慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	アンビエント媒体を用いた日常空間における情動の恒常性補助手法のデザイン
Sub Title	Design for assisting method of emotional homeostasis with ambient medium in everyday space
Author	山本, 大介(Yamamoto, Daisuke) 南澤, 孝太(Minamizawa, Kōta)
Publisher	慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科
Publication year	2020
Jtitle	
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	修士学位論文. 2020年度メディアデザイン学 第792号
Genre	Thesis or Dissertation
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40001001-00002020-0792

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

修士論文 2020 年度

アンビエント媒体を用いた日常空間における情動の恒常性補助手法のデザイン

慶應義塾大学
大学院メディアデザイン研究科

山本 大介

本論文は慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科に
修士 (メディアデザイン学) 授与の要件として提出した修士論文である。

山本 大介

研究指導コミッティ：

南澤 孝太 教授	(主指導教員)
Matthew Waldman 教授	(副指導教員)

論文審査委員会：

南澤 孝太 教授	(主査)
Matthew Waldman 教授	(副査)
石戸 奈々子 教授	(副査)

修士論文 2020 年度

アンビエント媒体を用いた日常空間における情動の恒常性補助手法のデザイン

カテゴリ：デザイン

論文要旨

私たちの身体は、その一部の機能として情動と呼ばれる機能を持つ。この情動とは、喜怒哀楽といった心によって意識される感情とは区別し、それ以前の外部からの刺激によって身体が無意識に受け止めている快・不快、ストレスと呼ばれるような感覚を指す。この情動は、生活の中で不快な刺激を避け、快刺激を追い求めるような恒常性を備えることで心身の健康維持に貢献しているが、現代のような刺激過多な時代においては、それが十分に機能しなくなる場合があり、それによって心身の病を引き起こしている。そこで、本研究は、このような恒常性を補綴するため、心拍や脳波といった生体データから身体の内部で生じる情動をリアルタイムで測定し、それに応じて光や、音、振動といったアンビエントと呼ばれる常に身体を取り巻く環境媒体を操作することで、情動を暗黙的に理想的な状態へと調整するような自律的システムのデザインを提案する。特に本研究では、測定する情動としてラッセルの円環モデルに基づく快適度と覚醒度を用い、また操作するアンビエント媒体として光、音、振動、オブジェクトを用いて情動調整を行うシステム及びインターフェースを制作し、これらが生活の中の一部として機能しながら情動調整に寄与するかどうかを検証する。

キーワード：

アフェクティブコンピューティング、ポジティブコンピューティング、カームテクノロジー、アンビエント、情動

慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科

山本 大介

Abstract of Master's Thesis of Academic Year 2020

Design for Assisting Method of Emotional Homeostasis with Ambient Medium in Everyday Space

Category: Design

Summary

Our body has a function called emotions. This emotion refers to feelings such as pleasure/unpleasure and stress that the body unconsciously receives by external stimuli. These emotions works based on a function of homeostasis that allows us to avoid unpleasant stimuli and maintain pleasant stimuli in our daily lives. It contributes to good health for both body and mind, but in today's age of over-stimulation, it is not fully functional. This research aims to analyze the emotions generated inside the body from biological data such as heartbeat and EEG in real-time and convert it into ambient stimuli, such as light, sound and vibration, which intervene our emotion. Through these loop, we try to augment our homeostatic function of emotion.

Keywords:

Affective Computing, Positive Computing, Calm Technology, Ambient, Emotion

Keio University Graduate School of Media Design

Daisuke Yamamoto

目　　次

第 1 章　序論 **1**
1.1. なぜ今情動に向き合う必要があるのか 1
1.2. 情動のホメオスタシス機能を補綴する 3
1.3. 本研究における情動機能を補綴する手法 4
1.4. 本論文の構成 5

第 2 章　Literature Review **6**
2.1. 人間の情動を情報技術で扱う 6
2.1.1　情動/感情の発生メカニズム 7
2.1.2　情動のモデルとそれを測定する指標 9
2.1.3　情動へと介入するインターフェース 12
2.2. アンビエント媒体を用いた情報提示 18
2.2.1　アンビエントとは 18
2.2.2　アフェクティブコンピューティングへの活用 20
2.3. 二章まとめ 21

第 3 章　デザインコンセプト **22**
3.1. コンセプト 22
3.2. Design Requirement 25
3.3. 本コンセプトにおける情動の測定および介入モデル 26
3.3.1　情動の測定モデル 26
3.3.2　情動への介入モデル 28
3.3.3　アンビエント操作及びそのユースケース 30
3.4. 本章のまとめ 39

第 4 章　アンビエント媒体を用いた情動の調整システムと検証 40
4.1. 情動測定システム 40
4.2. 情動介入システム 43
4.2.1 光アンビエントのデザイン及びシステム 45
4.2.2 振動アンビエントのデザイン及びシステム 47
4.2.3 音アンビエント要素のデザイン及びシステム 49
4.2.4 オブジェクトアンビエント要素のデザイン及びシステム . 50
4.2.5 システム操作のためのインターフェースの設計 53
4.3. 検証 54
4.3.1 実験デザイン 54
4.3.2 実験結果 58
4.4. 考察 65
4.4.1 自律的かつ暗黙的な情動のコントロールループ層の設計 . 65
4.4.2 アンビエント媒体による感覚刺激のデザイン 69
4.4.3 アダプティブアンビエンス 71
4.5. 第 4 章まとめ 73

第 5 章　結論 74

謝辞 77

参考文献 78

関連発表及び研究業績 87

図　目　次

2.1　情動を情報技術で扱う 6
2.2　ダマシオの情動/感情モデル (Damasio,A and Carvalho. The nature of feelings.Box1 図を元に制作 [1]) 8
2.3　ミレンソンの感情 3 次元モデル (左) とラッセルの円環モデル (右) [2] [3] 10
2.4　情動測定のためのウェアラブルセンシングデバイス 10
2.5　ダマシオの情動モデルに基づく情動体験を生み出す手法の分類 [4] 13
2.6　クッションを用いた呼吸誘導「Relaxusion」[5] 15
2.7　左:偽の心拍提示 [6] 右:偽の呼吸提示 [7] 16
2.8　環境全体を用いたバイオフィードバック [8] 18
2.9　Ambient Room [9] 19
2.10　自然のゆらぎを表現する壁「TOI」[10] 21

3.1　コンセプト 23
3.2　情動の測定モデル 27
3.3　情動の介入モデル 29
3.4　身体とアンビエントの関係図 31
3.5　アンビエント光を活用したインタラクション 32
3.6　アンビエント音を活用したインタラクション 34
3.7　アンビエント空気を活用したインタラクション 35
3.8　アンビエント振動を活用したインタラクション 37
3.9　アンビエントオブジェクトを活用したインタラクション 38

4.1　快適度測定システム 41

4.2 覚醒度測定システム 42
4.3 情動測定システム全体図 43
4.4 介入システム全体図 44
4.5 光アンビエントのデザイン 46
4.6 光による情動介入システム 47
4.7 振動アンビエントのデザイン 48
4.8 振動による情動介入システム 49
4.9 音アンビエントのデザイン 50
4.10 音による情動介入システム 51
4.11 花器のデザイン 52
4.12 花器による情動介入システム 52
4.13 入力インターフェース 53
4.14 被験者 1(40 歳男性) 宅へのセットアップ 55
4.15 被験者 3(25 歳男性) 宅へのセットアップ及び実験中の様子 55
4.16 検証の流れ 56
4.17 各刺激における増減率の比較図 59
4.18 各被験者セッション 1 の情動の変動例 60

表　目　次

2.1　情動測定とセンシング 12

4.1　ユーザーエクスペリエンスに関する質問カテゴリ 57
4.2　情動調整の結果 全体 58
4.3　全体比較 62

第 1 章
序　　論

1.1. なぜ今情動に向き合う必要があるのか

私たち人間の身体そのもののかたちや機能は原始時代から数万年間ほとんど変わっていないと言われている。一方で、文明の発展によってわたしたちが普段体に身につけるもの、あるいは周囲の環境が劇的に変わっている。人間は道具という概念を発明し、そこから記号学や数学を生み出し、さらにそれが現代の情報技術を生み出した。今では情報技術は、サイバネティクスの思想に始まり、人間の身体のモデルや、認知のモデル、神経モデルを参考にしながら身体拡張という分野や人工知能、人工生命へと広がりを持つ。今や、これらの情報技術が存在しない生活は考えられない。このように、自らが作り出した技術によって、生活は便利になり私たちの身体が持つ機能が格段に増えたといえる。一方で、その便利になりすぎた情報技術は、もはや身体の一部となりつつあるスマホや VR といったメディアを通じて、私たちの感情や情動といった身体の内部世界に強い影響をもたらし始めた。動物に襲われる恐怖は、いいねを得られない恐怖に変わるようになった現代において、私たちの感情や情動は必要以上に外部にさらされ過度な刺激を得やすい状況になっている。その結果、人間のみが持つ、うつや、注意障害、過度なストレスなど身体内部で生じる病を引き起こしているとも言える。このような背景から、知能や身体機能を拡張する道具としての情報技術に対して、より身体内部に根ざした情動/感情をいかに拡張していくかという側面を考えていくことが求められている。

ここで、神経学者のダマシオは感情と情動を区分し、感情は喜怒哀楽から始まり、より高次な社会的な感情までを含む心の動きであり、情動は気分や快不快と

言った身体の動きであるとした [11]。一方で、感情と情動は相互作用的に接続されていて、例えば、快状態を維持することで、幸せの感情と結びつき、心に良質なエネルギーが流れる。逆に、病は気からという言葉があるように、心が晴れないでいると、それは身体に不快として発露し、高血圧や糖尿病、心臓病などをまねく。このように、感情と情動は心と身体を媒介している機能であり、これらを持つことで適切な行動を選択し心と身体に健康をもたらすことができる。

現在では、このような感情/情動を補うような情報技術の方向性として、ポジティブコンピューティング [12] や、アフェクティブコンピューティング [13] と呼ばれるような考え方がある。ポジティブコンピューティングは、効率性・利便性ではなく、ウェルビーイングを設計論のコアとするテクノロジーのあり方を指す。このウェルビーイングという言葉は、医学的、快楽的、そして持続的ウェルビーイングに分類される。このとき、医学的なウェルビーイングは生体機能を健全に維持することを指し、快楽的なウェルビーイングは情動に快をもたらすことを指すことから、これらはダマシオの情動区分で考えると、生体機能や情動といった身体側に重きが置かれている事がわかる。一方で、持続的ウェルビーイングは、人間関係や自己実現といった社会的な感情も含めた心に持続的な健康をもたらすことを指し、より感情を始めとした心側に重きが置かれていることが分かる。これらはいずれもウェルビーイングを設計論とすることで、人間のライフスタイルを心身両方から豊かにすることが大きな目的である。一方で、アフェクティブコンピューティングは、より機能的・工学的な観点から、私たちが持つ情動や感情をコンピュータによって代替・補綴すること、機械そのものに感情的な知性を与えることを目標とした手法論として扱われる。したがって、ポジティブコンピューティングを実現するにあたって、これらアフェクティブコンピューティングでの手法が一つの基盤となる。例えば、ウェルビーイングを測定・向上させるためにアフェクティブコンピューティングの知見としてバイオセンシングやバイオフィードバックの技術が扱われている。

本研究は、日常で果たす情動機能を補綴するという観点で、ポジティブコンピューティングにおける快楽的なウェルビーイングの向上につながると考える。また、そこで考えるシステムは、情動本来のあり方に基づいて情動を補綴・拡張してい

くことを目指すという観点でアフェクティブコンピューティングの延長線上にあり、この領域で培われてきた手法が基盤となる。その中でも、本研究では、情動の大きな特徴として恒常性維持 (ホメオスタシス) に注目し、情報システム及びインターフェースの設計を目指す。

1.2. 情動のホメオスタシス機能を補綴する

わたしたちの身体内部は生命維持と情動という 2 つの観点で、身体内部の生理的パラメータを一定の目標圏内に維持するために、自律的かつ私たちの意識的な努力なしに自己調整を行うホメオスタティックなエンジンを持つ。現代生物学において、生物がこのようにして自分自身を維持し続けようとする自己調節の作用のことをホメオスタシス (Homeostasis) と呼ぶ [14]。生命維持においては、自律神経系が活発さを増し、血中酸素濃度が減少すると、呼吸は激しくなり、心拍が速まり、血中に多くの酸素が注入されるようになる。逆に、活発さが減少し、血中酸素濃度が増加すると、呼吸と心拍は弱まることで、酸素の吸引と摂取が減少する。さらにこのような恒常性は、高次のホメオスタシスとして、情動機能を形成する [11]。例えば、苦の経験を味わった時にそれを避け快の刺激へと移動するような行動を無意識のうちに選択するよう体が働く。あるいは、長時間覚醒している状態では、リラックス方向に体が機能し始める。リラックスの不足量が負のフィードバックによってコントロールループされる機構が，生体に組み込まれていることがわかる。「快」や「苦」、「覚醒」、「リラックス」といった情動の経験などは、低次のホメオスタシスを基盤とする、より情動にまつわる高次のホメオスタシスの結果である。S. フロイトは、快楽原理という考え方を提唱し、人間は不快を避け，快を求めようとする傾向を持つということを示した [15]。また、17 世紀の哲学者であるスピノザは、生命の本質は「conatus（コナトゥス）」であると言った。コナトゥスとは、自分自身を保存しようとする執拗な努力のことである。この意味でこれらは情動によるホメオスタシスと類似した考え方である。生命維持と情動のこれらホメオスタシスは、私たちの意識下で常に自律的に作用することで私たちの生活を支えている。問題は、現代の過剰な刺激によってこのよ

うな恒常性維持が働かなくなることである。不快状態にとどまり続け、それが心や身体のバランスを崩していく。逆に、この働きを情報技術に基づいて補綴することで、身体に対してより健康的な状態を作り出すだけでなく、情動と密接につながった感情を介して心の健康にもポジティブな影響を与える可能性を持つ。

現状アフェクティブコンピューティング [13] の領域では、生体データを元に情動を測定・可視化するインターフェースや、呼吸を促すことでリラックス情動へと介入するインターフェースなど様々な試みがなされてきたが、これら情動の恒常性に基づき、情動そのものを補綴するようなインターフェースについては十分に議論されていない。これら本来の情動の恒常性に基づくと、ユーザーの情動を非束縛的に測定し、その測定に基づいて、暗黙的に情動を理想的な状態に調整するような自律的なコントロールループを形成することが求められる。特定の装置を着けて、ストレスを知る、あるいは、意識的なトレーニングでリラックス効果を得るのではなく、日常生活を送る中で、機械がストレスを検知し、それに応じて自動的にリラックスを作るような外部刺激を加えることで自律的・暗黙的に情動を調整するようなインターフェースが求められる。

1.3. 本研究における情動機能を補綴する手法

情動の測定にあたっては、近年センサーの小型化に伴ってウェアラブルコンピューティング [16] という考え方が定着しはじめ、ユーザーに対して特別な注意を要することなく生体データを測定することが可能となってきた。したがって本研究では、ウェアラブルデバイスの脳波センサと心拍センサを用いて、情動を測定する。この時、情動を分類するモデルとしてラッセルの円環モデル [3] に基づき、覚醒度と快適感を情動の指標として選択し、上記のセンシング手法と組み合わせて、情動をユーザーに対して非束縛的かつリアルタイムで測定し、介入のための外部刺激のシグナルを生成する。また、外部刺激の提示においては、用いる媒体としてアンビエンスとよばれる、光、音、触覚といった常に身体の周囲の層に存在する環境要素に注目する。これらの要素が含まれる層は、私たちの身体を常に取り巻き、私たちの身体の内部環境＝情動と密接な関わりを持つ。さらに、私たちは普

段からこれらの要素を常に背景に置きながら接している。これらの要素は、そもそもの性質として、ユーザーに対する暗黙性を達成しており、これをユーザーに対して一定のしきい値の範囲で操作することで、暗黙性を保ったまま情動への介入を可能にすると考える。したがって本研究では、これらを組み合わせ非束縛的に自己の情動を測定しながら、アンビエンス媒体による環境に埋め込まれた刺激をもって情動を暗黙的にかつ自律的に調整するようなインターフェースを構築することを目指す。

1.4. 本論文の構成

第一章では、情動に対していかに情報技術が関与していくかという本研究の背景と、既存の情動に対する情報技術のアプローチにおける本研究の立ち位置を示した。さらに、情動機能を補綴・拡張するインターフェースをデザインするにあたって基盤となるホメオスタシスの考え方を紹介し、本研究で目指すシステムの形を示した。第二章からは、情動に対して情報技術がどう関われるかを、分野横断して情動のメカニズムから、情動の分類・測定手法、および介入手法の観点からまとめ、さらに本研究で扱う媒体としてアンビエントを用いた情報提示に関する関連研究を示す。第三章では、身体を取り巻くアンビエント媒体を用いて測定に基づいて情動を自律的かつ暗黙下において調整する情報システムのデザインコンセプトを提示し、本研究で扱う情動とその測定および介入モデル、アンビエント要素の操作に関するユースケースを示す。そして第四章では、第三章にて想定されたシステムモデル、及びアンビエント媒体のユースケースの中でも、光と振動、音、オブジェクトを中心にシステムを制作し、検証及び考察を行う。そして第五章で結論となる。

第 2 章
Literature Review

2.1. 人間の情動を情報技術で扱う

本研究では、情動を情報技術で扱うにあたって、まずはじめに人間の中で情動が発生するメカニズムの神経学的な知見に加えて、情動をデータとして扱うための指標とそれをセンシング・解析する心理学、生体工学的な知見、そして情動へと介入するヒューマンコンピュータインタラクションの知見との大きく 3 つに分け、複数の学問領域を統合して情動に対して情報技術がどう関われるかに関して整理する。

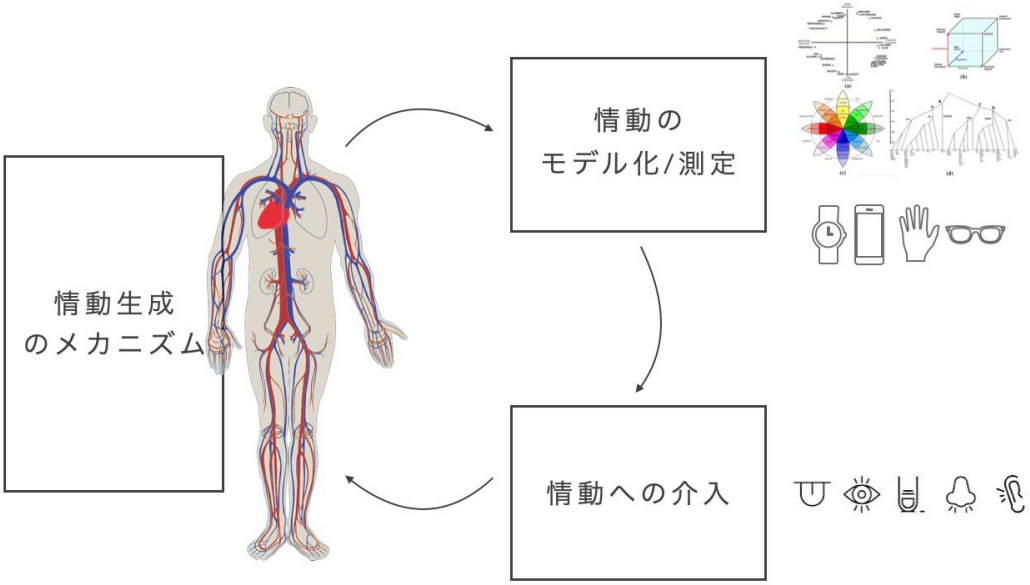

図 2.1 情動を情報技術で扱う

2.1.1 情動/感情の発生メカニズム

感情や情動のメカニズム及び身体や心との関係性に関しては、長年に渡って議論が繰り広げられ現在も続いている。もともと感情と情動は区別されていなく、まとめて感情という言葉が使われてきた。特に、感情と身体の関係性について、感情を感じる過程において、自律神経系や内臓反応といった身体内部での反応が何らかの一次的な役割を持つのか、あるいは副次的な現象に過ぎないのかというテーマが長年存在している。心理学者のウィリアム・ジェームズは、この感情とは”身体の変化から興奮している事実を感じ取ること” であると定義し，心拍変化、呼吸の動き、表情や皮膚の変化といった、身体的変化がなければ感情も存在しないと述べている [17]。これを生理学的に説明すると、環境からの刺激が大脳皮質の感覚野や運動野を経由して起こした身体変化（内臓変化・姿勢や表情）が、再び大脳皮質にフィードバックされこれを知覚すること (内受容知覚) によって感情が生じているといえる。このような仮説は、血液循環の変化の重要性も強調したラングらの研究と併せて情動の末梢起源説、あるいはジェームズ・ランゲ説として知られるようになった [18]。この仮説においては，心拍や呼吸の変動といたった身体の内部で生じる反応が感情の種類や強さに影響を及ぼしている可能性が示唆される。一方で、身体内部反応からすべての感情との対応関係を見出すことができないことから、この仮説の妥当性に関しては長い間議論が繰り返されてきたが，現代では、いわば感情の末梢起源説のアップデート版とも表現されるダマシオらによるソマティック・マーカー仮説や情動理論が提唱されている [4]。まず、ダマシオは、情動と感情とを区別し、情動とは身体状態の変化を含むような状態であり、ある状況に直面したときに五感を通じた入力から得られた刺激 (外受容知覚) を、脳が特定のパターンで処理し、自動的に生じる身体状態の変化と，その後に脳に伝えられるその変化した身体状態の情報を合わせて「情動（emotion）」と呼んだ。ここで情動に含まれる身体状態の変化とは，心拍数の上昇，姿勢や表情など様々である。さらに、脳に伝えられる身体状態の情報が意識的に感受されるとき、その情報をとくに「感情（feeling）」と読んでいる。実際にダマシオは、情動は「身体」、感情は「心」という劇場で演じられると記述している。例えば、図 2.2 において、恐ろしい光景を目にした際、脳はそれを情動として身体のルー

プで処理することで、体の硬直等といった身体的変化が生じ、それが後に意識的に受け止め感情のループとして処理され、恐れを感じ表情といったさらなる身体変化をもたらす。この身体的変化として表出した生命調節のプロセスを「情動」、それを恐れとして感じ取ることを「感情」と呼んだ。また、ダマシオは情動機能の大きな特徴として、ホメオスタシス=恒常性を挙げており、この情動は常に不快から快へと移動するような恒常性を備えると説明している。特にここでいう情動は、ダマシオが「疲労、やる気、興奮、好不調、緊張、リラックス、高ぶり、気の重さ、安定不安定、バランス、アンバランス、調和不調和」といった、身体が常に受け止めている”得も言えぬ感じ”である。この感じはストレスのような身体にかかるエネルギーとして常に身体という無意識の中で外部の刺激を受けながら変化している。

本研究はこのようなダマシオによる情動と感情の分類およびその発生メカニズムや、恒常性に基づいて情動に介入することを試みる。次に、このような情動をどう分類し、実際にデータとして測定・解析するかに関する関連研究を示す。

