

# u-soul : 超音波を用いた音像提示インタフェース

吉野 祥之<sup>†</sup> 苗村 健<sup>†</sup>

## u-soul : Ultrasonic-Sound Localization Interface

AKIYUKI YOSHINO<sup>†</sup> and TAKESHI NAEMURA<sup>†</sup>

### 1. はじめに

聴覚は効率的な情報伝達手段である。しかし溢れる情報をすべて音声で流していたのでは、それを必要としない人にとっては、騒々しいだけである。そこで、聞きたい人にのみ付加的な音情報をスポット的に提示する研究が進められている。代表的な例として、音声信号を赤外光や電波に変換し、特定のデバイスを用いて受信するシステム<sup>1)</sup> やメディアアート作品<sup>2)</sup> などが挙げられる。

しかし、これらのシステムでは、音が耳の中(頭の中)から聞こえているように知覚される。これは、両耳間に届く音の音量差や時間差といった、音源の空間的な位置を知覚するための手掛かりが、赤外光などへの変換によって失われるためである。このため、「こちらへどうぞ」といった、音源位置の知覚(音像定位)を要する指示には不向きである。バーチャルリアリティの分野では、HRTF(Head Related Transfer Function)を用いて音像を提示する手法が検討されているが、ユーザの位置や姿勢の計測が必要となり、コストと処理速度の点で問題を抱えている<sup>3)</sup>。

そこで筆者らは、上述した問題を解決するため、可聴音を超音波に変換して空間中に伝播させ、ユーザの耳元に設置した超音波マイクで集音した情報を、可聴音に復調して聞かせる手法を提案してきた<sup>4)</sup>。超音波を用いることにより、両耳に音量差と時間差を与えることができる。

本稿では、これを多チャンネル化した u-soul (Ultrasonic-SOUND Localization interface) システ

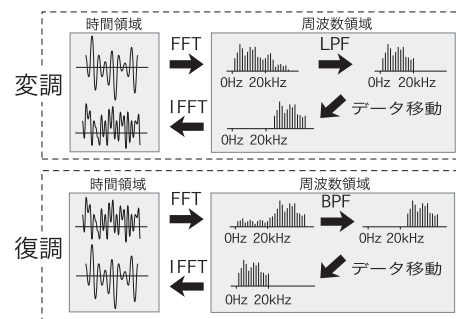


図 1 音情報の変復調

Fig. 1 Modulation and demodulation of auditory information

ムについて述べる。

### 2. 超音波を用いた音像提示インタフェース

#### 2.1 システムの設計

本システムは大別して、可聴音を超音波に変調して送信する送信部と、超音波を受信して可聴音に復調する受信部の 2 つの処理プロセスから成る。そのプロセスを図 1 に示す。

まず、送信するべき音声情報にサンプル数 1024 の FFT をかける。この周波数領域のデータをカットオフ周波数 20kHz のローパスフィルタに通した後で、任意の周波数帯にデータを移してから IFFT を行うことで変調する。受信部では、耳元の超音波マイクで受信した信号に対して FFT をかける。そして、バンド幅 20kHz のバンドパスフィルタに通した後で、可聴音域にデータを移してから IFFT を行うことで復調する。

#### 2.2 システムの実装

受信部の構成を図 2 に示す。

送信部では、PC で変調を行い、オーディオインタフェースを介してアンプで増幅し、超音波スピーカが

<sup>†</sup> 東京大学大学院学際情報学府  
Graduate School of Interdisciplinary Information Studies,  
The University of Tokyo

