

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2025年1月2日(02.01.2025)



(10) 国際公開番号
WO 2025/004129 A1

(51) 国際特許分類:
H04L 7/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/023527

(22) 国際出願日: 2023年6月26日(26.06.2023)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (**NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 西山 公太 (**NISHIYAMA Kouta**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

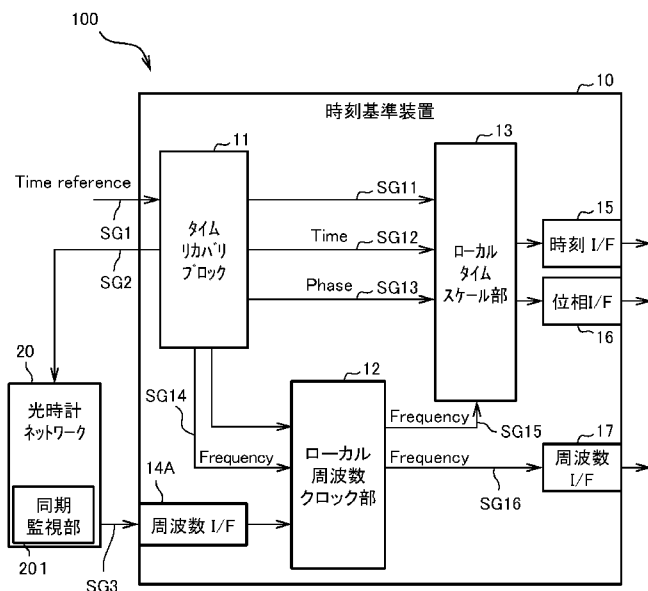
杉山 隆太 (**SUGIYAMA, Ryuta**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人磯野国際特許商標事務所 (**ISONO INTERNATIONAL PATENT OFFICE, P.C.**); 〒1020082 東京都千代田区一番町2-1 一番町東急ビル Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,

(54) **Title:** TIME REFERENCE SYSTEM AND TIME SYNCHRONIZATION CONTROL METHOD FOR SAME

(54) 発明の名称: 時刻基準システムおよびその時刻同期制御方法



10 Time reference device
11 Time recovery block
12 Local frequency clock unit
13 Local timescale unit
14A, 17 Frequency I/F
15 Time I/F
16 Phase I/F
20 Optical clock network
201 Synchronization monitoring unit
SG1 Time reference
SG12 Time
SG13 Phase
SG14, SG15, SG16 Frequency

(57) **Abstract:** [Solution] The present invention reduces the time error of a reference time provided to a user to be within an acceptable value in situations where GNSS or other time information has been disrupted. The present invention involves both a first reference frequency generation unit capable of outputting a first frequency signal with a stable frequency and a second reference frequency generation unit capable of outputting a second frequency signal with higher accuracy than the first frequency signal. The operating status of the second reference frequency generation unit is monitored to determine the status, and the first frequency signal is preferentially selected over the second frequency signal when the second frequency signal is not present or is not stable. When the second frequency signal is present and stable, the second

MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))
- 補正された請求の範囲及び説明書 (条約第19条(1))

frequency signal is preferentially selected over the first frequency signal. The selected first or second frequency signal is used in time synchronization. The second frequency signal is generated by an optical clock or the like, the first frequency signal is generated by a cesium atomic clock or the like, and the time error is kept within 100 [ns], for example.

(57) 要約: 【解決手段】 G N S S等の時刻情報が途絶えた状況で、ユーザに提供される基準時刻の時刻誤差を許容値以内に減らす。周波数の安定した第1の周波数信号を出力可能な第1の基準周波数生成部と、これよりも精度の高い第2の周波数信号を出力可能な第2の基準周波数生成部とを併用する。前記第2の基準周波数生成部の動作状態を監視して状況を把握し、前記第2の周波数信号が存在しない状態、又は安定していない状態では、前記第2の周波数信号よりも前記第1の周波数信号を優先的に選択する。前記第2の周波数信号が安定して存在している状態では、前記第1の周波数信号よりも前記第2の周波数信号を優先的に選択する。選択した前記第1の周波数信号又は前記第2の周波数信号を時刻同期に利用する。第2の周波数信号は光時計等で生成し、第1の周波数信号はセシウム原子時計等で生成し、時刻誤差を例えば100 [ns]以内に維持する。

明 細 書

発明の名称：時刻基準システムおよびその時刻同期制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、時刻基準システムおよびその時刻同期制御方法に関する。

背景技術

[0002] 通信事業者は、様々な場所に存在している多数のユーザのそれぞれの端末に対して正確な時刻の情報を通信サービスとして提供する必要がある。したがって、通信事業者は正確な時刻の情報を各ユーザに配信するために必要な通信設備として、時刻同期網および周波数同期網を有している。

[0003] 例えば、時刻同期網に必要な高精度時刻基準装置（e P R T C : enhanced primary reference time clocks）の標準規格（ITU-T G.8272.1）が非特許文献1に示されている。

先行技術文献

非特許文献

[0004] 非特許文献1：“Timing characteristics of enhanced primary reference time clocks”, Recommendation ITU-T G.8272.1/Y.1367.1, ITU-T.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 非特許文献1に示されているITU-Tの規定(ePRTC(G.8272.1))では、基準時刻の時刻誤差を14日間で100 [ns]以内に維持することが求められている。

基準時刻の情報を様々なユーザに提供する通信事業者は、一般的には図1に示す通信システムのように、GNSS（Global Navigation Satellite System）32の衛星から送信される電波の信号をアンテナで受信して高精度時刻基準装置（e P R T C）31で基準時刻を常時把握している。

[0006] しかし、様々な要因により高精度時刻基準装置31に到来するGNSS32の信号が一時的に途絶える場合がある。そして、GNSS32の信号が途絶え

ると高精度時刻基準装置 3 1 は基準時刻の情報を下流側の高精度時刻同期装置（T-B-C：テレコム・バウンダリ・クロック）3 4 に供給できなくなる。

[0007] そこで、GNSS 3 2 の信号が途絶えた場合には、高精度時刻基準装置 3 1 は高精度周波数基準装置 3 3 が出力する安定度の高いクロック周波数を利用して基準時刻のホールドオーバーを実施する。つまり、高精度周波数基準装置 3 3 が出力する周波数を供給することで、GNSS 3 2 の信号が途絶えている期間において高精度時刻基準装置 3 1 が把握している基準時刻（ローカル時刻）の時刻誤差の増大を防止する。

[0008] また、基準時刻のホールドオーバーを実施する前に、高精度時刻基準装置 3 1 は十分な時間をかけて高精度周波数基準装置 3 3 が出力するクロック周波数の学習を行う必要がある。そのため、図 2 に示すように GNSS 3 2 の信号が途絶える時刻 t_0 の 1 4 日前の時刻 t_n から、GNSS 3 2 の信号が途絶えた時刻 t_0 の 1 4 日後の時刻 t_p までの「クロック供給期間」 T_0 の全区間で、高精度周波数基準装置 3 3 から高精度時刻基準装置 3 1 に対してクロック周波数を供給する必要がある。

[0009] しかし、GNSS 3 2 の信号が途絶える時刻 t_0 は予想できない。したがって、実際には高精度周波数基準装置 3 3 から高精度時刻基準装置 3 1 に対してクロック周波数を常時供給しなければならない。

[0010] 一方、今後はより厳しい時刻維持要件になることが見込まれている。そのため、通信事業者は現状の高精度周波数基準装置 3 3 よりも更に精度の高いクロック周波数を高精度時刻基準装置 3 1 に常時供給できるように考慮する必要がある。

[0011] そこで、通信事業者が基準時刻の情報をユーザに配信する際に、例えば図 3 に示した構成の通信システムを利用することが想定される。図 3 の通信システムは、光時計 4 1、同期ネットワーク 4 2、周波数配信システム 4 3、時刻基準装置 4 4、及び GNSS 4 5 を含んでいる。

[0012] 図 3 に示した通信システムにおいて、光時計 4 1 が出力する精度の高い周波数信号は、同期ネットワーク 4 2、周波数配信システム 4 3 を経由して時刻基

準装置 4 4 に入力される。したがって、GNSS 4 5 から時刻基準装置 4 4 に供給される時刻情報が途絶えた場合には、時刻基準装置 4 4 は光時計 4 1 から供給される周波数を利用して時刻誤差の増大を防ぐことが可能である。

[0013] 精度の高い 4 種類の時計の代表例となる時刻誤差 $A_1 \sim A_4$ を図 4 に示す。

図 4 に示すように、光時計の時刻誤差（周波数確度（周波数の正確度） 10^{-14} よりも高精度） A_4 は、ePRTC（クロックコンバイナーを利用した場合）の時刻誤差 A_3 、高精度セシウム原子時計の時刻誤差（周波数確度 5×10^{-13} ） A_2 、標準セシウム原子時計の時刻誤差（周波数確度 10^{-12} ） A_1 と比べて時刻誤差が小さい。つまり、図 3 に示した通信システムのように光時計 4 1 を利用すれば、現在よりも長期間の時刻のホールドオーバを時刻基準装置 4 4 において実施することが可能であり、GNSS 4 5 からの時刻情報が途絶えている期間においても時刻誤差を小さい範囲内に維持可能である。

[0014] 光時計を利用する場合に想定される通信システムの構成例を図 5、図 6 にそれぞれ示す。図 5 に示した通信システムにおいては、光時計 5 1 の出力を周波数配信装置 5 2 の入力に接続し、周波数配信装置 5 2 の出力を時刻基準装置 5 3 の入力に接続してある。また、図 6 に示した通信システムにおいては、光ネットワーク 5 4 を経由して周波数配信システムに入力し、出力を時刻基準装置 5 3 の入力と接続してある。

[0015] 図 5、図 6 の構成において、周波数分配装置から供給される光時計の周波数精度は、極めて高精度である。したがって、図 5、図 6 に示した時刻基準装置 5 3 は、GNSS からの時刻情報が途絶えている期間においても、周波数配信装置 5 2 から供給される光信号の周波数を利用して時刻の維持を行うことで、光時計 5 1 と同等の精度で時刻誤差の発生を防止できる。

[0016] しかしながら、一般的に光時計は長時間の連続運転が困難である。更に、例えば振動などの外乱が発生した場合に、一時的に光時計および光ネットワークにおける同期が外れる可能性もある。そのため、図 2 に示した例のように長時間に亘って連続的に高精度のクロック周波数を時刻基準装置に供給しなければならない環境においては、現実的には光時計の利用は困難である。

