

HRTF を用いたバーチャル鬼ごっこシステム*

◎水田真人 △角田哲也 大谷真 伊勢史郎 (京都大・工)

1 はじめに

近年、マルチメディアやネットワーク技術の発展に伴ない、頭部伝達関数 (HRTF) を用いた通信会議システム [1] や、ネットワークを利用した、CG と同期した 3 次元音場再生システム [2] などの研究が行われている。

本稿では、音によるバーチャルリアリティ空間 (VR 空間) の共有を目的とした、バーチャル鬼ごっこシステムを試作したので報告する。本システムは、視覚障害者のためのユニバーサルデザインの一つの試みとして、視覚障害者が健常者と VR 空間を共有することを目的の一つとした。

2 システム構成

本システムでは、VR 空間の記述に VRML (Virtual Reality Modeling Language) を用い、VR 空間内の移動、当たり判定を VRML が処理する。また、ネットワークでの通信、音声再生は JAVA アプレットが行う。VR 空間の視覚化にも VRML による CG 映像を使用した。補助的な映像に留め、各プレイヤーキャラクターは表示していない。本システムの概略を図 1 に示す。

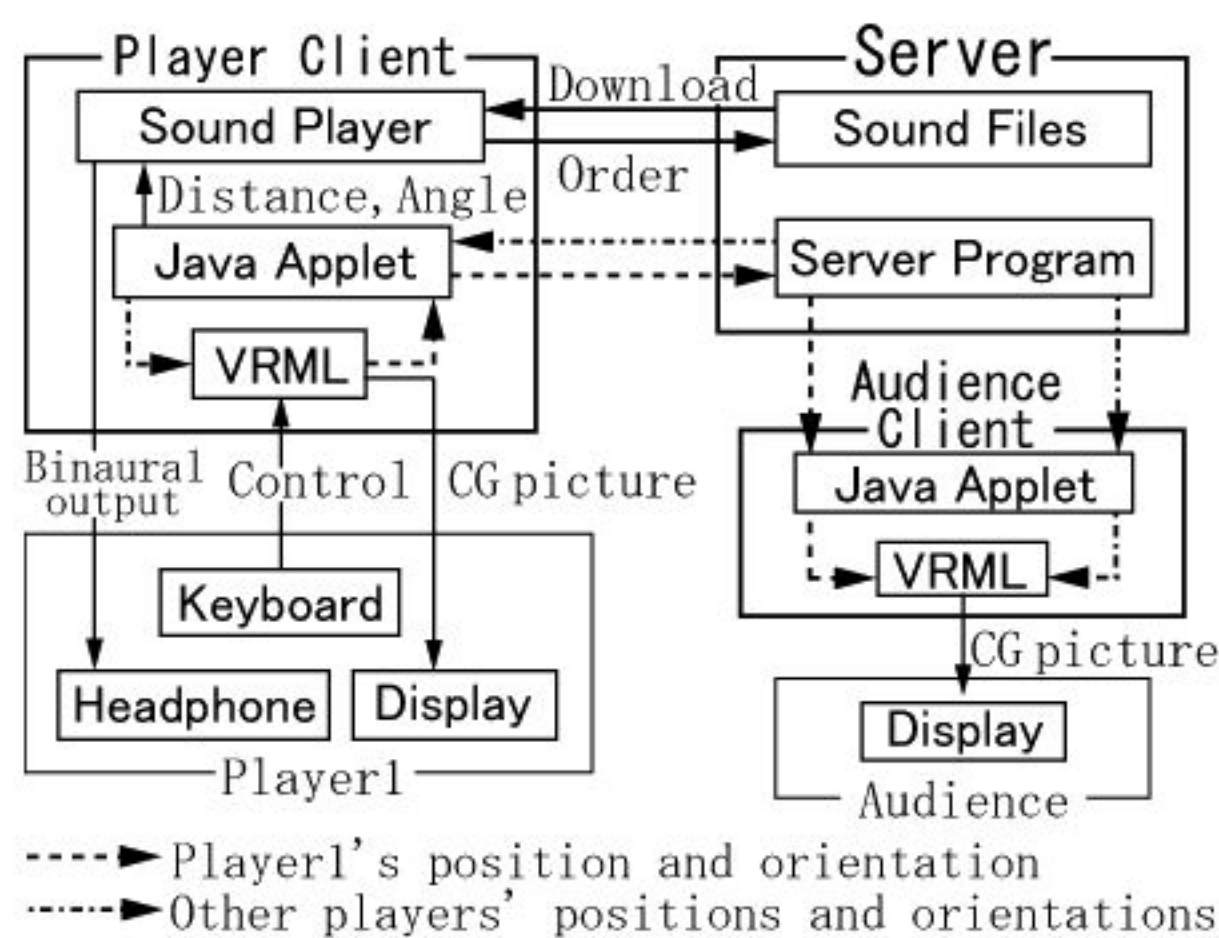


図 1: Network Game System

各プレイヤーの VR 空間内の視点座標 (position)、視点方向 (orientation) は、JAVA アプレットによりゲームサーバーへと送信される。そ

