

日本全国規模のネットワークを対象とした 交通流シミュレーションの開発

小出 勝亮¹・田中 伸治²・飯島 護久³・
白石 智良³・花房 比佐友³・堀口 良太³

¹非会員 株式会社アイ・トランスポート・ラボ (〒101-0051 東京都千代田区神田神保町1-4 神保町1-4ビル3階)

E-mail:koide@i-transportlab.jp

²正会員 横浜国立大学 大学院 都市イノベーション研究院 (〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5 土木工学棟204号室)

E-mail: stanaka@ynu.ac.jp

³株式会社アイ・トランスポート・ラボ (〒101-0051 東京都千代田区神田神保町1-4 神保町1-4ビル3階)

本研究では日本全国規模のネットワークを対象にした広域交通流シミュレーションシステムを開発している。本稿では、まず、シミュレーションモデルの動作について説明する。次に、本システムを用いた現況再現シミュレーションを実施し、出力指標と道路交通センサスで観測された交通量とを比較して、現況再現性を確認した。また、そこから得られた知見から今後の課題を整理した。

Key Words : *Grid computing, Traffic simulation, census*

1. はじめに

近年は、様々な場面で都市圏を越える規模の広域なネットワークでの交通流シミュレーション利用へのニーズが高まりつつある。例えば、都市間高速道路の料金制度改定や、大規模災害時・復旧時の交通運用施策を考えると、地方規模、場合によっては全国規模での影響評価が必要となる。従来は、このような規模で施策評価するために、日交通量ベースの静的交通量配分手法が利用されてきたが、静的配分手法では時間帯別の条件設定や、渋滞状況の動的な変化を加味した評価ができないことから、動的な交通流シミュレーションでの評価が望まれる。

このような背景から、本研究では、日本全国規模のネットワークを対象とした交通流シミュレーションの開発に取り組んでいる。これまでに開発した広域交通流シミュレーションソフトウェアでは、計算機リソースの制約や、計算時間の面から、日本全国規模を扱うことは難しいため、日本全国を複数のエリアに分割し、それぞれのエリアの交通流計算に1台のPCを割り当て、グリッドコンピューティングで並列計算させている。また、複数のエリアをまたがるトリップについても、動的な経路選択ができるよう、シミュレータに内包する経路選択モデルを、エリア単体をカバーするものと、日本全体をカバー

する2つに階層化することで対応している。

このような全国規模のシミュレーションを開発・整備することの利点には、任意の地域でシミュレーションスタディを迅速に行えるようになることも挙げられる。これまで、任意の地域でシミュレーションを行う場合、入力データを得るための調査等に多大な労力を必要としてきたが、あらかじめよく調整された全国シミュレーションがあれば、そこから対象地域のネットワークやシミュレーションの境界条件(部分OD表)を切り出すことができ、速やかに地域規模のシミュレーションを実施できるようになる。

本稿ではこれまでに開発されたシステムの概要とそれを用いたシミュレーション結果と道路交通センサスの実測値を比較し、今後の課題点を確認した。

2. システムの概要

本システムでは、既存のメソ交通流シミュレータ(SOUND)をベースとしている。しかしながら、1台のPCではリソースが不足するため、全国を複数のエリアに分割し、複数のPCが協調的に並列処理するグリッドコンピューティング技術を利用している。また、これまでの開発では、エリア別ではなく、統一的なOD表を利用可

能にするため、全国道路網での広域な経路選択を行うべく、探索ネットワークを階層化させる機能を実装した。

(1) エリアの分割

複数の PC を使い並列に処理を行うため全国を 9 つのブロックに分割 (図 1 参照) し、各 PC が担当するシミュレーションエリアを定めている。その際に、分割されたエリアに合わせた各種設定ファイルも以下の準備を要する。道路ネットワーク定義は、エリア分割により寸断されるネットワークの端点となる接続部に車両の発生集中点となる **BoundaryCentroid** を設け、車両が分割エリアから他の分割エリアへ移動できるよう設定した。また開発初期では分割されたエリア内でそれぞれの PC が独立して計算できるように車両の発生集中量を算出するために用いる OD 表をエリア毎に分割し、事前に分割 OD 表として与えた。

