

## 協調カーナビによる道路交通流の円滑化

山下 倫央<sup>†</sup> 和泉 潔<sup>†</sup> 車谷 浩一<sup>†</sup> 中島 秀之<sup>††</sup>

<sup>†</sup> 産業技術総合研究所 情報技術研究部門

〒 135-0064 江東区青海 2-41-6

<sup>††</sup> はこだて未来大学

〒 041-8655 北海道函館市亀田中野町 116 番地 2

E-mail: †{tomohisa.yamashita,k.kurumatani}@aist.go.jp, ††kiyoshi@ni.aist.go.jp, ††h.nakashima@fun.ac.jp

**あらまし** 本論文では、各車両の経路情報 (現在位置, 目的地, 現在位置から目的地までの経路) を共有し、経路を算出するシステムを協調カーナビとして提案する。本論文の目的は、提案する協調カーナビが個人及びシステム全体の移動効率の向上に対する効果を持つことを示すことである。協調カーナビの効果を検証するため、格子状と放射環状の2種類の道路網をシミュレーションに用いた。シミュレーションにおいて、i) 経路情報を共有するドライバーの平均旅行時間が他のドライバーよりも短くなり、ii) 経路情報を共有するドライバーの割合が増加するに連れて、混雑が全体として緩和された。シミュレーションの結果から、移動効率の向上に関して経路情報を共有する協調カーナビが効果的であることを確認した。

**キーワード** 道路交通システム, 群ユーザ支援, 情報共有, 経路選択, カーナビゲーションシステム

## Smooth Traffic Flow with a Cooperative Car Navigation System

Tomohisa YAMASHITA<sup>†</sup>, Kiyoshi IZUMI<sup>†</sup>, Koichi KURUMATANI<sup>†</sup>, and Hideyuki

NAKASHIMA<sup>††</sup>

<sup>†</sup> Information Technology Research Institute

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

2-41-6, Aomi, Koto-ku Tokyo 135-0064, Japan

<sup>††</sup> Future University - Hakodate

116-2 Kamedanakano-cho Hakodate Hokkaido, 041-8655

E-mail: †{tomohisa.yamashita,k.kurumatani}@aist.go.jp, ††kiyoshi@ni.aist.go.jp, ††h.nakashima@fun.ac.jp

**Abstract** With maturation of ubiquitous computing technology, it became feasible to design new systems to improve our urban life. In this paper we introduce a new application to car navigation in a city. Every car navigation system in operation has the current position of the vehicle, the destination, and the currently chosen route to the destination. If vehicles in a city can share those information, they can use traffic information to globally plan semi-optimal routes for each vehicle. We propose a cooperative car navigation system with route information sharing (RIS). Our multiagent simulation confirmed the effectiveness of the proposed RIS system. The average travel time of drivers using the RIS system is substantially shorter than those who do not. Moreover, as the number of the RIS users increases, the total amount of traffic congestion of the city decreases.

**Key words** Road Transportation Systems, Mass User Support, Information Sharing, Route Choice, Car Navigation System

### 1. はじめに

近年、位置取得や通信といったユビキタス計算技術の発展によって、特に位置取得技術や通信手段の発展によって、多くの

生活の場面において新たな情報支援サービスを提供することが可能になった [7]。しかし、従来研究においては、ある一人のユーザを支援するという個人支援の側面に焦点が当てられており、わずかな例外を除いて [14]、マルチエージェント技術は

ユビキタス計算技術と結びついてはなかった。このような現状を踏まえて、我々はユビキタス計算環境における群ユーザ支援 [4], [5] に取り組んできた。群ユーザ支援は、個々人の利便性を落とすことなく、ユーザ全体つまりシステム全体として効率を向上させることを目指している。従来の個人ユーザ支援が単に個人の利便性のみを考慮してサービスを提供するのに比べて、群ユーザ支援は個人の利便性と同様に、システム全体の効率も考慮に入れてサービスを提供する。本論文では、ユビキタス計算環境の一例として道路交通システムを取り上げ、我々が提案したカーナビゲーションシステムの効果を示すマルチエージェントシミュレーションの結果を報告する。