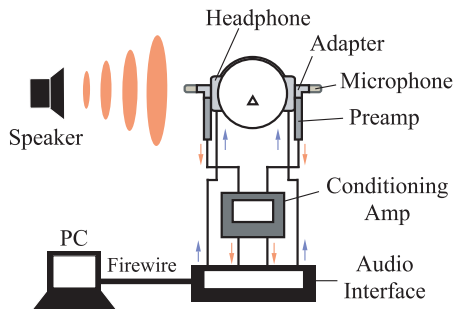


図 2 u-soul 構成  
Fig. 2 Configuration of u-soul

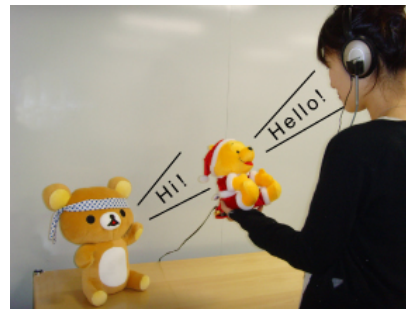


図 3 人形による音情報提示  
Fig. 3 Presentation of auditory information by doll

ら発信する．アンプは ONKYO 社製 TX-SA604，スピーカは TakeT 社製 BAT-PRO を用いている．

受信部では，ヘッドホンの外面にマイクを設置し，超音波を取得する．取得した信号をアンプで増幅し，オーディオインタフェースを介して PC へと入力する．そして PC で復調した可聴音をヘッドホンでユーザの耳元に提示する．マイクは B&K 社製 Type4939，アンプは B&K 社製プリアンプ Type2670 と B&K 社製コンディショニングアンプ Type2690 を用いている．オーディオインタフェースには EDIROL 社製 FA-101 を PC と Firewire 接続して用い，A/D 変換，D/A 変換のサンプリングレートを 192kHz に設定している．

### 3. 実オブジェクトによる音情報提示

ここでは，本システムにおける下記の 2 つの特徴を明らかにするデモについて述べる．

- 音像が実オブジェクトに定位して聞こえる
- 異なる周波数帯に変調された複数の音声情報をユーザが選択して聞く事ができる

#### 3.1 デモの概要

スピーカを内蔵した人形を用意し，予め超音波に変調して録音しておいた音声を発信させる．ここで，人形の発する音声は日本語，英語，韓国語の 3 通りを用意し，日本語は 20～40kHz，英語は 40～60kHz，韓国語は 60～80kHz の周波数帯域で変調してある．システムを身につけていなければ何も聞こえない．システムを身につけたユーザは，目の前の人形から発せられる音声を聞く事ができる．また，人形を実際に手に取って動かすことで，両耳に届く音の音量差・時間差に変化が生まれ，音声の人形から発せられていることをより鮮明に体感できる．また，ユーザは専用のコントローラによって復調時のバンドパスフィルタの周波数帯を選択することができ，任意の言語による音声のみを聞く事ができる．

### 3.2 考察

実験の結果，確かに人形の位置から音声が聞こえてくる事が確認された．しかし，スピーカとマイクの位置関係によって聞こえ難くなる問題も指摘され，スピーカやマイクの指向性に関する検討が今後の課題として明らかになった．また，ユーザが言語を自由に選択する機能については，20～80kHz までのどの周波数帯でも音源位置を把握することができ，複数の音声情報が干渉しあうことなく明瞭に聞こえるとの感想を得た．これにより，本システムを用いて効果的な音像提示が可能であることが示唆された．

### 4. 結び

本稿では，定位感を伴う音像を多チャンネルで提示する u-soul システムを実装し，その有効性を確認した．今後は変復調方式の妥当性や音情報提示システムとしての有効性の検証など，本システムの定量的評価を行っていくと共に，システムの特徴を活かしたアプリケーションの提案を行っていく．

謝辞 本研究を進めるにあたり，有益な助言をいただいた東京大学原島博教授，橋田朋子氏に感謝の意を表する．

### 参考文献

- 1) 西村拓一，中村嘉志，伊藤日出男，山本吉伸，中島秀之：インタラクティブ情報支援のための無電源小型情報端末，インタラクシオン 2003，pp. 163-170 (2003).
- 2) 岩井俊雄：Sound-lens，<http://www2.gol.com/users/iwai/PS1data/SOUND-LENS.html>.
- 3) 大賀寿郎，山崎芳男，金田 豊：音響システムとデジタル処理，電子情報通信学会 (1995).
- 4) 吉野祥之，橋田朋子，苗村 健：超音波を用いた実音場の拡張に関する基礎検討，FIT2006 第 5 回情報科学技術フォーラム 情報科学技術レターズ，vol.5, LK-008, pp.287-288 (2006).