「マルチメディア，分散，協調とモバイル
(DICOMO2018)シンポジウム」 平成30年7月

交通流改善のための交通シミュレーションから得られるデータの正当性評価

染谷一輝[†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．人の流れの把握手法に関して，交通量の実態を調査する道路交通センサスのデータと，携帯電話の利用者の位置情報に基づくメッシュ領域表現されたモバイル空間統計のデータを用いて，それらと同等の区間で同じデータが得られるようにシミュレーションからのデータ取得の正確性を示す．

Rightfulness Evaluation of Obtained Data From Traffic Simulation for Improving Traffic Flow

KAZUKI SOMEYA[†1] MASASHI SAITO[†2] RYOZO KIYOHARA[†1]

1. はじめに

近年，交通渋滞は深刻の一途をたどっている．発展した都市であれば公共交通機関を利用することで通勤・通学時には交通渋滞を避けることができる．また今後，自動運転車両の普及により，今まで自動車に乗らなかった層の人が自動車に乗ることで，より一層交通渋滞の深刻化が懸念される．

東京都のような財政力がある都市であれば地下を利用することで対応が可能である．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展しているわけではなく，自動車による移動が主流になっている．

特に日本の地方中核都市は川を中心に発展した経緯もあり，海，山，川が密集しているという特徴を持つ都市が多い.そのため橋や山間部を抜ける道が限られるため，交通量が多いにも関わらず，通行可能な道路数が少ないためにボトルネックとなり，渋滞を生む要因となっている．これらより，地方中核都市において交通渋滞の削減は重要なテーマと言える．道路を整備した結果，実際には使用する頻度が少なく効果が全く得られない場合がある．財政力のない地方中核都市においては，効果の低い道路整備に回す余裕がないため，確実かつ効果的に実施する必要がある．そのため効果が得られるかどうかを事前にシミュレーションを実施する必要がある．

こうした地方中核都市における交通渋滞緩和の対策として，多くの都市ではパークアンドライド(P&R)システム[1][2]やロードプライシング[3]を導入している．

P&R システムは公共交通機関付近に駐車場を設け，遠方移動には公共交通機関を利用してもらうシステム．しかし駐車場が少ない，利用料金が高いといった理由により多くの人が利用していない[4].

ロードプライシングとは高速道路のように，特定の道路を走行する場合に料金を徴収するシステムである．効果を得るには既に多くの公共交通機関がある大規模な都市に限られるため，代替交通手段の限られた地方中核都市においてはドライバーの負担のみが大きくなるだけで効果が低い.

以上のことよりシミュレーションの精度を向上させ，道路整備をした場合に得られる効果の正確性を高める必要がある．そのためには前提として自動車運転者のOD(Origin Destination)交通量[5]がわかっている必要がある．

従来の方法ではパーソントリップ調査[3]があるが，パーソントリップ調査は実施するための労力が大きく，答案者の記憶に依存してデータを記入してもらうため，正確性に欠ける．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，5 年に 1 度実施さ

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

ⓒ2018 Information Processing Society of Japan

れ，交通量の調査をオープンデータとして公開している「道路交通センサス」がある．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して得たデータである．

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している「モバイル空間統計」がある．

そこで本論文では道路交通センサスとモバイル空間統計を利用し，オープンデータを用いた交通流シミュレーションを提案する．**図 1** のように過去データから交通流の動きを予測する．**図 2** のように金沢駅周辺を対象とし，道路交通センサスとモバイル空間統計と同一のデータが取得できるようにシミュレーションを実施し，データの正当性を求める．

2. 関連研究

従来から交通量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調査を利用する手法があるが，パーソントリップ調査は実施コストとデータの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，パーソントリップ調査のデータとして利用するという手法が提案されている[6]．しかし，パーソントリップ調査のデータ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，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[7]．この研究では著者らが提案・実装している．

デマンドバスという利用者の要求に対して運行するバスがある．乗合タクシーのようなものであり，決まった路線を走らないため，バス停留所が少ない地方に効果的である．その分，料金は通常のバスと比べて割高であり，他の利用者によって移動時間が左右される．しかし利用者が増大すると経路計算が時間内に設計することが困難になる問題がある．そこで階層型協調交通システムを用いて経路計画に要する計算時間を緩和することで，問題の解消に繋がる[8]．また地方中核都市のような交通需要の高い中規模都市圏での利用が可能になる．

また，デマンド型のタクシーと乗合型の路線バスの長所を融合したシステム，SAV(Smart Access Vehicle)がある．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 交通量の逆推計問題を提案し，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，精度検証をして有用性を示している[5]．移動者と滞在者の分離の検証を行ったが推計精度が高いとはいえない．

