

まえがき

ヒトは、2つの耳で受け取った音響信号から、その音源の方向や距離をどのようにして知覚しているのだろうか。また、コンサートホールなどで音楽を聴く際、音の広がりやをどのようなメカニズムで感じ取っているのだろうか。さらに、このような音環境を時間特性や周波数特性だけでなく空間特性も含めて再現、あるいは制御するにはどうしたらいいのだろうか。

本書は、音の空間特性に関する知覚メカニズムを物理的、心理的側面から解明し、さらに空間特性の再現あるいは制御方法を探究する“空間音響学”について、体系的かつ詳細に述べることを目的としている。

空間音響の研究は、20世紀中頃、とりわけ1950年代頃から急速な進歩を遂げた。当時の研究成果の集大成として、ルール大学（ドイツ）のブラウエルト教授は“RÄUMLICHES HÖREN”を著した。1974年のことである。この著作は、後に英語版“Spatial Hearing”が出版され、改訂を重ねた。また、日本の研究成果を増補した“空間音響”（イェンス ブラウエルト・森本政之・後藤敏幸 編著）が1986年に出版された。しかし、1990年代以降の空間音響の研究の進展は目を見張るものがあり、この分野の研究者、あるいは、新たにこの分野の研究を始めようとする人が学んでおくべき研究成果を体系的に再構築する必要が出てきた。

本書は、空間音響の原理と応用について、著者らの知見の及ぶ範囲で、国際的な観点から2010年時点での最新の研究成果を盛り込んでまとめたものである。具体的には、音環境評価と空間音響の関わり、方向感、距離感、広がり感を中心とした空間特性に関する聴覚事象の基礎的な知見と知覚メカニズム、音場の空間特性の収録方法、再生方法、さらに、2つの耳に入力した音響信号から音源方向を推定する方法、複数の音源から特定の音源を分離抽出する方法な

どについて、目次に示すような内容、および構成でまとめた。

空間音響学は、かつてはヒトの空間知覚メカニズムの解明が中心テーマであり、研究成果が工学的な応用に直結することは多くはなかったが、近年のデジタル信号処理技術の進展と相まって、3次元音響再生、臨場感通信、ロボット聴覚などへの展開が期待される研究分野となってきた。応用研究の進歩はこれからますます加速されるであろう。

本書が、空間音響学の諸問題に携わる読者の研究、あるいは技術開発の一助になれば、著者らにとってこのうえない喜びである。執筆には細心の注意を払ったが、もとより浅学非才の身、お気づきの点があれば、ご指導、ご叱正いただければ幸いである。

2010年3月中旬 早咲きの桜の蕾がほころび始めた頃

飯田一博，森本政之

執筆分担

| | |
|------|-------|
| 飯田一博 | 2章，4章 |
| 森本政之 | 1章 |
| 福留公利 | 3章，4章 |
| 三好正人 | 4章 |
| 宇佐川毅 | 5章 |

目 次

第 1 章 空間音響学について

| | |
|---------------------------|---|
| 1.1 音環境評価システムと空間音響学 | 1 |
| 1.2 空間音響における音源と音像 | 3 |
| 1.3 空間音響シミュレーション | 4 |
| 1.4 座 標 系 | 4 |
| 引用・参考文献 | 5 |

第 2 章 空間音響の基礎

| | |
|------------------------------|----|
| 2.1 空間音響と頭部伝達関数 | 6 |
| 2.1.1 頭部伝達関数の定義 | 6 |
| 2.1.2 頭部伝達関数の測定法 | 7 |
| 2.1.3 水平面および正中面の頭部伝達関数 | 8 |
| 2.1.4 頭部伝達関数と方向知覚 | 10 |
| 2.1.5 頭部伝達関数の個人差と個人適応 | 11 |
| 2.2 方 向 知 覚 | 13 |
| 2.2.1 左右方向の知覚 | 13 |
| 2.2.2 前後・上下方向の知覚 | 17 |
| 2.2.3 方向知覚の弁別限 | 26 |
| 2.2.4 第 1 波面の法則 | 27 |
| 2.3 距 離 知 覚 | 30 |
| 2.3.1 音源距離と音像距離 | 30 |
| 2.3.2 距離知覚に影響を及ぼす物理的要因 | 31 |
| 2.4 広 が り 知 覚 | 34 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| 2.4.1 広がり感の定義 | 34 |
| 2.4.2 みかけの音源の幅 (ASW) に影響を及ぼす物理的要因 | 36 |
| 2.4.3 両耳間相関度による ASW の評価 | 39 |
| 2.4.4 音に包まれた感じ (LEV) に影響を及ぼす物理的要因 | 42 |
| 引用・参考文献 | 45 |