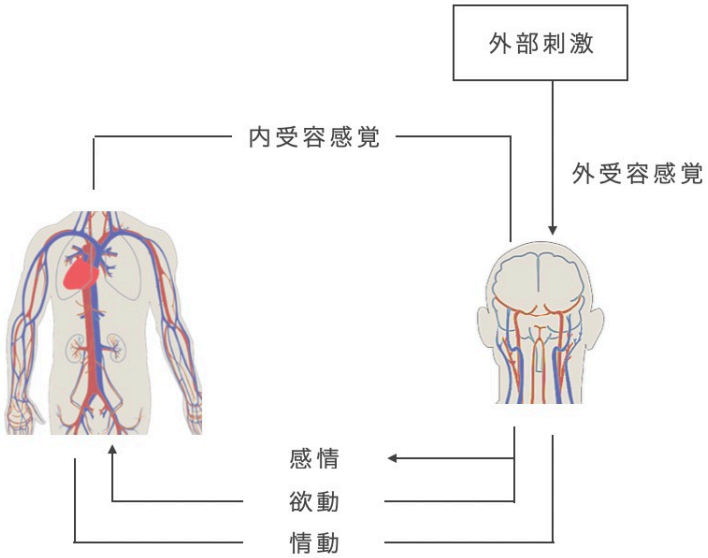

図 2.2 ダマシオの情動/感情モデル (Damasio,A and Carvalho. The nature of feelings.Box1 図を元に制作 [1])

2.1.2 情動のモデルとそれを測定する指標

情動のメカニズムが神経学的、認知科学的な知見から明らかになるにつれて、人の情動をいくつかの根源的な指標に落とし込み、そこから感情との結びつきを考える情動モデルの知見や、情動と身体の強い結びつきから、情動を測定する試みが進歩してきた。これらはいずれも、自分の曖昧な内面への意識によってではなく、記号やコンピュータという外部が情動を理解するということを目指しているといえる。

情動モデル

情動を分類する試みとして最も有名なものとして次元説が存在する。これは、快—不快を示す情動価，覚醒—睡眠で表現される覚醒度といった少数次元で構成された空間を仮定し，情動を連続的にとらえる試みである。例えば、ヴィントによる感情三方向説 [19] では、興奮-鎮静・緊張-弛緩・快-不快という 3 つの情動軸を情動の根源的な指標とし、そこから感情の関係性を示した。また、ワトソン・ミレンソン [2] は、三情動説として、XYZ（たとえば恐怖・怒り・愛）といった形で感情が 3 つの情動を元に生成するとし、ラッセルの円環モデル（Russell,1980）では快-不快・覚醒-眠気という 2 軸から感情がモデル化できるとした [3]。さらに、ウィトブリートとブラナの感情空間では、高-低ネガティブ（恐れ-快適・高-低ポジティブ（喜び-悲しみ）として分類した [20]。こういった分類の中でも、ラッセルの円環モデルはアフェクティブコンピューティングの領域や、工学的な観点で多数応用されている。先行研究では、授業映像から人が感じ取る雰囲気を表現したものや [21]、情動とロボットの身体動作を関連付けた研究などが存在する [22]。これらは、ラッセルの円環モデルが、X 軸が自律神経と関連した快適度、Y 軸が脳活動などと関連した覚醒度から算出することが可能であり、生体情報という観点から情動を測定するフレームワークとして効果的に利用されたためである。

本研究では、扱う情動として、先行研究からの信頼度も高い、このラッセルの円環モデルにおける覚醒度と快適度を用いて、これを任意の状態に維持し続けるような仕組みを目指す。

図 2.3 ミレンソンの感情 3 次元モデル (左) とラッセルの円環モデル (右) [2] [3]

センシング

次元説及びラッセルの円環モデルなどで、いくつかの基本的な情動が明らかになった。これら心理学の成果と同じくして、医療や工学の分野ではその指標となる情動をセンシングから取り出し、次元説における指標と対応付ける試みが存在する。特に、近年は、呼吸や心拍、さらには脳波をモニターできるセンサーなど、生理学的なデータを感知して収集する技術の開発が成熟し、センシングそのものの技術進歩だけでなく、センサーの小型化や低価格化し、図 2.4 に示したような、日常で用いる様々なデバイスの中に組み込まれ、特別な環境やユーザーに対して特別な注意を要することなく、誰しもが日常で使えるようになってきている。

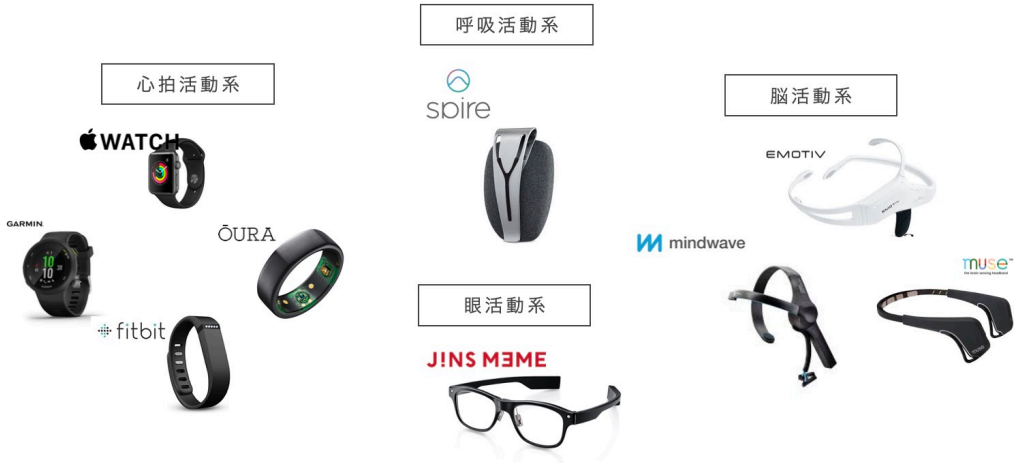

図 2.4 情動測定のためのウェアラブルセンシングデバイス

このとき、情動の指標となる生体データの測定としては、脳波や、視線といった脳活動系の測定、唾液、皮膚電位、呼吸や心拍活動といった内臓や自律神経と結びついた活動レベルの測定などが存在する。自律神経系の測定に対しては、最も手軽な方法でセンシングする手法として心拍センサーが挙げられ、心拍センサでは、HR(心拍数)、HRV(心拍数変動) の大きく 2 つのデータが得られる。心拍数

（HR）は 1 分あたりの拍数で測定されるが、心拍数変動（HRV）は、連続する心拍間の時間（または変動）の特定の変化を測定する。例えば、この HRV が低い時、運動、心理的イベント、または他の内部または外部のストレッサーによるストレスが身体にかかっていることを示す。このように心拍が情動の側面と強く結びついている事がわかっており、菅谷らは、ラッセルの円環モデルにおける快適感 (快・不快指標）を HRV の解析から算出される pNN50 と呼ばれる値で説明できることを示した [23]。また、このような心拍データは、小型の脈拍センサによって簡単に取得できることから、Apple Watch、Garmin、Fitbit など様々なウェアラブルデバイスに組み込まれている。また、心拍と呼吸の関係は RSA として知られており、心電図（ECG）上の R-R 間隔は、吸気中に短縮され、吸気中に延長される。これを元に呼吸パターンからストレス値を測定する技術や、呼吸リズムを誘導することで、間接的でありながら HRV を調節し情動への働きかけが可能になることも知られている。ウェアラブルの呼吸センサである Spire はこういったメカニズムを用いてストレスを始めとした情動検知を試みている [24]。さらに、これら心拍や呼吸の動きは、ウェアラブルデバイスだけでなく、マイクロ波によって非接触のセンシングも可能になってきており、よりユーザーに対して測定の意識を向けることなく測定が可能になってきている [25]。また、呼吸や心拍以外にも、自律神経系の指標として皮膚電位測定 (EDA) も近年積極的に使用されている。これは、ストレス、不安などの心理的な動揺によって、自律神経の交感神経が活発になり手や足の末梢に発汗することを利用して情動を図る試みである。

さらに、脳活動系の測定においては、脳波測定が脳の動きを複数の指標から知ることができるセンシングとして積極的に用いられている。脳波測定では、α 波や β 波, θ 波, γ 波などを観察でき、これらを元に情動の指標である覚醒・睡眠を検出できることが知られている。ウェアラブルの簡易脳波計である Muse はこれらを日常で応用した wearable デバイスである [26]。また、JINS MEME [27] は眼球の活動をメガネ型ウェアラブルデバイスを通じて取得することが可能にした。これら生体データに対して、その測定手法や情動指標への対応付け、さらにそのセンシングにおける暗黙性やリアルタイム性を加えてまとめたのが図 2.1.2 である。

本研究では、ラッセルの円環モデルにおいて、快適度及び覚醒度の指標を、こ

生体データ		測定手法・使用デバイス	得られる情動指標	暗黙性	即時性
脳活動系	EEG	脳波計 (Muse)	覚醒度	△ (簡易脳波計により測定が用意になってきている)	○
	視線・瞳孔	眼電位・視線・まばたき (Jins Meme)	興味度、注目点集中等	△ (メガネ等への装着)	○
自律神経系	唾液	唾液測定 (試験用のChipなど)	ストレス値	×	×
	心拍	心電図,光電脈波 (心電図の方が精度高い)	快適度、緊張度	○ (時計、指輪などにも搭載。様々な皮膚表面に装着可能)	○
	呼吸	圧力センサ、ガス検知	快適度	△	△ (1分あたり6~10回程度の波形しか現れない)
	皮膚電位/発汗	皮膚コンダクタンス測定	緊張度	△ (手のひらへの装着が求められる)	○

表 2.1 情動測定とセンシング

れらセンシングの手法を用いて測定することを試みる。この時、これら指標に対する生体データの対応付けは多数試みられているが、本研究では、暗黙性や測定のリアルタイム性を考慮して、高橋らが用いた心拍データの HRV 解析を快適度、脳波測定における α 波と β 波の比を覚醒度に対応させる手法を用いる [23]。

2.1.3 情動へと介入するインターフェース

神経科学によって情動のメカニズムが明らかになり、さらに、心理学や生体工学の発達で、私たちの内部で生じる情動を分類し、それを生体指標から拾い上げることで情動を客観的な指標として扱えるようになってきた。これらを元に、ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) の領域では、その情動を可視化しフィードバックする技術 (バイオフィードバック) や、特定の刺激を加えることで情動を誘導するリラクゼーション技術など、情動体験を情報技術によって拡張していく様々な取り組みがなされてきた。これら手法は、アフェクティブコンピューティング [13] とも呼ばれその設計思想として、コンピュータが情動を理解し、情動に

合わせて適応することでわたしたちが持つ情動を拡張することを試みている。ここで、先述したダマシオによる情動生成のメカニズム (環境からの刺激が大脳皮質の感覚野や運動野を経由して起こした心拍などの身体内部での変化が、再び大脳皮質にフィードバックされこれを再度知覚することによって情動が生まれる) という考え方に基づくと、図 2.5 から情動体験を生み出すアフェクティブコンピューティングの試みは、環境知覚パターンへの働きかけ、身体内部への直接的働きかけ、身体変化知覚への働きかけ、及び身体変化知覚を強化するという 4 つに分けられることがわかる。

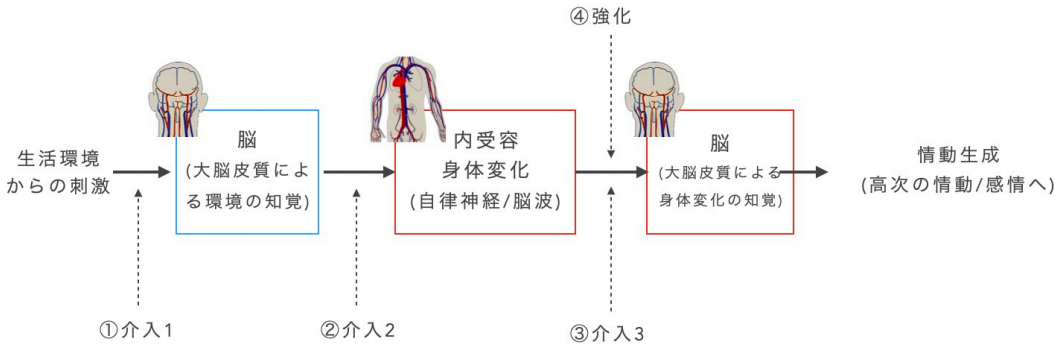

図 2.5 ダマシオの情動モデルに基づく情動体験を生み出す手法の分類 [4]

手法 1) 環境知覚パターンへの介入

暖色は緊張をもたらし、寒色はリラックスをもたらす事も知られている。また、自然の音の周波数はわたしたちをリラックスに導く。このような情動変化は、わたしたちの脳が環境の刺激に対して固有に持つ記憶に基づくものである。このような環境の刺激は五感を通じて知覚され、それ特有の脳神経的回路で処理され、固有の身体反応を起こす。例えば、色の体験の違いは、私たちの心拍活動に影響を与えることが示されており [28]、音の聴取においても、心臓の活動 [29] や、呼吸 [30] に影響を与えることが示されている。もっとも、この外部刺激と情動の関係性は、わたしたちに気持ちよさを作るための空間のデザインや、プロダクトの

デザイン、あるいはアート制作において暗黙的に扱われているテーマである。近年はこれらの中でも特に美しさを感ずる体験を神経学から明示的に捉えようとする神経美学といった学問があるが、これらは作品が持つ形や色と、私たちの感情や情動との関係性を明らかにしようとする試みであり、この介入手法と大きく関わりを持つ学問であるといえる [31]。一方で、このような介入では、刺激に対する身体反応が先天的なものと、色が文化間で異なる価値観で受け止められるように後天的な要素なものがあり、介入手法として扱うにはこれら設計として十分に考慮する必要がある。

手法 2) 身体内部への介入

次は、内受容感覚そのものを直接変化させるアプローチある。これは、環境に対する知覚パターンに基づく生体反応ではなく、心拍や呼吸、内臓そのものを直接的に変化させるアプローチである。例えば、内臓や自律神経系を直接刺激する鍼灸などを応用して、内臓に食道進展刺激を与えると、不快感が増加することが示されている [32]。また、リズム刺激を用いた呼吸誘導により、呼吸や心拍を変化させることで、情動変化をもたらす手法も挙げられる。Yuki らは、クッション型装置で呼吸の体感を上書きし呼吸リズムを制御することでリラックス感を誘発させるシステム「Relaxushion」を発表している。[5]。また、岩下や Omlin らは、振動や、音楽リズムが呼吸にもたらす影響を明らかにした [33] [34]。また、呼吸誘導のぬいぐるみの腹部の動きといった擬人化されたオブジェクトでも呼吸誘導が可能であることが示された [35]。これらの呼吸誘導は、幅広くエントレインメントとよばれる現象に基づいて作用していると言われ、これは体内と体外のリズムが五感を通じて同期する現象である [36]。また、呼吸だけでなく、心拍においても、Chio らは、触覚と音、光のリズミカルなフィードバックによって誘導できることを示した [37]。内受容感覚を物理的に直接する方法に比べて、このような、心拍や呼吸が一定のリズムを持つことから、外部にリズミカルな刺激を生成することで介入する手法は、外部刺激の操作として複数の選択肢を考えることができ、さらに介入 1 に比べると、リズム刺激が身体のみに依存することから、より普遍的に介入できることが期待される。

図 2.6 クッションを用いた呼吸誘導「Relaxusion」[5]

手法 3) 身体変化知覚への介入

身体変化知覚を利用した介入では、偽の心拍や呼吸を外部で操作し提示することで、それを自己の情動だと錯覚させることを利用する。これは、脳が内受容感覚から脳で情動を形成する際に、体内と体外の相互作用によってシグナルが形成されてしまうというマルチモーダルな錯覚を活用している。西村らは、胸部に偽の心拍提示装置を取り付け、それを自己の心拍だと思い込ませることで、緊張感を換気させることを試みている [6]。また、櫻井らは、外部に配置した風船を、はじめは自己の呼吸に合わせて変化させることで、自分の呼吸動作と一体化したものだと思わせた後に、それを外部から介入することで、緊張感を生み出すことを試みた [7]。このようなマルチモーダルな錯覚は、情動生成以外にも、喜怒哀楽といった感情の生起にも利用されており、笑いの感情として生じる生体反応としての笑い声を外部から重畳させることで、笑いの感情が増幅することや [38]、鏡にうつる自己の表情を変形させることで感情変化をもたらすといったことが示されている [39]。一方で、この手法では外部で提示した情報が自己の身体を示さないものだとユーザーに理解された途端機能しなくなることから、提示される情報が、

自己の内受容感覚であると錯覚するための設計が求められ、日常で常時利用することよりもエンタメなどに向いていると考えられる。

図 2.7 左:偽の心拍提示 [6] 右:偽の呼吸提示 [7]

手法 4) 内受容知覚能力の強化

この手法では、手法 1-3 の外部から介入する方法とは違い、人間が本来持つ内受容知覚能力を内部で高めることを目指す。実際に、身体内部で生じていることを正確に感じ取れることと，特定の刺激によって喚起された情動を，より覚醒度の高いものとして認識できることの間に密接な関係性があることは知られている [40]。これらの技術は普段意識されない情動をユーザーにメタ認知させることにより情動能力を拡張する情動の筋トレグッズのようなものであるとも言える。この手法における最も有名なアプローチとして、情動の可視化技術 (＝バイオフィードバック) が挙げられる。視覚化はユーザーの身体活動へのまなざし強化に重要な役割を果たし、通常は目に見えない身体内部を知ることができることから、HCI のフィールドでは、情動との結びつきを強める効果的な視覚化方法について長い間議論してきた。Gervais は、心拍数や脳などの内部状態及び情動を小さなロボットに投影し、日常の中でより親しみやすく自己の内部状態を把握できる手法を提案した [41]。また、このようなデジタルベースの視覚化だけでなく、Knot は生体情報を 3D 印刷し私たちに親しみのある物理的なインタラクションを通じて身体活動を理解することを試みた [42]。

また、内受容知覚能力を高める別のアプローチとして、Roo は、ユーザーの身体活動を反映する小さなマルチモーダル箱庭を提案した [43]。ここでは、可視化された身体状態を表す箱庭とインタラクションをしその世界に没入していく過程の中で、過度な外部からの刺激の受容を遮断することで内受容感覚に集中させることを目指している。またオブジェクトスケールから、空間のスケールへと展開した例として、Vidyarthi らは、ユーザーの呼吸パターンに反応して変化するサウンドスケープに浸る瞑想環境 Sonic Cradle [44] を作り出し、マインドフルな環境を作り出している。また、ExoBuilding [8] では、光、音、物理的な空間の変化を用いてバイオフィードバックデータを提示し、没入的なリラクセーショントレーニング環境を作り出している。これらは、可視化を目的とせずに、手段として用い身体内部状態が可視化された特別な没入環境を制作することで、生活の中で過度な外部の刺激を遮断するアプローチであると言える。このようなアプローチは瞑想やマインドフルネスで得られる効果と類似しており、いずれも外部の刺激を遮断して内受容知覚そのものにフォーカスさせることを目指している [45]。

可視化のアプローチにおいては、ユーザーはその恩恵を得る過程で対象に意識を向ける必要があるが、過度な外部刺激を遮断する没入の仕組みを作るというアプローチは、ユーザーの注意なしで機能するより暗黙的なインタラクションとして扱える可能性が存在する。

本研究は、情動測定に基づいて、上記の手法を組み合わせながら情動に自律的に介入することを目指す。このとき、手法 1 は、より多様な選択肢を可能にする一方で、その情動との結びつきが一意でないことから、設計にあたってはより普遍的な要素を選択することが求められる。また、手法 2 では、呼吸誘導や心拍誘導を実現するためのリズミカルな刺激が生成可能な要素をうまく活用することで介入することが可能になる。一方で、手法 3 は、日常的な利用に向かないことから本研究では扱わない。同様に手法 4 も、可視化のアプローチはユーザーにとって注意を必要としてしまうことから本研究で目指す暗黙的なインタラクションの実現としては扱うことが難しいが、過度な外部刺激を遮断する没入の仕組みを作るというアプローチは、ユーザーが日常生活の中で一つの対象に暗黙的に没入す

図 2.8 環境全体を用いたバイオフィードバック [8]

る仕組みを考えることで実現できる可能性がある。また、これらはいずれも、外部からの刺激を変化させることで介入の実現が可能になるが、本研究ではより暗黙的な介入を試みることから、これら刺激を提示する媒体としてアンビエントという媒体に注目し、その性質と上記のアプローチを組み合わせてより暗黙的に情動を変容させる手法を考える。

2.2. アンビエント媒体を用いた情報提示

2.2.1 アンビエントとは

アンビエント とは、言葉の定義として「包囲した、取り巻く」という意味の形容詞で用いられている。日本語では空間における雰囲気とも訳すことができるように、広い意味で場や空間にまつわる言葉である。また、一般にアンビエントという固有名詞で知られているのは、ブライアン・イーノによる音楽概念であり、アンビエント音楽とも呼ばれる。この音楽のジャンルは「意識することも無視する

こともできる音楽」であり、特定の注意を持って鑑賞する態度とは異なり、一つの環境と結びつき、または環境を作り出す音楽である。アンビエントは、従来のスマホやラップトップといった意識を向ける対象とは違って、常に身体を取り巻く存在ゆえに、意識されない存在でありながら、私たちの無意識の身体へと常に刺激を送り続けている存在であるとも言える。このような性質をデザインに生かして、プロダクトデザイナーである深澤直人も「モノからアンビエンス」という考えのもと、家具や日常で私たちが使用するすべてのモノを空間の背景に融けさせることを目指したデザインを行っている。またこれらの議論はHCIの領域においても応用されており、石井らはアンビエントルーム [9] を開発した。これは、情報技術が埋め込まれた環境を構築し、天井や物の動き、自然音などを通じて意識下に情報を提示するコンセプトである。これらは、ユーザーに特別な注意を要することなく、情報を提示する手法であり、フォアグラウンドのタスクに対して同調しながらバックグラウンドで情報を提示できるコンセプトであることから、常に何らかの情報を提示しつづけたいような場合に活用できる媒体であることがわかる。これは実際に、生体データのアンビエントな提示としてアフェクティブコンピューティングへも利用され始めている。

