

FM-CWレーダにおける地中深部物体の強調

Enhancement of deep underground object by an FM-CW Radar

笠原一 森山俊文 山口芳雄 山田寛喜
 Hajime Kasahara Toshifumi Moriyama Yoshio Yamaguchi Hiroyoshi Yamada
 新潟大学工学部

Faculty of Engineering, Niigata University

1. まえがき

地中レーダにおいて問題となるのは、地表面からの電波の反射や地中での電波の減衰、又、アンテナの指向性による電波の拡がり等により、地中深くまでをイメージングすることが困難になることである。そこでFM-CWレーダ^[1]によるイメージングがフーリエ変換によって得られるものであることに着目し、フーリエ変換の性質を用いて仮想的に電波の減衰を補正し、相対的に地中深くまでをイメージングすることについて報告する。

2. FM-CWレーダによるイメージング

FM-CWレーダによって観測される時間領域のビート信号 $s_b(t)$ は、ビート周波数 f_b 、物体の反射係数 $g(f_b)$ 、位相 $\phi(f_b)$ を用いて次式の様に表現できる。

$$s_b(t) = \int_0^{\infty} g(f_b) \cos[2\pi f_b t + \phi(f_b)] df_b$$

これをフーリエ変換し、正の周波数領域に注目すると、

$$|FT[s_b(t)]| = \int_0^{\infty} g(f_b) \delta(f - f_b) df_b$$

となり、 f_b は距離に比例する項であるので、地中内部の様子を反射係数分布によってイメージングすることができる。しかしながら、電波は距離とともに減衰する為、地中深くまでをイメージングする際にコントラストが悪くなってしまう。そこでレーダで計測されるビート信号が周波数の異なる周期信号の集まりであることに着目し、フーリエ変換の性質を用いてビート信号を n 階微分しフーリエ変換すると、

$$|FT\left[\frac{d^n}{dt^n} s_b(t)\right]| = \int_0^{\infty} (2\pi f_b)^n g(f_b) \delta(f - f_b) df_b$$

となり、項 $(2\pi f_b)^n$ により距離とともに減衰する電波を補正することができる。従って、地中深くまでをイメージングする際のコントラストを改善することができ、又、微分の階数を変化させることで、より深部のコントラストを強調させることができる。

3. 実験

実験では、深さ120cmに幅20cm、長さ85cmの金属板を地中に埋めその検出を行った。実験状況を図1に示し、アンテナの偏波の向きは金属板と平行である。又、条件は次の通りである。

掃引周波数 0.25-1.0GHz
 走査間隔 2.0cm
 走査点数 64点

図2～図4に測定結果を示す。図2はビート信号をそのままフーリエ変換し反射係数分布を示したものの、図3はビート信号を1階微分しフーリエ変換したもの、図4はビート信号を2階微分しフーリエ変換したもので、図2～図4はともに合成開口処理を施した合成開口イメージである。図2～図4より、微分の階数を増すことで、より深部のコントラストが強調されていることがわかる。

4. むすび

FM-CWレーダによるイメージングがビート信号をフーリエ変換することによって得られるものであることに着目し、ビート信号を微分する手法で従来問題となっていた地中深くまでのイメージングのコントラストを改善することができた。

謝辞

本研究の一部は文部省科学研究費の援助のもとで行われたものであり、感謝します。

参考文献

- [1] Yamaguchi, Y. and Sengoku, M., "Detection of objects buried in sandy ground by a synthetic aperture FM-CW radar," *IEICE Trans. Commun.*, vol. E76-B, no.10, pp.1297-1304, Oct. 1993.

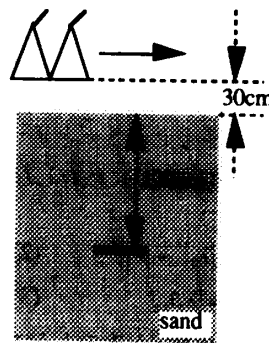


図1 測定状況

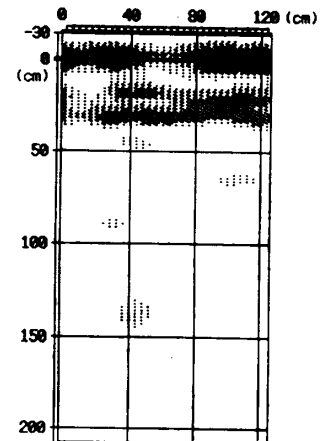


図2 微分しない場合

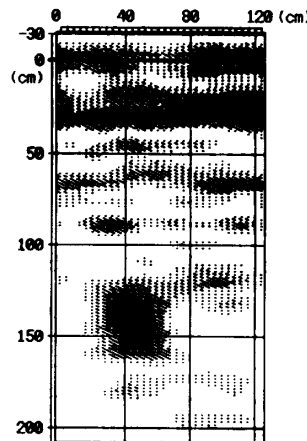


図3 1階微分時

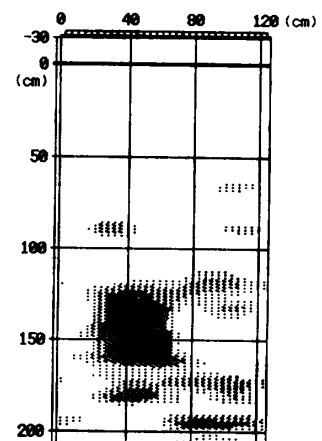


図4 2階微分時