

# ウェアネス情報の可聴化による遠隔コミュニケーションの支援

竹島 俊介 松下 光範<sup>\*1</sup>

Supporting distant communication based on sonification of awareness information

Shunsuke Takeshima and Mitsunori Matsushita<sup>\*1</sup>

**Abstract** – This paper describes the way how to write your manuscript for Correspondences of Human Interface Society. This paper describes the way how to write your manuscript for Correspondences of Human Interface Society. This paper describes the way how to write your manuscript for Correspondences of Human Interface Society. This paper describes the way how to write your manuscript for Correspondences of Human Interface Society. This paper describes the way how to write your manuscript for Correspondences of Human Interface Society. This paper describes the way how to write your manuscript for Correspondences of Human Interface Society. This paper describes the way how to write your manuscript for Correspondences of Human Interface Society. This paper describes the way how to write your manuscript for Correspondences of Human Interface Society. This paper describes the way how to write your manuscript for Correspondences of Human Interface Society. This paper describes the way how to write your manuscript for Correspondences of Human Interface Society. This paper describes the way how to write your manuscript for Correspondences of Human Interface Society. This paper describes the way how to write your manuscript for Correspondences of Human Interface Society. This paper describes the way how to write your manuscript for Correspondences of Human Interface Society. This paper describes the way how to write your manuscript for Correspondences of Human Interface Society. This paper describes the way how to write your manuscript for Correspondences of Human Interface Society. This paper describes the way how to write your manuscript for Correspondences of Human Interface Society.

**Keywords** : Awareness, Music, Sensor, keyword 4

## 1. はじめに

近年メールやチャット、電話、テレビ電話といった遠隔コミュニケーションメディアが発達し、遠く離れた人同士が容易にコミュニケーションをとれるようになってきた。しかし、既存の遠隔コミュニケーションメディアでは対面のような自然なコミュニケーションを行うことは難しい。その理由としてウェアネス情報の不足が挙げられる。ウェアネス情報とは、我々が対面でコミュニケーションを行う際に自然と補っている相手の存在や行動、状態といった非言語情報のことである<sup>[1]</sup>。このウェアネス情報から、相手の状況に対する気づきを得ることで自然なコミュニケーションが可能となる。しかし、既存の遠隔コミュニケーションメディアでは情報伝達に用いるモダリティに制約があるため、これらのウェアネス情報を伝達することは難しい。仮に、音声や映像を常時共有できる環境を作成すればこの問題は解決できるが、自らが意識していないときであっても音声や映像が他者に伝達されてしまう状況では、相手に監視されているように感じるといったプライバシーの問題が生じる。このように、既存の遠隔コミュニケーションメディアでは、自然なコミュニケーションを行うために必要な相手の状況の理解につながる情報が不足し、結果として“相手への気遣いの気持ち”や“行動の適時性”の欠如といった

問題を引き起こしている。

そこで本研究では、互いの状況の気づきにつながる必要最小限の情報を伝え合うメディアの実現を目指す。その一環として、ウェアネス情報を取得するデバイスを実装し、そのデバイスによって取得した情報を常時緩やかに共有し、相手の状況を「想像できる」ようにすることで、遠隔地間での円滑なコミュニケーションを支援するシステムを提案する。

## 2. 提案システム

### 2.1 システムデザイン

本研究では、携帯可能なりストバンド型デバイスによってユーザのウェアネス情報を取得し、そのウェアネス情報を音楽情報として緩やかに共有することで、遠隔地間での円滑なコミュニケーションを支援するシステムを提案する。

デバイスによって取得するウェアネス情報には、ユーザの行動状況を伝える因子として“活動の程度”と“心拍”を、ユーザが置かれている環境状況を伝える因子として“周囲の騒々しさ”を採用した。また、ウェアネス情報の提示方法として“音楽”に着目した。デバイスによって取得した“活動の程度”、“心拍”、“周囲の騒々しさ”のウェアネス情報の変化を、音楽の“曲調”、“テンポ”、“演奏楽器数”の変化に連動させて提示することで、相手の状況の変化が音楽の変化として直感的に把握できるようになる。

これにより、相手の行動や環境の変化に合わせて刻々

<sup>\*1</sup>: 関西大学

<sup>\*1</sup>: Kansai Univ.

