

# 電波時計への取り組みと今後

佐野 貴司 (カシオ計算機株式会社)

**あらまし** 長波帯標準電波の時刻情報を利用した電波時計の特長は、正確な時刻を手軽に扱えることに起因するゆとりの創出、わずらわしさからの開放と捕らえます。そしてそれは、個人が時刻を通じて社会へ貢献することを意味し、また、創造するための時間、安らぐ時間などを手軽に創出できるものと考えます。これらを念頭に、小型化、受信確率の向上、低価格化など技術開発を行い、電波時計の利便性を広く普及させたいと考えます。

## 1. まえがき

国外で時刻情報がのった長波帯標準電波を運用している主な国は、ドイツ (DCF77)、アメリカ (WWVB) があり、その歴史はおおむね次の通りです。

電波時計先進国である、ドイツは、1973年にタイムコードが導入され、1985年ごろから電波時計が販売されています。従って、電波時計の歴史は16年ほどあることとなります。

アメリカでは、1965年からタイムコードが載せられた標準電波を送信しています。しかし、北米をカバーするには電波が弱いようで、1999年に増強されました。同時に電波時計市場も開けてきているようです。

日本でも、1988年からタイムコードがのり実験局 (JG2AS) として運用され、1992年から電波時計が発売されました。弊社でも1996年から電波時計市場に参入しました。しかし、当時は電波が弱く受信しづらいことや、タイムコードデータの不足、また、実験局なので放送の継続性に疑問があり、広く普及させるに至りませんでした。

そんな中、1999年にJJY、福島局として本局化、そして今年2001年、二局目が九州に開局される運びとなり、タイムコードデータの充実や送信パワーの増強など、電波環境が大きく改善されます。これにより市場が拡大することに期待を寄せています。

## 2. 本論

### 2-1. カシオ計算機の取り組み

弊社では1993年から技術開発に取り組みました。当時は、電波環境さえ分からず、受信ICの使いこなしも憊ならないなか、実用的な電波時計に仕上げようと苦労しました。そして、1996年に製品を市場に投入しました。製品は実験局向けでしたので、放送の継続性などお客様に御理解頂くと共に、普通の時計としても十分使える様配慮しました。

1999年の本局化に伴い、アンテナの小型化、アルゴリズムの改良が推進され、通常の腕時計サイズの実現や、日付表示、受信状況を表示するインジケータを搭載するなどリニューアルした製品を市場へ投入しています。

今年2001年から九州局の立ち上げに伴い、福島局では十分にカバーしきれなかった地域の電波環境が改善されます。腕時計、置き時計、掛け時計ともに数種類の対応モデルを発売し、来年2002年以降は福島局、九州局自動選局とし

---

〒205 - 8555

東京都羽村市栄町3 - 2 - 1

カシオ計算機株式会社 時計事業部 開発部

E-mail: sano@tmgw.rd.casio.co.jp

て積極的な展開を図る予定です。

## 2-2. 電波時計の特長

改めて、電波時計の特長をまとめてみます。

### 1. 正確な時間を手軽に知ることができる。

ゆとり、時間の有効活用が可能となる。

例えば家事などをしながら TV 番組の開始時間を気にする。あるいは、通勤時、走らなくとも電車に間に合うかの判断などのように時間的に細かなことに対して効果的です。電波時計の携帯性や視認性を向上させることで、更に正確な時刻を手軽に活用でき、ゆとりがうまれる。

### 2. メンテナンスフリー。

わずらわしさからの開放。

時刻の初期設定、修正が必要なくなり、時計としての完成度が向上する。さらに、正確な TV 放送の時刻表示と時計を比べながら、どの時計が何分進んでいるのかと、時計ごとの時刻の