*"Virtual Tag System using HRTF.", by M.Mizuta, T.Kakuta, M.Otani, S.Ise (Kyoto Univ.)

れと同時にサーバーより、他のプレイヤーの視点座標、視点方向が取得され、自己の視点位置との相対距離、相対角度が計算される。その結果をもとに、音声再生プログラムにより適切な音源データがサーバーよりダウンロードされ、ストリーミング再生される。ここで使用される音源データについては、次節で詳しく述べる。

図 1 中の Client2 は、第三者がネットワークを通してゲームを観戦可能なことを示している。

3 音源ファイル

本システムでは音源として、使用する全ての音源位置に対し HRTF を計算しドライソースに畳み込んだ、サンプリング周波数 44.1kHz、量子化ビット数 16bit の両耳信号を用意した。音源位置は、水平円周上 5 度毎に 0.25m 間隔で 7m まで使用し、計 2016 点となった。HRTF の計算条件を図 2(a) に示す。角度 ϕ 、距離 r における $HRTF(\phi, r)$ を畳み込んだ音声データ $Sound(\phi, r)$ の使用範囲は、隣接する音源ファイルとの中間地点までとした (図 2(b))。なお、 $\phi=0\sim 355$ 度 (左回り 5 度毎)、 $r=0.25\sim 7.0m$ (0.25m 毎) である。

