

博士論文（要約）

擬似身体反応を用いた感情体験の誘発

吉田成朗



## 目次

第1章 序論	1
1.1 本論文の背景	2
1.2 本論文の目的	4
1.3 本論文の構成	4
参考文献	6
第2章 擬似身体反応を用いた感情喚起モデルの提案	8
2.1 感情	9
2.1.1 感情の種類と定義	9
2.1.2 感情の役割	10
2.1.3 感情の機能	11
2.2 感情喚起のメカニズム	12
2.2.1 自己知覚と感情	12
2.2.1.1 感情喚起にまつわる理論	12
2.2.1.2 身体反応が感情へ与える影響に関する実験的なアプローチ	14
2.2.2 共感と情動伝染	16
2.3 感情喚起のメカニズムを応用したシステム	18
2.3.1 自己知覚を応用した感情喚起装置	18
2.3.2 情動伝染を応用した感情喚起装置	20
2.4 擬似身体反応を用いた感情喚起モデル	21
2.4.1 自己の擬似身体反応の知覚による感情喚起	22
2.4.2 他者の擬似身体反応の知覚による感情喚起	23
2.4.3 自己と他者の擬似身体反応の知覚による感情喚起	23
2.5 擬似身体反応の提示モダリティ	25
2.5 本章のまとめと本論文の位置づけ	27
参考文献	28
第3章 自己の擬似身体反応の知覚による感情喚起	36
3.1 はじめに	37
3.2 表情と感情の関連性	38
3.3 擬似的な表情を生成する画像処理手法の構築	38
3.3.1 画像処理による顔変形手法の構築	38
3.3.2 表情変形パラメータの設計	39
3.4 ポジティブ・ネガティブ感情に与える影響の評価	42
3.4.1 仮説	42



3.4.2	被験者	42
3.4.3	実験機材	42
3.4.4	実験課題：マウスクリック課題	44
3.4.5	評価方法	44
3.4.6	実験手法	45
3.4.7	実験結果	45
3.4.8	考察	46
3.5	選好判断に与える影響の評価	47
3.5.1	仮説	47
3.5.2	被験者	48
3.5.3	評価対象	48
3.5.4	実験機材	49
3.5.5	実験課題：マフラー選択課題	49
3.5.6	実験手法	49
3.5.7	結果と考察	50
3.6	実際の身体反応に与える影響の評価	51
3.6.1	システムの改良	51
3.6.1.1	顔部位に合わせた表情変化量の動的な変化	51
3.6.1.2	表情変形処理の高速化	52
3.6.1.3	擬似表情提示装置の見た目	53
3.6.2	表情分類手法の構築	54
3.6.3	実展示を通した表情分類：東京大学制作展 extra 2013	55
3.6.3.1	展示概要	55
3.6.3.2	体験者の表情分類結果	55
3.6.4	実展示を通した表情分類：SIGGRAPH 2013	59
3.6.4.1	展示概要	59
3.6.4.2	体験者の表情分類結果	59
3.6.5	議論	59
3.7	本章のまとめ	62
	参考文献	64

## 第4章 他者の擬似身体反応の知覚による感情喚起 66

4.1	はじめに	67
4.2	Computer Mediated Communication	67
4.3	ポジティブ感情と創造性との関連性	68
4.3.1	創造性	68

4.3.2 創造性と感情	68
4.4 擬似身体反応が創造性に与える影響の評価	69
4.4.1 仮説	69
4.4.2 被験者	69
4.4.3 実験環境	70
4.4.4 評価方法	71
4.4.5 実験手法	72
4.4.6 結果	72
4.4.7 考察	73
4.5 本章のまとめ	76
参考文献	76
第5章 自己と他者の擬似身体反応の知覚による感情喚起	79
5.1 はじめに	80
5.2 涙	82
5.2.1 涙と感情の関連性	82
5.2.2 涙の成分	82
5.2.3 涙の提示場所	83
5.3 涙眼鏡：擬似的な涙を提示する装置の構築	83
5.3.1 装置概要	84
5.3.2 落涙の原理	84
5.3.3 眼鏡との通信方法	86
5.4 涙が感情状態に与える影響の評価	86
5.4.1 映像刺激	86
5.4.2 予備実験：擬似涙の提示間隔	87
5.4.3 実験1：涙の自己知覚	88
5.4.3.1 被験者	88
5.4.3.2 実験手順	88
5.4.3.3 実験結果	90
5.4.4 実験2：自己知覚 + 情動伝染	90
5.4.4.1 被験者	90
5.4.4.2 実験手順	92
5.4.4.3 実験結果	92
5.5 議論	92
5.5.1 情動伝染の主要因	94
5.5.2 涙の恒常性（ホメオスタシス）の効果	94

5.5.3 悲しみ以外の感情の喚起と感情の強度	94
5.5.4 涙の提示間隔	94
5.5.5 衛生問題	95
5.5.6 生理反応の計測	95
5.6 本章のまとめ	96
参考文献	96
<b>第6章 擬似身体反応を用いた感情喚起装置の設計論</b>	<b>99</b>
6.1 はじめに	100
6.2 感情喚起モデル	100
6.2.1 各感情喚起モデルの特徴と適用可能なアプリケーション	103
6.2.1.1 感情喚起モデル1の特徴とアプリケーション分野	103
6.2.1.2 感情喚起モデル2の特徴とアプリケーション分野	103
6.2.1.3 感情喚起モデル3の特徴とアプリケーション分野	104
6.2.1.4 感情喚起モデル4の特徴とアプリケーション分野	104
6.2.1.5 感情喚起モデル1+3の特徴とアプリケーション分野	105
6.3 感情喚起装置の設計例	105
6.3.1 感情喚起装置の設計例：公共の場での利用	106
6.3.2 感情喚起装置の設計例：食事体験の変化	106
6.3.3 感情喚起装置の設計例：姿勢を使いたい	106
6.3.4 感情喚起装置の設計例：ウェアラブルな感情喚起装置	107
6.4 擬似身体反応	107
6.4.1 身体反応の同時性と気付きの有無	107
6.4.2 擬似身体反応のパラメータ設計	108
6.4.3 擬似身体反応と原因帰属	109
6.5 擬似身体反応を用いた感情体験の誘発	110
参考文献	110
<b>第7章 結論</b>	<b>113</b>
7.1 本論文の成果	114
7.2 応用と展望	116
7.2.1 認知行動療法への応用	116
7.2.2 遠隔コミュニケーションへの応用	116
7.2.3 心理学とのコラボレーション	117
7.2.4 今後の展望	117

付録	119
A 学府における作品制作	120
A.1 心代わり / Substituted Heart	120
A.1.1 作品概要	120
A.1.2 設計	120
A.1.3 作品展示	122
A.1.4 考察	123
A.2 扇情的な鏡 / Incendiary reflection	123
A.2.1 作品概要	123
A.2.2 設計および展示構成	123
A.2.3 作品展示	124
A.2.4 考察	125
A.2.5 受賞	125
A.3 涙眼鏡 / Teardrop glasses	126
A.3.1 作品概要	126
A.3.2 設計および展示構成	126
A.3.3 作品展示	127
A.3.4 考察	127
B メディア技術を用いた心理学ワークショップ	128
B.1 触力を測定しよう！－わたしの顔で見る感覚ホムンクルス－	128
B.1.1 コンセプト	128
B.1.2 ワークショップ教材：Face Homunculus Viewer	128
B.1.3 ワークショップ履歴	129
B.2 自分の顔を探せ！－鏡が映す顔・心が映す顔－	130
B.2.1 コンセプト	130
B.2.2 ワークショップ教材：他人のそら似生成機	130
B.2.3 ワークショップ履歴	131
C 実験で使用了た質問紙	132
謝辞	143
研究成果	145

## 第1章

## 序論

## 1.1 本論文の背景

日常生活の中で何気なく行っている判断や行動，コミュニケーションについて，我々は合理的な考えをもとに行っていると思っている。しかし，実は全てがそうとは言い切れず，理性的な思考と共に直感とでもいうべき無意識的で自動的な処理過程が存在している。

二重過程理論[1]によれば，人間には大きく分けて2種類の情報処理システムが備わっている（図1.1）。1つが感情的処理を担っている「システム1」で，与えられた情報を感覚的かつ自動的に思考する無意識的な過程である。もう1つが理性的処理を担っている「システム2」で，与えられた情報を論理的に思考する意識的な過程である。例えば，買い物中に気に入ったものを見つけてレジまで持って行ったが，並んでいる間に本当に必要かどうか考えを巡らすというように，直感と推論が互いに影響し合うことで，最終的な判断・行動を導き出す。

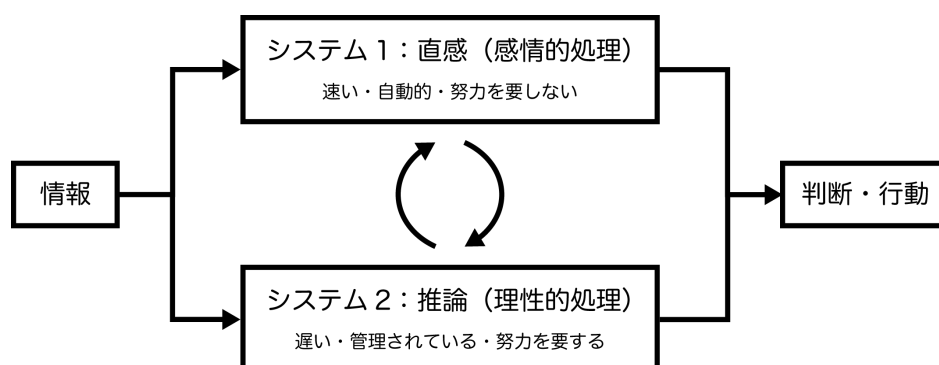


図1.1 二重過程理論

旧来の情報学では，人間の理性的判断を司るシステム2を意識した情報提示によって，判断や行動の変化を促す方法をとってきた。それは，人間の情報処理過程に潜在する感情的処理が見落とされてきたという理由だけではなく，感情を直接的に扱う情報技術が未だ体系化されていないためである。また，システム1とシステム2とでは情報処理を行う際の脳への負担にも違いがある。理性的な処理を行うシステム2は脳内で推論を重ねるという性質上，直感的な判断を行うシステム1よりも認知資源を多く必要とする。人間に触れるデータが増大している現在，人間の情報認知特性を援用し，認知的負荷をかけずに適切な行動を誘発するインタフェース技術は重要な課題である。

一方，感情とコンピュータをつなぐ先駆的な研究として，MITのRosalind PicardはAffective Computingを提唱している[2]。工学やコンピュータサイエンスだけでなく，心理学，脳科学，社会学，生理学など多様な分野の知見や技術を駆使して，人間の感情の計測やその制御を目的とした研究分野である。感情計測の研究例として，Picardらは，Webカメラを用いて非接触で，心拍数・呼吸数・心拍変動の推定を可能にする

アルゴリズムの構築[3]や、安定して皮膚電位を計測するウェアラブルセンサの開発[4]、自発的な表情の表出を集めたデータセットの収集[5]を行っている。また、これらのアルゴリズムやデータセットを応用したプロダクト[6]やサービス[7]の開発を進めることにより、日常生活の中において自身の感情を容易に計測・観測可能なプラットフォームを提供している。

しかし、自分の状態を理解したとして、果たして正しく判断や行動できるのだろうか。ポジティブな気分ときはそうでないときよりもポジティブな出来事を想起しやすかったり[8]、現在の状況を過度に見積もって未来の状況を予測してしまったり[9]と、そのとき抱いていた感情や事前知識が認知の内容や方法に影響することは心理学の分野ではよく知られている[10,11,12]。これは、先に述べたような情報処理の過程にある感情的な思考が、最終的な判断・行動に影響を与えているということである。

結局のところ、自身の感情や状況を正しく理解できたとしても、その情報はシステム1における感情的なバイアスを考慮することなく、システム2の理性的処理に委ねられる。もし、人間の無意識的な処理過程に働きかける情報提示技術を構築することが可能であれば、正しい判断やより良い判断ができるよう心の状態を操作するだけでなく、直接的な提示が難しい人間の主観的な体験や、無意識的な行動の変容を促すことができるのではないだろうか。

ここで、感情はどのように発生するのか考える。これまでの認知心理学・感情心理学の研究から、感情と人間の身体は密接に関係していて、不可分の関係にあるということがわかってきた。そして、自身の身体に生ずる何らかの身体的反応を認識することによって、それに属する感情が喚起されるということが明らかにされている。例えば、「表情フィードバック仮説」[13]においては、笑顔を作ることで自身の感情がポジティブになったり、逆に、悲しい顔を作ることでネガティブな気持ちになることが実験的に示されている。つまり、「悲しいから泣く」のではなく、「泣くから悲しくなる」というように、身体反応の表出を知覚し、その表出の意味を認知することによって感情が生起するということである。

また、「情動伝染」と呼ばれる、他者と感情を自動的かつ無意識的に共有してしまう人間が生来持つメカニズムには、他者の感情を類推するきっかけとなる身体的・行動的な反応が関係していると言われている。他者が泣いている写真や映像を見ると、自分も悲しさを感じたり、楽しかった出来事の話の聞いていると、自分も楽しくなったりという現象も情動伝染の例である[14,15]。

他方、実際の身体反応の変化が感情の喚起に必要な要素ではない。自身の身体反応が変化していると錯覚させることでも感情の変化を導くことができる。「偽の心音実験」においては、自身のものとして偽って聞かせた心音によって、選好判断を操作できることが明らかにされている[16]。これは、擬似的な身体反応の体験によって、感情の喚起や、感情の喚起を端緒とする主観的な体験を操作できる可能性を示している。

バーチャルリアリティ (Virtual Reality, VR) は、コンピュータで作り出した擬似的な体験を、あたかも自身の本当の体験であるかのように感じさせることを可能にしてきた。それでもなお、VRにおいて感情という体験を直接的に作り出す手段はない。しかし、感情が変化したときの身体の状態をバーチャルに再現することで、感情を喚起するだけでなく、人間の無意識的な処理過程に働きかける情報提示技術を構築できると考える。

## 1.2 本論文の目的

以上のような背景を踏まえ、本論文では、感情や、感情の変化から引き起こされる体験を操作する手法の構築を目的とする。これにより、人間の理性的判断を必要としない情報提示技術の構築だけでなく、直接的な提示が難しい主観的な体験や無意識的な行動変容を促すインタフェースの設計論が明らかになる。

本論文では、VRの構成法に認知心理学・感情心理学の知見を取り入れることで、感情や、感情の生起を端緒とする主観的な体験や行動を誘発する装置を構築する。そのために、感情と身体に関連性をもとにVR技術を用いて生成した擬似身体反応を、あたかも自身や他者から発せられる身体反応や感情表出であると錯覚させることで、感情やそれに伴う主観的な体験を操作するモデルを提案する。そして、提案モデルを具体化するために、感情の変化と関連のある身体反応を擬似的に模倣する装置を実装する。さらに、被験者実験を通して提案モデルの有効性や、具体化した装置の有用性を議論・評価する。

時代も21世紀に到達し、20世紀に夢見られた技術の全てが実現されたわけではないが、先人たちの努力に伴う技術の進歩によって、遠隔にいる人たちとインタラクションを図れたり、過去の体験を一人称で追体験したりと、人間の身体イメージは時空間的に拡張されてきている。これから先の科学技術の発展可能性の1つとして、人の心や内面を直接的に操作する機械が登場すると考える。ゆえに、機械と人の心を取り持つようなインタラクション技術について考えなくてはならない。心を操作できる機械によって人間の知能が拡張されるだけでなく、人自身についての理解も深めることができる。

## 1.3 本論文の構成

本論文は全7章から構成される。以下に各章の概要を述べる。

### 第1章「序章」

本研究の背景と目的、および本論文の構成を示した。



## 第2章「擬似身体反応を用いた感情喚起モデルの提案」

本章では、本論文で扱う「感情」や「感情体験」について定義するため、認知心理学・感情心理学の領域で議論されてきた人間の感情に関する知見を整理する。そして、これまで提案されてきた感情が喚起されるメカニズム（自己知覚、情動伝染）を紹介した上で、そうしたメカニズムへの工学的な介入の余地について議論する。最後に、感情喚起のメカニズムに関する心理学的知見を取り入れた関連研究の紹介と議論から、工学的手段によって感情を喚起させる「感情喚起モデル」の提案を行う。

## 第3章「自己の擬似身体反応の知覚による感情喚起」

本章では、コンピュータで再現したバーチャルな自身の身体に擬似身体反応を適応する、感情喚起モデルの実装とその効果の検証を行う。擬似身体反応として表情に注目し、擬似的に「笑顔」や「悲しい顔」に変形する画像処理手法を搭載した鏡型の装置を開発する。この鏡型の装置を利用して、擬似的な表情を自身の表情であるかのよう提示することで、感情体験の操作が可能であるか検討する。

## 第4章「他者の擬似身体反応の知覚による感情喚起」

本章では、コンピュータで再現したバーチャルな対話相手の身体に擬似身体反応を適応する、感情喚起モデルの実装とその効果の検証を行う。感情が周囲に伝搬していく情動伝染を利用し、擬似身体反応によって相手の表情を変えて見せることで、コミュニケーション中における感情体験の変化を図る。

## 第5章「自己と他者の擬似身体反応の知覚による感情喚起」

本章では、他者からも観測可能な形で擬似身体反応の提示を行うことで、擬似身体反応の自己知覚による感情喚起と、情動伝染による感情喚起を同時に引き起こす、感情喚起モデルの実装とその効果の検証を行う。他者からも観測可能な身体反応として「涙」に注目し、擬似的な落涙を再現する眼鏡型の装置の作成を行う。そして、擬似的な落涙の触覚的な提示や、それを観察することによる感情体験の変化を測定する。

## 第6章「擬似身体反応を用いた感情喚起装置の設計論」

本章では、各感情喚起モデルの特徴について先行研究や、本論文の第3章から第5章における結果をもとに議論を行う。また、各感情喚起モデルが適応可能なアプリケーション例や、擬似身体反応の提示法について述べた上で、感情喚起装置の設計論を整理する。

## 第7章「結論」

本論文を通して得られた知見をまとめ、本論文で提案した擬似身体反応を利用した感情喚起モデルや具象化した装置の応用例、今後の展望について述べる。

## 参考文献

1. Jonathan St. B. T. Evans. 2008. Dual-processing Accounts of Reasoning, Judgment, and Social Cognition. *Annual Review of Psychology* 59, 255-278.
2. Rosalind W. Picard. 1997. *Affective Computing*. Cambridge: MIT press.
3. Ming-Zher Poh, Daniel J. McDuff, and Rosalind W. Picard. 2011. Advancements in Noncontact, Multiparameter Physiological Measurements Using a Webcam. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 58: 1, 7-11.
4. Sara Taylor, Natasha Jaques, Weixuan Chen, Szymon Fedor, Akane Sano, and Rosalind Picard. 2015. Automatic Identification of Artifacts in Electrodermal Activity Data. In *Proceedings of 2015 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC '15)*, 1934-1937.
5. Daniel McDuff, Rana Kaliouby, Thibaud Senechal, May Amr, Jeffrey Cohn, and Rosalind Picard. 2013. Affectiva-MIT Facial Expression Dataset (AM-FED): Naturalistic and Spontaneous Facial Expressions Collected In-the-Wild. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, 881-888.
6. Affectiva, Inc., Emotion Recognition Software and Analysis, <http://www.affectiva.com> (2017/1/16アクセス)
7. Empatica Inc., Human data in real time - Empatica, <https://www.empatica.com> (2017/1/16アクセス)
8. Howard Ehrlichman and Jack N. Halpern. 1988. Affect and Memory: Effects of Pleasant and Unpleasant Odors on Retrieval of Happy and Unhappy Memories. *Journal of Personality and Social Psychology* 55: 5, 769.
9. Loewenstein George, Ted O'Donoghue, and Matthew Rabin. 2003. Projection Bias in Predicting Future Utility. *Quarterly Journal of Economics*: 1209-1248.
10. Herbert Bless, Gerd Bohner, Norbert Schwarz, and Fritz Strack. 1990. Mood and Persuasion: A Cognitive Response Analysis. *Personality and Social Psychology Bulletin* 16: 2, 331-345.
11. Norbert Schwarz. 1990. *Feelings as Information: Informational and Motivational Functions of Affective States*. Guilford Press.
12. Keith E. Stanovich, Richard West, and J. Jou. 2000. Individual Difference in Reasoning: Implications for the Rationality Debate?. *Behavioural and Brain Sciences* 23: 5, 680.
13. Fritz Strack, Leonard L. Martin, and Sabine Stepper. 1988. Inhibiting and Facilitating Conditions of the Human Smile: a Nonobtrusive Test of the

- Facial Feedback Hypothesis. *Journal of Personality and Social Psychology* 54: 5, 768-777.
14. Philip L. Jackson, Andrew N. Meltzoff, and Jean Decety. 2005. How Do We Perceive the Pain of Others? A Window into the Neural Processes Involved in Empathy. *Neuroimage* 24: 3, 771-779.
  15. Masanori Kimura, Ikuo Daibo, and Masao Yogo. 2008. The Study of Emotional Contagion from the Perspective of Interpersonal Relationships. *Social Behavior and Personality* 36: 1, 27-42.
  16. Stuart Valins. 1966. Cognitive Effects of False Heart-rate Feedback. *Journal of Personality and Social Psychology* 4: 4, 400-408.

## 第2章

# 擬似身体反応を用いた 感情喚起モデルの提案

本章では、認知心理学・感情心理学の領域でこれまで議論されてきた人間の感情に関する知見を整理するとともに、本論文で扱う「感情」や「感情体験」について定義する。また、感情の生起にまつわるメカニズムを説明した上で、感情や、感情の生起を由来とする体験の誘発を目的として、感情喚起のメカニズムに工学的に介入する手段について述べる。そして、感情喚起のメカニズムに関する心理学的知見を応用したシステムや装置の紹介と議論を通して、工学的手段によって感情を喚起させる「感情喚起モデル」を提案する。

## 2.1 感情

感情とは何であるか。心理学やその周辺分野において、感情の種類や性質などについて長年研究されてきているが、未だ統一的な定義や説明はない。以下ではこれまでの感情研究を概観し、本論文で扱う感情の定義や感情の役割、機能について述べる。

### 2.1.1 感情の種類と定義

進化論を唱えたCharles Darwinは、人間や動物の表情の観察を通して、人間の表情は進化の過程で獲得してきたものであり、表情による感情表出は文化を超えて普遍的であるとしている[1]。表情研究の第一人者であるEkmanも、表情や感情に関する普遍性について述べており、「驚き」「恐怖」「嫌悪」「怒り」「幸福」「悲しみ」の6種類を、人間の持つ基本的な感情であるとした[2]。後に、Ekmanは基本感情を拡張し、17種類の感情に分類できるとしている[3]。

また、感情は表情によって分類されるだけではない。Russel et al.は、あらゆる人間の感情は、人間の根源的な感情である快―不快と、身体的・生理的な覚醒を示す活性―不活性の二軸をもって表すことができるとしている[4]。さらに、大別するとポジティブ感情とネガティブ感情の2種類にわかれる（図2.1）。

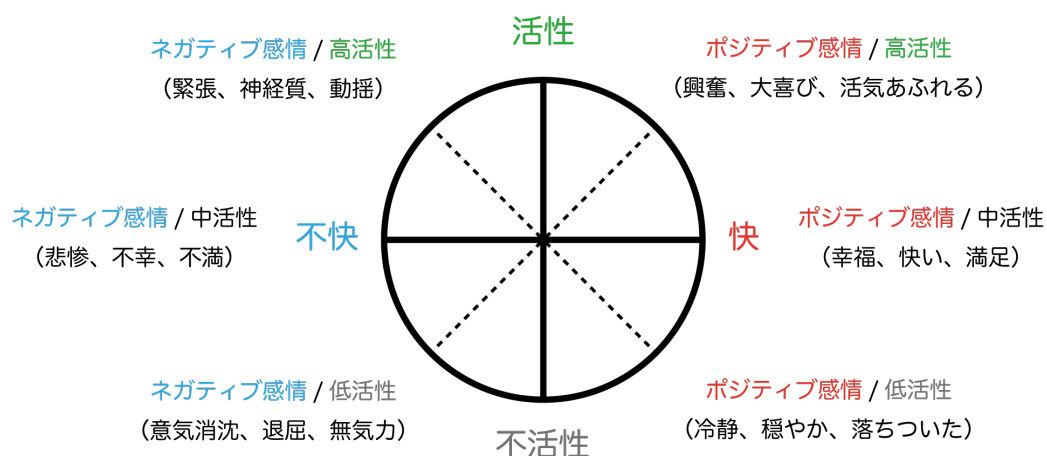


図2.1 Russel et al.の感情の円環モデル（[3]中の図を日本語化）

感情とは別に、「情動」や「気分」といった言葉が、感情と類似した意味を持って用いられる場合がある。情動は、身近な人の死によって悲しみを感じたり、長らく欲しかったものが手に入って喜びを感じたりというような、その生起の原因となった対象が明確である比較的強い心の動きのことを指す。一方、気分は、機嫌が良いや、なんとなくやる気が出ないというように、比較的長期的・持続的で、原因が明確に特定できないような弱い心の動きのことを示す。一般的に、情動や気分で示される現象を総称して感情と呼ぶことが多い。本論文においても、人間の心の動きや、心の動きの変化によって生じる行動や判断を包括して「感情」や「感情体験」と呼称することにする。

一方で、複数の研究において感情と、表情変化や心拍変動、発汗といった身体的・生理的な反応の関係性[5,6,7]は認められているものの、感情が生起したと当人が感じられるのに十分な身体的・生理的な変化の水準はよくわかっていない。また、身体的・生理的な反応は、運動や外的刺激によって心の動きに関わらず変化することがある。そのため、身体的・生理的な反応の観測のみによって、感情が変化したとは判断することは難しい。さらに、それらの反応と感情状態が一对一で対応付けされているわけではないため、同一の身体的・生理的な変化が生じて、状況や文脈によって違った感情が喚起されるということである。つまり、身体的・生理的な反応のみによってはいかなる感情が喚起されたのか判断できない。以上から、本論文においては、身体的・生理的な反応や変化のみは「感情」としては扱わず、主観的・行動的な変化を感情や感情体験が生起したと判断することにする。

### 2.1.2 感情の役割

感情の有用性についてはこれまで数多く議論されてきた。論理性や合理性、認知的処理の欠如につながり役に立たないという見方もあるが[8]、内的・外的な刺激に対して適切に対応できるように、現在の行動の優先付けや組織化を行う役割を持つとも言われている[9,10]。現在では後者の説が多く支持されている[11]。Schawrzは、感情は認知的な努力を必要とせずに判断を行うために必要な周辺環境の危険性を伝達するシグナルとして働き、ヒューリスティックな情報処理を促すとする感情情報説を唱えている[12]。同様に、Clore et al.は感情は無意識的な評価の現れであり、感情を経験することによって、ある対象の評価が情報として伝達されるとしている[13]。また、二重過程理論においては、人間には理性的な情報処理システムの他に、感情的な情報処理システムが備わっており、その両者が相補的に働いて、最終的な判断・行動が決定されるとしている[14]。つまり、自分の現在の感情状態が意識的・無意識的にしろ判断や行動する際の指針として使われる場合があるということである。そして、ある事象の良し悪しの判断と、その後に発生する判断・行動の結びつきの強化には、特定の身体的・生理的な反応が関係しているとしている[15]。事実、こうした身体に起こる反応と感情の関係性については数多く議論されている（詳細は2.2節）。

### 2.1.3 感情の機能

感情と判断・行動の関係性を裏付けるように、感情状態によって脳内の情報処理が変化することが多くの研究によって示されている。例えば、ある事件に遭遇した際、凶器にばかり注意が向いて、犯人の身体的な特徴を全く覚えていなかったというように、ある瞬間の感情的な事象は記憶に残りやすいが、その周辺的な事象は記憶に残りにくい[16]。また、落ち込んでいるときに過去の嫌な記憶を思い出してしまい、さらにネガティブな気分が陥ってしまうというように、人間は自身の現在の感情状態と同一の記憶を想起しやすい傾向がある（気分一致効果）[17]。慢性的なストレスによって気分の落ち込みや気力の低下のような症状を伴う抑うつ傾向にある人は、ネガティブな感情を緩和する能力が低いため、気分一致効果を引き起こしやすいことが知られている[18]。対照的に、現在の感情状態と逆の感情状態を示す記憶のほうが思い出しやすいとする研究もある（気分不一致効果）[19]。抑うつ傾向の低い人は、例えばネガティブな気分が陥っても、ポジティブな記憶を想起することでそうした気分を緩和する能力が高く、気分不一致効果を生じしやすい[18]。また、自尊心が高い人物は気分不一致効果を、自尊心が低い人物は気分一致効果を示しやすいとする研究結果もある[20]。

他にも、ポジティブ・ネガティブな感情状態が行動や思考に与える影響が調査されている。例えば、ポジティブ感情は思考の幅を広くし、創造的な行動や思考を促進すると言われている[21]。実際に、ポジティブ感情を喚起させた被験者を創造的思考が必要な課題に取り組ませると、喚起しなかった被験者よりも正答率が高くなるという結果が得られている[22]。また、ポジティブ感情が高いと、そうでない被験者よりも他者への援助行動を示しやすいことがわかっている[23]。こうしたポジティブ感情が行動や思考に与える効果については、Fredricksonが提唱する「拡張形成モデル（Broaden-and-build theory）」によって一般化されている。ポジティブ感情は目の前の刺激だけではなく、周辺環境へ注意を向けさせる手助けをし、個人の行動や思考の幅を拡張させ、問題解決へと導くとした[21]。

また、ポジティブな感情が選好やモチベーションに影響することがわかっている。Winkielman et al.は、無意識的な感情へのバイアスが、その後の判断や行動にどのような影響を及ぼすか調査している[24]。その研究では、幸福、または怒りの表情画像によって同種の感情を喚起させた被験者に飲料物を自分で注いで好きなだけ飲んでもらう。すると、幸福の感情を喚起させた被験者は、怒りの感情を喚起させた被験者よりも、多くの量を注ぎ、多くの量を飲むことがわかった。また、飲む量を一定としたとき、どのくらいまでのお金を払うかという質問に対しては、幸福の表情画像を提示された被験者は、怒りの表情画像を提示された被験者よりも、多くのお金を払っても良いと答えた。さらに、もっと飲みたいかという質問に対しても好意的な返事が得られ、ポジティブな感情状態が選好判断やモチベーションに影響することがわかった。

対して、ネガティブ感情は、創造的思考の妨げとなり、目標達成への執着を薄れさせるなどのように、一般的に悪いイメージを持たれがちである。しかし、ネガティブな感情は、思考を精緻化し、現在行っている課題や行動に集中させる働きをされると言われており、必ずしも悪い面のみを持つわけではない。例えば、Bless et al.の研究[25]では、ポジティブ（幸福）・ネガティブ（悲しみ）な感情に誘導した被験者に、大学の学生支援費（student services fee）の値上げに関するメッセージを読んでもらう。メッセージは2通りあり、片方は値上げに関する説得力のある根拠が述べられており、もう片方のメッセージには根拠の弱い値上げの理由しか述べられていない。その結果、ネガティブ感情に誘導された被験者は前者の説得力のあるメッセージを好意的に捉え、値上げに賛成したのに対し、ポジティブ感情に誘導された被験者は、論拠の強弱に関わらず影響を受けた。このようにネガティブ感情は体系的なメッセージの精緻化と関連しており、人はネガティブ感情によって、目の前の行為や対象に集中し、より現実的に思考を巡らすようになるということである。このようなネガティブ感情における注意の集中の効果は、他の研究でも明らかにされている[26]。

もし、任意の感情状態を狙って誘発できる工学的な技術が実現可能になれば、このような感情の変化がもたらす行動や体験の変化を自由に生起できるようになる。

## 2.2 感情喚起のメカニズム

### 2.2.1 自己知覚と感情

#### 2.2.1.1 感情喚起にまつわる理論

感情自体だけでなく、感情が喚起するメカニズムについても古くから多くの理論が提案・議論されている。近年では、脳科学、神経学的なアプローチから研究も進められているが、未だ感情が喚起する明確なメカニズムは明らかにされていない。一方で、自己の身体に起きる変化を知覚すること（自己知覚）が、感情の喚起に影響を与えるという点に関しては複数の説が一致した見解を示している。

例えば、アメリカの心理学者であり哲学者であるWilliam Jamesは、感情が喚起されるメカニズムについて次のように説明している。外部からの刺激を知覚し、知覚した情報が脳内で処理され、心臓の動悸や筋肉の動きの変化など不随意的に身体に変化が生じる。そして、この変化を知覚することが感情の経験につながる。つまり、「悲しいから泣く」のではなく、「泣くから悲しくなる」というように、自身の身体に無意識的に起きた変化をきっかけとして感情が喚起されると主張した[27]。例えば、散歩中に不意に熊に出会ってしまったとする。すると、心拍数の変化や、発汗、震えなど反射的な行動が先じて生じ、そうした身体反応を自覚することによって初めて恐怖や恐れなどの感情を経験するということである。同時期に類似した説を主張したLangeの名前も合わせて冠し「James—Lange説」、または、身体の末梢で起きる反応が感情の喚起に関わるとしたため「末梢起源説」と呼ばれる。



哲学的・思索的なアプローチから感情喚起のメカニズムに迫った末梢起源説に対し、Cannonらは生理学的・実験的なアプローチから感情の解明に取り組んだ。そして、感情の生起には身体反応が関与せず、刺激の知覚と感情の経験の経路が脳内のみで完結するとした「中枢起源説」を提唱した[28]。身体反応を知覚できないように動物の脳と神経を切断した状態でも感情の変化が確認できたことや、薬剤によって感情が喚起したときと同種の身体反応を引き起こしたときに、その感情が観測されなかったなどの理由から、感情の経験には身体からのフィードバックを必要としないと考えた。そして、感情と身体反応は並行して生じるとした。末梢起源説と中枢起源説の2つの理論では、外部からの刺激に対して不随意的に身体反応の変化が生じることは共通しているが、感情の経験に身体反応が必要かどうか、という点で対立している。

一方で、末梢起源説や中枢起源説で問われた感情と身体反応の対応付けを説明する理論として「情動二要因理論」[29]が唱えられた。情動二要因理論では、外部からの刺激によって不随意的に身体反応が生じるまでは末梢起源説と同様であるが、生起した身体反応の種類は非特異的、多くの種類はなく共通であるとした。そして、身体反応が生起した原因や理由を自身の状況や知識をもとに解釈する過程（原因帰属）で、感情が経験されると考えた。つまり、「身体反応」と「原因帰属」の2つの要因によって感情が喚起されるとした。これは、同種の身体反応が生起した場合でも、生起した原因が異なって解釈されると、違った感情が喚起されるということを意味している。

