

Netlogo を用いた心理的状況を反映した交通シミュレーション Traffic Simulation with Three Different Psychological Types of Drivers using Netlogo

水谷 亮†
Ryo Mizutani

大森 健児†
Kenji Ohmori

Abstract

In recent years, the rapid progress of information technology in automobiles has been bringing an increasing attention to a fully automatic driving system. The realization of the automatic driving system requires sufficient experiments and analyses, which need enormous time and cost when these are carried out using real cars because of the risk of having serious accidents. A traffic simulation system, which is proposed in this paper using psychological aspects of drivers, will reduce time and cost in experiment and analyses. The traffic simulation system has three psychological types: aggressive; careful; and situation-dependent. Psychological Traffic Simulation System (PTSS) has been realized using Netlogo and has capability of analyzing traffic jams on a two-lane highway. Results of experiment and analyses using PTSS are also described in this paper.

Keyword: 高度道路交通システム, 交通シミュレーション, Netlogo, 心理学的状況

1. はじめに

近年, 自動車の運転支援システムが IT 化により普及しつつある. プリクラッシュセーフティシステム(PCS)やアダプティブクルーズコントロール(ACC)[5]は代表的な例であり, これらは車の衝突事故の防止やドライバーへの快適性の向上が目的となっている. このような運転支援システムの発展の延長線上には自動運転システムがあり, 自動運転システムは究極の ITS(Intelligent Transport Systems)とも考えられる[1]. 自動運転システムの実現は安全と効率に役立ち, 例えば高速道路の渋滞時のヒューマンエラーによる事故や渋滞発生の抑制が可能になると考えられている. 自動運転システムは自律型(autonomous system)と協調型(cooperative systems)に分類される. 前者は自動運転車両にセンサーやアクチュエーターや通信設備を設置することで, 車両が自身で自律的に運転する. 一方, 後者は車両に最低限の通信を搭載させインフラ側で制御して車両を走行させる方式である[2]. 一時期, 自動運転システムは実用化の見込みがみられずに関心が薄れたが, 技術進化に伴う自動車の IT 化により近年再び自動運転の関心が高くなっている.

自動運転システムの実験は危険を伴うため, 数台で行う等小規模で行われている. 地域と協力して実験を行っている例も存在する. 実際の交通環境での実験は不可欠であるが, 実験と分析には多大な時間や費用がかかる. この負担を軽減するためには交通シミュレーションを用いることが有効である.

† 法政大学情報科学部情報科学研究科

Graduate School of Computer and Information
Sciences Hosei University

2. 目的

複数車線における交通シミュレーション(Psychological Traffic Simulation System)について紹介する. 人間による運転操作と自動運転システムが混在した道路状況をシミュレーションすることを目指している. 本研究ではより人間らしい運転を表現するために心理モデルを用いている. 決められたルールにのみ基づいて行動するものと周囲の状況に応じて行動するものを定義する. それぞれの車が自身で判断して走行することから自律型走行車モデルとして考える. 本研究のシミュレーションの結果から自律型自動走行運転システムの導入のための指針を得ることを目指す. 今回は信号を考慮しない 2 車線の高速道路のような状況を焦点とする. モデル別のシミュレーション結果の評価を行う.

3. 設計

3.1 モデル化

本研究では 3 種類の運転心理を車の運転モデルとして定義する. それぞれの心理モデルの説明を以下である.

A. 消極型心理

制限速度に近い速度で運転する心理で, 常に左側車線を走り続け, 制限速度付近での走行を試みる. 生真面目な性格や安全運転を意識する運転手が対象となる. また, 軽自動車やコンパクトカー等速い速度で走らない運転手もこの対象である.

B. 積極型心理

制限速度を超えて速い運転しようとする心理で, 走行中前方に車がいるときは車線変更を行って走行しようとする. 強気やせっかちな性格や急いで走ろうとする運転手が対象となる. また, スポーツカーのような速い速度で走る車や走り屋と呼ばれるような運転手もこの対象である.

