

仮想の“音の部屋”によるコミュニケーション・メディア *voiscape* の主観評価

金田 泰

日立製作所 中央研究所

〒185-8601 東京都国分寺市東恋ヶ窪1-280

E-mail: Yasusi.Kanada.yq@hitachi.com

あらまし *voiscape* は仮想音響空間内を自由に移動しながら会話できるコミュニケーション・メディアである。そのプロトタイプ VPIIQ (Voiscape Prototype 2 Q) を使用して、ネットワーク・ポリシーのちがいによる QoS のちがいがあたえる効果に関する主観評価を実施したところ、音源方向等をあてる位置判定実験において、予想とちがって QoS がひくいときのほうがやや正答率がたかかった。また、位置判定実験においては被験者が移動・回転の操作をしないときよりそれをしたときのほうが正答率がたかかったが、話者判定実験においては逆の結果がえられた。

キーワード IP 電話, 音声コミュニケーション, *voiscape*, 3次元オーディオ, 3D音響, 仮想音響空間。

Subjective Evaluation of *voiscape* – A Virtual “Sound Room” Based Communication-Medium

Yasusi Kanada

Central Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

Higashi-Koigakubo 1-280, Kokubunji, Tokyo 185-8601, Japan

E-mail: Yasusi.Kanada.yq@hitachi.com

Abstract Voiscape is a communication medium by which people can talk each other while moving within virtual sound space freely. By using a prototype of *voiscape* called VPIIQ (Voiscape Prototype II Q), the effect of difference of QoS caused by network policies was evaluated subjectively. The result showed unexpectedly that the percentage of correct answers was higher in the case in which QoS is lower in the localization test. In the sound localization tests, the percentage of correct answers was higher when subjects performed operations to move or to turn than not to do so. However, in the speaker recognition tests, opposite results were observed.

Keywords IP telephony, Voice communication, *voiscape*, Spatial audio, 3D sound, Virtual sound space.

1. はじめに

最近 IP 電話が急速に普及しつつある。現在の IP 電話は従来の電話のユーザインタフェースを踏襲しているが、IP ネットワークの特徴をいかせばそれを大幅に改善できるはずである [Kan 03]。そこで、人間のコミュニケーション能力をいかした、電話や従来の会議システムなどのメディアにとってかわるべき多者間 3次元音声コミュニケーションメディア *voiscape* の実現をめざして開発をおこなってきた。*voiscape* については第2章において概説する。

仮想空間内で移動したり回転したりすることができ、それにちがって 3D 音声をなめらかに変化させることができるということが *voiscape* の特徴機能のひとつである [Kan 05]。次世代バックボーンの研究開発の一部であるスケーラブル QoS 保証法の開発のための評価用アプリケーションとして *voiscape* を使用し、ネットワーク・ポリシーのちがいによる QoE (Quality of Experience) のちがいを 24 人の被験者によって評価する機会をえた。そのなかでユーザが音室 (音響仮想空間) 内を移動・回転するときの定位が QoS によってどのように変化するかをしらべる実験をおこなって報告した [Hit 07] [Kan 07]。ここではそれを QoS を中心としてまとめた結果と、その結果を観点をかえて分析することによって前記の移動・回転の効果をしらべた結果を報告する。

第2章においては *voiscape* とそのプロトタイプ VPIIQ の概要につ

いてのべ、主観評価をおこなった端点間 QoS 保証の実験システムの概要についてのべる。第3章においては主観評価の概要およびそれを実施する際の環境条件等についてのべ、第4章において定位評価の方法についてのべる。第5章において実験の結果を音質評価と定位評価とにわけてのべ、第6章において結言をのべる。

2. *voiscape* とそのプロトタイプ

この章においては、*voiscape* [Kan 03] のプロトタイプ VPII [Kan 05] を次世代バックボーン QoS 保証の実証実験に適用するための改訂版 VPIIQ の機能と構成を簡単に説明する。

2.1 *voiscape* の機能

voiscape においては 3D 音響によって仮想空間すなわち音室をつくり、そのなかで人間どうしのコミュニケーションをおこなう。すなわち、*voiscape* のユーザはコミュニケーションすべき相手がいる音室にはいり、コミュニケーションする。通常、音室は複数個存在し、それらをくべつすることができるように、それぞれなまえがつけられている。すなわち、*voiscape* を使用したコミュニケーションは、電話のように特定の相手と接続して話をするのではなく、特定の音室内の仮想の“場所”でおこなわれる。

コミュニケーション相手の声は音室中でユーザの左にいれば左から、右にいれば右から聞こえる。また、ちかくにいればちかくにいるよ

うに、すなわちおおきく直接的な音で聞こえ、とおくにいればとおくにいるように、すなわちちいさくで間接的な音で聞こえる。端末上のポインティング・デバイスなどを使用することによって、音室内でユーザは自由に移動したり回転したりしてコミュニケーションの相手を“選択”することができる。しかも、いったん相手を選択したあとで他のユーザの声はきこえつづけるので、その話をきくことができる。

