卒業論文 2008 年度 (平成 20 年度)

MOLMOD: 生体情報を用いた雰囲気の取得手法の構築

指導教員

慶應義塾大学環境情報学部

徳田　英幸

村井　純

楠本　博之

中村　修

高汐　一紀

重近　範行

Rodney D. Van Meter III

植原　啓介

三次　仁

中澤　仁

慶應義塾大学 環境情報学部

山本 純平

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

卒業論文要旨 2008 年度 (平成 20 年度)

MOLMOD: 生体情報を用いた雰囲気の取得手法の構築

我々は日常生活において, “ 雰囲気のいい喫茶店だった ” のように，場の雰囲気を感じ取っている．さらに, “ 疲れたから落ち着いた雰囲気の喫茶店に入る ” など，場の雰囲気を行動の指標として利用している．場の雰囲気を取得することができれば, “ 気分に合った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警告するシステム ” など，様々なアプリケーションやサービスが実現できる．

本研究では，雰囲気を「その場に存在する一般的な気分」と定義し，雰囲気を上述したようなアプリケーションやサービスに利用するためには，気分の取得，雰囲気の記述，雰囲気の利用という 3 つの手順が必要であると考えた．しかし，気分を取得することや一般的な気分による雰囲気の記述が困難であるなどの理由から，雰囲気をアプリケーションに利用することは難しく，現在までに雰囲気を取得する手法は確立されていない．

本稿では，生体情報を用いて雰囲気の取得を行う MOLMOD システムの提案を行う．本システムは，ウェアラブルな生体センサを用いた気分の判別，気分の一般化と気分モデルを利用した雰囲気の記述，ユーザによるラベリングという 3 つのアプローチによって雰囲気を取得する．さらに，評価実験を行い，気分の判別と雰囲気の取得手法について妥当性を評価する．本稿を通じて，雰囲気の有用性と本システムの妥当性について論じ，雰囲気を利用したアプリケーションを実現する 1 つの可能性を見出す．

キーワード：
雰囲気，感情心理学，生体情報，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 環境情報学部
山本 純平

Abstract of Bachelor's Thesis

MOLMOD: Mood Labeling and Modelling based on Vital Data

In our daily life, we often sense mood of a certain location such as " This coffee shop has a relaxed mood ". We effectively use these moods to decide our next action. For example, you might enter a coffee shop to feel relaxed mood when you are tired. If a system could acquire mood based on its location, we may be able to construct a new security system that can judge dangerous mood by the information gathered from the users.

In this paper, we defined mood as " the general feeling that we have in a particular place or situation ". We understand that we need three steps to propose applications or services based on mood. These three steps are feeling analysis, mood acquisition, and making use of the mood. However, common model for mood acquisition have not been established for it's difficulties to analyze user's feeling and to acquire mood from general feelings.

In this paper, we propose " MOLMOD ", a mood acquisition system that distinguishes feelings based on human vital data and mood label done by users. This system has three steps for mood acquisition, feeling distinction using wearable vital sensors, feeling generalization using the feeling model, labeling done by user. In addition, we will evaluate the method for feeling distinction and mood acquisition. Through this paper, we discuss usefulness of mood and validity of MOLMOD system, and propose one of the solutions to acquire mood.

Keywords :

mood of a certain location, psychology of emotion, human vital data, ubiquitous computing, context aware

Jumpei Yamamoto

Faculty of Environmental Information
Keio University

目次

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

第 2 章　雰囲気の有用性と利用における問題意識 4
2.1　雰囲気とは 5
2.2　雰囲気の利用例 5
2.2.1　雰囲気の変化によるコンテクスト取得 5
2.2.2　トリガとしての利用 5
2.2.3　自動的な雰囲気の管理 5
2.2.4　雰囲気の可視化 6
2.2.5　場の評価指標として利用 6
2.2.6　気分と雰囲気を利用したレコメンドシステム 7
2.2.7　遠隔地の状況把握 7
2.2.8　ユーザと場の馴染み度の指標として利用 8
2.3　雰囲気の定義と考察 8
2.3.1　本研究における雰囲気の定義 8
2.3.2　システムによる雰囲気利用の流れ 9
2.4　問題意識 10
2.4.1　日常生活における気分の取得が困難 10
2.4.2　雰囲気の記述が困難 10
2.4.3　ユーザへの提供が困難 10
2.5　本章のまとめ 11

第 3 章　雰囲気の取得手法 12
3.1　雰囲気を取得する際の要件 13
3.2　ウェアラブルな生体センサを用いた気分の判別 13
3.2.1　生体情報と気分の関係性 14

3.2.2 本研究における気分の判別手法 15
3.3 気分の一般化と雰囲気の記述 17
3.4 ユーザによるラベリング 19
3.5 本章のまとめ 19

第 4 章 MOLMOD の設計 20
4.1 ハードウェア構成 21
4.2 システム構成 22
4.2.1 データベース 23
4.2.2 センサデータ受信モジュール 24
4.2.3 学習モジュール 24
4.2.4 気分判別モジュール 24
4.2.5 ビューアモジュール 24
4.2.6 雰囲気取得モジュール 25
4.2.7 ラベリングモジュール 25
4.3 本章のまとめ 25

第 5 章 MOLMOD の実装 26
5.1 実装環境 27
5.2 センサ端末 27
5.2.1 気温センサ 28
5.2.2 脈拍センサ 29
5.2.3 皮膚温度センサ 31
5.3 各部の説明 36
5.3.1 センサデータ受信部 36
5.3.2 正常値取得部 37
5.3.3 気分判別部 37
5.3.4 情報入力部 37
5.3.5 雰囲気解析部 38
5.3.6 情報提示部 38
5.4 本章のまとめ 39

第 6 章 MOLMOD の評価 40
6.1 気分の判別モデル 41
6.1.1 実験方法 41
6.1.2 評価方針 41
6.1.3 結果 42
6.2 雰囲気の取得手法 43

6.2.1 研究会の中間発表 44
6.2.2 研究室 46
6.2.3 正常値の取得に関する実験 52
6.3 本章のまとめ 59

第 7 章 関連研究 61
7.1 雰囲気に関する研究 62
7.1.1 momo! 62
7.1.2 障子 (SHOJI) 62
7.1.3 雰囲気の制御 63
7.2 気分に関する研究 64
7.2.1 ComSlipper 64
7.2.2 気分の解析 65
7.3 本章のまとめ 65

第 8 章 結論 66
8.1 本研究の概要 67
8.2 今後の課題と展望 67
8.3 結論 68

参考文献 70

図目次

2.1 雰囲気マップイメージ 6
2.2 ぐるなびにおける雰囲気の利用 7
2.3 雰囲気の取得ステップ 9

3.1 ラッセルの円環モデル 15
3.2 気分モデル 16
3.3 気分の判別モデル 17
3.4 実験結果（左から被験者 1，被験者 2） 17
3.5 要素の算出 18

4.1 ハードウェア構成図 21
4.2 システム構成図 22

5.1 Sun Spot 28
5.2 指輪型パルスオキシメータ 29
5.3 RF-ECG 30
5.4 RF-ECG 装着例 30
5.5 皮膚温度センサ (センサ基盤) 31
5.6 皮膚温度センサ (Zigbee 基盤) 31
5.7 皮膚温度センサ装着例 32
5.8 腕と胸の皮膚温度の変化 33
5.9 回路図 34
5.10 SunSpot のパッケージング 34
5.11 SunSpot のセンサデータの変化 35
5.12 モジュール図 36
5.13 情報入力インタフェース 38
5.14 雰囲気ビューアスクリーンショット 39

6.1 中間発表での実験の様子 41
6.2 実験結果（左から被験者 1，被験者 2） 42

6.3 中間発表の雰囲気取得結果 45
6.4 中間発表でのアンケート結果 45
6.5 研究室での実験の様子 46
6.6 個人の選択インタフェース 47
6.7 日常的な雰囲気 48
6.8 睡眠中の雰囲気 48
6.9 パーティでの雰囲気 49
6.10 皮膚温度センサの改良 51
6.11 実験の様子 53
6.12 手法 1 による 2 日間の雰囲気 54
6.13 手法 2 による 2 日間の雰囲気 54
6.14 手法 1 による観覧中の雰囲気 55
6.15 手法 2 による観覧中の雰囲気 55
6.16 手法 1 による睡眠中の雰囲気 56
6.17 手法 2 による睡眠中の雰囲気 56
6.18 手法 1 による提出前の雰囲気 56
6.19 手法 2 による提出前の雰囲気 56
6.20 手法 1 によるプレイ中の雰囲気 57
6.21 手法 2 によるプレイ中の雰囲気 57

7.1 momo!プロトタイプ 62
7.2 SHOJI による雰囲気の可視化 63
7.3 RGB 蛍光灯の制御 63
7.4 ComSlipper の機能図 64

表目次

3.1 生体情報と感情の関係 14
3.2 雰囲気データ例 18

4.1 気分データベース 23
4.2 雰囲気データベース 23

5.1 脈拍及び皮膚温度センサデータ受信用 PC 環境 27
5.2 脈拍センサデータ受信用 PC 環境 27
5.3 気温センサデータ受信用 PC 環境 27
5.4 Sun Spot 仕様 28
5.5 Sun Spot テンプレート 28
5.6 指輪型パルスオキシメータ仕様 29
5.7 指輪型パルスオキシメータテンプレート 30
5.8 RF-ECG 仕様 30
5.9 RF-ECG テンプレート 31
5.10 皮膚温度センサ仕様 31
5.11 皮膚温度センサデータテンプレート 32
5.12 皮膚温度センサテンプレート 35
5.13 本システムにおけるセンサデータのテンプレート 36
5.14 NormalData.txt 37

6.1 気分に関するアンケート項目 42
6.2 気分に関するアンケート結果 43
6.3 雰囲気に関するアンケート項目 44
6.4 実験用の正常値ファイルテンプレート 47
6.5 実験用の正常値ファイルテンプレート 54

第 1 章

序論

本章では，まず本研究の背景を述べると共に，雰囲気の有用性について説明する．その後，本研究の目的と MOLMOD システムの概要について記述し，最後に本稿の構成を述べる．

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．

また近年，センサの高機能化や小型化に伴い，ユビキタスコンピューティング環境を想定としたコンテクストアウェアに関する研究が多く行われている．さらに生体センサの開発も進められ，ウェアラブルな生体センサや携帯電話に生体センサが内蔵される [22] など，日常的に生体センサを使用する機会が増えている．また感情心理学の研究も多く行われ，感情や心理状態と生体情報の関係性が明らかになりつつあり，そのような関係を利用して生体情報から感情を解析する研究も多く行われている．生体センサを用いた解析手法だけでなく，カメラを用いた表情解析や音声を利用した声紋解析など，手法も様々である．このようなコンテクストアウェアの研究の一環として，感情を解析する手法を利用し，感覚的な存在である場の雰囲気も取得することが可能であると考えられる．

場の雰囲気に関する研究は多く行われ，雰囲気を可視化するもの，制限された場所や空間でのみ場の雰囲気を取得するもの，雰囲気を制御するものなど，目的も様々である．しかし雰囲気の取得という目的に対して手法も様々であり，照度や気温などの環境情報のみを用いている場合や，音声を用いて感情を解析するなど，ユーザの情報を取得している研究もある．しかし研究によって雰囲気の定義は異なり，現在までに場の雰囲気を取得する手法は確立されていない．

1.2 本研究の概要

上述したように，場の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が実現できると考えられる．本研究はそ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．本研究において雰囲気とは「その場に存在する一般的な気分」と定義され，雰囲気をアプリケーションに利用するためには，気分の取得，雰囲気の記述，雰囲気の利用という 3 つの手順を踏む必要がある．しかし，1）公共空間において気分を取得することが困難である，2）一般的な気分による雰囲気の記述が困難である，3）ユーザの扱いやすい形式で雰囲気を提供するには問題があるという 3 つの理由から，場の雰囲気を取得し，アプリケーションやサービスに利用することは困難であった．

我々が提案する MOLMOD システムでは，ウェアラブルな生体センサを用いた気分の判別，気

分の一般化と気分モデルを利用した雰囲気の記述，ユーザによるラベリングという 3 つのアプローチによって，雰囲気の取得と利用に取り組む．本稿では，気分の判別手法と雰囲気の取得手法に対してそれぞれ評価実験を行い，評価結果からシステムの有効性を示すと共に雰囲気を利用したアプリケーションを実現する可能性を見出す．

1.3 本論文の構成

本稿では，雰囲気の有用性に着目し雰囲気の取得手法の構築を行う．さらに雰囲気を取得する MOLMOD システムを提案し，実装と評価を行う．

第 2 章では，本研究の背景を述べ，雰囲気の定義と利用例について記述する．さらに雰囲気の定義から導き出される雰囲気の取得手法について議論し，雰囲気の取得と利用に対する問題点を明確にする．第 3 章では，本研究の機能要件を明確にし，雰囲気を取得するアプローチについて述べる．我々が提案する MOLMOD システムの設計と実装に関しては，第 4 章と第 5 章で述べる．第 6 章では，MOLMOD システムの評価実験について記述する．第 7 章では関連研究について述べ，本研究との差異を明確にする．最後に本システムの有用性と今後の展望について記述し，本章の結論とする．

第 2 章

雰囲気の有用性と利用における問題意識

本章では，日常的な雰囲気について述べ，その上で雰囲気の有用性について検討する．その後に本研究における雰囲気の定義と雰囲気の取得と利用に関する考察を行う．最後に本研究における問題意識を明確にする．

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”,“天使のような寝顔の航史”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 [7]．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　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．

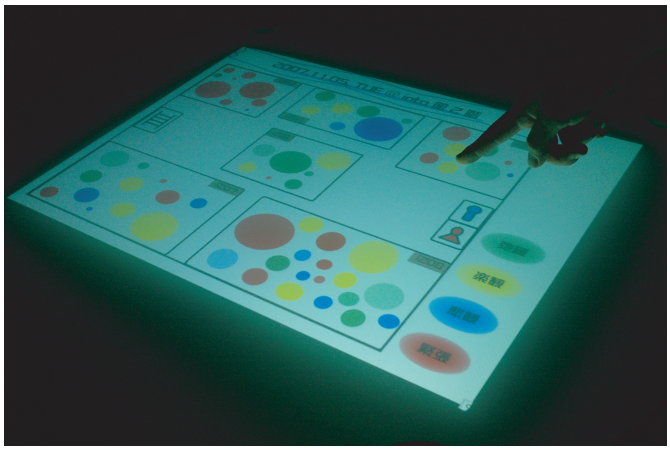

図 2.1　雰囲気マップイメージ

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．

2.2.5　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 [23] 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（図 2.2）．評価の一つとして雰囲気が利用されている場合もあり，図 2.2 では “ 気軽に忘新年会 ” や “ 50 人以上で貸切 ” など「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．

図 2.2　ぐるなびにおける雰囲気の利用

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 ユーザと場の馴染み度の指標として利用

雰囲気とユーザの気分の関係性から，そのユーザが場に対してどれだけ適応しているかがわかる．例えば，明るい雰囲気の中に一人だけ緊張している人がいた場合，そのユーザはまだ場に適応できていないと予想される．このシステムを使用すれば，新入社員や新入生が会社や学校にどれだけ馴染んでいるかが理解でき，場の管理者が状況を把握するツールとして役立つ．

2.3 雰囲気の定義と考察

上述したアプリケーションやサービスを実現するために，本節ではまず雰囲気の定義を行い，次にシステムによる雰囲気利用の流れをまとめる．

2.3.1 本研究における雰囲気の定義

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．しかし雰囲気は不可視であり，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．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，本項では雰囲気の定義を行う．

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．

そこで我々は，場に存在するユーザの気分に着目した．ユーザの抱いている気分は，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ことから，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．また，岩波出版の広辞苑第五版によると，雰囲気は「その場面または会合などにある一般的な気分・空気」と定義されている．すなわち，一般的な定義における雰囲気とは「ある出来事」や「特別な環境」，「人の集まり」に対し，人々が抱く共通の気分であるといえる．

以上の理由から，本研究では，場の雰囲気を**「場に存在する一般的な気分」**である，と定義する．

2.3.2　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“場に存在する一般的な気分”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，雰囲気の記述，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 2.3 を用いてシステムによる雰囲気利用の流れを説明する．

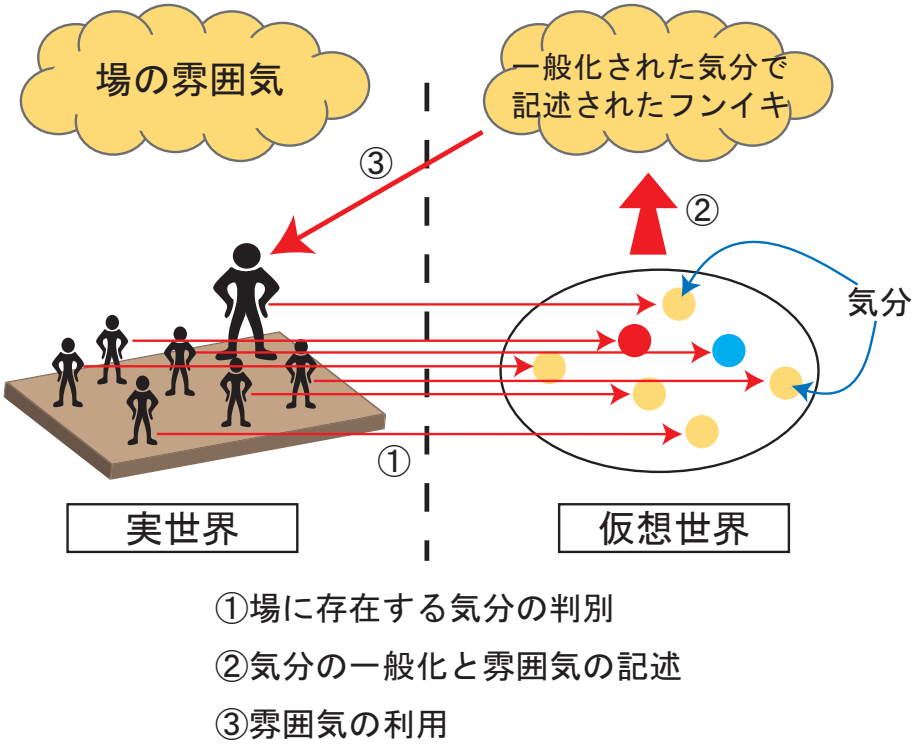

図 2.3　雰囲気の取得ステップ

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，気分を一般化し，一般化された気分の集合によって雰囲気を記述する．そして最後に，記述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．第 2 の手順である気分の一般化と雰囲気の記述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．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．街の雰囲気マップの作成や場の評価に利用する際には，雰囲気はただ可視化されれば良いため，第 1，第 2 の手順によって記述された雰囲気を提供するだけで良いが，例えばユーザが“明るい”という雰囲気を感じた時に明るい音楽を流すシステムを実装する場

