

道路上移動物体の干渉モデルを考慮した ミクロ交通流シミュレーション

Development of Micro-scale Traffic Simulator
for Analyzing Mutual Interference between Any Traffic Objects

主任研究員名：北澤 章平

分担研究員名：金子 哲也

1. 研究背景と目的

国内の道路交通事情において隅々まで張り巡らされた道路網，高度に管理された交通信号や標識，高度道路交通システム（Intelligent Transport Systems: ITS）の普及など，道路インフラは発展し続けている．また，道路上の移動体単体の安全性能や整備状況も非常に高いレベルが維持されている．さらに今後も先進運転支援システム（ADAS）などのドライバサポート技術の発展は続くと考えられ，いずれは自動運転車両の登場も予測される．これらにより近年の事故件数に対する死亡者数は著しく減少した．しかしながら，世界的な事故統計を挙げれば交通事故の発生割合は先進国中에서도特に高いレベルにある事実がある．我々は，モビリティの利用形態と道路交通インフラの不調和に着目した．時代の変化とともに車両の運動性能やその多様性，台数比率，環境や世代の移行による自転車や自動二輪車の普及など，常にその環境は変化を続けてきたが，道路交通インフラや交通ルールにおいて，当初の交通流の調和を最適化するという概念が存在しない時代の形態を基本的に踏襲しており，慢性的な渋滞の問題や交通事故の形態など交通安全の環境は長年に渡りほとんど変化していない．また，今後自動車の高度知能化が進展し，自律走行車両やパーソナルモビリティと呼ばれる小型自動車が登場すれば，新たな交通相互干渉の問題が起これる．

本研究ではこれらの問題に対して，様々なモビリティと道路交通インフラの調和性を定量的に評価が可能なツールとしての交通流シミュレータの開発を行う．そして，これを用いた解析結果に基づき交通流の調和の観点から最適化した道路インフラの提案を目指す．

2. H28年度の研究成果

2.1 シミュレータに内装される車両モデルの構築

様々な移動物体の車両モデル構築について，4輪自動車，大型車などのモビリティについて，運動力学モデルの構築を行った．また，将来の交通としてパーソナルモビリティ（以下PMV）についてのモデリングを進行中である．また，車両モデルに組み合わせるドライバモデルについては，操縦者の運転特性をリスクポテンシャルモデルおよび前方多点注視モデルの組み合わせによるモデルの構築を行った．これらモデルの有効性を検証するため，実交通環境下で起こる走行場面として，自車の走行車線内外から受けるリスクフィールや車線減少

による合流場面において他車から受けるリスクフィールドをパラメータとしたシミュレーションを行い、その有効性を検証した。

2.2 交通流シミュレータの基礎検討

上記リスクフィールドを複数のモビリティが互いに影響し合った場合のリスクの干渉について、基礎検討を行った。上記のドライバモデルおよび車両運動力学モデルを用いて個々に再現された各モビリティのパラメータを用いて、他車から受けるリスクと自車が他車に与えるリスクの干渉についてシミュレーションにより検討した。道路交通上をローカルな場면을想定し、複数種類のモビリティが相互に影響を与えて運転行動を変化させる場合において、各モビリティの車両運動性能やドライバの運転動作を詳細に表現することにより親和性の評価を試みた。

3. 今後の計画

シミュレーションに内装されるモデルは個々のドライバによる運転行動を詳細に模擬するためにパラメータを調整する必要がある。そのため、実交通環境においてヒューマンドライバが甘受しているリスクフィールドを定量化するため、実交通環境計測実験装置を構築する。また、将来のモビリティも含めた他の交通からドライバが甘受する危険感覚を推定するため、各種モビリティの運動再現に対応する4輪ドライビング・シミュレータおよび2輪ライディング・シミュレータの構築を行う。

