

ウェアラブルコンピューティング環境における ユーザ状況を考慮した音声情報提示手法

矢高 真一[?] 田中 宏平^{†2} 寺田 努^{†1}
塚本 昌彦^{†1} 西尾 章治郎^{†2}

音声を用いた情報提示は、イヤホンのような小型デバイスでハンズフリー利用でき、視覚情報と比較して他の作業への影響が小さいことからウェアラブルコンピューティング環境における情報提示インタフェースとして期待されている。しかし騒音などの周囲の状況や会話しているなどのユーザの活動状況の影響を受けやすく、ユーザが提示情報を聞き取れない場合が多い。また、不必要に大きな音量で情報提示を行うと、ユーザのストレスは大きくなる。そこで本研究では、ウェアラブルコンピューティング環境におけるユーザ状況を考慮した音声情報提示手法を提案する。提案手法では、マイクやセンサを用いてユーザ状況を取得し、予備実験により取得した適切な音量で情報を提示することで確実に情報をユーザに伝える。本研究では評価実験により、提案手法の有効性を確認した。

A Sound Information Presentation Method considering User Contexts for Wearable Computing Environments

SHINICHI YATAKA,^{†1} KOHEI TANAKA,^{†2}
TSUTOMU TERADA,^{†1} MASAHIKO TSUKAMOTO^{†1}
and SYOJIROU NISHIO^{†2}

The sound information presentation can be used without hands by using a small sound output device like an earphone, and it has little influence to other work compared with other method such as visual information presentation on wearable display in the wearable computing environments. However, since the presenting sound is often influenced by surrounding situations such as background noise and conversational voices, the user cannot catch the presented information. On the other hand, the information presentation with the need-

lessly loud sound annoys the user. Therefore, we propose a sound information presentation method considering user contexts for the wearable computing environments. In our method, the volume of presenting information is controlled to be surely transmitted to the user considering the user situation acquired from a microphone and sensors. The effectiveness of the proposal technique was confirmed by an evaluation study.

1. はじめに

近年の計算機の小型化・軽量化に伴い、コンピュータを身に着けて利用するウェアラブルコンピューティングへの期待が高まっている。ウェアラブルコンピューティング環境においては、移動中や他の作業をしている途中などさまざまな状況で情報を閲覧するため、従来のデスクトップコンピューティングで用いられる視覚を主に用いた情報提示では常に多くの情報を快適に閲覧できるとはいえない。一般にウェアラブルコンピューティングで用いられる頭部装着型ディスプレイ (HMD: Head Mounted Display) は視認性が悪く、長時間画面を注視することが困難であり、他の作業との並行性が低い。例えば、ユーザが作業に集中している時に HMD 上に情報を提示されてもそれに気がつけなかったり、ユーザの作業効率を下げってしまうといった問題がある。一方、音声情報を用いた情報提示はイヤホンのような一般的なデバイスで利用でき、また受動的に情報を得られることからウェアラブルコンピューティング環境におけるインタフェースとして期待されている。

津村らによるウェアラブルコンピュータに適した最適な情報提示方法の評価¹⁾では、ウェアラブルコンピューティング環境でタスク遂行中に視覚メディアと音声メディアで情報提示を行い、その認識度や快適度などを調べており、静的な環境下であれば音声メディアがテキスト情報によるメッセージを提示する際に最も適していると結論づけている。

しかし、音声を用いた情報提示においても、ユーザの活動状況や周囲の状況によって得られる情報量が変化するという問題点がある。例えば、提示音量が小さいと騒音下では提示された内容が聞き取れないことがあり、集中が必要なタスクを行っている時には提示内容を聞き逃すことも考えられる。一方、提示音量をあらかじめ大きく設定しておいたり、提示前

^{†1} 神戸大学大学院工学研究科

Graduate School of Engineering, Kobe University

^{†2} 大阪大学大学院情報科学研究科

Graduate School of Information Science and technology, Osaka University

にチャイム音を鳴らしユーザの注意を引いてから提示すれば聞き逃すことは少なくなるが、ウェアラブルコンピューティング環境では常に情報提示デバイスを身につけているため、静かな所で不必要に大きい音量で提示されたり、チャイム音が鳴ることでユーザはストレスを感じる。そこで本研究では動的に変化するユーザの活動状況と周辺音を考慮し、音声情報を適切に提示する手法を提案する。

本稿は以下のように構成されている。第2章でウェアラブルコンピューティング環境における情報提示手法と音声情報を用いたアプリケーションの関連研究について記述し、第3章では本研究の想定環境について詳しく説明する。第4章では、提案手法について述べ、第5章で評価実験と考察を行う。最後に第6章でまとめと今後の課題を述べる。

