

アウェアネス支援のための足音伝達手法の検討

越後宏紀^{†1} 小林稔^{†2}

概要: 本研究では、離れて暮らす家族がすぐ近くにいるような感覚を得られるシステムの実現を目指している。近年、遠隔地と連動する家具や使用状況を通知する電化製品など、離れて暮らす家族を支援するシステムが提案、開発されているが、一緒に暮らしているような安心感までは十分に提供できていない。我々は日常生活の環境音に着目し、歩行軌跡の把握や、足音の不快感について調査してきた。この実験結果をもとに、本稿では、スピーカの数によって存在感にどのような影響があるのか調査した。また、スピーカ同士の同期について検証し、足音伝達手法について検討した。

キーワード: 足音, アウェアネス支援

Study on Footstep Recording Transmission Method for Awareness Support

HIROKI ECHIGO^{†1} MINORU KOBAYASHI^{†2}

Abstract: In recent years, systems that support families living apart have been proposed and developed. Such as furniture interworking with remote place and electric appliances notifying the use situation. However, since these are notified only when using the system, we can not obtain a sense of security as if we are living together. Our goal is that the footstep recording system for awareness support can obtain a feeling that a family living apart is nearby. We focused on environmental sounds of daily life. We researched that understanding walking locus and discomfort of footsteps. Based on this experimental result, in this paper, we researched the influence on the presence by the number of sound speakers. In addition, we examined the synchronization of sound speakers and examined the footstep transmission method.

Keywords: footstep sound, awareness support

1. はじめに

家族と一緒に暮らしていると、キッチンで料理している音や、階段を昇降する足音、パソコンの操作音など様々な環境音が聴こえてくる。このような暮らしの中で聴こえる環境音は、実際に音源の場所を目視していなくても、音の情報のみで音を出している人の行動を想像し推測することができる。しかし、こういった体験は家族が離れ離れになると減少してしまう。近年では、高齢者の独り身世帯や単身赴任、学生の一人暮らしなど家族が離れ離れに暮らすことが増えてきている。

本研究では、離れている家族の家の環境音を共有し、まるで近くにいるかのように感じることができるようになる道具の実現を目指している。環境音の中でも、人間の行動から発する足音に着目し、足音を記録し遠隔地に伝達する手法を検討している。図1のように、遠隔地の足音を、天井にあるスピーカから聴こえるようにすることで、まるで上の階に住んでいるような感覚を提供できるのではないかと考えている。先行研究[1]では、足音を録音するマイクロホンと足音を再生するスピーカを有線で接続し、足音の不

快感、予備実験を行った。その結果、足音の軌跡を正確に把握することは困難であるということが示唆されている。

本稿ではスピーカの数によって存在感にどのような影響があるのか調査した。また、スピーカが複数するとき、スピーカ間の同期の影響について検証し、足音伝達手法の確立を目指し検討した。

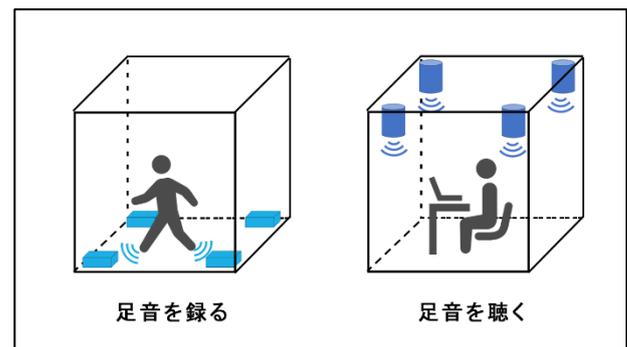


図1 本研究のイメージ図

Figure 1 Image of our goal.

^{†1} 明治大学大学院先端数理科学研究科先端メディアサイエンス専攻
Program in Frontier Media Science, Graduate School of Advanced Mathematical
Sciences, Meiji University

^{†2} 明治大学総合数理学部先端メディアサイエンス学科
Department of Frontier Media Science, Faculty of Interdisciplinary Mathematic
Science at Meiji University

2. 関連研究

2.1 見守りサービス

離れて暮らす家族の生活を見守るサービスは近年増えてきている。iPot[2]は電気ポットを利用すると、離れて暮らす家族にメールが届き、利用状況を把握できる。また、生活動線（トイレやキッチンなど、生活するにあたって必ず通る場所）にセンサーを設置し、一定時間動きがない場合は異常信号を遠隔地に送信する安否見守りサービス[3]がある。さらに、毎日同じ時間に自動電話を掛け、安否を確認するサービス[4]がある。これらのサービスは、遠隔地に住んでいる家族を見守ることを目的としており、一緒に住んでいるような感覚までは十分に提供できていない。

2.2 遠隔地のアウェアネス支援

CSCW の分野では、遠隔地とのアウェアネスに着目した研究が多く取り組まれている。Dourish らの Portholes[5]は、各部屋に設置したカメラによって遠隔地多点に分散している人々がどのような状態か一目でわかるような機能を提供している。Robert らの Video Window System[6]は、大型超ワイドスクリーンで離れた部屋同士を接続し、映像や音声で常時離れた部屋からわかるようなシステムとなっている。これらは、空間全体を伝達できる一方で、プライバシーへの影響が大きい。

