

両耳間時間差と両耳間音圧差の距離依存性

寺島眞生・森川大輔・平原達也（富山県立大）

1. はじめに

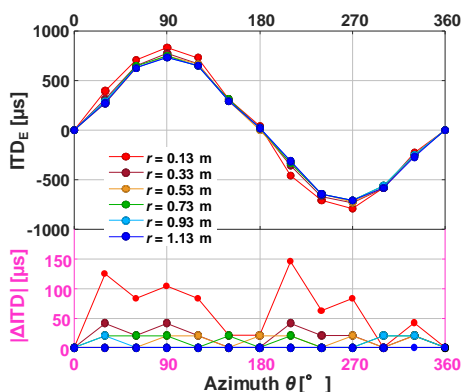
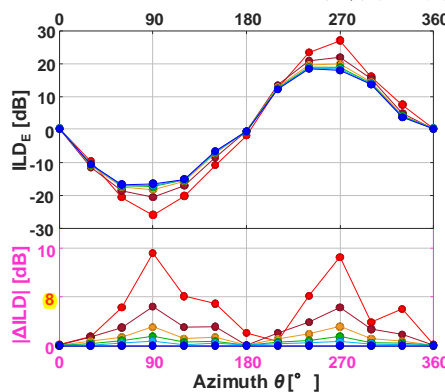
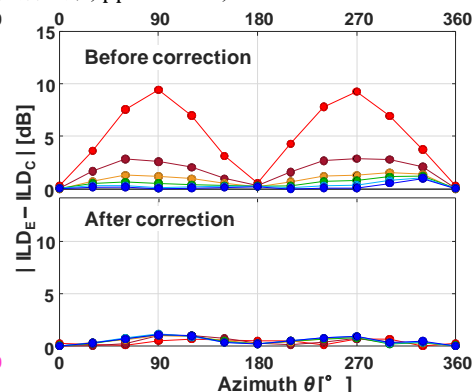
バイノーラル方式において、立体音像の距離制御を実現するためには、頭部からの距離が異なる頭部インパルス応答（hrir: head-related impulse response）が必要である。しかし、直接法では、頭部近傍においてラウドスピーカを点音源とみなせないために、hrir の計測ができない。一方、相反法を用いると頭部近傍の hrir も計測できる^[1]。ただし、頭部がない場合の頭部中心を参照点として再生・収録系の伝達特性をキャンセルすると、頭部中心から受音点までの距離が外耳道入口から受音点までの距離と異なるために、両耳間音圧差（ILD: Interaural Level Difference）が過大に評価される^[2]。

本稿では、距離方向の hrir の計測を行い、両耳手がかかりである両耳間時間差（ITD: Interaural Time Difference）と ILD の距離依存性を示すとともに、頭部中心を参照点とした場合に算出される過大な ILD を補正できることを示す。

2. 方法

相反法を用いて、実頭形状を再現したダミーヘッドの両耳のインパルス応答を計測した。計測には信号長 65,536 点の Log-TSP 信号を用い、サンプリング周波数を 48 kHz とした。ダミーヘッドの外耳道入口に設置した耳栓スピーカから信号を放射し、頭部正面方向における頭部中心からの距離 r が 0.13 から 1.13 m まで 0.2 m 間隔の計 6 箇所を設置した小型 ECM で受音した。そしてダミーヘッドを、30°間隔で回転させ、水平面の r が異なる計 72 箇所のインパルス応答を得た。インパルス応答は、S/N の改善と、壁、床、天井などからの反射の影響を無くすために、主応答附近の 192 点を立下り部を余弦関数とした窓関数で切り出し、全長を 512 点とした。

外耳道入口を参照点として算出した頭部インパルス応答を $hrir_E$ とする。ILD_E は両耳の $hrir_E$ のパワーの比から算出した。ITD_E は、両耳のインパルス応答波形 ir_E に、カットオフ周波数 1.5 kHz のローパスフィルタを畳み込んだ波形の相互相関から算出した。

図 1: ITD_E と |ΔITD|図 2: ILD_E と |ΔILD|図 3: 各 θ の |ILD_E - ILD_C|

3. 結果

3.1 ITD と ILD の距離依存性

図 1 に水平方位角 θ に対する各 r の ITD_E と、 $r = 1.13$ m の ITD との差の絶対値 |ΔITD| を示す。|ΔITD| は、 $0.33 \leq r \leq 1.13$ m では 50 μ s 以下だったが、 $r = 0.13$ m では、 $30 \leq \theta \leq 120^\circ$, $210 \leq \theta \leq 270^\circ$ で 50 μ s 以上となり、 $\theta = 210^\circ$ では 146 μ s に達した。

図 2 に θ に対する各 r の ILD_E と、 $r = 1.13$ m の ILD との差の絶対値 |ΔILD| を示す。|ΔILD| は、 r が短くなるほど大きくなり、 $r = 0.13$ m では、 $\theta = 90^\circ$, 270° で 9 dB に達した。

3.2 頭部中心を参照点とした場合の ITD_C と ILD_C

頭部中心を参照点として頭部インパルス応答 $hrir_C$ から ITD_C と ILD_C を算出した。

参照点が異なるだけなので、ITD_C と ITD_E は一致する。ILD_C は、 r が短くなるほど過大に算出され、 $r = 0.13$ m では ITD_E よりも最大で 10 dB も過大に算出された。そこで、ダミーヘッドの両耳間距離から、両耳から受音点までの直線距離を算出し、逆二乗の法則に基づいて ILD_C を補正すると、その差は 1 dB 以下になった。各 θ の |ILD_E - ILD_C| を図 3 に示す。

4. 結論

相反法で距離方向の hrir を計測し、ITD と ILD が頭部中心からの距離によってどのように変化するかを示した。そして、頭部中心を参照点とした場合でも、逆二乗の法則に基づいて補正することにより、外耳道入口を参照点とした場合と 1 dB 以内の誤差で ILD を算出できることを確認した。

謝辞 本研究の一部は科研費（17K00244）による。

参考文献

- [1] 今井, 他, “相反法による頭部伝達関数の測定,” 電子情報通信学会技術研究報告, EA, 応用音響, 112(266), pp.43-48, 2012. 10.
- [2] 今井, 他, “頭部伝達関数における基準点に関する検討,” 日本音響学会講演論文集, pp.579-580, 2012. 09.