

アウェアネス支援を目的とした位置計測手法の検討

越後宏紀^{†1} 小林稔^{†2}

概要： 単身赴任や高齢者の独り身世帯、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。日々の暮らしが共有できないことで、生活リズムのずれや、家族間のコミュニケーション不足などによる寂しさや不安感を抱くことがある。その問題を解決するために、本研究は離れて暮らす家族があたかもすぐ近くにいるような感覚を得られるシステムを目指している。我々はこれまで、足踏みの音源の音量を制御することで足音の動きを表現する手法を考案し、実験によって有効な足音表現手法を選択した。本論文では、足音の音量制御を行うために、遠隔地の人の位置計測を行う手法について検討した。また、その位置計測したデータをもとにシステムが自動で音量制御を行う音量制御システムを開発した。

Study on Position Measurement Method for Awareness Support

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

1. はじめに

家族や親戚と一緒に暮らしていると、同居人の階段の昇降する足音や料理をしている音、掃除をしている音、風呂でシャワーを浴びている音など様々な環境音が聴こえてくる。このような環境音を聴くことで、同居人を実際に目視していなくても、どのような行動をしているのか想像することができる。このような体験は、家族が離れ離れに暮らしていると減少してしまう。日々の暮らしが共有できないことで、生活リズムのずれや、家族間のコミュニケーション不足により気持ちが離れてしまうなどの影響が生じる。

これらの影響を解決するために、我々は、離れて暮らす家族があたかもすぐ近くにいるような感覚を得られるシステムを目指している。図1のように、足音を記録したものを遠隔地に送信し、その足音が天井から聴こえるようにすることで、遠隔地に住んでいる人があたかも上の階に住んでいるように感じる足音記録伝達システムを開発している[1][2][3]。先行研究[2]において、足音をマイクロホンで録音すると、1人が歩いているのにも関わらず複数人が歩いているように感じてしまったり、マイクロホンの間をワープしているように感じてしまったりと、不自然な動きとして伝達されてしまう問題があった。そのため、同じ音量の足踏みの音源をあらかじめ録音しておき、遠隔地の人の位置に基づいて足踏みの音源の音量を変化させることで、歩いているように感じる足音表現手法を考案した[3]。考案した足音表現手法で足音の音量を制御するためには、遠隔地で

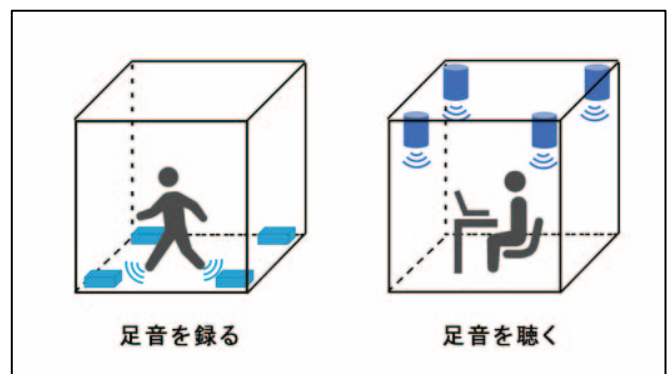


図1 本研究で開発している足音記録伝達システム。

Figure 1 Footstep Recording System developed in this research.

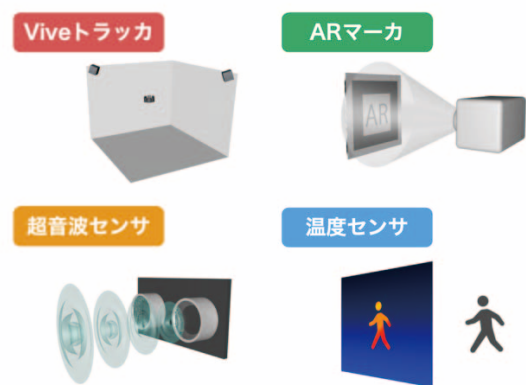


図2 本論文で検討した4パターンの位置計測手法。

Figure 2 Position measurement method of four patterns examined in this paper.