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．

NTT ドコモではモバイル空間統計のリアルタイム版と時空間変数オンライン予測技術を用いることで数時間先の動きを予測する「近未来人数予測」[9]が実験されている．NTT ドコモはこれまでに AI タクシーという，現在から 30 分の間に発生するタクシーの乗車台数を予測する開発を取り組んでいる．これに対し近未来人数予測は数時間先にあるエリアにおける人数を予測する技術である．

研究グループとして金沢市と野々市市を対象とした，道路交通センサスとモバイル空間統計を用いた車両方向推定方式の提案がある．±20%の誤差を許容すると仮定した場合に，約 63%のメッシュにおいての回帰式が導出されている．回帰式の決定係数 R^2 は 0.58 と精度が低いので精度向上が課題となっている．

図 1 交通流予測

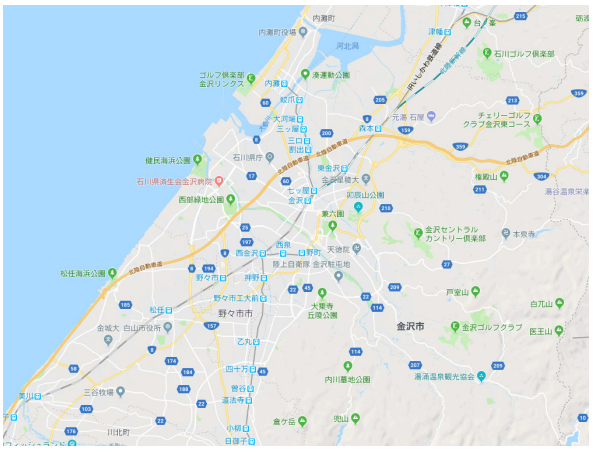

図 2 金沢駅周辺（地図データ: Google）

ⓒ2018 Information Processing Society of Japan

表 2 道路交通センサスの例(一部抜粋)

基本区間番号	年月日	上り・下り	車両区分	時間別交通量(台/時間)						24 時間の交通量
				7 時台	8 時台	9 時台		5 時台	6 時台	
17300080010	20151008	1	1	550	337	327	～	66	274	5968
17300080010	20151008	1	2	129	120	179		116	130	2274
17300080010	20151008	2	1	360	318	331		38	168	5777
17300080010	20151008	2	2	73	111	169		107	109	2376

表 3 モバイル空間統計の例

	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

3. 提案手法

道路交通センサスとモバイル空間統計，いずれか片方のオープンデータだけでは下記の問題がある．

① 道路交通センサスでは特定の道路でしか実施されないのですべての道路の交通量を把握することができない

② モバイル空間統計では携帯端末の位置情報をメッシュ単位で取得しているため，所持者が歩行者なのか自動車に乗っているのかを把握することができない

③ また，どちらのデータにも個を認識する ID がないため，特定の自動車の移動データを探ることができない

このように片方のオープンデータだけでは自動車の動きを把握するためには精度が低い．そこで本論文では道路交通センサスとモバイル空間統計の回帰式を導く前段階であるシミュレーションデータの正当性を評価する．

本論文では実際のデータを直接使用するのではなく，シミュレータ内で道路交通センサスとモバイル空間統計が実施された観測地点・メッシュ範囲を実装し，データを取得して実験を実施した．

モバイル空間統計で用いられているメッシュを基準にして道路交通センサスの情報を変換するにあたり，研究グループからデータを借り受け**図 3** のように用いた．

本論文では自動車と歩行者の割合を変化させデータを取得する．自動車:歩行者とすると，10:0 と 5:5 の 2 つを実験した．

3.1 道路交通センサス

道路交通センサス[11]とは，国土交通省道路局が主体となって 5 年に 1 度，日本全国の道路と道路交通の実態を把握するために実施される．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，朝または夕方のピーク時にお

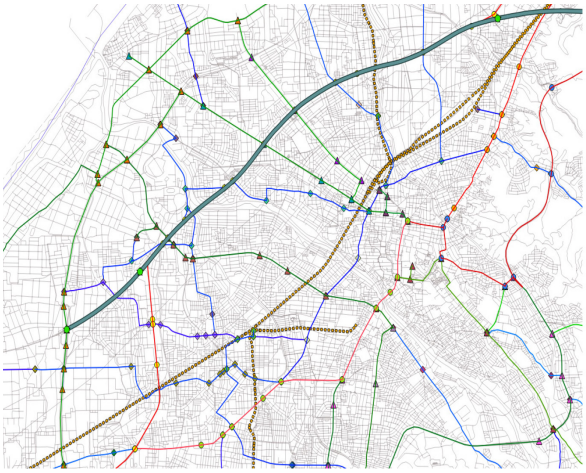

図 3 金沢駅周辺の道路交通センサス調査エリア

ⓒ2018 Information Processing Society of Japan

表 4 シミュレーションの設定

Human エージェント	3,176 人
車両エージェント	3,176 台
最大乗車人数	1 人
自動車速度	60km/h
徒歩速度	3~5km/h
実験時間	2,160s

