

統合ドライビングシミュレータの検討

清原良三^{†1} 兵藤俊介^{†1} 福山大輔^{†1} 高橋夏海^{†1}
鈴木孝幸^{†1} 高取祐介^{†2} 狩野 芳郎^{†3}

ドライビングシミュレータは周辺環境をスクリーン上に表示するとともに、加速度をなんらかの手段で感じさせることにより実際に近い運転環境を実現できる。しかし、周辺の車両の動きが決まったパターンであることが多く、慣れの影響を否定できない。そこでネットワーク型のドライビングシミュレータにより一部の車両を外部から動作させると、運転状況が変わることがわかっている。しかし外部からの車両動作を人手で行うには限度がある。そこで交通シミュレータと統合することにより、より現実に近い状態を再現できると考えている。UIの評価や危険事象への人の対処の仕方など様々な用途を想定した統合ドライビングシミュレータを提案する。

1. はじめに

各種センサ、カメラの画像解析技術の進歩、機械系の自動制御の進歩などから自動車の自動運転の実用化の期待が高まりつつある。自動車メーカーは自動運転技術の開発を活性化し、マーケット投入の目標時期まで宣言するにいたっている。

実現方式も自律的に周辺状況を判断して衝突を防ぎ、目的地点に向かって走行する[1] [2]。しかしながら安全を考えた場合、想定外のことが起きないという保証は難しい。すなわち、最後の判断と操作は人間に委ねられることも多いだろう。したがって、安全運転支援機能があっても想定される危険に対する人の行動を知り、情報の示し方などに関してより良い手法を研究することは重要である。

情報の提示や、制御の仕方に関して安全性を検証するには多くの場合、ドライビングシミュレータを利用して、視線の移動や人の制御行動を模擬し、安全かどうかを確認する。運転経験差、性差、年齢差などを考慮しつつ、できるだけ多くの人を被験者として検証することが望ましい。

ドライビングシミュレータはできるだけ現実に近くすることにより実際に近い検証ができる。ドライビングシミュレータには、加速度などを再現せず前面のみ表示するものから、加速度をより近く表現し、全面に状況を表示するものまである。とくに周辺の車両状況を見て行動を判断する場合には、全面の状況表示が必要である。図1は、我々が実験に利用するドライビングシミュレータで、典型的な全方位のスクリーンを持つものである。

一方、ドライビングシミュレータでは一定のシナリオで動作することが多い。よって何度も同じ被験者で検証実験を試みると、慣れの問題から正しい検証をできなくなる。

また、自車両の動作に応じた周辺車両の動作が一定のシナリオでしか変わらないという問題もある。

そこでネットワーク型のドライビングシミュレータが開発されている[3]。図2に示すように、対抗車両や追い抜き



図1 ドライビングシミュレータ外観例

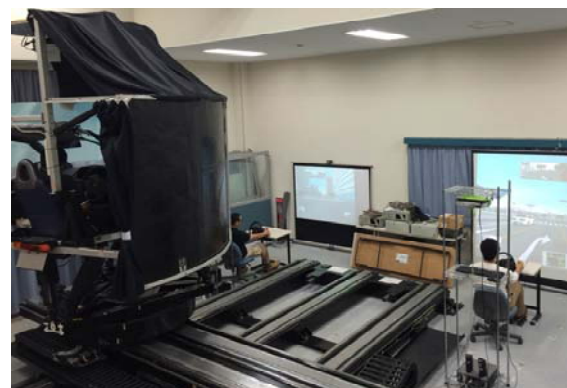


図2 ネットワーク型ドライビングシミュレータ例

^{†1} 神奈川工科大学情報学部情報工学科
^{†2} 神奈川工科大学工学部電気電子工学科
^{†3} 神奈川工科大学創造工学部自動車システム開発工学科

車両を別の被験者が運転することにより一定のシナリオ以外で、実際に近い状況の動作を再現する。このネットワーク型のシミュレータを用いた危険回避の検証において、他人が運転した車がシミュレーション環境に入ることによって異なる結果が出てくることが分かってきた[4]。さらにネットワーク型ドライビングシミュレータの人が運転する台数を増やせば増やすほど現実に近い状況が再現されることがわかってきた。