ばらつきを気にすることも無くなり、わずらわしさから開放される。

### 3. デバイスが安価で扱いやすい。

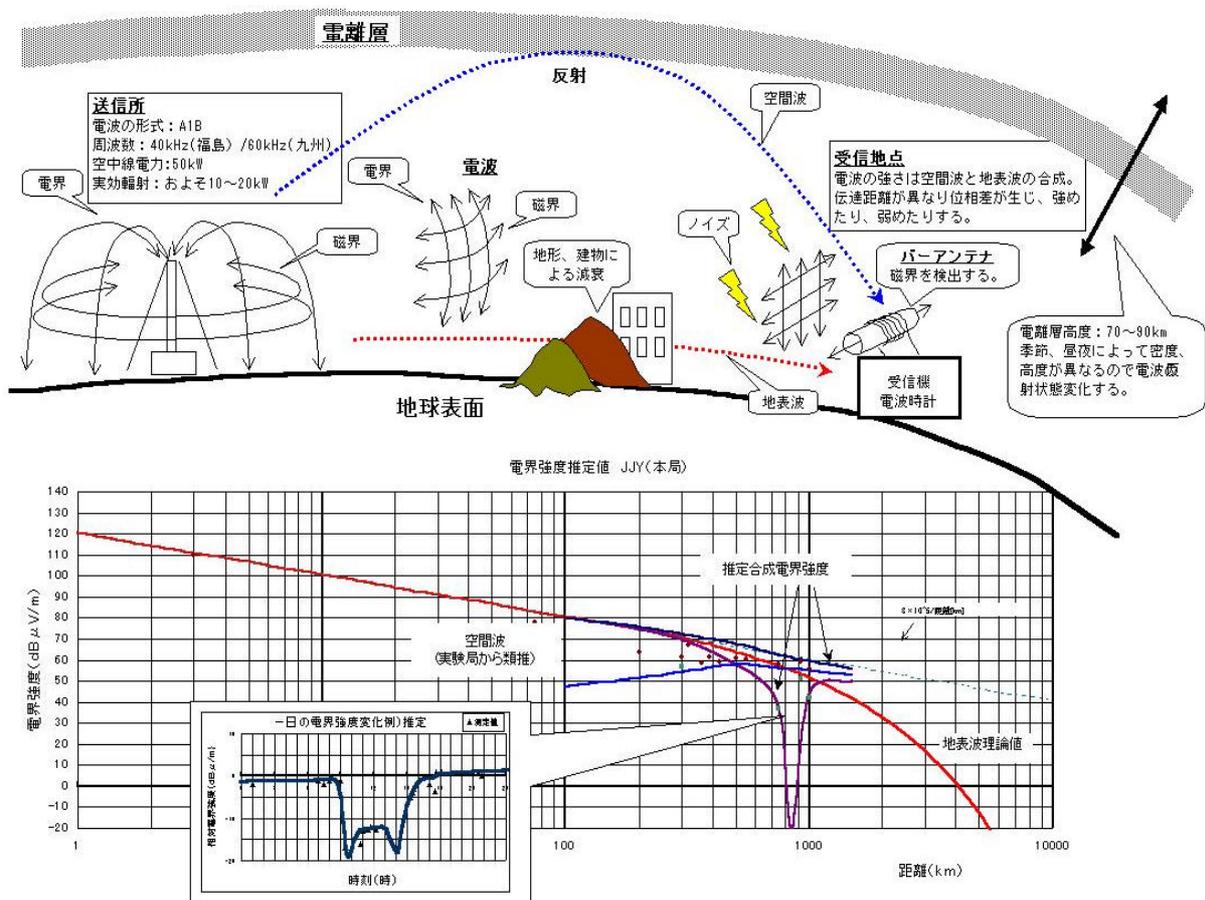
手軽に正確な時刻を活用できる。

上記のようになるかと思えます。モニターして頂いた方に、電波時計ほどの精度は必要ないと思っていたが、「使ってみると気持ち良い。」あるいは、「なんとなく良いね。」と言われます。上記特長によるものだと思います。

## 2-3. 標準電波の特性、環境

長波標準電波の特性と環境は Fig.1 のように考えています。空間波（電離層反射波）と地表波の電界強度差が少なくなる地域では干渉による電界強度の変化が生じます。空間波の強度は太陽活動の影響を受ける電離層に関係するので、日周パターンがあり、季節によっても変化します。

