研究論文：論文

ロボットの感情表現のための発話・表情表出プランについて

後藤祐司*, 加納政芳**, 加藤昇平*, 伊藤英則*

* 名古屋工業大学大学院工学研究科, ** 中京大学生命システム工学部

SPEECH AND FACIAL EXPRESSION PLANNING FOR SENSIBILITY ROBOT

Yuji GOTOH*, Masayoshi KANOH**, Shohei KATO*, Hidenori ITOH*

*Nagoya Institute of Technology, Graduate School of Engineering, Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya 466-8555, Japan.

**Chukyo University, School of Life System Science and Technology, 101 Tokodachi, Kaizu-cho, Toyota 470-0393, Japan.

Abstract: This paper presents the planning of speech and facial expression for emotional expression of the robot, Ifbot which communicates with people by considering its own emotions. This speech planning creates emotive voices by changing intonation of the part of sentence, not the whole sentence. Expressing the modified sentence with Ifbot's internal emotion, Ifbot can share its emotions, moods, and other feelings with its interlocutor. Moreover, we create an emotional model, *emotional space*, for the facial expression planning. Using the emotional space, Ifbot expresses more natural emotions on its face. We report on some good results of Ifbot's emotional expression obtained with these two plannings.

Keywords: Sensibility robot, Entertainment robot, Communication robot, Expression of emotion, Robot-human communication.

1. はじめに

近年、家庭で人と共生するロボットの開発が盛んであり、さまざまなロボットが開発されている [1-5]. 家庭用ロボットは、人間の生活環境に適応する必要があり、また、人とコミュニケーションをとるためのインタフェースを備えているべきである。コミュニケーションは、指示や説明を伝えるだけのものではない。相手の気持ちの理解や融和、会話自体を楽しむなど心理的な交流を目的としたコミュニケーションも考えられる。すなわち、感情や情動、思考の伝達などの心理的なインタラクションによって、コミュニケーションは成立する。ここで我々は、個人間の現象、すなわちコミュニケーション機能から見た感情に注目する [6]. 個人間において感情は、例えば、怒りの感情に触れた人に恐れを感じさせたり、喜びの感情に触れた人をにこやかな気持ちにさせたりする。こういった現象は、他者との関係を確立、維持したり壊したりする。このような機能を持つ感情を、ロボットと人とのコミュニケーションにおいても考慮することで、コミュニケーションに多様性をもたらすことができると考える。そこで本研究では、ロボットの感情表出を人間とのコミュニケーションに導入することで、2 者の円滑な対話の実現を目指す。

我々は、感性会話型ロボット ifbot を開発している [7-9]. ifbot は、しぐさ、表情によって自らの感情を表現しつつ、感情を込めた受け答えをする。本稿では、ifbot の感情伝達手段のために、発話と表情を用いた感情表出システムを構築することを考える。

表情を表出可能な顔ロボットとしては、SAYA [10] や kismet [11] などがある。SAYA は人間の顔や皮膚の質感を実

装しており、人間の表情を忠実に表す。現在 SAYA は、受付ロボットとして実用化されている。kismet は頭部をデフォルメした顔ロボットで、強調された眉、目、口、耳の動きを使って表情を作り出す。いずれも表情によって自らの感情状態を表現し、人とのコミュニケーションの円滑化を図るロボットである。また、我々は、ifbot の感情を考慮に入れた表情生成として、ニューラルネットを用いて表情と感情とを対応づける手法を提案している [12-16]. このように、ロボットが内部感情に対応した表情を生成・表出することで、人間とのコミュニケーションをよりスムーズにする研究が盛んに行われている。

また、表情とならんで、コミュニケーションを円滑に進める際に重要な役割を果たすのが音声である。音声による感情表出は、ことばの意味や文章の内容といった言語情報だけではなく、非言語情報も伝達する [17]. 非言語情報としては、断定/疑問/勧誘/命令といった話し手の発話意図や、丁寧/ぞんざいといった態度、喜び/怒り/悲しみ/驚きなどの感情があげられる。これらの非言語情報が、コミュニケーションの適切化、円滑化において、重要な役割を果たしている。非言語情報のうち、感情に着目した研究については、例えば、文献 [18] において、感情をこめて発話された音声に含まれる韻律性、音韻性特徴量の振舞と感情判別への寄与の程度が明らかにされている。文献 [19] では、感情を含むことによって音声に生ずる物理的変動と、そこから知覚される感情とを線形に対応づけるモデルが提案されている。また実際に、感情表現が可能な合成音声を作成する手法も提案されている [20]. しかし、日本語を母語としない日本人のような印象を与えた

