

**MITSUBISHI**  
*Changes for the Better*

家庭から宇宙まで、エコチェンジ



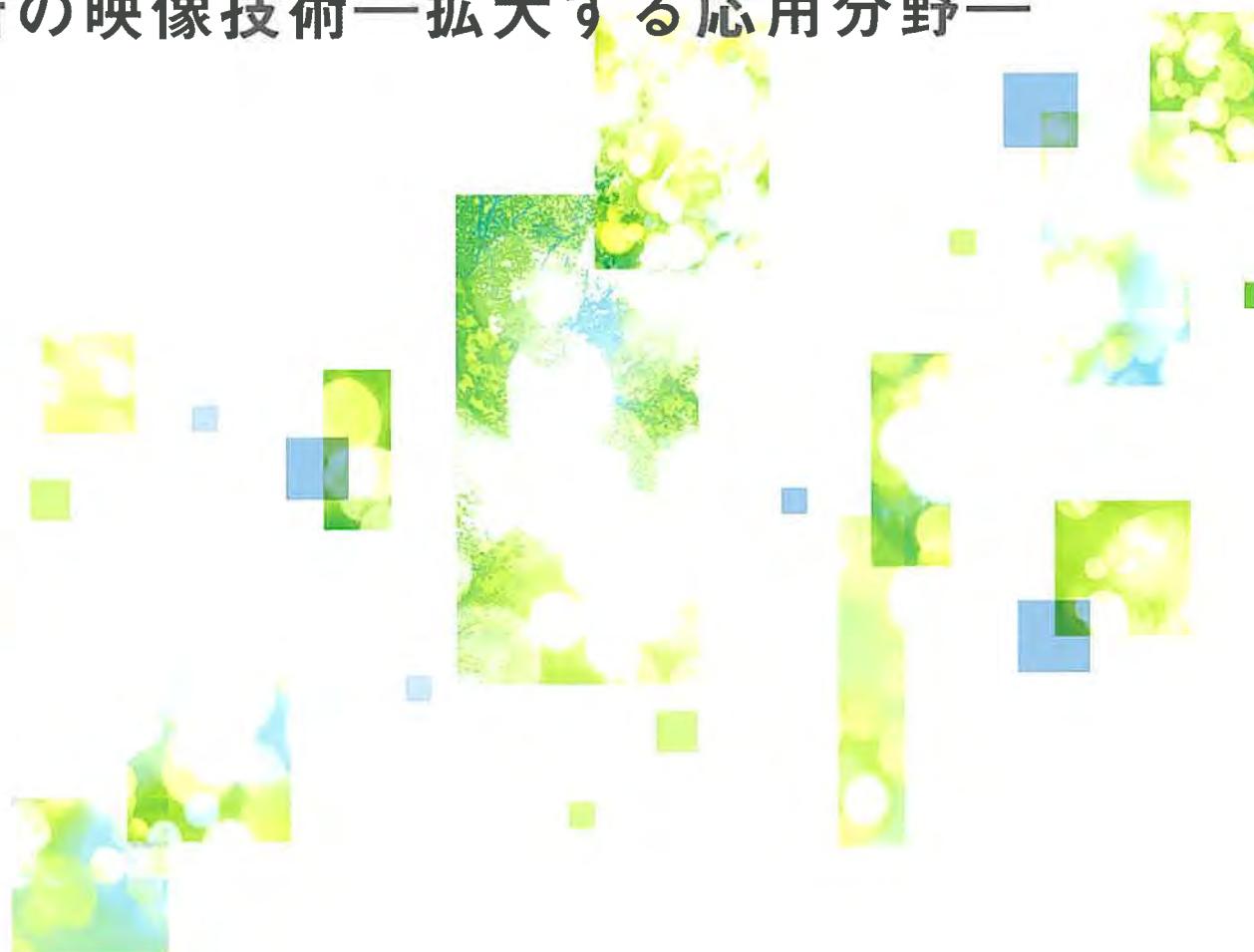
# 三菱電機技報

3

2012

Vol.86 No.3

## 最新の映像技術—拡大する応用分野—



写真はイメージです

### 目 次

#### 特集「最新の映像技術—拡大する応用分野—」

画像技術の将来展望	1
内田龍男	
最新の映像技術	2
杉浦博明・大塚 功・井戸 純	
画質評価技術—液晶テレビからプリンターまで—	7
香林さやか・安井裕信・福田智教・山岸宜比古・中村芳知	
3D対応液晶ディスプレイ "RDT233WX-3D"	11
木津直樹・松尾洋一・奥田悟崇・吉井秀樹・安井裕信	
液晶テレビ向けバックライト制御技術	15
吉井秀樹・花井晶章・安井裕信・山中 聰・小野良樹	
液晶テレビ向け録画・再生技術	19
北原陽平・佐藤利光・森田知宏	
ホームネットワークによる宅内機器連携技術	23
島田昌明・三木智子・上田健介・高階 香	
後方広角カメラを用いたレーン逸脱警報技術	27
渡邊信太郎・関 真規人・羽下哲司	
フロントプロジェクタの3D技術	31
木田 博・黒田恭貴・竹内勇人	
民生向け組み込み技術を適用したデジタルサイネージ端末	35
龍 智明・丸山清泰・山田和彦・加藤義幸・椿 泰範	
産業用ロボット向け三次元計測技術	39
堂前幸康	
多層Blu-ray Disc対応の光ピックアップ技術	43
中原宏勲・大牧正幸・篠田昌久・的崎俊哉・竹下伸夫	
次世代標準規格に向けた映像符号化技術	47
杉本和夫・岡口俊一	

#### 特許と新案

「光記録方法及び光記録装置」	
「画像処理装置及び画像処理方法」	51
「記録装置、及び記録方法、及び再生装置及び再生方法」	52

#### Latest Video Technologies for Various Applications

Future Prospects of the Image Engineering	1
Tatsuo Uchida	

#### Latest Audio Visual Technologies

Hiroaki Sugiura, Isao Otsuka, Jun Ido	
---------------------------------------	--

#### Evaluation Technology for Image Quality—From Liquid Crystal Display to Printer—

Sayaka Kobayashi, Hironobu Yasui, Tomonori Fukuta, Nobuhiko Yamagishi, Yoshitomo Nakamura	
---	--

#### 3D Liquid Crystal Display "RDT233WX-3D"

Naoki Kizu, Yoichi Matsuo, Noritaka Okuda, Hideki Yoshii, Hironobu Yasui	
--	--

#### Liquid Crystal TV Backlight Control Technology

Hideki Yoshii, Masaaki Hanai, Hironobu Yasui, Satoshi Yamanaka, Yoshiki Ono	
---	--

#### Recording/Playback Technology for LCD TV

Yohei Kitahara, Toshimitsu Sato, Chihiro Morita	
---	--

#### Home Network Technology for Audio Video Devices

Masaaki Shimada, Tomoko Miki, Kensuke Ueda, Kaori Takashina	
---	--

#### Lane Departure Warning System Using Rearview Wide-angle Camera

Shintaro Watanabe, Makito Seki, Tetsuji Haga	
--	--

#### 3D Technology of Front Projectors

Hiroshi Kida, Yasutaka Kuroda, Hayato Takeuchi	
--	--

#### Digital Signage Devices Applied Embedded Technology of Consumer Electronic Appliance

Tomoaki Ryu, Kiyoyasu Maruyama, Kazuhiko Yamada, Yoshiyuki Kato, Yasunori Tsubaki	
---	--

#### 3D Measurement Technology for Industrial Robots

Kiyoyasu Domae	
----------------	--

#### Optical PickUp for Multilayer Blu-ray Disc

Hironori Nakahara, Masayuki Ohmaki, Masahisa Shinoda, Toshiya Matozaki, Nobuo Takeshita	
---	--

#### Video Coding Technologies towards Next Generation Video Coding Standard

Kazuo Sugimoto, Shun-ichi Sekiguchi	
-------------------------------------	--

#### スポットライト

液晶テレビがカンタンに電子看板に変身！“カンタンサイネージ”



#### 表紙：最新の映像技術を搭載した製品

近年の映像技術の発展に伴い、映像技術の重要性はますます高まっている。

その応用範囲も民生用途から車載、産業用途まで拡大している。

三菱電機では映像評価・高画質化技術から国際標準技術まで幅広い技術の開発を行い、これに対応している。

表紙の写真はその応用製品例である。

①車内でもハイクオリティ映像が楽しめる、車載BDプレーヤー BD-P100

②3D対応フルハイビジョンホームシアタープロジェクター LVP-HC7800D

③3D対応HDD内蔵ブルーレイディスクレコーダー搭載液晶テレビ LCD-55MDR2

## 巻/頭/言

## 画像技術の将来展望

Future Prospects of the Image Engineering

内田龍男  
Tatsuo Uchida

液晶ディスプレイの黎明(れいめい)期から研究を始めて、幸いにしてその発展と共に歩んできたので、その歴史を振り返りながらディスプレイを中心としてエレクトロニクスの動向について考えてみたい。

1970年代に遡るが、当時のエレクトロニクスは真空管を基盤として、ラジオやテレビ、電話などの通信・放送システム関係の技術が確立され、普及していた。ここに半導体技術が開発され、トランジスタで真空管が置き換えられ始めた。さらに集積回路(IC)の技術が進み始めて、超小型、集積化、長寿命、高信頼性など、真空管にない特長が加わり、膨大な数のトランジスタを使う新しいエレクトロニクスの概念が生まれ始めていた。これが電子計算機の技術を飛躍的に発展させることになるのであるが、日本ではこの技術が民生用として電卓の開発に向けられた。一方で、上述のようなエレクトロニクスの進歩に関連してマン・マシン・インターフェースとしてディスプレイの開発に強い関心が寄せられた。小型・薄型化を目指していろいろなデバイスが考案され開発されたが、液晶ディスプレイもその一つであった。その後、電卓では薄型化・低電力化が進み、液晶ディスプレイが主流を占めるようになって、液晶電卓が飛躍的普及を遂げることになる。続いて半導体技術と液晶ディスプレイが絶妙なコンビを組み、電子タイプライター、ワープロ、パソコンへと発展していった。1970年代半ば～1990年代のことである。次いでカラー液晶テレビの開発が進み、やがて今日の大型、高性能液晶テレビの普及に至っている。その後も、液晶ディスプレイには次々と厳しい性能改善が要求されたが、いずれもほとんど解決され、重要な問題はほぼ取り除かれた。

このように、民生分野では半導体と手を携えて液晶ディスプレイが進化したが、その理由はなぜであろうか。このことを考えるには、人間の情報入力器官としての五感の情報処理速度を見ておく必要がある。まず、視覚が最大で3Mbps程度、聴覚はそれより2桁ほど低い20～50kbps、嗅覚、味覚では更に2桁から3桁低くなると言われている。したがって、マン・マシン・インターフェースとしてディスプレイ、とりわけ低電力駆動、薄型、軽量の液晶ディスプレー

の重要性は明らかであり、その開発に多くの力が投入されたのである。

しかし、いくつかの国が液晶ディスプレイを基幹産業と位置付け、国を挙げた戦略的競争を展開しているために激しい価格競争が進み、産業として利潤が上げにくくなっている。同様な状況がディスプレイ以外でも見られ、日本の高いものづくり技術が停滞し、元気を失っている。

ところで、数十年以上前の日本は、何もないところから出発し、新しいものを生み出そうという気運にあふれていた。未来から振り返って見れば、今も開拓すべき新しいものはまだ山のようにある時代かも知れない。例えば画像関係についてみれば、前述のように画像は人間にとって最も有効な入力情報であるが、一方、人間の画像出力能力は極めて乏しい。顔の表情や手で絵を描く程度の能力しかなく、後者の速度は、1枚の絵を描くのに1～30分程度を必要としている。これは、ディスプレイが動画を約50枚／秒で表示していることと比較して4～5桁も低い値である。このため人間は情報出力として、主として音声を用いている。その情報量を聴覚と同じ20～50kbpsと見積もると、眼による画像の入力情報より2桁も低い。この入出力のアンバランスを補うために、音声では言葉を用いて大幅な情報圧縮を行っている。すなわち、言葉には膨大な概念や文化的背景まで詰め込まれており、それを学習するのに幼児期のかなりの年月を必要としている。

このような問題をエレクトロニクスによって解決することができれば、新たな世界が切り開かれる可能性がある。具体的には、人間の考え方や気持ち、行動を巧みに受け止められるセンサーシステムを開発してディスプレイと組み合わせ、さらにこれをネットワークと連携させることによって、あらゆる電子システムは人間の感覚器官の一部となつたような形で結ばれ、情報の入出力やコミュニケーションの仲介、機器の制御などをつかさどることになろう。これには、機械と人間の調和を重んじる日本の優れた感性、ものづくり技術、システムづくりなどの特質、とりわけ総合電機メーカーの総合力が遺憾なく発揮されるものと期待される。

## 巻頭論文



杉浦博明\*

大塚 功\*\*

井戸 純\*\*\*

## 最新の映像技術

Latest Audio Visual Technologies

Hiroaki Sugiura, Isao Otsuka, Jun Ido

## 要 旨

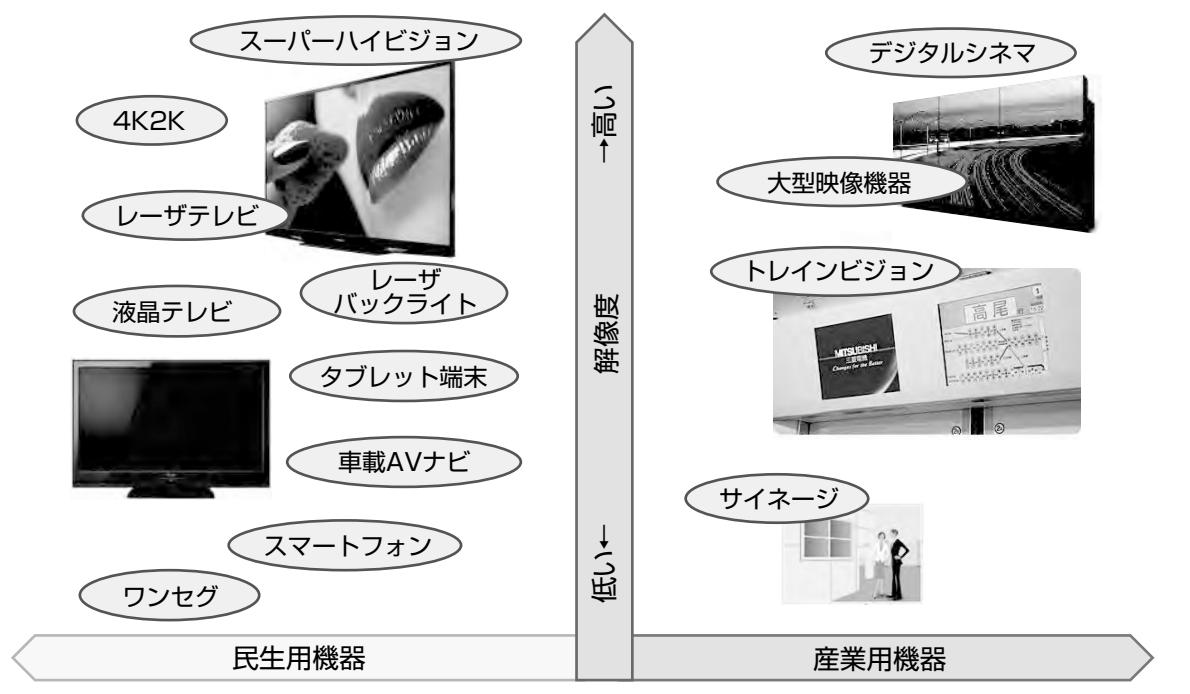
2011年7月24日、半世紀以上にも及ぶ地上波アナログ放送の歴史に幕が下ろされた(東北3県を除く)。市場で懸念された混乱もなく、順調に地上デジタル放送への移行が進んだ。放送方式のデジタル化はテレビ受像機として大きな転換点であったが、同時に放送とネットワークとの融合という新たな波も確実に押し寄せている。アナログからデジタルへ、inandアロンからネットワークへ。様々な要素技術(画像処理技術、画像圧縮、蓄積技術、デジタル伝送技術、IPネットワーク技術、無線技術等)の発展に支えられ、今やテレビは氾濫するデジタル情報を集約する映像情報機器に進化を遂げた。

テレビがデジタルになり、そしてネットワーク対応に進化・発展したその後はどうなるか。この特集号の論文で映

像技術の進化の一端を垣間(かいま)見てもらえば幸いである。

また、映像のデジタル化に伴い、民生用機器に止まらず様々な機器に映像技術が活用されるようになった。これまで高品位な映像を必要としなかったサイネージやトレインビジョン等に導入することで、圧倒的な利便を生み出している。

本稿では、映像機器の高画質化を支える最新の要素技術である4K2K映像表示技術とレーザ技術について述べる。次に、映像技術を民生以外に展開した好例としてトレインビジョン、大型球体ディスプレイに適用した最新の映像技術について述べる。



## 民生機器から産業用機器まで広く活用される映像技術

家庭用の液晶テレビ、携帯電話やカーナビのテレビ受信機能は最新の映像技術によって一層の高画質化が進んでいる。これらの技術は民生機器のみならず、サイネージやトレインビジョン等産業用機器にも広く活用され、我々の生活に圧倒的な利便を生み出している。

## 1. まえがき

テレビや映画等、情報伝達手段としての“映像”が持つ特質は、“多くの人に”“多くの情報を”“正確に”“伝える”ことができるというだけではない。新聞やファクシミリ、電話等の文字情報、音声情報に比べてその情報量が膨大であるということはここで殊更に論ずるまでもないが、人間の視覚と聴覚に直接訴えかけることができるという大きな特長には無限の可能性が潜んでいる。

1843年、スコットランドのアレクサンダー・ペイン(1811～1877)が静止画像を走査して電気信号に変換し、ファクシミリを発明した。その68年後の1911年、ロシアのボリス・ロージング(1869～1933)がプラウン管を用いたテレビ受像機の送受信実験を成功させ、人々を驚かせた。そして18年後の1929年、英国でテレビの実験放送が開始され、以来、白黒テレビ、カラーテレビ、デジタルテレビへと研究開発が進み、今や娯楽手段、マス・メディアとして社会生活に完全に溶け込んでいると言える。そして近年、高度な撮像技術、高能率圧縮符号化技術、デジタル伝送技術、画像処理技術、表示技術等様々な要素技術に支えられ、テレビは高精細化、3D化という新しい進化を遂げた。それに伴い、DVD(Digital Versatile Disk)、BD(Blu-ray Disc<sup>(注1)</sup>)をはじめとするデジタルAV(Audio Visual)家電を次々と現出させただけでなく、インターネットテレビ、4K2K技術、グラスレス3D技術等、その進化は止まるところを知らない。また、映像情報のデジタル化は、“テレビ”という箱(枠)を超えて、デジタルサイネージなど我々の社会生活に新しい形で情報を提供する役割を担い始めている。

この特集では、これら映像機器の将来を支える技術と、三菱電機における開発成果の一端について述べる。そのプロローグとして、本稿では映像機器の最新高画質化技術と、産業用機器に活用される映像技術について述べる。

(注1) Blu-ray Discは、Blu-ray Disc Associationの登録商標である。

## 2. 映像機器の最新高画質化技術

この章では、次世代デジタルテレビ向けた高画質化技術として、フルHD(High Definition)の約4倍の解像度を持つ4K2K映像表示技術について述べる。また、色純度の高い半導体レーザを利用してこれまでの液晶ディスプレイでは実現できなかった広い色域を再現する映像機器向けレーザ技術について述べる。

### 2.1 4K2K映像表示技術

水平画素数4,000×垂直画素数2,000前後の解像度を持つ4K2Kの高精細な映像は、フルHD解像度の映像と比べると、より生々しい質感と奥行き感が得られ、2Dでありながらあたかもその場にいるような臨場感を体感できる。国内テレビメーカー各社は、4K2Kに対応した液晶テレビや

プロジェクトの製品化を2011年から2012年にかけて表明、にわかに4K2Kが注目を浴びているが、映像ソースがフルHDと比較すると圧倒的に少ないという課題がある。

この課題に対して当社は、多重解像度解析を利用してフルHD映像を拡大して4K2Kの解像度を持つ映像を表示する技術を開発した<sup>(1)</sup>。多重解像度解析は、画像を特定の周波数帯域を持つ複数の解像度の画像に分割する手法である。

図1に多重解像度解析の一例を示す。

原画像G<sub>0</sub>にLPF(Low Pass Filter)を掛けて低周波成分を抽出し、抽出した低周波成分を縮小することで縮小画像G<sub>1</sub>を得る。画像G<sub>0</sub>の高周波成分L<sub>0</sub>は、画像G<sub>0</sub>から低周波成分を引いて生成する。この処理をN回繰り返すことで原画像G<sub>0</sub>をガウシアンピラミッドと呼ばれる画像データG<sub>n</sub>(n=0, 1, 2, ..., N)とラプラシアンピラミッドと呼ばれる画像データL<sub>n</sub>(n=0, 1, 2, ..., N)に分割できる。ラプラシアンピラミッドを利用すれば画像G<sub>N</sub>から原画像G<sub>0</sub>を復元できる。画像G<sub>N</sub>を拡大した画像に高周波数成分L<sub>N-1</sub>を加算すれば1段階解像度が高い画像G<sub>N-1</sub>を復元できる。この処理をN回繰り返せば原画像G<sub>0</sub>を復元できる。

もし原画像G<sub>0</sub>より1段階解像度が高い高周波数成分L<sub>-1</sub>が既知であれば、この性質を応用し、原画像G<sub>0</sub>より1段階解像度が高い画像G<sub>-1</sub>も復元できる。当社の4K2K映像表示技術はこの考えに基づき、フルHD映像から4K2K映像

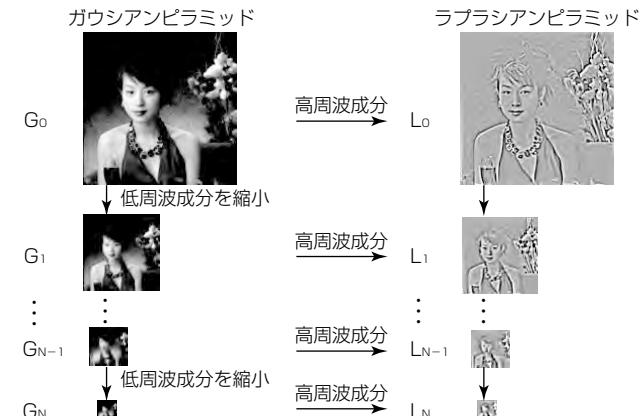


図1. 多重解像度解析

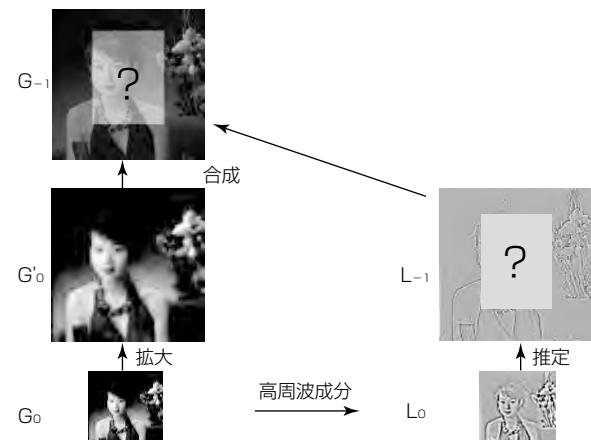


図2. 4K2K映像表示技術

を生成する。図2に当社の4K2K映像表示技術を示す。4K2K映像はフルHD映像 $G_0$ を拡大した画像 $G'_0$ に4K2K映像の高周波数成分 $L_{-1}$ を合成すれば得られる。4K2K映像の高周波数成分 $L_{-1}$ は実際のところ未知である。そこで、ラプラシアンピラミッドを構成する画像データ間の相関がフルHD映像の高周波数成分 $L_0$ と4K2K映像の高周波数成分 $L_{-1}$ の間にも存在するという仮定のもと、フルHD映像の高周波数成分 $L_0$ から4K2K映像の高周波数成分 $L_{-1}$ を推定する。そして推定によって得られた4K2K映像の高周波数成分 $L_{-1}$ と画像 $G'_0$ を合成し、4K2K映像を表示する。

## 2.2 映像機器向けレーザ技術

映像機器にレーザ光源を採用し、広色域の鮮やかな映像を実現するレーザ技術を開発している<sup>(2)</sup>。世界で初めて<sup>(注2)</sup>三原色のレーザ光源を採用し、極めて広い色再現範囲を実現する高画質・大画面レーザテレビ“LASERVUE(レーザビュー)”を2008年より製品化している(図3)。

レーザテレビは、色再現性に優れたレーザ光源を採用することによって、従来の液晶テレビの約2倍に相当するNTSC(National Television System Committee)比約175%の極めて広い色再現範囲を実現した。映像表示には応答性に優れたDLP(Digital Light Processing)<sup>(注3)</sup>方式を採用し、クロストークによる画像ぼやけの少ない、安定した高画質の3D映像を表示可能とした。また、発光効率の高いレーザ光源を高速の点灯制御回路で最適駆動することによって光損失を抑制し、37V型の約4倍に近い75V型の大画面サイズながら、定格消費電力305Wという低消費電力を実現し、省エネルギーにも貢献している。

光源には、高い電気光変換効率と高出力を両立させた当社開発の波長変換型緑色レーザを採用した。レーザ光源、レーザ駆動電源・制御回路及び伝送光学系を一体化した新規なレーザ光源ユニットによって、高い光利用効率を実現した。また、超広角・短焦点投写が可能な光学エンジンや薄型対応の高剛性フレーム構造を新たに開発することによって、コンパクトな筐体(きょうたい)デザインを可能とした。さらに、レーザ光源で問題となるスペックルノイズは、光の拡散を適切に制御することによって簡易な手法で低減している。

また、2種類の光源によってバックライトを構成するレーザバックライト液晶テレビも開発している。光の三原色のうち、人の目の識別能力の高い赤の光源に赤色レーザを用い、残る緑と青の混合色であるシアンには高効率のシアン色LED(Light Emitting Diode)という2種類の光源を採用した(図4)。

純度の高い赤色が光源に含まれることで、通常の白色LED液晶テレビの約1.3倍の色再現範囲を実現し、これま

(注2) 2008年10月現在、当社調べ

(注3) DLPは、Texas Instruments Corp.の登録商標である。



図3. 75V型レーザテレビ

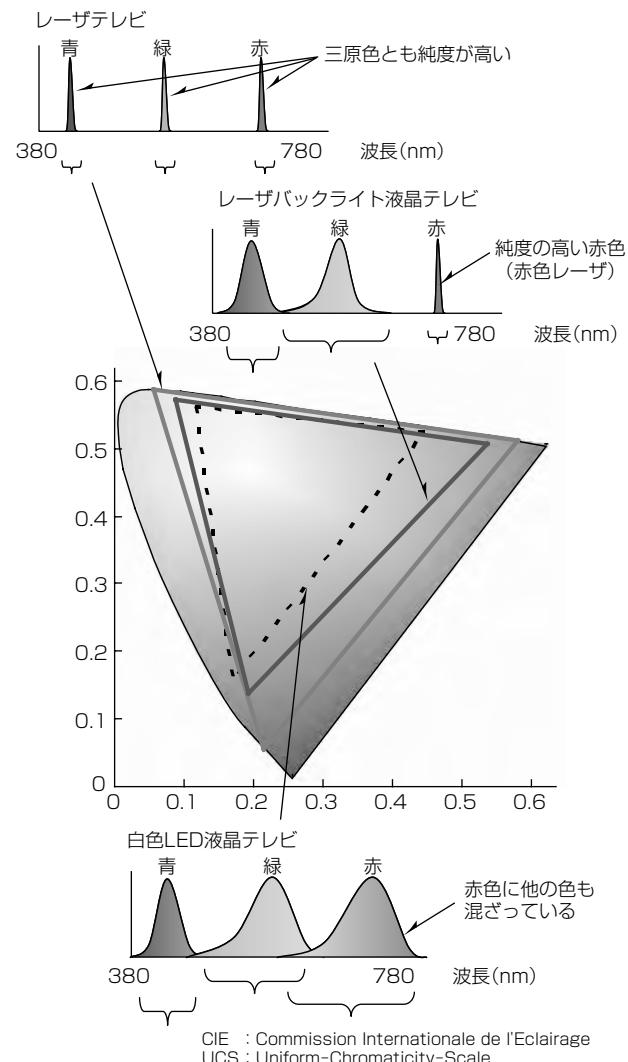


図4. 色再現範囲(CIE 1976 UCS色度図)

で表現しきれなかった鮮やかな赤の再現を可能とした。

一方、レーザとLEDでは、光の発散角が異なるため、同一経路の光学系を通して液晶パネルを照明すると不均一な光となり画面に色ムラが発生してしまう。そこで、レ

ザ光源の照度分布を最適化して液晶パネルを均一に照明する独自の光学系を開発し、色ムラのない高画質を実現した。

### 3. 社会に役立つ映像技術

映像のデジタル化によって、映像情報技術は民生用機器に止まらず様々な分野の産業用機器にも急速に活用されるようになった。この章では電車内で高精細な映像情報を提供するトレインビジョンシステム、日本科学未来館のシンボルとしてリニューアルされた有機EL(Electro Luminescence)の球体ディスプレイに採用された最新の映像情報技術について述べる。

#### 3.1 トレインビジョン向け映像表示技術

トレインビジョンは、通勤電車のドア上部や通路上部に設置された液晶ディスプレイを用いた電子広告(デジタルサイネージ)システムであり、路線図、次駅案内、乗換案内、運行情報、駅情報の他、コマーシャルやニュース、天気予報等、車両内に設置された液晶ディスプレイに映像を表示することによって乗客にやさしい車両環境を提供している。

“三菱トレインビジョン”は、2002年東日本旅客鉄道(株)の山手線に導入されて以来、首都圏を中心に車内情報提供装置の標準システムとして広く導入されるようになり、地方



図5. トレインビジョン

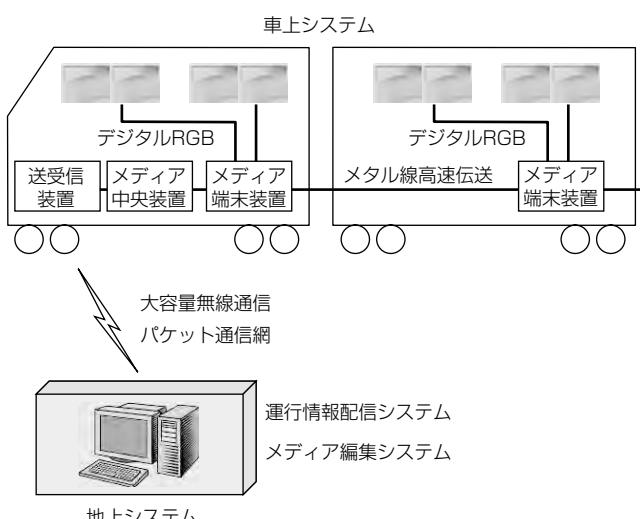


図6. トレインビジョンのシステム構成

の都市部でも広がりつつある<sup>(3)</sup>。現在、東日本旅客鉄道(株)をはじめ(図5)、国内鉄道各社でシステム運用されている。

トレインビジョンのシステム構成を図6に示す。広告コンテンツは、地上システム上のメディア編集システムで編集(エンコード処理を含む)を行い、大容量無線通信によって車上システムに伝送される。また、運行情報についても、地上システムの運行情報配信システムから無線通信を使用したパケット通信網を介して車上システムに伝送される。車上システムの送受信装置に伝送された広告コンテンツと運行情報は、メディア中央装置を経由して車両内の各メディア表示器に表示されることになる。

メディア表示器への映像伝送には、開発当初、ケーブルテレビの技術を適用したアナログ変調方式による映像伝送が行われていたが、最近のシステムでは車両間の映像伝送がメタル線デジタル伝送方式に更新され、地上のメディア編集システムでMPEG-2(Moving Picture Experts Group phase 2)エンコード処理された広告コンテンツを、メディア端末装置でデコード処理し、デジタルRGB(Red Green Blue)信号をデジタル方式のメディア表示器に表示するようになり、広告コンテンツの画質向上が図られた。

