

交通シミュレーション講演会 (北海道ブロック)
交通シミュレーション - 適用マニュアルの解説と今後の展望 -

適用マニュアル解説および適用事例紹介

堀口 良太 (株)アイ・トランスポートラボ

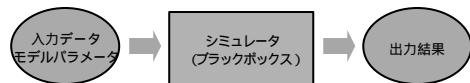
交通シミュレーション適用のススメ

- 第1章 なぜ交通シミュレーションを勧めるのか
- 第2章 どんな場面でシミュレーションが使われているか
- 第3章 どんな交通シミュレータを利用すべきか
- 第4章 シミュレーションに必要なデータを獲得しよう
- 第5章 交通シミュレーションを実行しよう
- 第6章 シミュレーションの実施と評価
- 第7章 交通シミュレーションの課題と今後の展開

第3章 どんな交通シミュレータを利用すべきか

まずは結論から...

- 交通工学的に妥当な手順で、性能が検証されているもの。
- かつ、検証結果やその解釈のしかたが公開されているもの。



シミュレータ シミュレーションモデル
論文やマニュアル等の文献で、すべてを知ることは難しい。
性能のチェックを通して、モデルの特性を理解することが必要。

3つのチェック項目

- シミュレータが実装するモデルが、意図していたとおりに動作しているか？
 - 交通量の発生、ボトルネック容量、渋滞延伸速度、etc.
 - 離散化誤差や実数計算の桁落ちなどのチェック。
- 考慮したい交通現象を表現できるモデルになっているか？
 - 歩行者による左折容量の低下、路上駐車の影響、etc.
 - 実装されている複数のモデルを組み合わせて、表現できるかどうかをチェックする。
- 実際の交通現象を精度よく再現することが可能か？

3つの検証

- 基本検証 (verification)
 - シミュレータが実装するモデルが、意図していたとおりに動作しているか？
- 複合検証
 - 考慮したい交通現象を表現できるモデルになっているか？
- 実用検証 (validation)
 - 実際の交通現象を精度よく再現することが可能か？

交通シミュレーションクリアリングハウス 基本検証 (verification) マニュアル <http://www.jtcc.or.jp/sim/verification/index.html>

- 交通シミュレーションクリアリングハウスで公開
 - 交通量の発生
 - ボトルネック容量の再現
 - 渋滞の延伸速度
 - 合分流部の容量
 - 信号交差点の右折容量
 - 経路選択挙動



検証結果の情報公開状況



交通シミュレーションクリアリングハウス 複合検証の事例

- 各モデル開発者や利用者が実施した検証結果へのリンク
 - 路上駐車の影響
 - 感知器パルスの再現, etc.



交通シミュレーションクリアリングハウス 実用検証の事例

- 実用検証用ベンチマークデータセットにシミュレータを適用して評価した事例へのリンク



第4章 シミュレーションに必要なデータを獲得しよう

シミュレーションに必要なデータ

- 入力データ
 - 道路形状 幾何属性データ
 - 交通運用 交通規制データ
 - 交通需要データ
 - 交通特性データ
- 出力データ
 - 現況再現検証用データ
 - 施策評価用データ

道路形状 幾何属性データ

- ほとんどすべてのモデルに必要なデータ
 - ネットワーク情報
 - ノード(交差点)位置, リング長, 接続関係, etc.
 - 道路幾何形状
 - 車線数, 右左折付加車線数と長さ, etc.
- **モデルによって必要なデータ**
 - 交差点幾何形状
 - 停止線位置, 右折待ち位置, 切り欠き形状, etc.
 - 道路幾何形状
 - 道路幅, カーブ区間曲率, 勾配, etc.

シミュレーションに必要?
描画のために必要?

交通運用 交通規制データ

- 交差点運用
 - 右左折禁止
 - 横断歩道
- 車線運用
 - 進行方向規制, 車種規制
 - 時間帯で変わる場合も..
- 信号制御
 - 現示階梯パターン
 - サイクル長, スプリット, オフセット
 - 時間帯別パターン選択や, 感応制御されている場合は, 一定ではない.

