

【技術分類】 2 - 2 - 1 時間・時刻標準（含む：調節、補正） / 外部時刻標準利用 / 長波標準電波利用システム

【 F I 】 G04C9/02@A, G04G1/00,307, G04G5/00@J, G04G7/02

【技術名称】 2 - 2 - 1 - 1 アンテナ

【技術内容】

長波標準電波を受信し時刻を校正する電波時計であって、フェライト等の磁心を有するバーアンテナに関する技術である。

電波時計用アンテナは、棒状もしくは積層板状の磁心に巻き線を施した構成になっている。

図 1 は、長波電波ウォッチ初期製品の外観写真であり、文字板上の 12 時 - 6 時位置に搭載されている筒型の素子がアンテナである。

【図】図 1 長波電波ウォッチの初期製品の外観写真



出典 1、「1 頁 写真（1 番最初の写真）」

図 2 は、上記長波電波ウォッチ初期製品のシステムブロック図であり、アンテナ（Ferrite Bar Antenna）は同調用コンデンサーが接続されて周波数同調をとっている。

このアンテナは、長さ 30mm 径 3mm のフェライトコアに 480 ターンの巻き線で構成されている。

【図】図2 長波電波ウォッチ初期製品のシステムブロック図

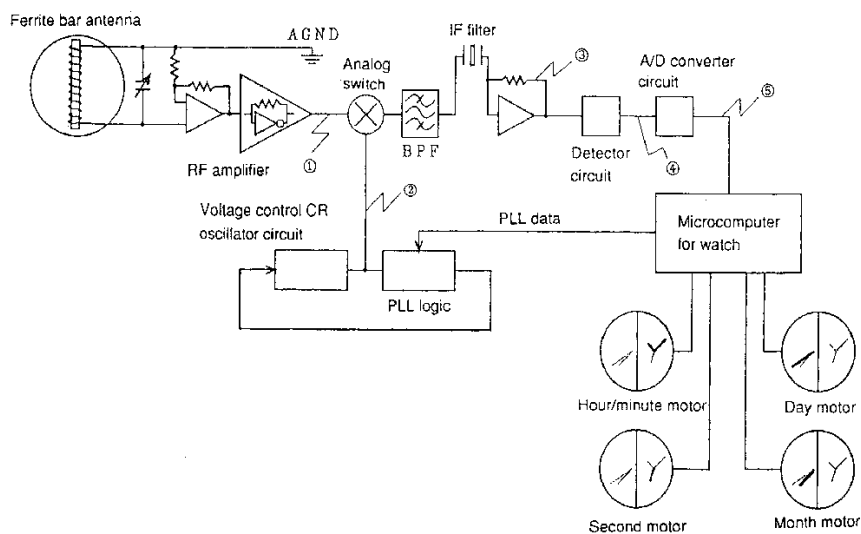


Fig. 1 Receiving system block diagram for radio wave watch

出典 2、「65 頁 Fig.1 Receiving system block diagram for radio wave watch」

図 3 に、サイズおよび性能が大幅に改良された最新のアンテナの外観図（写真）を示す。

同図左側のアンテナが改良アンテナであり、右側が改良前のアンテナの一例である。この改良アンテナは、磁心に従来のフェライト材に替わってアモルファス金属箔体を採用したことにより、小型、高感度化と、優れた耐衝撃性能が得られている。

- ・アンテナ部外形サイズ：16mm × 5.3mm × 4.8mm
- ・磁心：アモルファス金属積層材（金属箔体を 40 枚積層）

【図】図3 改良された最新アンテナと従来アンテナの外観図

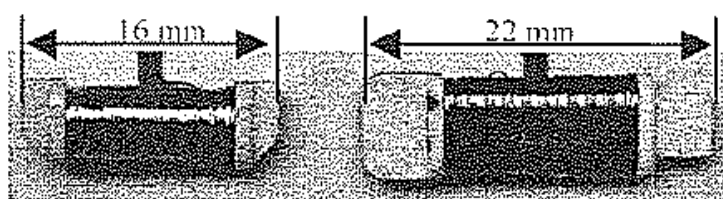


Fig. 1 Size Comparison of New and Previous Antenna

出典 3、「517 頁 Fig.1 Size Comparison of New and Previous Antenna」

図 4 は、上記改良アンテナの感度特性を示した図であり、アモルファス金属積層材を採用した改良アンテナは、アンテナ長さが従来品の 22mm から 16mm に短くなったのにもかかわらず、同等の性能が確保されていることが分かる。

【図】図4 改良アンテナの感度特性

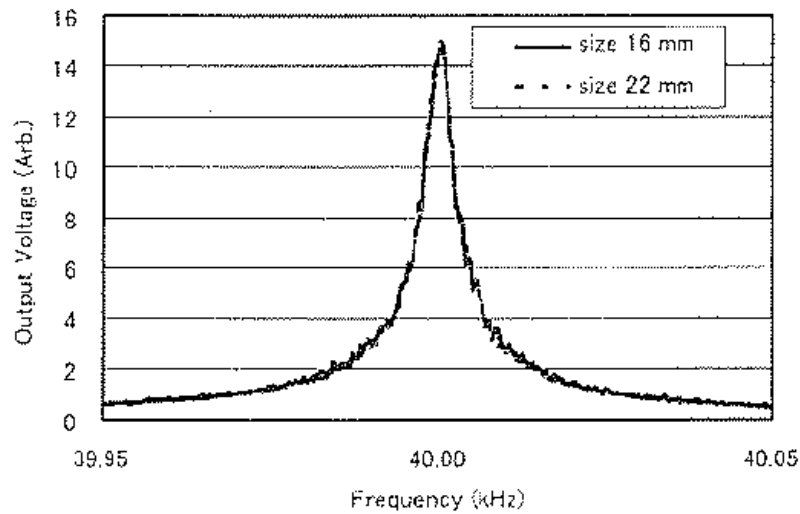


Fig. 3 Comparison of Antenna Output Voltage

出典 3、「517 頁 Fig.3 Comparison of Antenna Output Voltage」

近年急速に進化している長波電波ウォッチの小型化、高性能化は、アンテナの進歩によるところが大きい。一方では、電波時計の普及に伴い、アンテナ専門メーカーからアンテナ汎用製品の提供も行われてきている。(参考資料 1、2)

【出典 / 参考資料】

出典 1 :

