

研究課題別評価

1.研究課題名 共有仮想空間におけるリアルタイム 3次元通信

2.研究者氏名 斎藤 英雄

3.研究の狙い：

本研究では、多数のカメラで撮影された多視点画像から復元される実際のシーンの3次元構造モデルを仮想環境内で共有し、3次元通信を行うことのできる「仮想環境共有型3次元通信システム」を構築し、それを応用した新しい通信システムを提案することを目的とする。このシステムは、多数カメラにより得られる画像から対象シーンの3次元復元を行い、復元された3次元モデルを元に仮想カメラを自由に動かして観察できるような仕組みを提供する手法に基づいたものである。この技術を通信用に应用することにより、複数の異なる場所で多数のカメラで撮影され、そして復元された3次元モデルをコンピュータネットワークにより通信することにより、各通信者はお互いの3次元形状を仮想的に融合して共有することができ、あたかも同じ空間に存在するような仮想現実感を得ることが可能になる。

この研究では、上記の仮想環境共有型3次元通信に関連するシステムの構築を通して、これを実現するために必要な要素技術である、

画像からの幾何学形状推定とモデル化

仮想環境における情報提示・インタラクション

三次元形状・多視点画像の圧縮とモデル化

に関係した基盤技術の研究を行うことによって、研究目的である新しい通信システムの実現に寄与したいと考えている。

4.研究結果：

本研究では、画像からの幾何学形状推定とモデル化、仮想環境における情報提示・インタラクション、三次元形状・多視点画像の圧縮とモデル化、の3つの技術に関する成果を得た。

画像からの幾何学形状推定とモデル化

・マルチカメラシステムによる共有仮想空間通信実験

マルチカメラによる3次元復元システムを2セット構築し、仮想空間を共有した3次元通信の実験を行った。このシステムは、4台のカメラと撮影用PC及び表示用PCからなるシステムを2セット接続したものであり、毎秒数フレームの処理速度で3次元形状モデルを復元し、仮想視点画像を生成し、ネットワークを介してお互いの3次元形状モデルや仮想視点画像を通信することができる。このシステムを構築することにより、仮想空間を共有したような効果を与える通信の実験を行うことができた。このシステムにおいては、4台のカメラシステムのカメラキャリブレーションを不要にするための手法として、正射影グリッド空間(Orthographic Projective Grid Space:OPGS)を利用している。これは、2台のカメラで定義された座標系である、Projective Grid Space(PGS)において、カメラの射影歪みを避けるために、正射影とみなせる別の2台のカメラを用意し、そのカメラによってPGSを定義するものである。なお、この手法を利用した多視点カメラシステムに関する特許を出願

した。

射影幾何学理論を利用した新手法の提案

上記の実験のように、多数のカメラを利用して3次元空間の幾何学的情報を得るためには、それぞれのカメラの幾何学的位置関係を実験データから推定(カメラキャリブレーション)する必要がある。この推定を簡易に行うことは、このようなシステムを実際に利用する上で重要な技術となる。そこで、この研究では、カメラキャリブレーションを簡易に行い、しかも簡易に対象の3次元形状を推定可能な手法として、射影幾何学理論を効果的に利用した新しい手法について研究を進めた。その結果

- 手持ちビデオカメラの連続画像からの3次元形状復元における射影復元利用手法
- 未校正で動きが未知の画像列からの超解像画像生成・光線空間の構築
- 未校正で動きが未知の画像列への仮想物体の重ねあわせ合成
- 未校正マルチカメラ画像からの3次元ボクセルサイズに依存しない形状復元

等の新しい手法を提案し、有効性を検証することができた。

仮想環境における情報提示・インタラクション

上記の に関する成果は、仮想環境共有型3次元通信システムにおける3次元環境幾何学的情報を入力する技術に関する成果である。共有仮想環境での通信では、入力された3次元環境情報を提示し、さらに人と人がインタラクションを通して情報共有することが重要なポイントになってくる。この意味において、一旦仮想環境に入力した3次元環境情報の提示技術・インタラクション技術は極めて重要である。本研究では、このような観点の元、以下に述べるような、仮想と現実の融合提示システム・インタラクションシステムを構築した。

