

(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
2024年8月29日(29.08.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/176642 A1

(51) 国際特許分類:

G01R 31/58 (2020.01) G01R 31/54 (2020.01)
G01R 31/08 (2020.01) H04B 3/46 (2015.01)
G01R 31/52 (2020.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/000518

(22) 国際出願日: 2024年1月12日(12.01.2024)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2023-025672 2023年2月22日(22.02.2023) JP

(71) 出願人: 住友電気工業株式会社
(SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.)

[JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 西田 奏太 (NISHIDA Kanata);
〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 伊澤 真人 (IZAWA Masato); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 加藤 勇夫 (KATO Isao); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).

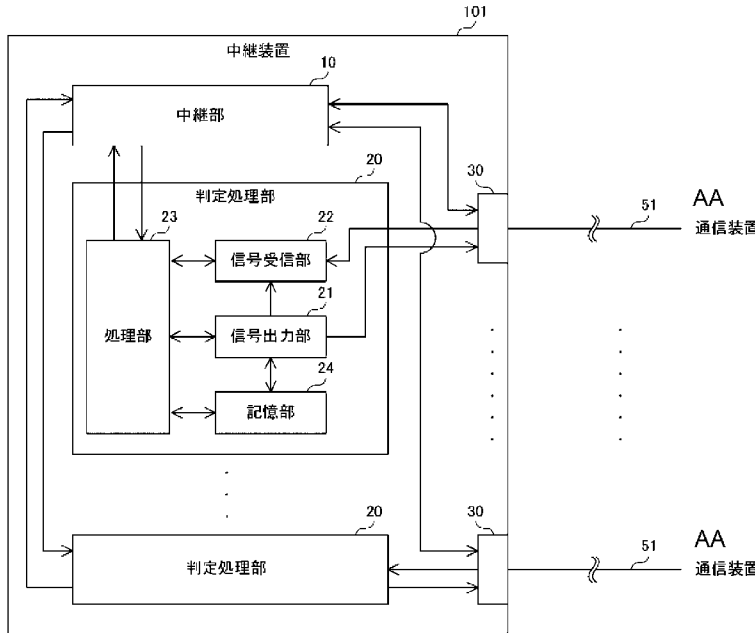
(74) 代理人: 森田 剛史, 外 (MORITA Takeshi et al.);
〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).

(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,

(54) Title: DETERMINATION DEVICE AND DETERMINATION METHOD

(54) 発明の名称: 判定装置および判定方法

[図2]



10 ... Relay unit
20 ... Determination processing unit
21 ... Signal output unit
22 ... Signal reception unit
23 ... Processing unit
24 ... Storage unit
101 ... Relay device
AA ... Communication device

(57) Abstract: This determination device comprises: a signal output unit that outputs a measurement signal having a frequency component to a transmission line; a signal reception unit that receives, from the transmission line, a response signal including a signal resulting from reflection of the measurement signal; an acquisition unit that acquires a plurality of evaluation values based on at least one of the amplitude and the phase of the response signal received by the signal reception unit; and a determination unit that determines abnormality of the transmission line on the basis of the distribution of the evaluation values acquired by the acquisition unit.

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, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 判定装置は、周波数成分を有する計測信号を伝送線へ出力する信号出力部と、前記計測信号が反射された信号を含む応答信号を前記伝送線から受信する信号受信部と、前記信号受信部により受信された前記応答信号の、振幅および位相の少なくともいずれかに基づく評価値を複数取得する取得部と、前記取得部により取得された前記評価値の分布に基づいて、前記伝送線の異常を判定する判定部とを備える。

明 細 書

発明の名称： 判定装置および判定方法

技術分野

[0001] 本開示は、判定装置および判定方法に関する。本出願は、2023年2月22日出願の日本出願第2023-025672号に基づく優先権を主張し、前記日本出願に記載された全ての記載内容を援用するものである。

背景技術

[0002] 従来、伝送線の断線を予測する技術が提案されている。たとえば、特許文献1（特開2007-305478号公報）には、以下のような電気ケーブルの断線判定装置が開示されている。すなわち、電気ケーブルの断線判定装置は、複数の電線と前記複数の電線を覆う電気シールド層と前記電気シールド層を覆うシースからなる電気ケーブルと、前記電気シールド層に設けられ導体線とその外周の絶縁層からなる断線判定線と、前記導体線に電氣的に接続された電圧源と、前記導体線に電氣的に接続された第1の検出器と、前記電気シールド層に電氣的に接続された第2の検出器とを備える。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2007-305478号公報

発明の概要

[0004] 本開示の判定装置は、周波数成分を有する計測信号を伝送線へ出力する信号出力部と、前記計測信号が反射された信号を含む応答信号を前記伝送線から受信する信号受信部と、前記信号受信部により受信された前記応答信号の、振幅および位相の少なくともいずれかに基づく評価値を複数取得する取得部と、前記取得部により取得された前記評価値の分布に基づいて、前記伝送線の異常を判定する判定部とを備える。

[0005] 本開示の一態様は、このような特徴的な処理部を備える判定装置として実現され得るだけでなく、かかる特徴的な処理のステップをコンピュータに実

行させるためのプログラムとして実現され得たり、判定装置の一部または全部を実現する半導体集積回路として実現され得たり、判定装置を含むシステムとして実現され得る。

判定

図面の簡単な説明

[0006] [図1]図 1 は、本開示の実施の形態に係る通信システムの構成を示す図である。

。

[図2]図 2 は、本開示の実施の形態に係る中継装置の構成を示す図である。

[図3]図 3 は、本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により生成される度数分布 F_1 の経時変化の一例を示す図である。

[図4]図 4 は、本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により生成される度数分布 F_1 の経時変化の他の例を示す図である。

[図5]本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により算出される位相差 θ_{op} 、 θ_{sh} と距離 L_{op} 、 L_{sh} との対応関係を示す図である。

[図6]本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により算出される位相差 θ_{op} 、 θ_{sh} と距離 L_{op} 、 L_{sh} との対応関係を示す図である。

[図7]図 7 は、本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により生成される度数分布 F_1 の経時変化の他の例を示す図である。

[図8]図 8 は、本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により生成される度数分布 F_1 の一例を示す図である。

[図9]図 9 は、本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により生成される度数分布 F_1 の他の例を示す図である。

[図10]図 10 は、本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により生成される度数分布 F_1 の他の例を示す図である。

[図11]図 11 は、本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により生成される度数分布 F_2 の経時変化の一例を示す図である。

[図12]図 12 は、本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により生成される度数分布 F_2 の経時変化の他の例を示す図である。

[図13]図 1 3 は、本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により生成される度数分布 F 2 の経時変化の他の例を示す図である。

[図14]図 1 4 は、本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により生成される度数分布 F 2 の一例を示す図である。

[図15]図 1 5 は、本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により生成される度数分布 F 2 の他の例を示す図である。

[図16]図 1 6 は、本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により生成される度数分布 F 2 の他の例を示す図である。

[図17]図 1 7 は、本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により生成される度数分布 F 1 の他の例を示す図である。

[図18]図 1 8 は、本開示の実施の形態に係る中継装置が判定処理を行う際の動作手順の一例を定めたフローチャートである。

[図19]図 1 9 は、本開示の実施の形態に係る中継装置が判定処理を行う際の動作手順の一例を定めたフローチャートである。

[図20]図 2 0 は、本開示の実施の形態に係る中継装置が判定処理を行う際の動作手順の一例を定めたフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0007] [本開示が解決しようとする課題]

特許文献 1 に記載の技術を超えて、伝送線の異常をより正確に判定することが可能な技術が望まれる。

[0008] 本開示は、上述の課題を解決するためになされたもので、その目的は、伝送線の異常をより正確に判定することが可能な判定装置および判定方法を提供することである。

[0009] [本開示の効果]

本開示によれば、伝送線の異常をより正確に判定することができる。

[0010] 最初に、本開示の実施形態の内容を列記して説明する。

[0011] (1) 本開示の実施の形態に係る判定装置は、周波数成分を有する計測信号を伝送線へ出力する信号出力部と、前記計測信号が反射された信号を含む

応答信号を前記伝送線から受信する信号受信部と、前記信号受信部により受信された前記応答信号の、振幅および位相の少なくともいずれかに基づく評価値を複数取得する取得部と、前記取得部により取得された前記評価値の分布に基づいて、前記伝送線の異常を判定する判定部とを備える。

[0012] このように、周波数成分を有する計測信号を伝送線へ出力し、伝送線から受信した応答信号に基づく評価値を取得し、取得した評価値の分布に基づいて伝送線の異常を判定する構成により、複数回取得した評価値の統計に基づいて異常判定を行うことができるので、異常判定の信頼性を向上することができる。したがって、伝送線の異常をより正確に判定することができる。

[0013] (2) 上記(1)において、前記判定部は、前記分布が示す統計量の経時変化に基づいて、前記伝送線の異常を判定してもよい。

[0014] このような構成により、たとえば、伝送線の異常が発生していない状態における統計量を基準とする統計量の変化に基づいて、異常の発生および進行をより正確に判定することができる。

[0015] (3) 上記(1)または(2)において、前記判定部は、前記分布と、所定の分布との相関に基づいて、前記伝送線の異常を判定してもよい。

[0016] このような構成により、たとえば、伝送線の異常が発生していない状態における分布との相関に基づいて、異常の発生および進行をより正確に判定することができる。

[0017] (3) 上記(1)から(3)のいずれかにおいて、前記判定部は、前記分布に基づいて、前記伝送線において発生した異常の種類をさらに判定してもよい。

[0018] このような構成により、判定した異常の種類に応じて、伝送線の交換等の保守計画を効率的に行うことができる。

[0019] (5) 上記(4)において、前記判定部は、前記伝送線において発生した異常の種類として、前記伝送線の断線、前記伝送線の短絡、および前記伝送線の劣化のうちの少なくともいずれか1つを判定してもよい。

[0020] このような構成により、判定した異常の種類に応じて、伝送線の交換の要

否をより正確に判定することができる。

[0021] (6) 上記(1)から(5)のいずれかにおいて、前記取得部は、前記振幅に基づく前記評価値である第1評価値と、前記位相に基づく前記評価値である第2評価値とを取得してもよく、前記判定部は、前記第1評価値の分布および前記第2評価値の分布に基づいて、前記伝送線の異常を判定してもよい。

[0022] このような構成により、伝送線の異常をより正確に判定することができる。また、たとえば、伝送線の異常として、伝送線の短絡と劣化とを判定し、伝送線の断線と劣化とを判定することができる。

[0023] (7) 上記(6)において、前記判定部は、前記第1評価値の分布および前記第2評価値の分布に基づいて、前記伝送線において発生した異常の種類として、前記伝送線の断線、前記伝送線の短絡、および前記伝送線の劣化を判定してもよい。

[0024] このような構成により、前記第1評価値の分布および前記第2評価値の分布を用いて、伝送線の断線、短絡および劣化を正確に判定することができる。

[0025] (8) 上記(6)または(7)において、前記判定部は、前記第2評価値の分布に基づいて、前記伝送線において発生した異常の位置を判定してもよい。

[0026] このような構成により、前記第2評価値の分布を用いて、伝送線の異常の位置を正確に判定することができる。

[0027] (9) 本開示の実施の形態に係る判定方法は、周波数成分を有する計測信号を伝送線へ出力するステップと、前記計測信号が反射された信号を含む応答信号を前記伝送線から受信するステップと、受信した前記応答信号の、振幅および位相の少なくともいずれかに基づく評価値を取得するステップと、取得した前記評価値の分布に基づいて、前記伝送線の異常を判定するステップとを含む。

[0028] このように、周波数成分を有する計測信号を伝送線へ出力し、伝送線から

受信した応答信号に基づく評価値を取得し、取得した評価値の分布に基づいて伝送線の異常を判定する方法により、複数回取得した評価値の統計に基づいて異常判定を行うことができるので、異常判定の信頼性を向上することができる。したがって、伝送線の異常をより正確に判定することができる。

[0029] 以下、本開示の実施の形態について図面を用いて説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰り返さない。また、以下に記載する実施の形態の少なくとも一部を任意に組み合わせてもよい。

[0030] [構成および基本動作]

図1は、本開示の実施の形態に係る通信システムの構成を示す図である。図1を参照して、通信システム301は、中継装置101と、複数の通信装置111とを備える。

[0031] 中継装置101は、通信用の伝送線51を介して各通信装置111と1対1で接続されている。より詳細には、伝送線51は、ケーブル部と、ケーブル部の第1端および第2端にそれぞれ設けられたコネクタ部とを含む。ケーブル部の第1端に設けられたコネクタ部は、中継装置101に接続される。ケーブル部の第2端に設けられたコネクタ部は、通信装置111に接続される。伝送線51は、単線であってもよいし、ペア線であってもよい。伝送線51は、たとえば、イーサネット（登録商標）ケーブルである。

[0032] 通信システム301は、たとえば車両に搭載される。この場合、通信装置111は、たとえば車載ECU（Electronic Control Unit）である。なお、通信システム301は、たとえばホームネットワークまたはファクトリーオートメーションに用いられてもよい。

[0033] 中継装置101は、通信装置111と通信を行うことが可能である。中継装置101は、たとえば、異なる伝送線51に接続された複数の通信装置111間でやり取りされる情報を中継する中継処理を行う。また、中継装置101は、判定装置として機能し、たとえば定期的に、伝送線51の異常を判定する判定処理を行う。より詳細には、伝送線51は、劣化により断線したり、他の電線またはグラウンドと短絡したりする場合がある。中継装置101

は、伝送線 5 1 の断線および短絡等を、伝送線 5 1 の異常として判定する。

[0034] 〔中継装置〕

図 2 は、本開示の実施の形態に係る中継装置の構成を示す図である。図 2 を参照して、中継装置 1 0 1 は、中継部 1 0 と、複数の判定処理部 2 0 と、複数の通信ポート 3 0 とを備える。判定処理部 2 0 は、信号出力部 2 1 と、信号受信部 2 2 と、処理部 2 3 と、記憶部 2 4 とを含む。処理部 2 3 は、取得部の一例であり、かつ判定部の一例である。中継部 1 0、信号出力部 2 1、信号受信部 2 2 および処理部 2 3 の一部または全部は、たとえば、1 または複数のプロセッサを含む処理回路 (C i r c u i t r y) により実現される。記憶部 2 4 は、たとえば上記処理回路に含まれる不揮発性メモリである。通信ポート 3 0 は、たとえばコネクタまたは端子である。各通信ポート 3 0 には、伝送線 5 1 のコネクタ部が接続される。

