

複素音響インテンシティを用いた物体同定に関する基礎的検討

日大生産工(院) 片岡 忠

日大生産工 山崎 憲

1. はじめに

可聴音は、あらゆる場所に生活環境音として多く存在する。その可聴音を音源として利用した物体認識のための基礎的な資料を得るために、可聴音から得られた複素音響インテンシティを最適化手法の基本データとして、物体同定について検討を行った。

2. 境界要素法

定常音場において、任意の点 i における速度ポテンシャル ϕ_i に対して、音場における境界を Γ とすると、境界積分方程式は

$$c_i \phi_i + \int_{\Gamma} \phi \frac{\partial \phi^*}{\partial n} d\Gamma - \int_{\Gamma} \frac{\partial \phi}{\partial n} \phi^* d\Gamma = 0 \quad (1)$$

となる。ただし、境界の形状によって定まる係数を c_i 、基本解を ϕ^* 、境界の外向きの法線方向微分を $\partial/\partial n$ とする。

速度ポテンシャルは ϕ_i 、音圧 p_i と粒子速度 v_i の間には次のような関係がある。

$$p_i = j\omega\rho\phi_i \quad (2)$$

$$v_i = -\nabla\phi_i \quad (3)$$

よって、任意の点 i における複素音響インテンシティ $\mathbf{I}c_i$ は、

$$\mathbf{I}c_i = \frac{1}{2} p_i v_i^* = \mathbf{I}a_i + j\mathbf{I}r_i \quad (4)$$

と求めることができる。ただし、アクティブ音響インテンシティを $\mathbf{I}a_i$ 、リアクティブ音響インテンシティを $\mathbf{I}r_i$ 、複素共役を * とする。

3. 最適化手法

物体の同定は、次のような目的関数 W を

$$W = \sum_{i=1}^m |I' - I|^2 \quad (5)$$

とし、 W を最小とする物体の位置、大きさ及び形状を求める最適化問題とした。ただし、真の物体の位置、大きさ及び形状より順解析で求めた測定点 i における複素音響インテンシティの値を I' 、想定した各個体の物体の位置、大きさ及び形状より求めた測定点 i における複素音響インテンシティの計算値を I 、測定点数を m とした。最適化手法としては、遺伝的アルゴリズム(GA)と焼きなまし法(SA)¹⁾を併用したハイブリットGAを用いた。

