

オープンデータを用いた地方中核都市における 交通量予測手法

榎本慶太^{†1} 齋藤正史^{†2} 清原良三^{†1}

概要: 都市部における交通渋滞は深刻化の一途をたどっている。地下の有効利用などで道路を増やし、増える交通量をさばけるだけの容量を確保するといった対応を取れる都市もある。また、交通渋滞に対しては、発達した公共交通機関を利用することにより、通勤通学時に渋滞を避けることも可能な都市も多い。しかし、地方中核都市では、公共交通サービスが貧弱で、鉄道があっても列車の本数が少ないなどで自動車を利用する人が多くなる。結果として交通渋滞が発生しており、問題は深刻化している。海外の多くの都市では、これらの問題を解決する手法としてロードプライシングを導入しているが、公共交通機関が発達していない地方都市においては通勤通学時の負担も大きくなるだけで自動車から公共交通機関への利用の変更をそれほど期待できない。また、パーク&ライドを導入する都市も多いが日本では駐車場のスペースの問題もあり、あまり効果を得ていない。本論文では、これらの問題に対する対応策を考える前の人の流れの把握手法に関して、オープンデータを活用する手法を提案する。

キーワード: パーク&ライド, 地方中核都市, 交通渋滞, 公共交通システム

Prediction of Traffic Flow in Provincial Cities by Open Data

KEITA ENOMOTO^{†1} MASASHI SAITO^{†2} RYOZO KIYOHARA^{†1}

Abstract: Provincial cities have limited public transportation services, such as public buses, light rail trains, and taxis. Therefore, many people cannot avoid use their passenger cars, which cause traffic jams at intersections, bridges, and tunnels. In many cases, park-and-ride systems have been introduced in these cities to alleviate these problems. However, even when park-and-ride systems are introduced, heavy traffic jams are still remained. In this paper, we focus on the park-and-ride system and discuss issues that cause heavy traffic jams. Then, we propose and discuss a new prediction system for traffic flow by Open Data.

Keywords: ITS; public transportation system; local city; traffic jam

1. はじめに

都市部における交通渋滞は深刻化の一途をたどっている。今後自動運転車両の普及とともに、今までは一人で運転できなかった層が、自動車に乗ることができるようになるとさらに拍車をかけかねない。また、安全面を考えると自動運転車両は走行速度が遅く、一定時間に通行できる交通量は同じ道路でも減ることが予想される。

東京などの都市部においては、財政力で地下深くを利用するなど道路の増強により対応することも可能かもしれない。また、都市部では公共交通機関も発達しており通勤通学に関してはそう問題にならないかもしれない。

しかしながら、日本に限らず多くの地方中核都市では、それほど公共交通機関が発達しているわけではなく、現在では通勤の足は自動車が主流になっているといっても過言ではない。

とくに日本の地方中核都市は、川を中心に発達した経緯もあり、海、山、川がさまっているという特徴を持つ都市が多い。例えば図1に示す北陸の都市などはほとんどが

その特徴を持つ。その結果、橋や山間部を抜ける道に限られることになりボトルネックとなり渋滞を生む要因になっている。

このような地方中核都市にある橋やトンネル、交差点等といった場所などは当たり前のようにボトルネックになるが、大都市と比較して公共交通機関が発達してないため、どうしても自動車への依存度が高くなる。それ故に手段を転換するのは簡単ではない。

そうした地方中核都市においても交通渋滞への対策の

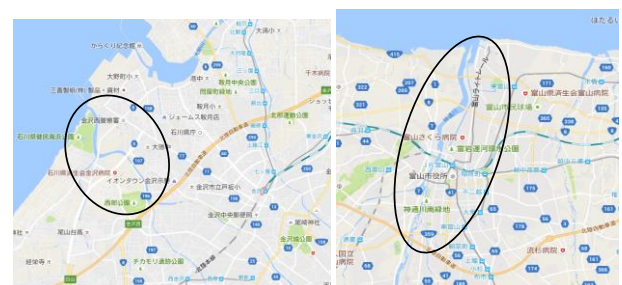


図1 山と海に囲まれ、中心に川のある金沢市と富山市

^{†1} 神奈川工科大学
Kanagawa Institute of Technology
^{†2} 金沢工業大学
Kanazawa Institute of Technology

