

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 25 年 5 月 24 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2012

課題番号：22300195

研究課題名(和文) 形状相関マップによるビジュアルフィードバックを用いた指文字発話練習システムの開発

研究課題名(英文) A practical system of learning finger alphabets with visual feedback using a shape correlation map

研究代表者

福井 和広 (Fukui Kazuhiro)

筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号：40375423

研究成果の概要(和文)：呈示された指文字と 41 種類の模範指文字の形状類似度を非線形カーネル直交相互部分空間法(KOMSM)により測り、得られた類似度に基づいて、呈示文字と辞書の形状関係を 3 次元的に表示する形状相関マップを開発した。またこの形状相関マップによるビジュアルフィードバックを備えた指文字発話練習システムを試作し、その有効性を検証した。

研究成果の概要(英文)：We developed visual feedback function with a shape correlation map, which indicates the relationship of 3D shapes between an input and referenc finger alphabets, and then confirmed the effectiveness of the proposed feedback. We made the prototype of a practical system of learning finger alphabets with the proposed visual feedback.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|------------|-----------|------------|
| 2010年度 | 5,500,000 | 1,650,000 | 7,150,000 |
| 2011年度 | 4,200,000 | 1,260,000 | 5,460,000 |
| 2012年度 | 3,600,000 | 1,080,000 | 4,680,000 |
| 総計 | 13,300,000 | 3,990,000 | 17,290,000 |

研究分野：画像認識

科研費の分科・細目：人間医工学，リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：指文字，手形状認識，手話認識，多視点動画像，物体認識

1. 研究開始当初の背景

重要なコミュニケーション手段である手話の見出し語は 4800 語しかなく、これに含まれない人名、地名、外来語、専門用語などは、日本語 50 音に対応した指文字(74 種類)を用いて表現される。このため手話学習者にとって指文字の取得は必須と言える。指文字の自学習手段としては、指文字表や“ゆびもじ練習あいうえお”ソフトのようなアニメーションを見ながら行う方法が一般的である。しかし、このような一方向の学習では指文字を言語として記憶することが困難である。この大きな要因として、提示した指文字の何処が間違っているのかを学習者自身で

うまく把握できない事が挙げられる。

このような背景から双方向型の指文字発話練習システムの開発が切望されており、幾つかの練習システムが試作されている。それらの基本的な流れは、データグローブ、カラーグローブ、3次元レンジファインダーなどの特殊なデバイスを用いて、提示された指文字形状を測る、あるいは事前に用意された 3次元モデルと比較し、それに基づいて学習者に修正指示を出すというものである。この問題点としては特殊デバイスを使用するために学習者の動きを拘束する点や、学習者毎に面倒なキャリブレーションが必要な点が挙げられる。カメラを用いた方法も提案されて

いるが、1枚の単視点画像に基づくために形状復元の安定性に欠け、微妙な形状差を検出できる精度ではなかった。さらに従来法では、学習者へのフィードバックは正否の結果表示、あるいは混同された指文字の呈示のみであり、改善の余地が多分にあった。

以上を整理すると、指文字発話練習システムの開発において検討すべき観点は、(A)学習者が提示した文字と模範指形状との微妙な差異を如何に測るか、(B)学習者が適切に誤りを修正できるように形状差異を如何にフィードバックするかの2つであった。

2. 研究の目的

本研究では、学習者が提示した指文字と41種類の模範指文字との3次元形状類似度を多視点動画パターン認識で測り、その相対関係を3次元的にリアルタイム表示する形状関連マップを開発する。次にこの形状マップを用いて、提示した指文字が正しいか、どの指文字と混同され易いか等を、学習者自身が直感的かつ大局的に把握でき、それに応じて指形状を適切に修正できる指文字発話練習システムを試作する。

3. 研究の方法

(1) 多視点(距離)動画像を用いた形状類似度の算出：

カーネル非線形直交相互部分空間法(KOMSM)と呼ばれる方法を用いて、複雑な形状を持つ指文字同士の3次元形状の類似度を求める。具体的には、図1に示すように、比較する2つの指文字の多視点(距離)画像をそれぞれ通常カメラあるいはKinectなどの距離センサにより獲得する。次に獲得した各距離画像セットをカーネルトリックに基づく非線形主成分分析(kernel PCA)により、それぞれ超高次元ベクトル空間中の低次元の非線形部分空間1と2で表す。ここで識別性能を高めるためにクラス非線形部分空間同士を予め直交化しておく。識別時には入力部分空間と直交化された非線形部分空間との成す正準角を類似度とする。