本検討のハイブリット GA を用いた物体同定のアルゴリズムを、図 1 に示す。また詳細は、次の通りである。

Step1：初期集団の発生

乱数によって、初期固体パラメータをランダムに発生させる。

Step2：目的関数の算出

Step1 で得られた全ての個体パラメータに対して境界要素法を適用し、複素音響インテンシティの計算値から、目的関数を求める。

Step3：淘汰・選択の実行

ルーレット選択方式とエリート保存戦略の 2 つの手法を組み合わせ、淘汰・選択

を行う。

Step4：交叉の実行

一点交叉を用いて交叉を行う。

Step5：突然変異の実行

突然変異率に従い 0 を 1、あるいは 1 を 0 に変更する。

Step6：焼きなまし法

エリート保存戦略によって選ばれた個体パラメータに対して、焼きなまし法を実行する。

Step7：生物集団の評価

世代数が設定数に達すれば終了し、そうでない場合は Step2 へ行く。

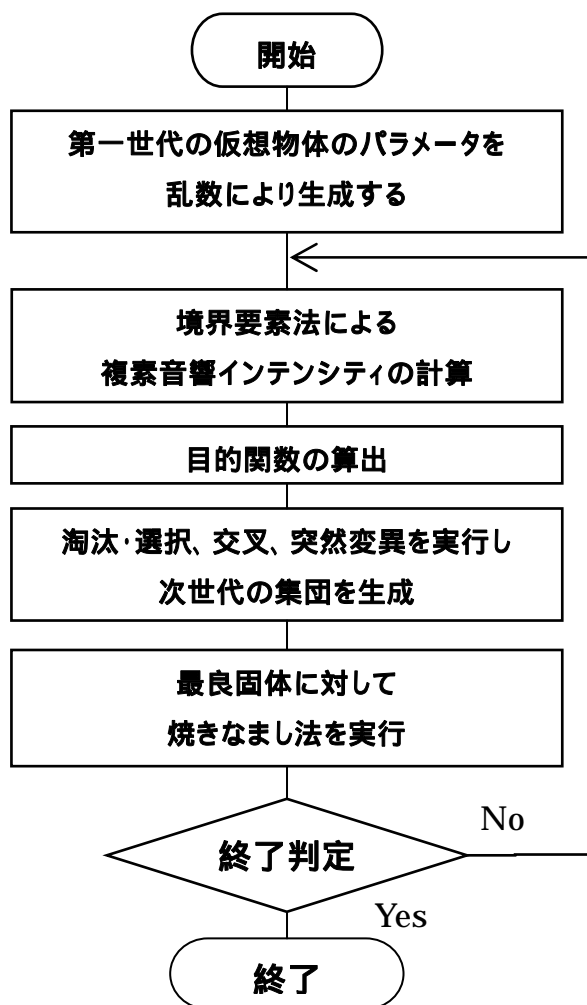


図1 フローチャート

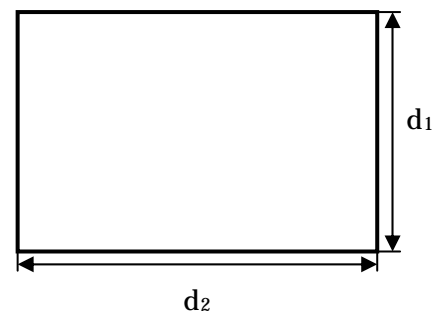
なお、GAの制御パラメータは個体数 100、交叉率 1.0、突然変異率 0.05 とし²⁾、複素音響インテンシティはアクティブインテンシティとリアクティブインテンシティのうち、目的関数 W の小さい成分を使用した。

4. 測定装置・方法

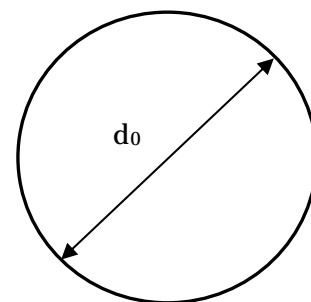
図2に本検討で用いた物体の形状、図3に本検討の計算モデルの概略・構成を示す。

音源は、径 1.8[cm]とし、周波数 1500[Hz]で駆動しているものとした。

物体は、形状が四角形の場合、 $d_1=30$ [cm] $d_2=30$ [cm]、円形の場合 $d_0=30$ [cm]、厚さをともに 1.5[cm]として検討を行った。