2.2 プロトタイプ構成

図 1 に voiscap システムの構成要素と接続シーケンスをしめす。おおきくわけて、つぎの3つの機能によって構成される。

● ユーザエージェント (UA)

voiscap の端末であり、RTP [Sch 03]とG.711 による音声やSIP による制御情報の送受信と音室の地図の表示をおこなう。Sharp のLinux 版 Zaurus のための版とMicrosoft Windows のための版とがあるが、今回の実験においては後者を使用した。

● 管理サーバ

SIP (Session Initiation Protocol) のメッセージングをおこなうLinux サーバ群である。クライアントとの SIP メッセージングにより音室の管理、音室内のオブジェクトを管理し、メディアサーバに対して音室内の位置情報(仮想空間内の位置)を通知する。

● メディアサーバ

UA から音声を受信し、管理サーバから通知された音室内のオブジェクトの位置にもとづいて音室内の音を立体化・ミキシングし、UA に送信するLinux サーバである。VPIIQ においては会話音声をあつかう音声サーバと、再生音をあつかうストリーミングサーバとから構成されている。

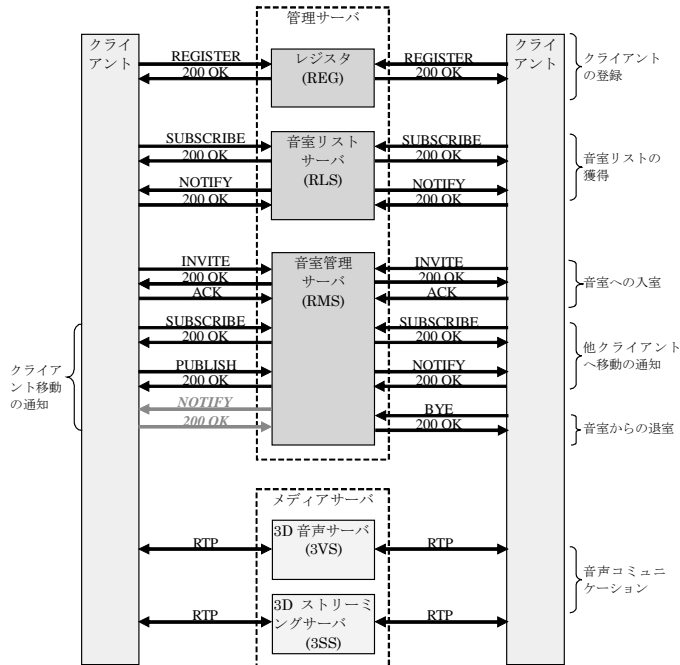


図 1 voiscap の構成要素と接続イベント管理のシーケンス

2.3 実験のための拡張機能

実験のために VPII の SIP/SDP 処理機能に変更をくわえ、QoS 保証要求・計測・報告機能と RTP 処理機能とを追加した。

● SIP/SDP 処理機能

QoS 保証のためにセッション開始時(入室時)とセッション終了

時(退室時)の SIP のシーケンスやメッセージの内容を部分的に変更した[Hit 07]。しかし、この報告の内容とは直接関係がないので、ここでは説明を省略する。

● QoS 保証要求・計測・報告機能

送信側の端末からネットワークに対して QoS 保証を要求する機能と、受信側の端末において QoS を計測し、その結果をネットワークに報告する機能とを追加した。この報告機能は QoS の客観評価のためにネットワーク側で記録するが、主観評価においてはその結果を使用していないので、詳細は省略する。

2.4 実験システムの概要

実験において使用するネットワークの構造を図 2 にしめす。バックボーン網には 1 台の L3 スイッチ GS4000 を VLAN 設定によって論理的に 2 台にわけて使用した。バックボーン網の QoS 保証のためには Diffserv [Nic 98][Car 98]を使用する。GS4000 には Gigabit Ethernet によって直接、PC ベースのトラフィック発生器とトラフィック吸収器(測定器)とを接続した。バックボーン網の両側に 2 つの LAN (Ethernet) を接続し、一方に Sony の USB ヘッドセット DR-260 USB を接続した UA (Dell のノート PC Latitude D610-2000GX (XP)), 他方にサーバ群を接続した。この実験における音声はストリーミングサーバに録音されていて、そこから UA におくられる。

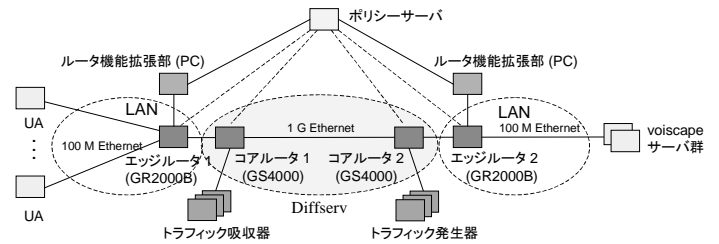


図 2 実験ネットワーク

3. 主観評価の概要と環境条件

この章においては主観評価の目的もふくめた概要およびそれを実施する際の環境条件等についてのべる。

3.1 概要

客観評価 [Kan 07] において、コアノードにおける会話ビデオとストリーミング・ビデオの資源配分を適切に選択することが QoS の改善にやくだつことがわかった。そのため、主観評価によって、その比率をかえて最適化をはかることによる QoE (Quality of Experience [Tas 06]) の向上を被験者が感じとれるかどうかをためした。