Fig1 . 電波伝播特性、環境



また、ノイズ環境は Fig2. のようなデータがあり、電波受信にかなり影響すると思われます。

Fig2 . ノイズ参考値

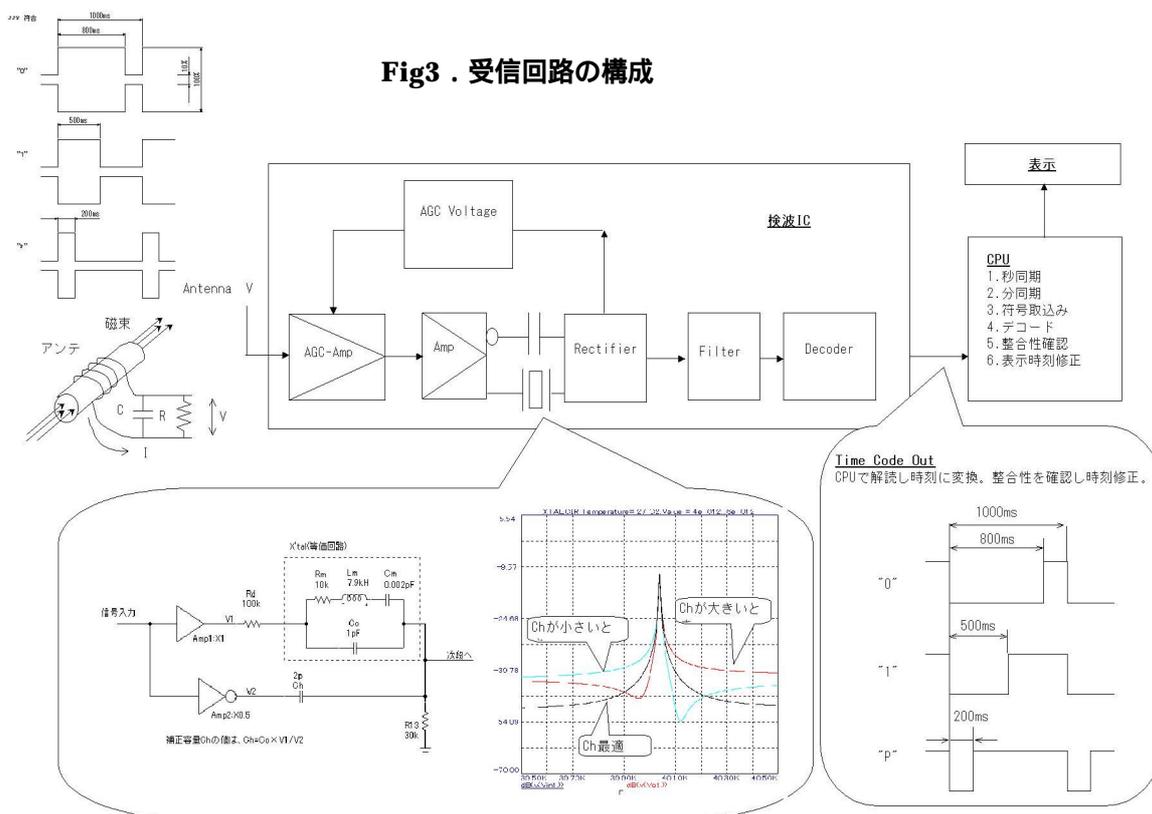
項目		(dBu/m) <sup>注3)</sup>
屋外の雑音	測定	12 ~ 56 ~
家電	ドイツ不要放射規格 <sup>注2)</sup> から換算	41.5 以下 (3 m 離れて)
大気雑音 <sup>注1)</sup>	昼	14
	夜	23.8

注1) "アマチュアのアンテナ設計法" 岡本次雄 著 参照

注2) vfg.243 BMPT 官報 No.61 参照

注3) 上記値は受信回路のフィルタ BW 8Hz で換算した値。

受信回路は Fig3 . のように構成され、受信性能はアンテナ、受信 IC、受信アルゴリズムに左右されます。



## 2-4. 開発ポイント

電波時計の特徴、特性を念頭におくと開発ポイントは、下記の点になるかと思います。

### 1. ダウンサイジング

特に腕時計において携帯性や視認性(デザインなど)を改善し、活用しやすくなる。

#### 1) アンテナの小型化

アンテナの出力電圧は、その形状が同じであり、接続しようとする IC の入力抵抗が無限大で

あると仮定すれば、共振抵抗を大きくするほうが有利だと考えます。しかし、アンテナの共振抵抗を大きくしすぎると、同調用のコンデンサの誤差や浮遊容量に敏感になってしまいます。従って、同調装置の浮遊容量も含めてどこまで小さな容量を扱えるかが小型化の鍵になると考えます。

