

Ⅲ 論 文

一般論文

- 交通マイクロシミュレーションの実務への適用上の課題
IBSにおける実務適用事例より
- 移動体通信機器を用いた都心歩行者回遊行動のモビリティ指標化に関する基礎的研究
- 都市計画の情報化によるまちづくりの支援
- 利用者均衡配分の発展的適用に向けて
- 大規模コーパスからの呼応表現抽出
- 道路整備の間接効果計測に関する研究
- 福島西道路を事例に -
- バンコクにおける都市内軌道系交通機関導入に際しての課題と日本が果たすべき役割に関する研究
- マクロ経済関数を考慮した動学的応用一般均衡モデルの開発

IBSフェローシップ論文最終報告

- コパカバナ地区で働く人々の住宅と職場の関係

交通マイクロシミュレーションの実務への適用上の課題

IBS における実務適用事例より

Issues of Application of Traffic Simulation Systems from Experiences in IBS

高橋 勝美* 森尾 淳* 福本 大輔*

By Katsumi TAKAHASHI, Jun MORIO and Daisuke FUKUMOTO

1. はじめに

幹線道路の渋滞緩和や地区交通環境の改善のため、交通規制等の交通管理施策の必要性が高まってきている。それらの施策は、単一の交差点や路線に対して影響を及ぼすに留まらず、周辺の交差点や路線などを含めて面的に影響を及ぼすことが想定される。

このような施策の効果・影響を的確に分析し、その結果をわかりやすく表現する手法として、交通マイクロシミュレーションが着目されている。

また、近年、交通による環境へのインパクトへの関心が高まってきており、交通計画や交通政策と環境との関係を適切に分析できる手法が求められるようになってきており、個々の自動車の走行状態が表現可能な交通マイクロシミュレーションの適用の重要性が指摘されている¹⁾。

このようなニーズを背景の1つとして、近年交通マイクロシミュレーションの実務への適用が増加しており、その適用性、有効性が認識されつつある。

社団法人交通工学研究会では、平成14年度から交通シミュレーション委員会を設置し、交通シミュレーションモデルの適用性を検証し、その結果に基づく標準化を行うとともに、適用事例を蓄積して適用マニュアルの作成を行うなど、実務での適用性向上と適用推進に向けた活動を展開している²⁾。IBSもこの委員会に参画している。

IBSにおいては、以上のような動向を踏まえつつ、施策が適用される路線や地区レベルの検討を中心に交通マイクロシミュレーションモデルを実務に適用する事例が増えており、適用上の問題、課題に関する知見が蓄積されつつある。

本稿では、まず、IBSの実務における適用事例を

概観する。IBSが交通マイクロシミュレーションモデルを活用するようになってから日が浅く、事例も少ないため、主な特徴を整理するに留め、可能なものについては若干の考察を加えることとする。

次に、適用事例において使用する立場としてモデルに関わった経験から、交通マイクロシミュレーションの課題を整理する。

2. IBS における適用事例

現在、IBSの業務において交通マイクロシミュレーションを適用した事例は8件となっている(表-1参照)。IBSにおける適用事例の特徴は次の通りである。

a) 年次

1999年に最初の適用例が出ており、昨年2002年は5件と一挙に適用例が増加している。

b) モデル

IBSでは3種類のモデルが適用されている。その中でも AVENUE を適用した例が5件と最も多い。2002年には tiss NET を適用した例が2件ある。表-2は、IBSで使用した経験のあるマイクロシミュレーションモデルの特徴を示している³⁾⁴⁾⁵⁾。tiss NET は近年発売された比較的簡単に適用可能なソフトであり、IBSにおいてもシステムの構築からオペレーティング、出力、分析の一連の分析作業を実施できる状況にある。

c) 対象地域

当初は、国道等の幹線道路の特定区間を対象とする事例が多かったが、昨年度は駅前広場を中心とした地区や、中心市街地を中心とした都心地区など、面的なエリアを対象とする事例が出てきている。

* 交通政策研究室

表-1 IBS におけるマイクログシミュレーション適用事例一覧

No.	1	2	3	4	5	6	7	8
都市・地域	浜名湖南岸地域	高崎市	浜松市	高崎市	岡山市	三鷹市等	浜松市	浜松市
年次	1999年	2000年	2001年	2002年	2002年	2002年	2002年	2002年
モデル	Paramics	AVENUE	AVENUE	AVENUE	AVENUE	AVENUE	tiss NET	tiss NET
対象地域面積・延長	国道の渋滞交差点を中心とする区間約5 km	国道の渋滞交差点を中心とする区間約2.5 km	中心市街地及びその周辺の周辺を含む約0.5 km ²	国道の渋滞交差点を中心とする区間約2.5 km	国道の対象交差点を中心とする区間約2 km	幹線道路におけるIC設置地点を中心とする地区	駅前広場及びその周辺道路を含む約0.04 km ²	中心市街地及びその周辺の周辺を含む約4 km ²
ねらい	施策実施による交差点の渋滞緩和効果の分析	施策実施による交差点の渋滞緩和効果の分析	6車線道路に横断歩道を設置した場合の交通流への影響分析	施策実施による交差点の渋滞緩和効果の分析	交差点を中心とした幹線道路の改良による渋滞緩和効果の分析	IC設置が周辺地区の交通流動に与える影響の分析	駅前広場の改良が広場内及び周辺道路の交通流動に与える影響の分析	横断歩道設置と地下道廃止が周辺道路の交通流動に与える影響の分析
評価対象施策	時差出勤	時差出勤	横断歩道設置	自転車転換施策	道路改良	IC設置	駅広内の車両動線の改良	横断歩道設置 地下道廃止
ネットワーク規模	ノード：23 リンク：27	ノード：8 リンク：14	ノード：28 リンク：52	ノード：8 リンク：14	ノード：17 リンク：32	ノード：38 リンク：71	ノード：15 リンク：33	ノード：163 リンク：389
経路選択	有り	無し	有り	無し	無し	有り	有り	有り
交通需要の設定	広域のVTOD表 ^{*1} から、対象ネットワーク端点及びゾーン中心間OD表を推定	交差点方向別交通量からOD表を推定	交差点方向別交通量からOD表を推定	交差点方向別交通量からOD表を推定	交差点方向別交通量からOD表を推定	交差点方向別交通量からOD表を推定	交差点方向別交通量からOD表を推定	広域のVTOD表 ^{*1} から、対象ネットワーク端点及びゾーン中心間OD表を推定
出力指標	区間旅行時間 区間旅行速度 信号交差点滞留長 動画	区間旅行時間 区間旅行速度 信号交差点滞留長 動画	区間旅行時間 区間旅行速度 信号交差点滞留長 区間信号待ち回数 動画	区間旅行時間 区間旅行速度 信号交差点滞留長 動画	区間旅行時間 区間旅行速度 信号交差点滞留長 区間信号待ち回数 動画	区間旅行時間 区間旅行速度 信号交差点滞留長 区間信号待ち回数 動画	区間旅行時間 信号交差点滞留長 動画	区間旅行時間 左折交通旅行時間 信号交差点滞留長 動画
結果の活用場面	交通WS ^{*2} における施策効果説明	計画検討	交通管理者協議	計画検討	交通管理者協議	道路管理者協議	交通管理者協議	交通管理者協議
備考		施策実施済み	施策実施済み		他モデル(SIPA)との比較分析 2004年春事業完了予定		施策実施済み	

*1 VTOD (Vehicle Trip Origin Destination) : 自動車交通 OD 表

*2 WS : ワークシヨップ

表 - 2 各シミュレーターの特徴

	Paramics	AVENUE	tiss NET
開発者及び販売者	Quadstone 社、 SIAS 社 (エジンバラ大学)	熊谷組、東大、都立大、千葉工大、 東洋大、(株)アイ・トランスポート・ ラボ	埼玉大、CTC
開発経緯	1992 年～共同開発 (Quadstone 社、エジンバラ大学) 現在 開発・販売 (SIAS 社、Quadston 社)	1992 年～開発開始 1993 年～実務で利用 2001 年～市販開始	1998 年～実務で利用 2001 年～市販開始
システム 進行方式	タイムスキャン方式	タイムスキャン方式	イベントスキャン方式
交通流表現	追従	Q K	追従
車両移動の 扱い方	一定時間内に各車両が動く	ハイブリッドブロック密度法による 車両移動計算	車両 1 台 1 台がコンパートメント (道路を 5 m ピッチに切ったもの) を動く
配分モデル (経路選択)	分割配分 (複数経路を割分的に固定すること が可能)	動的利用者最適配分(DUO)に近い (車両個別に経路選択挙動を指定す ることが可能)	容量制限付き分割配分
入力データ 設定	GUIにより簡便にデータ設定が可能	GUIにより簡便にデータ設定が可能	GISを用いた簡易データ入力が可能
主な 対象範囲 ^{*1}	交差点数 100 程度 広域ネットワークに対応 (最大車両数 32 万台)	交差点数 80 程度	交差点数 30 程度 地区交通計画への適用を想定
その他の 特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・動画の 3D 表示が可能 ・環境評価が可能 ・交通事故、路上工事などの影響評価が可能 ・追従式等のアルゴリズムを任意に変更可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・各 OD ペアについて経路を指定可能 ・交通情報を利用した動的経路変更を扱うことが可能 ・オブジェクト指向プログラムで開発されており、機能追加が容易 	<ul style="list-style-type: none"> ・路上駐車、駐車待ち行列の影響評価が可能 ・バスダイヤと客の乗降を含むバス運行の表現が可能 ・歩行者数による横断歩道の影響を表現可能

*1 交差点数による対象規模の分類は、参考文献 3) による

d) 分析のねらいと評価対象施策

交通施策実施による渋滞緩和効果进行分析する事例が多い。歩行者重視の都心交通改善施策の重要性が増していることを背景に横断歩道設置の影響进行分析する事例も見られる。また、高速道 IC 設置や駅前広場改良などのハード整備の影響分析も見られる。

e) ネットワーク規模

特定道路区間や地区レベルの適用例が多いことを反映して、ノード数 8 から 30 程度の規模が多い。面積が 4 km²、ノード数が 163 の地区レベルを超えた比較的広いエリアを対象とした適用例もある。

f) 経路選択の取り扱い

経路選択を表現している例は 5 つとなっている。これらは面的に及ぼす影響を評価する事例であり、それらのネットワーク規模は比較的大きい。実務上必須となる現況再現性を確保することは、経路選択の幅が広がれば広がるほど困難となる。この点についての課題は後述する。

g) 交通需要の設定

交通需要の設定方法は、観測交通量データ等を用いて対象地域内の OD 表を推計して入力データとする方法と、地区内流入入交通量と交差点方向別交通量を入力データとする方法の 2 つに大別される。IBS で適用した事例では、前者の OD 表を推計して用いる方法を適用している。尚、後者の方法は、経路選択があるネットワークを対象とする場合に、永久に同じ場所を回り続ける車両が発生する可能性があることを付記しておきたい。

この OD 表を推計して用いる方法にもいくつかのバリエーションがあるが、IBS ではその内の 2 つの方法が採用されている。1 つは、交差点方向別交通量から OD 表を推定する方法であり、8 事例中、6 事例で採用されている。2 つ目は、広域の VTOD 表を広域の道路ネットワークに配分し、その際の経路情報を記憶しておいて、マイクロシミュレーション対象ネットワーク内の OD 表を推計する方法である。この方法は残りの 2 つの事例で適用されている。

1つ目の方法は、対象地区内の交差点方向別交通量が分かれば比較的簡単に適用できる方法であり、比較的小規模なネットワークに向いている。

2つ目の方法は、PT調査等で作成した広域の道路ネットワークとVTOD表があり、現況補正用に主要地点の観測交通量があれば、適用できる方法である。この方法は、比較的大規模なネットワークを対象とする場合に向いている。

これらの2つの方法にはそれぞれ特徴、問題・課題があることから、それらを踏まえて適切な手法を選択する必要がある。この点については、3. 実務適用上の課題において再度触れる。

h) 出力指標

各事例とも必要な評価項目とマイクロシミュレーションモデルのアウトプットの制約を勘案し、実感にあった指標を採用するよう工夫している。ほとんどの事例において、動画、区間旅行時間・速度、滞留長・台数を採用している。また、信号待ち回数を採用している事例も見られる。

i) 結果の活用場面

当初は、ワークショップにおける施策説明や計画検討での適用から始まったが、昨年度は、交通管理者協議が多くなっている。ここ1、2年間は、交通管理者から道路管理者に対して、施策検討においてマイクロシミュレーションを用いて評価分析することを要求する場合も見られるなど、マイクロシミュレーションに対する交通管理者の関心がこれまで以上に高まってきているというのが筆者らの実感である。そのような状況を反映してマイクロシミュレーションの採用事例は今後も増加することが予想される。

3. 実務適用上の課題

IBSにおいて使用する立場としてモデルに関わった経験から得られた交通マイクロシミュレーションの課題を述べる。

(1) 入力データに関する課題

a) ネットワーク関連データについて

重要な入力データである道路構造データ(車線構成、右左折レーン長など)や交通規制関連データ(指定方向外進入禁止など)、信号制御関連データ(信号サイクル長、信号現示パターンなど)などのネッ

トワーク関連データは、一般に利用可能な状態で整備されておらず、それらの多くは現地調査を行って収集している。それらの収集は、当然ながら人手によるものが多く、調査費用を増加させる原因となり、交通マイクロシミュレーションの実務での適用を推進する上で障害になる場合もある。ネットワーク関連データのデータベース化とその利用の仕組みの構築が必要である。

b) 交通需要データについて

交通需要データの設定については、2のg)で述べたとおり2つの方法に大別される。ここではそこで付記した点が問題であるとの認識のもとで、OD表を推計して用いる方法を前提にして述べる。

また、課題を整理するにあたり、OD表の推計方法として、データの利用可能性や収集、整備の容易さを考慮して、3つの方法を考えることにする。すなわち、①交差点方向別交通量データから推計する方法、②ナンバー・プレート調査から推計する方法、③主要地点の観測交通量データと配分計算結果から推計する方法の3つである。2のg)で述べたとおり、IBSで適用したのは①と③である。各方法の特徴は、表-3の通りである。

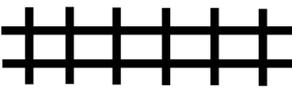
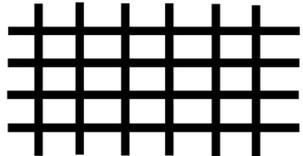
いずれのOD表推計手法を用いるかは、影響する渋滞区間やドライバーの経路変更地点など導入施策の影響が及ぶ範囲を想定して対象地区の範囲を設定した上で、各手法の特徴、対象範囲のネットワーク形状と規模、既存データの活用可能性と必要な実態調査の費用を勘案して決めることとなる。

①は、経路選択の無いネットワークでかつ、対象地区が比較的狭く、交通実態調査を実施しても調査費用を抑えられる場合に適している。②は、経路選択が有るネットワークでかつ、対象地区が比較的狭く、交通実態調査を実施しても調査費用を抑えられる場合に適している。③は、経路選択が有るネットワークでかつ、対象地区が比較的広い場合、調査費用を抑えるために交通実態調査を限定的にしか実施できない場合であり、配分計算を行える環境(PT調査を最近実施したところでデータ整備が済んでいる又は容易に整備できる)が整っている場合に適している。

このような各方法の特徴を踏まえ、交通需要データに関して次のような実務上の問題、課題が指摘できる。

交通需要データ設定のための地点通過交通量や交

表 - 3 交通マイクロシミュレーションの OD 表作成方法の比較

	①	②	③
	交差点方向別交通量を用いる OD 表推計方法	ナンバー・プレート調査データを用いる OD 表推計方法	主要地点観測交通量データと配分計算結果を用いる OD 表推計方法
OD 表作成に必要なデータ	・交差点方向別交通量（対象道路網の全ての交差点）	・ナンバー・プレート調査データ（対象地区境界の全ての流出入部）	・広域の VTOD 表 ^{*1} ・広域の配分ネットワークデータ（PT 調査等で使用 ^{*2} ） ・主要地点の観測交通量
大規模施設等の主要発集点の取り扱い	施設の出入口の流出入方向別交通量を準備	施設の出入口のナンバー・プレート調査データを準備	OD 表の各セントロイドの発集量に含まれていると考えることが可能
OD 表作成方法	交差点方向別交通量比率を用いて地区流入交通量（交差点方向別交通量から）の分割を繰り返して各流出部に達する交通量を算出	地区の各流入、流出部のナンバー・プレート調査結果から、OD 表を推計	まず、広域の VTOD 表を配分ネットワークに配分して配分時の経路情報 ^{*3} を保存しておく。次に、主要地点の観測交通量と保存しておいた経路情報をもとに OD 表を推計 ^{*4}
実態調査コスト	対象道路網の全ての交差点の方向別交通量が必要となるため、対象地区が広い場合に実態調査費用が大きくなる	対象地区の全ての流出入部を対象としたナンバー・プレート調査が必要となるため、対象地区が広い場合には実態調査費用が大きくなる	主要な地点の観測交通量があれば良いため、大規模なネットワークでも実態調査費用を抑えることが可能
対象地区・ネットワークの特性、規模	経路選択の無いネットワークに適している	経路選択が有るが、小規模なネットワークに適している	経路選択が有り、比較的大規模なネットワークに適している
適用ネットワークのイメージ図			

*1 VTOD 表は、通常、一日単位の交通量の精度を担保するように設計されており、時間帯別に集計して使用することは必ずしも適切でない場合がある

*2 VTOD 表や配分用ネットワークデータが無い場合には、採用が難しい

*3 配分時の経路情報は、配分理論上、一意性が保証されていない

*4 例えば、松井寛、藤田素弘、松本幸正（1994）高山純一、飯田恭敬（1985）などの方法がある⁷⁾

差点方向別交通量については、1日単位ではなく、時間帯別か、できればそれよりも細かい時間区分で用意する必要がある。そのような時間区分の細かいデータは一般に利用できる状態で整備されていない場合が多いため、新たに収集するケースが多く、調査費用を増加させる。配分計算を行える環境に無い場合には、多くの地点で交通量を新たに観測するか、マイクロシミュレーションの適用を断念するしか道はなくなる。各行政機関が管理している既存データなどを利用できる仕組みをつくり、実態調査のコストを抑制できるようにすることが重要である。

今後は、関係する機関、主体が手軽に配分計算を行える環境を整備することも考える必要があろう。そのためには、まずは配分計算を行える環境が有る事、それを実施するためにはどのような手続き、手

順を踏めば良いかについて情報提供することが必要である。通常、配分計算は道路管理者が実施しており、それ以外の主体が実施する場合には、配分計算を行うことのできる環境にあることすら思いつかない場合もある。関係する機関、主体間で相互に情報提供しあい、データや分析手法の特長、限界等について共通の認識をつくっていくことが必要ではないだろうか。

③の方法については、次の問題が指摘できる。すなわち、配分で用いる VTOD 表の精度の問題や、配分計算に基づく一意性が保証されない経路情報を用いることの精度上の問題、対象地区の規模や対象道路網の細かさとのバランスからみてゾーンが粗い場合には OD 交通量を少なめに推計する可能性があるという問題の3点である。尚、最後の問題点は、

PT 調査を実施した都市圏であれば、ゾーンが比較的細かく設定されているため緩和されると考えられる。それらの問題を踏まえた方法論の検討と整理も重要である。

(2) モデルに関する課題

モデルに関する課題については、使用者の立場からモデルに対する要望、要請として整理する。

1つは、経路選択行動の表現についてである。交通状況の動的な変化に対応して最短経路も変化するような仕組みになっていても、交通量を最短経路だけに流すと、実際のドライバーの行動を再現しにくい場合がある。この傾向は、対象地区の規模や経路選択行動の表現方法に起因する部分が大いと考えられ、その工夫が必要となる。

その工夫としては、OD間の経路を1つまたは複数に固定することや、幹線道路と細街路の選択に係るパラメータを容易に設定できることなどが考えられる。ただし、観測交通量や旅行速度を参考にしながら現況再現性を確保するための設定を行ったとしても、施策を実施した場合の交通流の変化、挙動が必ずしも実務者の仮説、実感に合わない場合も多い。つまり、現況再現性を確保するために設定した条件が施策感度に影響を与えてしまう可能性がある。そのため、入力データ等の条件設定を共通にして、各モデルの施策感度を確認することも必要であると考えられる。

2つ目として、特に追従モデルにおける車線選択行動の表現についての課題が挙げられる。例えば、左折・直進レーンと直進レーンから構成される交差点の場合に、左折方向が詰まって左折車が左折・直進レーンに滞留しているにも関わらず、直進車もその列に加わったまま滞留し続けてしまうなど、現実のドライバーの挙動をうまく表現しきれない場合がある。これが影響して交差点の滞留長が伸びすぎ、対象地区全体の道路が詰まってしまう場合もあった。

3つ目に、対象とする道路が細かい場合に対応して車両の挙動を考慮、表現できるような工夫も今後は必要になると思われる。駅前広場や中心市街地の地区内交通を対象とする場合には、広場内の滞留スペースや区画街路など細かな設定も要求される可能性がある。このような場合には、車両が路上に一時的に滞留する動きを考慮して結果に反映させることも必要になってくると考えられる。

以上、モデルに関する問題、課題をいくつか述べた。これらを踏まえた課題として、各シミュレーションモデルの特徴を整理した上で、どのような対象(地区特性、ネットワーク特性・規模、地区の広がり、施策の特性など)に、どのようなモデルを適用するのが適切かを整理する必要がある。その際、各モデルの限界、次に述べる出力データの使い方を含めて整理することが重要である。

(3) 出力データに関する課題

1つは、計算結果の使用方法に関する課題である。シミュレーションの計算では、乱数を用いて車両の挙動を決定する仕組みとなっているが、1つの計算結果は、ある乱数のもとでの結果であり、それが平均的な交通状況を表現しているとは限らない。筆者らの経験においても、ある乱数表を用いた1つ計算結果が仮説から見て特異な結果になった場合がある。通常、各シミュレーションは複数の乱数表を活用可能になっている。それらを用いて複数の結果を出力し、それらをもとに期待値を算出して用いることが重要である。これはシミュレーション開発者にとっては当然のことになっていると思われるが、このことを使用者に浸透させることも重要である。

2つ目の課題は、出力指標に関する課題である。マイクロシミュレーションの利点として静的な配分モデルでは得られない渋滞状況に関する指標を算出できることが挙げられる。結果を見る一般市民や交通管理者の立場で考えてもこの指標への期待は大きい。しかし、この渋滞状況に関する指標は、各モデルで定義がまちまちであったり、手軽に算出できるようになっていないなど、使用者にとって操作性が必ずしも良くないのが実態である。実務の意思決定を支援するシステムとして活用を推進するには、計算結果を吟味する道路管理者や交通管理者、一般市民にとってわかりやすい指標を手軽に算出できるようにすることが重要である。同時に、計算結果の精度を踏まえ、どの程度の集計単位ならば活用できるといった、指標の精度と使い方についても早急に整理し、計算結果の誤った解釈、使い方が浸透しないようにすることが、マイクロシミュレーションの信頼性を確保するために重要である。

4. おわりに

本論は、交通マイクロシミュレーションについて IBS においてもその適用事例が近年増加傾向にあることを踏まえ、IBS の実務における適用事例の特徴を整理するとともに、使用者の立場としての筆者らの経験をもとに、交通マイクロシミュレーションモデルの実務適用上の課題を整理した。

交通マイクロシミュレーションに対する実務上の要請は、近年高まっている。人口減少の局面を間近に控えて、右肩上がりの社会経済を前提に出来ない状況の中で、効果、効率を考えた重点的な投資と既存ストックの有効活用が重要となっている。踏み切りの削減や交差点改良、交通運用方策などの重要性も増してきている。交通マイクロシミュレーションは、これらの施策の効果を市民や行政担当者にわかりやすく分析できるツールとして今後適用場面が増加すると考えられる。IBS においては、これらの動向を踏まえ、実務での適用を進めながら、技術的な課題を明確にし、シミュレーション技術の向上に貢

献することが重要と考えられる。

参考文献

- 1) 北村隆一：「交通需要予測の課題：次世代手法の構築にむけて」土木学会論文集，No 530 / IV - 30，pp .17 - 30，1996 .1
- 2) 社団法人交通工学研究会：交通シミュレーションクリアリングハウス <http://www.jste.or.jp/sim/index.html>
- 3) 土木計画学ワンデイセミナーシリーズ 23：ITS - 効率的な道路利用に向けて(2)，2001 .1
- 4) Quadstone 社 Paramics HP <http://www.paramics-online.com/index2.htm>
- 5) 社会システム研究所 Paramics HP <http://salad.visualand.co.jp/paramics/>
- 6) 社団法人交通工学研究会：やさしい交通シミュレーション第3章「交通流のマイクロシミュレーション」，2000 .6
- 7) 土木学会：交通ネットワークの均衡分析 - 最新の理論と解法 - 第12章「ネットワーク上の観測フローからの OD 推定」，1998 .3

移動体通信機器を用いた都心歩行者回遊行動のモビリティ指標化に関する基礎的研究

A Study on the Evaluation Indices System for Measuring Pedestrian Mobility in the Central Urban Areas Using Personal Communication Tools

中嶋 康博* 牧村 和彦* 西山 良孝** 矢部 努*** 及川 潤*

By Yasuhiro NAKAJIMA, Kazuhiko MAKIMURA, Yoshitaka NISHIYAMA, Tsutomu YABE and Jun OIKAWA

1. はじめに

国土交通省では、まちづくり交付金を新設し、全国の都市の再生を効率的に推進することが謳われている（閣議決定：平成16年2月3日）。そこには、都市整備計画を作成し、事業中や事業後には計画目標の達成度合いをアウトカム指標にてモニタリング、評価を行うこととなっている。そこで、今後、フリンジ駐車場の整備やトランジットモール等の事後評価等は、都心の施設内外の歩行者回遊行動を正確に計測、評価を行い、事業計画にフィードバックさせていくことがより重要となってくる。

一方、これまで中心市街地における基本計画の立案や施設配置の事後評価を行う上では、歩行者の基礎的な行動特性を十分把握されているとは言い難い。従来の都心の歩行者回遊行動の把握には、アンケート用紙による記述式調査やヒアリング調査などが一般的に行われていた。これら調査を歩行者交通計画や施策の評価に活用するためには、立ち寄り先の情報のみならず、経路情報の把握も重要となる。しかし、これら情報を把握する場合には、被験者の調査負担や記入アンケートのコーディング、エディティング、パンチング等に多大な時間と費用が費やされる。そのため多くの実態調査では、経路情報等を把握することはほとんどなかった。

一方、近年のGPS (Global Positioning System) やPHS (Personal Handyphone System) 等に代表される移動体通信機器（以後、電子デバイス）の技術的発展はめざましく、歩行者の回遊行動を把握する試みが行われ始めている^{1,2)}。電子デバイスの利用は、それを所持するだけで立ち寄り施設や経路に関する歩行者回遊行動を、位置、時刻、施設ID等のデジタルデータとして把握できる特徴をもつ。そのため、都心内のミクロな回遊行動のみならず、自

宅を出発し帰宅するまでの一連のマクロ的な交通行動を把握することも可能である。ただし、都心内という比較的狭い地区を対象に電子デバイスを用いた歩行者回遊行動に関する指標の研究はない。

そこで本研究では、①都心部といった比較的狭域の地区を対象に、歩行者の回遊行動に着目した評価指標を提案し、②その指標算定に適切な電子デバイスを選定するために各種電子デバイスの基本特性を分析するとともに、③電子デバイスにより取得したデータを用いて、提案した評価指標の算定を試み、歩行者回遊行動調査への適用可能性を検討することを目的とする。

2. 新たなモビリティ指標の提案

都心来街者の一般的な歩行者回遊行動は、図-1に示すように、鉄道駅、バス停、駐車場等の都心との交通結節点から回遊行動が始まり、施設間、施設内を經由し、最後に再び交通結節点にて都心から離れる。ここでは、これら一連の歩行者回遊行動を再現し、時間の観点から新たな評価指標の提案を行う。

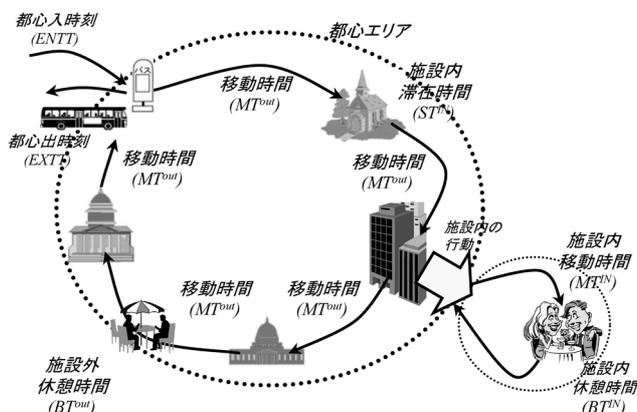


図-1 都心回遊行動のパターン化とモビリティ指標の概念図

* 交通研究室 ** 東北事務所 *** 横浜国立大学

従来の時間に関する評価は、ほとんどが都心滞留時間のみであった。これでは、その滞留時間が施設内、施設外、または移動中、休憩中なのかが不明であるため、都心を評価するための魅力を十分に再現できない。

そこで、本研究では都心の評価指標として、従来の都心内の滞留時間を施設内外で細分化した施設内滞留時間と施設外滞留時間を提案する。また、滞留時間を行動状態に細分化した移動時間と休憩時間として提案する。その式は式(1)~(3)に示す。

