

車載向け高画質化映像処理技術の開発 「Vivid View Processor: ヴィヴィッドビュープロセッサ」

Development of High Quality Image Processing Technology for vehicles
"Vivid View Processor"

清水	雅芳	Masayoshi Shimizu
浜野	崇	Takashi Hamano
田中	寿夫	Toshio Tanaka
森	園恵	Sonoe Mori
田辺	睦雄	Mutsuo Tanabe
上林	輝彦	Teruhiko Kamibayashi
高山	一男	Kazuo Takayama



要 旨

当社は、車のディスプレイに表示する映像の鮮鋭感や色合いを判断し、最適な補正をリアルタイムに実施して映像品質を高める高画質化映像処理技術の開発を富士通（株）および（株）富士通研究所と行ってきた。このたび、本技術をLSI化「Vivid View Processor: ヴィヴィッドビュープロセッサ」したので報告する。

DVDビデオや地上デジタルテレビの普及に伴い、車の中で映像を楽しむ時間が増している。開発したLSIは、従来の画質補正に加えて、映像のシーンごとに、輪郭特性や色合い、階調分布を分析して、最適な“輪郭”“コントラスト”“色彩”補正を行う。被写体の質感や艶の表現、表情の鮮鋭感が大幅に向上し、「くっきり・はっきり・あざやかに」映像を映し出す。また、車載ディスプレイに適した画質補正と、回路規模の縮小・小型パッケージならびに低消費電力化を実現し、AVNのディスプレイユニット内へのLSIの搭載を可能にした。

本LSIは、2007年6月に発売した当社市販カーAV商品「ECLIPSE（イクリプス）」のAVN新商品のうち、ディスプレイ画素数がワイドVGAタイプの商品に搭載している。

Abstract

FUJITSU TEN LIMITED has been developing High Quality Image Processing Technology, which analyzes vividness and color of the images for on-board displays and achieves higher quality images with most appropriate and real-time compensations, collaborating with FUJITSU LIMITED and FUJITSU LABORATORIES LIMITED.

This report describes a new LSI, "Vivid View Processor", which we have developed with the technology mentioned above.

In accordance with the spread of DVD videos and digital terrestrial televisions, the time for enjoying videos in a vehicle is increasing. The LSI compensates for the best "contour", "contrast" and "color", analyzing the contour characteristic, color, gradation distribution by each image scene, in addition to the conventional image quality compensation. The textures of the subjects, the expressions of luster and the vividness look are greatly improved, and "sharp / clear / vivid" videos are displayed. Besides, this LSI achieves image quality compensation appropriate for on-board displays, slim-downed circuit, downsized packaging, and lower power consumption, and those enable the LSI to be installed in the AVN display unit.

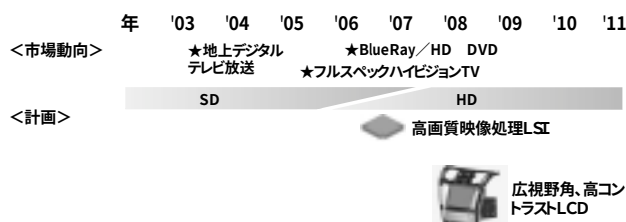
This LSI is installed in the new Wide VGA*-type AVN products released in June 2007 of ÅECLIPSEÅh: FUJITSU TEN car AV products.

*Wide VGA: Wide Video Graphics Array (800x400 pixels)

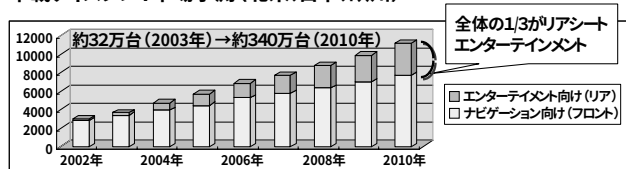
1

はじめに

地上テレビ放送のデジタル化に伴い、車の中のディスプレイでも家庭用と同じ映像品質で楽しむことが可能になってきている。特に今後、リアシートエンターテインメントの普及やBlue Ray, HD DVDによるハイビジョン映像の広がりにより、ますます車載でも大型、高画質化への要求が高まると見込まれる。図-1にハイビジョン化および車載ディスプレイ市場の動向を示す。