[0035] たとえば、伝送線 5 1 における通信装置 1 1 1 側の端部は、インピーダンス整合されている。なお、伝送線 5 1 の当該端部は、正確にインピーダンス整合されている必要はない。

[0036] 中継装置 1 0 1 は、周波数成分を有する計測信号を伝送線 5 1 へ出力し、計測信号が反射された信号を含む応答信号を伝送線 5 1 から受信する。中継装置 1 0 1 は、受信した応答信号の振幅および位相に基づく評価値 E V を複数取得する。そして、中継装置 1 0 1 は、取得した評価値 E V の分布に基づいて、伝送線 5 1 の異常を判定する。中継装置 1 0 1 における処理の詳細については後述する。

[0037] <中継部>

中継部 1 0 は、通信装置 1 1 1 間のフレームを中継する中継処理を行う。より詳細には、中継部 1 0 は、ある通信装置 1 1 1 から対応の伝送線 5 1 および対応の通信ポート 3 0 経由で受信したフレームを、当該フレームの宛先 I P アドレス、M A C アドレスおよびメッセージ I D 等の宛先情報に従って他の通信装置 1 1 1 へ、対応の通信ポート 3 0 および対応の伝送線 5 1 経由で送信する。すなわち、中継部 1 0 は、通信ポート 3 0 および伝送線 5 1 を

介して、フレームを含む通信信号を通信装置 1 1 1 との間で送受信する。

[0038] <判定処理部>

たとえば、中継装置 1 0 1 は、通信ポート 3 0 の数と同数の判定処理部 2 0 を備える。より詳細には、判定処理部 2 0 は、通信ポート 3 0 に対応して設けられ、対応の通信ポート 3 0 に接続された伝送線 5 1 の異常を判定する判定処理を行う。以下、中継装置 1 0 1 における 1 つの判定処理部 2 0 による判定処理について代表して説明する。

[0039] (信号出力部)

信号出力部 2 1 は、周波数成分を有する計測信号を伝送線 5 1 へ出力する。より詳細には、信号出力部 2 1 は、交流信号、パルス信号または周波数掃引信号を計測信号として伝送線 5 1 へ出力する。

[0040] たとえば、信号出力部 2 1 は、中継部 1 0 により伝送線 5 1 を介した中継処理が行われない期間において、計測信号を伝送線 5 1 へ対応の通信ポート 3 0 経由で出力する。

[0041] より詳細には、中継部 1 0 は、伝送線 5 1 を介した中継処理を行わない期間を示す期間情報を処理部 2 3 へ出力する。

[0042] 処理部 2 3 は、中継部 1 0 から期間情報を受けて、受けた期間情報に基づいて、判定処理を行う判定期間 T_1 を決定し、決定した判定期間 T_1 を示す判定指示を信号出力部 2 1 および信号受信部 2 2 へ出力する。

[0043] 信号出力部 2 1 は、処理部 2 3 から判定指示を受けて、受けた判定指示が示す判定期間 T_1 の開始時刻が到来すると、判定期間 T_1 が満了するまで、伝送線 5 1 へ対応の通信ポート 3 0 経由で計測信号を出力する。

[0044] 一例として、信号出力部 2 1 は、周波数 f の正弦波である計測信号を伝送線 5 1 へ出力する。たとえば、記憶部 2 4 は、複数周期分の正弦波をデジタル変換することにより得られる N 個のデジタル信号 $D_s 1$ を記憶している。すなわち、記憶部 2 4 は、サンプル数が N である、正弦波に対応するデジタル信号 $D_s 1$ を記憶している。 N は、2 以上の整数である。

[0045] 信号出力部 2 1 は、DA (Digital to Analog) 変換部

を含む。信号出力部 21 は、判定期間 T_1 の開始時刻が到来すると、判定期間 T_1 が満了するまで、当該 D/A 変換部の動作クロックの周期に従う出力タイミングにおいて、記憶部 24 からデジタル信号 D_s1 を取得する。さらに、信号出力部 21 は、D/A 変換部を用いて当該デジタル信号 D_s1 をアナログ変換することにより生成される周波数 f の計測信号を、通信ポート 30 経由で伝送線 51 へ出力する。また、信号出力部 21 は、取得したデジタル信号 D_s1 を処理部 23 へ出力する。たとえば、後述するように、周波数 f は、伝送線 51 の長さ L_c に応じて設定される。

[0046] なお、信号出力部 21 は、たとえば DDS (Direct Digital Synthesizer) 等の信号発生部を含み、当該信号発生部により生成される正弦波を通信ポート 30 経由で伝送線 51 へ出力する構成であってもよい。

[0047] (信号受信部)

信号受信部 22 は、計測信号が反射された信号を含む応答信号を伝送線 51 から受信する。すなわち、信号受信部 22 は、信号出力部 21 により出力された計測信号と、当該計測信号が反射された信号である反射信号とを含む応答信号を、伝送線 51 から対応の通信ポート 30 経由で受信する。

[0048] より詳細には、信号受信部 22 は、処理部 23 から判定指示を受けて、受けた判定指示が示す判定期間 T_1 の開始時刻が到来すると、判定期間 T_1 が満了するまで、伝送線 51 から対応の通信ポート 30 経由で応答信号を受信する。

[0049] 信号受信部 22 は、A/D (Analog to Digital) 変換部を含む。信号受信部 22 は、判定期間 T_1 において、伝送線 51 から受信した応答信号を A/D 変換部を用いてサンプリングすることにより、サンプル数が N であるデジタル信号 D_s2 を生成する。信号受信部 22 は、生成したデジタル信号 D_s2 を処理部 23 へ出力する。

[0050] (処理部)

処理部 23 は、信号受信部 22 により受信された応答信号の、振幅および

位相に基づく評価値E Vを算出する。処理部23は、算出した評価値E Vの分布に基づいて、判定処理を行う。

[0051] たとえば、処理部23は、計測信号の振幅および位相と、応答信号に含まれる反射信号の振幅および位相とに基づいて、評価値E Vを算出する。

[0052] より詳細には、処理部23は、信号受信部22から受けたデジタル信号D s 2から、信号出力部21から受けたデジタル信号D s 1の成分を差し引くことにより、反射信号を示すデジタル信号D s 3を生成する。処理部23は、計測信号を示すデジタル信号D s 1と、反射信号を示すデジタル信号D s 3とに基づいて、以下の式(1)により表される、計測信号に対する反射信号の比である反射係数Rに関する評価値E Vを算出する。

[0053] [数1]

$$R = \frac{V_2}{V_1} = A \times e^{(-j\theta)} \cdots (1)$$

[0054] ここで、V 1は、計測信号の電圧レベルである。V 2は、反射信号の電圧レベルである。eは、ネイピア数である。jは、虚数単位である。θは、計測信号と反射信号との位相差である。Aは、反射信号の振幅を計測信号の振幅で除した振幅比である。

[0055] (判定例1)

処理部23は、評価値E Vとして、位相差θを算出する。より詳細には、処理部23は、計測信号を示すデジタル信号D s 1と、反射信号を示すデジタル信号D s 3とに基づいて、たとえば計測信号の1周期ごとの位相差θを算出し、算出した位相差θを記憶部24に保存する。位相差θは、ゼロ°以上であり、かつ360°以下の値である。位相差θは、第2評価値の一例である。

[0056] たとえば、処理部23は、判定期間T 1ごとに、当該判定期間T 1における位相差θの分布である度数分布F 1を生成し、生成した度数分布F 1に基づいて、伝送線51の異常を判定する。

[0057] 図3は、本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により生成さ

れる度数分布 F_1 の経時変化の一例を示す図である。図 3 において、横軸は位相差 θ [rad] であり、縦軸は度数である。図 3 は、時間の経過に伴って変化する、度数分布 F_{1a} , F_{1b} , F_{1c} , F_{1d} を示している。度数分布 F_{1a} は、伝送線 51 の異常が発生していない状態における位相差 θ の度数分布 F_1 である。度数分布 F_{1b} は、伝送線 51 が劣化した状態における位相差 θ の度数分布 F_1 である。度数分布 F_{1c} は、伝送線 51 の劣化がさらに進行した状態における位相差 θ の度数分布 F_1 である。度数分布 F_{1d} は、伝送線 51 が断線した状態における位相差 θ の度数分布 F_1 である。

[0058] 図 3 を参照して、度数分布 F_1 が示す位相差 θ の平均値 μ_1 は、伝送線 51 の劣化に伴って増加し、伝送線 51 が断線した場合、断線位置に応じた値となる。より詳細には、伝送線 51 が断線したときの位相差 θ である位相差 θ_{op} は、以下の式 (2) により表される。

[0059] [数2]

$$\theta_{op} = \frac{4\pi L_{op} f \sqrt{\epsilon_r}}{c} \cdot \cdot \cdot (2)$$

[0060] ここで、 L_{op} は、伝送線 51 における中継装置 101 側の端部から断線位置までの距離 [m] である。 L_{op} は、ゼロ以上であり、かつ L_c 以下の値である。 c は、光速 [m/秒] である。 ϵ_r は、伝送線 51 の比誘電率である。

[0061] なお、平均値 μ_1 は、伝送線 51 の特性インピーダンス Z_1 と、通信装置 111 の負荷インピーダンス Z_2 との大小関係に応じて、伝送線 51 の劣化に伴って増加する場合と減少する場合とがある。

[0062] より詳細には、反射係数 R は、特性インピーダンス Z_1 および負荷インピーダンス Z_2 を用いて、以下の式 (3) により表される。

[0063] [数3]

$$R = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \cdot \cdot \cdot (3)$$

[0064] 伝送線 51 が劣化することにより、特性インピーダンス Z_1 は増加する。

特性インピーダンス Z_1 が増加したときに反射係数 R が増加するか、または減少するかに応じて、伝送線 51 の劣化に伴う位相差 θ が増加するか、または減少するかが決まる。通信システム 301 では、平均値 μ_1 は、伝送線 51 の劣化に伴って増加するものとする。

[0065] 図 4 は、本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により生成される度数分布 F_1 の経時変化の他の例を示す図である。図 4 において、横軸は位相差 θ [rad] であり、縦軸は度数である。図 4 は、度数分布 F_{1a} 、 F_{1e} を示している。度数分布 F_{1e} は、伝送線 51 が短絡した状態における位相差 θ の度数分布 F_1 である。

[0066] 図 4 を参照して、度数分布 F_1 が示す平均値 μ_1 は、伝送線 51 が短絡した場合、短絡位置に応じた値となる。より詳細には、伝送線 51 が短絡したときの位相差 θ である位相差 θ_{sh} は、以下の式 (4) により表される。

[0067] [数4]

$$\theta_{sh} = \frac{4\pi L_{sh} f \sqrt{\epsilon r}}{c} + \pi \cdot \cdot \cdot (4)$$

[0068] ここで、 L_{sh} は、伝送線 51 における中継装置 101 側の端部から短絡位置までの距離 [m] である。 L_{sh} は、ゼロ以上であり、かつ L_c 以下の値である。

[0069] 図 5 および図 6 は、本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により算出される位相差 θ_{op} 、 θ_{sh} と距離 L_{op} 、 L_{sh} との対応関係を示す図である。図 5 および図 6 において、横軸は、伝送線 51 における中継装置 101 側の端部から異常発生位置までの距離 [m] であり、縦軸は位相差 θ [rad] である。図 5 は、計測信号の周波数 f が 10 MHz である場合における位相差 θ_{op} 、 θ_{sh} と距離 L_{op} 、 L_{sh} との対応関係を示している。図 6 は、計測信号の周波数 f が 1 MHz である場合における位相差 θ_{op} 、 θ_{sh} と距離 L_{op} 、 L_{sh} との対応関係を示している。

[0070] 図 5 を参照して、周波数 f が 10 MHz である場合、位相差 θ_{sh} の最小値は、位相差 θ_{op} の最大値よりも小さい。そのため、たとえば位相差 θ が

位相差 θ_x である場合、伝送線 51 における中継装置 101 側の端部から距離 L_1 の位置において短絡が生じているのか、または伝送線 51 における中継装置 101 側の端部から距離 L_2 の位置において断線が生じているのかを判定することができない。

[0071] 一方、図 6 を参照して、周波数 f が 1 MHz である場合、位相差 θ_{sh} の最小値は、位相差 θ_{op} の最大値よりも大きい。そのため、位相差 θ の値に応じて、伝送線 51 において短絡が生じているのか、または伝送線 51 において断線が生じているのかを判定することができる。

[0072] ここで、位相差 θ_{sh} の最小値は π であり、位相差 θ_{op} の最大値は、上述した式 (2) における距離 L_{op} が伝送線 51 の長さ L_c と等しい場合である。したがって、中継装置 101 では、伝送線 51 における短絡および断線を判定するために、計測信号の周波数 f は、以下の式 (5) を満たす値に設定される。

[0073] [数5]

$$f < \frac{c}{4L_c\sqrt{\epsilon r}} \cdots (5)$$

[0074] 図 7 は、本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により生成される度数分布 F_1 の経時変化の他の例を示す図である。図 7 において、横軸は位相差 θ [rad] であり、縦軸は度数である。図 7 は、度数分布 F_{1a} 、 F_{1b} 、 F_{1f} を示している。度数分布 F_{1f} は、伝送線 51 において、劣化、短絡および断線以外の特殊な異常が発生した状態における位相差 θ の度数分布 F_1 である。伝送線 51 において特殊な異常が発生した状態とは、たとえば、伝送線 51 が半断線し、半断線した箇所の断面が接触および非接触を繰り返している状態である。

[0075] 図 7 を参照して、度数分布 F_1 の形状は、伝送線 51 において特殊な異常が発生することにより、平均値 μ_1 を中心とする左右対称性が低下する。

[0076] 図 3 から図 7 を参照して説明したように、伝送線 51 に異常が発生することにより度数分布 F_1 が変化する。したがって、度数分布 F_1 に基づいて、

伝送線 5 1 の異常を判定することができる。

[0077] より詳細には、処理部 2 3 は、度数分布 F_1 を生成すると、度数分布 F_1 が示す統計量の経時変化に基づいて判定処理を行う。一例として、処理部 2 3 は、度数分布 F_1 が示す統計量として、平均値 μ_1 と、度数分布 F_1 が示す位相差 θ の中央値 m_1 とを算出し、平均値 μ_1 および中央値 m_1 の経時変化に基づいて判定処理を行う。