しかしながら、被験者を増加させることには限界もあり、実際にハード的に接続する台数を増加させるのにはコストもかかる。

そこで、人の行動を模擬するエージェントを導入し、エージェントが他の車の動作状況を見たとて判定することによりあたかも人が多数運転している状況を作り、安全な操作や事故の連鎖をいかに防ぐかと方式の検証環境を提案する。具体的にはエージェント型の交通シミュレータとネットワーク型交通シミュレータを統合した統合シミュレータを提案する。

本論文では第2節でネットワーク型ドライビングシミュレータの特徴と実装方式を、第3節でエージェント型の交通シミュレータに関して紹介する。第4節で統合方式を述べ、第5節で実装上の課題とその解決案を述べる。第6節で評価計画に関して述べ、最後にまとめる。

2. ドライビングシミュレータ

図3に対象とするドライビングシミュレータの構成図を示す。ドライビングシミュレータはメインのシミュレーション部で毎シミュレーション単位時間ごとに内部状態を決定し画面に出力をする。

また、画面だけでなく8軸の制御足を利用することにより、運転席を若干傾けることと、5mの軌道上を前後左右に動かすなどして、レーン変更などの急激な加速度に実感できるように出力する[5]。画面はシナリオ地図に従って出力するが、自動車との距離に応じた建物や対向車の大きさを決める。こういった大きさは、事前にドライバに見せて

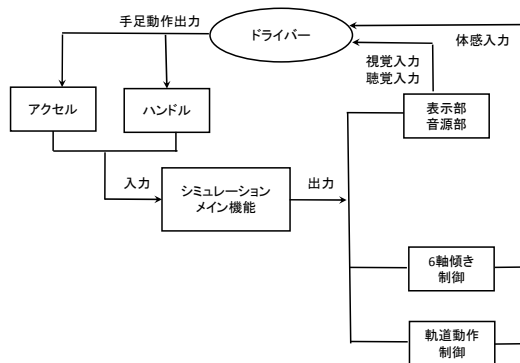


図3 ドライビングシミュレータ構成

距離を予測してもらうことを繰り返し評価しておくことにより現実に近い環境を実現可能になっている。

こういった状態に対してドライバがアクセル、ブレーキ、ハンドルといった操作を入力してする。これらの入力情報を元に次の画面や加速度動作を繰り返す。また、ドライバに違和感のない画面にするためには毎秒30フレーム以上の出力が必要となる。可能であれば60フレームにするべきである。

ドライバは運転する際には、視野に入る視覚情報だけでなく、耳から入る聴覚情報と体とくに三半規管で感じるような微妙な加速度の変化を感じながら運転しており、運転に慣れていけば慣れてるほど、ひとつでも普段の動作と異なると違和感を感じる。特に、加速度が異なると気分が悪くなるといった状態を生む可能性もあり、危険性に関するUI評価においては必須といえる。例えば、UIによって頻繁に画面を見た場合の車線逸脱の可能性などを評価する場合に、体で感じる部分の有無の影響は大きいと考えられる。

また、シミュレータのシナリオも大きく評価に大きく影響する要素であり、いつも決まった動作を周辺の車がしてしまうと被験者の慣れの要素もでてきて、実際とは違った評価結果を出してしまうことも十分考えられる。そこで、ネットワーク型として、複数の被験者がお互いに影響しあいながらドライビングシミュレータ上で評価する方式が有効であると考えられる[6]。

図4にはネットワーク型シミュレータの構成を示す。メインのシミュレーション機能に対して、複数の自動車の動作に関する入力と、複数の自動車に関する出力を行う。このようにすることによって、複数のドライバは同時に独立した環境で、互いの動作の影響を受けて評価することができる。

例えば、対向者の右折などは人によってもタイミングが違うなどがあるし、車線変更なども同様である。そのため、被験者が周辺の車の挙動が予測しづらくなり、実際の交通環境と同じ状況に近づけることができる。現在の実験環境

