合） 	・ ボーナス（交通量が想定 110%超）、ただし上限付き
目標速度の 100%超	・ 満額	・ ボーナス（交通量が想定 110%超）、ただし上限付き

表 2-38 ポーツマス道路・修繕管理 PFI 事業¹⁹⁾

項目	内容
事業名	Portsmouth Highways Maintenance PFI (英国)
対象施設	主要道路として M275 (高速道路)、A 道路、2 次幹線 (B 道路及び C 道路) 及びその他の道路が含まれ、総延長は約 480km。道路、橋、歩道橋、地下道、カルバート、擁壁、法面、街灯等の構造物が対象
事業期間	25 年。事業開始当初の 5 年間 (2005~2009) に集中的な修繕工事を実施し、以降 20 年間道路の維持管理・修繕業務を実施
業務内容	道路の修繕、維持管理・点検・保守 (冬季維持管理業務、街灯及び信号の維持管理、路面、樹木の維持管理、街路、側溝の清掃、橋梁及び構造物の維持管理)、道路管理業務の一部、第三者苦情対応業務、道路使用許可ライセンスの発行、電気・水道・ガス事業者との調整
要求水準	アウトプット仕様の形で示され、Network Condition と Performance Standard (PS) に分類。ネットワークのサービスレベルは Network Condition Index (NCI) によって定量的に把握、モニタリング。NCI は、舗装状態、横滑り抵抗、構造強度を表す個別指標 (SCI, SRI, PCI) の合計値で表され、Excellent (非常に良好) から Failed (欠陥) までの 6 段階で評価
支払い方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ サービス対価は Availability fee (90%) と大型車交通量の Usage fee (10%) で構成 ① Availability payment : 道路が利用可能な状態であれば支払われる基本料金的な支払いであり、本事業では支払い全体の 90%。最低の NCI 基準に満たない場合やネットワーク区間の閉鎖 (事業会社による工事、交通事故、悪天候による閉鎖) や閉鎖と見なされる場合 (道路状況が悪い場合や信号や街灯の故障) は減額対象 ② Usage payment : ネットワークを利用する交通量を反映するもので従量料金的な支払いであり、本事業では支払い全体の 10%。交通量は大型車の交通量で測定される。支払いは大型車 1 台当たりの料金をベースに物価連動するが上限がある ・ Availability fee についてはモニタリングにより、ネットワークが使用可能であるが要求水準未達の場合とネットワークが使用できない状態と判定された場合、ペナルティポイントが加算され、一定ポイントを超えると改善勧告やモニタリングレベルが引き上げられる。1 年間に 250 ポイント以上、あるいは 5 年間に 3 回以上の警告を受けると市は債務不履行として契約解除ができる ・ 事業会社の資料によると、市からの支払い額は 1 カ月 £ 135.9 万 (2004 年価格) の Availability payment と Usage payment として大型車 1 台当たり £ 1.15 を加えたものとなっている

表 2-39 ポーツマス道路・修繕管理 PFI 事業の Network Condition Index¹⁹⁾

SCI	SRI	PCI	NCI (Network Condition Index)	道路ネットワーク状態の評価
5.00	5.00	20	30.0	Excellent (非常に良好)
4.00	4.00	17	25.0	Good (良好)
3.30	3.30	12	18.6	Fair (適正) →軽度の修繕や舗装が必要
2.40	2.40	7	11.8	Poor (良好でない) →重大な修繕や舗装が必要
1.20	1.20	2	4.4	Critical (危機的) →部分的な更新が必要
0.80	0.80	-1	0.6	Failed (欠陥) →完全に更新が必要

表 2-40 ポーツマス道路・修繕管理 PFI 事業の Performance Standard の内容¹⁹⁾

項目	内容	項目	内容
PS1	ネットワークコンディション	PS6	安全確保
PS2	道路ネットワークのアベイラビリティ	PS7	契約の管理と顧客インターフェー
PS3	冬期のサービス	PS8	Best Value レビューへの支援と報告
PS4	ランドスケープとエコロジー	PS9	移管

(*) PS : Performance Standard

表 2-41 シェフィールド道路修繕管理 PFI 事業の概要^{19), 23), 24)}

項目	内容	
事業名	Sheffield Highways Maintenance PFI (英国)	
対象施設	車道 1180 マイルと歩道 2050 マイル (4 段階の BVPI 指標の最下位)、街路照明柱 68,000 基 (85%が標準以下)、橋梁 610 橋 (最近の BCI が望ましい状態以下)、信号 480 基、道路標識 2800 基、300 以上の ITS 施設 (30%が 15 年以上)、街路樹 35,000 本 (75%以上が老木)、砂箱 2000、ゴミ箱 2500、道路銘板 12,700、道路備品 18,000、排水枘 72,000、緑地帯 290 万 m ² の修繕または維持管理	
事業期間	2012～2037 (当初修繕期間 5 年)	
事業費	約 20 億ポンド (政府 12 億ポンドの PFI クレジットを含む)	
事業者	Amey Hallam Highways (SPV)	
業務内容と 要求水準	車道の大規模修繕	市が作成した車道コンディション指数 (CCI: 車道の構造に関する変数、安全に関する変数、利用者評価に関する変数を組み合わせた値) を達成
	歩道の大規模修繕	歩道コンディション指数 (FCI: 歩道の構造に関する変数、機能に関する変数、景観に関する変数を組み合わせた値) を達成
	橋梁その他の構造物の大規模修繕	橋梁コンディション指数 (BCI: 橋梁の全体構造及び個別の構造に関する指標) を達成
	街路照明の修繕	約 85%の街路照明を契約後当初 5～7 年間に交換し、一部地域では追加的に設置
	信号・標識・路面標識等の修繕	最大 40%の信号を契約後当初 5～7 年間に交換し、残る信号は順次交換していく。標識、路面標識は必要に応じて更新
	排水管理	浸水が確認される箇所及び今後浸水が予想される箇所への対処を行う。古い排水枘を交換
	環境維持	従来 Street Force が行っていた道路清掃の水準を維持
	街路樹の維持管理	成長しすぎた街路樹をより適切な種の樹木に変え、剪定等を行うことで樹齢のバランスをとる。街路樹数は変わらない。
	冬季の維持管理	従来 Street Force が実施していた冬季維持管理と同様の水準を維持
	地域交通計画に基づく設計・建設業務	従来 Street Force が実施していた地域交通計画の策定、設計、建設
	緊急時の支援	緊急時に市の業務を支援
支払い方法	<p>サービス購入料は月額料金が設定されており、その内訳は以下の通り。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① Unitary Charge (ユニタリー・チャージ) ② Energy payment (光熱費) ③ Accruals Adjustment (前払・未払費用調整額) ④ Performance Adjustment (パフォーマンスによる調整額) ⑤ Carbon Adjustment (温室効果ガス排出による調整額) ⑥ Traffic Management Adjustment (交通管理による調整額) ⑦ Non Core service (非中核業務費用) <p>ユニタリー・チャージは初年度の 65%から始まり、予め設定されたマイルストーン指標 (車道の CCI、歩道の FCI、橋梁・地下道・擁壁の BSCI、不具合の街路照明の交換、25 年以上の交通信号機の交換) が達成されるにつれ、100%となる。要求水準を満たさない場合は減額される</p>	

2.3.4 スペインにおける A/P 方式の動向とパフォーマンス指標

2.3.4.1 A/P 方式の動向

スペインの道路 PPP 事業では歴史的に T/R 方式、S/T 方式、A/P 方式が採用されてきた²⁵⁾。²⁶⁾ R/T 方式は例えば、Abertis の運営による道路が東海岸やマドリード、セビリア等の大都市に分布している。S/T 方式も道路整備に採用されてきた。スペインの S/T 方式では収入の上限と下限が設定され、民間事業者の収入不足と儲け過ぎが回避される。近年では、無料道路である Autovia del Turia と、Autovia del Noroeste de Murcia に採用されている。最近になって、英国の PFI の流れをくむ A/P 方式の採用が道路も増えている。アンダルシア、ガリシア、バスク地方で採用例が見られる。経済の不透明な状況によるリスクを回避するために、舗装状態や安全性、サービス品質等に関するパフォーマンスに準じた支払いが志向されている。

表 2-42 スペインのコンセッション方式の変遷²⁶⁾

時期	内容
1960 年代～	当初から有料道路 (Autopista) にして民間事業者へのコンセッションを採用
1970 年代～	石油危機によって Autopista の建設が困難になり、無料道路 (Autovia) を建設
1990 年代後半～	財政の逼迫からコンセッションによる Autopista を再開。有料道路反対の世論に配慮して S/T 方式を採用
近年	既存の Autovia の規格向上や老朽化した道路の改築および維持管理のコンセッションが盛んになっている

2.3.4.2 A/P 方式におけるパフォーマンス指標

Solino²⁷⁾は、パフォーマンスベースの支払い方法について研究しており、①インセンティブメカニズムは固定部分と、得られる性能レベルに応じた支払いを組み合わせるべきである、②性能指標はできるだけ広く採用すべきであるが、民間事業者の努力と成果に大きなバラツキ（乖離）をもたらす指標は避けるべきである。ただし、事故や死亡者数は民間事業者の努力の程度と成果にバラツキがあるが、道路の適切な維持管理を示す指標と高い相関があるという研究もあると指摘している。

当該の研究ではスペインの 25 件（表 2-44）の道路コンセッション事業（2002～2007 年）で活用されている代表的な指標（Performance Indicator）が整理されている（表 2-43）。同表には、結果と努力の乖離度の高低も明示されている。

表 2-43 スペインにおけるコンセッションの性能指標²⁷⁾

性能指標	指標の定義	結果と努力の乖離度	指標採用のコンセッション数
道路事故	事故指標＝被害者事故の年間件数／L（道路長）×ADT（平均日交通量）×365	高	25
事故死亡者	死亡者指標＝事故死亡者／L×ADT×365	高	24
渋滞	渋滞指標＝サービスレベルが E または F である年間の重み付けされた時間数	高	20
すべり抵抗	横力係数（SFC）	低	20
長さ方向の平滑性	国際ラフネス指数（IRI）	低	20
供用可能道路容量	コンセッション会社による 1 車線以上の通行止めの減額の適用	中	16
路面標示状態	道路標示の再帰反射率	低	11
道路標識状態	取り替え時間	低	11
車道と路端部の清掃	修正時間	低	11
事故や事象への対応	事件発生から警報発信、修理や取り換えまでの時間	低	10

（注）調査した全 25 件（下表）が対象

表 2-44 調査対象のコンセッション事業²⁷⁾

事業名	新設 既設	延長 (km)	コンセッション会社への支払い	契約年
M-12 Airport access (Madrid)	新設	9	RT/QI	2002
AP-7 Cartagena-Vera Motorway	新設	114	RT/QI	2003
AP-36 Ocaña-La Roda Motorway	新設	148	RT/QI	2003
AP-41 Madrid-Toledo Motorway	新設	60	RT/QI	2003
AP-7 Alicante Ring-road	新設	28.5	RT/QI	2003
AP-46 Málaga-Las Pedrizas Motorway	新設	24.5	RT/QI	2005
A-1 Santo Tomé del Puerto-Burgos	既設	146	ST/QI	2007
A-2 Madrid-R2	既設	57	ST/QI	2007
A-2km. 62-Guadalajara/Soria provincial boundary	既設	76	ST/QI	2007
A-2 Guadalajara/Soria provincial boundary-Calatayud	既設	95	ST/QI	2007
A-2 Calatayud-Alfajarín	既設	107	ST/QI	2007
A-3 Madrid/Cuenca provincial boundary - Cuenca/Albacete provincial boundary	既設	141	ST/QI	2007
A-3 La Roda-Bonete	既設	94	ST/QI	2007
A-3 Bonete-Alicante	既設	111	ST/QI	2007
A-4 Madrid-R4	既設	65	ST/QI	2007
A-4 Puerto Lápice-Venta de Cárdenas	既設	107	ST/QI	2007
AG-11 Barbanza Motorway	新設	42	ST/QI	2005
AG-56 Santiago-Brión Motorway	新設	15	ST/QI	2004
AG-41 Salnés Motorway	新設	17	ST/QI	2004
MA-15 Palma-Manacor Motorway	新設	41	ST/QI	2004
M-203 Motorway (Madrid)	新設	18	ST/QI	2005
M-407 Motorway (Madrid)	新設	11.5	ST/QI	2005
CV-35 Motorway Valencia-Losa del Obispo	新設	54	ST/QI	2004
Cuenca Provincial Council network	既設	950	ST/QI	2006
Toledo Provincial Council network	既設	989	QI	2006

（注）RT : Real Toll, ST : Shadow Toll, QI : Quality Indicators

2.3.5 その他の A/P 方式の動向

2.3.5.1 豪州 Peninsula Link

豪州の Peninsula Link プロジェクトに A/P 方式が採用されている。同プロジェクトは、27km に及ぶ道路建設で、9つのインターチェンジや 25km の歩行者・自転車道、25 年間の運営・維持管理を含む。

表 2-45 Peninsula Link の事業概要と支払い方法²⁸⁾

項目	内容
事業名	Peninsula Link (オーストラリア・ビクトリア州)
対象施設	27km の道路建設、9つのインターチェンジ、25km の歩行者・自転車道、25 年の O&M
施設管理者	Linking Melbourne Authority (LMA) / State of Victoria
事業者	Southern Way (Abigroup, Bilfinger Berger Project Investments, Royal Bank of Scotland)
事業費	7.59 億 AUD
事業期間	2010～2037 : 2013 年に開通。以降、25 年間の運営・維持管理
事業タイプ	DBFOM, Availability PPP (オーストラリア第一号)
支払い方法	四半期毎に下記の KPI に応じて支払う ① Traffic access ② Incident response ③ Road and other infrastructure maintenance ・ Environmental management ・ Reporting regularly to the Government

2.3.5.2 国内公共施設 PFI の動向

国内の公共施設 PFI 事業に支払い減額システムが導入されている事例がある。民間事業者（受託者）のパフォーマンスに応じた支払い減額であり、実質的な A/P 方式である。以下に事例を示す。

(1) 京都大学（南部）医薬系総合研究棟の減額の方法²⁹⁾

① 減額対象となる事態

維持管理業務が要求水準を満たしていないと確認された場合には、減額ポイントが加算される。当該の減額ポイントの加算の後、6 カ月の減額ポイントが一定値に達した場合には、維持管理業務に係る対象業務に対応するサービス購入費の減額が行われる。維持管理業務が要求水準を満たしていない場合とは、以下に示す状態と同等の事態をいう。

- ・ 学生及び教職員等の関係者が施設を利用する上で明らかに重大な支障がある場合
 - ・ 学生及び教職員等の関係者が施設を利用することはできるが、明らかに利便性を欠く場合
- 上記の状態となる基準（事例）と当該の減額ポイントは次表の通りである。減額ポイントについては、管理者が定期モニタリング及び日常モニタリング、随時モニタリングを経て、対象業務に対応する当月の減額ポイントが確定される。ただし、「やむを得ない事由により、当該状態が生じた場合で、かつ、事前に大学に連絡があった場合」、「明らかに事業者の責に帰さない事由によって当該状態が生じた場合」は加算を免れる。

表 2-46 施設を利用する上で明らかに重大な支障がある場合の事象と減額ポイント

業績監視の区分		重大な事象	減額ポイント
共通		<ul style="list-style-type: none"> 事業者の維持管理業務の不履行等を起因として施設利用者等の活動に重大な影響を及ぼす事態の発生 維持管理業務の故意による放棄 故意に大学との連絡を行わない（長期にわたる連絡不通等） 	各項目につき 20ポイント
維持管理業務	建物保守管理業務	定期点検の未実施、故障等の放置、安全装置の不備による人身事故の発生等	
	建築設備保守管理業務	定期点検の未実施、故障等の放置、安全装置の不備による人身事故の発生等	
	外構施設保守管理業務	外構保守管理業務の不履行により、施設利用が困難となる事態や、人身事故の発生等	
	清掃業務	衛生状況の悪化等により施設利用者等の活動に重大な影響を及ぼす事態の発生等	
	警備業務	警備業務の不履行により、施設利用者等の活動に重大な影響を及ぼす事態の発生等	

表 2-47 施設を利用することはできるが明らかに利便性を欠く場合の事象と減額ポイント

業績監視の区分		重大な事象以外の事象	減額ポイント
共通		<ul style="list-style-type: none"> 維持管理業務の怠慢 施設利用者等との対応不備 業務報告の不備 関係者への連絡不備等 	各項目につき 2ポイント
維持管理業務	建物保守管理業務	建物保守管理業務の不備等	
	建築設備保守管理業務	保全上必要な修理等の未実施、業務報告の不備、関係者への連絡不備等	
	外構施設保守管理業務	外構保守管理業務の不備等	
	清掃業務	清掃業務の不備等	
	警備業務	警備業務の不備等	

① 減額ポイントの支払い額への反映

モニタリングが終了し、減額ポイントがある場合には、事業者が減額ポイントが通知される。サービス購入費の支払いに際しては6カ月分の減額ポイントの合計が計算され、下表にしたがって維持管理業務に係る対象業務のサービス購入費減額割合を定め、減額の必要がある場合には当月の支払い額が事業者へ通知される（減額ポイントは対象業務毎に計算され、減額も対象業務毎に行われる。なお、当該6カ月間に合計された減額ポイントは、当該期間のモニタリングにのみ用いるものとし、当該期間の減額措置の有無に関らず次の期に持ち越して減額ポイントの積算は行われない。

表 2-48 減額ポイントの支払い額への反映

6カ月の減額ポイントの合計	対象業務のサービス購入費の減額割合
100以上	100パーセント減額
60～99	1ポイントにつき0.6%減額
30～59	1ポイントにつき0.3%減額
0～29	0パーセント（減額なし）

(2) 筑波大学グローバルレジデンスの減額の方法³⁰⁾

① 減額対象となる事態

維持管理業務及び運営業務が要求水準を満たしていないと確認された場合には、一定の猶予（是正）期間を設けた後に減額ポイントが加算される。その減額ポイントの加算の後、3カ月の減額ポイントが、一定値に達した場合には、維持管理業務及び運営業務に係る対象業務に対応するサービス購入費の減額が行われる。

維持管理業務及び運営業務が要求水準を満たしていない場合とは、以下に示す状態と同等の事態をいう。

- ・ 学生、留学生及び教職員等の関係者が本施設を利用する上で明らかに重大な支障がある場合
- ・ 学生、留学生及び教職員等の関係者が本施設を利用することはできるが、明らかに利便性を欠く場合

各業務について、上記の状態となる基準（事例）と当該の減額ポイントは次表の通りである。減額ポイントについては、管理者が定期モニタリング及び日常モニタリング、随時モニタリングを経て、対象業務に対応する当月の減額ポイントが確定される。ただし、減額の対象となる状態と認められたとしても、「やむを得ない事由により、当該状態が生じた場合で、かつ、事前に大学に連絡があった場合」、「明らかに事業者の責に帰さない事由によって当該状態が生じた場合」は減額ポイントの加算は免れる。

表 2-49 施設を利用する上で明らかに重大な支障がある場合の事象と減額ポイント

業績監視の区分	重大な事象	減額ポイント
共通	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事業者の維持管理業務及び運営業務の不履行等を起因として施設利用者等の活動に重大な影響を及ぼす事態の発生 ・ 維持管理業務及び運営業務の故意による放棄 ・ 故意に大学との連絡を行わない（長期にわたる連絡不通等） 	各項目につき 10ポイント
維持管理業務	<ul style="list-style-type: none"> ・ 各業務の未実施等により、施設利用者等の安全性等に問題が生じ、人身事故の発生等の重大な影響を及ぼす事態の発生等 	
運営業務	<ul style="list-style-type: none"> ・ 各業務の未実施により、施設利用者等の施設利用等に問題が生じ、サービス停止等の重大な影響を及ぼす事態の発生等 	

表 2-50 施設を利用することはできるが明らかに利便性を欠く場合の事象と減額ポイント

業績監視の区分	重大な事象以外の事象	減額ポイント
共通	<ul style="list-style-type: none"> ・ 維持管理業務及び運営業務の怠慢 ・ 施設利用者等との対応不備 ・ 業務報告の不備 ・ 関係者への連絡不備等 	各項目につき 2ポイント
維持管理業務	<ul style="list-style-type: none"> ・ 各業務の不備等により、施設利用者等の安全性等に影響を及ぼした場合等 	
運営業務	<ul style="list-style-type: none"> ・ 各業務の不備等により、施設利用者等の施設利用等に影響を及ぼした場合等 	

② 減額ポイントの支払い額への反映

モニタリングが終了し、減額ポイントがある場合には、事業者には減額ポイントが通知される。サービス購入費の支払いに際しては3カ月分の減額ポイントの合計が計算され、下表にしたがって維持管理業務及び運営業務に係る対象業務のサービス購入費減額割合を定め、減額の必要がある場合には当月の支払い額が事業者には通知される（減額ポイントは対象業務ごとに計算され、減額も対象業務毎に行われる）。なお、当該3カ月間に合計された減額ポイントは、当該期間のモニタリングのみに用いられ、当該期間の減額措置の有無に関わらず次の期に持ち越して減額ポイントの積算が行われない。

表 2-51 減額ポイントの支払い額への反映

3カ月の減額ポイントの合計	対象業務のサービス購入費の減額割合
50以上	100パーセント減額
30～49	1ポイントにつき1.0%減額
15～29	1ポイントにつき0.5%減額
0～14	0パーセント（減額なし）

2.4 パフォーマンス指標の分類と比較

上述した各国の代表的なプロジェクトにおけるパフォーマンス指標を表 2-52 に一覧にした。同表の各事例や表 2-37 の英国の分類、更に手塚²⁾、Paul Reddel²²⁾、E.R.Yescombe³¹⁾らの文献を参考にすると、支払いシステムは表 2-53 のように分類できる。

- ① 支払いシステムは、利用料金に基づく方式（User charge、Usage payment）とパフォーマンスに基づく方式（Availability payment、Active traffic management）に大別できる。
- ② 利用料金をベースにする方式は、利用者が支払う Real toll（User charge）と、公共セクターが支払う Shadow toll（Usage payment）に分かれる。Shadow toll は、交通量に対して支払い額を決定しているが、これに通行止めの影響（Lane closure adjustment）や安全のパフォーマンス（Safety adjustment）を付加したり、ボーナスやペナルティに反映したりするのが一般的である。
- ③ Availability payment は、狭義では車線閉鎖（通行止め）に関わる Lane availability が対象となるが、広義には、一般的な運営・維持管理を対象にする Operation & Maintenance adjustment、事故件数や事故死者数、事故率を測定する Safety adjustment（安全性）、平均走行速度・時間等を測定する Traffic management に関する指標等がある。
- ④ Active traffic management では、混雑度（走行時間・速度）に応じたメカニズムを導入している。

上記のうち、A/P 方式で利用されているパフォーマンス指標を表 2-54 に示した。A/P 方式ではパフォーマンス指標として、①Lane availability（車線供用性）に関わる指標（閉鎖車線数・閉鎖時間）、②O&M 業務に関する指標（指標目標値設定型、処理時間設定型）、③安全性に関する指標（事故率・件数等）、④走行性に関する指標（走行速度・時間等）、⑤その他（大型車交通量、利用者満足度等）——に類型化できる。

なお、上記②の Operation & Maintenance に関する指標としては、路面や構造物の状態を規定する「指標目標値設定型」と、事故等の緊急事態への対応や散乱物の除去、ポットホールの修復、管理瑕疵（障害）の修復等の処理時間（レスポンスタイム）を設定する「処理時間設定型」に概ね大別できる。

表 2-52 A/P 方式の支払いに係る指標の比較（1/2）

		I-595 (米国)	I-69 (米国)	Golden Ears Bridge Crossing (カナダ)	Northeast Anthony Henday Drive (カナダ)
事業タイプ		DBFOM	DBFOM	DBFO	DBFOM
Operation	通行止め	Unavailability	Unavailability	Non-Availability Deduction	—
	事故	—	—	Safety Initiative Chang	—
	渋滞 走行性	—	—	—	Traffic Volume Payment Adjustment
	一般	Operation Violation (ITS,TMC,TIM, 道 路警備隊等)	Noncompliance (Performance&Me asurement Sheet に 準拠)	Max. OMR Payment & OMR Performance Deduction	O&M Payment and Payment Adjustment
Maintenance		Maintenance Violation (舗装,標識,排水, 照明,橋梁,植栽,防 音壁等)	Noncompliance (Performance&Me asurement Sheet に 準拠)	Max. OMR Payment & OMR Performance Deduction	O&M Payment and Payment Adjustment
Shadow tolls		—	—	—	—

表 2-52 A/P 方式の支払いに係る指標の比較（2/2）

		A13 Thames (英国)	Portsmouth (英国)	A69 (英国)	(Spain)
事業タイプ		DBFO	Highway maintenance PFI	DBFO	
Operation	通行止め	Lane availability	Availability	Lane closure charge	通行止め
	事故	Safety payments (事故率)	—	Safety Performance Payments (安全対 策)	事故件数,事故 死亡者
	渋滞 走行性	Bus-journey time reliability	—	—	渋滞
	一般	—	Availability (緊急対応,安全確 保)	—	事故対応
Maintenance		—	Availability (NCI: 路面状態)	—	滑り抵抗,平滑 性,路面標示,道 路標識,車道と 路端の清掃
Shadow tolls		HGV/bus Shadow tolls	Usage Payment (大型車)	Shadow toll (Number of traffic)	—

(注) A69 (英国) は Shadow toll ベース

表2-53 支払いメカニズムの分類 ^{2), 22), 31)}

支払メカニズム	構成要素	備考
User charge (Real toll)	Volume of traffic (Toll rate for each vehicle)	利用者支払い
Usage payment (Shadow toll)	Volume of traffic (Toll rate for each vehicle)	
	Lane closure adjustment	通行止め
	Safety adjustment	事故件数、事故死者数
Availability payment	Lane availability	通行止め
	Safety adjustment	事故件数、事故死者数
	Operation compliance	運営一般
	Maintenance compliance	維持管理一般
Active traffic management Payment	Lane availability	通行止め
	Travel time / speed	混雑度 (走行性)
	Bus-journey time reliability	

表 2-54 A/P 方式の指標の類型と概要

指標分類	具体的項目	内容
① 供用可能性 (Lane availability)	車線閉鎖 (通行止め)	Unavailability の状態を、区間、車線数、時間帯、閉鎖時間等によって対価を調整
② O&M 要求水準 (O&M performance)	運営・維持管理に関わる多項目	サービスや施設 (構造物) の基本的な品質に対して管理水準を設定して、水準未達 (Violation, Noncompliance, Non-Conforming) による減額を行う
③ 安全性 (Safety performance)	事故率、事故死者数	同種道路や当該道路の過去の実績と比較。民間事業者が提案した安全対策による経済損失回避効果をボーナスとして支払う方法もある
④ 走行性 (Traffic management)	平均走行速度・時間	車両の平均走行速度・時間を使って対価を調整。バスの走行時間の信頼性を指標化する場合もある
	バス走行時間	
⑤ その他	交通量	大型車等の交通量に対して、Shadow toll を使って対価を調整するケースがある
	利用者満足度	アンケート調査による

2.5 結論

米国、カナダ、英国、スペイン、豪州の 15 (25 事業を分析した結果報告を一つとしてカウント) の道路 PPP 事業で採用されている A/P 方式 (一部、他のパフォーマンスベースの支払い方式を含む) の支払い調整に用いられているパフォーマンス指標を比較分析した結果、以下の点が明らかになった。

- ① 採用されているパフォーマンス指標は以下の 5 つに類型化できる。(ア) Lane availability に関する指標、(イ) O&M 業務に関する指標、(ウ) 安全性に関する指標、(エ) 走行性に関する指標、(オ) その他 (交通量、利用者満足度等)。
- ② (ア) 狭義の Availability (供用性) に関する指標としては、車線閉鎖 (通行止め) 時間によって支払いを減額させる方法が概ね共通して適用されている。一方、(イ) O&M 業務、(ウ) 安全性、(エ) 走行性、(オ) その他の指標については、多様な指標 (例えば、巻末付表に挙げた米国 I-595 の O&M 要求水準は 150 以上の項目を規定) が採用されている。
- ③ (イ) O&M 業務に関する指標は、概ね、路面や構造物の状態 (condition) 等を規定する「指標目標値設定型」の指標と、緊急事態への対応や路面上の障害除去等を時間 (レスポンスタイム) で示す「処理時間設定型」の指標に大別される。

【参考文献】

- 1) U.S.Department of Transportation (US DOT) : Report on Highway Public-Private Partnership Concessions in the United States, 2016
- 2) 手塚広一郎 : 英国のPFI道路事業にみる支払方法の比較、交通インフラ・ファイナンスpp.53-63、2014
- 3) Silviu Docia, Michael Parker : Introduction To Public-Private Partnerships With Availability Payments, Jeffrey A. Parker & Associates, Inc., 2009
- 4) Federal Highway Administration : : Office of Innovative Program Delivery, Project Profiles / Public Private Partnerships, https://www.fhwa.dot.gov/ipd/p3/project_profiles/
- 5) Federal Highway Administration : Availability Payment Concession Public-Private Partnerships Model Contract Guide, 2015
- 6) Florida DOT : CONCESSION AGREEMENT for I-595 CORRIDOR ROADWAY IMPROVEMENTS PROJECT Between Florida Department of Transportation and I 595 Express, LLC, 2009
- 7) Florida DOT : I-595 Corridor Roadway Improvements Value for Money Analysis, 2009
- 8) Florida DOT : I-4 Volume II - Technical Requirements / Section 1 - Project Description To Design, Build, Finance, Operate and Maintain The I-4 Ultimate Project / EXECUTION VERSION, 2014
- 9) Indiana Finance Authority : Public-Private Agreement I-69 Section 5 Project between Indiana Finance Authority and I-69 Development Partners LLC, 2014
- 10) Indiana Finance Authority : COMMERCIAL CLOSING TRANSCRIPT / PUBLIC-PRIVATE AGREEMENT / THE EAST END CROSSING (LOUISVILLE-SOUTHERN INDIANA OHIO RIVER BRIDGES PROJECT) Between Indiana Finance Authority and WVB East End Partners, LLC, 2012
- 11) Caltrans : PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP AGREEMENT for the PRESIDIO PARKWAY PROJECT Between California Department of Transportation and Golden Link Concessionaire LLC, 2010
- 12) Ohio DOT : Public-Private Agreement Portsmouth Bypass between The State of Ohio, Acting by and through The Ohio Department of Transportation and Portsmouth Gateway Group, LLC, 2014
- 13) Aon Infrastructure Solutions : Payment Mechanism: The First Form of Risk Transfer in Public-Private Partnerships, 2014
- 14) 谷口博文 (九州大学) : 官民連携事業の推進策に関するカナダの事例報告-日本のPPP/PFI 政策へのインプリケーション-, 2014
- 15) Robert W.Poole : The limitation of Availability-Payment Concessions, Public Works Financing, 2011
- 16) Alberta Transportation : AGREEMENT TO DESIGN, BUILD, FINANCE AND OPERATE NORTHEAST ANTHONY HENDAY DRIVE, EDMONTON, 2012
- 17) Greater Vancouver Transportation Authority : Golden Ears Bridge Project Agreement, Trans Link, 2006
- 18) Nigel C. Lewis : DBFO Payment Mechanisms in the United Kingdom
- 19) 土木学会建設マネジメント委員会・インフラ PFI/PPP 研究小委員会・道路 PPP 検討部会 : 道路事業へのPFI/PPP 導入に向けた制度、事例調査報告書, 2014
- 20) Highways England : Network Management
https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/589297/s160588_Network_Man.pdf
- 21) The Chartered Institution of Highways & Transportation (CIHT) : The A69 Carlisle to Newcastle DBFO, 2012
- 22) Paul Reddel : Payment Mechanisms Issue Paper, PPIAF, 2004
- 23) Ian Kirby : The Development of the Sheffield Highway Maintenance PFI Project, IHT Yorkshire & Humberside

Branch Conference, January 2010

- 24) Amey and Sheffield : Streets Ahead Contract Data Sheet, 2012
- 25) José Manuel Vassallo, Alejandro Ortega, and María de los Ángeles Baeza : Risk Allocation in Toll Highway Concessions in Spain/Lessons from Economic Recession, 2012
- 26) 三井物産戦略研究所：道路サービス産業の世界動向、2016
- 27) Antonio Sanchez Solino : Optimizing performance-based mechanisms in road management: an agency theory approach, EJTIR Issue 15(4), 2015
- 28) Victorian Government Tenders System : Contract - PLPD2010
<https://www.tenders.vic.gov.au/tenders/contract/view.do?id=13221&returnUrl=%252Fcontract%252Flist.do%253F%2524%257Brequest.queryString%257D>
- 29) 京都大学、京都大学（南部）医薬系総合研究棟施設整備事業・事業契約書（案）、2014
- 30) 筑波大学、筑波大学グローバルレジデンス整備事業・事業契約書、2015年
- 31) E.R.Yescombe : public-private partnerships, pp.223-241, 2011

第3章 A/P方式における支払い調整メカニズムの特性分析

3.1 本章の目的と手法

本章の目的は「研究の目的」の②と③、すなわち、「民間事業者の機会主義的行動を抑制し、かつ事業への参加動機を損なわない最適な支払い調整条件を明らかにすること」と「米国の6つの道路PPP事業において適用されているA/P方式の支払い調整メカニズムの違いを比較・評価すること」に対応する。

目的②について、発注者（委託者）にとって民間事業者（受託者）がどんな行動を取るかわからない場合、民間事業者の行動が発注者の利得（公益）に結び付かない場合が起こる。いわゆる、モラルハザードである。こうした事態に起こらないように、発注者は民間事業者の行動に関連する監視可能な指標と対価（金銭授受）を連動させることによって、民間事業者の行動をコントロールしようとする。これがインセンティブ契約の目標であり、解法として、民間事業者の行動を想定して発注者の戦略を決定する「逆向き帰納法（Backward induction）」の考え方をを用いることができる¹⁾。具体的には、誘因両立制約と参加制約の下、民間事業者の最適化問題を解くことで民間事業者の行動を導出した後、民間事業者の行動を前提に、発注者が利得を最大化できるように目的関数中の調整変数の設定条件を、シミュレーションを実施して求める。

民間事業者と発注者の利得に関する評価モデルの定式化に対しては、Unavailability event（事故、落下物、ポットホール、気象等）による車線閉鎖回避のインセンティブを民間事業者に与えて、かつ発注者の利得を高める条件を求めるために、指標としては、A/P方式における5つの指標類型（表2-54）のうち、最も本質的なLane availabilityを表す「車線閉鎖率」を用いる。発注者、民間事業者の利得は、「1.3 研究の手法」で述べたように「財務ベース」で考察する。ここで、発注者の収入は公的資金や通行料金を財源とする予算であり、支出は民間事業者への業務委託費である。民間事業者の収入は発注者からの業務受託費であり、支出は運営・維持管理に係るコストである。

定式を立てる際には複数のパラメータを採用する。定式を使ったシミュレーションに際しては、一般的な実績を示した資料を参考に妥当な数値を選定する一方、Unavailability eventによる車線閉鎖率や民間事業者のパフォーマンスを表す能力等、民間事業者の収益性に係るパラメータについては数値を変動させ、それぞれのケース毎に「最適な減額幅」を整理する。

なお、パフォーマンス指標が予算要求（予算獲得）のツールになることは、例えば「道路資産管理の手引き」（日本道路協会・道路維持修繕委員会2008年）²⁾を参考にしている。同書では、豪州等で実施されているパフォーマンスをベースとした道路維持管理契約を例に、パフォーマンス指標の役割として、「パフォーマンス指標により成果の達成度・業績評価を行い、予算要求の根拠とする」、「パフォーマンス指標により、道路施設の現状を定量的に把握し、予算編成における目標値を設定する」といった点を挙げている。すなわち、発注者（道路管理者）にとって、パフォーマンス指標が維持されていれば（財務当局に対する）予算要求の説明力が増すと同時に、指標は民間事業者に対する業務促進のツールにもなると捉えられている。

一方、目的③については、まずウェブ上でデータが入手できた米国道路PPPの6事業（フロリダ州I-595、同州I-4、インディアナ州I-69、同州East End Crossing、カリフォルニア州Presidio Parkway、オハイオ州Portsmouth Bypass）を対象に、各事業で規定されている数値を根拠に支払

い減額率を算出する。支払い減額率の規定法は3種類に大別できるが、同一条件下の収益性を比較できるようにI-595の規定法に合わせて支払い減額率を算出する。本来、想定する受託者の能力発揮度は事業毎に異なり、仮定するパラメータの数値も異なるはずであるが、ここではいずれも同一とし、利得モデルの定式を使って民間事業者が各事業で得られる利得水準を比較する。定式は目的②と同様、財務ベースの利得評価式を用いる。

3.2 A/P方式の支払い調整メカニズムの特性

3.2.1 支払い調整メカニズムと民間事業者の行動

発注者の立場では、公共サービスの安定的な提供のために供用不能状態の回避は当然であり、そうした事象が生じたとしても、可能な限りの時間短縮が望ましい。この時、発注者が規定する支払い調整幅は、民間事業者の行動による支払い減額幅の減少効果とコスト増とのバランスに影響を与える。民間事業者にとっては損失（支払い減額幅とコスト増分の合計）を最小化する行動が、その利得を最大化することになる。それが、閉鎖時間の短縮という発注者にとっての利得にもつながることが望ましい。

ここでは、米国の道路PPP事業におけるA/P方式を参考に、供用不能状態（Unavailability）の時間短縮に対する民間事業者の行動パターンを分析するために、発注者によって規定された支払い調整メカニズムを反映した評価モデル式を構築する。

3.2.2 Unavailabilityに対する支払い調整メカニズムの特性

前項で述べた通り、民間事業者と発注者の利得評価モデル式の構築に当たっては、道路事業において発注者が確保する通行料金収入や財務当局からの公的財源、発注者と民間事業者の間で授受する運営・維持管理業務費、民間事業者の運営・維持管理業務コストを対象に、財務ベースで考える。

3.2.2.1 民間事業者の利得の定式化と解法

(1) 民間事業者の利得の定式化

民間事業者の収入は、発注者から支払われる業務受託費である。これは基本的に、発注者が運営・維持管理業務に対して作る予定価格に対して民間事業者がMAP（Maximum Availability Payment）を入札し、両方で合意した価額になる。MAPは、民間事業者が道路をAvailableな状態に保つための標準コストと適正な利益幅との合計である。したがって、民間事業者の利得は、MAPから標準コストを差し引いた価額になる。こうした考え方を基本に、単位時間当たりの収支や利得に着目し、条件を設定する。

単位時間当たりの民間事業者のMAPによる収入を W_1 、標準コスト C_0 （日常的な維持管理と車線閉鎖が起こった時の標準的な対応コストを含む）をその k_1 倍とする。

$$C_0 = k_1 \times W_1 \quad (0 < k_1 < 1.0) \quad \dots \dots (3.1)$$

道路の車線閉鎖が1時間当たり L の割合（車線閉鎖率）で起こると仮定すると、減額 W_2 は L と支払い減額率 β を使って次式で表される。

$$W_2 = \beta \times L \times W_1 \quad \dots \dots (3.2)$$

能力 E の民間事業者がコスト増率 α を掛けてパフォーマンスを高め、車線閉鎖時間が短縮され、それに比例して減額幅が抑えられるとすると、1 時間当たりの減額幅 W_3 は次式によって表される。

$$W_3 = W_2 \times f(\alpha) = \beta \times L \times f(\alpha) \times W_1 \quad \dots \dots$$

(3.3) ここで、 $f(\alpha)$ は、車線閉鎖時間の低減（短縮）の程度を示す低減関数とする。

一方、車線閉鎖が起こらないために、日常的、あるいは車線閉鎖が起こった場合の標準的なコストに加えて掛けるコスト増率 α をとすると、コストは次式となる。

$$C = k_1 \times W_1 \times (1 + \alpha) \quad \dots \dots$$

(3.4)

従って、1 時間当たりの民間事業者の利得は次式で表される。

$$\begin{aligned} R_a &= (W_1 - W_3) - C \\ &= \{1 - \beta \times L \times f(\alpha)\} \times W_1 - k_1 \times (1 + \alpha) \times W_1 \quad \dots \dots \end{aligned}$$

(3.5)

上記の民間事業者の利得を考察するにあたって、車線閉鎖時間を短縮する（支払い減額幅を縮小する）関数 $f(\alpha)$ の設定が必要になる。具体的に、低減関数 $f(\alpha)$ は、例えば下記①、②が考えられる。ここで、 $0 < f(\alpha) \leq 1$ の条件から、低減関数は①を採用する。