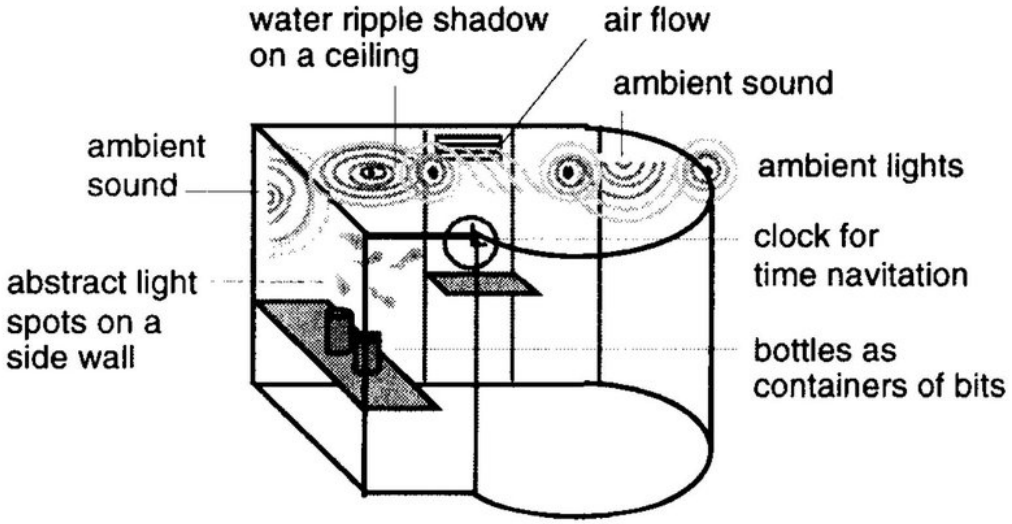

図 2.9 Ambient Room [9]

2.2.2 アフェクティブコンピューティングへの活用

アンビエント媒体を用いて情動を情報技術で拡張する試みとして、ユビキタスバイオフィードバック [46] の考え方が挙げられる。ユビキタスバイオフィードバックでは、利用者の注意の周辺部や環境に埋め込まれたアンビエント媒体を活用して情動を可視化する試みである。例えば、横山ら [47] は、ユーザーの背景的な意識を活用してリアルタイムで心拍数を音楽の形で提示するバイオフィードバックシステムを開発した。また、Moraveji ら [48] は、呼吸バイオフィードバックをデスクトップ OS の画面を横切る半透明のグレーのバーがアニメーションで表示することで、ユーザーのフォアグラウンドタスクを弊害することなく呼吸にまつわる生体反応の可視化をおこなうことを試みた。これらはデスクトップという情報環境におけるアンビエントを活用した例であり、介入においては内受容知覚能力を高めることに貢献している。また、これを日常空間におけるアンビエント媒体を活用した例として、わたしたちを常に取り巻く周辺光を利用して、バイオフィードバックを行った例や [49] [50]、自然音を環境音に入れ子構造にすることでバイオフィードバックを行う例などが挙げられる [51]。またバイオフィードバックではなく、特定の環境変容によるリラクゼーションという観点では、Staahl らは、温度変化を用いてリラクゼーションを作り出しており [52]、さらに Konel らは、かすかに風になびくようにゆらぐ壁を制作し、自然のゆらぎで脳を弛緩させリラクゼーションを作り出している [10]。

本研究は、この現実空間のアンビエント媒体において、より日常で暗黙的に接する光や音、振動、オブジェクトといった媒体に注目する。このときバイオフィードバックや一方的なリラクゼーション刺激ではなく、情動をある理想状態に一定に保つというゴールの元、アンビエントの暗黙性を損なうことなくアクティブに自己の情動状態に合わせた刺激を提示することを目指す。このときの介入手法は、それぞれのアンビエント媒体が持つ性質を考慮しながら、主に環境知覚への働きかけ、内受容器官への直接的働きかけ、没入感の操作という 3 つの手法を組み合わせて行う。これらを、ウェアラブルセンシングや情動の分類手法と組み合わせて、暗黙的に測定及び介入を組み込んだインターフェースを構築し恒常性の補綴

図 2.10 自然のゆらぎを表現する壁「TOI」[10]

を目指す。

2.3. 二章まとめ

第 2 章では、情動に対して情報技術がどう関われるかをまとめ、特に、測定及び介入という観点で本研究で扱う手法を示した。さらに、介入においてアンビエントの考えを組み合わせることで、情動の恒常性に対して、暗黙的かつ自律的に調整する情動インターフェースのあり方に対して新しい可能性を考えた。第三章では、これらを元にデザインコンセプトとシステムのモデルを提示する。

第 3 章
デザインコンセプト

第三章では、身体を取り巻くアンビエント媒体を用いて測定に基づいて情動を自律的かつ暗黙下において調整する情報システムのデザインコンセプトを提示し、本研究で扱う情動とその測定および介入モデル、アンビエント要素の操作に関するユースケースを示す。そして第四章では、想定されたユースケースの中でも、光と振動、音、オブジェクトを用いてシステムを制作し、検証を行う。

3.1. コンセプト

私たちの身体は、その一部の機能として情動と呼ばれる機能を持つ。この情動とは、喜怒哀楽といった心で意識される感情とは区別し、それ以前の外部からの刺激によって体が無意識に受け止めている快・不快、ストレスと呼ばれるような感覚を指す。そしてこの情動は、身体と心を媒介として、一方では身体の生命維持と結びつき、一方では感情生成と結びつき心の健康維持のための源泉となる。この情動の最も大きな働きとして、わたしたち生活の中で不快な刺激を避けて快刺激を追求するような恒常性維持の仕組み (コントロールループ) を備えることで心身の健康維持に貢献しているが、現代のような刺激過多な時代においては、それが十分に機能しなくなる場合があり、それによって心身の病を引き起こしている。ストレス反応に気づけない、あるいは気づいているのに目先のタスクを優先して体のバランスを崩してしまう。

そこで、本研究は、恒常性のあり方に基づいて、心拍や脳波といった生体データから身体の内部と結びつきが強い情動をリアルタイムで測定し、それに応じて情動に影響を与える光や、音、振動といった、アンビエントと呼ばれる常に身体

を取り巻く空間内の環境媒体からの刺激を操作することで、日常の中で情動を理想的な状態へと調整するような自律的システム及びそれらが意識下で動作するためのインターフェースのデザインを実現する。

この手法は、これまでは情動というシグナルを体が受け止め半意識的な行動選択によって支えられていた日常での情動による恒常性維持のしくみを、周囲のアンビエント媒体が測定に基づいて現在の情動から最適な情動に合わせて変化する新しいコントロールループの層を形成することで、測定システム及びアンビエント媒体を身体の情動を調整する一つの器官のように身にまといながら快楽的な生活を実現する。

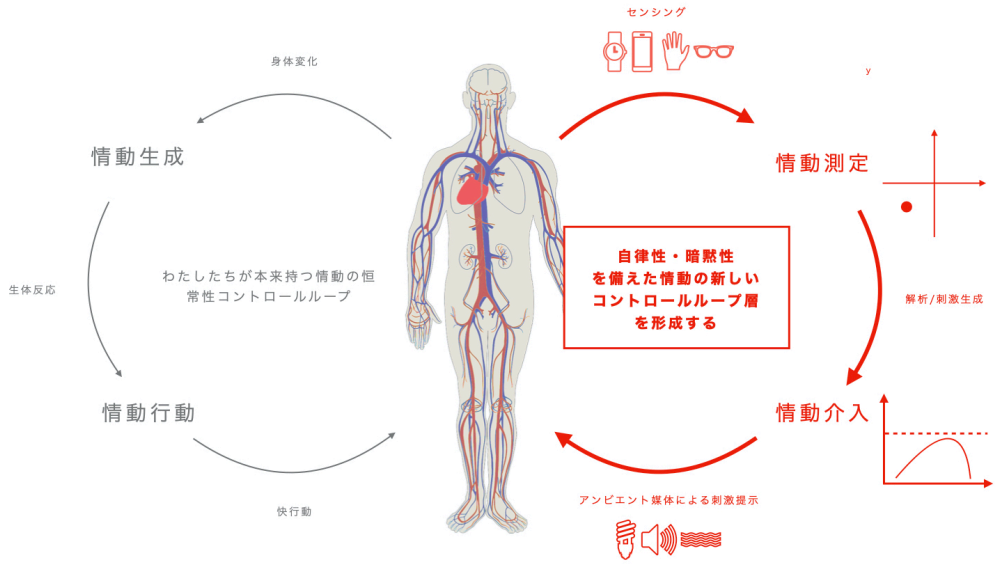

図 3.1 コンセプト

このコンセプトの実践は以下の貢献を持つ。

1つ目は、わたしたちが日常で用いる情動機能の補綴・拡張による生活の豊かさの実現である。私たちが持つ情動や感情は、現代において過剰な刺激にさらされ正しい操作能力を失ってきている。本研究は、人間の情動の恒常性における自律性・暗黙性に基づいて、情動を補綴することで快楽的なウェルビーイングの向上に貢献する。

2つ目は「アフェクティブコンピューティングの新しい地点を生み出す」ことである。現在アフェクティブコンピューティングのフィールドでは、情動測定に対するバイオフィードバックや情動へと介入する刺激の創出が主なアプローチとして扱われている。バイオフィードバックでは、ユーザーの情動能力を高めユーザーに対して最適な情動行動を促す事ができる一方で、情動を調整することはフィードバック後のユーザーの意識的な努力に依存し、介入までは十分に踏み込めない。また、情動介入刺激の創出においては、情動調整を行う事ができる一方で、そのために特別な環境が求められることや一方的な提示だけにとどまっており、生活の中で状況に応じた刺激を与えることができていない。本研究は、情動に対しての情報技術の関わりを恒常性の補綴という観点から捉え直し、わたしたちが生活を送る中で働かせる情動機能のように、日常において測定から介入までの一連の流れが自律的かつ暗黙的に作用するアフェクティグコンピューティングの新しい形を示す。

3つ目は「アンビエント媒体の新しい活用法」である。近年、光や音、温度といった環境媒体は、IoT デバイスの登場などもあり、情報操作する対象として利用され始めているが、一方で、サーモスタットや帰宅を検知して光を付けるといった生活を成り立たせる機能としての側面しかフォーカスされていない。ここに、私たちの情動という機能に合わせて自律的に変化するアンビエントという考えを持ち込むことで、身体内部と接続される IoT デバイスの新しい活用手法 (=Affective of Things) の可能性を見出す。

4つ目は「情動と空間の新しい関係性を示すこと」である。これまで、私たちは居心地や、気分という曖昧な言葉を使用して、空間から感じ取る気持ちよさを表現していた。そして、空間はあくまで固定化されたものであり、私たちは自分たちに適した場所を選択することで、この気持ちよい空間を享受することができた。本研究は、アンビエンスという観点において空間が情動に与える影響を因数分解していき、情動と空間の関係性を明らかにしていくことに加えて、それに基づいて情動に自律的に介入することを試みる。これらは、わたしたちが場所を選ぶのではなく、場所がわたしたちに合わせる（=アダプティブアンビエンス) という新しい考えに繋がると考える。

3.2. Design Requirement

日常における情動の恒常性を補綴する新しいコントロールループ層を実現するシステムを設計するにあたっては、用いるシステムは以下の要件に沿ってデザインされることが求められる。

- **システムの自律性 (+即時性)**

  生体データから情動の算出およびそれに基づいた情動介入のための刺激シグナル生成とアンビエント媒体による提示の一連の流れの全ては、ユーザーの介入なしで自律的に行われることが求められる。また、これら自律的なループにおいて、センシングから情動の算出及び刺激の生成は短時間で行われるべきである。さらに、そのアンビエントによってもたらされる刺激もユーザーに対して短時間で影響を与えるものであることが求められる。

- **インターフェースの暗黙性**

  システムがユーザーに接する境界面において、バイオセンシングや、刺激を生成するメディア装置は、装置そのものを意識しないような設計であることが求められる。特にセンシングデバイスは、装着にあたって移動式および軽量であり身体の一部という意識を作ることが求められ、また環境に配置するアンビエント装置はユビキタスコンピューティングの思想に基づきながら環境に溶け込むことが求められる。そのためにも、アンビエント装置によってもたらされる刺激は、アンビエント本来が持つ暗黙性を損なわないよう、常にバックグラウンドで刺激を提示し続けられるようなしきい値の調整が求められる。

以下本章では、自律性、暗黙性の 2 つの要件に基づきながら、情動の測定および介入を行う情報システムのモデルを示す。

3.3. 本コンセプトにおける情動の測定および介入モデル

本研究で扱う情動は、ダマシオが情動ないし背景的感情と呼んだ「疲労、やる気、ストレス、興奮、覚醒、好不調、緊張、リラックス、高ぶり、気の重さ、安定不安定、バランス、アンバランス、調和不調和」といった、身体の中で漠と流れているエネルギーのようなものである。私たちは時にこれらを総称して気分と称するが、これら背景的情動に関しては、身体との結びつきが強く、第二章で示した方法を用いることで、身体に無意識に表出している指標から測定可能であり、かつ外部からの身体に対して特定の刺激を加えることで介入をすることが可能である。そこで、これらの情動による恒常性機能を補綴するにあたって、上記のようなデザイン要件の基づきながら、測定及び介入が自律的、暗黙的、即時的に作用するためのシステムのモデルを示す。測定モデルにおいては、取り得るセンシング手法及びデータのマッピングに利用する情動指標を示し、介入モデルでは情動の値を元にした、アンビエント刺激シグナルの生成及び操作するアンビエント媒体のユースケースを示す。

3.3.1 情動の測定モデル

情動の測定にあたっては、アンビエント刺激を生み出すために情動を任意の指標で表し、そしてその指標に対してユーザーに対して即時的、暗黙的にセンシングする手法が求められる。

扱う情動モデル

測定を元に、刺激のシグナルを生成するために、背景的な情動の中から主要な情動を元にモデルを構築していく。これらモデルは第二章で示した次元説において、三次元モデルや二次元モデル、ストレスによって表すなど様々な指標が考えられるが、本研究では、先行研究からの信頼度も高いラッセルによって提唱された円環モデルを参照する。この円環モデルにおいては、基本的感情と情動の関係を、Valence（快適度）と Arousal（覚醒度）の二軸の情動値から結びつけている。ここでは、この快適度と覚醒度を調整するべき情動として扱うことを試みる。

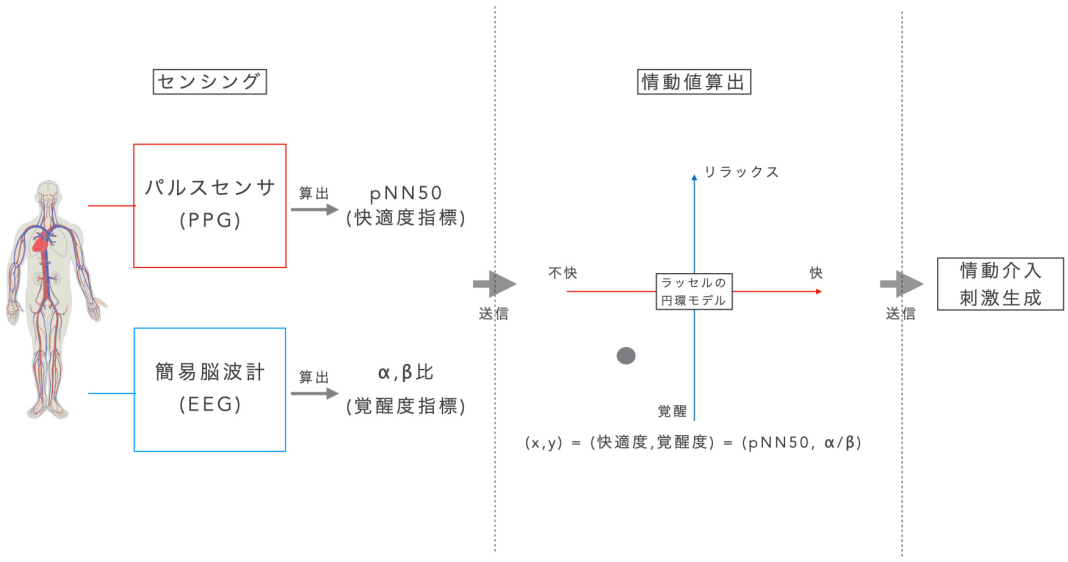

図 3.2　情動の測定モデル

センシング及びマッピング

快適度及び覚醒度を測定する手法として、脳波や、視線や脳波測定による脳活動系の測定、唾液、皮膚電位、呼吸や心拍活動といった内臓や自律神経と結びついた活動レベルの測定などが存在する。本研究は、情動レベルがユーザーに対して特別な注意を要することなく測定できることが条件であることから、第二章でまとめた図 2.1.2 からより暗黙的かつ短い時間でのセンシングが可能な形式の手法を用いて、ラッセルのモデルにおける覚醒度及び快適度の測定を試みる。

このとき、横軸 (X 軸) である快適度（快・不快）の指標は、自律神経系の指標として ECG や呼吸センサ、EDA センサの中でも最も装着性及び汎用性に優れた ECG を用い、ECG によって解析できるデータの中で快適度との相関があり、かつ短時間での測定が心拍変動 HRV の指標である pNN50 と呼ばれる値を算出する。

また、縦軸 (Y 軸) である覚醒度 (リラックス・覚醒) の指標は、脳活動系の指標として、EEG や眼電位等の中で脳活動を直接的に知ることができ、かつ近年ウェアラブルデバイスの登場で日常においてより簡単に測定できることができるようになった EEG を用いて、その中でも覚醒度の指標となる脳波の α 波, β 波の比率を算出し、y の値として取り出す。

これらの算出された値は、ユーザーの情動 (快適度, 覚醒度)=(x,y) として数値として扱われ、身体を取り巻くアンビエント媒体を用いた刺激のシグナルの生成に用いる。

3.3.2 情動への介入モデル

介入においては、リアルタイムで測定された情動 (x,y) の値から自律的に快適度及び覚醒度の情動へと介入するための刺激を生成し、アンビエント媒体を用いてユーザーに提示する。例えば、不快かつ高い覚醒状態が見られたときは、快状態かつリラックスが維持されるような刺激が生成される。この時、与える刺激として、X 軸方向の快適度は、快が維持されるような刺激を生成し、Y 軸の覚醒度に対してはリラックス状態が維持されるような刺激を生成することを目指す。これらの刺激量は情動の値 (x,y) に基づいて算出するが、この時ユーザーに対してフォアグラウンドのタスクを妨害するような過度な刺激を避けるため、使用においてユーザーによるしきい値設定を設けることを試みる。これら、生成された刺激は、アンビエント媒体を用いてユーザーにバックグラウンドに介入する。

快適度への刺激生成

快適度に関しては、快情動を強め不快情動を弱める方向性へと自律的に介入することを目指す。その手法としては複数の選択肢が考えられるが、この快適度の指標は、自律神経系の指標であり、心拍変動との相関が強いことから、より高水準な調整が期待できる介入手法として、2 章で述べた情動体験を変化させるための 4 つの手法の中でも、アンビエント媒体を用いて、身体内部への直接的働きかけとして共鳴呼吸を誘導するアプローチを選択する。これは、心拍変動の指標となる pNN50(HRV) の値は、呼吸との結び付きが強く、先行研究から、6 サイクル/分程度 (HRV の最大振幅を生み出す呼吸周波) の共鳴呼吸リズムを誘導することによって快情動を生み出されることを利用する [53]。この呼吸の誘導においては, エントレインメントと呼ばれる外部刺激と自己の運動リズムの同期現象を利用し、視覚や聴覚及び触覚といった五感を通じて幅広い手法で呼吸を誘導することが期

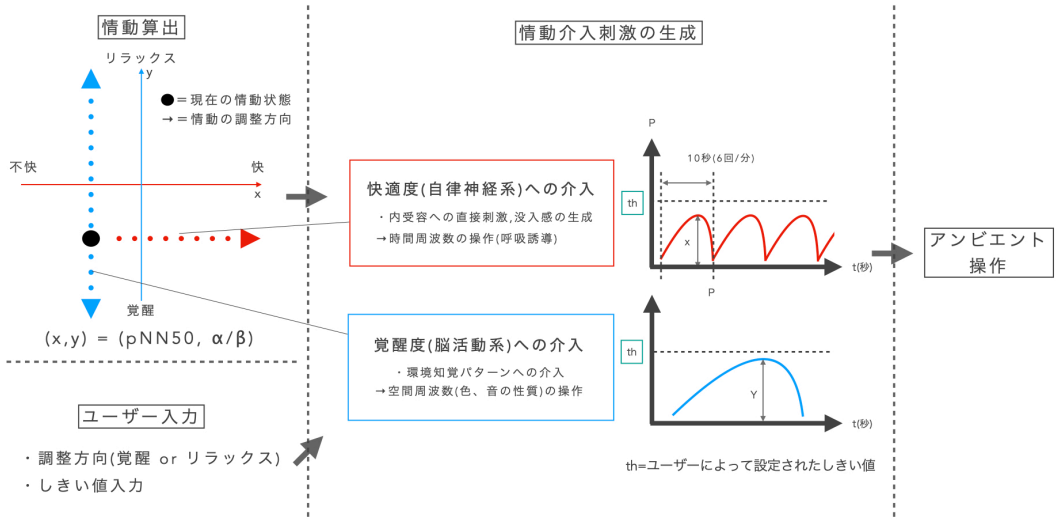

図 3.3　情動の介入モデル

待できる [54]。さらに、この手法は、呼吸とリズムを合わせていく中で空間と共鳴し、空間に対する没入感 (イマージョン) を生み出すことが予想され、身体内部知覚能力を高めるマインドフルネスで得られるような快の獲得が促進される可能性も同時に期待できる [45]。この時、呼吸誘導のための刺激量は x(快適度) の値によって調整され、x が最小のとき (最も不快) の時、刺激量は最大となり、x が最大のとき (最も快) の時、刺激量は最小となるような設計を考える。これは過度な刺激を与え続けることを防ぐ目的がある。また、共鳴呼吸に関しては、システムのインストールの際に算出する。これは、4.5 7 回の周期でそれぞれユーザーに呼吸を行わせ、HRV の周波数と時間領域の測定値から HRV の変化が最大になる呼吸数を見つけられることが知られている。

覚醒度への刺激生成

覚醒度に関しては、状況に応じて覚醒状態が維持されることが求められる場合があるが、本研究では簡単のためリラックス状態が維持されることを目指す。その手法として、覚醒度は、脳活動系の指標であり脳波によって計測されることを

考えると、呼吸の誘導といった身体内部に対する直接的な刺激ではなく、光の色、匂いの性質、音、温度といった脳が刺激に対して固有にもつ環境知覚のパターン(印象)を変化させるアプローチの可能性を考える。例えば、クールな色や自然音は、覚醒度を鎮めることが知られているが [55] [56]、こういったアプローチを情動に合わせて自律的に変化させることで覚醒度に対して介入を試みる。この時、快適感同様、刺激量 y は、y が最小のとき (最も覚醒) の時、刺激量は最大となり、y が最大のとき (最もリラックス) の時、刺激量は最小となるような設計を考える。

また、快適度及び覚醒度に介入する刺激の生成にあたっては、介入刺激で用いるアンビエント媒体の刺激量が意識に上ること、あるいは生活を邪魔しないようにするために、その変化量の上限はユーザーの手によってはじめに調整される。次に、これら快適度及び覚醒度への介入の方向性を元に、アンビエント媒体による刺激可能性と照らし合わせ、想定できるユースケースを示す。