合には，ユーザの感じた“明るい”という特殊な雰囲気を認識する必要がある．さらにその雰囲気はユーザにとって扱いやすい形式で提供されなければならない．

2.4 問題意識

本節では，第 2.3.2 項で述べた雰囲気利用の流れを踏まえ，本研究の目的であるシステムによる雰囲気の取得と利用に対する問題意識を以下の 3 つにまとめる．

2.4.1 日常生活における気分の取得が困難

近年，感情心理学の研究によって生体情報と感情の関係性が明らかになりつつあり [16][17][18][19]，それに伴い感情や気分を解析する研究が多く行われている [9][10][11]．既存の手法には，生体センサを用いて生体情報を取得しその変化からユーザの気分を解析する手法や，カメラを用いた表情解析，音声の特徴抽出による解析など様々な手法が挙げられる．しかし生体センサを用いた手法では精度を高めるために大掛かりな装置を使用することが多く，またカメラを用いた手法では表情を正確に取得する必要があり，ユーザの位置が固定されてしまう．さらに音声による解析も騒音が入ると正確に解析できないなど，既存の手法では制約が多い．そのため，日常生活において気分を解析することは困難である．

2.4.2 雰囲気の記述が困難

本研究における雰囲気の定義から，雰囲気は場に存在する一般的な気分を用いて記述されるべきである．しかし，気分の分類に関する学説は多く存在し，例えば日本の四字熟語では「喜・怒・哀・楽」という 4 つに分類されるが，中国の五情では，「喜・怒・悲・楽・怨」という 5 つに分類される．また，気分は概念的な存在であることから差異が明確ではない．すなわち，喜と楽という気分を明確に分類することは困難である．

上述した感情や気分を解析する研究では，“怒り”，“悲しみ”，“喜び”といった感情を取得できたか，という評価基準で行われているものが多い．しかし実際は多くの気分が存在し，特定の気分のみを取得できたのでは不十分であり，雰囲気を記述しても信頼性が低い可能性がある．すなわち，気分を明確に一般化し，そして個々の気分を適切に表現できなければ，雰囲気の記述は非常に困難な問題である．

2.4.3 ユーザへの提供が困難

人々はそれぞれの感覚によって雰囲気を取得し，自由に言語化して扱っている．またユーザの感じた特別な雰囲気をアプリケーションに利用するためには，特別な雰囲気を保存し，そしてユーザの扱いやすい形式で提供されるべきである．例えば，“明るい”雰囲気を感じた時に，自動的に明るい音楽を流し照明を明るくするシステムを実装する場合，そのシステムのユーザが感じる”明るい”

という特殊な雰囲気を取得し，利用できる必要がある．そのような雰囲気をユーザが扱う際には，システムはユーザの感覚を言語化した“明るい”という言語を用いて雰囲気を提供すべきである．

しかし，雰囲気に対するユーザの感覚を取得することは難しい．人々は感覚的に雰囲気を取得しているが，その感覚は個人によって異なり，さらに雰囲気に対するユーザの言語的イメージの取得も困難である．そのため，何らかの手法を用いて雰囲気を言語の形式で提供したとしても，ユーザの感覚と一致する可能性は低く，ユーザにとって扱いやすい形式で雰囲気を提供することは非常に難しい．

2.5 本章のまとめ

本章では，まず日常的な雰囲気について説明した上で，雰囲気の有用性についてアプリケーション例を挙げて説明した．さらに，本研究における雰囲気の定義を行い，システムによる雰囲気利用の流れをまとめ，問題意識を明確にした．

次章では，MOLMOD システムのアプローチを述べ，本章で明確にした問題意識に対して，どのように取り組むのか記述する．

第 3 章

雰囲気の取得手法

本章では，まず雰囲気を取得する際の機能要件を明確にする．そして本システムのアプローチである，ウェアラブルな生体センサを用いた気分の判別，気分の一般化と雰囲気の記述，ユーザによるラベリングについて説明する．

3.1 雰囲気を取得する際の要件

本節では，前章に記述した問題意識から，場の雰囲気を取得する際の機能要件を明確にする．本研究では，行動を制限しない気分の判別手法，一般化された気分による雰囲気の記述，ユーザの感覚に即した提供という 3 つの機能要件を挙げ，以下に詳細を記述する．

- 行動を制限しない気分の判別手法

  本研究では，公共空間における雰囲気の取得が目的であるため，公共空間に存在する人々の気分を解析する必要がある．そのため，ユーザの位置が固定されることや，ユーザの行動が制限される手法は適切ではない．すなわち，ユーザへの負担が軽く，公共空間でも使用可能な手法を選択する必要がある．

- 一般化された気分による雰囲気の記述

  本研究では，場の雰囲気を「その場に存在する一般的な気分」と定義した．すなわち，雰囲気は一般化された気分によって記述されるべきであると解釈でき，雰囲気を取得するためには気分を一般化する必要があると考えられる．さらに，その場に存在しうる気分を取得できる必要があるので，上述したように行動を制限しない手法を用いて一般化した気分を全て取得できなければならない．すなわち，本研究における気分の取得手法に基づいて気分を定義し，一般化する必要があると考えられる．

- ユーザの感覚に即した提供

  人々は感覚的に雰囲気を取得し，自由に言語化して利用している．そしてユーザの感じた特別な雰囲気をアプリケーションやサービスに利用する場合には，特別な雰囲気を取得するだけでなく，ユーザにとって扱いやすい形式で提供するべきであると前章で述べた．ユーザにとって扱いやすい形式とは，日常的に雰囲気を感じ取り，表現している時と同様の手法によって表現されるべきであると解釈できる．すなわち，特別な雰囲気を一般化された気分によって記述し保存するだけでなく，ユーザの感覚に即した形式で雰囲気を提供する必要がある．

以上の 3 つの機能要件に対する MOLMOD システムのアプローチについて，それぞれ節を設けて記述する．

3.2 ウェアラブルな生体センサを用いた気分の判別

本節では，まず第 1 の機能要件である行動を制限しない気分の判別手法に対し，ウェアラブルな生体センサを用いて気分を判別する手法を提案する．始めに生体情報と気分の関係について説明し，その後に手法について記述する．

3.2.1 生体情報と気分の関係性

近年，感情心理学の研究が多く行われ，感情の変化と生体情報の関係が解明されつつある[16][17][18][19]．交感・副交感神経やホルモンの働きによって，皮膚温度，脈拍，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．以下に感情と生体情報の関係性の一例を示す．

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．
脈拍数，脈波	脈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	感情の変化に応じて，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	感情の変化によって，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感情を認識している．感情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．

表 3.1　生体情報と感情の関係

このような生体情報と感情の関係性を利用し，感情を解析する研究は多々行われている．様々な生体センサを用いて恐怖・驚き・喜びなど７つの感情を取得する研究 [10] や，皮膚温度の変化から快・不快を取得する研究 [9] などが挙げられ，音声を用いて心理状態を解析するゲームソフト [21] も販売され，生体情報を用いた感情の解析手法は大きく着目されている．

3.2.2 本研究における気分の判別手法

本研究では，生体情報と気分の関係性を利用し，生体情報の変化からユーザの気分を判別する．その際，感情心理学に基づいて作成した気分モデルを用いる．本項では，まず気分モデルの参考とした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．最後に気分の判別モデルについて述べる．

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 [13]．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 3.1 に示す感情分類の円環モデルを提唱した．

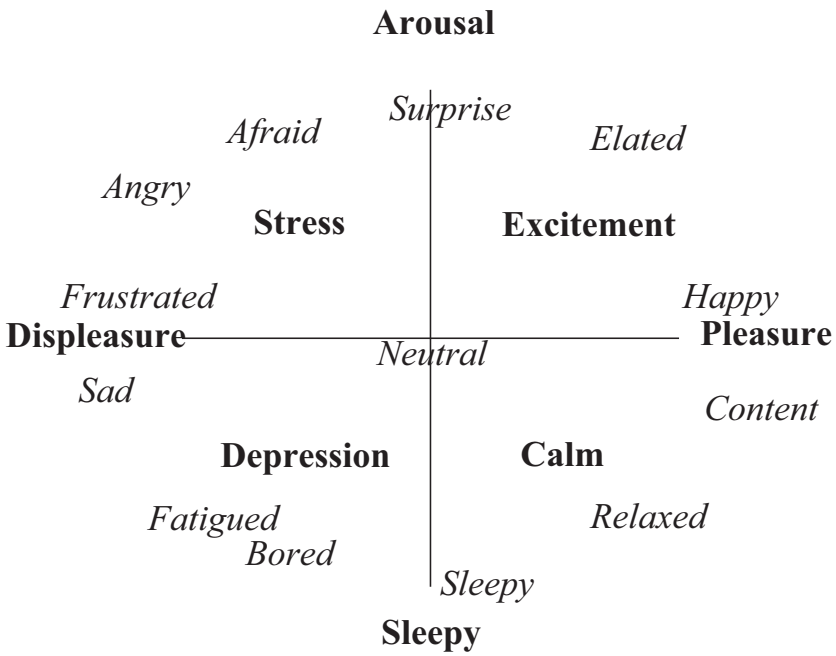

図 3.1　ラッセルの円環モデル

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 3.2 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．本研究では，この気分モデルに基づき，驚き・興奮・楽しい・落ち着き・眠気・憂鬱・悲しみ・緊張の 8 つに気分を分類する．

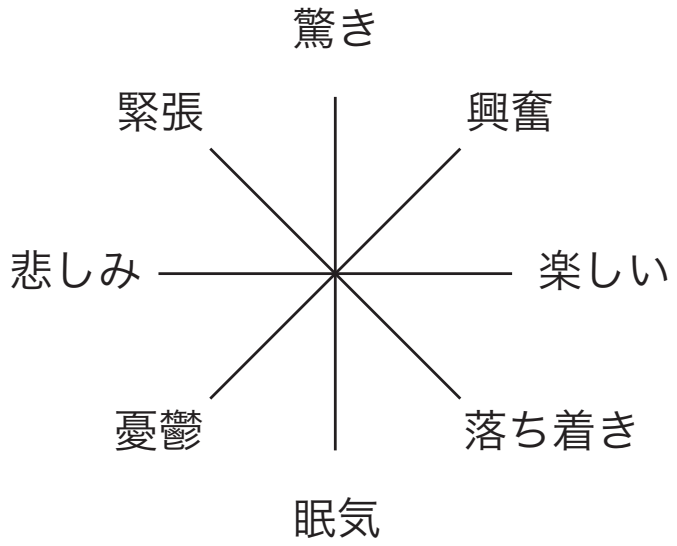

図 3.2　気分モデル

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研究が行われている [9]．また眠気・覚醒に関しては，脈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 [17]．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・覚醒を脈拍数を用いてそれぞれ取得する．

本システムでは，ユーザの皮膚温度と脈拍数の正常値をあらかじめ学習し，その値との比較によりユーザの状態を解析する．皮膚温度は気温の影響を直接受けるため，皮膚温度を測定しただけでは正常値を取得できない．そこで気温との差を学習し，差の平均値から気温に対するユーザの正常差異を算出する．脈拍数は一日の平均値から正常値を算出する．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 3.3)．

我々はまず横軸が皮膚温度，縦軸が脈拍数である 2 次元座標を作成した．各軸の値 0 の点はユーザの正常値である．先ほども述べたように，皮膚温度で快・不快を，脈拍数で眠気・覚醒を測定可能であることから，このグラフに気分モデルを重ね合わせることで気分を判別できると考えた．

また 1 目盛の値は基礎実験を行い，設定した．徳田・高汐・中澤合同研究会の成果発表会にて，2 時間ほど実験を行った．7 名にセンサを装着して頂き，2 時間分の生体情報を取得した．しかしデータの欠落が多く，得られた 2 名分のデータから 1 目盛の値を算出した．得られたデータからそれぞれのユーザの正常値を算出し，最大値が 10 になるように 1 目盛の値を調節した．調整の結果，1 目盛の値は皮膚温度を 0.18 度，脈拍数を 2 回と設定した．図 3.4 に，1 目盛の値を 0.18 度と 2

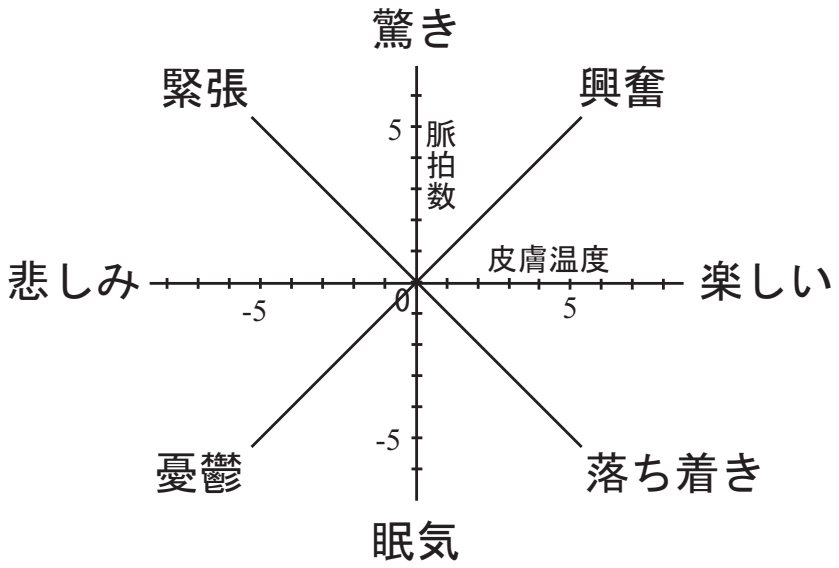

図 3.3　気分の判別モデル

回に設定した時の判別モデルと生体情報の分布を示す.

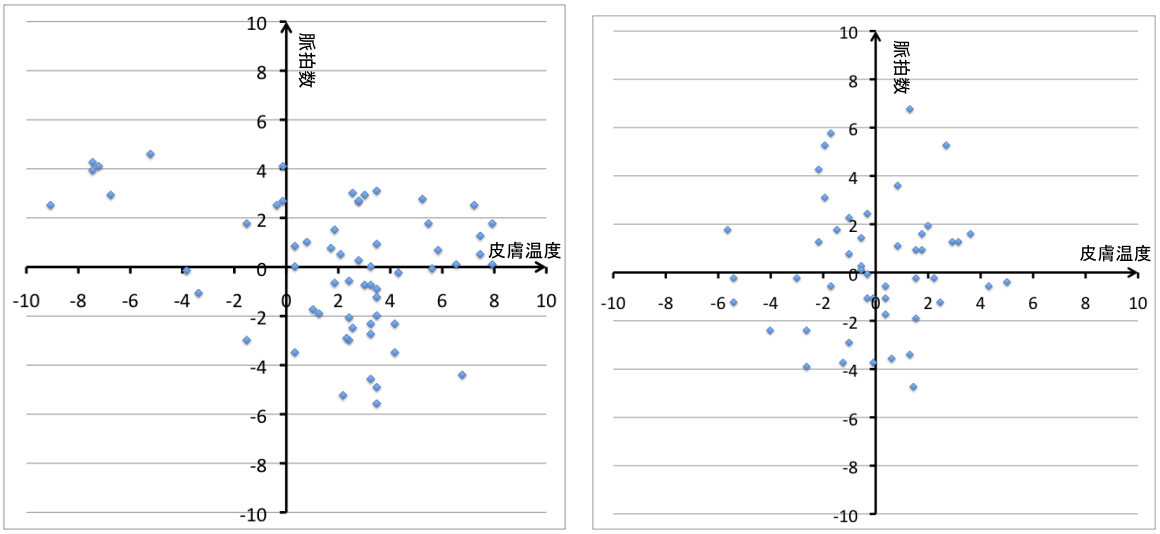

図 3.4　実験結果（左から被験者 1，被験者 2）

3.3　気分の一般化と雰囲気の記述

本節では，生体情報と気分の判別モデルに基づき，気分の集合を一般化し雰囲気として記述する際の計算手法を説明する.