・滞留時間(施設外、施設内)

$$ST_{inj}^S = EXT_{inj}^S - ENT_{inj}^S \quad (1)$$

・移動時間(施設外、施設内)

$$MT_{inj}^S = ST_{inj}^S - BT_{inj}^S \quad (2)$$

・休憩時間(施設外、施設内)

$$BT_{inj}^S = \sum_k (EBT_{inj,k}^S - SBT_{inj,k}^S) \quad (3)$$

S : out 施設外、in 施設内

ST_{inj}^S : 来街手段 t 被験者属性 n 場所 j の滞留時間

EXT_{inj}^S : 来街手段 t 被験者属性 n 場所 j の出時間

ENT_{inj}^S : 来街手段 t 被験者属性 n 場所 j の入時間

MT_{inj}^S : 来街手段 t 被験者属性 n 場所 j の移動時間

BT_{inj}^S : 来街手段 t 被験者属性 n 場所 j の休憩時間

EBT_{inj}^S : 来街手段 t 被験者属性 n 場所 j 、 k 回目
休憩終了時間

SBT_{inj}^S : 来街手段 t 被験者属性 n 場所 j 、 k 回目
休憩開始時間

3. 電子デバイスの基本特性分析

2にて提案した新たな評価指標を算定するためのデータ把握は、電子デバイスの利用が有効な手段の一つであると考え。以下では、場所と時刻を同時に把握が可能である代表的な電子デバイスとして、GPS、PHS、gpsOne(GPS + 携帯電話) 対応型携帯電話、電波タグ(Radio Frequency Identification) の4つの電子デバイスを用いて、データ収集実験を行い、各種電子デバイスのデータ把握に関する基礎的特性の分析を行うとともに、都心地区への適用性について検証する。

(1) データ収集実験の概要

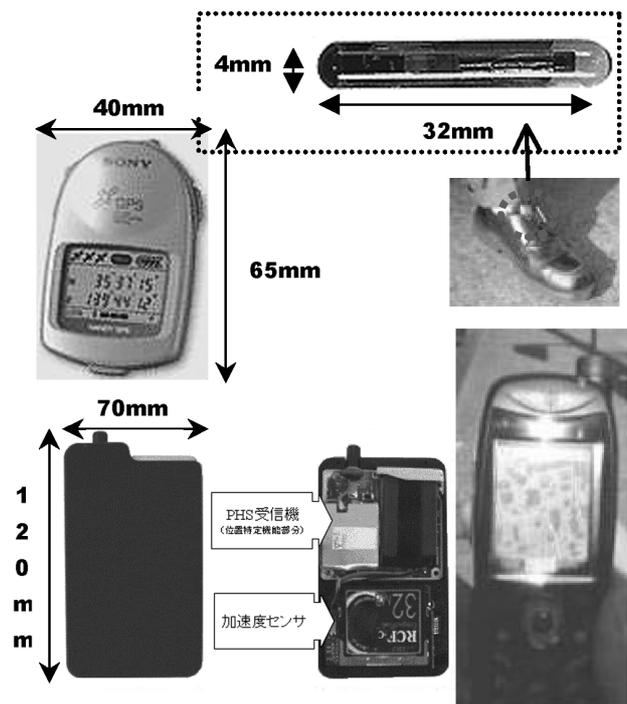
電子デバイスを用いたデータ収集実験は、福岡市天神地区、中洲川端地区にて行った。データ収集は、

屋外、屋内、ガード下、地下街等の場所別にルートを設定し、そのルートを4つのデバイスを所持した被験者が歩行回遊する方法にて行った。その概要を表-1、図-2、3に示す。

表-1 調査の概要

項目	内容
実施日	2002.2.28(土) 9(土)
被験者数	成人男性1名
利用機器	4つの電子デバイス GPS、PHS+加速度計 ¹ 、gpsOne 対応型携帯電話、電波タグ(パッシブタイプ) ²
データ取得間隔	・GPS:1秒、・PHS:15秒、・gpsOne:任意(施設到着・出発時に取得)・電波タグ:任意(受信機の設置箇所通過時に取得)
ルート	・A:西ルート、・B:東ルート(地上、屋内)・C:天神地下街ルート(地下)・Dルート:中洲川端ルート(地上)
備考	電波タグ、リーダの設置箇所 ・岩田屋 Z-side、・新天町商店街

1: PHS+加速度計はPEAMON(株) 都市交通研究所、(株)アイ・ティ・リサーチ社が開発した交通行動を把握する機器(PHSと加速度センサが内蔵、データ収集はオフライン形式))を利用。
2: 電波タグは、電波タグ受信機を設置した箇所を電波タグと所持した被験者が通過すると受信機側にデータが把握される機器。



(左上:GPS 端末、左下:PHS、右上:電波タグ、右:gpsOne)

図-2 調査機器

(2) 電子デバイスのデータ把握に関する基礎分析

都心地区への適用可能性を検証するため、地上、屋内、地下等の計測場所別におけるデータ取得状況としてデータ取得率と位置特定誤差の2項目について分析を行う。



注)

- ・きらめき通り駐車場は岩田屋 Z-side 内にあり
- ・ルート A、ルート B、ルート C、ルート D は実際の移動経路
- ・電波タグ受信機は、「岩田屋 Z-side」と「新天町商店街」の出入り口等に設置

図 - 3 調査箇所

データ取得率とは、「取得ログ数を机上算定上、取得可能なログ数で除した値」であり、位置特定誤差とは、「取得出来たデータから実際に通過した道路上への垂線の距離」にて算定を行った。

1) データ取得率

データ計測場所毎の位置特定誤差の結果は、表 - 2 に示す。この結果より計測場所毎に電子デバイス間のデータ取得状況の特徴が明らかとなった。

GPS の取得率は、地上で 70% 程度であり、屋内や地下では把握出来ていない。これは屋内や地下街にて GPS 端末が衛星を把握することが困難なためである。gpsOne と電波タグは、どのような場所であっても 100% である。これは、天神地区が gpsOne 携帯電話の利用圏内であること、電波タグはリーダ設置箇所を通過すれば必ずデータが把握できるためである。PHS は、地上にて 85% 程度、屋内、地下等では地上より若干データ取得率が低下するものの、都心では、場所に関係なくデータの取得が可能であることがわかる。

2) 位置特定誤差

データ計測場所別の位置特定誤差の結果は、表 - 3 に示す。地上では、どの電子デバイスも位置特定誤差が 45~60 m 程度である。屋内・ガード下では、GPS は計測不可能であり、他の 2 つの電子デバイスは地上と同程度である。

表 - 2 計測場所別データ取得率

電子デバイス	項目	地上			地下	合計
		屋外	屋内	ガード下		
GPS	取得可能ログ数	4980	1380	720	900	7980
	取得ログ数	3519	9	387	0	3915
	取得率	70.7%	0.7%	53.8%	0.0%	49.1%
gpsOne	取得可能ログ数	25	2	3	14	22
	取得ログ数	25	2	3	14	22
	取得率	100%	100%	100%	100%	100%
PHS	取得可能ログ数	332	92	48	60	532
	取得ログ数	282	40	32	31	385
	取得率	84.9%	43.5%	66.7%	51.7%	72.4%
電波タグ	取得可能ログ数	-	25	-	-	25
	取得ログ数	-	25	-	-	25
	取得率	-	100%	-	-	100%

注) PHS は PEAMON (PHS + 加速度計) を指す。

表 - 3 計測場所別電子デバイス別の位置特定誤差

	電子デバイス	サンプル数	平均値 (m)	標準偏差 (m)
地上	GPS	10	56.2	37.1
	gpsOne	25	45.2	19.5
	PHS	10	59.8	37.5
	計	45	50.9	29.5
屋内・ガード下	GPS	-	-	-
	gpsOne	5	58.1	25.2
	PHS	5	47.3	29.0
	計	10	52.7	27.7
地下	GPS	-	-	-
	gpsOne	14	169.2	93.0
	PHS	4	42.9	20.7
	計	18	141.1	97.9

注) 電波タグは、リーダを設置した場所がデータ取得位置であるため、位置特定誤差 0 m となる。

地下では、屋内等と同様に GPS は計測不可能である。PHS の平均は 42.9 m であるのに対し、gpsOne は 169.2 m と約 4 倍も精度が低下している。これは、gpsOne を地下で利用する場合、GPS 衛星による位置把握が出来ないため、cdma 方式⁴⁾のみにて位置特定が行われるからである。また、地下街は、コンクリート等に囲まれているため、電波がマルチパスにより遠くまで伝わりやすくなっている。そのため、携帯電話のアンテナ数の設置が地上に比べると少なくなり、位置の特定も地下街の出入り口付近にあるアンテナに集中する。つまり、遠くのアンテナのみでデバイスの位置を把握し、実際の位置と把握されたデータ位置とでは大きな誤差が発生す

る(図-4)。また、特に PHS と電波タグには、施設内のフロアまで位置の特定ができることに特徴がある(図-5)。これは、PHS の場合、基地局の電波の通信距離が短いため、基地局が施設のフロア毎に取り付けられているからである。

さらに、パワーアンテナ等の簡易アンテナの設置



注)
 ・ 数字は gpsOne にて計測した実際の場所。数字は計測順番号
 ・ は実際に取得したデータ。丸数字に対応する計測順番号が c - * にて記載

図 - 4 地下街における gpsOne の位置の測定状況

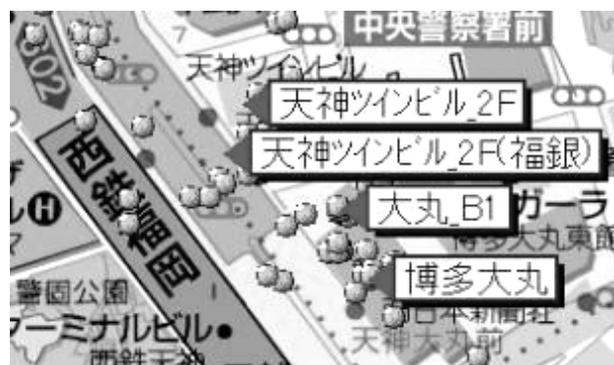


図 - 5 PHS による被験者の施設内のフロア把握状況

や、個々の施設が独自に設置している業務用無線アンテナを利用することにより、その位置特定精度の向上が把握できる⁶⁾。電波タグは、受信機を各フロアの出入り口等に設置することで把握可能となる。

3) 電子デバイスの適用性の検証

都心の歩行者回遊行動調査への電子デバイスの適用を考えると、データ取得率が高く、位置特定誤差が小さく、施設の出入りの時刻が正確に把握できるデバイスは適用性が高いと言える。

1) 及び 2) の結果より、データ取得率の観点からは、GPS では、高層ビルの中の狭い路地、地下街の影響より平均約 49% となり十分なデータ取得を行うことができない。一方、gpsOne、電波タグは 100% であり、どのような場所でもデータの取得が可能である。PHS は電波が十分に捉えられない箇所以外では、若干データ取得率は小さいものの全体としては約 72% が把握可能である。

位置特定誤差の観点からは、gpsOne は地下街にて精度が地上屋内の約 3~4 倍も著しく低くなってしまふ欠点があり、PHS はどの場所でも 40~60 m 程度の誤差をもつが、施設内に基地局アンテナが設置されているためにどの施設にいるのか把握可能である。電波タグは、データ把握の方法から位置特定誤差が発生しない。

以上のように、本研究で比較検証した 4 つのデバイスのうち、データ取得率と位置特定誤差の 2 つの観点から都心の歩行者回遊行動調査にて適用性が高い電子デバイスは、PHS または電波タグが考えられる。今回は 4 種類の電子デバイスに限定し比較検証を行ったが、GPS や gpsOne は今後電子基準点を利用した位置補正やシュードライド (pseudolite) 等の位置補正技術の向上が期待されるデバイスであるため、今後の開発動向に注目したい。

4. 電子デバイスを用いた評価指標の算定

本章では、都心に適用性の高かったデバイスの中で電波タグデータを対象に指標の算定を行う。手順は、最初に 2 章にて提案を行った指標を試算し、次に都心への来街者の交通手段別 (自動車と地下鉄) の都心回遊行動の違いの把握を行う。

データは、前者が 2002 2 2(土)、3(日)、9(土)、10(日) に福岡市の天神地区まで自動車 came 約 600 名の被

験者データを用い、後者は2002.11.2(土)、3(日)、9(土)、10(日)に地下鉄や自動車にて来た490名のデータを用いる。尚、電波タグの受信機は図-6に示すようにマットタイプと簡易設置タイプの2つがあり、2月データではマットタイプ、11月データは簡易設置タイプにてデータの取得を行っている。

(1) モビリティ指標の試算

モビリティ指標の試算は、電波タグ受信機を設置した新天町商店街及び、岩田屋 Z-side にて行った(場所は図6参照)。

尚、今回の試算は、施設内滞留時間(岩田屋 Z-side、新天町商店街)と施設内移動時間(新天町商店街の入出時間と移動経路)について行った。それは受信機の設置が個々の施設(例えば喫茶店)の入出時刻を把握しておらず、正確な施設内移動時間や休憩時間の検証を行うことができないためである。

1) 施設内滞留時間

ここでは、岩田屋 Z-side と新天町商店街の両方に立ち寄った40歳代の女性2人組と30歳代の家族連れ4名の被験者データを用いて、式(1)より施設内滞留時間の算定を行った。

算定結果は、図-7に示す。各施設の滞留時間は、両属性とも新天町商店街よりも岩田屋 Z-side の方が高く、属性毎の比較では、ファミリーの方が女性2人組よりも岩田屋 Z-side に滞留している時間割合

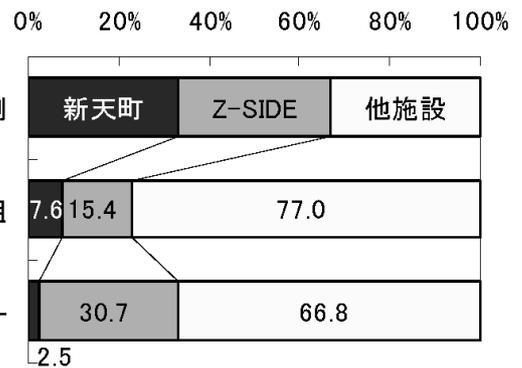


図-7 各施設の滞留時間比率

備考：滞留時間比率とは都心滞留総時間に占める個別施設の滞留時間割合

が高いことがわかる。

2) 施設内移動時間

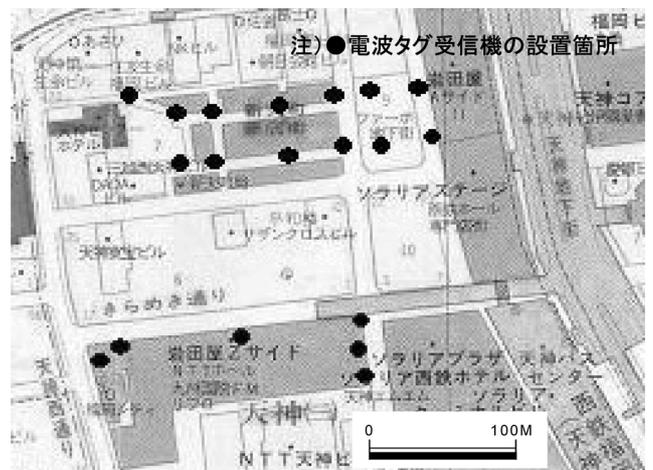
施設内移動時間は、移動経路も把握できる新天町商店街に立ち寄った60歳代の家族連れ4名の被験者データを用いて式(2)より算定を試みる。

この被験者は、新天町商店街に13時15分に入り、13時53分に出て、約38分間商店街の中を移動していたことになる(図-8)。これは、設置した受信機に蓄積されたデータを統合し、被験者のID情報から被験者毎の行動データを生成し、任意の受信機ID(ここでは新天町商店街の全ID)を指定することで算定したものである。

このように電波タグは施設の出入り時刻を正確に



図-6 電波タグ受信機(2種類)と受信機設置箇所



把握できるため、特定施設内の移動時間は受信機に蓄積したデータを統合するだけで推計可能である。また、商店街には、各街路の交差となる箇所に電波タグ受信機を設置しているため、被験者がどの経路を通過したのかを把握することも可能である。さらに、商店街中の個々の店舗やベンチ等休憩施設の出入口等に電波タグ受信機を設置することにより、正確な施設内の移動時間と休憩時間を把握が期待できる。



図 - 8 施設内移動時間と経路

(2) 都心モビリティの計測

本節では、電波タグを用いて都心に来街する交通手段の違い（地下鉄と自動車）による都心での行動パターンの違いを次表に示す指標にて試みた。

尚、詳細については参考文献 8 を参照されたい。

表 - 4 本節にて算定したモビリティ指標

- ・施設間トリップの発生集中量
- ・トリップ分布
- ・平均立ち寄り施設数
- ・施設別の立ち寄り率
- ・都心滞留時間（施設内外）

1) 施設間トリップの発生集中量、トリップ分布

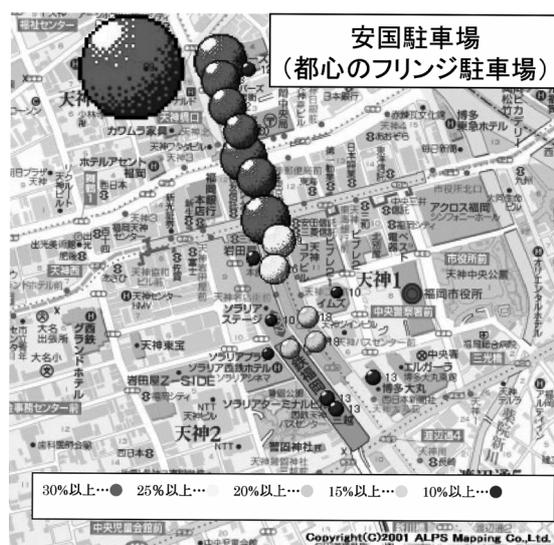
来街手段別の施設間トリップの発生集中量とトリップ分布（図 - 9 a , b）を見ると、歩行者の歩行圏域は地下鉄利用者が一番大きいことがわかる。また、自動車利用でも都心とフリンジに駐車する場合は、フリンジ駐車場の方が歩行圏域が広くなり、都心に駐車する歩行者は、近接する商業地のみを利用する傾向にあることがわかる。



注) 凡例の%は全被験者に対して各施設へ立ち寄った被験者の割合



注) 凡例の%は全被験者に対して各施設へ立ち寄った被験者の割合



注) 凡例の%は全被験者に対して各施設へ立ち寄った被験者の割合

図 - 9 a 来街手段別の施設別発生集中量

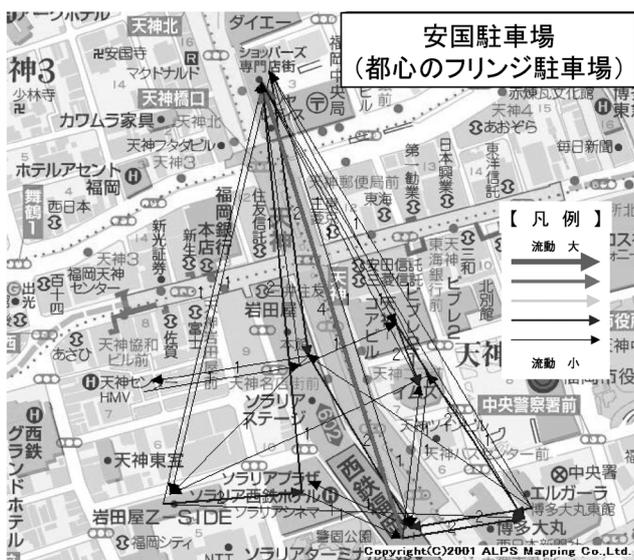
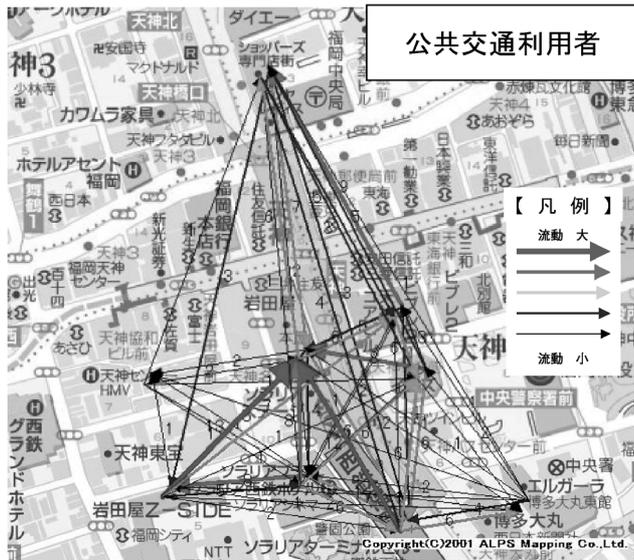


図 - 9 b 来街手段別のトリップ分布

2) 平均立ち寄り施設数

来街手段別の平均立ち寄り施設数は、公共交通利用者が約 1.6 施設、都心のきらめき駐車場利用者が約 0.8 施設、フリンジの安国駐車場が約 1.2 施設であり、立ち寄り施設数でも公共交通利用者が自動車利用者の 1.3~2 倍程度になっていることがわかる (図 - 10)。

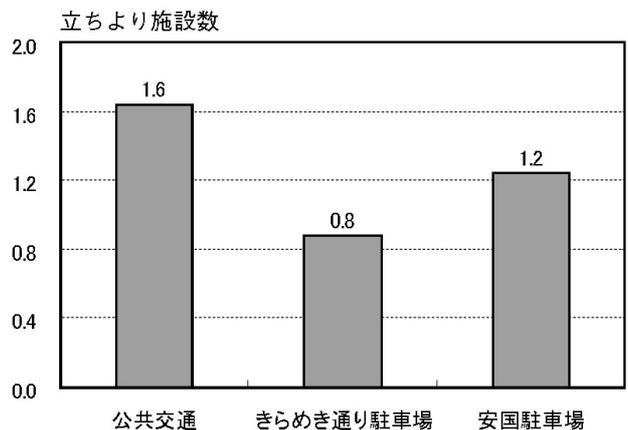
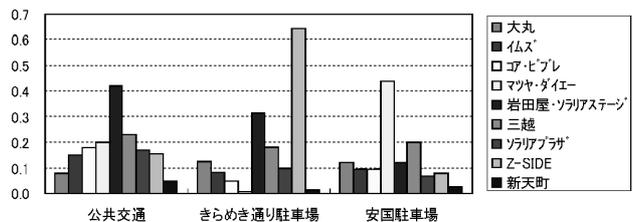


図 - 10 来街手段別平均立ち寄り施設数

3) 施設別の立ち寄り率

施設別の立ち寄り率を見ると、どの交通手段でも乗り換え施設 (駅, 駐車場) から最近傍施設にて最も立ち寄り率が大きくなっている (図 - 11)。



$$\text{立ち寄り率} = \frac{\text{施設立ち寄り数}}{\text{全サンプル数}}$$

図 - 11 来街手段別の施設立ち寄り率

4) 都心滞在時間 (施設内外)

公共交通利用者の平均の都心滞在時間は 3 時間半を越え、自動車利用者を約 1 時間上回る。また、施設内滞在時間は男性が約 30 分、女性が約 60 分であり、2 倍程度、女性の方が長く都心に滞在していることがわかる (図 - 12)。

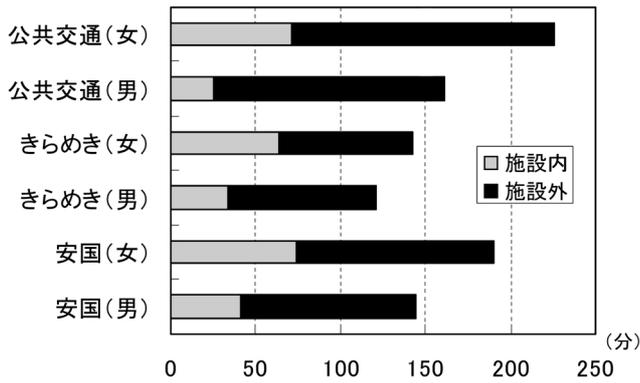


図 - 12 来街手段別性別の都心滞留時間

5 . 結論

本研究にて得られた知見は、次の通りである。

- ① 中心市街地の施設整備の計画立案や、事業の評価を行うためには、従来の施設外のみでの評価では都市の魅力を十分に把握できないため、施設内の行動を考慮し、更に移動時間と休憩時間とに分けて都心の評価指標を提案、定式化を行った。
- ② 都心地区の歩行者回遊行動調査にて利用する電子デバイスは、場所毎のデータ取得率、位置特定誤差等の関係から、特に単体の電子デバイス利用の場合、データ取得率が100%、位置特定誤差0mの電波タグが最も有効であり、PHSも、位置特定誤差が40~60m程度あるものの、施設内フロア毎に基地局アンテナが設置されているため、施設の出入りの位置把握に利用可能性が高いことが明らかとなった。
- ③ ①にて提案を行った新たな評価指標を電波タグのデータを用いて算定を試みた。その結果、電子デバイスは、指標を算定する際に有効なツールであることが確認できた。
- ④ 実際に交通手段別の都心モビリティを比較計測すると、“自動車利用者よりも公共交通の利用”、

“自動車でも駐車場が都心よりもフリンジ部”、“性別では男性よりも女性”の方が都心での滞留時間やトリップ数が多いことが把握できた。このように電子デバイスを携帯するのみで上述のような特性が把握できることは、今後、都心活性化に際しての基礎データとして活用できると考える。

最後に、本研究の実態調査は、国土交通省九州地方整備局福岡国道事務所殿、(株)都市交通研究所李竜煥様、岡本篤樹様、(株)アイ・ティ・リサーチ、鈴木明宏様、他関係者各位にご協力頂いた。ここに感謝の意を表す次第である。

参考文献

- 1) 岡本・近藤・朝倉・田名部：狭域調査におけるPHSシステムによる位置特定機能の利用可能性について，土木計画学研究・講演集 vol 24，2001
- 2) 牧村：高度情報機器を用いた歩行者モニタリングと移動支援，交通工学第35巻4号，2000
- 3) 木下・田雑・牧村・浅野：都心地区における歩行者回遊行動調査とその有用性に関する研究，土木学会論文集 No.625/IV-44，pp.161-170，1999.7
- 4) 羽藤・香川・富島・岡本・朝倉：都市内行動モデル検証のための電界基配列に基づく位置特定アルゴリズム，土木計画学研究・講演集 vol 24，2001
- 5) 羽藤・朝倉：時空間アクティビティデータ収集のための移動体通信システムの有効性に関する基礎的研究，交通工学第35巻4号，2000
- 6) 鈴木・西山・中嶋・牧村：PHSと自営アンテナを用いた位置補正に関する研究，土木計画学研究・講演集 vol 25，2002
- 7) 小西・柴崎：GPSとシュードライドの利用可能範囲シミュレーションに関する研究，GPSシンポジウムビギナーズセッション，2001.11
- 8) 福岡国道事務所・IBS：平成14年度高度情報通信技術を用いた都心モビリティ計測調査業務，平成15年3

都市計画の情報化によるまちづくりの支援

Aiding Community Design through the Informatization of City Planning

渡邊 一成* 島田 敦子*

By Kazunari WATANABE and Atsuko SHIMADA

1. はじめに

地方分権に伴う地方公共団体の自主的な都市計画行政の推進や、阪神淡路大震災等を契機とした行政と住民による協働型都市づくりの推進をより充実させていくためには、積極的な情報公開を進めること、さらには、情報の活用支援を促進することが不可欠である。

本稿では、都市計画分野で進展する情報化により変わりつつあるまちづくり支援の取組みにつき、具体事例を報告するとともに、その展望を考察する。

まず、第2章では、積極的な情報公開の取組み事例として、町田市における駐車場情報提供システムについて報告する。

さらに、第3章では、情報の活用支援の促進事例として、地方公共団体等を会員とする任意団体である「まちづくりセンターネットワーク」について報告する。

2 積極的な情報公開の取組み ～町田市駐車場情報提供システム～

(1) 町田市の検討経緯

町田市では1998年度に中心市街地活性化基本計画、2000年度に駐車場整備計画を策定し、市街地の整備改善と商業の活性化、駐車場の整備、効率的運用についての指針が示され、計画的な公共駐車場の整備も進められている。

さらに魅力あるまちづくりを進めるために、2001年度に「中心市街地活性化のための情報化推進整備基本計画（IBS受託）」を策定し、既存の施設を有効に活用するため、情報化に視点を置きつつも先端技術のみに注目することなく、利用者ニーズに対応した駐車場案内・誘導情報、公共交通に関する交通

情報のほか、商店街関連情報も含めた中心市街地の利便性向上と都市交通の円滑化に資する総合的な情報化を推進するための基本的な方向性を検討した（表-1参照）。

表-1 情報化推進の基本的な方向性

- | | |
|---|--|
| ① | ラクラク来やすい MACHIDA
(交通円滑化に関する方向性) |
| | ・初めて来た人にも来やすい情報提供をおこなう。
・様々な交通手段で来やすくするための情報提供をおこなう。 |
| ② | ラクラク探せる MACHIDA
(情報提供の仕方に関する方向性) |
| | ・既存の媒体を有効活用したタウン情報や交通情報の提供をおこなう。
・ユーザーと商業者や交通事業者等を結びつける双方向の情報提供をおこなう。
・回遊性と滞留性を高める情報提供をおこなう。 |
| ③ | ラクラクお得で便利な MACHIDA
(行きたくなる環境づくりに関する方向性) |
| | ・情報化の推進により、町田中心市街地へ行きたくなる仕掛け・工夫を導入する。 |

出所：町田市中心市街地活性化のための情報化推進整備基本計画（2002年3月 町田市）

(2) 駐車場案内の基本システムの試行概要

町田市では上記の基本的な方向性を踏まえて、市民やユーザー等からの地域ニーズとして多く挙がっていた駐車場の案内に関する情報提供について、駐車場ユーザーや地元関係者の意向を踏まえて具体的な整備内容を検討するとともに試行を実施した。

この試行は東京都都市計画局ならびに(財)東京都市駐車場公社でおこなう「カーナビによる駐車場案内・誘導システムの試行」に合わせておこなうことで効率化を図った。

a) 試行スケジュール

2003年2月17日(月)～3月31日(月)

*都市・地域研究室

b) 試行の場所 (対象とする情報)

町田駅周辺の駐車場 (一部駐車場を除く)

- ・位置等の固定情報: 103 駐車場 4,181 台
- ・満車空車のリアルタイム情報:

28 駐車場 2,715 台 (カバー率約 65%)

c) 試行内容と改善の視点

試行内容と改善の視点を以下の表に整理した (表 - 2 参照)。

表 - 2 試行内容と改善の視点

① 駐車場案内 MAP による情報提供を行う。
視点 1: 情報内容の見直し
視点 2: MAP 配架箇所への拡大、掲載媒体の拡大、MAP の宣伝 PR
② 電子媒体 (パソコン、携帯端末、カーナビ) による情報提供を行う。
視点 3: 駐車場数の拡大
視点 4: リアルタイム情報 (満空情報) の提供

① 駐車場案内 MAP による情報提供を行う

視点 1: 情報内容の見直し

これまでの駐車場案内 MAP は、利用する駐車場を選ぶために必要な情報が必ずしも提供されていなかった。

2001 年度に実施したユーザーヒアリングによると、ほとんどの駐車場ユーザーは商業施設を利用することで駐車場料金が割引される駐車場を選んで利用することがわかった。

これを踏まえて、駐車場案内 MAP には、ユーザーニーズの高かった「駐車場の割引提携施設」の情報を掲載することにした (図 - 1 参照)。

提供する駐車場情報は、町田駅周辺の全ての駐車場に、駐車場に関する固定情報 (収容台数、営業時間、車両制限、料金等) の提供を依頼するアンケートを実施して収集した。

視点 2: MAP 配架箇所の拡大、掲載媒体の拡大、MAP の宣伝 PR

これまで町田駅周辺の駐車場案内 MAP はあったが、MAP の存在を知らない市民が多く、また駐車場ユーザー (来街者) は相模原市、大和市、座間市など町田市以外の周辺市民も多いことから、現在の MAP の配架箇所の拡大と掲載媒体の拡大を図るとともに、MAP の存在を周知するための宣伝 PR



駐車場名称	種別	面積	台数	備考	割引施設
町田駅前第一駐車場	13	240	600	2000	100%
町田駅前第二駐車場	4	240	200	2000	100%
町田駅前第三駐車場	11	240	300	2000	100%
町田駅前第四駐車場	40	240	600	2000	100%
町田駅前第五駐車場	3	240	600	2000	100%
町田駅前第六駐車場	3	240	600	2000	100%
町田駅前第七駐車場	3	240	600	2000	100%
町田駅前第八駐車場	3	240	600	2000	100%
町田駅前第九駐車場	3	240	600	2000	100%
町田駅前第十駐車場	3	240	600	2000	100%
町田駅前第十一駐車場	3	240	600	2000	100%
町田駅前第十二駐車場	3	240	600	2000	100%
町田駅前第十三駐車場	3	240	600	2000	100%
町田駅前第十四駐車場	3	240	600	2000	100%
町田駅前第十五駐車場	3	240	600	2000	100%
町田駅前第十六駐車場	3	240	600	2000	100%
町田駅前第十七駐車場	3	240	600	2000	100%
町田駅前第十八駐車場	3	240	600	2000	100%
町田駅前第十九駐車場	3	240	600	2000	100%
町田駅前第二十駐車場	3	240	600	2000	100%
町田駅前第二十一駐車場	3	240	600	2000	100%
町田駅前第二十二駐車場	3	240	600	2000	100%
町田駅前第二十三駐車場	3	240	600	2000	100%
町田駅前第二十四駐車場	3	240	600	2000	100%
町田駅前第二十五駐車場	3	240	600	2000	100%
町田駅前第二十六駐車場	3	240	600	2000	100%
町田駅前第二十七駐車場	3	240	600	2000	100%
町田駅前第二十八駐車場	3	240	600	2000	100%
町田駅前第二十九駐車場	3	240	600	2000	100%
町田駅前第三十駐車場	3	240	600	2000	100%

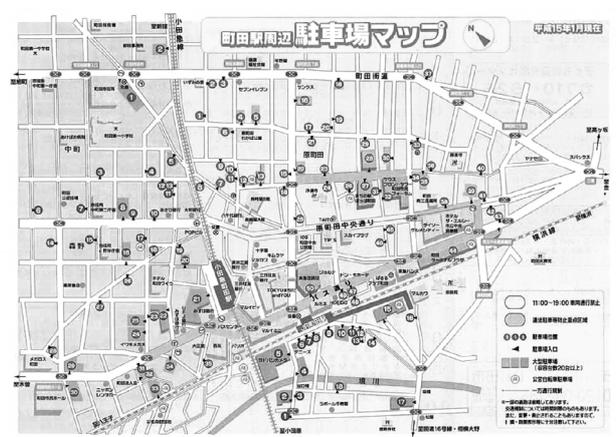


図 - 1 町田駅周辺駐車場 MAP

を行った。MAP はこれまで公共施設のみに配架されていたが、大型商業施設や大型駐車場に協力いただいで、配架箇所を増やすことができた。

また市の広報誌や民間の地域情報誌 (サンケイリビングまちださがみ 発行部数 18 万部) に掲載し、町田市民はもちろん周辺地域の市民にも MAP の存在を周知するための宣伝 PR を行った。

② 電子媒体 (パソコン、携帯端末、カーナビ) による情報提供を行う

視点 3: 駐車場数の拡大

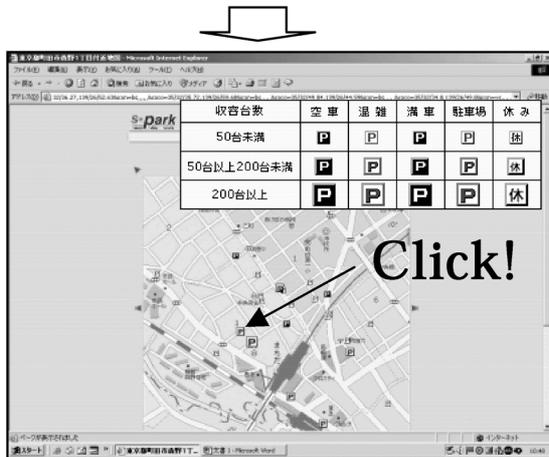
(財)東京都駐車場公社ホームページ (S PARK) を活用して、インターネットにアクセスできる電子媒体 (パソコン、携帯端末、カーナビ) で情報提供する駐車場をこれまでの 56 場から 103 場 4,181 台に拡大した (図 - 2, 3, 4 参照)。

URL : <http://www.s-park.jp/>
 (東京都駐車場公社ホームページ)

携帯用 URL : <http://i.s-park.jp/>
 (携帯用の東京都駐車場公社ホームページ)



※「町田駅周辺」をClickする。

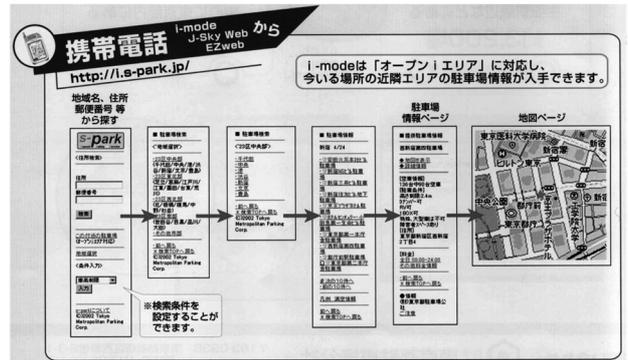


※この段階で満車/空車/混雑の情報がわかる。個別に利用したい駐車場をClickする。



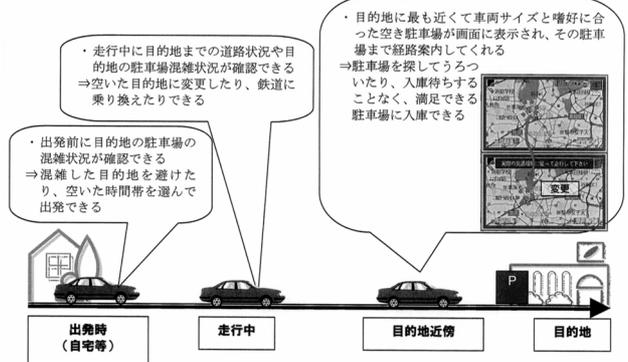
※この段階で個別駐車場の情報がわかる。
 ・所在地 ・電話番号 ・営業時間・料金
 ・収容台数 ・駐車場形態 (平地・自走式)
 ・駐車制限 (高さ/長さ/幅/重量)
 ・車種制限 (3ナンバー車/ワンボックス車/RV車)
 ・支払い方法 (紙幣、クレジットカード)

図 - 2 ホームページによるアクセス方法



※携帯端末からは、駐車場を住所、郵便番号などから探すことができ、車高制限など検索条件を設定できる。

図 - 3 携帯端末によるアクセス方法



※ただし、インターネットに接続できるカーナビに限る。
 嗜好条件とは、料金、目的地までの距離、駐車場の規模、駐車場の形式、駐車の方法、営業時間。

図 - 4 カーナビによるアクセス方法

視点4：リアルタイム情報（満車情報）の提供

土日祝日の町田駅周辺は、朝10時の大型商業施設の開店と同時に満車で入庫できなくなる駐車場や、入庫待ち車両が立ち往生して道路渋滞を引き起こしている状況が見られ、また駐車場ユーザーからも満車空車情報の提供を望む声が多かったことなどから、新たにインターネット経由で満車空車のリアルタイム情報を収集するための発信機を19場に取り付け、これまでの9場から28場2,715台(カバー率約65%)に拡大した。

なお、満車空車のリアルタイム情報は、大規模な駐車場で協力いただいた駐車場に、インターネット経由で満車空車情報を収集するための発信機を取り付けて収集した。

d) 試行の宣伝 PR

紙媒体と電子媒体を組み合わせ、駐車場案内に関する情報提供の試行をおこなっていることを宣伝 PR した(表-3 参照)。

表-3 試行の宣伝 PR

- ① **チラシの作成**
 - ・試行チラシを作成して町田駅周辺の大型商業施設、主な駐車場、主な公共施設でユーザーに PR
- ② **市の広報誌、民間の地域情報誌の活用**
 - ・広報まちだに記事を掲載して町田市市民に PR
 - ・サンケイリビングまちださがみに記事を掲載して周辺市の主婦層に PR
- ③ **ホームページの活用**
 - ・町田市、東京都(記者発表)、東京都駐車場公社のホームページに記事の掲載とリンクを貼って PR
- ④ **地域マスメディアの活用**
 - ・小田急ケーブル TV と東急ケーブル TV で、特集紹介してもらい宣伝 PR
- ⑤ **新聞記事**
 - ・新聞記事に取り上げてもらい PR



表-4 実態把握調査の概要

	内容	対象	方法
ニーズ把握	ご意見ハガキによるユーザーアンケート	全ユーザー	・有人駐車場は管理人を通して配布・郵送回収 ・無人駐車場は調査員による聞き取り
	リビングまちださがみの読者アンケート	主婦層のユーザー	・あらかじめ登録された読者モニターにEメールで配信・収集
	駐車場経営者ヒアリング	駐車場経営者	・電話による聞き取り
	ITカーナビ試乗アンケート	ITカーナビ試乗者	・試乗会(試行期間のうち一日設定)で参加者アンケートを実施
データ収集	交通量調査		・路上駐車調査 ・交差点交通量調査 ・渋滞長調査
	電子媒体利用状況		・ホームページ、携帯端末によるアクセス件数 ・ITカーナビ利用者数

等によるニーズ把握をおこなった(表-4 参照)。

b) 試行の結果

駐車場の情報提供をおこなった(財)東京都駐車場公社ホームページ(S PARK)へのアクセス件数は、試行期間の2ヶ月で約45,700件あり、そのうち町田駅周辺の駐車場に関するホームページには約2,880件のアクセスがあった。

特に広報まちだに記事を掲載した2/11は、携帯端末から多くのアクセスがあり、最多アクセス(約500件)となったことなどから、情報化の先端技術のみに頼らず、紙媒体と電子媒体とを組み合わせ

(3) 情報提供の成果

a) 試行中の実態把握調査の概要

試行の内容について、提供する情報内容や提供媒体等の改善点を探るため、データ収集やアンケート

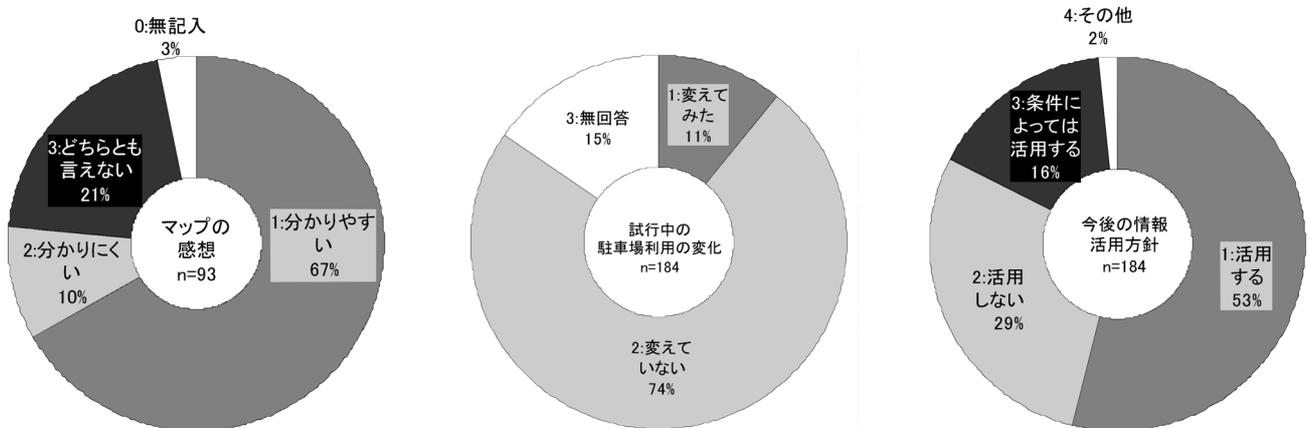


図-5 ユーザーニーズ

左端のグラフはサンケイリビングまちださがみの読者アンケートより。中央と右端のグラフは主な駐車場で配布したご意見ハガキアンケートより。

情報提供することが重要であることがうかがえた。

ユーザーからは、「町田駅周辺にこれだけ多くの駐車場があることをはじめて知った」、「位置や料金、営業時間、買い物サービス、交通規制など、駐車場選びの際に知りたかった内容と合致していて、前からこんな MAP が欲しかった」という声を多くいただき、利用者ニーズにあった情報を周知できたことがうかがえた。

「今後の駐車場の選択に情報を活用したい」との声が多く寄せられ、実際に情報を活用して利用していた駐車場を変えた人は 11% おり、今回の試行による情報提供の有効性は十分検証できたと考えられる。

商業施設の提携駐車場のユーザーは、情報の有無に関係なく、商業施設の利用により駐車料金が無料または割安になることから、はじめから利用する駐車場を決めている場合が多いこともわかった（図 - 5 参照）。

IT カーナビ試乗者からは、通信コストや通信対応カーナビ購入の補助制度があるとよいなどの声が挙がっていた。

駐車場経営者からみた試行中の駐車場利用状況は、「いつもと変わらなかった」という声が多く、依然として商業施設の提携駐車場が「満車」でも上記の理由等により、空き駐車場へ利用のシフトが見られなかったことから、整備・運用コストが発生する満車空車情報の発信機の導入は必要ないと判断した経営者が多かった。また、発信機で「満車」表示をすると、他の駐車場に客足が逃げると考えて、「混雑」表示にしたり、発信機の導入を懸念・拒否する経営者もいた。しかしそれでは実際と異なる情報を提供することになり、情報に対するユーザーの信頼を失うことにつながるため、満車空車情報の提供には駐車場経営者の理解と協力が不可欠であることがわかった。

(4) 今後の取組み展望

駐車場案内 MAP のユーザーは、町田駅周辺施設への来街者であるため、その他の交通情報や施設ガイド情報を組み合わせた総合的なガイドマップや、双方向型で情報を交換できる電子媒体の総合的な地域情報の窓口（ポータルサイト）へ発展させていくことも考えられる。

また、ガイドマップの作成やポータルサイトの作成・運用・管理を、商店街・事業所・交通事業者・NPO・市民団体・ボランティア組織・学校などが

連携した協働型の推進体制でおこなうことで、公共交通利用者への買い物クーポンの発行や、終電時刻を商店街で情報提供して滞在時間を長くしてもらうなど、より利用者ニーズにあった様々な情報提供が展開できると考えられる。

3. 情報の活用支援の促進

～まちづくりセンターネットワーク～

まちづくりセンターネットワーク（通称：まちセンネット）は、平成 11 年 11 月、住民参加によるまちづくりや既成市街地における安心・安全なまちづくりの円滑な推進を支援すべく、地方公共団体やまちづくりセンターとして活動している団体等を会員として設立された（IBS は事務局を担当）。

ここでは、その設立経緯や近年の活動概要を紹介する。

(1) まちセンネットの設立趣旨

都市に住む人々や都市で学び働く人々にとって、まちづくりはその都市の未来の姿を示すものとして大きな関心事である。そのまちづくりは、今、既成市街地における安心・安全なまちづくりの円滑な推進や、積極的な住民参加による、より一層住民に密着したものとなることが求められている。

こうした局面において、まちづくりの現場では、行政と住民等との仲介役としての潤滑油的働きを果たすものとして、先進的な地方公共団体では「まちづくりセンター」を設立したり、センター設立を視野に入れた住民参加型まちづくりの実験的試行が行われてきている。

従前より、市区町村を主たる会員とする「まちづくり情報センター連絡協議会（平成 4 年 2 月設立）」では円滑なまちづくりを支援するセンターの設立促進を目指し、一方、まちづくりセンターを主たる会員とする「まちづくり支援センター全国ネットワーク（平成 9 年 3 月設立）」では既成市街地における安心・安全なまちづくりの円滑な推進を目指し、各々の活動が展開されてきた。

この両組織が補完しあうことで、センター設立から設立後の運用・機能向上までの一貫した検討が可能であること、さらには、両組織が構築してきた人的ネットワーク、情報ストックを共有することで、より広範な、かつ、より有益な情報交流や調査研究

活動が実施できることと認識され、両組織を発展的に解散し、新組織「まちづくりセンターネットワーク（まちセンネット）」を設立するに至った。

(2) まちセンネットの概要

a) ねらい

まちセンネットは、既成市街地における安心・安全なまちづくりの円滑な推進、さらには、積極的な住民参加による、より質の高い都市空間の創造を図るため、住民自身によるまちづくりの促進を支援する「まちづくりセンター」のあり方や、都市計画・まちづくり支援事業・市街地整備事業に関する情報交流・研究等の実施を目的としている。

b) 活動内容

まちセンネットは、上記の目的を達成するため、以下の活動を行うこととしている。

- ①都市計画・まちづくり支援事業・市街地整備事業に関する情報交流及び調査研究
- ②まちづくりセンターの役割や果たすべき機能、センター設立後の運営や機能向上に関する情報交流及び調査研究。
- ③まちづくり支援事業の促進に係る情報交換、研修会の開催等による相互啓発活動。
- ④まちづくり支援制度の実施状況、実施内容等に関する調査研究。
- ⑤その他、より充実したまちづくり推進のための関係諸省庁への提言・要望等の実施。

c) まちセンネットの活動事項

まちセンネットでは、1年間を通じて、以下の4つの活動を実施している。

- ①総会 / 全体会
- ②分科会
- ③調査研究活動
- ④情報提供活動（ホームページの活用等）

d) まちセンネットの会員及び運営

まちセンネットは、地方公共団体及びまちづくりセンター（公益法人等）より構成されており、平成15年10月1日現在、93団体（都道府県：17、市区町村：57、公益法人等：19）が加盟している。

また、会の円滑な運営を図るため、会長・副会長・理事・監事の役員を置いており、平成15年度は大

阪市が会長を務めている。

(3) まちセンネットの活動成果

まちセンネットは、活動の基本方針として、「会員自らの積極的な参加による活動を展開する」ことをあげており、この方針に基づき、

- ①会員が活動に積極的に参加できるよう「分科会」を設置する。
- ②分科会は調査研究活動及び研修会の推進役を担うものである。

といった方向付けをしている。

こうした「会員自らの積極的な参加による活動の展開」を担保するため、まちセンネットでは会則第13条において分科会の設置を謳っており、分科会のテーマに関心ある団体が積極的に活動に係われること、こうした分科会を核とした活動を展開することが今後のまちセンネットの活動の活性化にとって肝要であると考えている。

a) まちづくり支援分科会

まちづくり支援分科会は、住民参加型まちづくりに係る支援制度の設置状況、運用状況、制度のあり方等について、研修会及び調査研究活動を実施している。

平成14年度活動では、まちづくり支援に係る先進事例の研修会を開催するとともに、会員団体等におけるまちづくり支援事業への取り組み状況を把握するためのアンケート調査を実施した。この調査では、各団体において実施している事業名、事業の担保（制度）、事業内容、支援の基準等につき、各団体から寄せられた回答をまとめている。



図-6 研修会（パネルディスカッション）の様子

b) まちづくりセンター分科会

まちづくりセンター分科会は、まちづくりセンターの役割及び機能、設立促進及び設立後の運営、自治体との連携内容、機能充実等について、研修会

及び調査研究活動を実施している。

平成 14 年度活動では、まちづくりセンターの今後のあり方に係る研修会を開催するとともに、全国のまちづくりセンターの取り組み状況を把握するた



図 - 7 研修会における視察の様子



図 - 8 市民の方々による活動紹介

表 - 5 これまでに実施してきた研修会

【平成 11 年度研修会】 平成 12 年 3 月 21 ~ 22 日 [於：石川県金沢市]	石川県・金沢市における「まちづくり支援（いしかわまちづくりセンター、金沢市） 金沢の街並みを観る（金沢市東山界隈のまち歩き） 住民によるまちづくり活動を学ぶ（七尾市、金沢東山地区）
【平成 12 年度第 1 回研修会】 平成 12 年 11 月 30 日 ~ 12 月 1 日 [於：群馬県前橋市]	群馬県・前橋市における「まちづくり支援（群馬県、前橋市、伊香保町） 前橋の街並みを観る（前橋市中心市街地のまち歩き、広瀬川イルミネーション視察） 住民によるまちづくり活動を学ぶ（中心市街地まちづくりネットワーク「コムネットQ」、 街づくり協議会）
【平成 12 年度第 2 回研修会】 平成 13 年 2 月 22 日 ~ 23 日 [於：福岡県久留米市、吉井町]	福岡県・久留米市におけるまちづくり支援（福岡県、久留米市） 久留米の街並みを観る（久留米市中心市街地のまち歩き） 住民によるまちづくり活動を学ぶ（福岡県「美しい街づくり条例」、福岡県吉井町）
【平成 13 年度第 1 回研修会】 平成 13 年 12 月 6 日 ~ 7 日 [於：山形県山形市]	山形市及び山形市まちづくり情報センターにおけるまちづくり 山形市まちづくり情報センターを観る まちづくり情報センターの設立状況、「まちづくりセンター」の活動事例
【平成 13 年度第 2 回研修会】 平成 14 年 2 月 14 日 ~ 15 日 [於：京都府京都市]	京都市におけるまちづくりの推進（京都市、「修徳学区」のまちづくり） 京都市における京町家再生の取組みを観る まちづくり支援への取組み状況（国土交通省、三重県、（財）京都市景観まちづくりセンター、 「本能学区」のまちづくり）
【平成 14 年度第 1 回研修会】 平成 14 年 10 月 18 日 [於：東京都千代田区]	まちづくり会社（TMO）によるまちづくりの取組み事例（（株）まちづくり三鷹） NPO 法人によるまちづくりの取組み事例（NPO 法人 FUSION 長池） 市民参加のまちづくりについて（国土交通省都市・地域整備局） まちづくり支援センターによるまちづくり活動支援（（財）東京都新都市建設公社）
【平成 14 年度第 2 回研修会】 平成 15 年 2 月 7 日 [於：大阪府大阪市]	国土交通省におけるセンターの設立・運営への支援方策（国土交通省都市・地域整備局） 御堂筋における個性的で魅力的なまちづくり（御堂筋まちづくりネットワーク） 大阪市におけるまちづくり支援事業の状況及び抱える課題（大阪市） パネルディスカッション「新しい時代に向けたまちづくりセンター」

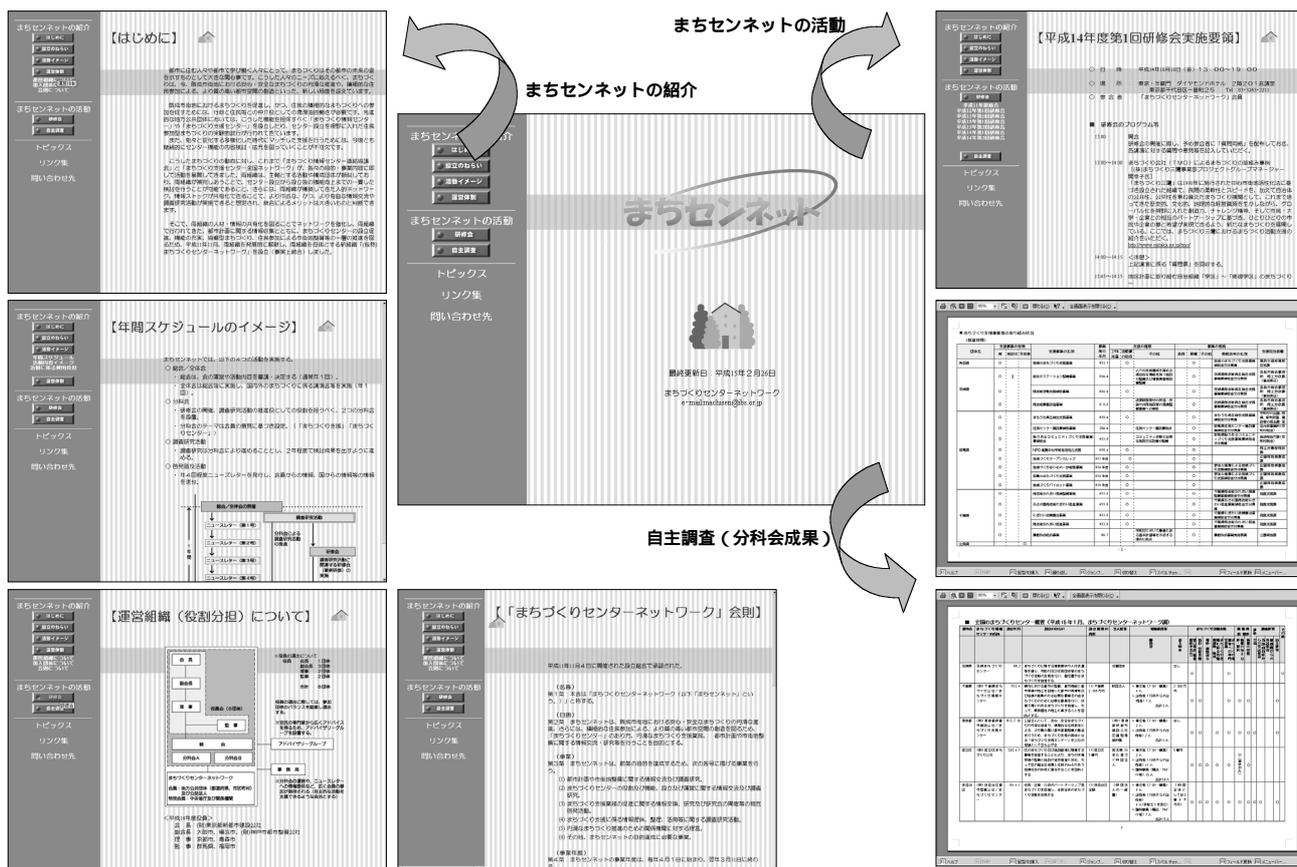


図-9 まちセンネットのホームページ構成

めのアンケート調査を実施した。この調査では、各団体の設立年次、設立目的、活動内容等につき、各団体から寄せられた回答をまとめている。

c) インターネットによる情報提供

まちセンネットでは、こうした活動を広く公開するため、平成15年5月より、インターネット上でホームページを公開した。

URL : <http://www.ibs.or.jp/machisen/>

このホームページでは、まちセンネットの紹介、研修会活動の記録、各分科会での取り組み成果を掲載している。

(4) 今後の取り組み展望

まちセンネットでは、目的に掲げられている、都市計画に関する情報収集、まちづくりセンターの設立促進・機能の充実、住民参加による市街地整備等の一層の推進などを調査研究していく中で、様々な情報ストックを蓄積・発信していくとともに、地方分権時代を担う交流ネットワークの形成・強化を図

ことで、実効性のあるまちづくりを先導していきたいと考えている。

4. おわりに

都市計画の情報化により、行政による住民参加型まちづくりへの支援は、より迅速に、かつ、より多くの情報を提供できるようになった。今後とも、こうした取組みを継続的に実施していくためには、情報提供のプロセスや、情報提供のメディアや場の選択等、コミュニケーションデザインを描くことが肝要である。

今後、まちづくり支援においては、コミュニケーションデザインが重要な役割を担うことが想定されるが、まちづくりにおいてコミュニケーションは手段であり、目的ではない。まちづくりの目的は地域の良好なコミュニティ形成にあり、その手段としてコミュニケーションが重要な役割を果たすことを忘れてはいけない。

利用者均衡配分の発展的適用に向けて

Expansive Application of User Equilibrium Assignment Techniques

毛利 雄一* 井上 紳一*

By Yuichi MOHRI and Shinichi INOUE

1. はじめに

道路交通需要予測については、道路交通センサスやパーソントリップ調査等の実施に伴い、データの蓄積も進み、四段階推計法を中心として様々な方法論が提案され、我が国の道路整備計画に適用されてきた。

しかし、近年の道路事業に対する様々な批判に見られるように、道路整備計画の考え方や事業実施に向けての客観性や透明性を持った説明がより強く求められるようになってきている。特に道路整備計画の重要な基礎的情報を提供する交通需要予測については、これまでも増して予測方法に対する論理性が求められている。これらの背景を踏まえ、平成15年に土木学会土木計画学研究委員会から「道路交通需要予測の理論と適用 第I編～利用者均衡配分の適用に向けて～」¹⁾が出版された。筆者らを含め、IBSは、上記の執筆とそれに対する実証的な分析に携わってきた。本稿では、利用者均衡配分の適用について、1) 何故、利用者均衡配分を適用するのか、2) 今後の交通政策の分析ツールとして利用者均衡配分をどのように発展的な適用ができるか、という2点から整理を試みる。