検討や研究が進められてきている。交通量を削減するため、多くの都市では、パークアンドライド（P&R）システム[1][2][3]やロードプライシング[4]を導入している。ロードプライシングシステムはロンドン、ストックホルム、ミラノなどのいくつかの都市で導入されているが、これらは地下鉄やモノレールなど、すでに多くの公共交通機関のサービスがある大規模な都市に限られている。代替交通手段の限られた地方都市ではドライバーの負担のみが大きくなるからである。

日本では 1990 年代から交通需要マネジメント(TDM)[5]が推進されてきており、札幌や金沢市など日本全国でパーク&ライドシステム等が広く実施され、公共交通機関の利用促進、地球温暖化の防止、渋滞の緩和などの効果が期待されているが、現実には効果が現れていない。そこで新たな対策を実施する必要があるが、投資に対する効果が予測できないと財政に余裕のない地方都市では実施できないのが実情である。

そこで、本論文では、オープンデータである携帯電話保有者の移動の履歴と 5 年に 1 回実施される交通量の調査データを活用するとともに、マルチエージェント型の交通シミュレータを利用した交通量予測方式に関して提案する。

具体的には石川県の交通量調査データと石川県野々市市および金沢市の携帯電話ユーザの時間ごとの基地局内での滞在数を元に予測する手法を提案する。

表 1 K パークの駐車場と容量

パーク&ライド	台数	利用バス停
大阪屋ショップ近岡店	5	近岡
ゲンキー畷田店	38	観音堂
マックスバリュ金沢駅西本町店	5	北町
マルエー間明店	5	間明 2 丁目
イオン社の里店	20	若松
金沢市総合体育館	30	泉野 6 丁目, 泉が丘
バロー大桑店	50	大桑タウン, 大桑住宅
バロー金沢高尾台店	40	扇台小学校前
バロー野々市店	30	西野々市
北陸鉄道南部車庫	40	南部車庫
額住宅駅前	22	額住宅前
白山市役所鶴来支所	20	鶴来
林公民館	5	道法寺
蔵山公民館	5	日御子

2. 金沢市の現状とパーク&ライドの問題点

現在、石川県金沢市では交通渋滞の対策として「K パーク」と呼ばれるシステムを平成 8 年から実施している[6]。このシステムは自動車通勤・通学者を対象とした P&R である。また、利用しやすくするために平成 13 年から駐車場案内システムを導入しており、駐車場案内のホームページから地区ごとの駐車場の状態が見られるようになっている。K パークの駐車場と駐車台数を表 1 に示す。

次にピーク時の交通状況を図 1、国土交通省 HP で公開されている平成 22 年度道路交通センサス[7]における交通量を表 2 に示す。

表 1, 2 を見ると、交通量に対して駐車可能台数が少ないことがわかる。また、図 2 では 3 箇所で渋滞があり、1 が金沢駅と野々市駅間、2 が金沢西 IC と野々市駅周辺間、3 が森本駅周辺の道路状況である。

以上のように、現在でも交通渋滞が依然として残っている。理由として、多くの人が P&R を利用していないということが考えられる。なぜ、多くの人が利用しないのかを次に示す。



図 2 金沢市、野々市市のピーク時渋滞状況

表 2 平成 22 年度交通量

項目	
昼間 12 時間自動車類交通量	61099 台
24 時間自動車類交通量	85274 台
平均旅行速度 (混雑時)	上り : 54.9 (km/h) 下り : 54.5 (km/h)
平均旅行速度 (非混雑時)	上り : 59.3 (km/h) 下り : 61.0 (km/h)

- (1) 駐車場が少ない, 利用料金が高い
- (2) バス, 電車が混み, 長い時間待たなければならない
- (3) バス, 電車の運行本数が少ない

といったものがあげられる.

これら以外の他の理由もあると考えられる.

- (1) 通勤者の中には, 街の中心部が目的地では人も存在する.
- (2) バスや電車の座席に座りたい人が多いが, 混雑している場合はできないことがある.

したがって, 以上の問題が解決しなければ, 利用されないと考えられる.

3. 関連研究

既に, これらの問題に対して取り組んでおり, 最も一般的な方法は, バスシステムを要求することである[8][9].

文献[8]では, 車を所有していない高齢者や個人のためのオンデマンドバスシステムを提案している. 文献[9]は, 旅行時間を削減して, P&R システムを提案しました. しかし, これらのアイデアは上記で話した問題をすべて解決することはできません. 金沢市ではほとんどの人が施策を利用しないので, 渋滞が起りやすい.

