

2つの固定アンテナを用いた電波到来方向の簡易的推定

機械電子科 上野貴康* 山田浩文

Simplified estimation of the direction of radio-wave arrival using two fixed antennas

UENO Takayasu and YAMADA Hirofumi

Keywords: direction of radio-wave arrival, antenna

固定した2つのアンテナによる電波到来方向の簡易的推定技術について検討した。小型で安価な2つの八木・宇田アンテナを角度 160° で設置することにより、電波を受信した際に2つのアンテナの受信レベル差が最大となり、受信レベル差から電波到来方向を誤差約 20° で推定できる可能性を確認できた。

キーワード：電波到来方向推定、アンテナ

1 はじめに

電波の到来方向推定技術は様々な分野で利用されている。重要施設侵入等トラブルが増加している移動体（ドローン等）を検知するシステムなどは、この技術を利用しているが、大規模で高額になるという課題がある。電波到来方向推定技術は、推定範囲の限定や構成の簡素化により、おおよその到来方向を推定するシステムとすることで、小規模・低コストでの作製が見込める。そこで、本研究では固定した2つのアンテナによる電波到来方向の簡易的推定技術について検討した。

データが、2つのアンテナ間の角度でどのように変化するかを調べるため、表1の測定環境及び表2の測定機器を用いて電波の受信レベル測定を行った。

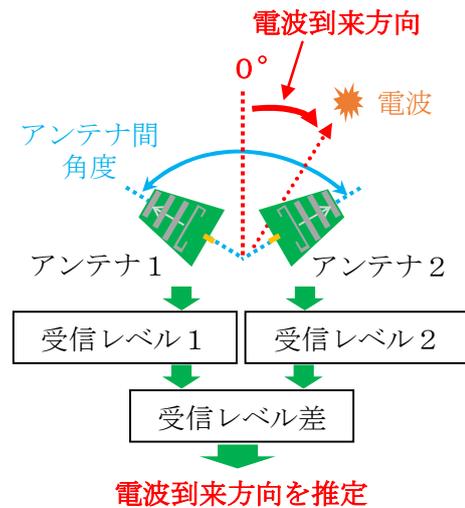


図1 電波到来方向推定の仕組み

2 方法

2.1 アンテナ利得の測定

4種類のアンテナを対象に、本研究に適しているかを検討した。検討したアンテナは、市販の小型で安価な「TEM」、「対数周期」、「八木・宇田」、そして計測機器用である「Double Ridged Guide Horn (ホーン) 3115 (ETS-Lindgren 社製)」の4種類であり、各々のアンテナ利得の周波数特性を測定した。測定は、SAE ARP958 Rev. D規格に従い（ただし、測定時の高さは3 mではなく1 m）、ベクトル・ネットワーク・アナライザ E5061B (KEYSIGHT 社製) を用いて行った。

2.2 電波到来方向推定方法

電波到来方向推定の仕組みを図1に示す。2つのアンテナを設置し、その受信レベル差から電波到来方向を推定する仕組みである。アンテナで受信する

表1 測定環境

試験室	電波暗室
電波到来方向	アンテナ正面を 0° として $-90^\circ \sim 90^\circ$
2つのアンテナ間角度	$40^\circ \sim 160^\circ$ (20° ステップ)
受信レベル測定器	EMI テストレシーバー 2台
電波発信器	コムジェネレータ

* 現 技術支援担当

表2 測定機器

機器名称	型番	製造会社
EMI テストレシーバー	ESW	Rohde & Schwarz
EMI テストレシーバー	ESL	Rohde & Schwarz
コムジェネレータ	YRS03	York EMC Service

3 結果

3.1 アンテナ利得の測定

4つのアンテナの利得を図2に示す。「TEM」や「対数周期」は、今回対象としている2.4~2.5GHzにおいて周波数毎に出力される値の変化が大きかったが、「八木・宇田」や「ホーン」はこの変化が小さく、利用するアンテナとして適していた。「ホーン」は計測機器用アンテナであり、アンテナサイズが大きく高額であるため、今回のシステムに適用するアンテナは「八木・宇田」を選定した。