最新のメディア表示器では、動画処理能力の高い専用プロセッサを搭載し、汎用ネットワークであるEthernet<sup>(注4)</sup>による映像伝送や、メディア表示器にインテリジェンス性を持たせることによる広告コンテンツの多チャンネル化が実現されており、広告コンテンツもSD(Standard Definition)映像対応からフルHD映像対応へと高精細な映像表示が可能になっている。案内情報などのグラフィックス表示についても、当社独自のグラフィックスコアを搭載し、高品質なアニメーション表示が可能となり、美しく、わかりやすい案内表示を実現している。液晶ディスプレイのバックライトについても、従来の冷陰極蛍光ランプ(Cold Cathode Fluorescent Lamp: CCFL)から、低消費電力、長寿命のLEDを採用することによって、環境に配慮した取組みを行っている。

今後は、地上システム向けデジタルサイネージソリューション“MEDIAWAY(メディアウェイ)”と連携した駅ナカ、街ナカの情報配信が可能となり、更に便利で快適な車両環境を乗客に提供していく。

(注4) Ethernetは、富士ゼロックス(株)の登録商標である。

#### 3.2 大型球体ディスプレイ

当社は、2011年6月に、日本科学未来館のシンボル展示“Geo-Cosmos(ジオ・コスモス)”向けに、有機EL方式大型映像装置を納入した(図7)。この装置は、96mm角の有機EL小型パネル10,362枚をアルミニウム製の球体に敷き詰めた直径約6mの球体ディスプレイであり、当社の大型映像表示装置“オーロラビジョン”で培った様々なノウハウを結集して構築したものである。



図7. 大型球体ディスプレイ(Geo-Cosmos)

表示ユニットをタイル状に配列して構成される大型映像表示装置オーロラビジョンは、1980年に米国ロサンゼルスのドジャーススタジアムに納入されて以来、30年以上が経過し、現在、世界各地の様々な公営競技場やスタジアムに設置されている。その間、使用する表示デバイスも、第一世代のCRT(Cathode Ray Tube)から、Flat Matrix CRT、LEDへと進化してきた。特にLED方式の登場はコスト低減と高解像度化に寄与し、大型映像表示装置をハイビジョンの表示にも対応可能な高画質表示装置へと変化させた。その一方で、国内外メーカーの参入を促し、メーカー間の競争も激化しているため、当社ではオーロラビジョンの一翼を担う新たなデバイスとして有機ELに着目し、開発を進めてきた。有機ELは、高画質で視野角が広く、既に携帯電話や車載機器用途等に幅広く普及しているものの、一般に大型化が難しいとされている。そこで、オーロラビジョンで培った目地レスで配列可能なパネル設計ノウハウを利用して、96mm角で、画素ピッチ3mmのパッシブ型有機ELパネル(図8)を開発した<sup>(4)</sup>。これらを配列することによって任意のサイズ及び任意の解像度の映像装置を実現できる。

Geo-Cosmos向けの球体ディスプレイでは、薄型構造である有機ELパネルをわずかに傾斜させて目地レスで球面を構成している。有機ELは、視野角が広いため、わずかに角度のある擬似局面の表示がスムーズにカーブした曲面表示のように見える。さらに、有機ELならではの高コントラスト、及び1,000万画素を超える超高解像度映像で、気象衛星が撮影した雲の動き、科学的コンテンツ、芸術的コンテンツ等、様々な地球の姿を鮮明に映し出している。なお、このGeo-Cosmosの制作は、日本科学未来館の企画コンセプトに基づき、(株)電通の下、(株)ゴーズ(画像処理・送出システム等)、(株)GKテック(球体設計・製作)、当社

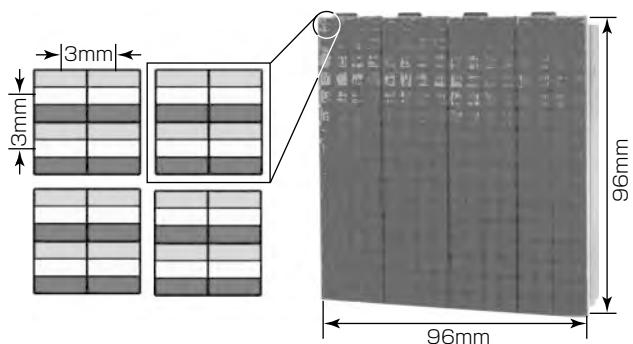


図8. 有機ELパネル

(有機ELディスプレイシステム)を合わせた4社の総合力を結集して完成したものである。

設置場所にとらわれず、球体や曲面等に対応できるという有機EL方式の特長を生かした分野として、デジタルサイネージや空間演出の用途がある、また、高精細、高コントラストの表示能力を活用して、空港におけるライトインフォメーションの表示装置、駅における行き先表示装置、更なる高精細化による監視システム分野への適用など、今後、様々な用途が期待されている。また、有機ELの材料は年々改善されており、更なる性能改善が期待される。

#### 4. む す び

この特集号で述べる技術、開発成果は、いずれも当社の持つ映像技術を結集して得られたものである。今後、これらの技術を更に発展させ、“Changes for the Better”の旗印の下に社会に貢献していくとともに、映像機器の進化が単なる娯楽・情報伝達手段の発展というだけでなく、真に伝えるべき感動や情報を多くの人と分かち合う手段として発展し、人々の生活をより豊かで文化的なものにする一助とならんことを願うものである。

#### 参 考 文 献

- (1) 山中 聰, ほか:超解像技術, 三菱電機技報, **85**, No.3, 179~182 (2011)
- (2) Kuwata. M., et al.: A 65-in. slim (255-mm depth) laser TV with wide-angle projection optical system, Journal of the SID, **17**, No.11, 875~882 (2009)
- (3) トピックス:最新のトレインビジョン, 三菱電機技報, **85**, No.1, 9 (2011)
- (4) 原 善一郎:オーロラビジョンOLEDの開発, 月刊ディスプレイ, 9月号, 42~46 (2011)

# 画質評価技術 —液晶テレビからプリンターまで—

香林さやか\* 山岸宜比古\*  
安井裕信\* 中村芳知\*\*  
福田智教\*

*Evaluation Technology for Image Quality—from Liquid Crystal Display to Printer—*

Sayaka Kobayashi, Hironobu Yasui, Tomonori Fukuta, Nobuhiko Yamagishi, Yoshitomo Nakamura

## 要 旨

従来、ディスプレイに表示される映像の画質は、①明るさ・コントラスト、②階調、③色表示・色再現、④精細さ、⑤動き、⑥ノイズの6項目に分類され、評価されてきた。しかし、実際に映像を視聴する視聴者はこれら6つの特性を複合的に知覚しており、人に合わせた・人に見やすい映像や画質を提供するためには、①～⑥の物理量による評価と主観評価を組み合わせる必要がある。

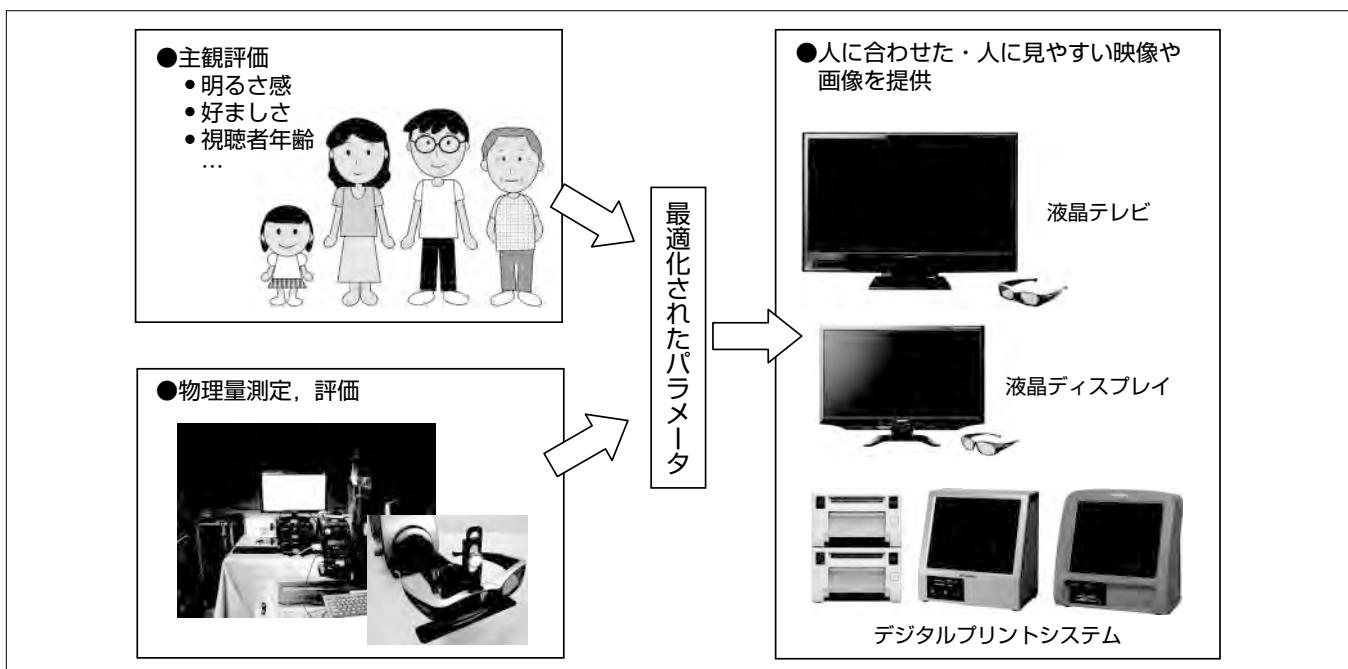
物理量による評価と主観評価の双方の視点から開発された機能には、液晶テレビに搭載されている家庭画質(輝度制御技術)がある。これは部屋の明るさと視聴する年代層に応じて好ましい輝度に設定することで、まぶしさ感を押さえた映像表示を実現している。更なる省エネルギー化を目的に明るさ感の主観評価を実施し、液晶パネルのバックライトの消費電力を抑えつつ、暗いと感じさせない適度な明るさに制御する省エネルギー家庭画質(省エネルギーバックライト制御技術)を開発した。

近年、注目されている3Dテレビでは、2眼立体視の得やすさが人によって異なることに着目し、3D映像の視差と見やすさについての主観評価を行い、視差量を視聴者が

調整できる奥行きジャスター機能を開発した。また、3Dメガネ方式における3Dテレビ画面の輝度を正確に測定する目的で、3Dメガネを輝度計に取り付けるための3Dメガネアダプタを開発し、3Dメガネを使用した状態での輝度測定を可能にした。

店頭に設置されるデジタルプリントシステムでは、利用者が撮影した写真データを自ら持ち込んで印刷するため、暗い場所で撮影したものや逆光の強いものも自動的に画質を補正して印刷する必要がある。補正量によって明るさや色の鮮やかさが変わり、写真の印象が異なるため、写真データが持つ輝度ヒストグラムの特徴ごとに分類し、多くの人が好ましいと感じる画質に補正するための補正量を主観評価によって求めた。この機能によって、コンビニエンスストアなどの店頭で手軽にきれいな写真がプリントアウトできるようになった。

本稿では、これらの事例を紹介し、様々な画質評価技術とそこから開発された、人に合わせた・人に見やすい高画質化機能について述べる。



## 画質評価技術と人に合わせた・人に見やすい映像や画像を提供

ディスプレイの画質評価には、利用者が見やすいと感じる画質を調べる主観評価とディスプレイの性能を評価する測定の双方が必要である。主観評価及び測定の結果から、人に合わせた・人に見やすい映像を表示するための最適化されたパラメータを求め、製品開発に反映させている。

## 1. まえがき

従来、ディスプレイの画質は、①明るさ・コントラスト、②階調、③色表示・色再現、④精細さ、⑤動き、⑥ノイズの6項目に分類され、評価されてきた。しかし、これらの評価はディスプレイの性能を数値化したものであり、実際に映像を視聴する視聴者はこれら6つの特性を複合的に知覚し、“きれい、見やすい”などの判断をしている。人に合わせた・人に見やすい機能を開発するためには、①～⑥を物理量によって評価するだけではなく、主観(感性)評価と組み合わせることが必要である。

物理量の評価と主観評価との組合せによる高画質化は、主に2Dテレビの画質改善のために行われてきたが、一般家庭への普及が進んでいる3Dテレビや非発光メディアであるプリント写真にも展開しており、その事例も述べる。

## 2. 液晶テレビの明るさ感評価

一般的に輝度の高いディスプレイは、視認性が高く高画質に見えるため、液晶パネルなどのデバイス性能の向上にしたがって、表示輝度の値が高くなっている。そのため、液晶テレビの画質が上がったと言われる反面、視聴者からまぶしいという声が聞こえてきた。

明るさ感は人によって異なるが、年齢に依存する点が大きい。図1は、若齢者(20代)と高齢者(60～70代)にスクリーンに映った表示サイズの異なる丸いパターンを見せ、順応輝度(何も写っていないスクリーンの輝度。周囲の明るさを示す。)に対してまぶしさを感じる始める輝度を調べたものである。

表示サイズが大きい(刺激サイズが大きい)場合には年齢差が見られないが、表示サイズが小さい(刺激サイズが小さい)場合には若齢者の方がまぶしさを感じる輝度が低くなる結果が得られた<sup>(1)</sup>。さらに、子供のテレビ視聴距離は大人の0.8倍という調査結果<sup>(2)</sup>があり、これらを踏まえて視聴環境の明るさと年齢による特性(高齢者、若齢者、子供)に応じてまぶしさ感を抑える輝度制御技術(家庭画質)を開発した。三菱電機では2006年に発売した液晶テレビ“REAL MX60シリーズ”から、人間を中心とした設計思想

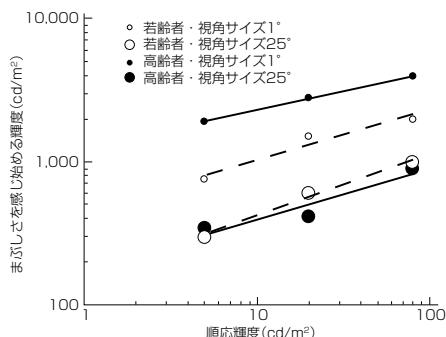


図1. 順応輝度に対する明るさ感の評価

を取り入れ、まぶしさや見えにくさ等、人が感じる明るさ感の評価結果を基にした輝度制御技術(家庭画質)を搭載している。

また、近年では地球環境の観点から消費電力を下げることが求められている。液晶テレビの消費電力の大半を占めるのは液晶パネルのバックライトであるが、単純に画面輝度を低下させて消費電力を下げようすると、視聴者に暗さを感じさせてしまう。そのため、被験者が自由に明るさを調整できるテレビを使い、①好ましい輝度と②許容下限輝度を調整法によって評価した<sup>(3)</sup>。

図2に示すように実際の製品を複数台用いた比較法による明るさ感の評価を行い、先に述べた家庭画質に加え図3に示すような、視聴者に暗さを感じさせない好ましい明るさの領域内で、バックライトを入力平均映像信号レベルによって制御する省エネ家庭画質(省エネ家庭画質)を実現している。

## 3. 3Dテレビの画質評価

3Dテレビでは、従来の画質評価のほかに立体感という新たな軸が加わった。一般的な3Dテレビでは、左目用と右目用画像のずれによる両眼視差を利用した両眼式立体表示が用いられており、左右の視差量が大きいほど映像の飛び出し及び引き込みは大きなものとして知覚される。

### 3.1 立体視の見やすさ評価

左右の視差量は、画面の手前で像を結ぶ飛び出しの場合も、画面の奥で像を結ぶ引き込みの場合も限界があり、大きすぎると立体視を得られない<sup>(4)(5)</sup>。また、両眼視差を使った立体表示は立体視を得やすい人と立体視を得にくい人がある。この特性を評価し、多くの視聴者に立体視を得やすくなることは、家庭視聴における立体映像表示には欠かせない。

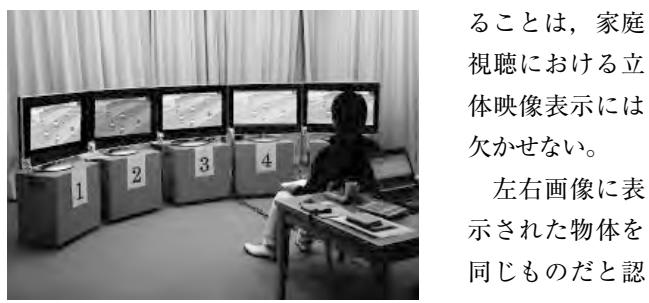


図2. 比較法を用いた明るさ感の評価

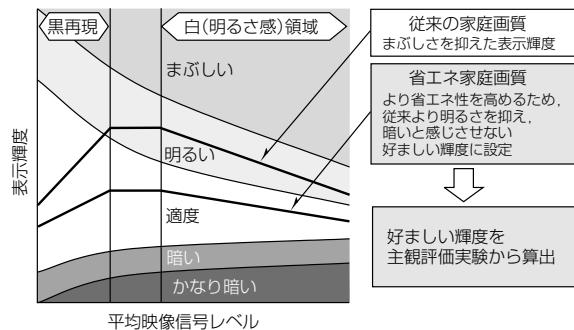


図3. 明るさ感による表示輝度制御

見えた状態を融合、視差が大きくなりすぎて一つに見えなくなる状態を分離として、立体視が得られる融合の視差と立体視が外れる分離の視差量を計測した。図4はこの評価に用いた画像である。左の写真は白いコップが机の手前にある、立体視すると画面よりも飛び出して見えるようになっている。また、右の写真は同じコップが机の奥にあり、画面よりも引き込んで見えるようになっている。

融合開始視差の評価は、視差が大きく分離した状態から開始し、被験者が自分で視差を小さくしていき、立体視が得られた視差角を調べた。分離開始は、立体視が得られない状態から視差を大きくしていき、立体視が得られなくなった視差角を調べた。図5、図6は飛び出し方向への立体視についての結果だが、融合開始視差と分離開始視差に差があり、一旦融合ができると分離しにくい特徴がある。また、融合・分離ともに分布が広がっており、立体視の得やすさには個人差があることがわかる<sup>(6)</sup>。なお、引込み方向についても同様の傾向が見られた。

また、立体映像が融合するまでにかかる時間についても調べた。図7に示すように、飛び出し部(A)と引込み部(B)のある立体映像を作成し、被験者に引込み部と飛び出し部を交互に見てもらい、融合までにかかる時間を測定した。その結果、図8のとおり、41歳以上の被験者では立体視を得るまでの時間が長くなることがわかった。これらのことから、家庭で3D映像が視聴される際には個人差や視聴環境に合わせて立体感を調節することが望ましく、2010年発売の液晶テレビ“MDR1シリーズ”及び2011年発売の液晶ディスプレイ“RDT233WX-3D”から奥行きアジャスター(視差調整機能)を搭載している。

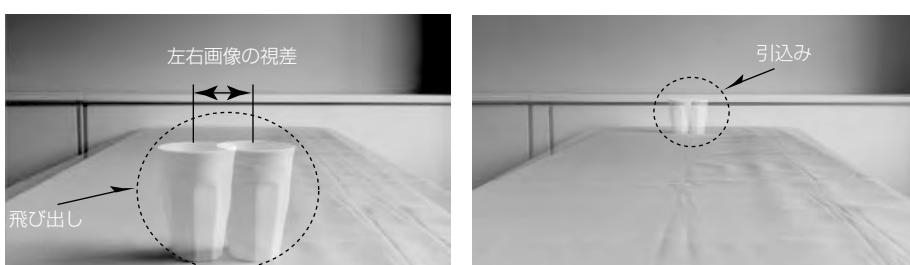


図4. 融合分離限界評価に用いた画像

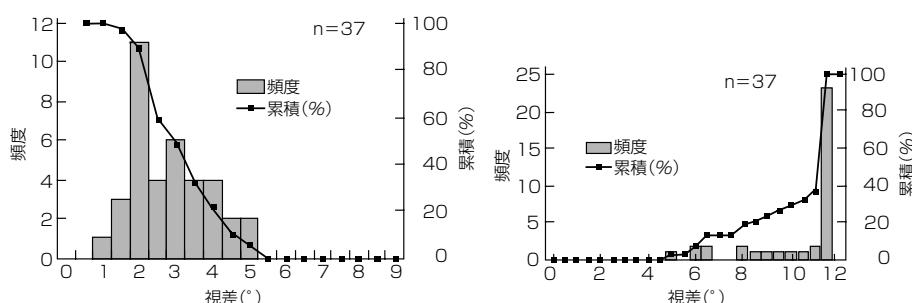


図5. 融合開始視差分布と累積頻度比  
(飛び出し)

図6. 分離開始視差分布と累積頻度比  
(飛び出し)

### 3.2 3Dメガネ使用時の輝度測定

#### 3.2.1 3Dメガネ方式の輝度測定の課題

3Dメガネ方式の3Dテレビでは、3D映像視聴輝度を測定する際、輝度計に3Dメガネを取り付け、左右の映像を分離して測定する必要があるが、多くの輝度計では3Dメガネを取り付ける構造になっていない。3Dメガネレンズは、輝度計の対物レンズよりも小さいため、3Dメガネレンズ外の左右の映像が分離できていない光が混入する問題があり、混入を防ぐために3Dメガネレンズ外の光を遮断すると輝度計に入射する光量が減少し、輝度が正確に測定できない。

#### 3.2.2 3Dメガネアダプタ

上記の課題を解決するために、図9に示すような輝度計の対物レンズに装着できる3Dメガネアダプタを開発した。3Dメガネアダプタの入射口の直径は20mmと小さく、3Dメガネレンズを通した光だけを測定できる反面、入射口が輝度計の対物レンズよりも小さくなるため、輝度計に入射する光量が減少する。また、測定対象との距離が変わると焦点角度が変わるために、取り入れる光量も変化する。このため、3Dメガネアダプタを装着・非装着の状態(3Dメガネレンズは設置しない)の輝度を、測定対象の輝度及び測定距離を変えながら測定し、それぞれの比(補正係数)を求めたところ、測定対象の輝度による変化はなく、距離によって変化することを確認した<sup>(7)</sup>。これによって、測定距離に応じて補正係数を求めておき、3Dメガネアダプタを装着していない時の輝度を求められることがわかり、3Dメガネレンズを通した輝度測定を正確に測定する環境が整備できた。

### 4. デジタルプリントシステムの画質評価

当社では、コンビニエンスストアなどの店頭でデジタルカメラの写真データを印刷するプリンター及びシステムを開発している。利用者が撮影した写真データを扱うため、暗い場所で撮影した写真や逆光の強い写真等多様なコンテンツに合わせた画質補正が必要である。

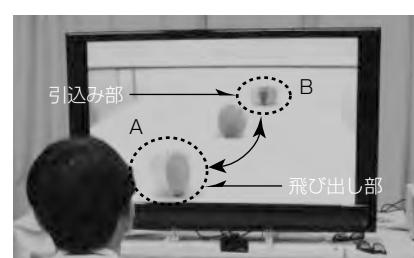


図7. 視点移動による  
立体映像視認性評価

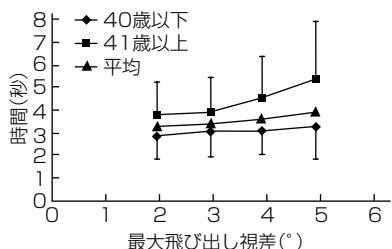


図8. 年齢別に見た融合にかかる時間



図9. 3Dメガネアダプタ

#### 4.1 一対比較法による主観評価

画質補正を行う際、写真の特徴によって、明るさやコントラスト等の補正パラメータを変化させているが、それぞれのパラメータをどの程度変化させるかという補正量によっても明るさや色の鮮やかさが変わり、写真の印象が異なってくる。

補正量によって印象が変わるサンプルデータを用い、どの補正量が好ましいかを一対比較法によって評価した。同じサンプルデータを異なる補正量で印刷し、その中から2枚を1組として全パターンの組合せをランダムに被験者に提示した。どちらの方が好ましいかを感じるかを評価スケール(7段階)に記入してもらい、結果を解析した(図10)。店舗では多様な写真データが持ち込まれることを想定し、すべてのサンプルの評価結果から総合的な満足度の高かった補正量を採用している。

#### 4.2 デジタル写真のコンテンツ分類と画質補正

デジタルプリントシステムでは多様なコンテンツに合わせた画質補正を自動で行う必要があるが、人物写真では逆光となっている顔の明るさを改善し、肌を滑らかにする補正が好まれる。また、人物写真以外の風景写真など(非人物写真)では逆光のほかに、全体的に明るさが足りずに画像の詳細がわからないケースがある。持ち込まれた写真データがどのような特徴があるかを判定し、補正パラメータを算出するため、ディスプレイの画質評価の一要素である輝度に着目した。

人物写真・非人物写真ともに補正が必要な写真データを集め、輝度情報を調査した結果、図11のように、人物写真では、顔領域と背景領域の輝度情報の差分を基にして、写真の逆光度合いに応じて補正パラメータを算出、非人物写真では、画像全体の輝度ヒストグラムの特徴から4種類(逆光3種類、順光1種類)に分類し、逆光を改善しつつ、全体のコントラストのバランスを保つ画質補正を行っている。

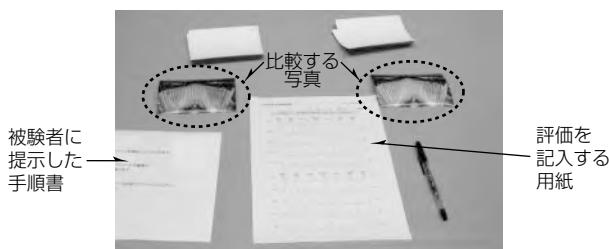
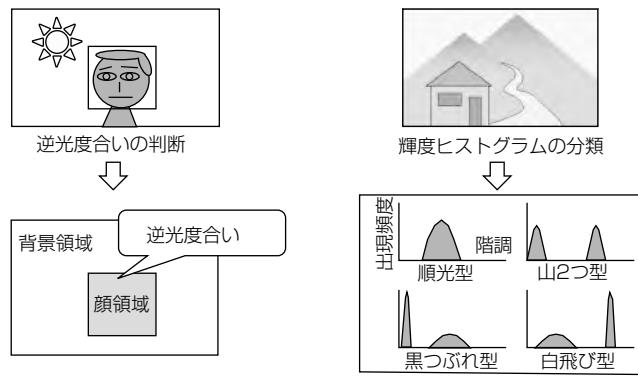


図10. 補正量の差による印象の比較評価



(a) 人物写真の場合 (b) 非人物写真の場合

図11. デジタル写真の輝度特徴による分類

## 5. むすび

画質評価事例や評価結果から開発された機能について述べた。画像に関する当社製品は幅広く、画質評価技術が必要とされる機会も多い。今後も人にとって見やすい画質を追求し、高画質化へとつなげていきたい。

## 参考文献

- (1) 窪田 悟, ほか: 画像の平均輝度レベル, 観視者の年齢, 照明環境を考慮した液晶ディスプレイの輝度制御, 映像情報メディア学会誌, 62, No. 6, 931~936 (2008)
- (2) 窪田 悟, ほか: 子供のテレビ視聴距離, 映像情報メディア学会誌, 61, No. 2, 234~236 (2007)
- (3) 中村芳知, ほか: 家庭環境における好ましい輝度と許容下限輝度の検討, 電子情報通信学会 総合大会, 59 (2009)
- (4) 矢野澄男: 両眼融合可能な視差の範囲 - 視標の大きさと空間周波数の変化に対する検討-, 電子情報通信学会論文誌, J75-D-II, No.10, 1720~1728 (1992)
- (5) 長田昌次郎: 両眼式立体画像観視における両眼融合限界の画角および視距離依存特性, テレビジョン学会誌, 43, No. 3, 276~281 (1989)
- (6) 中村芳知, ほか: 融合する視差と分離する視差の評価, 映像情報メディア学会技術報告, 35, No.22, 33~36 (2011)
- (7) 安井裕信, ほか: 3Dメガネを使用した輝度測定方法の検討, 映像情報メディア学会年次大会, 4~8 (2011)

# 3D対応液晶ディスプレイ “RDT233WX-3D”

木津直樹\* 吉井秀樹\*\*  
松尾洋一\* 安井裕信\*\*  
奥田悟崇\*\*

3D Liquid Crystal Display "RDT233WX-3D"

Naoki Kizu, Yoichi Matsuo, Noritaka Okuda, Hideki Yoshii, Hironobu Yasui

## 要 旨

近年、映画、ゲーム、放送、ムービーカメラ、動画投稿サイトをはじめ、3D映像を視聴する機会が増えてきている。しかし、液晶ディスプレイでは、パソコンゲームにのみに対応した3Dディスプレイが多く、多彩な3Dコンテンツを手軽に楽しめる製品が求められていた。

そこで、三菱電機では、HDMI(High-Definition Multimedia Interface)<sup>(注1)</sup>1.4の3D規格に対応することによって、幅広い3D映像フォーマットに対応し、3Dコンテンツが手軽に楽しめるIPS(In-Plane Switching)方式23型ワイド液晶ディスプレイ“Diamondcrysta WIDE(ダイヤモンドクリスタワイド)シリーズ”の“RDT233WX-3D(BK)”を2011年5月30日に発売した。

主な特長としては、次の3つである。

### (1) 3D映像を付属の3Dメガネで簡単に楽しめる

HDMI1.4の3D規格対応によって、付属の3Dメガネで3Dコンテンツを簡単に楽しめ、さらに、この機種では3D表示方式として偏光方式を採用することによって、明るく、

ちらつき感の少ない3D映像を表示するので、疲労感の少ないディスプレイである。

(2) IPS方式液晶ディスプレイと超解像技術でクリアで明るく、鮮やかな高画質映像

見る角度や位置によって色味や階調特性の少ないIPS方式液晶を採用し、更に当社独自の画像処理エンジンである“ギガクリア・エンジンII”搭載で、画像の細かな部分も自然な解像感でクリアで明るく、特に、3D映像に関してはより立体感を得やすい。

(3) 電源内蔵、厚さ39mmのスタイリッシュな薄型デザイン  
LED(Light Emitting Diode)バックライト採用と電源ユニットの薄型化によって、電源内蔵で厚さ39mmの薄型デザインを実現している。

発売以来、2D画質などのディスプレイモニタとしての基本性能を満足しつつ、手軽に、しかも、高画質で立体感豊かな3D映像が楽しめると好評を得ている。

(注1) HDMIは、HDMI Licensing, LLCの登録商標である。



## “Diamondcrysta WIDE(ダイヤモンドクリスタワイド)シリーズ”の“RDT233WX-3D(BK)”

Diamondcrysta WIDEシリーズのRDT233WX-3D(BK)の外観、右は、付属リモコンの外観である。

## 1. まえがき

近年、映画、ゲーム、放送、ムービーカメラ、動画投稿サイトをはじめ、3D映像を視聴する機会が増えてきており、手軽に3Dコンテンツを楽しむことができるディスプレイモニタが求められていた。当社が2011年5月30日に発売したIPS方式23型ワイド液晶ディスプレイRDT233WX-3D(BK)では、HDMI1.4の3D規格に対応し、様々な3Dフォーマットに対応し、PlayStation<sup>(注2)</sup>3やBlu-ray<sup>(注3)</sup>をはじめ、動画投稿サイトの3D映像、更にBS(Broadcasting Satellite)／CS(Communication Satellite)放送の3D番組を簡単に楽しむことができる。また、偏光方式によれば、明るくちらつきを感じにくい上、新・超解像技術など高画質技術を凝縮したギガクリア・エンジンⅡを搭載することで、立体感・解像度感を得ることができ、ユーザーからの高い評価を得ている。

本稿では、これらRDT233WX-3Dの主な特徴である“3D偏光方式”の長所と短所・課題とその対応を中心に、ギガクリア・エンジンⅡによる高画質化などについても述べる。

