

研究種目：基盤研究 (A)

研究期間：2006～2008

課題番号：18200012

研究課題名（和文）3次元高精細全方位動画像の獲得と提示

研究課題名（英文）A study for capturing and showing 3D omnidirectional images with high resolution

研究代表者 谷内田正彦 (YACHIDA MASAHIKO)
 大阪工業大学・情報科学部・教授
 研究者番号：20029531

研究成果の概要：

本研究では、全く同一の視野を持った2種類の全方位動画像、a)高解像度だが時間的には粗い画像と、b)通常の解像度だが時間的に密な画像を同時に撮影できる全方位カメラを開発し、これら2つの全方位動画像から、空間的に高解像度で、しかも時間的にも密な全方位動画像を作成する技術を開発した。また、これら2種類の全方位画像を圧縮してインターネットにより複数の閲覧装置に配信するサーバシステムと配信された2種類の全方位動画像から閲覧者側に高解像度で、かつ実時間の動画像を作成する技術を開発した。さらに、この高精細動画像から3次元情報を復元し、任意の方向を見ることが出来る方法について研究を行った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	9,500,000	2,850,000	12,350,000
2007年度	10,700,000	3,210,000	13,910,000
2008年度	8,600,000	2,500,000	11,100,000
年度			
年度			
総計	28,800,000	8,560,000	37,360,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学，知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：センサ融合・統合，広視野角 HMD，3次元高精細全方位動画像

1. 研究開始当初の背景

ブロードバンド化の急速な伸びにより、高品質な映像配信への需要は急速に拡大してきている。研究担当者が世界に先駆け開発した全方位カメラを用いると、周囲 360°（全方位と呼ぶ）のシームレスな動画像がリアルタイムで撮影でき、非常に臨場感の高い映像を得ることができる。この全方位映像をインターネット配信すれば、閲覧者（クライアント）は全方

位映像を見ることができると同時に、各ユーザが各自の見たい方向の視野を見ることができるので、臨場感、現実感の高い映像を見ることができる。このため、全方位映像の入力と処理技術は世界的にも研究が活発化し、市販されるようにもなってきた。

しかし、全方位カメラの欠点はある部分に着目したときの解像度が劣るという点である。すなわち、通常のカメラが水平画角 40 度前後であるのに対し、全方位カメラでは 1 台で周囲

360度を撮影していることから、空間分解能は1/9程度しかない。このため、通常の解像度の全方位カメラではその用途が限られてくる。たとえば、遠隔監視を例にとってみても、人がいることは分かってもその人の顔を判別できるまでの解像度がない。この解像度の低さが実用化の妨げとなっていた。

2. 研究の目的

本研究では、全く同一の視野を持った2種類の全方位動画像、a)高解像度(例えば、8000×8000画素)だが時間的には粗い(1フレーム/秒)画像と、b)通常の解像度(640×480画素)だが時間的に密な(30フレーム/秒)画像を同時に撮影できる全方位カメラを開発し、これら2つの全方位動画像から、空間的に高解像度で、しかも時間的にも密な全方位動画像(8000×8000画素、30フレーム/秒)を作成する技術を開発する。また、これら2種類の全方位画像を圧縮してインターネットにより複数の閲覧装置に配信するサーバシステムと配信された2種類の全方位動画像から閲覧者側で高解像度で、かつ実時間の動画像を作成する技術を開発する。さらに、この高精細動画像から3次元情報を復元し、任意の方向を見ることが出来るシステムを開発する。この3次元情報の提示には、広視野ヘッドマウントディスプレイを使用して、高臨場感のあるものにする。

3. 研究の方法

図1に示すように、当該研究目的である2種類の全方位画像を圧縮してインターネットにより複数の閲覧装置に配信するサーバシステムと、配信された2種類の全方位動画像から閲覧者側で高解像度で、かつ実時間の動画像を作成する技術を開発するために、以下のサブテーマに基づいて研究、開発を行う。

