

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2006～2009

課題番号：18300068

研究課題名（和文） 大規模なヒューマンデータの知的探索と再利用

研究課題名（英文） Smart retrieval and recycling of large-scale human data

研究代表者

栗山 繁 (KURIYAMA SHIGERU)

豊橋技術科学大学・工学部・教授

研究者番号：20264939

研究成果の概要（和文）：人体の動作や形状を計測して大規模に蓄えられたデジタルデータ集合に対し、所望のデータを探し出す技術とそのデータを様々に役立てる再利用技術を開発した。動作データの探索に関しては世界最高の性能を達成し、規則の導出に基づく新たな探索機構も開発した。一方、形状データの探索に関しても特徴量の学習に基づく各種手法を開発し、世界最高クラスの性能を達成した。また、再利用技術を用いた種々のアプリケーションを開発した。

研究成果の概要（英文）：We have developed a retrieval and recycling techniques for a large-scale dataset of measured motions and shapes of human body. We have achieved the highest performance on motion retrievals, and introduced rule-based motion detection. On the other hand, we have developed various methods for retrieving 3D shapes on the basis of feature learning, and also achieved the highest-class performance. Moreover, data-recycling techniques have been introduced to a variety of applications.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	6,800,000	0	6,800,000
2007年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009年度	1,700,000	510,000	2,210,000
年度			
総計	14,500,000	2,310,000	16,810,000

研究分野：デジタルヒューマン、コンピュータグラフィクス、3次元データ処理・検索

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：ヒューマンデータ、大規模データの検索、人体動作・形状データの利活用

## 1. 研究開始当初の背景

## (1) 研究課題の必要性と目的

人間の動きや形状を実測したデータ（以後、ヒューマンデータと呼ぶ）は、商品や生活・作業環境の人間工学的な評価、熟練工の作業や伝統舞踊の伝承等の視覚教材、および健康

管理や豊かなコミュニケーションのための道具等の、多岐にわたる応用が考えられる。

ヒューマンデータが大規模に蓄えられるに従ってデータの再利用技術が重要となるので、本研究課題では人体の知的な検索機能と高度なデータ処理機能を考案し、データを有効活用するための基盤技術を開発する。

## (2) ヒューマンデータ検索の研究動向

動作データの検索は、データ間の類似度を計算した値を用いてカテゴリを識別することに相当する。近年では身体部位の幾何学的関係から人体運動の特徴量を抽出して類似度を判定する手法や、その特徴量のテンプレート学習を用いて、カテゴリ動作との類似度を計算する手法等が提案されている。

一方、3次元物体の検索に関しては、工業部品の様な人工物の形状に対する検索手法が多く提案されているが、人体のような丸みを多く含む複雑な形状を対象とした手法は未だ発展途上の段階である。近年では各種の特徴学習や多次元空間の探索を導入した様々な手法が提案されている。さらに、性能評価用の共通データ集合や特定クラス別の世界的な性能コンテスト (SHREC) 等、その研究基盤の整備が進んでいる。

## 2. 研究の目的

本研究課題では、大量に蓄積した動作や形状等のヒューマンデータから新たな価値を生み出して多方面で利用するために、以下の基盤技術を開拓する。

### (1) データの知的な探索技術

ヒューマンデータの検索に適した特徴量の抽出方法やカテゴリの学習・識別方法。また、特徴を反映したメタデータの自動付与とそれに基づく検索と再利用手法の開拓。

### (2) データの柔軟で簡略な再利用技術

検索されたヒューマンデータの自動的な変換や合成等の技術開発。また、直観的な可視化手法を用いた対話的な操作および編集用インタフェースの開発。

## 3. 研究の方法

### (1) ヒューマンデータの特徴解析

収集した人体動作と形状のデータに対し、特徴量を計算するソフトウェアを開発する。動作データに関しては、人体骨格の大きさや関節定義の相違に影響されない、汎用的な動きの記述子を設計し、その共通的な形式への自動的な変換機構を開発する。形状データに関しては、人体形状の微妙な差異を分類できるような特徴量の計算と、その識別方法を考案する。

### (2) メタデータを用いたデータ検索

意味的特徴を自動判別する機構を開発し、その特徴に基づき自動生成するメタデータを大規模なヒューマンデータに付与し、簡略かつ直観的な手掛かりを与えてデータ収集するための検索技術を開発する。動作データ

