(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8日(08.08.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/161515 A1

(51) 国際特許分類:
H04B 7/005 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/003091

(22) 国際出願日： 2023年1月31日(31.01.2023)

(25) 国際出願の言語： 日本語

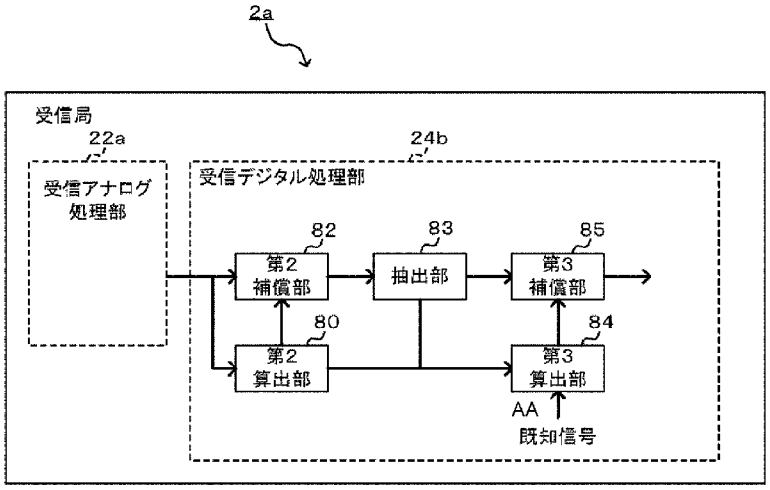
(26) 国際公開の言語： 日本語

(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). 株式会社ＮＴＴドコモ(**NTT DOCOMO, INC.**) [JP/JP]; 〒1006150 東京都千代田区永田町二丁目１１番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 栗山 圭太 (**KURIYAMA, Keita**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 長谷川 仁(**HASEGAWA, Hitoshi**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 宮城 利文(**MIYAGI, Toshifumi**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 須山 聡(**SUYAMA, Satoshi**); 〒1006150 東京都千代田区永田町二丁目１１番１号 山王パークタワー 株式会社ＮＴＴドコモ 知的財産部内 Tokyo (JP). 山田 貴之(**YAMADA, Takayuki**); 〒1006150 東京都千代田区永田町二丁目１１番１号 山王パークタワー 株式会社ＮＴＴドコモ 知的財産部内 Tokyo (JP).

(54) **Title:** WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM, WIRELESS COMMUNICATION DEVICE, WIRELESS COMMUNICATION METHOD, AND SIGNAL COMPENSATION PROGRAM

(54) 発明の名称： 無線通信システム、無線通信装置、無線通信方法及び信号補償プログラム



2a Receiving station
22a Reception analog processing unit
24b Reception digital processing unit
80 Second calculation unit
82 Second compensation unit
83 Extraction unit
84 Third calculation unit
85 Third compensation unit
AA Known signal

(57) **Abstract:** A wireless communication system according to an embodiment of the present invention compensates a processing target signal that is subjected to analog processing in a process for reception, by a reception device, of a signal which is sent using by a transmission device using radio waves, and performs wireless communication, wherein the reception device: receives weights and functional models sent by a transmission analog processing unit; respectively estimates, with the functional models, a plurality of factors that reduce the accuracy of analog processing of a processing target signal; calculates the respective weights of the plurality of factors with respect to a decrease in accuracy of the analog processing; uses the functional models to compensate the processing target signal on the basis of the respective weights of the received functional models and the calculated weights; calculates the respective weights of the plurality of

WO 2024/161515 A1

［続葉有］

(74) 代理人: 弁理士法人高田・高橋国際特許事務所 (TAKADA, TAKAHASHI & PARTNERS); 〒1040045 東京都中央区築地１丁目１２番２２号 コンワビル７階 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, 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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

factors with respect to a residual error remaining in the compensated signal; and performs compensation accompanied by machine learning with respect to the compensated processing target signal, on the basis of the calculated weights.

(57) 要約：一実施形態にかかる無線通信システムは、送信装置が電波を利用して送信する信号を受信装置が受信するための過程でアナログ処理される被処理信号を補償して無線通信を行う無線通信システムにおいて、受信装置が、送信アナログ処理部が送信した関数モデルそれぞれ及びウエイトを受信し、被処理信号をアナログ処理する精度を低下させる複数の要因それぞれを関数モデルにより推定し、アナログ処理する精度の低下に対して複数の要因がそれぞれ占めるウエイトを算出し、受信した関数モデルそれぞれ及びウエイト、並びに算出したウエイトに基づいて、関数モデルそれぞれを用いて被処理信号を補償し、補償した信号に残留する残留誤差に対して複数の要因がそれぞれ占めるウエイトを算出し、算出したウエイトに基づいて、補償した被処理信号に機械学習を伴う補償を行う。

明　細　書

発明の名称 ：

無線通信システム、無線通信装置、無線通信方法及び信号補償プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、無線通信システム、無線通信装置、無線通信方法及び信号補償プログラムに関する。

背景技術

[0002] 無線通信において、例えば直交変復調を用いる場合、受信される直交成分Ｉ，Ｑは、それぞれ異なる干渉の影響を受けて、異なる減衰及び位相回転の信号となってしまうことがある（ＩＱインバランス）。ＩＱインバランスなどが生じると、無線通信の品質が劣化してしまうため、事象を推定し、補償する技術が必要となる。

[0003] ＩＱインバランス以外にも、増幅器の非線形歪み、キャリア周波数オフセット、及び位相雑音など、送信装置が電波を利用して送信する信号を受信装置が受信するための過程でアナログ処理される被処理信号を補償して無線通信を行う技術が提案されている（例えば、非特許文献１参照）。

[0004] アナログ処理される被処理信号は、無線通信装置のアナログデバイス回路に起因して障害（デバイス障害）が生じることが多い。

先行技術文献

非特許文献

[0005] 非特許文献1：S. Fouladifard, H. Shafiee, “Frequency offset estimation in OFDM systems in presence of IQ imbalance,” ICCS, 2002, pp.214-218

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、従来は、デバイス障害が複合的に生じる場合、個別事象をそれぞれ推定して補償すると、補償精度が劣化してしまうという問題があっ