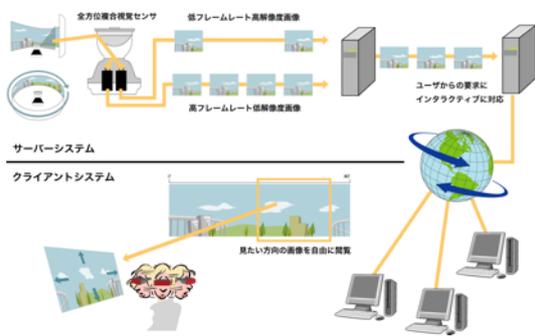


図1 研究全体システムのイメージ図

(1) 全方位複合視覚センサカメラの試作

従来、動画入力のできるビデオカメラとしては、NTSCクラス(640×480画素、30フレーム/秒)のカメラが長年使われてきた。しかし、NTSCクラスの画像サイズ(640×480画素)で

は、広視野で画像を撮像すると解像度が不足するという欠点があった。一方、近年のデジタルカメラの急速な発展と高機能化により、高解像度のカメラが次々と現れて市販されるようになってきている。しかし、高解像度になると、フレームレートは低下し、リアルタイムで撮像することはできないという欠点がある。本研究では、焦点(レンズ中心)を合わせることにより、同一の視野を持った2種類の動画像; a)高解像度だが時間的には粗い動画像と、b)通常の解像度だが時間的に密な動画像から、空間的にも高解像度で、しかも時間的にも密な動画像を作成する技術を開発する。まず、その第一歩として、図2に示すように、焦点(レンズ中心)を合わせることにより、同一の視野の動画像を2種類の異なった解像度で撮影し蓄積するカメラを試作する。

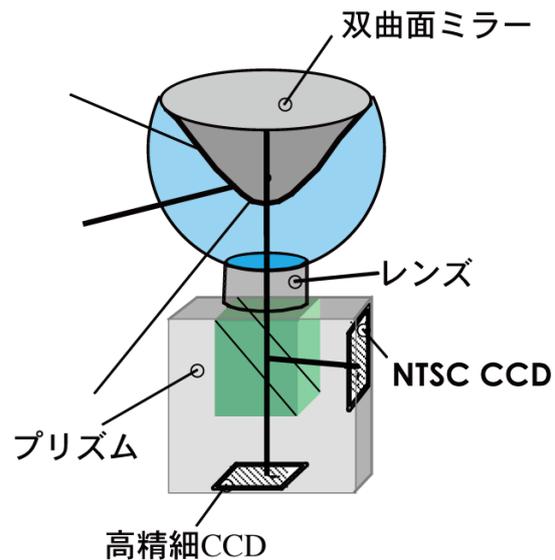


図2 複合視覚センサカメラ

(2) 高解像度動画像の作成

上で試作した複合センサカメラから得られる2つの動画像から、空間的にも高解像度で、しかも時間的にも密な動画像を作成する技術を確立する。すでに、理論的な解析は終わっているので、そのソフトウェアを試作し、実際に、高解像度だが時間的には粗い動画像と、通常の解像度だが時間的に密な動画像の2つの動画像から空間的にも時間的にも密な動画像を作成できることを実験的に確かめる。時空間解像度の異なる2つの画像系列(高解像度低フレームレート動画像、低解像度高フレームレート動画像)の情報を統合する手法として周波数アプローチとモーフィングアプローチの2つの手法を利用して、様々なシーンの実画像を用いて実験を行い、手法の適応範囲や問題点の評価を行う。周波数空間アプローチでは、低解像度画像の動き情報を用いて高解像度画像の動きを補正し、高解像度画像の

低周波成分を低解像度画像のスペクトルと置き換え、合成することで高解像度高フレームレート動画を生成する。周波数変換に離散ウェーブレット変換を用いたアルゴリズムを開発する。図3にウェーブレット変換を用いた画像生成アルゴリズムの概要を示す。実際の撮像センサのサンプリング過程と各ウェーブレット関数のフィルタ特性とのマッチングが、生成画像の画質に大きな影響を与えるため、様々なウェーブレット関数を用いた画質評価、性能評価を行う。