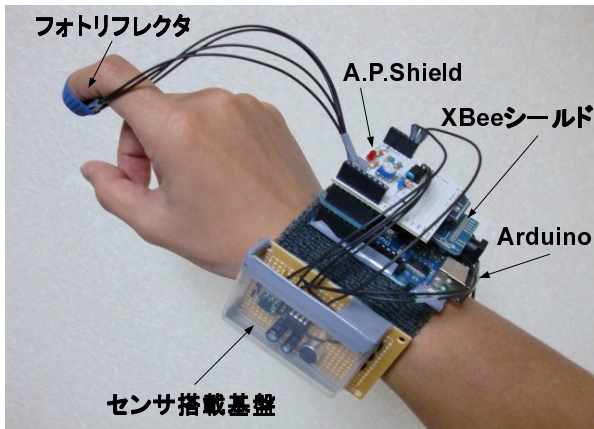


図1 リストバンド型デバイス  
Fig.1 Device of Wristband Type.

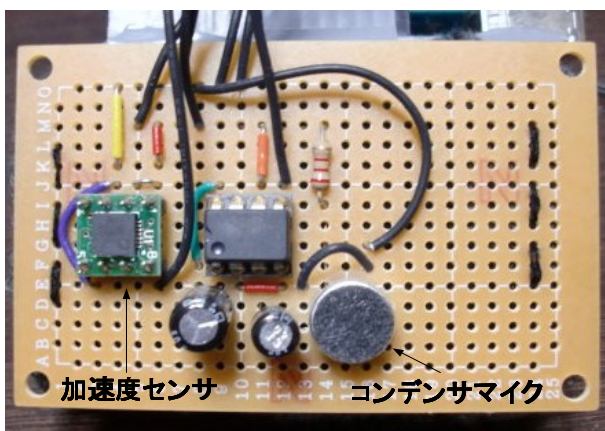


図2 センサ搭載基盤部  
Fig.2 Base Equipped with Accel Sensor and Condenser Mic.

と変化する音楽に耳を傾け、相手の現在の状況に関するウェアネス情報を緩やかに受け取ることで、ユーザが相手の現状について「想像する」ことができるようになる。本システムを使用し、ユーザ同士が互いの状況に関しての気づきにつながる情報を音楽を介して共有しあうことで、「今は忙しそうだから連絡は控えておこう」などの相手に対する気遣いを喚起し、コミュニケーションを円滑に行うことが期待される。

## 2.2 リストバンド型デバイスの構成

図1に実装したリストバンド型デバイスを、図2に加速度センサ、コンデンサマイク搭載基盤部を示す。本デバイスは、“活動の程度”を計測する3軸加速度センサ、“周囲の騒々しさ”を計測するコンデンサマイク、“心拍”を計測するA.P.Shieldから構成される。A.P.Shieldは、フォトリフレクタ用いた心拍の指先計測を可能としたArduino互換機向け拡張ボードである。それぞれのセンサ値の制御・取得には、プログラムを書き込むことでスタンドアロンで使用できるArduinoDuemilanoveマイコンボードを採用した。またデバイスの無線化は、XBeeを用いたシリアル通信に