ビデオを目的としたキューに関する制御をおこなうので本来はビデオ・アプリケーションを使用するのがよいが、今年度はあらかじめ用意していた voiscap において音声再生に差がでるかどうかを確認した。すなわち、voiscap サーバにおいてテスト用の音声を再生するが、これをストリーミングではなく会話音声(会話ビデオ)としてあつかった。この音声の QoE が資源配分をかえることによって変化するかどうかをテストした。

この評価においては、上記のアプリケーションを動作させ、あらかじめ録音された男女 2 人ずつの声を 2 つの QoS 保証条件をきりかえながら被験者にきいてもらうことによっておこなった¹。それぞれの

¹ 実験用に改造した voiscap システムは実時間音声通信とストリーミングの機能をそなえ、これらに対してことなる QoS 保証条件が適用される。ストリーミング機能を使用すればあらかじめ録音された音声を容易に再生することができる。しかし、この主観評価においては会話トラフィックを評価したいので、本来の voiscap とはことなる方法で使用する必要があつた。

条件のもとでの再生音の音質を評価し、定位を評価する。上記の2条件の比較によって QoS 保証の有効性をしめす。

音質だけでなく定位を評価した理由は、この研究開発の目標のひとつとして QoE による評価をあげたからである。定位の品質が voiscapc においては重要な QoE だとかんがえられるため、その測定をとりいれた。

3.2 HRTF の計算法

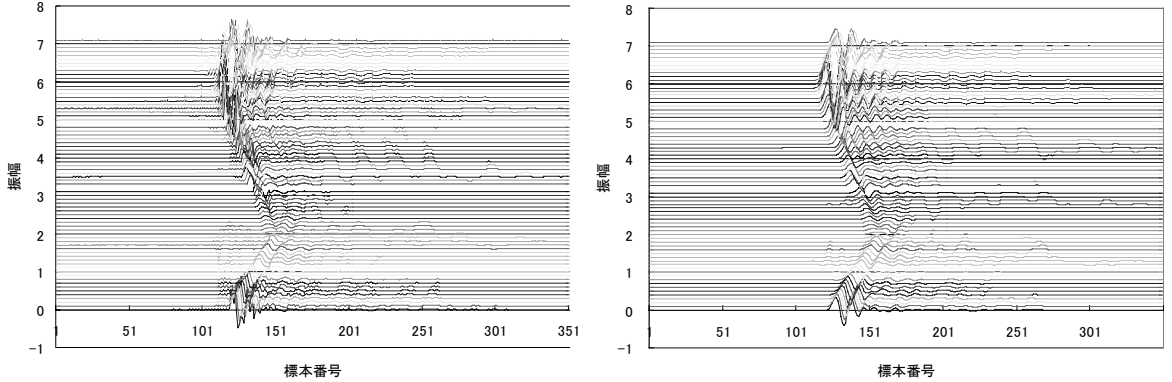
voiscapc プロトタイプにおいては音の定位をえるために HRTF (頭部伝達関数, Head-Related Transfer Function) を使用している。HRTF を理論だけできめるのは困難であり、通常はダミーヘッドまたは人頭を使用して計測した結果から HRTF をもとめる。これまではダミーヘッドを使用した測定値を使用してきたが、今回はよりよい結果をえるため、東北大学において日本人の人頭によって測定した結果からもとめた HRTF を使用した (謝辞参照)。

もとの HRIR は標本化周波数が 48 kHz で計測されているが、VPIIQ においてはそれが 8 kHz なのでダウンサンプリングが必要である。ダウンサンプリングの方法として今回はつぎのような 6 次のチェビシェフ・フィルタを使用した¹。もとの標本が x_1, x_2, \dots, x_n 、ダウンサンプル後の標本が y_1, y_2, \dots, y_m のとき、つぎのように定義する。

