7ZF-04

環境音を振動として伝える遠隔対話システムの提案

澤田 暢希 † 近藤 一晃 ‡ 下西 慶 ‡ 中村 裕一 ‡

† 京都大学 工学部情報学科 ‡ 京都大学 学術情報メディアセンター

1. はじめに

コロナ禍をきっかけに，教育やビジネスの現場でzoomをはじめとする遠隔対話システムの利用が急激に進み，現在も広く使われ続けている．その一方で，遠隔対話システムにおける意思疎通の難しさも浮彫りになっており，遠隔コミュニケーションの設計を再考する必要性も認識されてきている [1, 2]．

遠隔対話システムが抱えている課題の一つとして，視覚的にも聴覚的にもお互いの周囲の状況が伝わりづらくなり，対面では容易に得られた多くの言語外情報が抜け落ちることがあげられる．例えば，相手の動作や周囲の人々の振る舞い，雑踏や喧騒，利用中の交通機関，天候の良し悪し等の状況が伝わらず，それに伴って相手が会話に集中しているか，相手が落ち着いて話を聞ける状態にあるか，今のタイミングで話しても大丈夫か等，状況から読み取れるはずの情報が欠けることによって円滑なコミュニケーションが難しくなっている．

一方で，明瞭に発話を伝えるためには，対面とは違い周囲の音，特に環境音の混入はできるだけ抑制する方が望ましい．これは電話や遠隔会議においてはカクテルパーティー効果を発揮することが難しいためである．そのため，現在マイクロフォンアレイや機械学習を駆使した音声処理などを用いて，声以外の成分を抑制する手法も用いられ始めている．実際に，遠隔会議システムでは対話の邪魔になる環境音などが抑制されている．

そこで本研究では，言語外情報を受信者に伝達しつつも，明瞭に発話を伝えるための手法を提案する．具体的には，発話と環境音を可聴域のチャネルと振動主体のチャネルの2つを用いて受信者に伝達し，発話を明瞭に伝えながら周囲の状況も受信者に知覚してもらう手法の検討を行った．

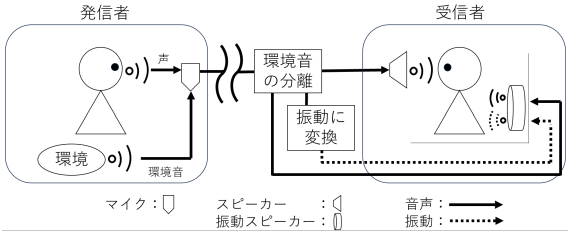

図1 音声の分離と伝達のスキーム

2. 発話と環境音の伝達

図1に示すように，可聴域中心のチャネルと振動中心のチャネルの2つのチャネルを用いて音声と環境音を伝達する方法を設計した．発話は可聴域で伝えることが必要である一方，言語外情報はその詳細まで知覚する必要がないことを想定し，動作に伴って生じる音や周囲の会話，喧騒，騒音などの環境音を振動主体のチャネルで伝送する．

環境音については，特に振動としての知覚が難しいであろう高周波の成分をカットし，振動として感じられる周波数帯に周波数変換 (ピッチシフト) し，高周波成分をカットする．そうして得られた信号を低周波 (振動) スピーカーを通して受信者に提示する．具体的には，以下の手順で環境音を振動へ変換する．

1. 次数3のバターワース式ローパスフィルタを10000Hzでかける．
2. 人の知覚特性を考慮し，最も振幅が大きい周波数帯がおよそ100Hzになるようにピッチシフトする．§
3. 同様に次数3のバターワース式ローパスフィルタを200Hzでかける．

Remote Communication System that Transmits Ambiance with Vibration *N. Sawada, K. Kondo, K. Shimonishi, Y. Nakamura (Kyoto Univ.)*

§ python ライブラリの librosa を利用

Copyright ©2024 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

これらのパラメタは，情報を伝達しやすいと考えられる値を実験的に決定した．ただし，可聴域を完全に抑制してしまうと，振動が表す相手の状況がわからなくなることが想定される．そこで，振動中心のチャネルに可聴域の環境音を混入させ，可聴域のみの場合や振動のみの場合と比較してその必要性を確認することとした．

3. システム試作

振動デバイス及び環境音を振動に変換するシステムを以下のように試作した．可聴域スピーカとしては，laptop PC の内蔵スピーカーを用いる．振動中心のチャネルとしては，図 2 に示すような，接触面を共鳴させて音を鳴らす振動スピーカー¶を用いた．この振動スピーカーを図 3 のように，椅子カバーの背中部 (図 3 黄丸部) に背面から取り付けたものを実験に用いた．実験協力者には，椅子に座ってもらった状態で音と振動を知覚してもらう．

図 2　振動スピーカー

図 3　振動デバイス

4. 予備実験

3. 節で述べたシステムを用いて，実際に提案するシステムが発話を明瞭に伝えつつ発話者の周囲の情報を受信者に知覚してもらうことに有用かどうかを確かめるため，簡単な設定で予備実験を行った．具体的には，Web 会議ソフトの Zoom を用いて遠隔対話を行い，可聴域のチャネルで発話音声を伝達しながら，環境音として収録した音声を以下の 3 パターンで受信者に伝達した．

- 可聴域のチャネルで発話音声と共に伝達する
- 振動中心のチャネルから振動としてのみ伝達する
- 振動中心のチャネルから振動として伝達しつつ，可聴域の環境音そのものも振動中心のチャネルから伝達する．

これらの条件で受信者が発信者との対話に対して，発話の明瞭さや周囲の状況をどのように感じたかを各試行毎に取得したアンケートから確認した．

アンケートの結果から，環境音を可聴域チャネルから分離することで対話が環境音に阻害されづらい状況を担保しつつも，振動チャネルを用いて環境音を可聴音と振動として伝達することで，発話者の状況がある程度臨場感を伴って推察可能なことが示唆された．一方で，環境音を振動としてのみ伝達した場合では，状況が巧く伝達されない様子も示唆された．これは背中からの振動が椅子やカバーに吸収されることで巧く伝わりにくかったことも要因の一つと考えられる．

5. まとめ

遠隔対話で抜け落ちがちな周囲の状況を相手に伝えるために，環境音を振動として伝える遠隔対話システムを提案した．予備実験を通して，環境音を分離して別チャネルから振動とともに伝達することで，発話者の発話を明瞭に伝えつつ周囲の状況を知覚させることが可能なことは示唆されたが，発信者の周囲の環境音の大小に応じて受信者が発話のタイミングを計るような，コミュニケーションの変化までは観測できなかった．今後は，振動スピーカーの設置法を含めた振動の伝達形態や，振動と可聴音の混合のバランスなどを再検討することを通して，遠隔コミュニケーションの形態の変化を調査する．

参考文献

[1] 佐藤豪洋，近藤一晃，下西慶，上田博唯，中村裕一．共同注意を成立させる幾何学的制約に基づいた遠隔プレゼンテーションシステム設計．**信学技報**，Vol.122，No.413，pages 13–18，2023.

[2] 駒﨑掲，渡邊淳司．遠隔地をつなぐ振動伝送体験デザイン原理の構築に向けて．**電子情報通信学会 通信ソサイエティマガジン**，Vol.17，No.1，pages 32–41，2023.

¶ Dayton Audio 社，DAEX32QMB-4-S（インピーダンス：4 Ω，リアクタンス：3.7 Ω，Fs：480Hz，出力：40W）

Copyright ©2024 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.