

Title	相手の状況を表す音による状況アウェアネス支援に関する研究
Author(s)	半場, 雄介
Citation	
Issue Date	2006-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/591">http://hdl.handle.net/10119/591</a>
Rights	
Description	Supervisor:金井 秀明, 知識科学研究科, 修士

修 士 論 文

相手の状況を表す音による状況ウェアネス支援  
に関する研究

北陸先端科学技術大学院大学  
知識科学研究科社会システム学専攻

半場 雄介

2006年3月

# 目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究背景	1
1.2	研究目的	2
1.3	本論文の構成	2
第2章	関連研究と本研究の位置づけ	3
2.1	アウェアネスとは	3
2.2	五感情報通信とは	4
2.3	相手の状況を取得する方法	4
2.3.1	カメラを利用した方法	5
2.3.2	位置情報を利用した方法	6
2.4	相手の状況を伝える方法	8
2.4.1	視覚を用いたシステム	8
2.4.2	聴覚を用いたシステム	9
2.4.3	触覚を用いたシステム	10
2.4.4	嗅覚を用いたシステム	10
2.5	本研究の位置づけ	12
2.5.1	相手の状況を取得する方法	12
2.5.2	相手の状況を伝える方法	13
第3章	提案するシステムの構成	14
3.1	システムの構成	14
3.2	ベイジアンネットによる状況推定部	14
3.2.1	ベイジアンネットとは	14
3.2.2	状況推定の方法	16
3.3	音による状況伝達部	21
3.3.1	表現音の考え方	21

3.3.2	状況伝達の方法	21
<b>第4章</b>	<b>評価実験</b>	<b>24</b>
4.1	実験1：アクティブRFIDを用いた場所情報の推定に関する実験	24
4.1.1	実験概要	25
4.1.2	実験結果	30
4.1.3	考察	36
4.2	表現音による状況伝達に関する実験	38
4.2.1	実験概要	38
4.2.2	実験結果	39
4.2.3	考察	40
4.3	状況推定部で得られた信頼度の伝達に関する実験	40
4.3.1	実験概要	40
4.3.2	実験結果	42
4.3.3	考察	42
4.4	まとめ	43
<b>第5章</b>	<b>結論</b>	<b>45</b>
5.1	本論文のまとめ	45
5.2	今後の課題	46

# 目 次

2.1	Active Belt: 触覚情報によるベルト型ナビゲーション機構 . . . . .	11
3.1	システム構成図 . . . . .	15
3.2	ベイジアンネットワーク: ネットワーク診断の例 . . . . .	16
3.3	Spider システム . . . . .	17
3.4	使用した加速度センサ . . . . .	19
3.5	状況設定をおこなう GUI . . . . .	20
3.6	ベイジアンネットワーク: 睡眠モデルの例 . . . . .	20
4.1	実験を行った研究室内における物の配置 . . . . .	26
4.2	設置した RFID リーダ . . . . .	27
4.3	実験で使用したベイジアンネットワークのモデル . . . . .	29

# 表 目 次

3.1	時間帯の分類	18
4.1	RFID リーダの設置場所と設定	28
4.2	場所と状況の関連付け	28
4.3	室内と室外での場所情報の認識	31
4.4	室内での場所情報の認識	32
4.5	室外での場所情報の認識	33
4.6	室内におけるユーザの行動と場所情報の関連付けられた状況との比較	34
4.7	室内におけるユーザの行動と場所情報の関連付けられた状況との比較	35
4.8	実験で使用した表現音	38
4.9	表現音による状況伝達に関する実験の結果	39
4.10		42
4.11	信頼度の伝達に関する実験結果	42
1	場所と状況の推定に関する実験にて用いた被験者 1 の状況 (1 日目)	51
2	場所と状況の推定に関する実験にて用いた被験者 1 の状況 (2 日目)	51
3	場所と状況の推定に関する実験にて用いた被験者 1 の状況 (3 日目)	52
4	場所と状況の推定に関する実験にて用いた被験者 2 の状況 (1 日目)	52
5	場所と状況の推定に関する実験にて用いた被験者 2 の状況 (2 日目)	53
6	場所と状況の推定に関する実験にて用いた被験者 2 の状況 (3 日目)	53
7	場所と状況の推定に関する実験にて用いた被験者 4 の状況 (1 日目)	54
8	場所と状況の推定に関する実験にて用いた被験者 4 の状況 (2 日目)	54
9	場所と状況の推定に関する実験にて用いた被験者 4 の状況 (3 日目)	55

# 第1章 はじめに

## 1.1 研究背景

現在，離れた相手とコミュニケーションを行う際に，相手の状況に応じたコミュニケーションをとることは難しい．離れた相手と状況に応じたコミュニケーションをとることが難しいのは，私たちが離れた相手の状況を把握していないためである．相手の状況がわからない為に，携帯電話を通じてコミュニケーションを行っている際に，相手のいる場所や活動を訪ねることがある．離れた相手の状況を知ることが難しい理由としては，相手の置かれている「状況」に幅があるからである．状況に幅がある理由として，携帯電話やPDAといった携帯端末の普及があげられる．携帯端末の普及によって通信への利便性が格段に向上し，コミュニケーションをとれる範囲が格段に広がった．範囲が広がったことでコミュニケーションを行った際，自分や相手が置かれている状況の幅が広がった．相手の状況に幅ができたことで，コミュニケーションにおいて新たな問題が発生するようになった．問題は様々なものがあり，例えば，行動や場所によって通信が制約される，車の運転などの取り込み中に電話がかかってくる，連絡したが相手から返事がこなくてイライラする，といったものがあげられる．これらの問題は，私たちが離れた相手とコミュニケーションをとろうとした際に相手の状況をしっかりと把握していないため発生すると考えられる．仮に相手が離れていたとしても相手の状況を知ることができれば，私たちは相手の状況に応じたコミュニケーションを行えると考えられる．

離れた相手の状況を伝えることで，コミュニケーションを支援することを目的とした「アウェアネス支援」の研究が数多く行われている．アウェアネス支援は，グループウェアの機能として組み込まれ，オフィスなどのパブリックな空間での共同作業を支援するために多く用いられた．しかし近年では，技術の進歩や広域帯ネットワークの普及などによって，自宅などのいわゆるプライベートに場においても，アウェアネス支援が注目ようになった．プライベートな場において，アウェアネス支援を行うことは，プライバシーという問題を引き起こす．オフィスといったパブリックな場と違い，自宅などのプライベートな場ではプライバシーが大きな問題とされる．その為に，プライバシーとアウェアネス支

援で得られるメリットのバランスが重要と考えられる。

## 1.2 研究目的

本研究の目的は、離れた相手の状況への気づきを促しコミュニケーションを支援することである。相手の状況への気づきを促すために、特定の状況を表した「表現音<sup>1</sup>」を用いる。ユーザに対して、表現音を鳴らすことで相手の状況を伝える。ここで用いている状況は、勉強、睡眠、休憩といった人間の活動を意味する。表現音は、コミュニケーションを開始してもよいかどうか判断するための材料として利用してもらう。仮に、ユーザがコミュニケーションを開始しても良い状態と判断したとする。その時、相手とコミュニケーションをとる方法は、私たちが普段用いるような携帯電話や電子メール、または直接相手を訪ねるといった方法を用いる。

本研究で提案するシステムは、プライベートな場での使用も想定している。プライベートな場では、プライバシーに配慮するなど、ユーザへの負担を小さくすることが重要である。負担を小さくすることが重要な理由は、プライベートな場ではシステムの使用を強制することが難しい。従って、ユーザへの負担が大きいと、システムを使用してもらえない可能性があるからだ。

本研究では、ユーザへの負担を考慮してシステムの提案を行っている。ユーザへの負担を減らすために、相手の状況としては位置情報を取得し、相手の状況を伝える際には音を利用している。位置情報をもとに相手の状況を推定し、推定した状況を表現音で伝えることにより、相手の状況への気づきを支援することを試みる。提案したシステムにおいて、状況を推定し伝達することが可能であるか検証する。

## 1.3 本論文の構成

本論文の構成は以下の通りである。第2章では、アウェアネスや五感情報通信の説明に加えて、関連研究と本研究の位置づけについて述べる。第3章では、要素技術、システム動作の例、システムの詳細について述べる。第4章では、仮説を述べた上で、音を用いて相手の状況が伝わるか検証し、考察を述べる。第5章では、本研究のまとめと今後の課題を述べる。

---

<sup>1</sup>表現音については、3章にて説明する。

## 第2章 関連研究と本研究の位置づけ

この章では、相手の状況を取得する方法と、ユーザに相手の状況を伝える方法について述べる。最初に、「アウェアネス」と「五感情報通信」という関連する2つの言葉について説明する。その後、相手の状況を取得する方法と、ユーザに相手の状況を伝える方法について述べる。相手の状況を取得する方法としては、カメラを用いた場合と、位置を取得する方法を用いた場合について述べる。ユーザに相手の状況を伝える方法としては、「視覚」、「聴覚」、「触覚」、「嗅覚」の場合についてそれぞれ述べる。関連研究を述べた後に、本研究の位置づけを行う。

### 2.1 アウェアネスとは

相手の状況を知るということは、CSCW (Computer Supported Cooperative Work) において「アウェアネス」の分野として研究されている。CSCWにおけるアウェアネスは、「気づき」という意味で用いられている。何に対する気づきかという点、相手の「状況情報」への気づきを意味している。状況情報とは、周囲に誰がいるのか、その人がどのような活動をしているのか、誰と誰と一緒にいるのか、といった情報を意味する。離れた相手の状況情報を知ることによって、相手の状況に応じたコミュニケーションが行えると考えられる。ユーザに対して、相手の状況情報を気づけるようにサポートすることを、アウェアネス支援という。

アウェアネス支援について研究されるようになった理由は、他者との協同作業を行う環境が変化したため、状況情報を取得することが難しくなったからである。環境が変化した理由は、高性能な計算機と高速なネットワークの普及である。これらの普及によって、協同作業は、同じ時間に同じ場所にメンバーが集まらなくても可能になってきた。例えば、従来は口頭で行われていた作業の指示は、グループウェアや電子メールを利用することで顔を合わせることなく行えるようになった。共同作業の非同期化が進んだことで、私たちは、メンバーの足音、話し声、書類を書く音といった従来では自然に取得できていた状況

情報を取得することが難しくなった．相手の状況情報を自然に取得するのが困難になったために，それを補うための研究が行われている．

## 2.2 五感情報通信とは

アウェアネス支援では，人間の感覚を通じてユーザに気づきを与える．人間の感覚とは，「視覚」「聴覚」「触覚」「嗅覚」「味覚」の5つをさしている．アウェアネス支援では，離れている相手の状況情報をユーザに知らせるために，取得し伝えられてきた状況情報をもとにして，ユーザが体験できるように再現する必要がある．人間の感覚をデジタル化したり，それを再現して疑似体験することは，五感情報通信の分野として研究されている．五感情報通信では，それまで視覚と聴覚に限定されていた情報通信を，触覚，嗅覚，味覚といった感覚にまで拡張することを目指している．アウェアネス支援においては，ユーザに状況情報を伝える部分で五感が用いられる為に，五感情報通信の研究の中でも感覚を再現する部分が重要になる．

## 2.3 相手の状況を取得する方法

相手の状況を取得する前に，どのような情報を取得する必要があるのかを決める必要がある．取得する情報は，アウェアネス支援の目的によって決まる．アウェアネス支援の目的によって，情報を取得する人と取得した情報を知らされる人の関係，必要とする情報，支援が行われるタイミング，アウェアネス支援の範囲と空間が決まる．例えば，高齢者の脈拍を調べ異常ならば医者に連絡をすることを目的にした時と，商品開発のアイデアや進捗状況を共有することを目的とした時では，アウェアネス支援に関わる人やその人達の関係，必要とする情報といったものは大きく異なると考えられる．

相手の状況を取得する際に，プライバシーが問題とされることがある．プライバシーとアウェアネス支援で得られるサービスの間にはトレードオフの関係が存在すると考えられている．プライバシーに配慮すれば取得できる情報の量や質が限られ，逆に，プライバシーへの配慮を無視すれば取得できる情報の量や質を高めることができると考えられる．プライバシー問題に対するアプローチは2通り考えられる．1つ目は，プライバシーには配慮せず，可能な限りアウェアネス支援によるサービスの質を高める．2つ目は，プライバシーに配慮して取得する情報とアウェアネス支援によるサービスのバランスをとる．命に関わる事柄についてアウェアネス支援を行う場合や，防犯のために部屋への侵入者の有無についてアウェアネス支援を行う場合は，1つ目の方法を用いられると考えられる．作業の進捗状況

の把握やコミュニケーション支援を目的とした場合は、2つ目の方法が用いられると考えられる。

### 2.3.1 カメラを利用した方法

離れた相手の状況を取得する方法として、カメラを用いる方法は幅広く利用されている。ここでのカメラとは、静止画も動画も撮影できるビデオカメラの意味で用いている。例えば、カメラを用いたものとしては、監視カメラ、ビデオ会議システム、テレビ電話などがある。近年では、webカメラやブロードバンドと呼ばれる高速な通信網が普及したことで、ビデオチャットなどにも用いられることがある。相手の状況を取得する際に、カメラを用いる利点として次のようなことが考えられる。

(a) 状況を取得される人は、常に機器を身につける必要がない。

カメラで相手の状況を撮影する時、撮影者は、カメラをどこかに設置したり手に持つ必要がある。しかし撮影をされる人は、何か特別な機器を身につけたりすることはない。撮影される人、つまりは状況を取得される人は、何かしらの機器を身につける必要がないので、負担は少ないと考えることができる。

(b) 人や物の存在を認識できるだけでなく、手足や視線の動きを取得することができる。

カメラに映っていればその人はカメラの前にいて、映っていなければカメラの前にいないと認識することができる。つまりは、その人がカメラの撮影できる範囲内にいるかどうかという情報を取得することができる。カメラを用いた場合には、撮影されている人の存在を認識するだけでなく、手の動き、視線の動き [1]、表情も取得できる [2]。

