

画像処理統合開発環境 HALCON を用いた障害物回避支援システム 開発環境の構築

(株)本田技術研究所

(株)リンクス

藤原 幸広・三枝 重信 / 村上 慶

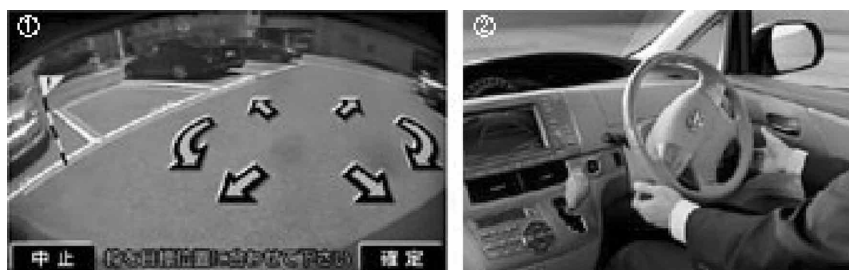
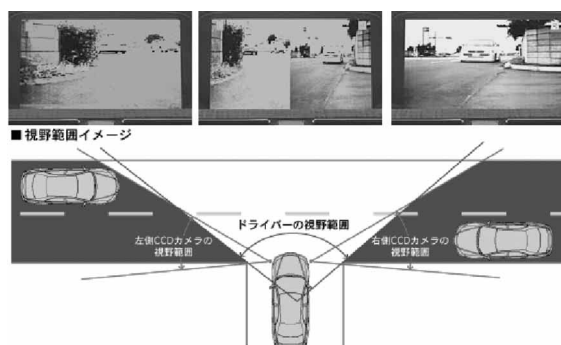
カメラを用いた障害物への衝突回避を支援するシステムの開発において、画像処理統合開発環境 HALCON を導入した。障害物検知アルゴリズムを HALCON の基本開発環境によって開発し、検知された障害物情報を CAN (Control Area Network) によってシャーシ制御デバイスへ送信する機能を拡張開発環境で実現した。本稿では、上記システムの開発環境を紹介し、その導入効果を述べる。そして最後に、HALCON の他分野における活用方法、そしてその将来の展望についても触れる。

はじめに

近年、自動車の高性能化、高機能化を実現するために、さまざまな技術開発が活発に行われている。これらの技術開発の結果として、駐車支援¹⁾や視界支援²⁾のような運転支援システムやナイトビジョン²⁾、衝突被害軽減システム³⁾、乗員状態検知システムのような安全システム⁴⁾などが先進的な装備として商品化されつつある。

これらのシステムにおいて共通していることは、センシングデバイスとしてカメラを用いていることである。つまり、運転支援や安全システムにおいて、カメラは重要なセンシングデバイスであり、カメラの信号からシステムの性能を向上させるための情報を引き出すための画像処理技術が重要になってくる。このように、自動車に搭載する先進装置の研究開発において、画像処理技術に対する期待が今後、さらに高まっていくと予想される。

一方、ドライバーが行なう運転操作を支援する機能を持つ支援システム (例えば、車線維持支援システム⁵⁾な

第1図 駐車支援システム¹⁾第2図 ブラインドスポットモニタ²⁾

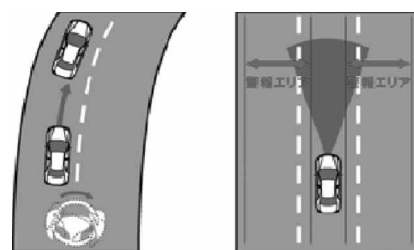
ど)では、ステアリングやブレーキなどシャーシ制御デバイスをアクチュエータとして用いることが一般的であり、これらのデバイスとして、電動パワーステアリングや車両運動安定化システムなどがある。最近では、これら個々

のデバイスがネットワークによって繋がりが、さまざまな車両情報を相互に通信できる環境も整ってきており、通信速度の速い車載ネットワークとして CAN (Control Area Network) が標準的に使われるようになってきた。し



第3図 インテリジェントナイトビジョン²⁾

たがって、運転操作支援システムを構成する手段として、カメラを用いて車両周辺の外界情報を検知し、このカメラから得られた信号に対して画像処理した情報をCAN経由でシャーシ制御ユニットに送信するシステム構成が最も効率的であると言える。



