

災害情報システムへのミクロ交通シミュレーションの導入とその方向性*

Development of disaster information system with microscopic traffic simulation*

羽藤英二**，三谷卓摩***，江川雅代****

By Eiji Hato**，Takuma Mitani***，Masayo Egawa****

1. はじめに

本研究では，災害発生前の交通管理計画の立案と生後の交通管理・制御のための災害情報システムのフレームワークの検討とミクロシミュレーションによる災害シナリオ評価のケーススタディを行う。

従来の災害対策では，災害前を対象としたハードウェア対策が中心でソフトウェアシステムの整備が少ないという問題点があった．ソフトウェア対策では都市圏レベルでの災害の影響評価に主眼が置かれるが，その評価はあくまでマクロレベルなもので，災害に伴う物資輸送などについて住民の居住地や避難場所，道路の連結状態やそれに伴う物資の到達時間などミクロレベルでの評価が行われているとはいえない．またクライシスマネジメントでは，より具体的な救命・救急，復旧情報の管理，兵站計画立案をデータの取得から評価，実施まで一体的に実施することが重要となる。

本研究では，移動体通信システムや人工衛星などによって常時更新可能なデータベースを完備した地域防災のための都市空間情報システムを考える．災害発生時に必要な交通施策を評価する際のデータフローを整理した上で，災害発生時に起きる車線閉塞とその影響を評価のケーススタディを行った。

2. システムの利用法とデータフロー

災害時において円滑な交通管理を立案する情報システムを構築するために，クライシスマネジメントのプロセスを細分化した上で各フェイズ間におけるデータのやり取りを整理する必要がある．システムにおける情報処理のレイヤーを図-1 に整理する．災害生情報の収集プロセスでは，道路ネットワークの被災状況を衛星写真やプローブビークルシステムから把握すると共に，実際の人の流動データを移動体

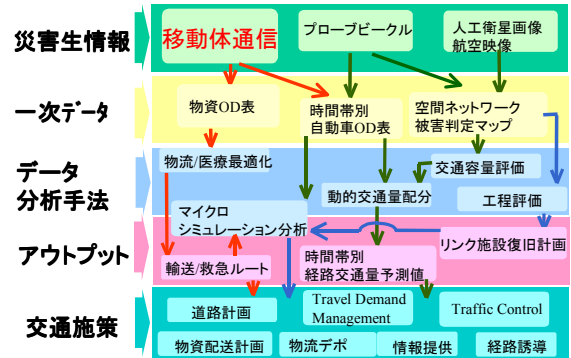


図-1 災害情報システムの情報レイヤー

通信システムを用いて収集する．次にこうして収集したデータを分析可能な一次データに変換する．被災時の物流管理や交通管理は個人や車両ごとに詳細に行うことが望ましい．マクロレベルの対策は災害初期段階では有効といえるが，住民の生活活動の維持や災害復興対策実施の観点からは，住民一人一人の移動・活動レベルに応じた対策の実施が必要となる．このため，データ分析手法において，車両一台一台の動きを再現可能なミクロシミュレーションモデルを考える．ミクロシミュレーションでは，一次加工された交通ネットワークデータと人の活動・活動データを用いて一日の人の行動を再現した上で，リンク施設の復旧計画や，規制実施時の輸送・救急ルートの立案を行うことを考える。

3. ミクロ交通シミュレーションの概要

災害時の交通対策を考えるためのミクロ交通シミュレーションのシステム構成を図-2 に示す．システムは，交通需要側と供給側の 2 つのシミュレーションから構成される．災害時は，供給側（交通システム）の交通容量が制約を受けると共に，変動する実需要量を想定して，適切な道路管理を行う必要がある．このため，個々の個人の出発時刻や利用経路，

*キーワード: 災害情報システム, シミュレーション

**正員, 工博, 愛媛大学工学部環境建設工学科

***学生員, 工修, 愛媛大学大学院理工学研究科システム工学専攻

****学生員, 愛媛大学工学部環境建設工学科

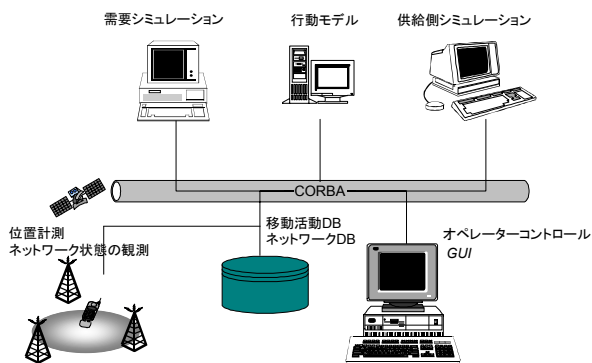


図-2 シミュレーションシステムの構成

生成する活動などを予測する行動モデルをシミュレーションシステムに組み込む。

被災時の交通管理の目的は、車線閉塞に伴い低下した交通容量を踏まえた一体的な需要の制御にある。容量側を規定する要因として、災害に伴う速度低下量や、車線閉塞状況が考えられる。こうしたデータを移動体通信システムやプローブビークル、人工衛星から収集される衛星画像から外挿的にシミュレーションに組み込むことでリアルタイム制御が可能になる。