道路交通システムにおいて、車両の現在位置を取得し、目的地までの経路を自動的に提示するカーナビゲーションシステム（以下「カーナビ」と呼ぶ）が近年急速に普及している。さらに、VICS と接続した次世代のカーナビゲーションシステム（以下「VICS カーナビ」と呼ぶ）が導入されている。VICS (Vehicle Information and Communication System: 道路交通情報通信システム) [15] とは、警察庁、郵政省、建設省 (当時) が中心となって 1996 年に開始した情報提供サービスで、渋滞や交通規制などの道路交通情報をリアルタイムに送信する情報通信システムである。VICS においては、道路に沿って設置された電波、光、超音波を用いた車両検知装置や、閉回路カメラにより交通量を測定し、各所の情報は VICS センターに集約される。集められた交通情報は、赤外線ビーコン、電子ビーコン、FM 多重音声によって配信される。各車両はカーナビ内の受信機を用いて配信された交通情報を受け取り、その情報をカーナビの地図上に表示できる [2]。

このような VICS に代表される道路交通システムにおける交通情報システムの発展を踏まえて、より効果的なカーナビゲーションシステムを開発するために配信する交通情報の種類とその効果を検証する研究が進んでいる [3], [9]。しかし、従来研究によって、混雑情報が配信され、多くのドライバーがその混雑情報に従って経路選択をした場合、道路交通システム全体としての効率が下がってしまうことが明らかにされている [6], [10]。通常、VICS カーナビは現在の混雑状況に基づいて旅行時間を最短にする経路を推奨する。しかし、他の多くのドライバーも同様の情報に基づいて一斉に同じ経路を選択すると、その選択された経路において車両の集中が生じてしまい、かえって移動効率が下がってしまうためである。

VICS を利用する際に、各車両は交通情報 (主として混雑情報) を受け取るが、何も情報発信はしていない。もし、各車両が携帯電話や短距離通信を用いて情報を発信できれば、我々はさらに効率的なナビゲーションシステムを提案することができる。VICS カーナビは、現在位置、目的地、現在位置から目的地までの経路といった経路情報を持っている。走行する車両群がこの経路情報を共有することができれば、各車両が大域的に準最適な経路を算出することが可能である。我々は、各車両の経路情報を共有し、その情報に基づいて経路を算出するシステムを協調カーナビとして提案する [12], [13]。このシステムにおいて、各車両は経路情報 (現在位置、目的地、現在位置から目

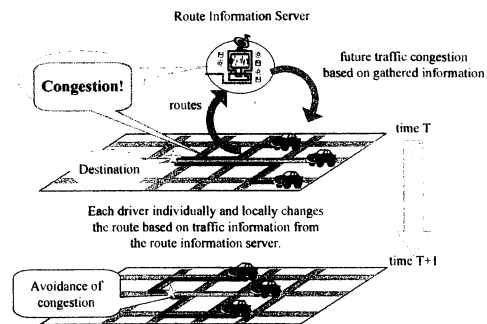


図 1 協調カーナビの概要

的地までの経路) を経路情報サーバに通知する。経路情報サーバは、集めた情報を基に将来の混雑情報を見積もり、各車両にその情報を配信する。各車両はサーバから配信された情報を基に経路を再計算する。そして、このプロセスが繰り返される。図 1 は協調カーナビの概要を示している。

本論文の目的は、提案する協調カーナビが移動効率の向上に効果的であることを示すことである。我々は協調カーナビの効果に関して個人的誘因と社会的受容性という 2 点から評価する。ここで、個人的誘因とは他のシステムから協調カーナビへ変更するための誘因である。個人的誘因が満たされているということは、協調カーナビを用いたドライバーの移動効率が他のシステムを用いた場合の移動効率よりも常に高いことを意味している。また、社会的受容性とは協調カーナビが広く普及するための条件である。社会的受容性が満たされているということは、協調カーナビを用いるドライバーの数が増加するに連れて協調カーナビを用いるドライバーの移動効率が増加していくことを意味している。ここでは、格子状と放射環状網の 2 種類の道路網を用いて協調カーナビの効果を検証する。我々のシミュレーション結果は、経路情報の共有が道路交通システムにおいて効果的であることを示していた。経路情報を共有するドライバーの平均旅行時間が他のドライバーよりも短くなることが確認された。さらに、経路情報を共有するドライバーの割合が増加するにつれて混雑が全体として緩和されることが確認された。

