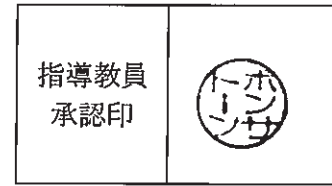



(様式 5)



平成 29 年 12 月 13 日  
Year 2017 Month December Day 13th

## 学位 (博士) 論文要旨

(Doctoral thesis abstract)

論文提出者 (Ph. D. candidate)	工学府博士後期課程 機械システム工学 専攻 Mechanical Systems Engineering (major) 平成 26 年度入学 (Admission year) 学籍番号 14833002 氏名 江澤 和浩  (student ID No.) 14833002 (Name) Kazuhiro Ezawa (Seal)
主指導教員氏名 (Name of supervisor)	ボンサトーン・ラクシンチャラーンサク Pongsathorn Raksincharoensak
論文題目 (Title)	市街地における歩行者・自転車の移動予測に基づく 自動減速制御に関する研究
論文要旨 (2000 字程度) (Abstract (400 words)) ※欧文・和文どちらでもよい。但し、和文の場合は英訳を付すこと。 (in English or in Japanese)  本論文では自動運転システムおよび運転支援システムの開発のため、以下の課題に取り組んだものである。 <ol style="list-style-type: none"><li>1. 無信号交差点における危険予測に基づく自動減速システムの構築</li><li>2. 歩行者の駐車車両回避場面における移動予測手法の構築</li><li>3. 自転車の他者追い越し場面における移動予測手法の構築</li><li>4. 移動予測手法に基づく自動減速制御の検討</li></ol> 現在、日本における交通事故の特徴として、歩行者・自転車の死亡事故割合が他国と比較して高くなっていることが挙げられる。歩行者との衝突事故を未然に防ぐ運転支援システムも実用化されているが、死角からの飛び出しには物理的限界によって衝突を回避できない場合がある。そのため、衝突回避性能をより高めるには、事前に減速するために歩行者の飛び出しや進路変更などの危険を予測することが重要となる。 自動運転や運転支援システムに欠かせない要素として、「センシングによる周囲環境の認知」、「認知した結果に基づく行動判断」、「判断した通りの車両操作」の 3 つに大別できる。このうち、「認知した結果に基づく行動判断」について注目し、無信号交差点における歩行者飛び出し予測に基づく自動減速手法、一般単路における歩行者・自転車の移動予測手法の構築および移動予測に基づく自動減速制御の構築を研究目的とする。	

本研究では、運転指導員の運転行動記録と交通調査をそれぞれ実施し、分析結果を参考に、移動予測が必要となる場面として無信号交差点における歩行者の飛び出し場面、歩行者の駐車車両回避場面および自転車の他者追い越し場면을対象とした。無信号交差点において、どのようなタイミングで歩行者が飛び出しても衝突を回避することができるよう、危険予測に基づく自動減速手法を構築した。また、対象場面における現実の歩行者・自転車の挙動を把握するため、移動軌跡を実験により収集・分析した。分析結果に基づき、各対象場面における歩行者・自転車の挙動をモデル化し、移動予測手法を構築した。さらに、移動予測手法に基づく自動減速制御の有効性をシミュレーションにより確認した。

第1章「緒言」では本研究の社会的・技術的背景について述べ、課題と本研究の目的を示す。

第2章「移動予測に基づく自動減速システムの概要」では、本研究で想定する自動減速システムの概要と、本研究で対象となる場면을決定するための運転指導員の運転行動記録実験および交通調査の分析結果について述べる。分析結果を参考に、無信号交差点における歩行者飛び出し場面、一般単路における歩行者の駐車車両回避場面および自転車の他者追い越し場면을対象場面として設定した。

第3章「無信号交差点における歩行者飛び出し予測に基づく自動減速手法」では、無信号交差点の死角からの歩行者飛び出しに対して衝突事故を回避するため、リスクポテンシャルフィールドを用いた自動減速手法を構築した。また、シミュレーションにより無信号交差点における歩行者飛び出しに備えた運転指導員の運転行動を再現可能であることを確認した。

