

■受領No.1338

2 次的都市内交通渋滞を緩和する ITC とローカル通信技術を適用した次世代情報共有型カーナビゲーションシステムの基本アーキテクチャ

代表研究者

谷本 潤

九州大学大学院総合理工学研究院 教授



1. 研究目的

国が国土強靱化のもとに後押しするITS (Intelligent Transportation System) 技術開発では様々な情報通信技術を都市交通システムに大胆に導入することにより、都市内の渋滞を抜本的に緩和し、輸送効率の向上とともに排ガス抑制による都市環境問題への寄与と云った副次的改善効果が期待されている。道路交通情報通信システム (Vehicle Information and Communication System, VICSシステム) に対応したVICS対応カーナビゲーションシステム (VICSカーナビ) では、道路の混雑情報を無線通信等により発信し、個々の車両のカーナビがそれらの情報を受信、目的地までの経路選択に利用するシステムである。しかし、このシステムでは、画一的情報に基づいて個々の車両エージェントが効用最大化(旅行時間最小化)を目指すため、都市交通システム全体としてみると、必ずしも混雑緩和に繋がらない、否、寧ろ2次的都市渋滞を惹起する可能性がある。

本研究では、計算機の中に仮構した人工社会に意志を持ったエージェントが都市内をトリップするエピソードを稠密に再現するMAS (Multi Agent Simulation) モデルを構築し、系統定数値実験により次世代の情報共有カーナビとして具備すべきプロトコルを明らかにした。

2. 研究概要

2.1 モデル概要

交通流モデルはセル・オートマトンモデルを用

いる。経路離散要素をブロック、ブロック集合体をリンクと定義する。1リンクは交叉点を意味するノード間を繋ぐ。車両は、ブロックごとに定義される交通流特性に基づいて、ある時刻の車両密度から各車の速度を求めて、時間ステップ間に走行する距離だけ車両をリンク下流側から順次移動させていく。各車両は次に述べる戦略に基づいて目的地への経路を選択する。

2.2 カーナビのプロトコル (戦略) 設定

2.2.1 混雑経路記憶型最短距離経路 (SD-CM) 戦略

目的地までの経路で最も経路長が短くなる経路を選ぶ。また、この戦略は記憶Mを持つ。最初のトリップ (初期位置から目的地までの移動) の間、通過したリンクの中で車両密度が上位10個のリンクとそのリンクの車両密度を記憶する。次のトリップでは、記憶したリンクを通らないという条件で最短距離となる経路を選択する。一方、前ステップで記憶したリンクの車両密度にある一定の忘却率 $\tau = 0.8 (0 \leq \tau \leq 1)$ を掛け、これらと今回トリップ間に通過したリンクと併せ、車両密度上位10個のリンクを記憶Mにオーバーライトし、これを繰り返す。

2.2.2 最短時間経路 (ST)戦略

各経路の渋滞情報を元に目的地に到達するまでの時間が最短になるような経路を選択する。STでは、SD-CM戦略をとる車と違い、渋滞情報の時間変化に

合わせて、最短時間経路の再計算を行う。現実社会で言えば、VICSを搭載したカーナビゲーションにより経路決定するドライバーを表しているといえる。

2.2.3 経路共有型最短時間経路(ST-RIS)戦略

各経路の渋滞情報と合わせて、本戦略を採る車両の現時点での通過予定経路を集積した情報を用いて自らの経路を選択する。

具体的には、同じST-RIS戦略間で情報共有した通過予定経路に基づき、各車両エージェントの各リンクにおける通過確信度を求め、これを各リンクで積分した特性値(ST-RIS戦略車両エージェント群による現時点での将来経路を見積もった混雑情報)と現在の時間距離情報を重畳した値(予想混雑度)が最小になる経路を選択する。