第4図 レーンキープアシストシステム⁵⁾

ところで筆者らは、カメラを用いた運転支援システム開発の初期段階において、画像処理アプリケーションのシステム構築のために、FA用PCをベースに画像処理ボードを組み込んだハードウェアを用いている。また、画像処理アルゴリズムの開発には、汎用画像処理ソフトを利用している。これらの内容については次章で説明するが、このような構成を取る場合、通信インターフェースとしてRS-232Cに対応していることはあっても、CANをサポートすることはほとんどない。したがって、既存の車載システム（例えば、シャーシ制御システム）に対して画像処理結果を送信するには、画像処理アルゴリズムを開発するだけでなく、CAN通信用のソフトウェアを開発し、既存の

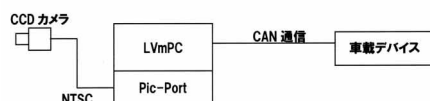
画像処理ソフトにデバイスドライバとして組み込む作業も必要になる。その結果、アルゴリズム開発以外にも工数が必要になり、開発効率化という観点から好ましいことではない。

このような背景から、カメラを使って自動車周辺の障害物を検知する運転支援システムを開発するために、市販の画像処理ソフトウェアを用いて画像処理アルゴリズムの開発を行うとともに、この市販ソフトウェアに対してCANインターフェースの組み込みを検討した。具体的には、市販画像処理ソフトとしてHALCON⁶⁾を用い、これにCAN通信機能をコマンドとして追加することによって、本来注力すべき画像処理アルゴリズムの開発に集中できるような開発環境を構築した。本稿では、構築した開発環境の概要を説明するとともに、このような環境を導入することによって得られた効果について簡単に述べる。

画像処理システムの概要

システム構成

障害物を認識するための車載型画像処理システムのハードウェア構成を第5図に示す。画像処理ユニットにはLeutron社製の小型PCである「LVmPC」を用いた。「LVmPC」は画像入力ボード「Pic-Port」シリーズを内部に搭載している。また、画像処理ソフトウェアとして、MVTec社製「HALCON」を用いた。シャーシ制御デバイスのような車載システムとのデータ通信は、今回開発したCAN通信機能を使用した。なお、CANのプラットフォーム部分はVec-



第5図 車載型画像処理システム

tor社製CANcardXLおよびデバイスドライバで構成した。

続いて、本システムの機能を簡単に説明する。まず、CCDカメラから得られた画像信号（NTSC）をPic-Portにより取り込み、その後、LVmPCにて画像処理を行なう。処理結果は、CANを介して車載デバイスへと送信される。また、画像処理を起動させるために必要なトリガ信号や画像処理を行なうために必要となる車体の情報等は、CANを介して車載デバイスからLVmPCに入力される。

導入効果の検証ポイント

カメラ信号を処理するための基本アルゴリズムの大部分は、HALCONを用いて開発した。画像処理アルゴリズムの開発フェーズを、「基本仕様検討」「コーディング」「実装」「実車テスト」と区分けし、それぞれのフェーズにおいてHALCONの導入効果を検証する。

今回の画像処理による検出対象物が、「車両に衝突する可能性のある障害物」ということで非常に多様であるため、網羅的に多数のアルゴリズムを作成し、画像処理結果の妥当性を判断することによって最終的なアルゴリズムへと絞り込む開発手法をとった。したがって、画像処理開発ツールとしてHALCON導入効果の基準として、“いかに多数の画像処理アルゴリズムを効率よく開発できるのか”、という点と“画像処理した結果の妥当性を実車レベルで迅速に検証できるのか”、という点を設定した。

効果の検証

ここでは、車両周辺の障害物検知アルゴリズムの開発をテストケースとして、HALCONの導入によって実現できたこと、さらに期待される効果を述べ

る。

基本仕様の検討段階

画像処理アルゴリズムの基本仕様検討及び作成のために、まず簡単な開発用GUIを作成し、追加/変更/削除などの処理した画像を随時確認できる環境を整えることを検討した。この環境構築には、非常に多くの開発時間が必要とされることが予想されたが、HALCONには、このような開発環境を整えるために必要とされる非常に強力な開発インターフェース機能を持っている。その一つとして、中間処理画像を随時ウォッチできる機能（Variable Watch）が挙げられるが、この機能を利用することにより、処理の追加/変更/削除の結果を随時確認しながら開発を進めることができ、画像処理アルゴリズムの妥当性を検討段階で検証できるため、後戻りがほとんどない効率的な検討ができ、開発工数を半減することができた。

