

地方中核都市における交通流改善のための 交通シミュレーション

池田千夏^{†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。提案方式を利用して、金沢市において、2種類の施策を実施した場合の効果に関して検証のための交通シミュレーションを行い、若干ながら効果があることを確認できた。

A Traffic Simulation for Improving Traffic Flow in Provincial Cities

CHINATSU IKEDA^{†1} MASASHI SAITO^{†2} RYOZO KIYOHARA^{†1}

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。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。今後、自動運転車両の開発が進み、普及するとともに、今まで車を運転しなかった層が、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、安全面を考えると導入初期は自動運転車両の走行速度が遅く、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。一方で効率的に走れるため、渋滞は軽減されるとする意見もあるが、軽減されれば乗る人が増加して結果的に変わらない可能性も高い。

東京などの都市部においては、財政力で地下を利用するなど道路の増強により対応することも可能である。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れほど問題にならない。しかし、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おらず、現在では通勤手段は自動車が主流になっているといっても過言ではない。通勤手段が限られていく中で、多くの

人が自動車を使用するので、渋滞が起こってくると考えられる。そこで、地方中核都市の交通渋滞の削減は重要なテーマと言える。

地方においては、道路を作った結果としてみると、使用する頻度が少なく作った意味が公共投資でお金を使うことが目的となっている例がある。多くの場合、正しくシミュレーションできていないため、そのようなことになることが多い。そのため、財政力のない地方中核都市では確実かつ効果的な施策の実施が求められる。そこで、事前のシミュレーションを如何に正確に行うかが重要な課題である。

施策を実施して、交通渋滞を削減するためには、自動車での通行車両の目的などを明確にする必要がある。例えば以下のような場合は、どんなに施策を打っても車両は減らないと考えるべきである。

- (1) 公共交通機関がなく、移動交通手段が車両以外にない場合
- (2) 荷物など手で持ちきれない物を運ぶため車両を利用するしかない場合
- (3) タクシー、トラックなど移動をすることにより金銭を設けていない場合

一方で、通勤者のように、朝家を出て、職場に着くまで運転し、帰宅時に再度乗るようなケースにおいては公共交

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

表1 ロードプライシング区分表

区分	対象	実施方法
課金型 ロードプライシング	特定のエリア又は 特定の道路	特定エリアの通行又は特定の道路の通行に課金等を実施し交通を抑制
料金調整型 ロードプライシング	特定の有料道路	有料道路料金を調整することにより、特定の有料道路の交通需要を調整

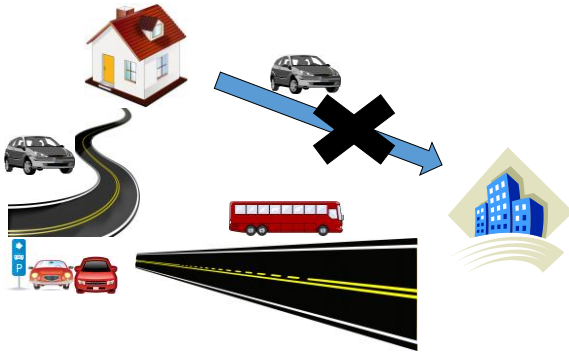


図1 パーク&ライド

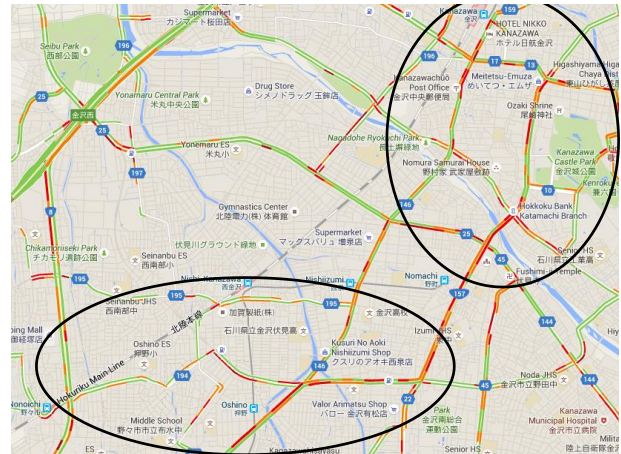


図2 金沢市と野々市市 (地図データ: Google)