- ・ 出典 : Coo の腕時計 / 時計の基礎知識 / 電波時計の歴史
- ・ 著者名 : Mr - Coo
- ・ 表題 : CITIZEN 電波時計の流れ
- ・ 掲載年月日 : 2004 年 7 月 7 日、掲載者 : Mr - Coo
- ・ 検索 : 2005 年 1 月 29 日
- ・ アドレス : <http://mr-coo.com/kiso/radio-histry.html>

出典 2 : 「長波電波ウォッチの受信システム」, 「日本時計学会誌 No.146」, 「1993 年 9 月」, 「八宗岡正、藤田憲二、中村文雄 (シチズン時計) 著」, 「日本時計学会発行」, 64 - 72 頁

出典 3 : 「電波腕時計用アモルファス鉄心アンテナ」, 「日本応用磁気学会誌 Vol.28 No.4」, 「2004 年」, 「佐野貴司、南成敏 (カシオ計算機) 小谷忠 (日立フェライト電子) 荒木博和、三田正裕 (日立金属) 著」, 「日本応用磁気学会発行」, 517 頁

参考資料 1 :

- ・ 出典 : スミダコーポレーション / 製品情報 / ラジオ / アンテナ / ACL27
- ・ 著者名 : スミダコーポレーション株式会社
- ・ 表題 : ACL27
- ・ 掲載者 : スミダコーポレーション株式会社
- ・ 検索 : 2004 年 1 月 26 日
- ・ アドレス :

<http://www.sumida.com/jpn/products/details.php?pos=1&prodid=9176&catid=47>

参考資料 2 :

- ・ 出典 : スミダコーポレーション / 製品情報 / ラジオ / アンテナ / ACL80A
- ・ 著者名 : スミダコーポレーション株式会社
- ・ 表題 : ACL80A
- ・ 掲載者 : スミダコーポレーション株式会社
- ・ 検索日 : 2004 年 1 月 26 日
- ・ アドレス :

<http://www.sumida.com/jpn/products/details.php?pos=1&prodid=1801&catid=47>

【技術分類】 2 - 2 - 1 時間・時刻標準（含む：調節、補正） / 外部時刻標準利用 / 長波標準電波利用システム

【 F I 】 G04C9/02@A, G04G5/00@J, G04G7/02

【技術名称】 2 - 2 - 1 - 2 受信回路・I C

【技術内容】

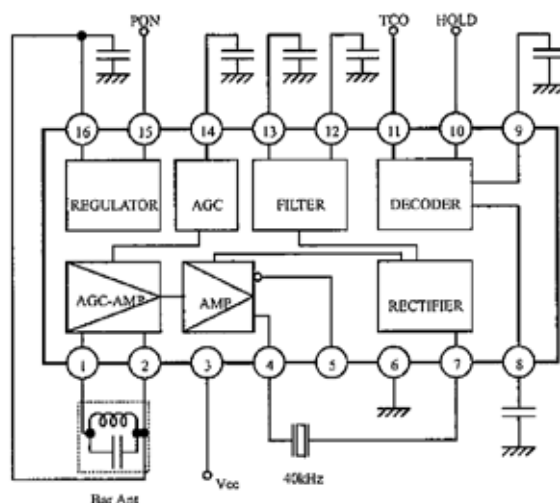
周波数伝搬が安定している長波を用いた電波修正時計の受信回路であって、受信回路のIC化の技術である。

長波受信機の回路方式としては、ストレート受信機方式とスーパーヘテロダイン方式が使用されている。

図 1 は、ストレート受信機の回路(IC)の構成例である。40KHz の標準電波を受信するために、40KHz に同調したアンテナ(Bar Ant)とクリスタルフィルターを使用している。この IC は受信機入力から、検波器まで 40KHz の信号周波数のまま増幅するストレート受信機の構成をとっている。標準電波の信号は振幅変調波であるので、AMP が強入力により飽和すると復調できない。このため入力信号レベルに応じて AMP ゲインを自動調整する AGC 回路が必要である。AM 信号の復調には、回路が簡単な整流方式が使用されている。

現在、わが国では、40KHz と 60KHz の標準電波が送信されているので、アンテナの同調用キャパシタとクリスタルフィルターを切替えることにより、両方の標準電波を受信可能とした製品が発売されている。このような IC はバイポーラ又は CMOS プロセスで製造されており、周波数切替え用の電子スイッチを内蔵した製品も開発されている。

【図】図 1 ストレート受信機 IC の構成例



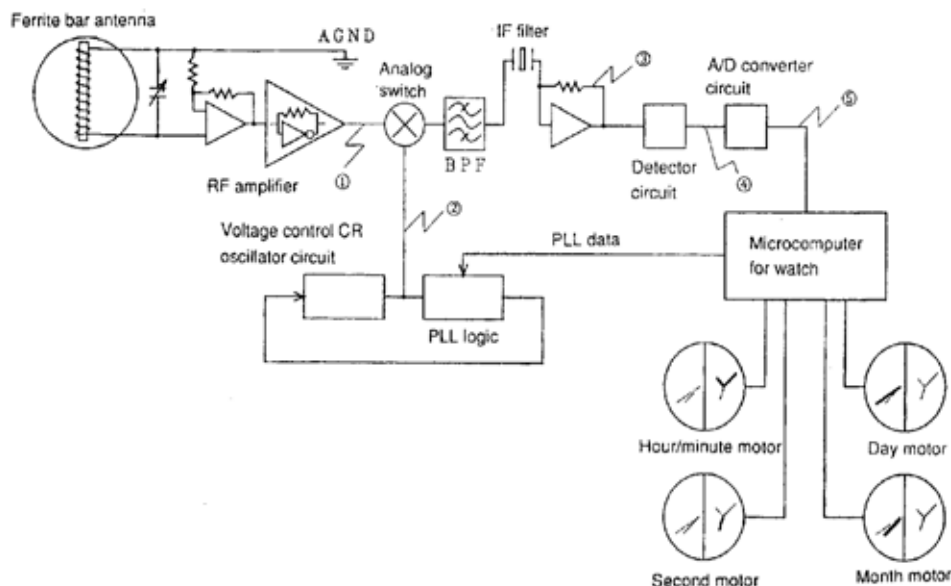
出典 1、「23 頁 図 4 LA1652 ブロック図」

各国の標準電波周波数に対応するために、スーパーヘテロダイン方式のウオッチ用受信 IC が開発されている。

図 2 にその例を示す。ローカル発信器の周波数制御に PLL 回路を採用しており、IF 周波数は 30KHz 帯である。受信周波数の切替えは、ローカル発信器 (Voltage control CR oscillator circuit) の周波数を PLL で切替えると共に、Ferrite bar antenna の同調用キャパシターを外部スイッチで切替え