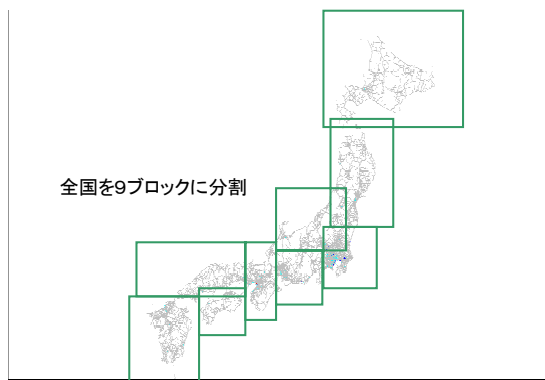


図1 分割エリア

ただしこの分割された OD 表を利用することにより、大きな課題が生まれた。それは事前に分割エリア毎に起終点が定まってしまうことは、長距離の OD は経由地 (**BoundaryCentroid**) が予め定まってしまうことになり、経路選択の範囲を狭めてしまっていた。例えば図 2 上で複数のエリアを越える OD (Origin → Destination) があった場合に、今、Destination までの各経路のコストが① < ② < ③ の順であった場合に、事前に作成される分割 OD 表は、Local エリア 1 に Origin → A、Local エリア 3 に A → B、Local エリア 4 に B → Destination がそれぞれ与えられる。そのため①の経路 (Origin → A → B → Destination) 上で通行止めが発生した場合には、本来であれば次にコストの低い②の経路 (Origin → C → D → Destination) が選択されるべきではあるが、事前に与えられる分割 OD 表を利用している場合には③の経路 (Origin → A → B → Destination) しか選択できない問題があった。

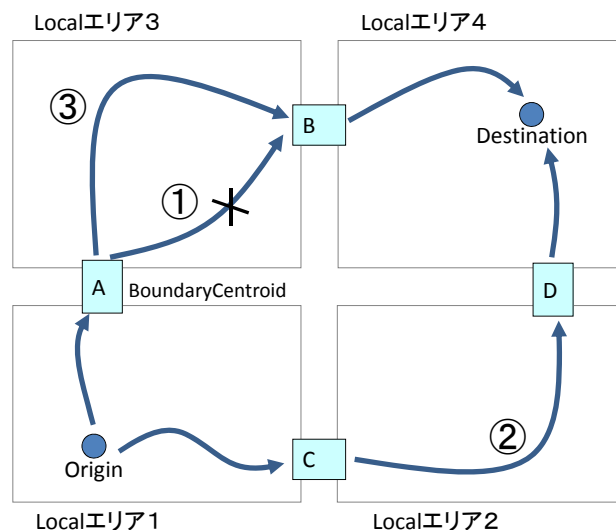


図2 分割エリアでの経路

3. 階層的な経路選択手法

前述の課題を解決するために、エリア毎に固定された分割 OD 表を用いず、分割エリアに関係なく起点から終点までを一元化された全国 OD 表を利用し、全国規模で動的な経路選択を行うことが必要である。そこで階層的な経路選択手法を導入した。これは分割 OD 表を利用していた場合には分割エリア毎に経路選択を行えばよかったため、他の分割エリアの状態を認知する必要はなかった。しかし、一元化された全国 OD 表を利用する場合、発生するエリアと集中するエリアが異なる OD の経路選択を行うため、すべてのエリアの状態を認知する必要がある。そこで、これまでのエリア毎に存在した狭域の経路選択層 (**Local ガイダンス**) に加え、その上位層として全エリアを対象に経路選択を行える広域な経路選択層 (**Global ガイダンス**) を設けた (図 3 参照)。これにより分割エリアをまたがる OD の経路選択時には **Local ガイダンス** と **Global ガイダンス** が協調することで **Local ガイダンス** にとっては未知である他のエリアの経路を案内することが可能となった。

