

JT-G810
同期網に関する定義と用語

[Definitions and terminology for synchronization networks]

第1版

1997年4月23日制定

社団法人
情報通信技術委員会

THE TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY COMMITTEE

本書は、(社)情報通信技術委員会が著作権を保有しています。

内容の一部又は全部を(社)情報通信技術委員会の許諾を得ることなく複製、転載、改変、転用及びネットワーク上での送信、配布を行うことを禁止します。

<参考>

1. 国際勧告等との関連

本標準は、ITU-T勧告G. 810（1996年版）に準拠したものであるが、この中から日本国内において用いられる同期網に必要な規定を抽出し、再構成している。

2. 上記国際勧告等に対する追加項目等

2.1 オプション選択項目

なし

2.2 ナショナルマター項目

なし

2.3 その他

本標準は、上記ITU-T勧告に対し、下記の項目を削除している。

(1) 略語および定義に関する一部の項目

本項目を削除した理由は、本標準が対象とする国内電気通信網間の規定に直接関係せず、また用語としても一般的に使用されないためである。

(2) タイミング測定構成

本項目を削除した理由は、測定構成および方法を記述したものであり、本標準が対象とする国内電気通信網間の規定に直接関係しないためである。

(3) タイミング信号の数学的モデル

本項目を削除した理由は、本標準が対象とする国内電気通信網間の規定に直接関係しないためである。

(4) 周波数および時間安定性の定義と性質

本項目を削除した理由は、本標準が対象とする国内電気通信網間の規定に直接関係しないためである。

2.4 原勧告と章立ての構成比較表

TTC 標準	ITU - T 勧告	備考
1 章 本標準の規定範囲	1 章	
2 章 関連標準	2 章	TTC 標準のみを記載
3 章 略語	3 章	一部の項目を削除
4 章 定義	4 章	一部の項目を削除
5 章 位相変動要因	5 章	
6 章 位相変動による品質劣化	6 章	
7 章 位相変動規定の目的	7 章	
8 章 同期網の構成	8 章	
-	9 章	タイミング測定構成に関する原勧告全文削除
-	A P P E N D I X	タイミング信号の数学的モデルに関する原勧告全文削除
-	A P P E N D I X	周波数および時間安定性の定義と性質に関する原勧告全文削除

3 . 改版の履歴

版 数	制 定 日	改 版 内 容
第 1 版	1 9 9 7 年 4 月 2 3 日	制 定

4 . 工業所有権

本標準に関わる「工業所有権等の実施の権利に係る確認書」の提出状況は、TTC ホームページでご覧になれます。

5 . その他

(1) 参照している勧告・標準等

TTC 標準： JT - G 7 0 4、JT - G 8 1 1、JT - G 8 2 2

ITU - T 勧告： G . 8 1 1

目 次

1. 本標準の規定範囲	1
2. 関連標準	1
3. 略語	1
4. 定義	1
4.1 一般定義	1
4.2 クロック供給装置に関する定義	2
4.3 同期網に関する定義	2
4.4 従属クロック供給装置の動作モードに関する定義	3
4.5 クロック特性に関する定義	3
5. 位相変動要因	5
6. 位相変動による品質劣化	5
6.1 品質劣化の種類	5
6.1.1 エラー	5
6.1.2 デジタル符号化されたアナログ情報の品質劣化	5
6.1.3 スリップ	5
6.2 品質劣化の制御	6
6.2.1 エラー	6
6.2.2 デジタル符号化されたアナログ信号の品質劣化	6
6.2.3 スリップ	6
6.2.3.1 フレームアライナ	6
6.2.3.2 タイムスロットアライナ	6
7. 位相変動規定の目的	7
7.1 ジッタ	7
7.2 ワンダ	7
8. 同期網の構成	7
8.1 同期モード	7
8.2 同期網	7

1. 本標準の規定範囲

本標準は、タイミングおよび同期に関する標準で使用される用語定義と略語について記述する。さらに、デジタルシステムにおける位相変動と劣化を抑制するために必要な事項についても述べる。

2. 関連標準

J T-G 7 0 4 1次群及び2次群デジタルハイアラークインタフェースにおける同期フレーム構成

J T-G 8 1 1 デジタル網におけるタイミング条件

J T-G 8 2 2 デジタル網におけるスリップ率

3. 略語

タイミングおよび同期に関する標準においては、以下の略語が使用される。

MC	マスタクロック供給装置	Master Clock
MRTIE	最大相対タイムインタバルエラー	Maximum Relative Time Interval Error
MTIE	最大タイムインタバルエラー	Maximum Time Interval Error
PRC	基準クロック供給装置	Primary Reference Clock
SC	従属クロック供給装置	Slave Clock
TIE	タイムインタバルエラー	Time Interval Error