た。つまり、デバイス障害が複合的に生じると、残留誤差により無線通信の品質が劣化してしまうことがあった。

[0007] 本発明は、上述した課題を鑑みてなされたものであり、送信装置が電波を利用して送信する信号を受信装置が受信するための過程でアナログ処理される被処理信号に対してデバイス障害が複合的に生じても、被処理信号を精度よく補償することができる無線通信システム、無線通信装置、無線通信方法及び信号補償プログラム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

[0008] 本発明の一実施形態にかかる無線通信システムは、送信装置が電波を利用して送信する信号を受信装置が受信するための過程でアナログ処理される被処理信号を補償して無線通信を行う無線通信システムにおいて、前記送信装置が、前記被処理信号をアナログ処理する精度を低下させる複数の要因それぞれを関数モデルにより推定し、アナログ処理する精度の低下に対して前記複数の要因がそれぞれ占めるウエイトを算出する第１算出部と、前記第１算出部が推定した関数モデルそれぞれ及びウエイトを送信する処理を行う送信アナログ処理部とを有し、前記受信装置が、前記送信アナログ処理部が送信した関数モデルそれぞれ及びウエイトを受信する受信アナログ処理部と、前記被処理信号をアナログ処理する精度を低下させる複数の要因それぞれを関数モデルにより推定し、アナログ処理する精度の低下に対して前記複数の要因がそれぞれ占めるウエイトを算出する第２算出部と、前記受信アナログ処理部が受信した関数モデルそれぞれ及びウエイト、並びに前記第２算出部が算出したウエイトに基づいて、前記関数モデルそれぞれを用いて前記被処理信号を補償する第２補償部と、前記第２補償部が補償した信号に残留する残留誤差に対して前記複数の要因がそれぞれ占めるウエイトを算出する第３算出部と、前記第３算出部が算出したウエイトに基づいて、前記第２補償部が補償した前記被処理信号に機械学習を伴う補償を行う第３補償部とを有することを特徴とする。

[0009] また、本発明の一実施形態にかかる無線通信装置は、電波を利用して送受

信するための過程でアナログ処理される被処理信号を補償して無線通信を行う無線通信装置において、他の無線通信装置が備える第１算出部が推定した前記被処理信号をアナログ処理する精度を低下させる複数の要因に対応する複数の関数モデル、及び、アナログ処理する精度の低下に対して前記複数の要因がそれぞれ占めるウエイトを受信する受信アナログ処理部と、前記被処理信号をアナログ処理する精度を低下させる複数の要因それぞれを関数モデルにより推定し、アナログ処理する精度の低下に対して前記複数の要因がそれぞれ占めるウエイトを算出する第２算出部と、前記受信アナログ処理部が受信した関数モデルそれぞれ及びウエイト、並びに前記第２算出部が算出したウエイトに基づいて、前記関数モデルそれぞれを用いて前記被処理信号を補償する第２補償部と、前記第２補償部が補償した信号に残留する残留誤差に対して前記複数の要因がそれぞれ占めるウエイトを算出する第３算出部と、前記第３算出部が算出したウエイトに基づいて、前記第２補償部が補償した前記被処理信号に機械学習を伴う補償を行う第３補償部とを有することを特徴とする。

[0010] また、本発明の一実施形態にかかる無線通信方法は、送信装置が電波を利用して送信する信号を受信装置が受信するための過程でアナログ処理される被処理信号を補償して無線通信を行う無線通信方法において、前記送信装置が、前記被処理信号をアナログ処理する精度を低下させる複数の要因それぞれを関数モデルにより推定し、アナログ処理する精度の低下に対して前記複数の要因がそれぞれ占めるウエイトを算出する第１算出工程と、前記第１算出工程により推定した関数モデルそれぞれ及びウエイトを送信する処理を行う送信アナログ処理工程とを行い、前記受信装置が、前記送信アナログ処理工程により送信した関数モデルそれぞれ及びウエイトを受信する受信アナログ処理工程と、前記被処理信号をアナログ処理する精度を低下させる複数の要因それぞれを関数モデルにより推定し、アナログ処理する精度の低下に対して前記複数の要因がそれぞれ占めるウエイトを算出する第２算出工程と、前記受信アナログ処理工程により受信した関数モデルそれぞれ及びウエイト

、並びに前記第２算出工程により算出したウエイトに基づいて、前記関数モデルそれぞれを用いて前記被処理信号を補償する第２補償工程と、前記第２補償工程により補償した信号に残留する残留誤差に対して前記複数の要因がそれぞれ占めるウエイトを算出する第３算出工程と、前記第３算出工程により算出したウエイトに基づいて、前記第２補償工程により補償した前記被処理信号に機械学習を伴う補償を行う第３補償工程とを行うことを特徴とする。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、送信装置が電波を利用して送信する信号を受信装置が受信するための過程でアナログ処理される被処理信号に対してデバイス障害が複合的に生じても、被処理信号を精度よく補償することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]無線通信システムの構成概要を示す図である。

[図2]比較例として複数のデバイス障害を補償する無線通信システムの補償モデルを含む構成を模式的に例示する図である。

[図3]一実施形態にかかる複数のデバイス障害を補償する無線通信システムの補償モデルを含む構成を模式的に例示する図である。

[図4]一実施形態にかかる無線通信システムの動作例を示すフローチャートである。

[図5]一実施形態にかかる無線通信システムの他の形態の構成概要を示す図である。

[図6]再生中継局の補償モデルを含む構成を模式的に例示する図である。

[図7]受信装置の補償モデルを含む構成を模式的に例示する図である。

[図8]一実施形態にかかる受信装置が有するハードウェア構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下に、図面を用いて無線通信システムの構成と、無線通信の品質を補償する構成とについて説明する。図１は、無線通信システムの構成概要を示す

図である。

[0014] 図１に示すように、無線通信システムは、例えば送信装置（送信局）１が送信する電波を受信装置（受信局）２が受信するように構成されている。そして、当該無線通信システムは、送信装置１が電波を利用して送信する信号を受信装置２が受信するための過程でアナログ処理される被処理信号を補償して無線通信を行う。

[0015] 送信装置１は、送信デジタル処理部１０、送信アナログ処理部１２及びアンテナ１４を有する。送信デジタル処理部１０は、信号を送信するためのデジタル処理を実行する。送信アナログ処理部１２は、信号を送信するためのアナログ処理を実行し、アンテナ１４を介して信号を送信する。

[0016] 送信アナログ処理部１２は、例えば直交変調回路３０、周波数変換回路３２及び電力増幅回路３４を有する。

[0017] 直交変調回路３０においては、ＩＱインバランスのデバイス障害が生じ得る。周波数変換回路３２においては、位相雑音のデバイス障害が生じ得る。電力増幅回路３４においては、非線形歪みのデバイス障害が生じ得る。