[0078] たとえば、記憶部 2 4 は、伝送線 5 1 の異常が発生していない状態における位相差 θ の度数分布 F_1 である基準分布 F_{r1} と、基準分布 F_{r1} が示す平均値 μ_1 である基準平均値 μ_{1a} とを記憶している。基準分布 F_{r1} は、通信システム 3 0 1 の運用前に算出された複数の位相差 θ に基づいて予め生成される。

[0079] 図 8 は、本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により生成される度数分布 F_1 の一例を示す図である。図 8 において、横軸は位相差 θ [rad] であり、縦軸は度数である。図 8 を参照して、処理部 2 3 は、度数分布 F_1 を生成すると、生成した度数分布 F_1 が示す平均値 μ_1 と、基準分布 F_{r1} に基づいて設定された閾値 T_{1a} 、 T_{1b} とを比較する。また、処理部 2 3 は、度数分布 F_1 が示す平均値 μ_1 と、度数分布 F_1 が示す中央値 m_1 とを比較する。

[0080] たとえば、閾値 T_{1a} は、基準平均値 μ_{1a} から所定値を差し引いた値であり、閾値 T_{1b} は、基準平均値 μ_{1a} に所定値を加えた値である。なお、閾値 T_{1a} は、たとえば基準平均値 μ_{1a} から基準分布 F_{r1} の標準偏差 S_y の 3 倍を差し引いた値であってもよい。また、閾値 T_{1b} は、たとえば基準平均値 μ_{1a} に標準偏差 S_y の 3 倍を加えた値であってもよい。

[0081] 処理部 2 3 は、平均値 μ_1 が閾値 T_{1a} 以上であり、平均値 μ_1 が閾値 T_{1b} 以下であり、かつ平均値 μ_1 と中央値 m_1 との差分の絶対値 D_1 が所定の閾値 T_{D1} 以下である場合、伝送線 5 1 において異常は発生していないと判定する。そして、処理部 2 3 は、平均値 μ_1 を含む判定結果を記憶部 2 4 に保存する。

- [0082] なお、処理部23は、度数分布F1が示す統計量として、度数分布F1が示す位相差 θ の最大値および標準偏差等の、度数分布F1の形状を表す他の統計量を算出し、中央値 $m1$ の代わりに、算出した当該他の統計量、例えば最頻値を用いてもよい。
- [0083] 図9は、本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により生成される度数分布F1の他の例を示す図である。図9において、横軸は位相差 θ [rad]であり、縦軸は度数である。
- [0084] 図9を参照して、処理部23は、平均値 $\mu1$ が閾値T1a未満であるか、または平均値 $\mu1$ が閾値T1bよりも大きい場合、伝送線51において異常が発生していると判定する。
- [0085] この場合、処理部23は、度数分布F1に基づいて、伝送線51において発生した異常の種類をさらに判定する。たとえば、処理部23は、伝送線51において発生した異常の種類として、伝送線51の断線、伝送線51の短絡、および伝送線51の劣化を判定する。
- [0086] より詳細には、処理部23は、平均値 $\mu1$ と、所定の閾値T1c, T1d, T1e, T1fとを比較する。閾値T1cは、図6に示す位相差 θ_{op} の最小値であるゼロから所定のマージンを差し引いた値である。閾値T1dは、図6に示す位相差 θ_{op} の最大値に所定のマージンを加えた値である。閾値T1eは、図6に示す位相差 θ_{sh} の最小値である π から所定のマージンを差し引いた値である。閾値T1fは、図6に示す位相差 θ_{sh} の最大値に所定のマージンを加えた値である。
- [0087] 処理部23は、平均値 $\mu1$ が閾値T1e以上であり、かつ平均値 $\mu1$ が閾値T1f以下である場合、伝送線51が短絡または劣化していると判定する。そして、処理部23は、平均値 $\mu1$ を含む判定結果を記憶部24に保存する。
- [0088] 一方、処理部23は、平均値 $\mu1$ が閾値T1c以上であり、かつ平均値 $\mu1$ が閾値T1d以下である場合、伝送線51が断線または劣化していると判定する。そして、処理部23は、平均値 $\mu1$ を含む判定結果を記憶部24に

保存する。

[0089] 一方、処理部23は、平均値 $\mu 1$ が閾値 $T 1 c$ 未満であるか、平均値 $\mu 1$ が閾値 $T 1 d$ よりも大きく平均値 $\mu 1$ が閾値 $T 1 a$ 未満であるか、平均値 $\mu 1$ が閾値 $T 1 b$ よりも大きく平均値 $\mu 1$ が閾値 $T 1 e$ 未満であるか、または平均値 $\mu 1$ が閾値 $T 1 f$ よりも大きい場合、伝送線51が劣化していると判定する。そして、処理部23は、平均値 $\mu 1$ を含む判定結果を記憶部24に保存する。

[0090] たとえば、処理部23は、度数分布 $F 1$ が示す平均値 $\mu 1$ の経時変化に基づいて、伝送線51の劣化の進行度合いを判定する。より詳細には、処理部23は、伝送線51が劣化していると判定した場合、算出した平均値 $\mu 1$ と、過去の判定結果に含まれる平均値 $\mu 1$ とを比較する。そして、処理部23は、算出した平均値 $\mu 1$ の、過去の判定結果に含まれる平均値 $\mu 1$ からの変化量に基づいて、進行度合いを判定する。

[0091] 図10は、本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により生成される度数分布 $F 1$ の他の例を示す図である。図10において、横軸は位相差 $\theta [rad]$ であり、縦軸は度数である。図10を参照して、処理部23は、平均値 $\mu 1$ と中央値 $m 1$ との差分の絶対値 $D 1$ が閾値 $T D 1$ よりも大きい場合、伝送線51において特殊な異常が発生していると判定する。そして、処理部23は、平均値 $\mu 1$ および中央値 $m 1$ を含む判定結果を記憶部24に保存する。

[0092] たとえば、処理部23は、伝送線51において異常が発生していると判定した場合、異常の種類を含む判定結果を、中継部10および通信装置111を介してユーザへ通知する。

[0093] (変形例1)

処理部23は、度数分布 $F 1$ の形状の経時変化に基づいて、伝送線51の異常を判定する。たとえば、処理部23は、度数分布 $F 1$ の形状と、基準分布 $F r 1$ の形状との相関に基づいて、伝送線51の異常を判定する。

[0094] より詳細には、処理部23は、度数分布 $F 1$ を生成すると、記憶部24か

ら基準分布 F_{r1} を取得する。そして、処理部 23 は、以下の式 (6) に従って、生成した度数分布 F_1 と基準分布 F_{r1} との相関を示す相関係数 C_1 を算出する。

[0095] [数6]

$$C_1 = \frac{S_{xy}}{S_x \times S_y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu_1)(y_i - \mu_{1a})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu_1)^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \mu_{1a})^2}} \cdot \cdot \cdot (6)$$

[0096] ここで、 S_{xy} は、度数分布 F_1 と基準分布 F_{r1} との共分散である。 S_x は、度数分布 F_1 の標準偏差である。 S_y は、基準分布 F_{r1} の標準偏差である。 x_i は、度数分布 F_1 における位相差 θ_i の度数である。 y_i は、基準分布 F_{r1} における位相差 θ_i の度数である。 n は、度数分布 F_1 を構成する位相差 θ のデータ数、および基準分布 F_{r1} を構成する位相差 θ のデータ数である。たとえば、度数分布 F_1 における位相差 θ および基準分布 F_{r1} における位相差 θ は相対的なものである。度数分布 F_1 における位相差 θ は、度数分布 F_1 の裾の位置が基準分布 F_{r1} の裾の位置に合うように補正されるか、または度数分布 F_1 の中央値 m_1 が基準分布 F_{r1} の中央値に合うように補正される。

[0097] 処理部 23 は、相関係数 C_1 が所定の閾値 T_{C1} 以上である場合、伝送線 51 において特殊な異常は発生していないと判定する。閾値 T_{C1} は、アプリケーションによって適宜設定される 0.2 以上 1 以下の値であり、例えば 0.7 であってもよい。一方、処理部 23 は、相関係数 C_1 が所定の閾値 T_{C1} 未満である場合、伝送線 51 において特殊な異常が発生していると判定する。

[0098] なお、処理部 23 は、相関係数 C_1 を算出する代わりに、度数分布 F_1 の形状を示す包絡線の経時変化に基づいて、判定処理を行ってもよい。より詳細には、処理部 23 は、度数分布 F_1 の形状を示す包絡線と、基準分布 F_{r1} の形状を示す包絡線との比較結果に基づいて、伝送線 51 において特殊な異常が発生しているか否かを判定する。

[0099] (判定例2)

処理部23は、評価値E_Vとして、振幅比Aを算出する。より詳細には、処理部23は、計測信号を示すデジタル信号D_{s1}と、反射信号を示すデジタル信号D_{s3}とに基づいて、たとえば計測信号の1周期ごとの振幅比Aを算出し、算出した振幅比Aを記憶部24に保存する。振幅比Aは、ゼロ以上であり、かつ1以下の値である。振幅比Aは、第1評価値の一例である。

[0100] 処理部23は、判定期間T₁ごとに、判定期間T₁における振幅比Aの分布である度数分布F₂を生成し、生成した度数分布F₂に基づいて、伝送線51の異常を判定する。

[0101] 図11は、本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により生成される度数分布F₂の経時変化の一例を示す図である。図11において、横軸は振幅比Aであり、縦軸は度数である。図11は、度数分布F_{2a}, F_{2b}, F_{2c}, F_{2d}を示している。度数分布F_{2a}は、伝送線51の異常が発生していない状態における振幅比Aの度数分布F₂である。度数分布F_{2b}は、伝送線51が劣化した状態における振幅比Aの度数分布F₂である。度数分布F_{2c}は、伝送線51の劣化がさらに進行した状態における振幅比Aの度数分布F₂である。度数分布F_{2d}は、伝送線51が断線した状態における振幅比Aの度数分布F₂である。

[0102] 図11を参照して、度数分布F₂が示す振幅比Aの平均値 μ_2 は、伝送線51の劣化に伴って増加し、伝送線51が断線した場合、1付近の値となる。なお、平均値 μ_2 は、伝送線51の特性インピーダンスZ₁と、通信装置111の負荷インピーダンスZ₂との大小関係に応じて、伝送線51の劣化に伴って増加する場合と減少する場合とがある。通信システム301では、平均値 μ_2 は、伝送線51の劣化に伴って増加するものとする。

[0103] 図12は、本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により生成される度数分布F₂の経時変化の他の例を示す図である。図12において、横軸は振幅比Aであり、縦軸は度数である。図12は、度数分布F_{2a}, F_{2e}を示している。度数分布F_{2e}は、伝送線51が短絡した状態における

振幅比 A の度数分布 F_2 である。

[0104] 図 1 2 を参照して、度数分布 F_2 が示す平均値 μ_2 は、伝送線 5 1 が短絡した場合、1 付近の値となる。

[0105] 図 1 3 は、本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により生成される度数分布 F_2 の経時変化の他の例を示す図である。図 1 3 において、横軸は振幅比 A であり、縦軸は度数である。図 1 3 は、度数分布 F_{2a} , F_{2b} , F_{2f} を示している。度数分布 F_{2f} は、伝送線 5 1 において特殊な異常が発生した状態における振幅比 A の度数分布 F_2 である。

[0106] 図 1 3 を参照して、度数分布 F_2 の形状は、伝送線 5 1 において特殊な異常が発生することにより、平均値 μ_2 を中心とする左右対称性が低下する。

[0107] 図 1 1 から図 1 3 を参照して説明したように、伝送線 5 1 に異常が発生することにより度数分布 F_2 が変化する。したがって、度数分布 F_2 に基づいて、伝送線 5 1 の異常を判定することができる。

[0108] より詳細には、処理部 2 3 は、度数分布 F_2 を生成すると、度数分布 F_2 が示す統計量の経時変化に基づいて判定処理を行う。一例として、処理部 2 3 は、度数分布 F_2 が示す統計量として、平均値 μ_2 と、度数分布 F_2 が示す振幅比 A の中央値 m_2 とを算出し、平均値 μ_2 および中央値 m_2 の経時変化に基づいて判定処理を行う。

[0109] たとえば、記憶部 2 4 は、伝送線 5 1 の異常が発生していない状態における振幅比 A の度数分布 F_2 である基準分布 F_{r2} と、基準分布 F_{r2} が示す平均値 μ_2 である基準平均値 μ_{2a} とを記憶している。基準分布 F_{r2} は、通信システム 3 0 1 の運用前に算出された複数の振幅比 A に基づいて予め生成される。

[0110] 図 1 4 は、本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により生成される度数分布 F_2 の一例を示す図である。図 1 4 において、横軸は振幅比 A であり、縦軸は度数である。図 1 4 を参照して、処理部 2 3 は、度数分布 F_2 を生成すると、生成した度数分布 F_2 が示す平均値 μ_2 と、基準分布 F_{r2} に基づいて設定された閾値 T_{2a} , T_{2b} とを比較する。また、処理部

23は、度数分布 F_2 が示す平均値 μ_2 と、度数分布 F_2 が示す中央値 m_2 とを比較する。

[0111] たとえば、閾値 T_{2a} は、基準平均値 μ_{2a} から所定値を差し引いた値であり、閾値 T_{2b} は、基準平均値 μ_{2a} に所定値を加えた値である。なお、閾値 T_{2a} は、たとえば基準平均値 μ_{2a} から基準分布 F_{r2} の標準偏差 S_p の3倍を差し引いた値であってもよい。また、閾値 T_{2b} は、たとえば基準平均値 μ_{2a} に標準偏差 S_p の3倍を加えた値であってもよい。

[0112] 処理部23は、平均値 μ_2 が閾値 T_{2a} 以上であり、平均値 μ_2 が閾値 T_{2b} 以下であり、かつ平均値 μ_2 と中央値 m_2 との差分の絶対値 D_2 が所定の閾値 T_{D2} 以下である場合、伝送線51において異常は発生していないと判定する。そして、処理部23は、平均値 μ_2 を含む判定結果を記憶部24に保存する。