(a) 四角形の場合



(b) 円形の場合

図2 形状の種類

測定は、x 軸方向 40.0[cm]、y 軸方向 40.0[cm]の範囲で音源から 23.0[cm]およ

び 28.0[cm]の 2 面で行った。

また、観測点は x 軸方向、y 軸方向を 20.0[cm]間隔で 9 点を設けた。音源と物体の距離は $d=46.0$ [cm]とした。

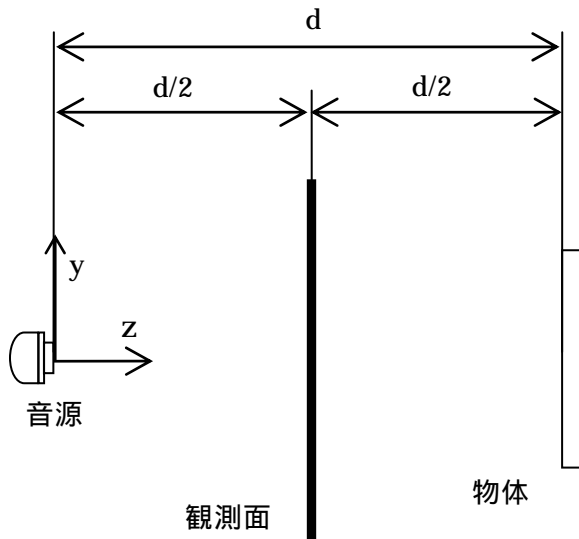


図 3 配置位置

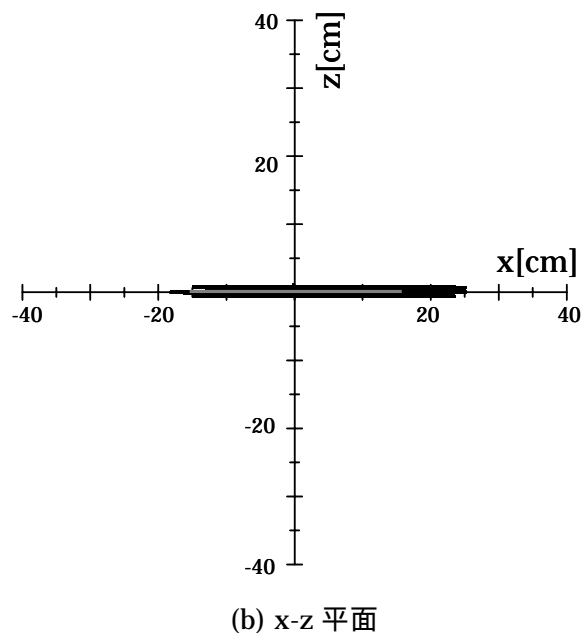
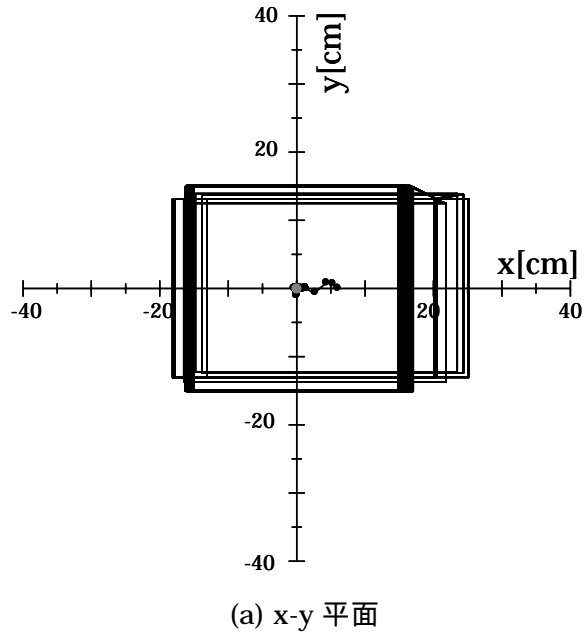
5. 結果

本検討では、遺伝的アルゴリズムに焼きなまし法を併用し、物体の位置および形状の同定の検討を行った。

図 4 は、物体を四角形 ($d_1=30$ [cm]、 $d_2=30$ [cm])とした場合の、位置及び形状の同定結果のうち、各世代において最も優秀な個体の物体の推移を示したものである。(a)はx-y平面、(b)はx-z平面を示しており、収束した物体のを灰色で示している。

これより、始めは、長方形をしていた物体が、世代が進むにつれて正方形に近づき、物体の中心座標も真の物体の中心座標に近づいていることがわかる。

最終的には、各座標ともに、収束した物体を示した灰色の点が、物体位置の真値に一致し、形状が四角形であることがわかった。



真値

物体中心座標(x,y,z)=(0.0,0.0,0.0)
物体の形状：四角形
大きさ： $d_1=30$ [cm], $d_2=30$ [cm]

収束結果

物体中心座標(x,y,z)=(0.0,0.0,0.0)
大きさ： $d_1=30$ [cm], $d_2=30$ [cm]