て行う。PLL の制御（周波数）データは、ウオッチ用のマイクロコンピュータ（Microcomputer）から転送される。PLL の基準周波数は、ウオッチ用の 32.768KHz を利用している。

【図】図2 スーパーヘテロダイン受信機 IC の構成例



出典 2、「65 頁 Fig.1 Receiving system block diagram for radio wave watch」

【出典 / 参考資料】

出典 1:「電波時計受信用 LSI の開発」長波標準電波シンポジウム資料 平成 13 年 10 月 24 日開催、
「2001 年 10 月 24 日」木下雅貴（三洋電機）著、「独立行政法人 通信総合研究所発行」、22
- 25 頁

出典 2:「長波電波ウオッチの受信システム」日本時計学会誌 No.146、1993 年 9 月、八宗岡正、
藤田憲二、中村文雄（シチズン時計）著、「日本時計学会発行」、64 - 72 頁

【技術分類】 2 - 2 - 1 時間・時刻標準（含む：調節、補正） / 外部時刻標準利用 / 長波標準電波利用システム

【 F I 】 G04C9/02@A, G04G5/00@J, G04G7/02

【技術名称】 2 - 2 - 1 - 3 復調・デコーダー回路

【技術内容】

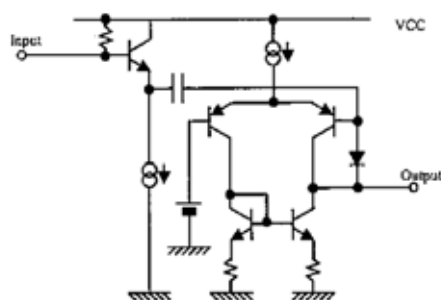
クロックやウオッチの精度向上のために、長波標準電波受信機を内蔵し、その信号で時刻を校正する電波修正時計が多数製品化されている。これらの時計で、受信した信号から時刻情報を含む論理信号を抽出するのに必要な復調・デコーダー回路に関する技術である。

長波標準電波は振幅変調（AM）である。振幅変調の理想的な復調回路としては同期検波が知られているが、家庭用クロックやウオッチ内蔵の受信機では、回路構成の簡単な整流（Rectifier）回路と適度な時定数を有する LPF で、AM 復調回路を構成している。

復調回路の出力は、デジタル回路の論理振幅に比べてかなり小さく、直流成分を含んでいる。また AGC で影響を軽減しているが、復調信号、直流成分共に、受信レベルの変動の影響を受け変動する。したがって、復調回路の出力を安定した論理振幅に変換するデコーダー回路が必要である。

図 1 に整流回路の回路例を示す。この回路は半波整流回路として動作し、約 30dB の復調利得を有している。この回路の後段に適当な時定数（1Sec.以下）の RC フィルタ（LPF）を接続して、復調信号を得ている。振幅変調の受信機では、強入力時に回路が飽和すると正しく復調できない。このため入力信号レベルに応じて、AMP のゲインを調節する AGC が必要である。AGC 用の信号も整流回路の出力から適当な時定数（1Sec.以上）の RC フィルタで取り出している。

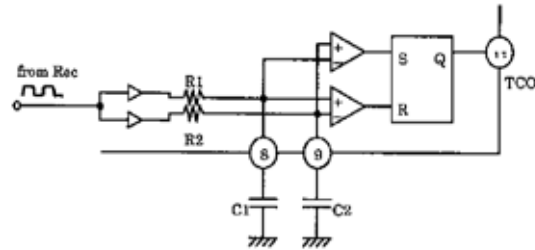
【図】図 1 整流（Rectifier）回路の例



出典 1、「24 頁 図 6 REC ブロック回路図」

デコーダー回路の構成例を図 2 に示す。R1,C1 及び R2,C2 は整流回路の後段に接続される LPF であり、時定数は 1 秒より小さい値であるが、異なる時定数に設定してある。後段の電圧コンパレータ、フリップフロップで、DC レベルの変動の影響を除き、安定した論理レベルに変換している。

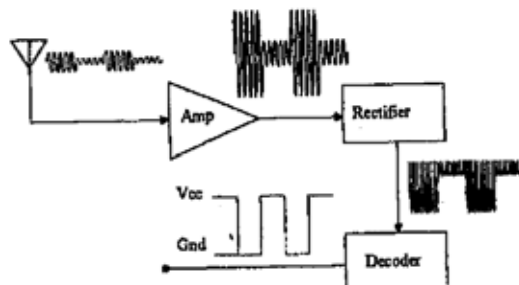
【図】図 2 デコーダ回路の構成例



出典 1、「24 頁 図 8 DEC ブロック回路図」

図 3 に受信機各部（受信機入力、整流回路入力、整流回路出力、デコーダ回路出力）の信号波形の例を示す。

【図】図 3 各部の信号波形例



出典 2、「65 頁 Fig.4 LA1630 ブロック図(1)」

【出典 / 参考資料】

- 出典 1:「電波時計受信用 LSI の開発」,「長波標準電波シンポジウム - 日本標準時・標準周波数とそのビジネスへの応用 - 」,「平成 13 年 10 月 24 日開催資料」,「木下雅貴(三洋電機)著」,「独立行政法人 通信総合研究所発行」, 22 - 25 頁
- 出典 2:「電波時計用 LSI 回路 / 研究会報告」,「マイクロメカトロニクス Vol.43 No.4」,「1999 年 12 月」,「木下雅貴、菅山栄(三洋電機) 伊藤博(リズム時計) 著」,「日本時計学会発行」 63 - 69 頁

【技術分類】 2 - 2 - 1 時間・時刻標準（含む：調節、補正） / 外部時刻標準利用 / 長波標準電波利用システム

【 F I 】 G04C9/02@A, G04G5/00@J, G04G7/02

【技術名称】 2 - 2 - 1 - 4 受信アルゴリズム

【技術内容】

長波標準電波を受信して時刻を校正する電波時計において、受信信号の復調から時刻表示修正処理までの信号処理アルゴリズムに関する技術である。

日本の長波電波標準電波の送信信号（タイムコード）を図1に示す。
信号はパルス信号レベル 100%（H レベル）と 10%（L レベル）の ASK 変調波で送信されている。

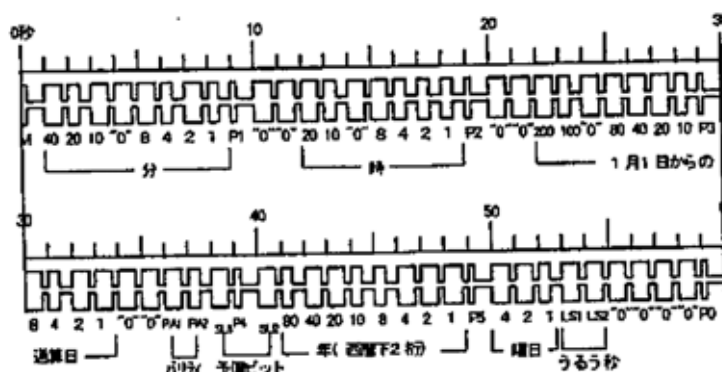
送信速度は 1 Symbol / sec. あり、タイムコードは次の 3 種類の Symbol で構成されている。

2 進の 0 : H レベルパルス幅 0.8sec.