2. 利用者均衡配分の基本的な考え方

(1) 交通量推計手法改善の必要性

効率的で透明性をもった道路政策を進めるために、近年、道路投資の評価がますます重要となってきている。道路投資の評価にとって重要な項目である「道路整備に伴う利用者の便益」を計測するためには、該当する道路整備前後の交通量と旅行時間の両方を精度高く推計する必要がある。そのため、道路整備の評価を適切に行なえる交通量推計手法に改善していくことが必要となってきている。

また、これまでの道路政策は、「供給量の拡充」を最重要課題として、交通量の予測を主眼に推計手法が用いられてきた。しかし現在は、マルチモーダルやTDM、ITSといった道路整備だけに依らないソフト施策の評価が重要になってきている。これら施策の検討を行うためには、交通量の指標だけではなく、サービスレベルを表現する指標（旅行時間や旅行速度）の算出が必要となる。また、日単位を対象とした交通需要だけではなく、ピーク時やオフピーク時といった時間単位を対象とした交通需要の推計が必要となってきている。

このような背景を踏まえ、現在の交通量推計については、次の2つの課題に対応していくことが求められている。

- ① 効率的で透明性を持った道路政策の検討に対応できるように交通量推計手法を改善すること
 - ② 政策領域の展開、新しい政策手法の検討に対応できるように交通量推計手法を改善すること
- これら課題に対応していくうえで、利用者均衡配分（UE：User Equilibrium assignment）は、配分に関する現在までに開発された手法の中で、最も優れた手法の一つであると言える。

(2) 分割配分法の特徴

これまで実務で用いられてきた分割配分法は、その時々活用可能な技術やコンピュータをはじめとする資源の制約の中で、長年に渡る実務での実績を積み、適宜改良を加えられて、信頼できる手法として確立されてきたものである。このような背景で確立されてきた分割配分法には、以下に示すような特徴と課題がある。

- ① 計算方法が簡単でわかりやすい

分割配分法は、分割したOD表を順番に道路ネットワークに負荷する方法であり、その都度、

* 経済社会研究室

最短経路を探索してその経路に交通量を流していく、わかりやすい計算方法である。

② 分割回数や分割比率の設定根拠が明確でない分割配分法による予測されるリンク別配分交通量は、分割回数や分割比率の違いによって大きく変化することが知られている。これは、分割回数や分割比率の違いが道路規格の決定に大きく影響を及ぼす可能性のあることを意味している。分割回数や分割比率は、実務上、経験的に設定されており、その設定根拠を理論的、客観的に説明することは難しい。

③ 実務で用いる QV 式は旅行時間を適切に推計できない可能性がある。

これまで道路のパフォーマンスを表現するために設定してきた QV 式（交通量と速度の関係式）は、道路の交通量を精度高く予測するために設定されてきた経緯があるが、道路投資の便益評価やきめ細かな交通政策の評価を行ううえで重要となるゾーン間旅行時間やリンクの旅行時間を予測するためには、必ずしも適さない可能性がある。

④ 計算結果の吟味が困難な場合がある

分割配分法は、分割計算の 1 回目や 2 回目ではあまり道路容量制約が効かないため、規格の高くない道路が最短経路に選ばれる可能性があり、バイパス等の規格の高い道路整備による交通量の変化を適切に予測できない場合がある。

(3) 利用者均衡配分法の特徴

分割配分法は上記の特徴や課題があるのに対し、利用者均衡配分法には次のような特徴がある。

- ① Wardrop の第一原則（等時間原則）に厳密に従っており、インプット条件などを同一とすれば、誰が行っても同じ答えを得ることができる。
- ② 分割回数や分割比率等の恣意的なパラメータがなく、理論的に説明ができる。
- ③ 分割配分法は主に交通量の再現性に主眼を置いた手法であるのに対し、利用者均衡配分法は、設計要素によって定まる道路特性を反映した適切なリンクパフォーマンス関数（交通量と旅行時間の関係式）を設定することにより、路線の交通量と旅行時間の両方を精度高く推計することができる。
- ④ 分割配分で実務上算出してきた各種アウトプット項目（リンク交通量、経路交通量、リンク交

通量の OD 内訳、交差点方向別交通量など）を、利用者均衡配分でも同様に算出可能である。

- ⑤ 新規整備路線のありなしで配分結果を比較した場合に、新たな道路整備の影響をあまり受けない既存道路の配分交通量が大きく変化してしまうような問題が生じにくい。
- ⑥ 利用者均衡の概念に基づいているため、配分以外の段階における需要変動を考慮した統合型モデル等、多様な政策の評価に対応したモデルへの拡張性が高い。

3. 利用者均衡配分の拡張に向けて

昨今、道路整備をはじめとする様々な交通施策の評価を、より適切な手法を用いて行なうことがより一層必要となってきた。先に示したように、利用者均衡配分モデルは、このような評価のニーズに対応して理論的な透明性、整合性を保ちつつ、様々な発展モデルへの拡張が比較的容易なモデルである。

ここでは、近年の社会ニーズを考慮して、実務上の要請が高いと考えられる利用者均衡配分モデルの発展モデルを紹介する。具体的には、「確率的利用者均衡配分モデル」、「マルチクラス配分モデル」、「需要変動型予測手法」、「時間帯別均衡配分モデル」の 4 つのモデルについて、モデルの考え方、適用場面、適用上の課題等を整理する。

(1) 確率的利用者均衡配分

先に示した確定的な利用者均衡配分では、全ての車は少しでも旅行時間の短い経路を利用しようとすると仮定すると同時に、ドライバーが各経路の旅行時間を完全に知っている上で経路を選択しているという仮定をおいていた。このため、均衡状態における厳密な最短経路以外には交通量が配分されなかった。しかし、ドライバーが知っている経路別旅行時間が不完全（正確でない）であり、旅行時間以外の要因も考慮して経路を選んでいると仮定することはより現実的である。そのような前提を置いた配分モデルが確率的利用者均衡配分である。すなわち、確率的利用者均衡配分は、「ドライバーが認識している各経路の旅行時間は確定的な値ではなく、確率的に（ランダムに）変動する誤差を含んでいる」と考えるモデルである。

確率的利用者均衡配分は、ドライバーが認識して

いる旅行時間に誤差項を導入するという考え方から、ランダム効用理論に基づく離散選択モデルをドライバーの経路選択に適用したものが確率的利用者均衡配分であると考えられる。

確率的利用者均衡配分モデルでは、最短経路 A より旅行時間が多少長い経路 B があっても、ドライバーによっては経路 B の方が旅行時間は短いと認識し、B を選ぶことが起こり得る。このため、最短経路以外に経路にもいくらかの交通量が流れることになる。(図 - 1 参照。) 当然、ある経路の旅行時間が最短経路に比べて長ければ長いほど、その経路に配分される交通量も少なくなり、最短経路とわずかしかな旅行時間が変わらない経路には、最短経路と大差ない交通量が流れることになる。

また、確定的な利用者均衡配分では経路交通量が一意に決まらないという特性があるが、確率的利用者均衡配分では、経路旅行時間に対応して経路選択確率が一意に決まることから、経路交通量も一意に決まる。

確率的利用者均衡配分モデルは、確定的利用者均衡配分モデルを包含するものであり、実務での適用性は利用者均衡配分モデルと同様、非常に高いモデルである。特に、以下のような場合において有効である。

①対象地域あるいは対象道路網の経路選択行動に

おいて、所要時間(料金も含めた一般化費用でもよい)以外の要因が大きく影響していると想定される場合

②より厳密な現況再現性が求められるような場合

経路選択モデルに使用される分散パラメータ θ を現況に合うように設定することができ、確定的利用者均衡配分に比べ推計精度が高いことが知られている。

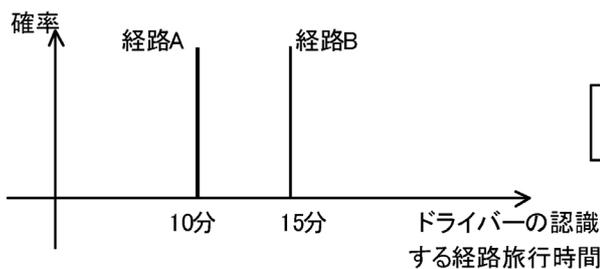
③不完全情報から完全情報(あるいはその逆)に周辺環境が変化した影響を把握したい場合

例えば、ITS の進展の度合いによりドライバーの認知する経路や所要時間の情報は増加等、情報化の進展による交通状況の影響を把握する場合が考えられる。

④ゾーン間の経路交通量を一意に推計したい場合

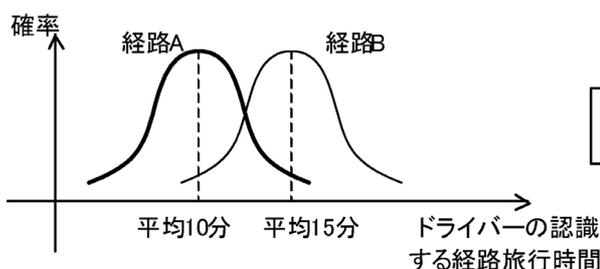
実務での適用上の課題としては、経路選択モデルに使用される分散パラメータ θ の値をどのように設定するかが挙げられる。その設定方法については、現段階としては、いくつかの θ を用いて配分計算を行い、交通量の再現性が最も高くなるように θ を決める方法が考えられる。ただし、理論的にも実証的にも十分な研究が蓄積されていない状況であり、適用にあたっては注意が必要である(θ の設定方法については、溝上・松井(1992)等で分析している)。

【確定的な利用者均衡配分】



全てのドライバーは正確な経路旅行時間を知っており、経路Bよりも経路Aの方が速いと正しく判断する。したがって、全員が経路Aを選ぶ。

【確率的利用者均衡配分】



ドライバーは正確な経路旅行時間を知らないため、経路Aよりも経路Bの方が速いと判断することもある。経路Aを選ぶドライバーの方が多いが、経路Bを選ぶドライバーもいる。その比率は、旅行時間の平均値だけでなく誤差項の分布形状に依る。

図 - 1 確率的利用者均衡配分の考え方

(2) マルチクラス配分モデル

従来から実務で用いられている容量制約付分割配分法や、先に示した利用者均衡配分は、1つのOD表を用いて配分計算を行っており、例えば車種毎の行動規範は全て同じとする考え方である。そのため車種や交通目的、ドライバーの属性など、自動車の属性の違いを考慮した施策の評価を厳密に行なうことはできない。

しかし、有料道路は車種毎に料金が違うこと、交通目的毎に時間価値が違うこと、ドライバー毎に道路の認知度が違うことなどが影響し、乗用車と貨物車、業務目的の交通と私事目的の交通、地域の道路に詳しい人とそうでない人など、ドライバーや自動車の属性によって経路選択行動規範に違いがあると考えられる。

マルチクラス配分は、そのようなドライバーや自動車の属性の違いを明示的に考慮して配分交通量を計算する配分手法である。自動車の属性の違いを明示的に考慮した配分計算が可能であるため、車種別の料金施策の評価（ピークロードプライシングや環境ロードプライシングなど各種プライシング施策）や、車種や交通目的による経路選択の違い（時間価値や料金の違い）を明示的に考慮することができる。また、車種別の流入規制や走行規制などのきめ細かなソフト施策への適用が可能である。

マルチクラス配分モデルは、Yang (1998)⁹⁾、朝倉 (2000)⁹⁾、溝上・本田 (2000)⁹⁾の研究があるが、実務にて適用した例はまだない。今後は実務での蓄積を行い、実務での適用に際しての問題、課題を洗い出し、それらを解決していく必要がある。

(3) 需要変動型予測手法

従来から用いられている四段階推計法では、分布交通量の予測や機関分担率の予測に用いる道路サービス水準を表す指標として、ゾーン間の自動車所要時間を用いることが多い。この場合、各段階のモデルのサービスレベル変数は独立に取り扱われており、配分計算に先立って何からの方法で道路サービス水準を仮定した上で、まずOD交通需要を予測し、このOD交通需要を所与として配分計算を行なっている。このため、例えば各段階の交通量を予測する際に用いられるゾーン間旅行時間と、配分交通量の算定後のゾーン間旅行時間は必ずしも一致しない（図-2参照）。この方法は、配分結果如何によってOD

交通需要が影響を受けることがないことから、「需要固定型（FD：Fixed Demand）」予測手法と呼ばれる。

一方、理論上の配分交通量は、その配分交通量と道路サービス水準は交通需要と道路供給のバランスの結果として決まるものであり、元の交通機関のOD交通需要も交通サービス水準に依存して変化することになる。この考え方に基づくのが「需要変動型（VD：Variable Demand）」予測手法である。需要変動型予測手法では、ネットワークを流れるフロー及びサービスレベル（リンク交通量、リンク旅行時間）と、OD間のフロー及びサービスレベル（OD交通量、ゾーン間旅行時間）を、予測手法全体として整合をとりながら求めることが可能となる。

需要変動型予測手法には「統合型配分モデル」を用いることが適切である。配分交通量を算定するための統合型配分モデルは利用者均衡配分モデルの拡張として考えることができる。このモデルは配分モデルと他の各段階の交通量モデルの一部あるいは全体を統合させた数理最適化問題を定式化させ、各段階の交通量等を一意に算出する手法である。

需要変動型予測手法は、交通量及び交通サービス変数（旅行時間など）について段階間の整合性を確保し、道路整備をはじめとする交通施策の影響をより適切に分析、評価できる予測手法である。この手法は、近年、道路交通需要予測手法について客観性、論理性、透明性がより一層求められる中で、四段階推計法における各段階での交通サービス変数の不整合が解消できるため、分布や分担に大きく影響を及ぼすような広域の道路網計画などにおいて適用する方向で検討を進めることが望ましい。

需要変動型予測手法の適用上の課題は次の通りである。

統合型配分モデルは、各段階のサービスレベルを整合させるための、理論的に最も適当な方法である。しかし、手法の理論とアルゴリズムは完成し、数多くの研究実績があるものの、実務にて適用した例はほとんどないのが現状である。その理由はいくつかあると思われるが、均衡理論自体が実務者に普及しなかったことなどが挙げられる。今や計算処理能力の大幅な向上やパッケージソフトが開発されており、実務への適用は昔ほど困難でないと考えられる。

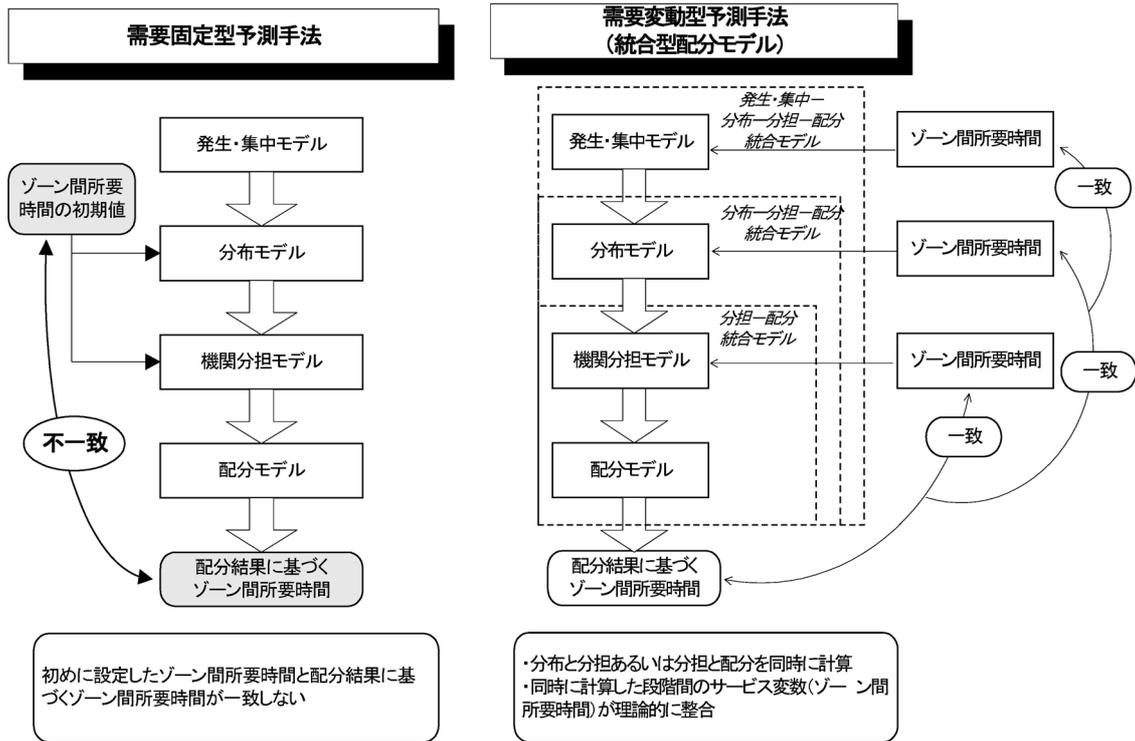


図 - 2 需要固定型予測手法と需要変動型予測手法の概念図

(4) 時間帯別均衡配分モデル

従来わが国の実務において適用されてきている日単位の交通量配分モデルは、「日配分」とも呼ばれ、一日の交通流を定常状態にあるとして捉え、平均的な日交通量を求める手法である。

しかしながら、実際の交通現象においては、朝夕のピーク時間帯と日中・夜間との交通量変動、あるいは時間帯による交通流の方向性など考慮した場合、交通流の定常性を日単位で仮定することは必ずしも適切であるとはいえない。また、リンクパフォーマンス関数で利用される日交通容量は、例えば、時間交通容量に日換算係数を乗ずるなどして求められる。しかし、時間交通容量が道路構造・沿道状況などに基づいた合理的な設定が容易であるのに対して、日換算係数の設定は実績値による経験式に基づくため、時間的・空間的な適用に際して理論的な保証がされない。一方、時間帯別の料金施策等、交通量の時間変動を考慮したモデルの実務への適用が必要となってきた。

交通量の時間帯変動を考慮できる、現実的な配分手法としては、「時間帯別均衡配分」が開発されている。これは、一日を数時間程度ごとに分割（例えば1時間帯×24）した上で、各時間帯の中では定常

状態にあるものと仮定して、時間帯別の配分を行なう方法である。

時間帯別配分では、一日の連続した時間の中での交通流を1時間程度の時間単位で機械的に区切って扱うため、各時間帯の終端時刻において残留交通量が発生する場合がある。これは現在の時間帯はもちろん、次の時間帯以降の配分結果にまで影響を及ぼすことを意味する。このような複数の時間帯に影響を与える残留交通量を交通流の保存条件を維持しながら、効率よく処理しようとする方法論が確立している。具体的方法としては、リンク修正法やOD修正法が提案されている⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾。

また、将来のピーク時間帯の交通需要と道路容量のバランスから道路計画を検討する場合には、ピーク時間帯のみを対象として交通量を推計する方法がある。欧米では、従来から時間単位の交通容量を設定し、ピーク時間帯均衡配分を実施している。時間帯毎の将来需要を推計することは困難なことから、将来のマクロなピーク需給バランスを検討する方法として有効は方法一つである。

昨今、時差出勤やロードプライシングなどのTDM施策の重要性が増してきている中で、特定時間帯を対象とした交通施策を評価できる交通需要予

測モデルの必要性が高まりつつある。時間帯別均衡配分モデルは、一日をいくつかの時間帯に区切り、交通量の時間変動を考慮しつつ、それぞれの時間帯内で配分計算を行なうモデルであり、そのようなニーズに対応できるモデルである。

また、時間帯別均衡配分モデルは、将来の道路計画を将来のピーク時間帯の交通需要と道路容量のバランスから検討する場合にも有効である。例えば、10年後やそれ以上の将来時点を対象として、交通施策や道路整備を評価する場合には、将来時点のピーク時間帯のOD表を推計し、その時間帯だけを対象とした通常の利用者均衡配分（リンク交通容量は時間可能交通容量）を適用すれば良い。欧米では一般的に実務で行われている方法である。

なお、交通需要が時々刻々と変化するのに応じて時々刻々と変化するネットワーク上の交通流を扱う配分方法として「動的配分モデル」がある。しかし、真に動的に変化するOD表を配分する解法は未だ開発途上にある。また、動的ネットワークシミュレーションによって配分交通量を求める方法の研究が進み、実務への適用も進められつつある。動的ネットワークシミュレーションと、時間帯別均衡配分モデルの使い分けについては、求められる精度や対象ネットワークとその細かさなどによって選択されることとなり、今後実務での適用を踏まえて整理が必要な点である。

参考文献

- 1) 土木学会：道路交通需要予測の理論と適用 第1編，2003
- 2) 溝上章志・松井寛：Fisk型確率的均衡配分モデルの未知パラメータ θ の推定に関する一手法，交通工学，No 28，pp 21 - 29，1992
- 3) Yang, H.: Multiple Equilibrium Behaviors and Advanced Traveler Information Systems with Endogenous Market Penetration, Trans. Res., Vol. 32B, No. 3, pp. 205 - 218, 1998
- 4) 朝倉康夫：利用者の属性に応じたサービスと需要予測，高速道路と自動車，第43巻，第6号，pp. 11 - 13，2000
- 5) 溝上章志・本田秀太：多種流確率均衡に基づいたVICS情報の利用率予測と便益評価，土木計画学研究・講演集，No 23(2)，pp. 759 - 762，2000
- 6) 赤松隆・牧野幸雄・高橋栄行：待ち行列進展と時間帯別OD需要を内生化した準動的な交通均衡配分，土木計画学研究・講演集，No 20(2)，pp. 271 - 278，1997
- 7) 藤田素弘・松井寛・溝上章志：時間帯別交通量配分モデルの開発と実用化に関する研究，土木学会論文集，No 389 / IV - 8，pp. 111 - 119，1988
- 8) 藤田素弘・山本幸司・松井寛：渋滞を考慮した時間帯別交通量配分モデルの開発，土木学会論文集，No 407 / IV - 11，pp. 129 - 138，1989
- 9) 宮城俊彦・牧村和彦：時間帯別交通配分手法に関する研究，交通工学，Vol 26，No 2，pp. 17 - 27，1991

大規模コーパスからの呼応表現抽出

Extraction of KO-OU Expressions from Large Corpora

木田 敦子* 山本 英子** 神崎 享子** 井佐原 均**

By Atsuko KIDA, Eiko YAMAMOTO, Kyoko KANZAKI and Hitoshi ISAHARA

1. はじめに

文の意味は述語によって決まるという観点から見ると、英語などのSVO型言語では述語が出現した時点で文内容が把握でき、後続要素の予測がつきやすいと説明できる。これに対して、日本語のようなSOV型言語では、述語が目的語などに後置されるため、後続要素の予測がつきにくいということになる。だが、日本語でも文を読む時や日常会話において、理解に困難はなく、人は各要素の出現順序に従って、進行していく文を漸進的に理解していると考えのが自然である。我々は、これを漸進的文理解と呼ぶ。述語が後置される文法構造を持つ日本語において、この漸進的文理解を可能にする要因の一つに、「呼応関係」という構文構造があると考えられる。

「呼応関係」とは、「決して行かない」の「決して」と「ない」のように、「先行する一定の語に応じて後ろに特定の形が来る（『岩波国語辞典』より）関係である。これに対して、「共起関係」は、「赤い花」の「赤い」と「花」のように、二つの語が同一文内に出現する関係である。共起関係には出現順序に制約はないが、呼応関係には制約がある。本稿では、以下、「先行する一定の語」を「呼」要素、「後ろにくる特定の形」を「応」要素と呼ぶ。

中世以前の日本語には、係助詞と文末の活用形とが形態的な呼応関係を持つ係り結びの用法があった。古語では、係り結びの機能によって、係助詞が後続要素を予告する働きを担っていたと見ることもできる。大野¹⁾は、係り結びが消滅した現代語においても、ある種の副詞が古語の係助詞と似た役割を果たしており、文の行く手を予告する働きを持っていることを指摘している。実際、現代語にも「しか～ない」「決して～ない」などの呼応関係が存在する。我々は、このような表現を収集して、呼応表現データを

作成することを試みている。従来、このような客観的な基準を用いて実用規模の呼応表現データを作成する研究は行われていなかった。本研究で作成する呼応表現データは、対話処理システムに求められる漸進的な文理解²⁾や文予測のための基礎データとして役立つと考えられる³⁾。また、このデータは、構文解析の曖昧性解消や係り受け関係決定の補助情報としても役立つと考えられる。

そこで我々は、コンピュータによる処理を前提とした電子テキストの集合体であるコーパス⁷⁾から呼応表現を自動抽出し、データを作成することを目指している⁴⁾⁵⁾⁶⁾。本稿では、コーパスから呼応表現を抽出する手続きと、抽出した呼応表現データの分析結果について報告する。

2. 本研究の位置付け

大野¹⁾は、古語の係助詞に代わって「ある種の副詞」が、「時間的に線状的に発展し連続していく言語表現の早い部分で、一文の行く手、肯定か否定か疑問かなどを予告しておこうとする」役割を果たしていることを示唆している。

また、益岡⁹⁾のモダリティ論では、文を階層構造と呼応関係を持つものと捉え、以下のような呼応関係を挙げている（表-1）。

表-1 益岡による呼応関係

「呼」要素	「応」要素
ねえ、おい	ね、よ
ぜひ、なんて	て下さい、なあ
たぶん、どうも、いったい	だろう、らしい、か
むかし、かつて、もうすぐ	た
決して、必ずしも	ない

* 言語情報研究室 ** 独立行政法人通信総合研究所

大野¹⁾の現代語における係り結びに代わる現象の指摘は大変貴重なものだが、具体的な例を挙げての説明はない。また、益岡⁹⁾は、呼応関係にある「呼」要素のグループ「たぶん・どうも・いったい」に対して「応」要素のグループ「だろう・らしい・か」を挙げているが、個々の語がそれぞれの語と呼応関係にあるのかは記述していない。また、挙げられている要素の数が少なく、挙げられている「呼」要素と「応」要素の客観性が保証されていない、などの弱点がある。そこで我々は、大規模な電子化コーパスから自動的に呼応関係を抽出することで、客観的かつ実用に耐える規模の呼応表現データを作成することを目指す。

3. 方法と調査対象

(1) 方法

補完類似度は文字認識（パターン認識）の分野で用いられている類似尺度である。出現パターン（ベクトル）の包含状況を測ることによって関係を推定するため、パターンの包含関係の抽出に強い。

山本・梅村¹³⁾は、出現パターンの包含関係に強い補完類似度を用い、コーパスから事象の対多の関係を抽出する実験を行っている。

呼応関係の出現パターンを見ると、「応」要素は「呼」要素より頻繁に出現する。補完類似度は出現パターンの包含関係を測るものなので、「応」要素の出現パターンが「呼」要素の出現パターンを包含するかどうかを測り、その二つが包含関係にあれば、「呼」要素の出現パターンは「応」要素の出現パターンと重なる部分が多く、補完類似度は高い値を保持する。

呼応関係は「呼」要素がいくつかの「応」要素を持つ対多関係である。一方、出現パターンに関しては、「応」要素が「呼」要素を包含する対多関係になる。そこで、我々は補完類似度を用い、出現パターンにおいて「応」要素が「呼」要素を包含する関係にあることを利用して、呼応表現の抽出実験を行った。本研究では、調査対象語を呼応関係の「呼」要素と仮定し、補完類似度を用いて調査対象語に対する「応」要素を抽出することを試みる。

(2) 対象データ

本稿では、いわゆる副助詞、係助詞と副詞の一部

である以下の語を調査対象語とした。これらを呼応関係の「呼」要素と仮定して調査を進めた。

[調査対象語]

は・も・こそ・さえ・しか・決して・ぜひ
まるで・もし・きっと

調査データには、1991年から2000年までの毎日新聞、日本経済新聞、読売新聞の新聞記事データを使用した。データの規模は、毎日新聞記事データ10年分の10,273,385文、282,859,867形態素、読売新聞記事データ10年分の14,938,734文、466,642,043形態素、日本経済新聞記事データ10年分の15,565,344文、461,733,326形態素、合計40,777,463文、1,211,235,236形態素である。

4. 補完類似度を用いた呼応表現の抽出

処理の流れを図-1に示す。

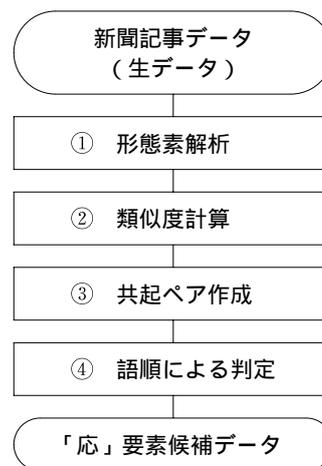


図-1 処理の流れ

- ① 新聞記事データ（生コーパス）を一文ごとに区切った後、形態素解析システム茶釜¹¹⁾を用いて形態素解析を行う。活用語は原形に変換する。
- ② 補完類似度によって、固有名詞、普通名詞、数詞以外の全形態素間の類似度計算を行う。類似度計算は、新聞の種類別に10年分の記事データに対して行う。
- ③ 類似度計算の結果から、調査対象語を含むペアを抽出する。これを共起ペアと呼ぶ。

- ④ 3で得られた共起ペアに対して、語順による判定を行う。共起ペアが、「呼」要素-「応」要素の順で出現している文の数が、「応」要素-「呼」要素の順で出現している文の数より多ければ、呼応候補ペアであると判定する。ここで得られた呼応候補ペアのうち、調査対象語ではない方の要素が「応」要素候補となる。

