

突発的な事象に応じた交通流の制御

Control of Traffic Flow with Unexpected Events

○清野数馬, 村松鋭一

○ Kazuma Seino, Eiichi Muramatsu

山形大学

Yamagata University

キーワード： 交通流 (traffic flow), 渋滞 (traffic jam), 高度道路交通システム (intelligent transport system)

連絡先： 〒 992-0082 山形県米沢市城南 4 丁目 3 - 1 山形大学大学院 理工学研究科 応用生命システム工学 専攻

村松鋭一, Tel.: (0238)26-3327, E-mail: muramatu@yz.yamagata-u.ac.jp

1. はじめに

交通流に関する研究の基本的な考え方は例えば文献 1) にまとめられている。ここでは交通量、交通密度などの交通流の状態を記述する基礎的な量、交通流を制御する信号の制御パラメータ、交差点における交通流率を用いた交通流をモデル化の方法が論じられている。文献 2) では、サイクル長、青信号スプリット、オフセットと呼ばれる信号制御パラメータを信号交差点の交通量収支や待ち車列台数に基づいて最適化する方法が述べられている。また、文献 3) では近年の ICT (情報通信技術) や ITS (高度道路交通システム) の発展をふまえ、ドライバの意思決定による経路選択も含めた交通流における均衡問題の定式化、均衡状態の安定性と制御について数理的問題との関連から論じられている。

現在、交通流の最適化のために ITS が広く普及しているおり、中でもカーナビゲーションは身近なものの一つである。カーナビゲーションには渋滞情報や規制情報を受け取ることで、よ

り効率的な経路を探索する機能があり、近年では受け取る情報を多様化させることで様々な状況に対応させる試みがなされている。本研究では、事故、災害といった突発的な事象を想定し、その情報から最も効率的な経路を選択すること、信号の調整をすることにより交通渋滞を抑えるための制御方法を、シミュレーションを用いて提案する。

2. シミュレーション概要

2.1 道路地図

シミュレーションに使用した道路地図を Fig.1 に示す。出発地、目的地と信号、信号と信号の間はそれぞれ 300m とし、道路はすべて片側一車線と設定した。各信号のサイクル長 (信号灯が青→黄→赤と一巡する時間) は 130 秒、スプリット (信号灯の色の時間配分) は 50 % とし、隣接する信号には 10 % のオフセット (隣接する交差点間における青信号開始時間のずれ) を設

定した。

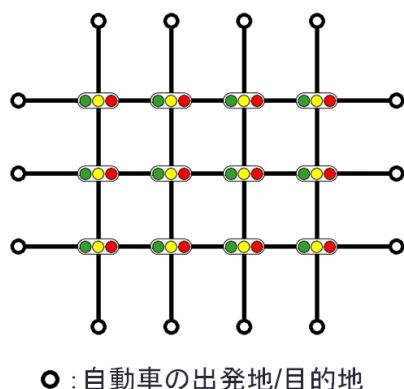


Fig. 1 道路地図

2.2 走行車

道路地図内を走行する車は累計で500台とし、シミュレーション開始時に出発地と目的地をランダムで設定する。車にはそれぞれに番号を割り当てておき、番号の早い順から走行を開始する。走行する際には、ダイクストラ法⁴⁾で計算した最短の経路を通る。そして全ての車が目的地に辿り着くまでの時間（シミュレーション終了時間）を計測し、その時間を基準にして制御の有効性を評価する。なお走行中の車全てにカーナビゲーションが搭載されているものと仮定する。

3. 通行止めが発生した状況での交通流制御

3.1 状況の概要

制御が必要な事象として「事故等により通行できない区画が発生」するものを設定した。通常の場合、通行止めの情報を得るためには現場まで近づくことが必要になる。このため交通止めの地点を中心に渋滞が発生してしまう。ここで、事故等の発生直後に現場付近から通行止めの情報が送信されるものとし、その情報をカーナビゲーションがリアルタイムで取得できるとすると、情報を受け取った時点で経路を変更することが可能なため、現場に近づく必要がなく

