

# 新技術を用いたXバンドMPレーダ雨量計の整備について

大手 方如<sup>1</sup>

<sup>1</sup>関東地方整備局 企画部 情報通信技術課 (〒330-9724 埼玉県さいたま市中央区新都心2-1)

昨年度、関東地方整備局管内において3基のXバンドMPレーダ雨量計を整備した。Xバンド帯に多数のレーダが設置してある首都圏近郊において、電波干渉を避けるために固体化素子型送信機を導入し、あらたな干渉除去手法を提案した。

キーワード XRAIN, Xバンド, レーダ雨量計, 固体化素子, 干渉対策

## 1. はじめに

近年多発している局所的な集中豪雨（ゲリラ豪雨）をより正確かつ短時間で観測するために、平成21年度より、XバンドMPレーダ雨量計（通称「XRAIN」）が全国的に設置されている。

当初、XバンドMPレーダ雨量計はゲリラ豪雨による都市河川の急な増水を予測する目的で、関東管内にある2局をはじめとする大都市圏を中心に整備されてきたが、観測雨量精度の高さ、高い精細度、迅速な情報提供の観点から、高い有用性を持つことが実証されてきた。このような中で、東日本大震災が発生し、関東地整管内でも一部の地域で地盤の液状化等の大きな被害が発生し、豪雨による災害リスクが高まった。

そこで、特に被災した地域において、より早く精度の高い降雨情報を得て、災害対策に役立てる目的で、関東地整管内でも、平成24年度に新たに3基整備した。

筆者は、本工事の監督官の一人として干渉対策の検討を行い、特に首都圏ではXバンド帯の電波利用者が多く、利用できる周波数が逼迫しているなかでの3基分の周波数を確保することに工夫を要した。

その結果、固体素子型送信装置の導入および電波干渉を防ぐための手法の提案を行った。また、あまり知られていない既存のCバンドレーダとXバンドMPレーダ雨量計の降雨算定手法の理論を説明し、理論的にもXバンドMPレーダで主として用いられるKdp-R法の優位性を述べた。

## 2. XバンドMPレーダ（XRAIN）とは

従来、国土交通省が整備してきたレーダ雨量計は通常Cバンドレーダ雨量計と呼ばれている。

Cバンドレーダ雨量計とXバンドMPレーダ雨量計の

技術的な違いは、下記の2点である。

1つ目は、周波数帯の違いである。表1に示すように、Cバンド帯は電波の周波数が5GHz帯、Xバンド帯は9GHz帯である。

表1 各周波数帯の名前と主な利用方法

名称	帯域 (GHz)	用途
Hバンド	- 0.2	
Gバンド	0.2 - 0.25	軍用航空無線
Fバンド	0.25 - 0.5	移動体通信・アナログコードレス電話・特定小電力無線
Lバンド	0.5 - 1.5	テレビ放送・携帯電話・インマルワット衛星電話・800MHz帯
Sバンド	2 - 4	固定無線・移動体向けデジタル衛星放送・ISMバンド（電子レンジ・無線LAN・ワイフスター衛星電話・アマチュア無線など）
Cバンド	4 - 8	通信衛星・固定無線・無線アクセス
Xバンド	8 - 12	軍事通信・気象衛星・地球観測衛星
Kuバンド	12 - 18	衛星テレビ放送・通信衛星
Kバンド	18 - 26	通信衛星
Kaバンド	26 - 40	通信衛星
Vバンド	40 - 75	レーダー・通信衛星
Wバンド	75 - 111	電波天文学

レーダ雨量計としてこれらの周波数帯を使う場合、それぞれメリット・デメリットがある。

Cバンドと比べてXバンドをレーダ雨量計に用いるメリットとしては、①機器（特にアンテナ）の小型化、②観測精度の向上が上げられる。①については、電波の特徴として、周波数が高くなるほど直進性が高くなることから、XバンドレーダはCバンドレーダのおおよそ半分の半径のアンテナで、同じ角度分界能を実現することができる。実際に、全国に整備されているXバンドMPレーダ雨量計のアンテナの直径は2.2m、電波の幅が1.2度であるが、同等の角度分界能を持つCバンドレーダはアンテナの直径が4mである。アンテナの小型化により、駆動部の小型化も図ることができ、その結果、アンテナを設置する鉄塔も比較的強度を必要とされない。よって、全体としてコストを縮減できる。