第3章 空間音響の収録

| | |
|---|-----|
| 3.1 空間音響収録の基礎 | 51 |
| 3.1.1 自由空間で両耳に届く音の特性 | 51 |
| 3.1.2 自由空間に置かれた球状頭 (球バフル) による音の回折 | 52 |
| 3.1.3 耳道だけが付いている球状頭に届く音の特性 | 55 |
| 3.1.4 反射音が存在する空間で両耳に届く音の特性 | 61 |
| 3.1.5 聴き手の位置が想定できる場合の 空間音響の収録問題 | 66 |
| 3.1.6 回折数値計算で求めた球状頭 (「点の耳」付き) のインパルス応答 | 68 |
| 3.2 ダミーヘッド収録 | 70 |
| 3.2.1 最初のダミーヘッド収録再生実験 | 71 |
| 3.2.2 ダミーヘッドステレオフォニー | 72 |
| 3.2.3 標準化ダミーヘッドでの収録 | 75 |
| 3.2.4 特定の人から型取り製作したダミーヘッドでの収録 | 77 |
| 3.3 実頭収録 | 78 |
| 3.3.1 実頭での頭部インパルス応答の測定 (無響室) | 79 |
| 3.3.2 実頭での頭部インパルス応答の測定と収録 (有響室) | 80 |
| 3.4 マルチマイクロホン収録 | 82 |
| 3.4.1 空間内の音波を観察・収録するには | 82 |
| 3.4.2 音場空間から一部の空間を丸ごと収録する原理 | 83 |
| 3.4.3 wave field synthesis (波動場合成) とマルチマイクロホン収録 | 93 |
| 引用・参考文献 | 101 |

第4章 空間音響の再生

| | |
|-------------------------------------|-----|
| 4.1 ヘッドホンによる空間音響の再生 | 106 |
| 4.1.1 耳入力信号の再現 | 106 |
| 4.1.2 空間知覚の手がかりの再現 | 111 |
| 4.2 2チャンネルスピーカによる空間音響の再生 | 114 |
| 4.3 多チャンネルスピーカによる空間音響の再生 | 118 |
| 4.3.1 2チャンネルスピーカによる空間音響の再生の拡張 | 118 |
| 4.3.2 多点音圧制御および波面合成 | 122 |
| 引用・参考文献 | 126 |

第5章 音源方向推定・音源分離

| | |
|---------------------------------------|-----|
| 5.1 音源方向推定の基礎的な考え方とその分類 | 129 |
| 5.2 両耳間時間差（両耳間位相差）・両耳間レベル差の基本特性 | 132 |
| 5.3 両耳聴モデルの例 | 135 |
| 5.3.1 両耳間相互相関を用いた古典的モデル | 135 |
| 5.3.2 カクテル・パーティ・プロセッサ | 136 |
| 5.3.3 周波数領域両耳聴モデル | 141 |
| 5.4 左右方向の探査 | 149 |
| 5.4.1 両耳間相互相関を用いた古典的モデルによる探査 | 150 |
| 5.4.2 カクテル・パーティ・プロセッサによる探査 | 150 |
| 5.4.3 周波数領域両耳聴モデルによる探査 | 151 |
| 5.5 前後・上下方向の探査 | 153 |
| 5.6 複数音源の探査 | 155 |
| 5.7 マイクロホンアレイによる音源方向推定・音源分離 | 157 |
| 引用・参考文献 | 159 |

第1章

空間音響学について

本書は、空間音響について様々な研究を体系的にまとめたものである。本章では、具体的なことからについて述べる前に、われわれの日常生活における音環境評価と空間音響学との関わりについて考察する。