図 1: ifbot の概観

り、イントネーションが不自然になるなど、実用化までにはいくつかの課題が残されている。そこで本稿では、センテンス全体ではなく、一部分だけに対して感情的な音声になるように抑揚を変化させることを考える。これらの音声は、人の主観に合うように抑揚を変化させたものであり、あらかじめデータベースとして登録しておき、発話時に用いる。本稿では、ifbot の感情表出のために、このデータベースを利用した発話と表情を用いた感情表出を提案する [21]。

2. ifbot

図 1 に ifbot の概観を示す。ifbot は身長 45cm、重量 9.5kg であり、2つの腕を有し、車輪によって移動する。人との基本的なコミュニケーションのための機構として、CCD カメラ、音声認識マイクおよび、発話用スピーカーがある。また、音源方向検知マイクにより、話かけられた方向を検知することができ、ifbot は呼びかけられるとその方向に自走する。自走時には、障害物センサーおよび段差センサーにより、障害を回避する。さらに ifbot は、人とのコミュニケーションにおいて心理的にインタラクトするための特徴的な表情表出機構を持つ。

図 2 に ifbot の表情表出機構の概要を示す。ifbot は表情表出のために、10 のモータおよび 104 の LED を持つ。モータは、首を 2 軸 (同図 θ_{N1}, θ_{N2})、左右の目を 2 軸 (同図 $\theta_{E1}^{(L)}, \theta_{E2}^{(R)}, \theta_{E1}^{(R)}, \theta_{E2}^{(L)}$)、左右のまぶたを 2 軸 (同図 $\theta_{L1}^{(L)}, \theta_{L2}^{(L)}, \theta_{L1}^{(R)}, \theta_{L2}^{(R)}$) の方向へ動作させる。LED は頭部、口部、目部、頬部、涙部および耳部の各部位に配置される。各部位の LED が、いくつかのパターンで発色することで感情を表現する。LED は各部位において、頭部 3 色 (橙 $L_H^{(O)}$, 緑 $L_H^{(G)}$, 赤 $L_H^{(R)}$)、口部 1 色 (橙 L_M)、目部 3 色 (緑 $L_E^{(G)}$, 赤 $L_E^{(R)}$, 青 $L_E^{(B)}$)、頬部 1 色 (赤 L_C)、涙部 1 色 (青 L_T)、耳部 1 色 (橙) を発色する[†]。また、頭部では LED の点灯/消灯の他に、LED の発色パターンとして回転パターン $L_H^{(Rt)}$ を有する。口部は、人の口の形状を抽象化した形状を表現する。図 3 にその例を示す。

これらの機構により、ifbot は表情豊かなコミュニケーションを行うことができる。

図 2: ifbot の表情表出機構

図 3: 口形状の例

3. 感情ことばの生成

ifbot が対話者に自らの感情を伝えるために、ことばの抑揚を変化させることを考える。これを実現するために、本稿では、センテンス全体ではなく、一部分だけに対して抑揚を変化させることを考える。感情表出を目的に抑揚を変化させたことばを、本稿では、「感情ことば」と呼ぶ。

感情ことばとする語は、分類語彙表 [22] (4. その他の類) および、無意味語から選択した。分類語彙表 (4. その他の類) には、接続詞や感動詞、呼びかけの語などが分類されている。これらの語は、文頭におかれることが多いため、感情ことばとして用いることができると考えた。また、無意味語については、我々は ifbot の年齢として 5 歳児程度を考えているので、幼児が感情を表現する際に用いるような単純な無意味語を感情ことばとして用いることとした。

これらの感情ことばを感情と対応づけて、データベース (感情ことばデータベース) に登録する。表 1 に感情ことばデータベースの一部を示す。各単語には、感情ごとに感情ことばが登録されており、感情ことばが登録されている場合にはフラグ (同表中の○印) が立てられている。ifbot は内部感情に対応した感情ことばを感情ことばデータベースから検索し、発話の際に利用する。音声加工する際の、感情と音響学的特徴の関係については、文献 [23] を参考にした。

