

# 1. 停留所における IT を用いた導入容易な利便性向上策の評価

## Evaluation of low-cost improvements of bus and tram stops using information technologies

東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻 76142 尾松 俊

Providing better environment in bus and tram stops is an important factor for promoting public transport use. This thesis evaluated three low-cost improvements which were using information technologies. The first one is the bus information system which provides information on the actual departure or passage time of the previous service. 68% of passengers thought the system to be useful, especially those who didn't know whether the buses tend to be late for schedule or not at the stop. It also helped passengers to forecast when the next bus will come. The second one is the safety system for non-guarded tram stops. More than 80% of car drivers saw the equipment of the system and became cautious to the passengers. Many passengers became less scared when getting off the tram. The third one is the self-service fare collection, about which this thesis discussed the problem of evasion.

### 1. 研究の背景と目的

公共交通の利用者が停留所を快適に利用できるように停留所設備を充実させることは、公共交通利用者増加の一因になり得ると考えられる。日本では停留所の整備や維持は原則として交通事業者の負担によって行われてきたため、投資効果の見込みづらいため停留所改善はあまり進まなかった。近年、公共交通機関の重要性が見直されるに従い、停留所のハイグレード化に対する補助制度も整いつつあるが、その整備水準は未だ低い。

一方、情報技術 (IT) の進歩により、IT を取り入れた設備やサービスの導入が増加し、乗客サービスの向上が図られている。近年では価格の低廉化や補助金制度の拡充、導入効果に対する認識の広まり等の要因により、全国に普及しつつある。その導入には地域毎のニーズを把握した上で、行政や交通事業者の事情、住民の要望等に適合した設備・技術を導入することが必要と言える。

本研究では、IT を用いた停留所の利便性向上策の中で、低コストで導入が可能な施策について評価を行う。具体的には、①中央装置を用いないリアルタイムのバス運行情報の提供 ②ノーガード電停に対する安全対策 ③セルフ式の運賃収

受方式 の 3 施策それぞれについて分析を行い、導入可能性および効果や課題を明らかにし、今後の停留所設備の改善を通じた公共交通のサービスレベル向上に寄与することを目的とする。

### 2. 既往研究

リアルタイムのバス情報提供に関しては、満足度や利用意向の変化に着目した研究<sup>1)</sup>、バスロケの情報が交通手段選択行動に与える影響を分析した研究<sup>2)</sup>、バス停からの立ち去りや情報を参考にした利用者の割合に着目した研究<sup>3)</sup>、顧客満足度指標を用いてニーズを分析した研究<sup>4)</sup>などがある。いずれも接近情報に関する研究であり、通過情報に着目した点で本研究は新規性がある。また、ノーガード電停の安全対策設備を実際に評価した研究や、セルフ式運賃収受について利用客の意向を踏まえて検討した研究は見当たらない。

### 3. リアルタイムのバス通過時刻情報提供

バスの利便性を低下させる要因の一つは定時性の低さである。これに対しリアルタイムでバスの現在位置や到着予測時刻情報を提供するバス接近情報システム (日本では一般にバスロケーション

オンシステムと呼ばれている)が導入されてきた。しかし接近情報の導入には数千万円もの多額の初期投資を要し、運用費用も高く、バス事業者にとって負担が大きい。そこで中央装置を用いず、車載機と路上機等からなる情報提供装置を開発・実用化する取り組みが高知市や豊田市等で複数行われている。これら中央装置を用いないバス情報提供は、廉価であり小規模バス事業者や閑散路線にも導入しやすい。本章では中央装置を用いないバス情報提供としてバス通過時刻情報の有効性を検討した。本研究で扱う通過時刻情報提供システムの概念図と表示を図1に示す。バス停とバス間で微弱無線または特定小電力無線等を用いて通信を行い、各バスの車載機が持つIDをもとに1台前と2台前のバスの時刻表上の時刻と実際の通過時刻を表示する。

### (1) 乗客へのインタビュー調査

バス停で通過時刻情報の提供実験を行い、バス待ち客にインタビューを行った。調査の概要を表1に示す。本実験では通信試験は実施せず、調査員がバス通過を確認して表示を出す方法を便宜上採用した。運行頻度の高い大都市での有効性を検討するため、東京都内で調査を実施した。調査対象バス停ではバスは15分間隔で運行され、遅延が多い(図2)。またバスの行先の最寄り駅までは徒歩やタクシーも利用可能である。