HALCONの専用インターフェースは、C言語等のプログラミングに比較し、入力コマンドが極力少なく済むように体系化されており、この点でも開発効率の大幅向上に貢献できたと考える。実際、今回の開発検討中に、ある特定の処理に特化した簡単なテストプログラムを100以上作成したが従来のC言語等でのプログラミングでは、この半分も試作できなかった。以上の点から、導入効果のポイントである網羅的な案別仕様に対するアルゴリズムの妥当性検証を効率的にできるようになった。

以上の結果より、導入効果の評価基準である“いかに多数の画像処理アルゴリズムを効率よく開発できるのか”という点を十分満足することを確認できた。

コーディング/実装段階

HALCONの機能の一つとして、C、C++へのエクスポート機能がある。これは、HALCONで開発した画像アルゴリズムをCプログラムに変換し、コンパイル/リンクすることで、実行形式のプログラムを簡単に生成でき、LVmPCに実装できる機能である。この機能は、自動コード生成機能であるため、コーディング作業工数を大幅に削減できることが検証できたが、それ以上に、処理速度に関する制約がある場合には、このようなエクスポート機能が非常に有効であることが確認できた。

実車テスト段階

HALCONのCANインターフェース機能が追加されたことによって、作成した画像処理アルゴリズムの評価とシャーシ制御デバイスも機能させることで、システム全体の評価を実車レベルで検証することが、直ちにできるようになった。このように、机上での検討段階から実車でのアルゴリズムの妥当性、ロバスト性を検証するという手順をシームレスに行える開発プロセスが確立できた。その結果、導入効果の評価基準である“画像処理した結果の妥当性を実車レベルで迅速に検証できるのか”という点を十分満足できることを確認した。

期待される効果

カメラを用いた障害物検知アルゴリズムの開発について、まだ十分に検証されていないが、HALCONの導入によって期待される効果を挙げる。

中間処理画像を随時ウォッチできる機能や簡略化されたコマンド入力体系により画像処理アルゴリズムを非常に早く作成できることから、従来よりも「作成」「検証」「修正」といった開発ループを何度も回すことができ、

短期間で基本アルゴリズムの完成度を上げていくことができた。このように、開発効率だけでなく、開発初期段階において画像処理アルゴリズムの熟成を行なえるため、システム性能の達成レベルを精度よく予測できるようになったことから仕様品質の向上にも効果があると予想される。

CANインターフェース機能の追加により、既存の車載デバイスとの連携が簡単に実現できるようになったため、画像処理アルゴリズム開発から実車性能評価までの開発フェーズをシームレスに統合する環境が構築できた。これによって、実車における性能達成レベルを短期間で予測できることが期待される。

また、特筆すべき点として、HALCONのライブラリは随時更新されており、検討してみたい処理が、HALCONでサポートしていない、ということが全くなかった。実装作業時に必要なライブラリ環境の評価は、まだ十分に行っていないが、基本仕様の検討段階に用いる基本アルゴリズム構築のために必要となる機能は、ほぼ一通り関数として揃っているため、不自由を感じることは無かった。

<以下、(株)リンクス執筆>

汎用画像処理ソフトウェアHALCON

HALCONは1200個に及ぶ関数で構成される汎用画像処理ソフトウェアである。その適応用途は、半導体、電子部品、外観検査、自動車、ロボット制御、印字検査、監視、データコードリーダーなど、その優れた汎用性により様々な分野において広く採用されている。HALCONライブラリは、基本的に極めて低レベルな関数群から構成されており、ユーザ固有の微小なニーズの変化にも柔軟に対応できる設計となっている。しかしその反面で使い勝手の面が懸念されるが、前述の低レベル関