[0113] なお、処理部23は、度数分布 F_2 が示す統計量として、度数分布 F_2 が示す振幅比 A の最大値および標準偏差等の、度数分布 F_2 の形状を表す他の統計量を算出し、中央値 m_2 の代わりに、算出した当該他の統計量を用いてもよい。

[0114] 図15は、本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により生成される度数分布 F_2 の他の例を示す図である。図15において、横軸は振幅比 A であり、縦軸は度数である。

[0115] 図15を参照して、処理部23は、平均値 μ_2 が閾値 T_{2a} 未満であるか、または平均値 μ_2 が閾値 T_{2b} よりも大きい場合、伝送線51において異常が発生していると判定する。

[0116] この場合、処理部23は、度数分布 F_2 に基づいて、伝送線51において発生した異常の種類をさらに判定する。たとえば、処理部23は、伝送線51において発生した異常の種類として、伝送線51の断線または短絡、および伝送線51の劣化を判定する。

[0117] より詳細には、処理部23は、平均値 μ_2 と、所定の閾値 T_{2e} とを比較する。閾値 T_{2e} は、1から所定値を差し引いた値である。

[0118] 処理部 23 は、平均値 μ_2 が閾値 T_2 e 以上である場合、伝送線 51 が短絡または断線していると判定する。そして、処理部 23 は、平均値 μ_2 を含む判定結果を記憶部 24 に保存する。

[0119] 一方、処理部 23 は、平均値 μ_2 が閾値 T_2 e 未満である場合、伝送線 51 が劣化していると判定する。そして、処理部 23 は、平均値 μ_2 を含む判定結果を記憶部 24 に保存する。

[0120] たとえば、処理部 23 は、度数分布 F_2 が示す平均値 μ_2 の経時変化に基づいて、伝送線 51 の劣化の進行度合いを判定する。より詳細には、処理部 23 は、伝送線 51 が劣化していると判定した場合、算出した平均値 μ_2 と、過去の判定結果に含まれる平均値 μ_2 とを比較する。そして、処理部 23 は、算出した平均値 μ_2 の、過去の判定結果に含まれる平均値 μ_2 からの変化量に基づいて、進行度合いを判定する。

[0121] 図 16 は、本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により生成される度数分布 F_2 の他の例を示す図である。図 16 において、横軸は振幅比 A であり、縦軸は度数である。図 16 を参照して、処理部 23 は、平均値 μ_2 と中央値 m_2 との差分の絶対値 D_2 が閾値 T_D よりも大きい場合、伝送線 51 において特殊な異常が発生していると判定する。そして、処理部 23 は、平均値 μ_2 および中央値 m_2 を含む判定結果を記憶部 24 に保存する。

[0122] (変形例 2)

処理部 23 は、度数分布 F_2 の形状の経時変化に基づいて、伝送線 51 の異常を判定する。たとえば、処理部 23 は、度数分布 F_2 の形状と、基準分布 F_r の形状との相関に基づいて、伝送線 51 の異常を判定する。

[0123] より詳細には、処理部 23 は、度数分布 F_2 を生成すると、記憶部 24 から基準分布 F_r を取得する。そして、処理部 23 は、以下の式 (7) に従って、生成した度数分布 F_2 と基準分布 F_r との相関を示す相関係数 C_2 を算出する。

[0124]

[数7]

$$C2 = \frac{Spq}{Sp \times Sq} = \frac{\sum_{i=1}^n (pi - \mu_2)(qi - \mu_{2a})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (pi - \mu_2)^2 \sum_{i=1}^n (qi - \mu_{2a})^2}} \cdot \cdot \cdot (7)$$

[0125] ここで、 S_{pq} は、度数分布 F_2 と基準分布 F_{r2} との共分散である。 S_p は、度数分布 F_2 の標準偏差である。 S_q は、基準分布 F_{r2} の標準偏差である。 p_i は、度数分布 F_2 における振幅比 A_i の度数である。 q_i は、基準分布 F_{r2} における振幅比 A_i の度数である。 n は、度数分布 F_2 を構成する振幅比 A のデータ数、および基準分布 F_{r2} を構成する振幅比 A のデータ数である。たとえば、度数分布 F_2 における振幅比 A および基準分布 F_{r2} における振幅比 A は相対的なものである。度数分布 F_2 における振幅比 A は、度数分布 F_2 の裾の位置が基準分布 F_{r2} の裾の位置に合うように補正されるか、または度数分布 F_2 の中央値 m_2 が基準分布 F_{r2} の中央値に合うように補正される。

[0126] 処理部23は、相関係数 C_2 が所定の閾値 T_{C2} 以上である場合、伝送線51において特殊な異常は発生していないと判定する。閾値 T_{C2} は、アプリケーションによって適宜設定される0.2以上1以下の値であり、例えば0.7であってもよい。一方、処理部23は、相関係数 C_2 が所定の閾値 T_{C2} 未満である場合、伝送線51において特殊な異常が発生していると判定する。

[0127] なお、処理部23は、相関係数 C_2 を算出する代わりに、度数分布 F_2 の形状を示す包絡線の経時変化に基づいて、判定処理を行ってもよい。より詳細には、処理部23は、度数分布 F_2 の形状を示す包絡線と、基準分布 F_{r2} の形状を示す包絡線との比較結果に基づいて、伝送線51において特殊な異常が発生しているか否かを判定する。

[0128] たとえば、処理部23は、度数分布 F_1 、 F_2 に基づいて、伝送線51の異常を判定する。より詳細には、処理部23は、判定例1および判定例2を実行する。判定例1および判定例2の少なくともいずれか一方において伝送

線 5 1 において異常が発生していると判定した場合、伝送線 5 1 において異常が発生していると総合判定し、総合判定結果をユーザへ通知する。なお、処理部 2 3 は、判定例 1 および判定例 2 のいずれか一方を行わない構成であってもよい。

[0129] (変形例 3)

処理部 2 3 は、度数分布 F_1 、 F_2 に基づいて、伝送線 5 1 において発生した異常の種類を判定する。

[0130] 再び図 9 および図 1 5 を参照して、より詳細には、処理部 2 3 は、平均値 μ_1 が閾値 T_{1e} 以上であり、平均値 μ_1 が閾値 T_{1f} 以下であり、かつ平均値 μ_2 が閾値 T_{2e} 以上である場合、伝送線 5 1 が短絡していると判定する。

[0131] 一方、処理部 2 3 は、平均値 μ_1 が閾値 T_{1e} 以上であり、平均値 μ_1 が閾値 T_{1f} 以下であり、かつ平均値 μ_2 が閾値 T_{2e} 未満である場合、伝送線 5 1 が劣化していると判定する。

[0132] また、処理部 2 3 は、平均値 μ_1 が閾値 T_{1c} 以上であり、かつ平均値 μ_1 が閾値 T_{1d} 以下であり、かつ平均値 μ_2 が閾値 T_{2e} 以上である場合、伝送線 5 1 が断線していると判定する。

[0133] 一方、処理部 2 3 は、平均値 μ_1 が閾値 T_{1c} 以上であり、かつ平均値 μ_1 が閾値 T_{1d} 以下であり、かつ平均値 μ_2 が閾値 T_{2e} 未満である場合、伝送線 5 1 が劣化していると判定する。

[0134] このように、度数分布 F_1 、 F_2 に基づいて、伝送線 5 1 において発生した異常の種類を判定する構成により、伝送線 5 1 の短絡と劣化とを判定し、伝送線 5 1 の断線と劣化とを判定することができる。

[0135] (変形例 4)

図 1 7 は、本開示の実施の形態に係る中継装置における処理部により生成される度数分布 F_1 の他の例を示す図である。図 1 7 において、横軸は位相差 θ [rad] であり、縦軸は度数である。

[0136] 図 1 7 を参照して、処理部 2 3 は、度数分布 F_1 に基づいて、伝送線 5 1

における断線位置、劣化位置および短絡位置を判定する。

[0137] より詳細には、処理部23は、度数分布F1が示す平均値 μ_1 と、閾値T1c, T1dとの比較結果に基づいて、伝送線51が断線または劣化していると判定した場合、平均値 μ_1 と、閾値TAである閾値TA1, TA2, TA3, TA4, TA5とを比較する。

[0138] 閾値TAは、閾値T1c以上であり、かつ閾値T1d以下の値である。たとえば、閾値TAは、閾値T1cと閾値T1dとの間において等間隔に並ぶ値である。すなわち、閾値TA1は閾値T1cに所定値Mを加えた値であり、閾値TA2は閾値TA1に所定値Mを加えた値であり、閾値TA3は閾値TA2に所定値Mを加えた値であり、閾値TA4は閾値TA3に所定値Mを加えた値であり、閾値TA5は閾値TA4に所定値Mを加えた値であり、閾値TA5に所定値Mを加えた値が閾値T1dである。なお、処理部23は、平均値 μ_1 と、4つ以下の閾値TAまたは6つ以上の閾値TAとを比較してもよい。また、閾値TAは、閾値T1cと閾値T1dとの間において等間隔に並ぶ値でなくてもよい。

[0139] たとえば、記憶部24は、閾値TAと、伝送線51における中継装置101側の端部から断線位置までの距離Lopとの対応関係を示す断線位置情報を記憶している。断線位置情報は、図6に示す、位相差 θ_{op} と距離Lopとの関係に基づいて予め作成される。

[0140] 処理部23は、5つの閾値TAのうちの平均値 μ_1 に最も近い閾値TAを特定する。処理部23は、記憶部24における断線位置情報から、特定した閾値TAに対応する距離Lopを取得する。処理部23は、取得した距離Lopに対応する位置において伝送線51が断線しているか、または伝送線51が劣化していると判定する。

[0141] また、処理部23は、度数分布F1が示す平均値 μ_1 と、閾値T1e, T1fとの比較結果に基づいて、伝送線51が短絡または劣化していると判定した場合、平均値 μ_1 と、閾値TBである閾値TB1, TB2, TB3, TB4, TB5とを比較する。

[0142] 閾値 T_B は、閾値 T_{1e} 以上であり、かつ閾値 T_{1f} 以下の値である。たとえば、閾値 T_B は、閾値 T_{1e} と閾値 T_{1f} との間において等間隔に並ぶ値である。すなわち、閾値 T_{B1} は閾値 T_{1e} に所定値 M を加えた値であり、閾値 T_{B2} は閾値 T_{B1} に所定値 M を加えた値であり、閾値 T_{B3} は閾値 T_{B2} に所定値 M を加えた値であり、閾値 T_{B4} は閾値 T_{B3} に所定値 M を加えた値であり、閾値 T_{B5} は閾値 T_{B4} に所定値 M を加えた値であり、閾値 T_{B5} に所定値 M を加えた値が閾値 T_{1f} である。なお、処理部 23 は、平均値 μ_1 と、4 つ以下の閾値 T_B または 6 つ以上の閾値 T_B とを比較してもよい。また、閾値 T_B は、閾値 T_{1e} と閾値 T_{1f} との間において等間隔に並ぶ値でなくてもよい。

[0143] たとえば、記憶部 24 は、閾値 T_B と、伝送線 51 における中継装置 101 側の端部から短絡位置までの距離 L_{sh} との対応関係を示す短絡位置情報を記憶している。短絡位置情報は、図 6 に示す、位相差 θ_{sh} と距離 L_{sh} との関係に基づいて予め作成される。

[0144] 処理部 23 は、5 つの閾値 T_B のうちの平均値 μ_1 に最も近い閾値 T_B を特定する。処理部 23 は、記憶部 24 における短絡位置情報から、特定した閾値 T_B に対応する距離 L_{sh} を取得する。処理部 23 は、取得した距離 L_{sh} に対応する位置において伝送線 51 が短絡しているか、または伝送線 51 が劣化していると判定する。

[0145] たとえば、処理部 23 は、上述した変形例 3 に従い、度数分布 F_2 にさらに基づいて、伝送線 51 において発生した異常の種類を判定する。これにより、伝送線 51 の断線および短絡と劣化とを判定しながら、伝送線 51 の断線位置、劣化位置および短絡位置を判定することができる。

[0146] [動作の流れ]

図 18 は、本開示の実施の形態に係る中継装置が判定処理を行う際の動作手順の一例を定めたフローチャートである。

[0147] 図 18 を参照して、まず、中継装置 101 は、判定期間 T_1 の到来を待ち受け（ステップ S_{11} で NO ）、判定期間 T_1 が到来すると（ステップ S_1

1でYES)、計測信号の出力および応答信号の受信を開始する(ステップS12)。

[0148] 次に、中継装置101は、計測信号の振幅および位相と、応答信号に含まれる反射信号の振幅および位相とに基づいて、計測信号の1周期ごとの、位相差 θ および振幅比Aを算出する(ステップS13)。

[0149] 次に、中継装置101は、判定期間T1における位相差 θ の度数分布F1および判定期間T1における振幅比Aの度数分布F2を生成する(ステップS14)。

[0150] 次に、中継装置101は、度数分布F1、F2に基づいて、判定処理を行う(ステップS15)。

[0151] 次に、中継装置101は、平均値 $\mu 1$ 、 $\mu 2$ を含む判定結果を記憶部24に保存する(ステップS16)。

[0152] 次に、中継装置101は、たとえば伝送線51において異常が発生していると判定した場合、判定結果を、中継部10および通信装置111を介してユーザへ通知する(ステップS17)。

[0153] 次に、中継装置101は、新たな判定期間T1の到来を待ち受ける(ステップS11でNO)。

[0154] 図19は、本開示の実施の形態に係る中継装置が判定処理を行う際の動作手順の一例を定めたフローチャートである。図19は、図18におけるステップS15の詳細であり、上述した判定例1を示すフローチャートである。

[0155] 図19を参照して、まず、中継装置101は、度数分布F1が示す平均値 $\mu 1$ と、閾値T1a、T1bとを比較する(ステップS21)。

[0156] 次に、中継装置101は、平均値 $\mu 1$ が閾値T1a以上であり、かつ平均値 $\mu 1$ が閾値T1b以下である場合(ステップS22でYES)、平均値 $\mu 1$ と中央値m1との差分の絶対値D1と、閾値TD1とを比較する(ステップS23)。

[0157] 次に、中継装置101は、絶対値D1が閾値TD1以下である場合(ステップS24でYES)、伝送線51において異常は発生していないと判定す

る（ステップS25）。

[0158] 一方、中継装置101は、絶対値D1が閾値TD1よりも大きい場合（ステップS24でNO）、伝送線51において特殊な異常が発生していると判定する（ステップS26）。

