

地域特性を考慮したオンデマンドバスの運行実績の評価

47-106717 柳澤 龍
指導教員 大和 裕幸 教授

This paper describes the evaluation process for public transportation plan of On-demand bus in field experiment. The field experiment for introducing On-demand bus is generally evaluated by a questionnaire survey. It cost abundantly and cannot analysis of user's activity change in time series. By using the operation log data on On-demand bus, the improvement for operation plan is suggested considering the regional condition. Through the case studies in 8 cities, the suggested process succeeded to evaluate and feedback the operation plan efficiently.

Key words: On-demand Transportation, evaluation, regional condition, GIS, parameter tuning

1 序論

高齢化社会への対策からオンデマンドバスの導入が検討されている。オンデマンドバスの実証運行において、運行実績を評価し、計画にフィードバックすることは重要であるが、定性的な判断でしかなくされていない。

本研究は、オンデマンドバス運行ログデータを用いた運行計画の評価および見直し手法を提案することを目的とする。その際、GIS データを用いるなど地域特性をも考慮し、より詳細で有用な見直しができることを目指す。

2 運行実績の評価手法の提案

2.1 オンデマンド交通について

オンデマンド交通¹⁾とは乗客の要望に合わせて、最適な運行経路を作成し運行する新しい交通システムである。既存のバスなどの公共交通が成り立たない過疎地域での交通弱者の脚の確保、さらには低炭素化社会を実現するための公共交通として注目されている。

2.2 運行実績の評価・検討項目について

オンデマンドバスの導入プロセスにおいて、実証実験を評価・分析し、次の運行計画にフィードバックして改善策を加えることは非常に需要である。Fig. 1 に運行計画の見直しのプロセスを示す。

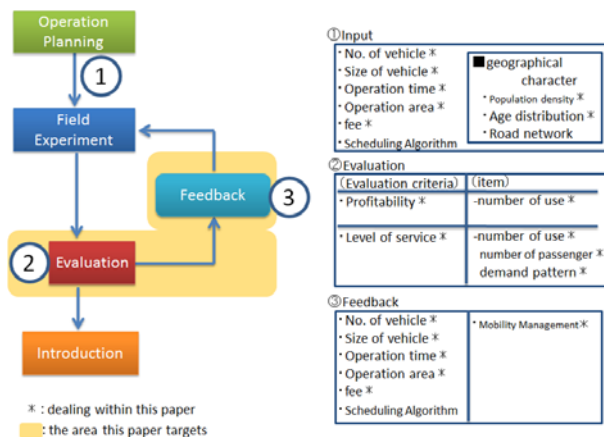


Fig. 1 Introduction process

①は運行設定の変数を、②は実証実験の評価指標を、③では改善項目を示している。

本研究では、黄色で囲まれた運行実績の評価と改善策作成のための分析を行う。

2.3 オンデマンド交通システムのデータベース構造

Fig. 2 に東大オンデマンドバスシステムのデータベース構造を示す。

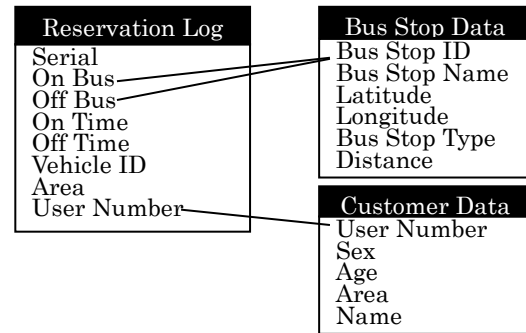


Fig. 2 Database structure

データベースには、予約情報を保存する Reservation Log テーブル、生年月日・性別などの利用者情報を保存する Customer Data テーブル、バス停の位置などを保存する Bus Stop Data テーブルがあり、図に示すようなリレーショナル構造によって保持されている。

2.4 利用ログを用いた運行実績の評価方法

国土交通省によって作成されたオンデマンドバスの導入計画立案の際の検討項目²⁾を基に、運行計画の見直しに有効な知見を得るための利用ログを用いた運行実績の評価方法を作成した。Fig. 3 に評価項目を示す。

