

波面合成法による音場再現における チャンネル数の主観評価 -空間印象の検討- *

木村敏幸 (日本学術振興会 特別研究員), 箕一彦, 武田一哉 (名大・情報科学), 板倉文忠 (名大・工)

1 はじめに

波面合成法による音場再現技術 [1, 2] において, 必要なチャンネル数を検討することは重要な問題である. 我々は音場知覚を実現するのに必要なチャンネル数を主観評価実験によって検討し, 前報では方向感の場合の議論を行った [3]. 本報告では空間印象の中でも森本が提案している [4] 見かけの音源の幅 (ASW) と音に包まれた感じ (LEV) に着目し, ASW や LEV を再現するのに必要なチャンネル数を検討する.

2 主観評価実験

2.1 チャンネル信号の作成

空間印象は部屋の反射音によって与えられる. そこで, 評価に用いる音場として実在の残響空間 (残響時間:300ms) を採用した. 部屋の中に 24 個のマイクロホン (Sony:ECM-77S) と無指向性スピーカ (小野測器:SJ-1810) を図 1 のように配置した. 室温は 19.2°C,

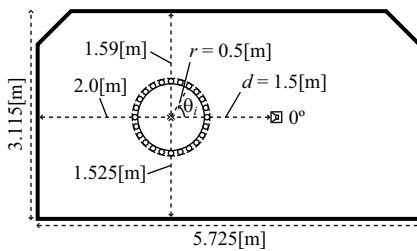


図 1: 部屋に配置したマイクロホンとスピーカ

暗騒音レベルは 19.4dB(A) であった. 部屋の天井と床には吸音材を配置してあるので, 室内は 2 次元の残響空間であるとみなすことができる. 各マイクロホンは図 2 で示すようにアレー用フレームの側壁に取り付けてあるので, マイクロホンの指向性は円の外側に向いている. 無指向性スピーカから TSP 信号 [5](サ

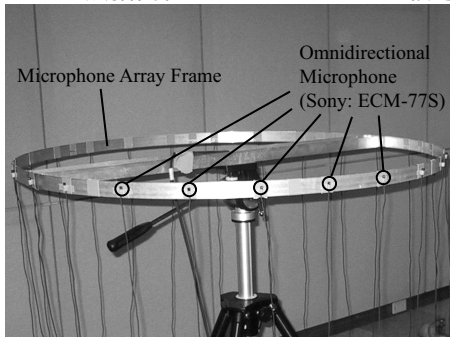


図 2: 測定の際に用いたマイクロホンアレー (サンプリング周波数:48kHz, 長さ:65536 点) を再生して室内伝達関数の測定を行った. TSP 信号の音圧レベ

ルはスピーカから 1m の地点で 91.6dB(A) に設定した. FIR フィルタとして得られた室内伝達関数の次数は 14400 である.

実際のコンサートホールの残響時間を得るため, 測定した室内伝達関数をサンプリング周波数 12kHz の FIR フィルタとして扱う. これによって残響時間が測定時の 4 倍になり, $300[\text{ms}] \times 4 = 1.2[\text{sec}]$ となる. また, 音の伝播速度や伝播距離も 4 倍になるため, 図 1 で示されている r や d の値は $0.5[\text{m}] \times 4 = 2[\text{m}]$ と $1.5[\text{m}] \times 4 = 6[\text{m}]$ になる. 音声とフルート (サンプリング周波数:12kHz, 長さ:4sec) をドライソースとして用いた. ドライソースに室内伝達関数を畳み込むことによってチャンネル信号を作成した.