車載ディスプレイ市場予測（北米、日本、欧州）



(Strategy Analytics社、2004年10月発行「車載マルチメディアおよび、マルチメディア用ディスプレイ」)
車載でも大型化(リア:8~11インチ)と、HD化(放送のデジタル化、DVD)により、家庭同様の映像品質が高まる傾向に有る。

図-1 ハイビジョン化および車載ディスプレイ市場の動向
Fig.1 Trend towards Hi-Vision and of on-vehicle display market

当社は、富士通株式会社および株式会社富士通研究所と、車載に適した映像信号処理による高画質化に取り組み、高画質化映像処理LSI「Vivid View Processor: ヴィヴィッド・ビュー・プロセッサ」を共同開発した。

本LSIは、2007年6月発売した市販カーAV商品「ECLIPSE(イクリプス)」のAVN(Audio Visual Navigation)新商品のうち、ディスプレイ画素数がワイドVGA⁽¹⁾タイプに搭載している。この機能により、ワイドVGAならではの高精細な映像を、さらにハイクオリティなレベルで楽しむことができる。

本稿では、車載向けに開発した映像処理アルゴリズム、および、ハード化(LSI)への取り組み、従来製品との比較結果を報告する。

2

高画質化映像処理LSIの概要

2.1 概要

開発した高画質化映像処理LSIは、従来の画質補正に加えて、映像のシーンごとに、輪郭特性や色合い、階調分布を分析して、最適な“輪郭”“コントラスト”“色彩”補正を行うことができる。この処理により、被写体の質感や艶の表現、表情の鮮鋭感が大幅に向上し、「くっきり・はっ

きり・あざやかに」映像を映し出す。

2.2 特徴

図-2に高画質化映像処理LSIの構成を示す。大きく2つの映像信号処理回路からなる。

①輪郭補正部

小型ディスプレイでもくっきりした映像表現を実現することを目的として輪郭補正とノイズ除去の強度を自動調整する

②色彩補正部

車載ディスプレイに適した色再現のため、肌色や青空等の色彩を最適制御(静的色彩補正)するとともに、シーン毎のメリハリ感などの階調制御(動的色彩補正)を行う、

車載で使われるディスプレイは、テレビジョン専用でなくマルチメディアディスプレイとして機能する。このため、映像ソース毎(アナログTV、デジタルTV、DVDビデオ、ナビゲーション等)の、きめ細かな個別設定を可能としている。

