

博士論文

都市部における横断歩行者行動特性を考慮した
街路交通機能の設計に関する研究

(Study on design and operation of urban arterials
based on nature of the pedestrian behavior)

竹平 誠治

目次

1 序論	1
1.1 研究の背景	1
1.2 本研究の目的	1
1.3 本論文の構成	2
2 既往研究のレビューと本研究の位置づけ	3
2.1 交通事故の発生状況から見た横断事故対策の必要性	3
2.2 既往研究のレビュー	7
2.3 研究の位置づけ	10
3 都市部街路における横断歩道外横断の発生状況	11
3.1 都市部街路における横断歩道外横断の実態把握	11
3.1.1 本研究における横断歩道外横断の定義	11
3.1.2 調査概要	11
3.1.3 調査個所の道路交通概況	14
3.2 横断歩道外横断と道路交通特性の関係	15
3.2.1 横断歩道外横断の発生状況	15
3.3 横断歩道外横断の発生と旅行時間短縮率の相関分析	20
3.4 横断歩道外横断に伴う車両との交錯危険性	26
3.4.1 横断開始時の交錯危険性	26
3.4.2 横断中の交錯危険性	29
3.5 実態調査結果に基づく横断歩道外横断の行動の解釈	31
4 横断歩道外横断の行動解釈と対策評価のためのモデル構築	32
4.1 自動車交通流に発生する歩行者が横断可能な間隙の時空間分布モデル	32
4.1.1 モデルの構築	32
4.1.2 モデルを用いた街路交通の時空間変動と横断歩道外横断の発生に関する分析	38
4.2 横断歩行者の横断位置およびタイミングを表現するモデルへの拡張	48
4.3 構築したモデルの検証	50
4.3.1 基本機能の確認	50
4.3.2 実態調査結果との比較による再現性の検証	53
5 横断歩道外横断対策のあり方の提案	59
5.1 横断歩道外横断の実態を勘案した対策の方針	59
5.2 方針を実現するための対策手法	61
5.2.1 横断歩道外横断の容認を目的とした横断可能位置の集約と安全支援策	61
5.2.2 横断歩道外横断の撲滅を目的とした横断可能な箇所への誘導	62

5.3 実フィールドを対象としたケーススタディ	63
5.3.1 ケーススタディの実施方針.....	63
5.3.2 各対象箇所でのケーススタディ.....	63
6 結論と今後の課題	78
6.1 結論.....	78
6.2 今後の課題	79

1 序論

1.1 研究の背景

近年、交通事故のなかで、歩行者に関する問題が顕在化している。歩行者の死亡事故は減少傾向にあるものの、自動車乗車中の死者数の減少割合と比べて歩行中の死者数の減少割合は少ない。また、近年の歩行中の死者数は、自動車乗車中より多い。平成 25 年における歩行中死者数のうち約 3 割は横断違反であり、これはほとんどが横断歩道外横断（現在、一般に乱横断と呼ばれている行動）によるものと考えられる。

現在、一般的な横断歩道外横断の対策としては、横断防止柵や規制標識、横断の危険を示す法定外看板の設置などがある。横断防止柵は、高さ 1m 程度の柵を車道中央部や車道と歩道との間に設置することで横断を物理的に抑止するものであり、横断防止策として有効と考えられている。しかし、都市部では、沿道施設への乗り入れや細街路との交差などによる開口部が多数あり、そこで歩行者が横断しているのが現状である。一方、規制標識や法定外看板は、導入の容易さから多数設置され、一定の効果は報告されているものの抜本的な解決には至っていない。

このような現状を踏まえ、横断歩道外横断の交通安全対策を有効なものとするためには、横断行動を物理的デバイスや規制により禁止するだけでなく、例えば、自動車交通流を制御することで横断歩行者が渡りにくい交通状況や渡りやすい交通状況を意図的に創出するといった横断歩行者の行動特性を考慮した対策の導入が考えられる。そのためには、横断行動特性、とくに横断箇所や横断タイミングの選択特性を把握し、赤信号停止や待ち行列形成と青信号開始時の飽和交通流など、自動車交通流の時間的、空間的変動を考慮して、横断行動を適切に制御することが必要だと考えられる。

1.2 本研究の目的

本研究では、都市部の街路での横断歩道外横断の実態を把握し、車両の円滑性を確保しつつ、横断歩行者の安全性と移動性を確保する交通処理手法を提案することを目標としている。

そのためにまず、都市部街路での横断歩道外横断を対象として、発生時の道路交通特性、車両との交錯危険性や迂回による遅れの発生などの実態を明らかにする必要がある。このため、第一の目的は、近接する信号交差点間において、横断歩道外横断が発生する地点としない地点との道路交通状況を比較し、その特性を把握することである。

次に、横断歩道外横断を制御し、横断歩行者の安全性と移動性を確保するためには、横断歩道外横断の行動を解釈し、説明することが必要である。このため、第二の目的としては、横断歩道

外横断を記述するモデルを構築し、道路の機能や役割に応じて車両と横断歩行者の流れをコントロールする信号制御の設計について提案を行うことである。

最後に、提案する信号制御の設計や横断施策を実施した場合を想定し、横断歩行者の安全性や移動性、車両の円滑性の評価を行い、今後の横断歩道外横断の対策の方向性を示し得ることが必要である。このため、最終的な目的は、横断歩行者を交通の状況により制御することで、その安全性と移動性を確保できる街路交通機能の設計の考え方を提案することである。

1.3 本論文の構成

本論文の構成は次のとおりである。

次の第2章では、既往の研究をレビューし、本研究の位置づけを明確にする。

第3章では、都市部街路を対象として横断歩道外横断の実態調査を実施し、横断歩道外横断の発生と道路交通特性の関係性を分析する。

第4章では、実態調査に基づいて、横断歩道外横断の行動の解釈と対策の評価を行うためのモデルを構築する。

第5章では、前章までの分析結果に基づき、横断歩道外横断対策のあり方を提案するとともに、いくつかの実態調査実施箇所を対象としたケーススタディを行い、対策を提案する。

最後の第6章で本研究の結論と今後の課題をまとめる。

2 既往研究のレビューと本研究の位置づけ

2.1 交通事故の発生状況から見た横断事故対策の必要性

本研究において提案を行う横断歩道外横断対策の必要性を明示するため、公表されている統計データ⁷⁶⁾⁷⁷⁾⁷⁸⁾を用いて交通事故の発生状況を概観する。

我が国の道路交通は、戦後復興において物資輸送を担った商用トラックの普及に始まる。昭和30年代には国産乗用車が相次いで発表され、経済が飛躍的な成長を遂げていく中で増加を続けていった。昭和41年には日産サニーとトヨタカローラの発表により本格的なモータリゼーションが始まり、後にマイカー元年と呼ばれることになる。図2-1の棒グラフに示すように、これらのファミリーカーの登場によって自動車の保有台数は増加の速度を増していく。

当時、人々は車と共存する社会生活様式を経験しておらず、歩道や信号機などの交通安全施設の整備も十分にいきどいてはなかったため、歩行者は車に対して常に無防備な状況にさらされ、特に多数の幼児が交通事故の犠牲になっていった。交通事故による死者数は、図2-1の折線グラフに示すように、昭和30年代以降、急激に増加し、昭和34年には年間死者数が1万人を超え、過去最多の16,765人を記録した昭和45年まで増加を続ける。当時の死者数が日清戦争の戦死者数を超えたため、一種の戦争状態に例えて「交通戦争」と呼ばれることになる。このため、交通安全教育が全国的に開始され、交通事故から身を守るための知識や技能の習得に重点を置いて、道路を横断する際に手をあげて合図する運動など、歩行者の安全確保に向けた取り組みが展開される。

また、昭和41年には、「交通安全施設等整備事業に関する緊急措置法」が施行され、公安委員会と道路管理者によるハード対策が本格的に開始された。これらの取り組みによって、昭和46年以降、死者数は一旦、減少に転じたが、昭和57年から再び増加を始め、昭和63年に年間死者数が再度1万人を超え、「第二次交通戦争」といわれる状況に陥っている。死者数が再び増加に転じた背景には、自動車交通の成長速度に、ソフト対策やハード対策が追随することができなかつたと解されており、特に状態別死者数で、従来は歩行者が多数を占めていたのに対し、昭和50年代には自動車乗車中の死者が多くを占めていることがこれを物語っている。

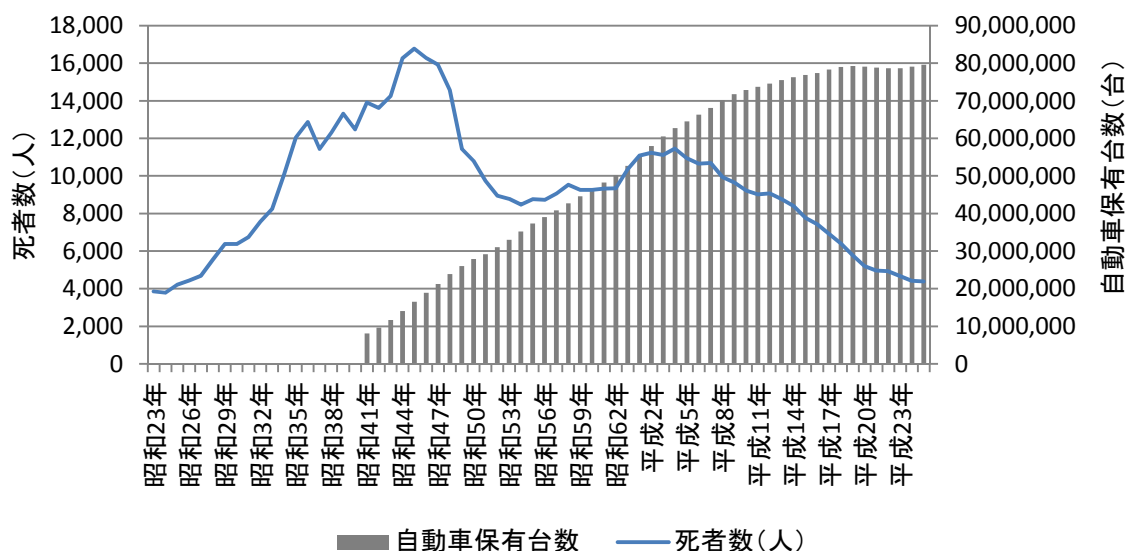
その後、平成に入り、死者数は減少傾向となる。過去10年間の死傷者数は、図2-2に示すとおり、全事故および歩行者事故ともに減少傾向である。しかし、歩行者事故の減少率は、全事故に比べて小さく、死傷者数に占める割合は高まっている。このように、歩行者事故が顕在化している。

法令違反のうち横断違反の危険性を述べる。図2-3は、歩行者の法令違反のうち、横断違反が

占める割合を示したものである。法令違反による死傷者数の4割は、横断時である。また、そのうち約半数は横断歩道外横断であり、特に危険性が高く、対策が求められている。

歩行中の年齢層別死傷者数の推移を整理する。図2-4は、歩行中事故の死傷者数のうち、65歳以上の高齢者が占める割合の推移を示したものである。これから、近年の高齢化の進展に伴い、歩行中事故による死傷者のなかで高齢者が占める割合が増加していることがわかる。今後は、例えば1回あたりの横断距離を短くする二段階横断方式を採用するなど、高齢者の身体能力に配慮した安全対策が求められている。

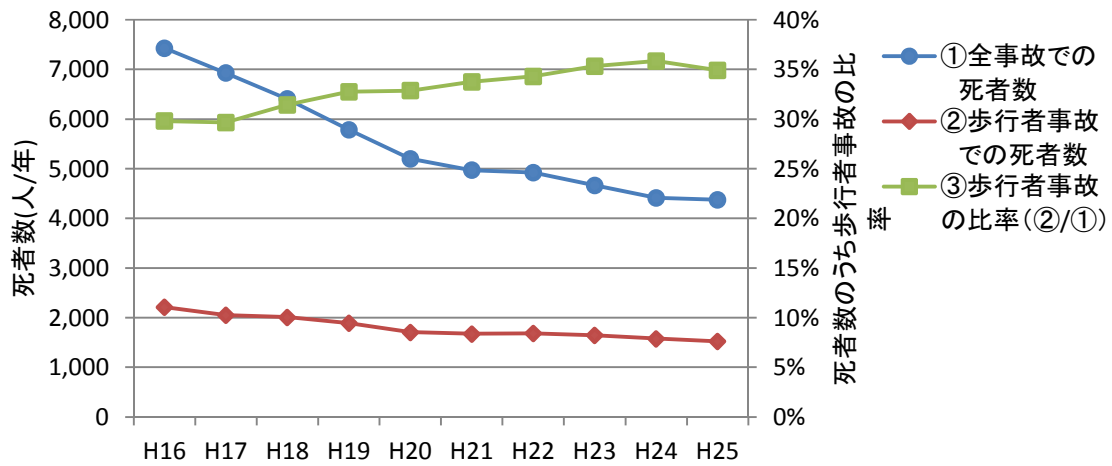
諸外国の事故発生状況と比較する。図2-5は、国際道路交通事故データベース（IRTAD）がデータを有する30か国について、人口1万人当たりの死者数を比較したものであり、我が国は4.3人（2011年）で第9位に位置している。図2-6は、我が国と主な欧米諸国（アメリカ、ドイツ、イギリス、フランスおよびスウェーデン）の状態別交通事故死者数の状況を示したものである。これから、我が国は乗用車乗車中の死者数の構成率が低く、歩行中および自転車乗車中の死者数の構成率が高い。一方、欧米諸国では、乗用車乗車中の死者数の構成率が高い。これは、我が国においては、例えば、幹線道路においても自動車のトラフィック機能に加え、沿道へのアクセス機能や歩行者の横断機能などを担っていることが多く、自動車と歩行者が交錯する機会が多いことが一因と考えられる。このような、我が国の交通事情に整合した歩行者事故対策が求められている。



出典：死者数：平成25年中の事故発生状況（警察庁）を図化，自動車保有台数：昭和41年からの自動車保有台数の推移：一般財団法人自動車検査情報登録協会を図化

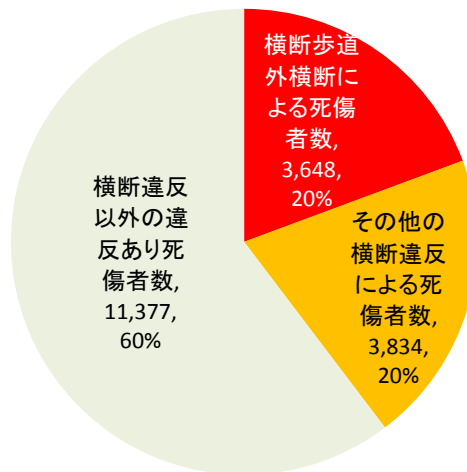
図2-1 昭和20年台からの全国死者数・自動車保有台数の推移

2 既往研究のレビューと本研究の位置づけ



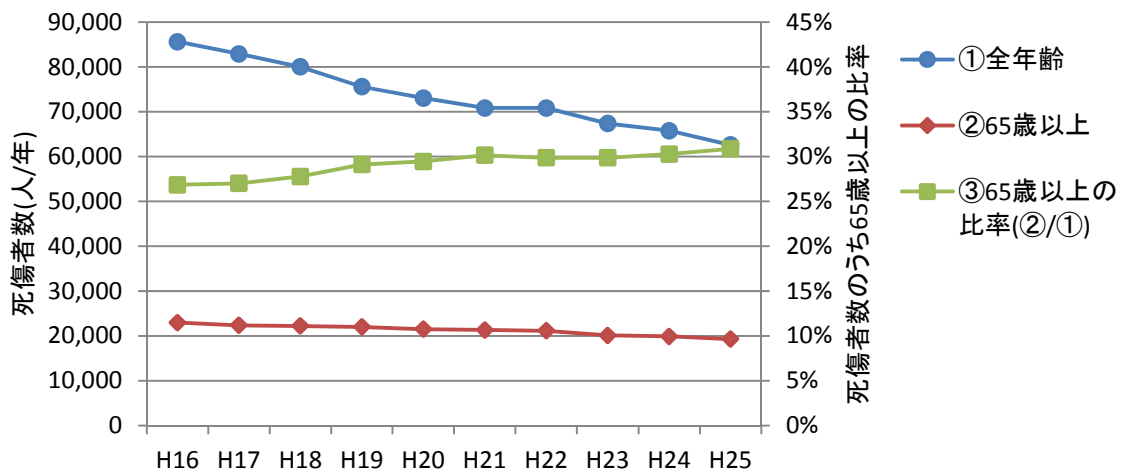
出典：死者数：平成 25 年中の事故発生状況（警察庁）を図化

図 2-2 全事故および歩行者事故の死傷者数の推移



出典：死者数：平成 25 年中の事故発生状況（警察庁）を図化

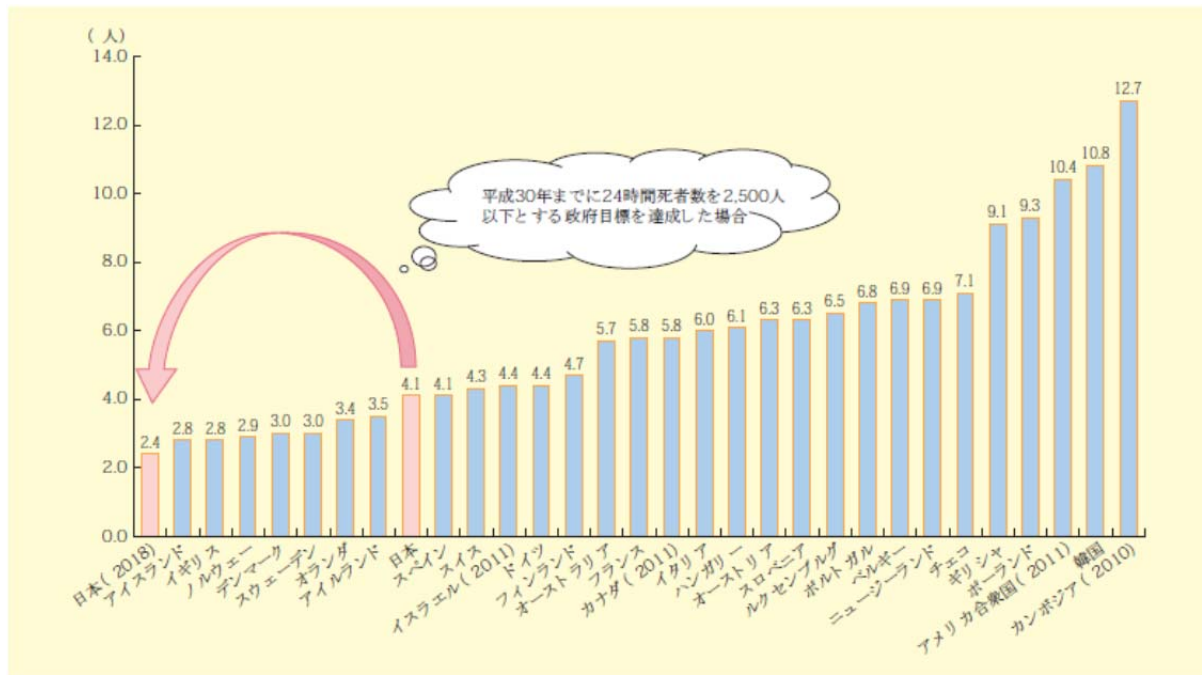
図 2-3 歩行者（第1・2当事者）の法令違反別死傷者数の推移



出典：死者数：平成 25 年中の事故発生状況（警察庁）を図化

図 2-4 歩行中の年齢層別死傷者数の推移

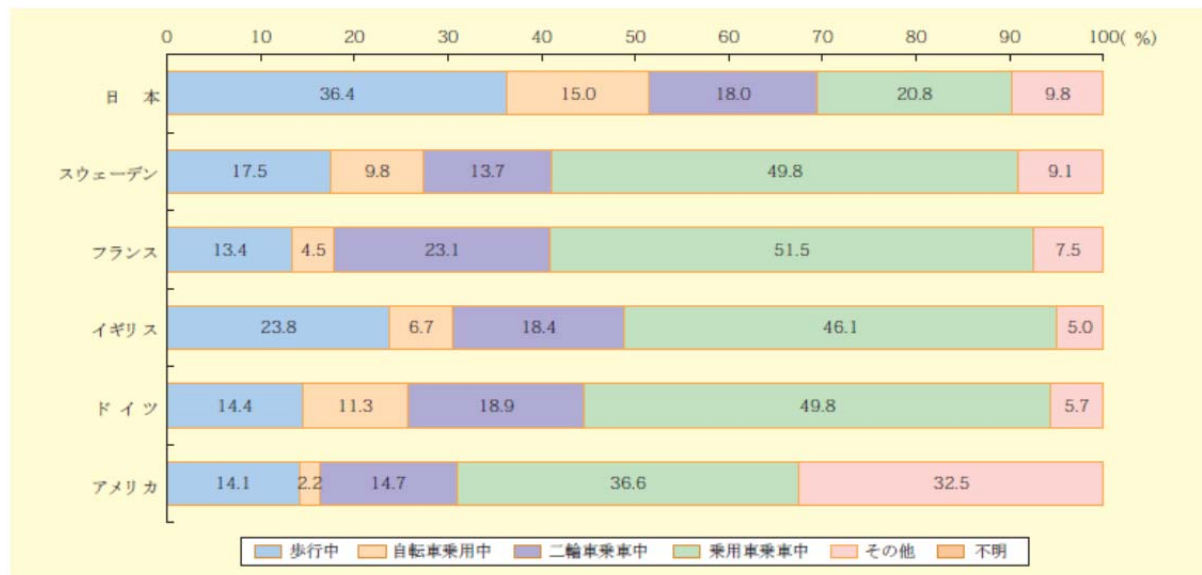
2 既往研究のレビューと本研究の位置づけ



- 注 1 IRTAD資料による。
 2 国名に年数(西暦)の括弧書きがある場合を除き、2012年の数値である。(ただし、「日本(2018)」を除く。)
 3 数値は全て30日以内死者(事故発生から30日以内に亡くなった人)のデータを基に算出されている。
 4 日本(2018年)の数値は、政府方針である2018年(平成30年)の24時間死者数の目標2,500人に、2012年の日本の24時間死者数と30日以内死者数の比率を乗じることで2018年における30日以内死者数を2,968人と推定し、この推定死者数と125,236千人(2018年における日本の予測人口)を用いて算出した(125,236千人は国立社会保障・人口問題研究所 総人口年齢3区分別人口及び年齢構造係数:出生中位(死亡中位)推計)(平成24年1月推計)より引用。

平成 26 年版交通安全白書 内閣府を引用

図 2-5 人口 10 万人当たりの交通事故死者数 (2012 年)



- 注 1 IRTAD資料による。
 2 数値は状態別構成率。
 3 死者数の定義は事故発生後30日以内の死者である。

平成 26 年版交通安全白書 内閣府を引用

図 2-6 主要な欧米諸国の状態別交通事故死者数の構成率 (2012 年)

2.2 既往研究のレビュー

最初に、本研究で対象とする横断歩道外において発生する横断行動を取り扱った研究を整理する。横断歩道外横断に関する研究は少なく、実施されている場合においても、年々増加傾向にある横断中の高齢者事故に着目したものが中心である。萩田ら¹⁾は、横断歩道の利用状況に着目した高齢者の横断行動調査を実施し、歩行経路に距離が大きな影響を与えることを示している。高山ら²⁾は、実態調査とアンケート調査を実施し、高齢者の横断歩道外における横断歩行事故の潜在的要因を横断者の意識面に着目し分析している。松浦ら³⁾は、交通事故総合分析センターが所有する事故事例データベースの中から、横断歩道外を横断中の事故を抽出し、事故実態と原因、年齢層による違いなどを示している。石川ら⁶⁾は、実験によりバス停利用に関する乱横断の実態とその抑制策を示している。

このように、横断歩道外を横断する歩行者全般を対象として、横断がどのような場所や条件で発生し、その危険度がどの程度であるかといった横断歩道外横断の実態は明らかとなっていない。

次に、対象範囲を広げ、横断歩道における横断行動を取り扱った研究を整理する。これらの研究は、無信号の単路部を対象としたものと信号交差点部を対象としたものがある。

無信号の単路部における横断行動については、尾崎ら¹⁰⁾は無信号横断歩道において横断歩行者とドライバーを対象とした意識と行動に関する調査を実施し、無信号の横断歩道での歩行者と自動車との距離と両者の速度が、横断開始の判断に重要な役割を果たしていることを示している。また、近年では松尾ら¹¹⁾により、無信号横断歩道におけるドライバーの「譲り」と横断中の歩行者事故の関係に着目し、実態を把握するため調査研究が進められているところである。このドライバーの「譲り」については、今後、横断歩道外横断の対策として、無信号の横断施設を検討する際には考慮が必要であろう。

交差点部の横断歩道における横断行動については、交通安全に関する研究が、これまでに多く行われている。これらは、車両側からの研究^{17)~27)}と歩行者側²⁸⁾²⁹⁾からとの研究に大別できる。しかしながら、車両側からの研究がほとんどで、歩行者側からの研究はあまり行われていない。車両側からの研究として、萩田ら²⁴⁾は交差点に進入するドライバーの視線に着目し、ドライバーの視線が横断歩道歩行者事故に与える影響を分析し、ほとんどの歩行者事故の原因が歩行者の発見遅れであり、夜間にはドライバーが視線を向けている方向の歩行者との事故が少ないことを示している。一方、歩行者側からの研究としては、平野ら²⁸⁾は交差点での歩行者横断時における右左折車確認行動を分析し、実験により、車両との交錯回避のための適切な確認位置を示している。

近年、顕在化している横断時の歩行者事故を削減するためには、歩行者の横断行動に着目した知見の蓄積や研究が求められている。

また、横断歩道外横断の目的の一つを歩行経路の短縮と考え、歩行者の経路選択行動を扱った研究を整理する。歩行者の経路選択行動に関する研究については、歩行環境・街路環境が歩行者

の経路選択行動に与える影響を分析したものが多い。研究の着想は様々であるが、これらの研究はすべて^{34)~40)}、短距離トリップでは最短経路選択が多くなる傾向があると示唆している。これは、歩行者が横断歩道利用に伴い迂回を生じる目的地に向かっていている場合、横断歩道外横断を行う動機の一つと考えられ、本研究においても横断歩道外横断の実態を分析する際に参考としたい。

本研究では横断歩道外横断の実態把握の一環として安全性を定量的に評価したい。このため、横断歩行者の安全性に関わる評価指標について整理する。歩行者や自転車、自動車といった交通主体の動きを観察すると、衝突するまでには至らないが、ある交通主体が通過した直後にその場所へ別の交通主体がやってくる状態や、急ブレーキやハンドルの急な切り返しを行うなどの危険な動きを見ることができ、このような危険な状況のことを錯綜（またはコンフリクト）と呼んでいる。コンフリクトを計測する指標としては、Hayward の TTC 指標⁴¹⁾、Allen らによる PET 指標⁴²⁾などが提案されてきた。

PET 指標とは、Allen らによって提唱された指標であり、行動後到達時間（Post-encroachment-time）を指標値として表したものである。この指標は、計測開始時点で車両 1（前車）が占有している場所を衝突の可能性のある場所と考えたときに、車両 2（後車）がその地点へ到達するまでの時間と定義され、指標値の構成要素として時間を用いたコンフリクト指標である。指標値が小さいほどに 2 台の車間が短くなっていると考えることができ、衝突に至りかねない危険な状態になっている。この指標は、横断者と車両の安全性を評価することにも使用できると考えられる。

車両と横断歩行者の制御に関する研究として、信号制御に関する研究を整理する。隣接する 2 つの信号交差点のサイクル長とリンク内遅れ時間の関係を示した越の研究⁴⁴⁾では、都市部の街路における一般的な交差点間距離の下では、リンクの往復所要時間を T とすると、常用のサイクル長は概ね T から $2T$ の範囲にあるため、サイクル短縮が望ましいと結論づけている。また、リンク内の平均遅れは、サイクル長だけでなく、リンク両端の信号のオフセットにも依存することを示している。また、一般に実務で参照されている「改訂 交通信号の手引き」⁶⁵⁾では信号制御の評価について、自動車の遅れ時間が最も基本的かつ重要な評価指標であるとされている。

このように、都市部の街路においては、自動車交通の円滑な処理に主眼を置いた信号制御設計が実施されており、沿道や周辺の開発に伴い歩行者の横断需要が顕在化している都市部幹線道路の実情に対応した信号制御設計が求められているところである。

横断歩行者の事故は、その顕在化に伴い、早急な対応が求められている問題であり、学術的な研究に加え、実務としても調査検討が行われている。わが国での歩行者の横断中の事故に関する調査報告は、ITARDA（公益財団法人 交通事故総合分析センター）などで多く行われている。同機関の調査報告^{92)~97)}では、近年、横断中の事故が顕在化し対策の必要性が高まっていること、

横断中の事故の発生状況や要因について解説されている。こちらでも高齢歩行者に着目したものが多く、死亡事故は道路横断開始時よりも横断の後半に衝突される率が高いなど、事故発生時の特徴が整理されている。

このように、歩行者の横断中の事故に対する問題意識は高く、実務では事故削減のためのさまざまな取り組みが行われている。これらの取り組みをより効果的なものにするためには、横断歩道外横断の実態把握と科学的な根拠に基づく事象の説明が求められているところである。

米国フェニックス市では、横断歩道外横断による事故が多発する箇所について、無信号二段階横断歩道 (Two-Stage Crosswalks) を導入している⁸⁸⁾。中央島で確実に安全確認させるため、二段階横断の構造とした横断歩道であり、停止線ではない(歩行者がいるときのみ停止)ため、歩行者が確認されない場合は、自動車の円滑性を維持できるものとして採用されている。また、横断歩道は中央の島の部分を挟み互い違いに配置されているため歩行が必要となるが、中央の島の部分を歩行する際に対向車に自然と視線が向くよう、横断歩道の位置関係は対向車線に向かって進行する構造に工夫されている。アリゾナ州では、前述の無信号二段階横断歩道に続いて HAWK 信号機 (High Intensity Activated CrossWalk) を導入している。アリゾナ州のリチャード氏が開発し、1990年代から FHWA のもとでの試験的設置を経て、MUTCD (Manual on Uniform Traffic Control Devices) での採用が決定し 2009 年から本格導入された。一般の信号機に比べて約 50% のコストで設置可能で、自動車の遅れ時間も削減する工夫がされており、効果を発揮している。

また、米国では、政府が「Access Management Manual」⁸⁷⁾を作成し、道路管理に活用している。これは、沿道施設出入りに起因する交通事故の削減を図る観点から、幹線道路への接続箇所や沿道施設からの乗り入れ部を集約して限定する等により、出入りする自動車と歩行者や自転車との交錯を低減させるアクセスマネジメント手法である。このなかで、自動車と横断歩行者の事故対策について、適切に設計された中央分離帯は、歩行者が道路を横断する際に道路中央部において、歩行者に横断待ちをする安全地帯を提供する場合があります。その結果、一般に横断不可能な中央分離帯のある幹線道路は歩行者にとってより安全なものとなるとされている。また、米国内の複数都市の幹線道路における歩行者・車両間の衝突事故に関する研究によると、中央分離帯のない道路や中央双方向左折レーンのある道路での歩行者・車両間の衝突事故率は、横断不可能な中央分離帯のある道路と比べてはるかに高いことが明らかになったとされている。これは、横断位置を集約することや道路利用者の利便性に制約に配慮が必要であるが横断不可能な中央分離帯を設置することが歩行者の交通安全対策として有効であることを示唆している。

このように諸外国においても各種横断対策が実施されている。これらは、沿道の開発状況や幹線道路の担う役割の違いなど我が国とは実情が異なる場合もあるため、そのまま導入することは困難であるが、これらの知見の活用場面はあると考えられる。

このように本研究が対象とする都市部での横断歩道外横断について、その実態を把握し、特性を分析した事例は見当たらない。また、横断歩道外横断の発生と交通流の関係に着目し、横断歩道外横断の制御を目的とした交通処理に関する研究は見当たらない。

2.3 研究の位置づけ

既往の研究では、横断歩道外横断での交通事故の削減を目的とした事故分析に関する研究がおこなわれてきた。また、歩行者の横断行動については、横断歩道部を対象とした研究がおこなわれてきた。

本研究は、これまでほとんど実証分析が行われたことのない都市部における横断歩道外横断の実態を把握し、自動車交通流にも配慮しつつ横断歩行者の安全性かつ移動性を確保できる街路交通機能の設計の考え方を提案することを目的とする。

3 都市部街路における横断歩道外横断の発生状況

3.1 都市部街路における横断歩道外横断の実態把握

3.1.1 本研究における横断歩道外横断の定義

本研究においては、近接する2つの信号交差点間で発生する横断歩道外横断を対象とすることとした。ここで、横断歩道外横断は横断者の起終点がともに隣接する2つの信号交差点の停止線間の単路部で発生した横断とし、図3-1のように定義した。道路交通法における横断歩道利用は、起終点がともに横断歩道で発生した場合のみである。したがって、道路交通法では起終点のいずれかが横断歩道であっても、もう一方が横断歩道の外（横断歩道から停止線の間も含む）になれば横断歩道利用とは言えない（横断歩道外横断とされる）ことになる。しかし、本調査での横断行動をみると、横断の開始あるいは終了時に少しだけ横断歩道を外れる行動や横断歩道から少し外れて横断歩道沿いに横断する行動は、交通安全面では横断歩道利用とみなしても問題ないと判断したため、以下では前述のような定義で「横断歩道外横断」という表現を用いる。