2. 関連研究

ウェアラブルコンピューティングでは、さまざまな状況下で他の作業と並行してコンピュータを操作するスタイルが一般的である。そのため、従来のようにただディスプレイに情報を映すという単純な情報提示ではユーザの活動状況や環境の影響で得られる情報が減少してしまう問題がある。

この問題を解決するため、これまでにユーザの活動状況や周囲の状況を考慮した多くの情報提示手法が提案されてきた。田中らによるユーザー状況を考慮した情報提示デバイス選択機構²⁾は、ユーザの利用できる情報提示デバイスの特徴とサービスが提示させたい情報の特徴から提示可能なデバイスを選択し、最適な提示方法で情報を提示する機構である。例えば、ユーザが車の運転中などディスプレイに目をやれないときにテキスト情報を提示する場合、テキスト情報を音声情報に変換し提示することでユーザに正しく情報を伝える。この研究は情報提示デバイスを切替える枠組みの提案であり、各提示デバイスがどのような場合に提示に不適切になるのかという点には言及していない。したがって、本研究の結果をこの機構の音声提示部の評価部分として動かすことで、汎用的なデバイスの切替えにも対応できる。また、田中らによるシースルー型頭部装着ディスプレイのための背景を考慮したオブジェクト配置手法³⁾は背景が透過できるシースルー型HMDにおいて、HMDの背景の明暗などの影響で画面の一部が見えづらくなるのを、表示する情報の配置を変えることで改善することを目的としたものである。しかし太陽が視界に入る場合などHMD上の配置を変えるだけでは改善できない場合も多く、HMD以外の提示デバイスも併用する必要がある。振動などの触覚情報を用いて情報提示を行う手法として、沖野らによる触覚デスクトップ⁴⁾や塚田らによるActive Belt⁵⁾などがある。触覚デスクトップでは二次元動作型触覚提

示デバイスを用いてHMDでは判断しづらい細かな操作を補助することを目的としている。Active Beltはベルトに方位センサ、GPS、複数のアクチュエータを取り付け、方位センサとGPSから目的地への道順を特定し、どちらに向かえばよいのかをアクチュエータの振動で知らせる。どちらの研究も他の作業との並行性は高いが、提示できる情報量は音声と比較すると少ない。

また、本研究で想定するウェアラブルコンピューティングにおける音声情報についても、多くのアプリケーションが提案されている。庄司らによるSoundWeb⁶⁾は、音声データにWWW(World Wide Web)などで広く利用されているハイパーリンクの概念を付与し、音声データ間を相互に関連付ける。別の音声データへのリンクがある部分の再生時に同時に信号音を流すことでユーザにリンクの存在を知らせ、音声のみで構造化された音声情報を閲覧することを可能にしている。また、WilsonらによるSWAN(System for Wearable Audio Navigation)⁷⁾は進行方向や近くのバス停やコンビニなどの存在を信号音などの非言語音を用いて提示する。また、空間的な音を用いることでユーザに対象の方向を提示する。広田光一らによるウェアラブルコンピューティングのための聴覚定位を用いたインタラクション手法⁸⁾は、聴覚定位を利用してユーザの周囲に仮想的にアイコンを配置し、音声の聞こえた方向をポインティングすることでコンピュータを操作することを目的としている。しかしこれらの音声提示アプリケーションでは、ユーザの活動状況や周囲の状況は考慮されておらず、ユーザが情報を正しく、かつ快適に聞けない場合がある。提案手法はこの問題を解決することを目的としており、提案手法と組合せて用いることで、これらの音声提示アプリケーションもより有効に機能すると考えられる。

3. 想定環境

提案手法では、ユーザがコンピュータを身につけて生活するウェアラブルコンピューティング環境を想定している。ウェアラブルコンピューティングにはハンズフリーで常時電源オンで利用できるという特徴がある。このような特徴を利用して、指や腰に付けたセンサからさまざまな生体データを自動的に計測することで健康を保つ支援をする健康管理システム⁹⁾や、個人が身に付けたコンピュータと中央制御用コンピュータを高速無線通信でつなげることで、作業しながら電子マニュアルを確認したり、制御室と音声や画像の通信をするシステム¹⁰⁾などが実現されている。このようなアプリケーションでは健康状態の異常や遠隔地からの指示など、音声情報がよく用いられている。そのため、本研究では主として音声情報を提示することを想定する。



