

研究種目：若手研究（B）
研究期間：2008～2009
課題番号：20700174
研究課題名（和文） 表情特徴空間の適応学習メカニズムに関する研究
研究課題名（英文） Research on Adaptive Learning Mechanism of the Facial Expression Feature Space
研究代表者
石井 雅樹（ISHII MASAKI）
秋田県立大学・システム科学技術学部・助教
研究者番号：10390907

研究成果の概要（和文）：本研究では、Fuzzy ARTを組み込んだ追加学習機能を有する表情認識モデルを提案した。提案手法の有用性を検討するため、喜びと無表情を対象とした基礎的な評価実験を実施した。その結果、提案手法を用いて生成した表情特徴空間は、既存の知識を保持したまま、新たな知識を追加的に獲得可能であることを明らかにした。このことは、提案手法が、時間軸に対して頑強性を有する適応的な表情認識モデルとして有用であることを示している。

研究成果の概要（英文）： In this research, we proposed a facial expression recognition model with the capability of additional learning with the Fuzzy ART incorporated as well. To demonstrate how useful it can be, we conducted some basic experiments for evaluation purposes with both joyful expressions and no facial expressions examined. Results show clearly that the facial expression feature space that we created using the method we proposed was capable of capturing additional knowledge while it maintained the existing knowledge as it was without alteration. The results we obtained demonstrate that the proposed method can be useful for an adaptive facial expression recognition model that has a robustness feature along the time axis.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野： 情報工学

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： 顔画像処理, 表情認識, 学習, ヒューマンインタフェース, 人工知能

1. 研究開始当初の背景

近年、知的なマンマシンインタフェースの実現を目的とした人間の顔認識に関する研究が盛んに行われている。中でも、マンマシン間の感情のコミュニケーションを目的とした顔表情の認識に関する研究が関心を集めている。人間が相手に感情を伝える際、言語は7%、声の抑揚などの音声は38%の割合で寄与するのに対し、顔の表情は55%という高い割合で寄与することも報告されており、このことは、顔表情の認識手法の確立がマンマシン間の自然な対話を実現する上で重要であることを示している。

研究代表者は、前回の科研費課題（若手(B), 課題番号 18700192, H18-19)において、感情によって顔に表れる表情パターン（静的多様性）及びその動き特徴（動的多様性）は人物ごとに異なるとの観点から、個人固有の表情特徴空間（表情空間マップ）の生成手法について検討を加えた。具体的には、教師なし学習アルゴリズムである自己組織化マップ（Self-Organizing Maps: SOM）により、個人固有の表情パターンを抽出した後、教師あり学習アルゴリズムであるカウンタープロパゲーションネットワーク（Counter Propagation Networks: CPN）を用いて、Russell の円環モデル（心理空間モデル）に基づく“感情の程度”と“表情パターン”との対応関係を導き出した。表情空間マップを用いることにより、表情パターンの変化の程度に対して「快-不快」及び「覚醒度」を指標とする感情の程度を推定することが可能となり、また、空間上の状態遷移から表情の時間的变化に伴う感情の推移を推定可能であることを明らかにした。

ここで、実際のマンマシンインタフェースとして表情空間マップを実装する場合（例えば、ロボットへの実装）、表情の経時変化への対応、すなわち、長期的な時間軸に対する頑強性を有していることが欠かせない要素と考える。多くの従来研究では短期間に取得した表情画像を用いて、認識モデルの構築及び評価を行っている。しかしながら、人間の表情は多様であることから、被験者の表出し得る全ての表情パターンを学習データとして一時期に獲得することは困難である。また、加齢等による顔の構造そのものの経時変化に伴い表情パターンも変化する。このことは、時間経過とともに未学習データの出現確率が増加することを意味しており、表情認識における認識モデルの評価は、長期的な時間軸に対しても行われるべきと考える。

2. 研究の目的

研究代表者は、表情認識モデルが長期的な時間軸に対して高い頑強性を維持していくためには、時間経過とともに初期に構築した認識モデルも進化・適応していくべきと考えた。そこで本研究では、追加学習機能を組み込んだ表情特徴空間の動的更新手法について検討を加え、時間経過とともに表情特徴空間を修正する適応的な学習メカニズムの確立を目指した。

3. 研究の方法

(1) 表情特徴空間

研究代表者は従来研究において、表情認識を目的とした個人固有の表情特徴空間（表情空間マップ）の生成手法を提案し、検討を行ってきた。表情空間マップはCPNを用いて生成された特徴空間（CPNのKohonen層）であり、入力された表情画像に対して感情カテゴリーを一意的に決定することが可能である。また、表情パターンの変化の程度に対して感情の程度の定量化を行うことが可能である。