表-2は、各「呼」要素に対して抽出された「応」要素候補の出現数を示したものである。出現数が最も多い「は」では18,590個の要素が、最も少ない「ぜひ」では1,977個の要素が抽出された。抽出された「応」要素候補には、「決して(副詞 一般)-平たん(名詞 形容動詞語幹)」「決して(副詞 一般)-偶然(名詞 形容動詞語幹)」のような呼応表現と関係ないものも多く含まれている。類似度が低くなるにつれ、このような呼応表現ではないと判断できるものが増えていく傾向が見られる。そこで、それぞれの「呼」要素に対する「応」要素候補として抽出されたものの中から、類似度順に上位10位までを選び分析を行った。

5. 得られた「応」要素の分析

本章では、「応」要素候補の分析結果の中から、「呼」要素「きっと」に対する「応」要素候補の分析結果を取り上げて詳細を述べる。表-3の“「応」要素候補”欄は、「きっと」に対する「応」要素として抽出された候補から、類似度順に上位10位までを選んだものである。それぞれの「応」要素候補に対して、目視で実例を100例ずつ観察し、

- ・単独で「応」要素になるもの
- ・組み合わせで「応」要素になるもの
- ・「応」要素ではない可能性があるもの ×

の判定を行った。判定の結果は、表-3の“分類”欄にそれぞれ上記の × の記号で付与した。迷うものは判定を保留し、空欄とした。

判定の結果、「呼」要素「きっと」に対する「応」要素候補として得られたものの中には、“「応」要素ではない可能性があるもの(×)”と判定できるものは見られなかった。そこで、以下では“単独で「応」要素になるもの()”、“組み合わせで「応」要素になるもの()”について詳しく述べる。

表-2 各「呼」要素に対して抽出された「応」要素候補の出現数

	は	も	さえ	しか	こそ	もし	きっと	まるで	決して	ぜひ
候補数	18,590	9,597	3,712	3,530	6,094	8,222	2,865	4,673	4,039	1,977

表-3 抽出実験から得られた「きっと」に対する「応」要素候補上位10語

「呼」要素	「応」要素候補	類似度	「応」要素候補・出現数	分類
きっと	う(助動詞/不変化型)	0.004726	1,333,016	
きっと	だ(助動詞/特殊・ダ)	0.004180	15,642,869	
きっと	と(助詞-格助詞-引用)	0.003722	10,193,119	
きっと	て(助詞-接続助詞)	0.003030	19,840,812	
きっと	思う(動詞-自立/五段・ワ行促音便)	0.002636	647,692	
きっと	です(助動詞/特殊・デス)	0.002215	1,042,087	
きっと	ない(助動詞/特殊・ナイ)	0.002002	5,492,225	
きっと	まず(助動詞/特殊・マス)	0.001957	1,417,320	
きっと	の(名詞-非自立-一般)	0.001953	3,855,773	
きっと	はず(名詞-非自立-一般)	0.001560	131,976	

(1) 単独で「応」要素になるもの

表-3に挙げた「呼」要素「きっと」に対する「応」要素候補のうち、「はず」を“単独で「応」要素になるもの”と判定した。

(例1) 広大な海辺で見る作品はきっと魅力的に映るはずだ。

だが、これ以外には、単独で「きっと」の「応」要素となると判定できるものが見られなかった。“単独で「応」要素になるもの”と判定できる要素が少ないことは、「きっと」に対する「応」要素候補以外のデータにも共通して見られる傾向である。

なお、「思う」は“単独で「応」要素になるもの”と判定しなかった。「きっと」は「だろう」などの推量の意味を持つ要素と呼応する傾向にある。そのため、主観的な意味の強い「思う」を「応」要素と判定したくなる。だが、実例をあたると、多くの場合、「思う」は引用の助詞「と」に後続する形で出現していることが観察できる。

(例2) 厳しい道だが、後に続く選手はきっとたくさん出てくると思う。

例2は、「きっとたくさん出てくるだろうと思う」「きっとたくさん出てくるはずだと思う」に言い換え可能である。そして、このように言い換えた場合、「きっと」と「だろう」「きっと」と「はず」に呼応関係が認められると判断されることになる。このように考えると、例2の場合も、呼応関係にあるのは「きっと」と「思う」ではなく、「きっとたくさん出てくる ϕ と思う」の「きっと」と「 ϕ 」であると見ることにもできる。本稿では「 ϕ 」を「応」要素と見るか否かについてはこれ以上議論せず、重要な問題であるとの指摘のみにとどめたい。

(2) 組み合わせで「応」要素になるもの

「だ」「う」「です」「ない」を“組み合わせで「応」要素になるもの”と判定した。「だ」は「だろ」の原形である。これと「う」が組み合わせさり、「だろう」になる。

(例3) 宇宙飛行士たちは、きっとこのような漆黒の空間を見たのだろう。

同様に、「です」「う」が組み合わせさって「でしょう」に、「違い」「ない」が組み合わせさって「違いがない」になる。このように前後の語とのまとまりで見ることによって、呼応関係が認められる「応」要素候補がある。

(例4) 落語家にならなかつたらきっと、長屋の住民の目線で生きる庶民的な弁護士になっていたでしょう。

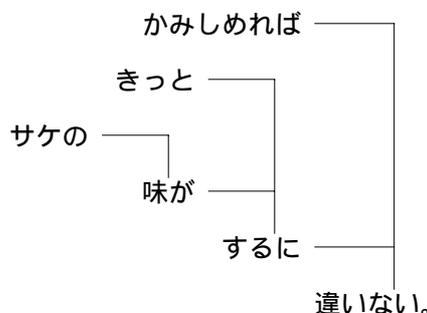
(例5) 酸いも甘いもかみ分ける武双山ならきっと正しい方向性を見つけるに違いない。

6. 呼応表現データの実用可能性

(1) 曖昧性解消・係り受け関係決定

「呼」要素と「応」要素の関係を記述した呼応表現データは、構文解析の曖昧性解消や係り受け関係の決定に役立つ。

「かみしめれば、きっとサケの味がするに違いない。」を構文解析システム KNP[®]を用いて解析すると、下記のような結果が得られる。



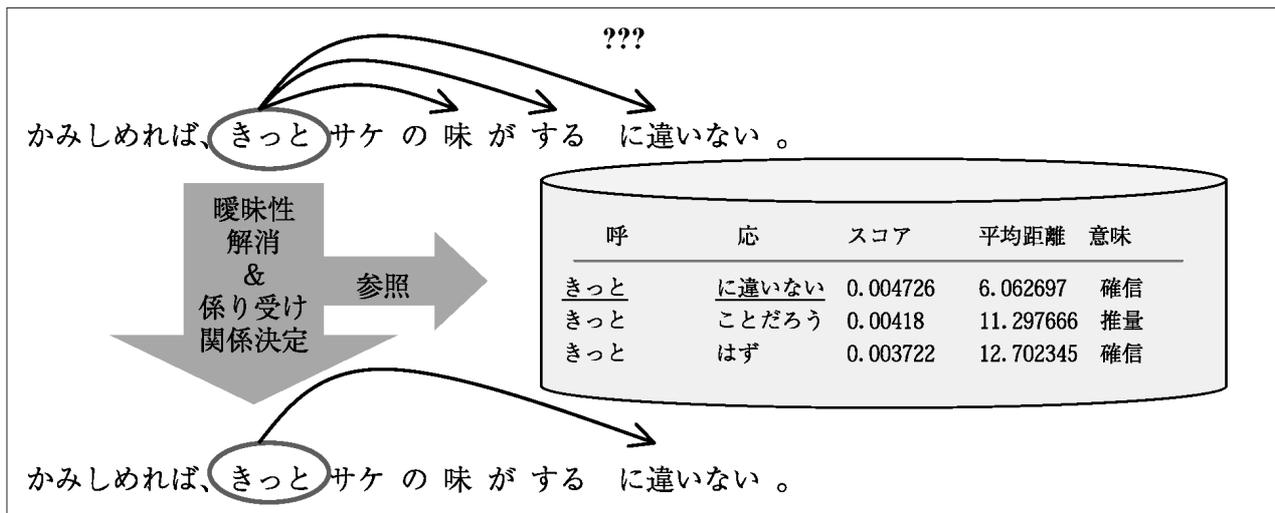


図 - 2 曖昧性解消

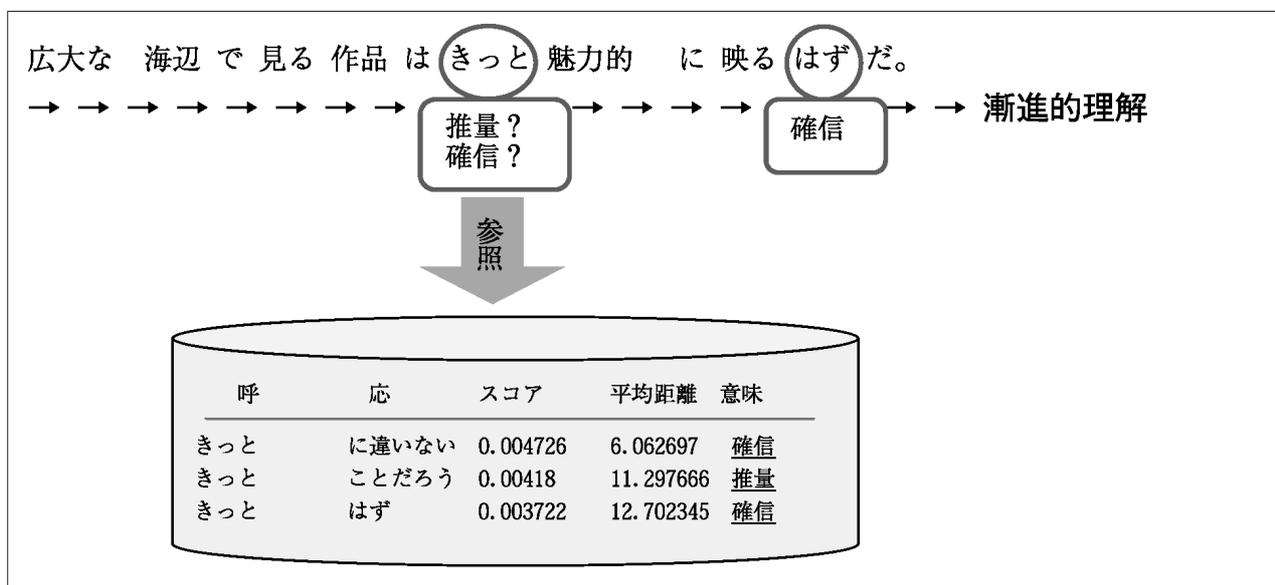


図 - 3 前進的文理解

7. 意味情報付与の必要性

呼応表現データを文の漸進的理解に用いるなら、データに意味情報が付与されていることが必要である。データに意味情報が付与されていれば、「呼」要素が現れた段階で、呼応表現データを参照することによって文内容を十分につかんだり推測したりすることが可能になる(図-3)。だが、第4章の処理で得られた「応」要素候補に意味情報を付与するのは難しい。形態素解析によって一形態素ごとに分割されており、各要素が短すぎるためである。

通常、述語は文意決定に重要な役割を果たしてい

る。日本語の文の述語は、動詞に続く助詞、助動詞の連続によって成り立っている場合が多い。この連続部分に含まれる助詞、助動詞は機能語である。それ故に、助詞・助動詞の中には単独で見ても、意味が決定できないものがある。また、他の語と組み合わせることによって意味が変わるものもある。

表-3に挙げた「応」要素候補「だ」は「今日は雨だ」という文では断定の意味になる。一方、「明日は晴れるだろう」という文では推量の意味になる。また、「ない」は否定を表す助動詞である。だが、「かもしれない」に違いない」という語とのまとまりでは、否定の意味は消える。そして、語のまとまり全

体で、推量、確信の意味になる。

呼応の「応」要素である判断できるものには、述語が多く見られる。したがって、前述した述語の語構成の性質上、意味情報付与の前段階で複数要素を組み合わせる作業が必要であると考えられる。

8. おわりに

以上、大規模コーパスからの呼応関係の抽出方法とその分析結果について報告した。

本稿では、補完類似度を用いた大規模コーパスからの呼応表現データ作成の手順、呼応表現データの分析結果、呼応表現データの有用性について述べた。

また、意味情報付与の必要性について述べ、意味情報を付与する前に、複数要素を組み合わせる作業が必要であることについて論じた。現在、我々は複数要素の組み合わせを自動生成する課題に取り組んでいる。現段階の処理では「応」要素として得られるのは「はず」「だ」のように一形態素のみだが、複数要素の組み合わせ自動生成が実現できれば「に違いない」「でしょう」「だろう」「かもしれない」などの自動抽出が可能になる。複数要素の組み合わせの自動生成は、今後の課題としていきたい。

参考文献

- 1) 大野晋：係り結びの研究，岩波書店，1993。
- 2) 木田敦子，乾裕子，神崎享子，高梨克也，井佐原均：構文論から見た対話 - 円滑な話者交替を可能にする構文構造 - ，第33回人工知能学会言語・音声理解と対話処理研究会資料，SIG - SLUD - A 102，pp 33 - 38，2001。
- 3) 木田敦子，乾裕子，高梨克也，井佐原均：文構造の漸進的予測を可能にする日本語の諸特徴の分析，言語処理学会第8回年次大会発表論文集，pp 65 - 68，2002。
- 4) 木田敦子，山本英子，井佐原均：後続要素を予告する表現の分析，情報処理学会研究報告，NL - 152 - 20，pp 137 - 143，2002。
- 5) 木田敦子，山本英子，神崎享子，井佐原均：呼応関係を産み出す構文手がかり，言語処理学会第9回年次大会発表論文集，pp 23 - 26，2003。
- 6) Kida, A., Yamamoto, E., Kanzaki, K. and Isahara, H.: Extraction and verification of KO-OU expressions from large corpora, ACL-03 Companion Volume to the Proceedings of the conference, pp. 169 - 172, 2003.
- 7) 後藤齋：言語理論と言語資料 - コーパスとコーパス以外のデータ - ，日本語学4月臨時増刊号，Vol 22，pp 6 - 15，2003。
- 8) 黒橋禎夫：日本語構文解析システムKNP version 2.0 b 6，京都大学大学院情報学研究所，1998。
- 9) 益岡隆志：モダリティの文法，くろしお出版，1991。
- 10) 益岡隆志，田窪行則：基礎日本語文法 改定版，くろしお出版，1992。
- 11) 松本裕治，北内啓，山下達雄，平野善隆，松田寛，高岡一馬，浅原正幸：形態素解析システム『茶釜』version 2.2.9 使用説明書，2002。
- 12) 山田孝雄：日本文法学概論，宝文館，1936。
- 13) 山本英子，梅村恭司：コーパス中の一対多関係を推定する問題における類似尺度，自然言語処理，Vol 9，No 2，pp 45 - 75，2002。

謝辞：本稿を纏めるにあたり、検索ツール tea の使用を許可して下さいました通信総合研究所の内山将夫氏に感謝致します。また、毎日新聞社、読売新聞社、日本経済新聞社の新聞記事の電子化データを使用させて頂きました。感謝申し上げます。

道路整備の間接効果計測に関する研究 - 福島西道路を事例に -

A Study on Evaluation of indirect effect in Road Construction Projects
- Application to Fukushima Nishi Doro -

樋野 誠一* 西山 良孝** 林 一成** 吉田 朗***

By Seiichi HINO, Yoshitaka NISHIYAMA, Kazushige HAYASHI and Akira YOSHIDA

1. はじめに

道路整備評価において通常適用される利用者直接便益計測法¹⁾は、沿道商業活性化や中心市街地空洞化など地域経済に与える正負の間接効果を把握することはできない。これらの間接効果が無視できない場合は、間接効果計測法による道路整備の評価が説明責任の点において必要不可欠となる。

本稿は、地方都市における道路整備事業が正または負の大きな間接効果を挙げることに注目し、国道13号福島西道路を対象として、応用一般均衡分析(CGE)・ヘッドニック分析の2つの間接効果計測手法の適用により道路整備の都市構造変化の評価を試みる。これまで捉えていない空間的間接効果の影響を、従来の利用者直接便益と比較することにより間接効果計測の必要性と手法適用の課題を述べる。

目的に平成10年3月に6.4 kmが供用された。西道路は住宅地を通過することから、供用後急速に大規模商業施設が多数立地し、バイパス沿線地域の商業活動は活性化したが、一方で、福島市中心市街地の空洞化の影響が指摘されている(図-1参照)。

(2) 分析の設定

以上の背景を踏まえ、本研究は整備道路沿道の活性化と中心市街地の空洞化を定量的に評価するモデル構築を行う。そのため、本研究は小地域単位での分析が必要となる。以下の2つの分析では共通して、①道路整備が影響する地域として福島二次生活圏を取り上げ、②分析単位として既存データが有効活用できる1 km²メッシュ(メッシュ数:1353)を採用し、③ほぼ共通の年次データがそろっている平成8年を分析基準年次とし、④小地域分析のため不足する世帯の買物交通ODデータと企業の立地に関するSP(Stated Preference:表明選好)データは、独自にアンケート調査を行う、というセットアップにより分析を行う。

また、既存研究では大きな地域単位での都市間道路の間接効果の分析は行われているが、都市内道路における小地域単位での分析は存在せず、この点が本研究の新規性と考える。

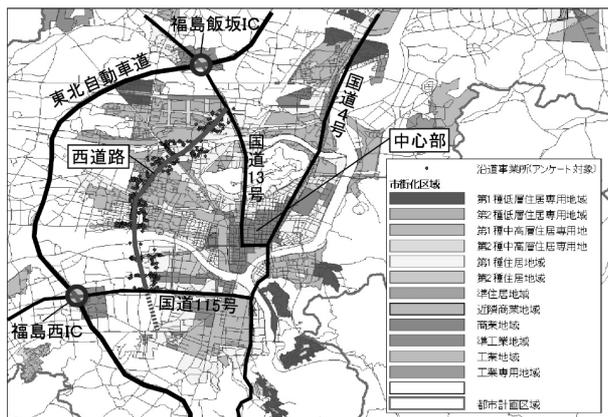


図-1 福島西道路の位置と土地利用状況

2. 研究の背景

(1) 福島西道路の概要

国道13号福島西道路は、市中心部の渋滞対策を

3. 応用一般均衡分析による間接効果計測

(1) モデルの概略²⁾

a) 家計

家計の直接効用関数は、住宅面積・財・外部性として買物効用を構成要素とするログサム型を仮定する。財価格は買物先の地価水準・交通費の考慮によりメッシュ間で全て異なる。定式化は下式となる。

* 経済社会研究室 ** 東北事務所 *** 東北芸術工科大学

$$\begin{aligned} \max U(z^{ij}, h^i, \Lambda^{ij}) \\ \text{s.t. } p^{ij} z^{ij} + p_h^i h^i = I \end{aligned}$$

ここで、 z^{ij} ：メッシュ*i-j*間財需要量、 h^i ：メッシュ*i*土地需要量、 Λ^{ij} ：居住地*i*から見た買物先*j*の特性（買物効用関数）、 p^{ij} ：メッシュ*i-j*間交通費込み財価格、 p_h^i ：メッシュ*i*地代、 I ：土地・交通部門の余剰含む総所得である。

効用最大化より得られる間接効用はガンベル分布に従う誤差項を持つと仮定して、ロジット型の居住地・買物先選択確率式が導出される。

b) 企業

本分析では、道路整備により企業立地・売上への影響を受ける産業として、小売・飲食業・卸売業・サービス業を考慮する。生産関数は土地・労働を生産要素とする1次同次のコブ・ダグラス型を仮定し、利潤最大化行動により労働・土地の要素需要関数と単位費用関数が導出される。

c) 市場均衡

都市圏全体での労働市場、メッシュ別の財市場・土地市場について均衡が成立する。これにより内生変数と方程式数が一致し、ワルラス法則の成立が証明される。ニューメーラールはメッシュ番号1の地価水準である。数値計算では、都市圏で均衡する労働市場の超過需要に応じて賃金率が調整される価格調整アルゴリズムを適用する。

(2) パラメータ推定

a) 買物効用関数パラメータの推定

効用関数式に含まれる買物効用関数 (Λ^{ij}) のパラメータ推定を行う。メッシュ単位の世帯の買物先ODデータが存在しないため、独自に福島都市圏約6,000世帯への買物ODアンケート調査を行った（回答率：22%）。調査は郵送法で実施し、2002年7月18日から7月24日までの1週間の世帯の買物行動について買物先店名・買物品目・交通手段を聞いた。推定の手順は、①世帯居住地の緯度経度情報を得る。②世帯居住地から、買物先メッシュまでの自動車所要時間を計算し、また、買物先メッシュの小売業従業員人口データを得ることで、説明変数とする。③各世帯の買物トリップ回数について、各メッシュの相対値を被説明変数として最小二乗推定を行う。

具体的な買物効用関数式は下式とする。

$$\Lambda^{ij} = a_1 t^{ij} + a_2 \ln(L^j) - a_3 p^j - a_4 p_h^i$$

ここで、 t^{ij} ：メッシュ*i-j*間自動車所要時間、 L^j ：買物先メッシュ*j*の小売業従業員人口、 p^j ：買物先*j*のfob財価格である。

推定結果を表-1に示す。

表-1 買物効用関数パラメータの推定結果

()内:t値

変数	係数推定値	t値
メッシュ間所要時間	-0.2570 E 02	(-77.9294)
買物先従業員人口	0.8196	(53.7822)
サンプル数		1470
自由度修正済決定係数		0.9108

また、的中率向上のため補正項として、キャリブレーションにより買物先財価格パラメータ：0.000001と居住地地価パラメータ：0.002を導入する。

b) 生産関数パラメータの推定

生産構造の推定について本分析が対象とする産業は小売・飲食・卸売・サービス業であるが、土地に関する統計データが存在しないため3次産業の生産構造を推定する。また、メッシュ単位の総生産データが存在しないため、福島2次生活圏の市町村データにより推定する。コブ・ダグラス型生産関数を対数変換し、説明変数間の多重共線性の存在により、リッジ回帰を適用する。推定結果を表-2に示す。

表-2 生産関数パラメータの推定結果

変数	3次産業係数推定値
定数	14.9131
労働変数	0.8352
土地変数	0.1648
サンプル数	13

(3) 道路整備有無の条件設定

a) メッシュ間所要時間

メッシュ間所要時間は、平成9年の道路交通センサス箇所別基本表の道路種別・沿道状況別混雑時平均旅行速度を、平成12年度DRMリンクデータに与え、最短所要時間を計測する。西道路ありケースは現況のネットワーク、なしケースは西道路区間6.4kmを除いたネットワークで所要時間を算定する。

b) 容積率

西道路整備に伴う沿道容積率の変更を1km²メッシュ単位の平均容積率で計測する。西道路ありケースは平成13年現況容積率を適用し、なしケースは昭和53年都市計画決定前の容積率を適用する。

(4) 社会経済指標の空間的評価

a) 夜間人口分布変化

西道路整備により人口分布が変化しており、西道路沿線地区では6.3%増加、市中心部では0.43%減少している。さらに、伊達郡・飯坂地区等の人口集中地区においても人口が減少している。

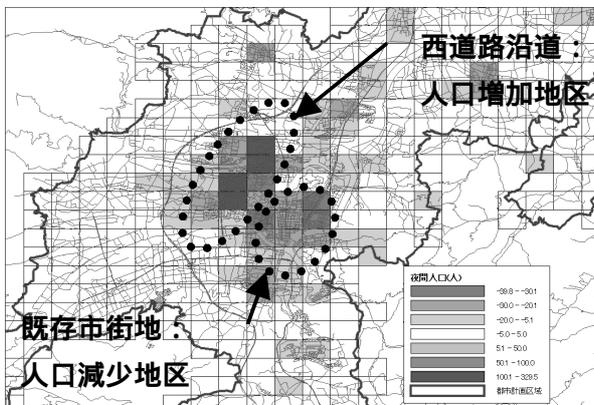


図-2 整備有無の夜間人口分布変化

b) 小売・飲食・サービス業総生産の変化

交通費用の低下により西道路沿線の買物行動が活性化し、更に、容積率増加による利用可能面積の増大により都市圏総生産が増加する。小売・サービス総生産は西道路沿道で15.2億円(7.3%)の増加する一方、市中心部では総生産1.0億円(-0.26%)減少となる。都市圏全体では年間5.4億円の増加となる。

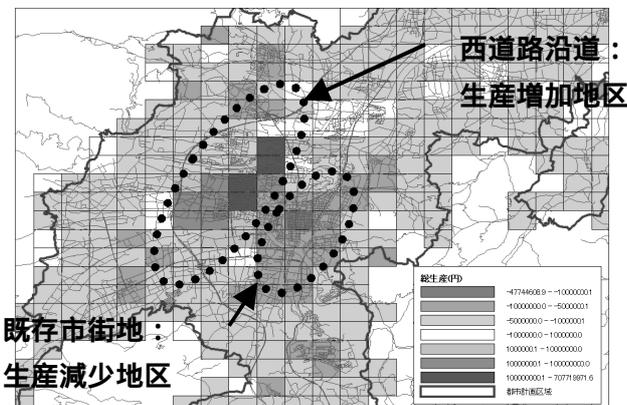


図-3 整備有無の総生産変化

c) 従業人口・地価水準

西道路沿線の利便性向上により世帯が買物先として西道路沿線を選択する結果、西道路沿線では従業人口・地価水準が増加し、既存市街地では減少する。都市圏全体の地価上昇額は483.7億円となる。

d) 便益計測の指標

総合評価は、CV(補償変分)、EV(等価変分)を対象圏域全体の世帯数で合計することにより得る。EV、CVによる評価は都市圏で年間24.9、26.9億円となり、西道路整備は、都市圏全体として最終的に正の便益を与える結果となる。

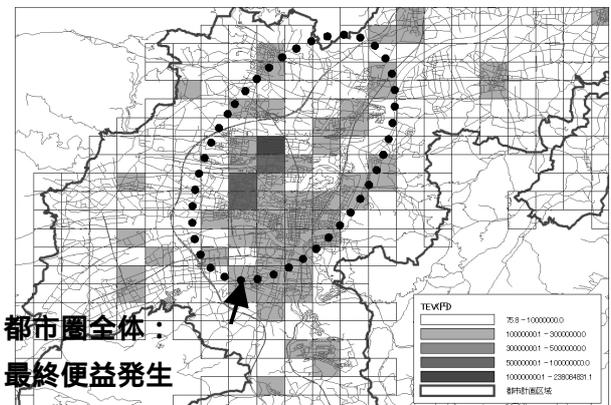


図-4 整備有無のEV変化

4. ヘドニック分析による間接効果計測

(1) 分析に際して

CGEは帰着ベースの分析であることから、モデル作成者による恣意性(モデルのブラックボックス化)と計測精度に対する信頼性の問題が指摘される³⁾

そこで本稿では、間接効果額の信頼性を高めるため、簡便で明快な手法であるヘドニック分析を適用し、CGE効果額と併記する。

ヘドニック分析は、対象地域にSmall & Open条件の成立が必要であり、また、多くの条件設定が必要であるが、簡便に便益を算定したい場合はCGEよりも適した手法と言える。本ヘドニック分析では、道路整備の都市構造変化による正・負両方の効果を考慮した間接効果計測を行う。

(2) 地価関数のデータセット

a) 推定に使用するデータ

地価データは、平成8年度の地価公示データ(サ

ンプル数：102)を使用する。アクセシビリティ変数を計算するための前提となる道路ネットワークは、西道路が暫定供用した平成8年当時のネットワークを使用する。また、従業人口分布も同様に平成8年度のものを使用する。その他、必要なデータはGISにより独自に算定する。

b) アクセシビリティの設定

アクセシビリティ変数は次式の通り定義する。

$$ACC_i = \sum_j L_j / t_{ij}^\alpha$$

アクセシビリティ(ACC)変数の分子(L_j)は、平成8年度事業所・企業統計調査から1km²メッシュ産業別従業人口を基本とし、分母(t_{ij})はメッシュ間所要時間のα乗である。ACC変数により、西道路整備による時間短縮に伴う道路所要時間の変化(直接効果)と沿道への商業施設の立地による従業人口の変化(間接効果)の2つの効果を考慮することができる。

(3) 地価関数の推定

a) 地価関数の推定

利用データは、平成8年度の福島2次生活圏の地価公示データのうち、準工業地域・工業地域・工業専用地域を除いたデータ(96サンプル)を利用する。さらに、商業地域・市街化調整区域・都市計画区域外は、地価決定の構造が他と異なると考えられるため、ダミー変数(zd9、zd13)を適用する。

b) アクセシビリティ複数ケースを設定

ACC変数の計算に関して、どの産業のメッシュ従業人口を考慮するか、また所要時間の減衰パラメータ(α)をどの水準に設定するかの選定を行う。

従業人口L_jについては、小売業と飲食業を合計したケース、3次産業すべてを合計したケース、2次産業と3次産業を合計したケースの3ケースを設定する。また、減衰パラメータについてはα=1.0、1.5、2.0の3ケースを設定する。この3×3ケースで地価関数の推定を行い、最も当てはまりの良い推定式を採用する。推定の結果、従業人口は小売業と飲食業の合計、減衰パラメータは1.0となった。複数の関数形・説明変数の組み合わせを試みた結果、下式を採用する。推定結果を表-3に示す。

$$\ln price_i = a_0 + a_1 \ln FAR_i + a_2 \ln width_i + a_3 sewage_i + a_4 sttn_i + a_5 \ln ACC_i + a_6 zd9_i + a_7 zd13_i$$

表-3 推定結果

変数	係数	t 値
定数項	5.4070	4.6079
容積率(対数)	0.3221	1.7365
前面道路幅員(対数)	0.3833	4.6670
下水ダミー	0.3079	3.5525
最寄り駅距離(対数)	-0.1384	-3.6072
アクセシビリティ(対数) (α=1.0、L=小売飲食業)	0.5435	5.5150
商業地域ダミー	0.3059	1.6276
市街化調整区域ダミー	-0.3745	-2.3386
決定係数		0.8385
自由度修正済決定係数		0.8257
サンプル数		96

