修士論文 2010 年度 (平成 22 年度)

ウェアラブル生体情報センサを利用した
雰囲気のデジタル化に関する研究

慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科
山本 純平

jum-p@ht.sfc.keio.ac.jp

修士論文要旨 2010 度 (平成 22 年度)

ウェアラブル生体情報センサを利用した
雰囲気のデジタル化に関する研究

我々は日常生活において，場の雰囲気を感じ取り行動の指標として利用している．場の雰囲気をデジタル化することができれば，“ 気分にあった雰囲気の場所をレコメンドするサービス ” や “ 雰囲気マップ ” など，様々なアプリケーションやサービスが実現可能になり，有用性は高い．

本研究では，雰囲気の有用性に着目し，雰囲気のデジタル化を目的とする．雰囲気は多くの要素に影響を受け変化しているため，環境情報を取得しただけでは雰囲気をデジタル化することは困難である．本研究では，場の雰囲気，利用者の気分及び行動は相互に影響を与え，循環していると考えた．そのような場においては，利用者の気分を雰囲気センサのように扱うことで雰囲気をデジタル化できると考え，雰囲気を「場に存在する気分の集合」と定義した．

本研究では，まず本定義の妥当性を評価する実験を行った．複数の場で実験を行い，多くの場で気分の集合値と雰囲気が 70% 以上一致するという結果が得られた．すなわち，日常的に気分の解析が可能になれば，雰囲気のデジタル化が実現できることが証明されたことになる．次に日常的に気分を解析する手法として，ウェアラブル生体情報センサを利用した気分の解析手法を提案し，評価を行った．皮膚温度及び心拍数を利用して気分を判別する方法では，80% の精度で気分を 4 つに判別することができた．さらに雰囲気のデジタル化に向け，本研究を通じて得られた雰囲気の知見からデジタル化の要件を整理した．雰囲気は曖昧な存在であることや，相反する要素が共存し得るという特性から，1)8 次元空間によるデジタル化，2) 外れ値の除去，3) 雰囲気データの範囲を設定する，という 3 つの要件を挙げ，それに基づくデジタル化手法を提案した．本研究を通じて現在までに成し得なかった雰囲気のデジタル化の実現可能性が明確となり，今後の情報社会の発展に大きな成果を残した．

キーワード：

雰囲気，感情心理学，ウェアラブル生体情報センサ，ユビキタスコンピューティング，コンテクストアウェア

慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科

山本 純平

Abstract of Master's Thesis Academic Year 2010

A Study of Mood Digitalization using Wearable Vital Information Sensors

In our daily lives, we often sense the mood of a certain place and use it as a factor to assess the context of that place to take relevant actions. A system which has the ability of acquiring mood will enable developers to create applications taking advantage of that characteristic.

The purpose of this study is to digitalize the mood of a place. For that there are so many factors influencing on mood, that subject remains challenging to researchers. This thesis also propose the definition of mood as "the mass of feelings that we have in a particular place". Thence, by assuming that feelings of each user presenting in one place, their actions, and the overwhelming mood of that place influence on each other circularly, it is reasonable to use those feelings as a "mood sensor" to assess the mood of that place.

Experiments to verify the proposed definition of mood were carried out. Here, the accuracy of 70% was archived, which reasons the use of employing user's feelings in digitalizing the mood of a place. In this thesis, the method of discriminating 8 feelings using skin temperature and heart rate based on Russell's circumplex model is also proposed. The system achieved a success rate of 65% considering former method, and 80% considering the method of quadrant-based analysis. In addition, discussion about requirements for mood digitalization which are 1) digitalization in eight dimensional space, 2) outlier rejection, and 3) setting the range of mood data will also be demonstrated. Finally, the capability of mood digitalization is clarified.

Keywords :

mood of a certain location, psychology of emotion, wearable vital information sensors, ubiquitous computing, context aware

Jumpei Yamamoto

Graduate School of Media and Governance
Keio University

目次

第 1 章　序論 1
1.1　本研究の背景 2
1.2　先行研究 2
1.3　本研究の概要 3
1.4　本論文の構成 3

第 2 章　雰囲気の有用性と利用 5
2.1　雰囲気とは 6
2.2　雰囲気の利用例 6
2.2.1　雰囲気の変化によるコンテクスト取得 6
2.2.2　トリガとしての利用 6
2.2.3　自動的な雰囲気の管理 6
2.2.4　場の評価指標として利用 7
2.2.5　雰囲気の可視化 7
2.2.6　気分と雰囲気を利用したレコメンドシステム 8
2.2.7　遠隔地の状況把握 8
2.2.8　ロボット技術への応用 8
2.2.9　スマートスペースでの利用 8
2.3　関連研究 8
2.3.1　雰囲気に関する研究 9
2.3.2　心理学的研究 10
2.4　雰囲気のデジタル化における問題意識 11
2.4.1　雰囲気の定義 11
2.4.2　心理学による雰囲気のデジタル化 11
2.4.3　雰囲気のデジタル化手法 12
2.5　本章のまとめ 12

第 3 章　雰囲気に関する予備調査 13
3.1　日常的な雰囲気の利用 14

3.1.1 一般的な雰囲気とは . . . 14
3.1.2 本研究の対象となる雰囲気 . . . 15
3.2 本研究における雰囲気の定義 . . . 16
3.2.1 雰囲気の循環モデル . . . 16
3.2.2 雰囲気の定義 . . . 17
3.2.3 システムによる雰囲気利用の流れ . . . 18
3.3 本研究における気分モデル . . . 19
3.3.1 ラッセルの円環モデル . . . 19
3.3.2 本研究における気分モデル . . . 20
3.4 本章のまとめ . . . 20

第 4 章 雰囲気の定義の妥当性評価 21
4.1 雰囲気の定義に関する評価実験 . . . 22
4.1.1 目的 . . . 22
4.1.2 評価方法 . . . 22
4.1.3 実験結果 . . . 23
4.1.4 妥当性に関する考察 . . . 29
4.2 本章のまとめ . . . 29

第 5 章 ウェアラブル生体情報センサを利用した気分解析 30
5.1 既存の感情解析手法 . . . 31
5.1.1 カメラによる表情解析 . . . 32
5.1.2 音声解析 . . . 32
5.1.3 生体情報センサによる解析 . . . 32
5.1.4 ユーザによる入力 . . . 33
5.1.5 既存手法の問題点 . . . 33
5.2 本研究における気分の判別手法 . . . 34
5.2.1 ウェアラブル生体情報センサを利用した解析 . . . 34
5.2.2 気分の判別モデル . . . 34
5.2.3 使用するセンサ . . . 36
5.3 気分解析に関する評価実験 . . . 37
5.3.1 目的 . . . 38
5.3.2 実験方法 . . . 38
5.3.3 実験結果と考察 . . . 40
5.4 本章のまとめ . . . 43

第 6 章 雰囲気のデジタル化手法 44
6.1 雰囲気のデジタル化 . . . 45

6.2 雰囲気の数値化 45
6.2.1 雰囲気の特性 45
6.2.2 数値化における機能要件 46
6.2.3 数値化手法の提案 47
6.2.4 デジタル化された雰囲気の利用 49
6.3 雰囲気データの応用 51
6.3.1 雰囲気の可視化 51
6.3.2 雰囲気の言語化 52
6.4 本章のまとめ 54

第 7 章 結論 55
7.1 本研究の成果 56
7.1.1 雰囲気の定義 56
7.1.2 ウェアラブル生体情報センサを利用した気分の解析手法 56
7.1.3 8 次元空間による雰囲気のデジタル化手法 57
7.2 今後の課題 57
7.2.1 雰囲気のモデル化 57
7.2.2 日常的な気分の解析 57
7.2.3 雰囲気のデジタル化の妥当性評価 57
7.3 結論 58

参考文献 63

図目次

1.1 momo!プロトタイプ 3

2.1 雰囲気マップイメージ 7
2.2 SHOJI による雰囲気の可視化 9

3.1 雰囲気の循環モデル 16
3.2 雰囲気の取得ステップ 18
3.3 ラッセルの円環モデル 19
3.4 気分モデル 20
3.5 研究の流れ 20

4.1 個人の気分の回答例 22
4.2 場の雰囲気の回答例 22
4.3 研究会合宿での気分の集合値 24
4.4 研究会合宿での雰囲気 24
4.5 打ち上げでの気分の集合値 25
4.6 打ち上げでの雰囲気 25
4.7 スクールでの気分の集合値 25
4.8 スクールでの雰囲気 25
4.9 美容院での気分の集合値 26
4.10 美容院での雰囲気 26
4.11 営業終了後の気分の集合値 27
4.12 営業終了後の雰囲気 27
4.13 居酒屋 A での気分の集合値 28
4.14 居酒屋 A での雰囲気 28
4.15 居酒屋 B での気分の集合値 28
4.16 居酒屋 B での雰囲気 28

5.1 気分の判別モデル 35
5.2 RF-ECG 36

5.3 RF-ECG 装着例 36
5.4 RS-800CX 装着例 37
5.5 気分の領域 40

6.1 生体情報のマッピング例 47
6.2 色彩心理に基づく色の表現 52
6.3 雰囲気可視化例 1 52
6.4 雰囲気可視化例 2 52
6.5 雰囲気の分類 54

表目次

3.1 Google 検索による雰囲気の表現方法 (2010 年 8 月) 14
3.2 代表的な雰囲気の分類 15

4.1 アンケートの集計例 23
4.2 気分の集合と雰囲気の一致度 29

5.1 生体情報と感情の関係 31
5.2 RF-ECG 仕様 36
5.3 RS-800CX 仕様 37
5.4 快・不快及び覚醒・眠気軸に関する質問 39
5.5 8 つの気分に関する質問 39
5.6 8 つの気分に分類した場合の精度 41
5.7 4 つに分類した場合の精度 41
5.8 気分別の精度 42

6.1 スクールでの被験者の気分データ 50
6.2 気分の平均値と標準偏差 50
6.3 Google 検索による 8 つの雰囲気の検索結果 (2010 年 8 月) 53

第 1 章

序論

本論文では我々が日常的に感じ取っている雰囲気のデジタル化を目的とし，雰囲気を利用したアプリケーションやサービスの実現に向け議論する．本章ではその背景として，雰囲気の有用性を述べ，さらに先行研究を挙げる．また本研究のアプローチである雰囲気の定義，ウェアラブル生体情報センサを利用した気分の解析手法，及び 8 次元空間による雰囲気のデジタル化手法について触れ，本論文の全体像を説明する．

1.1 本研究の背景

我々は日常的に雰囲気を直感的に感じ取り“雰囲気のいい喫茶店だった”,“今日のミーティングは緊迫していた”など，雰囲気に関する言葉を口にすることが多い．さらに我々は“疲れたから落ち着いた雰囲気の喫茶店に入る”のように，場の雰囲気を行動の指標として利用している．我々が感じている雰囲気を取得することができれば,“気分に合った雰囲気の場所をレコメンドするサービス”や“危険な雰囲気の場所を知らせるシステム”など，様々な効果的なアプリケーションが実装可能になると考えられる．さらに情報家電との連携により“雰囲気を自動的に変えるミュージックプレイヤ”も実現可能であり，雰囲気の有用性は高いと考えられる．本研究はこのような雰囲気の有用性に着目し，ユビキタスコンピューティング環境での雰囲気の取得と利用を目的とする．また本研究における雰囲気とは“場”の雰囲気を示す．

場に存在する雰囲気は多くの要素に影響を受け，音や光などの環境情報の変化だけでなく，場を利用する人々の行動や特定のイベントにも大きな影響を受け変化する．色彩心理学や音楽心理学のように五感への刺激が個人の気分や感情にどのような影響を与えるかについては多くの研究が行われている．しかし雰囲気については，場によってこれらの要素が雰囲気に与える影響の度合いは異なると考えられる．例えば，ライブやコンサートでは特定の人物の存在や音が雰囲気に大きな影響を与えると考えられるが，研究発表会の雰囲気においては音声は重要な情報ではない．すなわち，環境情報のみを取得し，色彩心理学や音楽心理学を利用して雰囲気を取得することは困難である．

また我々は場の雰囲気を自由に言語化し，利用している．すなわち，雰囲気は個人の感覚に基づいて解釈され，解釈の仕方には明確なルールは存在しない．そのため，同じ場に存在する人であっても一人は“明るい雰囲気”と表現し，他の一人は“楽しい雰囲気”と表現するかもしれない．このような曖昧な存在である雰囲気をデジタル化し，アプリケーションに利用するためには明確な定義が必要であるが，現在までに雰囲気の定義は確立されていない．よって，雰囲気のデジタル化に向け，雰囲気についてより理解を深める必要がある．

1.2 先行研究

momo!: Mood Modelling and Visualization based on Vital Information[4] は，本論文の先行研究として 2007 年に我々が作成したプロトタイプシステムであり，雰囲気の可視化を行う．本プロトタイプでは，ユーザの皮膚温度と脈拍数を取得し，気分を大きく 4 つ (緊張・弛緩・楽観・悲観) に判別する．気分の判別は 1 分毎に行われ，その都度データベースに蓄積される．取得した気分を全て 4 色の円を用いて地図上にマッピングすることで，場の雰囲気を表現した．2007 年 11 月に六本木で行われた SFC Open Research Forum 2007 に参加し，実際にバイタルセンサを使用して 2 か所の雰囲気を可視化するデモンストレーションを行った（図 1.1）．そしてアンケート評価を行い，結果から気分と雰囲気に深い関係性があることが証明された．

本プロトタイプでは気分を可視化することで雰囲気を表現し，ユーザに理解を委ねている．す

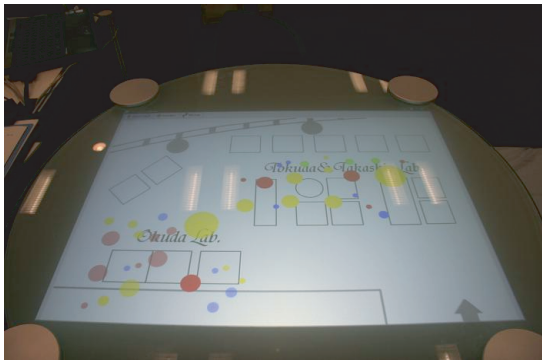

図 1.1　momo!プロトタイプ

なわち，雰囲気のデジタル化は行っていないことから，雰囲気を可視化以外の用途として利用することはできない．

1.3　本研究の概要

雰囲気のデジタル化に向けて雰囲気について理解を深めるため，本研究ではまず個人が抱く気分と場の持つ雰囲気の違いを調べるための予備調査を行い，その上で雰囲気，気分，そして行動は循環していると考えた．そのような場においては，気分を雰囲気センサのように扱うことで雰囲気を取得できると考え，本研究では雰囲気を「場に存在する人々の気分の集合」と定義した．そして雰囲気の定義の妥当性を評価する実験から，気分を正確に取得できれば雰囲気をデジタル化できる可能性を示す．

雰囲気の定義を受け，さらに気分の解析手法と雰囲気のデジタル化手法について議論を進める．多くの既存研究では，大きな生体情報センサによる解析やユーザの入力による気分の取得など，ユーザに負担の大きい手法を用いて気分を解析しているため，日常的に雰囲気をデジタル化するという目的には適していない．そこで本研究ではウェアラブルな生体情報センサを利用し，8 つの気分に判別する手法を提案し，評価を行った．

雰囲気のデジタル化については，特定の状況において雰囲気を取得する研究は行われているが，一般的な雰囲気をデジタル化する研究は現在までに行われていない．本論文では，雰囲気の特性を整理し，雰囲気のデジタル化における要件をまとめ，その要件に則した 8 次元空間による雰囲気のデジタル化手法を提案する．さらに可視化，言語化についても一例を挙げ，雰囲気を利用したアプリケーションの実現に向け議論を行う．

1.4　本論文の構成

本論文では，雰囲気の有用性に着目し雰囲気のデジタル化手法を提案する．まず場の雰囲気，気分，そして行動の関係性を示す循環モデルを示し，雰囲気を定義した上で気分の判別と雰囲気のデ

ジタル化について提案と実装を行う．

第 2 章では，雰囲気の有用性と関連研究について述べ，雰囲気のデジタル化における問題を整理する．第 3 章では，雰囲気に関する予備調査を行い，本研究の対象とする雰囲気を明確にする．さらに雰囲気の循環モデルから雰囲気を定義し，そして気分モデルを作成する．第 3 章で記述する雰囲気の定義については，第 4 章で妥当性の評価を行う．そしてウェアラブルな生体情報を利用した気分の判別手法と雰囲気のデジタル化については，それぞれ第 5 章と第 6 章で述べる．最後に本研究で提案した雰囲気のデジタル化の有用性について述べ，本章の結論とする．

第 2 章

雰囲気の有用性と利用

本章では，前章で記述した雰囲気の有用性についてさらに議論を行った上で雰囲気のデジタル化の手順について考える．そこで雰囲気を扱った研究や心理的研究を挙げ，現在までに雰囲気のデジタル化が実現し得なかった理由を追求し，本研究で取り組むべき課題を整理する．

2.1 雰囲気とは

我々が日常的に感じ取っている雰囲気は，環境情報である音声や照度だけでなく，その場にいる人やオブジェクト，イベントなど様々な要素によって構成される．「爽やかな朝」という雰囲気を例に説明すると，その雰囲気を構成しているのは“暖かい風”,“庭先にとまる小鳥”,“窓から差す日光”，などである．このように音声や光だけでなく人物やオブジェクトなどからも影響を受け，様々な要素を感覚機能で取得し，雰囲気を感じ取っている．そして我々は“爽やかな朝なので散歩に出かけよう”といったように，雰囲気を行動の指標として利用している．このように我々が無意識に取得し，利用している雰囲気を取得することができれば，様々なアプリケーションやサービスに利用可能である．

2.2 雰囲気の利用例

本節では，雰囲気を利用したサービスの例を挙げ，雰囲気の有用性について記述する．

2.2.1 雰囲気の変化によるコンテクスト取得

リアルタイムに雰囲気を取得することができれば，雰囲気の変化を察知し，その変化からコンテクストを検知することが可能になる．例えばレストラン内において，急に場が緊張感に包まれた時にそれをシステムが察知することができれば，何かトラブルが起きたと予想し，管理者に警告を促すことが可能になる．雰囲気からトラブルを察知することができれば，特定のトラブルだけでなく“水をこぼした”や“強盗に襲われた”のように様々なトラブルを察知することができる．

2.2.2 トリガとしての利用

“楽しい”や“興奮”などの雰囲気を取得することができれば，そのような特有の雰囲気をシステムの起動やステータス変更などのトリガとして扱うことが可能になる．例えば,“楽しい”雰囲気を察知した時に，楽しい音楽を流して照明を明るくするといった，雰囲気に合わせて環境を変化させることができる.“明るい”や“リラックス”など様々な雰囲気の時に，どのような音楽が流れていたのか学習することで，自動的に雰囲気に合った音楽を選択することが可能になる．また，ミーティングのような緊迫した雰囲気を察知し，自動的にマナーモードになる携帯電話用アプリケーションも実装可能になる．

