

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	ピッチ角推定に基づく車載単眼カメラによる車間距離計測システム
Title(English)	
著者(和文)	李博
Author(English)	Bo Li
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9945号, 授与年月日:2015年6月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:佐藤 誠,長橋 宏,熊澤 逸夫,中村 健太郎,山口 雅浩,張 曉林
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9945号, Conferred date:2015/6/30, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	物理情報システム	専攻
学生氏名： Student's Name	李 博	

申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 (学術)
指導教員 (主)： Academic Advisor(main)	佐藤 誠
指導教員 (副)： Academic Advisor(sub)	張 曉林

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

近年、交通事故による死傷者数が減少し続けた。その要因は、シートベルトやエアバックなどの衝突安全装備の普及率や着用率が向上して事故の被害が軽減されていること、飲酒運転、速度超過などの悪質な法令違反が減少していることなどが考えられる。今後、交通事故による死傷者数と事故件数の減少へのさらなる努力に向け、より効果的な予防安全や走行支援システムの研究、開発および普及が必要となる。

予防安全や走行支援システムでは自車両周辺の他車両、歩行者および道路上の標識を識別した上で三次元位置を計測できる対外環境センシング技術が重要となる。しかしながら、ミリ波レーダーやレーザーレーダーなどの TOF 式センサは、周辺車両や歩行者の位置情報を推定することは可能だが、ターゲットの属性を判断することはできない。ターゲットの位置情報と属性情報の両方を検知できるセンシング手段としては、高度な画像処理アルゴリズムを持つ車載単眼カメラとステレオカメラが挙げられる。本研究では、コストの面においてステレオカメラよりアドバンテージを持っていた単眼カメラに注目する。

単眼カメラは、属性判定可能な点においてミリ波レーダーやレーザーレーダーより優位性を持つが、測距性能が劣る。しかしながら、カメラ単独で構成されるシステムであれば測距能力は不可欠である。また、レーダーとビジョンから構成されるデータフュージョンシステムにおいても、センサ間のターゲットマッチングを実現するためにはカメラの測距能力が必要となる。本研究では、ドライビングシミュレーターを構築し、衝突警報の発生時におけるドライバーの運転特性を統計した。その統計データに基づき、単眼カメラによる距離推定の精度要件および範囲要件を設定した。

単眼カメラを用いた距離推定手法を比較した上で、接地点俯角による距離推定手法を選択した。この手法では、カメラの光軸と車両の走行道路平面の間で形成されたピッチ角の変化が測距精度に大きく影響する。したがって、車載単眼カメラによる測距を実現するため、ピッチ角の推定が必要とされている。

本研究では、車載単眼カメラのみで累積誤差が発生せず、初期姿勢推定可能な高精度なピッチ角推定手法を提案した。当手法はハリスコーナーおよびピラミッド型 Lucas-Kanade 法を用いて、画像を縦方向に領域を分割した上で前後フレーム間のコーナーのオプティカルフローを検出する。検出されたオプティカルフローに基づき、Structure from Motion 法で回転行列および並進ベクトルを推定し、モーションステレオ法を用いて運動パラメータの正当性を判定した上でカメラの自己運動推定を実現している。そして、ガウス・ニュートン法を用いて推定された自己運動パラメータを最適化する。さらに、本研究では並進ベクトルから直接に車載カメラが走行道路平面に対するピッチ角の推定手法について提案した。また、そのピッチ角と回転行列から分解した前後フレーム間のピッチ角レートを移動平均法で合成し、高精度なピッチ角推定を実現している。

本研究では、シミュレーション画像と実画像の両方を用いて検証実験を実施した。高精度な慣性計測装置は体積が大きく、ねじりや曲げの発生しないように車載単眼カメラと固定することは困難である。そこで、予防安全システム開発専用のシミュレーションソフトを用いてピッチ角推定精度を定量的に評価した。さらに、実環境における有効性を評価するため、ミリ波レーダーと実験用車載単眼カメラを同時に装備したテスト車両を用いて実環境のデータを収集した上で、提案手法による距離推定の精度を検証した。

車載単眼カメラを用いて連続画像を処理し、高精度にピッチ角を推定する手法を提案した。さらに、当ピッチ角推定手法に基づき、接地点俯角による距離推定手法を用いて単眼カメラによる距離推定手法を提案した。シミュレーション環境で直接ピッチ角推定の性能を評価し、実環境下において距離推定の有効性を検証した。その結果によって、本提案手法は、近距離・低速度域の予防安全や走行支援システムに適用可能な距離推定性能を有することを確認した。本研究では、天候および路面状況が良好な環境下で提案手法を評価したが、今後の課題として悪環境において有効性を検証する必要がある。また、正確なピッチ角推定を実現できれば、三次元地図上の道路情報を車載カメラ画像に再投影することも可能となるので、将来に自動運転技術への応用も考えられる。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻：	物理情報システム	専攻
Department of		
学生氏名：	李 博	
Student's Name		

申請学位 (専攻分野)：	博士	(学術)
Academic Degree Requested	Doctor of	
指導教員 (主)：	佐藤 誠	
Academic Advisor(main)		
指導教員 (副)：	張 曉林	
Academic Advisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

In the future, to reduce the number of traffic accidents and the casualties in the accidents, the development and popularization of Active-Safety system and Advantage Drive Assist system will be necessary. To achieve a usable Active-Safety system using a vehicle-mounted monocular camera, range measurement feature with high accuracy is required. In this study, a range measurement method based on high accuracy pitch angle estimation using a vehicle-mounted monocular camera is proposed. And, we propose a method for estimating pitch angle with a non-occurrence of cumulative error. Using this method, the initial pitch angle can be estimated simultaneously. We use the Harris-corner algorithm and the pyramid Lucas-Kanade method to detect the optical flow of feature points between adjacent frames from the monocular camera. With the result of the optical flow detection using Structure from Motion method to estimate the camera ego-motion parameters, including the rotation matrix and the translation vector. And, to optimize the estimated ego-motion parameters using the Gauss-Newton method. In addition, we propose a method of estimating pitch angle relative to the road surface from the translation vector. The pitch angle estimated from translation vector and the pitch angle rate decomposed from the rotation matrix of the adjacent frames are composed using an average transfer method, to achieve the high accuracy pitch angle estimation. Further, the effectiveness of pitch angle estimation using a vehicle-mounted monocular camera is confirmed in simulation environment. And, the accuracy of range measurement based on pitch angle estimation is evaluated with real world image data. By experiments, that the performance of the proposed method is applicable for Active-Safety system and Advantage Driver Assist system in the low speed range, is confirmed.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).