

# 頭部方向指向性を持つ見通し距離会話システム

新居 英明\*1 橋本 悠希\*2 稲見 昌彦\*3 渡邊 淳司\*4

Sight-distance Communication System based on Head Directional Information Processing

Hideaki Nii\*1 Yuki Hashimoto\*2 Masahiko Inami\*3 Junji Watanabe\*4

**Abstract** – We present a communication interface that achieves handsfree conversation in the sight-distance. The wearer of this interface can hear the voices only from the direction in which he/she is facing, and can send his/her voices only in the direction towards which he/she is facing. Therefore, individuals who are within sight of each other can have a conversation, even if they are not close enough to talk directory. This interface promotes communication between people who are within sight of each other, using the communication protocol in the personal-distance. In this paper, we describe the design theory of this interface and its applications.

**Keywords** : Sight-distance Communication, Proxemics, Infrared Communication

## 1. はじめに

人間は視覚・聴覚という、遠距離感覚器が発達しており、対人・対物との距離を様々な方法で知覚し、その距離に応じて認知・行動の様式を変化させている。文化人類学者 Edward T. Hallはこの距離による認知・行動様式の変化を「Proxemics (プロクセミクス, “知覚文化距離” [1])」という造語で表した [2]。本研究では、特に人間同士のコミュニケーションにおけるプロクセミクスに着目し、新たなコミュニケーションインタフェースの提案を行う (図 1)。

人間のコミュニケーションの質は対人距離によって著しく変化するが、特に、知覚レベルの変化は大きなものである。コミュニケーションに大きな役割を果たす視聴覚に着目して対人距離を分類すると、表 1 のように大きく 3 つに分けられる。第一に、1~2m 以内の距離 (“接触距離” と記す) では、手の届く範囲で、お互いの顔をつきあわせてコミュニケーションが行われ、相手の姿・声ともに生々しく知覚可能であり、非常に高い臨場感がある。第二に、5m から十数 m 程度の距離 (“見通し距離”) では、相手の姿は見えるが、声は、はっきりと聞こえない。大声をあげる、ジェスチャを交える等によって意思を伝えることはできるが、コミュニケーションの精度、臨場感は大きく落ちてしまう。第三に、数十 m 以上の距離 (“遠隔距離”) で

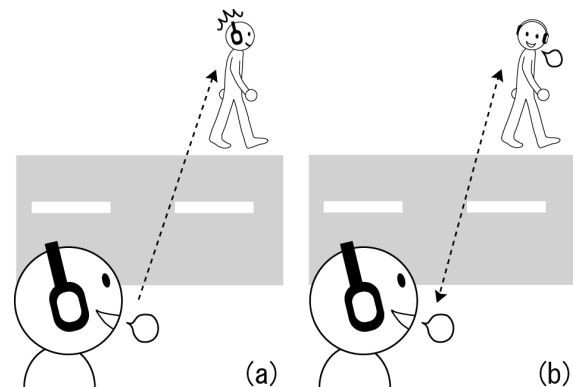


図 1 提案するインタフェース概要  
Fig. 1 Concept of proposed interface

は、お互いの姿・声ともに知覚することができず、何らかの道具を介することなくコミュニケーションを成立させることはできない。この距離の分類の中で、遠隔距離でのコミュニケーションについては、電話やテレビ電話をはじめ、これまでも多くの研究がなされ、その改善の取り組みがなされている。一方、交差点の向こうにいる友人に声を掛けたり、レストランでウェイターを呼ぶ時のような、見通し距離のコミュニケーションに関する研究は数少ない。そこで、本研究では、見通し距離におけるコミュニケーションの質を向上させるウェアラブルインタフェースの提案を行う。

表 1 対人距離と視聴覚、臨場感の変化  
Table 1 Changes of perception according to inter-personal distance