3.3.3 アンビエント操作及びそのユースケース

本研究は、呼吸誘導による快適度 (X 軸) への介入、および空間に対する環境知覚変化による覚醒度 (Y 軸) への介入に用いる刺激媒体として、日常空間におけるアンビエント媒体を用いる。アンビエントとは、第二章で説明したような、光や音といった常に私たちの身体を取り巻く環境に含まれる媒体である。このようなアンビエント媒体は生活を成り立たせる機能に加えて、わたしたちの情動は常にバックグラウンドでこれらから刺激を無意識に受け止めていることから、情報提示としてユーザーのフォアグラウンドを妨害せず、常に刺激を与え続けることが可能になる。このような媒体と私たちの身体との関係性を表したもの図が 3.4 になる。このとき、身体と自分が定位する建築や部屋には図のような関係性が考えられる。床のような身体に常に接しているような場所には振動が常に存在し、身体と空間の間には、音や、空気、光といった媒質が充満している。そして、物質的に触れられるものとしては、壁や天井、床といったオブジェクトが存在する。そして、これらは、それぞれ異なった知覚器官を通じて私たちに刺激を与えている。本研究では、日常空間のアンビエント媒体をその性質の違いから大きく 5 つのア

ンビエント (光・音・空気・振動・オブジェクト) に分類する。

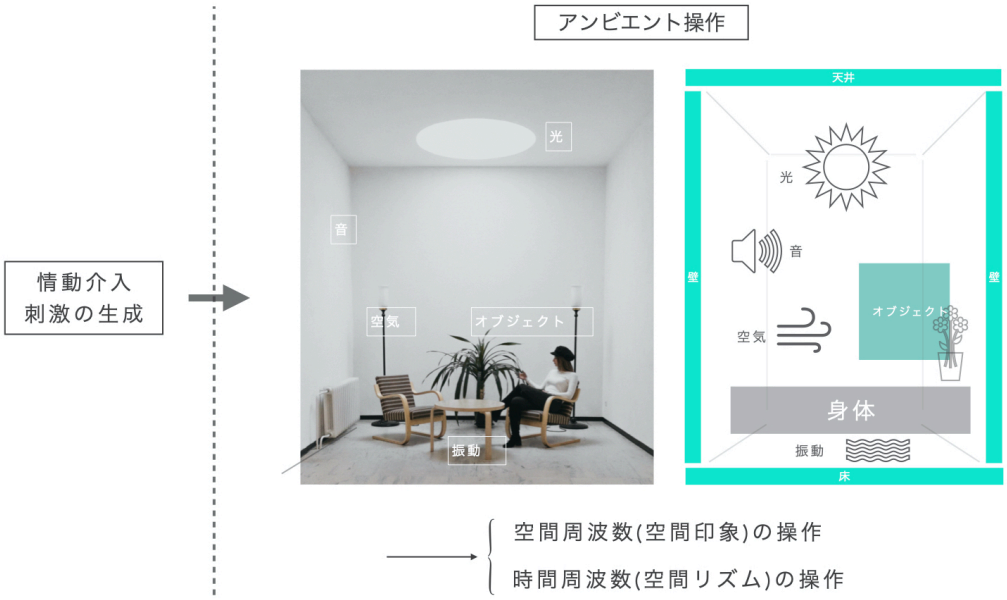

図 3.4　身体とアンビエントの関係図

そして、このような分類及び身体との関係性の中で、利用可能な媒体とその媒体が生み出せる刺激のユースケースを、デザイン要件及び快適度と覚醒度への介入手法に照らし合わせながら考えていく。また、現在では光源、エアコン、加湿器、スピーカー、振動子といったアンビエント刺激を生み出すデバイスが、インターネットに接続され、単一の刺激を生み出すだけでなく、実時間で変化させることが可能になってきている。したがって、こういった IoT デバイスの使用可能性についても同時に検討する。

光によるアンビエント刺激

光は現代において、私たちが昼夜ともに活動する中で不可欠な要素である。それと同時に空間の雰囲気を作り出し、私たちの気分を換気する。このように光から私たちは常に多くの刺激を受け取っている一方で、光は常に身体を取り巻くことから、常に生活の背景に置かれている。光を意識に上らない程度に変化するこ

とは、暗黙的な情動誘導に対して効果的な媒体であることが予想できる。この時、情動を誘導するような光を操作するにあたって基本的なパラメータとして、色 (色相、彩度) と光 (照度・照らし方) との大きく 2 つに分けて考える。

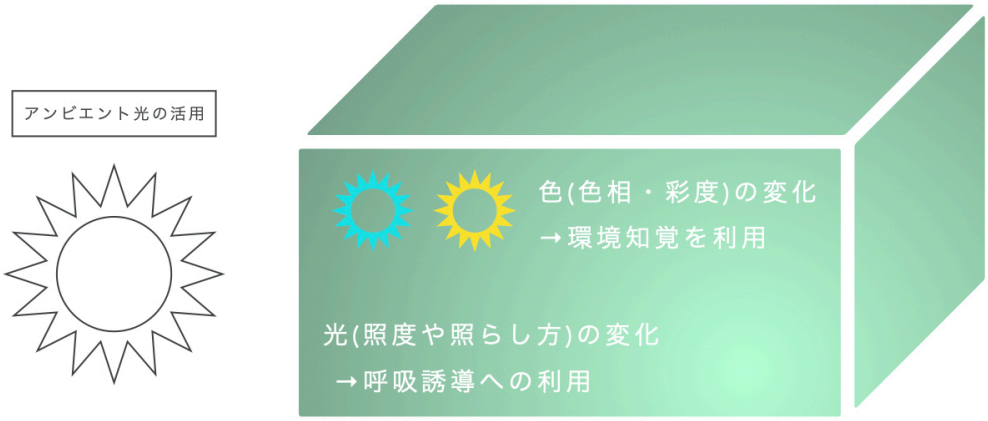

図 3.5　アンビエント光を活用したインタラクション

光と情動の関係性を考える時に、色は最もわたしたちに与える影響の強い要素であるといえる。クールな色のライト（緑、青、インディゴ）は、個人の生理的覚醒レベルを低下させ、ホットな色（黄色・オレンジ・赤）は気分を高めるまたはリラックス効果を示すことが知られている [55]。近年では、色の光療法 [57] が、ストレス緩和や心身症の治療に対して多くの臨床のフィールドで実施されている。このように色を作りたい情動、特に覚醒度に合わせてリアルタイムで変化させることは、アンビエント操作における一つのインタラクションとして考えることができる。一方で、色は文化による価値観によって、多少変容することから、細かい色の調整には慎重になることが求められる。

また、明るさの変化や光の照らし方といった光の性質そのものも情動の誘導可能性として考えられる。光の照らし方を一点からの光から全体になじませるように間接照明に切り替えると、エロティシズムによる緊張感を醸し出し、逆に、蛍光灯で照らし出される一点の光には、冷たさ、死の欲動、タナシスを連想する。日

本建築は光の微細な感じを操作することに長けているが、光が無意識に身体の情動に醸し出す影響を考慮していたのかもしれない。この光の照らし方に注目すると、快適度の調整として、集中的な光と拡散的な光を交互に時間変化させることで、空間が呼吸するというメタファーを創出し、呼吸誘導に扱える可能性を考えることができる。さらに、このような光の空間スケールでの変化は、同時にユーザーに対する没入感の生成も期待できる。

現代では、これらの光の操作は Philip Hue [58] を始めとし照明の IoT デバイスなどを用いて環境に合わせて実時間で変化することなどが可能になってきた。Hue は映像に合わせて光を変化させる、生活スタイルに合わせて電気を操作するなどエンタメや実用性という観点で様々なインタラクションがすでに存在するが、こういった手法に対して情動という観点を組み合わせることで IoT を通じた光と関わりを更に深める可能性を持つ。

音によるアンビエント刺激

「音」は日常的に空気と同じように身近で当たり前の存在として認識している。窓を開けると鳥の鳴き声が聞こえ、パソコンでの作業では Mac のキーボード打音が鳴り響く。このような生活の背景にある音は、もはや私たちの意識に登ることはない。このような生活の背景にある音を調整することで、情動の誘導可能性を考える。

音と情動の関わりを考えていく時に、音に対する印象を活かすことができる。私たちが普段スマートフォンの Music アプリを通して最も触れるような楽曲は多様な”色”を持ち、例えばハイテンポやゆったりとしたテンポの曲はわたしたちの神経の震わせ方にも影響を与えることが知られている [59]。このような音の性質をもとに、暗黙的に情動を調整するようなインターフェースを考える場合には、自然音が有効的に活用できる。自然音はリラックス効果などが存在し、実際に、噴水と鳥のさえずりからの音の混合物は、自律神経系を介してストレス緩和効果があることを示している [56]。また、自然の音は、私たちの周りの「日常の音」の中で非常に一般的であるため、直観的に理解され、屋内の音響環境にシームレスに入れ子にすることが可能になる。逆に、テーマをもった楽曲などはユーザーの

図 3.6　アンビエント音を活用したインタラクション

好みという意識が介入することや、自然音に比べると音が非日常的であることから、意識に登りやすく本研究で扱いたいインターフェースとしては不適切であることがわかる。この自然音を与える刺激量を、覚醒度などに合わせて変化させることで、情動を暗黙下に変化させることができる可能性を持つ。また、この時、場合によってはあらかじめライブラリーに搭載された自然音を操作するより、効果的に外部からの自然音を取り入れるように窓の開閉といった操作をすることでより自然的な入れ子構造を実現できるかもしれない。

これらの音の性質以外にも、光同様に音の流し方や音の強度を時間変化させることで、緊張感や弛緩、あるいは呼吸誘導を生み出せる可能性も持つ。実際に、ヘッドフォンのように体の近くで発生する音と、空間全体に流れる BGM のような音の摂取は、異なったストレス緩和、リラックスをもたらすことが知られている [60]。また、光同様に音の集中広がりのサウンドスケープを複数スピーカーによって表現し呼吸のメタファーとして表現することで、呼吸誘導や没入感の生成に使える可能性も考えられる。

また、現代では、音を発生させるメディアが CD といった物理的メディアから、デジタルメディア主流になっており、ユーザーの好みの音楽を提供するといった音の操作は簡単に生み出せるようになってきた一方で、情動に合わせた音の扱い

方などは十分に扱われていないことから、これらの手法は音のメディアとして新しい視点を提供する可能性がある。

空気によるアンビエント刺激

空気は温度、CO2 濃度、湿度や、匂いといった情報に加えて、風や空気圧といった様々な要素を持つが、水蒸気を含む身の回りにある気体のことを私たちは一般的に空気と呼ぶ。ジメジメした湿度の中では不快感がたまっていき、ラベンダーの香りはリラックスを生み出すように、これら空気も情動に強い影響を与える要素であるといえる。空調メーカーの Daikin は”見えない空気をデザインする”というコンセプトのもと空気が身体にとってきもちよくなるような空調のデザインを目指している。

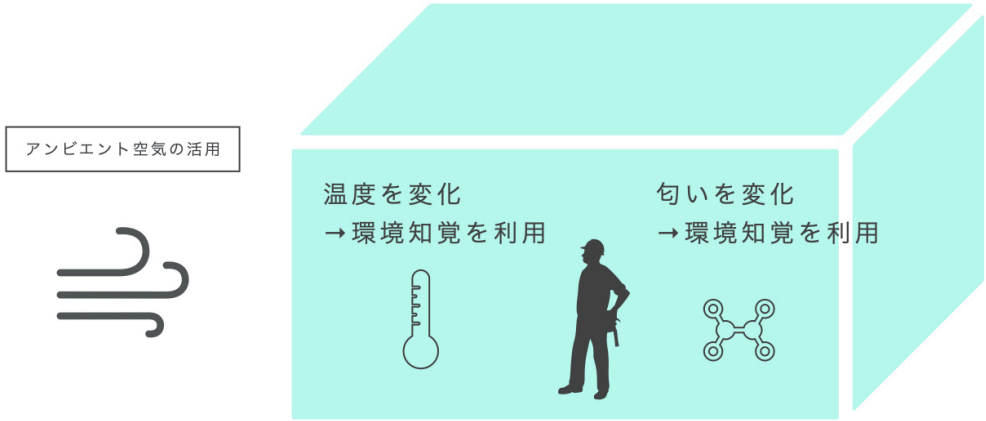

図 3.7　アンビエント空気を活用したインタラクション

この中でも、情動に対して影響を与えかつ実時間で調整可能な要素としては、温度から受け取る環境知覚パターンへの働きかけを利用すること考えることができる。そもそもエアコンなどに含まれるサーモスタットが設定された一定の温度になるように恒常性を持って自己調整するインターフェースであるように、緊張

し体温が上がったときは、温度を緩やかに下げることで緊張の緩和を助けるといったインタラクションの可能性が挙げられる。実際に、Salminen は温かい温度刺激と冷たい温度刺激がストレスや覚醒度に対して与える影響を示している [61]。このように温度への印象は緊張やリラックスと結びつきやすいことから実現したい情動に合わせて暗黙的に調整することで、ユーザーの情動に影響を与えることができるかもしれない。また、温度以外にも環境知覚パターンの利用として、匂いなどもアロマを炊くことで、情動に影響を与えることができることが容易に想像できるが、匂いの場合出すのは簡単だが、消すのは難しいと行った実時間でのコントロールの難しさや、好き嫌いという好みの介入が入りやすく、日常におけるインターフェースとして扱うには十分な設計が求められる。

現代では、エアコンから加湿器まで室内の空気のアンビエント性を作り出す様々なデバイスがネットワーク接続され始めている。そこでは、ユーザーが設定した温度や湿度に室内を保つといった実用的な利用しか行われていない。光や音同様に、これらデバイス調整において情動という指標を持ち込むことで新しいデバイスの活用を生み出せる可能性がある。

振動によるアンビエント刺激

空間内のアンビエントを考えていく中で、振動というものも雰囲気を示す一つの要素になる。電車の揺れや、誰かがドアを開け示した時に、床や壁から伝わってくる振動は空間からわたしたちが受け取る刺激の一つである。また、特に日本では地震が多く発生するが、地震は空間全体を大きく揺らし、わたしたちを不安をもたらす要素でもある。一方で、他人の胸に手を当てた時に伝わってくる一定のパターンを持った振動の刺激は時に人を落ち着かせることがある。このような振動を操作するにあたっては、振動から受け取る印象を変化させ環境知覚に働きかける手法と、振動の時間的リズムを用いて呼吸誘導などを実現する手法が考えられる。

振動の印象を変化させるという観点において、現代は触覚において光の色と同じように基本的言語を作ろうとうする試み [62] や、身の回りに存在する触覚をデータ化し、機械によって表現する試みが存在し [63] [64]、このような知見やツール

図 3.8　アンビエント振動を活用したインタラクション

を利用してザラザラ感やふわふわ感といった身体に与える触覚を自由に変化させ触覚に対する環境知覚パターンに働きかけることで、情動調整が実現できる可能性がある。

また、振動の振幅 (=振動の大きさ) を変化させリズミカルな刺激パターンを生成することで、心拍や呼吸を誘導できる可能性を持つ。Choi らは、ウェアラブルデバイスを通じて触覚振動を与えることで心拍誘導を与えることができることを示した [65]。これは触覚のエントレインメント (引き込み現象) を用いたインタラクションである。振動においても、呼吸といったパラメータを誘導したい情動に合わせてうまく利用することができるかもしれない。また、この様な振動を空間全体に適応させることで空間に対する没入感を生み出せる可能性も存在する。

ここで、日常におけるアンビエント媒体を生み出す光や音を発生させるメディアは多く存在するが、振動においては携帯の通知といった情報提示にとどまっている。床や椅子、ベッドなど普段わたしたちが生活する中に触覚振動をうまく組み込み情動操作として扱うことで、新しく操作する IoT として触覚振動を位置づけられる可能性を持つ。ただし、いずれも振動は意識に上りやすいアンビエンス媒体ゆえに、刺激提示の要素として用いるには、ユーザーに意識されないよう十分なしきい値の調整が求められる。

オブジェクトによるアンビエント刺激

私たちは生活空間の中で物や建築が持つ特性を無意識に受け止めながら生活をしている。例えば、木の表面からは温かみを感じ、鉄の表面からは寒さ、無慈悲さを感じ取る。また、デスク環境やベッドサイドに観葉植物を置くことで、緑色の波長を空間に生み出し、網膜への負担を減らすことでリラックス効果をもたらすことが知られている [66]。このような媒体は物質的なアンビエント性を作り出しており、その他 4 つの媒体とは異なりわたしたちに物理的なインタラクションを可能にする媒体である。このような媒体を実時間で操作することで情動への働きかけを考える時、Programmable Material といった HCI の手法論でも知られている [67] 形状変化や色の変化といったオブジェクトが備える物質性そのものを変化させる手法が考えられる。

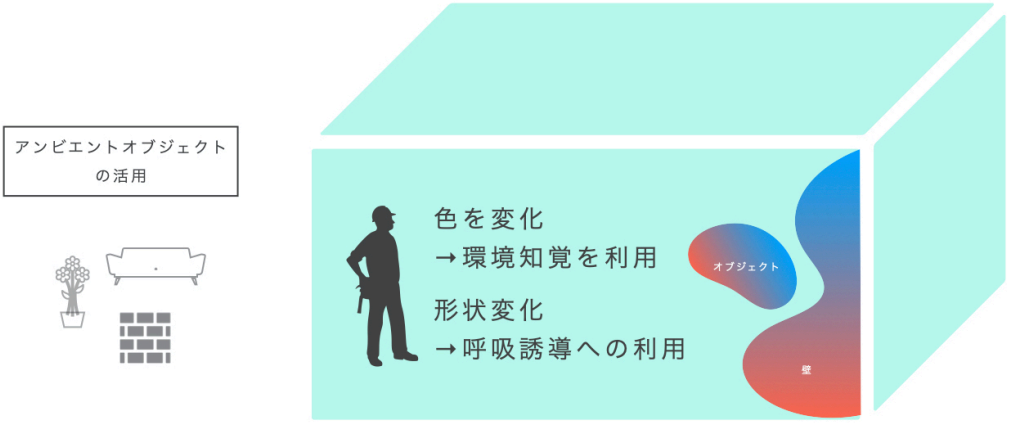

図 3.9　アンビエントオブジェクトを活用したインタラクション

例えば、オブジェクトや壁の表面における色や形を、緊張感の喚起や、呼吸に合わせた視覚的な変形をもたせることで、呼吸を始めとした身体内部への働きかけができることを示している [44] [8]。また、Konel は日常空間における静的な壁を、外部の風でゆらがせることで、脳を弛緩させることを試みている [10]。このように物質の形や色を、わたしたちが固有に持つイメージに合わせて変形させる

ことで、覚醒度などのリラックス情動を作り出せる可能性がある。また、呼吸のリズムに合わせて壁やオブジェクトを形状変化させることで、空間やオブジェクトが呼吸するというメタファーとして、呼吸誘導を可能にすることも期待できる。

一般に、これら物質的なアンビエントの操作は、現代では一般的にデジタルサイネージや美術館、アミューズメントパークなどで用いられている。一方で、私たちの日常生活をおくる生活空間の中においては、十分に活用されていないことから、情動を調整するという観点から、日常空間に形状変化や色変化を持つオブジェクトアンビエント媒体を展開できる可能性がある。

これら 5 つのアンビエント媒体による刺激は、その作り出せる種類として暗黙下において、空間周波数 (空間に対する印象) を変化させる手法と時間周波数 (空間が持つリズム) を変化させる手法の大きく 2 つに分けられることがわかる。空間周波数の変化による刺激は環境知覚のパターンと結びつき覚醒度を変化させるインタラクションとして、そして、時間周波数の変化による刺激は呼吸との共鳴や没入感の創出をもたらし、快適度に対して働きかけるインタラクションとして本研究では扱うことを目指す。そして、次章では実際にこれらの手法が日常生活を送る中で情動に影響を与えることができるかどうかを検証した結果を示す。

3.4. 本章のまとめ

第三章では、身体を取り巻くアンビエント媒体を用いて情動を自律的かつ意識下において調整する情報システムのデザインコンセプトを提示し、本研究で扱う情動とその測定および介入モデル、アンビエント要素の操作に関するユースケースを示した。次章では、これらユースケースの中から特に光と音、触覚、オブジェクトに注目しシステムを制作、そして家庭に導入する検証を行う。

第 4 章
アンビエント媒体を用いた情動の調整システムと検証

第四章では、まずはじめに第三章で述べたコンセプトを実現する情動測定のシステムと情動へと介入するシステムの説明を行い、実際にそれらの要素を家庭の中に導入する検証において、これら情動調整のメカニズムが、生活の中の一部として機能しながら情動調整に寄与するかどうかを確認する。

4.1. 情動測定システム

情動測定システムでは、ラッセルの円環モデルに基づいて、情動を、快適度 (快⇔不快)、および覚醒度 (覚醒⇔リラックス) として扱い、これを (x,y) の値としてリアルタイムに測定し、その測定値から理想的な状態へと情動操作を行う刺激の生成につなげることを目指す。また、これらの指標を測定する際に用いるデバイスは、ユーザーに対する注意及び束縛性を持たないようなデザインを行う。

快適度測定システム

X 軸の快適度を測定する指標としては、光電式容積脈波記録法により pNN50(HRV を表す指標) を算出する。光電式容積脈波記録法は、パルスセンサ (PPG センサ) によって計測可能、安価かつ小型であることから、本研究では、生活の中で使用することを想定し、パルスセンサと無線通信機、及び 6 時間ほどの測定が可能なバッテリーを備え腕に装着できる形式のウェアラブルデバイスを制作し、リアル

タイムで pNN50 を算出する。この時、パルスセンサの表面は腕に密着させる場合と、指先への装着するかを選択できる形にした。これは、指先への装着は測定精度が高い一方で装着性はあまり良くない一方で、腕への取り付けでは測定精度が落ちるが、より高い装着性を実現することを考慮したためである。ただし、検証内で生体データを測定する際は、測定精度を考慮して指への装着を行う。また、快適度の指標となる pNN50 は連続する心拍数から心拍のピークである R 波と R 波の間隔を RR 間隔としたとき，この隣接する RR 間隔の差が 50ms を超える心拍数の割合を示し、一般的にこの RR 間隔は 50ms 以上の割合が高いほど正常（快）状態とされる。このことから本研究では 1 分間あたりの pNN50 を算出し、これを 0-1 に正規化、その値を X 軸の値として取得する。このとき x の値は、0 に近いほど不快であり、1 に近いほど快の情動が現れているとみなせる。