取得した生体情報が皮膚温度が正常値より 1.08 度高く，脈拍数が 8 回高い状態を例に説明を行

う．気分の判別モデルでは 1 目盛りがそれぞれ 0.18 度，2 回となるので図 3.5 のように，皮膚温度が 6，脈拍数が 4 の位置でマッピングされる．次に，マッピングされた点の位置から，ユーザの抱

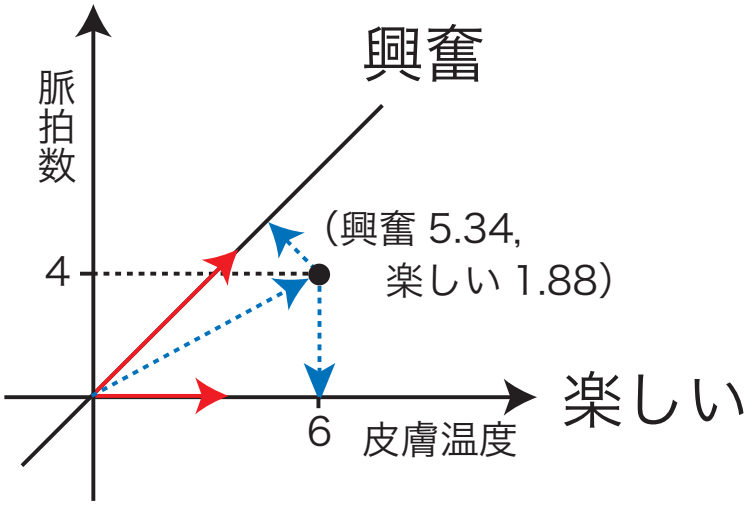

図 3.5　要素の算出

く気分の割合を算出し，またその強さを算出する．図 3.5 の位置に点がマッピングされた場合，この気分は楽しいと興奮が混在した気分であると解釈できる．その 2 つの気分の割合と，気分の強さを算出する．まず原点と点の距離を算出する．これがユーザの抱く気分の強さである．そして，点から近い 2 つの気分，すなわち楽しいと興奮の気分までの距離を算出する．そして，それらの位置関係から 2 つの気分の強さを算出し，興奮が 5.34，楽しい 1.88 という値が算出される．全てのユーザから得られた生体情報も同じように 2 つの気分の強さに変換し，生体情報は 1 分毎に取得し気分の判別を行う．

雰囲気は取得した全ての気分の割合によって記述される（表 3.2）．その時間に存在していた全ての気分データから，8 つの気分データの割合を算出し，雰囲気データを取得する．例えば，楽しいという気分によって構成される割合を算出する場合は，全ての気分の強さを加算したものに対して，楽しいという気分の強さを加算したものがどれだけ占めるかを算出する．

緊張	20.0 %	落ち着き	5.0 %
興奮	15.0 %	憂鬱	2.0 %
楽しい	25.0 %	悲しみ	5.0 %
驚き	20.0 %	眠気	8.0 %

表 3.2　雰囲気データ例

3.4 ユーザによるラベリング

本システムでは，ユーザによる雰囲気のラベリングによって，第 3 の機能要件であるユーザの感覚に即した雰囲気の提供を可能にする．本節では，その詳細について記述する．

本システムでは，ユーザの感じた特別な雰囲気をアプリケーションやサービスに利用するために，取得した雰囲気データにユーザがラベリングを行うことで，言語を用いた雰囲気の利用を可能にする．この機能を用いることで，ユーザは日常的に感じ取り，表現している言葉を用いて雰囲気をアプリケーションやサービスで利用可能となる．2.4.3 節で挙げた例を用いて説明すると，雰囲気が “ 明るい ” 場合に自動的に明るい音楽を流すシステムを実装するには，まずユーザの感じる “ 明るい ” という雰囲気を取得する必要がある．そのため，まず本システムを用いて，その場の雰囲気を一般的な気分によって記述し，その後ユーザが “ 明るい ” というラベリングを行うことで，ユーザが感じた “ 明るい ” 雰囲気をアプリケーション内で定義する．例えば雰囲気が楽しい 70 %，落ち着き 30 %で構成されていた場合は，気分の割合がこの構成に近い時が “ 明るい ” 雰囲気であると判断する．この手法により，ユーザは利用したいある特定の雰囲気を自由に名付け，扱いやすい形式で利用できる．

この機能は，場の管理者であるユーザが個人で利用することを想定としている．あるユーザがラベリングを行った状況に対して他者が感じる雰囲気の言語的イメージとラベルから得る雰囲気のイメージは異なる可能性があるためである．すなわち，上述した “ 明るい ” という雰囲気は，あるユーザが感じた特殊な雰囲気であり，他者がその雰囲気を “ 明るい ” と感じるとは限らない．そこで本システムでは，ユーザがラベリングした雰囲気のデータを複数のユーザで共有することは想定しない．

3.5 本章のまとめ

本章では，機能要件を述べた上で，本システムのアプローチについて説明した．MOLMOD システムでは，ウェアラブルな生体センサを用いた気分の判別，気分の一般化と雰囲気の記述，ユーザによるラベリングという 3 つのアプローチを用いて，雰囲気を取得する．

次章では，MOLMOD の設計について述べる．

第 4 章

MOLMOD の設計

本章では，本システムのハードウェア構成，システム構成について詳細を述べる．ハードウェアはセンサ端末，センサ受信機，MOLMOD サーバ，ディスプレイによって構成される．また本システムは 6 つのモジュールから成り，それぞれ詳細を記述する．

4.1　ハードウェア構成

本節では，MOLMOD システムのハードウェア構成について記述する．本システムはセンサ端末，各センサ受信機，MOLMOD サーバ，ディスプレイによって構成される．図 4.1 にハードウェア構成図を載せ，それぞれ詳細を説明する．

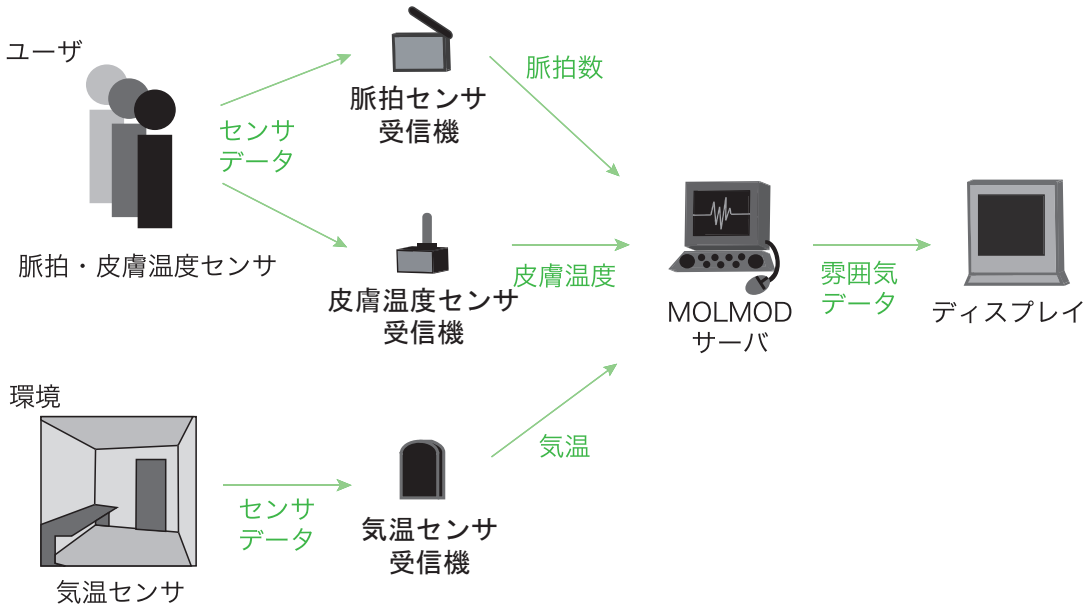

図 4.1　ハードウェア構成図

- センサ端末

  本システムは，ユーザが皮膚温度と脈拍の 2 種類の生体センサを装着していることを想定としている．また，皮膚温度は気温との差から変化を取得するため，環境側に気温センサを設置する．

- 各センサ受信機

  皮膚温度センサ，脈拍センサはそれぞれの受信機によってデータが受信される．データの形式や通信規格はセンサによって異なり，シリアル通信によって送られるものやマルチキャストされるもの，メールを利用して送られるものなど様々である．

- MOLMOD サーバ

  MOLMOD サーバでは，各モジュールの他にデータベースと各センサのソフトウェアが起動される．まず各センサデータを取得し，データを csv 形式で保存する．さらに，生体情報からユーザの気分を解析し，データベースに保存する．また，ユーザによって雰囲気のラ

ベリングが行われた際にも，雰囲気データとラベリングデータをデータベースに保存する．

- ディスプレイ

  ユーザは，ユーザの持つ端末のディスプレイを通じて雰囲気のラベリングを行うことや，ビューアから時間を指定して，その間の雰囲気がどのような気分によって構成されているかを知ることができる．

4.2 システム構成

本節では，システム構成について記述する．図 4.2 にシステム構成図を示し，以下に詳細を記述する．

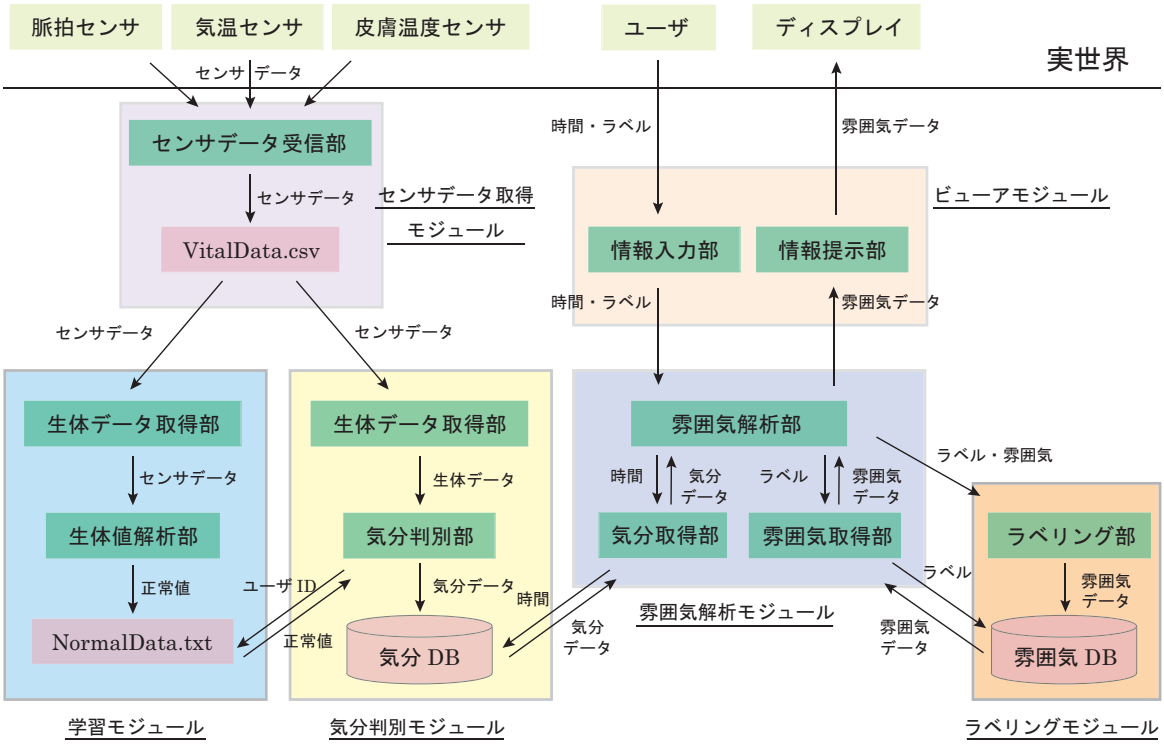

図 4.2　システム構成図

ユーザの装着している脈拍センサと皮膚温度センサ，そして環境に設置された気温センサから送信されるセンサデータは，全てセンサデータ取得モジュールに渡され，VitalData.csv にまとめられる．ユーザの正常値を取得する際には，VitalData.csv を読み込むことで生体データを取得し，正常値を算出し，NormalData.txt というファイルに保存される．また，気分の判別を行う場合は，学習モジュールと同様に VitalData.csv から生体データを取得し，正常値と比較することで気分の

判別を行う．判別された結果は気分 DB に全て保存される．雰囲気を取得する際には，ユーザがビューアモジュールを通じて雰囲気の情報を入力する．入力されたデータは雰囲気解析モジュールへと渡され，時間帯が入力された場合は気分 DB からその時間帯に存在していた気分データを全て取得し，雰囲気を解析し，結果をビューアモジュールによって結果を表示する．雰囲気のラベルが入力された場合は雰囲気 DB から雰囲気データを取得し，そのデータをビューアモジュールに渡す．またラベリングが行われた場合は，入力された時間帯に存在していた気分を取得し，雰囲気を解析し，雰囲気データとラベルをラベリングモジュールに渡し，雰囲気 DB に保存する．ラベリングされた時にも，雰囲気の情報はビューアモジュールによって提示される．

4.2.1 データベース

本システムが使用するデータベースは 2 つあり，気分データベースと雰囲気データベースを使用する．共に MOLMOD サーバ上に設置される．気分データベースは，どのユーザがいつどのような気分を抱いていたかという情報を保持する（表 4.1）．気分の判別結果は，2 種類の気分によって構成されると判断されることが多く，気分データベースには 2 種類の気分が保存される．3.3.4 項の例で説明すると，feeling1 には興奮，feeling2 には楽しいという気分が保持される．雰囲気データベースは，雰囲気の名前，各要素の強さの累計など，雰囲気に関する情報を保持する（表 4.2）．

id	ユーザの ID
feeling1	ユーザの抱く気分 1
feeling2	ユーザの抱く気分 2
strength1	気分 1 の傾向の強さ
strength2	気分 2 の傾向の強さ
time	気分を抱いた時間

表 4.1　気分データベース

name	雰囲気の名前
data	気分データの数
surprise	驚きの強さの累計
excitement	興奮の強さの累計
happy	楽しいの強さの累計
calm	落ち着きの強さの累計
sleepy	眠いの強さの累計
depression	憂鬱の強さの累計
sad	悲しいの強さの累計
stress	緊張の強さの累計

表 4.2　雰囲気データベース

4.2.2 センサデータ受信モジュール

センサデータ受信モジュールは，各センサデータを取得し，csv ファイルに保存するモジュールである．皮膚温度，脈拍数，気温の各センサが測定したデータを，1 つの VitalData.csv にまとめ，ユーザ別に保持する．

4.2.3 学習モジュール

学習モジュールでは，ユーザの生体データの正常値を算出する．センサデータ取得部と正常値解析部によって構成される．センサデータ取得部では，時間，脈拍数，皮膚温度，そして気温が記録された csv ファイルを読み込む．取得した生体データとユーザ ID は正常値解析部に渡され，ユーザの正常時の生体データが算出される．算出した正常値は，テキストファイルにユーザ ID と共に書き込まれ，全てのユーザの正常値はこのファイルで管理される．

4.2.4 気分判別モジュール

気分判別モジュールは，センサデータ取得部と気分判別部によって構成される．センサデータ受付部は，センサデータファイルからユーザの生体データを取得し，時間，脈拍数，皮膚温度，気温そしてユーザ ID を気分判別部に渡す．気分判別部では，取得した生体データからユーザの気分の傾向を判別する．前章に記述した気分の判別モデルに生体データをマッピングし，8 つの気分（驚き，興奮，楽しい，落ち着き，眠気，憂鬱，悲しい，緊張）から，気分の傾向を取得する．気分は 1 分毎に算出され，判別された結果は全て MOLMOD サーバの気分データベースに保存される．データベースにはユーザ ID，気分データ，時間が保存される．

また，本システムではどのユーザがどのような気分を抱いていたのか，という情報の提示は行わない．気分は雰囲気を取得する要素の 1 つとして利用し，気分のみをアプリケーションやサービスに提供することは想定していない．

4.2.5 ビューアモジュール

ビューアモジュールは，情報入力部と情報提示部から構成され，ユーザの取得したい雰囲気の情報の入力と，入力に応じた雰囲気データの提示を行う．本システムはリアルタイムに雰囲気の解析は行わず，ユーザが取得したい雰囲気の時間帯を入力することで雰囲気を解析し，取得する．時間帯を入力することで，ユーザは 10 分間の雰囲気を取得することも，数日間という長期間の雰囲気も取得できる．

本システムの情報入力部は 2 つの用途で使用され，雰囲気の取得と雰囲気のラベリングの入力インタフェースがそれぞれ用意されている．雰囲気の取得を行うインタフェースでは，取得したい雰囲気の時間帯もしくは雰囲気のラベルを入力する．ラベリングを行うインタフェースでは，時間帯

に加えて雰囲気のラベルを入力する．入力された情報は雰囲気取得モジュールに渡される．雰囲気取得モジュールによって得られた雰囲気データは，ビューアモジュールの情報提示部に渡され，ディスプレイに結果が描画される．

情報提示部は，雰囲気を取得した際のユーザへのフィードバックとして実装した．このモジュールを通じて，ユーザは取得した雰囲気に対して理解を深めることができ，また雰囲気の取得の確認を行うことができる．

4.2.6 雰囲気取得モジュール

雰囲気取得モジュールは，雰囲気解析部，気分取得部，そして雰囲気取得部から構成される．入力された情報は全て雰囲気解析部に渡される．この際，時間帯が入力された場合は，入力されたデータは気分取得部に渡され，その時間に存在していた気分データが，気分データベースから取得される．取得された気分データは全て雰囲気解析部に渡され，雰囲気の解析を行い，結果はビューアモジュールの情報提示部に渡される．雰囲気のラベルが入力された場合は，雰囲気取得モジュールにデータが渡され，雰囲気データベースから雰囲気のデータを取得し，情報提示部に渡される．また，ラベリングを行う際には，入力された情報はラベリングモジュールに渡される．

4.2.7 ラベリングモジュール

ラベリングモジュールは，雰囲気データにラベルを付加するモジュールである．雰囲気解析モジュールによって得られた雰囲気データと，ユーザが入力したラベルがラベリング部に渡され，それらのデータを雰囲気 DB に保存する．

4.3 本章のまとめ

本章では，MOLMOD システムの設計について述べた．まずハードウェア構成について述べ，各ハードウェアの役割について説明した．また本システムは 6 つのモジュールによって構成され，それぞれの機能について記述した．

次章では，本システムの実装について述べる．

第 5 章

MOLMOD の実装

本章では，MOLMOD システムの実装について述べる．本システムは皮膚温度センサ，脈拍センサ，そして気温センサを使用し，それぞれ仕様について記述する．また各モジュールを構成している各部の詳細を説明する．

5.1 実装環境

本システムでは，MOLMOD サーバ及び脈拍と皮膚温度センサデータ受信用 PC，脈拍センサ受信用 PC，そして気温センサデータ受信用 PC の計 3 台の PC を用いて実装を行った．以下に，実装環境を示す（表 5.1，5.2，5.3）．

CPU	Intel Core 2 Duo 1.8GHz
RAM	2.49GB RAM
OS	Windows Vista
javaVM	J2SDK 1.6.0
データベース	MySQL

表 5.1　脈拍及び皮膚温度センサデータ受信用 PC 環境

CPU	Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU 2.40GHz
RAM	1.96GB RAM
OS	Windows Vista
javaVM	J2SDK 1.6.0

表 5.2　脈拍センサデータ受信用 PC 環境

CPU	Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU 2.40GHz
RAM	1.96GB RAM
OS	Windows XP Professional
javaVM	J2SDK 1.6.0

表 5.3　気温センサデータ受信用 PC 環境

5.2 センサ端末

本節では，MOLMOD システムで使用するセンサ端末について記述する．今回は皮膚温度センサ，脈拍センサ，気温センサを使用する．以下にそれぞれ項を設けて説明する．

5.2.1 気温センサ

気温を測定するセンサは，Sun Microsystems 株式会社の Sun Spot を利用した (図 5.1，表 5.4)[28].