4. 定義

タイミングおよび同期に関する標準においては、以下の定義を適用する。

4.1 一般定義

アライメントジッタ(Alignment jitter)

デジタル信号の最適標本化間隔と、それから抽出される標本化クロックとの間の短期的変動。

周波数偏差(Frequency departure)

タイミング信号の長期的な周波数特性において、理想周波数に対して生じるオフセット。

網同期法(Network synchronization)

網内のすべての装置に対して、共通の時刻あるいは周波数を分配する方法。

スリップ(Slip)

同期あるいはプレジオクロナス状態のビット列において、バッファにおける読出し・書込みクロックの差分によって発生する、ビット列の一部の繰り返し（2度読み）あるいは欠落（読み飛ばし）。

標準周波数(Standard Frequency)

標準周波数発生装置に対して既知の相関を持つ周波数。

(タイミング)ジッタ((Timing) Jitter)

時間軸上の理想的な位置に対する、タイミング信号の短期的位相変動（ここで、短期的とは、変動が10Hz以上の周波数である場合を意味する）。

ワンダ(Wander)

時間軸上の理想的な位置に対する、デジタル信号の長期的位相変動（ここで、長期的とは、変動が 10Hz 未満の周波数である場合を意味する）。

(注) 本標準と関連標準の目的に照らし、この定義は周波数オフセット、ドリフトによるワンダを含まないものとする。

4.2 クロック供給装置に関する定義

クロック供給装置(Clock)

網同期のために使用する周波数発生装置。

標準周波数発生装置(Frequency standard)

出力が基準周波数として使用される発生装置。

マスタクロック供給装置(Master clock)

他の周波数発生装置の制御に用いる高精度の周波数信号を発生する装置。

ノードクロック供給装置(Node clock)

タイミング信号を、1つ以上の同期装置に分配するクロック供給装置。

基準クロック供給装置(Primary reference clock)

I T U - T G . 8 1 1 準拠の基準周波数信号を供給する、標準周波数発生装置。

従属クロック供給装置(Slave clock)

より高品質のクロック供給装置から受信した基準タイミング信号に対し、位相同期をとったタイミング信号を出力するクロック供給装置。

4.3 同期網に関する定義

非同期モード(Asynchronous mode)

網内のクロック供給装置が自走モードで動作している状態。

ローカルノード(Local node)

同期網ノードの内、加入者装置と直接対向するノード。

従属同期モード(Master slave mode)

マスタクロック供給装置が標準周波数発生装置として使用され、その周波数が他の全ての従属クロック供給装置に分配される状態。

相互同期モード(Mutually synchronized mode)

全てのクロック供給装置が、互いの位相制御においてある程度の影響を与え合う状態。

プレジオクロナスモード(Plesiochronous mode)

異なる基準クロック装置を持つ網間において、これらの偏差特性による差分が長期的に一定の割合で発生し、かつ、いかなる変動も規定内の変化率に収まっている状態。

準同期モード(Pseudo-synchronous mode)

網内全てのクロック供給装置が、通常動作条件下でITU-T G. 811に規定する基準クロック供給装置に相当した長期周波数精度を有する状態。網内全てのクロック供給装置が、単一の基準クロック供給装置に従属しているわけではない。

同期網(Synchronization network)

通常動作条件下で、全てのクロック供給装置が同一の長期周波数精度を有する網であり、同期網ノードとそれらを接続するクロックパスにより構成される。

同期網ノード(Synchronization network node)

同一局において、ノードクロック供給装置により直接タイミングをとる装置群。

中継ノード(Transit node)

同期網ノードの内、加入者装置と直接対向しないノード。

4.4 従属クロック供給装置の動作モードに関する定義

自走モード(Free running mode)

クロック供給装置の出力信号が、内蔵発振器の特性に大きく影響されており、位相同期機能による制御が行なえない状態。この状態では、クロック供給装置は網からの基準タイミング入力を全く受信できていないか、基準タイミング入力が増断となり、かつ断直前に保持していた位相制御情報が使用できない。自走モードは、クロック供給装置の出力が、基準タイミング入力、または基準からの偏位の影響を全く受けなくなった時に始まる。クロック供給装置の出力が、基準タイミング入力に位相同期した時、自走モードは終了する。

