

早稲田大学大学院理工学研究科

博士論文概要

論文題目

テレビにおける動きベクトル検出と
動き補正内挿技術の応用に関する研究

申請者

野尻 裕司

Yuji NOJIRI

本論文は、テレビ画像の動きベクトル検出技術と動き補正内挿技術の応用に関する研究について報告する。第一は HDTV 方式変換装置への応用である。第二は立体映像に関する研究への応用である。前者は隣接する 2 つのフィールド画像間の各画素の対応、すなわち動きベクトルを求め、それに応じて隣接フィールド間の任意の位置のフィールド画像を内挿することにより、動画像の動きの劣化のないフィールド周波数の変換を実現するものである。後者は 2 眼式立体画像である立体ハイビジョン画像の左右の画像間の各画素の対応、すなわち視差を求め、最終的には視差を制御しながら任意の視点位置の画像を内挿することを目的とするが、本論文では、視差量の測定方法の提案および測定した視差量と立体画像の見やすさ/見づらさとの関係に関する研究結果について報告する。

1. 動き補正方式を用いた HDTV 方式変換装置

HDTV 方式変換装置は 1125 方式の HDTV と 1250 方式の HDTV 間の両方向の変換をリアルタイムで行うことができ、その特徴は動き補正技術の導入である。このためには、フィールド間の動きベクトル検出と動き補正方式の内挿フィルタの構成方法が最も重要である。また、テレビではどのような画像でもリアルタイムで変換できる必要があり、実際に方式変換装置を実現するためには、どのような画像の変換においても大きな破綻をできる限り少なくすることが重要である。このような点を考慮して、HDTV 方式変換装置を研究開発した。開発した動き補正方式を用いた HDTV 方式変換装置の主な特徴について以下に示す。

- (1) 動きベクトル検出：隣接 2 フィールド間での初期偏位ベクトルを用いた反復勾配法を使用。検出ブロックサイズ 8 画素×8 ライン。動きベクトルの検出範囲は水平+63 画素 ~ -64 画素/フィールド、垂直+15 ライン ~ -15 ライン/フィールド。動きベクトルの検出精度は水平 1/4 画素、垂直 1/4TV 本。反復回数 2 回。特徴は、動きベクトル検出誤りによる変換劣化を目立ちにくくするため、反復過程での検出ベクトルの評価、シーンチェンジ検出による制御、オーバーフロー処理、勾配法演算時のディザ信号の加算など。
- (2) 検出ベクトルの割付：検出ベクトルを候補にして内挿フィールド上の 4 画素×2 ラインの小ブロック毎にブロックマッチング法により割付。
- (3) 内挿方法：画像内の動領域と静止領域に分けて内挿。動領域は、割り付けられたベクトルに応じて、隣接フィールド上で対応画素を空間内挿したのち、両画素を時間方向に直線内挿。隣接フィールド上の空間内挿は水平方向には隣接 2 画素間の直線内挿、垂直方向には 8 ラインを使用した帯域 1125/4c/ph の低域フィルタによる内挿。静止領域の内挿はフレーム間離れた隣接同一フィールド（第一フィールド同士または第二フィールド同士）間の直線内挿。動領域検出信号により上記 2 つの画像を切り

替え。特徴は動領域検出に動きベクトル割付時の dfd(displaced field difference)を導入、動領域の内挿フィルタの時間方向の帯域制限が不十分なため、垂直解像度を半分にし、解像度感を確保するため静止領域の解像度を確保。

以上のような HDTV 方式変換装置を開発し、1992 年 11 月 25 日に世界で初めて 1250 方式の HDTV 番組を 1125 方式の HDTV に変換してハイビジョンで放送、その後ウィンブルドンテニストーナメントやオリンピックなどの国際間の HDTV 共同制作で使用した。現在のテレビ方式変換装置は IC 技術の進歩で非常に小型化されたが、変換アルゴリズムは基本的に HDTV 方式変換装置の技術を使用しており、変換画質も同程度である。