	距離	視覚	聴覚	臨場感
接触距離	~ 1, 2m			
見通し距離	5m ~ 十数 m		×	
遠隔距離	数十 m 以上	×	×	×

\*1: 東京大学大学院 情報理工学系研究科

\*2: 電気通信大学大学院 電気通信学部

\*3: 電気通信大学 知能機械工学科 / JST

\*4: (独) 科学技術振興機構 さきがけ

\*1: The University of Tokyo

\*2: The University of Electro-Communications

\*3: The University of Electro-Communications/JST

\*4: PRESTO Japan Science and Technology Agency

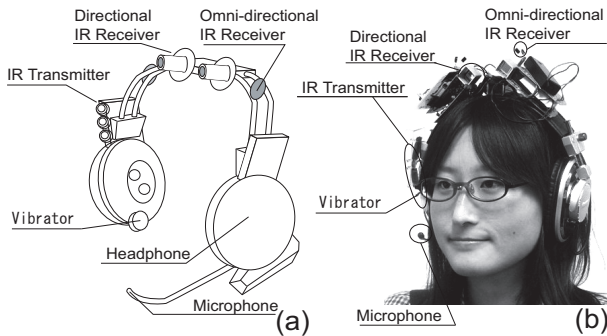


図2 試作システム概念図(a)と実装例(b)  
Fig.2 Conceptual image(a) and example(b)  
of communication interface

## 2. 見通し距離会話システム

### 2.1 提案手法

提案するインタフェースの構造を図2(a)に示す。図2(a)にあるように、インタフェースはヘッドホン、マイクロフォン、赤外線送信部、2つの赤外線受信部、小型振動子によって構成され、聴覚情報の伝達は、赤外線通信によって行われる。装着者の発話はマイクロフォンで電気信号に変換されて、赤外線送信部からインタフェース前方に発信される。インタフェースの受信システムは2つの赤外線受信部を有している。1つは全方向からの赤外線を受信するもので、もう1つはインタフェース前方に方向選択性を持ったものである。全方向受信部が信号を受信した時、つまり、他のインタフェース装着者がその人の方向を見て話しかけた時には、受信された赤外線信号は小型振動子を振るわせ、着信を知らせる。さらに、方向選択性受信部にも信号が受信された場合、つまり、インタフェース装着者同士が向かい合い、かつ、一方が話しかけた場合、方向選択性受信部の信号は音声に復調され、ヘッドホンを通して装着者に提示される。

本インタフェースの装着者同士は、お互い直接声が届かない距離にいても、自分がコミュニケーションをとりたい相手の方向を向き、話しかけることで、相手に呼びかけることができる(図1(a))。お互いが向かい合っていない場合、呼びかけられた側は、着信振動から呼びかけに気づき、発信者を探す。そして、お互い向かい合うことで会話を開始する(図1(b))。本インタフェースの装着者は、見通し距離にいても、「向かい合って声を掛ける」という接触距離でのプロトコルで、会話をすることができる。

### 2.2 現状の通信システムとの比較

本インタフェース以外の方法で、見通し距離のコミュニケーションの質を向上させる方法としては、ジェスチャで視覚情報を増大させる方法や、トランシーバや携帯電話を使用して聴覚情報を送信する方法が考えら

れる。本インタフェースと同じく聴覚情報を送信するトランシーバ、携帯電話を表2のように比較した。

まず、通話相手の選択について考えると、トランシーバは全員に同じ情報が送信されるため、相手を選択して会話することはできず、関係のない会話も聞こえてくる。携帯電話は、あらかじめ相手の電話番号を知っていれば、選択的に発信することができる。また、受信側も通話ボタンを押さない限り会話は開始されず、発信者・受信者に明確な選択が存在する。一方、提案するインタフェースでは、お互いが相手の方向を向くという直感的な選択方式で、排他的な会話を行うことができる。ただし、通話を続けるには相手の方向を向き続けなければならない、というデメリットもある。

次に、通話発信トリガについて考えると、トランシーバにおいては送話ボタンを、携帯電話においては電話番号を押す必要がある。そのため、会話をしようとする度にボタンを押す必要があり、見える位置にいる相手であっても簡単に連絡が取れない場合がある。提案するインタフェースでは、声を出して話しかけることが通話発信のトリガとなるので、前述の2つのシステムとは異なり、ハンズフリーでコミュニケーションを行うことが可能である。