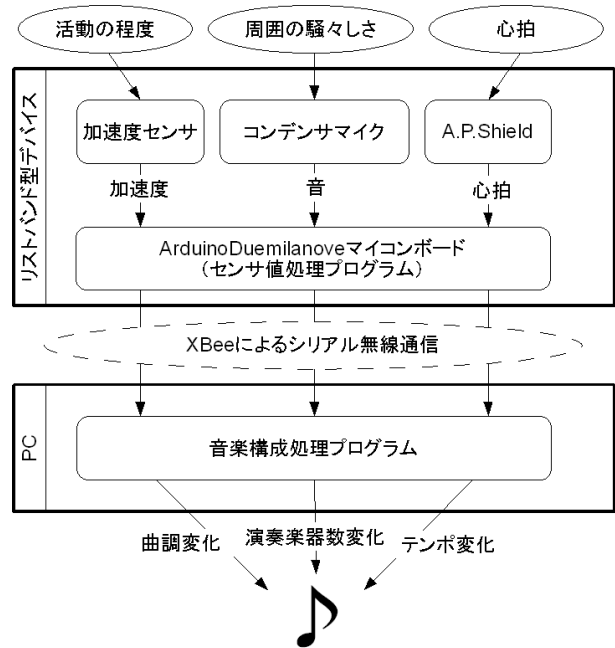


図3 処理の流れ  
Fig.3 System Flow.

よって実現している。以上で構成されたデバイスをリストバンドに搭載し、ユーザは本デバイスを腕に装着して使用する。

## 2.3 システムの処理

図3に本システムの処理の流れを示す。本システムのソフトウェアは、図3に示したようにセンサ値処理プログラムと音楽構成処理プログラムの2つのプログラムから構成される。今回、センサ値処理プログラム部はarduino-0018、音楽構成処理プログラム部はprocessingを用いて実装した。また、開発環境のOSはMicrosoft Windows XPを選択した。

センサ値処理プログラムは、送信側であるArduinoに書き込んだプログラムである。このプログラムでは、各センサから加速度、音、心拍のデータを取得し、PCに送信する処理を行っている。音楽構成処理プログラムは、受信側であるPCで受けとったセンサ値から音楽を構成するプログラムである。このプログラムでは、受信した加速度、音、心拍のデータにあわせて再生する音楽の曲調、演奏楽器数、テンポを変化させる処理を行っている。本システムでは、センサによって取得したユーザの加速度、音、心拍をそれぞれ3段階のレベルで判断しており、このレベルに合わせて再生する音楽を変化させている。各要素のレベルと音楽変化の対応は次の通りである。

- 活動レベルと曲調変化の関係

取得したユーザの加速度データから、“動き無し”(Level 1)、“歩行などの軽い動き”(Level 2)、“走行などの激しい動き”(Level 3)の3段階で

| 要素 \ Level | Level 1    | Level 2    | Level 3          |
|------------|------------|------------|------------------|
| 活動の程度      | 曲調はpiano   | 曲調はpop     | 曲調はhouse         |
| 周囲の騒々しさ    | メイン音のみ     | メイン音+beat音 | メイン音+beat音+drum音 |
| 心拍         | -0.2BPMで再生 | 通常BPMで再生   | +0.2BPMで再生       |

図4 各要素のレベルと音楽の関係

活動レベルを定めている。なお、ユーザの継続的な活動の程度を取得するために、加速度データには一定時間内に計測された加速度の平均値を採用した。また、各活動レベルに対応する加速度データは3.1節で行った加速度計測実験の結果を踏まえて決定している。各レベルごとの曲調の変化は以下のとおりである。

- Level 1 : piano 音源を再生
- Level 2 : pops 音源を再生
- Level 3 : house 音源を再生

● 騒音レベルと演奏楽器数変化の関係

取得したユーザの周囲の騒音データから、“静かだ” (Level 1)、“やや騒がしい” (Level 2)、“騒がしい” (Level 3) の3段階で周囲の騒音レベルを定めている。なお、ユーザの周囲の継続的な騒音レベルを知るために、騒音データには一定時間内に計測された音の合計値を採用した。また、各騒音レベルに対応する騒音データは3.2節において行った騒音計測実験の結果を踏まえて決定している。各レベルごとの演奏楽器数の変化は以下のとおりである。

