

多変量関数主成分分析とクラスタリングを用いた 手話学習支援システムの構築

高須 優[†] 西田 昌史[†] 澤木 大輔[†] 荒木 由布子[‡] 西村 雅史[†]

静岡大学[†] 東北大学[‡]

1. はじめに

聴覚障がい者がコミュニケーションを行う手段の一つとして手話がある。現状、手話を独学で学習する手段は限られている。独学で手話を学習する手段の多くは本やDVDであり、これらでの学習はフィードバックがない。先行研究には結果をフィードバックする学習システムも存在するが十分なフィードバックをできているわけではなく改善の余地があると考えられる。

先行研究として Web カメラで撮影した学習者の手話動画とあらかじめ撮影したお手本となる人の手話動画を比較する機能を持つ手話学習支援システムが提案されている[1]。しかし、このシステムではお手本に比べて正しく手話ができていのかどうか判断する機能がなく、正確に手話を学習することは難しい。和泉らは Web カメラの代わりに Kinect を使用して手話時の手の動きを軌跡として描画し、お手本の手話と比較して類似性を評価することが可能なシステムを提案した[2]。しかし、このシステムではお手本に対してどの部位がどれくらい異なっているかのフィードバックが出来ていないという問題点が存在する。高須らは上記のシステム[1][2]の問題を解決すべく多変量関数主成分分析を用いた手話学習支援システムを提案した[3]。

本研究では高須らの現行システム[3]を機能改善し澤木らの提案した多変量関数凸クラスタリング[4]機能を実装することで学習効率を高めた手話学習支援システムを提案する。

2. 多変量関数主成分分析を用いた手話学習支援システムの構築

多変量関数主成分分析[5][6]とは関数データ解析法の一つである。関数データ解析法とは、各個体や対象に対して、離散点で経時的・空間的に観測・測定された一組のデータを滑らかな関数として捉えて関数化して次元縮小(平滑化)を行うことで、その関数化データの集合から有効な情報を抽出する統計モデルを用いた手法である。関数データ解析法は、情報損失量を最小限にするデータの次元縮小によりノイズに頑健であり、個体間で観測点数や位置が異なる場合でも、精度よく安定した推定量を得ることが可能となるといった利点を有する。

多変量関数主成分分析を手話学習に用いるにあたって分析用データベースとして被験者 10 人を対象としたデータ収集実験を行い、分析を行った。選出単語はランダムな 512 単語に動作の種類(5 種)、動作の開始地点(6 種)、動作

の終了地点(6 種)をラベリングし、分類した比率を保つように 50 単語を選んだ。

多変量関数主成分分析を用いることで、ばらつきと主成分という指標で手話の分析を行うことができる。ばらつきとは、ある部位がある方向にどのように時間変動したかを特徴抽出した際に、個体(学習者)の動きにどれほどの差をもつかを表した指標である。図 1 は「電話」という単語において、左手指先の y 方向に対するばらつきの時間変動であり、青線が部位の平均、赤線がある個体の差を表している。加えてお手本(緑線)と学習者本人(黄線)も確認することができる。この図から動作の約 50% 時点からこの動作の振幅やタイミング、傾きが個体によって異なっていること、お手本に対して学習者の動作が遅れていることが分かる。また、各個体の各部位から得られた関数を多変量関数主成分分析することで得られる主成分スコアを用いることで、図 2 のようなお手本との類似度を視覚的にとらえることができる。図 2 は「電話」という単語において、A~J の個体が第 1 主成分、第 2 主成分のスコアがお手本にどれほど近いかを二次元グラフで表したものである。学習した単語ごとに図 1、図 2 のようなグラフを提示しフィードバックを行う機能を実装した。

また多変量関数主成分分析により単語を変量ととらえることで、単語ごとの動きの複雑さを難易度として解釈し分析することもできる。算出した難易度を提示し、難易度順に学習する機能も実装した。