^{†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

歩いている人の位置を計測する必要がある。そのため、本報告では、図2に示した4パターンで位置計測をする手法について検討した。また、人間の位置計測から自動で音量を変化させるシステムの開発を行ったので、あわせて報告する。

2. 研究背景

学生の一人暮らしや単身赴任、高齢者の独り身世帯など家族が離れ離れに暮らすことは近年増加している。日本の国勢調査では、2015年現在全世帯の約34.5%が1人世帯となっている[4]。家族と一緒に暮らす人が減少することで、家族とコミュニケーションをとる機会も減少してしまうが、近年はスマートフォンやパソコンの普及、および通信のインフラにより、FaceTime[5]やSkype[6]のようなテレビ電話アプリケーションでいつでもどこでも簡単に会話することができる。遠隔地にいても相手の顔を見ながらコミュニケーションをとることができ、あたかも実際に遠隔地の人と直接会って話していたように感じることもある。また、SYNC DINNER[7]と呼ばれるサービスでは、モニターを離れているレストランにそれぞれ設置し、テレビ電話のように接続することに加え、グラスにセンサがついていて、乾杯の時に音が鳴ったり、ろうそくの火を吹き消すことができたりすることで、あたかも同じ空間で食事をしているように感じることができる。

これらのコミュニケーションをとるためのシステムは、遠隔地の人同士がコミュニケーションをとりたいと感じている時に利用するのは効果的だが、日常生活全てにおいて利用するのが効果的であるとは限らない。例えば、単身赴任している夫に、遠隔地で暮らす小学生の娘と仕事をしている妻がいた場合、朝は家族全員がそれぞれの準備に追われ、お互いテレビ電話をする暇がないことがある。我々は、このようなコミュニケーションが取りにくい状況に着目し、生活音を伝達することであたかも一緒に住んでいるような感覚を得られるアウェアネス支援システムを目指している。本論文では、朝の仕事の準備をしている状態や、掃除をしている状態、料理を作っている状態、階段を元気に駆け上っている状態など、コミュニケーションを直接とってはいないが、遠隔地の人が生活しているように感じる感覚を「生活感」と定義する。本研究で開発しているシステムを利用することで、コミュニケーションが取るきっかけに繋がったり、コミュニケーションを直接取ってなくても生活感を共有し、家族と離れている寂しさや不安感を軽減できたりすることを期待し研究を進めている。

3. 関連研究

3.1 アウェアネス支援

遠隔地とのコミュニケーション支援やアウェアネス支援について多くの研究がなされてきた。Dourish らの Portholes[8]は、複数の遠隔地点にいる人々がいつでも見ることができるように、遠隔地点でそれぞれ撮影された画像が一定の間隔で取り込まれ、ひとつのスクリーン上に配置されるシステムとなっている。Robert らの Video Window System[9]は、大型の超ワイドスクリーンを採用し、映像と音声を常に遠隔地の部屋に接続するシステムとなっている。これらのシステムは、空間全体の雰囲気や状況を伝達することができるが、プライバシーへの配慮は高くない。

椎尾らの Peek-A-Drawer[10]は、引き出しの中を撮影し、その画像を自動的に遠隔地に転送することで、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[11]は、ポートレートを通して遠隔地と接続することで、遠隔地に住んでいる高齢の親戚と生活を共有するシステムとなっている。象印のみまもりポット[12]は、遠隔地にいる人が電気ポットを利用することで、離れて暮らしている家族のスマートフォンやパソコンに通知が届くようになっており、電気ポットを利用したかどうか把握できるサービスとなっている。辻田らの SyncDecor[13]は、開閉が遠隔地と同期しているゴミ箱や、明るさが遠隔地と同期しているランプなど、日常生活で利用する家具を同期するシステムとなっている。これらはプライバシーへの配慮が高いが、引き出しやポートレート、ポットなど限られたスペースのみで共有しており、生活感を完全に共有しているとはいえない。

3.2 音の定位

北岸らは、講演空間を歩き回る AR 型仮想 TA エージェント[14]を提案している。指向性スピーカを利用して足音の音場を移動させると、あたかも講演中に TA (ティーチングアシスタント) が近づいてきているように聴衆者に感じさせることができる。織田らは没入型仮想共有環境において、発話内容を工夫して提示することで、聴覚障がい者の会話を支援するインタフェース[15]を提案している。発話内容を吹き出しで表示し、発話ユーザと受話ユーザとの距離と視界によって吹き出しの提示方法を調整することで、聴覚障がい者が発話ユーザを容易に把握でき、会話の遷移がスムーズになる。Dhruv らは、HMD (Head Mounted Display) を用いて聴覚障がい者が音の定位を把握しやすくするシステム[16]を提案している。会議や複数人でディスカッションする際、聴覚障がい者は視野に入っていない人が発言していたときに誰が話しているのか把握するには時間がかかってしまう。そのため、聴覚障がい者が HMD を装着し、発話者の位置を HMD で可視化することで、現在