②については、XバンドMPレーダは縦波と横波の2種類の波を用いて算出するKdp-R法という降雨算出手法を使う場合に当てはまる。XバンドMPレーダで計測さ

れるデータから求められるKdpというパラメータと降雨量Rとの関係は、Xバンド帯を用いた方がCバンド帯よりも、降雨量に対してKdpの変化量が大きいいため、精度が高くなることが期待される。

一方、デメリットとしては、Xバンド帯はCバンド帯に比して、雨による減衰が大きいことが挙げられる。

Cバンド帯の波長が約5.6cm、Xバンド帯の波長が約3.1cmであるため、表2に示すように、一様に1mm/hの雨が降っている状態では、1kmあたりの減衰量はCバンド帯で約0.003dB、Xバンド帯で約0.013~0.018dB程度である。

表2 レーダの波長と雨による電波の吸収量

波長 (cm)	M-P (at 0°C)	修正 M-P (0°C)	Mueller-Jones (0°C)	Gunn and East (1×°C)
0.62	0.50-0.37	0.52	0.66	
0.86	0.27	0.31	0.39	
1.24	0.117R <sup>0.07</sup>	0.31R <sup>0.07</sup>	0.18	0.21R <sup>0.04</sup>
1.8				0.045R <sup>0.11</sup>
1.87	0.0045R <sup>0.10</sup>	0.05R <sup>0.10</sup>	0.065	
3.21	0.011R <sup>0.15</sup>	0.013R <sup>0.15</sup>	0.018	0.0074R <sup>0.31</sup>
4.67	0.005-0.007*	0.0053	0.00058	
5.5	0.003-0.004*	0.0031	0.0033	
5.7				0.0022R <sup>0.17</sup>
10	0.0009-0.0007*	0.00082	0.00092	0.0003

\*最初の値は2mm/h、二番目の値は50mm/hに対応  
[Wexler and Atlas, 1963より引用]

このことは、これらの減衰量が距離と降水量によって指数関数的に増加することを示している。

例えば観測範囲に一様にの雨が降っていると仮定して50km先の雨を観測すると、Xバンド帯のレーダ雨量計の電波はCバンド雨量計のレーダ雨量計の電波より、降雨量1mm/hで、約1.3倍、降雨量10mm/hで約15倍、30mm/hで約4000倍強く減衰する。実際、XバンドMPレーダ雨量計で観測を行ったとき、数十mm/h程度の強い降雨の裏側で、電波が届かないことによる欠測がしばしば観測される。今回のXバンドMPレーダ雨量計の整備にあたっては、このような課題に対処するため、観測できる範囲を広げつつも、首都圏など重点的に観測したい地域を複数のレーダ雨量計で囲む様に整備されている(図1参照)。

### 3. 既存のレーダ(単偏波レーダ)とMPレーダ

#### (二重偏波マルチパラメータレーダ)の違い

##### (1) 既存のレーダの降雨算定方法

全国26カ所に整備されている国土交通省Cバンドレーダ雨量計のほとんどは単偏波レーダである。これは、横方向のみの電波を放射して、反射波の電波の強さから、降雨量を算出する(図2参照)。