逆に、相手の状況を取得する際に、カメラを用いる欠点としては次のようなことが考えられる。

(a) プライバシへの負担が大きい

カメラで撮影されることは、多かれ少なかれ人に心的負担を与えることがある。心的負担を与えている例としては、防犯を目的に警察などが設置したカメラに対して住民が裁判やデモを起こした事例がある [3]。カメラ撮影の際にプライバシーを保護するために、撮影した画像に対して、人にモザイクをかけたりするなどの画像処理を行う研究がある [4]。しかしこのようなシステムでは、画像処理を行う前の映像が

存在することから、プライバシーを完全に保護することは難しい。公園や道路沿いと  
いったパブリックな空間にカメラを設置して撮影することと比較して、自宅や部屋  
の中といったプライベートな空間でカメラを設置して撮影することは、人に対して  
より多くの心的負担を与えると考えられる。長時間にわたって撮影され続けること  
は、ユーザに対して大きな心的負担を与えると考えられる。

(b) 死角が存在する。

カメラの性能としては、撮影可能な範囲や距離というものに限界がある。さらに、  
人陰や物陰に隠れてしまっている人はカメラでは認識できない。カメラは死角が存  
在する為に、死角にいる人の存在を認識できないし、その人が何をしているのかも  
わからない。屋内にてカメラを複数台用いて、カメラが1台では撮影できなかった  
広い範囲にわたって人物の追跡を可能としたシステムがある [5]。しかし、このシス  
テムのように複数台のカメラを用いた場合でも死角は存在する。屋内ではなく、屋  
外にカメラを設置する場合は、死角がなくなるようにカメラを設置することは非  
常に困難である。

カメラを用いた撮影方法について、利点と欠点を述べた。カメラを利用した際の大き  
な利点としては、視線の動きや表情の変化といった情報が取得できることだ。視線や表情  
といったものはコミュニケーションに大きな影響を与えていると考えられ、視線の変化に  
よって伝えられる印象がどのように変化するか調べた研究も行われている [6]。ユーザ  
に機器を身につけるという負担をかけることなく、相手の視線や表情を取得できる点は、  
コミュニケーション支援のシステムでは大きな利点になると考えられる。しかし、このよ  
うな利点があってもカメラを用いた場合は、プライバシーの問題がある。プライベート  
な空間で長時間にわたって撮影されることは、利用者に大きな負担をかける。利用者  
にとって大きな負担になると、システム自体が利用してもらえないと考えられる。シス  
テムが利用してもらえないことになるかもしれないので、カメラを用いて相手の状況を取  
得するという方法は、コミュニケーション支援を目的とした場合は、適さないと考えられる。

### 2.3.2 位置情報を利用した方法

ここでは、位置情報を利用した方法としてGPSを用いた場合と、電子タグを用いた場  
合の2つの方法について以下に説明する。近年、携帯電話などをはじめとしGPS (Global  
Positioning System) の機能を持った携帯端末が普及してきている。また、GPSはカーナ

ビゲーションシステムにも用いられ普及が進んでいる。GPSは電波を使用する特性上、ビルや谷間やトンネル、高架下などでは測位が困難である、数m～数十mの誤差が生じるといった問題があった。このような問題に対して、様々な解決法が存在する。例えば、カーナビゲーションシステムの場合では、車速によって車の移動距離を、ジャイロセンサーによってカーブの曲がり度合いを検出する、検出した情報とGPSからの情報を組み合わせることで、測定距離の誤差を縮めたり、GPSで測定できない場所でも車の位置を推測する。これ以外の方法では、地図とGPSの情報を照らし合わせることで現在位置を補正するといった方法がある。こうしたGPSとその他の情報を組み合わせることで位置を推測し、測定距離の精度という問題には対処できる。しかしGPSには、測定距離の精度以外にも屋内では利用が困難であるという問題がある。GPSでは困難とされている屋内での位置検出を行う方法として、電子タグを用いた研究が行われている。

電子タグは、ICタグや無線タグともよばれている。電子タグは、メモリチップとアンテナを内蔵しており、チップ自身が電源を内蔵する「アクティブ型」と、リーダが電力を供給する「パッシブ型」に分類することができる。パッシブ型のタグを利用した研究としては、タグを一定間隔で取り付けられたカーペットの上を、タグのリーダが取り付けられている履物で歩くことでユーザの位置を検出するものがある [7]。パッシブ型のタグは、アクティブ型のタグに比べてリーダとの通信可能な距離が短く、数cm程度である。タグの通信可能な距離の最大値が、位置測定に用いた際の、測定誤差の最大値となる。そのために、パッシブ型のタグでは測定誤差は数cm程度になる。アクティブ型のタグを利用したシステムとして、タグから発信された電波の電界強度を利用してユーザがどの部屋にいるか推定する方法がある [8]。アクティブ型のタグは、パッシブ型のタグに比べて通信距離が長く10m程度である。通信距離が長いということは、位置検出に用いた際の測定誤差の最大値も長くなる。

ユーザや物の位置情報を取得する際には、位置検出精度と検出可能範囲の2つが問題になると考えられる。屋外かつ広範囲にわたってユーザの位置を取得しようとした場合には、新たに機器を設置するのは現実的ではないと考えることができるため、GPSやPHSの基地局といった既存のインフラを用いることになる。GPSやPHSの基地局を用いる方法は、検出可能範囲が広いが位置検出精度が問題となる。屋内や限られた狭い範囲においてユーザの位置情報を取得しようとした際には、電子タグなどが用いられる。電子タグを用いた場合では、パッシブ型では、例えば、学校の全ての教室をカバーするといった屋内における広範囲をカバーしようとする、機器の設置の問題から困難だと考えられることができる。アクティブ型では、測定距離が長いがその分測定誤差が大きくなるという問題

があげられる．

## 2.4 相手の状況を伝える方法

システムにおいてユーザに何かしらの情報を伝える際には，五感を刺激する方法が用いられる．ここでは，「視覚」「聴覚」「触覚」「嗅覚」の感覚について，それぞれ関連研究を述べる．味覚については，既存研究で味を認識することは可能だが，味を再現することはできてない[9]．そのために，関連研究としては味覚は取り扱わない．

### 2.4.1 視覚を用いたシステム

ユーザに情報を伝える方法として視覚は，最も多く用いられているものだと考えることができる．視覚が用いられている例としては，携帯電話や計算機で用いられている電子メールや駅に設置されている電光掲示板がある．視覚の特徴としては，以下のものが考えられる．

#### (a) 指向性がある

人間の視覚は，視野が存在する．自分の正面である視野の中心では，明瞭に知覚することができる．自分の真横といった視野の周辺部では，動く物体に反応することはできるが，明瞭にものを見ることは困難である．自分の背後といった視野外では，ものを明瞭に見ることも動く物体に反応することもできない．視覚において明瞭に知覚しやすい範囲は視野の中心である．そのために，文字や画像といったものを認識するためには，眼球や顔，体を動かすことで対象を視野の中心にもってこなければならぬ．

#### (b) 情報を遮断するのが容易である

視覚的に情報を取得しようとした際に，例えば，壁の向こう側にある物や箱の中にある物を見ることができない．このように，視覚は情報を遮ることが非常に簡単である．

#### (c) 他の作業と並行するのが困難なことがある

視覚的に情報を取得しながら，他の作業を行うことは困難なことがある．例えば，走りながら本を読む，2冊の本を同時に読むことは困難である．情報を取得しようとした時に，立ち止まったり，現在行っている作業を中断することがある．

視覚でユーザに情報を提示する研究として、個人の作業状況を取得し星座やキャラクターをディスプレイに表示することで相手の状況をユーザに知らせるものがある [10]。このようなシステムでは、文字や絵によって状況を把握しやすいという利点がある。しかし、ディスプレイの前でしか情報が取得できないといった欠点がある。

## 2.4.2 聴覚を用いたシステム

聴覚を用いたシステムも、視覚と同様に数多く利用されている。聴覚を用いた例としては、携帯電話の着信音や玄関のインターホンといったものがある。聴覚の特徴としては、以下のものが考えられる。

### (a) 指向性が低い

聴覚は、視覚に比較して指向性が低い。指向性が低いので、正面で鳴った音のみでなく背後で鳴った音でも聞き取ることができる。

指向性が低いということは、限られた場所や人にしぼって情報を伝えることが難しい。指向性を持つスピーカーも存在するが、音は壁などにあたると反響する特性があるために、屋内といった音が反響する場所では、情報を伝える場所や人を絞ることは難しい。

### (b) 情報を遮断するのが困難である

聴覚は、遮断することが困難である。音を遮断する方法としては、防音材や耳栓といったものがある。しかし、全ての音源を防音材で囲む、常に耳栓をするということは困難である。そのために、音が鳴り続けることはユーザにとって負担になる。

### (c) 他の作業との並行が容易である

聴覚は、他の作業と並行して行うことが容易である。例えば、歩きながら音楽を聞いたり、ラジオを聞きながら勉強をするといったことは容易にできる。移動や他の作業を中断することなく、情報を取得することができる。

聴覚を用いた研究としては、ある音楽に楽器の音やリズムを加えることでユーザに情報と伝えるシステムがある [11]。このシステムでは、ユーザ自身で楽器の音やリズムを特定の情報と関連づける。ユーザは、情報と音を関連づけて覚える必要があるために、ユーザの負担になる。

### 2.4.3 触覚を用いたシステム

人は触覚を通じて、固さ、手触り、温度、振動といった情報を取得している。触覚を用いたシステムの例としては、携帯電話のバイブレーションがある。触覚の特徴としては、以下のものが考えられる。

#### (a) 発信源に触れる必要がある

例えば、水に触れることなく水の温度を知ることは困難であるように、触覚は、情報を取得するためには情報の発信源にあるものに触れている必要がある。触覚の情報を取得する際には、デバイスを体に身につけている必要がある。

#### (b) 情報を遮断するのが容易な場合が多い

触覚は、触れていないと情報を取得できないので、触れなければ情報を遮断できる。しかし、遮断するのが非常に困難な場合がある。非常に困難なものとして、空気の温度があげられる。空気に触れることを遮断することは困難なので、全てのものにおいて情報を遮断することが容易だとは言えない。

触覚を利用した研究として、モーターが複数取り付けられたベルトを使用し、モーターを振動させることでユーザをナビゲートするシステム [12] や、薄型電極と静電気をを用いて素材の手触りを再現可能なディスプレイがある [13]。図 2.1 は、ユーザをナビゲートするシステムである。

触覚を用いたシステムは、表現しにくい状況が存在する。例えば、相手と自分の距離や、相手の忙しさの度合いとなどの 1 つの項目に関して値が上下するようなものならば触覚で表現できる。しかし、相手がいる場所や相手の状況といったような複数の項目の中から 1 つを選ぶといったものは表現しづらい。

### 2.4.4 嗅覚を用いたシステム

嗅覚を用いたシステムは、私たちの生活の中で接することはない。これは嗅覚の特性によるものだと考えることができる。嗅覚の特性としては、以下のものが考えられる。

#### (a) 疲労しやすい

嗅覚は他の五感に比べて著しく疲労しやすい。ある 1 種類の匂いを嗅ぎ続けていると匂いに対する感度が著しく低下する。匂いに対する感度が低下するということは、

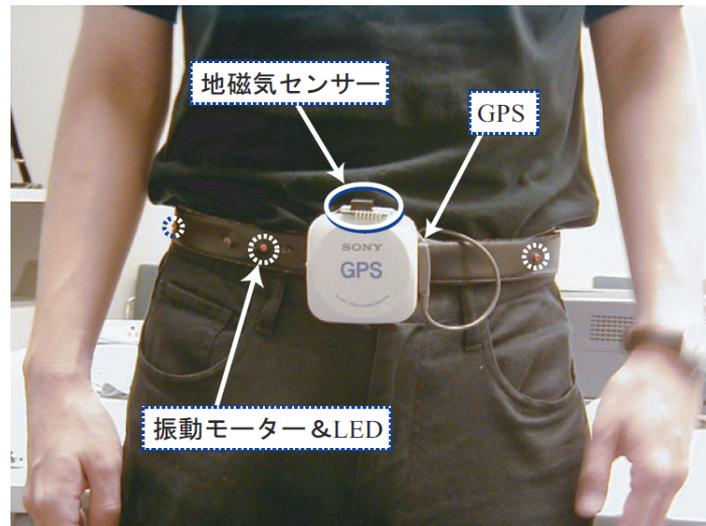


図 2.1: Active Belt: 触覚情報によるベルト型ナビゲーション機構

その匂いに慣れるといった表現を意味する．例えば，香水や芳香剤の匂いを初めて嗅いだ時には，その匂いを強く認識される．しかし，長時間にわたって匂いを嗅いでいると次第に慣れていき，ついには匂いを気にしなくなる．匂いに対する慣れは特定の匂いに対してのみ有効で，慣れた状態のところにならぬ匂いが漂ってくるとその匂いは認識することができる．

(b) 空気や風の影響を強く受ける

嗅覚は，鼻の中の粘膜にある細胞と匂いの分子が結合すること知覚される．匂いのもとになっているものが分子であるために，空気や風の流れの影響を多分に受ける．そのために，匂いを特定の場所に発生させようとした場合には，風や空気を利用して匂いの分子をその空間まで運ぶ必要がある．

(c) 情報の遮断が容易である

匂いのもとになっている分子は，空気や風の流れによって移動する．そのために，匂いの発生源を密閉することで匂いを遮断することができる．

(d) 原臭が見つからない

原臭とは，色や光の三原色に相当するものである．また，どのような処理をほどこせば，その匂いを表示できるのか明らかになっていない．匂いを混ぜることで任意の匂いを作ることが困難なので，匂いを伝えようとした際には，あらかじめその匂

いを準備する必要がある．複数種の匂いを使い分けようとした時には，その数だけの匂いを用意する必要がある．

嗅覚を利用したシステムとしては，オープンスペースで誰かが休憩していることを，コーヒーの香りによって気づかせるもの [14] や，空気砲を用いて局部的に香りを伝えるものがある [15]．嗅覚を用いた場合には，ユーザに匂いを伝える方法が問題となる．ユーザが匂いを発生させる機械を身につければ匂いを受け取れる範囲を広げることができるが，機器を身につけさせるためにユーザに負担がかかる．機器を身につけていなければ，空気砲などを用いて匂いを運ぶか，匂いの発生源を固定してその周囲でのみ情報を受け取れるようにするといったように，情報を受け取れる範囲が限られてしまう．