2.2.4 経路部分共有型最短時間経路(ST-pRIS)戦略

この戦略では、経路情報共有型最短時間戦略(ST-RIS)を採るエージェントの情報共有の範囲を制限することにより、情報を共有するエージェントの持つ情報にばらつきを与えことを意図している。具体的には、自身が現在保持している予定経路上の前方 N_{share} 台の同戦略車両の経路情報を収集し、ST-RISと同様に予想混雑度を計量する。

2.2.5 プロトコルの効率評価指標

異なる移動距離の車両エージェントの移動効率を評価するために、(1)式で定義される旅行時間効率 TTE を考える。

$$TTE = \frac{TT * SD}{V_{ideal}} - 1 \quad (1)$$

ここで、 TT : トリップ所要時間[s] SD : 出発地から目的地までの最短距離[km] V_{ideal} : 非渋滞時の理想移動速度[km/s]とする。戦略ごとに各車両エージェントの TTE の平均をとった値を $ATTE_k$ ($k \in$ 全戦略)とし、各戦略の評価パラメータとする。これが0に近い程、理想的な経路を通ったことになる。

2.3 数値実験

車両エージェントの戦略毎の台数比に合わせて、車両エージェントを発生させる。車両エージェントは最初、各ノードにランダムに配置され、目的地もランダムに決定される。各エージェントは、出発地・目的地決定→移動→目的地到着(1トリップ)を1エピソードが終わるまで繰り返す。また、GSステップ毎に各戦略が経路選択に用いる情報を更新する。1エピソード終了した時点で、各戦略の $ATTE$ を算出する。これらを5回繰り返し、アンサンブル平均を取って各戦略の $ATTE$ を求める。レプリケータ・ダイナミクスによれば各戦略シェアは(2)式で表されるから、上記の初期戦略比を変えながらシミュレーションすることでシェア推移のベクトル図を得ることが出来る。

$$S_{t_k|_{new}} = S_{t_k} - \frac{ATTE_k}{\sum_{k \in \text{全戦略}} ATTE_k} \quad (2)$$

ここで S_t : 現在の戦略 k の戦略比、 $S_{t_k|_{new}}$: 次世代の戦略 k の戦略比。実験パラメータは、GS(大と小がある筈)、 $N_{share}=50$ とし、SD-CMとST戦略に加え第3の戦略としてST-RISもしくはST-pRISを想定した際のシェアの推移を求めた。

2.4 数値実験結果及び考察

各図には各戦略のシェア推移のベクトルと社会平均 $ATTE$ を示す。なお、各図の横軸、縦軸はSD-CM、STのシェアを示し、総台数5000から両シェアを差し引いた第3戦略のシェアは図中右上から左下へ45deg線に沿った軸で表され、原点は第3戦略が5000千台を意味する。図-1は第3戦略としてST-RIS(GS=)とした標準ケース、図-2は与えられる渋滞情報の更新頻度を頻繁(GS=)にしたケース。図-3は第3戦略としてST-pRIS(GSは標準と同設定)としたケースの結果。

標準ケース(図-1)では、どのような戦略比から始まってもシェアは、比較多数のSTと比較少数のST-RISの2戦略に落ち着きSD-CMは淘汰され

る (図中の●は均衡点を意味する)。に落ち着き、渋滞情報の更新頻度が頻繁 (図-2) になると、SD-CMが淘汰される状況に変化はないが、STとST-RISの内部均衡点はよりST側に偏り、ST戦略の比較優勢が昂進することがわかる。現在のVICS情報はリアルタイムの情報とはいえないが、今後、リアルタイムの渋滞情報が得られるようになる状況を想定すると、情報共有型のカーナビゲーションシステム (ST-RIS) のシェアは寧ろ減少し、従来型カーナビゲーションシステム (ST) のシェアが上昇するだけでなく、前者の状況よりも混雑解消になる (均衡点の社会利得が高い) なることを意味する。

ST-pRIS戦略は、STとの複占シェアを8割近くにまで伸ばすことができ、それが社会全体利得の向上につながっている (図-3 均衡点の社会利得は標準ケースより高い)。これは、各車両エージェントが個別情報に基づき経路選択を行っている効果 (画一情報は資源配分の不効率を招く) と、地理的近傍エージェント間だけの情報共有が時間遅れの影響が減じさせ、確度の低い将来情報を排除した経路探索が行なわれたためだと考えられる。