通機関の利用を促すことも可能と考えられる。ただし、そこには公共交通機関を利用しても良いというモチベーションを起こすだけの施策は必要である。例えば、バスが1時間に1本とかバス停まで20分歩くといったケースにおいてはよほどでない限りモチベーションは起きないと考える。

これらを可能にする手法として、様々な場所で導入しているのが、図1に示すパーク&ライドや、表1にあるようなモデルのあるロードプライシングといった手法である。日本では1990年代から交通需要マネジメント[1]が推進されてきており、北海道札幌市や石川県金沢市などの日本全国でP&Rシステム等が広く実施され[2]、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ものの、それほどの効果が得られていないという現状がある。

そこで新たな施策が必要となるが、事前にシミュレーションを正確に行う必要がある。

そのための前提として運転者のOD(Origin Destination)交通量[3]がわかっている必要がある。

従来ではパーソントリップ調査[4]を利用する。しかし、パーソントリップ調査は実施のための労力が大きく、時間帯や曜日、季節に応じて時々刻々と変化する人々の動きを把握することは難しい。また人の記憶に頼るため、正

しい時刻などが知りたい面もある。また、時間や金銭コストが掛かるため調査の頻度は高くなく、ある都市内のOD交通量は数年ごとの平日に限定されることが多い。推定はできるのだが、誤差が生じてしまうため、あまり推奨はできないのが現実である。

一方道路の車両だけに着目すると、交通量の調査「交通センサス」が5年に1回公開される。これは交差点などで人手により車両の数などをカウントする手法である。

また、現在では、携帯電話の基地局内にいる端末に関する情報をオープンデータとして公開する表2に示すような「モバイル空間統計」がある。そこで、と5年に1回実施される交通量の調査データ「交通センサス」を利用した交通量予測方式を提案する。我々は既に方式の検討を進めてきた[5,6]。これらの検討を元に図2に示す石川県金沢市とその周辺を例として、交通量調査データと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手法を適用して、シミュレーションを実施する。

2. 関連研究

従来から交通の予測手法がいくつか提案されている。特にパーソントリップ情報を利用する手法があるが、パーソントリップ情報を取るコストと精度の問題が指摘されてきた。これに対して、スマートフォンにアプリを入れることにより、人の行動情報として抽出し、パーソントリップの

表2 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	543665645	17201	-1	-1	7896
金沢市	2015/11/19	木	8:00	543665645	17201	-1	-1	8012
野々市市	2016/04/06	水	18:00	543654865	17203	-1	-1	1779
野々市市	2016/04/06	水	19:00	543654865	17203	-1	-1	1542
白山市	2016/02/10	火	9:00	543614465	17210	-1	-1	823
白山市	016/02/10	火	10:00	543614465	17210	-1	-1	902

情報として利用するという手法が提案されている[7]。しかし、パーソントリップデータの取得方法に関する内容であり、アプリをインストールする必要性などから直ちに利用できるものではない。

また、パーソントリップの調査結果を活用する手法として、移動困難者を抽出するという手法が提案されている[8]。この手法はあまりに限定された内容であり、一般の人の行動にまで広げることにはできない。

携帯電話の基地局情報を活用した手法もいくつか提案されている。基地局情報はモバイル空間統計として公開されているオープンデータを利用することを前提とする。柏市、横浜市を対象としたモバイル空間統計による地域評価を実施した研究がある[9]。この論文では、モバイル空間統計の活用可能性の検討の一環として、地域評価モデルの検討を行っている。項目別地域特性では、昼間の属性別人口を用いて、既往統計にはない地域評価が可能である事が示されている。また地理特性との比較検証においては、モバイル空間統計による地域評価との関連性が確認された。このことによってモバイル空間統計が地域評価を行う上で有効なツールであることを結論づけている。しかし、これらの特性から地域の流動人口がわからず実際の移動人口は推定できない。

さらに、モバイル空間統計ではなく、基地局の情報を利用したパーソントリップに関する研究がある[10]。この研究では基地局の中の携帯電話のIDを利用することにより、次の時間にどこの基地局にいたかという距離と時間の関係から様々なことを推定している。しかし、一般には個人情報となるIDの紐付けは難しく、簡単に利用できない。

