

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 4 月 25 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500115

研究課題名（和文）テクスチャ投影による3次元実体モデルへの高度注釈情報表示法の研究

研究課題名（英文）A study on high level annotation techniques on 3-dimensional solid prototype models by using texture projection.

研究代表者

山本 強（YAMAMOTO TSUYOSHI）

北海道大学・大学院情報科学研究科・教授

研究者番号：80158287

研究成果の概要（和文）：

ラピッドプロトタイプシステムで作成される3次元実体モデルを想定し、その表面に高度な注釈情報をリアルタイムに投影することを可能にする情報表示システムの基盤技術を開発した。3次元実体モデルの6自由度位置測定法の開発と、投影する注釈データの構造を提案し、実験システムを開発した。その成果を応用し、複雑な部品組み立てを想定した組み立てガイダンスシステムを提案し、実装した。

研究成果の概要（英文）：

We have studied on architecture of annotation projection system that displays high-level information on 3D solid models created by rapid-prototype production machines. In the study, we developed a technique to measure 6 degree-of-freedom position of solid model and data structure of annotation data to be projected on it. We applied the experimental system to guidance system for 3D puzzle assembling game and confirmed that our system is applicable to guidance systems for complex parts assembling works.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：3次元実体モデル,医用画像処理,コンピュータグラフィクス,拡張現実感(AR),混合現実感(MR),テクスチャ投影,3次元位置計測

## 1. 研究開始当初の背景

ラピッドプロトタイプ技術の発達により、多くの分野で3次元実体モデルが使われるようになってきた。3次元実体モデルは形状を正確に再現するが、実物のもつ質感や詳

細なテクスチャは再現が難しい。また、3次元実体モデルを情報ディスプレイと考え、その上に正確にテクスチャを投影する新しい情報表現も考えられている。静止した3次元モデルに対してテクスチャ投

影を行う研究は Shader Lamp、つまりシェーディング付き照明として提案されている。しかし、これまでの技術は事前に実体モデルの位置やテクスチャが計算されているという前提の方式であり、手に持った物体上への投影ではない。手に持てる物体への投影が今回研究開発するモデルの画期的な点であり、それに関する報告は見当たらない。また医学領域での3次元実体モデルの応用例は研究代表者らが初期の研究を行っているが、現時点では人体臓器の表面形状を再現するに留まっている。疾患を有する症例の患部や解剖学的位置関係の変化など、個々の症例にカスタマイズできる表面テクスチャ投影型の臓器実体模型は医療・教育の支援システムとして求められている。

本研究では、単に表面着色をプロジェクションにより行うということではなく、3次元形状と表面情報を分離し、リアルタイムトラッキングにより違和感なく合成することにより、3次元実体としての存在感とリアルな表面情報や注釈情報を共存するための様々な表示手法を研究するものであり、新しい情報表示技術基盤を開発することを目的としている。単に技術的興味ではなく、実用化を踏まえた基盤技術開発を実施することを計画している。

## 2. 研究の目的

本研究は3次元実体モデルに対する動的な注釈情報の投影技術を開発し、その基盤技術によって実現できる新しい応用やサービスについて研究するのが目的である。研究開始時点では医用3次元実体モデルが具体的な応用として想定されていたが、加えて拡張現実感 (Augmented Reality-AR) の分野への応用も視野にいれ研究を進めることとした。

本研究では以下の項目を具体的な達成目標として設定して実施された。

- 3次元剛体の位置・姿勢を高速かつ高精度に計測する方式の開発とそのプロトタイプ製作
- 移動、姿勢変動する剛体に対する投影テクスチャ高速トラッキング技術の開発
- 3次元CAD, ボリュームデータなどから3次元実体モデル生成用データ形式へ変換するソフトウェアの開発
- 注釈情報生成技術の開発
- 応用システムの研究開発

