

車車間通信による創発性を応用した渋滞緩和システムの検討

A Study of Reduction System for Traffic Jams by Emergence with IVC

星野 貴弘¹, 三ツ堀 裕太², 浜松 芳夫¹*Takahiro Hoshino¹, Yuta Mitsubori², Yoshio Hamamatsu¹

Abstract: We propose an improvement system for traffic jam on the basis of emergence with inter-vehicle communications (IVC). In this system, vehicles move according to the information of traffic load obtained with IVC and search possible routes at every crossing. Then vehicles determine the optimal route for each vehicle. It is expected that the interaction of this local behavior of each vehicle brings “emergence” in complex system and the emergence is utilized for controlling traffic jam. The results of the simulation implemented the system show that the vehicles efficiently use all roads and traffic jams on the arterial roads are also improved.

1. はじめに

自動車は多くの人々にとって必要不可欠なものとなっており、交通システムの発達による恩恵は計り知ることが出来ない。しかし、渋滞をはじめとする多くの交通問題が存在することも事実である。そのため、近年は渋滞緩和に関する研究が数多くなされている。しかし、これらの多くは道路や信号機に情報伝達の機能が備わっていることが前提であり、多くの導入コストが必要となる。

このように、様々な渋滞緩和策が講じられているにも関わらず渋滞は発生している。これは、国道をはじめとする幹線道路においては交通容量の不足によるところが大きい。一方、幹線道路から少し外れた地点、所謂“抜け道”では、滞りなく走行可能であることも多々ある。そこで、本研究では車車間通信により、車群に対して創発効果を促すことで、道路網全体の渋滞を緩和する方法を提案する。本システムの効果については、セルオートマトンモデルをベースとしてマイクロコピーックシミュレータを作成し、渋滞の低減効果について定量的に検討を行う。

2. 蟻の採餌行動と創発

<蟻の採餌行動> 蟻が餌場へ向かう様子を見ると、一見、高度な知能を持っているかのように整然とした行列を形成している。しかし、個々の蟻が持つ能力は「探索」、「誘引」、「追跡」、「運搬」のみであると考えられる^[1]。蟻は地面にフェロモンと呼ばれる芳香性の物質を残す。これを別の蟻が探索し、誘引され、「フェロモントレイル」と呼ばれる道筋を追跡することによって、高度な採餌行動を実現している。このようにして蟻が採餌行動の際に作り上げる行列は、餌場までの最適経路を辿ることが Beckers らによって証明されている^[2]。

<創発> 蟻の採餌行動からわかるように個々の蟻は単純な能力しか持たないにも関わらず、コロニー全体として高度な目標を達成している。これは、蟻がフェ

表 1: Relation swarm intelligence system

蟻の採餌行動	本システム
蟻	車両
地面	ドメインマップ
芳香性フェロモン	車両濃度
探索	経路探索
誘引	経路判定
追跡・運搬	走行

ロモンを介して通信するように局所的な相互作用によって、自律的な要素が全体として複雑な秩序や機能を実現することが可能であるためである。この現象は、創発(emergence)と呼ばれ、蟻や蜂といった群知能を持つ社会性動物に見られる。

本報告では、社会性昆虫の創発性を応用した渋滞回避システムを提案する。提案システムは、個々の蟻に相当する車両が自律的な判断により、渋滞回避機能を実現する。

3. 渋滞緩和プロセス

本システムは、自身に関係する経路に発生している渋滞を回避し、同時に、創発性により経路全体の渋滞が緩和されることを目標とする。本システムと蟻の採餌行動との対応関係を Table1 に示す。蟻の採餌行動におけるフェロモンに該当するのが「交通密度」である。交通密度とは、車両台数を道路長で割ったものである。この値によって渋滞状況を判定する。

本システムでは、前後車両との車車間通信が可能であることを前提とする。エージェントに相当する車両は、ドメインマップを共有することで情報交換を行うものとする。以下に各車両の経路決定プロセスを示す。

1. 目的地までの任意の経路を作成する
2. 前方の車両からドメインマップ(交通密度情報)を受け取る
3. ドメインマップを参照した結果、予定経路上に渋滞が発生している場合は4へ、そうでなければ予定経