図 5.1　Sun Spot

プロセッサ	180MHz 32 ビット ARM920T コア
メモリ	512KB RAM/4MB フラッシュ・メモリ
無線	2.4GHz IEEE 802.15.4
センサ	2G/6G 3 軸加速度，温度，照度

表 5.4　Sun Spot 仕様

Sun Spot には加速度，照度，そして温度センサが内蔵され，さらに java を用いたプログラムが可能であり，センサを拡張することができる．本システムでは気温を測定するため，内蔵されている温度センサから 10 秒毎にデータを取得し，１分毎にその平均値を csv ファイルに保存するプログラムを実装した．以下にテンプレートを示す（表 5.5）.

time	air temp
2008.10.30.2.22	26.5
2008.10.30.2.32	26.25
2008.10.30.2.33	26.5

表 5.5　Sun Spot テンプレート

5.2.2 脈拍センサ

本研究では，指輪型パルスオキシメータと RF-ECG という 2 つの脈拍センサを使用する．以下に，それぞれの仕様について説明する．

- 指輪型パルスオキシメータ

  指輪型パルスオキシメータの画像と仕様を以下に示す (図 5.2，表 5.6)[27]． このセンサ

図 5.2　指輪型パルスオキシメータ

名称	パルスオキシメータ
医療用具承認番号	21300BZZ00197
電源	DC3V(CR2032 1 個) 0.019W
測定方式	2 波長吸光度法
測定部位	指根
測定範囲	0-100%Sp02, 30-199bpm
製造元	アドバンスドメディカル株式会社

表 5.6　指輪型パルスオキシメータ仕様

は指に装着し，端末の内側に実装された赤外線センサから，脈拍数をカウントしている．取得した脈拍数は，無線で受信機に送信され，指定されたメールアドレスにデータが送信される．メールには dat ファイルが添付され，ソフトウェアがメールサーバから添付ファイルを取得し，csv ファイルにデータを書き出す．csv ファイルのテンプレートを表 5.7 に示す．センサデータの送信間隔は受信機の設定で変更が可能であり，今回は 1 分間隔に設定した．センサデータは 60 分間のデータがまとめて送信され，測定間隔は 20 秒間隔である．

測定時間	Spo2	脈拍 (bpm)	脈振幅
2008.11.30 15:04	86	83	0
2008.11.30 15:05	95	85	2
2008.11.30 15:05	96	95	4

表 5.7　指輪型パルスオキシメータテンプレート

- RF-RCG

  RF-ECG は，胸に貼り付けて装着する脈拍センサである (図 5.3, 5.4，表 5.8)[25].

図 5.3　RF-ECG

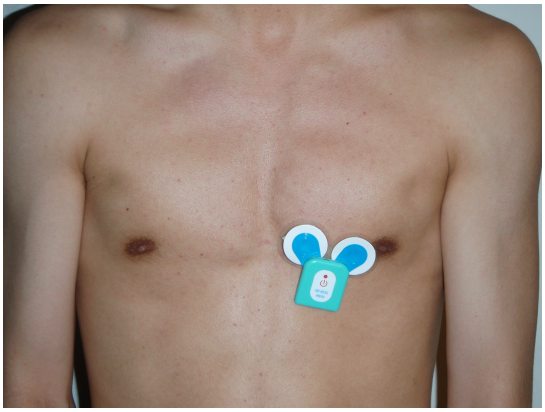

図 5.4　RF-ECG 装着例

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

表 5.8　RF-ECG 仕様

このセンサは脈波，皮膚温度，3 軸加速度を測定可能である．データは無線で USB 受信機に送信され，脈拍数はソフトウェアにプログラムを書き加えることで算出可能である．さらに今回はソケット通信を用いて 10 秒間毎に 1 分間の脈拍数をサーバに送信するプログラム

を書き加え，サーバでその 6 回分のデータの平均値をファイルに書き出すように変更した．以下に csv ファイルのテンプレートを載せる（表 5.9）．

time	pulse
2008.10.30.2.22	76.5
2008.10.30.2.32	73
2008.10.30.2.33	78.8333333

表 5.9　RF-ECG テンプレート

5.2.3　皮膚温度センサ

皮膚温度センサを使用するにあたり，3 つのプロトタイプを作成し，基礎実験を行ってセンサを決定した．以下に 3 つのプロトタイプと基礎実験について記述する．

- オーエステクノロジー社の皮膚温度センサ

  第 1 のプロトタイプとして，オーエステクノロジー株式会社の皮膚温度センサを使用した (図 5.5，5.6，表 5.10)[26].

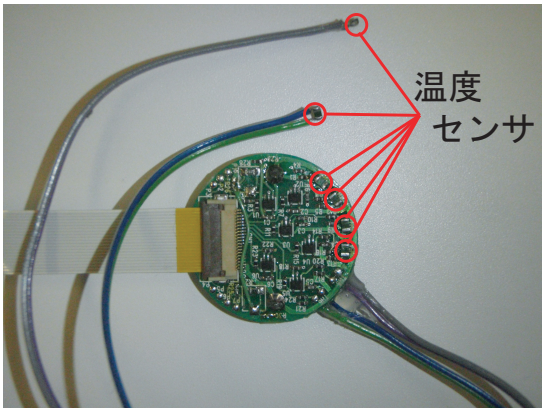

図 5.5　皮膚温度センサ (センサ基盤)

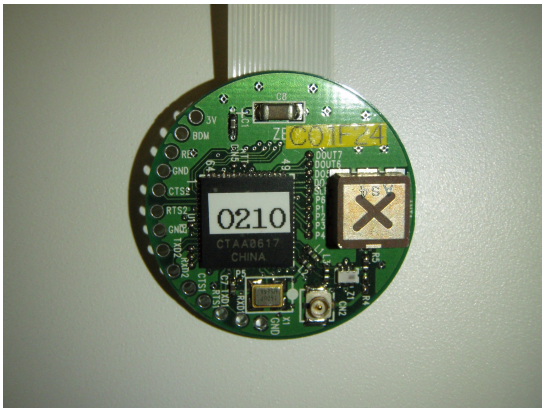

図 5.6　皮膚温度センサ (Zigbee 基盤)

電源	3V CR2032
動作電圧	+2.0V ～ +3.4V(+25 度時)
無線周波数	2.4GHz ISMband 16Selectable Channels
通信速度	250kbps (IEEE 802.15.4 transceiver supports)
温度センサ	ZB06M-TEMP

表 5.10　皮膚温度センサ仕様

このセンサには，温度センサが計 6 つ実装されている．そのうち 4 つは基盤に直接実装され，他の 2 つはコードの先端に実装されている．我々は図 5.7 のように，マジックテープを用いて腕に巻きつけられるように改良した．この時，基盤に実装された温度センサが皮膚に当たるように装着する．また，コードの先端に実装された温度センサでは気温を取得し，皮膚温度と気温の差から気分の判別を行う．

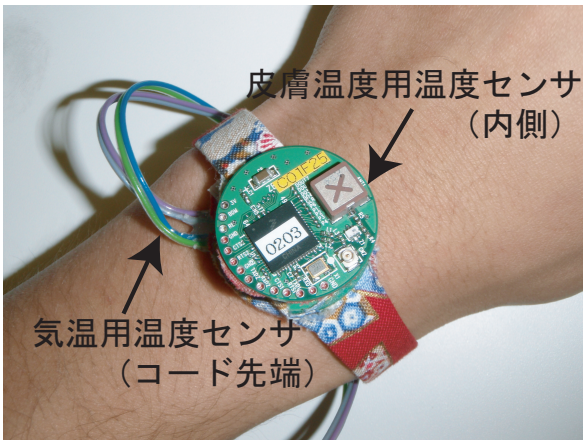

図 5.7　皮膚温度センサ装着例

このセンサは独自の無線規格を用いてコーディネータにデータを送信し，コーディネータはシリアル通信で専用ソフトウェアにデータを送る．専用ソフトウェアからは，csv ファイル形式で温度データが書き出される．また，センサデータは 30 秒間隔で送信される．以下に皮膚温度データのテンプレートを示す（表 5.11）．

Time(Y/M/D/HH:MM:SS)	Temp1	Temp2	Temp3	Temp4	Temp5	Temp6
2008/11/30/14:10:45	32.8	32.3	31.8	30.3	21.5	30.8
2008/11/30/14:15:16	31.8	31.8	31.3	30.8	25.1	31.8
2008/11/30/14:16:46	32.3	31.8	31.3	30.3	22	31.8

表 5.11　皮膚温度センサデータテンプレート

このセンサを使用するにあたり，基礎実験を行った．その際に，コードの先端に実装された温度センサで気温の測定を試みたが，20.0 度という値が多く取得されたことから，センサデータの誤差が大きく，気温の測定は困難であると判断した．皮膚温度の測定については，温度センサが 0.5 度間隔での測定が可能であり，さらに皮膚と接している温度センサが 4 つ実装されているため，4 つの平均を求めることで精度の高い値が取得できた．また水銀温度計で測定した気温と皮膚温度の変化を比較したところ，気温も皮膚温度も同様に変化し，気温の変化がすぐに皮膚温度の影響することが理解できる．すなわち，気温と皮膚温度の差はほぼ一定であり，差を学習することで気温に対する皮膚温度の正常値を取得できる．

しかし長期的に実験を行った結果，センサデータの欠落やセンサ端末のエラーによるデータの誤差が多く見られた．7 つのセンサを動かしたが，6 つのセンサ端末は欠落が激しく，10 分の 1 程度のセンサデータしか取得できなかった．さらにセンサ端末のエラーによるものと思われるが，20.0 度と 46.8 度という値が多く取得され，本システムに利用することは困難であると判断した．

- RF-ECG の皮膚温度センサを利用

  脈拍数センサとして利用している RF-ECG は皮膚温度も取得することができる．そこで RF-ECG を利用して脈拍数と共に皮膚温度も取得できると考え，基礎実験を行った．しかし RF-ECG は胸にセンサを装着するため，腕に装着した場合と変化が異なると考えられる．すなわち，腕に装着した場合は気温の影響を大きく受けるが，胸に装着した場合は衣服に大きく左右される．そこで，気温 25 度に保たれた室内から外気温 10 度である室外に移動したときの胸と腕の皮膚温度の変化を取得し，RF-ECG を用いて皮膚温度の変化を取得可能であるか評価を行った．

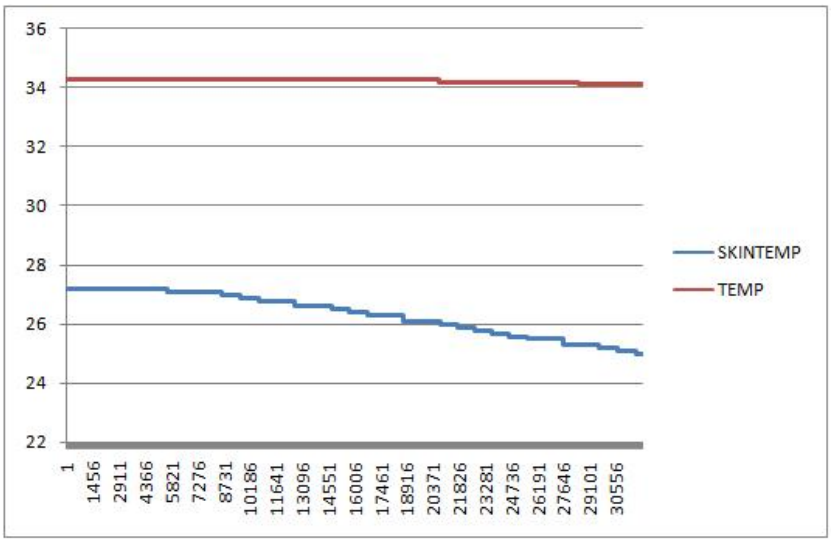

図 5.8　腕と胸の皮膚温度の変化

図 5.8 に示すグラフから，腕に装着したセンサからは気温の影響を受けて大きく下がっていることがわかる．それに対し，胸に装着したセンサからは気温の影響をあまり受けず，0.2 度程度の変化しか見られなかった．すなわち，RF-ECG で測定可能な胸の皮膚温度は服装の影響を大きく受けるため，服装を変える度に正常値の測定が必要であり，日常生活においてユーザの気分を判別するための手法としては適切ではない．

- Sun Spot に温度センサを実装

  第 3 のプロトタイプとして，気温センサで利用している Sun Spot に温度センサを拡張

し，正確な温度を測定できるか実験を行った．温度センサは LM35DZ，またオペアンプは LM358N を使用した．LM35DZ は 1 度の変化で 10mV 変化し，電圧の変化から温度を測定することができる．さらにオペアンプと抵抗を利用して，0.5 度で 10mV 変化するように図 5.9 に示す回路を組んだ．

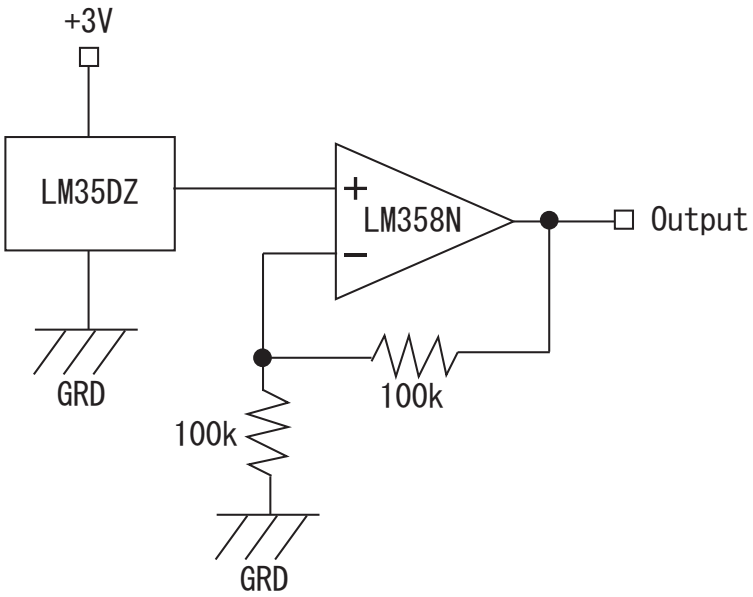

図 5.9　回路図

この回路を 9 × 13 の基盤に実装し，図 5.10 のように SunSpot のふたを外し，その部分に基盤をはめ込んでパッケージングを行った．装着する際には，温度センサを皮膚に付けるように腕に装着する．

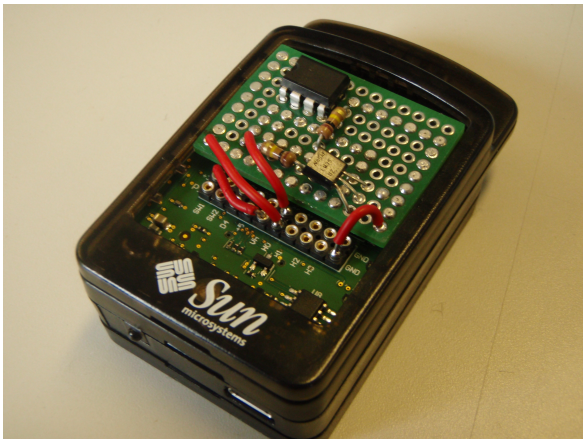

図 5.10　SunSpot のパッケージング

このセンサを 7 つ実装し，気温を測定できるか実験を行った．RF-ECG と同様に，室内

から室外へ移動し，水銀温度計を用いて測定した気温と比較し，温度センサの精度を評価した．およそ 26 度の室内から測定し始め，すぐに約 10 度の室外へ移動し，10 分間測定した．その後また室内に戻り，10 分間測定を行った．図 5.11 に気温の変化と 7 つのセンサデータの変化を示す．結果から，気温の変化は取得できているが，それぞれの端末に誤差があるこ

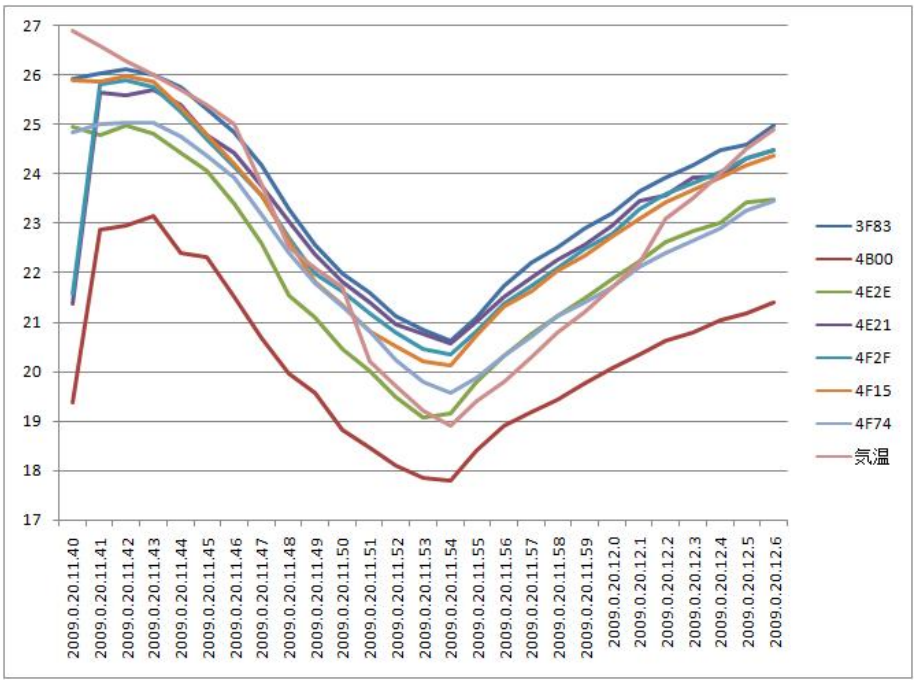

図 5.11　SunSpot のセンサデータの変化

とが確認できる．そこで実際の気温に合わせて値の補正を行い，本システムの皮膚温度センサとして利用した．

センサデータは気温センサと同様に 10 秒間隔で送信され，6 回分の平均値を csv ファイルに保存する．表 5.12 にテンプレートを示す．

time	skin temp
2008.10.30.2.22	33.0819
2008.10.30.2.32	32.9817
2008.10.30.2.33	32.8974