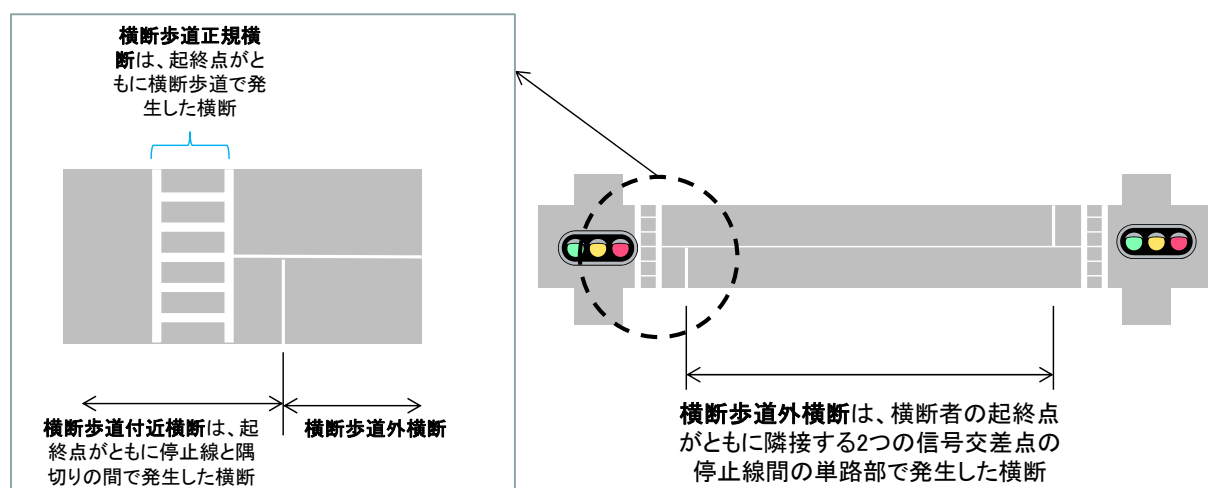


図 3-1 本研究における横断歩道外横断の定義

3.1.2 調査概要

(1) 調査目的

都市部街路において横断歩道外横断発生時の道路交通特性、車両と横断歩行者の交錯危険性、歩行者の迂回による遅れの発生などの実態を把握するため、東京都内複数箇所の実態調査を実施した。

(2) 調査対象箇所

本研究の目的が車両の円滑性を考慮しつつ横断歩行者の安全性や円滑性を確保する交通処理手法の提案であることを踏まえ、車両と横断歩行者が共存している道路での横断歩道外横断の実態把握を行う必要がある。このため、調査対象箇所は、トラフィック機能を担う幹線道路であり、かつ横断歩道外横断が発生している7箇所の都市部街路とした。調査箇所は表 3-1 に示す。

調査対象箇所の位置づけは2種類に大別できる。一つは、横断防止柵の設置効果を計測するため、横断防止柵の設置検討が行われている浅草橋と東向島の2箇所とした。これらは横断防止柵の設置の必要性があることから分かるように自動車の交通量、横断歩道外横断者数ともに多い箇所である。

もう一つは、上記2箇所の調査結果が特異な事例ではないことを確認することを目的とした。東京都内の幹線道路を対象として道路地図や事故データ、道路交通センサスデータなどを参考に調査の候補箇所を抽出した後に現地踏査を実施し、調査対象箇所5箇所を選定した。ここで、幹線道路は、主要地方道以上の往復4車線の道路とした。また、横断歩道外横断の発生可能性がある箇所は中央分離帯が設置されておらず、沿道状況は開発済みの都市部であり、沿道出入りの制限がなく、歩道が設置されている箇所とした。

(3) 調査日時

調査日は、晴天の平日（火曜日、水曜日、木曜日）とした。また、調査は現地踏査結果を参考に横断歩道外を横断する歩行者が多いと考えられる時間帯に実施した。詳細な調査を行った東向島および浅草橋は7時から19時の12時間調査を行った。その後、実施した5箇所は昼間の1時間とした。箇所ごとの調査日時は表 3-1 に示す。

表 3-1 調査箇所と調査日時

No.	調査箇所	調査日時	調査時間
1	東向島 国道6号	H23.11.29(火) 7:00~19:00	12時間
2	浅草橋 靖国通り	H23.11.30(水) 7:00~19:00	12時間
3	高田馬場 早稲田通り	H26. 3.27(木) 13:00~14:00	1時間
4	中野 中野通り	H26. 4. 2(水) 12:00~13:00	1時間
5	六本木 外苑東通り	H26. 4.10(木) 12:00~13:00	2時間
6	神宮前 明治通り	H26. 4.16(水) 12:00~13:00	1時間
7	南青山 高樹町通り	H26.4.23(水) 12:00~13:00	1時間

(4) 調査方法

調査はビデオ観測と目視により実施した。ビデオ観測では、横断歩道外横断者の行動および自動車の交通状況を記録し、目視により道路状況、信号制御パラメータを確認した。表 3-2 に現地調査において記録した項目を整理した。

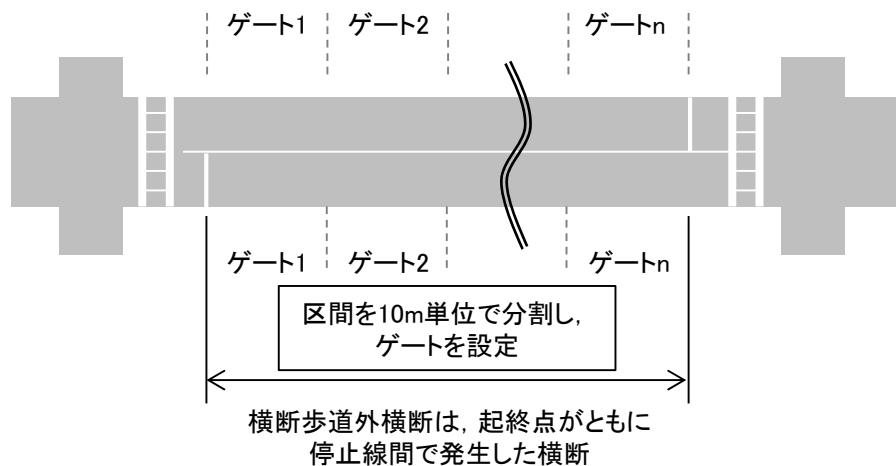
横断歩道外横断者の行動は、車道に進入する横断歩行者を対象として、横断開始前の歩道部での進行方向、横断開始と終了タイミング、各車線の中心部の通過時刻、横断開始と横断終了位置、横断後の進行方向を記録した。横断歩道外横断の開始のタイミングは、歩行者が車道へ進入する

ために歩道の縁石を乗り越えた時刻，終了のタイミングは対岸の歩道部縁石を乗り越えた時刻とした．通過時刻は，各車線の中央を通過した時刻とした．また，横断開始および横断終了位置は，調査区間を 10m ごとに分割したゲートを設定し，進入および通過したゲートを記録した．なお，本研究における横断歩道外横断の対象範囲は，交差点流入部の停止線間とした．

車両の交通状況は，各断面の車線ごとに方向別交通量と，通過時刻を記録した．方向別交通量は，車線ごとの交通量を 10 分ごとに記録した．車両の通過時刻は，各断面において車両のバンパーが通過した時とした．信号制御パラメータは，調査区間の両端の信号について，サイクル長，スプリット，オフセットを記録した．道路状況として，横断防止柵の設置有無，路上駐車車の駐車位置と駐車していた時刻を記録した．

表 3-2 現地調査の項目

調査方法	調査項目	記録した項目
ビデオ観測	横断歩道外横断者の行動状況	<ul style="list-style-type: none"> ・横断者数 ・横断開始前の進行方向 ・横断開始時刻 ・横断終了時刻 ・車線中心部の通過時刻 ・横断開始位置 (10m 単位のゲート) ・横断終了位置 (10m 単位のゲート) ※ゲートの設定は下図参照 ・横断終了後の進行方向
	車両の交通状況	<ul style="list-style-type: none"> ・車線ごとの方向別交通量 ・車線ごとの観測断面通過時刻
	信号制御パラメータ	<ul style="list-style-type: none"> ・サイクル長 ・スプリット ・オフセット
目視	道路状況	<ul style="list-style-type: none"> ・横断防止柵の有無 ・路上駐車状況



3 都市部街路における横断歩道外横断の発生状況

3.1.3 調査個所の道路交通概況

表 3-3 は、調査箇所の道路交通概況を示したものである。調査箇所は、往復 6 車線の浅草橋を除き、往復 4 車線の幹線道路である。中央分離帯は設置されておらず、沿道からの出入り制限はされていない。また、南青山では車道と歩道の間横断防止柵が設置されていないが、他の箇所は、沿道施設の出入り口部や街路の交差点に開口部があるものの区間全体にわたって、横断防止柵が設置されている。

信号サイクル長については、南青山では 75 秒と短いものの、その他の箇所は都市部における常用のサイクル長の範囲（90 秒から 180 秒）の間で設定されていた。

また、沿道状況は、住宅地である向島を除き、いずれも商業施設や雑居ビルなどが沿道に立地し、人の出入りが多い箇所であった。

表 3-3 調査箇所の概要

No.	調査箇所	車線数	車道幅員 (m)	区間長 (m)	自動車交通量 (台/時)	歩行者交通量 (人/時) ※2	信号サイクル長 (秒) ※3	中央分離帯の設置状況	横断防止柵の設置状況	沿道状況/立地概況
1	東向島	4	14	400	2,243*	—	140	なし	あり (開口部あり)	・DID (人口集中地区) ・比較的下町の住宅街
2	浅草橋	6	22	500	2,977*	—	140	なし	あり (開口部あり)	・DID (人口集中地区) ・商業施設が立地する業務地区
3	高田馬場	4	14	80	1,042	2,684	100	なし	あり (開口部あり)	・DID (人口集中地区) ・コンビニや居酒屋などが入居する雑居ビルの他に、小学校が立地
4	中野	4	13	140	840	2,426	115	なし	あり (開口部あり)	・DID (人口集中地区) ・商業施設などの比較的規模の大きいビルが立地
5	六本木	4	14	80	1,469	1,382	150	なし	あり (開口部あり)	・DID (人口集中地区) ・雑居ビルと低層の商業施設が立地
6	神宮前	4	14	180	1,444	2,158	150	なし	あり (開口部あり)	・DID (人口集中地区) ・商業施設などの比較的規模の大きいビルが立地
7	南青山	4	12	180	778	1,832	75	なし	なし	・DID (人口集中地区) ・事務所や住居が混在するマンションが立地

※1：ピーク 1 時間交通量

※2：歩行者交通量は、調査対象区間中央部付近両側の歩道を通行数歩行者数

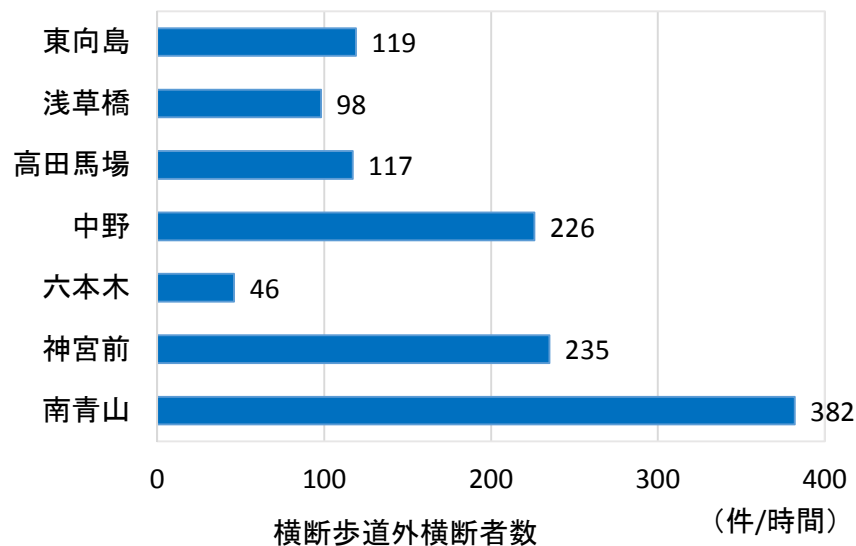
※3：調査開始時またはピーク時の毎正時に目視により 3 回計測した平均値

3.2 横断歩道外横断と道路交通特性の関係

3.2.1 横断歩道外横断の発生状況

(1) 横断歩道外横断の発生状況

実態調査結果に基づき、横断歩道外横断の発生状況を分析する。図 3-2 は、横断歩道外横断の発生件数を示したものである。信号交差点間で 1 時間当たり 100 件程度の横断歩道外横断が発生していることがわかる。また、図 3-3 は、浅草橋での横断歩道用者と横断歩道外横断者の人数を比較したものである。横断歩道外横断の比率は 3%とわずかであるが、増加傾向にある横断中の歩行者事故の主要な原因であり、横断中の歩行者の安全性を確保する、または横断を積極的に抑止する対策が望まれる。また、当該箇所では車道の中央部に高さ 1m 程度の横断防止柵が設置された。この結果、169 人いた横断歩道外横断者は 0 となっており、設置箇所での横断抑止効果は確認できた。しかし、横断歩道正規横断者の比率は同程度であり、横断歩道付近横断者は量、比率とも増加している。これは、最短経路を選択したい横断歩行者の行動原理の表れだと考えられる。



※東向島、浅草橋については、調査時間帯のうちピーク 1 時間

図 3-2 横断歩道外横断発生件数

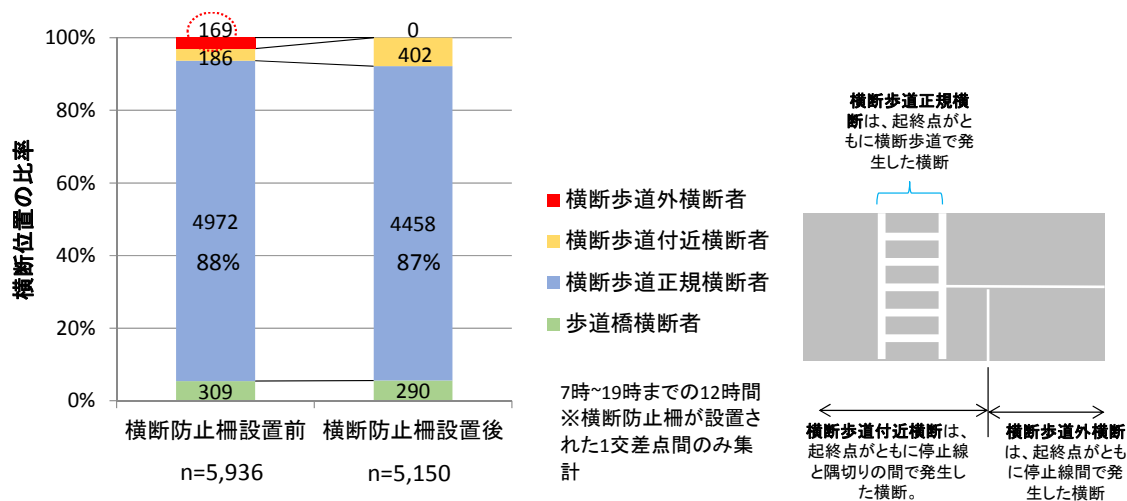


図 3-3 浅草橋における横断位置

(2) 横断位置と横断防止柵の開口部の関係

横断歩道外横断者の横断位置と横断防止柵の開口部の関係を分析する。車道と歩道の高さ1m程度の横断防止柵が設置されているが、街路との接続部や沿道施設の乗り入れ部において不連続となり、開口部が生じている。

最初に、横断歩行者が選択したゲートの開口部の状況を分析する。図 3-4 は、横断歩道外横断の開始および終了ゲートでの横断防止柵の開口部の有無別横断者数を示したものである。横断開始および終了ゲートでの開口部の有無により、両方ともにある場合、開始ゲートのみにある場合、終了ゲートのみにある場合、両方ともない場合の4種類に分類して横断者数を整理した。これから、横断歩行者の90%以上は横断防止柵に開口部があるゲートで発生していることがわかり、横断歩道外横断は物理的な障害物のない箇所を狙った行動であるといえる。なお、開口部がないゲートでは、歩行者は高さ1m程度の横断防止柵を乗り越え、横断を行っていた。図 3-5 に状況を例示する。

次に、横断歩行者が選択したゲートの開口部の幅員と横断者数の関係を分析する。図 3-6 は、各調査箇所での横断者のゲート開口部の幅員ランク別の構成比を示したものである。箇所によりバラツキがあるが、開口部が0のゲートにおいても横断が発生している。乗り入れ部や街路接続部で不連続となることを考慮すると、現状の道路状況や沿道立地では、歩道と車道間に設置する横断防止柵のみで、横断歩道外横断を完全に防止することは難しいといえる。

3 都市部街路における横断歩道外横断の発生状況

最後に、起点から終点までの移動距離を分析する。図 3-7 は、横断歩行者の起点および終点の横断位置の関係から、横断歩行者が開口部を探しながら歩道を歩行する可能性があった距離を示したものである。ここで、横断歩行者が開口部を探しながら歩道を歩行する可能性があった距離は、起点と終点の間に横断位置がある場合は起点から終点までの距離とし、起点から終点とは逆方向に進み横断して再度方向転換して終点に向かう場合は起点から横断開始位置までの距離とした。この距離が 0 となる条件は、細街路が取り付く位置が上下線で同じ場所でその細街路から細街路へと移動したような場合であり、横断歩道外横断を行った横断者のうち 0~35% である。箇所によりバラツキはあるが 1/3 程度以下であり、過半数の横断者は歩道を移動していることがわかる。また、区間の端から端まで移動する横断者も多く発生している。これらから、横断歩行者は、移動しながら、物理的な障害物がない箇所を選択して、横断を開始しているといえる。

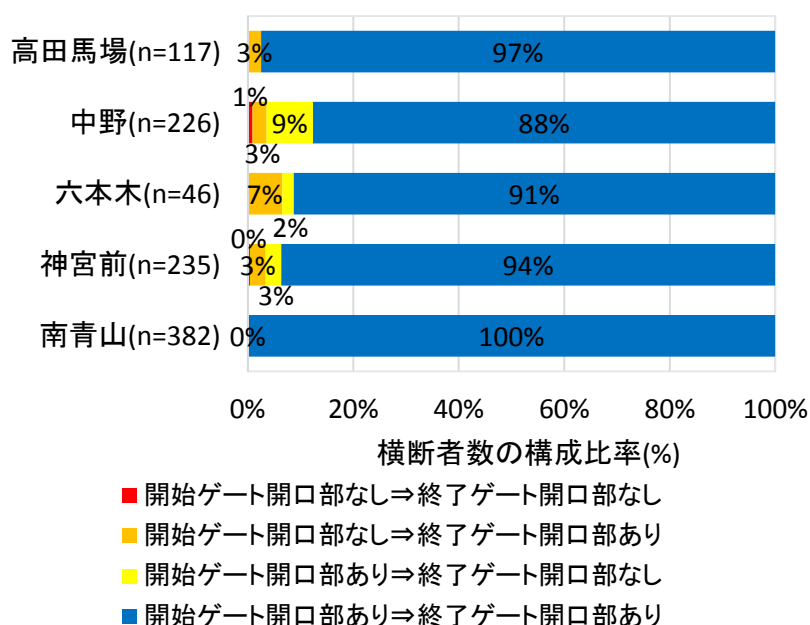


図 3-4 横断開始および終了ゲートでの横断防止柵の開口部の有無



図 3-5 開口部がないゲートでの横断状況の例示

3 都市部街路における横断歩道外横断の発生状況

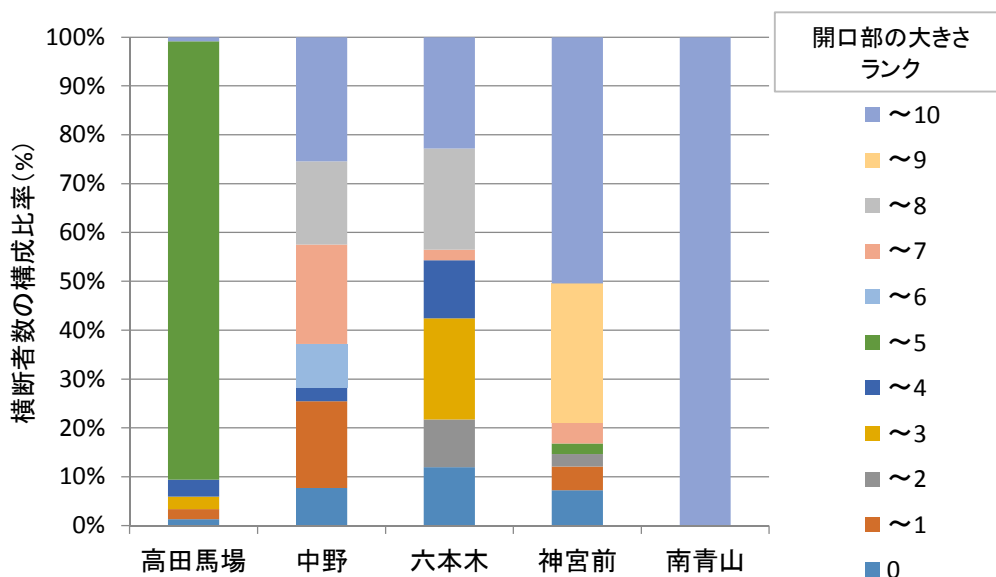


図 3-6 ゲート開口部の幅員構成と横断者数分布

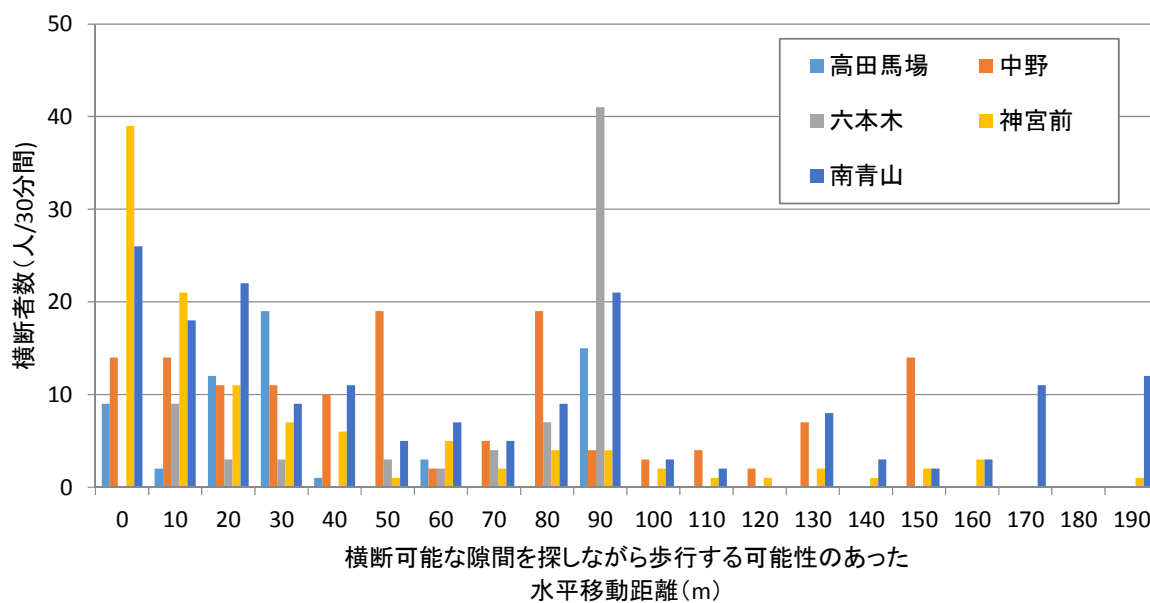


図 3-7 横断可能な間隙を探しながら歩行する可能性があった水平移動距離

(3) 横断開始および終了位置での路上駐車の発生状況

図 3-8 は、横断開始位置および終了位置での路上駐車発生状況を示したものである。これより、路上駐車が存在する場合においても横断は行われている。路上駐車が存在する場合は、存在しない場合と比べて横断距離が短縮するため、走行する自動車との交錯機会の減少という点では、横断歩行者の安全性は向上している。なお、南青山については、パーキングメーターが設置されているため、他の箇所と比べて駐車車両が存在するケースが多くなっている。

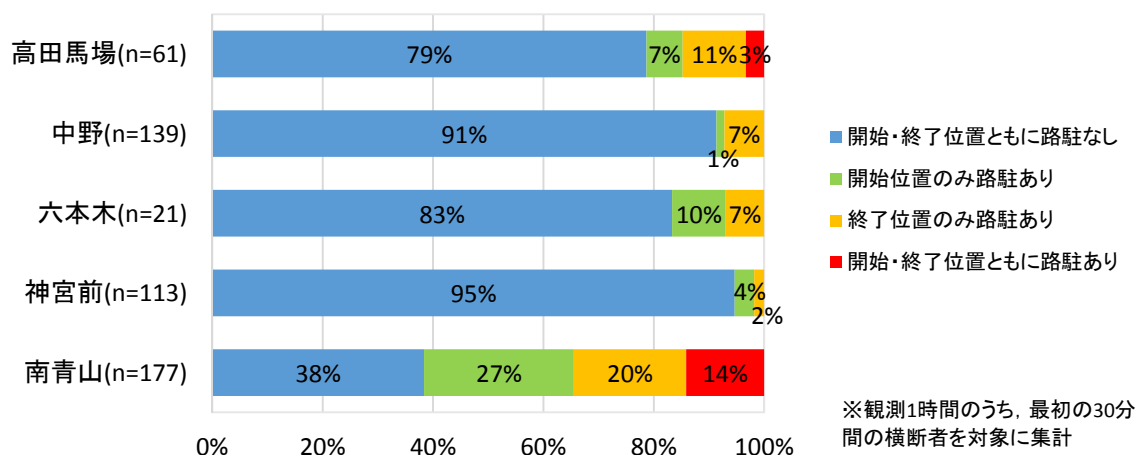


図 3-8 横断開始および終了位置での路上駐車発生状況

(4) 横断開始および終了位置での信号交差点からの滞留の延伸状況

図 3-9 は、横断開始位置および終了位置での信号交差点からの滞留の延伸状況を示したものである。これより、滞留が存在する場合においても横断は行われており、横断歩行者の横断距離が短縮していることがわかる。車線上に車両が存在するという状態は、路上駐車と同様であるが、終点側に滞留がみられる場合の横断は少ない。これは、滞留車両の発進を懸念し、横断開始のタイミングを調整したものと考えられる。

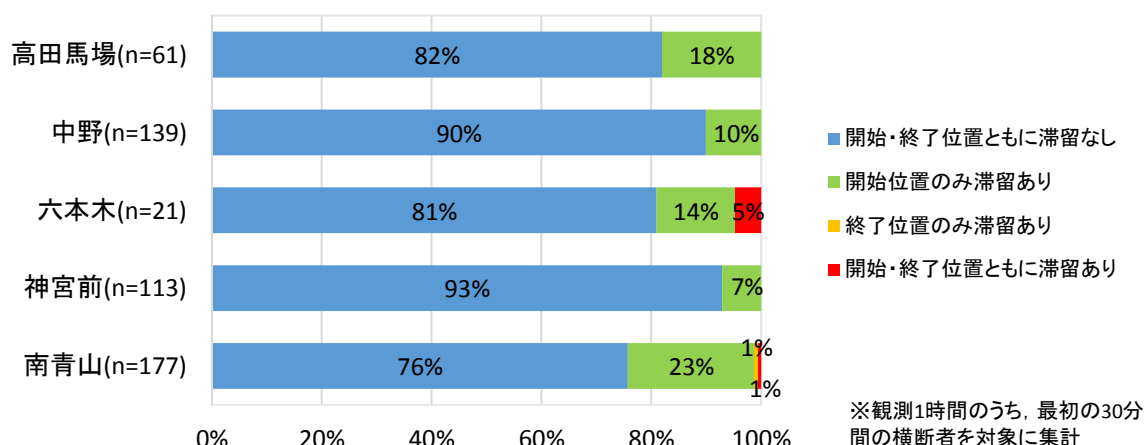


図 3-9 横断開始および終了位置での信号交差点からの滞留の延伸状況

3.3 横断歩道外横断の発生と旅行時間短縮率の相関分析

歩行者は、旅行時間、歩行距離、交通事故のリスクなどを考慮して、横断歩道外横断を選択している。ここでは、歩行者が横断開始前に定量的に見積もることができ、かつ実態調査結果から把握可能な旅行時間を説明変数とし、横断歩道外横断の選択状況との相関分析を行う。被説明変数は、横断歩道外横断を行うか否かという二値変数のため、ロジスティック回帰分析とする。ここでは、浅草橋と東向島の2箇所において実施した実態調査結果を用いることとする。最初に浅草橋での調査結果を用いて回帰分析を行い、東向島での調査結果を用いて回帰分析結果の適用可能性を検証する。

(1) 説明変数と被説明変数の設定

既往研究¹⁰⁾では、「経路の空間的もしくは時間的距離は、経路選択の基本的要因の一つであり、いわゆる最短距離指向が一般に認められている」とされている。本研究では信号交差点に設置された横断歩道利用と横断歩道外横断の選択を対象としており、両者の差は信号待ち時間が大きいと考え、信号待ち時間を加えた旅行時間を基本とすることとした。旅行時間は、横断歩道外横断により短縮できる比率が選択に影響していると考え、説明変数は横断歩道を利用した場合の旅行時間で除した旅行時間の短縮率 X とする。旅行時間の短縮率 X は、横断歩道を利用した場合の旅行時間 T_{cw} と横断歩道外横断を行った場合の旅行時間 T_{out} との差を、 T_{out} で除したものとし、式(3.3.1)と定義する。ここで、 T_{cw} は起点から終点まで横断歩道を利用した場合の移動距離を L_{cw} 、横断歩行者の歩行速度を 1km/s と仮定して算出した歩行時間に、横断歩道利用時の信号の期待待ち時間 T_w を加算したものとし、式(3.3.2)と定義する。また、 T_{out} は起点から終点まで横断歩道外の車道を道路中心線に対して直角に横断した場合の移動距離を L_{out} 、横断歩行者の歩行速度を 1km/s と仮定して算定したものとし、式(3.3.3)と定義する。

$$X = \frac{T_{cw} - T_{out}}{T_{out}} \quad (3.3.1)$$

$$T_{cw} = L_{cw} + T_w \quad (3.3.2)$$

$$T_w = \frac{G^2}{c} \quad (3.3.3)$$

$$T_{out} = L_{out}$$

ここで、

C : 信号サイクル長(秒)

G : 歩行者用信号の青現示(秒)

一方、被説明変数は、横断歩道外横断の選択の有無とする。選択は、起点Oと終点Dとその経路を考慮して実施される。図3-10は、ODと経路の概念を示したものである。起点Oと終点D

がともに近接する横断歩道の設置された信号交差点間にある場合、歩行者は両側の横断歩道のうち歩行距離が短くなる方を選択して歩行を開始し、途中で横断可能なタイミングを見つけた場合は横断歩道外で横断し、見つけられなかった場合は横断歩道を利用すると仮定する。ここで、横断歩道外横断を選択した場合の歩行距離は、O と D の水平距離 L と道路幅員の和となり、横断する位置に関わらず同等となる。横断可能なタイミングを探す時間が横断位置に関わらず同等だとすると、旅行時間についても同様に考えることができる。このため、横断位置によらず横断歩道外横断を 1 つの選択肢とすることとする。

横断歩道外横断の発生状況は、「旅行時間の短縮率が同等となる複数 OD ペア数に対する横断歩道外横断が発生した OD ペア数の構成比」（以下 OD ペア構成比）を用いることとし、次のように定義する。

最初に、OD ペアを設定する。浅草橋における実態調査では、横断歩道外横断を行った歩行者を対象として、起点 O と終点 D を観測した。起点 O と終点 D の観測単位は、主道路に接続する細街路と街路により分割される街区とした。これらの組み合わせを OD ペアとする。

次に、ある OD ペア間を移動する歩行者を横断歩道外で横断した集団ととらえ、横断歩道外横断が観測された OD ペアと観測されなかった OD ペアとに分類する。また、OD ペアごとに旅行時間の短縮率を算定する。最後に、旅行時間の短縮率が同等の OD ペアは複数存在し、横断歩道外横断が発生するものと発生しないものがある。このため、横断歩道外横断の発生の有無は確率分布で表現できると仮定し、効用が同等の OD ペア数に対する横断歩道外横断が観測された OD ペア数が占める比率を OD ペア比率とし、式(3.3.2)と定義する。

$$p_{iout} = \frac{n_{iout}}{n_{iall}} \quad (3.3.4)$$

ここで、

p_{iout} : 旅行時間の短縮率が i である OD ペアのうち横断歩道外横断が生じた OD ペアの比率

n_{iall} : 旅行時間の短縮率が i である OD ペア数

n_{iout} : 旅行時間の短縮率が i である OD ペアのうち横断歩道外横断が発生した OD ペア数

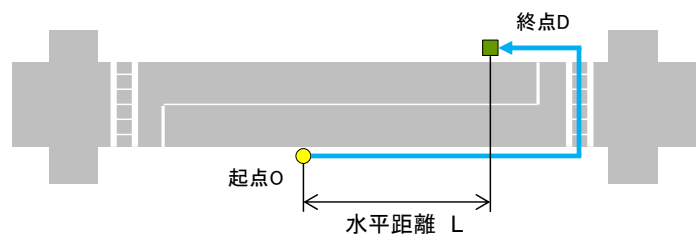


図 3-10 起点 O、終点 D、経路に関する概念図

(2) パラメータの推定

a) モデル推定用データ

浅草橋における実態調査により得られたデータを用いて、式(4.3)のモデル推定を行う。
に示すとおりである。

表 3-4 モデル推定用データ (旅行時間の短縮率)

旅行時間の短縮率	a) 全 OD ペア数	b) 横断外横断が発生した OD ペア数	c) OD ペア構成比 (b)/a)
0.2	9	0	0%
0.3	34	2	6%
0.4	36	2	6%
0.5	37	9	24%
0.6	52	14	27%
0.7	28	12	43%
0.8	22	17	77%
0.9	2	1	50%
計	220	57	—

※旅行時間は、歩行速度 4km/h(1.1m/s)、横断歩道利用時の信号の期待待ち時間：40.9 秒(サイクル長 140 秒、歩行者信号の青時間 33 秒)として算定