図 4 座標推移図

図 5 は、物体を円形($d_0=30$ [cm])とした場合の、位置及び形状の同定結果のうち、各

世代において最も優秀な固体の推移を示したものである。(a)はx-y平面、(b)はx-z平面を示しており、収束した物体のを灰色で示している。

これより、真値の倍近い値であった径が、徐々に世代が進むにつれて小さくなっていることがわかる。また、物体の中心座標も真値に近づいていることがわかる。

最終的に、各座標ともに収束した物体を示した灰色の点が、物体位置の真値に一致しており、形状も円形であることがわかった。

6. おわりに

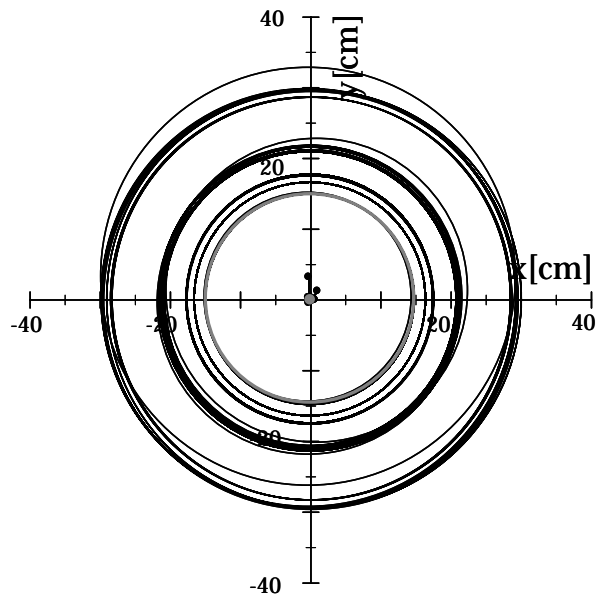
本検討において、可聴音から得られた複素音響インテンシティを基本データにして、境界要素法とハイブリッド GA を併用し物体形状を四角形および円形と変化させ、物体の位置及び形状の同定を行った。

その結果、物体を四角形、円形と変化させた場合でも、形状を認識し、位置及び大きさをいずれも精度良く同定できており、本手法が有効であることがわかった。

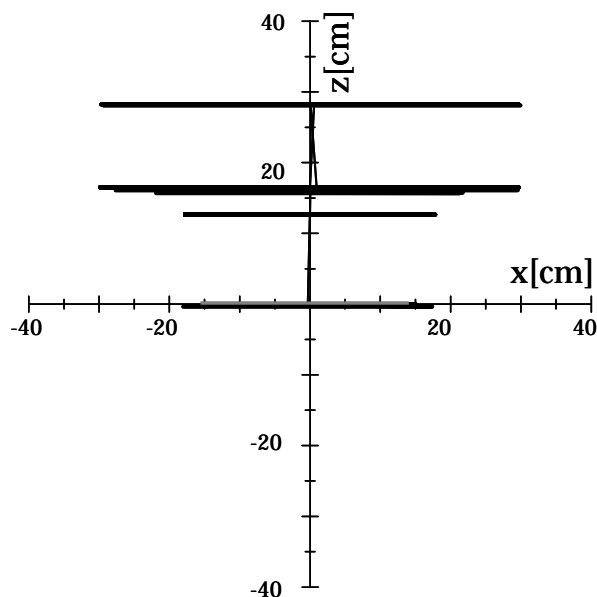
今後は、複素音響インテンシティの実測値を用いて物体の同定及び本検討以外のさまざまな物体の形状を認識できるように検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 高橋則雄、大歳雅洋、村松和弘「時期プレスモデルを用いた各種最適化手法の比較検討」シミュレーション、第 18 巻第 1 号、(1999)、pp.52~pp.57
- 2) 片岡忠、山崎憲「複素音響インテンシティを用いた物体位置・大きさ同定に関する基礎的検討」日本音響学会講演論文集、(2004)、pp.575~pp.576



(a) x-y 平面



(b) x-z 平面

真値

物体中心座標(x,y,z)=(0.0,0.0,0.0)
物体の形状：円形
径： $d_0=30$ [cm]

収束結果

物体中心座標(x,y,z)=(0.0,0.0,0.0)
径： $d_0=30$ [cm]

図 5 座標推移図