2.2 実験環境

主観評価実験は低残響室 (残響時間:約 80ms) にて行った. 24 個のスピーカ (Emic:Sounddevice) を図 3 のように配置した. 灰色の円はスピーカアレーによ

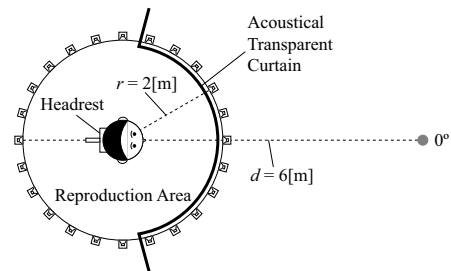


図 3: 低残響室に配置したスピーカ

て再現される音像である. 暗騒音レベルは 25.0dB(A) で, 音圧レベルは被験者の位置で約 70dB(A) に設定した. 被験者の頭部はヘッドレストで固定し, 被験者の前方に音響カーテンを配置して被験者がスピーカを見られないようにした.

2.3 実験計画

被験者は 8 名の男子学生であった. Scheffé の一対比較法 [6] を評価法として導入した. チャンネル数ごとの実験条件を図 4 に示す. 実験条件の中から提示順序も考慮した計 42 個の刺激対を作成し, 実験に用いた.

実験計画を図 5 に示す. 本実験では ASW と LEV への影響の評価をそれぞれ行った. 各評価においてドライソースごとに 2 つのセッションを設けた. ドライソースの提示順序は被験者ごとにランダムにした. 各セッションでは, 6 回の練習試行の後, 42 回の本試行を行った. 練習試行に用いた刺激対はチャンネル数の組み合わせが (1,3), (1,24), (3,1), (3,24), (24,1), (24,3) のものである.

被験者は主観評価実験の前に ASW と LEV の定義

*Subjective Assessment for the Number of Channel Signals in the Sound Field Reproduction Based on Wavefield Synthesis -Effect on Spatial Impression- by T. Kimura, K.Kakehi, K. Takeda and F. Itakura (Nagoya Univ.)

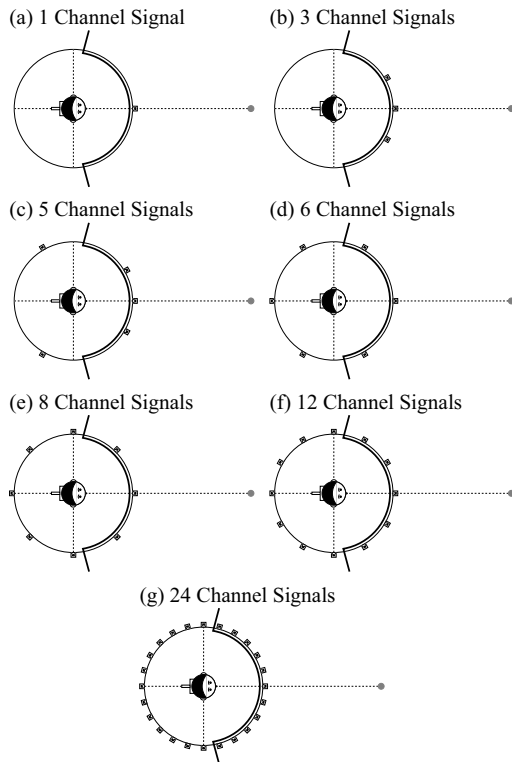


図 4: チャンネル数ごとの実験条件

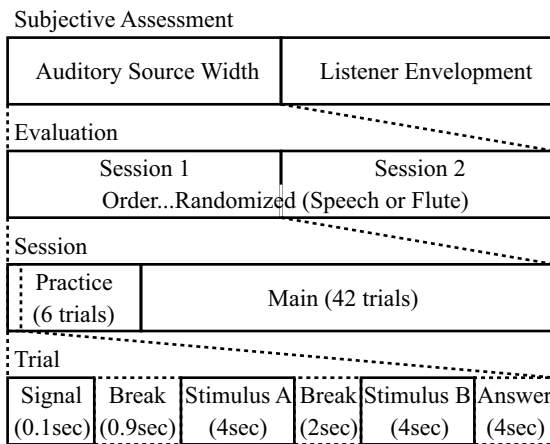


図 5: 主観評価実験の実験計画

についてしっかりと教示された後、実験に入った。各試行において被験者は先の提示音 (Stimulus A) と比較して後の提示音 (stimulus B) を表 1 に従って 7 段階に評定した。