## 2.5 本研究の位置づけ

ここでは，本研究で用いた方法とその理由について説明を行い，本研究の位置づけを行う．

### 2.5.1 相手の状況を取得する方法

相手の状況としては，位置情報のみを取得した．位置情報しか取得しないの理由は，ユーザのプライバシーを大きく侵害しないためである．相手の状況を取得する範囲は，駅や公園といったパブリックな空間のみならず，自宅といったプライベートな空間を想定している．さらには，コミュニケーション支援という目的からシステムは長時間にわたって稼動することを前提とする．長時間にわたって，プライベートな空間で情報を取得されるということは，ユーザに対して大きな負担がかかる．ユーザへの負担を少しでも減らすために，取得する情報は位置情報のみとした．

位置情報を取得するために，アクティブ型のタグを用いた．アクティブ型の電子タグを用いた理由は，屋内においてある程度の通信距離を持つためである．仮に，ユーザにパッシブ型のタグを持たせ，部屋にリーダを設置するとする．パッシブ型のタグは，通信距離が短いので，数多くのリーダを設置することになる．リーダの数が少なければ，タグをリーダに近づけないと位置が取得できない．今度は逆に，ユーザにリーダを持たせて，部屋にタグを設置するとする．ユーザは，タグよりもはるかに大きく厚いリーダを持ち歩かなければならないために，負担がかかる．アクティブ型のタグならば，通信距離が長いために，ユーザがタグを近づける必要がない．アクティブ型のタグは，パッシブ型のリーダに比べれば，大きさが小さいのでユーザへの負担も少ない．

## 2.5.2 相手の状況を伝える方法

相手の状況と伝える方法として、音を利用した。触覚と嗅覚は、状況と感覚を通じて得られる情報の関連付けをユーザ自身が行う必要があるために、ユーザに負担がかかる。触覚は、忙しさの度合いを温度や振動で表すことはできる。しかし、睡眠、食事、勉強といった中から1つを表した際に、それが何を意味しているのか直感的に判断することは難しい。ユーザは、感覚と情報を関連付けて覚える必要がある。関連付けて覚えることは、ユーザにとって負担になるので、触覚は用いなかった。嗅覚も同様に、直感的に情報を伝えることが難しい状況があるので、用いなかった。

視覚は、指向性があり、壁などで容易に遮断されてしまうために、ユーザが情報を取得できる場所が限られてしまう。視覚は、他の活動と同時に状況を取得することが難しく、情報を取得するためにそれまで行っていた行動を中断することがある。これらの理由から、視覚は用いなかった。

聴覚は、意識せずに情報を取得することができる。また、火災報知器のベルと火災、蛍の光と閉店というように、音と特定の状況が関連づけられている例は数多くある。これらの理由から、相手の状況を伝えるために音を用いた。

## 第3章 提案するシステムの構成

この章では、本研究で提案するシステムについて述べる。システムは相手の状況を推定する状況推定部と、推定した状況をユーザに伝える状況伝達部から成り立っている。状況推定部では、ベイジアンネットやアクティグ型のRFIDを用いることで状況推定を行っている。状況伝達部では、音によって、状況推定部で得られた相手の状況とその信頼をユーザに伝える。

### 3.1 システムの構成

図3.1にシステム構成図を示す。システムは、相手の状況を推定する状況推定部と相手の状況をユーザに伝える状況伝達部の2つに分けることができる。状況推定部で推定された相手の情報は、ネットワークを通じて状況伝達部に伝送される。以下に各部分について説明を述べる。

### 3.2 ベイジアンネットによる状況推定部

状況推定は、ベイジアンネットを用いて行っている。最初に、ベイジアンネットについて説明を行う。その後、ベイジアンネットを用いた状況推定の方法について示す。

#### 3.2.1 ベイジアンネットとは

ベイジアンネットとは、確率変数と確率変数間の条件付き依存関係、その条件付き確率の3つによって定義されるネットワーク状の確率モデルである。確率変数はモデル、確率変数間の条件付き依存関係はノード間に張られた有向リンクで表される。リンクの元になるノードを親ノード、リンクの先にくるノードを子ノードと呼ぶ。条件付き確率は、

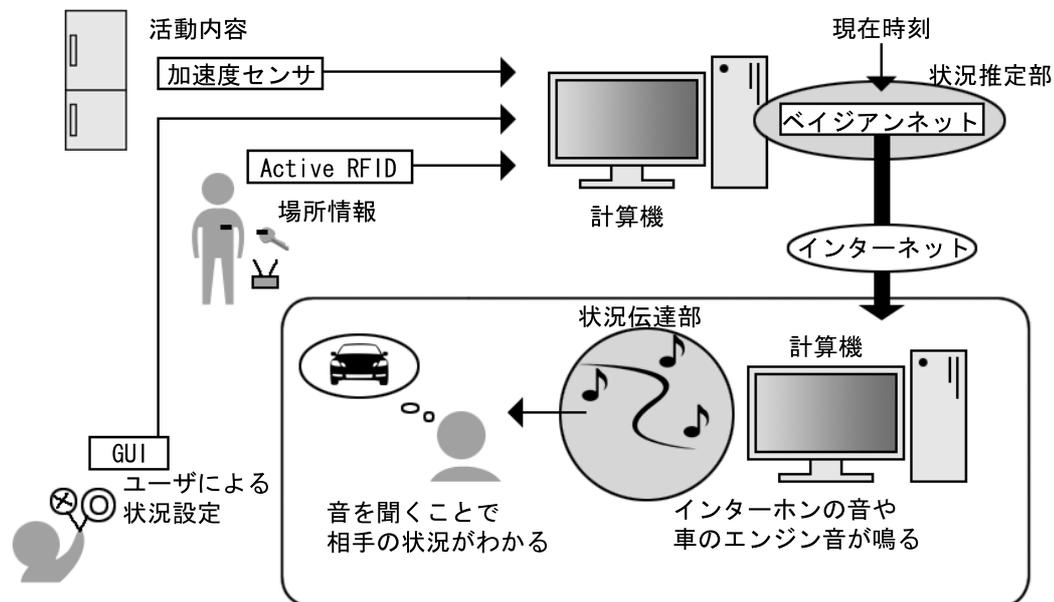


図 3.1: システム構成図

親ノードがある値をとった時の、子ノードがある値を取る確率を表している。ベジアンネットは、既知の事実を利用することで、未知の事実の確率を推論することができる。

例えば、計算機のネットワーク診断について考える。ある日突然、計算機使ってネットワークに接続できなくなったとする。この時、ネットワークに接続できなくなった原因について考える。ネットワークに接続するためには、IPアドレスの取得、ケーブル、ハブ、ソフトウェアといったように様々な要因が関係する。関係する全ての要因が正常に動作することで、ネットワークに接続することができる。従って、ネットワークに接続できないのは、どこかが故障しているか、設定が間違っていると考えられる。どこが悪いのか原因を考える際に、事前におおよその見当をつけることがあるのではないだろうか。これを、ベジアンネットでモデル化したものが図 3.2 である。

ケーブルが正常ならば接続部のランプが点灯する、などの定性的な依存関係をグラフで表す。このベジアンネットに、観測したり推定できた情報を入力して、それぞれの要因に障害が発生している可能性を示す確率を計算する。可能性を示す確率は、信頼度とも呼ばれている。計算された信頼度を基に、障害が発生している可能性が高い要因から調べていくことで、効率よく障害に対処できる。

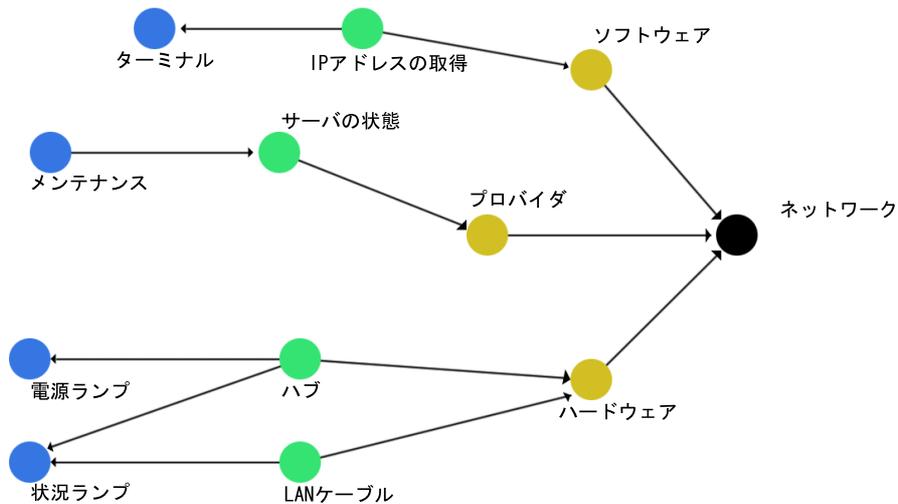


図 3.2: ベイジアンネット：ネットワーク診断の例

### 3.2.2 状況推定の方法

ベイジアンネットを用いて状況推定を行う際に、ベイジアンネットに与える情報として、以下の4種類を用いる。

#### (a) 場所情報

場所情報は、部屋の中において相手がいる場所を意味する。場所情報の例としては、デスクや洗面台、ソファといったものがある。場所情報は、相手の状況を絞りこむために用いる。例えば、入浴は浴槽、勉強は机、睡眠はベットや布団といったように、人の行動と場所には関連性がある。関連性があるので、相手がいる場所がわかれば相手の行動をある程度ならば推測することができる。

場所情報の取得には、アクティブRFIDを用いる。RFIDとは、微小な無線チップで人や物を識別、管理するための仕組みを意味する。RFIDは、タグやカードの形で用いられている。タグやカードには、自身の識別コードなどの情報が記録されており、電波を使ってリーダーと情報の送受信を行う。タグとリーダーは専用のものであるために、他社同士のタグとリーダーを組み合わせたりした場合には、タグの情報を読み込む、タグへ情報を書き込むといったことはできない。タグは、電源を内蔵するかどうかでアクティブ型とパッシブ型に分けることができるが、本研究で用いるのはアクティブ型である。アクティブ型のタグは、電源としてボタン電池を内蔵するために、パッシブ型ほど小さくはない。アクティ



図 3.3: Spider システム

ブ型の中には、電波強度を検出できる機種がある。電波強度を検出できる機種では、電波強度によってある程度ならばリーダとタグ間の距離を推定することができる。アクティブRFIDとしては、RF Code社のSpiderシステムを用いた。図3.3は、Spiderシステムである。

Spiderシステムは、範囲内のタグを検出することができるが、電波強度は検出できない。リーダと計算機間における情報の送受信はシリアル通信によって行われる。場所情報を取得するために、タグはユーザに持たせ、リーダはベットや机といった活動のポイントとなる場所に設置する。リーダを設置する際に、設置場所に合わせてタグの検出範囲を変更している。例えば、部屋にいるか判断するためのリーダはタグの検出範囲を最大値に設定し、計算機の近くにいるか判断するためのリーダは検出範囲を1m程度に設定する。タグを持った人がリーダに近づくと、タグが認識され、その人がリーダの近くにいることがわかる。その人は、リーダが設置されている場所に関連がある活動をしている確率が高いと考えることができる。活動のポイントにRFIDのリーダを設置する方法は、環境の変化に対応できる。例えば、家具や物の配置が変わることがあっても、リーダを移動させ検出範囲を調整することで対応できる。

#### (b) 現在時刻

現在時刻は、状況を取得されるユーザの現在時刻を意味する。現在時刻は、相手の状況を絞り込むために用いる。人の行動には、時間の影響を受けるものがある。人の行動が時

表 3.1: 時間帯の分類

時間帯	時間
深夜	1 ~ 4
朝	5 ~ 10
昼	11 ~ 15
夕方	16 ~ 20
夜	21 ~ 24

間の影響を受ける例としては、睡眠がある。例えば、Uさんがは、昼間は学校へ行き授業を受け、夜間は自宅にもどり寝るといった生活を送っていたと仮定する。これは、Uさんは、昼間に比べて夜間の方が寝ている確率が高いと考えることができる。睡眠のように、時間の影響を受ける状況を推測するために、現在時刻を用いる。

現在時刻の取得は、計算機から行っている。計算機から時間が取得された後に、時間に5つの時間帯に分類される。時間の分類について、表 3.1 に示す。

### (c) 活動内容

ここでの活動内容は、物の活動状況、状態を意味する。例として、掃除機の場合について述べる。仮に、掃除機に RFID タグがつけられていたとする。RFID タグの情報から、掃除機が複数の部屋の間を移動していることがわかったとする。掃除機が家の中で広い範囲に渡って移動していることは、掃除機が利用されていると考えることができる。掃除機が利用されているということは、その人は掃除をしているだろうと推測することができる。

活動内容の取得には、センサを用いる。本研究では、加速度センサを用いて扉の開閉状況を、RFID タグを用いて鍵の場所を取得している。加速度センサとしては、ANALOG DEVICES 社の ADXL202JE を用いた。図 3.4 は、実際に用いた加速度センサである。

センサは、冷蔵庫の扉に取り付ける。取り付けたセンサから傾きを取得する。取得した値が、閾値を超えていれば扉が開いている、閾値を超えてなければ扉がしまっているとした。冷蔵庫には、食料が保存されている。冷蔵庫が開けられたということは、その人は食料に関心がある状態だと判断することができる。

鍵とは、家の鍵や車の鍵を意味する。例えば、RFID タグの情報から Uさんは家にいないことがわかったとする。この時に、鍵の状態によって、Uさんの外出は一時的なものか