情動二要因理論を支持する具体的な例として、Duttonらが行った「吊り橋実験」がある[30]。実験では、橋を渡っている最中の男性に女性がインタビューを行う。実験は、川の上に架けられた不安定な吊り橋と、固定されて安定している普通の橋において行われた。女性は、インタビューの最後に、インタビューの結果についてもっと聞きたいことがあればと、男性に電話番号と名前が書かれた紙を渡した。すると、普通の橋を渡った男性からはほとんど電話がかかってこなかったのに対し、吊り橋を渡った男性の半数から電話がかかってきた。この結果は、吊り橋を渡る際に生じた身体反応（心拍変動や発汗など）を、女性に魅力を感じていたから生じたと誤って解釈したからであると考えられた。つまり、身体反応が生起する際の環境や状況をうまく設計することによって、狙った感情や感情体験を誘発できることを示している。

また、神経学者のDamasioは、末梢起源説や中枢起源説、情動二要因理論を包括したソマティック・マーカ仮説を提唱している[31]。末梢起源説と同様に感情の経験に先立って身体反応が生起するとし、身体反応と感情の関係性の形成には、日々の選択や行動の結果に伴って経験する感情が関与するとした。そして、新たに選択や行動を行う際に、過去の経験をもとにした身体反応が不随意的に生起し、それによって感情が喚起され、その感情が選択や行動の際の意思決定を支えると考えた。また、感情の生起には必ずしも身体反応を必要とせず、ある程度同じ身体反応を経験することで、身体反応を介さずとも感情を知覚するバイパス経路が脳内に生じるとしている。これは、

中枢起源説で述べられていた脳内で感情の生起が完結するという点も上手く説明している。

このように、感情の喚起に関わるメカニズムについてはいろいろな理論が提案されている。そして、その多くは感情と身体の関係性を認めており、身体反応の生起が少なからず喚起される感情に影響を与えているとしている。すなわち、自己の身体反応の変化を知覚することで、何らかの感情や、感情を意思決定の規範とした判断や行動の変化が起きるということである（図2.2）。

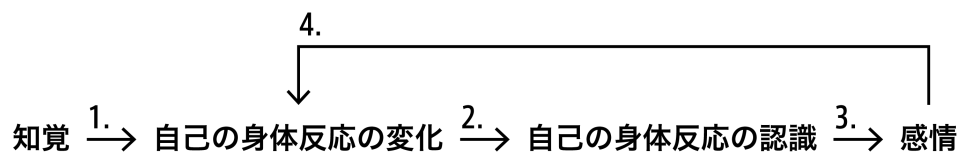


図2.2 自己の身体反応の知覚による感情喚起プロセス

他方、直接的に身体反応を扱わない感情の誘導方法として、音楽[32]、映像[33]、匂い[34]、過去の特定の感情状態のときの記憶を思い出してもらう[25,35]、プレゼントを与える[22,23]、認知課題に取り組んでもらう[26]などがこれまで提案されている。しかし、こうした外部刺激を用いることによる感情喚起の効果は認められてはいるものの、自己関与が薄いため、非常に弱い感情しか生起出来ず、感情の効果を検出できない場合がある[36]。また、その効果には文化差や個人差が生じうることを考慮する必要があったり、提示する際のその場の環境や、現在行っている行為、他者とのインタラクションを妨げたりする恐れがある。一方で、こうした刺激は身体反応変化や末梢系の反応を生起させる外部情報でしかなく、これらの刺激によって感情が喚起するにしても、何らかの身体や末梢系の反応が必ず伴って生起する。つまり、個人の認知特性によって意味が変わってしまう恐れのある外部情報を操作するよりも、そうした情報を知覚する身体を直接的に扱ったほうが容易であり、普遍的な感情喚起技術の構築につながるはずである。

#### 2.2.1.2 身体反応が感情へ与える影響に関する実験的なアプローチ

以上で述べたような、身体と感情の関連性を示す例として「表情フィードバック仮説」[37]がある。表情フィードバック仮説では、顔面の表情筋の変化が感情に影響を与えることが実験的に確かめられた。つまり、悲しい顔をすることによって本当に悲しくなったり、笑った顔をするによって楽しいと思えたりするということである。ペンを口や唇にくわえさせて表情を作らせる、非明示的な指示でも感情が変化することが確かめられた（図2.3）。近年では、表情フィードバック仮説に対する反証[38]も報告されているが、実験状況の再現が完璧に行われているわけではないため、仮説を完全に否定するものではない。また、この仮説に端を発する種々の実験系[39,40,41]においても現象の再現が認められ、表情の変化が感情に影響を与えている[42]。

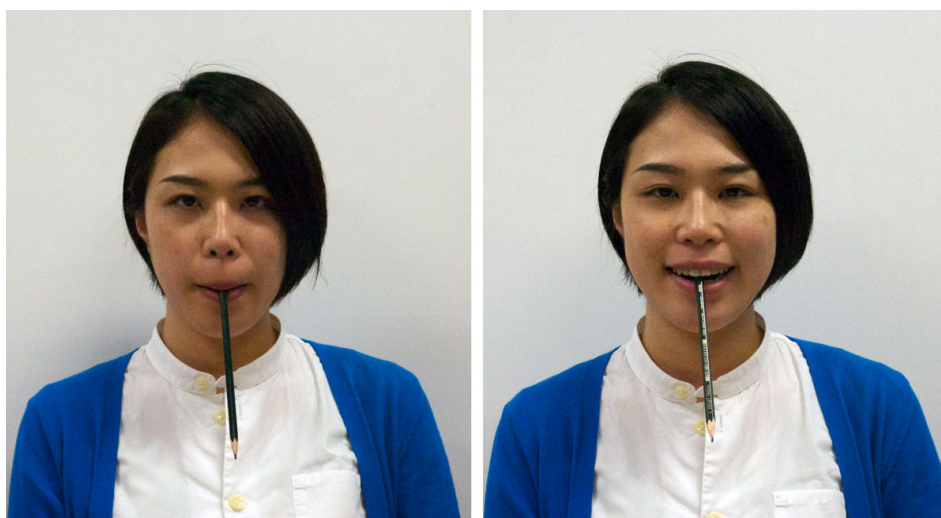


図2.3 表情フィードバック仮説

また、情動二要因理論では、「身体反応」と「原因帰属」の2つの要因によって感情が喚起されると説明していたが、必ずしも実際の身体反応の変化が感情を喚起させるための必要条件というわけではない。Valinsが行った「偽の心音実験」においては、自身のものだと偽って提示された身体反応によっても感情的判断が変化することが示された[43]。この実験では、被験者のものより速い、もしくは、遅い虚偽の心拍音を聴かせることによって女性の写真に対する魅力度を変化させられることが実験的に確かめられた。コントロール群として、異なる音量の環境音を聞かせた場合、大きな音量の音を聞かせたときに、同様の生理的変化が観測されたが、魅力度の変化は生じなかった。つまり、自身のものだと思える擬似的な身体反応によって、感情や感情体験が誘発されるということである。さらに、この実験では擬似的な身体反応の変化の認知によって、被験者の心拍や皮膚電気反応といった生理的な変化も確認されている。最近の研究においても、個人差はあるものの、虚偽の心拍数を自身のものであると視覚的にフィードバックすることで、実際の心拍数が影響を受けることがわかっている[44]。

他にも、Mori et al.は擬似的な涙を被験者の頬に流すことで悲しみの感情を喚起できることを明らかにした[45]。実験は、体温近くまで暖められた水をピペットを使って被験者の目元から頬にかけて流す群と、額近くから水を流す群に別れて行った。結果として、前者の群が後者の群よりも悲しみの感情を感じていた。Mori et al.は、表情フィードバック仮説で示されている筋肉の動きのような、受動的な皮膚感覚が感情の喚起に関係していると考察している。

以上を鑑みるに、擬似的な身体反応を、自身の身体反応の変化であると上手く錯覚させることによって、実際の身体反応の変化だけでなく、感情やそれに伴う価値判断といった主観的なリアリティを喚起させることができる可能性がみえてくる。つまり、自己に起こる身体反応の変化の代わりに、工学的手段によって生成もしくは生起させ

た身体反応（擬似身体反応）を入力し，その擬似身体反応を認識させることで，感情が喚起され，そうした感情が自身の身体にさらにフィードバックされるということである（図2.4）．

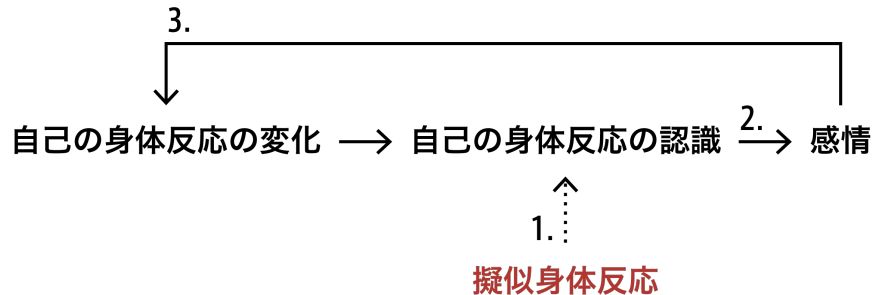


図2.4 自己の擬似身体反応の知覚による感情喚起プロセス

## 2.2.2 共感と情動伝染

人間には「共感」や「情動伝染」と呼ばれる他者の感情を由来とする感情喚起のメカニズムが備わっている。共感とは，他者の内的な状態や考えを把握・想像したり[46,47,48]，他者の立場に立って物事を考えたり[49]，他者が感じているのと同じ感情を抱く能力[50,51]のことを言う。前者2つは自己と他者の区別や相手の立場・視点から物事を考える認知的なプロセスを介すことから「認知的共感」と呼ばれ，後者は知覚された情報による無意識的な感情の共有を指すことから「感情的共感」や「情動伝染」と呼ばれる。他にも，苦しんでいる他者を見て苦悩を感じたり（個人的苦悩），そのような他者に何らかの感情を抱くこと（共感的配慮）についても共感という言葉で表現される場合がある[52]。このように，共感は多様な概念を持ち，心理学や神経科学だけでなく様々な分野において異なった解釈や定義が存在する。

本論文では，数ある共感の概念の中でも「情動伝染」に注目する。情動伝染は，他者の身体反応や感情の表出を感じ取ることで，自身も同じ感情を抱いてしまう現象のことである（図2.5）。例えば，他者が泣いている写真や映像を見ると，釣られて自分も悲しくなってしまう[53]，楽しかった出来事の話の聞いていると，自分も楽しくなってきたり[54]といった現象を体験したことはないだろうか。これは，相手の表情や声，姿勢などの感情的表出を知覚して，それを模倣・同調するような中枢神経系の指示や，模倣・同調の結果としてもたらされる末梢系の反応や身体反応の生起が，自身の経験する感情に寄与しているということである。Hatfield et al.は，原初的な情動伝染を，相手の表情や話し方，姿勢，動きを自動的に模倣・同調することによって，



図2.5 他者の身体反応の知覚による感情喚起プロセス

同じ感情状態に落ち着く傾向であるとしている[46]。つまり、他者の感情表出や行為の反射的な模倣や同調から受けるフィードバックの結果として、感情の変化が起きるということである。

複数の研究において、人々は周囲の人物の表情を模倣する傾向があるということが明らかにされている[55,56]。これらの研究においては、顔面に取り付けた筋電位センサ（Electromyography, EMG）によって、感情を表出している他者の顔画像を眺めた瞬間に生じる筋肉の活動の変化を測定している。結果として、観測した表情画像と同様の表情を作るときの筋肉の動きが観測されている。しかし、このような反応は非常に微細で瞬間的なため、実際の感情表出として観測することは難しいと言われている[57]。このような表情の模倣は社会的に成熟した成人だけが持つ性質ではなく、新生児においてもみられる現象である[58]。そのため、人間の生得的で反射的なメカニズムであることがわかる。

そして、先に説明した表情フィードバック仮説と同じくして、模倣や同調の結果として生じる表情の変化によって相手と同種の感情を感じるということである。こうした模倣・同調と身体的なフィードバックの関係性は、他の感情表出でも見られる。例えば、声に関して言えば、話す速度や持続・反応時間などが話者同士で影響し合う[59]だけでなく、話者自身が抱く感情が抑揚や、リズム、話し方を変えることによって変化することがわかっている[60]。すなわち、会話を続けることで自ずと相手の話し方に同調していき、ついには相手と同じ感情状態を経験するということである。

また、この種の感情の共有は、動作の模倣だけではなく、感情表出の観測を経由しても起こることがわかっている。例えば、幸福や悲しみの感情を込めて録音された音声を聞かせることによって、そうとは気づかずに同種の感情を抱かせることができる[61]。このような他者の感情表出をきっかけとして、同種の感情を抱く現象の背景には、ある特定の運動を行う際に反応する脳内部位と、他者がその運動を行ったのを観測した際にも同じ脳内部位が反応する、ミラーニューロンと呼ばれる脳内の活動が関係しているとされる[62,63,64,65]。他者の行動の意図や目的のシミュレート、他者の心の状態の推定、自身の学習のためなど、ミラーニューロンの存在理由には諸説はあるが、他者の行動をきっかけとして内的（脳内・末梢系）・外的（身体反応やその他の感情表出）な模倣や同調が起きるということに変わりはない。つまり、情動伝染に

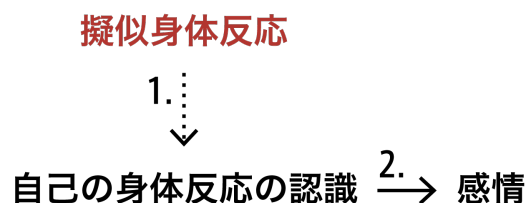


図2.6 他者の擬似身体反応の知覚による感情喚起プロセス



においては、そういった内的・外的なプロセスによって他者が抱いている感情と同種の感情を抱くようになるということである。そして、工学的手段によって生成した擬似身体反応を、他者の身体反応が変化したかのように認識させることで、感情が喚起されるのではないかと考える（図2.6）。

他にも、単純な模倣では説明できないような例として、インターネットを介したテキストチャット[66,67]においてチャット相手と同種の感情を抱いたり、ソーシャルネットワークサービス[68,69]においても閲覧する他者の発言の感情の度合いに自身の発言が倣ってしまったりすることがわかっている。これらの研究は、情動伝染は、感情と関連する身体反応を経由して発生するだけでなく、他者の感情の変化を類推する何らかのきっかけを介しても発生することを示している。

## 2.3 感情喚起のメカニズムを応用したシステム

以上のように、感情や感情喚起のメカニズムには、自身であれ他者であれ、人間の身体に起きる変化の知覚が関係していることがわかる。近年では、そのような感情喚起に関する心理学的な知見を応用することで、目的とする感情や感情体験を誘発するシステムが提案されている。本論文では、こうした感情喚起にまつわる仕組みを搭載するシステムを「感情喚起装置」と呼称する。本節では、擬似身体反応を利用して感情喚起に取り組んでいる研究や、感情喚起装置を紹介する。

### 2.3.1 自己知覚を応用した感情喚起装置

以下では、図2.4で示すような自己知覚による感情喚起プロセスを応用した装置や研究を紹介する。自己の身体反応を知覚することによる感情喚起には大きくわけて2つの手法が存在する。

1つが、何らかの外部刺激によって実際の身体反応を生起させる手法である。例えば、Tsujita et al.は、上述した「表情フィードバック仮説」を応用し、笑顔にならないと冷蔵庫のドアが開かないといったような、日常生活の中で笑顔になるタイミングを作ることによってユーザの幸福感を高めるインタフェースを提案している[70]（図2.7）。しかしながら、笑顔のタイミングを作るのみに留まるため、身体反応の形成に関してはユーザの自発的な関与を必要とする。そのため、必ずしも目的とする感情体験を誘発できない場合がある。

Fukushima et al.は、静電気力によって前腕の毛を立ち上がらせることで、驚きの感情を増幅させる椅子型の装置を作成している[71]（図2.8）。Tsujita et al.の手法とは違って、ユーザが意識的に身体反応を生起させているわけではないが、非侵襲的な手段で身体反応を生起する方法にも限りがある。



図2.7 Happiness Counter [70]



図2.8 Chilly Chair [71]

もう1つが、工学的手段によって生成した身体反応を自身の身体に直接的にフィードバックする手法である。Nishimura et al.は、対象者への好意の生起を目的として胸部への触覚提示デバイスを提案している[72] (図2.9)。これは、好みの異性を目にしたときの心拍の上昇といった生理的興奮を制御することにより、映像コンテンツ内の人物や、対面している人物に対する好意を人為的に変化させるというものである。そして、任意の振動数の心拍音を胸部に取り付けられたスピーカで再生することによって、体験者の心拍の変動を表現している。Valinsと同様に、異性の写った写真を見せ、写真に写っている人物の魅力度を尋ねたところ、心拍の上昇によって魅力度が上昇したという結果が得られている。

また、Costa et al.は、心拍数を振動によって触覚的に提示するリストバンド型の装置を提案している[73]。実験において、被験者は、自身の心拍であると偽って一定の緩やかな振動（実験では60bpm）を提示する群と、60bpmの振動を提示するもののそれが心拍を表していると伝えない群、実際の心拍数を提示する群、リストバンドを装着

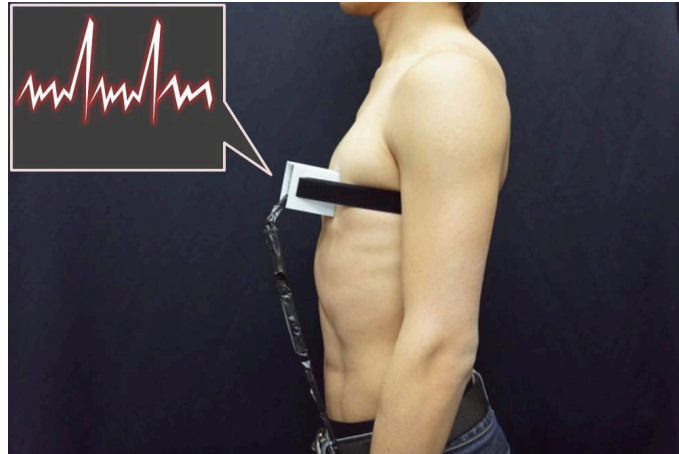


図2.9 擬似心拍の提示による魅力度の操作 [72]

するだけで何も提示しない群に別れた。そして、模擬的な面接と称して面接官の前で自己紹介（プレゼンテーション）をしてもらう。その結果、虚偽の心拍を提示した群は、他の群よりも、有意にプレゼンテーションの際に感じる不安の気持ちを抑制できていたことがわかった。

一方で、擬似身体反応と実際の身体反応が同時に存在するような状況では、擬似身体反応であると割り切ってしまうと、実際の身体反応に感情が従ってしまう恐れもある。また、心拍に限って言えば、心拍は音や触覚のように体験できる形にフィードバックしやすいという面もあるが、心拍の速度や強弱のみで複雑な感情状態を狙って示すことが難しい。

### 2.3.2 情動伝染を応用した感情喚起装置

図2.5で示すような情動伝染のメカニズムを利用して、擬似的な笑い声によって感情や笑顔を変化させる試みが行われている。例えば、自分の笑い声に合わせて録音された他者の笑い声（ラフトラック）を再生することで、笑いの継続時間が変化する[74]（図2.10）ことや、カメラのシャッター音をラフトラックに変えることで、より自然な笑顔を撮影できる[75]（図2.11）ことが示唆されている。これらの研究では、正確には情動伝染の発生源となる人物は存在しないものの、他者から発せられると感じられるような擬似身体反応を提示することで、対象となる人物の感情体験の増幅を図っている。

一方、以上の研究は情動伝染のメカニズムを応用しているものの、その感情喚起の効果は複数人を対象として検証されていない。擬似身体反応による情動伝染の効果によって同時に複数人の感情体験を誘発できるか、検証する余地があると考えられる。





図2.10 笑い組 [74]

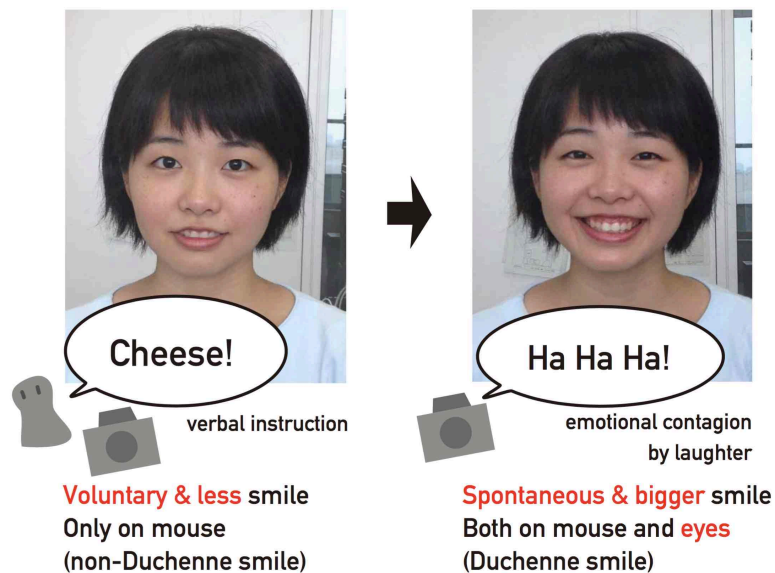


図2.11 爆笑カメラ [75]

## 2.4 擬似身体反応を用いた感情喚起モデル

以上のように、これまで提案されてきた擬似身体反応を利用した感情喚起装置は、ベースとなる感情喚起メカニズムに従い2つに大別することが可能である。一方で、新たに感情喚起装置を設計する際には、この2つの感情喚起メカニズムだけを意識すれば良いのだろうか。また、これ以外にも、擬似身体反応による感情喚起の手法は存在するのだろうか。本論文では、感情喚起装置の設計の体系化に向けて、擬似身体反応を利用した感情喚起にまつわる事象の構造を抽象化した「感情喚起モデル」の提案を行う。新たに感情喚起装置を設計するにあたっては、装置の設計要件から適切な感情喚起モデルを判断し、そのモデルに即した実装を行うことで、効果的な感情喚起装置を

設計できるはずである。また、モデルとして要素を抽象化することによって、新たな感情喚起モデルの創出につながる可能性もある。

### 2.4.1 自己の擬似身体反応の知覚による感情喚起

2.3.1では、自身の身体に起きる反応の変化を知覚することによって、感情が変化する例を示した。外部刺激によって実際の身体反応を生起させる[70,71]、擬似的に生成した身体反応を提示する[72,73]というように、工学的手段によって生起・生成された自身の身体上の変化を知覚させることによって、目的とする感情体験の誘発を行っている。このような、自身の身体に生起する身体反応が変化したかのように感じさせる感情喚起手法を、これまで提案されてきた感情喚起装置を整理する目的で「感情喚起モデル1」と定義する（図2.12）。

一方で、身体反応の提示先を実際の身体に限定しないやり方も考えられる。Klingerは、体験者の顔が映った鏡の上から水を流すことで、体験者の悲しみの気持ちを誘導することを目的としたインタラクティブアートを制作している[76]。鏡の持つそのまの自身を投射するという性質を利用し、鏡に映る自身の身体反応が変化しているようにみせることで、自身の身体反応を錯覚させ感情の喚起を狙う作品である。このように、身体に直接的でないやり方で擬似身体反応を提示することによって感情を喚起する方法も考えられる。

例えば、コンピュータを通して再現されたバーチャルな身体が生起する身体反応に変化があった場合にも、感情の変化は起きるのだろうか。Klingerの作品のように、擬似的に生成した身体反応を、バーチャルな自分に反映させ、それを自身の身体反応の変化であるかのように提示することで、感情や感情の変化をきっかけとする主観的な体験が操作可能であるか検討の余地がある。実際の身体に生じているかのような身体反応を構成するよりも、コンピュータを使ってバーチャルに再現された身体のほうが身体反応の構成が容易で自由度が高く、今までにないやり方で擬似身体反応を構成できると考える。このような、バーチャルな自分の身体反応の変化を利用する感情喚起手法を「感情喚起モデル2」（図2.13）と定義し、本論文の第3章において検証する。

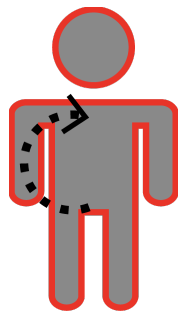


図2.12 感情喚起モデル1：  
自分の身体反応が変わって感じる

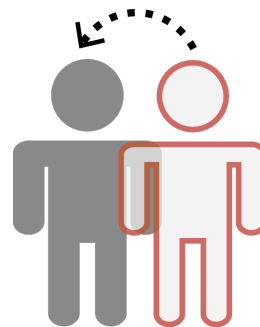


図2.13 感情喚起モデル2：  
バーチャルな自分の身体反応が変わって感じる

### 2.4.2 他者の擬似身体反応の知覚による感情喚起

2.3.2では、周囲にいる他者が表出しているかのような擬似的な身体反応によって、感情や行動が影響を受けることを示した。本論文では、他者の身体反応が変わったかのように感じさせる、情動伝染をベースとする感情喚起手法を「感情喚起モデル3」とする（図2.14）。

一方で、このような単方向的な系ではなく、明確な対話相手が存在する双方向的なコミュニケーションにおいて、情動伝染のメカニズムは活かすことはできるのだろうか。そこで、双方向なコミュニケーションにおいて互いの感情体験を操作する方法を考える。2.4.1と同様に、バーチャルな身体のほうが身体反応を操作しやすいと考え、リアルな相手の身体反応を変えるのではなく、バーチャルな相手の身体反応を擬似的な身体反応に置き換える。これにより、お互いが相手の擬似身体反応を知覚し合うことで情動伝染を発生させ、双方向なコミュニケーションに感情的な付加価値を与えることができると考える。これを、バーチャルな相手の身体反応が変わったように感じさせる感情喚起手法として「感情喚起モデル4」（図2.15）とし、本論文の第4章において検証する。

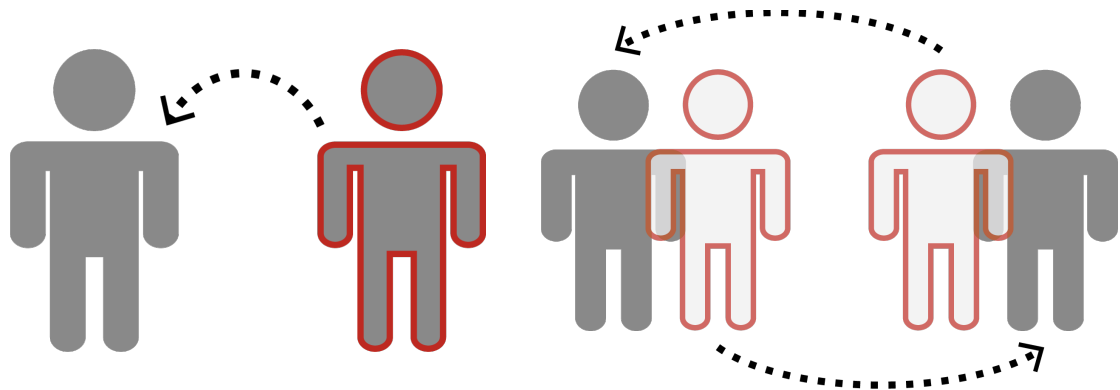


図2.14 感情喚起モデル3：  
他者の身体反応が変わって感じる

図2.15 感情喚起モデル4：  
バーチャルな相手の身体反応が変わって感じる

### 2.4.3 自己と他者の擬似身体反応の知覚による感情喚起

以上で述べた4つの感情喚起モデルは、人間の感情喚起に関する認知的メカニズムと、擬似身体反応が提示される身体が存在する環境にもとづいて分類できる（図2.16）。「自己の身体反応の知覚」と「情動伝染」から、身体反応を操作する対象を「自分」と「他者」にわけ、それを横軸とする。そして、「実世界」に存在する身体が表出する身体反応を感情喚起のトリガーとするか、それとも、「コンピュータ世界」の中に再現されたバーチャルな身体が表出する身体反応を感情喚起のトリガーとするかを縦軸とする。

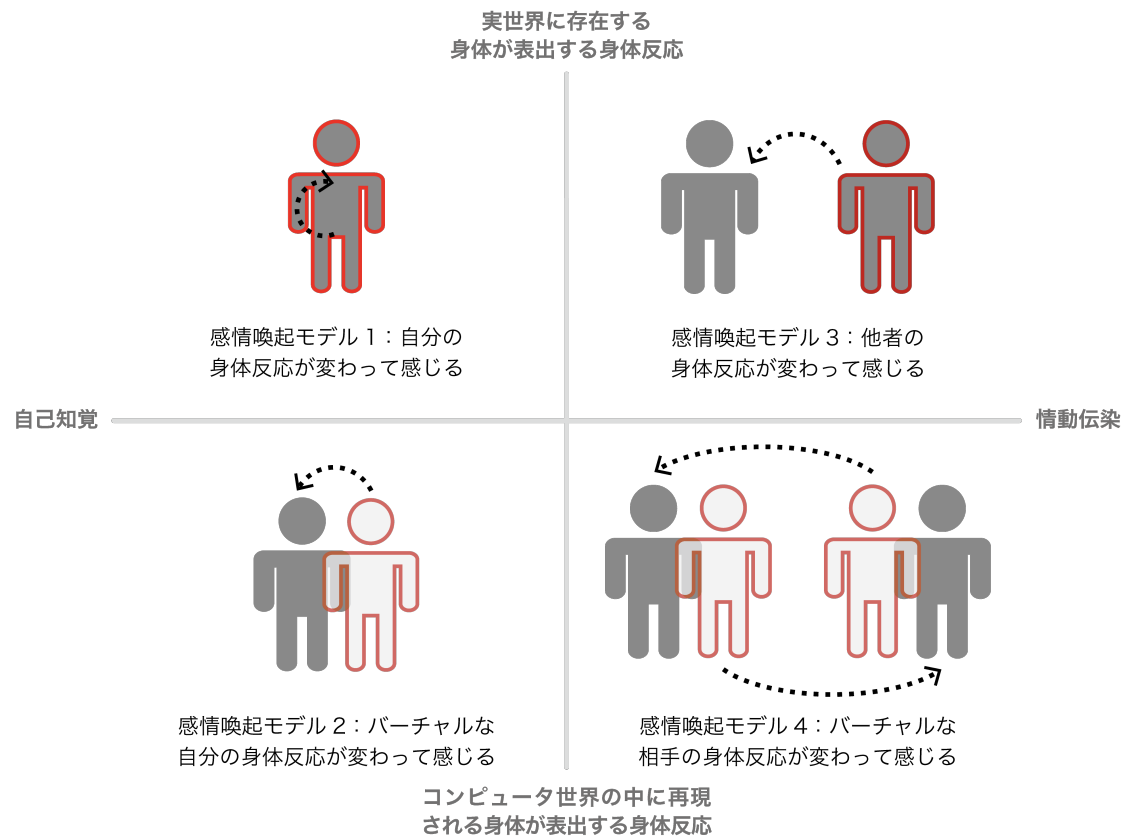


図2.16 4つの感情喚起モデルの分布

感情喚起モデル1は、実世界環境において自身の身体に提示される擬似的な身体反応によって感情喚起を促すため、左上に分類される。また、実世界環境に存在する他者が発する身体反応によって情動伝染を引き起こし、感情喚起を促す感情喚起モデル3は右上に属する。対して、コンピュータで再現されるバーチャルな身体に起きる身体反応の操作を行う、感情喚起モデル2と感情喚起モデル4は、それぞれが利用する感情喚起のメカニズムから、それぞれ図中の左下と右下に分類される。

一方で、これらのモデルが分類の枠を越えて、互いに作用し合うことはあるのだろうか。例えば、「自己知覚」と「情動伝染」が同時に生起する場面において、感情喚起モデル1とモデル3を複合的に扱うことは可能だろうか（図2.17）。他者から観測可能な形で、ある人物に向けて擬似的な身体反応を提示することによって、「自己知覚」と「情動伝染」2つの感情喚起メカニズムを同時に発生させ、複数人の感情体験の操作を並列に行う（図2.17）。具体的には、まず、ある人物に対して擬似身体反応を自己の身体反応であるかのように錯覚させることで感情を喚起させる。このとき、提示される擬似身体反応が、周囲からも観測可能であれば、情動伝染が同時に適用され、周囲の人物の感情状態も喚起可能であると考え（感情喚起モデル1+3、図2.18）。本論文では、このような複数の感情喚起モデルを複合した場合における感情喚起装置の制作を行い、自己知覚と情動伝染を同時に適用することによる感情喚起の効果と、感情喚起モデルを複合的に扱った際の相互作用について、第5章において検証する。

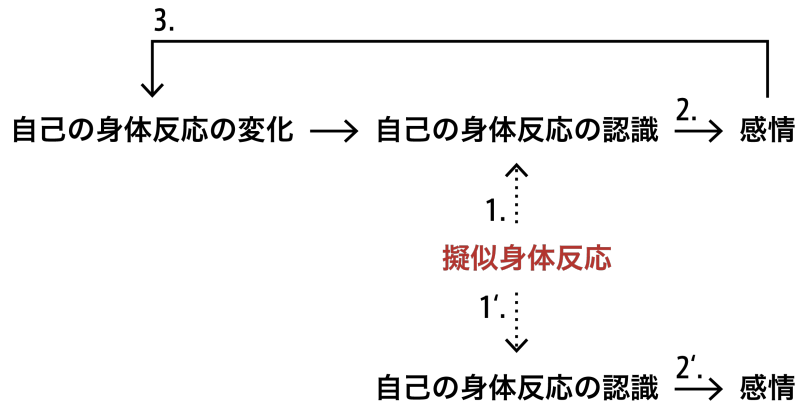


図2.17 自己と他者の擬似身体反応の知覚による感情喚起プロセス

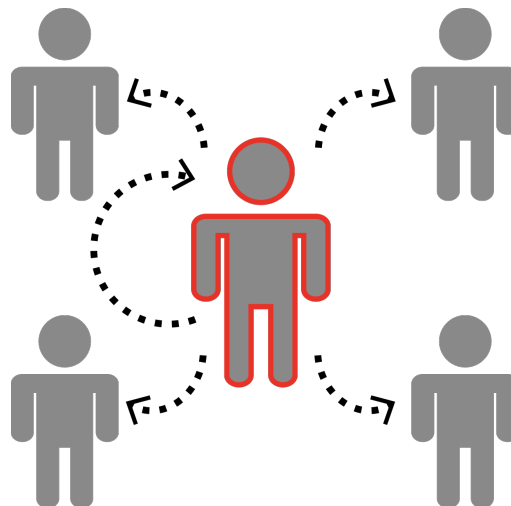


図2.18 感情喚起モデル1+3：みんなからわかるように身体反応が変わる

## 2.5 擬似身体反応の提示モダリティ

これまでの議論から、擬似身体反応を使った感情喚起に関して4つの独立したモデル（図2.16）を提案した。ここでは、それぞれのモデルにおいて、擬似身体反応を提示する際に用いる感覚（モダリティ）に関して議論する。

