

立体画像の高圧縮符号化方式の検討

加藤誠二¹・小宮一三²・百瀬桂子²

¹ 大学院工学研究科電気工学専攻

² 電気電子工学科

Study on A High 3D-image Compression Coding Technology

Seiji KATO¹, Kazumi KOMIYA², Keiko MOMOSE²

¹ Graduate School of Electrical and Electronic Engineering

² Department of Electrical and Electronic Engineering

Abstract

3D-image technologies are expected to constitute key technologies for advanced multimedia applications. In this paper, three high compression coding schemes were proposed. They are based on the conventional video compression technologies such as inter-frame prediction, motion compensation and discrete cosine transform (DCT). They are focusing on (1) motion compensation for stereoscopic images, (2) block matching precision and (3) human factors of brightness detection for stereoscopic images. From computer simulation and image quality evaluation test, over 90% of compression efficiency and good image quality were confirmed.

Key Words: 3D-image, Compression, Stereoscopic, DCT

1. はじめに

現在、医療、放送、教育、娯楽などの分野において高臨場感の得られる立体画像技術が求められている。立体画像技術には、従来より種々の方式が提案されているが、現在では両眼視差方式による方式が一般的になっている。この方式によって立体像を得るためには、左右それぞれの眼に対する2枚の画像を必要とするため、情報量が膨大となり、伝送、蓄積の際の大きな問題となる。

本研究では、この問題を解決するため、両眼視差方式に対する高圧縮な符号化方式を実現することを目的とする。従来の研究動向を見ると左右の画像の相関を利用する方式や知覚特性から情報量を削減する方法が提案されているが、いずれも基礎研究の段階にある。

本報告では、立体画像の圧縮符号化の第一ステップとして動画像符号化で用いられているフレーム間相関の考え方を左右画像の空間的相関へ適用することを基本とし、さらに立体画像の性質と知覚特性を取り入れた方式を提案する。そしてシミュレーションにより本

提案方式の圧縮率と画品質の評価実験を行い、その可能性について検討する。

2. 動画像符号化方式の立体画像への適用

立体画像は、物体を異なる位置（水平方向に65mm程度）から撮像して得られる。従ってカメラを移動させて撮影した場合の動画像と同じものと考えられる。そこで動画像で用いられる圧縮方式の概念を用いることができる。動画像の圧縮方式の基本アルゴリズムとしては、H.261やMPEG1、MPEG2で用いられている動き補償予測と離散的コサイン変換DCT (Discrete Cosine Transform)を組み合わせた圧縮方式がある。これは、時間的に隣接するフレーム間のその差分を動きベクトルとして求め、それを補償した後の誤差にDCTを組み合わせて圧縮を行う方式である。

本検討では、MPEG1の符号化方式をベースとして考える。この処理の流れを以下に簡単に述べる。

・左右画像をDCTにより空間周波数領域に変換する。ここでDCTは8×8画素ブロック単位で行

う。

- ・このブロックを4つ集めたものをマクロブロックと呼び、このマクロブロック単位に動き補償予測を行う。動き補償予測は左画像のマクロブロックについて、右画像と最も似ている、つまり相関の高いマクロブロックを検索し、その2つのマクロブロックの位置関係を動きベクトルとして出力する。これをブロックマッチングと呼ぶ。
- ・この出力結果と右画像から左画像を予測し、この予測左画像と元の左画像との誤差を求める。この誤差画像を差分画像と呼ぶ。
- ・この差分画像に対し適当な量子化ステップで量子化を行う。この差分画像の高周波数成分を小さくすることで、同じ量子化ステップで圧縮率を高くすることができる。

次にこの考え方に対し立体画像特有の性質や立体知覚特性を加え、高圧縮化をはかった提案を以下に示す。

2. 1 MCDCT, S方式

通常2次元動画像の物体のフレーム間の移動量は微小であるのに対し、立体画像の場合は視差に対応し水平方向のみに大きくずれている。そこでMPEG方式の動き補償予測とDCTを組み合わせる方式を立体画像に適用するために、動き補償予測について次の2点の改良を行った。

