高精度車両挙動モデル開発へ向けて

４年Ｃ組　村田　宏暁

指導教員　米田　隆恒

１．要約

私は、交通渋滞などの道路交通における問題を小さくするため、交通シミュレーターを開発して研究を行っている。しかしこれまで採用していた車両挙動モデルでは精度が不足していたため、より精度の高い車両の挙動モデルを開発しようと試みた。現在モデルは完成していないが、その開発の過程と今後の方針について述べる。なお、本稿における車両挙動モデルとは車両の加減速の挙動のモデルを言う。

キーワード　　交通渋滞、シミュレーション、モデル、JAVA

２．背景

道路交通は、現在この国の主要な移動手段である。しかし、交通集中などによって円滑な交通ができない状況が生まれると、所要時間の延伸や事故率の上昇、排出ガスの増加など、さまざまな問題が生まれる。円滑な道路交通を実現するため、私は昨年度までも、JAVA 言語を用いて独自に開発した道路交通シミュレーターを用いて研究を行ってきたが、そのシミュレーターにおいて用いていた車両の挙動モデルは処理速度を重視したシンプルなものであり、精度はあまり高くなかった。そのため、より詳細に実際の道路交通の様子を再現するためには精度の高い車両挙動モデルが必要であった。

３．開発

車両挙動モデルを開発する際、前提として、運転する際に考慮する要素は自車の速度、前方車の速度、車間距離の三つであるとし、それらの情報の取得から影響が加速度に現れるまでの時間は、人間の反応時間を考慮して１秒とした。

まず私は、実際の自動車の挙動を一つの式で表すことはできないと考え、「両車が現在の速度を保てば近い将来衝突する」場合、「近い将来に衝突することはないが車間距離が短い」場合、「十分な車間距離があり、衝突のおそれがほぼない」場合の三つに分けてモデルを構築した。

これを元に検証と修正を繰り返すことで、精度の高いモデルを開発することを試みた。モデルの検証は、以下のような条件下でシミュレーションを行い、各車の速度や加速度の変化のグラフを作成することで行った。

- 100 台の車列が直線道路を走行している
- 信号などは無い
- 歩行者や二輪車などはいない
- 先頭車両は定められた動き、または、キー入力に応じた動きをする
- 先頭以外の車両はモデルに従って走行する。

４．結果

以下に結果のグラフを示す。以下のグラフは先頭車両（１台目）の速度をグラフのように変化させた際の後続車両の挙動を表すものであり、図１と図２、および図３と図４はそれぞれ同じシミュレーションの速度と加速度を表し、図１と図３はモデルのパラメータのみが異なる。なお、加速度の単位は通常は(m/s^2)を用いるが、今回はより直感的に理解できる(km/h/s)を用いる。

