

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

越後宏紀^{†1} 小林稔^{†2}

概要: 近年では、高齢者の独り身世帯や単身赴任、一人暮らしの学生など家族が離れ離れに暮らすことが増えている。センサーを利用して安否を確認するサービスが増えているが、同居している感覚や一緒に暮らしているような安心感までは得られない。そこで本稿では、足音を録音するマイクロホンと足音を流すスピーカとを有線ケーブルでアナログ接続して実験を行った。この実験結果を提案システムの理想形とし、アウェアネス支援を目的とした足音記録伝達システムを検討した。

キーワード: 足音, アウェアネス支援

Study on Footstep Recording Transmission System for Awareness Support

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

Abstract: In recent years, families such as single elderly households, single assignment, living alone students are increasingly living independently. Although services that check the safety using sensors are increasing, we can not obtain a feeling of living together or feeling as if we are living together. Therefore, in this paper, we analogically connected a microphone for recording footstep and a speaker for listening to footstep, and we have experimented. Based on experimental results, we will consider the footstep recording system for awareness support.

Keywords: footstep sound, awareness support

1. はじめに

近年、高齢者の独り身世帯や単身赴任、一人暮らしの学生など家族が離れて暮らす機会の増加に伴い、離れて暮らす家族を見守るサービスが増えている。例として、電気ポットを使うと離れて暮らす家族にメールでお知らせしてくれる安否確認サービス[1]や、離れて暮らす家族のガスの使用状況をお知らせしてくれるくらし見守りサービス[2]などあげられる。これらのサービスは安否を確認することによって安心感を得られるが、同居している感覚や一緒に暮らしているような安心感までは得ることができない。本研究では、離れていても、まるで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。使用不使用のON/OFFではなく、「今日は元気がある」、「今日は疲れている」、「今日はなんか不機嫌そうだ」といったようなことを気配として感じられることを目的としている。

一軒家で暮らしていると、階段を上ってくる足音で家族が帰ってきたことを気配として感じたり、寝ている間に上の階から下りてくる足音で、目で見えていなくても親が起床してきたことを感じたりする。このように聴覚による情報で家族の行動をアウェアネスに感じることもある。この経験から人間の足音に着目し、その足音を遠隔地に伝達する

ことで一緒に住んでいるように感じたり、近くにいるように感じたりするのではないかと考えている。本稿ではまず、足音を録音するマイクロホンと足音を流すスピーカとを有線ケーブルでアナログ接続して実験を行った。この実験結果を提案システムの理想形とし、図1のような足音記録伝達システムを検討した。

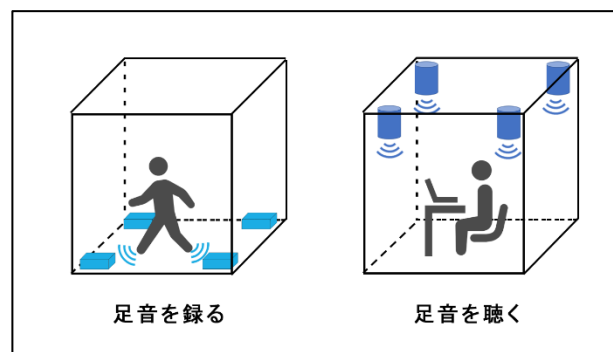


図1 提案システムのイメージ図

Figure 1 Image of system.

2. 関連研究

2.1 遠距離のアウェアネス支援

遠隔地とのアウェアネスに着目した研究は、CSCW 分野

^{†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

で多くの取り組みがなされている。Dourish ら [3] の Portholes は、遠隔多地点に分散している人々がどのような状態かが一目でわかるように、各地点で一定時間ごとに撮影した静止画像を一画面に並べたシステムとなっている。

Robert ら [4] は、大型超ワイドスクリーンで映像や音声を離れた部屋と常時接続されるシステム VideoWindow System を提案している。椎尾ら [5] は、引き出しの中の写真を遠隔地に自動転送し、引き出しの中身を共有するシステム Peek-A-Drawer や、コーヒーマーカーで淹れたコーヒの香りを遠隔地に伝達するシステム Meeting Pot を提案している。

Rowan ら [6] は、遠隔地に住む高齢者とポートレートを通して繋がることによって家族の生活を共有するシステム Digital Family Portrait を提案している。石井ら [7] は、水や光、瓶などを用いて、遠隔地の人や動物の動きを周囲の環境として部屋にいる人に伝えるシステム ambientRoom を提案している。辻田ら [8] は、同じ明るさになるランプや開閉が連動するゴミ箱など日用品を用いて遠距離恋愛のコミュニケーションを支援するシステム SyncDecor を提案している。本田ら [9] は、在宅勤務を想定した仮想オフィスシステム Valentine を提案しており、他のメンバの気配を感じるために足音やドアの音などの環境音を利用している。

