

おわりに、本号の企画、編集に文字どおり多大の尽力を  
 をされた編集委員の方々に深い敬意を表するとともに、  
 本号出版に御苦勞をおかけした出版係の方々に深い謝意

を表したい。

昭和 57 年 10 月 30 日



## 付 録 1

CCIR 勧告 460-2 (修正 F)  
 標準周波数と報時信号の発射  
 (研究問題 1/7)

(1970-1974-1978)

CCIR は

- (a) 無線通信主管庁会議 (ジュネーブ, 1959 年) が, 周波数  $20 \text{ kHz} \pm 0.05 \text{ kHz}$ ,  $2.5 \text{ MHz} \pm 5 \text{ kHz}$  (第 1 地域:  $2.5 \text{ MHz} \pm 2 \text{ kHz}$ ),  $5 \text{ MHz} \pm 5 \text{ kHz}$ ,  $10 \text{ MHz} \pm 5 \text{ kHz}$ ,  $15 \text{ MHz} \pm 10 \text{ kHz}$ ,  $20 \text{ MHz} \pm 10 \text{ kHz}$ ,  $25 \text{ MHz} \pm 10 \text{ kHz}$  を標準周波数と報時信号業務に割り当て, CCIR に, 全世界的な標準周波数と報時信号業務の確立と運用のための問題を研究するように要請していること.
- (b) 追加の標準周波数と報時信号が, 他の周波数帯で発射されていること.
- (c) 無線通信規則第 4 節, 第 44 条の条項.
- (d) 第 7 研究委員会と政府間海事協議機関 (IMCO), 国際民間航空機関 (ICAO), 国際度量衡総会 (CGPM), 国際報時局 (BIH), 国際学術連合会議 (ICSU) の関連する連合, の間において密接な協力を続けていく必要があること.
- (e) 標準周波数と報時信号の発射について, 世界的な調整を維持していくのが望ましいこと.
- (f) 標準周波数と時刻信号は, 第 13 回国際度量衡総会 (1967 年) で定義された秒に従って供給する必要があること.
- (g) 世界時 (UT) を 1 秒の 1/10 の確度で即座に利用できるようにするという要求がひき続いてあること. を考慮して, 次の各項を満場一致で勧告する.
  1. すべての標準周波数と報時信号の発射は, 協定世界時 (UTC) (付録 I 参照) にできる限り近く一致させること. 報時信号は UTC から 1 ms 以上離れないようにすること. 標準周波数は  $1 \times 10^{-10}$  以上離れないようにすること. そして各送信局から発射される報時信号は, 搬送波の位相に関して既知の関係を持つべきであること.
  2. 標準周波数と報時信号の発射, 及び科学的な応用を意図する他の報時信号の発射 (特別のシステム専用の発射の例外は可能だが) は, UT 1 と UTC の差 (付録 I と II 参照) に関する情報を含むべきであること.
  3. この文書は, CCIR の委員長から, ITU を構成するすべての官庁, IMCO, ICAO, CGPM, BIH, 国際測地学地球物理学連合 (IUGG), 国際電波科学連合 (URSI), 及び国際天文連合 (IAU) に送られるべきであること.
  4. 標準周波数と報時信号の発射は, 1975 年 1 月 1 日から, 上記の勧告事項 1 と 2 に従うべきであること.

## 付 録 2

時系 (勧告 460-2 (修正 F) の付録 I)

A. 世界時 (UT)

100 分の 2~3 秒の不精密さが許されないような用途においては, UT の形式を明記する必要があり, これは以下のように用いられるべきである.

UT 0 は, 直接天文観測から得られる本初子午線の平均太陽時である.

UT 1 は, 自転軸に関する地球の小さな運動 (極運動) の効果を補正した UT 0 である.

UT 2 は, 地球の自転速度の季節的な小さな変動の効果を補正した UT 1 である.