2 進の 1 : H レベルパルス幅 0.5sec.

P コード : H レベルパルス幅 0.2sec.（P コードはデータとの区切りを表すコードである）

【図】図1 日本の長波標準電波信号



出典 1、「79 頁 図 15 新タイムコード」

電波時計の信号は次のような過程で処理される。

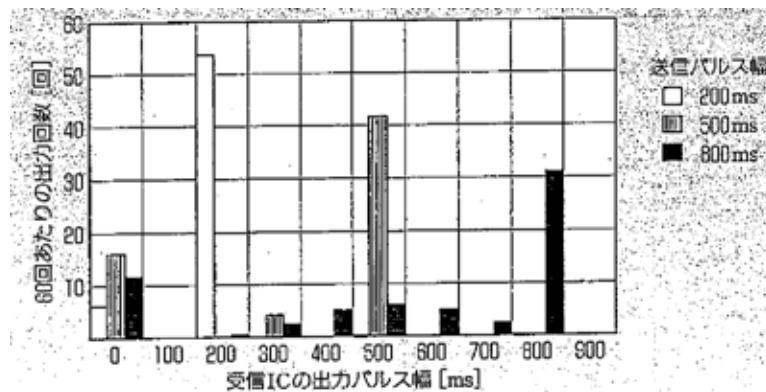
- (1) 信号受信、復調、デジタルレベルに変換：パワーセーブのための間欠受信を含む。
- (2) タイムコード（0,1,P）の判定：クロックリカバリー、Bit（秒）同期などの処理を含む。
- (3) タイムコード復号（時刻情報デコード）：フレーム同期などの処理を含む。
- (4) 復号データの検証：パリティチェック、複数フレームのデータの照合
- (5) 時刻表示修正

電界強度が弱い場合やノイズ環境下では、受信したタイムコード（0,1,P）の各 Symbol（波形）はノイズの影響のため、上記の波形とはかなり異なったものとなる。

その様子の測定例を図2に示す。

これは、ノイズ環境下で受信した各 Symbol の H レベルパルス幅の分布を調べたものであり、誤ったコードが出力されていることがわかる。

【図】図2 ノイズ環境下での受信パルス幅



出典 2、「24 頁 第 4 図 ノイズ環境における受信 IC の出力パルス分布」

このような環境下でも誤動作を起こさないために、次のような対策が行われている。(出典 1、参考資料 1)

- (1) できるだけ正しくタイムコード (0,1,P) を判定し、正しいデータの受信率を向上する。
 - ・ Symbol 情報の平均化
- (2) 時刻情報デコードの誤り発生を検出し、誤ったデータで時刻修正を行わない。
 - ・ 複数時刻データのパリティチェック、複数時刻データの比較照合

【出典 / 参考資料】

出典 1:「周波数 / 時間標準と長波標準電波」,「マイクロメカトロニクス Vol.44 No.1」,「2000 年 3 月」,「今江理人 (郵政省通信総合研究所) 著」,「日本時計学会発行」, 68 - 79 頁

出典 2:「特集:正確な時刻探検隊 / アナログ表示電波クロックの謎」,「エレクトロニクス No.546」,「1999 年 11 月」,「今村美由紀、佐藤浩之 (セイコークロック) 著」,「株式会社オーム社発行」, 22 - 24 頁

参考資料 1:「特集:正確な時刻探検隊 / 耐ノイズ性がカギ、受信 / 時刻修正の謎」,「エレクトロニクス No.546」,「1999 年 11 月」,「佐野貴司 (カシオ計算機) 著」,「株式会社オーム社発行」, 25 - 27 頁

【技術分類】 2 - 2 - 1 時間・時刻標準（含む：調節、補正） / 外部時刻標準利用 / 長波標準電波利用システム

【 F I 】 G04C9/02@A, G04G5/00@J, G04G7/02

【技術名称】 2 - 2 - 1 - 5 選局システム

【技術内容】

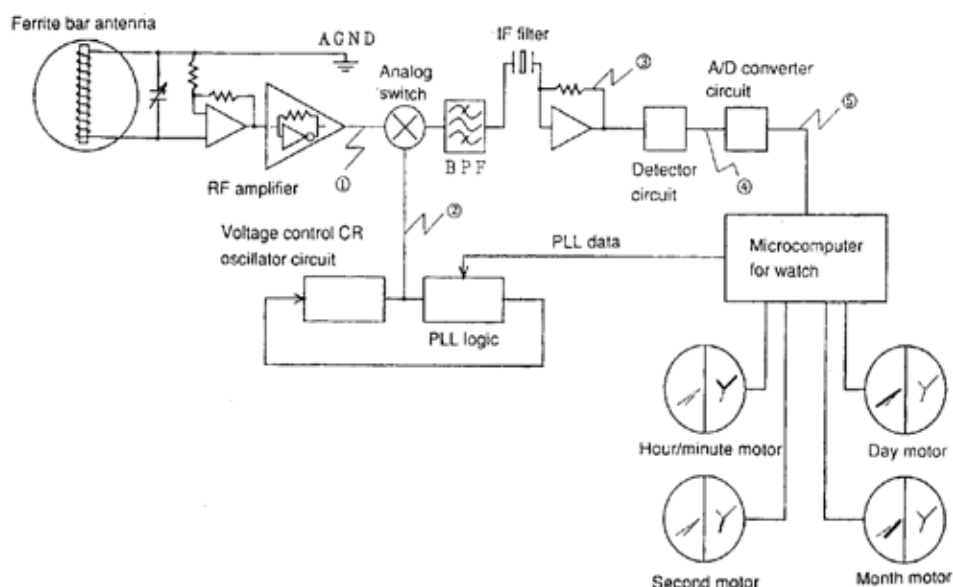
クロックやウオッチの精度向上のために、長波標準電波受信機を内蔵し、その信号で時刻を校正する電波修正時計が多数製品化されている。これらの時計が様々な場所で利用できるよう、国内外の多く（3波以上）の周波数を選局して受信するための技術である。