<低減関数の設定>

- 低減関数① : $f(\alpha) = \frac{1}{1 + e \times E \times \alpha^r}$
- 低減関数② : $f(\alpha) = 1 - e \times E \times \alpha^r$

ただし、E : 民間事業者の能力、e : 調整係数、r : 民間事業者の志向係数（リスク回避的、中立的、選好的かを示すことができる）

e と E を別にしてしている理由は、民間事業者の能力 E の大小による影響を評価するため、また E を固定した時に、コスト増率に応じた（閉鎖時間の）低減の度合い（関数の形）を変化させた場合を評価するためである。

以上の前提をもとに、低減関数① : $f(\alpha) = \frac{1}{1 + e \times E \times \alpha^r}$ （関数を単純化するため、 $r=1.0$ ）を式

(3.5)に代入すると、民間事業者の利得式が下記に得られる。

$$R_a = \left\{ 1 - \beta \times L \times \frac{1}{1 + e \times E \times \alpha} \right\} \times W_1 - k_1 \times (1 + \alpha) \times W_1 \quad \dots \dots (3.6)$$

(2) 民間事業者の行動パターンの解法条件

車線閉鎖に至る事象が起こった場合、民間事業者の利得は式(3.6)を最大化することである。

式(3.6)を α について解く ($\frac{dR_a}{d\alpha} = 0$) と、 R_a の最大値を与える α_q は k_1 、 E 、 β の組み合わせとなる。すなわち、支払い減額率 β が与えられ、収入に対する標準コストの割合 k_1 、道路に特有な車線閉鎖率 L 、低減関数 $f(\alpha)$ に含まれる能力 E と調整係数 e を仮定すると、民間事業者の利得 R_a が最大になるコスト増率 α_q が下式によって求まる。

$$\alpha_q = \sqrt{\frac{\beta \times L}{e \times E \times k_1} - \frac{1}{e \times E}} \quad \dots \dots (3.7)$$

上式において、 $\alpha_q \leq 0$ の場合、 $\alpha = 0$ (コスト増率を掛けない) 時の民間事業者の利得が最大になる (スラックが働く) ため、スラックを回避するための条件 (インセンティブ条件) として、下式が得られる。

$$\alpha_q = \sqrt{\frac{\beta \times L}{e \times E \times k_1} - \frac{1}{e \times E}} > 0$$

したがって、

$$\beta > \frac{k_1}{e \times E \times L} \quad \dots \dots (3.8)$$

一方、民間事業者の利得が最低利得 $R_{a \min} = k_2 \times W_1$ を上回らなければならない条件 (参加条件) から下式が得られる。

$$R_a = \left(1 - \beta \times L \times \frac{1}{1 + e \times E \times \alpha}\right) \times W_1 - k_1 \times (1 + \alpha) \times W_1 > R_{a \min} = k_2 \times W_1 \quad \dots \dots (3.9)$$

ただし、 k_2 は業務委託費に対する最低利得率で、 $0 \leq k_2 \leq 1 - k_1$

支払い減額率 β が与えられた時に、式(3.7)によって与えられる民間事業者の利得を最大にする最適コスト増率 α_q を式(3.9)に代入して、それが最低利得を上回る条件を求める。式(3.9)から下式が得られる。

$$1 - \sqrt{\frac{\beta \times L \times k_1}{e \times E}} - \left(k_1 + \sqrt{\frac{\beta \times L \times k_1}{e \times E} - \frac{k_1}{e \times E}}\right) \geq k_2$$

上記の式を β について解いて下式が得られる。

$$\beta \leq \frac{e \times E}{4 \times L \times k_1} \times \left\{1 - k_1 \times \left(1 - \frac{1}{e \times E}\right) - k_2\right\}^2 \quad \dots \dots (3.10)$$

3.2.2.2 発注者の利得の定式化

次に、発注者の利得について考察する。収入については、有料道路で独立採算型 Real toll 方式では民間事業者に入る通行料金収入が、A/P 方式では発注者の収入となる。一般道路（無料道路）では財務当局から得られる予算が収入である。したがって、有料道路の場合は収入を P （通行料金） $\times V$ （台数）で表す。一般道路の場合は、 $P \times V$ 全体が当該道路の運営・維持管理のために財務当局から発注者（道路管理者）に拠出される公的資金や補助金とする。

これに対して、供用可能な状態から時間当たり L の割合で車線閉鎖が起これり、収入が $(1-L)$ 倍に低下する一方、民間事業者がパフォーマンスを発揮する（コスト増を掛ける）ことによって閉鎖時間を低減関数 $f(\alpha)$ によって短縮した時間に比例した業務費を支出すると考えると、発注者の利得式は下式で表される。

$$R_p = P \times V \times \{1 - L \times f(\alpha)\} - \{1 - \beta \times L \times f(\alpha)\} \times W_1 \quad \dots \dots (3.11)$$

ここで、業務委託費 W_1 は収入 $P \times V$ の γ 倍と考える ($P \times V \times \gamma = W_1$) と下式が得られる。

$$R_p = \{1 - L \times f(\alpha)\} \times \frac{W_1}{\gamma} - \{1 - \beta \times L \times f(\alpha)\} \times W_1 \quad \dots \dots (3.12)$$

発注者の利得 R_p を最大にする条件を得るために、上式に前節と同様の低減関数①を代入すると、下式が得られる。

$$R_p = \left\{1 - L \times \frac{1}{1 + e \times E \times \alpha}\right\} \times \frac{W_1}{\gamma} - \left\{1 - \beta \times L \times \frac{1}{1 + e \times E \times \alpha}\right\} \times W_1 \quad \dots \dots (3.13)$$

上式において、式(3.7)で求められた α_q を代入すると、下式が得られる。

$$R_p = \left\{1 - \sqrt{\frac{L \times k_1}{\beta \times e \times E}}\right\} \times \frac{W_1}{\gamma} - \left\{1 - \sqrt{\frac{\beta \times L \times k_1}{e \times E}}\right\} \times W_1 \quad \dots \dots (3.14)$$

支払い減額率 β の関数となる R_p について $\frac{dR_p}{d\beta} = 0$ から、利得の最大値が求められる。

$$\frac{dR_p}{d\beta} = \sqrt{\frac{L \times k_1}{e \times E \times \beta}} \times \left(\frac{1}{\beta \times \gamma} + 1\right) > 0 \quad \dots \dots (3.15)$$

下表は、発注者と民間事業者の利得評価式に用いているパラメータと変数を整理したものである。パラメータは発注者、民間事業者の過去の実績に基づいて想定する数値である。それらを前提に、発注者と民間事業者それぞれの行動を評価するために用いる変数が、当該業務に対して発注者が設定する支払い減額率 β と、民間事業者が業務パフォーマンスを上げるために掛けるコスト増率 α である。発注者が設定する支払い減額率 β に対して民間事業者は自らの利得を最大化するような行動（コスト増率 α ）を取る。それを想定したうえで、発注者は最適な支払い調整（支払い減額率 β ）を選択する。以上の考え方を基に、各パラメータを設定して、民間事業者、発注者に関わる変数（コスト増率 α 、支払い減額率 β ）の最適値を求めていく。

表 3-1 パラメータ・変数一覧

パラメータ・変数		内容
◇ 発注者に関するパラメータ		
$P \times V$	収入（料金×台数、公的資金、補助金）	有料部では通行利用料金×台数、あるいは当該道路に対する補助金。一般道路（無料道路）の場合は当該道路に割り当てられる公的資金や補助金
W_1	業務委託費	発注者が民間事業者と契約する業務委託費
γ	対収入・業務委託費率	収入に対する業務委託費の比率（ $P \times V \times \gamma = W_1$ ）
発注者に関する変数		
β	支払い減額率	業務委託費に対する支払い減額の比率
◇ 民間事業者に関するパラメータ		
W_1	業務受託費	民間事業者の入札による業務価格（MAP）
C_0	標準コスト	常時の運営・維持管理、または車線閉鎖解除に掛かる標準的なコスト
k_1	標準コスト率	業務委託費 W_1 に対する標準コスト C_0 の比率（ $= C_0 \div W_1$ ）
k_2	最低利得率	業務委託費 W_1 に対する限界となる利得率
E	能力	民間事業者の能力の優劣を反映するためのパラメータ
e	調整係数	民間事業者のコスト増率による低減効果を示すためのパラメータ
民間事業者に関する変数		
α	コスト増率	Unavailability event に伴う車線閉鎖を短縮するために、常時あるいは車線閉鎖の解除時に掛ける標準的コストに対するコスト増分の比率
◇ 道路・交通の特性によるパラメータ		
L	車線閉鎖率	民間事業者がコスト増率を掛ける前のある時間帯における車線閉鎖時間の割合
◇ 利得の定義・算式		
R_p	発注者の利得	$P - W_1$
R_a	民間事業者の利得	$W_1 - C$

3.2.2.3 民間事業者の利得+発注者の利得

次に、上記の条件下で「民間事業者の利得+発注者の利得」について考察する。式(3.6)と式(3.13)の合計に式(3.7)の α_q を代入すると下式が得られる。

$$\begin{aligned} R_p + R_a &= \left\{ 1 - L \times \frac{1}{1 + e \times E \times \alpha} \right\} \times \frac{W_1}{\gamma} - k_1 \times (1 + \alpha) \times W_1 \\ &= \left[\frac{1}{\gamma} - k_1 \times \left(1 - \frac{1}{e \times E} \right) - \sqrt{\frac{k_1 \times L}{e \times E}} \times \left\{ \frac{1}{\gamma \times \sqrt{\beta}} + \sqrt{\beta} \right\} \right] \times W_1 \end{aligned} \quad \dots \dots (3.16)$$

上式を β について解くと下式が得られる。

$$\frac{d(R_p + R_a)}{d\beta} = 0 \quad \text{から、} \quad \frac{W_1}{\sqrt{\beta}} \times \left(\frac{1}{\beta} - \gamma \right) = 0 \quad \text{すなわち、}$$

$$\beta = \frac{1}{\gamma} \quad \dots \dots (3.17)$$

の時、 $R_p + R_a$ は最大となる。この関係を上式に代入すると、下式が得られる。

$$R_p + R_a = \left[\frac{1}{\gamma} - k_1 \times \left(1 - \frac{1}{e \times E} \right) - 2 \times \sqrt{\frac{k_1 \times L}{e \times E \times \gamma}} \right] \times W_1 \quad \dots \dots (3.18)$$

続いて、上記の「発注者の利得+民間事業者の利得」と「発注者+民間事業者の合計利得 R_{p+a} との比較を行う。式(3.6)と(3.13)から R_{p+a} は下式となる。

$$R_{p+a} = \left[\left\{ 1 - \frac{L}{1 + e \times E \times \alpha} \right\} \times \frac{1}{\gamma} - k_1 \times (1 + \alpha) \right] \times W_1 \quad \dots \dots (3.19)$$

$$\frac{d R_{p+a}}{d \alpha} = \frac{L \times e \times E}{(1 + e \times E \times \alpha)^2} \times \frac{1}{\gamma} - k_1 = 0 \quad \text{から}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{L}{k_1 \times \gamma \times e \times E}} - \frac{1}{e \times E} \quad \dots \dots (3.20)$$

の時に、 R_{p+a} は最大となり、その値は式(3.18)と同様となる。

したがって、「発注者+民間事業者」の合計利得 R_{p+a} の最大値は、支払い減額率 β によらず、コスト増率が式(3.20) の時に得られる。一方、発注者が支払い減額率 β を設定する際、利得の最大化を目指す民間事業者が最適なコスト増率を掛けるのは式(3.17)から、 $\beta = \frac{1}{\gamma}$ の時に限られる。支払い減額率を $\beta = \frac{1}{\gamma}$ 以外に設定する場合は、「発注者+民間事業者の合計利得」 $R_p + R_a$ の最大値は得られないことになる。

更に、車線閉鎖時間短縮に対する発注者と民間事業者の利得の合計 (R_p+R_a) について考察を加える。いずれの合計もその最大値が、少なくとも民間事業者がコスト増率を掛けない ($\alpha=0$) 場合より大きくならないと合理的ではない。その条件は式(3.18)と式(3.16)の第一式から下記となる。

$$\frac{1}{\gamma} - k_1 \times \left(1 - \frac{1}{e \times E}\right) - 2 \times \sqrt{\frac{k_1 \times L}{e \times E \times \gamma}} > (1-L) \times \frac{1}{\gamma} - k_1$$

すなわち、下式が条件となる。

$$\gamma < \frac{L \times e \times E}{k_1} \quad \dots \dots (3.21)$$

3.2.2.4 民間事業者と発注者の利得シミュレーション

(1) 具体的な数値の設定

ここでは、前節までに設定した評価モデル式を用いて、民間事業者と発注者の利得のシミュレーションを実施する。シミュレーションに当たっては、既存のデータや合理的な適用を基にパラメータの具体的な数値を設定する。

収入に対する標準コスト (Unavailability event が発生する前) の受託費に対する割合は、建設工事費における平均的な 80~90%のうち、(次のステップで Unavailability event の生起を想定し、その分のコストが上昇するため) 安全側を取って $k_1=0.8$ とする。

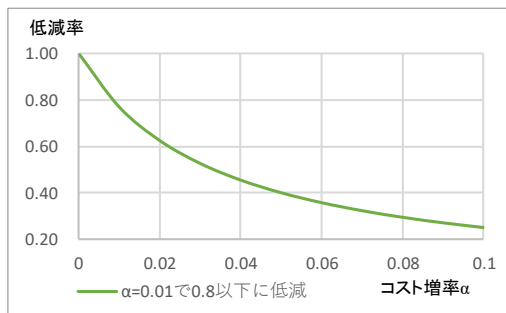
車線閉鎖率 L について、例えば、米国 I-595 を管轄するフロリダ州交通局 (FDOT) は、ITS (Intelligent Transportation System) で集計した管轄道路のデータを Performance Measures Report で毎月公表している¹⁰⁾。その中に I-595 の Incident Clearance Duration (事象撤去期間) が記載されている。2016年の月次レポートによると、1年間で合計 160 件の事象が発生し、平均撤去時間は約 1 時間であった。従って、総計は約 160 時間で 1年間の総時間の約 1.8%に相当する。道路毎に変化することが予想されるため、同じオーダーの値として、ここでは $L=0.02$ 、 0.03 を仮定する。

能力 E と調整係数 e は、低減関数 $f(\alpha) = \frac{1}{1+e \times E \times \alpha}$ の形から決まる。車線閉鎖率 $L=2\%$ の道路で例えば支払い減額率を $\beta=2.0$ に設定 (コスト増率を掛けないと $L \times \beta=0.04$ の減収) されると、民間事業者がコスト増率 $\alpha=0.01$ (全体では $k_1 \times \alpha=0.008$) を掛けた際に、低減効果が 20% ($f(\alpha)=0.8$) とすると、減収分は $0.04 \times 0.8=0.032$ に回復するが、全体コストが 0.008 増加するため、全体ではコスト増率を掛けない時の減収分 (0.04) に等しくなる。従って、 $\beta=2.0$ の場合、低減関数は $f(\alpha) \leq 0.8$ が条件となる。ここではコスト増率 1%に見合う以上の低減効果を得るために、他の要因も含めて、 $f(\alpha) \leq 0.8$ を満たす調整係数を定める。

一方、発注者に関して、収入に対する業務委託費の比率は、国内の地方道路公社の有料道路 (いずれも Availability Payment 方式ではない。収入は通行料金のほか、県から補助金が充当される場合もある) が参考になる。それらの損益計算書 (2017 年度) 中の「維持管理業務費÷通行料金収入」の比率を見ると、0.2~0.8 にバラついている³⁾。ここでは $\gamma=0.50$ とすると、式

(3.20)から $e \times E > \frac{\gamma \times k_1}{L} = \frac{0.5 \times 0.8}{0.02} = 20$ の条件から、 $E=1.0$ の時に $e=30$ を仮定する。 $e=30$ の

時、コスト増率 $\alpha=0.01$ を掛けた際に、低減効果は 20%以上 ($f(\alpha)=0.769$) となる。この条件は民間事業者のパフォーマンス能力の要求値とも解釈できる。



	能力 E	調整係数 e	低減率
低減関数 ①	1.0	30.0	$\alpha=0.01$ の時、低減率 0.769 $\alpha=0.10$ の時、低減率 0.250

図 3-1 低減関数の係数と低減率（図は $e=30$ の場合）

(2) 能力 E と車線閉鎖率 L の違いによる最適支払い減額率 β の変化

ここでは仮定したパラメータのうち、民間事業者の能力 E と車線閉鎖率 L の組み合わせによるインセンティブ境界と参加境界、および民間事業者の Performance zone（コスト増率を掛けたほうが掛けない $\alpha=0$ の場合より利得が高くなる領域）の違いを考察する。発注者にとって道路サービスを安定的に提供するために、能力 E の高い民間事業者と契約を結ぶことが契約時の要諦と言ってもよい。本稿において、発注者と民間事業者の利得評価式に適用しているパラメータのうち、民間事業者の能力を直接的に表すパラメータが E であり、その E および E を含む低

減関数 $f(\alpha) = \frac{1}{1+e \times E \times \alpha}$ は利得に与える影響が大きいうえ、発注者にとって把握が難しいため、その大小の影響をあらかじめ想定しておくことは発注者にとって必須である。ここでは、調整係数 e を一定にして、E の違い ($E=0.8, 1.0, 1.2$) による影響をシミュレーションする。

また、車線閉鎖率 L は当該道路の特性（交通量、線形、気象等）の影響を受けるもので、発注者の裁量が及ばないにも関わらず、時間的にも変化して発注者と民間事業者の利得を左右するため、その大小による影響を想定しておくことが必須である。

上記の観点から民間事業者の能力 E と車線閉鎖率 L の組み合わせに対して、民間事業者の行動を表す変数（コスト増率 α ）と発注者の裁量を表す変数（支払い減額率 β ）をシミュレーションした結果が表 3-2 である。民間事業者の能力 E、車線閉鎖率 L の設定による「発注者が設定すべき支払い減額率 β の範囲」、「その時の民間事業者が掛けるコスト増率 α 」、「車線閉鎖の低減度合い」、「発注者の利得 R_p 」を、式(3-6)、(3-7)、(3-8)、(3-10)、(3-14)から求め、一覧表に示している。また表 3-3 では、支払い減額率 β の設定範囲について、Performance zone の上限値（式 3.10 による参加境界）と Performance zone の下限値（式 3.8 によるインセンティブ境界）を一覧にして、支払い減額率を大きさによって色分けしている。

両表から以下の点を読み取れる。

- 能力 $E=1.0$ 、車線閉鎖率 $L=0.02$ の場合、民間事業者がコスト増を掛ける Performance zone の支払い減額率の範囲は $1.333 < \beta \leq 7.521$ である。 $\beta=7.521$ の時に民間事業者がコスト増率 $\alpha=0.0458$ まで掛けて車線閉鎖時間が (1.000 から) 0.421 まで縮小され、発注者の利得は最大になる。ただし、支払い減額率を $\beta > 7.521$ に設定すると、民間事業者の利得は最低値 (ここでは $k_2=0.1$ と仮定) を下回ってしまう (Shortfall zone)。一方、時間帯によっては車両交通量が少なく、車線閉鎖が起こっても一定程度の短縮が見込めればよいこともあり得て、その場合の β は小さく設定してもよい。しかし、 β があまりにも小さいと、民間事業者はコスト増率を掛けないほうが利得が高くなるため、コスト増を掛けなくなってしまう (Slack zone)。それを回避するための支払い減額率の下限値が $\beta=1.333$ である。以下、このケースをベースケースとして考察する。
- まず、民間事業者の能力の大小による影響を考察する。能力優位 $E=1.2$ の民間事業者を選出できる場合には、支払い減額率 β はベースケースより大きな値 ($\beta=8.403$) を設定でき、車線閉鎖率 (0.3636) が更に縮小できる。逆に、能力低位 $E=0.8$ の民間事業者しか選出できない場合には、上記の支払い減額率 ($\beta=7.521$) では最低利得を確保できないため、業務応札者は現れない。したがって、支払い減額率は上記より小さく設定 ($\beta=6.667$) に設定しなければならない。その場合、車線閉鎖率は 0.5000 までしか縮小できない。一方、支払い減額率の下限値に着目すると、能力優位 $E=1.2$ の場合はベースケースより小さく設定 ($\beta=1.111$) できる。ペナルティを緩くしても、当該事業者はコスト増を掛けようとする。能力低位 $E=0.8$ の場合はベースケースより大きく設定 ($\beta=1.667$) してペナルティを効かさないと、当該事業者はコスト増を掛けようとしなない。全体として、有能な事業者に対しては Performance zone を広く設定 ($1.111 < \beta \leq 8.403$) できて車線閉鎖の大きな縮小を誘導できるが、低位の事業者に対しては Performance zone を狭くしか設定 ($1.667 < \beta \leq 6.667$) できず、車線閉鎖率の大きな縮小は望めない。能力 E が大きいほど Performance zone が広がることは、表 3-3 右図の緑色線が示している。
- 次に、上記のベースケースに対して、車線閉鎖率の大小による影響を考察する。車線閉鎖率が $L=0.03$ の場合、民間事業者によって利得確保の条件が厳しくなるため、ベースケースと同じ支払い減額率の上限値では最低利得が確保できなくなる。支払い減額率の上限値は上記ベースケースより小さい $\beta=5.014$ まで下げなければならない。その時に、民間事業者は上記ベースケースと同じ値 ($\alpha=0.04583$) までコスト増率を掛けて、同じ車線閉鎖率の縮小率 (0.4210) が得られる。一方、支払い減額率 β の下限値は、車線閉鎖率 L が大きくなって条件が厳しくなると、上記ベースケースの下限値 ($\beta=1.333$) より小さくなる ($\beta=0.889$)。以上の傾向は、上記ベースケースの民間事業者の能力より優劣があっても同様であり、表 3-3 右図の赤色線と緑色線の実線と破線の関係がそれを示している。

上記の整理を基に、民間事業者の能力 E と車線閉鎖率 L の違いが民間事業者の行動 (コスト増率 α) と発注者の裁量 (支払い減額率 β) に与える影響について定性的に以下のように整理できる。

- ・ 民間事業者の能力が大きいほど、支払い減額率の下限値は小さく（スラックが働く範囲は狭く）設定でき、支払い減額率の上限値は大きく設定できる。その結果、能力の大きな民間事業者ほど、Performance zone を広く設定でき、支払い減額率を上限値に設定した際の車線閉鎖率の縮小の程度は大きくなる。
- ・ 民間事業者にとって、車線閉鎖率が小さい（条件が緩やかになる）ほど、民間事業者にスラックが働かないようにするために支払い減額率の下限値は大きく設定する必要がある一方、支払い減額率も大きく設定できる。車線閉鎖率が大きい（条件が厳しい）場合より民間事業者の Performance zone が広く、適切な支払い減額率の設定範囲が全体的に広がる。

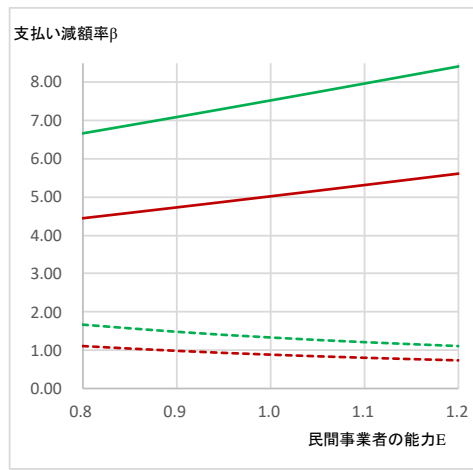
表 3-2 能力 E と車線閉鎖率 L の違いによる影響度

$\gamma=0.5, k_2=0.1$		E				
L		0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
0.02	β	1.667~6.667	1.481~7.089	1.333~7.521	1.212~7.959	1.111~8.403
	α	0~0.04167	0~0.04398	0~0.04583	0~0.04735	0~0.04861
	低減率	1.0000~0.5000	1.0000~0.4571	1.0000~0.4210	1.0000~0.3903	1.0000~0.3636
	Rp	0.9933~1.0467	0.9896~1.0465	0.9867~1.0465	0.9842~1.0465	0.9822~1.0466
0.03	β	1.111~4.444	0.988~4.726	0.889~5.014	0.808~5.306	0.741~5.602
	α	0~0.04167	0~0.04398	0~0.04583	0~0.04735	0~0.04861
	低減率	1.0000~0.5000	1.0000~0.4571	1.0000~0.4210	1.0000~0.3903	1.0000~0.3636
	Rp	0.9733~1.0367	0.9696~1.0374	0.9667~1.0381	0.9642~1.0387	0.9622~1.0393

(*) 「低減率」は閉鎖時間短縮の無い場合が 1.000

表 3-3 Performance zone の支払い減額率 β の上限値（上）と下限値（下）

支払い減額率		民間事業者の能力E (最低利得0.10)				
の上限値		0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
閉鎖率 L	0.01	13.333	14.178	15.042	15.919	16.806
	0.02	6.667	7.089	7.521	7.959	8.403
	0.03	4.444	4.726	5.014	5.306	5.602
支払い減額率		民間事業者の能力E				
の下限値		0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
閉鎖率 L	0.01	3.333	2.963	2.667	2.424	2.222
	0.02	1.667	1.481	1.333	1.212	1.111
	0.03	1.111	0.988	0.889	0.808	0.741



参加境界（Performance zone の上限値）は式(3.10)、インセンティブ境界（Performance zone の下限値）は式(3.8)の支払い減額率 β の限界値に相当する。支払い減額率を下記の範囲によって色分けしている。
 $\beta < 5$: 淡着色、 $5 \leq \beta < 10$: 中間色、 $10 \leq \beta$: 濃着色

— L=0.02 — L=0.03
 実線：上限値、破線：下限値
 それぞれの色の実線と破線に挟まれた領域が Performance zone、その上が Shortfall zone、その下が Slack zone になる。

(3) 民間事業者と発注者の行動パターン

以上を総括して、能力 E と車線閉鎖率 L の違いが民間事業者と発注者の行動パターンに与える影響を両当事者の立場から整理すると下記の示唆が得られる。

【民間事業者のコスト増率 α で示される行動パターン】

- 能力 E の高い民間事業者は Slack zone（コスト増率を掛けない $\alpha=0$ の場合のほうが、コストを掛けた場合より利得が高くなる領域）が小さく（Performance zone の支払い減額率 β の下限値が小さく）、能力 E の低い民間事業者は Slack zone が大きい（Performance zone の支払い減額率 β の下限値が大きい）。
- 能力 E の高い民間事業者は Shortfall zone に至る支払い減額率 β が大きく（Performance zone の β の上限値が大きく）、能力 E の低い民間事業者は Shortfall zone に至る支払い減額率 β が小さい（Performance zone の β の下限値が小さい）。
- 能力 E の高い民間事業者は（コスト増率 α を掛ける）Performance zone が大きく、車線閉鎖率 L の低減効果が高い。能力 E の低い民間事業者は Performance zone が小さく、車線閉鎖率 L の低減効果が小さい。

【発注者の支払い減額率 β の設定】

- 発注者が利得を上げるためには、支払い減額率 β を Performance zone に設定することが必須である。最大の利得を上げるために、民間事業者が最低利得を確保できる点まで β を大きくすることが可能である。
- 発注者は、能力 E の高い民間事業者を選定することが想定できれば、支払い減額率 β を Performance zone の上限値に設定でき、それによって民間事業者の高いコスト増率 α を誘導し、自らの利得と大きな車線閉鎖率低減効果が得られる。
- 車線閉鎖率 L の大きな（利得を上げることが相対的に厳しい）道路に対して、発注者は支払い減額率 β を相対的に小さく、狭い範囲で設定せざるを得ないが、その中で民間事業者が Performance を発揮すれば（コスト増率 α を掛ければ）、相応の車線閉鎖率の低減効果が得られる。
- 車線閉鎖率 L の小さな（利得を上げることが相対的に易しい）道路に対して、発注者は相応の（ある程度大きな）支払い減額率 β を設定しないと、民間事業者が Performance を発揮せず（コスト増率 α を掛けずに）、相応の車線閉鎖率の低減効果が得られない。

(4) 発注者の対収入・業務委託費比率 γ と利得に関する考察

本章では、民間事業者の利得は、業務受託費（収入）に対する、運営・維持管理コスト（支出）の差分としている。一方、発注者の利得は、通行料金収入や道路運営・維持管理業務の予算に対する、民間事業者への業務委託費（支出）の差分としている。

このうち、発注者の利得については前節で述べたように、有料道路を運営する地方道路公社が公表している損益決算書が参考になる。全国の道路公社の決算書を見ると、通行料金収入（補助金が含まれる場合もある）に対する道路維持管理費の比率は 0.2~0.8 にバラついてお

り、前節では平均を取って $\gamma=0.5$ の条件で試算した。ここで、バラツキに合わせて、対収入・業務委託費比率が $\gamma=0.25$ 、 0.75 のケースを試算して比較する。

式(3.21) (再掲) から、 γ に対して利得を大きく確保するには $e \times E$ を大きくする (民間事業者によるパフォーマンスを高める) 必要があることが分かる。

$$\gamma < \frac{L \times e \times E}{k_1} \quad \dots (3.21)$$

下表は上記の関係を示している。収入に対する業務委託費の比率が大きく、民間事業者のパフォーマンスが低いという、条件が最も厳しいケース ($\gamma=0.75$ 、 $e=30$) では、発注者が自身の利得を高める $\beta=7.521$ の時に、最大値が得られる。発注者が「発注者+民間事業者」の合計利得の最大を求める場合は、 $\beta\left(=\frac{1}{\gamma}\right)=1.333$ の時にのみ、民間事業者によるコスト増率が $\alpha=0$ の場合と同等となるという限界値を示す。一方、業務委託費の比率が小さく、民間事業者のパフォーマンスが高いという、条件が最も緩いケース ($\gamma=0.25$ 、 $e=50$) では、民間事業者の Performance zone が $0.800 < \beta \leq 10.513$ であるのに対して、発注者の利得は、 $\beta=10.513$ の時に最大値が得られる。発注者が「発注者+民間事業者」の合計利得の最大を求める場合は、 $\beta\left(=\frac{1}{\gamma}\right)=4.000$ の時に最大値が得られる。

表 3-4 各主体が最大利得を確保するための支払い減額率 β の最適値

		各主体の利得	対収入・業務委託費比率 γ		
			0.25	0.5	0.75
調整 係 数 e	30	民間事業者	1.333 < β ≤ 7.521 (パフォーマンス発揮範囲)		
		発注者	$\beta=7.521$		
		発注者+民間事業者	$\beta=4.000$ (1.333 < β < 12.000)	$\beta=2.000$ (1.333 < β < 3.000)	$\beta=1.333$ ($\beta=1.333$)
	50	民間事業者	0.800 < β ≤ 10.513 (パフォーマンス発揮範囲)		
		発注者	$\beta=10.513$		
		発注者+民間事業者	$\beta=4.000$ (0.800 < β < 20.000)	$\beta=2.000$ (0.800 < β < 5.000)	$\beta=1.333$ (0.800 < β < 2.222)

(注) $L=0.02$ 。()内は、合計利得が $\alpha=0$ の場合を上回る範囲

下表は、($\gamma=0.5$ 、 $e=30$) の条件で、発注者の利得 (式 3.13) と「発注者+民間事業者」の利得 (式 3.17) の最大値を比較したものである。

発注者の利得は $\beta=7.521$ の時に最大 (民間事業者のコスト増率は $\alpha=0.0458$ で、利得は最低利得率の $R_a=0.1$) になり、車線閉鎖時間の低減効果も大きくなる。しかし、その時の「民間事業者+発注者」の利得 (R_p+R_a) は最大ではない (下表の最右列)。

「発注者+民間事業者」の利得は、 $\beta\left(=\frac{1}{\gamma}\right)=2.0$ の時に最大になる ($\alpha=0.0075$)。収入に対する業務委託費率が $\gamma=0.5$ の時、民間事業者は当該の業務受託費の $\beta\left(=\frac{1}{\gamma}\right)=2.0$ 倍、

すなわち、発注者にとって車線閉鎖による収入損失分を民間事業者が損失補填する支払い減額率 β の設定が、両者の合計利得を最大とすることになる。この時、民間事業者の利得は最低利得を上回って一定程度の利得を確保できる一方、発注者の利得は最大にはならない。車線閉鎖時間の低減効果も小さい（下表の右から2列目）。

したがって、本項の利得評価モデルでは、発注者が利得を追求することによって自身の最大収入を確保でき、かつ閉鎖時間の短縮効果も最大になる。

一方、発注者の利得式（式 3.13）の第1項と、民間事業者の利得（式 3.6）の第2項を当初から足し合わせた合計値（式 3.19）は α だけの関数になり、その最大値は、民間事業者のコスト増率が $\alpha=0.0075$ の時に、下表の右から2列目の $\beta=2.000$ の時の最大値と同値になる。すなわち、発注者が支払い減額率の設定という裁量を働かせない場合、民間事業者は $\alpha=0.0075$ のコスト増率を掛けることによって、両者の利得は最大値が得られることになり、それは支払い減額メカニズムを導入して $\beta=2.000$ と設定したケースと同値となる。

表 3-5 シミュレーションの比較 ($k_1=0.8$ 、 $k_2=0.1$ 、 $e=30$ 、 $\gamma=0.5$ 、 $L=0.02$)

式(3.19)	適用式	式(3.6)、(3.13)、(3.18)	
1.0	民間事業者能力 E	1.0	1.0
-	支払い減額率 β	2.000	7.521 (上限)
0.00749	コスト増率 α	0.00749 (最適値)	0.04583 (最適値)
0.8165	車線閉鎖時間低減率*	0.8165	0.4210 (min)
-	民間事業者の利得 R_a	0.1613	0.1000 (min)
-	発注者の利得 R_p	1.0000	1.0465 (max)
-	R_p+R_a	1.1613 (max)	1.1465
1.1613 (max)	R_{p+a}	-	-

(*) 車線閉鎖時間の短縮が無い場合が 1.0

3.2.3 まとめ

本項では、A/P方式における支払い調整メカニズムを評価するために、複数のパラメータを仮定したうえで、民間事業者の裁量によるコスト増率 α 、発注者の裁量である支払い減額率 β の変数を用いて、民間事業者と発注者それぞれの利得、車線閉鎖時間の短縮効果を分析した。特に、A/P方式の特徴である「民間事業者のパフォーマンスに応じた支払いシステム」に直接的に影響する民間事業者の能力 E と、道路が Available な状態であることを表す車線閉鎖率 L の違いが、民間事業者、発注者の行動に与えるコスト増率 α と支払い減額率 β の最適値の変化に着目した。

支払い調整メカニズムを伴う A/P方式では、民間事業者は発注者が設定した支払い減額率 β に応じて最大利得を上げるために、最適なコスト増率を掛ける行動を取ることが示唆される。すなわち、支払い減額率 β の大小によっては、民間事業者は最大のコスト増率を掛けて、発注者が望む最大の閉鎖時間短縮を実現できるとは必ずしも言えないことが示唆される。支払い減額率 β が大きすぎると、想定の子線閉鎖率を前提にする場合、民間事業者は当該業務に対して損失を被ることになるため、業務への参画を見合わせるようになる。逆に、支払い減額率 β が小さすぎると、民間事業者はコスト増率を掛けないほうの利得が大きくなるため、閉鎖時間の短縮効果が上げられないことになる。

こうした事態に陥らないように、財務ベースの最大利得の確保を目指す発注者が民間事業者に閉鎖時間短縮効果を發揮させるには、民間事業者の能力を想定したうえで、民間事業者にとっての最低利得を確保できるところまで、支払い減額率を大きくすることが最も合理的であると示唆される。ただし、民間事業者の能力の想定が過大であると、業務入札に参画する民間事業者が現れない事態になる。支払い減額率の設定には、民間事業者の能力の裏付けが必要であることも示唆される。

一方、仮に発注者が「発注者の利得+民間事業者の利得」の最大を目指す存在である場合、支払い減額率は $\beta = \frac{1}{\gamma}$ に設定することが最適になる。発注者が利得として何を追求するか

(財務ベースの利得か、社会的厚生か)によって、支払い減額率の設定は異なる。例えば、道路の建設費を計画通りに償還して道路サービス提供の持続性確保を目指す発注者にとっては、前者を目的とすることが妥当である。

本項では民間事業者と発注者の利得の評価式を定式化し、変数の変化によるそれぞれの利得の表われ方や車線閉鎖時間の短縮効果の違いを分析した。また、民間事業者の業務参加は自身の能力や通行止めによる車線閉鎖率に、Unavailability 事象による閉鎖時間の短縮の程度は民間事業者の能力に影響を受けること、発注者が最大利得を上げるために適切な支払い減額率の設定が必要であることが明らかになった。

3.3 米国の事例分析

本項では、A/P 方式が採用されている米国の道路 PPP 事業のうち、契約書（Contract Agreement）の入手が可能な I-595（フロリダ州）、Presidio Parkway（カリフォルニア州）、East End Bridge（インディアナ州）、I-4（フロリダ州）、I-69（インディアナ州）、Portsmouth Bypass（オハイオ州）の事例における支払い調整メカニズムの特徴を比較分析し、前章で示した利得の評価モデル式を使って各事例がどのように特徴付けられるかを考察する。

3.3.1 各プロジェクトの支払い調整メカニズムの整理

(1) I-595（フロリダ州）

米国の道路 PPP 事業で A/P 方式が初採用された I-595 プロジェクトの Unavailability に対する支払い調整メカニズムについて整理する⁴⁾。契約書によると、支払対象となる四半期中の供用不能状態による調整額 $QUA_{q,y}$ の算出は次式による。また、I-595 の A/P 方式における支払い減額率 β は要求水準書の係数等に従って下表で示される。

$$QUA_{q,y} = \sum_{h=1}^{h_q} HUA_h \quad \dots \dots (3.22)$$

$$HUA_h = \sum_{s=1}^n (HUF_{h,s} \times SWF_{h,s} \times TWF_{h,s}) \times \frac{MAP_y}{365 \times 24} \quad \dots \dots (3.23)$$

HUA_h : h 時に対する 1 時間毎の供用不能状態による調整額

$HUF_{h,s}$: s 区間の h 時に対する 1 時間毎の供用不能状態（閉鎖車線数）による係数

$SWF_{h,s}$: s 区間の h 時に対する区間重み係数、 $TWF_{h,s}$: s 区間の h 時に対する時間重み係数

表 3-6 I-595 の時間帯毎の支払い減額率

	係数	供用不能状態のクラス毎の支払い減額率						
		A	B	C	D	E	F	G
		0.1	0.2	0.4	0.6	0.7	0.8	1.0
■ 区間1~4（区間係数0.2）								
高優先時間帯 6:00~9:00 16:00~19:00	12	-	-	0.96	1.44	1.68	1.92	2.40
中優先時間帯 9:00~16:00 19:00~22:00	6	-	-	0.48	0.72	0.84	0.96	1.20
低優先時間帯 22:00~6:00	2	0.04	0.08	0.16	0.24	0.28	0.32	0.40
供用不能状態 (3車線部)	6時~22時				1車線		2車線	全車線
	22時~6時	1車線	2車線					全車線
■ 区間5（区間係数0.2）								
高優先時間帯	20	-	-	-	2.40	-	3.20	4.00
中優先時間帯	6	-	-	-	0.72	-	0.96	1.20
低優先時間帯	1	-	-	0.08	0.12	-	0.16	0.20

(2) I-4 (フロリダ州)

I-4 の Unavailability に対する支払い調整メカニズムについて整理する⁹⁾。基本的な考え方は同州の I-595 と同様である。結果を下表に示す。区間が 8 つに分かれており、係数がいずれも 0.125 であるため、1 時間当たりの支払い減額率は表 3-6 に比べて小さくなっている。

表 3-7 I-4 の時間帯毎の支払い減額率

	係数	供用不能状態のクラス毎の支払い減額率						
		A	B	C	D	E	F	G
		0.1	0.2	0.4	0.6	0.7	0.8	1.0
■ 区間1~4 (区間係数0.125)								
高優先時間帯 6:00~9:00 16:00~19:00	12	-	-	0.60	0.90	1.05	1.20	1.50
中優先時間帯 9:00~16:00 19:00~22:00	6	-	-	0.30	0.45	0.53	0.60	0.75
低優先時間帯 22:00~6:00	2	0.03	0.05	0.10	0.15	0.18	0.20	0.25
供用不能状態 (3車線部)	6時~22時				1車線		2車線	全車線
	22時~6時		1車線	2車線				全車線
■ 区間5~8 (区間係数0.125)								
高優先時間帯	20	-	-	-	-	-	2.00	2.50
中優先時間帯	6	-	-	-	-	-	0.60	0.75
低優先時間帯	1	-	-	-	-	0.09	0.10	0.13