## 3. 研究の方法

具体的な研究は大きく①位置計測方式の研究、②投影システムの研究、③応用システムの研究に分割される。それらの研究方法を以

下に説明する。

- 光学手法によるリアルタイム位置・姿勢計測方式の確立

実体モデルに装着する位置計測用センサーのインターフェース作成、実体モデルの位置と姿勢を毎秒30回以上の速度で遅延無く測定する方式を開発する。具体的な方式として赤外線マーカによる光学的測定法について評価研究を行い、手持ちの実体モデルの6自由度の空間位置情報を必要十分な速度と精度で獲得できる手法を開発した。

- フォーカスフリーな動画像テクスチャ投影方式の検討

位置計測された3次元実体モデルに対し、注釈情報を生成しプロジェクタを用いて投影するテクスチャ画像生成アルゴリズムを開発する。プロジェクタによる注釈情報投影では焦点深度による投影可能範囲の限定という問題が知られている。本研究では、投影範囲の制限を軽減させる方法として、フォーカスフリーな投影が可能なレーザープロジェクション方式のプロジェクタを用いることを提案している。投影される3次元実体モデルは手持ちで自由に動かせることが前提であり、毎秒30フレームの速度で幾何学的な補正とレンダリング処理が求められる。そのために研究代表者らが開発実績のあるグラフィックスアクセラレータを用いた実時間画像生成システムを用いる。

- 3次元実体モデルに対する注釈投影のための実験プラットフォームの作成
- 提案する3次元実体モデルへの注釈投影の有効性を確認するために、研究室内に投影対称の位置計測とプロジェクションシステムを統合した実験プラットフォームを作成する。また開発された実験プラットフォームを用いて、応用システムの提案、デモンストレーションを行う。

## 4. 研究成果

実体モデルの位置測定に関しては、投影対象に取り付けた赤外LEDマーカを赤外カメラで撮影して画像平面上のマーカ座標を取得し、その座標からホモグラフィを用いることで対象の三次元姿勢推定をリアルタイムに行う手法を提案し実装した。提案手法により、高速で投影情報に干渉されない、投影型ARに適した投影対象の認識が可能になった。また、三次元姿勢情報を利用することで、対象の立体形状を考慮した適切な投影情報の生成が可能となった。図1に本研究で試作した赤外線マーカを用いた6自由度位置計測法の構成を示す。

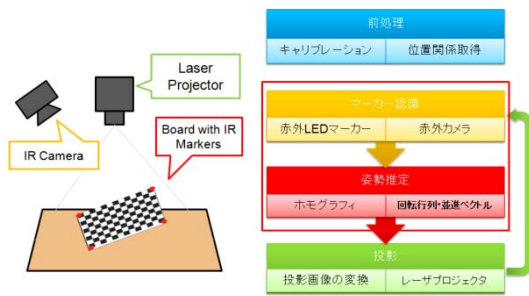


図 1. 赤外線マーカーを用いる 6 自由度位置測定法の概略

本研究ではフォーカスフリーなレーザープロジェクタを用いた 6 自由度移動物体への投影法を提案した。6 自由度とは 3 次元空間内における回転と平行移動を合成するもので、投影対象の 6 自由度の移動に対して投影情報をリアルタイムに追従することを目的としている。本研究ではレーザープロジェクタを導入ことによりフォーカスフリーなプロジェクションが可能になった。レーザー光は完全な点光源とみなすことができるため、見かけ上焦点位置がない投影が可能になる。加えて、レーザープロジェクタはブラウン管と同じ走査方式であり、バッファ処理による遅延がないため、液晶プロジェクタと比較して、低遅延で投影が可能となった。

本研究の一環として、スクリーン以外の任意形状への注釈情報の投影システムの応用可能性について検討した。具体的な応用として、複雑な組み立て作業を想定したガイダンスシステムを提案した。図 2 は立体組み立てパズルを想定し、デスクトップ環境で本研究で提案するシステムを用いた例である。提案システムを用いることで、複雑な立体組み立てパズルがパズルを初めて試みるプレイヤーでも 1 分以内で完成させることができることが確認できた。図 2 は本システムを用いたパズル組み立て支援システムの使用場面である。

