

交通シミュレーションを用いた災害時の交通管理支援システムの構築

Constructing a System to Support Traffic Management with Traffic Simulation

松井 宏樹*¹ 和泉 潔*² 野田 五十樹*¹
 Hiroki Matsui Kiyoshi Izumi Itsuki Noda

*¹産業技術総合研究所情報技術研究部門

Information Technology Research Institute, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

*²産業技術総合研究所デジタルヒューマン研究センター

Digital Human Research Center, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

We constructed a system with traffic simulation to support traffic management under Disaster Rescue Situations. In this paper, we show the system and an example of the utility. Thereafter we discuss potential and issues of similar support systems referring to our case.

1. はじめに

地震などの災害時には、交通網も大きな打撃を受ける。そのような状況下で、交通管理者は救援・救助のための緊急車両の旅行時間を短くかつ安定させなければならない。そのための方法として、一般車両の通行を禁止する緊急交通路の設定が挙げられる。しかし、主要道をやみくもに緊急交通路に設定すればいいわけではない。本稿では、交通シミュレーションを利用した災害時の交通管理者の意志決定支援システムの構築事例を紹介し、システムの可能性と課題を議論する。

2. 減災交通シミュレーションシステム

本章では、われわれが現在までに構築した減災のための交通シミュレーションシステムとその利用例について説明する。

2.1 システムの概要

われわれは統合減災システムの一部として、道路ネットワーク上で道路閉塞や緊急交通路の設定によって交通流がどのように変化するかをシミュレーションし、交通管理における意志決定を支援するシステムの構築を行っている。本システムは、ベースとして都市開発や交通管理策の評価などで実績のある交通シミュレータ Paramics [Quadstone 05] を用いた。Paramics は車両の挙動を個々にシミュレートするミクロ交通シミュレータで、プラグインを作成することで車両の経路選択アルゴリズムの変更やさまざまな拡張が可能である。

本システムの現在の機能は、以下の通りである。

道路閉塞・緊急交通路の反映 すべての車両が通行不可能な道路閉塞、緊急車両のみが通行可能な緊急交通路を設定したシミュレーションが可能。

道路閉塞情報のデータベースからの取得 道路閉塞情報は直接、本システムに入力する以外に、減災統合システムの中心である情報共有データベースから取得し、シミュレーションに反映することが可能。

