

MUSIC 法における素子位置誤差の等価 SNR 表現

石浦 希美 ・ 堀 俊和 ・ 藤元 美俊 (福井大学 工学部)

1. まえがき

到来波の方向推定法として高分解能推定アルゴリズムを用いる MUSIC 法が知られている[1]. MUSIC 法では, アンテナ素子の位置に誤差があり, 正確なステアリングベクトルが得られない場合や, 受信信号の入力 SNR が低下する場合には, 到来方向の推定精度が劣化してしまう[2]. 著者らは, アンテナ素子の位置誤差と入力 SNR の関係について検討し, 位置誤差は, 到来方向の推定誤差率を媒介変数として「等価 SNR」として表現できることを明らかにした[3]. 本報告ではアンテナ素子数を変化させたときの等価 SNR を求めた.

2. 解析モデル

図 1 に示すように, 素子数 N , 素子間隔 d のリニアアレーを Δd だけずらし, MUSIC 法を用いて到来方向のシミュレーションを行った. 到来波数を 2 波とし, 第 1 波の到来方向を $\theta_1 = 0^\circ$, 第 2 波を $\theta_2 = 60^\circ$ とした. 8000 回の試行を行い, 真の到来方向と推定した到来方向との差が, 許容推定誤差 $\Delta \theta_2$ より大きくなる確率を求めた. この値を誤推定率とした. 位置誤差 Δd は, 平均 μ , 標準偏差 σ に従う正規乱数とした.

3. 推定誤差に対する位置誤差の影響

位置誤差による誤推定率の結果を図 2, 3 に示す. $d = 0.5\lambda$, $\mu = 0\%$ と固定し, $N, \sigma, \Delta \theta_2$ をそれぞれ変化させた. 図 2 は, $\sigma = 0\%$ のときの $\Delta \theta_2 = 0.5^\circ$, すなわち位置誤差がない状態における誤推定率である. 図 3 は, $\sigma = 3\%$ のときの $\Delta \theta_2 = 1.5^\circ$ の誤推定率である. 図 3 に示すように, 素子に位置誤差があると, 入力 SNR が大きい領域においてフロアが生じることがわかる.

4. 位置誤差に対する等価 SNR 表現

σ を変化させたとき, 入力 SNR = 40dB の誤推定率の値をそれぞれの素子数ごとに求め, それらが $\sigma = 0\%$ のときの誤推定率の値と一致するときの SNR を求めた. これらを $\Delta \theta_2 = 0.5, 1, 1.5, 2$ と変化させて同様のことを行った. 結果を図 4 に示す. 図 4 より, 素子間隔の誤差から生じる推定精度の劣化と SNR の低下から生じる推定精度の劣化は, ほぼ 1 対 1 の関係にあり, 素子数に依存しないことがわかる. 素子位置誤差が推定誤差に関して, どの程度の SNR に相当するかを表す等価 SNR は以下の式で表される.

$$\text{等価 SNR [dB]} = 16.5 \times (\text{位置誤差 [\%]})^{-0.5}$$

以上より, MUSIC 法においてはアンテナ素子利得の向上や低雑音化による SNR の向上だけでなく, 素子位置精度の向上も重要であることが改めてわかる.

5. むすび

MUSIC 法のアンテナ素子位置の誤差の影響について, 素子数を変化させて検討した. 素子数を変化させても, 素子位置の誤差と入力 SNR は, 到来方向の推定誤差率を媒介変数としてほぼ 1 対 1 の関係にあり,

素子位置誤差は等価 SNR として表現できることを示した.

参考文献

- [1] 菊間信良, “アレーアンテナによる適応信号処理”, 科学技術出版, 1998 年.
- [2] 皆川晃, 松本正, “ステアリングベクトル歪みによる到来方向推定誤差とその補正効果”, 信学技報, AP2000-133, pp.43-50, Oct. 2000.
- [3] 石浦希美, 堀俊和, 藤元美俊, 2003 信学ソ大, B-1-43

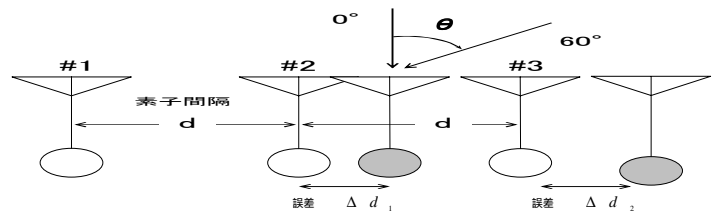


図 1 シミュレーションで用いたアンテナ素子

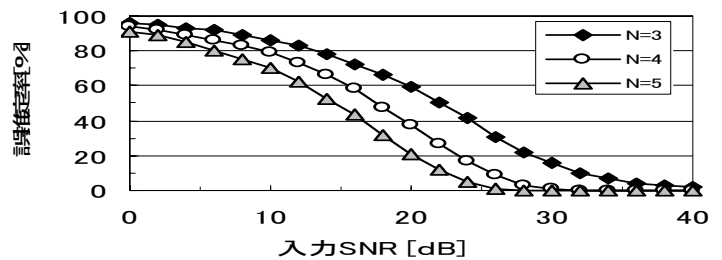


図 2 $\mu = 0\%$ $\sigma = 0\%$ $\Delta \theta_2 = 0.5^\circ$ のときの誤推定率

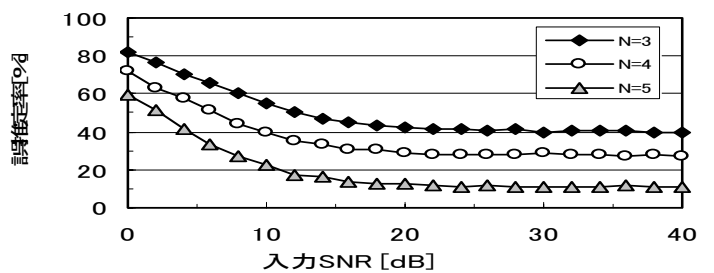


図 3 $\mu = 0\%$ $\sigma = 3\%$ $\Delta \theta_2 = 1.5^\circ$ のときの誤推定率

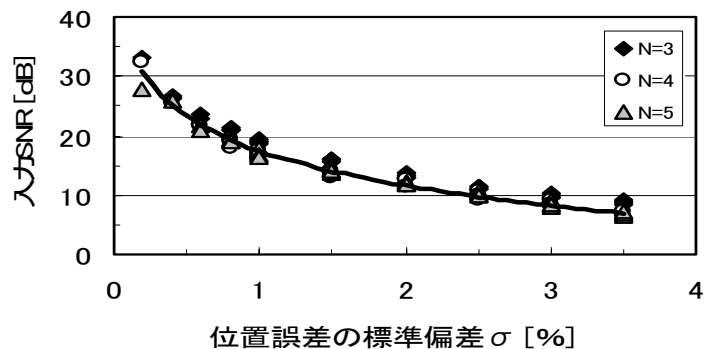


図 4 $\Delta \theta_2$ における位置誤差 と入力 SNR の関係