ホールドオーバーモード(Holdover mode)

クロック供給装置が、制御のための基準タイミング入力を失い、ロックモードでの位相制御のために保持していた蓄積データにより動作している状態。規格の範囲内で、ロック状態に準ずるよう位相および周波数変動を制御するために、この蓄積データが使用される。ホールドオーバーモードは、クロック供給装置の出力が、基準タイミング入力、または基準からの偏位の影響を全く受けなくなった時に始まる。クロック供給装置の出力がロックモード状態に戻った時、ホールドオーバーモードは終了する。

ロックモード(Locked mode)

従属クロック供給装置の出力信号が、基準タイミング入力によって制御されている状態。この状態では、従属クロック供給装置の出力信号の長期的な周波数平均値は基準入力と一致し、入出力間のタイムエラー関数は定数になる。従属クロック供給装置の期待される運用状態は、ロックモードである。

4.5 クロック特性に関する定義

微小周波数偏差(Fractional frequency deviation)

微小周波数偏差は、ある信号の実際の周波数と規定された公称周波数との差を、公称周波数で割ることにより求められる。微小周波数偏差 $y(t)$ は、次式で表される。

$$y(t) = \frac{v(t) - v_{nom}}{v_{nom}}$$

ここで、 $v(t)$ は実際の周波数を、 v_{nom} は公称周波数をそれぞれ示す。

周波数確度(Frequency accuracy)

規定された時間内における微小周波数偏差の最大値。

(注) 周波数確度は、初期周波数オフセットと、エージングおよび外的条件のあらゆる影響を含む。

周波数ドリフト(Frequency drift)

エージングおよび周囲条件（放熱、圧力、温度、湿度、電源供給変動、負荷など）による、微小周波数偏差の公称周波数に対する変化率。

(注1) 外的要因は、常に明示されていること。

(注2) 周波数ドリフトは、線形周波数ドリフトのみならず、あらゆる高次の周波数ドリフトを含む。

周波数安定度(Frequency stability)

与えられた時間内での、内的、あるいはまた外的要因による周波数の変動。

(注) 周波数ドリフトによる影響（放熱、圧力、温度、湿度、電源供給変動、電荷、エージングなどによる）のような規則的な影響と、時間域もしくは周波数域で表わされる確率的な周波数変動とは、一般的に区別される。

時間関数(Time function)

クロックの時間関数は、次式により定義される。

$$T(t) = \frac{\Phi(t)}{2\pi v_{nom}}$$

ここで、 $\Phi(t)$ は、クロック供給装置の出力におけるタイミング信号の瞬時位相の総和である。 v_{nom} は、クロックの公称周波数である。

タイムエラー関数(Time error function)

クロックの標準周波数に対するタイムエラーとは、クロックと標準周波数の時間関数の差である。クロックの時間関数 $T(t)$ と、基準クロックの時間関数 $T_{ref}(t)$ との間のタイムエラー関数 $x(t)$ は、次のように定義される。

$$x(t) = T(t) - T_{ref}(t)$$

理論上、標準周波数発生装置は理想的な時間関数を持つと考えられる（すなわち、 $T_{ref}(t)=t$ であると仮定できる）。理想的な時間関数は、計測目的に使用できないことから、理想的なタイムエラーというものは実質的な意味を持たない。

タイムエラーは基本的な関数であり、これから多くの異なった安定性パラメータ (MTIE等) が算出できる。タイムエラー関数 $x(t)$ については、連続的な値を現実的には得ることができないので、一様な間隔における離散値 $x_i = x(t_0 + i\tau_0)$ が使用される。

タイムインタバルエラー関数(Time interval error function)

クロックの、ある時間間隔 (タイムインタバル) における時間特性の計測結果と、同じ時間間隔における基準クロックの時間特性の計測結果との差をタイムインタバルエラー関数という。タイムインタバルエラー関数 $TIE(t, \tau)$ は、次のように表される。

$$TIE(t, \tau) = [T(t+\tau) - T(t)] - [T_{ref}(t+\tau) - T_{ref}(t)] = x(t+\tau) - x(t)$$

ここで、 τ はタイムインタバルである。タイムインタバル τ は、通常「観測インタバル」と呼ばれる。

最大タイムインタバルエラー(MTIE : Maximum time interval error)