使用した HRTF は、ダミーヘッドの 3 次元形状データを境界条件とした積分方程式を、境界要素法によって解くことにより予測計算されたものである [3]。

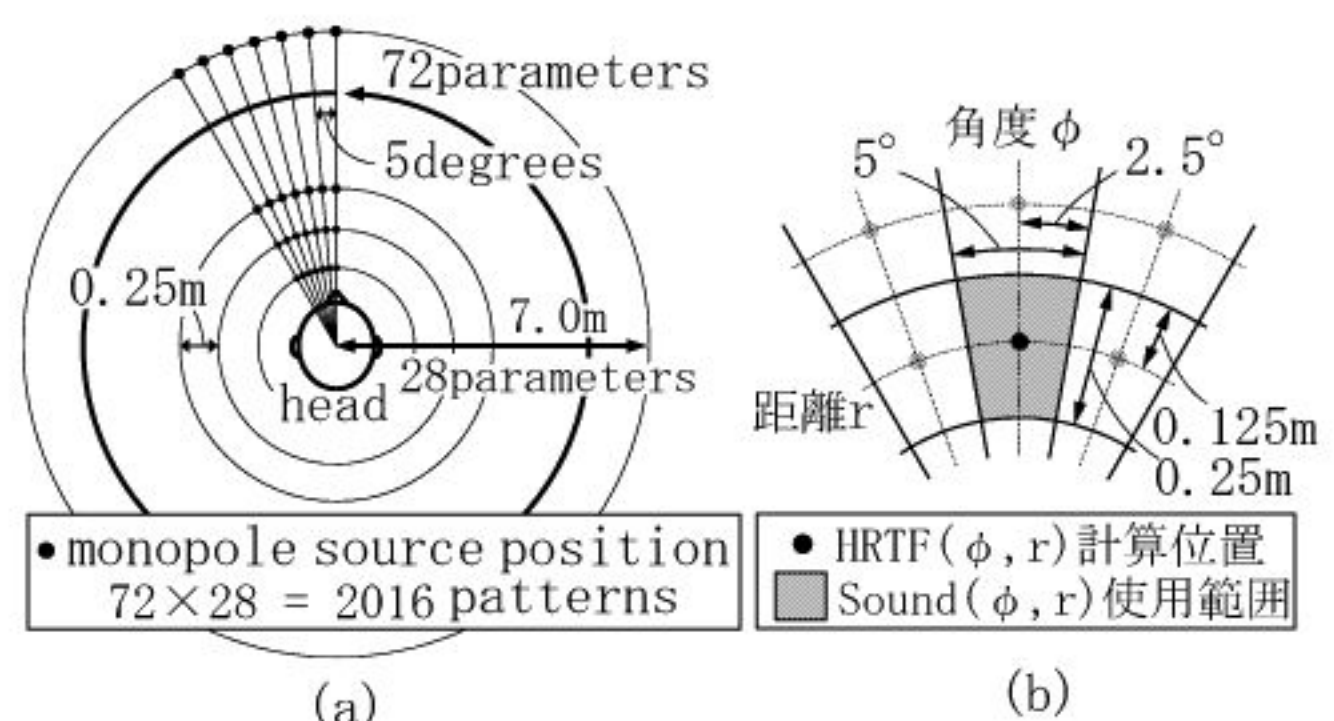


図 2: (a)HRTF の計算条件

(b)1 つの音声データの使用範囲

本システムに必要な音源ファイル数は、参加可能人数と同数の異なったドライソースを用意したため、参加可能人数 \times 2016 ファイルとなった。

4 実験

本システムでは、音源として参加可能人数×2016 パターンの両耳信号を用意したが、音源更新角度を5度より大きくとることにより、データの総量を軽減させることが可能か、実験により検討した。

4.1 実験条件

実験は、VR 空間内に不可視な点音源を配置し、被験者の音源位置までの移動経路、到達時間の変化を見るという方法で行った。移動時間を計測するため、初期音源配置位置は距離 6.5m における角度 135°、225° の 2ヶ所に限定した。また、実験後、被験者に対し、実験で使用された音について気付いた点があるかどうか質問した。被験者は、本システム未経験の健聴者 12 人である。実験条件を図 3 に示す。