## 2. マルチエージェントモデリング

### 2.1 交通流モデル

本研究で、マイクロレベルの経路選択行動とマクロレベルの混雑の発生関係を検証するために、できる限り単純な交通流モデルを構築する。そのために、信号 (赤信号での停車)、交差点での右折車待ち、交差点以外での U ターン、複数車線、追い越し、行き止まり、という要素を考慮に入れない。

交差点をノード、交差点間の道路をリンクとし、さらにリンクをいくつかのブロックに分割する。1 ブロックの長さは、車両が自由流速度  $V_f$  で 1 シミュレーションステップを走行した距離に等しい [1], [11]。リンクをブロックに分割した後、各ブロックに交通流の下流側から上流側に順に番号を割り当てる (式 2)。

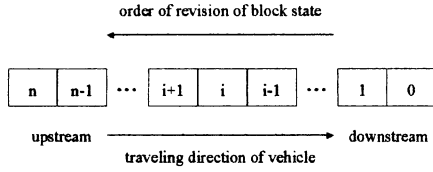


図2 車両の進行方向とブロックの状態更新の順序

$i$  番目のブロックに関して、ブロック長  $L_i$ 、車両数  $N_i$ 、車両速度  $V_i$ 、車両密度  $K_i$  を定義する。ここで、ブロック  $i$  の車両密度  $K_i$  は  $\frac{N_i}{L_i}$  である。ブロック  $i$  における車両速度  $V_i$  は、車両密度  $K_i$  を用いたグリーンシールドの関係式を拡張した式 (1) に基づいて更新される。

$$V_i = \max(V_f(1 - \frac{K_i}{K_{jam}}), V_{min}) \quad (1)$$

式 (1) において、 $K_{jam}$  は飽和密度である。現実的には渋滞が発生していても車両は僅かながら前進しているため、ブロック  $i$  での最小移動速度を  $V_{min}$  とする。

隣接するブロック  $i$  とブロック  $i+1$  における車両位置の更新は以下のようにおこなわれる。最初に、各ブロックの車両速度が式 (1) に基づいて求められる。図2に示されているように、各車両の移動の計算が下流側のブロックから上流側に向かっておこなわれる。ブロック  $i$  にいる各車両は移動速度  $V_i$  に基づいて前進する。車両  $j$  がブロック  $i+1$  からブロック  $i$  に移動する時は、車両速度は  $V_{i+1}$  から  $V_i$  に変更される。もしブロック  $i+1$  にいる車両  $j$  がブロック  $i$  に移ろうとした時にブロック  $i$  の車両密度  $K_i$  が飽和密度  $K_{jam}$  を超えている場合は、ブロック  $i+1$  からブロック  $i$  に入ることはいできない。この場合、車両  $j$  はそれ以上前進することができず、ブロック  $i+1$  の先頭に留まる。車両  $j_2$  の前にいる車両  $j_1$  の移動の計算が終わった後、もし車両  $j_1$  が車両  $j_2$  の移動速度  $V_{i+1}$  での前進可能距離よりも近くにいる場合、車両  $j_2$  は車両  $j_1$  に最低車間距離まで近づく。車両  $j_2$  がさらに前進するのに十分な移動速度を持っていたとしても、車両  $j_1$  の後ろに留まる。全車両の位置の更新後、各ブロックでの移動速度が車両密度を用いた式 (1) に基づいて更新される。次のステップにおいて、各車両は現在の移動速度によらず、直ちに更新された移動速度  $V_i$  まで加速または減速する。

## 2.2 経路選択戦略

次にドライバーが経路選択に用いる戦略について説明する。出発地点から目的地までの経路選択の方法に関して、3種類の経路選択戦略を用意する。各戦略の詳細を以下に述べる。

