

金沢都市圏における 交通シミュレーションの実務への適用事例報告

やまむら けいいち しおじ けいすけ
山村 啓一¹・塩土 圭介²

1,2 (株) 日本海コンサルタント (〒921-8042 金沢市泉本町2丁目126番地)

本業務では、金沢都市圏の公共交通ネットワークのサービスレベルの向上を目指し、専用レーンを伴う地上方式の新たな中量輸送公共交通システム (LRT, BRT) の導入検討のため、「ハイブリッドシミュレーション」を用いてLRT, BRTの導入時の都市圏ネットワークにおける交通状況の予測を実施した。

本論文の目的は、上記のシミュレーションを実務適用した場合の実務面の課題 (計算負荷、ネットワーク作成の困難さ) 及びその対応方法 (ハイブリッドシミュレーション, オープンデータを用いた対応) について示した上で、今後のより一層の交通シミュレーションの実務における活用に向けた一助となることを目指すものである。

Key Words : 交通マイクロシミュレーション, ハイブリッドシミュレーション, LRT, BRT, 金沢都市圏, オープンデータ, OpenStreetMap

1. はじめに

人口減少・高齢化が進む中、地域の活力を維持し、だれもが安心して暮らせるよう、地域公共交通で都市の拠点を結び、「コンパクト+ネットワーク」の考え方にもとづく公共交通優先のまちづくりが日本各地の都市計画・交通計画において求められている。

そういった中で、公共交通ネットワークのサービスレベルのさらなる向上を目指し、専用レーンを伴う地上方式の新たな中量輸送公共交通システム (LRT, BRT : 以下「新交通」と呼称) の導入が金沢市では検討されている。

新交通の導入に際しては、定時性及び速達性の確保のため自動車の車線の一部を新交通に再配分することから、導入区間における一般自動車の交通容量の低下は避けられない。さらに、導入区間における交通量の低下とそれに伴う混雑を避けるための迂回交通が発生し、その結果、影響が道路ネットワーク全体に波及することが想定される。そのため、導入区間周辺だけでなく、道路ネットワーク全体を含めた影響の検討が必要となる。

しかしながら、従来の道路交通状態の予測手法 (Q-V式と分割配分もしくは利用者均衡配分を用いるマクロな手法、以下「配分」と呼称) では、渋滞の再現、車線構成の反映、時間推移の考慮といった点で理論的に困難を抱えており、今回の検討では十分な予測が行えないと判断された。そこで本業務で

は「ハイブリッド (マイクロ+メソ) シミュレーション (以下、「シミュレーション」と呼称)」を用いて予測を行った。

2. 交通量予測手法に関する課題

(1) 配分とシミュレーション (マイクロ) の特徴比較

従来手法である配分と今回用いるシミュレーションの特徴のなかで、今回の検討に特に影響を及ぼすと考えられる項目を表-1に示す。

表-1 配分とシミュレーションの特徴の比較

配分 (マクロ)	シミュレーション (マイクロ)
交通を集計量として扱う (Q-V 図)	交通を1台1台のクルマの動きとして扱う (追従モデル等)
ネットワーク構成は単路として再現	車線構成、交差点構成、信号現示等も含め再現
時間推移は明示的に取り扱わない	時間推移を明示的に取り扱う
×先詰まりや車線・交差点構成、信号現示等に起因する渋滞現象を再現できない	○先詰まりや車線・交差点構成、信号現示等に起因する渋滞現象を再現できる
×時間に関する指標 (旅行時間、遅れ時間等) を直接アウトプットにできない	○時間に関する指標が直接アウトプットとなる
○計算負荷が小さい	△計算負荷が大きい
△ネットワークを作成の手間がある	×ネットワークを作成の手間がより大きい
○厳密解を計算可能	△厳密解の計算法なし

参考：交通シミュレーション活用のススメ¹⁾

配分においては、計算に用いる交通に関する量を全て集計量（時間あたりの交通量や速度の平均値等）で扱うこと、ネットワークを単路の連なりとして再現すること及び時間推移を明示的に扱わないことより、

- ① 先詰まりや車線・交差点構成、信号現示等に起因する渋滞現象を再現できない
- ② 時間に関する指標（旅行時間、遅れ時間等）を直接アウトプットにできず、ピーク時の分析等も行えない

という欠点をもつ。

交通需要に対して交通インフラが不足している時代には、1日単位でみた都市圏全体の道路容量増を示せば十分であり、新規道路整備（道路を広げる・新設する）効果の計測手法として配分は有効な手法であった。また、都市圏の混雑解消を目指した広域道路の整備が主である場合は、単路の交通容量が支配的であり、問題はなかったと考えられる。