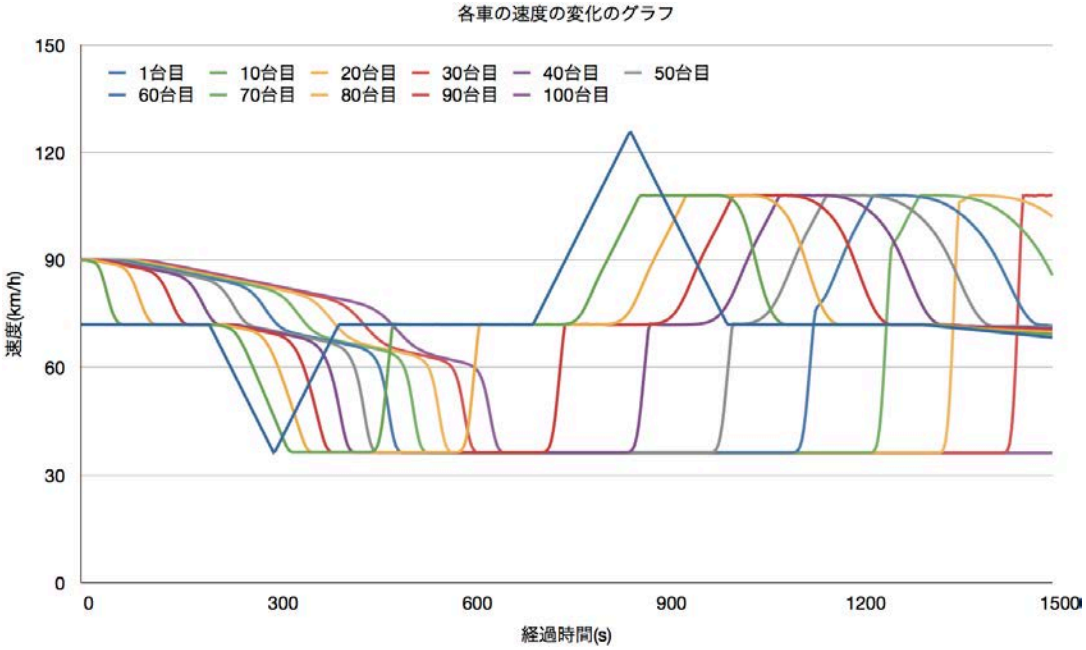

図１　速度の変化のグラフ１

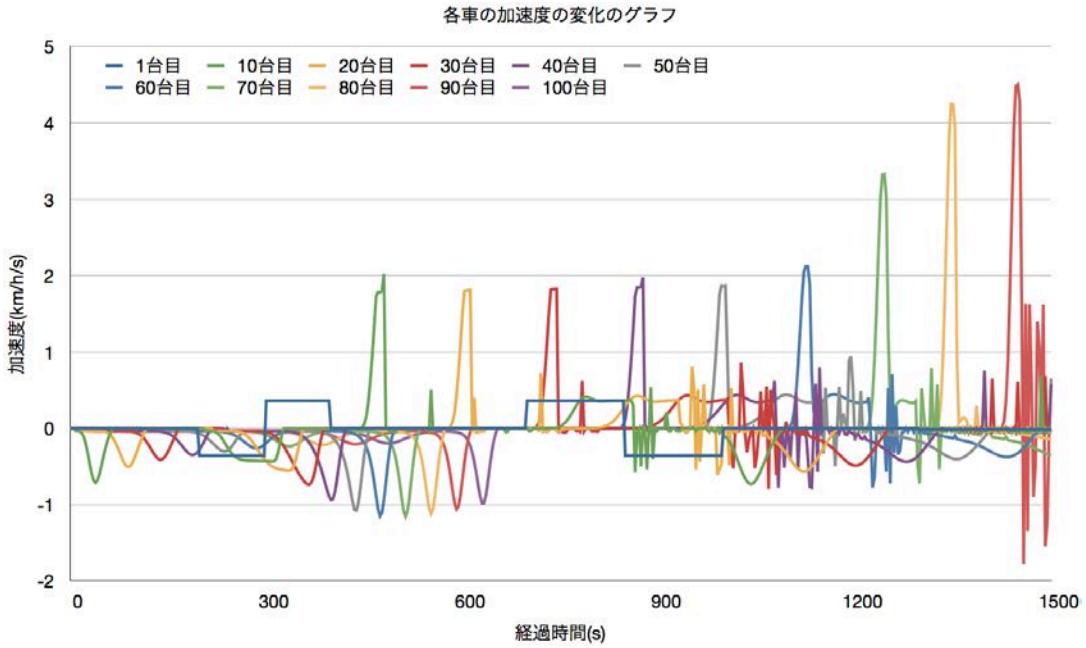

図２　加速度の変化のグラフ１

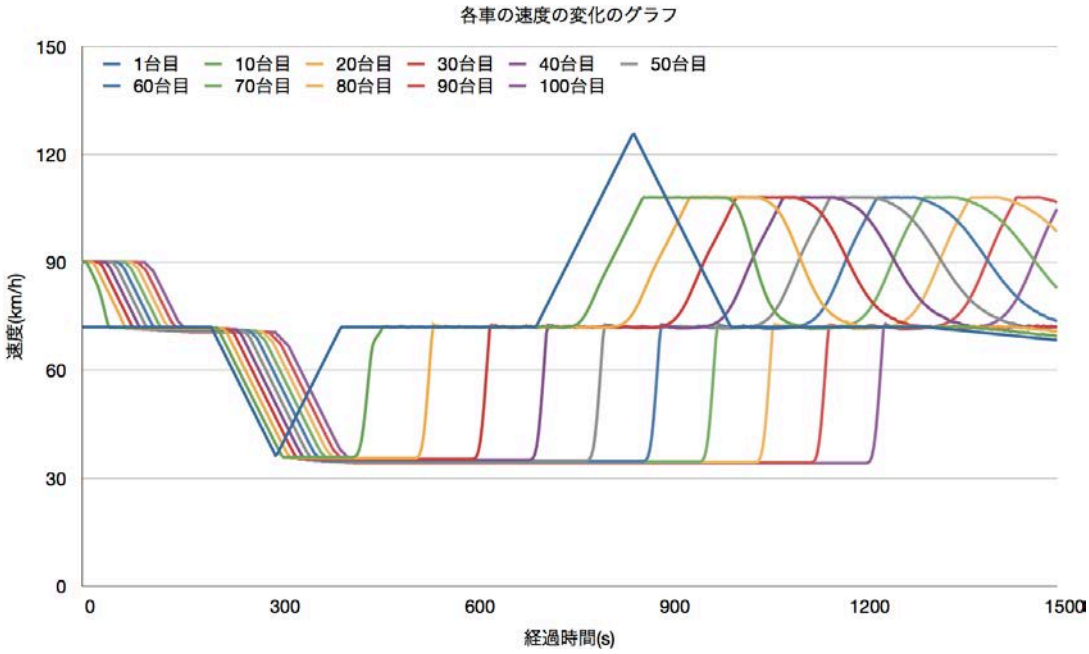

図３　速度の変化のグラフ２