Portholes [3] や VideoWindow System [4]、Peek-A-Drawer [5]、Digital Family Portrait [6] は視覚情報を利用してアウェアネス支援を行っており、Meeting Pot [5] は嗅覚を利用して遠隔地に伝達している。ambientRoom [7] や SyncDecor [8]、Valentine [9] は視覚で伝達するものもあれば、聴覚で伝達するものもあり、SyncAroma [8] は嗅覚で伝達している。本研究では、聴覚のみで伝達することを目的としており、センサーによる ON/OFF の制御では伝達できない人間の行動や感情を伝達できるシステムを目指している。

2.2 足音の特性を利用した研究

本研究で取り組む足音の伝達に関連して、足音が騒音または不快と感ずることを調査している研究もある。高木ら [10] は、隣室を発生源として住居の壁を通じて聴こえる騒音を透過騒音として聴こえる音を評価した。探索的因子分析を行い、足音は音がこもっているほど不快だということを示している。また、Park ら [11] は感情に対する足音の影響を調査し、感情や騒音の煩わしさは騒音レベルの影響を大きく受けることがわかった。

足音で人物識別する研究も行われている。板井ら [12] はシンプルな音声認識手法を用いた足音の分類を提案しており、10 人の認識率が 98% であった。本谷ら [13] は歩行タイミングや歩行足音を計測し、スリッパと地面との接触と非接触から識別できる可能性があることを示唆した。

2.3 立体音響の研究

音響場の立体的再現については、(1)両耳間時間差、(2)両耳間強度差、(3)聴取者特有の頭部伝達機能の 3 つの手がかりをもとに多くの取り組みがなされている。その応用とし

て、Cohen ら [14] によって開発されたグルーブウェアシステムでは、仮想会議室の参加者の位置と音源の位置を対応づけ、会議における仮想空間上の音響環境を構築するために立体音響を使用した。Seligmann ら [15] によって開発されたシステムは、声だけではなくキーボードの打つ音やクリック音などを空間上に配置することで参加者の活動状態を示している。

これらは仮想空間での立体音響は人の行動の手がかりになったり、まるで近くにいるように感じたりする。本研究では、立体音響を使用して、人の動きの一つである足音を遠隔地に伝達することでまるで近くにいるように感じるシステムを開発することを目的としている。

3. 予備実験

3.1 実験目的

次の 6 点について調査するために、予備実験を実施した。

- a: スピーカから聴こえてくる音がどのような音に聴こえるのか。
- b: 実験スペースの辺上に歩いたとき、どのくらい軌跡が分かるのか。
- c: 実験スペースの対角線を歩いたとき、どのくらい軌跡が分かるのか。
- d: 途中で歩いている人が変わったとき、変わったことが分かるのか。
- e: 複数人が同時に歩いたとき、どのくらい軌跡が分かるのか。
- f: 知り合いの足音を聴くのは不快かどうか。

足音は特にアパートやマンションといった集合住宅で騒音や不快な音とされており、騒音として研究で調査されることもある [10][11]。しかし、足音を出している相手が家族や友達といった知り合いであれば不快に感じないのではないかと考えた。

3.2 実験準備

3.2.1 実験設備

予備実験では、マイクロホン、アンプ、スピーカを同軸ケーブルでアナログ接続したものを 4 セット用意し、床面付近で録音した音を、天井付近にマイクと同じ配置で設置したスピーカで再生した。マイクロホンは audio-technica 製の AT-VD6、マイクロホンアンプは audio-technica 製の AT-MA2、スピーカはソニー製の SRS-XB10 を使用し、アンプからスピーカまでは 5m のケーブルで接続した。

3.2.2 録音時の周波数分析

雑音が少なくクリアな足音を録音するために、マイクロホンを地面にそのまま置いた場合と、マイクスタンドを利用した場合の録音した音を周波数分析し比較した (図 2)。マイクスタンド無しの場合、振振幅のピークが 250Hz にな

っていたのに対し、マイクスタンド付きで録音した場合、130Hz となっていた。また、マイクスタンド無しの場合、1000Hz まで雑音が録音されていて振幅が変動しているのに対し、マイクスタンド付きの場合、130Hz 以外の周波数はそれほど高くなっていなかった。これらの分析より、スタンド付きの方がクリアで雑音がすくない足音を録音することができた。そのため、実験ではマイクスタンド付きで録音することとした。

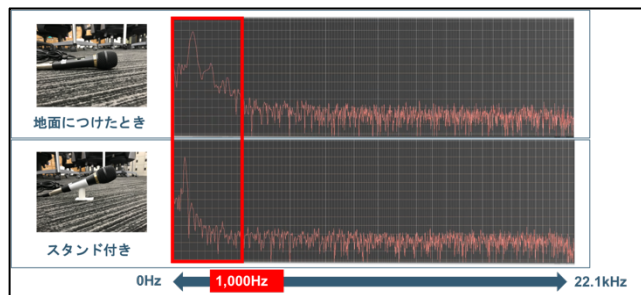


図2 周波数分析結果

Figure 2 Result of Frequency analysis.