降雨量の算出には、まず、レーダ方程式と呼ばれる式1により、レーダ反射因子Z[mm<sup>6</sup>/m<sup>3</sup>]を算出する。

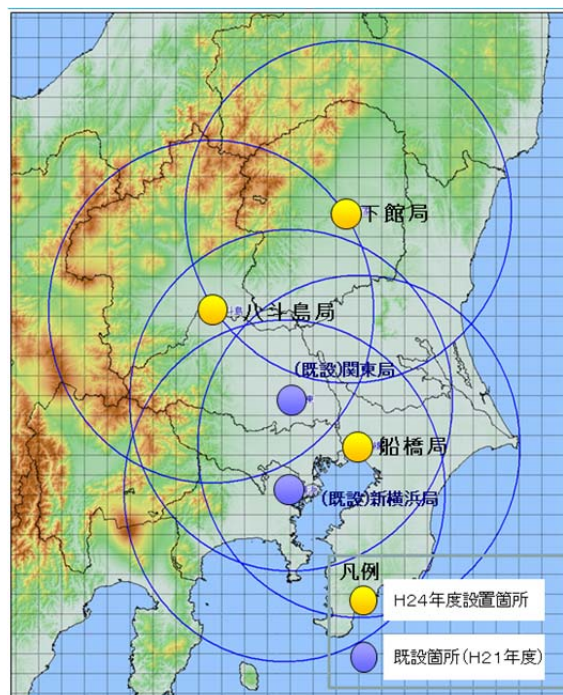


図1 関東地方整備局管内のXバンドMPレーダ雨量計の配置図

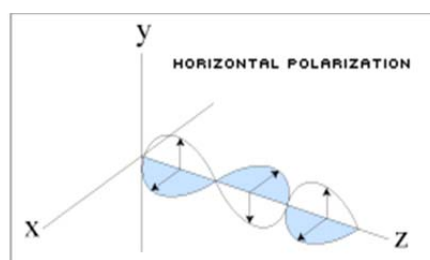


図2 水平偏波の波の図(X軸のみに波が分布)

$$Pr = \frac{C \times F \times K}{r^2} Z \quad (1)$$

ここで、

Cはアンテナの利得、電波の波長、レーダの電波の出力、電波のビーム幅で決まる理論値

Fはレーダ雨量計装置内部での損失補正値

Kは大気・水蒸気等による減衰量

ただし、レーダ方程式は

- 1) 雨滴は完全な球体である。
  - 2) 雨滴の直径はレーダの電波の波長に比べて十分小さい。
  - 3) 雨滴は目標体積中にランダムに配列している。
- という仮定に基づいている(図3参照)。

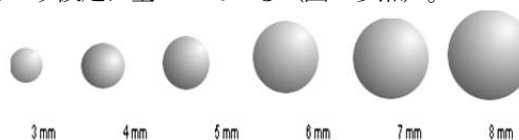


図3 雨滴の粒径分布(雨滴を真球と仮定)

上記1)～3)の仮定が成り立つとき、①レーダ反射因子Zは理論的には単位体積あたりの総雨滴数N(D)に雨滴直径D[mm]の6乗をかけたものと等しくなる。一方で、空気抵抗を勘案したとき、②雨滴の落下速度Vは

$$V=9.65-10.3 \times e^{-0.007D} \quad [m/s] \quad (3)$$

になる (Atlas 1973)。

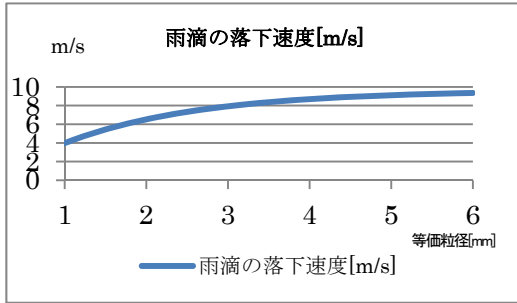


図4 雨滴の等価粒径と落下速度の関係

また、③実際の雨滴の直径の等価粒径Dおよび粒径分布N(D)は、降雨の種類によって異なる $N_0, m, A$ をパラメータとする $\Gamma$ 分布に従い、

$$N(D) = N_0 D^m e^{-AD} \quad (4)$$

と表せる。

上記、①、②、③より、

$$Z = \sum D^6 = N(D) \cdot D^6 [mm^6/m^3] \quad (5)$$

一方、1時間あたりの降雨量Rは、

$$R = V \cdot N(D) \cdot 4/3\pi \cdot (D/2)^3 \cdot 60 \cdot 60 [mm/h] \quad (6)$$

の様に、レーダ反射因子Zおよび降雨量Rは雨滴の直径Dのみの関数で表せる。

よって、理論的には、(5)、(6)を用いてDを消去し、ZとRの関係式を導くことが可能である。

実際には、過去の観測結果からおおよそ、

$$Z = B \times R^\beta \quad (7)$$

という関係式が成り立つことが知られている。

ただし、(4)より、N(D)のとりうる分布が降雨によって大きくことなることから、Zから推定できるDに大きな幅ができてしまう。このことは(6)に組み込まれている雨滴の落下速度Vを算出する際に誤差として現れる。さらに、式2、3より、ZはRの約2乗に比例するので、誤差も2乗に比例して大きくなる。

