

第 8 章

結 論

音声の採集，記録，環境監視において，音源の位置を探索し，周囲の騒音から目的音源の放射する，広帯域の信号を高感度，高 SNR，かつ忠実に採音することが要求されている．このような要求を満たすため，音波の球面伝搬原理に基づき，目的音源の放射する信号を多数マイクロフォンで同時受信，合成する方法に着目し，本研究では，計算機援用電子走査球面アレイ型マイクロフォンシステムを提案し，システムの基本特性を理論・数値解析的に明らかにした．また，野鳥の生活環境に影響せず，川辺，樹林などで生活している野鳥の鳴き声を正確に採取する具体的な応用目的に合わせて，提案球面アレイ型マイクロフォンシステムの実験系の仕様を設定し，システムを設計・構築し，その基本 3 特性を実験的に評価した．具体的には

- (1) システムの簡便性と実現性および受動合焦機能を最大限に利用するため，球面アレイ軸上電子走査と球面アレイ全体の水平回転と首振りとによる簡便な焦点走査方式を提案した．また，その実現へ向け，
- (2) ノートパソコン援用デジタル制御アナログデバイス利用電池駆動の実時間可搬型システムを提案した．
- (3) 理論・数値解析結果に基づく提案システムの設計，試作，並びに基礎的実験による構築システムの基本 3 特性の評価を通じて，その有効性と特長を，理論，実験の両側面から明らかにした．これより，次の主要な成果を得た．
 - 広帯域信号採取に際しては，帯域波に対する平均周波数感度分布評価，並びに相対受信 RMS 誤差分布の形による採音波形忠実度評価の必要性を指摘し，これらの重要性を明確にした．
 - 実際に，理論・数値解析と実験により，対象システムの基本特性の有効性と特長を明らかにした．加えて，試作の実験系を用いての室内基礎実験により，相対受信 RMS 誤差を除く，他の 2 基本特性の実験値と理論・設計値との良い一致を得た．

- (4) 振幅補正荷重に関しては、焦点での感度下限を拘束条件とし、SNR 最大化問題として定式化すると共に、一意解を簡潔に導き、それを既構築システムに導入し、上記(3)と同様な事柄を通じて、最適システムが近方場で特に優れた合焦機能を有し、中長距離場では上記(3)の基本システムと等価であることを実証した。
- (5) マイクロフォン素子バラツキの高精度校正法の補助実験結果を踏まえて、高精度電子走査システムの実現可能性を考察し、DSP 採用のデジタル球面アレイ型マイクロフォンシステムは十分に実現可能であると結論した。

以上により、提案球面アレイ型マイクロフォンシステムには、高感度、高 SNR、焦点の周りでの信号採取忠実性、音源の合焦走査と分離、鋭指向性などの特長があることを理論・数値解析と実験の両面から実証した。しかし、構築アナログ実時間システムでは、マイクロフォン素子特性のバラツキ校正に簡易校正法を用いているため、相対受信 RMS 誤差の測定値は、焦点近傍以外において理論・数値解析値より、大きくなってしまいうことも明らかになった。これを解決するため、高精度校正法を用いる高精度デジタル版マイクロフォンシステムの開発の必要性を指摘し、その構成と実現可能性を考察した。その結果、高精度計算機援用電子走査実時間可搬性球面アレイ型マイクロフォンシステム実現へ向けての基本資料が得られた。今後、その試作と実験評価の研究が必要である。

本論文ではシステムの簡便性、実現可能性の観点から、球面状マイクロフォンアレイの配置について、球面アレイ開口の角度方向には等間隔に 45 度間隔の 4 円弧交差の構成配置法を採用し、また同一円弧上のマイクロフォンの配置間隔については、等間隔を採用した。このような配置では、当構築システムのように合焦空間直径に比べて走査焦点距離が大きく、検出球面が焦点近傍の音源分布の 3 次元フーリエ変換面に近似できる場合には、採取空間周波数の上限が球面アレイの開口サイズで定まるため、システムの設計仕様の設定や、設計・構築、あるいは構築システムの特性評価が非常に簡単化されるという特徴があった。しかしながら球面上のマイクロフォン配置に着目すると、球面中心部に当る低空間周波数域に多数のマイクロフォンが集中し、逆に周辺部の高空間周波数域でそれが粗に配置されるという事実がある。これに対して、同心リング上にマイクロフォンを等間隔に配置し、各リングを連結して球面を構成する方法も考えられる。この配置では、球面の全域に渡ってマイクロフォンが均一に近い形で配置できるが、その設計仕様の設定、設計・構築、並びに構築システムの特性評価は、本提案システムと比べてより複雑になると予想される。いずれにしてもこの種の配置によるシステムの基本特性の理論・数値解析及び実験評価は、今後の研究課題とする。