(注2) PlayStationは、(株)ソニー・コンピュータエンタテインメントの登録商標である。

(注3) Blu-rayは、Blu-ray Disc Associationの登録商標である。

## 2. 3D偏光方式

### 2.1 3D映像表示の現状

一般に、視聴者の両眼に対して視差をつけた左目用／右目用の画像をそれぞれ見せることで3D映像を実現している。

まず、3D表示方式としては、メガネ式と裸眼式に大別することができるが、一般家庭でも気軽に3Dテレビの視聴ができるためにも裸眼式の実用化が望まれている。最近の携帯型の情報端末やゲーム機器等では、視差バリアを利用した裸眼3Dが実用化されている。一方、大型ディスプレイ向けには、液晶パネル上にかまぼこ状のレンズを配し、左右の目に対しそれぞれの光線を入射させるレンチキュラーレンズ方式をはじめ、様々な裸眼3D方式が検討されている。

しかし、どの方式も一般家庭に浸透するレベルにまでは到達していないとの見方が一般的である。つまり、3D市場は、現存のメガネ式を中心に発展していくものと予想される。

### 2.2 3D方式の比較

ディスプレイモニタでは、3D対応のパソコンゲーム向に、NVIDIAの3D VISION<sup>(注4)</sup>に対応した液晶シャッター方式を中心に市場が立ち上がった。その後、Blu-rayなどの3Dコンテンツの視聴を目的とするHDMI1.4への対応が進んでいき、現在は、一部ノートパソコンのような20型以下では裸眼式も販売され始めているが、テレビ市場同様、

(注4) NVIDIA、3D VISIONは、NVIDIA Corp. の商標又は登録商標である。

主流はメガネ式であり、液晶シャッター方式と偏光方式が共存する状態になっている。表1は、液晶シャッター方式と偏光方式との比較を示すものである。液晶シャッター方式に記載の数値は、現在発売されている一般的な液晶ディスプレイモニタのものである。

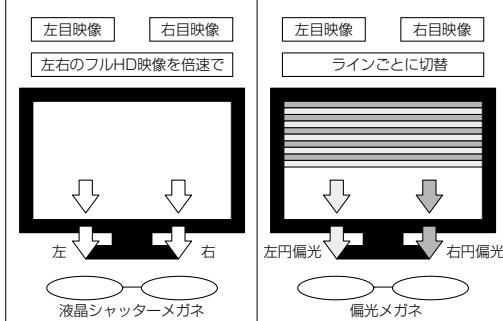
まずは、それぞれの基本概念について述べる。左右の目に違った映像を見せて立体視を実現する点では同様だが、分離の方法に違いがある。液晶シャッター方式は、120Hzという倍速で駆動するディスプレイが左右それぞれの目に見せる映像を交互に切り替え、そのタイミングに合わせて3Dメガネのレンズ部に取り付けられた液晶シャッターを交互に開閉することで、映像を立体視させる。シャッターを制御する信号はエミッタから赤外線送信される。一方の偏光方式は、液晶パネルと3Dメガネの上に貼られた偏光フィルムによって、走査線ごとに左右の目が見る映像を分離させる。つまり、3Dの映像としては、前者は時分割、後者は空間分割と言える。液晶シャッター方式ではフルHD(High Definition)の映像が視聴できるのに対して、偏光方式では垂直解像度が半分になってしまう。また、走査線ごとに左右の各映像を割り当てているため、3D映像視聴時には、上下方向の視野角に制限が発生する。

しかし、偏光方式の3D映像が液晶シャッター方式に劣るわけではなく、むしろメガネの液晶シャッターが開閉しないことによる映像的なメリットも大きい。まず、図1に示すように、偏光方式の3Dメガネは、左右それぞれに異

表1. 3D方式の比較

項目	液晶シャッター方式	偏光方式(提案方式)
映像	時分割	空間分割
	フル解像度	垂直解像度(2分の1)
メガネ	アクティブ (液晶シャッター)	パッシブ (偏光)
	重い、高価、 フリッカーあり、同期外れ、 充電／電池要	軽い、安価、 フリッckerなし、 快適、充電／電池不要
クロストーク (C/T)	液晶の応答速度による	上下視野角による
上下視野角	エミッタ出力が届く範囲 であれば、制限なし	上下12度 (C/T測定値: 10%未満)
輝度	40cd/m <sup>2</sup> @2D 400cd/m <sup>2</sup> (2D表示時の約10%)	100cd/m <sup>2</sup> @2D 250cd/m <sup>2</sup> (2D表示時の約40%)

図



なる偏光フィルムを貼るだけの簡単な構造で実現することができる。このため、メガネのシャッターが開閉する周波数と周囲の照明の周波数のずれによって生じるフリッカ(ちらつき)も発生しない。また、液晶シャッター方式のように、シャッターの閉じている期間がないため、映像の明るさを維持しやすいなどの特長がある。さらに、電子式にシャッターを開閉する必要がないため、充電や電池が不要で、また、メガネ自体も安価で軽量に実現できる。エミッタからの出力と同期をとる煩わしさもない。

偏光方式は、疲労感を感じにくいため、映画館などでの採用実績も多い。つまり、3D映像をストレスが少なく、手軽に楽しむことができる実用的な方式であると言つてよいだろう。

### 2.3 偏光方式採用の理由

偏光方式は手軽に3D映像を楽しめる一方で、製品化する上では、垂直解像度が半分になってしまう点と上下視野角に制限がある点に対応する必要がある。

#### (1) 垂直解像度について

偏光方式の垂直解像度については、様々な議論がなされており、“3D映像の画質を細かく見る視聴者を除いた一般視聴者には特に問題とはならないが、フルHDを実現できとはいえない”との見解が大勢を占めている。その一方で、“垂直解像度は半分になるが、両目で同時に見ることができるため、単位時間あたりの解像度情報量は同じである。また、両目で動いている物体を見るため、運動視差を知覚しやすく、物体の相対的な位置関係を把握しやすい”との主張もある。

これらは主観的なものであるため、今回数名の被験者による評価を行った。その結果によれば、斜め方向の線が多く見られる静止画ではやはりフルHDの解像度感は得られないが、解像度が半減しているとも感じず、通常の動画コ

ンテンツなどの視聴には十分なレベルであると判断することができた。

#### (2) 上下視野角の制限について

偏光方式の液晶ディスプレイと言えば、ガラスタイルの位相差板を用いるGPR(Glass Patterned Retarder)方式のものがすでに市場に投入されていたが、この方式は、ガラスの厚みによって、左右の映像が他方に混入し重なって見えてしまうクロストークの原因となる迷光を発生しやすい。これに対してRDT233WX-3Dで採用した偏光フィルムタイプのFPR(Film Patterned Retarder)方式では、液晶パネルの表面に密着させることができる薄いフィルムとしてクロストークを軽減でき、上下視野角の改善が可能である。

クロストークは、左右の映像として白と黒の画像パターンを用い、それぞれのメガネを通して輝度を測定することで、映像の混り込み量として数値化されるが、その数値と視聴者が実際に感じる重なり感が一致せず、評価が難しい。そこで、一般的なGPRタイプの3Dディスプレイを使用し、被験者が重なり感を感じずに3D映像を視聴できるとした範囲(快適視聴範囲)を調査したところ、クロストークが5%未満の領域にはほぼ一致していたため、これを基準としている。

図2は、クロストーク5%未満領域で示される快適視聴範囲を測定した結果である。RDT233WX-3Dは、FPR方式を採用することで、3D映像の快適視聴範囲を大きく改善できていることがわかる。この結果は被験者による主観評価とほぼ一致している。また、測定に用いたRDT233WX-3Dの場合は、ディスプレイ正面に向かって約54cm離れた場所から3D映像を視聴した場合に、十数cm上下方向に動いても不快なレベルの重なり感を感じないことを意味しており、視聴者は十分にリラックスして3D映像を楽しむことができると考えられる。

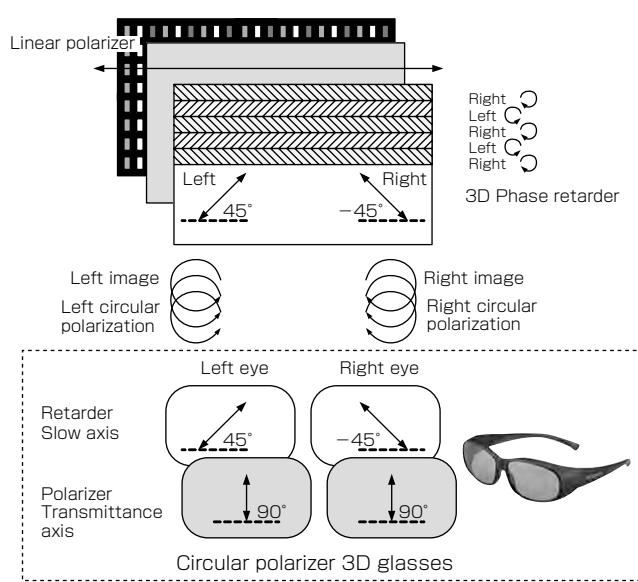
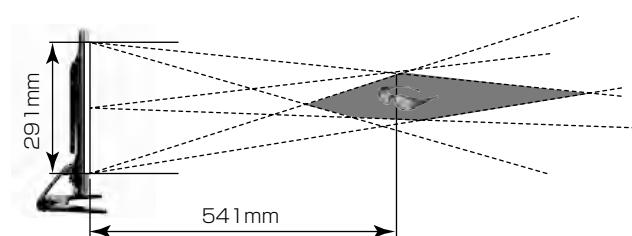
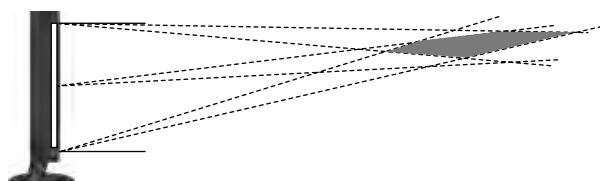


図1. 偏光方式3Dメガネの仕様



(a) RDT233WX-3Dの快適視聴範囲



(b) 一般的なGPRタイプ3Dディスプレイの快適視聴範囲

図2. 快適視聴範囲(C/T < 5%)測定結果

### 3. ギガクリア3D

これまでに発売されている3D対応ディスプレイモニタでは、多くの機種で、3D映像に対する画質調整機能がないか、又は、コントラスト補正など最小限のものとなっており、ぼやけた3D映像となってしまっているのが現実である。また、明るさを強調しすぎたために解像度感・立体感のない薄っぺらな映像となっているものもある。

それに対して、RDT233WX-3Dでは、広視野角で、視線を移動した場合に色味の変化が少ないIPS液晶を採用し、さらに、当社独自の画像処理エンジンであるギガクリア・エンジンⅡを組み合わせることで、多彩な映像コンテンツの高画質化を実現している。主な高画質化機能は、次のとおりである。これらの機能は、2D映像／3D映像を問わず有効である。

#### 3.1 新超解像技術

従来の超解像処理ではちらつきが発生しやすかった箇所を自動で検知し、超解像処理を部分的に抑えることで、画像の細かな部分も自然な解像感でクリアに表示することが可能になった。特に、3D映像に関してはより立体感を感じやすくなっている。

#### 3.2 エリアコントラスト

周辺の映像情報に基づいて、画素ごとに細かくコントラストを制御することで、従来から搭載しているダイナミックコントラスト機能との連携によって、白飛びや黒つぶれを調節し、全体のコントラスト感を向上させ、映像の細部もメリハリ豊かな表示が可能となった。

なお、超解像技術と、エリアコントラスト・ダイナミックコントラストを組み合わせることで、解像度感・立体感が豊かで、明るい3D映像を実現することができる。

#### 3.3 ブロックノイズリダクション技術

ネット上の動画にありがちなタイル状のブロックノイズを低減し、低解像の映像でも見やすく表示できる。

#### 3.4 3D機能

##### (1) 奥行き調節機能

3D映像のコンテンツや好みに合わせて奥行き感や飛び出し感を調節する機能を搭載している。これによって目に対する負担をやわらげることも可能である。

##### (2) 2D→3D変換機能

2DのゲームやDVD(Digital Versatile Disk), Blu-ray等の映像に対して、擬似的に視差を生成することで、3Dの

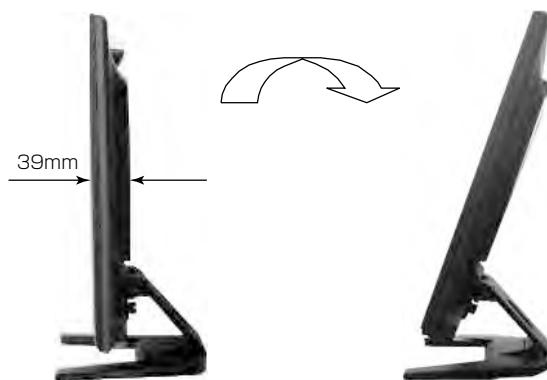


図3. 電源内蔵の薄型デザイン

ような奥行き感・立体感のある映像を気軽に楽しむことができる。

#### 4. スタイリッシュデザイン

RDT233WX-3Dでは、LEDバックライトと電源の薄型化によって、電源を内蔵した状態でも薄さ39mmというスタイリッシュでスリムなデザインを実現した。アルミダイキャスト製になったスタンドは、デスク上にすっきり設置でき、取付け位置を変更することで3段階(1段階:15mm)の高さ調節が可能となっている。

RDT233WX-3Dで採用した偏光方式3Dディスプレイでは、上下視野角を調整するためのチルト機構は重要であるが、スタンドの安定性が増したことによって、操作性が向上した(図3)。

#### 5. むすび

裸眼式／メガネ式、液晶シャッター式／偏光方式といった3D方式について述べたが、どの方式でも更なる改善が進められている。例えば、今回、採用したFPR偏光方式でも、偏光素子のインセル化(液晶との一体化)が実現できれば、上下視野角の改善、垂直方向の解像度感の向上も可能であろう。

今回、3D方式として偏光方式を採用することで、手軽に3Dを楽しめる上、当社独自の高画質技術を凝縮したギガクリア・エンジンⅡの搭載によって2D画質はもちろん、3D映像に対する立体感・解像度感豊かなディスプレイRDT233WX-3D(BK)を市場投入し、好評を得ることができた。これからも、画質などのディスプレイモニタとしての基本性能を高水準で満たしつつ、さらに、高いユーザー満足度が得られる、訴求力のある製品を開発していく。

# 液晶テレビ向けバックライト制御技術

吉井秀樹\* 山中聰\*  
花井晶章\*\* 小野良樹\*  
安井裕信\*

*Liquid Crystal TV Backlight Control Technology*

Hideki Yoshii, Masaaki Hanai, Hironobu Yasui, Satoshi Yamanaka, Yoshiki Ono

## 要旨

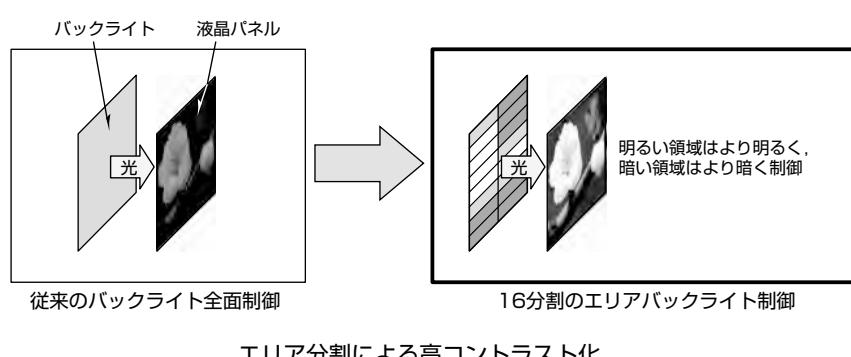
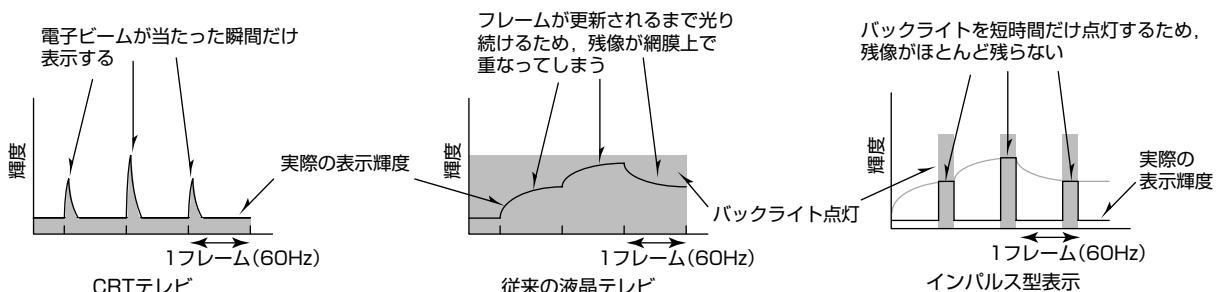
高速応答・高コントラスト化が進む液晶テレビではあるが、動画ぼやけやコントラストでは、CRT(ブラウン管)テレビに及ばない場合がある。それは、液晶の応答の遅さや、液晶に特有のバックライト方式が、大きな原因である。

高速応答については、液晶の応答速度も向上して、映像信号のコマ(フレーム)数(60Hz)に対して十分な速さになってきたように思われるが、液晶はホールド型表示(1コマの間、表示し続ける表示方法)であり、液晶の応答速度が速くなったとしても、ホールド型表示に起因する動画ぼやけが問題となる。映像信号のコマ数を2倍(120Hz)や4倍(240Hz)に増やすことで、ホールド型表示の欠点を補うことができるが、コマ数を増やすには、前後のコマから映像を推定する必要があり、複雑な映像では、推定することが難しく、映像が破綻することも多かった。

コントラストについても、CRTテレビのような高コントラストを得ることが難しい。液晶の場合、一般的にバッ

クライトが常に一定の輝度で点灯しているため、漏れ光の影響で完全な黒を表現できないためである。そこで、液晶テレビでは、映像に応じて、暗い映像ではバックライトを暗くするなどのバックライト制御技術で、高コントラスト化を図ってきた。しかし、映像は常に一様ではなく、明るい部分と暗い部分が混在するため、必ずしも効果的ではなかった。

今回、三菱電機では動画ぼやけ防止と高コントラスト化を同時に実現する技術を開発した。バックライトを複数エリアに分け、液晶の動作に合わせて各エリアのバックライトをインパルス的に順次点灯させるインパルス型発光制御(以下“インパルス型表示”という)を行い、動画応答性を高めるとともに、各エリアの映像情報に応じてバックライトの明るさも同時に制御することによって、明るい部分と暗い部分が混在した映像でも、高コントラスト化が可能となった。



## 液晶テレビ向けバックライト制御技術

インパルス型表示によって、液晶テレビの動画ぼやけを改善し、複数のエリアをエリアごとに明るさ制御することで高コントラスト化が可能となった。

## 1. まえがき

液晶テレビは、従来のCRTテレビに比べ、薄型化・軽量化・大型化等で、メリットが大きい。しかし、液晶の動作が遅く、スポーツ観戦など、動きの速い映像では、ぼやけて見えるなどの問題点があった。液晶の動作速度は年々改善されてきているが、動作が速くなったとしても、ホールド型表示である液晶TVでは、ホールド型表示に起因する動画のぼやけが問題となる。その改善技術として、2倍速・4倍速等、液晶の駆動周期を短くする方法が知られているが、本稿では、それらの問題点を示し、これを改善する技術として、バックライトを複数のエリアに分けて液晶の動作に合わせてインパルス型で表示する方法について述べる。

また、バックライトが常時点灯する液晶テレビでは、漏れ光によって黒の輝度を落とせないため、CRTテレビに比べてコントラストが低いという問題点があった。映像に応じて、暗い映像ではバックライトを暗くするなどのバックライト制御技術で、高コントラスト化が図られてきたが、映像は常に一様ではなく、明るい部分と暗い部分が混在するため、必ずしも効果的ではなかった。これを改善する技術として、バックライトの明るさを複数のエリアに分けて制御することによって、明暗が混在する画像でコントラストを高める技術について述べる。

## 2. 液晶テレビの動画ぼやけ

### 2.1 ホールド型表示

テレビの動画は、1/60秒に1コマの映像を連続で表示することによって実現している。液晶テレビがホールド型表示であることは既に述べたが、ホールド型表示とは、この1コマの映像を1/60秒間表示し続けることである。

図1に円が下から上へ時間とともに移動している映像のホールド型表示のイメージを示す。液晶の応答速度は1/60秒に対して十分に速いものと仮定している。人の目線は時

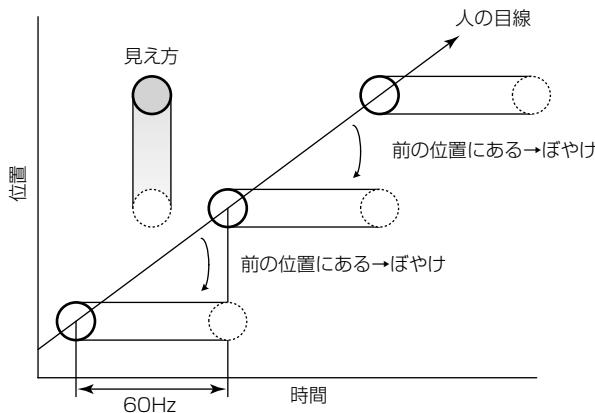


図1. ホールド型表示のぼやけ

間とともに連続して上に向かって移動する。テレビではない実際の物体ならば、物体が人の目線上にあるが、ホールド型表示では、1/60秒の間ずっと表示された位置に存在する。したがって、人は目線より前の位置に円を認識し、尾を引いたように見える（動画ぼやけ）。

### 2.2 倍速表示

図1で示したものと同じ映像を倍速表示した場合を図2に示す。1/60秒に1コマの映像の連続から、間の映像を推定し、1/120秒に1コマにして表示する。すると、人の目線より前の位置に円があるが、1/60秒に1コマのときに比べて、ぼやけの量は1/2になる。同じ要領で更に間の映像を推定すれば、1/240秒に1コマ表示することができ、ぼやけ量は、更に1/2になる。

図2に示したように倍速表示によって、動画ぼやけを低減できるが、これは1/60秒に1コマの映像の連続から、間の映像を推定した推定映像が正しい場合である。

実際には、図3に示したように、動いている円の背景が均一な場合など比較的単調な映像の場合はある程度正確に映像が推定できるが、動いている円の背景に止まっているもの（図3では木）があったり、動いているものが複雑な形

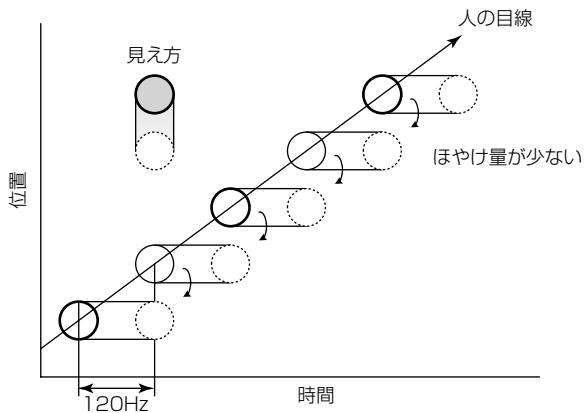
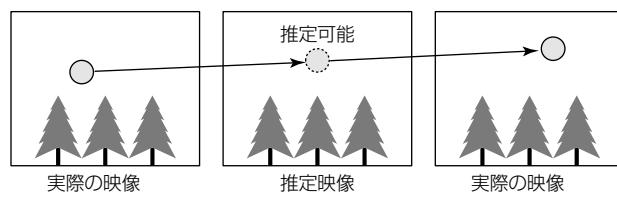
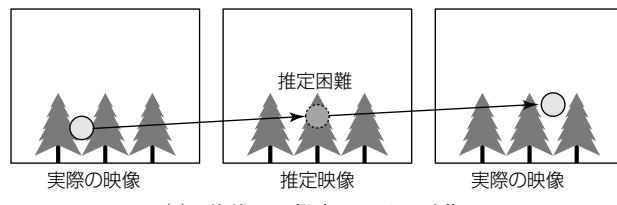


図2. 倍速表示によるぼやけの低減



(a) 比較的単調で、推定しやすい映像



(b) 複雑で、推定しにくい映像

図3. 倍速表示時の映像の推定

や模様であったりすると、誤って推定する場合がある。その場合は、映像が歪(ゆが)んだり、ぼやけたりすることになりこの点が問題となる。

### 2.3 インパルス型表示

図4にインパルス型表示の映像表示イメージを示す。インパルス型表示では、液晶そのものはホールド型表示と同様にホールドしているが、バックライトの点灯時間を短くすることで、表示時間を短くしている。人の目線は時間とともに上に向かって移動するが、目線よりも前の位置にある円は、バックライトが点灯している間だけ認識され、バックライトが消えている間は見えないため、ぼやけの量が少なくなる。

インパルス型表示では、倍速表示のように推定映像によってコマ数を増やす必要がないため、複雑な映像でも誤って推定することなく、常に安定したぼやけの低減効果がある。

これまでの説明では、液晶の応答速度が1/60秒に対して十分に高速であると仮定した上で、ホールド型表示では動画ぼやけが起こることを述べてきた。実際には液晶の応答は、図5に示したように時間をかけて応答している。このため、バックライトの点灯タイミングが、応答途中にあた

るとぼやけが発生する。したがって、インパルス型表示のためにバックライト点灯時間を短くする場合は、図5のように液晶が応答し始めてから最も時間が経過したタイミングでバックライトを点灯する。これによって、液晶の応答速度が遅いことによるぼやけ(残像感)も改善できる。

液晶は、実際には画面全体が同時に応答するのではなく、上から下へ(下から上への場合もある)順番に応答する。したがって、図6に示したように、液晶の応答に合わせて、バックライトを順番に点灯(順次点灯)させる必要がある。そのため、バックライトを複数のエリアに分割して制御する。

このようにインパルス型表示をするためには、バックライトの点灯消灯が(1/60秒などに対して十分に)速く、(順次点灯のために十分に)エリア分割してバックライトを制御する必要がある。最近では、LED(Light Emitting Diode)バックライトなど、バックライトの点灯消灯が十分に速く、エリア制御可能な液晶モジュールが比較的入手しやすくなっている。また、インパルス型表示では、バックライトを点灯する時間が短くなるため、常にバックライトを点灯する場合に比べて暗くなるが、液晶の透過率改善やバックライトの高輝度化等によって、インパルス型表示でも、必要十分な明るさを確保できるようになっている。

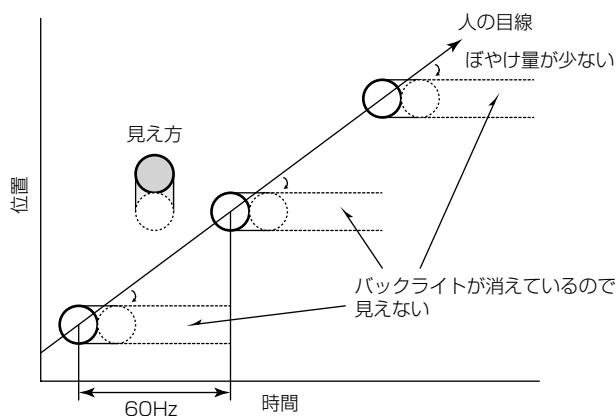


図4. インパルス型表示

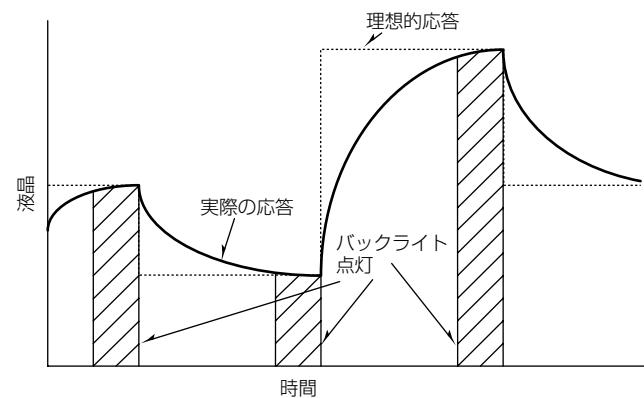


図5. バックライト点灯タイミング

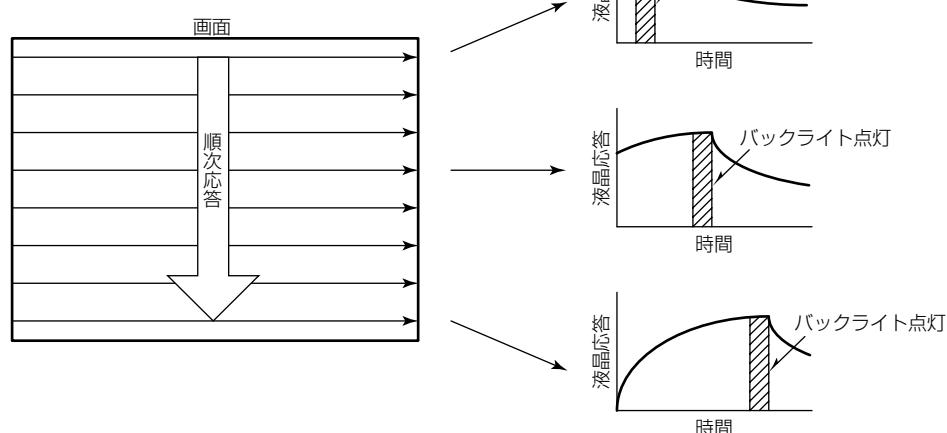


図6. バックライト順次点灯

### 3. 液晶テレビのコントラスト

液晶テレビでは、バックライトを点灯させ、その前にある液晶の透過率を制御することで、映像を表示している。そのため、黒い映像を表示するときもバックライトは点灯しており、液晶の透過率を低くしても、バックライトの光が漏れ、十分に黒くならないという問題点がある。これは白と黒の明るさの比率(=コントラスト)が高くならないということである。

この問題に対処するため、映像(シーン)に応じて、明るいときはバックライトを明るくし、暗いときはバックライトを暗くするというバックライト制御が行われていた。これによって明るいシーンと暗いシーンの明暗比(動コントラスト)は高くなるが、同一画面内でのコントラスト(静コントラスト)は液晶パネルが持つ性能に依存し、この方式のバックライトの制御方法で静コントラストを高めることはできない。

そこで、図7のようにバックライトを複数のエリアに分割し、映像に応じて、エリアごとにバックライトの明るさを制御する。これによって動コントラストだけでなく静コントラストをも高くすることができる。図7で示した例は、両サイドにLEDを備えたバックライトで、水平2エリア、垂直8エリアからなっている。垂直方向が8エリアに分かれていることで、前述したインパルス表示時の順次点灯にも対応し、エリア数を少なく抑えることによって、制御が複雑になり過ぎることなく、画質とコストのバランスに優れている。今後更なる低コスト化が進めばエリア数を増やすことが可能となり、より効果の高い制御の実現が期待できる。

図7ではコントラストについてのみ記述しているが、各エリアにおけるバックライトを、先に述べたインパルス型表示とし順次点灯することで、静コントラストの改善とともに、動画ぼやけも改善できる。

### 4. む す び

バックライトを複数のエリアに分け、エリアごとに明るさを制御することで、高コントラストを実現すると同時に、複数のエリアを順次インパルス型表示することで、液晶テ

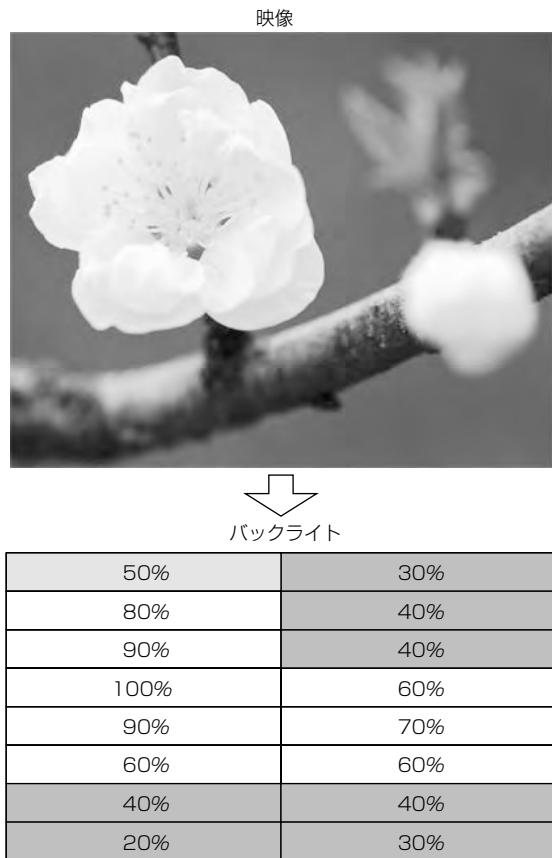


図7. エリアバックライト制御

レビの動画ぼやけを低減する手法について述べた。LEDなどの採用によってバックライトの応答が速くなったこと、エリアに分割して制御できるようになったこと、そしてバックライトが明るくなりインパルス型表示でも必要十分な明るさが確保できるようになったこと等によって、インパルス型表示のメリットが大きくなった。デバイスの進化や世の中の需要の変化に応じ、今まで活用できなかった技術をいち早く適用し、画質改善を成し遂げた。今後も、技術動向や消費者動向をふまえ、タイミング良く製品化できるよう技術開発していく。