表情空間マップに表情画像を入力した場合、ユークリッド距離のもっとも小さいKohonen層上のユニット（勝者ユニット）のラベル（カテゴリー）が表情認識結果となる。ここで、表情空間マップは未学習の表情画像に対する汎化能力を有しているものの、追加的な学習機能を有していない。そこで本研究では、安定性と可塑性を併せ持った追加学習アルゴリズムである適応共鳴理論（Adaptive Resonance Theory: ART）を表情空間マップに組み込んだ。

(2) 適応共鳴理論（ART）

ARTは教師なし学習アルゴリズムであり、入力データと既存カテゴリー（既存の知識）の整合度が警戒パラメータより低い場合、入力データを新たなカテゴリーとして生成するといった追加学習機能を有する。本研究では、画像の輝度値を入力として扱うことから、アナログ入力に対応可能なFuzzy-ARTを採用した。ここで、Fuzzy-ARTは入力データと既存カテゴリーの整合度が低い場合、必ず新規カテゴリーを生成する。すなわち、既存カテゴリーと全く異なる表情画像が入力された場合も新規カテゴリーの生成が行われ、冗長な知識が増加することになる。そこで本研究では、上述の新規カテゴリー生成を抑制するため、Fuzzy-ARTに新たにデータ却下用の警戒パラメータを一つ追加した（ $P1 > P2$ ）。

(3) 提案手法の処理手順

提案手法の概要を図1に示す。また、提案手法の手順を以下に示す。

① 初期学習データを用いて表情空間マップを生成する(CPN)。表情空間マップの各ユニットに個別のFuzzy-ARTを連結し、各ユニットの代表画像(CPNの結合荷重)を既存カテゴリとして初期設定する。

② 追加学習用のテストデータを表情空間マップに入力し、勝者ユニットを決定する。

③ 勝者ユニットの既存カテゴリとテストデータの整合度を算出し、値に応じて以下の処理を行う。

(a) 結合荷重の更新

(整合度 $AC \geq$ 警戒パラメータ $P1$)

テストデータは既存カテゴリに含まれることから、既存カテゴリの結合荷重を更新する。

(b) 新規カテゴリ作成 ($P1 > AC \geq P2$)

テストデータは既存カテゴリと類似していることから、新たな表情パターンとしてカテゴリを追加する。

(c) 却下 ($P2 > AC$)

テストデータは既存カテゴリと大きく異なることから、処理は行わない。

④ ③の追加学習終了後、表情空間マップが有する既存の表情カテゴリおよびFuzzy-ARTが生成した新規の表情カテゴリを学習データとし、表情空間マップの再学習を行う。

上述の②、③(追加学習)および④(再学習)の処理を繰り返すことにより、表情空間マップは既存の知識を保持したまま、新たな表情パターンを追加学習することが可能になると考える。

4. 研究成果

(1) 評価実験および考察

本研究では、提案手法の適応的な学習機能について基礎的な検証を行った。使用する表情カテゴリは喜び、無表情の2種類とし、表情空間マップのサイズ(Kohonen層のサイズ)は1次元30ユニットとした。

はじめに、喜びと無表情の画像を50枚ずつ、合計100枚の表情画像を初期学習データとして、表情空間マップを生成した。次に、喜びの画像200枚をテストデータとして使用し、同一のテストデータを用いて追加学習および表情空間マップの再学習を10サイクル