道路形状 属性データの獲得

- 市販地図 + 現地実査
 - 適用範囲が広くないうケースでは, 実査の方が有効.
 - の電子道路地図には, 必要なすべての情報が含まれていない.
- 電子道路地図
 - 広域のシミュレーションでは必須.
 - (財)デジタル道路地図協会の電子地図(DRM)
 - 国土基盤データとして広く利用されている.
 - ...のに, 商用利用では入手に難あり.
 - 市販の民生品電子地図
 - DRMよりも付加情報が多い(交通規制, 車線数など)
 - 小売りされていて, フォーマットが公開されているものもある.

交通運用 交通規制データの獲得

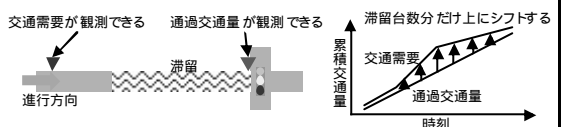
- 交通規制, 車線規制
 - 現地実査が基本.
 - 前出の民生品電子地図には, 交通規制データ(KKD)が含まれるものもある.
- 信号制御
 - 現地での信号サイクル読みとり調査
 - 信号管理台帳
 - 県警の協力で入手可能. ただし, 紙ベースがほとんど.
 - 管制システム信号制御履歴
 - 県警の協力で入手可能. ただし, 紙ベースがほとんど.
 - (広域管制システム信号制御履歴)
 - 警察庁の管轄. 主要交差点のみ.

交通需要データ

- 経路選択行動を考慮しないシミュレーション
 - ネットワーク外からの発生交通量
 - 交差点での右左折直進分岐率
- 経路選択行動を考慮するシミュレーション
 - 起終点別交通量(OD交通量)
- どのくらいの間隔でデータ化すればよいか?
 - 5~15分程度であれば, 渋滞の変化を考慮できる.
 - 広域シミュレーションでは1時間ごとのデータが多い.
 - 利用できるデータの制約.

入力用交通需要データ 検証用交通量データ

- よくある間違い...
 - 渋滞交差点の通過交通量は観測してあるが, その上流で, 実際の交通需要を観測していないケース.
 - 旅行時間や渋滞長の変動が観測されていれば, 交通量累積図上で, 通過交通量をシフトして交通需要を作成する.



OD交通量データの獲得

- 全部 / 一部を実測する
 - ナンバープレート照合調査。
 - 一部を実測する場合は、残りは の手法で推定する。
- 路側観測交通量から推定する
 - ネットワーク形状が路線またはトリー
 - 経路選択の余地があるネットワーク
- 既存の統計調査結果を利用する
 - 道路交通センサスの自動車起終点調査
- 交通量配分の結果を利用する
 - とくに将来ケースでの交通量の設定

OD交通量を実測する

- ネットワークの主要箇所でのナンバープレートを観測し、事後に照合する。
 - 調査員による書き取り、テープへの読みとり。
 - ポータブルな画像認識装置を使った計測手法も普及。



撮影風景



処理可能な撮影画像

路側観測交通量からOD交通量を推定する(1)

- 経路選択の余地がない路線状ネットワーク
 - 境界部での流入交通量と交差点での分岐率を使う。
 - 見かけのODであり、真のODとは違うことに留意する。



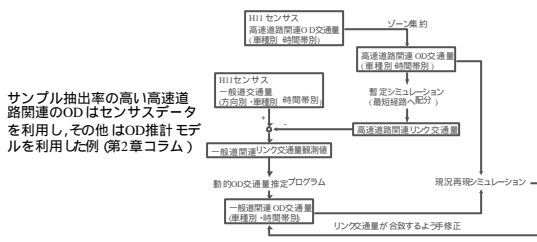
- 経路選択の余地があるネットワーク(小規模)
 - ODごとに経路を数本に固定して、経路選択確率を定め、と同様に手作業でODに分解する。
 - 経路選択を考慮しないことに等しいので、どのように経路選択確率を定めるか、関係者の合意が必要。

路側観測交通量からOD交通量を推定する(2)

- 経路選択の余地があるネットワーク(大規模)
 - 動的OD交通量推計モデルの利用(第4章コラム)
 - 単に、時間別独立してOD交通量を推計するのではなく、渋滞状況を加味した推計手法が提案されている。
 - 商用システム化されているものもある...
 - なるべく広範囲で、整合のとれた実測交通量データを収集する仕組みに工夫が必要。
 - 整合のとれた = 交通量が保存された。