以下に調査結果を述べる。回答者の対象バス停の利用頻度は高く、39%の利用者が週5回、31%の利用者が週2~4回利用していた。発車時刻に合わせてバス停に来た利用者は全体の72%であり、時刻を覚えている利用者が多い。当該バス停でバスが遅延しやすいと認識している利用者が78%と多く、高頻度の利用者を中心にバスの遅れを正しく認識している。乗りたかったバスに乗り遅れたかもしれないと不安を感じた経験のある利用者は54%であった。調査時のバス利用において通過時刻情報が役立つか否かを図3に示す。役に立つと回答した利用者は全体の68%であり、属性では特にバス遅れに対する認識と相関が強く、

表1 通過情報に関する利用者アンケートの概要

|        |  |
|--------|--|
| 対象者    | バス停利用客                                   |
| 日時     | 2009年1月                                  |
| 場所     | 東京都葛飾区の新小岩2ヶ所                            |
| 回答方法   | 利用客にインタビュー                               |
| 有効回答   | 61名                                      |
| 主な調査項目 | 通過時刻情報に対する評価                             |
|        | バスの利用頻度                                  |
|        | 降車後の時間制約の有無                              |
|        | 発車時刻を事前に把握していたか否か                        |
|        | 当該バス停でバスがよく遅れると思うか否か                     |
|        | バスが行ってしまったかもと不安を感じた経験の有無<br>乗り遅れた場合の交通行動 |

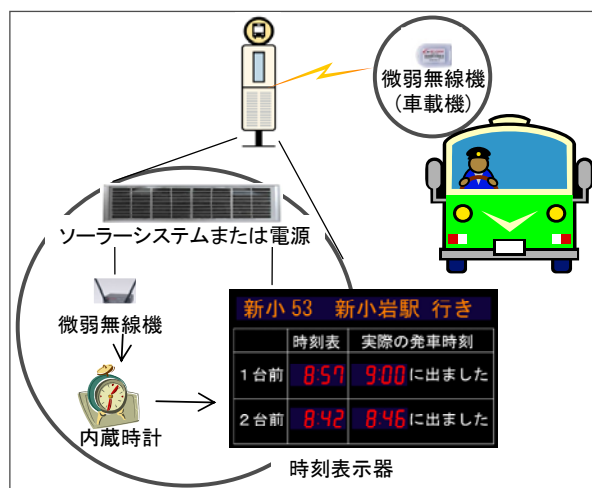


図1 通過時刻情報提供システムの概念図と表示

バスがあまり遅れないと考えている利用者ほど通過時刻情報が役立つと考えていることが明らかになった。一方、通過時刻情報や接近情報は不要と考える利用者が25%存在し、その特徴として、バスが遅延しやすいことを知っていることや時間制約がないこと、バス以外の交通手段の利用を考えていないことが挙げられる。

乗り遅れが判明した場合の交通手段として54%の利用者は次のバスを待つが、徒歩で向かう

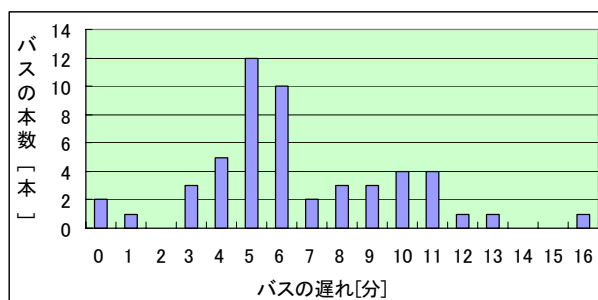


図2 調査対象バス停におけるバス遅延状況

人が 28%、タクシーを利用する人が 13%であった。時間制約がある利用者や徒歩に支障がない利用者を中心に、交通手段の転換が生じる可能性が確認できた。

通過時刻情報から次バスの到着時刻を予想した場合の誤差を図 4 に示す。差が 2 分以内の場合が全体の 56%、3 分以内の場合が全体の 74% を占め、リアルタイム位置情報を用いた予測には劣るものの一定の精度で到着時刻が予想できると考えられる。当該バス停は 15 分間隔で平均遅れが 6.5 分だったため、連続する便の道路事情や乗客数が類似する一方、ダンゴ運転は発生しづらい状況であることが理由として考えられる。