実際の降雨観測による研究によっても、Z-R関係式は降雨の種類等によって、 $B=80 \sim 1000$ 、 $\beta=1 \sim 2$ の値を取り得ることが知られており (Fujwara 1965)、単一のBと $\beta$ との組み合わせでは誤差が大きくなる。よって、国土交通省ではレーダ雨量計ごとに、実測に基づいて決められる単一のBと $\beta$ で降雨量を算出した後、既存のCバ

ンドレーダ雨量計のデータに地上雨量計のデータを用いて校正 (キャリブレーション) を行い、レーダ雨量計データを算出している。

(2) 二重偏波マルチパラメータレーダの降雨算定方法  
昨年度末までに全国35基、関東地方整備局では5基整備されているXバンドMPレーダ雨量計は、二重偏波レーダといって、縦波と横波の2つの波を同時に発射して (図6参照)、主に反射波の波のずれ (位相差) を用いて、降雨量を算出する。

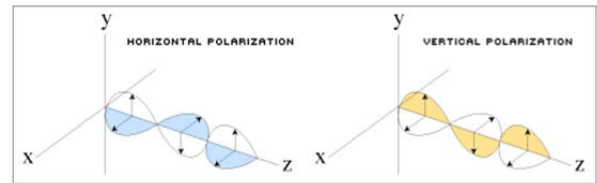


図5 二重偏波(垂直水平偏波)の図

(1)における2)の仮定が成り立っている場合、レーダから発射した電波は散乱 (この場合はレイリー散乱) と呼ばれる現象により雨から帰ってくる過程で、電波の位相は雨域を通過するたびにすこしずつずれる。

また、雨が強い (電波が通過する水の体積が大きい) ほど、大きくずれることが知られている。

一方、(1)における1)の仮定に反して、実際の雨滴は重力と風圧の釣り合いで、図6のように雨滴が大きくなるに従って、横方向に扁平になる。

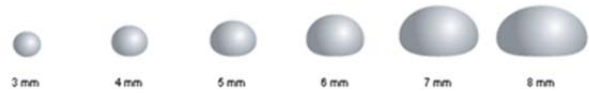


図6 実際の雨滴の粒径と形状の図

よって、もし同位相で縦波の電波と横波の電波を、図6のような雨滴の形状をした雨域に向けて、同時に発射したとすれば、雨域からの反射波の位相は、横波の方が縦波より大きくずれることが予想される。また、横波と縦波の位相差は、通過してきた経路の中に雨滴が存在すれば、そこで少しずつずれているはずなので、結果として、通過経路の位相差の総和 (積分値) になっている。

このことから、その位相差を距離で微分すれば、単位距離あたりの位相差を計算することができる。

実際は、縦波と横波の一对の短い幅の電波 (パルスと呼ぶ) からの反射波は、距離が遠くなるほど後から帰ってくるため、反射波の位相差は時系列データとして観測される。これを、時刻t [sec]の関数 $\Phi(t)$  [degree]とする。ここで、電波 (光) cの速度は、ほぼ $3.0 \times 10^8$  [km/sec]であることを利用すると、 $\Phi(t) \times c = \Phi(x)$  [degree]と、角度と距離の関数に書き換えることができる。

たとえば、昨年度整備されたXバンドMPレーダの仕様は観測距離が80kmであるため、仮に80km以遠からの反射波と思われる電波が来ても、切り捨てる。よって、

1パルスごとの位相差の時系列データ  $\Phi(t)$  は距離80kmまでのデータを含んでいると考えられ、発射された電波は雨域を往復していることを考慮に入れると、比偏波間位相差  $k_{dp}$  は

$$k_{dp} = \frac{\Phi(t) \times c}{2 \times 80} [dgree / km] \quad (8)$$

と計算できる。

また、この比偏波間位相差  $K_{dp}$  は

$$k_{dp} = 62 \times D \times \left( \frac{180}{\pi \lambda} \right) \times 10^{-3} C_k \times N(D) \cdot D^3 \quad (9)$$