第4章「各場面における移動軌跡の分析」では、選定した2つの場面における歩行者・自転車の挙動を分析し、特徴を整理する。各場面において、回避や追い越しのために進路を変更し始めるタイミングと、進路変更後に対象との側方間隔の2つの特徴量が、移動予測を行う上で重要であることを確認し、集計を行った。集計の結果得られた分布をガンマ分布によって近似し、歩行者や自転車が進路変更を始め得る範囲と、進路変更後の横方向の移動量について、見積もるべき値を確認した。

第5章「移動予測手法の構築」では、各場面における移動予測手法について述べる。歩行者・自転車の挙動をポテンシャルフィールド法によってモデル化することで移動する様子を再現し、移動予測手法として構築する。歩行者・自転車が進路変更するきっかけとなる駐車車両および追い越し対象となる歩行者・自転車に対して斥力ポテンシャルを設定した。移動予測のために歩行者・自転車が進み得る経路候補を作成し、経路候補上にポテンシャルの評価点を設定し、各経路候補のポテンシャル値が最も低く経路に沿って歩行者・自転車が移動していくものとして、移動予測手法を構築した。また、第3章で分析した結果を参考に、想定すべき進路変更開始タイミングおよび横方向の移動量を基に、ポテンシャルフィールドのパラメータを設定した。

第6章「移動予測に基づく自動減速制御」では、第5章で構築した移動予測手法を用いた自動減速シミュレーションについて述べる。各研究対象場面において車両が走行することを想定する。車両は歩行者や自転車に対して移動予測を行い、安全に歩行者・自転車の横

を通過することが不可能であると予測される場合は自動減速を行うものとした。また、提案する移動予測手法の比較として、対象の移動速度と移動方向のみを考慮した1次予測手法を設定した。シミュレーションの結果、1次予測手法と比較して、提案する移動予測手法によって危険な状態に陥ることを判断し、緩やかな減速で安全を保つことを確認した。

第7章「結言」では結論を述べ、本研究で得られた知見についてまとめた。

(英訳) ※和文要旨の場合(400 words)

This thesis describes the following topics in order to develop the autonomous driving system and driver assistance system.

1. Hazard anticipatory driver assistance system in unsignalized intersection
2. Development of motion prediction method in the scenario pedestrian avoiding parked vehicle
3. Development of motion prediction method in the scenario cyclist overtaking other pedestrian or cyclist
4. Evaluation of the autonomous braking system based on motion prediction

The ratio of Japanese fatal traffic accident of pedestrian and cyclist is higher than in other countries. Though the collision avoidance system has been realized, it reaches its limit under the situation that pedestrian walks toward a parked vehicle and the situation that a cyclist runs towards a pedestrian or another cyclist as the prediction is conducted based on the current position and velocity of pedestrian or cyclist within a finite time horizon. In addition, it is necessary to predict the hazard that pedestrian darts out from the blind spot in unsignalized intersection. If these action of pedestrian and cyclist can be predicted before, the vehicle maneuver to avoid collision with pedestrian and cyclist can be executed in advance without activating harsh braking.

The process of autonomous driving system and driver assistance system is composed of 3 actions, recognition, risk assessment and operation. This paper focused on risk assessment. In order to enhance the ability to avoid the collision in 3 different scenario, hazard anticipatory motion prediction in unsignalized intersection, motion prediction for pedestrian avoiding a parked vehicle and motion prediction for cyclist overtaking pedestrian or another cyclist. These 3 situations are selected by analyzing driver behavior of driving instructor and operating traffic survey.

At first, the reference velocity model for unsignalized intersection based on actual expert driver behavior analysis is constructed by using risk potential field. In addition, the motion prediction model for pedestrian avoiding a parked vehicle and cyclist overtaking others are constructed by measuring and analyzing the trajectories of pedestrians and cyclists. The trajectories of cyclists overtakes a pedestrian and a slower cyclist is measured to find the characteristics in overtake action. Motion prediction model of cyclist based on potential field is constructed by considering the trajectory analysis. The effectiveness of the proposed prediction model in the target scenario is verified by comparing the measured trajectory with the calculated data based on 1st order prediction and the proposed method. Finally, the effectiveness of autonomous deceleration system based on motion prediction method is confirmed by simulation.