2. 方式変換画質に対する客観評価の検討

動き補正方式を用いた方式変換装置による変換画質は、主として、動きベクトル検出性能と動き補正内挿フィルタの性能による。後者はフィルタ特性を計算により把握することができるが、前者は絵柄に起因するため客観的に評価することが難しい。そこで、前者による画質劣化を大きく動画像の解像度劣化と孤立点的に発生する劣化の 2 つに分けた。解像度劣化は動きベクトルの検出精度が不十分なために主として大面積で発生する劣化で、ボケやモーションジャダーとなる。孤立点的な劣化は、画素毎や小ブロック毎に誤った動きベクトルのために別の画像に置き換えられてしまうような劣化であり、面積的には小さいが、変換劣化として目立つ場合が多く、動き補正方式による方式変換における特徴的な劣化である。このような劣化を客観的に評価するために、入力画像を 2 回方式変換し、元の画像と同じ時空間位置の画像を作成し、入力画像と 2 回変換画像をフーリエ変換して周波数領域で比較する評価量を導入した。いくつかの一般画像を用いて提案評価量について検討した結果、方式変換画像の孤立点的な劣化を相対的に客観評価できる可能性があることがわかった。これにより、多くの一般番組を用いて方式変換装置における検出ブロックサイズなどの各種パラメータを最適化できると考えられる。

3. 立体映像の視差量測定と立体映像研究への応用

2 眼式の立体ハイビジョン映像は臨場感や迫力がある一方で、目が疲れる、見づらい、立体感が不自然であるといった問題が指摘されている。立体感の不自然さは主に実際の撮像空間の奥行き距離と立体映像として再現されたときの奥行き距離の間の歪である。視覚疲労や見づらい原因としては過度の両眼視差による眼の輻輳と調節の不一致や左右映像の融合のしづらさがある。これらは 2 眼立体映像の本質であり、左右映像による視差の大きさとの関係を把握する必要がある。そこで本論文では立体映像の左右映像の水平方向のずれ量（以下視差量という）を

測定する方法を提案する。さらに立体映像の画面内の視差量の分布と見やすさ/見づらさの関係について検討した。

3.1 視差量の測定

位相相関法を用いた視差量の測定方法を提案する。立体ハイビジョン番組の視差の大きさを調べた結果、最大で 150 画素程度であったため、位相相関法の計算ブロックサイズを 512 画素 × 512 ラインとした。ブロックサイズがかなり大きいので画面内のなるべく多くの被写体の視差量を測定するために、各ブロックをかなりオーバーラップして設定し、また各ブロック内で 3 つの視差量を検出するようにして、画面内で最大 108 個の代表的な被写体の視差量を測定できるようにした。しかし、位相相関法では以下のような課題がある。

ブロック内の映像が目立ったテクスチャーをほとんど持たない場合や、視差量が連続的に変化しているような場合には、対応する位相相関平面がノイズ状となり、顕著なピークが現れず検出誤りが発生しやすい。

2 眼立体映像では、左右映像の対応が取れない領域が被写体周辺で必ず発生し、これが位相相関平面上では、被写体に対応したピークの周りのノイズとなるため、これによる検出誤りも発生しやすい。

については位相相関平面の最大ピーク値をもとに、については位相相関平面の最小ピーク値をもとに、新たな閾値処理を導入することで検出誤りを軽減することができた。本手法を用いれば長時間の立体番組について視差量の変化を把握することも可能である。

3.2 立体ハイビジョンの視差分布と見やすさ/見づらさの関係

48 種類の立体ハイビジョン静止画像を用いて見やすさ、臨場感についての主観評価実験を実施した。また同時に、提案した視差量測定方法を用いて評価画像の視差分布を測定した。両者を検討した結果、“見やすさとの相関が一番高い視差分布の統計量は「視差分布の範囲」である。また見やすいと評価された画像の視差分布の範囲は約 0.3D (ディオプター) である。”ということがわかった。