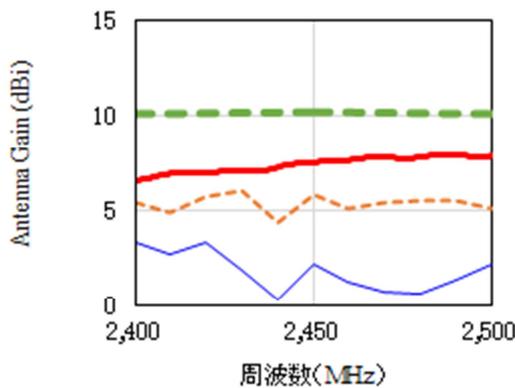


図2 4つのアンテナの利得

- ホーン
- 八木・宇田
- - - 対数周期
- TEM

3.2 電波到来方向推定方法

「八木・宇田」アンテナを用い、アンテナ間角度を40° から160° まで20° 毎に変化させた条件で、電波到来方向を模した電波源の方向を変化させ、2つのアンテナの受信レベル差を測定した(図3)。その結果、アンテナ間角度が広い程、推定可能な到来方向範囲が広く、受信レベル差が大きくなった。今回の測定条件では、アンテナ間角度を160° とすることで、2つのアンテナの受信レベル差が最大となった。

アンテナ間角度160° の2つのアンテナの受信レベル差及び近似直線を図4に示す。この近似直線は2つのアンテナの受信レベル差と標準偏差(σ)が±9.69°、2σで±19.4°の関係となった。目標の±15°には至らなかったが、2つのアンテナの受信レベル差から電波到来方向を誤差約20°で推定できる可能性が確認できた。

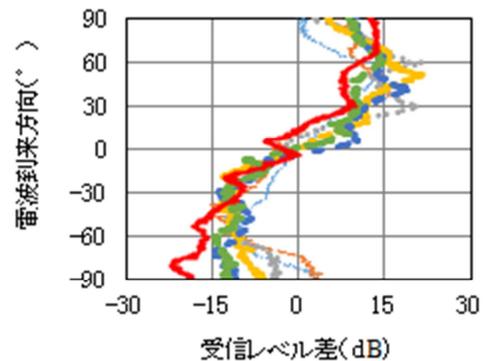


図3 2つのアンテナの受信レベル差

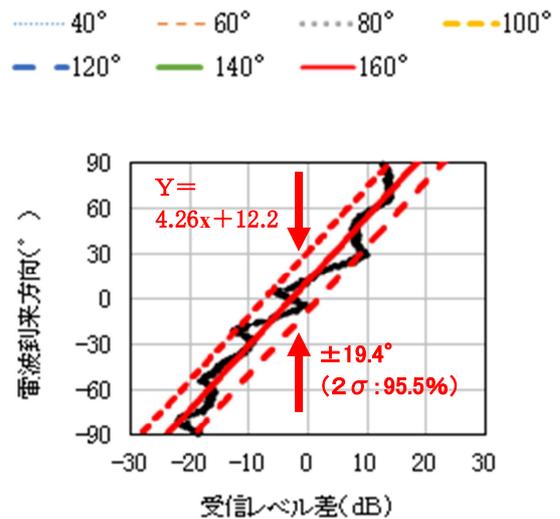


図4 アンテナ間角度160°での受信レベル差とこの近似直線

- 受信レベル差
- - - 近似直線+2σ
- 近似直線
- - - 近似直線-2σ

4 まとめ

小型で安価な電波到来方向推定技術の検討として、2つのアンテナの受信レベル差から電波到来方向を推定する試みを行った。市販の八木・宇田アンテナ2つを160°の角度で設置することにより、約20°の誤差で電波到来方向を推定できる可能性が確認された。