

D-11

音に含まれた感じの心理実験で用いた音場の C-C 法による周波数別仮想音源の測定

Measurement of virtual sound sources in various frequencies by C-C method in sound fields

used for psychological experiments on listener envelopment

○高須賀弘忠¹, 羽入敏樹², 星和磨²

*Hirotsada Takasuka¹, Toshiki Hanyu³, Kazuma Hoshi³

1. はじめに

空間印象には、ASWとLEVがある。しかし、LEVについては、研究例が少ないのが現状である。羽入らは、反射音の空間分布を評価するLEVの指標として、SBTsを提案している[1]。そこでは反射音の到来方向ではなく、反射音の空間分布に着目した場合、反射音が前後にバランスよく到来している時にLEVが大きくなることを明らかにした。

しかし、SBTsは提案されたが、実際に測定するのは困難であった。そこで本報ではまず、SBTsを測定する反射音の空間分布を調べるために、本研究室で提案しているC-C法[2]と減衰除去インパルス応答[3]を用い、仮想音源の解析を周波数ごとに行った。

2. 実験方法

2-1. 実験条件

実験は無響室で既報[1]に基づいて行った。無響室にスピーカーを中心から1.9mのところに16個円状に22.5°ずつ等間隔に設置し、実験に必要なスピーカーを選択し直接音や残響音を流した。中心には6chカーディオイドマイクを設置し、音を録音した。なお、刺激の呈示レベルは、中心が約74dBとなるように調整した。

音源は基本音場の仮想音源から方向別インパルス応答にして、TSP信号を畳み込んだものを用いた。残響音は実験1では空間的に左右2等分、実験2では3等分、実験3と4は5等分して作成した。

2-2. 実験概要

実験は4種類行った。実験1(図1)では直接音のみを正面から流し、左右から残響音を流した。実験2(図1)では、実験1の直接音に残響音を付加したものを正面から流し、左右から残響音を流した。実験3(図3)と4(図4)は実験2に残響音をそれぞれ正面を基準として±45°と±135°に固定、付加して実験を行った。

2-3. 仮想音源の解析方法

C-C法では同一直線状に向い合せた2つのマイクから受音した各応答から、粒子速度 $\vec{u}(t)$ 、無指向性音圧 $P(t)$ 、粒子速度 $\vec{u}(t)$ と無指向性音圧 $P(t)$ の積から

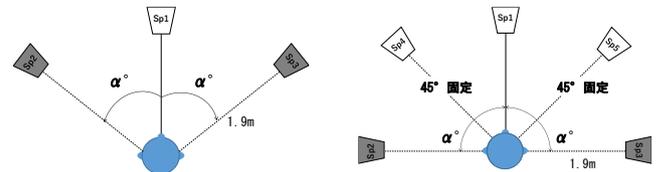


図1 実験1,2におけるスピーカーの配置

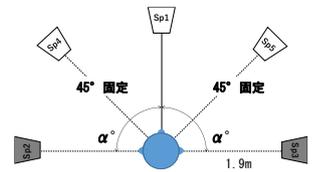


図2 実験3におけるスピーカーの配置

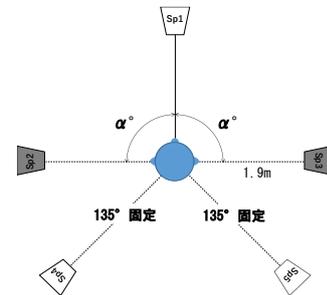


図3 実験4におけるスピーカー配置

瞬時インテンシティー $\vec{I}(t)$ をそれぞれ求める。次に求めた瞬時インテンシティー $\vec{I}(t)$ から瞬時インテンシティーの空間構造 $\vec{S}(t)$ を次式で求める[4]。

$$\vec{S}(t) = \frac{\vec{I}(t)}{|\vec{I}(t)|} \times ct \quad \dots (1)$$

cは音速、tは音源から音が発せられてからの経過時間、 $\vec{S}(t)$ は3次元位置ベクトルの時間変化である。本報では測定したインパルス応答から125Hz、1kHz、4kHzの3つの帯域において1/1オクターブ帯域でフィルタリングしてから仮想音源を求めた。