また、滞留人口データを利用した交通手段別のOD交通量の推定手法も提案されている[11]。この研究では著者らが提案・実装している。バスとタクシーの区別を無くした新しい公共交通システム「Smart Access Vehicle (SAV)」の導入評価を目指し、観測データの入手のしやすさからモバ

イル空間統計のゾーン別滞留人口、特定バス路線の乗降者数、小サンプルの個人の移動軌跡データを利用する交通手段別OD交通量の推計手法を提案し、実際に函館市内の500mメッシュの200ゾーン間交通量を算出し、精度検証をしている。交通手段選択モデルを作成し、モデルのパラメータを推定、サービスレベルの設定をし、シミュレーションを行っている。

交通機関別の利用者数を推定しているが、精度の問題や自動車交通量調査データを利用したものではないため、実際の交通量を予測できるわけではなく、今後の課題として挙げられている。

本論文では、パーソントリップ調査を行うことなく、パーソントリップの情報と、通行車両数への影響予測する手法を提案し、シミュレーションにて現状の確認と、P&Rシステムの影響予測を行うことにより、シミュレーション手法の評価を行う。

3. 提案手法

図3に示すようなモバイル空間統計による携帯電話の基地局内に存在する端末の数の推移と、車両の交通量の測定結果を用いることにより大まかなパーソントリップおよび

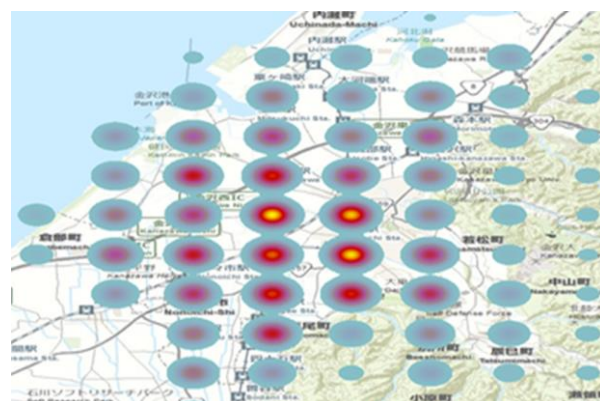


図3 端末の分布の様子(地図データ：Google Map)

表 3 測量データの例

項目	昼間 12 時間自動車類 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



図 4 測量点の例 (金沢市 : 地図データ : Google Map)

利用交通手段を予測することを提案する。

3.1 モバイル空間統計

「モバイル空間統計」とは株式会社 NTT ドコモから提供されているもの[9]で、各基地局のエリア毎に存在する携帯電話を周期的に把握している。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ると考える。

今回使用するデータは、石川県金沢市、野々市市、白山市の居住地別のものを使用する。「モバイル空間統計」のデータでわかる情報としては、日付、時間、エリア、居住地、年代、性別、人口となっており、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、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。個人情報の問題に関しては、個人を特定できないように処理がされており、法人名義の契約データを除去されて

表 4 想定パラメタ

各エリアの交通量	a
通勤者の交通量	s
自動車でなければ移動できない車両数	D

いるため、安全なものとなっている。表 2 はこのデータの一例である。

3.2 道路交通センサス

道路交通センサス[12]とは、国土交通省が主体となって 5 年に 1 回全国の道路状況、交通量、旅行速度、自動車運行の出発地・目的地、運行目的等を調査するものである。内容としては、道路間の 12 時間の交通量、24 時間の交通量、朝または夕方へのピーク時における混雑時と非混雑時の平均旅行速度である。今回使用する道路交通センサスのデータは最新のもので平成 22 年度と、7 年前のものになるが問題はないと考えるが、最新版は 2017 年中には公開される予定であるため、公表され次第新しいデータで検討する予定である。平成 22 版での測量点の例を図 4 に、測量データの例を表 3 に示す。

3.3 モバイル空間統計データの可視化

今回活用するモバイル空間統計のデータを可視化することにより、人の移動を見ることができ、可視化したものから、どのエリアからどのエリアに人が多く移動しているかがわかる。また、この移動の差から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考えられる。このうちの多くが自動車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を表 4 に示す。