[0018] 受信装置２は、アンテナ２０、受信アナログ処理部２２及び受信デジタル処理部２４を有する。受信アナログ処理部２２は、アンテナ２０を介して信号を受信し、例えば信号を復調可能にするためのアナログ処理等を実行する。受信デジタル処理部２４は、受信アナログ処理部２２が受信した信号に対してデジタル処理を実行する。

[0019] 受信アナログ処理部２２は、例えば周波数変換回路４０及び直交復調回路４２を有する。周波数変換回路４０においては、位相雑音のデバイス障害が生じ得る。直交復調回路４２においては、ＩＱインバランスのデバイス障害が生じ得る。

[0020] また、送信装置１が送信する信号を受信装置２が受信する場合にはフェージングチャネルがある。また、周波数変換回路３２と周波数変換回路４０との間には、キャリア周波数オフセットが生じえる。

[0021] そこで、送信デジタル処理部１０及び受信デジタル処理部２４の少なくと

もいずれかは、デバイス障害それぞれを事象ごとに推定し、復号的に生じ得るデバイス障害に対する補償を実行する。

[0022] 図２は、比較例として複数のデバイス障害を補償する無線通信システムの補償モデルを含む構成を模式的に例示する図である。以下、上述した構成と実質的に同一の構成には同一の符号が付してある。

[0023] 図２に例示した無線通信システムは、受信装置２が補償を実行する１対１の無線通信を実行するために、送信装置１及び受信装置２で生じる得るデバイス障害の関数モデルを２つとしている。

[0024] ここで、Ｇは、それぞれアナログデバイスのデバイス障害を関数モデル化表現したものであるとする。また、Ｈ１００は、送信装置１と受信装置２におけるフェージングチャネルの伝達関数であるとする。

[0025] 具体的には、送信アナログ処理部１２に対し、関数モデル（$G_{TX,1}$）５０及び関数モデル（$G_{TX,2}$）５２が設定されている。また、受信アナログ処理部２２に対し、関数モデル（$G_{RX,1}$）６０及び関数モデル（$G_{RX,2}$）６２が設定されている。

[0026] 受信デジタル処理部２４は、第１算出部７０及び第１補償部７２を有する。

[0027] 第１算出部７０は、被処理信号をアナログ処理する精度を低下させる複数の要因をそれぞれ関数モデル（関数モデル５０、関数モデル５２、Ｈ１００、関数モデル６０、関数モデル６２）により推定し、アナログ処理する精度の低下に対して複数の要因がそれぞれ占めるウエイト（補償ウエイト）を算出する。

[0028] 第１補償部７２は、第１算出部７０が算出したウエイトに基づいて、関数モデル（関数モデル５０、関数モデル５２、Ｈ１００、関数モデル６０、関数モデル６２）それぞれを用いてアナログ処理される被処理信号を補償する。

[0029] このとき、デバイス障害が複合的に生じると、関数モデルの各関数の推定精度が劣化することがあり、適切な補償ウエイトを算出することができず、

残留誤差による無線通信品質の劣化が生じることがある。

[0030] 図３は、一実施形態にかかる複数のデバイス障害を補償する無線通信システムの補償モデルを含む構成を模式的に例示する図である。図３に例示した無線通信システムは、受信デジタル処理部２４が上述した第１算出部７０及び第１補償部７２に加えて、第２算出部７４及び第２補償部７６を有する。

[0031] 第２算出部７４は、第１補償部７２が補償した信号に残留する残留誤差に対して複数の要因がそれぞれ占めるウエイト（補償ウエイト）を算出する。

[0032] 第２補償部７６は、第２算出部７４が算出したウエイト及び既知信号に基づいて、第１補償部７２が補償した被処理信号に機械学習を伴う補償を行う。例えば、第２補償部７６は、線形補償、ニューラルネットワークによる補償、又は非線形活性化関数を用いた非線形補償の少なくともいずれかにより、被処理信号に対して機械学習を伴う補償を行う。なお、第２補償部７６が実行する非線形補償のアルゴリズムは任意であるとする。

[0033] 次に、一実施形態にかかる無線通信システムの動作例について説明する。図４は、一実施形態にかかる無線通信システムの動作例を示すフローチャートである。

[0034] 図４に示すように、ステップ１００（Ｓ１００）において、無線通信システムは、関数モデルのウエイトを算出する。

[0035] ステップ１０２（Ｓ１０２）において、無線通信システムは、関数モデルを用いた補償を行う。

[0036] ステップ１０４（Ｓ１０４）において、無線通信システムは、非線形補償のウエイトを算出する。例えば、無線通信システムは、関数モデルを用いた補償結果、関数モデルの推定値、及び既知信号に基づいて、残留誤差が最小になるように非線形補償ウエイトを学習する。

[0037] ステップ１０６（Ｓ１０６）において、無線通信システムは、残留誤差の非線形補償を行う。例えば、無線通信システムは、関数モデルを用いた補償結果と非線形補償ウエイトに基づいて残留誤差補償を行う。

[0038] ステップ１０８（Ｓ１０８）において、無線通信システムは、復調などの

デジタル処理を実行する。

[0039] 次に、無線通信システムの他の形態について説明する。図５は、一実施形態にかかる無線通信システムの他の形態の構成概要を示す図である。図５に示すように、無線通信システムの他の形態では、例えば送信装置（送信局）１ａが送信する電波を受信装置（受信局）２ａが受信するように、例えば１段の再生中継局（中継局）３ａが中継する構成となっている。そして、当該無線通信システムは、送信装置１ａが電波を利用して送信する信号を受信装置２ａが受信するための過程でアナログ処理される被処理信号を補償して無線通信を行う。

[0040] なお、再生中継局３ａは、送信装置としての機能と、受信装置としての機能を備えて、送信装置１ａが送信する信号を受信装置２ａへ中継する。

[0041] また、当該無線通信システムは、送信装置１ａ又は再生中継局３ａが推定したデバイス障害のモデル及びチャネルの伝達関数を補助情報（サブ情報）として後段となる再生中継局３ａ又は受信装置２ａへ送信する。そして、当該後段の再生中継局３ａ又は受信装置２ａは、送信されたデバイス障害のモデル及びチャネルの伝達関数を用いて非線形補償を実行するように構成されている。また、送信装置１ａ又は再生中継局３ａは、信号の送信前に事前補償を行う場合、補助情報のフィードバックを受けるように構成されてもよい。

