

リアルタイム全周動画像中継システムの開発と JGN による中継実験

山本 強* 土居意弘*

西村浩二** 相原玲二**

*北海道大学大学院工学研究科

**広島大学情報メディア教育研究センター

060-82628 札幌市北区北 13 条西 8 丁目

739-8511 東広島市鏡山一丁目 4 番 2 号

Tel. 011-706-6529 Fax. 011-716-8427

Tel. 0824-24-6252 Fax. 0824-22-7043

Contact: yamamoto@eng.hokudai.ac.jp

要旨

JGN が提供する超高速ネットワーク環境は配信されるコンテンツの高品質化、大容量化だけでなく、これまで実現できなかった新しいサービスを可能にすることができる。本報告では新映像フォーマットとしてネットワーク上でリアルタイム中継可能な映像フォーマットを紹介する。従来から全周映像は特殊な光学系を用いて実現されていたが、収録系が大型になること、前処理が必要な場合が多いことなどから蓄積コンテンツを対象として開発されていた。本研究ではネットワーク上でのリアルタイム中継を目的として収録系からシステムを検討し、小型かつ実時間中継可能な方式が実現できたので報告する。

キーワード

パノラマ映像, テクスチャマッピング, 映像生中継, ギガビットネットワーク, モザイク合成

Development of Panoramic Movie System for Real-Time Network Transmission and Experimental Use over JGN

Tsuyoshi Yamamoto*, Munehiro Doi*,

Koji Nishimura, Reiji Aibara****

*Faculty of Engineering, Hokkaido Univ.

** Information Media Center, Hiroshima Univ.

N-13 W-8 Kita-ku

Kagamiyama 1-4-2, Higashihiroshima,

Sapporo 060-8628 Japan

Hiroshima, 739-8511 JAPAN

JGN provides broad bandwidth enough to deliver high quality and large volume of digital contents. The bandwidth also makes possible to develop new video presentation model. In this report, we introduce a new panorama video capturing and delivering system applicable to JGN. Most conventional panorama movie system use specially designed optical systems and the size of capturing module becomes large, so that their practical applications are limited to stored contents. We redesigned panoramic movie system to be applicable for real-time transmission from fields and we realized experimental system successfully.

Keywords:

Panoramic Movie, Texture Mapping, Live Video Transmission, Gigabit Network, Mosaic Synthesis

まえがき

超高速ネットワーク環境が実現されることにより、映像表現の高度化が期待されている。映像表現の高度化には HDTV のように映像品質の高度化を求めるものとステレオ映像や全周映像といった既存映像形式とはベクトルの異なる方向を求めるものがある。これまで映像表現の自由度は利用できる帯域によって限定されていたともいえるわけで、毎秒ギガビットを超える超高速ネットワークは新映像フォーマットを実験するプラットフォームとして最適であるといえる。

近年臨場感通信、仮想空間の構築、ロボットの遠隔操作あるいは防犯などの需要から、広い視野角を有した映像の収録・再生システムについての研究が盛んに行われている。IBR(Image based Rendering)の手法による視点自由度の高い画像表現技術[1]が実用化されたため、現在では静止画に関しては視点自由度が2のパノラマ画像から5のPlenoptic Functionまでがシステムとして提案されている。全周画像フォーマットで最も成功したのはQuickTime-VR[2]に代表されるモザイク合成全周画像方式であろう。この方式はある点から撮影された視軸方向の異なる画像を連結し、円筒座標や極座標系でシームレスな画像として表現し、再生時に切り出しと画像歪を補正するものである。

全周画像技術の自然な拡張として動画ベースのパノラマ映像方式の実現が望まれている。これまでもテーマパーク等では全周映像が使われているが、多くの場合は特殊光学系を用いて収録されたフィルム

映像として作成されたものである場合が普通であり、ネットワーク経由で高品質にリアルタイム伝送可能な全周映像システムはこれまでほとんど実現されていなかった。

本報告で我々は複数カメラにより記録された全周映像を実時間で伝送し、再生時に対話的に視野方向を選べる映像システムについて報告する。提案するシステムでは、各カメラ間で一部重複した画像を撮影し、このとき光学系で発生する幾何学的ゆがみおよび接合部における輝度・色相の不連続はテクスチャマッピングを用いて再生時にデジタル修正することで、違和感のない全周映像を実現する。伝送系に標準ビデオフォーマットを用いることで標準的なビデオ中継装置を用いてJGN上で実時間中継することが可能であることを示すことができた。