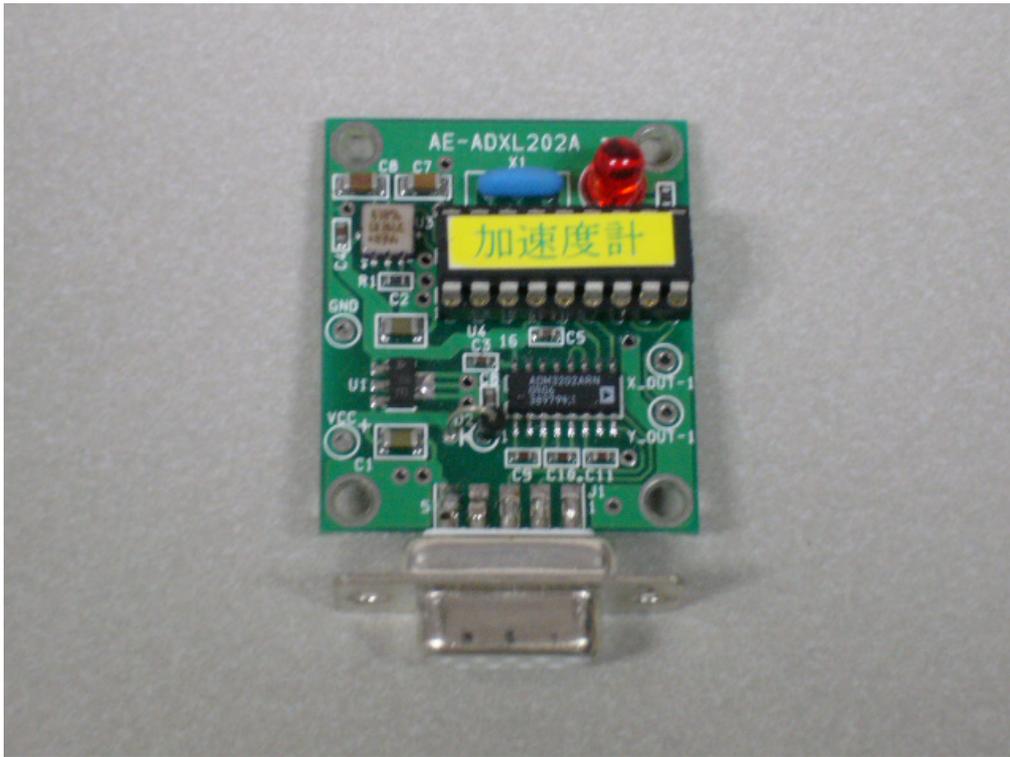


図 3.4: 使用した加速度センサ

どうか推測することができる。仮に、家に中に鍵があることがわかったとすれば、Uさんは近所のゴミ捨て場にゴミを捨てにいったかもしれないし、庭の花に水をあげているかもしれないが、家の外にいるのは一時的なものですぐ家に戻ってくると考えることができる。

#### (d) 状況設定

状況設定は、ユーザが自分の状況を設定することで行う。状況設定は、GUIから行う。図 3.5 に、状況設定を行うための GUI を示す。

ユーザが設定できるのは、睡眠や食事といった状態を設定することができるが、自分は机にいるといった場所情報や、冷蔵庫の扉は開いているといった活動内容は設定することができない。



図 3.5: 状況設定をおこなう GUI

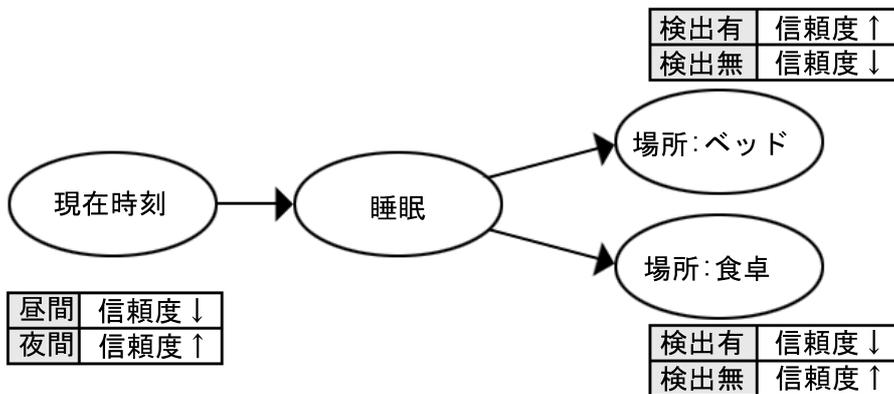


図 3.6: ベイジアンネットワーク：睡眠モデルの例

### ベイジアンネットワークの動作

ベイジアンネットワークの作成には、Hugin Expert 社の Hugin を用いている。ベイジアンネットワークのモデルは、人の行動と場所を中心にして作成している。図 3.6 にベイジアンネットワークのモデルを示した。

状況推定の方法について、モデルを例にして説明する。ここでは、睡眠の信頼度を求める。睡眠のノードは、親ノードとして現在時刻が、子ノードとして場所情報のベッドと場所の情報の食卓の 2 つ、計 3 つのノードがリンクでつながっている。睡眠の信頼度は、リンクでつながった 3 つのノードの状態によって決定する。現在時刻のノードは、現在時刻を取得し時間帯に分類することで、その状態が決定する。場所：ベッドのノードは、ベッドに設置された RFID リーダからのタグ情報によって、その状態が決定する。ベッドとい

う場所は睡眠という活動に関連があると考えられる。そのため、ベッドでタグが検出されると睡眠の信頼度は上がり、タグが検出されていなければ睡眠の信頼度が下がる。場所：食卓のノードも、場所：ベッドのノードと同様に、食卓に設置されたRFIDリーダからのタグ情報によって、その状態が決定する。しかし、食卓という場所は、睡眠という活動に関連があると考えられることは難しい。そのため、食卓でタグが検出されると睡眠の信頼度は下がり、タグが検出されていなければ睡眠の信頼度は上がる。この時、ユーザ自身によって睡眠ノードの状態を設定することができる。ユーザが寝ていると設定すれば、睡眠の信頼度は100%になる。逆に、寝ていないと設定すれば、睡眠の信頼度は0%になる。

ベイジアンネットに、既に観測した場所情報、現在時刻、活動内容を反映させると、相手の各状況の信頼度が算出される。信頼度が最も高い状況が、現在の相手の状況だと考えることができる。信頼度が最も高い状況が複数存在した時は、状況伝達をされる側のユーザが定めた優先順位に従って相手の状況が決定される。

### 3.3 音による状況伝達部

ここでは、状況伝達部について説明する。状況伝達部では、表現音によってユーザに相手の状況を伝える。まず最初に、表現音の考え方について説明する。その後、表現音を用いて状況伝達を行う方法について述べる。

#### 3.3.1 表現音の考え方

表現音とは、特定の状況を表す音である。表現音の例としては、来客時になる玄関のインターホン、電話の着信音がある。表現音としては、救急車の音のように聞くだけで誰もが同じ状況を連想できる音を用いる。このような音を用いることで、ユーザは音を聞いただけで直感的に特定の状況を思い浮かべることができる。直感的に特定の状況を思い浮かべることができれば、ユーザは、改めて音と状況の関連付けを行い覚える必要がなくなる。関連づけて覚える必要がなければ、ユーザの負担にはならない。

#### 3.3.2 状況伝達の方法

状況推定部によって、相手の状況とその信頼度が得られる。例えば、状況推定部によって相手の状況は睡眠である、という情報を取得したとする。相手の状態が睡眠であったとしても、その信頼度が10%の時と90%の時では、大きな違いがあると考えられる。例え

ば、天気予報を見た時、雨が降る確率が30%の時と90%の時では、同じ雨が降るといった情報でも、その解釈は異なると考えられる。ユーザに対して、より適切と考えられる情報を伝えるために、相手の状況、その状況の確率、2つの情報を伝える必要があると考えた。

相手の状況と確率をユーザに伝えるために、表現音とノイズ音、2種類の音を用いた。表現音は相手の状況を表し、ノイズ音はその状況の確率を表す。ノイズ音は、確率によって音量が変化する。確率が0%の時は、0.0dBになる。この0.0dBとは、騒音計を用いて計測した時の値ではなく、Java Sound APIにおいてミキサーとしてJava Sound Audio Engineを用いた場合、デフォルト音量を意味している。確率が1%上がる毎に、音量は0.3dBずつ下がっていき、確率が100%の時には、-30dBとなる。

ユーザに音で状況を伝える際に、音の強さを変化させるために、音量とリバーブを使用している研究がある。[16] この方法のように、音量を変化させたりリバーブのようなエフェクトを用いずに、ノイズ音とその音量を変化させる方法を用いたのには理由がある。その理由を以下に説明する。

#### (a) 表現音の音量を保つ

私たちの生活の中では、話し声や足音、鳥や虫の声、TVから流れてくる音といったように様々な音が存在する。物音が全くしない環境ならば、ユーザは非常に小さな音でも反応できると考えられる。しかし様々な物音がする環境でユーザに確実に音を届けるためには、ある程度の音量が必要である。表現音の音量を変化させると、音量が小さい時に、他の物音によって自然に聞こえない可能性がある。小さな音でも、聞き取ろうと意識をしたり、他の物音を遮断すれば、聞き取ることができる。しかし、意識して音を聞き取ろうとすることは、ユーザにとって負担となる。表現音の音量を一定量で保つことで、ユーザは自然に音が聞こえる。

#### (b) 表現音の質を変化させない

音にエフェクトをかけると、エフェクトに応じて聞こえてくる音が変わる。表現音も同様に、エフェクトをかけることによってその音は変わる。表現音を変化させてしまうと、その音を聞いたユーザは、表現音が想起させるはずの状況とは異なる状況を想起する可能性がある。異なった状況を想起させないように、表現音にエフェクトをかけなかった。

音は、遮断するのが困難という特性がある。遮断するのが困難なので、音によってユーザに情報を伝える時は、音を鳴らす時間やタイミングが重要になる。もし、相手の状況を

表す耳障りな音が24時間いつでも鳴っていたとしたら、それはユーザにとって大きな負担になる。ユーザの負担を小さくするためには、音を鳴らすタイミングを制御する必要がある。タイミングを制御するために、状況推定部からの情報を利用する。状況推定部では、相手に伝えるために、ユーザ自身も状況を取得されている。状況推定部で推定されたユーザの状況と、その信頼度によって音を鳴らすタイミングを決める。音を鳴らすタイミングは、最初にユーザの状況によって音を鳴らすか判定を行った後に、その信頼度によって判定を行い決定する。例えば、睡眠といったように音を鳴らすことが好ましくない状況にユーザがあると推定されると、その信頼度に関わらず音は鳴らない。例えば、休憩や食事といったように音が鳴っても問題がない状況にユーザがあると推定されると、その信頼度が閾値を越えていれば表現音が鳴り、ユーザに相手の状況が伝えられる。閾値は、試行したアンケートの結果から75%と設定した。

## 第4章 評価実験

本章では，提案したシステムに関して行った実験について示すとともに，その結果に対して考察を行う．提案したシステムは，ベイジアンネットとアクティブRFIDを用いた状況推定部と，推定した状況を音で伝える状況伝達部から成る．提案したシステムについて以下に示したように，3種類の実験を行う．

- アクティブRFIDとベイジアンネットを用いて状況推定を行い，実際にユーザいた場所や状況と比較する．これは，状況推定部の精度を調べるためと，ユーザの状況と場所に関連付けた状況がどの程度一致したかを調べるために行う．
- 表現音を聞かせ，その音が表示している状況を答えてもらう．これは，表現音によって相手の状況を伝えられるか検証するために行う．
- 表現音とノイズ音を組み合わせたものと，表現音のみで音量を変化させたものユーザに聞かせて，その信頼度を答えてもらう．これは，表現音とノイズ音を組み合わせた方法が，ユーザに信頼度を伝えられるか調べるために行う．

### 4.1 実験1：アクティブRFIDを用いた場所情報の推定に関する実験

実験の目的は，2つある．1つ目は「状況推定部において，場所情報の検出精度を調べる」2つ目は「ユーザの状況が場所にどの程度依存しているか調べる」以下に，実験方法と条件に関する説明を記す．

## 4.1.1 実験概要

### 実験方法

ユーザの状況を推定するために、アクティブRFIDリーダからのタグ検出情報による場所情報、現在時刻による時間情報をベイジアンネットに与える。ベイジアンネットによって得られた場所情報と、ユーザが実際にいた場所を比較しどの程度合致しているか調べる。場所情報と実際にいた場所が合致した際には、場所情報に関連付けられている状況と実際のユーザの状況が合致しているか調べる。

### 実験条件

実験は、筆者が所属する研究室の一部にて行った。研究室内の地図を図4.1に示す。

研究室には、机が4人分設置されている。机1つに対して計算機が1台設置されており、各個人専用のスペースとなっている。ソファは、中心に置かれているテーブルを囲むように、2人がけものと、1人がけのものが1つずつある。部屋の隅には、菓子、コーヒーやお茶といった飲食物が置かれており、各人が自由に飲食できるようになっている。RFIDのリーダは、図4.1においてa~eのアルファベットで示されている場所に設置した。

図4.2は、設置したリーダの様子である。RFIDとしては、図3.3で示しているSpiderシステムを用いた。リーダは設置する場所と取得する位置情報によって、タグ読取り範囲とノイズ識別レベルに関して設定を変更している。タグ読取り範囲は、1~8の8段階で設定できる。1は最小読取り範囲を、8は最大読取り範囲を意味している。事前に試行した結果では、1に設定した際にはリーダを中心に半径1~2mの範囲内のタグが読み取れている。リーダの、設置と設定について表4.1に示す。ノイズ識別レベルは、リーダがタグIDとノイズを識別するレベルを意味している。0~100の範囲で設定が可能である。設定した値が高いほど、確実に読まれたタグIDのみ送信し、信号が弱いタグIDを処理しない。初期値としては、12が設定されている。リーダの設置場所や設定については、表4.1に記す。

設置場所は、図4.1に示されているアルファベットに対応している。場所情報とは、設置したリーダで取得するための場所情報を意味している。状況とは、その場所に関連付けられている状況を意味する。タグ読取り範囲とノイズ識別レベルは、設置したリーダの値を記している。c地点に設置したリーダのみ、タグ読取り範囲を最大にしている。これは、c地点に設置したリーダは、部屋の中にタグを持った人がいることを識別するために用いているからである。