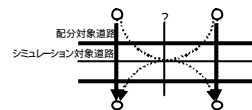
道路交通センサスを利用する

- 自動車起終点調査のマスターデータを時間別別に拡大する。
 - 一般道と高速道路関連で、サンプル抽出率が違う。



交通量配分の結果からOD交通量を設定する

- 日交通量ベースの静的配分と動的シミュレーションの不整合を埋めるデータが必要。
 - 発生交通量の時間変動を知るために、適当な地点の観測交通量を利用する。
 - センサス区間での方向別時間別交通量
 - 配分用ネットワークとシミュレーション用ネットワークが違う場合、大まかな方面別の比率として配分結果を利用し、観測交通量で補完する。



交通特性データ

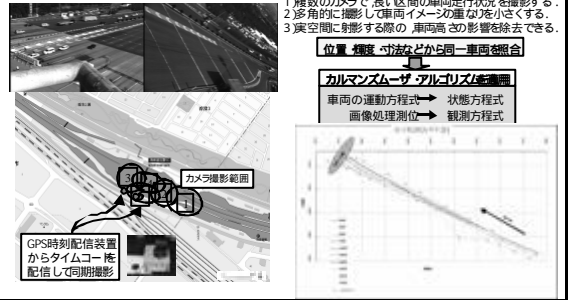
- 車両走行 (フロー) モデルに関するデータ
 - 交通流特性を与えるタイプのモデル (Q-Kタイプ)
 - リンク容量, 交差点での飽和交通流率, etc .
 - 走行挙動特性を与えるタイプのモデル (追従タイプ)
 - 反応遅れ時間, 最大加減速度, 目標ヘッドウェイ, etc .
- 車線選択・車線変更モデルに関するデータ
 - 対象地区での車線利用状況
- 経路選択モデルに関するデータ
 - 経路選択の一般化費用とその係数パラメータ.

実測可能なもの, 推計可能なものもあるが, 実務での費用や期間の制約を考えると, すべてを観測することは非現実的.

モデル検証 (第3章)
協議プロセス (第6章)

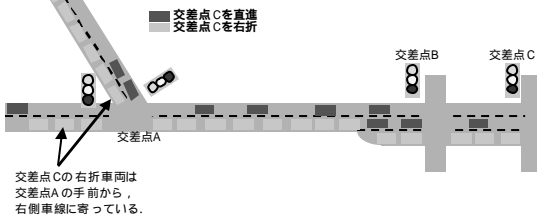
車両走行挙動特性の観測技術

複数のビデオカメラを配置して, 長い区間の車両走行状態を観測する.



車線利用状況の観測

- 特に渋滞時の車線の偏りなどは, 通常の交通実態調査では観測されないもので, 注意する.
 - モデル側で車線利用の偏りを考慮できるか?



現況再現検証用データ

- 交差点方面別・リンク方向別交通量データ
 - 車種別, 時間帯別.
- 区間旅行時間
 - フローティング車両走行調査, プローブ調査
 - センサスの高度化をねらったプローブ調査データ.
 - ナンバープレート照合調査
 - OD交通量の観測を兼ねる.
 - VICSやJ-Systemなどの交通インフラ情報
 - CD-ROMなどでの履歴情報配布, 交通情報のXML化など, 自由にデータ利用できる環境に期待.
- 渋滞長
 - 視認による渋滞末尾位置追跡調査

検証用データとしての旅行時間と渋滞長

- どのくらいの区間を計測単位とするか?
 - 1つの渋滞区間を計測単位区間とするのが適当.
 - 区間が長すぎると, 検証の空間精度が落ちる.
 - 区間が短すぎると, 観測値のばらつきが大きく, 精度の検証がしにくい.
- 旅行時間と渋滞長のどちらが適切か?
 - 一般には旅行時間データのほうが信頼性が高い.
 - ただし, データ取得頻度が問題, 1時間に1回の走行調査と, 15分ごとの渋滞長調査では, 後者の利用価値が高い.
 - 旅行時間を実測する方が, 評価に直接つながる.
 - 多くの場合, 評価指標は旅行時間や渋滞損失である.