1. 複数カメラによるシームレス動画収録および再生のモデル

単一カメラによる全周動画収録は再生解像度が著しく低いいため、全周映像が目的とする臨場感が満身に得られるものにはならない。よりリアリティのある全周映像を実現するためには、ハイビジョンを上回る高解像度の画像記録方式が必要となる。自然な解として、ハイビジョンカメラと魚眼レンズ等の超広角光学系を用いる方式が考えられるが、単一光学系で180度以上のパノラマを収録することは事実上不可能である。現実解としては複数カメラの映像を記録座標系(極座標系)でモザイク合成し、高い空間解像度を実現する方法がある。

複数カメラを用いる方式は、6面体スクリーンを用いるCAVEでの全周映像記録再生方式として用いられている。これは、CAVEの壁面と同一方向の最大6台のカメラを用いて全周を撮影し、それをCAVEの壁面に再投影する極めて単純な仕組みである。光学系が精密に作られていれば座標空間での処理は不用であるものの、CAVEは再生環境が特殊であり、一般向けコンテンツの再生環境とは言いがたい。

複数カメラを用いて撮影された多数の画像をより広い画像空間でシームレスに接続し、等価的に超広角画像を合成する手法は一般にイメージモザイクと呼ばれ、パノラマ写真の合成に実用化されている。この方法は低解像度のカメラを用いても高品質の超広角画像が記録できる可能性がある。しかし、動画像に対するモザイク合成処理は莫大な計算量を必要とするため、実現が困難であった。

3.1 全周映像システム PanoVi

北海道大学では動画像で多眼モザイク合成を行う全周映像収録・再生システムPanoVi[4][5]を開発している。PanoViは超小型の広角ビデオカメラ(画角114°)を4台用いて全方向の動画像を収録し、再生側でモザイク合成を行いシームレスな全周映像を合成するシステムである。PanoViはモザイク合成を再生側で行うことによって収録システムが単純な構造で実現できるようになった。その結果屋外での収録や移動体での収録も可能になっている。また、中間映像フォーマット(伝送フォーマット)うえをNTSCやHDTVといった標準フォーマットに設定することができるため、既存の映像中継システムを用いて実時間中継できるようになっている。

図1にPanoViのシステム概念図を示す。

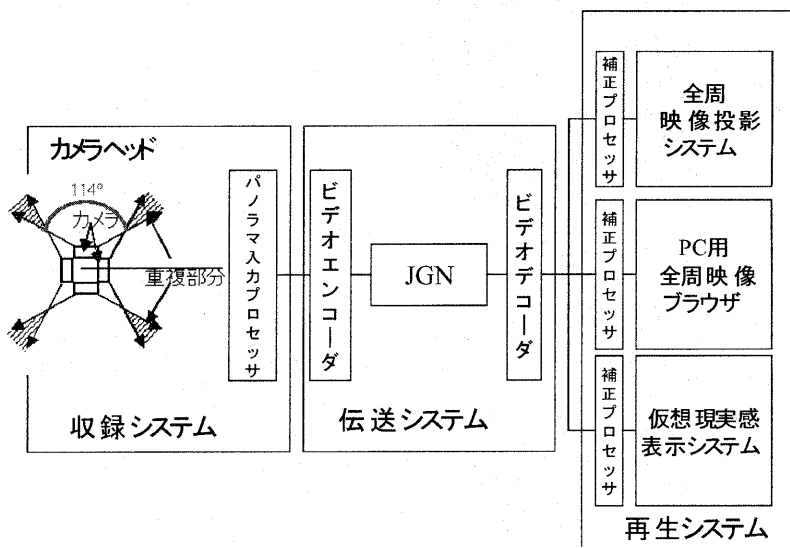


図1. シームレス全周動画像システム PanoVi

3.2. 3D グラフィクスアクセラレータによる再生時モザイク合成処理

全周動画像でのモザイク合成はレンズの光学歪の補正と接続部の位置あわせ処理の2段階で行われる。パノラマ動画像では毎秒30フレームで複数画像の幾何学変換と合成を行う必要がある、これまで汎用PCレベルの処理速度では実行困難であった。具体的な光学補正処理は図2に示すようにレンズによる幾何学的な歪を含んだ入力画像Aの座標 (u,v) の画素値を歪補正後の空間座標 (u',v') に写像変換(マッピング)するものである。このマッピング処理は連続性が高いので補正後座標のある点の近傍では線形写像と近似できると考えられる。つまり、 u,v 空間での微小ポリゴンを u',v' 空間での微小ポリゴンにマッピングするテクスチャマッピングで近似で

きる。この処理は u,v 空間での歪んだ接続四辺形群を u,v 空間の接続した長方形ポリゴンに対応付けるテクスチャマッピング処理となる。つまり、最近のPCに標準的に実装されている3Dグラフィクスアクセラレータによりきわめて高速に実行できることになる。