[0017] 本発明は、上記の状況に鑑みてなされたものであり、GNSS等の優先順位の高い時刻情報が途絶えた状況において、ユーザに提供される基準時刻の時刻誤差を減らすことが可能な時刻基準システムおよびその時刻同期制御方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0018] 本発明の時刻基準システムの時刻同期制御方法では、
周波数の安定した第1の周波数信号を内部で生成可能な第1の基準周波数生成部と、前記第1の周波数信号よりも精度の高い第2の周波数信号を出力可能な第2の基準周波数生成部とを利用し、
前記第2の基準周波数生成部の動作状態を監視して、
前記第2の周波数信号が存在しない状態、又は安定していない状態では、前記第2の周波数信号よりも前記第1の周波数信号を優先的に選択し、
前記第2の周波数信号が安定して存在している状態では、前記第1の周波数信号よりも前記第2の周波数信号を優先的に選択し、
選択した前記第1の周波数信号または前記第2の周波数信号を正確な時刻同期に利用する。

発明の効果

[0019] 本発明の時刻基準システムおよびその時刻同期制御方法によれば、GNSS等の優先順位の高い時刻情報が途絶えた状況において、ユーザに提供される基準時刻の時刻誤差を減らすことができる。すなわち、前記第1の周波数信号および前記第2の周波数信号を状況に応じて優先順位を考慮して選択するので、前記第1の周波数信号および前記第2の周波数信号は長時間連続的に供給可能である必要はない。そのため、例えば長時間の連続運転が困難な光時計を利用して時刻精度を上げることが可能であり、光時計の周波数が同期していない期間や、突発的に発生する短期間の同期外れが時刻精度に大きな影響を及ぼす可能性も低くなる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]図1は、一般的な時刻基準装置およびこれに接続される主要な構成要素を示すブロック図である。

[図2]図2は、GNSS衛星からの時刻信号が途絶える時刻とクロック供給期間との関連を示すタイムチャートである。

[図3]図3は、時刻基準装置が光時計を利用する場合に想定される通信システムの構成例を示すブロック図である。

[図4]図4は、4種類の時計の代表的な時刻精度を示すグラフである。

[図5]図5は、光時計と時刻基準装置とを接続した通信システムの構成例－1を示すブロック図である。

[図6]図6は、光時計と時刻基準装置とを接続した通信システムの構成例－2を示すブロック図である。

[図7]図7は、本発明の実施形態における時刻基準システムの動作例を示すタイムチャートである。

[図8]図8は、本発明の実施形態における時刻基準システムの内部構成および周辺の構成要素を示すブロック図である。

[図9]図9は、本発明の実施形態における時刻基準システムの特徴的な動作例を示すフローチャートである。

[図10]図10は、本発明の実施形態における時刻基準システムの変形例を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0021] 本発明の実施形態について各図を参照しながら以下に説明する。

<時刻同期制御方法の概要>

本発明の実施形態における時刻基準装置10の動作例を図7に示す。また、この時刻基準装置10を含む時刻基準システム100の構成例を図8に示す。

[0022] 本実施形態における時刻基準装置10は、例えば図3中に示した時刻基準装置44と同様に、光時計などから供給される超高精度の周波数信号（第2の周波数信号）を利用できる環境にある。また、本実施形態の時刻基準装置10

は、光時計よりも精度が低いが連続的に利用できる周波数信号（第1の周波数信号）も同時に利用できるように構成される。第1の周波数信号は、例えばセシウム原子時計を用いて生成できる。

[0023] 図7に示した例では、時刻基準装置10が存在する場所において、時刻 t_x でGNSSの衛星からの時刻情報が途絶え、且つ時刻 t_0 で第2の周波数信号が安定して出力される状態になった状況を想定している。

[0024] 光時計等から供給される第2の周波数信号は非常に精度が高いが、光時計等が動作を開始してから第2の周波数信号が安定した同期状態になるまでにはある程度の時間が必要になる。一方、第1の周波数信号は常時連続的に利用できる。

[0025] そこで、本実施形態の時刻基準装置10は、GNSSの衛星からの時刻情報が途絶えた時刻 t_x で第1の周波数信号を優先的に選択し、この第1の周波数信号を時刻同期に利用する。また、時刻基準装置10は第2の周波数信号が安定して出力される状態かどうかの監視を時刻 t_x から開始する。

[0026] そして、時刻基準装置10は、時刻 t_0 で第2の周波数信号が安定して出力される状態になったことを検知すると、図7中に示した自走期間 T_1 を終了し、第2の周波数信号を優先的に選択し、第2の周波数信号に同期するように時刻同期を開始する。GNSSの衛星からの時刻情報が途絶えた時刻 t_x から、14日経過後の時刻 t_1 まで（ $T_1 + T_2$ の期間）は、時刻誤差を規格の範囲内（例えば100 [ns]）に維持する必要がある。

[0027] 図7に示すように、自走期間 T_1 の間は比較的精度の低い第1の周波数信号を利用するので時刻基準装置10の出力する基準時刻に生じる単位時間あたりの時刻誤差は比較的大きい。しかし、時刻 t_x から長い時間が経過する前に自走期間 T_1 が終了するので、時刻 t_0 における時刻誤差は規格の範囲内（例えば100 [ns]）に維持される。また、時刻 t_0 から t_1 までの期間（ T_2 ）の間は、光時計等により得られる超高精度の第2の周波数信号を利用して時刻同期を行う。結果として t_0 から t_1 までの期間では、時刻誤差がほと

んど発生せず、時刻 t_x から 14 日経過した後の時刻 t_1 においても時刻誤差は、許容誤差（例えば 100 [ns]）の範囲内に維持される。

[0028] <時刻基準システムの構成例>

図 8 に示した時刻基準システム 100 は、時刻基準装置 10 及び光時計ネットワーク 20 を備えている。時刻基準装置 10 に入力される基準時刻（Time reference）の信号 SG1 は、例えば GNSS の衛星からの電波を受信することで得ることができる。GNSS の衛星から実際に得られる信号は緯度、経度、時刻等を含むデジタル信号であり、時刻基準装置 10 は受信したデジタル信号に基づき基準時刻の電気信号として信号 SG1 を入力する。

[0029] 図 8 中に示した光時計ネットワーク 20 は、例えば図 3 中に示した光時計 41、同期ネットワーク 42、周波数配信システム 43 などを用いて構成できる。周波数配信システム 43 は周波数の同期・分配・光電変換などの機能を搭載している。したがって、光時計ネットワーク 20 は例えば時刻基準装置 10 から離れた遠隔地に配置された光時計 41 と同等の精度を有する基準周波数の情報を信号 SG3 として時刻基準装置 10 に供給可能である。

[0030] なお、光時計ネットワーク 20 の内部では、基準周波数の情報を光信号としてネットワーク上で伝送するが、光時計ネットワーク 20 が時刻基準装置 10 に供給する信号 SG3 については、時刻基準装置 10 側のインタフェースの仕様に合わせて電気信号を供給する。勿論、時刻基準装置 10 側が光信号の入力に対応している場合は、信号 SG3 として光信号の形態で基準周波数を供給しても良い。

[0031] 図 8 に示した時刻基準装置 10 の内部には、主要な機能として、タイムリカバリブロック 11、ローカル周波数クロック部 12、ローカルタイムスケール部 13、周波数インタフェース (Fre. I/F) 14、時刻インタフェース (Time I/F) 15、位相インタフェース 16 (Phase I/F)、及び周波数インタフェース 17 が備わっている。

[0032] タイムリカバリブロック 11 は、GNSS 等から基準時刻の信号 SG1 を入力できる。また、タイムリカバリブロック 11 は後述する特別な信号 SG2 を

光時計ネットワーク 20 に対して送信できる。また、タイムリカバリブロック 11 は各信号 SG11、SG12、SG13 をローカルタイムスケール部 13 に供給できる。信号 SG12 及び SG13 は、それぞれ時刻及び位相の情報を含んでいる。また、タイムリカバリブロック 11 は信号 SG14 をローカル周波数クロック部 12 に供給できる。信号 SG14 は、GNSS 等により得られる周波数 (Frequency) の情報を含んでいる。

[0033] ローカル周波数クロック部 12 は、独自のローカル周波数クロック信号を内部で生成する機能を有する。このローカル周波数クロックの精度は、例えば、 10^{-12} 程度とする。この時、例えば、1000[s] の自走期間では、 $10^{-12} \times 1000[s] = 10^{-9}[s] = 1[ns]$ なので、2 週間で 100[ns] の時刻誤差に抑える規格に対して、1000[s] 程度の自走期間には十分な周波数精度である。また、ローカル周波数クロック部 12 は事前に決定した優先順位と状況に応じて複数種類の周波数の中から適切に選択した周波数を出力に供給する。複数種類の周波数の優先順位 1 ~ 3 は次のように事前に定めておく。

優先順位 1 : 信号 SG14 の周波数 (GNSS の周波数)

優先順位 2 : 信号 SG3 の周波数 (光時計精度の周波数 : 第 2 の周波数信号)

優先順位 3 : ローカル周波数クロック (内部で生成した周波数 : 第 1 の周波数信号)

[0034] ローカルタイムスケール部 13 は、信号 SG12 として入力される GNSS の基準時刻の情報を、時刻インタフェース 15 に出力できる。また、信号 SG12 として入力される GNSS の基準時刻が途絶えている状況においては、ローカルタイムスケール部 13 は、ローカル周波数クロック部 12 が選択した周波数の信号 SG15 に同期するようにローカル時刻を調整し、ローカル時刻の情報を時刻インタフェース 15 に出力する。すなわち、ローカルタイムスケール部 13 がホールドオーバーを実施する。

[0035] <時刻基準システムの動作>

図 8 に示した時刻基準システム 100 の特徴的な動作例を図 9 に示す。図 9 の動作について以下に説明する。

[0036] 時刻基準装置 10 内のタイムリカバリブロック 11 は、信号 SG1 の状態をステップ S11 で常時監視して、GNSS からの信号を検出しており、途切れていないかどうかを確認する。タイムリカバリブロック 11 が GNSS からの信号を検出しているならば (Yes)、処理はステップ S11 を繰り返す。そして、タイムリカバリブロック 11 が GNSS からの信号を検出しなくなったことを検知すると (No)、処理はステップ S12 に進む。

[0037] タイムリカバリブロック 11 は、ステップ S12 で信号 SG2 を用いて光時計ネットワーク 20 へ光周波数信号の送信開始を指示する。なお、信号 SG2 は例えば電気信号であり、光時計ネットワーク 20 を制御する同期監視部 201 への通知として利用される。その後、処理はステップ S11 に戻る。

[0038] 光時計ネットワーク 20 の同期監視部 201 は、タイムリカバリブロック 11 がステップ S12 で送信する指示を信号 SG2 により検知すると、ステップ S13 で光時計 41 の動作を起動すると共に周波数の同期処理を開始する。ステップ S14 にて、同期監視部 201 は、同期が完了したか否かを判定する。同期が完了していなければ (No)、処理はステップ S14 を繰り返す。