また、空間音響の研究においてよく用いられる用語である「音源」と「音像」の違いについて明確にするとともに、「空間音響シミュレーション」についてもその本質について簡単に説明する。

1.1 音環境評価システムと空間音響学

ある空間において、音源 (sound source) から放射された音響信号を入力とし、その音響信号が作り出す音場に対する受聴者の総合主観評価を出力とする評価システムは、簡単には図 1.1 のように表すことができる^{1),2)†}。

物理空間において、音源から放射された音響信号 $S(\omega)$ は境界面 (壁や天井) による反射や散乱や回折等の影響を表す空間伝達関数 $R(\omega)$ の影響を受けて受聴者の位置に到達する。さらに、この音響信号は頭部の影響を表す**頭部伝達関数 (HRTF : head-related transfer function)** $H_{1r}(\omega)$ の影響を受けて受聴者の左右の**外耳道入口 (entrance of external ear canal)** に到達し**耳入力信号 (ear input signal)** となる。この信号 $P_{1r}(\omega)$ は $S(\omega) \times R(\omega) \times H_{1r}(\omega)$ で表され、受聴者の聴覚器官への入力すなわち心理空間への入力である音刺激 (acoustic stimulus) となる。このとき、音刺激すなわち物理空間と心理空間の接点としては、物理測定が容易なことから、外耳道入口の音圧が一般に考えら

† 肩付数字は各章末の引用・参考文献番号を表す。

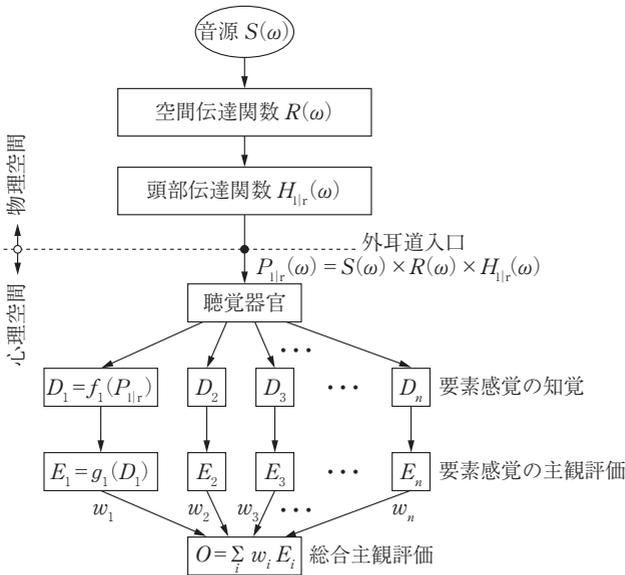


図 1.1 音環境評価システム

れている。

心理空間において、受聴者は次に示す3つの性質に大別できる様々な要素感覚をもった音像 (sound image) を知覚する。

- 1) 時間的性質 残響感, リズム感, 持続感など
- 2) 空間的性質 方向感, 距離感, 広がり感など
- 3) 質的性質 大きさ, 高さ, 音色など

続いて、受聴者はそれぞれの要素感覚に対して個人の嗜好に基づいて主観評価を行い、さらに、各要素感覚の主観評価を再び個人の嗜好に基づいて重み付け、それらを統合し総合評価を下す。

ここで重要なことは、この評価システムの心理空間には2種類の個人差が存在していることである。1つは要素感覚を知覚する際の個人差であり、もう1つは主観評価を下す際の個人差である。例えば、朗読を60 dBと70 dBの2種類の音圧レベルで聴取する場合を考えてみよう。「どちらがより音が大きいか?」と質問すると誰もが70 dBのほうを答えるであろう。この場合、個人差は「音の大きさ」という要素感覚に対する感度差として表れる。しかし、「ど

ちらが好きか？」と質問すると人によって答えが逆になることは容易に想像できる。これが主観評価における個人差である。総合評価の際の重み付けにも同様の個人差が存在する。

すなわち、不特定多数の聴き手を対象にして、音環境の普遍的な総合評価は不可能である。言い換えると、制御したり評価したりできるものは、音像の個々の性質であることがわかる。