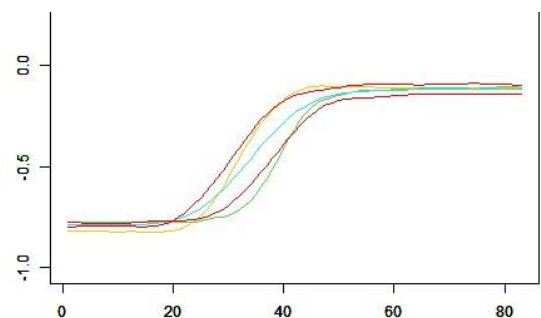


図 1 「電話」の左手指先 y のばらつきの時間変動

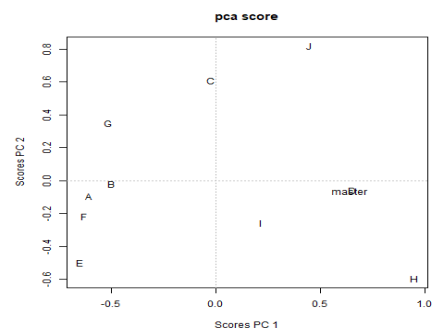


図 2 「電話」の主成分スコア

Development of Sign Language Learning Support System
Using Multivariate Functional Principal Component
Analysis and Clustering

[†]Yu Takasu, [†]Masafumi Nishida, [†]Daisuke Sawaki, [‡]Yuko
Araki, [†]Masafumi Nishimura

[†]Shizuoka University, [‡]Tohoku University

3. 多変量関数凸クラスタリングを用いた手話学習支援システムの構築

多変量関数凸クラスタリング[4]とは多変量関数主成分分析と同様に関数データ解析法の一つのクラスタリングである。代表的なクラスタリング手法として ward 法や k-means 法が挙げられる。しかし、これらの手法は得られる解が局所的最適解に陥る可能性がある。対して多変量関数凸クラスタリングは、凸クラスタリング[7]を関数データ解析の枠組みで展開したものであり、凸クラスタリングの特徴である大域的な解を求めることができる。手話データをクラスタリングすることによって同じ動作や特徴を持った単語が分類できる。同じ動作の単語をまとめて学習することで、効率的に学習が可能となる。

2 章に記載した実験で収集したデータを用いて多変量関数凸クラスタリングを行い、その結果を表 1 に示す。クラスタ 1 は「胸の右から左 or 左から右へ波打つ動作。右手のみ」、クラスタ 6 は「終点が顔の付近。左手のみ」といった解釈ができ基本的には動作の種類と使う手、又は手の使う順序で似た特徴を持つ手話がクラスタリングされた。分析された結果からクラスタごとに単語を分け学習する機能を実装した。

表 1 手話単語の分類結果 (クラスタ数 12)

クラスタ1	アメリカ	蛇						
クラスタ2	うれしい	寒い	感動	健聴	山形	視野が広がる	主婦	卒業
	多い	怒る	曇り	毎週	木曜日			
クラスタ3	おはよう							
クラスタ4	かわいい	トライアングル	愛媛	歯車	話			
クラスタ5	パソコン	家						
クラスタ6	安い	慣れる	言う	高い	高校	暑い	神戸	仙台
	熱い	父						
クラスタ7	駅	工事	今	秋田	重い	祝う	西	地球
クラスタ8	手洗い	受賞	続ける	徹夜	必ず			
クラスタ9	心臓							
クラスタ10	町							
クラスタ11	電話							
クラスタ12	同じ							

4. 評価実験

従来研究のシステム[2]と高須らの現行のシステム[3]に 2 章と 3 章で述べた機能を実装した提案システムの比較実験を行った。

手話学習経験のない 20 代の学生 11 名に「話」、「駅」、「卒業」という手話で、両システムを 5 回使用してもらい、評価結果を踏まえて再度 5 回使用してもらいスコアを計測した(実験 1)。また実験 1 と同じ被験者に学習順序を「ランダム」、「難易度順」、「同じ動作を含む単語ごと」として 20 個の手話を学習してもらいフェイク 5 問を含めた 25 点満点のテストを行った(実験 2)。どちらの実験も実験後にアンケートによる 5 段階評価を行った。

