

長期間の自動車移動再現シミュレータを用いたDSRC路側機の配置戦略に関する分析*

A Study on Allocation Planning of DSRC Roadside Beacons Using Long Term Simulation of Family Car Trips *

関根喜雄**・堤盛人***・岡本直久***・石田東生***

By Yoshio SEKINE**・Morito TSUTSUMI***・Naohisa OKAMOTO***・Haruo ISHIDA***

1. はじめに

近年、5.8GHzDSRC(狭域通信)を用いた路車間通信により自動車の走行履歴情報を収集し、その情報を道路管理や情報提供などへ活用することが期待されている。DSRC は ETC にも用いられている無線通信方式であるが、5.8GHz 帯を用いた DSRC はこれまでと比較してより高速で大容量の通信が可能となっており、位置情報や車両挙動といった走行履歴情報を収集および提供が可能となる。走行履歴情報収集の利点の1つとして、機器の設置箇所以外の情報を得ることができる点にある。一般的な路側計測装置では機器の設置箇所・区間における情報しか得ることができないが、走行履歴情報を収集することで、より長期間・広範囲にわたる情報を得ることが可能となると考えられる。

走行履歴情報の収集のためには、対応する車載機の普及とともに通信を行う路側機の整備が必要となる。しかし、路側機の整備数と収集可能な情報量との関係に関する検討はほとんど行われていない。そこで本研究では、まず道路交通センサスおよび独自に取得したプローブカーデータを用いて自動車が日々どのような移動を行っているかを長期間で捉え、それを再現するシミュレータの開発を行う。その上で、開発したシミュレータを用いてDSRC方式の路側機の配置数や配置パターンと取得可能な情報量との関係を定量的に把握することを目的とする。

2. 長期間の自動車移動再現シミュレーション

(1) シミュレーション概要

自家用乗用車の長期間移動の再現に関しては、これまで筆者らが開発を行ってきたシミュレータをベースとする。これは、道路交通センサスや独自のプローブカー調査から得られたデータをもとに、茨城県南地域を対象

*キーワード：交通行動分析，交通情報，ITS

**正会員，修士(社会工学)，東京都水道局東部建設事務所
(東京都江東区亀戸四丁目28-1，03-5626-8017，
sekine-yoshio@waterworks.metro.tokyo.jp)

***正会員，博(工)/博(工)/工博，筑波大学大学院システム
情報工学研究科(つくば市天王台1-1-1，029-853-5591，
tsutsumi/okamoto/ishida@sk.tsukuba.ac.jp)

に1ヶ月間の自動車移動状態を再現するものである。ここでは概要を示すこととし、データや具体的な手順の詳細は、石田ら(2006)¹⁾、関根ら(2007)²⁾を参考にされたい。

シミュレータ概要は図-1の通りである。まずはじめに、対象地域の中から自動車移動の再現を行うゾーンを1つ決定し、そのゾーンに居住する世帯の中の1世帯について自動車移動の再現を行う。まずその世帯の自動車保有台数や就業者数といった世帯属性を決定し、それに基づき自動車1台ごとに自動車属性(運転者の義務的移動の有無およびその目的地や1ヶ月間の走行距離、およびそれらに基づく1日の走行距離分布)の決定を行う。

自動車属性を決定した後は、定められた属性に従い1日の自動車移動の再現を行う。まず1日の走行距離およびトリップ数を決定し、運行目的別に目的地の選択確率分布を与える。そしてその確率分布に従うように目的地を決定することでトリップを生成していく。これを繰り返し、あらかじめ定められた走行距離もしくはトリップ数を超えた場合、次のトリップで帰宅トリップを行い1日の自動車移動の完成とする。

これを30日(平日5日+休日2日)×4+平日2日)分繰り返すことで1ヶ月間の自動車移動を再現するものとし、またこれを世帯が保有する自動車台数分、および全世帯数分繰り返すことで、対象地域内の全自動車の移動を再現することが可能となる。