C. 環境依存型心理

周りの状況に応じて適切な運転を試みようとする心理で, 混雑していると判断した状況下では周りに合わせて走行を試み, 混雑でないと判断した状況では加速を試みる. 運転慣れや協調性のある運転手であり, 最も一般的なものである.

3.2 システム仕様

3.1 で定義したそれぞれの心理をシミュレーションモデルに次のように組み込む. まず, 条件や行動を洗い出しながら図示し, 最後にフローチャートで説明する.

A. 積極型心理

消極型心理における特徴は、常に左車線上で走行することである。この走行法で考えられる状況は前方に車が存在するかどうかであり、存在する場合は減速、存在しない場合は制限速度付近まで加速をする。これらを図示化したものは図 1 であり、そのフローチャートを図 2 に示す。



図 1. 消極型心理の行動パターン

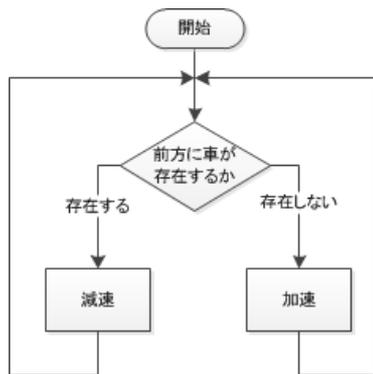


図 2. 消極型行動のフローチャート

B. 積極型心理

積極型心理では、加速・減速だけでなく車線変更を伴う行動をとる。またこれらの行動のための条件は、前方に車が存在するか、隣の車線に車がいるか、自身がどちらの車線を走行しているかである。それぞれの状況における行動を図 3 に示す。

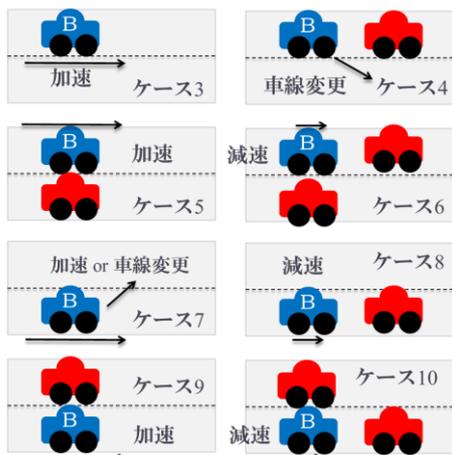


図 3. 積極型心理の行動パターン

積極型心理の行動パターンは全部で 8 パターンになる。しかし、ケース 3 とケース 5 では前方の車が存在しないという状況のみで加速を行うと考える。また、ケース 8 とケース 10 も同様に前方の車の存在しない時、減速を行うと考える。ケース 8 の場合、左側車線へ車線変更して追い越すという行動の可能性も存在するが、一般的に右側車線が追い越し車線であり左側車線への車線変更と追い越しは交通

マナーに反するので、追い越しは行わず、減速行動すると考えた。これにより行動パターンは 6 パターンとなり、フローチャートは図 4 のようになる。

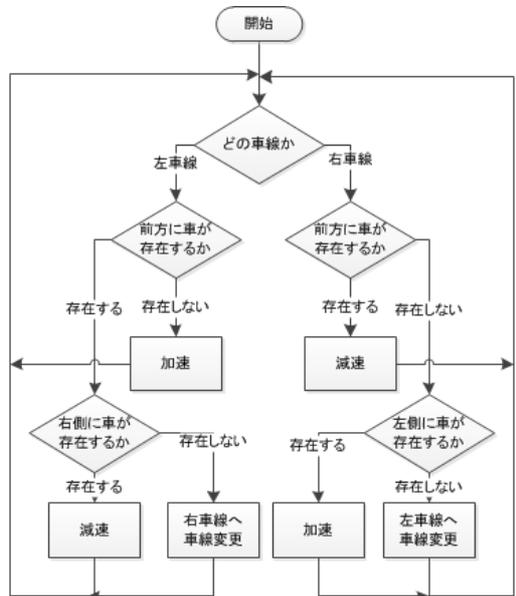


図 4. 積極型行動のフローチャート

C. 環境依存型

環境依存型は、周りの状況を判断して快適に走行できると考えられる運転を試みる心理で、これは非常に曖昧な表現となる。本研究では、左車線を走行時に、一定前方の右車線の混み具合によって消極型行動あるいは積極型行動をとるものとする。消極的行動は左車線のみを走行すると定めたことにより、消極型あるいは積極型行動の判断は左側車線走行時のみと考える。図 5 は判断のパターン、図 6 はフローチャートである。