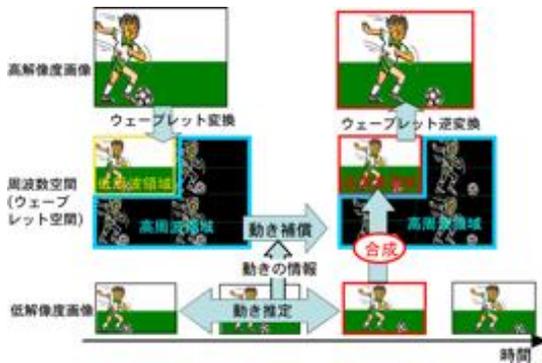


図3 ウェーブレットを用いた画像生成

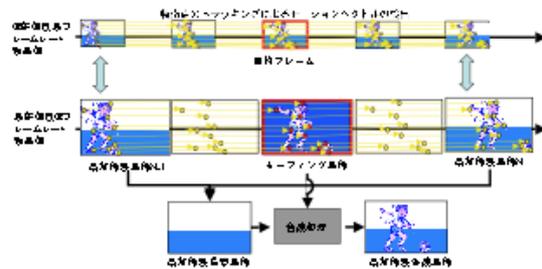


図4 モーフィングによる画像生成

(3) 高解像度動画配信ソフトウェアの開発

蓄積された2種類の全方位画像を圧縮してインターネットにより複数の閲覧装置(クライアント)に配信するサーバシステムと、配信された2種類の全方位動画画像から閲覧者側で高解像度でかつリアルタイムの動画画像を作成するための高解像度動画配信ソフトウェアの開発を行なう。また、全方位画像のうち、閲覧者の要求する視野の部分画像および3次元情報のみを切り出しそれらを能率良く配信し、クライアント側で動画画像表示するシステムを実現する。

(4) 全方位高解像度動画画像からの3次元情報の復元

配信された全方位画像と3次元情報を利用して、3次元映像閲覧システムの構築を行い、全体システムの評価を行なう。具体的には、複数人に同時配信するときに、複数人が複数の部分画像を同時要求した場合の性能評価を行う。通常の映像配信の場合は、高優先度

映像だけが送られることになるが、部分画像だけで良い場合は、部分画像だけを転送すれば良いので帯域圧縮が期待できる。そこで、部分画像を要求したクライアントには、低優先度高空間周波数画像データチャンネルを高解像度部分画像データに差し替えて伝送することにより、配信サーバは個人個人の要求にインタラクティブに応答することができる。ここでは、ネットワーク帯域と応答性能、CPU 能力、システムバス能力とを比較して、配信サーバが何台までのクライアントの要求に応えられるかを検証する。

4. 研究成果

(1) 全方位複合視覚センサカメラの試作

本研究では、焦点(レンズ中心)を合わせることで、同一の視野を持った2種類の動画画像; a)高解像度だが時間的には粗い動画画像と、b)通常の解像度だが時間的に密な動画画像から、空間的にも高解像度で、しかも時間的にも密な動画画像を作成する技術を開発した。開発の第一歩として、焦点(レンズ中心)を合わせることで、同一の視野の動画画像を2種類の異なった解像度で撮影し蓄積するカメラを試作した(図5参照)。

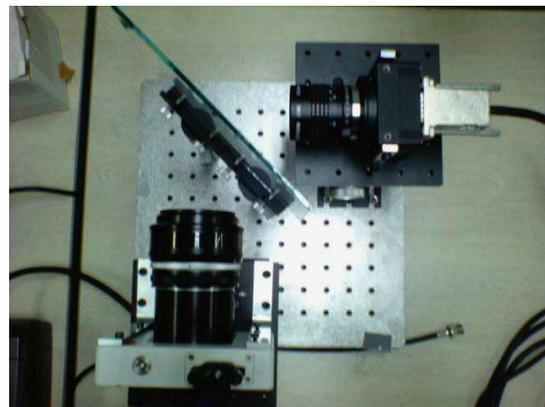


図5 試作した複合視覚センサカメラ

上で作製した複合センサカメラ用に全方位ミラーを設計し、全方位複合センサカメラを試作した。試作した複合センサカメラと単一双曲面の全方位ミラーを用いて、全方位複合センサカメラを構成し、複合センサカメラ単体または試作した全方位ミラーと組み合わせて実験を行う事で、光学的な問題点や課題の評価を行った。また、全方位複合センサカメラを用いた撮像実験を通して、実利用で性能を評価した。これをもとに光学シミュレーションや設計に反映させ、さらなる高画質化や小型化を検討した。特に、二枚反射ミラーと複合カメラ用に試作した単一双曲面全方位ミラーの設計経験や実験評価を利用して、二枚反射光学系の高解像度カメラや複合センサカメラへの適用

を行った。また、円錐曲面(双曲面や楕円面)以外の新たなミラー形状やミラーの支持具についても検討を行った。図6に試作した全方位複合視覚センサカメラで撮像した画像を示す。