4. 感情表出のための発話プランと表情表出プラン

4.1. 発話プラン

感性ロボット ifbot の感情表出のための発話プランと表情表出プランを図 4 に示す。発話プランには感情ことばを用いる。発話する音声の生成手順を以下に示す。

1. 話者が発話したときの話者の感情と ifbot の内部感情から、ifbot が返答する際の内部感情を決定する (内部感情の更新)
2. シナリオデータベースから返答 (返答センテンス) を

[†] 本稿での混合感情表出では耳部を使用しないので、記号表記しない。

表 1: 感情ことばデータベース

単語	品詞	喜び	悲しみ	怒り	驚き	恐れ	嫌悪
あ (あっ!)	感動詞	○		○	○		
う	無意味語		○	○			
え	感動詞					○	○
お	無意味語				○		
は	無意味語	○		○			○
ひ	無意味語	○				○	
ふ	無意味語	○					
へ	無意味語	○				○	
ほ	無意味語	○					
む (むー)	感動詞		○	○			
も (もー)	感動詞			○			
わ (わー)	感動詞	○			○		
イーだ!	感動詞			○			
いや	感動詞		○	○			○
ぶー	感動詞			○			○
ぶんっ	感動詞			○			
もう!	感動詞			○			
いやだ	感動詞		○			○	○
うそお!	感動詞		○		○	○	
きやつ!	感動詞					○	
ほんと!?	感動詞	○	○		○	○	
いいよ	感動詞	○					○
うん	感動詞	○					
やったー	感動詞	○					
わーい	感動詞	○					
エーン	感動詞		○				
あれっ?	感動詞				○		
びっくり	副詞				○		
...	...	...	...	...	...	...	...

図 4: 内部感情による発話と表情表出プラン

検索する

- 内部感情に対応する感情ことばを、感情ことばデータベースから検索する
- 検索の結果、選択された感情ことばを返答センテンス

の先頭または最後尾、もしくは両方に付加する（こうして生成したセンテンスを感情センテンスと呼ぶ）

5. 感情センテンスを発話する

4.2. 表情表出プラン

表情については、文献 [15, 16] で提案されている表情生成手法を利用し、内部感情に対応した表情を生成する。本稿では、ifbot の表情特徴と内部感情とをマッピングするために恒等写像学習 [24] を使用する。恒等写像学習は、これまでも表情の分析や合成に用いられている [25, 26]。恒等写像学習のネットワークは、5 層で構成される。第 3 層のユニット数は、入出力ユニット数より少ない構造を持つ。学習は入力データを教師信号として与えることにより行われる。学習によって、第 3 層には入力データを特徴づける情報が抽出される。第 3 層に抽出される特徴空間を感情空間と呼び、これをロボットの内部感情と対応づける。内部感情に見合った表情の表出方法については、付録 A. 単一感情の表情表出および、付録 B. 混合感情の表情表出を参照されたい。

5. 実験

ここでは、2つの実験を行う。まず、感情センテンスと感情表出の強度との関係を調べる。つぎに、2つの感情を表出する混合表情に対して感情センテンスを付加したときの、人に与える印象の変化を調べる。

5.1. 感情センテンスと感情表出の強度

通常のセンテンスと表情による感情表出と、感情センテンスと表情による感情表出のどちらがより感情的な印象を与えるかを調べた。表情には、単一感情の表情表出プランで表出可能な怒り、喜び、悲しみ、驚きを用いる。通常センテンスには「どうしてそういうこというの」を用い、それに表情の表出する感情と対応した感情ことばを付加したものを感情センテンスとした。図5にそれぞれの表情を示す。アンケートの回答者数は20名（年齢層:21～29才、男女比:男性16名・女性4名、職業:大学生・大学院生）とした。

表2にアンケート結果を示す。同表より、怒り、喜び、および、驚きの感情表出については、70%以上の回答者が感情センテンスを付加したほうが、通常センテンスの場合よりも感情を強く表していると評価した。これらの感情については、感情センテンスの付加によって、対話者に対して、ifbotの内部感情を強く印象づけることができることを示していると考えられる。しかし、悲しみについては、回答者のうちの12名が通常センテンスを付加したほうが悲しみの感情を強く表していると評価した。このように悲しみの感情表現では、感情ことばをつけて話す語数を増やすよりもむしろ、涙を流しながらことば少なく話すほうが、その感情を伝える効果が高い場合もあるといえる。