表 5.12　皮膚温度センサテンプレート

5.3　各部の説明

本節では，各モジュールを構成する各部について説明する．図 5.12 にモジュール図を示す．

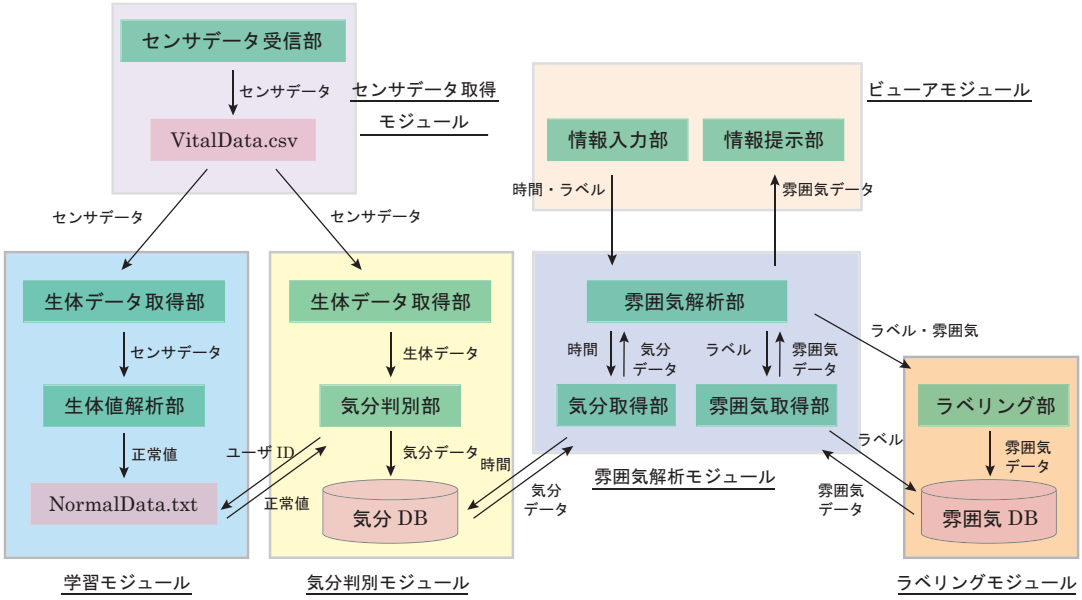

図 5.12　モジュール図

5.3.1　センサデータ受信部

本システムでは，前節に記述したようにデータ間隔やファイル形式が異なるセンサを多く扱うため，センサデータファイルのテンプレートを統一する必要がある．そのため，センサデータ受信部は，取得したセンサデータを表 5.13 のテンプレートに従い，まとめる．

time	pulse	skin temp	air temp
2008.10.30.2.22	76.5	31.3	29.625
2008.10.30.2.31	73	30.8	29.79166667
2008.10.30.2.33	73.833	29.7	29.625

表 5.13　本システムにおけるセンサデータのテンプレート

5.3.2 正常値取得部

正常値取得部は，取得した生体情報から，ユーザの正常値を算出する．ユーザ毎に保存された生体情報の csv ファイルを，システムのウィンドウにドラッグ＆ドロップすることで，選択されたファイルを読み込み，生体情報を取得する．

脈拍数は取得したセンサデータの平均値から算出する．皮膚温度は環境に大きく影響を受けることから，平均値を求めるだけでは不正確であると考えられる．本システムでは，皮膚温度と気温の差異の平均値を求めることで，気温に対する皮膚温度の平均値を取得し，正常値とする．

取得した正常値はユーザ ID と共に，NormalData.txt というファイルに保存される（表 5.14）．ユーザ ID は，皮膚温度センサの ID を使用した．

user id	pulse	skin temp
0201	73.8333333	2.01939594
0202	68.2949564	2.3925472
0203	64.8490168	2.65005372

表 5.14　NormalData.txt

5.3.3 気分判別部

気分判別部では，第 3 章に記述した気分の判別モデルを利用し，ユーザの気分を 1 分毎に判別し，気分データベースに保存する．正常値取得部と同様に，ウィンドウに生体情報ファイルをドラッグ＆ドロップすることで生体情報を取得する．その後，気分の判別モデルを利用してユーザの気分を 1 分毎に解析し，気分データベースに保存する．

5.3.4 情報入力部

情報入力部は，雰囲気の取得と雰囲気のラベリングの 2 種類のインタフェースを持つ（図 5.13）．雰囲気の取得を行う際には，取得したい日時，もしくはすでにラベリングされた雰囲気がデータベースに保存されている場合はそのラベルを選択する．雰囲気のラベリングを行う際には，ラベリングしたい雰囲気の日時を選択し，ラベルを入力する．入力と選択が終わった後にボタンを押すと，入力された情報が雰囲気取得部もしくはラベリング部に渡され，情報提示部によって結果が表示される．

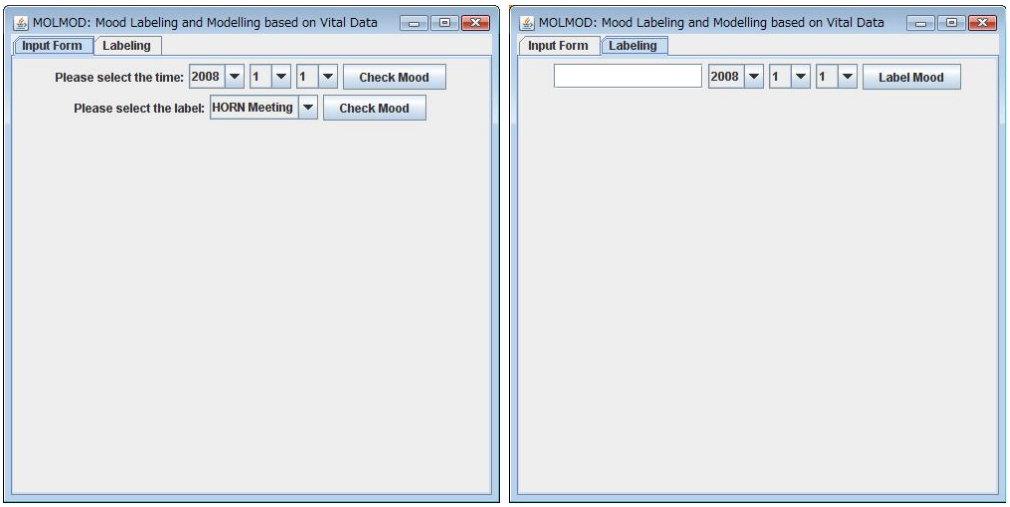

図 5.13　情報入力インタフェース

5.3.5　雰囲気解析部

情報入力部によって入力された情報は全て雰囲気解析部に渡される．雰囲気の時間帯を取得した場合は，気分データベースからその時間帯に存在していた気分データを全て受け取る．雰囲気解析部は，まず取得した気分データから 8 種類の気分の合計値をそれぞれ算出する．さらに，全ての気分の合計値から 8 つの気分の割合を算出し，雰囲気を解析する．ラベルを用いて雰囲気を取得する際には，雰囲気データベースから雰囲気データを取得するため，上述したような計算は行わない．

ラベリングを行う場合は，入力された時間帯から上述した手法で雰囲気を解析する．さらにそのデータと入力されたラベルはラベリング部に渡される．

5.3.6　情報提示部

雰囲気取得部によって取得された雰囲気データは，情報提示部によって表示される．8 つの気分がどのような割合で存在していたのか，円グラフを用いて表現する（図 5.14）．色はそれぞれ，驚きが赤，興奮がピンク，楽しいが黄色，落ち着きが緑，眠気が水色，憂鬱が灰色，悲しいが青，緊張が黒で表される．

また，雰囲気データはタブ化されたウィンドウに表示され，タブを切り替えることで複数の雰囲気を閲覧することができる．グラフの上部にはタイトルが表示され，雰囲気のラベルが表記される．ラベリングされていない場合は，入力された時間帯が表示される．タブにも同様に，ラベルまたは時間帯が表示される．円グラフは JFreeChart を用いて実装を行った．

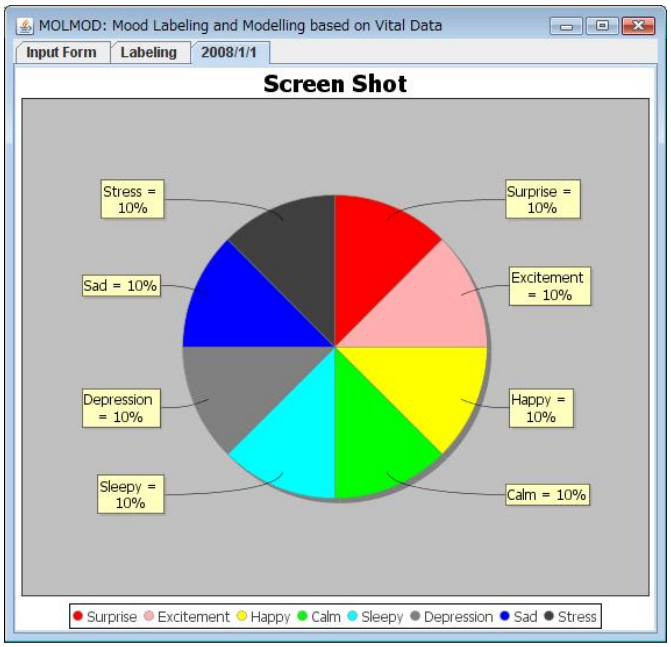

図 5.14　雰囲気ビューアスクリーンショット

5.4　本章のまとめ

本章では，MOLMOD システムの実装について述べた．まず本システムの実装環境について述べ，使用する 4 つのセンサの仕様をまとめた．さらに，モジュールを構成する各部について記述し，各データの扱いについて明確にした．

次章では，本システムの評価について記述する．

第 6 章

MOLMOD の評価

本章では，MOLMOD システムの気分判別モデルと雰囲気取得機構の評価について記述する．評価を行うため，複数の環境下でユーザの生体センサを装着し，生体情報を取得して評価を行った．また今回行った実験で得た生体情報のデータファイルは全て http://www.ht.sfc.keio.ac.jp/~jum-p/sotsuron/vital_data.zip にまとめられている．

6.1　気分の判別モデル

雰囲気の取得に関する評価を行う前に，まず気分の判別モデルの妥当性について評価を行うべきである．我々は気分の判別モデルに関する評価を行うため，ある特別な環境下で複数のユーザにセンサを装着してもらい，実際に生体情報を取得し，評価を行った．本節では実験の詳細と結果について記述する．

6.1.1　実験方法

2008 年 11 月 30 日に行われた徳田・高汐・中澤研究会の wip/term 中間発表の際に，2 時間程実験を行った．センサの数に限りがあるため，今回は 7 名にセンサを装着してもらい，生体情報を取得した（図 6.1）．会場には発表者だけでなく観覧者も存在し，雰囲気を取得するためには発表者と観覧者，両者の気分を取得する必要があると考え，発表を行う人，発表を終えた人，そして発表を聞いているだけの人に分類してセンサを配布した．今回は発表を行う人 3 名 (男性 2 名，女性 1 名)，発表を終えた人 2 名 (男性 1 名，女性 1 名)，発表を聞いているだけの人 2 名 (男性 2 名) の協力を得た．また，皮膚温度センサはプロトタイプ 1 であるオーエステクノロジー社製のセンサを使用して実験を行った．

図 6.1　中間発表での実験の様子

6.1.2　評価方針

評価方針は，ユーザの抱いている気分と，判別モデルによって取得された気分の度合いを評価する．ユーザが抱いた気分に関しては，以下のアンケートを用いて回答して得た (表 6.1)．このアンケート結果と判別モデルを利用して取得した結果を比較することで，判別モデルが用いる仮定の妥

当性を評価した.

設問 1	センサを装着している間，あなたはどのような気分でしたか？ (複数回答可)
解答欄	普通・驚き・興奮・楽しい・落ち着き・眠い・憂鬱・悲しい・緊張・その他：
設問 2	1 の理由がありましたら教えてください
解答欄	自由に記入
設問 3	センサを装着している間，あなたはどのような時に気分の変化を感じましたか？
解答欄	自由に記入
設問 4	生体センサを装着することは負担に感じませんでしたか？
解答欄	負担に感じた　1・2・3・4・5　負担に感じなかった

表 6.1　気分に関するアンケート項目

6.1.3　結果

実験では 7 名にセンサを装着してもらい，生体情報を取得した．しかし，それぞれのセンサデータの欠落や誤差が激しく，センサデータを正常に取得できたのは 7 名のうち発表を行った人 1 名，発表を聞いていた人 1 名の計 2 名であった．そこで今回は 2 名の被験者のデータを用いて評価を行った．図 6.2 に，実験を行った 2 時間に得られた生体情報の分布を示す．また表 6.2 に，実験の間に被験者が抱いた気分に関するアンケートの結果を記す.

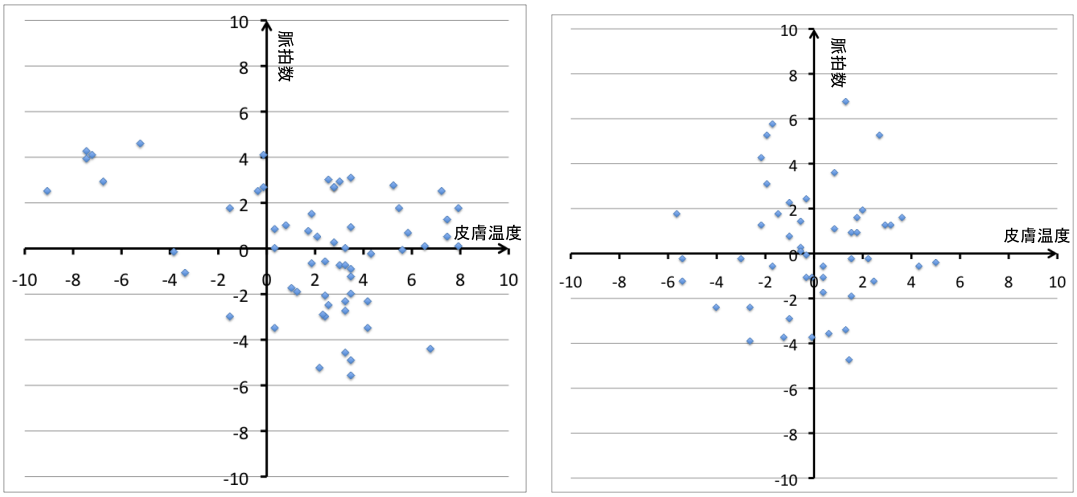

図 6.2　実験結果（左から被験者 1，被験者 2）

	設問 1 の解答	備考
被験者 1	楽しい・落ち着き・緊張	2：3：1 の割合で感じた
被験者 2	眠い・緊張	眠気を強く感じた

表 6.2　気分に関するアンケート結果

以上の結果を比較すると，被験者 1 の場合では，楽しい・落ち着き・緊張の傾向が強いことがグラフにも現れている．特に落ち着きと楽しいという気分に関しては，点が集中し，それらの気分が多く取得できたと考えられる．しかし，被験者 2 に関しては，さほど精度は高くないと言える．眠いと緊張という気分に集中しているというよりは，全体的に点が分散し，あまり特徴が見られない結果となった．この原因として考えられる理由として，以下の 2 つが挙げられる．

- 正常値の取得

  今回，正常値は実験中の平均値から算出している．すなわち，実験の間，いずれかの気分に偏っていた場合，正常値がうまく算出されない可能性が高い．例えば，被験者 2 が眠気を多く感じていた場合，眠いという感情によっ皮膚温度は高く，脈拍数は低く変化する．その結果正常値も皮膚温度は高く，脈拍数は低く算出され，結果的に眠いという気分が検出されにくい．そのような正常値の誤差から，気分が取得できなかったと考えられる．そのため，もっと長期的に生体情報を取得し，正常値を算出する必要がある．

- センサデータの精度

  実験の間，センサデータの欠落やセンサデータの誤差が多く見られた．そのようなデータが欠落している時間帯や，センサデータに大きな誤差が見られた場合，例えば皮膚温度が急激に下がっている場合には，その間のデータは使用せず，気分を取得できていない．またセンサデータは 0.5 度間隔での測定であることから，センサデータの精度の低さが考えられ，気分の解析結果にも影響が出ている．

以上の 2 つの理由から，被験者 2 の気分が正確に取得できなかったと考えられる．しかし被験者 1 の解析結果では，解析結果とアンケート結果に相関が見られ，気分の判別モデルは妥当であると解釈する．

6.2　雰囲気の取得手法

気分の判別モデルの妥当性を評価した後に，本システムの雰囲気の取得手法について評価を行った．場によって存在する雰囲気が異なるため，複数の場や状況で生体情報を取得し，雰囲気の取得手法の妥当性を評価した．今回は研究会の中間発表，研究室にて雰囲気を取得し，さらに正常値の取得に関する実験を行った．以下に，それぞれ項を設けて説明する．

6.2.1 研究会の中間発表

2008 年 11 月 30 日に行われた徳田・高汐・中澤研究会の wip/term 中間発表にて，実験を行った．詳細は上述した内容と一緒なのでここでは省略し，評価方針と雰囲気の解析結果について述べ，その後に考察を行う．

評価方針

研究会の中間発表では，表 6.3 に示すのアンケートを用いて評価を行った．

設問 1	実験を行っている間，あなたはどのような雰囲気を感じましたか？(複数回答可)
解答欄	普通・驚き・興奮・楽しい・落ち着き・眠い・憂鬱・悲しい・緊張・その他：
設問 2	1 の理由がありましたら教えてください
解答欄	自由に記入
設問 3	実験を行っている間，あなたはどのような時に雰囲気の変化を感じましたか？
解答欄	自由に記入

表 6.3　雰囲気に関するアンケート項目

システムを用いて取得した雰囲気と，アンケート結果から得られた雰囲気を共に円グラフで表記し，それぞれの一致度から雰囲気の取得手法について評価を行う．

評価結果

以下に本システムから得られた雰囲気と，アンケート結果を載せる（図 6.3，6.4）．

考察

結果から，アンケートで得られた驚きと落ち着きの気分の割合と，解析された雰囲気の驚きと落ち着きという要素の占める割合はほぼ同等であり，正確に取得しているが，それ以外のデータには大きな誤差が見られることがわかる．特にアンケートでは回答が得られなかった悲しいや興奮の気分に対して，システムでは 10 %を超える値が算出されている．このような誤差が生じた理由を以下に考察する．

- 気分判別モデルの特徴

  気分判別モデルの大きな特徴として，解析された結果が 8 つの気分に分類されるわけではなく，2 種類の気分によって構成されると判断されることが多い．すなわち，アンケートで