数ある音像の性質の中で、音像の空間的性質を制御したり、評価したりする方法について学ぶ学問が空間音響学ということになる。そのために具体的には、本書では、耳入力信号 $P_{lr}(\omega)$ に含まれている音像の空間的性質の知覚のための**音響的手がかり**（キュー：cue）、耳入力信号の中に含まれる空間情報を決定付ける頭部伝達関数の性質やその測定・計算、それらを基にした空間音響の収録・再生方法、さらには、聴覚による空間知覚メカニズムを利用した音源方向の推定・分離技術などについて扱っている。

1.2 空間音響における音源と音像

図1.1では、音響信号を発するものを「音源」、発せられた音響信号によって受聴者が知覚するものを「音像」という用語を用いて記述している。事象に対する理解を容易にし、議論を深めるためには、音源と音像を明確に区別しておく必要がある。例えば、方向感について考えてみると、音響信号の性質によっては、音源の方向と音像の方向が一致しないことがしばしば見られる。

「正しい方向定位」という表現がよく使われるが、これは、「音響信号を発した音源の方向と受聴者が知覚した音像の方向とが一致する場合」、「知覚した音像の方向に関係なく音響信号を発している音源の方向を同定できる場合」、「音源の方向に関係なくシミュレーションした方向に音像を知覚できる場合」の3つの解釈が可能である。このように「音源」と「音像」を明確に区別しておかなければ、議論がかみ合わないことになる。同じようなことは距離感についてもいえる。

コラム1

「実音源 (real sound source)」、 「実音像 (real sound image)」、 「虚音源 (virtual sound source)」、 「虚音像 (virtual sound image)」といった用語をしばしば目にすることがあるが、音像はそれ自体「虚」であるので、「実音像」や「虚音像」は誤った用語であることがわかる。

1.3 空間音響シミュレーション

音像の空間的性質の知覚のための手がかりや頭部伝達関数に関する研究の多くは音像の空間的性質のシミュレーションを目的としたものである。図 1.1 に基づけば、聴き手の両外耳道入口に、**原音場**（シミュレートしようとする音場）において聴き手の両外耳道入口に生じる耳入力信号 $P_{11r}(\omega)$ を再現すれば、原音場において知覚される音像の空間的性質をシミュレートできることは容易に想像できる。そのためには、原音場そのものを別空間に再現する方法と音場に関係なく耳入力信号を再現する方法の2つの方法が考えられ、それらについて本書で紹介するが、耳入力信号に関係なく知覚のためのキューを再現する方法も原理的には可能である。特に再現したい空間的性質を限定すれば可能性はより高い³⁾。

1.4 座 標 系

空間音響に関する座標すなわち音源の位置、音像の位置、測定点の位置などを表すのに通常、**図 1.2** に示すような、頭を中心とする座標系が用いられる。座標系の原点は、両外耳道入口を結ぶ線分の中点である。**水平面** (horizontal plane) は、右眼窩点と左右の耳珠を含む平面で、これは国際的に人体計測の方法として定められているものである。**横断面** (transverse plane) は、両外耳道入口を通り水平面に垂直な面である。**正中面** (median plane) は、水平面と横断面の両方に直交する平面である。もちろん、3つの平面は座標系の原点