2.5 結論

都市内交通システムにおける次世代カーナビゲーションとしてローカルな情報共有最短時間距離経路選択戦略 (ST-pRIS) を提示した。その社会浸透性を地図型カーナビ (SD-CM)、VICS対応従来型カー

ナビ (ST) とのシェア競争として、進化ゲーム理論に基づきマルチエージェントシミュレーションモデルを構築した。ST-pRIS戦略ではローカル情報の共有により、情報画一化による資源割り当ての一極集中 (本問題では渋滞の生起) が効率的に回避される。

その方法として、第一に、山下モデルが示唆する問題点について、新たに構築したマルチエージェントシミュレーションモデルを基に考察を加えた。第二に、その問題点を解決すべく、既往の研究に基づき、経路部分共有型最短時間経路戦略 (ST-pRIS) を導入したモデルを構築し、ST-pRIS戦略は社会全体効用を下げることなく、個人の効用を高めうることを示した。

2.6 将来展望

本研究で提示した経路部分共有型最短時間経路とは、全ての情報を中央サーバーなどで一括集積し、各車両に配信するのではなく、経路方向を先行き共有する車両の一部とだけ情報を共有するプロトコルであり、現在のモバイル通信技術だけで実装可能である。中央で情報を集積するプロトコルでは、情報の画一化により、数理学で云うマイノリティゲームの状況が現出、2次的渋滞を惹起してしまう。本研究の大きな知見としては、「豊かな情報量が最良の解決策」になるとは限らない点を踏まえ、寧ろ部分的な情報共有で個別分散制御に委ねることが、大域的な最適性を担保する上で重要であること指摘し、それを準拠する次世代部分情報共有カーナビ

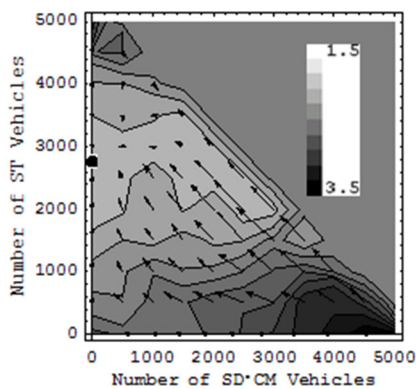


図-1 戦略組 SD-CM, ST, ST-RIS における数値実験結果

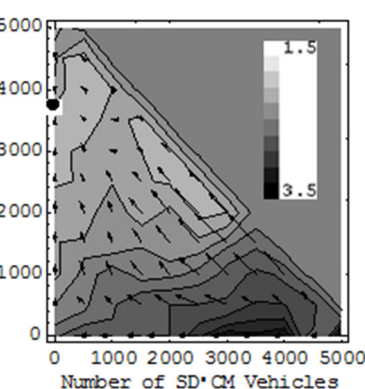


図-2 戦略組 SD-CM, ST, ST-RIS における数値実験結果 (情報更新頻度を上げた場合)

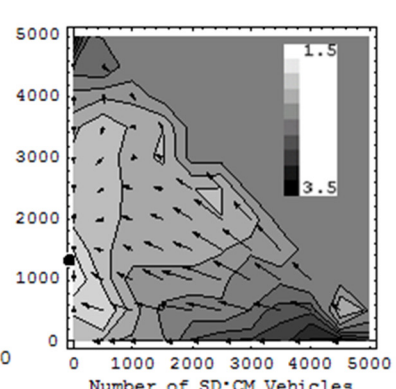


図-3 戦略組 SD-CM, ST, ST-pRIS における数値実験結果 (

システムのプロトコルを提示した点にある。

今後は、より現実都市内交通流への適用を前提にした要素技術の開発および人工社会システムを用いた大規模数値実験による特性解析を行うことが求められる。