図 5. 環境依存型心理の判断パターン

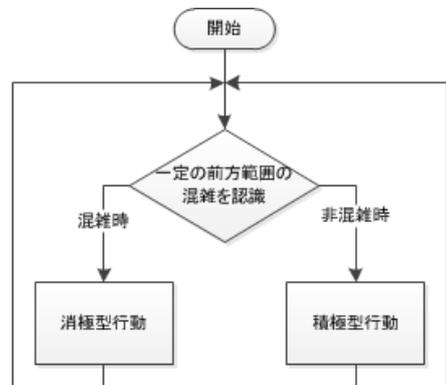


図 6. 環境依存型行動のフローチャート

4. 実装

4.1 Netlogo

本研究では Netlogo[6]を用いて運転心理交通シミュレーションを実現した。Netlogo は Northwestern 大学の Uri Wilensky らによって開発され、自然現象や社会現象をシミュレーションする為のプログラミング環境である。

Netlogo はエージェント(agent)で成り立っている。エージェントは与えられた命令通りに動くものであり、タートル(turtle)、パッチ(patch)、リンク(link)の 3 種類がある。タートルはプログラム内で動くオブジェクトであり、パッチは四角い領域であり、背景である。タートルは動くことが可能である。本研究では車をタートル、道路をパッチとした。実現した PTSS(Psychological Traffic Simulation System)は図 7 に示す。

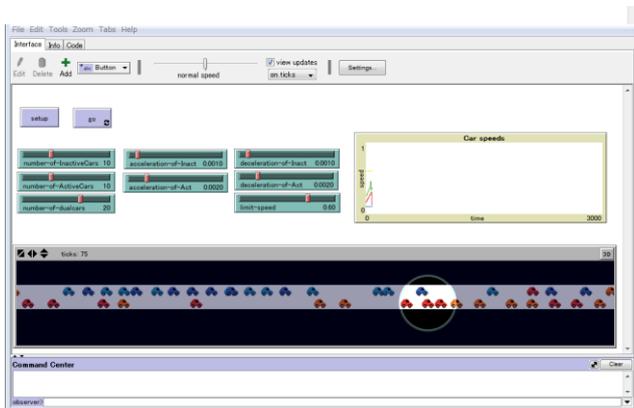


図 7. Psychological Traffic Simulation System

4.2 機能

PTSS の機能について説明する。2つのボタンと 8つの緑色のスライドバーがある。ボタンは setup と go があり、setup はシミュレーションの準備を行い、go はシミュレーションを実行する。スライドバーはシミュレーションで利用するパラメーターを設定するものであり、プログラム内ではグローバル変数として扱われる。また、動的パラメーターとして使うことが可能であり、シミュレーションを行いながら変数の値の変更も可能である。用意した 8つのスライドバーは表 1 に示す。

変数名	説明
number-of-InactiveCars	消極型の車の数
number-of-ActiveCars	積極型の車の数
number-of-EnvCars	環境依存型の車の数
acceleration-of-Inact	消極型の車の加速量
acceleration-of-Act	積極型の車の加速量
deceleration-of-Inact	消極型の車の減速量
deceleration-of-Act	積極型の車の減速量
limit-speed	制限速度

表 1. スライドバーの一覧

車の数は setup を実行したときのそれぞれの車の数に依存する。それ以外の 5つの変数は動的パラメーターとして利用できる。

システムに組み込んだ車について説明する。オブジェクト指向におけるオブジェクトがインスタンスをもつように、Netlogo でエージェントは変数を持てる。組み込まれている変数がいくつかあり、変数を追加することができる。今回、車とするタートルに持たせた変数を表 2 に示す。