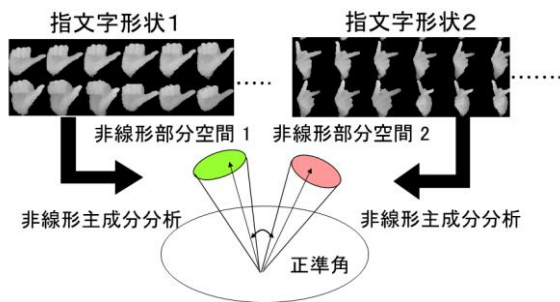


図 1

(2) KOMSMの高速化：

KOMSMは極めて高い識別性能を有する反面、カーネル関数を利用しているために、入力画像と全学習画像との内積計算、およびデータ数に比例したサイズの行列の固有値問題を解く必要がある。この膨大な計算量を削減するために、学習データ数をk-meansクラスタリングを用いて削減する。この方法ではクラスタリングにより求まる各クラスに属するデータ数を重みとして、各クラスの中心パターンのみを非線形写像することで、計算量の大幅な削減を可能とする。

(3) 形状関連マップの生成：

入力指文字形状と各辞書指クラス形状との類似度から形状関連マップを生成する方法を開発する。先に述べたように指文字形状間の類似度は、それらに対応する2つの部分空間の成す正準角に基づいて測る。この類似度から求めた指文字形状間の距離行列に、多次元尺度構成法(MDS)を適用して、指文字形状の類似関係を2次元あるいは3次元空間で可視化する(図2参照)。この際、辞書指形状に関する距離行列は予め求まるので、それらの形状関連マップは事前に作成可能である。しかしながら、新たに呈示された指文字をこの形状関連マップに配置する場合、距離行列を再度作成し直し、MDSを計算する必要があるために、本研究で目指すリアルタイム処理の実現が難しくなる。さらにMDSの計算の度に、表示軸や視点が変化してしまうために、フィードバック機能としてはこのままでは使い難い。そこで、本研究では、辞書指形状に対するMDSマップだけは予め作成しておき、新たに呈示された入力指形状については、図2に示すように、入力指形状とそれに最も類似した3つの辞書指形状との相対的な位置関係に基づいて配置・表示する。