3.2.3 実験スペース

実験は「足音を録る部屋」と「足音を聴く部屋」の2部屋を使用して行った。「足音を録る部屋」にマイクロホンを設置し、「足音を聴く部屋」にスピーカを設置した(図3)。それぞれの部屋に1辺が2.61mの正方形になるような実験スペースを設けた。実験スペースの大きさは、江戸間の4.5畳を基準として設定した。その正方形の頂点にあたる4か所にそれぞれスピーカおよびマイクロホンを設置した。「足音を録る部屋」には、マイクロホンが4つそれぞれ正方形の中心にマイクロホンの頭が向くように設置した。「足音を聴く部屋」では、頂点に仮設ポールを設置し、図3(右)のように地面から2mの高さにスピーカを下向きにそれぞれ設置した。

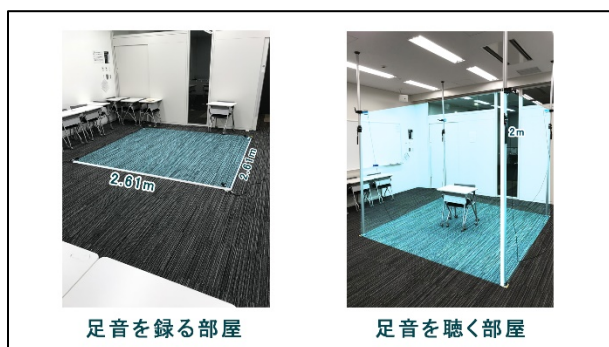


図3 実験スペース

Figure 3 Experiment space.

3.3 実験方法

3.3.1 実験手順

実験は2つの部屋で同時に行うため、実験協力者を各部屋に配置し、実験参加者に実験の指示させた。実験参加者は実験内容を事前に一切伝えられずに実験に参加した。

1回の実験で「足音を録る部屋」に1名、「足音を聴く部屋」に2名の実験参加者が同時に参加した。「足音を聴く部屋」では、実験スペースの内側に位置するか、外側に位置するかによって、足音の音源位置の把握に違いが生じると考えたため、実験スペースの内側に1名、外側に1名を配置した。また、本実験は知り合いや家族の足音を聴いた場合、不快と感じるかどうか検証することを目的としているため、実験前に3名同士が知り合いであることを確認した。

「足音を録る部屋」の実験参加者は、実験スペースでは靴を脱ぎ、代わりにスリッパを履いて実験に参加した。これは、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である。また、できるだけ摺り足ではなく、実験参加者が自然に歩けるように配慮し、靴下のような柔らかいスリッパを使用した。使用したスリッパは NIPPON SLIPPER 製の COREFEEL HOMESOCK である。

3.1のa~eについて調べる実験では、「足音を録る部屋」の実験参加者に実験スペース内の歩き方を紙媒体で指示した(図4)。同時に「足音を聴く部屋」の実験参加者には回答用紙を渡して、足音をもとに「足音を録る部屋」の実験参加者が歩いたと思う軌跡を描くように指示した(図5)。

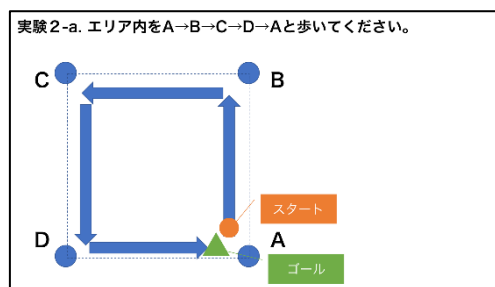


図4 予備実験で使用した指示用紙(足音を録る部屋)

Figure 4 Paper of instruction (room to send footsteps).

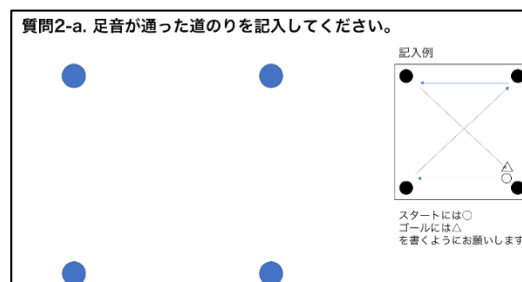


図5 予備実験で使用した回答用紙(足音を聴く部屋)

Figure 5 Paper of problem (room to listen to footsteps).

3.3.2 アンケート内容

足音の軌跡の実験終了後、3.1のfについて調べるために足音の不快感に関するアンケートを行った。質問内容は次の通りである。

質問1: この実験で足音を聴いて(聴かれて)不快だと感じましたか。

質問 2: (マンション・アパートなどの) 上の階 (下の階) に住んでいる人の足音を聴いて (聴かれて) 不快だと感じますか。

質問 3: 一緒に住んでいる人 (兄弟・姉妹・父母) の足音を聴いて (聴かれて) 不快だと感じますか。

質問 4: 一緒に住んでいる彼女・彼氏の足音を聴いて (聴かれて) 不快だと感じますか。

質問 5: 離れて 1 人で暮らす祖父母の足音を聴いて (聴かれて) 不快だと感じますか。

質問 6: 離れて暮らす家族 (兄弟・姉妹・父母) の足音を聴いて (聴かれて) 不快だと感じますか。

質問 7: 離れて暮らす (遠距離の) 彼氏・彼女の足音を聴いて (聴かれて) 不快だと感じますか。

質問 8: 聴いても不快ではない足音がありましたらお書きください。

質問 9: 質問 2 から質問 7 で、状況・条件によって不快かどうかが変わる場面がある方は、場面と不快感の度合いの変化を教えてください。

不快感はそのそれぞれの質問で「1.不快ではない-7.不快だ」の 7 段階で評価させた。このとき、「足音を聴く部屋」の実験参加者には、足音を聴いて不快だったかどうかを質問し、「足音を録る部屋」の実験参加者には、足音を聴かれて不快だったかを質問した。