- Level 1 : メイン音源のみの再生
- Level 2 : beat 音源の再生を追加
- Level 3 : drum 音源の再生を追加

● 心拍レベルと再生テンポの関係

取得したユーザの心拍数から、“徐脈” (Level 1)、“正常値” (Level 2)、“頻脈” (Level 3) の3段階で心拍レベルを定めている。また、各心拍レベルの分類は一般的な徐脈、正常値、頻脈の数値の見解をもと決定している<sup>[2]</sup>。各レベルごとの再生テンポ (BPM) の変化は以下のとおりである。

- Level 1 : 音源の BPM を 0.2 下げる
- Level 2 : 通常の BPM で音源を再生する
- Level 3 : 音源の BPM を 0.2 上げる

以上のシステムにより、相手が現在どういった状況にいるかを、再生される音楽の変化によって緩やかに知ることができる。

なお、各音源は無料サウンド素材サイト propan-mode<sup>[3]</sup> よりダウンロードしたものを使用している。

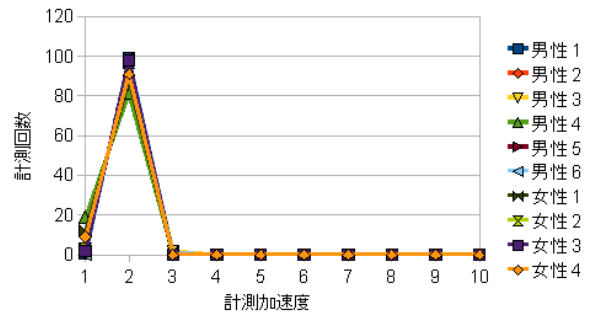


図5 各被験者の歩行時における計測加速度  
Fig. 5 Outcome Experiment when Walking.

表1 歩行時の計測加速度の平均値と分散値  
Table 1 Average and Variance of Acceleration when Walking.

|       | 平均値  | 分散値   |
|-------|------|-------|
| 男性被験者 | 0.96 | 0.006 |
| 女性被験者 | 0.94 | 0.003 |
| 全被験者  | 0.95 | 0.004 |

3. 評価実験

試作したリストバンド型デバイスによって、ユーザの“活動の程度”と“周囲の騒々しさ”をどの程度まで計測できるかを評価するために、加速度と音に関する計測実験を行った。

3.1 加速度計測実験

実験の概要

実験ではリストバンド型デバイスを手首に装着してもらい、被験者に指定の行動を行わせた。そして、その行動によって取得した加速度からユーザの行動をどの程度まで特定することができるかを分析した。

被験者：被験者は、性別によって活動の程度に関する加速度の計測値にずれがないかを検証するため、20歳代の男性6人、女性4人の計10人を被験者とした。被験者に指定した行動：被験者には、軽い運動として歩行運動、激しい運動として走行(ランニング程度)運動の2つの行動を行ってもらった。

結果と考察

図5、6に歩行時と走行時における各被験者ごとの加速度の計測結果を、表1、表2に歩行時と走行時における男性被験者、女性被験者、全被験者の計測加速度の平均値と分散値を示す。

● 歩行時の計測結果

図5より、各被験者で歩行時の腕の振り方に個人差があるため計測される加速度にはばらつきが見られたが、どの被験者も  $1\text{ m/s}^2$  の加速度を計測するという結果が得られた。また、表1より性別による計測加速度のずれも見られない。

● 走行時の計測結果

図6より、各被験者で走行時の腕の振り方に個

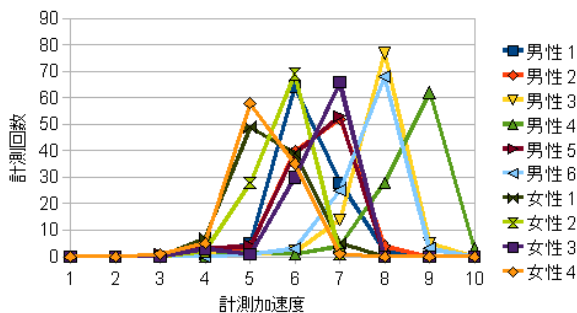


図6 各被験者の走行時における計測加速度  
Fig.6 Outcome of Experiment when Walking.