図 1 骨伝導イヤホンの装着例

また提案手法では、ユーザが音声情報提示デバイスとして骨伝導イヤホンを装着していることを想定する。イヤホンやヘッドホンのような耳をふさぐ音声情報提示デバイスは、ウェアラブルコンピューティング環境では周囲の音が聞こえづらくなり、危険を伴うという問題がある。一方で骨伝導イヤホンは振動を鼓膜を介さずに伝えるため耳をふさぐ必要がなく、図 1 に示すように耳を開けて装着でき、周囲音も同時に聞き取れる。

さらに提案手法では、ユーザは周囲音やユーザ状況を取得するため、さまざまなセンサやマイクを装着しているとする。これらのデバイスは小型で、装着していても日常生活の邪魔にならず、ナビゲーションサービスや健康管理システムなどさまざまなアプリケーションでの利用が想定されるため、ウェアラブルコンピューティング環境での利用は一般的である。

4. 提案手法

本研究では、ウェアラブルコンピューティング環境においてユーザが提示された情報を認識できる方法で、かつ不必要に大きくない音量で快適に音声情報提示を取得したいという要求に対し、ユーザの状況や周辺環境を考慮して音声情報を提示する手法を提案する。具体的にはニュース速報のニュースの読み上げやナビゲーションサービスの音声案内などで音声情報を出力する際、ユーザの活動状況や周辺音量を考慮して音声情報を認識しやすい方法で提示する。また、提案手法ではユーザの希望する聞き取り精度や情報のもつ緊急性などの性質により提示方法を変更する。例えば作業支援システムにおいて電子マニュアルの読み上げを行う際に、ユーザの聞き逃しがあれば、作業のミスや危険を伴う場合がある。一方、ニュース速報の読み上げなどにおいて、ユーザがおおよその文意が伝わればよいと設定した

場合、精度は低くてもかまわないため小さい音で提示を行う。

本章ではまず、ユーザの活動状況や周囲音と提示する音声情報の認識率の関係を明らかにするために行った予備実験について述べ、次に実験結果に基づき提示音量を制御する手法について述べる。

4.1 予備実験

音声情報を提示する際、小さすぎる提示音量ではユーザは情報を認識できない。一方で不必要に大きい音量で提示した場合はユーザはストレスを感じる。従って適切な音量で情報提示を行う必要がある。そこで、ユーザ状況に適した音量を調べるために次に示す方法でユーザの活動状況や周囲音と提示する聴覚情報の認識率の関係を明らかにした。

4.1.1 実験方法

実験では、図 2 に示すように腰に小型のパーソナルコンピュータ(PC)、首元にマイクを装着した被験者に、アルファベット 4 文字を順に読み上げた音声情報を、平均 1 分とするポアソン到着で提示した。被験者は聞こえたアルファベット 4 文字を記録する。また同時に周囲の音を録音し、SoundEngine¹¹⁾ を利用して聴覚的な音量レベルを計測した。実験では具体的に以下の 4 つのユーザの活動状況について調査した。

- タスクなし
- 歩行
- PC 操作 (デスクトップ環境)
- 会話

これらの活動状況は集中した作業を行っている時には音の発生に気付かないことがあり、電話中など耳を使った作業中に他のことを言われても言われたことを把握しづらいという経験的な知見から、集中した活動としてデスクトップ PC での論文執筆などの文章作成やインターネットのブラウジング (以下、PC 操作)、耳を使った活動として会話をを用いた。また身体の活動の代表として歩行についても実験を行った。実験にはウェアラブルコンピュータとしてソニー社の VAIO UX90S、骨伝導イヤホンに TEMCO 社の HG40SAN-TBT、マイクにはパナソニック社のステレオマイクロホン RP-VC201 を用いた。

提示した音声の音量は減衰なしの音量と比較して -5dB、-15dB、-25dB、-35dB で提示した。なお、被験者は 21~22 才の 5 人である。

4.1.2 実験結果と考察

タスクなしの時のアルファベット 1 文字ごとの正答率を図 3 に示す。結果から、十分大きな音量である -5dB で表示したときの平均正答率は 97%であった。このような状況での誤答



図 2 実験の様子

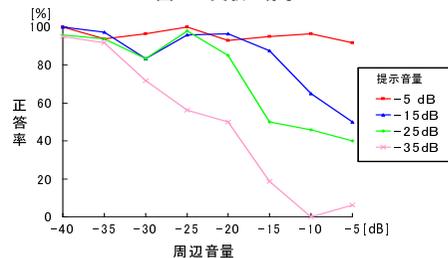


図 3 タスク無しの時の正答率

は $b[bi:]$ と $d[di:]$ などの母音が同じで子音のみが異なるアルファベットがほとんどであったため、アルファベットを聞き分けるというタスクの難易度だといえる。一方で -15dB 以下の提示音量では全体として、周囲音が大きくなるにつれて正答率が下がる傾向がみられることから、周囲音の音量が音声情報の認識に影響を与えていることがわかる。