この文書では UT 1 が用いられている。というのはこれが地球の日周回転の軸の周りの地球の自转角と直接対応しているからである (GMT は UT の総称とみなせる)。

上記用語の簡潔な定義と意味は、年刊の天文暦(米国政府印刷局 (ワシントン)及び H. M. Stationery Office (ロンドン発行) の用語解を参照してほしい。

#### B. 国際原子時 (TAI)

原子時の国際基準時系 (TAI) は、平均海面で実現される SI 秒 (国際単位系の秒) に基づくもので、協力機関から供給される時計のデータに基づき、国際報時局 (BIH) により作られる。TAI は、原点の 1958 年 1 月 1 日から数えた日、時、分、秒というような連続した時間尺度の形式をとっている (1971 年 CGPM 採択)。

#### C. 協定世界時 (UTC)

UTC は BIH によって維持される時系で、協定された標準周波数と報時信号発射の基礎になっている。これは TAI と全く同じ歩度に対応するが、秒が整数値だけ異なっている。

UTC 時系は、UT 1 に近似的に一致することを保証するために、秒の挿入又は除去 (正又は負のうるう秒) によって調整される。

#### D. 世界時補正值 (DUT 1)

報時信号と共に発射される時刻差の予測値、 $UT 1 - UTC$  を DUT 1 で表示する。従って、 $DUT 1 \approx UT 1 - UTC$  である。DUT 1 は UT 1 の更に良い近似値を得るために UTC に加えられるべき補正值とみなせる。

DUT 1 の値は、BIH によって、0.1s の整数倍の値で与えられる。

このとき、以下に述べる運用規則が適用される：

##### 1. 許容誤差

- 1.1 DUT 1 の大きさは 0.8s を超えないこと。
- 1.2 UTC の UT 1 からのずれは  $\pm 0.9s$  を超えないこと\*。
- 1.3  $UTC + DUT 1$  の UT 1 からの偏差は  $\pm 0.1s$  を超えないこと。

##### 2. うるう秒

- 2.1 正又は負のうるう秒は、月 (UTC) の最後の秒とすべきである。しかし、第一優先は 12 月と 6 月の終わりに、第二優先は 3 月と 9 月の終わりとする。
- 2.2 正のうるう秒は、23 h 59 m 60 s に始まり、次の月の 1 日の 0 h 0 m 0 s に終わる。  
負のうるう秒の場合には、23 h 59 m 58 s の 1 秒あとに次の月の 1 日の 0 h 0 m 0 s がくる (付録 III 参照)。
- 2.3 BIH はうるう秒を導入することを決定し、告示しなければならない。その告示は、少なくとも 8 週間前になされなければならない。

##### 3. DUT 1 の値

- 3.1 BIH は、DUT 1 の値及びその導入の日付を決定すること。並びに、この情報を 1 か月前に回覧に回すことが要請されている\*\*。
- 3.2 主管庁及び団体は標準周波数と報時信号発射用には、BIH の決めた DUT 1 値を用いるべきである。また、その情報をできるかぎり広く定期刊行物や告示などで周知させるよう要請されている。
- 3.3 DUT 1 が符号で供給されるようなところでは、符号は下記の原則に従うべきである (下の 3.5 項を除く)：

\*DUT 1 の最大値と、UT 1 からの UTC の最大偏差との差は  $UTC + DUT 1$  の UT 1 からの許容偏差を表しており、地球自転速度の予知できない変化に対する BIH の保護手段である。

\*\*地球自転率が突然変化するような例外的な場合には、BIH は、補正が行われる日付よりも、2 週間以上前にそれを発行すればよい。

—DUT 1 の大きさは強調された秒信号の数で示され、DUT 1 の正負は分信号に対する強調された秒信号の位置で示される。強調された秒信号が無いときは  $DUT 1 = 0$  を示す；

—符号化情報は、もしこれが発射形式と両立できるなら、各分信号のあとに発射されるべきである。あるいは、その代わりに符号化情報は絶対最小限、毎時、最初の五つの分信号のあとに発射されるべきである。符号の詳細は付録 II 参照\*。

3.4 代わりに、DUT 1 は音声又はモールス符号で与えられてもよい。

3.5 元来、自動復号装置のために設計され、それと一緒に用いられている DUT 1 情報は、異なる符号のあとにきてもよいが、もしこの情報が発射形式と両立し得るなら各分信号のあとに発射されなければならない。あるいはその代わりに、符号化情報が、絶対最小限、毎時の初めの 5 個の分信号のあとに発射されるべきである。