4. 実験結果

実験参加者は「足音を聴く部屋」に 10 名、「足音を録る部屋」に 6 名の計 16 名であった。実験は全部で 6 回行い、そのうち 2 回は「足音を聴く部屋」に 1 名配置して、実施した。「足音を聴く部屋」と「足音を録る部屋」の両方に参加した実験参加者はいない。「足音を聴く部屋」の 10 名のうち、2 名が 1 人暮らしの経験があった。実験の様子を図 6 に示す。



図 6 実験の様子

Figure 6 Situation of experiment.

4.1 足音に聴こえるかについてのアンケート

3.1 の a について調べるために、「足音を録る部屋」の実

験参加者が実験スペース内を自由に歩き、「足音を聴く部屋」の実験参加者はその音がどのような音に聴こえたかを記述した。

「足音を聴く部屋」の実験参加者にどのような音に聴こえるか質問したところ、「誰かが歩いている音」「人が歩く音」「人が砂の上を歩いている音」などの回答で、10 名全員が足音だと分かっていた。その後、「聴いた音は、隣の人の足音です。想像していた音と合っていましたか？」という質問で、5 段階 (1. 全く違った-5. 完全に足音だと感じた) で評価してもらったところ、10 名全員が「5.完全に足音だと感じた」と答えていた。

4.2 足音の軌跡

3.1 の b から e までの足音の軌跡についてそれぞれ調べるために、「足音を録る部屋」の実験参加者が実験参加者の指示通りに歩き、「足音を聴く部屋」の実験参加者は聴こえてくる足音の軌跡を回答用紙に描いた。

実験参加者が実際に描いた軌跡を図 7 ~ 10 に示す。「足音を聴く部屋」の実験参加者のうち、5 名は実験スペースの内側、残りの 5 名は実験スペースの外側に座って実験した。このとき、座席は向かい合わせに配置していたため、図 7 ~ 10 に示した軌跡は、10 名分すべてが同じ方向になるように回転して調整したものであり、上段が実際に「足音を録る部屋」の実験参加者が歩いた軌跡、中段が実験スペースの内側、下段が実験スペースの外側で実験した実験参加者の回答である。

図 7 は、b について調べた結果である。2 名が完璧に軌跡を描くことができ、途中まで正確に描けている実験参加者や、途中から正確に描けている実験参加者もいた。一方で、対角線上を歩いているいないに関わらず、対角線に軌跡を描いている実験参加者が 3 名いた。また、歩いている軌跡と真逆の軌跡を描いている実験参加者もいた。

図 8 は、c について調べた結果である。2 名が完璧に軌跡を描くことができていた。また、b と同様に途中まで正確に描けている実験参加者も見受けられた。一方で、対角線上に軌跡を描いていない実験参加者や左右を交互に歩いている軌跡を描いている実験参加者もいた。b について調べた結果比べて、軌跡を正確に描くことができていなかった。

図 9 は、d について調べた結果である。人が変わった場所が分かっていたのは 2 名、人が変わったこと自体が分からなかった実験参加者は 5 名であった。完璧に軌跡を描くことができた実験参加者はおらず、スタート位置があっていた実験参加者は 1 名のみであった。

図 10 は、e について調べた結果である。完璧に軌跡を描くことができた実験参加者はおらず、片方の足音の軌跡を完璧に描くこともできていなかった。

図 7 ~ 10 から、実験スペースの内側から聴いている実験参加者と実験スペースの外側から聴いている実験参加者と

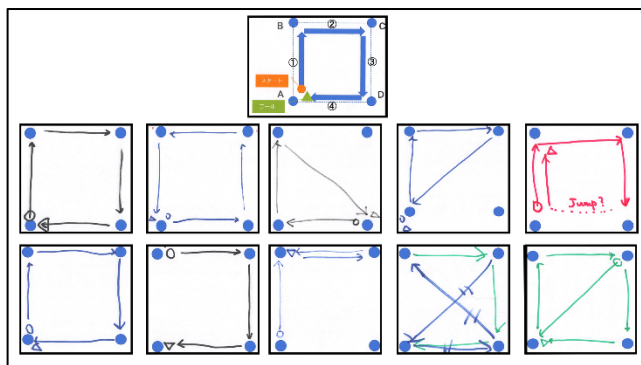


図 7 b の実験結果

Figure 7 Result of Experiment No.b.