椎尾らの Peek-A-Drawer[7]は、引き出しの中の写真を遠隔地に自動転送することで、引き出しの中身を共有するシステムとなっている。Rowan らの Digital Family Portrait[8]は、ポートレートを通して、遠隔地に住む家族と繋がることによって、家族の生活を共有するシステムとなっている。辻田らの SyncDecor[9]は、遠距離恋愛支援システムとして、開閉が同期しているゴミ箱や、明るさが同期しているランプなどを提案している。これらは、プライバシーを守りつつ生活を共有することはできているが、共有している場所が限定的であり、生活の空間を十分に共有することはできない。

プライバシーと空間におけるアウェアネス支援の関係について図2にまとめる。第1象限群は、空間的な共有が可能だが、プライバシーは守られず、伝達情報も多い。Portholes[5]や Video Window System[6]はこの第1象限群に含まれる。第1象限群に対し、第3象限群はプライバシーを守られるが、共有部分が限定されており、伝達情報も限定的である。Peek-A-Drawer[7]や Digital Family Portrait[8]、SyncDecor[9]はこの第3象限群に含まれる。第2象限群は、空間を共有することができ、プライバシーも守られ、伝達情報も限定的である。本研究では、この第2象限群に含まれるシステムの実現を目指している。

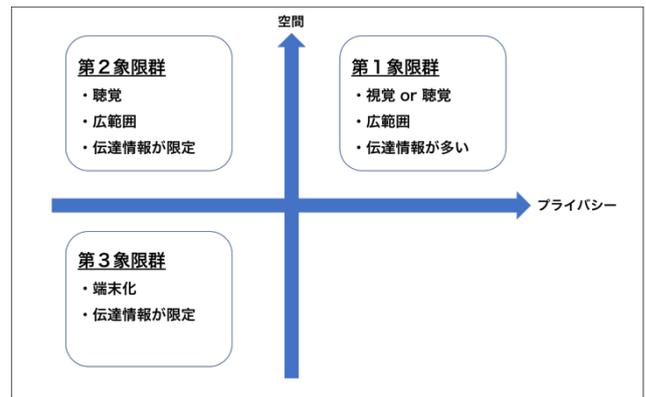


図2 アウェアネス支援の分類

Figure 2 Classification of awareness support.

2.3 音の定位についての研究

北岸らは、足音を利用し、講演空間を歩き回る AR 型仮想 TA エージェント[10]を提案している。指向性スピーカを利用し、音の定位を正確にしている。足音が近づいてくることで存在感を聴衆者に与えることができる。本研究では、この足音の存在感を利用して、遠隔地にいる人をまるで近くにいるように感じることを目指している。また、音の定位を正確にするのではなく、あえて曖昧にしておくことで、プライバシーを守りながら存在感を与えつつ、正確な場所までは把握できないようにする。

Dhruv らは、聴覚障がい者に HMD (Head Mounted Display) によって音の方向を可視化することで、音の定位を把握しやすくするシステム[11]を提案している。聴覚障がい者でなくとも、日常生活において、どこから呼ばれているのか瞬時に把握することは難しいことがある。例えば、友達と待ち合わせをしていて「おーい！」と呼ばれても、友達の場所を把握するのに右往左往してしまうことがある。本研究では、この音の定位の曖昧さを利用することで、プライバシーを守ることができると考えている。

3. 研究議題

まるで近くにいるような存在感を実現するためには、いくつか議題がある。まず、音の種類の影響である。先行研究[1]では、足音を録音し、それを伝達することで実現していた。しかし、遠隔地にいる人のリアルな足音ではなく、ゲーム上でキャラクターが歩行するときの足音や効果音として利用される足音に代替しても、その足音を遠隔地の人が発していると感じるのかどうか、検討する必要がある。また、現在はカーペットの上を靴下のような質感のスリッパで歩いた音を使用しているが、木造建築や鉄筋コンクリートなど、足元の環境によって遠隔地に伝わる足音は変化する。床の素材による音の違いについても検討する必要がある。

次に、スピーカ数やスピーカ同士の同期の問題である。

普段音楽を聴く際、イヤホンやヘッドホンのステレオサウンドで聴く機会が多い。また、サラウンドシステムは音のずれを利用し、臨場感や立体感を実現している。このスピーカの数による存在感の違いについては、これまで調査してこなかった。本稿では、このスピーカの数による存在感の違いについて調査する。スピーカが1個のモノラルで足音を聴くとき、スピーカが2個のステレオで聴くとき、スピーカが4個のサラウンドで聴こえるときと比較し、それぞれどのように聴こえるのか調査する。また、スピーカが複数するとき、スピーカ間の同期による影響についても調査する。

4. 実験

4.1 実験目的

本稿では、足音を聴く際、「スピーカの数足音の存在感にどのような影響を持つのか」について調査することを目的としている。また、先行研究[1]より、足音の軌跡を完璧に把握することは困難であったということから「聴こえた足音がどの程度把握できるのか」ということを調査した。