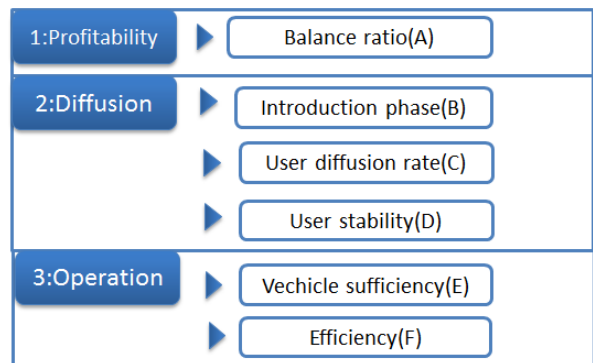


Fig. 3 Evaluation process of On-demand Bus Operation

Fig. 3 の各項目について詳細を示す。

2.4.1 採算性 (profitability)

オンデマンドバスを運行する際の総支出に対する利用者からの運賃収入の割合 (A) を用いて採算性を収支率として評価する。

2.4.2 普及率 (Diffusion)

導入の段階を把握するフェーズ把握 (B)、利用普及率 (C)、利用定着率 (D) によりオンデマンドバスの普及率を評価する。利用者普及率 (C) とは、利用登録者のうち、運行期間内に一度でもオンデマンドバスを利用したことがある利用者の割合である。利用者定着率 (D) とは、運行期間内に一度でもオンデマンドバスを利用したことがある利用者に対する、対象とする期間のオンデマンドバスの実利用者の人数の割合である。

2.4.3 運行形態 (Operation)

需要に充分対応できる運行体制であることを車両充足度の値により確認する。車両充足度 (E) とは、オンデマンドバスの運行時間帯の 1 台 1 時間ごとの利用者数の平均値を、各時間帯の最大利用者数で割った値である。

また、オンデマンドバスの特徴である乗り合いによる効率的な運行を行えるかどうかを運行効率の値により判断する。運行効率 (F) とは、オンデマンドバスに利用者が乗車している時の走行距離を、各予約を直接移動して対応した場合の移動距離で割った値である。

3 ケーススタディによる実運行の評価

提案した運行実績の評価手法を用いて、8 自治体を分析・評価した。本紙では茨城県かすみがうら市と山梨県北杜市を事例に示す。

3.1 茨城県かすみがうら市

かすみがうら市では平成 21 年に廃止されたバスの一般路線の暫定的な廃止代替交通機関として、平成 21 年 4 月より事前予約型の乗合タクシーとしてオンデマンドバスの実証運行を開始した。

3.1.1 運行概要

かすみがうら市は人口約 4 万 3 千人、面積が 156.61km² の町である。町は千代田地区と霞ヶ浦地区の 2 つに分けられる。朝 6 時から 20 時まで、3 台のジャンボタクシーで運行されている。

3.1.2 運行実績の評価

かすみがうら市における運行実績の評価の結果を Table 1 に示す。

Table 1 Operation evaluation of Kasumigaura City

| | | |
|------------------------|---------------------|--|
| 1:Profitability | Balance ratio | 4% |
| 2:Diffusion | Introduction phase | Expansion phase |
| | User diffusion rate | 10% |
| | User stability | 32% |
| 3:Operation | Vehicle sufficiency | ・Cut of vehicle ・Cutting the operating hour |
| | Efficiency | 0.98 |

採算性の指標である収支率は 4%と非常に低い値となった。これは利用者数が少ないことが、運行車両、運行時間ともに過剰になっていることが要因として挙げられる。普及率の評価では、導入フェーズは拡大期にあり、月間

延べ利用者数が増加傾向にあり、市民の中で認知が広まりつつあることを示している。また、利用者普及率は 10%と低く、登録未利用者が 90%を占めている。利用定着率は 32%となり、利用者のニーズに沿った運行に近いことを示している。車両数は 3 台で運行を行なっているが、1 日 14 時間運行して 1 車両あたりの平均利用者数が 5.3 人となっており、車両が供給過剰になっている。また、6 時から 8 時と 17 時から 19 時の 1 時間 1 台あたりの利用者数が 0.5 人に満たないことが明らかになった。

3.1.3 改善策の提案

運行形態の課題として、1 台あたりの利用者が少ないことから、車両の削減と運行時間の短縮を検討すべきである。3.1.2 の評価を基に採算性を改善するには、台数、運行時間の削減が効果的であると判断できる。次に、利用者普及率が低いことから、利用促進施策の検討を行う。Fig. 4 に、利用頻度が多いバス停を示した地図を示す。