[0159] 他方、中継装置101は、平均値 μ 1が閾値T1a未満であるか、または平均値 μ 1が閾値T1bよりも大きい場合（ステップS22でNO）、平均値 μ 1と閾値T1c、T1dとを比較する（ステップS27）。

[0160] 次に、中継装置101は、平均値 μ 1が閾値T1c以上であり、かつ平均値 μ 1が閾値T1d以下である場合（ステップS28でYES）、伝送線51が断線または劣化していると判定する（ステップS29）。

[0161] 一方、中継装置101は、平均値 μ 1が閾値T1c未満であるか、または平均値 μ 1が閾値T1dよりも大きい場合（ステップS28でNO）、平均値 μ 1と閾値T1e、T1fとを比較する（ステップS30）。

[0162] 次に、中継装置101は、平均値 μ 1が閾値T1e以上であり、かつ平均値 μ 1が閾値T1f以下である場合（ステップS31でYES）、伝送線51が短絡または劣化していると判定する（ステップS32）。

[0163] 一方、中継装置101は、平均値 μ 1が閾値T1e未満であるか、または平均値 μ 1が閾値T1fよりも大きい場合（ステップS31でNO）、伝送線51が劣化していると判定する（ステップS33）。

[0164] 図20は、本開示の実施の形態に係る中継装置が判定処理を行う際の動作手順の一例を定めたフローチャートである。図20は、図18におけるステップS15の詳細であり、上述した判定例2を示すフローチャートである。

[0165] 図20を参照して、まず、中継装置101は、度数分布F2が示す平均値 μ 2と、閾値T2a、T2bとを比較する（ステップS41）。

[0166] 次に、中継装置101は、平均値 μ 2が閾値T2a以上であり、かつ平均値 μ 2が閾値T2b以下である場合（ステップS42でYES）、平均値 μ 2と中央値m2との差分の絶対値D2と、閾値TD2とを比較する（ステップS43）。

- [0167] 次に、中継装置 101 は、絶対値 $D2$ が閾値 $TD2$ 以下である場合（ステップ $S44$ で YES）、伝送線 51 において異常は発生していないと判定する（ステップ $S45$ ）。
- [0168] 一方、中継装置 101 は、絶対値 $D2$ が閾値 $TD2$ よりも大きい場合（ステップ $S44$ で NO）、伝送線 51 において特殊な異常が発生していると判定する（ステップ $S46$ ）。
- [0169] 他方、中継装置 101 は、平均値 $\mu2$ が閾値 $T2a$ 未満であるか、または平均値 $\mu2$ が閾値 $T2b$ よりも大きい場合（ステップ $S42$ で NO）、平均値 $\mu2$ と閾値 $T2e$ とを比較する（ステップ $S47$ ）。
- [0170] 次に、中継装置 101 は、平均値 $\mu2$ が閾値 $T2e$ 以上である場合（ステップ $S48$ で YES）、伝送線 51 が短絡または断線していると判定する（ステップ $S49$ ）。
- [0171] 一方、中継装置 101 は、平均値 $\mu2$ が閾値 $T2e$ 未満である場合（ステップ $S48$ で NO）、伝送線 51 が劣化していると判定する（ステップ $S50$ ）。
- [0172] たとえば、中継装置 101 は、上述した変形例 3 のように、伝送線 51 において発生した異常の種類を判定する場合、図 19 に示すフローチャートの処理および図 20 に示すフローチャートの処理を実行する。そして、中継装置 101 は、ステップ $S29$ において伝送線 51 が断線または劣化していると判定し、かつステップ $S49$ において伝送線 51 が短絡または断線していると判定した場合、伝送線 51 が断線していると総合判定する。
- [0173] また、たとえば、中継装置 101 は、ステップ $S32$ において伝送線 51 が短絡または劣化していると判定し、かつステップ $S49$ において伝送線 51 が短絡または断線していると判定した場合、伝送線 51 が短絡していると総合判定する。
- [0174] また、たとえば、上述した変形例 4 のように、中継装置 101 は、伝送線 51 における断線位置を判定する場合、図 19 に示すステップ $S29$ において、平均値 $\mu1$ と複数の閾値 TA とを比較し、平均値 $\mu1$ に最も近い閾値 T

Aに対応する距離 L_{op} を断線位置情報から取得する。そして、中継装置101は、取得した距離 L_{op} に対応する位置において伝送線51が断線しているか、または伝送線51が劣化していると判定する。

[0175] また、たとえば、上述した変形例4のように、中継装置101は、伝送線51における短絡位置を判定する場合、図19に示すステップS32において、平均値 μ_1 と複数の閾値 T_B とを比較し、平均値 μ_1 に最も近い閾値 T_B に対応する距離 L_{sh} を短絡位置情報から取得する。そして、中継装置101は、取得した距離 L_{sh} に対応する位置において伝送線51が短絡しているか、または伝送線51が劣化していると判定する。

[0176] なお、本開示の実施の形態に係る通信システム301では、中継装置101は、伝送線51を介して通信装置111と1対1で接続されている構成であるとしたが、これに限定するものではない。中継装置101は、バス型の伝送線51を介して複数の通信装置111と1対多で接続されている構成であってもよい。

[0177] また、本開示の実施の形態に係る通信システム301では、中継装置101が判定処理を行う構成であるとしたが、これに限定するものではない。通信システム301における中継装置101とは別の装置が判定処理を行う構成であってもよい。具体的には、たとえば通信装置111が、判定装置として機能し、判定処理を行う構成であってもよい。

[0178] また、本開示の実施の形態に係る中継装置101では、信号出力部21は、中継部10による中継処理が行われない期間において、計測信号を伝送線51へ出力する構成であるとしたが、これに限定するものではない。信号出力部21は、中継部10による中継処理が行われる期間において、計測信号を伝送線51へ出力する構成であってもよい。この場合、たとえば、中継装置101は、通信信号と計測信号とを周波数分割多重する。より詳細には、信号出力部21は、中継部10により送受信される通信信号の周波数帯域とは異なる周波数帯域の計測信号を生成して伝送線51へ出力する。

[0179] また、本開示の実施の形態に係る中継装置101では、信号受信部22は

、信号出力部 21 により出力された計測信号と、当該計測信号が反射された信号である反射信号とを含む応答信号を伝送線 51 から対応の通信ポート 30 経由で受信する構成であるとしたが、これに限定するものではない。信号受信部 22 は、計測信号を含まない応答信号を受信する構成であってもよい。すなわち、信号受信部 22 は、反射信号を応答信号として受信する構成であってもよい。より詳細には、たとえば、信号出力部 21 は、方向性結合器および通信ポート 30 を介して計測信号を伝送線 51 へ出力する。信号受信部 22 は、当該通信ポート 30 および当該方向性結合器を介して、計測信号を含まない応答信号を伝送線 51 から受信する。

[0180] また、本開示の実施の形態に係る中継装置 101 では、処理部 23 は、伝送線 51 において発生した異常の種類を判定する構成であるとしたが、これに限定するものではない。処理部 23 は、上述した判定例 1 において、平均値 $\mu 1$ が閾値 $T 1 a$ 未満であるか、または平均値 $\mu 1$ が閾値 $T 1 b$ よりも大きい場合、伝送線 51 において異常が発生していると判定する一方で、異常の種類を判定しない構成であってもよい。また、処理部 23 は、上述した判定例 2 において、平均値 $\mu 2$ が閾値 $T 2 a$ 未満であるか、または平均値 $\mu 2$ が閾値 $T 2 b$ よりも大きい場合、伝送線 51 において異常が発生していると判定する一方で、異常の種類を判定しない構成であってもよい。

[0181] また、本開示の実施の形態に係る中継装置 101 では、処理部 23 は、伝送線 51 において発生した異常の種類として、伝送線 51 の断線、伝送線 51 の短絡、および伝送線 51 の劣化を判定する構成であるとしたが、これに限定するものではない。処理部 23 は、伝送線 51 の断線、伝送線 51 の短絡、および伝送線 51 の劣化の判定を行わない一方で、伝送線 51 における特殊な異常を判定する構成であってもよい。

[0182] また、本開示の実施の形態に係る中継装置 101 では、処理部 23 は、評価値 $E V$ として、位相差 θ および振幅比 A を算出し、度数分布 $F 1$, $F 2$ に基づいて判定処理を行う構成であるとしたが、これに限定するものではない。処理部 23 は、評価値 $E V$ として、位相差 θ および振幅比 A の代わりに、

伝送線 5 1 のインピーダンス、伝送線 5 1 のリアクタンス、または伝送線 5 1 のレジスタンスを算出し、算出した評価値 $E V$ の分布に基づいて判定処理を行う構成であってもよい。

[0183] また、本開示の実施の形態に係る中継装置 1 0 1 では、処理部 2 3 は、評価値 $E V$ を算出する構成であるとしたが、これに限定するものではない。処理部 2 3 は、評価値 $E V$ として、デジタル信号 $D s 3$ から反射信号の振幅を取得し、取得した振幅の分布に基づいて判定処理を行う構成であってもよい。また、処理部 2 3 は、評価値 $E V$ として、デジタル信号 $D s 3$ から反射信号の位相を取得し、取得した位相の分布に基づいて判定処理を行う構成であってもよい。

[0184] また、本開示の実施の形態に係る中継装置 1 0 1 では、処理部 2 3 は、デジタル信号 $D s 2$ からデジタル信号 $D s 1$ を差し引くことにより、反射信号を示すデジタル信号 $D s 3$ を生成する構成であるとしたが、これに限定するものではない。信号受信部 2 2 は、信号出力部 2 1 から計測信号を受けて、受信した応答信号から計測信号を差し引くことにより、反射信号を示すアナログ信号を生成し、生成したアナログ信号をデジタル変換することによりデジタル信号 $D s 3$ を生成して処理部 2 3 へ出力する構成であってもよい。

[0185] 上記実施の形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記説明ではなく請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

[0186] 上述の実施形態の各処理（各機能）は、1 または複数のプロセッサを含む処理回路（C i r c u i t r y）により実現される。上記処理回路は、上記 1 または複数のプロセッサに加え、1 または複数のメモリ、各種アナログ回路、各種デジタル回路が組み合わされた集積回路等で構成されてもよい。上記 1 または複数のメモリは、上記各処理を上記 1 または複数のプロセッサに実行させるプログラム（命令）を格納する。上記 1 または複数のプロセッサは、上記 1 または複数のメモリから読み出した上記プログラムに従い上記各

処理を実行してもよいし、予め上記各処理を実行するように設計された論理回路に従って上記各処理を実行してもよい。上記プロセッサは、CPU (Central Processing Unit)、GPU (Graphics Processing Unit)、DSP (Digital Signal Processor)、FPGA (Field Programmable Gate Array)、およびASIC (Application Specific Integrated Circuit) 等、コンピュータの制御に適合する種々のプロセッサであってよい。なお、物理的に分離した上記複数のプロセッサが互いに協働して上記各処理を実行してもよい。たとえば、物理的に分離した複数のコンピュータのそれぞれに搭載された上記プロセッサがLAN (Local Area Network)、WAN (Wide Area Network)、およびインターネット等のネットワークを介して互いに協働して上記各処理を実行してもよい。上記プログラムは、外部のサーバ装置等から上記ネットワークを介して上記メモリにインストールされても構わないし、CD-ROM (Compact Disc Read Only Memory)、DVD-ROM (Digital Versatile Disk Read Only Memory)、および半導体メモリ等の記録媒体に格納された状態で流通し、上記記録媒体から上記メモリにインストールされても構わない。

[0187] 以上の説明は、以下に付記する特徴を含む。

[付記1]

周波数成分を有する計測信号を伝送線へ出力する信号出力部と、
前記計測信号が反射された信号を含む応答信号を前記伝送線から受信する信号受信部と、
前記信号受信部により受信された前記応答信号の、振幅および位相の少なくともいずれかに基づく評価値を複数取得する取得部と、
前記取得部により取得された前記評価値の分布に基づいて、前記伝送線の異常を判定する判定部とを備え、

前記判定部は、前記分布の経時変化に基づいて、前記伝送線の劣化の進行度合いを判定する、判定装置。

[0188] [付記 2]

処理回路を備え、
前記処理回路は、
周波数成分を有する計測信号を伝送線へ出力し、
前記計測信号が反射された信号を含む応答信号を前記伝送線から受信し、
受信した前記応答信号の、振幅および位相の少なくともいずれかに基づく評価値を複数取得し、
取得した前記評価値の分布に基づいて、前記伝送線の異常を判定する、判定装置。

符号の説明

[0189] 1 0 中継部

2 0 判定処理部

2 1 信号出力部

2 2 信号受信部

2 3 処理部（取得部、判定部）

2 4 記憶部

3 0 通信ポート

5 1 伝送線

1 0 1 中継装置

1 1 1 通信装置

3 0 1 通信システム

F 1, F 1 a, F 1 b, F 1 c, F 1 d, F 1 e, F 1 f, F 2, F 2 a
, F 2 b, F 2 c, F 2 d, F 2 e, F 2 f 度数分布