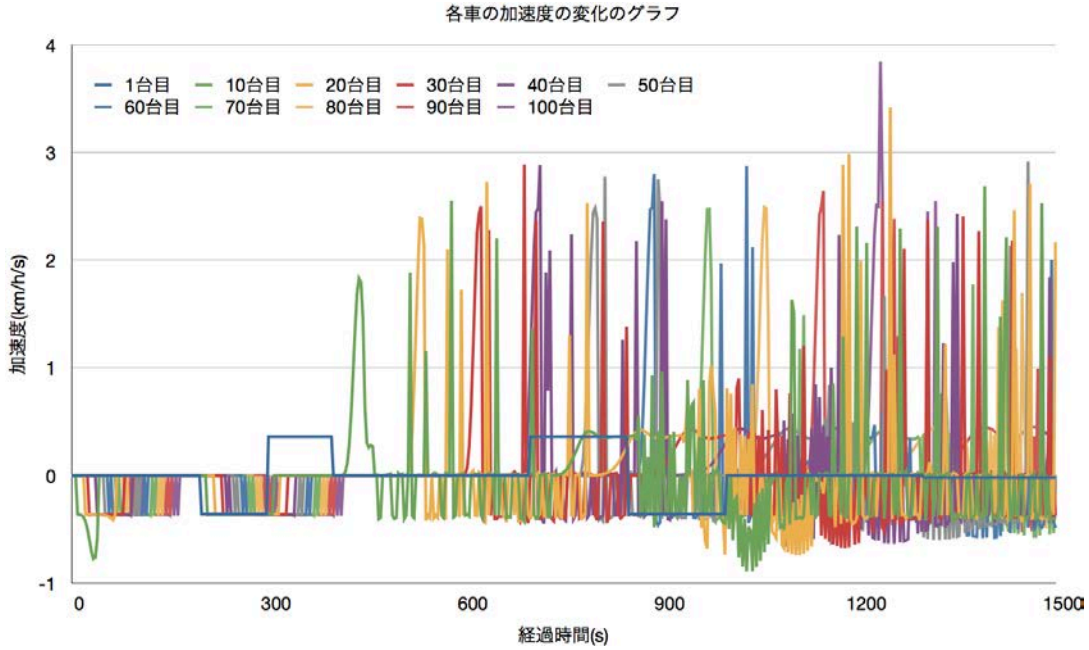

図４　加速度の変化のグラフ２

５．考察

図１、図２では、減速の際、加速度が非常に緩やかに変化しており、極端に緩やかな減速が長時間にわたって行われている。これは速度差が小さい段階から反応していることによるものだと考え、導きだされた加速度の絶対値が非常に小さい場合は０にするようにモデルを調整した。その結果が図３、図４であるが、前方車と