[0042] 図６は、再生中継局３ａの補償モデルを含む構成を模式的に例示する図である。図６に例示した再生中継局３ａは、受信アナログ処理部２２ａ、デジタル処理部２４ａ及び送信アナログ処理部２６ａを有する。

[0043] 受信アナログ処理部２２ａは、例えば送信装置１ａが送信した信号を受信して、例えば信号を復調可能にするためのアナログ処理等を実行する。デジタル処理部２４ａは、受信アナログ処理部２２ａが受信した信号に対してデジタル処理を実行する。送信アナログ処理部２６ａは、受信アナログ処理部２２ａがデジタル処理した信号を例えば受信装置２ａへ送信するようにアナログ処理を行う。例えば、送信アナログ処理部２６ａは、第１算出部７０が

推定した関数モデルそれぞれ及びウエイトを送信する処理を行う。

[0044] 再生中継局３ａが備える受信アナログ処理部２２ａは、例えば送信装置１ａが送信した関数モデルそれぞれ及びウエイトを受信する。

[0045] デジタル処理部２４ａは、例えば第１算出部７０、第１補償部７２、復調復号化部７７、付加部７８、及び変調符号化部７９を有する。

[0046] 復調復号化部７７は、第１補償部７２が補償した信号を復調復号化する。付加部７８は、復調復号化部７７が復調復号化した信号に対し、第１算出部７０が推定した関数モデル（関数モデル５０、関数モデル５２、Ｈ１００、関数モデル６０、関数モデル６２）とウエイト（補償ウエイト）を付加して出力する。変調符号化部７９は、付加部７８が出力した信号を変調符号化する。

[0047] 図７は、受信装置２ａの補償モデルを含む構成を模式的に例示する図である。図７に例示した受信装置２ａは、受信アナログ処理部２２ａ及び受信デジタル処理部２４ｂを有する。

[0048] 受信デジタル処理部２４ｂは、第２算出部８０、第２補償部８２、抽出部８３、第３算出部８４、及び第３補償部８５を有する。

[0049] 第２算出部８０は、被処理信号をアナログ処理する精度を低下させる複数の要因それぞれを関数モデルにより推定し、アナログ処理する精度の低下に対して前記複数の要因がそれぞれ占めるウエイトを算出して出力する。

[0050] 第２補償部８２は、受信アナログ処理部２２ａが受信した関数モデルそれぞれ及びウエイト、並びに第２算出部８０が算出したウエイトに基づいて、関数モデルそれぞれを用いて被処理信号を補償して出力する。

[0051] 抽出部８３は、第２補償部８２が出力した信号から上述した補助情報を抽出し、第３算出部８４及び第３補償部８５に対して出力する。

[0052] 第３算出部８４は、例えば第２算出部８０及び抽出部８３が出力した情報を用いて、第２補償部８２が補償した信号に残留する残留誤差に対して複数の要因がそれぞれ占めるウエイトを算出する。

[0053] 第３補償部８５は、第３算出部８４が算出したウエイトに基づいて、第２

補償部８２が補償した被処理信号に機械学習を伴う補償を行う。例えば、第３補償部８５は、線形補償、ニューラルネットワークによる補償、又は非線形活性化関数を用いた非線形補償の少なくともいずれかにより、被処理信号に対して機械学習を伴う補償を行う。

[0054] なお、一実施形態にかかる無線通信システムは、複数の関数モデルを用いたデバイス障害の推定と補償を行う。また、無線通信システムは、関数モデルの使用の有無や、関数モデルの数などは任意とされてもよい。

[0055] また、一実施形態にかかる無線通信システムの構成は、１対１通信、１対多通信、多対多通信、中継局（再生中継／非再生中継を含む）を介するマルチホップ通信などのシステム数や、ＳＩＭＯ／ＭＩＭＯなどのアンテナ構成、シングルキャリア／マルチキャリア伝送などの信号の性質など、その形態は限定されない。

[0056] また、一実施形態にかかる無線通信システムは、非線形補償の処理を送信局、受信局、中継局などのいずれの無線通信装置が実施してもよく、無線通信装置の数も限定されない。また、サブ情報の送信に係る形態は、サブキャリア、占有パケット／スロット、電力多重、ＭＩＭＯ多重、周波数多重など、方法を限定されない。

[0057] このように、一実施形態にかかる無線通信システムは、補償した信号に残留する残留誤差に対しても機械学習を伴う補償を行うので、送信装置が電波を利用して送信する信号を受信装置が受信するための過程でアナログ処理される被処理信号に対してデバイス障害が複合的に生じても、被処理信号を精度よく補償することができる。

[0058] なお、算出部及び補償部それぞれに対する第１～第３の記載は、１つの無線通信システム内では異なる構成であることを単に示す記載である。

[0059] また、送信装置１及び受信装置２，２ａがそれぞれ有する各機能は、それぞれ一部又は全部がＰＬＤ（Programmable Logic Device）やＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）等のハードウェアによって構成されてもよいし、ＣＰＵ等のプロセッサが実行するプログラムとして構成されてもよい。

[0060] 例えば、受信装置２，２ａは、コンピュータとプログラムを用いて実現することができ、プログラムを記憶媒体に記録することも、ネットワークを通して提供することも可能である。

[0061] 図８は、一実施形態にかかる受信装置２ａが有するハードウェア構成例を示す図である。図８に示すように、受信装置２ａは、入力部９０、出力部９１、通信部９２、ＣＰＵ９３、メモリ９４及びＨＤＤ９５がバス９６を介して接続され、コンピュータとしての機能を備える。また、受信装置２は、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体９７との間でデータを入出力することができるようにされている。

[0062] 入力部９０は、例えばキーボード及びマウス等である。出力部９１は、例えばディスプレイなどの表示装置である。

[0063] 通信部９２は、無線通信を行う通信インターフェースである。

[0064] ＣＰＵ９３は、受信装置２ａを構成する各部を制御し、所定の処理等を行う。メモリ９４及びＨＤＤ９５は、データ等を記憶する記憶装置である。

[0065] 記憶媒体９７は、受信装置２ａが有する機能を実行させるプログラム等を記憶可能にされている。なお、受信装置２ａを構成するアーキテクチャは図５に示した例に限定されない。