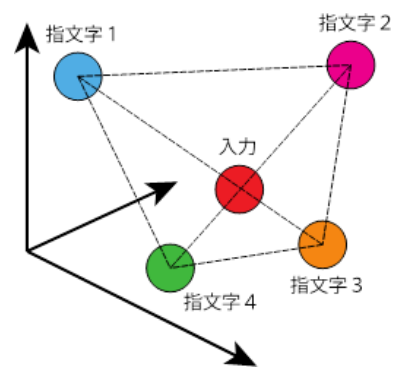


図 2

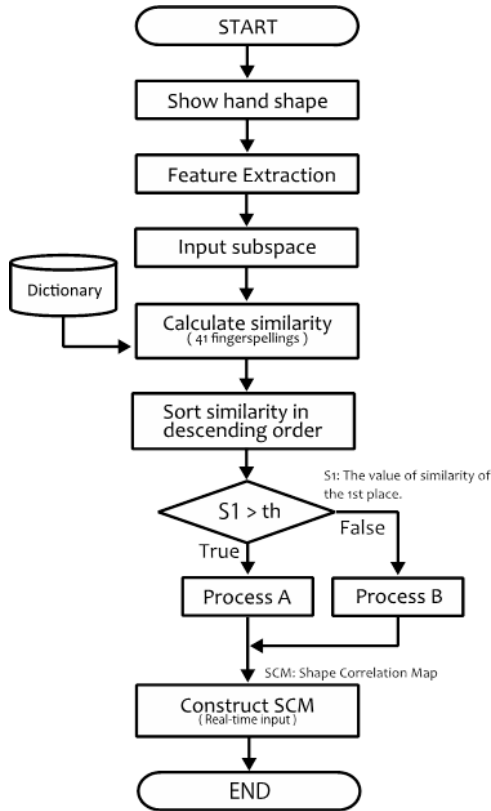


図 3

(4) 処理の流れ：

図 3 に手形状が入力されてからフィードバックが行われるまでの処理の流れを示す。まず、連続画像が入力されると、それに対して特徴抽出が行われ、これを用いて入力指文字と各辞書指文字の類似度が KOMSM により求められる。求めた類似度をその値が高い順にソートして、上位 3 つ、指文字形状 1~3 を選択する。これらの指文字形状の位置情報は、入力指文字を形状相関マップの何処に配置するかを決定するために用いる。予備実験で決めたしきい値 th と指文字形状 1 の類似度値 S_1 を比較し、その結果に基づいて「Process A」と「Process B」の場合分けを行う。前者では指文字形状 1 の位置に入力指文字を配置・表示する。後者の場合は指文字形状 2 と指文字形状 3 の間に両者の類似度を比とした内挿点に配置する。

(5) 形状相関マップのインタフェース：

形状相関マップの画面構成は図 4 に示すように 2 画面とし、一方には辞書登録された指文字全て (41 文字の清音指文字) を 3 次元 MDS マップとして表示し、もう一方には入力付近のみを拡大したマップを表示する。このような構成にすることで、呈示した指文字と各辞書指文字との類似関係を大局的に把握することができ、同時に入力付近のみを拡大

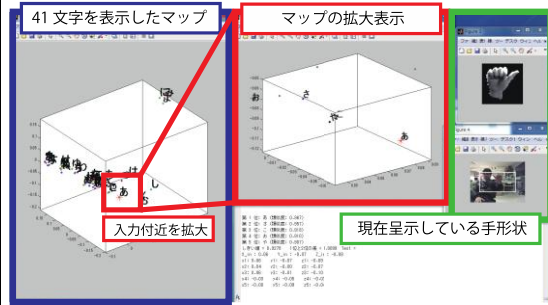


図 4

表示したマップを通して、より詳細な類似関係を把握することができる。

(6) 形状相関マップの有効性の検証：

指文字形状の形状相関マップが人の手による指文字の形状分類とどの程度一致しているかを調べることで相関マップの有効性を検証する。

(7) ビジュアルフィードバック機能付きのリアルタイム指文字練習システムの試作：

距離センサ (Kinect (マイクロソフト社) や DS325 (Softkinect 社) により得られる多視点距離動画像を入力として、形状相関マップによるビジュアルフィードバックを備えた指文字発話練習システムを試作し、リアルタイムでの基本動作の検証を行う。また、システムに呈示指形状の誤りをユーザにフィードバックする機能を組み込み、その有効性を検証する。

4. 研究成果

本研究では以下の研究成果を得た。

(1) カーネル非線形直交相互部分空間法 (KOMSM) の計算量を、k-means クラスタリングを用いて大幅に削減する方法を開発し、指文字認識の処理速度を約 10 倍高速化することに成功した。

(2) マルチカメラシステムにおいて入力カメラの組合せを機械学習の枠組み (アダプスト) を用いて最適的に選択することで、カーネル関数を用いず、計算量の少ない線形部分空間を用いて非線形識別と同等の高い識別性能を実現した。

(3) 50 名から収集した図 5 に示す 30 種類の指形状画像に対してカーネル非線形直交相互部分空間法を適用して、95.3% の識別率を得た。

(4) 距離センサー (Kinect あるいは DS325) を入力デバイスとして、図 6 に示すようなリアルタイム指文字発話練習システムを試作した。使用者本人の指文字形状を事前学習し

た場合には、基本となる 41 種類の指形状をほぼ 100%で識別できた。他人の指形状で学習した場合には識別性能は低下したが、学習する人数の増加に比例して識別性能が向上していることから、学習人数を増やすことで実用的な識別率を実現できると思われる。