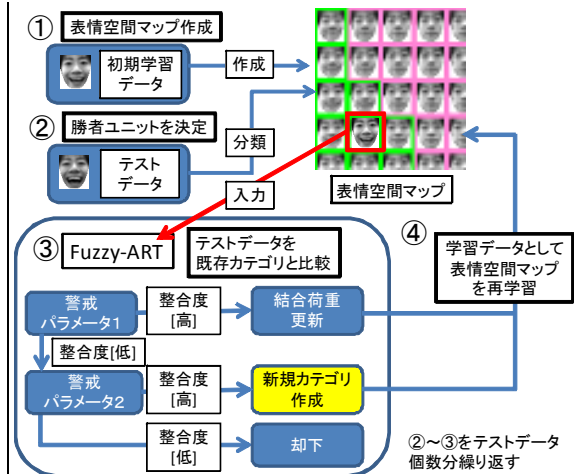


図1 提案手法の概要

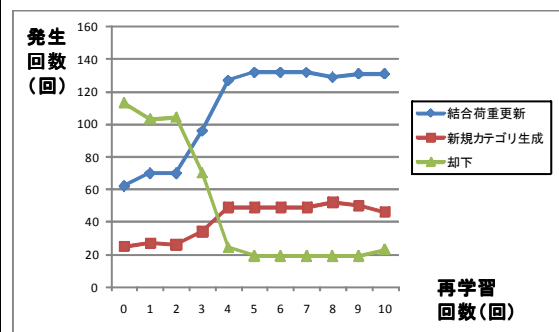


図2 再学習回数ごとの追加学習詳細

繰り返した。なお、Fuzzy-ARTの警戒パラメータ $P1$, $P2$ の値は、それぞれ 0.98, 0.96 とした。

再学習回数ごとの追加学習の詳細(結合荷重更新, 新規カテゴリ生成, 却下の処理の回数)を図2に示す。同図より、再学習回数が増加するにしたがって、新規カテゴリ生成および結合荷重更新の回数が増加し、それに伴い却下の回数は減少していることが分かる。また、図3は再学習5回目までのテストデータと表情空間マップの勝者ユニットのユークリッド距離の頻度を示している。同図より、再学習回数が増加するにしたがって、ユークリッド距離の値が減少していることがわかる。以上の結果は、提案手法が新たな表情パターンを追加的に学習していることを示唆していると考えられる。

図4は、10回の再学習で生成された各表情空間マップを用いて、新たに取得した2635枚の喜びの表情画像を分類したときの勝者ユニットとのユークリッド距離の頻度を示している。また、表1は同図の実験結果におけるユークリッド距離の平均および分散を示している。図4および表1より、再学習回数が増加するにしたがってユークリッド距