誰が、どの方向から発話しているのか把握しやすくなる。

本研究では、AR 型仮想 TA エージェントのように足音を利用して生活感を伝達することを目指している。しかし、音の定位を正確に伝達することは重要視していない。3次元音響は、主に時間差、音量差、位相差で表現することが知られているが、音量差のみを利用することで、足音の動きを伝達しようと考えており、正確な位置が把握できなくてもアウェアネスを感じるのではないかと考えている。また、音の定位の曖昧さを利用することで、伝達する側の正確な位置を伝達することなく、プライバシーへの配慮をしながら、伝達される側はアウェアネスを感じることができるのではないかと考える。

4. 足音記録伝達システム

4.1 足音

本システムでは、生活音の中でも生活感を共有する音として、足音に着目した。足音を伝達することで、遠隔地の人の活動を推測することができ、生活感を感じることができるのではないかと考えたからである。みまもりポット[12]や SyncDecor[13]のような日常生活で利用する電子機器や家具では、遠隔地がどのくらい賑やかなのか、忙しいと感じているのかといった雰囲気までは伝達することができない。例えば、2章で述べた例のように、単身赴任の夫に遠隔地で暮らす小学生の娘と仕事をしている妻がいた場合、朝の準備は忙しくしているのか、それとも余裕を持ってゆっくりと朝ごはんを食べているのかといった状況は、電子機器や家具だけでは伝わらない。足音は人の動きによって生じる音であり、足音を伝達することで遠隔地の賑やかさが伝わり、生活感を感じることができるのではないかと考えている。

4.2 先行研究

我々はまず、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接続したプロトタイプシステムを開発した[1]。プロトタイプシステムを用いて、足音を実験参加者に聴いてもらったところ、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。また、家族や親戚といった知り合いの足音は不快には感じないことが実験により示唆された。次に、図3のように Raspberry Pi と USB マイクロホンで開発した足音記録装置と、Raspberry Pi と Bluetooth スピーカで開発した足音再生装置を利用し、スピーカの個数による影響を調査した[2]。実験参加者が足音を聴く際、1個、2個、4個とスピーカの個数を変えて聴いてもらったところ、4個のスピーカで聴いたときに遠隔地にいる人の存在感を感じたという結果が得られた。しかし、遠隔地にいる人が実際は1人であるにも関わらず、聴衆者は複数人に聴こえてしまったり、歩いている人がスピーカの間をワープしているように聴こえたりするという問題が

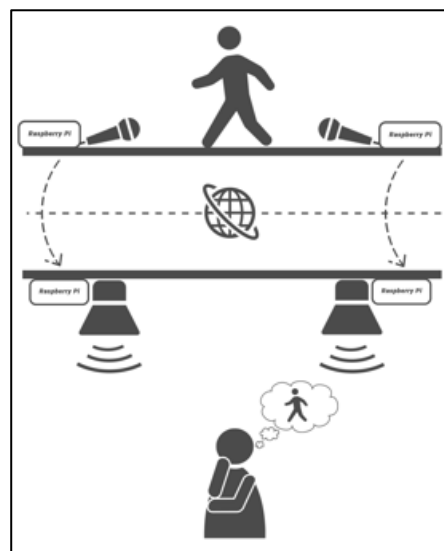


図3 Raspberry Pi を用いた足音記録伝達システム[2].

Figure 3 Footstep Record System using Raspberry Pi [2].

生じた。そこで、我々は足踏みの音源の音量を変化させることで、足の動きを表現する足音表現手法を考案した[3]。考案した足音表現手法を含めた4条件で比較実験を行なった結果、足音の聴衆者が不自然に感じない足音表現手法を確認した。

4.3 足音表現手法

先行研究[3]より、位置計測による足音表現手法を考案した。足音を伝達するスペースの一边を L (m) とし、足音記録装置と人の距離を d (m) と表すとき、音量 G (dB) は以下の式のように表す。

$$G = -36 \frac{d}{L}$$

5. 位置計測手法

本研究では、足音をマイクロホンで直接記録するのではなく、位置計測を行い、そのデータから足踏みの音源の音量を制御することで足音を再現するシステムを利用する。計測は先行研究[2][3]より一歩あたりの歩速が約0.6秒であることから、0.6秒ごとに計測する。

本研究は、単身赴任や高齢者の独り身世帯など、様々な家族構成で利用することが理想である。また、部屋の形状や状況も様々である。そのため、人物識別する必要があるか、計測する際に常時身に着ける必要があるか、充電する必要があるかなど、ユーザの利用条件に適した足音記録システムを利用することが良いと考える。本論文では、Viveトラッカ、ARマーカ、超音波センサ、温度センサの4パターンでそれぞれ位置計測を行い、検討した。