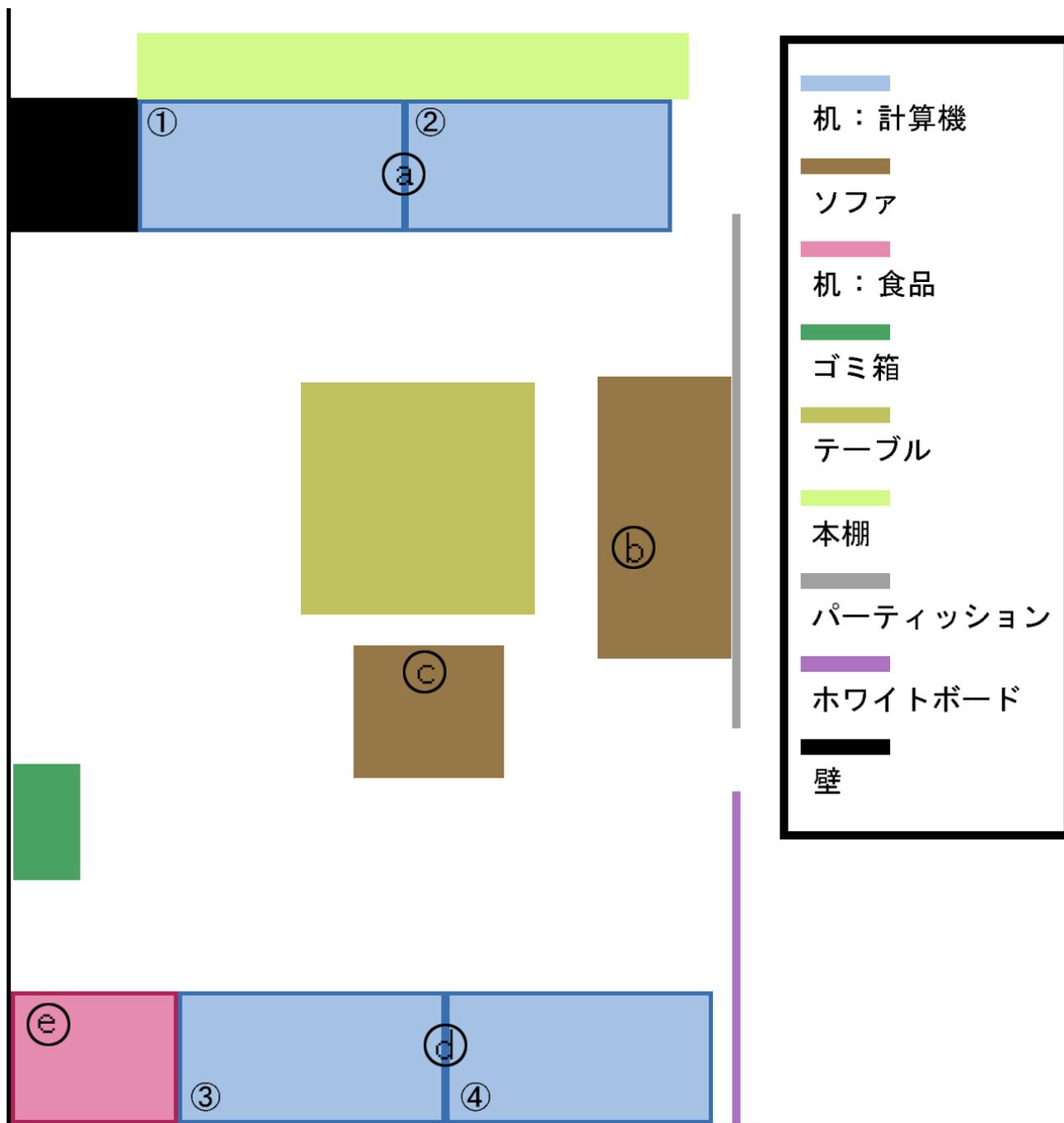
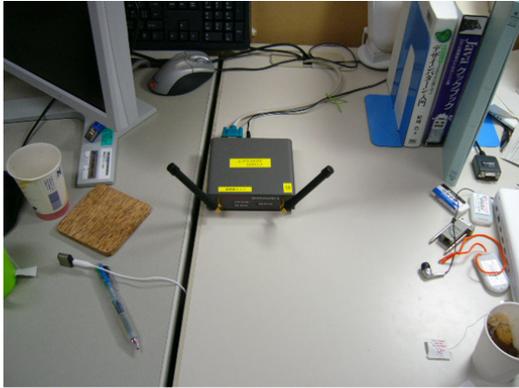


図 4.1: 実験を行った研究室における物の配置



a: デスクの上に設置



b: ソファの下に設置



c: ソファの下に設置



d: 机の上に設置



e: 机の下に設置

図 4.2: 設置した RFID リーダ

表 4.1: RFID リーダの設置場所と設定

設置場所	場所情報	状況	タグ読取り範囲	ノイズ識別レベル
a	デスク	デスクワーク	1	8
b	ソファ	休憩	1	12
c	部屋	在室	8	0
d	デスク	デスクワーク	1	12
e	食料	飲食	1	12

表 4.2: 場所と状況の関連付け

場所	状況
デスク	デスクワーク (計算機の利用, 読書)
ソファ	休憩, 会話
食料品置き場	飲食

表 4.2 は、場所と状況の関連付けを表している。表に従って、ユーザがその場所にいれば、その状況下にあると仮定する。仮定した状況と、実際のユーザの状況を比較する。

図 4.3 に、実験で使用したベイジアンネットのモデルを示す。モデルでは、ユーザがいる場所に基づいて状況が決定される。状況は、室内と室外にわけることができる。被験者のタグがどのリーダーでも認識されなかった場合にのみ、ユーザは室外にいると推測される。RFID 部屋は、図 4.1 の C 地点に設置されたもので、室内のいることを取得するために用いている。室内の状況は、デスクワークと休憩と食事に分類される。例えば、ソファと部屋でタグが検出された場合には、休憩していると推測される。デスク、ソファ、部屋といったように複数箇所でもタグが検出された時は、デスクワークが最も優先され、食事が最も優先されない。優先度は、被験者が過ごす時間の長さからデスクワークが最も高く、次いで休憩、食料品置き場が最も低い。

実験は、筆者が所属する研究室の学生 4 名の被験者を対象に行った。被験者は、図 4.1 の机の位置から、被験者 1、被験者 2、被験者 3、被験者 4 として扱う。被験者の番号は、各被験者の個人スペースとなる机の番号を意味する。

実験は 3 日間に渡って、行った。被験者には 30 分ごとに、その時いた場所と状況を紙に記してもらった。紙に記すタイミングに関しては、研究室内の計算機にて 30 分ごとに音を鳴らし、その音が鳴った時点のものを記してもらった。実験環境の範囲とプライバシー

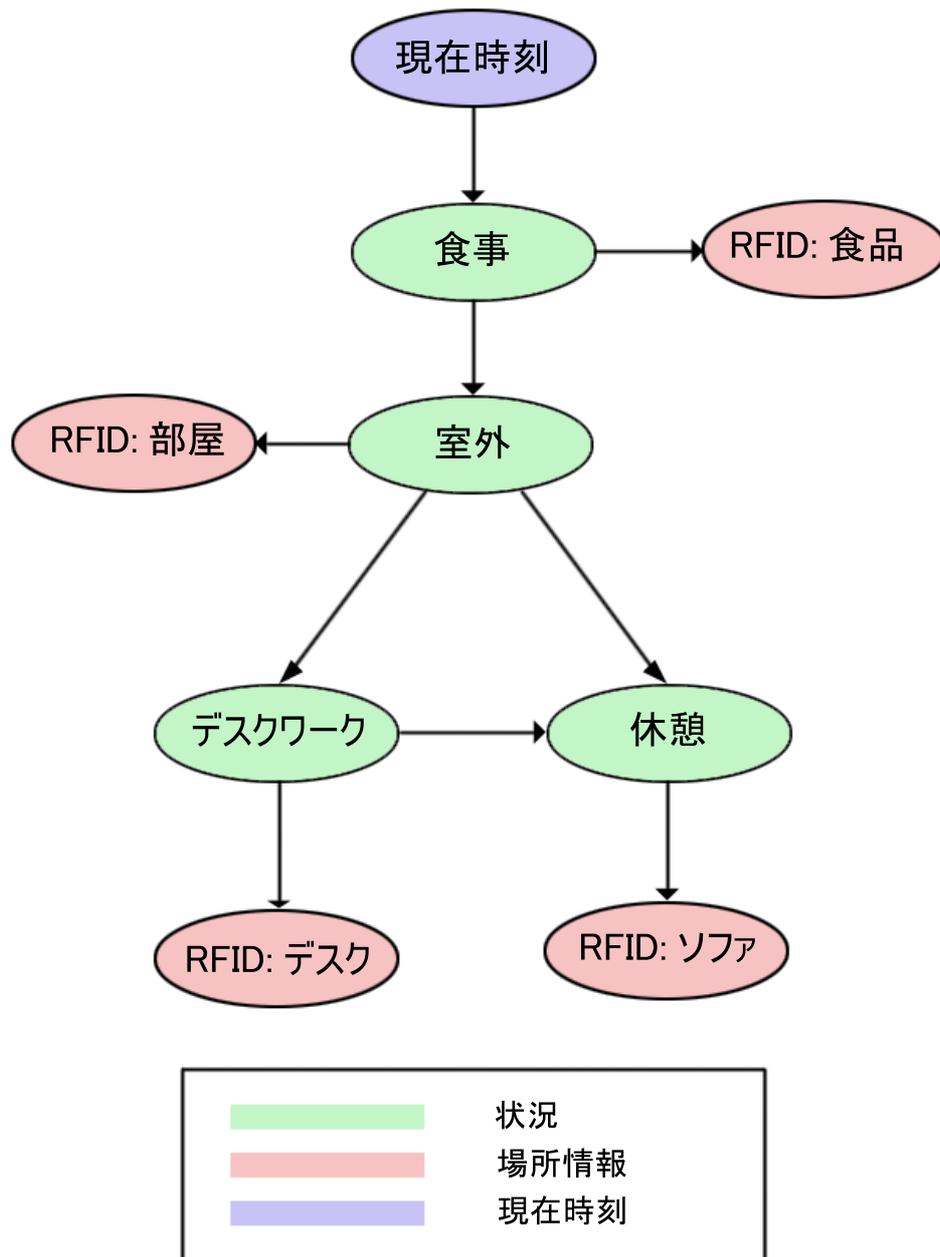


図 4.3: 実験で使用したベイジアンネットのモデル

への考慮から，研究室外についてはすべて室外として扱い，室外での状況は記してもらわなかった．

#### 実験手順

実験は，以下の手順で行った．

1. 実験の内容と，30分ごとに行う場所と状況の記入に関する説明．
2. 30分ごとに音が鳴る．
3. 音が鳴った時点での，場所と状況を記入してもらう．

#### 4.1.2 実験結果

表 4.3～4.5 に，実験の結果を示す．表 4.3 は，ユーザが室内，室外にいた場合における，場所情報推測の結果を表している．表 4.4 は，ユーザが室内にいた時の，場所情報推測の結果を表している．表 4.5 は，ユーザが室外にいた時の，場所情報推測の結果を表している．有効数とは，表 4.4 と表 4.5 においては，実際にユーザがいた回数を現している．実験中に，ユーザがタグを身に付けるのを忘れたことがあった．タグを身に付けていなかった状況については，その間のデータは無効なものとして扱った．また，被験者 3 のデータに関しては，被験者が実験の間ずっと室外にいたので，データとして不適切であると判断した．その為，被験者 3 のデータは表に記してあるが，平均値など求める際には加えていない．表 4.6 は，室内においてユーザが行った行動と，場所情報に関連付けている状況の関係を表してのものである．有効数は，ユーザが室内にいた回数を意味する．

表 4.3: 室内と室外での場所情報の認識

被験者1			
	有効数	認識回数	認識率
1日目	48	38	79.17
2日目	48	9	18.75
3日目	48	17	35.42
合計	144	64	44.44
被験者2			
	有効数	認識回数	認識率
1日目	48	47	97.92
2日目	48	17	35.42
3日目	48	16	33.33
合計	144	80	55.56
被験者3			
	有効数	認識回数	認識率
1日目	48	48	100
2日目	48	48	100
3日目	48	48	100
合計	144	144	100
被験者4			
	有効数	認識回数	認識率
1日目	48	46	95.83
2日目	39	36	92.31
3日目	48	47	97.92
合計	136	129	95.56
3人合計	423	273	64.54

表 4.4: 室内での場所情報の認識

被験者1			
	有効数	認識回数	認識率
1日目	22	13	59.1
2日目	11	9	81.82
3日目	22	17	77.27
合計	55	39	70.91
被験者2			
	有効数	認識回数	認識率
1日目	10	9	90
2日目	24	17	70.83
3日目	18	16	88.89
合計	52	42	80.77
被験者3			
	有効数	認識回数	認識率
1日目	0	0	0
2日目	0	0	0
3日目	0	0	0
合計	0	0	0
被験者4			
	有効数	認識回数	認識率
1日目	8	7	87.5
2日目	12	10	83.33
3日目	8	7	87.5
合計	28	24	85.71
3人合計	135	105	77.78

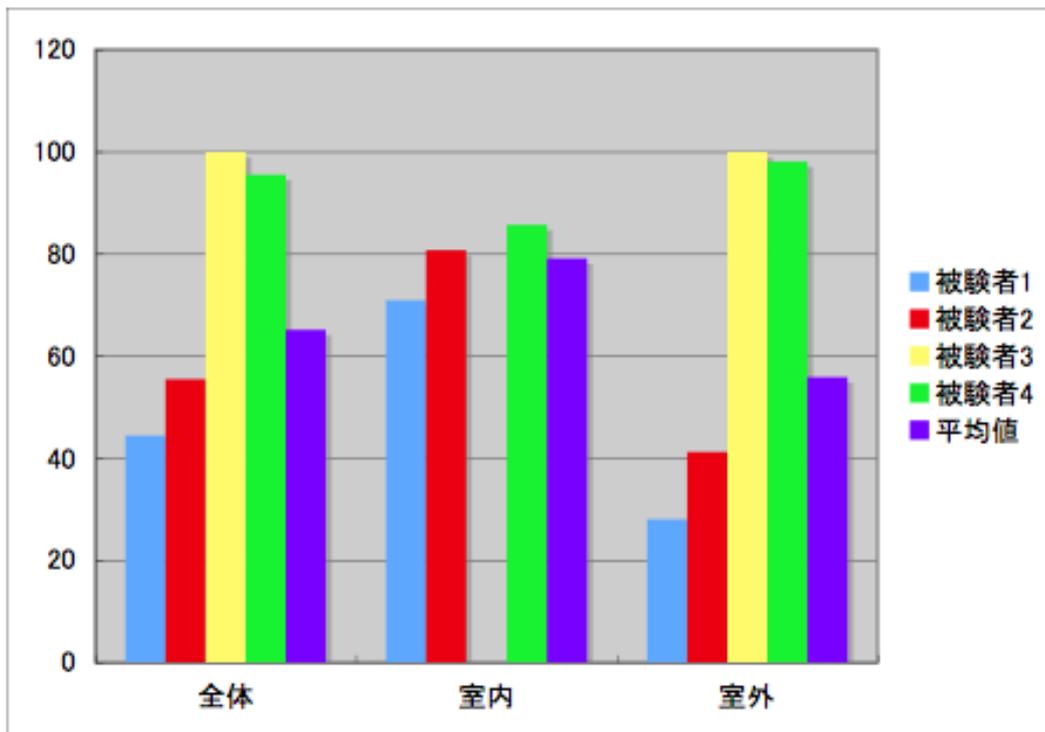
表 4.5: 室外での場所情報の認識

被験者1			
	有効数	認識回数	認識率
1日目	26	25	96.15
2日目	37	0	0
3日目	26	0	0
合計	89	25	28.09
被験者2			
	有効数	認識回数	認識率
1日目	38	38	100
2日目	24	0	0
3日目	30	0	0
合計	92	38	41.3
被験者3			
	有効数	認識回数	認識率
1日目	48	48	100
2日目	48	48	100
3日目	48	48	100
合計	144	144	100
被験者4			
	有効数	認識回数	認識率
1日目	40	39	97.5
2日目	27	26	96.3
3日目	40	40	100
合計	107	105	98.13
3人合計	288	168	58.33