表2 見通し距離における従来システムとの比較

Table 2 Comparison of proposed interface with transceiver and mobile phone

	相手の選択	通話発信トリガ
トランシーバ	×	送話ボタン
携帯電話	電話番号選択 通話ボタン	電話番号を押す
本システム	相手の方向を向く	話しかける

本インタフェースの既存システムに対する大きな特徴は、頭部方向によって直感的に通話相手を選択して排他的に会話が可能であること、ハンズフリーで簡単に会話を開始できることである。このシステムの具体的な応用として「お互い視認できる距離で会話する」、「相手を選んで会話する」、「手を使わず会話する」という要素を持った環境が考えられる。具体的には、工事現場での意志伝達や、警護業務における警備員間の通信、コンサート会場での連絡等が考えられる。また、レストランでの注文や、ボートの上で釣りをしながら、スキー場、多人数でのゲーム等の普段の生活、エンタテインメントでの応用も考えられる。

### 2.3 関連研究

聴覚情報提示に方向選択性を取り入れるシステムの研究は、これまでも多く行われてきた[3][4][5][6][7]。これらは、頭の方向や視線によって示唆される方向の、環境の聴覚情報もしくは人間の声を選択的に取得するシステムであるが、本論文で提案するインタフェー

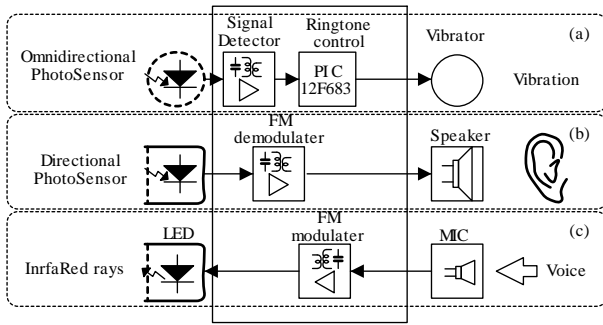


図 3 機能ブロック図

Fig. 3 Block diagram of proposed interface

スは、このような方向選択的聴覚体験をコミュニケーションへも広げたものである [8] .

一方、遠隔からの排他的な聴覚情報提示を行うシステムとして、赤外線信号を使用した CoBIT [9] や超音波を使用した u-soul [10] が提案されている . CoBIT は安価にシステムを構成可能である一方で、方向の選択性が弱く信号源との距離が情報選択の主なパラメータであった . u-soul は、装着者が方向選択的に情報を選ぶのではなく、音源定位と周波数帯による情報選択性に特徴がある . また、頭部方向とコミュニケーションの関係性に着目した作品制作も行われている [11] [12] . これらはお互いの頭部の向き合わせするという無意識な動作に対して、視聴覚へのフィードバックを行うものである . これらの作品コンセプトは本インタフェースの設計指針へ通じるものがある .

### 3. システムの実装

FM 変調型コードレスヘッドフォン (オーディオテクニカ ATH-CL33) に赤外線センサやマイクアンプを加えることで、提案するインタフェースの試作を行った . 試作したシステムの外観を図 2(b) に示す .

インタフェースは、図 3 のように大きく 3 つの部分から構成される . 第一に図 3(a) にある、全方位に反応するセンサを通じて、赤外線が到着した瞬間に振動を発生させ、着信を知らせるブロック (着信振動は 2 秒程度で停止する) .

第二に図 3(b) にある、特定方向からの赤外線信号を音声に変換し、装着者のヘッドフォンへ送るブロック . 選択性受信部の赤外線センサは感度の高い 10mm × 10mm の大型フォトダイオード (浜松フォトニクス製 S3590-01) を使用し、方向選択性を付加するために、金属の筒でセンサの周りを覆った . 筒の長さを変えることにより、方向選択の範囲を変化させることが可能である . 試作機では方向選択の範囲は、30 度程度となるように設計した [13]. 全方位センサと方向選択性センサの反応範囲を測定したデータを図 4 に示す . 中心に本試作機を設置し、発信機を徐々に近づけながら