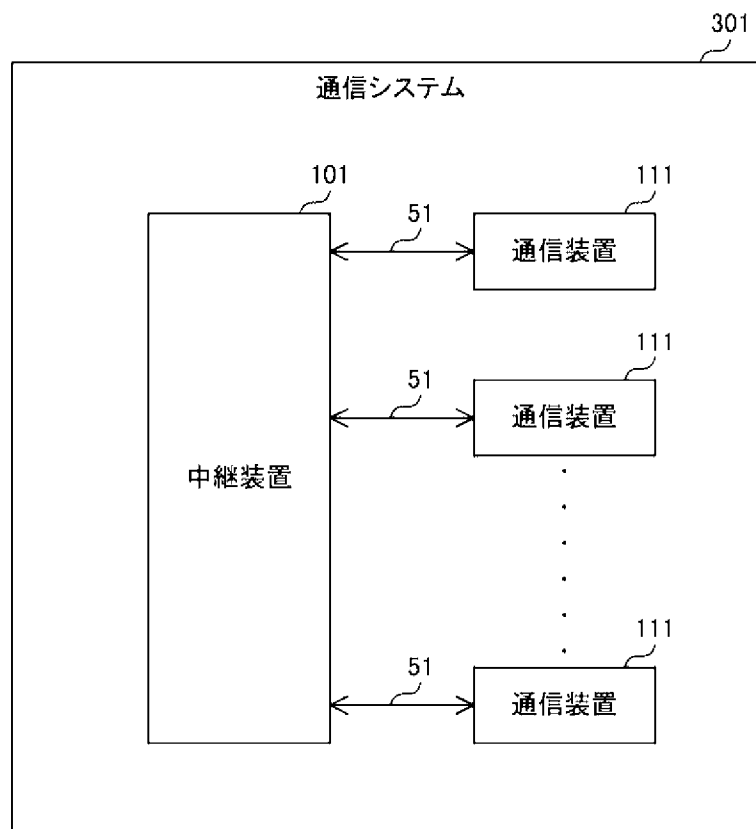
請求の範囲

- [請求項1] 周波数成分を有する計測信号を伝送線へ出力する信号出力部と、
前記計測信号が反射された信号を含む応答信号を前記伝送線から受信する信号受信部と、
前記信号受信部により受信された前記応答信号の、振幅および位相の少なくともいずれかに基づく評価値を複数取得する取得部と、
前記取得部により取得された前記評価値の分布に基づいて、前記伝送線の異常を判定する判定部とを備える、判定装置。
- [請求項2] 前記判定部は、前記分布が示す統計量の経時変化に基づいて、前記伝送線の異常を判定する、請求項1に記載の判定装置。
- [請求項3] 前記判定部は、前記分布と、所定の分布との相関に基づいて、前記伝送線の異常を判定する、請求項1または請求項2に記載の判定装置。
- [請求項4] 前記判定部は、前記分布に基づいて、前記伝送線において発生した異常の種類をさらに判定する、請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の判定装置。
- [請求項5] 前記判定部は、前記伝送線において発生した異常の種類として、前記伝送線の断線、前記伝送線の短絡、および前記伝送線の劣化のうちの少なくともいずれか1つを判定する、請求項4に記載の判定装置。
- [請求項6] 前記取得部は、前記振幅に基づく前記評価値である第1評価値と、前記位相に基づく前記評価値である第2評価値とを取得し、
前記判定部は、前記第1評価値の分布および前記第2評価値の分布に基づいて、前記伝送線の異常を判定する、請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の判定装置。
- [請求項7] 前記判定部は、前記第1評価値の分布および前記第2評価値の分布に基づいて、前記伝送線において発生した異常の種類として、前記伝送線の断線、前記伝送線の短絡、および前記伝送線の劣化を判定する、請求項6に記載の判定装置。

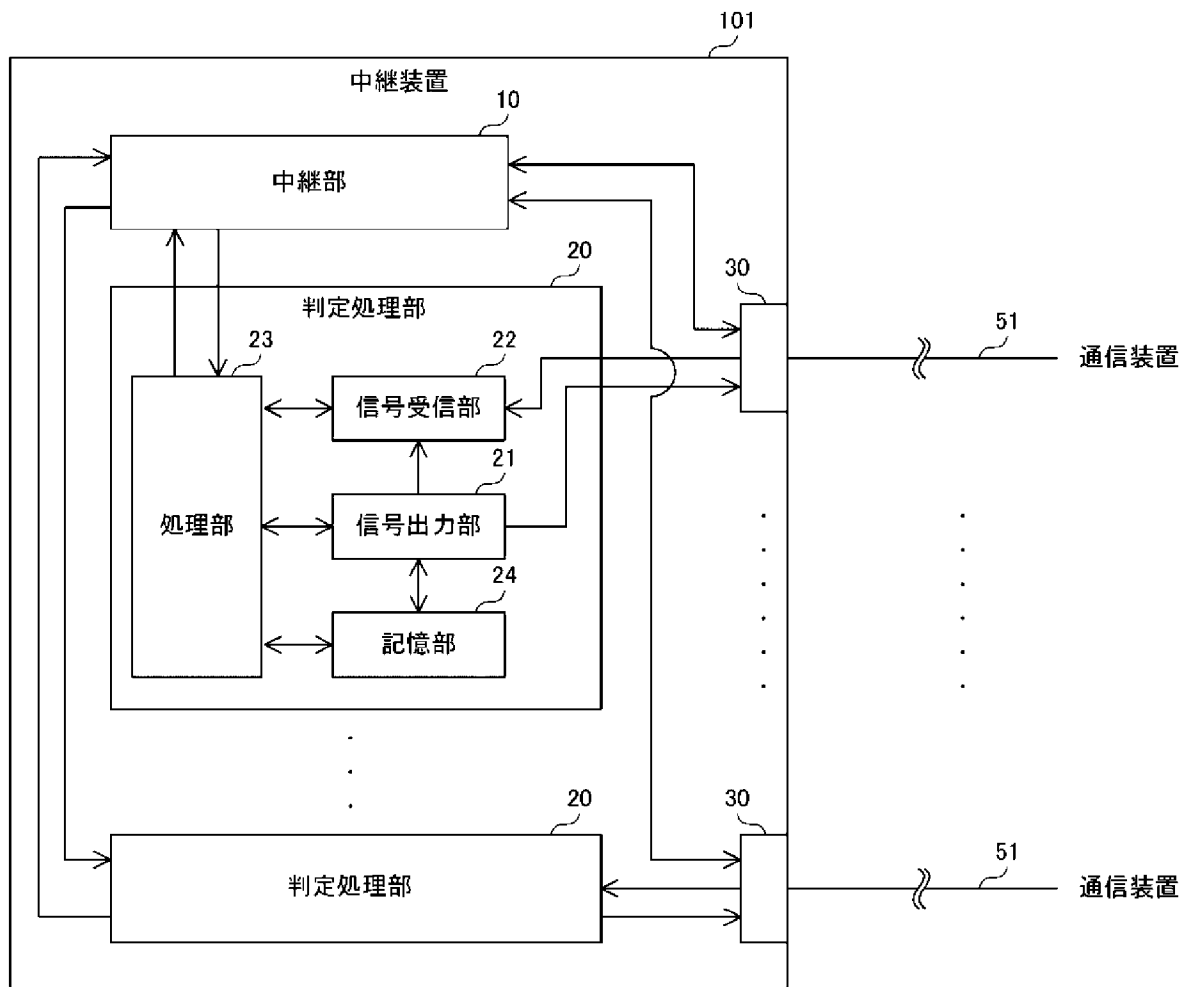
[請求項8] 前記判定部は、前記第2評価値の分布に基づいて、前記伝送線において発生した異常の位置を判定する、請求項6または請求項7に記載の判定装置。

[請求項9] 周波数成分を有する計測信号を伝送線へ出力するステップと、
前記計測信号が反射された信号を含む応答信号を前記伝送線から受信するステップと、 受信した前記応答信号の、振幅および位相の少なくともいずれかに基づく評価値を複数取得するステップと、
取得した前記評価値の分布に基づいて、前記伝送線の異常を判定するステップとを含む、判定方法。

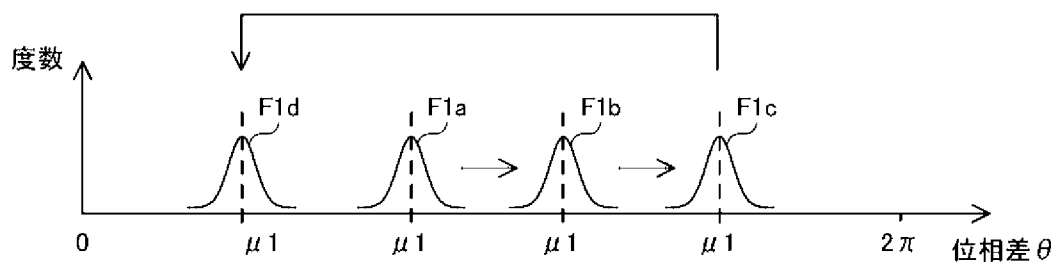
[図1]



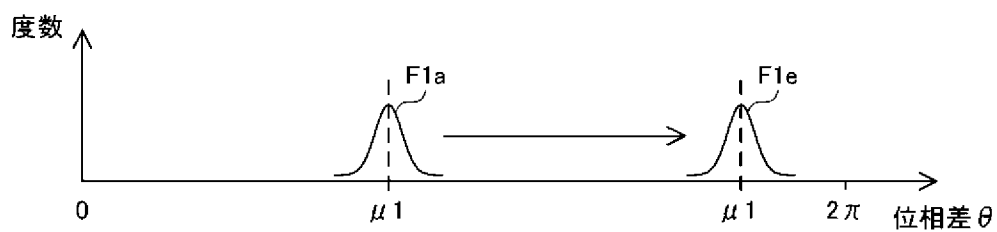
[図2]



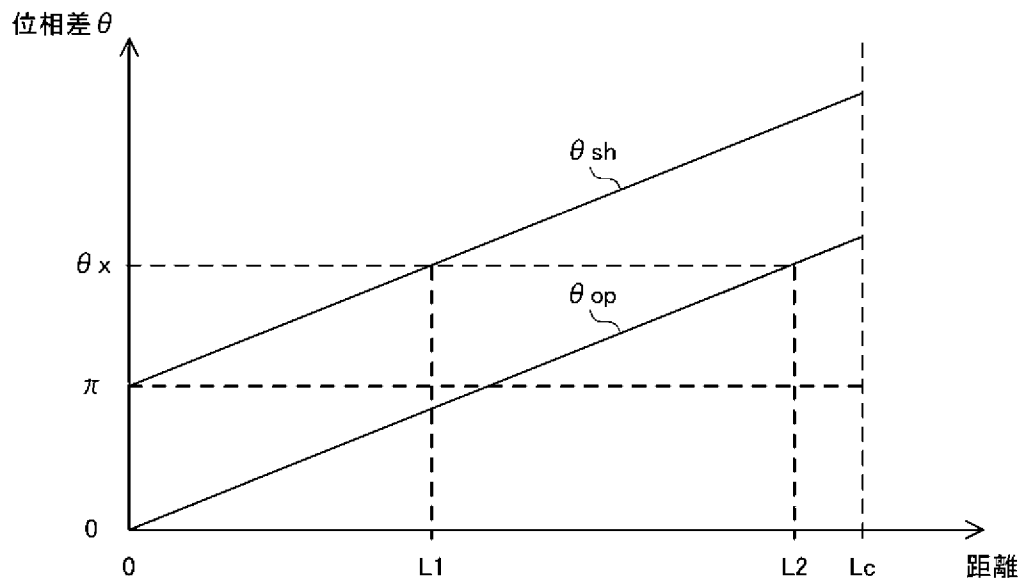
[図3]



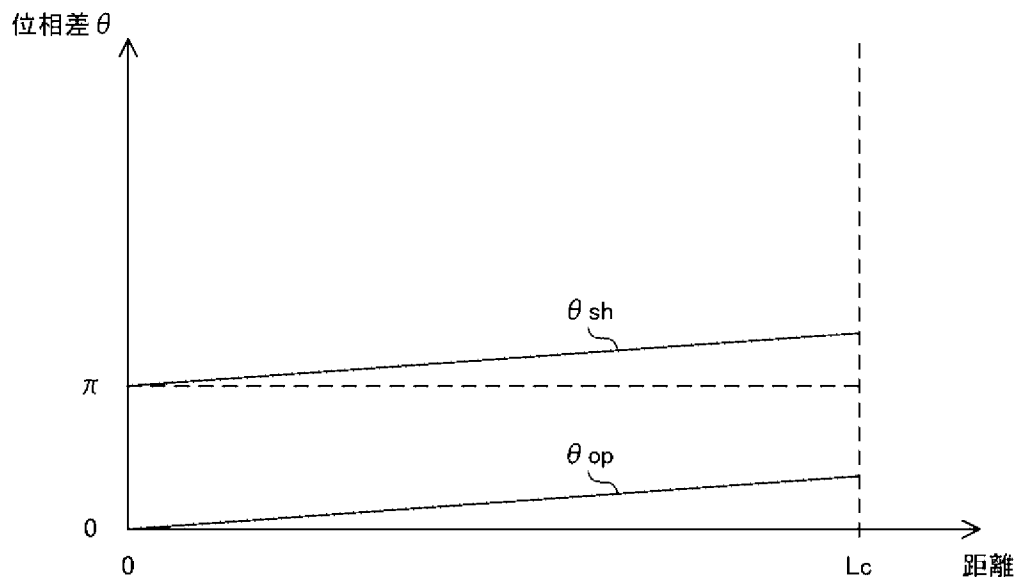
[図4]



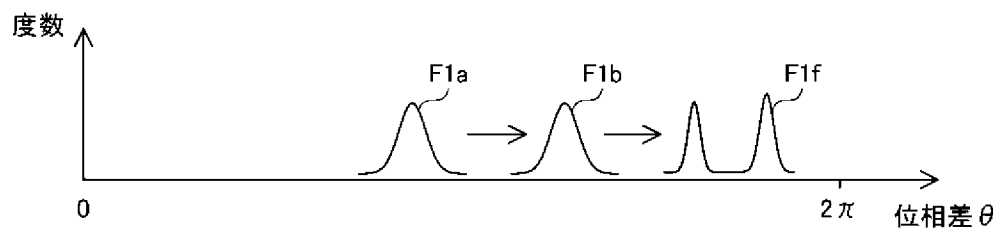
[図5]



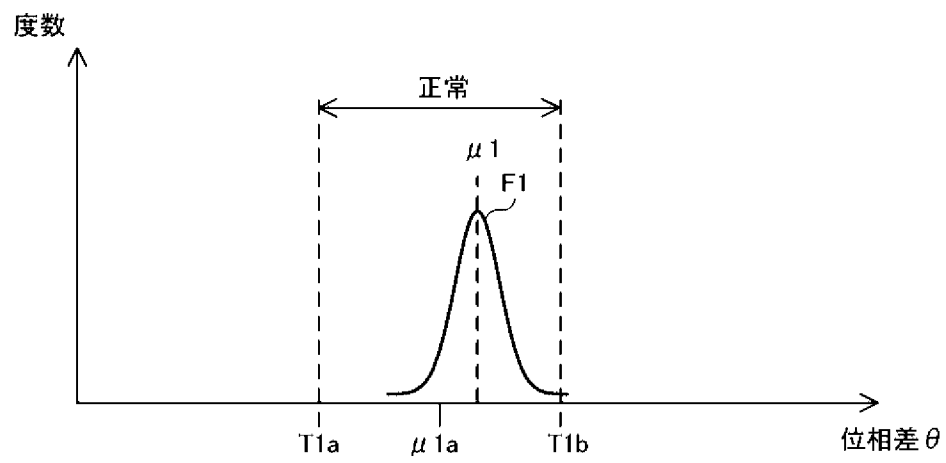
[図6]



