

車車間通信を用いた車線変更協調方式の一考察

後藤 剛次[†] 田 学軍[‡] 井手口 哲夫[‡] 奥田 隆史[‡]

愛知県立大学院 情報科学研究科[†] 愛知県立大学院 情報科学研究科[‡]

1.はじめに

近年では、ITS による走行方法の改善から安全で円滑な走行、そして無駄な燃料消費を軽減するとともに、ボトルネックの解消や道路の有効活用を通じて交通流に貢献することができる」と期待されている。関連研究として自動運転・隊列走行技術の研究が盛んになされているが、車単体の視点からの研究が主流である。本研究では、走行車両間で通信によって周辺車両の位置や挙動を把握し、行動する前に合意達成して協調走行の実現を目的とする。協調走行では、各車両が個々の利益追求行動方を控えて、周辺車両と協調を図ることで自車だけでなく交通流全体の利益保持を考慮した走行である。

2.車車間通信を用いた協調方式の検討

車車間通信を用いて自車の車線変更の意図を事前に通知し、燃料消費量を考慮した協調行動で周辺車両の合意を得て協調走行の実現手法を検討する。

走行車はある範囲に接近したら走行上の関連性があると見て通信によって定期的に走行速度など情報の交換を行う。図1に示すように車線変更の要求者（要求車）は周辺車両（協調車の候補となる）に車線変更要求を送信する。車線変更者は把握している周辺車両の情報、安全、燃費などの条件に基づいて要求内容を決める。ここで通信遅延などの要素を配慮して協調車の候補である周辺車両は無線通信の one hop 内のものとする。要求車は one hop 外の車両に関する情報を持っていないとして、要求内容が one hop 外の車両の行動と干渉するかどうかの判断は境界車に委ねる。境界車は要求車が前方、後方一番離れた車に指定する。境界車からポジティブな返事を得た場合、合意達成となる。

続いて車車間通信を用いた合意手法、車両の役割と合意手順について示す。

● 協調車

Cooperative Scheme for Inter-Vehicle Communication for Lane Changing

Tsuyoshi Goto[†] Tian Xuejun[‡] Tetsuo Ideguchi[‡] Takashi Okuda[‡]

^{†‡} Graduate School of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

車線変更に協調を要求された車両とし、加減速を行い安全な車間距離の確保を行う。

● 境界車

協調車であると同時に車線変更車の通信可能範囲外の情報を把握し、協調の可否を判断する。境界車は要求車が通信可能範囲の境界を走行する車両から前後一台ずつ指定する。

● 要求車（車線変更車）

要求車は安全条件である車間距離、燃費抑制という条件で可能な選択肢から要求内容を決定する。車々間通信を用いて車線変更を通知する前段階で、車線変更車は周辺車両の位置・速度情報から安全な距離を確保するために、各車両がとりうる協調行動パターンを式(1)の条件の下で算出する。n は隣接前方車、m は隣接後方車、d は車線変更車、s は実際の車間距離、s* は安全車間距離、l は車両長とし、式(2)における $\Delta s_{n,n+1}$ は実際の車間距離と安全車間距離との差であり、n 番目の車両が n+1 番目の車両へ車間を詰めることができる協調可能な距離とする。式(1)では、各車両の協調可能な距離の合計が車線変更を行うために必要な安全車間距離を満たすことを条件として算出する。各行動パターンから最適な行動を選択する基準は、環境への影響を考慮して協調開始時から終了時までにかかる燃料消費量が最小となるものとする。燃料消費量の算出にはトリップセグメントモデル[2]を使用する。

$$\sum \Delta s_{n,n+1} + \sum \Delta s_{m,m+1} > s_{d,1}^* + s_{1,d}^* + l \quad (1)$$

$$\Delta s_{n,n+1} = s_{n,n+1} - s_{n,n+1}^* \quad (2)$$

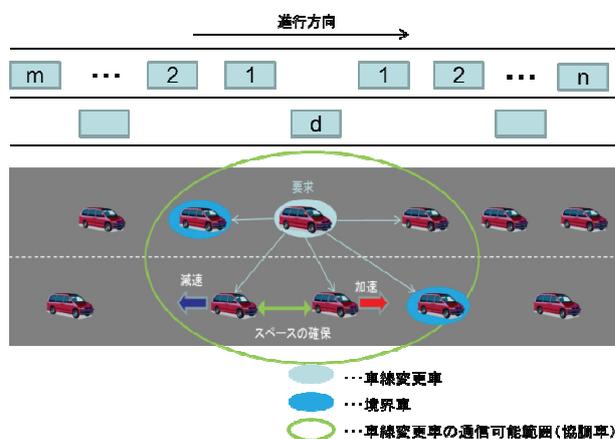


図1：協調イメージ

● 合意手順

1. 車線変更車は要求メッセージをブロードキャストする。
2. 要求メッセージを受信した境界車は協調に干渉を受けない時は合意メッセージ、干渉を受けるときには棄却メッセージを車線変更車に返信する。合意ならば、協調車両は要求メッセージの内容に従い協調行動を行う。ここでの干渉は協調車両が安全な車間距離を確保できない挙動を強いられた時を指す。
3. 前後方の境界車からの合意メッセージを受信した車線変更車は車線変更開始メッセージをブロードキャストし、車線変更を実行する。また、どちらかの境界車から棄却メッセージを受信した場合、車線変更中止メッセージをブロードキャストする。
4. 車線変更開始メッセージを受信した協調車は協調過程に入る。車線変更中止メッセージを受信したら受信した要求を廃棄する。