今後の課題として、より多くのバス停において実験・調査を行うことで、運転間隔や立地条件等多様な変数に基づく分析を行うことが必要である。交通手段選択に関しては、通過時刻情報が実際に交通手段選択に与えた影響を明らかにする必要がある、実導入に向けて交通事業者の意思決定を支援するためには、最適な手段選択が行われた場合にバス利用者数に生じる影響を明らかにしたい。通過時刻を用いた次便の到着時刻予想についても精度の向上が求められる。

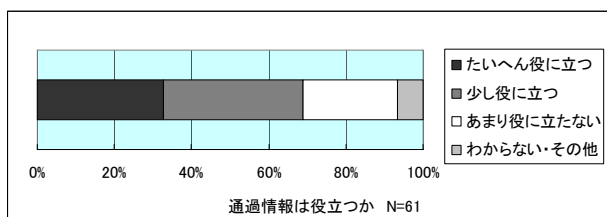


図 3 通過情報が役立つか否かの回答

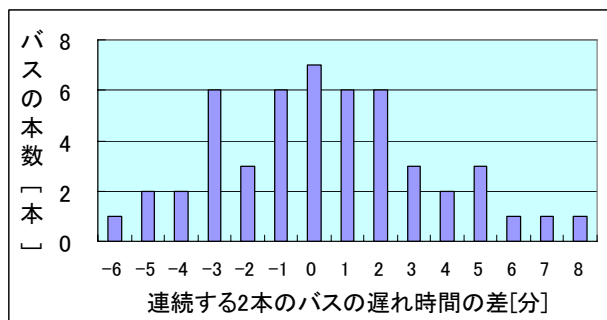


図 4 通過時刻情報による次便到着時刻予想の誤差

## (2) バス事業者へのヒアリング調査

リアルタイムのバス情報提供について、東京都と千葉県に路線を持つバス事業者 A 社にヒアリング調査を実施した。

A 社の路線バスへの接近情報システムの導入は補助制度の厚い東京都内の路線のみとなっており、自己資金のみによるバスロケ導入は経営上難しい。表示機を設置するバス停の選定は、バスの遅れの大きさ以外に乗客数や周知効果を考慮して行われている。バスロケを活用したリアルタイムの運行管理は、一部路線で遅延の大きい時に臨時便を出す運用を行っているが、乗務員や車両の都合で必ずしも容易ではない。

## (3) まとめ

中央装置を用いないリアルタイムのバス情報提供としてバス通過時刻情報は接近情報に比べて廉価に提供が可能である。本研究では都内のバス停での実験・調査から、当該バス停でのバスの遅延が多いか否かを知らない利用者は通過時刻情報の有効性が高いと考えていることや、情報入手時の交通手段転換の可能性、通過時刻情報による次便到着時刻予想の有効性などを明らかにした。また、バス事業者にとってバス接近情報システムの導入には費用負担が課題であることをまとめた。

## 4. ITS 技術を用いたノーガード電停の安全対策

日本の路面電車の停留所の一部には、安全地帯や防護柵がなく道路に表示しただけの平面電停（以下「ノーガード電停」と記す）が存在している。道路幅員等の関係で安全地帯の設置が困難な箇所に対し、高知県では ITS 技術を用いたノーガード電停安全対策システム（以下「システム」と記す）が 2004 年から導入されている。システムは路面電車の接近をセンサーで検知し自動車ドライバーに注意喚起を行うもので、設備を図 5 に示す。本章ではシステムがドライバーと電停利用者の行動や意識に与えた変化を明らかにするた




|       | 写真  | 動作・目的   |
|-------|---|---|
| 情報板   |  | 路面電車が電停に接近すると、「この先電停」「乗降中停止」(または「乗降客注意」と繰り返し表示して、電停があることを自動車のドライバーに知らせる |
| 調光式照明 |  | 路面電車が電停に接近すると、電停を明るくして、乗降客の存在をわかりやすくする                                  |
| 発光鈺   |  | 路面電車が電停に接近すると、電停を囲うように道路に埋め込まれた発光鈺が点滅して、電停の場所を示す                        |