本章ではそれぞれのパターンの利用方法や特徴について

て、実際に調査した様子を報告する。また、位置計測手法を実際に利用する場合は、位置計測によって求めた音量データを随時遠隔地に送信することを想定しているが、本調査では、位置計測が出来ているかどうか確認できれば良いため、位置計測によって求めた音量データは蓄積し、テキストに書き出すこととした。

5.1 Vive トラッカ

本節では、Vive トラッカを用いた位置計測について述べる。Vive トラッカを用いた位置計測の例として、小坂らの Monster Cleaner[17]があり、掃除機に Vive トラッカを装着することで、掃除機の位置を計測している。Vive トラッカとは、HTC コーポレーション[18]が発売している VR システムで主に利用するトラッカである。VR システムでコントローラとして使用する Vive コントローラもトラッキングすることができるため、本論文では Vive トラッカと同様のものとして扱う。ベースステーションと呼ばれる VR システムが利用できるスペースを設定すると、そのスペース内で Vive トラッカの位置を計測することができる。ベースステーションは最大で 7m x 7m の範囲で利用でき、本調査では、先行研究[1][2]と同様に 4.5 畳 (2.61m x 2.61m) の範囲を設定した。位置計測したデータは PC 上で動作するプログラムにより、テキストファイルに書き出した。

実際に位置計測をしている様子を図 4 に示す。Vive トラッカは身体のどこに身につけても問題ないが、胴体に近いところで身に着けることにより、位置計測の精度が安定すると考える。本調査では、図 5 のように腰あたりに装着して計測を行った。Vive トラッカを複数台同時に利用すると、それぞれ別々に位置計測ができるため、人物識別も容易である。Vive トラッカは 6 時間程度で充電する必要がある、長期的に連続して利用することができない。

5.2 AR マーカ

本節では、AR マーカによる位置計測について述べる。AR マーカを用いた位置計測は QPToolkit[19]を利用した。QPToolkit とは Web カメラで登録した AR マーカを認識し、位置計測ができるフレームワークである。AR マーカは 1 辺が 8cm の正方形の大きさでプリントしたものを利用した。AR マーカは一定の条件を満たしていれば、オリジナルの AR マーカを制作することができ、AR マーカごとの位置を計測することができる。AR マーカは WEB カメラに映っている間のみ認識されるため、カメラを複数台設置する必要がある。計測したデータは PC 上で動作するプログラムにより、テキストファイルに書き出した。

実際に位置計測をしている様子を図 6 に示す。AR マーカごとに位置を計測することができるため、人物識別も容易にすることができる。また、AR マーカは電気を必要としないため、充電する必要がなく、長期的に連続して利用す



図 4 Vive トラッカを用いた位置計測調査の様子。

Figure 4 State of position measurement investigation using Vive tracker.



図 5 装着した Vive トラッカ (Vive コントローラ)。

Figure 5 Wearable Vive tracker (Vive controller).



図 6 AR マーカを用いた位置計測調査の様子。

Figure 6 State of position measurement investigation using AR marker.

ることができる。

実際に QPToolkit で AR マーカを認識している様子を図 7 に示す。AR マーカを認識する精度は、カメラの精度や照明の明るさといった周囲の環境が影響し、照明が明るすぎても暗すぎても認識されないため、調整する必要がある。本調査では、足元に AR マーカを設置すると照明が暗く認識されず、頭上に設置すると AR マーカが白飛びしてしまい認識されなかったため、胸のあたりに AR マーカを持って計測した。バッジのように AR マーカを衣服に装着して計測すれば、比較的安定して計測できると考える。

5.3 超音波距離センサ

本節では、超音波距離センサによる位置計測について述べる。本調査で制作した超音波距離センサのシステムを図 8 に示す。システムは、Arduino UNO と超音波距離センサモジュール(SEEED-101990004)に加え、焦電型赤外線センサモジュール(SB412A-01-012)で構成されている。超音波距離センサに焦電型赤外線センサを組み合わせることで、人間が動いているかどうかを検出し、動いている間のみ位置を計測するように設計した。位置計測したデータは、Arduino から PC 上で動作するプログラムに送信した上でテキストファイルとして蓄積した。