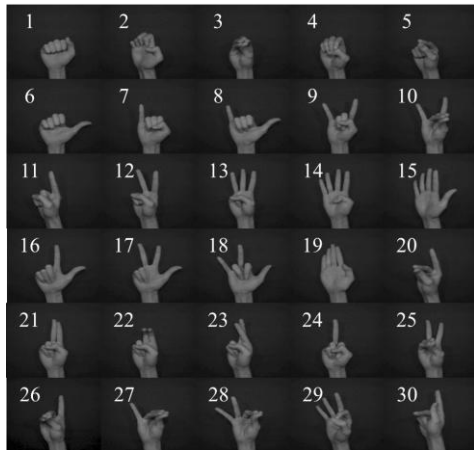


図 5

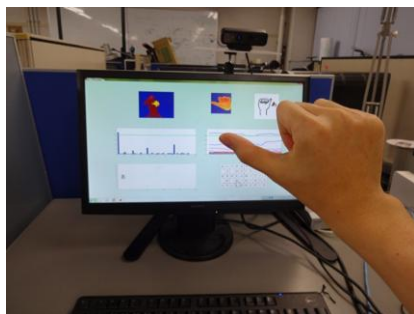


図 6

(5) 多次元尺度構成法を用いて形状関連マップを構築し、これを用いたリアルタイムのフィードバック表示機能(図7)を試作し、その有効性を6種類の類似指文字を用いた動作検証により確認した。また初学者が間違えやすい指形状を検知して、それに応じたメッセージを出す機能(図8)を実装し、その有効性を確認した。

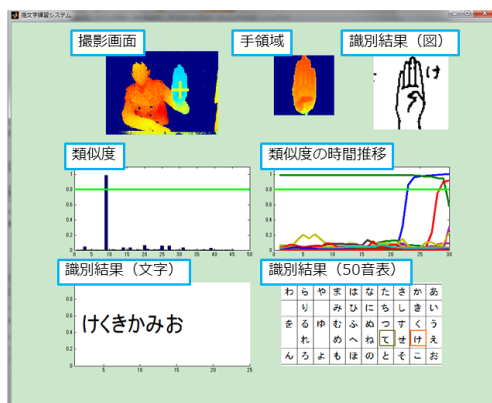


図 7

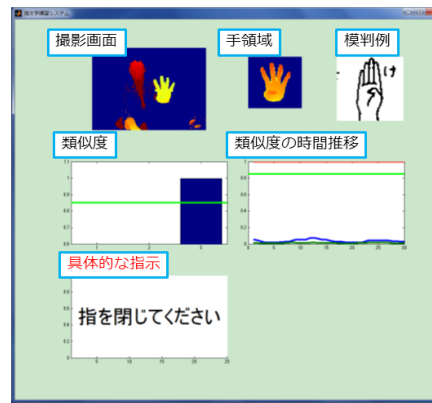


図 8

(6) 階層的クラスタリングを用いて、図9に示す41種類の3次元指形状のデンドログラムを生成し、これと専門家による分類結果とを比較した結果、提案法の核である正準角を用いた指文字の形状類似度は、人間の直感とほぼ合致していることを確認できた。

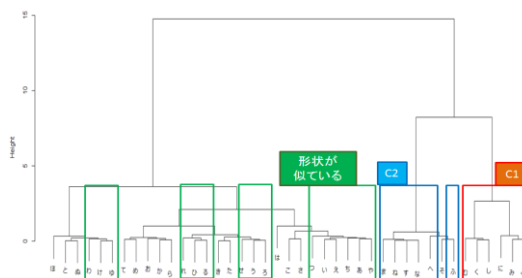


図 9

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13件)

- ① 田中 陽土, 高林 大輔, 瀬戸山 浩平, 大川 泰弘, 加藤 伸子, 福井 和広, 岡崎 彰夫, “Kinect を用いた指文字練習システムにおける識別処理の検討”, 第096回ヒューマンインタフェース学会研究会, SIG-AT-04, Vol.15, No.2, pp.29-34, 2013年3月. 査読無
- ② 瀬戸山 浩平, 高林 大輔, 田中 陽土, 大川 泰弘, 加藤 伸子, 福井 和広, 岡崎 彰夫, “Kinect を用いた指文字練習システムにおけるリアルタイムフィードバック表示の検討”, 第096回ヒューマンインタフェース学会研究会, SIG-AT-04, Vol.15, No.2, pp.35-40, 2013年3月. 査読無

