

道路ネットワーク構造の変化に対応する交通流シミュレーション

Traffic Simulation Adapting to Changes in Road Network

佐藤 卓也*¹
Takuya SATO

藤井 秀樹*¹
Hideki FUJII

吉村 忍*¹
Shinobu YOSHIMURA

*¹ 東京大学大学院工学系研究科
School of Engineering, The University of Tokyo

When a road network has been cut off by natural disasters such as typhoons and earthquakes, the traffic situation gets worse and traffic congestion occurs. This traffic congestion prevents the passage of emergency vehicles and recovery of the affected area. In order to achieve a rapid recovery, we need to understand the traffic situation of the affected area. We can usually use traffic simulation to understand traffic situation, but existing traffic simulators can't alter their road network, while running a simulation. In this study, we examined the traffic simulation techniques corresponding to the changes of road network.

1. はじめに

2011年に発生した東日本大震災や1995年に発生した阪神淡路大震災では、地割れや津波、瓦礫によって多くの道路が寸断された。この寸断によって、通行可能な道路に車両が集中したことで、交通渋滞が引き起こされた。これらの被災地における渋滞は、消防・救急車両の通行を妨げるだけでなく、支援物資の到着も遅延させる。阪神淡路大震災は早朝という道路交通にとって好条件下で発生したにも関わらず、数時間のうちに車両がほとんど動かないグリッドロック状態になったことが知られており、これが結果として復興を遅らせる大きな要因となった[中川06][中川95]。このように、被災地の迅速な復興のためには、被災地の交通渋滞の解決策を見つけることが重要であるといえる。

本研究では、災害などによる道路寸断時の交通状況を再現する交通流シミュレーション手法の確立することを目的としている。また、その手法の有効性の検討も行う。

2. シミュレーション手法

2.1 使用したシミュレータ

マルチエージェント型交通流シミュレータ MATES[吉村04][藤井06]に、道路ネットワークを切り替える機能(2.2にて後述)を実装することにより、道路ネットワーク構造の変化に対応する交通流シミュレーションを行う。100msecを1stepとして、10800秒(=3時間)分のシミュレーションを行う。

2.2 道路ネットワークを切り替える機能

この機能は、シミュレーション中の道路構造の変更を可能にする機能である。具体的には、ある時点のシミュレータの状態を保存し、道路ネットワークだけを変更してリスタートすることで、道路構造を変化させる。エージェントの位置・速度などの状態は保存されており、その状態のまま新しいネットワーク上に再配置される。これにより、災害時の道路の寸断や復旧を再現する。

道路寸断時に消滅する単路上に存在する車両は消滅するようにした。また、道路寸断箇所付近に近付いた際に車両が減速または停止をするであろうという仮定のもと、寸断箇所から半径100m以内の場所では、すべての車両の速度が20km/h以下となるようにした。

3. 具体的なシミュレーション

3.1 使用した道路ネットワーク

本研究では、シミュレーションのためにノード(交差点)数26、リンク(道路)数31である道路ネットワーク(図1)を作成した。これは幹線道路と細街路の組み合わせを想定したもので、南北方向の片側二車線の道路と東西方向の片側一車線の道路から構成される。東西方向の道路は500m毎、南北方向の道路は250m毎に交差点を持つ。

加えて、この道路ネットワークの中心部分の50mが寸断した状況を想定して作成したのが図1の道路ネットワークである。説明のため、図1のようにネットワーク上の単路に、南北方向には(A)~(F)、東西方向には(I)~(VIII)と名前を割り当てた。

これら二種類の地図を用いてシミュレーションを行った。



図1 寸断前の道路ネットワーク

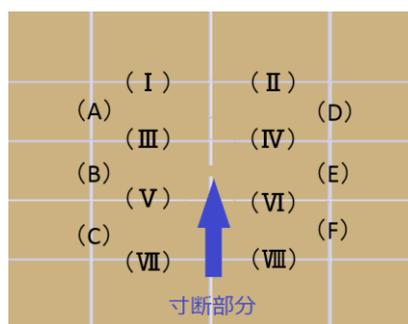


図2 寸断後の道路ネットワーク

3.2 車両の発生台数

図1では車両が発生できるネットワーク端点が14個あり、片側二車線のネットワーク端点からは520台/時、片側一車線のネットワーク端点からは260台/時のペースで車両が発生させた。それぞれの車両の目的地は、発生場所を除いた13個のネットワーク端点からランダムに決定され、車両は最短距離ではなく最短時間で移動できる経路を選択する。また、図2の寸断後の道路ネットワークにおいて、寸断部分で増加した二つのノードは車両発生・消滅のネットワーク端点には加えていない。

3.3 道路寸断と復旧の切り替え

0~3600秒までは図1の道路ネットワークを用いてシミュレーションを行った。3600秒の時点で道路が寸断したと仮定して、そこから7200秒までは図2の道路ネットワークを使用し、次に道路が復旧したとしてそこから10800秒までは再び図1のネットワークを用いた。