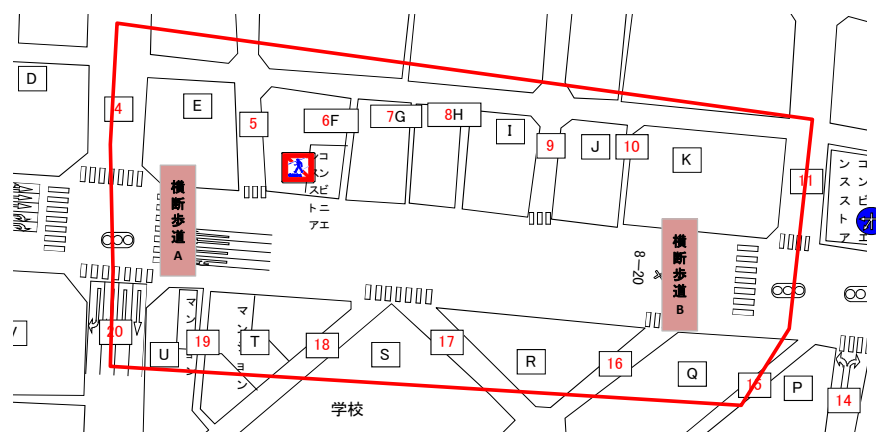


図 3-11 調査対象範囲と起終点の設定 (浅草橋)

b) パラメータの推定結果

前項に示すデータを基に、最尤推定法を用いてパラメータを推定した横断歩道外横断の選択に関するロジスティック回帰式は次に示すとおりである。

$$P_{iout} = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \beta X)}}$$

α : -5.371 (-6.80*) β : 7.589 (5.98*) ()内は t 値 * : 5%有意

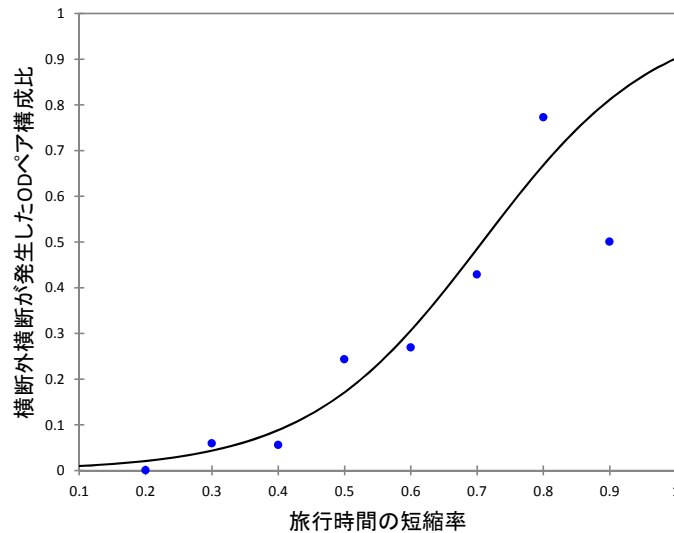


図 3-12 横断歩道外横断の発生と旅行時間の短縮率の関係

(3) 推定結果の検証

推定したパラメータについて、論理性、説明力、および適用可能性の視点から推定結果を検証する。

a) 論理性

論理性については、得られたパラメータの符号条件と t 検定によるパラメータの安定性の検証を行う。パラメータの符号は、その変数値の増加が効用差をプラスにするかマイナスにするかを示している。本回帰式では、横断歩道外横断による旅行時間の短縮率が增大すればするほど、横断歩道外横断が発生する OD ペア構成は高くなると考えられるので、パラメータ β は正でなければならない。いずれのモデルも、この条件を満たしており、パラメータの符号は合理的である。ただし、推定パラメータの t 値は 5%有意である。

b) 説明力

説明力については、尤度比検定により検証を行う。本回帰式(M1)の尤度 L1 とパラメータをすべて 0 にした回帰式(M0)の初期尤度 L0 を比較する。M0 と M1 に差がないという帰無仮説の下

で、 $-2\log(\text{尤度比})$ は自由度 1 の χ^2 に従う。 $(\chi^2=49.67)$ において、自由度=1 で $\chi_{0.05}^2=3.84$ であるから、帰無仮説は棄却される。このため、M0 と M1 に差はあり、説明力があるといえる。

c) 適用可能性

推定した回帰式を他箇所でも使用可能であるかの点から、本回帰式の他箇所での適用可能性を検証する。

東向島における実態調査で得られたデータを用いて、回帰式の整合性を検証する。検証に用いたデータは、パラメータ推定で用いた浅草橋と同様に横断歩道外横断を行った歩行者を対象として記録した起点と終点の情報である。歩行距離についても浅草橋と同様に、図 3-13 に示す通り国道 6 号に接続する街路と街路により分割される沿道街区を起終点として設定する。街路および沿道街区の中心を代表地点とし、歩行距離を設定する。

カイ二乗値検定を行うと、 $\chi^2=0.45$ であるが、自由度=3 で $\chi_{0.05}^2=5.99$ であるから、実態調査結果から算定した OD ペア比率と回帰式により算定した OD ペア比率の間に差がないという帰無仮説は棄却されない。このため、他の所にも適用できる回帰式であると考えられる。

表 3-5 モデル適用性検証用データ

旅行時間の短縮率	a) 全 OD ペア数	b) 横断外横断が発生した OD ペア数	c) OD ペア構成比 b)/a)
0.3	1	0	0%
0.4	4	0	0%
0.5	9	0	0%
0.6	8	2	25%
0.7	12	5	42%
0.8	12	7	58%
0.9	4	2	50%
計	50	16	—

※旅行時間は、歩行速度 4km/h(1.1m/s)、横断歩道利用時の信号の期待待ち時間：43.2 秒(サイクル長 140 秒、歩行者信号の青時間 30 秒)として算定

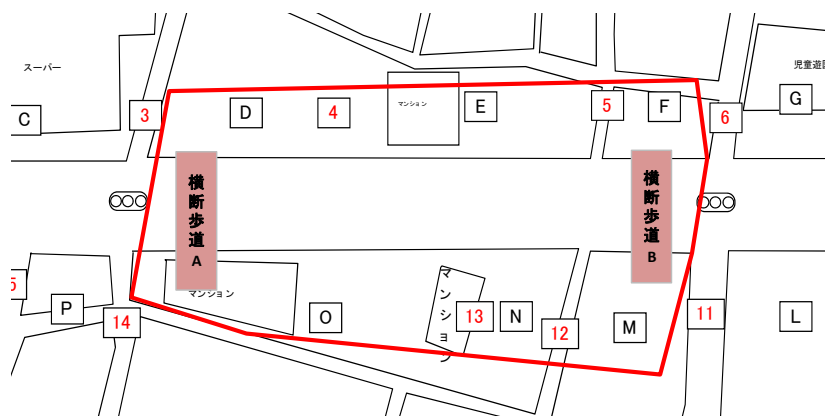


図 3-13 検証に用いるデータの調査対象範囲と起終点の設定 (東向島)

表 3-6 東向島における適用性の確認結果

短縮率	①実態調査結果 から算定した 選択確率	②モデルにより 算定した 選択確率	③両者の差 (①-②)	$\chi^2 = \frac{③^2}{②}$
0.3	0.00	0.04	-0.04	0.04
0.4	0.00	0.09	-0.09	0.09
0.5	0.00	0.17	-0.17	0.17
0.6	0.25	0.30	0.05	0.01
0.7	0.42	0.48	0.06	0.01
0.8	0.58	0.66	0.08	0.01
0.9	0.50	0.81	0.31	0.12
χ^2				0.45

d) 検証結果

今回帰式は、論理性、説明力、および適用可能性の視点から有効性を確認できており、歩行者の横断歩道外横断の選択行動を分析するために有効であるといえる。

なお、今回帰式では、横断歩道外横断の選択確率の設定にあたっては、横断歩道外横断をしなかった歩行者のデータを使用していない。図 3-3 に示すように横断歩行者の約 90%は横断歩道外横断をしなかった歩行者であり、それらの起終点を特定するには膨大な作業が必要となるため、データの取得が困難であった。このようなデータの取得も含め、横断歩道外横断をしなかった歩行者の扱いについては今後の課題と認識している。

3.4 横断歩道外横断に伴う車両との交錯危険性

3.4.1 横断開始時の交錯危険性

横断開始時の交錯危険性について、2つの視点から分析する。1つは、横断開始時において横断歩行者の視野内に車両が存在していたか否かである。ここで、視野は誘導視野とし、既往文献⁸⁰⁾を参考に100度と設定した。誘導視野とは、提示された情報の存在が判定出来る程度の識別能力しかないが、人間の空間座標感覚に影響を与える範囲であり、本研究では横断者が車両の存在の有無を識別できる範囲と考えた。なお、横断者は前方を向いていることを想定し、首振りによる視野の拡大は考慮していない。もう1つは、横断開始時の自動車用信号現示である。は、中野における横断開始時の視野内の車両と信号現示に関する事例を示したものである。上段12:23:09時点では両側の自動車用信号現示は赤現示であり、視野内に車両は存在していない。一方、下段12:25:41時点では片側の信号が青現示となり、視野内の車両も中野駅方面の第二車線に2台存在していた。

図3-15は、横断開始時における視野内の車両有無を示したものである。視野内に車両が存在しない比率は34~88%と箇所によりバラツキがみられる。高田馬場、中野、六本木の3箇所については視野内に車両が存在しない比率が70%以上となっており、安全を確認して横断を開始している場合が多い。図3-16は、横断開始時の信号現示を示したものである。自動車信号現示が左右両側ともに赤現示の比率は39~86%と箇所によりバラツキがみられる。

表3-7は、上記2つの指標をクロス集計したものである。横断開始時において、視野内に車両が存在する、または自動車信号現示がどちらか一方が赤現示の場合においても横断は発生している。この時の自動車と横断歩行者の関係については、次節で両者の交錯危険性に着目して分析することとする。

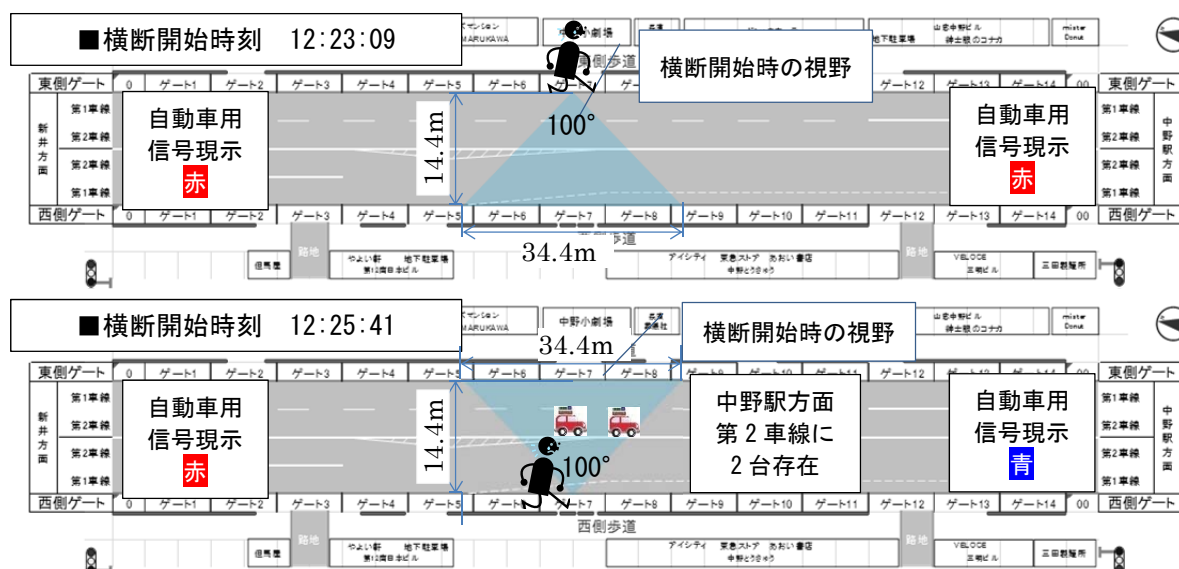
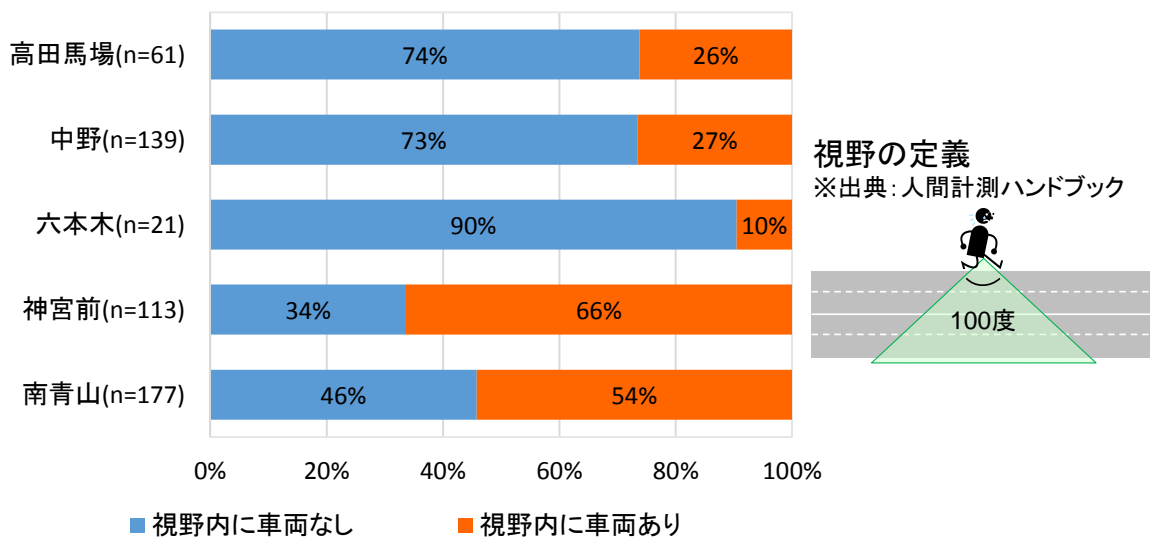
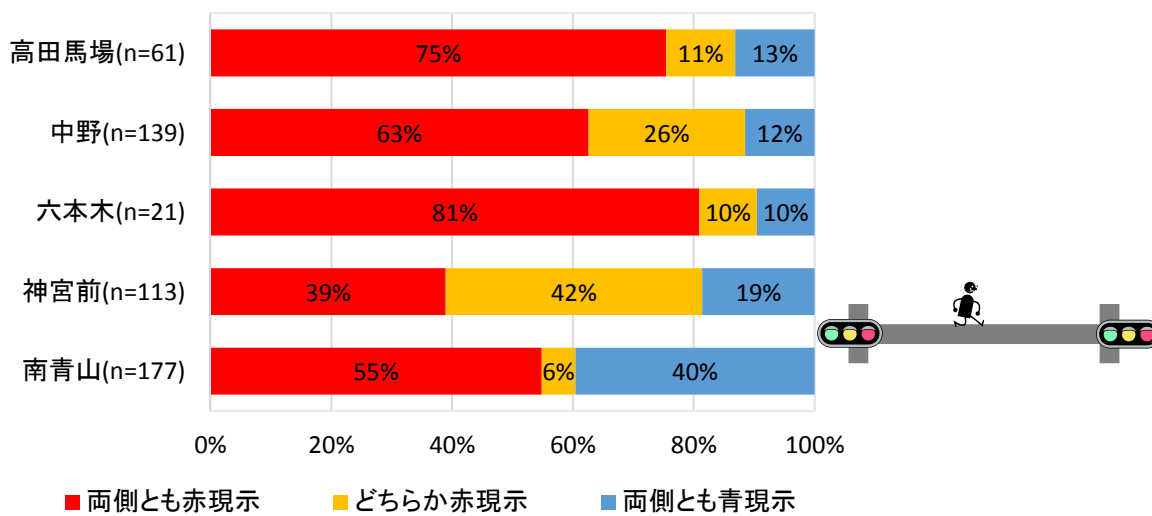


図 3-14 横断開始時の視野内の車両と自動車用信号現示の事例（中野）



※観測1時間のうち、最初の30分間の横断者を対象に集計

図 3-15 横断開始時の視野内の走行車両の有無



※観測1時間のうち、最初の30分間の横断者を対象に集計

図 3-16 横断開始時における自動車信号の現示

表 3-7 横断開始時の車両の有無と信号現示

調査箇所	視野内の 車両の有無		信号現示			合計
			両側とも 赤現示	どちらか 一方が 赤現示	両側とも 青現示	
高田馬場	車	なし	38	3	4	45
	両	あり	8	4	4	16
	合計		46	7	8	61
中野	車	なし	73	26	3	102
	両	あり	14	10	13	37
	合計		87	36	16	139
六本木	車	なし	17	2	1	20
	両	あり	1	0	0	1
	合計		18	2	1	21
神宮前	車	なし	18	18	2	38
	両	あり	26	30	19	75
	合計		44	48	21	113
南青山	車	なし	56	3	22	81
	両	あり	41	7	48	96
	合計		97	10	70	177

調査箇所	①横断歩道外 横断者数	②視野内に車両が存在しない、または自動車信号現示が左右両側ともに赤現示	③安全確認を行っている比率 ③=②/①
高田馬場	61	53	87%
中野	139	116	83%
六本木	21	21	100%
神宮前	113	64	57%
南青山	177	122	69%

3.4.2 横断中の交錯危険性

横断中の交錯危険性について、PET 指標(Post-encroachment-time)を用いて分析する。PET 指標とは、一般に、計測開始時点で車両や歩行者が占有している場所を衝突の可能性がある場所と考えたときに、後続車両がその地点へ到達するまでの時間と定義されている。本研究では図 3-17 に示すとおり、車線ごとの交錯点において、横断歩行者の通過時間とその後最初に通過する車両の通過時間との時間差と定義する。この指標は横断歩行者の通過後、最初の車両が交錯点を通るまでの余裕時間を示しており、指標値が小さいほど横断歩行者と車両の交錯危険性が高い状況となる。

本節では、PET 指標が大きく、横断時に交錯車両が理論上存在しない条件と、PET 指標が小さく、横断歩行者と車両が近接している条件に着目し、横断時の横断歩行者と車両の交錯危険性を考察する。ここで、横断時に交錯車両が理論上存在しない条件は、図 3-18 に示すとおり、各調査箇所の信号交差点間を 40km/h で走行した場合の所要時間よりも長い状況、すなわち分析対象区間に車両が存在しない場合とした。一方、横断歩行者と車両が近接している条件は、既往研究¹⁰²⁾を参考に、PET 指標が 3 秒以下の場合とした。

図 3-19 は、横断時に交錯車両が理論上存在しない条件と横断歩行者と車両が近接している条件と横断歩行者と車両が近接している条件の比率を示したものである。横断時に交錯車両が理論上存在しない条件は、全調査箇所において 70%程度以上となっており、過半数の横断は交錯危険性に問題がない。特に、高田馬場、中野、六本木においては、90%程度が横断時に交錯車両が理論上存在しない条件であり、大多数の横断は交錯危険性に問題がない。

その一方で、横断歩行者と車両が近接した条件が 4~6%発生しており、これらは交通事故の予備軍といえる。このような条件の発生を抑制することが、交通事故件数の削減に対して有効であると考えられる。

■PET指標の定義

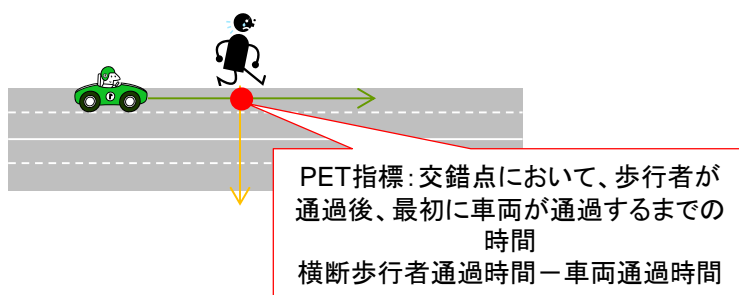
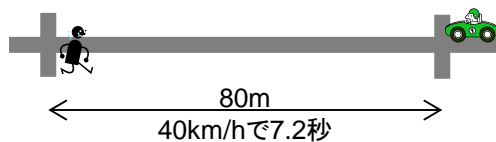


図 3-17 本研究における PET 指標の定義

■PET指標が大きい場合の定義

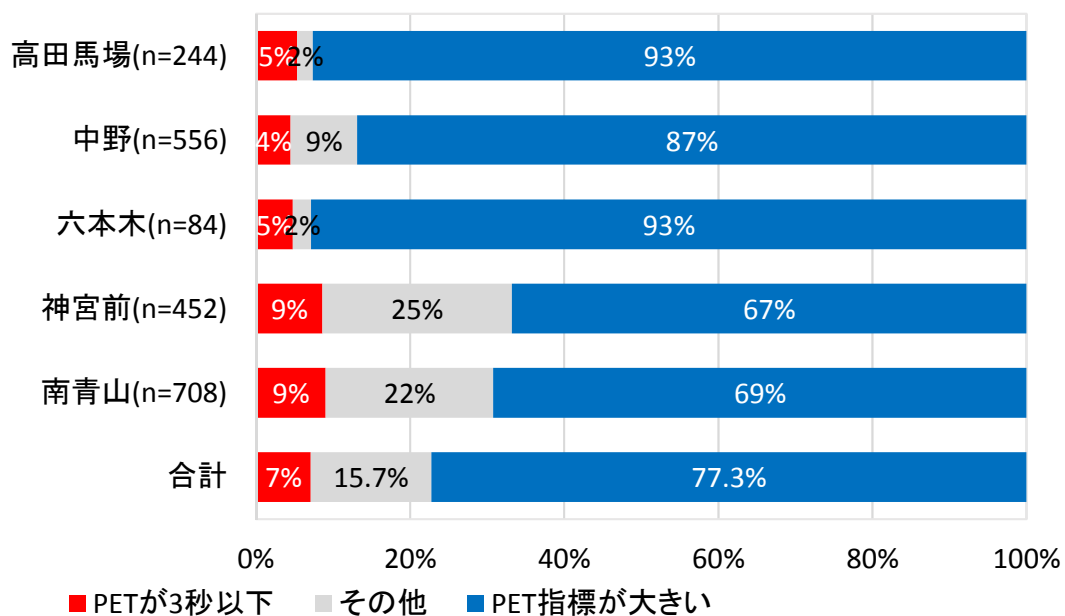
例えば、区間長が80mの場合は、8秒以上



設定値

高田馬場(80m)	: 8秒以上
中野(140m)	: 13秒以上
六本木(80m)	: 8秒以上
神宮前(180m)	: 17秒以上
南青山(180m)	: 17秒以上

図 3-18 PET 指標が大きい場合の定義



※観測1時間のうち、最初の30分間の横断者を対象として、車線ごとに計測

図 3-19 PET 指標による交錯危険性

3.5 実態調査結果に基づく横断歩道外横断の行動の解釈

3.2.1 節(2)に示したように、横断歩道外横断が横断防止柵の開口部で多く発生していること、横断の開始前および終了後の歩道歩行が、実態調査により確認できた。これらから、横断歩道外横断は、起点から終点に向かい移動しながら、横断可能な間隙を探して実施される行動であるといえる。横断可能な間隙には、横断防止柵の開口部といった物理的な隙間、交通流に発生する横断可能な間隙とがある。また、横断開始時に自動車用信号が赤現示であることを確認して、横断を開始している場合もある。

また、3.3 項に示したように、横断歩道外横断を行う歩行者は、旅行時間の短縮を狙った行動である。

都市部の幹線道路では、車道と歩道の高さ 1m 程度の横断防止柵が設置されている場合が多い。横断防止柵が設置されている位置は、横断防止柵の開口部と比べて横断歩行者が少なく、これは横断防止柵の抑止効果であるといえる。しかし、開口部ではない横断防止柵のつなぎ目の僅かな隙間でも横断が発生しており、横断防止柵による横断の完全な防止は困難である。

このような状況を勘案すると、沿道施設の出入り口や街路接続部での横断防止柵の開口部発生が避けられない都市部においては、新たな抑止策の検討や安全対策を講じた上で容認することも必要と考えられる。

横断歩道外横断以下のような行動特性がみられた。これらは、横断歩行者対策として、渡りやすい環境や渡りにくい環境を創出する際に、配慮が必要な事項といえる。

- ・ 3.3.2 節(2)に示したように、道路中心線に対して直角に横断できる箇所では、横断歩道外横断が増加する。
- ・ 5 章のケーススタディで示す南青山のように、沿道に目的地が複数ある場合は、回遊行動が発生し、横断歩道外横断を助長する。

4 横断歩道外横断の行動解釈と対策評価のためのモデル構築

本章では、横断歩道外横断行動が生じるメカニズムを明らかにするとともに、横断歩道外横断対策の効果を予測するためのモデルを構築する。

最初に、前章で把握した横断歩道外横断の実態を踏まえ、横断歩道外横断が発生するきっかけの一つである自動車交通流に発生する歩行者が横断可能な間隙の時空間分布を表現するモデルを構築する。次に、このモデルを拡張し、横断歩行者の横断位置およびタイミングを表現するモデルを構築する。

4.1 自動車交通流に発生する歩行者が横断可能な間隙の時空間分布モデル

前章で実施した実態観測結果より、横断歩道外横断は、道路上に発生する車両が存在しない時空間的な間隙をねらって発生する行動といえる。本節では、車道上の交通状況を交通流の時空間分布により記述するモデルを構築し、歩行者が横断可能な間隙の発生特性を分析する。

4.1.1 モデルの構築

横断歩道外横断が発生しやすい交通状況と発生しにくい交通状況が存在することを定量的に説明するため、歩行者が横断可能な間隙の時空間分布モデルを構築する。交通需要、交差点間距離、信号制御パラメータなどの条件と間隙の関係を時間の関数で定式化し、定量化を図る。

交通流を単純化するため、Q-K 関係を三角形で設定し、Shockwave 理論に基づき、車両軌跡を折れ曲がった絵線分でモデル化する。ここで、1 方向 1 車線とし、追い越し・追い抜きは考慮しない。また、主道路のみを対象とし、従道路からの車両はランダムに流入してくると想定する。図 4-1 は車両軌跡を簡略化して示したものであり、交通流は時空間領域①~④に分類できる。図 4-2 (左図)は信号現示と累加交通量の関係を示したものであり、これを用いて時空間領域ごとに定式化を行う。

時空間領域①は、飽和交通流率が実現する時間であり、車頭時間は飽和車頭時間であり、歩行者が横断可能な存在しないと仮定する。信号 1 サイクルのうち、時空間領域①が発現する比率 f は以下のように定義できる。

$$\{C(1-g) + Cf\} \times q = Cf \times s$$

$$f = \frac{q}{s-q}(1-g) \quad (4.1.1)$$

ここで、 C : サイクル長、 g : 青時間比、 q : 需要交通量、 s : 飽和交通流率

時空間領域②は、到着分布に従う時間であり、歩行者が横断可能な間隙が発生する可能性がある。信号 1 サイクルのうち、時空間領域②が発現する時間比率 $g-f$ は以下のように定義できる。

$$g - f = \frac{(sg-qq)-(q-qq)}{s-q} = \frac{sg-q}{s-q} \quad (4.1.2)$$

4 横断歩道外横断の行動解釈と対策評価のためのモデル構築

時空間領域③は、従道路からの流入に従う時間であり、歩行者が横断可能な間隙が発生する可能性がある。ただし、細街路からの流入車両が生じる可能性がある。信号1サイクルのうち、時空間領域③が発現する時間比率は以下のように定義できる。

$$1 - g \tag{4.1.3}$$

時空間領域④は、信号交差点から車両が滞留している状態である。

$$\text{滞留が延伸する区間長} \quad \frac{Cq}{K_j} \tag{4.1.4}$$

ここで、 K_j : 渋滞時の密度

ここで、都市部の交差点近接区間においては、いくつかの信号交差点の通過に伴い、1サイクル内の交差点流出車両が一連の車群とみなせるような状態となり、時空間領域①③④となる。このため、時空間領域②は希に発生する状態となるため、本研究では対象外とする。この場合、信号現示と累加交通量の関係は図4-2(右図)のようになり、時空間領域①の時間比率は以下のとおり定義できる。

$$\text{時空間領域①} \quad f = \frac{Cq}{s} \tag{4.1.5}$$

横断歩行者は横断する断面すべての車線を通るため、両方向の車線の時空間領域を重ね合わせて考える。車線ごとの時空間領域を①③④の3種類から設定し、それらを組み合わせにより、位置別時間別の時空間領域を設定する。

表4-1は、時空間領域の組み合わせを示したものである。時空間領域①を含む場合(状態①①, ①③, ①④, ③①, ④①)には、横断可能な間隙が発生しないため、歩行者は横断しないと仮定し、渡れない時間と定義した。また、それ以外の時間(状態③③, ③④, ④③, ④④)を渡れる時間と定義した。また、それぞれの単位時間当たりの時間構成比を渡れる時間割合および渡れない時間割合と定義した。

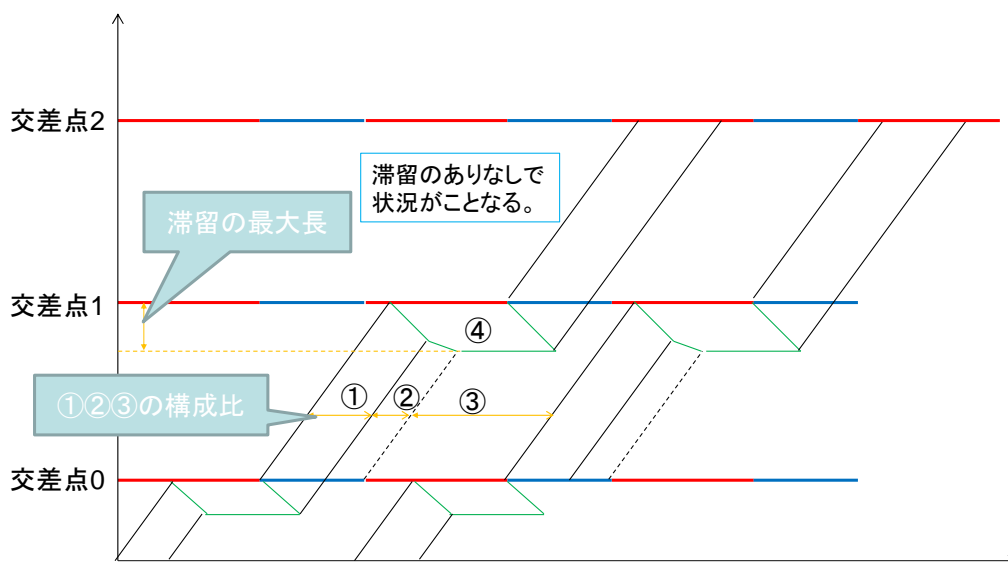


図 4-1 簡略化した車両軌跡図

4 横断歩道外横断の行動解釈と対策評価のためのモデル構築

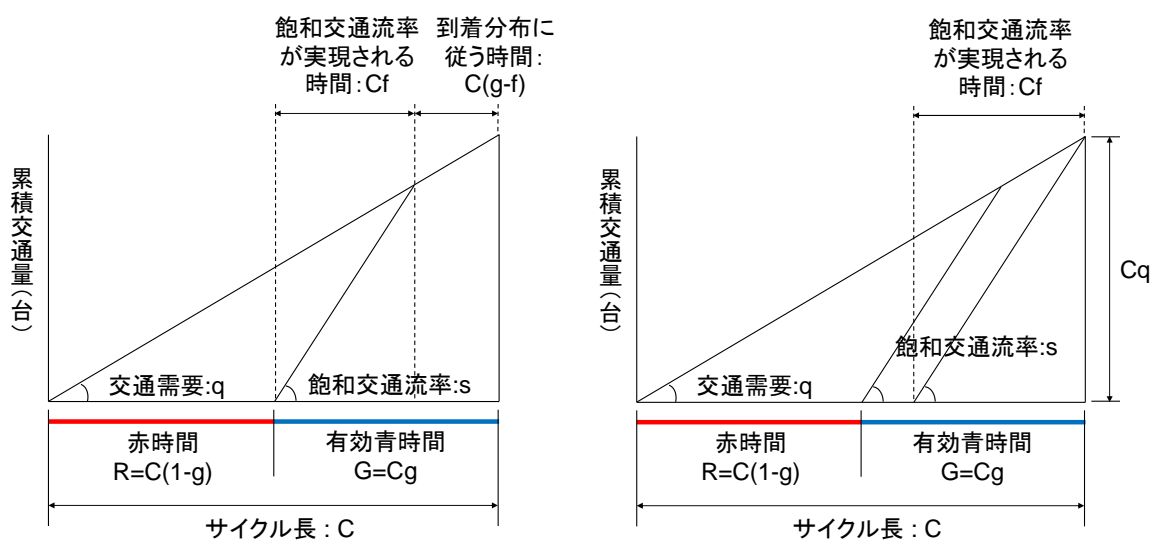


図 4-2 サイクル長と累加交通量の関係（左：標準，右：信号が連担する場合）

表 4-1 両方向の交通状況を考慮した横断できる可能性の考え方

方向 2 \ 方向 1	①飽和交通流率を実現している時間	③従道路からの流入などに従う時間	④滞留が発生延伸している時間
①飽和交通流率を実現している時間	状態①① ×：渡れない時間	状態①③ ×：渡れない時間	状態①④ ×：渡れない時間
③従道路からの流入などに従う時間	状態③① ×：渡れない時間	状態③③ ○：渡れる時間	状態③④ ○：渡れる時間
④滞留が発生延伸している時間	状態④① ×：渡れない時間	状態④③ ○：渡れる時間	状態④④ ○：渡れる時間

4 横断歩道外横断の行動解釈と対策評価のためのモデル構築

対面通行の道路を仮定し、渡れる時間割合と渡れない時間割合に着目して、車の遅れ、横断歩行者の安全性・円滑性の分析を実施する。渡れる時間割合が大きい箇所は、小さい箇所と比べて、横断できる可能性が高い。これは横断者にとって、渡りやすい状況である。逆に、渡れる時間割合が小さい箇所は、比較的横断できない可能性が高く、渡りにくい状況である。この渡れる時間割合を操作し、渡りやすい状況を意図的に作り出すことができれば横断者の横断位置を任意の箇所に誘導できる。また、比較的渡りにくい状況を意図的に作り出すことができれば横断行動を抑制できる可能性がある。

ここでは、図 4-3 に示すような系統制御された隣接する 2 信号交差点間の区間を想定して、渡れる時間割合の分布状況を検証する。ここで検証は、以下の仮定の下実施する。

- a) リンク両端の信号のサイクル・スプリット・飽和交通量は等しい
- b) 直進交通のみであり、速度は一定で車群の拡散はない
- c) スプリットは系統方向に対して青 50%、赤 50%であり、完全に飽和している。

図 4-4 は、上の仮定のタイムスペース図を示したものである。

ここで、

G : 青時間(sec)

R : 赤時間(sec)

C : サイクル長(sec)

O : オフセット量(%)

T : 往復旅行時間(sec)

L : 区間長(m)