5.2. 混合表情と感情センテンスによる印象評価

つぎに、混合表情に感情センテンスを付加したときの、人に与える印象の変化を調べた。ここでは、表情による評価がわかるようにするために、対称的な感情である怒りと悲しみを用いて混合表情を生成した。図6に実験に用いた表情（怒り＋悲しみ）を示す。通常センテンスは「どうしてそういうこというの」とした。感情センテンスについては、通常センテンスに怒りの感情ことばを付加したものと、悲しみの感情ことばを付加したものを生成した。アンケートでは、怒り、悲しみ、どちらでもないという回答を用意し、提示された感情表出に対して最も適すると感じるものを選択してもらった。アンケートの回答者数は20名（年齢層:21～29才、男女比:男性16名・女性4名、職業:大学生・大学院生）とした。

表3にアンケート結果を示す。同表より、通常センテンスを発話しただけの場合は、やや悲しみの支持率が高いことが見てとれる。これに対して、怒りの感情センテンスを付加すると、怒りの支持率が上昇している。悲しみについては、その傾向が顕著に現れ、80%の回答者が悲しみを感じとるようになった。これは、悲しみと怒りという対称的な感情に対しては、感情センテンスを付与することで、ロボットの感情に対応した印象を対話者に対して与えることができることを示している。

6. おわりに

本稿では、感性ロボット ifbot の感情表出のために、発話と表情を用いた感情表出プランについて提案した。本手法で

は、ifbot の発話するセンテンスに感情的な印象を与えるために、センテンス全体を加工するのではなく一部分を加工した。本手法は、加工されたセンテンスを内部感情に沿って表出することで、話者に ifbot の「気持ち」を伝える枠組である。本手法を用いた実験を行ったところ、発話するセンテンスの一部分に感情的な抑揚を付与すれば、人に与える印象が変化することがわかった。これは、ifbot の感情を主体にして、コミュニケーションに多様性をもたせることができることを示唆している。しかし、実験結果から印象の強度は感情ことばの付与により、必ずしも増加しないこともわかった。今後の課題として、まず、各感情の表出度合を高めるための発話プランを考える必要がある。また、本稿ではロボットと人との自然なインタラクションを行うための発話・表情表出プランを提案したが、自然なインタラクションの評価には会話過程を考える必要がある。実験では、一方的に人間に刺激を提示しただけの評価であり、インタラクションそのものの評価を行っていない。今後の課題として、ロボットと人との会話過程を考えた評価を行う必要もある。さらに、これらに併せて、感情ことばとする語を、限定した語に限らず、さまざまな語について調査していくこともあげられる。

謝辞

ifbot は株式会社ビジネスデザイン研究所の製品企画・総合プロデュースのもと、特に、形状デザイン、表情制御メカニズムはブラザー工業株式会社、および、表情制御ソフトはブラザー工業株式会社、ロボス株式会社、名古屋工業大学が共同開発した。関連各位に感謝致します。

本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金基盤（C）課題番号 17500143、若手研究（B）課題番号 17700160、および、栢森情報科学振興財団の助成のもとで行われた。

参考文献

- 1) 村瀬有一, 安川裕介, 境克司, 植木美和: 研究用小型ヒューマノイドの設計, 第19回ロボット学会学術講演会予行集, 789-790, 2001
- 2) 黒木義博, 石田健蔵, 長阪憲一郎, 山口仁一: 高度統合運動制御機能を有する小型二足歩行エンターテインメントロボット SDR-4X, 日本ロボット学会創立20周年学術講演会, 1C34, 2002
- 3) 黒木義博, 三上達郎, 長阪憲一郎, 加藤恵輔, 宮本敦史, 森平智久, 永野雅邦, 山口仁一: 高度モーションエンターテインメント機能を有する小型二足歩行ロボット SDR-4XII, 第21回日本ロボット学会学術講演会, 1A21, 2003
- 4) 神田真司, 村瀬有一, 藤岡和夫: インターネット対応型ロボット: MARON-1, *Fujitsu*, 54, 4, 285-292, 2003
- 5) Fujita, M., Kitano, H. and Doi, T.: Robot Entertainment, *In A. Druin and J. Hendler*, 2000
- 6) 遠藤利彦: 感情に潜む知られざる機能とは, *科学*, 75, 6, 700-706, 2005
- 7) Business Design Laboratory Co. Ltd.: *Communication Robot Ifbot*. <http://www.business-design.co.jp/product/001/index.html>

図 5: 実験に用いた表情

表 2: アンケート結果. 感情の表出度合を強いと感じた支持者数.