4. まとめ

HDTV 方式変換装置に関しては装置開発が主であった。HDTV の高画質を保ちながら動画像の変換画質を改善するため動き補正技術を導入したが、実際にオリンピックなどの中継現場で使用するために、どのような画像の変換に対しても大きな破綻をきたさないということが重要であった。本 HDTV 方式変換装置の開発により、世界で初めて HDTV 間の番組交換を実現できた。現在でも HDTV 方式変換技術をベースにした方式変換装置を用いて、さまざまな映像を高画質なハイビジョンで見ることができる。また、立体映像の視差量測定については、今後さまざまな視聴環境や立体表示装置に応じて、誰でも疲労が少なく見やすい立体映像を楽しむことができるような立体システムを構築していくための基礎技術となるものである。

研究業績

| 種類別 | 題名 | 発表・発刊掲載誌名 | 発表・発刊年月 | 発表者 |
|------|--|--|--------------|---|
| 1.論文 | | | | |
| (1) | 位相相関法を用いた立体ハイビジョン映像の視差量測定と見やすさについて | 映情学誌, Vol.57, No.9, pp1125-1134 | 2003年 9月 | 野尻裕司 山之上裕一 花里敦夫 他 |
| (2) | Reduction of Motion Judder on Video Images Converted from Film | SMPTE Journal, Vol.106, No.8, pp535-540 | 1997年 8月 | H.Sonehara Y.Nojiri K.Iguchi 他 |
| (3) | 動き補正形方式変換画像の変換劣化に対する客観評価量の検討 | テレビ誌, Vol.50, No.8, pp1080-1090 | 1996年 8月 | 野尻裕司 |
| (4) | HDTV 方式変換装置 | テレビ誌, Vol.48, No.1, pp84-94 | 1994年 1月 | 野尻裕司 平林洋志 他 |
| 2.総説 | | | | |
| (1) | テレビにおける方式変換 | テレビ誌, Vol.48, No.11, pp1348-1442 | 1994年 11月 | 野尻裕司 |
| 3.講演 | | | | |
| (1) | Visual comfort/discomfort and visual fatigue caused by stereoscopic HDTV viewing | Proc. SPIE, Vol.5291-33, San Jose, CA, USA | 2004年 1月 | Y.Nojiri H.Yamanoue 他 |
| (2) | Measurement of parallax distribution and its application to the analysis of visual comfort for stereoscopic HDTV | Proc. SPIE, Vol.5006, pp195-205, Santa Clara, CA, USA | 2003年 1月 | Y.Nojiri H.Yamanoue A.Hanazato F.Okano |
| (3) | Parallax Distribution and Visual Comfort on stereoscopic HDTV | IBC, Proc. 2002 IBC, pp373-380, Amsterdam | 2002年 9月 | Y.Nojiri H.Yamanoue S.Yano 他 |
| (4) | 立体ハイビジョン画像の「見易さ」と視差分布 | 信学技報, HIP2002-19, 大阪 | 2002年 7月 | 山之上裕一 野尻裕司 他 |