これらを用い、複数モビリティが互いに干渉する交通場面を考慮したシミュレーションの精度を高め、交通流の調和の定量化を目指す。

ドライバモデルに用いるリスクポテンシャルパラメータ推定に関する研究

北澤 章平（全学教育機構テクニカルセンター）

研究概要

著者らはこれまで自動運転車両の障害物回避，車線変更，合流時の自動操縦において人間のドライバが感受するリスク感覚を考慮した考え方として，リスクポテンシャルを用いた制御目標生成技術を確立してきた．これに用いるリスクポテンシャルを用いたドライバモデルはドライバがこの運転動作を表現するパラメータを持ち，ヒューマンドライバの運転動作からパラメータを高精度に推定することで，シミュレーションに反映させることが出来る．本中間報告ではこのアルゴリズムを用いた一般路における走行場面の再現手法について述べる．想定する交通場面は車速の制御を要する車線変更とし，市街地での車線減少部における車線変更運転動作に着目した．この際の操舵行動および加減速行動をアルゴリズムにより再現した．

本稿において取り扱う合流部での適切な運転行動には，自車両が本線に合流するため，操舵を行うまでの加減速制御が重要な要素となる．この加減速制御においても人間の運転行動を規範としたリスクポテンシャルの考えを適用した．リスクフィールドの概念図を図1に示す．ここでは，左側車線を走行する自車両が交通規制に伴う車線の減少により右車線に合流を行う．車列への合流場面の例として，右側車線を走行する車両 V1 および車両 V2 の間に合流することを考える．自車両は右側車線を走行する車両の位置，速度情報を環境情報として取得して自車両および他車両の二次予測位置を算出し，前後車両からのリスクポテンシャルを推定する．自車の将来位置において車両 V1 および車両 V2 から感受するリスクの偏差 ϵ_x を減少させるよう加減速行動を行った．この結果，適切に速度制御が行われ，リスク値の最下点を基準とした偏差

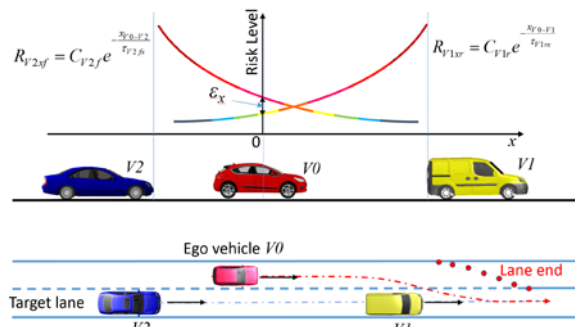


Fig.1 Schematic of Risk Potential for Longitudinal Control on Merging Section

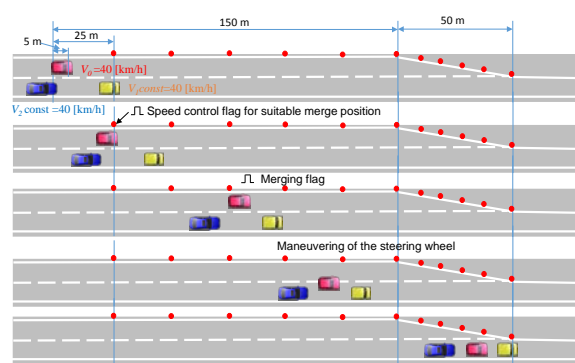


Fig.2 Simulation Condition (Scenario 1)



Fig.3 Simulation Results (Scenario 1)

ε_x の変動がある一定値以下となった場合に、リスクポテンシャルに従った操舵制御により右車線へ合流する。

シミュレーション解析には多自由度運動力学モデルを用いた。シミュレーションにおける検証シナリオは、図 2 に示すように左側車線の減少規制により、自車は右車線へと車線変更を行うものとした。右車線には 2 台の車両が一定の車間距離を開けて一定速度で走行しており、自車両は速度制御を適切に行った後、2 台車両間に合流する。