まずは、これまで検証されてきた感情喚起装置に用いられる感覚器について整理する。2.3節で紹介した感情喚起装置において、自己知覚のメカニズムを搭載した感情装置はどれも触覚的な形で身体反応が生起[70,71]、もしくは、擬似身体反応が提示[72,73]されていた。対して、情動伝染のメカニズムを搭載した感情喚起装置[74,75]は、どれも聴覚的な刺激によって擬似身体反応の提示を行っている。つまり、感情喚起モデル1に関しては触覚的な擬似身体反応の提示方法、感情喚起モデル3に関しては聴覚的な擬似身体反応の提示方法が採用されている。自己の身体上に起きる変化を知覚す



る上で触覚は欠かせない感覚器であるため、自己知覚を扱うモデル1において適切な選択であると考え、また、聴覚的な刺激は空間的に広く提示できることから、情動伝染を扱うモデル3に適していると考え、

一方で、感情喚起モデル2や感情喚起モデル4に関しては、どの感覚器による擬似身体反応の提示を行うべきであろうか。感情喚起モデル2の説明の際に述べたTear Machine[76]では、自身が涙を流しているという視覚的な錯覚によって感情体験の誘発を試みていた。これら2つのモデルについても同様に、コンピュータで再現される自身や他者の身体に視覚的な変調を施すことで、身体反応が変わったかのように感じさせ、感情喚起を狙う方法が考えられる。情動伝染に関しては相手の表情や姿勢を観察するなど、視覚的なフィードバックによって自身の感情が影響を受けるということは、先行研究でも述べられている。対して、モデル2のような自己知覚のメカニズムにおいて、自身の身体が示している反応と異なる身体反応が視覚的に提示される状況における、擬似身体反応の感覚や認知への影響はあるのだろうか。

ある感覚刺激が別の感覚に与える影響を調べた感覚間相互作用に関する研究では、視覚的なフィードバックによって他の感覚や認知が変化する現象が報告されている。例えば、Ban et al. は、バーチャルな形状に触れる指の触り位置を、ディスプレイを通して視覚的に変化してみせることで、ただの円筒に触っていても、多様な物体に触っているかのような触覚体験を作り出すことに成功している[77,78] (図2.19)。このような擬似触覚の効果は、ただの円筒に触っていると理解していた場合でも起きることが確認されている。また、Narumi et al. は、掴んでいるクッキーの大きさが変化したかのように、クッキーの大きさと指の開き具合を変化させた映像を、HMD (頭部搭載型ディスプレイ, Head Mounted Display) を通して視覚的に提示することで、連続して食べるクッキーの量 (満腹感) を操作できることを明らかにしている[79] (図2.20)。いずれも、実際の動きや運動を変化させずとも、バーチャルに運動が変化しているような視覚的な操作が知覚や認知に影響を与えていることを示している。そのため、モ

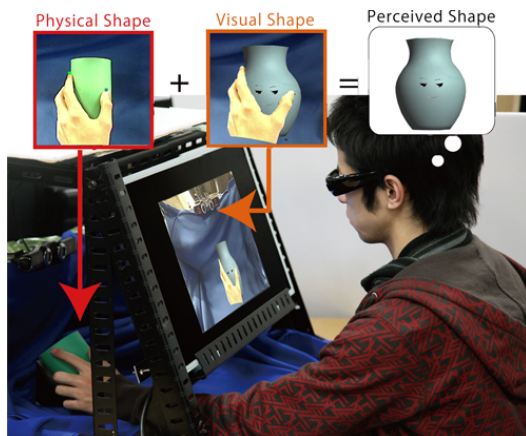


図2.19 Magic Pot :  
視覚的な変調によって擬似触覚を提示 [78]



図2.20 拡張満腹感 :  
視覚的な変調によって満腹感を操作 [79]

デル2のように視覚的に異なった身体反応が提示される場合においても、感情や感情体験が擬似身体反応に従うのではないかと考える。

他方、以上で述べた以外の人間の感覚として味覚や嗅覚がある。感覚刺激自体による感情喚起は本研究の趣旨とは外れるが、味覚や嗅覚と感情との関係性は認められている[34,80]。しかしながら、ある刺激と感情との対応関係は個人の経験や記憶に由来するところが大きく[81,82,83]、人によらず一様ではない。また、味覚刺激や嗅覚刺激の再現には化学物質の合成が必要となるため、触覚や視覚といった他の感覚提示よりも扱いが難しく技術的な課題も多い。そのため、本論文で述べる擬似身体反応を用いた感情喚起において、味覚や嗅覚に関わる感覚器を経由することについては検討しないことにする。

## 2.6 本章のまとめと本論文の位置づけ

本論文では、人間の心の動きである「感情」や、感情の生起によって生じる人間の主観的な体験である「感情体験」を誘発する手法について検討する。そのため、人間の感情喚起のメカニズムに注目し、生起した身体反応を特定の状況や要因へと結びつける過程において感情が喚起されることを示した。また、情動伝染と呼ばれる、感情が無意識的に周囲に伝播していく現象においても、感情の変化を類推するきっかけとなる身体反応や感情表出が関係していることを示した。こうしたメカニズムを考慮し、擬似的に生成された身体反応によって、感情や感情の生起を諸端とする感情体験を操作できる可能性について述べた。

さらに、以上のような感情喚起のメカニズムにまつわる知見を利用して、目的とする感情体験を誘発する研究の紹介と議論を通して、工学的な手段によって感情を喚起する感情喚起モデルの提案と分類を行った。そして、モデルの感情喚起に関する効果が、過去の研究から明らかでないものは、本論文にて効果を検証する。

先行研究では、身体反応を随意的・不随意的に生じさせたり、擬似的に生成した身体反応を触覚提示装置を用いて身体に直接的に提示することで、感情体験の誘発を行っていた（感情喚起モデル1）。対して、特殊な装置を身に着けることなく、コンピュータに再現されたバーチャルな身体に擬似身体反応を投影し、視覚的な手段によって擬似的な身体反応を提示することで、感情を喚起するモデルを新たに提案した（感情喚起モデル2、第3章）。

また、過去の研究例から情動伝染による感情喚起メカニズムを利用した感情喚起モデルについて言及した（感情喚起モデル3）。そして、双方向なコミュニケーションが存在する場合の感情喚起手法の確立を目指し、お互いのバーチャルな身体が表出する身体反応を変えて見せることによって感情体験を誘発するモデルの提案を行った（感情喚起モデル4、第4章）。このモデルでは、擬似的に生成した身体反応を、バーチャルな相手に反映させ、それを相手の身体反応の変化であるとして視覚的にフィードバック

クすることで感情や感情の変化をきっかけとする主観的な体験を操作することが可能か調査する。

最後に、提案した感情喚起モデルを複合的に使用し、自己知覚と情動伝染による感情喚起を並列的に引き起こすことで、自分だけでなく相対する他者をも巻き込んで感情を操作することが可能か検証する（感情喚起モデル1+3，第5章）。

以上で述べたモデルは、知覚的・認知的な現象を利用しているため、人間の理性的な判断を必要とせず、目的の感情を誘導できると考える。本論文の第3章から第5章において、提案する感情喚起モデルを具体化する装置を作成し、感情や感情の変化から引き起こされる体験を操作できるか評価実験や考察を行う。そして、第6章において、これらの感情喚起モデルの包括的な議論を行い、感情喚起装置の設計論を整理する。

本論文で提案・議論するような感情喚起手法によって、人間の感情を工学的手段によって誘発することが可能になれば、正しい解釈やより良い判断が行えるように心の状態を整えたり、創造性や他者への思いやりなど直接的な提示が難しい人間の主観的な体験や行動を無意識的に喚起したりというような、人間の無意識的な処理過程に働きかける情報提示技術の実現につながると考える。

## 参考文献

1. Charles Darwin, Paul Ekman, and Phillip Prodger. 1998. The Expression of the Emotions in Man and Animals. Oxford University Press, USA.
2. Paul Ekman and Wallace V. Friesen. 1975. Unmasking the Face: A Guide to Recognizing Emotions from Facial Cues.
3. Paul Ekman. 1999. Basic Emotions In T. Dalgleish and T. Power (Eds.) The Handbook of Cognition and Emotion 45-60.
4. James A. Russell, and James M. Carroll. 1999. On the Bipolarity of Positive and Negative Affect. Psychological Bulletin 125: 1, 3.
5. Fritz Strack, Leonard L. Martin, and Sabine Stepper. 1988. Inhibiting and Facilitating Conditions of the Human Smile: a Nonobtrusive Test of the Facial Feedback Hypothesis. Journal of Personality and Social Psychology 54: 5, 768-777.
6. Stuart Valins. 1966. Cognitive Effects of False Heart-rate Feedback. Journal of Personality and Social Psychology 4: 4, 400-408.
7. Robert W. Levenson. 2003. Blood, Sweat, and Fears. Annals of the New York Academy of Sciences 1000: 1, 348-366.
8. John Dewey. 1895. The Theory of Emotions: II. The Significance of Emotions. Psychological Review 2, 13-32.



9. Paul Ekman. 1992. Facial Expressions of Emotion: New Findings, New Questions. *Psychological Science* 3: 1, 34-38.
10. Keith Oatley and Jennifer M. Jenkins. 1992. Human Emotions: Function and Disfunction. *Annual Review of Psychology* 43: 1, 55-85.
11. Dacher Keltner and James J. Gross. 1999. Functional Accounts of Emotions. *Cognition & Emotion* 13: 5, 467-480.
12. Norbert Schwarz. 2011. Feelings-as-information Theory. *Handbook of Theories of Social Psychology* 1, 289-308.
13. Gerald L. Clore, Karen Gasper, and Erika Garvin. 2001. Affect as Information. *Handbook of Affect and Social Cognition*, 121-144.
14. Jonathan St. B. T. Evans. 2008. Dual-processing Accounts of Reasoning, Judgment, and Social Cognition. *Annual Review of Psychology* 59, 255-278.
15. Magda B. Arnold and John A. Gasson. 1954. Feelings and Emotions as Dynamic Factors in Personality Integration. *The Human Person*, 294-313.
16. Dorthe Berntsen. 2002. Tunnel Memories for Autobiographical Events: Central Details are Remembered More Frequently from Shocking than from Happy Experiences. *Memory & Cognition* 30: 7, 1010-1020.
17. Howard Ehrlichman, and Jack N. Halpern. 1988. Affect and Memory: Effects of Pleasant and Unpleasant Odors on Retrieval of Happy and Unhappy Memories. *Journal of Personality and Social Psychology* 55: 5, 769.
18. Braden R. Josephson. 1996. Mood Regulation and Memory: Repairing Sad Moods with Happy Memories. *Cognition & Emotion* 10: 4, 437-444.
19. Gerrod W. Parrot and John Sabini. 1990. Mood and Memory Under Natural Conditions: Evidence for Mood Incongruent Recall. *Journal of Personality and Social Psychology* 59: 2, 321.
20. Stephen M. Smith and Richard E. Petty. 1995. Personality Moderators of Mood Congruency Effects on Cognition: The Role of Self-esteem and Negative Mood Regulation. *Journal of Personality and social Psychology* 68: 6, 1092.
21. Barbara L. Fredrickson. 2001. The Role of Positive Emotions in Positive Psychology: The Broaden-and-build Theory of Positive Emotions. *American Psychologist* 56: 3, 218.

22. Alice M. Isen, Kimberly A. Daubman, and Gary P. Nowicki. 1987. Positive Affect Facilitates Creative Problem Solving. *Journal of Personality and Social Psychology* 52: 6, 1122.
23. Alice M. Isen and Paula F. Levin. 1972. Effect of Feeling Good on Helping: Cookies and Kindness. *Journal of Personality and Social Psychology* 21: 3, 384.
24. Piotr Winkielman, Kent C. Berridge, and Julia L. Wilbarger. 2005. Unconscious Affective Reactions to Masked Happy Versus Angry Faces Influence Consumption Behavior and Judgments of Value. *Personality and Social Psychology Bulletin* 31: 1, 121-135.
25. Herbert Bless, Gerd Bohner, Norbert Schwarz, and Fritz Strack. 1990. Mood and Persuasion a Cognitive Response Analysis. *Personality and Social Psychology Bulletin* 16: 2, 331-345.
26. 北村英哉. 2002. ムード状態が情報処理方略に及ぼす効果 ムードの誤帰属と有名さの誤帰属の2 課題を用いた自動的処理と統制的処理の検討. *実験社会心理学研究*, 41: 2, 84-97.
27. William James. 1884. II.—What is an Emotion?. *Mind* 34: 188-205.
28. Walter B. Cannon. 1927. The James-Lange Theory of Emotions: A Critical Examination and an Alternative Theory. *The American Journal of Psychology* 39: 1, 106-124.
29. Stanley Schachter and Jerome Singer. 1962. Cognitive, Social, and Physiological Determinants of Emotional State. *Psychological Review* 69: 5, 379.
30. Donald G. Dutton and Arthur P. Aron. 1974. Some Evidence for Heightened Sexual Attraction under Conditions of High Anxiety. *Journal of Personality and Social Psychology* 30: 4, 510.
31. Antonio R. Damásio. 1994. *Descartes's Error: Emotion, Reason, and the Human Brain*. Putnam Publishing.
32. 谷口高士. 1991. 言語課題遂行時の聴取音楽による気分一致効果について. *心理学研究* 62: 2, 88-95.
33. James J. Gross and Robert W. Levenson. 1995. Emotion Elicitation using Films. *Cognition & Emotion* 9: 1, 87-108.
34. Howard Ehrlichman and Jack N Halpern. 1988. Affect and Memory: Effects of Pleasant and Unpleasant Odors on Retrieval of Happy and Unhappy Memories. *Journal of Personality and Social Psychology* 55: 5, 769.

35. Cheryl L. Rusting and Tracy DeHart. 2000. Retrieving Positive Memories to Regulate Negative Mood: Consequences for Mood-congruent Memory. *Journal of Personality and Social Psychology* 78: 4, 737.
36. Gerrod W. Parrott and Paula Hertel. 1999. Research Methods in Cognition and Emotion. *Handbook of Cognition and Emotion*, 61-81.
37. Fritz Strack, Leonard L. Martin, and Sabine Stepper. 1988. Inhibiting and Facilitating Conditions of the Human Smile: A Nonobtrusive Test of the Facial Feedback Hypothesis. *Journal of Personality and Social Psychology* 54, 768-777.
38. E-J. Wagenmakers, Titia Beek, Laura Dijkhoff, Quentin F. Gronau, A. Acosta, R. B. Adams, D. N. Albohn et al. 2016. Registered Replication Report Strack, Martin, & Stepper (1988). *Perspectives on Psychological Science*.
39. Ulf Dimberg and Sven Söderkvist. 2011. The Voluntary Facial Action Technique: A Method to Test the Facial Feedback Hypothesis. *Journal of Nonverbal Behavior* 35: 1, 17-33.
40. Chris L. Kleinke, Thomas R. Peterson, and Thomas R. Rutledge. 1998. Effects of Self-generated Facial Expressions on Mood. *Journal of Personality and Social Psychology* 74: 1, 272-279.
41. Eric Finzi and Erika Wasserman. 2006. Treatment of Depression with Botulinum Toxin A: A Case Series. *Dermatologic Surgery* 32: 5, 645-650.
42. Paula M. Niedenthal. 2007. Embodying Emotion. *Science* 316: 5827, 1002-1005.
43. Stuart Valins. 1966. Cognitive Effects of False Heart-rate Feedback. *Journal of Personality and Social Psychology* 4: 4, 400-408.
44. 中村憲史, 片山拓也, 寺田努, 塚本昌彦. 2013. 虚偽情報フィードバックを用いた生体情報の制御手法. *情報処理学会論文誌* 54: 4, 1433-1441.
45. Hideki Mori and Kazuo Mori. 2007. A Test of the Passive Facial Feedback Hypothesis: We Feel Sorry Because We Cry. *Perceptual and Motor Skills* 105: 3, suppl, 1242-1244.
46. Stephanie D. Preston and Frans BM De Waal. 2002. Empathy: Its Ultimate and Proximate Bases. *Behavioral and Brain Sciences* 25, 11-20.
47. Lauren Wispé. 1986. The Distinction Between Sympathy and Empathy: To Call Forth a Concept, a Word is Needed. *Journal of Personality and Social Psychology* 50: 2, 314.

48. Perrine Ruby and Jean Decety. 2004. How Would You Feel Versus How Do You Think She Would Feel? A Neuroimaging Study of Perspective-taking with Social Emotions. *Journal of Cognitive Neuroscience* 16: 6, 988-999.
49. Daniel J. Povinelli, 1993. Reconstructing the Evolution of Mind. *American Psychologist* 48: 5, 493.
50. Carolyn Zahn-Waxler, JoAnn L. Robinson, and Robert N. Emde. 1992. The Development of Empathy in Twins. *Developmental Psychology* 28: 6, 1038.
51. Elaine Hatfield, John T. Cacioppo, and Richard L. Rapson. 1993. Emotional Contagion. *Current Directions in Psychological Sciences* 2, 96-100.
52. Daniel C. Batson, Shannon Early, and Giovanni Salvarani. 1997. Perspective Taking: Imagining How Another Feels Versus Imaging How You Would Feel. *Personality and Social Psychology Bulletin* 23: 7, 751-758.
53. Philip L. Jackson, Andrew N. Meltzoff, and Jean Decety. 2005. How Do We Perceive the Pain of Others? A Window into the Neural Processes Involved in Empathy. *Neuroimage* 24: 3, 771-779.
54. Masanori Kimura, Ikuo Daibo, and Masao Yogo. 2008. The Study of Emotional Contagion from the Perspective of Interpersonal Relationships. *Social Behavior and Personality* 36: 1, 27-42.
55. Ulf Dimberg. 1982. Facial Reactions to Facial Expressions. *Psychophysiology* 19: 6, 643-647.
56. Katherine B. Vaughan and John T. Lanzetta. 1980. Vicarious Instigation and Conditioning of Facial Expressive and Autonomic Responses to a Model's Expressive Display of Pain. *Journal of Personality and Social Psychology* 38: 6, 909.
57. Lars-olov Lundqvist. 1995. Facial EMG Reactions to Facial Expressions: A Case of Facial Emotional Contagion?. *Scandinavian Journal of Psychology* 36: 2, 130-141.
58. Andrew N. Meltzoff and Wolfgang Prinz, eds. 2002. *The Imitative Mind: Development, Evolution and Brain Bases*. Vol. 6. Cambridge University Press.
59. Joseph N. Cappella and Sally Planalp. 1981. Talk and Silence Sequences in Informal Conversations III: Interspeaker Influence. *Human Communication Research* 7: 2, 117-132.

60. Elaine Hatfield and Christopher K. Hsee. 1995. The Impact of Vocal Feedback on Emotional Experience and Expression. *Journal of Social Behavior and Personality* 10, 293-313.
61. Roland Neumann and Fritz Strack. 2000. "Mood Contagion": The Automatic Transfer of Mood Between Persons. *Journal of Personality and Social Psychology* 79: 2, 211-223.
62. Marco Iacoboni. 2005. Understanding Others: Imitation, Language, Empathy." *Perspectives on Imitation: From Cognitive Neuroscience to Social Science* 1, 77-99.
63. Giacomo Rizzolatti. 2005. 1 The Mirror Neuron System and Imitation. *Perspectives on Imitation: Mechanisms of Imitation and Imitation in Animals* 1, 55.
64. Barbara Wild, Michael Erb, and Mathias Bartels. 2001. Are Emotions Contagious? Evoked Emotions while Viewing Emotionally Expressive Faces: Quality, Quantity, Time Course and Gender Differences. *Psychiatry Research* 102: 2, 109-124.
65. Barbara Wild, Michael Erb, Michael Eyb, Mathias Bartels, and Wolfgang Grodd. 2003. Why are Smiles Contagious? An fMRI Study of the Interaction between Perception of Facial Affect and Facial Movements. *Psychiatry Research: Neuroimaging* 123: 1, 17-36.
66. Jamie Guillory, Jason Spiegel, Molly Drislane, Benjamin Weiss, Walter Donner, and Jeffrey Hancock. 2011. Upset Now?: Emotion Contagion in Distributed Groups. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '11)*, 745-748.
67. Jeffrey T. Hancock, Kailyn Gee, Kevin Ciaccio, and Jennifer Mae-Hwah Lin. 2008. I'm Sad You're Sad: Emotional Contagion in CMC. In *Proceedings of the 2008 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW '08)*, 295-298.
68. Emillio Ferrara and Zeyao Yang. 2015. Measuring Emotional Contagion in Social Media. *PLoS ONE* 10: 11.
69. Adam D. I. Kramer, Jamie E. Guillory, and Jeffrey T. Hancock. 2014. Experimental Evidence of Massive-scale Emotional Contagion through Social Networks. *PNAS* 111: 24, 8788-8790.
70. Hitomi Tsujita and Jun Rekimoto. 2011. Smiling Makes us Happier: Enhancing Positive Mood and Communication with Smile-encouraging

- Digital Appliances. In Proceedings of the 13th International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp '11), 1-10.
71. Shogo Fukushima and Hiroyuki Kajimoto. 2012. Facilitating a Surprised Feeling by Artificial Control of Piloerection on the Forearm. In Proceedings of the 3rd Augmented Human International Conference (AH '12), 8.
  72. Narihiro Nishimura, Asuka Ishi, Michi Sato, Shogo Fukushima, and Hiroyuki Kajimoto. 2012. Facilitation of Affection by Tactile Feedback of False Heratbeat. In CHI '12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '12), 2321-2326.
  73. Jean Costa, Alexander T. Adams, Malte F. Jung, François Guimbertiere, and Tanzeem Choudhury. 2016. EmotionCheck: leveraging bodily signals and false feedback to regulate our emotions. In Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing, 758-769.
  74. Shogo Fukushima, Yuki Hashimoto, Takashi Nozawa, and Hiroyuki Kajimoto. 2010. Laugh Enhancer using Laugh Track Synchronized with the User's Laugh Motion. In CHI '10 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA 10), 3613-3618.
  75. 伏見 遼平, 福嶋 政期, 苗村 健. 2016. 爆笑カメラ：笑い声により自然な笑顔を撮影するカメラシステム, ヒューマンインタフェース学会論文誌 18: 3, 153-162.
  76. Adam Klinger, Tear machine, [http://www.exploratorium.edu/vre/pdf/tearMachine\\_rp\\_05.pdf](http://www.exploratorium.edu/vre/pdf/tearMachine_rp_05.pdf) (2015/9/25アクセス)
  77. Yuki Ban, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose. 2013. Modifying Perceived Size of a Handled Object through Hand Image Deformation. Presence: Teleoperators and Virtual Environments 22: 3, 255-270.
  78. Yuki Ban, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose. 2012. Magic Pot: Interactive Metamorphosis of the Perceived Shape. In ACM SIGGRAPH 2012 Emerging Technologies (SIGGRAPH '12).
  79. Takuji Narumi, Yuki ban, Takashi Kajinami, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose. 2012. Augmented Perception of Satiety: Controlling Food Consumption by Changing Apparent Size of Food with Augmented Reality. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '12), 109-118.

80. Platte P, Herbert C, Pauli P, Breslin PAS. 2013. Oral Perceptions of Fat and Taste Stimuli Are Modulated by Affect and Mood Induction. PLOS ONE 8: 6, e65006.
81. Rachel S Herz and Jonathan W Schooler. 2002. A Naturalistic Study of Autobiographical Memories Evoked by Olfactory and Visual Cues: Testing the Proustian Hypothesis. American Journal of Psychology 115: 1, 21–32.
82. Rachel S Herz. 1998. Are Odors the Best Cues to Memory? A Cross-modal Comparison of Associative Memory Stimuli. Annals of the New York Academy of Sciences 855: 1, 670–674.
83. Rachel S Herz. 1998. An Examination of Objective and Subjective Measures of Experience Associated to Odors, Music, and Paintings. Empirical Studies of the Arts 16: 2, 137–152.

### 第3章

## 自己の擬似身体反応の知覚による感情喚起



### 3.1 はじめに

本章では、自己の擬似身体反応の知覚による感情喚起（図3.1）について、擬似身体反応の構成方法および、擬似身体反応を使った感情喚起手法の構築と、感情体験に与える評価について説明する。

本章では、多彩な感情状態と関連のある身体反応として表情に注目する。まずは、表情と感情の関連性について述べた上で、擬似的な表情変化を作り出す画像処理手法を提案・構築する。画像処理によって生成した擬似的な表情変化を、自らのものであると自然に知覚・認知させるために、自身の表情変化として違和感のない表情の生成を目指す。

そして、バーチャルな自分の身体反応を変えることで、感情状態を操作することが可能か検証する（図3.2）。そのため、被験者に対して自身の変形した表情を視覚的に提示することで、感情状態や実際の身体反応に変化が起きるか調査・実験する。

### 3.2 表情と感情の関連性

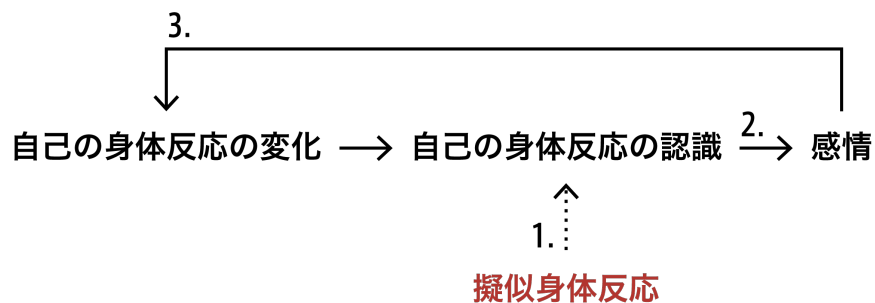


図3.1 自己の擬似身体反応の知覚による感情喚起プロセス

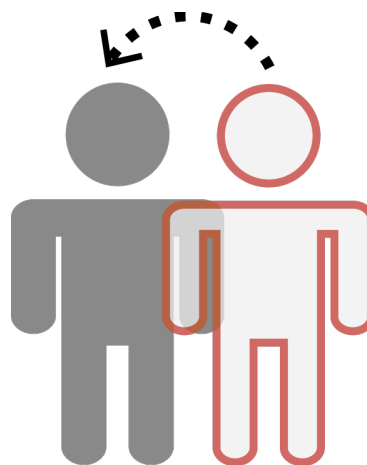


図3.2 感情喚起モデル2：バーチャルな自分の身体反応が変わって感じる

### 3.3 擬似的な表情を生成する画像処理手法の構築

### 3.4 ポジティブ・ネガティブ感情に与える影響の評価

### 3.5 選好判断に与える影響の評価

### 3.6 実際の身体反応に与える影響の評価

以上に該当する内容は、以下の論文に記されている。

吉田成朗，鳴海拓志，櫻井翔，谷川智洋，廣瀬通孝: リアルタイムな表情変形フィードバックによる感情体験の操作，ヒューマンインタフェース学会論文誌，Vol.17 No.1, 2015年2月.

## 3.7 本章のまとめ

本章では、自己の擬似身体反応の知覚による感情喚起に関して、バーチャルな自分の身体反応を変化させてみせることで、自身の身体反応変化が生じたと錯覚させて、感情や、感情の生起を諸端とする感情体験、実際の身体反応の変化が生じるか調査した。

擬似的な身体反応として、カメラから取得した顔画像から擬似的な表情変形画像を作り出す画像処理手法の開発を行った。この画像処理手法によって、表情変化のない表情画像から「笑った表情」の画像と「悲しい表情」の画像を擬似的に作り出すことが可能となる。簡易的なユーザスタディより、顔画像を大きく加工しすぎると、自身の実際の表情と剥離してしまい、不快に感じられるということがわかった。そのため、不自然と感ぜないくらい少量の表情変形量を実験的に定めた。

そして、自身の表情変化であると認識できるように、リアルタイムで擬似的な表情変化を提示する装置を使って、擬似表情の提示が感情や感情体験に与える影響について評価を行った。被験者実験により自身の表情画像として「笑った表情」を提示することでポジティブ感情を、「悲しい表情」を提示することでネガティブ感情を生起できることがわかった。また、ある対象への魅力度の変化というような選好判断にまで影響を与えることが示唆された。つまり、擬似表情によって喚起されるポジティブな感情によって魅力度を上昇させ、ネガティブな感情によって魅力度を現象させる効果があることがわかった。

また、擬似的な表情が実際の身体反応にも影響を与えているか調査するため、実展示を通して体験者の表情を解析した。体験者の表情を分類した結果、提示される擬似表情に応じて自身の表情も同様に変化していることがわかった。

自己の擬似的な身体反応の知覚による感情喚起として、ポジティブ・ネガティブ感情といった人間の内面だけでなく、リアルな物の好き嫌いや、実際の表情にまで影響を与えられることが判明し、提案した感情喚起モデルの有効性を実証につながった。

本研究で示した成果の応用先がいくつか考えられる。例えば、3.5で示したマフラーの選好の変化のように、試着室に設置される鏡に映る自分が笑顔に見えると、身につけている服の魅力度や購買行動が変化するかもしれない。また、家庭の洗面台などの鏡もこのような擬似表情を提示する鏡に置き換えられたり、スマートフォンのようなデバイスで擬似表情を提示したりと日常生活に浸透することで、日々の暮らしの中の感情状態を健康に保つヘルスケアやメンタルケア的な利用方法が望まれる。

本システムは、グッドデザイン賞や東京大学総長賞、東京大学学府長賞の受賞だけでなく、IPA（独立行政法人情報処理推進機構）未踏人材発掘・育成事業や経済産業省 Innovative Technologies 2013への採択など、学内外から高い評価を受けた。また、インタラクティブアートの作品として、2013年4月に開業した複合施設グランフロント大阪や、六本木ヒルズといった一般商業施設、世界最大のアートフェスティバルであるArs Electronicaなど国内外を含む多数の場所で展示を行っている。

## 参考文献

1. Paul Ekman and Wallace V. Friesen. 1969. The Repertoire of Nonverbal Behavior: Categories, Origins, Usage, and Coding. *Semiotica* 1: 1, 49-98.
2. Paul Ekman and Wallace V. Friesen. 1975. *Unmasking the Face: A Guide to Recognizing Emotions from Facial Cues*. Prentice Hall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.
3. Fritz Strack, Leonard L. Martin, and Sabine Stepper. 1988. Inhibiting and Facilitating Conditions of the Human Smile: A Nonobtrusive Test of the Facial Feedback Hypothesis. *Journal of Personality and Social Psychology* 54: 768-777.
4. Ulf Dimberg and Sven Söderkvist. 2011. The Voluntary Facial Action Technique: A Method to Test the Facial Feedback Hypothesis. *Journal of Nonverbal Behavior* 35: 1, 17-33.
5. Chris L. Kleinke, Thomas R. Peterson, and Thomas R. Rutledge. 1998. Effects of Self-generated Facial Expressions on Mood. *Journal of Personality and Social Psychology* 74: 1, 272-279.

6. Jason M. Saragih, Simon Lucey, and Jeffrey F. Cohn. 2010. Deformable Model Fitting by Regularized Landmark Mean-Shifts. *International Journal of Computer Vision* 91: 2, 200-215.
7. Scott Schaefer, Travis McPhail, and Joe Warren. 2006. Image deformation using Moving Least Squares. *ACM Transactions on Graphics (TOG)* 25: 3, 533-540.
8. Lee A. Clark, and David Watson. 1988. Mood and the mundane: Relations between daily life events and self-reported mood. *Journal of personality and social psychology* 54, 296-308.
9. Lee A. Clark, and David Watson. 1989. The Japanese Positive and Negative Affect Schedule: Factor-based Scales for the Assessment of Mood. Unpublished Manuscript, University of Iowa.
10. Ulf Dimberg. 1982. Facial Reactions to Facial Expressions. *Psychophysiology* 19: 6, 643-647.
11. Michael Lewis, Margaret Wolan Sullivan, Catherine Stanger, and Maya Weiss. 1989. Self Development and Self-conscious Emotions. *Child Development*, 146-156.
12. Stuart Valins. 1966. Cognitive Effects of False Heart-rate Feedback. *Journal of Personality and Social Psychology* 4: 4, 400-408.
13. Peter N. Belhumeur, João P. Hespanha, and David J. Kriegman. 1997. Eigenfaces vs. Fisherfaces: Recognition using Class Specific Linear Projection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 19: 7, 711-720.
14. Yale Face Database, <http://vision.ucsd.edu/content/yale-face-database> (2017/1/16アクセス)

## 第4章

# 他者の擬似身体反応の知覚による感情喚起

## 4.1 はじめに

本章では、他者の擬似身体反応の知覚による感情喚起（図4.1）について、擬似身体反応の構成方法および、擬似身体反応を使った感情喚起手法の構築と、その評価について述べる。

本章では、情動伝染や共感と言われる、周囲の他者の身体反応や感情の表出を無意識的に受け取って、自身の感情もそれに同期してしまう現象を利用することを考える。そして、擬似的に生成した身体反応を、バーチャルな他者のものであるかのように錯覚させる遠隔コミュニケーションシステム「Smart Face」を構築し、他者とのコミュニケーションの中で感情体験を操作する手法について検討する（図4.2）。

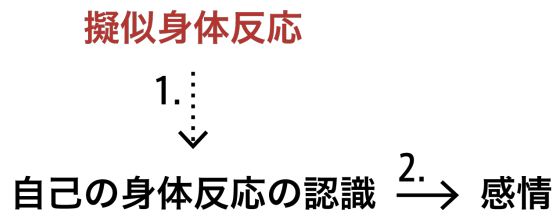


図4.1 他者の擬似身体反応の知覚による感情喚起プロセス

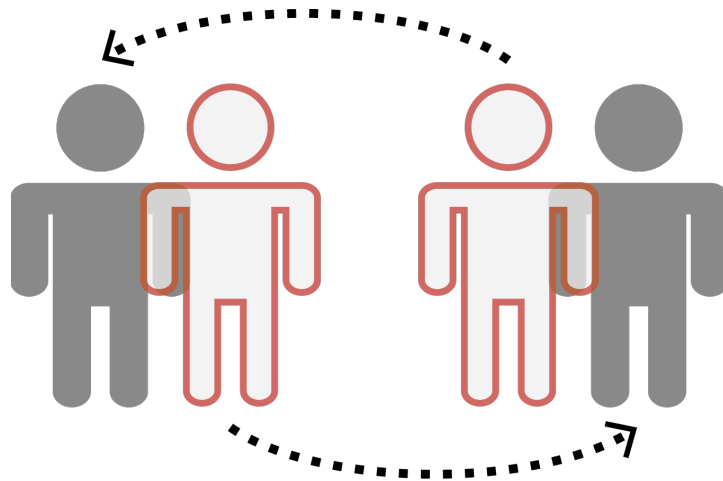


図4.2 感情喚起モデル4：バーチャルな相手の身体反応が変わって感じる

## 4.2 Computer Mediated Communication

今回は、他者とのインタラクションの過程に擬似的な身体反応を介入させるということで、Computer Mediated Communication (CMC) に注目する。CMCは、遠隔チャットや遠隔プレゼン、遠隔同士での共同作業に代表されるような、コンピュータを介して行うコミュニケーションのことを言う。Facebook[1]やTwitter[2]などのSocial Network Service (SNS) も、一種のノンリアルタイムCMCであると言える。

過去、CMC上で共感や情動の伝染の実験がいくつか行われている。例えば、ネガティブな感情を抱いた人がテキストチャットに参加すると、他の参加者にも無自覚的にネガティブ感情が伝染したり[3,4]、SNSでポジティブ・ネガティブな発言が多く見えるよう操作されると自身の発言もそれに倣ってしまう[5,6]というように、コンピュータを通したコミュニケーションにおいても感情の共有・伝染が起こることがわかっている。こうした研究では、コミュニケーションを行う前に情動伝染の発生元となる人物を目的の感情に誘導しておく必要があった。

本実験では、リアルタイムコミュニケーションを阻害しないように感情を喚起する刺激を違和感なく挟みこむことで、この種の感情の共有や、感情の共有をきっかけとするコミュニケーションの質の変化が生起するか調査する。

### 4.3 ポジティブ感情と創造性との関連性

### 4.4 擬似身体反応が創造性に与える影響の評価

以上に該当する内容は、以下の論文に記されている。

Naoto Nakazato, Shigeo Yoshida, Sho Sakurai, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose: Smart Face: Enhancing Creativity During Video Conferences using Real-time Facial Deformation, ACM CSCW 2014, Feb. 2014.