表情	回答選択肢	
	感情センテンス	通常センテンス
怒り	15	4
喜び	17	2
悲しみ	7	12
驚き	14	5

- 8) Kato, S., Ohshiro, S., Itoh, H. and Kimura, K.: Development of a Communication Robot Ifbot, *International Conference on Robotics Automation*, 697–702, 2004
- 9) Ijuin, K., Kanoh, M., Kato, S. and Itoh, H.: A Research on Ifbot's Facial Expressions and Its Color Effect, *Japan-Korea Joint Symposium on Emotion & Sensibility*, 2004
- 10) 原文雄, 小林宏: 顔という知能, 共立出版, 2004
- 11) Breazeal, C. and Scassellati, B.: A context-dependent attention system for a social robot, *In Proceedints of the Sixteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI99)*, 1146–1151, 1999
- 12) 柴田寛, 加納政芳, 加藤昇平, 伊藤英則: 感性パラメータによる感情を持つロボット「ifbot」の表情生成制御手法の提案, 感性工学会大会予稿集, 261, 2004
- 13) Kanoh, M., Kato, S. and Itoh, H.: Analyzing Emotional Space in Sensitivity Communication Robot “Ifbot”, *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 3157, 991–992, 2004
- 14) Kanoh, M., Kato, S. and Itoh, H.: Facial Expressions Using Emotional Space in Sensitivity Communication Robot “Ifbot”, *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 1586–1591, 2004
- 15) 後藤みの理, 加納政芳, 加藤昇平, 伊藤英則: 感情領域に基づく感性ロボットの表情生成手法について, 感性工学会大会予稿集, 260, 2004
- 16) 加納政芳, 後藤みの理, 加藤昇平, 中村剛士, 伊藤英則: ロボットの混合感情表出のための表情制御手法, 知能と情報 (日本知能情報ファジィ学会誌), 17, 2, 114–119, 2005
- 17) 辻三郎: 感性の科学—感性情報処理へのアプローチ, サイエンス社, 1997
- 18) 重永寛: 感情の判別分析からみた感情音声の特性, 電子情報通信学会論文誌, J83-A, 6, 726–735, 2000

図 6: 怒りと悲しみの混合表情

表 3: アンケート結果. 混合表情に感情センテンスを付加した際の印象変化. どの感情を受け取ったかの支持者数.

表情	センテンス	回答選択肢		
		怒り	悲しみ	どちらでもない
怒り + 悲しみ	通常センテンス	6	11	2
怒り + 悲しみ	感情センテンス (怒り)	9	7	3
怒り + 悲しみ	感情センテンス (悲しみ)	1	16	2

- 19) 森山剛, 斉藤英雄, 小沢慎治: 音声における感情表現ごと感情表現パラメータの対応付け, 電子情報通信学会論文誌, J82-D-II, 4, 703-711, 1999
- 20) 飯田朱美, ニックキャンベル, 安村通晃: 感情表現が可能な合成音声の作成と評価, 情報処理学会論文誌, 40, 2, 479-486, 1999
- 21) 後藤祐司, 加納芳芳, 加藤昇平, 伊藤英則: 感性ロボットの音声と表情による感情表現について, 日本感性工学会春季大会 2005 予稿集, 188-189, 2005
- 22) 国立国語研究所編: 分類語彙表 増補改訂版 CD-ROM 付, 大日本図書, 2004
- 23) 濱治世, 鈴木直人, 濱保久: 感情心理学への招待—感情・情緒へのアプローチ新心理学ライブラリ, サイエンス社, 2002
- 24) Bishop, C. M.: *Neural Networks for Pattern Recognition*, Oxford University Press, 1995
- 25) 上木伸夫, 森島繁生, 山田寛, 原島博: 多層ニューラルネットワークによって構成された感情空間に基づく表情の分析・合成システムの構築, 電子情報通信学会論文誌, J77-DII, 3, 573-582, 1994
- 26) 坂口竜己, 山田寛, 森島繁生: 顔画像を基にした 3 次元感情モデルの構築とその評価, 電子情報通信学会論文誌, J80-A, 8, 1279-1284, 1997
- 27) Ekman, P.: *Unmasking the Face*, Prentice-Hall, 1975

