

報告番号	甲	第	号
------	---	---	---

## 主 論 文 の 要 旨

論文題目 Example-Based Methods for Estimating 3D Human Pose from Silhouette Image using Approximate Chamfer Distance and Kernel Subspace  
( 近似 Chamfer 距離とカーネル部分空間を用いた例に基づくシルエット画像からの人物姿勢推定法 )

氏 名 曹 暉

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、シルエット画像から三次元人物姿勢を推定するための、例に基づく効率的な手法を提案する。提案手法は、大規模なデータベースからの候補姿勢の検索と、カーネル部分空間を用いた候補姿勢の順位の改善、の2つの段階からなる。

### 研究の背景

単眼画像から三次元人物姿勢を復元する技術は、監視、ビデオ編集/注釈、人間-コンピュータ・インターフェースなどのアプリケーションで重要な役割を果たし、コンピュータビジョン分野における最も重要な研究課題の1つである。人物の姿勢の推定には、奥行き情報の損失、多くの姿勢パラメータ、身体部品のオクルージョン、そして身体寸法の変化などの困難がある。

人物姿勢推定に関する既存手法は、3つに分類される。(1) 三次元モデルに基づく手法、(2) 機械学習に基づく手法、(3) 例に基づく手法である。モデルに基づく手法は時間がかかるとともに、推定精度は姿勢の初期値に依存する。機械学習に基づく手法は推定が速いが、限られた典型的な人間の姿勢だけを対象とする。例に基づく手法は広範囲の人間の姿勢に対処できるが、計算時間とメモリーコストの問題がある。

### 問題の設定

本論文は、任意の視点で得られたシルエット画像から任意の三次元人物姿勢を推定する問題を扱う。身体部品の特徴、衣服パターン、顔パターン又は肌色のような豊かな画像情報を利用しない。しかし、下記用件を前提とする。

1. 身体は画像平面とほぼ平行である。

2. 大きなオクルージョンが無い。

3. 身体の全身は映っている。

#### 提案手法

シルエット画像から三次元姿勢推定する問題では、ほとんどの場合、唯一の最適解を得ることは難しい。そこで、本論文は、少数のもっともらしい候補姿勢を取得することを目指す。まず、画像類似度によって大規模なデータベースから候補姿勢を選び出す。つぎに、候補姿勢と入力画像との関連度を求め、それによる順位と画像類似度による順位とを総合して最終順位を決める。

**大規模データベースの構築** 多種多様な人間の三次元姿勢データとそのシルエット画像を蓄積する大規模データベースを構築する。姿勢データを上半身に分けて2つの半身姿勢データベースを作成する。半身姿勢の方向および近接性に基づいて半身組合せ制約表を求める。半身組合せ制約表に従って、数百万の全身姿勢サンプルを作成し、大規模なデータベースを構築する。

**近似 Chamfer 照合** Chamfer 距離は、シルエット画像を比較するために、良く使われる効率的なアルゴリズムである。しかし、Chamfer 距離は、他の高性能な画像照合アルゴリズムと同じく、大規模なデータベースを扱うことが不可能である。そこで、2つの高速的な近似 Chamfer 照合アルゴリズムを提案する。

第1の方法は固有 Chamfer 距離である。固有 Chamfer 距離は、距離変換を固有空間へ射影した低次元表現を用いて、Chamfer 距離を近似的に計算する。評価実験により、固有 Chamfer 距離は Chamfer 距離に近い精度を得るとともに、高速に照合できることを示した。

第2の方法は結合 Chamfer 距離である。結合 Chamfer 距離は、半身データベースから、入力画像と部分的に類似する候補半身姿勢を検索する。そして、半身組合せ制約に従って、有効な半身姿勢組合せを選び出す。選ばれた半身姿勢組合せは、さらに入力画像と全体的に比較することによって、更なる評価を行う。評価実験により、この方法は計算的にとても効率的で、数百万のデータベースを実時間で照合できることを示した。

**カーネル部分空間** 画像類似性は、望ましい姿勢類似性と必ずしも一致しない。入力画像が、身体の寸法や衣服の違いなどの原因により、データベース画像と異なるとき、関連姿勢が過小評価され、無関係な姿勢が過大評価されることがある。従って、他の補足的な知識を用い、候補姿勢の順位を改善する必要がある。

非線形部分空間に基づいて画像と姿勢間の関連性を計算する手法を提案した。カーネル主成分分析法(KPCA)とカーネル正準相関分析法(KCCA)を用いて、姿勢と画像とを結び付けた非線形部分空間を学習する。KPCA法で部分空間射影の損失量とKCCA法で部分空間射影の相関値に基づいて、入力画像と候補姿勢の関連度

を計算する。候補姿勢は、関連度による順位と画像類似度による順位を組合わせた総合的な順位を付けられる。

## 論文の構成

本論文は6つの章から構成される。

序論では、本研究の目的と概要について述べている。

第2章では、関連分野を概観し、モデルに基づく手法、機械学習に基づく手法、そして例に基づく手法を紹介する。モデルに基づく手法については、さらにトップダウンとボトムアップに分けて説明している。

第3章では、大規模な姿勢データベースの構築について述べている。蓄積された三次元姿勢データから、半身姿勢データベースを作成する。半身姿勢の有効な組合せによって数百万の姿勢サンプルを含む大規模なデータベースを構築する。

第4章では、大規模なデータベースから入力画像に類似する候補姿勢を検索するための、2つの高速な画像照合アルゴリズム、すなわち、固有 Chamfer 距離法と結合 Chamfer 距離、の詳細を述べている。人工画像及び実画像を用いた実験により、提案方法の有効性と効率性を示している。

第5章では、候補姿勢の順位を改善するために、カーネル部分空間による順位付け法を述べている。カーネル主成分分析法 (KPCA) とカーネル正準相関分析法 (KCCA) を用いて、姿勢と画像とを結び付けた部分空間を学習する。それに基づいて、候補姿勢と入力画像との関連度を求める。関連度による順位と画像類似度による順位をあわせて、候補姿勢の総合的な順位を得る。人工画像実験により、候補姿勢の順位を変えた前後の推定精度の変化を示す。

第6章は結論で、本研究の成果を述べ、今後の課題についてまとめる。