

B-27 地中探査FM-CWレーダ信号のSTFT解析

STFT analysis of FM-CW underground radar signals

山田 寛喜 佐藤 寛 山口 芳雄 藤本 京平 仙石 正和
 Hiroyoshi YAMADA Yutaka Sato Yoshio YAMAGUCHI Kyohei FUJIMOTO Masakazu SENGOKU

新潟大学 工学部
 Faculty of Engineering, Niigata University

1. まえがき

筆者らはFM-CWレーダの地中埋設物探査への適用に関して種々の検討を行ってきた⁽¹⁾。地中探査レーダにおいては、地表面からの反射、および、その反射波と測定系（主にアンテナ）との多重反射などのため、しばしばターゲットの確認が困難となることがある。特に浅い深さの微弱なターゲットほど深刻な問題となる。本稿では、短時間フーリエ変換(STFT)を用いたFM-CWレーダのビート信号の時間-周波数分布解析を行い、ターゲットとスプリアス信号の識別に有効であることを明らかにしている。

2. FM-CWレーダ信号におけるSTFT解析

短時間フーリエ変換(STFT)は時変スペクトル信号を含んだ時間波形の解析に用いられる一手法である⁽²⁾。観測された時間波形のある区間のみでのFFTは、その区間でのスペクトルの平均値を表すことになる。この区間を(時間的に)移動させることにより各時刻でのスペクトルの様子が明らかとなる。これがSTFTの基本概念である。

FM-CWレーダでは、線形に変調された送信波を用いている。また、地中探査では近傍のターゲットを対象とするため、得られたビート信号の各時刻の散乱波の強度は、近似的にその時刻に発せられた送信波の周波数に対する散乱特性と解釈することが出来る。すなわち、時間と周波数との関係を表すSTFT解析結果は、時刻に対応する送信周波数、および、ビートスペクトルが表す位置との関係を示すものとなり、個々のスペクトル成分の変化の様子の対比が容易になる。広帯域FFTにより完全に分離された応答の際にはバンドパスフィルタによる成分の抽出などが可能であるが、その適用が困難な近接した応答、特にそれらが著しく異なる反射特性を有する場合には、各成分の周波数に対する強度、位置変化から所望する成分の応答であるか否かの総合的な推定が可能となる。

3. 実験結果

実験は地中約30cmの深さに埋もれた15cm×100cmのアルミ板をターゲットとして行った。送受信アンテナはRidge Horn(250MHz~1000MHz)を用い、掃引時間は5.2ms(104点のサンプリング)のFM-CWレーダシステムを用いた。図1が104点全データに対するフーリエ変換結果(ビートスペクトル)である。横軸はビート周波数に対応するターゲットまでの距離として表している。同図より地表面において強い反射、また30cmの深さにターゲットのピークが観測されている。しかしながら約40cmに位置にもう一つのピークが見られる。このように近接するとフィルタリングにより個々のスペクトル成分を分離し、その時間依存性(散乱波の周波数依存性に対応)を推定することは困難である。図2は104点のサンプリングデータにおいて80点を一区間としてSTFT解析を行った結果である。横軸は用いた区間の中心時刻における送信周波数である。図1に比べ、FFTでのデータ長が短くなったため、レスポンス分解能は劣化している。しかしながら、低周波ほどターゲットの反射が強く、地表の反射が大きくなるにつれ弱くなるようすが確認できる。また、図1において観測された2,3番目のピーク成分は低周波において

顕著な信号成分1つと、高周波において強く観測される2つの成分から構成されていることが分かる。高周波成分はスプリアス成分であるといえる。

4. むすび

本稿では、FM-CWレーダにおけるターゲットの推定手法として、その反射波の周波数依存性に着目し、時間-周波数解析が有効であることを実験により明らかにした。

謝辞

本研究の一部は新潟工学振興会の助成、一部は文部省科学研究費補助金により行われたものである。

文献

- (1) 山口ほか, "ポーラリメトリックFM-CWレーダによる地中埋設物のイメージング - 地表面反射の抑圧について -", 1994年信学春季大会, B-30 (1994-03).
- (2) J.S.Lim and A.V.Oppenheim, editors, *Advanced topics in signal processing*, Chap. 6, Prentice-Hall, 1988.

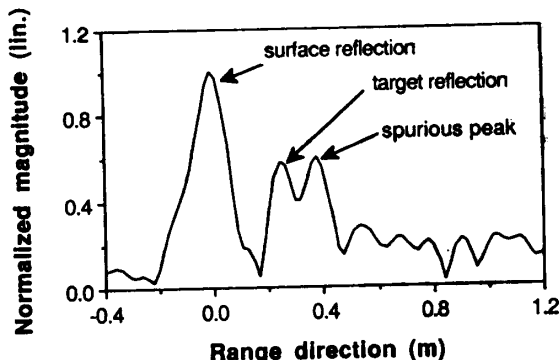


図1. ビート信号のフーリエ変換結果。

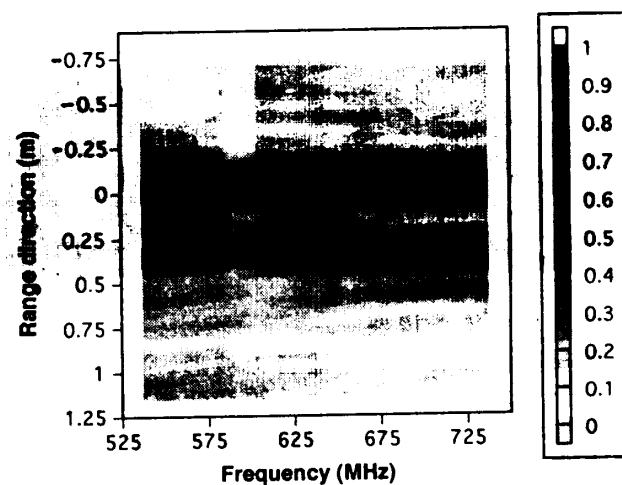


図2. ビート信号のSTFT推定結果。