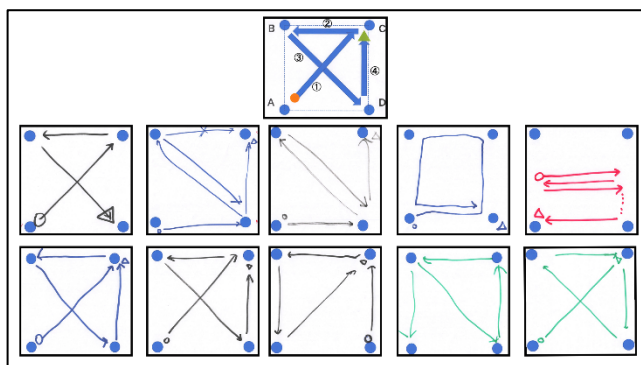


図 8 c の実験結果

Figure 8 Result of Experiment No.c.

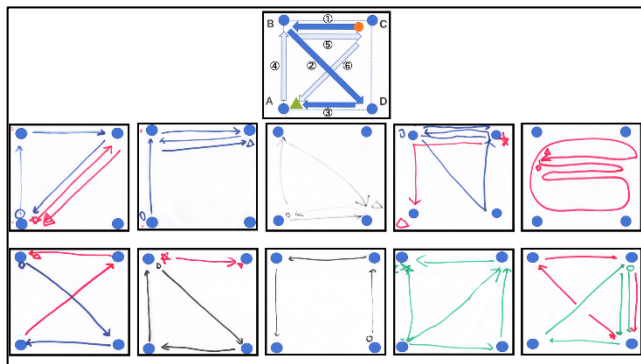


図 9 d の実験結果

Figure 9 Result of Experiment No.d.

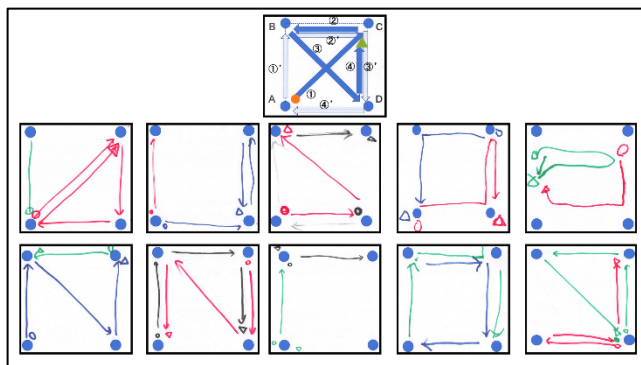


図 10 e の実験結果

Figure 10 Result of Experiment No.e.

の違いはほとんど見られなかった。

4.3 不快感に関するアンケート

3.3.2 に記述した足音の不快感についてのアンケート結果を記す。

4.3.1 足音を聴く部屋の不快感

足音を聴く部屋の実験参加者のアンケート結果を表 1 に示す。

まず、「質問 1: この実験で足音を聴いて、不快だと感じましたか。」という質問に関しては、「1.不快ではない」の回答が 6 名と一番多く、平均は 1.8 であった。理由としては、「実験のはじめに環境音と間違えてしまったほど自然に聴こえたので不快には感じなかった。」「嫌いな音ではなかった。」「特になんとも思わなかった。」などの意見があった。

「質問 2: (マンション・アパートなどの) 上の階に住んでいる人の足音を聴いて不快だと感じますか。」という質問に関しては、6 と答えた人が 4 名であり、平均は 4.7 と比較的不快と感じることがわかった。

質問 3 から質問 7 の家族や親戚、彼氏彼女といった知り合いの足音を聴いた場合に関しては、実験参加者内にほとんど差が無く、平均も 2.1~2.6 と不快ではないと感じることがわかった。

「質問 8: 聴いても不快ではない足音がありましたらお書きください。」という質問に関しては、「身内」「動物(犬、猫)」「子どもの足音、ペットの足音」といった回答があった。犬や猫などのペットの足音と回答した実験参加者が多かった。

「質問 9: 質問 2 から質問 7 で、状況・条件によって不快かどうかが変わる場面がある方は、場面と不快感の度合いの変化を教えてください。」という質問に関しては、「上の階の人が知り合いなら不快ではない。」「忙しくないときは不快じゃないが、忙しいときだと不快と感じる」「自分が眠っているときに騒がしい音が聞こえたら、家族の音でも不快だと思う。」といった回答があった。

最後に自由記述欄を設けており、「複数人の足音の軌跡は一瞬で分からなくなってしまった」「前への移動の音が聞き分けにくかった」「思いのほか、歩いている様子が感じられた。複数の足音の位置に注意を払うのは無理だ。複数あ

表 1 不快感に関するアンケート結果(足音を聴く側)

Table 1 Result of Questionnaire (side to listen to footstep).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	平均
質問 1	1	1	2	1	2	1	5	1	1	3	1.8
質問 2	3	2	6	5	4	6	6	5	6	4	4.7
質問 3	1	1	3	2	2	2	4	5	3	2	2.5
質問 4	1	1	3	1	2	3	1	4	3	2	2.1
質問 5	1	2	5	1	2	3	2	4	3	3	2.6
質問 6	1	2	5	1	2	3	1	4	3	3	2.5
質問 7	1	2	5	1	2	3	1	4	3	3	2.5

るうちの一つに注意をはらって、それがなにをしているのか想像するということではできるかもしれない。」といった意見があった。

4.3.2 足音を録る部屋の不快感

足音を録る部屋の実験参加者のアンケート結果を表2に示す。足音を録る部屋は、足音を聴く部屋と同様に「質問1：この実験で足音を聴かれて、不快だと感じましたか。」という質問に6名中5名の実験参加者が1と答え、平均も1.17とほとんど不快ではないことが分かった。その理由として、「足音を聴かれることに対して恥ずかしさなどはないため」「自身が気にしていない」「相手がだれかわかっているから」といった意見があった。

表2 不快感に関するアンケート結果（足音を録る側）

Table 2 Result of Questionnaire (side to record footprint).