PLL 周波数シンセサイザをローカル信号発生器とした、スーパーヘテロダイン方式の長波標準電波受信機が IC 化され、ウオッチに組み込まれている。多くの周波数を選局する場合、ストレート方式の受信機のように、各周波数のクリスタルフィルタを用意して切替える必要がなく、ローカル信号周波数を制御するデータを PLL に転送することにより選局する。受信 IC は CMOS プロセスで製作され、1chip 化されている。

図 1 は、多波選局のスーパーヘテロダイン受信機を組み込んだウオッチの構成例である。この受信機では、PLL の周波数制御データをマイクロコンピュータから転送し、電圧制御発信器の発振周波数（ローカル信号周波数）を制御する。受信周波数はローカル信号周波数と IF 周波数の差であり、IF 周波数は 30KHz である。ローカル信号周波数を 70KHz に設定すると受信周波数は 40KHz になる。

アンテナに同調型のフェライトバーアンテナを使用しているため、受信周波数設定時には、ローカル信号周波数の設定と同時にアンテナの同調キャパシタを切替えている。同調キャパシタの切替えはメカニカルスイッチを切替えている。

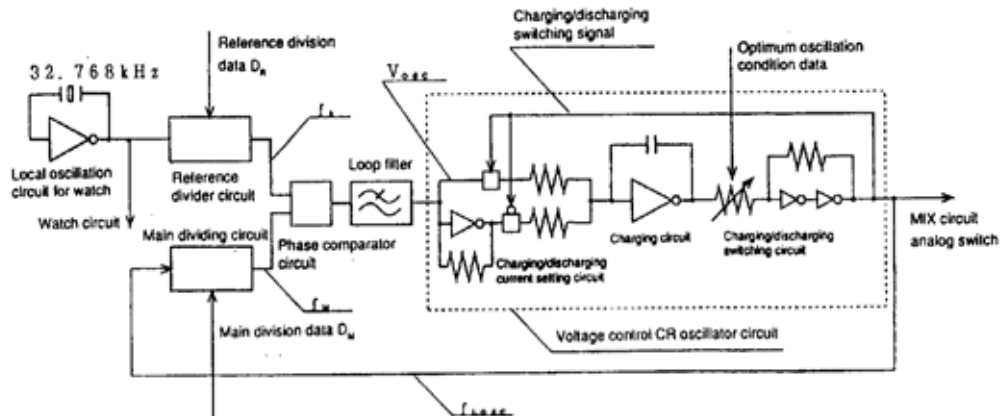
【図】図 1 多波選局受信機の構成例



出典 1、「65 頁 Fig.1 Receiving system block diagram for radio wave watch」

図 2 に PLL 周波数シンセサイザの詳細を示す。一般的な PLL 回路の構成であるが、電圧制御発信器は CR オシレータで構成されており、基準周波数に、ウオッチの基準周波数である 32.768KHz を用いている。

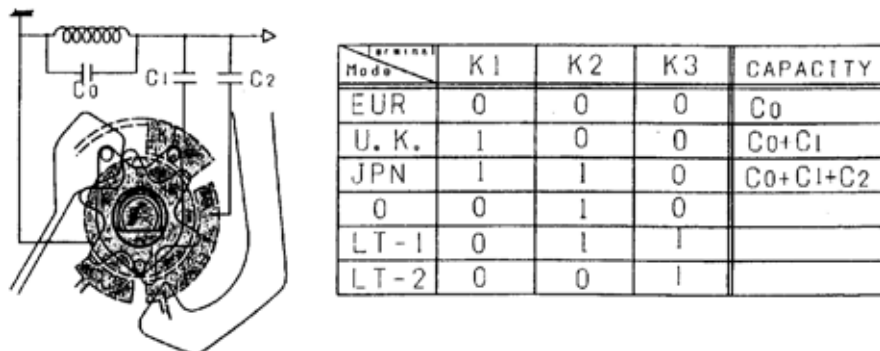
【図】図2 PLL周波数シンセサイザの詳細



出典1、「67頁 Fig.3 Block diagram of local oscillator circuit」

図3は、アンテナ同調キャパシタの切替え回路である。切替えにはメカニカル接点のロータリースイッチを使用しており、PLL周波数シンセサイザの周波数設定に応じてキャパシタを接続している。

【図】図3 アンテナ同調キャパシタ切替え回路



出典2、「56頁 Fig.8 Switching system of frequency」

【出典 / 参考資料】

出典1:「長波電波ウォッチの受信システム」,「日本時計学会誌 No.146」,「1993年9月」,「八宗岡正、藤田憲二、中村文雄(シチズン時計)著」,「日本時計学会発行」, 64 - 72 頁

出典2:「長波電波ウォッチの開発」,「日本時計学会誌 No.146」,「1993年9月」,「梅本隼雄、昼田俊雄、八宗岡正、五十嵐清貴、青木昭雄(シチズン時計)著」,「日本時計学会発行」, 51 - 63 頁

【技術分類】 2 - 2 - 1 時間・時刻標準（含む：調節、補正） / 外部時刻標準利用 / 長波標準電波利用システム

【 F I 】 G04C9/02@A, G04G5/00@J, G04G7/02

【技術名称】 2 - 2 - 1 - 6 受信インジケータ

【技術内容】

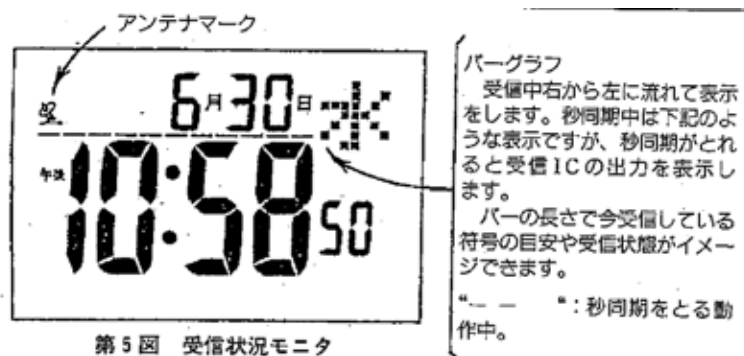
電波修正時計における電波の受信状態をユーザーに知らせる機能であって、取付け位置が固定されるクロックでは、受信できる場所か否かの判定の目安の働きも持っている。