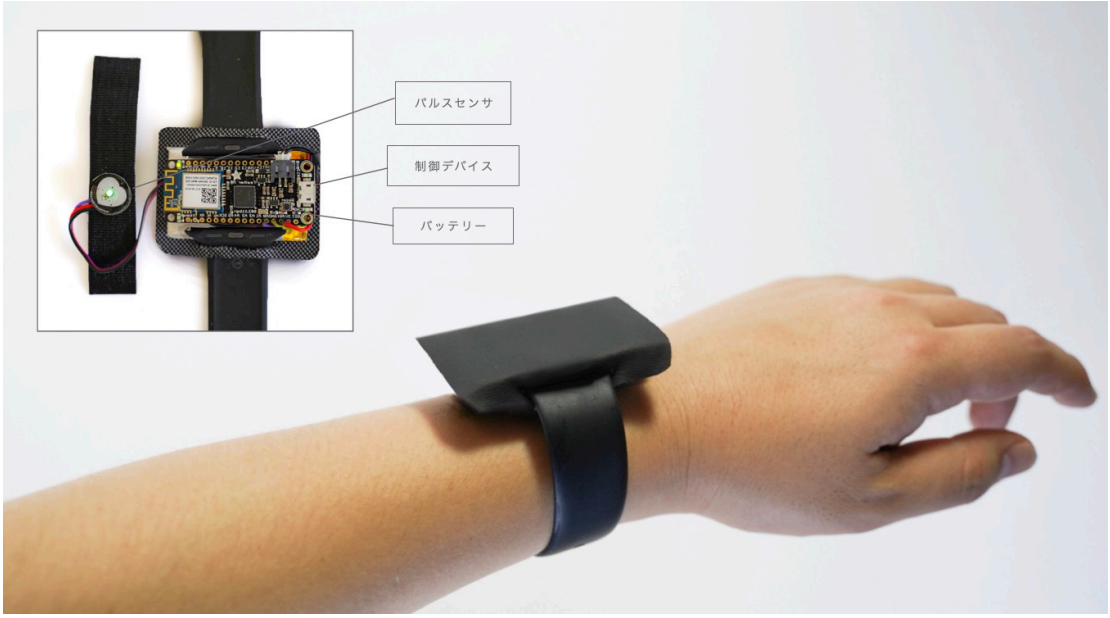

図 4.1　快適度測定システム

覚醒度測定システム

さらに、Y 軸の覚醒度を測定する指標として、簡易脳波測定デバイス Muse に搭載されている EEG センサーを用いて、α 波と β 波の比率 α / β を算出する。Muse

はカナダの InteraXon 社から発売された脳波のウェアラブルデバイスであり、図のような 7 つの EEG センサーにより、脳の活動を検出する。本研究で使用する Muse2 は、Bluetooth と内臓バッテリーを搭載することから無線かつ電源無しで使用でき、かつ 61 グラムと軽量で従来の生体センサのような電極ジェルや密着ベルト類も皆無で装着性がよく、ストレスなく長時間装着が可能である。このウェアラブルデバイスによって測定されるパラメータの中でも α 波と β 波を無線通信によって取得し、α/β 比を算出する。このとき、α 波はリラックス状態で振幅が大きくなり、逆に緊張時・知的作業時には、α 波の振幅が小さくなり β 波の出現が見られることが知られている。この α/β 波を心拍同様 1 分あたりの α/β の平均を算出し、y 軸に 0-1 に正規化して対応付ける。このとき、0 に近いほど覚醒、1 に近いほどリラックスの情動が生じているとみなせる。

図 4.2　覚醒度測定システム

これらバイオセンシングによって得られたデータは、信号のノイズ処理や計算処理の軽い解析等はウェアラブル端末内で行われ、WIFI 通信及び OSC プロトコルを通して、Raspberry Pi 内の Processing プラットフォーム上で、時間系列のデータ解析等を行い現在から 1 分前までの一分間の値が常に (x,y) 値として算出され

る。これら値はそれぞれの情動介入システム媒体による刺激提示の特徴に基づいてパラメータとして活用され、情動を理想的な状態に導くような刺激シグナルへの変換が行われる。次に、これら情動の値を元にした、それぞれの環境媒体のシステム及び刺激シグナルの生成に関して述べる。

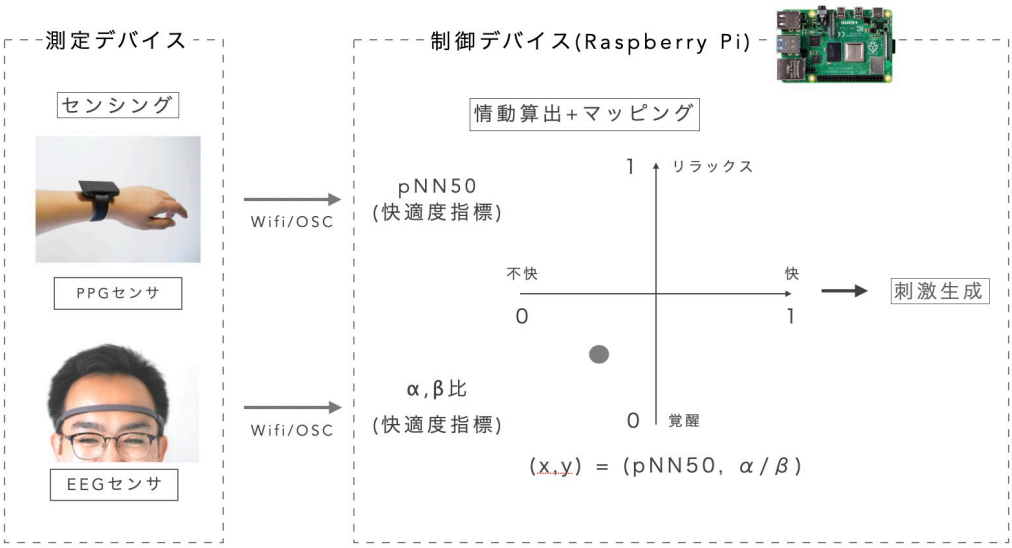

図 4.3 情動測定システム全体図

4.2. 情動介入システム

情動介入システムでは、リアルタイムで計測された情動 (快適度と覚醒度) の値を元に、アンビエント媒体を用いて情動へと介入する刺激を与えるシステムを考える。特に、第三章で示したユースケースの中から、光、触覚、音、オブジェクトの 4 つのアンビエントに対して、そのインタラクションデザイン及びシステムを述べる。これらはいずれも共通して、刺激を生成するメディア装置及び、その刺激が、環境に融け込みユーザーにとって常にバックグラウンドで働くような形で機能することが求められる。したがって、設計するにあたっては、メディア装置自体に関しては環境に溶け込むようなインターフェースとして機能することを目指し、また、そのメディア装置によってもたらさせれる刺激が、生活の一部と

して機能するような調整と、過度な刺激となり生活の活動を弊害をきたすことを防ぐしきい値入力を受け付ける入力インターフェースが含まれる。

ここで、X 軸 (快適度) 方向の調整を行う刺激では、光、触覚、オブジェクトの 3 つのアンビエント媒体を用いて、快を維持する呼吸の誘導を行うような刺激を生成する。この時の呼吸リズムは、快を生むとされる共鳴呼吸 (1 分間 6 回程度でカリブレーション時に算出される) に設定され、複数刺激が同時に提示されるときは、それぞれの刺激がこのリズムで同期するような設計となっている。いずれもユーザーによる刺激のしきい値調整と、現在の快情動の程度に応じた刺激量の変化をシステムに含む。

また、Y 軸 (覚醒度) 方向の調整を行う刺激では、光、音を用いてわたしたちが空間から受け取る環境知覚パターンを変化させ常にリラックス状態を生むよう刺激を与えることを考える。これらは快適度同様、いずれもユーザーによる刺激のしきい値調整と、現在の覚醒度の程度に応じた刺激量の変化をシステムに含む。これらの観点を踏まえた上で、それぞれのアンビエント要素のデザインとシステムを述べる。

図 4.4　介入システム全体図

4.2.1 光アンビエントのデザイン及びシステム

光の操作においては、リアルタイムで計測された快適感を元に、光の集中・広がりを一定リズムで変動させ快呼吸を誘導する刺激を生成し快適度への介入を行うシステムと、覚醒度に対して、色の変化によってリラックスを引き起こす刺激を生成し覚醒度に介入する 2 つのシステムをデザインし、検証を行う。

光 Ambient のインタラクションデザイン

光の集中・広がりの操作では、自分の存在する場所の近くに存在する光を中心に、空間内で光が呼吸をするように変化させる。このような自分のワークスペース周りの光の大きさの変化は、ユーザーの主タスクを妨害しないような周辺光を用いて呼吸誘導が可能になるだけでなく、自己が定位する場所を中心とした部屋の光の広がりが、呼吸の収縮と膨張に対して、空間が呼吸しているというような適切なメタファーとして機能し、呼吸の誘導を実現することに加えて空間に対する没入感の生成を生み出すことを目指す。ただし、この呼吸誘導刺激の強度 (変化量) は、不快の程度に応じて調整される。これは、快が維持されている状態で過度な刺激を与え続けることを防ぎ刺激に緩急を与えることを目的としている。

また、色の変化の操作では、休日でのリラックスレベルの維持を目的として、白色光と落ち着きを生み出すとされるクールな色を緩やかな速度で変化させる。覚醒度が最も高いときは、最も高い彩度のクール色を提示し、リラックスレベルが最も高い時は、刺激の少ない白色光を提示する。白色光を用いるのは、リラックス状態の際に、過度な刺激を与え続けることやクールを作り出す刺激に常態化することを防ぐためである。

光アンビエント のシステム及びパラメータマッピング

呼吸誘導の刺激及び色変化による刺激のシグナルは、いずれも RaspberryPi 内、Processing にて生成された情動の快適度及び覚醒度の値 (x,y) と、入力インターフェースから送信されるユーザーによるしきい値入力 th 及び現在のタスクに必要な部屋の明るさ l を元に同プラットフォーム内で計算される。この刺激値は、そ

図 4.5　光アンビエントのデザイン

れぞれ Wifi を介して、実時間での調整が可能な照明として Philip Hue に送られ、刺激が生成される。

空間的広がりの操作において、部屋のサイズに応じた 4〜6 つの Hue デバイスを部屋の中に配置する。またフルカラー LED には、赤外線人感センサを配置しており、これらから部屋内のユーザーの居場所を常に把握し、この時最も自分の近くに存在する光を L0、それ以外の部分に配置された光を L1 に設定する。L0 に対して、この L1 の照度を 0〜255 の範囲で変化する。この時、ユーザーが生活を送る上で必要な部屋の明るさ l 及び、過度な光の変化を防ぐ目的で L0 の照度と L1 の照度の最大差 th1 がユーザーの入力に基づいて設定される。この設定値に基づいて、L0 の値を l に設定し、さらに、快適度 (快・不快レベル) の x ($0 \leqq x \leqq 1$) に対して刺激の強度を組み合わせ、$L1$ の値が l〜$(l - x \cdot th1)$ の範囲を増減することで呼吸を表現する。

色変化の操作においては、バイオセンシングによって獲得された 0〜1 の覚醒度に対してクールレベル (255- th2,255,255), 白色光 (255,255,255) を対応させる。このときの照度は l に設定される。この時、x のクールレベル最大値 th2 は、ユー

ザーの設定値に基づいて設定される。したがって、覚醒度が y $(0 \leqq y \leqq 1)$ のときは、刺激のシグナルとして $y \cdot (255 - th2)$ で算出される。

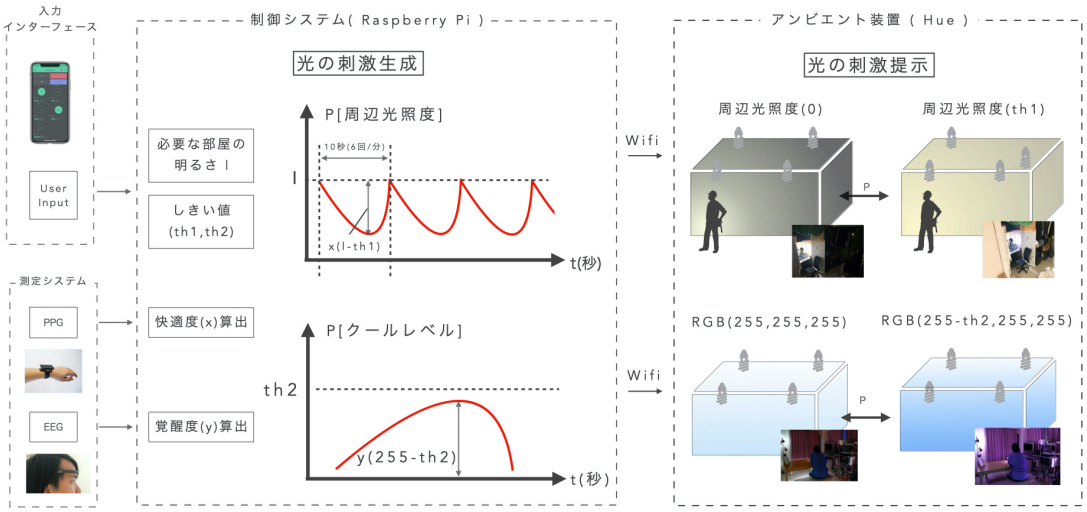

図 4.6　光による情動介入システム

4.2.2　振動アンビエントのデザイン及びシステム

振動アンビエントのインタラクションデザイン

振動の操作では、リアルタイムで計測された快適度を元に、振動の強弱のリズムを呼吸リズムと対応させて、呼吸誘導の刺激を生み出す。この時、振動の振幅を変化させ、光同様に周期 6[min] の信号により共鳴呼吸を促す。ただし、振動の場合は、ユーザーにとって不快感や注意のそらしを生み出しやすいことから、生活に溶け込ませるために、低周波を避け縦揺れの感覚を極力少なくすること、変化させるパラメータを極力少なくすること、振動子からの音の発生を避ける機構、そしてユーザーに対しての不快とならないような刺激量しきい値調整が求められる。

図 4.7　振動アンビエントのデザイン

振動アンビエントのシステム及びパラメータマッピング

呼吸誘導の刺激シグナルは、いずれも RaspberryPi 内、Processing にて生成された情動の快適度を元に同プラットフォーム内で計算される。この刺激値は、Bluetooth を介して、アンプに接続された Bluetooth レシーバーで受信されアンプを介して振動子に出力される。このとき、振動波形の周波数は音の発生や振動の揺れの性質を考慮して 60Hz に設定した。この振動波形を周波数一定で振幅を時間変化させることで、振動の周波数は変化させず、強度だけを変化させる。この強度は、ユーザー入力によるしきい値 th (0〜255) に対して、快不快レベル x をあわせた th・x から、0 の間を周期 6[min] で変化させることで呼吸誘導を表現する。

本研究では、それぞれの家庭への導入を容易にするため最大 3 つの振動子とアンプ、及び無線モジュール及びそれらの装置取り付けを後付でも簡単にできる仕組みを用意し、作業椅子の裏、ベッド裏、ソファの裏など部屋の活動形態に応じて柔軟に対応できるようにした。

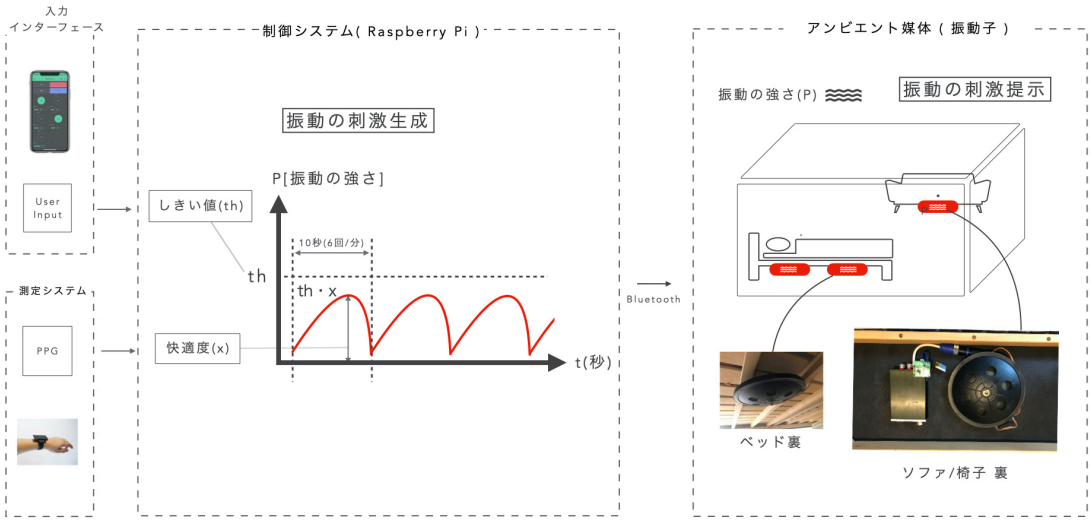

図 4.8　振動による情動介入システム

4.2.3　音アンビエント要素のデザイン及びシステム

音アンビエントのインタラクションデザイン

音の操作では、リアルタイムで計測された覚醒度を元に、自然音をもとに室内環境のサウンドスケープ (音環境) を変化させることで、覚醒度におけるリラックスを生み出すインタラクションを考える。また、自然音の発生場所として、観葉植物の花器に組み合わせることで、そこから生み出される自然音というイメージが室内に新しく音環境を構築するにあたってシームレスに繋がりやすいことを想定とした。このとき、情動レベルに合わせた自然音の刺激操作において、自然音には、その音の種類や、再生速度、周波数帯の調整など多くのパラメータが存在するが、最も簡単でかつ私たちの情動に与えているであろう影響の大きさとして自然音のゲインを考え、不快時に刺激レベルを強め、快時には刺激レベルを下げるようなインタラクションを実現する。

図 4.9　音アンビエントのデザイン

音アンビエントのシステム及びパラメータマッピング

刺激シグナルは、いずれも RaspberryPi 内、Processing にて生成された情動の覚醒度を元に同プラットフォーム内で計算される。この刺激値は、Bluetooth を介して、スピーカーに接続された Bluetooth レシーバーで受信されアンプを介してスピーカーに出力される。この時、音の大きさ上限値 th もユーザーによるしきい値設定によって算出され、音量が 0 から設定された上限値 th の間に応じて変化する。この時、音の刺激量は y・th で表す。

4.2.4　オブジェクトアンビエント要素のデザイン及びシステム

オブジェクトアンビエントのインタラクションデザイン

オブジェクトを用いたインタラクションにおいて、植物などに用いる花器の形を呼吸しているようにに変形させ呼吸誘導を促す。これは、植物が呼吸するとい

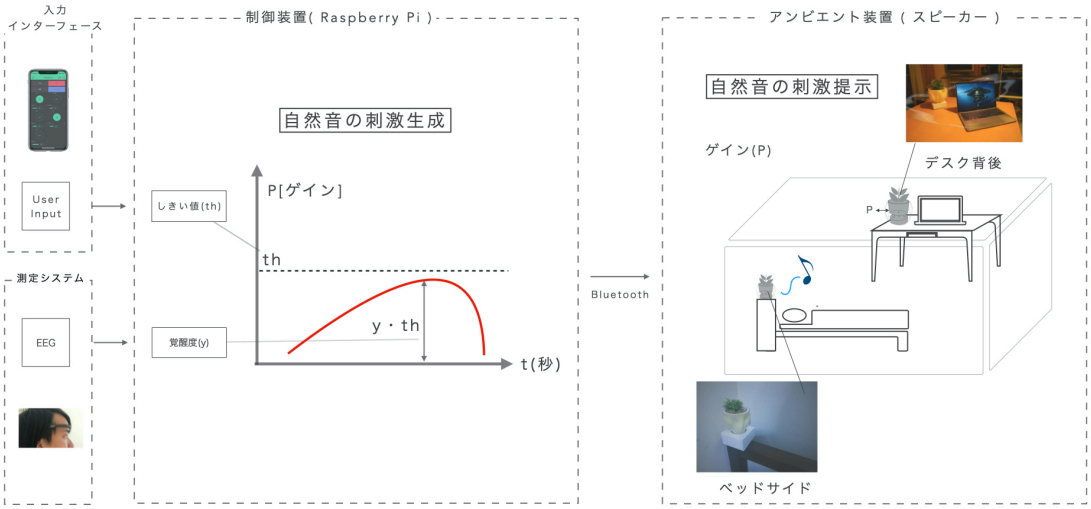

図 4.10　音による情動介入システム

うメタファーがユーザーにとって理解しやすくより自然的に受け入れられ、また、観葉植物という存在自体が空間のアンビエンスを構築するインテリアとして機能するような存在であり、実際に、多くの人が作業場所やベッドサイド、あるいはベランダなど周辺物として観葉植物を配置していることから、装置と組み合わせることでより自然的に捉えられると考えた。このような呼吸動作を行う観葉植物の花器を、光や触覚同様に呼吸誘導として呼吸させることで、快不快指標を操作するインターフェースとして考える。また、配置はデスクやテレビにおいて、その周辺視として知覚されうる場所に配置する。

オブジェクトアンビエント のシステム及びパラメータマッピング

振幅は、ユーザーのしきい値 th に対して、快不快レベル x をあわせた th・x で表される。これら値は Wifi を介してバイオセンサーから入力された値を元に、RaspberryPi にて生成され、Bluetooth を介して ESP32 にに入力、そこからモータドライバ IC を介してモータを動かすことで呼吸の動きを生成する。呼吸のメカニズムに関しては、頑丈性と適度な可塑性を持つポリウレタンを用いて、これを上下に内部でリフトさせる構造をモーターと組み合わせて実現している。

図 4.11　花器のデザイン

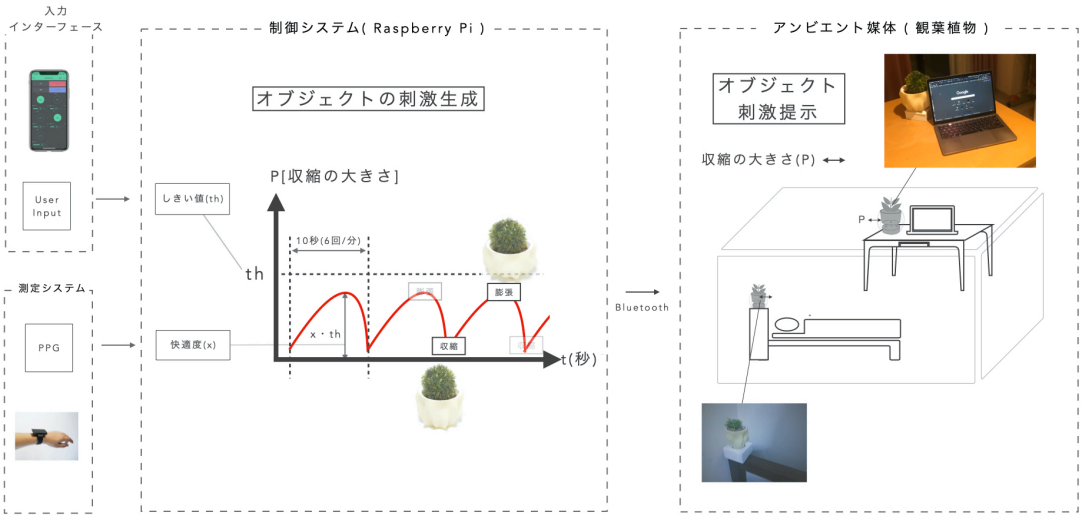

図 4.12　花器による情動介入システム

4.2.5 システム操作のためのインターフェースの設計

本システムを家庭に導入するにあたって、刺激のしきい値調整を行うインターフェースとして、簡易的なスマートフォンによるインプットシステムを構築する。ユーザーの入力は、Blynk と呼ばれる API を介して、Wifi 経由で Raspberry Pi に送られ刺激が調整される。この時、検証などでより自由にシステムを扱うことを目指して、しきい値だけでなく刺激のオンオフ及び現在の情動状態を簡単に表示する機能を付加した。本インターフェースは検証においてユーザーが使用する端末にダウンロードし使用可能である。

