

高精度電波時計システムのための 時刻情報抽出法に関する研究

0955018 村瀬 悠太

1. はじめに

従来、時計は各自で意識的に時刻を随時修正する必要があったが、近年では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ことが可能となった電波時計の普及が進んでいる。

これまで誤差が少なく実用上十分な精度をもっているとされている水晶振動子を使ったクォーツ時計は1ヶ月間で正確な時刻と十数秒の時刻誤差が生じていた。現在、電波時計によって今まで手動で行っていた時刻修正の必要がなくなり、さらにクォーツ時計に比べ、電波時計の時刻誤差は少なくなった。しかし、実際のところ現在市販されている電波時計の中で最も高精度なものでも最大 200msec 程度の時刻誤差が生じている。

時刻誤差の原因として、送信所から電波時計までの標準電波の伝搬遅延と電波時計内で受信した標準電波から時刻情報を抽出するまでの処理時間が考えられる。

これまでの研究より、時刻誤差 200msec に対して伝搬遅延は数 msec 程度であることが分かっている。よって、時刻誤差が生じる主因は、電波時計内部の波形処理時間によるものと推測される。

そのため、本研究では富山県で通常使用されている 40kHz の標準電波を観測することが可能な受信機を開発し、受信された波形から時刻情報の抽出を行うことを目的とする。

2. 標準電波

標準電波には正確な時刻情報がタイムコードとして変調されている。変調方式は振幅偏移変調 (ASK) で 1 秒間の 10% 振幅と 100% 振幅の割合で 1 と 0、ポジションマーカを表している。このタイムコードは 60 個で 1 つの時刻情報となる。よって、標準電波は 1 分間で 1 つの時刻情報を表している。図 1 は標準電波のカバーエリアと送信所の位置である。標準電波は福島県の大鷹鳥谷山標準電波送信所と佐賀県と福岡県の県境の羽金山標準電波送信所から送信されており、それぞれの搬送波は 40kHz と 60kHz である。また、情報通信研究機構 (NICT) より提供されている 2011 年 1 月の富山県富山市における 40kHz の標準電波の電界強度予測値は 63 ~ 72dB μ V/m となっている。よって、

40kHz の標準電波を常時受信するには 10% 振幅を考慮すると 43 ~ 72dB μ V/m のダイナミックレンジを持つ受信機が必要となる。

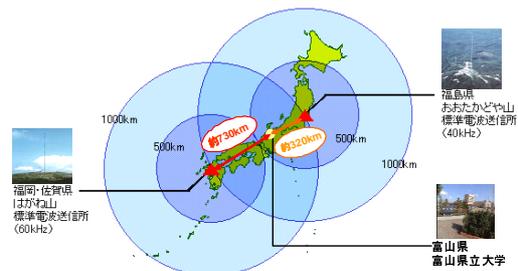


図 1: 送信所と受信地点の位置関係

3. 40kHz 標準電波受信機

本研究では、福島県から送信されている 40kHz の標準電波を富山で計測することを目的とした受信機を開発する。図 2 は開発する電波時計受信機のブロック図である。受信機は伝搬してくる標準電波を受信するアナログ部、アナログ部からの出力を記録するデータロガー、受信した標準電波から得られる時刻情報との時刻誤差を調査するための Global Positioning System (GPS) 受信機で構成される。本研究で開発を行うアナログ部は図 2 で示すようにループアンテナ、プリアンプ、BPF 回路、検波回路で構成される。この受信機は、共振周波数 41kHz、周波数帯域幅 2kHz、ダイナミックレンジは 60dB、立ち上がり時間は 200 μ sec、立ち下がり時間は 1msec となり、必要な性能を満たしている。そのため、40kHz の標準電波を常に観測できると考えられる。

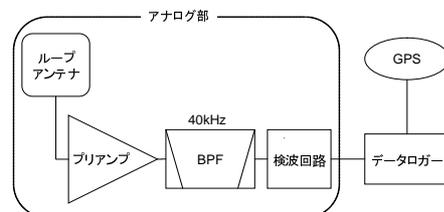


図 2: 受信機のブロック図

4. 時刻抽出方法

本研究では、MATLAB を使用して標準電波の波形から時刻情報への自動変換する方法を検討し、プログラムを開発する。抽出法としては、まず図 3(a) のように、2 秒分のデータ内の 2 番目に大きい値と小さい値の平均値を閾値とする。その閾値より小さいデータから閾値を越えた最初のデータを 1 秒の最初と決める。次に、図 3(b) のように、その秒から 1 秒ごとに閾値を求め、120 秒のタイムコードを抽出する。その中から分の最初を表している 2 回連続でマーカーが続く場所を検出する。そのマーカーが連続した秒から 60 秒のタイムコードを同じように計算して抽出し、タイムコードから時刻情報を抽出する。