3. 実験結果と考察

図4~7はそれぞれ実験1~4の開き角が90°以下の時、90°の時、90°以上時の125Hz、1kHz、4kHzの仮想音源分布を平面的に表したものである。

全体的に見ると、高音域では流したスピーカー方向に、中音域では受音点とスピーカーの間に仮想音源が分布しており、低音域ではあまり分布しなかった。また、高音域になるほど空間バランスが良くなった。

図4と図5を比較すると、開き角によらず、実験1よりも直接音に残響音を付加した実験2のほうが空間バランスが良くなっている。これより空間バランスには残響音が影響しており、残響音の有無がLEVに影響を与えるという羽入らの知見と一致した。

1: 日大理工・大学院・建築 2: 日大短大・教員・建築

図6と図7を比較すると、実験3では左右残響音が後方、実験4では前方にあるほうが空間バランスが良くなった。よって、スピーカーをバランスよく配置しているほどLEVは大きくなるという羽入らの知見と一致した。また、周波数ごとにみると、高音域ほど空間バランスがよくなった。

4. まとめ

全体的に見ると、スピーカーをバランスよく配置すると空間バランスが良くなった。これは空間的にバランスよくスピーカーを配置すると、LEVが大きくなるという羽入らの知見と一致した。また、低音域よりも高音域のほうが空間バランスが良くなった。今後はSBTsを求めて、SBTsの精度を検証していき

い。

5. 参考文献

- [1]羽入他：“反射音の空間バランスに着目した音に含まれた感じの定量化方法”、日本建築学会計画系論文集第520号、pp9-16、1999年
- [2]羽入他：“4chカーディオイドマイクによる音場の方向情報計測”、音講論（春）、pp1123-1126、2008年
- [3]羽入他：“減衰を除去したインパルス応答による室内音場における拡散度の推定”、日本建築学会梗概集、pp183-184、2012年
- [4]羽入他：“減衰除去インパルス応答を用いた室内音場における仮想音源の解析”、音講論（春）、pp1169-1170、2014年