なお、自動車属性や自動車移動の再現における決定は、すべて分析結果に基づいて設定した確率分布に従うように、擬似乱数を用いて決定を行うものとする。

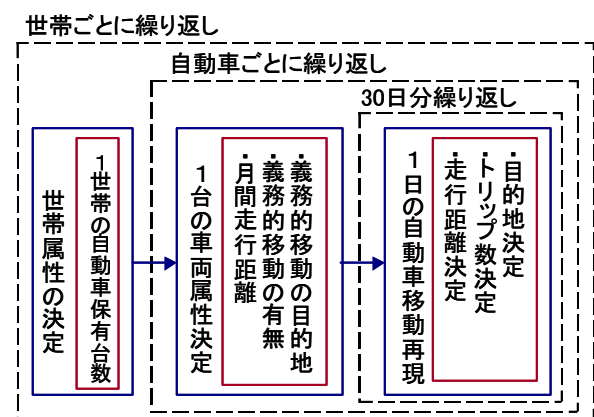


図-1：シミュレータ概要

(2) シミュレータの改良

シミュレータの概要は前節の通りだが、このシミュレータにはいくつかの課題が残されている。そのため、本研究ではシミュレータの改良もあわせて行うこととする。具体的には、これまではゾーン間移動の再現にスパイダーネットワークを用いてきたが、本研究において詳細な自動車移動を再現し、その結果を用いた分析を行うにあたり、より詳細なネットワークを用いた経路把握が必要となる。そこで、本研究では一般県道以上の実際の道路ネットワークを用いることとする。

また、これまで目的地決定は道路交通センサス OD の分布に従うこととしていたが、この方法では自動車の走行範囲が過大推計されてしまう。そのため、本研究ではパラメータを導入して目的地選択確率を変化させ、移動における習慣性を考慮するものとする。

(3) シミュレーション結果

a) 1日および月間走行距離分布

まずは1日の走行距離について道路交通センサスから得られた実際の分布とシミュレーション結果を比較する。全体としては、1日走行距離が200km以上の自動車の割合にややずれが見られるが、それ以外の部分に関しては良好な再現結果となっている(図-2)。

また、本シミュレータは30日間という長期間の移動状態の再現を目的としているため、月間走行距離分布についても比較を行う。月間走行距離100km以下の自動車の割合にずれが見られるが、全体的には良好な結果であると考えられる(図-3)。

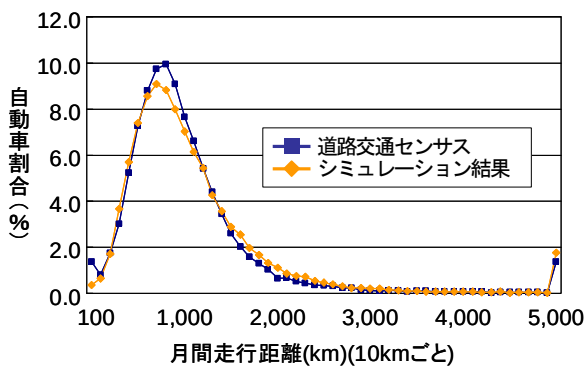


図-2：月間走行距離の比較

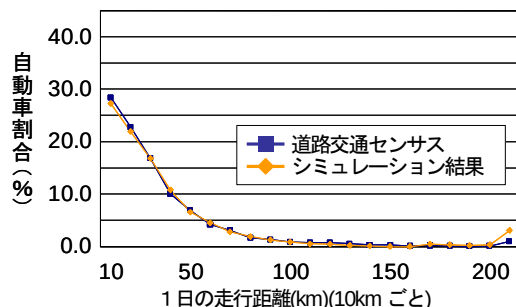


図-3：1日走行距離の比較

b) 実際の自動車の移動範囲との比較

前項では道路交通センサスから得られた実際の走行距離分布とシミュレーション結果の分布との比較を行ったが、本項ではプローブカーデータより得られた実際の自動車の空間的な移動範囲とシミュレーション上の自動車の空間的な移動範囲の比較を行っていく。

プローブカーによって得られた実際の自動車についてその本拠地、義務的移動の有無や月間走行距離を求める。続いて、シミュレーション上の自動車の中からそれらの属性が一致する自動車を抽出する。両自動車の1ヶ月間の移動範囲(ゾーン単位)の比較を行ったものが図-4である。完全な一致こそしないものの、シミュレータの課題の1つであった移動範囲の過大推計を解消することができ、シミュレータがプローブカーの移動範囲を比較的精度よく再現することができていると考えられる。