次に各ユーザの活動状況の違いに注目する。提示音量ごとの周囲音量に対する正答率を図 4~7 に示す。図 4 から十分に大きな音量である -5dB で提示した場合は、会話以外の活動状況で常に高い正答率となっていることがわかる。よって本実験環境では -5dB がユーザが音を聞くために十分な音量であるといえる。一方で図 5~7 から、会話以外の状況では周囲音量が大きくなるにつれて正答率が下がることがわかる。特に歩行時の周囲音量による正答率は、タスクなしの時と比較してほとんど違いがなく、PC 操作時は、タスクなしの時と比較すると周囲音の影響を受けやすく、周囲音量の増加に対して正答率の減少が大きい。これは PC のディスプレイや作業に集中しているため提示された情報に注意を向けれていないためだと考えられ、他のタスクへの集中力が音声情報の認識に影響を与えるといえる。

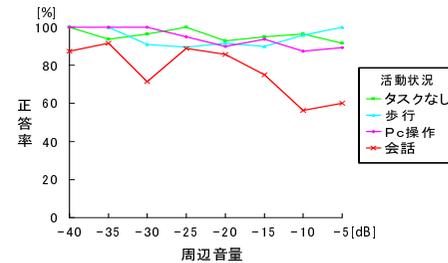


図 4 提示音量 -5dB の時の正答率

Fig. 4 accuracy rate in the case of -5dB presentation sound volume

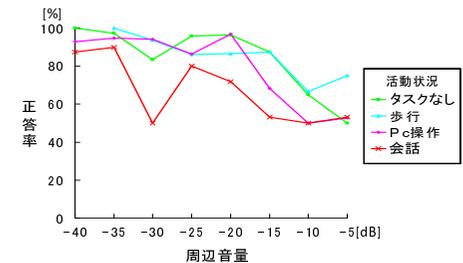


図 5 提示音量 -15dB の時の正答率

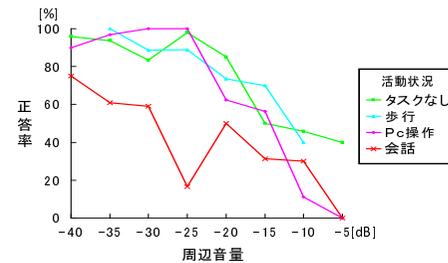


図 6 提示音量 -25dB の時の正答率

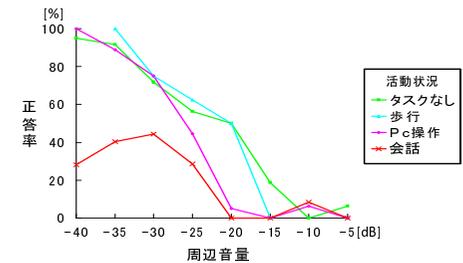


図 7 提示音量 -35dB の時の正答率

今回文章作成やウェブブラウジングという集中力が比較的小さい状況について実験を行ったが、さらに集中力を要する作業ではさらに音声情報の認識に影響が出ると予想されるため、今後タイムトライアルやリズムゲームのようなより集中力の必要な作業を行っている時についても実験する必要がある。会話時は、周囲音量に関わらず正答率が上下した。これは話すことや人の話を聞くことに集中することが、音声情報の聞き取りに大きな影響を与えるためと考えられる。

4.1.3 予備実験から導いた周囲音量と提示音量の関係

予備実験の結果から、各ユーザ状況における周囲音量と提示音量の関係を明らかにする。各ユーザ状況において正答率が一定の値 (閾値 T) を超えた時の周囲音量と提示音量の関係を表す散布図を図 8~11 に示す。会話以外の状況では、周囲音量が大きくなるにつれて、認識に必要な提示音量が大きくなるのが分かる。また周囲音量と提示できる最小音量には比例関係がみられる。

