

山梨県若手研究者奨励事業 研究成果概要書

所属機関

千葉工業大学

職名・氏名

上原 正志 ㊞

1 研究テーマ

『ロボティクスを用いた室内音響環境改善のためのアプローチ』

2 研究の目的

本研究では室内音響環境の改善を最終的な目的とし、その前段階として室内における音響測定および音響空間の調整を移動ロボットなどのロボティクス技術を利用して実現可能か検討をおこなった。

室内の音響環境を把握するために、従来では複数地点におけるインパルス応答等の音響測定がおこなわれており、またその測定点を増やすことによって詳細な環境の理解になることが示唆されている。一方、複数地点での測定には多大な人的資源および時間を費やすため、測定にロボットを用いることによって測定作業の効率化を目指した。

また室内における音響環境の調整として、吸音材などの受動的に音を制御する部材の配置を変更する機構について検討をした。

3 研究の方法

多点の音響測定における作業内容のうち、(1)マイクロホンの移動、(2)測定位置の記録(3)測定結果の可視化、の3つの動作をロボットによって自動化あるいは効率化を図る。

(1)移動ロボットにマイクロホンを搭載することで測定位置の移動をおこなう。本研究において平坦な室内を測定対象として想定しており、平面移動が可能な対向二輪型移動ロボットプラットフォームとして i-Cart mini (http://t-frog.com/products/icart_mini/) を採用した。

(2)近年ナビゲーション技術として利用される SLAM(simultaneous localization and mapping) を活用し、自己位置推定を通じて測定位置の記録をおこなう。使用した SLAM パッケージは RTAB-Map (<http://introlab.github.io/rtabmap/>) である。センサには Kinect v1 を用いた。

(3)測定結果の可視化では SLAM によって出力された環境地図データ上に、測定から得られた聴こえと対応する評価値(音声明瞭度など)を表示することによって実装する。これにより同一室内での聴こえやすい/聴こえにくい箇所を示すことができる。

音響測定においては Swept-Sine 信号によるインパルス応答測定を用いた。インパルス応答には室内における音の反射の情報が含まれており、これを解析することによって測定位置における聴こえの評価が可能であることが知られている。得られたインパルス応答から室の主観的評価を表す評価値を算出した。評価値には音声の明瞭性と関係のある Clarity (C50), Definition (D50), 時間重心 (Ts), そして初期残響時間 (EDT) を用いた。

留意事項

- ① 3枚程度で作成してください。
- ② 特許の出願中等の理由により、一定期間公表を見合わせる必要がある箇所がある場合であっても、所定の期日までに公表可能な範囲で作成・提出してください。当該箇所については、後日公表可能となった際に追記して再提出してください。

4 研究の成果

3で述べた条件をもとに開発した移動ロボットを示す(Fig. 1).

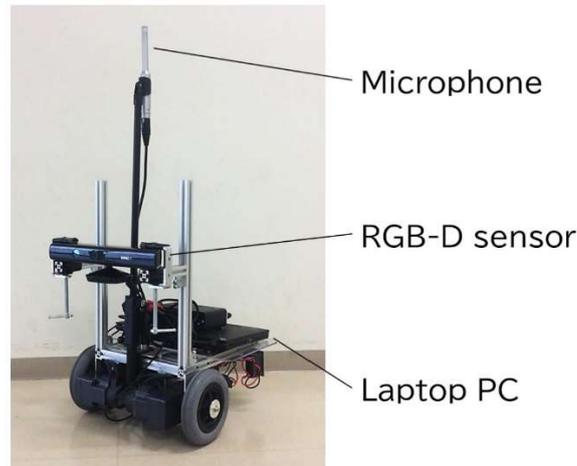


Fig. 1 開発した多点音響測定用移動ロボット

本ロボットを用い会議などに使われる室を対象に測定実験及び結果の可視化をおこなった。上部から見た測定環境をFig. 2に示す。測定対象は千葉工業大学内の会議室である。室内の中心には長机と椅子があり、その周囲を一周するよう移動ロボットを操作し、測定をおこなった。音源となるラウドスピーカは机上に配置した。

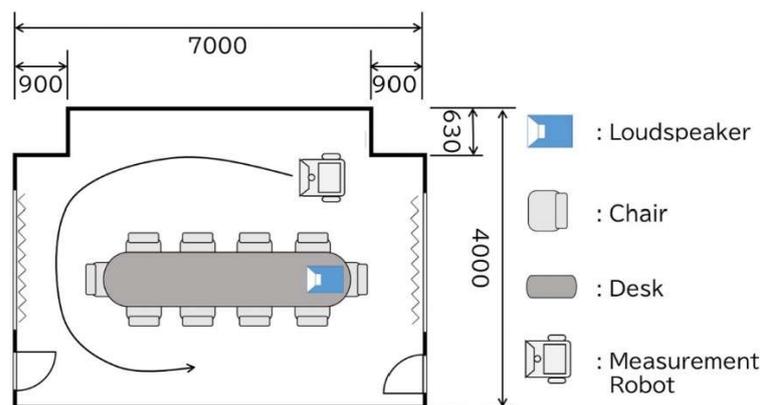


Fig. 2 測定実験環境 (寸法の単位は[mm])