2.2.3 自動的な雰囲気の管理

同志社大学では，RGB 蛍光灯を用いて光の色合いを変えることで雰囲気を制御する研究が行われている [15]．このような研究や情報家電と連携することで，自動的に雰囲気を変えることのでき

るスマートスペースが実現できる．例えば，ユーザが明るい雰囲気であると感じた時の照度や気温，音楽，光の色合いなどの情報を学習し，システムが緊迫した雰囲気を検出した際に，情報家電を自動的に操作することで明るい雰囲気に変更できる可能性がある．また，遠隔地の雰囲気を取得し再現するシステムも実装でき，遠く離れた場所に住む家族と雰囲気を共有可能になり，新しいコミュニケーションツールとして提案できる．

2.2.4　場の評価指標として利用

様々な場で雰囲気を取得することができれば，新しい評価の一つとして利用可能である．例えばグルメ情報検索サイトぐるなびでは，値段や味など様々な観点からレストランや喫茶店の評価を行っている．評価の一つとして雰囲気が利用されている場合もあり，ぐるなびでは「雰囲気・プラン」というテーマから飲食店を検索でき，飲食店において雰囲気が重要であることが理解できる．雰囲気をデータとして取得し，評価に加えることができれば，ユーザがレストランを選択する際の有力な情報として利用できる．

2.2.5　雰囲気の可視化

取得した雰囲気を可視化することで，人々が雰囲気を決断要因として利用しやすくなる．例えば，街中の至るところで雰囲気を取得し地図上に可視化した雰囲気マップを作成できれば，一目でどの場所がどのような雰囲気であるかを理解することができ，“ この公園がくつろげそうだから行ってみよう ” のように，行動の指標として利用できる (図 2.1)．

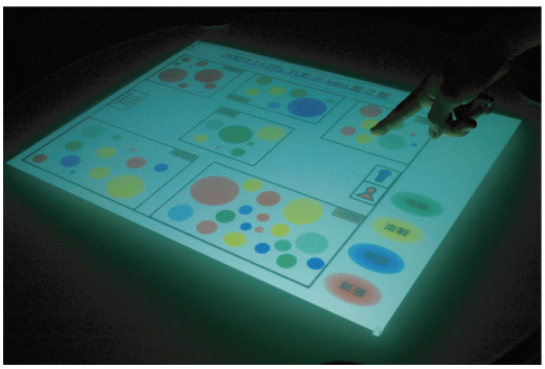

図 2.1　雰囲気マップイメージ

また，レストランの雰囲気を可視化することで，管理者は現在の店内の雰囲気を把握できる．雰囲気に応じて音楽や照明を変更するといった環境の改善を行うことができ，さらに環境を改善した前と後で雰囲気が変化していく様子も把握可能である．

2.2.6 気分と雰囲気を利用したレコメンドシステム

既存のレコメンドシステムでは，ユーザの場所や嗜好情報に応じてレストランや喫茶店などのレコメンドを行っているが，ユーザの気分と場の雰囲気を取得することができれば，ユーザの気分に合わせた場所をレコメンドすることができる．例えば，ユーザの気分が高揚している時に，近くにあるライブ会場やイベントが行われている公園など，盛り上がった場所をレコメンドできるようになる．さらにレストランや喫茶店などで雰囲気を取得することができれば，雰囲気をクエリにした検索システムも実装可能になる．

2.2.7 遠隔地の状況把握

雰囲気を取得できれば，遠隔地の状況を把握することが容易になる．例えば，田舎に暮らす両親の状況を知るツールとして現在電話やメールが広く使われているが，お互いの家の雰囲気を直接知ることができれば相手の様子を容易にうかがうことができる．また新しいコミュニケーションツールとして利用でき，連絡を取るきっかけとして利用できる．

2.2.8 ロボット技術への応用

筑波大学の田中研究会ではロボットと人間の関わりについて研究が進められている [21]．ロボットの実用化が進められているとはいえ，日常生活内にロボットがとけ込むまでには時間がかかるとされている．その際にロボットが雰囲気を察知することができれば，より人間の感性に近づくことができ，より自然に対応することができる．

2.2.9 スマートスペースでの利用

近年スマートスペースに関する研究が盛んに行われ，オフィスや会議室だけでなく移動空間のスペース化の研究が進められている [5]．このようなスマートスペースで利用できるコンテクストの 1 つとして雰囲気も利用できる．危険な雰囲気の場所を検知し，安全なルートをナビゲーションするシステムも実装可能になる．さらにロボット技術と組み合わせることで，危険な雰囲気を察知すると自動的に警備に向かう警備ロボットも実現でき，利用の幅は広いと考えられる．

2.3 関連研究

本研究の関連研究として，雰囲気に関する研究と心理学的研究を挙げる．雰囲気に関する研究では，大きく可視化，制御，そしてデジタル化に分けられる．心理学的研究からは色彩心理，音楽心理，嗅覚心理を例に挙げ，それぞれ説明する．

2.3.1 雰囲気に関する研究

現在までに雰囲気を扱った取り組みが行われている．それらの取り組みは大きく可視化，制御，そしてデジタル化に分類される．本項では，それぞれの既存研究を挙げ，本研究との差異を明確にする．

雰囲気の可視化

東京大学が行っている障子 (SHOJI: Symbolic Hosting Online Jog Instrument) は，LED の明かりを用いて雰囲気を表現している（図 2.2）[19]．障子では，離れた場所にいる家族や恋人の部

図 2.2　SHOJI による雰囲気の可視化

屋の雰囲気を伝達し，コミュニケーションを誘発することを目的とし，環境情報だけでなく人の様子をセンシングし，可視化している．ユーザに関する情報はユーザの存在や移動，感情情報を取得し，環境情報は体感温度や照度，騒音そして明かりの色合い情報を取得している．ユーザの感情はマイクを用いて取得した音声情報から特徴量を抽出し，感情を解析している．

障子は momo!プロトタイプと同様に雰囲気の可視化を行い，雰囲気のデジタル化は行っていないことから，雰囲気を他のサービスに利用することはできない．また，感情を解析する手法として音声を利用しているが，雑音の多い公共空間において利用することは困難である．

雰囲気の制御

同志社大学では，青色の光が集中力を高めるなど，光の色合いが人々の心理に影響を与えることから，RGB 蛍光灯を自律的に変化させ，雰囲気を制御する研究が行われている [15]．しかし，雰囲気や状況を取得することは行わず，自律的に RGB をコントロールする部分に着目し，研究を進めている．本研究と連携させることができれば，その場の雰囲気に合わせて蛍光灯を操作するシステムが実装でき，動的な雰囲気の制御が可能になると考えられる．

雰囲気のデジタル化

名古屋大学では，会議やミーティングの議事録では雰囲気に関する情報が欠落してしまうことに着目し，会議における雰囲気の一つである「盛り上がり」を取得する研究を行っている [32]．この研究では，「盛り上がり」を「会議が白熱している状態」とし，人々の声の大きさ，そして発話者同士の声の重なりから，盛り上がり度を取得している．実際に評価実験を行い，評価結果から，音声情報によって盛り上がり度を取得できたと述べている．

本研究の目的は一般的な雰囲気を取得することであり，日常生活に存在する多くの雰囲気は，会議のように 1 つの情報から雰囲気を判断することはできない．すなわち，現在までに日常生活において雰囲気を取得する手法は確立されていない．

2.3.2 心理学的研究

外的要因による心理的変化についての研究は多く行われており，色や音楽による人々への影響が証明されている．人々と同様に，これらの情報は雰囲気にも影響を与えると考えられ，本研究にも関係性が深いと考えられる．本項では，色彩心理，音楽心理学，嗅覚心理学について記述する．

色彩心理学

色彩心理学の研究では，心理学や色彩学だけでなく哲学，倫理学，社会学などの側面からも検証が行われ，人が色によってどのような影響を受けるのか明確にされつつある [35][38][34]．例えば赤は強さ，エネルギーなどの印象をもたらし，青は誠実，沈黙などのイメージを与える．それに伴い，赤色によって気分が高揚し，血圧や心拍数が上昇するという変化も見られる．また青色は気分を落ち着かせ，集中力を高めるといった効果もある．このような色彩心理は日常的に利用され，病院で患者が着るパジャマが青いのは，気持ちを落ち着かせるという効果によるものである．

音楽心理学

音楽心理学とは，心理学と音楽学から音楽的行動や音楽経験による人々への影響に関する学問である．旋律，リズム，音の響きなどによって人々に与える影響は異なることが明確になりつつある [36][37]．リラックス効果のある音楽や，スポーツ，眠り，家事など特定のシチュエーションで効果的な音楽についても研究が進められ，心理学だけでなく脳科学の分野においても関係性が明確にされている [39]．

嗅覚心理学

嗅覚心理学の研究により，匂いと感情にも相関関係があることが明らかになっている．しかし嗅覚の場合は色彩や音楽と異なり，経験則によって感情との相関関係が築かれている．例えばバニラの匂いを快と感じるのは，人間の母乳に含まれるからであり，生活環境の違いによっては一般的に不快とされる腐敗臭も，故郷を思い出すきっかけとなり快と感じる人がいるという報告がある．綾

部早穂らは匂いの快・不快の個人差について実験を行い，文化や個人によって異なることを証明している [30].

2.4 雰囲気のデジタル化における問題意識

既に述べたように，雰囲気をデジタル化することができれば多くのアプリケーションが実現可能になる．しかし現在までに雰囲気をデジタル化する手法は確立されていない．本節では雰囲気のデジタル化に向けた問題についてまとめる．

2.4.1 雰囲気の定義

2.1 節で述べたように，雰囲気とは音声や照度，人物など様々な要素によって構成される．そして人々はそれらの要素を感覚機能によって取得し，雰囲気を感じ取っている．さらに我々は感じ取った雰囲気を自由に解釈し，利用している．その解釈は個人によって異なり，利用の用途も様々である．このように雰囲気は曖昧な存在であるが故に，システムで利用するためにはより雰囲気に対する解釈を深め，明確に定義しなければならない．

本研究における雰囲気の定義については第 3 章で述べ，第 4 章で妥当性を評価する．

2.4.2 心理学による雰囲気のデジタル化

第 2.3.2 項で挙げたように，外的要因による心理的変化に関する研究は多く行われている．しかし，場やシチュエーションに応じてそれらの要因が雰囲気もしくは人々の心理に影響を与える度合いは異なると考えられる．例えば，関連研究に挙げた心理学の研究に応じてリラックスできる色合い，音楽，匂いによって構成された空間を構築し，その中に数名存在していた場合に，ある人物が突然心臓発作を起こし倒れた時には雰囲気は一変するだろう．すなわち，リラックスできる要因によって満たされた環境であっても，それに打ち勝つイベントや事故，または新しい要素が発生した時には，雰囲気は変化する．このように多くの要因によって影響を受け，そして場やシチュエーションによってそれらの要素が与える影響が変動する雰囲気は，心理学の研究を組み合わせたとしてもデジタル化することは非常に困難である．

また現在までに雰囲気を取得するセンサは開発されておらず，雰囲気を構成する要素の 1 つ 1 つを取得できるに過ぎない．しかし雰囲気を構成する要素は数多く存在し，光，音楽，匂いなどの環境情報だけでなく，存在する人，人々の行動，また事故やイベントなどのような動的な情報も雰囲気に影響を与え，それら全ての要素を取得することは困難である．

以上の理由から，現在までに雰囲気を取得する手法は確立されておらず，心理学とは異なるアプローチによって雰囲気をデジタル化する必要がある．本研究では場を利用する人々の気分を利用したデジタル化を提案する．気分と雰囲気の関係性については第 3 章で，ウェアラブル生体情報センサを利用した気分の解析手法の提案及び評価については第 5 章で詳細を述べる．

2.4.3 雰囲気のデジタル化手法

既述したように，雰囲気は多くの要素から複雑に影響を受け，また個人によっても解釈は異なる．このように雰囲気は曖昧な存在であることから，雰囲気をデジタル化する際には雰囲気の特性を整理する必要がある．そのために予備調査や実験を行わなければならない．そして雰囲気の特性からデジタル化における要件をまとめ，それに則したデジタル手法を考案する必要がある．

本研究では，雰囲気の定義及び定義の妥当性を評価する実験，また予備調査を通じて得られた知見から雰囲気の特性を整理する．これらについては第 6 章で議論する．

2.5 本章のまとめ

本章では，雰囲気を利用したアプリケーションの事例を挙げ，雰囲気の有用性について示した．さらに雰囲気のデジタル化が実現されていない理由について，雰囲気の定義，取得手法，そしてデジタル化手法に分類して記述した．

次章では，本研究における雰囲気を定義した上で，システムで雰囲気を利用するまでの流れを考察し，研究の全体像を把握する．さらに雰囲気の利用に関して予備調査を行い，雰囲気の記述の可能性について示唆する．

第 3 章

雰囲気に関する予備調査

前章で雰囲気のデジタル化の問題意識を整理したが，デジタル化に取り組む前に雰囲気とは何か，理解すべきである．本章では予備調査を行い，我々が日常生活においてどのような雰囲気を感じ取っているのか，さらには雰囲気はどのように構成され我々に影響を与えているのか，議論していく．予備調査で得られた知見から本研究における雰囲気の定義を行い，定義を基にデジタル化までに必要な要件及びその手順を洗い出し，本研究の全体像を把握する．

3.1 日常的な雰囲気の利用

我々は日常的に雰囲気を感じ取り，無意識に行動の指標として利用している．しかし雰囲気は非常に曖昧で抽象的な存在であるため，言語で雰囲気を正確に伝達することさえ困難である．例えば同じ会場にいたとしても，あるユーザは“明るい”と表現し，他者は“楽しい”と表現する可能性がある．本節ではまず一般的にどのような雰囲気を感じ取り，どのように言語化しているのか，調査を行う．さらに雰囲気を大きく 2 つに分類し，本研究で扱う雰囲気について明確にする．

3.1.1 一般的な雰囲気とは

我々が日常的に感じ取っている雰囲気について調査を行うために，検索エンジンである Google を利用した．近年 mixi や GREE などの SNS やブログの普及に伴い，日常生活のログとして web 上に記録を残す人々が多く，生活の中で感じ取り，心に残った雰囲気についても記録されていることがある．そこで web 上に記録された雰囲気について調査を行うことで，一般的な雰囲気を調査することができると考えた．調査方法は，Google にて“雰囲気”と検索し，1,000 件の検索結果のうち“落ち着いた雰囲気”や“にぎやかな雰囲気”など，形容詞によって修飾された言葉のみを抜粋し，雰囲気という言葉を 1 つの単語として利用しているものについては除外した．表 3.1 に結果を示す．

表 3.1　Google 検索による雰囲気の表現方法 (2010 年 8 月)

件数	雰囲気の表現
5 件以上	オシャレな，レトロな，落ち着いた，楽しい．
2 ー 4 件	エスニックな，神秘的な，和やかな，ダークな，高級感，やさしい，大人な，かたい，独特な，懐かしい，モダン，アットホーム，エロス，盛り上がった．
1 件	異様な，話しかけやすい，ゴージャス，メルヘン，エレガント，不気味，賑やかな，クラシックな，異空間，スタイリッシュ，爽やか，明るい，騒がしい，アンティーク，暖かい，沈鬱な，春らしい，オーガニック，癒し，セレブ，ファンタジー，ミステリアス，歓楽的，ナチュラル，悲しい，緊張感，不思議，怪しい，ゆったり，ネガティブ，厳格な．

以上の 49 の雰囲気を一般的に感じ取られている代表的な雰囲気とする．

3.1.2 本研究の対象となる雰囲気

代表的な 49 の雰囲気は，場の外見による雰囲気と人々の気分による雰囲気に大きく分類できる．例えばエスニックな雰囲気や，レトロな雰囲気というのはその場に設置された家具や品物，色，音楽など，場の外見や環境情報について表現していると考えられ，これは前者に当たる．また落ち着いた雰囲気や楽しい雰囲気は後者に当たり，その場に存在する全ての物だけでなく音や光などの環境情報など，全てのものに影響を受けた人々の気分によって表現されていると考えられる．49 の言葉を全て辞書で調べ，説明文の中に気分を表す単語が含まれている場合は気分を表した雰囲気とし，それ以外のものを外見を表した雰囲気とすると，表 3.2 のように雰囲気を分類できる．

表 3.2　代表的な雰囲気の分類

外見を表した雰囲気		気分を表した雰囲気
オシャレな，レトロな，エスニックな，ダークな，高級感，大人な，独特な，モダン，異様な，ゴージャス，メルヘン，クラシックな，異空間，スタイリッシュ，アンティーク，春らしい，オーガニック，セレブ，ファンタジー，幻覚な．		落ち着いた，楽しい，神秘的な，和やかな，やさしい，かたい，懐かしい，アットホーム，エロス，盛り上がった，話しかけやすい，エレガント，不気味，賑やかな，爽やか，明るい，騒がしい，暖かい，沈鬱な，癒し，ミステリアス，歓楽的，ナチュラル，悲しい，緊張感，不思議，怪しい，ゆったり，ネガティブ．

さらに，大きく分類した 2 種類の雰囲気を感じ取る頻度に違いがあるか，調査を行った．まず表 3.2 に示した 49 の雰囲気をそれぞれ Google で検索し，検索結果の件数を調べた．次に 2 種類に分類し，それぞれの検索結果の件数の合計を算出し，比較を行った．外見を表した雰囲気と気分を表した雰囲気の検索結果の合計数はそれぞれ 32,571,200 件と 29,913,490 件であり，大きな違いは見られなかった．この結果から，我々人間は日常的に外見を表した雰囲気も気分を表した雰囲気もほぼ同じ頻度で感じ取り，同等に取り扱っていることがわかる．

第 2 章に記述したアプリケーション例を実現するには，場の外見のイメージよりも，場によって影響を受けた人々の感覚が重要であると考えられる．特に外見による雰囲気は，場の管理者が意図的に家具や品物を揃えて設計している可能性が高く，そのような雰囲気は変動が少なく，アプリケーションに利用できる可能性は低い．そこで本研究では気分を表した雰囲気を対象とし，次節では雰囲気の定義についてまとめていく．

3.2　本研究における雰囲気の定義

第 2.1 節でも述べたように，雰囲気とは光や音声など様々な要素によって構成される．また，場や雰囲気によってそれぞれの要素が雰囲気に影響する度合いは異なると考えられる．例えば，暗い夜道においては“暗さ”や“寒さ”などの環境情報が雰囲気に大きな影響を与えていると予想できるが，研究の発表会での雰囲気は発表会というイベントに大きく左右され，部屋の“明るさ”や“気温”などの環境情報にはさほど影響を受けない．しかし，それら全ての要素を取得することは難しく，また場や雰囲気によってどの要素の影響力が強いか，判断することも困難である．このような曖昧な存在である雰囲気をシステムで利用するために，本節では雰囲気の定義を行う．さらに本定義からデジタル化された雰囲気の利用までの流れを明確にする．

