

B-1-35 2次元スーパーレゾリューション法における推定誤差特性について

On Estimation Error Characteristic of 2-D Superresolution Techniques

原 六蔵
Rokuzou Hara

中澤 達也
Tatsuya Nakazawa

山田 寛喜
Hiroyoshi Yamada

山口 芳雄
Yoshio Yamaguchi

新潟大学工学部
Faculty of Engineering, Niigata University

1. まえがき

MUSIC法 [1] などスーパーレゾリューション法は高分解能性を有し、電波到来方向・伝搬遅延時間推定に用いられる。高相関波を分離推定する際、スーパーレゾリューション法は相関抑圧前処理を要し、その相関抑圧効果が推定誤差に影響する。特に、到来方向・伝搬遅延時間を組み合わせた多次元同時推定法では、相関抑圧効果の得られない領域が生じる。しかし、同じくスーパーレゾリューション法の一つであるMODE法 [2] ならば推定に相関抑圧処理を必要としない。本報告では、2-D MUSIC法、2-D MODE法における推定誤差特性をシミュレーションで検討し、高相関波推定におけるMODE法の優位性を示す。

2. 相関抑圧前処理

相関波を受信したデータでMUSIC法などを用いた高分解能な推定を行うには、解析の前処理として相関抑圧が必要である。ここでは相関抑圧前処理に移動平均(SSP)法 [3] を使用する。SSP法には様々な改良手法が提案されてきたが、その性能は推定する信号パラメータに依存する。特に、推定情報が多次元であると、相関抑圧効果が得られない領域も存在し、その適用には注意が必要である。

3. シミュレーション

半波長間隔4素子アレーで、2.43~2.48GHzを11ポイントでサンプリングする到来方向・遅延時間同時推定を行う。相関抑圧効果の問題点を明確にするため、データ補間処理は理想的に行われるものとした2次元(到来方向・遅延時間)推定を取扱う。相関抑圧はSSP法を用いる(サブアレー数:M=2)。入射波#1を(0°, 10ns)に固定し、入射波#2のパラメータを相対的に変化させる。2波は等電力で、コヒーレント、SNRは20dB、スナップショット数は100とする。次に基づいたSSP法における実効相関係数の分布を図1に示す。

$$|\rho_{SSP}(1,2)| = \frac{|\sin[\pi M\{\Delta f dt - \Delta g ds\}]|}{M |\sin[\pi\{\Delta f dt - \Delta g ds\}]|}$$

$$(dt = t_1 - t_2, ds = \sin \theta_1 - \sin \theta_2)$$

ここで、 Δg は波長で規格化された素子間隔、 Δf はサンプリング周波数間隔である。MUSIC法の推定誤差を下式により評価した結果が図2である。

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \{2\pi(\Delta f|t_k - t_e| + \Delta g|\sin \theta_k - \sin \theta_e|)\}^2}$$

なお、 θ は到来方向、 t は遅延時間、添字 e, k はそれぞれ設定値、推定値である。相関抑圧効果が得られない領域では推定が行えず、その周辺においても推定誤差が増大する(図中の斜線領域は分離不可能領域)。

さらにMSSP法などの使用も考えられるが、必ずしも信号相関が抑圧される保証はない。そこで、相関抑圧前処理を必要としないMODE法を用いて同様の計算を行うと図3となる。同図より、高相関波を直接取捨する手法ならば、誤差は2波の時空間距離に反比例して減少する。

4. まとめ

本稿では、MUSIC、MODE法の推定誤差特性を示した。その結果、近接した入射波に対し、MUSIC法は高相関波の推定に注意が必要であるが、MODE法はそのような特異性が存在せず高精度に推定できることを確認した。

参考文献

- [1] R. O. Schmidt, IEEE Trans. Antennas & Propagat., AP-34, No.3, pp.276-280, Mar. 1986.
- [2] P. Stoica et al., IEE Proc., 137, Pt.F, No.1, pp.19-26, Feb. 1990.
- [3] T. J. Shan et al., IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, 33, No.4, pp.806-811, Aug. 1985.

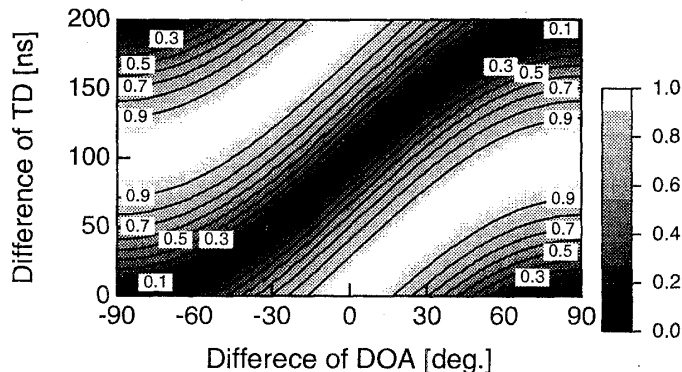


図1 SSP法による相関抑圧効果

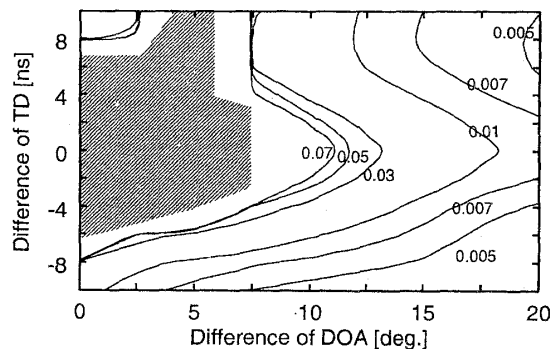


図2 MUSIC法による推定誤差

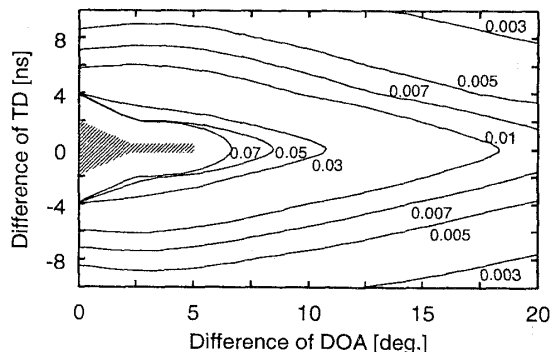


図3 MODE法による推定誤差