しかしながら、「道路空間を賢く使う」ためには、自動車の道路空間を公共交通や歩行空間に再配置するといった施策（道路を絞る・減らす）を実施する際の道路ネットワークへの負荷を見ることが必要である。さらに、混雑の要因として単路の容量ではなく交差点構成（付加車線、信号現示等）が支配的となる都心部の一般道路が検討対象となる。そのためには、上記①、②を詳細に検討することが必要不可欠である。例えば、車線の減少によって、ある交通量を閾値として非線形的に急激な渋滞が発生することや、その渋滞を考慮した迂回交通の発生、その対策としての交差点改良の効果等を、配分により一貫して予測・検証することはほぼ不可能である。

すなわち、配分は、道路を「広げる・新設する」施策の検討には十分使えるが、道路を「絞る・減らす」検討には不十分であると言える。

(2) シミュレーションの実務適用時の主な課題

シミュレーションは上述の問題点を解消し、「道路を賢く使う」時代の分析に適すると考えられる。

一方、表-1に示した通り、シミュレーションには

- ① 計算負荷が大きい
- ② ネットワークを作成の手間がより大きい
- ③ 厳密解の計算法なし

という課題がある。

③は学術的な課題であり、その対応策として、近似解を求める手法（ヒューリスティック・アルゴリズム）の発展及びそれを実装するコンピューターの計算能力の大幅な向上により対応が進んでいる。

①、②に関しては、実務的な課題であるといえる。これにより今までは、作業量や計算負荷を考慮した局所的な交差点改良への活用等に留まっており、都市圏レベルの道路ネットワークへの実務適用例は日本においてはあまりみられない。また、研究分野等においては、理論的な研究が重視され、実務的な困難さはあまり取り扱われて来なかった。しかしながら、財政条件や人手不足の面でより厳しい、地方都

市等での実務適用を進めるためには、この課題の解決と情報の共有が必要であると考え、本論文の主目的の一つとしている。次章以降に詳細について述べる。

3. 交通シミュレーションの実務への適用時の課題への対応

(1) 計算負荷の軽減策

マイクロシミュレーションにおいては、交通を1台1台のクルマの動きとして再現する追従モデルが採用される場合が多い。ここで、追従モデルとは、追従車両が前方車両との車間距離や相対速度などの変化を刺激(入力)とし、これに対応して反応(加速度)を出力するもの、と考える²⁾。

反応(出力)=反応強度(感度)×刺激(入力) (1)

この計算を、クルマ1台1台に対し、0.1~0.5秒程度の間隔で繰り返し実行することから、都市圏単位のシミュレーションを実行すると、その計算負荷は膨大なものとなる。

個人で扱えるPCの昨今の急激な計算能力の向上により、ある程度上記の負荷にも耐えられるようになってきているが、これに加えて本ケースでは、「ハイブリッドシミュレーション」の適用により、計算負荷の軽減を図った。

すなわち、詳細な再現・検討が必要な部分は「マイクロモデル」、大まかでよいところは「メソモデル」を組み合わせたという手法である。なお、「メソモデル」は、交通流特性モデルをベースに離散的な車両移動を再現¹⁾することで、マイクロモデルと同様のフレームワーク内で実行可能としつつ、計算負荷の軽減を図ることが可能なモデルである。

「ハイブリッドシミュレーション」は、市販のシミュレーションソフトへの実装が進んでおり、本論文で用いた「Aimsun」（詳細後述）でも実行可能である。



図-1 ハイブリッドシミュレーションの概要³⁾

(2) ネットワークの作成負荷の軽減

マイクロシミュレーションにおいては、ネットワークとして、単路の再現だけでなく、走行速度、車線構成、交差点構成、信号現示等も含め再現する必要

がある。

上記で述べた「ハイブリッドシミュレーション」における「メソモデル」適用範囲においては、交差点構成や信号現示の再現をある程度簡略化可能であり、ネットワーク作成負荷が軽減される。

これに加えて本ケースでは、「OpenStreetMap」(以下、OSMと呼称)のネットワークデータをシミュレーション用のネットワークデータとして活用することにより、作成負荷の軽減を図った。

a) OSMの概要

OSMは、道路地図などの地理情報データを誰でも利用できるよう、フリーの地理情報データを作成することを目的としたプロジェクトである。「自由な地図をみんなの手で」をスローガンとしており、誰でも自由に参加して、誰でも自由に編集でき、誰でも自由に利用することができる、「地図のオープンデータ」である。

OSMをシミュレーションに利用する場合の利点を表-2に示し、後の文章でその内容を概説する。

表-2 OSMの利点

OSM	(比較) DRM	(比較) ゴーグルマップ
①ネットワークデータを直接利用可能	利用可能	利用不可(閲覧, 検索のみ)
②データ入手無料	基本的に有料	入手不可, 商用利用不可
③メソモデル適用に必要な属性がほぼ全て設定可能(道路種別区分, 規制速度, 車線数, 一方通行有無等)	一部設定されていない(車線数等は道路交通センサス区間のみ)	内部的には全て持っているものと考えられるが, 入手不能
④データの編集が可能, かつ編集結果が即座に共有される	データの編集は逐次対応であり, その結果は共有されない	編集不可
⑤全世界共通	日本国内のみ	全世界共通