3.6 DUT 1 の符号化情報用の 3.3 と 3.5 で明示された報時信号発射の部分において発射される他の情報は、DUT 1 と混同しないよう十分異なる形式であるべきである。

3.7 また、 $UT 1 - UTC$  は、他の手段、例えばモールス符号又は音声の形で、海事公報、天気予報などと合同の通報によって、同じか更に良い精度で与えられ得る。次のうるう秒の告示もこのような方法で行い得る。

3.8 BIH は、時刻差  $UT 1 - UTC$ 、 $UT 2 - UTC$  の確定値をあとから出版し続けるよう要請されている。

\* (勧告 460-2 (修正 F) の付録 II) は省略する。実施例は、電波研究所“標準電波の出し方について”に記載がある。

## 付 録 3

CCIR 報告 730  
用語解 (1978, 抜粋)

- 0.1 **Accuracy** (正確さ, 正確度, 確度又は精度)  
一般には, 測定値の系統的な不確かさと等価である (0.3 参照).
- 0.2 **Precision** (精密さ, 精密度又は精度)  
測定値のランダムな不確かさで, 標準偏差又はその整数倍で表す (0.3 参照).
- 0.3 **Uncertainty** (不確かさ)  
測定の実値からの可能なずれ (deviation) の大きさを言う.  
しばしば, これを系統的な不確かさとランダムな不確かさで区別し得る.  
ランダムな不確かさは標準偏差又はその整数倍で表される. 系統的な不確かさは一般にパラメータの特性に基づいて推定される.  
一般に, “正確さ” は “系統的な不確かさ” に, “精密さ” は “ランダムな不確かさ” にそれぞれ等価である. 同様に全確度 (total accuracy) は全体の不確かさ (overall uncertainty = systematic uncertainty + random uncertainty) に等価である.
- 0.4 **Error** (誤差)\*  
故意でない測定値と真値の差
- 0.5 **Frequency instability** (周波数不安定度)  
ある与えられた時間間隔  $\tau$  内の周波数変化で表される. 一般に, 周波数ドリフト (1.10 参照) とランダムな周波数変動とを区別する. この変動の特徴づけのために特殊な分散が開発されている.
- 0.7 **Reproducibility** (再現性)  
(a) 同じ設計の独立な装置の集合の場合, これらの装置により得られる値の標準偏差,  
(b) 繰り返し運用される単一の装置の場合, この装置により得られる値の標準偏差である.
- 0.8 **Resettability** (リセットビリティ)  
明示されたパラメータが, 定められた使用条件のもとで, 独立に調整されるとき, 装置から得られる値の間の不可避なずれ.  
注一これは信頼限界 (すなわち, 測定値の不確かさ) の推定値で与えられる. Resettability は, 周波数発生器にではなく, 測定手順に関する従来の用語, Repeatability (反復性) にとって代わるものである.
- 0.9 **Calibration** (校正)\*  
装置及び, 又は手順において, 測定誤差を確定 (identify) する過程.  
注一多くの場合, 例えば周波数発生器では, 校正は装置の安定度に関係するので, その結果は時間の関数である.
- 0.10 **Nominal value** (公称値)\*  
その値の実現の不確かさには無関係な, 明記又は意図された値.  
注一物理量を実現するある装置では, 公称値は製造者によって明示された, その量の値である. これは理想値であるから, 許容誤差を伴わない.
- 0.11 **Offset** (オフセット)\*  
実現値と公称値との間の意図的な差
- 0.12 **Normalized offset** (規格化オフセット)  
オフセットを公称値で割った値.
- 1.4 **Standard frequency** (標準周波数)

周波数標準と既知の関係にある周波数.

注一標準周波数の用語は, その周波数が標準周波数であるような信号に対してしばしば用いられる.