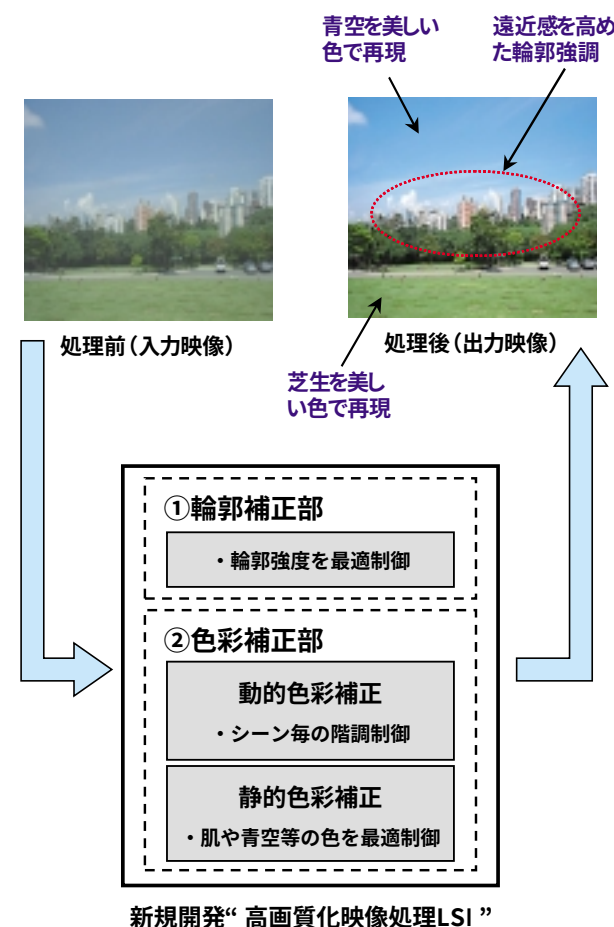


図-2 高画質化映像処理の概要図
Fig.2 Schematic of High Quality Image Processing

* (1) Video Graphics Array

3

システム構成と課題

3.1 システム構成

AVNが映し出す全ての映像での高画質化処理を可能な構成とするため、前面ディスプレイパネル基板へ本LSIを搭載することを前提に開発した。図-3にそのシステム構成図を示す。

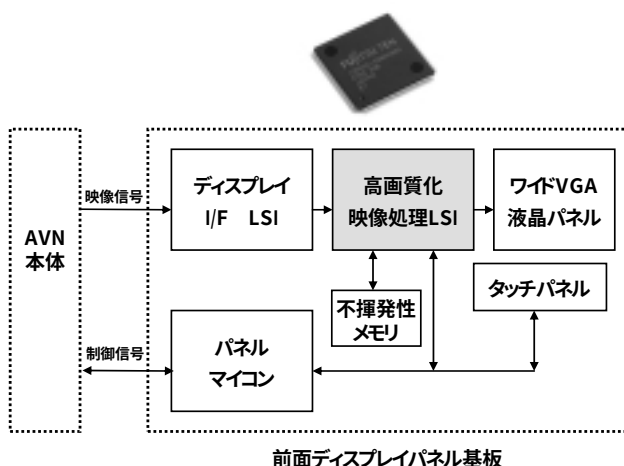


図-3 システム構成図

Fig.3 System Configuration Diagram

3.2 商品化への課題

次に商品化への課題を示す。

1. ディスプレイパネル基板の空きスペースに実装可能な小型化と低消費電力化を実現
2. 映像ソース毎の個別パラメータ設定機能と、それに伴う映像ソース切り替え時間短縮化（高速ブート機能）
3. 2画面表示時の処理（高画質化処理設定範囲機能）
4. ユーザ調整機能（タッチパネルによる簡単操作）
5. ノイズ低減のためのクロック種類削減

上記、5つの課題を解決して商品化を行った。その取り組み内容を、5.1から5.5に述べる。

3.3 高画質化処理の課題

次に高画質化処理の課題を示す。

今回の開発では、DVDビデオやテレビジョンなど自然映像を、迫力、臨場感のある画質で表現することを狙った。その為には、従来固定値であったノイズ除去、輪郭強調、色彩制御を、入力映像に応じて適応的に制御する必要がある。それとともに、車載の環境に合わせた高度な絵作りを、自動で行う調整機能が必要である。

4

車載向けアルゴリズム

高画質化映像処理は、輪郭補正・色彩補正の2つの技術から構成され、色彩補正は、静的処理・動的処理の2つ要

素に分類される。以下、個々の技術について説明する。

4.1 輪郭補正

図-4に輪郭補正処理の概略ブロック図を示す。入力映像信号を解析し、画像の性質に応じて、ノイズ除去フィルタと強調フィルタを使い分けるとともに、効果の度合いを自動調整する。輪郭補正処理の適用前後の画像を、図-6 図-7にそれぞれ示す。空などの平坦部で目立つノイズの軽減と、花や枝などに対する適度な輪郭強調により、ざらつき感を抑えたシャープな絵作りを実現し、映像本来の奥行き感を車載パネル上に再現できる。

また、信号解析処理やフィルタ処理はパラメータ設定によるカスタマイズが可能であり、車載機器であつた様々な映像ソースの特性に応じた、輪郭補正処理の最適化が可能である。

