

車車間通信を用いた協調カーナビゲーションシステムの検討 Cooperative Car Navigation System using Vehicle to Vehicle Communication

江澤 広泰†
Hiroyasu Ezawa

向 直人†
Naoto Mukai

1 はじめに

現在、日本では道路整備の遅れに対し、自動車の普及率は増加傾向にあり、都市部などでは交通渋滞が社会問題となっている。このような渋滞問題に対し、移動経路を最適化する高度交通システム(ITS)の検討や導入が盛んに行われている[2][3][4][5]。しかし、インフラの設置費用などの問題から、交通流の根本的な改善には至っていない。本研究では交通流の分散を目的として提案された協調カーナビゲーションシステムを、集中管理方式ではなく、車車間通信を用いた分散管理方式で構築することでインフラの設置・管理の問題の改善を図る。本システムでは、通過の予定される経路情報を車両間で共有し、将来的に渋滞の発生が予想される経路を一部の車両が避けることで、交通流を最適化する。また皇居近郊の主要幹線道路の地図を用いたシミュレーションを行い、提案システムと従来カーナビとの比較を行う。

2 提案手法のモデル

2.1 基本方針

本研究では、交通流の最適化に向け、山下らによって提案された協調カーナビ[1]を、車車間通信を用いて実現することを目的とする。各車両は以下の手順で経路選択を行い、目的地を目指す。

- ・定期的に自身の経路情報を含むパケットを周辺車両に送信する
- ・他車両からのパケットを受信した場合、自身の経路情報に他車両の経路情報を追加する
- ・保持する経路情報から古くなった経路情報を破棄する

各車両はこの動作を繰り返し、交差点に到着するたびに、現在保持している経路情報から期待混雑度を算出し、目的地まで期待混雑度最小となる経路を、ダイクストラ法を用いて導出する。

2.2 期待混雑度の算出

期待混雑度は現状を含んだ今後の混雑度を表す無次元の指標である。期待混雑度は以下の手順で算出する。

①現在もっている経路情報から各リンクの通過重み PW を算出する。通過重みは、ある経路が現在地から目的地までに p 個のリンクを含んでいる場合、目的地から現在地までの各リンクに 1 から p を昇順に割り当て、リンク数 p で正規化したものである。

②各リンクの総通過重みを算出する。リンク l の総通過重み TPW_l は式(1)に示すように、リンク l の通過重みの総和と与えられる。

$$TPW_l = \sum PW_l \quad (1)$$

③各リンクの期待混雑度 ETC_l は、期待通過時間 ETT_l

(現時刻においてリンク l を通過するために必要な時間)と総通過重み TPW_l から、式(2)を用いて算出する。ここで、 a は TPW_l が 0 の場合に、期待混雑度が 0 となるのを防ぐための任意定数である。また a の値を変化させることで TPW_l が ETC_l に与える影響の大きさを調整できる。

$$ETC_l = ETT_l \times (TPW_l + a) \quad (2)$$

2.3 情報伝搬

提案システムでは、サーバを介さずに、車車間通信を用いて経路情報を伝搬する。送信されるパケットは以下の情報を持つ

($carID, route, time$)

$carID$ は車両の識別 ID, $route$ はその車両の出発地から目的地までの予定経路を表している。これにより同じ車両の経路情報を重複して総通過重みに追加することを防ぐ。 $time$ は経路情報が作成されてからの経過時間であり、古くなった経路情報を破棄するために用いられる。

図 1, 2 に情報伝搬の例を示す。この表の縦軸、横軸は各ノードに対応しており、リンクの総通過重みを示している。図 1 の道路において、経路 $b \rightarrow a \rightarrow c \rightarrow e$ を予定している車両 A の総通過重みは図 2(左)のようになる。時間が経過し、車両 A が、新たに $d \rightarrow b \rightarrow a$ という経路を予定している車両 B と通信すると、車両 A の総通過重みは図 2(右)に示すように、車両 B の通過重みが加算される。

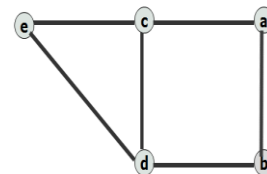


図 1 道路網の例

Area ID	a	b	c	d	e	Area ID	a	b	c	d	e
a	-	0	2/3	-	-	a	-	0	2/3	-	-
b	3/3	-	-	0	-	b	3/3 + 1/2	-	-	0	-
c	0	-	-	0	1/3	c	0	-	-	0	1/3
d	-	0	0	-	0	d	-	2/2	0	-	0
e	-	-	0	0	-	e	-	-	0	0	-

図 2 情報共有の例 (左, 通信前) (右, 通信後)

2.4 探索範囲の制限

車車間通信による情報共有では、自車両の周辺に存在する車両の経路情報は得やすく、一方、遠方の車両の経路情報を得ることは難しい。このような偏った経路情報に基づき期待混雑度を算出した場合、周辺道路の混雑度を過剰に評価してしまうため、車両は必要以上に迂回した経路を選択してしまう。そこで提案システムでは経路探索を行う範囲に制限を設けた。現在地と目的地の座標を (x_1, y_1) , (x_2, y_2) としたときの探索範囲を図 3 に示す。