- ③ 福井 和広, 大川 泰弘, 加藤 伸子, 岡崎 彰夫, “複数視点からの画像を用いた手形状識別”, 信学技報 HIP, vol. 112, no. 483, HIP2012-85, pp. 59-64, 2013 年 3 月. 査読無
- ④ 高林 大輔, 大川 泰弘, 瀬戸山 浩平, 田中 陽土, 加藤 伸子, 岡崎 彰夫, 福井 和広, “フィードバック機能を備えた指文字練習システムの試作”, 信学技報 HIP, vol. 112, no. 483, pp. 79-84, 2013 年 3 月. 査読無
- ⑤ 高林 大輔, 福井 和広, “手形状の多視点距離画像を用いた個人認証”, SSI2012, IS1, pp. 12, 2012 年 6 月. 査読無
- ⑥ 田路 賢太郎, 瀬戸山 浩平, 大川 泰弘, 加藤 伸子, 岡崎 彰夫, 福井 和広, “手形状 CG を用いた Adaboost による指文字の認識”, 信学技報 WIT 研究会, 111(472), pp. 7-12, 2012 年 3 月. 査読無
- ⑦ 瀬戸山 浩平, 田路 賢太郎, 大川 泰弘, 加藤 伸子, 福井 和広, 岡崎 彰夫, “画像認識を用いた指文字練習システムにおけるビジュアルフィードバック方法の提案”, 信学技報 WIT, vol. 111, no. 472, pp. 1-5, 2012 年 3 月. 査読無
- ⑧ Y. Ohkawa, K. Fukui, “Hand Shape Recognition Using the Distributions of Multi-Viewpoint Image Sets”, IEICE Transactions on Information and Systems, 95-D(6): 1619-1627, 2012. 査読有
- ⑨ M. P. Martorell, K. Fukui, “Both-hand Gesture Recognition Based on KOMSM with Volume Subspaces for Robot Teleoperation”, IEEE-Cyber2012, pp. 191-196, 2012. 査読有
- ⑩ Y. Ohkawa, Chendra Hadi Suryanto, K. Fukui, “Image-set based Hand Shape Recognition based on Camera Selection Driven by Multi-class Adaboosting”, ISVC2011, 6939, pp. 555-566, 2011. 査読有
- ⑪ Y. Ohkawa, Chendra Hadi Suryanto, K. Fukui, “Fast Combined Separability Filter for Detecting Circular Objects”, The twelfth IARP

conference on Machine Vision Applications (MVA) 2011, pp.99-103, 2011. 査読有

- ⑫ 福井 和広, 田路 賢太郎, 大川 泰弘, “複数視点画像の分布に基づく手形状認識”, 信学技報 HIP, ヒューマン情報処理 110(422), 23-28, 2011 年 2 月. 査読無
- ⑬ 田路 賢太郎, 大川 泰弘, 加藤 伸子, 福井 和広, “指文字認識システム構築における手形状 CG を用いた学習”, 信学技報 WIT, 福祉情報工学 110(164), pp. 1-6, 2010 年 7 月. 査読無

[学会発表] (計 12 件)

- ① 高林 大輔, 大川 泰弘, 瀬戸山 浩平, 田中 陽土, 加藤 伸子, 岡崎 彰夫, 福井 和広, “フィードバック機能を備えた指文字練習システムの試作”, 信学技報, vol. 112, no. 483, HIP2012-90, 2013 年 3 月 13 日. 産業振興会館(沖縄県)
- ② 福井 和広, 大川 泰弘, 加藤 伸子, 岡崎 彰夫, “複数視点からの画像を用いた手形状識別”, 信学技報, vol. 112, no. 483, HIP2012-85, 2013 年 3 月 12 日 (招待講演). 産業振興会館(沖縄県)
- ③ M. P. Martorell, K. Fukui, “Both-hand Gesture Recognition Based on KOMSM with Volume Subspaces for Robot Teleoperation”, IEEE-Cyber2012, 2012 年 5 月 27 日-31 日. バンコク(タイ)
- ④ Y. Ohkawa, Chendra Hadi Suryanto, K. Fukui, “Image-set based Hand Shape Recognition based on Camera Selection Driven by Multi-class Adaboosting”, ISVC2011, 2011 年 9 月 27 日. ラスベガス(米国)
- ⑤ 福井 和広, 田路 賢太郎, 大川 泰弘, “複数視点画像の分布に基づく手形状認識”, 電子情報通信学会技術研究報告 HIP, ヒューマン情報処理 110(422), 23-28, 2011 年 2 月 21 日. (招待講演) 沖縄国際大学(沖縄県)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

福井 和広 (Fukui Kazuhiro)
筑波大学・システム情報系・教授
研究者番号: 40375423

(2)研究分担者

岡崎 彰夫 (Okazaki akio)
筑波技術大学・産業技術学部・教授
研究者番号：20516679

加藤 伸子 (Kato Nobuko)
筑波技術大学・産業技術学部・教授
研究者番号：90279555