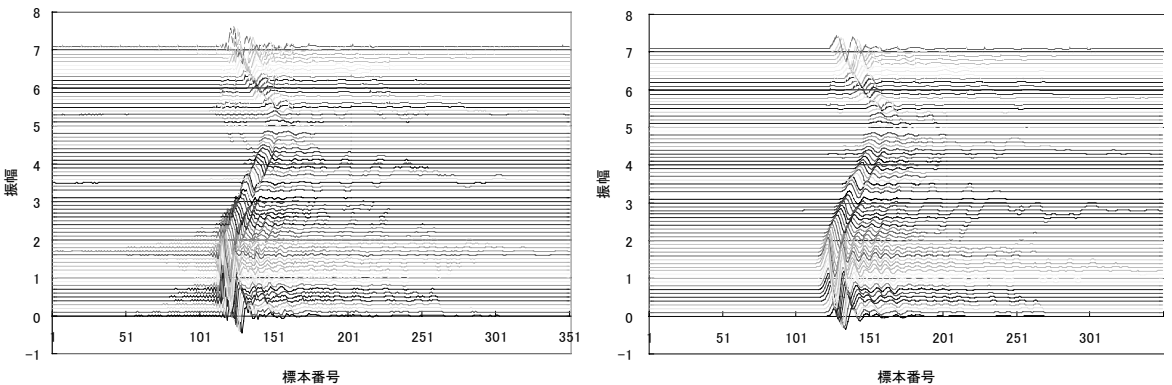
$$y_i = 2900.928376(x_{i-6} + x_i + 6(x_{i-5} + x_{i-1}) + 15(x_{i-4} + x_{i-2}) + 20x_{i-3}) - 0.3798371587y_{i-6} + 2.2091395437y_{i-5} - 5.7615644916y_{i-4} + 8.6151074826y_{i-3} - 7.8139743243y_{i-2} + 4.1090670454y_{i-1} \quad (i = 1, 2, 3, \dots)$$

ただし $x_5 = x_4 = x_3 = x_2 = x_1 = y_5 = y_4 = y_3 = y_2 = y_1 = 0$ とする。3 個人頭に関するデータ (I, M, T とする) が使用可能だったため、それぞれについてダウンサンプリングをおこなって VPIIQ のためのデータファイルを生成し、そのなかから予備実験によって最適と判断した T にもとづく HRTF を主観評価に使用することにした。もとの T の HRIR とダウンサンプリング後の HRIR とを図 3~4 にしめ

¹ チェビシェフ・フィルタの計算には、金田 [Kan 05] においては Matlab を使用したが、今回は計算環境に関する問題から Matlab が使用しにくかったため、Microsoft Excel に計算式を入力して計算した。より高次のチェビシェフ・フィルタを使用すれば周波数特性は改善されるが、位相特性は劣化するので、バランスをかんがえて 6 次のフィルタを使用した。



(a) もとの HRIR (48 kHz 標本化) (b) ダウンサンプリング後の HRIR (8 kHz 標本化)
図 3 “T” の左耳の HRIR



(a) もとの HRIR (48 kHz 標本化) (b) ダウンサンプリング後の HRIR (8 kHz 標本化)
図 4 “T” の右耳の HRIR

す。図 3(a), (b) は左耳の HRIR であり、図 4(a), (b) は右耳の HRIR である。これらの図においては、いずれも最下部の線が正面 (0°) のデータであり、右に 5° ずつ回転したときのデータをずらして表示している。最上部の線が 355° のデータである。

4. 定位評価の方法

端点間 QoS 保証方式の主観評価においては音質と定位の評価をおこなったが、この報告に関係するのは定位の評価だけである。したがって、この章においては定位評価の方法についてのべる。

4.1 概要

被験者はこの定位評価とともに実施した音質評価とおなじ被験者男女各 12 人である。各試行において 1 人の声を 2 カ所 A, B から発声させる。まず A から 8 秒程度 (4 秒以内の文を 2 文)、つぎに B から 8 秒程度発声する。その後 A または B から 8 秒程度発声する (この位置を C とする)。被験者は A, B の位置と最後の発声が A, B のうちのどちらであるかを判定し Web インタフェースによって記録する。使用する音室の形状 (2 次元) および音源位置を図 5 にしめす (音源位置は 30° ごとにとり、半径 2 m および 4 m の同心円上にとる)。VPIIQ の音響計算 [Kan 05a] においては音室の壁面における初期反射を計算している (この実験では反射率を 0.7 としている)。

ここで想定している voiscapc の使用状況はつぎのとおりである。被験者をふくむ 3 人以上の会話において、被験者以外の A, B の声質が類似しているとする (実験では同一の音声を使用する)。A, B が発言したあとにそのうちのいずれかが発言したときに、だれが発言したのかわかるかどうかをテストする (話者判定実験)。また、

A, B の位置をただしく把握できるかどうかをあわせてテストする(位置判定実験).

被験者を3人ずつ3つのサブグループにわけて、つぎの3種類の操作をおこなったときの定位を実験する. A, B, Cからの発声ごとに、発声中に¹

- [操作 a] カーソルキーによって前進1歩と後退1歩とをこの順におこなうばあい².
- [操作 b] カーソルキー1回分の左回転と右回転をこの順におこなうばあい³.
- [操作 c] どちらもおこなわない(移動・回転しない)ばあい.