表 4.6: 室内におけるユーザの行動と場所情報の関連付けられた状況との比較

被験者1			
	有効数	認識回数	認識率
1日目	22	13	59.1
2日目	11	9	81.82
3日目	22	17	77.27
合計	55	39	70.91
被験者2			
	有効数	認識回数	認識率
1日目	10	9	90
2日目	24	17	70.83
3日目	18	16	88.89
合計	52	46	80.77
被験者3			
	有効数	認識回数	認識率
1日目	0	0	0
2日目	0	0	0
3日目	0	0	0
合計	0	0	0
被験者4			
	有効数	認識回数	認識率
1日目	8	7	87.5
2日目	12	10	83.33
3日目	8	7	87.5
合計	28	24	92.86
3人合計	135	105	77.78

表 4.7: 室内におけるユーザの行動と場所情報の関連付けられた状況との比較



### 4.1.3 考察

アクティブRFIDによる，位置の検出について

表 4.3 を見ると，被験者 4 の場所状況の認識率は，他の 2 人と比較して，非常に高い．3 者の認識率で大きな差が現れた原因について考察を行う．

表 4.4 から，被験者が室内にいた時の認識率について，被験者 4 と他の 2 人を比較する．被験者 4 は，有効数が他者の約半分である．認識率に関しては，被験者 4 が 85.71% で，最も低かった被験者 1 は 70.91% であり，その差は 14.8% ある．被験者 4 の方が認識率は高い．しかし，両者の間に表 4.3 ほどの差はないために，室内におけるユーザの場所情報の認識に問題があったとは考えにくい．

次に，表 4.5 を見ていく．表 4.5 は，ユーザが室外にいることについての認識率を表している．表 4.5 では，被験者 4 の認識率が 98.1% と非常に高く，他の 2 人との間に大きな差がある．大きな差があることから，被験者 4 と 2 人の認識率の差が現れた原因は，ユーザが室外にいることを推測する部分だと考えられる．表 4.5 をさらに詳しくみていく．1 日目は，3 者の間で認識率に大きな差は見受けられない．しかし，2 日目と 3 日目では，3 者の間で認識率に大きな差がある．被験者 4 は，1 日目と 2,3 日目の認識率の間に大きな差がない．しかし，被験者 1 と被験者 2 は，2 日目と 3 日目は，室外にいることが全く認識されておらず，1 日目の認識率と大きな差がある．ユーザが室外にいると認識されるのは，持っているタグが全てリーダーで検出されなかった場合である．室外にいることが全く認識されていなかったということは，本来はないはずのタグが誤って認識されたということである．タグの認識が誤っていたということは，リーダーに問題があったと考えられる．

設置されたリーダーに関して，被験者 1,2 と被験者 4 の間には大きな違いがある．図 4.1 の中において，被験者 1 と被験者 2 が机にいることを認識するための RFID リーダは，a 地点に設置されている．一方，被験者 4 が机にいることを認識するための RFID リーダは，d 地点に設置されている．また，ログ<sup>1</sup>から被験者 1, 2 が室外にいることをデスクにいると認識されていることから，デスクにいることを認識するために設置された，a と d 地点のリーダーの違いが認識率の原因だと考えられる．

タグの誤認識は，Spider システムの設定にて対処できると考えられる．ノイズ識別レベルの設定値をあげることで，タグの誤認識を減らすことができると考えられる．

タグの認識においては，最も高かった被験者 4 では 95.56% ある．リーダーの設定や設置場所を調整することで，今回得られた被験者 4 の認識率を保つことができれば，コミュニ

---

<sup>1</sup>付録を参照

ケーション支援という目的に対して、効果があると考えられる。今回の実験は、実験期間が短く被験者数が少ないので、さらに実験を行う必要がある。

実験を通して得られた知見を以下に示す。

- アクティブRFIDを用いた場所情報推定の精度に関しては、室内と室外では64.54%、室内では77.78%、室外では58.33%だった。
- 実験において、タグの誤認識という状況が見受けられた。タグの誤認識は、リーダーの設定を調整することで対処できると考えられる。従って、リーダーの調整を行うことで精度を高めることができると考えられる。

#### ユーザの状況と場所情報に関連付けられた状況について

表4.4をもとにして、あらかじめ場所に関連付けられている状況と、ユーザがその場所にいたときの状況を比較する。実際にユーザが置かれていた状況と関連付けられた状況の合致率として、88.89%という値が得られた。この数字から、ユーザの状況は場所の間には関連性があることが分かっている。得られたデータから、ユーザの状況は場所が変化することで切り替わることが多々あった。このことから、ユーザがいる場所が変化することが、ユーザの状況変化を表していることを示している。従って、ユーザの状況を推定する方法として、場所情報を基に推定することは有用である。

今回の実験を行った空間では、食事を取るスペースがない。図4.1で机:食品と示されている場所は、食料品が置いてある場所で、それを食すスペースはない。食事を行うためのスペースが用意されていないために、被験者は、各個人の専用スペースとなる机で、食事を採ることがあった。1つの場所に対して、食事や休憩、勉強といった複数の行動がとられるケースがある。このようなケースに対処するために、状況推測において、直前の状況や時間を用いてベイジアンネットの改良を行う必要がある。ベイジアンネットのモデルの改良以外に、センサを用いることで、状況推測の精度をあげることができると考えられる。部屋にある物に、センサを付けることで人の日常生活の行動を認識しようとしている研究がある[17]。このように物にセンサを取り付けることで、状況推定の精度を高めることができると考えられる。

この実験で得られた知見を以下に示す。

- ユーザの状況の88.89%は、場所情報に依存していることがわかった。

表 4.8: 実験で使用した表現音

状況	表現音
食事	トントンという包丁の音
睡眠	目覚まし時計の音
休憩	カップに飲み物を注ぐ音
退室	時計の秒針が動く音
デスクワーク	計算機のキーボードを打つ音
来客	インターホンの音
ドライブ	車のエンジンをかける音

- 複数の状況が依存する場所については，状況を識別できるようにする必要がある．識別するためには，ベイジアンネットのモデルの改良、ダイナミックベイジアンネットやセンサの導入が有効だと考えられる．

## 4.2 表現音による状況伝達に関する実験

実験として，表現音を被験者に聞かせ，その音が表している状況を答えてもらった．この実験は，「状況伝達部において，表現音によって相手の状況を伝えることが可能か検証する」ために行う．以下に，実験の方法と条件を示す．

### 4.2.1 実験概要

#### 実験方法

被験者には，表現音を聞いてもらってそれがどの状況を表しているか答えてもらう．回答の間，被験者には，表 4.7 において状況の列のみを記した紙を見せている．被験者の回答に対しては，その正誤を伝えてはいない．回答を終えた後，被験者には，状況を想起しやすかった音と状況を想起しにくかった音をあげてもらった．

#### 実験条件

実験にあたって，7種類の表現音を用意した．表現音とそれに関連付けられている状況の関係は，表 4.7 に示す．

表 4.9: 表現音による状況伝達に関する実験の結果

	正答率	わかりやすい	わかりにくい
食事	71.43	0	1
睡眠	43.86	0	1
休憩	57.14	0	3
退室	0	0	7
デスク	85.71	2	2
来客	100	5	0
ドライブ	100	7	0

被験者は、本学学生、7名を対象に行った。被験者が音を聞く際には、ヘッドホンを用いて、周囲の環境の影響を受けないようにした。音を鳴らす順番やタイミングは、状況伝達部に関する実験なので、状況推定部に従っているわけではない。音はランダムな順番で、全ての音を一回ずつ被験者に聞かせていった。被験者には、音を1つ聞くたびに、その音がどの状況に当てはまるのか答えてもらった。消去法で回答されることを防ぐために、被験者の回答に対しては、その正誤を伝えていない。

#### 実験手順

実験は、以下の手順で行った。

1. 被験者への説明と、表 4.7 の状況のみが書かれている紙を渡す。
2. 表現音を再生し、被験者に、その音が表していると思う状況を答えてもらう。
3. 手順 2 を、全ての表現音について行う。
4. 状況を想起しやすかった音と、状況を想起しにくかった音を述べてもらう。

#### 4.2.2 実験結果

表 4.8 に、実験の結果を示す。正答率は、全被験者に対する正解者の率を表している。わかりやすい、わかりにくいという項目は、実験の手順 4 において、被験者があげた回数の合計値を表している。

### 4.2.3 考察

表 4.8 から，表現音によって正答率が大きく異なっている．来客とドライブの表現音は全員が正答したのに対して，退室は誰も正答できなかった．退室に関しては，誰も正答できなかったことと，全員が状況を想起しにくかったとしていることから，表現音として不適切だと考えられる．来客とドライブの表現音については全員が正答できたことから，音で状況を伝えることは可能であることがわかった．

今回の実験では，全員が回答できた表現音が存在した．しかし，被験者の数を増やしたり，年齢の幅を広げることで，全員が正解する音が全くない状況がでることも考えられる．そのような状況に対しての対応策を考える必要がある．

実験を通じて得られた知見を以下に示す．

- 被験者全員が正答できた音があった．このことから，音で相手の状況を伝えることは可能だということがわかった．
- 被験者によって状況を伝えられる場合と伝えられない場合に分かれる音があったことがわかった．

## 4.3 状況推定部で得られた信頼度の伝達に関する実験

「状況推定部で得られた信頼度を伝えられるか検証する」ために，表現音とノイズ音を組み合わせた場合と表現音のみの場合を比較した．また，信頼度を徐々に下げていきどの時点で「表現音が聞き取りづらいと感じるようになるか調べた」．実験は，静かな状況と，生活騒音がある状況と2種の環境下にて行った．以下に，実験の方法と手順について示す．

### 4.3.1 実験概要

#### 実験方法

音によって信頼度を伝えられるか検証するにあたり，2種類の方法を比較した．

- (a) 音とノイズ音を鳴らし，ノイズ音の音量を変化させることで信頼度を表す．
- (b) 表現音のみ鳴らし，表現音の音量を変化させることで信頼度を表す．

音を鳴らす際の環境として，静かな状況と，周囲で音が鳴っている状況の2つを用意した．各環境は，下記のようにした．

(1) 静かな環境：室内でエアコンのみが動作している状態

(2) 周囲で音がある環境：(1)の状態にTVを加え，TVの音量を被験者が普段見ている時のものに設定した状態

音と環境を組み合わせた条件の中で，その信頼度がどの程度か答えてもらった．最初に判断の基準として，信頼度が100%と50%と0%の時の音を聞かせた(a)と(b)のどちらが信頼度の表現できているかの判断は，同信頼度を表現した際に，被験者の回答が設定された信頼度に近い方が表現できているとした．その後，信頼度を100%から10%ずつ下げていき，何%の時点で表現音が聞き取りづらくなるか答えてもらった．

#### 実験条件

表現音としては，インターホンの音を用いた．実験は，本学学生4名を対象に行った．信頼度の変化に関しては，10，50，30，90，70の順番で変化させている．環境と音の組み合わせによって，信頼度を变化させる順番は変更していない．信頼度がわかりやすかったかという評価は，5段階で行ってもらった．5段階評価では，5をわかりやすいとし，1をわかりにくいとした．

#### 実験手順

実験は下記の手順で行った．

1. 信頼度が100%，50%，0%の音を1回ずつ聞かせる．
2. 被験者に，信頼度を反映した音を聞かせ，その音の信頼度を答えてもらう．
3. 信頼度を100%から10%ずつ下げた音を聞かせていき、被験者に聞き取りづらいつと感じた時点で報告してもらう．
4. 音によって信頼度がわかりやすかったかどうか，5段階で評価してもらう．
5. 手順1～4を表4.9の順番に従って行う．

表 4.10:

	生活騒音なし	生活騒音あり
音+ノイズ音	1	3
音	2	4

表 4.11: 信頼度の伝達に関する実験結果

信頼度	テレビなし		テレビあり	
	表現音+ノイズ音	表現音	表現音+ノイズ音	表現音
10	0	3	2	2
30	0	3	2	1
50	0	2	1	1
70	0	3	0	2
90	2	0	1	1
聞き取りにくさ	12.5	45	10	47.5
わかりやすさ	3	3.5	3.5	3.25

### 4.3.2 実験結果

表 4.10 に、実験の結果を示す。表中の上部の数字は、被験者の回答のうち、音に設定された信頼度に近かった回答が得られた回数を表している。例えば、信頼度が10の行を見て欲しい。テレビなしの場合では、表現音とノイズ音の値は0、表現音の値が3となっており、表現音の方が値が大きい。これは、信頼度が10%の時では、表現音のみを用いる方法の方が信頼度が適切に伝えられたということを意味している。音の設定された信頼度と被験者の回答の差が等しい場合は、回数として数えることはせずに0とした。

表下部における「聞き取りにくさ」と「わかりやすさ」の行は、実験の手順5と7で得られた回答の平均値を表している。聞き取りにくさに関しては、値が小さいほど良く、信頼度の値が低い場合でも音を聞き取れていることを表している。わかりやすさに関しては、値が大きいほど良い。