- 1.7 **Frequency departure** (周波数のずれ, 周波数偏差)  
公称周波数値からの意図しない偏差 (deviation).  
“frequency deviation” という用語は, 周波数変調に関連して使われるので使用しないこと.
- 1.9 **Frequency shift** (周波数シフト, 周波数推移)  
変調の目的に用いられる意図的な周波数変化又は物理法則に起因する意図しない周波数変化.  
注一周波数シフトという用語は, 他の CCIR SG では, 変調の目的に関連して意図した周波数変化のみに適用されるので, この用語を意図しない周波数変化の意味に使わないよう勧める.
- 1.10 **Frequency drift** (周波数ドリフト)\*  
時間と共に生ずる, 望ましくない漸進性の周波数変化.  
この定義も IEV のそれと異なるが, SG 7 では上記の実義を採る.
- 1.14 **Frequency standard** (周波数標準)  
出力信号が正確な周波数の基準 (reference) として使用されるような信号発生器.
- 1.15 **Primary frequency standard** (一次周波数標準)  
周波数が採用された秒の定義に対応し, その装置を校正しないで達成される, 明示された正確さを持つような周波数標準.  
注一国際的に認められた測定関連機関は CGPM (国際度量衡総会) であり, 現在, 採用されている基準はセシウム 133 原子の明示された遷移である.
- 1.16 **Secondary frequency standard** (二次周波数標準)  
一次周波数標準で較正される周波数標準. “二次” という語は分類体系 (hierarchy) におけるその標準の地位を表しているのであって, 必ずしもその標準の性能の質について言っているのではない.
- 2.1 **Phase** (位相)  
一般に, 時間 (又は空間) の関数により解析的に表された周期現象においては, 位相はその現象自身の可能な見分け得る状態である.  
位相はその現象生起の, ある明示された基準からの経過時間で確定 (identify) でき, 正しくは “位相時間 (phase time)” と呼ばれる. 特に, 現象が正弦波なら, 位相は, ある指定された基準から測られた角度又は時間により確定できる.  
標準周波数・報時業務では, 位相時間差 (phase-time difference), すなわち, 同一現象又は二つの異なる現象の二つの確認された (identified) 位相間の時間差, が主として考慮される.
- 3.3 **International Atomic Time** (TAI, 国際原子時)  
付録 2 参照.
- 3.4 **Coordinated Universal Time** (UTC, 協定世界時)  
付録 2 参照.
- 3.5 **Coordinated time scale** (同期時系)  
ある基準の時系と与えられた限度内で同期している時系.
- 3.6 **Coordinate time** (座標時)  
(場所により) 変化している重力ポテンシャルをもつある空間領域で有効な, ある特定の座標構造の中での時の概念.  
注一ある時系が座標時の概念に従って実現される場合, それは座標時系と呼ばれる. 例: TAI は座標時系である. その基準は平均海面での地球の表面である.
- 3.7 **Proper time** (固有時)  
特定の場所に固有の時の概念. もし, ある時系が固有時の概念に従って実現されるならば, それは固有時系と呼ばれる.  
例: (a) 固有時: 秒はセシウム原子の固有時において定義される.  
(b) 固有時系: ある実験室の中で生成され, 室外には伝送されない時系.

## 3.12 Date (日付)

“時系 (時間尺度) の読み (time-scale reading)” と同じ意味であるが、普通は暦に関して言う。  
注一日付けは年、月、時、分、秒及びその小数で表すことができる。

## 3.13 Time scale reading (時系の読み)

ある与えられた瞬間における時間尺度上で読まれる値。時系の読みは、時系の名前——そのあとに ( ) 内に時計の名称、送信所、天文台又は標準研究所を書く——を与えて、UTC (… ) のように表示すべきである。

## 4.10 Julian date (ユリウス通日)

Julian day number (ユリウス通日番号) に、前日の正午 (12時 UT) 以後経過した1日の小数部分を加えた日付。

例: 日付 1900年1月0.5日 UT は  $JD=2415020.0$  に相当する。

## 4.11 Julian day number (ユリウス通日番号)

B.C. 4713年1月1日12時 UT を暦元とした連続の日数カウント中のある特定の1日の日数番号。

例: 1900年1月0.5日 UT から1900年1月1.5日 UT までの1日の番号は2415020。

## 4.13 Modified Julian Date (MJD, 修正ユリウス通日)

ユリウス通日から2400000.5日を引いた日付けで、この暦元は1858年11月17日0時 UT である。

## 編集後記

周波数・時間標準に関する特集号を当所の季報に出版する構想をそれとなく抱いたのは十年余も前のことである。この間諸般の事情があったのも事実だが、結局、特集号出版の機が熟していなかったという一言に尽きるようである。実際、原子周波数標準に関する特集号の構想が一時出たが、結局日の目を見ずに終わったと聞いている。また、昭和51年には電気学会の周波数精密測定回路委員会から“周波数安定度とその測定”という立派な技術報告が、周波数標準部の我々も大いに寄与する形で出版されたことも、季報特集号の実現を今日まで延ばすことになった一因かもしれない。何はともあれ、ここに周波数・時間標準の初めての特集号が実現する運びとなったことを大いに喜びたいと思う。