### 参 考 文 献

- (1) 染谷 潤：液晶ディスプレイの動きぼやけ評価方法と標準化、映像情報メディア学会誌、60, No. 4, 510~515 (2006)

北原陽平\*  
佐藤利光\*  
森田知宏\*

# 液晶テレビ向け録画・再生技術

Recording/Playback Technology for LCD TV

Yohei Kitahara, Toshimitsu Sato, Chihiro Morita

## 要 旨

放送番組を録画して自分の都合が良い時間に視聴する、いわゆるタイムシフト視聴が一般化している。近年は、テレビと録画機器との間の配線が不要な録画機能内蔵テレビが増加しており、ハードディスクやBlu-ray Disc<sup>(注1)</sup>ドライブを内蔵した録画機能内蔵テレビの2010年度の出荷台数比率は15%を占めている(当社調べ)。今後はこれらドライブ内蔵型のテレビに加え、外付けUSB(Universal Serial Bus)ハードディスクに録画可能なテレビの増加が見込まれる。

通常、録画機能を実現する場合、録画機能を前提とする高機能なハードウェアを用いるが、今回、番組視聴のみを目的としている普及価格帯の液晶テレビ向けのハードウェアを用いて、市販のUSBハードディスクを用いた録画・再生機能を実現した。また、録画機能に付随して録画したデータのパソコンなどによる不正な複製の防止や、再生・

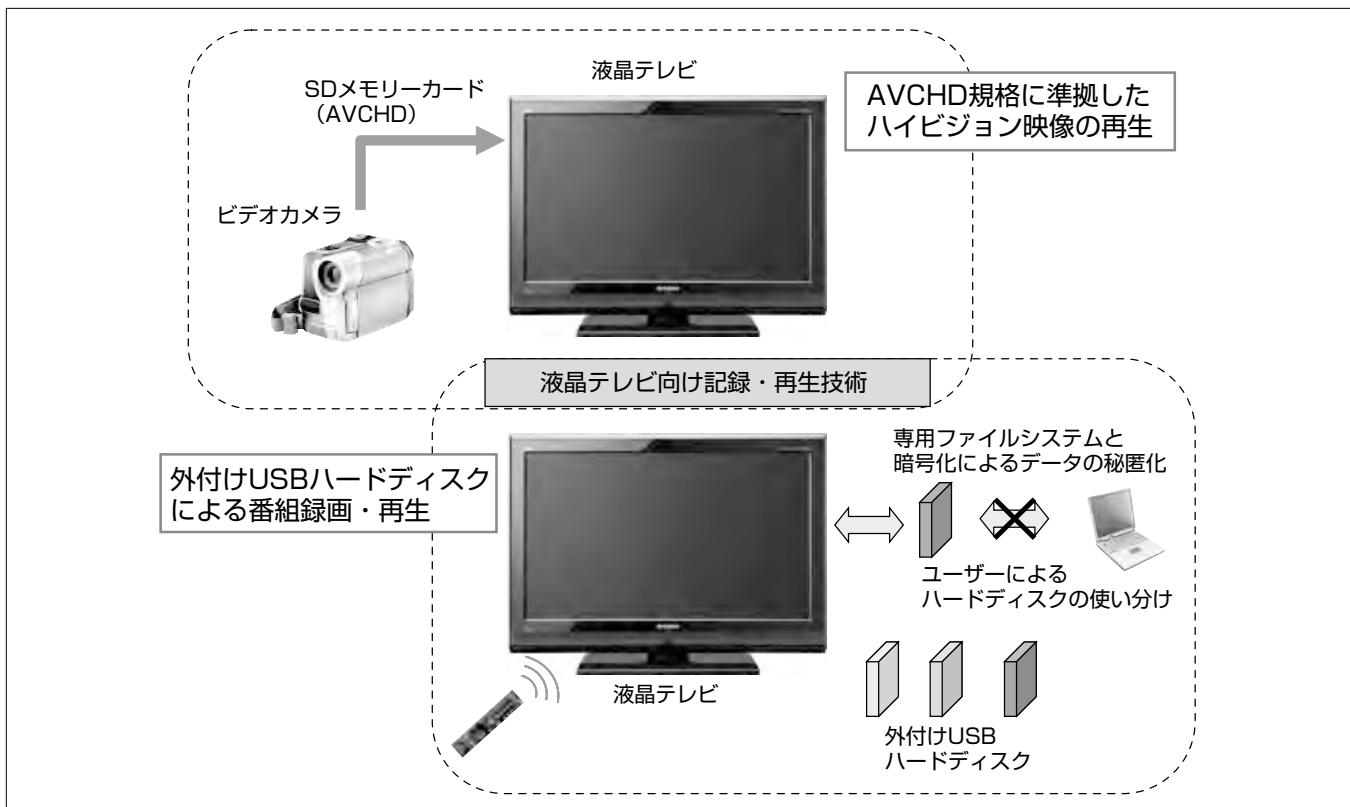
録画中におけるハードディスク取り外し時の停止処理が必要となるが、独自のファイルシステムの開発、及び、ストリーム処理方式の開発を行い、これらの課題に対応した。

一方で、テレビは放送番組を見るだけでなく、家庭用ビデオカメラで撮影した映像を楽しむ用途にも使用される。SD(Secure Digital)<sup>(注2)</sup>メモリカードに記録された映像を直接視聴することができれば、ユーザーの利便性が高まる。多くの機器で、動画をSDメモリカードにハイビジョン映像を記録する規格であるAVCHD(Advanced Video Codec High Definition)<sup>(注3)</sup>規格に準拠した形式で記録する事が可能となっていることから、今回、ハイビジョン映像を記録する規格であるAVCHD規格に対応した再生制御処理を開発した。本稿では、今回開発したこれらの技術について述べる。

(注1) Blu-ray Discは、Blu-ray Disc Associationの登録商標である。

(注2) SDは、SD-3C, LLCの商標である。

(注3) AVCHDは、パナソニック株とソニー株の登録商標である。



## 液晶テレビの録画・再生機能

液晶テレビの録画・再生機能で、市販の外付けUSBハードディスクを液晶テレビに接続してテレビ番組を録画・再生できる。複数台のUSBハードディスクを利用でき、ユーザーごとにハードディスクを使い分けることができる。また、AVCHD規格のビデオカメラで記録されたSDメモリカードを液晶テレビのSDメモリカードスロットに挿入することで、簡単にハイビジョン動画の視聴を実現できる。

## 1. まえがき

放送番組を録画して自分の都合が良い時間に視聴する、いわゆるタイムシフト視聴が一般化している。内閣府の統計<sup>(1)</sup>によると2011年3月時点でのDVD(Digital Versatile Disc)レコーダの普及率が45.4%, Blu-ray Discレコーダの普及率が27.1%に達している。近年ではこれらの録画機器に加えてテレビとの間の配線が不要な録画機能内蔵テレビが増加しており、ハードディスクやBlu-ray Discドライブを内蔵した録画機能内蔵テレビの2010年度の出荷台数比率は15%を占めている(当社調べ)。

先に述べたドライブ内蔵型のテレビに対して、外付けUSBハードディスクをテレビに接続して録画・再生機能を実現する方式は、ユーザーが自由にハードディスクを増設できる点や、ユーザーごとにハードディスクを分けて利用できる点、テレビ単体の価格が抑えられる点等の利点があり、今後のニーズ増加が見込まれる。

一方でテレビは放送番組を見るだけでなく、デジタルカメラや家庭用ビデオカメラで撮影した写真や動画を楽しむ用途にも使用される。近年ではSDメモリカードに記録された静止画や動画を直接視聴可能なテレビが商品化されている。

三菱電機では本来番組視聴のみを目的としている普及価格帯の液晶テレビ向けのハードウェアを用いて、録画機能及び再生機能を実現する技術を開発した。この技術によってAVCHD規格でSDメモリカードに記録された映像の再生機能及び外付けUSBハードディスクへの番組録画・再生機能を実現した。

本稿では、最初にAVCHD規格の概要を述べ、続いて今回開発した録画・再生技術について述べる。

## 2. AVCHD規格

### 2.1 AVCHDの概要

AVCHD規格は、ハイビジョン映像を記録するための規格の一つであり、現在では多くの家庭用ビデオカメラやデジタルカメラに搭載されている。

表1に示すように、AVCHD規格では映像の記録媒体として、DVDディスク、ハードディスクドライブ、メモリカードが定められている<sup>(1)</sup>。映像フォーマットには高効率符号化が可能なH.264/MPEG-4 AVC方式を採用し、音声フォーマットにはDOLBY(ドルビー)<sup>(注4)</sup>デジタル(AC-3)方式(オプションとして、リニアPCM(Pulse Code Modulation)を規定)、多重化方式にはMPEG-2(Moving Picture Experts Group phase 2)-TSを採用している。

(注4) DOLBYとドルビーは、Dolby Laboratories Licensing Corp.の登録商標である。

### 2.2 液晶テレビでのAVCHD再生

昨今、家庭用ビデオカメラ及びデジタルカメラの多くで、撮影した動画をAVCHD規格に準拠した形式でSDメモリカードに記録することが可能となっている。SDメモリカードに記録したAVCHD形式の動画をテレビで直接再生することができればユーザーにとって利便性が高まる。

当社製の液晶テレビは、SDメモリカードスロットを搭載しており、デジタルカメラなどで撮影した写真を大画面テレビで簡単に楽しめる機能は既に実現している。今回、写真と同様にSDメモリカードに記録した動画の直接再生を実現するために後述する再生制御ソフトウェアにAVCHD再生制御機能を搭載した。

## 3. USBハードディスク録画・再生機能

### 3.1 USBハードディスク録画・再生機能の概要

USBハードディスク録画機能は、市販されている外付けUSBハードディスクを液晶テレビに接続し、ハイビジョンデジタル放送の録画・再生を実現するための機能である。ユーザーは、自分の必要な容量のハードディスクを選択・購入して接続することができる。より多くの番組を録画したい場合には追加でハードディスクを購入することで自由に録画容量を増やすことが可能である。

USBハードディスクに対応した録画・再生機能を実現するために、大別して次の3つの機能を開発する必要がある。

#### (1) 録画制御機能

チューナーを制御して放送波から映像と音声を含んだデータ列(以下“ストリーム”という。)及びコンテンツ再生制御情報を抽出・生成する。コンテンツ再生制御情報は、番組のタイトルや録画日時等のユーザーに提示するための情報及び、番組の再生時に必要なストリームの映像・音声フ

表1. “AVCHD”format Version 1.0の概略仕様

記録メディア	8cm DVD media／SD Memory Card／Memory Stick／Hard Disk Drive				
ビデオ	映像信号種別	1080/60i 1080/50i 1080/24p	720/60p 720/50p 720/24p	480/60i	576/50i
	画素数 (水平×垂直)	1920×1080 1440×1080	1280×720	720×480	720×576
	アスペクト比	16:9	16:9	4:3, 16:9	4:3, 16:9
	符号化方式	MPEG-4 AVC/H.264			
音声	サンプリング周波数	74.25MHz 55.7MHz	74.25MHz	13.5MHz	13.5MHz
	サンプリング構造	4:2:0			
	量子化ビット数	8 bit (luminance/color contrast)			
	符号化方式	DOLBYデジタル(AC-3)		リニアPCM	
	符号化ビットレート	64～640kbps		1.5Mbps(2 channels)	
	オーディオチャンネル数	1-5.1channels		1-7.1channels	
多重化方式		MPEG-2 Transport Stream			
システムビットレート		～24Mbps			

オーマット情報等が含まれる。

#### (2) 再生制御機能

ユーザーからの操作に従い、ハードディスク上に記録されたコンテンツ再生制御情報に基づいたストリームの読み出し、ストリームの分離、デコーダーの制御、映像の出力制御を行う。

#### (3) ハードディスク制御・管理機能

接続されたハードディスクの挿抜状態の確認や録画、再生制御機能が要求するストリームやコンテンツ再生制御情報の読み出し、書き出しの制御を行う。また、併せてハードディスクに書き出されるストリームの暗号化、ハードディスクから読み出される復号化の制御も行う。

### 3.2 USBハードディスク録画・再生機能実現の課題

USBハードディスク録画・再生機能を実現するに際して、主な課題として次の3つが挙げられる。

#### (1) パソコンなどにおけるストリームデータの不正な複製の防止

USBハードディスクの場合は、従来のハードディスク内蔵の場合と異なり、番組が記録されたUSBハードディスクをパソコンなどのUSBポートを搭載した機器に簡単に接続することができる。そのため、記録されたデータを不正に複製できないように次の対策を実施した。

##### ①USBハードディスクに記録されたストリームデータの暗号化

②記録されたストリームデータを、パソコンなどのUSBポートが搭載された機器に接続しても簡単に読み出せない独自のファイルシステムに記録

#### (2) テレビ動作時のハードディスク挿入や録画・再生処理中のハードディスクの取り外し、電源断への対応

動作中にユーザーが接続ケーブルを外すなどの不測の原因でテレビとハードディスクの接続が途絶える場合がある。今回の開発では録画中にテレビとハードディスクの接続が途絶えた場合でも、ハードディスクが異常な状態にならないよう制御することで、直前に録画した番組の正常な再生を担保した。

#### (3) 録画中のタイムシフト再生やテレビ視聴中の安定した裏番組録画

負荷分散を考慮したストリームの制御を行うことで、録画中のタイムシフト再生やテレビ視聴中の裏番組録画など、複数のハイビジョンのストリームを同時に扱う場合でも、安定した録画・再生を実現した。

## 4. 録画・再生制御ソフトウェア

この章では、AVCHD再生機能及びUSBハードディスク録画・再生機能を実現するために今回開発した録画・再生制御ソフトウェアについて述べる。

### 4.1 ソフトウェア構成

液晶テレビのソフトウェア構成は、大きく分けると、テレビの通常の視聴を行う放送視聴アプリケーション、指定された番組を録画し、USBハードディスク上に記録を行う録画アプリケーション、SDメモリカードやUSBハードディスク上に記録されたストリームデータを読み出し、映像・音声を出力する再生アプリケーションから構成される。

今回開発したソフトウェアの構成を図1に示す。図の網掛け部分を開発した。

### 4.2 録画機能

録画アプリケーションは録画処理を統括するモジュールであり、録画制御モジュール及びコンテンツ再生制御情報を管理するタイトルデータベース制御モジュールを制御する。録画制御モジュールはチューナーの制御と放送波からのストリームデータの抽出を行う。タイトルデータベース制御モジュールは、ストリームデータから録画番組の再生時に必要な属性データを抽出・解析してコンテンツ再生制御情報の生成を行う。併せてこのストリームデータはストリーム制御・暗号処理モジュールを介してファイルシステム・メディア管理制御モジュールに引き渡され、USBハードディスク上の独自のファイルシステムに記録される。記録の際にストリーム制御・暗号処理モジュールはストリームデータの暗号化を行う。

### 4.3 再生機能

再生アプリケーションはコンテンツ再生処理を統括するモジュールであり、再生制御モジュール及びタイトルデータベース制御モジュールを制御する。タイトルデータベース制御モジュールは、ストリーム制御・暗号処理及びファイルシステム・メディア管理制御モジュールを介して、SDメモリカードに記録されたAVCHD規格のフォーマットのデータやUSBハードディスクに記録された独自フォ

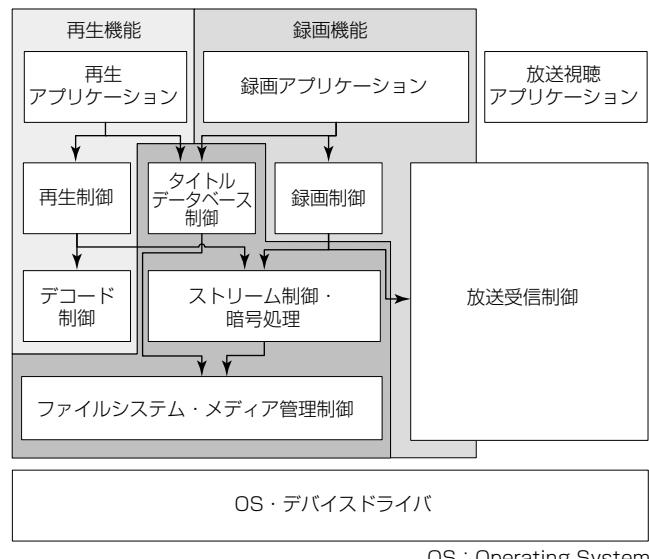


図1. ソフトウェア構成

一マットのデータを読み出して、コンテンツ再生制御情報を抽出する。ユーザーによる再生開始操作を受けて、再生アプリケーションはユーザーが選択したコンテンツの再生開始を再生制御モジュールに指示する。再生制御モジュールは、タイトルデータベース制御モジュールからコンテンツ再生制御情報に含まれる対象コンテンツのアドレス情報を取得する。このアドレス情報に基づき、ストリーム制御・暗号処理モジュール及びファイルシステム・メディア管理・制御モジュール経由でストリームデータを読み出し、デコーダー制御モジュールに引き渡す。この際にストリーム制御・暗号処理モジュールは必要に応じて暗号の復号を行う。

また、コンテンツ再生制御情報には、早送りなどの特殊再生を実現するためのデータが記録されており、それらの情報を基に、タイトルデータベース制御モジュールと再生制御モジュールが連携することで特殊再生が可能となる。

#### 4.4 録画・再生中のハードディスク挿抜対応

USBハードディスクは簡単に抜き差しが可能なため、番組の録画中にUSBハードディスクが取り外されてしまう可能性がある。録画処理が正常に完了する前にUSBハードディスクが取り外された場合、ハードディスクに書き込まれたストリームデータと再生時に必要なコンテンツ再生制御情報の間で不整合が発生して録画番組の正常な再生ができなくなる。

今回開発したソフトウェアにはこの問題を回避する仕組みを実装した。USBハードディスク接続時にファイルシステム・メディア管理制御モジュールがストリームデータとコンテンツ再生制御情報のチェックを実施して不整合を検出した場合、タイトルデータベース制御モジュールに通知を行う。通知を受けたタイトルデータベース制御モジュールはストリームデータの正常記録された部分のみ再生可能となるようにコンテンツ再生制御情報のデータを修正する。

#### 4.5 安定した録画再生の実現

USBハードディスクでのタイムシフト再生やテレビ視聴中の裏番組録画を実現するためには、複数のハイビジョンデータを同時に制御する必要がある。一般的に、Blu-ray Discレコーダなどの録画専用機器では複数番組の録画を想定したハードウェアアーキテクチャで構成されているが、液晶テレビは、一つの放送を受信し表示するための構成となっている。そのため、録画と同時に再生を行うなど複数のストリームを同時に処理する条件下ではCPU処理

負荷が増大し、安定的な録画ができない可能性がある。そのため、再生のためのデコード用バッファメモリのデータ量を監視し、最低限必要なデータを間欠的に読み出すことで再生処理によるCPUの占有を抑制して、録画処理の実行時間を確保する制御方式を開発した。

再生を開始すると、再生制御モジュールがストリーム制御・暗号処理モジュールを介してデコード開始に必要なストリームデータをSDメモリカード又はUSBハードディスクから読み出して、デコード用バッファメモリに充填する。デコード制御モジュールがデコードを開始した後、再生制御モジュールはバッファメモリにどの程度のデータが入っているのかを常時監視しながら、残量が一定未満となった際に再生の継続に最低限必要なデータのバッファメモリへの充填を行う。この動作をストリームの再生が終了するか、ユーザーからの再生停止操作が行われるまで継続して繰り返す。

この方式を適用することで、録画番組のタイムシフト再生やテレビ視聴中の裏番組録画でも、安定した録画を実現した。

### 5. む す び

近年そのニーズが増大しているテレビの録画・再生機能を実現するために開発した、AVCHD再生制御技術及び外付けUSBハードディスクを用いた録画・再生技術について述べた。外付けUSBハードディスクを用いた液晶テレビの録画では、データの不正利用防止などが課題となるが、今回、ファイルシステムやストリーム制御技術を開発することで、普及価格帯テレビ用のハードウェアでの録画・再生機能を実現した。これによって、ユーザーが手軽にハイビジョン番組の録画・再生を楽しむ環境を実現できる。

今後もテレビにおける録画機能のニーズはますます高まると考えられる。ユーザーにとってより使いやすい液晶テレビを実現するための録画・再生技術の開発を行っていく。

### 参 考 文 献

- (1) 内閣府：第8表 主要耐久消費財等の普及率（一般世帯）  
(平成23年3月現在)  
<http://www.esri.cao.go.jp/stat/shouhi/2011/1103fukyuritsu.xls>
- (2) AVCHD™ INFORMATION WEB SITE  
<http://www.avchd-info.org/>

# ホームネットワークによる 宅内機器連携技術

島田昌明\* 高階 香\*  
三木智子\*  
上田健介\*

Home Network Technology for Audio Video Devices  
Masaaki Shimada, Tomoko Miki, Kensuke Ueda, Kaori Takashina

## 要 旨

2011年7月に一部の地域を除き地上デジタル放送への移行が完了し、各家庭でハイビジョンの高画質映像を受信できるようになった。またブロードバンドの普及に伴い、データ放送やインターネットとの連携機能を使った通信・放送連携サービスも普及してきた。ネットワーク機能を搭載した液晶テレビには、より利便性の高い機能が求められているが、宅内にあるAV(Audio Visual)機器間の相互接続が課題の一つであった。相互接続のための技術としては、AV/C(Audio Video Control)プロトコルを利用したIEEE 1394(iLink<sup>(注1)</sup>)と、TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)系のネットワークを利用したDLNA(Digital Living Network Alliance)<sup>(注2)</sup>が代表的である。とりわけTCP/IP系のネットワークは、スカパーJSAT社が運営する日本最大のハイビジョン放送サービスの録画方式にも使われるなど、パソコン機器からAV機器へと適用範囲が拡大している。

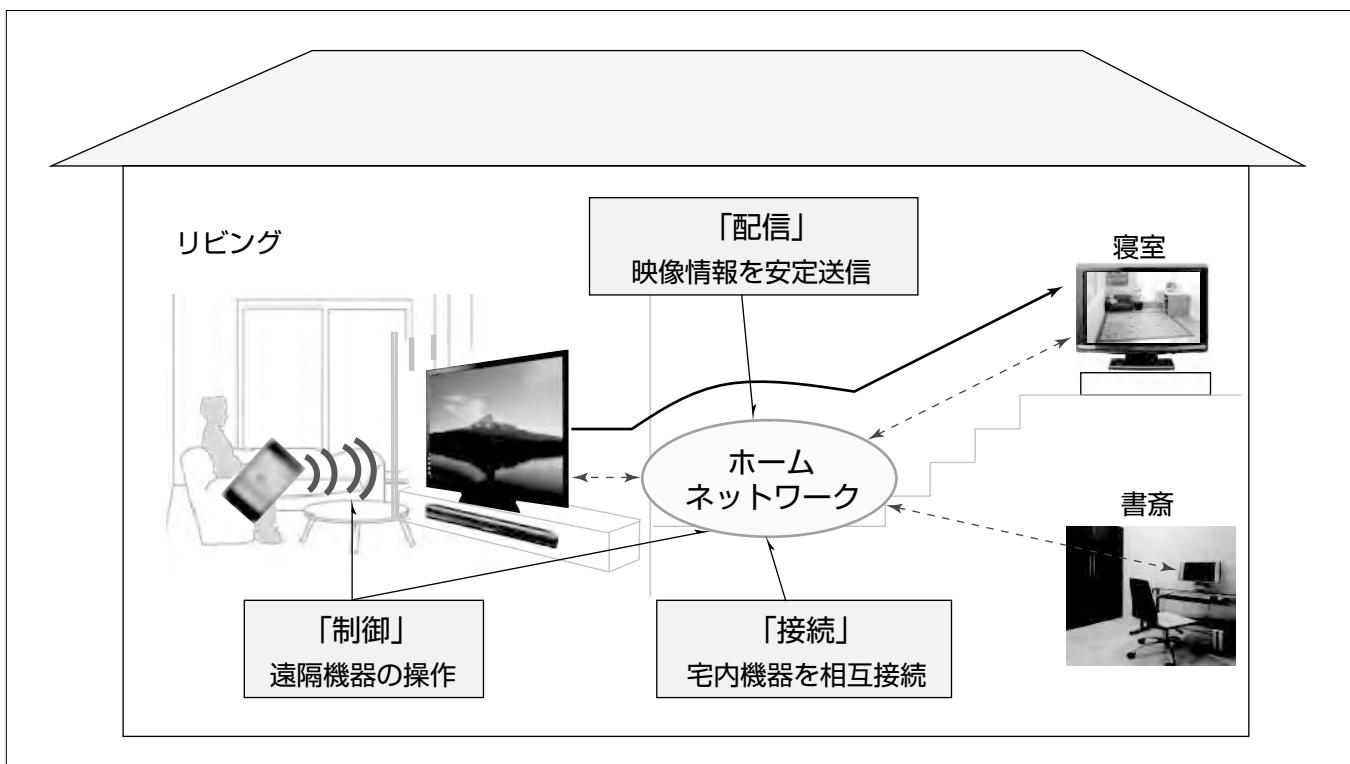
本稿では、まず宅内機器連携を実現するための機能要件について説明する。その後、当社が開発した宅内機器連携技術の具体例として、AV機器間の連携技術及び携帯端末を利用したAV機器の連携制御技術について述べる。

今回、AV機器間の連携技術としては、業界標準となっているDLNAガイドラインをベースに、組み込み機器向け映像配信ミドルウェアを構築した。映像配信ミドルウェアは映像配信時のバッファリング制御技術を開発したことによって、映像配信装置側で安定してデータの供給が行え、高品位の映像表示が可能になるという効果が得られた。

また携帯端末を利用したAV機器の連携制御技術として、携帯端末のアプリケーションを使って、AV機器を操作する遠隔操作技術を開発した。この開発成果によって、従来のリモコンより操作性が向上し、直感的な操作が可能になった。

(注1) iLinkは、SONY株の登録商標である。

(注2) DLNAは、Digital Living Network Allianceの登録商標である。



## ホームネットワークの宅内機器連携適用例

宅内にあるAV機器同士をネットワーク経由で簡単に接続し、異なる場所にある映像コンテンツを視聴することが一般的になっている。また携帯端末を利用してAV機器を直感的に操作できるなど、映像視聴におけるライフスタイルの変化に追従していくことが課題である。

## 1. まえがき

近年、ホームネットワークを利用してテレビやBD(Blu-ray Disc<sup>(注3)</sup>)レコーダなどのデジタル家電を相互接続し、家庭内の異なる場所で映像コンテンツを視聴することが一般的になりつつある<sup>(1)(2)</sup>。このようなライフスタイルの変化は、AV機器が協調して動作するための技術が確立されたことが背景となっている。現在のAV機器間の相互接続方式としては、AV/Cプロトコルを利用したIEEE1394(iLink)と、TCP/IP系のネットワークを利用したDLNAが普及している<sup>(3)</sup>。とりわけTCP/IP系のネットワークは、スカパーJSAT社が運営している日本最大のハイビジョン放送サービスの録画方式にも使われるなど、パソコン機器からAV機器へ適用範囲が拡大している。

本稿では、宅内機器連携を実現するための機能要件について述べる。その後、宅内機器連携技術として、AV機器間の連携技術及び携帯端末からのAV機器の連携制御技術について述べる。

(注3) Blu-ray Discは、Blu-ray Disc Associationの登録商標である。

## 2. 宅内機器連携技術

### 2.1 宅内機器連携

宅内機器連携技術とは、ホームネットワークで相互接続した機器間でコンテンツを共有／制御することを指し、AV機器連携技術と携帯端末連携技術に大別される。AV機器連携技術では、離れたリビングに記録された映像コンテンツを、別室の液晶テレビで視聴できる。また携帯端末連携技術では、携帯端末からAV機器を制御できる(図1)。

### 2.2 業界動向

宅内機器連携技術は、一般的にDLNAガイドラインと呼ばれる技術規格が業界標準となっている。この技術規格は、オープンで標準的な技術を目的としており、ネットワーク物理プロトコルから著作権保護技術まで汎用的な規格の組合せで構成されている。

### 2.3 機能要件

宅内機器連携を行うための機能要件は、“接続機能”“制御機能”“配信機能”である。

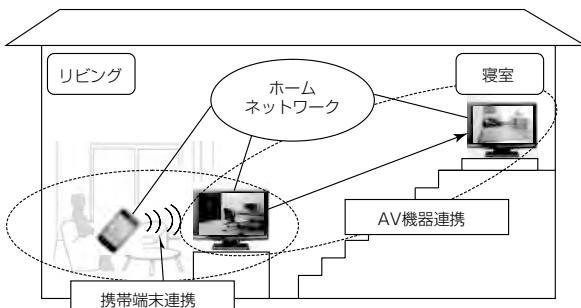


図1. 宅内機器連携の概念図

### 2.3.1 接続機能

AV機器はネットワークに簡単に接続できことが重要である。ネットワークに接続すると、ほかのネットワーク機器と相互に存在確認を行う。その後、ネットワークに参加したAV機器は、機器間で調停をとりながら、ネットワーク上の識別番号であるIPアドレスを重複しない識別番号に設定する。

### 2.3.2 制御機能

ネットワークに参加したAV機器は、相互に機器の属性情報やケイパビリティに関する情報を交換する。この結果、制御対象機器の機能や性能に応じた制御コマンドの把握、及び実行が可能となる。制御コマンドを実行することによって、コンテンツリストの取得やテレビ制御を行うことができる。なお映像配信時には、再生機器側の表示性能(表示可能解像度や再生可能コーデック)に応じて、配信対象リソースを適応的に切り換える処理も行われる。

### 2.3.3 配信機能

ネットワーク上で映像配信を行うには、大容量の映像ストリームを安定して転送しなければならない。そのためには、転送データ量の削減処理と、ネットワーク上で伝送エラーが発生した際のリカバリー処理が重要となる。転送データ量の削減処理として、H.264/AVC(Advanced Video Coding)やMPEG-2(Moving Picture Experts Group phase 2)といった高能率符号化圧縮方式を採用したことによって、限られた帯域の中で高精細な大容量データを送信することができる。またリカバリー処理としては、TCP/IP通信をベースとしたHTTP(HyperText Transfer Protocol)プロトコルを採用したことによって、高い信頼性を持って映像コンテンツの配信処理を行うことができる。

## 3. 携帯端末連携技術

### 3.1 映像配信処理の基本シーケンス

今回、DLNAガイドラインをベースとして組み込み機器向け映像配信ミドルウェアを構築した。このミドルウェアを適用した映像配信装置は、離れた場所の液晶テレビとの間でコンテンツリストを共有し、選択したコンテンツを配信できる。

図2に、この基本動作シーケンスを示す。映像配信装置は、ホームネットワークに接続すると、AV機器間での相互接続が自動的に確立される。ユーザーは、映像表示装置から記録されているコンテンツリストを取得し、視聴したいコンテンツを選択する。映像表示装置は、映像配信装置に対して、選択したコンテンツをHTTPプロトコルのGETメソッドを使用することによって、再生開始指示を行う。

なお、配信対象コンテンツが著作権保護された番組であった場合、DTCP-IP規格に基づいた機器認証とコンテンツ鍵の交換が行われる<sup>(4)</sup>。その後、映像配信装置は、映像表示装置に対してHTTPレスポンスとして再生開始応答を送信した後に、引き続きHTTPレスポンスのパケットとし

