

次世代交通システムのための自動交渉に基づく経路割当機構について

高橋 淳†

金森 亮‡

伊藤 孝行†

†名古屋工業大学大学院産業戦略工学専攻

‡名古屋工業大学しくみ領域

1 はじめに

本稿では、次世代交通システムのための自動交渉に基づく経路割当機構を提案し、マルチエージェントシミュレーションによりその有効性を検証する。自動車为解决すべき問題を解決する方法として、交通情報提供、ロードプライシングや交通状態に回答した信号制御など、ITSによる交通運用・管理施策が注目されている。効率性の低下を解決する交通情報や経路情報の提供は車両感知器やナビゲーションシステムの普及に伴い、その技術も高度化している。情報提供手法の社会実装には、既存の古典的アプローチである極めて単純なモデルを利用し、均衡点を比較するアプローチが多く取られている。しかし、単純なモデルでは社会的理解が得にくい為、近年、マルチエージェント技術が注目されている。

著者らは数分後の到着予定車両数を収集することで近未来の交通状況を Anticipatory Stigmergy として取り扱い、混雑・渋滞を未然に回避する予見的経路情報の有用性、割当戦略の必要性を示し、さらに一定期間の工事実施による交通容量減少の影響などを分析している [1]。そして、車両の割当は、時々刻々のプローブカーの位置情報や速度情報をリアルタイムに処理を行わなければならない、広域をサポートすることが難しいことから、過去数分間の動的な所要時間及び数分後の各車両の見込み交通量を収集することができる範囲が限られた非集中型マネジメントを導入している。[2]。ただし、以上の評価実験は簡単な近傍ルールによって離散状態を表現することができるセルラ・オートマトンモデルを交通流シミュレータとして用いている為、本稿では、精緻化された交通流シミュレータである SUMO を用いて検証する。

本稿における、基本的な経路割当戦略は、Anticipatory Stigmergy が混雑・渋滞が発生する交通量以上である場合、その混雑区間を通過予定の車両を所要時間の実績データに基づく経路と Anticipatory Stigmergy に基づく経路とに分散させる。Anticipatory Stigmergy に基づく

経路は迂回路となり、車両は所要時間の実績データに基づく経路の利用を希望するため、本研究では新たに“車両間の経路変更交渉”を割当戦略に組み込む。

本論文の構成を以下に示す。まず、2章で、本研究の提案手法である Anticipatory Stigmergy を活用した予見的経路割当手法及び、車両間の自動交渉の概要について述べる。3章では、評価実験を行うシミュレーションの設定を述べる。4章で、評価実験の結果について述べ、考察を行う。最後に5章で、本研究のまとめを示し、今後の課題を示す。

2 経路情報提供手法と経路割当交渉

経路情報収集・提供手法による自動車交通流の効率性の比較評価のため、本研究ではプローブカーにより収集される過去の所要時間の蓄積データ (Long-Term Stigmergy)、現在 (直近 60 秒間) の通過状況と所要時間 (Short-Term Stigmergy)、60 秒後の各車両の予測位置情報 (Anticipatory Stigmergy) を取り上げ、以下の Case 1、Case 2、及び Case 3 の 3 ケースを設定する。

【Case 1: Combined Long- and Short-Term Stigmergy】

Case 1 は、通過所要時間の実績値を蓄積し、該当リンクの時間帯別通過所要時間を統計に処理する Long-Term Stigmergy 及び、動的な交通状況下での分散的な情報提供において直近 60 秒間のリンク通過所要時間を利用する Short-Term Stigmergy を組み合わせて過去の情報を最大限に活用するものである。

【Case 2: Anticipatory Stigmergy】

Case 2 はそれぞれのプローブカーが Case 1 を用いて、60 秒後の予測位置情報を収集し、共有することで、予測リンク交通量から混雑・渋滞発生箇所を推計し、回避経路探索する。そして、道路ネットワークを効率的に利用する為に、Case 1 の経路と Case 2 の経路に車両の経路割当をランダムに行う。

【Case 3: 経路変更交渉モデル】

本研究では、基本的に車両は提供された経路情報に従うが、最短経路を選択したい車両が情報提供された経路に対して、変更依頼できる仕組みを考える。

Study on Route Assignment Mechanism Based on Automated Negotiation for Next Generation of Traffic System