図6 全方位複合視覚センサカメラの画像

さらに、複合センサカメラから得られる2つの全方位動画から、空間的にも高解像度で、しかも時間的にも密な全方位動画を、入力および記録する技術を開発した。具体的には、複合センサカメラの2つの出力を、取りこぼしなくリアルタイムで同期記録するために、画像取り込みボードを搭載した PC ワークステーションおよび、RAID ドライブにより構成し、大量に発生する画像データを高速に記録する。また、取り込みと保存を複数の処理スレッドに分け、並列処理を行うことにより、フレームの取りこぼしなしに画像を記録するソフトウェアを開発した。図7に、本研究で試作した複合視覚センサカメラシステム全体の構成を示す。

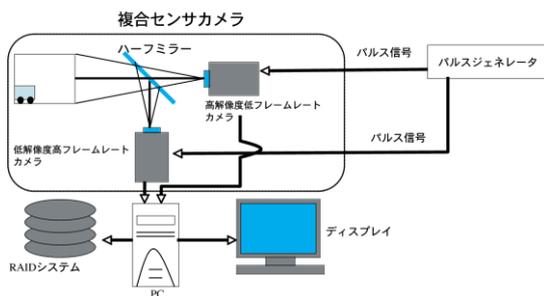


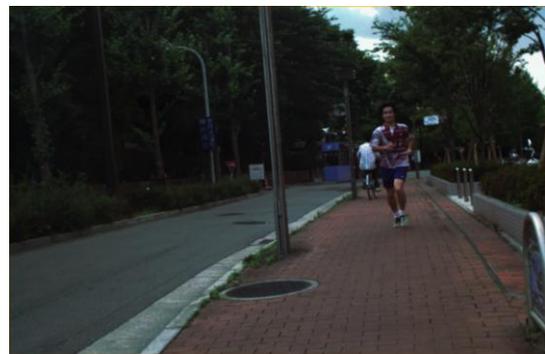
図7 複合センサカメラシステムの構成

(2) 高解像度動画の作成

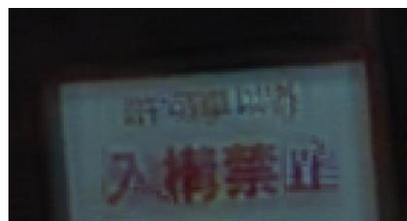
上で試作した複合センサカメラから得られる2つの動画から、空間的にも高解像度で、しかも時間的にも密な動画を作成する技術を確認した。理論的な解析は終わっているので、そのソフトウェアを試作し、実際に、高解像度だが時間的には粗い動画と、通常の解像度だが時間的に密な動画の2つの動画

から空間的にも時間的にも密な動画を作成できることを実験的に確かめた。時空間解像度の異なる2つの画像系列(高解像度低フレームレート動画、低解像度高フレームレート動画)の情報を統合する手法として周波数アプローチとモーフィングアプローチの2つの手法を利用して、様々なシーンの実画像を用いて実験を行い、手法の適応範囲や問題点の評価を行った。

周波数空間アプローチでは、低解像度画像の動き情報を用いて高解像度画像の動きを補正し、高解像度画像の低周波成分を低解像度画像のスペクトルと置き換え、合成することで高解像度高フレームレート動画を生成した。周波数変換には、離散ウェーブレット変換を用いたアルゴリズムを開発した。実際の撮像センサのサンプリング過程と各ウェーブレット関数のフィルタ特性とのマッチングが、生成画像の画質に大きな影響を与えるため、様々なウェーブレット関数を用いた画質評価、性能評価を行った。図8に試作した複合視覚センサカメラで撮影した画像を元に、高精細動画を生成した結果を示す。



(a) 生成画像(DCT スペクトル法)



(b) (a) を拡大した画像



(c) 対応する低解像度画像

図8 生成された高解像度画像

一方のモーフィングアプローチでは、低解像

度画像より動領域の動き情報を抽出し、その動き情報をもとに高解像度画像のテクスチャデータをモーフィングにより補間することで高解像度画像を生成した。モーフィングアプローチにおいては、特徴点の追跡精度が重要で、シーンによっては特徴点追跡を失敗した場合、生成画像が大きく歪むと言う問題点がある。そこで、特徴点追跡に運動モデルを導入し、カルマンフィルタを用いた状態推定により、未来のフレームでの特徴点位置の候補を限定することで、特徴点のミスマッチングを低減して安定した追跡を実現した。また、最終的に生成された画像と低解像度画像を比較することで、大きな推定ミスや生成画像の歪みを検出して、生成画像の歪みや誤差を訂正する処理を付け加えることで、追跡誤差による画像劣化を回避する手法を開発した。最終的に、周波数空間アプローチとモーフィングアプローチの高解像度化処理の性能を比較してそれぞれの長所・短所をふまえた適用範囲の検討を行った。