デジタル文書画像の現実物体への投影提示システム

これは、デジタル画像としてアーカイブされた文書を見る時に、画面ではなく、現実の紙の上に文書が印刷されているようにユーザに提示することにより、デジタルメディアをより自然に見ることができるようにするシステムである。PCに蓄積されたデジタル文書画像を何も印刷されていない本の表面に投影する。このとき、本の形状や位置・向きが変化しても、その変化に追従するようにデジタル画像の投影をコントロールすることにより、あたかもその本にデジタル文書が印刷されているように提示するわけである。このために、投影するためのプロジェクタと本の形状・位置・姿勢をモニタするためのカメラを上空に設置しておき、このカメラに撮影した画像を利用する。投影する画像のコントロールのために、カメラ画像平面、本の表面、プロジェクタ投影平面の3者の関係を平面射影変換行列でモデル化し、これらの平面射影行列をカメラに撮影された画像から推定する手法を新たに考案し、実装している。

仮想化されたサッカー映像を現実のスタジアムで観戦するシステム

多視点から撮影したサッカー映像を利用して仮想化され、任意視点映像が生成可能なサッカー映像を現実のスタジアムのグラウンド上に重畳提示し、あたかもそのスタジアムで試合が行われているような提示を行うシステムの検討を行った。このシステムでは、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)を通して、現実には誰も居ないスタジアムのグラウンドを見ると、HMDに取り付けられて

いるカメラの画像からHMDの位置や姿勢を推定し、HMDの位置や姿勢に合う視点でのサッカー映像が重畳表示される。このようにして、現実のスタジアムで仮想化されたサッカーシーンを観戦することができる。

手振り動作の実時間認識によるインタフェースシステム

ウェアラブルコンピューティングのインタフェースとしてステレオカメラを胸部前面に装着し、カメラの前面で手の位置や姿勢を変化させることによる3次元ウェアラブルインタフェースを実現した。3次元マウスを用いて3次元デスクトップを操作し、その映像が頭部に装着されたディスプレイに表示されるようになっている。手の3次元位置と3軸方向の回転を用いて、容易に3次元仮想空間における操作を実現できるインタフェースとなっている。また、近くにある壁に対する相対的な胸の回転・移動を利用したモーションセンサーにより、ユーザの体の向きにより仮想環境における姿勢も制御できる。

三次元形状・多視点画像の圧縮とモデル化

共有仮想環境での通信では、上記に述べてきた入力技術、情報提示・インタラクション技術に加え、さらに効率的な情報通信技術が重要になる。本研究では、3次元モデルを獲得する際に利用した入力の多視点画像の視点間整合性に着目し、その整合性を保存するようなポリゴンの割り当て方をすることにより、データの削減を図る手法を考案した。この手法を用いると、もともとテクスチャの変化が少なく、3次元モデル形状の誤差が任意視点画像に大きく影響を与えないような部分については、例えば形状が複雑でも、少数のポリゴンしか割り当てない。一方、形状の変化が少ない部分でも、テクスチャの変化が大きい場所には多くのポリゴンを割り当てて、3次元モデル形状の誤差が任意視点画像に与える誤差を抑えることができる。

5.自己評価：

研究の目的である仮想環境共有型3次元通信を実現するために必要な要素技術である、

画像からの幾何学形状推定とモデル化

仮想環境における情報提示・インタラクション

三次元形状・多視点画像の圧縮とモデル化

それぞれについて、質・量共に充実した多くの成果が出せたと考えている。特に、最終年度に入ってから、に関連した研究成果を多く残すことができた。これは、本研究のためのサポートにより、実験に必要な設備を十分に導入できたことが大きく影響している。これは当初から、最初の年度はに関連した研究を推進し、その成果をに生かすという計画であったが、ほぼ当初計画通りに成果が挙げられたことになると考えている。

但し、に関連した成果については、他の2項目に比べると多くの成果を残すことが出来なかった。当初は、及びを進めていくことによりの研究もそれに伴って進み、問題点やそのためのアプローチが明確になっていくと予想していたのだが、実際は、の研究の必要性のみがクローズアップされ、問題解決のためのアプローチを明確にし、実現することが十分でなかった。これについては、今後の研究で解決していきたい。

また、も含めた要素技術が更に発展することが、本研究成果を実用化に結びつける大きな要因であると考えられる。このことを踏まえたうえで、今後更に本研究で得た成果を発展さ