1:日大理工・教員・電気, 2: (株)ユニキャスト

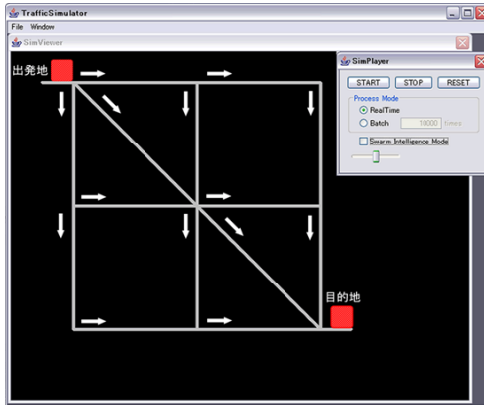


Fig. 1: Interface of simulator

路を選択する

- ドメインマップの情報を基に経路の再探索を行い、予定経路を変更する

以上、1 から 4 の操作を分岐点に到達するたびに繰り返すことにより各車両は、自車に関する道路の渋滞状況を把握し経路を決定することができる。これにより、混雑の少ない道路を選択したエージェントの総旅行時間は改善され、さらに、一定時間経過後には、創発性により道路網全体の交通密度が均一化することで幹線道路の渋滞緩和効果も期待できる。

4. シミュレーション

セルオートマトンモデル法をベースとしたシミュレータを作成し、本システムの渋滞低減効果について検討する。Fig. 1 にシミュレータの実行画面を示す。本システムの基本的効果を検討するため、図のような目的地点と出発地点を最短で結ぶ幹線道路とそれに対し、道路容量の小さい迂回路が基盤の目状に存在するネットワークを対象とした。各道路の進行方向は図の矢印の向きに従い、すべての経路は一方通行であるものとした。すべての車両は、出発地においてポアソン分布に従い発生し、目的地へ向かう。今回のシミュレーションでは、個々の車両は渋滞情報を遅延なく手に入れることができると仮定した。各車両の移動規則は次の基本式に従うものとする。

<自動車挙動の基本式> シミュレーションを行なう上で用いた自動車挙動の基本式を示す。まず、追従モデルの考え方に基づき、時刻 t における車間距離 $S(t)$ は、

$$S(t) = S_{min} + Cv(t) \quad (1)$$

と表される。ただし、最小車間距離を S_{min} 、車両速度を $v(t)$ 、運転者定数を C としている。上式より、シミュレーションにおける単位時間を Δt とすると $v(t + \Delta t)$ は

$$v(t + \Delta t) = \frac{S(t) - S_{min}}{C} \quad (2)$$

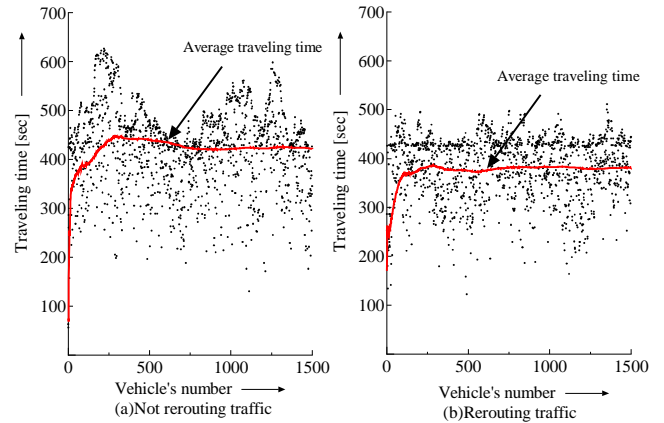


Fig. 2: Comparing the traveling time

と求めることができる。これらより、 Δt 後の車両の座標 $p(t + \Delta t)$ は、

$$p(t + \Delta t) = p(t) + v(t + \Delta t) \times \Delta t \quad (3)$$

として定められる。

<シミュレーション結果> Fig. 2(a) に経路の再探索を行わなかった場合、(b) に再探索を行った場合の総旅行時間を示す。横軸の車両番号は出発した車両の順に割り当てられた番号である。また、所要時間の平均値は実線で示されている。再探索機能を行わない場合、各車両は目的地までの距離に応じて経路を選択し、道路の混雑状況は考慮していない。そのため、渋滞中の道路を選択してしまう車両が多数存在するため、旅行時間が 500 秒以上となるものも多くみられる。再探索機能を有効とした場合、車両が各道路に均等に分散することで、各車両は積極的に渋滞を回避している。その結果、総旅行時間の平均値は、再探索を行わない場合は 420 秒、行った場合は 380 秒で約 10 % 改善された。

5. まとめ

本研究は、各道路の車両濃度を基に経路の再探索を行う渋滞回避システムの構築を行った。提案システムを実装したシミュレータを作成した結果、渋滞の回避及び緩和の施策として有効な方法であることが確認できた。

本報告では、交通密度分布を経路決定の指標としたが、フォールトトレラント性を考慮し、該当経路における速度分布を指標とした場合の検討を行う予定である。

参考文献

- 車谷浩一：「蟻コロニーにおける協調採餌行動のマクロモデルの生成 (1)」, 人工知能学会誌, 15, 5, pp.829-837 (2000)
- Beckers R., Deneubourg J.L. and S. Goss: "Trails and U-turns in the selection of the shortest path by the ant *Lasius niger*", Journal of theoretical biology, 159, 397-415 (1992)