ただし、

$C_k$ : 定数

$D_m$ : 単位距離あたりの雨滴の中心値[mm]

$\lambda$ : レーダー発射電波の波長[cm]

として、表されることがわかっている。

また、式4より降雨量  $R$  は(3)で示したとおりであるから、電波の波長が一定であれば、(1)と同様に  $D$  を消去して  $K_{dp}$  と  $R$  の関係式を導くことが可能である。

実際(1)と同様、過去の観測結果から、

$$K_{dp} = aR^b \quad (10)$$

という関係式が成り立っていることがわかっている。

ここで、注目すべき点は、(9)は  $D$  の4乗に比例しているため、(4)から  $K_{dp}$  は  $R$  の4/3乗弱に比例しており、 $Z$  と  $R$  の2乗弱と比較すると、だいぶ小さい。このことは、 $N(D)$  によるばらつきを押さえるという意味で、大きなメリットとなる。たとえば、等価粒径1mmと3[mm]の雨滴の速度は図4よりそれぞれ、約4[m/s]と約8[m/s]であるので、仮に同じ降雨量で、全粒子の平均粒径が1[mm]と3[mm]の場合では速度で2倍の差が出る。この時Z-R法では、誤差が4倍弱であるのに対し、 $K_{dp}$ 法では2.5倍弱となり、理論的には、明らかに  $K_{dp}$ 法の方が誤差が小さくなる。実際に2010年度から2012年度までの精度検証においても、地上雨量計を真値として、Z-R法を用いた観測結果と  $K_{dp}$ 法を用いた観測結果を比べると、 $K_{dp}$ 法を用いた方が、地上雨量計によって校正したCバンドレーダ雨量計のデータより、地上雨量計との相関が高く、ばらつきも小さいことが分かっている(図7参照)。

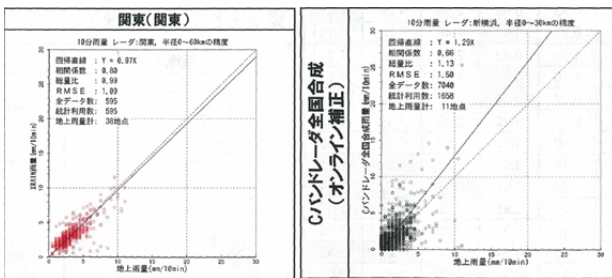


図7 Kdp-R法とZ-R法による算定雨量と地上雨量計値との比較

#### 4. 今回整備XバンドMP雨量計の新技术について

(1) 関東地整特有の課題について

a) 周波数仮決定にいたるまでの検討経緯

干渉検討を始めた時点で、関東地方整備局管内には東京湾沿いを中心に、分かっているだけで20基のXバンドレーダ基地局があった(既存、関東局、新横浜局含む)。一方、Xバンド帯レーダ用に割り振られている周波数は9710MHz~9790MHzの間に10MHz刻みで9つしか存在しない。さらには、防衛省や米軍等の関連レーダが存在する可能性を考慮すると、既存の100KW型クライストロンを用いたXバンドMPレーダ雨量計を3基設置することは相当困難になることが予想された。

電波の干渉検討を行うためには、まず、レーダー設置予定位置用の電波の周波数を割り当てる必要がある。

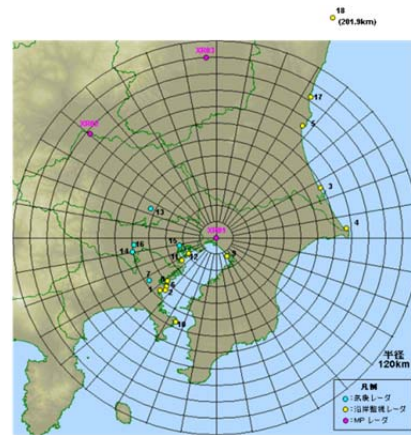


図8 船橋局周辺のXバンドレーダの分布

これは、関東地方整備局で任意に決められるものではなく、総務省から仮の周波数を割り当ててもらい、周辺の無線局の資料も併せて入手した上で、対22局

(自局対既設20局+新設予定2局)の干渉検討を行い、必要であれば、適宜対策を検討する。その結果を総務省に伝えて内諾を得ることで、はじめて送信機の製作に着手できる。総務省から被干渉・与干渉がない事を条件に与えられた3種類の周波数を持ちいて、周波数の最適配分と干渉対策を検討した。