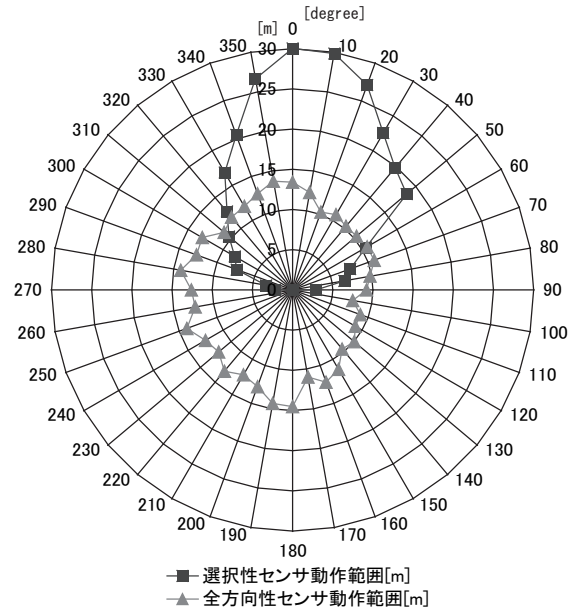


図 4 通信相手との角度と通信可能距離

Fig. 4 The directional features of the Infrared devices

受信部が動作し始める距離及び角度を計測した . この図より、実際に全方位に反応するセンサは指向性が無く、一方、方向性選択性センサは前方のみに指向性を持っていることが分かる .

第三に図 3(c) にある、音声を赤外線に変換し特定方向に送信するブロック . マイクフォンより集音されたオーディオ信号は、FM 変調をかけられ、赤外線送信部の赤外 LED アレイから装着者の前方にのみ送信される . FM 変調を用いたことにより、お互いの距離に関係なく同一音量で通話が可能となる . 送信部の LED アレイは縦方向に 4 つ並べられ、縦方向の指向性は広くとられている .

### 4. システムの評価

試作インタフェースは通信距離約 15m で使用可能であり、その重さはヘッドフォン部 510g、外部バッテリーも合計して約 1.5kg であった . 実際に試作インタフェースを、20 歳代の被験者 6 人に使用してもらった . 2 人の被験者が試作インタフェースを装着し、5m あるいは 10m 離れて背中合わせに立ち、片方の被験者が振り返り、声を掛けるという方法で会話を開始した . その後、短い会話を行ってもらい、その体験に関するコメントを述べてもらった .

#### 4.1 コメントと考察

定量的な評価実験は行っていないが、被験者からは示唆に富んだコメントが得られた .

まず、相手の呼び出しについては、「相手の方向を向いて呼び出しを開始すると、相手がすぐに気がつき会話を開始することができた .」というコメントが全て

の被験者から得られ、通信インターフェースとして十分機能していたと考えられる。

「相手を覗き込み話しかける動作によって、相手がすぐに振り向くと、自分の視線が強化されるような感覚を覚えた。」というコメントが得られた。また、通信を受信する側の感覚として、「自分が見られていることを強く意識する」というコメントがあった。例えば、後ろから覗き込み話しかけると、背中の方からであっても、自分が見られたこと（正確には話しかけられたこと）がすぐにわかるというのは非常に新しい感覚である。他には、「着信時に相手の方向を知るための情報が欲しい」という感想が得られた。

#### 4.2 今後の改良点

コメントで指摘されたように受信方向の判別を行うための機構が必要であると考えられる。例えば、複数のセンサの信号強度差を利用して方向についての手がかりを提示することが可能である。また、現在は1対1のシステムであるが、今後、複数台での使用を考慮していきたい。

#### 5. おわりに

本論文では、対人距離とコミュニケーションの質に着目し、見通し距離の離れた人に対して、接触距離で話をする時と同じプロトコル（向かい合い声を掛ける）で会話が可能なインターフェースを実現した。本インターフェースは、頭部方向によって相手を選択し排他的に会話が可能であり、さらには、ハンズフリーという特徴もある。今後は、それらを活かした、作業支援やエンタテインメント分野での応用も考えていきたい。