### 2.2.1 最短距離経路戦略 (SD)

最短距離経路戦略 (Shortest Distance Route : SD と略記) を用いるドライバーは目的地から出発地点までの経路長を最短にする経路を選択する。この戦略を用いるドライバーは現在の混雑情報を使用していないので、地図しか持っていないドライバーに相当する。

### 2.2.2 最短時間経路戦略 (ST)

最短時間経路戦略 (Shortest Time Route : ST と略記) を用

いるドライバーは現在の混雑状況に基づいて経路を選択する。ST 戦略を用いるドライバーは、地図情報だけでなく車載機を通じて道路交通情報センター (e.g. VICS センター) から受けた道路網全体の混雑情報に基づいて経路を決定するドライバーに相当する。ST 戦略を用いるドライバーは、道路網の全リンクの予想通過時間を車載機を通じて取得することができる。道路交通情報センターは、各ブロックの車両密度に基づいて、以下のように予想通過時間を算出する。

車両密度  $K_l$  を用いて式 (1) から、各ブロックの移動速度を算出する。次に、ブロック  $l$  の通過時間をブロック長  $L_l$  と移動速度  $V_l$  から算出する。リンク  $l$  の期待通過時間 (Expected Travel Time)  $ETT_l$  をリンク  $l$  の含んでいる全ブロックの通過時間の総和とする。道路交通情報センターは、全リンクの予測通過時間を ST 戦略を用いるドライバーに配信する。ST 戦略を用いるドライバーは、交差点を通過する度に現在地点から目的地までの期待通過時間を最小化する経路を再探索し、経路を変更する。

### 2.2.3 経路情報共有戦略 (RIS)

情報共有戦略 (Route Information Sharing : RIS と略記) を用いるドライバーは地図情報と現在の混雑情報に加えて、RIS 戦略を用いる他のドライバーの選択した経路の集積的な情報に基づいて経路を選択する。RIS 戦略を用いるドライバーも ST 戦略を用いるドライバーと同様に、交差点を通過する度に最新の交通情報に基づき経路を探索し、経路を再決定する。ST 戦略と RIS 戦略の違いは、RIS 戦略が経路情報サーバを通じて出発地点から目的地までの経路を共有することである。

RIS 戦略を用いるドライバーは出発地点から目的地までの最短時間経路を各リンクの期待通過時間に基づいて探索し、その経路を経路情報サーバに通知する。経路情報サーバは RIS 戦略を用いる全てのドライバーから、これから通過する経路を集めて各リンクの通過重みを算出する。通過重みはドライバーがこれからその経路を通過する度合いを表しており、高ければ高いほど、その経路を確実に通過することを意味する。ドライバー  $j$  のリンク  $l$  に対する通過重み (Passage Weight)  $PW_{l,j}$  を以下のように定義する。ある経路が現在地点から目的地までの間に  $p$  個のリンクを含んでいる場合、目的地から出発地点までの各リンクに  $1$  から  $p$  を割り当てる。例えば、目的地を含むリンクには  $1/p$  が、現在地点を含むリンクには  $1 (=p/p)$  が割り当てられる。さらに、リンク  $l$  の総通過重み (Total Passage Weight)  $TPW_l$  を、式 (2) で表されるように、RIS 戦略を用いる全ドライバーのリンク  $l$  の通過重みの総和として定義する。

$$TPW_l = \sum_{k \in RIS} PW_{l,k} \quad (2)$$

式 (2) において、 $RIS$  は RIS 戦略を用いるドライバーの集合である。図3は各リンクの総通過重みの算出例を表している。

経路情報サーバは全リンクの期待混雑度を算出し、RIS 戦略を用いるドライバーに配信する。リンク  $l$  の期待混雑度 (Expected Traffic Congestion)  $ETC_l$  をリンク  $l$  の期待通過時間  $ETT_l$  と総通過重み  $TPW_l$  を用いて、

