

車載カメラ向け画像処理LSIの開発

Development of an Image-processing LSI for Vehicle-mounted Cameras

掃部 幸一*

Koichi KAMON

山本 直人**

Naoto YAMAMOTO

内野 浩志*

Hiroshi UCHINO

河邊 恭**

Takashi KAWABE

片桐 哲也*

Tetsuya KATAGIRI

要旨

近年、車載カメラに求められる機能は多様化している。このうち、視界支援に用いられるカメラには車両周辺を監視するという目的から広角、高ダイナミックレンジ撮影機能が求められている。

一般のカメラでは、広角撮影の場合にはレンズの歪曲収差により撮影画像に歪みが生じ、画像に違和感が生じてしまう。また、高ダイナミックレンジ撮影の場合には、表示される画像が低コントラストになってしまい、視認性が低下してしまうという問題があった。

そこで、レンズの光学特性情報を用いて画像の歪みを補正する画像処理およびダイナミックレンジ圧縮技術を適用して画像を高コントラスト化する画像処理を搭載し、カメラ内での両処理を可能とした画像処理LSIの開発を行った。

歪み補正・視点変換処理は画像の局所的空間倍率を変換することで実現し、ダイナミックレンジ圧縮処理は画像の照明光成分を圧縮することで実現している。

Abstract

The functions required of a vehicle-mounted camera have recently diversified. Among these functions is image capture at a wide angle and with a high dynamic range. With conventional cameras, when a wide-angle picture is taken, the lens distorts the image with a strangeness easily sensed. Further, when a high-dynamic-range picture is taken, insufficient contrast of the displayed image decreases visibility.

To address these problems, we developed an image-processing LSI to correct image distortion based on the optical characteristics of the lens. This LSI also increases the contrast of the image by applying dynamic range compression technology. Further, the LSI allows image processing to be incorporated within the camera itself.

In this LSI, distortion rectification and viewpoint conversion are realized by converting the local space magnification of an image. Dynamic range compression is realized by performing compression of an illumination component.

1 はじめに

近年、運転者の視界支援を目的とし、車両の周辺を監視するカメラが普及してきている。日本国内においては車両の後方視界を確保するバックモニターカメラから普及が進み、車両の周囲全方位を監視するアラウンドビューカメラ¹⁾や夜間車両の前方を監視するナイトビューカメラ²⁾等、運転者の視界を支援するカメラシステムが普及しはじめた。

また、北米においては後退発進する際の事故による子供の犠牲を防ぐため、後方を監視する手段の装着が法令化されつつある。

これら車両周辺を監視する車載カメラにおいて求められる主要特性は、周囲を監視する目的から広角(135度以上)、夜間対向車両からの投光にも影響されない高ダイナミックレンジ(100dB以上)である。

ところが、広角レンズで撮影した画像にはレンズの歪曲収差による歪みによって画像に違和感が生じてしまい、また、高ダイナミックレンジ撮影した画像は通常のモニターで表示するとコントラストが低下し視認性が低下してしまうという問題があった。

そこで、周囲を監視する車載カメラにおいて広角、高ダイナミックレンジ撮影を行っても、運転者に周辺画像を歪みのない高コントラストな画像を提供する画像処理を開発・実装したLSIを開発したので紹介する。

なお、本LSIには車両周辺監視向けとして車両の状態をグラフィックスにて提供することを可能としたオーバーレイ機能も搭載したのでこれも簡単に紹介する。

2 画像処理LSIの構成

2.1 内部構成

Fig. 1に本LSIの回路構成を示す。回路はLSIの制御を行うCPUと画像データの演算処理を行う画像処理回路部分とに分かれる。CPUは汎用の組み込みCPUを採用し、プログラムメモリ等を搭載している。処理回路部分は演算器とラインメモリからなり、画像データをパイプラインにて処理する構成とすることで、レイテンシーを極力小さくし、撮影画像をほぼリアルタイムで出力できる構成としている。