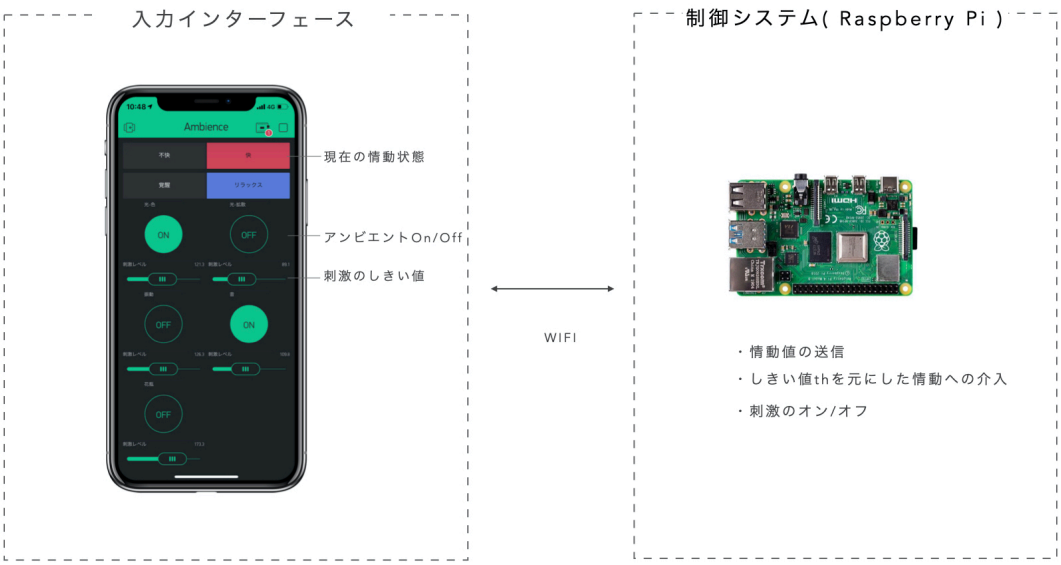

図 4.13 入力インターフェース

4.3. 検証

ユーザーテストの目的は、空間内に埋め込まれたアンビエント装置を用いた情動調整のメカニズムが、生活の中の一部として機能しながら情動調整に寄与するかどうかを確認することにある。したがって、ラボから実際にユーザーの生活空間へとシステムを配置し、より実地的な調査を行うことを試みた。実験後、ユーザー体験の質などに関してはインタビューなどに基づく定性的な評価から、そして情動調整の貢献度に対しては定量的な観点からの評価を行った。

4.3.1 実験デザイン

参加者

参加者は男性 2 名と女性 1 名で、年齢は男性がそれぞれ 24 歳と 40 歳、女性が 27 歳である。また、彼らはいずれも心疾患や精神疾患と診断されたことはない。また、生体データを測定することから事前に研究内容に関しては十分に説明し、同意を得た後に実験を行った。

セットアップ

本研究において、実際に家庭に検証するにあたって、情動測定セット (心拍センサ＋ Muse 簡易脳波計)、照明セット (Hub ＋ Hue 照明 6 つ)、振動セット (アンプ＋振動子＋ Bluetooth Receiver) × 3、花器音響セット× 2、制御装置 (RaspberryPi+関連機器) の配布、及びスマホアプリ (Blynk) のダウンロードをユーザーに対して行い、検証装置のセットアップを試みた。なお、設置の負担を減らすため、携帯充電器などによって、アンプの電源以外は携帯充電器を用意しコードレスでの実施を促した。また、プライバシーや過度な接触を回避するため装置の使用をできる限り簡略化し初期の導入及び検証終了後の回収以外は部屋への滞在を行わないよう努めた。

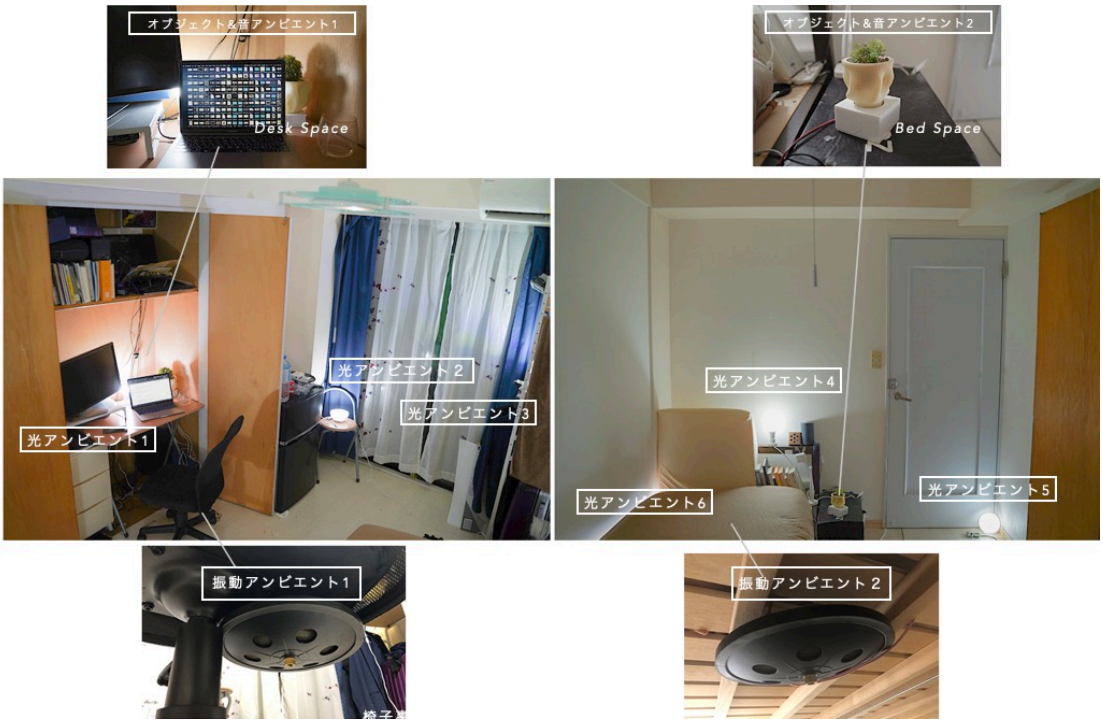

図 4.14 被験者 1(40 歳男性) 宅へのセットアップ

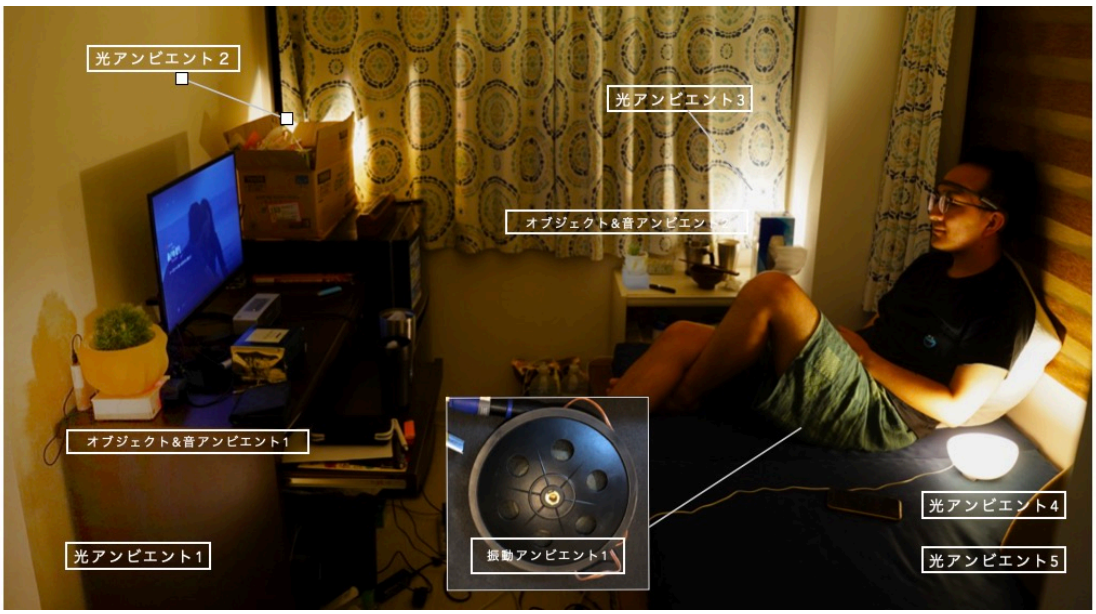

図 4.15 被験者 3(25 歳男性) 宅へのセットアップ及び実験中の様子

検証フロー

本検証では、セットアップされた環境で本システムを3世帯に対して3日間に渡って使用してもらう。一日目と二日目は、時間帯として仕事や知的作業を行わない平日夕食後7時以降から100分間を用いて定量データ収集のためのセッションを行う。三日目は自由に装置を使用するフリーセッションとし、装置を使用しながら日常の生活を送ってもらう。定量データの収集においては、プレテストの結果、一日単位また数時間単位で情動の水準値が大きく異なり、実際に1時間程度の範囲で大きく変動していることが見られた。したがって、同日内での連続した数十分から1時間における比較が有効と考えられること、そして被験者の負担も考慮して各刺激に対して、刺激を加える直前の10分と、刺激を加えた直後の10分をデータの比較の値として収集する。これを5つの刺激に対して繰り返す。1日目と2日目は、これを2セッション行い、3日目はフリーのセッションを実施し、最後に3日間の体験などを踏まえたユーザーインタビューを行う。また、1日目と2日目の定量データの収集中は、3人の被験者は20分単位で、できる限り同じ刺激の生活を送るように指示した一方で、認知負荷の高い作業や、飲酒など過度な刺激を得た場合は事後報告するよう説明した。

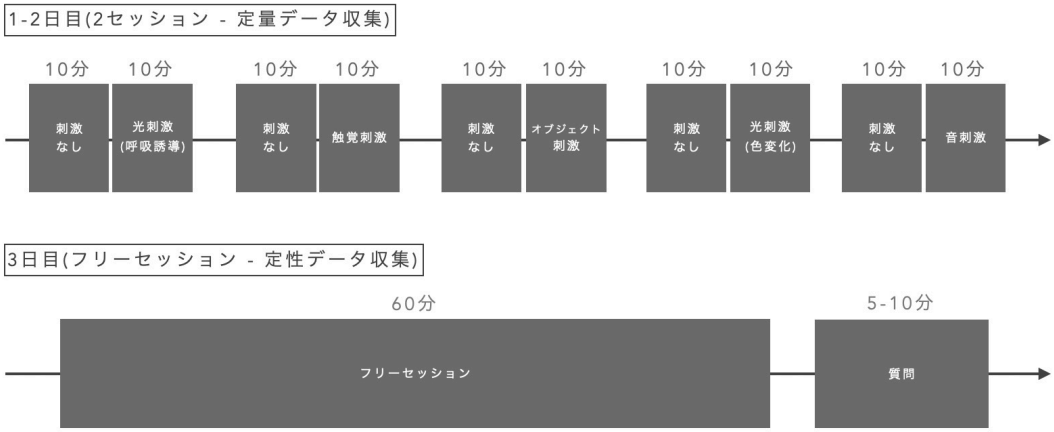

図 4.16 検証の流れ

測定項目

1) **生理学的データ**　生理学的データの収集においては、装置の使用によって一定の時間の範囲で情動の平均値が変化するのかどうかを調べるため、情動における快適度と覚醒度を収集することが目的である。したがって、システムの設計の際に、同時に生理学的データ (pnn50、及び α 波/ β 波) を 10 秒おきに CVS ファイルに収集する仕組みを構築した。これらのデータは三人の被験者から 2 セッション分で一つの刺激に対して計 6 つのデータ比較が行える。このとき、刺激が加えられている状態と加えられていない隣接した 10 分間の平均に対する増減率を α とし、これを全体の比較基準とする。また、これら 6 つのデータセットを元に刺激がない状態と、5 つの刺激が加えられている状態に対して t 検定を行い、情動の介入に対して優位な差が見られるかどうか比較検討する。

2) **インタビュー**　実験終了後、センシング及びアンビエント刺激等のユーザー体験に関しての定性的データを収集するためインタビューを行った。インタビューに関しては、センシングの手法 2 つとアンビエント刺激 5 種類の 7 つのテーマに対して表 4.3.1 のように予め設定項目を作り質問した。その間、それ以外のテーマに対しても自由にフィードバックが得られるようスペースを確保した。

質問カテゴリ	質問番号	質問内容
測定インターフェース	Q1	装置の使用感、可能な継続使用時間、好みの装着手法
全体アンビエント比較	Q2	最も使っていて好みのアンビエント媒体のランク付け (0-10)
	Q3	装置の使用を意識しなかった程度のランク付け (0-10)
	Q4	もっとも情動形成に影響を与えたと思う媒体 (0-10)
光アンビエント	Q5	光の刺激の変化や装置の使用に対してどのように気になったか
	Q6	光の刺激変化のインタラクションの気に入った点気になった点
振動アンビエント	Q7	振動の刺激の変化や装置の使用に対してどのように気になったか
	Q8	振動の刺激変化のインタラクションの気に入った点気になった点
音アンビエント	Q9	音の刺激の変化や装置の使用に対してどのように気になったか
	Q10	音の刺激変化のインタラクションの気に入った点気になった点
オブジェクトアンビエント	Q11	花器の刺激の変化や装置の使用に対してどのように気になったか
	Q12	花器の刺激変化のインタラクションの気に入った点気になった点
入力インターフェース	Q13	しきい値の調整において気になった点
	Q14	インターフェースを用いてコントロールしたい要素

表 4.1　ユーザーエクスペリエンスに関する質問カテゴリ

4.3.2 実験結果

情動の生体データに関する結果

快適度への介入では、光 (呼吸) と振動、オブジェクトによるサブリミナルな知覚刺激によって、一定の時間の中でリラックス状態をより高い水準で維持できるかどうかを調べることを目的としている。この時、解析するデータとして、各刺激に対して 10 分間の pnn50 の値を 10 秒周期で計測し一時間での平均値を算出及び、前後の刺激なしと刺激を加えた状態の増減率 α を算出した。また、覚醒度への介入では、光 (色) と音によるサブリミナルな知覚刺激によって、一定の時間の中でリラックス状態をより高い水準で維持できるかどうかを調べることを目的としている。この時、解析するデータとして、快適度同様に各刺激に対して 10 分間の α / β 比の値を 10 秒周期で計測し一時間での平均値を算出及び、前後の刺激なしと刺激を加えた状態の増減率 α を算出した。これらを三人の被験者に対してまとめたものが表 4.3.2 であり、この中で特に α に注目したものが図 4.17 である。ここでアンビエントを用いたサブリミナル刺激がある状態では、α が、刺激なしに比べて 1 以上の値として上昇することが予想できる。また、被験者 3 人ののセッション 1 において、定量データ採集における 100 分間における 10 分ごとの情動変化をグラフに表した一例が図 4.18 である。

	刺激の種類	刺激なし	刺激あり	α
被験者1	光(呼吸)	0.859	0.825	0.961
		0.640	0.660	1.031
	触覚	0.779	0.782	1.004
		0.730	0.780	1.068
	オブジェクト	0.933	0.762	0.817
		0.920	0.730	0.793
	光(色)	0.203	0.254	1.249
		0.806	1.002	1.243
	音	0.321	0.364	1.134
		0.846	0.831	0.983

	刺激の種類	刺激なし	刺激あり	α
被験者2	光(呼吸)	0.510	0.677	1.328
		0.088	0.139	1.587
	触覚	0.426	0.566	1.329
		0.125	0.244	1.950
	オブジェクト	0.759	0.303	0.400
		0.123	0.155	1.261
	光(色)	0.608	0.651	1.071
		0.790	0.838	1.062
	音	0.457	0.535	1.170
		0.858	0.827	0.964

	刺激の種類	刺激なし	刺激あり	α
被験者3	光(呼吸)	0.156	0.203	1.302
		0.154	0.206	1.338
	触覚	0.228	0.283	1.237
		0.226	0.284	1.255
	オブジェクト	0.130	0.178	1.374
		0.129	0.150	1.160
	光(色)	0.790	0.838	1.062
		0.846	0.831	0.983
	音	0.858	0.843	0.983
		0.806	0.998	1.239

t検定	P-value
光(呼吸)	0.11774249
触覚	0.01807675
オブジェクト	0.19599142
光(色)	0.08262434
音	0.0330988

表 4.2 情動調整の結果 全体

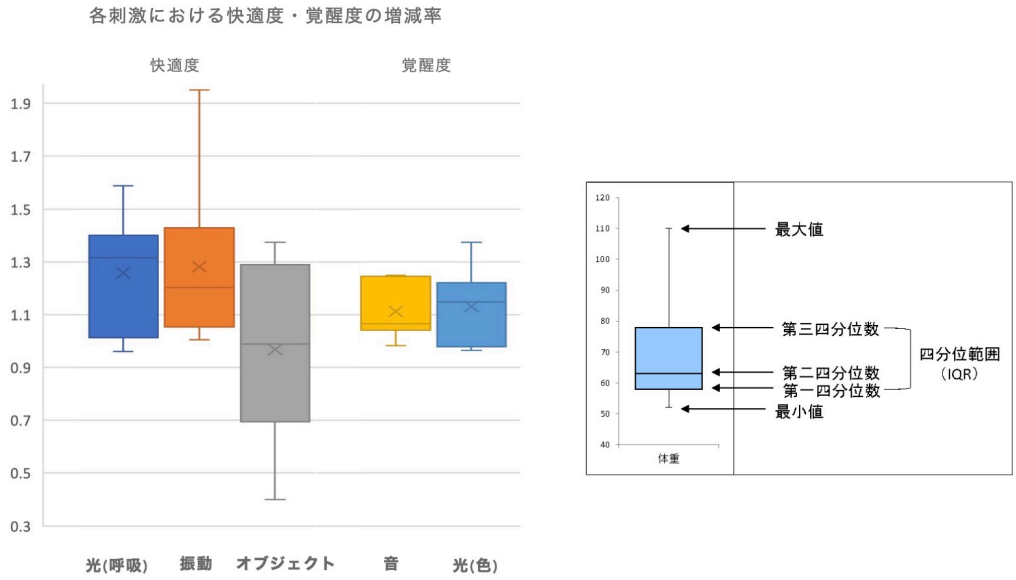

図 4.17 各刺激における増減率の比較図

快適度への刺激の寄与においては、図 4.17 から、各刺激に対して快適度に対する増減率 α の中間値は、光 (呼吸)、振動、オブジェクトの順序で高くなっている。また、オブジェクトに対しては、最大値と最小値の差が大きく、中間値は 1 を下回っていることが見られ、現状のシステムにおいては、快適度の寄与が明らかでないことがわかる。また、覚醒度への刺激の寄与においては、増減率 α の中間値は、光 (色)、音の順序で高くなっていることが見られ、いずれも 1 の値を上回っていることが確認できる。

また、各刺激 6 つの限られたデータセットを元に、t 検定を行ったところ、快適度に対しては触覚が、覚醒度に対しては音において 5 %水準で有意な差が確認できた。一方で、実験の設定として、データセットの少なさに加えて、ユーザーは様々な刺激 (ノイズ) を生活の中で得ていることから単純比較することが難しいことが挙げられ、より被験者及び実験環境を限定した実験も別に行っていく必要がある。

また、情動の変動図 4.18 に注目すると、データから読み取れることとして、優位が見られなかったアンビエントオブジェクトを除くその他の媒体では、刺激を

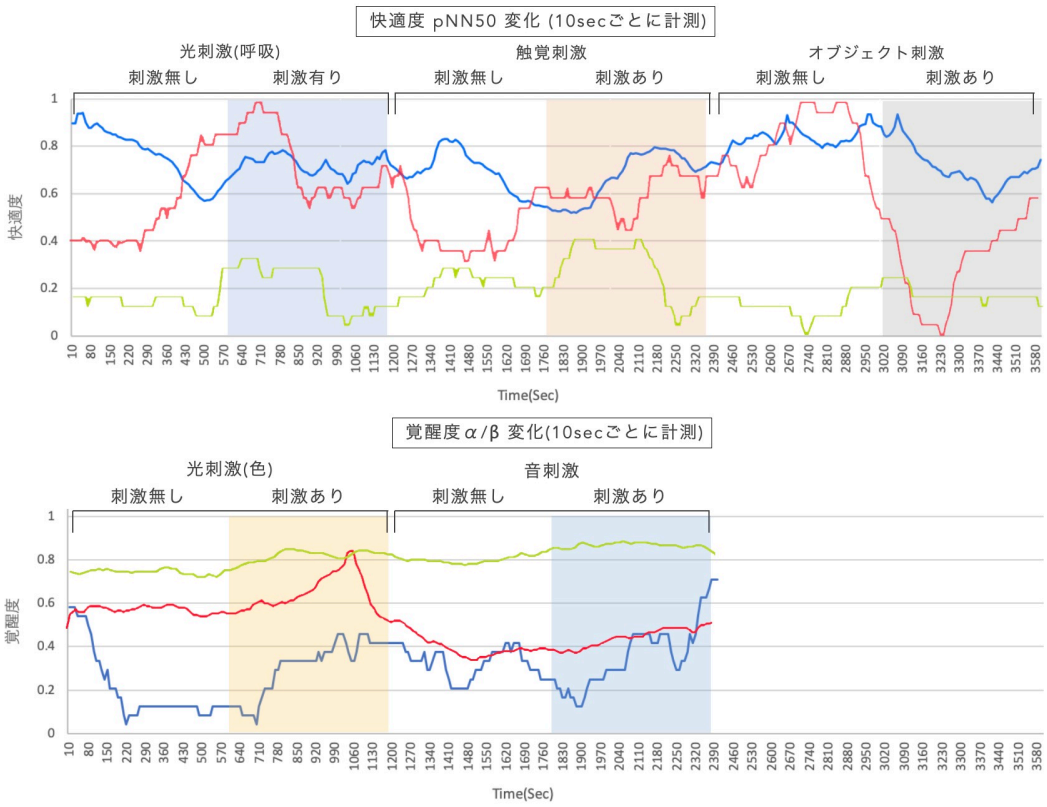

図 4.18 各被験者セッション 1 の情動の変動例

加えた直後において快適度及び覚醒度が高い水準へと増加あるいは高い水準を維持している傾向が見られる。

ユーザー体験に関するインタビュー結果

1) 測定装置の装着感

ウェアラブルセンシングに関しては、3 人のうち 2 人が未経験、及び 1 人も経験はあるが普段装着しないということから、導入の段階では装置の装着そのものを意識してしまうことが多かった。一方で、1 時間程度経つと装着に対する意識は薄れるという意見を 3 人共通して述べている。また、3 人とも自作した指装着型パルスセンサに対しては、指装着よりも腕への装着を好んだ。指への装着の場合、指先への汗を意識してしまい、センシングに対して意識的になる一方で、腕には