ける混雑時と非混雑時の平均旅行速度，車種区分などである．データの詳細は**表 2** に示す．

今回使用する道路交通センサスのデータは現時点で最新である平成 29 年度を利用した．

3.2 モバイル空間統計

モバイル空間統計[12]とは株式会社 NTT ドコモから提供されているオープンデータで，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．データの詳細は**表 3** に示す．

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ので，親が子供のために買った携帯である場合，名義が親であるので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，一辺 200m~2km によりエリアを確定する．東京のような都市部であると基地局数が多いため，一辺の距離が短くなる．年齢は契約できる情報に基づくため，**表 5** の表記年齢のようにデータを収集しており，大雑把なデータとなる．低年齢層および高年齢層は本人が契約しているとは限らない．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いるため，安全なものとなっている．

4. シミュレーション実験

4.1 環境

Space-Time Engineering 社のマルチエージェント交通シミュレータ Scenarige[13]を用いて実験を実施した。**表 4** のようにシミュレータの設定を行った．地図データは OpenStreetMap[14]に公開されているものを用いた．

4.2 モデル

Human エージェントとは人のことを表し，車両エージェントに乗っていない場合は歩行者として扱う．そのため移動手段として徒歩と自動車の 2 種類がある．最大乗車人数とは 1 台の自動車に乗れる人数を表す．つまり本論文では自動車には運転者のみが乗車する．Human エージェントと車両エージェントの数は道路交通センサスの時間帯別交通量表より，7~12 時台の台数を平均した数 317597.6 を基準とし，動作する車両台数が多いとシミュレーションを実施するためにかかる時間が膨大になるため，100 分の 1 をして四捨五入し，3176 とした．また Human エージェントと車両エージェントの動作は 34 パターン用意し，それぞれ目的地に向かうようにしている．

実験時間は 7~12 時台の 6 時間 ＝21,600s を基準とした．シミュレータ開始時，自動車は 0 台となっており，指数分布的に出現する．そのため時間経過と共に自動車の数が増大し，深刻な渋滞が発生して身動きが取れない状態が発生する．この身動きが取れない状態に陥ると，現実ではありえない挙動となりシミュレーションの結果が予期しないものとなるため，実験時間 21,600s を 10 分の 1 して 2,160s とした．

モバイル空間統計のデータを調べると，金沢駅周辺のメッシュは 2km メッシュのため，全域を把握するために**図 4** のように一辺 2km となる 5×5 のメッシュを作成する．

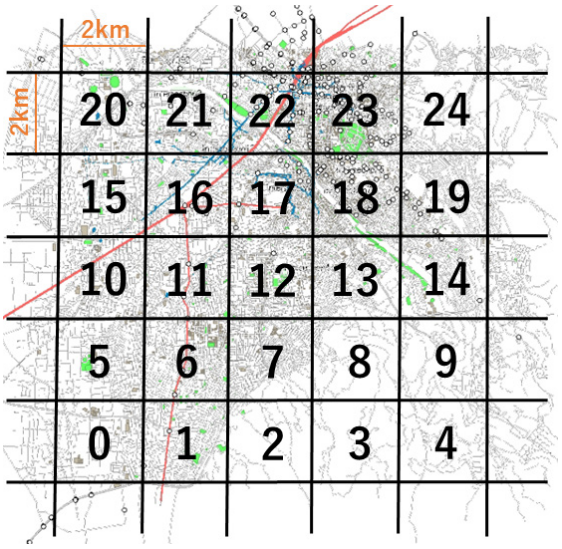

図 4 メッシュ番号の割り振り

ⓒ2018 Information Processing Society of Japan

表 5 年齢の区分

実年齢(歳)	15~19	20~29	30~39	40~49	50~59	60~69	70~79
表記年齢(歳)	15	20	30	40	50	60	70

表 6 取得データの例

時間(s)	移動手段	道路名	x 軸	y 軸
720	自動車	石川県道 146 号金沢停車場南線	179.102	2815.36
720	自動車	road777	41.13	1982.31
720	徒歩		-324.44	3949.05

取得するデータは**表 5** のように，移動手段が自動車なのか歩行者なのかの判別，現在いる道路の名前，x 軸と y 軸による位置情報．これらを 360 秒区切りの時間ごとに取得する．道路の名前は道路交通センサスのデータを元にしているため，徒歩の場合は空欄とする．x 軸と y 軸はメッシュに変換するために用いる．道路交通センサスのデータは**表 6** より移動手段が自動車かつ道路名が実在する列だけを抽出する．本来，道路交通センサスのデータには x 軸と y 軸の代わりとなるような観測地点の緯度経度が記載されていない．そのため本論文では自動車の位置情報をそのまま x 軸と y 軸として取得している．