† 東京理科大学 工学部第一部 電気工学科

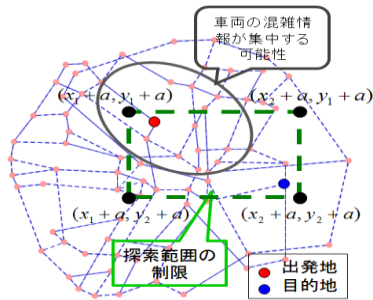


図3 探索範囲制限の例

現在地と目的地から (x_1+a, y_1+a) , (x_1+a, y_2+a) , (x_2+a, y_1+a) , (x_2+a, y_2+a) の4点の座標を求め、この4点を頂点とした領域を探索範囲とする。しかし目的地と出発地の座標によっては、探索範囲内で目的地までの経路を発見できない。そこで、経路を発見できない場合には、探索範囲を拡大し再度探索を繰り返す。

3. シミュレーション

3.1 シミュレーションモデル

提案システムによる交通流の最適化への効果を検証するために、従来型のカーナビとの比較を行った。提案手法は、各車両が経路情報を処理する分散管理型なのに対し、協調カーナビは集中管理型であるため、情報を管理する基地局での通信情報量が膨大になることが予測される。そこで、本稿では、情報提供範囲に制限を設けた協調カーナビも比較対象とした。以下にシミュレーションで用いた渋滞と車両のモデルについて述べる。

3.1.1 渋滞モデル

シミュレーションでは、簡単のため、信号や合流点、精神的に減速しやすい箇所などは考慮せずに、道路の交通容量のみを考慮した。シミュレーションで使用した渋滞原理を式(3)で与える。リンクに限界速度 V_{max} を設け、リンク l 上に存在する車両数 n に応じて、車両速度 V_l は低下する。また、渋滞が悪化したとしても、車両が全く進まなくなることはないとして、最低速度 V_{min} を設ける。

$$V_l = \max((V_{max} - wn), V_{min}) \quad (3)$$

(V_l : リンク上の車両移動速度, w : 減速重み)

3.1.2 車両モデル

ここでは、各カーナビゲーションシステムを搭載した車両モデルを定義する。

①一般的なカーナビゲーションシステム

目的地までの移動距離が最短となる経路を選択する。

②VICS 搭載型カーナビゲーションシステム

交差点に到着するたびに目的地までの期待通過時間の総和が最小となる経路を選択する。

③協調カーナビゲーションシステム(制限なし)

交差点に到着するたびに目的地まで期待混雑度の総和が最小となる経路を選択する。期待混雑度は全車両の経路情報から算出する。

④協調カーナビゲーションシステム(制限あり)

協調カーナビを搭載した車両が得られる情報の範囲を制限する。まず、交差点に到着するときに取得可能な交通情報の範囲内で、最終目的地から最も近い交差点を一時的な目的地とする。設定した目的地まで期待混雑度の総和が最小となる経路を選択する。期待混雑度は全車両の経路情報から算出する。

⑤車車間通信を用いた協調カーナビ (提案システム)

交差点に到着するときに現在地と目的地から経路探索範囲を設定し、その範囲内で目的地までの期待混雑度の総和が最小となる経路を選択する。期待混雑度は、車車間通信により共有されている経路情報から算出する。

3.1.3 環境設定

初期状態で配置する車両台数は 200 台とし、各車両の出発地と目的地は地図上の交差点からランダムに選択する。また、各車両は目的地に到着した場合に削除され、新しい目的地を設定した車両が追加される。道路網は皇居周辺約 6km 四方の主要幹線道路(図4)を用いた。初期に配置した全車両が目的地に到着した時点でシミュレーション終了とした。

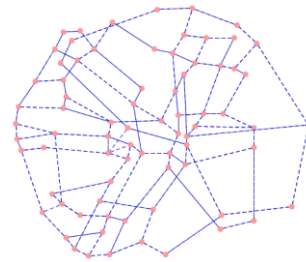


図4 皇居周辺 約 6km 四方の主要幹線道路

3.2 シミュレーション結果

図5.1は各車両モデルの平均移動時間を示している。一般的なカーナビゲーションシステムと VICS 搭載型では、VICS 搭載型の方がわずかに勝っている。また、全体では山下らの提案した協調カーナビゲーションシステムが最も移動時間の短縮に効果があった。しかし、サーバの計算負荷が膨大になる問題を考慮し、情報提供範囲に制限を設けると、その効果は十分に発揮できないことがわかる。車車間通信を用いた協調カーナビゲーションシステムは、制限なしの協調カーナビゲーションシステムには劣るものの、制限ありと同等の結果となり、交通流の最適化に効果があるといえる。