現在、シミュレーション結果は基本的に本システム上で確認しなければならないが、将来的には情報共有データベースにアッ

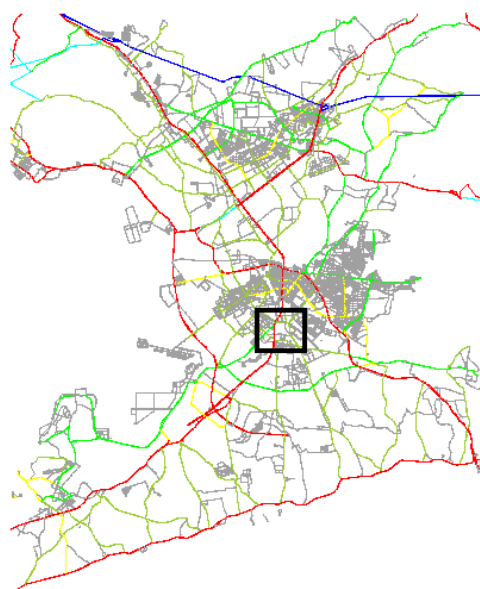


図1 豊橋市ネットワークデータ

黒枠内：愛知大学豊橋キャンパス周辺
5m以下の幅員の道路は省略してある。

プデートすることで他のシミュレータでの利用や統合ビューアでの表示などを考えている。

2.2 豊橋市のデータを用いたシミュレーション

上記システムを用いて、豊橋市のネットワークデータ(図1)上でのシミュレーションを行った。シミュレーションの設定、利用したデータは以下の通りである。

状況 地震発災数日後を想定。

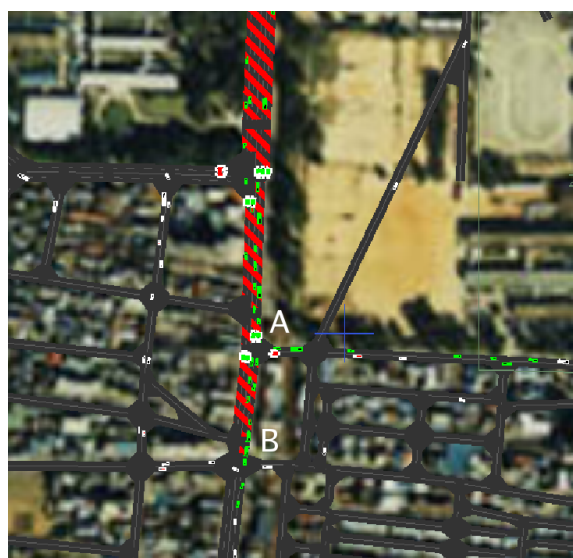
ネットワークデータ 電子地図データのフォーマットを変換して利用。

- 道路種別を道路の知名度として反映した。車両は経路選択時、有名な道路を使用しやすい。
- 道路の幅員から車線数を推定してデータに反映した。
- 道路種別と幅員から制限速度を推定し、データに反映した。

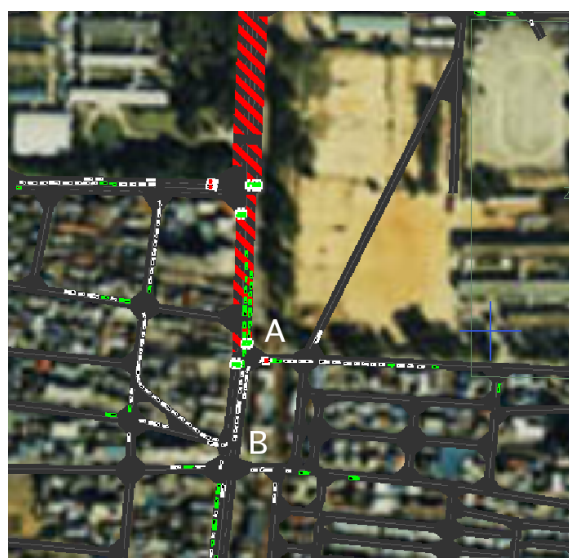
連絡先: 松井宏樹: hiroki.matsui@aist.go.jp

和泉潔: kiyoshi@ni.aist.go.jp

野田五十樹: I.Noda@aist.go.jp



(a) 区間 A-B が緊急交通路の場合



(b) 区間 A-B が緊急交通路でない場合

図2 緊急交通路の設定の違いによる交通流への影響

OD (車両の起終点)

外部：高速道路，国道などの主要道路

内部：指定避難所，病院

外部から指定避難所・病院へ救援物資の配送，指定避難所から病院，病院から外部への負傷者の移送などを想定．

車両 一般車両，緊急車両の比は 1 : 1 . OD は同じであると仮定した．全車両は旅行時間が最短になるような経路を選択する．

信号 平常時に運用されている信号は完全に利用できず，主要交差点で警察官による交通整理が行われていることを想定．本システムでは警察官による交通整理を機械的な信号で代替した．

2.3 シミュレーション結果

結果の一例として，愛知大学豊橋キャンパス周辺(図1の黒枠内)のネットワークを用いたシミュレーションでの緊急交通路の設定の違いによる影響を示す．図2(a), (b)の中央を上下に走っている道路は国道259号で赤の斜線の部分を緊急交通路に設定した．*1 (a), (b)はそれぞれ緊急交通路が図上方から交差点AまでとBまでという異なる区間が指定されている．図中の緑の車両は緊急車両であり，指定された緊急交通路を含め自由に経路を決定できるが，図中の白の車両，一般車両は緊急交通路を通行できないため，それ以外の道路を使用しなければならない．この地域内の車両の流れは，市の中心部と避難所・病院を結ぶルートである国道259号の上下，図右上にある避難所の小学校，図上部の国道259号を利用できない一般車両が出入りする図の左が起終点になっている．最も大きな流れは国道259号上のものである．

図2の(a), (b)は，ともにシミュレーション開始後15分*2経過後のスクリーンショットである．(a)の設定では全体的に渋滞は起こっておらず，スムーズに流れている．しかし，(b)の設定では区間A-Bを中心に混雑が発生し，周辺の道路でほと

