

氏 名	ウ 件 ショウ グン 小 軍
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学 位 記 番 号	情 博 第 148 号
学位授与の日付	平 成 17 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	情 報 学 研 究 科 知 能 情 報 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	Parallel Pipeline Volume Intersection for Real-Time 3D Shape Reconstruction on a PC Cluster (PC クラスタを用いた実時間 3 次元形状復元のための並列パイプライン視体 積交差法)
論文調査委員	(主 査) 教 授 松 山 隆 司 教 授 美 濃 導 彦 教 授 中 村 裕 一

論 文 内 容 の 要 旨

モーションキャプチャシステムを使った、装着マーカを対象とした 3 次元点運動計測ではなく、人間や動物の全身の 3 次元動作をありのままリアルタイムで計測することは、スポーツ解析や舞踊の記録、さらには 3 次元映像を用いた高臨場感通信など幅広い分野において必要とされる基盤技術となっている。

本論文は、分散配置されたカメラ群を持つ PC クラスタによって、多数の異なった視点から対象の動きを撮影し、得られた多視点ビデオから、対象の 3 次元動作をリアルタイムに復元する並列パイプライン処理システムについてまとめたもので、6 章から構成される。

第 1 章では、多視点画像から対象の 3 次元形状を復元する手法について概観し、本論文で提案する手法の基本的考え方、独自性について述べている。

第 2 章では、広い範囲に分散配置されたカメラ群の位置関係を正確に求めるカメラキャリブレーション法として、視点固定型パン・チルトカメラモデルを用いた方法を提案し、実世界を対象とした実験によって高精度キャリブレーションが実現できることを示している。

第 3 章では、撮影された多視点画像から対象の 3 次元形状を計算する手法として、3 次元空間を平行平面群として表し、各平面上での対象の断面形状を求めることによって対象の 3 次元形状を復元する平面ベース視体積交差法を提案し、その計算効率の高さを解析的に示している。さらに、その手法を拡張した部分撮影・3 平面視体積交差法を考案し、平面ベース視体積交差法における原理的問題点が解決できることおよび、計算の更なる効率化が図れることを解析的に示している。

第 4 章では、部分撮影・3 平面視体積交差法に基づいた 3 次元形状復元システムを開発するために、(1)シルエット抽出(2)シルエットの基準平面への投影(3)視体積の生成(4)視体積の変換(5)変換後の視体積の交差 の 5 段階の処理アルゴリズムからなるソフトウェアシステムを設計・開発し、各処理アルゴリズムの計算速度を実データを用いて定量的に評価し、その有効性を明らかにしている。性能評価実験では、カメラによる映像撮影を除くと、9 視点から撮影された人物シルエットを 1 台の PC で処理した場合、空間解像度が 2 cm では約 15ms, 1 cm では約 1 秒, 5mm では 6 ～ 8 秒で処理が行えることが示されている。

第 5 章では、4 章で考案した処理アルゴリズムを並列化し、PC クラスタを用いたリアルタイム 3 次元形状復元を実現するために、次の 2 つの手法を提案している。(1)基準シルエット複製並列アルゴリズム：平行平面群を部分集合に分割し、各部分集合を 1 台の PC に割り当てることによって、各平面上での対象の断面形状計算を並列実行させる。(2)各 PC 内での処理をパイプライン化し、更なる高速化を図る。実験では、人物の多様な動作を実際に撮影し、並列化、パイプライン化の効果を詳細に分析している。更に、並列処理とパイプライン処理をうまく同期させ、処理途中で待ち時間が生じないようにするためのパイプライン構成法について検討し、実用性の高い並列パイプライン処理方式を示している。最終的な性能評価実験では、9 台のカメラによる撮影から始まるオンライン・リアルタイム処理によって、人物動作が 1 cm の空間解像度で毎

秒12フレームの速度でリアルタイム復元できることが示されており、その実用性の高さを実証している。

第6章では、本論文全体について要約するとともに、今後の課題について議論を行っている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、分散配置されたカメラ群を持つPCクラスタによって、多数の異なった視点から対象の動作を撮影し、得られた多視点ビデオから、対象の3次元動作をリアルタイムに復元する並列パイプライン処理システムについてまとめたもので、得られた成果は以下の通りである。

- (1) 25台のカメラ、30台のPCからなるPCクラスタシステムを開発し、視点固定型パン・チルトカメラモデルに基づいたカメラキャリブレーション法を考案することによって、高精度に(5m先で5mmの精度)カメラの位置関係が計算できることを示した。
- (2) 多視点シルエットから対象の3次元形状を復元する効率的なアルゴリズムとして、部分撮影・3平面視体積交差法を考案し、カメラが対象の全体像を撮影できていない場合でも効率的に対象の3次元形状を復元できることを示した。
- (3) 部分撮影・3平面視体積交差法を並列化する方式として基準シルエット複製並列アルゴリズムを考案し、実験によってその有効性を示した。
- (4) リアルタイム処理を実現するため、上記並列アルゴリズムのパイプライン化手法を考案し、実験によって更なる高速化が実現できることを示した。
- (5) 並列処理とパイプライン処理の同期を取り、計算途中における不要な待ち時間の発生を防ぐための、パイプライン処理設計手法を考案し、各種のパイプライン処理方式を用いた実験によってその有効性を示した。
- (6) 以上の研究の結果得られた部分撮影・3平面視体積交差法に基づく並列パイプライン処理システムをPCクラスタ上に実装し、9台のカメラによる撮影から始まるオンライン・リアルタイム処理によって、人物の3次元動作が1cmの空間解像度で每秒約12フレームの速度でリアルタイム復元できることを示した。

以上本論文は、分散配置されたカメラ群を持つPCクラスタによって、対象の動作を多視点映像として撮影し、その3次元動作をリアルタイムに復元するための形状復元アルゴリズム、並列化手法を考案し、人物を対象とした実験によってその有効性を示したもので、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(情報学)の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成17年2月24日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。