付録 A. 単一感情の感情表出

単一感情を表情に表出するための感情空間は, 付図 1 に示した恒等写像学習によって構築される. ネットワークのユニット数は 15, 45, 2, 45, 15 とした. すなわち第 3 層に抽出される感情空間は 2 次元となる.

つぎに, 人間の主観的評価に基づいて感情空間上に感情領域を設定する. これにはアンケートを用いる. まず, 感情空間を 0.0 から 1.0 まで 0.1 刻みで格子状に区切り, 各交点を抜き出す. つぎに, 各交点の座標点を恒等写像学習ネットワークの第 3 層に入力し, 第 5 層から表情パラメータを出力

付図 1: 感情空間の構築

させる. この表情パラメータから表情を生成する. 回答者にはそれぞれの表情を基本 6 感情 [27] と分類不能のいずれかに類別してもらう.

ここで, アンケートの結果において, 50%以上 80%未満の支持率を得た座標点と 80%以上の支持率を得た座標点に着目する. これらの座標点周りの一定範囲では同一の感情を表出していると考え, 50%以上 80%未満の支持率を得た座標点の周りを弱い感情表出領域, 80%以上の支持率を得た座標点の周りを強い感情表出領域とする. これに基づき, ifbot の感情的表情表出のための感情領域を付図 2 のように設定する. 表情の生成は, 感情空間上の各感情にマッピングされた領域内の座標点を恒等写像学習ネットワークの第 3 層に入力し, 第 5 層から表情パラメータを出力することで行う.

付録 B. 混合感情の感情表出

混合感情を表出するための表情を表現するために, ifbot の表情制御機構を筋肉系と生理系とに分ける.

定義 1 ifbot の表情表出における筋肉系 S_M をモータおよび口部の LED とする.

$$S_M = (\theta_{N1}, \theta_{N2}, \theta_{E1}^{(L)}, \theta_{E2}^{(L)}, \theta_{E1}^{(R)}, \theta_{E2}^{(R)}, \theta_{L1}^{(L)}, \theta_{L2}^{(L)}, \theta_{L1}^{(R)}, \theta_{L2}^{(R)}, L_M) \quad (\text{付 1})$$

付図 2: 感情領域

(a) 筋肉系ネットワーク

(b) 生理系ネットワーク

付図 3: 混合感情のための感情空間の構築

定義 2 ifbot の表情表出における生理系 S_P を、涙、頬、目、頭各部の LED とする。

$$S_P = (L_T, L_C, L_E^{(G)}, L_E^{(R)}, L_E^{(B)}, L_H^{(O)}, L_H^{(G)}, L_H^{(R)}, L_H^{(Rt)}) \quad (\text{付 2})$$

表情特徴を感情空間へマッピングするために、筋肉系用の恒等写像ネットワーク付図 3 (a) と生理系用の恒等写像ネットワーク同図 (b) を考える。2つの系それぞれにネットワークを準備することで、特徴抽出が独立で行われる。筋肉系の学習ネットワークのユニット数を 11, 33, 2, 33, 11, 生理系のユニット数を 4, 12, 2, 12, 4 とし、2次元平面上に表情特徴を抽出する。学習の入力データおよび教師データには、怒り、驚き、悲しみ、喜びの 4つの表情データを使用した。これらの感情の分類は、ifbot の表情からどのような感情を表出している印象を受けるかをアンケートにより調べた結果

付図 4: 筋肉系の 2 次元感情空間

付図 5: 生理系の 2 次元感情空間

に基づいている。このアンケートは 50 人に対して行われた。

付図 4 に筋肉系、付図 5 に生理系の感情空間を示す。両図中に、入力データが描く軌跡を示す。それぞれの感情の軌跡が感情空間内で分類されていることがわかる。本稿では、この軌跡上の座標点を利用して混合感情表情を生成する。