に関しては、幾何学的特徴量を動作生成規則として変換したものに時間的特徴量を組み込む事により、データ検索の規則を柔軟に編集できる機構を開発する。一方、形状データに関しては多次元の複合的な特徴量をメタデータ化し、機械学習を用いて形状を検索する機構を開発する。

### (3) ヒューマンデータの再利用技術

検索して取得したデータ群を多様な用途で利活用できるように、人体や環境の差異に影響を受けない、ヒューマンデータの変換と合成機構を開発する。動作データに関する再利用技術に関しては、可視化の技術を導入したデータの直観的な編集方法やデータ量の圧縮方法等を開発する。一方、形状データに関しては、手指を中心とした形状の個人差の分析に基づく応用技術等を開発する。

## 4. 研究成果

### (1) 人体動作データの検索技術

#### ① 特徴学習を用いた検索手法

動作データの高速な検索技術を、ブースティングと呼ばれる学習法とカスケード接続された識別子群を用いて開発した。さらに、その技術を発展させて、集団学習法の一つであるランダムフォレスト法を用いてデータを高精度に検索する手法を開発した。

本手法によって個別データ間の類似度の定量化が可能となり、ランキング検索等の機能が実現された。さらに、検索精度 (F 値) と学習効率においても、既存の手法の性能を上回った (図1参照)。

その研究成果は国内の複数の学会で発表され、関連する研究会で優秀発表賞も授与された。また、国内学会に投稿した学術論文が審査中である。

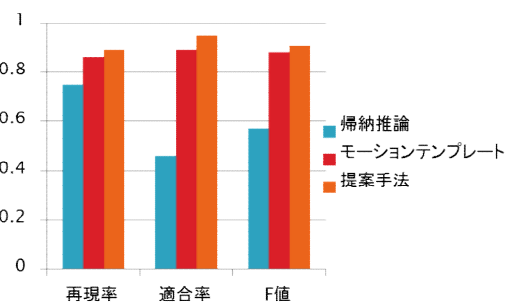


図1. 検索性能の既存手法との比較

#### ② セマンティックな検索

動作データの意味に基づく検索の基盤技術として、帰納論理プログラミング言語を用いた動作の分類規則導出機構を開発した。また、この導出機構を用いて動作データを意

味に基づき検索するシステムを開発した。

既存手法は数値的な類似度の計算に基づくため、意味的な照合には不向きであったが、本研究によって動作規則の類似性に基づく検索が実現され、規則操作によって検索結果を意図的に制御できる様になった。

その研究成果は国内外の学会で発表し、電子情報通信学会英文誌への掲載が決定した。

## (2) 人体動作データの再利用技術

### ① 動作データの多重解像度表現

多重線形解析でのテンソル分解を用いたデータの詳細度制御に基づいた補間手法を開発した。その研究成果は国際会議で口頭発表され、国内学術雑誌にも掲載された。

### ② モーションデータのアニメ化

動作データをアニメーション風の動きに変換するソフト(図2参照)を開発し、テレビアニメーション「のだめカンタービレ」の指揮シーンの制作に実際に利用された(図3参照)。その研究成果は国内外の学会で口頭発表し、開発したシステムは業界紙と全国紙で紹介され、国内学会の招待論文にも採択された。

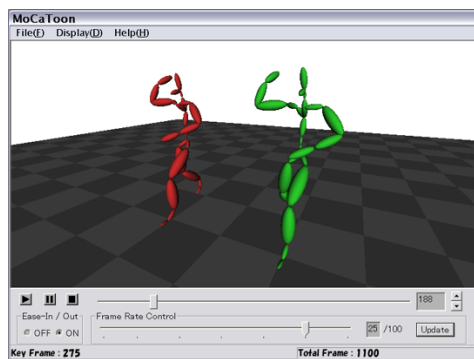


図2. モーションデータのアニメ風変換器

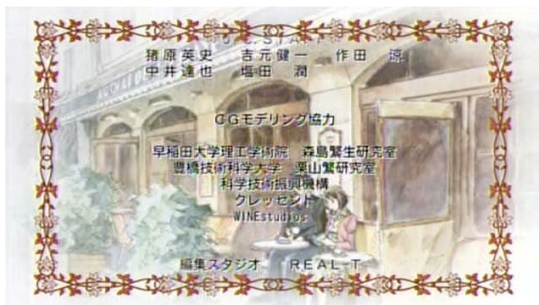


図3. テレビ放映番組でのクレジット

### ③ タイムライン型編集インターフェース

時系列で表示された姿勢アイコンを直接操作して、タイミングや継続時間、および手先や足先の軌道等を直接的に編集できるグラフィカルなインターフェース(図4参照

)を提案した。本手法により、従来の編集インターフェースでは不可能であった、複数の互いに類似した動作部分に対する繰り返し編集作業の自動化が可能となった。その研究成果は、アニメーション分野で著名な国際会議で口頭発表した。