この時の各方向の車群の先頭車両および末尾車両の地点 d における時刻 t は以下ようになる。

$$\text{上り方向車群先頭車両} : t_{upf} = \frac{T}{2L}d \quad (4.1.6)$$

$$\text{上り方向車群末尾車両} : t_{upe} = \frac{T}{2L}d + G \quad (4.1.7)$$

$$\text{下り方向車群先頭車両} : t_{downf} = -\frac{T}{2L}\left(d - L - \frac{2L}{T} \times C \times O\right) \quad (4.1.8)$$

$$\text{下り方向車群末尾車両} : t_{downe} = -\frac{T}{2L}\left(d - L - \frac{2L}{T} \times C \times O\right) + G \quad (4.1.9)$$

4 横断歩道外横断の行動解釈と対策評価のためのモデル構築

また、この場合、1 サイクルあたりの渡れない時間は以下ようになる。なお、上りと下りの車群の位置関係は図 4-5 に示す 3 とおりとなるため、それぞれに整理する。

Case1 : 上り下りともに車群が 1 サイクル内で収まる場合

: 信号 1 サイクルあたりの渡れない時間 =

$$\max(t_{up f}, t_{up e}, t_{down f}, t_{down e}) - \min(t_{up f}, t_{up e}, t_{down f}, t_{down e}) \quad (4.1.10)$$

Case2 : 下りの車群が 1 サイクル内で収まらない場合

Case2-1 : 上りの車群先頭部分と重なる場合

$$\text{: 信号 1 サイクルあたりの渡れない時間} = t_{up e} + (C - t_{down f}) \quad (4.1.11)$$

Case2-2 : 上りの車群末尾部分と重なる場合

$$\text{: 信号 1 サイクルあたりの渡れない時間} = t_{down f} + (C - t_{up f}) \quad (4.1.12)$$

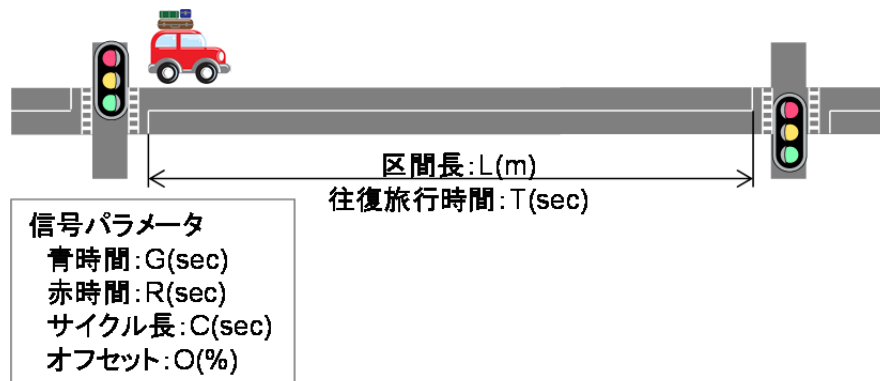


図 4-3 系統制御された 2 信号交差点間のモデル

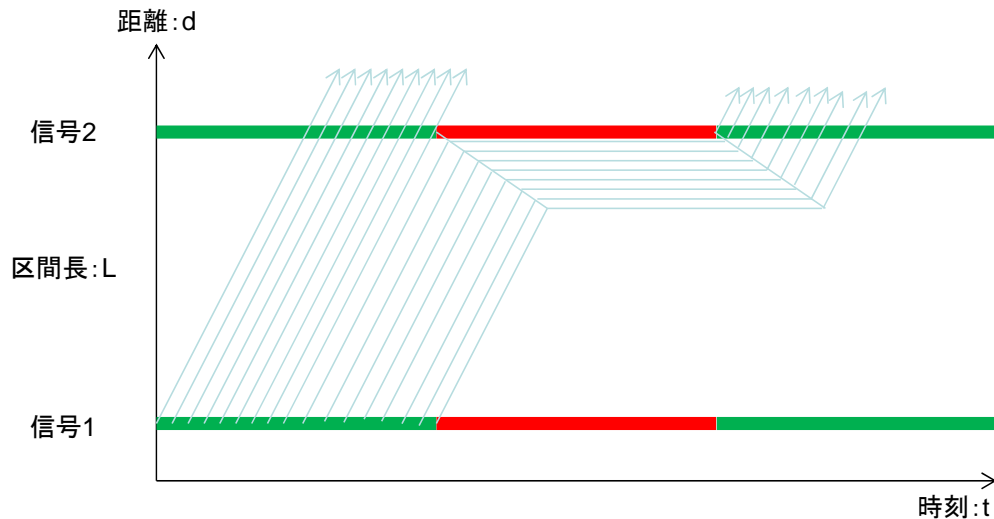
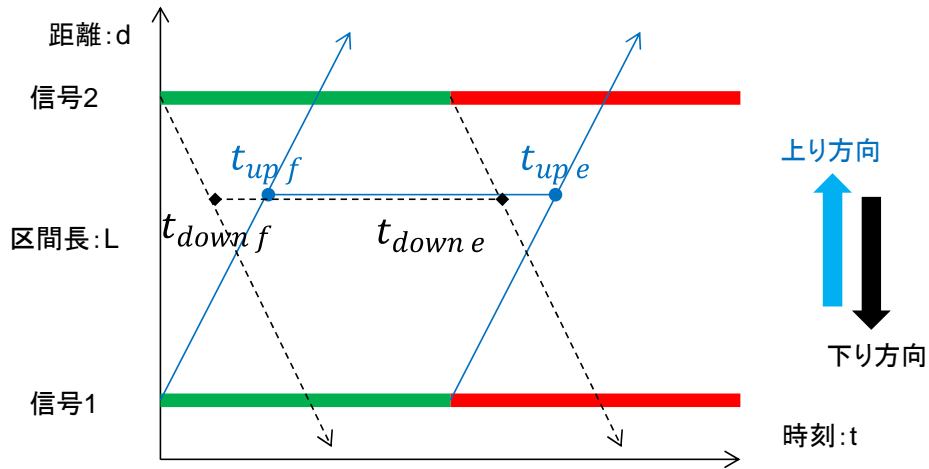


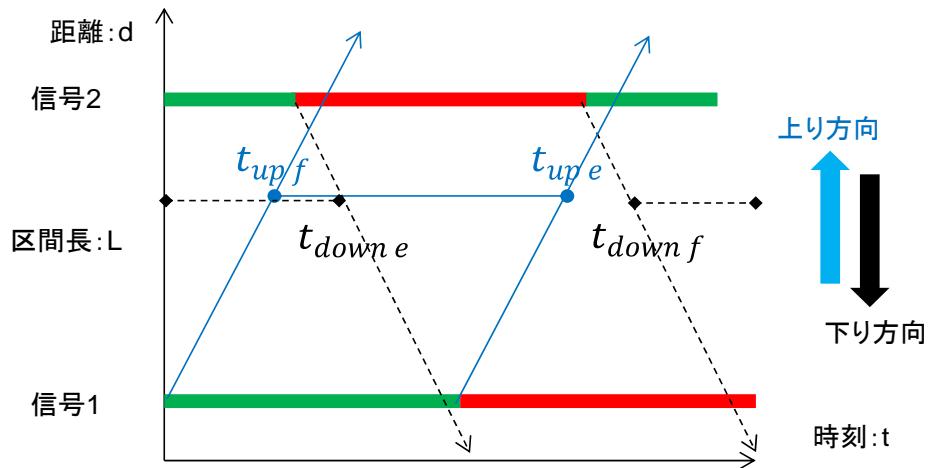
図 4-4 タイムスペース図

Case1 : 上り下りともに車群が1サイクル内で収まる場合



Case2 : 下りの車群が1サイクル内で収まらない場合

Case2-1 : 上りの車群先頭部分と重なる場合



Case2-2 : 上りの車群末尾部分と重なる場合

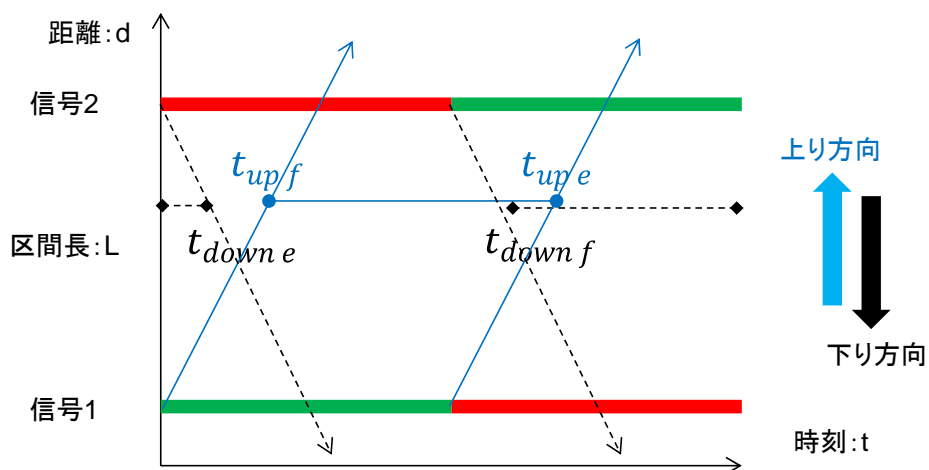


図 4-5 上り方向の車群と下り方向の車群の位置関係

4.1.2 モデルを用いた街路交通の時空間変動と横断歩道外横断の発生に関する分析

一般に、都市部街路の信号交差点においては、車両の遅れ時間の最小化を最適化指標とした系統制御が行われている。車両の遅れ時間とは、車両の実際の旅行時間と信号制御の影響を受けずに走行し得たと仮定した時の旅行時間との差であり、車両の円滑性を示す指標である。また、都市部では、信号交差点の間隔が短く、かつ面的に広がっているため、信号機群を互いに関連付けて制御する系統制御を行っている。このように都市部街路では、車両の円滑な処理に主眼をおいた制御が行われている。このため、意図しない箇所で交通流に歩行者が横断可能な間隙が生じることで横断歩道外横断が誘発され、横断歩行者と車両との交錯が発生している場合もある。

系統制御による効果は、サイクル長 C と往復旅行時間 T の関係によって異なる。一般に、両方向通行の場合、往復旅行時間 T がサイクル長 C の整数倍($T=nC$)の時、相対オフセットによってリンクの上下方向合計の総遅れ時間を極小化でき、系統効果を最も高めることができる。逆に、往復旅行時間 T がサイクル長 C の奇数倍($T=(2n-1)C$)の $1/2$ の時、すなわち、 $T=(2n-1)C/2$ の時、両方向の交通が均衡していると、どのようなオフセットをとってもリンクの総遅れ時間はあまり変わらず、系統効果は最も低くなる。

(1) ケース a: 系統効果が最も低くなる場合 :

最初に、オフセットに関わらず、リンクの総遅れ時間が同程度となる $T=(2n-1)C/2$ の場合を対象として分析を行う。このような場合、「改定 交通信号の手引き」を参考として同時式オフセットを採用するケースが多いのが現状である。しかし、車両の円滑性は同程度確保できるのであれば、横断歩行者の制御を目的としてオフセットを設定することは合理的である。このため、オフセットの設定と歩行者の横断歩道外での渡りやすさの関係を分析する。

ここでは、街路網の一般的なリンク長(250~500[m])と、系統速度(40[km/時]≒11[m/秒])においては、往復旅行時間 T は 45~90[秒]程度であり、常用のサイクル長の範囲(90~180[秒])はほぼ $T\sim 2T$ 付近にあることから、 $n=1$ の場合を想定した。

この場合、信号オフセットを同時式または交互式とするとタイムスペース図は、図 4-6 のようになり、信号オフセットの設定により同位置での渡れる時間割合に差が生じる。

信号オフセットの変更による単位時間あたりの渡れる時間割合の変化を分析する。図 4-7 は信号オフセットを変化させた場合の位置別の渡れる時間割合を示したものであり、このうち信号交差点間中央(0.5L)、信号交差点 1 付近(0.1L)、信号交差点 2 付近(0.9L)の 3 箇所の代表地点におけるオフセット別の渡れる時間割合を示すと図 4-8 のようになる。信号交差点間中央部における渡れる時間割合の分布形状は、同時式オフセット(0%および 100%)で 50%と最も高く、交互式オフセット(50%)で 0%と最も低くなる下に凸な関数形となる。このように信号交差点間中央部においては、オフセットを交互式にすることにより比較的渡りにくく、同時式にすることにより比較的渡りやすくすることが可能となる。一方、信号交差点 1 付近では、オフセット 30%において渡れ

4 横断歩道外横断の行動解釈と対策評価のためのモデル構築

る時間割合が 0%となる下に凸な関数形とオフセット 80%において渡れる時間割合が 50%となる上に凸な関数形の組み合わせとなる。また、信号交差点 2 付近では、20%において渡れる時間割合が 50%となる上に凸な関数形とオフセット 70%において渡れる時間割合が 0%となる下に凸な関数形の組み合わせとなり、信号交差点 1 とは逆の傾向となる。このようにオフセットを調整することにより、信号交差点付近の渡りやすさを調整することが可能となる。ここで、信号交差点付近で渡れる時間となる場合は、自動車用信号が赤現示、すなわち歩行者用信号が青現示となっている。

渡りやすさを評価する際には、単位時間あたりの渡れる時間割合に加えて、渡れる時間の継続時間、すなわち自動車交通流に発生する歩行者が横断可能な間隙の大きさが重要となる。例えば、都市部での 4 車線道路を想定すると道路幅員は 14m 以上(車線 3.25m×4, 路肩 0.5m×2)となり、横断歩行者の歩行速度を 1m/s と仮定すると、横断に必要な時間は 14 秒となる。横断前後に余裕時間を各 3 秒考慮すると 20 秒となるため、20 秒以下の間隙は、安全に横断が可能な間隙が生じているとは言いがたい。

図 4-9 は、オフセット別の渡れる時間の継続時間を示したものである。また、自動車交通流に発生する歩行者が横断可能な間隙を待つ時間も渡りやすさの評価にあたっては重要となる。図 4-10 は、継続する渡れる時間が終了して、次の渡れる時間が開始するまでの時間を示したものである。これは、横断歩行者における横断可能な間隙の期待待ち時間を示している。渡れる時間の継続時間が同等であれば、最大待ち時間は短いほうがよい。ただし、どの程度が適切かは今後の課題とし、本研究では実フィールドでのケーススタディを行う際に必要に応じて箇所ごとに考察することとする。

このようにオフセットの設定により、車両の総遅れ時間を同程度としつつ、歩行者の横断歩道外での渡りやすさを制御できるといえる。

4 横断歩道外横断の行動解釈と対策評価のためのモデル構築

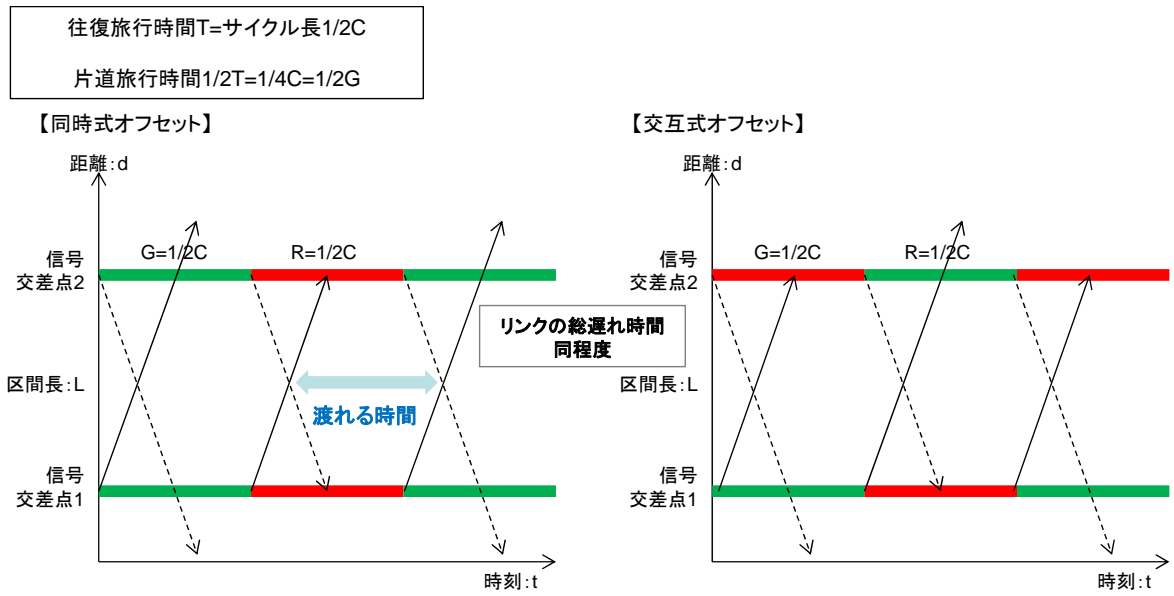


図 4-6 系統効果がない場合のタイムスペース図

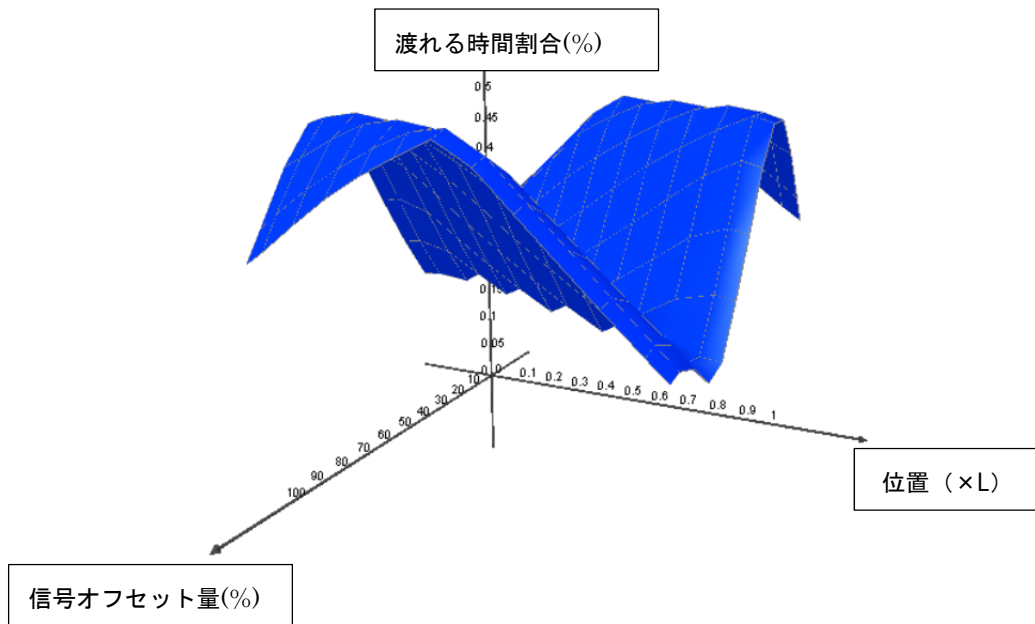


図 4-7 オフセット別位置別の渡る時間割合の分布状況

4 横断歩道外横断の行動解釈と対策評価のためのモデル構築

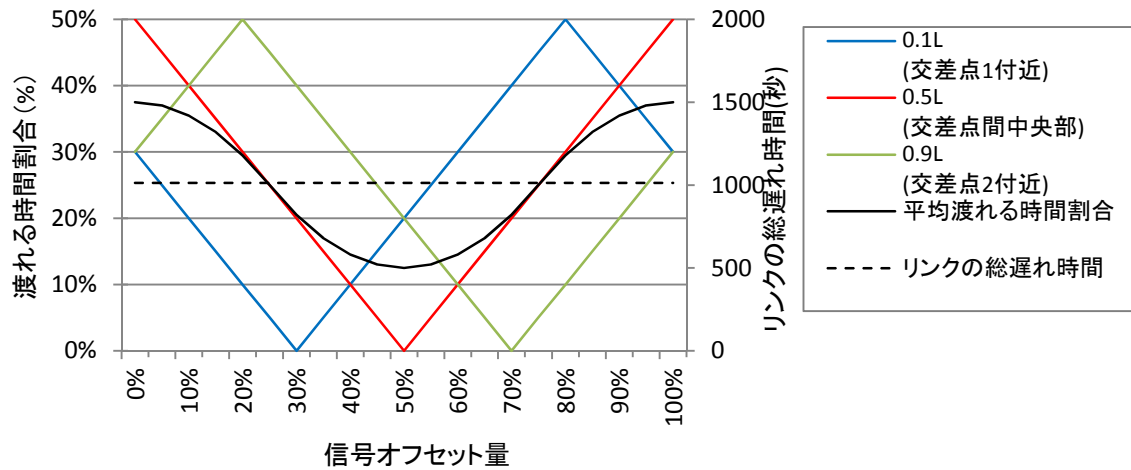


図 4-8 信号オフセット別の渡る時間割合とリンクの総遅れ時間の関係

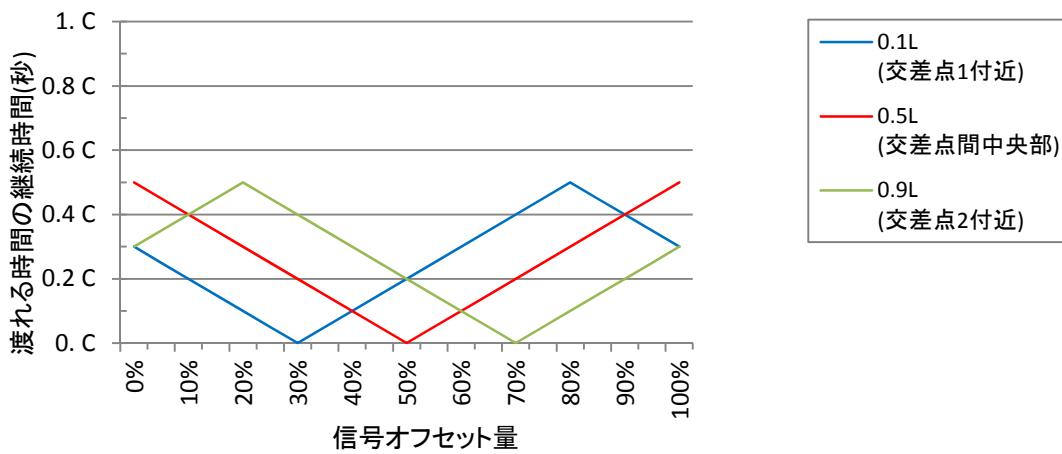


図 4-9 信号オフセット別の渡る時間の継続時間

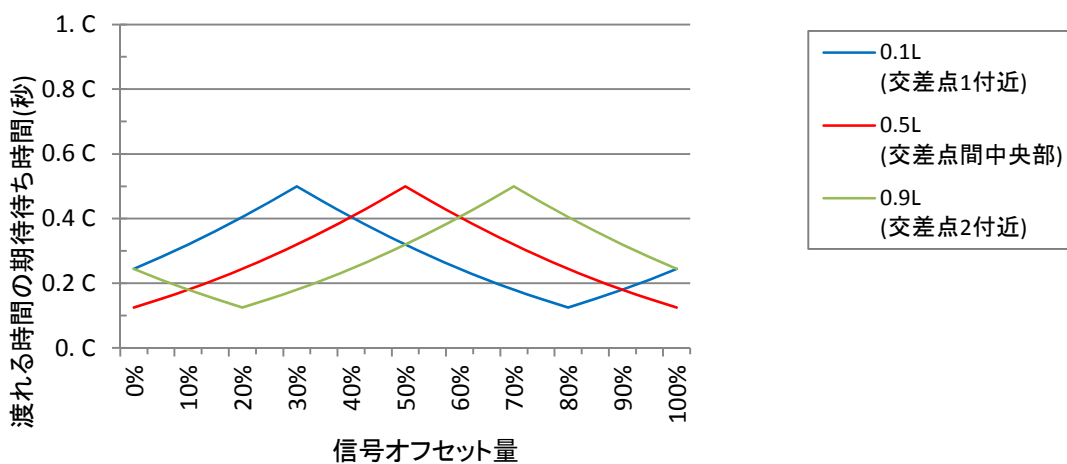


図 4-10 信号オフセット別の横断可能な間隙の期待待ち時間

(2) ケース b: オフセットの設定により系統効果を最大化できる場合

次に、相対オフセットによってリンクの上下方向合計の総遅れ時間を極小化でき、系統効果を最も高めることができる復旅行時間 T がサイクル長 C の整数倍 ($T=nC$) の場合を対象として分析を行う。このような場合、車両の円滑な処理を優先するため、原則として交互式オフセットを採用するのが現状である。しかし、都市部街路の多くは車両と歩行者が共存しており、横断歩行者の制御も考慮しつつ、車両用信号の制御を設計することが必要である。このため、オフセット設定による車両のリンクの総遅れ時間、歩行者の横断歩道外での渡りやすさの関係を分析する。

ここでは、街路網の一般的なリンク長 (250~500[m]) と、系統速度 (40[km/時] \approx 11[m/秒]) においては、往復旅行時間 T は 45~90[秒] 程度であり、常用のサイクル長の範囲 (90~180[秒]) はほぼ $T \sim 2T$ 付近にあることから、 $n=1$ の場合を想定した。

この場合、信号オフセットを同時式または交互式とするとタイムスペース図は、図 4-11 のようになり、信号オフセットの設定により同位置での渡れる時間割合に差が生じる。

信号オフセットの変更による単位時間あたりの渡れる時間割合の変化を分析する。図 4-12 は信号オフセットを変化させた場合の位置別の渡れる時間割合を示したものであり、このうち信号交差点間中央 (0.5L)、信号交差点 1 付近 (0.1L)、信号交差点 2 付近 (0.9L) の 3 箇所の代表地点におけるオフセット別の渡れる時間割合を示すと図 4-13 のようになる。

リンクの総遅れ時間は、同時式オフセット (0% および 100%) の場合に C [秒] で最大となり、交互式オフセット (50%) の場合に 0 [秒] で最小となる下に凸な関数形となる。

ここで、渡れる時間割合については、リンクの平均的な状況とある特定位置での状況について分析を行う。リンクの平均渡れる時間割合はオフセットに寄らず一定となる。このため、リンク全体の渡れる時間割合に着目すると、リンクの総遅れ時間によりオフセットを設定することが合理的である。一方、信号交差点間中央部における渡れる時間割合の分布形状は、同時式オフセット (0% および 100%) の場合に 50% で最大、交互式オフセット (50%) の場合に 0% で最小となる下に凸な関数形となる。また、信号交差点 1 付近では、オフセット 10% において渡れる時間割合が 0% となる下に凸な関数形とオフセット 60% において渡れる時間割合が 50% となる上に凸な関数形の組み合わせとなる。また、信号交差点 2 付近では、40% において渡れる時間割合が 50% となる上に凸な関数形とオフセット 90% において渡れる時間割合が 0% となる下に凸な関数形の組み合わせとなり、信号交差点 1 とは逆の傾向となる。なお、信号交差点付近で渡れる時間となる場合は、自動車用信号が赤現示、すなわち歩行者用信号が青現示となっている。

例えば、信号交差点中央部では交互式オフセットとした場合、渡れる時間割合が 0 で横断歩行者が渡りにくい状況であり、リンクの総遅れ時間が 0 で自動車が円滑に走行できる状況、すなわち自動車の交通処理を優先できる状態となる。一方、同時式オフセットとした場合、横断歩行者は渡りやすくなるが、自動車の円滑性は低下し、比較的歩行者を優先した状態となる。

4 横断歩道外横断の行動解釈と対策評価のためのモデル構築

また、図 4-14 はオフセット別の渡れる時間の継続時間を示したものであり、図 4-15 は継続する渡れる時間が終了して、次の渡れる時間が開始するまでの時間を示したものである。前節と若干傾向は異なるが、同様に渡りやすさを評価する場合や信号オフセットの調整により間隙の分布を変化させる場合には、配慮が必要である。

4 横断歩道外横断の行動解釈と対策評価のためのモデル構築

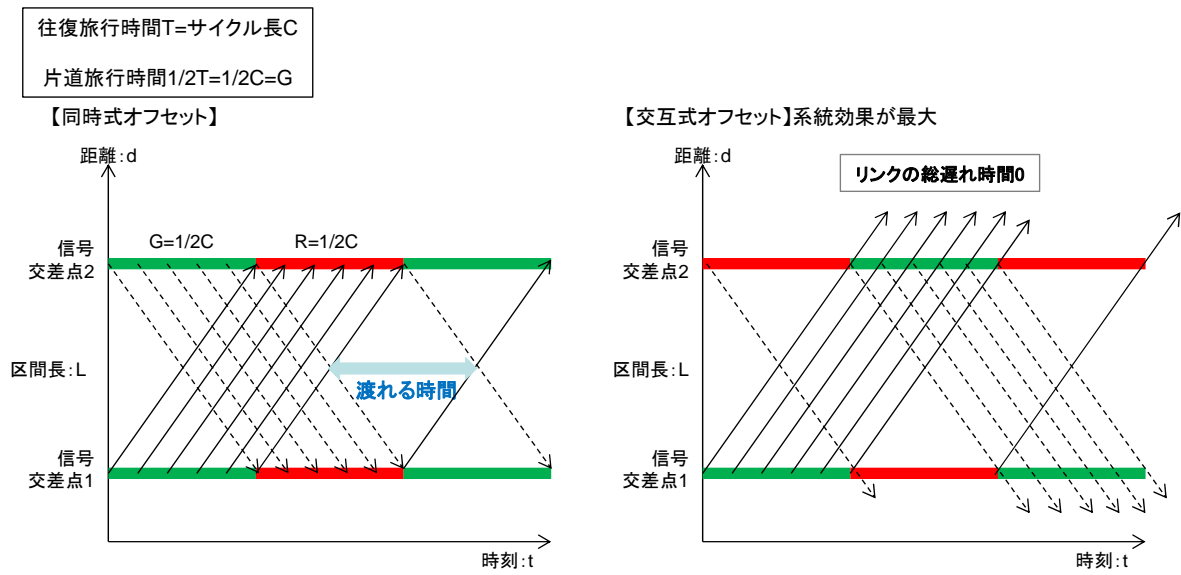


図 4-11 系統効果がある場合のタイムスペース図

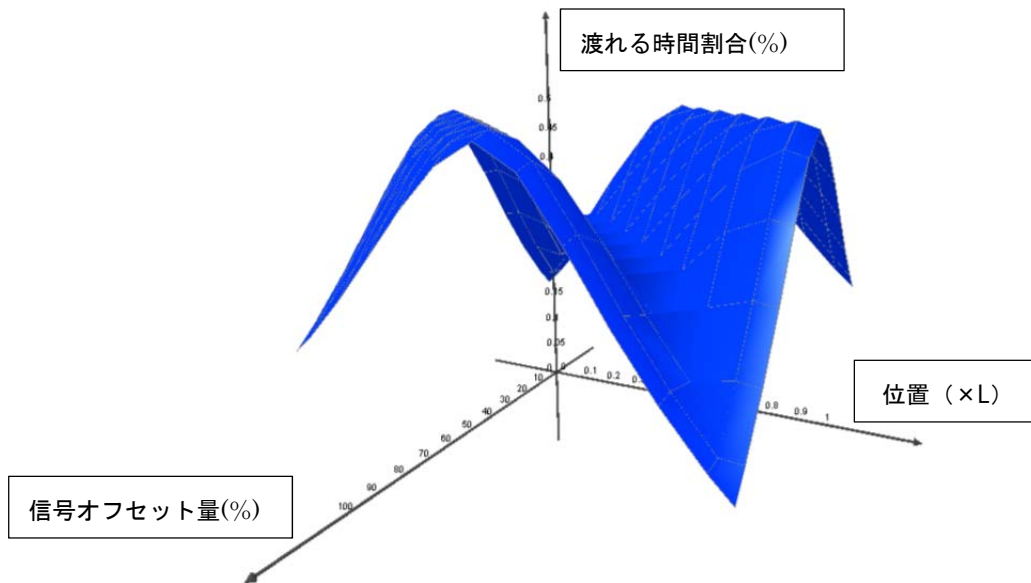


図 4-12 オフセット別位置別の渡る時間割合の分布状況

4 横断歩道外横断の行動解釈と対策評価のためのモデル構築

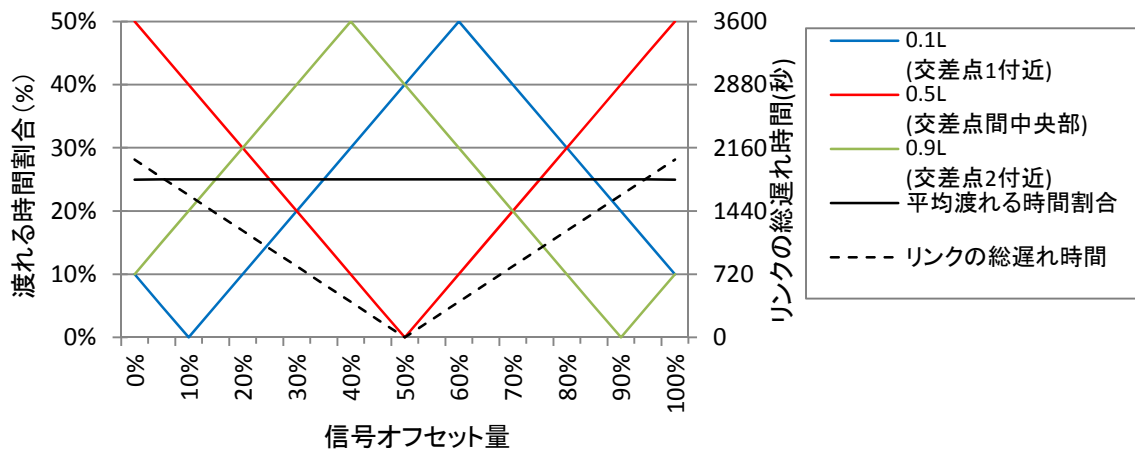


図 4-13 信号オフセット別の渡れる時間割合とリンクの総遅れ時間の関係

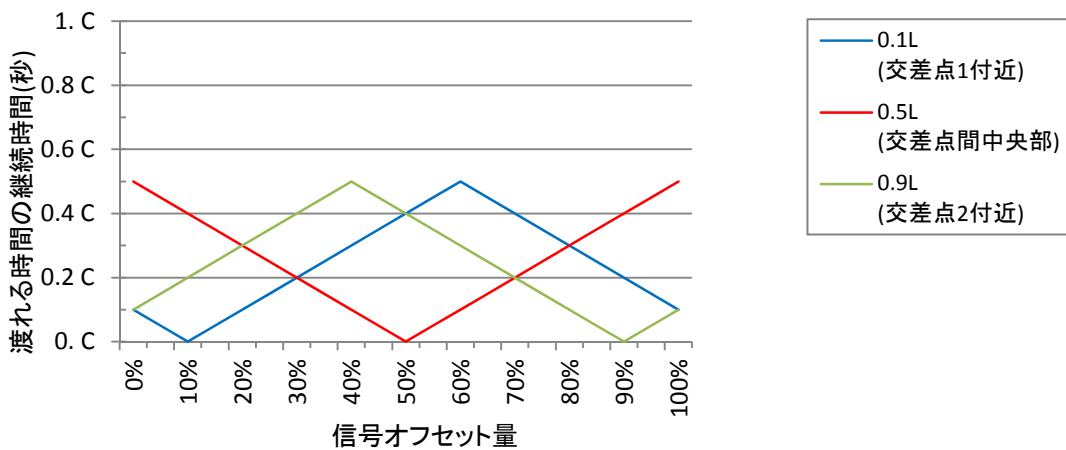


図 4-14 信号オフセット別の渡れる時間の継続時間

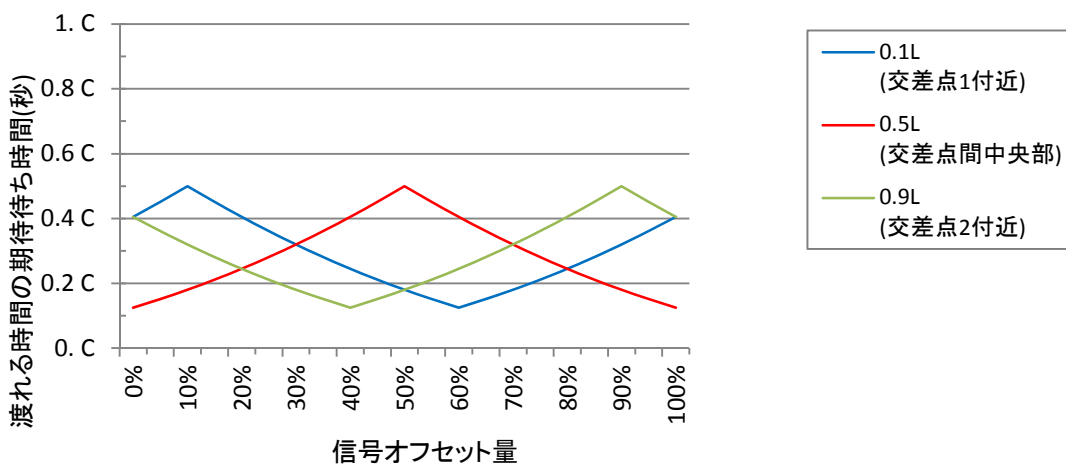


図 4-15 信号オフセット別の横断可能な間隙の期待待ち時間

(3) ケース c: オフセットの設定により系統効果が少しは生じる場合

最後に、ケース a とケース b の中間的な場合を対象として分析を行う。このような場合、相対オフセットを調整することにより、車両の総遅れ時間を最小化しても、総遅れ時間はあまり少なくできず、そのため実務上は同時式または交互式オフセットを採用するのが現状である。ここでは、オフセット設定による車両のリンクの総遅れ時間、歩行者の横断歩道外での渡りやすさの関係を分析する。