実験結果は 10:0 と 5:5，それぞれ 10 回ずつ実験を実施し，平均を結果として示す．

4.3 結果

時間あたりのメッシュで区分けし，シミュレータから得た道路交通センサスのデータとモバイル空間統計のデータを比較した．自動車:徒歩が 10:0 の場合，相関係数 $R^2 = 0.9688$．5:5 の場合 $R^2 = 0.9504$．どちらもかなり高い精度であることが確認でき，このデータを扱うことに問題がないことを示す．それぞれのグラフは**図 5**，**図 6** に示す．またこのとき同じ時間あたりのメッシュで道路交通センサスのデータとモバイル空間統計のデータがどちらも 0 の場合は正確な評価をする上で明らかに必要のないデータと考えたので除外する．

10:0 が $R^2 = 1$ でない理由として考えられるのが，道路交通センサスがすべての道路のデータを取得していないため，裏通りや住宅街などの細い道にいる自動車を除外しているためと考えられる．

5:5 が 10:0 の相関係数とあまり変わらない理由として，自動車で通る道と，徒歩で通る道が同じ設定になっているからだと考える．

5. まとめ

本論文では地方中核都市における交通渋滞の深刻化の対応策を考える前段階として，人の流れの把握手法に関して道路交通センサスとモバイル空間統計のデータが取得できる項目を用いて，シミュレータ内で取得したデータの正当性を評価した．10:0 と 5:5 のどちらも相関係数が 0.95 を超えており，信頼できるデータだと示した．

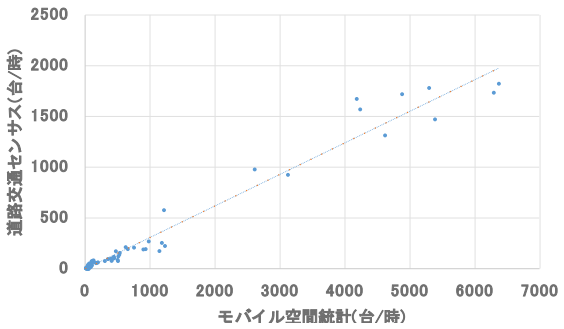

図 5 割合 10:0 の相関

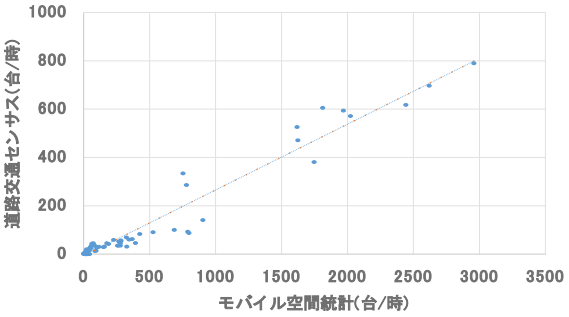

図 6 割合 5:5 の相関

ⓒ2018 Information Processing Society of Japan

今後の課題として，現段階では徒歩の動きが自動車と同じため，5:5 の割合でシミュレーションしても問題なかったが，現実では主婦は住宅街から動かず，学生は学校へと向かうので，より現実に近い評価環境が必要だと考える．また自動車以外の移動手段にバス，タクシー，電車など様々なものがあげられる．シミュレータの精度向上においてまだまだ評価環境を整える必要がある．シミュレータから取得するデータが信頼できると示されたので，人の流れの把握手法へと研究を進めて行く予定である．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 16K00433 の助成を受けたものです.
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№16 1999
[3] 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
[4] 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, 情報処理学会研究報告 2016-MBL-80, 2016
[5] 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案 Vol.2015-ICS-178，No.8，2015
[6] 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
[7] 小林寛，平田晋一：パーソントリップ調査結果を活用した dcdc 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).
[8] 上原和樹, 赤嶺有平, 當間愛晃, 根路銘もえ子, 遠藤聡志,” デマンドバスと大型車両による協調型交通システムの提案,” 情報処理学会論文誌, Vol.57,No.1,pp.46-56
[9] NTT ドコモ 近未来人数予測 https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2017/09/20_00.html
[10] 齋藤正史，波多野太樹，清原良三, ”空間統計データを用いた車両走行推定方式の一提案，” 情報処理学会研究報告 2018-ITS-073, (2018)
[11] 国土交通省，道路交通センサス http://www.mlit.go.jp/road/census/h27/
[12] 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).
[13] Scenargie，https://www.spacetime-eng.com/jp
[14] Open Street Map Japan，https://openstreetmap.jp

ⓒ2018 Information Processing Society of Japan