CPUは画像処理回路の各種パラメーターの設定を行う。CPUは専用バスで接続されている画像処理回路で算出

* コニカミノルタテクノロジーセンター(株)
デバイス技術研究所 電子デバイス開発室
** コニカミノルタテクノロジーセンター(株)
システム技術研究所 アーキテクチャ開発室

された画像データの評価値を取得して演算し、撮影状況に応じた処理パラメータを設定する。

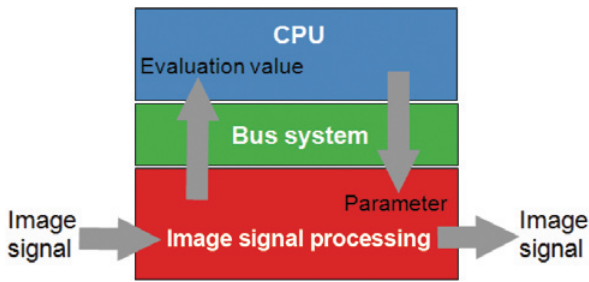


Fig. 1 Block diagram of image-processing LSI.

2.2 外部接続構成

本LSIにはイメージセンサー、ROM、発振器等が接続される。ROMにはCPUのプログラムや画像処理のパラメータ等が格納される。

外部通信機能としてはシリアル通信機能を備え、カメラ外部の車載ECU (Electronic Control Unit) 等からのカメラ制御および車載ECUへのカメラ撮影情報の送受信により、各種車載システムへの対応を可能としている。

3 画像処理機能

3.1 画像処理の流れ

Fig. 2に本LSIの画像処理フローを示す。まず、イメージセンサーから入力された広角、高ダイナミックレンジ撮影画像に対してノイズキャンセルが行われる。キャンセルされるノイズはCMOSセンサー特有の固定パターンノイズ等である。次にレンズの歪曲収差による画像歪みを補正する。補正はレンズの光学特性情報に基づいて処理され、併せて撮像の視点変換も行える構成となっている。歪み補正された画像はダイナミックレンジ圧縮処理にて照明光成分と反射率成分に分離され、この照明光成分をダイナミックレンジ圧縮することで画像のダイナミックレンジが圧縮される。ダイナミックレンジが圧縮された画像はカラー処理にて色情報が生成され表示用画像として出力される。

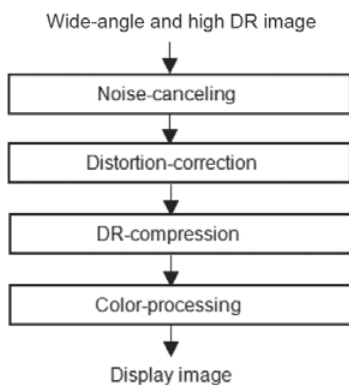


Fig. 2 Image processing sequence.

3.2 歪み補正視点変換処理

3.2.1 処理構成

運転者の視界支援を目的とする場合、広角レンズで撮影された画像はFig. 3 (a)のように歪みが大きく、運転者が直感的に認識しにくいいため、レンズの歪曲収差を補正することでFig. 3 (b)のように自然な画像にする必要がある。また、車両周辺の障害物や人を認識しやすくするために、Fig. 4 (a)のように車両後部斜めに設置したカメラで撮影した画像を、上方から撮影した画像のように視点を変換し、Fig. 4 (b)のような俯瞰画像とすることで、障害物までの距離感を把握しやすい画像を提供することができる。

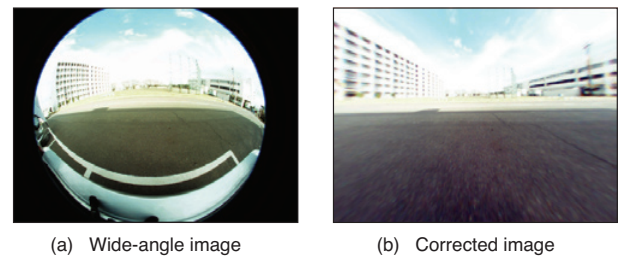


Fig. 3 Distortion correction.