図 4-16 は、 $T=2/3C$ の場合のオフセット別信号交差点間位置別渡れない時間割合を示したものである。リンクの総遅れ時間は、同時式オフセット(0%および 100%)の場合に C [秒]で最大となり、交互式オフセット(30%)の場合に最小となる下に凸な関数形となる。

一方、信号交差点間中央部における渡れる時間割合の分布形状は、同時式オフセット(0%および 100%)の場合に 50%で最大、交互式オフセット(50%)の場合に 0%で最小となる下に凸な関数形となる。また、信号交差点 1 付近では、オフセット 25%において渡れる時間割合が 0%となる下に凸な関数形とオフセット 75%において渡れる時間割合が最大となる上に凸な関数形の組み合わせとなる。また、信号交差点 2 付近では、40%において渡れる時間割合が 50%となる上に凸な関数形とオフセット 90%において渡れる時間割合が最少となる下に凸な関数形の組み合わせとなり、信号交差点 1 とは逆の傾向となる。なお、信号交差点付近で渡れる時間となる場合は、自動車用信号が赤現示、すなわち歩行者用信号が青現示となっている。

例えば、自動車の処理に着目した場合には、信号オフセットの設定についていくつかの選択肢が考えられる。1 つは、円滑性の観点からリンクの総遅れ時間を最小とするため、信号オフセット量を 35%とする方法である。他にも、安全性の観点から渡れる時間割合を最小として渡りにくい状況とするため、交互式オフセットとする方法もある。このように、信号オフセットの調整により、自動車および横断歩行者へのサービスのバランスを調整することが可能となる。

また、図 4-17 はオフセット別の渡れる時間の継続時間を示したものであり、図 4-18 は継続する渡れる時間が終了して、次の渡れる時間が開始するまでの時間を示したものである。前節と若干傾向は異なるが、同様に渡りやすさを評価する場合や信号オフセットの調整により間隙の分布を変化させる場合には、配慮が必要である。

4 横断歩道外横断の行動解釈と対策評価のためのモデル構築

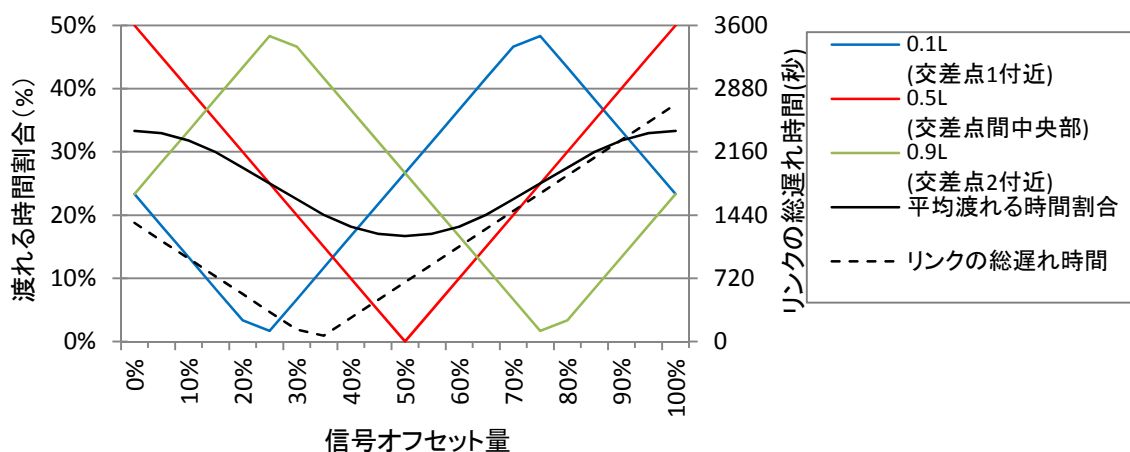


図 4-16 信号オフセット別の渡れる時間割合とリンクの総遅れ時間の関係

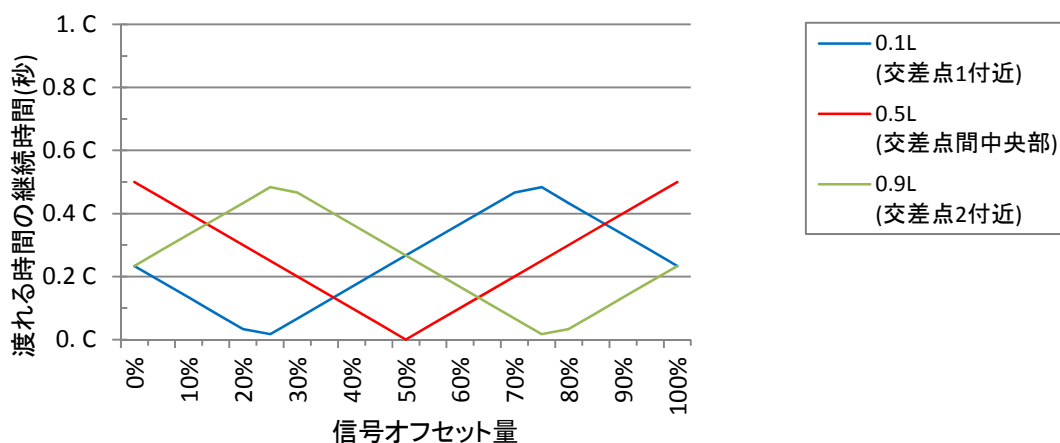


図 4-17 信号オフセット別の渡れる時間の継続時間

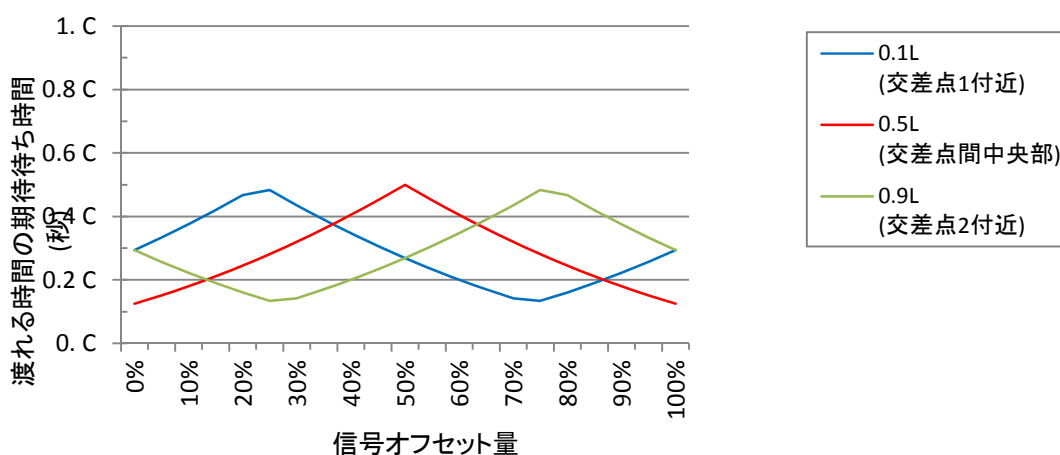


図 4-18 信号オフセット別の横断可能な間隙の期待待ち時間

4.2 横断歩行者の横断位置およびタイミングを表現するモデルへの拡張

横断歩道外横断者対策として、前節で提案した自動車交通流に発生する歩行者が横断可能な間隙の分布形状を変化させることにより、渡りやすさを調整し、横断位置の集約や横断歩道への誘導を行うことが考えられる。この間隙の分布形状を変化させた際に、横断歩行者の横断位置およびタイミングがどのように変化するか分析するモデルを構築する。また、これらの分析を行うためには、起点で発生した横断歩行者が横断歩道または横断歩道外で道路を横断し、終点まで移動する横断歩行者の一連の行動を表現することが必要となる。

歩行者が歩道上に設定された起点から、車道を一度横断し、反対側の歩道上に設定された終点までの移動を想定する。図 4-19 は、本モデルの道路モデルを示したものである。隣接する信号交差点間を想定し、道路水平方向を等間隔のゲートに分割し、ゲートごとに 1 つの起点と終点を配置する。

図 4-20 は本モデルの処理フローを示したものである。最初に起点において、歩行者を発生させる。歩行者の発生人数は、ポアソン分布に従うこととした。

発生した横断歩行者は、終点に向かい移動を開始することとし、移動中にゲートごとに 1 回の横断判断を実施する。横断判断は、交通流に横断可能な間隙が存在することを確認した上で、実態調査結果に基づき設定した横断確率に従い横断可否を決定する。間隙と横断歩行者の歩行速度と道路幅員から算定した所要時間とを比較し、横断可能な間隙の存在を判断した。一方の横断確率は、図 4-21 に示すロジスティック回帰曲線により設定した。なお、横断歩行者は道路中心線に対して直角に横断することとした。

また、横断者が横断位置で立ち止まり周辺状況を確認する行動を表現するため、横断位置に到着して横断を開始するまでの時間を 0~1 までの一様乱数を用いて 1 秒単位で設定することとした。横断歩行者の需要については、各起終点間に一様に与えることとした。

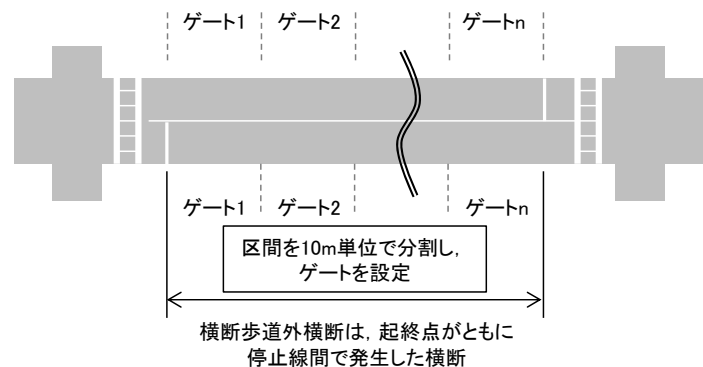


図 4-19 道路モデル

4 横断歩道外横断の行動解釈と対策評価のためのモデル構築

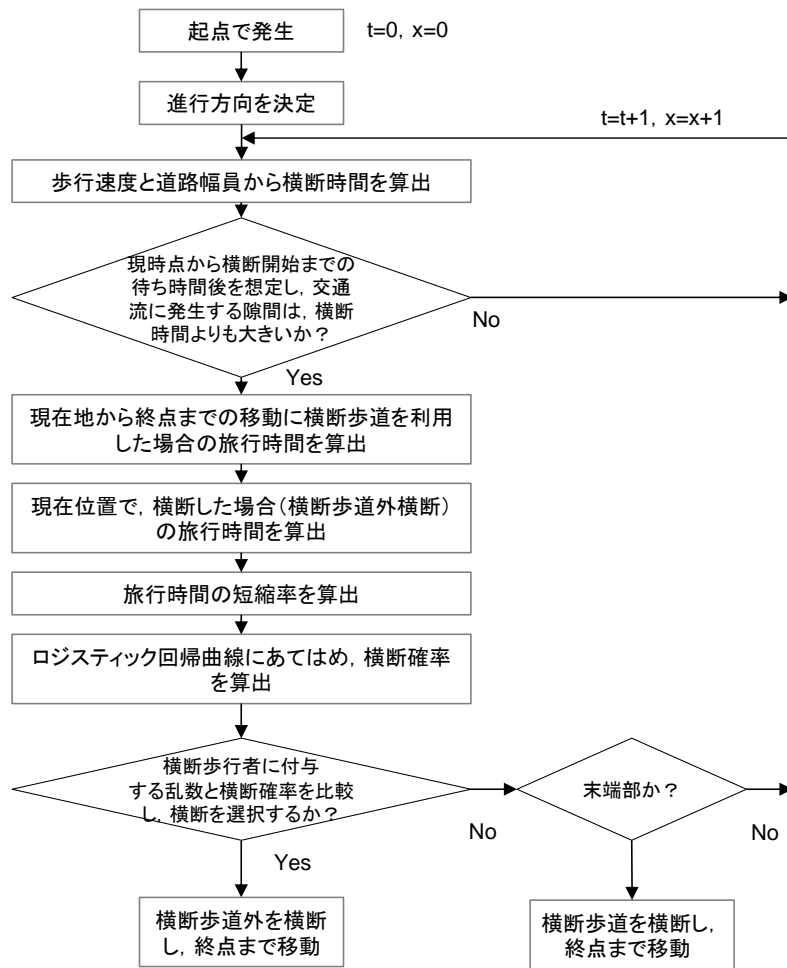


図 4-20 処理フロー

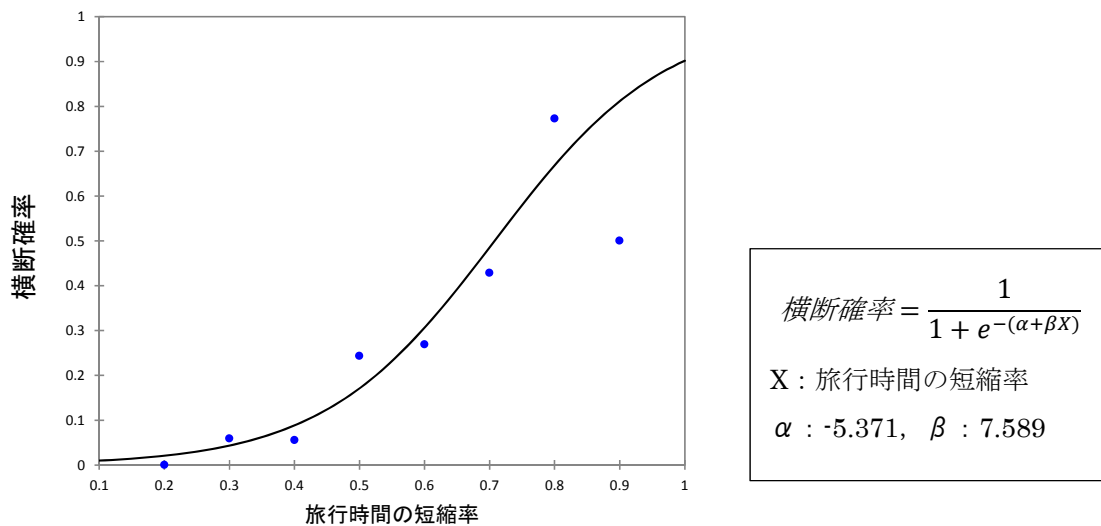


図 4-21 設定した横断確率 (図 3-12 再掲)

4.3 構築したモデルの検証

本節では、構築したモデルに考慮している横断歩行者行動の再現性を検証する。最初に基本機能の確認を行い、次に実態調査結果との比較による再現性の検証を行う。

4.3.1 基本機能の確認

基本機能として確認する横断歩行者行動は、横断歩行者の発生集中量、横断可能な間隙の選択状況、横断位置の分布状況の3点とすることとした。また、検証手法は、その現象が顕著に出現するような仮想データセットにモデルを適用した結果を理論値と比較する。

検証対象とする道路条件は図4-22に示すような信号交差点に挟まれた区間長250mの往復2車線道路とし、両側の歩道部に10m間隔の起終点を計50箇所設置する。信号制御は信号サイクル長90秒、スプリット50%、オフセット0%とする。歩行者交通量は、各起終点間の歩行者数を10人、合計で6,250人とする。また、自動車の交通量は飽和している状況を想定している。

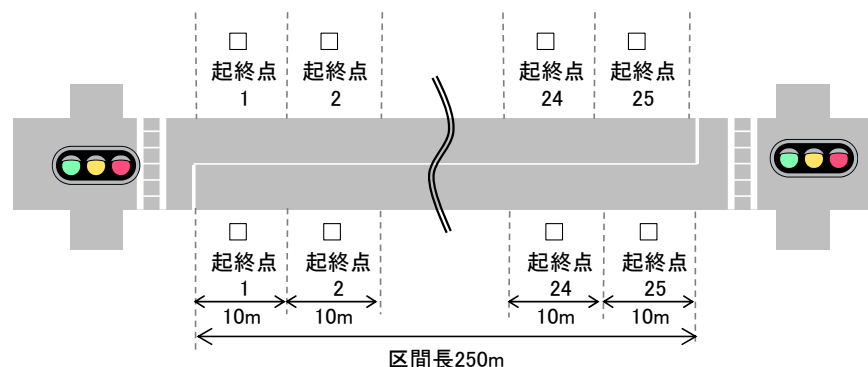


図 4-22 検証対象とした道路条件

(1) 横断歩行者の発生集中量

モデルの基本機能である横断歩行者の発生機能に関する妥当性を確認するため、横断歩行者の起終点ごとの発生集中量を検証する。

検証は、入力値として設定した起終点ごとの横断歩行者数と、モデルの実行により起点から終点まで移動した横断歩行者の実績値を比較する。1つの起点から各終点に10名、50起点で計6,250人の横断歩行者を発生させ、発生集中量の検証を行った。ここで、本検証では、発生集中以外の影響要因を可能な限り排除するため、自動車交通量は0とし、歩行者の横断可否は、横断歩道外横断による旅行時間の短縮率のみにより決まる状態とした。

表4-2は、検証結果を示したものである。入力値どおりの発生集中量を再現できている。これより、横断歩行者の発生機能は想定どおり機能してといえる。

表 4-2 検証結果

	①入力値 (人)	②実績値 (人)	③再現率②/①
Case	6,250	6,250	100%

(2) 横断可能な間隙の選択状況

横断開始から終了までの間、横断歩行者が自動車と交錯することなく横断できているか確認するため、横断歩行者の横断可能な間隙の選択状況を検証する。本モデルは自動車交通流に発生する間隙の時空間分布を入力値とし、歩行者はこの間隙の大きさと、道路幅員と歩行速度から算定する横断に必要な時間とを比較して、横断可否を判断することとしている。横断を行うのは、間隙の継続時間が横断に必要な時間よりも大きい場合、すなわち交錯しない場合である。このため、検証では、モデルの実行により歩行者が選択した間隙の実績値と横断に必要な時間との差が0よりも大きくなっているか確認する。

横断歩行者と自動車との交錯時間差は0よりも大きくなっており、交錯は発生していない。これより、横断歩行者が横断可能な間隙を選択する機能は想定どおり機能してといえる。

表 4-3 交錯時間差 (PET) の発生分布

交錯時間差 PET(秒)	発生頻度	構成比
0	0	0%
1~3	121	2%
4以上	6,129	98%
計	6,250	—

(3) 横断歩道外横断による旅行時間の短縮率と横断位置の関係

歩行者が横断した位置がモデルに組み込んでいる関係となっているか確認するため、横断歩道外横断による旅行時間の短縮率と横断位置の関係を検証する。本モデルでは、横断歩行者が横断歩道外横断を選択による旅行時間の短縮率に基づき、横断歩道外横断を選択することとしている。また、本モデルでは、実態調査結果に基づき、旅行時間の短縮率と横断歩道外横断の選択確率をロジスティック曲線により表現している。このため、検証は、パラメータとして設定したロジスティック曲線と、モデルでの横断歩行者の横断位置の実績値を比較する。

検証対象とした道路モデルは、区間長 250m の信号交差点間を想定し、10m 間隔に計 25 個の起終点を設定する。他の影響要因を可能な限り排除するため、自動車交通量は 0 とし、歩行者の横断可否は、横断歩道外横断による旅行時間の短縮率のみにより決まる状態とし、横断位置の検証を行った。

表 4-2 は、検証結果を示したものである。カイ二乗値検定を行うと、 $\chi^2=0.094$ であるが、自由度=8 で $\chi_{0.05}^2=15.51$ であるから、パラメータとして入力した選択確率とモデルにより算定した選択確率の間に差がないという帰無仮説は棄却されない。このため、横断位置を選択する機能は想定どおり機能してといえる。

4 横断歩道外横断の行動解釈と対策評価のためのモデル構築

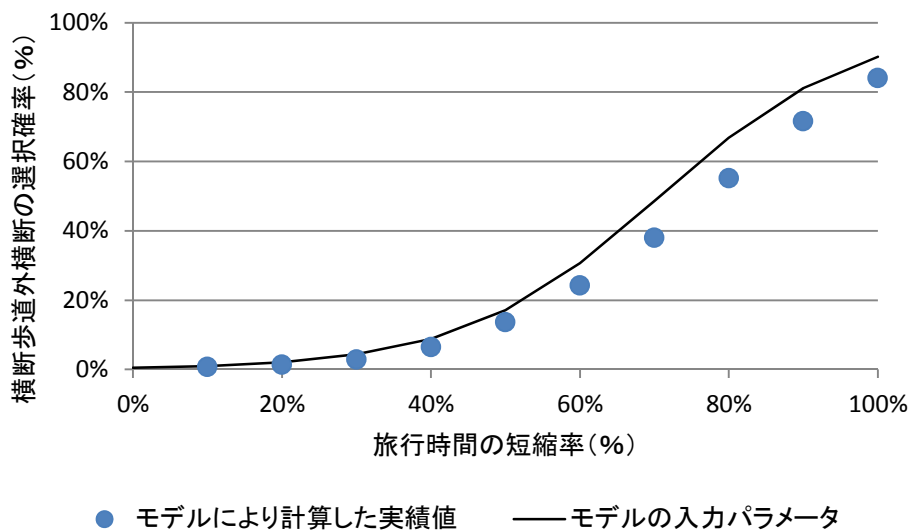


図 4-23 検証結果

(4) 感度分析

構築したモデルが考慮している横断歩行者の行動の再現性を評価するため、その現象が顕著に出現するような仮想データセットにモデルを適用した結果を理論値と比較する。

ここでは、交通量は1方向あたり300、600、900台/時間の3ケースとする。

図 4-24 は、横断歩道から50m離れた地点を起点、正対する対岸を終点とする場合の累加横断者数を示したものである。交通量が300台/時では10名中8名が起点周辺で横断しているが、600台/時、900台/時では6名となっており、交通量の増加に伴い渡りにくい状況となっている。また、交通量の増加に伴い途中で横断できず横断歩道を利用する横断者が増加している。図 4-25 は、横断歩道から50m離れた地点を起点、横断歩道から10m離れた対岸を終点とする場合の累加横断者数を示したものである。傾向は起終点が正対する場合と同様である。

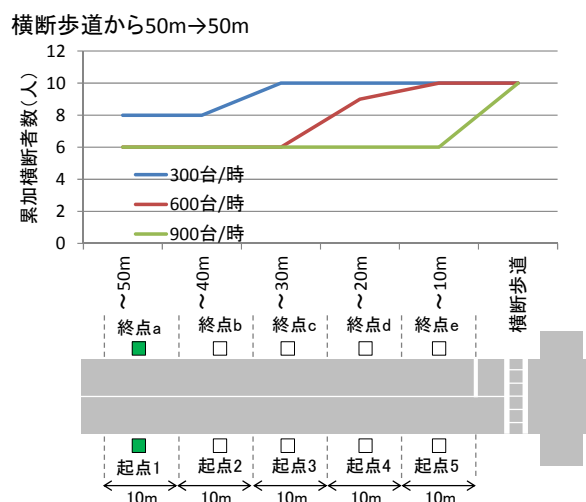


図 4-24 横断位置の分布 (起点 1⇒終点 a)

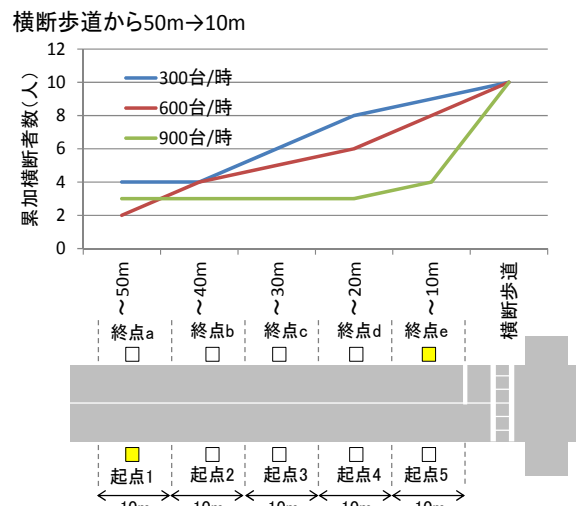


図 4-25 横断位置の分布 (起点 1⇒終点 e)

4.3.2 実態調査結果との比較による再現性の検証

実態調査により把握した横断位置とモデルで算定した横断位置とを比較することにより、モデルの再現性を検証する。

5 箇所の実フィールドで検証を行った結果では、街路の接続や沿道状況に起因する OD ペアごとの横断需要の変動、横断防止柵の設置状況に起因する横断しやすさは本モデルに反映できていないため、これらに起因する横断位置は再現することができない。また、その影響による近接ゲートの横断歩行者の減少も再現できていない。このため、本モデルを活用した対策効果の計測については、対策の実施前後での横断需要や横断防止柵の設置状況は同条件とした上で、横断位置の分布を相対評価することとし、モデルで反映できていない事象に要因するものは個別に考察を加えることとする。なお、横断防止柵の設置状況と街路の接続状況を反映することは今後の課題と認識している。

また、モデルでは、歩行者の需要量を一様に与えており、これにより生じる差異についても定性的な考察を行うこととした。

最初に、横断防止柵が設置されていない南青山を対象として再現性の検証を行う。図 4-26 は、実態調査により把握した横断歩行者の起終点と横断位置を示したものである。起点、横断開始位置、横断終了位置、終点をゲート単位で整理し、図化した。線の太さは同様の移動をした歩行者通行量を表している。当該箇所での起点および終点は、区間全体に分散している。

図 4-27 は、横断開始位置について、実態調査結果とモデルでの予測結果を比較したものである。横軸は横断開始位置のゲート、縦軸は横断歩行者の構成比率を示している。横断開始位置が対象区間全体に分布していること、信号交差点付近において中央部と比べて横断歩行者の構成比率が低くなっている傾向は表現できている。また、実態調査結果では、ゲート 2, 9, 17 での横断歩行者の構成比率が高くなっている。これらは、街路が接続しているゲートであるため、横断需要が高まっているためであると考えられる。また、ゲート 9 については、近接するゲート 7 の横断歩行者の構成比率がゲート 6 や 8 と比べて低くなっており、これもゲート 9 に集中したものと考えられる。

次に中野を対象として再現性の検証を行う。図 4-28 は、実態調査により把握した横断歩行者の起終点と横断位置を示したものである。図 4-29 は、横断開始位置について、実態調査結果とモデルでの予測結果を比較したものである。対象区間の両端となるゲート 1 および 14 の横断歩行者の構成比率が相対的に低く、中央部に向かって高くなる傾向は再現できている。ただし、街路と交差するゲート 7 および 12 に集中する横断歩行者をモデルでは再現できていない。また、その影響により実態調査結果では集中箇所に近接するゲート 4~6, 8 および 9 の横断歩行者の構成比率が低くなっている。

六本木については、中野と類似した傾向を示している。図 4-30 は、実態調査により把握した

4 横断歩道外横断の行動解釈と対策評価のためのモデル構築

横断歩行者の起終点と横断位置を示したものである。図 4-31 は、横断開始位置について、実態調査結果とモデルでの予測結果を比較したものである。対象区間端となるゲート 1 の横断歩行者の構成比率が相対的に低く、中央部に向かって高くなる傾向は再現できている。ただし、正対する両側の横断防止柵に開口部が存在するゲート 5, 7 および 8 に集中する横断歩行者をモデルでは再現できていない。また、その影響により実態調査結果では集中箇所付近に近接するゲート 4 および 6 の横断歩行者の構成比率が低くなっている。

最後に、高田馬場および神宮前について検証を行う。図 4-32 は高田馬場での横断歩行者の起終点および横断位置、図 4-33 は横断開始位置を示したものである。また、図 4-34 は高田馬場での横断歩行者の起終点および横断位置、図 4-35 は横断開始位置を示したものである。この 2 箇所は街路が交差しているゲートに 8 割以上の横断歩行者が集中し、他のゲートがほぼ 0 となっている箇所であるが、このような集中状況は再現できていない。このように街路の交差に横断歩行者の開始位置が集中している箇所において、対策の効果を計測する場合には、交通流に発生する横断可能な間隙や横断距離を変更することによる横断開始位置の変化を相対的に評価することとする。

4 横断歩道外横断の行動解釈と対策評価のためのモデル構築

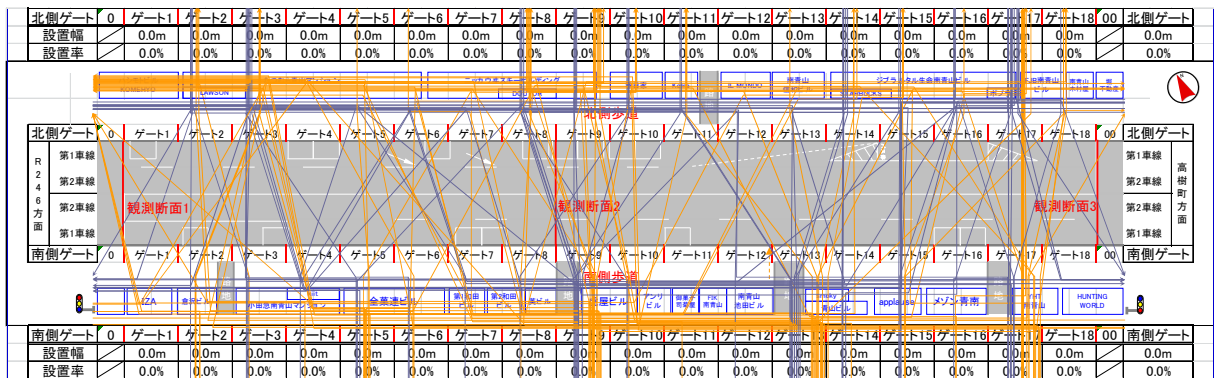


図 4-26 起終点と横断位置 (南青山)

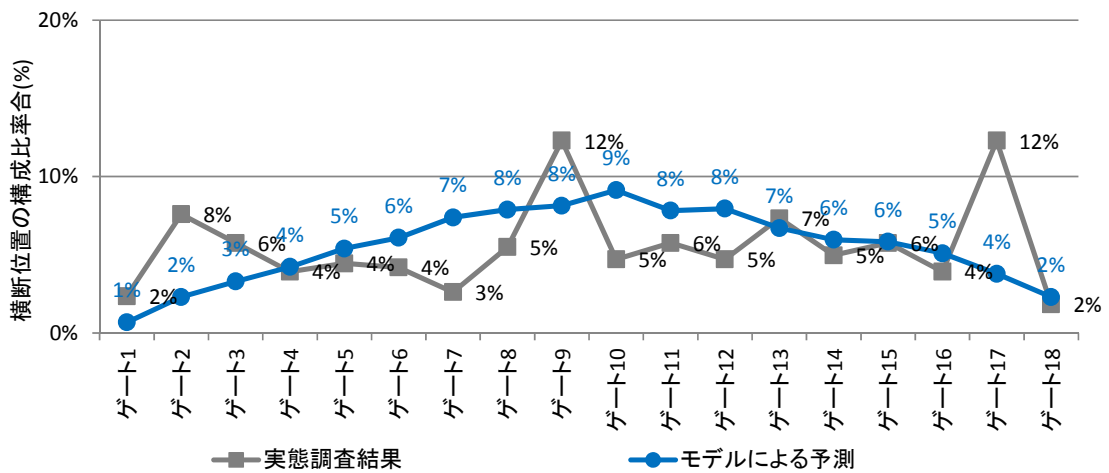


図 4-27 横断位置の比較 (南青山)