(5) 道路整備有無の条件設定

本稿では、道路整備の効果を交通条件の変化による効果(直接効果)と土地利用の変化の効果(間接効果)に分ける。

a) 交通条件に関する条件設定

メッシュ間所要時間は、先の応用一般均衡分析の設定と同一である。また、前面道路幅員(width)は、DRMの幅員データより計算される1km²メッシュ内の平均前面道路幅員とする。西道路沿道で前面道路幅員が変化する構造である。

b) 土地利用に関する条件設定

容積率(FAR)の変化は、先の応用一般均衡分析の設定と同一である。

従業人口分布(L_j)の変化の設定は、沿道企業アンケート(配布数：450、回答率：44%)に基づき、以下の通り設定する。西道路ありケースの現況の従業人口分布は、平成8年の事業所・企業統計調査に基づく従業人口に、アンケートより得られる西道路沿道に平成9年以降に立地した小売・飲食業の従業人口を追加し作成する。西道路なしケースの現況の従業人口分布は、西道路供用後(平成元年)以降に立地した小売・飲食業の従業人口を、アンケートに基づき他メッシュへ移転することにより作成する。都市圏全体の従業人口は、整備有無で同一水準である。

d) 便益帰着面積の設定

便益が帰着する土地利用区分として、建物用地、交通用地、その他用地、さらには、転用可能性があることから市街化区域内の田畑部分を設定する。1 km² メッシュ土地面積は、平成3年国土数値情報より得る。

(5) 便益計測

a) 総便益額

道路整備による資産価値の上昇で見た便益総額は表-4の通りである。

表-4 福島都市圏便益総額（H8年価格、単位：億円）

	効果額
直接効果のみ（交通条件の効果）	391.8
間接効果含む全効果（交通条件の効果 + 土地利用の効果）	730.8

b) 地区別便益の分布

便益の地区別分布状況を把握する。まず、道路整備による所要時間・前面道路幅員の変化が影響する直接効果の地区別便益分布について、交通条件が改善する西道路沿道を中心に便益が発生している。一方、本ケースでは、都市構造の変化による利便性の向上や低下の効果を考慮していないので、地価下落地区は存在しない（図-5参照）。

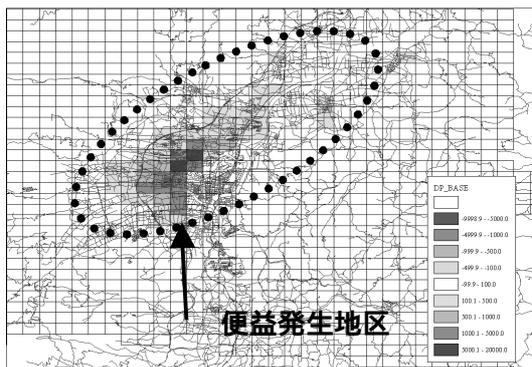


図-5 直接効果の地区別便益分布（円/m²）

次に、従業員人口分布の変化と容積率変化の効果を含む間接効果を考慮した地区別便益分布について以下に示す（図-6参照）。本ケースでは、負の便益が発生する地区が存在する。具体的には、中心部地区において、西道路整備により従業員人口が減少するため、負の効果が生ずる。また4号・115号の沿道

地区は、アンケート調査から西道路整備により従業員人口が減少するとの結論が得られるため負の効果が生ずる。福島市郊外地区は、アクセシビリティの所要時間短縮効果（+要因）と従業員人口減少効果（-要因）が混在するため、正・負効果は不定となる。

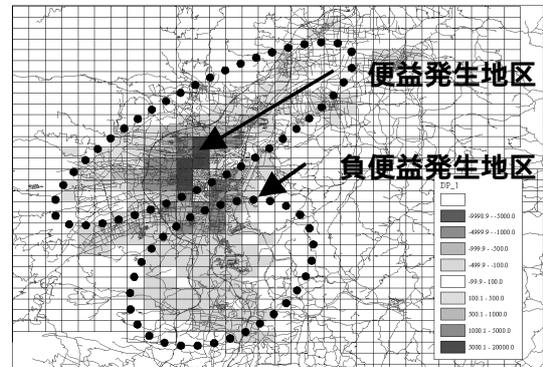


図-6 間接効果含む地区別便益分布（円/m²）

c) 項目別の便益計測

道路整備の総便益額を、前面道路幅員変化・アクセシビリティ変化・容積率変化に分解する。容積率変化・前面道路幅員変化の効果は、西道路沿道でのみ局所的に発生しているのに対し、アクセシビリティの変化は都市圏の広域に波及しているため、アクセシビリティ変化は最も大きい効果を示す。

5. 費用便益比

(1) 便益・費用の割引現在価値

a) 便益の割引現在価値

便益を現在価値化する。応用一般均衡分析で得られるCV、EVは年間の支払意思額であるので、便益額を道路の耐用年数である40年間積み上げ、社会的割引率4%で現在価値化する（割引基準年次：平成8年）。また、ヘドニック分析より得られる資産価値便益はストック額であるので、4%利率率で地代フローに変換し、40年間積み上げ、割引現在価値化する。

b) 費用の割引現在価値

公表されている西道路整備事業費は名目値であり、物価水準の統一が必要である。そこで、①建設工事費デフレータの一般道路のデータを用いて名目事業費を平成8年の物価水準に実質価値化する。②4%割引率で平成8年へ現在価値化の手順で算定する。

事業費項目は道路マニュアルに従い、名目事業費・維持管理費・期末残存価値を計上する。割引現在価値は439.2億円となる。

(2) 各分析による費用便益比の比較

各手法により得られるB/C値はそれぞれ1.0以上となり、西道路整備の妥当性は判断できる。ここでの注意は、本研究に置けるCV、EV、ヘドニック分析におけるB/Cは利用者直接便益（他調査で実施した参考値）よりも低くなる点である。本分析が-の間接効果を考慮する手法であり、道路整備による負の影響を得る地区を考慮しているためである。本研究の間接効果計測の特徴はここに表れる。

表-5 費用便益比（価格水準：H8年、単位：億円）

	CV	EV	ヘドニック	(参考値) 直接便益
便益	511.7	473.8	556.3	
費用	439.2	439.2	439.2	
B/C	1.2	1.1	1.3	2.7

6. 間接効果計測の必要性和分析上の課題

Venables (1999)⁴⁾は、社会資本整備による間接効果（累積効果や集積経済）が大きい場合は、これまでの伝統的な費用便益分析では不十分であり、一般均衡モデル構築による間接効果計測の必要性を指摘している。

海外事例においては、ドイツ連邦交通路計画⁵⁾において道路整備の評価メニューとして、利用者便益と環境影響評価以外にSIA（Spatial Impact Assessment；空間影響評価）が必要であると述べている。

日本では、今後の公共投資における説明責任の必要性から、正の効果のみでなく負の効果も含めた情報の開示が要求される。今後、間接効果の事業評価機会が増加すると予想される。

以上の背景から、本稿では、道路整備の間接効果を計測する2つの分析手法の適用を試みた。以下の特徴が得られる。①社会資本整備による地域経済への帰着ベース分析が可能となり、空間的間接効果の

影響を把握することができる。②B/C値は、直接利用者計測法よりも間接効果計測法が低く、負の影響を考慮した結果となる。③CGEは複数の経済指標の空間的評価ができ、ヘドニック分析は単一指標（地価）により簡便に評価できる特徴を持つ。間接効果計測法としてどちらを適用するかについては、地域特性や間接効果の特徴により判断すべきである。

分析上の課題として、小地域単位での分析は統計データ不足の問題があり、パラメータ推定が困難な点が挙げられる。データ取得のために独自のアンケート調査実施をすれば、調査費用が増加する問題がある。また、CGEは地域毎に間接効果計測モデルが異なるため（モデルがブラックボックスといわれる理由）、全国一律での評価が出来ない。今後は、全国の横並びでの評価が可能な、統一化された間接効果評価モデルの構築が必要と考える。

謝辞

本稿は、平成13～14年度に開催された「福島西道路整備効果研究会」の検討成果をまとめたものである。本稿執筆にあたり、研究会委員各位には多大なご指導を頂いた。また、福島河川国道事務所調査第二課長横山真幸氏には本研究を通して多大なるご協力を頂いた。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 道路投資の評価に関する指針検討委員会編：道路投資の評価に関する指針(案),(財)日本総合研究所, 1998.
- 2) Mun, S.: Transport network and system of cities, Journal of Urban Economics, 42, pp. 205-221, 1997.
- 3) 社会資本整備の費用効果分析に係る経済学の問題研究会編：費用便益分析に係る経済学的基本問題, 1999.
- 4) Anthony J. Venables: The Socio-economic impact of projects financed by the Cohesion Fund, A modeling approach, Vol. 2, European Commission, 1999.
- 5) Federal Ministry of Transport, Building and Housing: Federal Transport Infrastructure Plan 2003, The Federal Republic of Germany, 2003.

バンコクにおける都市内軌道系交通機関導入に際しての課題と日本が果たすべき役割に関する研究

Issues and Japan's rules of Development of Urban Rail Transportation System in Bangkok

杉田 浩* 鈴木 紀一** 趙 勝川**

By Hiroshi SUGITA, Norikazu SUZUKI and Shengchuan ZHAO

1. はじめに

バンコク、マニラなど、東南アジアの大都市は農村地域からの人口移動により、人口は爆発的に増大している。また、自動車も急激に普及し慢性的な交通渋滞、自動車の排気ガスによる大気汚染等、交通問題は益々深刻化している。解決方策としては道路整備や軌道系交通機関整備が考えられるが、これら諸国は経済規模、財政規模が小さいため自力での整備は難しく、海外援助（ODA など）にその財源を頼ることになる。しかし、経済状況の急激な悪化、整備方策の選択の誤り、援助国側各国の被援助国側への売り込み競争など様々な要因の複雑なからみあいにより、紆余曲折があり、必ずしも順調に整備が進められているわけではない。

バンコクでは2000年12月にスカイトレインが開業している他、予定より2年開業時期が遅れたが現在、バンコク地下鉄が整備中である。また、事業途中にして建設を中断したホープウエル計画があり、プロジェクトの成否、計画から事業化までの経緯は多岐にわたっている。そこで、本研究では、バンコク首都圏の軌道系交通機関（タイ国鉄、地下鉄、新交通システム）を対象とし、ホープウエル計画と地下鉄計画に着目し、どのように事業が進められたか、また、その中で日本はどのような関与をしたかについて、プロジェクトに関係した人々にヒアリングを行うことにより明らかにしていく。更に、これらのことから交通分野における東南アジア諸都市に対する日本の支援の方向について提案するものである。

なお、本研究は菅原操（東京理科大学）を中心に、高松正伸（株）富士ピー・エス）、岩倉成志（芝浦工業大学）の外部メンバーに加え、杉田浩、鈴木紀一、

毛利雄一、趙勝川の7名によるプロジェクトチームを構成し、IBS 自主研究として実施したものである。

2. 本研究の構成

3. ではバンコク首都圏の人口動向、市街化の動向、交通混雑等の問題について概述する。4. では交通問題解決のためにバンコク首都圏で最近策定された軌道系交通機関のマスタープランについて示す。5. ではマスタープランの中でも主要なプロジェクトである、ホープウエル計画とバンコク地下鉄について、概要、事業化までの経緯等について、日本がどのような関与をしたかを含め概述する。6. では5. での分析結果を踏まえ、交通分野における日本の支援の方向についての提案を行う。

3. バンコク首都圏の概況

バンコク首都圏（Bangkok Metropolitan Administration : BMA）はタイ国の中心に位置し、人口は約800万人であり、タイ国人口約6,150万人（1998年）の13%を占める。都心から概ね20kmの範囲は市街化されており、特に、南北に流れるチャオプラヤ河の東側は開発が進んでいる。10km圏内では、東回廊、北回廊に沿って中高層建物が建設され土地が高度に利用されている。全体的にこの2つの回廊と新規郊外住宅地に人口がシフトしており、バンコク中心部の人口は最近減少に転じている。このような郊外化の進展に加え、モータリゼーションも急激に進んでおり、バンコク首都圏の自動車台数は1988年96.0万台から1999年237.1万台と増加している。このような社会・都市構造の変化により、交通渋滞、

* 戦略開発研究グループ ** 交通研究室

交通汚染などさまざまな交通問題を発生している。都市内高速道路、新交通システム(スカイトレイン)などの整備が行われ、現在バンコク地下鉄も整備中であるが、これらは交通問題の抜本的解決には至っていない。

4．バンコク首都圏軌道系交通機関のマスタープラン

バンコク首都圏の軌道系交通機関のマスタープランは1994年首相府に属する陸路交通管理委員会(以下OCMLTと略す)により策定されたが、1997年タイ国をおそった経済危機を契機に、社会経済環境

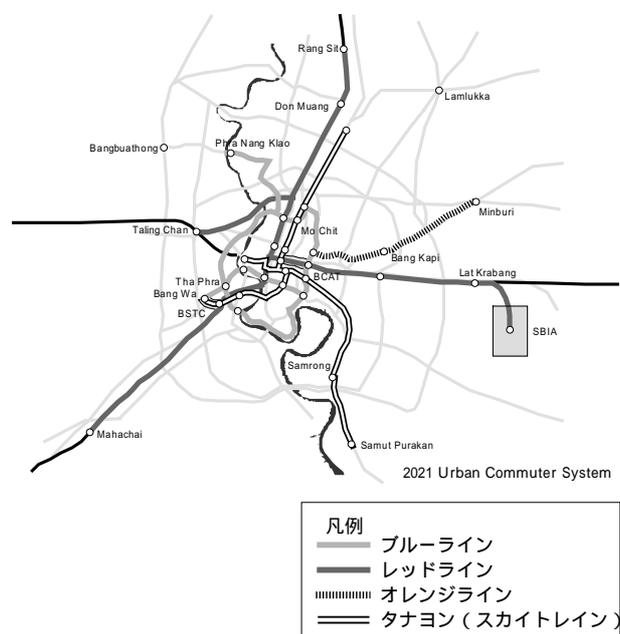


図 - 1 軌道系交通機関ネットワーク

出典：Urban Rail Transportation Master Plan Draft final Report Vol. 1: Executive Summary

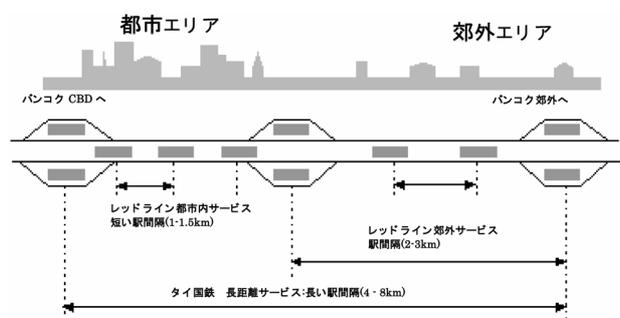


図 - 2 レッド線の通勤運行

出典：Urban Rail Transportation Master Plan Draft final Report Vol. 1: Executive Summary

が急激に変化し、その実行は困難となった。そこで、マスタープランの見直しがOCMLTにより行われることとなった。

このマスタープランでは概ね20年後(2021年)の軌道系ネットワークを提示しているが、2011年までを「開発再調整期間」、2021年までを「新規持続的開発期間」と区分し、財政状況の好転が期待できない再開再調整期間には、ホープウエル再活用による通勤線整備など建設中のプロジェクトの完成に焦点をあてることとしている。このマスタープランは放射環状のネットワークを提示しており、郊外と中心部はタイ国鉄の通勤鉄道化により、中心部内の移動は地下鉄やスカイトレインなどの新交通システムによりサービスを行うこととしている。タイ国鉄の通勤鉄道化は事業途中で頓挫したホープウエルの再生計画であり、マスタープランの中心をなす。そこで、マスタープランにおける「ネットワーク形成戦略」タイ国鉄の通勤鉄道化のコンセプトについてみることにする。

(1) ネットワーク形成戦略

最終的には放射環状ネットワークを形成するものであるが、安定的な鉄道経営の観点から整備の順位を次のように考えている。

- ・ サービスエリアを早期に拡大し、多くの乗客を確保するよう、サービスエリアの拡大に貢献する路線、郊外通勤線(タイ国鉄改良)を優先して整備する。
- ・ 環状方向の路線(地下鉄など)を整備し、放射環状ネットワークの形成を図る。
- ・ 一層のサービスエリア拡大のため、放射環状各路線の延伸やフィーダーサービス路線を整備する。

(2) 郊外通勤線(レッドライン)の整備のコンセプト

郊外通勤線(レッドライン)のサービスはタイ国鉄路線の改良により行われる。現在、これら軌道にはバンコク首都圏以遠を発着地とする長距離列車が運行されており、改良後には通勤列車と遠距離列車が同じ軌道を走行することとなる。マスタープランでは、その全体像を以下のように想定している。

- ① 通勤列車と遠距離列車は駅間隔が異なり、通勤列車(レッドライン)は都市内では1~1.5km、郊外では2~3kmの駅間隔、長距離列車は4~8kmの駅間隔とする。

- ② 輸送力は1日200本の列車運行能力を持つ複線を基本とする。
- ③ 最大輸送力は1時間片側25,200人(140人/車両×10両×150%×12本/時間)
- ④ 現在、連絡されていない北線と南線が連結し、それにあわせホウ・ランポン駅の中央駅機能をバン・スウ駅に移す。
- ⑤ バン・スウ駅の北の部分は4トラックとし、郊外通勤列車のために2トラック、長距離列車のために2トラックを割り当てる。
- ⑥ バン・スウと北のドン・マング駅間(バンコク国際空港付近)はホープウエル構造物を用いて高架構造とする。
- ⑦ バン・スウ駅とヨンマット駅間は4トラックの高架構造とし、北線・南線運行に2トラック、東線・西線運行に2トラック割り当てる。
- ⑧ 新バンコク国際空港(SBIA)の開港にあわせ、東方向の郊外通勤線を先行して整備し、ノン・グ・ハオで接続する。

5. 主要プロジェクトの現状とその課題

タイ国鉄改良(郊外通勤鉄道化)計画はホープウエル計画の再生プロジェクトと位置づけられる。また、現在整備中のバンコク地下鉄は環状路線の一部となり、ともにマスタープランの主要な部分を形成する重要な路線である。そこで、これら路線に焦点をあて、過去、どのような考え方で計画・整備が進められてきたか個別にみていくこととする。

(1) ホープウエル計画

a) 計画の概要

ホープウエルプロジェクトはタイ国鉄用地を利用し、3階建ての高架構造を建設し、3階部分を片側3車線の有料高速道路、2階部分を標準軌の新通勤鉄道(コミュータートレイン)及び既存在来線(狭軌3線)地上部を商業施設とする他、主要駅周辺にあるタイ国鉄用地約100haを使用して土地開発、商業活動を行う権利をホープウエル・ホールディング社(以下HH社)に与えるといった内容である。建設区間は南北線(ランシット~ポニミット)、東西線(ホアマク~タリンチャン)、総延長60.1km、事業費は800億バーツ(約3,200億円)(当初)であった。

b) 事業化の発端

事業主体はタイ国鉄であり、香港に本社を持つHH社が建設・運営を行うBOT(Build, Operate and Transfer)方式が取られ、運輸省およびタイ国鉄は1990年11月HH社のタイ現地法人と事業免許契約をとりかわした。ホープウエルプロジェクトは1989年8月当時のチャチャイ首相が国家経済社会開発庁(National Economic and Social Department Board: NESDB)のピシット次官に、バンコクの交通問題解決のため、タイ国鉄の所有地を活用すべきだと話したことが発端であり、当時のモントリ運輸大臣が知人を通じてHH社のゴードン・ウー社長に打診したところ同社長が前述の計画案を提出した。同年10月運輸省は高架鉄道・道路建設事業の実施希望者を公募したところ応募したのはHH社のみであった。このような経緯のもと契約が交わされた。



図-3 建設が放棄されたホープウエルの橋脚

c) 工事着手から中止まで

1993年5月工事が着手された。しかし、開始1年目の1994年7月にはHH社は全体計画のうち、南線と西線部分は用地買収が困難なため計画から削除したいと表明している。1995年には工事遅れが問題となってきたが、ウー社長はフェイズ1(ステージ1~3のL字型部分約40km)を1998年6月までに完成させると明言している。1996年にはドイツシーメンス社グループと13億ドルの車両、電気・通信システムの契約を交わしているが、事業規模が大きいこともあり進捗率は遅く、遅れに業を煮やしたタイ政府は1998年2月に契約破棄をHH社に通知している。この時点での進捗率は19%に過ぎなかった。

d) プロジェクト再立ち上げの動き

タイ政府が HH 社に契約破棄を通知して以降、イギリスのコンサルタント会社 Mott MacDonald 社がライトレールとして整備する案をタイ運輸省に、イギリスの投資グループ Extra-K が、従来のホープウエル計画案を変更せずそのまま引継ぎ進める用意があるとタイ国鉄に提案するなどの動きがあった。ドイツシーメンス社、日本もそれぞれ独自の案を持ち、タイ政府、タイ国鉄に働きかけている。日本案は現在の在来線と同じ狭軌により、当面各線とも複線を建設し、都市間鉄道及び通勤鉄道とも同一線路上で運行する案であるのに対して、ドイツシーメンス社案は通勤新線は標準軌により、在来線（狭軌）とは別線として建設するといった内容であり、両者の案は、日本の狭軌、ドイツシーメンス社の標準軌といった決定的な違いを持つ。また、シーメンス社案は配線計画上及び列車運行上もかなり無理となるほか、コストも日本案に比較して高い。このような中、1998年10月、タイ運輸省はホープウエル再構築プラン4案を内閣に提示し、内閣はそのうちの一案を承認している。この案は日本が提案しているものに近く、「タイ国鉄は約23.7百万バーツで高架化のインフラを整備するとともに、在来線の運営を従来通り行う一方、通勤線の運営は民間企業が約12.9百万バーツ投資して行う」といった案であった。これと同時にタイ政府はドイツ復興金融公庫（Kreditant für Wiederaufbau：以下 KfW と略す）のグラント（無償資金供与）を受け旧ホープウエル該当部分（北及び東線）の詳細な調査を行う可能性があることも示唆している。このスタディは、資金提供に関し紆余曲折があったが、最終的には KfW の資金提供のもとドイツのドルシェ社により実施されている。KfW の息のかかったスタディはシーメンス社案にとって有利な結論を出すことが想定され、日本にとっては不安材料となった。しかし、バンコク首都圏の軌道系マスタープランの策定には日本のパシフィックコンサルタントインターナショナル（以下 PCI と略す）が関与しており、4. でみたとおりマスタープランでは狭軌軌道を通勤用と長距離列車で共用するほか、現在建設途中で放棄されているホープウエル構造物を可能な限り利用するなど、日本案に近い現実的なものとなっている。しかし、事業化に際しては、まだまだ紆余曲折が予想される。

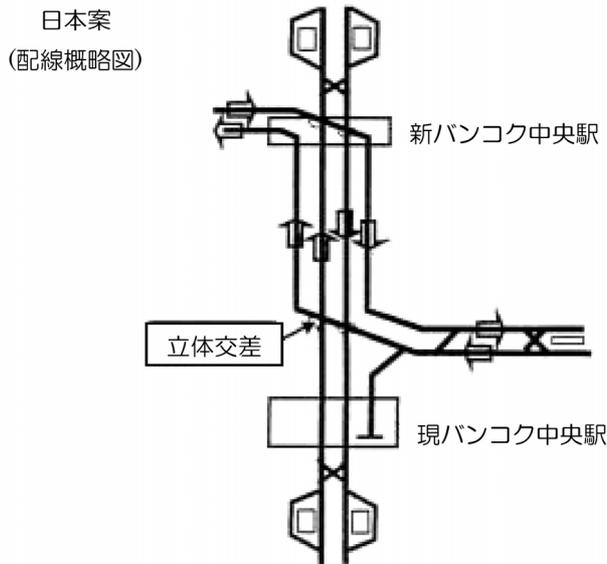
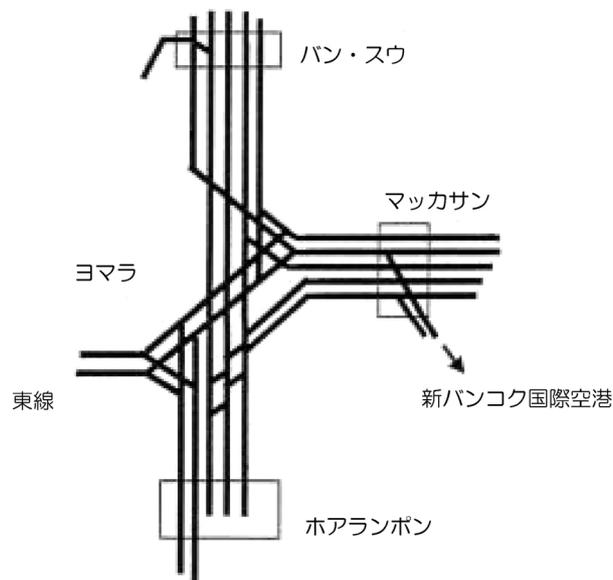


図 - 4 現実的な日本案

全て狭軌とする。バン・スウ駅を新たな中央駅とする。北線と東線、西線と南線を連絡するか、北線と南線、西線と東線を連絡するかは交通需要により決定。北線と南線、西線と東線を連絡する方式でも、配線計画を上手く行えば立体交差箇所は2箇所済む。



通勤新線は標準軌により在来線（狭軌）とは別線として建設。平面交差箇所も多く、線路容量も大幅に落ちる。ドイツ案もほとんど同じ内容。

図 - 5 ホープウエル計画（当初）

資料：元 JCIA 専門家小林哲久氏作成

このようにホープウエルプロジェクト再立ち上げに際して、各国・各社がタイ政府、タイ国鉄に様々なアクションをとり、事業に参画したい意志を表明している。海外諸国は政府・企業が一体となり、政

治色の高い働きかけを行っているのに対して、日本の場合は JICA 専門家がその計画の技術的優位性のみを武器に対抗しており、その働きかけの方法は全く正反対とみることができる。また、JICA 専門家としての派遣は、その任期が 2~3 年と短く、前任者と後任者との円滑な引継ぎや担当者の熱意にその成果は大きく依存するといった問題も持っている。

e) 今後の展開

ホープウエル計画における各路線はマスタープランにおいても、2011 年までに優先的に整備するとされている。基本的コンセプトは狭軌軌道を通勤用と長距離列車で共用するといったほか、現在建設途中で放棄されているホープウエル構造物を可能な限り利用するなど、日本案に近い現実的なものとなっている。しかし、日本として何のアクションも起こさなければ、ドイツシーメンス社をはじめ各国の巻き返しも想定されるため、日本国としてどのようにこのプロジェクトに関与するか決断すべき段階にきていると考えられる。

(2) バンコク地下鉄

a) 計画の概要

2004 年 8 月開業に向け、現在バンコク地下鉄(ブルーライン)が建設中である。ブルーラインは、ホワ・ランポン国鉄中央駅~バン・スウ駅に至る総延長 29 km (18 駅) の環状鉄道であり、軌道は標準軌(1 435 mm) 第 3 軌条方式の普通電車列車方式の形態をとる。設計最高速度は 80 km/h (平均 35 km/h) 編成車両数は開業当初 3 両(将来 6 両) 運転間隔は開業当初 4 分ヘッド(将来 2 分ヘッド) ピーク時最大輸送能力(片道)開業当初 25,000 人/h (将来 40,000 人/h) を想定している。

b) 地下鉄計画の経緯

バンコク地下鉄計画は、1975 年にタイ国鉄高速道路高速鉄道公団(Expressway and Rapid Transit Authority: 以下 ETA と略す) がドイツの協力のもと作成したものが最初であり、メモリアル線、ラマ線、サートン線の 3 路線約 69 km が最初である。その後、このマスタープランのもと約 55 km の路線が提案されている。この計画でのサートン線がブルーラインの原型となっている。1981 年タイ政府は民間事業として整備を図ろうとしたが、民間企業



図 - 6 建設中のバンコク地下鉄

からの応募はなく、タイ政府は規模を縮小し再応募をしたところ民間 4 社が入札に応じた。1990 年 ETA は、この中の一社、カナダのラバリン社の案を承認し契約に至った。その時のラバリン社の案は地下鉄方式ではなく、高架のライトレール方式であった。1992 年 12 月ラバリン社の突然の辞退によりこのプロジェクトは消滅している。同年、ETA から分離した都市高速鉄道公団(以下 MRTA と略す) が、このプロジェクトを担当することとなり、計画の見直しを行い、BOT 方式による発注を計画した。しかし、景観・環境保護策により全線地下鉄で建設することになり、建設費用が高くなることから、BOT 方式による受注希望者はなかった。そのため、1995 年政府プロジェクトとし、インフラ部は日本の円借款で建設されることとなった。

c) 建設と運営の分離

ブルーラインの建設は日本の円借款で行われ、インフラ部の工事は終了している。一方運営は、BOT 方式により民間に委ねられており、タイのゼネコン大手のチョーカンチャンとオランダの大手金融グループ ABN アムロ社を中心とした合併企業体で 2000 年 3 月に経営権(25 年)を取得している。車両・運行システムは、2000 年 8 月 1 日に、540 日以内に開業させる条件で、フランスアルストム社・三菱電機・三菱商事のコンソシアムが落札している。しかし、入札後タイ側は値下げを求め、再度入札を行い、低い価格を提示したドイツシーメンス社に契約を変更している。入札価格はシーメンス社 140 億パーツに対して、アルストム社・三菱のコンソシアム 163.8 億パーツと 23.8 億パーツの差があった。