供給側では、被災ネットワークでは障害物の避走や舗装による断続的な速度低下がネットワークセグメント毎に起きる。連続したリンクが一般的なパフォーマンスを提供する際にはマクロシミュレーションが計算効率性から望ましい。しかし被災時のネットワークでは交通容量そのものの設定が難しく、観測される道路環境と走行状態に応じて車の挙動を柔軟に表現できるモデルが必要である。また災害時では交通流が慢性的な過飽和状態に陥りやすい。こうした交通状況は交通量と速度の間に線形関係を仮定したマクロモデルで記述することは難しい。

研究ではマイクロシミュレーションを用いたシステムを前提に、被災時の車線閉塞等による車一台一台の速度変化やそれに伴う経路誘導・需要管理を行うことを考える。シミュレーションモデルとしてMITSIMを用いた。次節にてMITSIMの概要を説明する。

4.MITSIMの概要

4.1 車両移動表現

MITSIMでは、車両の移動はスキャンインターバ

ル毎に一台一台の車両を離散的に移動させる。各車両は車両属性があり、加速性能の設定が可能である。

$$a_n = \alpha(V_n^\beta / \Delta X^\gamma) - k_n^\rho \Delta V^\lambda \quad (1)$$

ここで、 a_n : 対象車両 n の加速/減速度、 V_n : 対象車両 n の速度、 ΔX : 対象車両 n とその先導車両の車間距離、 k_n : 対象車両 n の交通前方の密度、 ΔV : 先導と対象車両間のスピード差、 $\alpha, \beta, \gamma, \rho, \lambda$ = パラメータを示す。

災害時には交通状況が通常と異なるため車線変更や割り込みなどの運転行動が増えると考えられる。MITSIMでは、ドライバーは、レーン変更が始められるかどうかの判断を multidimensional に決定すると仮定する。選択希望経路に基づくレーン選択と、走行環境のレーン選択を階層的な意思決定過程としてランダム効用アプローチを使うことによってモデル化する。実際に車線変更をする際には、車両が目標レーンに入る確率と目標レーンを走行している車両が、合流してくる車両にレーンを譲る確率をターゲットポイントごとに計算する必要がある。後者は一律にパラメータとして外生的に与える。前者はランダム効用理論により確率的にギャップアクセプタンスを用いて計算する。

4.2 経路選択モデル

シミュレーションモデルの多くでは、Dialのアルゴリズムに基づいて交通量がローディングされることが多い。Dialのアルゴリズムは確率的利用者均衡配分のロジット型の選択確率を満たすように配分するアルゴリズムであり、implicitに経路選択肢集合を取り扱えるため計算効率性が高い。しかし実際の選択行動を考えるなら、経路選択肢間はそれぞれ重複リンクを有するため、IIA問題を緩和した経路選択モデルを導入する必要性がある¹⁾。

災害時の経路選択行動を考えた場合、重複経路の容量が低下に対するドライバーの認知の変化は即時的ではなく時間遅れが存在すると考えられる。こうしたケースでは、重複リンクの混雑状態によってIIA問題を非明示的に取り扱ったMNL型のローディングアルゴリズムよりも、IIA問題を明示的に取り扱ったモデルが望ましい²⁾。本研究では、C-logitを用いて commonality factor と呼ばれる変数で経路の構造的重複を表現し、その類似度を考慮する。C-logit モ