表2 走行時の計測加速度の平均値と分散値  
Table 2 Average and Variance of Acceleration when Running.

|       | 平均値  | 分散値  |
|-------|------|------|
| 男性被験者 | 6.21 | 0.88 |
| 女性被験者 | 4.75 | 0.34 |
| 全被験者  | 5.63 | 1.17 |

人差があるため計測した加速度には大きなばらつきが見られる。また表2より、性別による計測値のずれも多少見られる。しかし、性別に関係なくどの被験者からも  $3\text{ m/s}^2$  以上の加速度を計測していたことがわかる。

実験結果より、各行動で計測された加速度の平均値は、歩行時が  $0.95\text{ m/s}^2$  であるのに対し走行時は  $5.63\text{ m/s}^2$  であった。このことから、ユーザの活動の激しさによって計測される加速度には明らかな違いが見られることが分かる。これにより、本デバイスを用いたユーザの活動の程度の計測では、ユーザが“動いていない”、“軽く動いている”、“激しく動いている”の3段階であれば計測した加速度から活動レベルの判断が可能であることが確認された。

また、各行動において計測される加速度は“歩行等の軽い運動では基本的に  $1\text{ m/s}^2$  を計測”、“走行等の激しい運動では  $3\text{ m/s}^2$  以上の値を計測”という結果が得られた。この結果から、各活動レベルにおける計測加速度は

- 動いていない： $0\text{ m/s}^2$
- 軽く動いている： $1\text{ m/s}^2 \sim 2\text{ m/s}^2$
- 激しく動いている： $3\text{ m/s}^2 \sim$

と定め、この閾値を基準としてユーザの活動の程度を3段階で判断することとする。

### 3.2 騒音計測実験

#### 事前アンケート

実験シーンを決定するにあたり、個人の恣意的な見解から実験シーンの決定がなされるのを避けるため、「日常生活内におけるシーン別の騒音の感じ方に関する評価アンケート」を本学部生 50 人を対象に実施し

表3 アンケート結果  
Table 3 Result of Questionnaire.

| 騒音レベル  | 回答シーン          | 平均   | 分散   |
|--------|----------------|------|------|
| 静かだ    | 図書館にいる         | 1.6  | 0.37 |
|        | 山道を歩いている       | 1.8  | 0.65 |
|        | 自分の部屋でくつろいでいる  | 1.88 | 0.8  |
|        | 公園内を歩いている      | 2.62 | 1.1  |
|        | 自分の部屋で電話をしている  | 2.64 | 1.54 |
|        | 住宅街を歩いている      | 2.78 | 1.24 |
|        | 自分の部屋でテレビを見ている | 2.9  | 1.44 |
| やや騒がしい | 会議室等で会議をしている   | 3.14 | 1.1  |
|        | 走行中の電車内にいる     | 3.72 | 1.59 |
|        | 駅構内(平常時)にいる    | 3.9  | 1.52 |
|        | 飲食店(平常時)にいる    | 3.96 | 1.02 |
|        | デパート(平常時)にいる   | 4    | 0.98 |
|        | 商店街を歩いている      | 4.1  | 1.11 |
|        | 部屋で友達と談笑している   | 4.28 | 1.84 |
|        | 走行中のバス車内にいる    | 4.36 | 1.66 |
|        | 線路沿いを歩いている     | 4.52 | 1.6  |
|        | 国道沿いを歩いている     | 4.64 | 1.3  |
| 騒がしい   | 高架下を歩いている      | 4.68 | 1.53 |
|        | 幹線沿いの交差点にいる    | 4.74 | 0.6  |
|        | デパート(混雑時)にいる   | 5.22 | 0.91 |
|        | 飲食店(混雑時)にいる    | 5.3  | 0.95 |
|        | 駅構内(ラッシュ時)にいる  | 5.56 | 1.39 |
|        | ゲームセンターにいる     | 6    | 0.65 |
|        | パチンコ店にいる       | 6.8  | 0.33 |