本特集号出版の提案が今回当部の課室長会議でなされたとき、執筆経験の浅い者が少なくないことから特集号を完成までもっていくことに危ぐする意見があったのも事実である。しかし、特集号初出版の意義が極めて大きいため、かかる困難は所属長をはじめ全員の努力で乗り切っていくという楽観論のもとに本計画はスタートすることになった。そして、昭和57年2月下旬に特集号のための編集委員会が設けられ、吉村、佐藤、中桐、小宮山が編集委員に選ばれ以後の推進に責任をもつことになったわけである。

編集委員会は、論文の目次、完成までのスケジュール、内容についての基本方針を決め、執筆期間は約半年としてこれを厳守することを第一の重点にした。これは、期間をルーズにすると1~2年はたちまちたってしまう、編集委員はもとより執筆者が緊張感を持続できず全体として間が抜けてしまうこと、比較的早めに書かれた論文の内容が出版されるころには古いものになりかねないことなどのためである。内容の方針としては、初めての特集号であることを考慮し、当部がこれまで蓄積してきた周波数・時間標準に関する研究・業務の成果をできるだけ中心に据えることとし、調査・解説などは特集号を構成する上で必要最少限の範囲にとどめるようにした。すなわち、各種学会での口頭発表や雑誌への出版など最近十年余りにわたって行ってきた発表資料に、未発表資料や up-to-date なものを補足してまとめるということである。したがって、中には既にほかで出版されているものと内容が部分的に重複しているものもあるが、本特集号の全体的統一を保ってわかりやすいものにするために必要なことであった。

執筆手順は素案、原案、原稿の三段階に分け、原稿完成は8月下旬を目標にした。これらの各段階は一部の執筆者を除いて大体守られたように思う。本特集号では、目次に示した各章を執筆者が手分けして書いたものが多くあるが、執筆者名をその都度明記することはしていない。それは、これらが単なる解説や調査報告ではなく、著者達の協同による研究・業務成果の発表論文として位置づけているからである。いずれにしろ、多くの者が執筆を担当したわけであるが、雑誌に自分自身で執筆するのが初めてという者が少なからずおり、また、全体としても執筆経験の浅い者が過半数を占めていることが本特集号を進めてゆく上での大きな特徴であった。このような状況のもとで9月に入って論文が次々と提出されてきたが、期限を真面目に守ってくるのはいま述べたような執筆者であり、本特集号完成の見通しと励みを与えてくれた。逆に、ベテランの中には最後まで編集委員を泣かせた人がいた。査読の段階では、論文をより良いものにするために査読者はもちろん、所属長、部長、総合研究官にも頑張っていた。そして、執筆者もこれによくこたえて論文の完成まで必死に奮闘してくれた。改めてここで敬意を表したい。これらの努力を通じて蓄積された貴重な経験は今後に必ず生かされていくものと思われる。

最近十年余において、周波数・時間標準の性能は更に向上し需要範囲も一段と拡大してきている。もともと、周波数・時間標準は利用分野の要求に沿う形で発展し、同時に利用分野が確立したシステムなどを再利用する形でそれ自身も更に進歩してきた。例えば、ロケットや衛星の追尾、ロランCなどの航行システム、テレビ同期放送などは周波数・時間標準の高精度化、高信頼化、低廉化を促すとともに、これらのシステムを利用して、時刻の国際(国内)同期網が確立されてきた。しかし、最近では周波数標準を数台積んだ米国の測位衛星システム(GPS)、水素原子周波数標準を備える超長基線電波干渉計(VLBI)システムなどに見られるように、広範な科学・技術分野を巻き込む一段と大規模なシステムの心臓部として利用されてきているのが特徴である。また、基礎物理の面でも、電圧標準は以前から周波数標準によって行われてきているが、1983年ごろには長さの標準も光速を定義してしまうことにより周波数標準にとって代わられようとしている。このような傾向は今後も続いていくものと思われる。

\*印のついた定義は IEV (国際電気技術用語) 中のものと異なるが、標準周波数・報時業務で使う場合は、この方がより適当だという SG7 の意見である。