Fig. 4 Kasumigaura City with frequent bus stop

最も利用されているバス停 20 箇所をバス停の属性別にアイコンで示し、10 回以上利用されているバス停を黄丸で示した。地図から霞ヶ浦地区にて利用頻度の高いバス停が 1 つしかないことがわかる。霞ヶ浦地区の住民に対して利用促進策を行う際に、目的地となるバス停を提案するために、霞ヶ浦地区に住む利用者で、20 回以上利用している市民を、利用頻度別に 3 つ分類し、それぞれの利用目的地を調べた。対象として 6 人の月別利用回数を Fig. 5 に示す。

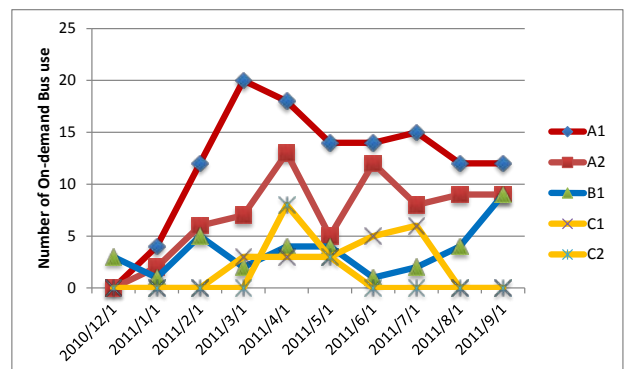


Fig. 5 Number of On-demand Bus use per month

各折れ線は利用者の月毎の利用回数を示している。赤線の A1,A2 は、利用を開始して毎月の利用回数が 5 回を超えている利用者を示している。黄線の C1,C2 は 20 回以上利用したが、利用を止めた人を示している。青線の B1 は毎月の利用回数が 10 回を超えないが、継続的に利用している人を示している。赤線の 2 名の利用目的地を、霞ヶ浦地区に住む未利用者に提案することで、効果的な利用促進を図ることが可能である。また、黄線の 2 名にインタビューを行い、利用を止めた理由を把握し対応することで、市民の要望に応えるオンデマンドバスに改善可能である。

3.2 山梨県北杜市

北杜市は 8 町村が合併した市で、山梨県で最も大きく東京 23 区とほぼ同等の面積である。8 町村に別れた路線バスが合併後の地区間の接続の課題になっていた。町の一体性を生み出すために、各地域を結ぶ公共交通の構築を目的にオンデマンドバスが導入された。

3.2.1 運行概要

北杜市は面積が 602km²、人口約 4 万 7 千人の街である。運行エリアを 4 つの地区に分けて 8 台のジャンボタクシーで運行している。運行時間帯は朝 8 時から夕方 16 時 30 分までである。

3.2.2 評価

Table 2 に北杜市の運行実績の評価結果を示す。

Table 2 Operation evaluation of Hokuto City

| | | |
|------------------------|---------------------|-----------------|
| 1:Profitability | Balance ratio | 14% |
| 2:Diffusion | Introduction phase | stable phase |
| | User diffusion rate | 24% |
| | User stability | 38% |
| 3:Operation | Vehicle sufficiency | ・Cut of vehicle |
| | Efficiency | 0.99 |

採算性の指標である収支率の値は 14%と低い値となった。普及率の評価では、導入フェーズでは安定期にあり、利用者普及率は 24%、利用者定着率は 38%となった。利用定着率が高いことから、市民のニーズに沿った運行であると判断可能だが、登録未利用者が全体の 76%を占めており、オンデマンドバスの認知が進んでいないことがわかる。運行形態の評価では、1 時間 1 台あたりの利用者数が 9 時と 15 時だけ 1 人を超えたが、他の時間帯は 1 人を下回っており、車両は充分である。すなわち、1 台あたりの利用者数を増加させるために、車両数の削減を検討すべきである。

3.2.3 改善策の提案

北杜市の運行実績の評価により、登録未利用者の割合が高いことと、運行効率が悪いことがわかった。このことから、登録未利用者への利用促進策を行うことが改善策と考えられる。既存の手法では、モビリティ・マネジメント施策³⁾としてパンフレットなどの資料やアンケートを全戸配布で行っているが、利用促進が見込めると判断した利用者の方に絞り策を行う。Fig. 6 に GIS のメッシュ