4.2 実験準備

実験で使用した音声は、先行研究[1]で足音を採った手法を参考に用意した。Raspberry Pi と USB マイクロホン を4つずつ用意し、それぞれ接続する。録音するスペースとして、1辺が2.61mの正方形のスペースを設けた。実験では、1つのスピーカ、2つのスピーカ、4つのスピーカで比較する為、それぞれに対応した録音手法を用いた(図3)。

1つのスピーカで聴く足音は、4つのUSBマイクロホン付き Raspberry Pi を録音スペースの中央に設置した。図3のように4つのUSBマイクロホンがそれぞれ録音スペースの頂点に向かって設置し、録音を行った。4つのUSBマイクロホンで録音した音は録音後編集し、1つのスピーカから4つのマイクロホンの音が聴こえるようにした。

2つのスピーカで聴く際の足音は、図3の中央の図のように、録音スペースの対角線上にある2隅にUSBマイクロホン付き Raspberry Pi を設置した。USBマイクロホンの頭は録音スペースの中心に向くように設置した。

4つのスピーカで聴く際の音の録音は、4つのUSBマイクロホン付き Raspberry Pi を録音スペースの4隅に設置した。USBマイクロホンの頭は録音スペースの中心に向くように設置し、角度は先行研究[1]と同じ床から20度で行った。この録音するスペースの4隅に、USBマイクロホンを接続した Raspberry Pi をそれぞれ設置した。

USB マイクロホンはコンデンサタイプで単一指向性、周波数特性が70~15,000Hzのものを使用した。録音する足音の軌跡は、録音スペースの辺に沿った軌跡と、8の字に歩行した軌跡の2種類である(図4)。この歩行軌跡を図3

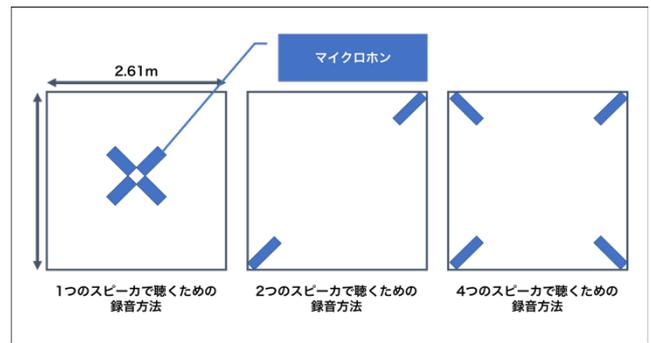


図3 実験で使用する足音の録音方法

Figure 3 Recording method of footsteps used in experiment.

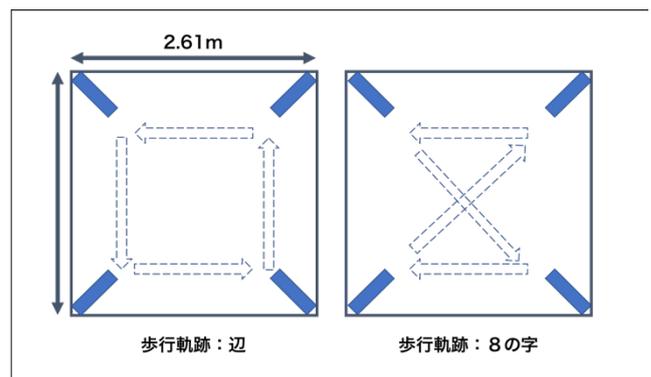


図4 録音時の歩行軌跡

Figure 4 Walking locus during recording.

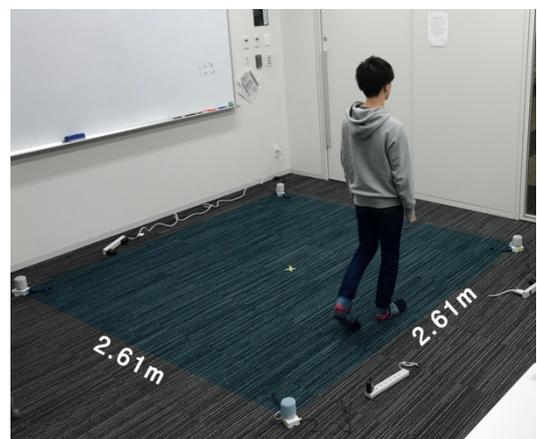


図5 録音の様子

Figure 5 Recording situation.