なる。そのため渋滞発生の抑制が可能であると考えられる。

3.2 シミュレーション結果

通行止め発生の候補地を17カ所設定し、その箇所をFig.1の道路地図に場所を書き加えたものをFig.2に示す。候補地の中から一か所を選択し、交通量が多くなってくる時刻であるシミュレーション開始100秒後に通行止めを発生させた。制御を行わない場合、シミュレーション終了時間は平均で1319.2秒であったのに対し、3.1節で述べた制御を行った場合の終了時間は平均で1047.5秒であり、約20%の時間短縮をすることができた。

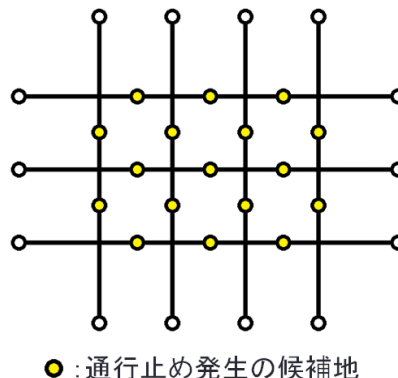


Fig. 2 通行止めの候補地

4. 避難区域が発生した状況での交通流制御

4.1 状況の概要

第3節で設定した事象とは別なものとして、「津波等により避難が必要な区域が発生」するものを設定した。津波などが発生すると、一定の区域から遠く離れる必要がある。この状況に則した制御が無い場合、現在地から最短の距離で遠くまで離れることができる経路を選択しても、他車の位置が把握できないため混雑している経路を選択してしまい、最短経路を通っているはずなのに安全な区域まで最短の時間では辿り着けない、という状況の発生が考えられる。

ここで他車の位置情報をリアルタイムで把握することができるのとすると、最短の時間で遠くまで離れることが最優先なため目的地の変更も考慮に入れることができ、多少遠回りであっても交通量の少ない経路の選択が可能となる。これにより最短経路を通らずとも最短時間で安全な区域まで辿り着くことができると考えた。

4.2 シミュレーション設定

避難が必要となる区域、避難先の候補地として設定した箇所を Fig.1 の道路地図に書き加えたものを Fig.3 に示す。避難を開始するのは全ての車が走行を始め、待機している車がいなくなった直後とした。避難を開始されると、避難先の候補地中から最も早く辿り着けると推測される場所を目的地として経路を再設定する。この際、交通量も経路選択に考慮に入れるものとする。その詳細を次に述べる。

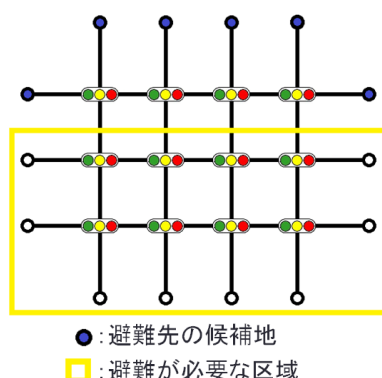


Fig. 3 避難区域、避難先を書き加えた道路地図

4.3 最短経路計算の際に車の位置を考慮した制御方法

ダイクストラ法で最短経路導く際には辺の重み（道路の距離）を利用する。そのため遠回りさせるには通行させたくない箇所の重みを追加すればよいということになる。そこから交通量を重みに換算して追加することで、混雑している箇所を避けることが可能になると考えた。

交通量を重みに換算するために、前方に車があった場合とない場合とで進むことができる距離の違いについて検証する。検証に当たり信号待ちをしている場合を想定する。前方に車がいる中で信号待ちをしていると、信号が青になっても前方の車がある程度進むまで動くことができない時間が生じる。距離の違いは、この時間内で車が進むことができる距離だと考えられる。

しかし単位時間あたりに進むことができる距離は、車の速度によって変動してしまう。そこで前方の車がある程度進むまで動けない時間を測定すると、約 2.5 秒でありその間に移動可能な距離は 0m~40m であった。この距離の範囲を多少広げた中で重みを変化させながら繰り返しシミュレーションを行うことで、有効な重みを探った。

また、経路選択を複数回行うことでより早く遠くまで進むことができるのではないかと考え、経路の計算を避難開始時のみではなく道路の分岐点である交差点に近づいた際にも行うという方法を用いた。