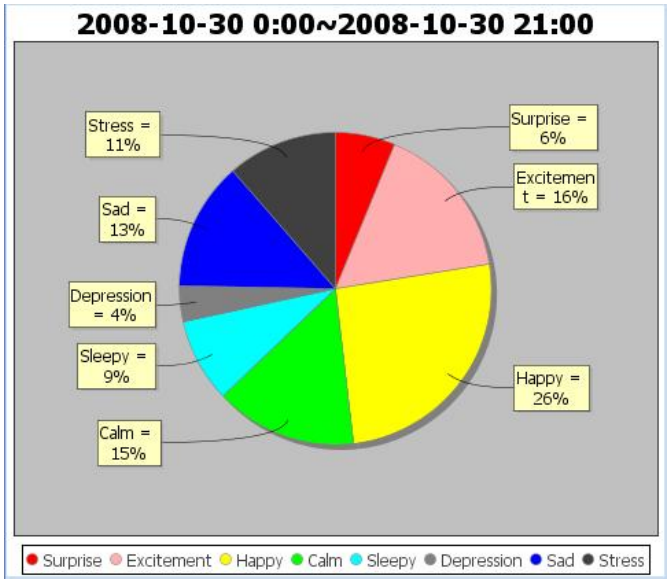

図 6.3　中間発表の雰囲気取得結果

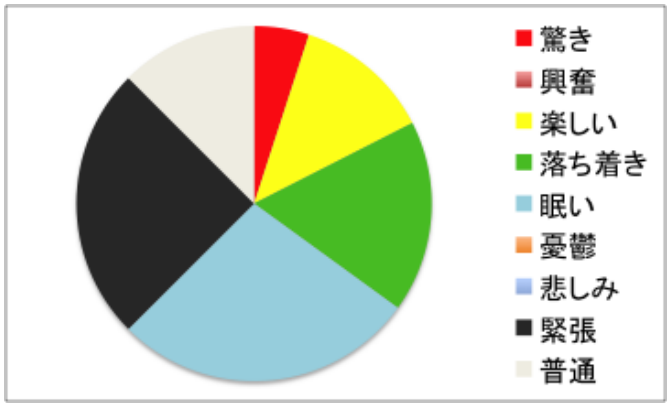

図 6.4　中間発表でのアンケート結果

答えた気分と隣り合わせにある気分も取得される可能性が非常に高い．そのため，気分を選択して回答するアンケートとは，結果が異なる可能性が高い．

- 被験者の数

  今回対象とした被験者は 7 名であり，さらに気分データが多く取得できたのは 2 名のみである．しかし実際は 30 名近くの人々がその場には存在していた．すなわち，結果として得られた雰囲気データは，2 名の気分に大きく影響されているため，全体の雰囲気としては精度が欠けることが推測される．本来ならば，その場にいる人々全員にセンサを装着してもらい，気分を取得することが望ましい．

- センサの誤差・正常値

  気分判別モデルの評価と同様に，センサデータの誤差や正常値の精度からも大きな影響を受けると考えられる．

6.2.2 研究室

研究室での日常生活において，実験を行った．以下に実験と評価方針について述べ，得られた結果から考察を行う．

実験方法

研究室を利用する大学生 10 名（男性 8 名，女性 2 名）を対象に生体情報を取得し，日常的な雰囲気を取得した（図 6.5）．しかしセンサ端末は 7 名分しか用意できないため，部屋に存在するユーザが交代でセンサ端末を装着した．研究会の中間発表とは異なり，研究室での実験は長期的に行い，4 日間の生体情報を取得し，雰囲気の取得を行った．

図 6.5　研究室での実験の様子

現在の仕様では，センサ ID をユーザ ID とし，正常値が保管されているテキストファイルではユーザ ID と正常値が書き込まれている．しかし，センサ端末 7 組で 10 名の生体情報を取得するため，センサ ID から個人を特定することはできない．そのため個人を特定するインタフェースを作成し，選択されたユーザの正常値を読み込み，気分の判別を行った（図 6.6）．

また正常値が保存されているテキストファイルには，センサ ID ではなくユーザ名を保存し，表 6.5 に示すテンプレートで正常値を扱った．皮膚温度センサは，プロトタイプ 3 である SunSpot に温度センサを実装したものを使用した．

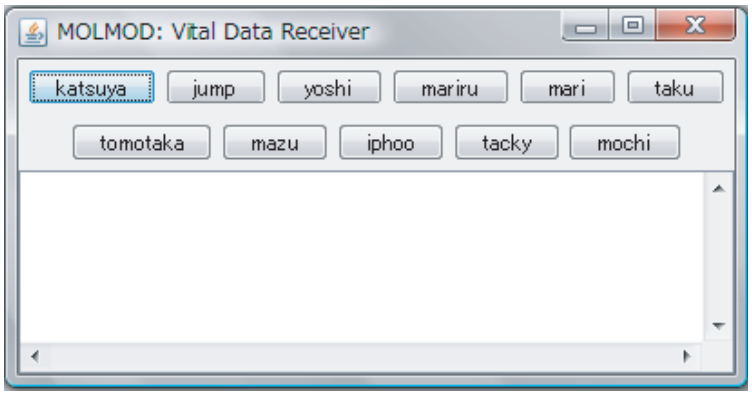

図 6.6　個人の選択インタフェース

ユーザ名	pulse	skin temp
katsuya	58.679115	4.2755719
yoshi	67.742767	5.0410723
jump	64.849016	4.3690719

表 6.4　実験用の正常値ファイルテンプレート

研究室での実験では意図的に雰囲気を変化させ，それぞれの雰囲気の取得と評価を行った．取得した雰囲気は日常的な雰囲気，睡眠中，パーティでの雰囲気の 3 つである．日常的な雰囲気は，実験を行った 4 日間全ての生体情報から雰囲気を取得した．睡眠中の雰囲気は，2 日目に研究室で就寝した際の生体情報から雰囲気を取得した．この時の被験者は 2 名であり，4 時半から 10 時の間に睡眠を取った．また 4 日目に研究室内で被験者の誕生日を祝うパーティを行い，その時の雰囲気を取得した．パーティに参加した被験者は 6 名であり，16 時半からの 30 分間行われた．パーティではケーキを食べて誕生日プレゼントを渡し，談笑して過ごした．

評価方針

研究室で行った実験ではアンケート評価は行わず，意図的に作成した雰囲気・状況と本システムで取得された雰囲気の一致度から評価を行った．日常的，睡眠中，パーティの 3 つの雰囲気をそれぞれ取得し，考察することで妥当性を評価した．

評価結果

以下に日常的な雰囲気，睡眠中，パーティという 3 つの雰囲気の解析結果を記す（図 6.7，6.8，6.9）．

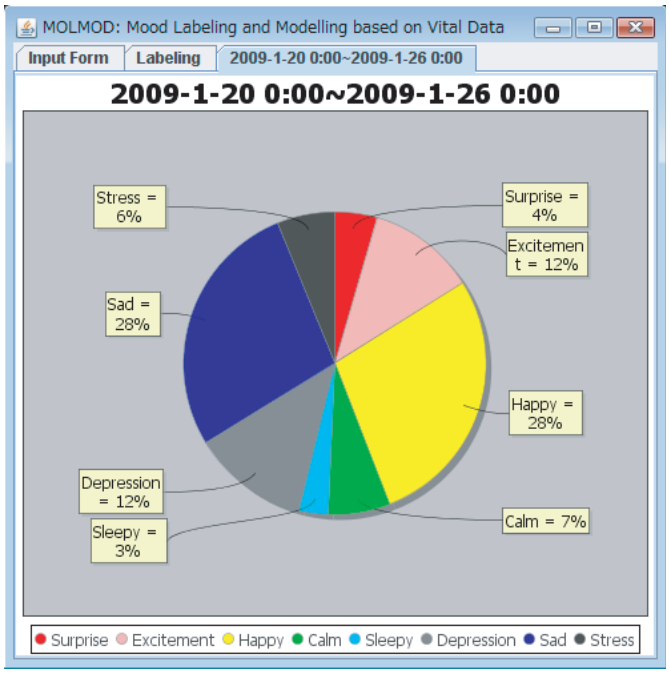

図 6.7　日常的な雰囲気

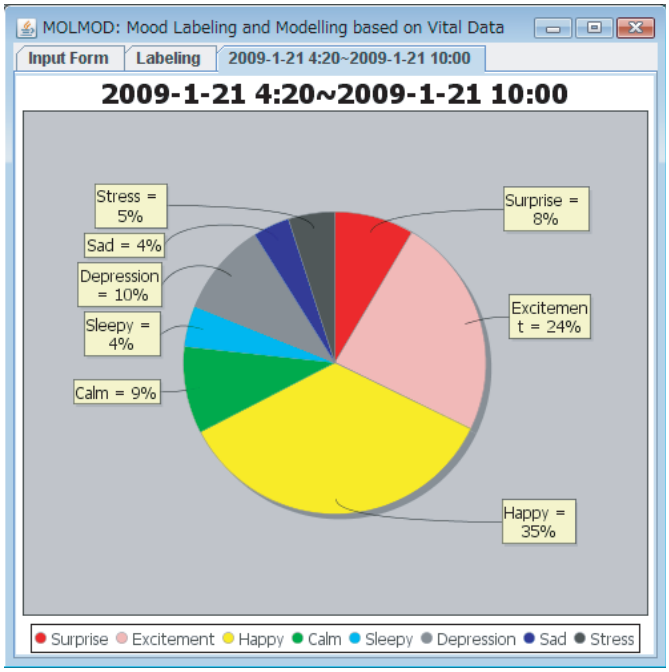

図 6.8　睡眠中の雰囲気

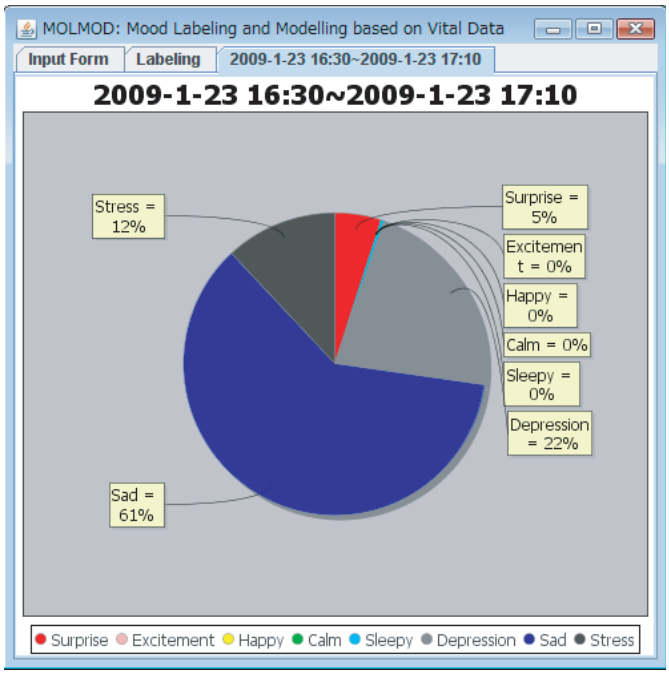

図 6.9　パーティでの雰囲気

考察

睡眠中に存在している雰囲気は，眠いという気分によって構成されることが推測できる．今回の実験結果では，睡眠中には眠いという気分がわずか 4 %しか検出されなかったことや，パーティでの雰囲気の半分以上が悲しいという気分で構成されているなど，妥当性の低い結果が得られた．以下に，その原因について考察する．

- RF-ECG

  睡眠中の雰囲気では，上述したように眠いという気分が 4 %しか検出されなかった．そこで RF-ECG から得られた被験者 2 名の生体情報を確認したところ，2 名とも睡眠中に脈拍数が上昇するという傾向が見られた．しかし睡眠中は脈拍数が安定し，低下すると明確にされていることから，RF-ECG の脈拍数カウントプログラムの妥当性を評価する必要がある．そこで基礎実験を行い，就寝前と起床時に脈拍数を測定した．それぞれの脈拍数を，手首に手を当てて脈拍数をカウントする手法と比較し，妥当性を評価した．その結果，RF-ECG から取得されたデータでは，研究室の雰囲気を取得する際に行った実験と同様に，眠気をより強く感じている起床時の方が高い値が取得された．しかし手首に手を当てて測定した結果では，就寝前よりも起床時の方が 15 回ほど少ない値が得られた．すなわち，現在の脈拍数カウントプログラムが正常に動作していない可能性が非常に高い．

  脈拍数カウントプログラムに関しては，閾値の変更によって動作が安定すると考えられる

が，センサデータの欠落による誤差という問題も挙げられる．RF-ECG では，センサデータが受信できず欠落した場合，短い間に多くの心拍が打たれたと認識され，脈拍数が上昇する傾向がある．またこのようなセンサデータの欠落は，USB 受信機に対して少し背を向けただけでも生じる問題であるため，机の下や毛布をかぶった状態で就寝した際に脈拍数が上昇したのは，センサデータの欠落によるものであると考えられる．またある被験者の脈拍数の平均値が 67.7 回に対し，睡眠中に常に 80 回という値が取得されたのも，センサデータの欠落による誤差が発生したと推測できる．

- 指輪型パルスオキシメータ

  今回使用した指輪型パルスオキシメータはメールでデータが送信される．しかしメールが正常に送信されないことや，チェックサムエラーデータが送信されるなど，データの欠落が多いため生体情報を得ることが困難であった．さらに一度に 60 分間のデータが送信されるが，別々のメールで送られてきた生体情報ファイルを確認すると，同じ時間帯であるにも関わらず，値が異なることが多々見られた．すなわち，センサデータの妥当性についてもう一度検証する必要がある．

- Sun Spot に実装した温度センサ

  皮膚温度センサは Sun Spot に温度センサを実装したものを使用した．しかし，接触不良によってセンサデータが 3 倍近い値を示すことが多々見られ，安定して動作しないことが多かった．その時間帯の生体情報は評価には使用することができず，削除していたために雰囲気の精度が低くなった．

- 被験者とセンサの数

  センサが 7 組しか用意できなかったため，研究室に 7 名以上存在していた場合，全員に生体センサを装着し生体情報を取得することはできなかった．さらに上述したように，センサデータの欠落も多く，その場にいる全員の生体情報から雰囲気を取得することが困難であり，それが結果に影響を与えた．

  また 7 組のセンサを使い回して使用していたことから，センサ端末ごとに誤差があった場合は気分の判別に大きく影響が出る．すなわち，センサ端末に誤差がある場合は使い回すべきではなく，1 人のユーザに対して端末を固定すべきである．

- 気温の測定

  図 6.9 の結果を見ると，パーティでの雰囲気は主に悲しいという気分によって構成されていることを示している．すなわち，その場にいた被験者は皮膚温度が下がっていたと判断できる．そこで生体情報を確認すると，ほぼ全員の皮膚温度が下がっていることが確認された．しかし，全体的に 3 度以上の変化が見られ，被験者によっては 5 度近くも下がっていた．感情によって皮膚温度が 5 度下がることは想定し難く，他に原因があったと考えら

れる．その原因として挙げられるのが，気温センサの設置場所である．今回，気温は Sun Spot に内蔵された温度センサを使用し，環境側に 1 つ設置することで測定した．設置場所は研究室の中央部分に近い箇所であった．しかしパーティが行われたのは研究室のドア付近であり，またドアが解放された状態で行われていた．そのため外気温によって皮膚温度が下降したが，気温センサが研究室の中央に設置されていたことから気温の変化は取得できず，その影響で皮膚温度が 3 度以上も変化したと認識された．すなわち，気温も各ユーザが装着している端末で取得するべきである．

この問題に関しては Sun Spot のふた部分に実装した温度センサを裏に実装し，表の基盤に内蔵された温度センサで気温を測定することで解決できる．図 6.10 に皮膚温度と気温を取得できるように実装した Sun Spot を示す．

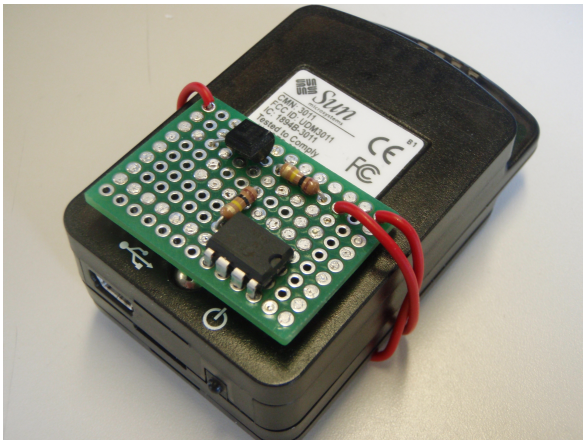

図 6.10　皮膚温度センサの改良

- 正常値の取得

  今回，正常値の取得手法として，一日の生体情報から平均値を取得するという手法を用いた．しかし，正常値の設定が本システムの結果に大きく影響をするため，この手法が正しいのかさらに検証する必要がある．以前，慶應義塾大学看護医療学部教授の原礼子博士にお話を伺ったところ，普段生活している状況と同じ状況を作り出し，測定すべきであり，普段聞いている音楽を聞いた状態で生体情報を測定するという方法を提案して頂いた．今回はデータ数がより多い方が精度が高くなるという推測の基に，一日の生体情報から正常値を取得するという手法を選択したが，原礼子博士に提案して頂いた手法とどちらが正確であるか，検証する必要がある．

- 気分の判別モデル

  覚醒・眠気，快・不快を測定する指標として，今回は脈拍数と皮膚温度を利用した．その結果，眠いという気分を検出するためには，脈拍数が低下し，皮膚温度は正常値であるという条件下である必要がある．しかし，睡眠する際には脈拍数は低下し，皮膚温度も低下する

という変化が表れる．しかし現段階で脈拍数・皮膚温度が低下した場合は落ち着きという気分が検出される．すなわち，判別モデルに関しても更なる検証が必要である．

まず再実験を行い，実際にどのような生体情報の変化が見られ，どのような雰囲気が取得されるか検証する必要がある．その際に，眠いと落ち着きという気分が多く取得された場合に，その結果は妥当であると判断すべきか考察が必要である．また，ラッセルの円環モデルでは sleepy と表現されているが，これは眠いということを示しているのか，それとも静かで穏やかな状態であるのか，または活気のない状態をい示しているのか日本語での表現を検討する必要がある．sleepy と同様に，他の気分に関しても検討が必要である．

- 感情の個人差

  感情にも個人差があるのか，議論する必要がある．感情の個人差に関しては 2 つの考え方が存在する．第 1 に，感情による生体情報の変化に誤差があること．すなわち，同じレベルの興奮度合いに対して，脈拍数が大きく変化する人もいれば，さほど変化しない人もいるという考え方である．第 2 の考え方は，感情と生体情報の変化に個人差はないが，感情の起伏に個人差があること．すなわち，感情の変化による生体情報の変化が小さい場合，それは感情の起伏が小さいからであると理解する考え方である．現在は後者の考え方を採用し，判別モデルの 1 目盛の値は全てのユーザに統一されている．しかし，例えば男性の方が女性よりも生体情報が変化しやすいといった事実が判明した場合に，現在の手法では変化しやすい男性の影響を強く受ける結果となる．すなわち，感情の個人差に関してはさらに議論する必要がある．

6.2.3 正常値の取得に関する実験

上述した実験結果を踏まえ，実験手法に変更を加えて再度実験を行った．その際に正常値の取得手法に着目し，2 つの手法を用いて解析した結果を比較して考察を行った．以下に実験方法の相違点と結果から得られた問題点について考察を行う．