てコンテンツ鍵で暗号化したストリームを送信する。映像表示装置では受信したストリームをコンテンツ鍵で復号した後に、AVデコードを行い映像と音声を出力する。コンテンツの再生が終了した後、映像表示装置は、映像配信装置に対して再生終了通知を送信し、映像配信装置は再生終了応答を返す。

### 3.2 映像配信アルゴリズム

#### 3.2.1 現状の課題

ネットワークを用いた映像配信処理は、ネットワーク経由で情報転送を行う必要があるため、映像開始処理で出画開始指示から映像出画までに多くの時間を要する。特殊再生時には、このような映像開始処理が繰り返し行われるため、単位時間あたりに表示可能な映像フレーム数が少なく

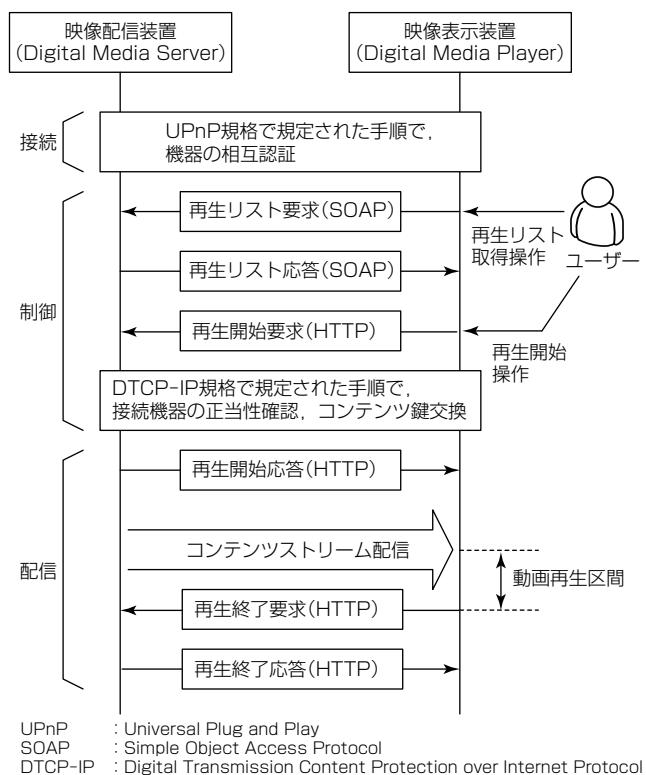


図2. 映像配信時の基本動作シーケンス

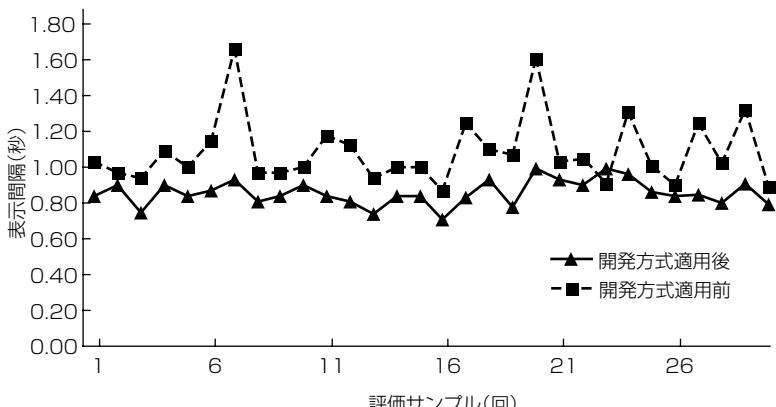


図3. 表示間隔(特殊再生時)の計測結果

なり、滑らかに映像表示を行うことができない。また配信コンテンツのデータレートによって、稀(まれ)に出画開始までに通常以上の時間を要することがある。その場合、映像表示間隔にはばらつきが生じ、表示品位の低下につながる。

このような問題は、映像配信装置内から配信する転送量の最適値が、通常再生時と特殊再生時で異なることが一因である。また最適な転送量は、配信対象コンテンツのデータレートにも、大きく影響を受ける。

#### 3.2.2 転送バッファサイズの自動調整

今回、特殊再生の映像配信時に、映像表示装置側の再生状態を推定し、再生状態と配信対象コンテンツのデータレートに基づいて、配信バッファからの転送量を可変制御するアルゴリズムを開発した。この開発成果によって、映像表示装置側は、再生状態に適した転送量とタイミングでコンテンツ情報が供給されるため、特殊再生時に映像表示がばらつくことなく、高速に安定出画を行うことができる。

この方式を適用する前後の映像表示装置側の表示間隔の測定結果を、図3に示す。この図は、試験サンプルごとに、特殊再生時に表示される映像の切り替わる表示間隔を測定したものである。表示間隔が大きい値であるほど、滑らかに再生できないことを示す。また試験サンプルごとに表示間隔が上下に変動しているほど、表示間隔のばらつきが大きく、映像品位が低いといえる。

図3で示すとおり、このアルゴリズムを適用することによって、特殊再生時で、表示間隔は約25%早く出画できた。また表示間隔の標準偏差では、この方式を適用する前の0.18に対して、この方式の適用後は0.06であった。その結果、この方式を採用することで表示間隔のばらつきが少なく、高品位で映像表示を行えることが実証できた。

## 4. 携帯端末連携技術

### 4.1 遠隔制御機能

スマートフォンやタブレット端末などネットワーク接続が可能な携帯端末の普及が進んでいる。これらの携帯端末は、タッチパネルを用いた直感的で軽快な操作が可能であることからユーザーの支持を集めている。これを機に、デジタルカメラなどほかのAV機器でもタッチパネルを備えた製品が販売されるなど、ユーザーの携帯端末で親しみのある操作によってAV機器を制御することへの要求が高まっている。

ところが、これまでテレビに使用されるシステムCPU(Central Processing Unit)やグラフィックスの性能は、携帯端末のものに比べて低く、また映像音声を滞りなく出力することに処理能力を割いていることから、携帯端末のような操作を実現するためのグラフィックスインターフェ

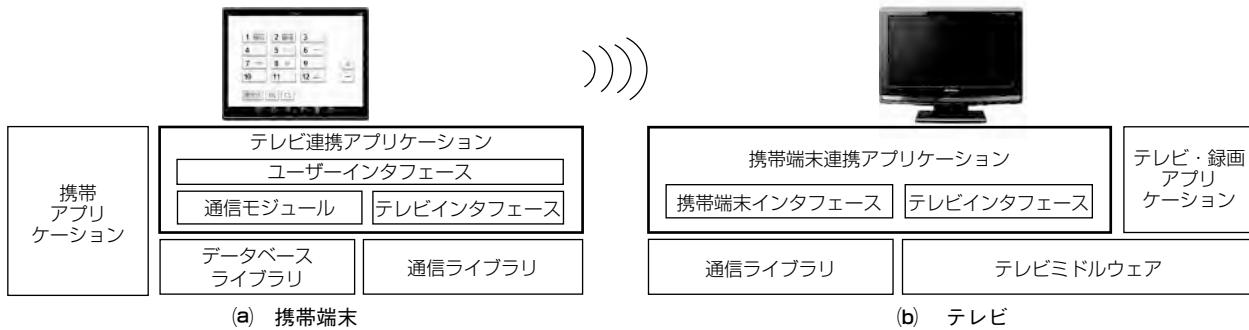


図4. 携帯端末制御のソフトウェア構成

ースの性能を確保することが難しかった。

そこで、ユーザーとの操作インターフェースとして、携帯端末を用いてテレビの遠隔操作を行うことで、テレビのシステムリソースを変更することなくユーザー満足度の高い操作感を実現した。

今回開発したソフトウェアの構成図を図4に示す。

携帯端末にテレビ連携アプリケーションを新たに追加し、テレビに携帯端末連携アプリケーションを追加することによって遠隔操作を実現している。携帯端末とテレビは、テレビインターフェースと携帯端末インターフェースが通信ライブラリモジュールを通して接続する。

携帯端末からの操作開始時は、接続時に相互認証を行うことで悪意のある第3のアプリケーションからの接続を排除し、信頼性を確保する。また相互にインターフェース仕様を交換することで連携可能な機能種別を判断する。

ユーザーが携帯端末のグラフィカルユーザーインターフェースを用いてテレビへ操作指示を行うと、使用開始時に交換したインターフェース仕様を用いてテレビへ操作指示を送信する。テレビは受信した操作指示内容をテレビインターフェースを通してテレビ・録画アプリケーションで処理を行う。また、同様のインターフェースを使ってテレビの状態・格納データを携帯端末が取得することも可能である。

この構成を用いて、選局処理、音量や画質の調整などの遠隔操作を携帯端末から行うことができる。

#### 4.2 応答処理の高速化

テレビと携帯端末を無線で接続し、コマンド通信を行うことによってテレビの制御を行うが、従来のテレビソフトウェア処理を妨げることなく、また、応答速度が落ちることによって操作性を下げることのない携帯端末アプリケーションにする必要がある。

そこで、各モジュールのインターフェースの反応速度を向上させるため、ほかの処理との間の待ち時間を軽減する方式を開発した。まず、テレビソフトウェア処理との並列処理を行うために携帯端末からの操作命令とテレビソフトウェア処理の優先順位を判定することでテレビ機能の性能を確保した。さらに、携帯端末からの操作命令の種類によって処

表1. 応答待ち時間

アクション	応答待ち時間(秒)
接続要求	0.02
接続解除	0.02
音量変更	0.02
チャンネル切換え	0.02
入力切換え	0.02
録画予約	0.23
予約リスト取得	0.37

理時間が異なることに着目し、処理時間ごとに十分短い待ち時間を設定した。その結果、モジュール間のインターフェースの反応時間が短縮され、応答処理の高速化が実現できた。

開発した処理方式の性能を評価するため、携帯端末の応答待ち時間を調査した(表1)。この結果、テレビが視聴・録画など様々な動作状況にあった場合でも、応答待ち時間が従来の赤外線によるリモコンの応答速度(平均0.02秒)に相当する速度を得ていることが確認され、ユーザーにとってストレスのない反応速度であることが確認できた。

#### 5. む す び

ホームネットワークにおける宅内機器連携を行うための機能要件を抽出した。その中から、AV機器連携技術として高速安定配信アルゴリズムの開発を行うことで、特殊再生時で映像表示間隔にばらつきのない高品位な表示を行うことができた。また、携帯端末連携技術として遠隔制御技術を開発し、軽快なユーザーインターフェースを使って高速に応答させることができた。

今後は、ホームネットワーク機能を拡充し、ユーザーの利便性を向上させる機能開発を進める予定である。

#### 参 考 文 献

- 森田知宏, ほか: 液晶テレビ向けネットワーク技術, 三菱電機技報, 85, No.3, 187~190 (2011)
- 赤津慎二, ほか: IPTV技術, 三菱電機技報, 82, No.12, 755~758 (2008)
- DLNA公式情報サイト <http://www.dlna.org>
- DTLA公式情報サイト <http://www.dtcp.com>

# 後方広角カメラを用いたレーン逸脱警報技術

Lane Departure Warning System Using Rearview Wide-angle Camera

Shintaro Watanabe, Makito Seki, Tetsuji Haga

## 要 旨

近年、ドライバーの注意力が低下した際の事故の予防に効果が大きい技術として、レーン逸脱警報技術が注目されている。

本稿では、安価にレーン逸脱警報を実現することを目的として、車両駐車時の視覚支援用に普及している汎用後方広角カメラの映像を入力とした、計算量の少ないレーン検出アルゴリズムを提案する。

提案アルゴリズムでは、映像に写り込んでいる左右の白線同士が地平線上で交わる点(消失点)が、映像中で時間的に連続した位置に写ることに着目して、消失点を低計算量で追跡し、その消失点を手がかりにレーン位置を特定することによって、レーンを高速に検知する。

さらに、後方広角カメラを用いて実環境でレーン検出を行うときに直面する課題と、それらの課題への対策手法について提案する。

後方カメラを用いてレーン検出を行うときに生じる不安定事象への対策として、次に挙げる4つの対策手法について述べる。

- (1) 正常品質画像判定手法
- (2) 視点正規化サンプリング手法
- (3) 外乱ノイズマスキング手法
- (4) 特徴抽出感度調整手法

そして、提案手法の有効性について、昼・夜・トンネル、晴れ・雨・雪などの様々な条件で撮影した映像を用いて評価した結果を述べる。

評価の結果、提案手法の処理速度はCPUコア“ルネサスSH-4A(動作周波数533MHz)”で5 ms/frame、自車に対するレーン位置の検知精度は±0.17mであり、実用レベルのスペックであることを確認した。

(a) 前方カメラと後方カメラの条件の違い

条件	専用前方カメラ	後方広角カメラ
設置場所	車内	車外
カメラの俯(ふ)角	水平	斜め下向き
設置高さ	ルームミラー周辺(1.5m)	バンパー上部からリアウインドウ上部まで(0.6m~1.8m)
カメラの向き	前方	後方



(c) 入力画像例



(d) 直線検出及び  
消失点探索結果例



(e) レーン検出結果例

レーン検出処理の流れ

(b) 不安定事象の一覧

条件	要因	問題点
設置場所	雨滴や汚れがレンズに付着しやすい	異常映像入力による誤検知
設置高さ	高さのバリエーションが大きい	白線の見え方の違いが大きい
カメラの向き	後続車のヘッドライト 照度不足	路面反射領域の誤検知 低コントラスト時の見逃し



(f) 豪雨



(g) 積雪



(h) 路面標示

正常品質画像判定によってレーン検出不能と判定されたシーン例

## 後方広角カメラを用いたレーン逸脱警報技術

近年、注目されているレーン逸脱警報機能を、駐車時視覚支援用に普及している後方広角カメラと、カーナビゲーションCPU(Central Processing Unit)の空き処理能力を用いて安価に実現するための技術である。計算量を抑えるため、(d)に示すように消失点を効率的に探索し、レーンを検出するアルゴリズムを開発した。また、後方広角カメラを用いることによって生じる(b)に示す不安定事象への対策を行うことによって、(f)～(h)のような悪い条件でも誤警報を抑制できる。

## 1. まえがき

近年、ドライバーの注意力が低下した際の事故の予防に効果が大きい技術として、レーン逸脱警報技術が注目されている。現に、複数の自動車メーカーで車載カメラを用いたレーン逸脱警報システムが実用化されている。しかし、すでに実用化されているレーン逸脱警報システムの多くは、専用の前方カメラとカメラコントロールECU(Electronic Control Unit)によって構成される装置であるため高価であり、一部高級車のみへの搭載にとどまっている。

そこで我々は、レーン逸脱警報を安価に実現することを目標とし、駐車支援用として低価格車にも普及しつつある後方広角カメラと、安価な汎用ECU又はカーナビゲーションCPUとの組合せで動作する、軽量なレーン逸脱警報アルゴリズムの開発に取り組むことにした。

車載カメラによるレーン検知技術については、これまでに専用前方カメラを前提とした研究が多数行われている。しかしながら、これらの技術をそのまま後方広角カメラに適用したのでは、その撮影条件の違いによって安定に動作しない可能性がある。表1に既存の専用前方カメラによるシステムと後方広角カメラを用いたシステムとの条件の違いを示す。続いて、表2にこれらの条件の違いが原因で発生する不安定事象を示す。このように、後方広角カメラ映像を入力とする場合、前方カメラでは生じなかった、入力映像品質、視点位置、外乱ノイズ、特徴抽出に関する不安定事象が生じる。

本稿では、これらの不安定事象を取り除く方策として、正常品質画像判定手法、視点正規化サンプリング手法、外乱ノイズマスキング手法、特徴抽出感度調整手法を提案する。

2章では、この開発のベースとするレーン検知アルゴリズムについて述べる。3章では、提案する各種安定化手法について述べる。そして4章で昼夜雨雪などの条件で撮影した映像を用いた実験結果を示し、提案する手法の有効性を示す。

## 2. 後方広角カメラを用いたレーン検知アルゴリズム

### 2.1 関連研究

車載カメラによるレーン検知の先行研究は多数ある。そ

表1. 前方カメラと後方カメラの条件の違い

条件	専用前方カメラ	後方広角カメラ
設置場所	車内	車外
カメラの俯角	水平	斜め下向き
設置高さ	ルームミラー周辺(1.5m)	バンパー上部からリアウインドウ上部まで(0.6~1.8m)
カメラの向き	前方	後方

表2. 不安定事象

条件	要因	問題点
設置場所	雨滴や汚れがレンズに付着しやすい	異常映像入力による誤検知
設置高さ	高さのバリエーションが大きい	白線の見え方の違いが大きい
カメラの向き	後続車のヘッドライト	路面反射領域の誤検知
	照度不足	低コントラスト時の見逃し

の多くは、画像からエッジなどのレーンマーク特徴を抽出し、その特徴が直線又は曲線上に並ぶ箇所を解析することによってレーン検知を行う。このときに何らかの制約を設け、探索パラメータを限定することによって高速性、安定性を向上させるのが一般的である。その制約として、①レーンマーク特徴の隣接関係を用いる手法、②レーンマーク特徴の傾きなどの属性の隣接関係を用いる手法、③特徴の並びをパターンととらえ、限定した数量のパターンとの照合を行う手法、④シーンの時間連続性を利用して対象追跡することによって探索パラメータを限定する手法等がある。①にはLieらの手法<sup>(1)</sup>があるがかすれたレーンマークや低コントラスト時に弱い。②にはKangらの手法<sup>(2)</sup>があるが計算が複雑になり処理が遅くなるという課題がある。③には二宮らの手法<sup>(3)</sup>やKlugeらの手法<sup>(4)</sup>があるが左右片方のレーンマークが見えないときなどに安定しないなどの課題がある。そこで今回、最も効率的に探索空間を絞り込める④の追跡に基づく手法を用いることとした。中でも、消失点に着目し追跡することによって高速性、安定性を高めた関の手法<sup>(5)</sup>をベースに後方広角カメラによるレーン逸脱警報システムの構築を行うこととした。

### 2.2 消失点追跡によるレーン検知アルゴリズム

図1にベースとするレーン検知アルゴリズムのフローチャートを示す。ここでは、これらの処理について述べる。

#### 2.2.1 入力画像縮小

処理の高速化のため入力画像を縮小する。画像サイズの縮小によって、計算時間は短縮できるが、レーンマーク位置の検知精度が低下するため、要求精度に応じてサイズを決定する必要がある。

#### 2.2.2 レーンマーク特徴抽出

レーンマーク部に対してその左右の路面が暗いということに着目し、x座標方向の“暗”-“明”-“暗”的画素の並びに対して高い値を返す1次元トップハットフィルタを適用し、それを閾値(しきい値)処理して2値化することでレーンマーク特徴を抽出する。処理例を図2に示す。

#### 2.2.3 直線尤度分布作成

抽出した特徴点それぞれについて、その点を通過する直線パラメータ列を投票空間に投票し、特徴点によって構成される直線を見つけ出すハフ変換という手法がある。ここ

では、このハフ変換<sup>(5)</sup>に基づいて、レーンマーク特徴に対する投票空間を作成する。

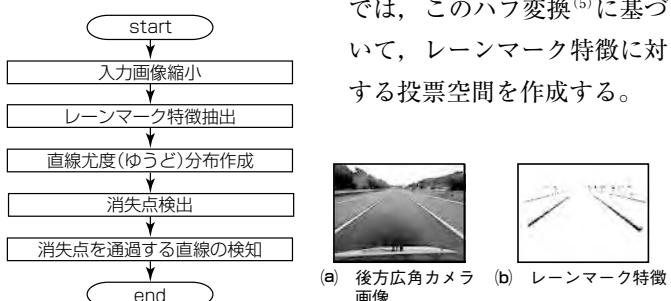


図1. 提案手法のフローチャート

図2. レーンマーク特徴

## 2.2.4 消失点検出

消失点は複数のレーンマークの延長線が交わる点と定義する。前フレーム画像で消失点らしさ(消失点尤度)が高かった領域周辺を中心に消失点を探索し、現フレーム画像の消失点を見つけることで、処理の高速化を図る。

このとき用いる消失点尤度を2.2.3項で述べた投票空間から求める方法について述べる。

消失点は複数の直線が交わる点であるので、この点に対応した直線パラメータ列の中には、複数の直線に対応した投票度数のピークが存在することになる。つまり、消失点仮説に対応する直線パラメータ列の投票度数を評価することによって、消失点尤度を算出できることがわかる。

そこで、閾値以上の得票度数のピークの高さの和を持って消失点尤度とした。

## 2.2.5 消失点を通過する直線の検知

検出された消失点に対応する直線パラメータ列のピーク部が、消失点を通過する直線のパラメータであるので、これをレーンマークによる直線として検知する。

## 3. 後方広角カメラ向け安定化手法

### 3.1 後方広角カメラ利用時の不安定事象

後方広角カメラ利用時に生じる不安定事象を整理する。

#### ①入力映像品質に関する不安定事象

車外に設置されたカメラレンズへの雨滴や汚れの付着に伴い、認識不能な映像が入力される現象

#### ②視点位置に関する不安定事象

カメラ設置高さの違いによってレーンマークの見え方が変化する現象(2本のレーンマークによって描かれるハの字の裾の広がりがカメラ高さに依存)

#### ③外乱ノイズに関する不安定事象

後続車のヘッドライトの光が路面に反射して入射するとき、その反射領域があたかも白線のように見える現象

#### ④特徴抽出に関する不安定事象

前方カメラの場合、夜間は撮影領域を自車ヘッドライトで照らすことになるため十分な照明が得られるが、後方広角カメラの場合、自車のテールランプの明かりを頼りにするしかなく照明不足になり、撮影画像のコントラストが低くなる現象

これらの不安定事象を解決する策を次に述べる。

## 3.2 後方広角カメラ向け安定化手法

### 3.2.1 正常品質画像判定手法

入力映像の品質が悪くレーンマークが観測できる状態にないシーンや、レーンマーク以外に紛らわしい対象が多く写り込んでいるシーンなど、レーン位置を精度良く検知することは困難になる。この手法は、この困難さの尺度となるレーン検知の信頼度を算出する手法であり、その信頼度が著しく低い場合は、レーン逸脱警報を抑制し誤報率を削

減するためのものである。

レーン検知の信頼度の高いシーンでは、消失点を通るレーンマークに対応した1~4本の直線が検知されるはずである。それに対して、レーン検知の信頼度の低いシーンでは、紛らわしい直線候補が複数隣接して検知されるはずである。

このことを信頼度に反映する指標として、消失点を通る直線パラメータ列の投票度数分布からピーク検出を行い、そのピークに対応した直線間の距離を算出し、その距離が狭い場合に信頼度が低下するという指標を考える。

図3に良好なシーンと検知困難なシーンにおける投票度数分布例を示す。グラフ横軸は消失点を通る直線の角度、縦軸は投票度数を表す。これを見ると、条件の悪いシーンでは、ピークが隣接して検知されており、信頼度指標として活用できることがわかる。

## 3.2.2 視点正規化サンプリング手法

カメラの設置高さに応じて、撮影される映像は図4(a)(b)のように変化する。

カメラの設置高さが低いとき、2本のレーンマークで描かれるハの字の裾は左右に広がるため、レーン中央付近を走行中は、レーンマーク特徴が消失点から近い領域のみに集中する。一方、カメラの設置高さが高いときは、ハの字の裾の広がりが少ないため、画面下部まで有効な特徴が分布する。

この偏って分布する特徴を有効に使うため、カメラの設置高さに応じて入力画像縮小時のサンプリング地点を調整することとする。

これによって、  
カメラの設置高  
さによらない有  
効な特徴の活用  
が可能となる。

#### 図4(c)~(e)に

縮小結果を示す。  
カメラ設置高さ  
の影響を軽減し  
た入力データが  
生成できている  
ことがわかる。

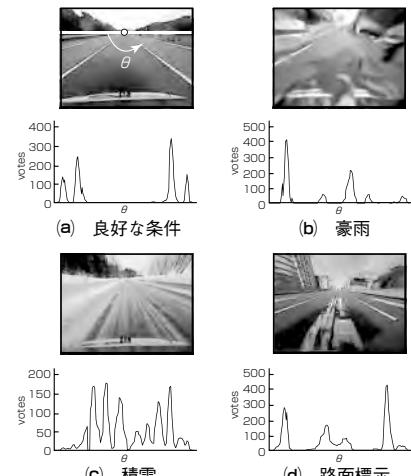


図3. 投票度数分布例

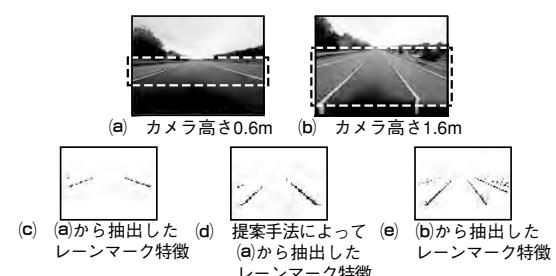


図4. カメラの設置高さによるレーンマークの見え方

またこの手法は、ハフ変換の直線角度検知の観点から性能改善にも有効であると言える。図5に示すように、この提案手法を適用しないとき、カメラに対するレーンマークの位置変化は、微小な角度変化となるのに対し、この提案手法を適用すると角度が増幅されるため、角度分解能が向上することと等価になる。

### 3.2.3 外乱ノイズマスキング手法

後続車のヘッドライトで路面反射が発生しているシーンと、地平線近くの太陽によって発生する同様の現象を図6に示す。このように路面反射が発生したシーンの場合、特徴抽出時に外乱ノイズが多く抽出される。

路面反射が発生するシーンの共通点として、地平線付近にスポット光源が存在することが挙げられる。そして、路面標示領域はその光源からカメラ画像中央下部に向かって延びることがわかる。

そこで、スポット光源検知時には、その光源位置からカメラ画像中央下端を結ぶ直線上の特徴点をマスキングする対策を施すことによって外乱ノイズを消すことができる(図6)。

この処理の導入では、有効な特徴も削除してしまう副作用が心配になる。しかし実際に削除される特徴は、光源から画像中央下端を結ぶ直線上のごくわずかな領域の特徴のみであるため、実害は非常に少ないと言える。

### 3.2.4 特徴抽出感度調整手法

後方広角カメラでは、特に夜間に自車のヘッドライトという光源がないので、街灯の有無によって照度変化が大きくなる。そのため、レーンマーク特徴抽出時の感度をシーンのコントラストに応じて調整しなければ、特徴見逃しや過剰検知という問題が生じやすい。そこで、本稿では、前フレーム画像における特徴抽出点数が、目標数より低ければ閾値を下げ、目標数より高ければ閾値を上げて感度を調整し、現フレーム画像での特徴抽出を行うことによって抽出特徴点数の安定化を図った。

この手法によって、見逃しと過剰検知を軽減できる効果以外に、ハフ変換での投票処理回数を安定化させることにつながるため、各フレーム処理に必要な処理時間を安定化させる効果も期待できる。

## 4. 実験

実験車両に後方広角カメラと、前タイヤ部撮影用カメラを設置し、同期撮影したデータを用いて性能評価を行った。

入力画像縮小を80×60画素とし、処理フレームレートを10fpsとしたときに、レーン逸脱時の自車に対するレーン位置の検知精度は±0.17mであった。このときの処理速度は、CPUコア“ルネサスSH-4A(動作周波数533MHz)”で、1フレームの処理を行う時間は5 msであった。

この検知精度はNCAP(New Car Assessment Program)

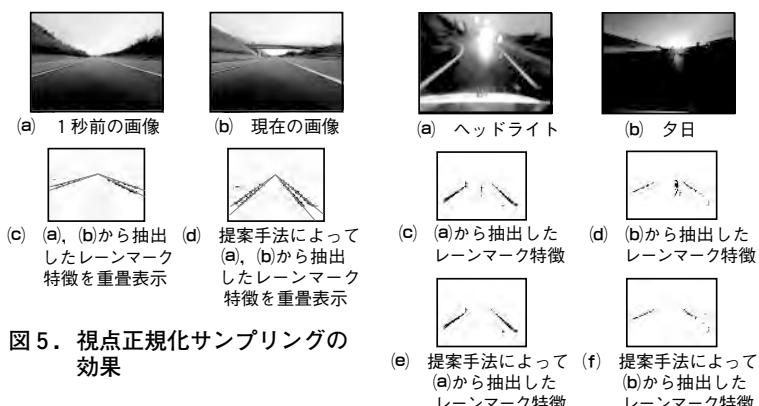


図5. 視点正規化サンプリングの効果

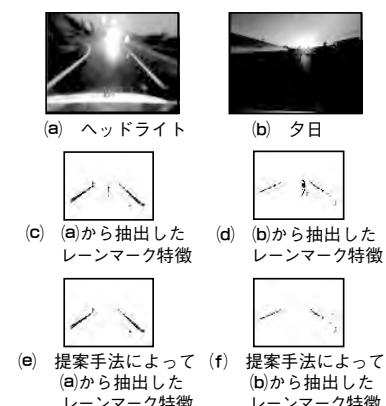


図6. 外乱ノイズマスキングの効果

で定められるレーン逸脱警報装置への要求精度を満たす水準である。また、この処理速度は比較的安価なマイコンでも十分実行可能な水準と言える。

## 5. むすび

後方広角カメラを用いてレーン検知を行う上での不安定事象を整理した。そして、それらの不安定事象を解消する方策として入力映像品質安定化、視点位置安定化、外乱ノイズ安定化、対象抽出安定化の手法を提案し、実験によってこれらの提案手法の有効性を示した。

## 参考文献

- (1) Lie, Q., et al.: Real-time Lane Detection Based on Extended Edge-linking Algorithm, Computer Research and Development, 2010 Second International Conf., 725~730 (2010)
- (2) Kang, D. J., et al.: Road lane segmentation using dynamic programming for active safety vehicles, Pattern Recognition Letters, **24**, No.16, 3177~3185 (2003)
- (3) 二宮芳樹, ほか: 高速パターン照合手法を利用したレーン認識システム, 電子情報通信学会論文誌D-II, **J86-DII**, No.5, 625~632 (2003)
- (4) Kluge, K., et al.: A Deformable-Template Approach to Lane Detection, Intelligent Vehicles '95 Symposium, 54~59 (1995)
- (5) 関 真規人: パーティクルフィルタとハフ変換の仮説統合による消失点の追跡, 電子情報通信学会論文誌D, **J92-D**, No.1, 131~140 (2009)
- (6) 和田俊和, ほか:  $\rho - \omega$ ハフ変換—可変標本化による $\rho - \theta$ パラメータ空間の歪みの除去と投票軌跡の直線化, 電子情報通信学会論文誌D-II, **75-DII**, No.1, 21~30 (1992)
- (7) Isard, M., et al.: CONDENSATION-conditional density propagation for visual tracking, International Journal of Computer Vision, **29**, No.1, 5~28 (1998)

木田 博\*  
黒田恭貴\*  
竹内勇人\*

# フロントプロジェクタの3D技術

3D Technology of Front Projectors

Hiroshi Kida, Yasutaka Kuroda, Hayato Takeuchi

## 要 旨

近年、Blu-ray<sup>(注1)</sup> 3Dや3D専用放送の普及によって一般家庭向けの3Dコンテンツが充実し、国内でも2010年頃から3D対応テレビなどが登場している。また、教育機関や研究機関で、医学・流体力学・建築学などの分野でもCG(Computer Graphics)やCAD(Computer Aided Design)に3D映像が取り入れられることも多くなっている。

三菱電機では、2009年より“3D READY(将来的な3Dコンテンツ対応)”の業務用データプロジェクタを、2011年よりBlu-ray 3Dなどの信号に対応した民生用ホームシアタープロジェクタを発売し、3D対応製品のラインアップを強化してきた。

フロントプロジェクタでは、スクリーンの特性に依存せず3D映像を視聴するため、左目・右目用の映像と同期し

て左右の液晶シャッタを開閉するアクティブシャッタメガネ方式を採用している。

業務用データプロジェクタでは、映像中に含まれる同期信号を利用することによって、外付けのエミッタを必要としないコストパフォーマンスに優れたDLP(Digital Light Processing) Link<sup>(注2)</sup>方式の製品を展開してきた。

一方、民生用ホームシアタープロジェクタでは、高画質な3D映像を実現するために、2011年3月には反射型液晶パネルを搭載した製品“LVP-HC9000D”を、2011年12月には高速応答の液晶シャッタメガネを開発し、2D表示と同等の滑らかな階調性の3D表示を実現したDLPプロジェクタ“LVP-HC7800D”を発売した。