	K	L	M	N	O	P	平均
質問1	1	1	1	2	1	1	1.17
質問2	5	5	1	2	6	3	3.67
質問3	1	2	1	1	2	2	1.50
質問4	1	2	1	2	3	2	1.83
質問5	1	1	3	5	5	4	3.17
質問6	1	2	3	4	5	5	3.33
質問7	1	1	4	3	7	4	3.33

質問2、質問5、質問6、質問7については、評価が実験参加者間で大きい差がある結果となった。実験参加者KとLは質問2では5と評価しており、その他の質問は2以下になっている。すなわち、この2名はマンションやアパートの下の階に住んでいる人に足音を聴かれることは不快だが、知り合いや身内であれば不快ではないということがわかる。実験参加者Oも質問2で6と評価しているが、質問7で7と評価している。実験参加者Oは遠距離の彼氏・彼女に足音が聴かれるのは不快と感ずることが分かった。

質問3、質問4については6名全員が3以下の評価で、平均も2以下となっており、不快ではないということが分かった。すなわち、一緒に住んでいる家族や彼氏・彼女であれば不快ではないことが分かった。

自由記述では、「ずっと聴かれているならいやかなと思う。一時的ならたぶん下の階の人（知らない人）以外なら不快ではなさそう」「遠距離の場合で足音が聴かれていると、監視されているような感覚になるので少し不快に感じる。」といった意見があった。

5. 考察

4.1の足音に聴こえるかどうかの実験結果より足音はマイクロホンで録音し、スピーカで聴いた音でも足音として

聴こえることがわかった。そのため、マイクロホンとスピーカとの間にエフェクトをかけなくても足音として伝達できると考えられる。

次に4.2のbについて調べた実験結果より、実験スペースの辺上を歩いたときは、比較的足音を把握できていることが分かった。完璧に軌跡が描けていた実験参加者は2名であったが、途中から描けている実験参加者や、対角線を描いていても一周しているように軌跡を描けている実験参加者もいた。一方で、dについて調べた結果より、人が変わっていることが分かるかどうか以前に、ほとんどの実験参加者がスタート位置から把握できていなかった。描いてある軌跡が逆向きであった実験参加者もいた。このことから、歩いている足音を聴いている途中で諦めてしまったことも考えられる。eについて調べた実験結果はdについて調べた実験結果に比べて、スタート位置が合っている実験参加者や、実験スペースの辺上を歩いている軌跡が半分以上描けている実験参加者もいた。eについて調べた実験では、実験協力者がbについて調べた実験と同じ軌跡、実験参加者がcについて調べた実験と同じ軌跡を歩いていた。しかし、eについて調べた実験で、どちらか一方でも完璧に描けた実験参加者はいなかった。

自由記述にも記述されていたように、「歩いている」「動いている」という行動をしていることは把握できていると考えられるが、正確な移動は把握できないと考えられる。また、途中で人が変わる判断もほとんどの人ができないことがわかった。

これらのことから、今回の実験の設計では、bについて調べた実験のように対角線が通れないようなスペースであればある程度軌跡を把握できると考えられる。しかし、そのようなスペースは限定的であり、家のリビングや部屋の一室など、ある程度自由に歩き回ることができるスペースでは、足音の軌跡を正確に把握することは困難であると考えられる。これは、決して悲観するような結果ではなく、むしろシステム設計として良い要素であると考えられる。それは、足音を利用したウェアラブル支援システムの欠点として、プライバシーが侵害されてしまうことがあげられるからである。今回の実験の設計をもとにシステム設計することで、歩いている正確な場所までは判断できず、プライバシーを守りながら相手の足音を伝達することが期待できる。

最後に4.3の不快感に関するアンケート結果より、家族や親戚といった身内や知り合いの足音、加えて犬や猫のペットの足音であれば、その足音が遠隔地のものであったとしても不快ではないということが分かった。また、眠っているときや忙しいときといった状況によって、足音を聴くと不快に感じることもあることが分かった。

足音を録る側としても、聴かれる相手が身内や知り合いであれば不快ではないということが分かった。しかし、遠距離の場合、実験参加者によって監視されているように感

じ、不快に感じることもあることが分かった。これは、実際にどのように聴かれているのかわからないことによる不快感からである。上述に足音の軌跡を把握することが困難であるということが分かると、その不快感も低減されるのではないかと考える。