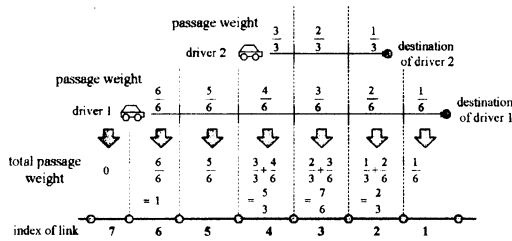


図3 各リンクの総通過重みの算出例

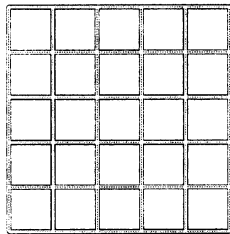


図4 Lattice network

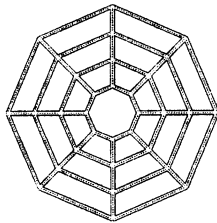


図5 Radial and ring network

$$ETC_i = ETT_i \times (TPW_i + 1.0) \quad (3)$$

と定義する。期待混雑度を受け取った RIS 戦略を用いるドライバーは、現在地点から目的地点までの期待混雑度が最小となる経路を探索し、その経路を選択する。

毎ステップごとに、i) 交差点に差し掛かった車両は経路情報を経路情報サーバに通知し、ii) 経路情報サーバは集めた経路情報から期待混雑度を算出・配信し、iii) 各車両は配信された期待混雑度を基に経路を再計算する、というプロセスを繰り返す。

### 3. 計算機実験

#### 3.1 実験設定

提案した RIS 戦略がそれを用いるドライバーの効用とシステム全体の効率に与える効果を検証するため、いくつかの状況においてシミュレーションをおこなう。本論文のシミュレーションでは、SD, ST, RIS の3つの経路決定戦略の比率と道路網の構造に着目する。経路決定戦略の比率に関して、ST 戦略の比率を 20% で固定し、SD 戦略と RIS 戦略の比率を 0.80 から 80:0 まで 10% 刻みで変化させる。

道路網の構造に関して、図 4, 5 に示されるような格子状と放射環状の 2 種類の道路網を用いる。これら道路網において全

表1 Settings of networks

	lattice	radial and ring
Number of nodes	36	32
Number of links	60	56
Number of blocks	1,200	1,168

表2 Number of vehicles generated at one step ( $N_{gen}$ )

	lattice	radial and ring
$N_{gen}$	40, 45	30, 35

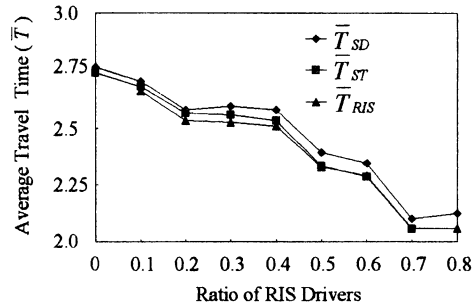


図6 格子状網における車両発生数  $N_{gen} = 40$  の場合の平均旅行時間 (SDドライバーの割合を 20%に固定)

てのリンクは同じ交通容量を持っている。各ドライバーの出発地点、目的地点は図中のリンク上のブロックにランダムに割り当てられる。二つの道路網の詳細は表 1 に記されている。最初のステップから 1 ステップ毎に決められた数の車両が 25,000 台になるまで追加され、目的地点に到達した車両は道路ネットワークから取り除かれる。各道路網での 1 ステップの車両発生数は表 2 に記されている。

異なる状況における結果を比較するために各ドライバーの移動効率を表す指標として旅行時間を正規化する。理想旅行時間を出発地点から目的地点までの最短距離経路を自由流速度で移動した場合の旅行時間とする。目的地点への到着までに実際にかかった時間を理想旅行時間で正規化し、旅行時間と定義する。旅行時間が小さいほど混雑がなく短い距離の経路を移動したことを表している。

#### 3.2 実験結果

格子状又は放射環状の道路網において表 2 に示された車両発生数を用いた場合の SD, ST, RIS の各戦略を用いるドライバーの平均旅行時間 (30 試行の平均) が図 6 ~ 9 に示されている。グラフにおいて、横軸は RIS 戦略を用いるドライバーの割合を、縦軸は各戦略を用いるドライバーの平均旅行時間を表している。以下の記述では、RIS 戦略を用いるドライバーを単に RIS ドライバーとする。同様に SD 戦略, ST 戦略を用いるドライバーも SD ドライバー, ST ドライバーとする。また、RIS ドライバー全員の平均旅行時間を  $\bar{T}_{RIS}$  とし、同様に SD ドライバー全員, ST ドライバー全員の平均旅行時間を  $\bar{T}_{SD}$ ,  $\bar{T}_{ST}$  とする。

