

2周波CW方式を用いた着陸レーダの高度推定評価

B-2 Evaluation of Altitude Estimate Using 2 Frequency CW modulation for Landing Radar

中島大輔 植松大貴 稲葉敬之
Daisuke Nakashima Hiroki Uematsu Takayuki Inaba

電気通信大学 電子工学科
Department of Electronic Engineering, The University of Electro-Communications

1. はじめに

レーダの変復調方式の一つに2周波CW方式があり位相情報から距離計測を行う。このため少ない受信機帯域幅・信号処理速度にて高い距離精度が期待される。この方式を月惑星への着陸船や航空機の着陸最終フェーズに利用する場合、計測対象となる地面は等速複数目標で構成される面目標になり、高度計測に誤差が発生する可能性があると考えられる。本稿では2周波CW方式の地面に対する高度計測について計算機シミュレーションにより高度推定評価を行う。

2. 2周波CW方式の高度推定評価シミュレータ

2周波CW方式は少しだけ離れた二つの周波数を用い、二つの送信周波数に対する受信信号が持つドップラ周波数スペクトルの位相差から距離を求める原理に基づいており、極めて狭い周波数帯域で目標の距離・速度検出が可能である。しかしマイクロ波レーダはアンテナビーム幅が広く、レーダ直下以外の地面からの反射波が多数混信した多重波環境となる。高度推定評価シミュレーションにおいて、地面条件は以下のモデルを採用した。

- ・地面反射点の凹凸分布：2.8cmの一様分布
- ・地面反射強度分布：振幅レイリー分布
- ・反射電力の角度依存性： $\text{cosec}(\theta)$ 特性
- ・距離減衰： R^{-4}
- ・地面反射点のメッシュ：一辺10cm
- ・地面反射点の計算範囲：一辺10m

3. 高度推定シミュレーション結果

2周波CW方式を用いた面目標に対する性能評価を行うために、以下に示すレーダパラメータ(ノミナル値)を用いて計算機シミュレーションを行った(各試行回数は各1000回)。

- ・送信周波数：24GHz
- ・周波数ステップ幅(距離視野)：10MHz(約15m)
- ・サンプリング周波数：20kHz
- ・周波数切換間隔(最大速度視野)：50 μ s(約31.2m/s)
- ・観測時間(速度分解能)：51.2ms(約0.12m/s)
- ・アンテナビーム幅：15~30deg(チェビシェフパターン)

また、レーダの高度、降下速度は以下とした。

- ・レーダ高度：9m, および3~10m
- ・降下速度：1m/s

なお高度が9mと近距離であり十分高S/Nが期待されることより受信機雑音は付加していない。

(1)高度推定結果のバイアス誤差, 標準偏差誤差

高度推定結果のヒストグラムを図1に示す。図1より高度推定値は平均値9.33m, 標準偏差0.28mである。

(2)バイアス誤差, 標準偏差誤差の高度依存性

結果を図2に示す。レーダ高度に対しほぼ線形なバイアス誤差・標準偏差誤差となる事が分かる。

(3)アンテナビーム幅依存性

結果を図3に示す。アンテナビーム幅を狭くすることでバイアス誤差・標準偏差誤差は軽減する。

(4)周波数切換間隔, サンプリング周波数依存性

観測時間一定の条件で、周波数切換間隔が変化した場合の高度推定結果の評価結果を表1に示す。周波数切換間隔変化による高度推定結果への影響はほとんど無いことが分かる。このことから2周

波CW方式の特徴である低速な信号処理で、高度推定を行うことが可能であることが確認された。

(5)同一地面条件下の高度変化した場合の評価結果

地面条件(凹凸分布, 強度分布)を図1にて大きな誤差となった値に固定し、高度約10mからのレーダが降下した場合における結果を図4に示す。その結果、特定の高度に於いて大きな誤差となる場合においても、高度が変化することで継続して大きな誤差となることはないことを確認した。このため、スパイク状の誤差が継続しないことより追尾フィルタの適用は有効であると考えられる。

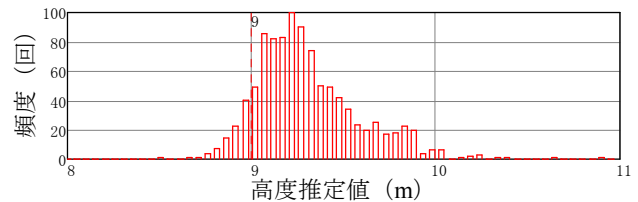


図1 レーダ高度9mにおける高度推定結果

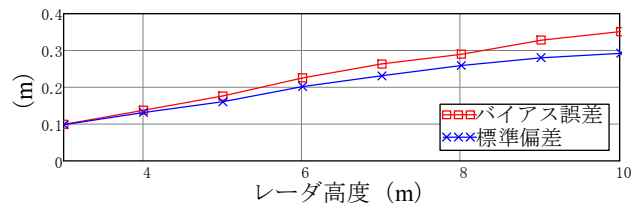


図2 レーダ高度のバイアス誤差と標準偏差

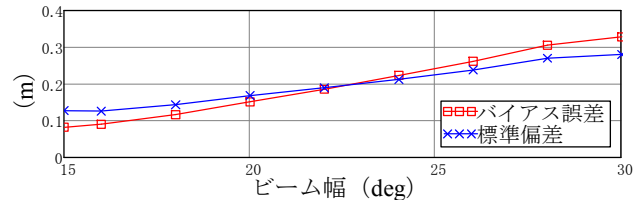


図3 アンテナビーム幅のバイアス誤差と標準偏差

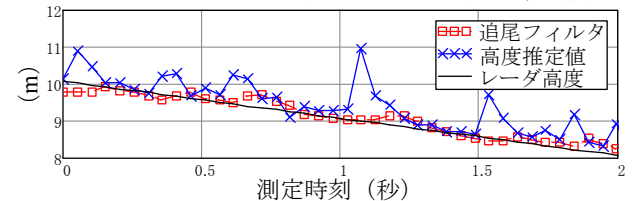


図4 測定時刻における高度推定結果

表1 周波数切換間隔変化による高度推定結果

周波数切換間隔 (μ s)	50	25	12.5	6.25
サンプリング周波数 (kHz)	20	40	80	160
平均値 (m)	9.33	9.33	9.33	9.33
標準偏差 (m)	0.28	0.28	0.281	0.281

4. むすび

2周波CW方式の高度推定評価シミュレータを構築し、各種条件にて評価を実施した。その結果から20kHzという低いサンプリング周波数であるにも関わらず高度に対して3~4%のバイアス誤差, 標準偏差誤差となることを確認した。

参考文献

- [1] 植松大貴, 稲葉敬之: 位相情報を用いる測距法の着陸レーダへの適用, 第54回宇宙科学連合講演会, JSASS-2010-4224, Nov2010.