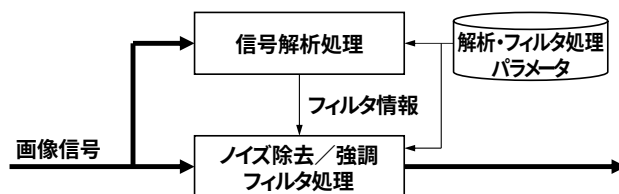


図-4 輪郭補正部ブロック図

Fig.4 Block Diagram of Contour Compensation Part

4.2 色彩補正

図-5に色彩補正処理の概略ブロック図を示す。大きく分けて、前段の動的な色彩補正処理と、後段の静的な色彩補正処理から構成される。

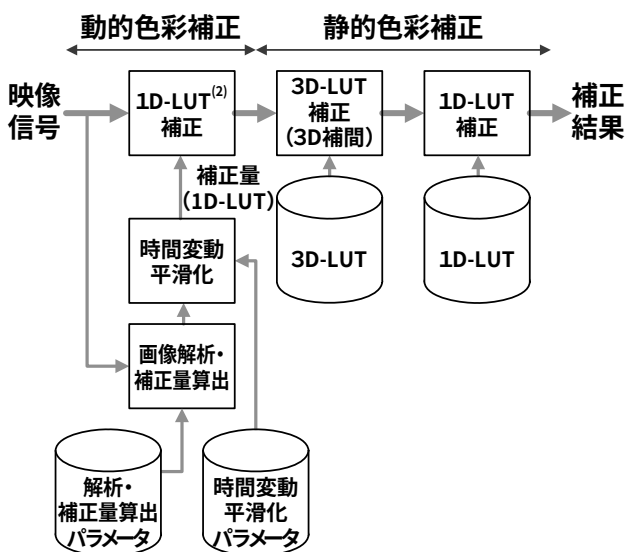


図-5 色彩補正部ブロック図

Fig.5 Block Diagram of Color Compensation Part

* (2) LUT：ルックアップテーブル（色彩補正值）



図-6 原画
Fig.6 Original Image



図-7 輪郭補正後
Fig.7 Contour Compensated Image

着目点

- ・桜の花や枝などの輪郭がくっきりする
- ・絵に立体感が出てくる



図-8 輪郭補正と色彩補正後
Fig.8 Contour and Color Compensated Image

着目点

- ・空の青，桜の花びらが鮮やかになる
- ・桜の花の陰になっている葉っぱがはっきりする

動的色彩補正は、シーンの性質を判断し、性質に応じて、階調特性を適切に設定する。例えば、メリハリが不足したシーンだけを選択的にメリハリ感を向上させる、といった補正を行う。

静的色彩補正は、予め設定した補正量（ルックアップテーブル）に沿って色を補正する。ルックアップテーブルとは、補正前後の色値の対応関係を示すものであり、例えば、使用する液晶パネルの特徴にあわせて肌色の発色を設定するような、繊細な色の調整などに用いる。

4.2.1 動的色彩補正

動的色彩補正は、映像を解析しフレーム単位で補正量を決定する処理と、補正量の時間変動を平滑化する処理からなる。

フレーム単位の補正量算出処理においては、補正対象のシーンのヒストグラムなどを解析して、ダイナミックレンジ（白や黒のメリハリ感）の補正量、明るさなどの階調の補正量を算出する。補正量は、任意の階調表現が可能な、1次元ルックアップテーブル（1D-LUT）形式としている。

車載環境においては、視認性を高めるため強めの補正が好まれる場合が多い。開発した技術では、強めの補正によって不自然になりやすいシーン（単純なシーンなど）を自動的に分離し、補正量を抑制した。また、ヒストグラムの特徴と補正量の対応関係を詳細に設定可能なパラメータ構成としており、安定した補正量算出を可能とした。