3.2.1　雰囲気の循環モデル

本節では，雰囲気がどのように生成され，そして影響を受け，変動していくか考察する．本研究では，場の雰囲気，場を利用する人々の気分，そして利用者の行動は相互に影響を与えていると考えた．図 3.1 にその関係性を示し，ケース A〜D についてそれぞれ記述する．

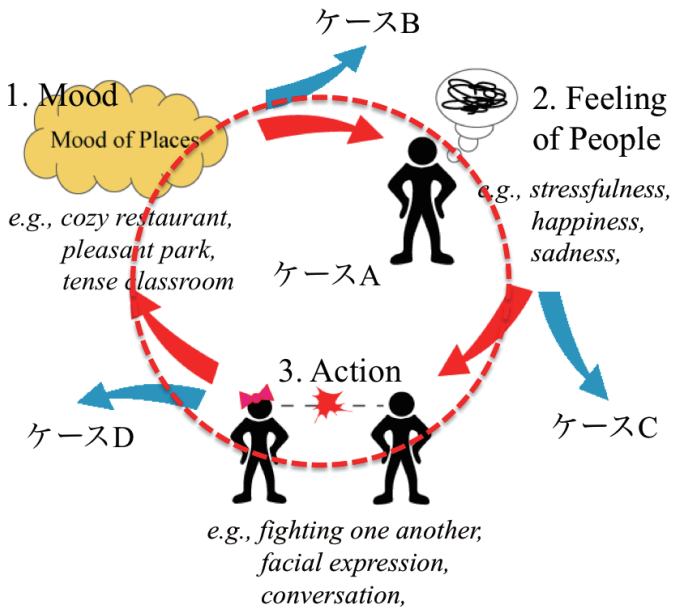

図 3.1　雰囲気の循環モデル

- ケース A

  ケース A は，場の雰囲気，利用者の気分，そして利用者の行動が循環しているケースである．まず始めに，光や音，場に存在する人々や物，またイベントやアクシデントなど多く

の要素に影響を受け，場に雰囲気が生成される．次に，場に存在する特有の雰囲気を感じ取り，場を利用する人々の気分が変動する（例：混雑したレストランの騒がしい雰囲気にストレスを感じる）．そして変動した気分に伴い，表情の変化や行動などに気分が現れる（例：ストレスから友人と喧嘩を始める）．さらにその行動が雰囲気に影響を与える（例：喧嘩に気付き，緊迫した雰囲気に包まれる）．このように，雰囲気，気分，そして行動が循環する場は多く存在すると考えられる．

- ケース B

  ケース B のように，雰囲気が気分に影響しないケースも存在する．この場合は，個人的な悩みや疲労による内面的な影響を強く受け，雰囲気によって気分が変動しないと考えられる．

- ケース C

  気分が行動に影響を受けない場合は，雰囲気による気分の変動が小さい場合に起こる．またポーカーフェイスのように気分が対外に表現されず，第三者に影響を与えないケースも存在する．

- ケース D

  雰囲気の範囲を広くすると，ケース D のように人々の行動が場の雰囲気に影響を与えないケースも起こりうる．例えば神奈川県の雰囲気や日本の雰囲気のように広範囲の場では，一人一人の行動が与える影響は小さく，雰囲気は変動しないものと考えられる．

本研究では，ケース A のように場の雰囲気，人々の気分，そして行動が循環している場を対象とし，雰囲気のデジタル化について努めていく．

3.2.2 雰囲気の定義

上述したように雰囲気と気分，そして行動が循環する場においては，人々の気分はその場に存在する無数の要素の影響を受けた結果であると言える．そこで我々は，場にいる人々の気分を取得することで，場の雰囲気を取得できると考えた．例えば，リラックスした雰囲気の喫茶店では，流れている音楽や明るさなど様々な要素からリラックスしているという雰囲気が構成され，人々はそれら全ての要素を総合的に感じ取り，リラックスした気分を抱いている．この人々の気分を取得することで，無数の要素を考慮することなく，リラックスした雰囲気を取得できる．以上の理由から，本研究では，場の雰囲気を**「場に存在する気分の集合」**である，と定義する．

3.2.3　システムによる雰囲気利用の流れ

本項では，システムによる雰囲気利用の流れをまとめる．上述したように，雰囲気とは“場に存在する気分の集合”である．この定義から，雰囲気をシステムで利用するためには，気分の取得，雰囲気のデジタル化，雰囲気の利用という 3 つの手順が必要であると考えられる．図 3.2 を用いてシステムによる雰囲気利用の流れを説明する．

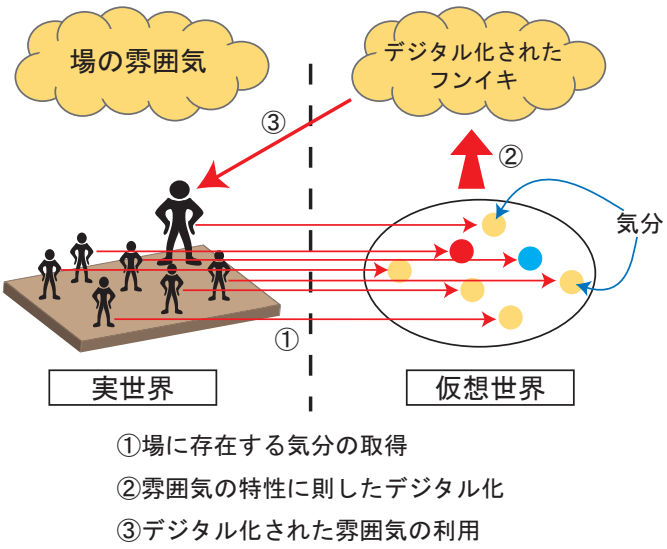

図 3.2　雰囲気の取得ステップ

まず第 1 にシステムは同一空間内に存在する人々が抱いている気分を判別する．第 2 に，気分の集合から雰囲気をデジタル化する．そして最後に，デジタル化された雰囲気を利用できる形式でユーザやアプリケーションに提供する．

第 1 の手順は，近年様々なセンサを用いて感情や気分を解析する研究が行われているが，手法は様々であり，雰囲気を取得するという目的に適切な手法を検討する必要がある．また気分の分類に関する学説は多く，気分についても理解を深め，定義しなければならない．気分については次節で述べ，気分の取得手法については第 5 章に記述する．

第 2 の手順である雰囲気のデジタル化は非常に困難である．特定の状況下 (例:ミーティング) において，特定の限られた雰囲気 (例:ミーティングが盛り上がっている) を抽出する研究は行われているが，現在までに任意の状況下における雰囲気を記述する手法は確立されていない．雰囲気のデジタル化を実現するためには，雰囲気の特性に則したデジタル化手法を考案する必要がある．本研究における雰囲気のデジタル化については第 6 章に記述する．

また第 3 の手順に関して，アプリケーションによって提供すべき形式が異なると考えられる．雰囲気の変化からコンテクストを取得する場合には，第 1，第 2 の手順によってデジタル化された雰囲気を提供すれば良いが，雰囲気マップを実装するためにはデジタル化された雰囲気を可視化し

て利用する必要がある．また雰囲気をクエリとして検索システムを実装するためには，デジタル化された雰囲気を言語化できなければならない．このように，数値化だけでなく可視化及び言語化の実現性についても議論する必要がある，これらについては，雰囲気のデジタル化について述べた後で，可視化及び言語化の一例を挙げる．

3.3 本研究における気分モデル

上述した定義を基に雰囲気をデジタル化するには，場を利用する人々の気分を取得することが必要であることを前節に記述した．そこで本節では気分に対する理解を深め，本研究における気分を定義する．まず気分モデルの参考としてラッセルの円環モデルについて記述し，次に本研究における気分モデルを述べる．

3.3.1 ラッセルの円環モデル

気分を分類，定義する学説は多く存在し，またどのような尺度によって分類されるかについても，複数の学説が存在する．ラッセルによると，我々は日常生活において顔を合わせた時に相手がどのような心理状態であるかを理解するために，楽しいのかつまらないのか，また眠いのか覚醒しているのか，という判断を行う [18]．さらに，ラッセルはこの愉快・覚醒の 2 つの軸に基づき，全ての感情を分類できると述べ，図 3.3 に示す感情分類の円環モデルを提唱した．

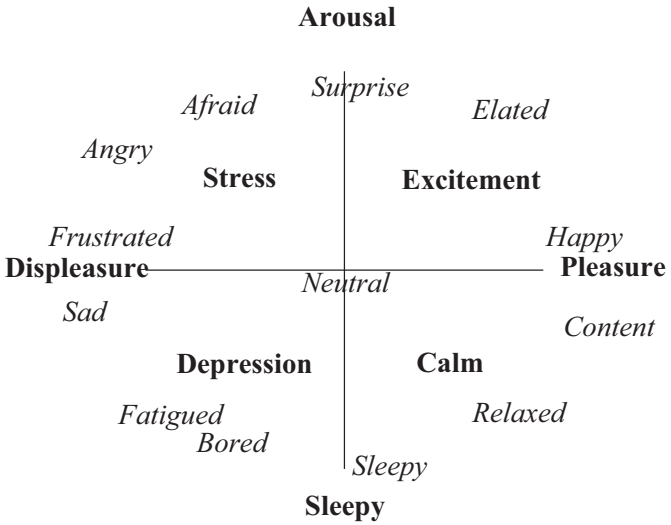

図 3.3　ラッセルの円環モデル

3.3.2　本研究における気分モデル

我々は，上述したラッセルの円環モデルを基に，図 3.4 に示す気分モデルを作成した．このモデルは，ラッセルの円環モデルから愉快・覚醒の 2 つの軸に近い 4 つの気分と，それぞれの中間に位置する 4 つの気分を抜粋して作成した．

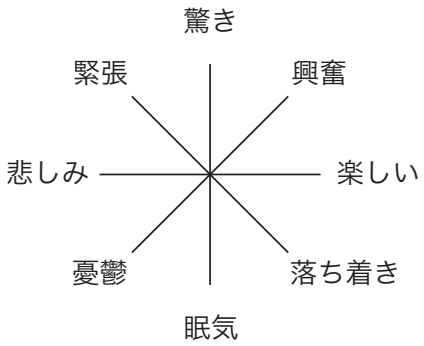

図 3.4　気分モデル

3.4　本章のまとめ

本章では，雰囲気の定義，気分の定義，そして雰囲気に関する予備調査について述べた．本研究では雰囲気を「場に存在する気分の集合」であると定義し，雰囲気を利用するには気分の取得，雰囲気のデジタル化，そして利用というステップが必要であることを説明した．またラッセルの円環モデルを基に気分を大きく 8 つに分類できるとした．

次章からは，雰囲気の定義，気分の解析，雰囲気のデジタル化についてそれぞれ章を設けて詳細を述べる．図 3.5 に研究の流れを示す．本章で雰囲気の予備調査及び定義まで行った．まず次章では，本章で述べた雰囲気の定義の妥当性を評価する．本定義が妥当であることが証明できれば，気分の集合を雰囲気として扱えることになる．そこで次のステップとして気分の取得及び雰囲気のデジタル化について議論する．それぞれ章を設け，説明する．

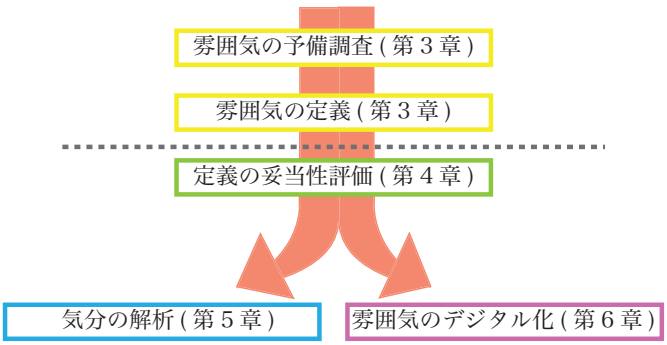

図 3.5　研究の流れ

第 4 章

雰囲気の定義の妥当性評価

本章では，前章に記述した雰囲気の定義の妥当性を評価する．本定義の妥当性が証明されれば，気分の集合によって雰囲気をデジタル化できる事が示される．すなわち，日常的に気分の解析が可能になれば雰囲気のデジタル化が実現できることを意味し，次章に記述する雰囲気のデジタル化を目的とした適切な気分の解析方法へと議論を進めることが可能になる．

4.1　雰囲気の定義に関する評価実験

本研究では，雰囲気を「場に存在する気分の集合」と定義した．本節では，雰囲気の定義の妥当性を評価する実験を行い，その実験方法と結果について述べる．さらに妥当性の高い場と低い場に分け，シチュエーションを整理する．

4.1.1　目的

本実験を通じて，前章で述べた雰囲気の定義の妥当性について評価を行う．雰囲気が「場に存在する気分の集合」であることの妥当性が証明されれば，気分の集合を雰囲気として扱うことができることになる．また複数の場において評価実験を行い，本研究の定義が妥当である場について整理する．

4.1.2　評価方法

定義の妥当性を評価するために，気分の集合による雰囲気と，場の利用者が感じた場の雰囲気を比較した．被験者にはアンケートを利用して気分と雰囲気について回答してもらう．気分は悲しくて楽しいのように相反する二つの気分を抱く事はないという報告がある [18]．そこで気分については図 4.1 に示すように気分モデル上に 1 点のみ記述してもらった．気分の強さに応じて 5 段階評価が可能であり，さらに隣接する気分の中間地点であれば点を打つことが可能である．一方，雰囲気については相反する二つの気分に影響を受けることは充分に考えられる．そこで雰囲気については，8 つの気分がどのような割合で雰囲気に影響を与えているか，自由に円グラフで記述してもらった (図 4.2)．取得した気分データに基づいて気分の集合値を算出し，さらに場の利用者が感じ

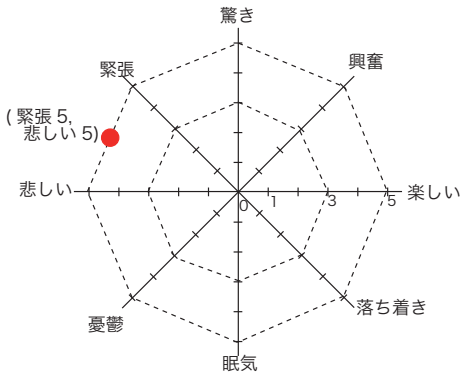

図 4.1　個人の気分の回答例

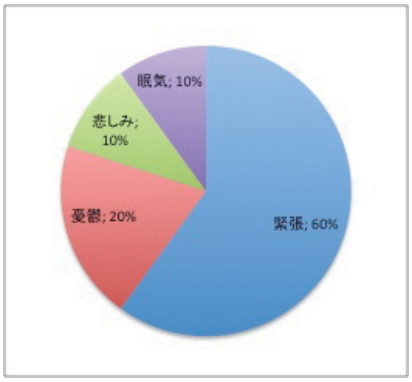

図 4.2　場の雰囲気の回答例

ている雰囲気の平均値を算出する．それぞれを比較し，一致度が高ければ雰囲気は場に存在する気分の集合であるという定義は妥当性が高いと言える．また一致度が低い場合は，どのような要因によって妥当性の低い結果が得られたか考察する．

一致度は以下の手順を踏んで算出する．まずアンケートから得られた気分データを集計し，8 つの気分の合計値と全体からみた割合を算出する．雰囲気については，アンケートで得られたデータの平均を求める．そしてそれぞれの割合を比較し，気分の集合値と雰囲気の一致度を算出する．例えば表 4.1 に示す結果が得られた場合の一致度は 80% となる．

表 4.1　アンケートの集計例

	気分の回答結果	気分の合計 (%)		雰囲気の平均
楽しい	2, 2, 3, 3, 5, 5, 5	25(**50%**)		**60%**
興奮	1, 2, 3, 4	10(**20%**)		**30%**
驚き	-	0(**0%**)		**0%**
緊張	2, 3	5(**10%**)		**5%**
悲しい	-	0(**0%**)		**0%**
憂鬱	-	0(**0%**)		**0%**
眠気	2, 3	5(**10%**)		**5%**
落ち着き	5	5(**10%**)		**5%**

同様の実験を複数の箇所で行った．いずれも特定の時間や状況を指定し，その間に感じた気分及び場の雰囲気を対象とした．それぞれの結果を次節に示す．

4.1.3　実験結果

同様の実験を研究会合宿，研究会の打ち上げ，ウィンドサーフィンスクール，美容院，居酒屋 2 軒において計 7 回行った．以下にそれぞれの結果を示す．

研究会合宿での雰囲気

2010 年 10 月 2 日，湘南国際村にて慶應義塾大学 徳田・高汐・中澤研究会の研究会合宿が行われた．合宿内で行われた研究の成果発表会において，ある学生一人の発表中に感じた気分及び雰囲気を対象に実験を行った．

- 被験者
  合宿中に行われた成果発表会に参加した 16 名 (男性 16 名女性 0 名，22〜50 歳) を対象に，実験を行った．
- 実験結果
  図 4.3, 4.4 に示す実験結果が得られた．気分の集合値は，被験者が回答した気分の強さを合計し，8 つの気分の強さが占める割合を円グラフで表示している．また場の雰囲気については，被験者が回答した雰囲気の割合の平均値を表している．

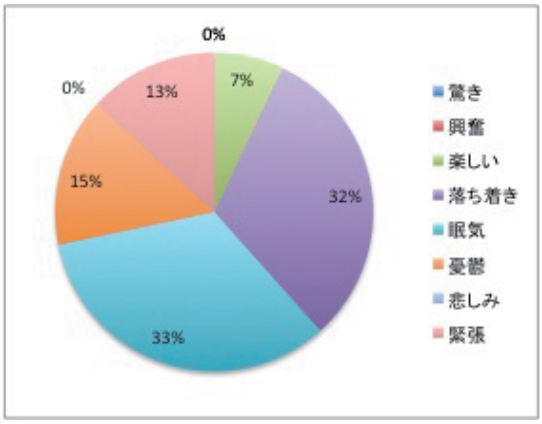

図 4.3　研究会合宿での気分の集合値

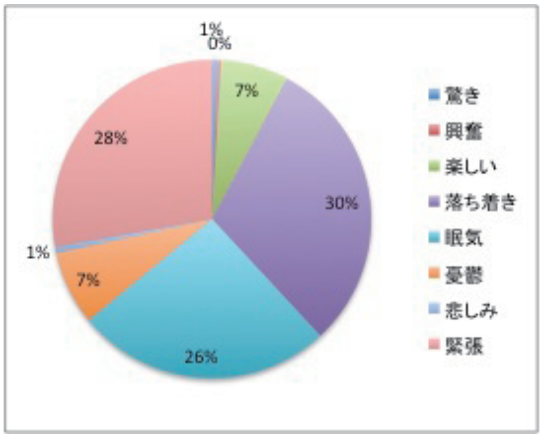

図 4.4　研究会合宿での雰囲気

気分に関しては落ち着きや眠気といった気分を抱いていた人が多かった．他人の発表を聞くことから活発に行動することがなく，また疲労感からもこのような結果につながったと言える．また発表を控える者は緊張感やネガティブな気分を抱いている者が多かった．