汗が溜まりにくいため不快になりずらいという反応であった。また、腕への装着時は寝ている時以外だったらずっと着けていてもいいという意見を述べた (P1)。また、脳波測定を行った Muse に対しての使用感は一人の被験者が、頭部装着に対して頭が締め付けられ不快感がたまるという人が存在した (P1)。一方で、普段からメガネを装着している被験者 (P3) にとっては全く不快にならないという意見もあった。実際に、どのくらい継続して使うことができるかという質問に対しては、部屋という生活範囲の中では寝ている時以外であれば数時間の範囲であれば問題なく可能であるという意見が二人述べていた (P1,P3)。この質問の際に、一人のウェアラブル端末を経験したことがある被験者 (P3) が、これまでは身体を知るという意味でのウェアラブル端末のメリットは感じなかったが、ただのセンシングだけでなく、本コンセプトのような実空間に対して働きかけができるようなデバイスであればメリットを感じると話していた。一方で、自分の内面が第三者に知られるのは怖いという意見も挙げられた (P1)。

2) アンビエント刺激の全体比較

アンビエント刺激に対する好みを、3 つの観点から 0-10 の点数でランク付けしてもらった。最も好みだった刺激というランク付けに対しては、植物の花器によるアンビエント刺激が最も 3 人の中で好みであり、その次に光の呼吸、光の色、音、振動と続いた。また、装置を最も自然的 (暗黙的) に感じたという項目に対しては、音、植物、振動、光と続いた。また、最も主観的に情動に対して影響を受けたと思う項目に対しては、光 (色)、光 (呼吸) と振動、音、植物と続いた。

2-1) 光アンビエントに対する意見

光が情動に与えた印象を聞く質問 (Q5) では、2 人の参加者は、「クール色が落ち着きのあるリラックスした雰囲気を作り出している」と述べた (P1,P2)。また「普段備え付けの白色光しか使ってこなかったので、美術館にいるような感覚がある」(P1)「色に温かみがあって落ち着く」(P3)、「普段よりリラックスしている感覚がある」(P3) とも述べている。また、「感覚的にはわからないけど色が変化していて自分の情動が良い方向へと変化していることがわかった」(P2)、「自分的には

順序	暗黙性		好み		情動への影響度	
1	音	7.2	花器	8.2	光(色)	6.2
2	花器	6.5	光(呼吸)	8.1	光(呼吸)	5.6
3	光(呼吸)	6.4	光(色)	6.4	振動	5.6
4	光(色)	5.9	音	6.3	音	5.4
5	振動	4.3	振動	3.5	花器	2.6

表 4.3 全体比較

リラックスしているのに刺激が強くなっていて不安になった」(P3)、などといった意見も得られた。さらに没入感に対しての意見として「提示した呼吸のリズムで呼吸するようになると、空間のエネルギーが吸収されて自分の周りに集まってくるような感じで、息を吐くときには自己のエネルギーが空間に放たれているように感じた」(P3) と述べていた。また、インタラクションにおけるユーザーエクスペリエンスにおける質問 (Q6) では、参加者の一人は「光が自分の感情に合わせて移っている感覚が楽しい」（P3）と述べている。またこういった光が操作されるような IoT の概念を知らないような被験者は、「何が起こっているのかわからないが何もしなくても勝手に自分の体を良い方向に持っていってくれるのが嬉しい」と述べている (P1)。ただし、時折、光の変化が煩らわしいことがあると二人の被験者が述べていた (P2,P3)。また、空間が呼吸している感じ (コンセプトを事前に説明した被験者) が呼吸提示の手法としてメタファーとして魅力的であるという意見をもらった。また、色の変化に対しては、刺激の変化そのものに対しては不満はなかったが、クール色においてもより自分の好みのクール色を選べられるとなお良かったという意見をもらった (P3)。

2-2) 触覚アンビエントに対する意見

振動が情動に与えた印象を聞く質問 (Q6) では、意識しなくてもいつの間にか呼

吸が同期している感覚が合ったと述べていた (P2)。ただし、光や自然音のようにわかりやすい刺激ではないことから、情動や気分への変化はわからないという意見を 3 人とも共通して述べていた。一方で、一人の被験者は、ベッドの上で、呼吸が一致している時に、ベッドに吸い込まれていく感覚があり気持ちよかったと述べている (P1)。次に、触覚刺激に対するユーザーエクスペリエンスに対しては、はじめは多少振動の存在を意識してしまうが、使う間にに慣れていくという考えを 3 人の中で二人が意見をした。さらにその 2 人の被験者は光や音に比べると、刺激が常にあるので不快になるときがあるという意見を述べていた (P2,P3)、また刺激のパターンが単一なので、音や光に比べると単調な感じがしたと述べている (P3)。また、当日たまたま地震が合ったことがあり、地震との区別がわからなくなったとも述べている (P1)。

2-3) 音アンビエントに対する意見

音が情動に与えた印象を聞く質問 (Q9) では、三人とも、「自然の音風景はリラックスできて気持ちが良い」と述べている。また一人は、「自然音の刺激が強くなったときはちょうど不快だったので、自然音が強くなりリラックスした感覚になった」という意見があった (P2)。ユーザー体験に関する質問 (Q10) では「普段から自然音を活用しているので、自然音に対する新しさはないが、植物のところから自然音が聞こえてくるのは斬新で面白い、スピーカーで聞くより自然音が身近に感じた」と述べていた (P1)。これに関しては、自然音という選択が部屋の環境になじんでいるということを三人とも共通して述べていた。また、聴覚的な要素なのもあり、「光に比べると視覚的な意識を全く向けなくてすむので楽」(P3) と述べている。ただし、「自然の音がうるさいときは切りたくなった」(P3) と述べている。一方で、動画視聴の際などは、ほとんど聞こえなくなったから刺激がそもそも聞こえなかったとも述べている (P2)。また、単一の自然音では面白くないので、もっと複数の自然音が選べれば良いという意見をもらった (P1)。

2-4) オブジェクトアンビエントに対する意見

オブジェクト (花器) が情動に与えた印象を聞くと (Q11)、植物に動きがあるの

が可愛くて気にして見てしまう、ただ観葉植物をおいているときよりも、なんだか心が平和になる感覚があると述べている (P2)。ただし、オブジェクトが小さく、変化も小さいのでこれで自分の情動が変化したとは思えないという意見を述べている (P2,P3)。次に、ユーザーエクスペリエンスに関する質問 (Q12) では、植物が呼吸しているとスムーズに理解できるので、動き自体がより自然的に感じたという意見が存在した (P3)。また、「植物の表面がうねうねしていて生き物ぽくて好き」という意見もあった (P2)。さらに、全体の刺激の中では、もっとも愛着が持てるという意見を三人とも述べていた。自然音と組み合わさり観葉植物との距離が縮まったとも述べている。

3) 入力インターフェースに対する意見

デバイスのフリー使用時に、使用してもらった入力インターフェースに対する質問 (Q13) では、しきい値調整がありがたいという意見を三人とも述べていた。特に、光は生活の中で最も使用する要素なので、光を調整することが多かったと述べている。また、システムを利用していく中で、自分の情動がどんな状態か気になる時に、もっと詳しく自分のデータを見たいという意見もあった。また、自分の携帯端末で見られることは、特に使い始めに使用に対してスムーズに入れてありがたいという意見が存在した (P2)。人によっては全く使わなかった人もいれば (P2)、もっとインターフェースを介して、自分で細かく刺激を調整したいという意見も存在した (P1)。

4.4. 考察

4.4.1 自律的かつ暗黙的な情動のコントロールループ層の設計

本研究では、従来のバイオセンシングや、バイオフィードバックによる身体への情動意識を高め特定の行動を促すのではなく、日常生活の中で、バイオセンシングに加えて環境に埋め込まれた感覚刺激を操作することで、情動を自律的に調整するコンセプトを試みた。特に、本研究の被験者は、3 人という被験者からのデータのためより複数のデータ量を求められるが、3 人という被験者の中において、増減率という観点では、快適度において光と触覚、覚醒度に対しては光 (色)、自然音を用いたアンビエント刺激に対して増加の傾向が見られた。また、t 検定に基づく統計調査では、快適度において触覚、覚醒度においては自然音を用いた刺激に優位が見られた。ただし t 検定においては本研究の検証のような数少ないユーザーへと密着した家庭へ導入実験では、データ数が少なく今後更にデータ数を増やしていくことが求められるといえる。また、ユーザーエクスペリエンスに対する質問では、一部課題もあるが、暗黙性という観点では、システムが家庭の中で自然に溶け込むという観点が比較的高い水準で全ての媒体で示唆され、特定のアンビエント媒体を用いることで、ユーザーの日常に融け込みながら、情動の恒常性を補綴できる可能性を示せた。さらにここで、ユーザー体験に対するインタビューなどから明らかになった、新しいデザインの観点や問題点を述べる。

半自律性のデザイン

本研究におけるコンセプトの実践では、自律性という観点において、環境や外部刺激の選択に対して疎い人に対してはより効果的であることが考えられる。特にシステムに対してポジティブな反応を見せた被験者二人は、自己の興味や仕事といったタスクに集中するあまり、自己の心身の管理のための行動及び外部刺激の選択を後回ししてしまうような人であった。このような人物にとっては、日常の中で自律性かつ暗黙性のもとで機能するアンビエント装置は目の前のタスクを維持しながら機能することから受け入れられやすいと考える。一方で、被験者の内一人の男性 (P3) は、空間における物の配置や自分が身につけるものの全てにまで

意識を巡らせ、自分が気持ちいいと思える外部環境をすでに構築しているような性格であった。骨折していない人に松葉杖が必要ないように、このような人物は自己の情動に対してすでに適切な能力を持ち、適切な刺激の選択や、環境選択が情報技術の介在なく完了しているという考えもできる。本研究の最も大きなテーマである、自律的な情動のコントロールループシステムはこのような人物にとって、それでも自分の気づいていない情動の領域が活性化されることや、アンビエント媒体のデジタル操作によって新しい環境刺激の可能性が開かれる点で、情動との付き合いが拡張されると考えることができるが、一方で自分の体で意識される情動と、外部からの測定によって得られた情動が異なる時に、環境が自分の意に反して機能することはかえって不快になることがインタビューの中でも明らかになった。このような点では、自己の操作で関われる範囲と、機械に依存する程度 (=自律性) を、本研究において制作した入力インターフェースなどを効果的に用いてデザインすることが求められる。

介入＋可視化

本システムを検証する中で、自分の情動に介入してくれるだけでなく、自分の情動を詳しく知りたいという意見が複数挙げられた。これは、本検証で用いたシステムにおける刺激提示のパラメータとして、自己の情動に合わせた刺激量の調整が含まれていることから、環境が変化していることに対して、自己の情動が変化しているということをユーザーが連想し、それに意識的になる中で情動への意識が高まったと考えられる。実際に、一人の被験者は、コンセプトを説明した 3 日目から最もクールレベルが高い時に、自己がリラックスできていないと気づき、リラックスとなるように行動を意識していた。こういった観点から別のアプローチとして、情動を測定し、刺激を生成することで情動に介入することに加えて、現在の情動がユーザーに理解されるような可視化も同時にインタラクションとして実現することが有効である可能性がある。あるいは、介入モードや提示モードを設計しアンビエントを用いて、刺激の介入までは行わず、情動データそのものを提示するだけの機構を構築することも効果的であることが期待できる。

自律性から進化へ

別の新たな課題として、システムを常時使い続けていくと、環境の変化が単調であることに気づくようになる。特に、振動や色の変化は、はじめはその変化によってもたらされる刺激が新鮮に感じられるが、環境と戯れる中で情動が変化していく体験を続けていくと、その刺激と体の変化パターンが体に記憶され常態化し、刺激が身体に与える影響が低下されることが懸念されるだけでなく、装置の使用に対しても楽しみやモチベーションが低下していく。実際に、図 4.18 から、刺激を与えた直後の数分間の情動がオブジェクトを除く全ての媒体で高い水準へと増加あるいは維持しており、その後は増加か低減する、あるいは情動値そのものが減少する傾向が見られている。これらを防ぐためには、刺激の種類を増やしていくことや、システムそのものにより複雑なエージェントを構築することが求められる。例えば、入力された刺激と変化した情動を出力として、ユーザーの好みを学習していく機能や、ユーザーの常態化を検知して刺激の種類を変化させるといったより高度なシステムのモデルを構築する等が挙げられる。これは、本来固定されているアンビエントを、情動機能として身体の一部のように扱うことで変化させるので、私たちの情動機能が年を経て成長していくように、これらを扱うシステムも成長させていくことがユーザーに取ってより自然に受け入れられると予想する。

情動測定システムにおける暗黙性の向上

本研究の一つの指針として、情動のインタフェースを構築するにあたって、特にその情動の暗黙的な性質ゆえに、インタフェースにおけるユビキタスコンピューティングの思想のもと、より軽量かつ非束縛な情動測定な測定を目指した。腕への心拍センサの装着においては、一日着けることが可能になる事が示唆され、前額部への簡易脳波計の装着においては、部屋内かつ非アクティブ状態で数時間の装着程度は可能であるということが示唆された。一方で、いずれも装置を装着したことがないような被験者にとっては、導入の段階で装着自体が不快となることが懸念される。現状のアプローチでは、接触型の計測を行ったが、現在では研究開発の領域で、ミリ波レーダを使った心拍や呼吸の非接触センシングが進んでお

り [25]、精度が向上していくと、センシングも環境の中に埋め込むというアプローチが可能になる。また、環境側ではなく、身体側の内部に情報技術を埋め込む考え方として、Human Computer Integration という考えが近年提唱され [68]、パルスセンサや脳波センサを身体側に埋め込むということも、今後精度及び暗黙性を同時に担保する手法として考えていくことができる。さらに別の考え方として、一人の被験者から、従来のウェアラブル端末が行ってきた生体測定そのものにメリットを感じることはなかったが、身体内部と環境をつなぐという本コンセプトがあると、新しいウェアラブル端末使用に対するモチベーションになるという意見があった。これは、装着感を高めウェアラブル端末導入の敷居を下げるのではなく、視力が低い人にとっての眼鏡が生活を成り立たせる上でかかせなくなるように、これがないと情動を維持できないといった機能価値を創出するという点で、一つ新しい可能性を示す事ができたと考える。

情動介入システムにおける暗黙性の向上

刺激介入における暗黙性を維持する観点では、アンビエント装置が環境の中に埋め込まれユーザーにとって存在を意識しないほどに深く日常の一部になることを目指した。そのために、刺激のしきい値を設定すること、そして刺激を発生させる装置の使用や取り付け、及び刺激の種類の選択としてよりユーザーにとって自然的に受け入れられる設計を目指した。とくに、装置を最も自然的 (暗黙的) に感じたというランク付けの項目に対しては、音、植物、光、振動と続いた。この点で、音や植物による刺激の提示は、環境音や観葉植物そのものが本来持つ日常性やそのアンビエントが持つ特性を十分に発現させたことで、日常環境によりシームレスに接続されたと言える。一方で、振動や光といった提示では、本来日常には存在し得ないクール色の色や、絶え間ない振動の存在などが、非日常的な刺激としてユーザーの意識に登りやすくなってしまったことが考えられる。このようなデザインの考えは、Wensveen らによる自然結合の観点 [69] を踏まえて、環境の中に存在する自然的な周波数による振動パターンによる提示や、環境光の効果的な利用 (窓や天井、カーテンを使用したインタラクション) などという側面を考慮していくことで改善の可能性が考えられる。

4.4.2 アンビエント媒体による感覚刺激のデザイン

本研究では、アンビエント媒体による刺激の提示の種類として、快適度を呼吸誘導によって変化させること、そして覚醒度は環境知覚パターン (空間に対する印象操作) を変化させることで情動を変化させることを試みた。ここで、検証から得られた、それぞれの媒体が作り出せる感覚刺激に対する課題などを含めた考察を行う。

光を用いた情動誘導

光による刺激は、空間内の光の集中･拡散を時間操作することで呼吸のメタファーを表現し呼吸誘導を目指した。これらの刺激は、呼吸誘導に加えてユーザーに対して空間と共鳴するような感覚を生み出し、空間に対する強い没入感を生み出すことで情動への影響も示唆され、ユーザーの好みも比較的高かった。一方で、それを日常生活に溶け込ませていく上では、没入感が邪魔となり暗黙性を損なう場面も存在し、没入感と生活を両立させることの難しさが示唆された。また、色の変化は、その空間の印象のわかりやすい変化から、被験者にとって魅力的なインタラクションに移りやすかったことに加えて、情動への影響度合いも質的評価および主観的評価ともに見られた。今後は刺激の常態化やより複雑な情動を扱っていくために、色の種類を増やしていくことが一つ選択肢として考えられる。一方で、本被験者 3 人の中ではクールトーンと白色の変化に対して類似した変化が見られたが、色の変化においては個人的な好みや文化などの差も情動に与える影響が考えられるため、設計においては十分に考慮する必要がある。

音を用いた情動誘導

音による刺激では、自然音の強度を情動に合わせて変化させることを試みた。ただし、音の刺激の特徴として、視覚に邪魔されなく聴覚的要素を活用できる一方で、視覚的な刺激などに比べると、ユーザーの動画視聴などの際に感覚を重畳しにくい事が挙げられた。実際に、検証の中でも自然音がメディアの視聴の中でそもそも聞こえもしなかったといった場面が存在した。現代では、ライフスタイ

ルの中に動画メディアの視聴が深く根ざしており、音単体で情動を調整することは難しく、他の感覚刺激と組み合わせる必要があると考えられる。

振動を用いた情動誘導

振動による刺激では、振幅の変化によって呼吸を誘導することを試みた。実際に、情動調整に対して質的調査から一定の貢献が見られた。さらに予想に反して、しきい値を丁寧に設定することで、生活の中での刺激がユーザーにとって不快となることをある程度防げることがわかった。一方で、触覚振動はアンビエンスを構築する中で、音や光などと比べると、振動そのものが持つ情報の量が少ないことから、ユーザーにとっては刺激が単調に映ることが挙げられ、現在は触覚の特性をデザインするという試みも存在することから [64]、逆に作れる刺激の種類を増やしていくアプローチが考えられる。また、振動は、視覚・聴覚的な要素とは大きく違い、日常の生活の刺激の中に感覚を重量しやすいことが明らかになった。映像を見ているときも音楽を聞いているときも、その鑑賞対象そのものを妨害することなく情動に対して影響を与えることができることが示唆される。

オブジェクト (花器) を用いた情動誘導

物質を用いた情動調整では、花器に対して呼吸の形状変化をデザインすることで呼吸を誘導することを目指した。この中で、花器による形状変化は、呼吸誘導を通じて快に与える優位な影響が量的な調査と質的な調査ともに見られなかったが、これは、触覚などに比べると花器の形状変化による刺激が視覚に依存し、なおかつ光に比べて周辺視を十分に活用できず、雑多な部屋空間の中で、花器を視界の中央に捉えないと形状変化の動きが見えないということがインタビューから示唆された。物質の形状変化を日常での情動誘導に用いるには、壁や床や、ベッドなどよりラージスケールの変化を作り出す必要があると考える。ただし、最も好みなインタラクションとしては多くの意見があげられ、静的なものに命を吹き込むような形状変化のインタラクションは、プレイフルネスといった切り口から、導入という観点で日常の中に容易に組み込んでいける可能性が示唆された。

Affective of Things/情動駆動の IoT へ

本検証では、アフェクティブコンピューティングの実践において積極的に活用されている、VR デバイスやデジタルディスプレイ及び、特殊環境の構築 [36] [8] などを行わずに、あくまで日常生活を行う中で触れる実空間のアンビエント媒体を用いた。この時、アンビエント刺激を提示する装置は、Hue から振動子までそれぞれネットワークで接続され、IoT の形態を取った。実際に、光や音に関しては、情動に合わせて装置を動かすというこれまでの照明やスマートスピーカーといった IoT デバイスでは考慮されてこなかった新しいインタラクションの形をもたらす可能性が示唆された。また、IoT としてこれまで実用性といった観点でほとんど扱われてこなかった振動やオブジェクトの形状変化等においては、ネットワークに接続され情動を調整するように機能するアンビエント媒体として、新しい IoT として活用できる可能性が示唆された。本研究におけるコンセプトは、IoT によって生み出されるインタラクションとして、情動駆動という一つの新しい価値を発展させ、モノの情動化 Affective of Things のようなモノと身体の関わりを深める可能性を秘める。ただ、このような自分たちの情動がネットワークに接続される時に、そこで扱われる情報をどう管理するかというプライバシーの問題は極めて重要な問題となる。実際に被験者からも情動が接続されることで生まれる新しい豊かさとともに、それがデータとして外部に置かれる怖さを述べていた。身体の内面という普段外に見せない部分を扱う以上、こういったインターフェースにおいては、ユーザーに対する装置の心理的安全性を高めていくことが必要不可欠となることが予想される。

4.4.3 アダプティブアンビエンス

建築空間においてヒトは，第 2 章で整理したように、知覚器官を通じて環境からのさまざまな刺激を知覚することで，心地よさや癒しなどを感じる。現代では、機能性が飽和し始めており、空間デザインからプロダクトデザインの幅広い範囲において、気持ちよさの側面に対する考慮が求められてくる。感性に対する空間をデザインするにあたっては、通常、空間の設計者は，構造などに関わる科学的な

データや建築にまつわる種々の法律等とあわせて、自らの主観的な経験をベースとする感性に従ってデザインを行う。とりわけ，空間を”感じる”部分に関しては，設計者の感性に大きく依存する。また、空間の体験者は、居心地や、気分という曖昧な言葉を使用して、空間から感じ取る気持ちよさを選び取っている。また一度作り出した一つの空間はあくまで固定化されたものであり、私たちは自分たちに適した場所を曖昧な身体意識を頼りに選択していくことで、この気持ちよい空間を享受することができた。いずれも、空間の気持ちよさという観点では、建築者と体験者は曖昧な状態でつながっていると言える。ここで、本研究で扱ってきたようなアンビエンス媒体は、機能性を与える構造などの要素とは異なり、空間の体験者に対して気持ちよさを作り出す空間デザインにおける最も主要な要素であると考えることができる。光のあわい、環境音、床から伝わる微細な振動、壁の質感、これらはすべて機能性とは離れたところでわたしたちの情動に訴えかけてくる。このアンビエンス媒体と情動との関係性を明らかにしていくことで気持ちよさを科学する可能性が示唆される。

本研究は、このアンビエンスという観点において空間が情動に与える影響を因数分解していくことに加えて、情動に対して気持ちよさを生み出すための操作する対象として捉え直すことで、空間から受け取る気持ちよさを曖昧なものから人工的に生み出すものへと変えることを目指した。実際に、検証においても、光や、音、触覚といったアンビエンス媒体における時間周波数の操作と空間周波数の操作が情動に対して一定の影響を作り出すことが示唆された。