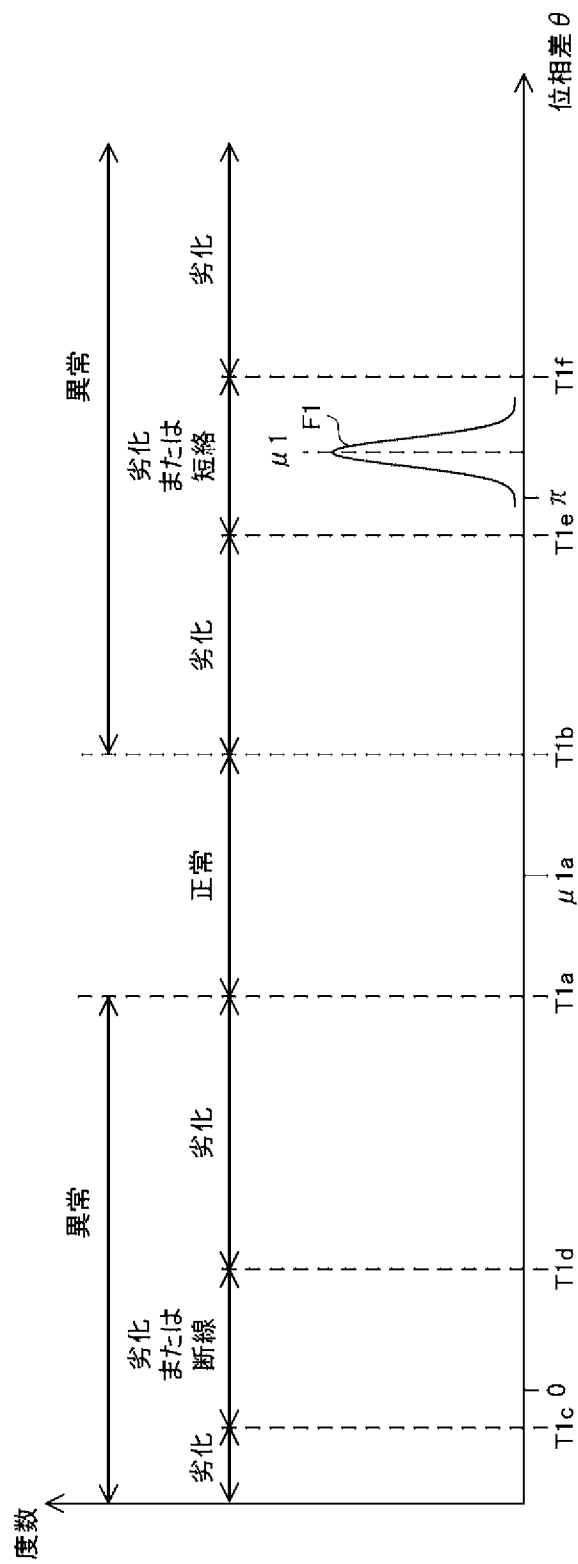
[図7]



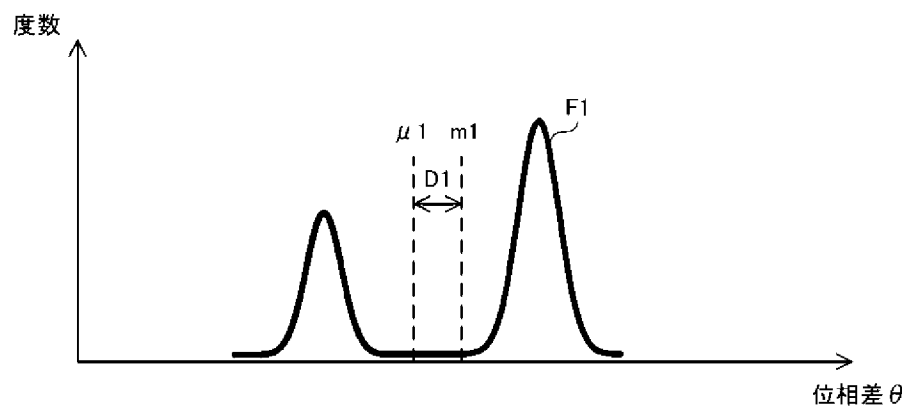
[図8]



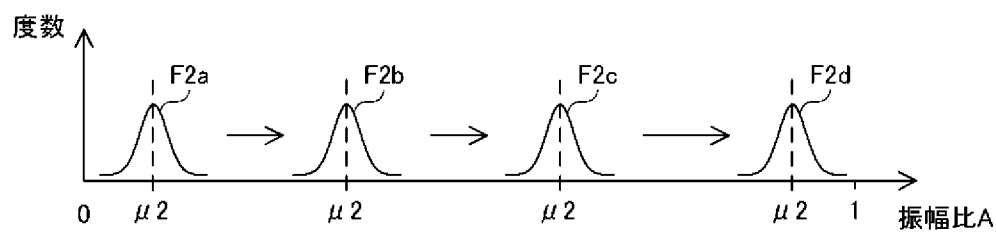
[図9]



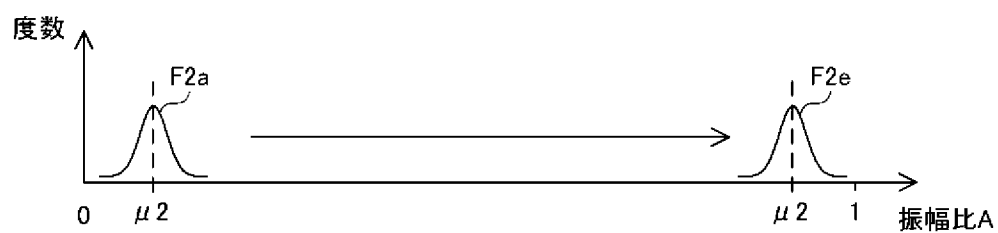
[図10]



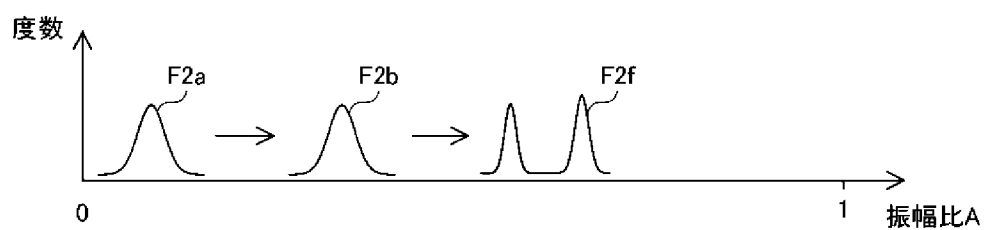
[図11]



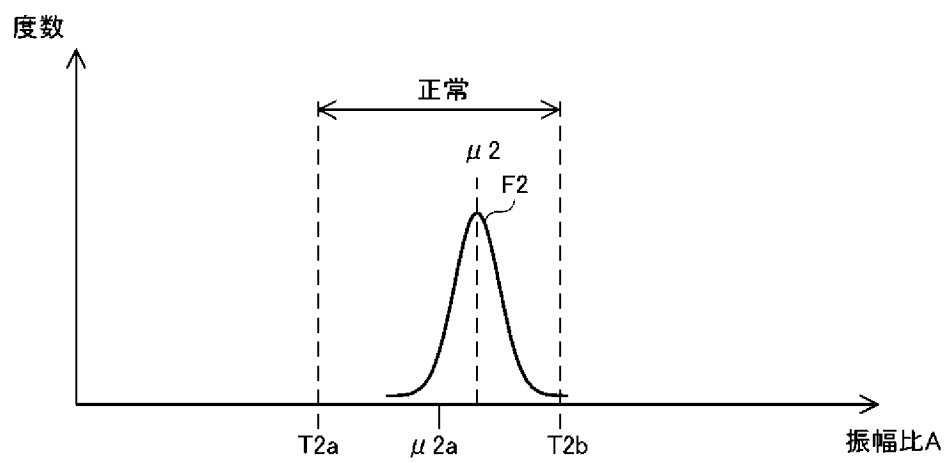
[図12]



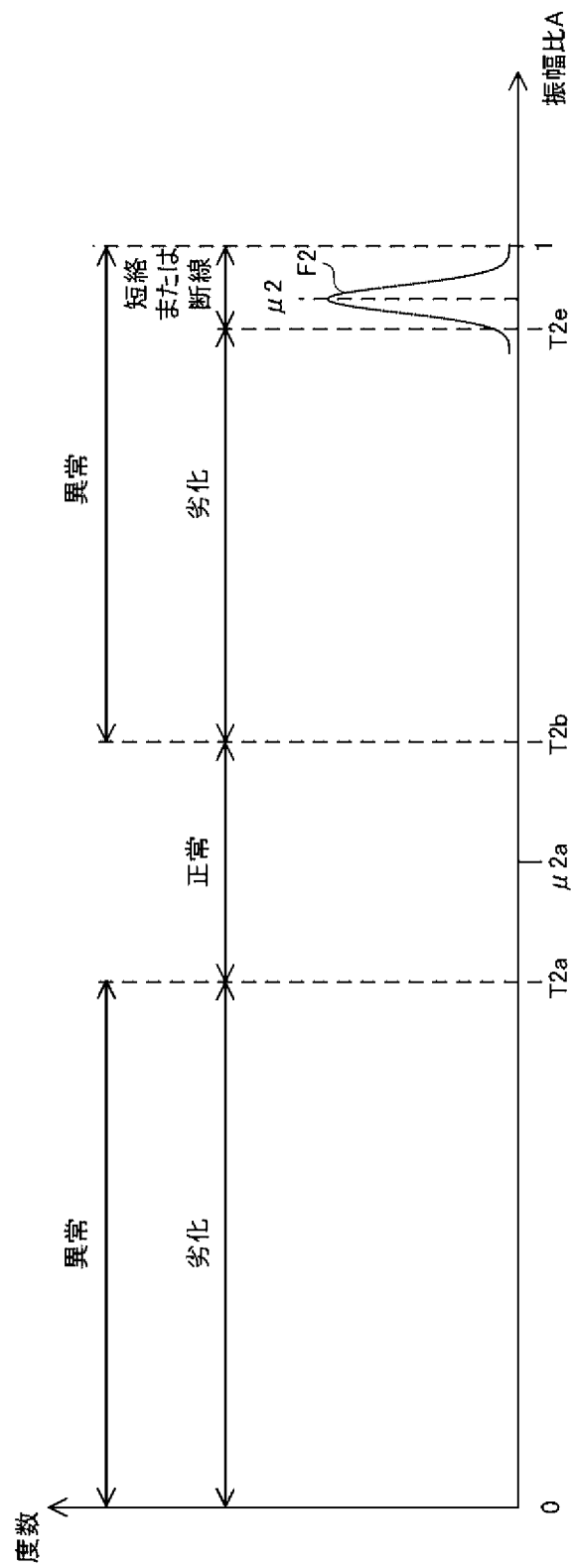
[図13]



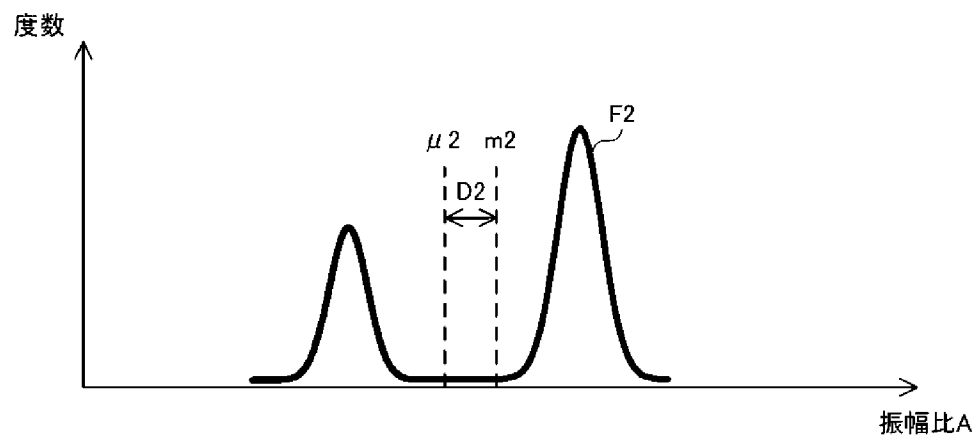
[図14]



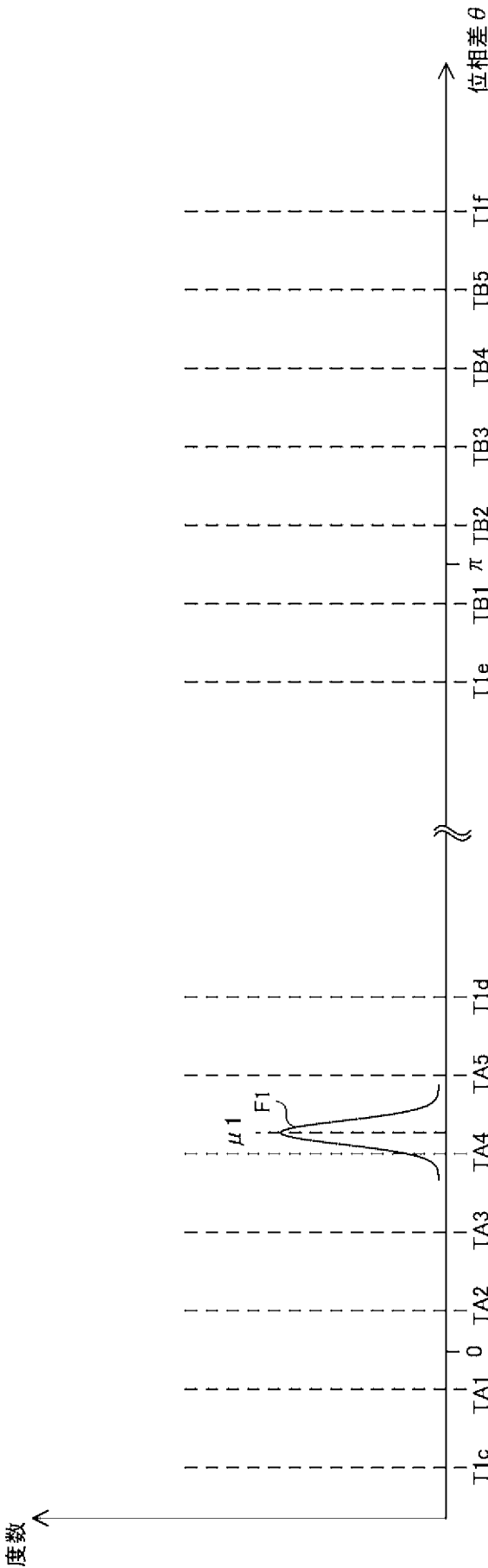
[図15]