の各録音方法でそれぞれ録音し、計6種類の足音を録音した。各録音時間は約45秒で、歩行軌跡を3周程度歩いた時間になっている。歩行した際、録音スペースでは靴を脱ぎ、代わりにスリッパを履いて録音した。使用したスリッパはNIPPON SLIPPER製のCOREFEEL HOMESOCKである。これは、先行研究[1]と同じように、靴による足音の違いが実験の結果に影響することを防ぐために行った。録音の様子を図5に示す。

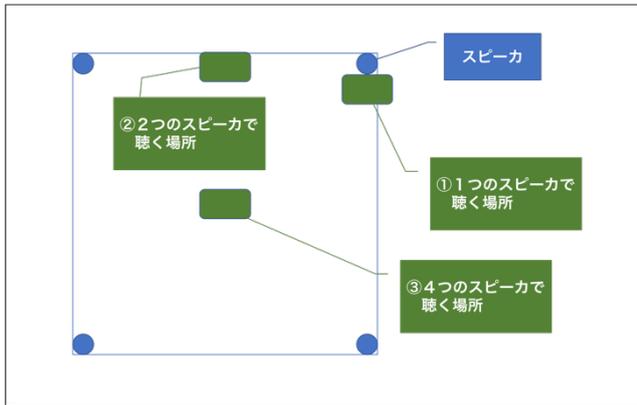


図 6 実験スペースの概要図

Figure 6 Outline drawing of experiment space.

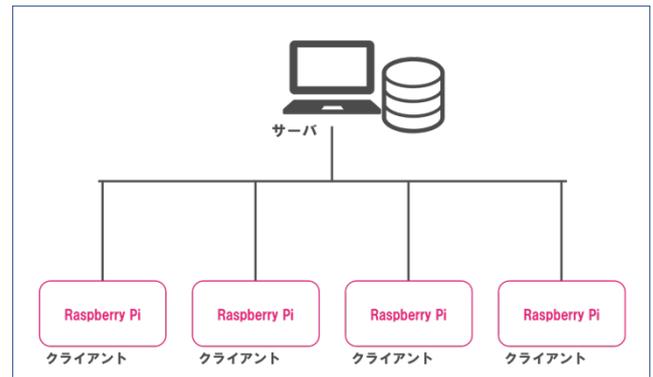


図 7 足音再生システム

Figure 7 Footstep reproduction system.

4.3 実験スペース

実験スペースは、4章で述べた録音スペースと同じ1辺が2.61mの正方形スペースを用意し、図6のようにスピーカーと机を設置した。実験スペースの各頂点に仮説ポールを設置し、床から天井に向かって2mの高さにスピーカーを下向きに設置した。3カ所に設置した机は、それぞれ

- ① 1つのスピーカーで聴く場所
- ② 2つのスピーカーで聴く場所
- ③ 4つのスピーカーで聴く場所

とした。

4.4 足音再生システム

足音を4カ所のスピーカーから同時に再生する為、足音を再生するシステムを構築した。Pythonを用いて、ノートパソコンをサーバとし、Raspberry Piをクライアントとして構築した(図7)。UDP (User Datagram Protocol)通信でサーバから4つのクライアントに同時に命令を送るプログラムを実装した。また、Raspberry Piから4.3節で設置したスピーカーにはBluetoothで接続するようにした。

4.5 実験条件

実験は4章で録音した足音を利用し、以下の表1の6条件を比較する。

実験参加者には、表1に示した6条件をそれぞれ聴いてもらい、アンケートは表1の種類ごとに回答してもらった。実験参加者への質問と選択肢を表2に示す。表2のQ1とQ2は、7段階のリッカート尺度で評価してもらった。聴いてもらう順番は、順番による結果への影響を考慮し、表1の6条件をラテン方格法を用いて行った。実験後、「遠隔地の様子(存在感)を感じる事ができたのは以下のうちどれでしょうか？」(1つのスピーカーで聴いたとき、2つのスピーカーで聴いたとき、4つのスピーカーで聴いたとき、どれもわからなかった、その他(記述式))という質問を行い、スピーカー数による存在感の影響について調査した。

表 1 実験の条件

Table 1 Experimental conditions.

条件 a	スピーカー数: 1 個, 歩行軌跡: 辺
条件 b	スピーカー数: 1 個, 歩行軌跡: 8 の字
条件 c	スピーカー数: 2 個, 歩行軌跡: 辺
条件 d	スピーカー数: 2 個, 歩行軌跡: 8 の字
条件 e	スピーカー数: 3 個, 歩行軌跡: 辺
条件 f	スピーカー数: 3 個, 歩行軌跡: 8 の字

表 2 実験の質問一覧

Table 2 Questionnaire list of Experiment.

Q1	足音が動いている(遠隔地の人が歩いている)ように感じましたか? (1. 全く感じなかった -7. とても感じた)
Q2	足音の軌跡をどのくらい把握できましたか? (1. 全く分からなかった 2. 自分に近いか遠いかを把握することはできた 3. 時々左右(または前後)の動きを把握することはできた 4. 左右(または前後)を把握することはできた 5. 左右に加えて、時々前後を把握することができた 6. 左右前後をほとんど把握することはできたが、完璧ではない 7. 完璧に把握することができた)
Q3	上記の Q2. で回答したものに追記したいことがあればご記入ください (自由記述)
Q4	足音を聴いて、遠隔地に何人いると感じましたか? (1人, 2人, 3人, 4人, その他(記述式))