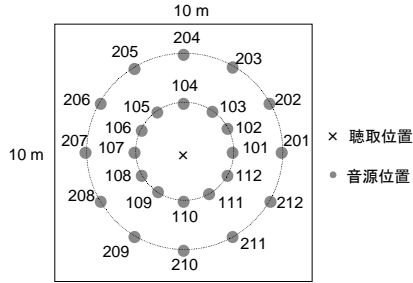


図5 音室の形状と音源位置

いずれのばあいも2回の移動・回転によってもとの位置にもどる. これらの操作は被験者自身がおこなうことが重要だとかんがえられる(そのため、被験者ごとにとことなるノートPCを使用する). また、それぞれを2つのQoS条件のもとで実験する. これらの実験条件に関するラベルづけは音質評価のときとおなじである.

これらの移動や回転をとまうテストをおこなう目的はつぎのとおりである. 物理的な空間におけるコミュニケーションにおいては、定位にあいまいさが生じたとき、ひとは首を回転したり移動したりして、そのあいまいさを解消しようとする. また、可能なばあいには歩行することもできる. これらのあいまいさ解消のためにvoiscapеにおいてはカーソルキーの操作による移動や回転が使用できる(voiscapеのユーザインタフェースについては金田[Kan 05b]参照). それらの操作によってあいまいさが解消されるかどうかをテストする.

上記の操作において、ばあいの数はつぎの数だけある.

- 音源の種類 4 (男声2, 女声2)
- 音源位置のくみあわせ 1104 (24 x 23 x 2)
- 移動・回転 3
- QoS条件 2
- 計 26496

これらすべてを各被験者について実験するのは困難なので、このなかから384とおりを選択して実験した. この選択にあたっては、つぎのような方針にしたがった.

- A, Bが前後で対称な位置にあるとき(図6(a)に例示)は回転によってあいまいさが解消されやすいとかんがえられる(仮説1)ので、回転(および移動)の実験においてははできるだけとりいれる.
- A, Bが前後で対称な位置またはともに前方またはともに後方で方向がひとしく距離がことなる位置にあるとき(図6(b)に例示)は移動によってあいまいさが解消されやすいとかんがえられる(仮説2)ので、移動の実験においてははできるだけとりいれる.

¹ 被験者はPCの操作とくにvoiscapеにおける操作に熟練していないので、あらかじめ操作法を厳密にきめてそのとおりに実施することは困難だった. 被験者の操作がおくれると発声中に移動・回転の効果がえられない可能性があるが、やむをえないものとかんがえる.

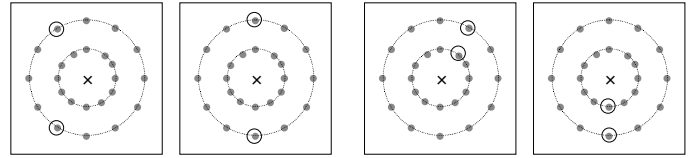
² 後退をさきにおこなうケースをあわせて試行することもかんがえられるが、この実験においては前進をさきにおこなうようにした. ただし、被験者によってはそのとおりに操作していない.

³ さきに左回転するようきめたが、被験者によってはただしく操作していない.

- 上記のばあい以外は上記の仮説1, 2を検証するのに必要な程度の試行数にとどめる.

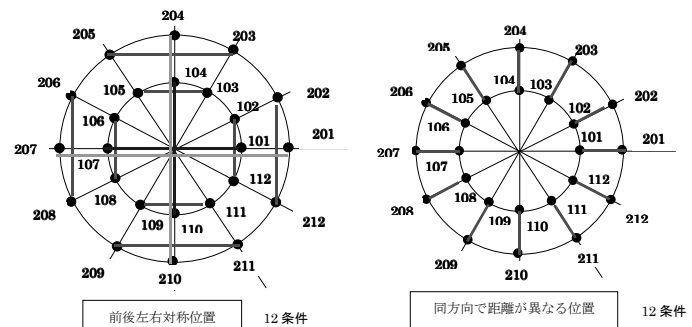
具体的にはつぎのようなくみあわせを使用した.

- (1) A, Bが前後左右対称な位置(図7(a))
- (2) A, Bが同方向で距離が異なる位置(図7(b))



(a) 前後対称な位置のとき (b) 方向がひとしく距離がことなるとき

図6 移動・回転があるときに重視する位置の例



(a) A, Bが前後左右対称な位置 (b) A, Bが同方向で距離がことなる位置

図7 定位評価において使用した位置

4.2 操作者インタフェース

A, B, Cの発声位置をあらかじめファイルに入力する. その情報を使用したWebインタフェースにおいて、操作者が“Next”ボタンをおすごに試行をくりかえすようにする.

4.3 被験者インタフェース

被験者がWebインタフェースによって結果を入力する(図8). voiscapеクライアントを動作させるノートPCのとなりにもう1台のノートPC上においてWebブラウザを動作させる. 音声に影響をあたえないため、各試行の音声をききおわってから入力する. 定位評価においては被験者はカーソルキーを使用して移動・回転の操作をする. 1台のPCによってvoiscapеインタフェースとWebインタフェースの両方を操作するようにすると、voiscapеのウィンドウからフォーカスがはずれて操作できなくなって混乱するおそれがあるため、被験者1人あたり2台のノートPCを使用した.