- ① シミュレーションに利用する場合の前提条件である。
- ② 絶対的な条件ではないが、入手の容易さを考えると満たすほうが良い。
- ③ 重要な条件であり、OSMを用いれば、メソモデルによるシミュレーションはほぼそのまま実施可能である。
- ④ データが編集可能であることが重要なことは明らかである。さらに編集結果の共有が可能であれば、業務やソフトの壁を超えた作業結果の効率化が図られる。また、OSMのデータがより正確になることで、分野を超えた貢献となる。
- ⑤ 一見して、日本国内で実施する場合には全世界共通である必要はない。しかしながら、有力なシミュレーションソフトは海外製も多く、実務適用例(新交通やラウンドアバウト導入時等)も海外に多い。海外製のソフトがネットワーク取り込み機能として実装するためにはほぼ必須の条件であると考えられる。

b) OSMのシミュレーションネットワーク適用概要

本ケースにおける、OSMのシミュレーションネットワークへの適用手順の概要を以下に示す。

- ① OSM上での編集：現在、日本国内の道路ネットワークは概ね再現されている。しかしながら、一部情報が不十分であったり、道路同士の接続が不適切な場合がある。その場合、シミュレーションに取り込む前に可能な限り編集する。

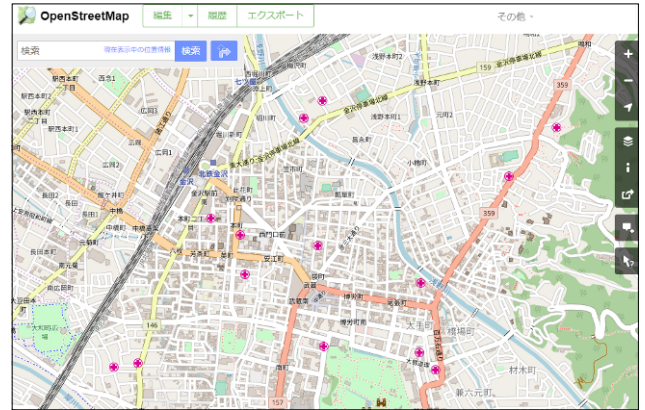


図-2 OSMのHP上における表示例(金沢駅周辺)

- ② OSMデータのダウンロード及びシミュレーションへの取り込み：OSMの公式サイトより、必要な範囲(緯度経度指定)をダウンロードする。データの形式は「.osm」であり、内部的にはxmlを利用して道路情報等を記載したデータである。なお、「.osm」を直接取り込む機能がないシミュレーションソフトを利用する場合、一旦GISデータ(Shapeファイル)に変換するサービスを介して利用する。(ただし、Shapeファイルは文字数制限などがあり、不完全なデータとなる可能性があるため、ソフトが対応している場合は「.osm」そのものの活用が望ましい)
- ③ ミクロモデルに必要な情報の入力：データの取り込み後、OSMでは設定されていない交差点情報(付加車線, 進行可能方向, 信号現示等)を設定する。(ミクロモデル適用範囲)