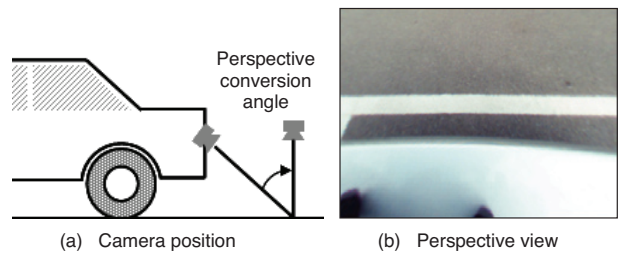


Fig. 4 Perspective conversion.

本LSI向けに開発した歪み補正・視点変換処理フローをFig. 5に示す。

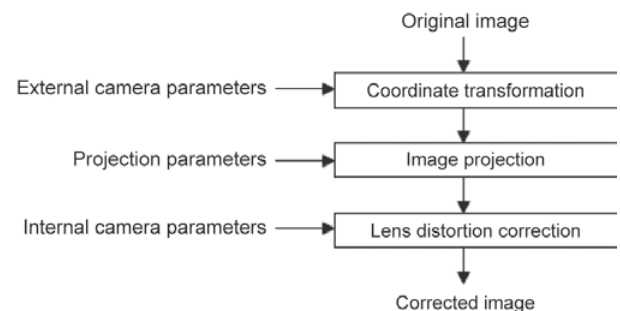


Fig. 5 Processing sequence of distortion correction.

入力された画像情報に対して、任意に設定された仮想的なカメラの位置・向きに基づき、実際のカメラが撮影した画像上の点の座標を仮想的なカメラに対する座標値に変換する。次に、予め登録した投影面情報に基づき投影面上での座標へ変換を行う。広角レンズにおいては、屈折により投影点にずれが生じるため、レンズ歪みに応じた補正を行うことで、最終的な補正画像を得る。³⁾

なお、本LSIに搭載されている歪み補正・視点変換処理には、出力画像の水平反転や画面分割による複数の処理画像の合成等の機能も搭載しており、車両周辺の安全確保に必要な画像の自由な組み合わせも可能としている。

3.2.2 座標変換の高速演算処理

3次元空間座標から投影面上の座標への幾何変換を行う際、パン・チルト・視点変換などの幾何変換情報からカメラの位置姿勢情報の算出および座標変換を行う必要があるが、今回高速演算処理を開発し撮影フレームレートでの変換を実現した。これにより車両の駐車支援、交差点への進入時に必要な領域のスムーズな歪み補正および視点変換動作を可能とした。

3.2.3 投影面モデル

3次元空間座標と対応付けられる画像座標が平面である場合、Fig. 6 (a)のような広角レンズで撮影された画像において、注目したい領域が離れている対象物両方を認識しやすい情報へ補正・変換することは難しい。本LSIに搭載されている歪み補正・視点変換処理は、任意の投影面への幾何変換を行うことができる。これにより、Fig. 6 (b)のように画像の歪曲収差を補正すると同時に平面への投影で死角となっていた領域の表示も可能となり、用途に応じた補正画像を生成することができる。



Fig. 6 Improved visibility.

3.3 ダイナミックレンジ圧縮処理

3.3.1 処理構成

高ダイナミックレンジ画像を高コントラストで出力する画像処理（ダイナミックレンジ圧縮）は多数報告されている^{4,5)}。

Retinex⁶⁾理論によると、目に入る光は物体の反射率と照明光の積で決まり、目の知覚は反射率に強い相関を示す。すなわち、高ダイナミックレンジ画像において、照明光成分のダイナミックレンジだけを下げれば、目の知覚と相関の強い反射率成分は維持されるので、高コントラストで、かつ出力装置のダイナミックレンジに合った画像が得られる。