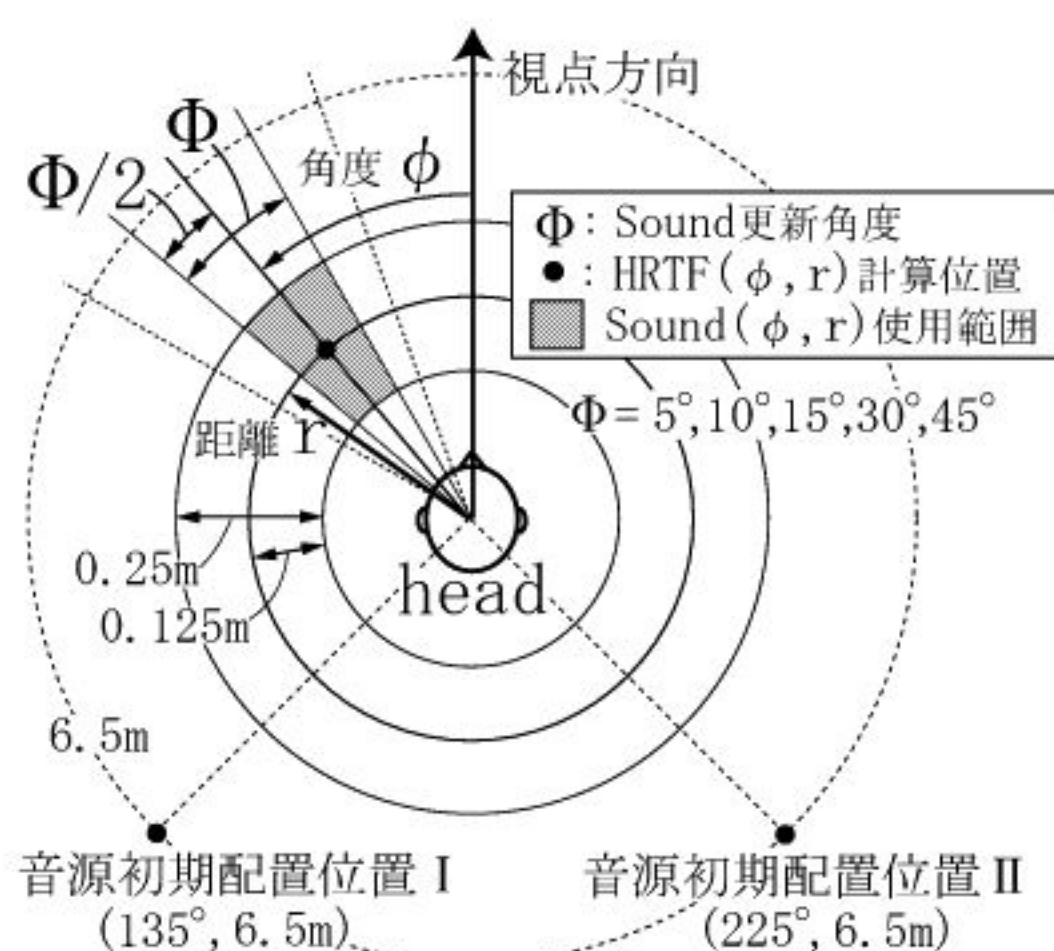


図 3: 実験条件

4.2 実験結果

測定値は被験者による個人差が大きかったが、平均値を見ると、30度、45度は、5度、10度、15度に比べ、明らかに時間がかかっていることがわかる。移動経路についても、30度、45度では方向転換の回数が多く、非効率的な経路をとることが観察されたのに対し、5度から15度は、大差なく、音源に対し直線的に近づいて行く傾向が見られた。また、音源更新角度の違いについて気付いた被験者はいなかった。平均到達時間の結果を図 4 に示す。