雰囲気については全体的に穏やかであり，落ち着きや眠気といった要素によって構成されている．しかし聞き手にもこれから発表する者たちの緊張感が伝わり，緊張という要素も雰囲気に大きく影響していることがわかる．

気分の集合値と雰囲気の一致度は 83.7% である．気分の集合値と雰囲気を比較すると，共通点が多い．共に落ち着きと眠気の占める割合が多いことが特徴である．憂鬱と緊張については割合に誤差はあるが，落ち着きと眠気に次いだ割合を占めていることは共通している．よって，研究発表会において，雰囲気の定義は妥当性が高いと言える．

研究会の打ち上げでの雰囲気

徳田・高汐・中澤研究会の研究発表会後に行われた打ち上げにて，同様の実験を行った．本実験で対象となるのは，打ち上げ中に感じた気分及び雰囲気である．

- 被験者
  打ち上げに参加した 15 名 (男性 15 名女性 0 名，22〜57 歳) を対象に，アンケートを行った．
- 実験結果
  図 4.5, 4.6 に結果を示す．

打ち上げに参加した人々の気分は 3 つに別れた．楽しい気分を抱いていた者が最も多く半分以上を締め，次いで興奮した気分を抱く人が多かった．そして研究発表後の疲労からか，落ち着きという気分を抱く者もいた．

雰囲気については，気分と同様に楽しい要素によって構成されると回答した者が多かった．次に興奮と落ち着きが多くの割合を占めている．また眠気という要素も混在していると回答した者が多かったが，存在する割合は少ない．

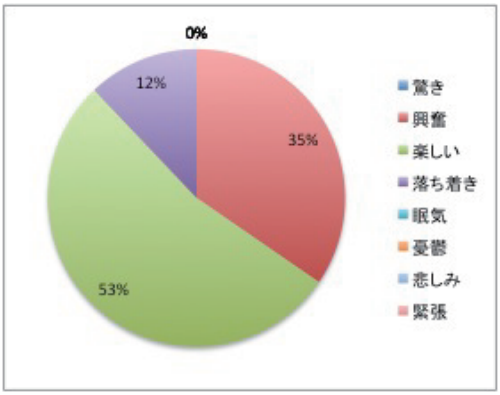

図 4.5　打ち上げでの気分の集合値

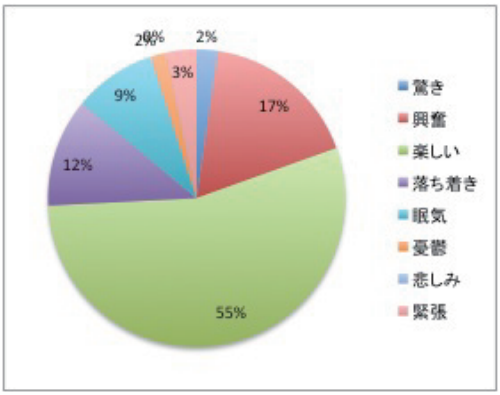

図 4.6　打ち上げでの雰囲気

気分の集合値と雰囲気の一致度は 82.3% である．楽しい，興奮，そして落ち着きという順に多くの割合を占めていることについては，気分と雰囲気共に共通した特徴である．雰囲気では眠気という要素が取得され，気分の集合値では 0% であり，ここに違いはあるが，打ち上げでの実験結果でも雰囲気の定義は妥当であると言える．

ウィンドサーフィンスクールでの雰囲気

三浦市のウィンドサーフィンスクールにて協力を頂き，週末に行われたスクールの後に実験を行った．スクールの後に感じた気分及び雰囲気を対象とした．

- 被験者
  ウィンドサーフィンのインストラクター 2 名 (男性 2 名女性 0 名，22〜33 歳)，そしてウィンドサーファー 10 名 (男性 8 名女性 2 名，24〜57 歳) を対象に，アンケートを行った．
- 実験結果
  図 4.7, 4.8 に実験結果を示す．

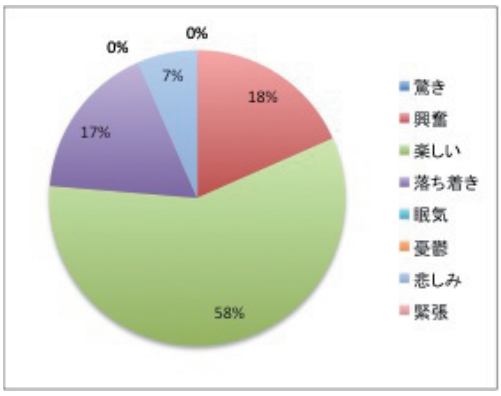

図 4.7　スクールでの気分の集合値

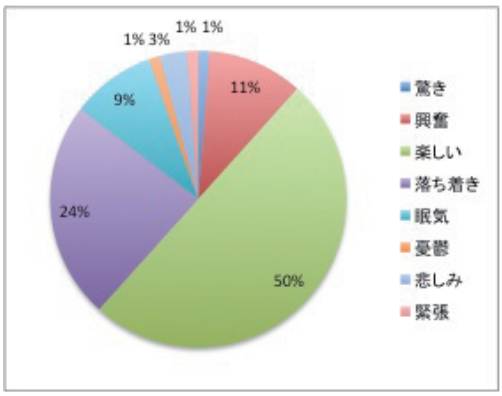

図 4.8　スクールでの雰囲気

ウィンドサーフィンを行った後に楽しい気分や興奮した気分を抱く者が多かった．また落ち着きを抱く者も多く，全体的に快の気分を抱いていた．

雰囲気についても同様に快の雰囲気を感じ取る人が多く，楽しい，落ち着き，興奮の占める割合が多い．しかし疲労感から眠気や憂鬱といった雰囲気も構成要素として挙げられ，その割合は少ないが感じ取っている者も数名いた．

気分の集合値と雰囲気の一致度は 80.4% である．楽しい，落ち着き，興奮という快の気分の割合が多いことはどちらも共通している．眠気については，眠気の気分を強く抱く人はいなかったことに対し，雰囲気では構成要素として挙げられているという違いはあるが，共通点は多いことから，ウィンドサーフィンスクールにおける実験からも雰囲気の定義は妥当であるという結論に結びつく．

美容院での雰囲気

元町・中華街にある美容院に協力を頂き，美容院に来たお客様を対象に実験を行った．さらに営業終了後には美容師を対象に実験を行い，それぞれ個別に評価を行った．お客様に対して行った実験では散髪中に感じた気分及び雰囲気について，そして美容師に対して行った実験では営業終了以降に感じた気分及び雰囲気について，アンケートで回答してもらった．

- 被験者
  美容院を利用していたお客様 4 名 (男性 2 名女性 2 名，17〜31 歳)，そして美容院に勤める美容師とアシスタントの方々 (男性 1 名女性 3 名，20〜30 歳) を対象に，アンケートに回答してもらった．
- 実験結果
  お客様を対象に行った実験の結果を図 4.9, 4.10 に，営業終了後に美容師を対象に行った実験の結果を図 4.11, 4.12 に示す．

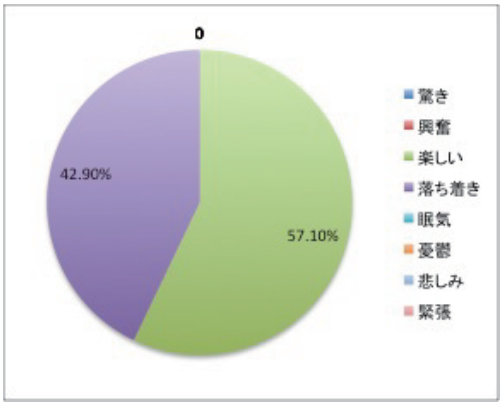

図 4.9　美容院での気分の集合値

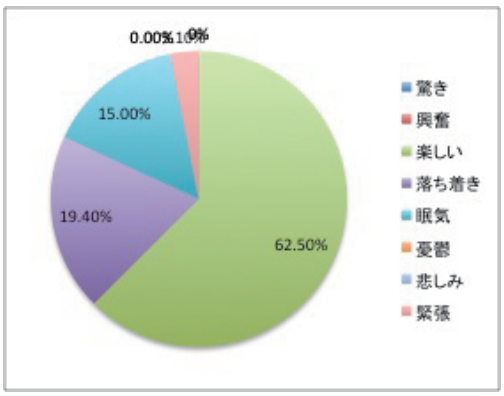

図 4.10　美容院での雰囲気

お客様を対象にした実験では，被験者は落ち着きや楽しいという気分を強く感じていた．美容師がお客様に対しリラックスできるように配慮した家具や照明，または音楽による効果が結果にも表れている．また美容院の雰囲気も同様に，楽しいや落ち着きが占める割合が多い．それに加え，眠気や緊張といった雰囲気が混在しているようであるが，いずれも割合は少ないことがわかる．

気分の集合値と雰囲気の一致度は 76.5% であった．いずれも楽しいや落ち着きといった気分に強く影響を受けていることがわかる．また 4 名の被験者が回答した雰囲気には共通する点が多かった．4 名全員が楽しい雰囲気の割合が 50% 以上を占め，そして落ち着いた雰囲気を感じていた．この結果から，人々は雰囲気を目にすることはできないが，何らかの共通した雰囲気を感じ取っていることが理解できる．

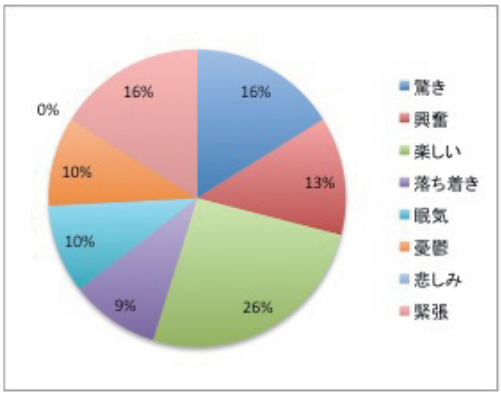

図 4.11　営業終了後の気分の集合値

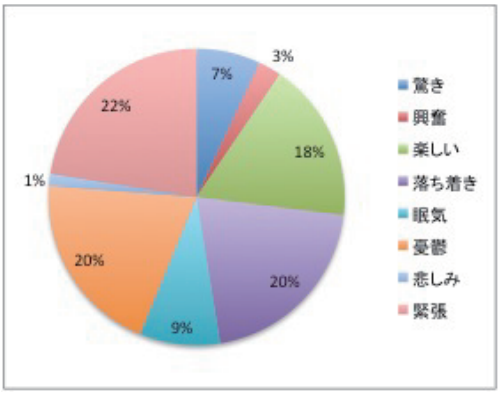

図 4.12　営業終了後の雰囲気

営業終了後に行った実験では，美容師に勤める美容師の気分は各自異なった．楽しい気持ちや比較的リラックスしている方もいれば，仕事場という緊張感を抱く者や，疲労からか憂鬱な気分を抱いている者もいた．その結果気分の集合値はある 1 つの気分に収束せずに，まとまりのない結果となった．雰囲気についても同様に，美容院の光や音楽によって作られた明るい雰囲気の中にも，仕事上の疲れや緊張感が含まれている．様々な気分が複雑に混在し，美容院の雰囲気を構成している．

気分の集合値，雰囲気共に 1 つの方向へ収束することはなかったが，一致度は 71.2% であった．一致度は高いものの，多くの割合を占める上位 3 つの気分を挙げると，個人の気分においては楽しい，興奮，驚きの順であるが，それに対して雰囲気では興奮，落ち着き，憂鬱となり，大きく違いが見られる．

居酒屋での雰囲気

友人と居酒屋で談笑している時に実験を行った．居酒屋での実験は 2 回行い，場所も人数も異なる．仮に居酒屋 A，居酒屋 B とし，それぞれ説明する．居酒屋 A，B 共にアンケートの対象となるのは，居酒屋にいる間に感じた気分及び雰囲気である．

- 被験者

  居酒屋 A では友人 3 人 (男性 2 名女性 1 名，23〜24 歳) を対象に，そして居酒屋 B では友人 1 人 (男性 1 名，23 歳) を対象に実験を行った．
- 実験結果

  居酒屋 A での実験結果を図 4.13, 4.14 に，居酒屋 B での実験結果を図 4.15, 4.16 に示す．

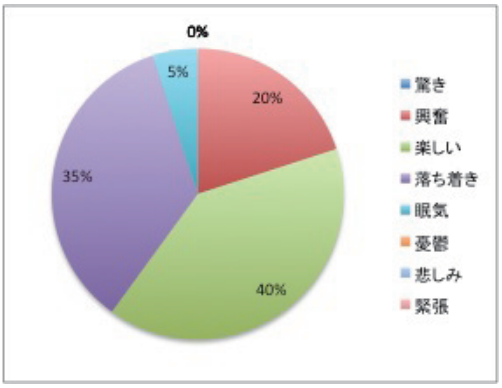

図 4.13　居酒屋 A での気分の集合値

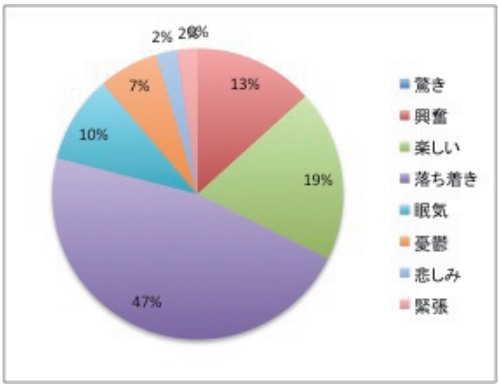

図 4.14　居酒屋 A での雰囲気

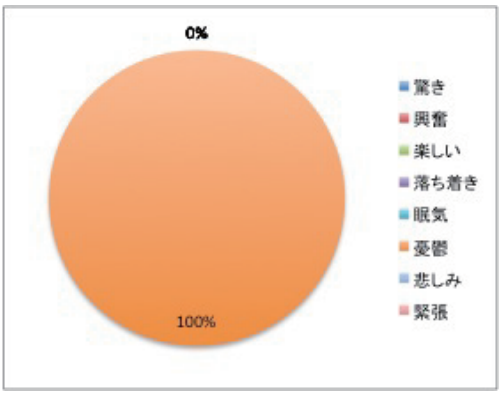

図 4.15　居酒屋 B での気分の集合値

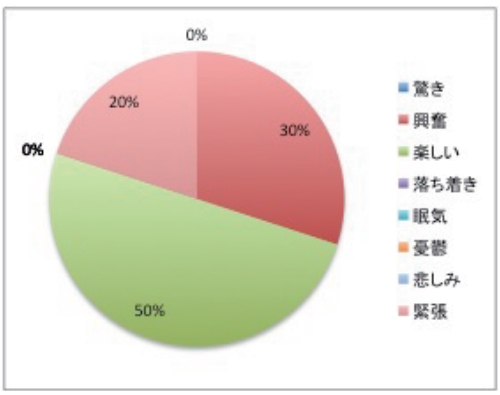

図 4.16　居酒屋 B での雰囲気

居酒屋 A については，友人はリラックスし，楽しい気分を抱いていた．それが雰囲気にも影響し，落ち着き，楽しいという気分が占める割合は多い．気分の集合値と雰囲気の一致度は 72.3% であり，データの数は少ないが高い一致度を得ることができた．しかし居酒屋 B については，言うまでもなく一致度は 0% である．アンケートの対象が一人という原因もあるが，彼は仕事の悩みや疲労から憂鬱な気分を感じていたが，表に出すことはなかったためにお店の雰囲気に影響を与えることはなかった．すなわち，気分が行動に影響しないケースに該当する．このような場においては，本研究における雰囲気の定義に基づいて雰囲気をデジタル化することは困難である．

4.1.4 妥当性に関する考察

今回の実験から，複数の場所において気分の集合値と場の利用者が感じ取っている雰囲気は一致度が高く，本研究の雰囲気の定義は妥当性が高いと解釈できる (表 4.2)．美容院や居酒屋では 70% 程度の一致度であるが，母数の数による影響が大きいと考えられ，同様の実験をより大勢に行えば，今回の実験以上に高い一致度が期待できる．居酒屋 B においては 0% の一致度であるが，母数が少ない上に，個人的な悩みによる影響が強かったという原因が挙げられる．すなわち，本研究の対象である雰囲気，気分，行動が循環している場においては本研究の定義が適用可能であり，多くの場において雰囲気をデジタル化できる事がわかる．

表 4.2　気分の集合と雰囲気の一致度

	研究会合宿	打ち上げ	ウィンド	美容院	営業後の美容院	居酒屋 A	居酒屋 B
一致度 (%)	83.7	82.3	80.4	76.5	71.2	72.3	0.0

4.2 本章のまとめ

本章では，「雰囲気は場に存在する気分の集合」という定義の妥当性を評価すべく，実験を行った．複数の場において利用者にアンケートを用いて気分と，今感じている場の雰囲気について回答して頂き，気分の集合値と雰囲気の一致度を調べた．その結果，場の雰囲気，利用者の気分，そして行動が循環している環境においては一致度が 70% 以上と高く，本研究の定義が適用可能であるという結果を得られた．この結果から，ユーザから気分を取得することができれば雰囲気をデジタル化できる事を証明した．

次章では，ウェアラブル生体センサを用いた気分の解析手法について述べる．

第 5 章

ウェアラブル生体情報センサを利用した気分解析

本研究では，雰囲気をデジタル化することを目的とした気分の解析手法として，ウェアラブル生体情報センサを利用する手法を選択した．その結論に至るまでの経緯として既存手法を挙げ，比較する．次に本研究における気分の判別手法及び使用するセンサについて記述し，評価実験及びその結果から本手法の評価を行う．評価結果から，日常的な気分の解析の実現性について議論する．

5.1 既存の感情解析手法

近年，感情心理学の研究が多く行われ，人々の気分の変化と生体情報の関係が解明されつつある[13][41][31][33][40]．交感・副交感神経やホルモンの働きによって，皮膚温度，心拍，皮膚電気反応，瞳孔，脳波，声紋など多くの生体情報が変化することがわかっている．例えば，興奮状態で人は交感神経の作用によって心拍数が上がり，皮膚温度が上昇して冷や汗をかく．表 5.1 に気分と生体情報の関係性の一例を示す．