実際に計測している様子を図 9 に示す。超音波距離センサは人間との距離を超音波で計測するため、人間が何か身に着ける必要がない。ただし、人間との距離を計測するためには、センサと人間との間に障害物がない必要がある。また、超音波距離センサが人間を認識するためには、超音波が跳ね返ってくるのに十分な壁となる面積が必要である。足元では位置計測の精度が低くなってしまうため、図 9 のように胴体がある高さに設置することで位置計測の精度を上げることができる。超音波距離センサの高さを変えて複数台設置することで、身長が異なる家族であればある程度識別ができる可能性があるが、同じような身長の家族の場合、人物識別をすることは難しい。

5.4 温度センサ

本節では、温度センサによる位置計測について述べる。本調査で制作した温度センサを用いたシステムを図 10 に示す。システムは、Arduino UNO と赤外線アレイセンサ (AMG8833)、カラーセンサモジュール (TCS34725)、LED マトリクスで構成されている。温度センサは正確な位置計測を把握することはできないが、センサの近くに人がいるかどうかは検出ができる。人がいる部分は周囲より高温になる傾向があることから、温度センサで取得した各画素ごとの温度情報から位置を推定した。得られたデータは Arduino から PC 上で動作するプログラムに送信した上でテキストファイルとして蓄積した。

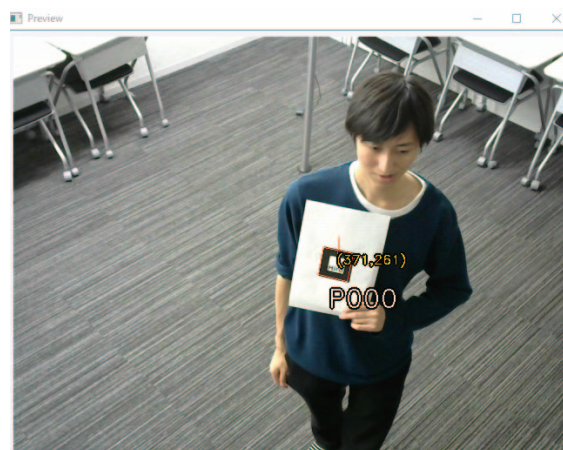


図 7 AR マーカを認識している様子。黄色い文字で x 座標と y 座標が表示されており、「P000」は AR マーカの ID を表している。)

Figure 7 Recognizing the AR marker. The x and y coordinates are displayed in yellow letters, and "P000" represents the ID of the AR marker).

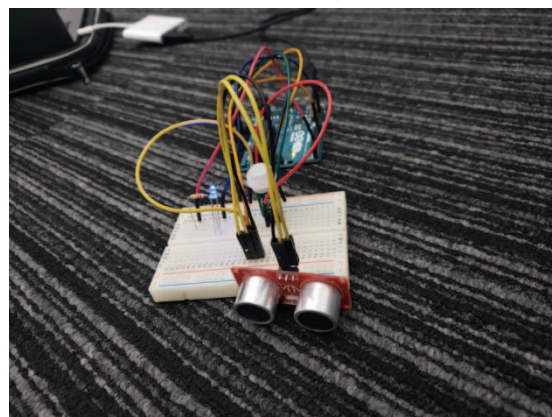


図 8 位置計測調査で利用した超音波センサシステム。

Figure 8 The ultrasonic sensor system used in position measurement investigation.

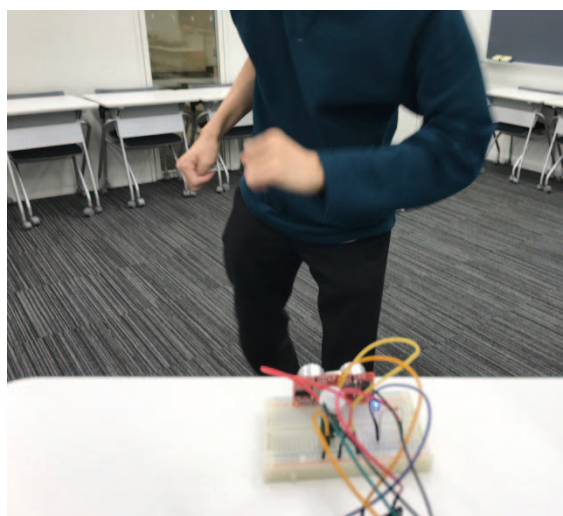


図 9 超音波距離センサを用いた位置計測調査の様子。

Figure 9 State of position measurement investigation using ultrasonic sensor.