一般的には、干渉対策として、下記の様な手法を用いる。

- ① 観測仰角を上げる
- ② 特定の方向の電波の送受信を止める(ブランキング)を行う。
- ③ 超伝導フィルタなどのQ値の高い送信フィルタを入れる。
- ④ 送信電力を下げる。
- ⑤ 信号処理によるソフトウェア的な対策を施す。

上記手法には、それぞれデメリットがある。

- ① については、観測範囲が狭くなるのと同時に観測する高度が高くなり、特に、平地に設置し、なるべく低い高度の雨を観測することをめざしているXバンドMPレーダにとっては不本意である。
- ② については、そもそもその方向が観測できなくなるので、最終手段に近い。また、ブランキングを行っても、マルチパスといって、どこかで反射した電波が他方向から入射する場合には有効ではない。

③ 既存の関東地整設置のXバンドMPレーダ2基にも、設置されている。干渉相手局と周波数がずれている場合には有効であるが、同じ周波数では意味をなさない。また、大変繊細かつ高価な装置であり、こちらが与干渉を受ける場合、他の基地局に設置させてもらうのは、メンテナンス等を考慮すると現実的で無い。

④ 仕様の距離方向150mの分解能を満たすためには、1[μsec]以下のパルス幅である必要がある。一方で、このパルス幅で80Km先を観測するためには、100KW相当(水平、垂直50KWづつ)の送信機が必要になる。一方で、一部の地整で導入されたことがある固体化素子を用いた送信機に後述するパルス圧縮技術を用いることで、水平、垂直200Wという大変低い電力で、50kWと同等の電力値を与えることができる。ただし、この手法はXバンド帯のレーダ雨量計用として開発されてから日が浅いのと比較的複雑な信号処理を行うため、潜在的なリスクが存在しうる。

⑤ 一般にはスイープ相関法とビデオ平均化という手法が使われる。スイープ相関法は得られたメッシュの隣のデータと比較を行い、明らかにデータが大きい場合、異常値として扱う処理である。ビデオ平均化は、一種の平滑化処理であり、これにより約10dB程度干渉波が軽減できるとされている。これらの手法は基本的にはレーダ基地局にも装備されている。

最初に、送信出力100kwとして、一通りこちらの基地局から既存の他局への与干渉検討を行った結果、どのように周波数を配分しても、既存の新横浜局や関東局のようなクライストロン管を用いたばあい、半分以上のレーダ基地局に②以外の手法では避けられないレベルの干渉を与えてしまうことがわかった。

この段階で、クライストロン型の送信機ではなく、(2)で紹介する固体素子型の送信機を選択せざるを得なかった。この効果は劇的で、八斗島局、氏家局では計算上問題がなくなった。一方で、船橋局では計算上では他局からの被干渉の影響があり得る計算結果となった。そこで、(3)に記す新たな信号処理による干渉除去手法を提案した。

## (2) 固体素子型送信機の導入

### a) 固体素子型送信機とは

2000年代に開発されたHEMT等、GaN(窒化ガリウム)を用いた高周波数域で大電流を扱えるFET(電界効果トランジスタ)を用いた送信機である。基本的には通常の回路構成のトランジスタ(FET)を使用した差動型パワーアンプであるため、マグネトロンやクライストロンなどの様に、カソードやヒーターなどの主要部品が物理的に劣化して修復不可能な故障にいたる可能性は低い。

また、多段構成であるため、全段が故障する可能性は低く、修理に要する時間も短い。

一方、まだ100KW(もしくは50KW×2)もの大出力を発射できる送信機は安価には製造できないことから、レーダ用の送信機としては、チャープ変調を用いたパルス圧縮技術とセットで、比較的小出力のものが主流である。