ほぼ同じ速度になった後も小さな加減速を繰り返しており、現実と一致しない。これらを同時に解決するためには小さな加減速によって前方の車と同じ速度にする必要の有無を判断する必要があるが、そのためには前方の車の動きを予測する必要がある。人間がどのように予測しているのか推察することは困難であるから、実際の自動車の挙動を観測する必要があると考えた。

６．検討

得る必要があるデータは自車の速度、前方車の速度、車間距離、加速度の４つであるが、前方車の速度は車間距離の変化と自車の速度から求めることができる。そのため、自車の速度と車間距離、加速度を取得できれば実際の自動車の挙動を表すことができる。そこで、車両に装置を搭載する方法と車外から観測を行う方法の二つに分けて、それぞれの情報の取得方法についての検討を記載する。

6.1 車両に装置を搭載する方法

車両に装置を搭載することで、運転手や車種が同一の場合の挙動を長時間にわたって観測することができるため、個人差や個体差による差異と、人間の曖昧さなどによるばらつきを区別することができる。しかし、測定の際に協力していただく運転手の方々は少数であるため、必ずしも母集団である国内の運転手全体の特徴を反映していないと考えられる。そのため、運転手などの持つ特性の分布については信頼のできないものになってしまう。

6.1.1 速度の測定方法

■GPS を用いる方法

GPS とは Global Positioning System の略であり、複数の専用人口衛星からの信号を受信することで GPS 受信機の位置を知ることができるシステムである。GPS 受信機から速度を得ることは容易であり、また、スマートフォンなどは GPS 受信機となるため、最も容易な取得方法であると言える。しかし、データは１回/秒程度しか得られず、そこから得られる約１秒間の平均速度では、精度が悪いと考えられる。

■OBD2 を用いる方法

OBD2 は車両故障の自己診断のための通信に関する規格であるが、車速なども送信するため、OBD2 アダプター搭載車に専用の機器を接続することで、車から速度の情報を得ることができる。車載の速度計と同じ値が得られるため、運転手が速度計に表示される速度を元に運転している場合は最も精度の高い方法となる。しかし、速度計は平成 19 年以降は、速度計が 40km/h を示した際に速度計試験機を用いて計測した速度を V(km/h)として、30.9≦V≦42.6 を満たすように作られており、速度計が実際の速度より大きい値を表示する場合は比較的大きな誤差を許容するため、測定値より大きな値を表示していることが多い。そのため、運転手が速度計以外から速度を知り、運転している場合には多少精度が低くなる。

6.1.2 車間距離の測定方法

■カメラで撮影した映像のナンバープレートの大きさから算出する方法

ナンバープレートの大きさは既知であるため、前方車後面のナンバープレートの、画像の中での大きさを調べることで前方車までの距離が算出できる。ただし、２m程度しか車間距離がない場合でも前方車両が映像内に収まっている必要があり、車両の横幅は２m程度なのでカメラの水平画角は 60°より小さくすることはできない。また、ナンバープレートは普通乗用車の物で横幅が 33cm なので、30m 先の車のナンバープレートは画像横幅の 1/100 程度の大きさになる。デジタル画像を扱う際には１ピクセルの誤差を無視できる必要があるが、横幅 2000 ピクセルの映像を撮影できるカメラを使用してもナンバープレートは 20 ピクセルとなってしまい、１ピクセルが５％もの誤差を生んでしまう。ただし、この問題は倍率の異なる複数台のカメラを設置することによって解決する。

■車載した２台のカメラの視差を元に測定する方法

車内２カ所に取り付けたカメラそれぞれで前方車の輪郭を抽出し、その視差から距離を求める。前方の車両を直方体として考え、どちらのカメラにもその後面のみが映っているとの仮定のもとで行うため、カーブなどでは距離を測定することはできない。ナンバープレートより大きい物を認識するため誤差は小さくなるが、車両の輪郭抽出が困難である。