また、抽出した時刻情報が正しいものか確認を行う。時刻情報を抽出した分の次の 60 秒から同じ方法で 1 分の時刻情報のみ抽出して、最初に抽出した方の時刻情報と比較し、1 分先の場合、先に抽出した時刻情報を確定させる。もし比較した時刻情報が 1 分先の時刻情報でなかった場合は最初に抽出しようとした分から 3 分後へ移動し、最初からやり直して時刻情報を抽出する。正確な時刻情報が抽出できるまでこの動作を繰り返す。

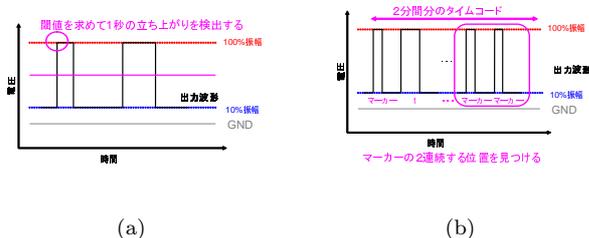


図 3: 計算過程の模式図

5. 標準電波の観測実験

標準電波観測実験は富山県立大学グラウンド横の電波観測室で行われた。図 4 は電波観測室で 2011 年 1 月 20 日の 22 時 02 分から翌 21 日 08 時 31 分までの 40kHz の標準電波の観測結果である。また、図 5 は図 4 から任意の 1 分間を抜き出したものである。縦軸は受信機からの出力電圧、横軸は観測経過の時刻である。青いラインは観測した標準電波である。

図 5 の赤いラインは計算によって求めた閾値、桃色の数字は抽出されたタイムコードとそのタイムコードから変換された時刻情報である。この 1 分間から開発されたプログラムによって時刻情報抽出した結果、2011

年 01 月 20 日 22 時 03 分と正確な時刻情報が抽出された。このデータから図 4 の全ての分で時刻抽出した結果、616 分の内 568 分で正確な時刻情報が抽出された。

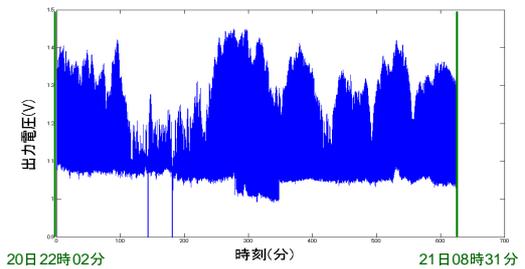


図 4: 40kHz 標準電波の観測結果 (2011 年 01 月 20 日 22 時 02 分 ~ 翌 21 日 08 時 31 分)

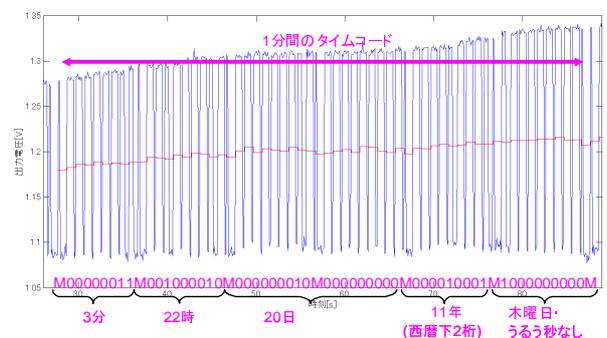


図 5: 1 分間の標準電波観測結果

6. まとめと今後の課題

本研究では電波時計の時刻誤差の原因を調査するため、NICT の標準電波の電界強度予測値をもとに標準電波が観測可能な仕様の電波時計受信機を開発した。さらに、時刻情報を抽出するためのプログラムを開発し、観測されたデータから PC 上で時刻情報を自動抽出して求めた。その結果、616 分中 568 分と観測した標準電波の 90% 以上から正確な時刻情報が抽出された。しかし、作製した受信機では出力をデータロガーに保存して、時刻情報の抽出を PC 上で計算している。そのため、時刻修正時の正確な時刻誤差が評価できない。よって、今後の課題としては最終的にリアルタイムで時刻情報を自動修正する方法を検討する必要がある。

参考文献

- [1] 情報通信研究機構 (NICT), <http://jjy.nict.go.jp/>
- [2] 日本セック株式会社, <http://www.npsec.com/>
- [3] 神谷 治行:「60kHz 標準電波 2 点同時観測による伝搬遅延の計測」, 富山県立大学 卒業論文 (2008)