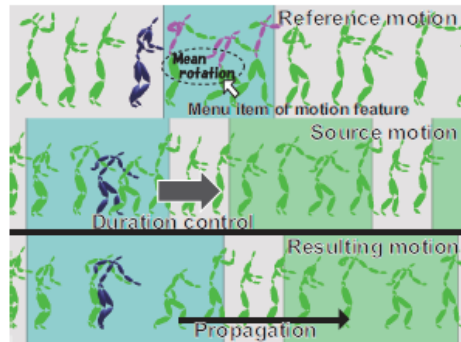


図4. 動作データのタイムライン型編集

### ④ その他

事故や災害の際の実際の動きのデータをスタントマンの演技で系統的に計測した。そして、そのデータを事故シーンの可視化に活用するための基盤技術を開発した(図5参照)。

その研究成果は国内の会議で口頭発表した。現在も引き続き、移動動作と事故動作の自動的な遷移機構等を開発中である。



図5. 事故動作のアニメーション

## (3) 人体形状データの検索技術

### ① 多重解像度特徴の多様体学習

形状データに距離尺度を導入して、検索性能を向上させる手法を開発した。また、検索の対象とするデータベースに含まれる形状の特徴量群からそれらに固有の部分空間を教師無しで学習する手法を提案し、非線形な部分空間を推定する多様体学習手法を導入した。多重解像度での特徴計算手法と組み合わせた際の性能を3次元形状検索

コンテスト SHREC2006 に準じて評価した結果、1位の手法とほぼ同等の検索性能を示すことができた。

#### ② セマンティックに基づく多様体学習

視覚的に顕著な局所的特徴を用いた検索手法と、セマンティック(意味)に基づく多様体学習を用いた検索結果のランキング手法、およびスケール量に対して不変な特徴量変換アルゴリズムを用いた複数の特徴量に基づく検索技術を開発した。これらの研究成果は3種の国際会議で発表された。さらに、形の持つ意味を3次元形状モデルの検索に反映させるため、モデルにあらかじめ付与された複数種類の意味ラベルを一括してオフライン学習する手法を提案した。この手法のヒューマンデータに対する有用性を検証するために、SHREC2007の3次元顔モデルの検索部門の手順で評価したところ、1位の参加者を大幅に上回る性能を得た。

#### ③ 複合特徴量を用いた形状検索

周辺強調画像を含んだ4つの特徴量を統合した複合特徴量を定義し、これらの特徴量に正対・正規化処理を施した後に周波数スペクトルの低周波成分だけを取り出した圧縮表現を導入した。さらに、この手法に基づいた検索システムをWeb上に開発し、同時にWebブラウザから適当なスケッチを書いて物体を検索できるインタフェースをAjaxの開発環境を用いて構築した。このシステムは現在、豊橋技術科学大学・情報工学系・知識情報データ処理研究室のホームページに公開されている。さらに、この複合特徴量を用いた手法を隣接面情報に基づく類似検索手法に拡張した研究成果が、国内の学術雑誌に掲載された。

#### ④ 手指の変形データの解析

手指の形状データを解析し、その標準的な寸法や変動軸を解析し、手で操作する製品の設計に利用するシステムを開発した。人体の表皮形状、動き、および主観的評価の変化を機能的人間モデルとして構築する手法を国際会議で発表した。また、指の曲げに伴う手表皮の動きの解析を国際的な学術雑誌で発表した。

#### (4) その他の社会活動

電子情報通信学会と情報処理学会が共催する情報科学技術フォーラムにおいて、パネル討論会「モーションキャプチャ技術の今後と新エンターテインメントの展望」を主催し、動作データの技術に関する最新技術の紹介と、意見交換および交流の場を設けた。

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計8件:解説記事2件を含む)