第5章 交通シミュレーションを実行しよう

シミュレーション適用作業計画

- 適用目的の確認
 - シミュレーションモデルの特徴の再確認
 - 対策案の立案とその効果の想定
 - **データ作成**
 - **現況再現シミュレーション**
 - シミュレーションによる対策効果の予測
- すでに調査が実施された後に、シミュレーションによる検討業務を依頼された場合は、とを入念に実施する。

データ作成～入力作業の効率化

- 多種多様なデータを効率的に、正確に入力する作業を支援するツールを活用する。
 - シミュレータソフトが提供するデータ編集GUI。
 - 市販のGISソフトの活用。



データ作成～データデバッグ

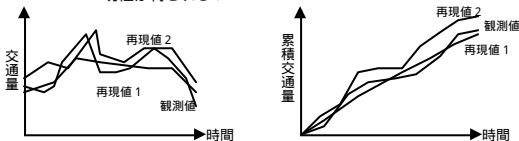
- 単純ミス
 - 例 右折の青矢現示を設定したのに、専用車線を設置し忘れた...
- 情報ソースが異なるデータ間の不整合。
 - 例 使っている地図の版が違うので、ノード番号とOD交通量の起終点番号の対応が間違っている...
- 対策は...
 - シミュレータのアニメーション機能で動作チェック。
 - 場合によっては、生データをテキストエディタで確認しなければならないことも...
 - 十分な検査態勢をとる
 - 複数の人間によるチェック、データチェックツールの整備、etc.

現況再現～調整対象となるパラメータ

- まずはボトルネック箇所の「容量」を決めるパラメータから...
 - 交通流特性タイプの場合は、ボトルネック箇所の「容量」もしくは「飽和交通流率」を調整する。
 - 実測値があれば、それを入力する。
 - 追従タイプの場合は、ボトルネック箇所での運転挙動特性パラメータを調整する。
 - 実測値がある場合は希なので、モデルが標準で用意するパラメータセットを基本に、通過交通量があうように試行錯誤で調整する。
 - モデルによっては、リンクの最小車頭間隔 (= リンク容量の逆数) を調整するやり方もある。

交通量再現性のチェックは累積交通量で！

- 時間帯別の交通量だと、総交通量があっているかどうか、わからない。
 - 渋滞損失など全体的な評価指標の信頼性に関わる。
 - 時間帯別交通量の変動パターンは、再現値2がよいが、累積交通量で見ると、過大に流れている。
 - 再現値1で、需要の時間変動係数を調整すれば、もっとよい再現性が得られる。



現況再現～調整対象となるパラメータ

- つぎに旅行時間や渋滞長の再現性を確認する。
 - 非渋滞時の再現性は、自由流速度などのモデルパラメータで調整する。
 - 渋滞時は、交通需要とボトルネックの通過交通量が正しければ、旅行時間は必ず合う。
- ...にも関わらず、渋滞時の再現性が伴わない場合
 - 設定した交通需要データが違う。
 - 例 データ加工で使った時間帯別変動係数が実際と違った。
 - 例 観測地点間で交通量の出入りがある。
 - 旅行時間の観測方法を再確認する。
 - 例 シミュレーションは車両の区間旅行時間を出力しているが、観測データは感知器の地点速度をもとに算出していた...
 - 例 たまたま、走行車両が信号で1回余計に停止した...

現況再現～再現性指標の確認

- 観測値とシミュレーション値の誤差や相関
 - 二乗誤差平均 (RMSE), 相関係数, etc.
 - 時系列データの比較には向きなところがあり, 定量的な基準値を設定できない。
- 現状では, 視認により再現性を評価している。
 - 協議プロセスで評価に関与する当事者。
- 現況再現性の定量的な基準を定めることが必要。
 - 時系列変動パターンを定量化する工学的手法に期待。
 - AI的なパターンマッチング手法の応用, etc.
 - 使用するデータの品質も規定する必要あり。

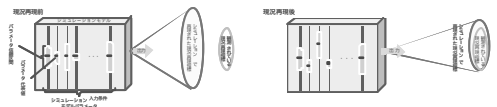
第6章 シミュレーションの実施と評価

シミュレーション実施のプロセス

- 現況再現プロセス
 - モデルをキャリブレートして, パラメータの基本設定を決める。
- シナリオ列挙プロセス
 - 対策メニューと, それを評価するシミュレーションの設定を決める。
- 感度分析プロセス
 - パラメータの信頼区間の範囲が, 結果に及ぼす影響を検討する。
- 協議プロセス
 - 関係者の合意を得ながら, 評価を実施するシナリオを定める。