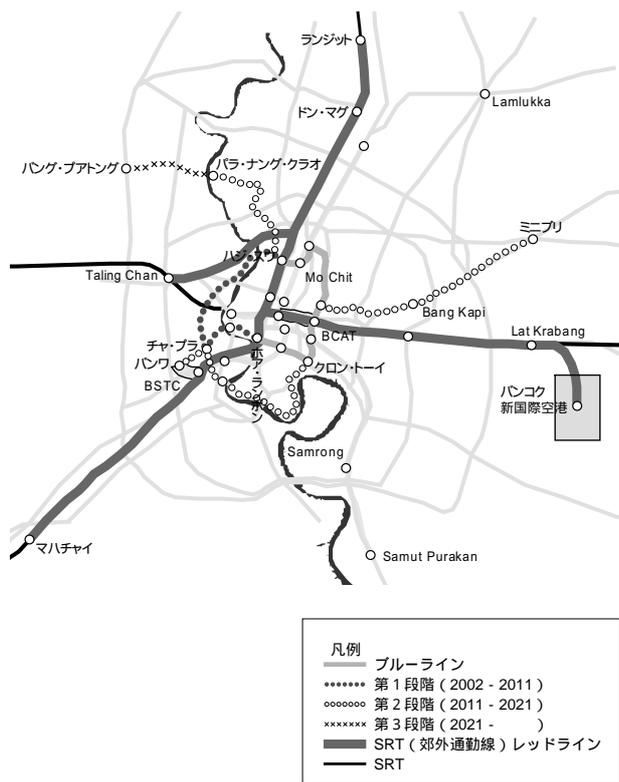


図 - 7 地下鉄整備計画

d) 今後の展開

マスタープランでは、現在建設中のバンコク地下鉄（ブルーライン）に続き、次のように地下鉄路線を延伸させる計画である。

ブルーライン

第1段階(2002 - 2011) 南西方向延伸(ホワ・ランポン駅～チャオプラヤ河～チャ・プラ)
北環状線(バン・スウ～チャ・プラ)

第2段階(2011 - 2021) 北方向への延伸(バン・スウ～プラ・ナング・クラト) 南西方向への延伸(チャ・プラからバン・ワ) 南環状線(チャ・プラ～クロン・トエイ)

第3段階(2021年以降) 北西方向への延伸(パラ・ナング・カラオ～バン・プア・トング)

オレンジライン

ブルーライン地下鉄車庫付近～ミニ・ブリ

これらの計画は具体的になっていないが、ブルーラインの延伸については、タイ政府が民間活用を基本とすることで閣議決定されており、これを受けて、日本の国際協力銀行とフランスのCOFACEが交渉を始めだしている。

6. 交通分野における日本の支援の方向

東南アジア諸都市において、公共交通機関を整備する方策としては、整備に必要な資金をODA(開発援助資金)として先進諸国から調達する方法と、BOTで整備する方法が考えられる。BOT方式が取られたホープウエルプロジェクトは資金難のため、建設が途中で頓挫している。また、現在開業しているスカイトレイン(タナヨン社)の場合も開業に至ったが、当初予定した利用者を大きく下回り、現在、バンコク市等から補助金をもらっており、経営的に困難な状況である。このようなことを考えると、都市内軌道系交通機関をBOT方式で行うのは非常に困難と思われる。以下、ODAを念頭に置き、交通分野における日本の支援の方向についてとりまとめる。

(1) 日本のODAの課題

本研究の目的は日本のODAの課題を明らかにすることではない。しかし、東南アジア諸都市における都市内軌道系交通機関導入に際して、日本がどのような役割を果たすべきか考察する際、ODAの持つ一般的な問題・課題を明らかにしておくことは重要である。「ODA再考:古森嘉久著 PHP新書」では、アメリカのODA戦略との比較のもと、「日本のODA・5つの特異点」として、現在の日本の持つODAの問題・課題を次の5つにとりまとめている。
①「法の統治」がない。②一貫した理念や政策がない。
③相手国の要請に頼る。④無償援助と人道援助が少ない。⑤関与官庁が多すぎて専門家が少ない。交通分野においても同様な課題を持っていると考えられる。ここでは、(a)戦略性を持った重点的・効果的なODA(上記②、③に関係)(b)人材に関する事項(上記⑤に関係)(c)技術的な事項の3点から改善方向を考えたい。

(2) 日本の支援の方向

a) 戦略性を持った重点的・効果的なODA

①交通マスタープランの段階から積極的に関与

日本のODAは貿易振興、日本の民間企業の受注を前提とした「紐つき援助」が多く、外国諸国から非難のまといにあった。東南アジア諸都市における都市内公共交通の導入を例にみると、地下鉄整備などのプロジェクト計画・事業計画などは既にあり、建

設も複数のステージに区分され、それぞれ受注企業が決定される。日本政府、日本企業は各ステージの建設プロジェクトを受注する条件として、円借款を用意する。東南アジア諸国は自国が独自に資金を用意することは難しく、外国からのODA資金をその財源にする。被援助国にとっては、地下鉄を建設するための資金の確保が重要であり、資金さえ確保すれば、日本の企業が日本の円借款で建設しても、ドイツの企業がKfWの資金で建設しても同じことである。それ故、問題なのは「紐つき援助」ではなく、地下鉄を含めた、その都市の公共交通マスタープランがどう作られたかということの方が問題となる。バンコクにおける軌道系交通機関のマスタープラン(1994年策定)におけるホープウエル計画のように、コスト面や鉄道の運行処理の面などで、問題の多いプロジェクトをマスタープランの中に位置付けることは、バンコク市民のことより、特定な企業(人々)の利益に主眼を置いたものと見ることもできる。そのようなマスタープランとならないためにも、マスタープラン策定の段階から積極的に関与することが非常に重要である。

②相手国の実状に合わせた柔軟な対応

交通マスタープラン策定に関与した後も、交通マスタープランを構成する各プロジェクトをどのように進めるか、相手国の政府組織の形態、ものの考え方、意思決定の仕組み、これまでの議論の経緯等を踏まえ日本国としての戦略をたて、積極的、継続的に関与していくことが重要である。

また、関与する際も、日本での経験をそのまま持ち込むのではなく、相手国の実状、時代の変化(技術革新、地球的問題など)を十分斟酌しプロジェクトを進めることが肝要である。

b) 人材に関する事項

①継続的な活動を担保するシステムの確立

ODAの課題の一つに「関与官庁が多すぎて専門官が少ない」といったことがあげられている。都市内公共交通の分野においても同様であり、関与する専門家が少ない。JICA専門家として派遣されても、3年程度の任期で、他の専門家に交代するケースが多く、同一人による継続的な活動が遮断される。専門家が交代すると、前任者の水準(情報取得、関係者とのネットワークなど)まで到達するのに時間がか

かるほか、専門家により活動スタンスが異なり、一貫した活動が阻害される。これを回避し、同一人物(専門家)が継続的に活動するためには、NGOとの連携、高報酬・強権限付与による継続性に対するインセンティブ付与など、システムの改編等が必要と思われる。これに加え、継続的に被援助国で活動する組織、人(専門家)が真に現地に根がついた活動となっているかの評価システムもあわせ確立することが重要と考えられる。

② 教育・人材育成

援助国の人材数には限界があるので、被援助国側の人材育成も重要となる。そのためには、現地での教育による人材育成のための教育機関の設置、専門家による教育の実施のほか、専門家の数に制限があり、援助国専門家による教育の実施が難しい現状からすると、教科書だけを作成し、教育の実施は援助国側で実施する方法もあわせてとる必要がある。更には、被援助国人材の留学資金提供など経済的、精神的支援も大切となる。

c) 技術的な事項

①高技術の開発とコスト削減努力

バンコクの地下鉄のケースでもみられたが、被援助国側は高い技術を求める場合が多い。既に開発済みの技術を機械的に被援助国に提供するといった考え方では、他援助国との競争に敗北すると思われる。そのため、被援助国が求める技術を開発する努力をするとともに、コスト削減を絶えず行う努力が肝要であり、これにより他援助国との競争に勝つチャンスは高まる。

②適切な技術の導入

被援助国は必要以上の性能の製品、システム(ハイテク)を求める傾向が強い。この場合、被援助国に対して、ハイテクとローテクそれぞれのメリット、デメリットを提示し、十分説明したうえで、援助国の実状にあった適切な技術を導入することが肝要である。ハイテクを導入した場合、製品、システムが複雑なため被援助国にとってブラックボックスが多く、故障した場合、自国で修理することができず、修理に時間とコストがかかり、最悪の場合は廃棄することとなる。このようなことを考えると、ハイテク製品、システムの導入より、使いやすく、安価で故障

した場合でも現地の方が修理できる適切な製品、システム（ロー技術でもOK）を導入する方が援助国にとって利益となる場合もある。

③アフターサービスの充実

ハイテク技術（ex 車両、運行システム）を用いたシステムの場合、故障が発生した場合、現地では修理ができず、援助国まで部品をとりよせるケースも多い。このような問題を解消するためには、修理やメンテナンスができる人材を育成するとともに、部品提供工場を現地に建設する必要もある。

7. おわりに

バンコクのように自動車が普及し慢性的な交通渋滞を呈している都市、ベトナムホーチミンのようにバイク・自転車が主体で自動車普及途上の都市など、都市によりモータリゼーションの度合いは異なるが、東南アジア諸都市は日本が1970年代以降経験したモータリゼーションの道をたどっており、自動車依存型の生活パターン、都市パターンへ移行している。利便性の高い自動車への過度の依存は交通渋滞、交通事故、大気汚染など多くの社会問題を引き起こす原因となる。これら問題に対する予防、治療の有効な方策は都市内軌道系交通機関の体系的な整備である。軌道系交通機関の整備は自動車利用者を公共機関利用者に転換させる他、長期的には都市構造を変更し、公共交通機関と自動車が共存可能な都市形成にも寄与する。以上のことから、軌道系交通機関導入は東南アジア諸都市が持続的に成長できるかどうかの鍵となる。市民の立場に立った軌道系交通機関のマスタープランを策定し、その実現に向け、また実現した後について支援できるシステムの構築は非常に重要である。そのような意識のもと東南アジア諸都市における軌道系交通機関導入に際しての支援の方向について、バンコクでプロジェクトに実際携わった人々へのヒアリングや現地ヒアリングを踏まえ、とりまとめ提案した。まだ不十分な点はあるが、この提案が今後の交通分野における日本の支援の方

向を議論する際の材料となれば幸いである。

最後に、本研究を行うにあたり、我々のプロジェクトチームのヒアリングに快く応じてくださった他、貴重な資料を提供していただいた高橋靖典氏、小林哲久氏、川上邦雄氏、釘宮純慈氏に感謝の意を表する次第です。

参考文献

- 1) H. Takuma (1997) Urban Traffic Plan in Bangkok Metropolitan Region Report prepared for the Office of the Commission for the Management of Land Traffic (OCMLT)
- 2) Y. Takahashi (1998) Technical Report
- 3) T. Kobayashi (2000) Technical Report
- 4) State Railway of Thailand. Justification for the Termination of Concession Contract for Bangkok Elevated Train and Road System
- 5) バンコク地下鉄南工区工事説明資料(東急建設株式会社)
- 6) Urban Rail Transportation Master Plan Draft final Report Vol. 1: Executive Summary, PCI JARTS AEC TESCO, 2000
- 7) 森村壽芳(1998)バンコク都市交通の経験的考察, EAST - Japan/計画・交通研究会共催セミナー, 1998年
- 8) 高橋清(2001)バンコク:バンコクにおける軌道系交通機関の開業 Skytrain 整備はバンコクの交通行動を変化させたか? 運輸政策研究 Vol 4 No 3, 2001
- 9) 菅原操(1996)タイ国都市開発と一体化した首都圏鉄道輸送力増強計画調査について
- 10) 持続可能な都市交通戦略に関する国際シンポジウム - アジア大都市における持続可能な都市交通戦略の提言に向けて -, 東京大学 AGS モビリティグループ, 2002年
- 11) 古森義久著:「ODA」再考(PHP新書)PHP研究所, 2002年
- 12) 福田敦: 経験を生かせないか, 交通工学, Vol. 37 No 4, 2002年
- 13) 紺屋健一: 途上国における交通とODA, 交通工学, Vol 37 No 4, 2002年

マクロ経済関数を考慮した動学的応用一般均衡モデルの開発

Dynamic Computable General Equilibrium Model Considering Macro Economic Functions

佐藤 徹治*

By Tetsuji SATO

1. はじめに

1990年代後半から本格的な開発が始まった交通施設整備の評価を目的とした応用一般均衡モデル (CGE: Computable General Equilibrium Model) やこれを空間的に拡張した空間的応用一般均衡モデル (SCGE: Spatial CGE Model) は、近年では、海峡横断道路プロジェクトなど大規模交通施設整備の評価に用いられている。ただし、応用一般均衡モデルは、基本的に1時点の評価を対象とした静学モデルであり、時間のおよび空間的に Closed なモデル体系であるために、労働や資本ストックの変化を考慮した長期的な分析には不適切であるという指摘がなされている。最近では、応用一般均衡モデルを長期に拡張した動学的応用一般均衡モデル (DCGE: Dynamic CGE Model) が開発されている¹⁾²⁾。しかし、これまでに提案されている動学的応用一般均衡モデルは、マクロ計量経済モデルと比較すると、経済諸変数、特に民間設備投資や民間資本ストックの過去の再現性が低く、モデルの信頼性を問われ、実際にはアカウンタビリティの観点から支障をきたすことが多い。ただし、応用一般均衡モデルは、厳密な意味でのミクロ経済学的基礎 (行動理論) に基づいており、交通施設整備に伴う効用増加を直接評価できる、といったマクロ計量経済モデルにはない長所を有する。

以上の背景から、本稿では、通常に応用一般均衡モデルにいくつかのマクロ経済関数を組み合わせた現況説明力の高い動学的応用一般均衡モデルを提案する。さらに、開発したモデルを国民経済レベルの交通施策シミュレーションに適用し、マクロ経済関数を考慮することの意義を明確にするため、一般的な動学的応用一般均衡モデルとの比較を行う。

2. 一般的な動学的応用一般均衡モデルの考え方

一般的な新古典派理論に基づく動学的応用一般均衡モデルでは、(1)式で表されるように、民間資本ストックは家計の貯蓄行動によって時系列的に蓄積されていくと考える。

$$\frac{dK}{dt} = s(wL + rK) - \delta K \quad (1)$$

ここで、 t は時間を表している。 s は家計の貯蓄性向、 δ は民間資本の減耗率である。貯蓄性向 s は、ある時点の平均貯蓄性向 (= 貯蓄 / 所得)、あるいはマクロ消費関数のパラメータ等から外生的に与えられる。

ところが、実際の経済においては、域外から (または域外へ) の資本移転が多く存在するため、資本蓄積は家計貯蓄と一致しない。したがって、前章で示したように、一般的な動学的応用一般均衡モデルによる諸変数の現況再現性、とりわけ民間設備投資 (= 家計貯蓄) の現況再現性は著しく低くなる。

なお、一般的な内生的経済成長モデルにおいては、民間資本ストックの蓄積に加え、生産性に影響を及ぼす人的資本ストックの蓄積が考慮されている。また、環境経済学の分野を中心に、(2)式のように将来までの効用の和を最大化し、最適経済成長経路を求める最適成長論に関する研究も比較的古くから行われている^{例えは3)4)}。

$$\max \int_0^{\infty} \exp(-\theta t) U(C^t) dt \quad (2)$$

ここで、 C^t は各期の総消費量であり、 θ は割引率である。しかし、これらの研究は、主に理論的な研究にとどまっており、また割引率の設定によって最適成長経路が大きく変化するなど課題も多い。

* 経済社会研究室

3. マクロ経済関数を考慮した動学的応用一般均衡モデルの開発

一般的な動学的応用一般均衡モデルで現況再現性が問題となるのは、特に生産要素(労働および資本)の時系列的な変化である。労働については、一般的な応用一般均衡モデルでは、労働供給は外生的に与えられる。すなわち、労働供給が内生的に変化するメカニズムが組み込まれていない。一方、資本蓄積については、民間設備投資は家計貯蓄で決定されると仮定されているため、現況再現性が低い。そこで、一般に現況説明力の高いマクロ経済関数を組み合わせ、現況再現性の高い動学的応用一般均衡モデルの開発を試みる。なお、マクロ経済関数は、マクロレベルの時系列データで構造推定を行うことを想定し、離散時間で表現する。

労働については、まず、生産水準に応じて大きく変化すると考えられる就業者数と変化が極めて小さいと考えられる1人あたり平均労働時間に分離する。

$$L_i = LHR_i \cdot NW_i \quad (3)$$

ここで、 i は産業の種類、 L は労働供給、 LHR は1人あたり平均労働時間、 NW は就業者数である。

就業者数は、前期の就業者数および生産量に依存すると考える。

$$NW_i^t = f(NW_i^{t-1}, X_i^{t-1}) \quad (4)$$

ここで、 t は期を表している。 X は生産量である。民間設備投資については、前期の民間資本ストックおよび生産量で表されるものとする。これはストック調整原理および加速度原理を考慮したものである。(6)式は、民間資本ストックの定義式である。

$$I_i^t = f(K_i^{t-1}, X_i^{t-1}) \quad (5)$$

$$K_i^t = (1-\delta) K_i^{t-1} + I_i^t \quad (6)$$

ここで、 I は民間設備投資、 K は民間資本ストック、 δ は民間資本ストックの減耗率である。

マクロ経済関数を考慮した動学的応用一般均衡モデルの考え方(イメージ)を図-1に示す。マクロ経済関数を考慮した動学的応用一般均衡モデルでは、初期のみ、就業者数、民間資本ストックを外生的にCGEモデルに与え、CGEモデルによって算出される実質総生産をマクロ経済関数にインプットすることにより、次期の就業者数および民間資本ストックが算出される。これらは、次期のCGEモデルにインプットされ、CGEモデルにより次期の実質総生産が算出される。この手順を繰り返すことにより、時系列の実質総生産、民間設備投資、就業者数等が求められ、同時に各期の帰着便益が算出される。

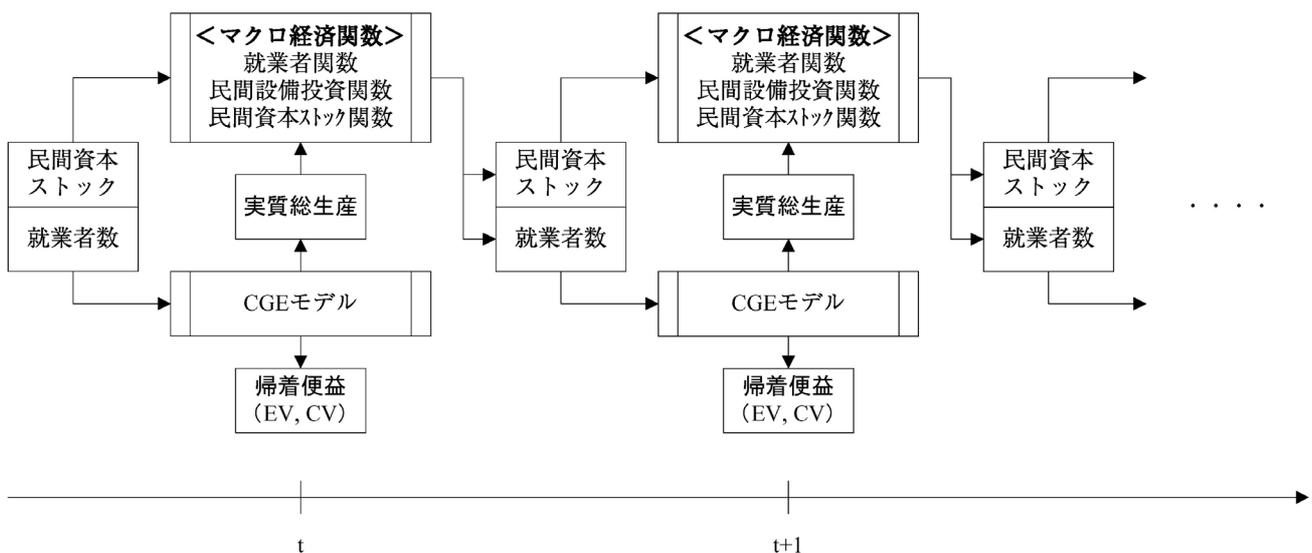


図-1 マクロ経済関数を考慮した動学的応用一般均衡モデルの考え方

4. 実証分析

(1) 概要

ここでは、以上で示したマクロ経済関数を考慮した動学的応用一般均衡モデルを国民経済レベルに適用した実証的なモデル構築を行い、交通施設整備プロジェクトの効果計測シミュレーションを行う。なお、実証分析では一般的な応用一般均衡モデルを併せて構築し、現況再現性およびシミュレーション比較を行うことにより、マクロ経済関数を考慮することの意義を明らかにしたい。

また、実証分析はマクロ経済関数を考慮することの意義を示すことに主眼を置くため、極力簡易なモデル体系、すなわち、経済主体として家計と企業のみを考え、産業区分を考慮せず全産業を対象とした1産業モデルとする。

(2) モデル

①家計の行動モデル

家計は、予算制約下で合成財消費によって満たされる効用の最大化行動をとるものとする。

$$V = \max \{ U = (C - a)^{\beta} \cdot S^{1-\beta} \} \quad (7)$$

$$\text{s.t. } p \cdot (C - a) + S = wL + rK \quad (8)$$

ただし、 V は間接効用関数、 U は直接効用関数で、 p は合成財価格、 C は合成財消費量、 S は貯蓄であり、 L は労働供給量（時間）、 K は資本供給量、 w は賃金率、 r は資本のレンタル価格を表す。

上記の最大化問題を解くと、家計の消費関数（合成財の需要関数）が導出される。

$$C = a + \frac{1}{p} \beta (wL + rK) \quad (9)$$

②企業の行動モデル

合成財の生産企業は、生産制約の下で利潤最大化行動をすると仮定し、以下のように定式化される。

$$\max \pi = pX - wL_D - rK_D \quad (10)$$

$$\text{s.t. } X = \eta \cdot L_D^{1-\gamma} \cdot K_D^{\gamma} \quad (11)$$

ここで、 π は企業利潤、 X は合成財生産量、 L_D は労働投入量、 K_D は資本投入量である。また、 γ は分配パラメータ（資本分配率）、 η は生産効率性を表すパラメータ（効率パラメータ）である。

以上の最大化問題を解くと、労働需要関数、資本

需要関数とともに合成財価格が導かれる。

$$L_D = (1-\gamma) \cdot \frac{p}{w} X \quad (12)$$

$$K_D = \gamma \cdot \frac{p}{r} X \quad (13)$$

$$p = w \cdot \frac{1}{\eta} \left[\frac{(1-\gamma) \cdot r}{\gamma \cdot w} \right]^{\gamma} + r \cdot \frac{1}{\eta} \left[\frac{\gamma \cdot w}{(1-\gamma) \cdot r} \right]^{1-\gamma} \quad (14)$$

③均衡条件式

各期の各財市場、労働市場および資本市場において、次のような均衡条件が成立する。

$$X = C + I \quad (15)$$

$$L = L_D \quad (16)$$

$$K = K_D \quad (17)$$

ここで、 I は企業による設備投資である。

④マクロ経済関数

労働供給、資本ストックの時系列的な変化を表現するマクロ経済関数は、基本的に(3)~(6)式に従い、(18)~(21)式の通りとする。

$$L = LHR \cdot NW \quad (18)$$

$$NW^t = f(NW^{t-1}, X^{t-1}) \quad (19)$$

$$I^t = f(K^{t-1}, X^{t-1}) \quad (20)$$

$$K^t = (1-\delta)K^{t-1} + I^t \quad (21)$$

ここで、 L は労働供給、 LHR は1人あたり平均労働時間、 NW は就業者数、 X は生産量であり、 I は設備投資、 K は資本ストック、 δ は資本ストックの減耗率である。

なお、現況再現性の比較対象となる一般的な動学的応用一般均衡モデルにおいては、(19)式は考慮されず、就業者数は外生的に与えられる。また、設備投資は、(20)式に代わり、家計貯蓄で決定される。

(3) パラメータ

①家計の消費関数

国民所得統計における1981~2000年の時系列データ（1995年基準の実質値）を用い、最小二乗法（OLS）によりパラメータ推定を行う。

$$C = \alpha + \beta GDP + \xi DUM \quad (9)$$

DUM : ダミー変数（~1991 : 0, 1992~ : 1）

α	β	ξ	D. W.	AD R ²
63.241 (8.273)	0.6797 (35.199**)	20.272 (7.251**)	1.576	0.9963

注) () 内の数値は t 値。 ** は 1% 水準有意。

② 企業の生産関数

分配パラメータ γ は、(12) 式に実際のデータ(国民所得統計における雇用者所得および県民所得)を代入することにより、直ちに求められる。また、効率パラメータ η については、(11) 式に実際の平均労働時間、就業者数および民間資本ストックのデータ(内閣府：民間企業資本ストック年報、総務省：労働力調査報告、厚生労働省：毎月勤労調査報告)および γ を代入することにより算出できる。

なお、実際のデータは、現況再現時には 1981 年値、シミュレーション時には 2000 年値を用いる。以下に、1981 年、2000 年の効率パラメータ η および分配パラメータ γ を示す。

$$GDP = \eta \cdot (LHR \cdot NW)^{1-\gamma} \cdot (K)^\gamma \quad (11)$$

	η	γ
1981 年	0.08139	0.31691
2000 年	0.11547	0.26766

③ マクロ経済関数

(19)~(21) 式の各マクロ経済関数の関数型を特定化した上で、国民所得統計における 1981~2000 年の時系列データを用い、最小二乗法 (OLS) によりパラメータ推定を行う。以下に示す推定結果は、多くの関数型およびダミー変数で推定を試みた結果、各変数の t 値およびダービン・ワトソン比 D.W. が一定水準以上(基本的には、 t 値 1.0、 $1.0 < D.W. < 3.0$)を満たし、かつ自由度修正済み決定係数 Ad R² がもっとも高いものとして採用されたものである。なお、表中で、() 内の数値は各パラメータの t 値を表しており、 t 値に続く ** は 1% 水準で有意、* は 10% 水準で有意であることを示している。

$$\ln NW^t = \alpha + \beta \ln NW^{t-1} + \gamma \ln GDP^{t-1} + \xi DUM \quad (19)$$

DUM : ダミー変数 (~1996 : 0、 ~2000 : 1)

α	β	γ	ξ	D. W.	AD R ²
3.2957 (5.352)	0.2927 (2.170*)	0.2223 (5.039**)	-0.0143 (-4.924**)	1.439	0.9942

$$I^t = \alpha + \beta K^{t-1} + \gamma GDP^{t-1} + \xi DUM \quad (20)$$

DUM : ダミー変数 (1987~1991 : 1、その他 : 0)

α	β	γ	ξ	D. W.	AD R ²
-42.643 (-2.526)	-0.0371 (-1.374*)	0.3135 (3.790**)	12.671 (4.632**)	1.364	0.9336

$$K^t - I^t = \delta' K^{t-1} \quad (21)$$

δ'	D. W.	AD R ²
0.9537 (523.4**)	2.363	0.9993

図 - 2~3 に、マクロ経済関数による就業者数、民間設備投資の現況再現性、平均絶対誤差率 (MAPE : Mean Absolute Percentage Error) を示す。

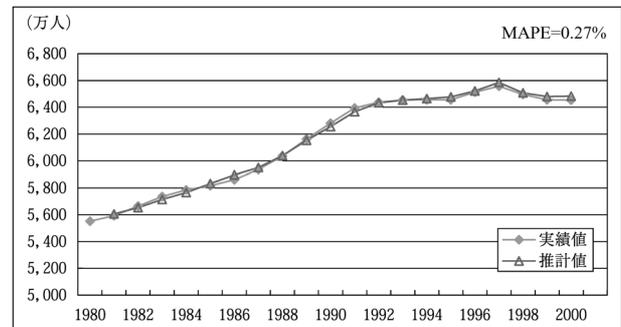


図 - 2 マクロ経済関数の現況再現性 (就業者数)

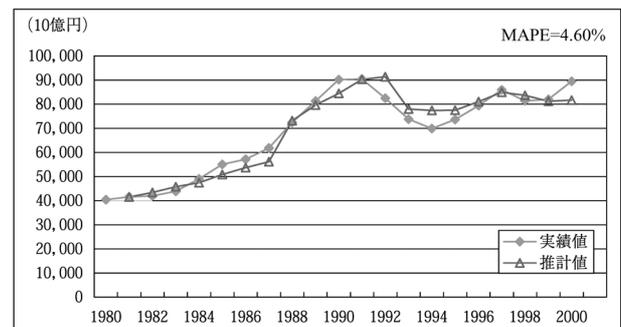


図 - 3 マクロ経済関数の現況再現性 (設備投資)

(4) 現況再現

1981 年の実績データにより算出した生産関数のパラメータを用い、マクロ経済関数を考慮した動学的応用一般均衡モデルと一般的な応用一般均衡モデルによる就業者数および民間設備投資の現況再現性の比較 (1981~2000 年) を以下に示す。ここで、一般的な応用一般均衡モデルにおける就業者数は、1981 年値を各年の外生変数として用いている。

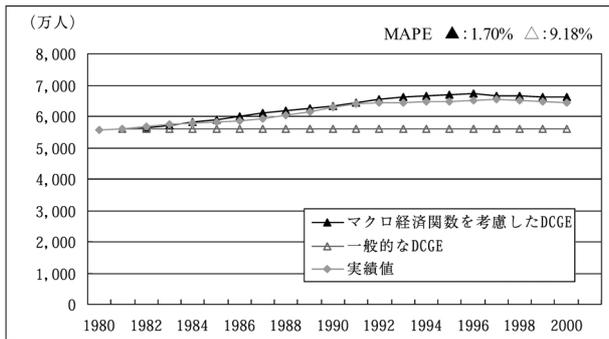


図 - 4 就業者数の現況再現性の比較

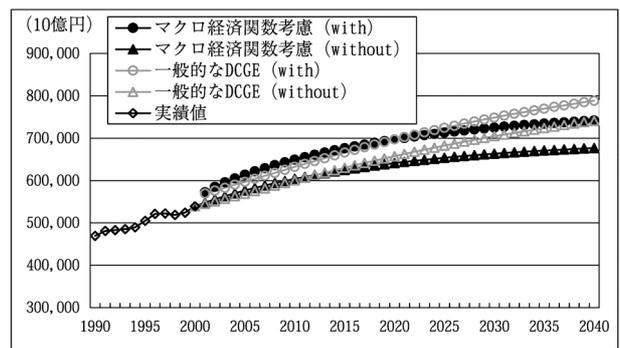


図 - 6 シミュレーション結果 (国内総生産)