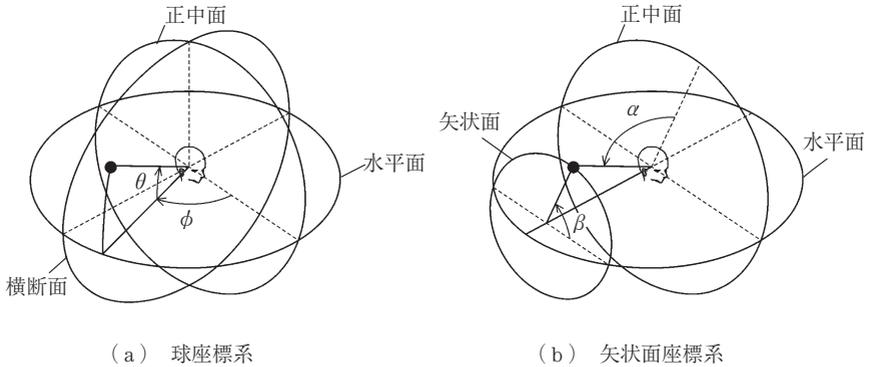


図 1.2 頭を中心とする座標系

を含む。ここで、角度 ϕ は方位角 (azimuth angle)、角度 θ は仰角 (elevation angle) である。

通常用いられる図 (a) の球座標系とは別に図 (b) に示す矢状面座標系^{4),5)} が使われる場合がある。本座標では、正中面に平行な面として矢状面が新たに定義される。図中、角度 α は音源と原点を結ぶ直線と両外耳道入口を通る直線である耳軸 (aural axis) がなす角の余角で、角度 β は矢状面内における仰角である。ここで、角度 α は側方角 (lateral angle) と呼び、角度 β は球座標系の仰角と区別するため上昇角 (rising angle) と呼ぶ。

引用・参考文献

- 1) 中山 剛, 三浦種敏: 音響評価の方法論について, 音響会誌, **22**, pp.319-331 (1966)
- 2) 森本政之: 室内音響心理評価のための物理指標, 音響会誌, **53**, pp.316-319 (1997)
- 3) K. Iida and M. Morimoto: Basic study on sound field simulation based on running interaural crosscorrelation, Applied Acoustics, **38**, pp.303-317 (1993)
- 4) M. Morimoto and H. Aokata: Localization cues in the upper hemisphere, J. Acoust. Soc. Jpn. (E), **5**, pp.165-173 (1984)
- 5) J. C. Middlebrooks: Narrow-band sound localization related to external ear acoustics, J. Acoust. Soc. Am., **92**, pp.2607-2624 (1992)

第2章

空間音響の基礎

ヒトは耳で受け取った音響信号からどのようにして音の空間特性を知覚しているのだろうか。本章では、空間音響において重要な役割を果たす頭部伝達関数について詳しく論じる。さらに、方向感、距離感、広がり感などの空間特性に関する聴覚事象を音の物理的側面と心理・知覚的側面の両面から述べる。

2.1 空間音響と頭部伝達関数

音の空間知覚、すなわち音の方向感、距離感、広がり感などの知覚に対して重要な役割を担う物理特性の1つが頭部伝達関数（**HRTF**：head-related transfer function）である。頭部伝達関数は方向知覚の手がかりとなる本質的な物理特性であり、広がり感の評価指標である両耳入力信号の相関度（両耳間相関度）を決定づける物理特性でもある。また、距離知覚においても、受聴者から約1 m以内の近距離音場では強い影響を与える。このように音の空間知覚に密接に関連する頭部伝達関数から説明を始めよう。

2.1.1 頭部伝達関数の定義

音源から放射された音がヒトの鼓膜に到達するまでの伝達経路は図2.1のように記述できる。ヒト、楽器、スピーカなどから発せられた音響信号は、空間インパルス応答が畳み込まれて、直接音および反射音として受聴者の頭部近傍に到達する。さらに頭部インパルス応答（**HRIR**：head-related impulse response）が畳み込まれて外耳道入口に到達し、外耳道を経て鼓膜に届く。