櫻井翔, 中里直人, 吉田成朗, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 表情変形フィードバックによる遠隔協調作業における創造力向上支援, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.21 No.1, 2016年3月.

## 4.5 本章のまとめ

本章では、他者の擬似身体反応の知覚による感情喚起に関して、バーチャルな他者の身体反応を変化させてみせることで、他者の身体反応変化が生じたと錯覚させて、感情体験の操作が可能であるか検証した。

3章と同様の擬似的な表情変形手法を利用して、遠隔ビデオチャット中の相手の表情を変化させることによって、創造性を誘発することが可能か調査した。実験では、ある道具に関して、その利用方法について話し合ってもらい、提示される表情によって、アイデア数に変化が出るか確認した。その結果、お互いが笑顔が見えるときに、もっともアイデア数が多くなり、擬似表情によって創造性を刺激できることが判明した。一方で、アンケート評価による自覚的な感情の変化は確認できなかったが、自覚的ではないポジティブ感情が創造性の喚起につながったと考える。

情動伝染のメカニズムを利用した感情モデルにおいても、擬似身体反応によって感情体験を操作できることを示した。

## 参考文献

1. Facebook, <https://www.facebook.com> (2017/1/16アクセス)
2. Twitter, <https://twitter.com> (2017/1/16アクセス)
3. Jamie Guillory, Jason Spiegel, Molly Drislane, Benjamin Weiss, Walter Donner, and Jeffrey Hancock. 2011. Upset Now?: Emotion Contagion in Distributed Groups. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '11), 745-748.
4. Jeffrey T. Hancock, Kailyn Gee, Kevin Ciaccio, and Jennifer Mae-Hwah Lin. 2008. I'm Sad You're Sad: Emotional Contagion in CMC. In Proceedings of the 2008 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW '08), 295-298.
5. Emillio Ferrara and Zeyao Yang. 2015. Measuring Emotional Contagion in Social Media. PLoS ONE 10: 11.
6. Adam D. I. Kramer, Jamie E. Guillory, and Jeffrey T. Hancock. 2014. Experimental Evidence of Massive-scale Emotional Contagion through Social Networks. PNAS 111: 24, 8788-8790.
7. Teresa M. Amabile. 1983. The Social Psychology of Creativity: A Componential Conceptualization. Journal of Personality and Social Psychology 45, 357-376.
8. Richard S. Mansfield, Thomas V. Busse, and Ernest J. Krepelka. 1978. The Effectiveness of Creativity Training. Review of Educational Research 48: 4, 517-536.
9. Alice M. Isen, Kimberly A. Daubman, and Gary P. Nowicki. 1987. Positive Affect Facilitates Creative Problem Solving. Journal of Personality and Social Psychology 52, 1122-1131.
10. Sheena Lewis, Mira Dontcheva, and Elixabeth Gerber. 2011. Affective Computational Priming and Creativity. In Proceedings of the 2011 Annual Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '11), 735-744.
11. Robert R. Morris, Mira Dontcheva, Adam Finkelstein, and Elizabeth Gerber. 2013. Affect and Creative Performance on Crowdsourcing Platforms. In Proceedings of the 2013 Humane Association Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII '13), 67-72.



12. Alvin de Rooij and Sara Jones. 2015. (E)Motion and Creativity: Hacking the Function of Motor Expressions in Emotion Regulation to Augment Creativity. In Proceedings of the Ninth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction (TEI '15), 145-152.
13. Skype, <http://www.skype.com> (2017/1/16アクセス)
14. Google ハングアウト, <https://hangouts.google.com> (2017/1/16アクセス)
15. Charles Clark, Georges Rona, and Pierre Patrel. 1971. Brainstorming. Dunod.
16. Patti Bao, Elizabeth Gerber, Darren Gergle, and David Hoffman. 2010. Momentum: Getting and Staying on Topic During a Brainstorm. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '10), 1233-1236.
17. Scott G. Isaksen. 1998. A Review of Brainstorming Research: Six Critical Issues for Inquiry. Creative Research Unit, Creative Problem Solving Group-Buffalo.
18. Michael Diehl, and Wolfgang Stroebe. 1987. Productivity Loss in Brainstorming Groups: Toward the Solution of a Riddle. Journal of Personality and Social Psychology 53: 3, 497.
19. Sidney J. Parnes. 1961. Effects of Extended Effort in Creative Problem Solving. Journal of Educational Psychology 52: 3, 117.
20. Sidney J. Parnes, and Arnold Meadow. 1959. Effects of "Brainstorming" Instructions on Creative Problem Solving by Trained and Untrained Subjects. Journal of Educational Psychology 50: 4, 171.
21. Arnold Meadow and Sidney J. Parnes. 1959. Evaluation of Training in Creative Problem Solving. Journal of Applied Psychology 43: 3, 189.
22. Joy P. Guilford. 1967. The Nature of Human Intelligence.
23. Lee A. Clark and David Watson. 1988. Mood and the Mundane: Relations between Daily Life Events and Self-reported Mood. Journal of Personality and Social Psychology 54, 296-308.
24. Lee A. Clark and David Watson. 1989. The Japanese Positive and Negative Affect Schedule: Factor-based Scales for the Assessment of Mood. Unpublished Manuscript, University of Iowa.
25. Ulf Dimberg. 1982. Facial Reactions to Facial Expressions. Psychophysiology 19, 643-647.

26. Katherine B. Vaughan and John T. Lanzetta. 1980. Vicarious Instigation and Conditioning of Facial Expressive and Autonomic Responses to a Model's Expressive Display of Pain. *Journal of Personality and Social Psychology* 38: 6, 909.
27. Jennifer M. George and Jing Zhou. 2002. Understanding when Bad Moods Foster Creativity and Good Ones Don't: The Role of Context and Clarity of Feelings. *Journal of Applied Psychology* 87: 4, 687-697.
28. Wataru Sato and Sakiko Yoshikawa. 2007. Spontaneous Facial Mimicry in Response to Dynamic Facial Expressions. *Cognition* 104: 1, 1-18.

## 第5章

# 自己と他者の擬似身体反応の 知覚による感情喚起

## 5.1 はじめに

本章では、自己と他者の擬似身体反応の知覚による感情喚起（図5.1）について、擬似身体反応の構成方法および、擬似身体反応を使った感情喚起手法の構築と、感情体験に与える評価について説明する。

感情喚起モデル1とモデル3を複合的に扱い、自己の身体反応であるかのように擬似身体反応を提示し、その擬似身体反応を周囲の人物が観測することで、自己の身体反応の知覚による感情喚起と、情動伝染による感情喚起を同時に引き起こす（図5.2）。

2章のおさらいになるが、人の感情状態の構成に関して、認知心理学の分野においては、生理的・身体的な変化が感情に影響を与えている[1]。例えば、表情フィードバック仮説では、実際の表情の変化が、感情の喚起に影響することが明らかになっている[2]。また、こうした現象は実際の生理的・身体的な変化を必ずしも必要とするわけではない。変化が生じていると錯覚させるだけでも、感情の変化を引き起こせることがわかっている。例えば、Valinsらは「偽の心音実験」において、虚偽の心拍音によって被験者の感情体験を操作できることを実証した[3]。つまり、擬似的に生成し

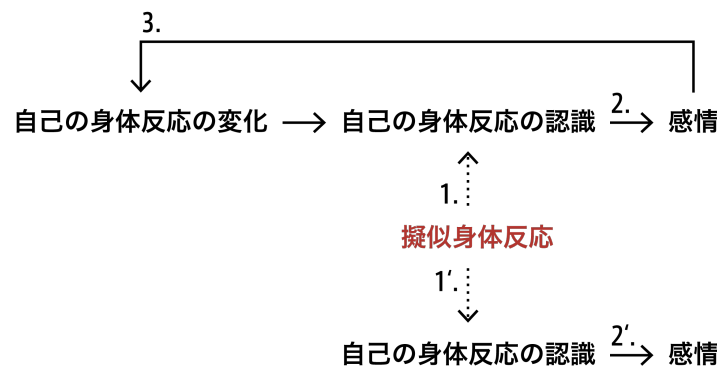


図5.1 自己と他者の擬似身体反応の知覚による感情喚起プロセス

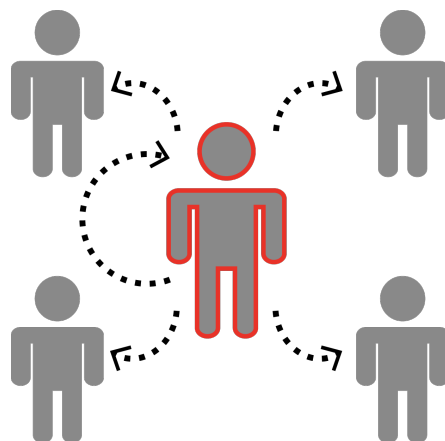


図5.2 感情喚起モデル1+3：みんなからわかるように身体反応が変わる



図5.3 擬似的な落涙を体験化する装置「涙眼鏡」

た身体反応を、自身のものであると知覚できる形で提示することで、感情や、感情の生起によって変化する主観的な体験をも操作できるということである。

一方、人々の感情状態が無意識的かつ迅速に伝わっていく情動伝染という現象は、相対する他者の身体反応の観察や、感情の変化を判断できる行動によって引き起こされるとされている[4,5]。つまり、VR技術を使って他者の身体反応が変化したかのように錯覚させることで、情動伝染を意図的に発生させることが可能だと考える。

本章では、これら2つの現象を利用した感情喚起手法を検証する。他者から観測可能な形で、ある人物に向けて擬似的な身体反応を提示することによって、「自己知覚」と「情動伝染」2つの感情喚起メカニズムを同時に発生させ、複数人の感情体験の操作を並列に行う。これは、第2章で提案した感情喚起モデル1と感情喚起モデル3を、複合的に扱っているのと同等であり、このような複合的な感情喚起モデルの感情喚起の効果や相互作用については未だ検証されていない。

そして、本研究では、数ある身体反応の中でも涙に注目する。涙は他者からも観測できる身体反応であり、涙を流すことは悲しみの感情と関連があるとされている[6]。そこで、他者からも観測可能な形で擬似的に生成した涙を提示することで、提示された本人だけでなく、その周囲の人物が悲しみの感情を抱くか検証する。

本章では、涙と感情の関連性や、涙の構成要素を整理する。そして、擬似的な涙を体験化するデバイスとして作成した眼鏡型のウェアラブル装置「涙眼鏡」（図5.3）について、その構成やメカニズムについて説明する。さらに、他者から観測可能な形で擬似的な身体反応変化を提示することで、複数人の感情体験の操作を並列に行うことが可能か検証する。

## 5.2 涙

### 5.2.1 涙と感情の関連性

涙は、悲しみや幸福、怒り、喜びなど様々な感情と関連していると言われている[6,7,8]. このような感情の多様性は、涙の持つ感情喚起の状況依存性に由来する。例えば、悲しい映画を見て泣いた人は、泣かなかった人よりも悲しく感じるということがわかっている[6]. 対して、被験者に最も最近の泣いた出来事を思い出してもらった場合、悲しみのようなネガティブな感情を感じるのではなく、ポジティブな感情を喚起しやすいことがわかっている[9,10]. これは、泣いている間の周囲の人々の感情的な支援が、最終的に抱く感情の種類を決定するという事で説明できる。泣いているときの他者とのインタラクションが、涙によって形作られる感情に影響するという事である。

一方、普通の表情に画像編集ソフトを使ってデジタル的に涙を付加した写真を見たときに、付加しない場合よりも、助けを必要としていると知覚する割合が増加することがわかっている[11]. また、Mori et al.の研究では、擬似的な涙を目元から頬にかけて流すことで、悲しみ感情の喚起につながるということがわかっている[12]. これらの結果は、通常、他者との社会的なインタラクションや感情的な文脈が存在しない場合、涙はネガティブな感情、特に悲しみの感情に結びついているという事を示している。

以上を鑑みるに、擬似的な涙を提示する装置によって悲しみ感情を喚起できることがわかる。さらに、他者とのインタラクションが存在する場合は、擬似的な涙によって被験者にどのような感情が喚起されるか不明瞭になる場合も考えられる。そこで、他者からも観測可能な擬似身体反応や感情的表出によって引き起こされる情動伝染の検証の最初のステップとして、2章で述べたFukushima et al.が提案する自身の笑い声に合わせて笑いの音声を再生することで動画視聴体験を拡張する研究[13]を参考にし、他者と空間を共有しつつもインタラクションが存在しないような状況として、映像鑑賞を想定し、その状況における感情状態の変化を測定することにする。

### 5.2.2 涙の成分

涙の成分の98%から99%は水分で、残りはタンパク質である[14]. 感情の生起とともに流れる感情的涙は、反射として流れる涙に比べてタンパク質の濃度が24%高いと言われている[15]. しかし、涙の量はとても少なく、そこに含まれるタンパク質も微々たる量であるため、生理的な効果と涙の構成物質の関係性については疑問視されている[16]. いずれにせよ、涙の主成分は水であることに変わりなく、涙の構成物質を再現して被験者に提示したところで、感情喚起の影響に差が出るとは考えにくい。そのため、今回の実験では、精製水を擬似涙として用いることにする。精製水は紫外線殺菌されているものを利用し、人体への衛生面での危険性はない。

### 5.2.3 涙の提示場所

涙は目の外側上部にある涙腺から眼球上に排出される。そして、瞬きに伴う筋肉の動きによって、余剰な涙は目の内側下部にある涙点に吸収されて涙囊に集まり、鼻や口とつながっている鼻涙管を経て排出される[17,18]（図5.4）。眼球上の涙の流れを考えるに、目の形による場合もあるが、涙のあふれる位置は一般的には目の内側になる。また、Mori et al.の研究でも鼻涙管のある目頭付近から頬にかけて水を垂らしていた[12]。以上を鑑みて、擬似涙の流す位置を目の内側、目頭付近に設定する。

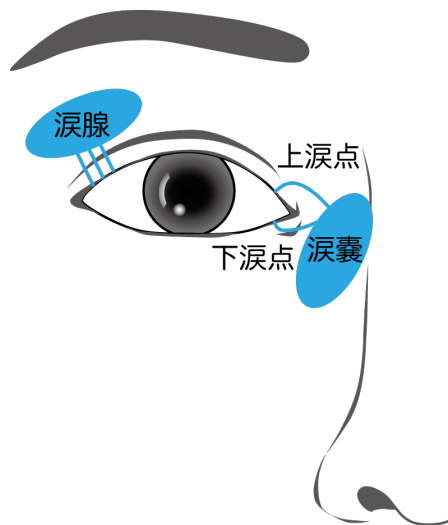


図5.4 涙の流れ

### 5.3 涙眼鏡：擬似的な涙を提示する装置の構築

本研究では、水が顔の表面を流れる触覚的な感覚によって感情体験の操作が可能であるか調査する。また、他者からも観測可能な状態で提示することで情動伝染を引き起こし、複数人の感情体験を同時に操作可能か検証する。そのため、ユーザの目元に水滴を落とす眼鏡型のウェアラブル装置を開発した（図5.5）。

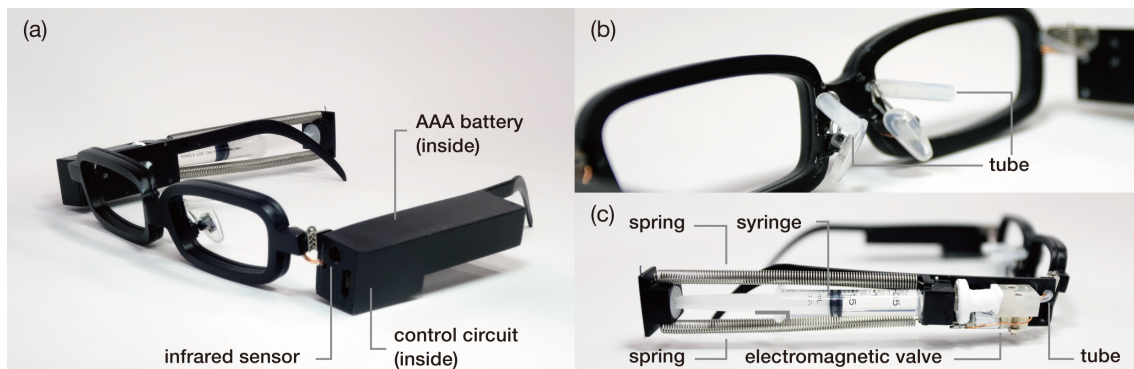


図5.5 涙眼鏡の外観

### 5.3.1 装置概要

涙眼鏡のフレームは、紫外線硬化樹脂を使用するインクジェット型3Dプリンタを用いて独自に作成した。バッテリー（単4乾電池）や水を含めた総重量は約72g、サイズはおおよそ、175mm × 150mm × 40mmである。通常の眼鏡の大きさや形と大きく変わらないように設計することで、自然で違和感のない装着を可能とする（図5.5(a)）。

本体左側のつるに内蔵された制御回路は、Arduino互換のマイクロコントローラ（ATTiny85, 8bit, 8MHz）と外部との通信用の赤外線受信機、電磁弁制御用のモータドライバ、昇圧回路（3.3V）などによって構成されている（図5.6）。専用の制御モジュール（詳細は5.3.3）を使って赤外線通信によって遠隔から操作可能である。単純な回路で済む赤外線通信を使用することによって軽量化を図った。

目元付近に水滴を落とすため、眼鏡の鼻パッド付近に2本のパイプを用意した（図5.5(b)）。落涙の詳細な原理については次の項で説明する。鼻パッドは針金によって眼鏡のフレームに固定されており、その針金はパイプに接している。使用者の鼻の高さが変わっても、針金の曲げ具合を調整することで、鼻パッドやパイプの位置や角度を調整できる。

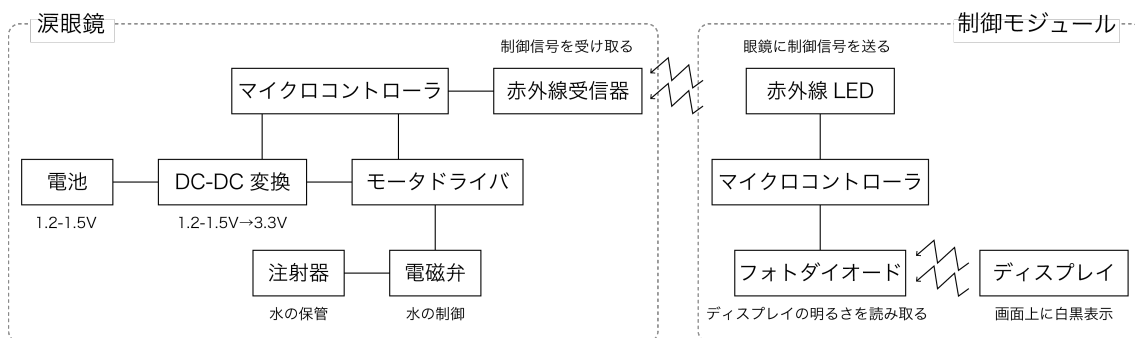


図5.6 涙眼鏡の構成

### 5.3.2 落涙の原理

本体の右側のつるには、電磁弁（The LEE Company LHDB0342115H）と液体中の不純物を取り除く濾過フィルタ、2つのバネが搭載されている（図5.5(c)）。水の保管と補充には注射器を使用している。本装置をする際は、水を入れた注射器をフィルタに挿入し、注射器を2つのバネで引っ張るように固定する。この状態で電磁弁が開くと、バネの圧力が開放されて、注射器に入った水がパイプに流れる（図5.7）。そして、涙を装った水滴が、鼻を覆う部分にある2本のパイプから流れ落ちる構造になっている。

電磁弁を約300ミリ秒開放することによって出てくる液体一滴の量は、約0.02-0.05mlである。これは、感情的な涙の一粒の量とほぼ同じ量である[19]。



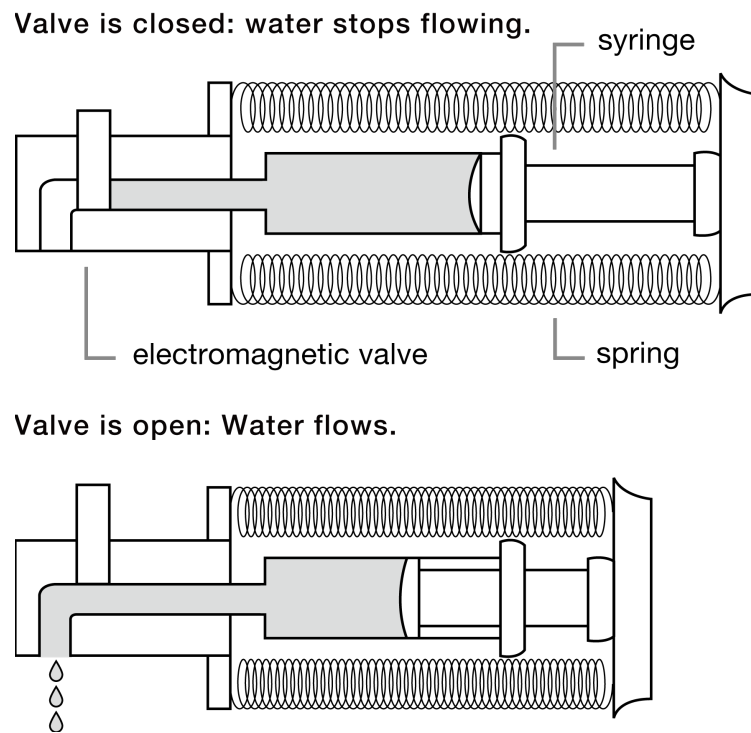


図5.7 落涙の原理

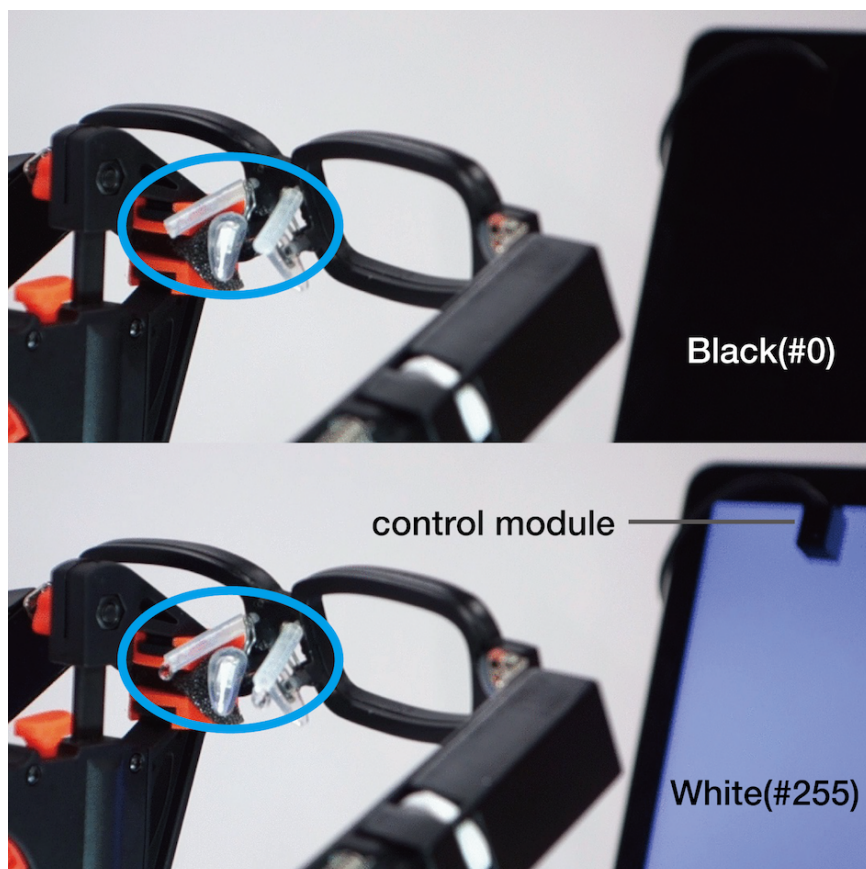


図5.8 制御モジュールによって眼鏡の落涙を制御

### 5.3.3 眼鏡との通信方法

水の流れは38kHzに変調された赤外線通信によって遠隔から制御することが可能である。水を流す命令を受け取ると、電磁弁が開くようになっている。

眼鏡との通信には、マイクロコントローラ（Arduino Pro Mini, 16MHz）と、表面に赤外線LED、裏面にフォトダイオードを搭載した小型モジュール（制御モジュール）を使用する。マイコンを除いた制御モジュールのサイズは、おおよそ10mm × 16mm × 17mmである。このモジュールはPCモニターに着脱でき、画面の輝度値に応じて、眼鏡に送る信号を変化させる。例えば、画面が黒色（#0）のときは、電磁弁を閉じるように信号を送っている（図5.8上）。画面が白色（#255）のときは、電磁弁を開くように信号を送っている（図5.8下）。こうすることで、映像中に眼鏡の制御信号を埋め込むことが可能になる。また、指向性がある赤外線通信を利用しているため、PCモニターに相對している眼鏡のみを制御の対象にできる。眼鏡がPCモニターを向いていないとき（300ミリ秒以上に渡って制御信号を受信しない場合）は、自動的に電磁弁が閉じるようになっている。

## 5.4 涙が感情状態に与える影響の評価

擬似涙の感情喚起に関する効果を調査するために、前章で作成した装置を用いて、2つの実験を行った。実験では被験者の悲しみ感情の感じ方を調べた。実験1では、眼鏡を装着した被験者に対し、水が顔の表面をつたう触覚的なフィードバックによって、悲しみの感情を誘起することが可能か検証する。実験2では、擬似涙による情動伝染の効果を検証するため、他者が泣く動作の観測によって、周囲の人物に悲しみ感情が誘起されるか調査する。

これら2つの実験では、被験者は感情的にニュートラルな画像群で構成された3種類の映像を異なる3つの条件下で鑑賞する。統制条件と、眼鏡を装着して擬似涙を提示した場合の条件の比較から擬似涙の感情への影響を計測する。また、眼鏡を装着したことによる効果を補償するために、眼鏡を装着するが擬似涙を提示しない条件でも実験を行う。

実験の説明後に、被験者の目頭近くに擬似涙が提示されるようにつ、直接的に擬似涙が目注がれないように、眼鏡のパイプや鼻パッドの位置を被験者ごとに調整する。また、水の温度は、眼鏡から水滴が出るまでの過程で水の温度が下がることを考慮し、体表温度より高い約40度にした。

### 5.4.1 映像刺激

実験では被験者は10分間の異なる3種類の映像を鑑賞する。各映像は、IAPS (International Affect Picture System) [20]から選ばれた風景や人物などの画像を含む168枚の感情的にニュートラルな画像群から重複のないようにランダムに選ばれてい

る。画像の感情的評価は[21]の文献を参考にした。画像の順番はそれぞれの被験者（実験1）や実験グループ（実験2）ごとにランダムである。それぞれの画像の表示時間は15秒である（画像40枚 × 提示時間15秒 = 映像10分）。

映像は、静かで閉じた部屋に置かれたLCDカラーモニター（EIZO FlexScan S2432W, 24.1インチ, 1600 × 1000ピクセル）を使って表示した。それぞれの画像の高さは1000ピクセル、高さは画像のアスペクト比によって変化する。また、画像は黒色の背景の中心になるようモニター上に表示される。被験者からモニターまでは約1メートルある。映像の再生はコンピュータで制御している（Apple MacBook Pro Retina 15inch Late 2013, 2.6 GHz quad-core Intel Core i7, 16 GB RAM, NVIDIA GeForce GT 750M, running OS X 10.11.3）。

四角形のカラーコード（白色または黒色）が画像の左上に埋め込まれている。前述した制御モジュールが、このカラーコードを読み取るために、モニターの左上に両面テープで取り付けられている。カラーコードの色は、通常は黒色であるが、電磁弁を開放する300ミリ秒だけ白色に変わる。制御モジュールがこの色の変化を読み取り、眼鏡に電磁弁開閉の信号を送る。擬似涙を提示する間隔は、下記に紹介する予備実験をもとに設定した。

#### 5.4.2 予備実験：擬似涙の提示間隔

擬似涙の提示間隔を決定するための予備的な実験として、映像コンテンツの鑑賞体験を阻害しない頻度となる涙の提示間隔を調査する。被験者には、眼鏡を装着した状態で4種類の映像刺激を鑑賞してもらう。映像刺激1つあたりの鑑賞時間は5分とし、映像は先に説明した映像刺激の半分の画像枚数で構成されている。画像群は被験者ごとにランダムな生成されている。擬似涙の提示間隔は、50秒、25秒、10秒、5秒として、それらの順番は被験者ごとにランダムである。

映像鑑賞後、被験者には「集中して映像を鑑賞できましたか？」という質問に7段階（1 = とてもあてはまらない、7 = とてもあてはまる）で答えてもらった。実験には4人の被験者が参加した。

提示間隔ごとの平均スコアと標準誤差は次のとおりである。4.0 ± 0.58（50秒）、3.5 ± 0.5（25秒）、3.25 ± 1.11（10秒）、1.5 ± 0.29（5秒）。この結果から、短い提示間隔（5秒）では映像鑑賞の集中度を著しく阻害していたことがわかる。対して、他の提示間隔では、被験者の集中度にそれほど差がないこともわかる。

短い時間で擬似涙が提示される場合には映像に集中できず、また、提示頻度が少ない場合、映像の最後まで感情喚起の影響が残っていない可能性もある。そのため、今回の実験では、集中度が変わらなかった3つの中から真ん中の値である25秒を擬似涙の提示間隔として採用した。

### 5.4.3 実験1：涙の自己知覚

実験1の目的は、擬似的な涙の触覚的な提示によって被験者の悲しみ感情を喚起できるかである。先行研究では、パートナーとなる被験者からピペットを使って目元に暖かい水滴を提示されると、提示された被験者の悲しみ感情が喚起されていることがわかっている[12]。本実験では、パートナーの存在無しで今回作成した装置が同じような感情喚起の効果を発揮できるか調査するだけでなく、映像鑑賞中の感情状態を操作できるか調査する。

#### 5.4.3.1 被験者

本実験に参加した被験者は19人（男性9名、女性10名）である。被験者の平均年齢は25.9歳、標準偏差は5.85である。

被験者には実験の実際の目的に関する告知は行わず、鑑賞した映像に関する感想を答える実験であると伝えた。また、実験中に水滴が顔を流れることによって驚かれる可能性があるため、涙が流れる感覚を再現する装置を装着して行う実験であると実験の最初に説明した。なお、説明の際には実際に眼鏡を装着してもらい、パイプが目頭付近に位置するように調整した。

また、眼鏡をかけていては実験装置を装着することができないため、眼鏡をかけている被験者には、実験中は眼鏡を外してもらうか、メガネ無しで1m離れたところにある物体が判別できない被験者にはコンタクトレンズの装着をお願いした。

被験者には実験の参加に対する謝金として、1000円分のAmazonギフトカードを渡した。

#### 5.4.3.2 実験手順

実験は被験者内計画で行なった。被験者にはPCモニターの前に座った状態で、10分間の映像を3回見てもらう（図5.9、図5.10）。また、映像に集中してもらうため、被験者には、映像を見ている間、周辺の雑音を軽減するノイズキャンセリング機能のついたイヤホンを装着してもらう。

各映像を見終えた後、被験者には映像を見ている間に感じた気持ちをアンケート形式で答えてもらった。愛情、怒り、喜び、悲しみ、恥ずかしさの5種類の感情状態について、9段階のLikert scale（1 = ちがう・当てはまらない、9 = そのとおり・当てはまる）で回答してもらった。他にも、映像に関する感想や、映像鑑賞中に思い出したこと・考えたこと、覚えているシーンを記述してもらった。実際には、「悲しみ」の測定が実験の主目的であり、それ以外の感情状態や映像に関する記述はダミーの質問項目である。映像と評価の後、次の映像を視聴する前に5分間の休憩を挟む。