図5 安全対策システムの設備概要

め、アンケート調査からシステムの活用状況を把握し、ノーガード電停安全対策の必要性和実用性について検証した。調査の概要を表2に示す。

(1) アンケート調査結果

a) ドライバー

システムの設備である「情報板」「調光式照明」「発光鈺」の認知度と理解度を図6に示す。80%以上のドライバーが情報板や発光鈺に気づき、そのほとんどが見ただけで内容や目的を理解したと回答している。通行時にシステムの情報を参考にしているか否かを図7に示す。82%の回答者はシステムの表示や動作を参考にし、乗降客への注意や減速・一時停止等の行動を行っている。参考にしない理由は「動作しなくても注意しているから」との回答が最も多く、誤作動等の設備自体の性質に起因する理由は少なかった。また、回答者

のほぼ全員がシステムの必要性を認めている。

一方、システムの設置前後を問わず、ノーガード電停付近を車で通行時にヒヤリとした経験があるドライバーは55%で、ほとんどが電停利用客と車との交錯に関するものであった。電車が来る前から道路上で待っている乗車客や、沿道や歩道からの乗車客の飛び出し、降車客の電車からの飛び出しや左右確認せずの道路横断等が要因となっている。時間帯別では「夕方」や「夜」に、乗降別では「降車」時にヒヤリ体験が多い。

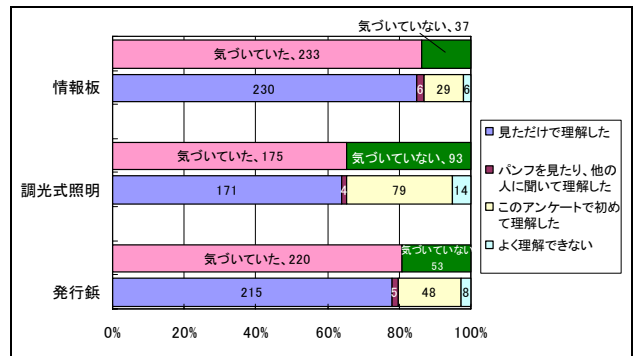


図6 各設備への認知度(上段)と理解度(下段)

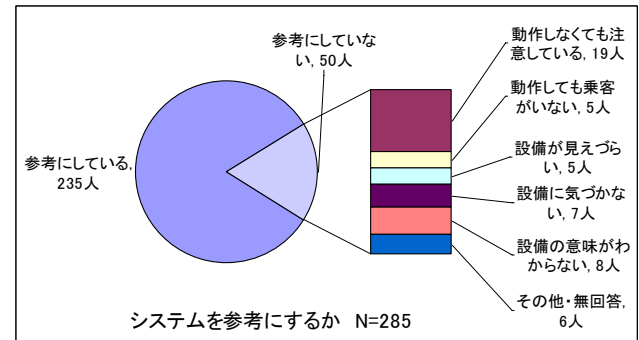


図7 システムの参考度(ドライバー)

表2 ノーガード電停に関する調査概要

| 項目         | 自動車ドライバー向け   |                                     | 電停利用客向け  |  |
|------------|--|-------------------------------------|--|--|
| 対象者        | 自動車ドライバー向け   |                                     | 電停利用客向け  |  |
| 調査日時       | 配布日時:平成19年12月8日(土)<br>回収期間:平成19年12月8日(土)~12月31日(月) |                                     | 配布日時:平成19年12月4日(火)<br>回収期間:平成19年12月4日(火)~12月18日(火) |  |
| 調査場所・調査対象者 | 国道195号線沿道住民へのポスティング<br>沿道の病院・高校の職員への配布             |                                     | 介良通・新木・東新木・舟戸電停で乗車客に配布                             |  |
| 回答方式       | 郵送回答方式   |                                     | 郵送回答方式   |  |
| 回収状況       | 配布部数:1000部<br>回収部数:293部(29.3%)                     |                                     | 配布部数:396部<br>回収部数:173部(43.7%)                      |  |
| 調査項目       | 質問意図   | 質問内容                                | 質問意図   | 質問内容                                     |
|            | 日常の国道195号利用状況                                      | 利用頻度・利用時間帯・利用目的・ヒヤリ体験・路面電車の利用状況     | ノーガード電停利用状況  | 利用頻度・利用目的・降車停留所・ヒヤリ体験・電車待ち時間・待ち行動・待ち抵抗   |
|            | ノーガード電停安全対策  | 対策への認知度・理解度・注意度・対策の必要性・有効性・道路法規の理解度 | ノーガード電停安全対策  | 対策への認知度・必要性・対策前後の降車時の不安度<br>他の安全対策方法の受容度 |
|            | 個人属性   | 年齢・性別・職業                            | 個人属性   | 年齢・性別・職業                                 |



