

安全運転管理教育システム ASSIST における距離計測

合志 和晃 松永 勝也 浮橋 秀彰 前田 晴仁 宮里 翔
九州産業大学 情報科学部

{goshi@is, matsnaga@is, s4jk019@ip, s5jk138@ip, s5jk153@ip}.kyusan-u.ac.jp

論文概要

近年の情報通信技術の発達にともない自動車に搭載した装置によって運転者の運転挙動を取得し通信で外部に知らせることが可能になってきた。危険な運転をした場合に、随時教育した方が教育効果も高いと考えられるので、運転者の運転挙動を把握し助言することにより、交通事故を大幅に減少できると予測される。そこで、我々は、人の認知特性の研究に基づいた自動車運転事故防止法の研究を行い、安全運転管理教育システム (Assistant System for Safe driving by Informative Supervision and Training: ASSIST) の開発を行った。追突事故防止の教育には、車間距離の計測が必須であり、ASSIST では、レーザレーダ距離計を用いている。本稿では、簡易的な方法として従来の ASSIST 車載システムへのカメラとソフトウェアの追加のみによるステレオ画像での距離計測の実装の試みについて述べる。

Headway Distance Measuring for ASSIST

Kazuaki Goshi Katsuya Matsunaga
Hideaki Ukihashi Haruhito Maeda Tsubasa Miyasato
Kyushu Sangyo University, Faculty of Information Science

Abstract

Recent computer and communication technologies have made it possible to obtain information concerning driving behavior and send the information to a supervisor outside of the vehicle. It is believed that the most efficient opportunity to teach safe driving is the moment when a driver is driving dangerously. Therefore, we have developed an Assistant System for Safe Driving by Informative Supervision and Training (ASSIST), a system created to prevent accidents based on our safe-driving theory. In this paper, we report development of headway distance measuring software for ASSIST.

Keywords:

ITS, Safe Driving Theory, Stereo Camera

1. 背景

交通事故は、現在社会で解決すべき重要な問題の一つといえよう。ところで、これまでの運転者への自動車運転事故防止対策としては、運転者自身が安全運転を実行することを期待しての啓発が主であった。しかし、その効果が上がらないことから、近年 ITS (高度交通システム) をはじめとする自動運転システムなど運転者支援システムの開発が進められてきている。しかしながら、いくら運転者支援システムの整備が進んでも、人が安全運転について理解し、それを受け入れ、実行しなければ、自動車運転事故を防止することはできない。また、運転者が安全運転法を理解してはじめて、ITS における危険警告や運転支援を安全運転

に役立てることが可能となる。すなわち、事故防止のためには、安全運転に関して運転者の指導と管理が必須である。我々は、このような視点で自動車運転事故防止の教育・管理に関わる ITS について研究を行っている。

過去に大きな問題であった工場での事故は、不安全行動が発生した時点(実時間)における即時の指摘や、その防止のための指導を通して、不安全行動を事前に防止することにより事故を効果的に減少させてきた。自動車の運転事故も、同様に、不安全行動の実時間でその防止の指導と管理により効果的に減少させることができるはずである。ところが、工場では従業員の行動を直接観察できるのに比べて、自動車では同乗しな

い限り運転者の運転挙動を把握することは困難である。したがって、事前の管理や指導は困難で、そのために、これまでは、事故発生後に個々の運転者の指導がなされているといえる。

しかしながら、近年の情報通信技術の発達にともない、自動車に搭載した装置によって運転者の運転挙動を取得し外部に実時間で伝送することが可能になってきた。危険な運転をした場合は、その時点で随時フィードバックし、指導した方がその効果も高いので、運転者の運転挙動を実時間で把握し助言することにより、交通事故を大幅に減少できると予測される。そこで、我々の研究室では、我々の安全運転 (KM) モデルに基づく安全運転管理教育システム (Assistant System for Safe Driving by Informative Supervision and Training: ASSIST) の開発を行っている。