### 4.3.3 考察

信頼度が適切に伝えられているかどうかは、テレビの有無で大きく異なっている。テレビがない場合では、表現音のみの方が値が高く、信頼度が適切に伝えられている。これら

のことから、周囲が静かな環境では、表現音の音量を変化させる方法が効果的だと考えられる。テレビがある場合では、2つの方法の間にほとんど差はみられなかった。2つ方法の間に差がないこと、表現音のみの方が聞き取りにくいということから、テレビがある環境では、表現音とノイズ音を組み合わせた方法が効果的だと考えられる。生活騒音がある環境下にて、表現音とノイズ音を組み合わせる方法は、平均誤差 13.8%にて信頼度を伝えることができた。

聞き取りにくさの項目についてみていく。聞き取りにくさに関しては、テレビの有無に関わらず、表現音とノイズ音を組み合わせる方法の方が効果的であった。テレビが加わると、聞き取りにくさに関する値の変動は、2種類の方法で異なった。

わかりやすさの項目についてみていく。わかりやすさに関しては、テレビの有無に関わらず、表現音のみの方が高評価を得ている。わかりやすさに関しても、聞き取りにくさの時と同じように、テレビの有無による値の変動は、2種類の方法で異なった。

実験は、被験者も少なく期間も短いために、データとしては十分ではない。また、聞き取りにくさの項目に関しては、音量の底上げを行うことで値を下げる可以考虑される。しかし表 4.9 から、表現音とノイズを組み合わせる方法は表現音のみを用いる方法に比べて、テレビの音などがある環境に強いということが言える。

実験を通じて、以下のような知見が得られた。

- 生活騒音がない静かな環境では、表現音の音量を変化させる方法が効果的であることがわかった。
- 生活騒音がある環境では、表現音とノイズ音を組み合わせた方法が効果的であることがわかった。

## 4.4 まとめ

提案したシステムの有効性を検証するために、実験を行い以下のような知見が得られた。

### 場所情報の推定に関する実験

状況推定部の精度を調べるためと、ユーザの状況が場所にどの程度依存しているか調べるために、状況推定の結果と実際に被験者がいた場所と状況を比較した。実験の結果から、64.54%という認識率が得られた。実験では、タグの誤認識という問題が起きた。タグの誤認識は、リーダの設定を調整することで対処できると考えられる。

### 表現音の状況伝達に関する実験

状況伝達部にて、表現音によって相手の状況を伝えることが可能か検証するために、被験者に表現音を聞かせ、その音が表している状況を答えてもらった。実験の結果から、人によって正誤が異なる音があった。しかし、全員が正答できた音があったことから、音で状況を伝えることは可能だということがわかった。

### 信頼度の伝達に関する実験

状況推定部で得られた信頼度を、ユーザに伝える方法について検証した。実験は、表現音とノイズ音を組み合わせノイズ音の音量を変化させた場合と、表現音の音量を変化させた場合を比較した。比較にあたり、静かな環境と生活騒音としてTVを加えた環境にて行い、環境によって変化があるのかも調べた。実験の結果から、静かな環境では表現音の音量を変化させる方法が効果的であることがわかった。生活騒音がある環境では、2つの方法の間にほとんど差はなく、信頼度を下げていくと表現音のみの方が聞き取りにくいので、表現音とノイズ音を組み合わせる方法が効果的であることがわかった。

## 第5章 結論

### 5.1 本論文のまとめ

本論文では，離れた相手の状況への気づきを促しコミュニケーションを支援するために，音によるアウェアネス支援について考察した．

離れた相手の状況への気づきを促すためには，相手の状況を取得すること，取得した状況を伝えるという2つのことを行う必要がある．相手の状況を取得するためにページアンネットとアクティブ型のタグを用いた．アクティブ型のタグを用いたのは，取得する情報を位置情報に限定しユーザに負担をかけないためである．取得した位置情報などをページアンネットに与えることで相手のいる場所を推定する．相手がいる場所に依存している状況が，現在の相手の状況だとした．状況推定部で得られた状況を伝えるために，特定の状況を表している表現音を用いた．状況の信頼度を表すために，表現音にノイズ音を加え，ノイズ音の音量を変化させる方法を用いた．

提案した方法の有効性を確かめるために，被験者実験を通じて評価実験を行った．実験は，3種類行った．

場所情報の推定率と相手の状況がどの程度場所に依存しているのか調べるために，アクティブRFIDとページアンネットを用いて状況推定を行った．実験の結果から，場所情報推定の精度は，想定していたものより低かった．精度が低かった原因として，タグの誤認識があげられる．リーダの設定を変更することで，タグの誤認識への対策は行える．状況と場所の依存関係は，被験者の状況の約9割は場所に依存したものだことがわかった．

表現音によって状況が伝えられるか検証するために，表現音を聞かせてその状況を答えてもらった．その結果，人によって正誤が異なる音があることがわかった．しかし，全員が正解した音もあったことから，音で状況を伝えることは可能だということがわかった．

信頼度をユーザに伝える方法を検証するために，表現音とノイズ音を組み合わせた場合と表現音のみの場合を比較した．実験にあたり，静かな環境と，生活騒音がある環境の2種類用意して環境による変化も調べた実験の結果から，静かな環境では表現音のみの場合が効果的で，生活騒音がある環境では表現音とノイズ音を組み合わせた方法が効果的で

あったことがわかった．

## 5.2 今後の課題

状況推定部に関しては，推定の精度を上げることが大きな課題である．場所情報の推定に関しては，RFIDリーダの設定や設置場所を調整することであげられる．また，センサを導入することでも，精度を上げることが可能だと考えられる．ユーザの状況推定に関しては，ベイジアンネットのモデルを改良することで認識率をあげることが可能だと考えられる．

状況伝達部に関しては，全ての被験者に状況を伝えられる音があった．しかし，被験者の数や年齢層が拡大すると全ての音に状況を伝えることが困難な事態が予想される．このような事態への対策を行う必要がある．

今後は，上記の問題点を解決したうえで，普段の生活を行う環境にて長期的な実験を行う必要がある．実験を通じて，コミュニケーション支援において他の感覚器を用いた方法と比較し，その効果を検証する必要がある．

# 謝辞

本研究を進めるにあたっては、多くの方々に多大なご支援をいただきました。この場を借りて感謝の気持ちを表したいと思います。

指導教官である金井秀明助教授には、研究に関して様々なご指導、ご鞭撻を賜りました。また研究環境をはじめとして、研究生活全般に関しても、様々なご支援をいただきました。深謝いたします。副テーマ指導教官である國藤進教授には、副テーマ以後もお気遣いを頂き、種々の有益なご示唆、ご指摘を賜りました。拝謝いたします。

審査員の、宮田一乗教授、西本一志助教授には、研究に関する種々の助言を賜りました。心より感謝いたします。

中田豊久様には、適切なアドバイスやプログラミングの指導をしていただきました。心より感謝いたします。

そして、研究の様々な面で協力して下さった金井研究室の皆様、実験に協力していただいた皆様に、心より感謝いたします。

2006年2月15日

半場雄介

## 参考文献

- [1] 武田 幹雄, 大亀 勝久, 森合 雅朗, 佐野 誠, 石津 任章, 亀田 成司, 安藤 博士, 岩田 穆, "カメラ画像を視線検出に用いたポインタ制御装置の開発", 広島県立西部工業技術センター研究報告 No48 2005.
- [2] 坂口 竜己, 森島 繁生, "画像の二次元離散コサイン変換を利用した実時間顔表情認識", 電子情報通信学会論文誌, Vol. J80-D-II No. 6 pp.1547-1554, 1997.
- [3] 総務省 情報通信政策局, "「ユビキタスセンサーネットワーク技術に関する調査研究会」最終報告", <http://www.soumu.go.jp/>, 2004.
- [4] 北原 格, 小暮 潔, 萩田 紀博, "Stealth Vision: 被写体のプライバシーを保護する映像獲得方式", 信学技法 PRMU2003-299, pp.89-94, 2004.
- [5] 中澤 篤志, 加藤 博一, 井口 征士, "分散カメラエージェントを用いた広域人物位置検出システム", 情報処理学会論文誌 第41巻 第10号 pp.2895-2906, 2000.
- [6] 深山 篤, 大野 健彦, 武川 直樹, 澤木 美奈子, 萩田 紀博, "擬人化エージェントの視線による印象操作", インタラクシオン 2002, pp.93-10, 2002.
- [7] 椎尾 一郎, "RFID を利用したユーザ位置検出システム", 情報処理学会研究会報告 00-HI-88, pp.45-50, 2000.
- [8] 小川 智明, 吉野 修一, 清水 雅史, "屋内における無線タグを用いた学習型位置推定法", 情報処理学会研究会報告 2004-UBI-5, 2004.
- [9] 株式会社インテリジェントセンサーテクノロジー, "味認識装置 SA402B", <http://www.insent.co.jp/>, 2002.
- [10] 清水 健, 平田 敏之, 山下 邦弘, 西本 一志, 國藤 進, "個人状況ウェアネス提供システムの構築", インタラクシオン 2005, 2005.

- [11] Andreas Butz , Ralf Jung , "Seamless User Notification in Ambient Soundscapes " , IUI2005 , 2005 .
- [12] 塚田 浩二 , 安村 通晃 , "Active Belt:触覚情報を用いたベルト型ナビゲーション機構 " , 情報処理学会論文誌 , Vol.44 , No.11 , pp.2649-2658 , 2003 .
- [13] 石井 利樹 , 山本 晃生 , 樋口 俊郎 , "薄型静電リニアアクチュエータを用いた皮膚感覚ディスプレイ " , , 電気学会論文誌 E , Vol. 122-E , No. 10 , pp.474-479 , 2002 .
- [14] 椎尾 一郎 , 美馬 のゆり , "Meeting Pot: アンビエント表示によるコミュニケーション支援 " インタラクション 2001 , pp.163-164 , 2001 .
- [15] 柳田 康幸 , 兪江 , 川戸 慎二郎 , 野間 春生 , 吉田 俊介 , 鉄谷 信二 , "プロジェクション型ディスプレイによる匂いの局所提示 " , インタラクション 2004 , pp.19-20 , 2004 .
- [16] Fredrik Kilander , Peter Lonnqvist , "A WHISPER IN THE WOODS. AN AMBIENT SOUNDSCAPE FOR PERIPHERAL AWARENESS OF REMOTE PROCESSES " , ICAD02 , 2002 .
- [17] 西田 佳史 , 相澤 洋志 , 北村 光司 , 堀 俊夫 , 柿倉 正義 , 溝口 博 , "センサーームを用いた人の日常活動の頑健な観察とその応用 " , 情報処理学会研究報告 HI-106 , Vol.2003 , No.111 , pp.37-44 , 2003 .

# 付録

表 1: 場所と状況の推定に関する実験にて用いた被験者 1 の状況 (1 日目)      表 2: 場所と状況の推定に関する実験にて用いた被験者 1 の状況 (2 日目)

時間	実際		推定 場所	結果	
	場所	行動		場所	行動
0:00	デスク	計算機	デスク	○	○
0:30	室外		室外	○	
1:00	デスク	計算機	デスク	○	○
1:30	デスク	計算機	ソファ	×	○
2:00	室外		室外	○	
2:30	室外		室外	○	
3:00	室外		室外	○	
3:30	室外		室外	○	
4:00	室外		室外	○	
4:30	室外		室外	○	
5:00	室外		室外	○	
5:30	室外		室外	○	
6:00	室外		室外	○	
6:30	室外		室外	○	
7:00	室外		室外	○	
7:30	室外		室外	○	
8:00	室外		室外	○	
8:30	室外		室外	○	
9:00	室外		室外	○	
9:30	室外		室外	○	
10:00	室外		室外	○	
10:30	室外		室外	○	
11:00	室外		室外	○	
11:30	室外		室外	○	
12:00	室外		室外	○	
12:30	室外		室外	○	
13:00	室外		室外	○	
13:30	室外		室外	○	
14:00	ソファ	休憩	ソファ	○	○
14:30	デスク	休憩	デスク	○	×
15:00	デスク	会話	デスク	○	×
15:30	デスク	研究	デスク	○	○
16:00	デスク	研究	ソファ	×	○
16:30	デスク	研究	ソファ	×	○
17:00	デスク	研究	ソファ	×	○
17:30	デスク	計算機	ソファ	×	○
18:00	食事	ゴミ袋交換	デスク	×	×
18:30	室外		デスク	×	
19:00	デスク	計算機	デスク	○	○
19:30	ソファ	休憩	デスク	×	○
20:00	ソファ	休憩	デスク	×	○
20:30	デスク	計算機	デスク	○	○
21:00	デスク	計算機	デスク	○	○
21:30	デスク	計算機	デスク	○	○
22:00	デスク	計算機	デスク	○	○
22:30	デスク	計算機	デスク	○	○
23:00	デスク	計算機	デスク	○	○
23:30	白板→室外	移動	デスク	×	×

時間	実際		推定 場所	結果	
	場所	行動		場所	行動
0:00	デスク	計算機	デスク	○	○
0:30	デスク	食事	デスク	○	×
1:00	室外		デスク	×	
1:30	デスク	計算機	デスク	○	○
2:00	ソファ	休憩	デスク	×	○
2:30	デスク	計算機	デスク	○	○
3:00	デスク	計算機	デスク	○	○
3:30	デスク	計算機	デスク	○	○
4:00	デスク	計算機	デスク	○	○
4:30	室外		デスク	×	
5:00	室外		デスク	×	
5:30	室外		デスク	×	
6:00	室外		デスク	×	
6:30	室外		デスク	×	
7:00	室外		デスク	×	
7:30	室外		デスク	×	
8:00	室外		デスク	×	
8:30	室外		デスク	×	
9:00	室外		デスク	×	
9:30	室外		デスク	×	
10:00	室外		デスク	×	
10:30	室外		デスク	×	
11:00	室外		デスク	×	
11:30	室外		デスク	×	
12:00	室外		デスク	×	
12:30	室外		デスク	×	
13:00	室外		デスク	×	
13:30	室外		デスク	×	
14:00	室外		デスク	×	
14:30	室外		デスク	×	
15:00	室外		デスク	×	
15:30	室外		デスク	×	
16:00	室外		デスク	×	
16:30	室外		デスク	×	
17:00	室外		デスク	×	
17:30	室外		デスク	×	
18:00	室外		デスク	×	
18:30	室外		デスク	×	
19:00	室外		デスク	×	
19:30	室外		デスク	×	
20:00	室外		デスク	×	
20:30	室外		デスク	×	
21:00	室外		デスク	×	
21:30	室外		デスク	×	
22:00	室外		デスク	×	
22:30	デスク→食事	休憩	デスク	○	×
23:00	デスク	計算機	デスク	○	○
23:30	ソファ	移動	デスク	×	×