符号の説明

[0066] １，１ａ・・・送信装置、２，２ａ・・・受信装置、３ａ・・・再生中継局、１０・・・送信デジタル処理部、１２・・・送信アナログ処理部、１４・・・アンテナ、２０・・・アンテナ、２２，２２ａ・・・受信アナログ処理部、２４，２４ｂ・・・受信デジタル処理部、２４ａ・・・デジタル処理部、２６ａ・・・送信アナログ処理部、３０・・・直交変調回路、３２・・・周波数変換回路、３４・・・電力増幅回路、４０・・・周波数変換回路、４２・・・直交復調回路、５０，５２，６０，６２・・・関数モデル、７０・・・第１算出部、７２・・・第１補償部、７４・・・第２算出部、７６・・・第２補償部、７７・・・復調復号化部、７８・・・付加部、７９・・・変調符号化部、８０・・・第２算出部、８２・・・第２補償部、８３・・・

抽出部、８４・・・第３算出部、８５・・・第３補償部、９０・・・入力部、９１・・・出力部、９２・・・通信部、９３・・・ＣＰＵ，９４・・・メモリ、９５・・・ＨＤＤ、９６・・・バス、９７・・・記憶媒体、１００・・・Ｈ（伝達関数）

請求の範囲

[請求項1] 送信装置が電波を利用して送信する信号を受信装置が受信するための過程でアナログ処理される被処理信号を補償して無線通信を行う無線通信システムにおいて、

前記送信装置は、

前記被処理信号をアナログ処理する精度を低下させる複数の要因それぞれを関数モデルにより推定し、アナログ処理する精度の低下に対して前記複数の要因がそれぞれ占めるウエイトを算出する第１算出部と、

前記第１算出部が推定した関数モデルそれぞれ及びウエイトを送信する処理を行う送信アナログ処理部と

を有し、

前記受信装置は、

前記送信アナログ処理部が送信した関数モデルそれぞれ及びウエイトを受信する受信アナログ処理部と、

前記被処理信号をアナログ処理する精度を低下させる複数の要因それぞれを関数モデルにより推定し、アナログ処理する精度の低下に対して前記複数の要因がそれぞれ占めるウエイトを算出する第２算出部と、

前記受信アナログ処理部が受信した関数モデルそれぞれ及びウエイト、並びに前記第２算出部が算出したウエイトに基づいて、前記関数モデルそれぞれを用いて前記被処理信号を補償する第２補償部と、

前記第２補償部が補償した信号に残留する残留誤差に対して前記複数の要因がそれぞれ占めるウエイトを算出する第３算出部と、

前記第３算出部が算出したウエイトに基づいて、前記第２補償部が補償した前記被処理信号に機械学習を伴う補償を行う第３補償部と

を有することを特徴とする無線通信システム。

[請求項2] 前記第３補償部は、

線形補償、ニューラルネットワークによる補償、又は非線形活性化関数を用いた非線形補償の少なくともいずれかにより、前記被処理信号に対して機械学習を伴う補償を行うこと

を特徴とする請求項１に記載の無線通信システム。

[請求項3] 電波を利用して送受信するための過程でアナログ処理される被処理信号を補償して無線通信を行う無線通信装置において、

他の無線通信装置が備える第１算出部が推定した前記被処理信号をアナログ処理する精度を低下させる複数の要因に対応する複数の関数モデル、及び、アナログ処理する精度の低下に対して前記複数の要因がそれぞれ占めるウエイトを受信する受信アナログ処理部と、

前記被処理信号をアナログ処理する精度を低下させる複数の要因それぞれを関数モデルにより推定し、アナログ処理する精度の低下に対して前記複数の要因がそれぞれ占めるウエイトを算出する第２算出部と、

前記受信アナログ処理部が受信した関数モデルそれぞれ及びウエイト、並びに前記第２算出部が算出したウエイトに基づいて、前記関数モデルそれぞれを用いて前記被処理信号を補償する第２補償部と、

前記第２補償部が補償した信号に残留する残留誤差に対して前記複数の要因がそれぞれ占めるウエイトを算出する第３算出部と、

前記第３算出部が算出したウエイトに基づいて、前記第２補償部が補償した前記被処理信号に機械学習を伴う補償を行う第３補償部と

を有することを特徴とする無線通信装置。

[請求項4] 前記第３補償部は、

線形補償、ニューラルネットワークによる補償、又は非線形活性化関数を用いた非線形補償の少なくともいずれかにより、前記被処理信号に対して機械学習を伴う補償を行うこと

を特徴とする請求項３に記載の無線通信装置。

[請求項5] 送信装置が電波を利用して送信する信号を受信装置が受信するため

の過程でアナログ処理される被処理信号を補償して無線通信を行う無線通信方法において、

前記送信装置は、

前記被処理信号をアナログ処理する精度を低下させる複数の要因それぞれを関数モデルにより推定し、アナログ処理する精度の低下に対して前記複数の要因がそれぞれ占めるウエイトを算出する第１算出工程と、

前記第１算出工程により推定した関数モデルそれぞれ及びウエイトを送信する処理を行う送信アナログ処理工程と

を行い、

前記受信装置は、

前記送信アナログ処理工程により送信した関数モデルそれぞれ及びウエイトを受信する受信アナログ処理工程と、

前記被処理信号をアナログ処理する精度を低下させる複数の要因それぞれを関数モデルにより推定し、アナログ処理する精度の低下に対して前記複数の要因がそれぞれ占めるウエイトを算出する第２算出工程と、

前記受信アナログ処理工程により受信した関数モデルそれぞれ及びウエイト、並びに前記第２算出工程により算出したウエイトに基づいて、前記関数モデルそれぞれを用いて前記被処理信号を補償する第２補償工程と、

