

# 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\*

## A study on the allocation of alternative fuel stations with long term simulation of the family car trips\*

石田東生\*\*・堤盛人\*\*・岡本直久\*\*・関根喜雄\*\*\*

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

### 1. はじめに

現在、環境問題やエネルギー問題などに対応するために代替燃料車の開発が進められているが、普及はなかなか進んでいない。その普及促進のためには、車両の低価格化とともに、代替燃料スタンドの適切な配置によって燃料補給の利便性を確保することが重要な条件となる。このような背景のもと、古屋ら(2002)<sup>1)</sup>では、道路交通センサをもとに自動車の移動状態を把握した上で、代替燃料スタンドの設置箇所の近くを走行した自動車を、スタンドと「遭遇」し燃料補給可能であるとみなし、代替燃料スタンドの配置を任意に変化させながら遭遇した自動車の割合を求めることにより、効率的なスタンド配置のあり方を探った。しかし、この研究は、多量ではあるが限られた1日の交通行動データに基づいている。燃料補給は通常ある程度の間隔を持って行われているため、自動車が長期間でどのような移動を行い、どのように燃料補給を行っているのかを考慮する必要がある。

長期間の自動車移動状態の把握に関する研究としてはTsutsumi *et al.*(2006)<sup>2)</sup>がある。この研究では、まず茨城県南地域を対象に、道路交通センサやセイフティレコーダ(以下SR)のデータからトリップパターンや走行距離分布の傾向などを捉えモデル化した。それに従うように1日の自動車移動を擬似的に作成し、これを1ヶ月分繰り返すことによって、長期間の自動車移動状態を再現している。しかし、この研究には、例えば、①対象とする地域のゾーン区分が粗い。②移動状態の把握に関して、出発地と到着地はわかるものの走行経路が把握されていない。③燃料補給のタイミングが考慮されていない。④自動車の航続距離を考慮していない。⑤長期間の走行距離分布に強引な仮定をおいている。⑥空間分布の再現性を検証する指標がない、といった問題点が残されている。

本研究では、これらの問題点を克服した長期間の自家

\*キーワード：長期間の交通行動、代替燃料スタンド、プローブデータ

\*\*正員、工博、筑波大学大学院システム情報工学研究科  
(茨城県つくば市天王台1-1-1 Tel & Fax 029-853-5591)

\*\*\*学生員、筑波大学大学院システム情報工学研究科

用自動車移動の再現シミュレータを構築し、代替燃料スタンド配置に関する分析を行う。

### 2. 長期間の自動車移動再現シミュレーション

#### (1) 対象地域

本研究において自動車移動の再現を行う対象地域は、Tsutsumi *et al.*(2006)と同じ茨城県南地域とする。この研究では、ゾーン区分に道路交通センサBゾーンを用いている。しかし、ゾーン区分が粗いと、代替燃料スタンド配置に関する分析において精密な分析を行うことができない。そこで、本研究ではより細かい東京都市圏パーソントリップ調査小ゾーンを用いることにした。細分化の結果、ゾーン数は53から89に増加した。また、ゾーン区分の細分化とともにOD表の細分化が必要となる。ここでは交通発生・集中量をあらわす指標としてよく用いられている人口比率を用い、フレーター法を利用して道路交通センサのOD表を細分化した。

#### (2) 使用データ

本研究では、1日の交通行動を把握するために道路交通センサのオーナーインタビューOD調査を用いる。また、長期間の交通行動を把握するためにSRからのプローブデータ、特にGPS計測による移動軌跡のデータを用いる。また、対象地域における自動車保有台数は市町村ごとの自家用乗用車保有台数のデータを用いた。