組み込み変数	
color	タートルの色
heading	向き
shape	タートルの形
xcor	タートルの x 座標
ycor	タートルの y 座標
追加した変数	
speed	単位あたりの進む量
speed-limit	単位あたりの進む最大量
speed-min	最低速度
typ	種類

表 2. タートルのもつ変数一覧

Netlogo では tick と呼ばれる時間単位でシミュレーションが行われている。tick が 1 進むたびに全てのエージェントはそれぞれの行動をする。本研究では、それぞれの車は speed の分 heading の方向に進む。それぞれの行動パターンは 3 種類のいずれかとなる。消極型心理は青色、積極型心理は赤色とし、環境依存型心理の消極型行動時は淡青色、積極型行動時はオレンジ色に設定した(図 8)。



図 8. シミュレーションの様子

5. 実験

PTSS を用いて実験を行う。今回の実験の目標は適度の車両にもかかわらず生じる渋滞の再現である。Netlogo は座標空間を採用しており、中央座標は[0,0]、車は x 座標-25~25、y 座標 0~1 の間を走る。車は横幅 1 の大きさになっており、この環境下では最大 100 台程度の車を配置することができる。

本実験では、車の数を 48 台とする。2車線における可能交通量 4000[pcu/時/2 車線]に対して 50%程度から渋滞の発生している[3][4]。PTSS においても渋滞の再現を期待する。また、本研究では消極型の車両は左車線しか走らないと定めている。このため、消極型の数が多くなると積極型と環境依存型の運転手は車線変更を行うことができず、並走するのみとなる。48 台程度まででは車線変更を含めシミュレーションに変化が現れることからこのときの結果について紹介する。車の組み合わせは環境依存型のみ、消極型と積極型の 2 種類、消極型と積極型と環境依存型の 3 種類の計 3 パターンを行う。その他のパラメーターについては表 3 に示し、消極型と積極型と環境依存型の最高速度の関係は積極型、環境依存型、消極型とする(降順)。

変数名	値
acceleration-of-Inact	0.0010
acceleration-of-Act	0.0015
deceleration-of-Inact	0.0010
deceleration-of-Act	0.0010
limit-speed	0.30

表3. 実験時のパラメーターの値

6. 実験結果と考察

環境依存型(48台), 消極型・積極型(各24台), 消極型・積極型・環境依存型(各16台)を実験A,B,Cとし, それぞれの実験結果と考察について述べる. 例となるそれぞれの実験結果を図9~11に示す.

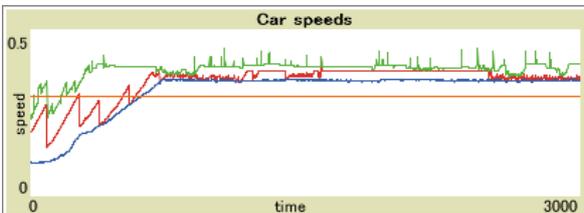


図9. 実験結果 A

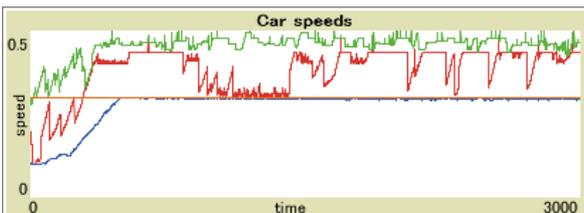


図10. 実験結果 B

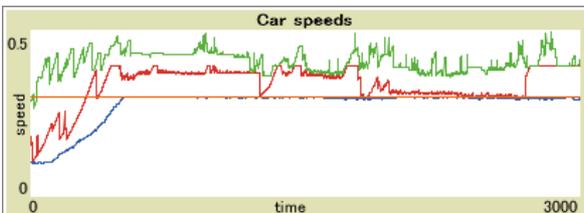


図11. 実験結果 C

図9~11のグラフはx軸に平行な線は制限速度(ここでは0.3), それ以外は上から, 全ての車の中のspeedの最大値(max-speed), ある特定の車のspeedの値, 全ての車の中のspeedの最小値(min-speed)である. ある特定の車とは図8の丸で囲まれている車を指す. Netlogoでは一つのタートルの変数の値を出力できるので, 実験A,Cでは環境依存型, 実験Bでは積極型のある特定の車のspeedの値を示せるようにした.