を人口密度で色分けした北杜市の地図を示す。

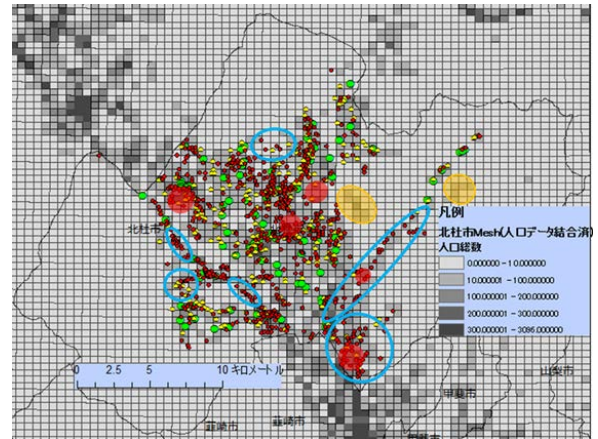


Fig. 6 Hokuto City with frequently used Bus Stop

利用頻度が 10 回以上のバス停を緑丸で、1 回から 10 回未満利用された黄色の点で、一度も利用されていないバス停を赤点で示した。青い線で囲った地域は人口密度が低く、かつ一度も利用されていないバス停が集中している地域を示している。赤い円で囲った地域は、人口密度が高い地域で、一度も利用されていないバス停を示しており、青枠で囲まれた地域よりも、多くの潜在需要があると考えられる。また、黄色の地域では人口密度が高いがバス停が設置されていない地域である。未利用者が集中している地域の中で、かつ人口密度が高い地域を特定し、この近くに住む利用者が頻繁に利用する目的地を調べた。その目的地をモビリティ・マネジメント施策に取り込むことで、未利用者の利用喚起が期待できる。

4 オンデマンドバスパラメータの調整

2 つの自治体において、運行効率の改善が課題としてあげられた。また、自治体によっては、乗合を増やし 1 台の車両に受け付けられる利用者数を増加したいなどの要望もある。地域の特性や要望に適したオンデマンドバスの運行を行うために、運行計画作成アルゴリズムに評価関数を設定し、それに含まれるパラメータを調整することで要望に適合した運行計画を作成可能かどうか、パラメータの調整により検証する。

4.1 改善手法

4.1.1 評価関数

オンデマンドバスの運行に求められる要望として、以下の 3 つが挙げられる。

- ・利用者の希望利用時刻に近い予約を受け付ける
- ・乗合を重視することで運行距離を短縮する
- ・受付可能な予約数をできるだけ多くする

これらの要望のために望に沿った評価指標を作成する。その重み付け総和を評価関数とし、値がもっとも大きくなる予約を提案するオンデマンドバスシステムの評価関数は以下の数式によって表される。

$$P = \{\alpha * x + (1 - \alpha) * y\} + \{\beta * x + (1 - \beta) * z\} + \{\gamma * y + (1 - \gamma) * z\} \quad (1)$$

x, y, z は以下の数式で示される評価指標である。

$$x = 1 - \frac{|\text{dif of reserve and actual ridetime}|}{\text{direct ridetime}} \quad (2)$$

$$y = 1 - \frac{\text{RunTimeAfter Re servation} - \text{RunTimeBefore Re servation}}{\text{DirectRunTime}} \quad (3)$$

$$z = \frac{\text{rest of slacktime}}{\text{total amount of stacktime}} \quad (4)$$

x は利用者観点の評価指標であり、予約希望時刻と予約できた時刻の差が小さいほど、 x の値は 1 に近づく。 y は新しい予約が加わることで、バスの総運行距離に加わる変化が小さいほど、値が 1 に近づく。 z は各予約がもつゆとり時間の減少が小さいほど、 z の値は 1 に近づく。 P は、この 3 つの値の重み付け総和である。重みはそれぞれ正規化されており、 P の値が最も高い経路を提案する仕組みになっている。