Fig. 7に、本LSIのダイナミックレンジ圧縮処理ブロックの構成を示す。高ダイナミックレンジ画像から照明光成分の抽出を行い、この照明光成分を高ダイナミックレンジ画像に除算することで反射率成分を求める。抽出さ

れた照明光成分の圧縮を行い、反射率成分と乗算する。このように反射率成分を維持しながら、照明光成分のみを圧縮するので、ダイナミックレンジを圧縮した高コントラストな画像を得ることができる。

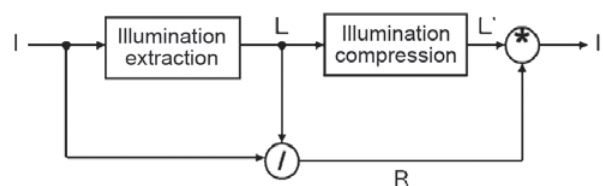


Fig. 7 Block diagram of DR compression.

I: high-dynamic-range image, L: illumination, R: reflectance, L': compressed illumination, I': dynamic-range compressed image

3.3.2 照明光成分の抽出

一般に、照明光成分は緩やかに変化している場合が多く、反射率成分に比べて低周波であるとして、ローパスフィルター（以下、LPF）で照明光成分を抽出することが多い^{4,5)}。

単なるLPFでは、照明光成分が急激に変化する（明暗差の大きい）エッジ付近でハロー効果とよばれるリング状の擬似輪郭が発生する。ハロー効果を抑圧するための手段として、照明光成分の抽出の際にエッジ情報を維持するエッジ保存型LPFが提案されている⁷⁾。

Fig. 8に、本LSIで実装したエッジ保存型LPFによる照明光抽出ブロックの構成を示す。LPFとダウンサンプリングを繰り返すことにより多重解像度画像を生成することで、比較的小さいサイズのLPFで大きなぼけ画像を得ている。また、エッジ部分を上層の高周波画像に置換えながらアップサンプリングを行うことで、エッジ情報を維持している。

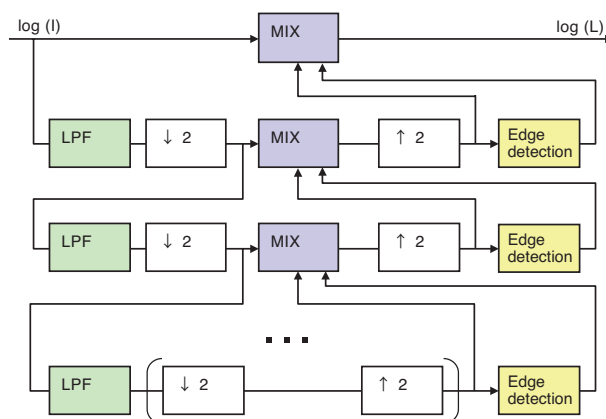


Fig. 8 Illumination extraction.

3.3.3 照明光成分の圧縮

本LSIでは前述の構成で得られた照明光成分Lに対する圧縮をLUT（Look Up Table）にて行うことで任意の特性で照明光成分を圧縮することを可能とし、カメラアプリケーションに応じた照明光成分の圧縮を実現した。

3.3.4 ナイトビューカメラへの応用

ナイトビューカメラは暗所から対向車のヘッドライトまで、高ダイナミックレンジのシーンを対象としている。対向車のヘッドライト周辺にはハレーションが発生するという問題があるため、カメラとしてはハレーションを抑制しながらも、高コントラストで画像を出力することが求められる。

そこでわれわれは、ハレーションがヘッドライト周辺に広がる低周波成分であることに注目し、これを照明光成分として圧縮することで、ハレーション抑制を図った。Fig. 9 (a)は、ダイナミックレンジ圧縮処理を施さないときの画像であり、Fig. 9 (b)はダイナミックレンジ圧縮処理後の画像である。ヘッドライト周辺のハレーションが抑制され、ハレーション以外の被写体は高コントラストであるのがわかる。

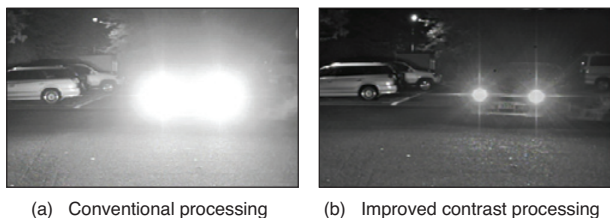


Fig. 9 Halation suppression by DR compression.