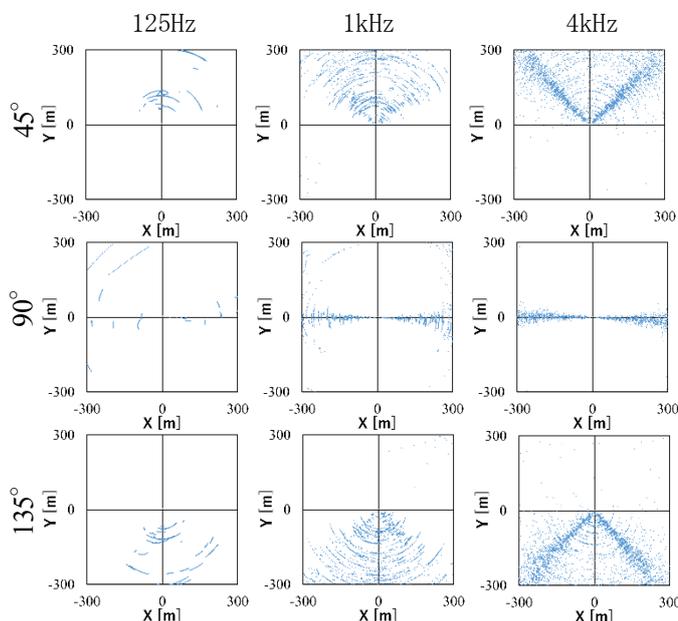


図4 実験1における仮想音源分布

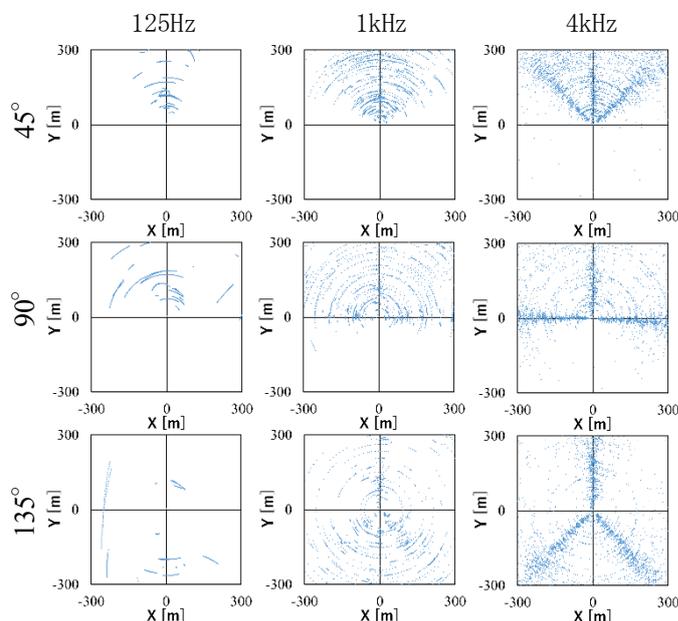


図5 実験2における仮想音源分布

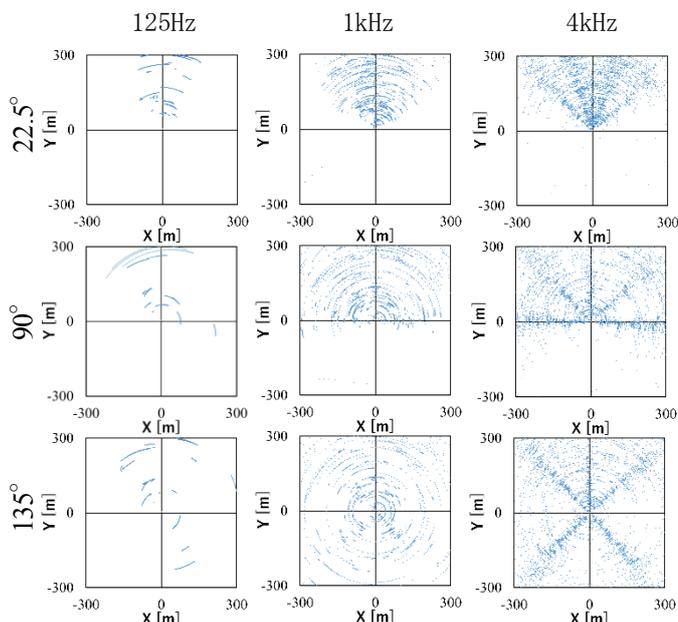


図6 実験3における仮想音源分布

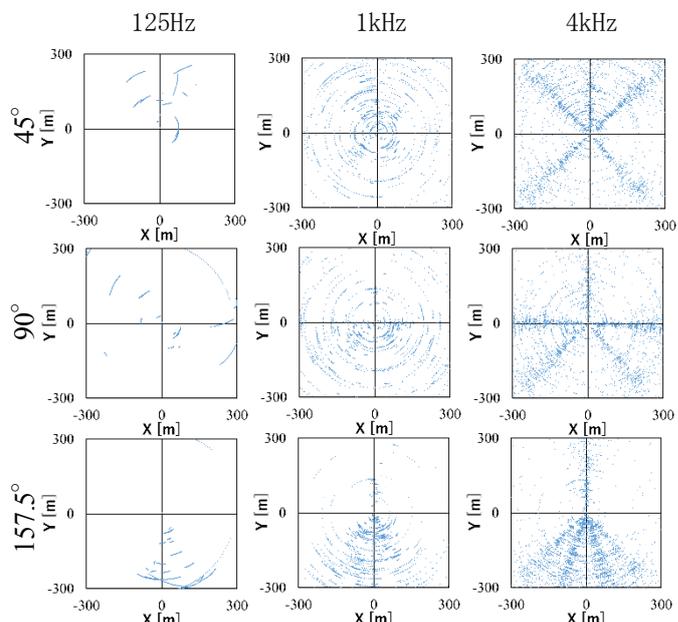


図7 実験4における仮想音源分布