#### 2) ICの小型化、周辺部品の削減。

ICの付属部品を少なくすることも重要です。しかし、そのみならず、アンテナを同調するには複数のチップコンデンサを使用します。単局の受信機ではあまり大きな問題になりませんが、二局の同調切り替えを行おうとすると倍の数のコンデンサが必要ということになり、取り付け部品が増えてしまいます。小型のバリアブルコンデンサをどう実現するのか検討の余地があると考えます。

## 2. 受信確率の向上

電波的に悪い環境でもより確実に時刻修正できるように性能向上させたいと考えています。

#### 1) 受信ICの性能向上

現在の電波時計用ICはストレート方式が主流です。限界も見えてきており、他の方式を検討する余地もあるのではないかと思います。

#### 2) 二局化対応

今回九州局開局により、条件的に良いと思われる放送局を選べる環境になりました。受信確率の向上という観点のみならず、メンテナンスフリーという観点からも自動的に選局できるようにする必要があります。

#### 3) アルゴリズムの改良

現在のアルゴリズムは次のようになっています。受信にかかる時間は、この処理を一通り行うと2～3分程度です。これは秒同期をとってから、一連の時刻情報1本(以後フレームと記載します)受信するのに1分、さらに誤表示を避けるための整合判断に1～2フレーム必要とするためです。受信状況によってはこの動作を数回行うので10分程度受信動作をします。

アルゴリズムは、同期処理(秒同期、分同期)と、符号取り込み処理、整合性判断処理に分けられます。具体例を示します。

1) 受信開始：定刻に受信を開始する自動受信と、ボタン操作で受信させる手動受信があり、それをトリガーとして受信を開始します。

2) 秒同期：秒同期精度および符号判別にかかわるので複数回同期点を検出し確認しています。

3) 分同期：“p”符号2連続の後半の“p”の立ち上がりが「分」の基準であると共に、現時刻情報の開始となります。

4) 符号取り込み：振幅100%の持続時間に基づいて符号に振り分けます。

5) 時刻情報への変換：タイムコードに従い復号します。

6) 整合性判断：パリティチェックなどを行いありえない情報をエラーにします。また、複数の時刻データフレームを取り込み整合性確認します。

7) 表示書き換え：整合性を確認できると表示を書き換え正確な時刻になります。

改良する点としては、

1) 正確に電波を受信しつつ受信時間を短く。

2) ノイズに対し強く。

3) 効率的な選局。

があげられます。

## 3. コストダウン

多くの方々に手軽に活用して頂くには、海外展開を含めた市場拡大により数量を確保し、部品単価を下げて行くことが考えられます。

時計(ムーブメントおよび完成品)の推定生産数量は、腕時計が世界で12億7千万個、日本7億3千万個であり、クロックが世界で4億個、日本で3千4百万個といわれています。この数%が電波時計に変わると考えてもかなりの数量が期待できます。

### 2-5. これからの展開

開発ポイントを掘り下げていくことにより、

1. 腕時計の小型化展開

2. マルチ受信展開

3. 国外標準電波対応機種展開

を行い、正確な時刻を手軽に扱える電波時計の更なる市場拡大を図りたいと考えます。

### 3.まとめ

電波時計はまだ発展途中で改善点がありますが、その機能の担う役割は大きいと思います。今回、九州局開局により環境が改善されました。

今後、更にデバイス改善に努め電波時計を普及させることで、多くの方々の創造の手助けにつながり、社会的貢献を果たせることに期待します。

### 参考文献

- (1) 本間重久、斎藤義信：「長波標準電波（JG2AS/JJF）による供給」、電波研究所季報 Vol.29 No.149 1983 2月号
- (2) 岡本次雄：「アマチュアのアンテナ設計法」、CQ出版社
- (3) 電子工学ポケットブック 第3版、「5章電波伝搬の実際」、オーム社
- (4) Matthew Deutch, Wayne Hanson, Charles Snider, Douglas Sutton, William Yates, Dr. Peder Hansen, Bill Hopkins:  
"WWVB IMPROVEMENTS: New Power from an Old Timer", National Institute of Standards and Technology (NIST)  
<http://www.boulder.nist.gov/timefreq/stations/wwvb.htm>
- (5) 2000年 日本の時計産業の概況、社団法人日本時計協会  
<http://www.jcwa.or.jp/jp/wa2.html>
- (6) vfg.243 BMPT 官報 No.61 11.12.1991