表 5.1　生体情報と感情の関係

皮膚温度	交感神経によって下降し，副交感神経によって上昇する．また，快・不快の指標として利用されることも多い．快の時に上昇し，不快の時に下降する．
皮膚電気反応	嘘発見器によく利用され，発汗を測定することができる．緊張状態でかく冷や汗を取得できることから，覚醒や緊張状態を測定する際に利用される．
心拍数，脈波	心拍数は興奮や緊張状態で上昇し，リラックスや悲しい状態で下降する．また，強く興奮した時や驚いた時には，より脈波が強く表れる．
瞳孔	瞳孔の大きさは，人間の興味と関係が深く，魅力的なものに対しては拡大し，嫌悪感を抱くものに対しては縮小するという変化が表れる．
脳波	気分の変化に応じて，脳波にも変化が生じる．脳波にはα波，β波，θ波，δ波という４種類の波があり，感情によって表れる波が異なり，α波は安静時に表れるという特徴がある．
声紋	気分の変化によって，音声のスピーチレート，基本周波，大きさに変化が表れる．例えば，喜びを表す音声の場合ではピッチとスピーチレートが増加し，それに伴い音声の強度が増加する．
表情	普段我々は表情から気分を認識している．気分に応じて表情は変化し，目や眉，額の粒度など，様々な箇所に変化が表れる．生まれた時点で笑顔という概念は存在し，成長過程で種類が増えていくと考えられている．

このような生体情報と気分の関係性を利用し，気分を解析する研究は多々行われ，手法も多く存在する．本節では，気分解析に関する既存手法について述べる．

5.1.1 カメラによる表情解析

カメラを利用した表情解析によって気分を取得する研究は多く行われている．Lien らは表情を上下に分け，学習アルゴリズムを用いて上部の表情の特徴点を抽出し，さらにしわの流れから表情を解析し，およそ 87% の精度で気分を判別することができた [11]．表情解析の際には高解像度の画像が必要であることを問題視した Hans らは，最低限の顔の筋肉の動きで表情を解析する研究を行っている [23]．Uyl らは，被験者の正常時との差から気分を判別し，89% の精度で 7 つの気分に判別する FaceReader を開発している [22]．FaceReader ではリアルタイムに気分を判別することが可能であるが，1 台のカメラで複数人の表情解析を行うことまでは実装していない．

5.1.2 音声解析

音声を利用した解析についての研究も多く行われている．Thurid らはリアルタイムに解析し，アプリケーションに利用するためのフレームワークを開発している [25]．また Lugger らは気分による発声の違いを利用し，韻律的な特徴と声質から気分を判別する研究を行っている [12]．さらに 2007 年には音声解析を利用したゲームが発売され，アプリケーションやサービスへの利用も実現されつつある [28]．

5.1.3 生体情報センサによる解析

生体情報と気分変動の関係性を利用し，生体情報センサを利用した研究が多く行われている [1][2][3][10]．Haag らは気分と生体情報の関係性に着目し，呼吸，EMG(electromyography)，ECG(Electrocardiogram)，皮膚電気反応，皮膚温度，BVP(Blood Volume Pulse) の生体情報を観測し，ニューラルネットワークを用いて 89.9% の精度で快・不快及び覚醒・眠気を判別している [6]．Picard らも同様に生体情報センサを利用した気分の解析を行い，81% の精度で気分を判別することに成功している [17]．また Hoffman らは気分を検出するための生体情報の特徴点を抽出する研究を行っている [8]．

これらを含む多くの研究は，高価で精度が高い医療用のセンサを使ってるため精度は高いが，多くの場合は大掛かりな装置によって被験者に負担が大きい．このような負担を問題視した Silva らは比較的小型のセンサを用いて気分を解析し，飛行機恐怖症の治療を目的とした航空シミュレータを開発している [20]．この研究においては，呼吸，皮膚電気反応及び皮膚温度を測定し，77% の精度で気分を 8 つに分類することが可能である．また Vinhas らは映画館のように座席が設置された場を想定とし，ユーザに負担の少ない手法を用いて気分を解析する研究を進めている [24]．また，負担のない気分解析を実現するために，ウェアラブルな生体情報センサを開発する研究も行われている [9][16]．ウェアラブル生体情報センサの開発や，携帯端末での気分解析の研究が進められ，徐々に日常的な気分の解析についての取り組みが行われているが，まだ既存の研究では日常生活においてリアルタイムに気分を解析することは困難である．

5.1.4 ユーザによる入力

センシングによって解析する研究だけでなく，ユーザに入力を促す手法についても研究されている．Alexander らは，気分を表すアイコンを表示し，ユーザがそれを選択することで正確に気分を取得している [14]．また，ユーザによる気分の入力を促すことで，生体情報による気分の解析の精度を上げる研究も行われている [7]．これらの研究は携帯端末による解析を想定としているが，定期的な入力が必要であるためユーザへの負担は高いと言える．

5.1.5 既存手法の問題点

本項では，上述した手法の利用環境について比較し，雰囲気を取得する目的のために適切である手法について議論する．

まずカメラによる解析は，ユーザに負担なく解析することが可能であるが，現在行われている研究では 1 台のカメラにつき 1 人の表情を解析しているに過ぎない．また評価実験では，被験者がカメラの方を向いているため，異なる方向を向いた状態での解析の精度はより低くなる可能性があり，オフィスや学校などの空間において，1 人につき 1 台のカメラが設置されている環境が好ましい．

音声解析については，上述した手法の中では最もユーザへの負担が少ない．しかし音声を利用していることから，公共空間のように多くの音が存在する場において利用することは困難である．また多くの人々が利用している場においては，他人の声を識別することが困難であるため，携帯電話に搭載し，電話する際に気分を解析するようにシチュエーションを限定する必要があると考えられる．

生体情報センサによる解析は，現在行われている研究の多くはユーザに負担の大きいセンサを利用していることが多い．そのためユーザの行動を制限する可能性が高く，公共空間において利用することは難しい．家庭や老人ホーム，または映画館のような行動の少ない特定の環境で利用することが好ましく，既存研究で利用されているセンサを用いて日常的に気分を解析することは困難である．

ユーザの入力による方法では，利用環境に影響を受けることはない．しかしユーザが一定の間隔で入力を行うことはユーザにとって負担であり想定し難く，また利用者数も少ないと考えられる．よって雰囲気をデジタル化するための手法としては適切ではない．

以上に述べたように，前節に挙げた既存手法では特定の環境によって気分を解析することが可能である．しかし本研究では，雰囲気をデジタル化することが目的であり，日常的にどのような場においても利用できなければならない．以上のことを踏まえ，次節からは本研究における気分の解析手法について述べる．

5.2 本研究における気分の判別手法

本節では，雰囲気をデジタル化するために適切な気分の判別手法について考案する．以下に，本研究における気分の判別モデル及び使用するセンサについて記述する．

5.2.1 ウェアラブル生体情報センサを利用した解析

既述したように，既存手法では利用できるシチュエーションが限定されることから，日常的に気分を観測することは難しい．そこで本研究では，ウェアラブル生体情報センサを利用した解析手法を提案し，精度を検証する．ウェアラブル生体情報センサは近年開発が進められているが，利用できる生体情報が限られる上，既存研究で用いられているような医療用のセンサと比較し精度が低い．本研究ではウェアラブル生体情報センサでも取得可能である皮膚温度及び心拍数を利用して気分を判別するモデルを作成した．次項から本研究の気分の判別モデル及び使用するセンサについてそれぞれ記述する．

5.2.2 気分の判別モデル

本システムは，気分モデルとユーザの生体情報を用いて気分を判別する．ラッセルの円環モデルは，快・不快，眠気・覚醒という 2 つの要素によって分類されているため，それらの要素を生体情報から取得できれば気分を判別可能である．まず快・不快については，皮膚温度は楽観的な気分の時に上昇し，悲観的な気分の時には下降するという報告がある [13]．また眠気・覚醒に関しては，心拍数は驚いたり興奮したりすると上昇し，落ち着いている時や悲しい時に下降する性質があり，人の心理状態によって変化することが明らかにされている [31]．さらに気分の変動が大きいと，それに伴い生体情報の変化も大きくなることがわかっている [31]．これらの研究成果から，本研究では快・不快を皮膚温度から，眠気・覚醒を心拍数を用いてそれぞれ取得する．以上のことを踏まえ，我々は気分の判別モデルを作成した (図 5.1)．

我々はまず横軸が皮膚温度，縦軸が心拍数である 2 次元座標を作成した．気分の判別モデルの原点はユーザの正常値である．すなわち，正常値と比較することで，快・不快及び覚醒・眠気の軸を判別する．そして皮膚温度で快・不快を，心拍数で覚醒・眠気を測定可能であることから，このグラフに第 3 章で説明した気分モデル (図 3.4) を重ね合わせることで気分を判別できると考えた．

心拍数については，生まれた時には非常に早く，年齢を重ねるにつれて遅くなっていく傾向にあるが，個人の運動能力や生活環境によっても正常値は異なり，年齢から正常値を判断することは困難である．また生体情報の最大値及び最小値，また気分に応じた生体情報の変化の度合いも個人によって異なる可能性があり，1 目盛の値を一律に設定するここは好ましくない．よって個人差に応じて気分の判別モデルを調整する必要がある．以下の方法を用いて，個人の正常値及び 1 目盛の値を決定する．

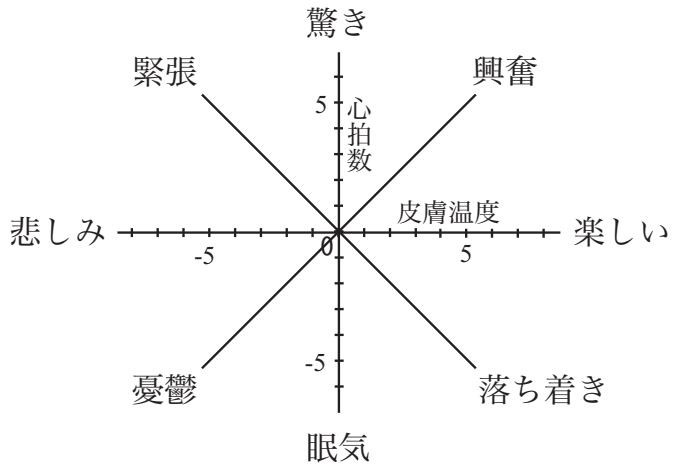

図 5.1　気分の判別モデル

- 正常値

　生体情報の正常値の取得方法について，慶應義塾大学看護医療学部の原博士に伺った．原博士は，実験中に正常値を取得することは困難であると述べた．一般的に正常値と呼ばれている値は，例えば入院患者や老人ホームを利用する人々のように，日常的に決まった時間帯で同じ環境において繰り返し取得したデータから判断するものであるため，意図的に測定することは困難である．また一日の平均値であっても，日によって異なる可能性が高く，妥当性は低いと考えられる．そこで意図的に日常的な状況を作り出し，その中で測定した値の平均値が正常値として最適であると意見を頂いた．そこで今回の実験では，特定のシチュエーションにおいて生体情報を取得する前に正常値を測定する時間を設け，被験者が日常的に聞いている音楽を聞かせることで日常的な状況を作り出し，その時の平均値を正常値として扱う．正常値の測定は，まず被験者にセンサを装着してから 30 分程度時間を置き，生体情報の値が安定するまで観測した．その間被験者は自由に行動を取っている．そして安定した後に，被験者に普段聞いている音楽を聞いてもらい，10 分間生体情報を測定し，その際の平均値から算出した．測定している間に，被験者の生体情報に大きな変化が見られた場合は，再度同じ作業を繰り返し行った．このような過程で得られた正常値と比較することで，気分の解析を行った．

- 1 目盛の値

　本研究では，ユーザ毎に（10, -10）の範囲内に正規化できるように，目盛りの値を設定した．実験中に得られたデータから，最大値を 10 になるように 1 目盛を算出する．例えば心拍数の正常値が 70 で，最大値が 110 であるユーザの 1 目盛の値は 4 となる．皮膚温度についても同様に設定する．

5.2.3　使用するセンサ

本研究では 2 つのセンサを使用する．皮膚温度センサは医療電子科学研究所株式会社の RF-ECG を使用する．また心拍数は Polar 社の RS-800CX を使用する．以下にそれぞれの詳細を記す．

RF-ECG は，胸に貼り付けて装着する心拍センサである (図 5.2，5.3，表 5.2)[29].

図 5.2　RF-ECG

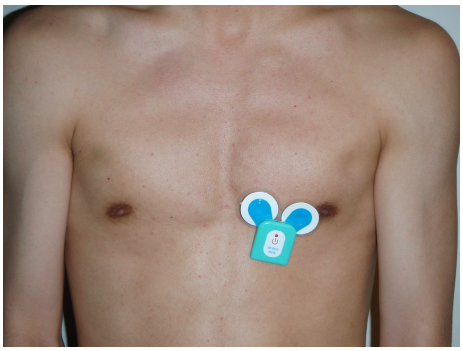

図 5.3　RF-ECG 装着例

表 5.2　RF-ECG 仕様

サイズ・形状	幅 40mm 長さ 35mm 厚み 7.2mm
無線種別	2.4G 帯高度化小電力データ通信システム
送信周波数	2404MHz〜2429MHz 5MHz 間隔 5 波
送信電力	1mW(0bpm)
転送レート	1Mbps
通信プロトコル	独自方式 CRC 付き
消費電流	約 2.5mA
通信距離	約 15m
センサ	心臓電位増幅，温度，加速度

このセンサは脈波，温度，3 軸加速度を測定可能であり，センサデータは無線で USB 受信機に送信される．受信されたデータは専用のソフトウェアによって処理され，そのソフトウェアを通じてタイムスタンプ，心電位，加速度，そして温度のデータを csv ファイルに保存することができる．温度センサはセンサ端末に内蔵され，直接皮膚に触れることはないが，本研究では RF-ECG の温度センサの値を皮膚温度として利用する．

心拍数については Polar 社の RS-800CX を利用して取得する (図 5.4，表 5.3)[26].

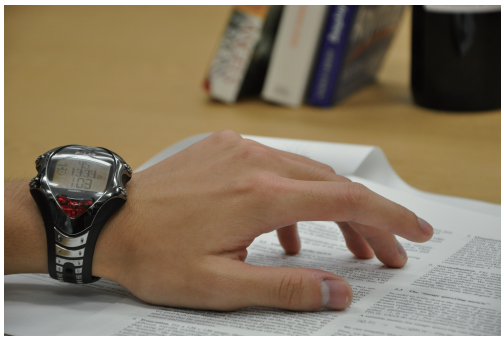

図 5.4　RS-800CX 装着例

表 5.3　RS-800CX 仕様

重量	46g
データ転送	2.4G 帯高度化小電力データ通信システム
記録間隔	1/5/15/60 秒間隔
体力測定機能	心拍数，R-R 間隔
その他計測	温度，高度
耐水	50m

RS-800CX はトレーニング用に開発された時計型のセンサであり，動きや衝撃に強いことが特徴である．ユーザの行動を制限しないという点では実験に適していることから，RS-800CX を選択した．心拍数を測定するためには，WearLink と呼ばれるトランスミッターを装着する．ストラップを胸の周りに回し，左右に付いた電極から心拍数を測定し，本体である RS-800CX に送られる．RS-800CX は心拍数だけでなく，心拍数の間隔である R-R 間隔や気温，高度，さらにトレーニング中の時間や消費カロリーも取得，保存が可能である．トレーニング中のデータはメモリに保存され，保存されたデータは赤外線を用いて ProTrainer 5 と呼ばれる専用のソフトウェアに送信される．そしてソフトウェアを通じて csv ファイルにエクスポートすることが可能である．本研究では 15 秒間隔にデータを取得し，実験を行った．

5.3　気分解析に関する評価実験

本研究では，ラッセルの円環モデルを基に気分の判別モデルを作成した．本節では，気分の判別モデルの妥当性に関する評価実験について記述する．

5.3.1 目的

本研究では実験を通じて，ウェアラブルな生体情報を利用して 8 つの気分に正確に判別できたか，評価を行う．評価の指標は，1) 生体情報によって快・不快及び覚醒・眠気の 2 つの軸を判別できているか，2) 個人の正常値及び目盛りが正しく設定できたか，この 2 点について評価する．

5.3.2 実験方法

今回の評価実験では，2 つのシチュエーションで生体情報の取得と気分の解析を行い，アンケートによる自己評価の結果と比較して評価を行う．また今回の実験は大きく 2 つのステップによって構成される．第一に被験者の正常値を取得し，次に特定のシチュエーションでの生体情報を取得し，正常値と比較することで気分を解析する．以下に，実験を行ったシチュエーションと評価方法について記す．

シチュエーション

本実験では，2 つのシチュエーションで生体情報を取得し，気分の解析を行った．まずはシチュエーションについて説明する．

- 研究会成果発表

  2010 年 12 月 11 日に慶應義塾大学徳田・高汐・中澤研究会の成果発表会が行われた．成果発表会では，研究会に所属する学部生が各自研究概要を発表し，先生方に意見をもらったり議論をする場である．徳田・高汐・中澤研究会では，このような発表会は年に 4 回行われ，多くの学生はこの日のために多くの時間を費やし，準備する．そのため日常とは異なる気分を抱くことが予想される．

  生体情報の測定は，発表前の 15 分間，発表中の 15 分間，そして発表後の 15 分間行った．その都度アンケートを行い，その間に抱いた気分について回答してもらい，評価を行った．アンケートについては後ほど詳細を記述する．

  被験者は 5 名で，年齢は 19〜22 歳であり，そのうち 4 名が男性，1 名が女性である．

- 映画鑑賞

  第二のシチュエーションとして，映画鑑賞を選択した．映画は被験者を非日常の空間やストーリーに誘い，気分の変化が期待できる．またストーリーの変化に伴い気分も変動することが予想される．そこで 10 分間隔毎にアンケートを回答してもらい，その都度気分を解析し，評価を行った．

  被験者は研究成果発表会で行った実験とは異なる 5 名で，年齢は 19〜23 歳，そのうち 4 名が男性，1 名が女性である．

評価方法

評価は，以下に記述するアンケートを用いて，気分に関する被験者による自己評価と，システムによる解析結果を比較することで行う．アンケートを用いて気分を取得する場合，質問自体が被験者の気分に影響を与える事を考慮しなければならない．例えば 8 つの気分を提示し，今感じている気分は 8 つのうちどの気分に近いかと問いた場合，被験者はまず 8 つの気分の言葉の意味を被験者なりに解釈する．次に，1 時間後に試験があるから，昨夜からずっと勉強しているから，のように自分の置かれた状況から自分の感じている気分を分析し，一番近い気分を選択する．その考察の間に，1 時間後に試験があるから憂鬱だろうといったように気分に影響を与える可能性が高い．気分を取得する質問紙については研究が進められているが [27]，本研究では 8 つの気分を定義しているため，この定義に適応できる質問紙は存在しない．本実験では，被験者の気分に与える影響を最小限に抑えるために，回答しやすいことを要件とし，表 5.4，5.5 に示すアンケートを作成した．

