

送信漏れ込み信号を用いた受信信号キャリブレーション

A Calibration Method Using Leakage of a Transmission Signal

渡辺 一宏 渡辺 優人 秋田 学 稲葉 敬之
Kazuhiro Watanabe Masato Watanabe 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

筆者らが提案する多周波数ステップ CPC 方式[1]は、CPC パルス圧縮と位相差を用いた距離推定（合成帯域法）を複合したレーダ変調方式で、送信帯域幅と比較して狭受信機帯域幅で高距離分解能を得るとともに遠距離性も両立している。本方式を用いた4アンテナのアレーを備えた8ステップ周波数のミリ波レーダで得られる複素受信信号により、目標距離・速度推定、測角処理、ビームフォーミングや ELD-STAP によるクラッタ抑圧処理等を可能としている。これら処理結果性能に影響を与えるそれぞれの受信信号の振幅・位相のキャリブレーションは重要な課題となる。

2. 漏れ込み信号を用いたキャリブレーション

全ての受信信号にはレーダの送信時の漏れ込み信号が混入しており、この信号はデバイス特性を含むシステム特性が反映されたものとなっている。送信漏れ込み信号を使うことで計測データ毎の経時、環境（温湿度）による特性変化に対応した計測瞬時におけるキャリブレーションが期待でき、またそのための特別な機器を必要としない。

キャリブレーションは、1目標からの平面波に対して、4アンテナ、8ステップ周波数の受信信号群の振幅・位相特性がアンテナ方向および周波数ステップ方向で一定値となるように行う。図1、2に送信漏れ込み信号と目標反射信号のモデルを示し、表1にそれらのパラメータ定義を示す。

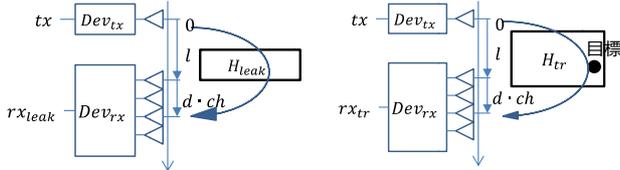


図1. 送信漏れ込み信号

図2. 目標受信信号

表1. パラメータ定義

tx	送信信号	Dev _{tx}	送信デバイス特性	l	受信アンテナ間距離
rx _{leak}	漏れ込み信号	Dev _{rx}	受信デバイス特性	d	受信アンテナ間隔
rx _{tr}	目標反射信号	H _{leak}	漏れ込み伝達関数	ch	アンテナ番号(0..3)
rx _{cal}	キャリブレーションされた信号	H _{tr}	反射信号伝達関数	λ _n	周波数 Step 毎の波長
				L	lを含む総遅延距離

送信漏れ込み信号 rx_{leak} 、目標受信信号 rx_{tr} を式(1)、(2)で与えると、キャリブレーションされた信号 rx_{cal} は式(3)のようになる。

$$rx_{leak} = Dev_{rx} \cdot H_{leak} \cdot Dev_{tx} \cdot tx \quad (1)$$

$$rx_{tr} = Dev_{rx} \cdot H_{tr} \cdot Dev_{tx} \cdot tx \quad (2)$$

$$rx_{cal} = \frac{rx_{tr}}{rx_{leak}} \cdot H_{leak} \cdot tx \quad (3)$$

キャリブレーションは、 rx_{tr} と rx_{leak} の比を使うことで、

未知で共通のデバイス特性 (Dev_{tx} , Dev_{rx}) を取り除く。txについては、 $|rx_{leak}|$ の平均値などの一定値で与える。漏れ込み伝達関数 H_{leak} は式(4)で与え、未知となっている l を含むシステム総遅延 L については、送信漏れ込み信号 rx_{leak} の振幅ピークにおけるアンラップ位相の周波数ステップに対する傾き ϕ_{slope} と周波数ステップ間隔 Δf から推定する(式(5)、図3)。

$$H_{leak} = e^{-j2\pi \frac{L+d \cdot ch}{\lambda_n}} \quad (4) \quad L = -\frac{c}{2\pi \Delta f} \phi_{slope} \quad (5)$$

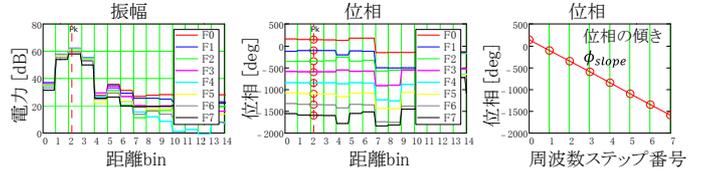


図3. 送信漏れ込み信号の位相傾斜

図4に提案のキャリブレーション法のブロック図を示す。受信信号のドップラ周波数=0で混入している漏れ込み信号と式(4)で推定した伝達関数によって4アンテナ、8ステップ周波数の受信信号群のキャリブレーションを行う。

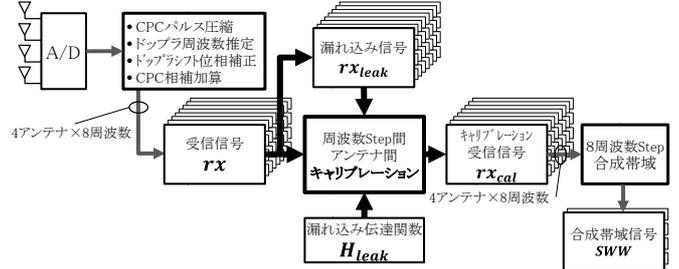


図4. 提案キャリブレーション法のブロック図

距離42m、アンテナ正面に設置したCRからの実反射信号の振幅および位相特性が、提案法により周波数ステップ方向、アンテナ方向に対してほぼ平坦になった(図5)。

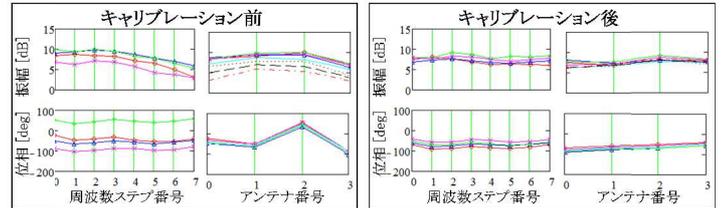


図5. 提案キャリブレーション法の実測データに対する結果

3. むすび

レーダの送信時に混入する漏れ込み信号を利用した計測瞬時環境における多周波数ステップ CPC の受信信号群の振幅・位相特性に対するキャリブレーション法を提案した。

参考文献

[1] 渡辺優人, 秋田学, 稲葉敬之, "多周波数ステップ CPC レーダの提案と原理検証実験", 電気学会論文誌 C, Vol. 135 (2015) No. 3, pp.285-291, 2015