そして、周波数の同期が完了すると、処理はステップ S14 から次のステップ S15 に進み、光時計ネットワーク 20 が高精度の周波数信号である信号 SG3 の送出を開始する。

[0039] 光時計ネットワーク 20 の同期監視部 201 は、信号 SG3 の送出を開始した後、光時計ネットワーク 20 内部における周波数の同期外れの有無をステップ S16 で監視する。例えば光時計 41 の動作に異常が発生したり、振動などの外乱の影響で光時計ネットワーク 20 内の光時計や光周波数コムなどにおいて同期外れなどが生じたりすると、光時計ネットワーク 20 の同期監視部 201 がそれをステップ S16 で検知して次のステップ S17 に進む。光時計ネットワーク 20 の同期監視部 201 は、ステップ S17 で信号 SG3 の送出を一

時停止してステップS 1 3に戻り、光時計ネットワーク20の内部における周波数の同期をやり直す。

[0040] ローカル周波数クロック部12は、事前に決定した優先順位と状況に応じて、3種類の周波数の中から選択した1つの周波数を信号SG15、SG16としてステップS18で出力する。

優先順位1：信号SG14の周波数（GNSSの周波数）

優先順位2：信号SG3の周波数（光時計精度の周波数：第2の周波数信号）

優先順位3：ローカル周波数クロック（内部で生成した周波数：第1の周波数信号）

[0041] すなわち、時刻基準装置10がGNSSからの信号を受信できる状況では、信号SG14の優先順位が最も高いので、ローカル周波数クロック部12は信号SG14の周波数をステップS18で選択して信号SG15として出力する。

[0042] また、時刻基準装置10に届くGNSSからの信号が途絶えた場合には、ローカル周波数クロック部12は優先順位が2番目の信号SG3の周波数をステップS18で選択して信号SG15として出力する。但し、例えば光時計ネットワーク20が起動した直後や、同期が外れているような状況では、光時計ネットワーク20が信号SG3を送出しないので、ローカル周波数クロック部12は優先順位が3番目のローカル周波数クロックをステップS18で選択して信号SG15として出力する。

[0043] ローカルタイムスケール部13は、GNSSからの信号が途絶えている状況では、ローカル時刻がローカル周波数クロック部12の出力する信号SG15の周波数を用いて時刻を維持（ホールドオーバー）するように制御し、ローカル時刻の情報を時刻インタフェース15に送出する（ステップS19、S20）。

[0044] したがって、時刻基準システム100が図9に示した制御を実施する場合には、時刻基準装置10に届くGNSSからの信号が途絶えた時刻 t_x から光時

計ネットワーク 20 の同期が確立するまでのしばらくの間は、信号 SG 14、SG 3 が現れないので、ローカル周波数クロック部 12 がローカル周波数クロックを選択する。また、ローカルタイムスケール部 13 がローカル周波数クロックによってホールドオーバーされたローカル時刻を生成する。つまり、図 7 中に示した時刻 t_x から時刻 t_0 までの自走期間 T_1 の間は、ローカル周波数クロックの精度が時刻誤差の変化に影響する。

[0045] また、光時計ネットワーク 20 の同期が確立すると、光時計ネットワーク 20 から信号 SG 3 が出力されるので、ローカル周波数クロック部 12 は優先順位が 2 番目の信号 SG 3 を選択して信号 SG 15 として出力する。また、ローカルタイムスケール部 13 が精度の高い信号 SG 3 の周波数に同期したローカル時刻を生成する。つまり、図 7 中に示した時刻 t_0 から時刻 t_1 までの期間 T_2 の間は、光時計 41 と同じ精度の信号 SG 3 の周波数が時刻誤差の変化に影響する。

[0046] 図 7 中に示した自走期間 T_1 を短くすることができるので、ローカル周波数クロックの精度が比較的低い場合でも時刻 t_0 における時刻誤差を許容値 (100 [ns]) 以内に維持することは容易である。また、時刻 t_0 以降は光時計などを利用することで超高精度の周波数に同期できるので、GNSS の信号が途絶えた時刻 t_x から時刻 t_1 までの期間の時刻誤差を許容値 (100 [ns]) 以内に維持することも容易である。また、一般的に光時計は長時間の連続動作が困難であるが、図 7、図 9 の制御を行う場合には、光時計の周波数が途切れた期間は再びローカルクロックの周波数を利用して時刻のホールドオーバーを行うので実用的に光時計を利用できる。

[0047] <時刻基準システムの変形例>

変形例の時刻基準システム 100A の構成を図 10 に示す。この構成は、時刻基準装置内部のローカル周波数クロックの精度が低い場合、例えば、 10^{-6} 程度のようなときに使用する。この時、例えば、 1000 [s] の自走期間では、 $10^{-6} \times 1000\text{ [s]} = 10^{-3}\text{ [s]} = 1\text{ [ms]}$ なので、2週間で 100 [ns] の時刻誤差に抑える規格に対して、 1000 [s] もたずに、基準値を超える時刻誤差が生じてし

まう。そこで図10に示した時刻基準システム100Aは、時刻基準装置10A、光時計ネットワーク20、及び連続運転可能な高精度周波数基準装置25、例えばセシウム原子時計を備えている。高精度周波数基準装置25は、周波数の安定した第3の周波数信号を出力可能な第3の基準周波数生成部として機能する。光時計ネットワーク20は、第3の周波数信号よりも精度の高い第2の周波数信号を出力可能な第2の基準周波数生成部として機能する。

[0048] 図4に示した例から分かるように、図10中の高精度周波数基準装置25が出力する信号SG4の周波数精度は、光時計の周波数精度よりも低い。しかし、高精度周波数基準装置25は長時間の連続動作が可能である。また、図7中に示した自走期間T1のように比較的短い期間だけ高精度周波数基準装置25の周波数を使用する場合には、時刻誤差の増加は比較的小さく維持できる。

[0049] 図10中の時刻基準装置10Aは、信号SG3の周波数を入力するための周波数インタフェース (Opt.Fre.I/F) 14Aと、信号SG4の周波数を入力するための周波数インタフェース (Cs Fre.I/F) 18とを備えている。

[0050] 時刻基準装置10A内部のローカル周波数クロック部12Aは、高精度の周波数の信号として、信号SG14、SG3、及びSG4の3種類のいずれか1つを事前に定めた優先順位と状況とに応じて適切に選択することができる。優先順位1～3は次のように定めてある。

優先順位1：信号SG14の周波数 (GNSSの周波数)

優先順位2：信号SG3の周波数 (光時計精度の周波数：第2の周波数信号)

優先順位3：信号SG4の周波数 (高精度周波数基準装置25の精度の周波数：第3の周波数信号)

[0051] すなわち、時刻基準装置10AがGNSSからの信号を受信できる状況では、信号SG14の優先順位が最も高いので、ローカル周波数クロック部12Aは信号SG14の周波数をステップS18で選択して信号SG15として出力する。

- [0052] また、時刻基準装置 10A に届く GNSS からの信号が途絶えた場合には、ローカル周波数クロック部 12A は優先順位が 2 番目の信号 SG3 の周波数をステップ S18 で選択して信号 SG15 として出力する。但し、例えば光時計ネットワーク 20 が起動した直後や、同期が外れているような状況では、光時計ネットワーク 20 が信号 SG3 を送出しないので、ローカル周波数クロック部 12A は優先順位が 3 番目の信号 SG4 をステップ S18 で選択して信号 SG15 として出力する。
- [0053] ローカルタイムスケール部 13 は、GNSS からの信号が途絶えている状況では、ローカル時刻がローカル周波数クロック部 12A の出力する信号 SG15 の周波数を用いて時刻を維持（ホールドオーバー）するように制御し、ローカル時刻の情報を時刻インタフェース 15 に送出する（ステップ S19、S20）。
- [0054] したがって、時刻基準システム 100A が図 9 に示した制御を実施する場合には、時刻基準装置 10A に届く GNSS からの信号が途絶えた時刻 t_x から光時計ネットワーク 20 の同期が確立するまでのしばらくの間は、信号 SG14、SG3 が現れないので、ローカル周波数クロック部 12A が信号 SG4 の周波数を選択して信号 SG15 として出力する。また、ローカルタイムスケール部 13 がローカル周波数クロックによってホールドオーバーされたローカル時刻を生成する。つまり、図 7 中に示した時刻 t_x から時刻 t_0 までの自走期間 T_1 の間は、信号 SG4 の周波数精度、すなわち高精度周波数基準装置 25 の精度が時刻誤差の変化に影響する。
- [0055] また、光時計ネットワーク 20 の同期が確立すると、光時計ネットワーク 20 から信号 SG3 が出力されるので、ローカル周波数クロック部 12A は優先順位が 2 番目の信号 SG3 を選択して信号 SG15 として出力する。また、ローカルタイムスケール部 13 が精度の高い信号 SG3 の周波数に同期したローカル時刻を生成する。つまり、図 7 中に示した時刻 t_0 から時刻 t_1 までの期間 T_2 の間は、光時計 41 と同じ精度の信号 SG3 の周波数が時刻誤差の変化に影響する。

[0056] 図7中に示した自走期間 T_1 を短くすることができるので、例えば外部からの信号SG4の周波数が高精度周波数基準装置25の周波数精度 10^{-12} 程度であれば、時刻 t_0 における時刻誤差を許容値(100 [ns])以内に維持することは容易である。

[0057] また、時刻 t_0 以降は光時計などを利用することで超高精度の周波数に同期できるので、GNSSの信号が途絶えた時刻 t_x から時刻 t_1 までの期間の時刻誤差を許容値(100 [ns])以内に維持することも容易である。また、一般的に光時計は長時間の連続動作が困難であるが、図7、図9の制御を行う場合には、GNSSの信号が途絶えた時刻 t_x から時刻 t_1 までの比較的短い期間だけ光時計を稼働できればよく、光時計の周波数が途切れた期間は再び高精度周波数基準装置25の周波数を利用して時刻のホールドオーバーを行うので、実用的に光時計を利用できる。

[0058] <上記以外の変形の可能性>

図8、図10に示した構成では、信号SG1としてGNSSからの基準時刻の信号を時刻基準装置10に入力する場合を想定しているが、GNSS以外の信号に置き換えることも可能である。

[0059] 図8に示したローカル周波数クロック部12に内蔵されるローカル周波数クロックについては、時刻基準システム100が必要とする基準時刻の許容誤差と制御のタイミングとに応じて適切な周波数精度を有する装置を適宜利用することが想定される。

[0060] 図8、図10に示した光時計ネットワーク20の代わりに、それと同等の周波数精度を確保可能な別の設備を接続しても良い。また、図10に示した高精度周波数基準装置25の代わりに、それと同等の周波数精度を確保可能な別の設備を接続しても良い。