図 6 において、RIS ドライバーの割合が増加するに連れて、

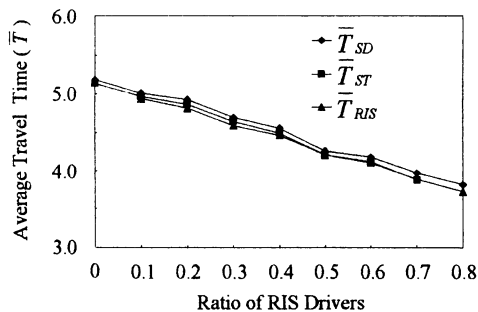


図7 格子状網における車両発生数  $N_{gen} = 45$  の場合の平均旅行時間 (SDドライバーの割合を20%に固定)

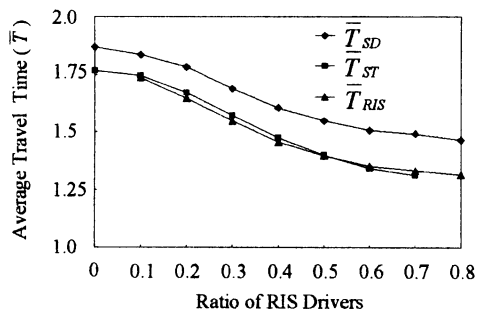


図8 放射環状網における車両発生数  $N_{gen} = 30$  の場合の平均旅行時間 (SDドライバーの割合を20%に固定)

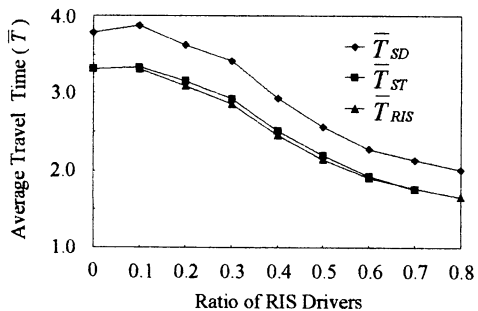


図9 放射環状網における車両発生数  $N_{gen} = 35$  の場合の平均旅行時間 (SDドライバーの割合を20%に固定)

各戦略の平均旅行時間は減少している。RISドライバーの割合が40%になるまで、平均旅行時間はRIS, ST, SDの順に短い。その後、 $\bar{T}_{ST}$ と $\bar{T}_{RIS}$ にほとんど差は見られなくなる。

図7において、RISドライバーの割合が増加するに連れて、各戦略の平均旅行時間がほぼ一定に減少している。RISドライバーの割合に関わらず、 $\bar{T}_{SD}$ 、 $\bar{T}_{ST}$ 、 $\bar{T}_{RIS}$ に大きな差はない。

図8においては、RISドライバーの割合が増加するに連れて、各戦略の平均旅行時間が減少している。 $\bar{T}_{SD}$ は常に $\bar{T}_{ST}$

と $\bar{T}_{RIS}$ よりも大きい。RISドライバーの割合が70%になるまで、 $\bar{T}_{RIS}$ は $\bar{T}_{ST}$ よりも短い。しかし、RISドライバーの割合が70%の場合に限って、 $\bar{T}_{ST}$ が $\bar{T}_{RIS}$ を下回っている。

図9においては、図8と同様にRISドライバーの割合が増加するに連れて、各戦略の平均旅行時間が減少している。RISドライバーの割合に関わらず、平均旅行時間はRIS, ST, SDの順に短い。