3. DSRC路側機の配置戦略に関する分析

(1) 分析に関する基本的な考え方

まずは走行履歴情報収集の具体的な仕組みを整理する。カーナビ部に蓄積された緯度経度や加速度といった走行履歴情報は一定間隔ごとに車載機に蓄積されていく。路側機との通信範囲に入ると、それらの情報は直前の情報からさかのぼる形で順次路側機に送信されていく方式となっている。この通信範囲は数mから数十m程度であり、一度の通信でやり取りできるデータ量には限りがある。そのため、一度の通信で蓄積された全ての走行履歴情報を取得できるとは限らない。また、取得できなかった部分は車載機内部で上書きされていってしまうため、その部分の情報の取得は不可能となってしまう。そのため、どの程度の路側機の配置によりどの程度の情報が取得可能かについて分析が必要となると考えられる。

続いて分析に関して前提となる条件の整理を行う。路側機の配置に関する分析にあたってもっとも重要となるのが一度の通信でやりとりできる情報量である。これ

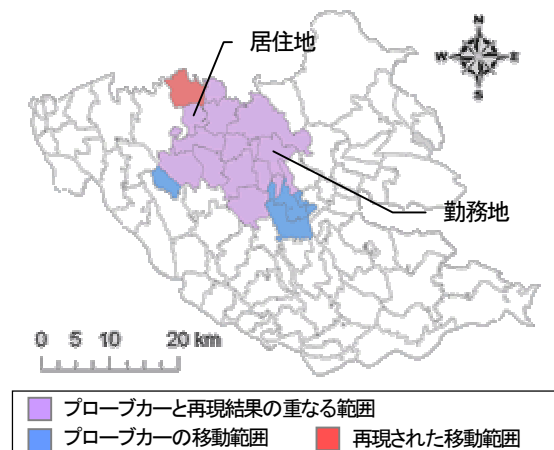


図-4：プローブカーとシミュレーション結果の比較例

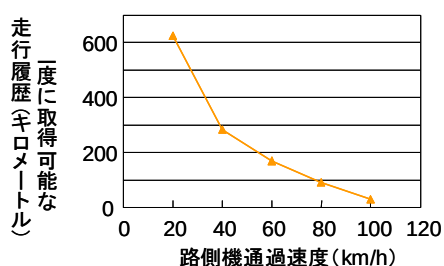
は、通信が可能な時間に左右されるため、それはすなわち路側機の通過速度によって大きく異なることとなる。本研究では、国土技術政策総合研究所の報告書および足立ら(2004)³⁾を参考に、一度の路側機の通過で取得可能な走行履歴情報量を算出した(図－5)。以降の分析ではここでこの値を用いることとする。ここで、一度に取得可能な情報量は路側機の通過速度によって大きく異なるため、路側機を配置したリンクの制限速度を通過速度と仮定し分析を行っていく。また、本研究では路側機の配置と取得可能な情報量の関係を把握することを目的としており、通信のための車載機は完全に普及していることを仮定し分析を行っていく。

(2) 分析に用いる指標

以上のような前提条件を踏まえ、路側機の配置と取得可能な情報量の関係について分析を行う。取得可能な情報量を示す指標としてはいくつか考えられるが、本研究においては次のような指標を設定する。それは、走行履歴を無駄なく完全に取得することができる自動車の台数である。自動車走行履歴情報の取得によって全自動車から完全に走行履歴情報を取得することができるのであれば、例えばロードプライシングなどへの活用可能性が考えられる。そこで、どの程度の路側機の配置でどの程度の自動車から完全な走行履歴情報を取得することが可能か把握を行う。具体的には、シミュレーションにおいて自動車が路側機を配置したリンクを通過した場合に、その自動車に蓄積された走行履歴情報量と、路側機において一度に取得可能な走行履歴の量を比較する。30 日間に通過した路側機全てにおいて、一度に取得可能な走行履歴の量が上回った場合、その自動車の走行履歴を完全に取得可能とし、その自動車台数の割合を求めることとする。

(3) 路側機配置パターンの検討

前節において述べたような考え方にに基づき、路側機の配置と取得可能な走行履歴情報量についての分析を行っていくが、まずは路側機の配置パターンを設定する必要がある。本研究では路側機の配置方法を大きく2つ設定し、それぞれについて分析を行う。1 つ目は、対象地