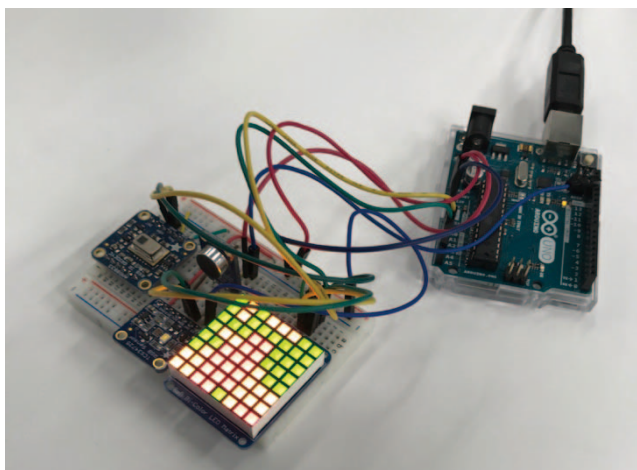


図 10 位置計測調査で用いた温度センサ.

Figure 10 The temperature sensor system used in position measurement investigation.

温度センサは人間の体温の情報を取得するため、人間が何か身に着ける必要はない。温度センサが人を認識するためには、人間の体温を十分に把握する必要があるため、超音波センサと同様に足元に設置するより胴体がある高さに設置した方が人の認識の精度を上げることができる。また、複数台設置することで、より範囲も広く取得でき、身長の違う家族であれば人物識別できる可能性がある。

5.5 ガイドライン作成

5.1 節から 5.4 節でそれぞれのセンサによる位置計測手法について調査を行った。それぞれのパターンに特徴があり、課題もあるため、一つの位置計測手法を開発するのではなく、様々な家族構成や部屋の形状、状況に応じた位置計測手法を利用することが望ましいと考える。そのため、調査した結果をもとに、状況に応じた位置計測手法のガイドラインを制作した。制作したガイドラインを図 11 に示す。

「人物識別したいか」「家具が多いか」「身につけるものでいいか」「充電が必要か」といった項目で、状況に応じた位置計測手法を選択する流れになっている。例えば、5.1 節で述べた Vive トラッカは、トラッカによって人物識別が可能であり、身体にトラッカを身につけて位置計測を行い、一定時間経つと充電する必要がある。5.2 節の AR マーカは Vive トラッカと同様に AR マーカによって人物識別が可能であり、身体に身につけて位置計測を行うが、AR マーカは充電する必要がない。そのため、「充電が必要でもいいか」という点の回答によって選択する手法が変わる。

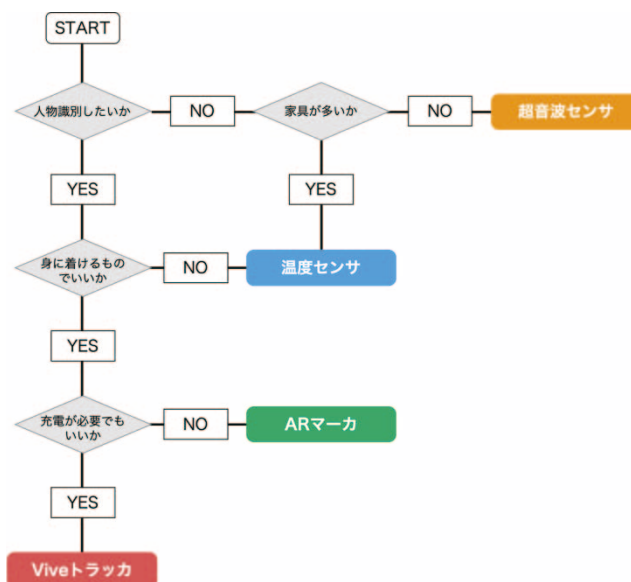


図 11 位置計測手法のガイドライン

Figure 11 The guideline of position measurement method.

6. 音量制御システム

本章では、4.3 節で考案した足音表現手法をもとに、位置計測データから音量を自動で制御し再生するシステムについて述べる。

6.1 先行研究の音量制御の問題点

先行研究[3]では、考案した足音表現手法の式をもとに、我々が足踏みの音源を音楽作成ソフト Cubase[20]を用いて手動で音量を制御し作成した。しかし、実際に 4.3 節の式を用いて位置計測から音量を計算し音量制御する際、人間が手動で音量を制御するわけにはいかない。そのため、音量制御システムを開発する必要がある。

6.2 音量制御システムの流れ

音量制御システムでは、図 12 のようにサーバにアクセスし、音量データを受信する仕組みになっている。音量データとは、位置計測したデータから 4.3 節の式を用いて音量のデータに変換したものである。実際に足音記録システムと連携して利用する場合は、随時サーバからデータが送信されており、そのデータを一定時間ごとにテキストファイルにまとめて蓄積することを想定している。本論文では、音量データをもとにシステムによって音量制御できるかを確認したいため、あらかじめ音量データを蓄積したテキストファイルを用意しておき、そのデータを呼び出して再生することとする。



図 12 音量制御システムの仕組み

Figure 12 Mechanism of volume control system.