測定時間(T)内の全ての観測時間($\tau = n\tau_0$)における、理想タイミング信号に対するタイミング信号の遅延変動の最大値(peak-to-peak)であり、次式により概算される。

$$MTIE(n\tau_0) \cong \max_{1 \leq k \leq N-n} [\max_{k \leq i \leq k+n} x(i) - \min_{k \leq i \leq k+n} x(i)], \quad n = 1, 2, \dots, N-1$$

最大相対タイムインタバルエラー(MRTIE : Maximum relative time interval error)

測定時間(T)内の全ての観測時間($\tau = n\tau_0$)における、入力タイミング信号に対する出力タイミング信号の遅延変動の最大値(peak-to-peak)である。

5. 位相変動要因

位相変動は、一般的にジッタ、ワンダ、および周波数オフセットとドリフトの影響の3つの要因に分けられる。加えて、網切替、装置の自動切替等による過渡的な位相不連続もまた位相変動の要因となる。

6. 位相変動による品質劣化

6.1 品質劣化の種類

6.1.1 エラー

エラーは、タイミング信号が時間軸上の最適位置からずれる結果、信号再生点で生じる。

6.1.2 デジタル符号化されたアナログ情報の品質劣化

デジタル符号化されたアナログ情報の品質劣化は、最終接続点でのデジタル/アナログ変換装置で復号された標本間隔における位相変動の結果生じる。これによりデジタル符号化映像信号において重大な影響を生じる。

6.1.3 スリップ

スリップは、出力信号タイミングを入力信号タイミングから抽出しない場合、入出力信号間の位相差あるいはまた周波数差を、装置のバッファメモリ (または他の機構) が調節できない場合に生じる。スリップが制御されるかされないかはスリップ制御法に依存する。

6.2 品質劣化の制御

6.2.1 エラー

網および装置のジッタ規格の目的は、ジッタが網のエラー特性に影響を与えないことを保証するためにある。

6.2.2 デジタル符号化されたアナログ信号の品質劣化

ジッタ規格の目的は、位相変動の期待レベルについての十分な情報を与えることによって、許容できない品質劣化を起こすことなく、装置を設計できるようにすることにある。

6.2.3 スリップ

スリップは、非同期多重装置や同期端局で生じる。位相変動の規格レベルが与えられた場合、スタッフ制御方法や多重分離装置のバッファ容量を適切に選ぶことで、非同期多重分離装置のスリップ発生を最小にすることができる。同期端局では、クロック性能の厳格な規格とともに、バッファ容量を適切に選ぶことで、スリップ発生を最小にすることができる。

入出力タイミング信号間に周波数差があると、スリップを除去することは不可能であることに注意すべきである。国内の網間接続におけるスリップ制御性能の目標値は J T - G 8 2 2 に与えられる。

アライナ装置の種々の形態が、スリップの影響を最小化するために使用される。次に示すアライナ装置の2つの形態が、デジタル信号の終端に適している。

- ・ フレームアライナ
- ・ タイムスロットアライナ

6.2.3.1 フレームアライナ

フレームアライナが使用される場合、1フレームに相当する連続したビット列の挿脱によってスリップが生じる。標準 J T - G 7 0 4 に規定されたフレーム構成の場合、スリップは完全に1フレーム生じる。フレームアライナで生じる最大および平均遅延は、遅延を最小にするためにできるだけ小さくすべきであることが重要である。また、フレームアライナがスリップ制御を行った後、さらなるスリップが起こらないように、フレーム同期信号の到達時間の実質的変動を吸収できるようにすべきであることも重要である。

6.2.3.2 タイムスロットアライナ

タイムスロットアライナが使用される場合、1つ以上の 6 4 k b i t / s チャンネルで、1チャンネルタイムスロットの連続する8ビットを挿脱することからスリップが生じる。スリップは異なる時間に異なるチャンネルで起こるので、もし複数のタイムスロットによるサービスにおいて、連続したオクテットの完全性を維持するのであれば、特別な制御手法が必要となる。

7. 位相変動規定の目的

7.1 ジッタ

網ノードインタフェースのジッタ規格は、2つの基本的なカテゴリに分類される。

- ・ 網ノードインタフェースの出力における最大許容ジッタ規格
- ・ 入力ポートが網のジッタレベルに適応することを保証するための、正弦波ジッタストレス試験の規格