んど流れなくなっている．これはどのような理由によるものだろうか．避難所のある図の右から図の左方向に(またはその逆に)向かう一般車両が，(b)の設定では緊急車両も通るA-Bの区間を通る．その際に，一般車両はその目的方向から交差点A, Bでそれぞれ右折や左折を行わなければならない．特に交差点Bには信号(交通整理を行う警察官)が存在せず，Bの図中ですぐ左が細いY字路になっていることが流れを悪くする原因となっていると考えられる．一方，(a)の設定では一般車両は区間A-Bを通れないため，制限速度の低いA-Bの図中で一本右の道路を利用する．さらに，交差点Bで曲がる車両が(b)の設定に比べて少なくなるため緊急車両の交通を妨げにくい．

3. 交通シミュレーションを利用したシステムの可能性と課題

前章で述べたシステムのような交通シミュレーションを減災に活用するシステムを構築することで，災害時の交通管理意思決定にどのような情報を提供できるだろうか．また，システムの構築，シミュレーション時にどのようなことが問題になるだろうか．本章では，交通シミュレーションを用いた意思決定支援システムの可能性と課題をわれわれが構築したシステムをふまえて議論する．

3.1 システムの可能性

前章で述べたようにシミュレーションを行うことで得られる情報は「設定した状況に対して交通状況がどのように変化するか」である．災害時特有の救援や物資調達，瓦礫運搬などを目的としたODによる交通流は平常時にはないものであり，シミュレーションによってあらかじめ状況を予測できることは有用である．また，他の状況予測やシミュレーション結果を前提とすることでより具体的な状況に基づくシミュレーションが可能である．以下に例を挙げる．

● 地震後を想定

1. 建築物の倒壊シミュレーションによる倒壊予測
2. 建築物の瓦礫による道路閉塞を反映した交通シミュレーション

*1 国道259号は豊橋市に第一次緊急輸送道路として指定されている[豊橋市03]．災害時に実際に緊急輸送道路として指定される区間は，被害状況などに応じて変化すると考えられる．

*2 シミュレーション時間

● 豪雨災害を想定

1. 雨量, 河川水位の想定による洪水, 山崩れの予測
2. 浸水, 土砂災害による通行不可地域を反映した交通シミュレーション

地震で倒壊した建築物による閉塞予測を用いた交通シミュレーションの例としては, 鳥居の研究が挙げられる [鳥居 06]. 鳥居は川崎区を対象に地震災害後の交通シミュレーションを行い, 車両の旅行時間の変化, また都市計画道路の効果を分析している. 水害については, 2004年7月に新潟・福島で起こった豪雨災害に基づいた浸水シミュレーションの結果をもとにしたハザードマップを見附市が配布している [見附市 06]. この状況に基づく交通シミュレーションが可能だろう.

交通管理策の決定の際にはこれらの結果を前提として, 交通量が多くなると予想される交差点に優先して交通整理を行う警察官を配置したり, 緊急交通路・迂回路の設定を行い, さらにその設定を組み込んだシミュレーションを行うことで管理策の効果の検証が可能である.

3.2 システムの課題・問題点

現実の状況を想定した交通シミュレーションにはいくつかの課題・問題がある. ここでは, 地図・交通規制, OD, 車両の移動アルゴリズム, 計算時間についてそれぞれ述べる.

地図・交通規制

交通シミュレーションシステムにとっての必須の要素の一つは地図(ネットワークデータ)である. 入手が容易で範囲が広く, 交通シミュレータのネットワークデータとして利用しやすい電子地図データとしては国土地理院の数値地図(空間データ基盤) [国土 06] がある. その他にも, 各地図製作会社から電子地図データが販売されている.

ネットワークデータと同様にシミュレーションの基礎となる要素として交通規制がある. 中でも一方通行や信号は, シミュレーション結果に影響が大きいと考えられる. しかし, 交通規制に関するデータは地図データと比較して入手が困難である.*3 われわれも現時点では交通規制についてのデータは持っていないため, 現状では一方通行の道路も双方向通行が可能になっている.