(3) I-69 (インディアナ州)

I-69 の Unavailability に対する支払い調整メカニズムについて整理する⁹⁾。当該の支払い調整メカニズムでは、Unavailability event (UA_e) に応じた調整額が区間係数 (S)、曜日係数 (T)、閉鎖車線数による供用不能タイプ係数 (P)、供用不能期間 (t)、供用不能事象が生起した期間の合計 (H) によって定義され、次式によって示される。

$$QUA_{q,y} = \sum_{e=1}^n UA_e \dots\dots(3.24)$$

$$UA_e = MAP_y \times S \times D \times P \times T \times \frac{t}{H} \dots\dots(3.25)$$

ここで、1時間当たりに換算した支払と支払い減額率βについて、区間Aで午前6:00~9:00の時間帯に全車線通行止めが1時間起こった場合を想定すると、以下が求まる。

$$\beta = 0.6 \times 0.003162 \times 0.35 \times 1.0 \times (1/3) \times (365 \times 24) = 1.939$$

下表は契約書の記述に基づき、上記の算出過程によって得られたものである。

表 3-8 I-69 の時間帯毎の支払い減額率

		供用不能タイプ係数 (T)		
		0.25	0.75	1.0
区間 A	区間係数 (S)	0.6		
週日	曜日係数 (D)	0.003162		
時間帯	係数 (P)			
6:00~9:00	0.35	0.485	1.454	1.939
9:00~16:00	0.1	0.059	0.178	0.237
16:00~19:00	0.35	0.485	1.454	1.939
19:00~22:00	0.1	0.138	0.415	0.554
22:00~6:00	0.1	0.052	0.156	0.208
閉鎖車線数		1車線	2車線	3車線

(4) East End Crossing (インディアナ州)

East End Crossing の Unavailability に対する支払い調整メカニズムについて整理する⁷⁾。基本的な考え方は同州の I-69 と同様である。

表 3-9 East End Crossing の時間帯毎の支払い減額率

		供用不能タイプ係数 (T)				
		0.35	0.65	0.75	0.85	1.0
区間 A	区間係数 (S)	0.45				
週日	曜日係数 (D)	0.003162				
時間帯	係数 (P)					
6:00~11:00	0.3	0.262	0.486	0.561	0.636	0.748
11:00~15:00	0.2	0.218	0.405	0.467	0.530	0.623
15:00~19:00	0.3	0.327	0.608	0.701	0.795	0.935
19:00~22:00	0.15	0.218	0.405	0.467	0.530	0.623
22:00~6:00	0.05	0.027	0.051	0.058	0.066	0.078
利用車線数(1方向2車線)		2+1	1+1	2+0	1+0	0+0

(5) Presidio Parkway (カリフォルニア州)

Presidio Parkway の Unavailability に対する支払い調整メカニズムについて整理する⁸⁾。当該メカニズムでは、各時間当たりの各方向（南行き、北行き）、閉鎖車線数、週日・週末に応じて、Unavailability Factor (UF_{h,td}) が一覧表で示されている。そのうち、下表は週日の南行きの Unavailability Factor の一覧を示している。

$$QUA_{q,y} = \sum_{e=1}^n UA_e$$

・・・ (3.26)

$$UA_e = \sum_{h=1}^h UF_{h,td} \times \frac{MAP_y}{d_y \times 24}$$

・・・ (3.27)

表 3-10 Presidio Parkway の時間帯毎の支払い減額率

Southbound 週日		供用不能減額倍率				
閉鎖車線数		1	2	3	4	5
5車線部						
6:00~7:00		0.070	0.260	0.460	1.450	12.000
7:00~11:00		0.100	0.390	0.690	2.160	12.000
11:00~21:00		0.070	0.260	0.460	1.450	12.000
21:00~6:00		0.020	0.060	0.100	0.320	6.200
4車線部						
6:00~7:00		0.070	0.460	1.450	12.000	-
7:00~11:00		0.100	0.690	2.160	12.000	-
11:00~21:00		0.070	0.460	1.450	12.000	-
21:00~6:00		0.020	0.100	0.320	5.270	-
3車線部						
6:00~7:00		0.120	0.430	12.000	-	-
7:00~11:00		0.180	0.640	12.000	-	-
11:00~21:00		0.120	0.430	12.000	-	-
21:00~6:00		0.030	0.100	5.030	-	-

(6) Portsmouth Bypass (オハイオ州)

Portsmouth BypassのUnavailabilityに対する支払い調整メカニズムについて整理する⁹⁾。当該メカニズムでは、本線、交差道路、ランプについて供用不能になった場合の減額幅が1時間毎に閉鎖車線数に応じて記載されている。一方、MAPが契約書に年間2,588.5万ドル(1時間当たり換算すると平均2,955ドル)と記載されており、本線に対する各時間帯の支払い減額率 β が下表のように求まる。

表 3-11 Portsmouth Bypass の時間帯毎の支払い減額率

区間 1~3		供用不能減額 (\$)		減額倍率	
閉鎖車線		1車線	2車線	1車線	2車線
Hour		2,955 \$/時(平均)			
6:00~9:00		2,000	8,000	0.677	2.707
9:00~15:00		1,500	6,000	0.508	2.030
15:00~18:00		2,000	8,000	0.677	2.707
18:00~21:00		1,000	4,000	0.338	1.354
21:00~5:00		0	4,000	0.000	1.354
5:00~6:00		1,000	4,000	0.338	1.354

3.3.2 各プロジェクトの支払い調整メカニズムの比較

(1) 支払い減額率の設定方法の比較

前項で各プロジェクトのUnavailabilityに対する支払い調整メカニズムを整理した。支払い減額率 β の設定の考え方を取り入れると、各プロジェクトの支払い調整の度合いを比較できる。各プロジェクトにおける支払い減額率については、影響因子（曜日、時間帯、区間、閉鎖車線数）によって数値が設定される点は共通しているが、その設定方法は3つに分かれる（下表）。

第一は、影響因子を勘案して係数（Factor）を設定したうえで、当該のUnavailabilityに対する支払い減額率はそれぞれを組み合わせる方法である。フロリダ州の2プロジェクト（I-595、I-4）とインディアナ州の2プロジェクト（I-69、East End Crossing）が該当する。係数の設定値に違いはあるものの、基本的な考え方は同様である。

第二は、支払い減額率の影響因子の取り方は第一の方法と同じであるが、それぞれの組み合わせの結果を係数として一覧表にする方法である。カリフォルニア州のPresidio Parkwayがそれに該当する。

第三は、影響因子を勘案したうえで、支払い減額率そのものを一覧表にする方法である。本ケースの場合、支払い減額率は支払い減額をMAP（Maximum Availability Payment）から求めた1時間当たりの支払い額で除して求めることになる。オハイオ州のPortsmouth Bypassが本ケースに該当する。

以上、各プロジェクトとも勘案している影響因子は曜日、時間帯、区間、閉鎖車線数と同様であるが、影響の度合いを表す係数や規定の仕方（減額率か、減額幅か）がプロジェクト毎に異なっている。

表3-12 支払い減額率の設定方法

支払い減額率の設定方法	該当プロジェクト
・ 影響因子を勘案して係数（Factor）を設定したうえで、当該のUnavailability に対する支払い減額率はそれぞれを組み合わせる方法	I-595, I-4（フロリダ） I-69, East End Crossing（インディアナ）
・ 支払い減額率の影響因子の取り方は上記の方法と同じだが、それぞれの組み合わせの結果を係数として一覧表にする方法	Presidio Parkway（カリフォルニア）
・ 影響因子を勘案したうえで、支払い減額率そのものを一覧表にする方法	Portsmouth Bypass（オハイオ）

(2) 時間帯毎の支払い減額率の比較

前項の整理から、各プロジェクトの支払い減額幅が比較できる。図3-2は各プロジェクトの閉鎖車線数（1～4車線。2～4車線の場合は全車線になる）による時間帯の支払い減額率、図3-3（1車線閉鎖）、3-4（全車線閉鎖）は時間帯による各プロジェクトの支払い減額率を図示したものである。

全体の傾向や個々の特徴について以下の点が読み取れる。

- ① 各プロジェクトとも、交通量の多い時間帯（6:00～9:00、16:00～19:00または15:00～18:00）の支払い減額率が高くなっている。
- ② 各プロジェクトとも、3車線閉鎖の支払い減額率が1車線閉鎖の比率より高く設定されて

いる。

- ③ 全般的に、Presidio Parkway、Portsmouth Bypass、I-595 の支払い減額率が高い。一方、I-69、East End Crossingの減額率が全般的に低く、交通量の多い時間帯を除き、民間事業者にスラックが発生しやすい設定になっている。



図3-2 各プロジェクトの閉鎖車線数による時間帯の支払い減額率

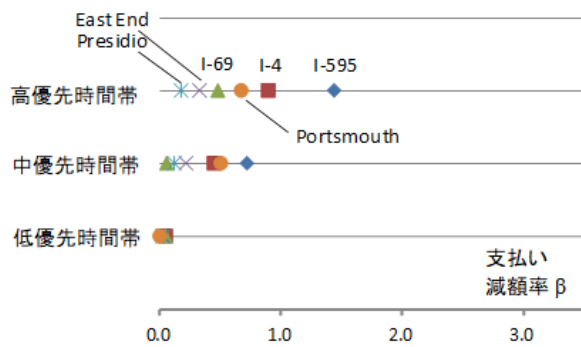


図3-3 時間帯による各プロジェクトの支払い減額率の分布（1車線閉鎖の場合）

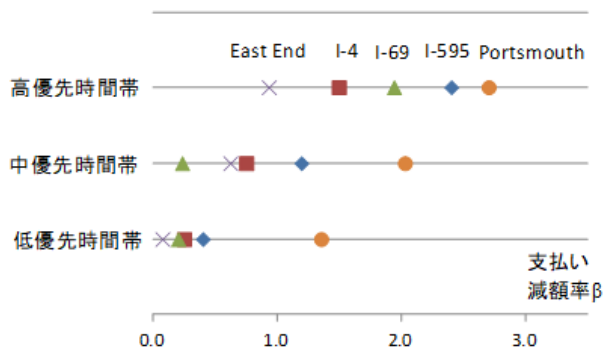


図3-4 時間帯による各プロジェクトの支払い減額率の分布（全車線閉鎖の場合）

(3) 6プロジェクトの利得と所要MAPの検討

6プロジェクトにおける、車線閉鎖が1車線の場合と全車線（2～3車線）の場合について、民間事業者の最低利得率を $k_2=0.1$ として、支払い減額率 β とその時の限界車線閉鎖率の関係を、式(3.9)を使って図3-5に示す。

図3-6は、これまでの試算条件と同様、 $k_1=0.8$ 、 $E=1.0$ とし、式(3.9)を使って車線閉鎖率 L と民間事業者の利得率の関係を図示したものである。車線閉鎖率 L が小さい場合、利得曲線は $\alpha=0$ （民間事業者にスラックが働く）の直線に乗っているが、 L が大きい場合、利得曲線は $\alpha=\alpha_q$ の曲線に乗る。すなわち、車線閉鎖率 L が大きい場合、民間事業者はコスト増を掛ける必要がある。

各プロジェクトの曲線を比較すると、1車線閉鎖の場合、I-595の条件が最も厳しく、閉鎖率が9.0%になると、民間事業者の利得率が0.1を下回ることになる。また閉鎖率が10%になっても、その他の道路では民間事業者の利得率は0.1を上回り、相対的に条件は緩くなっている。

全車線閉鎖の場合は、条件的に最も厳しいPresidio Parkwayで車線閉鎖率が1.1%超、2番目に厳しいPortsmouth Bypassは車線閉鎖率が4.6%超になると、民間事業者の利得率は0.1を下回る。その他の道路でも、車線閉鎖率がどの程度になると、最低利得率を下回るかといった見通しを得ることができる。

更に、全車線閉鎖の場合を例に、車線閉鎖率 $L (=0.02)$ と標準的なコスト率 $k_1 (=0.8)$ 、最低利得率 $k_2 (=0.1)$ を想定したうえで、実際の車線閉鎖率が想定と異なった場合でも当初想定したコストで所要の利益を確保するために、入札すべき業務委託費（MAP）を、式(3.9)を使って算

出する。車線閉鎖率に応じて入れるべきMAPを、当初想定（ $L=0.02$ 、 $k_2=0.1$ ）の業務委託費に対する比率で表すと図3-7が得られる。民間事業者が入札時に検討した車線閉鎖率が変動した場合に、図中の曲線に従って入札するMAPを変更することができる。

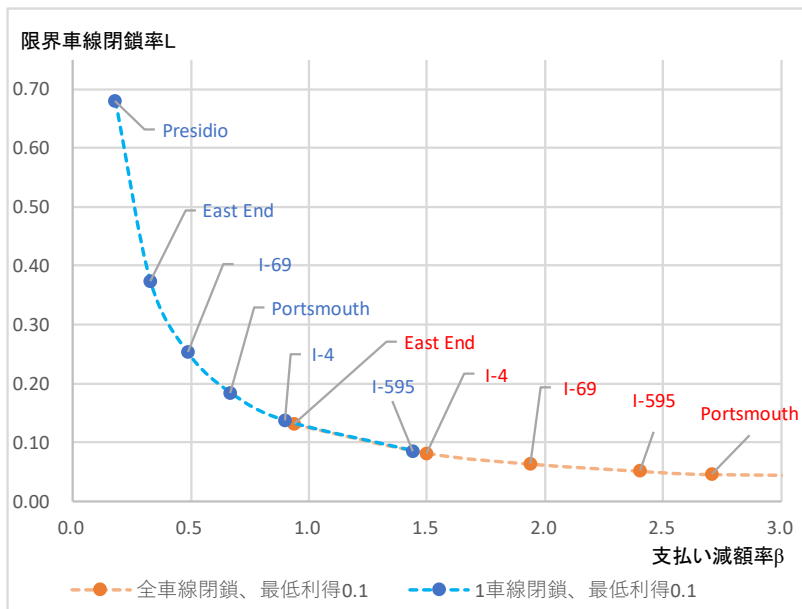


図3-5 各プロジェクトの車線閉鎖率と最低利得率の関係（全車線閉鎖の場合）

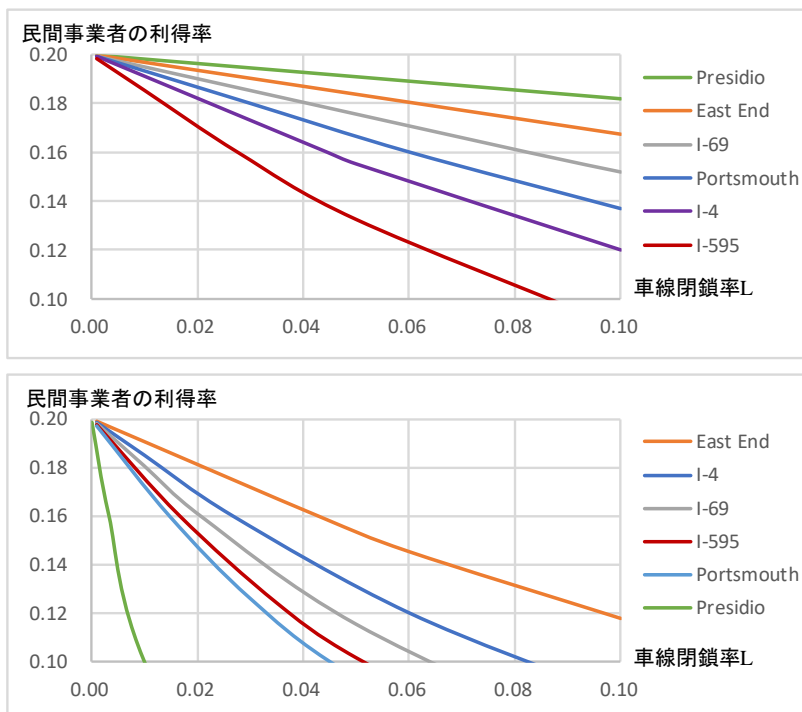


図 3-6 各道路の車線閉鎖率による民間事業者の利得率の変化／1車線閉鎖（上）と全車線閉鎖（下）

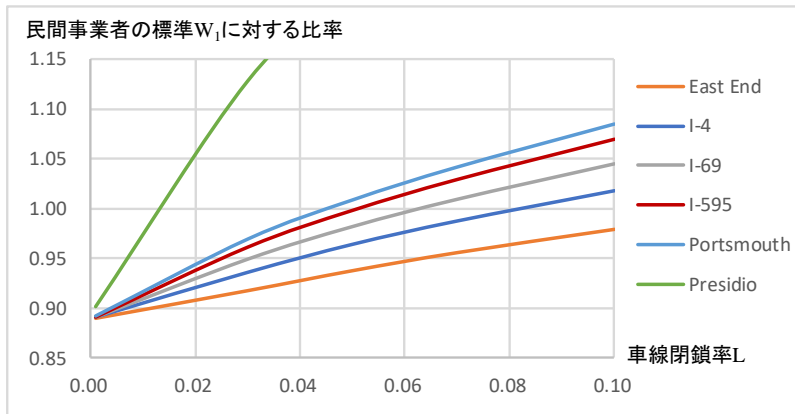


図 3-7 車線閉鎖率に対する業務委託費（MAP）（全車線閉鎖で最低利得率 0.1 を想定）

(4) I-595 の車線閉鎖率を用いた民間事業者の利得率の試算

I-595 を管轄する米国フロリダ州交通局（FDOT）は ITS（Intelligent Transportation System）で集計した管轄道路のデータを Performance Measures Report で毎月公表している¹⁰⁾。その中に I-595 の Incident Clearance Duration（事象撤去期間）が記載されている。2016 年の月次レポートによると、1 年間で合計 160 件の事象が発生し、平均撤去時間は約 1 時間であった（表 3-13。参考までに I-595 がある District 4 の事象の構成を表 3-14 に示す）。従って、総計は約 160 時間で 1 年間の総時間の約 1.8% に相当する。

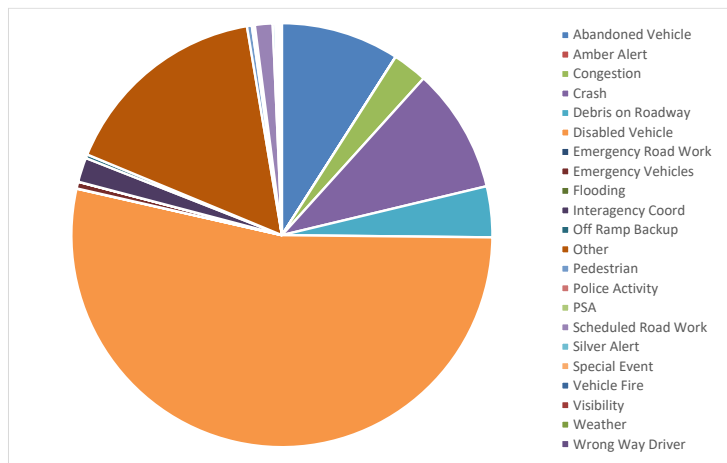
ここで試算の条件として、3.2 のシミュレーションと同様の仮定を設ける。すなわち、標準コスト率 $k_1=0.8$ 、民間事業者の能力 $E=1.0$ 、車線閉鎖率 $L=0.02$ として、その時に民間事業者が確保する最低利得率 $k_2=0.1$ とする。当該条件下で 1 車線閉鎖と全車線閉鎖が全て高優先時間帯で起こると仮定した場合、高優先時間帯における支払い減額率 β は 1.44（1 車線閉鎖）と 2.40（全車線閉鎖）であり、図 3-6 から、それぞれの最低利得率は 0.1712（1 車線閉鎖）、0.1524（全車線閉鎖）となることが読み取れる。

表 3-13 I-595 の Incident Clearance Duration（事象撤去期間）

I-595	2016	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
Events included in Performance Measures		14	12	16	9	11	10	13	11	19	14	16	15	13.3
A. Notification Duration (min.)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B. Verification Duration (min.)		8.8	2.1	4.0	7.3	5.4	0.4	1.2	0.3	3.5	1.6	0.6	4.0	3.3
C. Response Duration (min.)		3.2	2.8	5.7	0.8	5.3	2.7	7.3	6.5	4.4	4.6	5.0	4.6	4.4
D. Open Roads Duration (min.)		50.0	18.4	56.5	26.0	28.2	27.6	33.6	26.7	34.3	58.2	47.2	39.9	37.2
E. Departure Duration (min.)		18.1	7.8	7.6	18.7	18.5	10.5	11.5	18.2	20.9	18.1	13.4	8.8	14.3
Roadway Clearance Duration (min.)		62.1	23.2	66.2	34.1	38.9	30.7	42.1	33.5	42.2	64.4	52.8	48.5	44.9
Incident Clearance Duration (min.)		80.2	31.0	73.8	52.8	57.4	41.1	53.6	51.7	63.1	82.4	66.2	57.2	59.2

表 3-14 District 4 の事象 (Incident) の発生状況 (2016 年)

2016年	各月平均
Abandoned Vehicle	857
Amber Alert	1
Congestion	251
Crash	900
Debris on Roadway	366
Disabled Vehicle	5,035
Emergency Road Work	2
Emergency Vehicles	48
Flooding	1
Interagency Coord	176
Off Ramp Backup	27
Other	1,522
Pedestrian	35
Police Activity	15
PSA	7
Scheduled Road Work	128
Silver Alert	20
Special Event	3
Vehicle Fire	15
Visibility	3
Weather	15
Wrong Way Driver	10
Total	9,439



District4 には、I-595 (約 21km) のほかに、I-95 (約 615km)、I-75 (約 758km)、SR868 (約 39km) 等が含まれる。最多の事象は故障車 (53.3%) であり、続いて衝突 (9.5%)、放置車 (9.1%)、散乱物 (3.9%) が上位を占める

3.4 A/P 方式の支払い調整メカニズムの運用に関する示唆

本項では、A/P 方式における支払い調整メカニズムの運用について、3.2、3.3 を踏まえて、利得の減少幅を最小限に抑えたい民間事業者と、Unavailability の事象生起に伴う車線閉鎖時間の短縮を図りたい発注者にとっての示唆を整理する。

3.4.1 民間事業者にとっての示唆

民間事業者にとっては参加を目指す、あるいは受託したプロジェクトに対して以下のアプローチが必要であると示唆される。

- ① 業務参加に際して、当該道路の施設や交通の特性、車線閉鎖生起状況等を把握したうえで、Unavailability をもたらす様々な事象の回復に要する時間をシミュレートし、支払い減額率に基づく調整の程度を予測するというプロセスを経て、入札時の MAP (最大 A/P) を決定することが重要である。
- ② 交通への影響が大きい時間帯での Unavailability の発生を回避するために、当該時間帯における事象発生の予防策が利得確保の面でも有効である。
- ③ Unavailability の事象が発生した場合、コスト増を掛けてでも閉鎖時間の短縮を図ったほうが利得を大きくできる場合は、作業員の人員増や報酬のインセンティブ向上策 (割増) を実施してでも業務完了を早めることが望ましい。現場管理者には、コスト増と減額幅の縮小のバランスの取れた業務マネジメントが求められる。

- ④ 民間事業者にとって、業務の習熟によって効率性（能力 E）を高めることが自身の利得を高めることにつながる。

3.4.2 発注者にとっての示唆

Unavailability に至る事象が起こった場合、発注者は民間事業者にコスト増を掛けてパフォーマンスを発揮させ、車線閉鎖時間を短縮したいところである。発注者は車線閉鎖時間の短縮を図るため、支払い減額率 β の設定を通じて以下を確保する必要があると示唆される。

- ① 車線閉鎖の影響が大きい時間帯において、Unavailability に伴う閉鎖時間をできるだけ短縮するため、当該時間帯の支払い減額率を高くして、民間事業者の行動を当該時間帯における事象発生の予防強化（巡回頻度の増加や事故時の車線閉鎖時間短縮への設備の準備等）へと誘導することが合理的である。
- ② 支払い減額率の設定には、当該道路の施設（品質状態、経年状況等）や交通（交通量、迂回路の有無等）の特性、過去の実績や同種・同規模道路での事象生起状況（事故・自然災害の発生状況等）を参照するなどして、車線閉鎖率を確度よく予測する必要がある。
- ③ そのうえで、民間事業者が適正な利得を確保できることを考慮して支払い減額率を設定することが必要である。車線閉鎖率と民間事業者の適正な利益水準を想定すると、適切な支払い減額率が設定できる。
- ④ 支払い減額率が小さすぎると、民間事業者は減額に甘んじてコスト増を掛けないこと、あるいは十分にコスト増を掛けないことがあり得る。その結果、車線閉鎖時間の十分な短縮が見込めなくなるため、特に交通への影響が大きい時間帯や区間、車線に対しては民間事業者に最大限のコスト増を投入させる必要がある。逆に、支払い減額率が大きすぎると、当該業務に参画する民間事業者が現れない事態に陥る。したがって、民間事業者の業務における収益性を把握しておくことが必須になる。
- ⑤ 業務受託者として、業務遂行へのモチベーションが高い有能な民間事業者を選出することが求められる。低位の事業者ほど業務遂行に対して十分な利得が得られないことに加え、発注者の期待（利得）も達成されない。
- ⑥ Unavailability の回復に要する時間が支払い調整のベースとなるため、A/P 方式の採用にあたっては事象発生時間や修復時間が正確に計測できることが前提となる。

3.5 結論

供用不能状態 (Unavailability) に対する支払い調整メカニズムに対して、短期的なキャッシュフロー (財務ベース) に基づき民間事業者と発注者の利得を定式化し、発注者が設定した支払い減額条件の下で民間事業者が利得を最大化する行動を選択する前提条件下で発注者の利得を最大にする展開型ゲームとしてモデル化を行い、民間事業者のパフォーマンスを制約条件とし、参加動機を保持する条件を境界条件として解を求めた。

その結果、支払い減額率の大小によって民間事業者の行動パターンが3領域、すなわち、スラックが働いてパフォーマンスを発揮しない (コスト増率を掛けない) Slack zone、民間事業者がパフォーマンスを発揮する (コスト増率を掛ける) Performance zone、民間事業者が損失を被り業務に参画者が現れない Shortfall zone に分類され、以下の点が明らかになった。

- ① 発注者が利得を上げる (車線閉鎖時間の短縮を図る) には、支払い減額率を Performance zone に設定して、民間事業者にパフォーマンスを発揮させることが必須である。発注者が最大の利得を上げるには、支払い減額率を Performance zone の上限値、すなわち民間事業者が最低利得を確保できる点に設定することが最適である。
- ② 民間事業者の能力が大きいほど、Performance zone における支払い減額率の下限値は小さく (スラックが働く範囲は狭く)、支払い減額率の上限値は大きく設定できる。その結果、有能な民間事業者に対するほど、Performance zone を広く設定でき、支払い減額率を上限値に設定した際の車線閉鎖時間の短縮の程度は大きくなる。
- ③ 車線閉鎖率が小さい (大きい) ほど、民間事業者にスラックが働かないようにするために、Performance zone における支払い減額率の下限値は大きく (小さく) 設定する必要がある。一方、車線閉鎖時間の短縮の程度を大きくするには、車線閉鎖率が小さい (大きい) ほど、支払い減額率の上限値を大きく (小さく) 設定する必要がある。
- ④ 通行料金収入による有料道路運営の場合、車線閉鎖による料金未徴収分を業務対価から機械的に減額するだけでは、民間事業者の最低利得との関係で、発注者にとって必ずしも十分な車線閉鎖時間の短縮効果が得られない場合がある。逆に、民間事業者の最低利得を損なう場合もある。

次に、データを入手できた米国の6事業を対象に、各事業で規定された支払い減額率の比較を行った。各事業における支払い減額率については、影響因子 (曜日、時間帯、区間、閉鎖車線数) によって数値が設定される点は共通しており、交通量の多い曜日、時間帯 (6:00~9:00、16:00~19:00または15:00~18:00) の支払い減額率が高くなっている。また、3車線閉鎖の支払い減額率が1車線閉鎖の比率より高く設定されている。全般的に、Presidio Parkway、Portsmouth Bypass、I-595の支払い減額率が高く、一方、I-69、East End Crossingの減額率が低く、交通量の多い時間帯を除き、民間事業者にスラックが発生しやすい設定になっていること等が明らかとなった。

更に、利得評価モデルを用いた「車線閉鎖率~民間事業者の利得」の関係から、車線閉鎖率が小さい場合、利得線はコスト増ゼロ (コスト増は不要、すなわちスラックが発生する) の直線に乗るが、事業毎の閾値 (Performance zone の下限境界に相当) を境に車線閉鎖率が大きい場合、利得曲線はコスト増率が最適値 (最適コスト増が必要) の曲線に乗って、コスト増ゼロの

直線よりも利得回復が可能なが分かる。すなわち、受託者は利得を回復するために、コスト増を掛ける必要がある。そのうえで、6事業の車線閉鎖率～利得曲線を比較すると、以下の点が明らかとなった。

- ① 1車線閉鎖の場合、I-595の条件が最も厳しく、車線閉鎖率が9.0%になると、民間事業者の利得率が0.1を下回る。また閉鎖率が10%になっても、その他の道路では民間事業者の利得率は最低利得率の0.1を上回り、相対的に条件は緩くなっている。
- ② 全車線閉鎖の場合、条件が最も厳しいPresidio Parkwayで車線閉鎖率が1.1%超、2番目に厳しいPortsmouth Bypassは車線閉鎖率が4.6%超になると、民間事業者の利得率は最低利得率の0.1を下回る。
- ③ I-69は、1車線閉鎖、全車線閉鎖の場合とも収益性は上から3番目である。East End Crossingは1車線閉鎖の収益性が最上位、全車線閉鎖は2番目である。事業によって、1車線閉鎖、全車線閉鎖の場合の収益性のバランスにも違いがある。
- ④ 道路に特有の車線閉鎖率が変化した場合でも、発注者は車線閉鎖率～利得線によって、車線閉鎖率による民間事業者の最低利得率を想定できる。民間事業者にとっては、想定車線閉鎖率の変化に応じて最適のMAP (Maximum Availability Payment) を推定できる。

【参考文献】

- 1) 柳川隆・町野和夫・吉野一郎、ミクロ経済学・入門pp.159-165、有斐閣アルマ、2018
- 2) 日本道路協会・道路維持修繕委員会、道路資産管理の手引き、2008
- 3) 例えば、青森県道路公社、平成29事業年度青森県道路公社損益計算書、2018
- 4) Florida DOT : CONCESSION AGREEMENT for I-595 CORRIDOR ROADWAY IMPROVEMENTS PROJECT Between Florida Department of Transportation and I 595 Express, LLC, 2009
- 5) Florida DOT : I-4 Volume II - Technical Requirements / Section 1 - Project Description To Design, Build, Finance, Operate and Maintain The I-4 Ultimate Project / EXECUTION VERSION, 2014
- 6) Indiana Finance Authority : Public-Private Agreement I-69 Section 5 Project between Indiana Finance Authority and I-69 Development Partners LLC, 2014
- 7) Indiana Finance Authority : COMMERCIAL CLOSING TRANSCRIPT / PUBLIC-PRIVATE AGREEMENT / THE EAST END CROSSING (LOUISVILLE-SOUTHERN INDIANA OHIO RIVER BRIDGES PROJECT) Between Indiana Finance Authority and WVB East End Partners, LLC, 2012
- 8) Caltrans : PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP AGREEMENT for the PRESIDIO PARKWAY PROJECT Between California Department of Transportation and Golden Link Concessionaire LLC, 2010
- 9) Ohio DOT : Public-Private Agreement Portsmouth Bypass between The State of Ohio, Acting by and through The Ohio Department of Transportation and Portsmouth Gateway Group, LLC, 2014
- 10) Florida DOT : Monthly Incident Duration / Performance Measures Report / District 4 / Dec, 2016

第4章 道路の維持管理業務委託における支払い減額メカニズムの適用

4.1 本章の目的と手法

本章の目的は「研究の目的」の④、すなわち、「一般道路における維持管理業務を対象に、A/P方式の支払い調整メカニズムの適用可能性を提示すること」に対応する。

国内の一般道路の運営・維持管理（以下、維持管理）において、業務の包括的民間委託が試行されている¹⁾。包括的民間委託では業種や工区・契約年の複数化と併せ、施設・構造物の管理水準やサービス水準の性能規定化が業務の効率化につながると期待されている。更に、提供サービスへの対価の透明性や民間事業者のインセンティブを一層高めるためにも、サービス対価の合理的な支払い方法、すなわち、「維持管理における民間事業者のパフォーマンスに応じた支払い方式」の導入が不可欠になると考えられる。有料道路とともに、一般道路にも支払い減額メカニズムを伴った方式の適用可能性が想定される²⁾。

本章ではまず、性能規定化を先行導入している国内の一般道路の維持管理業務を中心に文献・ウェブ調査で事例を収集し、採用されている性能指標を整理する。その結果、第2章と同様、指標の立て方が「指標目標値設定型」と「処理時間設定型」に大別できることを示す。その中から「巡回業務」を例に、指標目標値設定型では「管理瑕疵の発見率」、処理時間設定型では「管理瑕疵（路上散乱物やポットホール）の処理（除去や修復）までの時間」を指標として、利得評価式の構築を試みる。「指標目標値設定型」では独自の考え方で、「処理時間設定型」では米国I-595の維持管理業務に対するレスポンスタイムと減額の設定を参考に、両者それぞれに対して、「指標と支払い減額幅」を前章の評価モデル式の考え方に則って関連付け、発注者が自身の利得を最大にするために設定すべき最適な減額幅を、シミュレーションを実施して求める。

4.2 維持管理業務における支払い減額システム

4.2.1 維持管理業務に対するパフォーマンス指標

道路維持管理業務において、民間事業者の技術力やマネジメント力を活用するために業務の性能規定化が図られている。まず性能規定化が適用・考察された例として、包括的民間委託の先進事例である第二阪奈有料道路（奈良県道路公社）、市域の街路で包括委託を実施している東京都府中市、舗装工事を性能規定化した大宮維持工事（国土交通省）、民間の有料道路でアセットマネジメントの国際規格 ISO55000 シリーズの認証を取得した白糸ハイランドウェイ、直轄国道、都市高速道路等を取り上げ、採用されている性能指標を整理する。

(1) 第二阪奈有料道路（奈良県道路公社）^{3), 4)}

奈良県道路公社は第二阪奈有料道路の維持管理業務について、2013年度から3カ年の複数業務包括委託（表 4-1）を実施した中で、一部、性能規定業務を導入した。植栽管理業務の一部として、建築限界、視認性確保等を性能要件で定め、除草の範囲・時期・方法を事業者が自由に定められる性能規定を導入した（表 4-2）。更に、包括業務の委託費の支払い方法についても、定額固定費と変動費に分けている（表 4-3）。

表 4-1 第二阪奈有料道路の業務範囲

項目	内容
① 全体マネジメント業務（新規導入）	・ 年間・月間維持管理業務計画の作成、報告書提出管理、業務の効率性確保のための全体調整・指示、公社との連絡窓口機能など。
② 保守業務（新規導入）	・ 路面清掃業務又は植栽管理業務と同時に行う業務で即時保守業務と確認報告業務で構成される。 ・ （即時保守業務）施設の不具合を発見後にその場において人力による軽作業で回復させる作業をいう。 ・ （確認報告業務）施設の劣化、損傷の確認と公社へ報告する作業をいう。
③ 修繕業務	・ 確認報告業務の後に、公社の指示により、施設の劣化、損傷を回復させる作業をいう。
④ 路面清掃業務	・ 路面及び集水桝に対する清掃作業のことをいう。
⑤ 水路清掃業務	・ 水路に対する性能作業をいう。
⑥ 植栽管理業務（除草）（一部性能規定）	・ （A除草業務）受注者自らが実施範囲、実施時期、実施回数、実施方法を定めて行う除草。 ・ （B除草業務）公社が実施範囲、実施時期、実施回数、実施方法を指示する除草。
⑦ 舗装補修業務（品質保証型）	・ 舗装の力学的な性能を回復させることをいう。舗装補修業務のうち密粒度アスファルト舗装については品質保証型とする。
⑧ 雪氷業務	・ 除雪、凍結防止剤散布のことをいう。
⑨ 改善提案業務（新規導入）	・ 施設を常に良好な状態に維持する方法、円滑かつ安全な交通の確保や利用者サービスの向上等に資する具体的事象を特定し、その改善方法を公社に提案することをいう。
⑩ 引継業務（新規導入）	・ 委託終了時の引き渡しのための情報を日常蓄積する業務をいう。
⑪ 緊急措置業務	・ 事故・暴風雨による道路利用者、第三者に対する危険性を回避するための一時的な措置をいう。

表 4-2 植栽管理業務（除草の）要求水準

性能要件		要件未達成時の時間的措置の制限
1	建築限界の確保：交通安全上、支障を来さない状態を保持する	3時間以内に対応
2	視距の確保：本線、ランプ、側道において視認性を阻害しない状態を保持する	24時間以内に対応
3	視線誘導標等の視認性確保：視線誘導標、標識等が目視確認できる状態を保持する	24時間以内に対応
4	排水能力の確保：側溝等の排水能力を損なわない状態を保持する	24時間以内に対応
5	苦情（景観性を含む）：交通安全上、支障を来さない状態を保持する	30日以内に完了

表4-3 委託料の構成

分類	支払いタイプ	対象となる業務	対価の対象となる数量
定額・固定費I	定額払い	⑤ 水路清掃業務 ⑥ 植栽管理業務（B除草） ⑦ 舗装補修業務	各業務の要求水準で示した回数、数量等
定額・固定費II	定額払い	① 全体マネジメント業務 ② 保守業務 ⑥ 植栽管理業務（A除草） ⑨ 改善提案業務 ⑩ 引継業務	各業務の要求水準を満たしていれば、実施した作業数量にかかわらず
変動費	契約単価に基づく精算	③ 修繕業務 ④ 路面清掃業務 ⑧ 雪氷業務	公社の指示に基づき実施した作業数量

(2) 府中市道路等包括管理事業（北西地区）（府中市）^{5), 6)}

東京都府中市は、2018年4月～2021年3月の3カ年の予定で、道路等包括管理事業を委託する。対象施設は道路633路線（延長125,924m）のほか、府中駅前のペDESTリアンデッキ、街路樹、道路反射鏡等で、定期的な巡回業務、清掃等の維持業務、簡単な補修・修繕、市民からの苦情や要望の対応を含む（表4-4）。委託料の上限は1億2000万円／年である。

本業務は、2014年4月～2017年3月に実施された業務（対象は19路線3464m等）の次期包括委託として計画されているものである。前回と比較して、業務範囲が拡大していること、業務項目が包括委託型による維持管理業務と単価契約型による補修・更新業務等に区分されていることに加えて、委託費の支払い方法として、市のモニタリングによって民間事業者不履行があった場合、減額を科すことが特徴になっている。

減額方法は以下の通りである。

- ① 重大な不履行があった場合：改善勧告の手続きを行った時点で、債務不履行を確認した日の属する年の第4四半期の支払い額から、減額を行うことを決定する。重大な不履行が発生した場合には、罰則点を30点付与する（ただし、同じ場所及び事業による罰則点は最大30点とし、罰則点の累積は当該年度内とする）。
- ② 重大にあたらぬ不履行があった場合：改善勧告の手続きを行った時点で、罰則点を1回につき1点付与する。付与した罰則点は、当該年度3月末に集計し、表4-5の通りの減額割合で、改善勧告を行った年の第4四半期の支払い額に反映する（ただし、罰則点の累積は当該年度内とする）。

表 4-4 対象業務範囲

業務項目		業務内容		
包括委託型業務	統括マネジメント業務	業務計画書の作成、業務報告、定例会開催、受託者によるモニタリングの実施		
	維持管理業務	巡回業務	定期巡回の実施／緊急パトロールの実施／警察署との合同パトロールの実施	
		維持業務	清掃業務	道路の清掃／雨水桝の汚泥清掃／府中駅前ペDESTリアンデッキの清掃
			植栽管理業務	街路樹の剪定・除草（けやき並木通りのケヤキの剪定等を除く）
			道路反射鏡・案内標識管理業務	道路反射鏡・案内標識の清掃・管理
		補修・修繕業務	損傷箇所の補修（日常を維持するための保守に係る業務で1工種50万円未満）	
		事故対応業務	事故処理に関わる資料作成／事故処理に関わる補修作業／事故に伴う補修費用等の集計	
		災害対応業務	緊急パトロールの実施／現地処理作業の実施	
		苦情・要望対応業務	苦情・要望箇所の現地状況確認／現地処理作業の実施	
		占用物件管理業務	不法占用物対応の支援／不法投棄の現地状況確認	
法定外公共物管理業務	法定外公共物の維持管理			
単価契約型業務	業務補修・更新	損傷箇所の補修・更新（日常を維持するための保守に係る業務で1工種50万円以上。補修や施設の更新に係る業務で500万円未満とする）		
	定等業務 ケヤキ剪	けやき並木通りのケヤキの剪定等		