#### 4. 考 察

本章では、シミュレーション上での我々の提案したシステムの効果について論じる。

第一に、経路情報の効果が個人的誘因と社会的受容性を満たしているかどうかに着目する。格子状網において、 $N_{gen} = 40$  and  $N_{gen} = 45$  のどちらの場合も、 $\bar{T}_{RIS}$ がわずかに $\bar{T}_{SD}$ 、 $\bar{T}_{ST}$ よりも短いの、個人的誘因は満たされている。社会的受容性も満たされている。RISドライバーが増加したにも関わらず $\bar{T}_{RIS}$ がわずかしこ減少していない部分もあるが、全体としては、RISドライバーが増加するに連れて $\bar{T}_{RIS}$ は減少している。また、 $N_{gen} = 45$  の場合の方が、 $\bar{T}_{RIS}$ の減少の仕方が滑らかである。格子状網において協調カーナビは特に全体の車両密度が比較的高い場合に有効である。

放射環状網においては、個人的誘因はほとんどの場合において満たされている。 $N_{gen} = 30$  と  $N_{gen} = 35$  の両方において、 $\bar{T}_{RIS}$ が $\bar{T}_{ST}$ よりもわずかに短い。ただし、 $N_{gen} = 30$  において、RISドライバーの割合が70%の場合にのみ、 $\bar{T}_{ST}$ が $\bar{T}_{RIS}$ よりもわずかに短い。RISドライバーが増加するに連れて、 $\bar{T}_{RIS}$ が常に単調に減少しているため、社会的受容性は完全に満たされている。したがって、放射環状網においても協調カーナビは有効である。

次に、格子状網と放射環状網における協調カーナビの効果の違いについて論じる。放射環状網において、出発地点と目的地の組に対して最短距離経路は一つか二つしか存在しない。この場合、最短距離経路は最も内側の環状路を通ることが多いため、SDドライバーはその最も内側の環状路に集中しがちである。STドライバーやRISドライバーは現在の混雑状況に基づいて経路を決定しているため、SDドライバーが中心付近で発生させる混雑を回避することができる。しかし、STドライバーは最も内側の環状路の混雑を避けるために空いている経路に集中して、第二、第三の内側の環状路で混雑を発生させてしまうことがある。一方、RISドライバーは経路情報を共有することで空いている経路に集中することなく第二、第三の内側の環状路での混雑の発生を回避できる。そのため、RISドライバーは放射環状網において個人的誘因と社会的受容性を満足している。

格子状網では、出発地点と目的地の組に対して放射環状の場合よりも多くの最短距離経路が存在する。SDドライバーはその経路の中からランダムに一つの経路を選択するので、道路網の中央付近に集中することはない。道路網全般でSDドライバーの経路の重なり具合によって混雑が発生することがあるが、STドライバーやRISドライバーが事前にこの混雑を察知して、

回避することは困難である。一度格子状網で混雑が発生すると、STドライバーがその混雑を避けるために近辺の空いている経路に集中してしまい、その周辺のリンクでも混雑が発生させてしまう。この場合、RISドライバーもその混雑に巻き込まれてしまう。この現象は、RISドライバーの割合が比較的高い場合も発生するため、格子状網において個人的誘因と社会的受容性を満足しているが、SDドライバー、STドライバー、RISドライバーの旅行時間の差が小さく、RISドライバーの割合が増加してもRISドライバーの旅行時間が単調に減少しない。

最後に、シミュレーションの結果を踏まえて、協調カーナビの実際の道路網への応用について論じる。シミュレーションで用いた格子状網は、全リンクが同じ交通容量を持ち、一方通行や交通規制がないため、複数の最短距離経路が存在するという対照的かつ理想的な道路網であった。しかし、現実の道路網においては、出発地点から目的地までそれほど多くの最短距離経路が存在するわけではない。交通受容に対して交通容量が小さいため混雑が発生しがちなボトルネックも存在する。したがって、現実の格子状網も特定のリンクにおいて混雑が発生するという性質を持つものと思われる。そのようなネットワークにおいては、ボトルネックにおいて発生する混雑(SDドライバーが引き起こす混雑)とそれを避けるための車両がその周辺で引き起こす混雑(STドライバーが引き起こす混雑)の2種類の混雑を防ぐことが重要である。協調カーナビはこれら2種類の混雑に対して有効であることが確認されているので、協調カーナビは現実の道路網においても移動効率の向上に関して効果があると考えられる。