自動車の運転事故で多いのは追突と出会い頭の衝突である。これらの事故防止について、本システムにおける1人の管理者による1人の運転者の管理・指導実験では、運転の仕方の効果的な改善が確認された[1][2]。また、追突事故と出会い頭衝突事故の防止に関わる不安全挙動の把握が、複数車両について可能であることを確認している。

2. ASSISTの構成

ASSIST は、車載システムと管理者用システムからなる(図1)。車載システムは、運転挙動測定装置(各種センサ)、コンピュータ、運転挙動測定装置インターフェース(マイクロプロセッサボード)、及び通信装置(携帯電話)からなる。また、管理者用システムは、コンピュータとネットワーク(インターネット)への接続装置からなる。

ASSIST には、リアルタイムに運転挙動を管理者に伝える機能と、車載したコンピュータのハードディスクに運転挙動を記録する機能の2つがある(図2)。リアルタイムに通信を行う機能は、運転者が不安全挙動を行った場合に即座に注意したり警告したりといった運転中の管理・教育に使用する。運転挙動を記録する機能は、運転後の管理・教育、すなわち、運転後に、運転者毎の詳細な解析を行ったり、安全運転講習などの個人データとして利用したりすることも可能である。

ASSIST での管理・教育は、管理者の存在を前提にしている。これは、コンピュータによる助言や警告より、何らかの権威をもつ管理者による助言や警告の方が、運転者への指導効果の高いことが予想されるからである。ただし、自己管理できる運転者もいるので、ASSIST を利用した車内搭載の警報装置の開発も行っている(図2)。

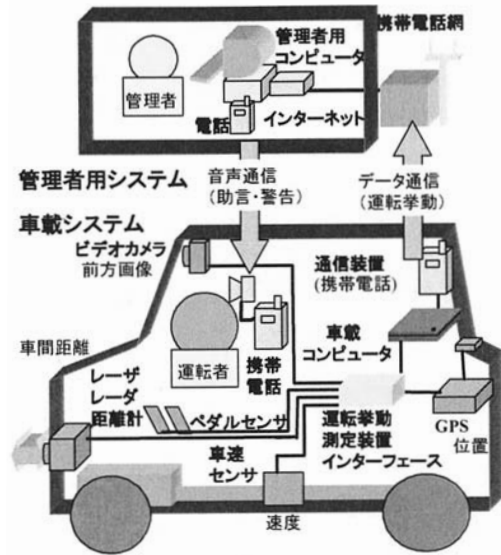


図1. ASSISTの構成

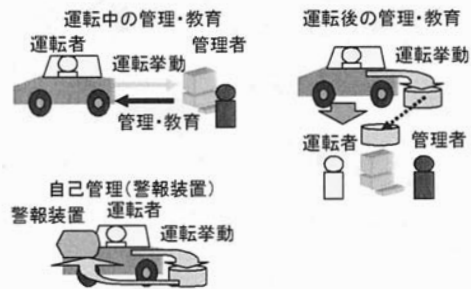


図2. ASSISTの利用方法

ASSIST と他のシステムとの違いは、我々の自動車運転事故防止理論の研究に基づいて安全運転の管理・教育を目的としている点である。例えば、ドライブレコーダは、事故時の運転状況に関してのデータを記録し、事故原因の解析に役立てようとするハードウェア側からのアプローチであり、また Internet ITS[3] は、通信基盤側からの ITS へのアプローチであり、直接的に事故防止にかかわるものではない。ただし、そういったハードウェアや通信基盤の標準化は、ASSIST の構築にも大いに役立つ。

3. ASSISTにおける追突事故防止のための管理・教育の内容

追突事故を防ぐには、十分な進行方向空間距離(前方の障害物との距離: 障害物が車両の場合は車間距離と等しい)を保つことが重要である。衝突を避けるた

めには可能な限り以下の式(1)の条件を満たして走行することが望ましい[4].