## b) 電停利用客

システムの設置前後にノーガード電停で降車する時の不安について「全く不安でない(不安度 1)」から「非常に不安である(不安度 5)」までの 5 段階で回答させた結果が図 8 である。システム設置前後で不安度の平均は 3.9 から 2.7 に低下し、79.3%の乗客にとって不安度が低下していた。

システム設置前後を問わず、ノーガード電停利用時にヒヤリ経験がある利用客は 72%とドライバーよりも割合が高く、「降車時に車が停まらずに通過したり、接近してから停止する」という内容が多い。ドライバー同様、「夕方」や「夜」の時間帯、「降車」時にヒヤリ体験が多い。

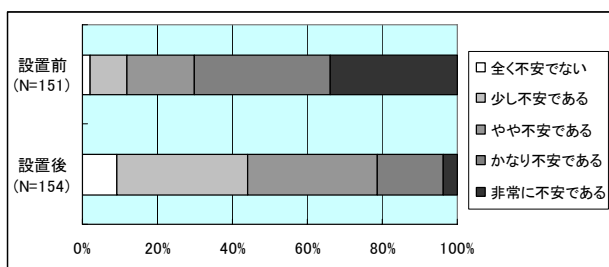


図 8 システム設置前後の降車時の不安度 (乗客)

### (2) まとめ

高知のノーガード電停安全対策システムの導入効果に関するアンケート調査によると、ドライバーの多くはシステムを認知・理解して運転の参考にしており、システムはノーガード電停への注意喚起という設置目的を果たしている。利用客の約 8 割はシステム設置後にノーガード電停での降車時の不安感が減少している。一方、システムの設置前後を問わずノーガード電停でヒヤリ経験のある人はドライバーの 55%、利用客の 72%に上り、特に夕方・夜や降車時にヒヤリ経験が多い。利用客は停止しない車を脅威と感じ、ドライバーは利用客の予想外の挙動に危険を感じている。安全地帯の設置が困難な電停に対しシステムは有効な安全対策だが、ルール周知や注意喚起等ソフト面の対策を並行して行うことが重要である。

今後の課題としては、他地域への導入するためのシステムのガイドラインの構築が挙げられる。

## 5. セルフ式運賃収受に対する評価と導入可能性

非接触式 IC カードによる運賃支払の普及に伴い、日本でもセルフ式運賃収受 (Self-Service Fare Collection、以下 SSFC と表記) の導入が検討されている。SSFC の定義は①プラットホームや乗降口に改札がない ②運賃支払行動を乗務員に見せずに乗降する ③検札がある ④検札員に運賃を支払うことはできない (乗車券がない場合、不正と見なされる) の 4 項目を満たすこととされており、わが国では信用乗車方式という名称が一般的である。SSFC の利点として、多扉で一斉に乗降できることで乗降時間・所要時間が短縮されて①乗客の利便性向上 ②事業者の生産性向上 が果たされる他、③長編成のワンマン化による人件費削減 ④運転士の労務軽減による安全性向上 の 4 点が挙げられる。一方欠点として①不正乗車による事業者の収入減少や乗客同士の不公平感 ②券売機等の維持費、検札員の人件費が必要 の 2 点が挙げられる。

SSFC は海外では一般的であり、不正乗車の抑制には衆人環視による抑止や検札での高額な罰金の徴収が行われている。日本は①法制度上、不正乗車に高額なペナルティを課せられない ②交通事業者が独立採算を求められるため不正乗車による損失が許容しがたい の 2 点でこれらの国々と異なり、まだ本格的な SSFC 導入事例はないが、富山ライトレールでは 2006 年から平日朝ラッシュ時の IC カード利用者に限り後方の乗車用ドアからの降車を認めている。広島電鉄でも路面電車への全扉乗降方式の導入を検討している。本研究では SSFC の導入可能性について事業者ヒアリングや乗客アンケートを通して考察した。

### (1) 路面電車事業者へのヒアリング調査

広島電鉄にヒアリング調査を実施した。同社では単車・連接車とも全扉から乗降可能とすることを検討している。目的は所要時間の短縮、車内移動の減少、利用者への分かり易さの 3 点である。導入への最大の課題は不正乗車の発生であり、防