7.2 ワンダ

ワンダ規格は、以下のカテゴリに分類される。

- (1) 同期網ノードの出力におけるワンダの最大許容出力値
- (2) 入力ポートが網のワンダレベルに適応することを保証するための、ストレス試験
- (3) 基準クロック供給装置および従属クロック供給装置に対するワンダ規格は以下を含む。
 - (a) ロックモードにおける装置固有の出力ワンダ
 - (b) 自走モードにおける装置固有の出力ワンダ
 - (c) ストレス試験状態での出力ワンダ
 - (d) ワンダ伝達特性

これらの目的は、伝送路におけるワンダ累積の許容値に制限を与えるだけでなく、クロック装置が従属接続されたクロックパスにおけるワンダの累積にも制限を与えることである。

8. 同期網の構成

8.1 同期モード

国際網間では、通常プレジオクロナスモードで相互接続する。

国内網の同期には以下のタイプがある。

- ・ 完全同期網（1または数台の基準クロック供給装置によって制御される）
- ・ 完全プレジオクロナス網
- ・ 上記の混合（同期網が基準クロック供給装置によって制御され、さらにこれらがプレジオクロナスモードで相互接続される）

8.2 同期網

ノードクロック供給装置を同期化するための2つの基本的方法がある。

- ・ 従属同期
- ・ 相互同期

従属同期システムは、1つの基準クロック供給装置を有し、他の全てのクロック供給装置をこれに周波数同期させる。同期は一方のクロック供給装置から次のクロック供給装置へタイミング信号を伝達することで行われる。高位のクロック供給装置には従属し、低位のクロック供給装置に対してはマスタクロック供給装置として動作する数台のクロック供給装置によって、クロック供給装置のハイアラキーが構成される。

相互同期システムでは、すべてのクロック供給装置が相互接続され、階層的な構成になっていない。また、単一の基準クロック供給装置もない。

従属同期と相互同期を組み合わせた同期手法も存在する。

第1版作成協力者（1997年1月31日現在）

（敬称略）

第一部門委員会

部門委員長
副部門委員長
副部門委員長

川口 健一	国際電信電話（株）
庄司 滋彦	日本電信電話（株）
林 和行	（株）日立製作所
橘 薫	第二電電（株）
稲葉 安男	東京通信ネットワーク（株）
菌田 宏	沖電気工業（株）
山口 健二	日本電気（株）
益田 淳	国際電信電話（株）
中尾 康二	国際電信電話（株）
星野 隆資	日本電信電話（株）
北見 憲一	日本電信電話（株）
松下 正彦	日本電信電話（株）
大西 邦宏	日本電信電話（株）
岡田 忠信	日本電信電話（株）
関口 幹夫	日本無線（株）
遠藤 一美	富士通（株）
久保 征英	富士通（株）
伊藤 修治	三菱電機（株）
中島 昭久	N T T 移動通信網（株）

第一部門委員会 第二専門委員会

専門委員長
副専門委員長

星野 隆資
関口 幹夫
吉田 昌弘
伊藤 啓司
岸川 義彦
赤石沢 直久
中島 勤
カロス ハルダス
山本 俊次
原田 和幸
石山 幸司
田村 利博
吉田 正典
宮下 慎一
川口 和穂
村上 泰典
渥味 武彦
徳田 一憲
進 京一
上岡 貞雄
北澤 雅一
生田 廣司
久保 和夫
榊木 茂雄
小森 秀夫

日本電信電話 (株)
日本無線 (株)
国際デジタル電話 (株)
国際電信電話 (株)
第二電電 (株)
東京通信ネットワーク (株)
日本高速通信 (株)
日本国際通信 (株)
日本テレコム (株)
日本電信電話 (株)
大阪メディアポート (株)
安藤電気 (株)
アンリツ (株)
大倉電気 (株)
沖電気工業 (株)
住友電気工業 (株)
(株) 東芝
日本ルセント・テクノロジー (株)
日本電気 (株)
日本モトローラ (株)
(株) 日立製作所
富士通 (株)
三菱電機 (株)
日本電信電話 (株)

特別専門委員
TTC事務局

(JT-G810 検討グループ)

リーダー
委員
委員
特別専門委員
委員
委員
委員
委員

生田 廣司
伊藤 啓司
赤石澤 直久
佐々木 貴範
原田 和幸
田村 利博
関口 幹夫
北澤 雅一

富士通 (株)
国際電信電話 (株)
東京通信ネットワーク (株)
日本高速通信 (株)
日本電信電話 (株)
安藤電気 (株)
日本無線 (株)
(株) 日立製作所