図 1 は、長波標準電波受信により時刻を修正するクロックの受信インジケータの例である。

パワーセーブのため、一定の時間ごとに受信機を動作させ時刻修正を行う。図の右側のバーグラフは時刻修正中点灯し、電波の受信状態をユーザーに知らせる機能である。時刻修正が正しく行われると、左上のアンテナマークが点灯する。これが常時点灯していれば、電波が正常に受信でき、時刻が正しく修正されていると判断できる。

この受信インジケータでは、秒同期が正しくとれるかを受信状態の判断に用いている。

【図】 図 1 電波時計（クロック）の受信インジケータの例



出典 1、「27 頁 第 5 図 受信状況モニタ」

参考資料 1 に、送信されたタイムコードのパルス幅が、一定のパルス幅以内で受信できているかを受信状態の判定に用いている事例が記載されている。この文献には、200,500,800ms の送信パルス幅の受信状態による変動例も示されており、受信パルス幅変動で受信状態の良否を判定し、二色の LED で受信状態を表示するクロックが紹介されている。

出典 1 には上記の受信状態検出法に、電界強度の測定データを加味することで、短時間に受信状態や受信環境を確認できるとの記載がある。

参考資料 2 には、電界強度の検出に AGC 電圧を利用できる旨の記載があり、受信機入力レベルと AGC 電圧の関係の測定データが記載されている。

【出典 / 参考資料】

出典 1:「正確な時刻探検隊 / 耐ノイズ性がカギ、受信時刻修正の謎」,「エレクトロニクス No.546」,

「1999 年 11 月」,「佐野貴司著 (カシオ計算機)」,「株式会社オーム社発行」25 - 27 頁

参考資料 1:「正確な時刻探検隊 / アナログ表示電波クロックの謎」,「エレクトロニクス No.546」,

「1999 年 11 月」,「今井美由紀、佐藤浩之 (セイコークロック) 著」,「株式会社オーム社発行」,

22 - 24 頁

参考資料 2:「電波時計用 LSI 回路」,「マイクロメカトロニクス Vol.43 No.4」,「1999 年 12 月」,「木下雅貴、菅山栄(三洋電機)、伊藤博(リズム時計工業)著」,「日本時計学会発行」, 63 - 68 頁

【技術分類】 2 - 2 - 1 時間・時刻標準（含む：調節、補正）／外部時刻標準利用／長波標準電波利用システム

【 F I 】 G04C9/02@A, G04G5/00@J, G04G7/02

【技術名称】 2 - 2 - 1 - 7 ノイズ対策

【技術内容】

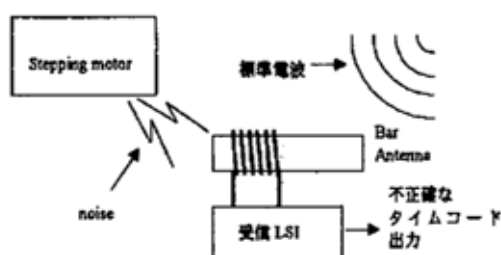
長波標準電波利用のアナログ表示電波時計において、時計サイズの制約から指針を駆動するステップモーターとアンテナの距離が近く、大きなノイズ源となっている。このノイズ対策の技術である。

図 1 に示すように、ステップモーターの発する受信帯域ノイズが電波時計内蔵アンテナで受信され、標準電波の受信に障害となることがある。

これを低減する対策として、アンテナとモーターをできるだけ離して配置することが行われているが、形状の小さいウオッチにおいては、アンテナとモーターの距離を十分に離すことが困難である。

このためアンテナとモーターの間に金属製のシールド板を設け、ノイズを遮蔽することが行われているが、アンテナに金属板を近接して配置すると、アンテナの損失が増加し、受信感度が低下する問題がある。

【図】図 1 ステップモーターのノイズの影響



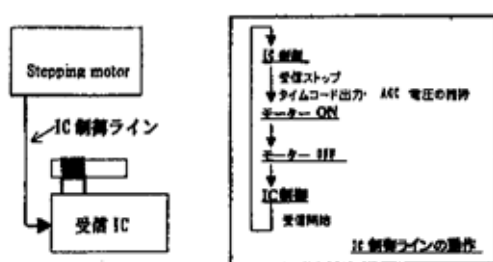
出典 1、「68 頁 Fig.10 ステップモーターによるノイズの影響

上記の方法とは別にシールドを不要にするノイズ対策として、モーター駆動時に受信機の動作を停止し、ノイズの影響の無い期間に受信する方法や、タイムコード受信時にモーターの動作を停止する方法、不要のデータを受信中に運針を行う方法等が提案され、実施されている。

モーター駆動時には受信機の動作を停止し、モーター停止時に受信したタイムコードや AGC 電圧を保持しておく方法が提案されている。図 2 にその対策方法の概念を示す。

参考資料では、不要のデータを受信中に運針を行うようにして、ノイズ対策を行った長波電波時計の開発が報告されている。運針の制御はソフトウェアで行っている。

【図】図2 モーター駆動時に受信機の動作を停止するノイズ対策の概念図



出典 1、「68 頁 Fig.11 ノイズキャンセラー概念図」

【出典 / 参考資料】

出典 1:「電波時計用 LSI 回路」,「マイクロメカトロニクス Vol.43 No.4」,「1999 年 12 月」,「木下 雅貴、菅山栄 (三洋電機) 著」,「日本時計学会発行」, 63 - 69 頁

参考資料 1:「正確な時刻探検隊 / ソーラー発電電波時計の謎」,「エレクトロニクス No.546」,「1999 年 11 月 1 日」,「高田顕斉 (シチズン時計) 著」,「株式会社オーム社発行」, 27 - 29 頁

【技術分類】 2 - 2 - 1 時間・時刻標準（含む：調節、補正） / 外部時刻標準利用 / 長波標準電波利用システム

【 F I 】 G04C9/02@A, G04G1/00,307, G04G5/00@J, G04G7/02

【技術名称】 2 - 2 - 1 - 8 配置・構造・外観

【技術内容】

長波標準電波を受信し時刻を校正する電波時計であって、アンテナと時計部品との配置上の工夫、モジュール構造の工夫などにより、小型・高感度化、外観向上を図る技術である。