止策として IC カードの所持率向上や運賃構造の簡素化、乗降時のツータッチによる衆人環視等を考えている。接続車のワンマン化には運賃収受以外に乗降時の安全対策や電停整備等の課題があり、現時点では全屏乗降導入とワンマン化は別の問題と考えているとのことである。

## (2) 利用者へのアンケート調査

高知の路面電車の利用者を対象に、SSFC に関するアンケートを実施した。配布部数は 396 部、回収部数は 173 部で回収率 43.7% である。

SSFC 導入時、罰金額が何円であれば不正乗車をしないかという設問に対する回答を図 9 に示す。66% の乗客は検札がない場合でも、そして 14% の乗客は検札があるなら罰金は 0 円でも、それぞれ正しく運賃を支払うと回答している。軌道運輸規程に基づく罰金額の上限は正規運賃の 3 倍であり、調査対象電停では 900 円だが、調査結果によると 1000 円未満の罰金は不正の抑止力が小さい。一方、高額な罰金を課せられる場合に限り不正乗車をしないと回答したのは全体の 7% であった。

他人の不正乗車を目撃した時には「好ましくない」と感じる人は 89%、「気にならない」との回答は 6% であった。多くの人が負の感情を持って他人の不正乗車を受け止めることから、電車利用の快適性低下や乗客間の不公平感を惹起しないために、不正乗車に対して検札で事後対処するケースが増加すれば乗客は不快と感じやすく、不正乗車をさせない事前の体制づくりが必要であると言える。

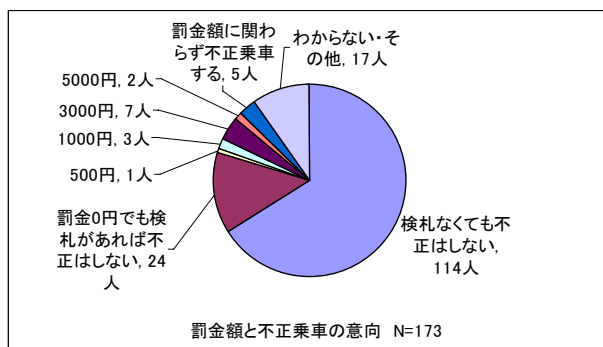


図 9 罰金は何円であれば不正乗車をしないか

## (3) まとめ

SSFC は欧米等で一般的な運賃収受方法であり、乗降時間の短縮による所要時間短縮や生産性向上等の利点がある反面、不正乗車の可能性が欠点である。日本ではペナルティに関する法規制や採算性の問題があるものの導入を検討する事業者も存在し、不正防止のために IC カードの普及や運賃構造の簡素化等が検討されている。利用者アンケートでは SSFC 導入時の正規運賃の支払意向の高さや、現行の罰金規定の抑止力の小ささが明らかになった。他人の不正乗車に対して負の感情を持つ乗客が多いことから、SSFC の導入には事後対処ではなく事前に不正を防止する体制づくりが必要である。

## 6. 結論

本研究ではコストの安い停留所改善策として、バス通過情報・ノーガード電停安全対策・セルフ式運賃収受の 3 つについて分析と検討を行った。バス通過情報は普段のバス遅延状況を知らない利用者には有効性が高く、次便到着時刻の予想にも用いることが可能である。ノーガード電停対策システムはドライバーへの注意喚起を果たしており、利用客の不安減少の効果がある。セルフ式運賃収受は日本でも実現可能性が高いと考えられるが、不正を防止する事前対策が必要である。

## 参考文献

- 1) 中村, 新谷: 郊外鉄道端末バスサービスにおける案内情報提供のあり方に関する研究, 土計論 No.7, pp.155-162, 1989.
- 2) 高見, 太田, 原田: バスロケからの情報に対する利用者の認識に関する研究, 土木学会年講概要集第 4 部, pp.232-233, 1995.
- 3) 矢部, 大蔵, 中村: バス停におけるリアルタイム情報提供に対する利用者の評価に関する考察, 土木学会年講概要集第 4 部, pp.738-739, 1998.
- 4) 中村, 牧村, 秋元: 顧客満足度指標を用いたバス情報提供ニーズの分析, 第 23 回土計講, pp.403-406, 2000.