[0061] <時刻基準装置およびその時刻同期制御方法の特徴>

本発明の時刻基準装置およびその時刻同期制御方法に関する特徴的な事項について、以下の[1]～[8]に列挙する。

[1] 周波数の安定した第1の周波数信号（ローカル周波数クロック）を内部で生成可能な第1の基準周波数生成部と、前記第1の周波数信号よりも精度の高い第2の周波数信号（信号SG3）を出力可能な第2の基準周波数生成部（光時計ネットワーク20）とを利用し、

前記第2の基準周波数生成部の動作状態を監視して（ステップS14、S16）、

前記第2の周波数信号が存在しない状態、又は安定していない状態では、前記第2の周波数信号よりも前記第1の周波数信号を優先的に選択し（ステップS18）、

前記第2の周波数信号が安定して存在している状態では、前記第1の周波数信号よりも前記第2の周波数信号を優先的に選択し（ステップS18）、

選択した前記第1の周波数信号または前記第2の周波数信号を正確な時刻同期に利用する（ステップS19）、

時刻基準システムの時刻同期制御方法。

[0062] 上記[1]の時刻基準システムの時刻同期制御方法によれば、例えば前記第2の基準周波数生成部が光時計を利用する場合でも、GNSS信号が途絶えたタイミング（時刻 t_x ）で光時計の動作を起動すれば良いので、長期間に亘って連続的に光時計を稼働させる必要がなく、実用的にシステムを運用できる。また、光時計を起動してからその周波数の同期が安定するまでの自走期間（ T_1 ）の間は、前記第1の周波数信号を利用してローカル時刻の同期を維持できる。また、自走期間（ T_1 ）は比較的短いので、その間に発生する時刻誤差を許容値（例えば100 [ns]）以内に維持することは容易である。また、自走期間（ T_1 ）が終了した後の期間（ T_2 ）では、超高精度の光時計の周波数を利用できるので、例えば14日以上に亘って時刻誤差を許容値（例えば100 [ns]）以内に維持できる。

[0063] [2] 前記第1の周波数信号よりも精度の高い第3の周波数信号を出力可能な第3の基準周波数生成部（高精度周波数基準装置25）を更に利用し、

前記第2の基準周波数生成部（光時計ネットワーク20）の動作状態を監視して、

前記第2の周波数信号が存在しない状態、又は安定していない状態では、前記第2の周波数信号よりも前記第3の周波数信号を優先的に選択し、

前記第2の周波数信号が安定して存在している状態では、前記第3の周波数信号よりも前記第2の周波数信号を優先的に選択し、

選択した前記第3の周波数信号または前記第2の周波数信号を正確な時刻同期に利用する、

[0064] 上記[1]に記載の時刻基準システムの時刻同期制御方法。

上記[2]の時刻基準システムの時刻同期制御方法によれば、十分に精度の高い内部クロックを利用できない場合であっても、ホールドオーバの間に生じる時刻誤差を許容値以内に維持することが容易になる。

[0065] [3] 前記第2の周波数信号よりも優先順位の高い時刻基準信号（信号SG1）の状態を監視し、

前記時刻基準信号が正常に現れている状態では、前記時刻基準信号に基づいて時刻同期を実行し（ステップS18、S19）、

前記時刻基準信号が検出されない時は、選択した前記第1の周波数信号または前記第2の周波数信号を正確な時刻のホールドオーバに利用する（ステップS19）、

上記[2]に記載の時刻基準システムの時刻同期制御方法。

[0066] 上記[3]の時刻基準システムの時刻同期制御方法によれば、前記時刻基準信号が検出されない時に前記第1の周波数信号と前記第2の周波数信号とを適切に使い分けるので、例えばGNSSから得られる時刻基準信号が途絶えて基準時刻のホールドオーバを実施する期間（時刻 $t_x \sim t_1$ ）中に、発生する時刻誤差を減らすことができる。

[0067] [4] 前記時刻基準信号が非検出になった時に、前記第2の基準周波数生成部の同期処理を開始し（ステップS11、S12）、

前記第2の基準周波数生成部の同期完了を検知した時に前記第2の周波数信号の出力を開始し（ステップS14、S15）、

前記第2の基準周波数生成部の同期外れを検知した時に前記第2の周波数信号の出力を停止し（ステップS16、S17）、

前記第2の周波数信号が同期していない間は、前記第1の周波数信号又は前記第3の周波数信号を優先的に時刻のホールドオーバに利用する、

上記[3]に記載の時刻基準システムの時刻同期制御方法。

[0068] 上記[4]の時刻基準システムの時刻同期制御方法によれば、前記時刻基準信号が非検出になった時に、前記第2の基準周波数生成部の同期処理を開始するので、予期できないタイミング（時刻 t_x ）でGNSS等の信号が途絶える状況でも、光時計などを常時稼働させておく必要がない。また、前記第2の周波数信号の同期が確立していない状況や、同期が外れた状況では前記第2の周波数信号の出力が停止するので、前記第2の周波数信号に起因する時刻誤差の増大を抑制できる。

[0069] [5] 周波数の安定した第1の周波数信号（ローカル周波数クロック又は信号SG4）を内部で生成可能な第1の基準周波数生成部（ローカル周波数クロック部12）と、

前記第1の周波数信号よりも精度の高い第2の周波数信号（信号SG3）を出力可能な第2の基準周波数生成部（光時計ネットワーク20）と、

前記第2の基準周波数生成部の動作状態を監視する同期監視部（同期監視部201：ステップS14、S16）と、

前記第2の周波数信号が存在しない状態、又は安定していない状態では、前記第2の周波数信号よりも前記第1の周波数信号を優先的に選択し、前記第2の周波数信号が安定して存在している状態では、前記第1の周波数信号よりも前記第2の周波数信号を優先的に選択する（ステップS18）信号選択部（ローカル周波数クロック部12）と、

前記信号選択部が選択した前記第 1 の周波数信号または前記第 2 の周波数信号を正確な時刻同期に利用する時刻同期部（ローカルタイムスケール部 13）と、

を備える時刻基準システム。

[0070] 上記 [5] の構成の時刻基準システムによれば、例えば前記第 2 の基準周波数生成部が光時計を利用する場合でも、GNSS 信号が途絶えたタイミング（時刻 t_x ）で光時計の動作を起動すれば良いので、長期間に亘って連続的に光時計を稼働させる必要がなく、実用的にシステムを運用できる。また、光時計を起動してからその周波数の同期が安定するまでの自走期間（ T_1 ）の間は、前記第 1 の周波数信号を利用してローカル時刻の同期を維持できる。また、自走期間（ T_1 ）は比較的短いので、その間に発生する時刻誤差を許容値（例えば 100 [ns]）以内に維持することは容易である。また、自走期間（ T_1 ）が終了した後の期間（ T_2 ）では、超高精度の光時計の周波数を利用できるので、例えば 14 日以上に亘って時刻誤差を許容値（例えば 100 [ns]）以内に維持できる。

[0071] [6] 前記第 1 の周波数信号よりも精度の高い第 3 の周波数信号を出力可能な第 3 の基準周波数生成部（高精度周波数基準装置 25）を更に備え、

前記信号選択部（ローカル周波数クロック部 12）は、前記第 2 の周波数信号が存在しない状態、又は安定していない状態では、前記第 2 の周波数信号よりも前記第 3 の周波数信号を優先的に選択し、前記第 2 の周波数信号が安定して存在している状態では、前記第 3 の周波数信号よりも前記第 2 の周波数信号を優先的に選択し、

前記時刻同期部（ローカルタイムスケール部 13）は、前記信号選択部が選択した前記第 3 の周波数信号または前記第 2 の周波数信号を正確な時刻同期に利用する、

請求項 5 に記載の時刻基準システム。

[0072] 上記〔6〕の構成の時刻基準システムによれば、十分に精度の高い内部クロックを利用できない場合であっても、ホールドオーバの間に生じる時刻誤差を許容値以内に維持することが容易になる。

[0073] 〔7〕前記第2の周波数信号よりも優先順位の高い時刻基準信号（信号SG1）の状態を監視する時刻基準監視部（ステップS11）を備え、

前記時刻同期部は、前記時刻基準信号が正常に現れている状態では、前記時刻基準信号に基づいて時刻同期を実行し、前記時刻基準信号が検出されない時は、前記信号選択部が選択した前記第1の周波数信号または前記第2の周波数信号に基づいて時刻のホールドオーバを実行する（ステップS18、S19）、

上記〔6〕に記載の時刻基準システム。

[0074] 上記〔7〕の構成の時刻基準システムによれば、前記時刻基準信号が検出されない時に前記第1の周波数信号と前記第2の周波数信号とを適切に使い分けるので、例えばGNSSから得られる時刻基準信号が途絶えて基準時刻のホールドオーバを実施する期間（時刻 $t_x \sim t_1$ ）中に、発生する時刻誤差を減らすことができる。

[0075] 〔8〕前記第2の基準周波数生成部は、前記時刻基準信号が非検出になった時に前記第2の周波数信号の同期処理を開始し（ステップS11、S12、S13）、

前記第2の基準周波数生成部は、前記第2の周波数信号の同期完了を検知した時に前記第2の周波数信号の出力を開始し（ステップS14、S15）、

前記第2の基準周波数生成部は、前記第2の周波数信号の同期外れを検知した時に前記第2の周波数信号の出力を停止し（ステップS16、S17）、

前記第2の周波数信号が同期していない間は、前記第1の周波数信号又は前記第3の周波数信号を優先的に時刻のホールドオーバに利用する、

上記〔7〕に記載の時刻基準システム。

[0076] 上記〔8〕の構成の時刻基準システムによれば、前記時刻基準信号が非検出になった時に、前記第2の基準周波数生成部の同期処理を開始するので、予期

できないタイミング（時刻 t_x ）でGNSS等の信号が途絶える状況でも、光時計などを常時稼働させておく必要がない。また、前記第2の周波数信号の同期が確立していない状況や、同期が外れた状況では前記第2の周波数信号の出力が停止するので、前記第2の周波数信号に起因する時刻誤差の増大を抑制できる。

符号の説明

- [0077] 10, 10A 時刻基準装置
- 11 タイムリカバリブロック
- 12, 12A ローカル周波数クロック部
- 13 ローカルタイムスケール部
- 14, 14A, 17 周波数インタフェース
- 15 時刻インタフェース
- 16 位相インタフェース
- 20 光時計ネットワーク
- 201 同期監視部
- 25 高精度周波数基準装置
- 31 高精度時刻基準装置
- 32 GNSS
- 33 高精度周波数基準装置
- 34 高精度時刻同期装置
- 41 光時計
- 42 同期ネットワーク
- 43 周波数配信システム
- 44 時刻基準装置
- 45 GNSS
- 51 光時計
- 52 周波数配信装置
- 53 時刻基準装置