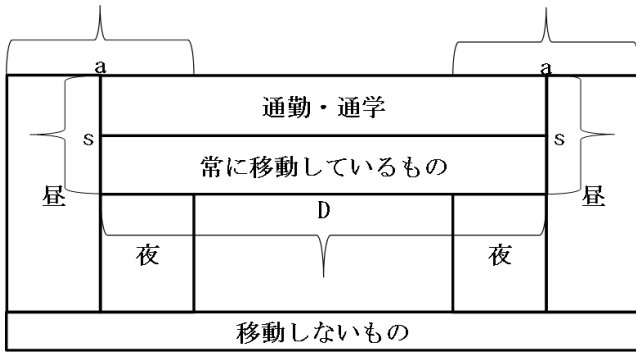


図5 推定イメージ図

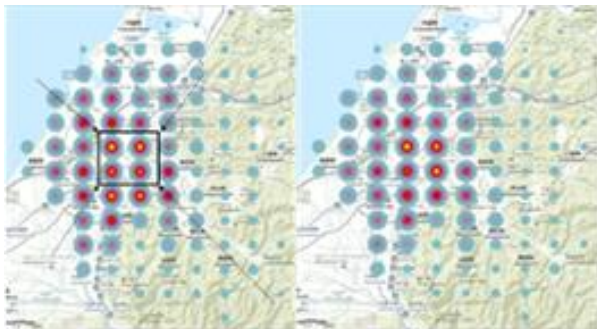


図6 端末の移動の様子(地図データ:Google Map)

Dは以下の式で想定する.

$$D = a - s \quad (1)$$

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。

以下、図5に推定イメージ図を示す。モバイル空間統計データの可視化(図6)を行うことにより、人の移動を把握でき、どのエリアからどのエリアに人が多く移動しているか各エリアの増減差分からわかる。また、昼夜人口の差から通勤の可能性が大きいものを推定できる。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で自動車数を想定する。

3.4 ピーク時間と移動数の推定

ここでは、モバイル空間統計データからピーク時間と人口差から主な移動人数を推定する。ピーク時間を推定し、そこから昼と夜の人口差を用い、自動車等で移動していると思われる人数を予測する。図7に時間別人口、図8に移動数を示す。移動数の推定方法として、各エリアの時間事の端末数の増減差分で流動人口を推定している。二つの図を見ると、ピーク時間は7時ごろに最も移動数が多く見られ、約8298人が移動していたと想定できた。人口は12時ごろが最も多くなった。朝は通勤・通学が目的の人が多く