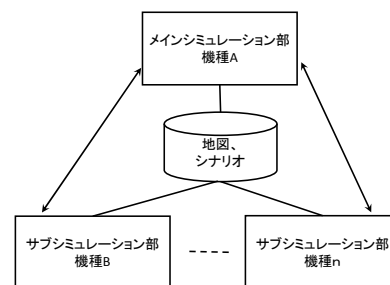


図4 ネットワークドライビングシミュレータの構成

では、コストの関係で、メインの被験者の環境のみが加速度を含めて高性能の環境にしておき、残りの複数台の運転環境は、自動車、バイクなどを含めて画面を見るのみの環境を実現している。そのため、周辺車両はあくまでもメインの環境にいる被験者の評価のために存在する形となっている。

この人が動作させる周辺車両の数が多くなれば、事故再現などの検証において挙動が変わる結果がでているため、できるだけ多くの現実に近い車両を導入する必要がある。しかし、被験者を多数シミュレーションごとに用意するのは現実的に無理がある。そこで、1台1台をシミュレーションできるマルチエージェント型の交通シミュレータと連動することにより、あたかも人が運転しているかの挙動を再現することが望ましい。そこで交通シミュレータとの連動に関して検討を進めることとした。

3. 交通シミュレータ

交通シミュレータは古くからあるが、多くの場合その主目的は渋滞を回避する円滑な交通の流れを再現することに主眼が置かれていた。そのため、交通を流れとしてとらえることが多い。多くの場合、リンク旅行時間を短くするためにはどうすれば良いか、信号の制御を変えたらどうなるかといった観点からシミュレーションを行う。

しかし、古くから1台1台の挙動に着目した研究も進められてきた。例えば文献[7]などではマルチエージェント型で前後の車の影響を受けながら動作させる例である。近年ではパソコンの計算能力の爆発的な向上により、マルチエージェント型でもある程度規模の大きなシミュレーションが可能になってきており、ドライビングシミュレータと連動させることは十分可能になったと考える。

連携するための構成図を図5に示す。ネットワーク型ドライビングシミュレータの各モジュールとメインのシミュレーション機能のモジュールのインタフェース部分を活用

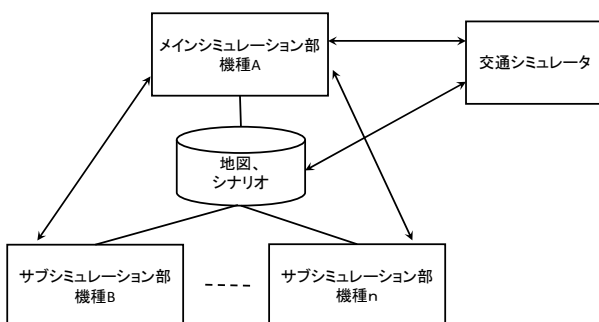


図5 交通シミュレータとの連携

して、ここに複数台の交通シミュレータの各エージェントの動作状況を入力する。また、メインのシミュレータの動作の結果を出力として受け取り、交通シミュレータ上の一つのエージェントをあたかも外部から制御して動かすようにすれば良い。

課題としては以下があげられると考える。

交通シミュレータとドライビングシミュレータのシミュレーション単位時間の統一。

各エージェントの挙動モデルを現実に近い形にする
ドライビングシミュレータへの入力をドライバに影響する車のみに限定する。

また、ドライビングシミュレータと交通シミュレータで当然ながら地図を共有する必要がある。また、一般に交通シミュレータ上のエージェントは前後の状況を判断しながら進むため、事故を起こしにくいモデルになる。そのため実際に事故を起こすこともある運転モデルを利用が必要がある[8]。

こういった観点を考慮して、筆者らが手を入れやすいマルチエージェント型のシミュレータとしてスペースタイムエンジニアリング社の Scenargie[9]を利用することとした。Scenargieは本来、通信のシミュレータであるが、本研究においては将来的には車車間、路車間の通信による情報提示を受けた場合のUI的な評価まで目指すため、将来的には通信のシミュレーション機能まで統合することを視野に採られるため採用することとした。