衝突しない条件:

$$\text{停止距離} < \text{進行方向空間距離} \quad (1)$$

停止距離は、速度から近似値を求めることができる。また、進行方向空間距離 (m)は、レーザレーダ等の距離計によって計測可能である。したがって両者を比較することによって運転挙動を判断することが可能である。比較の指標として、式(2)の衝突可能性指数(または危険指数と称す)CPI(Collision Prone Index)を導入した。

$$\text{CPI} = \text{停止距離} / \text{進行方向空間距離} \quad (2)$$

ASSIST では、CPI が 1 を超えた状態が長く続いた場合は、運転者が不安全な運転を行っているとして、管理・教育を行うようにしている。また、この場合、前方画像により、実際の道路状況も把握することが可能であるために、より、実際の状況に即した助言や警告が可能である。また走行毎の指標として、CPI が 1 を超えた時間を、全走行時間で割った不安全割合という指標も導入している。

4. 距離計測

追突事故防止の教育には距離の情報が必須である。現在の ASSIST では、車間距離の計測にレーザレーダ距離計を用いている。現在使用している日産ディーゼルのトラフィックアイでは、127m まで直線方向の距離が 10cm 単位で測定可能である。ところが、車両への取り付けには、同社の対応車両を除いて車体の加工が必要であり、また、コスト的にも ASSIST の構成要素としてはもっとも高額である。そこで、ASSIST 用のステレオカメラによる取り付けが簡単な簡易的な距離計測装置の研究を行っている。

ステレオカメラによる距離計測については、研究・開発が様々なところでこれまでも行われている。自動走行や走行支援に用いる場合においては、細かいサンプリング間隔と十分な精度とが必要である。ところが、ASSIST では、1 秒に 1 回のサンプリング間隔でも十分に役に立つ。また、精度ももちろん良ければ良いに越したことはないが、自動走行や走行支援と違って精度の問題で危険になることはない。距離データが全くないことに比べると精度が多少悪くてもデータがあれば何らかの評価ができるので精度より距離計測が可能であることが重要である。

5. 設計

現在使用している車載 PC の処理能力の範囲で、データの記録や通信の処理と平行してできる範囲でステレオ距離計測を行うものとする。現在の組み込み PC による ASSIST 車載システムでは、前方映像の記

録用にビデオキャプチャボードを使用している。このボードは、4 つの NTSC 入力があり、同時記録は不可能であるものの、チャンネル切り替えで最大 4 つのカメラからの画像を取得可能である。通常のステレオカメラによる距離計測では、2 つのカメラの同期をとって測定を行うが、今回のシステムでは、チャンネル切り替えによって 2 つのカメラの映像を取り込むものとした。これによって左右の 2 つの映像は時間的にずれたものとなり、道路や周囲の建物は、あきらかにずれた時刻の映像となる。ところが前方車両は、同一方向に走行しており、そこまでのずれは発生しないため、今回は、この簡易的な方法を採用した。

ASSIST 用のステレオカメラによる距離計測では、1 秒 1 回程度のサンプリング周期とする。ステレオカメラによる距離計測では、直線方向の距離のみではなく、上下左右の範囲についての距離マップを作成できるが、今回は、従来の ASSIST への追加は、2 つのカメラとソフトウェアのみとするために、直線方向の距離のみの計測とし、処理の負荷を抑えるものとした。

6. 実装

現在の ASSIST の車載 PC は、Linux OS による組み込み PC (IEI Technology Corp. NANO-7240, Celeron 400MHz 搭載マザーボードを使用)とビデオキャプチャボード (IEI Technology Corp. PM-1056)を用いており、ソフトウェアの開発には、C 言語 (gcc 4.1.2) もしくは Java 言語 (jdk1.6) を用いている。ステレオ画像取得用カメラは、2 つのカラー CCD カメラ (BUFFALO 製 CVU-T25) をダッシュボード上に設置した。画像は 320x240pixel の解像度で取得した。今回、画像処理には、米 Intel 社で開発された画像処理・画像認識用の C 言語ライブラリである OpenCV 1.0.0 を用いた。OpenCV には、cvFindStereoCorrespondence というステレオ距離計測で使用できる関数があるものの、試用したところ車載したカメラで取得した画像ではうまく計測ができなかった。そこで、OpenCV のテンプレートマッチングの関数である cvMatchTemplate を用いて、左側のカメラの画像を基盤目状に分割して部分画像を作成し、その中から中心付近の部分画像 (20x20pixel) の 1 つ 1 つをテンプレートとして右側のカメラの画像の類似箇所を検索するものとした。見つかった類似箇所の画像とテンプレート画像のズレのピクセル数の最頻値を用いて距離を計算した。距離 D は、 $D = B \times F / Z$ より、求めることができる。ここで、 B は左右のカメラの間隔、 F はカメラの焦点距離、 Z は 2 枚の画像のズレのピクセル数である。 B は、今回は、0.98m であり、 F は既知の距離から求めて 342 pixel であった。