た。アンケートでは、日常生活における 24 シーンを挙げ、回答者にとってそれぞれのシーンに対する騒音の感じ方が“とても静か”、“静か”、“やや静か”、“どちらとも言えない”、“やや騒がしい”、“騒がしい”、“とても騒がしい”の7段階のレベルのどれに該当するかを回答してもらった。

表3は、各シーンごとに回答された値の平均値と分散値を示したものである。各シーンごとに回答された数値の平均値を求めることで、それぞれのシーンに対する一般的な騒音の感じ方を知ることができる。また分散値からは、そのシーンに対して回答された値にどの程度ばらつきがあったかを知ることができ、分散値が小さいほどそのシーンに対して回答された値が安定していたことになる。表3では、求めた平均値から各シーンに対する騒音の感じ方を“静かだ”、“やや騒がしい”、“騒がしい”の3段階の騒音レベルで分類して示している。

以上のアンケート結果を踏まえて、実験シーンを決定する。

#### 実験の概要

実験ではリストバンド型デバイスを手首に装着し、それぞれのシーンで騒音の計測を行った。そして、それぞれのシーンにおいて取得した騒音データから、騒音データによる場所の特定がどの程度まで可能であるかを分析した。また、本デバイスによる音の計測では、通常の騒音のレベル計測単位である dB (音圧レベル・

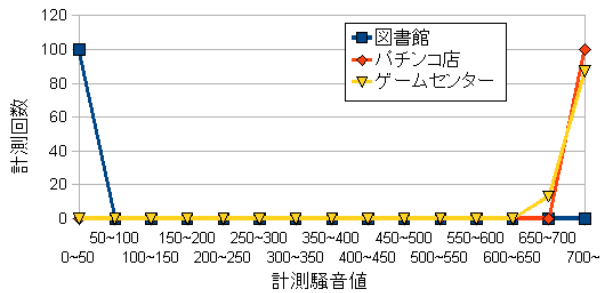


図7 図書館、パチンコ店、ゲームセンター  
Fig. 7 Outcome of an Experiment in Library, Pachinko Parlor and Arcade.

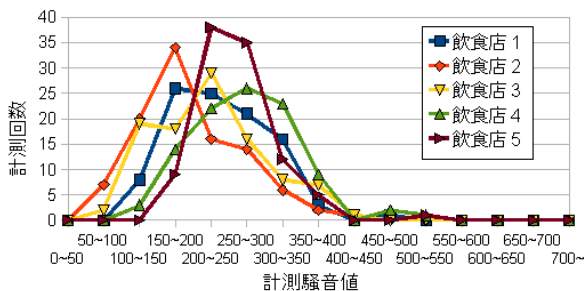


図8 飲食店内  
Fig. 8 Outcome of an Experiment in Restaurant.

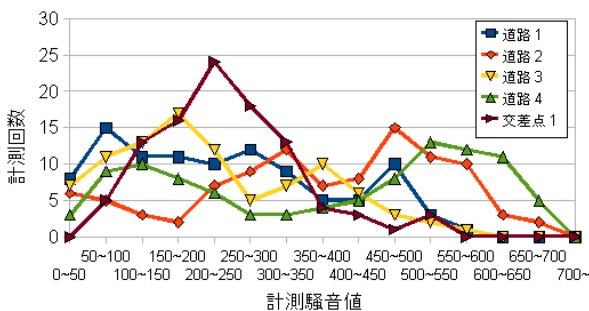


図9 交通量の多い道路沿い

デシベル)での計測ではなく、独自にセンサ値をマッピングしその合計値から騒音のレベルを決定している。実験シーン：図書館、パチンコ店、ゲームセンター、音響のない静かな部屋、音響(テレビ)のある部屋、室内で誰かと話している、飲食店内、デパート内、駅構内、電車内、バス車内、交通量の多い道路沿い、人通りの少ない道路、商店街の14シーンで実験を行った。