それぞれの被験者は以下の3つの条件下で3つの映像を見る。各条件は被験者ごとにランダムな順で割り当てた。

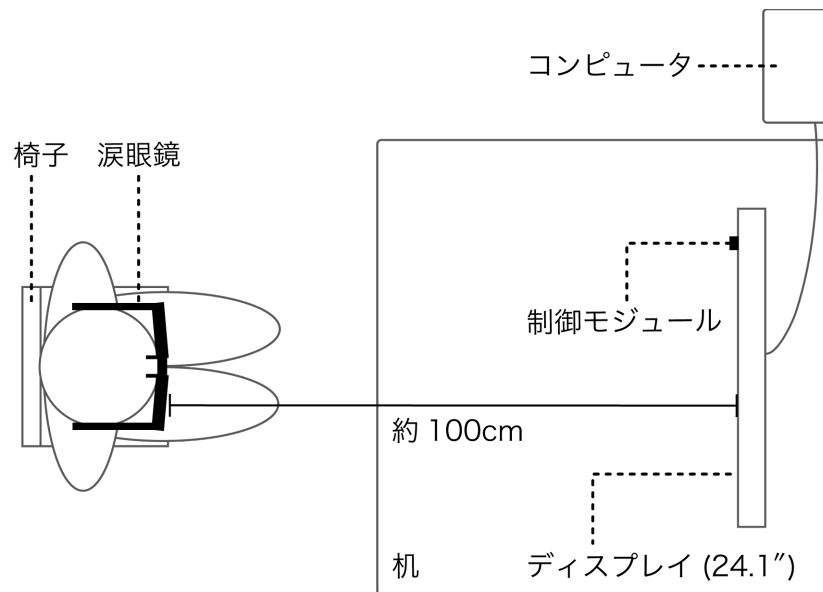


図5.9 実験1のセットアップ



図5.10 実験1の様子（例）．図中のモニター上の写真はIAPSの規定によりモザイク済

1. 統制条件（Control Condition, CC）：涙眼鏡を装着せずに映像を見る．
2. 眼鏡あり・涙なし条件（Without Water, WoW）：映像を見ている間に涙眼鏡を装着する．涙は流れない．
3. 眼鏡あり・涙あり条件（With Water, WW）：映像を見ている間に涙眼鏡を装着する．涙は25秒おきに流れる．涙を拭くために、被験者には数枚のティッシュが与えられる．

全ての条件で映像を見終わった後、被験者には実験中に気付いたことや感じたことを自由に記入してもらった．最後に、実験で生じたかもしれないネガティブな感情を補填するために、実験参加に対する謝金（1000円分）を手渡した．

### 5.4.3.3 実験結果

統制条件（CC）における被験者の感情を基準として、その他の条件における悲しみ感情の感じ方を比較する。WoW・WWにおける悲しみの強度と、CCにおける悲しみの強度の差の平均値を図5.11に示す。各条件の平均値は、2.95（CC）、2.79（WoW）、4.58（WW）であった。被験者ごとのWoW・WWとCCとの差の平均値は、-0.16（WoW-CC）と1.63（WW-CC）であった。その標準誤差はそれぞれ、0.77、0.54である。これらの結果について対応のあるt検定を行なった結果、悲しみの感じ方に有意な差がみられた（ $t(18) = -2.16$ ,  $p = .045$ ,  $r = .45$ ）。条件の順序効果はみられなかった。

これにより、涙が流れる触覚的なフィードバックによって悲しみの感情を喚起できることがわかった。

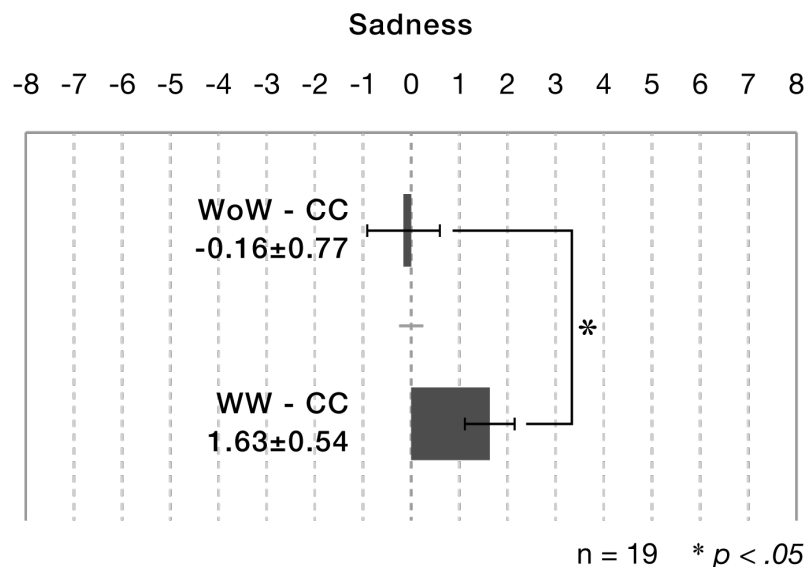


図5.11 被験者ごとのWoW・WWとCCとの差の平均値。エラーバーは標準誤差

### 5.4.4 実験2：自己知覚 + 情動伝染

本実験では、擬似的な涙によって眼鏡を装着した被験者だけでなく、その周囲の人物の感情状態も変化させることができるか調査する。そして、擬似身体反応やそれに類する感情表出によって情動伝染を引き起こすことが可能か検討する。

#### 5.4.4.1 被験者

本実験に参加した被験者は21人（男性9名、女性12名）である。被験者の平均年齢は22.2歳、標準偏差は4.21である。実験には同性で知り合い同士である3人組に参加してもらった。これは、知らない人同士では、情動伝染は起こりにくく[22,23]、男女によって共感能力に違いがある恐れがある[24]ためである。同性の友達や、同性の先輩・後輩といった同性の知り合い同士で構成される7グループが実験に参加した。



また，実験1と同様に，被験者には実験の実際の目的に関する告知は行わず，鑑賞した映像に関する感想を答える実験であると伝えた．そして，涙が流れる感覚を再現する装置を装着して行う実験であると実験の最初に説明した．さらに，眼鏡をかけている被験者には，実験中は眼鏡を外してもらうか，メガネ無しで1m離れたところにある物体が判別できない被験者にはコンタクトレンズの装着をお願いした．

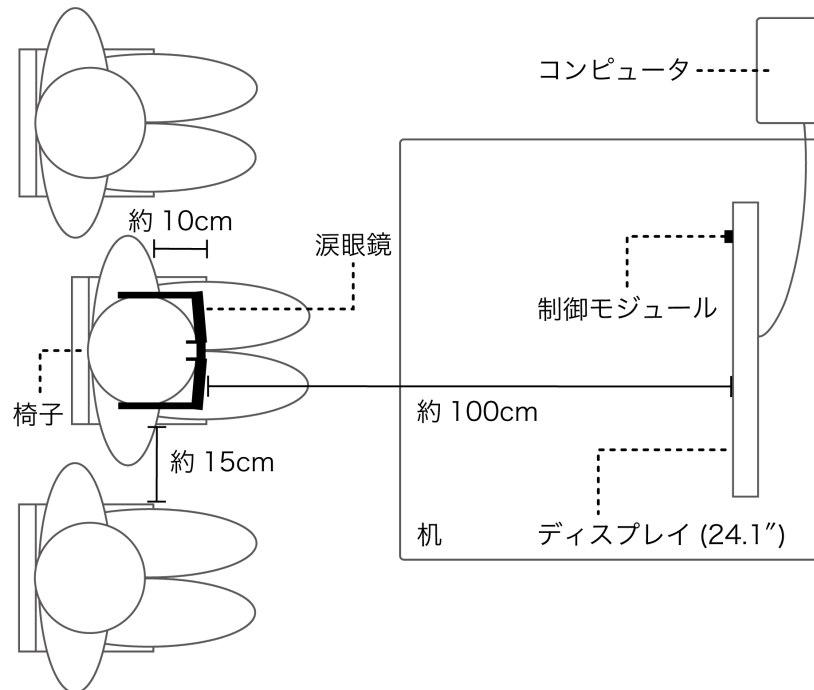


図5.12 実験2のセットアップ

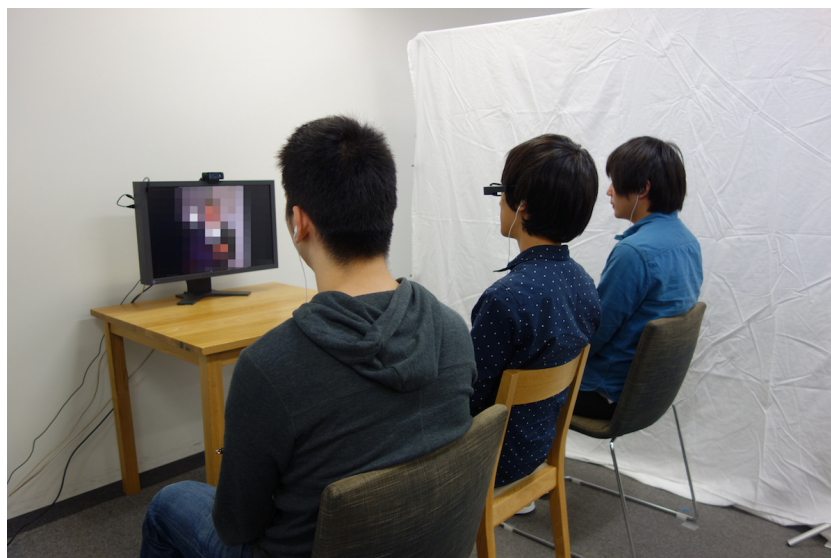


図5.13 実験2の様子（例）．図中のモニター上の写真はIAPSの規定によりモザイク済

なお、それぞれの被験者には実験の参加に対する謝金として、2000円分のAmazonギフトカードを渡した。

#### 5.4.4.2 実験手順

実験手順は実験1とほぼ同様である。最初の映像を見る前に、被験者には他者の情動の影響の受けやすさを調べる指標である情動伝染尺度 (Emotional Contagion Scale, ECS) [25]の日本語版[26]に答えてもらった。ECSは15の質問項目で構成され、他者の情動の影響を受けやすい人はスコアが高くなる。共感能力が低く情動伝染の影響を受けにくい人がグループの中にいることを考えて、グループの中で一番スコアの低い人がWoWとWW条件のときに眼鏡を装着することにする。実験中は、この人物（装着者）を真ん中に座らせ、残り2人がその両隣に座ることになる。また、擬似的な落涙とそれを拭く動作を観測しやすくするために、両隣の2人の椅子は真ん中の人よりも10cm程度後ろに下げた（図5.12, 図5.13）。

全ての条件で映像を見終わった後、被験者には実験中に気付いたことや感じたことを自由に記入してもらった。最後に、実験で生じたかもしれないネガティブな感情を補填するために、実験参加に対する謝金（2000円分）を手渡した。

#### 5.4.4.3 実験結果

実験1と同様に、統制条件（CC）における被験者の感情を基準として、その他の条件における悲しみ感情の感じ方を比較する。WoW・WWにおける悲しみの強度と、CCにおける悲しみの強度の差の平均値を図5.14に示す。各条件の平均値は、3.14（CC）、2.38（WoW）、4.71（WW）であった。被験者ごとのWoW・WWとCCとの差の平均値は、-0.76（WoW-CC）、1.57（WW-CC）であった。標準誤差はそれぞれ、0.43、0.54である。これらの結果について、性別、眼鏡の装着者とそれ以外、条件間（WoW-CC, WW-CC）の $2 \times 2 \times 2$ の混合要因での3要因分散分析を行なった。その結果、条件間にのみ主効果がみられた（ $F(1,17) = 15.54$ ,  $p = .0011$ ,  $\eta^2 = .21$ ）。その他の主効果や交互作用はみられなかった。また条件の順序効果もみられなかった。

これにより、涙が流れる触覚的なフィードバックによって装着者だけでなく、それを観察している周囲の人物の感情状態にも影響を与えられることがわかった。また、擬似身体反応を使った情動伝染において男女差が見られないことが示唆された。

### 5.5 議論

実験1は、擬似涙の触覚的な提示が感情状態を操作するか検証するために、擬似涙を流した条件（WW）と、流さなかった条件（WoW）で悲しみの感じ方が異なるか評価した。結果として、WW条件のときに他の条件よりも悲しみの感じ方が高いことがわかり、擬似涙を目頭から頬にかけて流すことによって悲しみ感情を喚起できることがわかった。Mori et al. [12]の研究とは異なり、水を落とすパートナーとなる被験者の



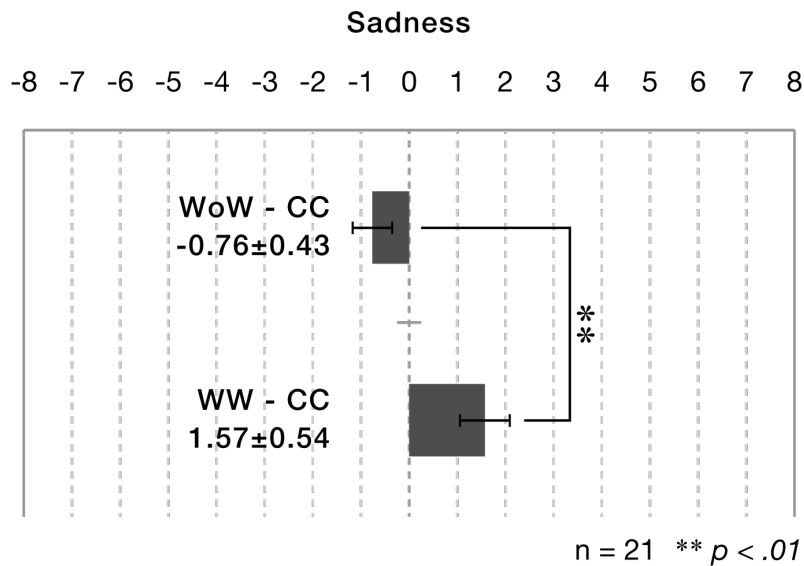


図5.14 被験者ごとのWoW・WWとCCとの差の平均値。エラーバーは標準誤差

存在なしに，作成した装置が感情喚起の効果を持つことを確かめられた．さらに，擬似的な涙の連続的な提示によって悲しみ感情が喚起できることも判明した．

実験2は，擬似的な感情表出によって情動伝染を引き起こし，擬似涙を提示される被験者と，その周囲の被験者の感情状態まで操作できるか検証した．結果として，実験1と同様に，擬似涙を提示した条件のみが他の条件よりも強く悲しみ感情を喚起できている．被験者ごとの眼鏡の装着の有無もみられず，擬似的な感情表出によって，情動伝染を引き起こすことが明らかにされた．また，先行研究では[24]，女性の方が男性よりも共感の能力が高いとされている．一方，本研究においては，女性の方が男性よりも悲しみの平均値（4.75 vs 4.67）はわずかに大きかったものの，統計的な有意差は確認できず，擬似的な感情表出を利用した情動伝染において，男女差の影響は確認されなかった．

以上より，2つの感情喚起モデルを複合的に使用する場合でも，それら2つの感情喚起の効果が発揮され，体験者の感情に影響を与えられることがわかった．実験1では，感情喚起モデル1に則り，自らに提示される擬似身体反応による感情喚起の効果が確かめられた．実験2においては，感情喚起モデル3で示した周囲の他者の擬似身体反応による感情喚起の効果が確認された．情動伝染を用いた感情喚起モデル3の先行研究では聴覚的な擬似身体反応ばかりが用いられていたが，擬似涙やそれを拭くという視覚的な感情表出によっても情動伝染を生起できることが示された．

一方で，実験1のWW条件の平均値（4.58）と，実験2の装着者のみのWW条件での平均値（4.14）に統計的な有意差は確認できなかった（ $F(1,24)=0.16$ ,  $p=.70$ ）．情動伝染のメカニズムを同時に適用した場合であっても，自己知覚による感情喚起の強度に影響しないことが示唆された．

### 5.5.1 情動伝染の主要因

今回の実験データからは、情動伝染の主要因が、擬似的な涙か涙を拭く行為かのどちらかは判明しなかった。擬似涙だけでも情動伝染は可能であると考えているが、今回の実験系のように隣同士に並んでいるような状況では他者の身体反応変化を見過ごす恐れがある。そのため、感情の変化と関連する行動変化も合わせて合成することで、効果的に情動伝染を引き起こすことが可能であると考える。

### 5.5.2 涙の恒常性（ホメオスタシス）の効果

また、数名の被験者は、擬似涙によってスッキリしたと回答していた。事実、涙にはストレス反応を軽減し、リラックスさせる生理的・認知的なメカニズムが備わっているとされている[25]。今回の実験では、涙の感情的な側面のみ扱ったが、今回作成した装置が涙の精神や身体の持つ恒常性の機能（ホメオスタシス）を再現していた可能性を示唆している。

### 5.5.3 悲しみ以外の感情の喚起と感情の強度

今回の実験では、涙と悲しみの感情の関連性[8]をもとに、ニュートラルな映像刺激を眺めている間に涙を付加することによって悲しみを喚起することを目的とした。しかし、先述した通り、感動や嬉し泣きのように涙を流す場面は、必ずしも悲しいときだけではない。我々は、幸福なときや感動に満ちあふれているときにも涙を流す。こういった場面では、涙を流すことで、その時に抱いていた気持ちが堰を切ったようにあふれだし、感情を増幅させているのではないかと考える。そのため、ニュートラルな映像刺激に代わって、幸福な映像や感動する映像を使用し、そこに涙を付加することで幸福や感動といった感情状態を喚起できるか評価することが今後考えられる。これにより、涙と関連する多彩な感情までも再現できるようになると考える。

また、今回の実験結果から、条件間で有意差は確認できるものの、その差は大きいとはいえず、喚起される感情の強度があまり大きくないことがわかる。実験の際の映像刺激として、感情的にニュートラルな映像刺激を用いていたため、涙が流れる原因帰属が被験者にはっきりと植え付けることができず、悲しみの度合いがそれほど強くなかったのではないかと考える。ニュートラルな映像刺激に変わって、悲しい映画や音声など実験の刺激として用いることで、今回の実験結果以上の悲しみ感情を作り出すことも可能になると考える。

### 5.5.4 涙の提示間隔

また、今回の研究では、擬似涙を提示する間隔として予備実験で決定したものを採用し、提示間隔は固定されていた。しかし、映像刺激の種類を変えることで提示間隔や感情への影響も最適化ができると考える。例えば、コメディードラマのラフトラッ

クのように特定の感情が喚起される瞬間に擬似涙を提示するようにすることで、提示間隔を減らしたり、より強い感情を喚起できるのではないかと考える。さらに、今回の実験では被験者間の明示的なインタラクションが発生しない、映像鑑賞中の情動伝染のみ扱ったが、逆に購買行動や会話、食事といった個人間のインタラクションが存在する中で擬似涙を提示すると、どのようにそれらの行動が変化するか調査したい。

### 5.5.5 衛生問題

今回は、衛生面を考慮して被験者の目に直接的に水を流し込むことをしなかった。しかしながら、衛生問題が何らかの手段によって解決し、目に直接的に水を提示できるようにになれば、目に水が溜まる感覚や、涙が鼻涙管を通り鼻水として出てくる感覚まで再現することが可能になる。泣くという現象をより本格的に再現することで、感情喚起の強度を更に向上できると考えるが、衛生問題とはトレードオフである。

### 5.5.6 生理反応の計測

今回の実験から擬似的な涙によって主観的な体験を操作できることがわかった。しかし、擬似涙を直接的に提示された被験者や、それを観測した被験者の生理反応を計測しなかった。なぜなら、そういった計測装置を着けること自体が被験者の感情状態に影響を与え、擬似涙による感情喚起の効果を打ち消す恐れがあったためである。また、生理反応の変化が観測できたとしても、どの感情と結びついたかは断定することはできない。工学的なシステムへの応用を目指した研究であるため、最終的に人がどう感じたを評価することが重要であると考え、生理的な評価を採用せず、被験者の主観的な感じ方を評価した。実際に、実験に参加した被験者からは、以下のようなコメントが得られた。

- ・ 鼻のそばに水が流れるとき、過去の自分が涙を流したときの風景や感情などの記憶が呼び起こされるような気がしました。
- ・ 2番目（WoW条件）で元気になったのに、3番目（WW条件）でしずんだ気持ちになって、複雑な気分です。
- ・ 私は感情のアップダウンが激しい時があつて、時々こっそり泣くことがあります。でも、泣いた後はわりとすっきりして、何事もなかったみたいになるのですが、今回2回目（WW条件）と3回目（WoW条件）で、それに近い感覚がありました。
- ・ 鼻のあたりからみずがたれてくると「自分が泣いている」のかと錯覚するため悲しいような気分が引き出されてくる。
- ・ 隣に人が涙（水）をふいていると、なんともない映像でも悲しく見えると思いました。

一方で、被験者の中で一名が「涙ありのときだけ、実際に泣いてる感じがして鼻水がでてきた」と報告していたが、実際に涙を流す被験者は見られなかった。

今回の実験から、自己と他者の擬似身体反応を使った感情喚起に関する主観的な効果は確認できたため、今後、生理反応も合わせて計測することで、先に述べた恒常性の効果も含めて、擬似涙の効果を確認したい。

### 5.6 本章のまとめ

本研究では、泣く感覚を再現することで感情体験を操作する手法を提案した。そして、水の流れを制御し、ユーザの目元に水滴を落とす眼鏡型の装置として「涙眼鏡」を作成した。被験者実験を通して、眼鏡を装着し涙が流れる触覚的な体験を与えた被験者だけでなく、その周囲にいる擬似的な落涙を観測した被験者の悲しみの気持ちまでも操作できることを明らかにした。すなわち、擬似的な身体反応を使って複数人の感情体験を操作できることがわかった。また、情動伝染による感情喚起の効果が、自己知覚による感情喚起の効果に影響しないことが示唆された。

今後、情動伝染の範囲の制御が可能か検討するにあたって、より大きな規模な集団においても擬似身体反応による情動伝染の効果があるか確かめたい。そのため、共鳴集団[27]と言われる感情の共有が可能であると言われている範囲の人数（～15名）において、擬似身体反応提示による感情喚起が有効であるか評価を進めたい。そのためにも、擬似身体反応の刺激強度や頻度の調整が必要であると考えます。

他に、被験者からは電磁弁の開閉音が気になるという指摘があった。今後は、音のしないアクチュエータを搭載したり、機構を工夫したりすることで動作音を軽減し、体験者がより感情喚起の効果を感じられるようにしたい。

本研究の応用先として、4DXのような体感型シアターに搭載することで、五感だけでなく感情状態に直接訴えかけるような表現が可能になる。また、ラフトラックと同様に、涙の効果によって、泣くきっかけを作ったり、泣く効果を増幅したりするクライトラック（Cry Track）とでも呼ぶべき新たな映像コンテンツ拡張手法への応用も考えられる。他にも、擬似的に涙を流す体験をさせることでストレスを緩和し心をリフレッシュさせる、メンタルケアとしての利用方法も考えられる。

本研究で開発した「涙眼鏡」は、アート作品として学生CGコンテストの受賞作品へのノミネートや、Ars Electronica, SENSORS IGNITIONでの招待展示を行った。人間の感情が外的環境によって操作されるということを皮肉的ではあるが簡潔に表現しているとして、一定の評価を得た。

### 参考文献

1. William James. 1950. The Principles of Psychology. Dover Publications.

2. Fritz Strack, Leonard L. Martin, and Sabine Stepper. 1988. Inhibiting and Facilitating Conditions of the Human Smile: A Nonobtrusive Test of the Facial Feedback Hypothesis. *Journal of Personality and Social Psychology* 54, 768-777.
3. Stuart Valins. 1966. Cognitive Effects of False Heart-rate Feedback. *Journal of Personality and Social Psychology* 4: 4, 400-408.
4. Elaine Hatfield, John T. Cacioppo, and Richard L. Rapson. 1993. Emotional Contagion. *Current Directions in Psychological Sciences* 2, 96-100.
5. Roland Neumann and Fritz Strack. 2000. "Mood Contagion": The Automatic Transfer of Mood Between Persons. *Journal of Personality and Social Psychology* 79: 2, 211-223.
6. James J. Gross, Barbara L. Fredrickson, and Robert W. Levenson. 1994. The Psychophysiology of Crying. *Psychophysiology* 31, 460-468.
7. Oren Hasson. 2009. Emotional Tears as Biological Signals. *Evolutionary Psychology* 7: 3, 363-370.
8. Robert R. Provine, Kurt A. Krosnowski, and Nicole W. Brocato. 2009. Tearing: Breakthrough in Human Emotional Signaling. *Evolutionary Psychology* 7: 1 52-56.
9. Marleen C. Becht and Ad J. J. M. Vingerhoets. 2002. Crying and Mood Change: A Cross-cultural Study, *Cognition & Emotion* 16: 1, 87-101.
10. Lauren M. Bylsma, Ad J. J. M. Vingerhoets, and Jonathan Rottenberg. 2008. When is Crying Cathartic? An International Study. *Journal of Social and Clinical Psychology* 27: 10, 1165-1187.
11. Martijn J. H. Balsters, Emiel J. Krahmer, Marc G. J. Swerts, and Ad J. J. M. Vingerhoets. 2013. Emotional Tears Facilitate the Recognition of Sadness and the Perceived Need for Social Support. *Evolutionary Psychology* 11: 1, 148-158.
12. Hideki Mori and Kazuo Mori. 2007. A Test of the Passive Facial Feedback Hypothesis: We Feel Sorry because We Cry. *Perceptual and Motor Skills* 105: 3, suppl, 1242-1244.
13. Shogo Fukushima, Yuki Hashimoto, Takashi Nozawa, and Hiroyuki Kajimoto. 2010. Laugh Enhancer using Laugh Track Synchronized with the User's Laugh Motion. In *CHI '10 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '10)*, 3613-3618.
14. Linsy R. Farris. 1985. Tear Analysis in Contact Lens Wearers. *Transactions of the American Ophthalmological Society* 83, 501-545.

15. William H. Frey, Denise Desota-Johnson, Carrie Hoffman, and John T. McCall. 1981. Effect of Stimulus on the Chemical Composition of Human Tears. *American Journal of Ophthalmology* 92: 4, 559-567.
16. J. Murube, L. Murube, and A. Murube. 1999. Origin and Types of Emotional Tearing. *European Journal of Ophthalmology* 9: 2, 77-84.
17. Shantha Amrith, Poh Sun Goh, and Shih-Chang Wang. 2005. Tear Flow Dynamics in the Human Nasolacrimal Ducts—A Pilot Study using Dynamic Magnetic Resonance Imaging. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology* 243: 2, 127-131.
18. Heng Zhu and Anuj Chauhan. 2005. A Mathematical Model for Tear Drainage through the Canaliculi. *Current Eye Research* 30: 8, 621-630.
19. William H. Frey. 1985. *Crying: The Mystery of Tears*. Winston Press.
20. Peter Lang, Margaret M. Bradley, and Bruce N. Cuthbert. 2008. *International Affective Picture System (IAPS): Affective Ratings of Pictures and Instruction Manual*. Tech Rep A-8. University of Florida.
21. Daniel Grühn, Susanne Scheibe, and Paul B. Baltes. 2007. Reduced Negativity Effect in Older Adults' Memory for Emotional Pictures: The Heterogeneity-homogeneity List Paradigm. *Psychology and Aging* 23: 3, 644-649.
22. Patrick Bourgeois and Ursula Hess. 2008. The Impact of Social Context on Mimicry. *Biological Psychology* 77, 343-352.
23. Masanori Kimura, Ikuo Daibo, and Masao Yogo. 2008. The Study of Emotional Contagion from the Perspective of Interpersonal Relationships. *Social Behavior and Personality* 36, 27-42.
24. Martine L. Hoffman. 1977. Sex Differences in Empathy and Related Behaviors. *Psychological Bulletin* 84: 4, 712-722.
25. William R. Doherty. 1997. The Emotional Contagion Scale: A Measure of Individual Differences. *Journal of Nonverbal Behavior* 21: 2, 131-154.
26. Masanori Kimura, Masao Yogo, and Ikuo Daibo. 2007. Development of Japanese Version of the Emotional Contagion Scale. *Japanese Journal of Interpersonal and Social Psychology* 7, 31-39. In Japanese.
27. W-X. Zhou, Didier Sornette, Russell A. Hill, and Robin IM Dunbar. 2005. Discrete Hierarchical Organization of Social Group Sizes. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 272: 1561, 439-444.

## 第6章

# 擬似身体反応を用いた 感情喚起装置の設計論

## 6.1 はじめに

本論文では、感情と身体つながりを示す心理学的知見にもとづき、擬似身体反応を利用して感情や感情体験を誘発する感情喚起モデルを提案した。そして、これまで効果が検証されていなかった2つの感情喚起モデルと、複数のモデルを組み合わせた感情喚起モデルに関して、第3章、第4章、第5章においてモデルを具体化する装置の作成を行い、感情や感情の変化から引き起こされる体験を操作できるか検証した。

第3章では、「自己の擬似身体反応の知覚による感情喚起」について扱い、バーチャルな自分の身体反応の変化を視覚的に提示することで、感情や選好判断、実際の身体反応の変化を引き起こすことを確認した（図6.1）。

第4章では、「他者の擬似身体反応の知覚による感情喚起」について扱い、バーチャルな相手の身体反応を視覚的に提示することで、共同作業における創造性を向上できることを確認した（図6.2）。

第5章では、「自己と他者の擬似身体反応の知覚による感情喚起」について扱い、他者からも観測可能な形で擬似身体反応を提示することによって、複数人の感情の変化を同時に引き起こすことができることを確認した（図6.3）。

本章では、表6.1にあるような第3章から第5章の成果も含め、感情喚起モデルについて包括的な議論を行うことで、擬似身体反応を用いた感情喚起装置の設計論を明らかにする。

表6.1 第3章、第4章、第5章の結果

	対象人数	操作対象となる身体反応	擬似身体反応の提示モダリティ	メカニズム	効果
<b>扇情的な鏡</b> 第3章：感情喚起モデル2	1人	バーチャルな自身の身体が表出する身体反応	視覚	自己知覚	ポジティブ・ネガティブ感情 選好判断 実際の表情変化
<b>Smart Face</b> 第4章：感情喚起モデル4	2人	バーチャルな他者の身体が表出する身体反応	視覚	情動伝染	創造性
<b>涙眼鏡</b> 第5章：感情喚起モデル1+3	1～3人	情動伝染の発生元となる人物が表出する身体反応	触覚、視覚	自己知覚 + 情動伝染	悲しさ

## 6.2 感情喚起モデル

先行研究や第3章から第5章までの知見をもとに、感情喚起モデルごとの特徴や、想定されるアプリケーション、擬似身体反応の提示媒体などを整理する。どれが最も汎用的で効果的な感情喚起モデルであると、一概には断言できないが、感情喚起を対象とする人数やアプリケーション、場所や状況を鑑みて、どのモデルを適用するか決定する場面においては本章で議論する指標が役に立つと考える。



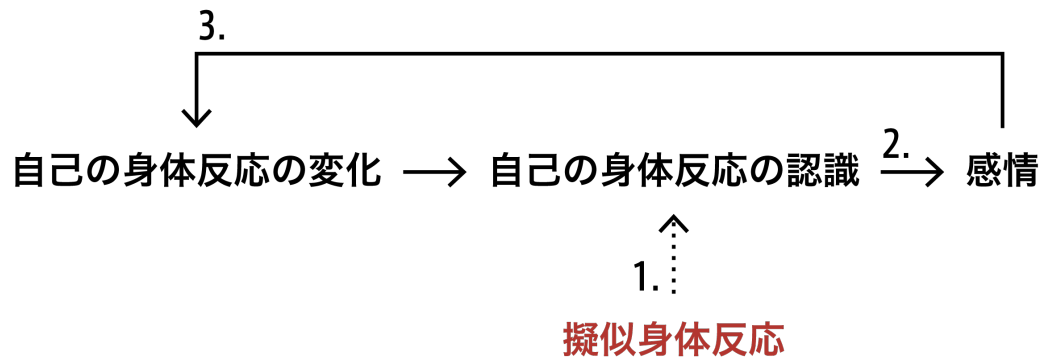


図6.1 第3章で確認した「自己の擬似身体反応の知覚による感情喚起」プロセス

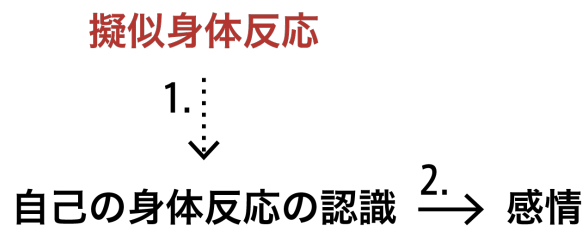


図6.2 第4章で確認した「他者の擬似身体反応の知覚による感情喚起」プロセス

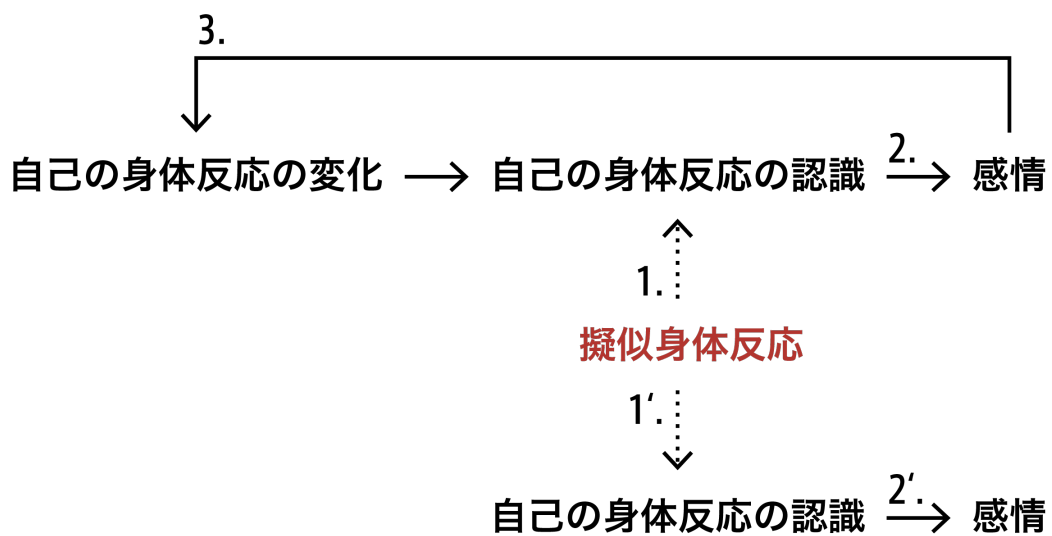


図6.3 第5章で確認した「自己と他者の擬似身体反応の知覚による感情喚起」プロセス

擬似身体反応を操作する環境と、自分もしくは他者の擬似身体反応によって感情が喚起されるかを軸として、これらの感情喚起モデルを分類したものを図6.4に示す。感情喚起モデル1は、擬似心拍の例[1]のように、実世界環境において自分に提示される擬似的な身体反応を知覚させるため左上の第2象限に属する。感情喚起モデル2では、第3章で提案した鏡型の装置のように、コンピュータで再現されたバーチャルな自分の身体反応を知覚させるため第3象限に属する。感情喚起モデル3では、周りから笑い声が聞こえてくる[2,3]というように、他者の擬似身体反応を使って感情喚起を試みるため、第1象限に属する。感情喚起モデル4では、ビデオチャットやテレビ電話のように、バーチャルな他者の身体に生起する擬似身体反応を知覚することによって、感情体験の誘発を行うため第4象限に属する。