## 5. まとめ

本論文では、各車両の経路情報を共有し、その情報に基づいて経路を算出するシステムを協調カーナビとして提案した。本論文の目的は、提案する協調カーナビが個人及びシステム全体の移動効率の向上に対する効果を持つことを示すことである。ミクロレベルの経路選択行動とマクロレベルの混雑発生との関係を検証するために、単純な交通流モデルを構築した。出発地点から目的地までの経路選択の方法に関して、最短距離経路戦略(SD)、最短時間経路戦略(ST)、経路情報共有戦略(RIS)(協調カーナビを用いる戦略)の3種類の経路選択戦略を提案し、比較した。提案した協調カーナビがそれを用いるドライバーの移動効率とシステム全体の効率に与える効果を検証するため、格子状網と放射環状網において3種類の経路選択戦略の比率を変えてシミュレーションをおこなった。協調カーナビの効果に関して個人的誘因と社会的受容性という2点から評価し、格子状網と放射環状網の双方において協調カーナビが有効であることを確認した。格子状網と放射環状網における協調カーナビの効果の違いについて考察し、協調カーナビの実際の道路網への応用の可能性について論じた。

## 文 献

[1] Horiguchi, R., Kuwahara, M., Nishikawa, I.: The Model Validation of Traffic Simulation System for Urban Road Networks: 'AVENUE'. In Proceedings of the Second World Congress on Intelligent Transport Systems '95 (IV) (1995)

1977-1982

[2] Inoue, M.: Current Overview of ITS in Japan. In Proceedings of the 11th World Congress on Intelligent Transport Systems (CD-ROM) (2004)

[3] Klugl, F., Bazzan, A.L.C., Wahle, J.: Selection of Information Types Based on Personal Utility: A Testbed for Traffic Information Markets. In Proceedings of the Second International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent systems (2003) 377-384

[4] Kurumatani, K.: Mass User Support by Social Coordination Among Citizens in a Real Environment. In Multiagent for Mass User Support, LNAI 3012, Springer (2004), 1-19

[5] Kurumatani, K.: Social Coordination with Architecture for Ubiquitous Agents: CONSORTS. In Proceedings of International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce 2003 (CD-ROM) (2003)

[6] Mahmassani, H. S., Jayakrishnan, R.: System Performance and User Response Under Real-Time Information in a Congested Traffic Corridor. Transportation Research 25A(5) (1991) 293-307

[7] Nakashima, H.: Grounding to the Real World - Architecture for Ubiquitous Computing -. Springer LNAI 2871 Foundations of Intelligent Systems (2003) 7-11

[8] Otakeguchi, K., Horiuchi, T.: Conditions and Analysis of the Up-Link Information Gathered from Infrared Beacons in Japan. In Proceedings of the 11th World Congress on Intelligent Transport Systems (CD-ROM) (2004)

[9] Shiose, T., Onitsuka, T., Taura, T.: Effective Information Provision for Relieving Traffic Congestion. In Proceedings of the 4th International Conference on Intelligence and Multimedia Applications (2001) 138-142

[10] Tanahashi, I., Kitaoka, H., Baba, M., H. Mori, H., Terada, S., Teramoto, E.: NETSTREAM. a Traffic Simulator for Large-scale Road Networks, R & D Review of Toyota CRDL, 37(2) (2002) 47-53 (in Japanese)

[11] Teramoto, E., Baba, M., Mori, H., Asano, Y., Morita, H.: NETSTREAM: Traffic Simulator for Evaluating Traffic Information Systems. In Proceedings of the IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems '97 (CD-ROM) (1997)

[12] Tomohisa Yamashita, Kiyoshi Izumi, and Koichi Kurumatani: Car Navigation with Route Information Sharing for Improvement of Traffic Efficiency. In Proceedings of 7th Annual IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (2004) 465-470

[13] Tomohisa Yamashita, Kiyoshi Izumi, and Koichi Kurumatani: Investigation of Reduction of Traffic Congestion with Route Information Sharing. In The Proceedings of Third International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS 2004) (2004) 1446-1447

[14] Workshop on Ubiquitous Agents on embedded, wearable, and mobile devices, <http://autonomousagents.org/ubiagents/>, July 16. 2002 University of Bologna

[15] <http://www.vics.or.jp/english/index.html>