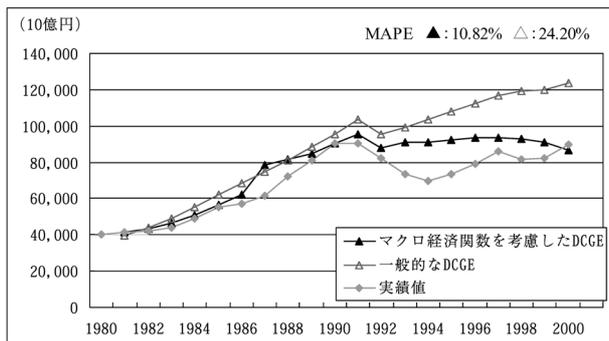


図 - 5 民間設備投資の現況再現性の比較

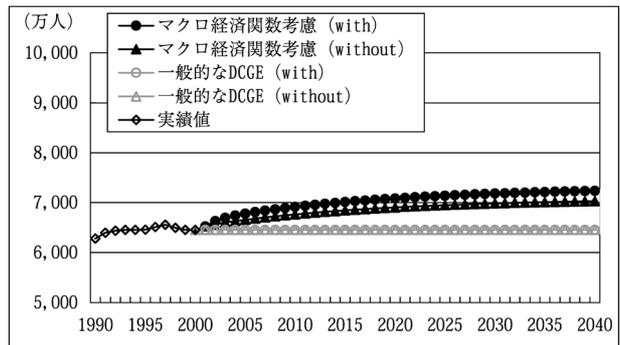


図 - 7 シミュレーション結果 (就業者数)

図 - 4~5 より、マクロ経済関数を考慮した動的応用一般均衡モデルによる就業者数および民間設備投資の現況再現性は、一般的な応用一般均衡モデルによる再現性と比べてかなり高いことが分かる。

(5) シミュレーション

ここでは、交通施設整備プロジェクトにより2001年に交通近接性が5%向上(効率パラメータ η が4.5%向上⁵⁾)すると仮定し、2001~2040年の40年間におけるプロジェクトありのケースとなしのケースにおける経済諸変数を比較するシミュレーションを行い、同プロジェクトによる帰着便益(EV)の計測を行う。

生産関数のパラメータ(分配パラメータおよびプロジェクトなしのケースの効率パラメータ)は、最新の2000年の実績データから算出したものを用いる。

図 - 6~8 に、プロジェクトありの状況(with)およびなしの状況(without)における実質国内総生産、就業者数のシミュレーション結果および帰着便益(EV、割引前)の計測結果を示す。

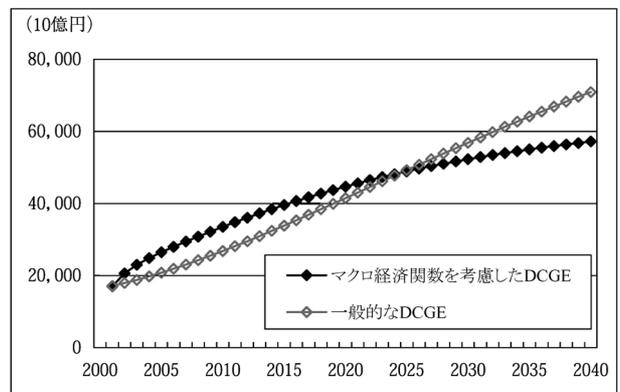


図 - 8 シミュレーション結果 (帰着便益)

マクロ経済関数を考慮した動的応用一般均衡モデルおよび一般的な動的応用一般均衡モデルによる各年次の帰着便益を比較すると、2024年まではマクロ経済関数を考慮したモデルによる計測結果が一般的なモデルによる計測結果を上回っており、2025年以降は逆転している。このため、割引率を4%とした場合の40年間の帰着便益の割引現在価値を計算すると、マクロ経済関数を考慮した場合は約789兆円、一般的なモデルの場合は約739兆円となる。

両モデルによる計測結果の違いは、明らかに、マクロ経済関数を考慮した動学的応用一般均衡モデルが就業者数および資本ストックの時系列的な変化を反映していることによるものであろう。すなわち、これまで行われてきた一般的な動学的応用一般均衡モデルによる交通施設整備の便益計測の結果は過小になっている可能性が示唆される。また、通常、非動学的な応用一般均衡モデルによるプロジェクト評価の場合、初期時点の便益がプロジェクト期間にわたって各年次で等しいと仮定されるため、さらに過小評価になっていると考えられる。

5. おわりに

本研究では、従来の一般的な動学的応用一般均衡モデルの現況説明力が低いという短所に対処するため、就業者数の変化および独立投資による民間資本ストックの蓄積を表現するマクロ経済関数を組み合わせた動学的応用一般均衡モデルの開発を行った。

国民経済レベルの実証分析では、一般的な動学的応用一般均衡モデルとの現況再現性およびシミュレーションの比較を行った。その結果、開発したマクロ経済関数を考慮した動学的応用一般均衡モデルでは、従来の一般的なモデルと比較して、就業者数や民間設備投資等において明らかに高い現況説明力を有すること、交通施設整備による帰着便益の計測結果が大きくなることが示された。これは、従来の応用一般均衡モデルや一般的な動学的応用一般均衡モデルによって計測される帰着便益が過小に評価されている可能性が高いことを示唆している。

なお、本研究の実証分析は、従来モデルとの比較によってマクロ経済関数を考慮することの意義を示すことに主眼があったため、産業部門や家計の時間制約等を考慮しない簡易な1産業を採用した。しかしながら、当然、産業部門や家計の時間制約等を考慮したモデルにおいても、マクロ経済関数との組み

合わせにより、現況再現性は向上すると考えられる。

あらゆる交通関連モデル（需要予測モデル、経済評価モデル等）において、その信頼性や合意可能性の意味で現況再現性が最重要視されている中、ミクロ経済学的基础に基づき、かつ現況説明力の高いマクロ経済関数を考慮した動学的応用一般均衡モデルは、今後の交通施設整備プロジェクト評価において、非常に有用であると考えられる。

謝辞

本研究は、平成12～14年度にかけて行われたIBS自主研究「ミクロ的基础を踏まえたシミュレーションモデルに関する研究」の成果の一部をとりまとめたものであり、研究会での活発な議論を反映している。東京工業大学上田孝行助教授（座長）、鳥取大学小池淳司助教授、大阪工業大学武藤慎一講師、(財)計量計画研究所毛利雄一研究部次長をはじめとするメンバー諸氏に感謝したい。

参考文献

- 1) 小林 潔, 奥村 誠: 高速交通体系が都市システムの発展に及ぼす影響に関する研究, 土木計画学研究・論文集, No.13, pp. 57 - 66, 1996
- 2) 武藤慎一: 動学的応用一般均衡モデルによる外部不経済削減政策の経済評価, 平成12・13年度科学研究費補助金(奨励研究(A))研究成果報告書, 課題番号: 12750476, 2002
- 3) Dasgupta, P. and G. M. Heal: The Optimal Depletion of Exhaustible Resources, Review of Economic Studies, pp. 3 - 28, 1974
- 4) Michel, P. and G. Rotillon: Disutility of Pollution and Endogenous Growth, Environmental and Resource Economics, Vol. 6, pp. 279 - 300, 1995
- 5) (財)計量計画研究所: ミクロ的基础を踏まえたシミュレーションモデルに関する研究, 2003
- 6) 内閣府経済社会総合研究所: 「国民経済計算年報平成14年版」, 2002

コパカバナ地区で働く人々の住宅と職場の関係

The Relationship between Work Place and Housing in Copacabana (Brazil) Area.

土生 珠里*

By Juri HABU

1. 課題と調査方法

この課題の表題は短くまとめられているが実際は「世界的に有名なブラジル リオデジャネイロ市の海水浴場コパカバナ地区は背後を丘陵に囲まれ海浜を臨むホテルを始めとして高層建築が多く、極めて高密度の市街地を形成している。一方首都ブラジリアにおいては低所得の勤労者は毎日バスで遠距離通勤を強いられている。この地区の住宅と職場の関係の違いを例とし、わが国の研究学園都市つくばの特徴を論考する。」であり、ブラジルと日本という異なった社会・文化・経済の現状考察を特徴的な都市コパカバナ・ブラジリア・筑波研究学園都市の調査に基づいて行うことである。

調査方法として2回のブラジルへの旅と幾度か筑波研究学園都市へ足を運び、多量の統計データとインタビューによる現状の声を得た。ブラジルの場合、職場と居住の関係は所得・学歴・職種の相関関係で明確な地図を描くことが出来た。

2. ブラジルの地理・政治・社会の理解

2.1 地理：南米大陸 1,763 万 km² の約 2 分の 1 の 8,511,965 km² を持ち、行政上の見地から全国を地理的特徴を加味して北部、東北部、南東部、南部および中西部に区分している。

2.2 人口：人口はラテンアメリカ最大で、世界第 5 位である。1991 年の国勢調査によれば、総人口は 1 億 4,691 万人で、1980 年から 23% の伸びを示している。1991 年には人口の 75% が都市人口で、25% が農村人口であり、人口密度は、17 人/km² である。人口は大西洋岸に集中し、リオデジャネイロ州、サンパウロ州、ミナスジェライス州で総人口の約 41% を占め、バイア州、リオグランデスル

州、ペルナンブコ州、セアラ州で約 23%、その他の地域で約 36% を占める。

2.3 行政と住宅：1964 年に連邦政府は国家住宅法を制定して家賃の統制を撤廃し、家賃を民間市場の水準にあわせることのできる規定を作った。この法律によって国立住宅銀行 (BNH) が設立され、貯蓄の促進、一定期間を通じて住宅建設に融資を行う官民双方の活動の調整、そして財政的誘因の導入などを目的とした。

しかしながら、住宅の供給と生活条件は不十分であり、大規模で不規則に広がるファベラ (スラム) は大都市特有の病理現象であり、一方農村部の居住地は水道や電気が利用できないなどアメニティのない生活を送っている。

ブラジルのファベラ (スラム) は現在独自の組織を持った居住地としての立場を確立する努力をしているが、貧困と犯罪からは抜けきれないイメージである。しかしながら独自の教育、治安の整備、警察との対立や内部・外部からの犯罪から身を守ることなど住民意識を高める運動を住民及び地域自治体で推進している。

1984 年時点で全住宅の 82% が煉瓦または石、木材、コンクリート造りの一戸建てで、8% がアパート、8% が木造または泥塗りの農村家屋、2% が quartos と呼ばれる共同住宅であった。全住宅のうち約 63% が持ち家、22% が賃貸、14% が雇用主が支給するものであった。住宅の約 30% に上下水道設備、17% に浄化槽があり、全住宅の 80% に電灯が普及していた。

2.4 教育：ブラジルの教育は 19 世紀まで上流階級の男子を対象としていた。近代教育の制度が導入されたのは 1946 年頃のことであり 1961 年に教育基本法が制定され、1971 年に義務教育が 8 年となり現在に至っている。ブラジルの教育の特徴として初

*九州大学

等・中等教育適齢人口の就学率が低いこと、そして就学生のうち途中で脱落する生徒が多いことである。脱落生徒は経済的困難や成績不良・出席率等で落第・退学が多く、特に公立教育施設で割合が高い。

1964年以降、ブラジル政府は遅れていた教育部門の量的・質的改善に向けて努力をはじめ、1967年にMOBRAL(識字運動)を交付し本格的に国民の教育に着手した。その結果、今世紀65%だった非識字率は1960年に39%、1970年に33%、1980年に25%、1991年に20%となった。

2.5 雇用の構造:日本の学卒採用の慣行とは異なり、具体的な職務と給与を提示して、新聞広告や人材銀行経由により応募を募るのが一般的であり、又縁故や友人経由も多い。雇用関係は基本的に労働・社会保障手帳(Carteira de Trabalho)により証明される。労働省の発行する労働・社会保障手帳を各個人が所有し、職歴、給与、休暇取得、社会保険料の支払いが記入され、職歴の戸籍のような役割を果たしている。

現行労働契約制度では雇用者は給与のほかに公租公課を納付する義務を負うが、課せられる納税額は給与額に相対するため、その経費は過重負担とみなされている。

ブラジルは過去に多重債務及び月30%を上回るインフレを体験し、度重なる経済危機で多量の失業者を出した。このような経済不安定の時期や資金のない零細企業の場合、労働者が労働・福祉保証手帳に労働契約の登録なく雇用される事があり、雇用される側も就職難時にはこの条件を受け入れて、結果、役務を提供している会社に法的には雇用されていないこととなる。このような雇用形態をインフォーマルセクタの枠で理解し、正規雇用の統計と合わせてブラジルの雇用の全体像を掴む必要がある。

2.6 最低賃金:最低賃金とは次のように法律で定められた額である。「国の条例で設定された最低賃金とは、全国一律の金額で世帯主および家族が住居、食、教育、医療、レジャー、被服、衛生、交通および社会保険の全項目において享受できる最低額とし、定期的に金額補正を行うことにより生活水準を維持する(出所:Constituicao da Republica Federativa do Brasil, Capitulo II, dos Direitos Sociais, artigo 7, inciso IV)

この最低賃金は13項目の日常食料品(Cesta Basica)から、大人1人が必要な月間栄養摂取量の

コストを基本として算出される。2001年5月の最低賃金(R\$ 151.00、1\$ = 2.45 R\$)を基に家族4人(大人2人、子供2人)構成で子供は大人と同じ消費量と仮定し実生活で必要最低限の食費をCesta Basicaに基づいて計算すると6.06倍(R\$ 1,090.28)が必要であるという結果が出る。

最低賃金生活者に家族の維持は困難極めるものがあり、インフォーマルセクタ労働市場が重要な鍵となる。インフォーマルセクタは主に個人で行う街頭での物売り、家事労働、内職、定年退職者の技術を生かしたアルバイト、労働契約のない就労形態など税金申告対象外の労働である。

1988年から1999年の10年の歩みで最貧層に属する人口は10年前より2.8%の増加、最裕福層(最低賃金の20倍以上)も減少傾向にあり、中流層へと移ってきている。最低賃金は金融政策に基づいて常に一定の購買力を維持する値と設定されていたが実際にはインフレに追いつかず、この10年間で最低賃金は1998年の2/3の値となった。1995年は特に悪化傾向を示し、最低賃金に42.86%の修正が加えられたが当初の目的は達成していない。

経済発展の地域的格差のために都市への経済人口の移住が増大しており、人口の無秩序の増加は、住居の不足、基礎的公共インフラの不備、半失業および失業などの問題を起こしている。十分な所得、適切な教育、社会および医療扶助を有することなく、小規模かつ低水準の住居で適切な衛生設備もなく生活することにより、低所得層はその個人的能力を改善する条件を獲得することから疎外されている。

3. 調査地域の特徴

3.1 コパカバナの概要

観光地として代表的なコパカバナは19世紀中頃にサコペナ(Sacopena)という名称で始まった。サコペナとは現地のインデオの言葉(tupi)で小鳥のさえずりという意味である。1889年に3軒しかなかったが1905年には60軒を超える集落となり、以来コパカバナは明確な計画がないままに成長を続け、30年後はすでに都市インフラの整備が進み、1978年に路面電車がセントロ地区とラルゴドマシャドを結んだ。セントロとは中心地という意味合いがあり、経済、文化、教養等すべてが集約された地域で、現在もオペラ劇場や大企業・銀行の本店が

あり、経済・流通の中心地である。

1982年にはポタフゴとコパカバナを結ぶアラルプラタ(Alaor Prata)トンネルが開通した。現在のヴェリオトンネルである。開通後、サコペナと呼ばれていた集落はコパカバナと呼ばれるようになった。コパカバナとは透き通る青さ(mirante azul)という意味合いを持つケチュア語である。

1960年代に入り、ブラジルの急激な経済成長とともに人口の流入および建設ラッシュが始まり、コパカバナには連日のように新しいアパートが建設されるようになった。海岸と山に囲まれた地理的条件のなかで、高層建築が並び、78,238棟の住宅と4,270棟の商業施設が煩雑に狭い路地にひしめいている。

コパカバナの人口は1991年の統計では155,832人であるがこの地域を訪れる観光客や、周辺からの流入で20万人前後とみなされている。観光地としての観光客の呼び寄せとして、3kmに及ぶビーチや波をモチーフにした建築家ブルレマックス(Burle Max)の歩道、劇場、映画館、バーや世界各国のレストラン、50以上のホテルで絶え間なく人口が流動している地域である。

コパカバナは海岸と山に囲まれているが、周辺への交通は多様であり、セントロ地域からはプリンセザイサベル通り、北部とラゴア地域はバラタリベイ口通り、南部とバハからはアベニエダアトランチカ通りが主要交通網である。コパカバナの交通量は特にピークという時間帯はないと言われる。通勤および通学、子供の学校の送迎、劇場や映画館などのレジャー、観光客の絶え間ない移動などで実際交通量に目立ったピークは見られない。



写真 - 1 コパカバナBurle Maxの歩道 2000年筆者撮影

計画性のない発展を遂げた結果として、多くの地域にも見られるようにコパカバナを囲む山の中腹には貧困層がファベラを形成している。1991年から1996年にかけてコパカバナ地域のファベラ人口は8,621人から13,773人(59.76%)で世帯数では60.29%の増加を示している。

3.2 ブラジリアの概要

ブラジリアは1956年に建設が始まり、1960年にリオデジャネイロから首都移転した40年余りの歴史を持つ新しい都市である。パイロットプログラム(Plano Piloto)と名づけられた首都計画は斬新な区画設定と緑の配置、機能性とビジュアルな美を同時に追求し、中心地から放射状に衛星町(cidade satellite - 都市より小規模)を開発していく予定となっていた。Le Corbusierの弟子であった建築家Lucio CostaによるPlano Pilotoの基本は緑に囲まれた住宅地、居住空間と職場空間の距離設定と工業地の排除、居住空間近くに教養・娯楽施設区画の設置、車と徒歩移動の区画整備の4点であった。

Plano Pilotoは飛行機の翼をイメージして計画され、機首にあたる部分に首都の尊厳を誇示するモダンなデザインの行政建築物、左右の翼にあたる区画は住宅が整備された。行政の建物が並び中心部は6ラインの通りがEsplanadaから真っ直ぐに南へと伸び、通りの両サイドに官庁ビル、司法局、カテドラルが並んでいる。住宅区画地域は最高2階建ての制限を設け、広い土地と緑、駐車場、便利な交通網が計画された。

レジャー施設・商業ゾーンは区画化された一部分に集中、それぞれの区画は緑の境界線で区切られる



写真 - 2 ブラジリアの行政区画

ことが当初の目的であり、パークシティーとしての理想であった。首都建築とともに建設された住宅は60万戸で1区画に6階建てのビルが4棟、それぞれの住戸の間取りはすべて規定されており、6区画1単位としてその区画内に教会、義務教育施設、映画館、クラブ、スポーツを楽しむ空間が設けられた。6区画毎の単位で商業施設が設定され、住民が最小の移動で生活全てがこなせることを目的としている。この区画設定は所得の層に関係なく住むことが出来るという理想があったが住宅区画に建てられた規定のアパートは個人の要望とは異なり、住みにくくまたリフォームもかなわないため敬遠された。

理想と現実で Plano Piloto は最初から失敗の連続であった。“都市部及び周辺地域をスラム化させない”都市計画は“すべての居住者がまともな家とインフラ整備が整った所に住む”事が理念であったが、首都圏の開発と周辺地域の開発には時間差があり、建設労働者及びその家族は周辺地域にスラムを形成し仕事場へ通勤する展開となった。

土地の区画整理が未整備な状態で、住宅を必要とする人々が正規の登録を行わずに家を次々と建ててしまう現象（invasao）が起こり、特に低所得層は周辺部にスラム化し、行政が力づくで撤去を行う現象が起きた。行政の対応が間に合わず、首都圏の建設ラッシュで仕事を求める大幅な人口増加とともに住居の不足が深刻化し、理想の都市像は現実のニーズに早急に対応をせまられる結果となった。

衛星町の区画設定後、それぞれの区画に居住空間として集合住宅を建設、国からの補助で低所得者でも家が購入できるように策が図られた。しかしながらこの計画も理想をもとに行ったため、集合住宅ではなく土地付きの家を希望している所得層を満足させることが出来ず、集合住宅区画の周りに計画外の

一軒家が建ち、都市景観の統一性を重視した当初の計画から外れていく結果となっている。首都移転から30年、人口の内部移動によりそれぞれの衛星町も定着が見られるようになり、所得差、教育水準から明確な住み分けが見られる様になった。

Distrito Federal（連邦管区）は首都 Brasilia を含め18の衛星町で成り立っている。行政機能が集中した Lago Norte、行政関係者の居住地 Brasilia 及び Cruzeiro が最初の開発地で Plano Piloto によりそれぞれの区画は明確に整理され、現在に至っている。この Plano Piloto により、Distrito Federal の住民移動行動の目的地はその他の都市に比べて明確である。

首都建設初期は低所得者が仕事場を取り囲むようにスラムを形成していったが衛星町の計画の推進とともに自主的に居住地を求めて移り住んだ人々と所得がなく、そのままスラムに残り強制的に移住させられた人々で周辺都市の生活レベル格差は著しい。最初の衛星町は Planaltina と Brazlândia で計画通りの交通網と緑が確保された。Nucleo Bandeirante、Taguatinga、Sobradinho、Gama、Guara と Ceilândia は続いて計画された都市だが、スラムから強制撤去された住民が行政に届け出無しで土地に住みつき、計画外の家が建てられた地域などで理想の都市景観を維持することは出来なかった。

移住による人口増加現象がおちついた1980年頃から再び理想の都市像を取り戻す計画を推進する方針で近年では緑の配置、交通網の充実、そして住民が定住しやすい住居が計画され、開発当初の数々の建築規定が見直されている。地域別に住民の居住期



図 - 1 Distrito Federal の周辺衛星町



写真 - 3 Samambaia新しい住宅建設 2001年筆者撮影

間が安定している場所として Gama、Brazlandia 及び Sobradinho では 60% 以上が 10 年以上住み続けている。反面新しく開拓された Samambaia 地区では 43% が 1 年以下である。住民の前居住地域調査からこの Samambaia 地区の 36% の住民は Ceilandia、28% は Taguatinga から移り住んでいる。現在広がりを見せている新しい衛星町への交通網には地下鉄が計画されている。

4. 学歴と職種、居住地域の相関関係

コパカバナ及びブラジリアを職場とする勤労者の学歴と所得、所得と住まいの相関関係は明確である。コパカバナは観光が経済基盤でありホテル・飲食・商業・サービス業が主な職種である。居住者の教育レベルは調査人口 65,264 人に対して 40.72% が 15 年以上（4 年大学卒）の教育を受けており、世帯の月額収入レベルでは最低賃金の 5 倍以上が 65% で高所得居住地域に属する。この社会の特徴としてメイドがどの家庭にも 1 人は必ず勤務しており、平均

的にメイドの月収が 1~2 倍最低賃金、ホテルの下級従業員が 2~4 倍レベル、飲食店員が 4~5 倍レベルの統計で考察すると、コパカバナに勤務する労働者は近郊地域からバス通勤していると仮定できる。

世帯所得別に通勤範囲地域を調査した結果、20% 以上の最低貧困層（最低賃金）はファベラの多い地域に居住しており、低・中所得者は比較的交通の便が良く職場へ 1 時間以内の地域に居住している。低所得層の移動手段は路線バスが主体で 77% の市民が日常利用しており、現在 49 社が 449 路線、8,000 台に近い車両で距離に関係無く一律 R\$ 1.00 でサービスを提供している。

ブラジリアは政治・経済・商業のすべてが集約された場所であり、特徴的な都市計画の結果としてパーソントリップ調査の居住地から目的地への移動が明確である。所得と教育レベルで調査した近郊衛星町では、最低賃金の 20 倍以上世帯が Brasilia で 59.45% とその他地域に比べて高く、教育レベルも大学卒、大学院以上のレベルが 27.11% で最高値である。続いて Guara 及び Cruzeiro の世帯所得でそれぞれ 35.38%、33.16% が最低賃金の 20 倍以上であり、教育では 8.92%、12.32% が大学、大学院以上のレベルである。反面、7 歳以上の無学・無教育が一番高い Planaltina（10.99%）では最低賃金の 3~5 倍の所得世帯が 24.08% で最低賃金生活者は 18.93% である。教育レベルと所得が両極端にある Brasilia と Planaltina はパーソントリップ調査（表 - 2）でも特徴を表している。

表 - 1 世帯主所得と居住地域（出所：IBGE）
最低賃金 R\$ 151.00（1\$ = 2.45 R\$）2001 年 5 月

最低賃金 地域	1	3	5	10	10 <	不明 無職
Portuaria	23%	46%	14%	10%	3%	4%
Centro	12%	34%	19%	21%	9%	5%
Rio Comprido	21%	33%	13%	16%	11%	5%
Sao Cristovao	25%	39%	14%	13%	5%	4%
Santa Teresa	11%	37%	15%	18%	13%	6%
Botafogo	5%	15%	11%	23%	41%	5%
Copacabana	2%	16%	12%	24%	41%	5%
Tijuca	6%	20%	12%	24%	35%	3%
Vila Isabel	7%	20%	13%	25%	31%	4%
Ramos	22%	42%	14%	11%	4%	6%
Penha	20%	40%	16%	13%	5%	5%
Inhauma	21%	41%	16%	13%	4%	5%
Meier	13%	29%	17%	23%	15%	3%
Iraja	14%	35%	19%	19%	8%	5%
Madureira	19%	36%	18%	16%	5%	6%
Ilha do Governador	12%	29%	16%	21%	17%	4%
Anchieta	22%	43%	18%	13%	3%	2%
Pavuna	22%	44%	16%	11%	2%	5%
Jacarepagua	16%	34%	16%	18%	13%	3%
Barra da Tijuca	6%	17%	7%	13%	53%	4%
Bangu	21%	42%	16%	12%	4%	5%

表 - 2 目的地別パーソントリップ調査 1990年10月平日

地域	車利用(バス・自家用車・その他)					
	トリップ /日/人	職場	教育	個人 諸用	買い物 レジャー	その他 通院他
Distrito Federal	1.05	59.3%	23.7%	0.7%	4.3%	5.7%
Brasilia	1.86	48.6%	30.6%	7.8%	5.4%	7.6%
Cruzeiro	1.41	56.3%	25.0%	4.8%	5.2%	8.7%
Guara	1.24	57.8%	24.9%	0.8%	4.6%	4.7%
N. Bandeirante	1.12	52.3%	23.8%	7.7%	6.4%	9.8%
Taguatinga	1.01	64.2%	22.8%	6.6%	2.9%	3.5%
Ceilandia	0.78	70.9%	15.8%	6.7%	3.3%	3.3%
Samambaia	0.63	66.3%	19.7%	6.3%	2.2%	5.5%
Gama	0.63	65.5%	17.9%	7.8%	4.2%	4.6%
Paranoa	0.69	72.5%	14.3%	6.3%	4.8%	2.1%
Sobradinho	0.90	58.8%	23.8%	6.2%	5.7%	5.5%
Planaltina	0.60	74.7%	12.2%	5.8%	0.1%	6.3%
Brazlandia	0.51	80.1%	15.9%	2.1%	0.8%	0.1%

車社会为前提として計画されたブラジリアは首都を核として放射状に交通網が計画され、それぞれの国道の末端の衛星町から首都圏へトリップが行われている。24時間の移動時間帯調査では朝、昼、夕方方の3回の交通量がピークで首都圏への通勤・通学の目的によるものと考えられる。交通手段では公共交通より自家用車の占める割合が比較的高く、現在の地下鉄拡張工事後のパーソントリップ調査では異なった数値が得られるものと考えられる。

5. おわりに

ブラジリアと筑波研究学園都市はマスタープランをもとに計画的に建設され、美観・機能性を追及した幾何学模様の美しい街であるが、リオデジャネイロ、そしてコパカバナは計画性なく乱雑に切り開かれていった都市である。行政が良しとして計画した住宅と個人が住みたいと念願して作った住宅は根本的に違い、後者は街に個性と活気を与える。今回の調査でブラジリアも筑波も人間の個性を建築家・専門家に委ねてしまった所に生活の持続性の無理があるように思われる。ブラジルでの調査は教育と職業、職業と所得、所得と居住地域の関係が明確であり、この様にはっきりとした住み分けは日本社会では見られないと思われる。

この調査は奥深く、経済と都市は常に変化を続けるため限らない資料とのめぐり合いであったが貴重な経験であり、この機会を与えてくださったIBSフェロシップ制度のすばらしさと亡き井上孝先生

の最後の課題を頂くことが出来た事への深い感謝を表したい次第である。

参考文献

- 1) Mercado de trabalho do RJ, Conjuntura e analise N. 7-fevereiro 2000
- 2) Rocha, Sonia, A estabilidade da incidencia de pobreza no RJ no periodo 1995-1999/Tendencia evolutiva e caracteristica da pobreza no RJ, 1997, p. 219-231
- 3) DETRAN, Transito do RJ, 2001
- 4) MEC, Ensino e melhoramentos, 2001
- 5) 山田睦男, リオデジャネイロ市の発展と大都市圏の形成, ラテンアメリカの巨大都市, 1994年4月
- 6) 細野昭雄, ブラジルの経済発展と都市化, ラテンアメリカの巨大都市, 1994年4月
- 7) Moradia Segregacao, Desigualdade e Sustentabilidade Urbana, Rio Estudos n. 13, maio 2001
- 8) Os rendimentos do trabalho no Brasil, DIEESE, Sao Paulo, 2001
- 9) No Distrito Federal a cidadania começa, Politica Habitacional 1999-2002, GDF SEDUH
- 10) Pesquisa domiciliar transporte, GDF CODEPLAN, agosto de 1991
- 11) Perfil Socio Economico do DF, versao 1999
- 12) Uma politica habitacional para o DF, Plano de acao, IDHAB-DF, 1996
- 13) 筑波研究学園都市 建設の理念と経緯, 1985年
- 14) 馬越正哲他, 筑波研究学園都市の都市形成過程に関する研究2 その1, 2, 3, 4 日本建築学会大会学術講演, 1986年8月