感情喚起モデル1とモデル3については、感情喚起の効果について報告している先行研究[1,2,3,4,5]があるため、本論文で特に検証は行わなかった。一方、残りの感情喚起モデル2とモデル4については、第3章、第4章において、そのモデルを具体化する装置を作成し、感情喚起の効果を確認めた。また、感情喚起モデル間の相互作用について調査する目的で、本論文の第5章において、モデル1とモデル3を複合的に扱った感情喚起モデル1+3の検討を行った。そして、自らに提示された擬似身体反応による感情喚起に合わせて、その擬似身体反応を観察する周囲の他者も感情的影響を受けること

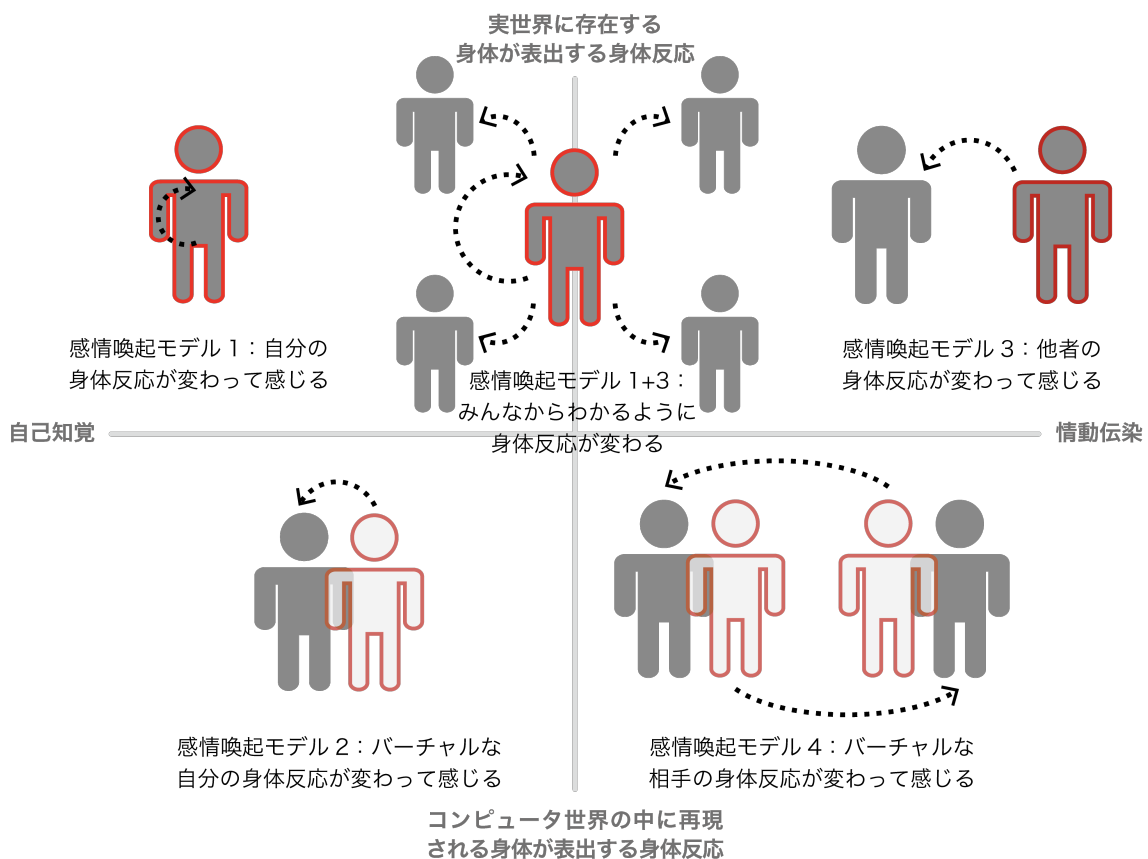


図6.4 感情喚起モデルの分布

がわかり、モデル1とモデル3の感情喚起の効果が並列的に機能することが確かめられた。以上より、基本となる4つの感情喚起モデルや、その組み合わせをもとに感情喚起装置を設計することで、擬似身体反応を用いた感情喚起が可能であることを示すことができた。

## 6.2.1 各感情喚起モデルの特徴と適用可能なアプリケーション

以下では、各感情喚起モデルの特徴や適用可能なアプリケーションについて、先行研究や、本論文の第3章から第5章における結果をもとに議論する。

### 6.2.1.1 感情喚起モデル1の特徴とアプリケーション分野

自分の身体反応を変えてみせる「感情喚起モデル1」については、自身の身体反応を知覚することによって感情が生起する、自己知覚のメカニズムを利用して感情の喚起を行う。自身の身体反応の変化を利用するため、このモデルが適用される感情喚起の対象は1人となり、感情を喚起させる対象の数だけ装置が必要となる。

これまでの研究では、振動によって擬似的な心拍反応を提示[1]したり、静電気によって体毛を立てせることで擬似的に身体反応を生起させたり[4]と、触覚的な提示によって身体反応を変化させる方法が多く採用されてきた。他にも、自分の声を変化させたり、姿勢や関節の動きを変化させたりと、聴覚、深部感覚（体性感覚）のように自分の身体の状態やそれに起きる変化を知覚する多様な感覚器を経由しての擬似身体反応を提示する方法が考えられる。

また、ウェアラブルな装置を使って擬似身体反応を提示していたり、椅子[2]や、冷蔵庫[5]などの家電といった日常的に使用する装置を通して擬似身体反応を提示していたりと、身体に触れる形で擬似身体反応の提示が行われている。その点を考慮すれば、多様なアプリケーションへの搭載が可能な感情喚起モデルであるが、感情を喚起する対象となる人物が装置を必ず装着していたり、装置を身近に置いておく必要があることが制約となる場合もある。例えば、複数人の感情を同時に喚起する状況を考えると、その場面における全員が装置に触れていて、なおかつ、それらの装置を同期して動かす必要がある。そのため、公共空間のような場において、不特定の人物の感情を操作するような利用は難しいと考える。

### 6.2.1.2 感情喚起モデル2の特徴とアプリケーション分野

第3章で示した、コンピュータで再現されるバーチャルな身体が表出する身体反応を操作する「感情喚起モデル2」も、自己知覚を利用した感情喚起モデルの1つである。そのため、このモデルが適用される場合の感情喚起の対象は1人となる。このモデルでは、画面の向こう側にあるコンピュータの世界に再現された身体とのインタラクションを通して、感情体験の変化を狙う。本論文では、鏡を模したコンピュータディスプレイに映し出される表情を、加工して映し出すことで感情体験の誘発を行った。

擬似身体反応が視覚的な提示に限られるため、コンピュータやモバイル端末などのディスプレイ画面を通じて擬似身体反応を提示することになる。そのため、感情喚起モデル1よりもアプリケーションは限られる。しかし、必ずしも感情を喚起する対象の人物が感情喚起装置を身につけている必要が無い場合、公共の場所に設置されるデジタルサイネージとしての利用や、コンピュータ用のデスクトップアプリケーション、スマートフォンやタブレット端末などでの利用を想定したweb・モバイルアプリケーションとしての応用方法が考えられる。

#### 6.2.1.3 感情喚起モデル3の特徴とアプリケーション分野

「感情喚起モデル3」では、自分と同じ環境に存在している他者が表出する身体反応を利用して情動伝染を発生させ、目的とする感情体験の誘発を行う。第2章で紹介した、笑い声によって感情体験を誘発する既存研究[2,3]のように、コンピュータやモバイル端末などから発せられる聴覚的な刺激によって感情体験に影響を与えるやり方が考えられる。情動伝染のメカニズムを利用しているため、その場にいる複数人の感情体験の操作も可能であると考えられる。また、他者の姿勢や表情によって情動伝染の発生も確認されているため、視覚的に擬似身体反応を提示することも可能であると考えられる。

一方で、既存研究[2,3]において情動伝染の発生源となる人物が実際にはいなかったように、このモデルでは擬似身体反応を発する身体が見える形で環境中に存在しなかったり、特定の個人に擬似身体反応が関連付けられない場合もある。こうした特徴を踏まえると、他者とのコミュニケーションが発生しにくい場所や状況で、効果を発揮する感情喚起モデルであると考えられる。なぜなら、買い物や食事など他者と能動的な行為を行っている最中に、誰の物かわからない笑い声のような、特定の個人に帰属しない擬似身体反応を観測しても、現在自分たちが行っている行為に関連付けられるとは限らないためである。よって、映像鑑賞や音楽鑑賞のような場面において、感情を付加する際にこのモデルを適用することが望ましい。

#### 6.2.1.4 感情喚起モデル4の特徴とアプリケーション分野

第4章で示した、コンピュータで再現される対話相手のバーチャルな身体が表出する身体反応を操作する「感情喚起モデル4」においては、情動伝染のメカニズムを利用している。そのため、今回の実験で示したような2人だけではなく、それ以上の複数人の感情体験を同時に誘発することも可能であると考えられる。

モデル2と同様にコンピュータの世界に再現された身体とのインタラクションを通して感情喚起を行う性質上、視覚的に擬似身体反応を提示する。そのため、コンピュータやモバイル端末などのディスプレイ画面を通じて擬似身体反応を提示することになる。アプリケーションとしては、実験で示したようなコンピュータを介して誰かとコミュニケーションを行うような場面（Computer Mediated Communication, CMC）に適している。例えば、ビデオチャットや遠隔会議のようなテレコミュニケーションの場において、それに参加する人たちの感情の喚起や、感情と関連する主観的な体験

を同時に操作することを考える。その際には、コンピュータディスプレイに反映される、バーチャルな相手の身体反応が変化してみえる、このモデルが適切であると考え、情動伝染のメカニズムを応用したモデルであるため、視覚以外にも聴覚的な擬似身体反応の提示方法も利用できると考える。

#### 6.2.1.5 感情喚起モデル1+3の特徴とアプリケーション分野

第5章で示した、自己にフィードバックされる擬似身体反応による感情喚起とともに、その擬似身体反応を観察する他者の感情も喚起させる「感情喚起モデル1+3」は、自己知覚と情動伝染、2つの感情喚起メカニズムを利用している。

感情喚起モデル1のように多様な感覚器を経由しての感情喚起が可能であり、ウェアラブル装置や、日常的に使用する装置に搭載可能なモデルであると考え、一方で、擬似身体反応によって情動伝染も合わせて引き起こすことを考えると、擬似身体反応を他者からも観測可能な形で提示する必要がある。第5章においては、触覚と視覚の両方の感情的な要素を併せ持つ擬似身体反応を用いることで、これを実現していた。感情喚起モデル3の先行研究[2,3]では聴覚的な擬似身体反応ばかり用いられていたが、擬似涙やそれを拭くという視覚的な感情表出によっても情動伝染を生起できることが示された。

第5章の実験では3人の場合においてのみ複合的な感情喚起の効果を確認したが、擬似身体反応やそれに関連する感情表出を工夫すれば、それ以上の人数の感情喚起も可能であると考え、例えば、触覚と視覚の組み合わせだけに限らず、モデル3で採用されている聴覚的な擬似身体反応提示も合わせることで、情動伝染をより効果的に扱えるはずである。

また、第5章の実験設計では、実験参加者内は映像を眺めるだけであり、参加者間で特にコミュニケーションを行うように設定しなかった。しかし、実世界で他者とコミュニケーションを行うような場においても適用可能なモデルであると考え、例えば、家族と会話している時や、友達と食事をしているとき、はたまた、お店で買い物しているとき、こうした場面で関係する人たちの感情や、感情と関連する主観的な体験を同時に操作することを考える。その際には、周囲の人物から観測可能なように身体反応を変化してみせる、このモデルが適切である。

### 6.3 感情喚起装置の設計例

6.2で述べた感情喚起モデルの比較や議論をまとめると、表6.2のような各感情喚起モデルのスペックシートを導き出すことができる。このスペックシートを参考に、感情喚起を行う状況、アプリケーションや、使用したい身体反応の観点から感情喚起装置の設計例をいくつか考えてみる。

	対象人数	操作対象となる 身体反応	擬似身体反応の 提示モダリティ	擬似身体反応の 提示媒体の例	想定される アプリケーション例
感情喚起モデル 1 自分の身体反応	1 人	自身の身体が 表出する身体反応	触覚、聴覚、体性感覚など	ウェアラブル装置 日用品への組み込み	多用途 (複数人を対象としない)
感情喚起モデル 2 バーチャルな自分の 身体反応 (第 3 章)	1 人	バーチャルな自身の 身体が表出する 身体反応	視覚	コンピュータやモバイル端末 などのディスプレイ	デジタルサイネージ デスクトップアプリ web・モバイルアプリ
感情喚起モデル 3 他者の身体反応	1～複数人	他者の身体が 表出する身体反応	聴覚、視覚	コンピュータやモバイル端末	映像・音楽鑑賞など
感情喚起モデル 4 バーチャルな相手の 身体反応 (第 4 章)	2～複数人	バーチャルな他者の 身体が表出する 身体反応	視覚、聴覚	コンピュータやモバイル端末	CMC
感情喚起モデル 1+3 みんなにみえる 身体反応 (第 5 章)	1～複数人	情動伝染の発生源 となる人物が表出する 身体反応	視覚、触覚、聴覚、体性感覚など (他者からも観測可能な形で提示)	ウェアラブル装置 日用品への組み込み	映像・音楽鑑賞など 実世界コミュニケーション

表6.2 感情喚起モデルのスペックシート

### 6.3.1 感情喚起装置の設計例：公共の場での利用

不特定の人物が行き交う公共の場で利用することを考えると、ウェアラブル装置や人に直接触れる形で擬似身体反応の提示を行うモデル1やモデル1+3は望ましくない。また、複数人に対して感情喚起を行う必要性がある場合はモデル2も不適切となるが、対象となる人物が限定される場合は、その数だけ装置を用意する方法も考えられる。そして、感情喚起装置を通じて他者とインタラクションを行わない状況においては、モデル4の利用も考えにくい。

そのため、他者の身体反応を変えてみせる、感情喚起モデル3の応用が考えられる。この場合は、目的とする環境において聴覚的もしくは視覚的な擬似身体反応提示によって、不特定多数の人々の感情体験を誘発することが想定される。

### 6.3.2 感情喚起装置の設計例：食事体験の変化

感情喚起装置を使って食事体験を変化させることを考える。食事のような実世界で完結するような行為については、直接的に擬似身体反応を提示する感情喚起モデル1やモデル1+3、食事をする環境に感情喚起装置を設置するような感情喚起モデル3の利用が考えらる。もし、複数人友達との食事において、コミュニケーションが活発なようであれば、感情喚起モデル1+3を採用して、複数人の感情体験を並列的に誘発することが想定される。

### 6.3.3 感情喚起装置の設計例：姿勢を使いたい

だらけて座っている状態では何も思いつかなかったが、いざ姿勢を正してパソコンに向かうとすらすら論文が書けるようになったというのは極端な例かもしれないが、姿勢や動作の感情への影響はこれまでいくつか検証されている[6,7]。姿勢のような体性感覚を扱いたい場合は、扱えるモダリティが複数ある感情喚起モデル1やモデル1+3

を想定する。そして、身体反応を提示する媒体として、椅子の背もたれや座面を動的に制御することで姿勢を変化したかのようにする装置が考えられる。また、他者の姿勢を模倣・同調してしまう効果[8]についても確認されているため、自己知覚と情動伝染を同時に引き起こす感情喚起モデル1+3を適用すれば、姿勢のフィードバック装置1台のみで、複数人の感情体験を並列的に操作できることが示唆される。

#### 6.3.4 感情喚起装置の設計例：ウェアラブルな感情喚起装置

感情喚起装置の形態をウェアラブルとして想定しているのであれば、感情喚起モデル1、またはモデル1+3に当てはめて、感情喚起装置の設計を考える。感情喚起の効果を自分一人で完結させるのであればモデル1、他者の感情も合わせて喚起させたいのであればモデル1+3を適用する。モデル1+3を適用する際は、自己の擬似身体反応を提示するとともに、提示される擬似身体反応が他者からも観測可能であるようにする必要がある。

例えば、擬似身体反応として表情に注目し、ウェアラブルなプロジェクタによって表情をプロジェクションマッピングすることによって自己や他者の感情体験を誘発することを考える。プロジェクタからの照射光の熱を効果的に利用することで、感情血流理論[9]で言われている表情表出の際の顔面筋の動きに伴う温度変化をシミュレートすることによる自己の感情の変化も狙うとともに、プロジェクションマッピングによる視覚的な変調によって他者の感情に影響を与える。身に着つけられて、なおかつ、顔へのプロジェクションを継続的に行えるような装置は未だ現実的ではないが、こうした技術が実現可能になれば、ここで述べたような感情喚起装置も設計可能になると考える。

### 6.4 擬似身体反応

擬似身体反応の設計や提示の際に考慮すべき点について以下で議論する。

#### 6.4.1 身体反応の同時性と気付きの有無

擬似身体反応を身体へ直接的に提示する際には、1つの身体に実際の身体反応と擬似身体反応が同時に存在しうるかを考慮すべきであると考えられる。例えば、先行研究として第2章で述べた触覚的な提示によって擬似心拍を再現する研究[1]のように、擬似身体反応と実際の身体反応が同時に存在する場合は、擬似身体反応であると頭の中で理解してしまうと、実際の身体反応に感情が従ってしまう恐れもある。

一方で、これまでの感覚間相互作用の研究において、ある感覚の生起によって他の感覚や認知が操作されることがわかっている。例えば、視覚的な操作によって触覚体験を操作したり[10]、満腹感を操作したり[11]できることが明らかにされている。こうした視覚による操作は、例え操作されていることを理解している場合でも、感覚や認

知に影響を与える。つまり、擬似身体反応と実際の身体反応が共存した場合においても、視覚的な擬似身体反応の提示であれば、例え、擬似身体反応の提示に気付いたとしても、視覚的にフィードバックされる擬似身体反応を自身の実際の身体反応であると錯覚させられる可能性がある。

本論文で実証した感情喚起モデル2（第3章）やモデル4（第4章）のような、コンピュータで再現したバーチャルな身体に擬似身体反応を適用する方法においても、実際の身体反応と擬似身体反応が同時に存在することになる。第3章や第4章で述べた実験に関しては、表情が変形されていることに関して気づいた被験者は少なく、身体反応の操作の気づきの有無による感情喚起の効果の違いについて、追求することはできなかった。一方、定性的な話ではあるが、「扇情的な鏡」の展示を通して擬似的な表情提示を体験した多くの人のコメントを振り返ると、多くの体験者が、展示の説明文や展示員からの説明によって表情が加工されていることに気づいた状態であっても、感情が影響を受けたと答えていた。つまり、視覚的な擬似身体反応のフィードバックでは、擬似的な身体反応と同時に実際の身体反応が存在する場合でも、前者の視覚的なフィードバックが優先的に知覚され、感情体験の誘発の意図や表情の操作に対する気づきの有無に関わらず感情体験に影響を与えると推察する。

また、本論文の第5章で述べた涙を落とすことによる感情喚起に関しては、被験者にとっても擬似身体反応の発生元が明らかであったにも関わらず、悲しみ感情を喚起できていたことが実験結果からわかる。このように、涙や立毛などの実際の身体の状態を上書きできる身体反応を用いて、実際の身体反応と擬似身体反応が同時に存在しないようにすることで、擬似身体反応の提示が明らかであった場合でも、実際の身体反応に感情が従ってしまう可能性を軽減できると考える。

#### 6.4.2 擬似身体反応のパラメータ設計

第3章の自身の表情を擬似的に変化させることによる感情喚起実験と、第4章の他者の表情を擬似的に変化させることによる感情喚起実験において、使用する表情変形パラメータは同一であるが、喚起されるポジティブ感情・ネガティブ感情の強度に違いがみられた。

第3章では、J-PANASを用いたアンケート調査により、表情の違いによって被験者が感じたポジティブ・ネガティブ感情の感じ方に違いが見られ、表情による自覚的な感情の変化が認められた。しかし、第4章で行った同様の計測では、表情の違いによるポジティブ・ネガティブ感情の感じ方に違いは見られず、表情による自覚的な感情の変化は認められなかった。しかし、ブレインストーミングのアイディア数に差が見られたことから、自覚的な感情を答えることになるアンケート評価には表れない、無自覚的な感情の変化が存在することが示唆された。



以上の結果は、同じ擬似身体反応を用いる場合でも、自身の身体反応として知覚することで生じる感情と、他者の身体反応として知覚することで生じる感情とでは、その強度に違いがあるということを示している。事実、他者の表情の無意識的な模倣の際には、表面的な表情変化はなく、筋電位でしか拾えない微細で瞬間的な表情の変化しか生じないとされている[12]。そのため、他者の擬似身体反応の知覚の際には、自覚できるような感情の変化が生じなかった可能性がある。

また、動きのない表情映像を眺めるよりも、表情変化のない表情から特定の感情を示す表情に変化する様を眺めさせたほうが、観測者が模倣する表情に違いが現れやすく、第3者の目から見ても変化が明らかであるとする研究結果もある[13]。そのため、バーチャルな他者の擬似身体反応を知覚するモデル4においては、相手の身体反応などの感情表出の瞬間を観測させることによって、自覚的な感情の変化やより強度の大きい感情を喚起させられる可能性がある。逆に、無自覚的に感情を喚起させたい場合は、モデル2と同等の変化量にすればよいことが示唆される。この結果は、擬似表情による感情喚起の設計指針の1つになると考える。

また、第5章で説明した擬似涙の提示による感情喚起に関して言えば、擬似涙を提示する間隔は予備実験で決定したものを採用し、提示間隔は固定であった。しかし、コメディードラマで用いられる、ジョークやギャグのシーンに付加される笑い声（ラフトラック）のように、特定の感情を喚起させる瞬間に擬似身体反応を提示することによって、その種の感情を喚起させることや、増強させることができると思う。断続的な提示を行うような擬似身体反応を用いる場合は、感情喚起装置が使用される状況を想定し、感情や感情体験を関連付けるコンテンツと同期した擬似身体反応提示が有効であると思う。

### 6.4.3 擬似身体反応と原因帰属

擬似身体反応の発生源が明らかで特定できる場合には、情動喚起に関して注意が必要である。おさらいになるが、情動二要因理論では、感情の生起には身体反応だけではなく、それが生起した原因も考慮する必要があるとしている。つまり、擬似身体反応の発生源が明示的である場合には、身体反応の変化が擬似身体反応の発生源に帰属してしまい、目的とする感情を喚起できない恐れがある。そのため、擬似身体反応と合わせて、擬似身体反応と関連付ける何らかの状況刺激を提示する必要がある。

5章の実験においては、擬似身体反応の発生源や提示が明示的であったため、映像刺激に没入させることによって、その発生源を意識させないようにした。しかし、映像として感情的にニュートラルな刺激を利用していたため、「スッキリした」という感情のみを生起させる被験者も数名おり、悲しみを作る目的の実験に反して、意図しない感情を作り出す事もあった。目的とする感情の種類に応じて、身体反応の発生を帰属させる、状況や環境、コンテンツを上手く設計することが重要である。

また、単に感情のみを誘発するだけで、感情に付随する判断や行動を変えられるわけではない。感情が生起した理由を、さらに目的とする判断や行動と上手く関連付ける必要がある。本論文では、感情の変化がもたらす選好判断や創造性の変化について扱ったが、そうした判断や行動をどうしたら感情と上手く関連付けられるかについては深くは踏み込んで扱っていない。日常的、社会的に感情喚起システムが応用されるためには、感情の操作と合わせて判断や行動と関連付けさせるメカニズムも明らかにする必要がある。

## 6.5 擬似身体反応を用いた感情体験の誘発

本論文で提案する感情喚起モデルは、人間の生来のまたは経験的に獲得してきた知覚や認知の現象を利用しているため、人間の理性的な判断を必要とせず、目的の感情や主観的な体験を誘導できると考える。こうした人間の主観的な部分に作用する手法によって、正しい判断やより良い行動ができるように心の状態を落ち着けることが可能になるだけでなく、感情的処理の特徴である、速さや・自動性・努力の必要のなさ、という点を活かすことによって、無意識的な判断や行動の変容、努力することなくパフォーマンスを向上させることが可能な情報提示技術の開発にもつながる。

一方で、行動や判断に無意識的に介入してしまうことを目的としたこの種の技術は、人間の主体性を脅かす脅威となりえるかもしれない。しかし、第1章や第2章で述べたように、脳内の感情的処理と理性的処理は分断された処理系統ではない。そのため、自分の意思と反して自身の行動や判断が誘導されていると感ずる場合は、意識的な介入を行うことで、こうした行動や判断を修正することも可能であり、主体的に行っている行動を阻害しない情報提示技術であると考えられる。

また、こうした技術を使用する際に考慮しなくてはならないのが、目的とする感情状態へ誘導されていることについて、対象人物が気づいているかどうかである。第3章、第4章、第5章で行った評価実験では、被験者に実験の目的や測定項目を感じられないように、直接的でない聞き方をしていたり、被験者の行動を指標として用いたり、ダミーの質問項目を入れたりしていた。このような考慮の上で実験を行ったが、実験の主目的について被験者が気づいているかいないかに関して、実験の結果からは判定できない部分もある。目的とする誘導先が明らかである場合の、感情喚起の効果の有無については今後も検討の余地があるが、6.4.1で述べたように、擬似身体反応が提示されることを理解していたとしても感情喚起の効果は起こり得ると考えている。

## 参考文献

1. Narihiro Nishimura, Asuka Ishi, Michi Sato, Shogo Fukushima, and Hiroyuki Kajimoto. 2012. Facilitation of Affection by Tactile Feedback of False

- Heratbeat. In CHI '12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '12), 2321-2326.
2. Shogo Fukushima, Yuki Hashimoto, Takashi Nozawa, and Hiroyuki Kajimoto. 2010. Laugh Enhancer using Laugh Track Synchronized with the User's Laugh Motion. In CHI '10 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA 10), 3613-3618.
3. 伏見 遼平, 福嶋 政期, 苗村 健. 2016. 爆笑カメラ：笑い声により自然な笑顔を撮影するカメラシステム, ヒューマンインタフェース学会論文誌 18, 3: 153-162.
4. Shogo Fukushima and Hiroyuki Kajimoto. 2012. Facilitating a Surprised Feeling by Artificial Control of Piloerection on the Forearm. In Proceedings of the 3rd Augmented Human International Conference (AH '12), 8.
5. Hitomi Tsujita and Jun Rekimoto. 2011. Smiling Makes Us Happier: Enhancing Positive Mood and Communication with Smile-encouraging Digital Appliances. In Proceedings of the 13th International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp '11), 1-10.
6. Frank J. Bernieri, J. Steven Reznick, and Robert Rosenthal. 1988. Synchrony, Pseudosynchrony, and Dissynchrony: Measuring the Entrainment Process in Mother-Infant Interactions. *Journal of Personality and Social Psychology* 54: 2, 243.
7. Sandra E. Duclos, James D. Laird, Eric Schneider, Melissa Sexter, Lisa Stern, and Oliver Van Lighten. 1989. Emotion-specific Effects of Facial Expressions and Postures on Emotional Experience. *Journal of Personality and Social Psychology* 57: 1, 100-108.
8. Elaine Hatfield, John T. Cacioppo, and Richard L. Rapson. 1994. *Emotional Contagion*. Cambridge University Press, 1994.
9. Robert B. Zajonc. 1984. On the Primacy of Affect. *American Psychologist* 39, 117-123.
10. Yuki Ban, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose. 2013. Modifying Perceived Size of a Handled Object through Hand Image Deformation. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 22: 3, 255-270.
11. Takuji Narumi, Yuki ban, Takashi Kajinami, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose. 2012. Augmented Perception of Satiety: Controlling Food Consumption by Changing Apparent Size of Food with Augmented Reality.

In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '12), 109-118.

12. Katherine B. Vaughan and John T. Lanzetta. 1980. Vicarious Instigation and Conditioning of Facial Expressive and Autonomic Responses to a Model's Expressive Display of Pain. *Journal of Personality and Social Psychology* 38: 6, 909.
13. Wataru Sato and Sakiko Yoshikawa. 2007. Spontaneous Facial Mimicry in Response to Dynamic Facial Expressions. *Cognition* 104: 1, 1-18.

## 第7章

## 結論

## 7.1 本論文の成果

本論文では、人間の感情や、感情の生起を端緒とする主観的な体験を操作する手法の構築を目指し、人間の感情の生起にまつわる感情心理学・認知科学の知見をもとに、工学的な手段によって感情を喚起させることを可能にする「感情喚起モデル」を提案した。このモデルでは、「悲しいから泣く」のではなく「泣くから悲しい」というような、人間の感情と身体との結びつきを利用している。そして、感情の変化と関連する身体反応を擬似的に再現し、それを自身の身体反応や他者から発せられる感情表出であるかのように提示することで、感情だけでなく、直接的な提示が難しい主観的な体験や無意識的な行動変容を引き起こすことを可能にする。

そして、先に述べた「泣くから悲しくなる」というような「自己知覚」に関する感情喚起のメカニズムを応用して、擬似的に生成した身体反応を身体に直接的に提示することで感情体験の誘発を行う「感情喚起モデル1」を提案した。また、身体反応の提示先を実際の身体に限定せず、コンピュータで再現されるバーチャルな身体に擬似身体反応を提示する「感情喚起モデル2」を提案した。

さらに、他者の身体反応が変化したかのように感じさせる、情動伝染をベースとする感情喚起手法として「感情喚起モデル3」を提案した。また、モデル2と同様に、リアルな他者の身体ではなく、バーチャルな他者の身体に起きる身体反応が変化したかのように錯覚させる「感情喚起モデル4」の提案を行った。

また、提案した感情喚起モデルを複合的に使用し、自己知覚と情動伝染による感情喚起を並列的に引き起こす「感情喚起モデル1+3」を提案し、感情喚起モデルを複合的に扱った際の相互作用やその効果について検証する。

そして、先行研究から感情喚起の効果が確認できる感情喚起モデルを除いた、感情喚起モデル2, 4, 1+3の具体的な実装とその評価を進めた。

まずは、コンピュータで再現したバーチャルな自身の身体に擬似身体反応を適応する感情喚起モデルである「感情喚起モデル2」について、感情状態の変化を誘発可能か評価を行った。カメラとディスプレイ、コンピュータで構成される擬似的な鏡を作り出し、そこに映し出される自身の表情を画像処理によって変化させる。表情と感情との関連性をもとに、擬似的な表情を作り出す画像処理手法を開発し、表情変化のない顔画像を「笑顔」や「悲しい顔」に変化させる。

そして、自身の表情変化が感情に影響を与えるという表情フィードバック仮説にもとづき、擬似的な表情を自身の表情変化であるかのように提示することによって感情状態に影響を与えることが可能か調査した。その結果、自身の表情を「笑顔」であるかのように提示することでポジティブ感情を、「悲しい表情」にみせることでネガティブ感情を喚起できることが確かめられた。また、マフラーを身に着けた自身を眺める際の表情を変化させることによって、マフラーの好き嫌いといった選好判断にまで影

響を与えられることが示唆された。さらに、実際の展示を通して体験者の表情を分析したところ、体験者の表情が「笑顔」や「悲しい顔」に加工して映し出されることによって、実際の表情も同様に变化していたことが確認できた。擬似身体反応によって、感情だけでなく、感情をベースとする意思判断、実際の身体反応にまで影響を与えられることを示すことができた。

次に、コンピュータで再現したバーチャルな対話相手の身体に擬似身体反応を適応する感情喚起モデル4について、感情状態に与える影響を評価をした。他者の感情状態の変化をきっかけとして、その感情状態が自身やその周囲に伝搬していく情動伝染や共感と呼ばれる現象は、他者の発する擬似身体反応や、その他の感情を類推するきっかけとなる行動表出が要因とされる。そこで、先程と同様の画像処理による表情変形手法を用いて、遠隔ビデオチャットを行う対話相手の表情を擬似的に変化させることで、コミュニケーション中における感情体験の変化を図る。この実験では、感情と創造性の関連性について注目し、お互いの表情を笑顔に見せることでポジティブ感情を喚起させ創造的課題に取り組みやすくする。創造的課題としてブレインストーミングに取り組み、ある日用品の新しい使い方（アイディア）を考えてもらう。結果として、お互いの表情が「笑顔」に見える場合は、表情変形なしや「悲しい顔」の場合と比べて、思いつくアイディア数が有意に増加することがわかった。他者の身体反応の表出を操作することによって感情体験を拡張できることが示された。

また、他者からも観測可能な形で擬似身体反応の提示を行うことで、擬似身体反応の自己知覚による感情喚起と、情動伝染による感情喚起を同時に引き起こす感情喚起モデル1+3の実装とその効果の検証を行った。他者からも観測可能な身体反応として「涙」に注目し、擬似的な落涙を再現する。そして、涙の成分や量、あふれる位置などの性質の調査をもとに、目元から頬にかけて水滴を落下させる眼鏡型の装置の作成を行った。

涙の感情の関連性から「悲しみ」感情の操作を目的として、映像視聴中の感情状態が落涙によって変化するか調査した。まずは、擬似涙による感情喚起の効果を確かめるため、1人で映像を鑑賞している最中に、擬似涙を提示することで感情状態が変化するか調査した。その結果、擬似的な涙が目元から頬に流れる触覚的な体験によって、被験者は悲しみ感情を感じるということがわかった。次に、直接的な擬似身体反応の提示によって情動伝染を引き起こすことができるか調査した。先程の実験と同様に映像鑑賞中の感情状態を評価するが、3人同時に映像を鑑賞してもらうことにした。そして、その内の1名のみが装置を装着して映像を鑑賞するが、他2人はただ映像を鑑賞するだけである。その結果、先の実験と同様に、直接的な落涙によって悲しみを感じるだけでなく、その周囲の人物も擬似的な涙の観測によって影響を受け、悲しみを感じていたことがわかった。擬似身体反応を利用することで、複数人の感情体験を並列に誘発することが可能であることを示せた。

最後に、各感情喚起モデルの特徴について先行研究や、本論文の第3章から第5章における成果をまとめることで、擬似身体反応を用いた感情喚起装置の設計論について議論した。感情喚起の対象人数や、使用可能なモダリティなどといった各感情喚起モデルの特徴や、適応可能なアプリケーション分野についてスペックシートの形で整理した。そして、スペックシートをもとに感情喚起装置の設計例をいくつか示した。また、擬似身体反応の提示法について整理した。