前記第２補償工程により補償した信号に残留する残留誤差に対して前記複数の要因がそれぞれ占めるウエイトを算出する第３算出工程と、

前記第３算出工程により算出したウエイトに基づいて、前記第２補償工程により補償した前記被処理信号に機械学習を伴う補償を行う第３補償工程と

を行うことを特徴とする無線通信方法。

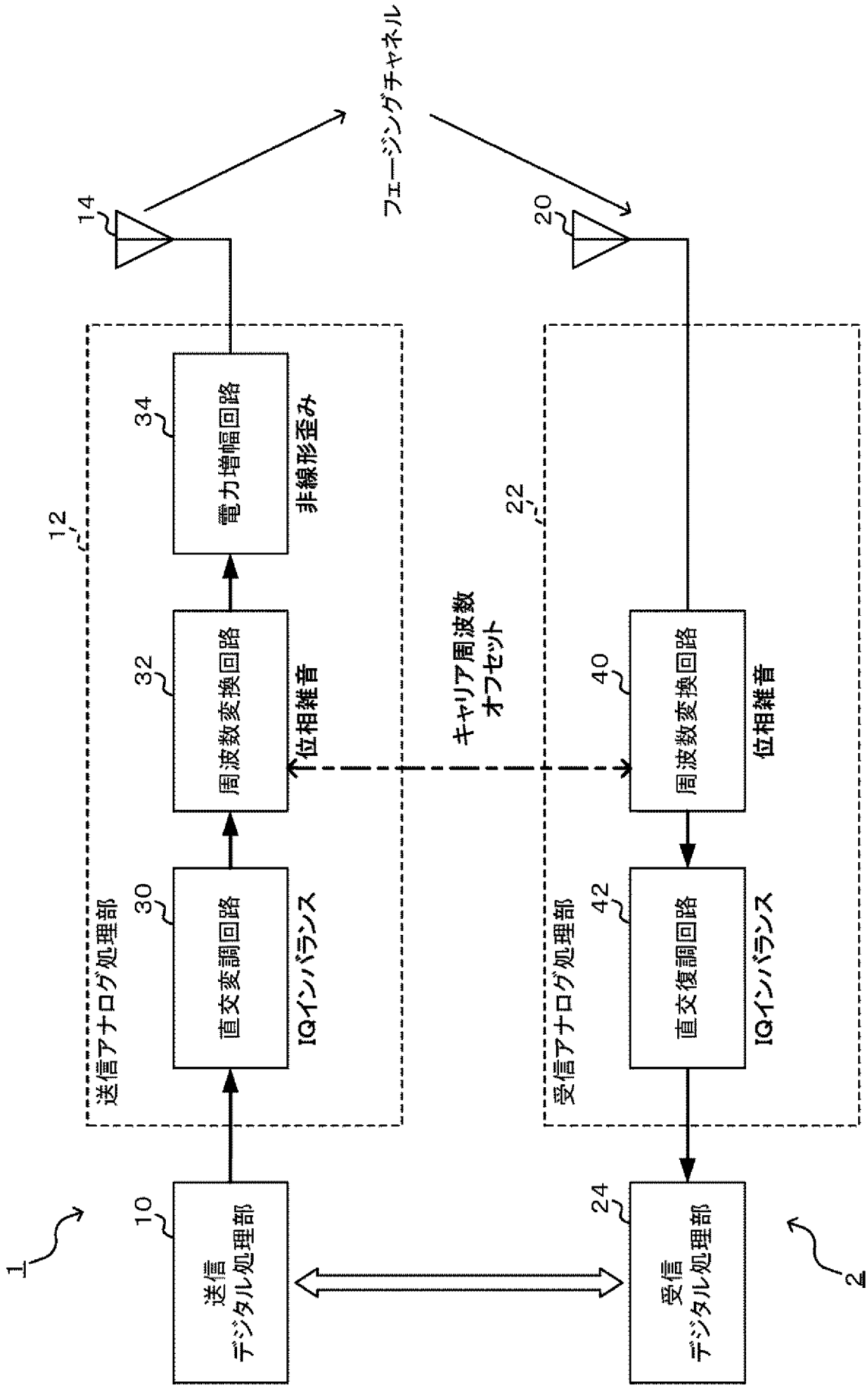
[請求項6] 前記第３補償工程では、

線形補償、ニューラルネットワークによる補償、又は非線形活性化関数を用いた非線形補償の少なくともいずれかにより、前記被処理信号に対して機械学習を伴う補償を行うこと

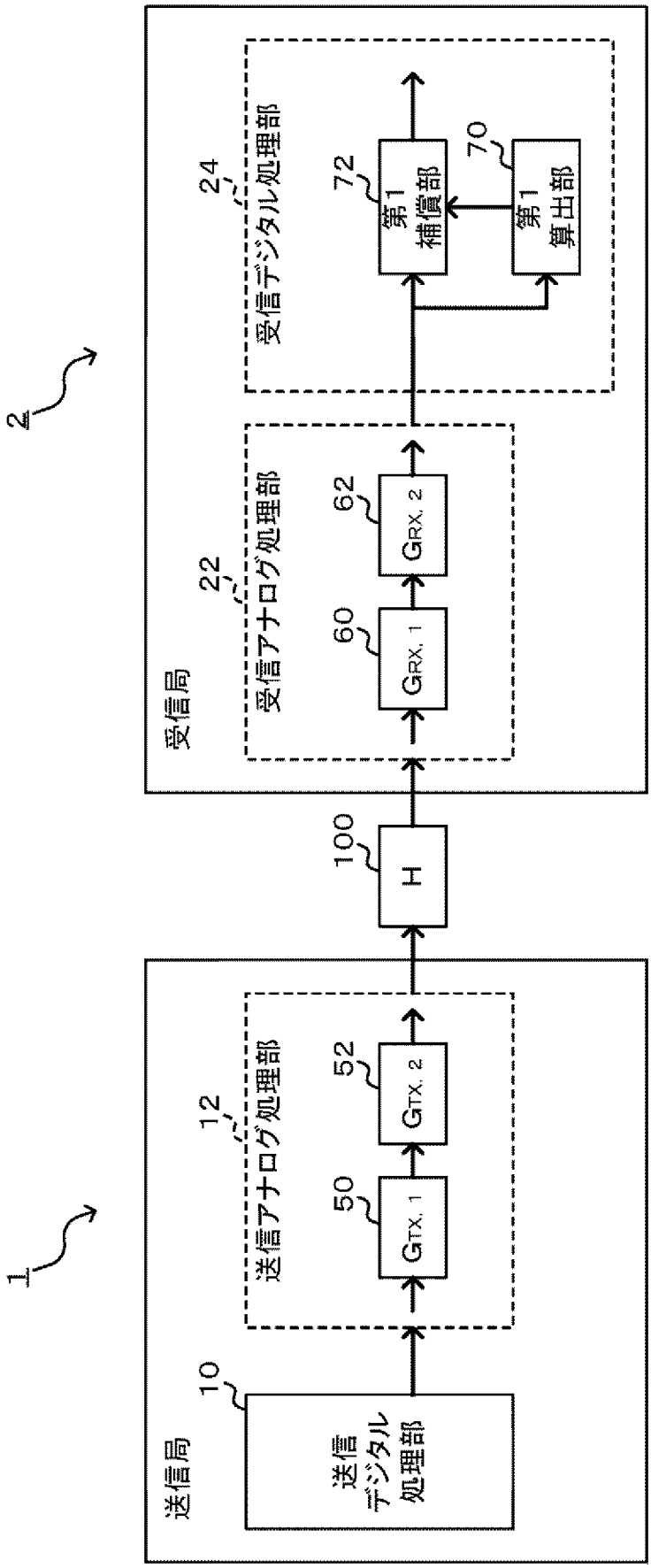