6. 提案システム設計

予備実験の結果をもとに、アウェアネス支援を目的とした足音伝達記録システムを設計する。予備実験の設計と同様、マイクロホンとスピーカを4つずつ使用する設計とする。このマイクロホンとスピーカを遠隔で接続するシステム構成を図11に示す。まず、マイクロホンに RaspberryPi を接続し、録音した音声ファイルを Wi-Fi を通じてサーバに記録する。足音を聴く側にも RaspberryPi を用意し、サーバに数秒ごとにアクセスする。足音が録音されたファイルがあった場合、そのファイルを受信しスピーカで流す。

次に複数のマイクロホンおよびスピーカ同士の同期方法について示す。予備実験では、マイクロホンとスピーカを同じ長さのケーブルで直接繋いでいたため、同期する必要はなかった。しかし、それぞれのマイクロホンで録音したものをサーバに送り、そのファイルを受信してスピーカで再生するには、RaspberryPi の同期が不可欠である。そのため、RaspberryPi 同士を同期し、同じタイミングで録音および再生する(図12)。このとき、同期した RaspberryPi の時間誤差は1ms程度まで抑えられると考えている。そして、それぞれのマイクロホンで録音したファイルをサーバに記録する際、タイムコードも同時に記録する。そうすることで、それぞれのスピーカから足音を流すタイミングがなるべく同じになるように設計する。

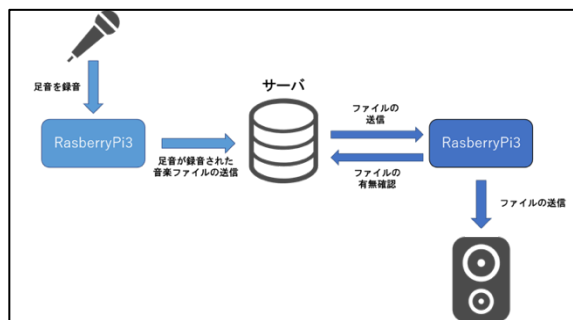


図11 提案システムの流れ

Figure 11 Flow of system.

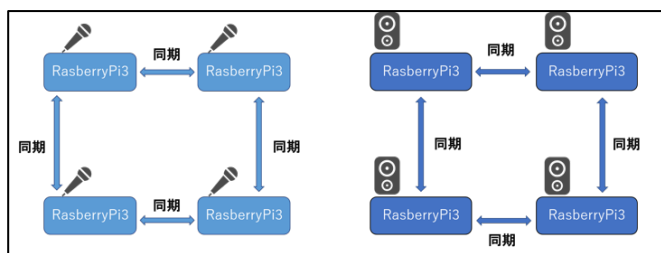


図12 同期の仕組み

Figure 12 How synchronization works.

7. 提案システムの想定利用

本研究の足音記録伝達システムは、どのような利用場面を想定しているのか述べる。リアルタイムに伝達する場面と時間差で伝達する場面に分けて示す。ただし、ここでのリアルタイムとは、数秒程度の遅延が許容できるものであり、いわゆる擬似リアルタイムである。数秒程度の遅延が許容できない例として、足音を騒音だと感じて文句を言いたいときや、遠隔地と同時にダンスを踊るときがあげられる。これらは、足音を騒音と捉えていたり、アウェアネスではなくコミュニケーションの一つとして足音を利用していたりしていると考えられ、本研究のアウェアネス支援を目的とした利用場面ではない。そのため、数秒程度の遅延が許容できる疑似リアルタイムに伝達する場面を利用場面として想定する。

7.1 リアルタイムに伝達する場面

- ① 会社のオフィス(研究室) — 家
近年、在宅勤務が認められている会社が増えてきている。しかし、在宅時、オフィスの様子が知りたいと感じたり、オフィスと連絡をとりたかったりすることもある。このような状況において、会社のオフィスの足音が聴こえると家にいながらオフィスにいるような感覚が得られる。
- ② 会社のオフィス(研究室) — 会社のオフィス(研究室)
遠隔地に分社化している会社や他社との会議やミーティングをする際、テレビ通話だけではなく足音を伝達することで、お互いが同じ空間にいるような感覚が得られる。
- ③ 遠距離恋愛中の彼氏 — 彼女
遠距離恋愛をしている彼氏と彼女が、遠隔地に住んでいる状況において、足音を伝達することで、お互いが近くにいるような感覚が得られる。
- ④ 一人暮らし — 実家
一人暮らしをする学生の様子を実家にいる家族が足音の伝達によって知ることができる。また、一人暮らしで不安な学生にとっては、実家の足音が聴こえることによって、実家にいるような安心感を得られる。学生以外にも、Digital Family Portrait[6]のように高齢者の独り身世帯にも利用でき、近くにいるような安心感を得られる。

7.2 時間差で伝達する場面

- ⑤ 単身赴任 — 実家
④と同じようにリアルタイムに伝達することも考えられるが、単身赴任の場合、夜遅くに帰ってくることも多いと考え、実家に住んでいる家族は寝てしまっていて家での活動時間に差が生じてしまうと考え。そのため、家族が起きている時間帯の足音を、単身赴任している側が夜に帰ってきて聴くことで、実家の様子