図 3 にシナリオ①における合流場面のアニメーションの様子、図 4 にシミュレーション結果として、各車両の車速（主に自車両の速度変化）、各車両の進行方向走行距離、操舵角、そして制御目標との比較として操舵角、走行軌跡、を示す。これらの結果より、

車線減少位置までに右側車線を走行する前後 2 車両 V1 V2 から感受するリスクポテンシャル値を用いた適切な加減速制御を実現し、安全で確実に合流していることが確認できる。これは、適切な制御目標を算出し、精度良く車両が追従制御している結果から確認できた。発表実績

- リーン機構を持つパーソナルモビリティビークルの道路交通における調和に関する研究（第 1 報）ードライバーのリスク感覚の相互干渉を考慮したミクロスケール交通流シミュレーションー：金子哲也，景山一郎（日本大学），原口哲之理（名古屋大学），栗谷川 幸代（日本大学），自動車技術会 2016 年春季大会，2016
- Control Target Algorithm for Direction Control of Autonomous Vehicles in Consideration of Mutual Accordance in Mixed Traffic Conditions :Shohei Kitazawa, Tetsuya Kaneko, Proceedings of The 13th International Symposium on Advanced Vehicle Control AVEC'16 in Munich, Germany,2016
- Development of A Traffic Simulator for Analyzing Mutual Interference between Personal Mobility Vehicles and Traffic Flow in consideration of Vehicle Dynamics : Tetsuya Kaneko, Ichiro Kageyama(Nihon University), Yukio Kuriyagawa(Nihon University),Tetsunori Haraguchi(Nagoya University), Proceedings of Bicycle & Motorcycle Dynamics (BMD2016), Vol.10, 2016
- 周辺交通との相互調和を考慮した自律走行車両の制御目標生成に関する研究（第 2 報）ーリスクポテンシャルおよび車両運動力学モデルを用いた加減速を伴う制御目標生成ー：北澤章平，金子哲也，自動車技術会 2016 年秋季大会，2016

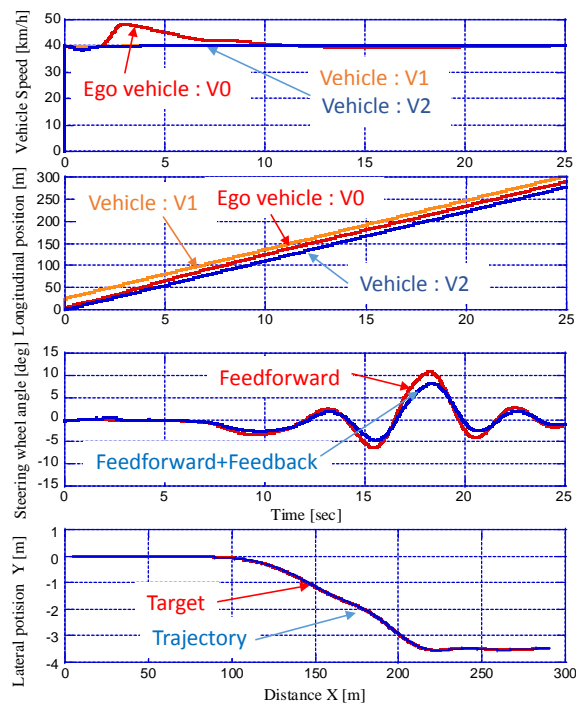


Fig.4 Simulation Results (Scenario 1)

車両運動特性を考慮したマイクロ交通流シミュレータの開発

金子 哲也（工学部交通機械工学科）

研究概要

近年、小型で低コストであり機動性の高い、新しいカテゴリーの移動手段としてパーソナルモビリティ（Personal Mobility Vehicle 以下 PMV）の需要が高まり、市販、研究開発、運用、実証社会実験が多方面で行われている。本研究では4輪車（または3輪）でありながら自動二輪車などと同様に旋回方向に対して内側に倒れ込む（リーン）ことにより旋回する車両を想定し、通常の交通流の中において固有の運動特性と走行形態を持つ超小型モビリティの動きや車両の相互の間の干渉度合い等の検証など、ドライバの操縦動作を含めたダイナミクスと交通システム・ルール面からの合理的親和性確保のための検証と方策の提案を目的とし、ドライバのリスク感覚の相互干渉を考慮したミクروسケール交通流シミュレータの開発を行う。