これらの実験シーンにおいて、時間や場所、状況(店の混雑具合や交通量の違い)によって計測値に違いが出るかを検証するため、それぞれの実験シーンは場所や時間を変えて5つのシーンで計測を行っている。

#### 結果と考察

各実験シーンでの計測結果より、図書館のような静かなシーンではほとんど騒音データを計測しなかったのに対し、人の話し声がある場所や車が走ってい

表4 騒音レベルと実験シーンの対応  
Table 4 Correspondence of Noise Level and Experiment Scene.

| 騒音レベル  | シーン   |
|--------|---|
| 静かだ    | 図書館、音響のない静かな部屋、音響(テレビ)のある部屋、人通りの少ない静かな道路沿い  |
| やや騒がしい | 数人で会話をしている、商店街                              |
| 騒がしい   | パチンコ店、ゲームセンター、飲食店、駅構内、交通量の多い道路沿い、走行中のバス・電車内 |

る道路のように常に周囲で音が発せられているシーンでは大きな騒音データを計測する傾向が見られた。また、周囲の人の混雑具合や交通量の違いが計測される騒音データに大きな影響を与えていることも分かる。計測された騒音データをもとに、各実験シーンを3段階の騒音レベルで分類した結果が表4である。実験結果から、本デバイスを用いたユーザの周囲の騒々しさの計測では、表4に示したような“静かだ”、“やや騒がしい”、“騒がしい”の3段階であれば、ユーザがどういった騒音レベルの環境にいるのかの判断が可能であることが確認された。

また、表3のアンケート結果より、一般的に静かだと感じるシーンに挙げられた図書館、音響のない静かな部屋、音響のある部屋、人通りの少ない道路(住宅街・山道)における騒音データ計測結果では、どのシーンにおいてもほぼ0~50の計測値を示していたことから、計測した騒音データが0~50の範囲内を示していればそのシーンは“静かだ”と判断可能であるといえる。また、一般的に騒がしいと感じるシーンに挙げられたパチンコ店、ゲームセンター、混雑した飲食店内、デパート内、駅構内における騒音データ計測結果では、どのシーンも200以上の計測値を示していたことから、計測した騒音データが200以上を示していればそのシーンは“騒がしい”と判断可能であるといえる。以上の結果を踏まえて、各騒音レベルにおける計測騒音データは

- 静かだ：0~50
- やや騒がしい：50~200
- 騒がしい：200~

と定め、この閾値を基準としてユーザの周囲の騒々しさを3段階で判断することとする。

#### 4. 関連研究

これまでも、遠隔地間でのアウェアネス情報の共有によって、他者の“存在”や“状況”を感じ取る非言語コミュニケーションを対象とした研究は様々に行われている。

Lovelet<sup>[4]</sup>は、腕時計型デバイスによって互いの現

在の気温情報をウェアネス情報としてゆるやかに共有することのできるコミュニケーションツールである。Lovelet では、デバイスに搭載されたタッチセンサに触れることで相手側のデバイスを温めることができ、遠隔地間で「相手を思いやる気持ち」を伝え合うことができる。

Family Planter<sup>[5]</sup> は、人感センサによって取得した人の“動き”や“存在”といった情報を、相手側の Family Planter で光の動きとして提示することで、遠距離間で互いの“存在感”を双方向に共有することを志向したコミュニケーションツールである。