表 1: Scheffé の一対比較法の評定

評定値	ASW	LEV
3	非常に広い	非常に包まれた感じがする
2	かなり広い	かなり包まれた感じがする
1	少し広い	少し包まれた感じがする
0	同じ幅	同じ感じがする
-1	少し狭い	少し包まれた感じがしない
-2	かなり狭い	かなり包まれた感じがしない
-3	非常に狭い	非常に包まれた感じがしない

2.4 実験結果と考察

チャンネル数ごとの平均評定値を図 6 に示す。エラーバーはヤードスティックによる 95%信頼区間である。チャンネル数が 5 以下の場合には平均評定値はすべて

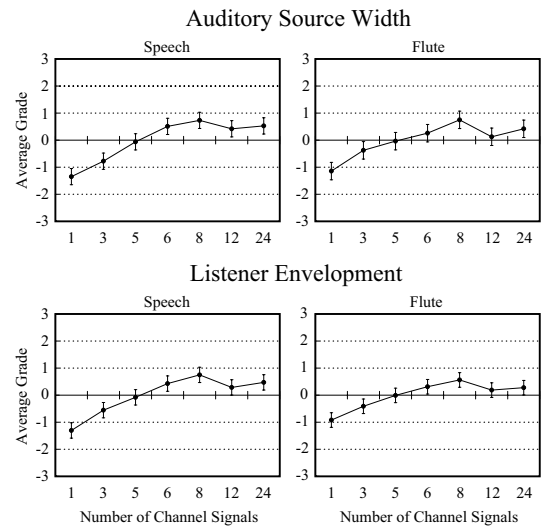


図 6: 主観評価実験の実験結果

チャンネル数が 24 の時よりも 5%水準で有意に低い。一方、チャンネル数が 6 以上の場合には平均評定値はチャンネル数が 24 の場合との有意差は見られない。ゆえに、チャンネル数が 6 以上であればそれ以上にチャンネル数が増えても平均評定値は一定値に収束していくことが予測され、元の音場との知覚的な差は見られなくなると考えられる。すなわち、チャンネル数を 6 以上にすれば ASW や LEV は十分に再現されるということが言える。

3 まとめ

波面合成法に基づいた音場再現技術において見かけの音源の幅 (ASW) や音に包まれた感じ (LEV) を再現するのに必要なチャンネル数を検討するため、主観評価実験を行った。Scheffé の一対比較法を用いて相对比较実験を行ったところ、半径 2m の円状に 6 個以上のスピーカを均等に配置すれば、ASW や LEV は元の音場と区別ができなくなることがわかった。

参考文献

- [1] M. Camras: Approach to recreating a sound field. *J. Acoust. Soc. Am.*, **43**, 1425-1431 (1968).
- [2] A. J. Berkhout, D. de Vries and P. Vogel: Acoustic control by wave field synthesis. *J. Acoust. Soc. Am.*, **93**, 2764-2778 (1993).
- [3] 木村敏幸, 箕一彦, 武田一哉, 板倉文忠: 波面合成による音場再現における制御点数の影響 -方向感の検討-. 音講論集, pp.523-524 (2003.09).
- [4] M. Morimoto: The relation between spatial impression and the precedence effect. *Proc. of International Conf. on Auditory Display*, pp.297-306 (2002).
- [5] Y. Suzuki, F. Asano, H. Y. Kim and T. Sone: An optimum computer-generated pulse signal suitable for the measurement of very long impulse responses. *J. Acoust. Soc. Am.*, **97**, 1119-1123 (1995).
- [6] H. Scheffé: An analysis of variance for paired comparisons. *J. Am. Stat. Ass.*, **47**, 381-400 (1952).