

7-7 60kHz 標準電波2点同時観測による伝搬遅延の計測

電磁波工学研究室
0312020 神谷 治行

1. 研究背景

近年、標準電波と呼ばれる電波から時刻情報を取得して自動的に時刻を修正する電波時計の普及が進んでいる。現在の電波時計の時刻精度は最大で200msec程度といわれている。

電波時計の時刻精度が悪くなる理由として、標準電波の伝搬遅延の影響が考えられる。標準電波の送信点から受信点までの距離が長い場合、送信点から発信された電波が直接受信点に到達することができず、電離圏で反射された反射波を受信することになる。直接波を受信する場所と反射波を受信する場所の2点で標準電波を同時観測し、標準電波の伝搬遅延が時刻精度に与える影響を調べる。

2. 伝搬遅延の計測

標準電波は1秒単位で振幅変調することで時刻情報を送信している。標準電波の発信源において、この標準電波の振幅変調が切り替わるタイミングはGPSの秒パルスに同期している。したがって、発信源から離れた位置で両者を比較すると、その地点における伝搬遅延を求めることができる。受信した電波の生波形のままに比較を行うと、ノイズやサンプリング周波数の低さの影響で伝搬遅延の誤差が大きくなってしまう。そのため伝搬遅延の測定誤差を少なくするためには、帯域フィルタを適用してノイズを取り除き、標本化定理を用いて波形を補間する必要がある。上記の処理を行った上で、富山と鹿児島における伝搬遅延を計測した。

鹿児島および富山における伝搬遅延の計測結果をそれぞれ図1と図2に示す。黒い点が計測した遅延時間である。赤い線は直接波が、青い線は反射波が光速で伝搬してきた場合の遅延時間の理論値を示している。鹿児島における伝搬遅延時間の理論値は直接波が0.847ms、反射波が1.078msとなる。富山における遅延時間の理論値は直接波が2.437ms、反射波が2.526msとなる。鹿児島における遅延時間の平均値は0.827ms、富山における遅延時間の平均値は2.410msとなり、理論値と非常に近い計測結果が得られた。

3. まとめ

本研究の結果、標準電波は光速で伝搬し、その距離分だけ遅延時間が生じることが分かった。計測結果は60kHz成分に重畳するノイズに大きく影響され、1ms程度の誤差が生じている。伝搬遅延は、反射波の場合電離層の見かけの高さの変化で、直接波の場合も伝搬経路によって変化するが、今回の実験・解析の結果、そこまで判別することは出来なかった。

4. 今後の課題

今後、この実験で使用した受信システムに改良を加え同様の観測実験を行い、更に詳しい解析を行う必要がある。また、遅延時間が理論値から大きく外れる場合のデータを詳細に分析することで、ノイズの影響を明らかにする必要がある。

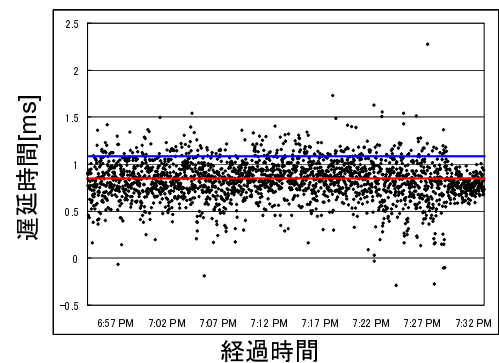


図1: 羽金山-鹿児島間で生じた遅延時間 (09月02日 18時56分18秒から19時35分2秒まで)

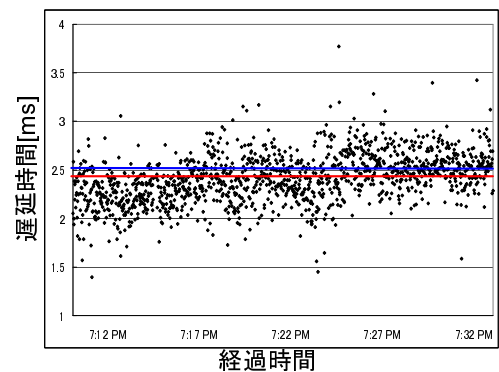


図2: 羽金山-富山間で生じた遅延時間 (09月02日 19時11分14秒から19時35分8秒まで)