(注1) Blu-rayは、Blu-ray Disc Associationの登録商標である。

(注2) DLP, DLP Linkは、Texas Instruments Corp. の商標又は登録商標である。



LVP-HC7800D



3Dメガネ  
(EY-3DGS-78U)



3Dエミッタ  
(本体付属品)

## 3D対応ホームシアタープロジェクタ“LVP-HC7800D”

DLPチップを搭載した3D対応フルHD (High Definition) ホームシアタープロジェクタ“LVP-HC7800D”は、シャープさ(クロストークレス)・鮮明さ(ジャダーレス)・明るさ(輝度低下カット)を兼ね備えた高画質3D映像を実現した。

LVP-HC7800D専用の3Dメガネ“EY-3DGS-78U”はオプション、3Dエミッタはプロジェクタ本体に付属する。

## 1. まえがき

昨今、ハリウッドなどで3D映画製作が盛んになっており、国内でも3D映画がヒットするなど3D産業が急速に拡大している。映画館のみならず、一般家庭向けにも3D映像を楽しむ環境が整いつつある<sup>(1)</sup>。

当社のフロントプロジェクタ事業で、業務用のデータプロジェクタでは、将来的に充実していく3Dコンテンツに対応するためDLP Link方式の製品を展開してきた。民生用のホームシアタープロジェクタでは、Blu-ray 3Dで主流のフレームパッキング方式<sup>(注3)</sup>等に対応し、FRC(Frame Rate Converter)機能搭載によって、高品質な3D映像を視聴できる製品を発売した。

本稿では、これらフロントプロジェクタの3D技術について、それぞれの方式の違いや特長について述べる。

(注3) フルHDの左目・右目用画像を同一フレーム内に上下方向に分けて伝送する方式

## 2. データプロジェクタの3D技術

### 2.1 3D対応データプロジェクタ

当社では、2009年に初めて3D対応データプロジェクタ“LVP-XD600”を発売した。表示デバイスにXGA(eXtended Graphics Array)(1024×768ピクセル)のDLPを搭載した本製品は、質量3.6kgというモバイルタイプながら、4,500lmの高輝度を実現しており、企業の大会議室や学校の講堂でも大画面で鮮明な映像が得られる。以降“LVP-EX320”や“LVP-XD560”の3,000lm帯XGAモデル、“LVP-EW330”や“LVP-WD570”のWXGA(Wide XGA)(1280×800ピクセル)モデル、“LVP-WD380EST”や“LVP-XD360EST”の短焦点モデルに3D対応製品を展開している。これらの製品では、パソコンやDVD(Digital Versatile Disk)プレーヤーを用いて左目・右目用の3D映像を60fps(frame per second)又は120fpsで交互に再生し、DLP Link方式対応のアクティブシャッタメガネを使用して3D映像を視聴する。そのため、3D再生用の特殊なアプリケーションや、既にフレームシーケンシャル方式<sup>(注4)</sup>に編集済みの映像信号を必要とするが、市場に3Dコンテンツが充実していない中、将来に備えて“3D READY”的プロジェクタとして発売している。

(注4) 時分割で左目用と右目用の画像を交互に表示する方式

### 2.2 DLP Link方式

DLP Link方式は、DLPの駆動シーケンスを応用した3D再生システムであり、図1にシステムの概略図を示す。通常、DLPプロジェクタは、水銀ランプなどの光源から出力された光が、色フィルタを円盤状に配置したカラーホールを通して、時系列に色を表示する。このカラーホールは例えば、R(赤)、G(緑)、B(青)、W(白)、Y(黄)の5

色や、R(赤)、G(緑)、B(青)、W(白)、C(シアン)、Y(黄)の6色のセグメントに分かれており、カラーホールを通った光は、高速応答のDMD(Digital Micromirror Device)によって光の反射方向が制御される。2D映像を再生する場合、カラーホールを透過した光を100%利用しつつ、DMDのシーケンス制御を行ってフルカラーを表現している。

一方、3D映像を再生する場合、カラーホールのW(白)セグメント及び補色セグメント(C(シアン)、Y(黄)など)の一定期間を映像表示に使用せず、3Dメガネの液晶シャッタ開閉を制御するための同期信号を出力する期間に割り当てる。この同期信号はパルスの可視光であり、3Dメガネは、映像中に表示される同期信号を感知して、左目・右目交互に液晶シャッタの開閉が制御される。液晶テレビなどでは、一般的に3Dメガネとの通信にLED(Light Emitting Diode)によるIR(InfraRed)伝送が用いられるが、信号を送信するIRエミッタを必要とする。しかし、DLP Link方式では、IRの代わりに映像中の同期信号を利用するため、IRエミッタを組み込む必要がないというメリットがある。これによってプロジェクタのハードウェアをコストアップすることなく、3Dを視聴できるシステムを実現している。

### 3. ホームシアタープロジェクタの3D技術 —反射型液晶パネル方式—

#### 3.1 ホームシアタープロジェクタ“LVP-HC9000D”

フルHDホームシアタープロジェクタに3D対応を展開するため、反射型液晶パネルを搭載した“LVP-HC9000D”を2011年3月に発売した。高速応答性を持つ反射型液晶パネル<sup>(2)(3)</sup>を採用した大きな理由は、1秒間に240コマの映像が再生可能であり、両目の映像が見えるクロストーク期間を抑えた3D表示を実現できるからである。製品のほかの特徴としては、鮮明なフルHD映像を投映するため、低色収差でかつ周辺部に至るまで高解像度を確保した1.8倍電動ズームレンズを搭載し、上下シフト量±100%、左右シフト量±45%のレンズシフト機能<sup>(注5)</sup>搭載によって設置性を高めている。

(注5) プロジェクタのレンズを動かすことによって、投映した映像を移動(シフト)させる機能である。上下シフト量、左右シフト量は、それぞれ画面高さ、画面幅に対する可動域の比率を示す。

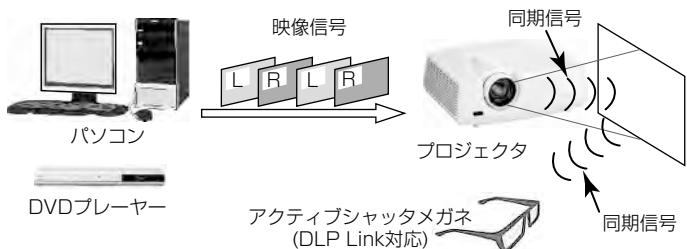


図1. DLP Link方式のシステム概略図

### 3.2 反射型液晶パネルプロジェクタの3D方式

“LVP-HC9000D”の3D映像再生に、データプロジェクタと同様のアクティブシャッタメガネ方式を採用し、解像度を下げることなくフルHDの3D映像を視聴できる。プロジェクタと3Dメガネとの同期は、DLP Link方式のように映像上に同期信号を表示することができないため、プロジェクタに接続されたIRエミッタから発信されるIR伝送を用い、3Dメガネの液晶シャッタの開閉を制御している。

### 3.3 クロストーク

ちらつき感のない3D映像を視聴するために、左目・右目を交互に1秒間120コマの映像を表示する必要がある。アナログ駆動の液晶パネルでは、DLP方式のように1度に一画面すべての画素が同時に切り替わるのではなく、図2に示すように、左上の画素から右下に向かって順次書き込みを行っていく。120Hz駆動のパネルでは、1秒あたり120コマの画を交互に表示すると、全画面で左目又は右目用の映像だけになるタイミングがほとんどなく、前の映像が書き終わったタイミングで次の映像の書き込みが始まるため、もう一方の映像が映り込むクロストークが発生する。“LVP-HC9000D”に搭載の240Hz駆動が可能な反射型液晶パネルは、1秒間240コマを書き込むことを利用してクロストークを抑制している。1コマの映像を2回書き込み、1回目の書き込みでは前の他方の映像が残るが、2回目の書き込みで同じ映像を書き込むことによって、全画面片目の映像を表示する期間の確保が可能となる。この2回目の書き込み時に同期させ3Dメガネのシャッタを開くことでクロストーク抑制が可能となる。シャッタ開放時間とクロストークはトレードオフの関係となり、シャッタ開放時間を長くすると明るくなるがクロストークが発生する。本製

品開発ではクロストークを抑えつつ、3D表示の明るさを確保するために反射型液晶パネル及び3Dメガネの液晶シャッタの過渡特性(立ち上がり、立ち下がり特性)を考慮し、液晶シャッタ開閉タイミングの最適化を行った。さらにユーザーの自由度を高めるために3Dメガネの液晶シャッタ開放時間は段階的に調整する機能を搭載した。

### 4. ホームシアタープロジェクタの3D技術—DLP方式—

#### 4.1 ホームシアタープロジェクタ “LVP-HC7800D”

DLP方式の3D対応フルHDホームシアタープロジェクタとして、“LVP-HC7800D”を2011年12月に発売した。この製品は、当社プロジェクタで、これまで重量3～5kgクラスのモバイル製品に搭載されていなかったレンズシフト機能を採用し、設置面における自由度を向上させた。しかし、最大の特長は、クロストーク抑制の処理期間を極限まで短縮させた、明るい3D表示である。高画質が求められるホームシアター機で、DLPプロジェクタ特有の豊かな階調表現を損なわず、かつ3D映像の明るさを確保することで、高画質3Dを実現している。

#### 4.2 高速応答液晶シャッタメガネ

“LVP-HC9000D”や液晶テレビ等で使用されているアクティブシャッタメガネは、一般的にはTN(Twisted Nematic)液晶を使用しており、応答速度に起因して発生するクロストークを抑制するため、3Dメガネの液晶シャッタの開閉過渡期間中に映像のブランкиングを行う。ただし、ブランкиング期間の分だけ映像が表示されないため、3D映像の明るさが低下する問題がある。“LVP-HC7800D”では、クロストーク処理の期間を極限まで短縮して、3D映像の輝度低下を最小限にするために、高速応答液晶を搭載した専用のアクティブシャッタメガネを開発した。メガネとの同期は“LVP-HC9000D”と同様、IRエミッタを使用する。

#### 4.3 高画質3D視聴のための技術

シャッタ開閉の過渡期のブランкиング期間は、映像に同期して回転するカラーホイール上の領域に相当する。図3に従来の方式と“LVP-HC7800D”的ブランкиング領域の差異を示す。色再現性とちらつき感のない映像表示を優先するホームシアター向けのDLPプロジェクタでは、一般的にR(赤)、G(緑)、B(青)、R(赤)、G(緑)、B(青)の6セグメントのカラーホイールを用いる。従来の3DメガネはTN液晶の特性上、シャッタ開閉に約2msを要し、クロストークのない3D映像を得るために、半分の3セグメント分R(赤)、G(緑)、B(青)の領域をブランкиングする必要があり、明るさが大幅に低下する。“LVP-HC7800D”では、高速応答の液晶シャッタメガネの開発によって、カラーホイールのセグメント間の境界部をブランкиング期間として、液晶シャッタを開閉することが可能になった。

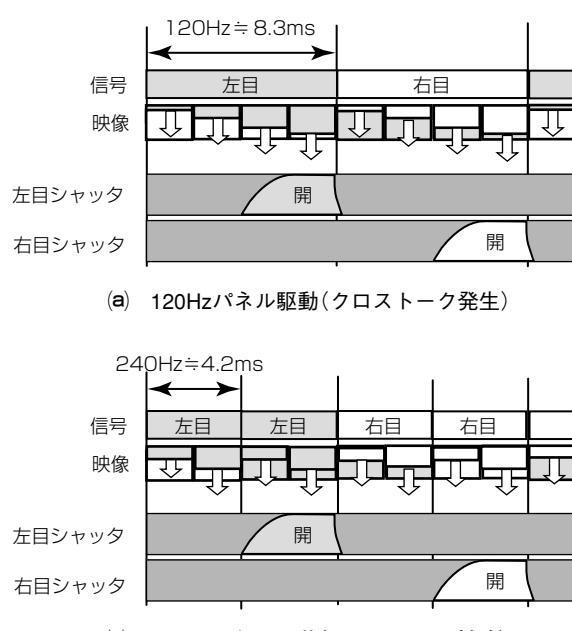
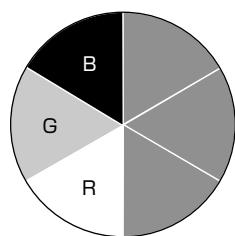


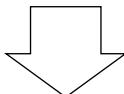
図2. 240Hz駆動によるクロストーク低減

6セグメントCW+TN液晶シャッタメガネ

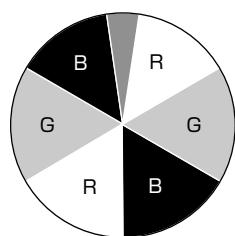


RGB部でブランкиング⇒輝度低下が大きい

従来の方式



6セグメントCW+高速応答液晶シャッタメガネ



境界部でブランкиング⇒輝度低下が小さい

LVP-HC7800D

CW : カラーホイール

図3. 従来方式とのブランкиング仕様差異

図4に従来方式と“LVP-HC7800D”における3D再生時間の比較を示す。従来方式で、ちらつき感がなく、かつクロストークのない3D映像を視聴するためには、カラーホイールの回転数を上げた上で、R(赤), G(緑), B(青)セグメントの一領域をブランкиング期間に割り当てる必要がある。120Hzのフレームレート期間中、約1/3がブランкиング期間となる。高速応答の液晶シャッタメガネを採用することによって、フレームレートのほぼ全期間を映像表示に割り当てることが可能となる。ブランкиングを境界期間に設定することによって、有効なカラーhoイール領域をブランкиングで損なうことなく、従来の方式と比較して約1.5倍有効表示期間が改善され、3D表示の明るさアップのみならず階調表現の改善につながった。さらに、FRC機

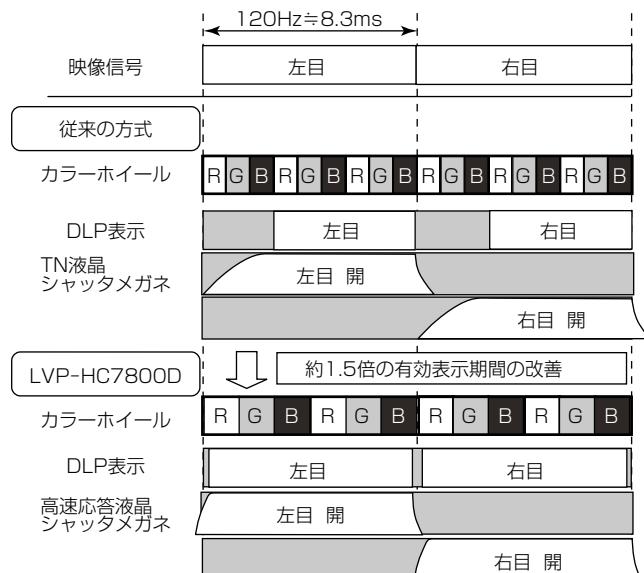


図4. 従来方式との3D映像再生時間比較

能の搭載によって、映画のフィルム用に撮影されている24p<sup>(注6)</sup>の3Dコンテンツのフレーム補間処理によって、2Dと同等の滑らかな3D映像の再生を可能にした。

(注6) 24p(24 frame/s progressive)は、毎秒24フレームで順次走査する映像信号規格である。

## 5. む す び

業務用途のデータプロジェクタから民生用途のホームシアタープロジェクタに至るまで、当社プロジェクタ製品ラインアップに3D対応の充実化を図ってきた。3Dの高画質化に向けた技術開拓として、高速応答の液晶シャッタメガネを採用した業界初<sup>(注7)</sup>のホームシアタープロジェクタを製品化した。

(注7) 2011年11月17日現在、当社調べ

## 参 考 文 献

- (1) 藤吉直彦, ほか: 立体映像時代の幕開け, 三菱電機技報, 85, No.3, 158~162 (2011)
- (2) Hashimoto, S., et al. : SXRD (Silicon X-tal Reflective Display) ; A New Display Device for Projection Displays, SID 05 Digest, 1362~1365 (2005)
- (3) 秋元 修: LCOSマイクロディスプレイ, 2009LCDテクノロジー大全, 67~70 (2009)

# 民生向け組み込み技術を適用した デジタルサイネージ端末

龍 智明\* 加藤義幸\*\*  
丸山清泰\* 椿 泰範\*\*  
山田和彦

Digital Signage Devices Applied Embedded Technology of Consumer Electronic Appliance

Tomoaki Ryu, Kiyoyasu Maruyama, Kazuhiko Yamada, Yoshiyuki Kato, Yasunori Tsubaki

## 要 旨

2011年7月に地上波アナログ放送が、完全にデジタル放送へと移行し、家庭でハイビジョン映像を視聴することが一般化されてきている。これに伴い、デジタルサイネージシステムでもハイビジョン映像へのシフトが急速に進んできている。ハイビジョンに対応したデジタルサイネージ機器はパソコンをベースとしたものが大半である。一方、サイネージ市場の拡大に伴い、屋内での使用だけでなく屋外で使用されるケースが増えており、要求条件として耐環境性能の高い製品が求められている。

そこで今回、三菱電機では、デジタルテレビや、ブルーレイディスク(Blu-ray Disc<sup>(注1)</sup> : BD)で採用されている、組み込み向けの映像プロセッサとソフトウェア技術を適用することで、パソコンを使用せずに、小型、省電力で耐環境性の高いハイビジョン対応デジタルサイネージ機器を開発した。

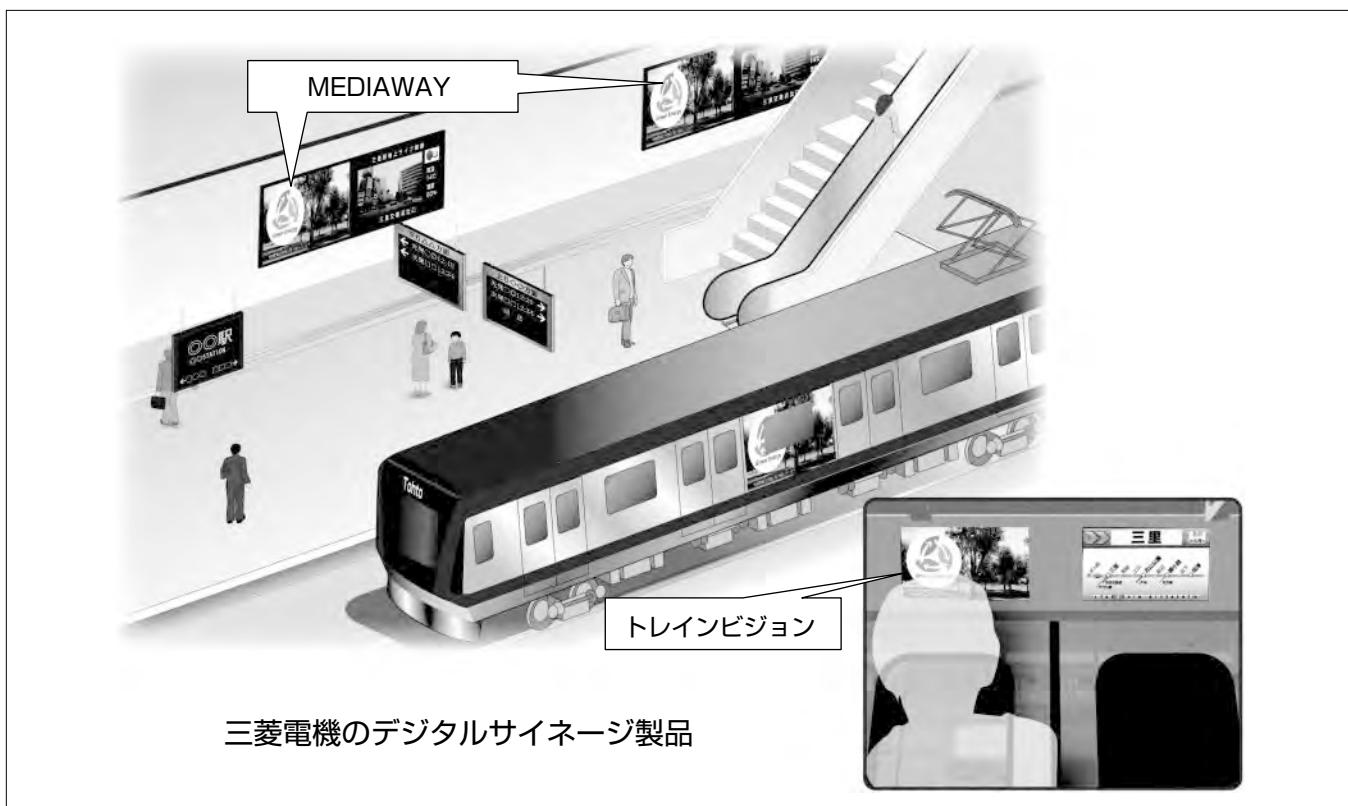
商業施設向けのデジタルサイネージシステムである“MEDIWAY(メディアウェイ)”では、従来のパソコンを使用していた表示端末の1/5のサイズを実現し、液晶表示パネルの背面への設置を可能とした。また、Linux<sup>(注2)</sup>技術を適用することで24時間の連続稼働を実現した。

交通向けのデジタルサイネージシステムである“トレインビジョン”では、最新の映像符号化方式であるH.264に対応した業界初<sup>(注3)</sup>のハイビジョン映像による広告表示と、当社独自の描画エンジンである“Sesamicro”を用いたアニメーションによる行先案内表示を実現するとともに、電車という過酷な環境でも安定して動作する表示装置を開発した。

(注1) Blu-ray Discは、Blu-ray Disc Associationの登録商標である。

(注2) Linuxは、Linus Torvalds 氏の登録商標である。

(注3) 2010年8月現在、当社調べ



## 民生向け組み込み技術を適用したデジタルサイネージの製品例

商業施設や交通・公共施設等で各種情報や映像をタイムリーに表示するデジタルサイネージ向け映像配信システム“MEDIWAY”の表示端末や、運行情報及び広告動画等の乗客が必要とする情報を車内の液晶ディスプレイに表示する列車内映像情報システム“トレインビジョン”的表示端末に民生向け組み込み技術を適用している。

## 1. まえがき

社会インフラにおけるデジタルサイネージシステムでも、家庭でのハイビジョンの普及に伴い、大画面化、ハイビジョン化が進められてきたが、映像表示端末としてパソコンが使用されるケースが多い。一方、パソコンはソフトウェアで様々な機能を簡単に実現できる利点がある反面、コストが高い、組み込み機器と比較して信頼性が劣る、消費電力が大きいといったデメリットも多い。そのため、パソコンを使用しないハイビジョン対応の映像表示機器の開発が急務となっている。

そこで当社では、組み込み向けのデバイスとソフトウェア技術を適用することで、パソコンを使用せずに、小型、省電力で耐環境性の高いデジタルサイネージ機器を開発した。

本稿では、商業施設向けデジタルサイネージシステムであるMEDIAWAYと、鉄道車両向けのデジタルサイネージシステムであるトレインビジョンへの組み込み機器向け技術の適用事例について述べる。

## 2. MEDIAWAYへの組み込み技術の適用例

MEDIAWAYは、商業施設向けのデジタルサイネージシステムである。従来の当社における映像表示端末は、インテル社製のデュアルコア・プロセッサと高性能グラフィックスカードを搭載し、マイクロソフト社製のOS(Operating System)がインストールされた産業用パソコンを使用している。一方、今回開発した映像表示端末は、映像・音声のハードウェア・デコーダ、プロセッサ、グラフィックスがワンチップに集約されたBlu-rayプレーヤー向けのSoC(System on a Chip)を使用している。SoCの適用によって、消費電力を約1/8の13Wに低減し、大きさも約1/5のサイズを実現している(図1)。

### 2.1 組み込み向けSoCの課題

従来機種のプロセッサが、デュアルコアの2.4GHzであるのに対し、SoCはシングルコアの470MHz動作であり、処理能力が大幅に劣っている。プロセッサの処理能力が低いため、表示端末を制御するプロセッサの各タスクが調停を行わずに処理を行った場合、時間制約のあるタスクの処理が規定時間で完了せず、動画が一瞬止まったり、テロッ



図1. 新旧表示端末の比較

プ表示がガタつく等といった表示品質の問題が生じる。

### 2.2 組み込み向けタスク制御技術

組み込み機器ではリアルタイム性が求められるため、リアルタイムOSが使用されることが一般的であった。しかし、組み込み用のプロセッサの能力の向上に伴い、周辺ソフトウェアの充実したLinuxへと移行しつつあり、MEDIAWAYでもLinuxを採用している。そのため、タスク処理のスケジューリング制御はOSに委(ゆだ)ねられている。デジタルサイネージでテロップなどのグラフィックス処理は、1フレーム期間に必ず処理を行う必要がある。今回採用したSoCのように、プロセッサの能力が低い場合、一度に処理する単位が大きい非同期処理(タスクC)とフレーム描画処理(タスクA)が重なってしまうと、OSの判断でタスクAの処理が飛ばされることがある(図2)。

この問題を解決するため、Linux上でリアルタイム処理を実現するためのタスク管理技術を開発した。これによって、描画処理タスクを要求されるタイミングで処理可能となり、能力の低い組み込み向けのプロセッサで、高品位なグラフィックス表示を実現している。

## 3. トレインビジョン・システムへの組み込み技術の適用例

トレインビジョンは、当社が先駆けて開発した電車内のデジタルサイネージシステムであり、山手線をはじめとする多くの鉄道路線に納入されている。従来のトレインビジョンは、MPEG-2(Moving Picture Experts Group phase 2)で符号化されたSD(Standard Definition)解像度の広告映像表示と、ビットマップを使った静止画表示による行案内表示から構成されている。一方、2010年8月よりMEDIAWAYに先んじて同じSoCを採用したトレインビジョンは、H.264で符号化されたHD(High Definition)解像度の広告案内表示と当社独自のグラフィックスIP(Intellectual Property)を採用した行案内表示から構成されている。

### 3.1 グラフィックス表示の課題

従来のトレインビジョンでは、ビットマップによる静止画案内表示であったため、アニメーションを取り入れたより分かりやすい案内表示が求められていた。パソコンベースであれば、高性能なグラフィックスカードを導入するこ

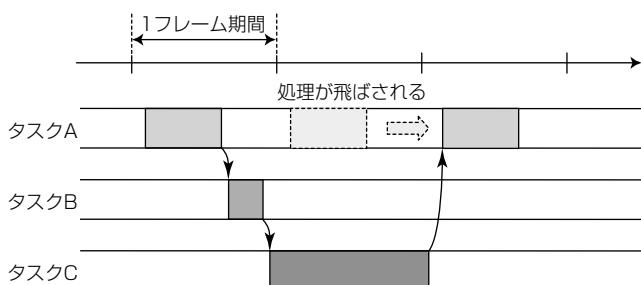


図2. タスク管理の一例

とでアニメーション表示は可能であるが、組み込み用SoCでの表示は不可能である。そこで組み込み機器向けに開発された当社独自のグラフィックスIPであるSesamicroを適用した。

### 3.2 組み込み向けグラフィックス表示技術

Sesamicroは、アウトラインフォントなどで使われているベクターグラフィックスを表示するためのグラフィックスIPであり、小さな回路規模でハイビジョン解像度の表示を可能とする特徴がある。また、グラフィックス描画をハードウェアで処理するため、性能の低いプロセッサを利用した場合でもアニメーション表示が可能である。今回、このSesamicroの採用によって、低コストでハイビジョン解像度でのアニメーション表示を実現した。また、トレインビジョン向けのSesamicro制御用グラフィックスドライバを開発し、高品位なアニメーション表示を実現している。このように、Sesamicroの導入によって、パソコンを使用せず組み込みデバイスで、アニメーションを取り入れた乗客に分かりやすい行先案内表示を実現している(図3)。



図3. 最新トレインビジョン

### 4. 組み込み向けデバイスを適用したデジタルサイネージ機器の共通技術

デジタルサイネージ端末は、天井や壁面の高い位置などに設置され、24時間連続稼働が求められることが多い。また、屋外利用も多く、高い耐温度性能、防塵(ぼうじん)性能が不可欠である。この章では、安定動作実現のためのソフトウェアプラットフォーム技術、リモートメンテナンス技術、耐環境性を実現するハードウェア技術について述べる。

#### 4.1 ソフトウェアプラットフォーム技術

24時間連続稼働を実現するためには、ソフトウェア品質を高める必要があり、オープンソースで、品質の安定しているLinux技術をベースとしたデジタルサイネージ端末用ソフトウェアプラットフォームを実現した。Linux技術は組み込みシステムでも多用されてきており、デジタルサイネージ機器に搭載するグラフィックIPやH.264デコーダ等のドライバソフトウェア、制御プログラムを、Linux技術をベースに開発し、プラットフォームとしてオープンソース化することで、質の高いソフトウェアの構築を可能とした。

#### 4.2 リモート・メンテナンス技術

設置場所の制約で直接作業困難なデジタルサイネージ機器でも、ネットワークを用いてソフトウェアアップデートが可能なりモートメンテナンス技術を開発した(図4)。

図4に示すようにプログラムは信頼性向上のために正常に起動可能な現行バージョンのバックアッププログラムを用意している。ソフトウェアアップデート時には、送信サーバと接続したデジタルサイネージ機器すべてのプログラムの書換えを行う。ただし、バックアップ用プログラムへ

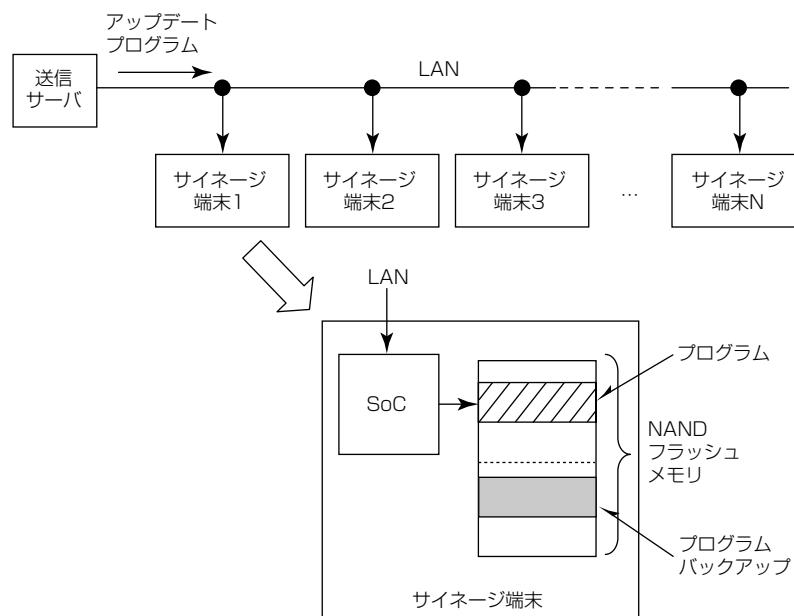


図4. ソフトウェアアップデート構成図

は書換えを行わず、アップデートプログラムの起動に不具合が生じた場合にバックアッププログラムを起動することで元の状態に戻せる機構となっている。このようなアップデートシーケンスを開発することで複数のサイネージ端末に対する一斉リモートアップデートを実現し、ソフトウェアアップデート時にサイネージ端末を停止する時間を最小限にすることができる。

#### 4.3 耐環境性を実現するハードウェア技術

ハードウェア設計で高負荷運転時の発熱量と筐体(きょうたい)の熱放射性を考慮した熱設計を行い、開口部を小さくして、冷却ファン、冷却フィンを不要とした高い耐温度性能、防塵性能を実現している。屋外利用の場合、高温が特に問題となるが、図5に示す温度試験結果では、外気温が60°Cの場合でもSoC表面温度が動作保証範囲である85°C以下に収まっていることが分かる。

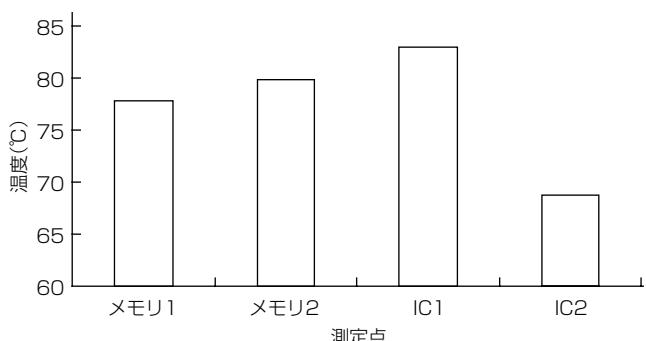


図5. システム負荷最大時の温度試験結果(外気温60°C)