#### (3) シミュレーション概要

長期間の自動車移動再現シミュレーションの手順を図1に示す。

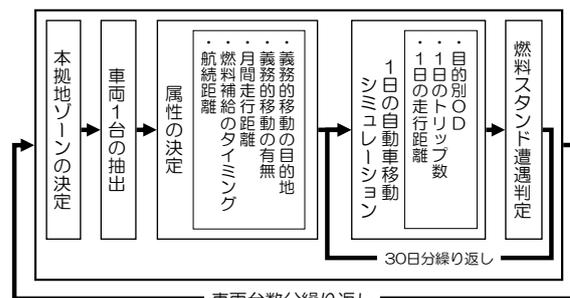


図1：長期間の自動車移動再現フロー

なお、後述の分布や割合に従うような決定は、すべて擬似乱数を用いてランダムに行うものとする。

まず、ゾーンごとの自動車保有台数割合に応じて再現を行う自動車の本拠地のゾーンを決定し、そこを本拠地とする自動車を1台抽出する。

次にその自動車の属性を決定する。属性には、自動車の航続距離、燃料補給のタイミング、義務的移動の有無とその目的地、そして月間走行距離と、それに基づく1日ごとの走行距離分布がある。

属性を決定した後に1日の自動車移動の再現を行う。1日の走行距離やトリップ数を決定し、それらやOD表からの目的地選択確率に従うように移動を作成する。また同時に、代替燃料スタンドの配置に関する分析のために、その自動車が代替燃料スタンドを配置したゾーンを通った回数をカウントしていく。

こうしてある1台のある1日の自動車移動の再現が完了する。1日の自動車移動の再現が完了したら、これを30日分繰り返す、これで1台の長期間の自動車移動の再現が完了する。これを、そのゾーンを本拠地とする自動車台数分繰り返す、さらにこれをゾーン数分繰り返すことで、対象地域内の全自動車の長期間の移動の再現が完了する。

#### (4) 自動車属性の決定

##### a) 航続距離

Tsutsumi *et al.*(2006)における代替燃料スタンドの配置に関する分析では、1ヶ月の自動車移動の中でいつ代替燃料スタンドに遭遇したかが考慮されていない。遭遇のシミュレーションを行うには燃料補給のタイミングを考慮することが必要であり、後述する燃料補給のタイミングとともに自動車の航続距離を設定する必要がある。

##### b) 燃料補給のタイミング

燃料補給タイミングの考慮については、筆者らのグループで独自に調査を行った。具体的には、宮崎(2006)<sup>3)</sup>において行われたつくばエクスプレス開業前交通実態調査の中に自動車の燃料補給に関する質問を設けた。その結果、約95%の自動車が燃料の残量を目安に燃料補給を行っていることがわかった(図2)。本研究においては、補給タイミングをこの割合に従うように自動車の属性として与え、自動車移動の再現を行う。

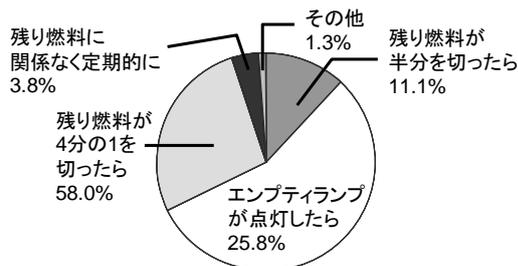


図2：燃料補給のタイミング

##### c) 月間走行距離分布

長期間の走行距離分布については、道路交通センサスの初度登録年月から各自動車保有期間を月単位で求め、それを総走行メーターの値から割ることで、月間走行距離とした(図3)。

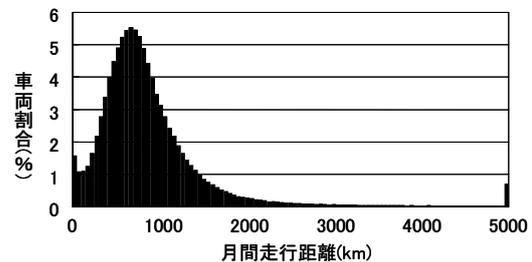


図3：月間走行距離分布(50kmごと)