5. 実験の結果

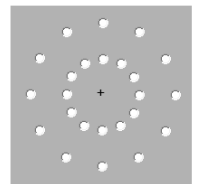
QoSの効果に関して5.1節でのべる. 5.2節以降ではQoSのちがいを無視して移動や回転の効果进行分析する. それは5.1節においてQoSのちがいによる定位の差はちいさいという結果がえられている

通信

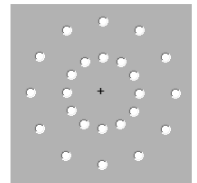
被験者番号: ta1

実験番号: 101

Aの発声位置



Bの発声位置



Cの発声位置

- Aとおなじ
- Bとおなじ

OK

強制

図8 被験者インタフェース(実験画面)

からである。

5.1 QoSの効果

図9に提示位置と正答率の関係をグラフとしてしめす。同方向で異なる位置に提示した時の結果ではQoS = 1 (QoSがひくい条件)とQoS = 2 (QoSがたかい条件)で多少のちがいがみられるが、他の提示位置ではQoSによる正答率のちがいはすくない。また、QoSがひくいとかがえられるQoS = 1のばあいに正答率がたかい傾向がみられる。これは、音声よりもパケット損失によって発声するノイズのほうが方向の判定にやくだっている可能性をしめしているとかんがえられる。

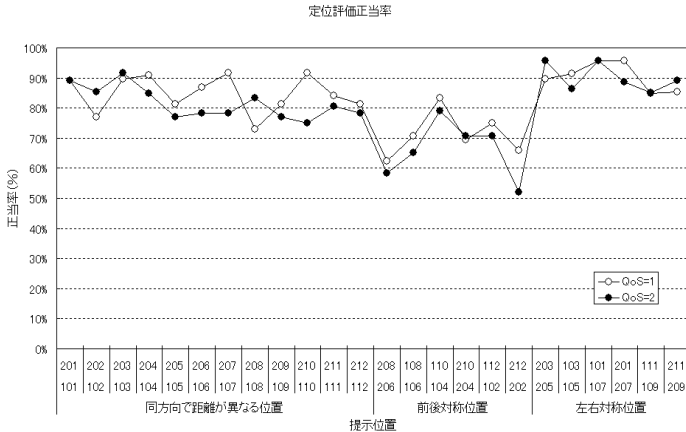


図9 提示位置と正答率の関係

5.2 位置判定における前後正答率

図10には、被験者の回答のうち位置判定実験の結果つまりAとBの発生位置とそれに対する回答とを使用して、発生位置と回答とがともに前方またはともに後方なら正答、そうでなければ誤答と判定して、操作群ごと、かつ水平角ごとに正答率をもとめた結果をしめす(音源位置のラベルと水平角との関係はつぎのとおりである: 101, 201: 0°, 102, 202: 30°, …)。したがって、90°が正面、270°が背面である。操作群は a)操作なし, b)回転操作(基本は30°だけ回転してもともどる), c)前後移動(基本は1歩すすんでもともどる)である。左端の点は全水平角に関する平均値をしめしている。

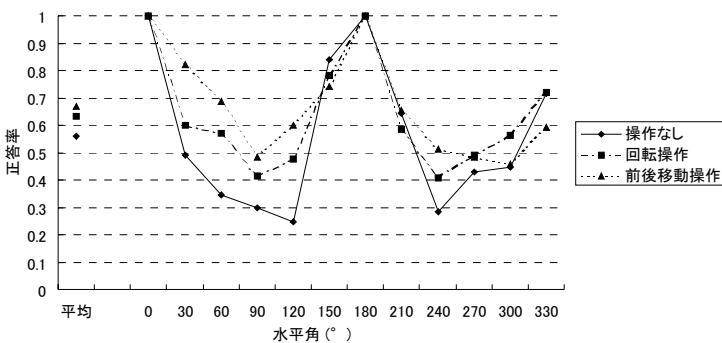


図10 前後正答率

0°(右)と180°(左)にちかいときに正答率がたかく、90°(正面)にちかいときと270°(背面)にちかいときに正答率ももっともひくく、0.5未満になっている(ただし、ちょうど0°または180°のときは前後どちらでもないので正答率に意味はない)。これは音源が前方または後方にあるときにはともに逆の回答をすることがおおいことを意味して

いる。その原因は不明である。

回転や移動の操作をくわえると正答率は向上している。向上の程度は前後移動操作においては5~35ポイント、回転操作においては7~23ポイントであり、平均的には前者のほうがおおい。

5.3 位置判定における距離正答率

図11には、被験者の回答のうち位置判定実験の結果を使用して、発生位置と回答とが同一の同心円状にあれば正答、そうでなければ誤答と判定して、操作群ごと、かつ水平角ごとに正答率をもとめた結果をしめす。平均的にたかい正答率がえられている。しかし、正答率は水平角が30°のときに最高、330°のときに最低となり、その間でしだいに低下する傾向がよみとれる。左右でこのような差がでる理由は不明である。