図 13 足音記録装置から徐々に離れていく様子。

Figure 13 It shows how to gradually move away from the footstep recording device.

6.3 理想値と先行研究との比較

音量制御システムで再生された足音を理想値および先行研究[3]の手動で作成したデータと比較した。比較に用いた音量データは、図 13 のように足音記録装置から徐々に離れていくことを想定した距離データをテストデータとして制作し用いた。また、利用した足踏みの音源は先行研究[3]と同様に、効果音ラボ[21]で公開されている“フローリングの上を歩く 2”を用いた。音量データ比較したものを図 14 に示す。理想値とは、4.3 節の式から算出した音量であり、縦軸を音の強さの倍率 Power で表しているため、音量 G は以下の式で変換している。

$$G = 20 \log_{10} \text{Power}$$

図 14 より、音楽作成ソフトを用いて手動で作成したものとほとんど同じような結果になっていた。理想とする足音表現手法の式と比較すると、0.6 秒付近が理想よりも少し小さな値になっており、1.45 秒付近の音量が理想よりも大きい値になっていることがわかった。これは、手動で作成したものとほぼ同じようになっており、利用した足踏みの音源が一定の音量ではないことが考えられる。その他の足音については、ほぼ理想の値と同じようになっており、音量も徐々に小さくなっていることがわかる。そのため、音量データからシステムを用いて実際に再生しても、理想の値に近い音量を自動で制御できることが確認された。

7. 議論

7.1 足音情報の非リアルタイム利用の可能性

非リアルタイムの利用は本研究の想定利用の一つになっている[1]。非リアルタイムで本研究のシステムを利用する例を述べる。単身赴任で夜遅く帰ってきた夫が、遠隔地に暮

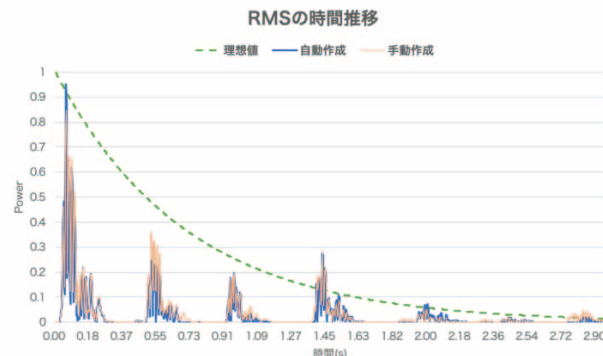


図 14 足音を徐々に変化させた際の理想値（4.3 節で述べた式）と手動作成（先行研究[3]で利用したもの）と自動作成（音量制御システムによって生成されたもの）の比較
Figure 14 Comparison of the ideal value (the formula described in Section 4.3) when the footsteps are gradually changed and the manual creation (the one used in the previous study [3]) and the automatic creation (the one generated by the volume control system).

らす娘の様子を知りたい場合、娘は既に寝てしまっており電話したり会話したりすることができない。そのため、日中に記録していたデータを再生することで、その日一日の様子を知ることができる。また、足音の動きという限定的な情報しか得ることができないため、次に直接会話するときに、「この前は元気そうだったけど何かいいことあった？」といった会話の話題のきっかけにもつながると考える

先行研究[1][2]のプロトタイプシステムや Raspberry Pi による足音記録伝達システムでは、マイクロホンで録音された音声データを伝達していたため、非リアルタイムで利用する際のデータを蓄積する手法が課題のひとつとなっていた。6 章の音量制御システムにより、図 12 のように音量データを蓄積することで、これまでの課題であった非リアルタイムで足音を聴くことができる可能性があると考えられる。

7.2 蓄積手法の検討

データを蓄積するためには、保存するデータの選定や、実際の家庭の足音が聴こえる頻度の調査といった課題が挙げられる。

まず、保存するデータの選定についてである。1 日中位置計測したデータを蓄積するとなると、膨大なデータ量になってしまう。現在は先行研究[2][3]に基づき 0.6 秒ごとに計測しているため、1 人分のデータは 24 時間で 144,400 のデータを得ることとなる。しかし、1 日中家にいて歩き回することはほとんどなく、座っている間も足音は発生しないため、全てのデータを蓄積する必要はない。解決手法として、5.3 節の超音波距離センサでは、焦電型赤外線モジュールを組み込むことによって人間の動きを検出しているため、動いている間のみ超音波センサで位置計測する仕組みにな