石井らは、Tangible Bits<sup>[6]</sup> プロジェクトにおいて、“気配”や“感触”といった情報の共有によって遠隔地間の他者の“存在”を感じることでコミュニケーションツールを提案し、人の存在感といった感覚的な情報の共有によるコミュニケーションの有効性を示している。例えば inTouch<sup>[6]</sup> は、遠隔地に置かれたローラー付きデバイスを介して、ローラーの回転という物理的な情報を共有することで、遠隔地間の相手の存在を感じとることのできるシステムである。また ghostly telepresence<sup>[6]</sup> では、遠く離れた人が身に付けた腕時計によってその人の心拍数を取得し、その速さを遠隔地の部屋の天井に水の波紋として映し出すことで、遠隔地にいる人の存在を感覚で受け止めることのできるシステムを提案している。

しかし、これらの研究では相手の存在や気配を感じるための情報共有が目的とされており、提供しているウェアネス情報は相手が置かれている状況を想像するには十分であるとは言えない。本研究の提案するシステムでは、円滑なコミュニケーションの手助けとなるウェアネス情報を提供することで、ユーザに相手の状況に対する気づきを与えることが目的としている。

## 5. 今後の課題

本研究では、提案システムを用いたユーザのウェアネス情報の提供が、ユーザの状況に対しての気づきを得るのにどの程度有効であるかについての評価等を行っていない。そのため、被験者実験を実施し、提案システムの有用性について検討していく予定である。

また、実装したプロトタイプシステムは、デバイスの無線化の初期段階として XBee を用いたシリアル通信を採用しているが、この手法は遠隔地間の無線通信にはふさわしくない。そのため、今後ネットワークを用いた無線化を行い、デバイスによって取得したウェアネス情報を遠隔地間で共有できるシステムの実現を目指す。また、本デバイスは腕に装着して使用するため、デバイスの小型化や重さの軽減を実施する必要もあるだろう。

## 6. 結論

本稿では、遠隔コミュニケーションを行う際のウェアネス情報の不足を解決するために、携帯可能なデバイスによって取得したユーザの行動と周囲の環境に関するウェアネス情報を音楽として常時緩やかに提供する手法を提案し、その手法を実現するシステムを試作した。本システムでは、リストバンド型デバイスによって取得したユーザの“活動の程度”、“周囲の騒々しさ”、“心拍”の3つの情報をもとに、曲調やテンポ、演奏楽器数を変化させた音楽を相手に伝達することで、相手の状況への気づきを提供することができた。また、本システムは相手の状況を気にすることなく一方的な情報取得が可能であるため、相手とのコミュニケーションを取る際の敷居が下がり、容易に相手の状況に関する情報を取得することが可能となる。

今後はさらにシステムの改良を行っていきたいと考えている。また、提案システムの客観的な評価も行い、システムの有用性について検討していく予定である。

## 謝辞

本研究を行うにあたって、主指導教官である松下光範教授には、適切なご指導や助言をいただいたのみならず、さまざまな研究活動や研究発表の機会を与えていただいたことに深く感謝しております。また、評価実験を行うにあたって、実験にご協力いただいた被験者の皆様に深く感謝いたします。そして、最後に経済面や精神面において支えてくれた両親・兄弟や、同じ研究室で共に学び、研究活動を暖かく見守ってくださったすべての友人に心より感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 松下温, 岡田謙一: コラボレーションとコミュニケーション, 共立出版,(1995).
- [2] <http://www.kek79.com/hearttrate.html>
- [3] <http://propanmode.net/index.php?pre-upolicy>
- [4] 藤田, 西本: Lovelet: 気温データの常時伝達による思いやり通信メディア; 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 103, No. 742, pp. 1-6 (2004).
- [5] 伊藤, 宮島, 渡邊: Family Planter: 離れて暮らす家族間におけるつながり感の醸成; 2001 年度電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, p. 190 (2001)
- [6] 石井: Tangible Bits: 情報の感触/情報の気配 (情報処理最前線); 情報処理, Vol. 39 No. 8, pp. 745-751 (1998)