(3) 高解像度動画配信ソフトウェアの開発

蓄積された2種類の全方位画像を圧縮してインターネットにより複数の閲覧装置(クライアント)に配信するサーバシステムと、配信された2種類の全方位動画画像から閲覧者側で高解像度でかつリアルタイムの動画画像を作成するための高解像度動画配信ソフトウェアの開発を行った。また、全方位画像のうち、閲覧者の要求する視野の部分画像および3次元情報のみを切り出しそれらを能率良く配信し、クライアント側で動画画像表示するシステムを実現した。

2種類の全方位動画画像を伝送するため、圧縮した映像をネットワーク上に2チャンネル分の帯域幅を使用して伝送した。1チャンネルは全方位の低解像度動画画像でこれは全クライアントにブロードキャストすることでネットワーク全体のトラフィックを少なく抑えた。また、もう1チャンネルは、各クライアントの要求に応じた解像度の部分画像を転送するピアツーピア通信に利用する。この各クライアントに専用の通信チャンネルを設けることで、各クライアントとインタラクティブにデータをやり取りすることができた。特に、部分画像の要求がないときは、全方位高解像度画像を低フレームレートで伝送することで、ネットワークのトラフィックを抑えつつユーザの要求にリアルタイムに回答できるクライアントシステムを構築した。図9に、試作したクライアントシステムを利用して、提示された画像を示す。

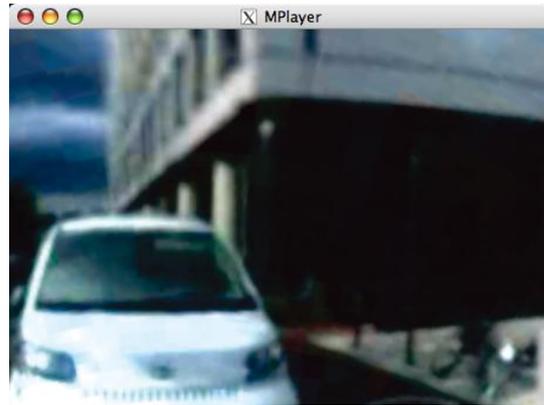


図9 クライアントシステムの表示

(4) 全方位高解像度動画画像からの3次元情報の復元

全方位高解像度画像から、写っているシーンの3次元情報と自己位置を獲得する手法を開発した。具体的には、モーフィングアプローチの特徴点追跡を応用して、特徴点の動きからカメラの自己位置、運動と特徴点のカメラまでの距離を復元した。特徴点の3次元情報が得られれば、その特徴点を元に3角形パッチにシーンを近似的に分割し、3次元情報を双線形変換により内挿することで、シーン全体の3次元情報を復元した。

配信された全方位画像と3次元情報を利用して、全体システムの評価を行った。具体的には、複数人に同時配信するとき、複数人が複数の部分画像を同時要求した場合の性能評価を行った。通常の映像配信の場合は、高優先度映像だけが送られることになるが、部分画像だけで良い場合は、部分画像だけを転送すれば良いので帯域圧縮が期待できる。そこで、部分画像を要求したクライアントには、低優先度高空間周波数画像データチャンネルを高解像度部分画像データに差し替えて伝送することにより、配信サーバは個人個人の要求にインタラクティブに回答することができる。ここでは、ネットワーク帯域と応答性能、CPU能力、システムバス能力とを比較して、配信サーバが何台までのクライアントの要求に応えられるかを検証した。図10に、レイヤー分割有りと、レイヤー分割なしの場合のサーバパフォーマンスを比較した結果を示す。

(5) まとめ

本研究では、全く同一の視野を持った2種類の全方位動画画像、a)高解像度だが時間的には粗い画像と、b)通常の解像度だが時間的に密な画像を同時に撮影できる全方位カメラを開発し、これら2つの全方位動画画像から、空間的に高解像度で、しかも時間的にも密な全方位動画画像を作成する技術を開発した。また、これら2種類の全方位画像を圧縮してインタ