##### d) 義務的移動の有無とその目的地

自動車の走行距離は、運転者の通勤・通学等の義務的な移動の有無およびその距離に大きく依存することが考えられる。そこで、道路交通センサスにおける運転者の職業割合から義務的移動の有無を決定する。また、通勤・通学目的ODから目的地選択割合を求め、その割合に従うように義務的移動の目的地を決定する。

#### (5) 1日の自動車移動のシミュレーション

##### a) 1日の走行距離およびトリップ数の決定

道路交通センサスから1日の走行距離分布およびトリップ数分布を求め、その割合に従うように自動車の1日の走行距離とトリップ数を決定する。自動車はこれらに従うように移動を行うものとする。

##### b) 目的地の決定・自動車の移動

次に、道路交通センサスの目的別ODより求めた目的地選択確率に従うように移動の目的地を決定し、そこへの移動を行う。移動ごとに目的地までの走行距離およびトリップ数を消費し、擬似乱数を用いて事前に決められた1日の走行距離またはトリップ数を消費するまで移動を繰り返すものとする。ただし、義務的移動のある自動車の場合は必ずその目的地への移動を含むこととする。

ここで、Tsutsumi *et al.*(2006)ではOD表をもとにした目的地ゾーンの決定のみで、目的地への移動の際の通過ゾーンが考慮されていなかった。そこで、ダイクストラ法を用いた最短経路探索を行い、出発地から目的地までの通過ゾーンを把握することとした。

##### c) 代替燃料スタンド遭遇判定

また、自動車が移動を行うごとに、走行した距離を航続距離から減算していく。そして、航続距離の残り割合が燃料補給のタイミングを下回った時点から燃料がなくなるまでの間の移動において、代替燃料スタンドが配置されたゾーンを走行した場合を代替燃料スタンドへの「遭遇」とみなし、この台数をカウントしていく。

### 3. シミュレーション結果

#### (1) 再現性の検証

##### a) 月間および1日の走行距離

上記の手順で長期間の自動車移動再現シミュレーションを行った。各自動車の1日の走行距離、および月間走行距離を集計した結果、どちらもTsutsumi *et al.*(2006)よりも良好な結果が得られ、道路交通センサスの分布にかなり近づいたことがわかる(図4、図5)。

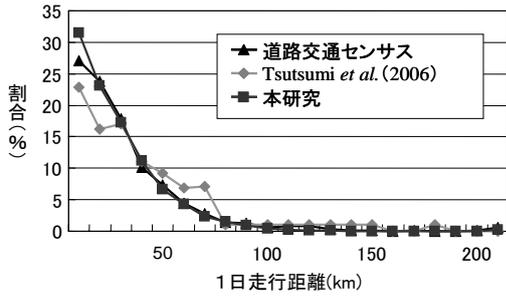


図 4 : 1日の走行距離分布(10kmごと)

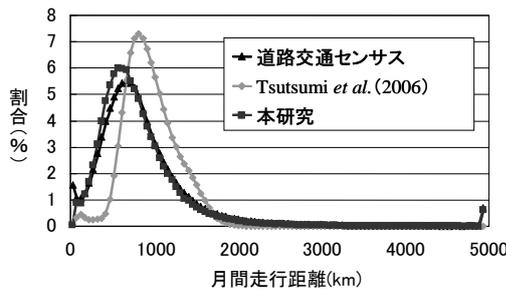


図 5 : 月間走行距離分布(50kmごと)

##### b) 空間分布の比較

Tsutsumi *et al.*(2006)では、実際の自動車の走行範囲とシミュレーション上の仮想自動車の走行範囲を定量的に比較することを行っていないが、本研究ではこれらを定量的に比較することとする。手順は、まず、SRより実際の自動車の走行範囲を求める(図6)。この自動車と本拠地および義務的移動の目的地が同一の自動車を、シミュレーション結果から抽出する(図7)。次に表1に示す値を計測する。これらの値を用いてC/A、C/Bを求めると、2つの値はそれぞれ、実際の自動車移動とシミュレーション結果が完全に一致した場合に1をとり、当てはまりが悪くなるほど0に近づいていく(表2)。本研究では、この2つの値を用いて空間分布の比較を行うこととする。

