

風観測用バイスタティック流星レーダーの風測定精度

Accuracy of the bistatic meteor radar for wind observations

阿保 真[1]

Makoto Abo[1]

[1] 都立大・工・電気

[1] Dep. Electrical Eng., Tokyo Metropolitan Univ

高度 80~100km の中間圏界面領域は、大型レーダ、共鳴散乱ライダー、大気光イメージャ等の電波・光学リモートセンシング装置による観測が行われているが、未だ複雑な現象の解明には絶対数が不十分である。その中でも、流星飛跡による低 VHF 帯電波の反射現象を利用した流星レーダによる風観測は天候に関わらず昼夜連続測定が可能な方法として有用である。我々は中間圏界面領域の低コストかつグローバルな風の観測のための、新方式流星レーダの開発を行っている。これは携帯電話等に用いられている擬似雑音 (PseudoNoise:PN) 系列を用いたバイスタティック流星レーダによる風観測システムである。

PN 系列を用いたバイスタティック流星レーダによる風観測システムの特徴として以下の点が上げられる。(1) CW レーダーであるので低出力でも、周波数推定が容易であり、保守性、コスト面においてパルス方式に比べて有利である。(2) CW レーダーであるので低ピーク電力であり、かつ PN 変調を用いることにより低パワーペクトル密度であるため、他の通信機器への影響が小さく、設置への制限が緩和される。(3) 将来的には、マルチスタティック化による複数点での同時観測が可能であり、グローバルな風速場観測への展開が期待できる。

バイスタティック流星レーダにおいて風ベクトルを算出するために必要となる測定値は、反射波の到来方向、伝搬距離、ドップラシフトである。流星反射波の到来方向測定は干渉計を用いて行い、流星反射波の伝搬距離の測定は搬送波を PN 系列を用いて直接拡散変調することにより行う。

本システムのハードウェアの特徴として、(1) GPS から得られる 10MHz を参照信号とした PLL 発振器を用いることで送受信システム間の正確な周波数同期を行っている。(2) 送受信点での正確な時刻同期を GPS から得られる UTC に同期した 1PPS の信号を用いて行っている。(3) 受信部では直交検波等の処理は行わず、信号検出、復調、直交検波といった処理は A/D 変換後全てコンピュータでソフトウェアにより処理する。処理をハードウェアからソフトウェアに移行することで、精度の向上と安定化が期待できる。

ソフトウェア処理は大きく 3つのパートに分かれる。(1) 受信機から AD ボードに入力される 5ch の信号内の一つのチャンネルを使って流星エコーの検出を行う。リアルタイム検出を行うため FFT を用いた相関処理により行う。(2) 検出した流星エコーについて、ドップラシフト、減衰定数、各チャンネル間の位相差、反射波の伝搬距離といったパラメータ測定を行う。得られたデータはデータベースに蓄積する。(3) 得られた流星エコーのデータを用いて反射点測定及び風推定を行う。

本流星レーダは、高度に対して風ベクトルを求めるウインドプロファイラであり、反射点高度がほぼ等しい複数の反射点を組合せて風を推定する。したがって、評価すべき精度とは、流星エコーの反射点高度の測定精度及び風の推定精度となる。

バイスタティック流星レーダは、モノスタティック方式よりも広い領域からの反射波を観測できるが、観測領域と測定精度の関係は一定ではない。そこで、精度良い風推定に用いることのできる流星反射波の反射点領域を評価した。送受信点間を結ぶ中点上空領域の反射点は、高度測定は精度良く行えるが、風推定の精度は良くない。反射点高度の測定精度が良く、なおかつ風推定精度も良い反射点領域は平均的には受信点上空であることがシミュレーション結果より明らかとなった。さらに、2つの反射点の組み合わせを選ぶ際に、ランダムではなく、1つの点のある領域内で選ぶと精度が数 10 倍向上することを明らかにした。