■２台の車両を前後に並べて走行させ、両車に搭載した GPS 受信機を用いる方法

GPS の誤差は、電波が地球の大気を通過する際にかかる時間が大気の状態によって変動することによる部分が大きいため、それぞれの GPS 受信機が同一の GPS 衛星からの電波をもとに位置を算出している場合は車間距離の誤差は小さいものになることが期待できる。ただし、速度と同様にデータは１回/秒程度しか得られず、また、トンネルや都市部などでは精度が大幅に落ちる。さらに、他の方法では通常走行している車に装置を搭載することによって測定が行えるのに対して、この方法では装置を搭載した２台の車が前後に並んで走行する必要があるため、測定が困難である。

6.1.3 加速度の測定方法

■加速度センサーを用いる方法

加速度センサーはスマートフォンなどにも搭載されており、手軽に使うことができる。また、精度も未確認ではあるが高い精度が期待できる。

6.2 車外から観測する方法

カメラや各種センサーなどを設置し、観測するため、観測時間帯に観測区域を通過した車すべての情報が得られる。そのため、得られる挙動はその地域の運転手の特性の分布を反映していると考えられる。ただし、特定の車については非常に短い時間しか観測することができないため、人間の曖昧さなどに起因するばらつきと個人差や個体差による差異とを区別することは難しい。

6.2.1 速度の測定方法

■カメラで撮影する方法

カメラで撮影した映像から車両の位置の変化を解析し、速度を算出する。しかし、２枚の画

像の車両の位置の差から求める場合、撮影時刻に誤差がないものとし、それぞれ画像における車両の位置の誤差を±Δx(m)、２枚の画像の撮影時刻の差を t(s)とすると、±2Δx/t(m/s)の誤差が出てしまう。Δx=0.10, t=0.50 としても±0.40(m/s)=1.4(km/h)と、非常に大きい。また、何らかの関数で近似する場合、データ点以外での関数の挙動の妥当性について検証することが難しいため、その近似方法にモデルが大きく影響されてしまう可能性がある。

■速度測定器を用いる方法

複数の車両の同時測定や連続測定ができないと考えられる。

6.2.2 車間距離の測定方法

■カメラで撮影する方法

カメラの画像から車間距離を算出する。画像内での車を十分な精度で認識することができるのであれば、車間距離の算出は比較的容易であり、また精度も高くなる。

6.2.3 加速度の測定方法

■カメラで撮影する方法

上の方法で測定した速度の変化から算出する。しかし、２つの異なる時間における速度の変化から求めると、それぞれの速度の誤差を±Δv(m/s)、２つの速度の測定時刻の差を t(s)として、±Δ2v/t(m/s^2)の誤差が出る。Δv=0.40, t=0.50 とすると±1.6(m/s^2)=5.7(km/h/s)となり、意味をなさない。そのため、何らかの関数で近似する必要があるが、データ点以外での関数の挙動の妥当性について検証することが難しいため、その近似方法にモデルが大きく影響されてしまう可能性がある。

７．今後の課題

まず、上のいずれかの方法で観測を実際に行う必要がある。車外から観測する方法は加速度の精度を確保する見通しが立っていないため、車内に機器を搭載する方法が現実的であると考える。その場合、速度は OBD2、加速度は加速度センサーを用いれば比較的容易に計測できるが、車間距離はナンバープレートの大きさから算出する方法を主に検討しているため、ナンバープレートの認識を行う必要があると考えている。

８．参考文献

［１］「交通工学」飯田恭敬 監修、北村隆一 編著、オーム社 版(2008 年)

［２］「Java Platform, Standard Edition 6 API 仕様」

http://docs.oracle.com/javase/jp/6/api/

［３］「Android Developers」

http://developer.android.com/

９．謝辞

この研究を行うにあたり、顧問の米田隆恒先生には多大なご指導を賜りました。また、サイエンス研究会の先輩方や、立命館大学の野間春生先生、近畿大学の多田昌裕先生には多くの助言をいただきました。この場を借りて、深く御礼申し上げます。