

ロボット視覚と聴覚を連携させた部屋の容積の推定

日大生産工(院) ○福田 怜央
日大生産工 霜山 竜一

1 まえがき

人は会話をしたり物音を聞くだけで周囲の環境の広さを把握できる. 室内では音源から観測者まで音は複数の経路を伝搬する. 著者らは, 短時間両耳間位相差のばらつきを標準偏差で表し, 標準偏差値が音源までの距離と部屋の容積に依存することを明らかにした. また, 両耳聴型ヒューマノイドロボットの頭部を用いて, 複数の部屋で標準偏差の平均値, 音源までの距離および部屋の容積の関係を実測により求め, それらの関係を補間することで部屋の容積を推定する方法を提案した¹⁾. 通常, 室内には様々な什器が設置されている. 本研究では, 壁, カーテンやパーティションが部屋の容積の推定値に与える影響について検討した.

2 部屋の容積の推定法

音圧の短時間両耳間位相差のばらつきを, 式(1)に示す標準偏差値で表す. 中心周波数 f_i の近傍の周波数帯域 Δf に含まれるデータ数を $2m+1$ とすると標準偏差は,

$$\rho_i = \sqrt{\frac{1}{2m+1} \sum_{j=i-m}^{i+m} (\varphi_j - \bar{\varphi}_i)^2} \quad (1)$$

で表される. ここで φ_j は周波数 f_j における位相差, $\bar{\varphi}_i$ は Δf 内の位相差の平均値である. 中心周波数 f_i を変えて位相差値の標準偏差 ρ_i を求めると, 標準偏差の周波数特性が得られる. 標準偏差の周波数特性の周波数帯域 ΔF 内に含まれる標準偏差値を M 個とすると, 式(2)に示す評価値 $S.D._{AVE}$ で部屋の反響特性を評価する.

$$S.D._{AVE} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \rho_i \quad (2)$$

ロボットに搭載した2台のカメラを用いて音源となる物体を幾何学的パターンマッチング

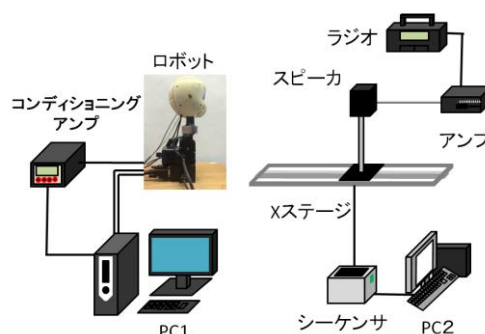


図1 システム構成

で検出した. 検出された物体の中心の方向から三角法で音源までの距離を求めた. 複数の部屋で標準偏差の平均値, 音源までの距離および部屋の容積の関係を実測により求め, それらの関係を補間することで部屋の容積を推定する.

3 実験条件

図1にシステム構成を示す. オートフォーカス型Webカメラ(Q2f-00008, Microsoft)とイヤホン型マイクロホン(Type4101, Brüel&Kjær)を装着したヒューマノイド型ロボット(M3-neony, Vstone)の頭部を電動台に固定した. ロボットは音の方向に顔を向け, 2台のカメラで音源までの距離を推定後, 音圧波形を記録する. スピーカからは広帯域ノイズを連続的に発生させた. 24bit分解能のA/D変換ボード(PCI-4474, NI)を装備したワークステーション(T3500, DELL)で2系統の音圧波形を同時に収録した. サンプル周波数は24[kHz], 各chの1フレームは4800個のデータを含む. Δf は1.25[kHz], m は250個, ΔF は4[kHz]~11[kHz]とした. 図2に示すように, 壁面に沿って高さが1.95[m], 横幅1.2[m]のパーティションを4枚設置した. カーテンで覆った場合と覆わない場合, パーティションの有無を比較した. 測定に用いた部屋は講義室(367[m³]:14^w×9^h×3^d)である.