#### 5. むすび

本稿で取り上げた各要素技術の適用によって、低コスト、低消費電力で耐環境性の高い、デジタルサイネージ機器を実現した。今後は、民生テレビでは一般的になりつつある3D表示や、これから普及が予想される4K2K表示に対応したサイネージ機器に対し、組み込み技術の適用を図る。

# 産業用ロボット向け三次元計測技術

堂前幸康\*

3D Measurement Technology for Industrial Robots

Yukiyasu Domae

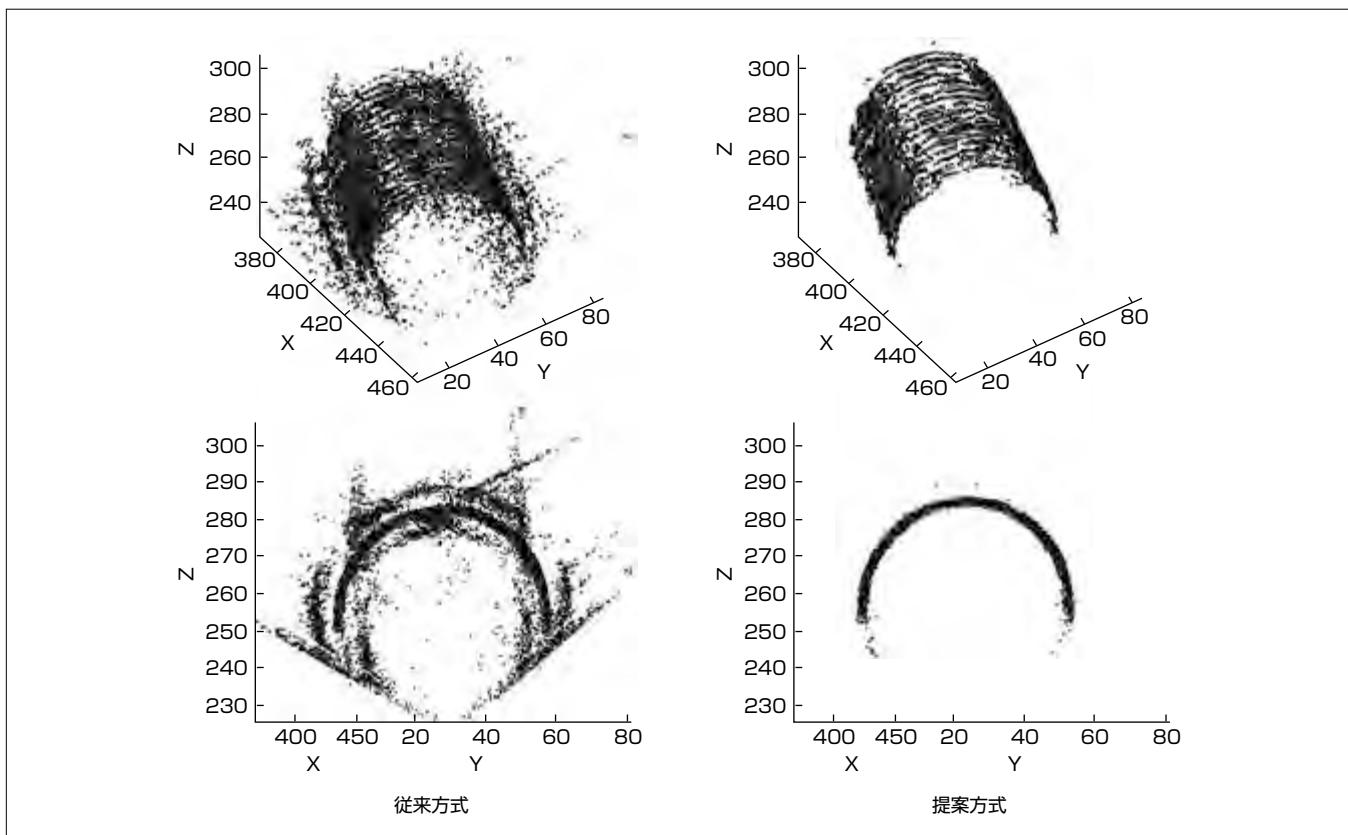
## 要 旨

生産現場の組立て作業を自動化するために、産業用ロボットを使った生産システムが利用されている。産業用ロボットがパラ積みされた部品を自律的に操作するためには、部品の姿勢や状態を認識するための三次元計測機能が不可欠である。

コストや設置性の良さからカメラ1台をロボットに取り付ければ三次元計測できるような方式が望まれる。これはロボットによってカメラを移動し視点を変え、三角測量の原理に基づき三次元位置を測定することで実現可能とされてきた。これは“モーションステレオ方式”と呼ばれる。しかし実際の計測では、ロボットの運動は振動などによって誤差が加わること、撮影タイミングとロボット運動が非同期であることによって、従来のモーションステレオ方式で

は安定した計測が困難であった。

この課題に対して、運動中の非同期な撮影画像を使い、三次元計測を安定化させたモーションステレオ方式を提案する。提案方式は、静止撮影した2視点による三角測量を行うが、その2視点間を移動中に撮影した連続画像上でも計測点を追跡し続ける。追跡した計測点の軌跡の状態より、計測が安定しているかどうかを判定する追跡安定度評価指標を作成し、これに基づき不安定な計測点を棄却するという方法を採った。ロボットにカメラを搭載し物体を計測する実験では、従来のモーションステレオ方式に比べ、S/N (Signal to Noise) でおよそ16倍、94%のノイズが除去された三次元計測結果を得ることができた。



## 提案方式による円筒物体の三次元計測例

生産現場における産業用ロボットが、組立て部品の形状や姿勢を認識するための三次元計測技術である。ロボットにカメラを搭載し、ロボットの運動前後でカメラの視点が変わることを利用して三次元計測する。運動中にも対象を撮影し、対象の見えの変化を追従しておくことで、三次元計測精度を向上させた。

## 1. まえがき

カメラで三角測量を行う“ステレオ視”はポピュラーな三次元計測原理であり、検査、監視、モデリング、マッピング、娛樂等、様々な用途に応用されている。最も基本的なステレオ視は、空間的・時間的キャリブレーションのとれたカメラ2台で撮影した2枚の画像から同一の点を対応付けし、三角測量の原理に基づいてその点の三次元位置を計算する2眼カメラ方式<sup>(1)</sup>によって実現される。しかし、異なる画像上の2点を対応付けすることは難しい問題で、失敗による計測不能な点や、大きな誤差を含む点が多数生じる。そのため、カメラの数を増やすことで対応付けを安定させた3眼方式<sup>(2)(3)</sup>が提案されている。さらに、複数のカメラ間でそれぞれステレオ視を行い、その評価値を合成することで性能を向上させたマルチベースラインステレオ方式<sup>(4)</sup>やその応用<sup>(5)(6)</sup>が有名である。

カメラ1台を運動させてステレオ視を実現するモーションステレオ方式もある。これは、カメラ同士のキャリブレーションが不要、精度と視野のトレードオフのバランスが調整可能、設置面積やコストが少なく済む等多数の利点を持つ。この方式では、カメラを位置決め精度の高い自動ステージやロボットに設置して、視点を変える。静止した対象物の計測に有効である。2つの視点から撮影する基本的なステレオ視だけでなく、徐々に移動させながら時系列画像を生成し、その軌跡をもとに安定して対応付けを行う方式<sup>(7)(8)(9)</sup>が提案されている。また、3眼方式やマルチベースラインステレオ方式と同等の処理を1台のカメラを移動させて実現することも可能である<sup>(10)</sup>。

モーションステレオ方式では各カメラの相対位置の計算には自動ステージやロボットの位置情報を使うため、カメラの撮影タイミングと自動ステージやロボットの位置取得タイミングの同期が必要となる。同期は静止させて行うことが一般的である。産業用ロボットの場合、同じ運動後の繰り返し静止位置決め精度は±0.05mmでも、絶対誤差は±0.5mmと、誤差が1桁変わる。また、静止時の精度が重要視される移動ステージや産業用ロボットでは、ロボットの運動中の位置取得タイミングそのものの同期にも不正確さがある。そのため撮影タイミングで移動ステージやロボットを静止させ、精度を確保する。しかしこの方法で、先に述べた対応付け問題を安定して解くために視点数を増やそうとすると、静止時間分だけ計測時間が増えるという課題がある。精度を高めるためには、計測時間がほぼ撮影枚数倍されるため応用が難しい。

そこで、撮影タイミングと位置取得の同期のとれた2視点と、その2視点間に移動中に撮影する非同期な複数視点という新たな問題設定を考え、それに適したモーションステレオ方式を構築した。提案する方式は、①運動中の連続

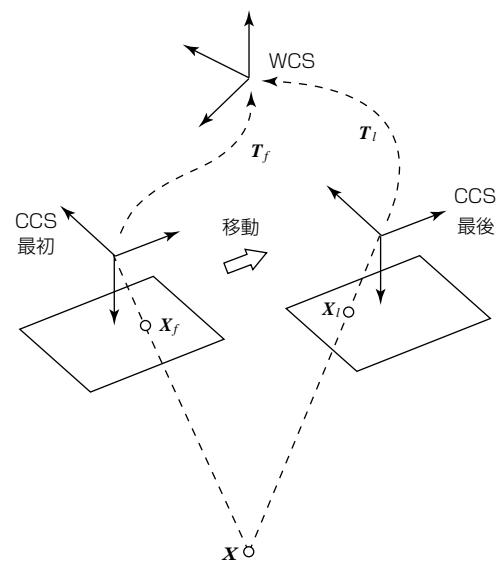
画像は対応付け性能を高めるための逐次対応付けにのみ使うこと、②その逐次対応付けによる各特徴点の追跡安定性を統計的指標によって評価し不良な対応を除去することという2つの特徴を持つ。これによって静止回数を増やすさずに、計測性能の高いモーションステレオ方式を実現した。次の章から、モーションステレオ方式の基本原理、提案方式、実験結果について述べる。

## 2. モーションステレオ方式

モーションステレオ方式のモデルを図1に示す。空間上有る点 $X$ があり、姿勢を変えて2回カメラで計測したとする。このとき、カメラで撮ったそれぞれの画像での点の位置( $x_f$ ,  $x_i$ )はわかるが、実際の位置 $X$ はわからない。これを解く。

- ①それぞれの画像での点の二次元位置( $x_f$ ,  $x_i$ )をカメラ座標系における三次元位置に変換する。これは焦点距離などのカメラ固有のパラメータ情報( $A$ )がわかれば計算できる。
- ②次にそれぞれの三次元位置を基準座標系から見た位置に変換する。これはそれぞれのカメラ位置( $T_f$ ,  $T_i$ )情報を用いて計算する。これはキャリブレーションによって計算できる。
- ③ここまで $x_f$ ,  $x_i$ を $X$ に変換する式が計算できる。 $X$ は式が2本あればそれをもとに計算できるので2視点で撮影している。これは一般的に三角測量の原理と呼ばれる解き方を動いて位置を変えて撮影したカメラに応用したものである。これらによって、次の式がモーションステレオ方式の計算式になる。

$$\begin{aligned} s_f x_f &= A P T_f X \\ s_i x_i &= A P T_i X \end{aligned} \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$



WCS : World Coordinate System (基準座標系)  
CCS : Camera Coordinate System (カメラ座標系)

図1. モーションステレオ方式のモデル

$s_f$ ,  $s_1$ は任意のスカラ量で,  $P$ は射影行列と呼ばれるもので三次元の点を二次元に変換(射影)するものである。カメラの内部パラメータ( $A$ ), それぞれのカメラ位置( $T_f$ ,  $T_1$ )がわかれば, 環境によらずこの式で三次元位置が計算できる。産業用ロボットで見た物体を操作しようとすれば, 基準座標系として, ロボットの座標系を使い, ロボットの手先にカメラを固定(ハンドアイと呼ばれる)してカメラの位置がロボットからわかるようになれば三次元位置計算が実現する。

### 3. ハンドアイの運動モデル

2つの視点で計測した二次元位置( $x_t$ ,  $x_1$ )に写っているものが同一のものかどうかを判定するのが、先に述べた対応付け問題である。

それぞれの画像が似ているかを画素情報の照らし合わせで評価するのだが、移動量が多いと“三次元的な見えの変化が大きく一致しない”と評価されることが多い。これが計測誤差となる。これを避けるため、図2のような運動モデルを用いる。ある視点で見た点の位置( $x_t$ )とカメラの位置姿勢がわかっているとき、別のカメラ位置で見た点の位置はある直線上に存在するということがいえる。これはエピポーラ拘束、その直線はエピポーラ直線と呼ばれる。2視点間のロボットの運動が姿勢を変えない直線運動なら、運動中に撮影したそれぞれの点の位置も同じエピポーラ直線によって拘束される。式で表すと次のようになる。

$T$ は転置行列を表す。 $x_i$  ( $i=1, 2, \dots, k$ ) はそれぞれ運動中に撮影した画像上の点の位置である。 $t$  はロボットの直線運動を表す並進ベクトルである。

この運動とモデルを用いることで、対応付け問題を、ある直線上で解くことができる。さらに運動中の短い変化の中で対応付けを行うので照合間違いが大幅に減る。

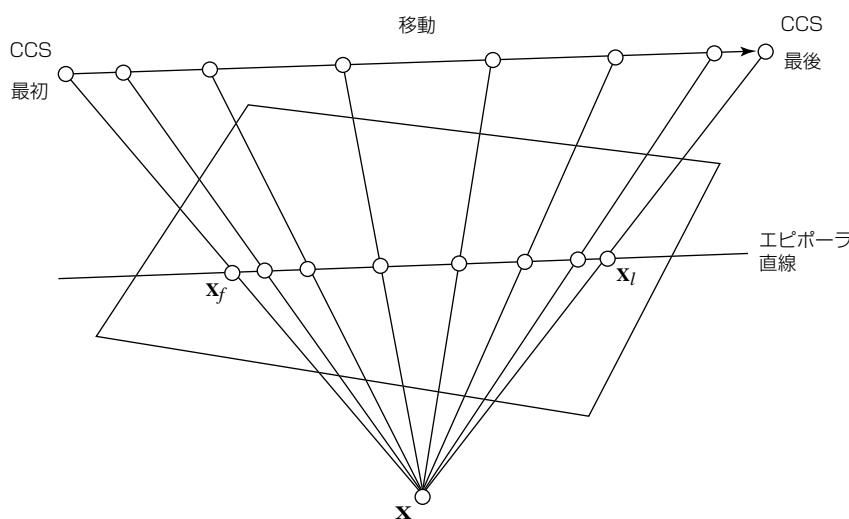


図2. ハンドアイの運動モデル

#### 4. 追跡安定度

先に述べた運動モデルでは、運動中のカメラの位置姿勢は同期がとれておらず不明である。マルチベースラインステレオのような一般的な方法では、対応付け性能を高めることができない。そこで、運動中に逐次対応付けられる点の位置関係を位置とエピポーラ直線のなす角度をもとに、各運動中の変化量を統計的に評価し<sup>(11)</sup>、不安定な対応付けは自動で棄却するようにした。これによって同期のとれていらない計測による誤計測を減らすことができる。この方法は最終フレームで2種類の分散値を求めるだけなので計算コストが低く、最適化問題のように計算時間が発散しない。データ数が大きい三次元計測に適用しやすい。

## 5. 実験

実験ではロボットアームの手先にカメラを取り付け、モーションステレオの従来方式と提案方式で円筒を計測し、その計測性能を比較した。

実験用に構築した単眼ハンドアイシステムを図3に示す。ロボットアームは6自由度で、位置繰り返し精度が $0.05\text{mm}$ 、その手先にカメラが搭載されている。カメラの基本仕様は、解像度VGA(Video Graphics Array)、フレームレート15fps(frames per second)、レンズ焦点距離6mm、レンズ歪(ひずみ)は事前に補正済みで、カメラパラメータ、位置姿勢はキャリブレーションされている。

実験では2つの方式で計測した三次元計測結果に対して平面なら平面モデル、円筒なら円筒モデルを最小二乗法で当てはめ、モデル面と計測点のユークリッド距離を誤差ととらえ、この距離が1mm未満の点をシグナル、1mm以上の点をノイズと定義し、S/N=10 $\log_{10}$ (dB)を計算し、これを性能評価値とした。また手動設定の必要のある閾値(しきいち)は、全手法ともシグナル数(S/N)が最も高くな

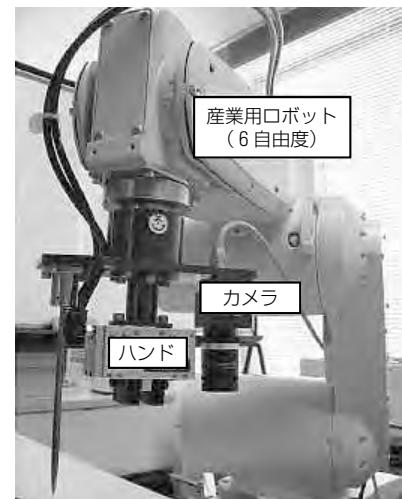


図3. 実験に利用した  
単眼ハンドアイシステム

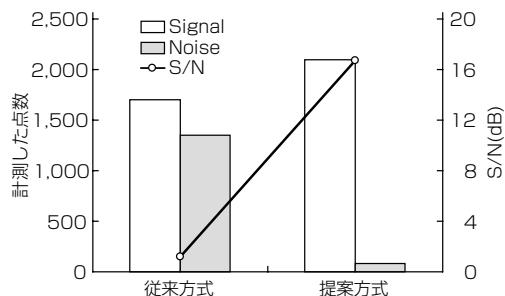


図4. 三次元計測結果(S/N)

るよう調整した。どの方式も閾値調整で得られる最も良い計測結果を選択した。追跡安定度ではカイ二乗分布の信頼区間をシグナル数(S/N)に準じ設定した。

三次元計測結果を図4, 図5に示す。従来方式はノイズが多く、提案方式はノイズが見られない。画像の類似性を評価する対応付けではテクスチャのある領域が成功しやすいが、従来方式ではテクスチャのある領域でも計測がうまくいかない部分が多かった。これは似たような周辺のテクスチャと誤照合していることを意味する。一方、提案方式では対応付け問題を狭い範囲で解くので、周辺の似たテクスチャと誤照合を起こすことが少ない。各手法のS/N計算結果では圧倒的に提案方式が高く、ノイズはほぼ除去されている。提案方式でシグナルが減少する理由は、運動中の追跡は不安定でも最終的に対応付けが成功した点を、除去してしまうためである。比較するとシグナルは7.7%減少だが、94%のノイズは除去された。また、提案方式でノイズと定義された点の誤差平均は1.2mmである。従来方式では3mm以上の誤差平均であり、提案方式はより高い精度である。

## 6. む す び

2視点間の運動を利用したモーションステレオ方式で、静止回数を増やさずに計測性能を高めるため、①運動中の連続画像上でエピポーラ拘束に基づき逐次対応付けを行い、②エピポーラ拘束と統計的性質に基づいた追跡安定度という評価指標を導入し誤対応除去を行った。実験では、従来方式と比較し、提案方式が高いS/Nを持つ計測結果を示すことを確認した。

## 参考文献

- (1) 奥富正敏：ステレオ視(Stereo Vision), コンピュータビジョン技術評論と将来展望, 第8章, 128~129 (1998)
- (2) Pietikainen, M., et al.: Depth from three camera stereo, Proc. IEEE CVPR, 2~8 (1986)
- (3) Mulligan, J., et al.: Trinocular stereo: A real-time algorithm and its evaluation, International Jour. Computer Vision, 47, No. 1~3, 51~61 (2002)
- (4) Okutomi, M., et al.: A multiple-baseline stereo, Proc. IEEE CVPR, 63~69 (1991)
- (5) Kang, S.B., et al.: A multibaseline stereo system with active illumination and real-time image acquisition, Proc. Int. Conf. on Computer Vision, 88~93 (1995)
- (6) 佐藤智和, ほか: 画像特徴点の数え上げに基づくマルチベースラインステレオ, 情報処理学会誌:コンピュータビジョンとイメージメディア, 48, No.SIG16 (CVIM19), 25~37 (2007), 153~160 (2005)
- (7) 山本正信: 連続ステレオ画像からの3次元情報の抽出, 電子情報通信学会論文誌, J69-D, No.11, 1631~1638 (1986)
- (8) Bolles, R.C., et al.: Epipolar-plane image analysis an approach to determining structure from motion, International Journal of Computer Vision, 1, No. 1, 7~55 (1987)
- (9) 杉本茂樹, ほか: 時空間濃淡画像からの回転物体の形状復元, 第4回画像センシングシンポジウム講演論文集, 21~26 (1998)
- (10) Sato, T., et al.: Dense 3-D reconstruction of an outdoor scene by hundreds-baseline stereo using a hand-held video Camera, International Journal of Computer Vision, 47, No. 1~3, 119~128 (2002)
- (11) 堂前幸康, ほか: カメラ撮影とロボットの位置取得の同期がとれた2点間を運動中の非同期連続画像における追跡安定度を考慮した単眼モーションステレオ, 精密工学会誌, 77, No. 1, 90~96 (2011)

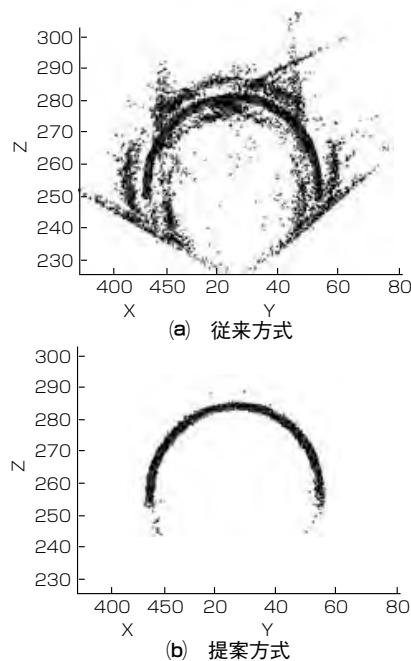


図5. 円筒面の計測結果

# 多層Blu-ray Disc対応の光ピックアップ技術

中原宏勲\*      的崎俊哉\*  
 大牧正幸\*      竹下伸夫\*  
 篠田昌久\*\*

Optical PickUp for Multilayer Blu-ray Disc

Hironori Nakahara, Masayuki Ohmaki, Masahisa Shinoda, Toshiya Matozaki, Nobuo Takeshita

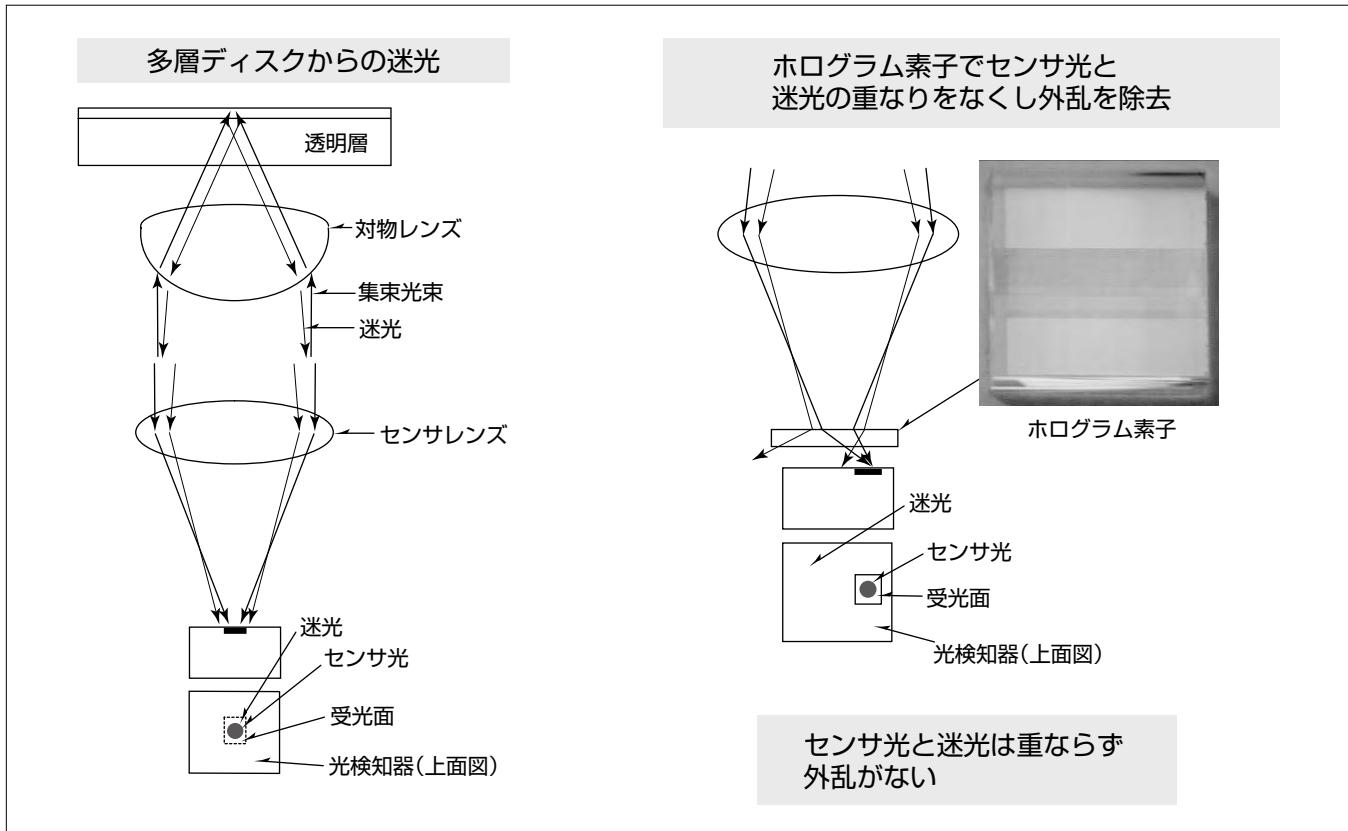
## 要 旨

アナログテレビ放送から地上デジタルテレビ放送への移行が完了し、家庭に薄型テレビが広く普及している。薄型テレビの普及とともにHD(High Definition)のテレビ放送を録画するというニーズが生まれ、録画保存のためのBD(Blu-ray Disc<sup>(注1)</sup>)録画機も広く普及しつつある。また、長時間のTV放送の録画に対応するために記録層を増やすことで容量を拡大した3層100GBと4層128GBの多層BDが2010年から発売されており、現在販売されているBD録画機の多くが多層BDの録画再生に対応している。

多層BDの記録再生が可能な光ピックアップの開発では、

センサ系における迷光(多層BDの別の層から反射した光)による層間クロストークの低減が課題となっている。これは、光ピックアップのトラッキングエラー信号検出で、多層BDのある層から反射したセンサ光と迷光が光検知器の受光面上で重なり、トラッキングエラー信号が乱れるという現象である。この多層BDにおけるトラッキングエラー信号の乱れを低減するために開発したシンプルなホログラム素子を用いる1ビームプッシュプル法について述べる。

(注1) Blu-ray Discは、Blu-ray Disc Associationの商標である



## 1. まえがき

BDは2003年に1層あたり23GBの容量を持つディスクとして発売された。その後容量50GBを持つ2層ディスクが発売され、国内ではレコーダーを中心にBD機器が普及しつつある。記録容量の大容量化の要求に応えるために、2010年には記録層を増やした3層100GB、4層128GBの多層BDが規格化された<sup>(1)</sup>。

多層BDを記録再生するシステムでは、層間クロストークの低減が課題となっている<sup>(2)</sup>。従来の光ピックアップのセンサ系において、差動ピッシュアップ法では1つのメインビームと2つのサブビームからなる3つのビームが複数の層で反射され、光検知器上で複雑に重なるため、トラッキングエラー信号にオフセットが生じ。正常な記録再生動作ができないという問題が生じていた<sup>(3)</sup>。

この層間クロストーク低減の課題を解決するために、別のセンサ方式であるビームピッシュアップ法の開発が他社で行われている。しかしながら、他社の方式では複雑なホログラム素子が必要であった<sup>(4)</sup>。

本稿では、多層BDのために新しく開発したシンプルなホログラム素子を用いる1ビームピッシュアップ法について述べる。

## 2. センサ系

図1はBD用光ピックアップの光学レイアウトの例を示したものである。レーザには波長405nmの青紫色レーザを使用し、対物レンズの開口数は0.85である。半導体レーザから出射されたレーザビームは偏光ビームスプリッターで反射され、コリメータレンズで平行光に変換される。このコリメータレンズはディスクカバー層によって発生する球面収差を補正するために前後に移動できるようになっている。4分の1波長板は直線偏光のレーザビームを円偏光のレーザビームに変換し、対物レンズは平行光のレーザビームを光ディスクの記録層に集光する。記録層で反射したレーザビームは4分の1波長板の作用によって偏光ビームスプリッターを透過してセンサ系に到達する。

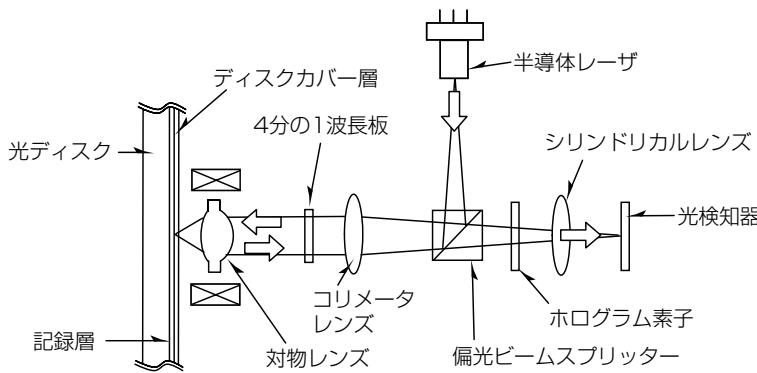


図1. BD用光ピックアップの光学レイアウト

センサ系はホログラム素子とシリンドリカルレンズと光検知器で構成される。ホログラム素子は1ビームピッシュアップ法を実現するために新たに開発したものであり、偏光ビームスプリッターとシリンドリカルレンズの間に配置されている。なお、シリンドリカルレンズは非点収差法を用いたフォーカスエラー信号を生成するために用いられる。

図2はディスクの案内溝の構造によって回折されるレーザビームの模式図である。案内溝の構造は回折格子のような周期構造をしており、集光したレーザビームはディスクで反射されるとともに、案内溝によって回折される。回折したレーザビームの一部分が対物レンズを透過して、光ピックアップ側に戻るが、その回折したレーザビームの位相が反射したレーザビームの位相と等しい時、回折したレーザビームが到達するスポットの領域の光強度が強まる。逆に、回折したレーザビームの位相が反射したレーザビームの位相と逆相の時、回折したレーザビームが到達するスポットの領域の光強度が弱まる。この光強度の強弱の変化が光検知器によって検出され、トラッキングエラー信号が生成される。

図3はホログラム素子の写真である。このホログラム素子は同一平面に異なる回折構造が複数配置されたものである。

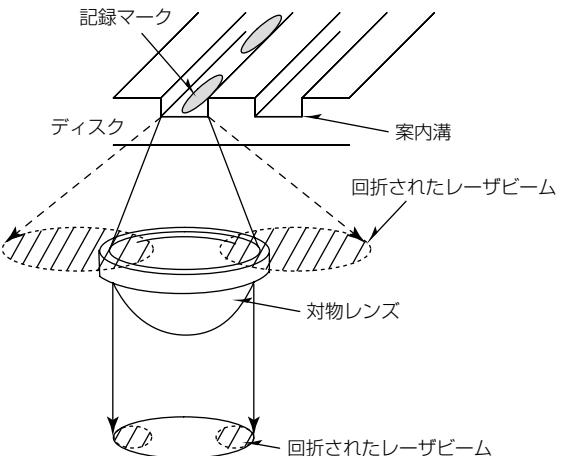


図2. ディスク案内溝の模式図

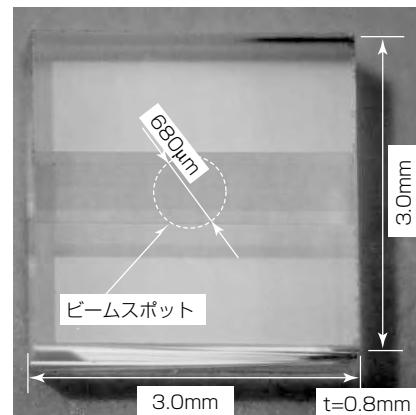


図3. ホログラム素子の写真

る。素子の大きさは縦3.0mm、横3.0mm、厚み0.8mmで、ガラスにフォトリソグラフィによってバイナリー型回折構造を形成したものである。ホログラム素子上のレーザビームのスポットサイズは直径680μmである。