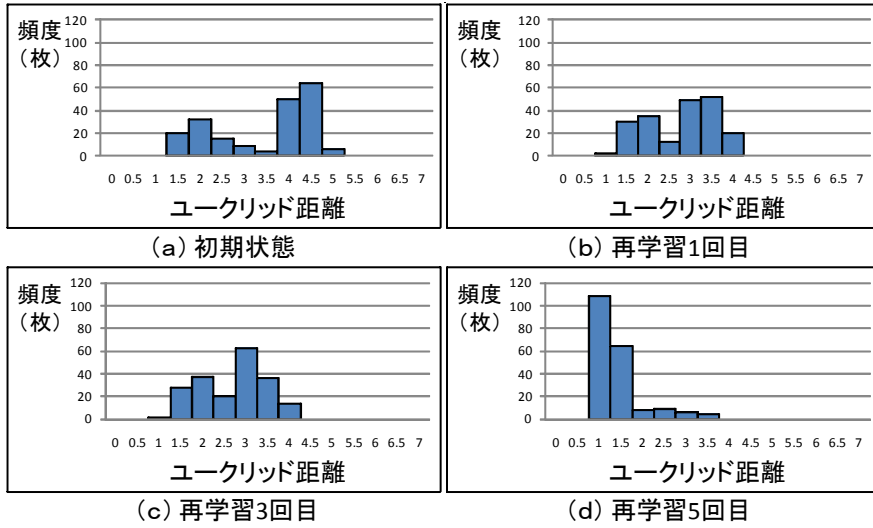


図3 テストデータ（喜び200枚）と表情空間マップの勝者ユニットのユークリッド距離

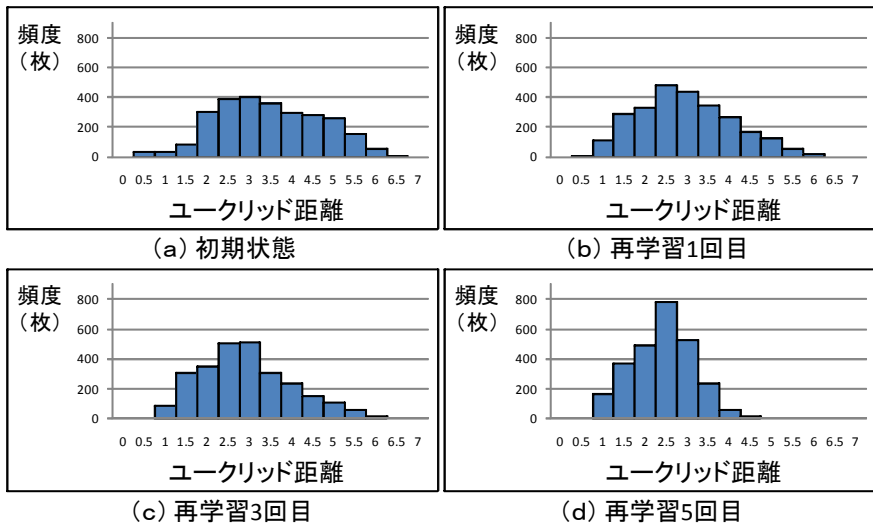


図4 テストデータ（喜び2635枚）と表情空間マップの勝者ユニットのユークリッド距離

離の値は減少し、収束する傾向にあることがわかる。同様に分散値も小さくなり、収束していることがわかる。以上の結果は、提案手法により表情空間マップは既存の知識を保持したまま、新たな表情パターンを追加的に学習可能であることを示唆していると考えられる。

(2) まとめ

本研究では、時間軸に対して頑強性を有する表情認識モデルを確立することを目的とし、Fuzzy-ARTを組み込んだ適応的学習機能を有する表情認識モデルを提案した。喜びと無表情を対象とした評価実験を行ったところ、提案手法により、表情空間マップは既存の知識を保持したまま、新たな表情パターン（知識）を追加的に獲得できることが明らかとなった。

表1 ユークリッド距離の平均及び分散

	初期				
平均	3.20				
分散	1.45				
	1回目	2〃	3〃	4〃	5〃
平均	2.72	2.62	2.66	2.42	2.15
分散	1.26	1.13	1.14	0.69	0.51
	6回目	7〃	8〃	9〃	10〃
平均	2.20	2.21	2.22	2.20	2.21
分散	0.54	0.54	0.55	0.53	0.53

なお、本研究で実施した評価実験では喜びの表情のみを対象としており、他の表情を用いた評価には至らなかった。この点については今後も継続して実験を行う予定である。

(3) 予想される応用展開

本研究で取り組んだ適応的な学習メカニズムにより、その時々で最適な表情分類及び表情認識を行うことが可能となる。また、実験者のマニュアル操作は初めの1回(初期の表情空間マップの生成)のみであることから、ロボット等、実際のマンマシンインタフェースとして実装した場合、作業負荷の少ないシステムとして運用が可能と考えられる。

なお、本研究では表情を対象とした適応的な学習メカニズムの解明を目的としたが、このメカニズムは人間の成長過程における知識の修得プロセス(記憶モデル)と合致すると考えられることから、有用性は多岐にわたると考えている。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2件)

- ① 石井雅樹, 佐藤和人, 間所洋和, 西田眞, “自己写像特性を用いた顔表情カテゴリーの抽出と感情空間マップの生成,” 電子情報通信学会論文誌, Vol. J91-D, No. 11, pp. 2659-2672, (2008) - 査読有
- ② M. Ishii, K. Sato, H. Madokoro and M. Nishida, “Extraction of Subject-Specific Facial Expression Categories and Generation of Facial Expression Feature Space using Self-Mapping,” Journal of Multimedia (JMM), Vol. 3, No. 2, pp. 60-67, (2008) - 査読有

[学会発表] (計 6件)

- ① 須藤一向, 石井雅樹, 下井信浩, “適応的学習機能を有する表情認識モデルに関する基礎研究,” 情報処理学会創立50周年記念(第72回)全国大会講演論文集, 第2分冊, pp. 689-690, 東京都(東京大学) (2010. 3. 10)
- ② M. Ishii, K. Sato, H. Madokoro and M. Nishida, “Generation of Emotional Feature Space based on Topological Characteristics of Facial Expression Images” 2008 IEEE Int. Conf. Automatic Face and Gesture Recognition (FG2008), 6 pages(CD-ROM), Amsterdam, The Netherlands, (2008. 9. 18) - 査読有

[図書] (計 2件)

- ① 石井雅樹, 西田眞, “顔表情を対象とした感情特徴空間の生成～「快-不快」及び「覚醒度」を指標とした感情の定量化手法～,” 画像ラボ, 日本工業出版, Vol. 20, No. 8, pp. 11-16, (2009. 8)

- ② M. Ishii, K. Sato, H. Madokoro and M. Nishida, “Generation of Facial Expression Map using Supervised and Unsupervised Learning,” “Machine Learning” published by In-tech, Chapter 12, pp. 245-258, (2009. 2)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石井 雅樹 (ISHII MASAKI)
秋田県立大学・システム科学技術学部・
助教
研究者番号: 10390907