表 5.4　快・不快及び覚醒・眠気軸に関する質問

あなたが一番強く感じた気分について◯をつけてください．
1．快　・　普通　・　不快
2．覚醒　・　普通　・　眠気

表 5.5　8 つの気分に関する質問

あなたが一番強く感じた気分について◯をつけてください．
1．楽しい　・　悲しい
2．興奮　・　憂鬱
中略
27．驚き　・　興奮
28．興奮　・　楽しい

第一に，表 5.4 に示す質問では，ラッセルの円環モデルにおいて気分を判別する指標である快・不快及び覚醒・眠気について問いている．ラッセルの円環モデルの指標における快・不快及び覚醒・眠気については全ての気分に共通する要素であるから，比較的考える時間は短く回答できる．この回答の組み合わせによって被験者の気分を快-覚醒，快-眠気，不快-覚醒，不快-眠気の 4 つに分類することができる．これは本研究の気分の判別モデルの第一〜第四象限に該当する．さらに「普通」と組み合わせる事で大きく本研究における 8 つの気分と，正常の状態を加えた 9 つに分類することができ，評価の指標として利用できる．

第二に，本研究で定義した 8 つの気分について，表 5.5 に示す質問をした．選択肢を 2 つに絞ることで，比較的短い時間で回答できる．総当たり的に 8 つの気分を 2 つずつ比較し，より強く感じ

た気分の方を選択するという手法を選んだ．また，例えば楽しいと悲しいのように相反する気分から 1 つを選択してから，だんだんと似た気分を比較していくことで，被験者の中で一番重要な気分を導き出せるように作成した．このアンケートを利用して，被験者が抱く気分を判別することができる．

2 つの評価指標から本研究の気分解析手法の妥当性を評価する．まず快・不快及び覚醒・眠気軸の判別を正確に行うことができたか，つまり気分の変化に応じて生体情報が変化したかの評価を行う．この評価では目盛りの設定には影響を受けず，生体情報と比較した時の高低とアンケート結果を照らし合わせることで評価する．

気分の変化に伴って生体情報が変化していることがわかれば，次に問題となるのは目盛りを正確に設定し，気分を 8 つに正確に分類できたかである．この評価では，図 5.5 のように気分の領域を分類する．気分の判別モデルに測定された生体情報をマッピングし，その点を含む領域を示す気分

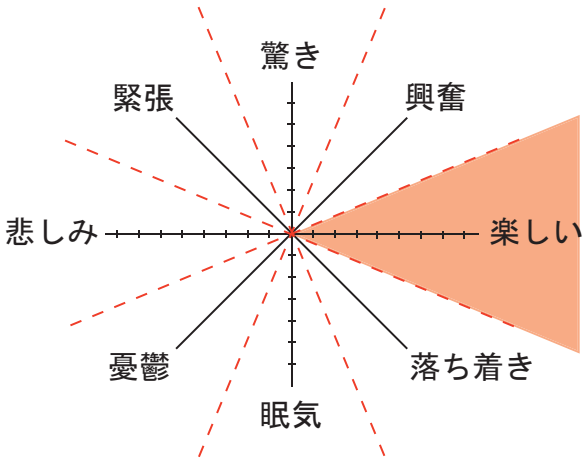

図 5.5　気分の領域

と，アンケートの回答が一致すれば正確に判断できたとする．例えば被験者が楽しい気分を一番強く感じたと回答した場合は，赤い部分に生体情報がマッピングされれば解析結果は正しいと判断する．以上の方法によって，1) 快・不快及び覚醒・眠気軸が判別できるか，2) 生体情報及び目盛りの設定は妥当であるか，について考察する．

5.3.3　実験結果と考察

実験結果から，生体情報から 4 つに大きく分類する場合は 80.0%，8 つの気分に分類する場合は 65.0% の精度で判別することができた．以下に実験結果を示す (表 5.6，5.7)．

上に示した表は，研究会での成果発表会において行った実験結果と，映画鑑賞をした際に行った実験結果を合わせたものである．2 つのシチュエーションでは，気分解析の精度に大きな差があり，研究成果発表会においては 46.7%，映画鑑賞では 73.3% という結果であった．ウェアラブル生体情報センサを利用して気分を解析した結果が 65% というのは，決して高い数字ではない．特

表 5.6　8 つの気分に分類した場合の精度

		解　析　結　果							
		楽しい	興奮	驚き	緊張	悲しい	憂鬱	眠い	落ち着き
回	楽しい	**31.7%**	5.0%	0%	0%	0%	0%	3.3%	3.3%
	興奮	5.0%	**6.7%**	1.7%	0%	0%	0%	1.7%	0%
答	驚き	0%	0%	**3.3%**	0%	0%	0%	0%	0%
	緊張	1.7%	0%	0%	**5.0%**	0%	0%	0%	0%
結	悲しい	0%	0%	0%	0%	**0%**	0%	0%	0%
	憂鬱	1.7%	1.7%	1.7%	0%	0%	**6.7%**	0%	0%
果	眠い	3.3%	1.7%	0%	0%	0%	0%	**0%**	1.7%
	落ち着き	1.7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	**11.7%**

表 5.7　4 つに分類した場合の精度

		解　析　結　果			
		快-覚醒	快-眠気	不快-覚醒	不快-眠気
回	快-覚醒	**48.3%**	0%	0%	6.7%
答	快-眠気	1.7%	**11.7%**	0%	0%
結	不快-覚醒	3.3%	1.7%	**6.7%**	0%
果	不快-眠気	6.7%	0%	0%	**13.3%**

に研究発表会においては 50% を切る厳しい結果であった．以下にその原因を考察し，整理する．

- 正常値及び目盛りの設定

  表 5.7 に示す結果は，感情心理学に基づいて生体情報から快・不快及び覚醒・眠気を正確に判別できたかを表している．これについては 80% の精度であるため，比較的高い精度で判別できていることがわかる．しかし 8 つの気分に分類した場合 (表 5.6) では 65% まで精度が下がっている．この原因は気分の判別モデルの正常値及び目盛りの設定による．

  目盛りの設定については，実験中に得られた皮膚温度及び心拍数の最大値を 10 となるように正規化した．本実験では，わずか 2 時間程度の間に計測された生体情報によって被験者の目盛りの値を定めている．すなわち．より長い時間計測し，観測された最大値から正規化すればより精度は高くなると考えられる．また正常値についても同様に，10 分間の意図的に作られた日常的な環境での観測ではなく，日常的に生体情報を観測し，そのデータから正常値を算出できれば，より正確に気分を解析できる．

- 計測した時間と気分の変化

  研究成果発表会と映画鑑賞の実験では，観測した時間に大きな違いがある．映画鑑賞では 10 分間の実験を 2 時間続け，その間に緩やかに気分が変化する様子を伺えた．しかし研究発表会では発表中と発表後では気分が大きく異なり，どの被験者も驚きや緊張などの覚醒状態から落ち着きや眠いなどの気分に変化したと回答している．生体情報にもその変化は現れているが，15 分の平均を取ると最も覚醒していた時よりも落ち着いた方向に変化はしているが，本システムによって落ち着きや眠気という気分が取得されるには至らなかった．すなわち，より長い時間計測を続けていれば，落ち着きや眠気といった気分が取得できた可能性が高い．また R-R 間隔の情報を利用すれば，1 拍毎の間隔がわかるので，よりリアルタイムに気分の判別が可能になる．

- 実験環境

  研究成果発表会で問題であったと考えられるのは，多くの学生が徹夜で極度の疲労状態にあったことも挙げられる．すなわち，場の雰囲気や発表会というイベントに影響を受けた気分と疲労状態が混在している状態であったと考えられる．その疲労感を気分であると感じ取り，憂鬱という気分を一番強く感じたと回答した被験者が多かったが，いずれの被験者も覚醒・眠気軸については覚醒であったと回答し，矛盾した回答が目立った．このように身体的に健康状態でなかった被験者に対して実験を行ったこと，そして疲労状態による影響を除いた気分を得られなかった質問紙にも問題があったと考えられる．

- 気分別の精度

  被験者の気分別に解析の精度を比較すると，表 5.8 のようになる．

表 5.8　気分別の精度

	楽しい	興奮	驚き	緊張	悲しい	憂鬱	眠い	落ち着き
精度 (%)	73.1	44.4	100.0	75.0	0(100)	57.1	0	87.5

悲しい気分については，悲しいと回答した被験者がいなかったため，解析の精度を確認することはできなかった．しかし特徴的であるのは，眠いという気分の解析の精度が 0% であるということである．今回の実験では 4 回被験者が眠いという気分を抱いたが，全て眠いという気分は解析されず，落ち着き，楽しい，興奮のいずれかの結果が表れている．このような結果が得られたのは，上述したように疲労状態であったという事が大きく影響したと考えられる．

また興奮の取得率が低いが，解析結果は楽しいや驚きのように，比較的興奮に近い気分が結果として表れている．すなわち，快・不快及び覚醒・眠気の軸については，皮膚温度と心拍数を利用して判別できているが，目盛りの設定が正確に行われていないことがわかる．

- ウェアラブル生体情報センサ

  今回使用したセンサは，ウェアラブルな生体情報センサであり，センサデータの信頼性が問題視される．多くの研究者は医療用に開発された高価なセンサを使用し，気分の解析を行っている．その結果ユーザに多大な負担を与え，ユーザは身動き取れない状態で実験されることが多い．ユーザへの負担を問題視した Daniel は，比較的小型である Nexus-10 と呼ばれるセンサを使用しているが，送信機から伸びる有線はウェアラブルとは呼び難いデザインとなっている [20].

  本研究では，雰囲気をデジタル化するという目的であるため，気分を解析するためには日常的に利用できるウェアラブルなセンサで行うことを要件とした．しかしウェアラブルなセンサは，医療用のセンサと比較すると精度は劣り，特に皮膚温度については医療電子科学研究所株式会社でも精度を評価する実験は行われていない．

  ウェアラブル生体情報センサを利用して，今後より精度を高めるためには皮膚電気反応や HRV(Heart Rate Variability) など他の生体情報を併用することや，Meschtsherjakov ら [14] のようにユーザによる入力と組み合わせて解析する方法などが考えられる．

5.4 本章のまとめ

本章では，ウェアラブル生体情報センサを利用した気分の解析手法について述べた．本研究ではラッセルの円環モデルを基に気分の判別モデルを作成し，皮膚温度と心拍数を正常値と比較することで気分を解析する．さらに異なる複数のシチュエーションで生体情報を測定し，本手法の精度の評価を行った．80% の精度で気分を大きく 4 つに判別することができ，日常生活において気分を取得する為には充分に利用できる精度であった．しかし 8 つに気分を分類した場合は 65% と低く，この原因には実験環境やウェアラブル生体情報センサの精度にも問題があるが，より長く生体情報を観測し，正常値及び判別モデルの目盛りの設定を行うことでさらに精度を上げることができると考えられる．

次章では，雰囲気のデジタル化手法について述べる．

第 6 章

雰囲気のデジタル化手法

前章までに，雰囲気の定義から気分の集合値によって雰囲気をデジタル化できる可能性が証明され，さらには日常的な気分の解析についての精度を評価することができた．よって，本章では最終的な目的である雰囲気のデジタル化手法へと議論を進める．まず各章で得られた知見から再度雰囲気の特性を整理し，デジタル化における要件をまとめ，そして得られた要件に則したデジタル化手法を提案する．さらにデジタル化された雰囲気の利用について考え，実用性を議論する．

6.1 雰囲気のデジタル化

第 2 章で述べたアプリケーションを実現するためには，複数のデジタル化方法が実現できなければならない．雰囲気の変化からコンテクストを取得したり，トリガとして雰囲気を利用するためには雰囲気をデータとして扱える必要があり，そのためには数値化が必要である．数値化が実現できれば，雰囲気データ間の比較も可能であることから，現在地の雰囲気に似た雰囲気を持つ場所をレコメンドするサービスや，ロボット技術，スマートスペース技術にも応用でき，多くのアプリケーションは雰囲気の数値化によって実現できる．しかし雰囲気マップのように視覚を用いて雰囲気を利用することや，クエリによる雰囲気検索を可能にするためにはそれぞれ可視化，言語化が必要である．よって，本章では雰囲気の数値化，そして数値化に基づく可視化，言語化についても考察する．まず場の利用者の気分データから雰囲気を数値化する手法を導きだし，それに伴い可視化，言語化についても考察し，以下にまとめる．

6.2 雰囲気の数値化

本節では，雰囲気の数値化の実現に向けて，考察と提案を行う．数値化に取り組む前に，まず雰囲気の特性，そして気分との違いについてもう一度整理し，数値化における機能要件についてまとめる．その後，本研究の定義に基づいた雰囲気の数値化手法の提案を行う．

6.2.1 雰囲気の特性

雰囲気は曖昧な存在であるため，本研究では雰囲気の理解を深めるために予備調査を行い，そして定義し，その妥当性を評価した．本項では，本研究で行った調査及び実験から得られた知見を整理し，雰囲気の特性についてまとめる．

気分との相違点

人々が抱く気分は，必ず一方向のベクトルによって表現されるとラッセルは証明した [18]．すなわち，相反する 2 つの気分を同時に抱くことはなく，「楽しくて悲しい」のような気分は存在しない．もし楽しい要因と悲しい要因の 2 つを抱えていても，必ずどちらか強い要因に影響を受け，楽しい気分か悲しい気分を抱く事になる．

しかし雰囲気においては，楽しい要素と悲しい要素に影響を受けた雰囲気が存在し得る．例えば，ジャンケンで負けた方が相手に金 100 万円を払うというシチュエーションで考えてみる．当然ジャンケンで勝った方は喜び，負けた方は悲しむだろう．このような場の雰囲気は楽しい要素と悲しい要素の 2 つの相反する要素に影響を受け，楽しい雰囲気と悲しい雰囲気が混在した雰囲気になる．ここに，大きな違いがある．

雰囲気に影響を受けない気分の存在

第 4 章で行った実験では，利用者の抱く気分が個人的な悩みによるものであり，雰囲気を取得できなかったケースが存在した．ウィンドサーフィンスクールにおいて実験した際も，一人だけ悲しい雰囲気と答えた被験者が存在し，彼らの気分は雰囲気を取得するためには必要のない情報である．すなわち，雰囲気から影響を受けず個人的な要因によって抱いている気分は雰囲気のデジタル化においては外れ値となり，外れ値を考慮したデジタル化が必要がある．

曖昧な存在

雰囲気は曖昧な存在であり，人々によっても感じ方は多種多様であることは今までに議論した．第 4 章で行った雰囲気の定義の妥当性を評価する実験においても，人によって感じ取っている場の雰囲気には多少ばらつきがある．8 つの要素がどのように存在しているか円グラフで回答してもらうと，現在感じている雰囲気は 8 つのうち「楽しい雰囲気」であると答えた被験者の中でも，割合までも一致した人はいない．すなわち，第 4 章に記した実験結果のように，雰囲気に影響している要素の割合の平均値を求めるだけでは多くの情報量が欠如し，雰囲気の数値化として精度は低い．

6.2.2 数値化における機能要件

以上に述べた気分との相違と雰囲気の特性を考えると，以下の 3 つの要件が挙げられる．

- 多次元空間によるデジタル化

  気分との相違から，雰囲気を一次元で表すことはできない．本研究では 8 つに気分を分類していることから，8 次元空間ベクトル表現によるデジタル化を実現するべきである．

- 外れ値の除外

  多くの利用者が同じ気分を抱いている中，一人だけ異なる気分を抱いている場合，このような外れ値を同等に扱うべきではなく，外れ値による影響を最小限に抑える必要がある．

- 情報にゆとりを持たせる

  雰囲気の特性から，もし場の利用者が感じている雰囲気のデータを取得できたとしても，その平均値をその場の雰囲気とすべきではない．平均値を 8 次元空間にマッピングした場合，空間上の一点によって雰囲気がデジタル化され，その点以外は全てこの場と違う雰囲気として扱われる．そこで情報にゆとりを持たせ，平均値ではなく，利用者の感じている雰囲気の分布から雰囲気をデジタル化すべきである．

6.2.3　数値化手法の提案

本項では，本研究における雰囲気の数値化手法の提案を行う．本研究における雰囲気データは，気分データから分布を算出し，気分の強さを人数比によって平均化することで外れ値による影響を少なくし，8 次元空間を利用してデジタル化される．以下に詳細を記す．

8 つの気分の強さを取得

ユーザの気分データは，第 5 章に記述したように各自の生体情報から算出される．取得した生体情報は気分の判別モデルにマッピングされ，気分データは全てマッピングされた点に近い 2 つの気分から表される．例えば図 6.1 に示すデータを基に説明する．ユーザ毎に正常値及び目盛りの設定がされた判別モデルの (α , β) に生体情報がマッピングされた場合，ユーザの抱いている気分は楽しいと興奮に近いことが理解できる．そこでユーザの気分は楽しいと興奮という気分の強さから表現される．

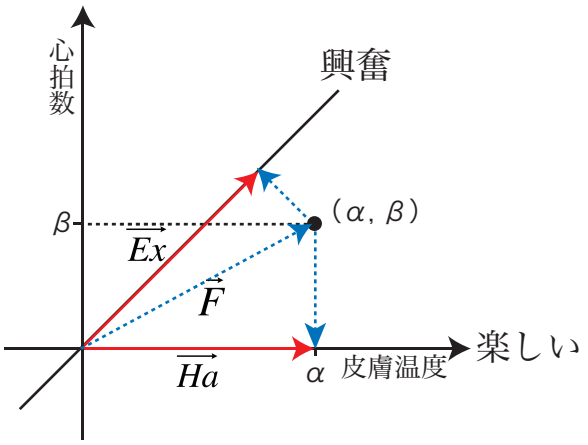

図 6.1　生体情報のマッピング例

本研究では，既述したように 8 次元空間によって雰囲気をデジタル化するため，8 つの気分のデータを個別に扱うべきである．そこで図 6.1 に示す位置に生体情報がマッピングされた場合，以下の手順を用いて，気分のデータを算出する．

$$\overrightarrow{F} = \sqrt{a^2 + b^2} \tag{6.1}$$

$$\overrightarrow{Ha} = a \tag{6.2}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{b}{a} \tag{6.3}$$

$$\begin{aligned}\overrightarrow{Ex} &= \overrightarrow{F} \cdot \cos(45 - \theta) \\ &= \sqrt{a^2 + b^2} \cdot \cos\left(45 - \tan^{-1}\frac{b}{a}\right)\end{aligned} \tag{6.4}$$