文献[10]では, 既存公共交通網の再編を考慮した交通施策の評価を実施するにあたり, 時々刻々と変化する都市内交通状況を再現することが可能となる都市内交通シミュレータモデルを構築し, 京都市における LRT の導入を取り上げ, 重複する並行区間の選定方法を示した上で路線再編案を提示した. さらに, 乗り換え回数の増加に対する新たな運賃施策として, 共通運賃制度を取り上げ, それらを組み合わせた施策シナリオにおける平均一般化費用と社会的便益を算出することにより, 施策を評価している.

しかしながら具体的に地方都市そのまま適用できるわけではない.

4. 検討

4.1 ドライバーの手段選択モデル

ドライバーは如何に示す要素を元に価値の高い交通手段を選ぶと考える.

- (1) 目的地までにかかる所要時間 t
- (2) 目的地までにかかる平均費用 c
- (3) 目的地までに乗り換える回数 n
- (4) 目的地につくまでにかかる時間の正さの確率 p
- (5) 自由度の高さ u

これらのパラメータを元に以下に示す利便性 F とコスト C

表 3 各種パラメータ

項目	利便性(F)	金銭コスト(C)
P&R システム	小さくなる	大きくなる
ロードプライシング	変わらない	大きくなる

は以下の式で表す.

$$F(u, p, n) = \frac{u * p}{n} \quad (1)$$

$$C(p, t) = c * t \quad (2)$$

ドライバーにとって, 選択するための価値 v は以下で表される.

$$V = \frac{F}{C}$$

$$V = \frac{u * p}{c * t * n} \quad (3)$$

今までの手法は, ロードプライシングが, c を大きくすることにより, 自動車を選択した場合の価値 V を小さくすることによりドライバーが公共交通機関を選択するモデルである. しかし, 日本の地方中核都市のように公共交通機関が十分に発達してなければ, 表 3 に示すように, 乗り換え回数やバスに頼ることによる時間予測の難しさから, 分子の部分が大きいため, 分母を少々大きくしても価値 V が変わらず, 選択されないという結果を招いていると考える.

P&R システムではすべてのパラメータにおいて価値 V を小さくすることにはなっていないが, 二酸化炭素発生量や, 全体への自らの貢献といった自己満足の面のみであり, あまり利用されないのではないかと考える.

新たなシステムを考慮する上では以下の点を考慮し, 各位パラメータの価値 V への影響を考える必要がある.

- (1) 所要時間 t はほとんど影響ないこと. このためには鉄道の導入や, バスの専用レーンが必要となる.
- (2) 目的値までにかかる平均費用は, 公共交通機関や駐車場利用量など公費負担を考える必要がある.
- (3) 乗り換え回数の削減に関しては, 自宅だけが分散しているだけでなく, 職場も分散していることを考慮した end to end で考える必要があり, バスの本数などにおいて公費の負担が必須である.
- (4) 目的までの到着するための正確性は, 渋滞に関しては自動車でも同じであると考えられ, 駐車場の混雑度などで, 満杯だった場合の考慮などが必要で, 満杯にならない十分に広いスペースを用意する必要がある.
- (5) 自由度の高さは自動車に勝るものはないが, 買い物などが多いと想定すると, 駐車場の近辺がショッピング

センターであるなど、バスの途中下車などができる必要がある。

いずれの点を考慮しても、公費の大きな負担が必要であり、その効果を確認できない限り投資できるものではない。そこで、そのための正確なシミュレーション手法の開発が必要となる。

4.2 対策の検討

ここではモデルケースとしての対策の検討をしてみる。P&R システムには実施主体の行政主導型、第三セクター型、民間主導型があり、設置場所によるものは、通勤型、郊外型、都市への自動車流入防止型、観光・レジャー施設型がある。

金沢市と野々市市では多くショッピングモールがある。多くの場合、それらは大型の駐車場を保有しているので、店舗の大型駐車場を利用した P&R システムである。しかし、以下のような問題がある。

- (1) 大型駐車場を保有するショッピングモール等に対するメリット
- (2) ショッピングモールの近くにバス停があまりないこと
- (3) 通勤者に関しては、会社の近くにバス停がないかもしれない