4. 提案統合シミュレータと実装方式

4.1 シミュレーション単位時間

ドライビングシミュレータのシミュレーション単位時間は毎秒60フレームの出力が必要である。そこで、これに交通シミュレータのシミュレーション単位時間を合わせ

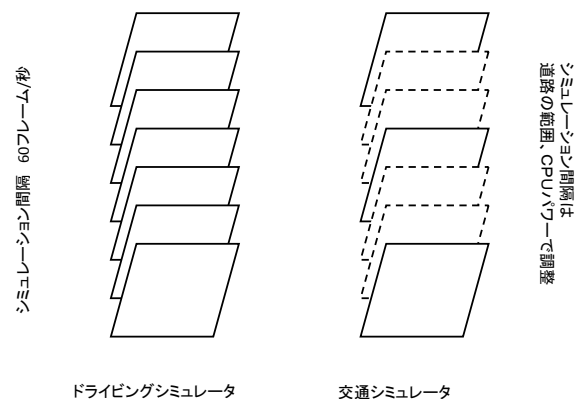


図6 シミュレーション間隔の違いの例

ることとする。しかし、領域が大きくなったり、ドライバの視野に入る車両の数が増えると、シミュレーションのCPU能力とインタフェース部の通信性能に依存して正常に動作しなくなる可能性もある。

即ち、図6に示すように、ドライビングシミュレータは被験者となるドライバに違和感なく見せるために高解像度での映像情報が必要なのに対し、従来の交通シミュレータではそこで必要としなかった。実際に見せる画面以外にはシミュレーション単位時間を極端に短くする必要はないため、コストを考慮して、図6に示すような間引きを想定し、各車両はドライビングシミュレータ上で、直前と同様の動作と扱う手法とすることにする。しかしながら、あまりに単位時間が変わると問題が生じるため評価をしながら具体的に良い点を探り、調整していく必要がある。

4.2 挙動モデル

図7に示すようなエージェント同士が他のエージェントの状態を見て判断するタイプの交通シミュレーションにおけるアクセルやブレーキなどは既存のモデルを利用する。

これは実際の交通の動きなどのデータからほぼ正しいと一般に評価されているモデルである。また事故を起こすかどうかといった観点においても文献[8]に示されるような挙動モデルを利用することにより現実に近く実現できる。

挙動モデルは直前の自動車の動作状況と目的地、信号などによって走行する自動車の動作を決めるモデルである。ただし、ドライバの判断の揺れも想定し、各エージェントにドライバの年齢、性別を入れることによって、少しランダム性を加えることによって実現する。

また、挙動においては、お盆月、GWなどの混雑時期と、毎日の通勤の時間帯、および土、日、祝日などによってかなりドライバの性質に偏りがあることが想定される。よって開発したプラットフォーム上では周辺車両のドライバの性質に応じた評価実験が必要になると推定される。またこれらのパラメータの適性値を決めるため、実際の車両を運転

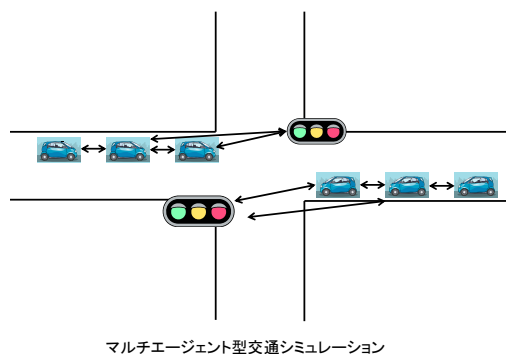


図7 マルチエージェント型交通シミュレータ

したデータも活用予定である。しかし、偏ったデータになる可能性も否定できないため、一定の幅で、加減速や判断までの処理時間を調整可能なようにする予定である。

4.3 地図

交通シミュレータでは地図は道路部分だけで良い。一方、ドライビングシミュレータでは景色、建物の情報が必要である。また将来的に、通信シミュレータとの統合も考えると建物などの障害物の情報は重要となる。そこで、まずは簡単なメッシュ状の地図を利用して実験していく予定であるが、現実に近い曲線道路などもその次に実現していきたいと考える。

実際の道路地図を使うことも想定できる。最近ではOpenStreetMap[10]などフリーで使えるものもあり、狭い範囲での実現であれば十分可能性はあると考える。しかしながら特定の地域、特定の環境での事故などのシミュレーションによる評価を行う場合であれば必要であるが、UIの操作を評価する上ではいくつかの実際に存在するパターンを含むのであれば、現実に存在する地図を利用する必要はないと考える。