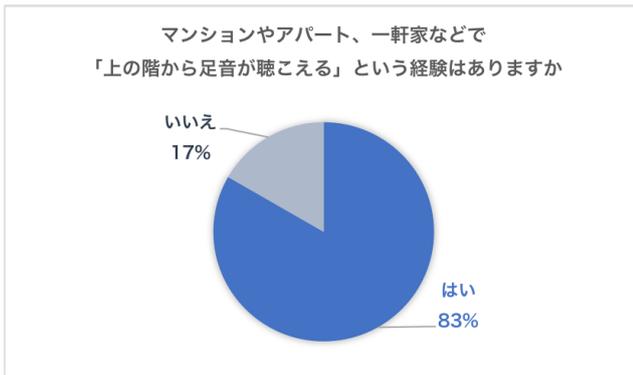


図 8 実験前アンケート結果

Figure 8 Result of questionnaire before experiment.

実験参加者は 21-24 歳の学生 18 名（男性 14 名，女性 4 名）である。

実験前に「マンションやアパート，一軒家などで「上の階から足音が聴こえる」という経験はありますか。」という質問を行ったところ，「はい」と答えた実験参加者が全体の 83%であった（図 8）。また，実験参加者には実験で足音が聴こえてくることを事前に伝えた。実験の様子を図 9 に示す。

4.6 実験結果

「Q1. 足音が動いている（遠隔地の人が歩いている）ように感じましたか？」という質問の結果を図 10 に示す。どの種類でも平均が 4 以上となっていて，スピーカ数が 2 個以上のときは全体の 25%以上が 5 以上であることが分かる。また，スピーカ数が 2 個以上のとき，歩行軌跡による差はほとんど無いことがわかった。

次に「Q2. 足音の軌跡をどのくらい把握できましたか？」の質問結果を図 11 に示す。条件 a のときはほとんど把握できていなかった。Q3 の追記では，「その場で足踏みしているように聴こえる」「ずっと真上から聴こえる感覚」「ずっと遠くを歩いているような感覚」という意見があった。条件 e と条件 f はほとんど差が無く，左右（または前後）を把握することができている実験参加者が多いことが分かった。Q3 の追記では，「主に左右の動きがよくイメージできた」「前後左右の動きがなんとなくわかった」「前後の動きはわかったけど，左右の動きはあまり分からなかった」といった意見があった。

「Q4. 足音を聴いて，遠隔地に何人いると感じましたか？」という質問の結果を図 12 に示す。条件 a と条件 b は 1 人と感じる人が 90%以上であったのに対し，条件 c，条件 d は 10%程度であった。条件 c で「その他」と回答した実験参加者は，「通り過ぎていて人数不明」と回答しており，1 人ではなく複数人がいたと感じていた。条件 d で「その他」と回答した実験参加者は，「1 人時々 2 人いるように感じた」と回答しており，状況によって 1 人と聴こえた時間と，2 人



図 9 実験の様子

Figure 9 Experimental situation.

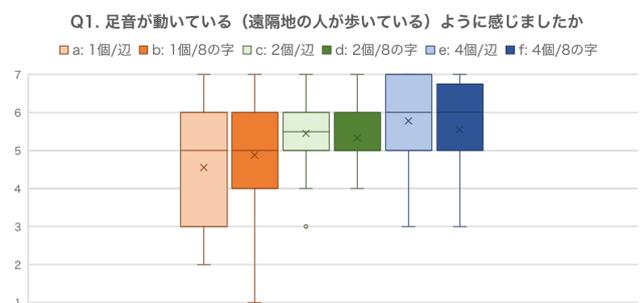


図 10 Q1 のアンケート結果

Figure 10 Result of questionnaire Q1.

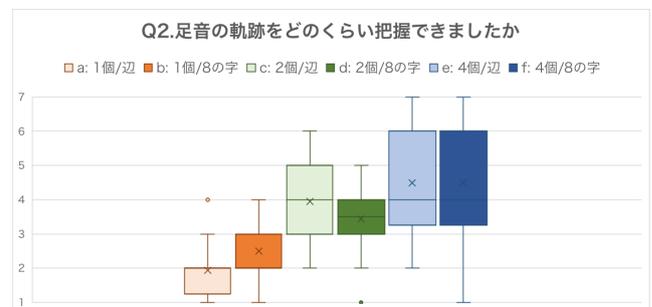


図 11 Q2 のアンケート結果

Figure 11 Result of questionnaire Q2.

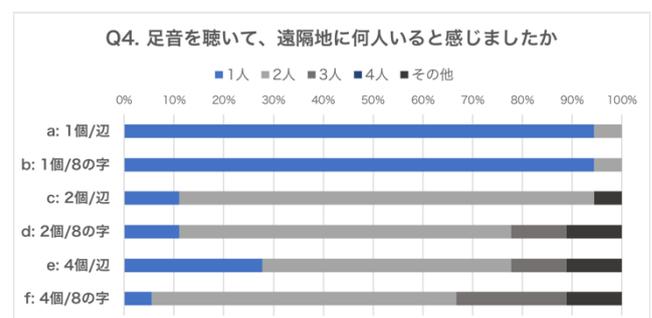


図 12 Q4 のアンケート結果

Figure 12 Result of questionnaire Q4.