| | | | | |
|-------------|--|--|----------------|--|
| (5) | 位相相関法を用いた立体ハイビジョンの視差量測定 | 信学技報, HIP2002-19, 大阪 | 2002 年 7 月 | 野尻裕司 山之上裕一他 |
| (6) | Improvement of Motion Judder on Converted Images by Telecine at the TV Station | 138 th SMPTE TECHNICAL CONFERENCE | 1996 年 10 月 | 曾根原源 野尻裕司 井口和久 他 |
| (7) | F/V 変換手法の提案 (方式変換装置の F/V 変換への応用) | テレビ大会映像メディア部門冬季大会 | 1995 年 11 月 | 野尻裕司 |
| (8) | 動き補正型方式変換画像の評価技術の検討 | 電子情報通信学会技術報告, IE95-59 | 1995 年 9 月 | 野尻裕司 |
| (9) | 方式変換画像の検討 | '95 年テレビジョン学会年次大会 | 1995 年 7 月 | 野尻裕司 |
| (10) | MOTION VECTOR DETECTION FOR HDTV STANDARDS CONVERTER | 135 th SMPTE TECHNICAL CONFERENCE, Los Angeles | 1993 年 11 月 | Y.Nojiri H.Sonehara H.Hirabayashi and F.Okano |
| (11) | MOTION COMPENSATED STANDARDS CONVERTER FOR HDTV | Proc. International Workshop on HDTV '93, Ottawa, Canada | 1993 年 10 月 | Y. Nojiri H.Sonehara H.Hirabayashi F.Okano |
| (12) | ハイビジョン方式変換における動きベクトル検出と割り付けの検討 | '93 年テレビジョン学会年次大会 | 1993 年 7 月 | 曾根原源 野尻裕司 他 |
| (13) | ハイビジョン方式変換 (ハイビジョン方式変換装置の開発) | '93 年テレビジョン学会年次大会 | 1993 年 7 月 | 野尻裕司 他 |
| 5.その他 | | | | |
| (1) (論文) | ピクチャー別レートひずみ特性に基づいた符号量配分手法の検討 | 信学論誌 D- , Vol. J82-D- , No8, pp1239-1251 | 1999 年 8 月 | 水野修 鹿喰善明 野尻裕司 他 |
| (2) (論文) | Motion Estimation Method Using the Spatio-temporal Characteristics of Moving Objects | SMPTE Journal, Vol.107, No.6, pp340-347 | 1998 年 6 月 | H.Sonehara Y.Nojiri K.Iguchi 他 |
| (3) (論文) | HDTV Laser-Beam Recording on 35mm Color Film and Its Application to Electro-Cinematography | SMPTE Journal, Vol.93, No. 7, pp642-651 | 1984 年 7 月 | Y.Sugiura Y.Nojiri K.Okada |

| | | | | |
|---------------|----------------------------------|---|--------------|--------------------------|
| (4) (講演) | 横浜放送ライブラリーシステムの構築 | 映情学技報, Vol.25, No.25, pp53-58, VIS2001-54 | 2001年 3月 | 野尻裕司 山岸哲夫 小泉裕一 他 |
| (5) (講演) | 横浜放送ライブラリーにおける番組検索についての調査結果 | 映像情報メディア学会年次大会 | 2001年 8月 | 野尻裕司 山岸哲夫 他 |
| (6) (講演) | 動きベクトルを用いたシーンチェンジ検出 | 映像情報メディア学会年次大会 | 1997年 7月 | 曾根原源 野尻裕司 他 |
| (7) (講演) | テレビジョンにおける走査線内挿フィルタの検討 | 電子情報通信学会総合大会 | 1997年 3月 | 曾根原源 野尻裕司 他 |
| (8) (講演) | 方式変換におけるアンカバー処理の検討 | 信学技報, IE95-132, Vol.95, No.504 | 1996年 2月 | 井口和久 野尻裕司 曾根原源 |
| (9) (その他) | 映像信号の方式とその変換処理技術 - テレビジョン方式の変換技術 | デジタル放送の基礎技術入門 CQ 出版社 pp57-70 | 2002年 1月 | 野尻裕司 |
| (10) (その他) | 放送映像のアーカイブの試み | 映情学誌, Vol.55, No.1, pp9-13 | 2001年 1月 | 山岸哲夫 野尻裕司 |
| (11) (その他) | 動き補正方式を用いた HDTV 方式変換 | 月刊ディスプレイ 1997年4月号 pp58-66 | 1997年 4月 | 野尻裕司 |
| (12) (その他) | 方式変換装置を応用したテレシネ画像の画質改善 | NHK 技研だより, 1996.10 | 1996年 10月 | 野尻裕司 |
| (13) (その他) | HDTV Standards Converter | NHK Laboratories note, Serial No.427 | 1994年 8月 | Y.Nojiri H.Sonehara 他 |
| (14) (その他) | HDTV 方式変換装置 | NHK 技研 R&D, No26 | 1993年 9月 | 野尻裕司 曾根原源 他 |
| (15) (その他) | 動き検出と動き補正 | 放送技術 兼六出版, Vol44, No6, pp549-554 | 1991年 6月 | 野尻裕司 |
| 他 31 件 | | | | |

その他、発明考案 46 件（内論文に関係のあるもの 14 件、筆頭発明者のもの 15 件）