それぞれの結果からmin-speedが制限速度に達するまでの時間は初期状態に依存するが, 3パターン間で大きな変化はみられなかった. 実験A(図9)の特徴はmin-speedとmax-speedの差が実験B,Cに比べて小さいことである. その理由は, 実験Aでは環境依存型のみのため, 設定されている最高速度に大きな差がうまれないためである. 一方, 実験Bでは消極型と積極型には設定される最高速度に差があることからグラフにもその様子があらわれた(図10). また, 実験Cでは実験Bと同様に積極型がいるにも関わらず,

全体的にmax-speedが低い傾向がみられた(図11). その理由は, これは積極型よりも最高速度が低い環境依存型が混ざったことにより, 右車線で走る集団の先頭が環境依存型なる場合があるためである. どの実験でもmin-speedが制限速度まで到達した後, 渋滞が発生しなかった. 減速量のパラメーターを大きくしたとき渋滞が生じることがあった. その例は図12のグラフである. 渋滞のひとつの発生原因は, ある車が安全な車間距離を保つためにブレーキを踏み, その後続車もブレーキを踏むことによる連鎖的現象と考えられている. この実験では, 減速の加減が大きいときに渋滞の発生を再現できた. 一方で, 加速量のみを増加したとき, 渋滞の発生はみられなかった.

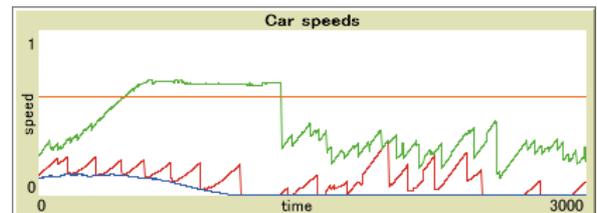


図12. 渋滞発生時のグラフ

7. まとめ

本論文では3種類の心理モデルを用いた交通シミュレーションを行った. ルールに基づく2種類の心理モデルと周囲環境に依存する心理モデルを提案し, Netlogoを用いて運転心理交通シミュレーションを実装した. 実装したPTSSはパラメーターと初期状態に応じて渋滞現象を再現でき, 実際の高速道路で生じるような複雑なシミュレーションにより実現できた. 本研究では, 付近の自動車認識による加速・減速・車線変更のみであったため, 快適な走行状態からの渋滞発生の様子はみられていない. 付近の自動車の有無にかかわらず特定の車にブレーキによる減速させる機能を追加することにより, 快適な走行状態からの渋滞発生の様子がみられると思われる. 本論文ではまだ基礎的なシミュレーションであるが, さらに機能の追加を行うことにより, 有効で正確なシミュレーションを実行でき, 実社会での自動運転システムの導入に役立てるようになる.

参考文献

- [1] 津川 定之, “自動車の自動運転-その特長と課題-”, 情報処理学会研究報告, Vol.2009-MBL-51, No.9
- [2] 安藝 雅彦, 亀井 潤也, 平沢 隆之, 須田 義大, “既存自動車のインフラ設備による自動運転-パーク・アンド・ライドへの適用に関する基礎検討-”, 生産研究, Vol.64, No.2, pp. 215-218(2012)
- [3] 越 正毅, 桑原 雅夫, 赤羽 弘和, “高速道路のトンネル, サグにおける渋滞現象に関する研究”, 土木学会論文集, No.458, pp. 65-71(1993)
- [4] 大口 敬, “高速道路サグにおける渋滞の発生と道路線形との関係”, 土木学会論文集, No.524, pp. 69-78
- [5] 稲垣 敏之, “運転支援システムへの過信と依存”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 100, No. 242, pp. 21-24(2010)
- [6] Seth Tisue, Uri Wilensky, “Design and implementation of a multi-agent modeling environment”, Proceedings of the Agent 2004 Conference on Social Dynamics: Interaction, Reflexivity and Emergence, Chicago, IL.