3. シミュレーション評価

本研究では、2車線高速道路における車線規制区間前までに円滑に合流することで交通流に与える影響についてマルチエージェントシミュレータを用いて評価する。車両走行における追従走行モデルはIDM (Intelligent Driver Model) [3]、車線変更は車間距離、相対速度、希望速度を考慮したモデル[4]を通常走行とし比較対象とした。評価項目は1台あたりの平均急減速回数、平均旅行時間、燃料消費量とした。

以下にシミュレーション環境を示す。

道路環境	2車線高速道路
車両環境	一般車両
道路長	10km
車線規制地点	9km 地点
制限速度	100km/h
車両流入量	1500~2000 台/h
車線変更車両割合	25%
車両生起	指数分布に従う
シミュレーション時間	1時間
急減速度	2m/s ²

表 1: シミュレーション環境

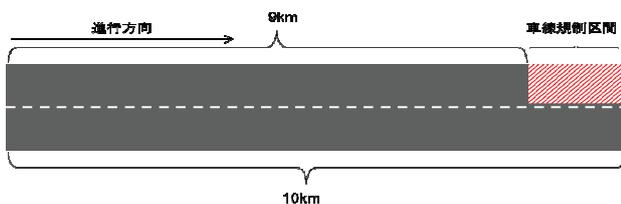


図 2: シミュレーション環境

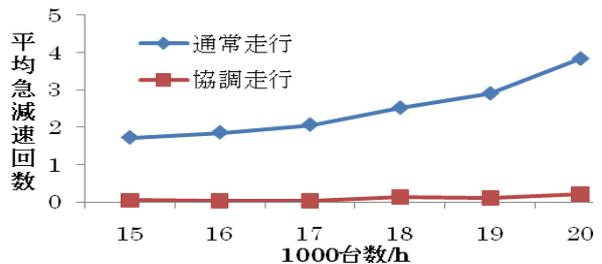


図 3: 平均急減速回数

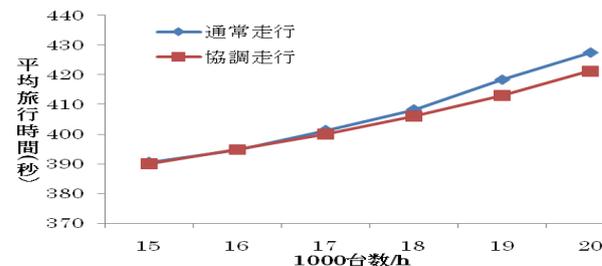


図 4: 平均旅行時間

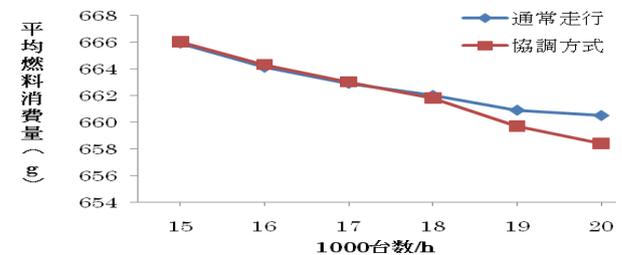


図 5: 平均燃料消費量

シミュレーション結果から燃料消費量は図に示すようにほとんど変わらないが、平均急減速回数の減少や平均旅行時間の短縮されたことから円滑な車線変更が実現できた。

4. 今後の課題、

期待した燃料消費量の低減効果が得られなかった。原因は車線変更の際に車線変更者が前方者への加速要求で車両全体の平均速度が上がって燃費が悪化したと考えられる。今後は燃費の最適化手法、複数の車両間の選択肢から車線変更車も含めた最適な行動をとる手法を検討する。

参考文献

[1] 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構, “「エネルギーITSの推進に向けて」”(2008-4)

[2] 横田久司, 鹿島茂, 國領和夫, 田原茂樹, “走行動態記録に基づく自動車環境負荷量推計モデルの開発” 東京都環境科学研究所2004, p40-p48

[3] Martin Treiber, Ansgar Hennecke, and Dirk Helbing. “Congested traffic states in empirical observations and microscopic simulations.” Phys. Rev. E 62, 1805-1824

[4] 王興挙, 宮城俊彦, “希望速度を考慮したモデルによる渋滞波及現象のシミュレーション”, 第26回交通光学研究発表会, p29-p32

謝辞 本研究の一部は文部科学省科学研究補助金基盤(B) 課題番号(20300030)の支援を受けて行った。