3.4 平均旅行速度の推移

以下の図3に600秒毎の平均旅行速度を示す。寸断前と復旧後しばらくした後は、27~29km/hで平均旅行速度が推移しているが、寸断後から復旧前までの期間はそれより5km/h程度遅い23km/h付近で推移している。警視庁では統計上、一般道路の渋滞を走行速度が20km/h以下になった状態としているが、その条件は満たさないものの、渋滞に近い状態になっているといえる。

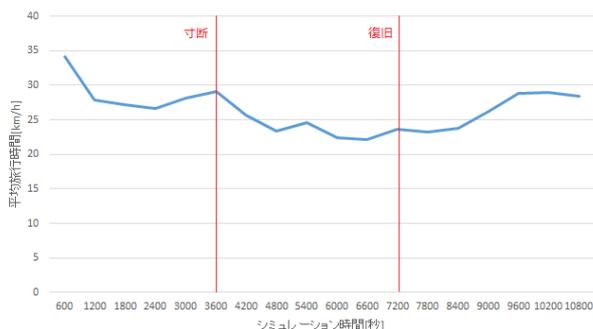


図3 平均旅行速度の推移

3.5 各単路上の車両数の推移

続いて、図1で示した(A)~(F)上の車両台数の推移を図4に、(I)~(VIII)上の車両台数の推移を図5に示す。

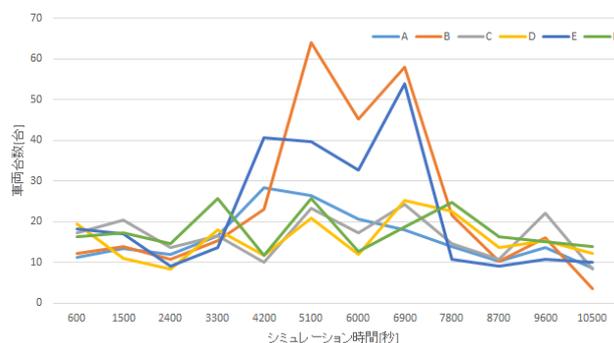


図4 (A)~(F)上の車両台数の推移

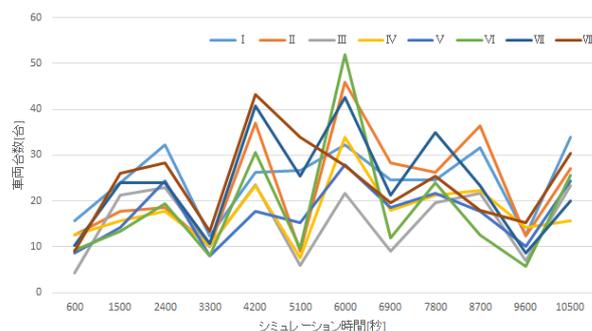


図5 (I)~(VIII)上の車両台数の推移

図4からは、道路が寸断されている3600~7200秒では、他の期間に比べて単路(B)と(E)上の車両台数が2~3倍に増加していることが見て取れる。

図5からは、(VI)の単路上の車両台数が20台程度増加しているものの、道路寸断による東西方向の単路の台数増加は図4より穏やかであるといえる。

道路寸断中の(B)と(E)のみの車両台数が倍増し、それに比べて(I)~(VIII)の変化が穏やかなのは、寸断された道路の代替経路で(B)または(E)のどちらか一方は必ず通過しなければ目的地に到着できないためであると考えられる。また、道路寸断後に平均旅行速度で5km/h程度の減速が発生していることから、これらは(B)と(E)へ迂回した車両によって渋滞に近い状態が発生しているのではないかと推察できる。この混雑は、復旧後すぐには改善せず、約2400秒の時間を掛けて徐々に寸断前と同程度まで回復しており、道路寸断による代替経路の混雑と、道路復旧による混雑の緩和を確認できたといえる。

4. おわりに

本研究では、災害発生時に道路が寸断された状況を再現するため、動的に道路ネットワーク構造が変化する機能を実装し、簡易な幹線道路および細街路を想定した地図に適用した。従来のシミュレーションでは再現できなかった道路寸断による平均旅行速度の低下や、道路寸断による代替道路への車両流出が確認した。これに伴い、有効な道路ネットワーク構造が変化するシミュレーション手法を提案したといえる。

今後の課題として、実際の地図への適用や、ICT技術を用いた際の渋滞の緩和の検証などが考えられる。

参考文献

- [中川 06] 中川大, 小林寛: 大都市における震災時の交通対応策に関する研究, 土木学会論文集 D, Vol62-No.1, pp.187-206, 2006
- [中川 95] 中川大: 地震直後の交通渋滞と防災交通計画, 交通工学, Vol.30, 増刊号, pp.22-27, 1995
- [吉村 04] 吉村忍, 西川紘史, 守安智: 知的マルチエージェント交通流シミュレータ MATES の開発, シミュレーション, Vol23-No.3, 2004
- [藤井 06] 藤井秀樹, 仲間豊, 吉村忍: 知的マルチエージェントシミュレータ MATES の開発, 第二報: 歩行者エージェントの実装と歩車相互作用の理論・実測地との比較, シミュレーション, Vol.25-No.4, 2006