を特徴とする請求項５に記載の無線通信方法。

[請求項7] 請求項３又は４に記載の無線通信装置の各部としてコンピュータを機能させるための信号補償プログラム。

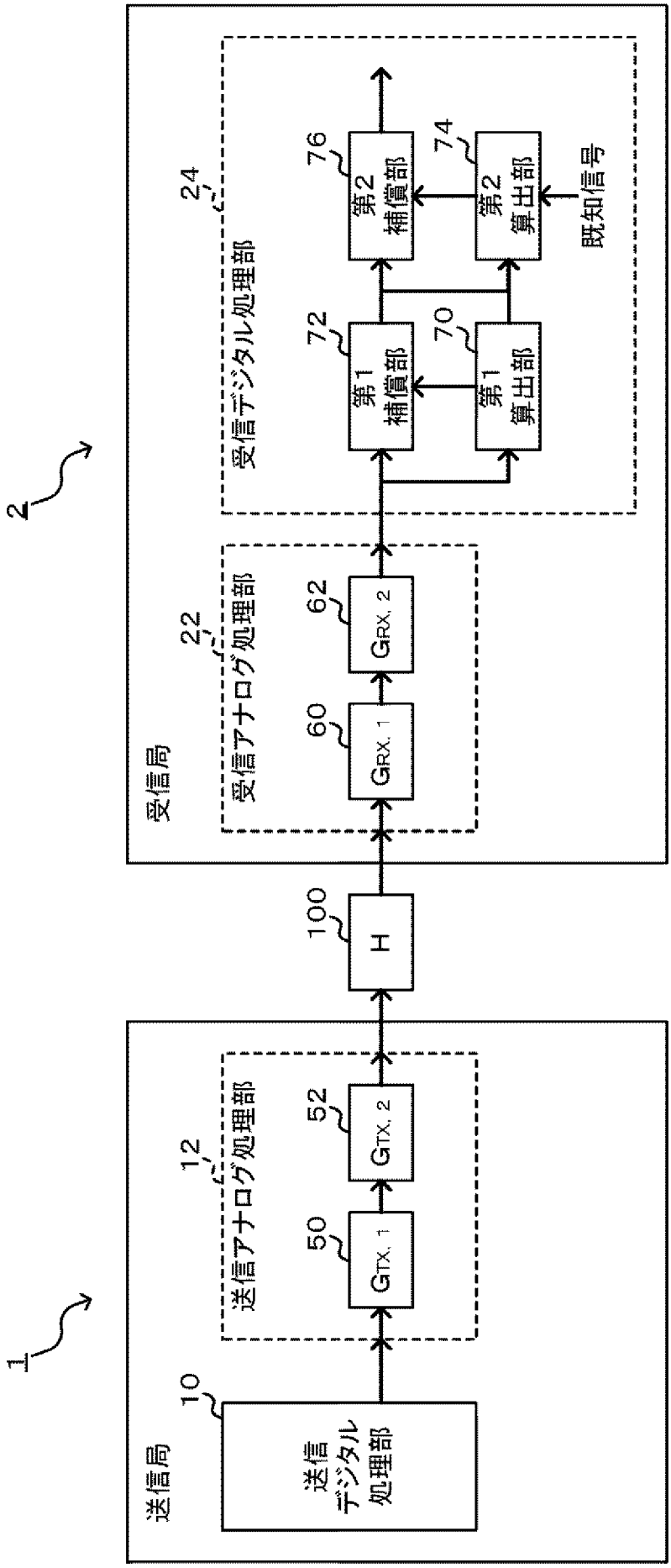
[図1]


フェージングチャネル
14
20
12
22
送信アナログ処理部
受信アナログ処理部
34
電力増幅回路
非線形歪み
32
周波数変換回路
位相雑音
キャリア周波数
オフセット
40
周波数変換回路
位相雑音
30
直交変調回路
IQインバランス
42
直交復調回路
IQインバランス
10
送信
デジタル処理部
24
受信
デジタル処理部
1
2

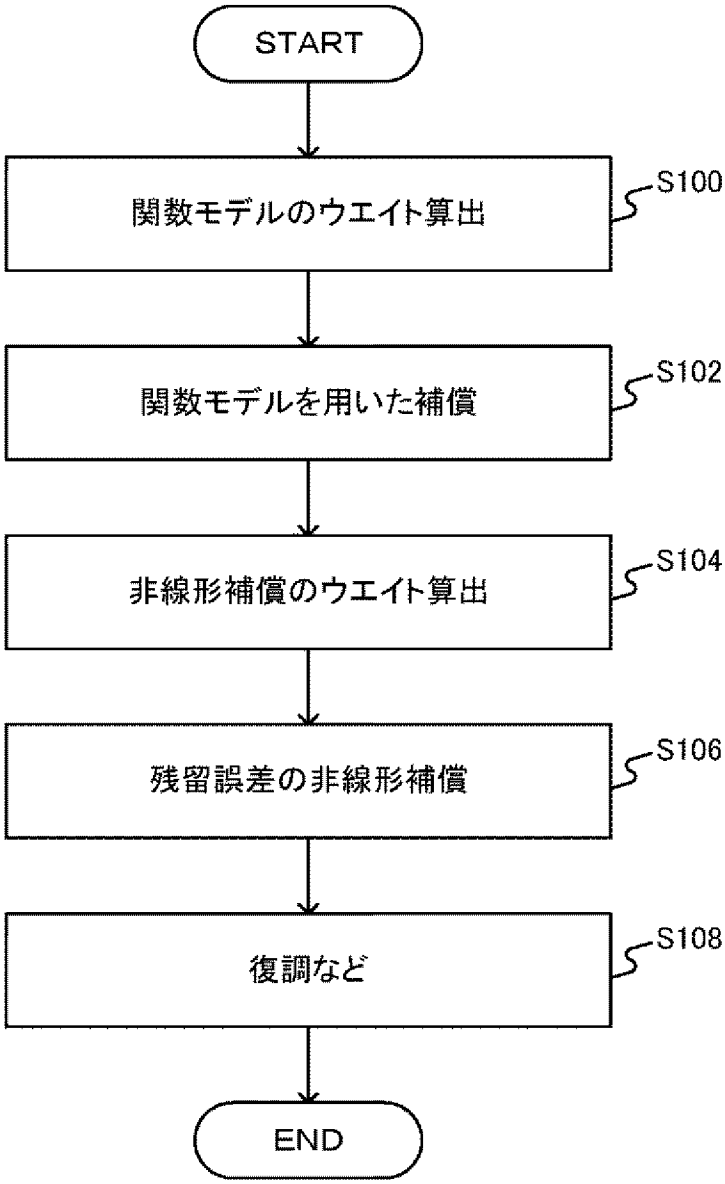
[図2]