5 4 光ネットワーク

1 0 0, 1 0 0 A 時刻基準システム

S G 1, S G 2, S G 3, S G 4 信号

S G 1 1, S G 1 2, S G 1 3, S G 1 4, S G 1 5, S G 1 6 信号

T 1 自走期間

請求の範囲

- [請求項1] 周波数の安定した第1の周波数信号を内部で生成可能な第1の基準周波数生成部と、前記第1の周波数信号よりも精度の高い第2の周波数信号を出力可能な第2の基準周波数生成部とを利用し、
- 前記第2の基準周波数生成部の動作状態を監視して、
- 前記第2の周波数信号が存在しない状態、又は安定していない状態では、前記第2の周波数信号よりも前記第1の周波数信号を優先的に選択し、
- 前記第2の周波数信号が安定して存在している状態では、前記第1の周波数信号よりも前記第2の周波数信号を優先的に選択し、
- 選択した前記第1の周波数信号または前記第2の周波数信号を正確な時刻同期に利用する、
- 時刻基準システムの時刻同期制御方法。
- [請求項2] 前記第1の周波数信号よりも精度の高い第3の周波数信号を出力可能な第3の基準周波数生成部を更に利用し、
- 前記第2の基準周波数生成部の動作状態を監視して、
- 前記第2の周波数信号が存在しない状態、又は安定していない状態では、前記第2の周波数信号よりも前記第3の周波数信号を優先的に選択し、
- 前記第2の周波数信号が安定して存在している状態では、前記第3の周波数信号よりも前記第2の周波数信号を優先的に選択し、
- 選択した前記第3の周波数信号または前記第2の周波数信号を正確な時刻同期に利用する、
- 請求項1に記載の時刻基準システムの時刻同期制御方法。
- [請求項3] 前記第2の周波数信号よりも優先順位の高い時刻基準信号の状態を監視し、
- 前記時刻基準信号が正常に現れている状態では、前記時刻基準信号に基づいて時刻同期を実行し、

前記時刻基準信号が検出されない時は、選択した前記第 1 の周波数信号、前記第 3 の周波数信号、又は前記第 2 の周波数信号を正確な時刻のホールドオーバに利用する、

請求項 2 に記載の時刻基準システムの時刻同期制御方法。

[請求項 4]

前記時刻基準信号が非検出になった時に、前記第 2 の基準周波数生成部の同期処理を開始し、

前記第 2 の基準周波数生成部の同期完了を検知した時に前記第 2 の周波数信号の出力を開始し、

前記第 2 の基準周波数生成部の同期外れを検知した時に前記第 2 の周波数信号の出力を停止し、

前記第 2 の周波数信号が同期していない間は、前記第 1 の周波数信号又は前記第 3 の周波数信号を優先的に時刻のホールドオーバに利用する、

請求項 3 に記載の時刻基準システムの時刻同期制御方法。

[請求項 5]

周波数の安定した第 1 の周波数信号を内部で生成可能な第 1 の基準周波数生成部と、

前記第 1 の周波数信号よりも精度の高い第 2 の周波数信号を出力可能な第 2 の基準周波数生成部と、

前記第 2 の基準周波数生成部の動作状態を監視する同期監視部と、

前記第 2 の周波数信号が存在しない状態、又は安定していない状態では、前記第 2 の周波数信号よりも前記第 1 の周波数信号を優先的に選択し、前記第 2 の周波数信号が安定して存在している状態では、前記第 1 の周波数信号よりも前記第 2 の周波数信号を優先的に選択する信号選択部と、

前記信号選択部が選択した前記第 1 の周波数信号または前記第 2 の周波数信号を正確な時刻同期に利用する時刻同期部と、

を備える時刻基準システム。

[請求項6] 前記第1の周波数信号よりも精度の高い第3の周波数信号を出力可能な第3の基準周波数生成部を更に備え、

前記信号選択部は、前記第2の周波数信号が存在しない状態、又は安定していない状態では、前記第2の周波数信号よりも前記第3の周波数信号を優先的に選択し、前記第2の周波数信号が安定して存在している状態では、前記第3の周波数信号よりも前記第2の周波数信号を優先的に選択し、

前記時刻同期部は、前記信号選択部が選択した前記第3の周波数信号または前記第2の周波数信号を正確な時刻同期に利用する、

請求項5に記載の時刻基準システム。

[請求項7] 前記第2の周波数信号よりも優先順位の高い時刻基準信号の状態を監視する時刻基準監視部を備え、

前記時刻同期部は、前記時刻基準信号が正常に現れている状態では、前記時刻基準信号に基づいて時刻同期を実行し、前記時刻基準信号が検出されない時は、前記信号選択部が選択した前記第1の周波数信号、前記第3の周波数信号、又は前記第2の周波数信号に基づいて時刻のホールドオーバを実行する、

請求項6に記載の時刻基準システム。

[請求項8] 前記第2の基準周波数生成部は、前記時刻基準信号が非検出になった時に前記第2の周波数信号の同期処理を開始し、

前記第2の基準周波数生成部は、前記第2の周波数信号の同期完了を検知した時に前記第2の周波数信号の出力を開始し、

前記第2の基準周波数生成部は、前記第2の周波数信号の同期外れを検知した時に前記第2の周波数信号の出力を停止し、

前記第2の周波数信号が同期していない間は、前記第1の周波数信号又は前記第3の周波数信号を優先的に時刻のホールドオーバに利用する、

請求項7に記載の時刻基準システム。

補正された請求の範囲（条約第19条）**2024年5月29日（ 29.05.2024 ） 国際事務局受理**

[請求項1] [補正後] 周波数の安定した第1の周波数信号を内部で生成可能な第1の基準周波数生成部と、前記第1の周波数信号よりも精度が高く、かつ光時計が生成する第2の周波数信号を出力可能な第2の基準周波数生成部とを利用し、

前記第2の基準周波数生成部が生成する前記第2の周波数信号の同期外れの有無の動作状態を監視して、

前記第2の周波数信号が存在しない状態、又は安定して同期していない状態では、前記第2の周波数信号よりも前記第1の周波数信号を優先的に選択し、

前記第2の周波数信号が存在し、かつ安定して同期している状態では、前記第1の周波数信号よりも前記第2の周波数信号を優先的に選択し、

選択した前記第1の周波数信号または前記第2の周波数信号を正確な時刻同期に利用する、

時刻基準システムの時刻同期制御方法。

[請求項2] [補正後] 前記第1の周波数信号よりも精度の高い第3の周波数信号を出力可能な第3の基準周波数生成部を更に利用し、

前記第2の基準周波数生成部の動作状態を監視して、

前記第2の周波数信号が存在しない状態、又は安定して同期していない状態では、前記第2の周波数信号よりも前記第3の周波数信号を優先的に選択し、

前記第2の周波数信号が存在し、かつ安定して同期している状態では、前記第3の周波数信号よりも前記第2の周波数信号を優先的に選択し、

選択した前記第3の周波数信号または前記第2の周波数信号を正確な時刻同期に利用する、

請求項 1 に記載の時刻基準システムの時刻同期制御方法。

[請求項3]

前記第 2 の周波数信号よりも優先順位の高い時刻基準信号の状態を監視し、

前記時刻基準信号が正常に現れている状態では、前記時刻基準信号に基づいて時刻同期を実行し、

前記時刻基準信号が検出されない時は、選択した前記第 1 の周波数信号、前記第 3 の周波数信号、又は前記第 2 の周波数信号を正確な時刻のホールドオーバに利用する、

請求項 2 に記載の時刻基準システムの時刻同期制御方法。

[請求項4]

前記時刻基準信号が非検出になった時に、前記第 2 の基準周波数生成部の同期処理を開始し、

前記第 2 の基準周波数生成部の同期完了を検知した時に前記第 2 の周波数信号の出力を開始し、

前記第 2 の基準周波数生成部の同期外れを検知した時に前記第 2 の周波数信号の出力を停止し、

前記第 2 の周波数信号が同期していない間は、前記第 1 の周波数信号又は前記第 3 の周波数信号を優先的に時刻のホールドオーバに利用する、

請求項 3 に記載の時刻基準システムの時刻同期制御方法。

[請求項5]

[補正後] 周波数の安定した第 1 の周波数信号を内部で生成可能な第 1 の基準周波数生成部と、

前記第 1 の周波数信号よりも精度が高く、かつ光時計が生成する第 2 の周波数信号を出力可能な第 2 の基準周波数生成部と、

前記第 2 の基準周波数生成部が生成する前記第 2 の周波数信号の同期外れの有無の動作状態を監視する同期監視部と、

前記第 2 の周波数信号が存在しない状態、又は安定して同期していない状態では、前記第 2 の周波数信号よりも前記第 1 の周波数信号を優先的に選択し、前記第 2 の周波数信号が存在し、かつ安定し

て同期している状態では、前記第 1 の周波数信号よりも前記第 2 の周波数信号を優先的に選択する信号選択部と、

前記信号選択部が選択した前記第 1 の周波数信号または前記第 2 の周波数信号を正確な時刻同期に利用する時刻同期部と、

を備える時刻基準システム。

[請求項6] [補正後] 前記第 1 の周波数信号よりも精度の高い第 3 の周波数信号を出力可能な第 3 の基準周波数生成部を更に備え、

前記信号選択部は、前記第 2 の周波数信号が存在しない状態、又は安定して同期していない状態では、前記第 2 の周波数信号よりも前記第 3 の周波数信号を優先的に選択し、前記第 2 の周波数信号が存在し、かつ安定して同期している状態では、前記第 3 の周波数信号よりも前記第 2 の周波数信号を優先的に選択し、

前記時刻同期部は、前記信号選択部が選択した前記第 3 の周波数信号または前記第 2 の周波数信号を正確な時刻同期に利用する、

請求項 5 に記載の時刻基準システム。

[請求項7] 前記第 2 の周波数信号よりも優先順位の高い時刻基準信号の状態を監視する時刻基準監視部を備え、

前記時刻同期部は、前記時刻基準信号が正常に現れている状態では、前記時刻基準信号に基づいて時刻同期を実行し、前記時刻基準信号が検出されない時は、前記信号選択部が選択した前記第 1 の周波数信号、前記第 3 の周波数信号、又は前記第 2 の周波数信号に基づいて時刻のホールドオーバーを実行する、