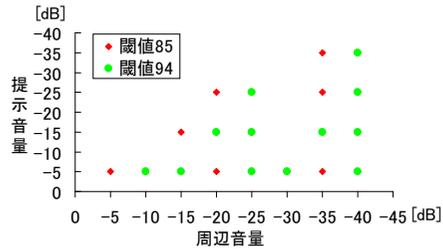


図 8 タスクなしの時の散布図

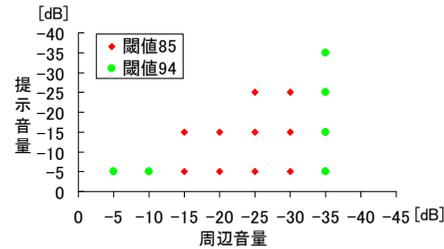


図 9 歩行時の散布図

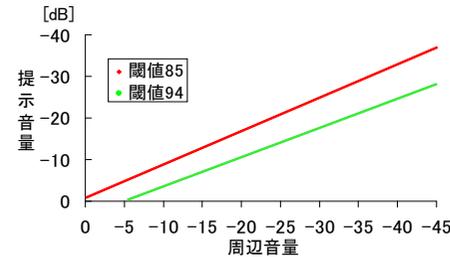


図 12 タスクなしの時の近似曲線

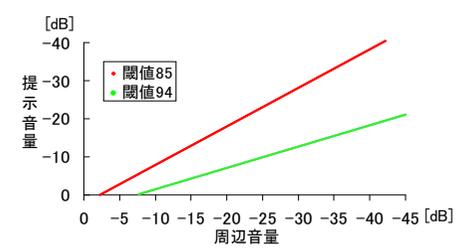


図 13 歩行時の近似曲線

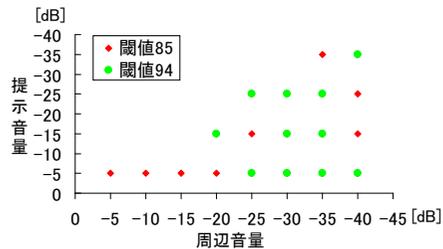


図 10 PC 操作時の散布図

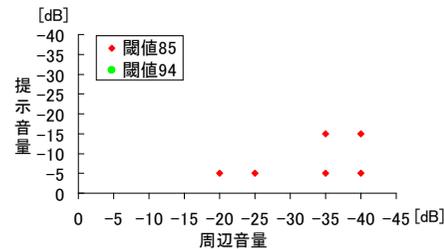


図 11 会話時の散布図

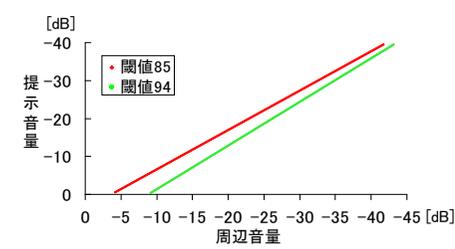


図 14 PC 操作時の近似曲線

このような傾向から、各ユーザ状況において、周辺音量と提示音量は比例関係にあると仮定し、各周辺音量に対して提示できる最小音量に対して、最小二乗法を用いて近似直線を求めた。求めた直線を図 12~14 に示す。本研究ではこの導出した直線を用いて、周辺音量、ユーザ状況から最適な提示音量を算出する。

また、ユーザの希望する聞き取り精度は閾値 T を変更することで導出できる。本研究では、ユーザが確実に聞き取りたいと思う情報や重要な情報は閾値 $T = 94\%$ 、ある程度の聞き逃しが許せる情報は閾値 $T = 85\%$ とした。重要な情報に対する閾値は、周辺音量が -30dB 以下の静かな環境でタスクなしの時に、十分大きな -5dB で提示した際の平均正答率 97% に対して、信頼区間が 3% であったため、 94% 以上であれば全ての文章を理解できると考えたことより、閾値 $T=94\%$ とした。ある程度聞き逃しが許せる情報に対する閾値はおおよそ 10 文字に 1 文字聞き間違える計算になる 85% とした。

4.2 音声情報提示手法

提案手法は次のような流れでユーザ状況を考慮した音声情報提示を実現する。

(1) ユーザの活動状況、周囲音、求められる認識精度の取得

(2) 最適な提示方法を決定し、提示。

提案手法の動作チャートを図 15 に示す。各ステップについて、以下で詳細に説明する。

4.2.1 ユーザの活動状況、周囲音、提示する程度の取得

提案手法ではあらかじめユーザの活動状況と希望する聞き取り精度を入力する。そして音声情報を出力する際、提示前とそれ以降 10 秒間隔で 2 秒間の音量を取得する。

4.2.2 取得情報から最適な提示方法の判断

予備実験の結果より、ユーザの活動状況が会話以外であれば音量の変更を行う。具体的には、周辺音量が入力されると 4.2 節で求めた近似直線の式を用いて提示音量を決定する。会話時、また周辺音量を入力した時に提示音量が負となる場合は、音量の変更では対応できないため、次のような代替手段での提示が必要となる。

- 一時停止

情報提示する際、または情報提示中に提示音量を最大にしても求められる精度で提示できないと判断した場合、提示できると判断するまで待ってから提示を行う。周辺音量が大きい場合に有効だと考えられるが、長い間騒がしい場所などにいる場合などは提示す