以上より、本論文では、擬似身体反応を用いた感情体験の誘発を行う感情喚起モデルの提案と、具体的な実装例や応用例を示した。これにより、感情という心理的な側面の体験を可能にする手法の構築につながっただけでなく、「感情のVR」ともいえるVRの新しい分野を開拓する1つの基礎的手法を確立できたと考える。

## 7.2 応用と展望

本論文で示した技術が応用される先としては、多様な分野が考えられる。その中でも、今現在、実際に応用に向けて取り組み始めた分野の紹介をする。応用可能性を示した後に、本論文で述べられた成果の今後の展望についてまとめる。

### 7.2.1 認知行動療法への応用

東京大学保健センターや慶應義塾病院などと共同で、抑うつ傾向のある患者の気分障害改善に向けた認知療法への応用に向けた研究を進めている。こうした患者の多くは、自身に起こった出来事に対してポジティブな解釈ができず、ネガティブな思考にとらわれてしまう。そして、そうしたネガティブな気持ちによって行動が抑制されてしまうことで余計にネガティブな思考に陥ったり、過去のネガティブな記憶を思い出してしまうネガティブスパイラルを形成してしまう。本論文で提案したような、感情喚起手法を応用することで、このようなネガティブスパイラルへの介入を図る。

第3章で示した擬似表情の提示による感情喚起については、自身の「笑顔」の表情を見つめることによって、ポジティブ感情が喚起されることがわかっている。そこで、家庭でもできる簡易的な認知行動療法的手段として、こうした効果を応用できないか精神科や臨床に携わる医者の方々と議論を進めている。そして、バーチャルな自身の身体反応を変えてみせる感情喚起モデル2を応用して、スマートフォンやタブレット端末を通して自身の擬似表情を眺めることで、気分の改善を促し、自身の精神を健康的な状態に戻す認知行動療法のツールの構築を目指している。

### 7.2.2 遠隔コミュニケーションへの応用

情動伝染をベースとした感情喚起モデル4を応用して、人の非言語メディアを拡張することでFace to Faceでは生じ得ない心理効果を伴う遠隔コミュニケーションを実現する「超現実テレプレゼンス」の研究を、NTT研究所と共同で進めている。第4章で



述べた、Computer Mediated Communicationにおいて、擬似身体反応を挟みこむことでコミュニケーションの質を操作するという概念が評価され、このような共同研究が発足した。

そして、第4章で実装したシステムの改良版として、自分の表情表出に同調して相手の表情を擬似的に変化させる「FaceShare」を研究・開発している。第4章の最後で述べたように、表情変形の画像処理が常に施されている静的な身体反応をただ観測するよりも、表情が変化した瞬間を観測させたほうが、観測者の無意識的に模倣する表情に違いが現れやすい。対人コミュニケーションにおいて、表情の同調効果を強制的に作り出すことによって共感場を形成し、相手を思いやる共感性や心理的な距離といった主観的な要素が変化するか調査を進めている。

### 7.2.3 心理学とのコラボレーション

他にも、開発した擬似身体反応生成手法が心理学教育や、心理学実験の場で実際に使用されている。筆者は、日本基礎心理学会の「心の実験パッケージ」開発委員会のメンバーの1人として、メディア技術を用いた小中学生向け心理学ワークショップの開催と心理学教材の開発を行っている。ワークショップでは、第3章で述べた表情変形技術を発展させ、顔全体を変形できるようにした画像処理技術を用いる。そして、この手法を使って自身や他者の顔を変形させることで、顔記憶の曖昧さを実際に体験することができる。さらに、ワークショップで得られたデータを使って、顔と記憶との関連性について調査を進めている（付録Bを参照）。

また、早稲田大学の日常記憶心理学研究室と一緒に、涙の記憶への影響を調査している。涙を流すことで悲しみの記憶を思い出しやすくなるのか、寂しさといった感情を喚起することができるかなどについて評価を進めているところである。

心理学分野で扱われているような現象を、誰もが体験できる装置として落としこむことで、以上のようなコラボレーションの輪が広がったと考える。

### 7.2.4 今後の展望

本論文の冒頭で述べたように、これまで工学的・情報学的な立場から感情を取り扱ってきたAffective Computingでは、センサによって計測されるデータから人間の感情状態や生理状態などをリアルタイムに計測することを可能にしてきた。そして、このようなセンシング技術と、本論文で示したような感情や感情体験を誘発するアクチュエーション手法を組み合わせることで、「Cybernetic Minds」とでも形容するような、人間の主観的な状態の推定とその操作を制御論的に扱う新たな研究分野の構築につながると考える（図7.1）。

また、第6章でも述べたように、感情を誘発するのみでは、感情に付随する判断や行動を変えられない。感情が生起した理由を、喚起を目的とする判断や行動と上手く結

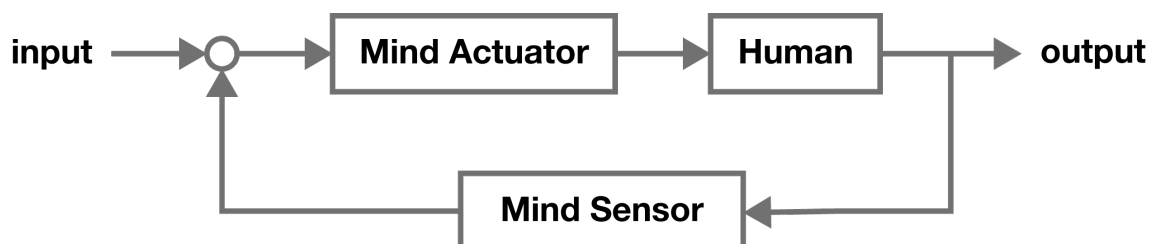


図7.1 Cybernetic Minds

びつけて知覚・認知させる必要がある。本論文においては、感情の変化がもたらす選好判断や創造性の変化について扱ったが、そうした判断や行動をどのように感情と上手く関連付けさせるかについては深く踏み込んで扱わなかった。日常的、社会的に本論文で述べたような感情喚起装置が応用されるためには、喚起された感情と、判断や行動を関連付けるメカニズムや方法論も明らかにする必要がある。

他にも、無意識的な感情や行動の誘導に対する人々の考え方についても配慮し、倫理面や、利用のガイドラインの策定などを考慮しなくてはならない。無意識的に感情や、判断・行動を操作すると言うと、自分の心が操られていると感じて嫌がる人も存在する。そのためにも、こうした技術が社会的にどのように応用されるか、また、個々の技術によって何が実現可能で、何が実現できていないのか議論することが必要である。本論文では、擬似的な身体反応による感情喚起によって実現できる具体的なアプリケーションを想定して、実装と実験を進めてきた。例えば、擬似的な表情による感情喚起については、鏡やビデオチャットに搭載することで選好判断や創造性が変化できる。擬似的な涙であれば映像鑑賞中に流すことで、気持ちを変えられる。技術によって実現可能な未来が想像してもらえるように、自分の生活基盤に落とし込んで考えてもらえるように、絶えず意識して研究を進めることで、多くの人を巻き込んで議論を行うことが可能になると考える。

## 付録

## A 学府における作品制作

擬似身体反応と感情の関連性をテーマとして、筆者が、学際情報学府在籍時（2012年～）に制作した3つの作品を紹介する。作品を展示し、実際に多くの人に体験してもらう中で、体験者の振る舞いの観察や、体験者との会話や議論を通して、装置の改良や調整、実験の方針決定を行ってきた。以下では、作品の概要や、作成した装置の設計や展示構成について述べるとともに、本論文中では特に述べなかった展示を通して得られた気づきについて触れる。

### A.1 心代わり / Substituted Heart



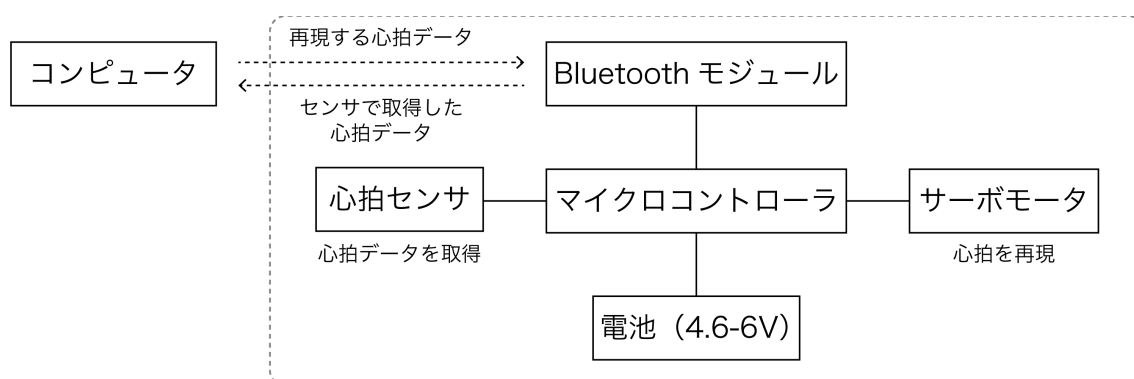
図A.1 心代わり

#### A.1.1 作品概要

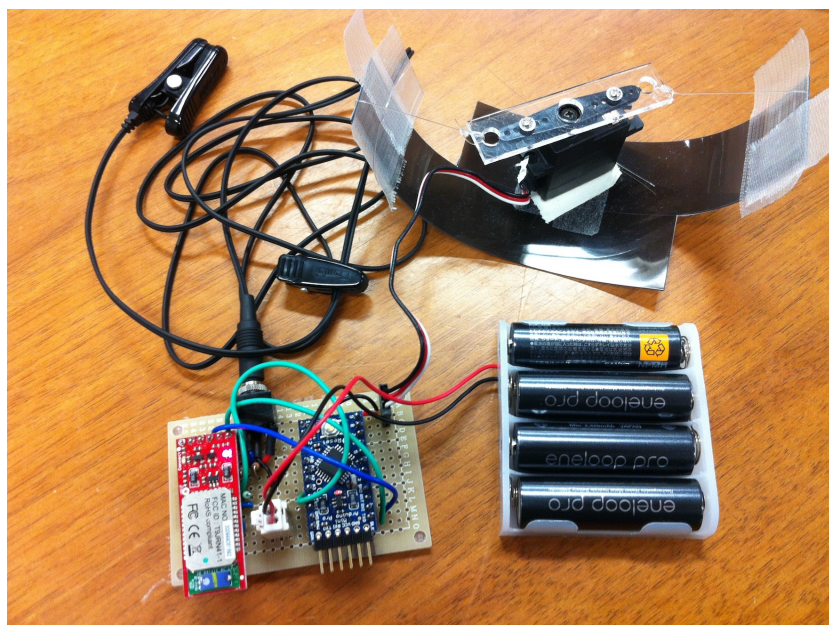
本作品は、心臓の鼓動から感情の伝達や変化を感じ取ることができるか実験的に調査する目的で作られた装置「心代わり」を用いた体験型の展示である。図A.1中央に見える巾着袋の中には、自身の心臓や、他人の心臓がどくどくと脈打つような鼓動（収縮・膨張）を再現する機構が入っている（詳しくはA.1.2）。鼓動の変化を手のひらを通して感じることで、自身の自覚していなかった気持ちであったり、他人が何を思っているかであったりとか、心臓の鼓動から感じることはできるのだろうか。

#### A.1.2 設計

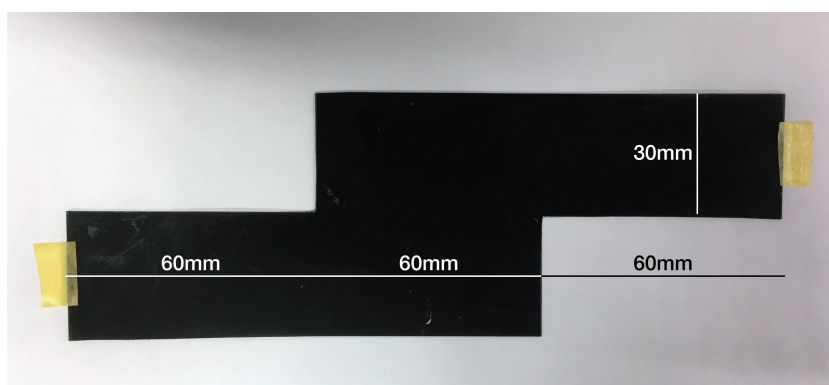
この装置は、イヤークリップ一体型の心拍センサと、サーボモータと、Bluetoothモジュール、乾電池、コンピュータによって主に構成される（図A.2、図A.3）。サーボモータの底部には弾性のあるプラスチックの板（0.6mm）を切り出して作った内骨格



図A.2 心代わりの構成



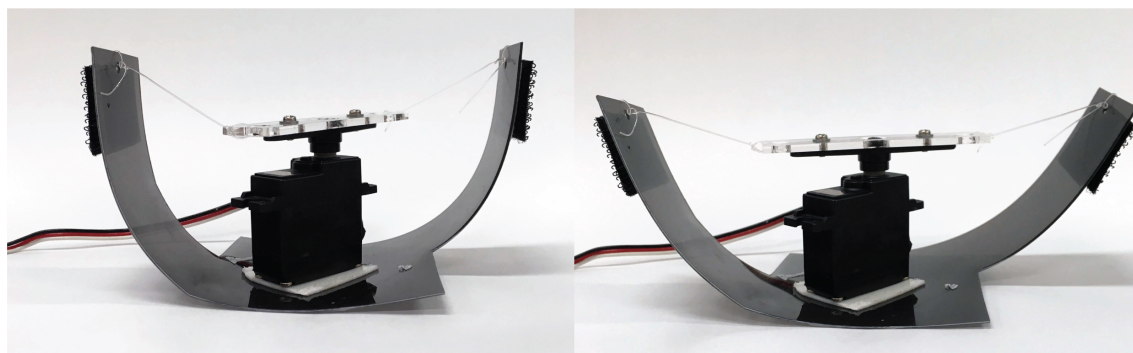
図A.3 心代わりの中身



図A.4 心代わり内骨格



(図A.4) が取り付けられている。そして、サーボモータの上部（ホーンの両端）から伸びるテグスが内骨格の両端につながっている。サーボモータが反時計回りに回転することで内骨格が収縮（図A.5左）、時計回りに回転することでテグスが緩まり、内骨格がその弾性力により元の形に戻る（図A.5右）。内骨格は外装である巾着袋にマジックテープで取り付けられており、心拍センサによって取得した心臓の鼓動（心拍データ）に合わせて、巾着袋を縮ませたり、膨らませたりする。



図A.5 心代わりの機構部分。左が収縮、右が膨張

心拍データは、Bluetooth経由でホストとなるコンピュータに送られ記録される。体験者の現在の心臓の鼓動（心拍パターン1）の再現だけでなく、コンピュータに記録された、過去の体験者の心臓の鼓動（心拍パターン2）の再現も可能である。また、Bluetoothを用いて複数台の装置と同時に通信可能であり、同時にこの作品を身に付けている他の体験者の心臓の鼓動（心拍パターン3）もリアルタイムで再現可能である。

### A.1.3 作品展示

この作品は以下の場所で展示を行った。

- ・ 東京大学制作展エクストラ2012，東京大学，2012年7月6日-7月9日（図A.6）



図A.6 東京大学制作展での展示の様子，お互いの心臓の鼓動を確かめあっている

#### A.1.4 考察

展示ではA.1.2に示した3種類の心拍パターンを体験者の要望に応じて切り替えていたが、体験者によっては鼓動の違いが判別できなかったり、心拍と感情との関連性が曖昧なため心拍から感情を判別できなかったりした。そのため、心拍を利用した感情喚起や伝達は難しいと考え、他の身体反応に注目することにした。

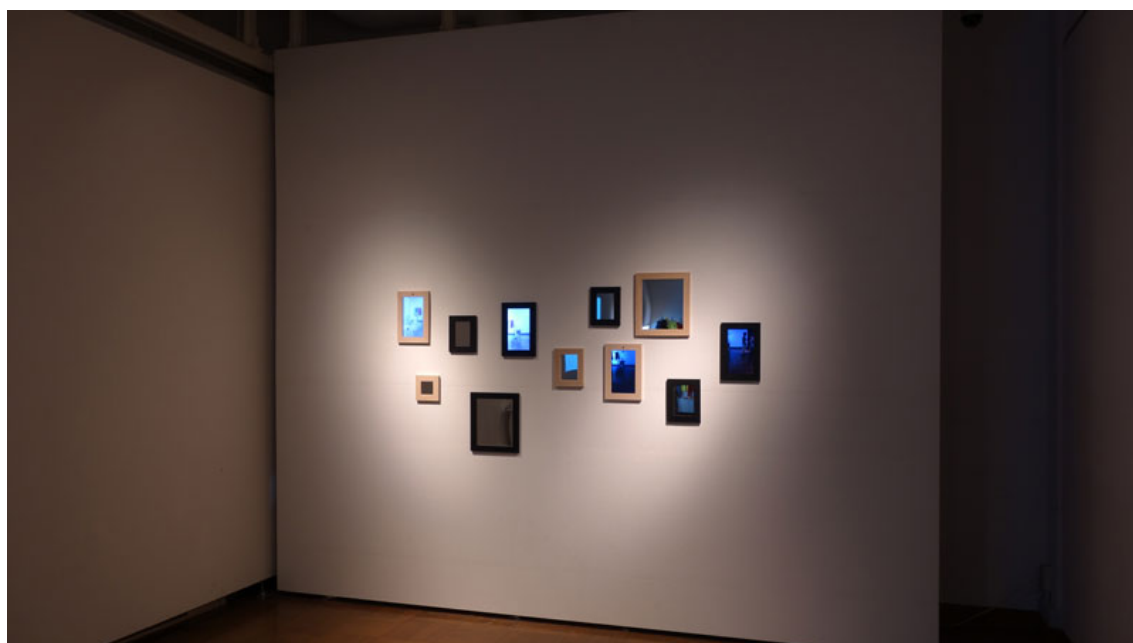
### A.2 扇情的な鏡 / Incendiary reflection

#### A.2.1 作品概要

本作品は、3章で述べた、擬似表情変形装置「扇情的な鏡」をインタラクティブなアート作品として体験できる形にしたものである。壁には数枚の鏡が掛けられており、白色の枠の鏡は、体験者の表情を「笑顔」に映し出す鏡であり、黒色の枠の鏡は、体験者の表情を「悲しい顔」に映し出す鏡である（図A.7）。体験者は、鏡を覗き歩き、鏡を通して自身の表情を見つめ、心の移ろいを感じる。人の気持や思いは本当の自身の内から喚起されるものなのであろうか。

#### A.2.2 設計および展示構成

壁にかけられている鏡型の装置は、小型ディスプレイとカメラで構成されている。カメラで撮影した顔画像を壁の裏側にあるコンピュータで表情変形処理を施し、ディスプレイに映し出すことで擬似的な鏡となっている（装置の構成の詳細は3.6.1.3）。体験者の表情の変形には、3.3で述べた、表情変形ソフトウェアを利用している。



図A.7 扇情的な鏡

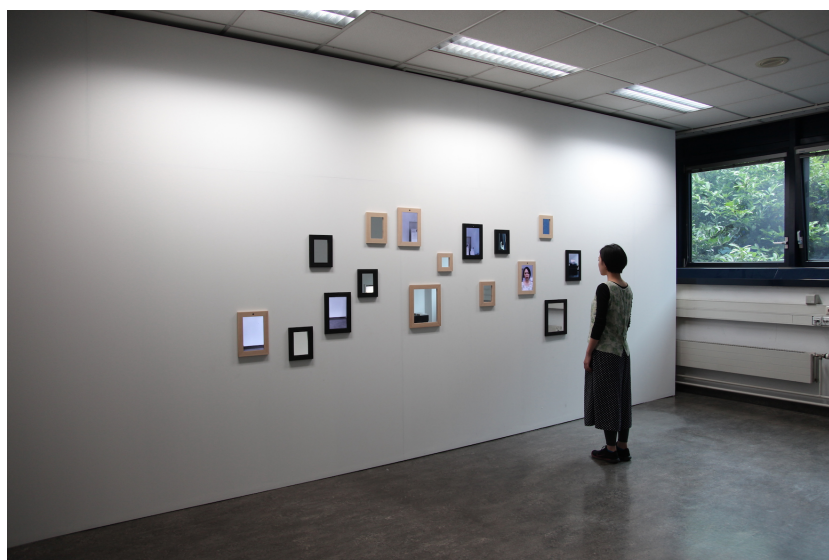
壁に表側には、体験者の表情を「笑顔」に映し出す白い枠の鏡と、体験者の表情を「悲しい顔」に映し出す黒色の枠の鏡が掛けられている。体験者が、自身の身長にあった鏡を覗き込むことができるように、それらの鏡は別々の高さに設置されている（詳しくは3.6.3.1, 3.6.4.1）。また、表情を変えて映す鏡以外にも、自身の本当の表情がわかるように普通の鏡もいくつか設置されている。

壁の裏側には複数台のコンピュータが設置されており、1台のコンピュータで1～2台の「扇情的な鏡」の表情変形処理を担当する。鏡のサイズより一回り小さく壁がくり抜かれており、配線類は全て壁の後ろ側に隠されている。

### A.2.3 作品展示

「扇情的な鏡」は、国内外を含む多数の場所で展示を行っている（図A.8）。

- ・ 扇情的な鏡, 学ぶ・知る・体験するグッドデザイン / Good Design for Learning, Understanding and Experiencing, 東京, 2016年2月5日-3月5日
- ・ 扇情的な鏡, Tokyo Design Week 2015, Tokyo, 2015年10月24日-10月28日（前期）10月30日-11月3日（後期）
- ・ Incendiary reflection, Ars Electronica 2015, Linz, Sep. 3-7, 2015.
- ・ Incendiary reflection, MOST CONTAGIOUS 2014 in London, Dec. 10, 2014.
- ・ 扇情的な鏡, Media Ambition Tokyo 2014, 六本木ヒルズ, 2014年2月7日-3月30日
- ・ 扇情的な鏡, ナレッジキャピタル The Lab., 2013年11月8日- 2015年2月14日
- ・ 扇情的な鏡, GOOD DESIGN EXHIBITION 2013, 東京ミッドタウン, 2013年10月30日-11月4日



図A.8 Ars Electronicaでの展示の様子



- ・ 扇情的な鏡, デジタルコンテンツ EXPO2013, 日本科学未来館, 2013年10月24日-10月26日
- ・ 扇情的な鏡, バーチャル世界体験 夏祭り, グランフロント大阪・The Lab. みんなで世界一研究所, 2013年7月14日-7月15日
- ・ 扇情的な鏡, 東京大学制作展 extra 2013, 東京大学, 2013年7月5日-7月8日
- ・ 表情フィードバックを利用した感情喚起システムの開発, 第19回未踏IT人材発掘・育成事業 スーパークリエータ認定証授与式, ホテルサンルートプラザ新宿, 2013年5月29日
- ・ 扇情的な鏡: 表情変形フィードバックを利用した感情喚起システム, URCF定期総会, 日本科学未来館, 2013年5月27日
- ・ 表情フィードバックを利用した感情喚起システムの開発, 第19回未踏事業 成果報告会, 秋葉原 UDX GALLERY NEXT-1, 2013年1月26日-1月27日
- ・ 心映し, 第14回東京大学制作展, 東京大学, 2012年12月6日-12月10日

#### A.2.4 考察

展示の考察に関しては, 3.6.5に記載されている.

いろいろな展示を通していても, 鏡に映り込む自身の擬似的な表情の影響を受けて気持ちが変わったとする体験者が多く, 研究室実験で明らかにしたような現象が, 展示のような環境下であっても再現できていたことがわかった. また, 鏡のような見た目をしていることが功を奏し, 展示説明を見なくとも自ら装置を覗き込んで, 展示の意図を理解しようとする体験者が多く見られたことも喜ばしかった.

#### A.2.5 受賞

「扇情的な鏡」の研究や開発を通して以下のような賞を受賞した.

- ・ Knowledge Innovation Award 優秀賞, 2015年3月
- ・ 東京大学 総長賞, 2014年3月
- ・ 東京大学 学府長賞, 2014年3月
- ・ GOOD DESIGN賞, 2013年10月
- ・ 経済産業省 Innovative Technologies, 2013年9月
- ・ 独立行政法人情報処理推進機構 認定 スーパークリエータ, 2013年4月

## A.3 涙眼鏡 / Teardrop glasses

### A.3.1 作品概要

本作品は、4章で述べた、擬似的な涙を提示する目的で制作した装置「涙眼鏡」をインタラクティブなアート作品として体験できる形にしたものである（図A.9）。

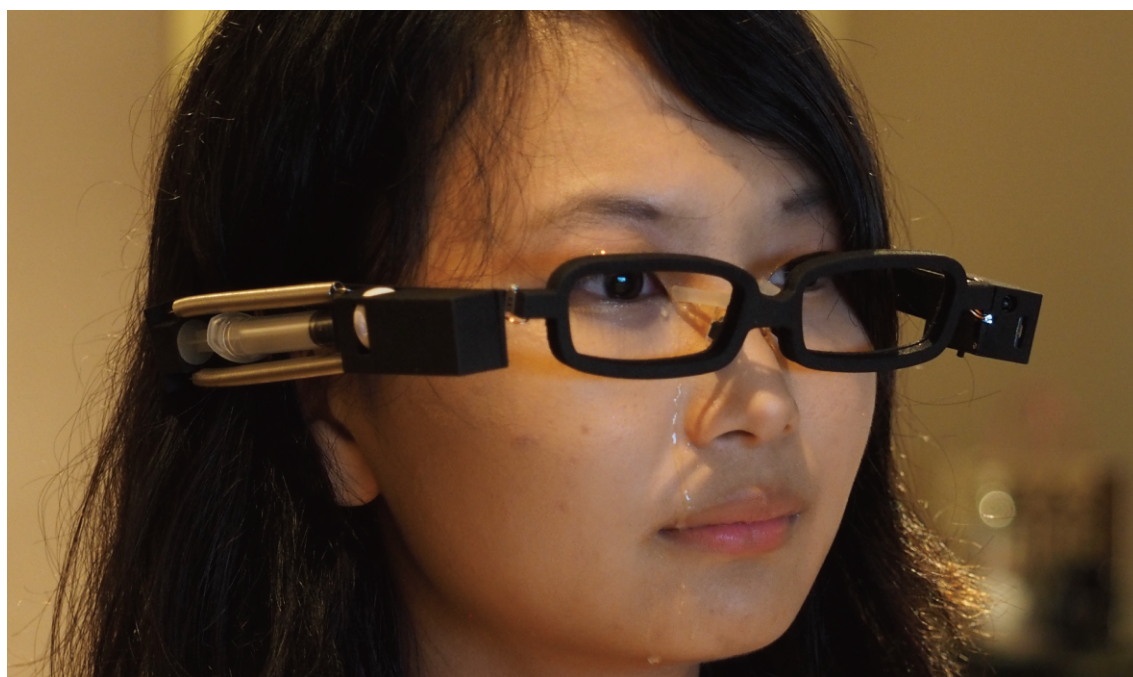
本来、眼鏡は何かを「見る」行為を拡張するための道具であるが、涙眼鏡は何かを「観る」行為を拡張する。眼鏡から顔表面に滴り落ちた涙液によって、映像に対する印象が変化し、コンテキストもなく並べられた一連の映像に対し、涙のフィードバックが体験者にストーリーを思い起こさせる。

### A.3.2 設計および展示構成

装置としての「涙眼鏡」の設計は、5.3で詳細に説明している。

「涙眼鏡」の展示は、映像を流すためのモニター、モニターを設置する台、映像を再生するコンピュータとスピーカ、涙眼鏡、涙を拭くティッシュ、体験者が座る椅子で構成される。体験者は、涙眼鏡を装着した状態で、モニターに映しだされた映像を鑑賞する。ふとした瞬間に涙が流れることで、感情が喚起され、映像に対する印象を変化させるというコンセプトである。映像の内容は、街角や公園などの風景中に人が歩いていたたり立っていたりする風景を撮影したものである。

展示の流れとして、説明員が涙眼鏡に水をセットし、体験者に眼鏡を手渡す。そして、体験者は眼鏡を装着した状態で映像を鑑賞し、好きなタイミングで鑑賞を終えることができる。



図A.9 涙眼鏡

### A.3.3 作品展示

涙眼鏡は以下の場所で展示を行っている（図A.10）

- 涙眼鏡, 東京大学制作展 extra 2016, 東京大学, 2016年7月8日-7月11日
- 涙眼鏡, SENSORS IGNITION 2016, 東京 虎ノ門ヒルズ, 2016年2月26日
- Tear drop glasses, Ars Electronica 2015, Linz, Sep. 3-7, 2015.
- 涙眼鏡, 東京大学制作展 EXTRA 2015, 東京大学, 2015年7月10日-7月13日
- 涙眼鏡, 第15回 東京大学制作展, 東京大学, 2013年12月4日-12月9日

### A.3.4 考察

初期に作成した涙眼鏡のプロトタイプを展示した際、眼鏡の外観や機構は現状のものと同一であったが、フレームの横幅が少し大きく、体験者によっては、顔サイズと眼鏡サイズが合わなかった。するとあめ、体験中に眼鏡が顔からずれ落ちる場面がみられ、特に、子どもや女性など顔の小さい体験者は、手で持たないと支えられないことが多かった。そのため、実験では横幅を10mm減らした175mmのものを使用した。

涙が流れることに悲しい気持ちを抱いたり、不思議な感覚を感じたりしたと答えた体験者が多く見られた。また、映像に映る人物の心象描写（彼女に振られた、一人寂しく歩いている、自殺しそう）を想像して答える体験者もいた。

展示を通して、涙の提示によって体験者の感情を誘起し、映像に対する印象を操作できていることが示唆された。他にも、体験している人を眺めて、なぜ何の変哲もない映像を眺めているだけに涙を流しているだろうかと考えてしまったと答えた来場者もいた。このコメントをきっかけとして、他の者身体反応や感情表出によって周囲人物に感情が伝播する「情動伝染」を、擬似的な涙を利用することで生起できる可能性があることに気づいた。



図A.9 Ars Electronicaでの展示の様子

## B メディア技術を用いた心理学ワークショップ

筆者が、日本基礎心理学会「心の実験パッケージ」開発委員会のメンバーの一員として開発した子ども向け心理学ワークショップ用教材と、それを用いて開催したワークショップについて説明する。以下で述べる教材は、本論文の第3章で述べた画像処理による表情変形手法を改良した、顔変形ソフトウェアを応用して作成されている。

「心の実験パッケージ」開発委員会は、科学教育の推進を目的として、2012年に日本基礎心理学会内に設置された特別委員会である。最新のメディア技術を駆使した「体験型心理学教材」の開発を進めるだけでなく、それを誰もが実行可能なパッケージに落とし込むことで、全国の科学館や小中学校などで心理学教育を実践できるようにすることが狙いである。

### B.1 触力を測定しよう！—わたしの顔で見る感覚ホムンクルス—

#### B.1.1 コンセプト

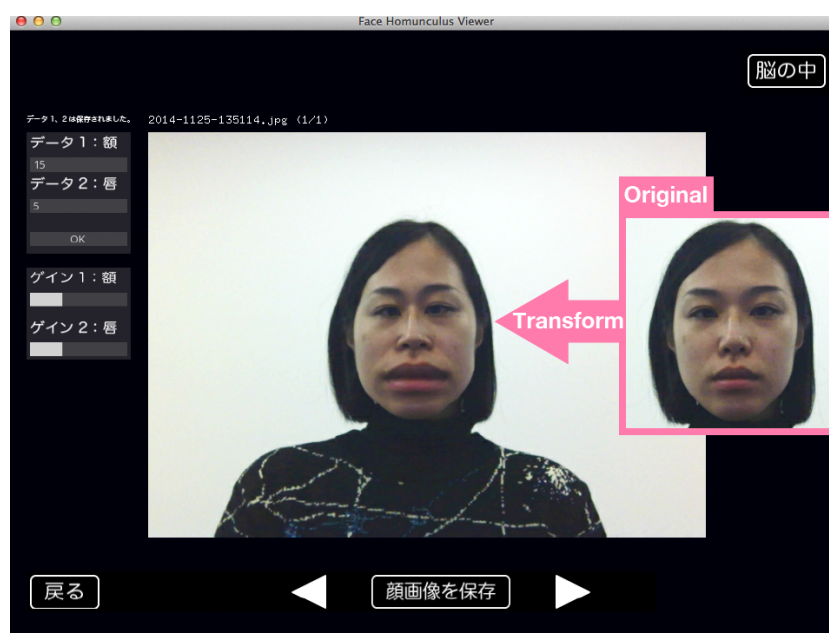
皮膚上の2点を同時に押したとき、それらが別々の刺激であると感じられる最小の距離を触二点閾と言う。また、触二点閾の感度は、その部位の感覚受容器の密度と相関があることがわかっている。このワークショップでは、実験で測定した自らの額と唇の触二点閾（ここではそれを視力や聴力に倣い「触力」と呼ぶ）にもとづいて、自分の顔写真を変形するソフトウェア「Face Homunculus Viewer (FHV)」を利用する。FHVを使って、触力の感度が高い部位を拡大して見せることで、物理的な身体と、心の中で感じている身体の大きさや、その感覚処理に関連する脳部位の大きさが異なることを可視化し、物理的な世界と心の中の世界の違いを体験することができる。

#### B.1.2 ワークショップ教材: Face Homunculus Viewer

Face Homunculus Viewerは、額と口の触二点閾の値をもとに自身の顔画像を変形し、自分の脳内にある「ホムンクルス顔」（ホムンクルスは、脳内の感覚受容器の比で描かれた小人のこと）を作り出すソフトウェアである（図B.1）。第3章で述べた画像処理による表情変形手法を利用することで、自然で高速な顔の変形を実現している。カメラが接続されたWindows PC、もしくは、Mac OSXがインストールされているコンピュータ上で動作する。

FHVには、顔の撮影機能と顔の変形機能が搭載されている。前者の機能を使ってワークショップ参加者の正面顔を簡単に撮影することができる。そして、後者の機能を使って、撮影した参加者の顔画像を変形する。ワークショップで実際に計測した額と口の触二点閾をFHVに入力することで、それらの比率から自身の顔画像が変形して表示される。さらに、FHVでは、変形前の元の顔と、変形後のホムンクルス顔を切り替えて表示することができる。これにより、実際の顔と心の中で感じている顔のギャップを見比べることができる。





図B.1 FVHの操作画面（右のピンク枠は変形前の表情）

### B.1.3 ワークショップ履歴

以下の場所でFHVを使ったワークショップを開催した（図B.2）。ワークショップには多数の小中学生が参加し、自分の顔を使った体験的な学習によって心理学・脳科学的な現象を、実感を持って理解することを促した。

- ・ 触力を測定しよう, 岐阜市科学館, 2014年7月26日
- ・ 触力を測定しよう, 日本基礎心理学会公開シンポジウム（慶應義塾大学）, 2013年10月26日
- ・ 触力を測定しよう, お茶の水女子大学附属中学校, 2013年1月25日
- ・ 触力を測定しよう, 千葉市科学館, 2013年3月24日



図B.2 ワークショップの様子

## B.2 自分の顔を探せ！—鏡が映す顔・心が映す顔—

### B.2.1 コンセプト

「自分の顔を探せ！」は、顔の記憶をテーマにした体験型のワークショップである。ワークショップでは、筆者らが開発したアプリケーション「他人のそら似生成機」を使って、参加者の顔写真の眉や目、鼻、口の位置やサイズ、顔輪郭の形状を変化させた「他人のそら似カード」を9枚作成する。参加者には、オリジナルとあわせた10枚のカードの中から、1枚だけある本物（無変換）のカードを探し当ててもらう。

人間の顔認知は、目や鼻などの顔部位の形状よりも、それらがどういった位置関係にあるかといった顔の縁情報が大きく影響していることがわかっている。本物の顔（＝鏡が映す顔）と記憶のなかの顔（＝心が映す顔）の違いから、そういった顔の認知や記憶の仕組みについて理解を深めてもらうことを狙いとしている。

### B.2.2 ワークショップ教材: 他人のそら似生成機

他人のそら似生成機（Accidental Resemblance Generator, ARG）は、撮影した顔写真の眉や目、鼻、口の位置やサイズ、顔輪郭の形状を、任意のパラメータ値で変化させ「他人顔」を生成することができる（図B.3）。カメラが接続されたWindows PC、もしくは、Mac OSXがインストールされているコンピュータ上で動作する。



図B.3 ARGで生成される変形顔画像

「他人顔」の生成には、他者から見て他人顔として推定されやすい変形パラメータであるかどうかを推定するアルゴリズムを利用している。このアルゴリズムの作成のため、クラウドソーシングを用い複数人に、ランダムなパラメータで変形処理が施された顔画像と元の顔画像を比較して、その他人度と、変形の自然度を判断してもらう。そして、その結果から他人度と自然度が両方高くなるようなパラメータを推定するアルゴリズムを構築した（詳しくは[1]を参照）。

### B.2.3 ワークショップ履歴

国内外を含む以下の場所でARGを使ったワークショップを開催した（図B.4左）。また、他人顔の中から本当の自分の顔を探す体験型の展示も行っている（図B.4右）。

- ・ 自分の顔を探せ！一鏡が映す顔，心が映す顔ー，31st International Congress of Psychology (ICP2016), 2016年07月24日
- ・ 「自分の顔を探せ」，ニコニコ超会議2016, 2016年4月29日・30日（展示）
- ・ 自分の顔を探せ！一鏡が映す顔，心が映す顔ー，グランフロント大阪・The Lab., 2015年11月28日・29日
- ・ 自分の顔を探せ！一鏡が映す顔，心が映す顔ー，熊本市現代美術館，2015年11月1日
- ・ 子どものための“知覚・認知”科学教育 自分の顔を探せ！ー 鏡が映す顔，心が映す顔ー，2015年度 日本基礎心理学会公開シンポジウム，東京，2015年10月25日
- ・ Identity Hacking Workshop, Ars Electronica 2015, Linz, Sep. 4-5, 2015.