数をパッケージ化することにより、典型的に用いられる処理手法に対して中・高レベルな関数群を提供することで、マシンビジョンの経験が浅い方々向けに使い勝手を向上させている。今回の本田技術研究所殿でのプロジェクトでは、マシンビジョンに関する知識が極めて高く、要求される処理内容も難易度が高いものであったため、低レベルの関数群を上手く組み合わせることで要求を満たすことができた。

柔軟な拡張性

本プロジェクトでは、HALCONやLVmPCなどの標準製品を用いてシステムを構成した。しかし、車載デバイスと画像システム(LVmPC)とを連携する手段がなかったため、HALCONの拡張機能としてCAN通信用の関数を本田技術研究所殿向けに開発した。HALCONは『Cインターフェース』と呼ばれる機能を有しており、ユーザ独自の関数をC言語によりHALCONへ追加することで、ユーザ固有のアルゴリズムを含めた統合開発環境を構築できる。また、HALCONの関数とユーザ独自の関数における画像情報等の受け渡しも、データ形式が公開されているため容易にプログラムできる。今回の本田技術研究所殿向けの開発でも、同様にCインターフェースを用いて行った。

他分野に及ぶ豊富な処理機能

前述の通り自動車制御のセンサーとして画像処理が注目を浴びてきているが、品質管理の面においても画像処理が不可欠なテクノロジーとなっている。自動車としての品質管理を行う場合、様々なセンサー(温度、圧力、パルス等)からの情報を、データロガー等を用いて計測することにより検証を行うが、計器パネルの点灯状況やミラーの角度など、ビジョンを用いて計測しなければならない項目も多々ある。また、

これらのビジョン情報を各種センサーと同期して計測する必要があるが、最近では各種センサー情報をCANベースで取得することができるシステム(例: imc-C1、CRONOS-PL⁷⁾)があり、それらと今回開発したHALCONのCANインターフェースを組み合わせることで実現が可能となる。

HALCONの今後の開発について

自動車業界のみならず多くの産業から求められる要求として3次元処理がその一つである。パレットに無作為に並べられたワークをピッキングするロボットビジョンであったり、キズの深さを計測する外観検査であり、その適応用途は様々である。HALCONはすでにステレオビジョンや、1台のカメラで対象物の姿勢情報(3次元)を取得する機能を数年前から提供している。3次元処理だけに焦点を絞るとすでに幾つかの製品が市場に出回っているが、HALCONはマシンビジョン(2次元)のテクノロジーをベースに3次元処理を可能としている。カメラ(CCD)が2次元である以上、3次元情報を高精度に計測するには2次元の処理が基本となる。その証拠に、前処理(2次元)でエッジの検出精度が下がると、後の3次元処理で得られる高さ情報に与える影響は更に大きくなる。この3次元処理の分野においても今後もHALCONは果敢に挑戦し続ける。

参考文献

- 1) トヨタ自動車(株)ホームページ
(<http://www.toyota.co.jp/>)
- 2) 本田技研工業(株)ホームページ
(<http://www.honda.co.jp/>)
- 3) 第3期ASVバンフレット、国土交通省先進安全自動車推進検討会、2002.
- 4) 小高賢二、“追突軽減ブレーキにおける人と車の相互作用”、自技会シンポジウム資料、20044153、pp.31-37、2004.
- 5) 石田真之助、田中潤、近藤聡、川越浩行、“ドライバーアシストシステムがドライバーに与える影響と効果の測定”、自動車技術会 学術講演会前刷集、No.57-01、pp.9-12、2001.
- 6) (株)リンクス ホームページ
(<http://www.linx.jp>)
- 7) (株)凍陽テクニカ ホームページ
(<http://www.toyo.co.jp>)

【筆者紹介】

藤原幸広

(株)本田技術研究所
四輪開発センター 第4技術開発室
主任研究員
〒321-3393
栃木県芳賀郡芳賀町下高根沢4630
TEL : 028-677-7471
FAX : 028-677-6730

三枝重信

(株)本田技術研究所
四輪開発センター 第4技術開発室
〒321-3393
栃木県芳賀郡芳賀町下高根沢4630
TEL : 028-677-7093
FAX : 028-677-6730

村上 慶

(株)リンクス
代表取締役
〒225-0014
神奈川県横浜市青葉区荏田西1-13-11
TEL : 045-979-0731
FAX : 045-979-0732
E-mail : kmurakami@linx.jp