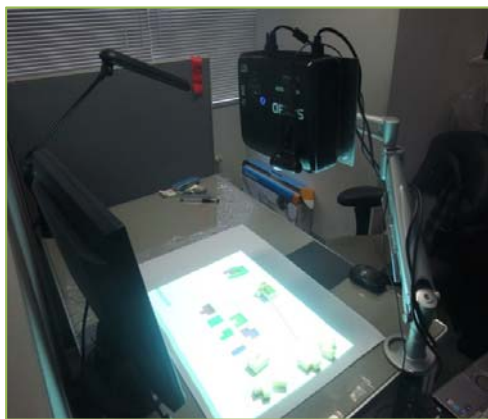


図 2. 3 次元実体への注釈投影を用いたパズル組み立て支援環境

## 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 5 件)

- (1) Masashi Kitagawa, Tsuyoshi Yamamoto: “3D Puzzle Guidance in Augmented Reality Environment Using a 3D Desk Surface Projection,” Proc. IEEE Symposium on 3D User Interfaces 2011 (3DUI 2011), p. 135-136
- (2) 江口千央, 土橋宜典, 山本強, 岩崎慶: “Spherical Harmonic Exponentiation を用いた動的な雲の高速レンダリング,” 電子情報通信学会論文誌 A, J94-A(1), p.30-36
- (3) Tsuyoshi Yamamoto: “3D Movie Camera Using Commodity Components for Digital Archiving of Cultural Heritages,” Proc. Electronic Imaging and the Visual Arts 2010 (EVA2010 Florence), p.109-111 Florence, Italy (2010, 4)
- (4) 岩崎航, 土橋宜典, 山本強: “Radial Basis Function を用いた雲のボリュームレンダリングの編集システム,” 電子情報通信学会論文誌 D, J95-D No.2, p.297-304
- (5) Ayumi Ono, Yoshinori Dobashi, Tsuyoshi Yamamoto: “A System for Editing Sky Images Using an Image Database,” SIGGRAPH ASIA 2011 Sketches, DOI(デジタルオブジェクト識別子) ISBN: 978-1-4503-1138-0 doi>10.1145/2077378.2077426(2011.12)

[学会発表] (計 6 件)

- (1) 岡田悟郎, 福本和也, 土橋宜典, 山本強: “投影型 AR の実現 - 移動物体への情報投影システム,” 電子情報通信学会 2012 年総合大会, 岡山大学(岡山市), 2012.3.20
- (2) 福本和也, 岡田悟郎, 土橋宜典, 山本強: “投影型 AR システムのための赤外マーカーを用いた三次元姿勢推定手法”, 電子情報通信学会 2012 年総合大会, 岡山大学(岡山市), 2012.3.20
- (3) 佐藤靖之, 山本強, 土橋宜典: “振動子アレイを用いた仮想物体の移動感覚の提示法”, 電子情報通信学会 2012 年総合大会, 岡山大学(岡山市), 2012.3.20
- (4) Yongsheng Zhang, Tsuyoshi Yamamoto: “A Study of Plane Detection to Region-Based 3D Reconstruction”, 電子情報通信学会 2012 年総合大会, 岡山大学(岡山市), 2012.3.21
- (5) 佐藤 靖之, 岡田 悟郎, 福本 和哉, 山上 晃

平, 山本 強, 土橋 宜典: “AR会議のための投影対象の運動を考慮したアノテーション情報投影手法”, 平成23年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 公立ほこだて未来大学(函館市), 2011.10.22

- (6) 北川 雅嗣, 山本 強, 土橋宜典: “デスクトップ投影型拡張現実システムにおける投影モデルの改善-3Dパズル組み立てへの応用-”, 平成23年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 公立ほこだて未来大学(函館市), 2011.10.22

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

<http://ime.ist.hokudai.ac.jp/new/introduction.php>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

山本 強 (YAMAMOTO TSUYOSHI)

北海道大学・大学院情報科学研究科・教授  
研究者番号: 80158287

### (2) 連携研究者

土橋 宜典 (DOBASHI YOSHINORI)

北海道大学・大学院情報科学研究科・准教授  
研究者番号: 00295841