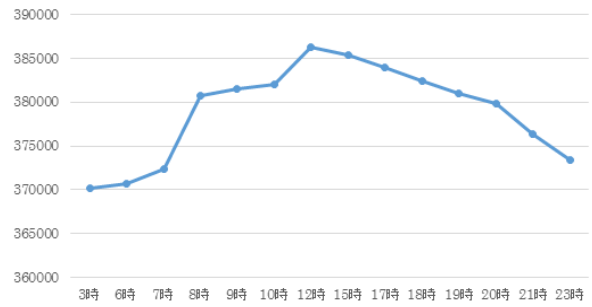


図7 時間別人口

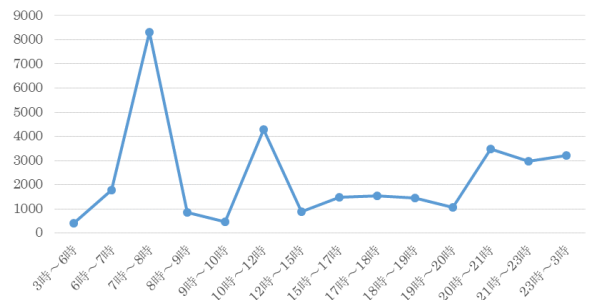


図8 平日の移動数

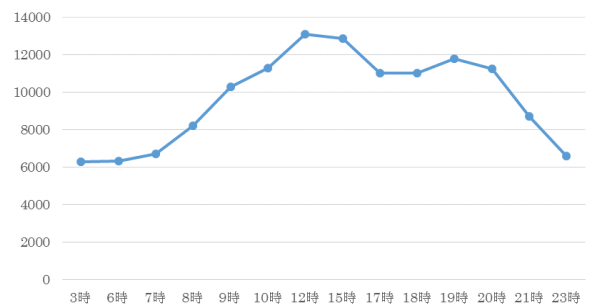


図9 自動車等台数変動

いるため移動数が多いと考えられ 10 時ごろに再び移動数の増加が見られた原因は、主に仕事で車に乗る場合で、仕事での移動が増加すると想定される。

また、昼と夜の人口差により、通勤通学者は約 12851 人であった。これらの人数を式(1)を用いて計算を行うと、朝7時の金沢駅周辺エリアでは約 19571 人中 6729 人が自動車等で移動しているものと推定できる。この約 670 人は車でなければならないわけではないため、施策によっては公共交通機関を利用してもらえる層である。

また、精度に関して、道路交通センサスによると、金沢市で一番交通量が多かった場所は西念で昼間自動車類交通量は約 61000 台となっており、統計データから算出した西念付近の台数は 62341 台となった。誤差の原因は、車 1 台に対して複数人存在していた場合や道路交通センサスの観測地点外の台数が数えられていると考えられる。図9に、

表 5 K パーク駐車場とキャパシティ

パーク&ライド	台数	利用バス停
大阪屋ショッピング近岡店	5	近岡
ゲンキー畝田店	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
イオン杜の里店	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

全エリアの台数変動を示す。午前中は図 7 と図 8 に近い変化をしているが午後から少し異なった変化が見られた。これは調査の年月日の違いなども影響していると考えられる。

4. シミュレーション

4.1 現状の P&R とその改善例

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。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 5 に示す。

次にピーク時の交通状況を図 9、道路交通センサスにおける交通量を表 3 で見ると、交通量に対して駐車可能台数が明らかに少ないことがわかる。ドライバにとって、駐車場の台数が少ないと満車の場合の対応を考えておかなければならず、全体のキャパが足りていても探す手間が増加する。こういうことが P&R システムの普及を妨げているのかもしれない。

そこで、規模の大きなショッピングセンターの駐車場を利用することを想定することにより、P&R の利用者が増えた場合にどうなるかを提案するシミュレーション方式で評価することとする。

4.2 実験内容

本実験では、Space-Time engineering 社のマルチエージェント

表 6 道路と駐車可能台数

道路	台数
1	1500
2	1200
3	1000
4	1300

表 7 シミュレーションの設定内容

Human エージェント	61000 人
車両エージェント	61000 台
乗車人数	1 人
自動車速度	42km/h
バス乗車可能人数	30 人
運行頻度	30 分
歩行者速度	4km/h
車線数	2 線
信号	12 箇所
交差点	8 箇所

ント交通シミュレータ Scenargie[13]を用いた。シナリオは朝 6 時から昼 12 時までの時間を想定する。すべての Human エージェントは指定した駐車場まで移動し、そこからバス停まで歩き、バスに乗って移動する。

現状の駐車場のキャパシティを増加させた場合である駐車可能台数増加型と、金沢市郊外に多数ある大型ショッピングセンターの駐車場を利用する大型駐車場利用型の 2 つのパターンに関して実験した。

駐車場は、店舗の大型駐車場利用型はその道路近くの場所に、駐車可能台数増加型は、駅前の駐車場に停車する。図 10 にシミュレーション地点、図 11 にシミュレーションに用いた地図を示す。地図は、Open Street Map[14]に公開されているものを用いる。出発地は、観測地点の手前から駅前までとし、駅周辺の 4 箇所から車両エージェントが同じ経路で移動し、道路はすべて片側 2 車線、追い越し追い抜き有り、右左折に伴う車線変更が行い、駅に向かう。表 5 に店舗の大型駐車場地点の駐車可能台数を示す。

駐車場の台数は、道路付近にある駐車可能台数が多いショッピングモールの駐車場を想定して行う。表 6、表 7 にシミュレーションの設定内容を示す。Human エージェントと車両エージェントの数、自動車の速度は道路交通センサスの昼間 12 時間自動車類交通量と平均旅行速度から決定している。バスなどの料金は設定せず、車や人の移動速度以外はデフォルト設定で行った。



図 10 シミュレーション地点(地図：Google Map)