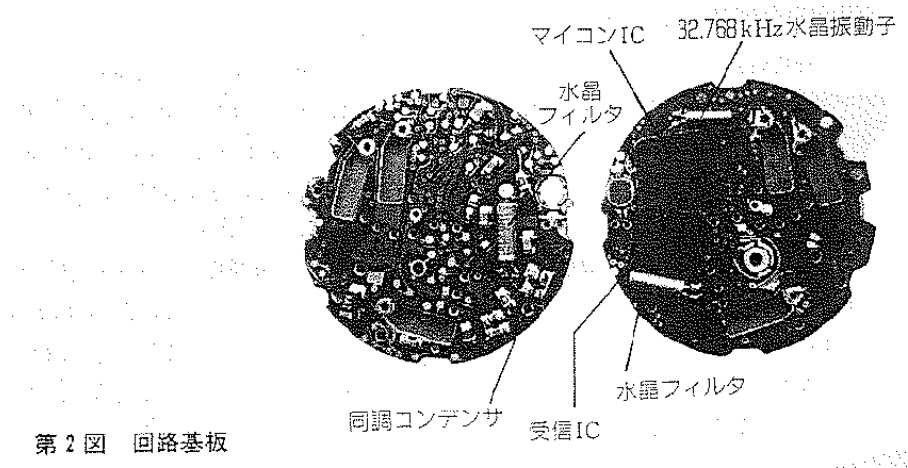
長波標準電波利用ウォッチの受信アンテナには、通常フェライトなどの磁心に巻き線をしたバーアンテナが使用される。これを金属ケースに収納すると、金属のシールド効果や渦電流損失により、受信感度が低下する。このため、初期の電波ウォッチではプラスチックケースを使用するものや、アンテナを金属ケースの外部に取り付ける構造のものがあった。

しかし外観向上や強度・防水性向上の観点から裏ぶたを含めた外装ケースのオール金属化が切望され、様々な開発が進められてきた。主要技術であるアンテナの小型化・高性能化と受信ソフトの改良に加えて、回路部品などの配置にも工夫がこらされている。

図1は、電波ウォッチの回路基板の一例であり、裏表両面が図示されている。

受信IC、同調コンデンサーの近傍にアンテナが配置される。指針を駆動するモーター用コイルは磁界ノイズを発生し、アンテナに影響を及ぼすため、モーターコイル部（回路基板上の3つの穴部）はアンテナから離して配置されている。

【図】図1 電波ウォッチ回路基板の配置例



出典 1、「28 頁 第 2 図 回路基板」

図2は、ノイズの影響を避けて受信性能を高めるために、アンテナを腕時計ケースのバンド付け根部（12 時方向）に配置した製品例である。

【図】図2 電波ウォッチの製品外観とアンテナ位置を示す図

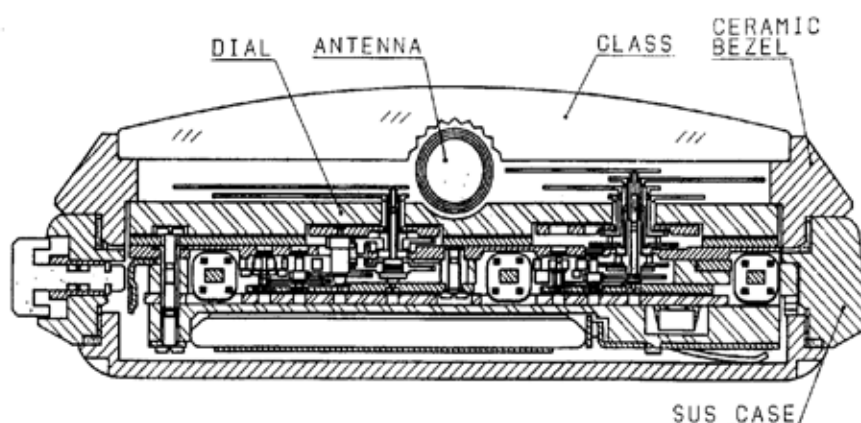


Fig. 2 Atomic Time Keeping Watch and its Antenna

出典 2、「517 頁 Fig.2 Atomic Time Keeping Watch and its Antenna」

電波ウォッチの外観向上の進化をたどると、図3は電波ウォッチ初期時代の製品の断面構造図で、アンテナを文字板中央部上面に配置してあり、カバーガラスおよび文字板のアンテナ収納部に凹部を設けて文字板上にアンテナを配置するとともに、金属銅ケース（SUS CASE）の上面にセラミックベゼルをかぶせることにより、金属ケースがアンテナ側面を遮蔽しない配置・構造を採用している。

【図】図3 金属ケース内にアンテナを配置したモジュール



出典 3、「57 頁 Fig.9 Cross - sectional view of watch」

また図4は、アンテナが金属ケースの外側側面（9時位置）に配置され、アンテナ収納部の外装は非金属（プラスチック）の外装構造となっている製品例である。

【図】図4 アンテナが金属ケースの外側側面に配置された電波ウォッチの外観写真



出典 4、「1 頁 写真 1997（上から 2 番目の写真）」

近年に至って、アンテナの小型化と受信機の高感度化開発が進められ、金属ケースとプラスチック裏ぶたの組み合わせ商品（図 5）を経て、最近では外装ケース・裏ぶた共に金属の商品（図 6）が開発されるに至っており、電波ウォッチの外観が著しく向上している。

【図】図5 金属ケースとプラスチック裏ぶた外装構造の電波ウォッチの外観写真



出典 4、「1 頁 写真 （上から 4 番目の写真）」

【図】図6 金属ケース・金属裏ぶた外装の電波ウォッチの外観写真



出典 4、「1 頁 写真 （上から 8 番目の写真）」

【出典 / 参考資料】

出典 1: 「特集: 正確な時刻探検隊 / ソーラー発電電波時計の謎」, 「エレクトロニクス No.546」, 「1999 年 11 月」, 「高田顕斉 (シチズン時計) 著」, 「株式会社オーム社発行」, 27 - 29 頁

出典 2: 「電波腕時計用アモルファス鉄心アンテナ」, 「日本応用磁気学会誌 Vol.28 No.4」, 「2004 年」, 「佐野貴司、南成敏 (カシオ計算機) 小谷忠 (日立フェライト電子) 荒木博和、三田正裕 (日立金属) 著」, 「日本応用磁気学会発行」, 517 頁