を感じることができる。一方実家側は、夜中の時間帯の足音を日中に聴くことで、「夜遅くまで仕事をして帰ってきたのか」と感じることができる。

⑥ 老夫婦の単身外泊

祖母の祖母だけが娘の家に行き、祖父は実家に留まるといった場合、祖母は祖父の様子が気になることがある。祖父が何かしらの病気を患っていればなおさら気になると考える。このとき、時間差で伝達することで祖母が祖父の日中の様子を知ることができる。

8. 議論

立体音響は音量差、時間差、周波数特性、位相、残響といった要素で再現することが知られている。今回の予備実験は音量差によって足音をアウェアネスに伝達しており、提案システムも音量差で伝達することを考えている。しかし、6章に示したシステム設計で実装した際、RaspberryPi 同士の同期による遅延が、足音を聴いたときにどの程度影響するのかが定かではないため、今後実験を行い明らかになる必要がある。また、Wi-Fi を利用した伝達システムとなるため、音波の位相がずれる可能性がある。位相がずれることにより、今回の予備実験のように足音が聴こえるかどうかは定かではない。どこまで人が歩いている足音を伝達できるのか、今後検討していく必要がある。

次に7章に示した提案システムの利用場面で実際に利用して検討する必要がある。疑似リアルタイムに伝達したときの問題点や、時間差で伝達したときの問題点をあげ、その問題点に応じて提案システムの修正を行う。

システムを家で利用する場合、木造建築や鉄筋コンクリート、カーペッ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。今回の予備実験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が、他の環境でも実験する必要がある。また、現在の設計システムでは、足音以外の環境音も足音と一緒に伝達されてしまう。今回の予備実験では、なるべく声も出さないように促し、環境音も少ない中で実験を行っていたが、実際の利用場面では、話し声だけではなく、パソコンの音や家電機器の音など様々な環境音が存在する。そのため、足音のみを抽出するために低周波数のみを抽出するフィルターであったり、録音したファイルは足音の歩行リズムから捨選択してから遠隔地のスピーカに送ったり、録音の ON/OFF 制御を工夫したりといった検討が必要であると考えられる。

9. まとめ

本稿では、アウェアネス支援を目的とした足音伝達記録システムを開発するにあたって、予備実験を行い、提案システムの設計を行った。予備実験の結果から、マイクロホ

ンで録音した足音は、そのままスピーカから聴いても足音として認識できることがわかった。また、足音の軌跡を正確に把握することは困難であることがわかった。加えて家族や親戚といった知り合いの足音は不快ではないことがわかった。この結果をもとに足音記録伝達システムの設計を行った。今後、開発および実験していくにあたって、同期による遅延や位相のずれなど、いくつか議論すべきことがあるため、それぞれ検討していく必要がある。

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る。

参考文献

- [1] “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 2018-10-12).
- [2] “東京ガス：くらし見守りサービス”. <https://home.tokyo-gas.co.jp/service/mimamori/index.html>, (参照 2018-10-12).
- [3] Dourish, P. and Bly S. Portholes: Supporting Awareness in a Distributed Work Group. Proc. CHI’92, 1992, p.541-547.
- [4] 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.
- [5] Siio, I., Rowan, J., Mima, N. and Mynatt, E. Digital Decor: Augmented Everyday Things. in Graphics Interface 2003, 2003, p.159-166.
- [6] 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.
- [7] Ishii, H., Wisneski, C., Brave, S., Dahley, A., Gorbett, M., Ullmer, B. and Yarin, P. ambient- ROOM: integrating ambient media with architectural space. in CHI ’98: CHI 98 conference summary on Human factors in computing systems, New York, NY, USA, ACM, 1998, p.173-174.
- [8] 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.
- [9] 本田新九郎, 富岡展也, 木村尚亮, 大澤隆治, 岡田謙一, 松下温. 作業中の集中度に応じた在宅勤務環境の提供-仮想オフィスシステム Valentine. 情報処理学会論文誌, 1998, Vol.39, No.5, p.1472-1483.
- [10] 高木悠也, 下倉良太, 柳井修一, 西村忠己, 細井裕司. 隣室から聞こえる透過騒音の研究～音の評価と不快感について～. 日本聴覚医学会, 2010, Vol.53, No.5, p.589-590.
- [11] Park, SH., Lee PJ. and Jeong, JH. Emotions evoked by exposure to footstep noise in residential buildings. PLoS ONE 13, 2018, p.1-24.
- [12] Itai, A. and Yasukawa, H. Footstep classification using simple speech recognition technique. 2008 IEEE International Symposium on Circuits and Systems, 2008, p.3234-3237.
- [13] 本谷一基, 新川拓也. 人物識別を目指した歩行足音の特徴抽出の試み. 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会 2010 講演論文集, 2010, p.302-303.
- [14] Cohen, M., Koizumi, N. and Aoki, S. Design and control of shared conferencing environments for audio telecommunication. Proc. the International Symposium on Measurement and Control in Robotics, Society of Instrument & Control Engineers, 1992, p.405-412.
- [15] Seligmann, D.D., Mercuri, R.T. and Edmark, J.T. Providing Assurances in a Multimedia Interactive Environment, Proc. CHI’95, Denver, CO, ACM, 1995, p.250-256.