これらの問題を解決するために、以下を提案が考えられる。

- (1) ショッピングモールの駐車場利用者には、店舗のクーポンを配布
- (2) P&R システムのためのバス停の位置見直し



図3 金沢市測量点の例

こういった施策をする場合の見積もりも正確なシミュレーションなしにはできない。バスの増便やバスの新たなルートの作成などは簡単にできるものではない。ただし、(1)では P&R による利便性が減ることのないような対策であり、(2)は目的地での徒歩の距離を減らすなどのやはり利便性への対策となり P&R で交通量を減らすには必須であると考えられる。

5. 提案手法

5.1 統計データ

地方都市の状況をシミュレーションするためには現状の状況がどうあるかを正確にする必要がある。古くからある情報としては国土交通省が5年ごとに収集している交通量調査がある[11]。

図3に金沢市の測量ポイントの例を示す。このように道路に沿って、高速道路、一般道路が主要なインターチェンジや交差点ごとに測定されている。本論文の執筆時点では

表4 測量データの例

項目	昼間 12 時間自動車 交通量 (台数)	24 時間自動車類 交通量 (台数)	平均旅行速度 (km/h)	
			混雑時	非混雑時
一般国道 8 号	61099	85274	上り : 54.9 下り : 54.5	上り : 59.3 下り : 61.0
一般国道 157 号	33672	45457	上り : 23.2 下り : 26.4	上り : 28.9 下り : 33.2
一般国道 159 号	29619	38152	上り : 32.6 下り : 41.0	上り : 49.4 下り : 53.1
一般国道 359 号	16197	20915	上り : 26.6 下り : 13.2	上り : 31.0 下り : 29.7

表 5 モバイル空間統計データの例

	日付	曜日	時間	エリア	居住地	年代	性別	人口
金沢市	2015/11/19	木	7:00	5.44E+08	-1	40	男性	2996
野々市市	2016/04/06	水	18:00	5.44E+08	-1	40	女性	1779

平成 22 年度のデータが公開されており、まもなく平成 27 年度のデータが公開される予定である。

このデータから見るとわかるように、駐車場をフルに活用したとし P&R が機能するためには、数百台程度以上が活用されなければならないと推測できる。しかも決まった通勤通学時間帯のみに集中利用されて初めて効果があるということがいえる。

この情報だけでは、どのようにしてドライバーが価値を考え行動してくれるかは全くわからない。ここにある情報のみでは通勤のための自動車と営業や機材を運ぶための自動車の区別がつかないからである。

一方、最近では人の動きをビッグデータとして知ることができる。北陸地方などでは、IC カードなどを利用して電車に乗ることはないため、明らかな通勤、通学という人の駅から駅への動きを把握することは困難である。

しかし最近では、モバイル空間統計情報@a[12]で携帯電話の移動の履歴を知ることができ、オープンデータとして入手することができる。これによって、ある時間に度の基地局内に何人いるということがわかる。大まかにではあるが、昼間と夜の人口も予測でき、時間によって、どの程度の人が中心都市に移動したかといったこともわかって考える。

表 5 に項目例を示す。携帯電話の契約に基づく情報であるため親が子供のために買った携帯で名義が親であると、親の年齢として出るなど細部の情報には疑問があるものの、全体の傾向を知るための情報としては十分であると考えている。人口とあるのは端末の数である。実際の地域のデータはメッシュに切られており、[13]などによりエリアを確定する。年齢は契約できる情報に基づくため、15⇒15 歳～19 歳、20⇒20 歳～29 歳、30⇒30 歳～39 歳、40⇒40 歳～49 歳、50⇒50 歳～59 歳、60⇒60 歳～69 歳、70⇒70 歳～79 歳となるが低年齢および高年齢層は本人が契約しているとは限らない。また家族の登録がされているとも限らないことを前提とする。

5.2 提案方式

携帯電話の数から地域の昼間の人口と夜の人口の差を知ることができる。この差が通勤の可能性が大きいものと推

定できる。また、都心とは違う平均的な家族の人数とそのうちの実労働者を推定することにより実際の人数を想定できるものとする。このうちの多くが自動車で通勤していると想定することにより、各エリアでの交通量から該当する通勤客の交通量を引くことにより自動車でなければ移動できない車両数を想定する。