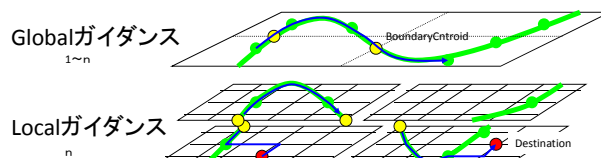


図3 階層的ガイダンス

(1) 経路探索

広域な経路探索を行う **Global ガイダンス** の経路探索は分割エリアの道路ネットワークの端点である **BoundaryCentroid** 同士を直接結んだ仮想リンクから構成されるネットワークを保持する (**Global ネットワーク**)。そして **Local ガイダンス** 側から定期的に仮想リンクのコス

トが更新された上で、経路探索を行う。こうして算出された各 BoundaryCentroid から Destination までのコストは Local ガイダンスに通知され、自エリア外の目的地であっても経路探索が可能となる（図4参照）。

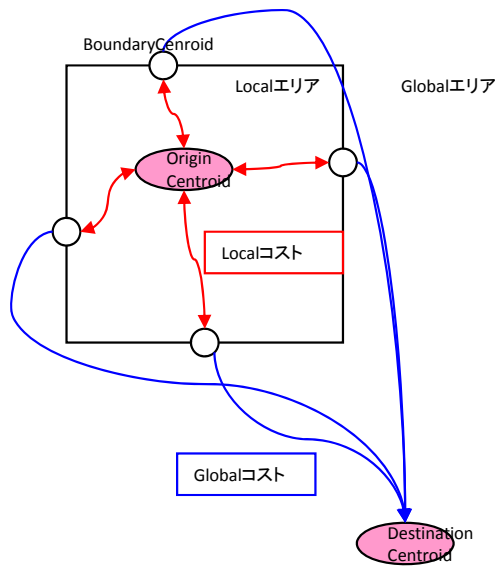


図4 LocalコストとGlobalコスト

(2) Globalネットワーク

Global ガイダンスにとってネットワークは経路探索を行うためだけに必要なものであり、車両が走行する必要はない。必要なものは経路探索を行うためのコストである。また分割エリア内の詳細な経路は Local ガイダンスに委ねるため、認知する必要はない。これらより、Global ガイダンスが保持するネットワークは図5の矢印のように、分割エリア同士をつなぐ BoundaryCentroid と BoundaryCentroid、または BoundaryCentroid と車両の発生集中点である Centroid とを仮想的につないだ仮想リンクとした。この仮想リンクは、実道路ネットワーク上での複数接続された道路と動的に対応する。通知されるコストは各区間での、Local ガイダンス上で最少経路となる経路のコストであり、その経路は交通状況により異なる。仮想リンクのコストは Local ガイダンスから定期的に集計され、通知される。

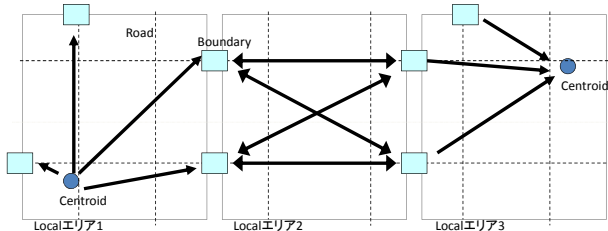


図5 Globalネットワーク

(3) 経路選択手順

エリアを越える OD を持つ車両の経路選択は以下のような手順となる（図4参照）。

1. 車両が自 Local ガイダンスに経路を問い合わせる。

2. Local ガイダンスは目的地が自エリア内ではないため、Global ガイダンスで算出された自エリアの各 BoundaryCentroid から Destination までのコスト(Global コスト)を用意する。
3. Local ガイダンスは車両の位置から Local エリア内の各 BoundaryCentroid までのコスト(Local コスト)を算出する。
4. Local ガイダンスは Global コストと Local コストの合算したコスト(Global コスト+Local コスト)から経路を比較し、どの BoundaryCentroid を経由した経路が良いかを車両に案内する。