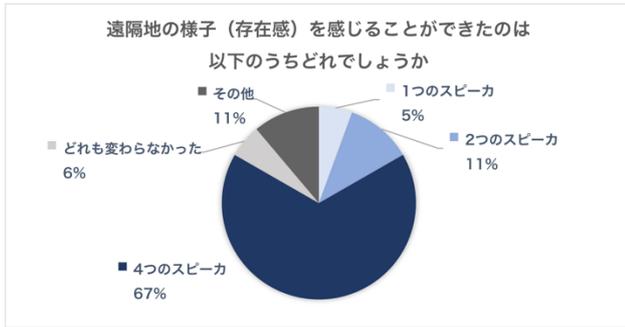


図 13 実験後アンケート結果

Figure 13 Result of questionnaire after experiment.

と聴こえた時間があったと感じていた。条件 e は 20~30%であったのに対し、条件 f は 10%未満となっていた。条件 e と条件 f で「その他」と回答した実験参加者は、同じ実験参加者であり、どちらも「複数人（2人以上）に感じた」「複数人いるように感じたが、何人かは分からない」という回答であった。

実験後、スピーカ数による存在感の影響について回答してもらった結果を図 13 に示す。

「4つのスピーカ」と答えた実験参加者は 12 名であり、一番多かった。その理由を記述してもらったところ、「立体感があり、リアルに感じた」「他の条件と違い前後が分かり、よりリアルな気がした」「音に包み込まれるような感覚があった」「音が響いているような気がして、リアルな生活感を感じた」といった回答であった。「1つのスピーカ」と答えた実験参加者は「より音を近くに感じたから」という回答であった。「2つのスピーカ」と答えた実験参加者は 2 名で、「4つにしたら左右か前後かの判別ができなかったと思ったので、2つと変わらなかった」「4つのときは足音っぽさに欠けていた。1つのときは足音っぽさがあったが動いているようには感じなかった。なので、2つのスピーカのときはちょうどよく存在感を感じる事ができた」という回答であった。「その他」と回答した実験参加者は「1つと 4つで異なる存在を感じた」「様子については 4つの方が感じた、存在感についてはどれもあまり変わらなかった」という回答であった。

最後に、実験についての感想や足音を聴きたい場面についてなどを自由に記述してもらった。実験の感想として、「スピーカの数で感じ方が全然違って面白かった」「ノイズが気になってしまった」という回答があった。利用場面については、「遠隔地の間取りを知っていれば、今どこ歩いているのかが分かっていいと思う」「離れて暮らす祖父や祖母の様子がこれを使って分かったら安心できると思う」「ゲームにいかせそう」「留守番している犬とか猫に対して使ったら喜びそう」といった意見があった。

4.7 結果の考察

Q1 でスピーカ数に関わらず、平均が 4 以上であるのに対し、Q2 ではスピーカ数によって大きく差が出ていた為、軌跡が分からなくとも、足音を聴いているだけで何かしら動いていることは伝わるのではないかと考えられる。これは、そもそも足音は人間が歩くことで聴こえる音であるため、スピーカの数に関わらず動いているように感じるからであると考えられる。

Q2 では条件 e と条件 f で左右（または前後）が把握できていたことから、4つのスピーカで聴いた場合、1つや2つで聴いた場合より軌跡を把握しやすくなると考える。ただし、「7. 完全に把握することができた」と回答している人は 1 名ないし 2 名と少なく、左右前後に動いているのは分かるが、完全には把握できないようであった。これは先行研究[1]のアナログで隣の部屋の足音を再生した結果と同じである。

Q4 の結果より、スピーカの数が増えると、足音が 1 名ではなく、複数人に感じてしまうことが分かった。これは足音を再生する際のずれが影響していると考えられる。5.3 節で述べたように、実験では、サーバとなっている PC から、クライアントである Raspberry Pi に再生の命令を送っている。この際、Raspberry Pi ごとに命令が伝わる時間にずれが生じ、再生される時間がずれてしまう。実際の実験中では、4つのスピーカの場合、1-3 秒程度のずれがあった。そのため、足音がバラバラに聴こえ、複数人に聴こえたのではないかと考える。

実験後のアンケートより、遠隔地の存在感を感じるには、4つのスピーカが 1 番効果的であるとされる。しかし、「2つのスピーカがいい」と答えた実験参加者は、4つのスピーカで聴いた時に「足音っぽさに欠ける」といった意見もあり、これは複数人で聴こえる原因と同じ再生時間のずれが影響しているものと考えられる。足音には音が出る以外にも歩行リズムや歩行スピードなどの影響も含めて、人間は足音だと認識するのではないかと考える。すなわち、スピーカから聴こえる音がずれることで、音がスピーカ間で移動するスピードや足音のリズムが分からず、足音っぽさが低減されるのではないかと考える。