3.4 オーバーレイ処理

車両周辺監視用途の画像表示では、バックビューでのガイド表示や運転者への警告表示など、グラフィック情報の重畳表示が必要とされる。多くの車載カメラシステムでは、グラフィック情報の重畳処理はグラフィックスコントローラーを備えたECUで行っているが、本LSIでは、安価なシステム構成を可能とするため、カメラ単体でグラフィック情報の重畳表示を行う、オーバーレイ表示機能を搭載した。

Fig. 10 にオーバーレイ表示出力の例を示す。表示するグラフィック情報は、あらかじめ符号化して外部ROMに保持する。出力画像選択時に符号データのまま本LSI内部のRAMに転送し、表示時に画像出力に同期して復号処理を行い画像データに重畳する。符号化アルゴリズムを車載で使用する画像用に調整して符号データサイズを小さくしたこと、またリアルタイムでの復号化処理によりLSI

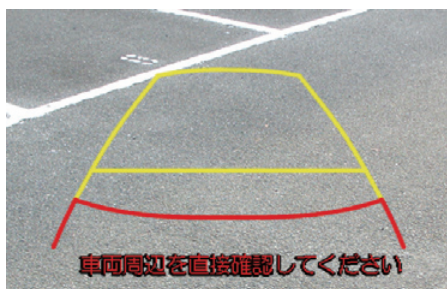


Fig. 10 Overlay display output.

内部のオーバーレイ用フレームバッファを不要としたことで、小規模な回路でオーバーレイ表示機能を実現した。

4 まとめ

歪み視点変換処理およびダイナミックレンジ圧縮処理を搭載した車載カメラ向け画像処理LSIについて紹介した。本LSIは車載カメラのみならず監視カメラをはじめとする様々なカメラに応用が可能と考える。今後は更に多様化するカメラに対応するため、更なる高画質化と高機能化を目指して開発を進めていきたい。

5 謝辞

本LSIの開発に多大なご協力をいただきました(株)メガチップス第2LSI事業部第2開発部の皆様に深く感謝いたします。

●参考文献

- 1) 日産自動車(株)|技術開発の取り組み|技術紹介|アラウンドビューモニター
<http://www.nissan-global.com/JP/TECHNOLOGY/INTRODUCTION/DETAILS/AVM/>
- 2) トヨタ自動車(株)|企業情報|研究・技術|ナイトビュー
http://www2.toyota.co.jp/jp/tech/safety/technologies/active/night_view.html
- 3) 松山隆司, 久野義徳, 井宮淳, “コンピュータビジョン”, 新技術コミュニケーションズ(1998)
- 4) D.J.Jobson, G.A.Woodell, “Properties of a Center/Surround Retinex: Part 2. Surround Design”, NASA Technical Memorandum, 110188, (1995)
- 5) Z.Rahman, D.J.Jobson, G.A.Woodell, “A Multiscale Retinex for Color Rendition and Dynamic Range Compression”, SPIE International Symposium on Optical Science, Engineering and Instrumentation, Applications of Digital Image Processing XIX, Proceedings SPIE 2825, Andrew G. Tescher, ed. (1996)
- 6) E.H.Land, J.J.McCann, “Lightness and retinex theory”, Journal of the Optical Society of America, vol.61, No.1, 1 (1971)
- 7) Fredo Durand, Julie Dorsey, “Fast Bilateral Filtering for the Display of High-Dynamic-Range Images”, SIGGRAPH (2002)