4. シミュレーションの概要

以上の機能をもつシミュレーターを利用して、日本全国の交通状況を再現するシミュレーション実施した。設定は以降のとおりである。

(1) ネットワーク

日本デジタル道路地図(DRM)の基本道路の指定市の一般道以上を網羅している。

道路本数：約78万本

総延長：約39万km

(2) ゾーン

車両の発生と集中となるゾーンのサイズは市区町村単位とする。

ゾーン数：1385ゾーン

(3) 時間帯別OD表

時間帯別の車両発生サイクルとなるOD交通量は、道路交通センサスの自動車起終点調査データの日交通量を用いる。シミュレーションでは、時間変化する需要に応じた渋滞状況を表現できる特徴を生かすため、時間単位のOD交通量を与えることが望まれる。そこで、道路交通センサスの一般交通量調査の時間帯別交通量を用いて方向別・車種別の時間係数を設定し、日単位のOD交通量を1時間単位のOD交通量に分割した。また評価時間には車両が適切にネットワーク上に存在する必要があるため、プレラン時間として4時間分を設定した。

発生台数：約6000万台/日

5. シミュレーション結果とセンサス交通量

現況再現性を確認するため、道路交通センサスの一般交通量調査の交通量を対象に比較した。

(1) 対象路線

センサス交通量が観測された断面であること、また広域的な交通に利用されるネットワークという条件のもと、センサスの調査対象区間ごとに比較した。

DRM：一般国道以上

本数：約1万センサス区間

(2) 日交通量との比較

まず日交通量についてセンサスの値とシミュレーションの計算結果を道路種別に比較した。

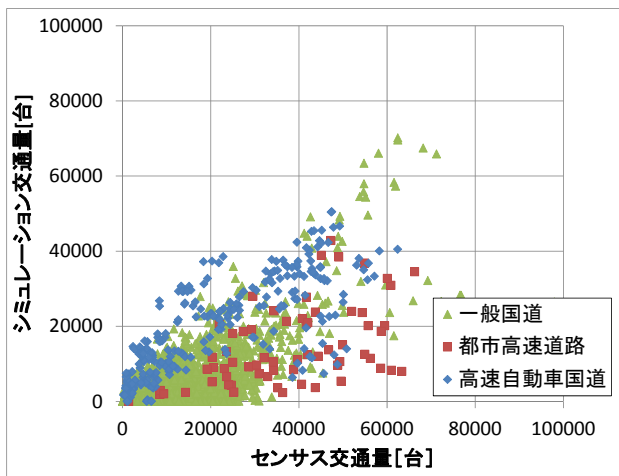


図6 日交通量

高速自動車国道では、センサス交通量とシミュレーション交通量とが同等となる45度線上に位置している。しかしながら、都市高速道路と一般国道はそうではなく、シミュレーションが過小な交通量となっている。

これらの原因として、シミュレーションでは車両の起終点となるゾーンの単位が市区町村ゾーンを利用している。そのため、その内部で発生するトリップはシミュレーションでは再現されないため、実測値よりも過小の交通量になると考えられる。

(3) 時間帯別交通量との比較

さらに時間帯別の時間変動を各区間の総交通量で比較した。センサス交通量は日中が夜間比べ大幅に多い交通量であるのに対し、シミュレーション交通量はその逆で昼間の交通量が圧倒的に過小であった。これはシミュレーション設定値にミスがあり、30分単位で設定されたOD表に対し、車両の発生間隔を1時間としていたため、時間帯別交通量に遅れが発生した。