- ・ブロックの移動量 4画素単位
- ・ブロックの検索範囲 水平方向 ± 6 画素

以後この方式をMCDCT, S (Motion Compensation DCT Stereoscopic Image) 方式と称する。

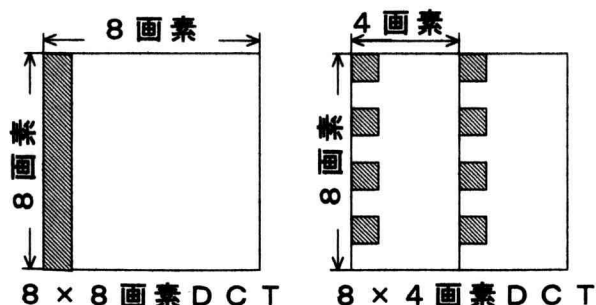


図1 相関法でのDCT

2. 2 相関方式

MCDCT, S法は両眼視差の水平方向のずれを考慮した方式であるが、立体画像内にはさまざまな視差が存在することからあまりマッチング精度が上がらない懸念がある。そこでDCTをおこなうブロックサイズを変えてよりマッチング精度を向上させることを考える。通常 8×8 画素ブロックでDCTを行うのに対し、図1に示すような 8×4 画素のブロックサイズでDCTを行う。図中の斜線部分はマッチングの際に使用する直流と交流成分である。この方式をより正確に左右画像の相関関係を利用するという点から以後この方式を相関方式と称する。この方式では 8×4 画素の2つのブロックでDCTをかけ、動き補償予測を行う。そして、両方式のうち、相関の高い方のマクロブロックと動きベクトルを選択する。これにより動き補償の精度が上がり、予測誤差つまり差分が小さくなるため、差分画像の周波数成分はより低周波数寄りとなり、高圧縮化が可能となると予想される。

2. 3 量子化方式

左右画像からなる立体画像の輝度は、仮にどちらかの画像の輝度が低い場合両者の輝度の平均値として知覚される。この性質を立体画像の圧縮に利用することを考える。平面画像での輝度の弁別閾（差が知覚される値）を $B + \Delta B$ とした時、図2に示すように、指標の左画像の右側の円の輝度を $B + \Delta B$ とする。この指標を見た時の右の円の輝度の知覚は左右画像の輝度の平均となるから、 $B + \Delta B / 2$ となる。左側の円の輝度の知覚は B であるから、左右の円の輝度の違いは $\Delta B / 2$ となり、2つの円の輝度はほぼ同一に見えることになる。したがって、立体画像でこのような指標を見た場合に、2つの輝度が異なって見えるようになる

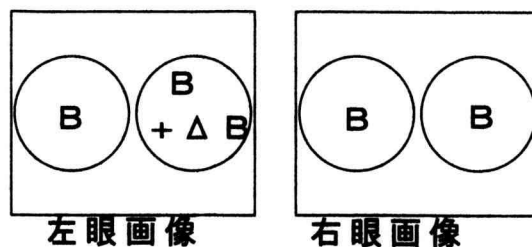


図2 両眼での明るさの弁別閾

のは、平面画像の弁別閾の2倍を越えた時である。すなわち立体画像では左右画像の一方の画像の階調数は半分であってもほとんど輝度低下が知覚されない。この性質を差分画像に用いる。差分画像を元の画像の輝度から、その輝度を表現するのに必要な階調数で表現するようにする。これは、立体画像の弁別閾で量子化を行うことで実現できる。以後この方式を量子化方式と称する。この方式は差分画像の輝度値を量子化することにより、周波数成分を低周波数寄りとすることができ、高圧縮化が期待できる。但し、復元される画像は、その輝度値の弁別閾以内の誤差を持つ。

3. シミュレーションと検討

3.1 シミュレーションシステム

検討に使用したシミュレーションシステムを図3に示す。2台のTVカメラにより撮影された左右画像は入力インターフェイスを経てワークステーションで符号化処理される。また、復号化された左右画像はモニター上に表示され、液晶シャッターメガネにより立体画像として観察評価される。シミュレーションでは撮像範囲を1～5mとした画像を7種類用いた。それぞれの画像サイズは640×480画素とし、輝度信号を符号化の対象とした。使用した画像の例を図4に示す。