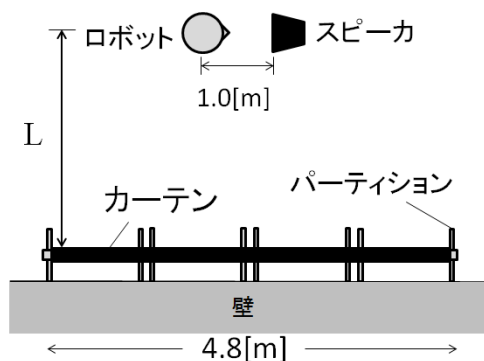


図2 配置図

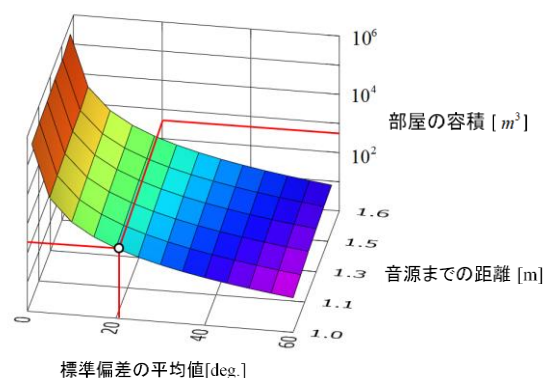
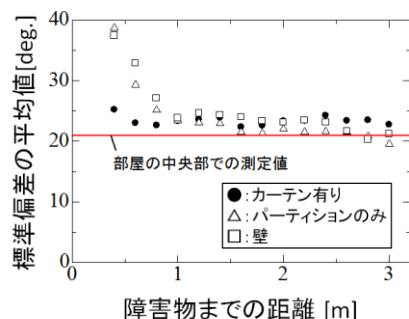


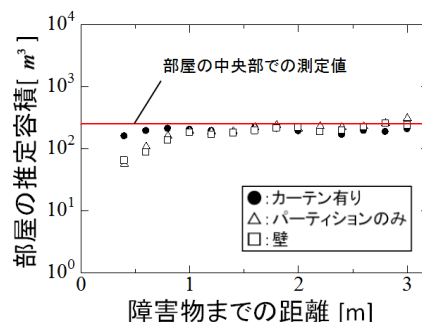
図3 音源までの距離、標準偏差の平均値と部屋の容積の関係

4 実験結果

図2に示す位置ではなく、部屋の中央部で測定した音源までの距離、標準偏差の平均値と部屋の容積の関係を図3に示す。この関係を補間して部屋の容積を推定した。ロボットと障害物間の距離 L を変えて標準偏差の平均値、部屋の容積の推定値の関係を図4(a), (b)に示す。障害物がロボットに近いほど標準偏差の平均値は、部屋の中央部で測定した結果より高くなり(同図(a)), 部屋の容積は小さめに推定された(同図(b))。これは、障害物からの反射音の影響と考えられる。また、カーテンでパーティションを覆った場合は覆わない場合よりも標準偏差の平均値は低くなり、部屋の容積は部屋の中央部で測定した値に近い。ロボットが障害物から2[m]以上離れば、部屋の容積の推定値に対する障害物の影響は12[%]以下となることが分かる。特に吸音効果の高いカーテンでパーティションを覆った場合はロボットとの距離が1[m]以上離れば、部屋の容積の推定値に対するカーテンの影響は22[%]以下となることが分かる。



(a) 障害物までの距離と標準偏差の平均値の関係



(b) 障害物までの距離と部屋の容積の推定値

5 まとめ

壁やカーテンが部屋の容積の推定に与える影響について検討した。その結果、(1)ロボットと音源が障害物に近いほど標準偏差の平均値は大きくなり、部屋の容積は小さめに推定された。(2)2[m]程度離れると容積の推定値に対する障害物の影響は12[%]となることが分かる。(3)カーテンでパーティションを覆った場合、ロボットが1[m]以上離れば部屋の容積の推定値に対するカーテンの影響は22[%]以下となった。今後は様々な什器の影響を評価する予定である。

図4 障害物までの距離と標準偏差の平均値および部屋の推定容積の関係

「参考文献」

- 1) Ryuichi Shimoyama & Reo Fukuda "Room Volume Estimation Based on Statistical Properties of Binaural Signals Using Humanoid Robot" IEEE, Proceedings of RAAD 2014,(2014),p.p.1-6.