表 4-5 罰則点と減額割合

加算した罰則点	減額割合
29点以下	0%
30点以上、39点以下	0.3～0.39%減額（罰則点×0.01%で算定）
40点以上、49点以下	0.8～0.98%減額（罰則点×0.02%で算定）
50点以上、59点以下	1.5～1.77%減額（罰則点×0.03%で算定）
60点以上	2.4%以上（罰則点×0.04%で算定）

(3) 国道 17 号・大宮維持工事（国土交通省）^{7), 8)}

国土交通省大宮国道事務所では国道 17 号の一部区間（約 12.8km）において、道路利用者に対するサービス水準を定義し、それを維持するための性能規定型の道路維持管理工事が 2010～2011 年度に試行された。下表に性能規定の内容を示す。

表 4-6 大宮維持工事における性能規定

項目		性能規定またはサービス水準	備考
通常巡回		安全かつ円滑に走行できるようにする	1 回／日以上
	路面維持	ポットホール（直径 10cm）がないようにする	
	落下物回収	通行に支障を来すような落下物等がないようにする	支障を来す場合、確認後 6 時間以内に処理
路面舗装管理 （車道粒密アスファルト）	わだち掘れ量	平均 30 (35)mm 未満、最大 40 mm 未満	カック内はポータスアスファルト
	ひび割れ率	同一車線内の任意の 100m 区間内のひび割れ率 30 (35)% 未満	
	段差	20mm 未満	
路面清掃（車道）		塵埃等に起因するバイク、自転車、車両の転倒等が起きないようにする	年 6 回
緑地管理	中木	建築限界の確保、信号・標識の視認性を確保する	
	低木	建築限界の確保、車両・歩行者等の視認性・安全性を確保する。低木の樹高は 80cm 以下とする	
	車道部及び歩道部の建築限界の確保及び車両や歩行者等の視認性・安全性を確保できるようにする		

(4) 白糸ハイランドウェイ（ガイアート）⁹⁾

ガイアートは自社保有の白糸ハイランドウェイで、アセットマネジメントシステムに関する国際規格 ISO55001 の認証を 2015 年に取得した。同社は国道の維持工事の受託で培ってきたノウハウをもとにアセットマネジメントの目標や維持管理業務の管理基準を下表のように定めている。

表 4-7 白糸ハイランドウェイにおける性能規定（ISO55000 シリーズより）

・ 受容基準（アセットマネジメント目標）

管理項目	アセットマネジメント目標
アウトカム目標	交通事故件数を前年度より減少させる
	道路の乗り心地指数（IRI 値）平均を 3.5mm/m 以下にする
	クレーム発生件数を前年度より減少させる
アクション目標	巡回での路面ポットホールの発見・復旧率を 100%にする
	巡回での落下物の発見・除去率を 100%にする
	雪氷時の立往生車両発生件数をゼロ件にする
	アウトソース工事の評価点を前回よりアップさせる
	アンケート調査による満足度を 50%以上にする

・ 受容基準（管理基準）

事象	管理項目	管理水準	
道路巡回	通常巡回	1 回/日以上	巡回時：発見後 24 時間以内 通報時：確認後 24 時間以内
路上障害	ポットホール	10cm 未満、または交通に支障なし	巡回時：発見次第 通報時：確認後 1 時間以内
		10cm 以上、または交通に支障あり	巡回時：発見次第 通報時：確認後 1 時間以内
	落下物・支障枝	人力で除去可能なもの	巡回時：発見次第 通報時：確認後 1 時間以内
		人力で除去不可能なもの	巡回時：発見次第、通行可能な状態に 通報時：確認後 1 時間以内に通行可能な状態に。 引き継ぎ後、24 時間以内に本復旧
	道路清掃	車線幅（6m）が確保されている	
雪氷作業	滑り止めタイヤがスリップ・立往生しない		
安全対策	安全施設清掃	雑草・樹木等による妨げ、くもり・汚れがない	

(5) 直轄国道（国土交通省）¹⁰⁾

国土交通省が国道（国管理）の維持管理等に関する検討会で取り纏めた資料を抜粋する。国道（国管理）の役割・機能を規定したうえで、道路巡回、路面清掃、除雪について、サービス目標と管理基準、課題を以下のように整理している。

表 4-8 道路巡回（通常巡回）

項目		内容
作業項目		道路巡回（通常巡回）
インプット	作業基準（頻度等）	・ 路線の交通量に応じて効率的に路面の異状・障害を発見し、処理するための頻度を設定
	予算・体制等の制約	・ 現状の基準：1回/2日が標準 ・ 出張所平均管理延長（約82km）：1作業班では最大1回/日 ・ 通報システムによる補完
アウトプット	作業結果	・ 路面の異状・障害を発見・処理
	作業量	・ 路面の異状・障害の発見・処理件数
アウトカム	目指す成果	・ 路面の異状・障害に関する管理瑕疵件数を低減 ・ 路面の異状・障害への意見・要望件数を低減
	評価指標	・ 路面の異状・障害に関する管理瑕疵件数 ・ 路面の異状・障害に係る意見・要望件数
サービス目標		・ 路面の異状・障害に起因する事故を防止 ・ 走行の快適性を向上

【課題】

- ・ 同じ巡回頻度でも、異状・障害発見確率や管理瑕疵件数が異なり、路線によってバラツキがある。
- ・ 巡回頻度の増加により、効果的に管理瑕疵発見件数を低減させ、巡回頻度の減少により、管理瑕疵発見件数が増加しない路線を選定し、巡回頻度を見直すことで、全体としてサービスレベルを向上する。
- ・ 事故に結びつく確率としては、路面損傷が落下物に対して25倍以上である。
- ・ 効果的に路面の損傷及び変状、落下物を発見し、応急対応により安全を確保するための巡回頻度を交通量に応じて設定。
- ・ 設定した頻度等による「路面の異状・障害の発見・処理件数」、「路面の異状・障害に関する管理瑕疵件数」及び「路面の異状・障害に係る意見・要望件数」の各指標データの分析を踏まえ、適宜、頻度等を改善。

表 4-9 路面清掃

項目		内容
作業項目		路面清掃
インプット	作業基準（頻度等）	・ 路線の塵埃量に応じ、効率的に埃を回収するための清掃頻度を設定
	予算・体制等の制約	・ 現状の基準：年 12 回以内（三大都市）、年 6 回以内（DID 地区）、年 1 回以内（その他）
アウトプット	作業結果	・ 路面の塵埃を処理 ・ 沿道環境を害する塵埃を処理
	作業量	・ 塵埃の回収量
アウトカム	目指す成果	・ 路面の塵埃に関する管理瑕疵件数を低減 ・ 路面の冠水回数を低減 ・ 清掃に係る沿道環境への意見・要望件数を低減
	評価指標	・ 路面の塵埃に関する管理瑕疵件数 ・ 路面の冠水回数 ・ 清掃に係る沿道環境への意見・要望件数
サービス目標		・ 路面の異状・障害に起因する事故を防止 ・ 走行の快適性を向上 ・ 沿道環境を向上

【課題】

- ・ 設定した頻度等による「塵埃の回収量」、「路面の異状・障害に関する管理瑕疵件数」、「路面の冠水回数」及び「清掃に係る沿道環境への意見・要望件数」の各指標データの分析を踏まえ、適宜、頻度等を改善。
- ・ 路面清掃については、二輪車の転倒事故確率の調査結果から塵埃の定量地を作業の目安として設定（今後、さらなるデータの蓄積・分析が必要）。
- ・ 頻度の算定：蓄積した塵埃回収量データを用いて、一定の回収量を目安に清掃を実施（ $0.2\text{m}^3/\text{km}$ 程度） → 一定の区間毎に過年度の年度総塵埃量から清掃回数・時期を設定

表 4-10 除雪

項目		内容
作業項目		除雪
インプット	作業基準（頻度等）	・ 除雪時に通行止め・通行障害を回避するための出動時期等の設定
	予算・体制等の制約	・ 現状の基準：新設除雪は 5～10cm 程度の降雪量を目安
アウトプット	作業結果	・ 新設除雪、路面整正、運搬排雪等の実施
	作業量	・ 除雪実施区間数・回数
アウトカム	目指す成果	・ 降雪時における適切な除雪による通行止め・通行障害を回避
	評価指標	・ 通行止め回数・時間 ・ 降雪時の旅行速度
サービス目標		・ 降雪時に円滑に走行できる路面環境を提供

【課題】

- ・ 設定した頻度等による「除雪実施区間数・回数」、「通行止め回数・時間」及び「降雪時の旅行速度」の各指標データの分析を踏まえ、適宜、頻度等を改善。
- ・ 降雪量が増加するほど速度低下率は大きくなる。このため、降雪状況について一定の条件を設定し、その条件下での目標走行速度を設定。

(6) 都市高速道路^{11), 12)}

都市高速道路の維持管理マネジメントに関するロジックモデルの研究の中で、例えば巡回（日常点検）を対象に、各指標の組み立て方が例示されている。

表 4-11 ロジックモデルにおける「巡回」に関する性能指標の組み立て例¹²⁾

指標	項目と内容	
インプット	巡回（日常点検）	
アウトプット	落下物回収	ポットホール補修
アウトプット指標	落下物の発見率、回収時間	ポットホールの発見率、補修時間
中間アウトカム指標	落下物の発見率○以上、 回収時間○以内	ポットホールの発見率○以上、 補修時間○以内
中間アウトカム内容	事故件数の低減、クレーム件数の低減	
最終アウトカム指標	事故率、クレーム件数	
最終アウトカム	路面の安全性確保、快適な走行環境確保	
経営目標	安心・安全	

表 4-12 日常点検に関するロジックモデル¹²⁾

指標	項目と内容	
インプット	日常点検（路上）	日常点検（路下）
アウトプット	穴ぼこ、轍掘れの発見	損傷の発見
アウトプット指標	穴ぼこ滞留量*	路下損傷滞留量**
中間アウトカム指標	穴ぼこ、轍掘れによる 事故・ひやり件数	路下の落下物による事故・ひやり件数
中間アウトカム内容	穴ぼこ、轍掘れによる被害の低減 路面の不具合による被害の低減	路下の不具合による被害の低減
最終アウトカム指標	年間の死傷事故率	
最終アウトカム	路上・路下の安全性の確保	
経営目標	安全・安心	

(*) 穴ぼこ滞留量：単位延長あたり何件の穴ぼこが存在しているかを表した指標(件/km)であり、以下の式により算出される。路線毎、交通量毎等に区分した単位毎に計測、評価する。

$$\text{穴ぼこ滞留量 (件/km・回)} = \frac{\text{年間 S ランク穴ぼこ発見件数 (件/年・km)}}{\text{日常点検 (路上) 頻度 (回/年)}}$$

(**) 路下損傷滞留量：第三者被害を起こす可能性のある損傷が単位延長あたり何件発生しているかを表した指標 (件/回km) であり、以下の式により算出される。路線毎、交通量毎等に区分した単位毎に計測、評価する。

$$\text{路下損傷滞留量 (件/km・回)} = \frac{\text{路下 S 損傷発見件数 (件/km)}}{\text{路下点検頻度 (回/年)}}$$

(7) 米国 DC STREETS プロジェクト¹³⁾

性能規定型維持管理契約方式の米国における成功事例である DC STREETS プロジェクト（米国初の性能規定型 AM プロジェクトで、コロンビア特別区交通局、FHWA 等によって計画され、特別区内における 75 マイルの国道網の資産保全・維持・修繕が民間企業 VMS に委託された）の 1 年目評価を例として、これらの指標と手法の実効性と発展性が考察された。

維持区分は 13 区分——舗装構造、車道清掃、排水、路側（縁石、側溝、歩道）、交通安全（防護柵、柵及び緩衝材）、路側清掃、路側植栽、橋梁、トンネル、交通安全（路面標識）、交通安全（照明）、その他の資産（歩道橋、WIM 基地）である。

評価指標で注目すべき点として、以下が挙げられている。

- ① 路面性状に関する基準が道路の供用期間に応じて設定されている。
- ② 不具合の発生を前提とし、不具合が発生した場合の一定時間内の処理を目標とした「時間が決め手となる（time critical）基準」が設定されている。
- ③ 各基準の評価結果が 1 から 5 の整数で定量的に表現される。
- ④ パフォーマンス基準を満足しない状態が想定されている。
- ⑤ パフォーマンス基準の下限が設定されていない。

評価手法で注目すべき点としては、以下が挙げられている。

- ① 維持区分毎に得点が算出されている。
- ② プロジェクトに対する各維持区分の相対的な重要性に応じて重みが割り当てられている。

表 4-13 維持要素及び性能指標の例

維持区分	維持要素	性能指標
舗装構造	舗装路面	IRI：施工後 5 年以内の道路
		IRI：施工後 5 年以上の道路
		PCI：施工後 5 年以内の道路
		PCI：施工後 5 年以上の道路
		摩擦係数
		ポットホールあるいはブローアップの数
		わだち掘れの有無と深さ
	シールされていないひび割れ（ジョイントを含む）の数	
	路肩	ポットホールあるいはブローアップの数
	車線と路肩の間の段差	
	マンホール	車道面とのズレ
車道清掃	車道路面	泥、岩屑等の集積
		巨大なあるいは危険な岩屑及び路上轢死動物
排水	開渠構造物	浸食及び沈泥
		機能
		外観
	集水桝、排水管及びインレット	詰まっていないインレットの割合
		機能
路側（縁石、側溝、歩道）	縁石	機能及び健全性
	柵	損傷
	擁壁	水抜き孔
		線形
交通安全：防護柵、柵及び緩衝材	防護柵及び柵	機能上、運用上及び構造上の完全性
	緩衝材	損傷
路側清掃	路面外側の道路敷	ごみ及び岩屑

路側植栽	高木、低木及び路側草木	全体的外観及び視界制約
	路側及び未舗装中央帯上の芝生	芝生の高さ及び質——都市内 芝生の高さ及び質——フリーウェイ
橋梁	橋梁床板	肌落ちあるいはひび割れしている床版表面の割合 完全に機能して上部工の橋軸方向の動きを妨げないジョイント
	橋梁上部工	断面不足、肌落ち、クリアランス、塗装等
	橋梁手すり及び高欄	適所にあり目的通りに機能している手すり及び高欄——鋼
		適所にあり目的通りに機能している手すり及び高欄——コンクリート
	橋梁下部工	構造上の完全性を損なうへこみ、あるいは損傷
		肌落ち、ひび割れ、スケーリング、ベアリング、橋台、橋脚等
	橋梁排水	排水孔及び縦樋
		損傷、あるいは極度に劣化した区間
		無傷の端末保護
		パイプ上の沈下
		健全かつ固定された接続部——水漏れ 放水口の浸食
	橋梁アプローチ	スムーズでかつ橋梁床版との取り付けが良好なアプローチ——コンクリート
スムーズでかつ橋梁床版との取り付けが良好なアプローチ——アスファルト		
ポットホール		
橋梁	構造物上の落書き	
トンネル	機械系統	ファン
		換気坑
		排水及び排出ポンプ
		高圧交流
	トンネル壁及び天井	適切かつ魅力的なシール
	電気系統	照明
		電力
		システムコントロール
高さ検知器、可変情報板、ラジオ、火災報知器、緊急電話 ビデオ監視装置		
交通安全：路面標示	路面標示、区画線及び道路紙	昼間条件及び夜間条件の下での視認性 標示あるいは反射材の途切れ
交通安全：標識	可変情報板を含む標識	昼間条件及び夜間条件の下で視認でき、落書きのない標識 構造的に健全な頭上標識 昼間条件及び夜間条件の下で視認でき、かつ読みやすい標識
交通安全：照明	道路照明及び標識照明	照明機能
その他の資産	歩道橋	歩構面、手すり、柵、照明塔を含み、安全な状態に維持された歩道橋
	走行車両重量計測基地	機能しており、かつ交通部局に使用可能なデータを発信している走行車両重量計測基地

(8) 中期包括維持管理の標準化プロジェクト¹⁴⁾

川瀬ら（2010）が、保土ヶ谷バイパス（国土交通省）や英国ポーツマスの維持管理PFI事業と比較する形で、中期間での包括維持管理契約モデル事業を提案している（表4-14）。事業期間は3~5年、発注方式は性能発注の試験的導入と仕様規定の併用とする。委託範囲は、現時点で実施されているような包括契約と同様、維持業務のほぼ全てを民間事業者へ委託する。その際には、モデル事業であることを考慮し、管理瑕疵責任や民間事業者にとって不確実性の高いリスクは公共の負担とする。ただし、設計変更リスクや隠れた瑕疵に関するリスクについては、一定の限度を設けて民間に移転しつつ、民間事業者がどのような対応を行えるかについて、提案を求めることも有効である。

管理権限については現行法に従い、道路管理者が留保する。しかしながら、実際の業務については、保土ヶ谷バイパスにおける路線パトロール維持工事のように、民間事業者によって担われている管理業務も存在することから、公共側の必要性を鑑みて、民間事業者が事実行為として担うことが可能な範囲を見分ける必要がある。一方、通行規制等は現状の制度下で民間事業者への委託が難しいため、公共側と連携を図りながら実施していくということになる。性能規定については、他国の例等を見ながら性能規定として機能すると考えられる項目を推定しつつ、実証的に性能規定項目と仕様規定の対応関係を把握していく必要があるとしている。

したがって、ここで想定するモデル事業は、ポーツマスのような維持管理事業へのPFI導入を検討していく上で基盤となる委託モデルとして、性能規定における発注の仕方及び性能評価の指標に関するデータの蓄積、リスクの具体的な分担方法、またリスクの顕在化やその損失に関するデータの蓄積、事業の円滑な実施に必要な官民の協力体制のあり方について、実施によって情報を蓄積することが重要であるとしている。更に、支払いメカニズムについて、モニタリング指標とリンクさせる方式を提案している。

表 4-14 各事業モデルの比較

	標準化プロジェクト： 中期包括委託モデル	現行： 保土ヶ谷維持工事	英国ポーツマス市： 道路維持管理 PFI
契約年数	3~5年	単年度	25年
要求水準	性能発注	仕様発注	性能発注
業務範囲	維持管理業務の大半	維持・巡回	大規模修繕 維持管理業務の大半
リスク移転	管理瑕疵に配慮しつつ 民間事業者に移転	なし	ほぼ全て移転
管理権限	なし	なし	不明
支払い メカニズム	モニタリング指標とリンク (精算変更も考慮)	積算による精算変更	モニタリング指標とリンク。 利用可能性と利用量
資金調達	なし	なし	あり

4.2.2 維持管理不履行に対する支払い減額システム

上記を基に、維持管理業務におけるパフォーマンス指標を下表に例示した。道路巡回の場合、大宮維持工事、白糸ハイランドウェイ、直轄国道、都市高速道路等の規定から作業項目として、路面の異状・障害、落下物、ポットホールの「発見」がキーワードとして共通しており、業務パフォーマンスを測る指標の一つとして「発見率」が挙げられる。利用者等の外部からの通報ではなく、民間事業者自らの発見率の上昇は、事故の芽を摘む効果大きい。

発見後、あるいは他者・外部からの通報によって認知した後の処理の迅速さも事故の未然防止に必要である。この場合は、落下物やポットホールの「処理時間」(レスポンスタイム)が業務パフォーマンス指標になり得る。発見率が高く、不具合の処理時間が短い、有能な民間事業者を評価することは、維持管理業務における安全・安心のサービス提供の必須条件である。第二阪奈有料道路の植栽管理では、不備を認識した時点からの「時間的措置の制限」をパフォーマンス指標として定めている。舗装や構造物等の補修作業では、認識時点からの「対応時間」でパフォーマンスを測るのが妥当だと考えられる。このように、第2章における考察と同様、維持管理業務のパフォーマンス指標を利用して支払い減額システムを導入する場合、対象とする指標の性質によって、支払い減額の設定方法は2つに大別できると考えられる。

一つは、一定の支払い対象期間内に、設定された指標の目標値に対して実測値が不達(不履行)の場合に、不達分に応じて減額幅を規定する「指標目標値設定型」である。指標の目標値に対する不達率を減額のベースに用いるものである。もう一方は、指標の目標値に対する管理瑕疵や不具合が発見された際に、機能を回復、あるいは管理瑕疵状態を修復するために時間的な猶予を与えて、それが不達(不履行)の場合に減額を科す「処理時間設定型」である。指標の目標値の回復を達成するまでの時間をベースに用いるものである。第3章で例示した米国 I-595 プロジェクトの O&M 業務の要求水準書でも、修復期間(cured period)が示されており、期間内に修復できなかった場合に、減額が科されるメカニズムになっている。

表 4-15 維持管理業務のパフォーマンス指標の例

業務項目	性能要件	パフォーマンス指標
道路巡回	路上の安全性確保	路面の異常・障害の発見率の目標値に対する達成率
	路上障害物の除去	障害物認識時点からの処理時間
	ポットホールの修復	ポットホール認識時点からの処理時間
道路清掃	路面に積もる塵埃による安全性阻害の回避	路面に積もる塵埃量の目標値に対する達成率
	路面冠水による安全性阻害の回避	路面の冠水回数目標値に対する達成率
植栽管理	建築限界の確保、視距の確保、視線誘導標等の視認性確保、排水能力の確保	安全性、視認性、機能性の不備の認識時点からの対応時間
雪水対策	道路サービスに対する満足度の確保	通行止め回数・時間、降雪時の旅行速度の目標値に対する達成率
	降雪時における通行止め・通行障害を回避	住民・利用者からの苦情件数の目標値に対する達成率
路面舗装	わだち掘れ量、ひび割れ率、段差	状態低下の認識時点からの対応時間
橋梁補修	構造物の健全性	構造物の不具合等の認識時点からの対応時間
維持管理全般	道路サービスに対する満足度の確保	道路サービスに対する苦情件数の目標値に対する達成率

4.3 指標目標値の不達に対する支払い減額システムの定式化と評価

4.3.1 支払い減額システムの定式化

本項は、パフォーマンス指標を用いた維持管理業務のうち、「指標目標値設定型業務」を対象とする。設定したパフォーマンス指標の目標値に対して実現値が不達（不履行）の場合に、不達分に応じて減額幅を規定する支払い調整方法について、維持管理業務に対する指標と支払いメカニズムの関係を定式化する。

(1) 基本条件の設定

基本的な考え方として下記の条件を想定する。

- ① 道路維持管理において、発注者が維持管理業務を民間事業者へ委託し、民間事業者の業務遂行に対して対価を支払うケースを考える。この際、民間事業者のパフォーマンスを測る指標について現状の標準的な D_0 と目標値 D_m を発注者が設定し、 D_m と実現値 D_e との未達分 $S(D_e)$ の b 倍を、 D_m の達成を前提とする支払い額 W から差し引くという支払い調整メカニズムを想定する。これは、前章の A/P 方式の支払い調整メカニズムの考え方と同様である。
- ② 民間事業者は目標値 D_m を達成するために、 D_0 を達成する時の標準的なコスト $C_0 (=k_1 \times W)$ に対して、コスト増率 α を掛けるとする。したがって、減額分を考慮した業務受託費から支出を差し引いた民間事業者の利得 R_a は下式で表される。

$$R_a = \{1 - S(D_e) \times b\} \times W - (1 + \alpha) \times C_0 \quad \dots\dots(4.1)$$

- ③ 上式の中で、民間事業者が実現する指標値 D_e について条件を示す。発注者の要求に対して、民間事業者は減額を回避するために自らのリソース（ここではコスト増率 α と能力 E を想定し、パフォーマンスの増分を $\Delta D(E, \alpha)$ で表す）を掛けることによって、パフォーマンスを現状の D_0 から ΔD 上昇させると仮定すると、 D は次式となる。

$$D = D_0 + \Delta D(E, \alpha) \quad \dots\dots(4.2)$$

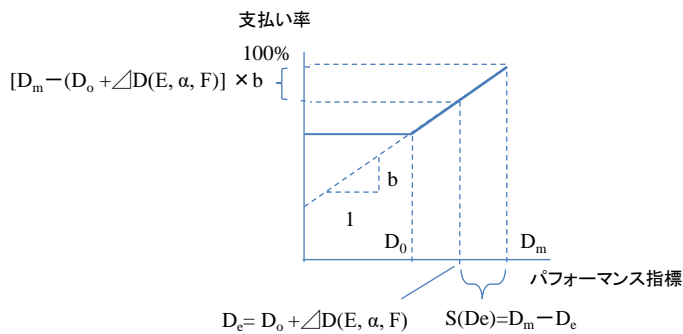
ただし、民間事業者のパフォーマンスの発揮は、道路特性（線形・幅員・構造物の品質状況等の物理的性質や交通量等）にも左右されるため、道路特性によるパフォーマンス向上の難易を勘案する。その難易度を表わす変数を F ($0 < F \leq 1.0$ 、小さいほどパフォーマンスの発揮が難しい) とする。

したがって、指標の実現値 D_e 、目標値 D_m と D_e との差 ΔD 、および民間事業者の利得式は下式となる。

$$D_e = D_0 + \Delta D(E, \alpha) \times F \quad \dots\dots(4.4)$$

$$S(D_e) = D_m - D_e = D_m - (D_0 + \Delta D(E, \alpha) \times F) \quad \dots\dots(4.5)$$

$$R_a = \{1 - (D_m - D_0 - \Delta D(E, \alpha) \times F) \times b\} \times W - (1 + \alpha) \times C_0 \quad \dots\dots(4.6)$$



パフォーマンス増分 $\Delta D(E, \alpha, F)$ が、道路特性によってパフォーマンス発揮の影響を受け、それを反映した値と支払い減額率の関係を示す。

D_0 :パフォーマンスの標準値, D_m :目標値, D_c :実際の値, ΔD :増分
 E :民間事業者の能力, α :コスト増率, F :パフォーマンス発揮の難易度
 b :支払い減額倍率

図4-1 民間事業者に対する支払い減額倍率を表す関数の考え方

④ 次に発注者の利得について考察する。

A/P方式による有料道路の場合、適切に維持管理され管理瑕疵の無い道路は利用可能な状態にあって交通量および通行料金収入が確保される。逆に、落下物やポットホール等の危険（管理瑕疵）がある道路はその除去や修復のために車線閉鎖が起こり、交通量（通行料金）が減少する。したがって、発注者の収入が民間事業者の維持管理に対するパフォーマンスに影響されるという前節と同じ考え方が適用できる。

一方、一般道路の場合、発注者は当該道路の維持管理のために、業務を委託する民間事業者のパフォーマンスの確保・向上を根拠に公的資金（税収）を財源とする予算を要求（獲得）すると考え、この場合の発注者の収入も $P \times V$ で表すとす。

パフォーマンス指標が予算要求（予算獲得）のツールになることは、例えば「道路資産管理の手引き」（日本道路協会・道路維持修繕委員会）¹⁵⁾の中で、豪州等で実施されているパフォーマンスをベースとした道路維持管理契約を例に、パフォーマンス指標の役割として、「パフォーマンス指標により成果の達成度・業績評価を行い、予算要求の根拠とする」、「パフォーマンス指標により、道路施設の現状を定量的に把握し、予算編成における目標値を設定する」といった点を挙げている。すなわち、道路管理者にとって、パフォーマンス指標が確保されていれば予算要求の説明力が増すと同時に、指標は民間事業者に対する業務促進のツールにもなると捉えられている。

こうした考え方を基に、ここでは指標目標値が D_m の時に委託者が得る収入 $P \times V$ が100%得られ、実現値 D_c の場合の不達分が減収になると考え、収入を $P \times V \times \frac{D_c}{D_m}$ と表す。したがって、発注者の利得は下式で表される。

$$R_p = P \times V \times \frac{D_c}{D_m} - \{1 - (D_m - D_0 - \Delta D(\alpha) \times F) \times b\} \times W \quad \dots (4.7)$$

ただし、使用する係数を少なくして計算を簡便にするため、 $P \times V$ の γ 倍を W として民間事業者に委託すると仮定する ($P \times V \times \gamma = W$)。従って、発注者の利得 R_p は下式となる。

$$R_p = \frac{W}{\gamma} \times \frac{D_e}{D_m} - \{1 - (D_m - D_0 - \Delta D(\alpha) \times F) \times b\} \times W \quad \dots (4.8)$$

下表は前章の考え方と同様、発注者に関わるパラメータ（P、V、W、 γ 、 D_0 、 D_m ）、発注者の裁量に関わる変数（b）、民間事業者に関わるパラメータ（W、 C_0 、 k_1 、E、e）、民間事業者に関わる変数（ α ）、道路特性によるパフォーマンス目標値の達成に関わるパラメータ（F）、利得に関わる定義・算式（ R_p 、 R_a ）を整理したものである。

表 4-16 パラメータ・変数一覧

パラメータ・変数		内容
◇ 発注者に関わるパラメータ		
P×V	通行料金収入、あるいは当該運営・維持管理業務に対する獲得予算	通行料金収入（有料道路の場合。P：通行料金、V：通行量）、または財務当局から道路管理者（発注者）に拠出される運営・維持管理業務用の公的財源（一般道路の場合）
γ	業務費倍率	収入に対する業務委託費の倍率
W	業務委託費	発注者が民間事業者と契約する業務委託費
D_0 、 D_m	パフォーマンス指標	パフォーマンス指標の標準値（ D_0 ）と目標値（ D_m ）
発注者に関わる変数		
b	支払い減額倍率	パフォーマンス指標の目標値（ D_m ）と実測値（ D_e ）との乖離に対する支払い減額の倍率
◇ 民間事業者に関わるパラメータ		
W	業務受託費	契約によって決まる、発注者から受領する業務費
C_0	標準コスト	常時の運営・維持管理に掛かる標準的なコスト
k_1	標準コスト比率	業務受託費に対する標準コスト C_0 の比率（ $= C_0 \div W$ ）
k_2	最低利得率	業務委託費 W に対する下限値として設定する利得率
E	能力	民間事業者の能力の優劣を反映するためのパラメータ
e	調整係数	民間事業者のコスト増率による低減効果を示すためのパラメータ
民間事業者に関わる変数		
α	コスト増率	パフォーマンス向上のための標準コストに対する増分の比率
◇ 道路特性による変数		
F	パフォーマンス発揮難易度	パフォーマンス目標値達成の難易度を表すパラメータ
◇ 利得に関わる定義・算式		
R_p	発注者の利得	$P - W$
R_a	民間事業者の利得	$W - C$

(2) パフォーマンス増分を表す関数

ここで、民間事業者の能力 E とコスト増率 α によるパフォーマンス増分 $D_e(E, \alpha)$ について、考察する。条件として、増分を $D_m - D_0$ 掛けた際に、実際の増分は $F \times (D_m - D_0)$ （F：道路特性によるパフォーマンス発揮の難易度を表す係数）となる。それ以外の条件を併せて、パフォーマンス増分を表す条件を下記のように設定する。

- $D_e(0) = D_0$ ：コスト増分が無い時（ $\alpha = 0$ ）の指標値は D_0
- $D_e(\alpha = D_m - D_0) = F \times (D_m - D_0)$ ：上記の説明の通り
- $D_e(\alpha) \leq D_m$ ：実値は目標値を上回らない（上回っても受託費のボーナスを考慮しないため）
- $D_e(\infty) = 1.0$ ：コスト増分をどんなに掛けても、指標値は 1.0 を上回らない。

以上の条件を満たす増加関数として、下式（下図）を設定する。

$$D_e(\alpha) = 1 - \frac{1 - D_0}{1 + e \times E \times \alpha} \quad \dots (4.9)$$

但し、 e ：調整係数。例えば、 $D_0=0.7$ 、 $D_m=0.8$ 、 $F=0.9$ の場合、 $e=4.2857$ 。 $D_0=0.8$ 、 $D_m=0.9$ 、 $F=0.9$ の場合、 $e=8.1818$ 。

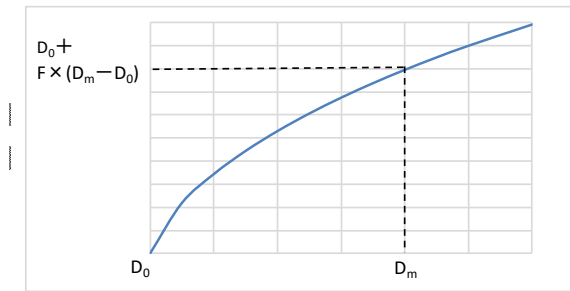


図 4-2 増加関数の設定

(3) 民間事業者と発注者の利得式

以上から、民間事業者と発注者の利得を表す式は、式(4.6)、(4.8)に(4.9)を代入して下式が得られる。

民間事業者の利得式

$$\begin{aligned} R_a &= \{1 - S(D_e) \times b\} \times W - (1 + \alpha) \times C_0 \\ &= \left[1 - \left\{ D_m - \left(1 - \frac{1 - D_0}{1 + e \times E \times \alpha} \right) \right\} \times b \right] \times W - (1 + \alpha) \times k_1 \times W \end{aligned} \quad \dots (4.10)$$

発注者の利得式

$$\begin{aligned} R_p &= P \times V \times \frac{D_e}{D_m} - \{1 - S(D_e) \times b\} \times W \\ &= \frac{W}{\gamma \times D_m} \times \left(1 - \frac{1 - D_0}{1 + e \times E \times \alpha} \right) - \left[1 - \left\{ D_m - \left(1 - \frac{1 - D_0}{1 + e \times E \times \alpha} \right) \right\} \times b \right] \times W \end{aligned} \quad \dots (4.11)$$

ただし、 $1 - \frac{1 - D_0}{1 + e \times E \times \alpha} \leq D_m$ から

$$\alpha \leq \frac{1}{e \times E} \times \left(\frac{1 - D_0}{1 - D_m} - 1 \right) \quad \dots (4.12)$$

W ：委託費、 $P \times V$ ：通行料金 \times 需要量、または当該道路に抛出される公的財源

γ : 対収入・委託費率

α : コスト増率、 b : 支払い減額倍率、 E : 民間事業者の能力

F : パフォーマンス発揮難易度、 D_0 : 標準値、 D_m : 目標値

4.3.2 民間事業者と発注者の利得の解法

本節では、民間事業者と発注者の利得についての定式から、民間事業者が自身の利得を高めるための行動（コスト増率 α で示される）、および民間事業者の行動を前提にして発注者が自身の利得を高めるための裁量（支払い減額倍率 b で示される）について考察する。

(1) 民間事業者と発注者の利得の最大値

◇ 民間事業者の利得の最大値

まず、民間事業者が利得を最大化するための条件は、式(4.10)、および $\frac{d R_a}{d \alpha} = 0$ から下式となる。同式は、支払い減額倍率 b の違いによって、民間事業者の利得が最大値を取る時のコスト増率 α_q が異なることを示している。

$$\alpha_q = \sqrt{\frac{(1 - D_0) \times b}{e \times E \times k_1}} - \frac{1}{e \times E} \quad \dots \dots (4.13)$$

◇ 発注者の利得の最大値

民間事業者は、発注者が設定する支払い減額倍率 b の違いによって、民間事業者は式(4.13)によって最適コスト増率 α_q を掛ける。その民間事業者の行動を前提に発注者が利得を最大にするために、式(4.13)による α_q を式(4.11)に代入し、 $R_p(b)$ を最大にする支払い減額倍率 b を求める。

$$R_p(b) = \frac{1}{\gamma \times D_m} \times \left(1 - \sqrt{\frac{(1 - D_0) \times k_1}{e \times E \times b}} \right) - 1 + \left(D_m - 1 + \sqrt{\frac{(1 - D_0) \times k_1}{e \times E \times b}} \right) \times b \quad \dots \dots (4.14)$$

$\frac{d R_p(b)}{d b} = 0$ から下式を満たす b の時に発注者の利得が最大となる。

$$\sqrt{\frac{(1 - D_0) \times k_1}{e \times E}} \times \left(\frac{1}{\gamma \times D_m \times b \times \sqrt{b}} + \frac{1}{\sqrt{b}} \right) = 2 \times (1 - D_m) \quad \dots \dots (4.15)$$

◇ 「発注者の利得+民間事業者の利得」の最大値

「発注者の利得+民間事業者の利得」の最大値は、式(4.13)の α_q を式(4.10)と式(4.11)に代入すると下式が得られる。

$$R_p + R_a = \frac{1}{\gamma \times D_m} \times \left(1 - \sqrt{\frac{(1-D_0) \times k_1}{e \times E \times b}} \right) - \left(1 + \sqrt{\frac{(1-D_0) \times b}{k_1 \times e \times E} - \frac{1}{e \times E}} \right) \times k_1 \quad \dots \dots (4.16)$$

$\frac{d(R_p+R_a)}{db} = 0$ から、

$$b = \frac{1}{\gamma \times D_m} \quad \dots \dots (4.17)$$

の時に発注者の利得が最大となる。

(2) 解法における境界条件

発注者が設定する支払い減額倍率 b を前提に民間事業者がコスト増率 α を掛ける際、民間事業者の行動を画する境界条件が2つある。インセンティブ条件と参加条件である。以下、それぞれの境界とその条件式について考察する。

◇ インセンティブ条件①：

支払い減額倍率 b を与えられた時に民間事業者が掛ける最適コスト増率 α はゼロより大きい（民間事業者の利得は、コスト増率を掛けたほうが掛けない場合より大きい）という条件。

$$\alpha_q = \sqrt{\frac{(1-D_0) \times b}{e \times E \times k_1}} - \frac{1}{e \times E} > 0 \quad \text{から}$$

$$b > \frac{k_1}{e \times E \times (1-D_0)} \quad \dots \dots (4.18)$$

◇ インセンティブ条件②：

民間事業者はコスト増率 α を掛けて指標を高めるが、目標値 D_m 以上になっても受領額は増えないため、コスト増率の最大値 α_{max} は式(4.12)から下式となる。これを式(4.13)に代入して、支払い減額倍率 b の最大値を求める。

$$\alpha_{max} = \frac{1}{e \times E} \times \left\{ \frac{1-D_0}{1-D_m} - 1 \right\} \quad \dots \dots (4.12)$$

$$\alpha_{max} = \sqrt{\frac{(1-D_0) \times b}{e \times E \times k_1}} - \frac{1}{e \times E} \quad \dots \dots (4.13)$$

したがって、

$$b_{\max} = \frac{k_1}{e \times E} \times \frac{1 - D_0}{(1 - D_m)^2} \quad \dots \dots (4.19)$$

◇ 参加条件：

民間事業者が掛ける最適 α_q を式(4.10)に代入して、利得が、民間事業者が設ける最低利得率 k_2 を下回らないことが参加条件となる。

$$R_a = 1 - \left\{ D_m - \left(1 - \frac{1 - D_0}{1 + e \times E \times \alpha} \right) \right\} \times b - (1 + \alpha) \times k_1 \geq k_2 \quad \dots \dots (4.20)$$

4.3.3 民間事業者と発注者の利得シミュレーション

(1) パラメータの設定

本節では、上式におけるパラメータのうち、性能指標の標準的な D_0 と目標の D_m のパターンを変えたケースについて、シミュレーションを実施する。想定する性能指標は、4.2 の道路維持管理における採用例として示された、道路巡回業務における管理瑕疵（路上における落下物や外部からの飛来物、ポットホールや植栽の路上への張り出し等）の「発見率」とする。

道路巡回業務では、一定頻度で当該道路を巡回し、車両通行の妨げとなる障害を発見して、それらを除去・修復することが基本となる。そこで、「巡回中に民間事業者自らが障害を発見する件数」の「巡回中に民間事業者自らが障害を発見する件数と、道路利用者や警察等の外部からの通報件数との合計件数」（全数）に対する割合を「発見率」とし、この比率を高く保つほど、障害を発見して除去・修復に早く手が打てるため、障害が原因で事故が起こって車線が閉鎖されるといった事態を回避でき、道路交通量、ひいては収入が確保されると考える。

ここでは、発注者が、当該道路の標準的な発見率 D_0 に対して、目標発見率を D_m に設定すると想定する。目標発見率が確保された時に業務委託費が全額受領できるとし、民間事業者は例えば、巡回頻度の増加、監視カメラの増設といった予防対策にコストを掛けることによって、業務受託費の減額を免れようとするが、目標値が達成できない場合の業務対価の減額の程度がコスト増による利益圧迫より小さい場合は、コスト増を掛けずに業務対価の減額に甘んじることもあり得る。逆に、減額幅の程度が大きすぎると、この業務に参画する民間事業者は現れなくなってしまう。この状況は第3章における発注者と民間事業者の関係と同様である。

