

音圧の位相差スペクトルと騒音レベルの関係について

日大生産工(院) ○櫻井 智章

日大生産工 霜山 竜一

1 まえがき

Bronkhorst らは心理物理学実験を通じ、直接音と反射音のエネルギー比が人の距離知覚に顕著な影響を与えることを示した¹⁾．未知の環境を移動するロボットが未知の音の発生位置を推定する状況を想定した場合には、音源の方向や距離を推定するアルゴリズムは環境の変化に対して頑健である必要がある．著者らはこれまで、反響特性の異なる複数の部屋で、音圧の位相差の周波数特性のばらつきと音源までの距離の関係について調べてきた²⁾．本研究では、両耳聴ヘッドトルソを用いて複数の環境で音源の騒音レベルと音圧の位相差スペクトルのばらつきの関係について検討した．

2 標準偏差の周波数特性

両耳聴ヘッドトルソで検出された音圧の位相差スペクトルのばらつきを標準偏差値で表す．周波数帯域幅 Δf に含まれる $2m+1$ 個の位相差値から、中心周波数 f_i における標準偏差値 ρ_i は次式で与えられる．

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

ここで φ_j は周波数 f_j における位相差値、 $\overline{\varphi_i}$ は帯域幅 Δf 内の位相差の平均値である．図1に示すように周波数 f_i を変えて標準偏差値を求めると、標準偏差の周波数特性が得られる．周波数帯域 ΔF 内の平均値でばらつきを評価する．

3 実験結果

図2に示すように、室内の中央部に両耳聴ヘ

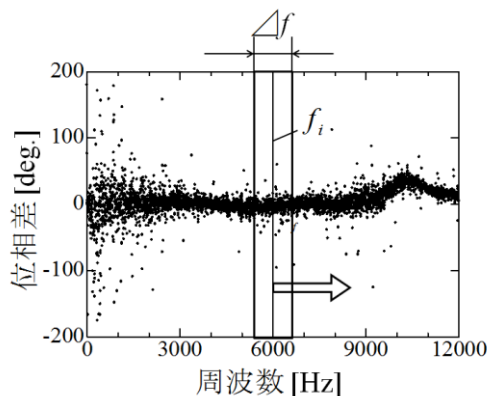


図1 音圧の位相差の周波数特性

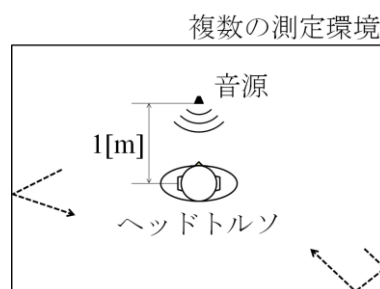


図2 音源とヘッドトルソの配置

ッドトルソ(Brüel&Kjær,4100-D)を設置した．ゴルフボール大のスピーカ(SONY,SS-IS15)を、ヘッドトルソに内蔵されたマイクロホンと同じ高さ 89[cm]で正面 1[m]の位置に設置し、スピーカから連続的に広帯域雑音を発生させた．分解能が A/D 変換ボード(National Instruments, PCI-4474)を装備したワークステーション(DELL, GX280)で 2 系統の音圧波形を同時に収録した．サンプリング周波数は 24[kHz]、各 ch の 1 フレームは 4800 個のデータを含む．ハニシング窓を用いた． m は 250 個、 Δf は 1.25[kHz]、

$\angle F$ は 4~11[kHz]とした．騒音計(KANOMAX, MODEL4110)でヘッドトルソの右の外耳部の騒音レベル(A 特性)を測定した．

各部屋の寸法と残響時間を表 1 に示す．部屋 A は体育館，部屋 B,C,D,E は机等を片側に寄せた講義室である．残響時間はシュレーダー積分(RT60 法)で求めた．部屋 A の残響時間は他の部屋の約 2 倍である．講義室(B,C,D,E)は壁に残響時間を調節するための吸音用ボードが用いられている．残響時間は必ずしも部屋の大きさに依存していない．音源とヘッドトルソ間距離を 1[m]とし，スピーカから発生する音のレベルを変えて，ヘッドトルソの外耳部付近で騒音レベルを測定した．騒音レベルと位相差の標準偏差の平均値の関係を図 3 に示す．全ての部屋において，騒音レベルが低いほど，位相差の標準偏差の平均値は増加することが分かる．騒音レベルが 60[dB]以上で標準偏差の平均値はほぼ一定となった．部屋 E において，標準偏差の平均値のばらつきは 60[dB]以上で約 1[deg.]である．音圧の位相差スペクトルは，騒音レベルが 60[dB]以上であれば部屋の大きさに依存し，音質には依存しなくなると考えられる．部屋 A における位相差の標準偏差の周波数特性を図 4 に示す．騒音レベルが低い(35[dB])と特に 7~10[kHz]の周波数帯域で標準偏差値が増加することが分かる．

4 あとがき

両耳聴ヘッドトルソを用いて，複数の環境で騒音レベルと音圧の位相差の周波数特性のばらつきについて検討した．その結果，1) 騒音レベルが低いほど標準偏差の平均値は増加する．2) 60[dB]以上で標準偏差の平均値ほぼ一定となることが分かった．今後は，ロボット視覚との連携について検討する予定である．

表 1 部屋の寸法と残響時間

測定環境	部屋の寸法 L[m]×W[m]×H[m]	残響時間 (RT60) [s]
部屋A	39×26×12(12,200[m ³])	0.7
部屋B	18×14×3(760[m ³])	0.4
部屋C	17×14×3(710[m ³])	0.4
部屋D	14×9×3(380[m ³])	0.4
部屋E	8×6×3(140[m ³])	0.4

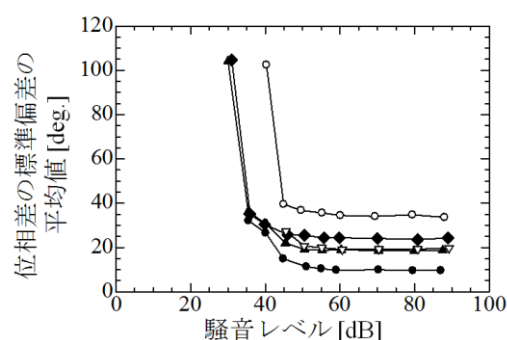


図 3 騒音レベルと位相差の標準偏差の平均値の関係(●:部屋 A,▲:部屋 B,▽:部屋 C ◆:部屋 D,○:部屋 E)

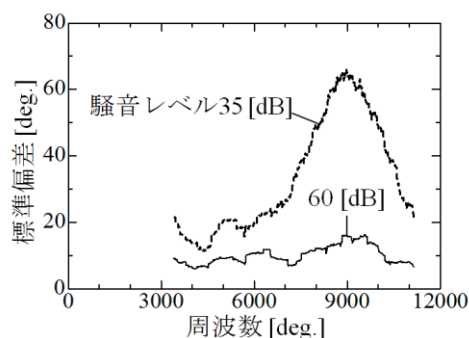


図 4 標準偏差の周波数特性(部屋 A)

「参考文献」

- 1)A.W.Bronkhorst & T.Houtgast
“Auditory distance perception in rooms.”
Nature,397,1999,pp517-520
- 2)櫻井，霜山“複数の環境に適応する
両耳聴による距離推定法” 電子情報通信
学会大会講演論文集,2013,pp137