実験方法

今回も研究室にて実験を行ったが，本稿の執筆者自ら被験者となり，1 人分の生体情報を 2 日間に渡って取得した（図 6.11）．また，取得する雰囲気は 2 日間全体の雰囲気に加え，睡眠中，動画の観覧中，卒業論文提出前，携帯用ゲーム機のプレイ中という 5 種類取得した．さらに以下に挙げる項目について，実験方法を変更した．

- RF-ECG

  先ほど述べたように心拍数をカウントするプログラムが安定していなかったため，閾値を変更することで安定した動作をするプログラムに変更した．さらにデータの欠落による心拍数の誤差が問題となったことから，被験者を 1 名にし，常に被験者の傍に PC を設置して

図 6.11　実験の様子

データの欠落がないように監視しながら実験を行った．

- Sun Spot
  図 6.10 に示した Sun Spot を使用し，1 つの端末で気温と皮膚温度を測定した．

- 正常値の取得手法
  前項で考察したように，正常値によって大きく結果が大きく変わることから，正常値の算出は非常に重要な課題である．そこで取得した生体情報全ての平均値から算出する手法と，音楽を 10 分間聞いて普段の状況を作り，その間の平均値から算出する手法を用いた時の雰囲気をそれぞれ解析し，比較した．

評価方針

上述したように，手法 1）2 日間の平均値を正常値として解析，手法 2）音楽を 10 分間聞いた時の平均値を正常値として解析という 2 つの手法を用いて得られた 2 つの結果を比較し，考察を行った．今回の被験者は 1 名であるため，被験者 1 名の気分と取得した雰囲気の結果を比較し，妥当性を評価した．

評価結果

まず，2 日間の平均による正常値（以下，手法 1）と音楽を 10 分間聞いた時の平均による正常値（以下，手法 2）を表 5.14 に示す．脈拍数は 3 回程度の差異しか表れなかったが，皮膚温度は 1 度近い差が得られた．以下に，2 つの手法を用いて取得した雰囲気の結果とその時の被験者の状況について記す．

	手法 1	手法 2
脈拍数	77.14185393	77.954545
皮膚温度	1.887628551	1.01156517

表 6.5　実験用の正常値ファイルテンプレート

- 2 日間全体の雰囲気

  被験者は実験中，システムが正常に動いているかという不安や，卒業論文提出前ということから緊張した気分を抱くことが多かった．動画の観覧中やゲーム中も気が紛れず，緊張状態から脱することは困難であった．しかし睡眠中は安眠し，その間は眠気や穏やかな気分を抱いていた．よって，眠いや緊張，穏やかといった気分によって構成された雰囲気が存在していたと推測できる．

  また，システムによって取得された結果を図 6.12，6.13 にを示す．手法 1，手法 2 共に穏やかを中心に雰囲気が構成されている．しかし，手法 1 では次いで驚きと緊張が多く占めているのに対し，手法 2 では驚き，興奮，楽しいという気分によって構成された雰囲気が取得されるという違いが表れた．緊張がより多くの割合を占めた雰囲気である手法 1 の方が妥当性が高いと考えられるが，この時点では精度が高いという結論には至らない．

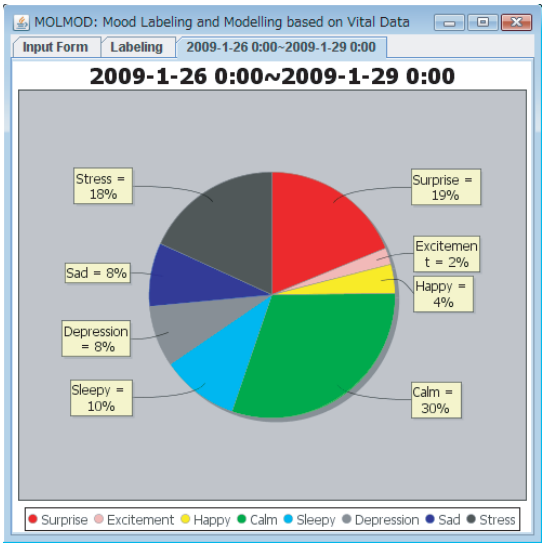

図 6.12　手法 1 による 2 日間の雰囲気

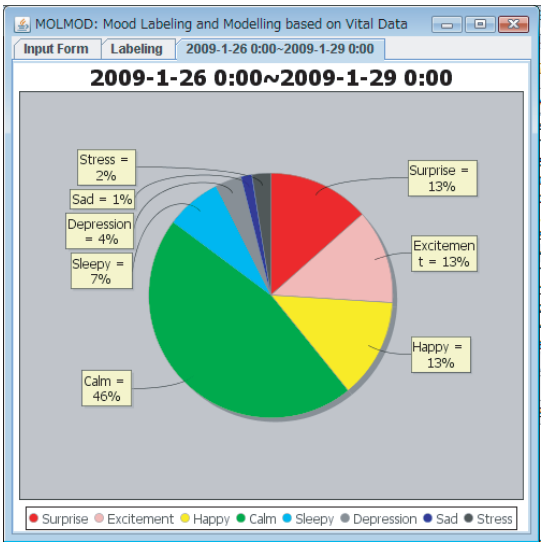

図 6.13　手法 2 による 2 日間の雰囲気

- 動画の観覧中

  被験者は 1 月 27 日の午前 1 時 20 分から 1 時間程，YouTube[24] で動画を観覧していた．生体情報が正常に取得できているか監視しながらの観覧であったため，緊張した気分を抱くことが多かったが，時には笑い，楽しい気分を抱くこともあり，楽しいや緊張によって構成された雰囲気を感じた．

  またシステムからは図 6.14，6.15 に示す結果を得た．手法 1，2 共に悲しいという気分が多く検出された．また驚きという気分に関してはほぼ同じ割合で取得されているが，緊張と興奮に関しては大きな違いが表れている．いずれにせよ主に悲しいという気分によって雰囲気が構成されていることから，今回の結果は妥当性が低い．

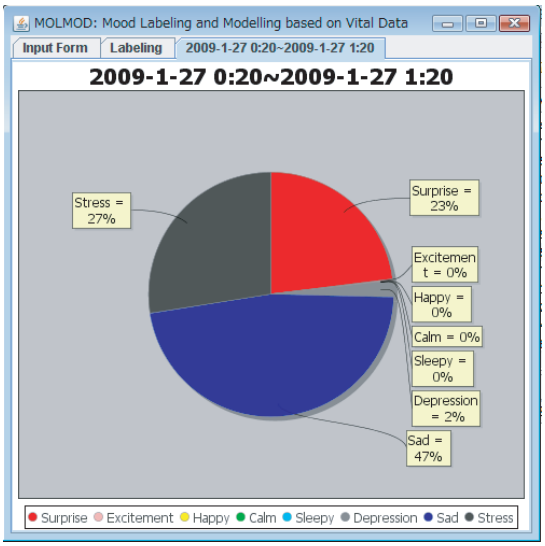

図 6.14　手法 1 による観覧中の雰囲気

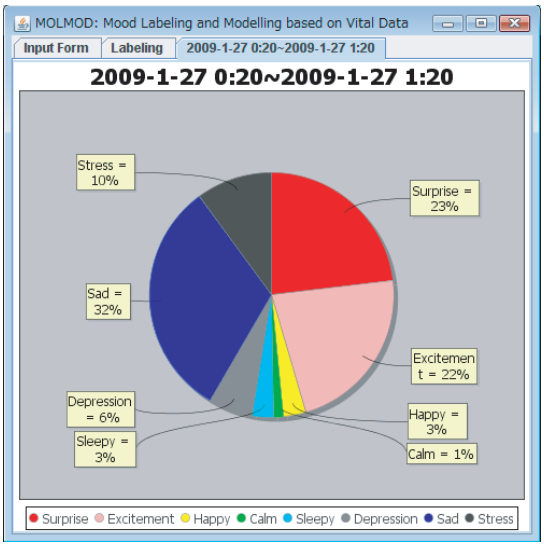

図 6.15　手法 2 による観覧中の雰囲気

- 睡眠中

  被験者は 1 月 27 日 4 時半から 9 時まで睡眠を取った．その間に目覚めることはなく，安眠した．しかし睡眠中は意識がないため，どのような気分を抱いていたと判断すべきか考察が必要である．すなわち，睡眠中の雰囲気を眠いという要素で構成されているのか，それとも穏やかで構成されていると判断すべきか，困難な問題である．その問題について今回は結論を出さず，雰囲気の取得結果から考察を行う．

  睡眠中に取得された雰囲気は図 6.16，6.17 に示す通りである．手法 1 と手法 2 で得られた結果にはあまり大きな差は表れず，どちらも主に穏やかという気分によって雰囲気が構成されているという結果が出た．しかし手法 1 では眠いという気分の割合が多いのに対し，手法 2 では眠いという気分は取得されず，楽しい気分がより多くの割合を占めている結果となった．上述したように，睡眠中の雰囲気をどう判断すべきかは議論が必要であるが，眠いという気分がより多くの割合を占めている手法 1 の結果が妥当であると解すべきと考えられる．

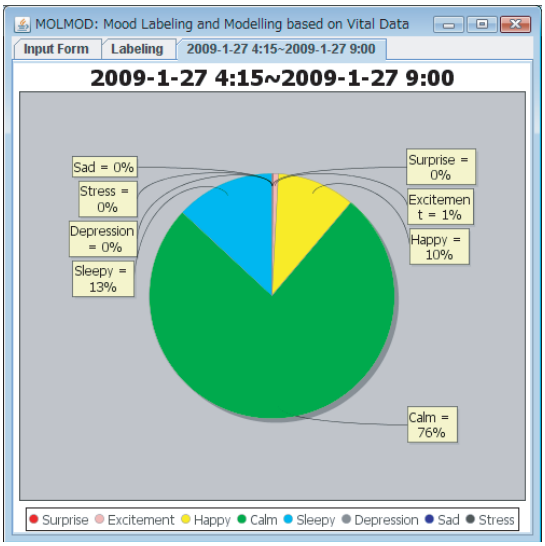

図 6.16　手法 1 による睡眠中の雰囲気

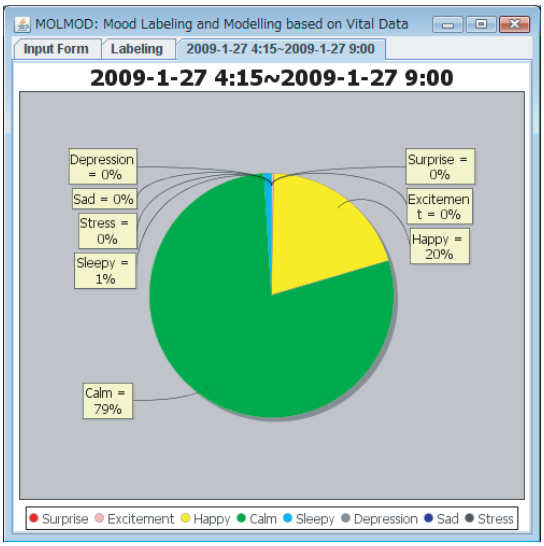

図 6.17　手法 2 による睡眠中の雰囲気

- 卒業論文提出前

　卒業論文の提出が 1 月 27 日の 16 時であったことから，被験者は 13 時から 15 時半の間，強く緊張や焦りといった気分を感じた．その間は普段よりも脈が強く打たれ，脈拍の早まりを常に感じていた．すなわち被験者は覚醒状態にあり，緊張感が漂った雰囲気を感じていたと考えられる．

　システムは図 6.18，6.19 に示す雰囲気を取得した．手法 1 では，ほぼ驚きと緊張の 2 種

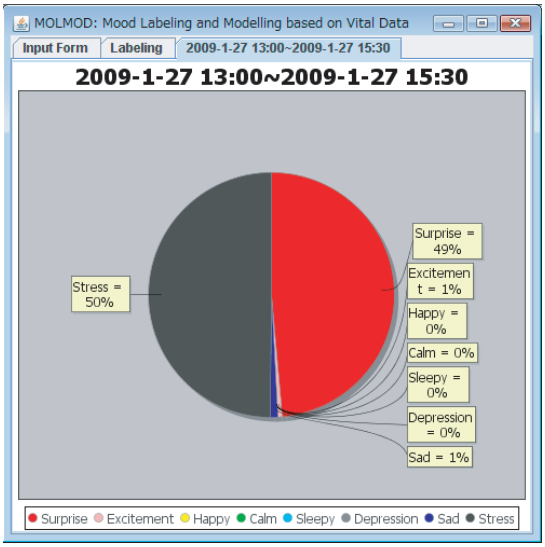

図 6.18　手法 1 による提出前の雰囲気

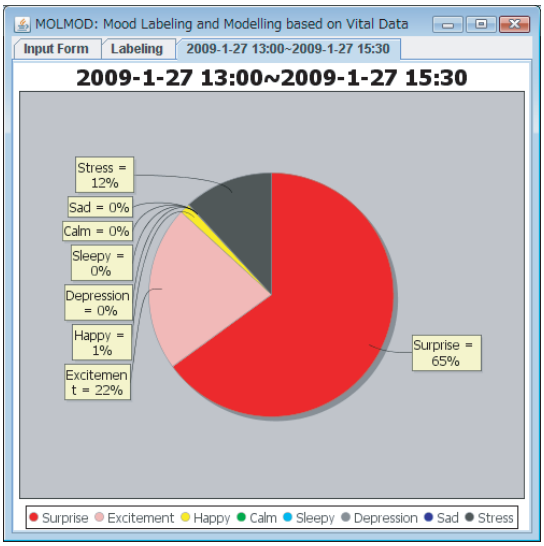

図 6.19　手法 2 による提出前の雰囲気

類しか検出されず，その 2 種類の気分によって構成された雰囲気であるという結果を得た．

手法 2 の結果では手法 1 と比べてより驚きの気分が占める割合が多く，また興奮が検出されていることが特徴として挙げられる．手法 2 では興奮という気分の割合が多い分，緊張の占める割合が少ないが，どちらも覚醒した雰囲気であったと解釈できる．どちらも覚醒した雰囲気である事に関しては妥当性があると言えるが，手法 1 と手法 2 のどちらが妥当性が高いと結論づけるのは困難である．

- 携帯用ゲーム機のプレイ中

  被験者は 1 月 28 日の 18 時半から 20 時まで携帯用ゲームをプレイした．その間，生体情報が正常に取得されているかという不安から緊張を感じたが，時にゲームに熱中し，楽しいや興奮といった気分を抱いた．よって，緊張，楽しい，興奮といった気分が雰囲気を構成していたと推測できる．

  図 6.20，6.21 にシステムによって得られた解析結果を示す．手法 1 に関しては，驚きが多くの割合を占め，次いで興奮と緊張という気分が雰囲気を構成している．すなわち，覚醒を中心とした 3 つの気分によって構成された雰囲気であったという結果を得た．一方，手法 2 では興奮が多く取得され，次いで驚きと楽しいという気分が検出され，その 3 つの気分によって雰囲気が構成されている．手法 1 で取得されなかった楽しいという気分が雰囲気を構成していることが大きな差異である．被験者が感じた緊張感が覚醒状態であったと理解したならば，興奮，驚き，緊張によって構成された雰囲気が取得できた手法 1 が妥当であるが，被験者は時にゲームを楽しんでいたことから，楽しいという気分が検出された手法 2 が妥当であると考えられる．

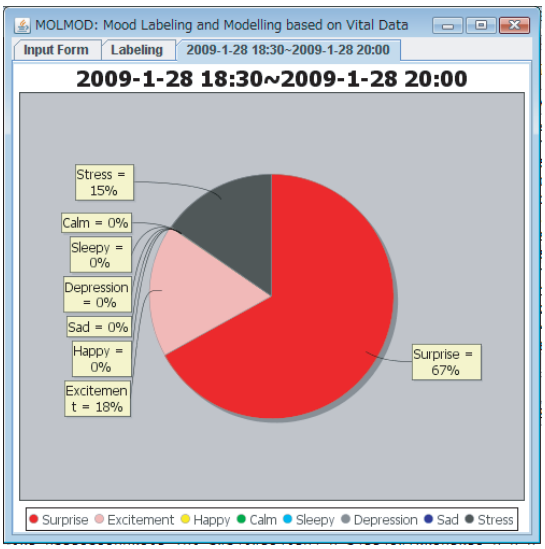

図 6.20　手法 1 によるプレイ中の雰囲気

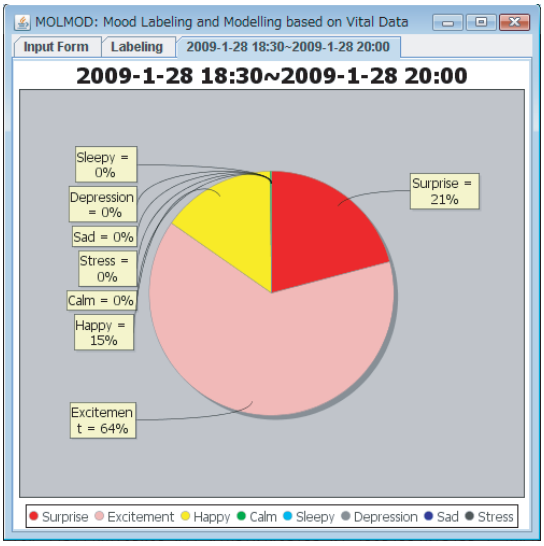

図 6.21　手法 2 によるプレイ中の雰囲気

考察

今回の実験結果では，正常値の取得手法に関して手法 1 と手法 2 のどちらが妥当であるか結論を出すことは困難であった．また被験者が感じた雰囲気について取得できた部分もあったが，正確に取得できない部分も多かった．これらの原因について考察を行い，今後の課題を以下にまとめる．

- 正常値の取得手法

  今回は取得した生体情報の平均値によって正常値を設定する手法と，音楽を聞いていた 10 分間の平均値から算出するという 2 つの手法を用いて正常値を設定し，それぞれ雰囲気を取得した．脈拍数は 3 回ほどの差であったためさほど大きな影響はなかったが，皮膚温度は 1 度近く差が生じたため，快・不快に関して雰囲気に大きな影響を与えた．すなわち，より高い温度に設定された手法 1 では，皮膚温度が高いという状態が取得され難く，それに伴い快の気分が検出されにくくなっていた．しかし，今回の結果からはどちらの手法が妥当であるか明確にすることは困難である．例えば卒業論文提出前に存在していた雰囲気は，より緊張という気分が多くの割合を占めた手法 1 が妥当であると考えられるが，携帯ゲーム機をプレイ中の雰囲気は楽しいという気分が雰囲気を構成する気分の一部として取得された手法 2 が妥当であると判断すべきである．すなわち，正常値の算出手法によって結果に大きな影響を与えるが，正常値を設定することは非常に困難であり，より多くの実験を行う必要である．また，音楽を聞いていても他のことに気が発散してしまっていたり，生体情報を取得した期間疲労がたまっていたりした場合，正確に正常値が取得できない．そのため，被験者に日常的な状態を作れる 1 つの行動を取らせ，その行動に集中している状態での取得が必要である．