巡回業務について、例えば、国土交通省関東地方整備局では巡回頻度を維持管理基準に基づいて、1日に1回（平均交通量が1日5万台以上）、2日に1回（5000台以上5万台未満）、3日に1回（5000台未満）と規定している¹⁶⁾が、5万台以上の交通量に対して3回/日という頻度で実施している道路もある¹⁷⁾。本稿で定義した発見率を例示した文献等は見当たらないが、巡回頻度の増加等によるコスト増加によって発見率が上昇することは予想される。ここでは、標準的な発見率と目標発見率の組み合わせについて、 $D_0/D_m=0.7/0.8$ と $D_0/D_m=0.8/0.9$ の2ケースでシミュレーションを実施する。

なお、発注者の収入に対する業務委託費の比率 γ は、一般道路の場合、有料道路（県道路公社を例に第3章では $\gamma=0.5$ ）における償還準備金繰入額のような（実質的な）利益を上げる必要はないこと、道路維持費に関する実績例¹⁹⁾から、 $\gamma=0.75$ とする。

(2) シミュレーション実施ケースの比較

標準的な発見率と目標発見率の組み合わせについて、 $D_0/D_m=0.7/0.8$ と $D_0/D_m=0.8/0.9$ の2ケースを比較すると下表が得られる。

$D_0/D_m=0.7/0.8$ （ケース1）の場合は、民間事業者がパフォーマンスを最大限発揮するように支払い減額倍率を $b=1.4000$ に高めると、民間事業者の利得は $R_a=0.1067$ ($\alpha=0.1167$) になり、発注者の利得 ($R_p=0.3333$) も、「発注者+民間事業者」の合計利得 ($R_a+R_p=0.4400$) もその時に最大値が得られる。

一方、 $D_0/D_m=0.8/0.9$ （ケース2）の場合は、民間事業者がパフォーマンスを発揮する支払い減額倍率の最大値 $b=1.9556$ までコスト増率を掛けさせることができる。その時の民間事業者の利得は $R_a=0.1022$ になり、発注者の利得は $R_p=0.3333$ 、「発注者+民間事業者」の合計利得は $R_a+R_p=0.4356$ が得られる。ただし、発注者の利得の最大値 ($R_p=0.3349$) は $b=1.7063$ の時、発注者+民間事業者」の合計利得の最大値 ($R_a+R_p=0.4388$) は $b=1.4815$ の時、得られる。したがって、発注者が、自身の利得の最大値を求めるのであれば支払い減額倍率は $b=1.7063$ 、発注者と民間事業者の合計利得の最大値を求めるのであれば $b=1.4815$ に設定することが最適となる。

表 4-17 支払い減額倍率 b の最適値 ($\gamma=0.75$, $k_1=0.8$, $E=1.0$, $F=0.9$)

性能指標値 D_0/D_m	対収入・業務委託費比率 $\gamma=0.75$	
	0.7/0.8 (ケース1)	0.8/0.9 (ケース2)
調整係数 e	4.2857	8.1818
民間事業者	$0.6222 < b \leq 1.4000$ (パフォーマンス発揮範囲)	$0.4889 < b \leq 1.9556$ (パフォーマンス発揮範囲)
発注者の利得最大値	$b=1.4000$ (1.5289)	$b=1.7063$
発注者+民間事業者の利得最大値	$b=1.4000$ (1.6667)	$b=1.4815$

(*) $D_0/D_m=0.7/0.8$ の場合のカッコ内の数字は、それぞれの最大値を与える時の支払い減額倍率 b の値。民間事業者のパフォーマンス発揮範囲（最大値 1.4000）を超過している

表 4-18 支払い減額倍率 b の最適値 ($\gamma=0.75$, $k_1=0.8$, $E=1.0$, $e=4.2857$, $D_0/D_m=0.7/0.8$)

式(4.21, 22)	適用式	式(4.11)、(4.12)、(4.16)		
—	支払い減額率 b	1.4000 (上限)	(1.5289)	(1.6667)
(0.1485)	コスト増率 α	0.1167 (上限)	(0.1324)	(0.1485)
—	パフォーマンス値 D_e	0.8000 (max)	(0.8086)	(0.8167)
—	民間事業者の利得 R_a	0.1067	(0.1072)	(0.1090)
—	発注者の利得 R_p	0.3333	(0.3345) (max)	(0.3333)
—	R_p+R_a	0.4400	(0.4418)	(0.4423) (max)
(0.4423) (max)	R_{p+a}	—	—	—

(*) カッコ内の数値はコスト増率 α が上限を超過しているため参考値

表 4-19 支払い減額倍率 b の最適値 ($\gamma=0.75$ 、 $k_1=0.8$ 、 $E=1.0$ 、 $e=8.1818$ 、 $D_0/D_m=0.8/0.9$)

式(4.21, 22)	適用式	式(4.11)、(4.12)、(4.16)		
—	支払い減額率 b	1.9556 (上限)	1.7063	1.4815
0.0905	コスト増率 α	0.1222 (上限)	0.1061	0.0905
0.8851	パフォーマンス値 D_e	0.9000 (max)	0.8929	0.8851
—	民間事業者の利得 R_a	0.1022	0.1031	0.1055
—	発注者の利得 R_p	0.3333	0.3349 (max)	0.3333
—	R_p+R_a	0.4356	0.4380	0.4388 (max)
0.4388 (max)	R_{p+a}	—	—	—

(3) 能力 E と指標目標値 D_m の組み合わせによる支払い減額倍率 b の立て方

ここでは仮定したパラメータのうち、民間事業者の能力 E と指標目標値 D_m の組み合わせによるインセンティブ境界と参加境界、および民間事業者の Performance zone の違いを考察する。前章 3.2.2.4 の考え方と同様、民間事業者の能力を直接的に表すパラメータが E であり、その E と E を含む低減関数 $f(\alpha) = \frac{1}{1+e \times E \times \alpha}$ が利得に与える影響が大きいにも関わらず、発注者にとって把握が難しいため、その大小の影響をあらかじめ想定しておくことは必須である。ここでは、調整係数 e を一定にして、 E を変化させることによって ($E=0.8, 1.0, 1.2$)、影響をシミュレーションする。

また、指標目標値 D_m は目標値設定型の維持管理業務にとって重要な指標であり、目標値をできる限り大きく設定したいところであるが、大きくし過ぎると業務参画する民間事業者が現れなくなってしまう。したがって、その大小による影響を想定しておくことも必須である。

上記の観点から E (0.8~1.2) と D_m (0.78~0.83) の組み合わせに対して、民間事業者の行動を表す変数 (コスト増率 α) と発注者の裁量を表す変数 (支払い減額率 β) をシミュレーションした結果が下表である。各ケースについて、発注者の利得が最大になる時の支払い減額倍率 b 、その時の民間事業者のコスト増率 α 、民間事業者の利得 R_a 、発注者の利得 R_p を式(4-10)、(4-11)、(4-13)、(4-16)から求めて一覧にしている。下図は発注者が支払い減額倍率 b と指標目標値 D_m を設定した際に得られる利得を、民間事業者の能力 E 別に図示したものである。両図表から以下の点が読み取れる。

- ・ 表中の濃着色帯は、民間事業者が最大コスト増率を掛けても最低利得を得られ、かつ、発注者が最大利得 (0.3333) を得られる領域である。
- ・ 淡着色帯 (採算性が最も厳しい $E=0.8$ 、 $D_m=0.83$ の条件) では、支払い減額倍率の下限値が $b=0.7690$ であり、それを超過して設定されると、どんなにコスト増率を掛けても最低利得 0.1 を下回ってしまう。民間事業者がコスト増率を掛けないため、発注者の利得も低位 ($R_p=0.2230$) にとどまる。
- ・ 中間着色領域は、民間事業者の最適コスト増率がゼロより大きく最大値未満であり、発注者が一定程度の利得を得られる領域である。

- ・ 発注者としては、道路のサービス品質を上げるために、できるだけ大きな目標値を設定したいところである。その際、選定予定の民間事業者の能力 E と最低利得 k_2 を前提に、最大の目標値 D_m と適切な支払い減額倍率 b を設定すれば、民間事業者に最大コスト増率 α を発揮させることができ、発注者の利得は最大になる。
- ・ 逆に、発注者が大きな目標値 D_m を設定したい場合、能力 E の高い民間事業者を選定しないと、発注者は高い利得を得られないことになる。同じ目標値 D_m に対しては、有能な民間事業者ほど高い利得が得られる。
- ・ 例えば、発注者が、能力 $E=1.0$ （緑色線）で、かつ最低利得率 0.10 を確保できる民間事業者の選定を想定し、指標目標値 $D_m=0.8047$ の達成を目指す場合、支払い減額倍率を $b=1.475$ に設定すると、発注者は $R_p=0.3333$ の利得最大値が得られることが分かる。その時、民間事業者は最大コスト増率 $\alpha=0.1250$ を掛けている。
- ・ 発注者が上記の目標限界値 $D_m=0.8047$ を超えて $0.81\sim 0.83$ に設定すると、民間事業者が最低利得（ 0.10 ）を確保し、かつ民間事業者に当該条件下で最大コスト増率を掛けさせるために、発注者は支払い減額倍率 b を 1.084 （ $D_m=0.81$ 時）、 0.8952 （ $D_m=0.82$ 時）、 0.7931 （ $D_m=0.83$ 時）と下げて設定しなければならない。それに伴って、民間事業者のコスト増率 α は低下し、指標達成値と発注者の利得は低下していくことになる。
- ・ 例えば、発注者が指標目標値を $D_m=0.82$ に設定すると、条件が厳しくなるため、支払い減額倍率は $b=0.8952$ と $D_m=0.8047$ の時（ $b=1.475$ ）より小さく設定することになり、民間事業者は最低利得を確保するためにコスト増率は $\alpha=0.0465$ までしか掛けない。その結果、指標達成値は $D_e=0.7499$ にとどまり、発注者の利得は $R_p=0.2821$ まで低下する。
- ・ したがって、発注者は下表の濃着色帯における指標目標値 D_m と支払い減額倍率 b の組み合わせによって、できるだけ高い指標目標値を目指すことが妥当である。

表 4-20 能力 E の民間事業者の限界目標値 D_m (最低利得率 $k_2=0.1$)

D_m		E				
		0.800	0.900	1.000	1.100	1.200
0.7800	b	1.4463	1.2856	1.1570	1.0518	0.9642
	α	0.1061	0.0943	0.0848	0.7710	0.0708
	R_a	0.1152	0.1246	0.1321	0.1383	0.1434
	R_p	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333
0.7900	b	1.5873	1.4109	1.2698	1.1544	1.0582
	α	0.1250	0.1111	0.1000	0.0909	0.0833
	R_a	0.1000	0.1111	0.1200	0.1273	0.1333
	R_p	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333
0.8000	b	1.0696	1.2346	1.4000	1.2727	1.1667
	α	0.0504	0.0872	0.1167	0.1061	0.0972
	R_a	0.1000	0.1000	0.1067	0.1152	0.1222
	R_p	0.3000	0.3228	0.3333	0.3333	0.3333
0.8047	b	0.9933	1.0783	1.4675	1.3341	1.2229
	α	0.0379	0.0645	0.1250	0.1136	0.1042
	R_a	0.1000	0.1000	0.1000	0.1091	0.1167
	R_p	0.2868	0.3074	0.3333	0.3333	0.3333
0.8100	b	0.9269	0.9757	1.0804	1.4102	1.2927
	α	0.0267	0.0487	0.0741	0.1228	0.1126
	R_a	0.1000	0.1000	0.1000	0.1018	0.1099
	R_p	0.2723	0.2914	0.3120	0.3333	0.3333
0.8174	b	0.8567	0.8812	0.9310	1.0249	1.3995
	α	0.0144	0.0334	0.0521	0.0734	0.1250
	R_a	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000
	R_p	0.2534	0.2710	0.0290	0.3089	0.3333
0.8200	b	0.8360	0.8551	0.8952	0.9671	1.1166
	α	0.0107	0.0291	0.0465	0.0652	0.0909
	R_a	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000
	R_p	0.2469	0.2641	0.2821	0.3008	0.3209
0.8300	b	0.7690	0.7747	0.7931	0.8259	0.8776
	α	0.0000	0.0152	0.0301	0.0442	0.0585
	R_a	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000
	R_p	0.2230	0.2390	0.2555	0.2722	0.2892

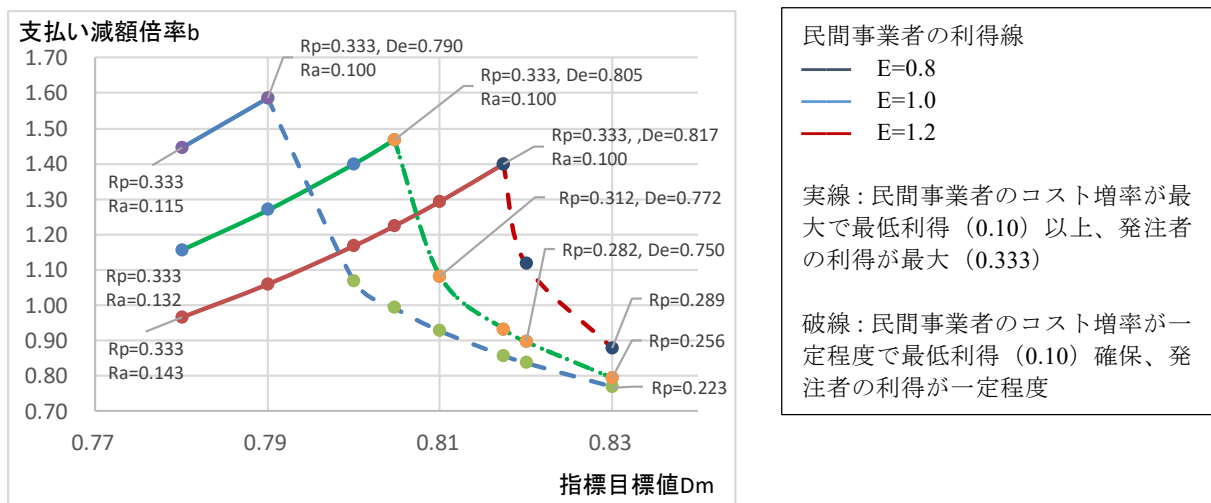


図 4-3 指標目標値 D_m と支払い減額倍率 b の関係 (対収入・委託費率 $\gamma=0.75$ 、標準コスト率 $k_1=0.8$ 、民間事業者の最低利得 $k_2=0.10$ 、指標標準値 $D_0=0.7$ 、調整係数 $e=4.2857$)

(4) 民間事業者と発注者の行動パターン

最後に、前節までのシミュレーション結果を、民間事業者のコスト増率 α による行動と、発注者の支払い減額倍率 b 、指標目標値 D_m の設定による行動に分けて当事者別に整理する。

【民間事業者のコスト増率 α による行動】

- ・ 発注者による支払い減額倍率 b の設定に応じて、能力 E の民間事業者にとって、当該 b に対する利得を最大に保つために掛けるべき最適コスト増率 α が存在する。ただし、発注者が設定する指標目標値 D_m を超えても支払いのボーナスを設定しない仮定のため、能力 E の民間事業者毎に最大コスト増率 α_{\max} がある。
- ・ 一定以上の能力 E を有する民間事業者は、発注者が設定する支払い減額倍率 b の大小に関わらず、一定値以上の最低利得を確保できる。
- ・ 相対的に大きい支払い減額倍率 b に対して、能力 E が小さい民間事業者は最低利得を確保できないため、業務に参画できない。
- ・ 相対的に高い指標目標値 D_m に対して大きな支払い減額倍率 b が設定されると、民間事業者は最低利得を確保できない。指標目標値 D_m が小さい場合、一定程度以上の能力 E を有する民間事業者は、支払い減額倍率 b の大小に関わらず、最低利得を確保できることがある（但し、他のパラメータの影響も受ける）。

【発注者の支払い減額倍率 b 、指標目標値 D_m の設定】

- ・ 発注者は、指標目標値 D_m と支払い減額倍率 b の組み合わせによって、利得を確保できるように民間事業者を誘導できる。つまり、民間事業者の能力 E と最低利得 k_2 を前提に、最大の目標値 D_m と適切な支払い減額倍率 b を設定すれば、民間事業者に最大コスト増率 α を発揮させることができ、発注者は高い利得を上げられる。
- ・ 指標目標値 D_m と支払い減額倍率 b の組み合わせによって、発注者は支払い減額倍率 b を大きく設定するほど、①民間事業者に最低利得を損なわない限度までコスト増率 α を掛けさせることが発注者の利得を最大にするケースと、②最大コスト増率に達する前に発注者の利得を最大にする支払い減額倍率 b が存在するケースがある。
- ・ 民間事業者の能力 E に相応した支払い減額倍率以上に b を設定すると、発注者は当該業務を受託する民間事業者を確保できなくなる一方、民間事業者の能力 E に対して適切な支払い減額倍率未満の b を設定してしまうと、民間事業者にスラック（コスト増率を掛けない）が働くため、発注者は利得を得られない。
- ・ 相対的に大きな指標目標値 D_m に対して、能力 E の大きな民間事業者を選定するほど、発注者は大きな利得を上げられる。
- ・ パフォーマンス発揮が難しい（ F が小さい、すなわち E が小さいことに相当）道路ほど、支払い減額倍率 b を小さく設定しないと、業務に参画する民間事業者を得られないが、民間事業者が現れたとしても発注者の利得は（パフォーマンス発揮が易しい道路に比べて）相対的に小さくなる。

4.4 管理瑕疵の修復までの時間に対する支払い減額システムの定式化と評価

維持管理業務にパフォーマンス指標を利用して支払い減額システムを導入する場合、支払い減額の設定方法は2つに大別できる。前項では、一定の支払い対象期間内に、設定された指標の目標値に対して実測値が不達（不履行）の場合に不達分に応じて減額幅を規定する「指標目標値設定型」を対象に、支払い減額システムの定式化を試みた。

本項では、道路に管理瑕疵や不具合が発見された際に、機能を回復、あるいは管理瑕疵状態を修復するために時間的な猶予を与えて、それが不達（不履行）の場合に減額を科す「処理時間設定型」の業務に対して、4.2の事例や、「レスポンスタイム」（通報から措置完了までの時間）を用いた米国 I-595 の要求水準書¹⁸⁾を参考に支払い減額システムの定式化を試みる。

4.4.1 支払い減額システムの定式化

(1) 基本式の設定

基本的な考え方は4.3のパフォーマンス指標の目標値に対して実測値が不達（不履行）の場合に、不達分に応じて減額幅を規定する場合と同様であるが、パフォーマンスの測定対象を「時間」としている点が異なる。以下では、4.3の定式をベースに、本ケースの定式化を試みる。

管理瑕疵事象が発見された場合を想定し、発注者は事象に対する標準修復時間 T と、目標とする修復猶予時間 $g \times T$ （ g ：標準修復時間に対する修復猶予時間の比率）を設定するとする。この修復猶予時間内に民間事業者が瑕疵を修復処理すればペナルティは発生しない。しかし、修復

時間が猶予時間 $g \times T$ を時間 t だけ超過した場合、発注者の求める効率 $\frac{1}{g \times T}$ が $\frac{1}{g \times T + t}$ まで下がると考え、その差分に支払い減額倍率 b を乗じた額を委託（受託）費 W から差し引くと考える。この際、能力 E の民間事業者はパフォーマンス（コスト増率 α ）を発揮することで、最大 $(1-g) \times T$ の超過時間を低減関数 $f(\alpha)$ 分だけ短縮し、効率の低減をできるだけ抑えて減額幅を小さくしようとする想定する。以上の仮定から、式(4.25)で民間事業者の利得評価式を立てる。

一方、発注者の利得について、第1項の $P \times V$ は当該業務のサービス提供による収入を表す。落下物等があつて危険な状態が生じた時を起点に、それを回避するための効率性発揮に収入が比例すると想定する。標準的な修復時間が T であり、修復猶予時間 $g \times T$ と、最大 $(1-g) \times T$ の超過時間を低減関数 $f(\alpha)$ だけ短縮した時間 $(1-g) \times T \times f(\alpha)$ の総計に短縮して効率性を上げた時、

すなわち、 $\frac{1}{T}$ の効率性を $\frac{1}{g \times T + (1-g) \times T \times f(\alpha)}$ の効率性に高めた際に収入が増加すると仮定する。

結果として、総修復時間が最も短縮された場合に発注者の利得も最大になる目的関数を、式(4.26)に構築している。

民間事業者の利得式：

$$R_a = \left\{ 1 - \left(\frac{1}{g \times T} - \frac{1}{g \times T + (1-g) \times T \times f(\alpha)} \right) \times b \right\} \times W - (1+\alpha) \times k_1 \times W \quad \dots \dots (4.25)$$

発注者の利得式：

$$R_p = P \times V \times \frac{\frac{1}{g \times T + (1-g) \times T \times f(\alpha)}}{\frac{1}{T}} - \left\{ 1 - \left(\frac{1}{g \times T} - \frac{1}{g \times T + (1-g) \times T \times f(\alpha)} \right) \times b \right\} \times W \quad \dots \dots (4.26)$$

ここで、 T ：標準修復時間、 g ：標準修復時間に対する修復猶予時間の比率
 $f(\alpha)$ ：短縮関数、 W ：単位時間（1日、1時間等）当たりの業務支払い費
 $P \times V$ ：財務当局から発注者に拠出される維持管理業務用の公的財源（一般道路の場合）、または当該業務による通行料金収入（ P ：通行料金、 V ：通行量）

(2) パフォーマンスを表す低減関数

超過時間に対する短縮関数 $f(\alpha)$ は、民間事業者の能力 E とコスト増率 α によるパフォーマンスと考えると下式とする。関数の条件は、 $f(0)=1$ 、 $f(\infty)=0$ 、かつ、コスト増分 α に対する時間短縮率の程度を表す係数 e を使う。

$$f(\alpha) = \frac{1}{1 + e \times E \times \alpha} \quad \dots \dots (4.27)$$

例えば、 $f(0.1)=0.2$ となるためには、 $e \times E=40$ （下図）。

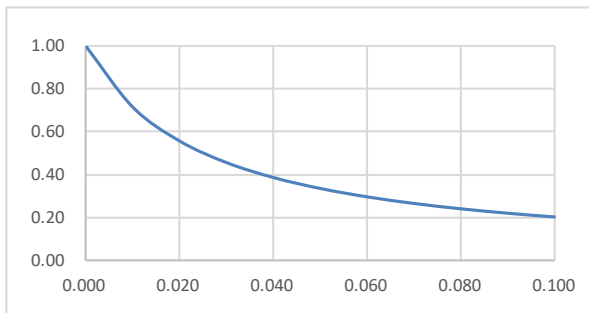


図 4-4 低減関数の設定

(3) 民間事業者と発注者の利得式

民間事業者と発注者の利得を表す基本式に、民間事業者のパフォーマンスによる低減関数を使うと下式のように示すことができる。

民間事業者の利得式

コスト増率に対するパフォーマンス増分の程度を表す関数式(4.25)を式(4.23)に代入する。

$$R_a = \left\{ 1 - \left(\frac{1}{g \times T} - \frac{1}{g \times T + (1-g) \times T \times f(\alpha)} \right) \times b \right\} - (1 + \alpha) \times k_1$$

$$\begin{aligned}
&= \left\{ 1 - \left(\frac{1}{g \times T} - \frac{1}{g \times T + (1-g) \times T \times \frac{1}{1+e \times E \times \alpha}} \right) \times b \right\} - (1+\alpha) \times k_1 \\
&= \left\{ 1 - \left(\frac{1}{g} - \frac{1}{g + \frac{1-g}{1+e \times E \times \alpha}} \right) \times \frac{b}{T} \right\} - (1+\alpha) \times k_1 \\
&\dots \dots (4.28)
\end{aligned}$$

発注者の利得式

前節の考え方と同様、発注者は目標効率 $\frac{1}{T}$ の達成を前提に、 $P \times V$ の γ 倍を業務支払い費 W として民間事業者に委託すると考えると、 $P \times V \times \gamma = W$ の関係、および式(4.27)の低減関数から、発注者の利得を表す下式が得られる。

$$\begin{aligned}
R_p &= P \times V \times \frac{\frac{1}{g \times T + (1-g) \times T \times f(\alpha)}}{\frac{1}{T}} - \left\{ 1 - \left(\frac{1}{g \times T} - \frac{1}{g \times T + (1-g) \times T \times f(\alpha)} \right) \times b \right\} \\
&\times W = \frac{T}{g \times T + \frac{(1-g) \times T}{1+e \times E \times \alpha}} \times \frac{1}{\gamma} - \left\{ 1 - \left(\frac{1}{g \times T} - \frac{1}{g \times T + \frac{(1-g) \times T}{1+e \times E \times \alpha}} \right) \times b \right\} \\
&= \frac{1}{g + \frac{1-g}{1+e \times E \times \alpha}} \times \frac{1}{\gamma} - \left\{ 1 - \left(\frac{1}{g} - \frac{1}{g + \frac{1-g}{1+e \times E \times \alpha}} \right) \times \frac{b}{T} \right\} \\
&\dots \dots (4.29)
\end{aligned}$$

4.4.2 民間事業者と発注者の利得の解法

本節では、民間事業者と発注者の利得についての定式から、民間事業者が自身の利得を高めるための行動（コスト増率 α で示される）、および民間事業者の行動を前提にして発注者が自身の利得を高めるための裁量（支払い減額倍率 b で示される）について考察する。

(1) 民間事業者と発注者の利得の最大値

◇民間事業者の利得の最大値

民間事業者の利得の最大値を与える α_q は、式(4.28)、および $\frac{d R_a}{d \alpha} = 0$ から下式で求まる。

$$\alpha_q = \frac{1}{g} \times \left(\sqrt{\frac{(1-g) \times b}{e \times E \times k_1 \times T}} - \frac{1}{e \times E} \right)$$

• • • • (4.30)

◇ 発注者の利得の最大値

発注者が支払い減額倍率 b を設定すると、民間事業者は式(4.30)によって最適コスト増率 α_q を掛ける。その民間事業者の行動を前提に発注者が利得を最大にするために、式(4.30)による α_q を式(4.29)に代入し、 $R_p(b)$ を最大にする支払い減額率 b を求める。

$$R_p(b) = \frac{1}{g + \frac{1-g}{1+e \times E \times \alpha}} \times \frac{1}{\gamma} - \left\{ 1 - \left(\frac{1}{g} - \frac{1}{g + \frac{1-g}{1+e \times E \times \alpha}} \right) \times \frac{b}{T} \right\}$$

$$= \frac{1}{g} \times \left(1 - \sqrt{\frac{(1-g) \times k_1 \times T}{b \times e \times E}} \right) \times \frac{1}{\gamma} - 1 + \frac{1}{g} \times \sqrt{\frac{(1-g) \times k_1 \times b}{T \times e \times E}}$$

.....(4.31)

$$\frac{d R_p(b)}{d b} = \frac{g}{2} \times \sqrt{\frac{(1-g) \times k_1}{e \times E \times b}} \times \left(\frac{\sqrt{T}}{\gamma \times b} + \frac{1}{\sqrt{T \times b}} \right) > 0$$

◇ 「発注者の利得+民間事業者の利得」の最大値

更に、発注者の利得+民間事業者の利得の合計の最大値は、式(4.30)の α_q を式(4.31)と式(4.28)に代入すると下式が得られる。

$$R_p + R_a = \frac{1}{g} \times \left(1 - \sqrt{\frac{(1-g) \times k_1 \times T}{b \times e \times E}} \right) \times \frac{1}{\gamma} - \left\{ 1 + \frac{1}{g} \times \left(\sqrt{\frac{(1-g) \times b}{e \times E \times k_1 \times T}} - \frac{1}{e \times E} \right) \right\} \times k_1$$

.....(4.32)

$\frac{d (R_p+R_a)}{d b} = 0$ から、 $b = \frac{T}{\gamma}$ の時に発注者の利得が最大となる。

次に「発注者と民間事業者の合計利得 R_{p+a} 」について考察する。両者の合計は下式となる。

$$R_{p+a} = \frac{1}{g + \frac{1-g}{1+e \times E \times \alpha}} \times \frac{1}{\gamma} - (1 + \alpha) \times k_1$$

.....(4.33)

「発注者と民間事業者の合計利得 R_{p+a} 」を表す式はコスト増率 α の関数となり、最大値を与える α_q は $\frac{d R_{p+a}}{d \alpha} = 0$ から下式で求まる。

$$\alpha_q = \frac{1}{g} \times \left(\sqrt{\frac{1-g}{e \times E \times k_1 \times \gamma}} - \frac{1}{e \times E} \right)$$

.....(4.34)

(2) 解法における境界条件

発注者が設定する支払い減額倍率 b を前提に民間事業者がコスト増率 α を掛ける際、民間事業者の行動を画する境界条件が2つある。インセンティブ境界と参加境界である。以下、それぞれの境界とその条件式について考察する。

◇ インセンティブ境界：

支払い減額倍率 b を与えられた時に民間事業者が掛ける最適コスト増率 α_q はゼロより大きい（民間事業者の利得は、コスト増率を掛けたほうが掛けない場合より大きい）という条件。

$$\alpha_q = \frac{1}{g} \times \left(\sqrt{\frac{(1-g) \times b}{e \times E \times k_1 \times T}} - \frac{1}{e \times E} \right) > 0 \text{ から、}$$

$$b_1 > \frac{k_1 \times T}{e \times E \times (1-g)}$$

..... (4.35)

◇ 参加条件：

民間事業者が掛ける最適 α_q を下式に代入して、それが最低利得率 k_2 を下回らない条件。コスト増率が式(4.30)の最適値の時に最低利得 k_2 を得られる条件が下式で求められる。

$$R_a = \left\{ 1 - \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{1-g}{\sqrt{\frac{(1-g) \times b \times e \times E}{k_1 \times T}} - (1-g)}} \right) \times \frac{b}{T \times g} \right\} - \left\{ 1 + \frac{1}{g} \times \left(\sqrt{\frac{(1-g) \times b}{e \times E \times k_1 \times T}} - \frac{1}{e \times E} \right) \right\} \times k_1 \geq k_2$$

..... (4.36)

当該式を使って、修復猶予時間に対する超過時間の比率 g に応じた支払い減額倍率 b の範囲が下式のように求まる。

$$b_2 \leq \frac{e \times E \times g^2 \times T}{4 \times k_1 \times (1-g)} \times \left\{ 1 - k_1 + \frac{k_1}{e \times E \times g} - k_2 \right\}^2$$

..... (4.37)

また、上記の境界条件で Performance zone が存在するためには、 $b_1 \leq b_2$ から、修復猶予時間比率 g に対する条件が下式で与えられる。

$$g \geq \frac{k_1}{e \times E \times (1 - k_1 - k_2)}$$

..... (4.38)

4.4.3 民間事業者と発注者の利得シミュレーション

(1) パラメータの設定

ここで、上式におけるパラメータを仮定する。収入に対する標準コストの受託費に対する割合は、前章と同じく $k_1=0.8$ とする。能力 E と調整係数 e は、低減関数 $f(\alpha) = \frac{1}{1+e \times E \times \alpha}$ の形か

ら決まる。超過時間の低減効果がコスト増率の増加に比例するが、道路の特性（交通量や道路線形、天候等）によって同じコスト増率を掛けても超過時間の短縮効果は異なる。ここでは、第3章と同じ低減関数として、コスト増率 $\alpha=0.1$ の時に超過時間が20%まで低減するとし、民間事業者の能力を $E=1.0$ とすると、低減関数の調整係数は $e=40$ 。低減関数の影響を把握するため、 $E=0.8$ 、 1.0 、 1.2 の3パターンを想定する。なお、発注者に関して、収入に対する業務委託費の比率は前章と同じく $\gamma=0.75$ とする。

(2) 能力 E の違いによる最適修復猶予時間比率 g の設定

修復時間猶予比率 g の違いによる、民間事業者の利得、発注者の利得、「発注者の利得+民間事業者の利得」への影響を整理する。

処理時間設定型の維持管理業務では、標準的な処理時間に対する猶予時間の比率 g が民間事業者と発注者の利得に影響することになる。標準的な処理時間に対して猶予時間が短い場合、猶予時間を超過すると早い段階で業務対価に減額が掛かり始めるため、ペナルティが相対的に厳しい。猶予時間が長い場合、猶予時間を超過すると業務対価に減額が掛かり始める時間が遅いため、ペナルティが相対的に緩い。民間事業者にとっては後者のほうが利得は大きく保たれる。しかし、後者の場合は、総処理時間が相対的に長くなるため、発注者の利得が総処理時間に比例するとした場合、発注者の利得は高まらない。以上の関係を、民間事業者の能力 E とともに、修復猶予時間率 g の違いによる影響をシミュレーションして考察する。

民間事業者にとって Performance zone が存在するためには、式(4.38)から $g \geq 0.25$ ($E=0.8$)、 $g \geq 0.2$ ($E=1.0$)、 $g \geq 0.1667$ ($E=1.2$) が条件となる。ここでは、米国 I-595 の O&M 業務における猶予時間の設定の仕方を参考¹⁹⁾ (表 4-21。ただし、本項における考え方は I-595 の規定とは異なっている) に、総修復時間を $T=2$ 時間 (120 分) として、修復猶予時間 20 分

($g=0.1667$)、24 分 ($g=0.2$)、30 分 ($g=0.25$)、48 分 ($g=0.40$)、60 分 ($g=0.50$)、90 分 ($g=0.75$) の場合の Performance zone を生む支払い減額倍率 b の範囲 (上限値と下限値)、支払い減額倍率 b が上限値に設定された時に低減された総修復時間等を、民間事業者の能力が $E=0.8$ 、 1.0 、 1.2 のケースについて一覧表にしたものが表 4-22 である。

更に、修復猶予時間比率 g を設定した時に、民間事業者に修復猶予時間短縮のインセンティブを発揮させる支払い減額倍率の適切な範囲を図示したものが図 4-5 である。

両図表から以下の点が読み取れる。

- 能力 $E=1.0$ の民間事業者に着目すると、修復猶予時間比率 g によって、総修復時間が異なり、総修復時間が最小となる (発注者の利得も最大になる) g が存在する。表中、 $g=0.400$ の場合に、発注者は支払い減額倍率を $b=0.1500$ に設定すると、民間事業者は $\alpha=0.0313$ のコスト増率を掛けて、総修復時間 (1.333 時間) は最小になる。
- 上記をベースケースに、民間事業者の能力 E による違いを見ると、能力がベースケース ($E=1.0$) より高い場合 ($E=1.2$)、支払い減額倍率を上記より大きく ($b=0.1606$) 設定でき、より大きなコスト増率 ($\alpha=0.0365$) を掛けさせることができ、総修復時間 (1.236 時間) が上記より短縮できる。逆に、能力がベースケースより低い場合 ($E=0.8$)、支払い減額倍率はベースケースより小さく ($b=0.1408$) しか設定できず、事業者に小さなコスト

増率 ($\alpha=0.0234$) しか掛けさせることができないため、総修復時間 (1.486 時間) もベースケースより大きくなる。

- 能力 E の違いによって、民間事業者の Performance zone の広さも異なる。能力の高い事業者であると、同じ修復時間比率 g に対して、zone を広く (上限値は大きく、下限値は小さく) 設定できる。g が小さくなくても zone を確保できるが、能力低位の事業者に対しては、g を小さくすると zone を確保できなくなる (スラックが働く) (図 4-5)。
- 更に、修復猶予時間比率 g の設定について、考察を加える。修復猶予時間比率が小さい場合は、ペナルティが早く掛かり始めるため条件的に厳しく、事業者の能力が低すぎると対応できない。修復猶予時間比率 g が大きい場合は条件的に緩いため、超過時間に対して大きな支払い減額倍率 b を設定して超過分の短縮を図ろうとするが、元々の猶予時間が大きい場合、全体の総修復時間は大きくは短縮できない。
- こうした状況から、総修復時間を最小にする最適な修復猶予時間比率 g が他のパラメータの組み合わせごとに存在する。発注者にとっては、総修復時間の最小化を目指して修復猶予時間比率 g と支払い減額倍率 b の組み合わせを求めることになる (図 4-6)。

表 4-21 米国 I-595 の O&M 業務における支払い調整システムの例

要素種別	最低限の性能要求	O&M 不履行 クラス分け	修復猶予 期間	再現間隔
路面 散乱物	車線から散乱物を除去・廃棄して安全走行に対する潜在的な危険、大型物体、動物の死骸、タイヤ等を除去	C _a	30 分	毎時
	散乱物が大きくて上記時間内に除去できない場合は FDOT 設計標準に準じて車線閉鎖が必要	C _a	2 時間	毎時

(注) C_a=0.96 (高優先時間帯)。米国 I-595 では管理瑕疵が認知されてからの修復猶予期間、修復猶予時間を超過した場合にペナルティが加算される間隔 (再現間隔) が示されている。業務内容 (O&M 不履行) に応じて、規定されたペナルティが超過時間とともに再現間隔毎に加算されていく

表 4-22 能力 E と修復猶予時間比率 g の組み合わせによる分析 (総修復時間 T=2 時間)

k ₂ =0.1	総処理時間 T		2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000		
	標準時間に対する猶予時間の比率 g		0.167	0.200	0.250	0.364	0.500	0.750		
E=0.8	支払い減額倍率 b	上限値	-	-	0.0667	0.1186	0.2250	0.8000		
		下限値			0.0667	0.0786	0.1000	0.2000		
	コスト増率 α の最大値				0.0000	0.0196	0.0313	0.0417		
	短縮関数 f(α) の最大値				0.000	0.020	0.031	0.042		
	発注者の最大利得				0.433	0.878	0.878	0.633		
	修復時間	合計値			2.000	1.510	1.500	1.714		
当初に対する比率		1.000	0.755	0.750	0.857					
E=1.0	支払い減額倍率 b	上限値	-	-	0.0500	0.0675	0.1250	0.2450	0.9025	
		下限値			0.0500	0.0533	0.0629	0.0800	0.1600	
	コスト増率 α の最大値				0.0000	0.0125	0.0282	0.0375	0.0458	
	短縮関数 f(α) の最大値				1.000	0.667	0.470	0.400	0.353	
	発注者の最大利得				0.433	0.868	1.088	0.975	0.654	
	修復時間	合計値			2.000	1.500	1.326	1.400	1.676	
当初に対する比率		1.000	0.750	0.663	0.700	0.838				
E=1.2	支払い減額倍率 b	上限値	-	-	0.0400	0.0504	0.0694	0.1328	0.2667	1.0083
		下限値			0.0400	0.0417	0.0444	0.0524	0.0667	0.1333
	コスト増率 α の最大値				0.0000	0.0104	0.0208	0.0339	0.0417	0.0486
	短縮関数 f(α) の最大値				1.000	0.667	0.500	0.381	0.333	0.300
	発注者の最大利得				0.433	0.910	1.217	1.273	1.067	0.677
	修復時間	合計値			2.000	1.467	1.250	1.212	1.333	1.650
当初に対する比率		1.000	0.733	0.625	0.606	0.667	0.825			

(k₁=0.8、k₂=0.10、E=0.8/1.0/1.2、e=40)