ミクروسケール交通流シミュレータの概要図を図1に示す。本シミュレータにおいて、道路交通上のローカルな場面を想定したシナリオにおいて車両運動性能やドライバの運転動作を詳細に表現することにより既存交通流と新たなモビリティである PMV との親和性を評価する。

本シミュレーションシステムを用いた再現事例として、PMV と一般車両の干渉による危険場面の再現と緊急回避シミュレーションの結果を示す。

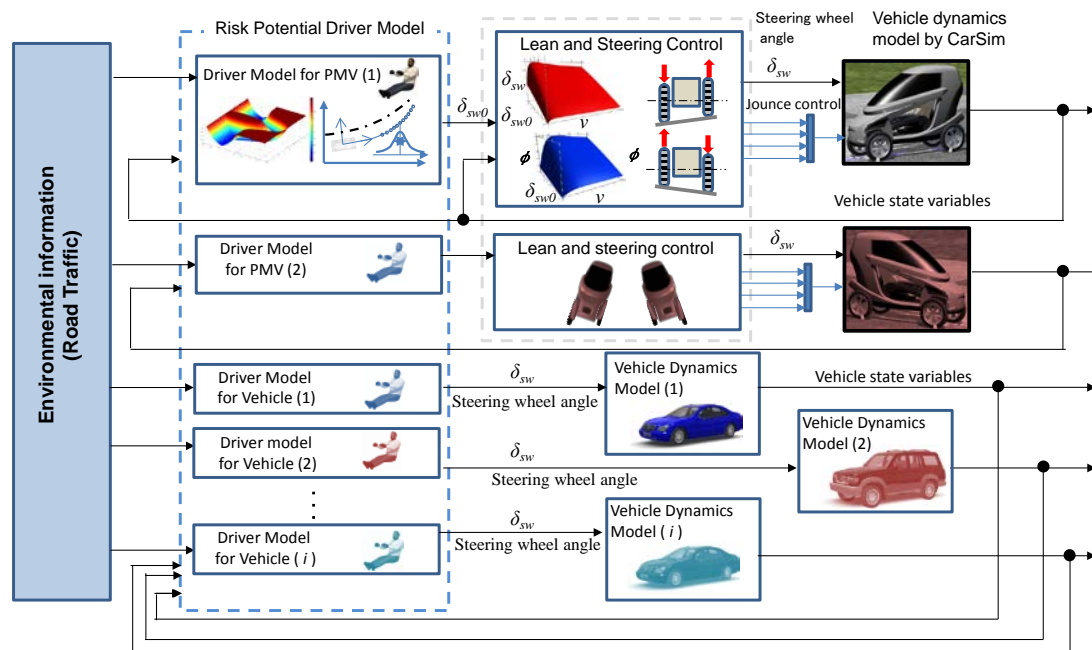


Fig. 1 Driver Model and Vehicle Dynamics Model in the Simulator

図2に本シミュレータの検証例として行ったシミュレーション条件を示す。同一方向に対して2車線の道路を設定した。ここでまず右側車線に乗用車、左側車線にPMVが一低速で走行している。そしてそれらの前方に故障車両を想定したRV車両が走行路内をまたいで停止しており、右側車線を走行している車両は停止車両を減速せずに回避するものとする。

本条件において、PMVと乗用車の干渉問題の例として、乗用車ドライバーが感受するPMVのリスクポテンシャル値を低く設定（車両の認識度、危険感覚を鈍く設定）し、車両間の相互干渉による、それぞれの運動変化をシミュレーションした。