請求項 6 に記載の時刻基準システム。

[請求項8] 前記第 2 の基準周波数生成部は、前記時刻基準信号が非検出になった時に前記第 2 の周波数信号の同期処理を開始し、

前記第 2 の基準周波数生成部は、前記第 2 の周波数信号の同期完了を検知した時に前記第 2 の周波数信号の出力を開始し、

前記第 2 の基準周波数生成部は、前記第 2 の周波数信号の同期外れを検知した時に前記第 2 の周波数信号の出力を停止し、

前記第 2 の周波数信号が同期していない間は、前記第 1 の周波数信号又は前記第 3 の周波数信号を優先的に時刻のホールドオーバーに利用する、

請求項 7 に記載の時刻基準システム。

条約第19条(1)に基づく説明書

1. 補正の内容

- (1) 当初請求項1を補正した。
- (2) 当初請求項2を補正した。
- (3) 当初請求項5を補正した。
- (4) 当初請求項6を補正した。

2. 説明

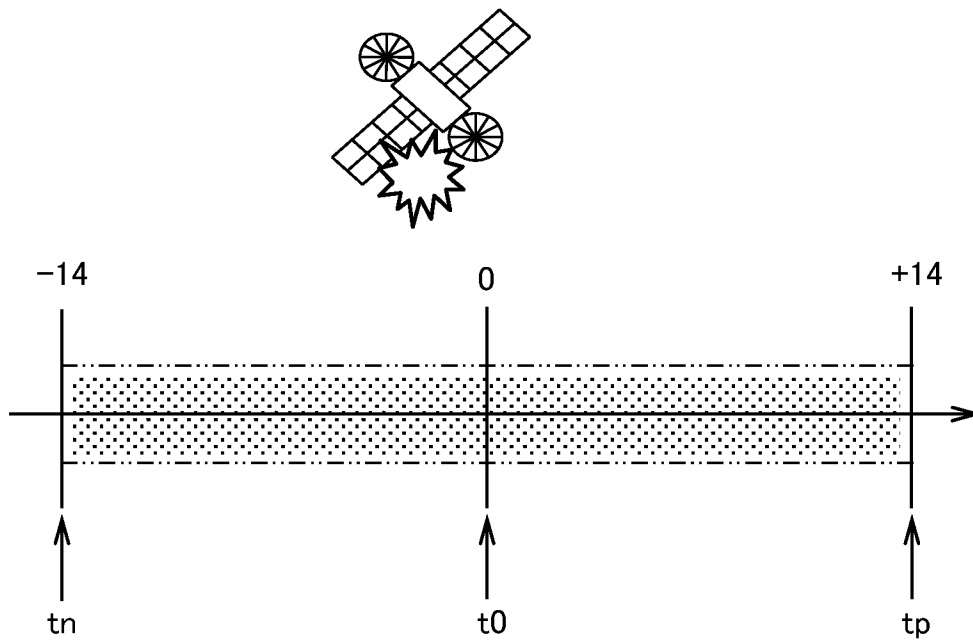
(1) 補正後の請求項1と5

引用例1(WO2016/129665)には、周波数信号の同期外れの有無を判定することや、前記第2の周波数信号が存在し、かつ安定して同期している状態では、前記第1の周波数信号よりも前記第2の周波数信号を優先的に選択することは、記載されていない。

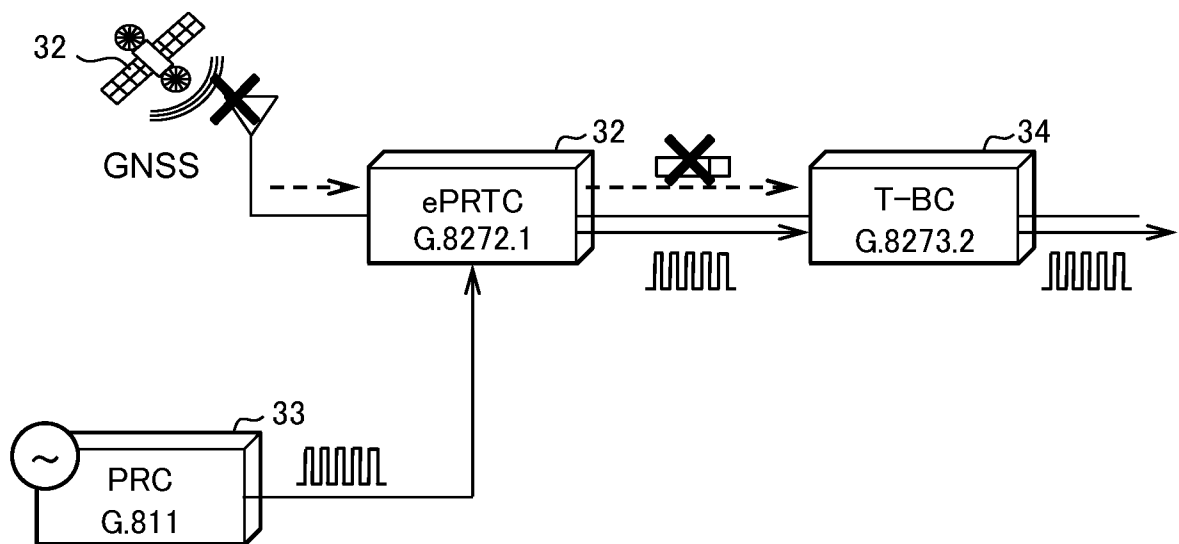
(2) 補正後の請求項2と6

引用例1には、前記第2の周波数信号が存在し、かつ安定して同期している状態では、前記第3の周波数信号よりも前記第2の周波数信号を優先的に選択することは、記載されていない。

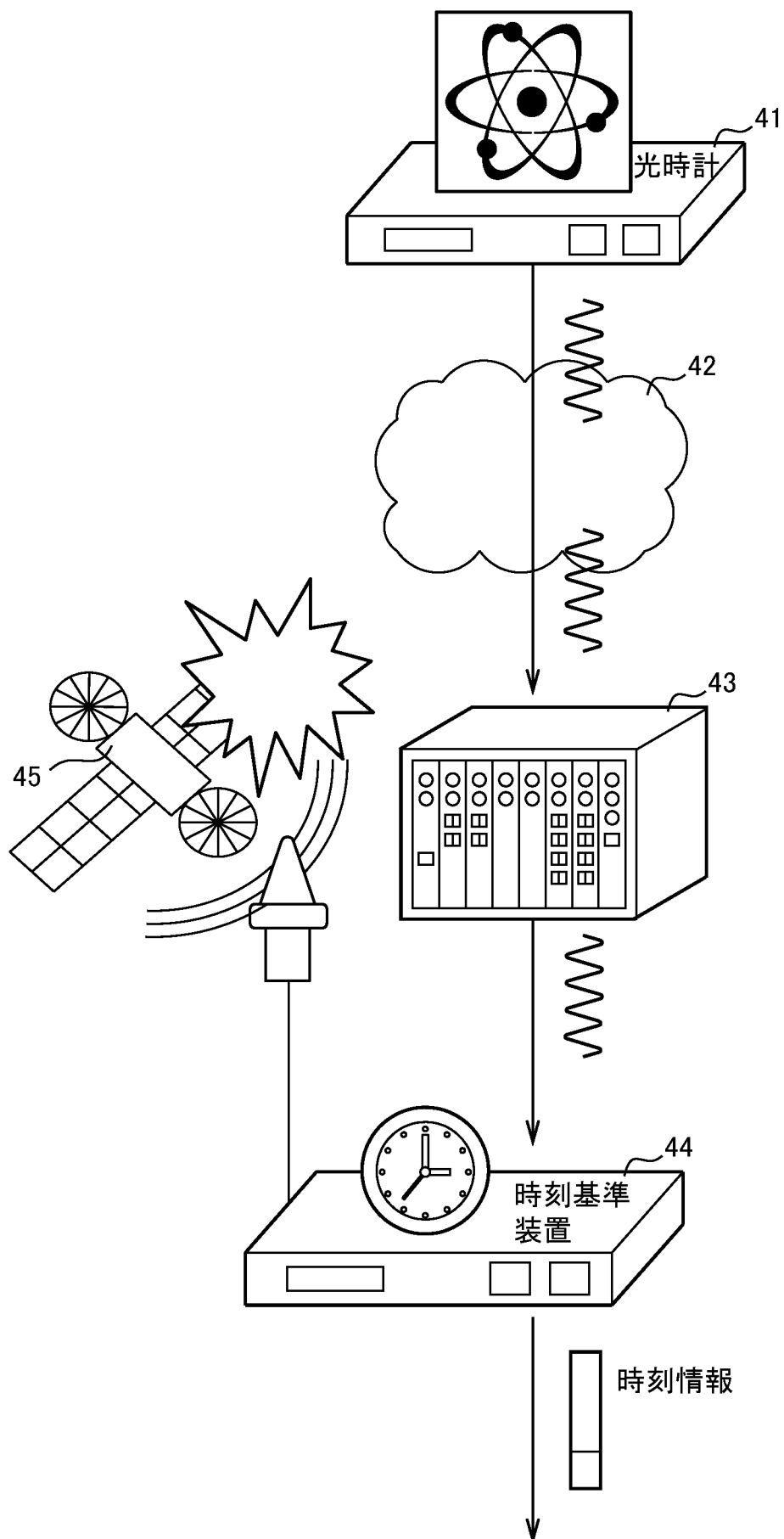
[1]



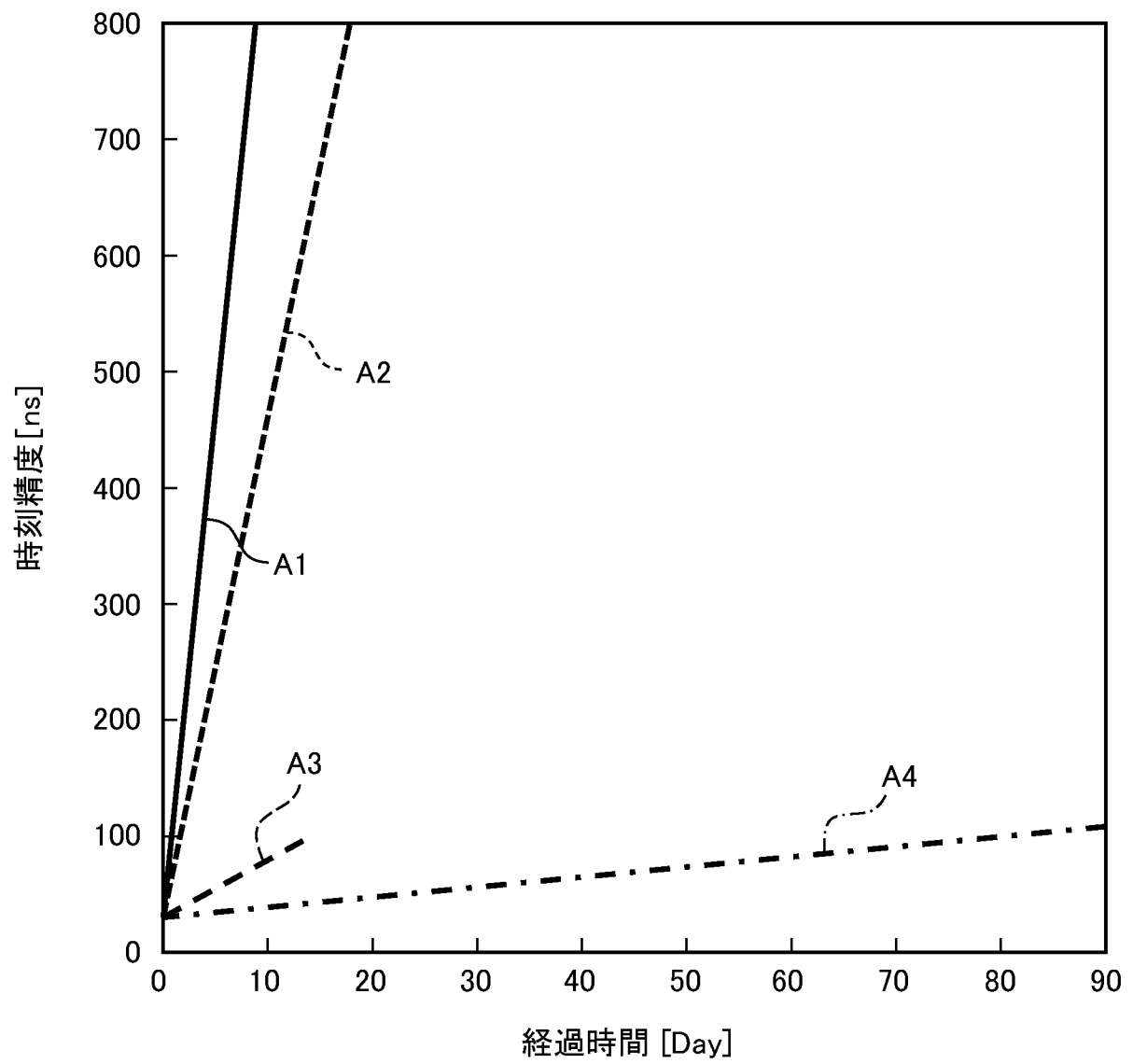
[2]