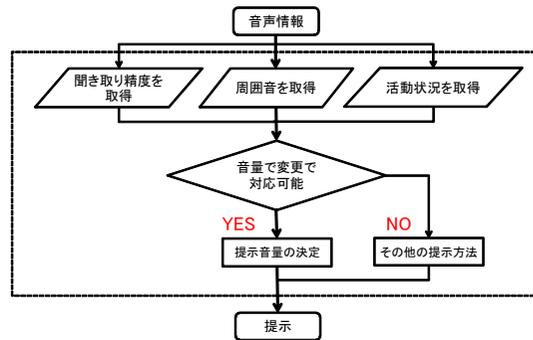


図 15 提案手法の動作チャート

るのが遅れるため、緊急を要する情報提示を行う際には不適切である。

- チャイム音

提示前に大きな音量でチャイム音を流す。会話などほかのことに集中している場合には、ユーザの注意をひいてから提示を行えるので有効である。しかし不必要にチャイム音を鳴らすことはユーザのストレスにつながるため、ユーザ状況を考慮して用いる必要がある。また周囲音が大きい場合にはチャイム音も認識できない。

- 触覚デバイスによる補助

提示前に振動などの触覚をユーザに伝える。これもチャイム音と同様の利点、欠点がある。また、新たにデバイスを用意する必要がある。

- 他の提示デバイスでの提示

他の提示デバイスを用いて提示する。その提示デバイスの性質を考慮して提示する必要があり、また音声情報をほかの形の情報に変換する必要がある。

これらの手法をユーザ状況に応じて用いることにより効果的な情報提示が行えると考えられる。

4.3 実装

予備実験により得られたデータをもとにユーザ状況を考慮し聴覚情報を提示するプロトタイプシステムを実装した。開発は Windows XP 上で C#.NET 2005 を使用し、音声情報制御のために DirectX の DirectSound を使用した。今回実装したプロトタイプシステムは、提示方法としては音量を変更するのみで、ユーザの希望する精度で提示できない場合や提示音量変更が効果的でない場合には 0dB で提示する。システム構成を図 16 に示す。

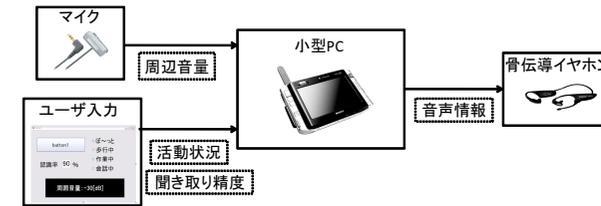


図 16 システム構成

5. 評価実験

提案手法の有効性を評価するため、実装したプロトタイプシステムを用いた実験を行った。この章はその結果について述べる。

5.1 実験方法

実験は予備実験と同様に、被験者は腰に小型 PC、首元にマイク、耳元に骨伝導イヤホンを装着し、平均 1 分のポアソン到着で提示されたアルファベット 4 文字を記録する。また、同時に提示音量の適切さを 5 段階で評価させ、不必要に音量が大きく不快であると被験者が感じると評価は 5 に近づき、聞こえづらいと感じると評価は 1 に近づく。被験者が適切な音量であると感じると評価は 3 となる。実験したユーザの活動状況は音量変更が有効と考えられるタスクなしの時、歩行時、PC 操作時について実験を行った。周囲音の制御には実験環境に設置したスピーカから流す BGM の音量を変更することで行い、-30dB 以下、-30dB から-15dB、-15dB 以上の 3 つについて行った。提示音量は提案手法のプロトタイプシステムによって音量を動的に変更させた提示音量と、-5dB、-35dB の一定の提示音量で提示した場合について実験した。ここでプロトタイプシステムでは、おおよその文意が伝わればいいと考えられるニュース速報や天気予報などを読み上げるアプリケーションを想定し、閾値 T は 85% の場合について実験を行った。なお、被験者は 21~23 歳の 5 人であった。

5.2 認識率の評価

ユーザの活動状況ごとの周囲音量に対する正答率のグラフを図 17~19 に示す。図より、全てのユーザの活動状況において提案手法を用いて提示音量を動的に変更した時の正答率は周囲音量に関わらず高く、今回の閾値である 85% を超える値となった。これは周囲音量から提示音量を導出する際、正答率が閾値 T の 85% を超える点、つまり正答率が 90% 前後であった周囲音量、提示音量の組合せによる点の近似曲線を用いたためだと思われる。提示