まず，ユーザが抱く気分の強さを算出する (式 6.1)．この値は，生体情報の変化が大きければより強く気分を抱いていると判断し，それに伴って雰囲気にも強く影響を与えると判断する．ユーザの抱く気分の強さは，図 6.1 よりユーザの生体情報は (α , β) 上にマッピングされていることから，原点からの距離を算出すれば良い．次に，図 6.1 に示す気分は興奮と楽しいという 2 つの気分に近いことから，近傍のベクトルへの写像として定量化する．楽しい気分を示すベクトル方向への強さは，x 座標から取得することができるため，式 6.2 のように表すことができる．また興奮という気分を示すベクトル方向への強さを算出する際には，まず角度 θ を求める必要があり，まず逆三角関数を用いて角度 θ を求める (式 6.3)．そして三角関数を用いて式 6.4 に示す数式で興奮の強さを算出することができる．

ユーザから得られた生体情報はこのように式 6.1 から式 6.4 の過程を経て 2 つの気分のデータへと変換され，気分別に扱われる．他のユーザからも同様に気分データが算出され，楽しい，興奮，驚き，緊張，悲しい，憂鬱，眠気，落ち着きの各データが算出され，蓄積される．例えば，楽しいという気分データについては式 6.5 のように表される．また気分を感じた人数によって気分データの個数 n は気分毎に異なる．

$$Ha_{users} = \overrightarrow{Ha}_1, \overrightarrow{Ha}_2, \cdots \overrightarrow{Ha}_n \tag{6.5}$$

気分データの重みづけ

次に，外れ値による影響を抑えるために，気分別に重みづけを行う．算出された 8 つの気分のデータは個別に扱われることになるが，10 人楽しいと感じ，同じ場にいた別の 1 人が悲しい気分を感じていた場合，人数の多い楽しいという気分がより強く雰囲気に影響を与えると考えられるから，楽しい気分データと悲しい気分データを同じように扱うべきではない．そこで気分を感じた人数に応じて，式 6.6 のように重みづけを行う．

$$\begin{aligned}Ha_1 &= \overrightarrow{Ha}_1 \cdot \frac{Ha_{num}}{Num} \\ Ha_2 &= \overrightarrow{Ha}_2 \cdot \frac{Ha_{num}}{Num} \\ &\vdots \\ Ha_n &= \overrightarrow{Ha}_n \cdot \frac{Ha_{num}}{Num}\end{aligned} \tag{6.6}$$

(Ha_{num} : 楽しい 気 分を感じた人数, Num : 総人数)

同様に，興奮，驚き，緊張，悲しい，憂鬱，眠気，落ち着きの気分についても重みづけを行う．

雰囲気データの範囲を設定

次に，各データの平均値 μ と標準偏差 σ を求める (式 6.7， 6.8)．標準偏差からデータに範囲を設け，情報にゆとりを持たせることで人間が日常的に感じている曖昧な存在である場の雰囲気をデジタル化する要件を満たす．

$$\mu_{Ha} = \frac{(Ha_1 + Ha_2 + \cdots + Ha_n)}{Ha_{num}} \tag{6.7}$$

$$\sigma_{Ha} = \sqrt{\frac{(Ha_1 - \mu_{Ha})^2 + (Ha_2 - \mu_{Ha})^2 + \cdots + (Ha_n - \mu_{Ha})^2}{Ha_{num}}} \tag{6.8}$$

8 次元空間による雰囲気データ

以上の行程を経て，8 つの気分のデータ及びそれぞれの平均値，そして標準偏差を求め，雰囲気データは式 6.9 のように表現される．

$$\begin{aligned} Mood_A = (&\mu Ha \pm \sigma_{Ha}, \mu Ex \pm \sigma_{Ex}, \mu Su \pm \sigma_{Su}, \mu St \pm \sigma_{St}, \\ &\mu Sa \pm \sigma_{Sa}, \mu De \pm \sigma_{De}, \mu Sl \pm \sigma_{Sl}, \mu Re \pm \sigma_{Re}) \end{aligned} \tag{6.9}$$

(Ha : 楽しい, Ex : 興奮, Su : 驚き, St : 緊張, Sa : 悲しい, De : 憂鬱, Sl : 眠気, Re : 落ち着き)

6.2.4 デジタル化された雰囲気の利用

本項では，複数の場所において実際の気分データを基に雰囲気のデジタル化を行い，デジタル化された雰囲気の利用について考察する．まず本手法を用いて，ウィンドサーフィンスクールでの雰囲気のデジタル化を行う．スクールで行った実験で得られた気分データは，本来は第 5 章で述べたようにウェアラブル生体情報センサを用いて日常的に気分を取得するべきであるが，センサの仕様上場を利用する人々全員の生体情報を取得することは困難であるため，アンケートを利用して取得したデータを基にデジタル化する．また，アンケートでの気分の最大の強さは 5 である．表 6.1 に，実験で得られた気分データを示す．表 6.1 に示された気分の強さは，被験者がアンケートを用いて回答した自己評価によるものであり，重みづけはされていない．

表 6.1 に示す気分データに，前項で述べたように人数に応じた重みづけを行う．今回の実験の被験者は 12 名であったため，12 人のうちそれぞれの気分を感じた人数の割合によって重みづけする．そして重みづけされたデータの平均値と標準偏差を求める．表 6.2 にそれぞれの気分の平均値と標準偏差を示す．以上の結果から，式 6.10 に示す雰囲気データが算出される．

$$Mood_{school} = (4.08 \pm 0.58, 1.17 \pm 0.19, 0 \pm 0, 0 \pm 0, 0.42 \pm 0, 0 \pm 0, 0 \pm 0, 1.08 \pm 0.14) \tag{6.10}$$

表 6.1　スクールでの被験者の気分データ

気分	人数	気分の強さ
楽しい	10	3, 4, 4, 4, 4, 5, 5, 5, 5, 5
興奮	4	3, 3, 4, 4
驚き	0	0
緊張	0	0
悲しい	1	5
憂鬱	0	0
眠気	0	0
落ち着き	3	4, 4, 5

表 6.2　気分の平均値と標準偏差

気分	平均値	標準偏差
楽しい	4.08	0.58
興奮	1.17	0.19
驚き	0	0
緊張	0	0
悲しい	0.42	0
憂鬱	0	0
眠気	0	0
落ち着き	1.08	0.14

同様に，第 4 章で行った研究会合宿及び打ち上げでの雰囲気をデジタル化すると，式 6.11，6.12 のようになる．

$$Mood_{ht} = (0.44 \pm 0.09, 0 \pm 0, 0 \pm 0, 0.81 \pm 0.11, 0 \pm 0, 0.93 \pm 0, 2.06 \pm 0.56, 1.94 \pm 0.42) \tag{6.11}$$

$$Mood_{party} = (3.80 \pm 0.56, 2.73 \pm 0.49, 0 \pm 0, 0 \pm 0, 0 \pm 0, 0 \pm 0, 0 \pm 0, 0.87 \pm 0.12) \tag{6.12}$$

($Mood_{ht}$：研究会合宿での雰囲気，$Mood_{party}$：打ち上げでの雰囲気)

これらのデータをアプリケーションでどのように扱うことができるか考察する．まずユーザが抱いている気分に近い場所をレコメンドするサービスが実装可能になる．例えばユーザが楽しいという気分を抱いていた時は，雰囲気を構成する楽しい要素に着目すればよい．楽しい要素が高い順に

3 つの雰囲気を並べると，ウィンドサーフィンスクール，打ち上げ，研究会合宿となる．この順にユーザにレコメンドすれば，ユーザが求める場を提供できる．また，ウィンドサーフィンスクールにいるユーザが，この場に近い雰囲気が存在する場所を検索する場合には，雰囲気データ間の 8 次元空間上の距離を算出すれば良い．式 6.13，6.14 に示す式で，雰囲気間の距離を算出することができる．

$$d_{school-ht} = \sqrt{(4.08-0.44)^2 + (1.17-0)^2 + \cdots + (1.08-1.94)^2} \quad 4.62 \qquad (6.13)$$

$$d_{school-party} = \sqrt{(4.08-3.80)^2 + (1.17-2.73)^2 + \cdots + (1.08-0.87)^2} \quad 1.65 \quad (6.14)$$

($d_{school-ht}$: 研究会合宿での雰囲気との距離，$d_{school-party}$: 打ち上げでの雰囲気との距離)

以上の結果から，打ち上げでの雰囲気の方がよりウィンドサーフィンスクールにおける雰囲気に近いことがわかる．よってアプリケーションを通じて，ユーザが現在感じている雰囲気に近い雰囲気が存在する場を提示することができる． このように，8 次元空間によるデジタル化手法を用いることで，雰囲気間の関係性も算出することが可能になり，多くのアプリケーションやサービスに利用できる．

6.3 雰囲気データの応用

前節では，場の利用者の気分から雰囲気を 8 次元空間によって数値化する手法については議論した．提案された手法によってデジタル化された雰囲気データを応用し，本項では雰囲気の可視化と言語化の実現性について検討する．それぞれ項を設け，雰囲気の可視化と言語化について，1 つの側面から実現方法を示す．

6.3.1 雰囲気の可視化

雰囲気の可視化が実現できれば，雰囲気マップのようなアプリケーションが実装可能になる．雰囲気の可視化については，慶應義塾大学の momo![4] や東京大学の SHOJI[19] などが挙げられる．momo!は場の利用者の気分を大きく 4 つに分類し，気分を可視化してビジュアライズすることで雰囲気を伝えている．SHOJI は気温や光などの環境情報や，人の存在及び感情を光によって表現している．どちらの研究も雰囲気のデジタル化については行われず，雰囲気とは異なる情報を伝達することで雰囲気を伝達できる可能性について研究を進めている．本項では，本手法によってデジタル化された雰囲気の可視化方法を提案する．

本研究でデジタル化された雰囲気は，割合によって大きく 8 つの雰囲気に分類することが可能である．そしてこれらの 8 つの雰囲気を色彩心理に基づいて色で表現すると，図 6.2 のようになる．

色彩心理によって 8 つの雰囲気と色の関係性が明確であれば，デジタル化された雰囲気データを基に，図 6.3， 6.4 のように多種多様な可視化が可能であると考えられる．

図 6.2　色彩心理に基づく色の表現

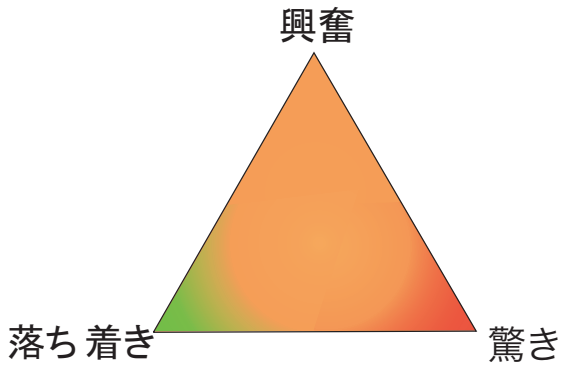

図 6.3　雰囲気可視化例 1

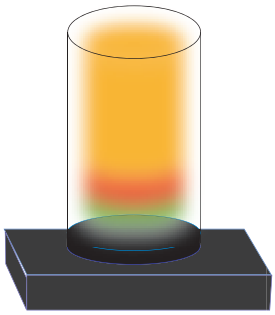

図 6.4　雰囲気可視化例 2

図 6.3，6.4 共に，雰囲気に強く影響を与えている上位 3 つの気分を表す色によって，雰囲気を伝達することが可能であるという仮説に基づいている．図 6.3 に示す方法では，興奮が最も強く，次いで落ち着き及び驚きが強く影響を与える雰囲気において，影響の度合いを三角形を用いて表している．また図 6.4 では，SHOJI に習い，端末の明かりを用いた可視化手法を提案した．

6.3.2　雰囲気の言語化

本項では，雰囲気の言語化について議論する．例えば，雰囲気をクエリにした検索システムを実装する場合，その場の雰囲気を言語によって表すことが必要となる．しかし日常的に雰囲気は場の利用者によって自由に言語化され，明確な基準はない．そこで本研究では，8 次元空間によるデジタル化手法に基づき，雰囲気を気分と同様に 8 つに大きく分類できる可能性について議論する．まず 8 つの雰囲気について予備調査を行い，そして第 3 章で調査した際に得られた代表的な雰囲気について，8 つの雰囲気に分類できるか検討する．

雰囲気と気分の表記の違い

まず本研究における気分と同じように，雰囲気も同様に 8 つに分類できると仮定した上で，日常的に人々は 8 つの雰囲気を感じているか調査を行った．調査方法は “ 楽しい雰囲気 ”, “ 落ち着いた

雰囲気 ” などの 8 つのフレーズを Google 検索し，検索結果の件数に違いが出るか調べた．結果を表 6.3 に示す．

表 6.3　Google 検索による 8 つの雰囲気の検索結果 (2010 年 8 月)

フレーズ	件数（件）
“ 興奮した雰囲気 ”	169,000
“ 楽しい雰囲気 ”	329,000
“ 落ち着いた雰囲気 ”	3,090,000
“ 眠い雰囲気 ”	533
“ 憂鬱な雰囲気 ”	348,000
“ 悲しい雰囲気 ”	26,000
“ 緊張した雰囲気 ”	230,000
“ 驚く雰囲気 ”	265
合計	4,192,798

調査結果から，眠い雰囲気と驚く雰囲気についての検索結果の件数が圧倒的に少ないことがわかる．この理由としては，人々は日常的にこれらの雰囲気を感じ取っていない可能性がある．眠い雰囲気については，寝ている間は人間は何も考えることができないことや，眠い状態で web に書き込む人々が少ないことが考えられる．また驚く雰囲気については，驚くという状態は一瞬のできごとであり，驚いた次の瞬間には興奮の気分に変わっていることも考えられる．眠い雰囲気と驚く雰囲気については検索結果の件数が少ないが，感じ取っている人がいる以上，これらの 8 つの雰囲気は存在する．次に，我々が日常的に感じ取っている雰囲気をこれら 8 つの雰囲気に分類できるか，考察を行う．

雰囲気の分類

第 3 章で調べた代表的な雰囲気を，以上の 8 つに分類できるか，考察を行う．分類の基準は，代表的な雰囲気を全て辞書で調べ，その意味合いから 8 つの雰囲気に関連性の高い順に分岐させていく． 例えば「かたい」という単語を辞書で調べると「緊張していてぎこちない」と説明されている．この説明文の中に「緊張」という言葉が含まれているため，かたい雰囲気は緊張した雰囲気に近いことがわかる．このように辞書で調べた意味合いが近い順に並べると，図 6.5 のように分類できる．

さらに雰囲気を細分化すると，雰囲気のデジタル化手法のように 8 次元空間にマッピングが可能になる．今後，本研究で提案した雰囲気のデジタル化手法を用いた実験を行うことで，より詳細に言語化された雰囲気の分類が実現できる．

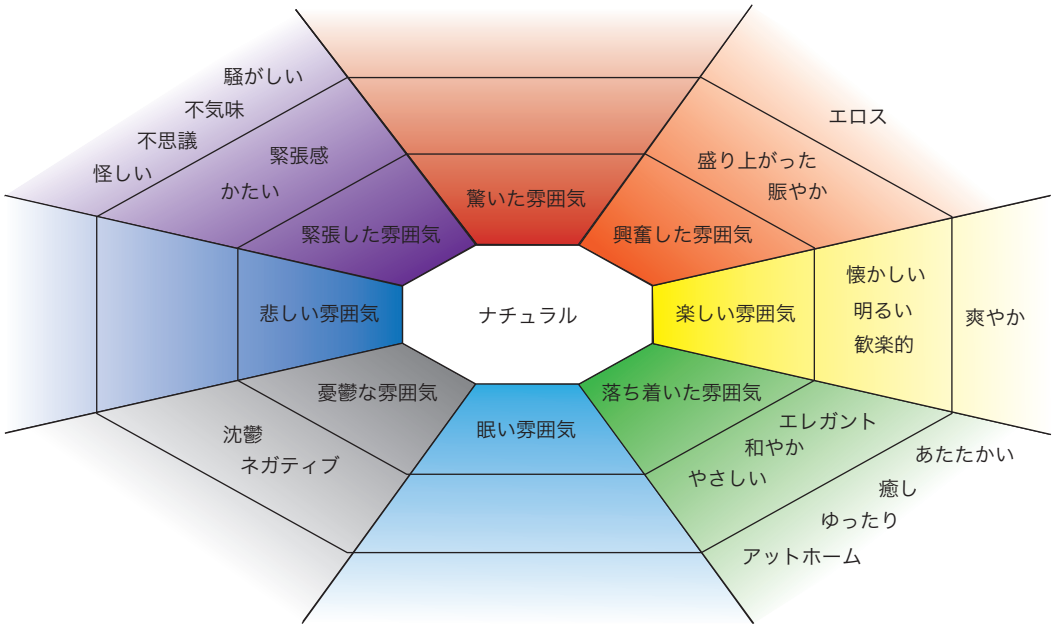

図 6.5　雰囲気の分類

6.4　本章のまとめ

本章では，まず雰囲気のデジタル化の実現に向け，雰囲気の特性を整理し，デジタル化における要件を整理した．デジタル化の要件として，1)8 次元空間によるデジタル化，2) 外れ値による影響を抑える，3) 情報にゆとりを持たせる，という 3 つが挙げられた．この要件に則し，生体情報から気分データを算出し，気分を感じた人数による重みづけと標準偏差から分布を調べることで，雰囲気の特性を活かしたデジタル化手法を提案した．さらに第 3 章で得られた気分データを用いて雰囲気データを算出し，妥当性について検討した．本研究で提案したデジタル化手法を受け，さらに雰囲気の可視化と言語化についても議論し，それぞれ実現に向けて考察した．

第 7 章

結論

前章までに雰囲気のデジタル化について多くの議論を行った．本章では，本論文を通じて議論した雰囲気の定義，ウェアラブル生体情報センサを利用した気分の解析，そして雰囲気のデジタル化手法について振り返る．そして本研究の成果と今後の課題をまとめ，本論文を締める．

7.1 本研究の成果

本研究では，雰囲気の有用性に着目し，雰囲気を利用したアプリケーションの実現に向け，雰囲気の定義，ウェアラブル生体情報センサを利用した気分の解析手法，及び 8 次元空間による雰囲気のデジタル化手法について提案し，検証した．これらの成果について以下にまとめる．

7.1.1 雰囲気の定義

雰囲気は光，音，匂いなどの環境情報だけでなく，場を利用する人々の行動，また特定のイベントやアクシデントなど，多くの要素に影響を受け，変化する．そのため色彩心理や音楽心理学の研究に基づいて雰囲気を取得することは困難である．そこで本研究では雰囲気，利用者の気分，利用者の行動の関係性を示す雰囲気の循環モデル (図 3.1) を作成し，雰囲気，気分，行動はそれぞれに影響を与え循環していると考えた．そのような場においては，場を利用する人々の気分を雰囲気センサのように扱うことで雰囲気を取得できると考え，本研究では場の雰囲気を「場に存在する気分の集合」と定義した．