補正量の時間変動を平滑化する処理では、補正量の時間変動が大きい場合に視認される「ちらつき感」を抑えるため、直前のいくつかの補正量を補間して、補正量の時間変動を緩やかなものにする。ただし、過度に、時間変動を緩やかにすると、シーンの変化に補正量の変化が追従できない。開発技術では、車載環境に応じた最適な調整が可能なように、補正量変化の時定数を詳細設定可能な構成とした。

4.2.2 静的色彩補正

静的色彩補正処理では、従来の1D-LUTによる補正に加えて、3次元ルックアップテーブル（3D-LUT）による補正を可能とした。

3D-LUTを用いた補正の利点は、様々な色に対して独立に細かな補正量が設定可能なことである。例えば、肌色は彩度を抑えて赤みを除き、空の青色は彩度を高め色相を紺色系に補正するといった設定である。図-8に補正結果の一例を示す。

なお、3D-LUTを用いた色調整機能は、3次元の色空間の全色をテーブルとして保持すると巨大なメモリを要する。このため、離散的なテーブルとそのテーブル間の色の補間演算という形で実装した。

5 商品化に向けた専用LSI開発

前章の輪郭補正・色彩補正処理アルゴリズムを元に、専

用LSIを開発した。ここでは3.2で述べた商品化への課題に対する、主な取り組み内容について述べる。

5.1 小型化、低消費電力化

7.0インチ程度のワイドVGA、ワイドEGAパネルへの画面表示にターゲットを絞り、内部処理の簡素化と回路最適化を行った。これにより、QFP144pinパッケージ、20mm×20mmでの実装と、低消費電力化を実現し、AVNの前面ディスプレイパネル基板への搭載を可能とした。

5.2 個別パラメータ、高速ブート機能

本LSIは、車載機として表示する全ての映像ソースが入力される。各映像ソースに対して最適な補正を行うには映像ソースが変更される度に、補正パラメータの更新を行う必要があり、またユーザによる画質調整時にも同様に更新を行う必要がある。その場合、図-5のLUTを更新する必要があるが、3D-LUTはサイズが大きいためCPUが直接LUTの値を更新するのでは時間がかかり過ぎるという問題があった。

LUTの更新を高速に行うために、本LSIはFLASHメモリからRAMへデータを転送する機能を搭載し、CPUからのコマンド発行でLUT更新を行うようにした。それによりソース切り替え時間内での更新が可能となった。

5.3 2画面表示時の処理

車載機の特徴として、2画面表示（ナビ画面とTVを同時に表示する等）機能がある。動的色彩補正処理では、映像を解析し、映像の特性にあわせて階調を補正するLUTを生成する。したがって2画面表示時のように2つの異なる映像が存在する場合は、適正に画像を解析することができない。また生成したLUTによる補正処理は、どちらか一方には、悪影響を及ぼす危険性もある。

よって、図-9のように、画像解析、および補正対象とする画面領域を設定可能とすることで、TV側だけは最適な色彩補正が可能となった。



画像解析、および補正対象とする画面領域を設定可能とすることで、TV側だけは最適な色彩補正が可能

図-9 2画面表示時の処理

Fig.9 Dual-screen Display Processing

5.4 ユーザ調整機能

高画質化映像処理の強度をユーザが「Off-Low-Mid-Hi」と4段階に切り替えることができるタッチスイッチを設けた。これにより、ユーザは簡単に好みの画質を選択できるようにした。図-10にGUI操作画面を示す。



図-10 ユーザ調整機能（画質補正Hiモード時）

Fig.10 Display Adjustment Screen (Image Quality at Hi-mode Compensation)

5.5 ノイズ低減策

基板上に複数のクロックが存在すると、相互干渉によりビートノイズが発生しやすくなる。そこで本LSIは、外部に水晶発振子を持たせず、入力映像のドットクロックをシステムクロックとすることで、ノイズ対策を行った。

6

効果の確認

ここでは、開発した高画質化映像処理LSIの効果確認に関して述べる。色彩処理などのパラメータ調整を行い、高画質化処理技術の効果を実機で確認した。

6.1 パラメータ調整

パラメータの調整は、色彩補正、輪郭補正ともに、自然画の表示画質を目視確認することで実施した。ただし、色彩補正に関しては、目視のみでは、多数のパラメータを最適に調整することが困難なため、測定器を用いた調整を併用した。