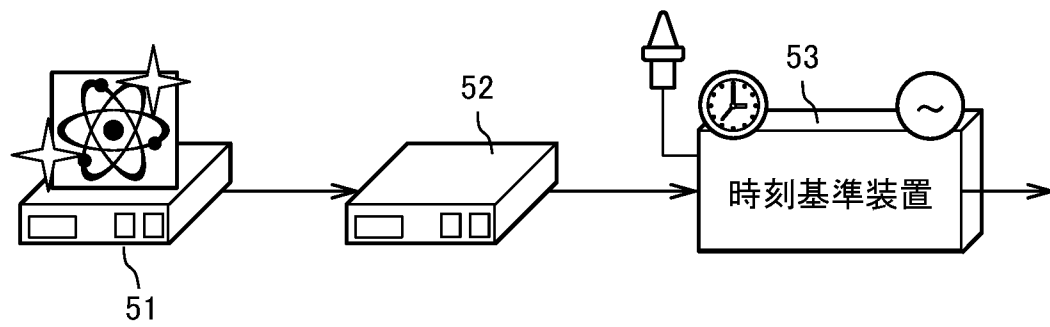
[図 3]



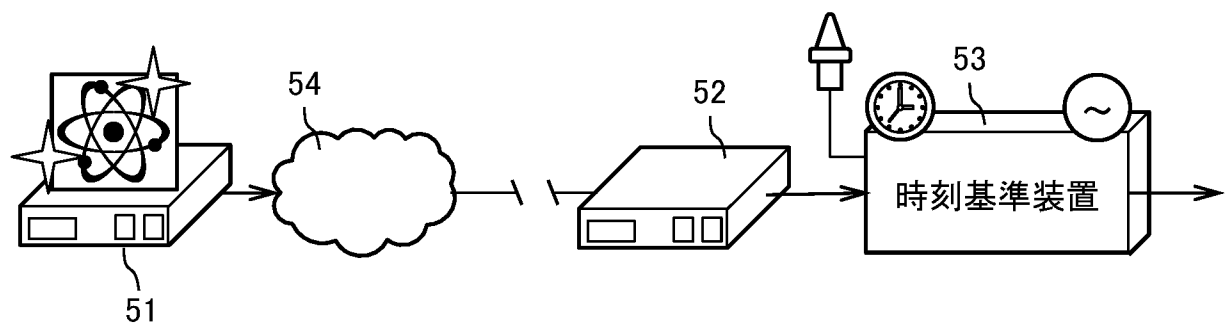
[図 4]



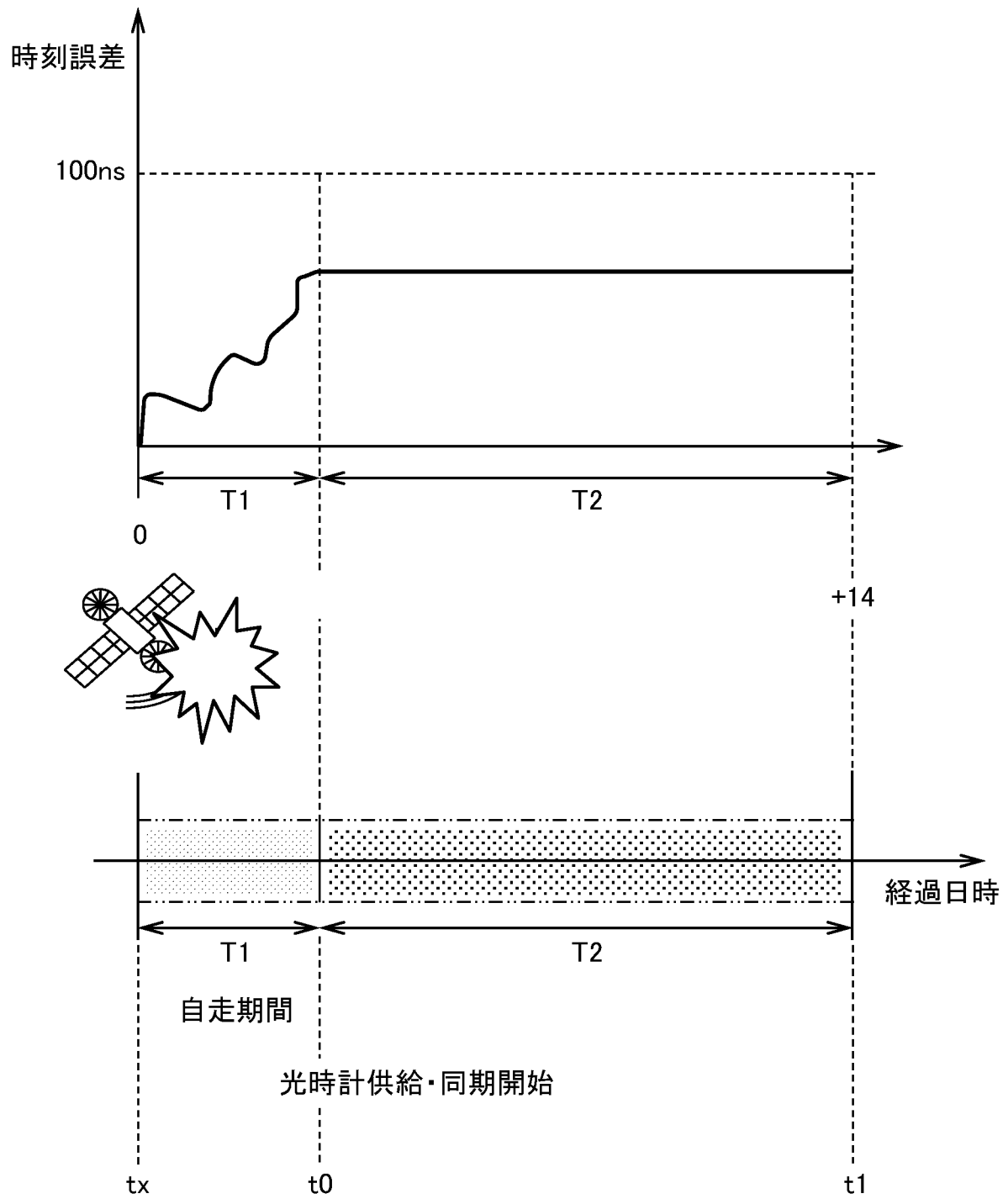
[図 5]



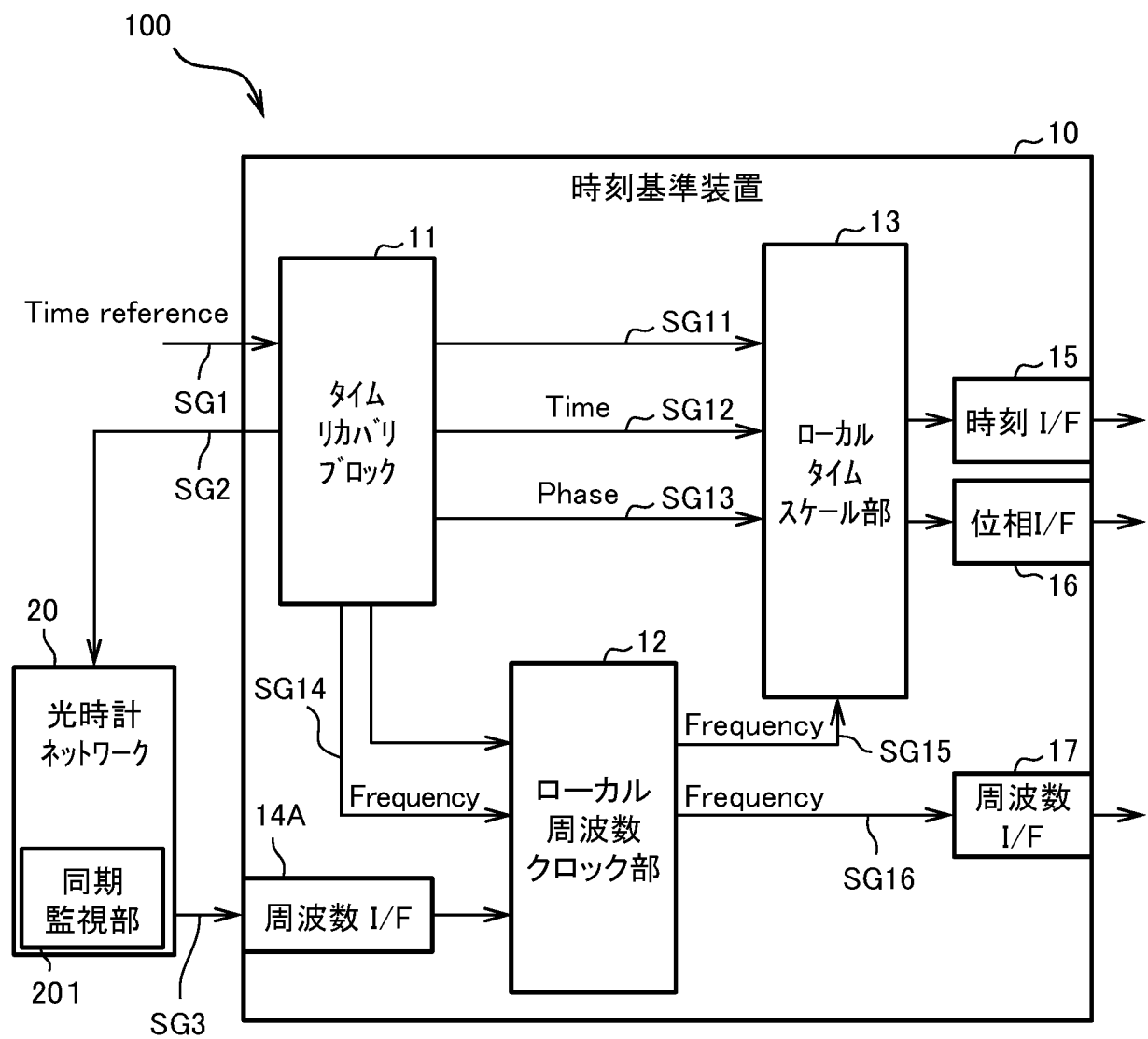
[図 6]