4.4 シミュレーション結果

車一台当たりの重みを 0m~50m の間で変化させシミュレーションを行った後、避難開始時の車の位置、進行方向を変更し、シミュレーションを繰り返した。シミュレーション終了時間の平均値とそのときの重みをグラフにまとめたものを Fig.4 に示す。重みが車一台当たりの重みを大きくするにつれて終了時刻が短くなっていったが、重みが 20m を越すとそれ以降はあまり変化が見られなかった。今回設定した条件、制御方法では、シミュレーション終了までにかかる時間を、約 18 % 短縮できた。

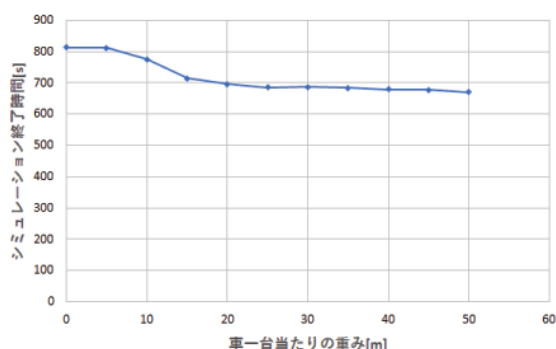


Fig. 4 各重みに対するシミュレーション終了時間の平均値

4.5 信号待ちの車の台数に応じた信号の制御

4.3節で述べた制御方法では、信号に従う設定をそのままにしているため、車が来ない交差点で信号待ちをする車がある状況が発生した。この状況は素早い避難を求められる中ではふさわしくないと考え、信号に対しても制御を行うことにした。

具体的な制御方法としては、個々の信号が向かってくる車の台数を把握できるものとするこことで、車の台数に応じてスプリットを変化させるようにする。これにより信号待ちの時間が減少し、シミュレーション時間が短縮できると考えた。

4.6 シミュレーション結果

信号の制御を入れない時と同様にシミュレーションを行った。シミュレーション終了時刻とそのときの重みをグラフにまとめたものをFig.5に示す。重みを変化させても、終了時刻にあまり変化は見られなかった。しかしFig.4の信号の制御を行わなかった場合と比較すると、終了時刻は大きく変化しており、シミュレーション終了までにかかる時間を、約30%短縮できた。

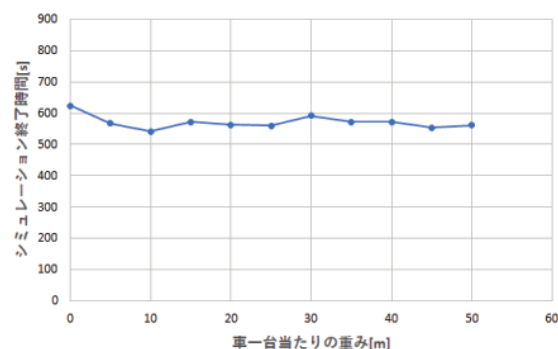


Fig. 5 各重みに対するシミュレーション終了時間の平均値（信号制御あり）

重みの変化がシミュレーション終了時刻にあまり影響を及ぼさなかった理由について次のように考察した。避難の候補地をマップ上部に集中させたことで、多くの車が縦方向の道路へ流入することとなった。すると、横方向を走行する車がいなくなり、縦方向の信号が常に青になる。その結果交通量が多いが渋滞ではなくなるため、経路変更の必要がなくなり、重みによる影響も減ったと考えられる。

5. おわりに

通行止めの発生や避難区域が発生した場合に交通流を制御する方法を提案し、シミュレーション終了時間を比較するという形で有効性を示した。

今回提案した制御方法は、避難先に設定した箇所や、車の台数、マップの大きさなどを変更すると、効果が変わってくることが考えられる。今後は様々な条件で制御の有効性を検証していく。

参考文献

- 1) 久井守：交通流のモデリングと信号制御，計測と制御，**41-3**, 193/198 (2002)
- 2) 清水光：路線の渋滞制御システム，計測と制御，**41-3**, 199/204 (2002)
- 3) 和田健太郎：交通ネットワーク流の安定性と制御，計測と制御，**55-4**, 368/375 (2016)
- 4) Dijkstra, E. : A note on two problems in connexion with graphs, Numerische Mathematik, **1**, 269/271 (1959)