具体的には、測定器は、パネルの基本的な発色（色温度^③、最大輝度、グレーバランス、階調特性）の調整に用いた。RGB各色成分に対するゲインの設定により、白色点の色温度と最大輝度を定め、グレーバランスと階調特性は、RGB各色成分の階調特性の設定により定めた。いずれも、静的色彩補正のパラメータに対応する。

目視による調整は、ハイライトやシャドーの再現（艶やメリハリ）、全体的な鮮やかさや、肌の色や青空の色、草木の緑色など人間が理想とする色を記憶している色（記憶色）の表現、輪郭補正の強さを中心に行った。

ハイライトやシャドーの再現は、主に動的色彩補正のパラメータに対応し、階調の変化が確認可能な範囲で、十分なメリハリ感が得られるように調整した。鮮やかさや記憶色表現は静的色彩補正のパラメータに対応する。鮮やかさに関しては、無彩色近傍の色に不自然な色味がつかない、鮮やかな色でも階調変化が滑らか、肌が不自然に濃い色合いでない、ノイズの増大が感じられない範囲で、十分な鮮やかさが得られるように調整した。記憶色表現に関しては、見た目で自然に感じるように、主に、個々の色の色相を調整した。輪郭補正の強さの調整は、ノイズを抑えつつ、エッジをシャープに表現可能のように調整を行った。

6.2 主観評価

車載向け高画質化映像処理技術の有効性を見極めるために、主観評価を行った。

6.2.1 目的

- ・従来モデルと高画質化映像処理LSI搭載モデルの比較
- ・輝度重視のパラメータと色温度重視のパラメータに対する評価の確認（製品の調整に反映）

6.2.2 評価方法

【評価機器】

- ・従来品：3モデル（A・B・C）
- ・開発品：2パターン（07モデル相当品Dパラメータ（輝度重視のパラメータ：色温度調整を抑え輝度を高めに設定／07モデル相当品Eパラメータ（色温度重視のパラメータ：輝度の低下を許容し色温度調整を強めに実施））

【評価用映像内容】

- ①猫：白い背景で白い猫が黒い椅子に乗ったシーン
- ②海：青い海底のシーン
- ③花：色鮮やかな花のシーン
- ④相撲：相撲中継のシーン
- ⑤野球：野球の試合のシーン（得点が出ているもの）

【評価法】

①従来モデルとの比較評価

5台のAVN（従来品3モデル、開発品2パターン）に同じ映像5種類（猫、海、花、相撲、野球）を表示し、映像毎にAVNの好みを順位付けする（順位法）。この時、1位のものを4点、2位のものを3点として順に点数をつけ、総人数31で割って縦軸点数のグラフにした。