図B.4 ワークショップ（左）や展示（ニコニコ超会議2016「NTT超未来大博覧会2016」における展示）（右）の様子

## C 実験で使した質問紙

© Copyright 1989, L. A. Clark & D. B. Watson

**質問用紙**

情動や感情を表す、22 個の言葉や表現が下にあげられています。それぞれの項目をよく読み、あなた、あるいは、あなたの気持ちが今どれ程、それらの項目の内容に該当しているかを次にあげる 5 段階でお答えください。そして、その番号を各項目の横に記入して下さい。

ほとんど、または 全くあてはまらない	少ししか あてはまらない	まあまあ あてはまる	かなり あてはまる	非常に あてはまる
1	2	3	4	5

例: 恥ずかしい      4

1. いきいき \_\_\_\_\_
2. 肩身が狭い \_\_\_\_\_
3. 苦しい \_\_\_\_\_
4. 打ち込んでいる \_\_\_\_\_
5. うれしい \_\_\_\_\_
6. 失望 \_\_\_\_\_
7. 神経過敏 \_\_\_\_\_
8. 活発 \_\_\_\_\_
9. 好意 \_\_\_\_\_
10. 腹立った \_\_\_\_\_
11. 引け目 \_\_\_\_\_
12. 情熱 \_\_\_\_\_
13. 期待はずれ \_\_\_\_\_
14. 熱心 \_\_\_\_\_
15. 動揺 \_\_\_\_\_
16. はしゃいでいる \_\_\_\_\_
17. 取り乱した \_\_\_\_\_
18. 心配 \_\_\_\_\_
19. ファイト \_\_\_\_\_
20. 愉快 \_\_\_\_\_
21. 気後れ \_\_\_\_\_
22. 楽しい \_\_\_\_\_

図C.1 第3章 ポジティブ・ネガティブ感情の評価で使した質問紙  
[2]からダウンロードしたものを一部修正



性別 \_\_\_\_\_

年齢 \_\_\_\_\_

どういった基準で2種類のマフラーのうち片方を選びましたか？

自由記述

図C.2 第3章 選好判断の評価で使用了質問紙  
マフラー選択の判断基準と、実験に関する感想や考えを記述してもらう

## 事前質問用紙

日付：     /     /

名前： \_\_\_\_\_

年齢： \_\_\_\_\_ 性別： \_\_\_\_\_

本日は、本実験にご協力頂きまして、誠にありがとうございます。  
 まず、下に記されている質問にお答えください。

Q. 今日か昨日、**非常に**嬉しいこと、または**非常に**悲しいことがありましたか？

はい                      いいえ

（「はい」とお答え頂いた場合、実験は行われません。）

今回の実験では、こちらが与えた課題に対して、ビデオチャットを使用して、  
 相手と一緒にブレインストーミングを行ってもらい、なるべく多くのアイデア  
 を出し、その数を数えてもらいます。

プレスト開始前に質問用紙（別紙）にお答え頂き、プレストを開始して下さい。  
 5分ほど経ちましたら、終了の合図を出しますので、そこでプレストをや  
 め、再び質問用紙にお答え頂きます。これを4回行って頂きます。

以上です。

図C.3 第4章 創造性の評価で使った質問紙  
 実験参加前の被験者の感情状態について答えてもらう

## 質問用紙

No.      / 6

名前：\_\_\_\_\_

情動や感情を表す、22 個の言葉や表現が下にあげられています。それぞれの項目をよく読み、あなた、あるいは、あなたの気持ちが今どれ程、それらの項目の内容に該当しているかを次にあげる 7 段階でお答えください。そして、その番号を各項目の横に記入して下さい。

全く 当てはまらない		少ししか 当てはまらない		まあまあ 当てはまる		非常に 当てはまる	
ほとんど 当てはまらない				どちらとも 言えない		かなり 当てはまる	
1	2	3	4	5	6	7	

例：恥ずかしい        4  

1. いきいき      _____ 2. 肩身が狭い      _____ 3. 苦しい      _____ 4. 打ち込んでいる      _____ 5. うれしい      _____  6. 失望      _____ 7. 神経過敏      _____ 8. 活発      _____ 9. 好意      _____ 10. 腹立った      _____ 11. 引け目      _____	12. 情熱      _____ 13. 期待はずれ      _____ 14. 熱心      _____ 15. 動揺      _____ 16. はしゃいでいる      _____  17. 取り乱した      _____ 18. 心配      _____ 19. ファイト      _____ 20. 愉快      _____ 21. 気後れ      _____ 22. 楽しい      _____
--	--

図C.4 第4章 創造性の評価で使った質問紙  
 実験中の被験者の印象を記述してもらう  
 [2]からダウンロードしたものを一部修正

**終了後質問用紙**

名前： \_\_\_\_\_

以上で本実験は終了です。  
最後にこの実験で気になった点、感想など、自由にお答えください。

本日はご協力頂きまして、誠にありがとうございました。

図C.4 第4章 創造性の評価で使⽤した質問紙  
実験で気になった点や感想などを記述してもらう

映像を見ている間に自分が感じていたと思う気持ちを、以下の項目について9段階（ちがう・当てはまらない～そのとおり・当てはまる）で記入してください。また、その段階にした理由もあれば併記してください。

1. 愛情

ちがう・当てはまらない 1 2 3 4 5 6 7 8 9 そのとおり・当てはまる

上記の段階を選んだ理由

2. 怒り

ちがう・当てはまらない 1 2 3 4 5 6 7 8 9 そのとおり・当てはまる

上記の段階を選んだ理由

3. 喜び

ちがう・当てはまらない 1 2 3 4 5 6 7 8 9 そのとおり・当てはまる

上記の段階を選んだ理由

図C.5 第5章 涙が感情状態に与える影響の評価で使用した質問紙  
映像を見ている間に感じた気持ちを答えてもらう

映像に対する感想を教えてください。

映像を見ている間に考えていたこと・思い出したことについて、差支えない範囲で教えてください。

特に覚えているシーン・写真があれば、どんなシーン・写真だったか教えてください  
(複数可)。

図C.6 第5章 涙が感情状態に与える影響の評価で使用了質問紙  
映像に対する感想などを答えてもらう

何か気付いたことや気になったことがあれば記入してください。

名前 \_\_\_\_\_

年齢 \_\_\_\_\_

性別 男性 ・ 女性

図C.7 第5章 涙が感情状態に与える影響の評価で使用了質問紙  
実験で気づいた点や気になった点を記述してもらう

以下の項目について4段階（1. 決してない、2. めったにない、3. たびたびある、4. いつもそうである）で記入してください。

1. もしも私と話している相手が泣き出したら、私も涙がこぼれそうになってしまう。

1. 決してない      2. めったにない      3. たびたびある      4. いつもそうである

2. 気分が沈んでいるとき、幸せな人と一緒にいると私は元気づけられる。

1. 決してない      2. めったにない      3. たびたびある      4. いつもそうである

3. 誰かが私に温かく微笑みかけてくれたとき、私は微笑みかえし、そして温かい気分になる。

1. 決してない      2. めったにない      3. たびたびある      4. いつもそうである

4. 愛する人の死について人が話しているのを聞くと、私は悲しみでいっぱいになる。

1. 決してない      2. めったにない      3. たびたびある      4. いつもそうである

5. ニュース番組で人が怒っているのを見たら、私はつい歯をくいしばって肩を強張らせてしまう。

1. 決してない      2. めったにない      3. たびたびある      4. いつもそうである

6. 愛する人の目を見つめると、ロマンティックな気持ちでいっぱいになる。

1. 決してない      2. めったにない      3. たびたびある      4. いつもそうである

7. 怒っている人がそばにいと、私はイライラしてしまう。

1. 決してない      2. めったにない      3. たびたびある      4. いつもそうである

図C.8 第5章 涙が感情状態に与える影響の評価で使用了質問紙  
他者の感情の影響の受けやすさを測定する指標（1ページ目）  
[3]を参考に作成



8. ニュース番組で犠牲者の心配そうな顔を目に見ると、私は彼らがどんな気持ちか想像してしまう。

1. 決してない      2. めったにない      3. たびたびある      4. いつもそうである

9. 愛する人に抱きしめられると、私の気持ちは次第にやわらいでいく。

1. 決してない      2. めったにない      3. たびたびある      4. いつもそうである

10. 怒鳴りあいのケンカを耳にすると緊張してしまう。

1. 決してない      2. めったにない      3. たびたびある      4. いつもそうである

11. 幸せな人がそばにいと、自分自身も幸せな気持ちでいっぱいになる。

1. 決してない      2. めったにない      3. たびたびある      4. いつもそうである

12. 愛する人に触れられると、私は自分の身体が反応するのを感じる。

1. 決してない      2. めったにない      3. たびたびある      4. いつもそうである

13. 不安でイライラしている人がそばにいと、私自身緊張してしまう。

1. 決してない      2. めったにない      3. たびたびある      4. いつもそうである

14. 私は悲しい映画を観ると、泣いてしまう。

1. 決してない      2. めったにない      3. たびたびある      4. いつもそうである

15. 歯医者で待合室で怖がっている子どもの甲高い叫び声を聞くと、私も不安になってしまう。

1. 決してない      2. めったにない      3. たびたびある      4. いつもそうである

図C.9 第5章 涙が感情状態に与える影響の評価で使った質問紙  
他者の感情の影響の受けやすさを測定する指標（2ページ目）  
[3]を参考に作成

## 参考文献

1. 川瀬佑司, 吉田成朗, 鳴海拓志, 上田祥代, 池田まさみ, 渡邊淳司, 谷川智洋, 川本哲也, 廣瀬通孝: Mob Scene Filter: 顔部位の形状・位置変形を利用した他人顔変換手法, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.21 No.3, 2016年9月.
2. <http://www2.psychology.uiowa.edu/faculty/clark/J-PANAS.pdf> (2017/1/16アクセス)
3. Masanori Kimura, Masao Yogo, and Ikuo Daibo. 2007. Development of Japanese Version of the Emotional Contagion Scale. Japanese Journal of Interpersonal and Social Psychology 7, 31-39. In Japanese.

## 謝辭

本研究の遂行にあたり、6年間の長きに渡ってご指導くださった、廣瀬通孝教授に深く感謝いたします。素晴らしい研究環境を与えてくださっただけでなく、工学分野における感情研究を支持してくださり、研究の意義や方向性を与えてくださりました。

谷川智洋准教授とは本研究の応用分野に関する議論を重ねました。外部との共同研究を先生と進める機会も多く、そういった機会を通して医療やコミュニケーションなど本論文の成果が活用されるべき未来を示していただきました。お礼申し上げます。

鳴海拓志講師は、研究を進めるにあたりいつも私の味方になってくださり、自信を持って研究生活を送ることができました。研究の方針が定まらなかったり、なかなか論文が通らないときも親身に相談にのっていただきました。心より感謝いたします。

相澤清晴教授、苗村健教授、渡邊克巳教授には、本博士論文の審査を引き受けていただきました。皆様からの的確なアドバイスやご指摘は、本論文をまとめるにあたり、とても重要な指針を与えてくださりました。ここに感謝申し上げます。

技官の中垣好之さん、秘書の英育子さん、元秘書の勝村富貴さん、新秘書の内村真以子さんには、研究生活の中で生じるさまざまな雑事の面倒を見ていただきました。そのおかげで、日々研究に打ち込むことができました。ありがとうございます。

研究室の先輩である佐藤宗彦さんは、私の可能性を広げてくださいました。博士課程1年目のMIT留学中に、佐藤さんとともに進めたプロジェクトを通して教えていただいたこと、学んだことが、それ以降の研究生活に大いに活かされました。

研究室の後輩である、中里直人くん、白石英明くん、川瀬佑司くん、伏見遼平くん、木下由貴さん、鈴木啓太さん、田上翔一くん、林泉さんとは一緒に論文を書く機会に恵まれました。また、OB/OGを含む廣瀬研究室のメンバーとは、多くの時間を共に過ごしました。研究に関する議論や、合間の息抜きなど、日々の生活の中での思い出は枚挙に暇がありません。今の私があるのも皆さんと研鑽を重ねた日々の賜物です。

稲見昌彦教授のお陰で、私はインタラクション・インタフェース分野の研究に興味を持ちました。私が廣瀬研究室に入るきっかけを作ってくくださったのも稲見先生です。学部生の頃から暖かく厳しく見守っていただいたこと、本当に感謝しております。

坂本大介講師には、私が東京に来てからというもの、ずっとお世話になりっぱなしです。私の根底にある研究への取り組み方や、姿勢、考え方は全て坂本さんからご指南いただいたものです。感謝いたします。また研究の話を肴に飲みに行きましょう。

基礎心理学会「心の実験パッケージ」開発委員会の皆様は、出不精な私を分野外の方々とお引き合わせくださりました。委員会の活動を通して、心理学的なモノの見方や考え方だけでなく、体験を通して現象や思想を伝える難しさを学びました。

最後に、研究生活を支えてくれた友人、家族に感謝して謝辞といたします。

2017年 2月吉日 吉田成朗

## 研究成果

## 論文誌（査読有）

1. 川瀬佑司, 吉田成朗, 鳴海拓志, 上田祥代, 池田まさみ, 渡邊淳司, 谷川智洋, 川本哲也, 廣瀬通孝: Mob Scene Filter: 顔部位の形状・位置変形を利用した他人顔変換手法, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.21 No.3, 2016年9月.
2. 櫻井翔, 中里直人, 吉田成朗, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 表情変形フィードバックによる遠隔協調作業における創造力向上支援, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.21 No.1, 2016年3月.
3. 吉田成朗, 鳴海拓志, 櫻井翔, 谷川智洋, 廣瀬通孝: リアルタイムな表情変形フィードバックによる感情体験の操作, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.17 No.1, 2015年2月.
4. Shigeo Yoshida, Takumi Shirokura, Yuta Sugiura, Daisuke Sakamoto, Tetsuo Ono, Masahiko Inami, and Takeo Igarashi: RoboJockey: Designing an Entertainment Experience with Robots, IEEE Computer Graphics and Applications, Vol.36(1), pp.62-69, 9 Jan. 2015 (accepted), 14 Jan. 2016 (published).
5. Kunihiro Nishimura, Yasuhiro Suzuki, Munehiko Sato, Oribe Hayashi, Yang LiWei, Kentaro Kimura, Shinya Nishizaka, Yusuke Onojima, Yuki Ban, Yuma Muroya, Shigeo Yoshida, and Michitaka Hirose: A Virtual Train with a Container Using Visual and Auditory Representation of Train Movement, International Journal of Creative Interfaces and Computer Graphics (IJCICG), Vol.4, p135-148, 13 Sep. 2013.

## 招待論文（査読無）

1. 池田まさみ, 渡邊淳司, 上田祥代, 吉田成朗, 茅原拓朗, 北崎充晃: メディアワークショップ これからの知覚心理学教育を考える ー小・中学生を対象とした心理学実験ワークショップを通してー, 日本基礎心理学会 基礎心理学研究 第34巻, 第1号, pp.181-183, 2015年9月30日

## 国際会議（口頭発表・査読有）

1. Shoichi Tagami, Shigeo Yoshida, Nami Ogawa, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose: Routine++: Implementing Pre-Performance Routine in a Short Time with an Artificial Success Simulator, The 8th International Conference on Augmented Human (AH2017). (to appear)
2. Yuki Kinoshita, Masanori Yokoyama, Shigeo Yoshida, Takayoshi Mochizuki, Tomohiro Yamada, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka

- Hirose: Transgazer: Improving Impression by Switching Direct and Averted Gaze Using Optical Illusion, The 2017 Conference on Human-Robot Interaction. (to appear)
3. Keita Suzuki, Masanori Yokoyama, Shigeo Yoshida, Takayoshi Mochizuki, Tomohiro Yamada, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose: FaceShare: Mirroring with Pseudo-Smile Enriches Video Chat Communications, ACM SIGCHI 2017. (to appear)
  4. Munehiko Sato, Shigeo Yoshida, Alex Olwal, Boxin Shi, Atsushi Hiyama, Tomohiro Tanikawa, Michitaka Hirose, and Ramesh Raskar: SpecTrans: Versatile Material Classification for Interaction with Textureless, Specular and Transparent Surfaces, ACM SIGCHI, Apr. 2015. (The first two authors contributed equally to this work.)
  5. Naoto Nakazato, Shigeo Yoshida, Sho Sakurai, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose: Smart Face: Enhancing Creativity During Video Conferences using Real-time Facial Deformation, ACM CSCW 2014, Feb. 2014.
  6. Shigeo Yoshida, Sho Sakurai, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose: Incendiary reflection: evoking emotion through deformed facial feedback, In SIGGRAPH 2013 Talks, Jul, 2013.
  7. Shigeo Yoshida, Sho Sakurai, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose: Manipulation of an Emotional Experience by Real-time Deformed Facial Feedback, The 4th International Conference on Augmented Human (AH2013), Stuttgart, Germany, Mar, 2013.
  8. Kunihiro Nishimura, Yasuhiro Suzuki, Munehiko Sato, Oribe Hayashi, Yang LiWei, Kentaro Kimura, Shinya Nishizaka, Yusuke Onojima, Yuki Ban, Yuma Muroya, Shigeo Yoshida, and Michitaka Hirose: Train Window of Container: Visual and Auditory Representation of Train Movement, The 9th International Conference on Advances in Computer Entertainment (ACE2012), Nov. 2012.
  9. Sho Sakurai, Shigeo Yoshida, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose: Psynteraction Chair: A proposal of a system for induction of interpersonal behavior by using comic book images as ambient information, The 18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia (VSMM2012), Oct. 2012.
  10. Toshiki Takeuchi, Masayuki Ono, Yusuke Onojima, Shigeo Yoshida, Kentaro Kimura, Sho Sakurai, Oribe Hayashi, Takuji Narumi, Kunihiro Nishimura,

Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose: Visualization of Simultaneous Experiences by Multi Sided Recording of an Event, The 16th International Conference on Virtual Systems and Multimedia (VSMM2010), Oct. 2010.

## 国際会議（展示発表・査読有）

1. Shigeo Yoshida, Sho Sakurai, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose: Incendiary reflection: evoking emotion through deformed facial feedback, In SIGGRAPH 2013 Emerging Technologies, Jul, 2013.
2. Shigeo Yoshida, Daisuke Sakamoto, Yuta Sugiura, Masahiko Inami, and Takeo Igarashi: RoboJockey: Robotic Dance Entertainment for All, In SIGGRAPH Asia 2012 Emerging Technologies (SA2012), Nov. 2012.

## 国際会議（ポスター発表・査読有）

1. Sho Sakurai, Shigeo Yoshida, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose: Intra-expo: Augmented Emotion by Superimposing Comic Book Images, The 21th International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT2011) Posters, Nov. 2011.

## 国内会議（口頭発表・査読無）

1. 吉田成朗: 擬似的な身体反応を利用した感情体験の操作, 第9回テレグジスタンス研究会, 2016年12月21日
2. 伏見遼平, 吉田成朗, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 自分の声を知り, コントロールするための「自分声フィルタ」の提案, エンタテインメントコンピューティング 2016 (EC2016), 2016年11月
3. 鈴木啓太, 横山正典, 吉田成朗, 木下由貴, 望月崇由, 山田智広, 櫻井翔, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 同調的な表情変形技術を用いたコミュニケーション拡張に関する提案, 第21回日本バーチャルリアリティ学会大会 (VRSJ2016), 2016年9月
4. 木下由貴, 横山正典, 鈴木啓太, 望月崇由, 山田智広, 吉田成朗, 櫻井翔, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: テレプレゼンスアバターにおける眼球の凹凸による視線の印象向上効果の検証, 第21回日本バーチャルリアリティ学会大会 (VRSJ2016), 2016年9月
5. 田上翔一, 吉田成朗, 小川奈美, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: VRにより生起される擬似成功体験を用いたルーティーンの短期構築手法の検討, マルチメディア・仮想環境基礎研究会, 2016年7月



6. 林泉, 吉田成朗, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 成功・失敗体験と結びつけた香り提示による作業成績の改善に関する基礎検討, 第18回香り・味と生体情報研究会, 2016年6月
7. 川瀬佑司, 白石英明, 吉田成朗, 伊藤裕之, 斉藤直樹, 川本哲也, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: Mob Scene Filter: プライバシー保護のための容貌変化システムの提案, エンタテインメントコンピューティング2015 (EC2015), 2015年9月
8. 白石英明, 吉田成朗, 伊藤裕之, 斉藤直樹, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: プライバシー保護のためのMob sceneにおける自然な顔合成手法の検討, 第19回日本バーチャルリアリティ学会大会 (VRSJ2014), 2014年9月
9. 吉田成朗, 鳴海拓志, 廣瀬通孝: Ring Brings Kiss: 皮膚電気活動を利用した結婚式におけるキス行為誘発エンタテインメントシステム, エンタテインメントコンピューティング2013 (EC2013), 2013年10月
10. 吉田成朗, 櫻井翔, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 扇情的な鏡: 表情変形フィードバックによる感情喚起システム, 第18回日本バーチャルリアリティ学会大会 (VRSJ2013), 2013年9月
11. 中里直人, 吉田成朗, 櫻井翔, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 協調作業における創造性向上のための対話相手の容貌変化手法の検討, 第18回日本バーチャルリアリティ学会大会 (VRSJ2013), 2013年9月
12. 中里直人, 吉田成朗, 櫻井翔, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: ビデオチャットを用いたブレインストーミングにおける表情変形の効果, マルチメディア・仮想環境基礎研究会, IEICE-MVE2013, 2013年6月
13. 吉田成朗, 櫻井翔, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: リアルタイムな表情変形フィードバックによる選好判断の操作, 第17回日本バーチャルリアリティ学会大会 (VRSJ2012), 2012年9月
14. 吉田成朗, 櫻井翔, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: リアルタイムな表情変形フィードバックによる快・不快感情の喚起の検討, 第20回VR心理学研究委員会, 2012年6・7月
15. 吉田成朗, 竹内俊貴, 鳴海拓志, 西村邦裕, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 多人数による震災体験情報の時空間的可視化, 第16回日本バーチャルリアリティ学会大会 (VRSJ2011), 2011年9月
16. 櫻井翔, 吉田成朗, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: Intra-expo: マンガ表現の実空間重畳による感情伝達, 第16回日本バーチャルリアリティ学会大会 (VRSJ2011), 2011年9月

## 国内会議（展示発表・査読有）

1. 吉田成朗, 鳴海拓志, 橋本直, 谷川智洋, 稲見昌彦, 五十嵐健夫, 廣瀬通孝: ジェスチャ操作型飛行ロボットによる身体性の拡張, インタラクション2012, 2012年3月

## 国内会議（ポスター発表・査読無）

1. 吉田成朗, 上田祥代, 渡邊淳司, 北崎充晃, 茅原拓朗, 川畑秀明, 池田まさみ: 子ども向け“知覚・認知”科学教育ワークショップ:自分の顔を探せ! — 鏡が映す顔, 心が映す顔 —, 日本基礎心理学会第34回大会, 大阪, 2015年11月28日・29日
2. 吉田成朗, 坂本大介, 稲見昌彦, 五十嵐健夫: 障害物を考慮したダイポール場を用いたロボットによる物体搬送アルゴリズムの提案, ロボティクス・メカトロニクス講演会 (ROBOMECH2011), 2011年5月

## 受賞

1. バーチャルリアリティ学会論文賞, 2016年9月
2. Knowledge Innovation Award 優秀賞, 2015年3月
3. 第20回学生CGコンテスト ノミネート, 2014年11月
4. Nomination Award winner of Microsoft Research Asia Fellowship program, 2014.
5. 東京大学 総長賞, 2014年3月
6. 東京大学 学府長賞, 2014年3月
7. EC2013 口頭発表賞, 2013年10月
8. EC2013 芸術科学会賞, 2013年10月
9. GOOD DESIGN賞, 2013年10月
10. 経済産業省 Innovative Technologies, 2013年9月
11. MVE賞, 2013年9月
12. 独立行政法人情報処理推進機構 認定 スーパークリエイター, 2013年4月

## 芸術展示・デモ展示

1. 涙眼鏡, 東京大学制作展 extra 2016, 東京大学, 2016年7月8日-7月11日
2. 他人のそら似生成機, ニコニコ超会議2016, 幕張メッセ, 2016年4月29日-30日
3. 涙眼鏡, SENSORS IGNITION 2016, 東京 虎ノ門ヒルズ, 2016年2月26日

4. 扇情的な鏡, 学ぶ・知る・体験するグッドデザイン / Good Design for Learning, Understanding and Experiencing, 東京, 2016年2月5日-3月5日
5. 「こころ」を科学するわくわく心理学実験体験, サイエンスアゴラ, 日本科学未来館, 2015年11月14日
6. 扇情的な鏡, Tokyo Design Week 2015, Tokyo, 2015年10月24日-10月28日 (前期) 10月30日-11月3日 (後期)
7. Mob Scene Filter — Privacy Protection in Videos by Changing Facial Appearance, Immersion 2015, Paris, Sep. 7-10, 2015.
8. Incendiary reflection, Ars Electronica 2015, Linz, Sep. 3-7, 2015.
9. Tear drop glasses, Ars Electronica 2015, Linz, Sep. 3-7, 2015.
10. 涙眼鏡, 東京大学制作展 EXTRA 2015, 東京大学, 2015年7月10日-7月13日
11. MobSceneFilter: 群衆シーン, 肖像フリー化加工ソフト, デジテク2015, 2015年3月10日-3月11日 [pdf]
12. Incendiary reflection, MOST CONTAGIOUS 2014 in London, Dec. 10, 2014.
13. Mob scene filter, Inter BEE 2014, 幕張メッセ, 2014年11月19日-11月21日
14. 扇情的な鏡, Media Ambition Tokyo 2014, 六本木ヒルズ, 2014年2月7日-3月30日
15. 涙眼鏡, 第15回 東京大学制作展, 東京大学, 2013年12月4日-12月9日
16. 扇情的な鏡, ナレッジキャピタル The Lab., 2013年11月8日- 2015年2月14日
17. 扇情的な鏡, GOOD DESIGN EXHIBITION 2013, 東京ミッドタウン, 2013年10月30日-11月4日
18. 扇情的な鏡, デジタルコンテンツ EXPO2013, 日本科学未来館, 2013年10月24日-10月26日
19. 扇情的な鏡, バーチャル世界体験 夏祭り, グランフロント大阪・The Lab. みんなで世界一研究所, 2013年7月14日-7月15日
20. 扇情的な鏡, 東京大学制作展 extra 2013, 東京大学, 2013年7月5日-7月8日
21. 表情フィードバックを利用した感情喚起システムの開発, 第19回未踏IT人材発掘・育成事業 スーパークリエイタ認定証授与式, ホテルサンルートプラザ新宿, 2013年5月29日
22. 扇情的な鏡: 表情変形フィードバックを利用した感情喚起システム, URCF定期総会, 日本科学未来館, 2013年5月27日
23. 表情フィードバックを利用した感情喚起システムの開発, 第19回未踏事業 成果報告会, 秋葉原 UDX GALLERY NEXT-1, 2013年1月26日-1月27日
24. 心映し, 第14回東京大学制作展, 東京大学, 2012年12月6日-12月10日

25. タッチパネルでロボットダンス！, いしかわ夢未来博, 石川産業展示館, 2012年11月10日-11月11日
26. 心代わり, 東京大学制作展エクストラ2012, 東京大学, 2012年7月6日-7月9日
27. ダンスもんも - RoboJockey, もんもとすむいえ 日本科学未来館 メディアラボ第9期展覧会, 日本科学未来館, 2011年6月11日-12月27日

## ワークショップ

1. 「子ども向け心理学実験教材の開発・ワークショップ」アイデアソン, 文京シビックセンター, 2016年10月31日
2. 声の記憶実験：自分の声を探せ！, はまぎん こども宇宙科学館, 2016年10月15日
3. 自分の顔を探せ！ー鏡が映す顔, 心が映す顔ー, 31st International Congress of Psychology (ICP2016), 2016年07月24日
4. 自分の顔を探せ！ー鏡が映す顔, 心が映す顔ー, グランフロント大阪・The Lab., 2015年11月28日・29日
5. 自分の顔を探せ！ー鏡が映す顔, 心が映す顔ー, 熊本市現代美術館, 2015年11月1日
6. 子どものための“知覚・認知”科学教育 自分の顔を探せ！ー 鏡が映す顔, 心が映す顔ー, 2015年度 日本基礎心理学会公開シンポジウム, 東京, 2015年10月25日
7. Identity Hacking Workshop, Ars Electronica 2015, Linz, Sep. 4-5, 2015.

## 報道・雑誌・TV

1. だまされてニッコリ！“錯覚”最前線, NHK サキどり↑, 2016年6月19日
2. SENSORS IGNITION「今年注目のプロダクト」「クリエイターら新発表」, 日本テレビ SENSORS, 2016年4月24日
3. ABLE & PARTNERS TOKYO DESIGN WEEK 2015 ALL RECORDS, pp.463, 2016年4月27日
4. VIRTUE, CONTAGIOUS THIRTY EIGHT 1ST QUATER 14, pp.37, 2014.
5. 東大生は「タフ」になったのか？, 東京大学広報誌 淡青 29号, pp.11, 2014年9月
6. AERA 大特集 感情とうまく付き合う, 朝日新聞ウィークリー AERA 第27巻21号, pp.14-15, 2014年5月19日
7. AERA U25 ヒトの内面を「鏡」で操る, 朝日新聞ウィークリー AERA 第27巻18号, pp.84-85, 2014年4月21日
8. 未踏の第19期スーパークリエイタたち, 情報処理学会会誌 情報処理 Vol.54 No.10, pp.1006-1014, AN00116625, 2013年9月15日

9. 脳を操るだましの術 バーチャルリアリティーの可能性（扇情的な鏡，拡張満腹感，Magic Pot），朝日新聞朝刊 23面，2013年7月29日
10. タッチパネルでロボットダンス，テレビ東京 ワールドビジネスサテライト（トレンドたまご），2012年5月24日

## 招待講演

1. 日本心理学会 第77回大会，日本心理学会企画シンポジウム，これからの「脳と心の科学教育」を考える－小・中学生を対象とした心理学実験ワークショップを通して－，2015年9月22日
2. 日本基礎心理学会 第33回大会，日本基礎心理学会「心の実験パッケージ」開発委員会ワークショップ これからの知覚心理学教育を考える -小・中学生を対象とした心理学実験ワークショップを通して-，2014年12月7日
3. 日本認知心理学会 第12回大会，バーチャル&リアルワールド，2014年6月29日
4. 未踏カンファレンス 2014，表情フィードバックを利用した感情喚起システムの開発，とその後，2014年3月16日
5. 第19回ビジュアライゼーションカンファレンス，SIGGRAPH 2013 世界各国から集まる最新技術の展示，2013年11月29日
6. シーグラフ東京 第70回セミナー，SIGGRAPH2013 Emerging Technologies 参加報告，2013年9月6日
7. ブラザー工業株式会社 瑞穂工場，IPA 未踏クリエイタ プレゼンテーション&座談会，2013年3月26日

## コラム

1. 中学生が訊く 教えて先生！～その6～「人はなぜ人を好きになるのですか？」，月間ナレッジキャピタル 1+（イチタス），2015年11月号

## 獲得資金

1. 日本学術振興会特別研究員 DC1，2014年4月 - 2017年3月
2. 独立行政法人情報処理推進機構 未踏IT人材発掘・育成事業，2012年6月-2013年2月