実験 1 の結果として、「話」の 11 名の両手各方向における従来システムと提案システムの DP スコアの平均を図 3 に示す。DP 照合によるスコアはパターン間距離であるため、値が小さいほどお手本と学習者の手話が似ているという結果になる。よって提案システムの方がお手本に近い手話が出来ているということがわかる。また 11 名全員においてスコアが負になる箇所が 2 か所以下であるので、個人差を考慮しても提案システムの方がお手本に近い手話が出来ているといえる。アンケートの結果、「このシステムで今後も手話学習を継続したいか」という質問に対して、従来システムでは 3.3、提案システムでは 4.4 の評

価がつき、提案システムのほうが高い評価を得た。

実験 2 の結果として単語テストのスコアを図 4 に示す。図 4 の縦軸は 25 点満点のテストのスコアである。「難易度順」、「同じ動作を含む単語ごと」は「ランダム」に対して平均値、中央値共に上回り、安定して高いスコアを出し有効性を示した。アンケートの結果、「この学習順はどの程度学習しやすかったか」という質問に対して、「ランダム」は 3、「難易度順」は 3.6、「同じ動作を含む単語ごと」4.5 の評価がつき提案手法である多変量関数主成分分析による単語の難易度順に学習すること、多変量関数凸クラスタリングによる同じ動作を含む単語ごとに学習することが有効であることがわかった。

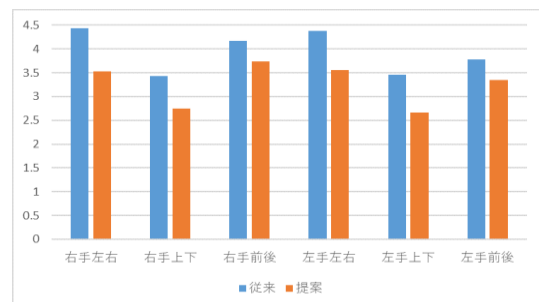


図 3 「話」の DP スコア

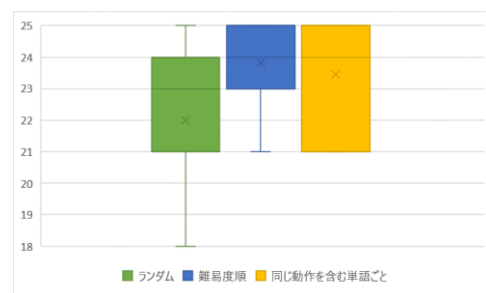


図 4 単語テスト結果 (実験 2)

5. おわりに

多変量関数主成分分析と凸クラスタリングを用いた手話学習支援システムを提案し、評価実験の結果有効性を示した。今後は、さらに提案手法の有効性を示すため、より多くの手話単語と被験者による分析を行う予定である。

参考文献

- [1] 伊藤奈美ら: Web カメラを用いた手話学習支援システムの評価と改良, 富山大学人間発達科学部紀要, 2017.
- [2] 和泉勇希ら: Kinect と 3D モデルを用いた手話学習支援システムの構築, 情報処理学会第 81 回全国大会, 2019.
- [3] 高須優ら: 多変量関数主成分分析を用いた手話学習支援システムの構築, 情報処理学会研究報告, Vol. 2021-AAC-16, 2021.
- [4] 澤木大輔ら: 多変量関数凸クラスタリングの提案と手話学習データへの適用, 統計関連学会連合大会, 2022.
- [5] Chiou et al.: Multivariate functional principal component analysis: a normalization approach. Statistica Sinica, 2014.
- [6] 櫻田京之介ら: 手話データの多変量関数主成分分析, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 2020.
- [7] Pelckmans, K et al.: Convex clustering shrinkage, Workshop on statistics and optimization of clustering, 2005.