さらに、このような手法は、気持ちよさのデザインが、建築家や体験者の努力から離れ外部で完結することで、わたしたちが場所を選ぶのではなく、場所が自律化し、わたしたちに合わせる（=アダプティブアンビエンス) ようになる可能性を秘め、1 つの場所の持つ力を高めることができる。特に、2020 年は COVID19 の影響で、場所の保つ力が見直されていると言える。COVID19 以前はカフェ、オフィス、ミーティングルーム、これら複数の場所を私たちは自分の気分に合わせて切り替えるということを当たり前のようにできたが、COVID19 によってこのような行為が禁止され、私たちの無意識の場所への依存が顕になった。そして、自己の住空間に滞在することが長くなるような現代において、本システムで提唱し

たような空間との関わりは、場所を固定されたものではなく、流動的なものとして扱い、一つの場所の持つ力と潜在性を高め、日常空間の再定義につながると考える。

4.5. 第4章まとめ

第四章では、自律的かつ暗黙的に作用する情動の恒常性を補綴するインターフェースにおけるシステム及び検証、それに対する考察を行った。測定システムでは、ユーザーにとってよりセンシングそのものを意識しないことを目指し、そして刺激装置においては、その装置及びそこから生じる刺激が常にユーザーのバックグラウンドで機能するようなデザインを行った。また操作するアンビエント媒体として、3 章で示したユースケースの中から、光と音、振動とオブジェクトの 4 つの媒体を用いてシステムをデザインした。そして、これら情動調整のメカニズムが、生活の中の一部として機能しながら情動調整に寄与するかどうかを、実際に家庭の中に導入する検証を行った。検証における定量的評価では、オブジェクトのアンビエンス媒体以外において一定の情動への貢献が見られた。また、ユーザーエクスペリエンスに対しては、ライフスタイルと並行してその環境を使い続けられる程度の暗黙性が維持できるインタラクションが実現でき、アンビエント媒体を用いることで、ユーザーの日常に融け込みながら、情動を補綴できる可能性を示せた。一方で、ユーザーエクスペリエンスの定性的評価から浮かび上がった新たなデザインの観点及び問題点として、自律性に対するより精緻な設計や、装置そのものがユーザーに合わせて学習する設計、暗黙性を向上するデザイン原則などが考察された。また、これらは情動の補綴と言う観点とは別に、IoT の新しいインタラクションの形としてモノの情動化や、空間における気持ちよさを外部化しコンピュータによって自律化させるアダプティブアンビエンスの考えにも繋がる可能性があることを示した。

第 5 章
結　　論

第 1 章ではまずはじめに、情報技術が知能や機能としての人間拡張だけではなく、人間の内面世界である感情/情動に向き合う必要性を述べた。このとき、現在では感情/情動と呼ばれる言葉に対して、多くの定義・解釈があることから、ダマシオによる情動/感情区分を元に本研究で扱う感情/情動を定義した。そして、これらの感情/情動を拡張する既存の取り組みとしてポジティブコンピューティングやアフェクティブコンピューティングと呼ばれる思想を紹介し、ダマシオの区分を元にこれらを整理するなかで、情動を補綴するという本研究の立ち位置を示した。さらに、情動を補綴するにあたって、情動が本来持つ最も原初的な機能として恒常性 (ホメオスタシス) を紹介し、その特徴として情動を理想的な方向へと自律的・暗黙的に調整するという働きを挙げ、これを補綴するシステム及びインターフェースを構築するという本研究の方向性を示した。

第 2 章では、身体内部で生じる情動という現象に対して、情報技術がどう関われるかを整理していくために、情動が発生するメカニズムの神経学的な知見に加えて、記号やコンピュータという外部が情動をどう理解するかという知見と、コンピュータがわたしたちの情動体験をどう変化させるかという知見の大きく 3 つに分けて説明した。これを元に、情動に対する測定及び介入という観点で本研究で扱う手法を示した。また、介入にあたって、日常の中でシステムを暗黙的に機能させるという観点を補うため、音楽の領域やヒューマンコンピュータインタラクションの中で議論されているアンビエントという考え方を紹介し、これを組み合わせることで、暗黙的かつ自律的に恒常性を補綴する情動インターフェースのあり方に関して新しい可能性を考えた。

続いて第 3 章では、身体を取り巻くアンビエント媒体を用いて情動を自律的か

つ意識下において調整するシステムのコンセプトと、本研究がもたらす貢献を示した。さらに、自律性と暗黙性というデザイン指針をベースに、本研究で扱う情動とその測定および介入モデルを示し、アンビエント要素の操作に関するユースケースを示した。ユースケースでは、アンビエント媒体それぞれが持つ身体との関係性から大きく光・音・振動・空気・オブジェクトに分けて考え、情動を変化させることができるインタラクションを空間周波数と時間周波数の変化という軸から想定した。

第4章では、3章で示したコンセプトを実現するシステムを制作し、検証、それに対する考察を行った。測定システムでは、ユーザーにとってよりセンシングそのものを意識しないことを目指し、そして刺激装置においては、その装置及びそこから生じる刺激が常にユーザーのバックグラウンドで機能するようなデザインを行った。また操作するアンビエンス媒体として、3章で示したアンビエント媒体のユースケースの中から、光と音、振動とオブジェクトの4つの媒体を用いてシステムをデザインを行った。そしてこれら情動調整のメカニズムが、生活の中の一部として機能しながら情動調整に寄与するかどうかを、実際に家庭の中に導入する検証を行った。検証における定量的評価では、快適度に対してはオブジェクトのアンビエンス媒体以外において一定の情動への貢献が見られ、また覚醒度に対しては自然音、光(色)ともに一定の貢献が見られた。また、ユーザーエクスペリエンスに対しても、暗黙性が一定の範囲内で担保されたインタラクションが実現され、アンビエント媒体を用いることで、ユーザーの日常に融け込みながら、情動との付き合い方を補綴できる可能性を示せた。一方で、ユーザーエクスペリエンスの定性的評価から浮かび上がった新たなデザインの観点及び問題点として、自律性に対するより精緻な設計や、装置そのものがユーザーに合わせて学習する設計、暗黙性を向上するデザイン原則などが考察された。今後は、考察の中で浮かび上がった新たなデザインの課題を考慮して、インターフェースを再設計することや、本研究の中で扱わなかったアンビエント媒体によるインタラクションを想定していくことで、日常の中で情動の恒常性を補綴することをさらに考えていきたい。また、考察から浮かび上がった別の方向性として、このような情動を補綴するという考えでデザインしたインターフェースは、感性の科学・操作という

観点で情動駆動の IoT や気持ちよさを作り出す空間デザインとして応用することができることが示唆された。

謝　　辞

本研究の指導教員であり、研究に対して、常にクリティカルな意見やアイデアを頂き現在まで導いていただきました慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科の南澤孝太教授に心から感謝いたします。

また、研究の方向性について様々な助言や指導をいただきました慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科の Matthew Waldman 教授に心から感謝いたします。

さらに、Embodied Media Project で出会ったメンバーは、独創性に溢れ、研究に対するモチベーションも高く、最高に恵まれていたと感じています。また、GID プログラム、Stanford プログラムなどを通じて出会った仲間からは、デザインや文化といった観点で様々な新しい気づきをもたらしてくれました。みんなありがとう。

最後に、修士を応援してくれた両親、心から感謝します。

参 考 文 献

[1] Antonio Damasio and Gil B Carvalho. The nature of feelings: evolutionary and neurobiological origins. *Nature reviews neuroscience*, Vol. 14, No. 2, pp. 143–152, 2013.

[2] John B Watson and Rosalie Rayner. Conditioned emotional reactions. *Journal of experimental psychology*, Vol. 3, No. 1, p. 1, 1920.

[3] James A Russell. A circumplex model of affect. *Journal of personality and social psychology*, Vol. 39, No. 6, p. 1161, 1980.

[4] Antonio R Damasio. The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, Vol. 351, No. 1346, pp. 1413–1420, 1996.

[5] Yuki Ban, Hiroyuki Karasawa, Rui Fukui, and Shin'ichi Warisawa. Relaxushion: controlling the rhythm of breathing for relaxation by overwriting somatic sensation. In *SIGGRAPH Asia 2018 Emerging Technologies*, pp. 1–2. 2018.

[6] Narihiro Nishimura, Asuka Ishi, Michi Sato, Shogo Fukushima, and Hiroyuki Kajimoto. Facilitation of affection by tactile feedback of false heratbeat. In *CHI'12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp. 2321–2326. 2012.

[7] 櫻井翔, 鳴海拓志, 勝村富貴, 谷川智洋, 廣瀬通孝. Interactonia balloon: 風船を用いた能動的呼吸の誘発による緊張感の喚起・増幅 (¡ 特集¿ アート & エ

ンタテインメント 3). 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 18, No. 3, pp. 361–370, 2013.

[8] Holger Schnädelbach, Ainojie Irune, David Kirk, Kevin Glover, and Patrick Brundell. Exobuilding: physiologically driven adaptive architecture. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, Vol. 19, No. 4, pp. 1–22, 2012.

[9] Hiroshi Ishii, Craig Wisneski, Scott Brave, Andrew Dahley, Matt Gorbet, Brygg Ullmer, and Paul Yarin. ambientroom: integrating ambient media with architectural space. In *CHI 98 conference summary on Human factors in computing systems*, pp. 173–174, 1998.

[10] Konel. Toi.

[11] Antonio Damasio. Feelings of emotion and the self. *Annals of the New York Academy of Sciences*, Vol. 1001, No. 1, pp. 253–261, 2003.

[12] Rafael A Calvo and Dorian Peters. *Positive computing: technology for well-being and human potential.* MIT Press, 2014.

[13] Rosalind W Picard. *Affective computing.* MIT press, 2000.

[14] Isadore Michael Lerner, et al. Genetic homeostasis. *Genetic homeostasis.*, 1954.

[15] Sigmund Freud. Beyond the pleasure principle. In *The Standard Edition of the Complete Psychological Works of Sigmund Freud, Volume XVIII (1920-1922): Beyond the Pleasure Principle, Group Psychology and Other Works*, pp. 1–64. 1955.

[16] Thad Starner. Human-powered wearable computing. *IBM systems Journal*, Vol. 35, No. 3.4, pp. 618–629, 1996.

[17] William James. The emotions. 1922.

[18] Margaret M Bradley and Peter J Lang. Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of behavior therapy and experimental psychiatry*, Vol. 25, No. 1, pp. 49–59, 1994.

[19] Wilhelm Max Wundt and Charles Hubbard Judd. *Outlines of psychology*. W. Engelmann, 1902.

[20] CHARLOTTE VanOYEN WITVLIET and Scott R Vrana. Psychophysiological responses as indices of affective dimensions. *Psychophysiology*, Vol. 32, No. 5, pp. 436–443, 1995.

[21] 村井文哉, 角所考, 小島隆次, 村上正行. 授業映像に基づく雰囲気認識のための基本特性と観測特徴量. 教育システム情報学会誌, Vol. 32, No. 1, pp. 48–58, 2015.

[22] 宮下敬宏, 篠沢一彦ほか. ヒューマンロボットインタラクションのための要素技術と応用 (¡ 特集¿ 深化する hai: ヒューマンエージェントインタラクション). 人工知能学会誌, Vol. 24, No. 6, pp. 856–863, 2009.

[23] 高橋裕也, 川上洋平, 林亮輔, 駒澤真人, 岸本太郎, 菅谷みどりほか. 生体情報を用いた感情推定手法の検討. 組込みシステムシンポジウム 2018 論文集, Vol. 2018, pp. 106–107, 2018.

[24] Neema Moraveji. The science behind spire.

[25] Wansuree Massagram, Victor M Lubecke, Anders HØst-Madsen, and Olga Boric-Lubecke. Assessment of heart rate variability and respiratory sinus arrhythmia via doppler radar. *IEEE Transactions on microwave theory and techniques*, Vol. 57, No. 10, pp. 2542–2549, 2009.

[26] Olave E Krigolson, Chad C Williams, Angela Norton, Cameron D Hassall, and Francisco L Colino. Choosing muse: Validation of a low-cost, portable eeg system for erp research. *Frontiers in neuroscience*, Vol. 11, p. 109, 2017.

[27] Yuji Uema and Kazutaka Inoue. Jins meme algorithm for estimation and tracking of concentration of users. In *Proceedings of the 2017 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2017 ACM International Symposium on Wearable Computers*, pp. 297–300, 2017.

[28] Nadeen Abbas, Dinesh Kumar, and Neil Mclachlan. The psychological and physiological effects of light and colour on space users. In *2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference*, pp. 1228–1231. IEEE, 2006.

[29] 堀清和, 千賀康利, 南哲, 堀清記. 音楽聴取が心拍変動に及ぼす影響. 日本生気象学会雑誌, Vol. 41, No. 4, pp. 131–140, 2004.

[30] Luciano Bernardi, Cesare Porta, Gaia Casucci, Rossella Balsamo, Nicolò F Bernardi, Roberto Fogari, and Peter Sleight. Clinical perspective. *Circulation*, Vol. 119, No. 25, pp. 3171–3180, 2009.

[31] Anjan Chatterjee and Oshin Vartanian. Neuroaesthetics. *Trends in cognitive sciences*, Vol. 18, No. 7, pp. 370–375, 2014.

[32] Mary L Phillips, Lloyd J Gregory, Sarah Cullen, Steven Cohen, Virginia Ng, Christopher Andrew, Vincent Giampietro, Edward Bullmore, Fernando Zelaya, Edson Amaro, et al. The effect of negative emotional context on neural and behavioural responses to oesophageal stimulation. *Brain*, Vol. 126, No. 3, pp. 669–684, 2003.

[33] Ximena Omlin, Francesco Crivelli, Lorenz Heinicke, Sebastian Zaunseder, Peter Achermann, and Robert Riener. Effect of rocking movements on respiration. *PloS one*, Vol. 11, No. 3, p. e0150581, 2016.

[34] 岩下直人, 倉掛正治, 上岡玲子. 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. 日本バーチャルリアリティ学会, 2019.

[35] 浦谷裕樹, 大須賀美恵子. エアバッグを用いた子ども向けの呼吸誘導ぬいぐるみの開発. 人間工学, Vol. 51, No. 6, pp. 428–434, 2015.

[36] JONATHANS Goldman. Sonic entrainment. *Music: Physician for times to come*, pp. 217–233, 1991.

[37] Kyung Yun Choi and Hiroshi Ishii. ambienbeat: Wrist-worn mobile tactile biofeedback for heart rate rhythmic regulation. In *Proceedings of the Fourteenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, pp. 17–30, 2020.

[38] 福嶋政期, 橋本悠希, 野澤孝司, 梶本裕之. 笑い増幅器: 笑い増幅効果の検証. ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 12, No. 3, pp. 199–207, 2010.

[39] 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, pp. 15–26, 2015.

[40] 寺澤悠理, 梅田聡. 内受容感覚と感情をつなぐ心理・神経メカニズム. 心理学評論, Vol. 57, No. 1, pp. 49–66, 2014.

[41] Renaud Gervais, Jérémy Frey, Alexis Gay, Fabien Lotte, and Martin Hachet. Tobe: Tangible out-of-body experience. In *Proceedings of the TEI'16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, pp. 227–235. ACM, 2016.

[42] Rohit Ashok Khot, Larissa Hjorth, and Florian'Floyd' Mueller. Understanding physical activity through 3d printed material artifacts. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 3835–3844. ACM, 2014.

[43] Joan Sol Roo, Renaud Gervais, Jeremy Frey, and Martin Hachet. Inner garden: Connecting inner states to a mixed reality sandbox for mindfulness.

In *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1459–1470. ACM, 2017.

[44] Jay Vidyarthi, Bernhard E Riecke, and Diane Gromala. Sonic cradle: designing for an immersive experience of meditation by connecting respiration to music. In *Proceedings of the designing interactive systems conference*, pp. 408–417, 2012.

[45] 牟田季純, 越川房子. 身体状態の 「意味づけ」としての情動—相互作用認知サブシステムとマインドフルネス. 認知科学, Vol. 25, No. 1, pp. 74–85, 2018.

[46] Hussein Al Osman, Mohamad Eid, and Abdulmotaleb El Saddik. U-biofeedback: a multimedia-based reference model for ubiquitous biofeedback systems. *Multimedia tools and applications*, Vol. 72, No. 3, pp. 3143–3168, 2014.

[47] Kiyoko Yokoyama, Jun-ichiroh Ushida, Yasue Sugiura, Mikako Mizuno, Yasufumi Mizuno, and Kazuyuki Takata. Heart rate indication using musical data. *IEEE Transactions on biomedical engineering*, Vol. 49, No. 7, pp. 729–733, 2002.

[48] Neema Moraveji, Ben Olson, Truc Nguyen, Mahmoud Saadat, Yaser Khalighi, Roy Pea, and Jeffrey Heer. Peripheral paced respiration: influencing user physiology during information work. In *Proceedings of the 24th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp. 423–428, 2011.

[49] Asma Ghandeharioun and Rosalind Picard. Brightbeat: effortlessly influencing breathing for cultivating calmness and focus. In *Proceedings of the 2017 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1624–1631, 2017.

[50] Jaime Snyder, Mark Matthews, Jacqueline Chien, Pamara F Chang, Emily Sun, Saeed Abdullah, and Geri Gay. Moodlight: Exploring personal and

social implications of ambient display of biosensor data. In *Proceedings of the 18th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work & Social Computing*, pp. 143–153, 2015.

[51] Bin Yu, Mathias Funk, Jun Hu, and Loe Feijs. Unwind: a musical biofeedback for relaxation assistance. *Behaviour & Information Technology*, Vol. 37, No. 8, pp. 800–814, 2018.

[52] Anna Ståhl, Martin Jonsson, Johanna Mercurio, Anna Karlsson, Kristina Höök, and Eva-Carin Banka Johnson. The soma mat and breathing light. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp. 305–308, 2016.

[53] Paul M Lehrer, Evgeny Vaschillo, and Bronya Vaschillo. Resonant frequency biofeedback training to increase cardiac variability: Rationale and manual for training. *Applied psychophysiology and biofeedback*, Vol. 25, No. 3, pp. 177–191, 2000.

[54] Kanit Wongsuphasawat, Alex Gamburg, and Neema Moraveji. You can't force calm: designing and evaluating respiratory regulating interfaces for calming technology. In *Adjunct proceedings of the 25th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp. 69–70, 2012.

[55] Anna Cocilovo. Colored light therapy: overview of its history, theory, recent developments, and clinical applications combined with acupuncture. *American journal of acupuncture*, Vol. 27, pp. 71–84, 1999.

[56] Jacob A Benfield, B Derrick Taff, Peter Newman, and Joshua Smyth. Natural sound facilitates mood recovery. *Ecopsychology*, Vol. 6, No. 3, pp. 183–188, 2014.

[57] Jeffrey L Goodie and Kevin T Larkin. Transfer of heart rate feedback training to reduce heart rate response to laboratory tasks. *Applied psychophysiology and biofeedback*, Vol. 31, No. 3, pp. 227–242, 2006.

[58] P Hue. Philip hue iot portal, 2017.

[59] Annemiek Vink. Music and emotion: Living apart together: A relationship between music psychology and music therapy. *Nordic Journal of Music Therapy*, Vol. 10, No. 2, pp. 144–158, 2001.

[60] Frederic L Wightman and Doris J Kistler. Headphone simulation of free-field listening. i: stimulus synthesis. *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 85, No. 2, pp. 858–867, 1989.

[61] Katri Salminen, Veikko Surakka, Jukka Raisamo, Jani Lylykangas, Johannes Pystynen, Roope Raisamo, Kalle Mäkelä, and Teemu Ahmaniemi. Emotional responses to thermal stimuli. In *Proceedings of the 13th international conference on multimodal interfaces*, pp. 193–196, 2011.

[62] 坂本真樹ほか. オノマトペ— 生活を快適にする情報技術—. 人工知能, Vol. 32, No. 1, 2017.

[63] 仲谷正史, 筧康明, 南澤孝太, 三原聡一郎ほか. 触感表現の一般普及に向けた方法論とテクタイルワークショップを通したその実践 (¡ 特集¿ ハプティックコンテンツ). 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 19, No. 4, pp. 593–603, 2014.

[64] 仲谷正史, 川副智行. 触感をつくる《 テクタイルという考え方》 触感をつくる《テクタイルという考え方》, 2011. 日本ロボット学会誌, Vol. 30, No. 5, pp. 499–501, 2012.

[65] Kyung Yun Choi and Hiroshi Ishii. Ambienbeat: Wrist-worn mobile tactile biofeedback for heart rate rhythmic regulation. In *Proceedings of the Fourteenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, TEI '20, p. 17–30, New York, NY, USA, 2020. Association for Computing Machinery. URL: `https://doi.org/10.1145/3374920.3374938`, `doi:10.1145/3374920.3374938`.

[66] M Adachi, CLE Rohde, and AD Kendle. Effects of floral and foliage displays on human emotions. *HortTechnology*, Vol. 10, No. 1, pp. 59–63, 2000.

[67] Elliot Hawkes, B An, Nadia M Benbernou, H Tanaka, Sangbae Kim, Erik D Demaine, D Rus, and Robert J Wood. Programmable matter by folding. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 107, No. 28, pp. 12441–12445, 2010.

[68] Florian Floyd Mueller, Pedro Lopes, Paul Strohmeier, Wendy Ju, Caitlyn Seim, Martin Weigel, Suranga Nanayakkara, Marianna Obrist, Zhuying Li, Joseph Delfa, Jun Nishida, Elizabeth M. Gerber, Dag Svanaes, Jonathan Grudin, Stefan Greuter, Kai Kunze, Thomas Erickson, Steven Greenspan, Masahiko Inami, Joe Marshall, Harald Reiterer, Katrin Wolf, Jochen Meyer, Thecla Schiphorst, Dakuo Wang, and Pattie Maes. Next steps for human-computer integration. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '20, p. 1–15, New York, NY, USA, 2020. Association for Computing Machinery. URL: `https://doi.org/10.1145/3313831.3376242`, `doi:10.1145/3313831.3376242`.

[69] Stephan AG Wensveen, Johan Partomo Djajadiningrat, and CJ Overbeeke. Interaction frogger: a design framework to couple action and function through feedback and feedforward. In *Proceedings of the 5th conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques*, pp. 177–184, 2004.

関連発表及び研究業績

国際会議展示及び受賞

1. IVRC 2018

   「TeleSight」

   ”Laval Virtual Award”

2. Laval Virtual 2019

   「TeleSight」

   Grand Prize in Research ReVolution competition

3. World Haptics 2019, Design Showcase

   「IKEBANA」

4. Siggraph 2019, Emerging Technology

   「TeleSight」

5. UIST 2019, Student Innovation Contest

   「Manga Wear」

   Jury’s Honorable Mention, People’s Honorable Mention