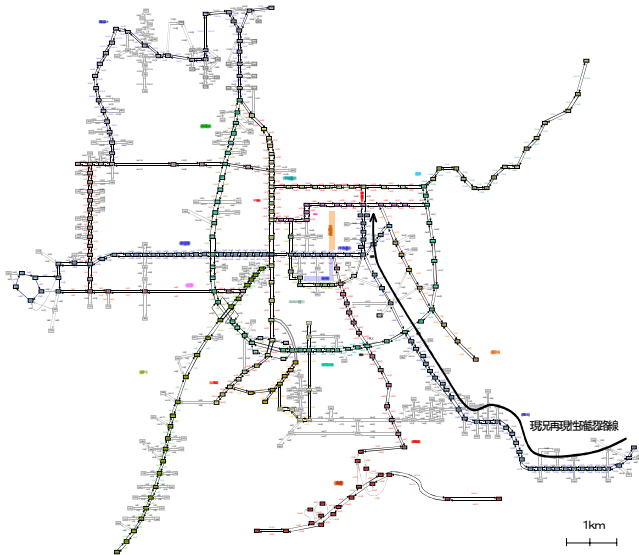


図-3 対象ネットワーク

デルでは以下の式(2)で経路の選択確率を表す．

$$P_n = \frac{e^{V_n - cf_n}}{\sum_n e^{V_n - cf_n}} \quad (2)$$

cf_n は、経路 n の commonality factor を示し、以下の式(3)で定義する．

$$cf_n = \delta \ln \sum_{n'} \left(\frac{L_{nn'}}{L_n^{1/2} L_{n'}^{1/2}} \right)^\gamma \quad (3)$$

ここで $L_{nn'}$ は経路 n と経路 n' の共通リンクコスト、 $L_n, L_{n'}$ は各経路の全経路コストを示す．

4. ケーススタディ

4.1 現況再現性

被災時の車線閉塞に伴う交通への影響評価を行う前に、平時の交通状態のデータを用いてシミュレーションの現況再現性の確認を行った．

シミュレーションでは、人工衛星の画像データなどを基に、松山都市圏の道路ネットワーク(図-3)を1496のリンクセグメントに分割してデータベース化した(図-4)．車両位置データはリンクセグメント上流端からの一次元座標として管理し、データキューブを階層的に構成することで効率的な情報の集約がリアルタイムで行えることを考えた．また主要幹線道路と補助幹線道路については信号調査を実施し、現実に近い信号現示データを作成した．

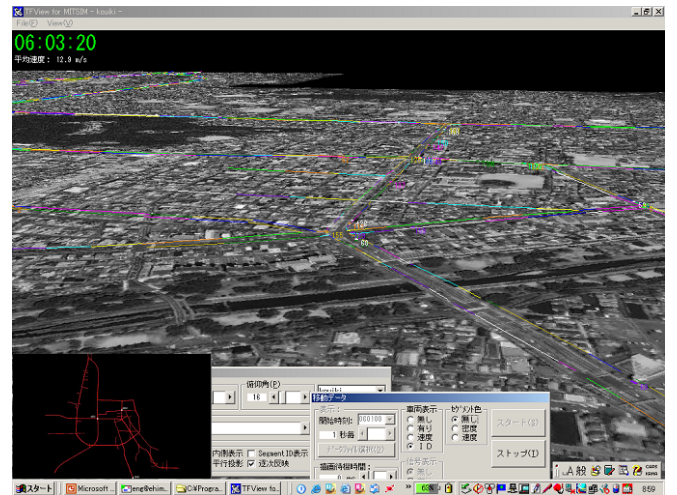


図-4 シミュレーション画面

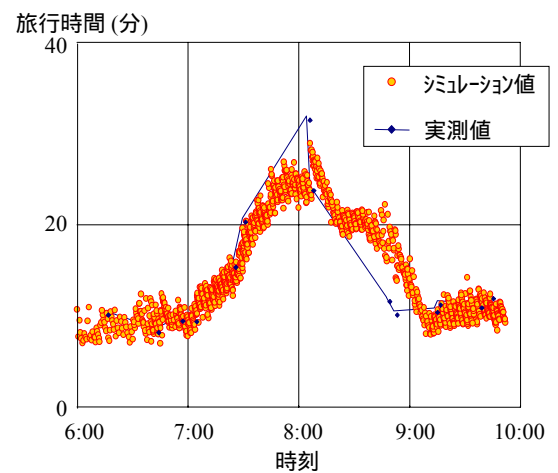


図-5 シミュレーションによる現況再現性

シミュレーション時間は朝 6:00-10:00 までの 4 時間とし、現況再現性の確認は、松山市郊外部の久米窪田交差点から中心市街地の勝山交差点までの 6.0km の区間で行った．実測値とシミュレーション値の比較を図-5 に示す．

シミュレーションでは車両一台、一台が ID をもち、走行時間が最終的に計算できるため、同じ時間に郊外の久米窪田交差点を通過した車両でも旅行時間にばらつきがあることがわかる．旅行時間のばらつきは、非渋滞時は希望速度のばらつきに、渋滞時は選択するレーン毎の混雑状況の違いなどに起因している．渋滞・非渋滞時でともに約 5 分程度のばらつきを示している．一方実車を使ったフローティング調査の結果では、一部の時間帯で、この幅から外れて