索引

| | | | | | |
|-----------------|--------------------|---------------|--------------|---------------|---------|
| <hr/> | | <hr/> | | <hr/> | |
| い | | 仮想境界面 | 63 | さ | |
| 位相定数 | 84 | 仮想点音源 | 99 | 最小ノルム解 | 121 |
| 1次音源 | 94 | カラレーション | 101 | 最適適応ビームフォーミング | |
| イヤースミュレータ | 40, 76 | ガンマトーンフィルタバンク | 137 | 座標系 | 4 |
| 因果性 | 106 | | | 3次元計測法 | 77 |
| <hr/> | | き | | <hr/> | |
| え | | 基底膜 | 137 | し | |
| エコー検知限 | 28 | キュー | 3 | 耳介の鏝状部 | 61 |
| エコーディスターバンス | 28 | 球 Bessel 関数 | 53 | 耳介の窪み部 | 61 |
| 円状アレイ | 101 | 球座標系 | 5 | 時間的性質 | 2 |
| <hr/> | | 球状頭 | 52, 75 | 耳甲介腔 | 61 |
| お | | 球バフル | 52, 75 | 耳甲介舟 | 61 |
| 横断面 | 4 | 境界面音圧制御方法 | 123 | 耳甲介部 | 61 |
| 横断面配置 | 117 | 境界要素法 | 8 | 矢状面 | 5 |
| 音刺激 | 1 | 仰角 | 5 | 矢状面座標系 | 5, 113 |
| 音に包まれた感じ | 35, 42 | 近距離音場 | 33 | 質的性質 | 2 |
| 音響設計 | 34, 39 | <hr/> | | 実頭 | 78 |
| 音響の手がかり | 3 | く | | 周波数領域両耳聴モデル | 141 |
| 音源 | 1, 3 | 空間エイリアジング | 96 | 受聴者にそっくりな | |
| 音源距離 | 30 | 空間音響回路網 | 63 | ダミーヘッド | 107 |
| 音源信号の分離抽出 | 129 | 空間的性質 | 2 | 主ビーム | 129 |
| 音源方向 | 144 | 空間伝達関数 | 1, 23 | 上昇角 | 5 |
| 音源方向推定 | 129 | グリーン公式 | 83 | 初期側方エネルギー率 | 39 |
| 音像 | 2, 37, 43 | クロストーク | 72, 114 | 進行波音源 | 62 |
| —の空間的な分離 | 27 | クロストークキャンセラ | 116 | <hr/> | |
| —の分離の割合 | 29 | クント管 | 82 | す | |
| 音像距離 | 30 | <hr/> | | スイートスポット | 125 |
| <hr/> | | け | | 水平面 | 4 |
| か | | 原音場 | 4 | スペクトラルキュー | 17 |
| 外耳道 | 61 | <hr/> | | スペクトラルキュー再学習 | 22 |
| 外耳道入口 | 1, 6 | こ | | <hr/> | |
| 回折係数 | 54 | 合成音像 | 15 | せ | |
| 外挿行列 | 98 | 剛壁円筒管耳道の耳 | 56 | 正中面 | 4 |
| 蝸牛 | 137 | コヒーレント | 37 | 先験的な知識 | 23 |
| カクテル・パーティ・プロセッサ | | 鼓膜 | 61 | 先行音効果 | 27, 139 |
| | 136, 140, 150, 156 | コーン状の混同 | | 前後エネルギー比 | 42 |
| 荷重関数 | 140 | | | | |
| | | | 16, 132, 153 | | |

前後誤判定 17, 155

そ

総合主観評価 1
測定用音源 8
速度ポテンシャル 53
側方角 5

た

第1種球 Bessel 関数 53
第1波面の法則 27, 43
対側抑制 136, 156
ダイポール音源 88
多チャネル・トランスオーラル系 120
多入力多出力系逆フィルタ理論 131
ダミーヘッド 12, 71
ダミーヘッドステレオフォニー 72
単位インパルス 79
単位インパルス応答 79, 81

ち

遅延和アレイ法 130

て

テブナン音圧 56
テブナン音響インピーダンス 56
テブナンの等価回路 56, 67
伝達因子 58
点の耳 52

と

等化器 73
等価方形幅フィルタ 151
動的な手がかり 113
頭内定位 73
頭部インパルス応答 6, 79
頭部運動 25
頭部伝達関数 1, 6, 23, 66, 109, 111, 117, 132, 135
——の個人差 12
——の個人適応 12
——のノッチ周波数 19

頭部伝達関数カタログ 143
頭部伝達関数データベース 144, 147
到来方向 52, 79
独立成分分析法 130
トランスオーラル系 116
トランスオーラルシステム 10
トーンバースト 68

