

歩行者検知機能付き車載リアカメラ

Vehicle Rear Camera Equipped with Pedestrian Detection Function

白井 淳一*

Jun-ichi Shirai

車両後退時の人身事故予防のため、車両後方の歩行者をカメラで検知し、ブザーでの注意喚起、衝突の可能性がある場合は自動ブレーキを行うことのできる世界初の歩行者検知機能付き車載リアカメラを開発した。歩行者検知機能はカメラECU（Electronic Control Unit）で行うのが一般的であるなかで、本車載リアカメラは、①検知機能を小型カメラに搭載、②静止している人も検知可能、③検知情報と自車後方の映像を高画質なカラー映像としてナビ画面で確認可能、という特長を有する。

We developed world's first vehicle rear camera that comes equipped with a pedestrian detection function. It can detect pedestrians behind the vehicle, alert the driver with a buzzer, and automatically brake when there is a possibility of a collision to prevent personal injury when the vehicle is backing up. Camera Electronic Control Unit (ECU) systems that can detect pedestrians have already been developed, but our newly developed camera has the following three features: (1) The detection function is put in a small camera; (2) It can detect stationary people; and (3) It allows drivers to see detection information and high-quality color images behind the vehicle on the navigation screen.

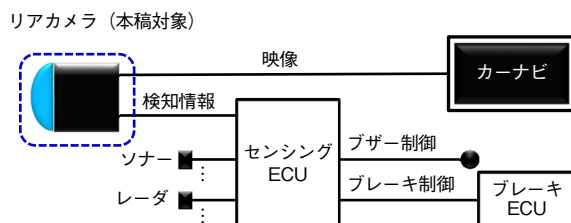
1. 背景と解決課題

車両後退では死角が多く、前向き駐車を基本とする北米などでは後退出庫時の人との接触事故が後を絶たない。このような背景から、北米では車載リアカメラの搭載標準化（FMVSS111）により、自動車メーカー各社はリアカメラの搭載が義務化されている。

当社では車両後退時の人身事故予防のため、静止している人、歩いている人を検知してドライバーにブザーで注意喚起したり、衝突する可能性がある場合はブレーキ制御により車両を自動停止させたりできる歩行者検知機能を小さな車載リアカメラの中に入れるという世界初[1]の技術で社会課題の解決を図った。

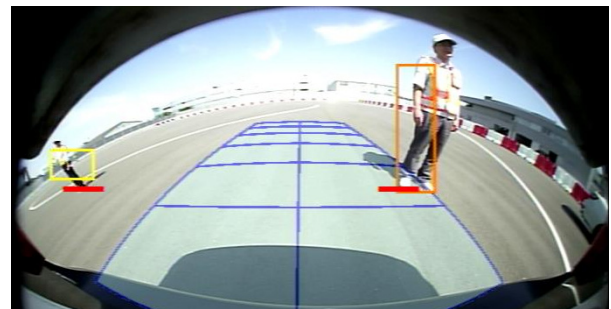
2. システム構成

自動車に搭載されるシステム構成を第1図に示す。



第1図 システム構成
Fig. 1 System configuration

メーカーごとに構成は若干異なるが、センシングECU（Electronic Control Unit）にてリアカメラからの検知情報と、ソナー、レーダからの情報から注意喚起レベルであればブザー制御を、衝突レベルであればブレーキ制御を行う。カメラ映像はカーナビゲーションなどのディスプレイに表示され、ドライバーはディスプレイ上でも検知情報を確認できる（第2図）。

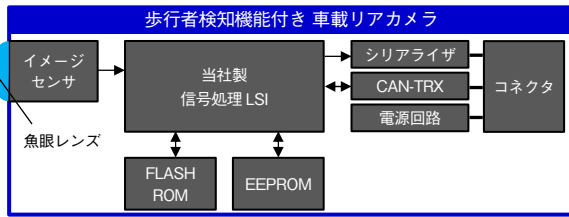


第2図 画面表示例
Fig. 2 Screen display example

3. 技術的特長

従来はカメラECUと呼ばれる別ユニットで映像から検知情報を作り出していたが、搭載スペースや総コストの面から、歩行者検知機能付き車載リアカメラの開発を行った（第3図）。

* オートモーティブ社 車載システムズ事業部
Automotive Electronics Systems Business Div., Automotive Company

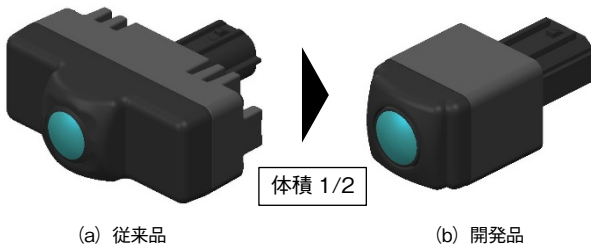


CAN-TRX : Controller Area Network-Transceiver
EEP ROM : Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory