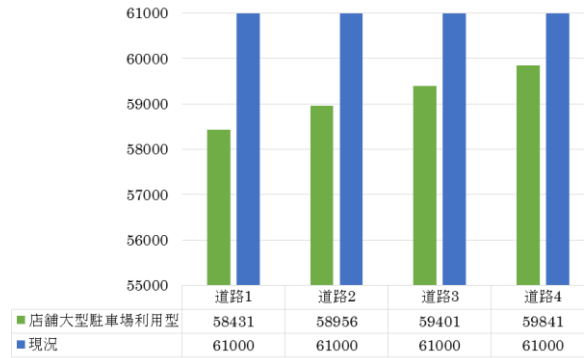


図 12 店舗の大型駐車場利用型結果

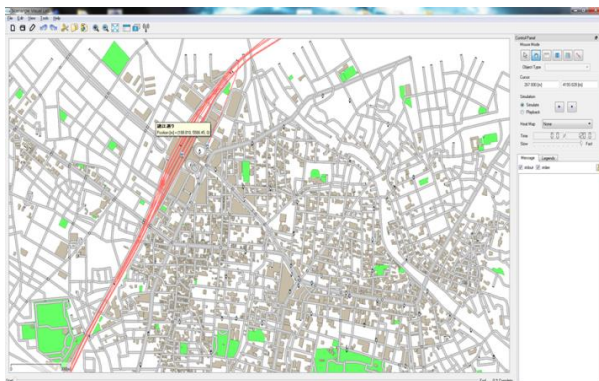


図 11 シミュレーションの地図(地図：Open Street Map)

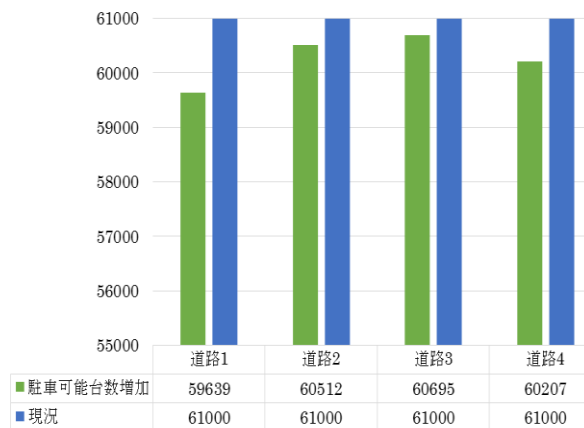


図 13 駐車可能台数増加結果

4.3 実験結果

図 12 に店舗の大型駐車場利用型 P&R の結果を、図 13 に現況の P&R の駐車可能台数を増やした結果を、表 8、表 9 にそれぞれの結果と減少率を示す。

大台数を増加した場合に比べ、道路全体で効果が出た。店舗の大型駐車場利用型 P&R は店舗近くに駐車場とバス停があり、駐車可能台数増加の方は、道路によって駐車場とバス停の距離に違いがあったことによって起こった差であると考えられる。また、道路によって効果に差が出たことについて、道路 1 では駐車容量が 1500 台、道路 2 では 1300 台と、駐車容量と道路の右左折の回数や信号によって起きたと思われる渋滞、駐車可能台数増加の方では、駅前に駐車場が集中しているために起きた渋滞により差が出ているものと考えられる。

前節 3.4 で、流動人口が駅前に向かっており、集中していることを示した。どのような施策を行えば交通量の削減ができるのかをシミュレーションした結果、金沢市とその

表 8 店舗利用型 P&D での削減率

交通量	現況	店舗利用 P&D	減少率
道路 1	61000	58431	4.21%
道路 2	61000	58956	3.35%
道路 3	61000	59401	2.62%
道路 4	61000	59841	1.90%

表 9 現状で駐車台数増加した P&D での削減率

交通量	現況	駐車可能台数増加	減少率
道路 1	61000	59639	2.23%
道路 2	61000	60512	0.80%
道路 3	61000	60695	0.50%
道路 4	61000	60207	1.30%

周辺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。現況では、一部の大型店舗では付近にバス停が存在しており、一時間毎にシャトルバスが出ている。また、現在行っている P&R の駐車