図3に停止車両回避前のそれぞれの車両のドライバーモデルにおけるリスクポテンシャルフィールドの比較を示す。図よりリスクポテンシャルパラメータの設定により自動二輪車やPMVのような小型車両から受けるリスク感覚が相対的に低いことを示している。また、シミュレーション結果例として車両の運動アニメーションの結果を図4に示す。以上の結果より本シミュレータが各車両間の相対運動に対して干渉することによる車両運動御状態の変化を忠実に再現していることがわかる。

今後、リスクポテンシャルのパラメータを最適化し、交通流の調和を定量的に評価する指標の提案を目指す。

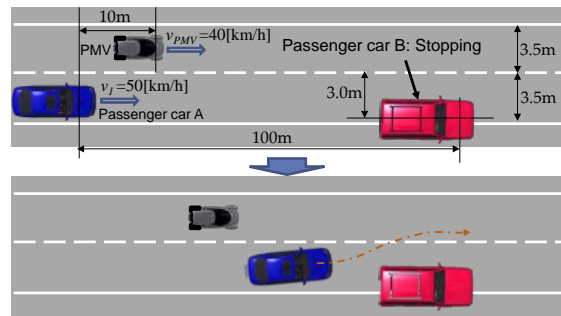


Fig.2 Condition of the Emergency Avoidance Simulation

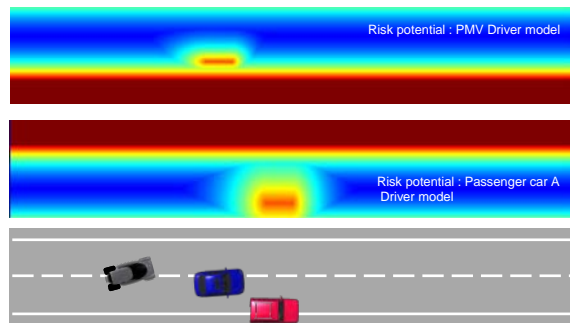


Fig.3 Risk Potential Field for the Simulation

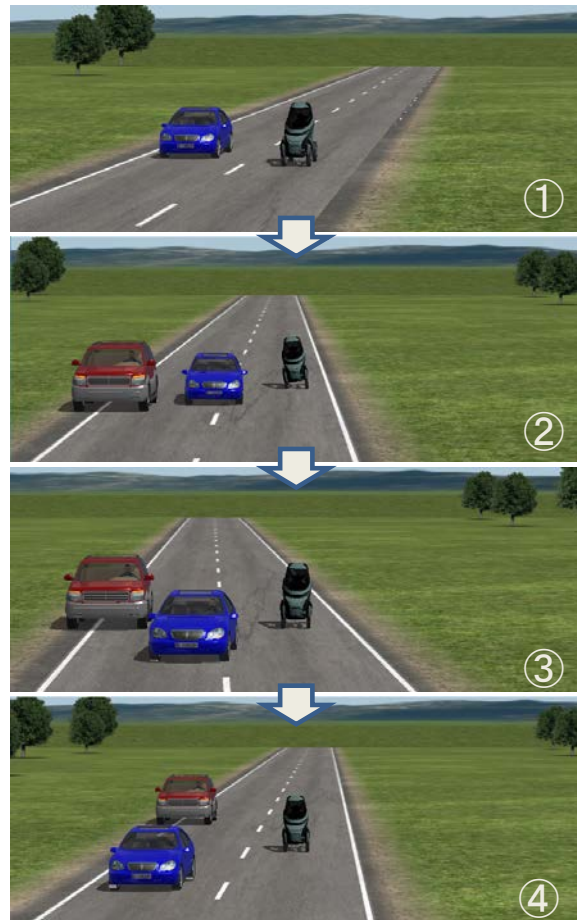


Fig.4 Animation Image of Simulation Results