†Jun TAKAHASHI ‡Ryo KANAMORI †Takayuki ITO

†School of Techno-Business Administration, Nagoya Institute of Technology

‡Nagoya Institute of Technology

Case 3 は Case 2 において、予見的経路に割り当てられた車両が所要時間最短経路に割り当てた車両と交渉を行う。経路変更依頼確率は、経路間の所要時間差によって決定され、経路変更依頼承認確率は、経路間の所要時間差、及び譲歩係数によって決定される。以上の、要因を考慮する為に、本研究では Logit モデルを経路変更交渉モデルとして導入する。

3 交通流シミュレーション

3.1 SUMO

SUMO (Simulation of Urban Mobility) は、ドイツ航空宇宙センター (DLR) が開発し、主に欧州において広く利用されているオープンソースのミクロ交通流シミュレータである。車両を流体として捉えるマクロ交通流シミュレータに対して、車両 1 台 1 台を考慮できるミクロシミュレータであるため、車両をモデル化し、車両別の経路や車線変更などの離散的な車両の動きを連続空間上に表現できる。車両進行のアルゴリズムは、Stefan Krauß の提案した車両追従モデルである [3]。

3.2 シミュレーション設定

評価実験で用いる道路ネットワークはノード数：81 個、上下別リンク数：288 本のグリッド型である。リンク長は一律 200m とし、車線数は中央環状部は 2 車線、その他は 1 車線とし、OD 交通量は 1000 台を設定した。

リアルタイムの情報を各車両が受信できる範囲は車両が所属しているノードから 2 リンク先までである。ここで、リアルタイムデータとは Short-Term Stigmergy、及び Anticipatory Stigmergy を指す。

4 総所要時間のケース間比較及び感度分析

本シミュレーションは 500 日分を行っており、500 日の出力結果のうち最後の 100 回分の平均を用いている。

自動車交通流の効率性の代表的な指標として総所要時間があり、Case 1、Case 2、及び Case 3 の結果を整理したものが図 1 である。感度分析の結果から、 $Long - TermStigmergy : Short - TermStigmergy = 9 : 1$ を用いている。また、Anticipatory Stigmergy に基づく予見的経路情報への車両割当比率を 50%としている。

60 秒後の交通状況を予測し、予見的経路に車両を割り当てる Case 2 の Anticipatory Stigmergy が現状の最高品質のカーナビゲーションシステムと同等の過去の情報を用いた Case 1 より効率的に働き、車両間交渉を導入した Case 3 は更に道路ネットワークを効率的に働かせることが確認できた。そして、Case 1 と Case 2 の



図 1: total travel time in each cases

間、及び Case 2 と Case 3 の間において 5% の統計的有意差が確認された。

5 まとめと今後の課題

本研究では、自動車交通流の円滑化を目標に、代替経路利用の協調的行動を実現する経路割当交渉を提案した。各車両は数分後の見込み交通量が渋滞発生基準を超える場合、一部の車両はその代替経路に変更させ、経路変更に伴う所要時間差に対する車両の合理的判断で、自動的に交渉を行う。評価実験の結果、各車両の所要時間を大きく増大されることなく、交渉によって総所要時間が削減できることを確認した。

今後の課題として、現況再現の為に、道路ネットワーク大規模化、及び著者がセルラ・オートマトンモデルにおいて、離散選択モデルを用いたドライバーの不確実性を導入した場合における割当戦略の有効性の確認 [4] を、本手法及び SUMO による有効性の確認があげられる。

参考文献

- [1] T. Ito, R. Kanamori, J. Takahashi, I. M. Maestre, and E. de la Hoz. The comparison of stigmergy strategies for decentralized traffic congestion control: Preliminary results. In *In the Proc. of PRICAI2012*, 2012.
- [2] J. Takahashi, R. Kanamori, and T. Ito. Stability evaluation of route assignment strategy by a foresight-route under a decentralized processing environment. In *WI/IAT2013*, 2013.
- [3] S. Krauß. *Microscopic Modeling of Traffic Flow: Investigation of Collision Free Vehicle Dynamics*. PhD thesis, 1998.
- [4] R. Kanamori, J. Takahashi, and T. Ito. Evaluation of traffic management strategies with anticipatory stigmergy. *Journal of Information Processing*, 2014.