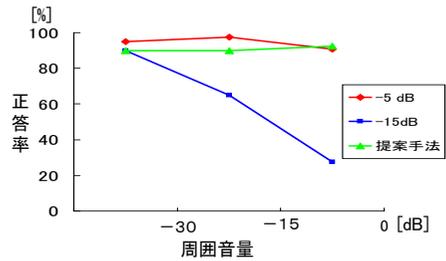


図 17 タスク無しの時の正答率

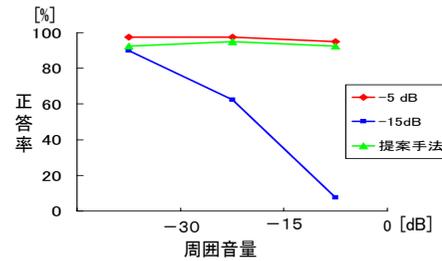


図 18 歩行時の正答率

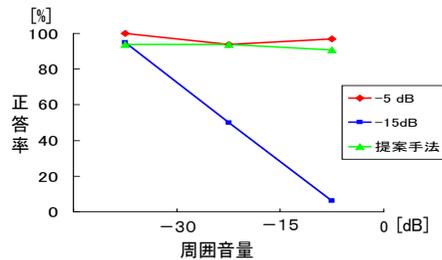


図 19 PC 操作時の正答率

音量を-5dB に固定した時の正答率と比較すると、わずかに下ることがほとんどであったが、これは閾値 T を 85%としたため、閾値 T を 95%程度の高い値に設定すれば提示音量を-5dB に固定した場合と同等の正答率が得られると考えられる。従って、提示音量を大きな値に固定しなくても、ユーザの活動状況や周囲音量によって動的に変更することで高い正答率が得られることがわかる。

5.3 主観評価

ユーザの活動状況ごとの周囲音量に対する主観評価のグラフを図 20～図 22 に示す。図 20～22 より全てのユーザの活動状況において、提示音量を-35dB の一定値で提示した時の評価は、周囲が静かな時は 3 に近い値が得られていて、周囲音量が大きくなるにつれて 1 に近づく傾向がみられる。つまり周囲が静かな時では適切な音量で提示できているが、周囲音量が大きくなると被験者は提示内容を聞きとりづらいつと感じたことがわかる。これは正答率の結果からも明らかである。また提示音量を-5dB の一定の提示音量で提示した時には、周囲が静かであれば評価は 3 を大きく超え、周囲音量が大きくなるにつれて 3 に近づく傾向

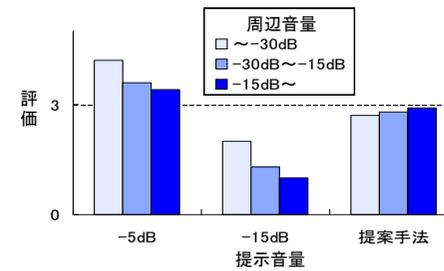


図 20 提案手法の主観評価

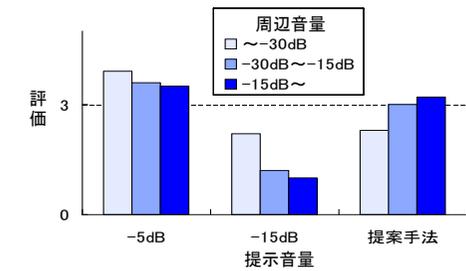


図 21 提示音量-5dB の時の主観評価

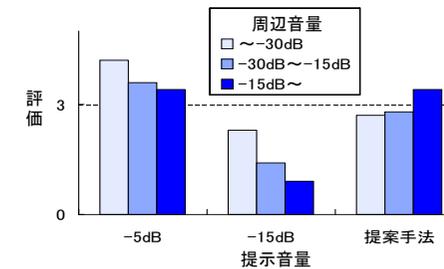


図 22 提示音量-35dB の時の主観評価

がみられる。つまり、周囲が騒がしければ提示音量は適切であるが、静かであれば不必要に大きい提示音量のため、被験者は不快に感じたことがわかる。一方、提案手法を用いて提示音量を動的に変更した時の評価は周囲音量に関わらず 3 に近い値が得られていて、適切な提示音量であったといえる。つまり提示音量を固定して提示すると周囲音量によってはユーザが不適切な音量だと感じるのに対し、提案手法を用いて提示音量を変更すれば周囲音量に関わらずユーザが適切であると感じる提示音量で提示できたといえる。

5.4 アンケート結果

実験後、被験者に「ウェアラブルコンピューティング環境において音声情報を提示されることについてどう思うか」、「提示音量が変更されることに違和感を感じるか」という 2 つのアンケート調査を行った。質問に対する答えの例を以下にあげる。