ここでは回転や移動の操作をおこなわないほうが正答率がたかいという結果がえられている。これは、操作をおこなうことによって距離が変化して、わかりにくくなるためであろう。

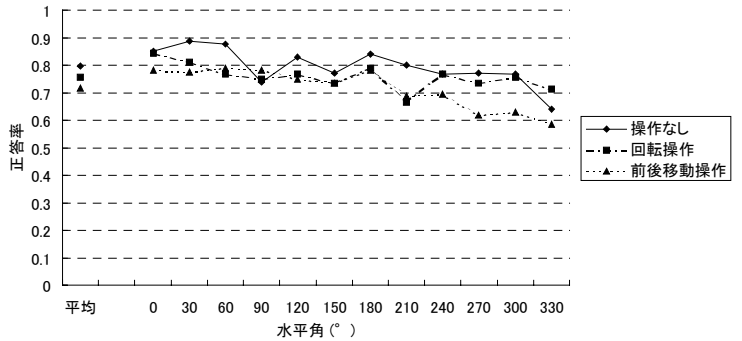


図11 距離正答率

5.4 位置判定における誤差の種類に関する分布

図12には、位置判定実験において被験者が音源の位置をどれだけただしく判定したかを図示する。このグラフは、つぎのようにして被験者の回答にラベルをつけ、全回答のなかで各ラベルがどれだけのわりあい出現したかをあらわしている。ラベルとしては、発生位置と回答の水平角がひとしいければ0, 30°ずれていれば1, 60°ずれていれば2, 前後が逆転していればA, 前後が逆転した位置から水平角が30°ずれていればA1, 60°ずれていればA2, 距離がことなっていればD, 距離がことなり水平角が30°ずれていればD1, 60°ずれていればDA2としている。ただし、上記のばあいわけは排他ではないがラベルはひとつにきめる¹。

結果として、完全にただしく回答した確率は0.16 ~ 0.2であり、30°ずれる確率がそれよりややたかい。ただし回答よりおおいのは、+30°ずれたばあいと-30°ずれたばあいをあわせているためである。前後を逆に回答する確率は前後操作をおこなうことによって8ポイント改善し、回転操作によっても6ポイントほど改善している。しかし、水平角を60°ずれて回答する確率は前後操作をおこなうことで8ポイント悪化し、回転操作をおこなうことで4ポイント悪化してい

¹ ラベルはつぎのような方法によってきめている。

```

if (水平角がひとしい) { D }
else if (角度が前後対称) { if (距離がひとしい) { A } else { DA } }
else if (角度が ±30° ずれている) { if (距離がひとしい) { 1 } else { D1 } }
else if (角度が ±60° ずれている) { if (距離がひとしい) { 2 } else { D2 } }
else if (角度が前後対称な位置から ±30° ずれている)
{ if (距離がひとしい) { A1 } else { AD1 } }
else if (角度が前後対称な位置から ±60° ずれている)
{ if (距離がひとしい) { A2 } else { AD2 } }

```

る。また、距離に関しては操作をおこなうことで条件により1~4ポイント悪化している。これらの結果は図10~11と整合している。

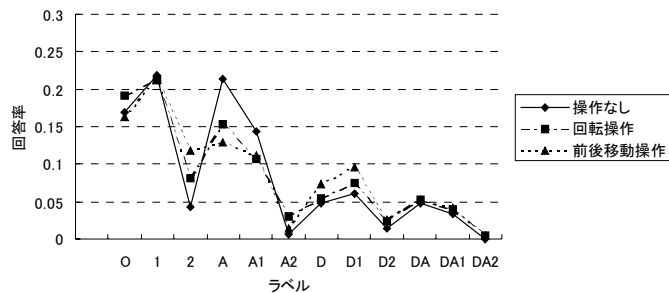


図 12 水平角回答分布

5.5 話者判定における水平角ごとの正答率

図13には、被験者の回答のうち話者判定実験の結果つまりCに関する回答を使用して、操作群ごと、かつ水平角ごとに正答率をもとめた結果をしめす。ここではAとBとの位置関係は考慮していない。左端の点は全水平角に関する平均値をしめしている。水平角が前方および後方から30°ずれた点(すなわち0°, 330°, 210°, 150°)の成績がひくい。とくに210°のときには180°, 240°とくらべて正答率が20ポイント以上低下していることがめだっている。また、図11と同様に平均的には水平角が小さい(右側の)ほうが成績がたかい。いずれも原因は不明である。