5 試作ゲーム

本システムを使用し、三種類のネットワークゲームを試作した。

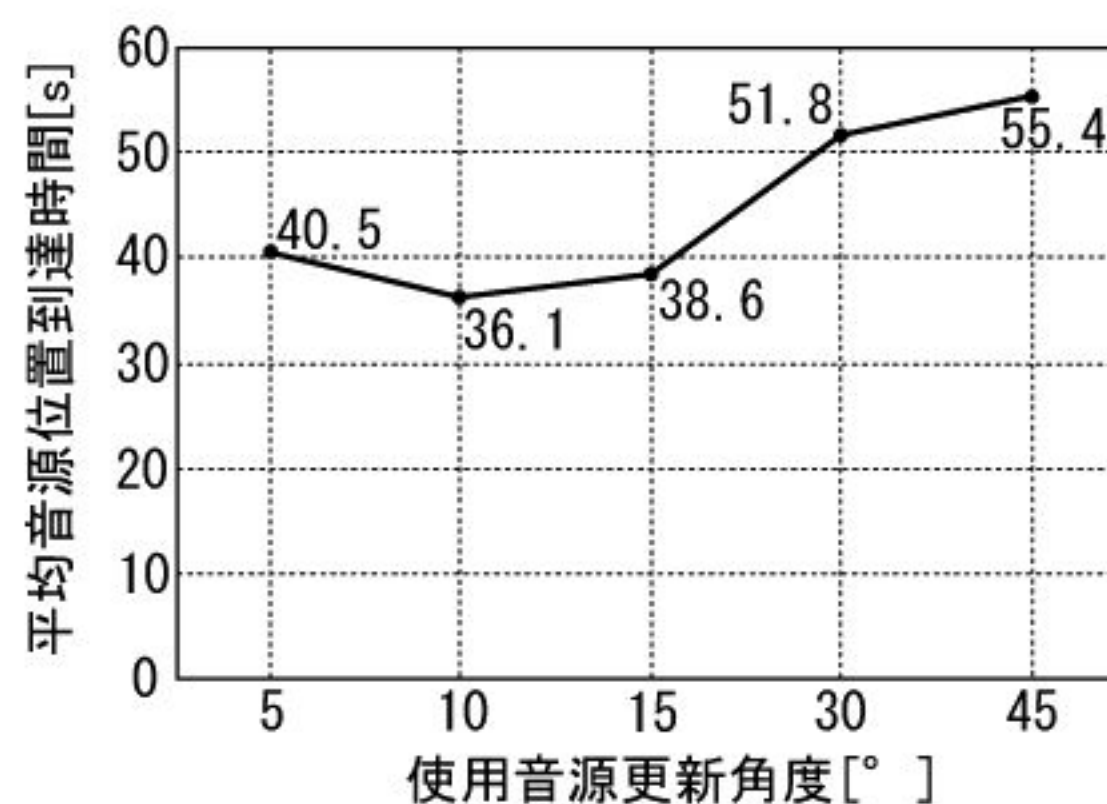


図 4: 実験結果

1. 後ろから捕まえる (2 プレイヤー)
障害物のない空間内で相手を後ろから捕まえるゲーム。室内のものと、屋外のものを試作。
2. 猫と鬼ごっこ (2 プレイヤー)
室内を移動する猫を捕まえると逃げプレイヤーの勝ち。逃げプレイヤーを捕まえると鬼プレイヤーの勝ち。また、鬼プレイヤーが猫に捕まると逃げプレイヤーの勝ちとなる。
3. 鬼ごっこ (マルチプレイヤー)
3~5人参加可能な鬼ごっこ。鬼に捕まったプレイヤーが次の鬼となり、設定時間が経過した時点で鬼だったプレイヤーの負けとなる。

6 まとめ

HRTF を用いたバーチャル鬼ごっこシステムを試作し、実用化に向けての実験を行った。実験の結果、音源更新角度 30度、45度において、音源位置到達時間の大きな遅れがみられた。

また、東京-京都間での長距離ネットワークを介した実験を行ったが、音源ファイルのダウンロードによる遅れがみられた。この問題を解消するため、音声圧縮技術の導入や、クライアント側に音声データを用意して使用するシステムの検討が必要であると考えられる。

なお、本稿で試作したシステムは、下記 URL において公開する。

<http://ae-gate1.archi.kyoto-u.ac.jp/iselab/game/>

参考文献

- [1] 渡邊 祐子 他, “HRTF を用いた 3次元音場再生システムを利用した通信会議システムについて”, 日本音響学会講演論文集, pp.521-522, 2000.3
- [2] 大久保 洋幸 他, “CG 画像と同期したインタラクティブ音場再生システムについて”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌 Vol.5 No.3, pp.965-974, 2000
- [3] 大谷 真 他, “境界要素法により求めた頭部伝達関数の妥当性及び計算の高速化に関する検討”, 日本音響学会講演論文集, pp.585-586, 2002.9