出典 3: 「長波電波ウォッチの開発」, 「日本時計学会誌 No.146」, 「1993 年 9 月」, 「梅本隼雄、昼田俊雄、八宗岡正、五十嵐清貴、青木昭雄 (シチズン時計) 著」, 「日本時計学会発行」, 51 - 63 頁

出典 4:

- ・ 出典: Coo の腕時計 / 時計の基礎知識 / 電波時計の歴史
- ・ 著者名: Mr - Coo
- ・ 表題: CITIZEN 電波時計の流れ
- ・ 掲載年月日: 2004 年 7 月 7 日、掲載者: Mr - Coo
- ・ 検索: 2005 年 1 月 29 日
- ・ アドレス: <http://mr-coo.com/kiso/radio-histry.html>

【技術分類】 2 - 2 - 1 時間・時刻標準（含む：調節、補正） / 外部時刻標準利用 / 長波標準電波利用システム

【 F I 】 G04C9/02@A, G04G5/00@J, G04G7/02

【技術名称】 2 - 2 - 1 - 9 受信率・感度向上

【技術内容】

長波標準電波を受信し時刻を校正する電波時計において、弱電界や妨害ノイズ環境下においても正しい時刻を取得できる確率（受信感度）を向上する技術である。

弱電界やノイズ環境下での長波電波時計の受信率 / 感度向上の方法として、これまでに提案、実施されているものを表 1 に整理して示す。

【表】表 1 長波電波時計の受信率 / 感度向上の方法

受信率／感度向上の方法	具体策	備考
1. アンテナ利得の向上	a. アンテナ磁心材の改良（アモルファス鉄心 等） b. 内蔵バーアンテナを金属の影響の少ない位置に配置 c. 外装材にセラミックやプラスチックを使用	参考資料 1 参考資料 7
2. 受信局の二局化	a. 2 局の標準電波（40KHz, 60KHz）から受信状態の良い電波を選択	参考資料 2, 3
3. 内部雑音源対策	a. 内部雑音源を金属板等でシールド b. 標準電波受信時に運針用モーターの駆動を停止 c. アンテナと運針用モーターの相対位置を離して配置	参考資料 1, 4 参考資料 8
4. 同期、符号判定方法の改善	a. 秒同期において多くの符号のデータを参照平均化 b. (1,0,P)符号判定に多くのサンプル点を使用	参考資料 5, 6

「参考資料 1 - 8 を基に表を作成機関が作成」

表 1 の内容について以下に補足、説明する。

1. アンテナ利得の向上について

金属ケースのシールド効果や近接金属による渦電流損失の影響により内蔵バーアンテナの利得が低下するので、できるだけ影響の無い位置にバーアンテナを配置することが重要である。

また、アンテナ磁心材の改良による高感度化も図られている（従来のフェライト材に替えて、アモルファス金属箔体 / アモルファス鉄心の採用による小型・高感度化）。

2. 受信局の二局化対応について

現在日本国内では、福島県と佐賀県の 2 箇所から長波標準電波が送信されている。周波数は 40KHz と 60KHz である。これらの電波から受信状態の良いほうを選んで受信する。

3. 内部雑音源対策について

内部雑音源を金属板でシールドすることが行われている。

主たる内部雑音は運針用モーターの駆動電流で発生する。この雑音の影響を除くために、一日 3 回程度の受信時は運針を停止し、受信機を起動して時刻情報を取り込む。その後モーターを駆動し、取り込んだ時刻情報をもとに指針を修正する。

また、アンテナとモーターコイルとを離れた位置に配置する工夫も行われている。

4. 同期、符号判定方法の改善について

秒同期の基準である各符号エッジはノイズ環境下では揺らいでいるが、多くの符号エッジのデータを参照し平均化することによりノイズの影響を低減し、安定した秒同期を行うことができる。タイムコードはHレベルの時間幅 t に応じて、 $t=0.5$ 秒：コード 1、 $t=0.8$ 秒：コード 0、 $t=0.2$ 秒：コード P、の 3 種のコードで構成されている。これを判定する場合、受信信号のエッジ間の単純な時間計測で決定せず、信号を出来るだけ高い周波数でサンプルし、サンプル値の合計から判定することでノイズの影響を低減できる

【出典 / 参考資料】

- 参考資料 1：「長波電波ウォッチの開発」、「日本時計学会誌 No.146」、「1993 年 9 月」、「梅本隼雄、昼田俊雄、八宗岡正、五十嵐清貴、青木昭雄（シチズン時計）著」、「日本時計学会発行」、51 - 63 頁
- 参考資料 2：「電波時計への取り組みと今後」、「長波標準電波シンポジウム資料 平成 13 年 10 月 24 日開催」、「2001 年 10 月 24 日」、「佐野貴司（カシオ計算機）著」、「独立行政法人 通信総合研究所発行」、17 - 21 頁
- 参考資料 3：「二局対応電波クロックの商品化と今後の展開」、「長波標準電波シンポジウム資料 平成 13 年 10 月 24 日開催」、「2001 年 10 月 24 日」、「佐藤浩之（セイコークロック）著」、「独立行政法人 通信総合研究所発行」、6 - 13 頁
- 参考資料 4：「電波時計用 LSI 回路」、「マイクロメカトロニクス Vol.43 No.4」、「1999 年 12 月」、「木下雅貴、菅山栄（三洋電機）著」、「日本時計学会発行」、63 - 69 頁
- 参考資料 5：「特集：正確な時刻探検隊 / アナログ表示電波クロックの謎」、「エレクトロニクス No.546」、「1999 年 11 月」、「今村美由紀、佐藤浩之（セイコークロック開発部）著」、「株式会社オーム社発行」、22 - 24 頁
- 参考資料 6：「特集：正確な時刻探検隊 / 耐ノイズ性がカギ、受信、時刻修正の謎」、「エレクトロニクス No.546」、「1999 年 11 月」、「佐野貴司（カシオ計算機）著」、「株式会社オーム社発行」、25 - 27 頁
- 参考資料 7：「電波腕時計用アモルファス鉄心アンテナ」、「日本応用磁気学会誌 Vol.28 No.4」、「2004 年」、「佐野貴司、南成敏（カシオ計算機）、小谷忠（日立フェライト電子）、荒木博和、三田正裕（日立金属）著」、「日本応用磁気学会発行」、517 頁
- 参考資料 8：「特集：正確な時刻探検隊 / ソーラー発電電波時計の謎」、「エレクトロニクス No.546」、「1999 年 11 月」、「高田顕斉（シチズン時計）著」、「株式会社オーム社発行」、27 - 29 頁