表 3: 場所と状況の推定に関する実験にて用いた被験者 1 の状況 (3 日目)      表 4: 場所と状況の推定に関する実験にて用いた被験者 2 の状況 (1 日目)

時間	実際		推定	結果	
	場所	行動	場所	場所	行動
0:00	室外		デスク	×	
0:30	室外		デスク	×	
1:00	室外		デスク	×	
1:30	室外		デスク	×	
2:00	室外		デスク	×	
2:30	室外		デスク	×	
3:00	室外		デスク	×	
3:30	室外		デスク	×	
4:00	室外		デスク	×	
4:30	室外		デスク	×	
5:00	室外		デスク	×	
5:30	室外		デスク	×	
6:00	室外		デスク	×	
6:30	室外		デスク	×	
7:00	室外		デスク	×	
7:30	室外		デスク	×	
8:00	室外		デスク	×	
8:30	室外		デスク	×	
9:00	室外		デスク	×	
9:30	室外		デスク	×	
10:00	室外		デスク	×	
10:30	室外		デスク	×	
11:00	室外		デスク	×	
11:30	室外		デスク	×	
12:00	室外		デスク	×	
12:30	室内	移動	デスク	×	×
13:00	デスク	計算機	デスク	○	○
13:30	デスク	計算機	デスク	○	○
14:00	ソファ	休憩	デスク	×	○
14:30	デスク	計算機	デスク	○	○
15:00	ソファ	休憩	デスク	×	○
15:30	デスク	計算機	デスク	○	○
16:00	デスク	計算機	デスク	○	○
16:30	デスク	計算機	デスク	○	○
17:00	デスク	計算機	デスク	○	○
17:30	デスク	計算機	デスク	○	○
18:00	デスク	計算機	デスク	○	○
18:30	デスク	計算機	デスク	○	○
19:00	デスク	計算機	デスク	○	○
19:30	室外		デスク	×	
20:00	デスク	計算機	デスク	○	○
20:30	食事	飲食	デスク	×	○
21:00	デスク	計算機	デスク	○	○
21:30	デスク	計算機	デスク	○	○
22:00	デスク	計算機	デスク	○	○
22:30	ソファ	休憩	デスク	×	
23:00	デスク	計算機	デスク	○	○
23:30	デスク	計算機	デスク	○	○

時間	実際		推定	結果	
	場所	行動	場所	場所	行動
0:00	デスク	計算機	デスク	○	○
0:30	デスク	計算機	デスク	○	○
1:00	室外		室外	○	
1:30	室外		室外	○	
2:00	室外		室外	○	
2:30	室外		室外	○	
3:00	室外		室外	○	
3:30	室外		室外	○	
4:00	室外		室外	○	
4:30	室外		室外	○	
5:00	室外		室外	○	
5:30	室外		室外	○	
6:00	室外		室外	○	
6:30	室外		室外	○	
7:00	室外		室外	○	
7:30	室外		室外	○	
8:00	室外		室外	○	
8:30	室外		室外	○	
9:00	室外		室外	○	
9:30	室外		室外	○	
10:00	室外		室外	○	
10:30	室外		室外	○	
11:00	室外		室外	○	
11:30	室外		室外	○	
12:00	室外		室外	○	
12:30	室外		室外	○	
13:00	室外		室外	○	
13:30	室外		室外	○	
14:00	デスク	計算機	デスク	○	○
14:30	デスク	計算機	デスク	○	○
15:00	デスク	計算機	デスク	○	○
15:30	食事	飲食	食事	○	○
16:00	デスク	計算機	室外	×	○
16:30	デスク	計算機	デスク	○	○
17:00	ソファ	読書	休憩	○	×
17:30	デスク	計算機	デスク	○	○
18:00	室外		室外	○	
18:30	室外		室外	○	
19:00	室外		室外	○	
19:30	室外		室外	○	
20:00	室外		室外	○	
20:30	室外		室外	○	
21:00	室外		室外	○	
21:30	室外		室外	○	
22:00	室外		室外	○	
22:30	室外		室外	○	
23:00	室外		室外	○	
23:30	室外		室外	○	

表 5: 場所と状況の推定に関する実験にて用いた被験者 2 の状況 (2 日目)      表 6: 場所と状況の推定に関する実験にて用いた被験者 2 の状況 (3 日目)

時間	実際		推定 場所	結果	
	場所	行動		場所	行動
0:00	デスク	計算機	室外	×	○
0:30	デスク	計算機	室外	×	○
1:00	デスク	計算機	室外	×	○
1:30	デスク	計算機	デスク	○	○
2:00	ソファ	読書	デスク	×	×
2:30	デスク	計算機	室外	×	○
3:00	デスク	計算機	デスク	○	○
3:30	デスク	計算機	デスク	○	○
4:00	デスク	計算機	デスク	○	○
4:30	室外		デスク	×	
5:00	室外		デスク	×	
5:30	室外		デスク	×	
6:00	室外		デスク	×	
6:30	室外		デスク	×	
7:00	室外		デスク	×	
7:30	室外		デスク	×	
8:00	室外		デスク	×	
8:30	室外		デスク	×	
9:00	室外		デスク	×	
9:30	室外		デスク	×	
10:00	室外		デスク	×	
10:30	室外		デスク	×	
11:00	室外		デスク	×	
11:30	室外		デスク	×	
12:00	室外		デスク	×	
12:30	室外		デスク	×	
13:00	室外		デスク	×	
13:30	室外		デスク	×	
14:00	室外		デスク	×	
14:30	室外		デスク	×	
15:00	デスク	計算機	デスク	○	○
15:30	デスク	計算機	デスク	○	○
16:00	デスク	会話	デスク	○	×
16:30	デスク	計算機	デスク	○	○
17:00	ソファ	会話	ソファ	○	×
17:30	デスク	計算機	デスク	○	○
18:00	室外		デスク	×	
18:30	デスク	会話	デスク	○	×
19:00	室外		デスク	×	
19:30	室外		デスク	×	
20:00	デスク	計算機	デスク	○	○
20:30	デスク	計算機	デスク	○	○
21:00	ソファ	休憩	ソファ	○	○
21:30	デスク	計算機	デスク	○	○
22:00	デスク	計算機	デスク	○	○
22:30	食事	飲食	デスク	×	○
23:00	デスク	計算機	デスク	○	○
23:30	ソファ	休憩	デスク	×	○

時間	実際		推定 場所	結果	
	場所	行動		場所	行動
0:00	室外		デスク	×	
0:30	室外		デスク	×	
1:00	室外		デスク	×	
1:30	室外		デスク	×	
2:00	室外		デスク	×	
2:30	室外		デスク	×	
3:00	室外		デスク	×	
3:30	室外		デスク	×	
4:00	室外		デスク	×	
4:30	室外		デスク	×	
5:00	室外		デスク	×	
5:30	室外		デスク	×	
6:00	室外		デスク	×	
6:30	室外		デスク	×	
7:00	室外		デスク	×	
7:30	室外		デスク	×	
8:00	室外		デスク	×	
8:30	室外		デスク	×	
9:00	室外		デスク	×	
9:30	室外		デスク	×	
10:00	室外		デスク	×	
10:30	室外		デスク	×	
11:00	室外		デスク	×	
11:30	室外		デスク	×	
12:00	室外		デスク	×	
12:30	室外		デスク	×	
13:00	室外		デスク	×	
13:30	デスク	計算機	デスク	○	○
14:00	ソファ	読書	休憩	○	×
14:30	デスク	計算機	デスク	○	○
15:00	食事	飲食	食事	○	○
15:30	デスク	計算機	デスク	○	○
16:00	ソファ	休憩	休憩	○	○
16:30	デスク	計算機	デスク	○	○
17:00	デスク	計算機	デスク	○	○
17:30	室外		デスク	×	
18:00	室外		デスク	×	
18:30	室外		デスク	×	
19:00	デスク	計算機	デスク	○	○
19:30	デスク	計算機	デスク	○	○
20:00	デスク	計算機	デスク	○	○
20:30	ソファ	休憩	休憩	○	○
21:00	デスク	計算機	デスク	○	○
21:30	デスク-ソファ	会話	デスク	○	×
22:00	ソファ	休憩	デスク	×	○
22:30	デスク	計算機	デスク	○	○
23:00	食事	飲食	デスク	×	○
23:30	ソファ	休憩	休憩	○	○

表 7: 場所と状況の推定に関する実験にて用いた被験者 4 の状況 (1 日目)      表 8: 場所と状況の推定に関する実験にて用いた被験者 4 の状況 (2 日目)

時間	実際		推定 場所	結果	
	場所	行動		場所	行動
0:00	デスク	計算機	室外	×	○
0:30	デスク	計算機	デスク	○	○
1:00	室外		デスク	×	
1:30	室外		室外	○	
2:00	室外		室外	○	
2:30	室外		室外	○	
3:00	室外		室外	○	
3:30	室外		室外	○	
4:00	室外		室外	○	
4:30	室外		室外	○	
5:00	室外		室外	○	
5:30	室外		室外	○	
6:00	室外		室外	○	
6:30	室外		室外	○	
7:00	室外		室外	○	
7:30	室外		室外	○	
8:00	室外		室外	○	
8:30	室外		室外	○	
9:00	室外		室外	○	
9:30	室外		室外	○	
10:00	室外		室外	○	
10:30	室外		室外	○	
11:00	室外		室外	○	
11:30	室外		室外	○	
12:00	室外		室外	○	
12:30	室外		室外	○	
13:00	室外		室外	○	
13:30	室外		室外	○	
14:00	室外		室外	○	
14:30	室外		室外	○	
15:00	室外		室外	○	
15:30	室外		室外	○	
16:00	室外		室外	○	
16:30	室外		室外	○	
17:00	室外		室外	○	
17:30	室外		室外	○	
18:00	室外		室外	○	
18:30	室外		室外	○	
19:00	室外		室外	○	
19:30	室外		室外	○	
20:00	室外		室外	○	
20:30	室外		室外	○	
21:00	デスク	計算機	デスク	○	○
21:30	デスク	移動	デスク	○	×
22:00	デスク	計算機	デスク	○	○
22:30	デスク	計算機	デスク	○	○
23:00	デスク	計算機	デスク	○	○
23:30	デスク	計算機	デスク	○	○

時間	実際		推定 場所	結果	
	場所	行動		場所	行動
0:00	デスク	計算機	デスク	○	○
0:30	デスク	計算機	デスク	○	○
1:00	デスク	計算機	デスク	○	○
1:30	デスク	計算機	デスク	○	○
2:00	デスク	計算機	デスク	○	○
2:30	デスク	計算機	デスク	○	○
3:00	室外		デスク	×	
3:30	室外		室外	○	
4:00	室外		室外	○	
4:30	室外		室外	○	
5:00	室外		室外	○	
5:30	室外		室外	○	
6:00	室外		室外	○	
6:30	室外		室外	○	
7:00	室外		室外	○	
7:30	室外		室外	○	
8:00	室外		室外	○	
8:30	室外		室外	○	
9:00	室外		室外	○	
9:30	室外		室外	○	
10:00	室外		室外	○	
10:30	室外		室外	○	
11:00	室外		室外	○	
11:30	室外		室外	○	
12:00	室外		室外	○	
12:30	室外		室外	○	
13:00	室外		室外	○	
13:30	室外		室外	○	
14:00	室外		室外	○	
14:30	室外		室外	○	
15:00	室外		室外	○	
15:30	室外		室外	○	
16:00	室外		室外	○	
16:30	ソファ	雑談	ソファ	○	○
17:00	デスク	計算機	デスク	○	○
17:30	デスク	計算機	ソファ	×	○
18:00	デスク	計算機	デスク	○	○
18:30	デスク	計算機	デスク	○	○
19:00	忘(机)		デスク		無効
19:30	忘(机)		デスク		無効
20:00	忘(机)		休憩		無効
20:30	忘(机)		休憩		無効
21:00	忘(机)		休憩		無効
21:30	忘(机)		休憩		無効
22:00	忘(机)		休憩		無効
22:30	忘(机)		休憩		無効
23:00	忘(机)		休憩		無効
23:30	デスク	計算機	室外	×	○

表 9: 場所と状況の推定に関する実験にて用いた被験者 4 の状況 (3 日目)

時間	実際		推定	結果	
	場所	行動		場所	行動
0:00	デスク	計算機	デスク	○	○
0:30	デスク	計算機	デスク	○	○
1:00	デスク	雑談	デスク	○	○
1:30	デスク	計算機	デスク	○	○
2:00	室外		室外	○	
2:30	室外		室外	○	
3:00	室外		室外	○	
3:30	室外		室外	○	
4:00	室外		室外	○	
4:30	室外		室外	○	
5:00	室外		室外	○	
5:30	室外		室外	○	
6:00	室外		室外	○	
6:30	室外		室外	○	
7:00	室外		室外	○	
7:30	室外		室外	○	
8:00	室外		室外	○	
8:30	室外		室外	○	
9:00	室外		室外	○	
9:30	室外		室外	○	
10:00	室外		室外	○	
10:30	室外		室外	○	
11:00	室外		室外	○	
11:30	室外		室外	○	
12:00	室外		室外	○	
12:30	室外		室外	○	
13:00	室外		室外	○	
13:30	室外		室外	○	
14:00	室外		室外	○	
14:30	室外		室外	○	
15:00	室外		室外	○	
15:30	室外		室外	○	
16:00	室外		室外	○	
16:30	室外		室外	○	
17:00	室外		室外	○	
17:30	室外		室外	○	
18:00	室外		室外	○	
18:30	室外		室外	○	
19:00	室外		室外	○	
19:30	室外		室外	○	
20:00	室外		室外	○	
20:30	室外		室外	○	
21:00	室外		室外	○	
21:30	室外		室外	○	
22:00	デスク	計算機	室外	×	○
22:30	デスク	計算機	デスク	○	○
23:00	デスク	計算機	デスク	○	○
23:30	デスク	計算機	デスク	○	○