可能台数を増やすと交通量に変化があるのかというと、駐車場の台数が少ないと満車の場合の対応を考えておかなければならず、全体の駐車スペースが足りても探す手間が増加してしまう。駐車場の台数を増やすと駐車場で駐車する数が増えるため、バス停までの距離が増えていった。さらに今回のシミュレーションでは、駐車場近くにバス停が1つしかなかったことによって、待ち時間が増えたことによる影響とも考えられる。P&Rによる交通量の削減には、駐車場の駐車可能台数とバス停の位置の見直しとバスの運行本数増加が必要であることがわかった。

5. まとめ

本論文では、モバイル空間統計データと道路交通センサスを元に交通量予測手法について石川県金沢市を対象に提案した。提案手法では、モバイル空間統計のデータから人の流動人口を知ることができ、さらに流動人口から通勤通学者を推定し、自動車等で移動していることが推定できた。今後は道路交通センサスだけでなく、他の道路情報などを取り入れた交通量予測モデルを考え、検証を行う必要がある。また、対象の都市の特徴を生かした大型店舗の駐車場を利用したP&Rと現況のP&Rの駐車可能台数を増やすことによる影響についてシミュレーションを行った。今回使用した道路交通センサスのデータは平成22年度のものであるため、今後は最新の一般交通量調査データが必要である。また、モバイル空間統計データは、市区町村別のものを使用した。男女別、年齢別のデータも組み合わせることによってより細かな人の動きが分かると考えられる。シミュレーションに関しても、公共交通別モデルと行動モデルの構築、詳細なパラメータを設定する必要がある。また、バスだけでなくタクシー、鉄道などの交通機関を想定したシミュレーションが必要である。

統計データから流動人口が推定でき、その中から通勤通学者を推定し、自動車等で移動していると思われる人口を推定できることを示した。また、シミュレーションにより駐車場の駐車可能台数とバス停の位置の見直しとバスの運行本数増加が必要であることを示した。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 16K00433 の助成を受けたものです。モバイル空間統計データは(株)NTTドコモ北陸支社の協力によるものです。

参考文献

- [1] 浅井建爾『道と路がわかる辞典』日本実業出版社、2001
- [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
- [3] 金森 亮，水野敬太，野田五木樹，中島秀之：滞留人口データを利用した交通手段別 OD 交通量推計手法の提 Vol.2015-ICS-178, No.8, 2015
- [4] 国土交通省：第5回東京都市圏パーソントリップ調査（交通実態調査）の集計結果について，国土交通省
- [5] 榎本 慶太，齋藤 正史，清原 良三：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，情報処理学会 MBL 研究会，2016
- [6] Keita Enomoto ,Masashi Saito ,Ryozo Kiyohara.: A Study of Park-and-Ride Systems in Provincial Cities, The Ninth International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking(ICMU2016)
- [7] 中村英夫，宮下浩一，羽藤英二，岸井隆幸：パーソントリップ調査のための加速度センサを活用した Random Foresu による移動手段推定手法，交通工学論文集，Vol.1, No.5, pp.10-18, 2015
- [8] 小林 寛，平田晋一：パーソントリップ調査結果を活用した移動困難者の評価手法に関する提案，日本都市計画学会，都市計画論文集，Vol.48, No.3, (2013.10).
- [9] 清家 剛，三牧浩也，森田祥子：柏市および横浜市を対象としたモバイル空間統計による地域評価モデルに関する研究，日本建築学会技術報告集，Vol.21, No.48, (2015.6).
- [10] 山田遊馬，内山彰，廣森聡仁，山口弘純，東野輝夫：携帯電話の基地局通信履歴と地理情報を用いたパーソントリップ推定法の提案，情報処理学会論文誌 Vol.57, No.8 pp.1826-1834 (2016)
- [11] Nakashima H., Sano S., Hirata K., Shiraishi Y., Matsubara H., Kanamari R., Koshiba H., Noda I., 「One Cycle of Smart Access Vehicle Service」 IC Serv2014, Hideyuki Nakashima, One Cycle of Smart Access Vehicle Service, IC Serv2014
- [12] 国土交通省，道路交通センサス <http://www.mlit.go.jp/road/census/h22-1/>.
- [13] Scenargie, <https://www.spacetime-eng.com/jp>.
- [14] Open Street Map Japan, <https://openstreetmap.jp/>.