ぬ

スル制御 130

の

ノッチ 8
——の自動検出 155

は

ハース効果 29
パーセントスプリット 29
バニング 16
波面合成 93
波面合成方法 123
パラメトリック HRTF 19
反射音構造 33

ひ

ピーク 8
ビームフォーミング 130
ヒューマノイドロボット 129, 158
標準化ダミーヘッド 75
広がり角 40
——の重回帰式 40
広がり感 34

ふ

複素指数関数信号 67
ブラインド分離法 130
プローブマイクロホン 7
分布定数回路 58

へ

ヘッドトラッカ 114
ヘルムホルツ-キルヒホッフの積分定理 86
ヘルムホルツ方程式 84

扁平回転楕円体 75

ほ

方位角 5
方向決定帯域 24

ま

マイクロホンアレイ 129

み

みかけの音源の幅 35
耳軸 5
耳栓型マイクロホン 7
耳入力信号 1

ゆ

有毛細胞 137

よ

要素感覚 2, 111
4端子回路 67

ら

ラウドネス 31

り

リアルヘッド 78
リファレンス情報 20
粒子速度 53
両耳間強度差 133
両耳間位相差 133
両耳間差 32, 107, 116
両耳間差情報 13
両耳間時間差 13, 133
両耳間相関度 37, 39
両耳間相互相関 136
両耳間相互相関関数 37
両耳間相互相関器 137
両耳間レベル差 13, 133
両耳聴モデル 135
両耳入力信号の包絡線 14
両耳ラウドネス 36
臨界帯域幅フィルタ 151
臨界帯域フィルタバンク 137

| A | | H | | P | |
|-------------------------------|-------------|--------------------------|--------------|-------------------------------|-------------|
| AACHEN Head | 76 | HATS | 75, 76 | PDR | 109 |
| acoustic holography | 93 | head and torso simulator | 76 | R | |
| adaptive wave field synthesis | 93 | HRIR | 6 | Räumlichkeit | 34 |
| AMNOR 法 | 130 | HRTF | 1, 6, 66 | S | |
| apparent source width | 34 | I | | scapha | 21 |
| ASW | 35 | $IACC_E$ | 40 | SD | 12 |
| auditory source width | 35 | ICC | 37 | short-time cross-correlation | |
| B | | IID | 133 | coefficient | 37 |
| BEM | 8 | ILD | 13, 133 | Sommerfeld infinity condition | 89 |
| BSPL | 36, 40 | IPD | 133 | spaciousness | 34 |
| C | | ITD | 13, 133 | spatial impression | 34 |
| C_{80} | 43 | J | | spatial responsiveness | 34 |
| concha | 21 | Jeffress-Colburn モデル | 135 | Stereo Dipole 方式 | 117 |
| D | | K | | subjective diffuseness | 34 |
| DICC | 40 | KEMAR | 76, 114, 148 | T | |
| diffuse field | 76 | L | | The KU 100 dummy head | 76 |
| DOA | 52, 79, 144 | Legendre 関数 | 53 | TSP 信号 | 8, 79, 148 |
| DOA 軸 | 52 | LEV | 35, 42 | U | |
| dummy head | 75 | LF | 39 | unwrap 処理 | 134 |
| E | | listener envelopment | 35 | W | |
| Earlike Coupler | 76 | M | | wave field synthesis | 82, 93, 123 |
| ERB | 151 | manikin | 75 | Weber の法則 | 41 |
| F | | MINT | 131 | Weber 比 | 42 |
| FBR | 42 | MUSIC 法 | 130 | | |
| FDTD 法 | 8 | M 系列信号 | 8, 79 | | |
| FEC | 109 | N | | | |
| fossa | 21 | NFD | 13 | | |

空間音響学

Spatial Hearing

© (社)日本音響学会 2010

2010年8月27日 初版第1刷発行

検印省略

編者 社団法人 日本音響学会
東京都千代田区外神田 2-18-20
ナカウラ第5ビル2階
発行者 株式会社 コロナ社
代表者 牛来真也
印刷所 萩原印刷株式会社

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発行所 株式会社 **コロナ社**

CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替 00140-8-14844・電話 (03)3941-3131(代)

ホームページ <http://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-01322-1

(新宅) (製本: 愛千製本所)

Printed in Japan



無断複写・転載を禁ずる

落丁・乱丁本はお取替えいたします