図－5：一度の路側機通過で取得可能な走行履歴量

域の一般県道以上の道路ネットワークを高速道路、直轄国道、その他の国道、主要地方道、一般県道に分類する。それぞれの分類の道路ごとに 1km 間隔で点を打ち、路側機配置の候補点とする。そしてその候補点から一定間隔で点を抽出し、その位置に路側機を配置するものとする。表－1がこの考え方にに基づく路側機の配置パターン一覧となる。ただし、インターチェンジについては一定間隔の配置とはいかないため、対象地域内の全インターチェンジに路側機を配置するものとする。一方、2 つ目は路側機を交差点や分岐・合流部(以降は全てを交差点と呼称)に配置するものとし、その中でいくつかのパターンを設定する。具体的には、対象地域における交差点を、接続する道路の規格によって分類し、その交差点分類ごとに配置を行っていくものである。表－2がその考え方に基づいた配置パターン一覧である。今回の分析では、パターン(9)からパターン(22)まで、路側機を配置する交差点を分類ごとに一つずつ増やしていくものとする。この配置パターンと前節において定義した分析の考え方を用いて実際に分析を行う。

(4) 分析結果

a) 一定間隔に路側機を配置した場合

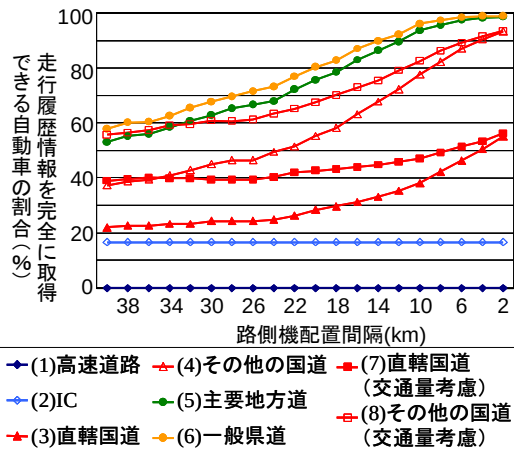
まず一定間隔に路側機を配置した場合について分析を行った結果を示す。横軸に路側機の配置間隔、縦軸に走行履歴情報を完全に取得することができる自動車の割

表－1：路側機配置パターン（一定間隔での配置）

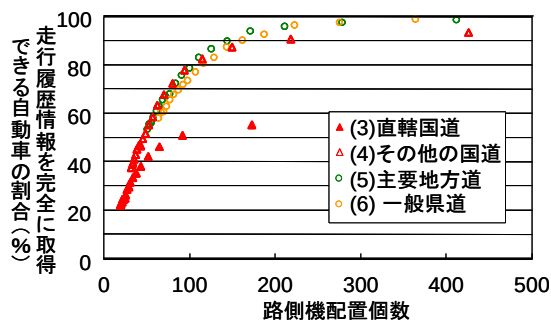
No.	路側機配置パターン
(1)	高速道路本線(一定間隔)
(2)	高速道路本線(一定間隔)+(各インターチェンジ)
(3)	(2)+直轄国道(一定間隔)
(4)	(3)+その他の国道一定間隔(一定間隔)
(5)	(4)+主要地方道一定間隔(一定間隔)
(6)	(5)+一般県道一定間隔(一定間隔)
(7)	(2)+直轄国道(一定間隔)+交通量上位地点
(8)	(3)+その他の国道(一定間隔)+交通量上位地点

表－2：路側機配置パターン（交差点への配置）

No.	交差点分類	交差点数
(9)	高速道路と直轄国道を含む交差点	2
(10)	(9)+高速道路×その他の国道の交差点	6
(11)	(10)+高速道路×主要地方道の交差点	8
(12)	(11)+高速道路×一般県道の交差点	8
(13)	(12)+直轄国道×直轄国道の交差点	19
(14)	(13)+直轄国道×その他の国道の交差点	38
(15)	(14)+直轄国道×主要地方道の交差点	66
(16)	(15)+直轄国道×一般県道の交差点	77
(17)	(16)+その他の国道×その他の国道の交差点	103
(18)	(17)+その他の国道×主要地方道の交差点	172
(19)	(18)+その他の国道×一般県道の交差点	231
(20)	(19)+主要地方道×主要地方道の交差点	300
(21)	(20)+主要地方道×一般県道の交差点	398
(22)	(21)+一般県道×一般県道の交差点	442



図－6：走行履歴情報が完全に取得可能な自動車割合の推移
(一定間隔での配置の場合)