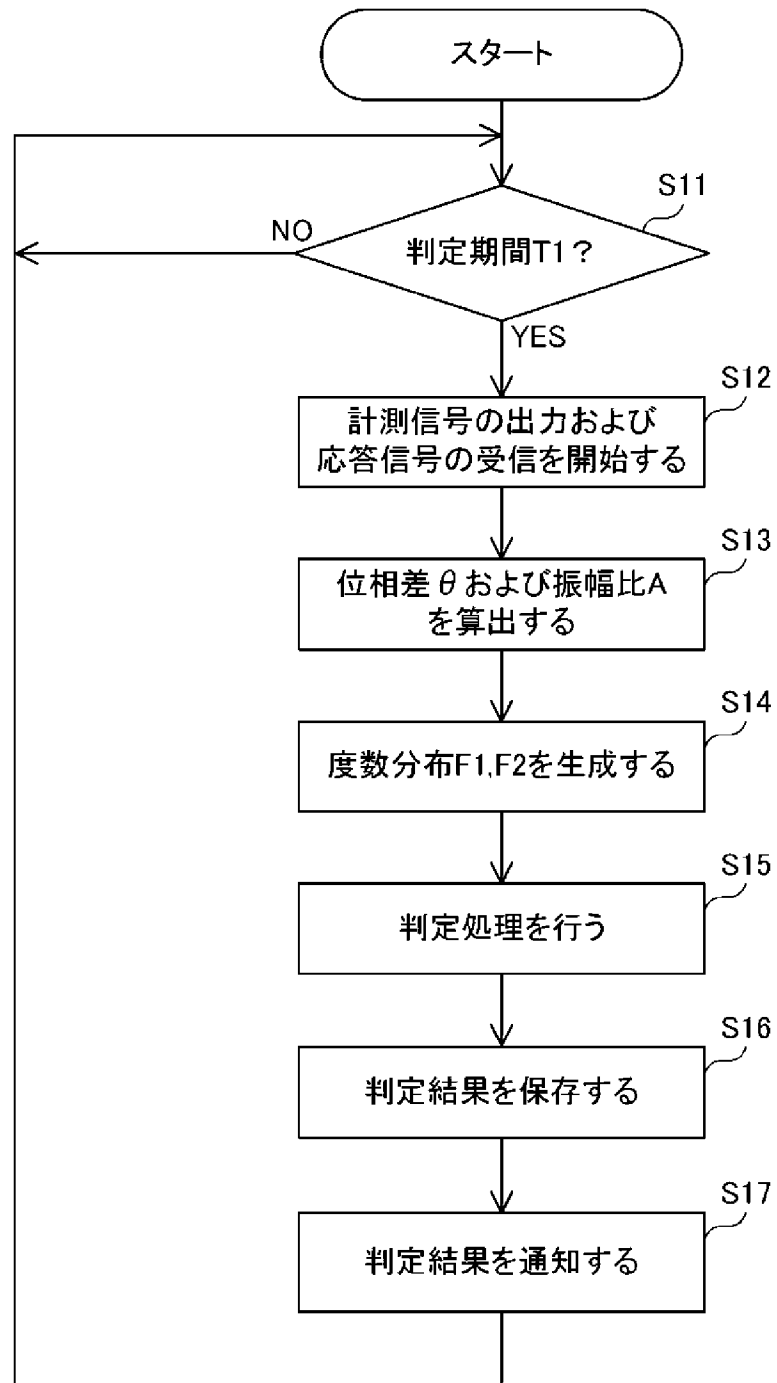
[図16]



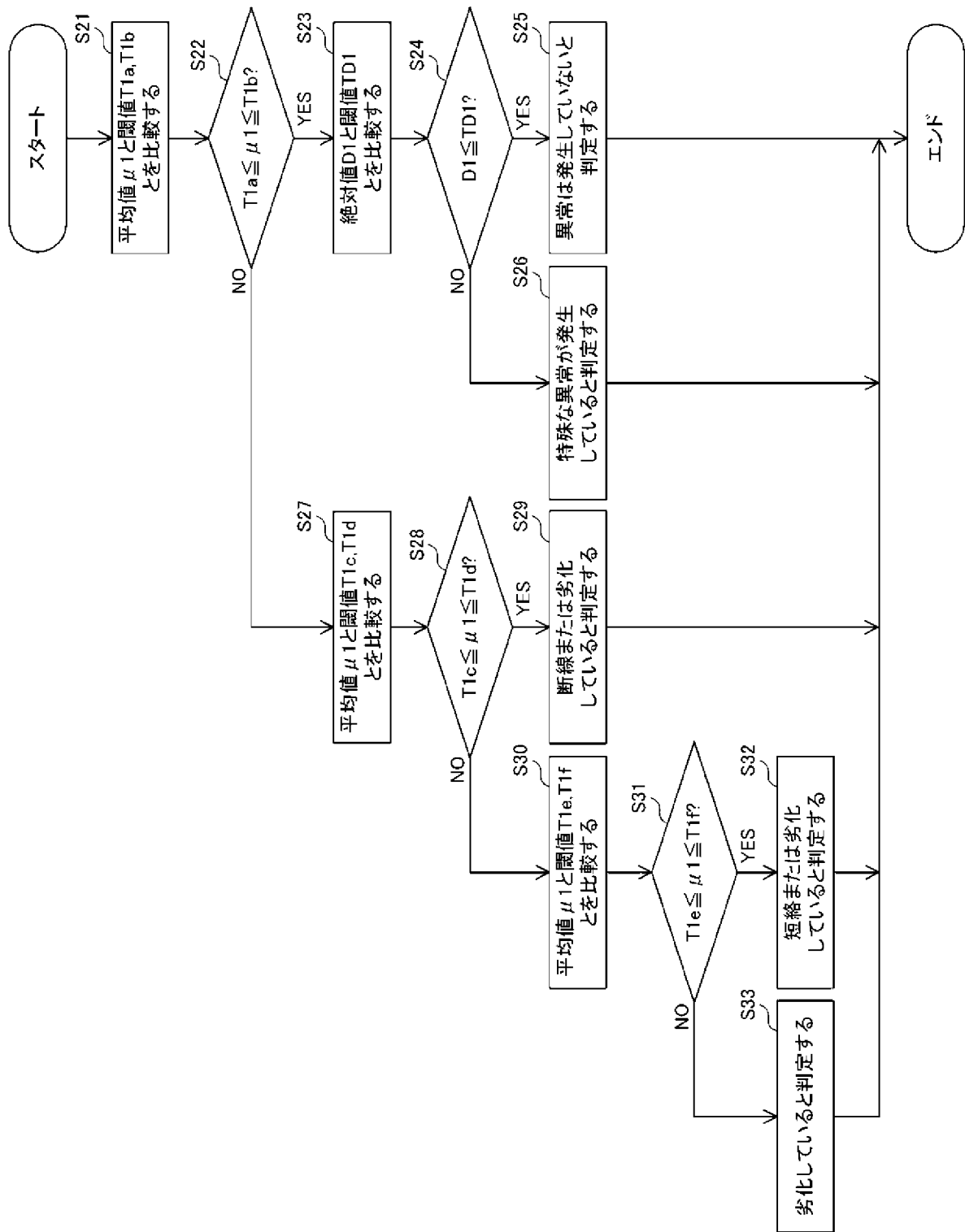
[図17]



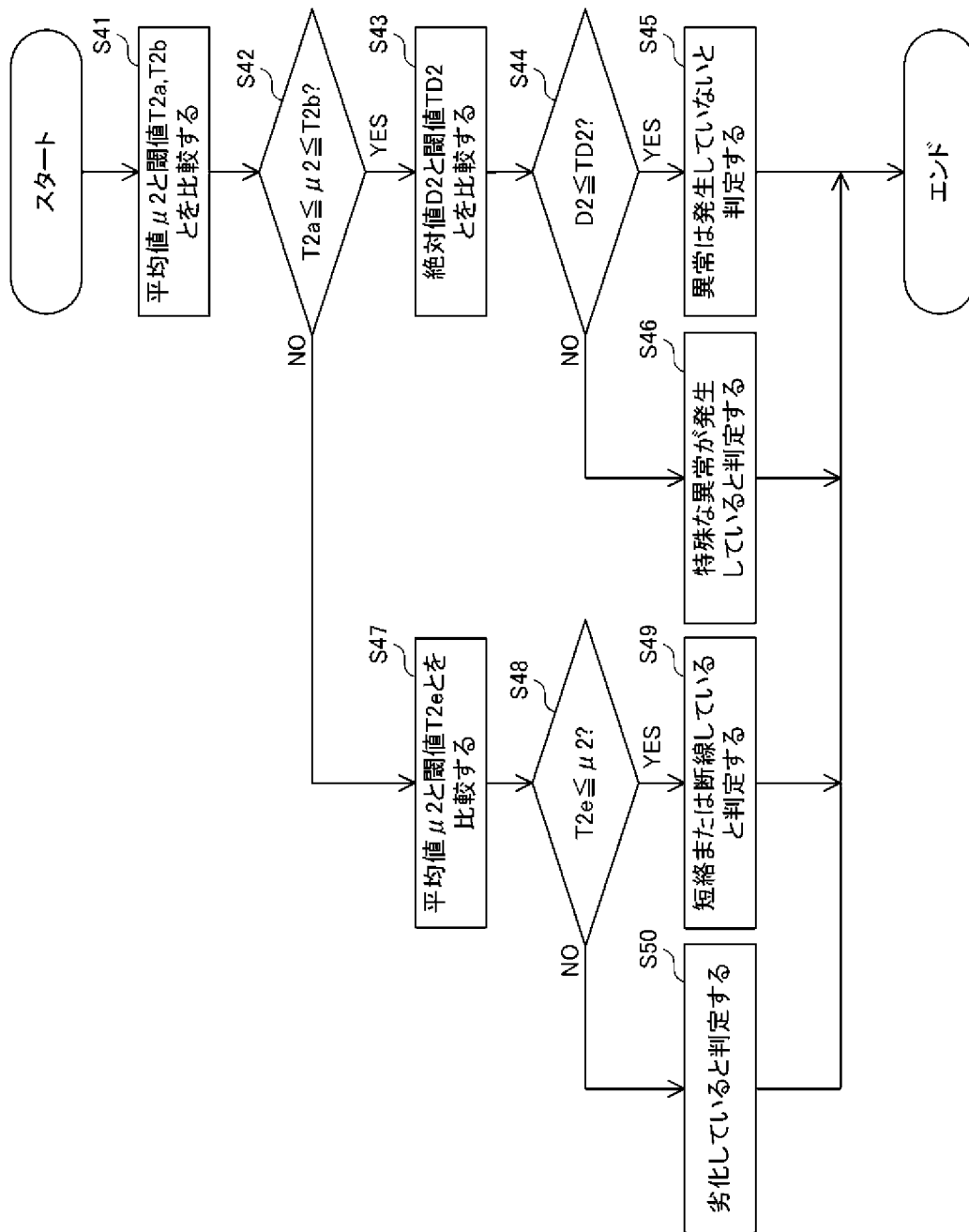
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/000518

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R 31/58(2020.01)i; **G01R 31/08**(2020.01)i; **G01R 31/52**(2020.01)i; **G01R 31/54**(2020.01)i; **H04B 3/46**(2015.01)i
FI: G01R31/58; G01R31/52; G01R31/54; H04B3/46; G01R31/08

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)

G01R31/58; G01R31/08; G01R31/52; G01R31/54; H04B3/46

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 1971-2024
Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

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.
Y	WO 2022/255077 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 08 December 2022 (2022-12-08) paragraphs [0009]-[0230], fig. 1- 23	1-9
Y	US 2019/0107573 A1 (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES) 11 April 2019 (2019-04-11) paragraphs [0001]-[0153], fig. 1- 6	1-9
Y	JP 2008-89528 A (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 17 April 2008 (2008-04-17) paragraph [0016]	1-9

☐ 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
“D” document cited by the applicant in the international application
“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

29 February 2024

Date of mailing of the international search report

12 March 2024

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/JP2024/000518

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2022/255077	A1	08 December 2022	JP	7188656	B1	
US	2019/0107573	A1	11 April 2019	WO	2017/174400	A1	
				FR	3050036	A1	
JP	2008-89528	A	17 April 2008	(Family: none)			

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

G01R 31/58(2020.01)i; G01R 31/08(2020.01)i; G01R 31/52(2020.01)i; G01R 31/54(2020.01)i; H04B 3/46(2015.01)i
FI: G01R31/58; G01R31/52; G01R31/54; H04B3/46; G01R31/08

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））

G01R31/58; G01R31/08; G01R31/52; G01R31/54; H04B3/46

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 1971-2024年
日本国実用新案登録公報 1996-2024年
日本国登録実用新案公報 1994-2024年

国際調査で利用した電子データベース（データベースの名称、調査に利用した用語）

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
Y	WO 2022/255077 A1（住友電気工業株式会社）08.12.2022（2022-12-08） [0009]-[0230], 図1-図23	1-9
Y	US 2019/0107573 A1（COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES）11.04.2019（2019-04-11） [0001]-[0153], 図1-図6	1-9
Y	JP 2008-89528 A（株式会社東芝）17.04.2008（2008-04-17） [0016]	1-9

☐ 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、一般的技术水準を示すもの
“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
“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 29.02.2024

国際調査報告の発送日 12.03.2024

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）

越川 康弘 2S 9605

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

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/JP2024/000518

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2022/255077	A1	08.12.2022	JP	7188656	B1	
US	2019/0107573	A1	11.04.2019	WO	2017/174400	A1	
				FR	3050036	A1	
JP	2008-89528	A	17.04.2008	(ファミリーなし)			