これらのことから、存在感を感じるためには、4つのスピーカを用いたほうが効果的で、かつ軌跡の把握は完璧にできないため、プライバシーも守られると考えられる。しかし、4つのスピーカを使用することによって、再生時間のずれが生じ、複数人に感じたり、足音っぽさが低減されてしまったりすると考える。スピーカ間の同期をしないことで、軌跡の把握がしにくくなると考えたが、人数については正確に伝わった方が好ましいと考える。そこで、スピーカ間の再生時間の同期を行うこととした。

5. 再生時間の同期

再生時間を同期するために、NTP (Network Time Protocol)[12]を使用する。NTPとはネットワークに接続している機器の時刻を同期するプロトコルであり、端末間の誤差を減らす。Raspberry Piは、それぞれの端末ごとで時刻のずれが生じている。そのため、4つのRaspberry Piの時刻をNTPに設定し、すべてのRaspberry Piの時刻を合わせる。

サーバからクライアントに命令を送り、ある時刻になるとRaspberry Piから足音が流れるように設定した。そうすることで、サーバからクライアントに伝達する際の時間のずれはなくなり、5.3節のシステムと比べ誤差を減らすことができた。

6. 追加実験

6.1 追加実験の条件

5章の実験参加者18名を対象に、再生時間の同期を行ったシステムを用いて追加実験を行った。比較した条件は以下の4種類である(表3)。追加実験で用いた足音の音源は、5章の実験の条件eで用いたものと同等である。実験参加者には条件gから条件iまでの3種類を順に聴いてもらった。実験順序による影響を考慮するため、ラテン方格法を用いて実験を行った。それぞれの条件で表2の質問に答えてもらい、最後に「遠隔地の様子(存在感)を感じることができたのは以下のどれでしょうか?」(1回目, 2回目, 3回目, どれも変わらなかった, その他)という質問に答えてもらった。

表3 追加実験の条件

Table 3 Additional experimental condition.

条件 e	再生時間の同期無し(表1と同様)
条件 g	再生時間の誤差: 1秒
条件 h	再生時間の誤差: 100ミリ秒
条件 i	再生時間の誤差: 10ミリ秒

6.2 追加実験結果

表2にあるQ1とQ2は、各条件によってほとんど差がなかった。Q4の結果を図14に示す。条件eで1人と答えた実験参加者の割合は30%未満であったのに対し、条件g, 条件hは30%以上であり、条件iは40%以上であった。しかし、2人と回答した実験参加者の割合は条件i以外はほとんど変わらず、条件iは2人という回答が減ったのに対し、3人と回答した実験参加者が増えていた。このように複数人に感じた理由として、「同時には1人だけど、行ったり来たりではなく、どこか違う部屋にいて、誰か違う人が入ってきたのかと思った」「足音の音色が違うように感じた」「ワープしているような感覚であった」「左だけで前後

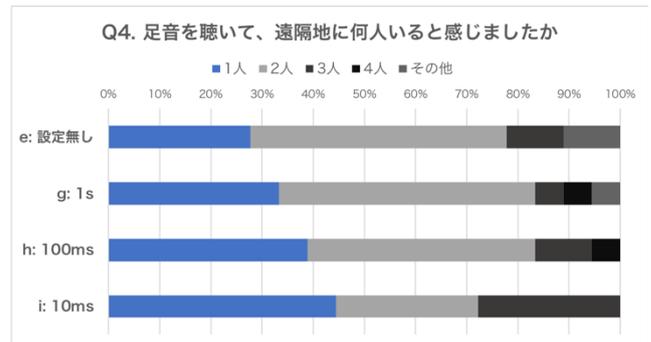


図14 Q4のアンケート結果(追加実験)

Figure 14 Result of questionnaire Q4 (Additional experiment).

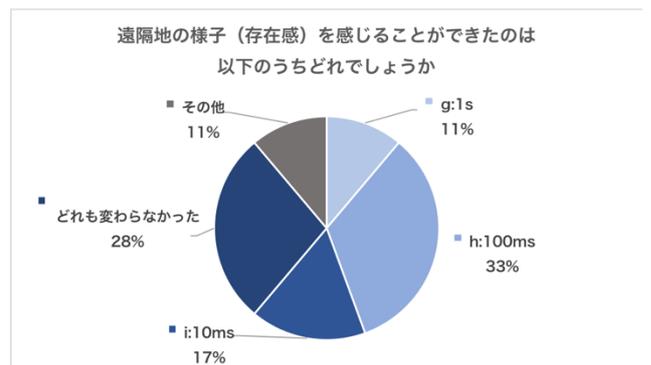


図15 追加実験後アンケート結果

Figure 15 Result of questionnaire after additional experiment.