表 1 : 空間分布の比較に用いる値

A	実際の自動車が走行したゾーン数
B	シミュレーション上の自動車が走行したゾーン数
C	どちらの自動車も走行したゾーン数

表 2 : 空間分布の比較に用いる値のとり範囲

空間分布イメージ	指標	$\frac{C}{A}$	$\frac{C}{B}$
		$0 < \frac{C}{A} < 1$	$0 < \frac{C}{B} < 1$
		1	$0 < \frac{C}{B} < 1$
		$0 < \frac{C}{A} < 1$	1
		1	1

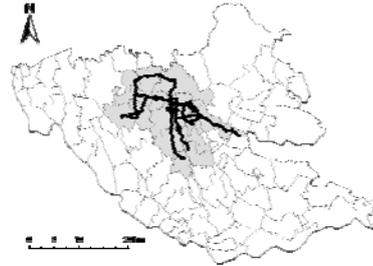


図 6 : SR から得られた実際の自動車の走行軌跡の1例

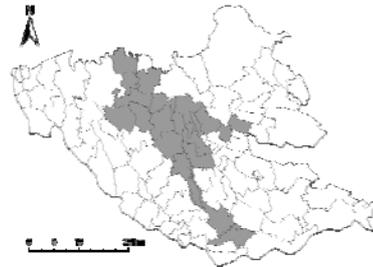


図 7 : シミュレーション上の自動車の走行範囲の1例

その結果を図8に示す。C/A、C/Bともに1に近い値をとった割合は少ない。しかし、逆にどちらの値も極端に0に近い値をとった割合もほとんどなく、この点から見るとある程度良好なシミュレーション結果が得られたと言えるのではないだろうか。

しかし、C/A と比較してC/Bの方がやや値が低い傾向が見られており、これはすなわちA<Bを意味している。Aは実際の自動車の走行範囲、Bはシミュレーション上の仮想自動車の走行範囲であるから、シミュレーションでは走行範囲を過大に推計しやすいことがわかった。今後、これを踏まえて研究を行っていく必要があるだろう。



図 8 : 空間分布比較結果

## (2) 代替燃料スタンド配置に関する分析

今回開発したシミュレーションを用いて代替燃料スタンドの配置に関する分析を行った。まず、代替燃料スタンドの配置パターンはランダム配置と交通量の多いゾーンから配置の2通り設定した。

また、遭遇のシミュレーションに大きな影響を与えると考えられる航続距離については、本研究では既存のガソリン車並、天然ガス自動車並、電気自動車並の3種類の航続距離を設定した。ガソリン車並の航続距離はカタログなどから軽自動車、小型自動車普通自動車ごとに平均航続距離を求め、それらの車種別自動車保有割合に従うようにランダムに決定した。天然ガス自動車、電気自動車については、それぞれ350km、100kmと設定した<sup>4)</sup>。

これらの設定をもとに代替燃料スタンドに遭遇できる車両の割合を求めた結果、既存のガソリン車並の航続距離を設定した場合は、交通量の多い順からの配置の場合89ゾーン中23ゾーン、ランダム配置の場合でも89ゾーン中27ゾーンに配置すれば約90%の自動車代替燃料スタンドに遭遇できるという結果になった(図9)。

次に航続距離350km(天然ガス自動車並)の場合だが、大きな変化は見られず、ガソリン車並の航続距離の場合とほぼ同じ結果になった(図10)。

最後に航続距離100km(電気自動車並)の場合だが、かなり代替燃料スタンドに遭遇する車両の割合は低くなってしまっている(図11)。割合が90%を超えるのは交通量を考慮して配置した場合でも39ゾーン、ランダムに配置した場合だと43ゾーンと、だいたい2つのゾーンに1つは代替燃料スタンドを配置しないとならないということがわかった。