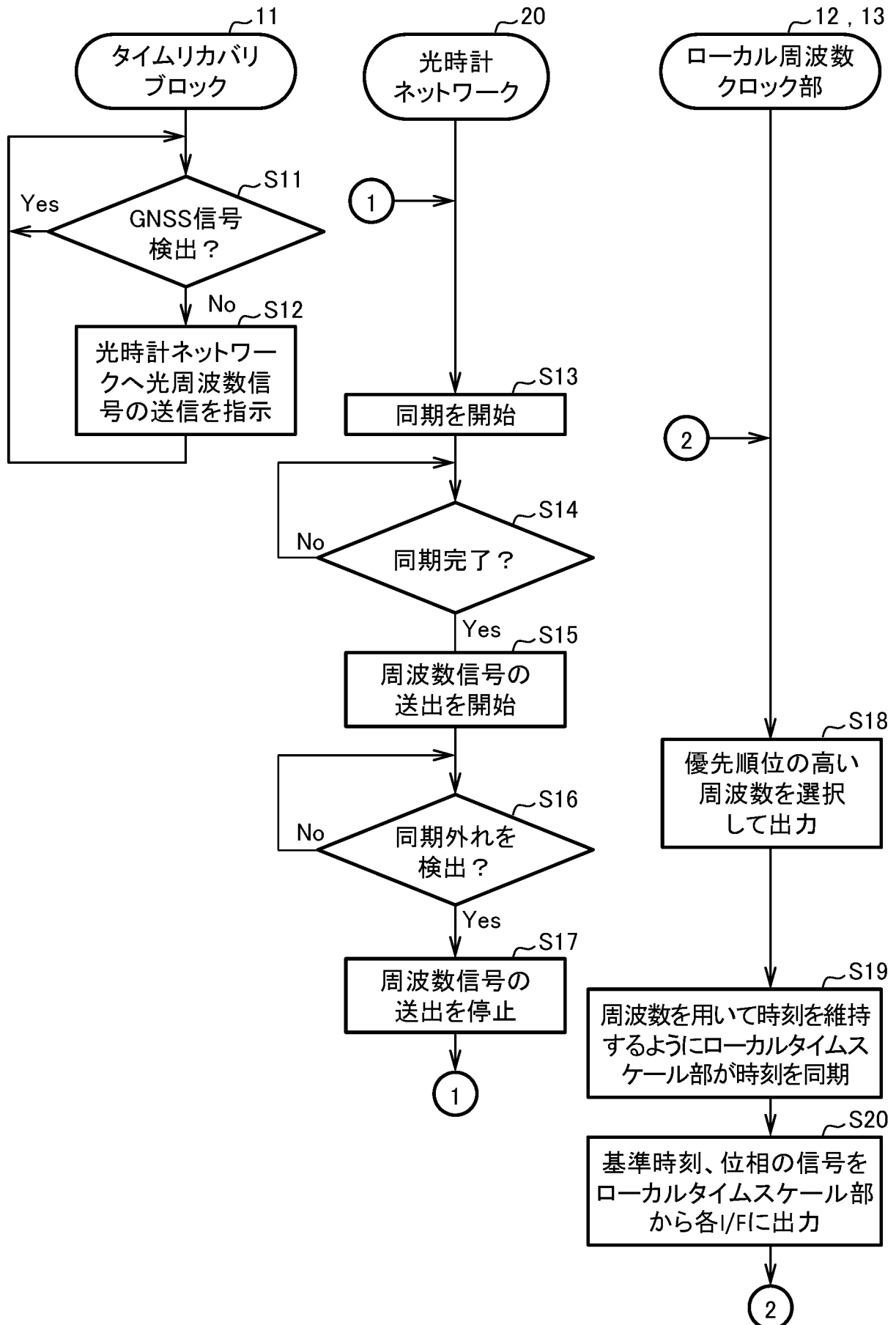
[図 7]



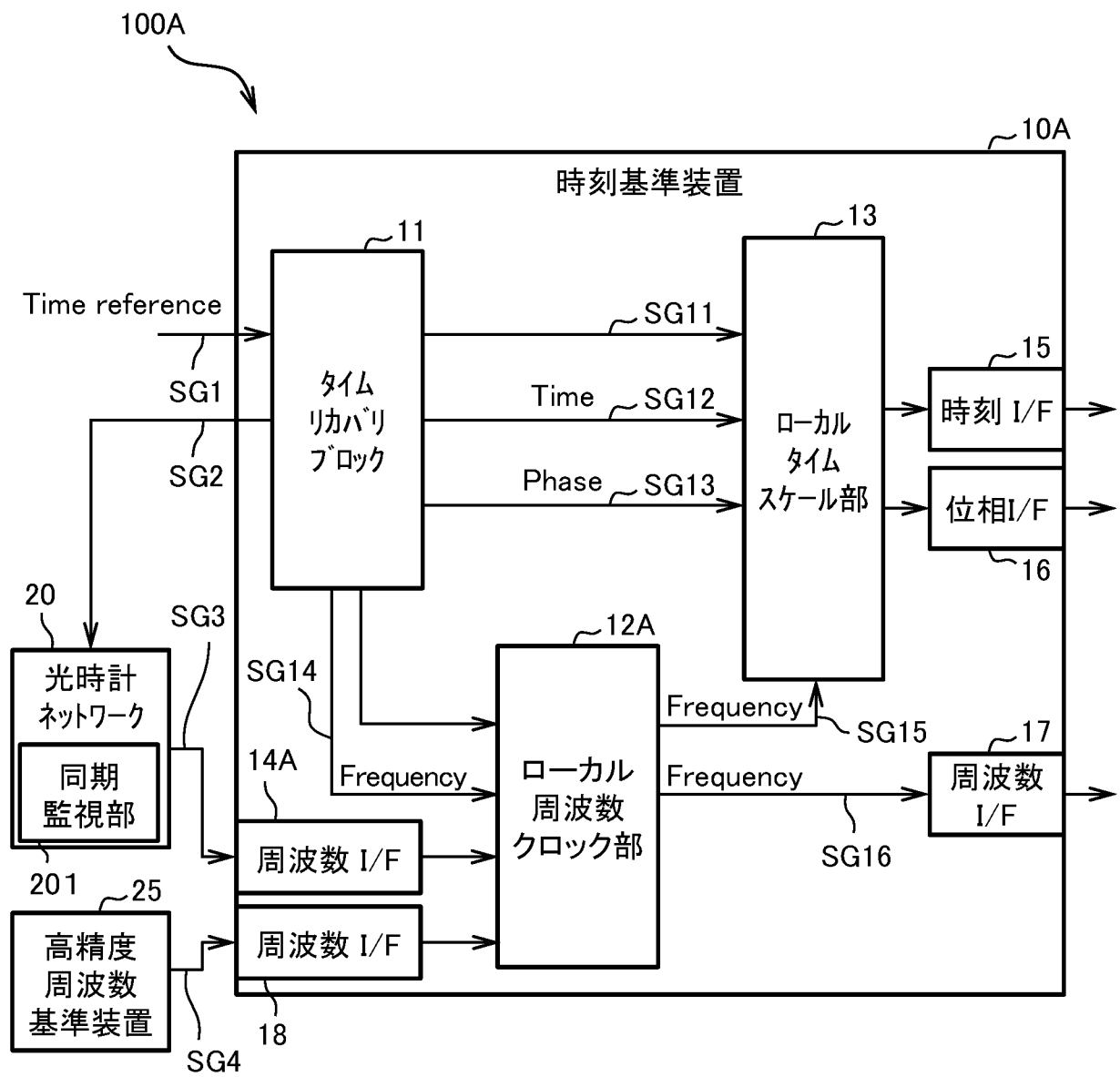
[図 8]



[図 9]



[図 10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/023527

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H04L 7/00**(2006.01)i

FI: H04L7/00 990

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04L7/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2016/129665 A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 18 August 2016 (2016-08-18) paragraphs [0005]-[0006], [0028], [0049], fig. 2	1-8
A	JP 2015-187585 A (SEIKO EPSON CORPORATION) 29 October 2015 (2015-10-29)	1-8
A	US 2011/0103337 A1 (BRYANT, Roderick) 05 May 2011 (2011-05-05)	1-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 August 2023

Date of mailing of the international search report

29 August 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)**3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915****Japan**

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/023527

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2016/129665	A1	18 August 2016	US 2017/0350984 A1 paragraphs [0006]-[0007], [0062], [0085], fig. 2	
JP	2015-187585	A	29 October 2015	(Family: none)	
US	2011/0103337	A1	05 May 2011	WO 2009/135160 A2	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04L 7/00(2006.01)i FI: H04L7/00 990		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H04L7/00		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922 - 1996年 日本国公開実用新案公報 1971 - 2023年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2023年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2023年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	WO 2016/129665 A1（日本電信電話株式会社）18.08.2016（2016 - 08 - 18） 段落[0005]-[0006], [0028], [0049], 図2	1-8
A	JP 2015-187585 A（セイコーエプソン株式会社）29.10.2015（2015 - 10 - 29）	1-8
A	US 2011/0103337 A1（BRYANT, Roderick）05.05.2011（2011 - 05 - 05）	1-8
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 17.08.2023		国際調査報告の発送日 29.08.2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 阿部 弘 5K 9382 電話番号 03-3581-1101 内線 3556

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2023/023527

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2016/129665	A1	18.08.2016	US 2017/0350984 A1 段落[0006]-[0007], [0062], [0085], 図2	
JP	2015-187585	A	29.10.2015	(ファミリーなし)	
US	2011/0103337	A1	05.05.2011	WO 2009/135160 A2	