第3図 ブロック図
Fig. 3 Block diagram

3.1 小型化

リアカメラの中に検知機能を入れたため、通常カメラの約3倍の発熱量となり、従来技術では非常に大きくなる。今回、電気回路によるロス電力低減、放熱構造・熱伝導部品の工夫などにより、従来技術比で体積1/2となる小型形状（第4図）を実現した。標準搭載されるリアカメラ並みの大きさを実現したことで、リアガーニッシュ内へ取り付けを可能にした。



第4図 歩行者検知機能付き 車載リアカメラ
Fig. 4 Vehicle rear camera equipped with pedestrian detection function

3.2 静止する人の検出

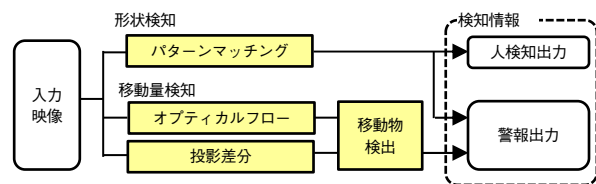
移動する人を検出する方法としてオプティカルフローや投影差分などの技術は広く使われるが、車の後方で静止したまま立っている人（雑談する人、車の移動を待っている人など）も検知することで接触事故を抑制できるようパターンマッチングを採用した。パターンマッチングは拡大、縮小しながらスキャンするため、処理量と発熱の課題が懸念されるが、独自のLSIにてハード化とソフト処理を最適に組み合わせることで、カメラ内での検知を可能にした。

また、形状の特徴から検知を行うパターンマッチングに加えて、移動量の差分から検知を行うオプティカルフロー、投影差分を組み合わせることにより、パターンマッチングだけでは検知が難しかった歩行者の形状に見えない歩行者（例えば、大きな荷物の入ったカートを押している人など）も検知できるようになり、さまざまな環境で使われる自動車における検知性能のロバスト性向上を図っている（第5

図）。

検出方法の種類とその特徴は下記のとおりである。

- パターンマッチング：
学習した画像パターンと撮影画像を比較して一致度により検出する方式
- オプティカルフロー：
画面の特徴点と次フレームでの移動量を求め、移動物を検出する方式
- 投影差分：
カメラ視点を変換して投影した画像のフレーム間差分をとることにより、立体物を検知する方式



第5図 検知機能の特徴
Fig. 5 Features of detection function

3.3 高画質カラー映像

自動車に搭載されるカーナビ画面も大型化傾向にあり、従来のアナログ出力では十分な解像度が得られないため、デジタル出力に対応した。加えてさまざまな環境下でも使用に耐えられるようレンズ温度特性も向上させることにより、高温時のフォーカス変動を抑制した。さらに、車両後退時の検知用途とビュー用途とそれぞれ独立に最適な画質設定が行える回路構成とした。

これらの対応には当社独自の映像処理エンジンを採用しており、人物検知に適したコントラスト補正、色再現性などの高視認性技術が活用されている。木の凹凸感、駐輪場の黒つぶれ、消火栓／黄色線の色再現性など改善されている（第6図）。



(a) 従来 (b) 今回

第6図 高画質カラー映像
Fig. 6 High-quality color image

4. 検知機能

車両からCAN (Controller Area Network) を通じて速度情報、ハンドル舵角 (だかく) 情報などを取得し、カメラ映像から検知した歩行者の位置情報と照合し、TTC (Time-To-Collision: 衝突までの時間) を算出し、その時間によって警告のみとするか、ブレーキ制御まで行うか決めるため、高い精度で検知情報出力が求められる。また、背景画像を誤って検知して不要なブレーキ制御が行われないよう正しい検知情報を出すことも求められる。

誤動作はドライバーに不安を与え、検知性能への不信感が自動車への不満、自動車メーカーへの不満へと発展する可能性が高いことから、正しく検知できる性能に加え、誤って検知しない性能にも細心の注意を払い、開発を進めた。

5. 動向と展望

歩行者検知機能付き車載リアカメラの開発により、死角が多い車両後退時の人身事故予防という大きな社会課題の解決に貢献することができた。

新車への先進運転支援システム (ADAS) の搭載がますます増えるなかで、Euro-NCAP (ヨーロッパで実施されている自動車安全テスト) でも、後方緊急ブレーキ機能が規定されたため、現在、リアカメラを納入している自動車メーカーからは、搭載が義務化されたリアカメラに歩行者検知機能を入れるというアプローチは非常に興味深いと注目を集め、問い合わせも増えている。

本開発を通じて得たさまざまな経験と知見を活 (い) かせた魅力的な製品開発を行うことにより、安全で快適な自動車社会の実現へ貢献していきたい。

参考文献

- [1] トヨタ自動車(株), "LEXUS, フラグシップセダン新型「LS」を発売," <https://global.toyota/jp/newsroom/lexus/28530658.html>, 参照 Apr. 20, 2021.