表-1 ケーススタディのシナリオ

時間帯	朝 6:00-10:00
災害シナリオ	災害発生に伴うビル倒壊などにより主要道路が閉塞。
車線閉塞シナリオ	長さ 1m の区間を通過する際の走行速度が 2km/h まで低下する。 閉塞率は主要幹線交差点付近のレーン毎に設定し、主要幹線の全リングセグメントのうち 0%-100%までランダムに変化させた。

いるものの、所要時間の変動パターンについては概ね一致している。渋滞/非渋滞の遷移をほぼ正確に再現できているといえる。

4.2 被災時の車線閉塞による影響評価

被災時の車線閉塞の条件設定を表-1 に示す。災害シナリオとして、主要幹線道路のリンクセグメントが災害発生により閉塞することを考え、閉塞率が 0%~100% の場合に実現する車一台一台の目的地までの到着の有無と所要時間を計算した。

図-6 に結果を示す。車線閉塞が 0% のケースに比べて車線閉塞が 50% の場合、所要時間分布の中でも長時間トリップが減少していることがわかる。これは車線閉塞により長距離トリップがシミュレーション時間内で到達できなくなったことによるものである。車線閉塞率が 0~10% 程度の場合、目的地へのシミュレーション時間内到着台数は 10000 台程度であるが、主要幹線道路の車線閉塞が 100% になると、車を用いた場合の目的地への到着率は 1/4 以下まで低下することがわかった。

5. まとめ

本研究では、従来の静的なデータに加え、人工衛星や、プローブビークルを使って災害時に同時に取得可能なデータを前提に被災時の災害情報システムのデータフローを再整理した。災害前のハードウェア対策のみを評価対象とした場合、こうした詳細且つ大規模なデータの必然性は低い。しかし災害後の復旧計画や交通管理・制御を前提にするなら、マイクロデータとマイクロシミュレーションに基づいた

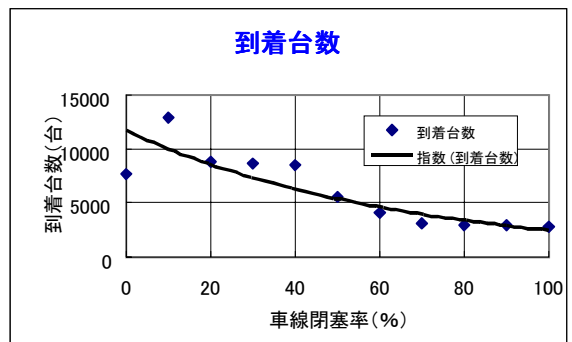
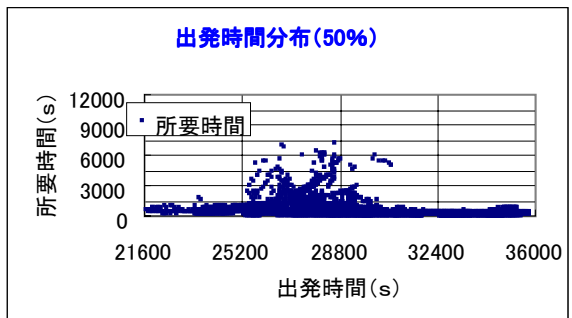
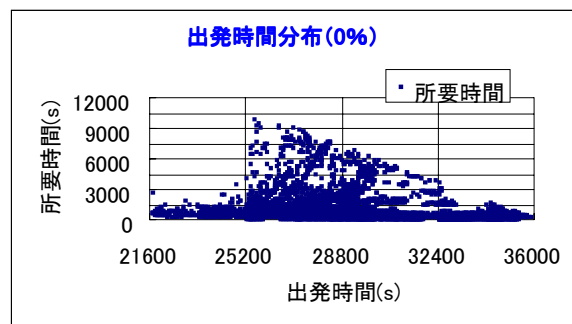


図-6 シミュレーション結果

災害情報システムが望ましい。シミュレーションの結果、平時の渋滞/非渋滞の遷移現象を正確に再現できることなどからマイクロシミュレーションの災害情報システムへの適用可能性は高いと考えられる。

今後は経路選択モデルの詳細化による感度分析と、異常時の行動原理のモデル化、および移動体データと衛星画像データを外挿的に用いたハイブリッド型のデータシミュレーションの実装が課題である。

参考文献

- 1) Hato, E. and Asakura, Y. Incorporating Bounded Rationality Concept into Route Choice Model for Transport Network Analysis. European Transport Conference 2000 in Cambridge, Behavioural Modelling, Vol.441, pp.1-12. 2000.
- 2) Bately, R., Fokwes, T., Watling, D., Herald, G., Daily, A. and Hato, E. Route Choice Model for Network Analysis, UTSG Conference, in printing, 2001.