- ① Tomohiko Mukai, Ken-ichi Wakisaka and Shigeru Kuriyama, Generating Concise Rules for Human Motion Retrieval, IEICE Transaction Information and System, 査読有、掲載決定、2010
- ② Atsushi Tatsuma and Masaki Aono, Multi-Fourier spectra descriptor and augmentation with spectral clustering for 3D shape retrieval, Visual Computer, 25(8), 785-804 頁、査読有、2009
- ③ 向井智彦, 栗山繁, テンソル近似を用いた動作補間の多重解像度制御、電子情報通信学会論文誌、J91-D(12)巻、2973-2982 頁、査読有、2008
- ④ 森島繁生, 栗山繁, 川本真一, キャラクターアニメーション制作の高能率化手法、映像情報メディア学会誌、62巻、156-160 頁、査読有、2008
- ⑤ 立間淳司, 関洋平, 青野雅樹, 大淵竜太郎, 多重フーリエスペクトル表現に基づく3次元モデルの形状類似検索、電子情報通信学会論文誌、J91-D巻、23-36 頁、査読有、2008
- ⑥ 立間淳司, 青野雅樹, 多様体ランキングを用いた三次元物体の形状類似検索、情報処理学会論文誌、49巻、3670-3681 頁、査読有、2008

[学会発表] (計54件)

- ① Tomohiko Mukai, Shigeru Kuriyama, Pose-Timeline for Propagating Motion Edit, ACM SIGGRAPH/Eurographics Symposium on Computer Animation (SCA09), 2009/8/1, New Orleans, USA
- ② Ryutarou Ohbuchi, Kunio Osada, Takahiko Furuya, and Tomohisa Banno, Salient local visual features for shape-based 3D model retrieval, Shape Modeling International (SMI), 2008/6/5, Stony Brook, NY
- ③ Yui Endo, Satoshi Kanai, Takeshi Kishinami, Natsuki Miyata, Makiko Kouchi, Masaaki Mochimaru, A Computer-Aided Ergonomic Assessment and Product Design System Using Digital Hands, Lecture Note on Computer Science (LNCS\_4561) (First International Conference on Digital Human Modeling), vol. 4561, pp. 833-842, 2007/7/22, Beijing, China
- ④ Tomohiko Mukai, Ken-ichi Wakisaka, and Shigeru Kuriyama, Rule-based Retrieval of Human Motion Data Using Inductive Logic Programming, ACM SIGGRAPH / Eurographics Symposium on Computer Animation (SCA07), 2007/8/3, San Diego, USA

⑤ Tomohiko Mukai and Shigeru Kuriyama,  
Multilinear Motion Synthesis Using  
Geostatistics, Eurographics/ ACM SIGGRAPH  
Symposium on Computer Animation (SCA06)、  
2006/9/3、Vienna, Austria

〔図書〕(計1件)

① 栗山繁, 向井智彦、知識ベース・知識の  
森 S3群7編 感性・マルチモーダル情報  
処理 6章運動の分析合成、9頁、社団法人・  
電子情報通信学会、掲載決定、2010

〔その他〕

新聞掲載(計2件)

① 映像新聞「CG キャラクター量産可能」平  
成19年3月5日号  
② 朝日新聞「人の動き よりアニメらしく」  
平成19年6月4日号日刊(全国版科学面)

アウトリーチ活動(計2件)

① 銀河鉄道物語(プロトタイプ)平成19  
年  
② のだめカンタービレ(民放テレビ制作)  
平成20年9月～12月放映

受賞(計1件)

① 情報処理学会グラフィクスとCAD研究  
会・優秀研究発表賞

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

栗山 繁 (KURIYAMA SHIGERU)  
豊橋技術科学大学・工学部・教授  
研究者番号: 20264939

### (2) 研究分担者

大淵 竜太郎 (OHBUCHI RYUTAROU)  
山梨大学・医学工学総合研究部・教授  
研究者番号: 80313782

(H19→H20: 連携研究者)

青野 雅樹 (AONO MASAKI)  
豊橋技術科学大学・工学部・教授  
研究者番号: 00372540

(H19→H20: 連携研究者)

持丸 正明 (MOCHIMARU MASA AKI)  
独立行政法人産業技術総合研究所・デジタ  
ルヒューマン研究センター・副センター長  
研究者番号: 90358169

(H19→H20: 連携研究者)