4 横断歩道外横断の行動解釈と対策評価のためのモデル構築

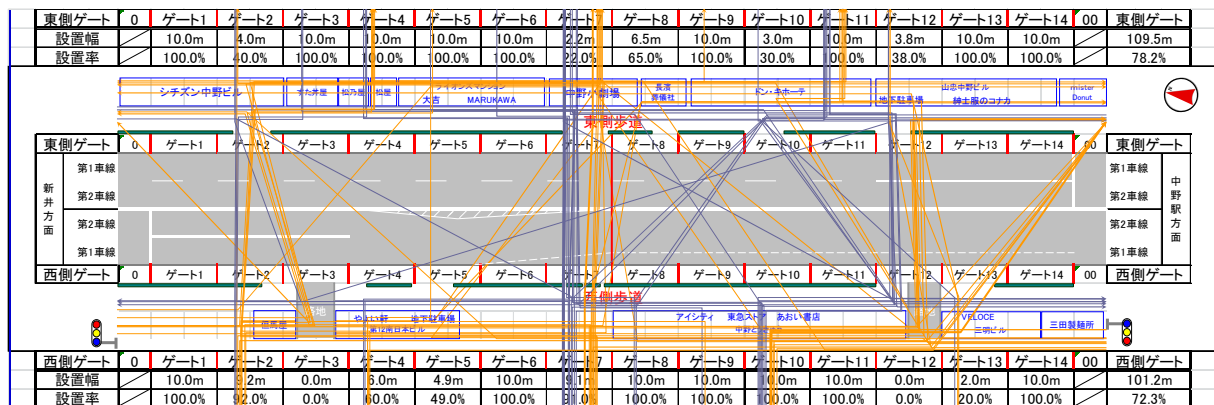


図 4-28 起終点と横断位置（中野）

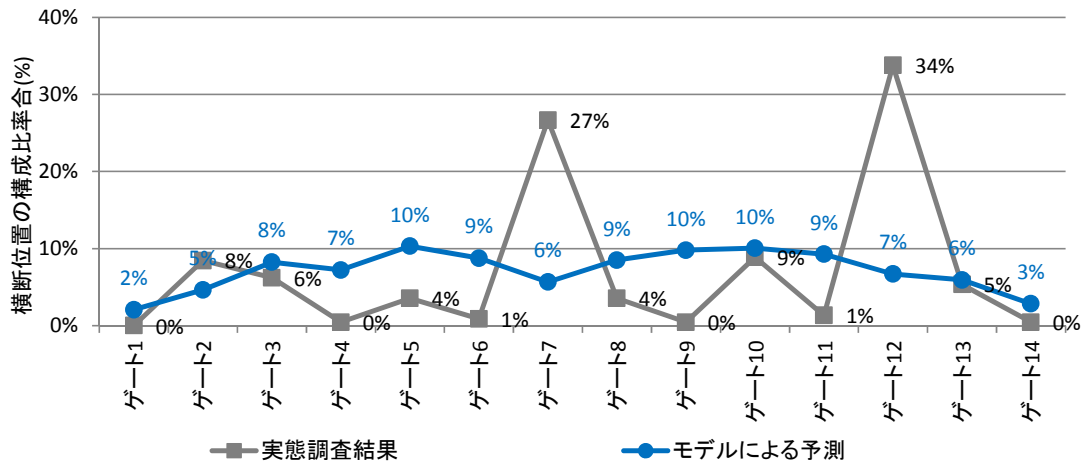


図 4-29 横断位置の比較（中野）

4 横断歩道外横断の行動解釈と対策評価のためのモデル構築

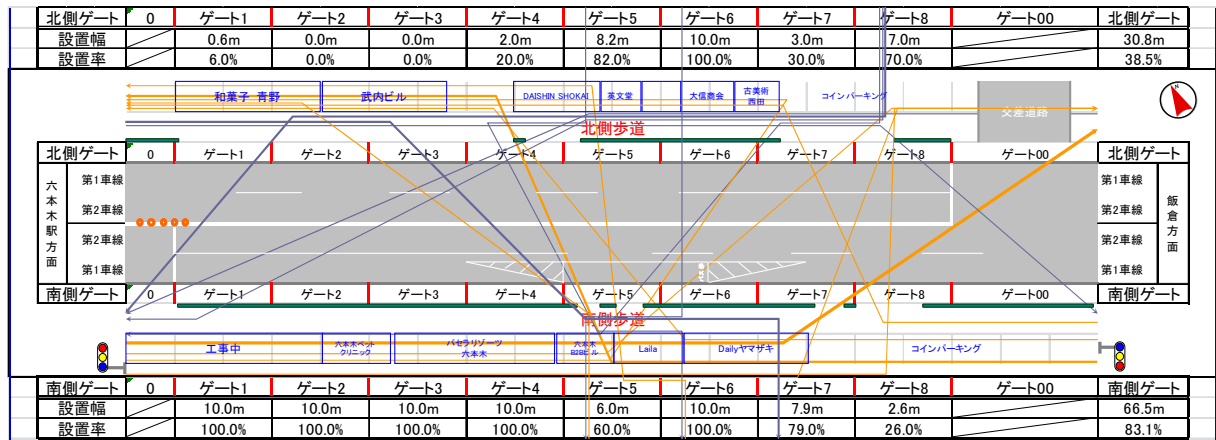


図 4-30 起終点と横断位置（六本木）

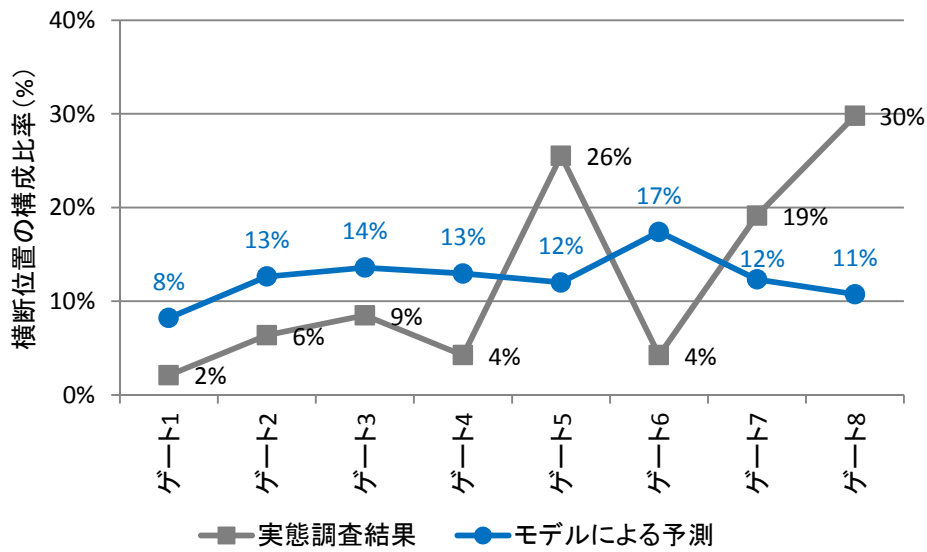


図 4-31 横断位置の比較（六本木）

4 横断歩道外横断の行動解釈と対策評価のためのモデル構築

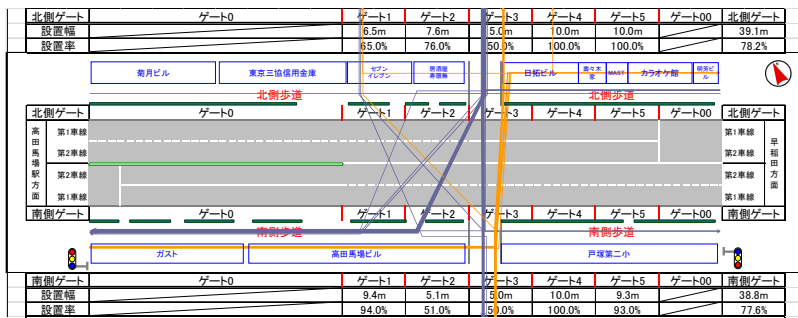


図 4-32 起終点と横断位置（高田馬場）

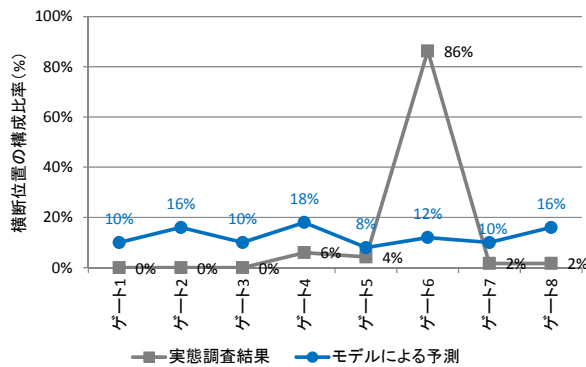


図 4-33 横断位置の比較（高田馬場）

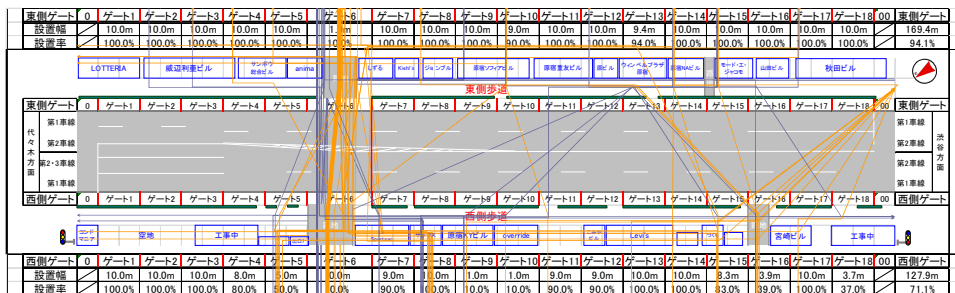


図 4-34 起終点と横断位置（神宮前）

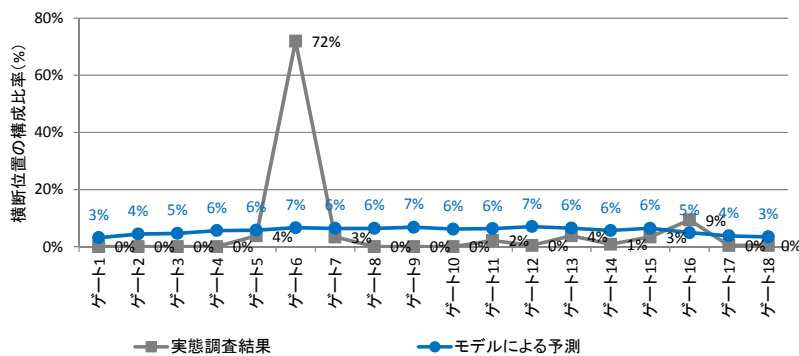


図 4-35 横断位置の比較（神宮前）

5 横断歩道外横断対策のあり方の提案

5.1 横断歩道外横断の実態を勘案した対策の方針

横断歩道外横断の一般的な対策としては、横断防止柵や規制標識、横断の危険性を示す法定外看板の設置などがある。横断防止柵は、高さ 1m 程度の柵を車道中央部や車道と歩道との間に設置することで横断を物理的に抑止するものであり、横断防止対策として有効と考えられている。例えば、実態把握を行った浅草橋においては車道中央部での横断防止柵の設置により、横断歩道外横断は発生しなくなった。しかし、都市部では、沿道施設への乗り入れ部や街路との交差部などが開口部となり、そこで横断が発生しているのが現状である。一方、規制標識や法定外看板は、導入の容易さから多数設置され、一定の効果は報告されているものの抜本的な解決には至っていない。

これらの対策が十分に効果を発現できていない理由の一つとして、横断歩行者は可能な限り最短経路を選択したいと考え、経路上に横断可能な箇所があれば横断歩道外であっても横断するという行動原理に対応できていないことが挙げられる。

このような横断歩道外横断対策の現状と前章までで分析した横断歩道外横断の実態を踏まえ、歩行者の行動原理に整合した 3 つの対策方針を提案する。

1 つ目は、横断歩道外横断を一律禁止するのではなく、道路交通状況や沿道状況などにに基づき、容認する箇所と撲滅させる箇所とに分類することである。

横断歩道外横断の取り扱いは、横断歩行者の安全性の観点から原則禁止とし、横断歩道外横断の発生を防止する対策を講じている。しかし、一般的に実施されている高さ 1m 程度の横断防止柵や規制標識の設置のみでは、横断歩道外横断を完全に抑止することは困難である。このため、対策の検討に先駆け、適切な安全確保策を講じた上で横断歩道外横断を容認する箇所と、徹底的な対策により横断歩道外横断を撲滅させる箇所とに分類することを提案する。これにより、メリハリをつけた対策が可能となり、横断歩行者の安全性の向上が期待できる。

分類にあたっては、路線が目標と機能や役割、現状の道路交通や沿道の特性を勘案することとする。図 5-1 は、分類の考え方を示したものである。路線の機能や役割から当該区間の目指す姿を、道路交通状況、沿道状況から実際の使われ方を整理し、横断歩行者へのサービスをどの程度確保するか設定する。横断歩行者に対して高いレベルのサービスを確保する場合は横断歩道外横断を容認し、低くてもよい場合は横断歩道外横断を撲滅することを想定している。例えば、道路交通や沿道の特性を考慮すると一定の横断需要が想定され、それ横断を実施させる必然性がある場合においては横断歩行者に高いサービスが必要と考え、逆に自動車交通の円滑な処理を最優先したい場合においては低くてもよいと考える。

2 つ目は、容認する箇所での対応として、横断位置を集約するとともに、適切な安全支援策講じることである。容認する場合には、交通安全の観点から自動車の運転者にとって横断歩行者がどこから飛び出してくるかわからない状況を解消しておくことが必要である。このため、横断可能な位置は、安全支援策を講じた箇所に集約することを提案する。また、実態調査では横断歩道外横断者が特定位置に集中することが確認されており、これを考慮して横断可能な位置を設定することにより、横断歩行者の受容性を高められると考えられる。

最後は、撲滅させる箇所での対応として、横断しづらいと感じる状況を意図的に創出し、横断歩道や横断を容認する箇所へ誘導することである。横断歩道外横断を防止する対策として、例えば、歩行者が乗り越えることのできない高さの横断防止柵を切れ目なく実施することも考えられる。しかし、本研究で対象としている都市部幹線道路において高い柵を設けることは、景観上望ましくない。また、切れ目なく設置することは、乗客を降ろすタクシーの停車位置を柵の切れ目となる本来駐停車禁止であるはずの横断歩道前後や交差点内に移動させることとなる。これは、道路交通法と交通行動に不整合な施策であり、適当ではない。このため、本研究では既往の都市部幹線道路において導入することを想定した対策を提案することとした。

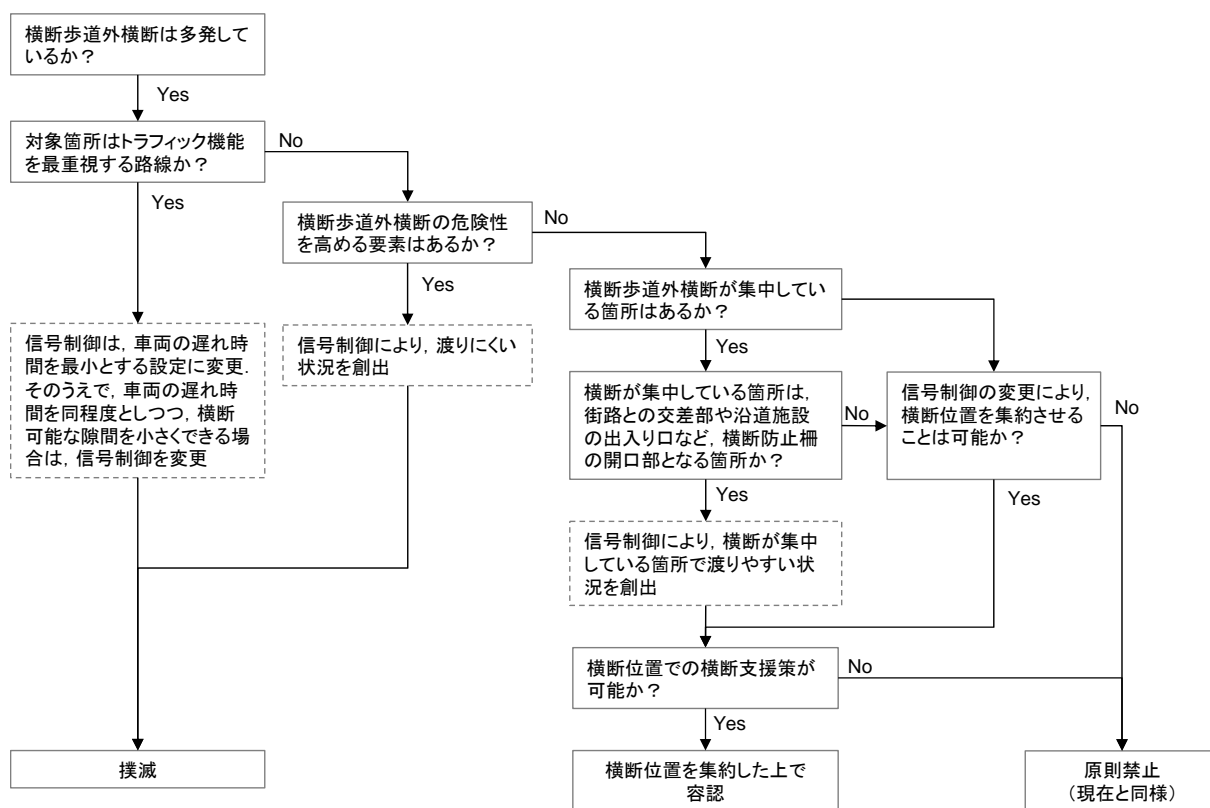


図 5-1 対策方針の分類の検討フロー案

5.2 方針を実現するための対策手法

前節で提案した対策方針を実現するための対策手法を検討する。

5.2.1 横断歩道外横断の容認を目的とした横断可能位置の集約と安全支援策

(1)横断可能位置の集約

ここでは、横断歩道外横断者の横断可能位置を集約する手法を検討する。前章までの分析から、信号制御により交通流に生じる横断可能な間隙の分布形状を変化させて、比較的渡りやすい状況や比較的渡りにくい状況を作り出せることが確認できており、その実現性は高いといえる。また、実態調査結果では、集客施設出入口付近の切り下げ部や街路との交差部など横断歩道外横断者は多いが横断防止柵を設置できない箇所が多く見られており、その必要性は高いといえる。これらを踏まえ、横断歩行者の需要に配慮しつつ横断可能な間隙を制御することにより、横断可能位置を集約することを提案する。この手法は、渡りたい箇所であれば横断防止柵のわずかな間隙を探して横断する横断歩行者の行動原理に配慮した考え方であり、歩行者に受容される可能性が高い。また、横断位置の集約により、車両運転者にとっては、どこから飛び出してくるかわからない状況が解消され、自動車運転者の安心感の向上が期待できる。

(2)横断位置での安全横断支援

横断歩道外横断の横断位置に対して、無信号の横断歩道や横断指導線、二段階横断、張り出し歩道などの横断支援策を導入することにより、横断歩行者の安全性向上が期待できる。

二段階横断方式は安全性、円滑性、利便性の向上を目的とし、イギリスで提案されたものであり、車道中央部に滞留スペースを設けて、2回に分けて歩行者を横断させるものである。これにより、歩行者の1回あたりの横断距離が短くすることができることに加え、歩行者の安全確認の方向を1方向ずつに限定することができる。図5-2は、車両と横断歩行者の位置関係を示したものである。これらから、1方向ずつ安全確認を行う場合、渡れない時間割合はオフセットに寄らず50%となり、両方向の確認を行う場合と比べて渡れない時間割合は小さくなり、渡りやすくなるのがわかる。また、渡れない時間割合が同等の場合においても、二段階横断方式を採用することにより、歩行距離が1/2となるため、横断距離（道路幅員を $W[m]$ 、歩行速度 $v[m/s]$ ）とすると、後方ラグは標準横断の場合に比べて最大 $W/2v[s]$ 大きくなる。また、現状においても、車道中央部に設置されたゼブラ部に滞留することで実態として二段階横断を実施している横断者が観測されている箇所もあり、現状での親和性は高いと考えられる。

張り出し歩道とは、歩道部を車道側に張り出し、横断距離の短縮、交錯機会の減少を狙ったものである。慢性的に駐車車両や荷捌き車両が停車し実質的に車線が利用できない場合や交通容量に余裕がある場合に導入が可能である。

この対策は、現状で横断歩道外横断が発生している箇所に加え、前項で提案した横断可能位置

の集約を行った箇所への適用を想定している。

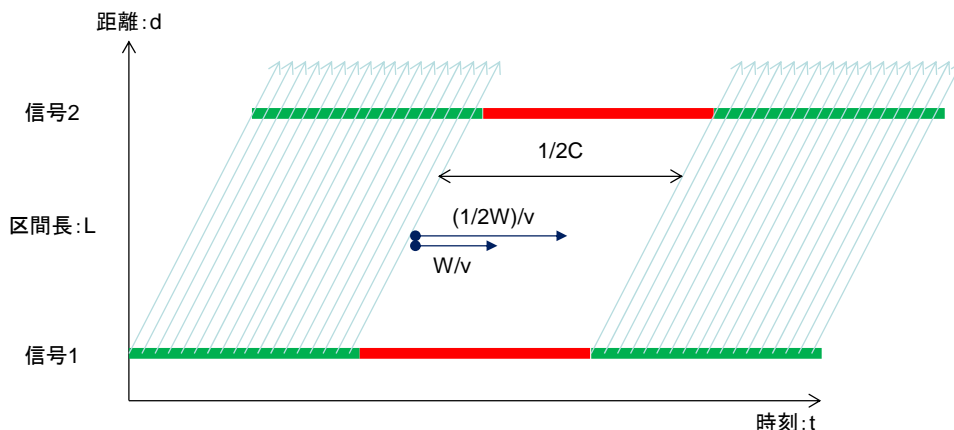


図 5-2 横断歩行者と車両の位置関係

5.2.2 横断歩道外横断の撲滅を目的とした横断可能な箇所への誘導

横断歩道外横断の対策として、信号制御により交通流に生じる横断可能な間隙を削減し、渡りにくい状況を作り出すことで、横断を抑止することを提案する。横断者は、横断歩道外で横断できるタイミングを探すことができないまま終点に向かい移動を続け、結果として、横断歩道を利用するよう誘導できる可能性がある。図 5-3 は、渡れる時間割合の空間分布を示したものである。横軸は交差点間距離を L とした場合の位置、縦軸は渡れる時間割合を示している。例えば、オフセットを交互式オフセット(50%)とすることにより、同時式オフセット(0%)とした場合と比べて、中央部付近で相対的に渡りづらくすることができる。しかし、横断歩道部付近では、同程度の横断が発生している。これは、信号の待ち行列の間をすり抜けた直後に対向車と接触する危険性が高いことから、横断防止柵の設置など追加対策を行うことで区間としての安全性が向上すると考えられる。

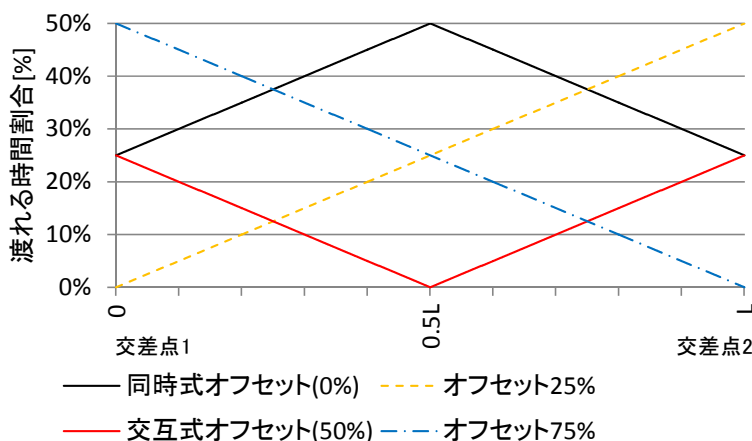


図 5-3 位置別渡れない時間割合

5.3 実フィールドを対象としたケーススタディ

5.3.1 ケーススタディの実施方針

前節で提案した横断歩道外横断対策の妥当性を確認するため、実フィールドを事例としたケーススタディを実施する。対象箇所は、実態調査を実施した六本木、神宮前、南青山の3箇所とする。

ケーススタディでは、対象箇所の現状を概観するため、実態調査により把握した現地特性を整理するとともに、自動車交通と横断歩行者の両面から現状の交通処理方法を考察し、課題を抽出する。現地特性については、実態調査結果から対象箇所の道路交通状況や沿道状況、横断歩道外横断の発生状況などを整理する。交通処理方法については、実態調査により把握した現状の信号制御を理論値に基づく信号制御と比較することにより、自動車交通、横断歩行者の双方が享受しているサービスを評価する。

また、対象箇所の現状を踏まえ、横断歩道外横断者の取り扱いに関する方針を設定する。横断歩道外横断者の取り扱いに関する方針の設定においては、現地特性を勘案し、横断歩道外横断を容認する箇所と撲滅させる箇所とに大別する。この方針に基づき、抽出した課題の解消と設定した方針の実現を目的とする横断歩道外横断対策を提案し、その妥当性を考察する。なお、妥当性は、自動車と横断歩行者の双方が享受するサービスの変化に基づき、検証する。

5.3.2 各対象箇所でのケーススタディ

(1) 六本木でのケーススタディ

a) 現地の概況

当該箇所は、六本木駅付近を東西方向に走る外苑東通りの一部であり、信号交差点に挟まれた区間長 80m の 4 車線道路である。図 5-4 は、当該地点の現地概況を示したものである。北側の沿道状況は、西側は老舗和菓子店ビルや料亭ビル、中央は 2 階建ての商店が立地し、東端はコインパーキングとなっている。南側は、飲食店や遊興施設などの商業施設を中心に立地しており、東端はコインパーキングとなっている。また、区間中央部付近の六本木駅方面の走行車線にバス停が設置されている。

歩車道境界には横断防止柵が設置されているが、設置延長は北側、南側で大きく違いがある。南側の設置延長は 67m でありカバー率は 83%であるのに対して、北側は 31m、39%と南側の半分程度である。

また、自動車の交通量については、区間の中央部付近の観測断面 2 における時間交通量は、739 台/時間であり、比較的多い。

b) 交通処理の現状

両端の信号機のサイクル長 C は、ともに 150 秒であり、信号オフセットは同時式オフセットと

なっている。当該区間の区間長は 80m であり、系統速度を 40km/h と仮定すると、往復旅行時間 T は 14.4 秒で C 以下となり、現状の同時式オフセットが自動車の総遅れ時間を最小とする設定である。このように、自動車交通の処理の観点からは適切に制御されているといえる。

c) 横断歩道外横断の発生状況

当該区間では、46 人/時間の横断歩道外横断者が発生している。横断歩道外横断者数は他の実態調査実施箇所と比較して少ない。横断位置は、中央部付近のゲート 5 に 12 人 25%、ゲート 7 および 8 に 23 人 50%が集中している。

目視による確認ではあるが、実態調査実施時には男性社員が大半を占めており、3~4 名程度のグループで横断歩道外を横断するケースが多くみられた。

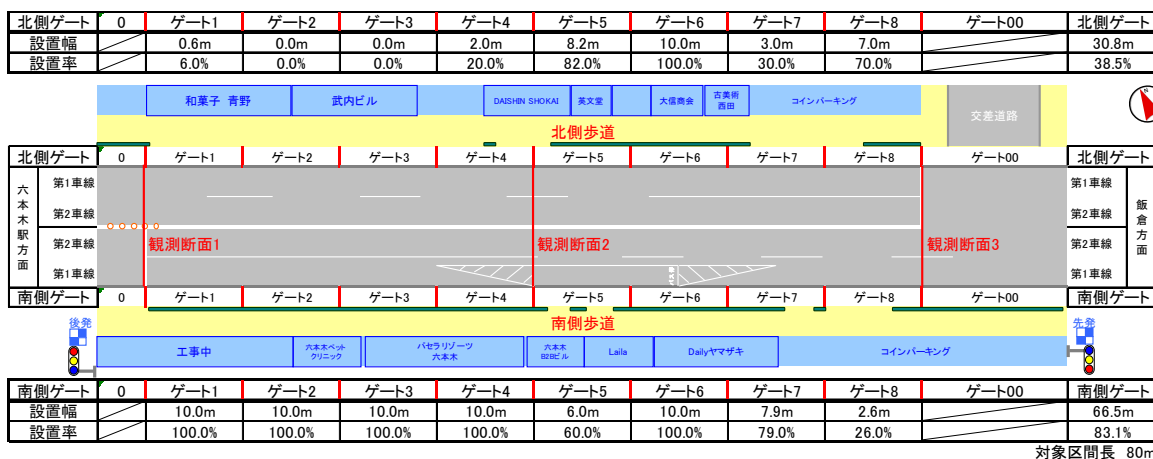


図 5-4 対象箇所の概況（六本木）

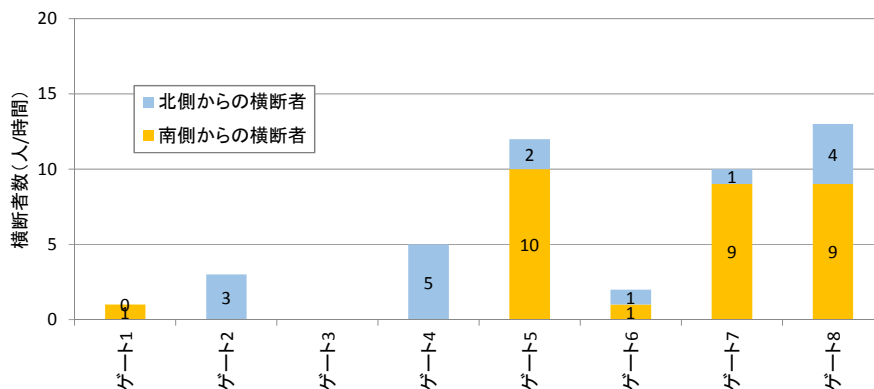


図 5-5 流入方向別横断位置の分布状況（六本木）

d) 対策の提案

横断者が集中している中央部付近ゲート 5 と隣接する 6 にはバス停が設置されており、バスの乗降客が横断している状況が見受けられた。このような車両の直前または直後横断することは、バスを追い越す車両との接触や横断歩行者がバスの死角に入ることによる周辺車両からの認知遅れなどが懸念されるため、中央部付近での横断は禁止としたい。また、ゲート 5 および 6 が横断禁止となることに伴い、横断者が隣接箇所に移動することが懸念されることから、対策の有効性を高めるためにはゲート 4 および 7 に対しても対策を検討しておく必要がある。

一方、もう一つの横断者の集中箇所であるゲート 7 および 8 は、交差点直近であり、自動車と横断歩行者との交錯危険性が高いため、横断を抑止したい。対策として、横断防止柵を設置して物理的に禁止し横断歩道へ誘導することも考えられるが、コインパーキング利用車両の通行を確保する必要があるため、現実的ではない。また、同様の理由から、西端の交差点直近であるゲート 1 についても抑止したい。

このように考えると、当該箇所においては 8 ゲート中 6 ゲートにおいて横断を抑止することが必要となるため、対策の方針は、区間全体の横断歩道外横断の撲滅とする。ここで、当該箇所は、区間長が 80m であり、迂回距離も他箇所と比べて短いため、歩行者の受容性は比較的高いと考えられる。

対策としては、信号サイクルを 150 秒から 1/2 の 75 秒に変更することで、隣接信号交差点との系統制御を担保しつつ、横断可能な間隙の継続時間を小さくする。

信号サイクル長を現状の 150 秒から 1/2 の 75 秒に変更した場合の交通流に生じる横断可能な間隙の発生状況を比較し、期待される効果を考察する。図 5-8 は、ゲートごとの渡れる時間割合について対策有無による変化を比較したものである。また、図 5-9 は渡れる時間の継続時間を示したものである。これらから、単位時間当たりの渡れる時間の変化は大きい箇所でも 10%以下であるが、渡れる時間の継続時間は半減しており、横断可能なタイミングは減少する。また、道路幅員は 14m であり、歩行速度を 1m/秒と仮定すると、横断の所要時間は 14 秒となる。横断判断に必要な時間や横断者が自動車との交錯を回避するために見ている余裕時間を考慮すると、渡れる時間が 20~30 秒となることは、渡りにくい状況となっていると考えられる。

図 5-10 は、モデルにより試算した横断位置の分布状況を示したものである。各ゲートでの横断歩道外横断者の構成比率は、対策前 4~9%あったが、対策により 1%以下となっており、横断歩道外横断の抑止効果が期待できるといえる。なお、対策なしの場合に、図 5-5 に示すような実態として発生している横断歩行者の集中が表現できていない。これは、本モデルに開口部の要素を反映できていないためと考えられるが、試算結果は渡りにくい交通状況となることを示しており、横断抑止効果に関する影響はないと考えられる。

