

遠距離音源に対する MUSIC 法を用いた音源位置推定の精度評価

Accuracy evaluation of long-distance sound source localization using the MUSIC method

石川恵翔 小池義和 古谷政樹 八田浩平 先山倫太郎 宮城啓人
Keito Ishikwa Yoshikazu Koike Masaki Furuya Kouhei Hatta Rintarou Sakiyama Hiroto miyagi

芝浦工業大学
Shibaura Institute of Technology

1. 背景と目的

AIS（自動船舶識別装置）を持たない船舶が視界の悪い海上における衝突回避や騒音災害時の音源調査の手法として、汽笛を用いた音源位置推定の技術が期待される。著者らはマイクロホンアレイを用いた音源到来方向技術とマイクロホンアレイの衛星位置情報を組み合わせて複数のマイクロホンアレイ間距離と比較し音源が遠距離にある場合の位置推定精度について検討を行っている。[1]
本研究では、マイクロホンアレイ間距離に対して音源とマイクロホンアレイの中心との距離が 10 倍を超える場合について検討を行い、音源位置推定精度に衛星測位結果との比較により評価を行った。

2. 三角測量を用いた音源位置推定

音源位置の推定に用いられる三角測量は、音源と 2 つのアレイを使用する。図 1 に示すように、アレイ間隔を L 、アレイ中心から音源までの距離を R とし、音源の到来角の推定精度を R/L の比で表す。 R/L 比が小さいほど、音源までの距離推定精度は向上する。距離推定の許容誤差範囲を $\pm 30\%$ としたとき、 R/L 比が 1 の場合の到来角の許容誤差範囲は $-5.6 \sim 8.9^\circ$ であり、 R/L 比が 5 の場合は $-1.3 \sim 2.4^\circ$ 、 R/L 比が 10 の場合は $-0.7 \sim 1.2^\circ$ となる。[1]
これらの評価基準をもとに、各アレイで推定した音源の到来方向から音源位置の推定を行い、得られた結果に対して精度評価を行う。

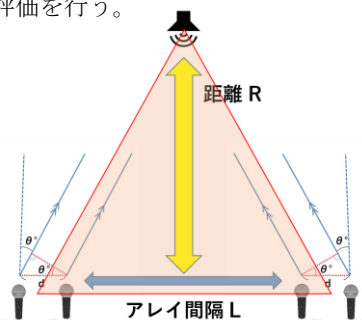


図 1. 三角測量の原理

3. 実験構成

実験構成図を図 2 に示す。2 カ所のアレイの中心から正面方向を到来角 0° とした。音源の位置はアレイ中心から正面方向 30, 50, 100m の距離に設置し、録音を行った。その後、図 2 の左方向に音源をずらして到来角 -30° の音源の録音を行った。音源は 400Hz のトーン信号を使用した。マイクロホンは、Dayton Audio の EMM-6、エレクトレットコンデンサマイクロホンを使用し、1kHz での感度は -40dBV である。これをアレイ 1 カ所につき 3 本用意し、マイクロホン間隔 17cm で録音を行った。図 2 の測位位置で

は、ALES 社の高精度測位サービスを利用して測位を行い、測位結果を三角測量における真値として採用した。サンプリング周波数は 48kHz に設定し、マイクロホンからオーディオインターフェースを介して、15 秒間の録音を行った。



図 2. 実験構成図（夢の島公園陸上競技場）

各測位位置について

A~F: 音源設置位置
(スピーカー)

X, Y: マイクロホンアレイ
Z: 2 カ所のマイクロホンアレイの中心

音源とマイクロホンアレイ間中心との距離

A-Z: 30m

B-Z: 50m

C-Z: 100m

マイクロホンアレイ間距離

X-Y: 6m

4. 実験結果

MUSIC 法を用いて、音源位置推定を行った結果を以下の表 1 に示す。2 カ所のアレイで求めた音源の到来方向の推定結果を 5 秒間切り取り、平均を取った後、アレイ中心に対する音源の到来角を計算し、実験値とした。

表 1. 三角測量による実験値及び衛星測位による真値

音源位置 100m		到来角推定 [°]	距離推定 [m]
到来角 0°	真値	0.00	100
	実験値	-2.20	471
到来角 -30°	真値	-29.2	118
	実験値	-33.5	174

5. 考察

表 1 の結果から、音源の到来角が 0° の場合、到来角推定は真値に対して -2.20° 、距離推定誤差は $+300\text{m}$ 以上であり、音源の到来角が -30° の場合、到来角推定は真値に対して -4.2° 、距離推定誤差は $+56\text{m}$ であった。到来角が 0° の場合の精度が低下した原因としては、2 カ所のマイクロホンアレイから求めた到来角推定の誤差が左右に開けた形で発生してしまったことが挙げられる。衝突回避には、推定結果（実験値）が真値より短く出る必要があり、音響信号の特徴から対策を検討する。

参考文献

- [1] 古谷政樹他, 測位航法学会全国大会予稿集, 5 (2023)
- [2] 山崎 他, 日本音響学会秋季研究発表会講演論文集, pp579-580 (2023)