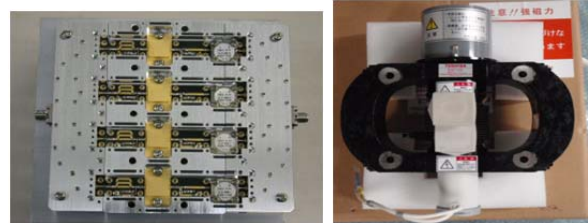


図9 固体素子送信モジュール(左)とクライストロン管(右)

b) チャープ変調とパルス圧縮技術について  
チャープ変調とは、比較的長いパルスを生成する際に、基本周波数から直線上に周波数を上げるまたは下げる処理を行う一種のFM変調である。(図10参照)。たとえば、今回導入した固体素子送信機は32[μsec]のパルス幅で、4[MHz]周波数を変化させる。これを数式で表すと、

$$c(t) = \sin[2\pi f_0 t + \pi \mu t^2] \quad -\frac{T}{2} \leq t \leq \frac{T}{2} \quad (11)$$

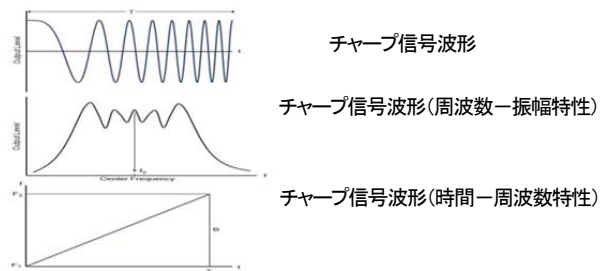


図10 チャープ変調波形とスペクトラム、時間周波数特性

この電波の反射波 $r(t)$ 反対と方向に進む同型の波を用意し、畳み込み積分(反射波と同型の波の時刻を $(\tau-t)$ とした関数を $h(\tau-t)$ としたとき $\int_{-\infty}^{\infty} r(t) \cdot h(\tau-t) dt$ となる積分)を行うと図11の様になり、波高値が時刻 $\tau=0$ 点付近のみ大きくなり、周辺では0に近くなる。

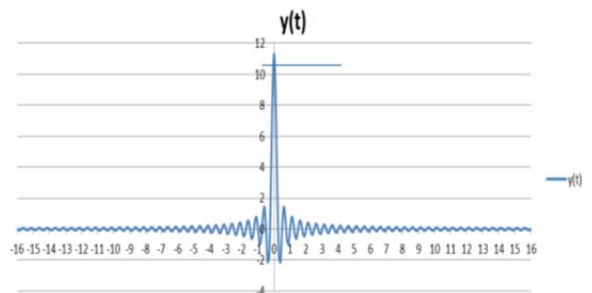
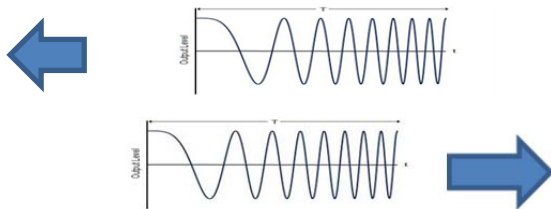


図11 パルス圧縮波形

ただし、この積分は0点付近で、初等数学の範囲を超える知識を必要とする。また、苦勞して解いても、結局感覚的になぜ圧縮されるかわかりにくい。そこで、この演算について感覚的に理解する試みを記す。

前提として、ある時刻時刻  $t$  の波の高さが両方もしくは一方に大きいときは、時刻の  $t$  のときの2つの波の波高値のかけ算の値が+に大きくなり、逆の時は、-に大きくなる。図12において、 $\tau \neq 0$  の時の様な状態だと、微妙に違う周波数のせいで、結局足し併せると0に近くなる（相関が低い）。それが、 $\tau = 0$  つまり、ちょうど2つの波が並んだ瞬間のみ、すべての時刻のかけ算のが+方向の値になり、パルス幅に近い高さに積み上がる。