OD(起終点)

ODはシミュレーションの重要な設定で, 結果を大きく左右するものである. われわれのシステムでは, 主要道路(外部への接点), 避難所や病院をODとした. しかし, それらの組み合わせや各ODをとる車両の台数, 比については現時点では避難所の大きさなどからおおまかに設定している.

平常時のODについては, 調査や実際に観測した道路交通センサスを用いて算出することが可能である. しかし災害時のODについては, 予測をもとに設定せざるをえない. 田中らは, 阪神・淡路大震災を経験した運転免許更新者を対象にした地震発生後の交通行動に関するアンケート結果を参考に移動目的を分類し, 人口分布と合わせてODの設定を行っている [田中 99].

車両の移動アルゴリズム

われわれの現在のシステムでは, 各車両は道路閉塞・緊急交通路情報をふまえて, できるだけ早く目的地に到達できるような経路を選択する. しかし, 災害時に道路閉塞の状況を完全に

把握することは困難である. 緊急交通路については阪神・淡路大震災の際に, 例えわかかっていても一般車両が入口に殺到するという現象が見られた [屋久 00]. また, 災害時には外部から道路事情に詳しくない車両が多く流入する.

以上のように, 災害時は道路の情報が変化しやすく, カーナビゲーションシステムのような道路情報端末が使えないため, 各車両がもつ情報に違いが出やすいといえる. また, 変化する状況に対して平常時よりも多くの選択が必要になるため, ドライバーの特徴・性向が出やすいといえる. 一様な情報を持ち経路選択を行う車両では, このような状況を反映したシミュレーションを行うことが難しい. この問題を解消するには, 各車両をエージェントとするマルチエージェントシステムとして構築するという方法が考えられる.

計算時間

減災を目的としたシミュレーションシステムでは平常時に行う事前のシミュレーションも重要だが, 発災時に実際の情報を入力してその場で予測を行うことがより重要である. しかし, 市全体など広い地域を対象にする場合は, 扱う車両の台数も増えるためにシミュレーションに非常に時間がかかってしまう. これでは, シミュレーション結果を利用した対策をとることが困難である.

この点を解消するためには, 広域シミュレーションで扱う道路は主要道のみとしたり, 複数の計算機でシミュレーションを行う分散シミュレーションに対応する必要がある.

4. おわりに

本稿では, 減災を目的とした交通シミュレーションシステムの構築例を述べ, 今後の可能性, 課題を議論した.

現実のデータを扱うこととその目的から, 災害時のシミュレーションシステムは入出力の正確さ, 妥当性が求められる. しかし災害時という厳しい状況であるからこそ, 実施する管理策の影響を事前に予測することが意志決定の大きな助けになると考えられる. 今後, 本稿で挙げた課題を克服するシステムの構築に努めたい.

参考文献

- [国土 06] 国土地理院: 数値地図(空間データ基盤) (2006), <http://sdf.gsi.go.jp/>
- [見附市 06] 見附市: 見附市災害ハザードマップ (2006), <http://www.city.mitsuke.niigata.jp/Contents/ePage.asp?CONTENTNO=1472&PNO=204>
- [Quadstone 05] Quadstone, : Paramics: Microscopic Traffic Simulation (2005), <http://www.paramics-online.com/>
- [田中 99] 田中 伸治, 桑原 雅夫, 赤羽 弘和, 吉井 稔雄: 災害時における交通需要推定と交通シミュレーションを用いた交通管理策の評価, 土木計画学研究・講演集, No. 22-2 (1999)
- [鳥居 06] 鳥居 広顕: マイクロシミュレーションを活用した震災後道路ネットワークの容量分析, Master's thesis, 東京工業大学大学院総合理工学研究科 (2006)
- [豊橋市 03] 豊橋市: 地震防災ガイドブック (2003), http://www.city.toyohashi.aichi.jp/syoubou/topics/bousai_gaidbook.html
- [屋久 00] 屋久 哲夫: その時最前線では「交通規制は魔法ではない!」, 東京法令出版 (2000)

*3 交通規制を含む地図データとしてはカーナビゲーションシステムに搭載されているデータが思い当たるが, 使用にはライセンスとデータ形式が大きな問題になると考えられる.