

近距離物体の距離・角度の電波センシング法に関する一検討

A Study on Range/Angle/Amplitude Measurement using Millimeterwave Freq Step Radar

新田大輔 秋田学 稲葉敬之

Daisuke Nitta Manabu Akita Takayuki Inaba

電気通信大学大学院情報理工学研究科

Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

1. まえがき

電波による近距離物体の距離と角度の高分解能計測手法について検討する。物体の形状推定および各部位からの反射電力分布を計測可能であれば、各種応用が期待される。距離の高分解能化は、狭帯域 CW 信号を広帯域にステップさせる「周波数ステップ CW」、角度の高分解能化はアンテナを回転させた計測データからアンテナパターンを用いた「逆畳み込み法」を用いることを考える。本稿では、基本的なコンセプトの検討とシミュレーションによる基本機能確認を行なう。

2. 提案手法

1) 距離高分解能法

周波数ステップ CW レーダでは、各送信周波数 f_n に対応する波長を λ_n とすれば、計測対象との速度差を無視出来る場合には計測信号は $S(n)=A \cdot \exp(4\pi jR/\lambda_n)$ と書かれ、通常の FFT により距離 R の算出が可能である。このとき、距離分解能は、全ステップ帯域幅を B 、光速を c とすれば、 $c/2B$ 、また、距離視野は、周波数ステップの間隔を Δf とすると $c/2\Delta f$ である。ここでは、医療応用等のシールド室内での運用を想定し、特定小電力無線局等の電波法の制約を考慮せず、狭帯域信号を広帯域 ($B=12\text{GHz}$ 程度、距離分解能約 1cm 程度) にステップ送信可能であるとする。

2) 角度高分解能法

広いビーム幅をもつアンテナを回転させると、複素振幅アンテナパターンと物体反射角度分布との畳み込み積分により高分解能な角度が観測される。よって、複素振幅パターンを既知として、各距離信号毎に逆畳み込みすることで高分解能な角度分布の推定が可能である。

3. 計算機シミュレーション

2. で示した方法の簡単な計算機シミュレーションを行なう。観測物体の条件は以下とする。

- ・物体角度: $-20\sim 20\text{deg}$ (図 1)
- ・物体距離: $28\text{cm}\sim 31\text{cm}$ (約 100λ の遠方界) (図 1(a))
- ・各部反射強度: 一様分布 (図 1(b))

この物体に対し、以下のレーダパラメータにおける、周波数ステップ CW レーダの送信波を送信し、その反射波を受信したものとする。

- ・周波数 $78\sim 90\text{GHz}$
- ・周波数ステップ数 $40/\text{各 } 1\text{msec}$
- ・距離視野・分解能 $50\text{cm}/\text{約 } 1\text{cm}$
- ・アンテナビーム幅 約 20deg

上記ビーム幅にて計測した物体の角度毎振幅値を図 2 に示す。ビーム幅が広く分解能が低いことがわかる。また、本提案手法は狭帯域 CW のステップの送受信波であるため S/N に優れること、数 kHz の A/D サンプリングという簡易

ハードウェアでの計測可能であることが特徴である。この計測信号に、2. で示した距離・角度の高分解能法を適用した結果が図 3 である。物体境界が存在する距離と角度毎の振幅強度が高分解能に求められていることがわかる。

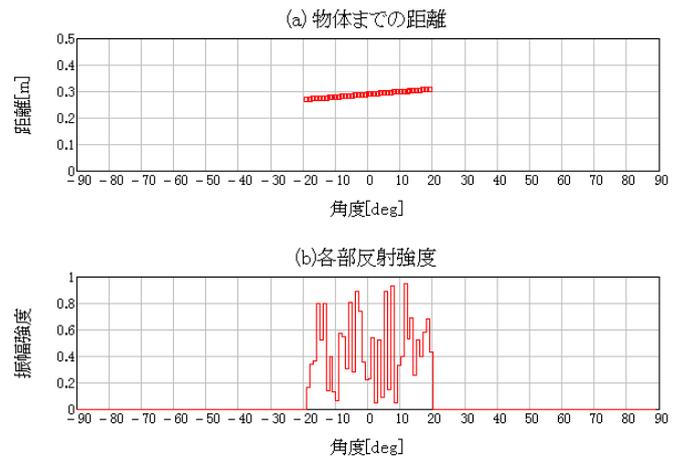


図 1 シミュレーションにおける観測物体についての条件

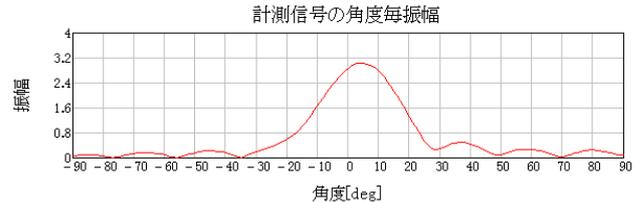


図 2 観測信号の角度毎振幅値
推定結果

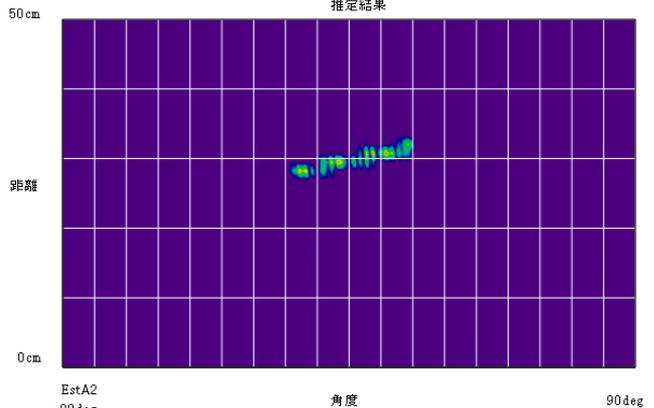


図 3 物体境界とその反射電力の推定結果例

4. むすび

周波数ステップ CW と回転アンテナを用いた、近距離物体の距離・角度の高分解能手法について提案した。理想条件下では、距離角度の推定 (境界面推定) が可能であるとともに、各部からの反射電力強度の推定も期待されることを示した。今後、計測対象物体の広帯域反射特性等の誤差検討、実験的検証を行なうことが課題である。