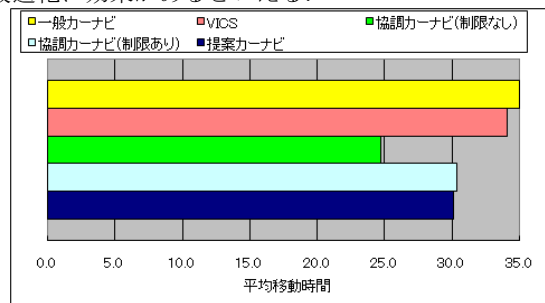


図5.1 平均移動時間の比較

図5.2~5.6は各カーナビゲーションシステムにおける車両の移動時間の散布図である。横軸は出発地から目的地までの最短距離、縦軸は各車両が目的地に到達する

までの時間である。

図 5. 2, 5. 3 から, 一般カーナビと VICS 搭載型では, 移動時間の散らばりが大きく, 移動時間の長い車両が多く存在していることがわかる. 図 5. 4 から, 協調カーナビでは, 多くの車両が短時間で目的地に到着しており, 渋滞が回避されていることがわかる. しかし, 図 5. 5 からわかるように, 情報の取得範囲に制限を設けると, 全体の移動時間は増加してしまう. 図 5. 6 から, 提案したカーナビは, 従来型の一般カーナビ, VICS 搭載型よりも, 車両の移動時間を短縮できたことがわかる. 協調型は, 全カーナビの中で, 最も渋滞緩和に効果があるといえるが, 情報の取得範囲に制限を設けた場合には, その効果は十分に発揮されず提案手法と同程度になる. 以上の結果から, 提案手法は, 車車間通信により情報を分散させることで, インフラへの負荷を増大させることなく, 協調カーナビ同等の性能が期待できるといえる.

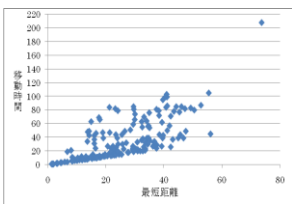


図 5.2 一般カーナビ

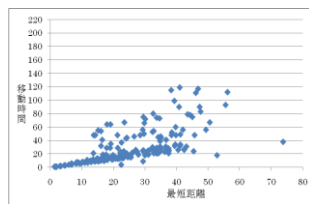


図 5.3 VICS 搭載型

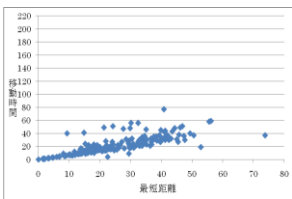


図 5.4 協調型(制限なし)

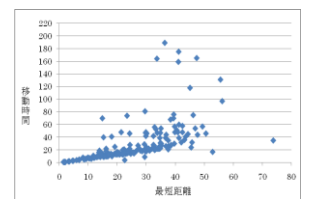


図 5.5 協調型(制限あり)

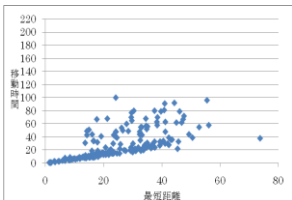


図 5.6 提案手法

4. 結論

本研究では, 従来型カーナビゲーションシステムの問題点を考慮し, 協調カーナビゲーションシステムを集中管理方式ではなく, 車車間通信を用いた分散管理方式で構築した. また, 車車間通信で共有される経路情報の偏りが原因で必要以上に迂回する車両を改善するため, 探索範囲を限定したダイクストラ法を提案した. シミュレーションでは, 提案する分散管理型のカーナビゲーションシステムが, 交通渋滞を緩和させる効果があることを明らかにした.

今後の課題は, 車車間通信のプロトコルを改良することで, 移動時間のさらなる短縮を目指したい. また, 今回のシミュレーションでは車車間通信に通信可能範囲の制限を設けたが, 実際の環境では建築物による通信の遮断や伝搬損失などが起こることが予想される. さらに, より現実的な環境で評価するため, 道路の交通容量の他

にも, 様々な渋滞原理を考慮したシミュレーション環境を構築する必要がある.

参考文献

- [1] 山下倫央, 車谷浩一, 中島秀之: 交通流の円滑化に向けた協調カーナビの提案, 情報処理学会論文誌, Vol. 49, No. 1, pp. 177-187, 2008
- [2] 寺内隆志, 柴田直樹, 安本慶一, 東野輝夫, 伊藤実: 車車間通信を用いた渋滞解消ナビゲーションシステムの提案, 情報処理学会研究報告, pp. 71-76, 2005
- [3] 成田干城, 春名恒臣, 重野寛, 岡田謙一: 車車間通信による道路固定ネットワークの構築, 情報処理学会論文誌, Vol. 47, No. 12, pp. 3267-3276, 2006
- [4] 熊谷潤一, 小島康夫, 高重聡一, 亀谷由隆, 佐藤泰介: 頻出部分木発見法を用いた遺伝的プログラミングの交通信号制御問題への適用, 人口知能学会論文誌, Vol. 22, No. 2, pp. 127-139, 2007
- [5] 大原健, 能島裕介, 石渕久生: 交通渋滞解消のための大域的小び局所的最適化経路選択手法の性能比較, 日本知能情報ファジィ学会誌 Vol. 18, No6, pp. 867-873, 2006