#### 参考文献

- [1] 松岡 正剛:“ 松岡正剛千夜千冊 ”, 求龍堂 (2006)
- [2] Edward T. Hall:“ かくれた次元 ”, みすず書房 (1970)
- [3] A. Mamuji, R. Vertegaal, C. Sohn and D. Cheng: “ Attentive Headphones: Augmenting Conversational Attention with a Real World TiVo ”, Ext. Abstracts CHI 2005 (2005)
- [4] D. Smith, M. MacDonald and R. Vertegaal:“ OverHear: augmenting attention in remote social gatherings through computer-mediated hearing ”, Ext. Abstracts CHI 2005, pp. 1801-1804 (2005)
- [5] 浜中 雅俊, 李 昇姫:“ サウンドスケープヘッドフォン ”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 12, No. 3, pp. (2007)
- [6] S. Basu and A. Pentland:“ Smart headphones ”, Ext. Abstracts CHI 2001, pp. 267-268 (2001)
- [7] F. Mueller and M. Karau:“ Transparent Hearing ”, Ext. Abstracts CHI 2002 (2002)
- [8] J. Watanabe, H. Nii, Y. Hashimoto and M. Inami: “ Visual resonator: interface for interactive cocktail party phenomenon ”, Ext. Abstracts CHI 2006, pp. 1505-1510 (2006)
- [9] 中村 嘉志, 伊藤 日出男, 西村 拓一, 山本 吉伸, 中島 秀之:“ 無電源小型通信端末 CoBIT による近距離情報支援の実現 ”, 情処学知的年研究グループ研報, 2002-ICII, No. 2, pp. 1-6 (2002)
- [10] 吉野 祥之, 苗村 健:“ u-soul:超音波を用いた音像提示インタフェース ”, 情処学インタラクシオン 2007 論文集, pp. 69-70 (2007)
- [11] A. W. Skaburskis, J. S. Shell, R. Vertegaal and C. Dickie: “ AuraMirror: Artistically Visualizing Attention ”, Ext. Abstracts CHI 2003, pp. 946-947 (2003)
- [12] J. Watanabe, M. Sugimoto:“ Visual Resonator ”, Ars Electronica Cyber Art 2004, NextIdea pp. 301 (2004)
- [13] 池井 寧, 山崎 仁志, 広田 光一, 廣瀬 通孝:“ ウェアラブル指向音声提示手法に関する基礎的研究 ”, 信学技報, MVE2003-16, pp. 29-32 (2003)

(2007年4月24日受付)

#### [著者紹介]

##### 新居 英明 (正会員)



1995年 東京工業大学大学院理工学研究科博士前期課程制御工学専攻修了。同年株式会社トキメック入社。2003年4月 同社退社。2003年から2006年まで電気通信大学大学院電気通信学研究科博士後期課程機械制御工学専攻在籍。現在、東京大学大学院情報理工学系研究科システム情報学専攻 助教。情報投影技術を利用したヒューマンインタフェースの研究に従事。

##### 橋本 悠希 (学生会員)



2005年 電気通信大学 電気通信学部 知能機械工学科卒業。2007年 同大学大学院電気通信学研究科 知能機械工学専攻博士前期課程卒業。現在、同大学大学院電気通信学研究科 人間コミュニケーション学専攻 博士後期課程在籍。触覚提示、光通信システムの研究に従事。

##### 稲見 昌彦 (正会員)



1999年 東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。博士(工学)。東京大学リサーチ・アソシエイト, 同大学助手, 電気通信大学講師, 同大学助教授, マサチューセッツ工科大学コンピュータ科学・人工知能研究所客員科学者, 科学技術振興機構さきがけ研究者を経て, 2006年より電気通信大学知能機械工学科教授。ロボット, バーチャルリアリティ等インタラクティブ技術に関する研究に従事。

##### 渡邊 淳司 (正会員)



平成 17年 東京大学大学院情報理工学系研究科 博士課程修了。博士(情報理工学)。同年(独)科学技術振興機構「デジタルメディア作品の制作を支援する基盤技術」領域個人型研究(さきがけ)研究員。http://www.junji.org/