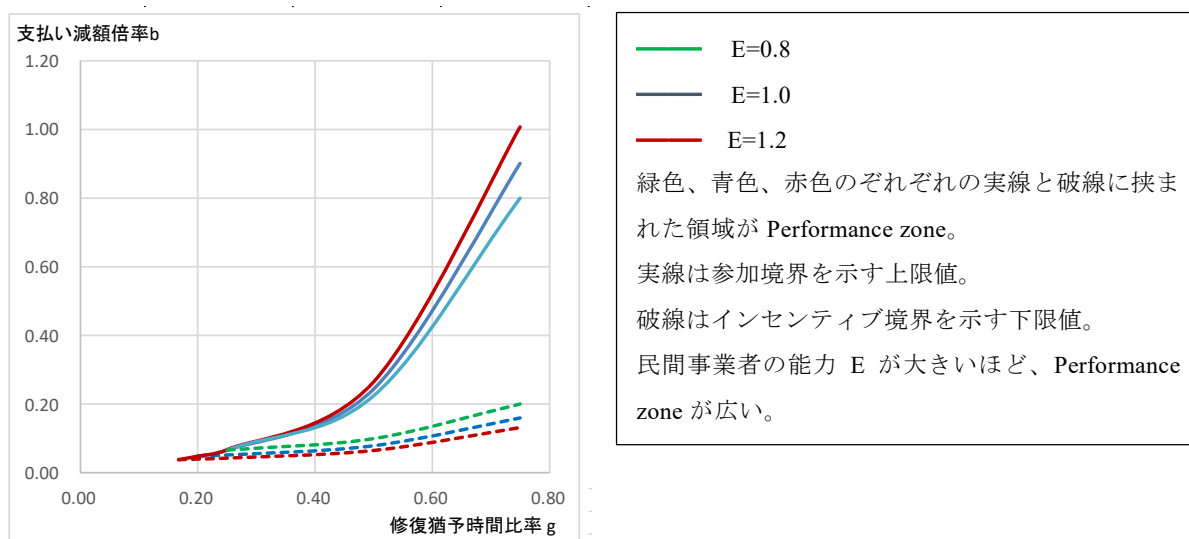


図 4-5 修復猶予時間比率 g と支払い減額倍率 b の関係

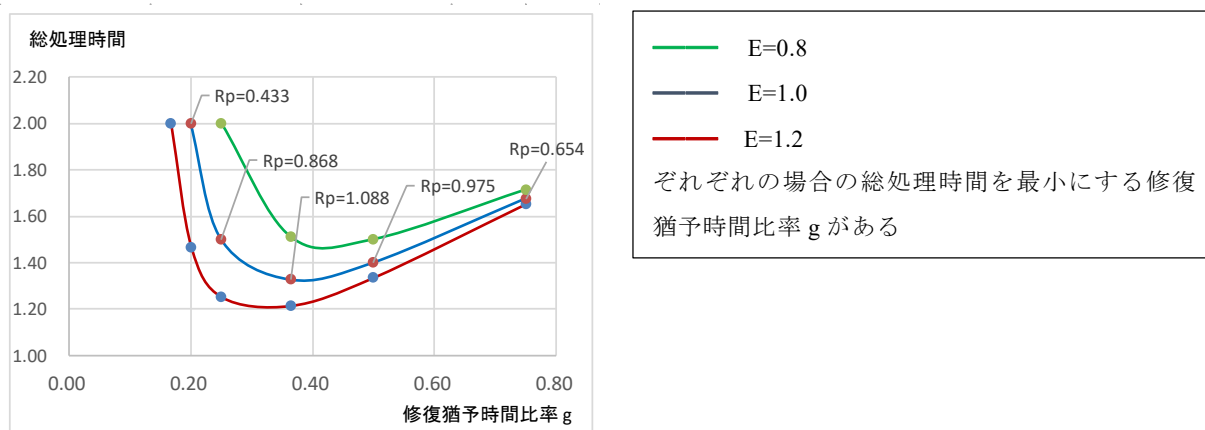


図 4-6 修復猶予時間比率 g と総処理時間の関係

(3) 民間事業者と発注者の行動パターン

上記の図表から、民間事業者の行動（コスト増率の掛け方）と、発注者の修復猶予時間比率 g と支払い減額倍率 b の設定方法に分けて、以下に整理する。

【民間事業者のコスト増率 α による行動】

- 同じ修復猶予時間比率に対して、有能な民間事業者ほど、Performance zone が広く（支払い減額倍率 b の上限値が大きく、下限値が小さい）、大きな b を設定されても、コスト増率 α を大きく掛けることによって利得を確保でき、総修復時間の短縮効果も大きくなる。
- 能力 E の高い民間事業者ほど、小さな修復猶予時間比率まで、コスト増率 α を掛ける Performance zone を確保できる。
- 修復猶予時間比率が大きい（緩い）ほど、民間事業者がコスト増率を掛けない Slack zone が大きい（支払い減額倍率 b の下限値が大きい）。

【発注者の猶予時間比率 g の設定】

- ・ 総処理時間（または発注者の利得）を最小にする修復猶予時間比率 g が存在するため、適切な支払い減額倍率を設定すればそれを実現できる。
- ・ 民間事業者に最低利得を確保させることを前提に、能力 E の高い民間事業者を選定するほど、総処理時間の低減効果と、発注者自身の大きな利得が得られる。
- ・ 修復猶予時間比率 g を小さくするほど、Performance zone（支払い減額倍率 b の上限値が低く、下限値が高い）は狭くなり、発注者の利得は小さく、総処理時間の短縮効果も小さくなる。最終的には、民間事業者がコスト増率を掛けなくなる修復猶予時間比率の限界値があり、その時には修復時間の短縮は望めない。
- ・ 修復猶予時間比率 g を大きく、それに応じて支払い減額倍率 b を大きく設定して民間事業者にコスト増率を掛けさせても、総処理時間は最小化できない。

4.5 維持管理業務における定式化と評価のまとめ

維持管理業務における民間事業者のパフォーマンスに応じた支払いシステムの中核をなす支払い調整メカニズムをモデル化し、業務において適切な適用を導入するために検討すべき点を分析し提示した。発注者は維持管理業務を民間事業者に委託する場合、道路運営に必要な予算獲得、または通行料金収入 ($P \times V$) の確保を期待して、民間事業者の行動パターン（コスト増率 α ）を想定したうえで、対象指標の目標値 (D_m)、修復猶予時間比率 (g) を発注者の裁量である支払い減額倍率 b を組み合わせて設定する。民間事業者は、道路特性によるリスク（目標値達成難易度）を推測しながら、自身の能力 (E) とコスト (C_0 , α) を投じて発注者の要求水準と自身の利益水準を満足するように、受託費 W （入札等による）を設定し現場管理を実践する。こうした各プロセスにおいて、本モデルではそれぞれ独立したパラメータを設定しているため、様々な業務や条件に対して支払い調整メカニズムの適用を検討できる。

本モデルの分析によると、業務成果の向上を目指すには民間事業者がパフォーマンスを高めることが必須であり、発注者による支払い減額倍率の設定次第で、減額倍率が過小の場合は民間事業者にスラックを招くことも、減額倍率が過大の場合は民間事業者の利得が限界値を下回り業務参加者が得られないこともある。発注者は有能な民間事業者を選び、業務遂行へのインセンティブを高めるような支払い減額倍率の設定とそれに基づく運用を目指さなければならない。能力低位の民間事業者を選出することがないように、実務ベースでは、業務対象地域の民間事業者の能力を向上させる方策（民間事業者を対象とした講習会や研修の実施等）も有効と考えられる。

維持管理業務に支払い調整システムを適用する場合、業務は、指標目標値に対する不達率をベースにする指標目標値設定型と、管理瑕疵状態からの修復に要する時間をベースにする処理時間設定型に大別できる。発注者が設定できるパラメータ・変数は、指標目標値設定型の場合はその目標値 (D_m) と支払い減額倍率 (b)、処理時間設定型の場合は修復猶予時間比率 (g) と支払い減額倍率 (b) である。上記の仮定するパラメータについては、当該業務における実際の民間事業者の管理瑕疵発見率や障害物除去時間、委託費の支払い状況等のデータを収集しながら、民間事業者の収益性も勘案して、数値の妥当性を見直す作業が必要となる。

4.6 一般道路における維持管理業務のケーススタディ

本項では、道路に関わる対象施設と維持管理業務を想定して、前項までで検証した支払い減額メカニズムの適用可能性をケーススタディする。想定ケースは4.2で取り上げた事例を参考にし、下図のフローに従って適用内容を考察する。

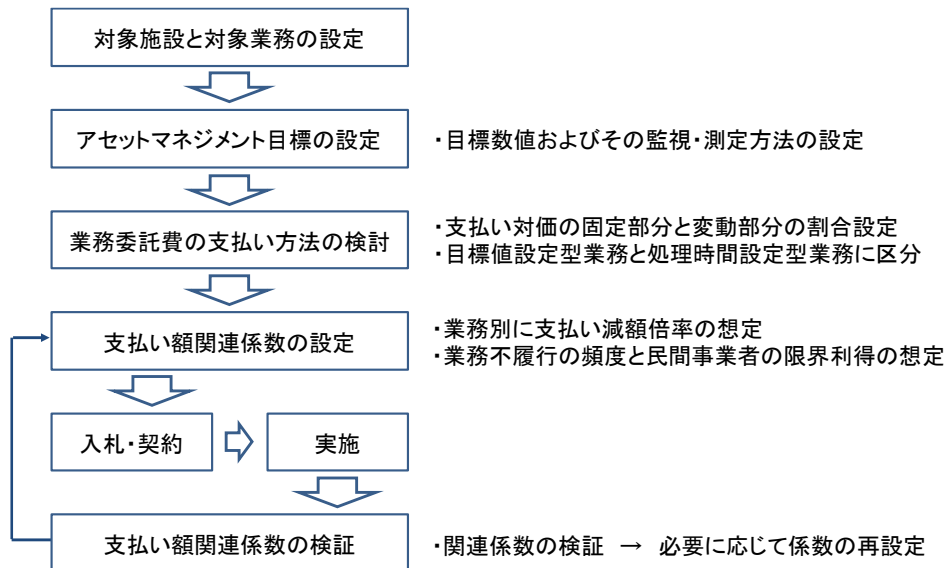


図4-7 支払い減額メカニズムの適用フロー

4.6.1 想定ケースの前提条件

対象施設は、①舗装、②橋梁、③街路樹（植栽管理）、④道路反射鏡、道路標識、⑤法面など、想定される対象業務を下表に示す。

本事業は、道路関連施設を対象とし、維持管理業務を包括的に複数年で発注することとし、民間事業者による事実行為を「包括委託型業務」と「単価契約型業務」に区分けする（下表）。「包括委託型業務」は総価契約（支払い減額方式を含む）による業務とし、「単価契約型業務」は単価契約による業務とする。このうち、本項で検討する業務は総価契約による包括委託業務とする。

表 4-23 対象業務一覧表

業務項目		業務内容		
包括委託型業務	維持管理業務	巡回業務	定期巡回、緊急巡回 警察署との合同パトロール	
		維持業務	清掃業務	道路清掃、歩道清掃、橋梁清掃
				雨水枳の汚泥除去
				除雪
			植栽管理業務	街路樹の剪定・除草 街路樹の動物・昆虫の巣除去
		道路反射鏡・案内標識管理業務	道路反射鏡の維持管理	
			案内標識の維持管理	
		法面管理業務	法面の維持管理	
		補修・修繕業務	損傷箇所の補修・修繕（日常を維持するための保守に係る業務で1工種〇〇万円未満）	
		事故対応業務	対象施設の事故対応	
		災害対応業務	対象施設の災害対応	
		苦情・要望対応業務	対象施設の苦情・要望対応	
単価契約型業務	補修・更新業務	損傷箇所の補修・更新（日常を維持するための保守に係る業務で1工種〇〇万円以上。補修や施設の更新に係る業務で〇〇万円未満）		

4.6.2 アセットマネジメント目標

道路の維持管理業務におけるアセットマネジメント目標及びその監視・測定方法を、管理項目別に下表とする。

表 4-24 アセットマネジメント目標の監視・測定方法の事例

管理項目	アセットマネジメント目標	測定方法	測定頻度
路面①	ポットホールの発見率を一定値以上	道路巡回点検	1回/日
路面②	ポットホールを発見後、一定時間以内に修復	道路巡回点検	1回/日
路面③	落下物の発見率を一定値以上	道路巡回点検	1回/日
路面④	落下物を発見後、一定時間以内に除去	道路巡回点検	1回/日
路面⑤	路面性状の不具合を把握	定期点検（年次総点検）	1回/年
路面⑥	クレームを処理	随時	—
植栽管理	建築限界が侵された場合に一定時間以内に修復	道路巡回点検	1回/日
橋梁	橋梁性状の不具合を把握	日常点検	1回/日
		定期点検（年次総点検）	1回/年
法面	法面性状の不具合を把握	日常点検	1回/日
		定期点検（年次総点検）	1回/年
雪氷	路面スリップ危険状態を発見後、砂・塩カルを一定時間以内に散布して危険状態を解消	異常時点検	異常時毎
全体	クレーム件数を前年度より減少	管理者、受託者への通報	1回/年

4.6.3 業務対価支払い方法の検討

前項の想定を前提に、業務対価の支払い方法の方針を以下とする（下表）。

- ・ 本節では、包括委託型業務を検討の対象とする。
- ・ 業務委託費は、入札時に受注者が巡回業務や維持業務、補修・修繕業務等の業務毎に提案した価額及び全体業務費を基本とする。
- ・ 対価支払いは、当該期間の実績を基に実施する。
- ・ 対価支払いは、業務毎に固定部分と変動部分に分ける。
- ・ 対価変動部分に支払い減額メカニズムを導入する。
- ・ 支払い減額メカニズムは、表 4-24 に示したアセットマネジメント目標をベースに目標値設定型と処理時間設定型に大別し、業務毎に支払い減額幅を設定する。

表 4-25 維持管理業務費の構成の考え方

	業務別支払い	固定・変動別支払い
全体業務委託費	巡回業務費	固定支払い (X ₁ %)
		変動支払い (Y ₁ %)
	清掃業務費	固定支払い (X ₂ %)
		変動支払い (Y ₂ %)
	植栽管理業務費	固定支払い (X ₃ %)
		変動支払い (Y ₃ %)
	(中略)	
	補修・修繕費	固定支払い (X _n %)
変動支払い (Y _n %)		

支払い減額メカニズムの設定に際しては、前章までの分析を基に以下の条件を前提とする。

- ・ 維持管理業務に対して実績・能力のある民間事業者を選出する。能力 (E) について、維持管理業務の PDCA を組織として回せることを条件とする。
- ・ 安全・安心な車両走行に対して、アセットマネジメント目標の影響度を想定する。
- ・ アセットマネジメント目標値に対する不足率を、当初支払い額からの減額率 (β) に換算する際の「支払い減額倍率 (b)」を、民間事業者にスラックが生じない範囲として設定する。
- ・ 各業務に設定した数値に対して、全体として民間事業者への支払い対価が過度に減額にならないか（民間事業者の利得を過度に損なわないか）、検討する。

4.6.4 支払い減額関連係数の設定

以上の前提条件を基に、巡回業務を例に取って、落下物やポットホールの発見率を指標にするケースと、発見後の処理時間を指標にするケースを考察する。前者が指標目標値設定型、後者が処理時間設定型の業務に該当する。

【指標目標値設定型業務の場合】

- ・ 条件として、民間事業者の能力 $E=1.0$ 、標準コスト比率 $k_1=0.8$ 、最低利得率 $k_2=0.1$ という標準的なケースを想定する（4.3 と同様の条件）。

- ・ 巡回によるポットホールや落下物の発見率の標準値 $D_0=70\%$ を前提として、目標値 $D_m=80\%$ 、支払い減額倍率 $b=1.4000$ と設定すると、民間事業者はコスト増率 $\alpha=0.1167$ を掛けることによって、利得 $R_a=0.1067$ を確保する一方、発注者は最大の利得 $R_p=0.3333$ を確保できる。

【処理時間設定型業務の場合】

- ・ 次に、落下物やポットホールの処理時間を指標とする処理時間設定型業務について、条件として、民間事業者の能力 $E=1.0$ 、標準コスト比率 $k_1=0.8$ 、最低利得率 $k_2=0.1$ という標準的なケースを想定する（4.4 と同様の条件）。
- ・ 処理時間（修復猶予時間）の設定は、影響が軽微な場合（落下物やポットホールが小さいなど）と、影響が重大な場合（落下物やポットホールが大きいなど）の2ケースを想定し、総処理時間の最小化を目指すとする。
- ・ 軽微な場合は、平均的な処理時間を1.5時間、修復猶予時間を0.546時間（32.76分、処理猶予時間比率 $g=0.364$ ）とする（下表の中央列）。この条件下で、 $b=0.0938$ と設定すると、民間事業者はコスト増率 $\alpha=0.0282$ を掛ける。民間事業者の効率向上によって、処理時間1.5時間を0.995時間に短縮し、支払い減額率を $\beta=0.109 \Rightarrow 0.077$ に改善することになる。

ここで、支払い減額率 β は、業務委託費 W に対する減額の比率であり、式(4.28)に示される、標準修復期間 T 、標準修復時間に対する猶予時間の比率 g 、低減関数 $f(\alpha)$ 、支払い減額倍率 b （パフォーマンスの差分に対する支払い減額率 β の倍率）の関係は下式となる。

$$\beta = \frac{b}{T} \times \left\{ \frac{1}{g} - \frac{1}{g + (1 - g) \times f(\alpha)} \right\} \quad \dots \dots (4.41)$$

$$\text{ただし、} f(\alpha) = \frac{1}{1 + e \times E \times \alpha}$$

表 4-26 標準処理時間（軽微）一定における修復猶予時間比率 g の違いによる分析

$k_2=0.1$	総処理時間 T		1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
	標準時間に対する猶予時間の比率 g		0.200	0.250	0.364	0.500	0.750
$E=1.0$	支払い減額倍率 b	上限値	0.0375	0.0506	0.0938	0.1838	0.6769
		下限値	0.0375	0.0400	0.0472	0.0600	0.1200
	コスト増率 α の最大値		0.0000	0.0125	0.0282	0.0375	0.0458
	短縮関数 $f(\alpha)$ の最大値		1.000	0.667	0.470	0.400	0.353
	発注者の最大利得		0.433	0.868	1.088	0.975	0.654
	処理時間	合計値	1.500	1.125	0.995	1.050	1.257
		当初に対する比率	1.000	0.750	0.663	0.700	0.838
	支払い減額率 β	標準処理	0.100	0.101	0.109	0.123	0.150
改善後		0.100	0.090	0.077	0.070	0.063	

($T=1.5$ 、 $k_1=0.8$ 、 $k_2=0.10$ 、 $E=1.0$ 、 $e=40$)

- ・ 支払い減額倍率を $b=0.0938$ に設定した場合、民間事業者は最適コスト増率 $\alpha=0.0282$ を掛けることで最低利得 0.10 を確保する（超過時間は 0.449 時間 = 26.94 分）が、仮に同じコスト増率で結果として超過時間が 0、12 分（0.2 時間）、26.94 分（0.449 時間）、48 分（0.8

時間)、57分(0.95時間)の場合の支払い減額率 β と利得の変化を、前掲の式(4.28)と(4.41)を用いて下表に示す。

$$R_a = \left\{ 1 - \left(\frac{1}{g \times T} - \frac{1}{g \times T + (1-g) \times T \times f(\alpha)} \right) \times b \right\} - (1+\alpha) \times k_1 \quad \dots(4.28)$$

表 4-27 実際の超過時間による民間事業者の利得の変化

超過時間(分)	0	12	26.94	48	57.24
支払い減額率 β	0.0000	0.0461	0.0773	0.1021	0.1093
民間事業者の利得 R_a	0.1774	0.1314	0.1000	0.0753	0.0678

($b=0.0938$ 、 $\alpha=0.0282$)

- 一方、影響が大きい落下物やポットホールの場合、標準的な処理時間を4.0時間、修復猶予時間を1.456時間(処理猶予時間比率 $g=0.364$)とする(下表の中央列)。この条件下で、下表(左列)から $b=0.2501$ と設定すると、民間事業者はコスト増率 $\alpha=0.0282$ を掛ける。民間事業者の効率向上によって、平均的な処理時間4.0時間を2.652時間に短縮し、支払い減額率を $\beta=0.109 \Rightarrow 0.077$ に改善することになる。

支払い減額倍率を $b=0.2501$ に設定した場合、民間事業者は最適コスト増率 $\alpha=0.0282$ を掛けることで最低利得0.1を確保する(超過時間は1.196時間=71.76分)が、仮に同じコスト増率で結果として超過時間が0、30分(0.5時間)、71.76分(1.196時間)、120分(2時間)、152.64分(2.544時間)の場合の支払い減額率 β と利得の変化も下表に示す。

表 4-28 標準処理時間(重大)一定における修復猶予時間比率 g の違いによる分析

$k_2=0.1$	総処理時間 T		4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
	標準時間に対する猶予時間の比率 g		0.200	0.250	0.364	0.500	0.750
E=1.0	支払い減額倍率 b	上限値	0.1000	0.1350	0.2501	0.4900	1.8050
		下限値	0.1000	0.1067	0.1258	0.1600	0.3200
	コスト増率 α の最大値		0.000	0.0125	0.0282	0.0375	0.0458
	短縮関数 $f(\alpha)$ の最大値		1.000	0.667	0.470	0.400	0.353
	発注者の最大利得		0.433	0.868	1.088	0.975	0.654
	処理時間	合計値	4.000	3.000	2.652	2.800	3.353
		当初に対する比率	1.000	0.750	0.663	0.700	0.838
	支払い減額率 β	標準処理	0.100	0.101	0.109	0.123	0.150
改善後		0.100	0.090	0.077	0.070	0.063	

($T=4.0$ 、 $k_1=0.8$ 、 $k_2=0.1$ 、 $E=1.0$ 、 $e=40$)

表 4-29 実際の超過時間による民間事業者の利得の変化

超過時間(分)	0	30	71.76	120	152.64
支払い減額率 β	0.0000	0.0439	0.0773	0.0994	0.1092
民間事業者の利得 R_a	0.1774	0.1335	0.1000	0.0781	0.0682

($b=0.2501$ 、 $\alpha=0.0282$)

【巡回業務全体における利得の検討】

最後に、上記の諸条件下で、民間事業者の行動に与える影響を検討する。

- ・ 民間事業者は、発注者が設定・想定した条件をクリアできれば、最低利得 0.1 を確保できる。
- ・ 民間事業者のパフォーマンスによって変動する分を当該巡回業務の委託費 W の 0.5 倍（調整可能）として、指標目標値設定型と処理時間設定型の業務それぞれの割り当てを半分ずつ、更に処理時間設定型の業務のうち、軽微な事象と重大な事象への割り当てをそれぞれ 40%、60%とする。したがって、民間事業者のパフォーマンスに連動して支払いを調整する割合は、全業務委託費に対して、指標目標値設定型が 25%、処理時間設定型で軽微な事象が 10%、重大な事象が 15%となる。
- ・ 上記を前提に、例えば、ポットホールや落下物の発見率が、標準値 $D_0=0.70(70\%)$ 、目標値 $D_m=0.80(80\%)$ 、支払い減額倍率 $b=1.4000$ に対して、民間事業者が表 4-20 よりコスト増率 $\alpha=0.1167$ （最適値）を掛けたにも関わらず、 $\Delta D=0.03(3\%)$ だけ不達の場合、全体の利得は下式の分だけ低減する。

$$\Delta W_0 = 0.03 \times 1.4 \times 0.25 \times W = 0.0105 \times W$$

- ・ 処理時間設定型業務のうち、
 - ① 軽微な事象については、想定標準時間 1.5 時間に対して修復猶予時間が 0.55 時間（ $g=0.367$ ）、支払い減額倍率 $b=0.0951$ の条件下、0.995 時間（59.7 分）まで短縮して最低利得 0.1 を確保する計画のところ、民間事業者はコスト増率 $\alpha=0.0284$ を掛けても、実際には 1.250 時間（75 分）にとどまった場合、利得は下式の分だけ低減する。

$$\Delta W_1 = \left(\frac{1}{0.995} - \frac{1}{1.250} \right) \times 0.0938 \times 0.1 \times W = 0.00192 \times W$$

- ② 同じく重大な事象に対して想定標準時間 4 時間に対して修復猶予時間が 1.467 時間、支払い減額倍率 $b=0.2535$ の条件下、2.652 時間まで短縮して最低利得 0.1 を確保する計画のところ、民間事業者はコスト増率 $\alpha=0.0284$ を掛けても、実際には 3.333 時間にとどまった場合、利得は下式の分だけ低減する。

$$\Delta W_2 = \left(\frac{1}{2.652} - \frac{1}{3.333} \right) \times 0.2501 \times 0.15 \times W = 0.00289 \times W$$

- ・ したがって、あらかじめ設定した最低利得 $k_2=0.1$ からの更なる利得低減の合計 ΔW は、下式によって 1.538%となる。

$$\Delta W = \Delta W_0 + \Delta W_1 + \Delta W_2 = 0.01531 \times W$$

下表は、維持管理業務について、支払い調整システムの設定例を一覧にしたものである。同表には、支払い減額倍率の算出の前提になっている民間事業者の能力（仮定要件）も併せて記載している。

表 4-30 支払い減額倍率の設定例

管理項目	アセット マネジメント 目標	修復 猶予 時間 $g \times T$	標準 修復 時間 (T)	支払 減額 倍率 b	支払い 減額率 β	対象 業務額 $A \times W$ (A:調整 係数)	支払い減額 $\beta \times A \times W$
路面 ①	落下物やポットホール の発見率： 70⇒80%	—	—	1.4000	不達分 ΔD $\times b$	$0.25 \times W$	不達分 $\Delta D \times b \times 0.25 \times W$
	民間事業者の要件	コスト増率 10%で、発見率の 9%増を達成できる能力を有する（仮定）					
路面 ②	落下物(小)やポット ホールを発見 後、処理	0.546 時間	1.5 時間	0.0938	$(1/0.546$ $- 1/(0.546$ $+ \Delta t)) \times b$	$0.10 \times W$	$(1/0.546 - 1/(0.546 + \Delta t)) \times b \times 0.10$ $\times W$
	落下物(大)やポット ホールを発見 後、処理	1.456 時間	4.0 時間	0.2501	$(1/1.456$ $- 1/(1.456$ $+ \Delta t)) \times b$	$0.15 \times W$	$(1/1.456 - 1/(1.456 + \Delta t)) \times b \times 0.15$ $\times W$
	民間事業者の要件	コスト増率 10%で、標準的な猶予超過時間を 20%まで短縮できる能力を有する（仮定）					

【関連係数の妥当性の検証】

- ・ 上記のプロセスで仮定した関連係数を前提に、前段の最後に述べたように、民間事業者は発注者が定めた係数をベースに、業務毎に受託対価を積算して入札価格を決める。
- ・ 入札・契約後、業務実施段階に入って、発注者は道路特性（維持管理上の不履行の生起状況等）の分析、民間事業者へのヒアリング等によって、定期的（例えば、1年毎）に関連係数の妥当性を確認し、場合によって算出上の前提条件を修正のうえ、関連係数を修正することも可能である。

4.7 結論

一般の維持管理業務にA/P方式の支払い減額メカニズムの考え方を適用する際の条件について、分析を試みた。第2章および本章で、O&M業務に関するパフォーマンス指標は、支払い対象期間内に設定指標の目標値に対して実測値が不達（不履行）の場合に不達分に応じて減額を科す「指標目標値設定型」と、管理瑕疵や不具合が発見された際に当該状態を修復するために時間的な猶予を与えて不達（不履行）の場合に減額を科す「処理時間設定型」に大別できることから、それぞれを第3章のモデル化に則り、定式化して分析評価を行った。その結果、以下が明らかになった。

- ① 一般の道路維持管理業務に対して、発注者の収入を公的財源からの獲得予算と考えることにより、有料道路におけるA/P方式の支払い調整メカニズムと同様のモデル化を行い、発注者にとって利得を最大にする条件を導くことが可能であり、一般道路の維持管理業務に道路PPP事業のA/P方式に用いられる支払い調整メカニズムを適用できる可能性が示唆される。
- ② 「指標目標値設定型」の維持管理業務では、最適な支払い減額倍率の設定は民間事業者のパフォーマンス発揮を誘導する指標目標値によって変化する。したがって、指標目標値と支払い減額倍率を適切に設定することによって、最大の達成値が期待できる一方、目標値を高く設定しすぎると、達成値が目標値を下回ることがある。
- ③ 「処理時間設定型」の維持管理業務に対しても、想定修復時間に対する修復猶予時間の比率によって支払い減額倍率の最適な設定が調整できる。発注者は修復猶予時間率と支払い減額倍率の組み合わせを適切に設定することによって、総処理時間を最小にして発注者の利得を最大とする条件を求めることが可能である。

本章の定式化において設定したパフォーマンスの標準値と目標値、標準的修復時間に対する修復猶予時間の比率、目標値達成の難易度は、維持管理の各業務特性や道路や交通量の特性によって道路毎に、また時間を経て異なることが想定される。例えば、本研究で取り上げた巡回業務では発見率（民間事業者の発見数と外部からの通報件数）と巡回回数との関係等、設定値の妥当性を検証できるデータ収集が必要になる。実際の維持管理業務においてパフォーマンス指標に基づく契約と支払い減額システムが適用され、データを蓄積することで、適用条件の検証が行われることが期待される。

【参考文献】

- 1) 土木学会建設マネジメント委員会 維持管理に関する入札・契約制度検討小委員会：維持管理等の入札契約方式ガイドライン（案）～包括的な契約の考え方～本編・参考資料編、2015
- 2) 平島寛、小澤一雅：道路の維持管理業務委託における支払減額メカニズムの適用、土木学会論文集 F4（建設マネジメント） Vol.73 No.4 特集号、2017年
- 3) 水野高志：PPP 最新事情 道路維持管理の包括マネジメント：第二阪奈有料道路の取組 土木技術 67(11)、2012
- 4) 賀集功二（奈良県道路公社）：第二阪奈有料道路 道路維持管理業務の包括マネジメント
- 5) 東京都府中市：府中市道路等包括管理事業（北西地区）に関する公募型プロポーザル募集要項（案）、2017
- 6) 東京都府中市：府中市道路等包括管理事業（北西地区）に関する委託費の考え方（案）、2017
- 7) 角田圭志：「性能規定」による道路維持工事の実施状況について、2011
- 8) 土木学会建設マネジメント委員会 インフラ PFI/PPP 研究小委員会 道路 PPP 検討部会：道路事業への PFI/PPP 導入に向けた制度、事例調査報告書、2014
- 9) 水野高志、平島寛ほか：インフラマネジメント最前線 pp.83-97、日経 BP 社、2015
- 10) 国土交通省：国道（国管理）の維持管理等に関する検討会とりまとめ・参考資料、2013
- 11) 小林潔司：インフラのメンテナンスとマネジメント、2016
- 12) 坂井康人：ロジックモデルを用いた都市高速道路の維持管理マネジメントに関する研究、2009
- 13) 吉田武（土木研究所）：「性能規定型維持管理契約に用いられる評価の指標と手法—米国 DC STREETS プロジェクトの1年目評価より—」、2004
- 14) 川瀬翔平、佐藤直人、原貴紀：「Roadmap for PFI Road —道路維持管理修繕事業を対象とした PFI 導入可能性分析—」、東京大学公共政策大学院ワーキングペーパーシリーズ、2010
- 15) 日本道路協会道路維持修繕委員会：道路資産管理の手引き、2008
- 16) 松原聡：道路の維持管理基準による作業実態の把握について、関東地方整備局道路部道路管理課
- 17) 水野高志、平島寛ほか：インフラマネジメント最前線、日経 BP 社、2015、pp163～173
- 18) 神奈川県県土整備局道路部道路維持管理課、10 款土木費 1 項土木管理費
<http://www.pref.kanagawa.jp/docs/v6g/cnt/f4872/documents/20897.pdf>
- 19) Florida DOT : I 595 Concession Agreement & Appendice, 2009, <http://595express.info/documents.shtm>

第5章 結論

5.1 結論

本研究は、道路PPP事業のA/P方式に適用される支払い調整メカニズムを対象に、①適用事業において支払い調整に用いられるパフォーマンス指標の特徴を明らかにすること、②民間事業者の機会主義的行動を抑制し、かつ事業への参加動機を損なわない最適な支払い調整条件を明らかにすること、③米国の6つの道路PPP事業において適用されているA/P方式の支払い調整メカニズムの違いを比較・評価すること、④一般道路における維持管理業務を対象に、A/P方式の支払い調整メカニズムの適用可能性を提示することを目的とした。

本項では、本研究で明らかになったことを以下の通り整理する。

(1) 支払い調整に用いられるパフォーマンス指標の特徴（第2章）

米国、カナダ、英国、スペイン、豪州の15（スペインは25事業を分析した結果報告を1つとしてカウント）の道路PPP事業で採用されているA/P方式（一部、他のパフォーマンスベースの支払い方式を含む）の支払い調整に用いられているパフォーマンス指標を比較分析した結果、以下の点が明らかになった。

- ① 採用されているパフォーマンス指標は以下の5つに類型化できる。（ア）Lane availabilityに関する指標、（イ）O&M業務に関する指標、（ウ）安全性に関する指標、（エ）走行性に関する指標、（オ）その他（交通量、利用者満足度等）。
- ② （ア）狭義のAvailability（供用性）に関する指標としては、車線閉鎖（通行止め）時間によって支払いを減額させる方法が概ね共通して適用されている。一方、（イ）O&M業務、（ウ）安全性、（エ）走行性、（オ）その他の指標については、多様な指標（例えば、巻末の付表に挙げた米国I-595のO&M要求水準は150以上の項目を規定している）が採用されている。
- ③ （イ）O&M業務に関する指標は、概ね、路面や構造物の状態（condition）等を規定する「指標目標値設定型」と、緊急事態への対応や路面上の障害除去等の処理要求を時間（レスポンスタイム）で示す「処理時間設定型」に大別される。

(2) 最適な支払い調整条件と米国の6つの道路PPP事業における支払い調整条件の比較分析（第3章）

供用不能状態（Unavailability）に対する支払い調整メカニズムに対して、短期的なキャッシュフローに基づき民間事業者と発注者の利得を定式化し、発注者が設定した支払い減額条件の下で民間事業者が利得を最大化する行動を選択する前提条件下で発注者の利得を最大にする展開型ゲームとしてモデル化を行い、民間事業者のパフォーマンスを制約条件とし、参加動機を保持する条件を境界条件として解を求めた。

その結果、支払い減額率の大小によって民間事業者の行動パターンが3領域、すなわち、スラックが働いてパフォーマンスを発揮しない（コスト増率を掛けない）Slack zone、民間事業者がパフォーマンスを発揮する（コスト増率を掛ける）Performance zone、民間事業者が損失を被

り業務に参画者が現れない Shortfall zone に分類され、以下の点が明らかになった。

- ① 発注者が利得を上げる（車線閉鎖時間の短縮を図る）には、支払い減額率を Performance zone に設定して、民間事業者にパフォーマンスを発揮させることが必須である。発注者が最大の利得を上げるには、支払い減額率を Performance zone の上限値、すなわち民間事業者が最低利得を確保できる点に設定することが最適である。
- ② 民間事業者の能力が大きいほど、Performance zone における支払い減額率の下限値は小さく（スラックが働く範囲は狭く）、支払い減額率の上限値は大きく設定できる。その結果、有能な民間事業者に対するほど、Performance zone を広く設定でき、支払い減額率を上限値に設定した際の車線閉鎖時間の短縮の程度は大きくなる。
- ③ 車線閉鎖率が小さい（大きい）ほど、民間事業者にスラックが働かないようにするために、Performance zone における支払い減額率の下限値は大きく（小さく）設定する必要がある。一方、車線閉鎖時間の短縮の程度を大きくするには、車線閉鎖率が小さい（大きい）ほど、支払い減額率の上限値を大きく（小さく）設定する必要がある。
- ④ 通行料金収入による有料道路運営の場合、車線閉鎖による料金未徴収分を業務対価から機械的に減額するだけでは、民間事業者の最低利得との関係で、発注者にとって必ずしも十分な車線閉鎖時間の短縮効果が得られない場合がある。逆に、民間事業者の最低利得を損なう場合もある。

次に、データを手に入れた米国の6道路PPP事業（フロリダ州I-595、同州I-4、インディアナ州I-69、同州East End Crossing、カリフォルニア州Presidio Parkway、オハイオ州Portsmouth Bypass）を対象に、各事業で規定された支払い減額率の比較を行った。各事業における支払い減額率については、影響因子（曜日、時間帯、区間、閉鎖車線数）によって数値が設定される点は共通しており、交通量の多い曜日、時間帯（6:00～9:00、16:00～19:00または15:00～18:00）の支払い減額率が高くなっている。また、3車線閉鎖の支払い減額率が1車線閉鎖の比率より高く設定されている。全般的に、Presidio Parkway、Portsmouth Bypass、I-595の支払い減額率が高く、一方、I-69、East End Crossingの減額率が低く、交通量の多い時間帯を除き、民間事業者にスラックが発生しやすい設定になっていること等が明らかとなった。

(3) 一般道路における維持管理業務への支払い調整メカニズムの適用可能性（第4章）

一般の維持管理業務にA/P方式の支払い減額メカニズムの考え方を適用する際の条件について、分析を試みた。第2章および第4章で、O&M業務に関するパフォーマンス指標は、支払い対象期間内に設定指標の目標値に対して実測値が不達（不履行）の場合に不達分に応じて減額を科す「指標目標値設定型」と、管理瑕疵や不具合が発見された際に当該状態を修復するために時間的な猶予を与えて不達（不履行）の場合に減額を科す「処理時間設定型」に大別できることが明らかになったことから、それぞれを第3章のモデル化に則り、定式化して分析評価を行った。その結果、以下が明らかになった。

- ① 一般の道路維持管理業務に対して、発注者の収入を公的財源からの獲得予算と考えることにより、有料道路におけるA/P方式の支払い調整メカニズムと同様のモデル化を行い、発注者にとって利得を最大にする条件を導くことが可能であり、一般道路の維持管理業

務に道路PPP事業のA/P方式に用いられる支払い調整メカニズムを適用できる可能性が示唆される。

- ② 「指標目標値設定型」の維持管理業務では、最適な支払い減額倍率の設定は民間事業者のパフォーマンス発揮を誘導する指標目標値によって変化する。したがって、指標目標値と支払い減額倍率を適切に設定することによって、最大の達成値が期待できる一方、目標値を高く設定しすぎると、達成値が目標値を下回ることもある。
- ③ 「処理時間設定型」の維持管理業務に対しても、想定修復時間に対する修復猶予時間の比率によって支払い減額倍率の最適な設定が調整できる。発注者は修復猶予時間率と支払い減額倍率の組み合わせを適切に設定することによって、総処理時間を最小にして発注者の利得を最大とする条件を求めることが可能である。

5.2 今後の課題

本研究に関する今後の課題を整理すると、定式化したモデルの検証に関する課題（①～③）と、モデルの適用範囲を拡大し一般化するための課題（④～⑥）に分けられる。

- ① 本研究の利得の定式化において採用した車線閉鎖率 L 、パフォーマンス指標の標準値 D_0 と目標値 D_m （指標目標値設定型の場合）、修復猶予時間比率 g （処理時間設定型の場合）は業務特性や道路・交通量の特性によって変化し、指標目標値達成のコストパフォーマンス（低減関数の形）や民間事業者の標準コスト率 k_1 、最低利得率 k_2 は民間事業者の能力によって異なるため、発注者が減額メカニズムを設定する際には、それらのデータの裏付けが必要になる。
- ② 民間事業者のパフォーマンスを測って評価する維持管理業務は、国内ではまだ実績が少なく、現状の把握や作業の測定の準備を最初から始めなければならない。しかも道路毎に条件が変わるため、A/P方式に準じた当該の支払いシステムを導入するには、実際に当該道路の維持管理業務において、巡回頻度を変えるなどしたことによるコスト増と効果の関係を測定する試行期間（例えば1～3年）を設け、その実績を基にパラメータを設定したうえで、本研究で構築した利得評価式を分析して変数を吟味する必要がある。その際、発注者が想定する指標目標値と民間事業者のコストパフォーマンス（費用対効果）の関係も、民間事業者へのヒアリング等を通じて把握しておく必要がある。こうした準備が整えば、利得評価式をベースに、契約時に適切な減額幅（支払い減額倍率）の設定が可能になる。事業契約後は、指標の達成度と民間事業者の収益性からパラメータの設定数値の妥当性を定量的に検証することができ、場合によって利得評価式に即して修正を施すこともできる。
- ③ 国内のコンセッション事業は有料施設を含むことが実施条件になっているが、ここにA/P方式の採用の可能性もある。また、利用料金を徴収しない一般道路の維持管理業務にも実質的なA/P方式の支払い調整メカニズムの導入検討が進んでいくと予想される。公共施設のPFIでは、施設閉鎖による減額システムが導入されている例がある。道路運営・維持管理業務に関連する規定と実務データの取得・検証の繰り返し、民間事業者へのヒアリングを重ねることが必要であり、受発注者双方にとってメリットのあるシステムを構築していくことが望まれる。

- ④ 本研究では、発注者と民間事業者の利得評価式は損益計算書（財務）ベースを基本に構築している。そのうち、公共サービスを提供する発注者の利得式については、金銭的な利得の最大化ではなく、**non-financial** な要素を考慮した便益（社会的目標）や事業目標の最大化を目指すことも考えられる。発注者の事業目標を定めたうえで、その測定に相応しい指標の選定が必要になる。そうしたケースも今後、考察していく必要があると考えられる。
- ⑤ 米国道路 PPP 事業の A/P 方式についても、運営段階に入っているプロジェクトは少なく、当該方式の合理性を評価するにはまだ実績が少ない。今後、関連データを獲得して、A/P 方式が長期（例えば 10 年以上）の運営・維持管理に耐えられるシステムかどうか、支払いメカニズムの妥当性を検証していく必要があると考えられる。また、他国の A/P 方式に対しても同様の利得評価式の適用可能性を検証していく必要がある。
- ⑥ 国内の性能規定化を試行する道路維持管理業務に対して、性能指標の立て方を「指標目標値設定型」と「処理時間設定型」に大別し、支払い調整メカニズムをそれぞれ提示した。例えば、舗装の状態や構造物の劣化状態に対しても、それらを認知してからの修復時間をベースに支払い減額を「処理時間設定型」の定式で算定する方法を提案しているが、別の方法も考え得る。指標の選択とともに、妥当な定式の構築法を併せて考えていく必要がある。