に、右だけで前後に歩いているように感じた」という回答があった。

実験後のアンケートの結果を図15に示す。条件hが33%と一番高いものの、どれも変わらなかったが28%であった。また、「その他」と回答した実験参加者は、「条件gと条件iが同じくらいだった」「条件gと条件hが同じくらい」といった回答であった。この選択肢を選んだ理由として、「どれも似たような足音だった」「全く違いが分からなかった」「違いがあまり分からなかった」といった回答であった。

6.3 追加実験の考察

追加実験の結果より、存在感や歩行軌跡については、スピーカ同士が同期していても変わらないことがわかった。すなわち、軌跡の把握は完璧にできないため、プライバシーは変わらず守られていると考える。また、再生時間の同期を行っても足音が複数人に感じるようになった。しかし、複数人に感じた理由から、足音がバラバラに聞こえるというより、足音の音色の違いによって複数人に感じている実験参加者もいたことが分かった。加えて、ワープしているように聞こえたことから複数人に感じている実験参加者もいることが分かった。すなわち、「複数人に感じる」のは、音を同期させるだけではなく、「同じ足音が、常時つながって聞こえる」ことが必要であると考える。

4章の実験と同様、追加実験でもノイズが気になったという実験参加者の意見があった。これは、スピーカとRaspberry PiをBluetoothで接続していたため、音声を再生する際に生じたノイズであると考えられる。ノイズによって複数人に感じていた可能性もあるため、今後ノイズが無いようなシステムを構築する必要があると考える。

現在のシステムでは、録音スペースの各頂点に設置したマイクロホンで、録音スペースの辺全体を録音することが完全にはできない。すなわち、マイクロホンで録音する足音の強弱は、直線的に増加、減少するのではなく、非直線的に増加、減少する。そのため、スピーカから足音を聴いた際、スピーカ間の移動がワープしているように聴こえると考えられる。これは、先行研究[1]でも同じ現象が見られ、途中でジャンプしたように感じた実験参加者がいた。

7. まとめと今後の展望

本稿では、スピーカ数による存在感の影響について調査した。4個のスピーカで足音を聴いた際、1個、2個のスピーカで聴くよりも存在感を感じるようになった。しかし、スピーカを複数利用することにより、足音が複数人いるように聴こえてしまうことが分かった。そのため、各スピーカからの再生時間を同期させたシステムを用いて、追加実験を行った。追加実験の結果、足音自体ははっきり聴こえるようになったが、複数人と感じることに変わりはない。本研究の目的のためには、正確な位置や動きは伝わらない方がいいが、人数については正確に伝わった方が好ましい。音声の再生方法については引き続き調整や検討が必要である。

また、足音をマイクロホンで録音すると、強弱が非直線的に変化してしまう。加えて、実生活において足音以外の環境音も伝達されてしまう。そのため、実際に録音した足音と、あらかじめ生成した足音との影響の違いについて調査していきたい。

謝辞 アンケート及び実験にご協力頂いた皆様に、謹んで感謝の意を表す。また、本研究はJSPS科研費JP18K11410の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 越後宏紀, 小林稔. アウェアネス支援を目的とした足音記録伝達システムの検討. ワークショップ2018(GN Workshop 2018)論文集, 2018, p.1-8.
- [2] “みまもりほっとライン | 象印マホービン株式会社”. <http://www.mimamori.net/>, (参照 2018-12-25).
- [3] “高齢者見守りサービス | ホームセキュリティのセコム”, <https://www.secom.co.jp/homesecurity/plan/seniorparents/>, (参照 2018-12-25).
- [4] “みまもりでんわサービスについて-日本郵便-”, <https://www.post.japanpost.jp/life/mimamori/tel.html>, (参照 2018-

- 12-25).
- [5] Dourish, P. and Bly S. Portholes: Supporting Awareness in a Distributed Work Group. Proc. CHI'92, 1992, p.541-547.
- [6] Robert, S. F., Robert, E. K. and Barbara, L. C. The VideoWindow System in Informal Communications. in Proc. of ACM Conf. on Computer Supported Cooperative Work, 1990, p.1-11.
- [7] Sio, I., Rowan, J., Mima, N. and Mynatt, E. Digital Decor: Augmented Everyday Things. in Graphics Interface 2003, 2003, p.159-166.
- [8] Rowan, J. and Mynatt, E. D. Digital Family Portrait Field Trial: Support for Aging in Place. in CHI '05: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, New York, NY, USA, ACM Press, 2005, p.521-530.
- [9] 辻田眸, 塚田 浩二, 椎尾 一郎. 遠距離恋愛者間のコミュニケーションを支援する日用品“SyncDecor”の提案. インタラクティブシステムとソフトウェア, 2009, Vol.26, No.1, p.25-37.
- [10] 北岸佑樹, 米澤朋子. 講演中の聴衆の聴講態度に応じて移動する音響AR型足音TAエージェントの検証. 2017年度 情報処理学会関西支部 支部大会 講演論文集, 2017, p.1-8.
- [11] Dhruv, J., Leah, F., Jamie, G., Benjamin, H., Ramani, D., Dmitry, Z., Christian, V., Jon, E. Head-Mounted Display Visualizations to Support Sound Awareness for the Deaf and Hard of Hearing. In CHI'15: Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, New York, NY, USA, ACM Press, 2015, p.241-250.
- [12] “日本標準時 (JST) グループ”, <http://jty.nict.go.jp/tsp/PubNtp/index.html>, (参照 2018-12-25).