この車両数は、P&R やロードプライシングでは減らせない交通量となる。

これらの想定を以下のパラメタに表す。

- (1) 各エリアの交通量 a
- (2) 通勤者の交通量 s
- (3) 自動車でなければ移動できない車両数 d

D は以下の式で想定する。

$$d = a - s \quad (4)$$

逆に減らせる交通量に関しては、そのエリア内の主要な駐車場の数や公共交通機関の情報により最大効果がでたときの車両数の削減を推定できる。

このように推定を行う前に、現状のデータとの整合をとり全体の数からの真の値を推定する必要ががる。モバイル空間統計データは平成 27 年度の特定期日について入手可能である。一方交通量は現時点では平成 22 年度までである。そのため、平成 27 年度の情報の開示待ちであるが、近いうちに開示される予定である。

6. まとめ

本論文では、地方中核都市の抱える深刻な渋滞問題と対策に対する費用対効果を正確に見積もることの重要性を述べた。また、人の行動をモデル化し、価値の変更への着目点を変えることの重要性に関して述べた。過去の公共投資における見積もりと実態の違いが大きいのは正確な見積もりが難しいことに起因していると考え、正確な見積もりの必要性を訴えるとともに、正確なシミュレーションの必要性を明示した。

正確なシミュレーションを行うための現状の情報として交通量の調査結果と携帯端末の動きの情報があることを示し、通勤通学客の数を計算できる可能性を示した。今後平

a データ提供元：(株) NTT ドコモ、(株) ドコモ・インサイトマーケティング
 「モバイル空間統計®」は株式会社 NTT ドコモの登録商標です。

成 27 年度のデータが公開され次第, シミュレーションを行い, モバイル統計データと実際の車両数の対応関係を決めるパラメータを推定し, その上で, 駐車場などを多くした場合など投資を行った場合の行動の変化とその変化の全体への影響をシミュレーションできる環境を構築する予定である.

謝辞

本研究は JSPS 科研費 16K00433 の助成を受けたものです.

参考文献

- [1] 中村英樹・平松達仁・内海泰輔:「微視的交通流シミュレーションと交通手段選択モデルを組合せたパークアンドライド施策の評価システム」土木計画学研究・論文集 Vol.18no.5 2001 年 9 月
- [2] 青島縮次郎・須田聡・有川貞久・小山宏・伊原寛之:「地方都市圏におけるパークアンドライド利用の費用・時間特性とその駐車場整備要件に関する分析」土木計画学研究・論文集 No.16 1999 年 9 月
- [3] 丸山貴徳・加藤博和・岩越敦哉:「交通社会実験を通じたマーケティング活動による交通システム普及の方法論*-店舗利用型パークアンドライドを対象として-」第 27 回土木計画学研究発表会
- [4] 「交通の適応型モーダルシフトに対するシステム評価」情報処理学会論文誌 Vol.56 No.1 35-45 jan.2015
- [5] 松本昌二・佐伯和浩・河地章・佐野可寸志:「地方都市における TDM 施策導入が自動車交通削減に及ぼす効果の推定」土木計画学研究・論文集 No.16 1999 年 9 月
- [6] 金沢市:
<http://www4.city.kanazawa.lg.jp/11031/taisaku/tdm/park-and-ride/kpark/kpark.html>
- [7] MILT:<http://www.kensetsu.metro.tokyo.jp/jigyo/road/information/sensasu/sensasu.html>
- [8] Nakashima H., Sano S., Hirata K., Shiraishi Y., Matsubara H., Kanamari R., Koshiba H., Noda I., 「One Cycle of Smart Access Vehicle Service」 ICserv2014, Hideyuki Nakashima, One Cycle of Smart Access Vehicle Service, ICserv2014
- [9] Uehara K., Akamine Y., Toma N., Nerome M., Endo S., 「A proposal of a transport system connecting demand responsive bus with mass transit」 ICCE-TW 2014
- [10] 松中亮治・大庭哲治・中川大・小林和志:「都市交通シミュレーションによる既存公共交通の再編を考慮した交通施策の評価」都市計画論文集 Vol.49 No.2 2014 年 10 月
- [11] 国土交通省: 道路交通センサス
<http://www.mlit.go.jp/road/census/h22-1/>
- [12] NTT ドコモ, モバイル空間統計に関する情報,
https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/disclosure/mobile_spatial_statistics/
- [13] GIS フリーサービス, 地図上で標準地域メッシュを確認するページ,<http://www.gis-tool.com/mapview/areameshmap.html>