【補遺】

(1) 「3.2.2.4 民間事業者と発注者の利得シミュレーション」(p56) の補足

◇ 支払い減額率 β による最適コスト増率 α_q の比較

支払い減額率 β による最適コスト増率 α_q について、民間事業者の利得 R_a を $\beta=0.5\sim 7.521$ の範囲で式(3.6)から求めると下図が得られる。同図から、 β が設定されると、それに応じて利得 R_a を最大にする時のコスト増率 α_q が異なることが分かる。

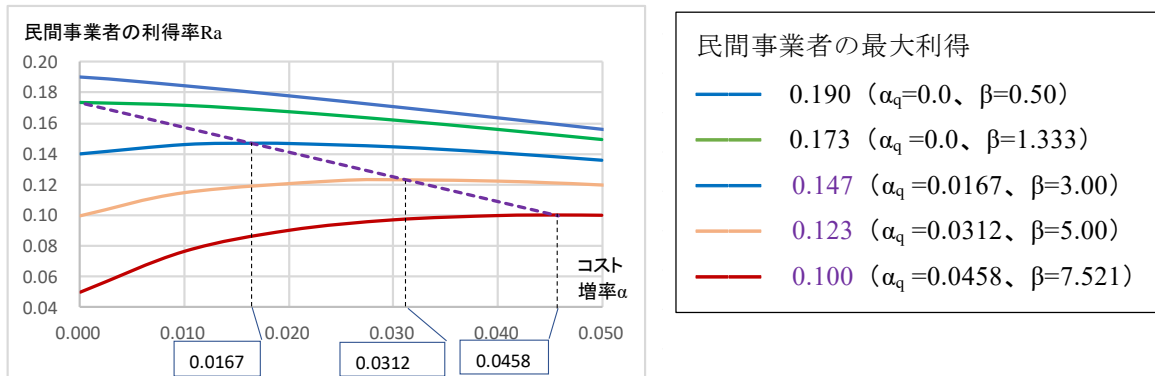
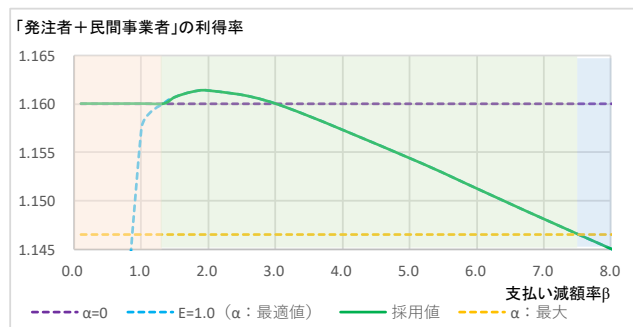
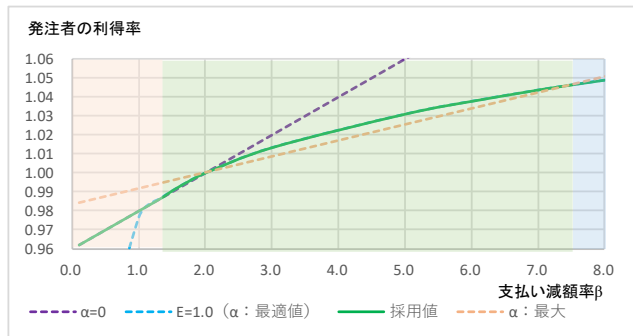
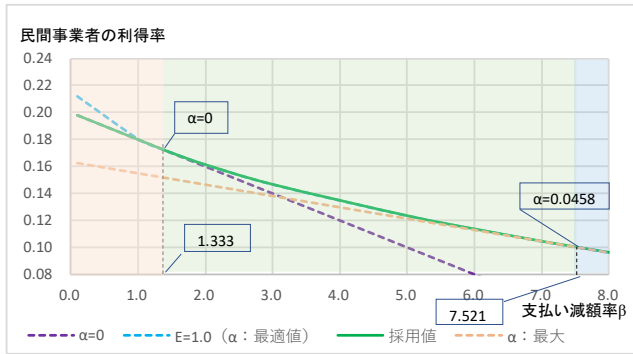


図 3-11 支払い減額率 β による最適コスト増率 α_q の比較 ($k_1=0.8$ 、 $E=1.0$ 、 $e=30$ 、 $k_2=0.1$ 、 $L=0.02$)

◇ 支払い減額率による民間事業者と発注者の利得線



民間事業者の利得率は式(3.6)、発注者の利得率は式(3.13)、「発注者+民間事業者の利得率」は式(3.16)による。最低利得率は0.1とする。

民間事業者がパフォーマンスを発揮する範囲：

$$1.333 < \beta \leq 7.521$$

・「発注者」の利得が最大： $\beta = 7.521$

・「発注者+民間事業者」の利得が $\alpha=0$ の利得線を上回る範囲： $1.333 < \beta < 3.000$

「発注者+民間事業者」の利得が最大： $\beta = 2.000$

図 3-12 民間事業者と発注者の利得線 ($k_1=0.8$ 、 $E=1.0$ 、 $e=30$ 、 $k_2=0.1$ 、 $\gamma=0.5$ 、 $L=0.02$)

インセンティブ条件と参加条件を考慮して、民間事業者、発注者、民間事業者+発注者の利得線を上図に示す。ここで、着色帯を下記のように定義して、その領域の条件を示す。

◇赤色 ($\beta \leq 1.333$)：Slack zone (計算上、事業者の最適コスト増率がマイナスのため、民間事業者の利得は $\alpha=0$ の 때가最大であり、事業者はパフォーマンスを発揮せず、発注者の利得は低位にとどまっている) $\Rightarrow \alpha=0$ ($\alpha_q \leq 0$) の領域

◇緑色 ($1.333 < \beta \leq 7.521$)：Performance zone (事業者の最適コスト増率 α_q がゼロ超で、事業者はパフォーマンスを発揮する) $\Rightarrow 0 < \alpha_q \leq \alpha_{max}$ の領域

◇青色 ($\beta > 7.521$)：Shortfall zone (事業者が最低利得率を得られない $\Rightarrow R_a(\alpha) < R_{a \min}$ の領域)

発注者の利得線は、民間事業者の利得線に連動して、 $\beta \leq 1.333$ の範囲では $\alpha=0$ の曲線(紫色)に乗る。 $1.333 < \beta \leq 2.000$ の範囲では $\alpha=\alpha_q$ の曲線(青色)に乗って、 $\alpha=0$ の曲線より利得は大きくなる。更に、民間事業者と発注者の利得の合計曲線では、 $1.333 < \beta \leq 3.000$ の範囲で $\alpha=\alpha_q$ の曲線のほうが $\alpha=0$ の曲線(紫色)より大きくなっている。

◇ 発注者＋民間事業者の合計利得

「発注者＋民間事業者の合計利得 R_{p+a} 」を示す。最大値は式(3.19)から、支払い減額率 β に
よらず、コスト増率が $\alpha=0.00749$ の時に得られる。一方、発注者が支払い減額率 β を設定する
際、自身の利得の最大化を目指す民間事業者が $\alpha=0.00749$ のコスト増率を掛けるのは $\beta =$

$\frac{1}{\gamma} = 2.000$ の時に限られる。支払い減額率を $\beta=2.000$ 以外に設定する場合、「発注者＋民間
事業者の合計利得」と同じ最大値は得られない。

$$\alpha = \sqrt{\frac{L}{k_1 \times \gamma \times e \times E} - \frac{1}{e \times E}}$$

・・・(3.19)

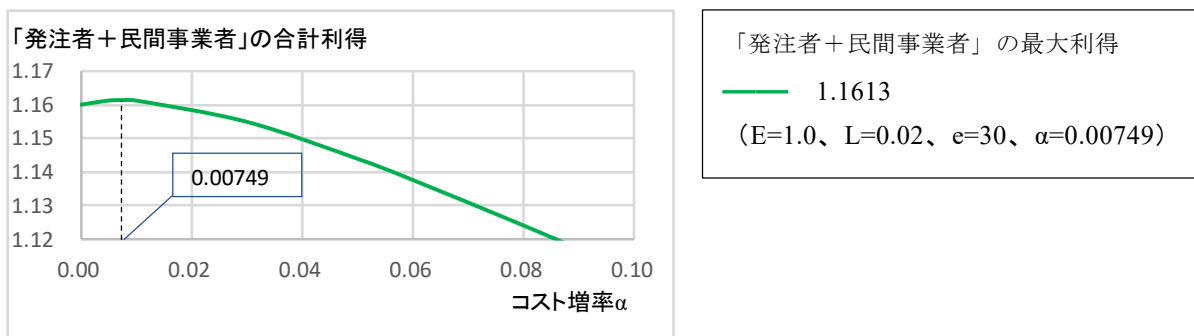
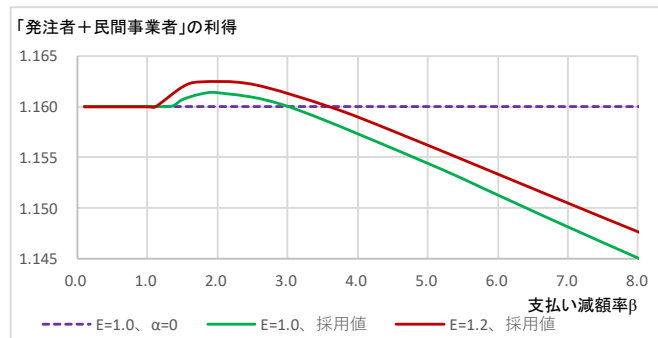
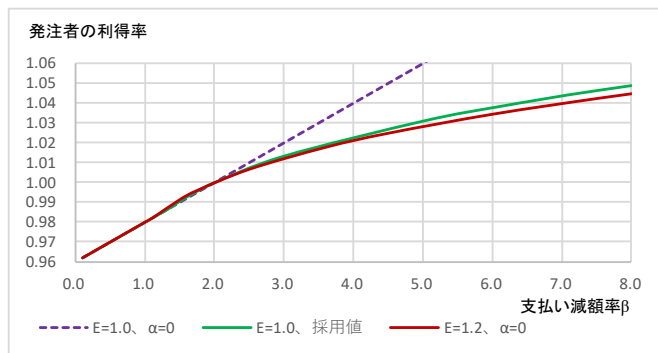
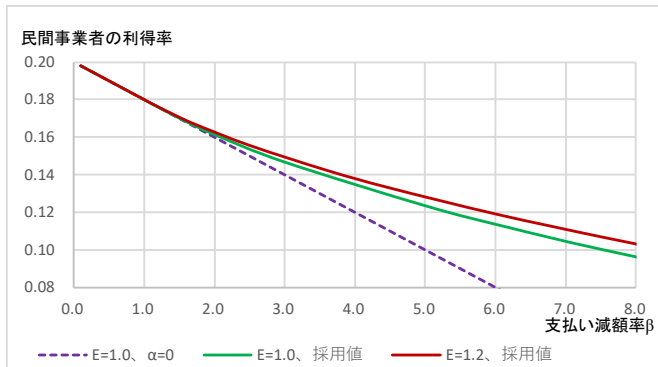


図 3-13 発注者＋民間事業者の合計利得 R_{p+a}

◇ 民間事業者の能力 E の違いによる利得への影響



— E=1.0
— E=1.2

民間事業者の利得率は式(3.6)、
発注者の利得率は式(3.13)、
「発注者+民間事業者の利得率」は式(3.16)
による。

E=1.0 の場合、

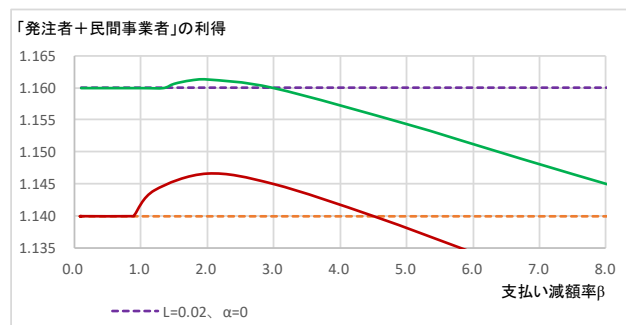
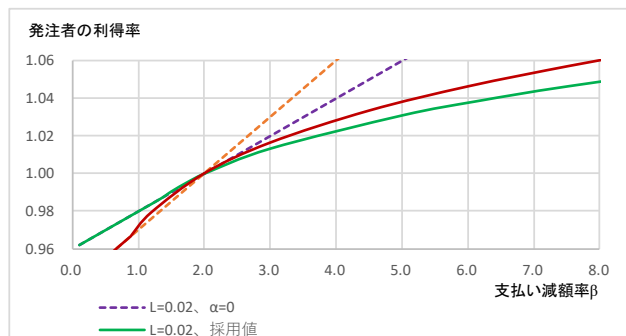
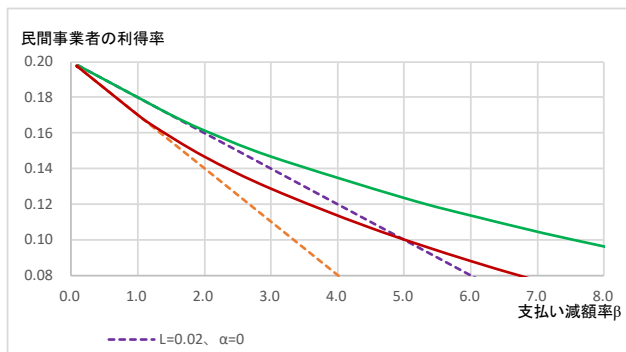
- ・ 民間事業者がパフォーマンスを発揮する範囲： $1.333 < \beta \leq 7.521$
- ・ 「発注者」の利得が最大： $\beta = 7.521$
- ・ 「発注者+民間事業者」の利得が $\alpha=0$ の利得線を上回る範囲： $1.333 < \beta < 3.000$
- ・ 「発注者+民間事業者」の利得が最大： $\beta = 2.000$

E=1.2 の場合、

- ・ 民間事業者がパフォーマンスを発揮する範囲： $1.111 < \beta \leq 8.403$
- ・ 「発注者」の利得が最大： $\beta = 8.403$
- ・ 「発注者+民間事業者」の利得が $\alpha=0$ の利得線を上回る範囲： $1.111 < \beta < 3.600$

図 3-14 民間事業者と発注者の利得線 ($k_1=0.8$ 、 $E=1.0/1.2$ 、 $e=30$ 、 $k_2=0.1$ 、 $\gamma=0.5$ 、 $L=0.02$)

◇ 車線閉鎖率 L の違いによる利得への影響



— $L=0.02$

— $L=0.03$

民間事業者の利得率は式(3.6)、

発注者の利得率は式(3.13)、

「発注者+民間事業者の利得率」は式(3.16)

$L=0.02$ の場合、

- ・ 民間事業者がパフォーマンスを発揮する

範囲： $1.333 < \beta \leq 7.521$

- ・ 「発注者」の利得が最大： $\beta = 7.521$

- ・ 「発注者+民間事業者」の利得が $\alpha=0$ の利得線を上回る範囲： $1.333 < \beta < 3.000$

「発注者+民間事業者」の利得が最大： $\beta = 2.000$

$L=0.03$ の場合、

- ・ 民間事業者がパフォーマンスを発揮する

範囲： $0.889 < \beta \leq 5.014$

- ・ 「発注者」の利得が最大： $\beta = 5.014$

- ・ 「発注者+民間事業者」の利得が $\alpha=0$ の利得線を上回る範囲： $0.889 < \beta < 4.500$

図 3-15 民間事業者と発注者の利得線 ($k_1=0.8$ 、 $E=1.0$ 、 $e=30$ 、 $k_2=0.1$ 、 $\gamma=0.5$ 、 $L=0.02/0.03$)

(2) 「4.3.3 民間事業者と発注者の利得シミュレーション」 (p96) の補足

< ケース 1 (標準発見率 $D_0=0.7$ 、目標発見率 $D_m=0.8$) >

◇ 支払い減額倍率 b による最大利得を与えるコスト増率 α の変化

民間事業者の利得 R_a を $\beta=0.25\sim 1.00$ の範囲で式(4.10)から求めると、下図が得られる。支払い減額倍率 b が設定されると、それに応じて利得を最大にする時のコスト増率 α_q が異なることが分かる。

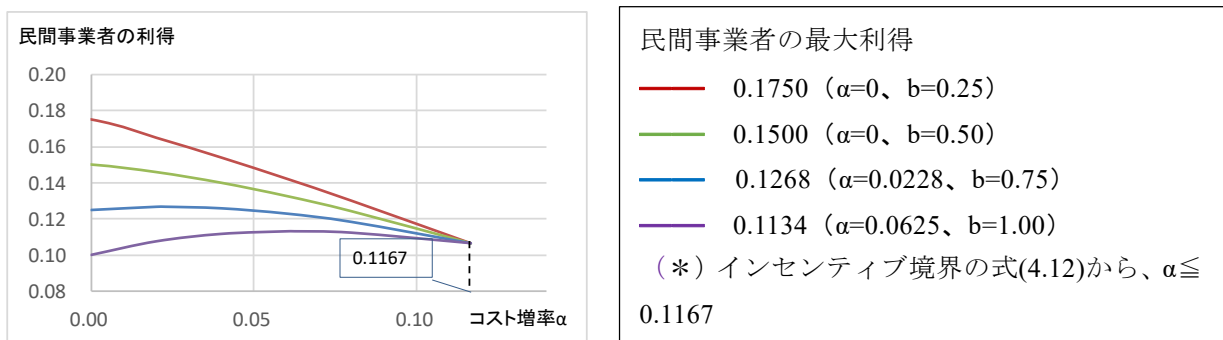


図 4-11 支払い減額倍率 b による最大利得を与えるコスト増率 α の変化 ($k_1=0.8$ 、 $E=1.0$ 、 $e=4.2857$ 、 $D_0=0.7$ 、 $D_m=0.8$)

◇ 支払い減額倍率 b による民間事業者と発注者の利得線

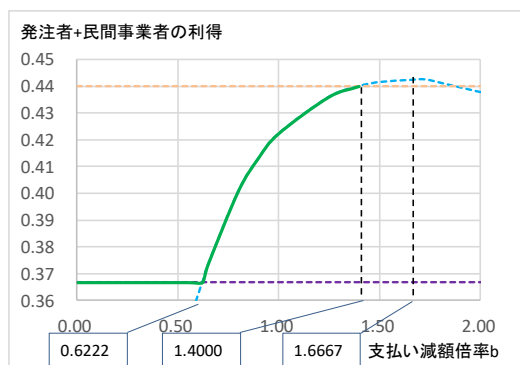
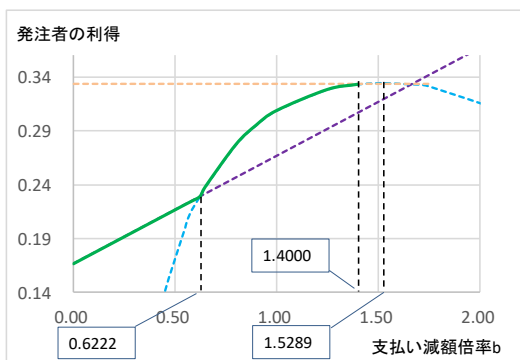
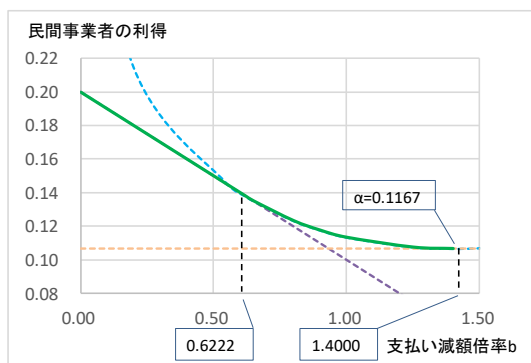
下図は、民間事業者の利得 (利得率)、発注者の利得 (利得率)、発注者の利得+民間事業者の利得 (利得率) を表す。

下図において、 $0 \leq b \leq 0.6222$ の範囲では、民間事業者の最適コスト増率はマイナスとなるため、 $\alpha=0$ の時に利得が最大になり、民間事業者はコスト増率を掛けない行動を取る (スラックが働く)。この時、発注者の利得曲線も $\alpha=0$ の線に乗るため、利得は低位にとどまる。

$0.6222 \leq b \leq 1.4000$ の範囲では、民間事業者は最適コスト増率 α_q までコストを掛けるとそれぞれの b に対して利得を最大にできる。下限値はインセンティブ境界①の式(4.18)に対応する。上限値はインセンティブ境界②の式(4.19)に対応する。この時のコスト増率 α は、指標目標値 D_m を達成する最大値である。支払い減額倍率 b が上限値に設定されると、民間事業者の利得は最小値 (最低利得) になる。当該範囲では、発注者の利得は b の増大とともに大きくなる。

$1.4000 < b$ の範囲では、民間事業者は最大コスト増率以上にコストを掛けない (指標値が目標値を超えても業務委託費が増えない) ため、発注者の利得も上昇しない。

参考までに、発注者の利得 R_p を最大にする支払い減額倍率は、 $b=1.5289$ ($\alpha=0.1324$) の時、民間事業者と発注者の利得の合計 R_p+R_a の最大値は、 $b=1.6667$ ($\alpha=0.1485$) の時であるが、いずれも、最大コスト増率より大きいため、実現しない。



支払い減額倍率 b による民間事業者の利得線

— $\alpha = 0$

— α : コスト増率・最適値

— α : 最大値

(*) インセンティブ境界の式(4.19)から、 $\alpha \leq 0.1167$

- 民間事業者のパフォーマンスゾーン：
 $0.6222 < b \leq 1.4000$
- 発注者の利得線：
 $b = 1.5289$ ($\alpha = 0.1324$) の時に最大値。但し、上記パフォーマンスゾーンを超えているため実現しない。
- 発注者+民間事業者の利得線：
 $b = 1.6667$ ($\alpha = 0.1485$) の時に最大値。但し、上記パフォーマンスゾーンを超えているため実現しない。

図 4-12 支払い減額倍率による民間事業者の利得線 ($\gamma=0.75$ 、 $E=1.0$ 、 $e=4.2857$ 、 $k_1=0.8$ 、 $D_0=0.7$ 、 $D_m=0.8$)

◇ 発注者+民間事業者の合計利得

「発注者と民間事業者の合計利得 R_{p+a} 」を示す。最大値は式(4.22)から、支払い減額倍率 b によらず、コスト増率が $\alpha=0.1485$ の時に得られる。但し、境界条件より、コスト増率の最大値は $\alpha=0.1167$ であるため、下図の最大値は実現しない。

$$\alpha = \sqrt{\frac{(1 - D_0) \times e \times E}{\gamma \times D_m \times k_1} - \frac{1}{e \times E}} \dots\dots(4.22)$$

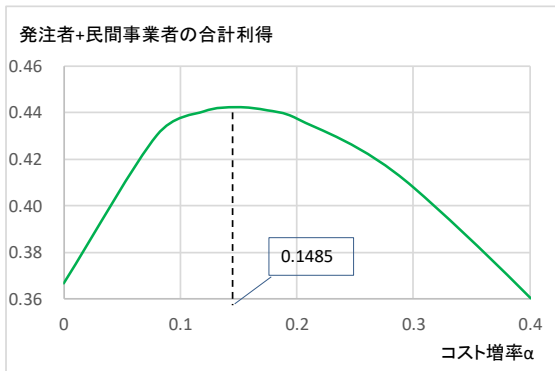


図 4-13 「発注者+民間事業者」の合計利得 R_{p+a}

◇ 発注者の利得式に対する補足

ここで、発注者の利得式(4.7)について補足する。同式では、有料道路の場合の通行料金収入とパフォーマンス指標の関係性と同様、一般道路の場合、発注者にとっての収入（予算獲得）がパフォーマンス指標をベースにしているという考えを取っている。発注者から民間事業者への支払いが、民間事業者のパフォーマンスに依拠している **Availability Payment** 方式の特徴を表している考え方である。ところが、発注者にとっての収入が、民間事業者のパフォーマンスに依らずに一定（ $P \times V$ が固定値）と考えると、発注者の利得式は下式のように示される。

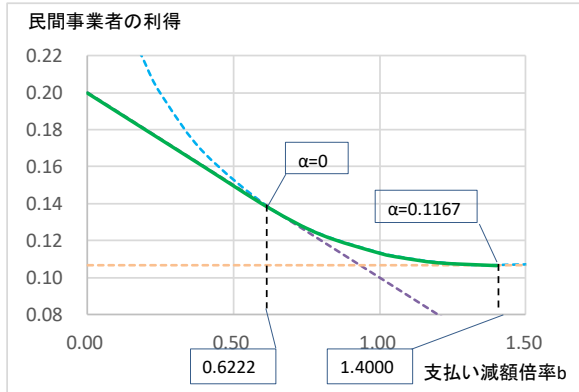
$$R_p = P \times V - \{1 - S(D_e) \times b\} \times W \dots\dots(4.7.1)$$

上式から民間事業者の利得、発注者の利得、および「発注者の利得+民間事業者の利得」を図示すると下図が得られる。これらのうち、「発注者の利得」も「発注者の利得 R_p +民間事業者の利得 R_a 」も $\alpha=0$ の時が最大値になっている。これは、発注者にとって有能な民間事業者を選んでコスト増率のインセンティブを働かせる意味が損なわれてしまう。

同様に、「発注者と民間事業者の合計利得 R_{p+a} 」も $\frac{d R_{p+a}}{d \alpha} = -k_1 < 0$ から、 $\alpha = 0$ の時に「発注者と民間事業者の合計利得」は最大となって合理的な解が得られない。

$$R_{p+a} = \frac{1}{\gamma} - (1 + \alpha) \times k_1 \dots\dots(4.7.2)$$

以上から、民間事業者のパフォーマンスに応じた支払いを特徴とする Availability Payment 方式では、一般道路では公的資金を財源とする予算を発注者の収入と見立て、パフォーマンス指標に関連付けて利得を評価することが合理的だと考えられる。



民間事業者 (E=1.0) の利得線 :

- $\alpha = 0$
- α : コスト増率・最適値
- α : 最大値

(*)インセンティブ境界の式(4.19)から、
 $\alpha \leq 0.1167$

発注者の利得 R_p を最大にする支払い減額倍率 :
 $b=0.6222$ ($\alpha=0$) の時。

民間事業者と発注者の利得の合計 R_p+R_a の最大値 :
 $0 < b < 0.6222$ ($\alpha=0$) の時。

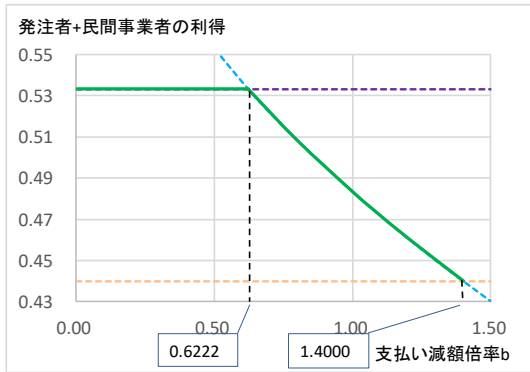
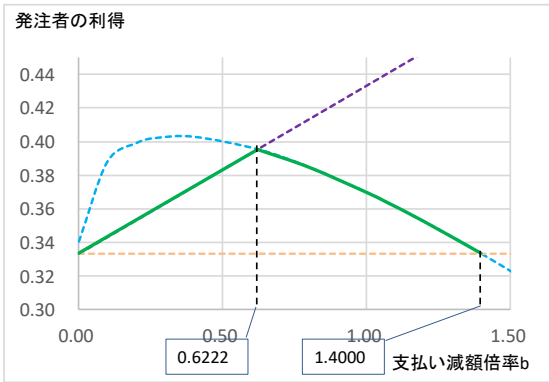
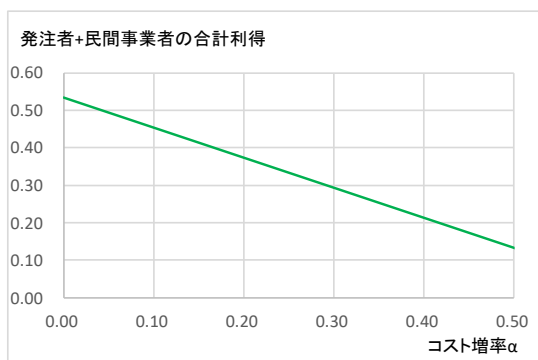


図 4-14 支払い減額倍率による民間事業者と発注者の利得線 ($\gamma=0.75$ 、 $E=1.0$ 、 $e=4.2857$ 、 $k_1=0.8$ 、 $D_0=0.7$ 、 $D_m=0.8$)



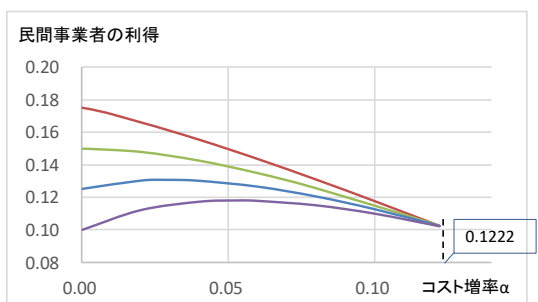
「発注者+民間事業者の合計利得」の最大値は、支払い減額倍率 b によらず、コスト増率が $\alpha=0$ の時に得られる

図 4-15 発注者+民間事業者の合計利得 R_{p+a}

< ケース 2 (標準発見率 $D_0=0.8$ 、目標発見率 $D_m=0.9$) >

◇ 支払い減額倍率 b による最大利得を与えるコスト増率 α の変化

民間事業者の利得 R_a を $b=0.25\sim 1.00$ の範囲で式(4.10)から求めると、下図が得られる。 b が設定されると、それに応じて利得を最大にする時のコスト増率 α_q が異なることが分かる。



民間事業者の最大利得

- 0.1750 ($\alpha=0$, $b=0.25$)
- 0.1500 ($\alpha=0.0014$, $b=0.50$)
- 0.1306 ($\alpha=0.0292$, $b=0.75$)
- 0.1181 ($\alpha=0.0526$, $b=1.00$)

インセンティブ境界の式(4.12)から $\alpha \leq 0.1222$

図 4-16 支払い減額倍率 b による最大利得を与えるコスト増率 α ($k_1=0.8$ 、 $E=1.0$ 、 $e=8.1818$ 、 $k_1=0.8$ 、 $D_0=0.8$ 、 $D_m=0.9$)

◇ 支払い減額倍率 b による民間事業者と発注者の利得線

民間事業者と発注者の利得線を描いて、境界条件との関係を考察する。下図は、民間事業者の利得、発注者の利得、発注者の利得+民間事業者の利得を表す。

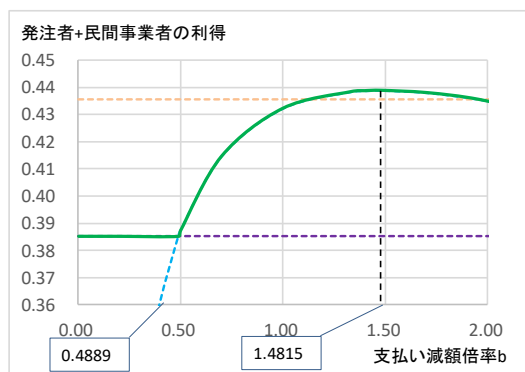
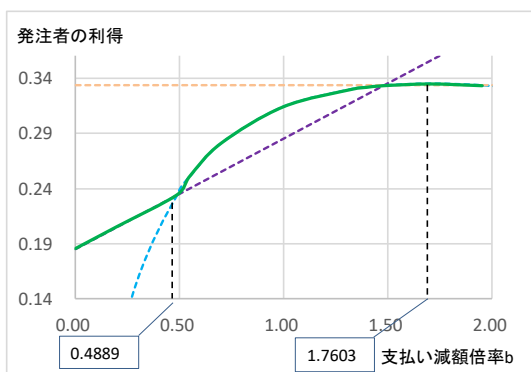
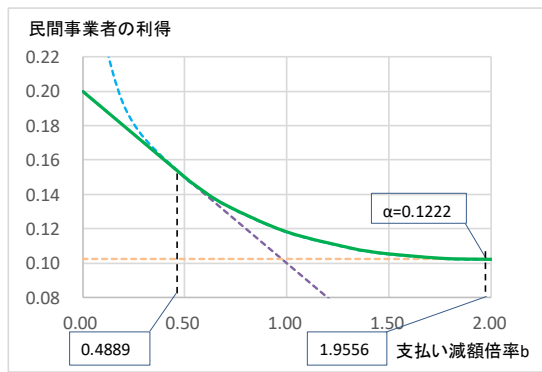
下図において、 $0 \leq b \leq 0.4889$ の範囲では、民間事業者の最適コスト増率はマイナスとなるため、 $\alpha=0$ の時に利得が最大になり、民間事業者はコスト増率を掛けない行動を取る。この時、発注者の利得線も $\alpha=0$ の線（紫色）に乗るため、利得は低位にとどまる。

$0.4889 \leq b \leq 1.9556$ の範囲では、民間事業者は最適コスト増率 α_q までコストを掛けると利得を最大にできる。下限値はインセンティブ境界①の式(4.18)に対応する。上限値はインセンティブ境界②の式(4.19)に対応する。この時のコスト増率 α は、指標目標値 D_m を達成する最大値である。支払い減額倍率 b が上限値に設定されると、民間事業者の利得は最小値（最低利得）に

なる。当該範囲では、発注者の利得は b の増大とともに大きくなる。

$1.9556 < b$ の範囲では、民間事業者は最大コスト増率以上にコストを掛けない（指標値が目標値を超えても業務委託費が増えない）ため、発注者の利得も上昇しない。

参考までに、発注者の利得 R_p を最大にする支払い減額倍率は、 $b=1.7063$ ($\alpha=0.1061$) の時、民間事業者と発注者の利得の合計 R_p+R_a の最大値は、 $b=1.4815$ ($\alpha=0.0905$) の時である。



支払い減額倍率 b による民間事業者の利得線

- $\alpha = 0$
- α : コスト増率・最適値
- α : 最大値

(*)インセンティブ境界の式(4.19)から、 $\alpha \leq 0.1222$

- 民間事業者のパフォーマンスゾーン：
 $0.4889 < b \leq 1.9556$
- 発注者の利得線：
 $b=1.7603$ ($\alpha=0.1061$) の時に最大値
- 発注者+民間事業者の利得線：
 $b=1.4815$ ($\alpha=0.0905$) の時に最大値

図 4-17 支払い減額倍率 b による民間事業者と発注者の利得線 ($k_1=0.8$ 、 $E=1.0$ 、 $e=8.1818$ 、 $k_2=0.1$ 、 $\gamma=0.75$ 、 $D_0=0.8$ 、 $D_m=0.9$)

◇ 発注者+民間事業者の合計利得

「発注者+民間事業者の合計利得 R_{p+a} 」を示す。最大値は式(4.22)から、支払い減額倍率 b によらず、 $E=1.0$ の場合、コスト増率が $\alpha=0.0905$ の時に得られる。

$$\alpha = \sqrt{\frac{(1 - D_0) \times e \times E}{\gamma \times D_m \times k_1}} - \frac{1}{e \times E}$$

・・・(4.22)

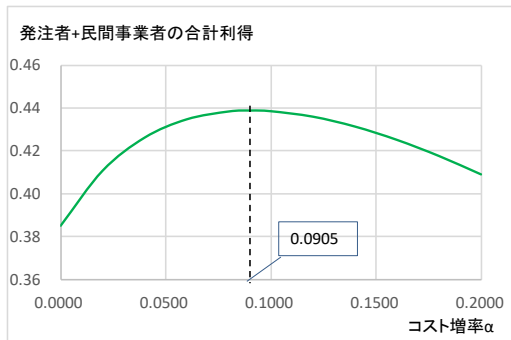
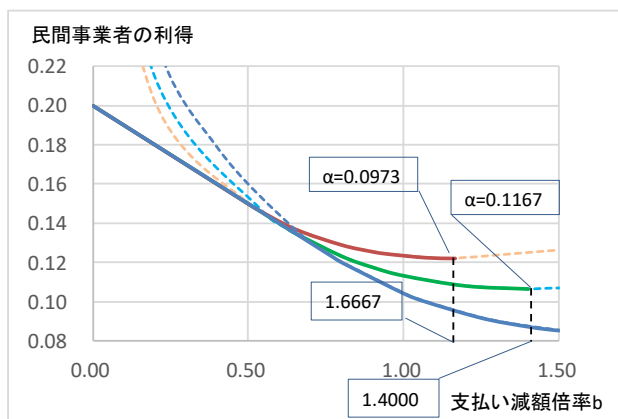


図 4-18 発注者+民間事業者の合計利得 R_{p+a}

◇ 民間事業者の能力 E の違いによる民間事業者と発注者の利得線



民間事業者の利得線：

- E=1.2 ($k_2=0.1222$)
- E=1.0 ($k_2=0.1067$)
- E=0.8 ($k_2=0.0833$)

有能な民間事業者ほど、小さいコスト増率で高い最低利得を確保できる。

- ・ 発注者の利得線：
民間事業者に最大コスト増率を掛けさせるように b を設定すると、各ケースにおける発注者の利得が同値となる。
- ・ 発注者+民間事業者の利得線：
発注者は有能な民間事業者を選定したほうが、合計の利得を高められる。

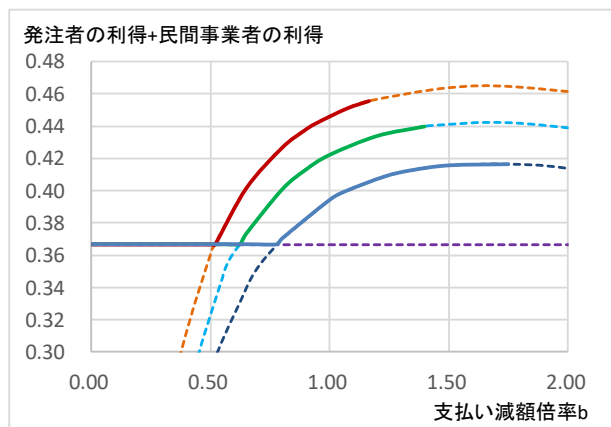
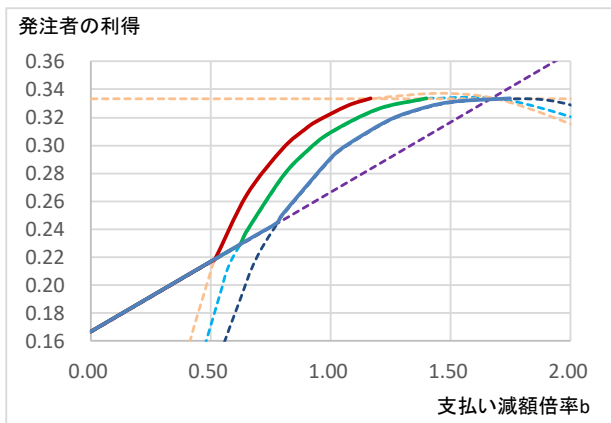
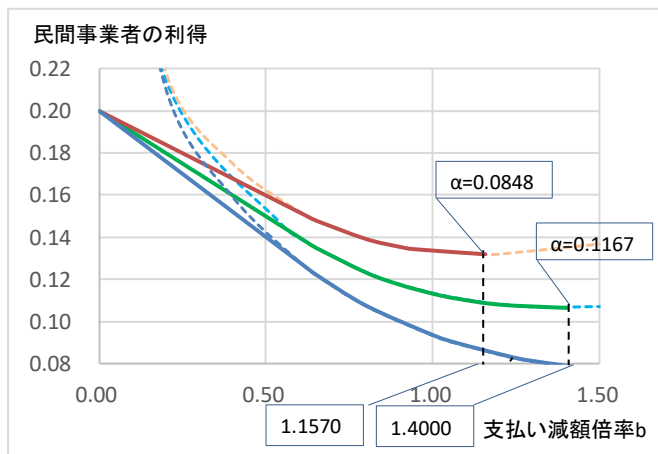


図 4-19 民間事業者の能力 E の違いによる民間事業者と発注者の利得 ($k_1=0.8$ 、 $E=1.2/1.0/0.8$ 、 $e=4.2857$ 、 $\gamma=0.75$ 、 $D_0=0.7$ 、 $D_m=0.8$)