実験結果をFig. 3に示す。図中では4つの評価値(C50, D50, Ts, EDT)の分布を、SLAMから得られた環境地図の三次元点群データ上に重ねることで可視化している。グレースケールの四角い点が測定地点であり、明度がそれぞれの評価値の強度を表している。

Fig. 3のような評価値の空間分布の可視化と、人の感覚にもとづく評価値の目安を組み合わせることで室の音響環境を把握する手助けになると考えられる。残響音の会話への影響に関する調査(佐藤ら, 2010)では「発話」「会話」において残響音が気にならない目安としてC50が12.6[dB], 「受聴」においては3.1[dB]以上をあげている。本結果(Fig. 3左上)と照らし合わせると、最大のC50は9.23[dB]であり、今回測定をおこなった点では「発話」「会話」において残響音の影響があることが予想される。また「受聴」に影響があるとされる3.1[dB]を下回る点も確認されるため、その位置にはなるべく座らない、などの運用が可能となる。

留意事項

- ① 3枚程度で作成してください。
- ② 特許の出願中等の理由により、一定期間公表を見合わせる必要がある箇所がある場合であっても、所定の期日までに公表可能な範囲で作成・提出してください。当該箇所については、後日公表可能となった際に追記して再提出してください。

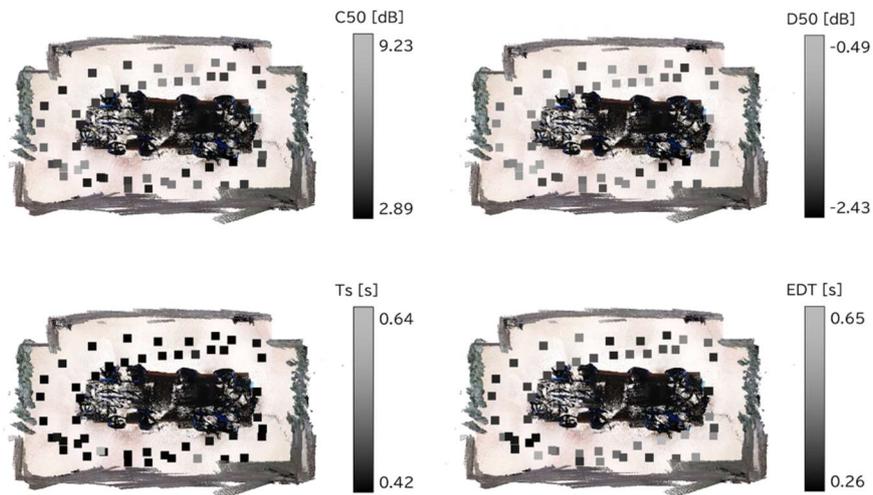


Fig. 3 移動ロボットによる多点インパルス応答測定から得られた評価値の分布

(左上: C50, 右上: D50, 左下: 時間重心, 右下: 初期残響時間)

また、測定結果から椅子の影になる測定箇所において明瞭度が下がる傾向がみられた。マイクロホンと机が同じ高さで、机上の音源から放射された直接音が椅子によって阻まれることによる現象と考えられる。したがって椅子より高い位置に受聴点があるなどの高さ方向の変化によって、異なる評価値の空間分布が得られることが予想される。

そこでマイクロホンを昇降させる機構を移動ロボットに追加することで、三次元空間における測定を可能にした。三次元空間における環境地図と測定点を重ね合わせた結果を Fig. 4 に示す。

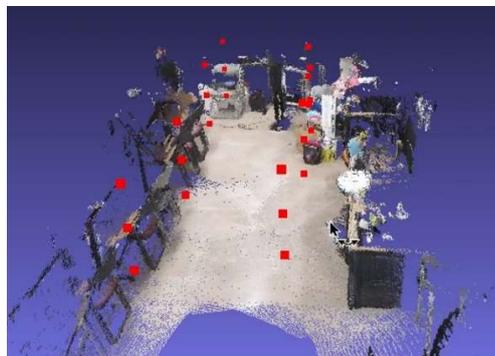


Fig. 4 三次元空間における測定位置（赤い点）の可視化

5 今後の展望

評価値の空間分布を可視化するにあたり、直観的で利用しやすい音響マップを出力するシステムにすることで、受聴位置を変えるだけで聴こえの改善をおこなうことが期待される。

6 研究成果の発信方法（予定を含む）

国内外での会議にて発表をおこなった。これらの会議ではポスターを使った発表をし、他研究者とのディスカッションから有用な気づきを得られた。

本研究を遂行するにあたり、実装したプログラムを元にロボティクスや音響工学に関する解説記事をインターネット上にて公開する予定である。

留意事項

- ① 3枚程度で作成してください。
- ② 特許の出願中等の理由により、一定期間公表を見合わせる必要がある箇所がある場合であっても、所定の期日までに公表可能な範囲で作成・提出してください。当該箇所については、後日公表可能となった際に追記して再提出してください。