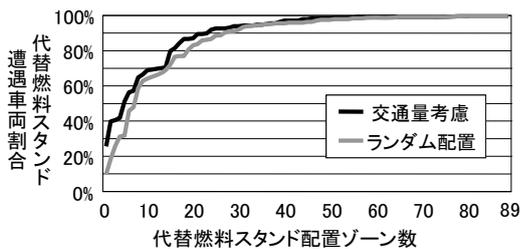


図9：代替燃料スタンド遭遇車両割合  
(航続距離：ガソリン車並)

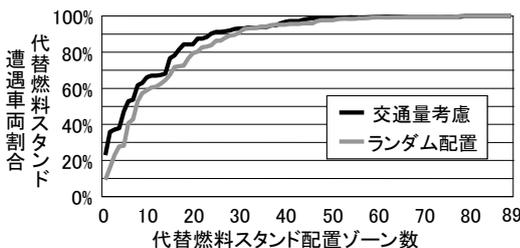


図10：代替燃料スタンド遭遇車両割合  
(航続距離：天然ガス自動車並)

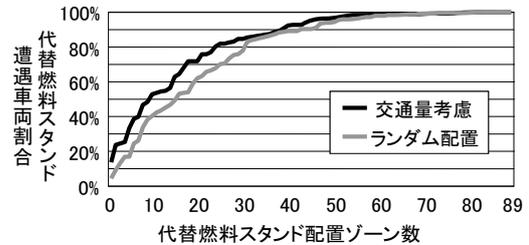


図11：代替燃料スタンド遭遇車両割合  
(航続距離：電気自動車並)

## 4. おわりに

本研究では、道路交通センサからの1日の交通行動データと、SRからの長期間の交通行動データを組み合わせることにより、長期間の自動車移動再現シミュレータを構築した。その際に、既存研究における課題点の抽出を行い、それに対する改良を加えた。自動車の航続距離と燃料補給のタイミングを考慮したシミュレータを構築することができた点は大きな意義があると考えられる。

シミュレーション結果を道路交通センサのデータおよびSRからのプローブデータなどと比較すると、おおむね良好な結果が得られた。また、このシミュレータを利用して代替燃料スタンドの配置に関する分析を行った結果、航続距離の短い電気自動車では、やはりガソリン車や天然ガス自動車と比較してかなり多くのスタンドが必要となる可能性が高いということがわかった。

本研究の課題としては、まず、時間上の制約からシミュレーションの実行を1度しか行うことができなかったことが挙げられる。本シミュレータにおいては擬似乱数を多く用いており、この擬似乱数によって結果が左右される部分も多い。そのため、繰り返しシミュレーションを行い、その結果を分析する必要があると考えられる。また、本シミュレータにおいては各自動車の利用が完全に独立していることを仮定しているが、実際には、自動車を複数保有している世帯において世帯内での利用調整や補完などを行っている可能性がある。そこで、自動車属性に世帯への所属という概念を持たせ、各自動車間での利用形態の違いや調整などを考慮したシミュレーションを構築する必要があると考えている。

### 参考文献

- 1) 古屋秀樹・石田東生・岡本直久・小畑晴嗣：代替燃料車のための燃料スタンドの配置に関する一考察、土木計画学研究・講演集25、(CD-ROM 講演番号188)、2002
- 2) Morito Tsutsumi, Haruo Ishida, Naohisa Okamoto and Kosei Suzuki : Modeling Car Trips towards Strategic Allocation of Alternative Fuel Stations, presented at the 85th Transportation Research Board Annual Meeting, Washington D.C. , January 22-26,2006 (Compendium of Papers CD-ROM,06-2631)
- 3) 宮崎文生・石田東生・岡本直久・堤盛人・谷口綾子：効率的なTFP対象者の選定に関する研究 ～つくば市および周辺地域を例として～、土木計画学研究・講演集33、(CD-ROM 講演番号8)、2006
- 4) 環境省・経済産業省・国土交通省：低公害車ガイドブック 2005、財団法人環境情報普及センター、2005