PanoViでは、歪補正後に u',v' 空間の映像を直方体の4面の一つ (x,y) にマッピングする。その直方体の内部に視点があり、視点方向を任意に制御することで全周映像から任意の方向の映像を切り出すことができるようになる。 u',v' から x,y へのマッピングは図2では g と記述されている。 F,g は2段階でモデル化されているが、実装段階では結合されて $F = f \cdot g$ として一回のテクスチャマッピング処理で高速に実行できる。

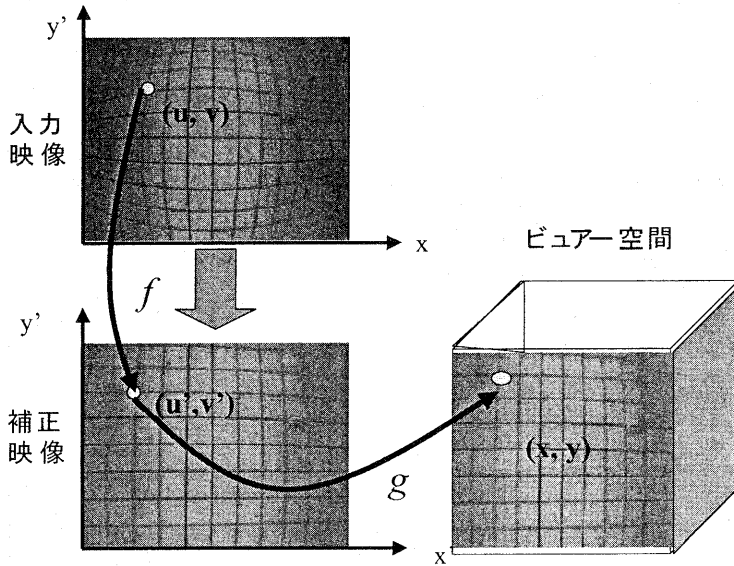


図2. PanoViでのテクスチャマッピングによるリアルタイム補正処理

3.3 全周動画像収録系の実装

PanoVi は現在のブロードバンドネットワークの状況にも適合すると同時に今後実用化される超高速ネットワークへの対応を考慮したスケーラブルなシステム構成となっている。実装上特に考慮しているのは、映像伝送システムについてはなるべく汎用映像システムと互換性をとり、全周映像はその上のアプリケーションとしての位置付けで開発している。

PanoVi は複数チャンネル映像を同時に遠隔地中継する必要がある。接続部のシームレスな接合のためにも、各チャンネルはフレームレベルで同期を取る必要がある。PanoVi では複数チャンネルの同時伝送を簡単に実現する方法として、画面の分割合成を採用している。この方法では複数カメラ入力を映像合成処理により同一画面上に空間配置する。単純な合成処理ではチャンネルあたりの解像度が低下する問題があるが、今後デジタル放送が一般化すると1080i形式など高解像度のフォーマットが使えるようになり、解像度問題は改善されると考えられる。

PanoVi は解像度や撮影面数がスケーラブルに構築できることが特徴である。現在表1にあるP1,P2,P3の3形式を想定している。最小解像度のP1システムは4面のハーフサイズビデオ(320×240画素)で構成され、480iビデオフォーマットに対応しているため、アナログ伝送形式としてNTSC,デジタル伝送方式としてMPEG2,DVを使用することができる。P2システムは720Pビデオフォーマットに対応し、4面の480×360画素映像で構成される。P3

システムはアスペクト比16:9の1080iビデオフォーマットを用いる。P3システムは6面の640×480画素映像で構成される。現在実験中のシステムはP1システムである。そのため、ソフトウェア面でのビデオ伝送レイヤーのプロトコルとしてMPEG,DV,AVIなどの標準プロトコルが使用できる。Windows上の実装ではWindows Media Playerが対応するビデオフォーマット全てに対応できることが確認できた。

再生システムは伝送された中間ビデオフォーマットの全周動画像から、対話的に指定する任意方向の通常画角の映像を作成するレンダリングシステムとして実現される。PanoViではレンダリング処理に3Dアクセラレータを効率良く使用できる特徴があり、アクセラレータの機能を効率良く利用できる低レベルAPIによるインターフェースが重要である。現在実装中のシステムではMicrosoft WindowsのDirect3D APIを用いて実装されている。

図3に試作されたPanoVi収録、再生システムの構成要素と実験環境を示す。

モード	単位カメラ解像度	カメラ数	伝送フォーマット
P1	320×240	4	480i
P2	480×360	4	760i/p
P3	640×480	6	1080i