一ネットにより複数の閲覧装置に配信するサーバシステムと配信された2種類の全方位動画画像から閲覧者側で高解像度で、かつ実時間の動画画像を作成する技術を開発した。さらに、この高精細動画画像から3次元情報を復元し、任意の方向を見ることが出来るシステムを開発した。

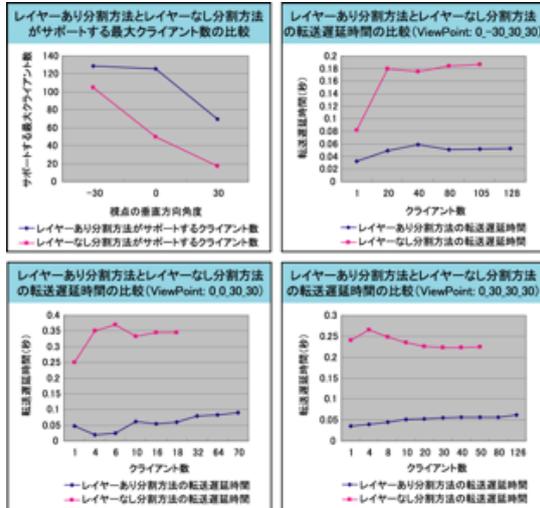


図10 サーバパフォーマンスの評価

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計15件)

- [1] 岩井儀雄, 長原一, 渡邊清高, 谷内田正彦 “全方位高解像度複合センサカメラと映像配信システム”, 情報処理学会論文誌: コンピュータビジョンとイメージメディア, Vol. 2, No. 1, pp. 1-13, Mar. 2009
- [2] 吉田幸治, 長原一, 谷内田正彦 “単一視点と均一解像度特性を有する全方位視覚センサ”, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J90-D, No. 8, pp. 1912-1920, Aug. 2007.
- [3] 渡邊清高, 岩井儀雄, 長原一, 谷内田正彦, 鈴木俊哉 “ウェブレット領域での動き補償と画像統合による高解像度高フレームレート動画画像の生成”, 情報処理学会論文誌: コンピュータビジョンとイメージメディア, Vol. 47, No. SIG10 (CVIM 15), pp. 195-207, July 2006.
- [4] Kiyotaka Watanabe, Yoshio Iwai, Hajime Nagahara, Masahiko Yachida, Toshiya Suzuki, “Video Synthesis with High Spatio-Temporal Resolution Using Motion Compensation and Spectral Fusion”, IEICE Trans. on

Information and Systems, Vol. E89-D, No. 7, pp. 2186-2196, July 2006.

- [5] 重本倫宏, 星川章, 長原一, 岩井儀雄, 谷内田正彦, 鈴木俊哉 “時間的・空間的分解能の異なる複合センサカメラシステム”, 情報処理学会論文誌: コンピュータビジョンとイメージメディア, Vol. 47, No. SIG5 (CVIM 13), pp. 35-44, Mar. 2006.

[学会発表] (計14件)

- [1] [2] 小野田偉, 長原一, 谷内田正彦, “モーフイングによる高解像度高フレームレート動画画像の生成”, 情報処理学会研究報告, Vol. CVIM-165-36, pp. 259-267, 大阪, Nov. 2008.
- [2] 神吉良典, 長原一, 岩井儀雄, 谷内田正彦, “小型複合センサカメラシステムの開発”, 情報処理学会研究報告 No. CVIM165-23, pp. 153-160, 大阪, Nov. 2008.
- [3] 西尾佳祐, 岩井儀雄, 長原一, 谷内田正彦 “全方位画像に対応したストリーミング再生プレイヤーの開発”, 第6回情報科学技術フォーラム(FIT2007), No. M-084, pp. 333-336, 名古屋, Sep. 2007.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

谷内田 正彦 (YACHIDA MASAHIKO)
大阪工業大学・情報科学部・教授
研究者番号: 20029531

(2) 研究分担者

岩井 儀雄 (IWAI YOSHIO)
大阪大学・大学院基礎工学研究科・准教授
研究者番号: 70294163
長原 一 (NAGAHARA HAJIME)
大阪大学・大学院基礎工学研究科・助教
研究者番号: 80362648

(3) 連携研究者

なし