っている。また、5.1 節の Vive トラッカや 5.2 節の AR マーカは、計測したデータを 1 つ前に計測したデータと比較し、差分が少ない場合は記録しないという方法が考えられる。

次に、実際の家庭の足音が聴こえる頻度の調査についてである。1 日のうちにどのくらい家の中を移動しているのか調査し、どのような足音が聴こえると生活感を感じることができるのか、検討していく必要があると考える。

7.3 再生方法の検討

蓄積したデータを再生する手法についても今後検討していきたいと考えている。沖らのイルゴール[22]では、1 時間の様子を 10 秒間に圧縮して再生する仕組みになっており、リアルタイムの伝達でなければ、倍速での再生や一番活発に動いていた時間を選択して再生するなど、求める利用場面に応じて検討する必要があると考える。また、なるべくリアルタイムで足音を聴きたい場合も本研究の想定利用のひとつであるため、リアルタイムで再生する手法についても今後検討していく必要があると考えている。

8. まとめと今後の展望

本論文では、位置計測を行う 4 パターンの足音記録システム手法を調査し、それぞれの特徴をもとに状況に応じたガイドラインを作成した。また、音量制御システムを開発し、音量データをもとに自動で音量制御した結果、理想とする値に近く変化できることが確認された。今後は、足音記録システムと音量制御システムを実際に連携させるとともに、蓄積した位置計測のデータをどのように再生するか検討していく。また、実際に家庭で足音記録システムを利用し、あたかもすぐ近くにいるように感じるかどうか調査していく。

謝辞 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] 越後宏紀, 小林稔. アウェアネス支援のための足音伝達手法の検討. 研究報告グループウェアとネットワークサービス, 2019, vol.2019-GN-106, No.20, p.1-8.
- [3] 越後宏紀, 小林稔. アウェアネス支援のための足音表現手法の検討. 研究報告グループウェアとネットワークサービス, 2019, vol.2019-GN-107, No.12, p.1-7.
- [4] “平成 27 年国勢調査人口等基本集計結果”, 総務省統計局, <https://www.stat.go.jp/data/kokusei/2015/kekka.html>, (参照 2019-05-13).
- [5] “FaceTime”, <https://support.apple.com/ja-jp/HT204380>, (参照 2019-05-13).
- [6] “Skype”, <https://www.skype.com/ja/>, (参照 2019-05-13).

- [7] “SYNC DINNER”, <http://sixinc.jp/works/239/>, (参照 2019-05-13).
- [8] Dourish, P. and Bly S. Portholes: Supporting Awareness in a Distributed Work Group. Proc. CHI '92, 1992, p.541-547.
- [9] Robert, S. F., Robert, E.K. and Barbara, L. C. The Video Window System in Informal Communications. In Proc. of ACM Conf. on Computer Supported Cooperative Work, 1990, p.1-11.
- [10] Siio, I., Rowan, J., Mima, N. and Mynatt, E. Digital Decor: Augmented Everyday Things. in Graphics Interface 2003, 2003, p.159-166.
- [11] 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.
- [12] “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 2019-05-13).
- [13] 辻田 暁, 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.
- [14] 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.
- [15] 織田修平, 八木貴史, 小林稔, 石橋聡. 没入型仮想共有環境における聴覚障害者の会話支援インタフェースの開発. 情報処理学会論文誌, 2002, Vol.43, No.11, p.3385-3394.
- [16] 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.
- [17] Kosaka, T. and Matsushita, M. Monster Cleaner: a serious game to learn cleaning. EPiC Series in Engineering, ReVo2017: Laval Virtual ReVolution 2017 "Transhumanism++", 2018, p.50-59.
- [18] “VIVE”, <https://www.vive.com/jp/>, (参照 2019-05-13).
- [19] “QPToolkit”, <http://kougaku-navi.net/QPToolkit/>, (参照 2019-05-13).
- [20] “Cubase”, <https://japan.steinberg.net/jp/home.html>, (参照 2019-05-13).
- [21] “効果音ラボ”, <https://soundeffect-lab.info/sound/various/>, (参照 2019-05-13).
- [22] 沖真帆, 塚田浩二, 栗原一貴, 椎尾一郎. イルゴール: 家庭の生活状況を奏でるオルゴール型インタフェースの研究. 情報処理学会論文誌, 2011, Vol.52, No.4, p.1586-1598.