②購入したいモデルの評価

映像5種を連続再生し、購入したい機種を、5台のAVNから、1機種選定する。

評価条件はISO6658に準拠し、非専門家31人で評価実施。

*③ 黒体が放射する光で、光の色を表したものの。（黒体の温度で示す）一般にディスプレイの白色の色を表すのに用いられ、高いほど青っぽく、低いほど赤っぽい色を表す。

6.2.3 評価結果

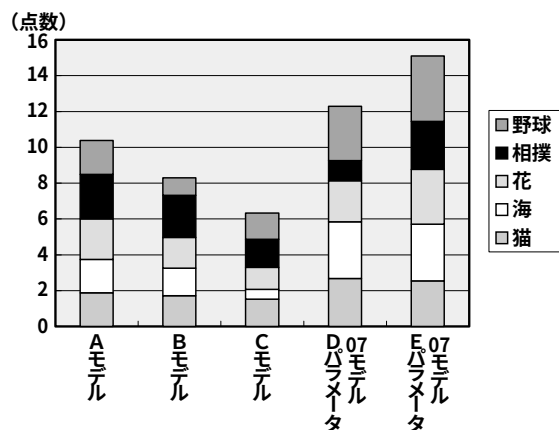


図-11 主観評価 5種類の映像を用いた順位比較

Fig.11 Subjective Quality Evaluation Rating in 5 Different Images

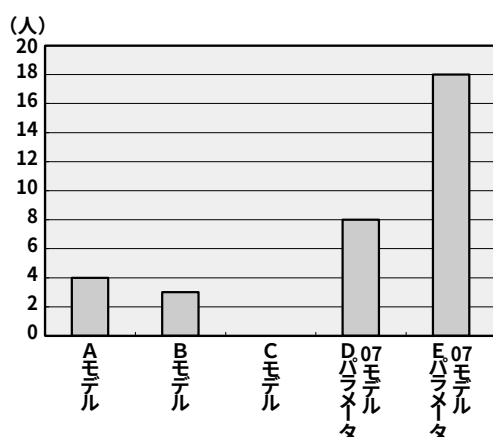


図-12 主観評価 5モデルの中のベストチョイス

Fig.12 Subjective Quality Evaluation Best Choice in 5 Models

評価①（5種類の映像を用いた順位比較）の結果を図-11に示す。07モデルEパラメータ→07モデルDパラメータ→Aモデル→Bモデル→Cモデルの順に好まれる結果となった。

評価②（5モデル中のベストチョイス）の結果を図-12に示す。07モデルEパラメータ→07モデルDパラメータ→Aモデル→Bモデル→Cモデルとなった。

Cモデルと、07モデル相当品は、同じLCDパネル、同じタッチパネルを使用している。このことから、高画質化映像処理LSIの効果があると判断できる。また従来モデルと比較しても07モデルは多くの人に好まれる事が確認できた。

またDパラメータとEパラメータを比較した際、輝度重視のDパラメータより、色温度重視のEパラメータが好まれた。人に嗜好される画質を確保するには、輝度に加え色温度も充分に考慮する必要があることがわかった。この結果を踏まえて設定したパラメータを、製品に搭載した。

7

おわりに

以上、くっきり・はっきり・あざやかな絵作りを行うことができる高画質化映像処理LSIの開発について述べた。

このLSIの搭載により、デジタルテレビジョン、DVDビデオの映像を車でハイクオリティのレベルで楽しむことができるようになった。車での画質向上のニーズは様々な用途に広がると考えられ、今後も継続的技術開発を行っていく。

・ECLIPSEは富士通テンの登録商標です。

社外執筆者紹介



清水 雅芳
(しみず まさよし)

1990年（株）富士通研究所入社。以来、色彩処理を中心とする画像処理技術の研究開発に従事。現在、ITS研究センター 主任研究員。



浜野 崇
(はまの たかし)

1988年（株）富士通研究所入社。以来、画像符号化、画像信号処理の研究開発に従事。現在、画像・バイオメトリクス研究センター 画像システム研究部 主任研究員。

筆者紹介



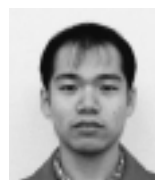
田中 寿夫
(たなか としお)

1980年入社。以来、自動車関連通信機器の開発に従事。現在、開発本部技術開発統括部電子デバイス部に在籍。



森 園恵
(もり そのえ)

2003年入社。以来、車載用デジタルテレビ放送受信機の開発に従事。現在、開発本部技術開発統括部電子デバイス部に在籍。



田辺 睦雄
(たなべ むつお)

2001年入社。以来、車載用デジタルテレビ放送受信機の開発に従事。現在、開発本部技術開発統括部電子デバイス部に在籍。



上林 輝彦
(かみばやし てるひこ)

2002年入社。以来、デジタルLSI開発に従事。現在、開発本部技術開発統括部電子デバイス部に在籍。



高山 一男
(たかやま かずお)

1976年入社。以来、車載放送受信機、アンテナの開発に従事。現在、開発本部技術開発統括部放送技術開発部部長。