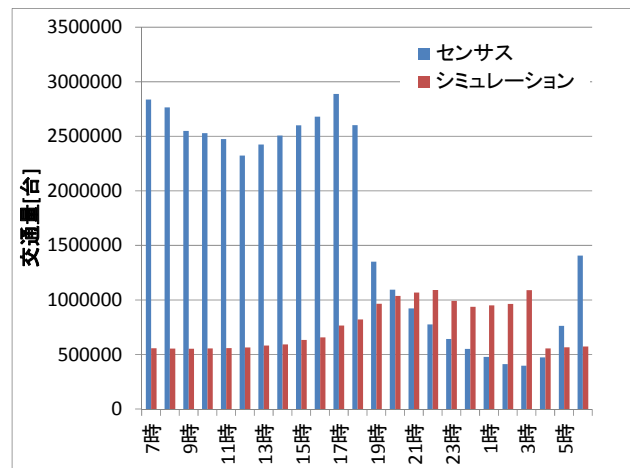


図7 時間帯別交通量

6. おわりに

本稿では、これまで開発されたシミュレーションについて説明し、キャリブレーション前ではあったものの実測値であるセンサス交通量と比較し、問題点を確認した。日交通量ではある程度センサス交通量と近い結果が得られたものの、一層の精度向上が必要であることが確認された。

今後、精度向上等に対して必要となる課題として、以下の3点が挙げられる。

1点目は、再現性の向上としてゾーン、ネットワークの精緻化を行う。現状では、ゾーンサイズが市区長村単位となっているため、ゾーン内を起終点とする短いトリップが再現できておらずセンサス交通量と比較し、過小な交通量となっている。そのため今後はより細かいゾーン単位であるBゾーンを用いて、再現性の向上を図る。合わせて、ネットワークもより詳細な「その他道路」以上を網羅する。

2点目は、車両の経路選択モデルの追加する。現状ではコスト最小のルートが選択されるモデルのみの実装のため、経路にバリエーションがない。今後は確率的な経路選択モデルを加え、利用される経路にバリエーションを与え現実に近い道路利用を目指す。

3点目はキャリブレーションの実施であり、現在、小林らによって研究されているネットワーク交通シミュレーションのための一括推定手法⁵⁾を適用し、与件に即したOD交通量設定を行う。

以上3点を中心に見つかった課題に対し、今後とも取り組んで行く予定である。

謝辞：本研究は、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構の「エネルギーITS推進事業、国際的に信頼される効果評価方法の確立」事業において実施した。

参考文献

- 1) <http://i-transportlab.jp/products/sound/index.html>
- 2) 小出勝亮, 田中伸治, 飯島護久, 白石智良, 花房比佐友, 堀口良太: 階層的な経路選択による日本全国交通シミュレーションシステムの開発, 第 10 回 ITS シンポジウム 2011, CD-ROM, 2011 年 11 月.
- 3) 小出勝亮, 田中伸治, 白石智良, 飯島護久, 堀口良太: グリッドコンピューティングによる日本全国交通シミュレーションシステムの開発, 第 9 回 ITS シンポジウム 2010, CD-ROM, 2010 年 12 月.
- 4) 飯島護久, 福本大輔, 桑原雅夫: 首都圏ネットワークにおける動的シミュレーションの適用可能性, 第 27 回日本道路会議論文集, CD-ROM, 2007 年 11 月.
- 5) 小林正人: ネットワーク交通シミュレーションのための時間帯別 OD 交通量と 確率経路選択モデルのロジット感度パラメーター推定プログラムの開発, 第 30 回交通工学研究発表会

VERIFY THE ACCURACY OF JAPAN NATION-WIDE SIMULATION

Katsuaki KOIDE, Shinji TANAKA, Morihisa IJIMA, Tomoyoshi SHIRAIISHI,
Hisatomo HANABUSA and Ryota HORIGUCHI

This study, we have developed a nation-wide traffic simulation system targeted to Japan so far. In this paper, we confirm the reproducibility carried out a simulation that describes the behavior of the simulation was to reproduce reality, using this system. Compared with the volume of traffic was observed in the indicators and road traffic census which is output from the simulation, we confirmed the reproducibility current state. In addition, we organize the challenge of the future from the knowledge obtained from there.