表1. PanoViシステムの映像形式

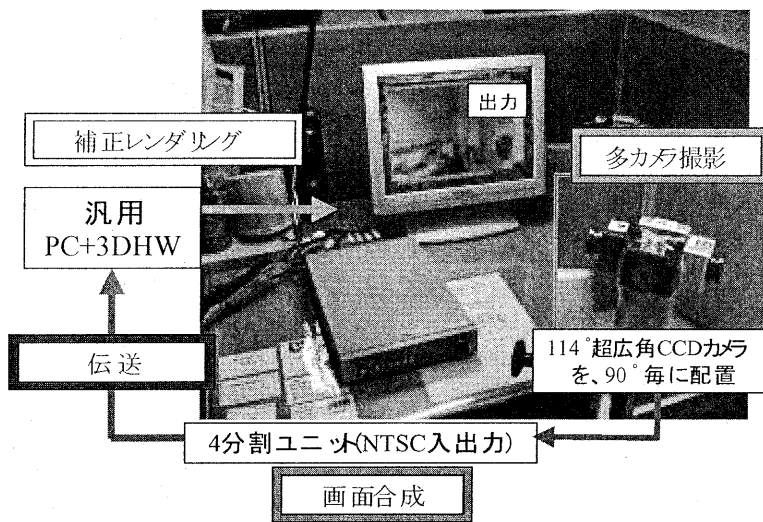


図 3. PanoVi 実験システム

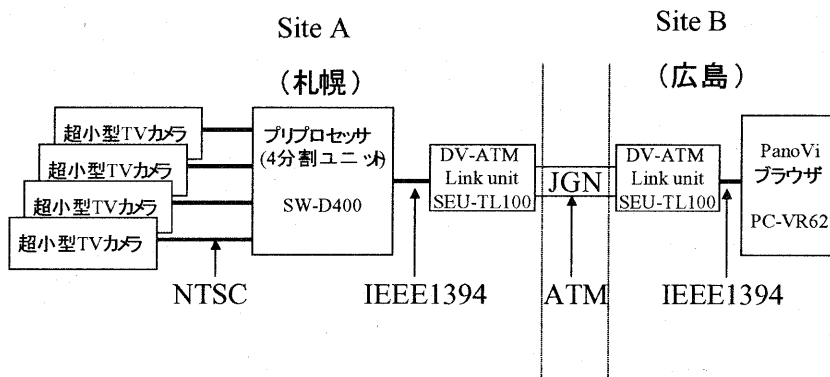


図 4. JGN による全周動画像中継の構成

4. JGN を用いた伝送実験

開発中の全周動画像中継システム PanoVi を用い、JGN 回線を用いた伝送実験を 2001 年 2 月に札幌・広島間で行った。実験に用いた中継環境を図 4 に示す。実験システムは PanoVi P1 システムを想定しており、中間映像フォーマットは 480i DV 形式である。DV(IEEE1394)形式の映像信号は IEEE1394-ATM Link-Unit でプロトコル変換され JGN 上を伝送する。Link-Unit の平均送出データレートは 35Mbps であるが、瞬間的にはそれを大きく上回るレートでパケットが吐き出されるようで、送出側でシェーピング処理を行うことが必須であることが確認された。実験結果として、JGN では十分な帯域が確保されるなら全周動画像を安定に中継するのに十分な画像品質が得られることが確認できた。

5. むすび

超高速ネットワーク環境を想定した新映像フォーマットとして全周動画像を提案し、実験システムによりその機能と応用分野を開拓している。これまで全周動画像はテーマパーク等のエンタテインメント分野を主たる応用分野として研究開発されていたように思う。しかし、超高速ネットワーク環境が全国規模で構築されることによって遠隔モニタリングや臨場感通信などより実用的な応用にも全周映像が使用できることになる。PanoVi のシステムモデルは収録系が超小型でありかつ伝送系の自由度が高いため、今後応用分野に合わせた多様な収録システムを開発する計画である。

参考文献

- [1] L. McMillan, G. Bishop "Plenoptic Modeling: An image-based rendering system," *Proceedings of SIGGRAPH'95* pp.36-46 (1995)
- [2] S.E. Chen, "QuickTimeVR - An Image-Based Approach to Virtual Environment Navigation," *Proceedings of SIGGRAPH'95*, pp.29-38(1995)
- [3] R. Szeliski, H.Y. Shum, "Creating full-view panoramic image mosaics and environment map," *Proceedings of SIGGRAPH'97*, pp.251-258(1997)
- [4] T. Yamamoto, M. Doi, "PanoVi: Panoramic Movie System for Real-Time Network Transmission," *Proceedings of 2001 IEEE 4th Workshop on Multimedia Signal Processing*, pp. 389-394, Oct. 2001/11/02
- [5] 土居, 山本 "多カメラ映像のシームレス接続による全周動画像ブラウザの開発," 2001 年電子情報通信学会システム・ソサエティ大会論文集 D-11-50(2001)