◇ 指標目標値 D_m の違いによる民間事業者と発注者の利得線



民間事業者の利得線：

- $D_m=0.78$ ($k_2=0.1321$)
- $D_m=0.80$ ($k_2=0.1067$)
- $D_m=0.82$ ($k_2=0.0756$)

指標の目標値が低いほど、民間事業者は小さなコスト増率で高い最低利得を確保できる。

・ 発注者の利得線：

民間事業者に最大コスト増率を掛けさせるように b を設定すると、各ケースにおける発注者の利得が同値となる。

・ 発注者+民間事業者の利得線：

指標目標値が低いほうが、合計の利得を高められる。

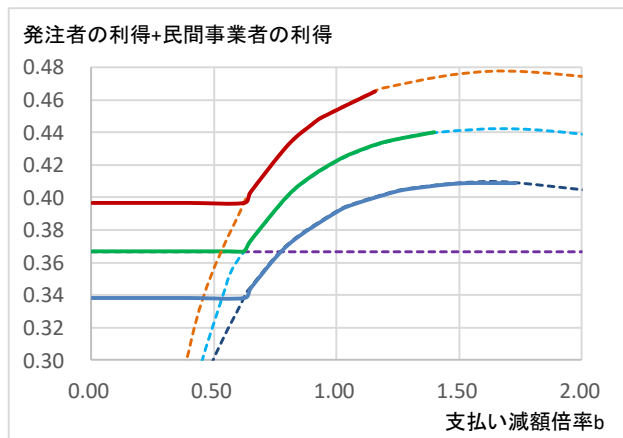
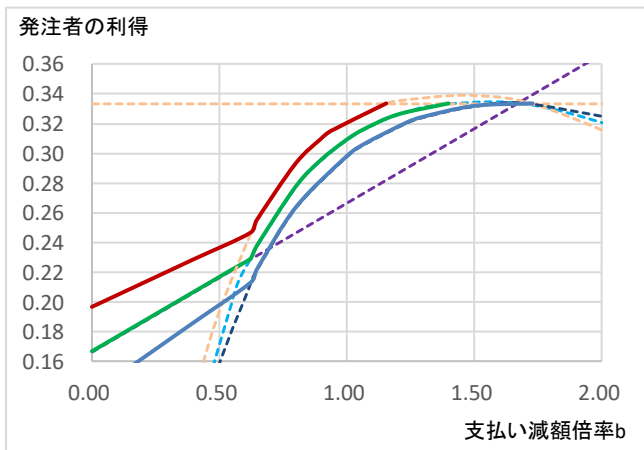


図 4-20 指標目標値 D_m の違いによる民間事業者と発注者の利得 ($k_1=0.8$ 、 $E=1.0$ 、 $e=4.2857$ 、 $\gamma=0.75$ 、 $D_0=0.7$ 、 $D_m=0.78/0.80/0.82$)

(3) 「4.4.3 民間事業者と発注者の利得シミュレーション」 (p107) の補足

◇ 支払い減額倍率 b による最大利得を与えるコスト増率 α の変化

民間事業者の利得 R_a を $b=0.05\sim 0.245$ の範囲で式(4.28)から求めると、下図が得られる。 b が設定されると、それに応じて利得を最大にする時のコスト増率 α_q が異なる。

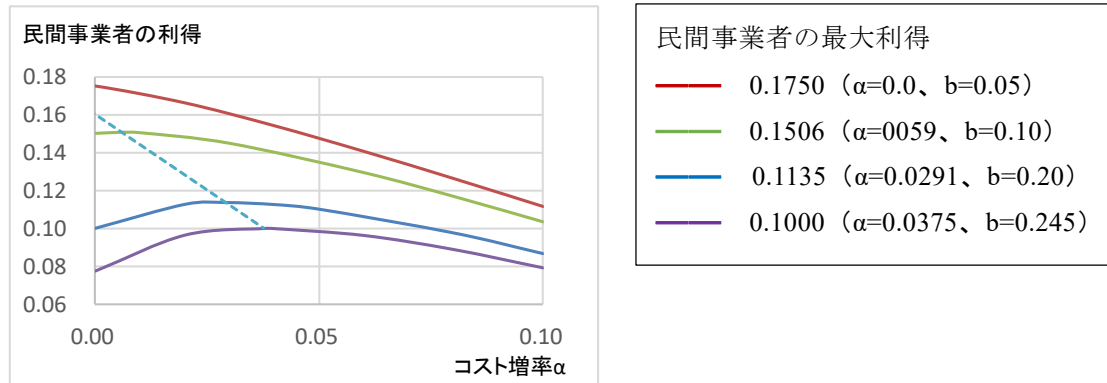
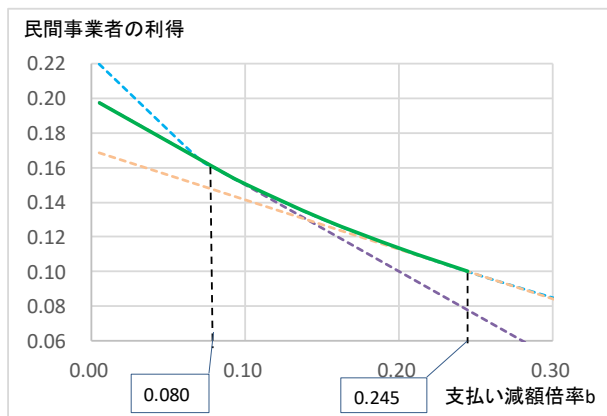


図 4-21 支払い減額倍率 b による最大利得を与えるコスト増率 α ($k_1=0.8$ 、 $E=1.0$ 、 $e=40$ 、 $k_2=0.1$ 、 $T=2.0$ 、 $g=0.50$)

◇ 支払い減額倍率による民間事業者と発注者の利得線



支払い減額倍率 b による民間事業者の利得線

- $\alpha = 0$
- α : コスト増率・最適値
- α : 最大値 ($\alpha=0.0375$ として図示)

- 民間事業者のパフォーマンスゾーン：
 $0.08 < b \leq 0.245$
- 発注者の利得線： $b=0.245$ の時に最大値
- 発注者+民間事業者の利得線：
 $b=2.6667$ ($\alpha=0.2387$) の時に最大値。
但し、上記のパフォーマンスゾーンを超えているため実現しない

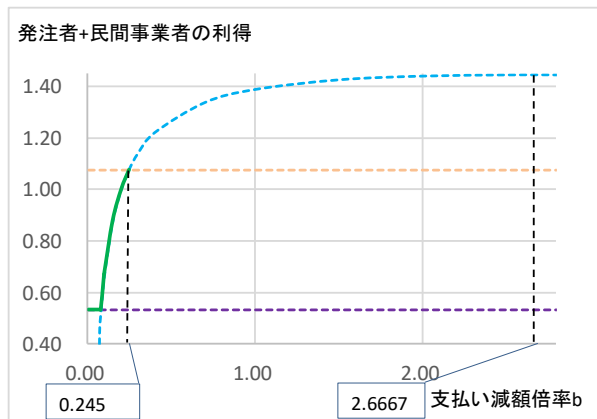
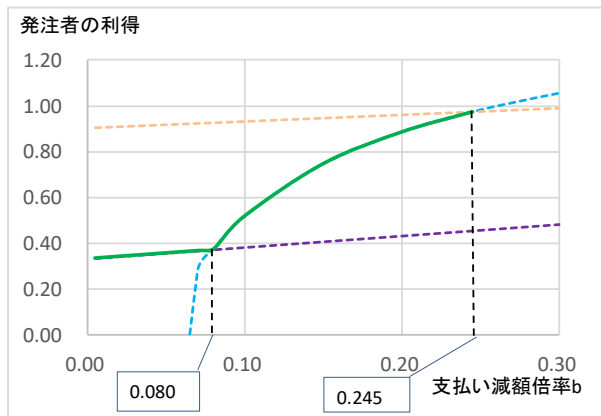


図 4-22 支払い減額倍率による民間事業者と発注者の利得線 ($k_1=0.8$ 、 $E=1.0$ 、 $e=40$ 、 $k_2=0.1$ 、 $\gamma=0.75$ 、 $T=2.0$ 、 $g=0.50$)

◇ 発注者+民間事業者の合計利得

「発注者+民間事業者の合計利得 R_{p+a} 」を示す。最大値は式(4.34)から、支払い減額率倍率 b によらず、 $\alpha=0.2387$ の時に得られる。その時の利得は $R_{p+a}=1.445$ であり、民間事業者と発注者の利得の合計 $R_p + R_a$ の最大値と同値 ($b=2.6667$ 、 $\alpha=0.2387$) となる。

$$\alpha_q = \sqrt{\frac{1-g}{e \times E \times g \times k_1 \times \gamma}} - \frac{1}{e \times E \times g}$$

.....(4.34)

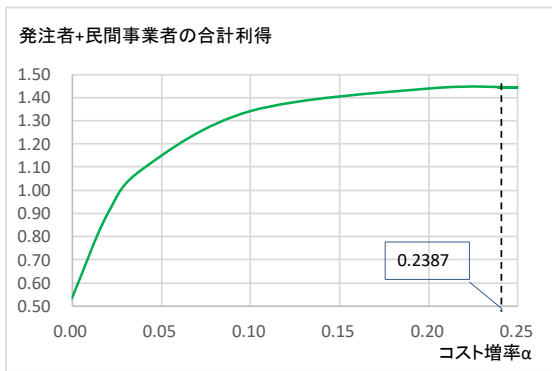


図 4-23 「発注者+民間事業者」の合計利得 R_{p+a}

謝辞

本論文は、2016年8月～2017年7月の1年間、東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻・小澤一雅教授の研究室で、受託研究委員として過ごした際に選定したテーマがベースになりました。小澤先生にはSSMS（Society for Social Management Systems）や土木学会への論文投稿の機会を含めて、様々な観点からご指導を賜りました。いくら感謝しても感謝しきれません。

副査をお引き受けいただきました東京大学大学院新領域創成科学研究科国際協力学専攻・堀田昌英教授、東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻・加藤浩徳教授、東京大学工学系研究科レジリエンス工学研究センター技術経営戦略学専攻・元橋一之教授、日本大学危機管理学部・木下誠也教授には、審査の過程でご専門の観点から根源的なご指導を賜りました。なかなか理解が進まず、ようやく論文の形になったという状況です。先生方には深く感謝の意を表します。

東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻・MAEMURA YU OLIVER 講師には2017年9月にバンコクで開かれたSSMSシンポジウムで発表した論文でご指導をいただきました。国内外のPFI/PPPに詳しい熊谷組の大島邦彦氏からは様々な情報提供を賜りました。国内でいち早くISO55000シリーズの認証取得に取り組まれた道路維持管理の専門家であるガイアートの鈴木泉氏には実務の考え方を丁寧に教えていただきました。お二人とは、昼夜を問わず勉強会を開いて情報交換させていただいたこと、感謝申し上げます。

また2016年10月、2017年3月、同10月に開催されたインフラ事業戦略研究会（小澤教授主催）での発表の折には、発注者の立場から様々なご指摘をいただき、情報の拡大、研究の軌道修正につながりました。小澤研究室秘書の窪田美保子様には受託研究員の時からお世話になりっぱなしです。お世話になりました皆様方に、この場をお借りして厚く御礼を申し上げます。

2019年8月
平島 寛

【付表】

■ I-595（米国フロリダ州）における O&M 要求水準 Availability Faults（運営期間中）

（資料：FDOT: I-595 RFP Volume II - Technical Requirements Division II, Section 4, Operations & Maintenance Requirements）

米国で Availability Payment 方式が最初に適用された I-595（フロリダ州）の O&M 要求水準と Availability Faults（運営期間中）を記載する。業務項目が細分化され、それぞれに対して、最小限の性能要求（Minimum Performance Requirements）、不履行（O&M Violation、Availability Faults）のクラス分け、原状修復期間（Cured Period）、再発間隔（Interval of Recurrence、原状修復期間を過ぎて減額を加算する間隔）が一覧表で示されている。

表-1 O&M 要求水準（運営期間中）

要素	要求作業	最小限の性能要求	O&M 違反区分	原状修復期間	再発間隔
維持管理評価性能 (MRP)	FDOT の MRP ハンドブックに応じて毎月の MRP サイクルを実施	四半期ごとにFDOT Procedure No. 850-000-015 -Roadway and Roadside Maintenanceに要求されている全てのMRP評価点の最小値に適合	D	0	N/A
		四半期ごとに個々の要素に対する FDOT Procedure No. 850-000-015 -Roadway and Roadside Maintenance に要求されている評価点の最小値に適合	C	0	N/A
		四半期ごとに個々の特性に対する FDOT Procedure No. 850-000-015 -Roadway and Roadside Maintenance に要求されている評価点の最小値に適合	B	0	N/A
たわみ性舗装					
カテゴリー1 竣工後 0~3 年の舗装	走行者の安全性に対して、舗装を許容レベルに維持する	技術要求書の Division II Section6 に記述されている以下の性能要求に適合			
		深さ 0.25 インチ未満のわだち	B	90 日	5 日
		RN が 3.5 超に保持された乗り心地	B	90 日	5 日
		沈下／くぼみが最大深 0.5 インチ	B	7 日	毎日
		ひび割れの累積長 > 30 ft > 0.1 マイル当たり 0.125 インチ	B	90 日	5 日
		州ホームページの例示に準じた部署の規定や決定による摩擦コースの荒れや層間剥離	C	90 日	5 日
		ポットホールや滑面が面積 0.5ft ² 、深さ 1.5 インチ未満	C	24 時間	1 時間
カテゴリー1 竣工後 3 年以上の舗装	走行者の安全性に対して、舗装を許容レベルに維持する	技術要求書の Division II Section6 に記述されている以下の性能要求に適合			
		深さ 0.375 インチ未満のわだち	B	180 日	5 日
		RN が 3.5 超に保持された乗り心地	B	180 日	5 日
		沈下／くぼみが最大深 0.5 インチ	C	7 日	毎日
		ひび割れが舗装状態評価 7.0 超	B	180 日	5 日
		州ホームページの例示に準じた部署の規定や決定による摩擦コースの荒れや層間剥離	B	180 日	5 日 毎
		ポットホールや滑面が面積 0.5ft ² 以下、深さ 1.5 インチ以下	C	24 時間	1 時間

カテゴリー2 竣工後0~3 年の舗装	走行者の安全性に対して、舗装を許容レベルに維持する	契約書の Division II Section6 の Section337 と 338 に記述されている性能要求に適合			
		深さ 0.4 インチ未満のわだち	B	90 日	5 日
		ひび割れが舗装状態評価 7.0 超	B	90 日	5 日
		州ホームページの例示に準じた部署の規定や決定による表面劣化	B	90 日	5 日
		ポットホールや滑面が面積 0.5ft ² 以下、深さ 1.5 インチ以下	C	24 時間	1 時間
		沈下／くぼみが最大深 0.5 インチ	B	7 日	毎日
カテゴリー2 竣工後3年以上以降の舗装	走行者の安全性に対して、舗装を許容レベルに維持する	技術要求書の Division II Section6 に記述されている以下の性能要求に適合			
		深さ 0.4 インチ未満のわだち	B	90 日	5 日
		ひび割れが舗装状態評価 7.0 超	B	90 日	5 日
		州のホームページに準じた部署の規定や決定による表面劣化	B	90 日	5 日
		ポットホールや滑面が面積 0.5ft ² 以下、深さ 1.5 インチ以下	C	24 時間	1 時間
		沈下／くぼみが最大深 0.5 インチ	B	7 日	毎日
カテゴリー3 舗装（運営期間）	走行者の安全性に対して、舗装を許容レベルに維持する	たわみ状態調査ハンドブックと契約書の Division II Section6 の Section337 と 338 に記述されている性能要求に適合			
		0.125 インチ超のひび割れの累積長が 500ft 超	B	90 日	5 日
		州ホームページの例示に準じた部署の規定や決定による表面劣化	B	90 日	5 日
		沈下／くぼみが最大深 0.5 インチ	C	7 日	5 日
たわみ性舗装（運営期間）	火事や油漏れ等による大きな損傷後の点検	当該範囲を目視点検して当局に補修を推奨	A	24 時間	毎時
		点検で発見された箇所を補修を完了させて技術要求書の Division II Section6 の要求に適合	C	3 日	毎日
剛性舗装					
ポルトランドセメント・コンクリート舗装 （竣工後0~5年）	走行者の安全性に対して、舗装を許容レベルに維持する	技術要求書の Division II Section6 に記述されている以下の性能要求に適合			
		RN が 3.5 超に保持された乗り心地	B	90 日	5 日
		いずれの車線・マイル当たり、幅 1 インチ超で累積長 10ft 超の剥離、またはどんな長さでも 3 インチ超の剥離	B	7 日	毎日
		剛性舗装のポットホールが面積 0.5ft ² 以下、深さ 1.5 インチ以下	C	24 時間	毎時
		いずれの剛性舗装のスラブが 3 つ超のピースに分かれるようなひび割れは入っていない	B	30 日	5 日
		いずれの車線・マイル当たり、幅 0.125 インチ超のひび割れが 4 つ、または 0.188 インチ超のひび割れ	B	90 日	5 日
ポルトランドセメント・コンクリート舗装 （竣工後5年以上以降）	走行者の安全性に対して、舗装を許容レベルに維持する	技術要求書の Division II Section6 に記述されている以下の性能要求に適合			
		ひび割れが舗装状態評価 7.0 超	B	90 日	5 日
		RN が 3.5 超に保持された乗り心地	B	90 日	5 日
		いずれの車線・マイル当たり、幅 1 インチ超で累積長 10ft 超の剥離、またはどんな長さでも 3 インチ超の剥離	B	7 日	毎日
		剛性舗装のポットホールが面積 0.5ft ² 以下、深さ 1.5 インチ以下	C	24 時間	毎時
		いずれの車線・マイル当たり、幅 0.125 インチ超のひび割れが 4 つ、または 0.188 インチ超のひび割れ	B	90 日	5 日

		いずれの剛性舗装のスラブが 3 つ超のピースに分かれるひび割れは入っていない	B	30 日	5 日
油漏れ・汚染	油漏れや汚染の影響のある範囲の点検や、影響軽減のための清掃活動の実施	影響範囲の目視点検と、補修作業の奨励書の当局への提出	A	24 時間	毎日
		当局への提出と承認に対する清掃・監視計画の実行	C	3 日	毎日
		軽減措置と清掃作業の励行。監視計画の実行	C	10 日	毎日
ガードレール	走行者の安全性に対して、舗装を許容レベルに維持する	FDOT の設計基準、道路・橋梁建設標準仕様 Section536、標準維持管理特別条項 ME536、コンセッション会社の設計基準の性能要求に適合	B	3 日	毎日
	点検の実施	FDOT 手順書 850-055-003 に準じた点検の完了 点検報告で確認された補修の完了	A B	0 30 日	毎日 毎日
緩衝材	走行者の安全性に対して、舗装を許容レベルに維持する	FDOT の設計基準、道路・橋梁建設標準仕様 Section544、標準維持管理特別条項 ME544、コンセッション会社の設計基準の性能要求に適合	B	2 日	毎日
	点検の実施	FDOT 手順書 850-055-003 に準じた点検の完了 点検報告で確認された補修の完了	A B	0 30 日	毎日 毎日
フェンス	走行者の安全性に対して、舗装を許容レベルに維持する	最新の FDOT 標準、道路・橋梁建設標準仕様 Section550、標準維持管理特別条項 ME550 の性能要求、および MRP ハンドブックに規定された要求に適合	C	10 日	毎日
標識	走行者の安全性に対して、舗装を許容レベルに維持する	FDOT の設計基準、道路・橋梁建設標準仕様 Section700、標準維持管理特別条項 ME700、コンセッション会社の設計基準の性能要求に適合	B	5 日	毎日
	点検の実施	FDOT 手順書 850-055-025 に準じた点検の完了 点検報告で認知された補修の完了	A B	0 30 日	毎日 毎日
排水システム	走行者の安全性に対して、舗装を許容レベルに維持する	最新の FDOT 設計標準、道路・橋梁建設標準仕様 Section104 に規定された性能要求、および MRP ハンドブックに規定された基準に適合	B	7 日	毎日
	排水システムの毎年の点検の実施	MRP ハンドブックに準じた、排水システム構成要素（プロジェクトの管轄にある外側・横断の排水、道路沿いの排水溝、流入口、種々の排水構造と、ゴルフコースへの全ての水制御装置）の毎年の点検	A	0	毎日
		点検報告で認知された補修と欠陥補正の完了	B	30 日	毎日
NPDES	NPDES 許容値を監視	NPDES 許容値の要求、監視、報告に準拠	A	30 日	毎日
コンクリート歩道点検	走行者の安全性に対して、歩道を許容レベルに維持する	最新の FDOT 設計標準である Section 520 & 522 of the Standard Specification for Road & Bridge Construction, Standard Maintenance Special Provisions -ME522、製造者の使用、コンセッション会社の設計基準に準拠	B	7 日	毎日
	毎年の点検	MRP ハンドブックに規定された基準に準じて毎年の点検を実施	A	0	毎日
		点検報告書で確認された補修の完了	B	30 日	毎日
防護壁	走行者の安全性に対して、防護柵を許容レベルに維持する	Section 785-5 of the Standard Specifications for Road & Bridge Construction またはコンセッション会社の設計基準に規定された性能要求に適合	B	7 日	毎日

	防護壁に対して毎年、点検を実施	防護壁システムの点検を毎年、実施	A	0	毎日
		点検報告書で確認された補修の完了	B	30日	毎日
料金ゲートシステム点検	走行者の安全性に対して、料金ゲートを許容レベルに維持する	コンセッション会社の設計基準の性能要求に準拠	B	5日	毎日
		点検の実施	A	0	毎日
		FDOT Procedure 850-010-030または続編に準じた点検の実施	B	30日	毎日
		点検報告書で確認された補修の完了	B	30日	毎日
料金設備とITSシステム	走行者の安全性と24時間運用に対して、料金設備を許容レベルに維持する	Section 785-5 of the Standard Specifications for Road & Bridge Constructionまたはコンセッション会社の設計基準に規定された性能要求に適合	B	7日	毎日
		料金設備とITSシステムの毎年の点検	A	0	毎日
		屋根、壁、ドア、照明の機能確認	B	30日	毎日
		点検報告書で確認された補修の完了	B	30日	毎日
障害物除去	クリアゾーンを走行者の安全許容レベルに維持する	障害物の除去	B	4時間	毎日
道路照明	走行者の安全性に対して、道路照明を許容レベルに維持する	点検によって確認された補修の完了と Division II, Section 6 of the Technical Requirementsとの詳細部の適合	B	2日	毎日
		道路照明システムの毎年の点検の実施	A	0	毎日
	道路照明システムの毎月の目視点検の実施	毎年の点検の実施によって欠陥をなくし、独自の設計基準、またはPlans Preparation Manualに準じて一律の照明の品質を一律に保持	B	30日	毎日
		毎月の点検の実施。Procedure 850-000-015または続編、更にMRPハンドブックに規定された要求水準に適合し、寿命超過が10%未満、連続する2基以上の機能停止を防止	C	2日	毎日
		道路照明の5日以上機能停止を防止	C	1日	毎日
		道路照明の機能回復	B	5日	毎日
誘導照明	走行者の安全性に対して、誘導照明を許容レベルに維持する	Standard Maintenance Special Provisions - ME715-50に詳細に規定されている誘導照明仕様に対する性能要求に適合	B	0	毎日
		誘導照明の機能回復	C	5日	毎日
マスト状張出構造物	点検の実施	FDOT Procedure 850-010-030 または 続編に準じた点検の完了	A	0	毎日
		報告書の完成と Broward 郡への報告書送付	B	30日	毎日
車線上の標識構造物	走行者の安全性に対して、車線上の標識構造物を許容レベルに維持する	FDOT Design Standards and the Standard Specifications for Road & Bridge Construction、またはコンセッション会社の設計基準に規定された性能要求への適合	B	7日	毎日
		点検の実施	A	0	毎日
		FDOT Procedure 850-010-030 または続編に準じた点検の完了	B	30日	毎日

マスト状照明ポール	走行者の安全性に対して、マスト状照明ポールを許容レベルに維持する	FDOT Design Standards、Standard Specifications for Road & Bridge Construction、Chapter 7 of the Plans Preparation Manual、および製造者の仕様に規定された性能要求に適合	B	7日	毎日
	点検の実施	FDOT Procedure 850-010-030 または続編に準じた点検の完了	A	0	毎日
		点検報告書で確認された補修の完了	B	30日	毎日
橋梁	走行者の安全性に対して、橋梁を許容レベルに維持する	FDOT 設計基準、道路・橋梁建設標準仕様、コンセッション会社の設計基準等に適合	B	5日	毎日
	橋梁点検の実施	FDOT/Procedure 860-010-030 に準じて点検を実施	A	0	毎日
	点検結果をPontisに入力	Procedure 860-010-030 に準拠	B	10日	毎日
	橋梁作業指示への対処	Procedure 860-010-030 に準拠	B	5日	毎日
	橋梁点検に対するQARの実施	橋梁点検 QAR スコアが Procedure 860-010-030 の最小値に適合	B	0	毎日
橋梁メンテナンス	点検によって発覚した補修の実施	日常：日常：既存の性能レベルを維持する、劣化の進行を予防する、あるいは構造物のサービス提供期間を延長する補修を完了	B	180日	10日毎
		早期：構造物の信頼性を保持する、または望ましい性能レベルを維持するために不具合や欠陥を修繕	C	90日	5日
		緊急：構造物に対する致命的な損傷を修繕して走行車の安全性を保証する補修を速やかに開始する。工事はすぐに開始してできるだけ早期に完了	E	30日	毎日
鋼構造物塗装	継続監視	構造物の全舗装システムの“Condition State”が2以上を最低50%に抑える（FDOT Bridge Inspectors Field Guide Structural Elementsに準拠）。スポット塗装は予防保全対策として腐食部のみ許容。景観上、塗装システムは一様で見た目に配慮	B	120日	10日
落書き	継続監視と落書きの無い資産の維持	落書きを除去・再塗装し、調整部を併せてClass 5の仕上げを施す	B	1日	毎日
コンクリート表面の圧力清掃	コンクリート壁、防音壁、コンクリートスロープ、擁壁、歩道の継続監視	コンクリート表面を汚れとカビの無い状態に保持	B	60日	10日
コンクリート斜面や表面の草木管理	コンクリート壁、防音壁、コンクリートスロープ、擁壁、歩道の継続監視	コンクリート表面に草が無い状態を保持。コンクリートのスロープや橋梁、擁壁、歩道、縁石、側溝の継ぎ目に草が生えないように管理	B	30日	毎日
景勝部	継続監視	景勝部は建設当初の状態または時代と共に保持	C	30日	毎日
化学的植栽管	沿道植栽、ガー	Standard Specifications for Road & Bridge	B	30日	毎日

理	ドレール下、舗装表面の継ぎ目、貯水池や水路周辺の水生植物や土地の継続監視	Construction and the Standard Maintenance Special Provisions - ME715-50の詳細である Section 580-33 Check に規定されている性能要求に適合			
化学肥料	芝生に対して年1回の化学肥料散布	健全な芝生の育成のためにFDOT Standard Specification 982 に規定されている性能要求に適合	B	30日	毎日
防音壁	防音壁を走行者の安全性に対して許容レベルに保つ	FDOT Design Standards, Section 534 of the Standard Specifications for Road & Bridge Construction、または製造者の仕様に規定された性能要求に適合	B	30日	毎日
	塗装とコーティングを維持	Volume 6, Chapter 2, Section 2.13 of the FDOT Structures Manual、または続編に規定された性能要求に適合	B	180日	毎月
	製造者の仕様に準じて毎年の点検を実施	Section 534 of the FDOT Standard Specifications for Road & Bridge Construction と製造者の仕様に規定された性能要求に適合	A	0	毎日
道路特性台帳 (RCI)	プロジェクトのRCIの実施	RCI マニュアルに準拠	B	60日	3日
	新規要素・特性の追加	FDOTのRCI Manual と Procedure 850-000-001 または続編に規定された性能要求に適合	B	30日	毎日
	5年ごとにデータを100%更新	FDOTのRCI Manual と Procedure 850-000-001 または続編に規定された要求に適合	B	30日	毎日
利用者サービス要員	契約書類に準拠	利用者に連絡	C	1日	毎日
		利用者の要求に対応して部局に文書を提出	C	10日	毎日
		CAによる求めがあれば、CAに応じて要求作業を実施	C	30日	7日
ITS 運営	路上除去に要する時間測定	I-595 高速レーンにおける四半期ごとの平均 Roadway Clearance Duration (分) は、www.smartsunguide.com が発行している FDOT 第4地区のITS Performance Measures の90%以下にすること	B	0	N/A
	事象除去に要する時間測定	I-595 高速レーンにおける四半期ごとの平均 Incident/Event Clearance Duration (分) は、www.smartsunguide.com が発行している FDOT 第4地区のITS Performance Measures の90%以下にすること	B	0	N/A
	路上除去に要する時間測定	I-595 一般レーンにおける四半期ごとの平均 Roadway Clearance Duration (分) は、www.smartsunguide.com が発行している FDOT 第4地区のITS Performance Measures の90%以下にすること	B	0	N/A
	事象除去に要する時間測定	I-595 高速レーンにおける四半期ごとの平均 Incident/Event Clearance Duration (分) は、www.smartsunguide.com が発行している FDOT 第4地区のITS Performance Measures の90%以下にすること	B	0	N/A
TMC 運営	継続監視	TMC 運営者はここで要求されている義務を実践すること	B	0	N/A
		TMC 運営者はコントロール室ではサービス範囲の中でシフトをすること	B	0	N/A
緊急アクセス	走行者の安全	製造者の仕様に規定された性能要求に適合	D	2日	毎日

ゲート	性に対して許容レベルに保つ				
	毎月、システムのテストの実施	製造者の仕様に準じて毎月、システムのテストの実施	B	1日	毎日
	毎月、システムの点検の実施	製造者の仕様に準じて毎月、システムの点検の実施	B	3日	毎日
点検報告書で確認された補修の完了		C	3日	毎日	
納品物	毎月5日までに月次のメンテナンス報告書を電子データで当局に提出	月次のメンテナンス報告書は、毎月のメンテナンス計画活動、期間中のメンテナンス実績、更に契約書類に応じた全メンテナンス対応の確認を含む	A	0	毎日
ITS メンテナンスサービス	緊急対応	通常 (business) 時間帯における緊急メンテナンス作業への対応	A	10分	15分
		非常 (non-business) 時間帯における緊急メンテナンス作業への対応	A	1時間	30分
		緊急メンテナンス作業による補修完了	A	2時間	毎時
	早期対応	通常 (business) 時間帯における早期メンテナンス作業への対応	A	30分	30分
		非常 (non-business) 時間帯における早期メンテナンス作業への対応	A	2時間	毎時
		早期メンテナンス作業による補修完了	A	4時間	毎時
	優先メンテナンス作業	優先メンテナンス作業への対応	A	24時間	6時間
		優先メンテナンス作業による補修完了	A	24時間	6時間
	コンセッション会社のO&M計画に基づく予防メンテナンス作業と日常メンテナンス作業	予防メンテナンス作業と日常メンテナンス作業の実施	A	10日	5日
	バックアップ用ファイバ回線	回線に損傷が無い状態	FDOT の設計標準、Section 783 of the Standard Specification for Road & Bridge Construction、製造者の仕様またはコンセッション会社の設計基準に規定された性能要求への適合	C	4時間
FDOTの設計標準、Section 783 of the Standard Specification for Road & Bridge Construction、製造者の仕様またはコンセッション会社の設計基準に規定された要求に準じて補修を完了。損傷したファイバ回線を終点から終点まで同じ型のケーブルで交換			D	90日	1週
Hub-3 から ITS デバイスの間の既存の接続リンクを保護		損傷した接続機器 (ファイバ回線、パイプ、プルボックス、接合キャビネット、ハブ等) を補修または交換する。損害を受けた光ファイバケーブルは一時的に通信を元に戻すために継がれる場合がある	B	4時間	15分
ITS 信頼性	TMS システムの継続監視と信頼性の保持	四半期ごとの TMS システムの信頼性が 94% 以上			
		四半期ごとの TMS システムの信頼性が 91~94%に低下した場合	B	0	四半期

		四半期ごとの TMS システムの信頼性が 85～90%に低下した場合	C	0	四半期
		四半期ごとの TMS システムの信頼性が 85%以下に低下した場合	D	0	四半期
	ITS 現地デバイスシステムの継続監視と性能要求通りの維持	四半期ごとの ITS 現地デバイスシステムのパフォーマンスが 97%以上			
		四半期ごとの ITS 現地デバイスシステムの信頼性（通信、DMS、HAR、CCTV、VDS サブシステム等）が 95～97%に低下した場合	B	0	四半期
		四半期ごとの ITS 現地デバイスシステムの信頼性（通信、DMS、HAR、CCTV、VDS サブシステム等）が 91～94%に低下した場合	C	0	四半期
		四半期ごとの ITS 現地デバイスシステムの信頼性（通信、DMS、HAR、CCTV、VDS サブシステム等）が 85～90%に低下した場合	D	0	四半期
		四半期ごとの ITS 現地デバイスシステムの信頼性（通信、DMS、HAR、CCTV、VDS サブシステム等）が 85%に低下した場合	E	0	四半期
	TMC IT サブシステムの継続監視と信頼性の性能要求通りの維持	四半期ごとの TMC IT システムの信頼性が 99%以上			
		四半期ごとの TMC IT システムの信頼性が 98～99%に低下した場合	B	0	四半期
		四半期ごとの TMC IT システムの信頼性が 95～97%に低下した場合	C	0	四半期
		四半期ごとの TMC IT システムの信頼性が 92～94%に低下した場合	D	0	四半期
		四半期ごとの TMC IT システムの信頼性が 92%に低下した場合	E	0	四半期
	高速レーンアクセス制御サブシステムの継続監視と性能要求通りの維持	四半期ごとの高速レーンアクセス制御サブシステムのパフォーマンスが 99%以上			
		四半期ごとの高速レーンアクセス制御サブシステムの信頼性が 98～99%に低下した場合	B	0	四半期
		四半期ごとの高速レーンアクセス制御サブシステムの信頼性が 95～97%に低下した場合	C	0	四半期
		四半期ごとの高速レーンアクセス制御サブシステムの信頼性が 92～94%に低下した場合	D	0	四半期
		四半期ごとの高速レーンアクセス制御サブシステムの信頼性が 92%に低下した場合	E	0	四半期
TMC 運営	リアルタイムデータとビデオの当局への転送	事業期間中に全てのビデオとデータにリアルタイムでアクセスできること	A	1 時間	15 分
	SMART SunGuide TMCに車線・道路閉鎖を通知	O&M 事業期間中、車線・道路閉鎖を確認してから 5 分以内に SMART SunGuide TMC に通報	A	5 分	5 分
	DMS と HAR にメッセージ送信	車線封鎖、道路閉鎖を確認してから 3 分以内に DMS と HAR に通報	A	3 分	5 分
	Populate 511 ATIS syste	車線封鎖、道路閉鎖を確認してから 3 分以内に populate 511 ATIS system に通報	A	3 分	5 分
	CCTV カメラの最低限の検出率を確保	CCTV カメラの検出率 30%を確保	A	0	四半期

TIM 運営	SIRV 運営者は緊急事象に対応	SIRV は検知してから 15 分以内に対応する	D	15 分	15 分
	毎月 5 日目までに当局に SIRV チーム事象報告書を提出	SIRV に関連する活動（対応した事象数、出席会議数、機材リスト等）の概要を提供	A	0	毎日
道路警備隊	車線や路肩で発生した立ち往生、事故、緊急事態に対応	認知してから 15 分以内に対応	C	15 分	30 分
	必要な範囲に道路警備車両を適切に配置	30 分間隔で巡回	B	0	N/A
	AVL、GPS、タブレット、無線システムを維持	AVL、GPS、タブレット、無線システムの故障、データの拡散や車両の位置の記録が出来ない状態が 10 分以上継続しないこと	A	10 分	30 分
		どんなサービス・パトロール・オペレーターも AVL や RRMA ソフトウェアの不正操作、削除、除外してはならない	B		N/A
	無線データサービスの持続	どんな無線データサービスも故障したり、最低限の要求仕様を下回ってはならない	A	0	30 分
	ライトとサイレンの適切な使用	不適切なサイレン（赤や青の閃光、警察に似たライト等）を使用してはならない	B	0	各々
	サービス・パトロール・オペレーターは勤務中、酒や規制薬物、医師が処方した以外の薬の影響を受けない	サービス・パトロール・オペレーターは勤務中、酒や規制薬物、医師が処方した以外の薬の影響を受けない	A	0	各々
	サービス・パトロール・オペレーターはサービスに対する支払いを受けてはならない	サービス・パトロール・オペレーターはサービスに対する支払いを受けてはならない	A	0	各々
	サービス・パトロール・オペレーターは勤務中寝てはならない	サービス・パトロール・オペレーターは勤務中に寝てはならない	A	0	各々
	道路警備サービスに対する利用者満足度調査	道路警備サービスに対する利用者満足度が 95%以上			
道路警備サービスに対する利用者満足度が 90～95%に低下した場合		A	0	四半期	
道路警備サービスに対する利用者満足度が 80～90%に低下した場合		B	0	四半期	
道路警備サービスに対する利用者満足度が 70～80%に低下した場合		C	0	四半期	
	道路警備サービスに対する利用者満足度が 70%以下に低下した場合	D	0	四半期	

表-2 Availability Faults 要求水準

要素	最小限の性能要求	区分	原状修復期間	再発間隔
事象対応 (Incident Response)	事象、緊急事態、事故、その他、安全性を損ない生命に危害を及ぼす状態に対応して安全を保つ。燃料漏れ、散乱物、ポットホール等の舗装欠陥、冠水、ガードレール欠陥、緩衝材の損傷、その他、本表に記載されている事象が対象	B	15分	毎時
路面散乱物	車線から散乱物を除去・廃棄して安全走行に対する潜在的な危険、大型物体、動物の死骸、タイヤ等を除去する。ある区間に路面上の散乱物は Section 4.6.2 に規定された一時的に緩和される性能要求に適合	C	30分	毎時
	散乱物が大きすぎて上記時間内に除去できない場合は FDOT 設計標準に準じて車線閉鎖が必要	C	2時間	毎時
たわみ性舗装ポットホール	Division II, Section 6 of the Technical Requirements に規定された要求に適合	B	60分	毎時
剛性舗装ポットホール	Division II, Section 6 of the Technical Requirements に規定された要求に適合	B	60分	毎時
車線冠水	走行者の安全性に対して潜在的な危害を与えないように、車線が 25%以上、冠水して封鎖され、他の車線にも影響が及ばないようにすること	D	30分	毎時
ガードレール	Section 4.6.2 に規定された一時的に緩和される性能要求に適合	B	60分	毎時
衝撃緩衝材	同上	B	60分	毎時
標識 (1 本柱または複数柱)	同上	B	30分	毎時
道路照明	同上	C	30分	毎時
防護壁	同上	C	60分	毎時
橋梁衝突、部材欠陥	同上	D	60分	毎時
料金徴収 (供用開始～2023 年 12 月)	高速車線が一部でも供用されている場合、Section 4 of Division II を含む契約書の要求に準じて料金徴収	C	30分	毎時
料金徴収 (2024 年 1 月～2033 年 12 月)	高速車線が一部でも供用されている場合、Section 4 of Division II を含む契約書の要求に準じて料金徴収	D	30分	毎時
料金徴収 (2034 年 1 月～期間終了)	高速車線が一部でも供用されている場合、Section 4 of Division II を含む契約書の要求に準じて料金徴収	E	30分	毎時
料金ゲート	Section 4.6.2 に規定された一時的に緩和される性能要求に適合。ただし、高速車線の料金徴収が出来なかった場合は、上記の料金徴収のケースで計測	D	60分	毎時
緊急アクセスゲート	Section 4.6.2 に規定された一時的に緩和される性能要求に適合	D	15分	15分
料金設備施設/ITS ハブ	Section 4.6.2 に規定された一時的に緩和される性能要求に適合。ただし、高速車線の料金徴収が出来なかった場合は、上記の料金徴収のケースで計測	C	60分	毎時
バックアップ用ファイバ回線	回線に損傷が無く、高速車線運用中に料金徴収設備の通信が維持されていること。ただし、高速車線の料金徴収が出来なかった場合は、上記の料金徴収のケースで計測	E	4時間	毎時
早期事象撤去 (Rapid Incident Scene Clearance)	Section 4.3.4.1. に規定されているように、対応して必要な機材と要員を提供	E	60分	毎時
高速車線モード変更	高速車線の供用、閉鎖、方向変更を時間通りに実行	E	10分	15分