4.1.2 パラメータ

α 、 β 、 γ の値を調整することで、 P に対する x, y, z の重みを変えることができる。たとえば、利用者が希望通りの時刻を重視する場合、 P の評価関数において α 、 β を増大させ、 γ を減少させることで利用者の要望に応えることができるはずである。以下の実験では 1 つの自治体でシミュレーションを行い、これらのパラメータを調整することで、要望に沿った運行計画を作成できるかを検証する。

4.2 ケーススタディ

実験では北杜市を対象に運行効率改善のためのシミュレーションを行った。北杜市で運行されているオンデマンドバスの過去の需要情報から需要パターンを作成し、パラメータを変更しながら、9 人乗りの車両 3 台でシミュレーションを行った。

4.3 結果

3 つのパラメータを変更して行った実験結果の内、 α と γ の値を変化させたときの、運行効率の値を Fig. 7 に示した。 β の値は 0.5 で影響を与えない値に設定し、 α 、 γ を 0.05 ずつ増加させながら 10 回の試行を行っている。

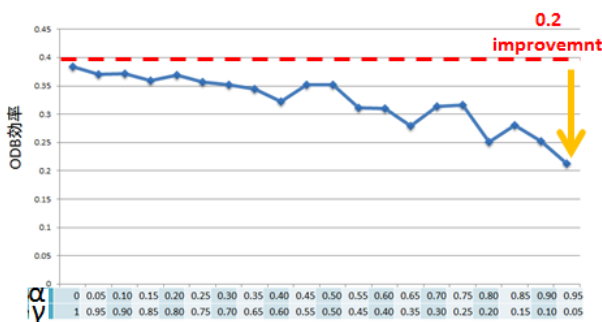


Fig. 7 Relation between 2 parameter and Efficiency

グラフから、北杜市におけるオンデマンドバス運行は、パラメータを調整することで、現状よりも運行効率が 0.17 改善する可能性があることがわかる。

5 考察

5.1 既存手法との比較

市民のオンデマンドバスの利用動向を把握する際、既存のアンケート手法では、印刷、配布、集計までに時間がかかり、膨大な費用が掛かることから、定期的な観測が困難であった。また、利用動向に変化がある人から回答を得た場合でも、対象者がわからないため、多くの無駄なアンケートを手当たり次第に配布せざるを得なかった。

利用ログを用いた本提案手法では、データがリアルタイムで得られるとともに、分析に費用がかからないため、時系列の人の行動の変化を把握できるようになった。これにより、オンデマンドバスの利用動向に変化がある人を特定でき、行動の変化の理由の把握が容易になった。

5.2 潜在需要の把握

本研究では、バス停の位置情報と GIS のメッシュに人口密度を関連づけて分析したことで、人口密度が高いが必要が発生していない地域を特定できた。この地域の市民は潜在的な需要を持つと考えられる。また、人口密度が高いが近くにバス停がない地域を特定でき、バス停の設置による需要喚起の可能性を示した。

6 結言

本研究ではオンデマンドバスの実証実験における運行計画見直しのために、地域特性を考慮した運行実績の評価を行い、運行計画における課題を分析し改善策を提案した。時間帯ごとの車両利用者数から適切な運行車両台数と運行時間帯を検討し、採算性の改善案を示した。また、利用ログと GIS を連携させることで、人口密度などの空間情報から潜在的な需要を特定することができた。さらに、各バス停の利用頻度や主要目的地を把握し、運行計画の見直しに有効な情報を得ることができた。運行効率の改善のためにオンデマンドバスシステムのパラメータを調整し、運行効率の値を 0.17 改善できた。

以上のように、オンデマンドバスの利用ログを用いることで、既存のアンケート調査ではできなかった運行実績の評価を可能にし、運行計画の改善に必要な知見を得ると共に地図情報や GIS と連携した分析により、効果的な改善策を提案することが可能になった。

参考文献

- 1) Yamato H, Tsubouchi K, et al.(2008)Evaluation of On-Demand Bus Service Applicability to Older Persons. Journal of Robotics and Mechatronics 20:810-817.
- 2) 国土交通省総合政策局(2009) 地域公共交通に関する新技術・システムの導入促進に関する調査業務 報告書【第1編 デマンド交通】.
- 3) 藤井聡(2006)モビリティ・マネジメント〜クルマと公共交通のかしこい使い方を考える交通政策〜, 運輸政策研究, 9: 71-74.