- 快・不快の判別

  本システムでは，覚醒・眠気の指標として脈拍数を，快・不快の指標として皮膚温度を利用した．実験結果を見ると，被験者は緊張した気分を多く感じたことに対し，その気分がシステムでも多く取得されている．特に卒業論文提出前の雰囲気では，緊張や驚きといった覚醒状態が多く検出され，脈拍数は覚醒・眠気の指標として利用できたと判断できる．しかし，皮膚温度を快・不快の指標として利用することは困難であった．図 6.14，6.15 に示す結果を見ると，動画を見て楽しんでいたにも関わらず，悲しいという気分が多く検出されている．すなわち，これは動画を見ている間に皮膚温度が低い状態であったことを示しているが，本システムのアプローチでは快の状態で上昇すると想定している．この結果から，まず快・不快の時に皮膚温度がどのような変化をするのか，もう一度実験を行う必要がある．また今回は皮膚温度と気温の差を利用して判別していたが，より正確に取得できる手法を検討しなければならない．

- 気分モデル

  本研究の気分モデルは，ラッセルの円環モデルから 8 つの気分を抜粋して作成したと 3 章で述べた．しかし，英語で表記された気分を日本語によって表記する場合，翻訳によって意味が異なると考えられる．さらに抜粋する気分は独断で決定されたことから，妥当性が低い可能性がある．例えば，ラッセルの円環モデルから Depression という気分を抜粋し，憂鬱と翻訳しているが，Depression の近くに位置する Bored を抜粋し，退屈と表記した方が精度の高い雰囲気が取得されることも考えられる．すなわち，ラッセルの円環モデルをより深く理解する必要があり，その上で抜粋する気分や日本語での表記方法を決定すべきである．

- 睡眠中の雰囲気

  研究室で行った実験の際にも考察したように，睡眠中の雰囲気を断定することは困難である．今回の実験結果からは睡眠中に脈拍数は下がり，皮膚温度は上がるという生体情報と気分の関係が正確に取得されている．しかし，本システムの気分の判別モデルでは，その結果穏やかという気分が取得され，穏やかな雰囲気であると判断される．この結果を妥当であるとするかは議論が必要である．

- 実験と評価方法

  本システムによって取得された雰囲気が妥当であると証明することは困難である．例えば，アンケートを用いて今回取得された雰囲気の結果は妥当であるか評価を行っても，結果を見せた時点で被験者の雰囲気に対する感覚に影響を及ぼす可能性がある．また研究会の中間発表で行った評価方法のように，アンケートを用いて被験者の気分を取得し，その結果から得られた気分の集合を得る手法でも同様に，アンケートを用いた際に被験者の気分に影響を及ぼすことが想定される．これは気分を測定する質問紙 POMS: Profile of Mood Status[14] を利用した場合にも同じことが予想され，雰囲気の妥当性を証明することは困難である．

  また，今回は様々な状況を意図的に作成して雰囲気を変化させたが，どのような変化が起きたと判断することも難しい．すなわち，雰囲気を利用したアプリケーションを作成し，そのアプリケーションのユーザビリティ評価から雰囲気の妥当性を評価する手法といった別の評価手法を検討するべきである．

6.3 本章のまとめ

本章では，気分の判別モデルと雰囲気の取得手法に関する評価について述べた．まず気分の判別モデルに関する評価実験を行い，妥当性について考察した．次に雰囲気の取得手法についての評価を行うため，複数の状況下で実験を行い，生体情報を取得した．その実験方法と結果についてまとめ，手法の妥当性について検討した．実験結果から，気分の判別モデルに関してはアンケート結果

と相関が得られたが，雰囲気の取得手法に関しては妥当性を証明することは困難であった．その理由として，センサデータの誤差や欠落，正常値の取得手法，気温の測定手法などに問題があったことが挙げられる．

次章では，本研究の関連研究について述べる．

第 7 章

関連研究

本章では，関連研究を雰囲気に関する研究と気分に関する研究に分類し，それぞれ例を挙げる．そして本研究との差異を明確にする．

7.1 雰囲気に関する研究

雰囲気に関する研究は多々行われているが，目的は雰囲気の可視化，雰囲気の制御，特定の環境や状況下での雰囲気の取得など様々である．本節では，以下に 3 つの関連研究を挙げ，本研究との差異を明確にする．

7.1.1 momo!

momo!: Mood Modelling and Visualization based on Vital Information[3] は，本論文の先行研究として昨年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．昨年六本木で行われた 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 7.1）．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．

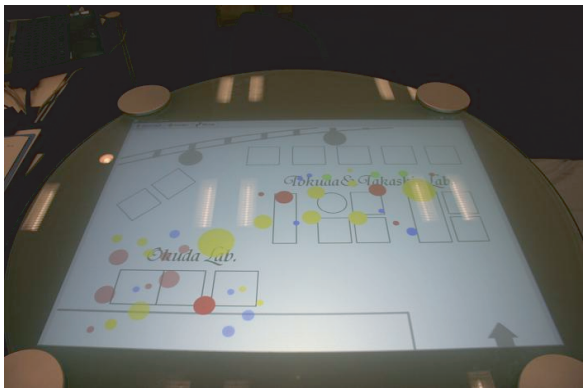

図 7.1　momo!プロトタイプ

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．すなわち，雰囲気の記述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．

7.1.2 障子 (SHOJI)

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 7.2）[5]. 障子では，離れた場所にいる家族や恋人の部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

図 7.2　SHOJI による雰囲気の可視化

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，雰囲気の記述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．

7.1.3　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（図 7.3）[7]．し

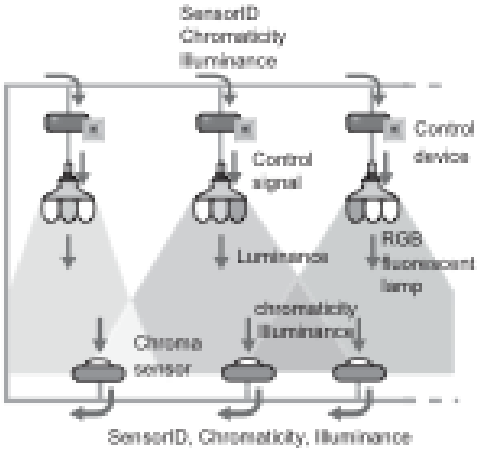

図 7.3　RGB 蛍光灯の制御

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．MOLMOD システム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，動的な雰囲気の管理などが可能になると考えられる．

7.2 気分に関する研究

本節では，気分を解析する研究や，気分を利用した研究を挙げ，本研究との差異を明確にする．

7.2.1 ComSlipper

ComSlipper は，コンピュータを通じたコミュニケーションツールであり，遠く離れた相手に感情を伝達し，表現できるスリッパである [8]．スリッパの中に複数のスイッチが内蔵され，それを押すことで感情を表現し，相手のスリッパに実装された LED が光る仕組みになっている（図 7.4）．さらに温度センサが内蔵され，相手に自分の体温によって温度が変わる機能や，ある特定の動作を行うと相手のスリッパのバイブレーションモータが振動し，相手の事を考えているという気持ちを伝達することも可能である．

図 7.4　ComSlipper の機能図

しかし，ComSlipper はスイッチを押すことや特別な動作によって感情を取得するため，ユーザが意識して感情を表現しなければならない．すなわち，コミュニケーションを取りたい相手に感情を伝えたいという意思が前提であり，日常的に気分を解析する手法としては適切ではない．

7.2.2 気分の解析

近年，気分を解析する研究は多く行われている．快・不快な音楽を聞かせた時の心理的変化と，生体情報の変化を解析している研究 [9] や，表情を取得し，眉の形や額の粒度などから感情を取得する研究 [12] などが挙げられる．またセンサを使用せず，ブログの内容から気分を解析する研究 [20] も行われ．手法も様々である．しかし，いずれも気分を解析することが目的であるため，大掛かりな装置で行われることが多い．カメラを用いて表情を取得する場合もユーザの位置が固定されてしまう．また，ブログの内容から解析する手法はユーザの入力が必要であることから，ユーザへの負担は大きい．日常的に雰囲気を取得するためには，公共空間において気分を解析できる必要があり，本研究ではウェアラブルな生体センサを使用することで，日常的に気分を解析できる．

7.3 本章のまとめ

本章では，関連研究を雰囲気に関する研究と気分に関する研究に分け，それぞれ説明し，本研究との差異を明確にした．

次章では，本稿をまとめ，結論を述べる．

第 8 章

結論

本章では，MOLMOD システムの概要と評価結果を振り返り，今後の展望について考察する．そして最後に結論を述べ，本稿の締めとする．

8.1 本研究の概要

我々は日常的に場の雰囲気を感じ取り，無意識に雰囲気を行動の指標として利用している．我々が感じ取っている雰囲気を取得することができれば，“ 気分と雰囲気を利用したレコメンドサービス ” のように様々なアプリケーションやサービスが実装可能になり，雰囲気の有用性は高いと考えられる．

本研究では，雰囲気を「場に存在する一般的な気分」と定義し，雰囲気を利用したアプリケーションを実装するためには，気分の取得，雰囲気の記述，雰囲気の利用という 3 つの手順が必要であると考察した．そして我々は，ウェアラブルな生体センサを用いた気分の判別，気分の一般化と雰囲気の記述，ユーザによるラベリングという 3 つのアプローチから，雰囲気を取得する MOLMOD システムを提案した．さらに，実装と評価を行い，MOLMOD システムの有効性について検討した．

8.2 今後の課題と展望

今回行った評価実験では，MOLMOD システムの気分の取得手法，雰囲気の記述手法に関しては妥当性が明確に証明できなかった．その理由として，まずセンサに問題があったと考えられる．今回の実験ではセンサデータの欠落や誤差が目立ち，それが結果に大きく影響を与えている．またセンサ端末の数にも限りがあり，その場にいる人々全員の生体情報を取得することはできなかった．さらに正常値の取得手法にも問題があり，より多くの生体データから正常値を算出する手法や，音楽を聞くといった普段の状況を作り出し，その間の平均値から算出する手法など，実験を繰り返すことで適切な手法について検討する必要がある．そして再実験を行って得られた生体情報で雰囲気を解析し，気分の判別モデルや感情の個人差についても理解を深め，改良に努めていきたい．また雰囲気の提供に関しては，ラベリング機能を設けたことで実現した．さらに今後，センサや気分の判別モデルの改良を行った上でアプリケーションを実装し，ユーザの感じた特別な雰囲気を利用するということに関してユーザビリティ評価を行い，雰囲気を提供するミドルウェアとしての評価も行う予定である．

今後の展望として，3 つの方向性が考えられる．第 1 の方向性として，センサの問題を解決するために，Sun Spot にさらに脈拍センサを実装し，再度実験を行うことである．今回使用した Sun Spot はデータが安定して送信され，データの欠落はほぼなく，センサデータを受信することができる．脈拍センサを実装した場合には精度に問題が生じると考えられるため，基礎実験を繰り返し行う必要がある．また今回行ったアンケート結果から，生体センサの装着に負担を感じたと答えた人も数名いた．そのため，より負担の少ないパッケージングに努めていく．第 2 の方向性は，他のセンサとの併用である．近年，様々な生体センサの開発が進められ，脳波を取得できるセンサの開発も行われている [29]．このようなセンサを併用すれば，より正確に気分を判別できると考えられる．さらにカメラを用いた表情解析やマイクを用いた音声の特徴抽出による感情の解析なども

利用も検討していきたい．第 3 の方向性は，リアルタイムに雰囲気を取得する手法について検討することである．今回使用したセンサでは，センサの仕様によりリアルタイムに雰囲気を解析することが困難である．Sun Spot はデータの送信間隔を変更することができるため，Sun Spot に脈拍センサを実装し，雰囲気をリアルタイムに解析に適した送信間隔について実験を繰り返し，検討していきたい．いずれにせよ，さらに実験を繰り返し行う必要があり，本システムの妥当性についてより深く考察を行い，雰囲気の取得精度の向上に努める．

8.3 結論

本稿では，雰囲気の有用性に着目し，生体情報を用いて雰囲気を取得する MOLMOD システムの提案を行った．評価実験から，雰囲気の取得手法に対して，センサデータの欠落や精度などの理由から，妥当性について明確に証明するには至らなかった．しかし，雰囲気を取得する手法について問題意識を明確にし，要件や今後の方向性について示唆したことから，雰囲気を取得する研究の先駆けとして一石を投じた．

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長・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．特に政策・メディア研究科修士課程川添瑞木氏，同じく政策・メディア研究科博士課程米澤拓郎氏には，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，残留の続く研究生活を支えてくれた家族，同じ研究会で家族同然に時間を共に過ごした徳田義幸氏，中津川紘太氏，小川正幹氏，金澤貴俊氏，野沢高弘氏，荒木貴好氏，研究の日々を共に過ごし，多くの御助言を頂きました橋爪克弥氏を始めとする HORN 研究グループ・伊藤友隆氏を始めとする KMSF 研究グループの皆様，本研究の実験に御協力頂きました井村和博氏を始めとする後輩の皆様，生体情報に関して貴重な御助言を頂きました増田真也博士，原礼子博士，和田真由子氏を始めとする医療関係の皆様，本論文の執筆に協力して頂きました冨永智絵氏，米川賢治氏，辛い時にいつも励まして頂きました大日向俊氏を始めとする悪友の皆様，風友でありウィンドサーフィンの仲間である桑谷耕作氏を始めとする Windsurfing School FINE の皆様，3 年以上の付き合いであり時に甘さで癒して頂きました塩坂彰敏氏を始めとする Patisserie Pion の皆様，勝手に仲間意識を抱かせて頂きました堀元子氏を始めとする卒論生の皆様，何をしても怒らずに癒して頂きました愛くるしい愛猫であるマーブル氏，全てを受け入れて頂きました三浦・三戸浜海岸に感謝の意を表し，これを謝辞と致します．

2009 年 2 月 9 日

山本 純平

参考文献

[1] Hide Tokuda Lab.
http://www.ht.sfc.keio.ac.jp/

[2] HORN Project.
http://www.ht.sfc.keio.ac.jp/horn/

[3] Jumpei Yamamoto, Yoshiyuki Tokuda, Mizuki Kawazoe, Takuro Yonezawa, Kazunori Takashio, Hideyuki Tokuda. momo!: Mood Modelling and Visualization based on Vital Information. 2007-UBI-16-(12). pp79-86.

[4] Jumpei Yamamoto, Mizuki Kawazoe, Takuro Yonezawa, Kazunori, Takashio, Hideyuki Tokuda. MOLMOD: Mood Labeling and Modelling based on Vital Data. 2008, 8. AWUEC.

[5] Masaki Shuzo, Makoto Shimura, Yousuke Motohashi, Jean-Jacques Delaunay, Ichiro Yamada. A Communication Terminal for Sending and Receiving Ambient Information. Korea-Japan Design Engineering Workshop 2008, Seoul, July 9-10, 2008.

[6] Ichino Junko, Takeuchi Kazuhiro, Isahara Hitoshi. Sign of Interaction: Towards an Active Meeting with an Electronic Whiteboard. 2005-HI-115-(9). pp45-51.

[7] Mitsunori Miki, Maiko Ashibe, Tomoyuki Ito. The Lighting System Adjust Colors Using RGB Fluorescent Lamps. The science and engineering review of Doshisha University, 2008,1. vol48. pp.8-13.

[8] Chun-Yi Chen, Jodi Forlizzi, Pamela Jannings. ComSlipper: An Expressive Design to Support Awareness and Availability. CHI2006, pp.369-374.

[9] McFarland, R.A. Relationship of Skin Temperature Changes to the Emotions Accompanying Music. Biofeedback and SelfRegulation. 255-267.

[10] Haag Andreas, Goronzy Silke, Schaich Peter, Williams Jason. Emotion Recognition Using Bio-Sensors: First Steps Towards an Automatic System. Affective Dialogue Systems(2004). pp36-48.

[11] Picard R.W, Vyzas E, Healey J. Toward Machine Emotional Intelligence: Analysis of Affective Physiological State. IEEE(2001). pp1175-1191.

[12] James J. Lien, Takeo Kanade, Jeffrey F. Cohn, Ching-Chung Li. Automated Facial

Expression Recognition Based on FACS Action Units. IEEE Computer Society(1998). pp.390-395.

[13] James A. Russell. The Psychology of Facial Expression. 1997. pp295-320.

[14] McNair D M, Lorr M & Droppleman L F(1971). EITS manual for profile of mood status. Educational and Industrial Testing Service. San Diego.

[15] 加藤 雄一, 大江 展弘, 陳 金姫, 平野 靖, 梶田 将司, 間瀬 健二．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．pp.151-152．2005.3.2-4, 電気通信大学.

[16] 感情心理学への招待ー感情．情緒へのアプローチー．濱治世，鈴木直人，濱保久．サイエンス社出版．2001,12,10.

[17]「安保徹の新理論!-体温免疫力」著者:安保徹 出版社:ナツメ社 (2004,05)

[18] 感情減少の諸相．佐藤香．ナカニシヤ出版．2005,12,25.

[19] 臨床心理学キーワーズ．編集:川崎医療福祉大学 臨床心理学科．監修:三宅進．出版:株式会社ナカニシヤ出版．2004,2,20.

[20] COLORS. http://www.colors-expo2005.org/

[21] 音声感情測定器ココロスキャン．SEGA．http://kokoro.sega.jp/

[22] あんしんホン V. NTT docomo Inc. http://www.nttdocomo.co.jp/product/easy_phone/foma_rakuraku5/topics_01.html

[23] 宴会・グルメ情報検索サイト ぐるなび．http://www.gnavi.co.jp/

[24] YouTube. http://jp.youtube.com/

[25] 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

[26] オーエステクノロジー株式会社．http://www.ost.co.jp/

[27] エム・シー・メディカル株式会社．http://www.mcmed.co.jp/

[28] Sun Spot. Sun Microsystems Inc. http://jp.sun.com/products/software/sunspot/

[29] MindSet. NeuroSky Inc. http://www.neurosky.com/menu/main/technology/product_summary