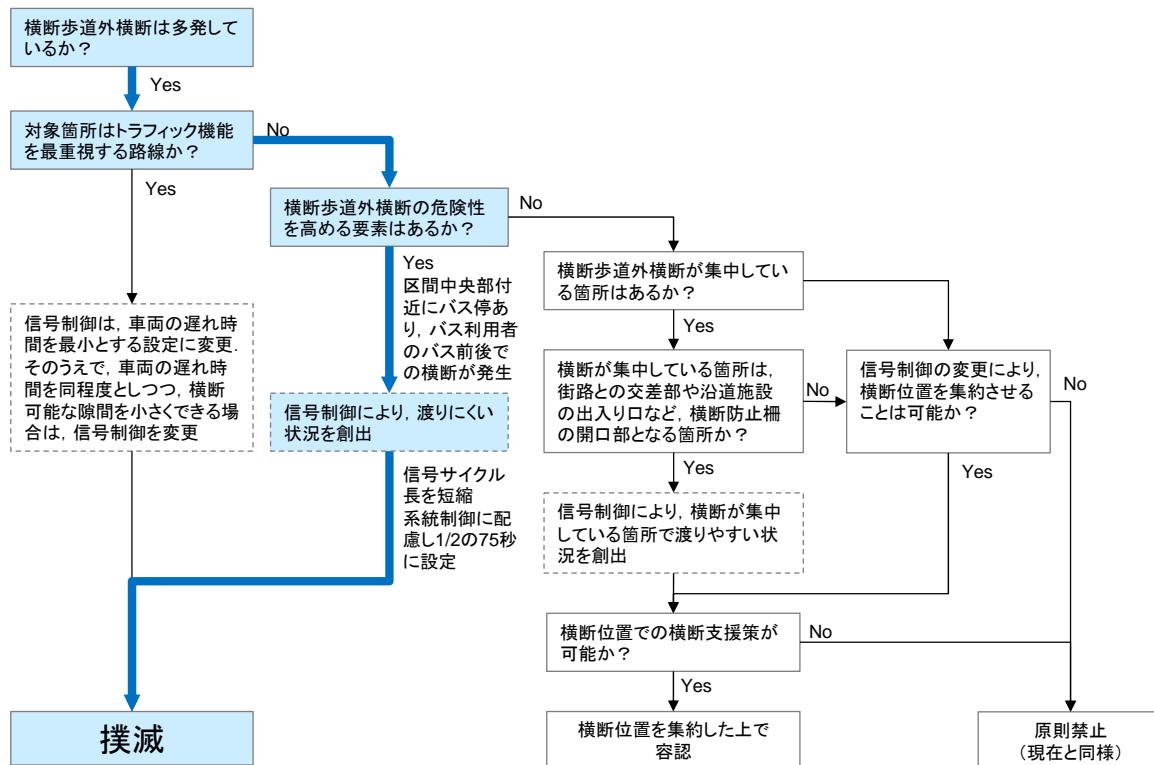


図 5-6 対策方針の選定

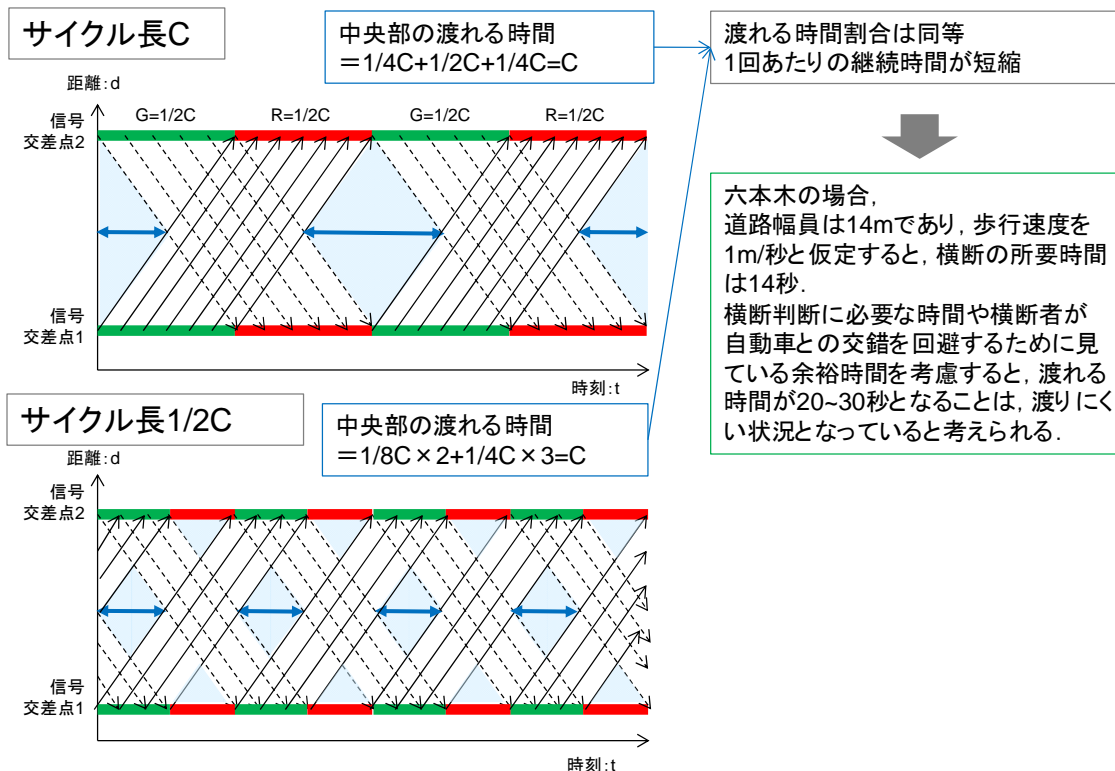


図 5-7 サイクル長短縮による渡れる時間の分布形状の変化

5 横断歩道外横断対策のあり方の提案

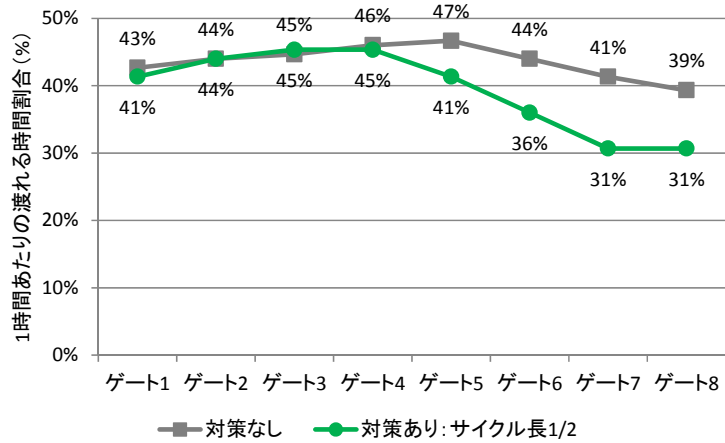


図 5-8 対策有無別位置別渡れる時間割合の分布状況

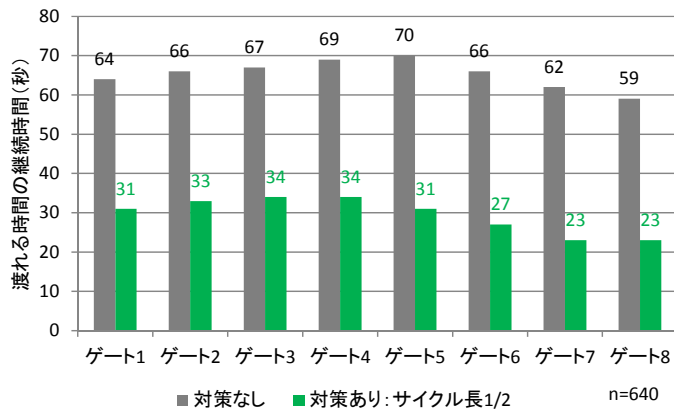


図 5-9 対策有無別位置別渡れる時間の継続時間

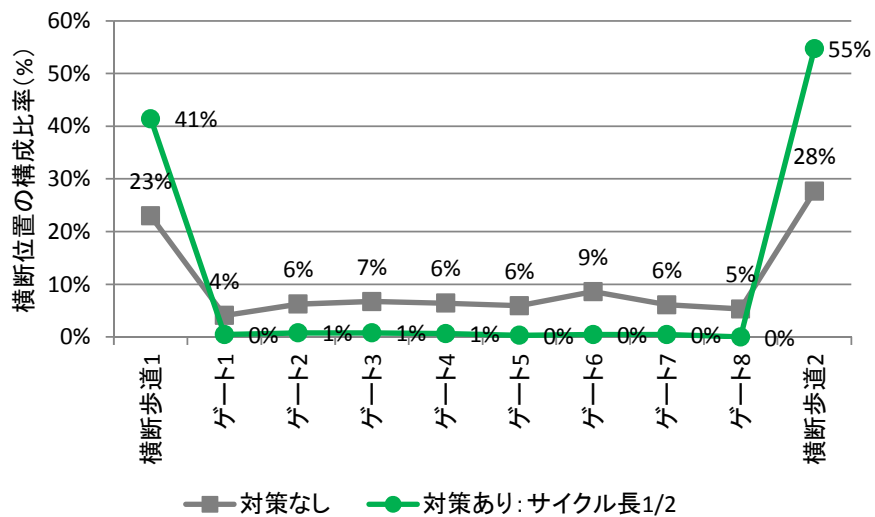


図 5-10 対策有無別横断位置の構成比率

(4) 神宮前でのケーススタディ

a) 現地の概況

当該箇所は、神宮前 5 丁目付近を南北方向に走る明治通りの一部であり、信号交差点に挟まれた区間長 180m の 4 車線道路である。図 5-11 は、当該地点の現地概況を示したものである。沿道状況は、両側ともファッション関連の大型テナントビルを中心に立地している。

区間内に街路が接続している箇所は 2 箇所ある。1 箇所は、北側信号交差点から 60m 程度離れた位置で、街路が交差している。もう一箇所は、南側信号交差点から 30m 程度はなれた位置の西側に街路で接続している。

また、ゲート 5 の代々木方面の走行車線にバス停が設置されている。

歩車道境界には、切り下げ部に開口部があるものの対象区間全線に渡って横断防止柵が設置されており、その横断防止柵の設置延長は東側 169m、西側 128m であり、区間全体の横断防止柵設置率は 82% である。

また、自動車の交通量については、区間の中央部付近の観測断面 2 における時間交通量は、722 台/時間であり、比較的多い。

b) 交通処理の現状

両端の信号機のサイクル長 C は、ともに 150 秒であり、南側信号機 2 は北側信号機 1 に対して +10%(15 秒)のオフセットが設定されている。区間長 150m の当該区間では、系統速度を 40km/h と仮定すると旅行時間は 13.5 秒となり、現在のオフセットは南行きの交通に対する優先オフセットとなっている。なお、同様に系統速度を 40km/h と仮定すると、往復旅行時間 T は 27 秒で C 以下となり、同時式オフセットとした場合に自動車の総遅れ時間は最小となる。

c) 横断歩道外横断の発生状況

当該区間では、235 人/時間の横断歩道外横断者が発生している。図 5-12 は、横断方向別横断開始位置の分布を示したのである。横軸は横断開始位置、縦軸は横断方向ごとの横断者数を示している。これから、北側から 69 人/時間、南側から 100 人/時間の計 169 人/時間が街路の交差部付近であるゲート 6 に集中していることがわかる。これは、ゲート 6 が両側共に細街路との交差部となっており、当該箇所でも唯一正対するゲートの両側で開口部が存在する箇所であるためであると考えられる。

目視による確認ではあるが、実態調査実施時には女性が大半を占めており、3~4 名程度のグループで横断歩道外を横断するケースが多くみられた。

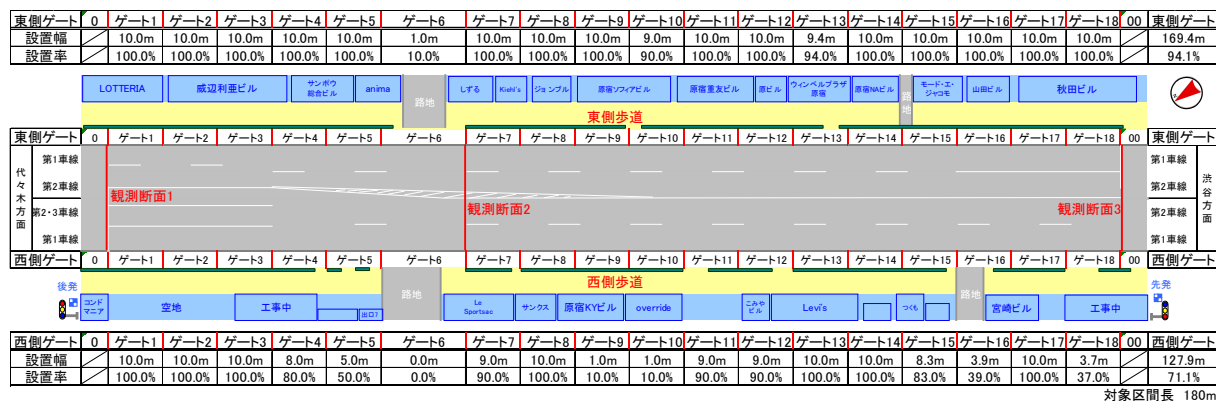


図 5-11 対象区間の概況（神宮前）

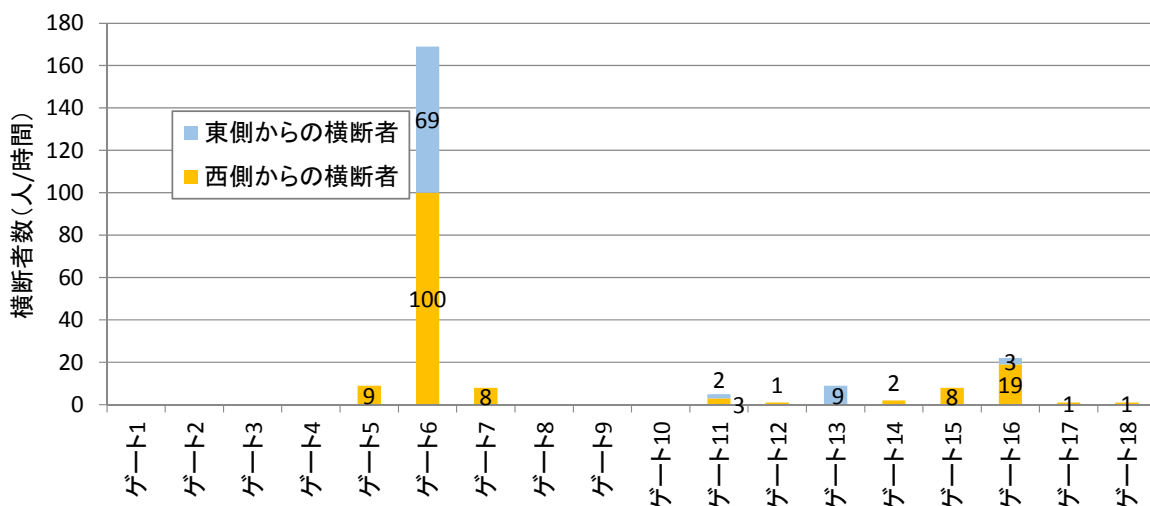


図 5-12 流入方向別横断位置の分布状況（神宮前）

d) 対策の提案

当該箇所においては、横断歩道外横断者が集中しているゲート 6 を対象として対策方針を検討する。ゲート 6 は、街路接続部であることに加え、街路のわきに地下鉄出入口が設置されていることや実態調査結果より他区間に起終点を持つ横断歩行者も横断しているなど横断需要が多い。しかし、ゲート 6 は街路との交差部であり、車両の通行を確保するため、横断防止柵を設置して物理的に横断を抑止することは現実的ではない。このため、横断歩道外横断の対策方針は、両側の細街路との接続部周辺での横断を容認し、横断位置での安全横断支援を行うこととする。

ここでは、2 つの対策を提案する。一つは、横断可能な間隙の発生を街路との交差部付近に合

わせて渡りやすくするため、信号オフセットを同時式に変更する。もう一つは、二段階横断方式を採用し、横断歩行者の安全性を確保する対策である。また、横断島は現状の右折レーンのシフト部に設置されているゼブラ地帯を利用して設ける。

当該箇所の信号交差点中央部付近の方向別自動車交通量は南行き 349 台/30 分間、北行き 373 台/30 分であり、ほぼ同程度である。また、両端の交差点での当該箇所への流入部における渋滞は発生していなかった。このため、信号オフセットを南行き優先オフセットから同時式オフセットに変更した場合の交通流に生じる横断可能な間隙の発生状況を比較し、期待される効果を考察する。図 5-15 は、ゲートごとの渡れる時間割合について対策有無による変化を比較したものである。また、図 5-16 は渡れる時間の継続時間を示したものである。これらから、ゲート 6 の渡れる時間割合は 40%から 48%に増加、渡れる時間の継続時間は 60 秒から 72 秒に増加している。車両の総遅れ時間を同程度としつつ、渡りやすい状況を作り出している。

図 5-17 は、モデルにより試算した横断位置の分布状況を示したものである。対策として信号オフセットを変更したのみでは横断位置に変化させることはできない。しかし、信号オフセットの変更に加え、二段階横断方式を採用することにより、ゲート 6 での横断者は増加し、隣接するゲート 5, 7は減少しており、横断者の集約効果が期待できるといえる。

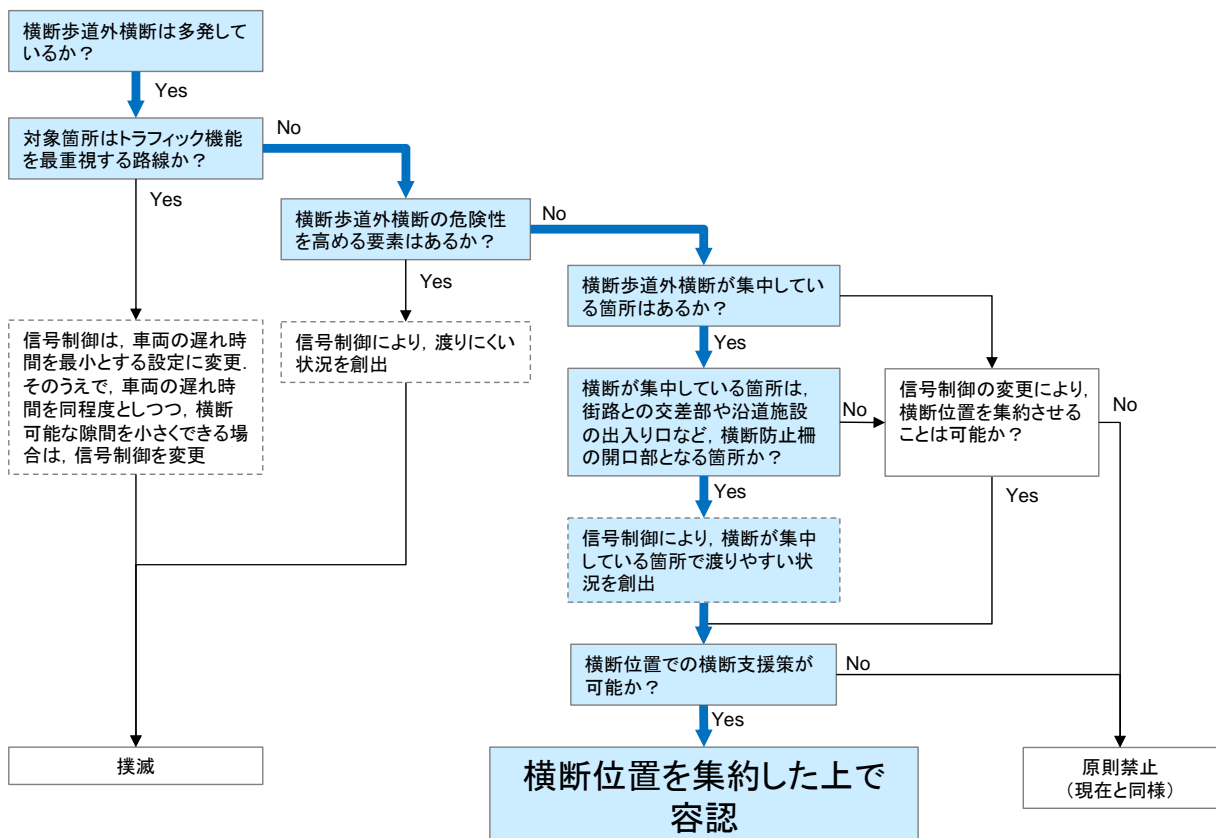
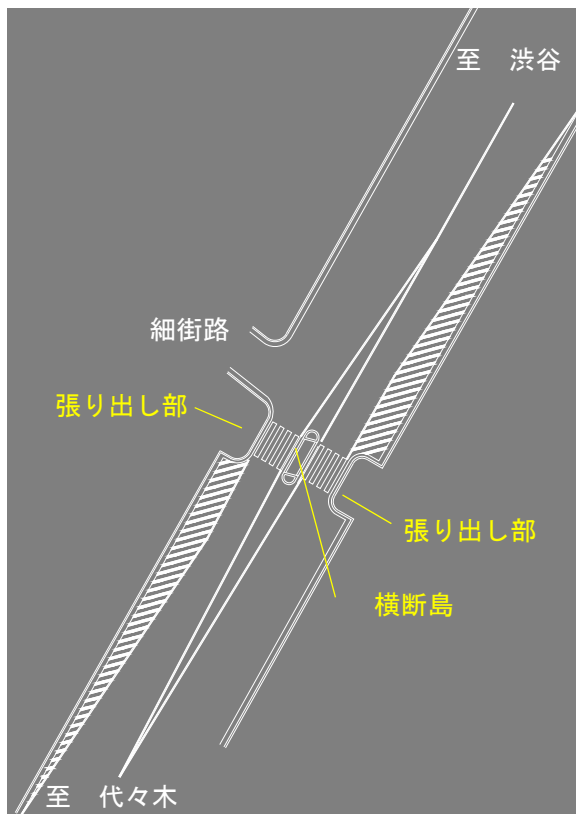


図 5-13 対策方針の選定



※ゲート6付近での設置を想定

図 5-14 対策の実施イメージ

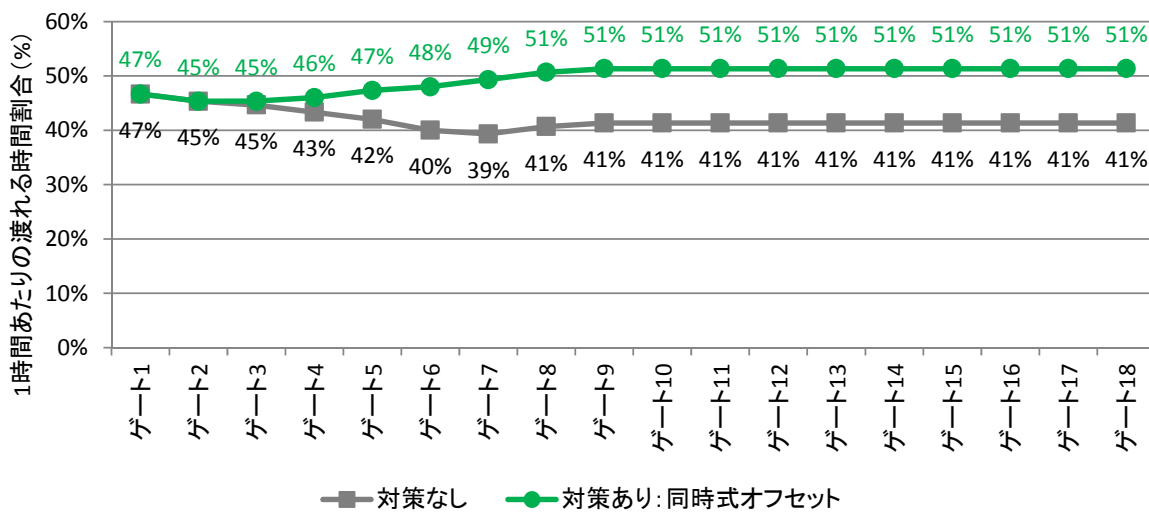


図 5-15 対策有無別位置別渡れる時間割合の分布状況

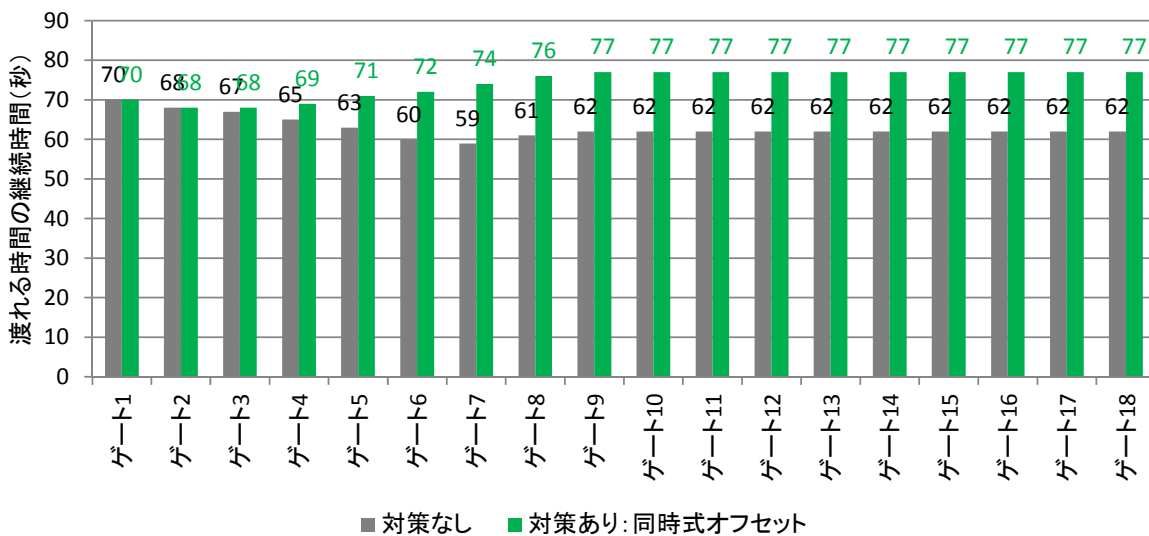


図 5-16 対策有無別位置別渡れる時間の継続時間

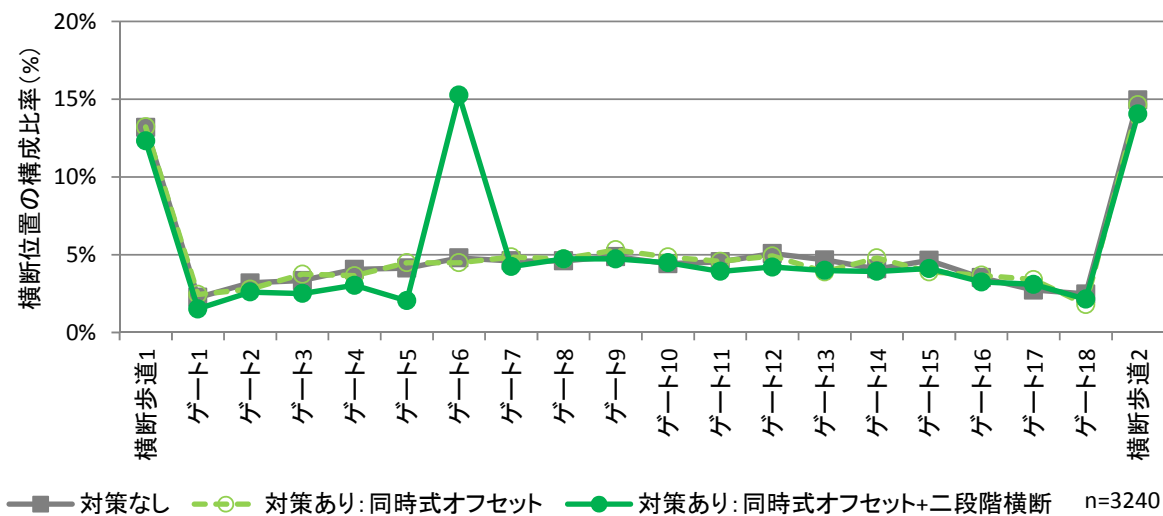


図 5-17 対策有無別横断位置の構成比率

(5) 南青山でのケーススタディ

a) 現地の概況

当該箇所は、南青山 6 丁目付近を東西方向に走る高樹町通りの一部であり、信号交差点に挟まれた区間長 180m の 4 車線道路である。図 5-18 は、当該地点の現地概況を示したものである。北側の沿道状況は、1 階にコンビニエンスストアやコーヒーショップなどが入居するオフィスビルやマンションなどを中心に立地している。南側は、ファッション関連のテナントビルを中心に立地している。また、1 本の細街路が交差している。

区間東側部ゲート 15、16 の高樹町方面の走行車線にバスベイが設置されている。また、区間内にパーキングメーターが点在して設置されている。

歩車道境界には、横断防止柵が設置されていない。また、信号サイクルが 75 秒であり、これは都市部で一般に用いられている 90~180 秒と比べて短いことも当該区間の特徴である。

また、自動車の交通量については、区間の中央部付近の観測断面 2 における時間交通量は、389 台/時間であり、比較的少ない。

b) 交通処理の現状

両端の信号機のサイクル長 C は、ともに 75 秒であり、信号オフセットは同時式オフセットとなっている。区間長 150m の当該区間では、系統速度を 40km/h と仮定すると、往復旅行時間 T は 27 秒で C 以下となり、同時式オフセットとした場合に自動車の総遅れ時間は最小となる。

c) 横断歩道外横断の発生状況

当該区間では、382 人/時間の横断歩道外横断者が発生している。図 5-19 は、横断方向別横断開始位置の分布を示したのである。横軸は横断開始位置、縦軸は横断方向ごとの横断者数を示している。当該区間では横断防止柵が設置されていないため、細街路接続部を中心に区間全体に分布している。

目視による確認ではあるが、年齢層は比較的若く、20~30 代が中心であり、男女比はほぼ半々であった。目的地への往復以外に、対象区間周辺を含めた複数の店舗を周遊するために横断する買い物客も散見された。

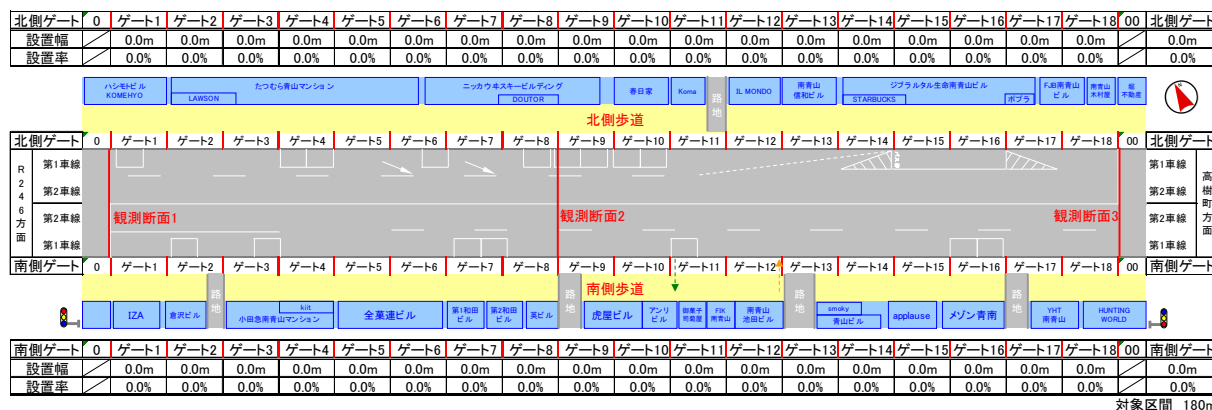


図 5-18 対象区間の概況（南青山）

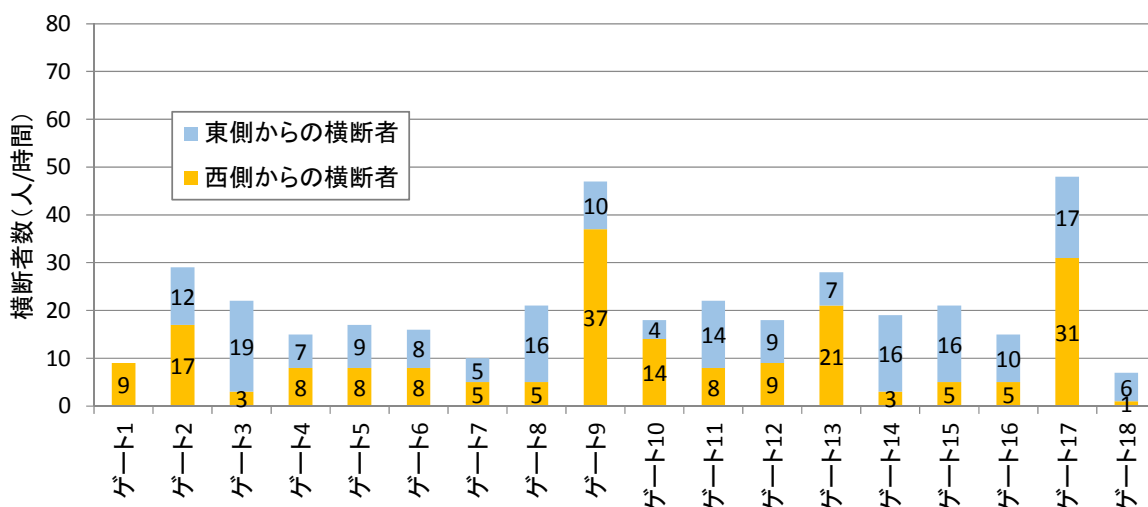


図 5-19 流入方向別横断位置の分布状況（南青山）

d) 対策の提案

当該箇所は、信号サイクル長が 75 秒と短いため、他の実態調査箇所と比べて、渡れる間隙の継続時間も短いため、比較的横断しにくい状況である。このため、他の実態調査箇所、例えば神宮前ではゲートあたりの横断者が最大 169 人/時間であるのに対し、当該箇所では 48 人/時間と比較的少なくなっていると考えられる。図 5-23 は渡れる時間の継続時間を示したものである。当該箇所の道路幅員は 12m であり、歩行速度を 1m/秒と仮定すると、横断の所要時間は 12 秒となる。横断判断に必要な時間や横断者が自動車との交錯を回避するために見ている余裕時間を考慮すると、渡れる時間が 20~30 秒であることは、渡りにくい状況となっていると考えられる。

当該箇所は横断防止柵が全く設置されていないため、横断者が街路接続部を中心に区間全体に分布している。このため、横断者を物理的に抑止するためには、全線にわたり横断防止柵を設置することも考えられるが、街路交差部や沿道施設への出入り部があり、現実的ではない。

このため、対策方針としては、対象箇所中央部に横断可能な箇所を設けて、そこに横断可能な箇所を集約して容認する方策を提案する。集約する位置は、街路接続部のゲート 9 とし、横断位置での安全横断支援を行うこととする。

当該箇所は、パーキングメーターが設置された時間限定駐車区間となっており、片側 2 車線であるが走行車線に設置された駐車枠に路上駐車車両が存在するため、実質的に片側 1 車線の運用となっている。路上駐車車両が存在する場合、横断歩道外横断者は走行車線上で横断可能なタイミングを探している。このため、対策としては、駐車枠の設置箇所に横断者の滞留空間を確保する張り出し歩道を設置し、横断距離を短縮する。張り出し量を駐車枠よりも大きい 3m とすることにより、路上駐車車両が存在していても運転者から視認しやすくなり、横断歩行者と出会い頭で交錯するリスクが低減できることが期待できる。また、車両運転者にとっては、横断箇所が集約されることにより、容易に横断者を認識できるようになる。