さらに本定義の妥当性を評価する実験を行った．複数の場において，場を利用する人々に，アンケートを用いて場の雰囲気と個人の抱く気分について回答してもらった．そして人々が感じた場の雰囲気と気分の集合値を比較することで，定義の妥当性を評価した．研究発表会，ウィンドサーフィンスクールなど計 6 カ所で実験を行い，雰囲気，気分そして行動が循環している場においては，雰囲気と気分の集合値の一致度が 70% を超え，本定義が充分に妥当であるという結果を得た．この実験結果から，気分を正確に取得することができれば，雰囲気のデジタル化が実現できる可能性を証明した．

7.1.2 ウェアラブル生体情報センサを利用した気分の解析手法

本研究では，日常的に気分を解析するための手法として，ウェアラブルな生体情報センサを利用した気分の解析手法を提案した．まず全ての気分を快・不快及び覚醒・眠気軸によって分類したラッセルの円環モデルに基づき，気分を大きく 8 つに分類できると定義した．そしてラッセルの円環モデルより，快・不快及び覚醒・眠気の 2 軸を生体情報によって判別することができれば気分を判別可能であると考え，それぞれ個人の正常値と比較し，その変化から気分を分類する気分の判別モデルを作成した．

気分の判別モデルについての評価実験では，2 つのシチュエーションで実験を生体情報を取得した．そしてアンケートによる気分の自己評価と比較し，妥当性を検討した．評価実験では，8 つに分類した場合は 65.0%，大きく 4 つに分類した場合は 80.0% の精度で気分を判別することができ，さらに複数の生体情報センサを利用することや長時間計測を行うことでより精度が上がると考えられる．

7.1.3　8 次元空間による雰囲気のデジタル化手法

まず雰囲気のデジタル化に当たり，雰囲気の特性を整理した上でデジタル化の要件をまとめた．雰囲気は曖昧な存在であることや，相反する要素が共存する可能性があることから，1)8 次元空間によるデジタル化，2) 個人的な気分による影響を抑える，3) 情報にゆとりを持たせるという 3 つの要件が挙げられた．その要件に則し，生体情報から気分データを算出し，気分を感じた人数に応じてデータに重みづけを行い，標準偏差を用いて雰囲気データに範囲を設定した．さらに雰囲気の定義の妥当性評価実験で得られた気分データを基に雰囲気をデジタル化し，妥当性について検討した．さらにこの雰囲気のデジタル化を受け，雰囲気の可視化及び言語化についても議論した．

7.2　今後の課題

本節では，本論文では実現し得なかった今後の課題についてまとめる．雰囲気の定義，気分の解析，及び雰囲気のデジタル化それぞれに対応する課題について，以下に説明する．

7.2.1　雰囲気のモデル化

本研究では，雰囲気，人々の気分及び行動が循環している場を対象とした．しかし定義の妥当性を評価する実験において，循環していないケースが多く存在することがわかった．これらの場においては雰囲気はどのように構成され，何に影響を受けているか分析しなければ，雰囲気のデジタル化を実現することはできない．すなわち，日常的な雰囲気全てをデジタル化するためには，雰囲気のモデル化を徹底的に行う必要がある．

7.2.2　日常的な気分の解析

既述したように，現在行われている気分の解析手法は様々であるが，それらの手法は一長一短であり，利用できるシチュエーションが限られているという問題がある．雰囲気をデジタル化するためには日常的に気分を解析できることが好ましいため，本研究ではウェアラブル生体情報センサを利用した気分の解析手法を提案し，評価実験を行った．本手法は皮膚温度及び心拍数だけでなく，HRV(Heart Rate Variability) や GSR(Galvanic Skin Responce) などの生体情報を併用すればより精度は高まると予想できる．また既存手法を組み合わせれば多くの場で気分の解析が可能になることから，場に応じた手法によって気分を解析し，統括するシステムを実装すれば日常的に気分を解析することも実現できる．

7.2.3　雰囲気のデジタル化の妥当性評価

本論文では，センサ端末の個数や環境の制約などの理由から，実際にウェアラブル生体情報センサを用いて気分を解析し，そのデータを用いて雰囲気をデジタル化するまでは至らなかった．気分

の集合値を雰囲気として扱うことの妥当性は証明できたが，デジタル化において雰囲気データの範囲の設定については検証していく必要がある．さらに複数の場においてセンサを利用した実験を行い，デジタル化された雰囲気の比較及び検証すべきである．

7.3 結論

本論文では，雰囲気のデジタル化を実現するに当たり，まず予備調査を行い雰囲気について理解を深め，その上で雰囲気の定義，ウェアラブル生体情報センサを利用した気分の解析，そして 8 次元空間による雰囲気のデジタル化手法について議論し，妥当性の評価を行った．曖昧な存在である雰囲気を扱った研究は少なく，現在までに雰囲気のデジタル化は実現されていない．しかし本研究では雰囲気についての知見を整理し，モデル化を行い，それに基づくデジタル化手法を提案した．本論文を通じて，現在までに成し得なかった雰囲気のデジタル化の可能性を見出し，アンビエント情報社会の実現に一石を投じた．

謝辞

本論文の執筆にあたり，親身になって丁寧に御指導して頂きました，慶應義塾大学環境情報学部教授徳田英幸博士に深く感謝致します．また，應義塾大学環境情報学部准教授高汐一紀博士，慶應義塾大学環境情報学部専任講師中澤仁博士には貴重な御助言を賜り，感謝致します．

慶應義塾大学徳田・高汐・中澤研究室の皆様には，折に触れ御指導・御助言を頂きました．特に川添瑞木氏，米澤拓郎氏には，1 年以上本研究を見て頂き，多くの議論の時間を割いて頂きました．ここに，多大なる感謝と尊敬の意を表します．

また，同じ研究会で家族同然に時間を共に過ごし，生涯の仲間と呼べる小川正幹氏，野沢高弘氏，金澤貴俊氏，荒木貴好氏，米澤裕紀氏，中津川紘太氏とはお互いに刺激し合い成長することができました．特に徳田義幸氏は空気も読めずろくにスケジュール管理もできないくずみたいな人間ですが，HORN では良き相棒であり，彼の支えによって多くの障壁を乗り越えてきました．本研究においては，慶應義塾大学環境情報学部教授清木康博士，慶應義塾湘南藤沢中・高等部野村さち子講師には雰囲気のデジタル化について多くの時間を割いて頂き，数学の苦手な自分にも丁寧に相談に乗って頂きました．生体情報については，慶應義塾大学看護医療学部教授増田慎也博士，同じく慶應義塾大学看護医療学部教授原礼子博士には見ず知らずの自分に対しても快く耳を傾けて頂き，多くの貴重な御助言を頂きました．また藤倉栄夢氏には多くの議論の場を設けて頂き，客観的な立場から多くの意見を頂けたことを感謝致します．

私生活においては，岸敬晴氏，北小路博昭氏，笠原祐介氏，山形学氏とは多くの無駄な時間を過ごし，多くの思い出が走馬灯のように思い出されます．特に大日向俊氏は B 型で気分屋でめんどくさい奴ですが，でも自分のめんどくさい部分を受け入れてくれ，そしてたまにあしらってくれる，自分にとってかけがえのない存在です．松田都氏には多くの御助言を頂き，弱かった自分を暖かく見守って頂きました．Patisserie Pion ではアルバイトの自分に対して多くの仕事を任せて頂き，仕事をする上での責任感やクリスマス時の達成感など，多くの物事を教えて頂きました．特に塩坂圭氏とは多くを語り合い，多くの意見を交わし，多くの下ネタを言い合い，私の人生感を変える偉大な人物でありました．所博之氏には学業と並行しながら続けていた司法書士の勉強について，多くのメッセージで勇気を与えて頂きました．桑谷耕作氏を始めとする Windsurfing School Fine では多くの良き出会いがあり，ウィンドサーフィンを通じて，また人として成長することができました．

そして何より，大学院に進学したにもかかわらず司法書士の勉強を始めるなど，今まで好き放題

やってきた自分を支えてくれた家族に感謝しています．責任感が強く，自分の身を削ってまで働く父，強烈な心配性ですが誰よりも家族のことを考えている母，そしてなんやかんや家族想いな姉，この家族に恵まれたことが何よりも幸せなことでしょう．また日常生活に潤いを与えてくれたマーブル氏にも感謝の意を込めたいと思います．

最後に，実験に協力して頂きました大日向俊氏，岸敬晴氏，北小路博昭氏，藤倉栄夢氏，浦田茜氏，カジハラナツミ氏，成瀬春奈氏，徳田英幸氏，高汐一紀氏，斉藤匡人氏，小島清信氏，森雅人氏，青木崇行氏，金澤貴俊氏，荒木貴好氏，りっちむ氏，徳田義幸氏，米澤裕紀氏，生天目直哉氏，伊藤友隆氏，井村和博氏，天野雅哉氏，唐津豊氏，米川賢治氏，西山勇毅氏，八木彩香氏，笹本将平氏，梶原佑紀氏，河野慎氏，桑谷耕作氏，吉田洋海氏，ナディア氏，諏訪善久氏，遠藤岳夫氏，岡本将英氏，宮崎真次氏，石黒達男氏，館野朗氏，新井麻衣子氏，Shinichi 氏，ほか 3 名に感謝の意を表し，これを謝辞と致します．

2011 年 2 月 10 日

山本 純平

成果

学会発表

- 国際ワークショップ

  Jumpei Yamamoto, Mizuki Kawazoe, Jin Nakazawa, Kazunori Takashio, Hideyuki Tokuda.

  MOLMOD: Analysis of Feelings based on Vital Information for Mood Acquisition.

  Mobile HCI 2009 Measuring Mobile Emotions, September 2009.

  Jumpei Yamamoto, Mizuki Kawazoe, Takuro Yonezawa, Kazunori Takashio, Hideyuki Tokuda.

  MOLMOD: Mood Labeling and Modelling based on Vital Data.

  Asian Workshop on Ubiquitous and Embedded Computing, August 2008.

- 国内学会会議

  山本純平，川添瑞木，中澤仁，高汐一紀，徳田英幸.

  生体情報を用いた雰囲気を取得する手法の構築

  情報処理学会　ユビキタスセンサネットワーク研究会 (2009 年 7 月)

  山本純平，川添瑞木，中澤仁，高汐一紀，徳田英幸.

  MOLMOD: 生体情報を用いた雰囲気の取得手法の構築

  情報処理学会　第 71 回全国大会 (2009 年 3 月)

  学生奨励賞受賞

  山本純平，川添瑞木，徳田義幸，高汐一紀，徳田英幸.

  momo!: Mood Obvious Mapping System on Sensor Network.

  情報処理学会　ユビキタスコンピューティング研究会 (2007 年 11 月)

卒業論文

MOLMOD: 生体情報を用いた雰囲気の取得手法の構築

2008 年度 環境情報学部卒業論文

デモ発表

SFC Open Research Forum 2007.

参考文献

[1] Jumpei Yamamoto, Mizuki Kawazoe, Jin Nakazawa, Kazunori Takashio, and Hideyuki Tokuda. Molmod: Analysis of feelings based on vital information for mood acquisition. Mobile HCI 2009, September 2009.

[2] 山本純平, 川添瑞木, 中澤仁, 高汐一紀, 徳田英幸. 生体情報を用いた雰囲気を取得する手法の構築. 情報処理学会 ユビキタスセンサネットワーク研究会, 7 2009.

[3] Jumpei Yamamoto, Mizuki Kawazoe, Takuro Yonezawa, Kazunori Takashio, and Hideyuki Tokuda. Molmod: Mood labeling and modelling based on vital data. Asian Workshop on Ubiquitous and Embedded Computing, August 2008.

[4] 山本純平, 川添瑞木, 徳田義幸, 高汐一紀, 徳田英幸. momo!: Mood obvious mapping system on sensor network. 情報処理学会 ユビキタスコンピューティング研究会, 11 2007.

[5] Masaki Ogawa, Jumpei Yamamoto, Yoshiyuki Tokuda, Takatoshi Kanazawa, Naoki Nakagawa, Masaki Ito, Soko Aoki, Hiroto Aida, Jin Nakazawa, Kazunori Takashio, and Hideyuki Tokuda. Smart corridor: Development of smart space for corridors and public streets. Ubicomp, DIPSO 2009, September 2009.

[6] Andreas Haag, Silke Goronzy, Peter Schaich, and Jason Williams. Emotion recognition using bio-sensors: First steps towards an automatic system. In Elisabeth André, Laila Dybkjae r, Wolfgang Minker, and Paul Heisterkamp, editors, *Affective Dialogue Systems*, Vol. 3068 of *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 36–48. Springer Berlin / Heidelberg, 2004.

[7] Jennifer Healey, Lama Nachman, Sushmita Subramanian, unaith Shahabdeen, and Margaret Morris. Out of the lab and into the fray: Towards modeling emotion in everyday life. In Patrik Floreen, Antonio Kruger, and Mirjana Spasojevic, editors, *Pervasive Computing*, Vol. 6030 of *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 156–173. Springer Berlin / Heidelberg, 2010.

[8] Klaus-Peter Hoffmann. Biosignale erfassen und verarbeiten. In Rüdiger Kramme, editor, *Medizintechnik*, pp. 617–638. Springer Berlin Heidelberg, 2007.

[9] Syed Shahbaz Hussain, Christian Peter, and Gerald Bieber. Emotion recognition on the go: Providing personalized services based on emotional states. Mobile HCI 2009,

September 2009.

[10] Joris Janssen and Egon van den Broek. Guideline for mobile emotion measurement. Mobile HCI 2009, September 2009.

[11] James Lien, Takeo Kanade, Jeffrey Cohn, and Ching-Chung Li. Automated facial expression recognition based on facs action units. In *Automatic Face and Gesture Recognition, 1998. Proceedings. Third IEEE International Conference on*, pp. 390 –395, 14-16 1998.

[12] Marko Lugger and Bin Yang. The relevance of voice quality features in speaker independent emotion recognition. In *Acoustics, Speech and Signal Processing, 2007. ICASSP 2007. IEEE International Conference on*, Vol. 4, pp. IV–17 –IV–20, 2007.

[13] Richard McFarland. Relationship of skin temperature changes to the emotions accompanying music. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, Vol. 10, pp. 255–267, 1985.

[14] Alexander Meschtsherjakov, Astrid Weiss, and Thomas Scherndl. Utilizing emoticons on mobile devices within esm studies to measure emotions in the field. Mobile HCI 2009, September 2009.

[15] Mitsunori Miki, Maiko Ashibe, and Tomoyuki Hiroyasu. The lighting system adjusting colors using rgb fluorescent lamps. *The science and engineering review of Doshisha University*, Vol. 48, No. 4, pp. 8–13, 2008-01.

[16] Christian Peter, Randolf Schultz, Jörg Voskamp, Bodo Urban, Nadine Nowack, Hubert Janik, Karin Kraft, and Roland Göcke. Erec-ii in use: studies on usability and suitability of a sensor system for affect detection and human performance monitoring. In *HCI'07: Proceedings of the 12th international conference on Human-computer interaction*, pp. 465–474, Berlin, Heidelberg, 2007. Springer-Verlag.

[17] Rosalind Picard, Elias Vyzas, and Jeniffer Healey. Toward machine emotional intelligence: Analysis of affective physiological state. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 23, pp. 1175–1191, 2001.

[18] James Russell. The psychology of facial expression, 1997.

[19] Masaki Shuzo, Makoto Shimura, Yousuke Motohashi, Jean-Jacques Delaunay, and Ichiro Yamada. A communication terminal for sending and receiving ambient information. Korea-Japan Design Engineering Workshop 2008, July 2008.

[20] Daniel Silva, Vasco Vinhas, Luís Reis, and Eugénio Oliveira. Biometric emotion assessment and feedback in an immersive digital environment. *International Journal of Social Robotics*, Vol. 1, pp. 307–317, 2009. 10.1007/s12369-009-0029-z.

[21] Fumihide Tanaka and Takeshi Kimura. The use of robots in early education: A scenario based on ethical consideration. In *Robot and Human Interactive Communication, 2009. RO-MAN 2009. The 18th IEEE International Symposium on*, 27 2009.

[22] Den Uyl and Van Kuilenburg. The FaceReader: Online facial expression recognition. *Proc. Measuring Behaviour*, pp. 589–590, 2005.

[23] Hans van Kuilenburg, Marco Wiering, and Marten den Uyl. A model based method for automatic facial expression recognition. In João Gama, Rui Camacho, Pavel Brazdil, Alípio Jorge, and Luís Torgo, editors, *Machine Learning: ECML 2005*, Vol. 3720 of *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 194–205. Springer Berlin / Heidelberg, 2005.

[24] Vasco Vinhas, Eugenio Oliveira, and Luis Reis. Realtime dynamic multimedia storyline based on online audience biometric information. Vol. 142, pp. 545–554, 2008. 10.1007/978-3-540-68127-4_56.

[25] Thurid Vogt, Elisabeth André, and Nikolaus Bee. Emovoice — a framework for online recognition of emotions from voice. In Elisabeth André, Laila Dybkjæ r, Wolfgang Minker, Heiko Neumann, Roberto Pieraccini, and Michael Weber, editors, *Perception in Multimodal Dialogue Systems*, Lecture Notes in Computer Science, pp. 188–199. Springer Berlin / Heidelberg.

[26] Polar, rs-800cx. `http://www.polar.fi/ja`.

[27] Poms: Profile of mood states. `http://www.kanekoshobo.co.jp/np/inner/2`.

[28] ココロスキャン. `http://kokoro.sega.jp/`.

[29] マイクロ・メディカル・デバイス株式会社. `http://www.mmdevice.co.jp/product_all.html`.

[30] 綾部早穂, 斉藤幸子. においの心理学.

[31] 安保徹. 「安保徹の新理論！-体温免疫力」. ナツメ社, 5 2004.

[32] 陳 金姫 平野 靖 梶田 将司 間瀬 健二加藤 雄一. 音声情報を用いた会議における雰囲気把握支援方法の検討. 情報処理学会第 67 回全国大会, March 2005.

[33] 佐藤香. 感情現象の諸相. ナカニシヤ出版, 12 2005.

[34] 笹本みお. 配色イマジネーション BOOK. 株式会社毎日コミュニケーションズ, 7 2005.

[35] 小林重順. *Color Image Scale Version 2.* 株式会社 講談社, 11 2001.

[36] 谷口高士. 音楽と感情. 北大路書房, 1 1998.

[37] 谷口高士. 音は心の中で音楽になる. 北大路書房, 3 2000.

[38] 南雲治嘉. 配色イメージチャート. 株式会社グラフィック社, 3 2003.

[39] 目黒惇. 音楽とリラックス. 株式会社音楽之友社, 4 2000.

[40] 川崎医療福祉大学臨床心理学科. 臨床心理学キーワーズ. ナカニシヤ出版, 2 2004.

[41] 濱治世, 鈴木直人, 濱野保久. 感情心理学への招待ー感情，情緒へのアプローチー. サイエンス出版, 10 2001.