7. 実験

開発したソフトウェアと2つのカメラを ASSIST の車載システムに追加して走行し距離の記録を行うことによってレーザレーダによる距離とステレオカメラによる距離の比較を目的とする。

1月29日の17時33分から九州産業大学付近の3号線を中心とした道路を8分間走行した。図3、図4が、ステレオカメラによる画像のうち、うまく計測できた1例である。図3の左カメラの画像での枠がテンプレート画像で、図4の右カメラの画像での枠が見つかった類似画像である。一般道に必要な60m以下のデータについて横軸にレーザレーダ距離計による距離、縦軸にステレオカメラ距離計による距離のグラフにしたところ図5のようになり、誤差はあるものの距離計測が可能であることがわかった。

不安全度の評価について、今回の走行では、CPIの平均値は、レーザレーダ距離計、ステレオカメラともに0.46であり、不安全割合は、レーザレーダ距離計で4.4%、ステレオカメラで6.7%と誤差は小さかった。今回の1回の走行だけでは結論にはまだ不十分ではあるが不安全度は、同程度の値であり安全運転度の評価に使える可能性は十分あると考える。誤差については、レーザレーダ距離計側の計測データの誤差もあえるので今後は、誤差の大きいデータの解析を行い距離計測の精度の向上を試みる。

8. まとめと今後の課題

既に開発した ASSIST の車載システムに2つのカメラの追加のみで可能なステレオカメラによる距離計測ソフトウェアを開発し、誤差はあるものの実現の可能性を示すことができた。今後は、距離計測の精度の向上を試みる。また、走行回数を増やし、ステレオカメラとレーザレーダによる距離計測のデータから計算した不安全割合をそれぞれ比較し、ステレオカメラによる距離計測が安全運転の評価に利用可能かを確かめる。

References

- [1] Goshi, K., Matsunaga, K., Kuroki, D., Shidoji, K., & Matsuki, Y., Educational Intelligent Transport System ASSIST, Proc. of the Fourth IASTED Int. Conf. Computers and Advanced Technology in Education, Banff, 2001, pp. 150-154.
- [2] 合志和晃 松永勝也 黒木大一朗 志堂寺和則 松木裕二, 自動車運転事故防止のための ITS—安全運転管理教育システム ASSIST, 情報処理学会論文誌, Vol. 42, No. 7, 2001, pp. 1654-1671.



図3. 左カメラによる画像



図4. 右カメラによる画像

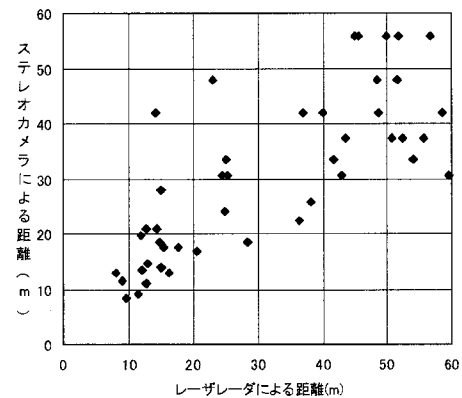


図5. レーザレーダによる距離とステレオカメラによる距離の比較

- [3] 植原啓介 寺岡文男 編, インターネットと自動車, 情報処理, Vol.43, No.4, 2002, pp. 349-391.
- [4] 松永勝也 志堂寺和則 合志和晃 松木裕二, 交通事故防止の人間科学, ナカニシヤ出版, 2002, pp. 90-93.