$\tau \neq 0$  (約  $5 \mu\text{sec}$ ) の時



$\tau = 0$  (約  $0 \mu\text{sec}$ ) の時

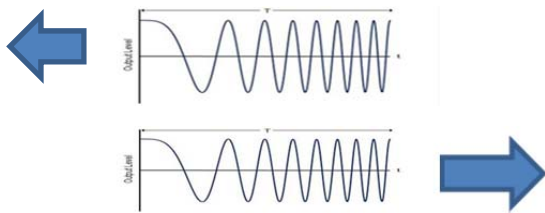


図12 反射波とパルス圧縮用の波との時刻による位置の違い

その結果、0よりはなれた点では0に近い値、0点近傍では急速に大きくなる図11の様なグラフが得られる。計算上は0点の高さは（変調周波数×パルス幅）の平方根になる。

#### (1) 信号処理による干渉波除去手法の提案

##### a) 動的予干渉エリアマップの生成について

晴天時にレーダの固定基地局から被干渉をうけると一瞬だけ、干渉ノイズがでる。このノイズは理論的には、こちらの基地局の回転数と予干渉局の回転数の最小公倍数のタイミングで発生する。よって、周期的なノイズであり、晴天時に一定時間データをサンプリングすることにより、いつ、どの方向に予干渉のノイズがでるか予測できる。これを時刻とエリアの関数として干渉除去を行うアルゴリズムを適用するマップとして保持しておくことによって、特定の位置だけに現れる強い干渉除去を行うことができる。

##### b) $Z_{dr}$ を用いた干渉波除去について

通常、二重偏波以外のレーダは、遠方でレーダの電波が地上（あるいは海面）とぶつかるのを避けるため水平偏波のみを使う。つまり、晴天時に被干渉を受けた場

合、 $Z_h$ だけが大きく、 $Z_v$ はほとんどないと予想される。このことから、 $Z_h/Z_v=Z_{dr}$ を計算し、 $Z_{dr}$ の値が降雨では考えられないほど大きい場合は、データを異常値と判別するアルゴリズムである。合成処理局側にも同様の機能が装備されているが、a)と組み合わせることにより、より効果的な干渉波除去を行えると考えている。

現在、新設各基地局は公開に向けて調整中であるが、幸い今のところ目立った被干渉は確認されていない。ただし、運用シーケンスを変えて、本格運用になった時に無視できないほど強い干渉波が確認された場合は、上記の手法の導入も考えている。

#### (4) 新たな異常値除去アルゴリズムの試験導入

##### a) 速度幅スレッシュホールドによる異常値判別の問題

現在、気象データとノイズを分ける方法として、気象現象速度  $v$  および速度幅  $W$  ( $v$  の分散) を比較して、 $v/W$  が一定値以下の場合には、ノイズの可能性が高いとして無効値としている。ただし、過年度からの観測で、台風時など強雨かつ強風時にも関わらず、たまたま観測域上空で渦を巻くような風が吹くと、電波の発射方向に風が向き、風速が過小に観測されて  $v/W$  が小さくなり雨域が消えてしまう事例が何度かあった。そこで、これに代わる異常値判定手法として、試験的に下記b)のSQI法を導入した。

##### b) SQI法の試験導入

SQI(Signal Quality Index)法とは、ノイズ成分がホワイトノイズの場合、観測されたデータの自己相関係数  $A[\tau]$  が  $\tau=0$  のとき1、 $\tau \neq 0$  ときは0になる性質を用いる。

信号成分が大きいときは  $A[1] > 0.4$  程度になるといわれている。よって、適切な閾値を観測をかさねて調整していけば、a)に代わる有効な異常値除去手法になると考えられる。今後、本省等とも打ち合わせつつ、調整・検証を行っていく予定である。

## 5. 終わりに

関東地方整備局管内において、H21年度に関東・新横浜局を整備した当時、今後もう関東平野にはXバンドMPレーダ雨量計を設置するのは不可能ではないかと思われた。そして、4年後に今回の新規3基を増設したが、厳しい周波数割り当て状況の中で新設できたのは何と言っても固体素子の導入が大きい。

ただし、今回の調整時にパルス圧縮を用いている領域に境界線が出るなど、まだ未成熟な技術であることを体感した。今後、精度検証を続け、精度面での課題等存在しないか検証していく予定である。