(1) ウェアラブルコンピューティング環境における音声情報提示について

- メインの情報提示手段としては少し物足りないが、補助的な利用は便利である。
- メールが来るたびにその内容を読み上げられることは煩わしいが、送信者、件名

などが音声で提示されたら助かる．

- 目の不自由な人には便利である．
- ナビゲーションなどのアプリケーションで進行方向から音がすれば便利である．

(2) 提示音量が変更されることの違和感

- 周囲の音量によって聞こえ方が違うから自動で音量調整してくれるのは助かる．
- 自動調整と手動調整を使い分ければ便利である．
- 自分が想定している音量より大きい音量で急に提示されると不快である．

一つ目の質問に対する答えから，ウェアラブルコンピューティング環境において音声情報のみで大きな情報量を提示するのはユーザのストレスを大きくすると思われる．しかし，用途によって音声情報を視覚情報などと使い分けて用いれば効果的に情報提示が行えると考えられる．また，2つ目の質問に対する答えから，ユーザ状況を考慮して提示音量を変更することは有効だと考えられるが，急に大きく音量を変更することはユーザのストレスを大きくすることにつながるので適切に変化させる必要があることがわかる．

6. ま と め

本稿では，ウェアラブルコンピューティング環境においてユーザの活動状況や周囲音の音量に合わせて適切な情報提示を行う手法を提案した．本研究では予備実験により，ユーザの活動状態や周囲音の音量と音声情報の認識率の関係性を調査し，周囲音量とユーザの活動状況，さらにユーザが認識したい程度を入力することで提示音声情報を適切な音量を変更して音声情報を提示するシステムを実装した．評価実験から，提案手法が求められる認識精度で音声情報を提示でき，ユーザの主観的な評価において，提案手法を用いて決定した音量が提示音量を固定する場合と比較し適切であるという結果が得られた．

今後の課題としては，音声情報提示に影響を及ぼす状況を一般化し，そのような状況をコンピュータで認識する手法を考案し，実装する必要がある．また，提示音量を変更するだけでは対応できない場合の提示方法についても検討し，ユーザの認識率，ストレスの大きさについて評価しなければならない．

謝辞 本研究の一部は，科学研究費補助金基盤基盤 (A)(17200006) および特定領域研究 (21013034) の支援によるものである．ここに記して謝意を表す．

参 考 文 献

- 1) 津村弘輔, 井上亮文, 加藤淳也, 住谷哲夫, 重野 寛, 岡田謙一: ウェアラブルコンピュータに適した最適な情報提示方法の評価, 情報処理学会研究報告 (グループウェアとネットワークサービス), Vol.2005, No.49, pp.13-18 (2005).
- 2) 田中宏平, 寺田 努, 西尾章治郎: ウェアラブルコンピュータのためのユーザ状況を考慮した近く影響度に基づく情報提示手法, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム論文集, Vol.2008, No.1, pp.1479-1486 (2008).
- 3) 田中宏平, 岸野泰恵, 宮前雅一, 寺田 努, 西尾章治郎: 光学式シースルー型 HMD のための読みとりやすさを考慮した情報提示手法, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.4, pp.1847-1858 (2007).
- 4) 沖野将司, 寺田 努, 塚本昌彦, 義久智樹: ユーザの状況を考慮した触覚情報によるウェアラブル入出力支援システム, 情報処理学会研究報告 (モバイルコンピューティングとユビキタス通信研究会研究報告), Vol.2008, No.18, pp.17-24 (2008).
- 5) 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).
- 6) 庄司 武, 中村聡史, 塚本昌彦, 西尾章治郎: ウェアラブル環境における音声データのハイパーリンク型ナビゲーションシステム, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.5, pp.1380-1391 (2003).
- 7) J. Wilson, B. N. Walker, J. Lindsay, C Cambias and F Dellaert: SWAN: System for Wearable Audio Navigati on Wearable Computers, *Proceeding of 11th IEEE International Symposium on Wearable Computing (ISWC'07)*, pp.91-98 (2007).
- 8) 広田光一, 廣瀬通孝: ウェアラブルのための聴覚定位によるインタラクション手法, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.1, pp.156-165 (2003).
- 9) 沖電気工業株式会社, <http://www.oki.com/jp/profile/info/>.
- 10) 平岩 明, 武藤伸洋, 三樹 聡, 奥平雅士, 柿崎隆夫: ウェアラブル PC による現場作業支援システムのコンセプトと常装着型ディスプレイの検討, ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, Vol.2000, p.98 (2000).
- 11) SoundEngine, <http://www.cycleof5th.com/>.