現況再現プロセスの意味

- 利用するシミュレーションモデルが, 観測されている状況を十分に再現できることの証明。
- 容易に観測できないパラメータの有効な範囲を確認する。
 - OD交通量, モデルパラメータ+ 入力データ
 - 運転者の加速挙動や反応遅れ。
 - 経路選択行動モデルの感度パラメータ。

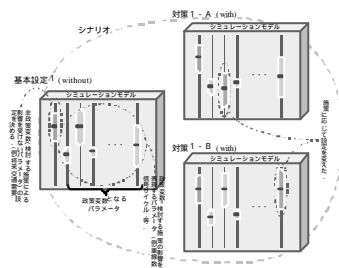


シナリオ列挙プロセス

- まず「基本設定」を決める。
 - 想定する対策ではコントロールできない条件を変えたもので, 対策を施さない (without) ケース。
 - 例 平成25年現在の将来交通量を与えるケース..
 - 「基本設定」が「対策ケース」との比較対象となる。
 - 現況再現ケースがそのまま「基本設定」になる場合もあるし, 「基本設定」が複数考えられる場合もある。
- 基本設定に対して, 施策がコントロールする設定を変えた「対策ケース」を用意する。
 - 評価者の恣意性によって, 設定が決められる。
 - 交差点改良, 信号制御の見直し, etc.
 - ETC端末搭載車両が50%に増加する, etc.

基本設定と比較される対策の組がシナリオ

- 1つの「基本設定」と, 対応する「対策ケース」の組を「シナリオ」と呼ぶ。

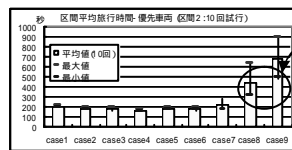


感度分析プロセス

- パラメータを信頼区間の範囲で変化させて、結果への影響を確認する。
 - 評価者の恣意性とは無関係に、機械的にパラメータを変化させて、シミュレーションする。
- パラメータがある幅の信頼区間で規定される理由
 - 観測が困難な個人行動特性のパラメータに適当な値を設定している。
 - そもそも確率的な交通現象のある一瞬を観測したデータに基づいたシミュレーションである。
 - 利用するモデルが、疑似乱数を利用したモンテカルロシミュレーションである。

感度分析プロセスの例

- 乱数系列の違いの結果への影響 (第6章コラム)
 - 公共交通優先信号制御方式のメニュー (case1 ~ case9) ごとに、評価区間の旅行時間を10個の乱数系列の別に評価し、平均値と結果の幅を示した。



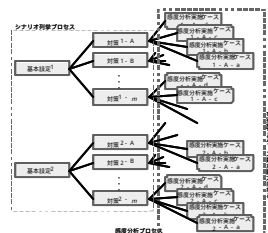
各1回だけの試行だと case8 と case9 の大小関係が違ってくる可能性がある。

感度分析プロセスの意味

- 骨組みだけの「シナリオ」に肉付けして、「信頼性」という価値を与える。
 - パラメータを変化させても、結果にはあまり影響がなければ、その対策の有効性は十分である。
 - 逆に、パラメータの変化が結果に大きく影響すれば、その対策の有効性は疑問視される。

シミュレーションの適用 科学実験

- シミュレーション適用を科学実験ととらえると、ケース数が膨大になってしまう。
 - 「協議」によって、ケース数を削減する。



協議プロセス

- 主観性を廃した感度分析プロセスだけで、シナリオの価値を決めることは、現実的ではない。
 - ケース数爆発の問題。
 - すべてのパラメータの信頼区間が定量的に示されるわけではない。
- 一部を評価に関わる当事者の主観に担保させる。
 - シミュレーション適用の意志決定の責任を評価者間で分担する。
- PI的枠組みでの対話手段としてのシミュレーション

協議プロセスのポイント

- 実施ケース数を削減するテクニック
 - モデルの検証 (第3章) で得られた一般的な性質から、ある感度分析作業は不要と判断する。
 - 既往の交通工学での知見を引用して、パラメータの設定を限定する (第6章コラム)。
 - 当事者の主観に訴えて、共通認識を醸成しながら、シナリオを削減する。
- 情報公開の原則がなければ、合意も得られない。
 - シミュレーションモデルの検証結果やモデルの考え方が公開されていること。
 - 適用ケースでの設定したパラメータと、設定の際の考え方が明らかになっていること。