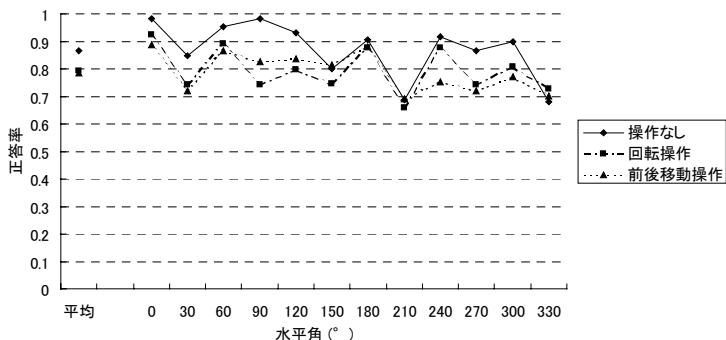


図 13 音源同定正答率

移動および回転操作に関しては、予想に反して、操作をおこなわないほうがよい成績をしめしている。音源が前方または後方+30°の範囲にあるときで4~24ポイントの差がある。なお、この図においてはAとBとの位置関係に関してはさまざまなばあい分離されていないので、位置関係ごとに整理してみたが、いずれも図13と同様の傾向をしめた。

6. 結論

voiscape プロトタイプを使用して、話者の位置を判定する位置判定実験と2箇所の音源のうちのどちらであるかを判定する話者判定実験とをあわせて実施し、評価結果としてつぎのことがわかった。

- 位置判定においては回転や移動の操作をすることによって音源が前方および後方にあるときの正答率が向上した。向上の程度は前後移動操作においては5~35ポイント、回転操作においては7~23ポイントであり、平均的には前者のほうがおおきい。
- 話者判定においては回転や移動の操作をおこなわないほうが

正答率がたかかった。音源が前方または後方+30°の範囲にあるときで4~24ポイントの差がある。

会議や会話においては話者判定のほうが重要だとかんがえられるが、上記の結果は位置判定実験と話者判定実験とを同時におこなったにもかかわらず、前後移動操作・回転操作ともに前者においては有効だが後者においては有効でないということを意味している。しかし、位置判定実験と話者判定実験の結果が相反しているし、操作しないばあいの位置判定の正答率がひくすぎるので、さらに確認のための実験をおこなう必要がある。

この実験においては、操作をおこなわない被験者にはグラフィクスをみせず、移動・回転操作をおこなう被験者にはグラフィクス表示をみせたが、このちがいが結果に影響している可能性もある。voiscapeの移動・回転操作においては表示されたユーザの位置と方向はかえず、周囲環境が移動・回転する(すなわちユーザ中心の見方になっている)が、被験者がこの環境になれていなかったために混乱した可能性があるとかんがえられる。いくつかの点はHRTFを交換したりチューニングしたりすることで改善される可能性もある。

謝辞

この発表内容は総務省の委託研究「次世代バックボーンに関する研究開発」の研究成果をふくむ。実験室の借用と運用等に関してさまざまな便宜をはかっていただいた日立製作所中央研究所総務部の平秀樹氏、藤原 富夫氏ほか環境・施設ユニットのメンバーと、実験機器や実験ネットワークの準備に協力していただいた中央研究所ネットワークシステム研究部の柴田 剛志 研究員、HRTFを提供していただいた東北大学の鈴木 陽一 教授と岩谷 幸雄 准教授に感謝する。

参考文献

[Car 98] Carlson, M., Weiss, W., Blake, S., Wang, Z., Black, D., and Davies, E., "An Architecture for Differentiated Services", RFC 2475, IETF, December 1998.

[Hit 07] 平成18年度 次世代バックボーンに関する研究開発研究成果報告書(1)分散型バックボーン構築技術(ウ)分散型バックボーン容量拡張技術に関する研究開発(ウ)-3 スケーラブル QoS 技術の研究開発, 日立製作所, 2007-3.

[Kan 03] 金田 泰, "仮想の'音の部屋'によるコミュニケーション・メディア Voiscape", 電子情報通信学会 技術研究報告(MVE/VR学会EVR研究会), 2003-10-7.

[Kan 05a] 金田 泰, "仮想の'音の部屋'によるコミュニケーション・メディア voiscapeのための音声3D化と残響の計算", 電子情報通信学会 応用音響研究会, 2005-6.

[Kan 05b] Kanada, Y., "Multi-Context Voice Communication In A SIP/SIMPLE-Based Shared Virtual Sound Room With Early Reflections", NOSSDAV 2005, pp. 45-50, June 2005.

[Kan 07] 金田 泰, "パスにそったシグナリングにもとづく端点間 QoS 保証法の開発と評価", 電子情報通信学会 コミュニケーション・クオリティ研究会, 2007-7.

[Nic 98] Nichols, K., Sblake, S., Baker, F., and Black, D., "Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers", RFC 2474, December 1998.

[Sch 03] Schulzrinne, H., Casner, S., Frederick, R., and Jacobson, V., "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications", RFC 3550, IETF, July 2003.

[Tas 06] 田坂 修二, "IP ネットワークにおける知覚サービス品質", 技術開発ニュース No. 118, 中部電力, 2006-1.