図4はホログラム素子の概略図である。ホログラム素子は3つの領域に分かれており、領域1は縦方向の回折格子であり、領域2、3は横方向の回折格子である。領域の外形はレーザビームのスポットサイズとほぼ等しく、領域1にディスク案内溝で生じる±1次回折光が収まる形状になっている。ホログラム素子上のレーザビームスポットは対物レンズのディスク半径方向へのトラッキング動作によって、図の水平方向に移動する。

図5は1ビームプッシュプル法の概略図である。センサ系は光ピックアップ用の光検知器として一般的な、8個の受光部を持つ光検知器を使用する。受光部は図のようにAからHまであり、AからDまでの光検知器中央部に位置する4つの受光部の組はメイン受光部と呼ばれる。またEとFの受光部の組、GとHの受光部の組はサブ受光部と呼ばれる。

ホログラム素子を透過してきたレーザビームはメイン受光部に到達する。ホログラム素子の領域2、3で垂直方向に回折したレーザビームはサブ受光部に到達する。

表1にフォーカスエラー信号とトラッキングエラー信号

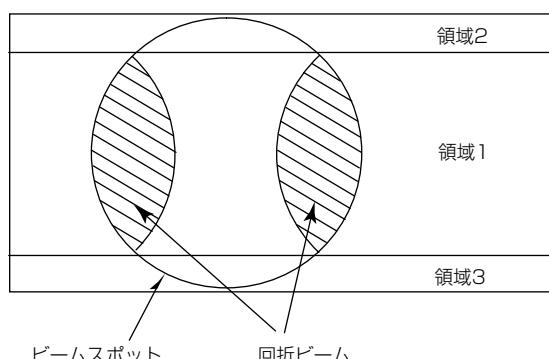


図4. ホログラム素子の概略図

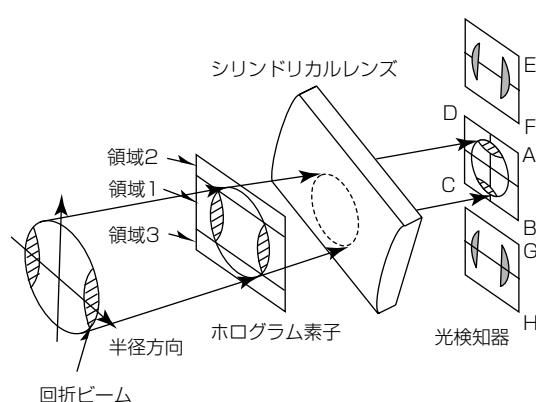


図5. 1ビームプッシュプル法の概略図

の演算式を示す。フォーカスエラー信号生成方式は一般的な非点収差法である、トラッキングエラー信号生成方式はディスク上のスポットが1ビームであるプッシュプル法である。トラッキングエラー信号はメイン受光部とサブ受光部から得られる信号から生成され、メイン受光部の(A+D)-(B+C)の演算はプッシュプル信号である。一方、対物レンズがディスク半径方向に沿って移動した時に、受光部上のスポットは図の上下方向に移動し、サブ受光部の(E-F)+(G-H)の演算は対物レンズの移動量を表すレンズエラー信号となる。この時、メイン受光部上のスポットも図5の上下方向に移動するので、プッシュプル信号にはオフセットが生じる。このオフセットはレンズエラー信号を用いて適切なゲインkを選んで表1の演算を行うとキャンセルすることができる。

### 3. 信号シミュレーション

図6に2層BDの構造を示す。スペース層の厚みは25μmでカバー層の厚みは75μmである。レイヤ0の読み出しをしている時、レイヤ1で反射した光が迷光(多層BDの別の層から反射した光)となり、レイヤ1の読み出しをしている時、レイヤ0で反射した光が迷光となる。

図7に迷光量のシミュレーション結果を示す。これは図6

表1. エラー信号の演算式

フォーカスエラー信号	$(A+C)-(B+D)$
トラッキングエラー信号	$(A+D)-(B+C)-k\{(E-F)+(G-H)\}$

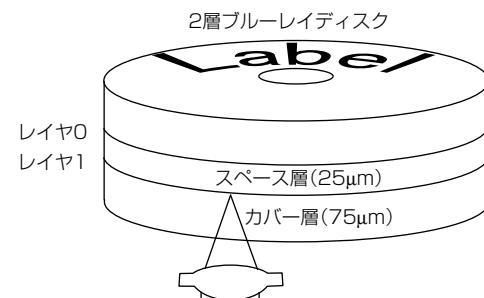


図6. 2層BDの構造

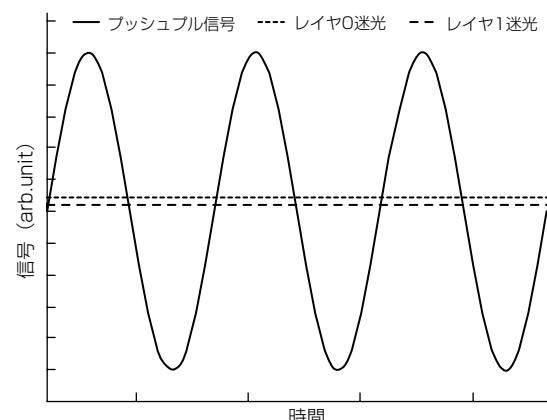


図7. 迷光量のシミュレーション結果

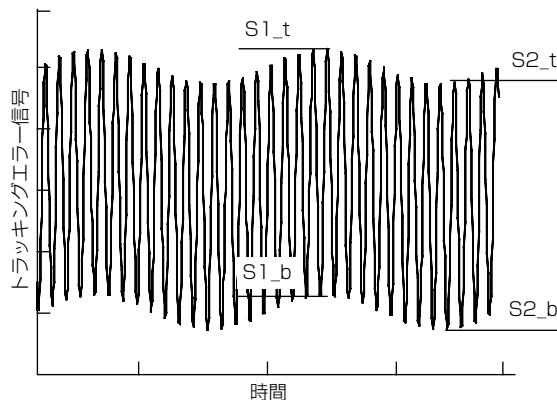


図8. TE Deviationの定義

の2層BDの条件で、受光部に照射される迷光の量をシミュレーションしたものである。図においてメイン受光部のプッシュプル信号振幅を100%として正規化し、迷光の総量を求めるために、メイン受光部とサブ受光部の迷光のみをすべて加算した演算“A+B+C+D+k×(E+F+G+H)”を迷光量としている。レイヤ0の場合、迷光量は5%。レイヤ1の場合、迷光量は1%であった。迷光量の目標値は10%であり、目標値を下回っていることが分かった。

1ビーム方式ではサブ受光部のレーザビームのパワーを自由に設定できるため、迷光よりも大きくすることで、迷光の影響を小さくすることが可能となっている。

#### 4. 実験結果

図8と次の式によってTE(Tracking Error) Deviationを定義する。これは迷光がトラッキングエラー信号に及ぼす影響の指標である。

$$TE\text{ Deviation} = \frac{\frac{(S1\_t + S1\_b) - (S2\_t + S2\_b)}{2}}{\frac{(S1\_t - S1\_b) + (S2\_t - S2\_b)}{2}} \times 100$$

図9は1ビームプッシュプル法で得られたトラッキングエラー信号の実測結果である。TE Deviationはレイヤ0の場合に3%でありレイヤ1の場合には5%であり、信号シミュレーションの結果と同程度に抑えられている。また、この実測ではトラッキング制御が外れることなく安定であった。

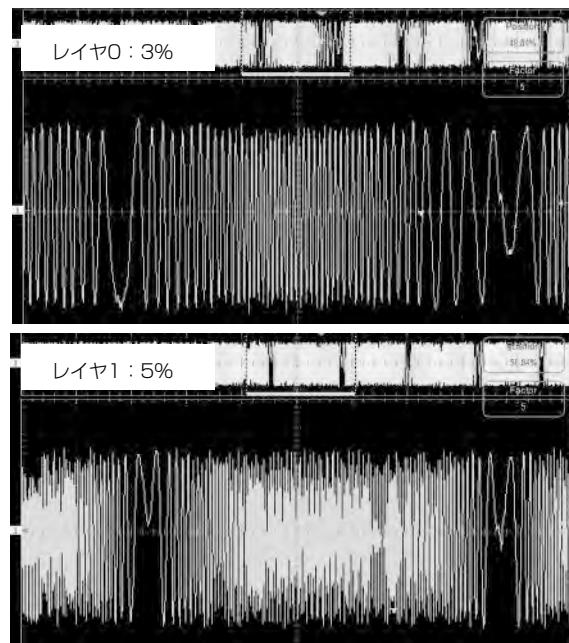


図9. トラッキングエラー信号の実測結果

#### 5. むすび

シンプルなプログラム素子を用いてセンサ系における、多層BDの迷光の影響を軽減する1ビームプッシュプル法を開発した。実測によってTE Deviationが5%以下に抑えられることが確かめられ、この方式によって、シンプルな構成で光ピックアップの多層BD対応を実現することが可能になった。

#### 参考文献

- (1) Blu-ray Disc Association : White Paper Blu-ray Disc Format General 2nd Edition (2010)
- (2) Lee, A. V. D., et al. : Drive Considerations for Blu-ray Multi-layer Discs, Jpn. J. Appl. Phys., **46**, 3761~3764 (2007)
- (3) Kim, T. K., et al. : Blu-ray Disc Pickup Head for Dual Layer, Jpn. J. Appl. Phys., **44**, 3397~3401 (2005)
- (4) Sano, K., et al. : Novel One-Beam Tracking Detection Method for Dual-Layer Blu-ray Discs, Jpn. J. Appl. Phys., **45**, 1174~1177 (2006)

# 次世代標準規格に向けた映像符号化技術

杉本和夫\*  
関口俊一\*

Video Coding Technologies towards Next Generation Video Coding Standard

Kazuo Sugimoto, Shun-ichi Sekiguchi

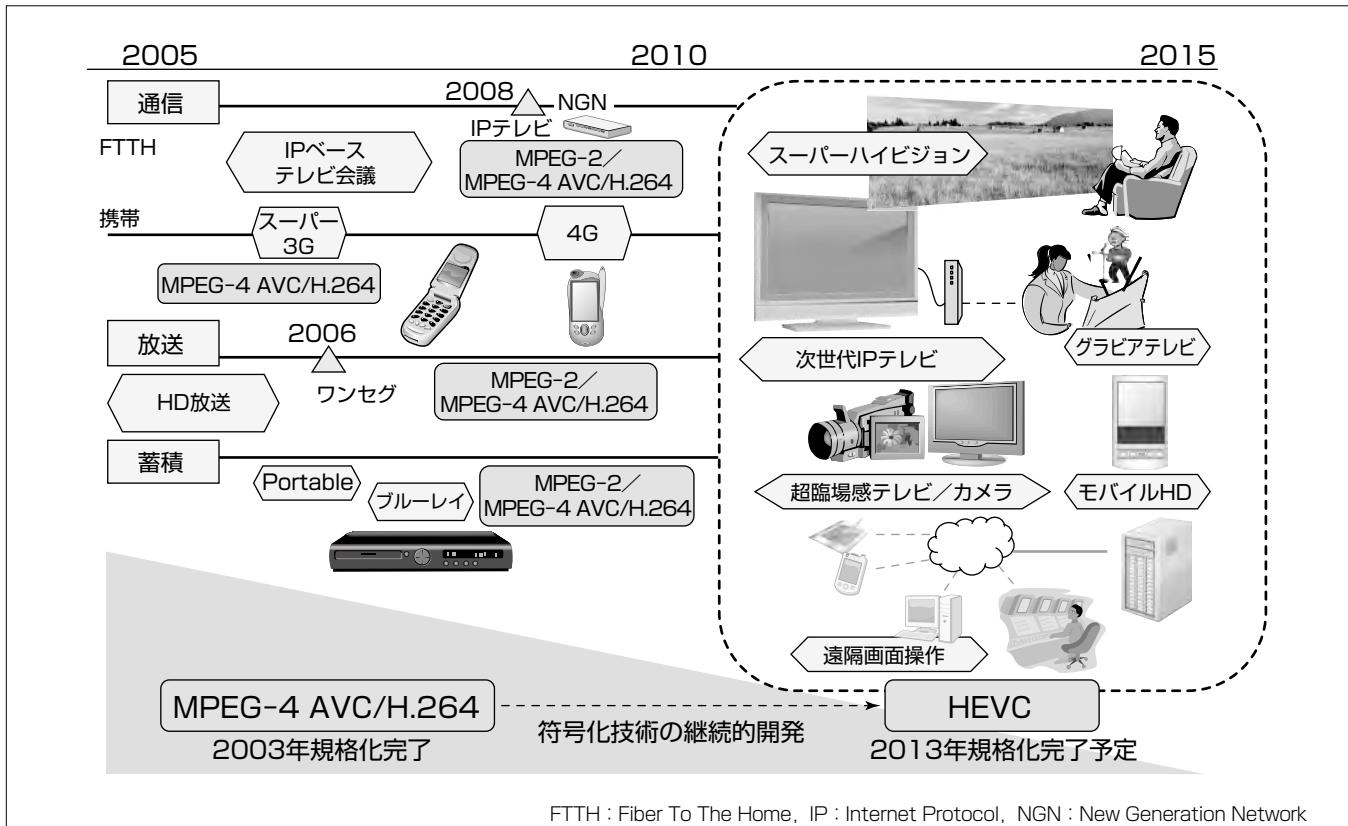
## 要 旨

デジタル放送やパーソナルビデオカメラなどの民生AV(Audio Visual)機器ではHD(High Definition)映像を扱うことが一般的となり、スマートフォンの普及に伴って、モバイルの領域にもHD映像コンテンツが広がりつつある。今後の映像サービス・アプリケーションではスーパー・ハイ・ビジョンや裸眼3D・自由視点テレビ等によるさらなる高臨場感の追求が進むと考えられる。これによって、放送、通信、パッケージ等のメディアを介して流通する映像データ量が大幅に増大するため、映像コンテンツを円滑に流通させるためには、優れた圧縮性能を持つ映像符号化方式が不可欠となる。

このような背景の下、ISO/IEC JCT1/SC29/WG11(通称MPEG: Moving Picture Experts Group)ならびにITU-T/SG16 Q.6(通称VCEG: Video Coding Experts Group)

は、2013年初頭の規格化完了目標に、次世代映像符号化方式HEVC(High Efficiency Video Coding)の標準化を進めている。HEVCでは、現行標準方式としては最高性能を持つAVC(Advanced Video Coding)/H.264に比べて2倍の圧縮効率の実現を目指しており、ワンセグなどで用いる低解像度の映像からスーパー・ハイ・ビジョンを含む超高精細映像までの幅広い範囲の映像信号をサポートする。

三菱電機は、将来の新しい高臨場映像サービス・アプリケーションへの対応、社会インフラにおける映像情報の利活用促進に向け、長年にわたる映像符号化技術開発の蓄積を基盤としてHEVC標準化への技術貢献を積極的に進めている。本稿では、HEVC標準化の最新動向と、この標準化活動に向けた当社の技術開発状況について述べる。また、HEVC標準化の今後の展望についても述べる。



## 次世代映像符号化技術

HEVCは従来のAVC/H.264に比べて2倍の圧縮性能を目標として2013年規格化完了を目指して作業が進められている。符号化性能に優れた次世代映像符号化方式であるHEVCの普及によって、モバイルから大画面に至るあらゆるシーンでの高臨場感映像サービスを享受することができる。

## 1. まえがき

デジタル放送やパーソナルビデオカメラなどの民生AV機器ではHD映像を扱うことが一般的となり、モバイルの領域にもHD映像コンテンツが広がりつつある。今後の映像サービス・アプリケーションではスーパー・ハイ・ビジョンや裸眼3D・自由視点テレビ等によるさらなる高臨場感の追求が進むと考えられる<sup>(1)</sup>。これらによって、流通する映像データ量が大幅に増大するため、映像コンテンツを円滑に流通させるためには、優れた圧縮性能を持つ映像符号化方式が不可欠となる。

このような背景の下、ISO/IEC JCT1/SC29/WG11とITU-T/SG16 Q.6は、2010年1月に共同作業部会JCT-VC (Joint Collaborative Team on Video Coding)を立ち上げ、次世代映像符号化方式の標準化に着手した。これにはHEVCというプロジェクト名がつけられ、2013年初頭の規格化完了を目標に作業が進められている。

本稿では、HEVC標準化の最新動向と、この標準化活動に向けた当社の技術開発状況について述べる。また、HEVC標準化の今後の展望についても述べる。

## 2. HEVC標準化の最新動向

### 2.1 HEVCの技術要件

HEVC標準の目標は、既存国際標準方式として最高の圧縮性能を実現するAVC/H.264の圧縮効率を十分に上回ることであり<sup>(3)</sup>、許容する演算量に応じて目標とするレベルが2つの方向に分かれている。一つは、圧縮性能を追求すること(AVC/H.264の2倍の圧縮効率)で、この場合の許容演算量は、対応製品が市場に出回り始めるころのハードウェア化技術のトレンドが許容するレベルとしている。もう一つは、AVC/H.264に対して有意に性能を改善しつつも大幅な演算量削減(AVC/H.264比50%の演算量)を図ること、が挙げられている。

HEVC標準でサポート対象とする映像信号は、空間解像度としてはワンセグサービスで使われている低解像度の信号からスーパー・ハイ・ビジョンで使われる超高精細の信号まで広い範囲にわたる。画像フォーマットとしてはプログレッシブ信号を主対象として検討が進められているが、60fps(frames per second)を超える高フレームレート、色密度拡張フォーマット、高階調映像等の高品位映像信号もサポートする予定である。

### 2.2 HEVCテストモデルを構成する主要技術

HEVCテストモデルはHEVC規格の作業ドラフト(Working Draft: WD)<sup>(4)</sup>を実装する参照ソフトウェアモデルであり、HM(HEVC test Model)と呼ばれる。標準化に提案される技術のうち性能・演算量の両側面から検証し有効であると認められたものがテストモデルに実装される。現状、HM

はAVC/H.264同様、ブロック単位に予測・直交変換を適用する符号化モデルとなっているが、圧縮効率改善のために種々の新しい改善技術が採用されている。次に、2011年7月に作成された第4版となるHM-4の構成概要を述べる<sup>(5)</sup>。

#### 2.2.1 符号化ブロックの拡張と階層化

HM-4では、画面をLargest Coding Unit (LCU)と呼ぶ正方形ブロックに分割し、LCUごとに符号化処理が行われる。LCUは絵柄や動きに合わせて四分木形式で階層的に符号化処理の単位となるCoding Unit (CU)と呼ぶブロックに分割される。それ以上細かい分割が行われない最小のCUに対してイントラ予測(フレーム内予測)とインター予測(フレーム間動き補償予測)が行われる。これら予測処理単位はCUをさらに複数形状に分割するPrediction Unit (PU)と呼ぶ単位で行われる。予測誤差信号には直交変換が適用されるが、その処理単位をTransform Unit (TU)と呼び、CUを起点として四分木階層分割が可能であり、予測誤差電力の分布に応じて変換処理のブロックサイズを可変にことができる。図1にCU、PU、TUの関係の例を示す。この技術によって、局所的に特性が変動する映像信号に追従した効率のよい符号配分が可能となり、高精細映像信号に対する圧縮性能改善に大きく寄与する事が確認されている<sup>(6)(7)</sup>。

#### 2.2.2 フレーム内符号化

フレーム内(イントラ)符号化には、空間的に隣接する画素値を予測参照値とし、複数の方向性を持つ空間予測モードを切換えて予測画像を生成するイントラ方向性予測が採用されている。コンセプトとしてはAVC/H.264のイントラ予測と同様の技術であるが、PUのサイズ(4×4~64×64)ごとに最大33種類の方向性予測モードと、予測に用いる参照画素の平均値を予測画像とする平均値予測モード、平坦なグラデーション領域の予測に有効なPlanar予測モードを備え、AVC/H.264に比べ画像信号の局所的な変化に対する予測性能が向上している。また、参照画素に事前に適応平滑化フィルタを適用してノイズ除去を行う技術や、色差信号の予測値を輝度成分復号画素から線形変換して生成する技術などが採用されている。予測誤差信号は、イントラ予測モードの方向に応じて離散コサイン変換(DCT)と離散サ

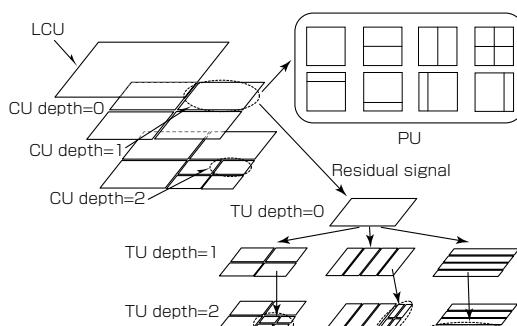


図1. HMにおける階層ブロック構造

イン変換(DST)の組合せを信号特性に応じて切り替えて変換・量子化が行われることによって圧縮性能が向上している。

### 2.2.3 動き補償予測

動き補償予測は、符号化ブロックの木構造化による予測ブロックサイズの拡張・適応化に加えて、動きパラメータの情報を効率的に符号化する技術が採用されている。映像中で動きパラメータを精密に記述すべき箇所と動き記述を省ける箇所の配分自由度が従来の映像符号化技術に比べて大幅に高められている。動き補償予測で選択可能な動き予測モードを図2に示す。CU内を均等のサイズのPUに矩形(くけい)分割してそれぞれに動き予測を行うモードのほか、水平または垂直に1対3の割合で非対称に分割するモードも利用可能である。なお、CUを水平または垂直にPU分割する際、予測誤差信号の直交変換には非正方形状の変換基底を用いる。動きベクトルの表現精度は最高で1/4画素精度であり、仮想画素を生成するための内挿フィルタはDCTの基底を利用して設計された8タップ線形フィルタが採用されている。

### 2.2.4 ループフィルタ

AVC/H.264にはDCTに特有のブロックノイズを低減するフィルタ(ループフィルタ)が必須要素として採用されているが、HM-4でも、ループフィルタとして3種のフィルタ①ブロックノイズ低減フィルタ、②画素適応オフセット、③適応Wienerフィルタがカスケード接続される構成を採用している。ブロックノイズ低減フィルタはAVC/H.264と同様、直交変換ブロックの境界に発生するブロックノイズを低減する。画素適応オフセットは、エンコード時に参照可能な原信号と、符号化歪(ひずみ)の重畠された(局所)復号画像との間の差異を、画素レベルで局所的な信号特性に応じて適応的にオフセットを付与することで補償する技術である。また、適応Wienerフィルタは、図3に示すとおり、原信号と画素適応オフセットの出力との間の平均二乗誤差

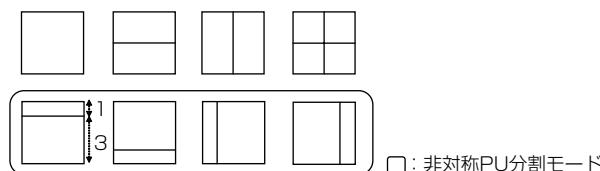


図2. 動き補償予測におけるPU分割モード

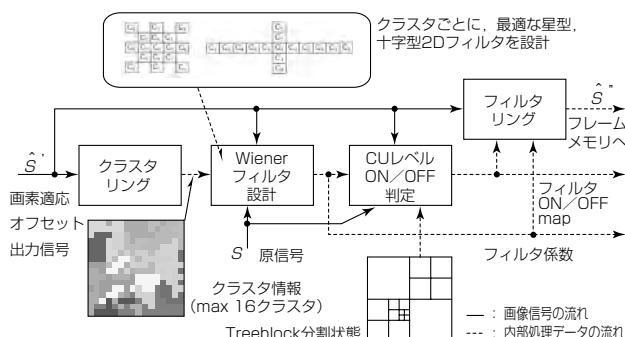


図3. 適応Wienerフィルタ

を最小化するWienerフィルタを逐次設計し、フィルタ係数を直接符号化・伝送する機構をループフィルタとして取り込むことによって、レート歪み性能を改善する。

### 3. HEVC標準化に向けた当社開発技術

当社では、映像高能率符号化技術とその商用化開発の長年にわたる蓄積を活かし、2003年のAVC/H.264規格化完了後も継続して高能率符号化アルゴリズムの開発を進めてきた。以下、HEVC標準化への主な提案技術について述べる。

#### 3.1 イントラ予測画像平滑化技術

イントラ予測では、予測対象ブロックに隣接する画素やこの隣接画素から生成した補間画素の輝度値を予測値として予測方向に沿って繰り返すことで予測画像を生成する。したがって、予測方向が予測対象ブロック内のエッジの方向と一致していても、予測方向に輝度値の変化がある場合には精度よく予測することができない。そこで当社は、DC予測モードに対しては、予測画像と参照画素の境界に垂直方向の適応平滑化フィルタを施すことによって予測効率を改善する手法を開発した。また、方向性予測の一部である垂直方向予測及び水平方向予測に対しても、予測画像に対して参照画素の予測方向への輝度変化量に比例した値を加えることで、参照画素と同様の輝度変化を予測値に与えることによって予測画像と参照画素が隣接するブロックを平滑化し、予測効率を改善する(図4)<sup>(8)</sup>。これらは合わせて1%程度の符号化効率改善効果があり、DC予測モードの平滑化手法はHM-4に既に採用されており、水平方向及び垂直方向予測の平滑化手法についてもHMへの採否を判定する公式実験項目として、性能検証が行われている状況である。

#### 3.2 復号器連携型動き予測技術

フレーム間の動きを表現する動きベクトルを直接符号化する代わりに、復号器側で保持しておいた動きベクトル情報で代用するダイレクトモードがある。AVC/H.264では隣接ブロックの動きベクトルの平均値を常にダイレクト動きベクトルとして用いる。これに対し当社は、予測対象ブロックの近傍にある複数のブロックの動きベクトルを候補とし、符号化器と復号器が連動して最も信頼できる候補を適応的にダイレクト動きベクトルとして選択する手法を開発した。この技術によって、動きベクトル自体のみならず選択候補の中から選ばれた動きベクトルを識別する情報の符号化も不要となり、1~2%の符号量削減が確認されている<sup>(9)</sup>。

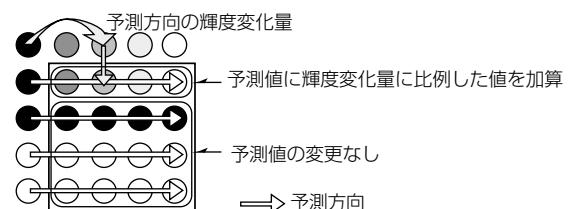


図4. 水平予測におけるイントラ予測画像平滑化

### 3.3 高能率固定長符号化技術

当社は固定長符号でありながら高いロスレス圧縮性能を実現するエントロピー符号化手法としてPIPE/V2F(Probability Interval Partitioning Entropy Codes／Variable length to Fixed length)を開発した<sup>(10)</sup>。符号化の対象となるシンボルの生起確率が既知である場合、所定の確率区間で複数のシンボルをまとめて符号化することによってエントロピー限界に近い固定長符号化器を設計することができる。

この手法では、図5に示すように確率区間を複数に分割し、それぞれの確率区間に對して最適となる固定長符号化器を設計し、入力されるシンボルの生起確率に基づいて固定長符号化器を適応的に切り換えるとともに、シンボルの生起確率を発生シンボルに応じて学習させ更新していくことによって、高い符号化効率を実現した。ビットストリームを8ビットの固定長符号のみで構成することによって、ビット単位の符号同定処理が不要となりビットストリームへのアクセスがバイト単位のみで実現できるため、復号処理を少ない演算量で行うことができる。さらにそれぞれの固定長符号化器、固定長復号器は並列動作させることができるために、符号化・復号処理をさらに高速化することができる。HM-4に採用されている学習型適応ハフマン符号化(Context Adaptive Variable Length Coding:CAVLC)に比べて今回の手法では3~4%の符号化効率改善が確認されており、HM-5での採用に向けて公式実験での性能検証が進められている。

### 4. 今後の展望

HM-4はAVC/H.264までの従来の符号化アーキテクチャを踏襲しながらも、レート歪み性能で40%を超える圧縮効率改善が得られることが本稿執筆時点では確認されている。今後も公式実験に基づく技術評価によって、HM仕様を更新しながら性能・演算量バランスの改善が続けられ、2012年初頭の委員会原案(Committee Draft:CD)による基本仕様凍結、2013年初頭の規格化完了といったマイルストーンに向けて標準化作業が進められる。

また、パソコンのデスクトップ画面など、カメラで撮影された自然動画とは性質の異なるスクリーンコンテンツ映像に特化した符号化ツールや、多様な解像度の映像を单一ビットストリーム表現するためのスケーラブル符号化、3D・自由視点映像等に向けた多視点符号化への対応の議論も始まっている。これらの拡張方式についても今後規格化に向けた議論が活発化するものと考えられる。

### 5. む す び

将来の映像アプリケーションに対する高圧縮技術として期待される次世代映像符号化方式HEVCの標準化最新動向を述べるとともに、同標準化活動に向けた当社の技術開発

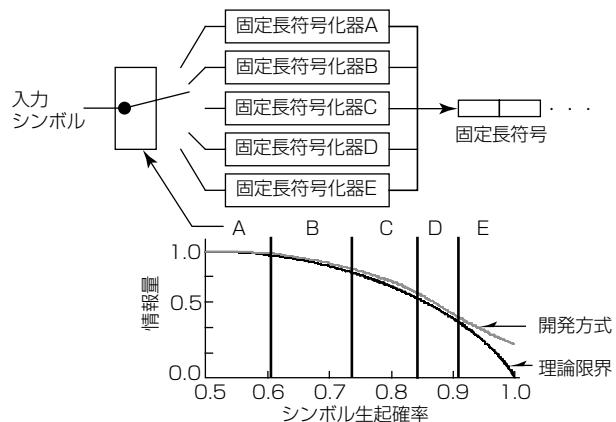


図5. PIPE/V2F符号化の概念図

の取り込みについて述べた。HEVCは次世代の高品位映像コンテンツの流通のカギとなる技術であり、2013年の規格化完了に向けて技術要件に掲げた項目を満たすために今後も技術貢献をしていく。

### 参考文献

- (1) Murakami, T.: The Development and Standardization of Ultra High Definition Video Technology, High-Quality Visual Experience, Signals and Communication Technology, Springer, Chapter 4, 81~135 (2010)
- (2) ISO/IEC 14496-10 : Information technology – Coding of audio-visual objects – Part 10 : Advanced Video Coding (2003)
- (3) Vision, Applications and Requirements for High Efficiency Video Coding(HEVC), ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N12036 (2011)
- (4) McCann, K., et al.: HM4 : HEVC Test Model 4 Encoder Description, JCTVC-F802 (2011)
- (5) Bross, B., et al.: WD4 : Working Draft 4 of High Efficiency Video Coding, JCTVC-F803 (2011)
- (6) Sekiguchi, S., et al.: A novel video coding scheme for Super Hi-Vision, Proc, PCS2010, 03-4, 322~325 (2010)
- (7) Asai, K., et al.: New Video Coding Scheme optimized for High Resolution Video Sources, IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, 5, No.7, 1290~1297 (2011)
- (8) 峯澤 彰, ほか:予測方向への輝度変化を考慮したインストラ垂直・水平方向予測, FIT2011, I-059 (2011)
- (9) 伊谷裕介, ほか:復号器における動きベクトル推定を用いた適応ダイレクト予測手法, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J94-D, No.12, 1946~1948 (2011)
- (10) Sugimoto, K., et al.: A novel high efficiency fixed length coding for video compression based on symbol probability estimation, VCIP2011, 1~4 (2011)