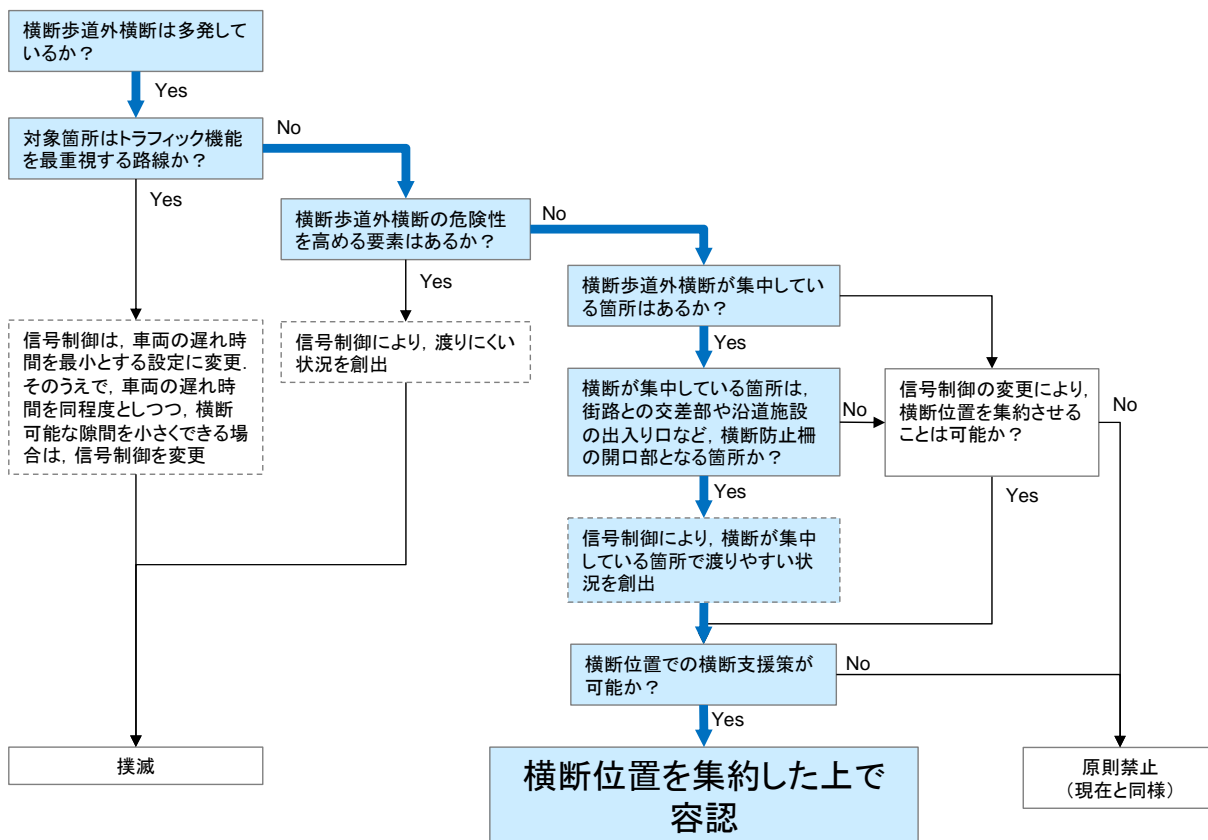
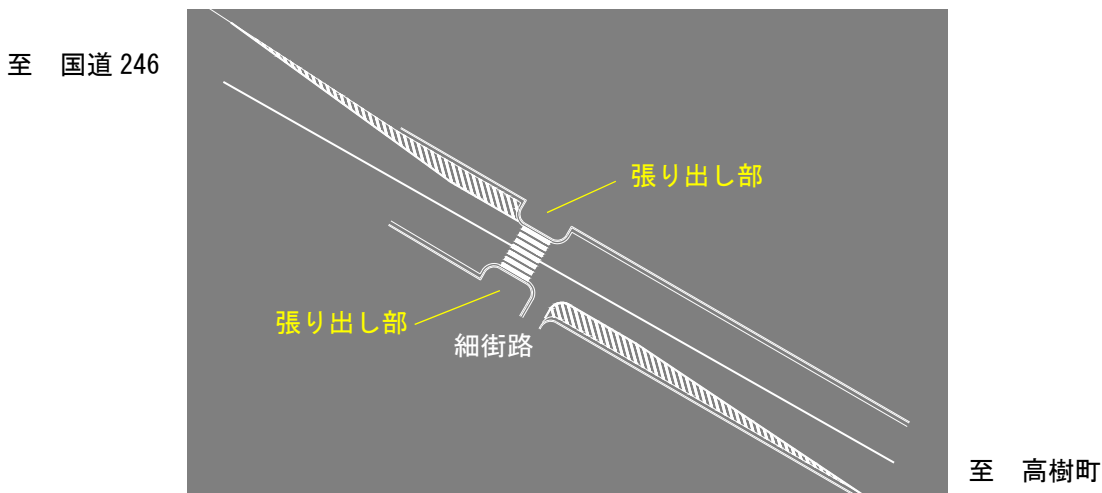


図 5-20 対策方針の選定



※ゲート9付近での設置を想定

図 5-21 対策の実施イメージ

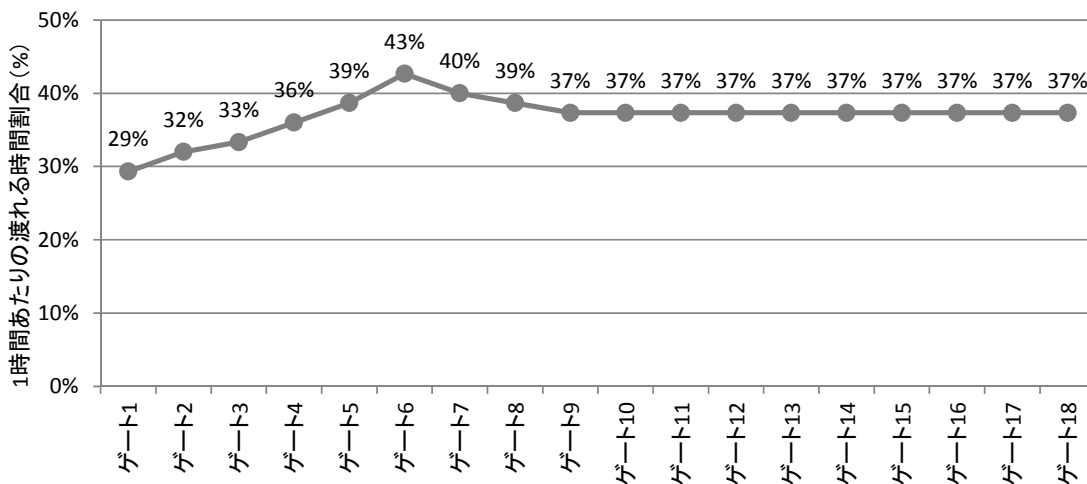


図 5-22 渡る時間割合の分布状況

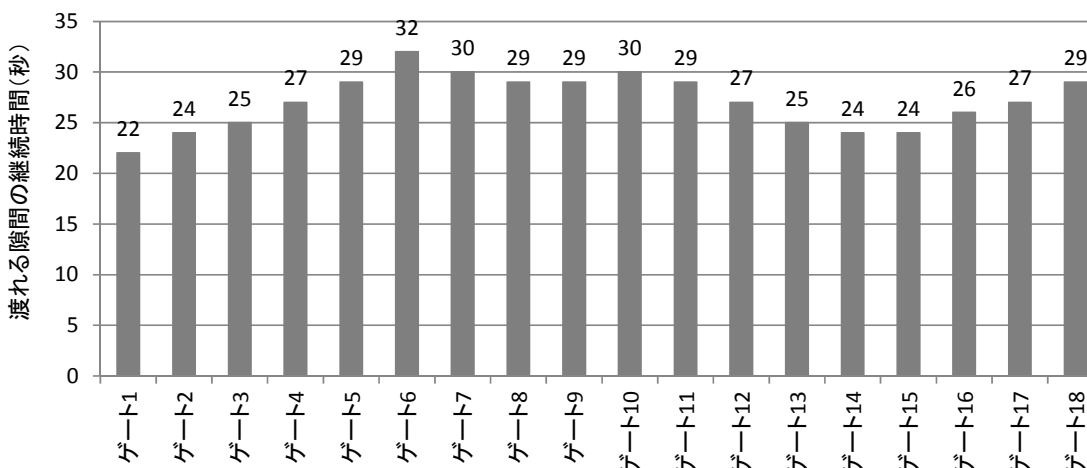


図 5-23 渡る隙間の継続時間

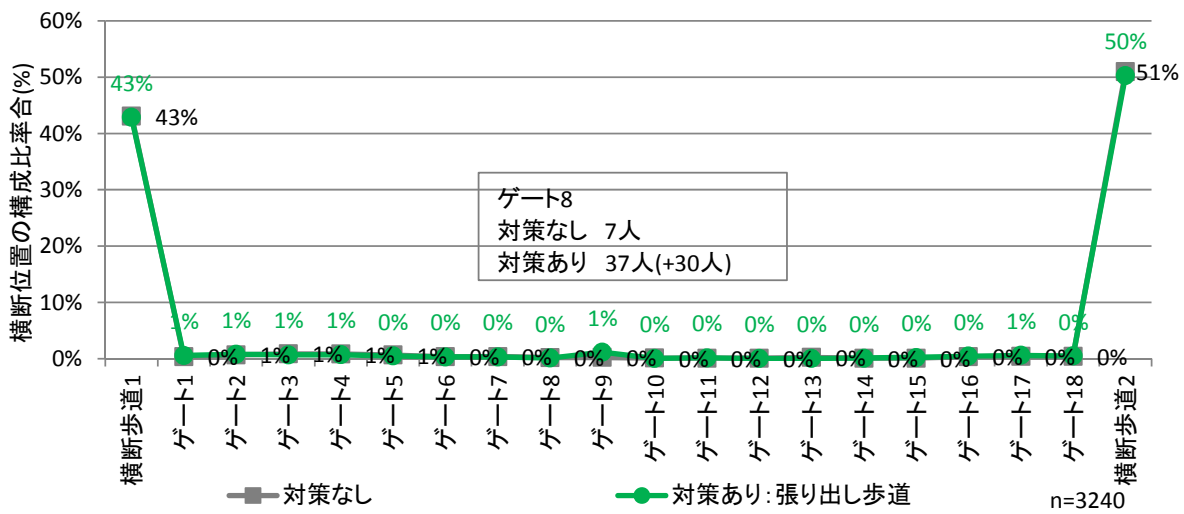


図 5-24 対策有無別横断位置の構成比率

6 結論と今後の課題

6.1 結論

本研究では、これまでほとんど実証分析が行われたことのない都市街路部での横断歩道外横断の実態を把握し、自動車交通流にも配慮しつつ横断歩行者の安全性と円滑性を確保する手法を提案した。本研究における主な成果は以下のとおりである。

(1) 横断歩道外横断の行動の解釈

東京都内の幹線道路 7 箇所において、近接する信号交差点間を対象とした横断歩道外横断に関する実態調査を実施した。横断歩道外横断については、調査自体の実施事例が少なく、複数箇所での比較可能な客観的データを蓄積できたことが一つの成果であるといえる。

調査結果から、横断歩道外横断が発生する地点と発生しない地点との道路交通特性の差異、横断歩行者と近接する車両との位置関係などを分析し、横断歩道外横断が横断防止柵の開口部など物理的な間隙と交通流に生じる横断可能な間隙との重なりを選択して発生する行動であることを示した。

また、都市部の幹線道路では、車道と歩道の間に高さ 1m 程度の横断防止柵が設置されている場合が多い。横断防止柵が設置されている位置は、横断防止柵の開口部と比べて横断歩行者が少なく、これは横断防止柵の抑止効果であるといえる。しかし、開口部ではない横断防止柵のつなぎ目の僅かな間隙でも横断が発生しており、横断防止柵による横断の完全な防止は困難である。これらの状況から、沿道施設の出入り口や街路接続部での横断防止柵の開口部発生が避けられない都市部において、対策の有効性を高めるためには、安全対策を講じた上で横断を容認するなど横断歩行者の行動特性に配慮した新たな横断対策が必要であるといえる。

(2) モデルの構築

横断歩道外横断行動が生じるメカニズムを明らかにするため、2 種類のモデルを構築した。

第 1 に、隣接交通信号の制御条件による自動車交通流モデルから、交通流に発生する歩行者が横断可能な間隙の時空間分布モデルを構築した。横断可能な間隙を変化させることにより、横断歩行者が渡りやすく感じる交通状況や渡りにくく感じる交通状況を意図的に作り出すことができ、横断可能位置や横断歩道に誘導することができる。

これにより、サイクル長と系統速度に対して、系統効果の無い条件では、自動車交通流の遅れに影響を与えることなしに、歩行者の横断可能な条件が生じる空間的範囲を限定化できる可能性があることを示した。一方、系統効果のある交差点間距離の条件の場合は、総遅れ時間を指標とした自動車の円滑性と渡れる時間を指標とした横断歩行者の移動性とのバランスを調整し、横断歩行者の自動車交通に対する優先度を路線の機能や役割にあわせて変更できることを示した。

第2に、実態調査にもとづいて横断歩行者の横断タイミングと横断位置を表現する横断行動選択モデルを構築した。これにより、隣接交通信号の制御条件を変更することにより、横断行動を制御し、車両との交錯危険性を低減できる可能性があることを示した。

(3) 横断対策のあり方の提案

横断歩行者の行動特性を勘案し、横断対策の検討にあたっては、横断位置を集約し安全対策を講じた上で容認するか、横断歩道外で横断しようと意図しても渡れる条件がなるべく発生しないように信号のタイミングを調整するかを明確にすることの必要性を示した。また、実態調査を実施した都内3か所を対象としたケーススタディを通じて、都市部の幹線道路において、自動車交通の円滑性に配慮しつつ、歩行者の流れを制御できる可能性を示すことができた。

また、沿道状況や道路交通状況から、横断歩行者の制御のあり方の検討手順の素案を示すことができた。

6.2 今後の課題

本研究では、端部信号交差点での車両の流入を直進のみとすることや細街路からの流入を考慮しないなど、単純化した条件の下で分析と対策の提案を行っている。今後は、対策を具体化していくなかで、必要に応じて考慮する条件の追加を行うことが必要となると考えている。ただし、本研究成果は、実務での活用を想定しているため、可能な限り単純化することが望ましいと認識している。

横断歩道外横断の選択条件の設定にあたっては、横断歩道外横断をしなかった歩行者のデータを使用していない。横断歩道外横断をしなかった歩行者のデータについては、横断歩道を利用した歩行者に対するヒアリング調査などにより取得することが考えられるが、横断歩道外横断そのものが規範に反する行為であるため、正直な回答を得ることが困難である。このため、本研究においても、調査実施を検討したが実施には至らなかった。このようなデータの取得も含め、横断歩道外横断をしなかった歩行者の扱いについては今後の課題と認識している。

また、横断しなかったデータを含めて、横断歩道外横断の選択行動を説明するモデルの構築も今後の課題と認識している。

既往研究やホームページなどでは、我が国の都市部街路において本研究で提案した無信号の二段階横断や張り出し歩道を導入し、効果評価を行った事例は見られなかった。今後、導入された箇所での評価を行い、その効果や効果を発現させるための条件を整理することが重要である。あわせて、モデルへの反映も必要だと考える。

本論文で提案した横断対策は、現状の横断歩道外横断を原則禁止として横断防止柵などの物理的デバイスや交通規制により横断歩道外横断を抑止する方策と異なり、横断を積極的に抑止する

箇所と安全対策を講じた上で容認する箇所とに分類した上で横断歩行者の行動特性に従い横断可能位置や横断歩道への誘導を行う方策である。このような横断可能箇所と横断禁止箇所を明確にし、それを横断歩行者の行動特性に配慮した制御手法で有効に機能させることを検討することは、アクセスマネジメントの概念のきっかけとなると考えられる。まずは、アクセスマネジメントを導入していくにあたり、米国などでの考え方を日本に適用する際の課題や留意点を整理すること、規格や効果、適用条件などについて客観的データに基づいて研究を実施することが必要だと考える。

本研究において提案した手法について、社会実験や試行を行い、提案の妥当性を確認するとともに、課題を抽出し対応することが重要である。また、その結果を都市部街路の設計手法へ反映していく取り組みが必要であると考えられる。

■参考文献

1. 萩田賢司, 三井達郎, 矢野伸裕: 高齢者の横断歩道利用状況に関する研究, 第16回交通工学研究発表会論文報告集, pp201-204, 1996.
2. 高山純一, 中山晶一郎, 福田次郎: 高齢者の横断歩道外における横断行動の実態およびその意識に関する調査分析, 土木計画学研究・論文集, Vol.21, No.3, 2004.
3. 松浦常夫: 横断歩道外を横断中の事故の歩行者要因, 交通心理学研究, 27巻1号, 2011.
4. 久保田尚: 「地域」に着目した交通安全対策, そんぽ予防時報, Vol.255, pp.18-23, 2013.
5. 吉田進悟, 宮崎正典, 坂本邦宏, 久保田尚: 「地域 DNA」に着目した生活道路と幹線道路との交差点における交通事故要因分析, 第29回交通工学研究発表会論文集, CD-ROM, 2009.
6. 石川曜詩, 奈良照一, 萩原亨, 平澤匡介, 鈴木勝美: 北海道小樽市におけるバス停利用高齢者の乱横断実態とその抑制に関する研究, 第42回土木計画学研究発表会・講演集, CD-ROM, 2010.
7. 大柳和紀, 小嶋文, 久保田尚: 交通の地域性と交通事故の関係に関する研究, 第32回交通工学研究発表会論文集, CDROM, 2012
8. 竹平誠治, 大口敬, 泉典宏, 田中淳, 松沼毅, 佐藤貴行: 大都市における歩行者の幹線道路横断特性に関する実態調査, 土木計画学研究・講演集 vol.46, CDROM, 2012.
9. 竹平誠治, 大口敬: 街路交通の時空間変動と乱横断発生に関する実証的研究, 土木計画学研究・講演集 vol.48, 2013.
10. 尾崎龍樹, 日野泰雄, 吉田長裕, 上野精順: 無信号横断歩道における歩車錯綜時の安全性評価, 土木計画学研究・講演集, Vol.26, CD-ROM, 2002.
11. 松尾幸二郎, 廣島康裕, 佐藤修生, 山内洋佑: 無信号横断歩道におけるドライバーの「譲り」に関する基礎的調査および考察, 第33回交通工学研究発表会論文集, CD-ROM, 2013
12. Huang, H., Zegeer, C. and Nassi, R.: Effects of Innovative Pedestrian Signs at Unsignalized Locations: Three Treatments, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1705, pp.43-52, 2000.
13. Turner, S., Fitzpatrick, K., Brewer, M. and Park, E.: Motorist Yielding to Pedestrians at Unsignalized Intersections: Findings from a National Study on Improving Pedestrian Safety,
14. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1982, pp.1-12, 2006.
15. Ellis, R., Houten, R. and Kim, J.-L.: In-Roadway “Yield to Pedestrians” Signs: Placement Distance and Motorist Yielding, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2002, pp.84-89, 2007.

16. 三井達郎, 矢野伸裕, 萩田賢司: 無信号横断歩道における高齢者の横断行動と安全対策に関する研究, 土木計画研究・論文集, No.15, pp791-802, 1998.
17. 三木克則, 萩原亨, ムラリーサランタンビア, 柗座邦朝: 夜間の交差点右折時における歩行者に対する視認困難性評価に関する実験的評価, 第 31 回土木計画学研究発表会・講演集, 2005
18. 橋本成仁, 岩本大地, 吉城秀治: 歩行者の交通事故対策に向けた服飾からのアプローチ, 第 31 回交通工学研究発表会論文報告集, CD-ROM, 2011.
19. 荻野弘, 伊藤豊: 信号交差点における横断歩道設置角度と交通事故との関係に関する研究, 第 32 回交通工学研究発表会論文集, CD-ROM, 2012.
20. 荻野弘, 伊藤豊: 交差点における横断歩道設置条件と右左折時における交通事故に関する研究, 第 44 回土木計画学研究発表会・講演集 143, CD-ROM, 2011.
21. 八重樫大樹, 浜岡秀勝: 右折停止位置の違いがドライバーの運転挙動に及ぼす影響に関する研究, 平成 18 年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集 CD-ROM, 2006
22. 菊池歩, 浜岡秀勝: 視認性の違いが右折時の歩行者発見に及ぼす影響に関する研究, 平成 19 年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集 CD-ROM, 2007
23. 菊池恵子, 浜岡秀勝: 交差点右折時における歩行者発見のタイミングとその危険性評価, 平成 18 年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集 CD-ROM, 2006
24. 萩田賢司, 森健二: 運転者の認知状況を考慮した交差点における歩行者事故の分析, 第 27 回土木計画学研究発表会・講演集 Vol.27, 2003
25. 内堀大輔, 萩原亨, 田畑要輔, 浜岡秀勝: 交差点観測による右折者と横断者の創作に関する研究: 第 40 回土木計画学研究発表会・講演集・2009
26. 平澤匡介, 武本東, 渡邊政義: 横断歩行者に対する高齢ドライバーの運転特性とその対策について, 第 31 回交通工学研究発表会論文報告集, CD-ROM, 2011.
27. 萩田賢司, 森健二: 歩行者事故から推定した運転者の視線に関する一考察, 土木計画学研究・講演集, vol.25, No.153, CDROM, 2002.
28. 平野 亮介 浜岡 秀勝: 右折車接近情報の提供による歩行者の挙動変化に関する研究, 平成 22 年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集 CD-ROM, 2010
29. 芳賀健太郎, 浜岡秀勝: 交差点での歩行者横断時における右左折車確認行動に関する研究, 第 45 回土木計画学研究発表会・講演集・2012
30. 矢野伸裕: 信号機付付き横断歩道での歩行者の横断行動 -高齢者と非高齢者の比較-, 月刊交通 7月号, pp85-95, 1996.
31. 北折充隆・吉田俊和: 記述的規範が歩行者の信号無視行動におよぼす影響, 社会心理学研究 16, pp.73-82, 2000.
32. 北折充隆: 歩行者の信号無視行動に及ぼす諸要因 - 急ぎ要因と記述的規範の相互作用について -, 日本交通心理学会第 64 回大会発表論文集, pp.95-96, 2001.

33. 北折充隆:習慣性が歩行者行動に及ぼす影響Ⅱ ―初めて通る歩行者の行動判断(追加報告)― , 日本交通心理学会第 65 回大会発表論文集, pp.61-62, 2002.
34. 紙野桂人, 船橋邦夫: 都市空間と歩行者の経路選択, IATSS Review , Vol.10,No.5,pp25-35,1984.
35. 毛利正光, 塚口博司: 歩行者の経路選択特性について, 土木学会関西支部年次学術講演会講演梗概集,1979.
36. 越正毅, 今西芳一: 歩行者の経路選択特性に関する研究, 土木学会年次学術講演梗概集,1975.
37. 竹内伝史: 歩行者の経路選択性向に関する研究, 土木学会論文報告集第 259 号,1977.
38. 高辻秀興, 深海隆恒: 住宅地における歩行者の経路選択行動についての分析, 昭和 58 年度第 18 回日本都市計画学会学術研究発表会論文集
39. 塚口博司, 松田浩一郎: 歩行者の経路選択行動分析, 土木学会論文集, No.709, IV-56, pp117-126, 2002.
40. 塚口博司, 松田浩一郎, 竹上直也: 歩行環境評価および空間的定位置を考慮した歩行者の経路選択行動分析, 土木計画学研究・論文集, Vol.20, No.3, CDROM, 2003.
41. Hayward, J.C. : Near-miss determination through use of a scale of danger. Highway Research Record, 24-34, 1972.
42. Allen, B.L, Shin, B.T. and Cooper, D.J. : Analysis of traffic conflicts and collision. Transportation Research Record, 677, 67-74,1978.
43. 山田稔: 横断歩道通行時の危険感評価に関する研究 ―立体横断施設の整備効果の評価への適用を前提として― , 土木計画学研究論文集, Vol20, pp629-636, 2003.
44. 越正毅: 系統交通信号におけるサイクル制御の研究, 土木学会論文報告集, Vol.241,pp125-133,1975.
45. 越正毅: 交通信号制御の最適化について, 国際交通安全学会誌, Vol. 1,No.1,pp43-49,1975.
46. 李光勳, 池之上慶一郎: 系統交通信号における遅れの特性と最適サイクル長に関する研究, 交通工学, Vol.27,No.4,pp.9-20,1992.
47. Webster, F.V. : Delays at Traffic Signals Fixed Time Signals, Road Research Laboratory, Research Note 2374.
48. F.V.Webster and B.M.Cobbe: Traffic Signals, Road Research Technical Paper, No.56,Her Majesty's Stationery Office,London,1966.
49. F.V.Webster: Traffic Signals Settings, Road Research Technical Paper, No.39,Her Majesty's Stationery Office,London,1958.
50. 浅野美帆, 張馨, Alhajyaseen W.K.M., 中村英樹: 信号交差点における横断歩行者のクリアランス挙動に関する研究, 第 32 回交通工学研究発表会論文集, CD-ROM, 2012.
51. 高澤学, 赤羽弘和: 信号制御が横断歩行者に及ぼす影響, 土木計画学研究・講演集, Vol.24,

- 2001.
52. 赤羽和弘：再考－歩行者の横断－，交通工学，Vol.41，No.2，pp.7-9，2006.
 53. 松井靖浩，安藤憲一：ドライブレコーダの記録からみた歩行者行動の定量分析，独立行政法人交通安全環境研究所フォーラム資料，2012.
 54. 青木義郎，森田和元，田中信壽，関根道昭，廣瀬敏也：歩行者横断特性と安全性への影響について，独立行政法人交通安全環境研究所フォーラム資料，2011.
 55. 安井一彦，今中祐介：横断歩道における歩行者の歩行速度と挙動に関する研究，平成 15 年度日本大学理工学部交通土木工学科卒業論文概要集，2003.
 56. 原田英治，後藤仁志，安藤栄祐：群集歩行シミュレータのための歩行行動モデルの改善，第 30 回交通工学研究発表会論文報告集，CD-ROM，2010.
 57. 浅野美帆，桑原雅夫：先読み行動を考慮した歩行者交通流シミュレーション，生産研究，59 巻 3 号，pp.184-187，2007.
 58. 青木義郎，森田和元，田中信壽，廣瀬敏也，関根道昭，川崎修男：予防安全支援システム効果評価シミュレータ (ASSESS) のための歩行者行動特性の解析，自動車技術会論文集 Vol. 42，No. 5，pp1199-1204，2011
 59. 青木義郎，森田和元，関根道昭，田中信壽：高齢ドライバの歩行者視認性とその改善，交通安全環境研究所フォーラム 2012 講演概要，p. 115-118，2012.
 60. 鳩山紀一郎，家田仁，劔崎聖生，“二段階横断方式に伴う信号サイクル長の短縮へ向けた交差点の設計・制御ガイドラインの試案検討”，交通工学，Vol.46，No.2，pp.49-58，2011.
 61. 家田仁，鳩山紀一郎，野田素良，瀬木俊輔，“二段階横断方式による信号サイクル長短縮の社会実験とその効果分析”，交通工学，Vol.45，No.6，pp.64-73，2010.
 62. 鳩山紀一郎，佐原孝紀：信号サイクル長の短縮へ向けた系統効果の基礎的検討，第 32 回交通工学研究発表会論文集，CD-ROM，2012.
 63. 桑原雅夫：期待される次世代信号制御ロジックの開発，交通工学，Vol.35，No.6，pp3-6，2000.
 64. 下村新，鳩山紀一郎，家田仁：歩行者指向型の交差点設計可能性に関する調査－欧州の諸都市に学ぶ，土木学会年次学術土木学会第 58 回年次学術講演会，2003.
 65. 社団法人 交通工学研究会：改訂 交通信号の手引き，丸善，1994.
 66. 社団法人 交通工学研究会：改訂 平面交差の計画と設計 基礎編，丸善，2007.
 67. 社団法人 交通工学研究会：平面交差の計画と設計 応用編 2007，丸善，2007.
 68. 社団法人 交通工学研究会：平面交差の計画と設計 事例集，丸善，1996.
 69. 社団法人 日本道路協会：道路構造令の解説と運用，2004.
 70. 社団法人 交通工学研究会：やさしい非集計分析，1993.
 71. 社団法人 交通工学研究会：やさしい交通シミュレーション，丸善，2000.
 72. 社団法人 交通工学研究会：交通シミュレーション活用のすすめ，丸善，2012.

73. 社団法人 交通工学研究会：交通調査実務の手引き，丸善，2008.
74. 社団法人 日本道路協会：防護柵の設置基準・同解説，2004.
75. 社団法人 日本道路協会：車両用防護柵標準仕様・同解説，2004.
76. 警察庁交通局：平成 25 年中の交通事故発生状況，警察庁ホームページ
77. 内閣府：平成 26 年版交通安全白書，内閣府ホームページ
78. 一般財団法人 自動車検査情報登録協会：昭和 41 年からの自動車保有台数の推移，一般財団法人 自動車検査情報登録協会ホームページ
79. 一般社団法人日本損害保険協会：自動車保険データにみる交通事故の経済的損失の状況（2011 年 4 月～2012 年 3 月），日本損害保険協会ホームページ
80. 国土交通省道路局：平成 22 年度道路交通センサス調査結果，国土交通省ホームページ
81. 産業技術総合研究所人間福祉医工学研究部門：人間計測ハンドブック，2003.
82. 斉藤啓嗣：歩行者事故に着目した道路交通環境の改善について，一般社団法人九州地方計画協会 九州技報，第 51 号，2012.
83. 景観に配慮した防護柵推進検討委員会：景観に配慮した防護柵の整備ガイドライン，2004.
84. 遠藤啓，天野光一，横山公一：景観配慮型防護柵が道路景観に与える影響に関する基礎的研究，景観・デザイン研究講演集，No.6，pp6-10，2010.
85. 梶原一慶：横断歩行者・自転車のための新たな注意喚起対策に関する報告，平成 26 年度 四国地方整備局管内技術・業務研究発表会資料，2014.
86. 公益財団法人 国際交通安全学会：安全でエコなラウンドアバウトの実用展開に関する研究（Ⅲ），報告書，2011.
87. TRANSPORTATION RESEARCH：Access Management Manual，2003
88. 泉典宏，大口敬：アメリカ合衆国における交通安全施策，道路，2013.10.
89. IRTAD report 2011；International Transport Manual
90. Highway Safety Improvement Program Manual/FHWA.
91. How to Develop a Pedestrian Safety Action Plan/FHWA,NHTSA, Pedestrian and Bicycle Information Center.
92. 歩行者事故：イタルダイnfォメーション No.50：公益財団法人 法人交通事故総合分析センター，2004.
93. 自動車と歩行者の事故“危ない！右から歩行者が横断！”：イタルダイnfォメーション No.83，公益財団法人 法人交通事故総合分析センター，2010.
94. 夜間の高齢歩行者死亡事故：イタルダイnfォメーション No.87：公益財団法人 交通事故総合分析センター，2011.
95. 歩行者死亡事故は自動車直進中に多く発生：イタルダイnfォメーション No.94：公益財団法人 法人交通事故総合分析センター，2012.
96. 舟山健司：高齢歩行者 道路横断中事故の分析，第 14 回交通事故調査・分析研究発表会 配

- 布資料, 2011.
97. 山田晴利：通学時の交通事故の特性と対策，公益財団法人交通事故総合分析センター 研究報告書，2012.
 98. 山田晴利：高齢者の交通事故に関する基礎的分析，第 33 回交通工学研究発表会論文集，CD-ROM，2013.
 99. 公益財団法人 交通事故総合分析センター：交通安全教育に役立つ高齢歩行者事故の分析，研究報告書，2012.
 100. 林祐輔：交通事故の国際比較，公益財団法人交通事故総合分析センター資料，2013.
 101. 紙野桂人，舟橋國男：都市空間と歩行者の経路選択，IATSS Review, Vol.10, No.5, pp323-329, 1984.
 102. 鈴木弘司，山口大輔，藤田素弘：大規模交差点における利用者挙動と交錯危険性に関する実証分析，土木学会論文集 D3, Vol.67, No.5, ppI-1193-1205, 2011.

謝 辞

博士課程に入学して、この博士論文を作成するにあたり、非常に多くの方々にお世話になりました。謹んでお礼をお申し上げます。

本論文の主査である大口敬教授には、研究全般における様々な局面において、大変多くのご指導をいただきました。研究成果のほとんどない私の入学希望を快くお引き受けいただき、根気強く指導を続けていただいたことに、心より感謝申し上げます。

また、副査である久保田尚埼玉大学教授、大森宣暁准教授、鳩山紀一郎講師、井料美帆講師には、お忙しい中様々なご指導、ご助言をいただいたことを感謝いたします。また、辛抱強く見守っていただきありがとうございました。

本研究では、一般社団法人交通工学研究会 地域交通安全委員会（委員長・久保田尚埼玉大学教授）大都市型検討部会において実施された調査結果の一部を使用させていただきました。委員会および検討部会の関係者をはじめとする皆様より多大なご協力をいただきました。本当にありがとうございました。

研究室のスタッフ、学生の皆様には、研究室の活動で多くの助けをいただきました。洪性俊元助教、和田健太郎助教には、先輩研究者として、励ましていただきました。森本紀代子秘書、西川巧技術官には、右も左もわからない研究室での生活をきめ細やかにサポートしていただきました。また、学生さんたちにも 20 歳近く年齢は違いますが、大口研の一員として快く受け入れていただきました。本当にありがとうございました。

在職のまま入学を許可いただき、3 年間にわたり多大なるご支援をいただきましたオリエンタルコンサルタンツの皆様にも大変お世話になりました。在学中の活動を全面的にサポートしていただいた辻光弘さん、泉典宏さん、田中淳さん、川崎洋輔さん、そして長期間にわたり支えてくださった皆様、本当にありがとうございました。

最後に、どのような状況においても応援してくれた妻とがんばる元気を分けてくれた娘に、感謝の意を表したいと思います。

今後は、この 3 年間の良い経験を活かして、よりよい社会インフラづくりに取り組んでいきたいと思います。

平成 26 年 8 月吉日
竹平 誠治