5. 評価手法

5.1 想定アプリケーション

カーナビゲーションシステムの操作性の評価を最初のターゲットとする。最近のカーナビは、地図情報、音楽アプリ、SNSなどのネットワークアプリケーションおよび設定系の画面と複数のアプリケーションが存在する。アプリの切り換え、アプリの内部での操作など運転中、および信号停止中には自動車技術工業会などの自主規制により認められない操作と認められる操作がある。一般には熟視しなければならぬ操作は認められない。

そこで、認められる操作の中でも文字の大きさや配置などを考慮する上で評価が必要となる。我々は、Display Audioの将来系としてスマートフォンの画面そのものを大きなディスプレイで操作する形の車載情報機器を提案しており[11]、これを最初のターゲットとして検討している。

この他に車載機器だけでなく、インパネの表示などの評価もこういったシミュレーションで評価できると考えている。視線の移動そのものの量を測定するだけでなく、その結果、レーンの逸脱や、他の自動車の動きに気づく時間の遅れなど被験者の慣れを防止した上で計測可能と考えるからである。

5.2 評価手法

ネットワーク対応型のドライビングシミュレータとして3人程度の参加者がいた場合と、常時3つ程度のエージェントのみ動作情報を交通シミュレータで得た場合とで、UI関係のアプリの評価結果の違いを調べる。理想的には違いがないことが本研究の目標になる。違いがある場合は、動作の違いなどを解析し、より実際に近い形にドライビ

グシミュレータまたは交通シミュレータを修正するべくフィードバック予定である。

6. おわり

本稿では、ドライビングシミュレータと交通シミュレータを同時に利用可能な統合ドライビングシミュレータを車載のUIなどの評価プラットフォームとすることを提案した。提案にあたって、UIの評価に対するドライビングシミュレータの重要性と交通シミュレータとの統合の必要性に関して述べた。また、将来的には通信機能も合わせた統合シミュレータの必要性についても触れた。今後、現状のネットワークシミュレータに対して交通シミュレータを接続する機能の実装を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 日産が考える自動運転
http://www.nissan-global.com/JP/TECHNOLOGY/OVERVIEW/autonomous_drive.html
- 2) 日経産業新聞
<http://www.nikkei.com/article/DGXNZO60974400R11C13A0XX1000/>
- 3) 佐々木裕泰;安東剛志;狩野芳郎;安部正人, ネットワークドライビングシミュレータを用いた交差点右直事故の分析, 自動車技術会学術講演会前刷集 2013年5月 No.32-13 p.1~4
- 4) Yoshio Kano, Takeshi Andoh, Shinsuke Akiyama, Masato Abe, "Networked Driving Simulators for Investigation into Interactive Behaviors among Driver-Vehicle-Systems in Road Traffic Accidents," FAST-Zero'11 Proceedings, TS3-8-1-3, p1~p6, 2011
- 5) B. Wang, M. Abe and Y. Kano "A driver centered safety evaluation model of lane change operation for the aged driver" Proc. Inst. Mech. Engrs Vol.218 Part. D: J. Automobile Engineering, No. D1, 2004 pp7-20
- 6) 中澤 聖;寺田 崇文;町田 拓也;齊藤 洋太;狩野 芳郎;安部 正人, ネットワークドライビングシミュレータを用いた運転支援システムの事故低減効果に関する研究, 自動車技術会、学術講演会前刷集 2007
- 7) 尾崎敦夫, 清原良三, 中島克人, 阿倍一裕, 瀬尾和男, 時空間オブジェクトモデルを用いた並列シミュレーション - ミクロ交通シミュレーションへの適用検討 -, 第13回シミュレーション・テクノロジー・コンファレンス, Vol.13, pp.299-302, 1994
- 8) 柚原 直弘, GIA ダイアログテキスト [交通事故死傷者数ゼロへの挑戦] 交通事故シミュレーションシステム, 2005
- 9) 高井峰夫, 電子情報通信学会技術研究報告. USN, コピキタス・センサネットワーク 108(399), 53, 2009-01-15
- 10) OpenStreetMap: <http://osm.jp/>
- 11) 1.山辺 教智, 松山 聖路, 清原 良三, スマートフォンカーナビにおける操作性向上方式の検討, 情報処理学会研究報告 CDS 研究会 2014年5月