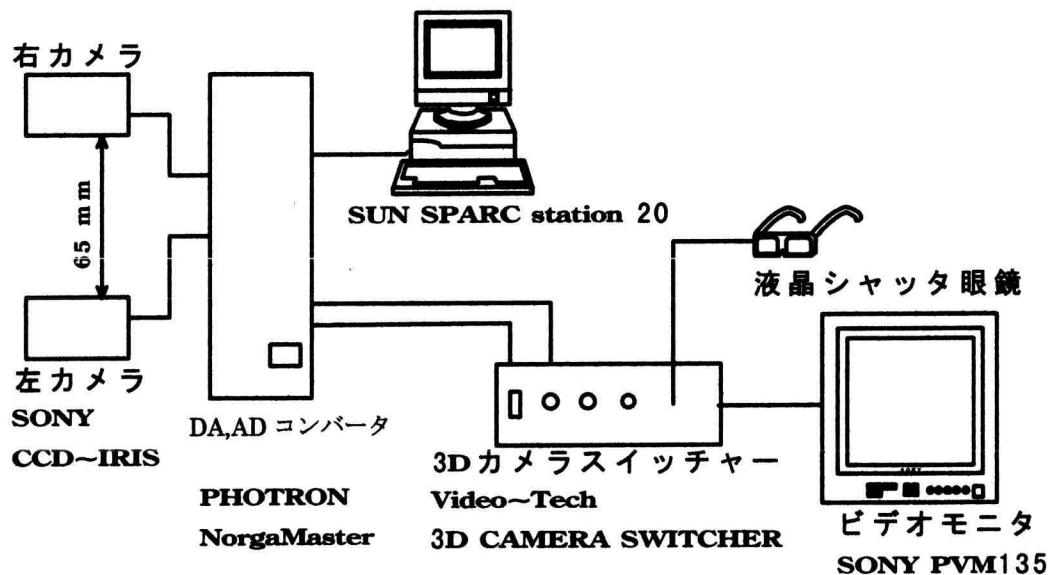


図3 シミュレーションシステム

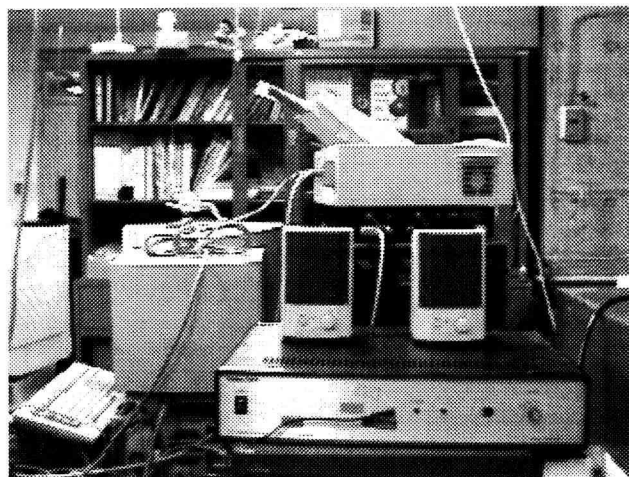


図4 シミュレーションに使用した画像

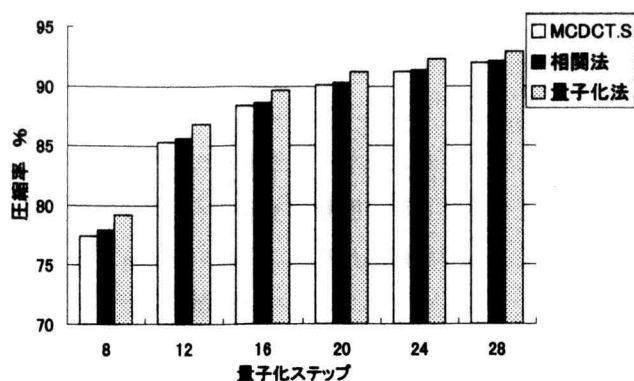


図5 各方式の圧縮率

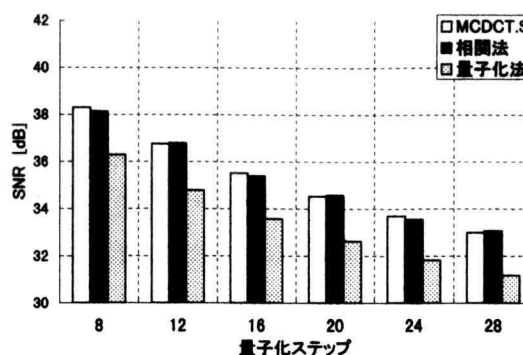


図6 各方式のSNR

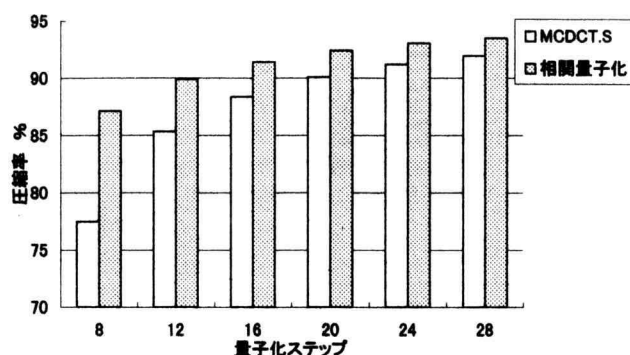


図7 相関量子化方式の圧縮率

表1 画質評価の結果

量子化 ステップ数	画像 a	画像 b	画像 c	画像 d	画像 e	画像 f	画像 g	画質評価
28	5	5	5	5	5	4	4	元画像と比べ 5：劣化が認められない 4：やや劣化が見られる 3：劣化が見られる 2：かなり劣化している 1：非常に劣化している
24	5	5	5	2	4	5	5	
20	4	4	5	3	3	3	4	
16	2	4	4	3	3	4	3	
12	3	3	4	3	2	3	4	
8	2	3	2	2	2	3	3	

3. 2 結果と考察

(a) 圧縮率

実験は画像品質を変化させた時の圧縮率を求めた。この場合品質は量子化ステップ数（8～28）で表すこととし、各方式の圧縮率を図5に示す。量子化ステップ数が増えれば圧縮率は向上しており、28ステップで90%以上となった。量子化ステップ数によらず、MCDCT.S方式、相関方式、量子化方式の順で圧縮

率があがっていた。また、図6に量子化ステップ毎の各方式のSNR（SN Ratio）を示す。量子化ステップ数が増えるとSNRは減少した。各量子化ステップにおいてMCDCT.S方式と相関方式は同じ程度のSNRが得られたが、量子化方式は約2dB下がった。これは、知覚特性を利用した情報削減の影響と思われる。なお、図中の圧縮率、SNRは7種類の画像の平均値を用いている。