せていきたいと考えている。

6.研究総括の見解：

本研究では、多数のカメラで撮影された多視点画像から復元される実際のシーンの3次元構造モデルを仮想環境内で共有し、3次元通信を行うことのできる「仮想環境共有型3次元通信システム」を構築を目指し、多くの要素技術において研究成果をあげた。特に、マルチカメラによる3次元復元システムを2セット構築し、仮想空間を共有した3次元通信の実験が実施できたこと、更に仮想環境における新しい情報提示システムを複数試作し、有効性を示していることは、大いに評価できる。しかしながら、仮想空間共有3次元通信の実験では、その画質や処理速度が実用レベルに達することができなかったことや、3次元形状・多視点画像の圧縮とモデル化については十分な成果が得られなかったこと等、今後ブレイクスルーすべき課題を残している。今後の発展が強く期待される。

7.主な論文等：

論文

1. 磯大輔, 斎藤英雄, 小沢慎治, 距離情報とカラー情報の融合によるシルエット検出に基づく任意視点画像描画システム, 画像電子学会誌、ビジュアルコンピューティング論文特集号、Vol.31, No.4, pp.525-533, Aug.2002.
2. 斎藤英雄、木村誠、矢口悟志、稲本奈穂, 射影幾何を利用した多視点画像からの中間視点映像生成, 情報処理学会コンピュータビジョンとイメージメディア研究会論文誌、Vol.43, No.SIG11, pp.21-32, Dec.2002.
3. 清真一朗, 斎藤英雄, 未校正の移動カメラによる複数平面シーンの超解像度画像生成, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J86-D-II, No.5, pp.688-696, May 2003.

国際会議論文

1. D. Iso, H. Saito, Modeling and rendering in 3D coordinate defined by two cameras for shared virtual space communication, MIRAGE2003, pp.28-37, Mar.2003.
2. H. Todoroki, H. Saito, Light field rendering with omni-direction camera, Visual Communications and Image Processing (VCIP2003), Proceedings of SPIE, Vol.5150, 124, Jul.2003.
3. H. Saito, S. Kamijima, Factorization Method Using Interpolated Feature Tracking via Projective Geometry, Proc. 14th British Machine Vision Conference, Vol. II, pp.449-458, Sept. 2003.
4. Shinichiro Hirooka, Hideo Saito, Displaying Digital Documents on Real Paper Surface with Arbitrary Shape, The Second International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR03), Oct.2003.
5. Naho Inamoto, Hideo Saito, Immersive Observation of Virtualized Soccer Match at Real Stadium Model, The Second International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR03), pp.188-197, Oct.2003.

口頭発表

1. 中村 芳浩, 斎藤 英雄, “Visual Hull を利用した多視点画像からの仮想視点画像生成”, 情報処理学会 CVIM 研究会, 133-15, May 2002
2. 保利栄作, 斎藤英雄, “視差画像を用いたウェアラブルな3次元デスクトップ環境の構築”, 第8回画像センシングシンポジウム講演論文集, pp.499-504, July 2002.
3. 辻大輔, 斎藤英雄, “物体表面のテクスチャを考慮した細分割曲面フィッティングによる3Dメッシュデータの圧縮”, 電子情報通信学会技術報告, PRMU2003, Jan. 2003.
4. 江森基倫, 斎藤英雄, “任意テクスチャの現実物体への重畳表示による拡張現実感システムの構築”, 電子情報通信学会 2003総合大会, D-12-121, Mar. 2003
5. 山口義隆, 斎藤英雄, “未校正多視点画像からの多面体表面モデルの直接復元法”, 情報処理学会 CVIM 研究会, 138-6, May 2003
6. 等々力寛, 斎藤英雄, “全方位カメラ画像からの光線空間構築による任意視点画像生成”, 情報処理学会 CVIM 研究会, 138-7, May 2003
7. 広岡慎一郎, 斎藤英雄, “任意形状表面への自己補正投影システム”, 情報処理学会 CVIM 研究会, 138-8, May 2003

解説 招待発表

1. 斎藤英雄, “多視点画像からの自由視点映像生成技術の動向”, 電気学会論文誌 C, 特集解説, Vol.121-C, No.10, pp.1493-1499, Oct. 2001.
2. 斎藤英雄, “自由視点映像生成”, エンタテインメントコンピューティング2003, 招待セミナー「エンタテインメント仮想環境」, 2003年1月14日

特許

1. 特願 2003-036577 自由視点動画画像データ生成方法およびその処理をコンピュータに実行させるためのプログラム