4. 金沢都市圏における適用事例

(1) シミュレーション設定条件等

a) 利用ソフト

前述の通り、「Aimsun」(Ver. 8.2.0)を用いた。「Aimsun」の特徴を図-3以下に示す。

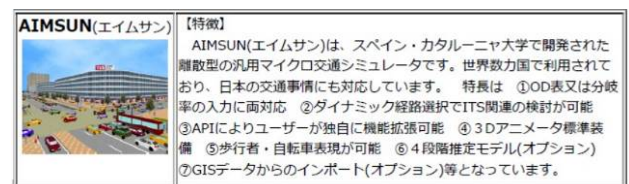


図-3 Aimsunの特徴⁴⁾

b) ネットワークの設定

3-(2)-b)にて示した手順により、**図-4**の通り金沢都市圏のシミュレーションネットワークを設定した。

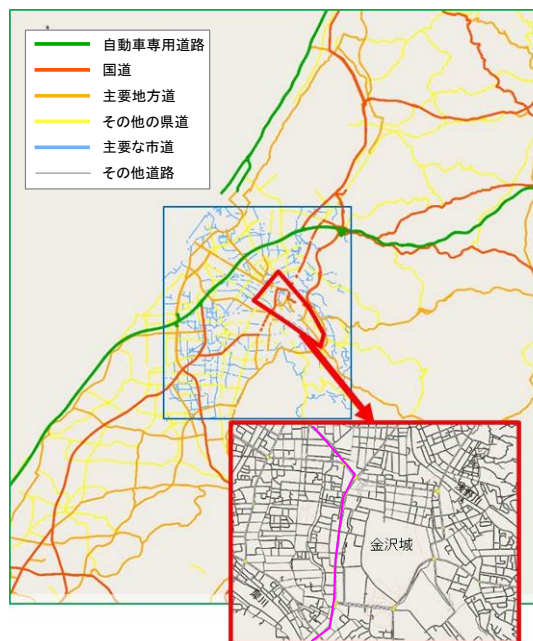


図-4 シミュレーションネットワークの設定

- ・ 郊外・市外エリア（図緑枠）は県道以上の道路を再現
- ・ 市内エリア（図青枠）は左記に加え主要な市道も含め再現
- ・ 中心エリア（図赤枠：概ねJR線-浅野川-犀川-山側環状道路以内のエリア）は細街路も含めて自動車が通行可能なすべての道路を再現
- ・ 桃色線で示した、「金沢駅-香林坊-野町駅」の区間（以下、導入区間と呼称）について、新交通の導入を想定し、4車線から2車線に設定

なお、OSMは道路属性に応じたネットワークのダウンロードが可能であり、上記のように道路種級別にネットワークを指定し利用する事が可能である。

c) OD設定

H19金沢都市圏PT調査のOD表を元に、H29年度に実施した道路交通量調査の主要な断面交通量により、ODに現況再現のための補正を行った。なお、ODの補正は、Aimsunの標準機能（Dynamic ODMatrix adjustment）を用いて実施した。

d) モデル・パラメータの設定

基本的にはAimsun（Ver. 8. 2. 0）の標準のモデル・パラメータ設定を利用している。ただし、追従モデルにおけるパラメータの1つである「ReactionTime：反応遅れ時間」に関しては、渋滞の発生（交通の安定性）に重要な影響を与えることが知られているため²⁾、H29年度に実施した道路交通量及び渋滞長調査を用いて、観測渋滞長が再現される値に調整した。

(2) 結果の紹介（一部）

本業務は、現在検討中の案件であり、数値情報等の詳細な結果の掲載は控えるが、その結果の一部概要を紹介する。

・ケース①（朝ピーク時間帯・交通量抑制なし）

交通量抑制策を実施せず、現況の交通需要（OD）のまま導入区間の2車線化を実施すると、金沢市の南部から北部に向かう交通が周辺道路に迂回し、混雑が増加する。なお、北部から南部に向かう交通に関しては、目立った混雑増加はみられない。

・ケース②（朝ピーク時間帯・交通量抑制あり）

公共交通のサービスレベルの向上やモビリティ・マネジメントの実施により、交通量の抑制が図られた場合に、導入区間の2車線化を実施すると、ケース①でみられた南部の混雑発生が抑えられる。

・ケース③（昼時間帯（オフピーク時）

オフピーク時においては、交通量の抑制策を実施せずとも、導入区間（2車線化）の迂回交通を受け持つ道路に余裕があるため、目立った交通混雑の増加はみられない。すなわち、交通量の抑制策としては、ピーク時を対象としたもの（通勤時パーク・アンド・ライド等）が有効である。

※注：今回、旅行時間の変化や、混雑が発生する箇所・時間帯の特定、混雑の発生を抑えるために必要な交通量の抑制量についても検討しているが、上記の理由により記載していない

5. 成果及び今後の課題と展望

今回の成果として、実務的な作業ボリュームの許容範囲内で地方都市圏レベルのシミュレーションを実施する手法の概要を示したことが挙げられる。

課題としては、今回の検討では新交通の導入条件として単純な条件（導入区間の2車線化）設定による検討であることが挙げられる。今後はさらに詳細な条件（新交通の詳細な運行計画の反映、専用信号導入時の影響、パーク・アンド・ライドの設定等）下での道路ネットワークへの影響分析を行う予定である。

また、本論文では詳細に述べていないが、シミュレーションはそのビジュアル面の表現力の高さ（3Dアニメーション等）から、合意形成ツールとしても有効活用されるべきものであり、その表現方法についても実務的観点から事例を積み重ねたいと考えている。

参考文献

- 1) 交通工学研究会編：交通シミュレーション活用のススメ、丸善出版株式会社、2012。
- 2) 大口敬：高速道路単路部渋滞発生解析- 追従挙動モデルの整理と今後の展望-、土木学会論文集、No. 660/IV 49、pp.39-51、2000。
- 3) ユーデック株式会社：エイムサン総合交通シミュレーション、URL:<http://www.udec.co.jp/>、2018. 7. 9*。
- 4) 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、URL:<http://www.jste.or.jp/sim/>、2018. 7. 9*。

※ウェブページ最終閲覧日