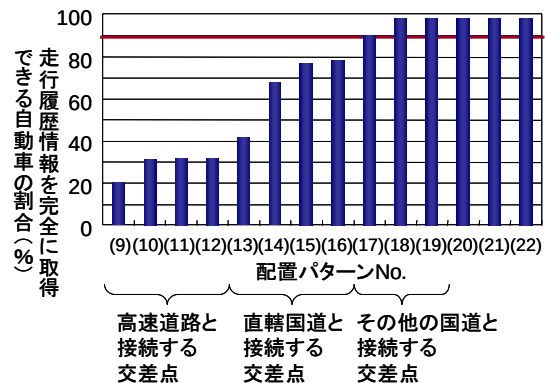


図－7：路側機配置個数と
走行履歴情報が完全に取得可能な自動車割合の推移

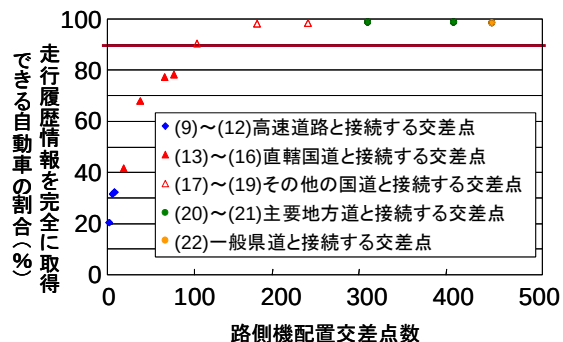
合をとったものを図－6に示す。この図より、インターチェンジを含めて配置することでおよそ 30%の自動車から走行履歴情報を完全に取得することができるという結果になった。その他の配置パターンについては、路側機の配置間隔が狭まるにつれて割合が上昇しているが、90%以上の自動車から完全に走行履歴情報を取得する場合、少なくとも直轄国道以外の国道まで含めて 4km 間隔で配置を行う必要があるという結果となった。また、図－7は横軸に実際に必要となる路側機の配置数をとったものである。この図より、対象とする茨城県南地域約 2,000km²におよそ 150 個程度の路側機を配置することで、90%以上の自動車から走行履歴情報を完全に取得することができるという結果となった。

b) 交差点に路側機を配置した場合

続いて、交差点に路側機を配置した場合の結果を示す(図－8)。高速道路と接続する交差点のみの配置では、走行履歴情報を完全に取得することができる自動車の割合は約 30%にとどまっているが、直轄国道と接続する交差点まで含めて配置を行うことでその割合は急激に上昇し、最終的には約 80%にも達している。さらに、その他の国道と接続する交差点を含めて配置を行うことで、ほぼ 100%の自動車から走行履歴情報を完全に取得することが可能であるという結果となった。また、横軸に各配置パターンにおける路側機配置交差点数をとったものを図－9に示す。この場合、およそ 100 箇所前後の



図－8：走行履歴情報が完全に取得可能な自動車割合の推移
(交差点への配置の場合)



図－9：路側機配置交差点数と
走行履歴情報が完全に取得可能な自動車割合の推移

交差点への路側機の配置で、完全に走行履歴情報が取得可能な自動車の割合が 90%を超えていることがわかる。

4. おわりに

本研究では、長期間の自動車移動を再現するシミュレータを構築し、自動車の走行履歴情報を取得するための路側機の配置に関する分析を行った。その結果、路側機の配置パターンや個数と自動車走行履歴情報の取得量についての関係を定量的に把握することができたと考えられる。本研究で行った路側機の配置についての分析に関しては、今後さらに様々な条件の変更や配置パターンの検討などにより、さらに詳細な分析を行うことができると考えられる。特に、路側機の配置に要する費用等を考慮して、最適配置についても検討する必要があると考えている。

参考文献

- 1) 石田東生・堤盛人・岡本直久・関根喜雄：「自家用自動車の長期間移動再現シミュレータを用いた代替燃料スタンド配置に関する研究」、『土木計画学研究・講演集』, Vol.34, (CD-ROM 講演番号: 98), 2006.
- 2) 関根喜雄・宮坂準・石田東生・堤盛人・岡本直久：「プローブ調査を用いた自動車複数保有世帯における電気自動車の潜在需要に関する考察」、『土木計画学研究・講演集』, Vol.35, (CD-ROM 講演番号: 135), 2007.
- 3) 足立晋哉・新倉聡・田島昭幸：「プローブデータの圧縮方式の研究－プローブデータのロッキー圧縮アルゴリズム」、『電子情報通信学会技術研究報告』, vol.104, No.762(20050322), pp.13-18, 社団法人電子情報通信学会, 2004.