（b）画品質評価

表1に元画像と復元画像に対する主観評価実験結果を示す。評価は「劣化が認められない」から「非常に劣化している」までの5段階である。表より量子化ステップが20以上であればほぼ満足できる結果であった。

（c）相関量子化方式の検討

（a）（b）の実験結果から相関方式と量子化方式を組み合わせるとさらに優れた圧縮率が得られると予想されるため、両者を組み合わせた方式（相関量子化方式と称する）の圧縮率を求めた。その結果を図7に示す。図中にはMCDCT、S方式をあわせて示すが、どの量子化ステップにおいても、相関量子化方式は圧縮率が優れることがわかった。

4. まとめ

立体画像の高圧縮符号化の第一段階として、従来2次元動画画像符号化で用いられている方法をベースとしたアルゴリズムを検討した。そして両眼視差立体画像を考慮し、水平方向にブロックマッチングの範囲を拡大する方法（MCDCT、S方式）、水平方向のマッチング精度を向上させる方法（相関方式）、および輝

度に対する知覚特性を利用する方法（量子化方式）を提案した。それらの方式についてコンピュータシミュレーションにより圧縮率を求めたところ、画像品質をどの程度規定するかによって違いがあるもののいずれも90%以上の圧縮率が得られた。また、相関方式、量子化方式の効果も確認した。

今後の課題として、本圧縮方式のカラー化への拡張、立体動画画像への適用、実際に通信回線を介しての伝送性能実験などがある。

5. 謝辞

本研究を進めるにあたり、立体画像の知覚実験に協力いただいた元小宮研究室卒業研究生岡田秀久君に感謝致します。

参考文献

- (1) 山口，立平他「2眼式立体画像の情報圧縮と奥行き形状の再現性」『電子情報通信学会誌』D-II，Vol.J73-D-II，No.3，PP.317-325（1990）。
- (2) 泉岡，渡辺，「視差補償予測を用いたステレオ動画画像の符号化」『電子情報通信学会技術研究報告』，IE89-1，PP.1-7（1989）。