1
送信局
10
送信
デジタル
処理部
12
送信アナログ処理部
50
GTX, 1
52
GTX, 2
100
H
2
受信局
22
受信アナログ処理部
60
GRX, 1
62
GRX, 2
24
受信デジタル処理部
72
第1
補償部
70
第1
算出部

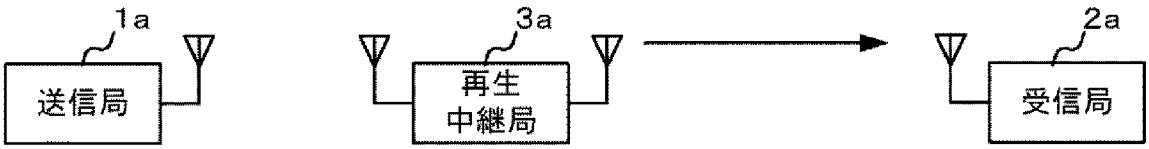
[図3]


1
送信局
10
送信
デジタル
処理部
12
送信アナログ処理部
50
GTX, 1
52
GTX, 2
100
H
2
受信局
22
受信アナログ処理部
60
GRX, 1
62
GRX, 2
24
受信デジタル処理部
72
第1
補償部
70
第1
算出部
76
第2
補償部
74
第2
算出部
既知信号

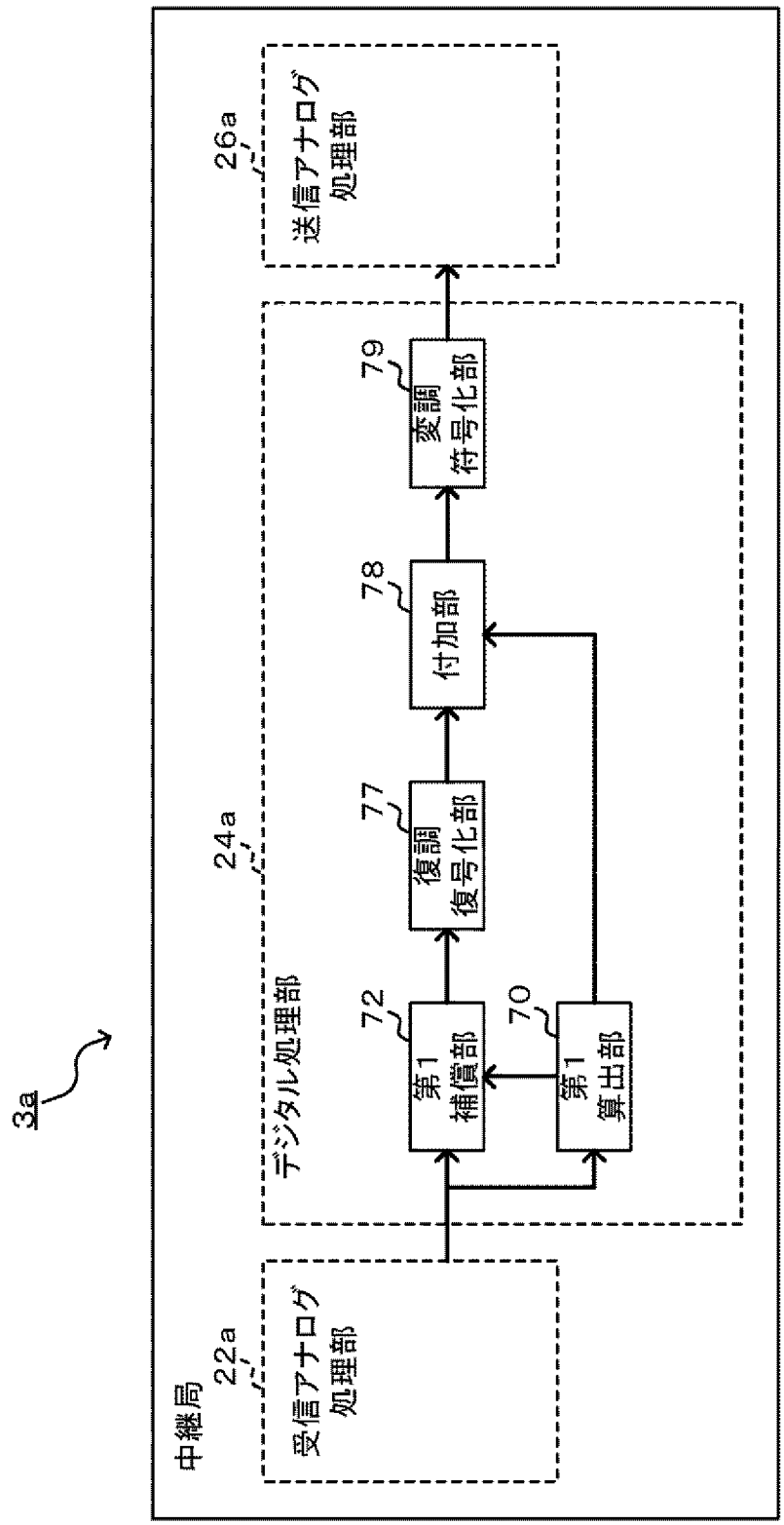
[図4]


START
関数モデルのウエイト算出
S100
関数モデルを用いた補償
S102
非線形補償のウエイト算出
S104
残留誤差の非線形補償
S106
復調など
S108
END

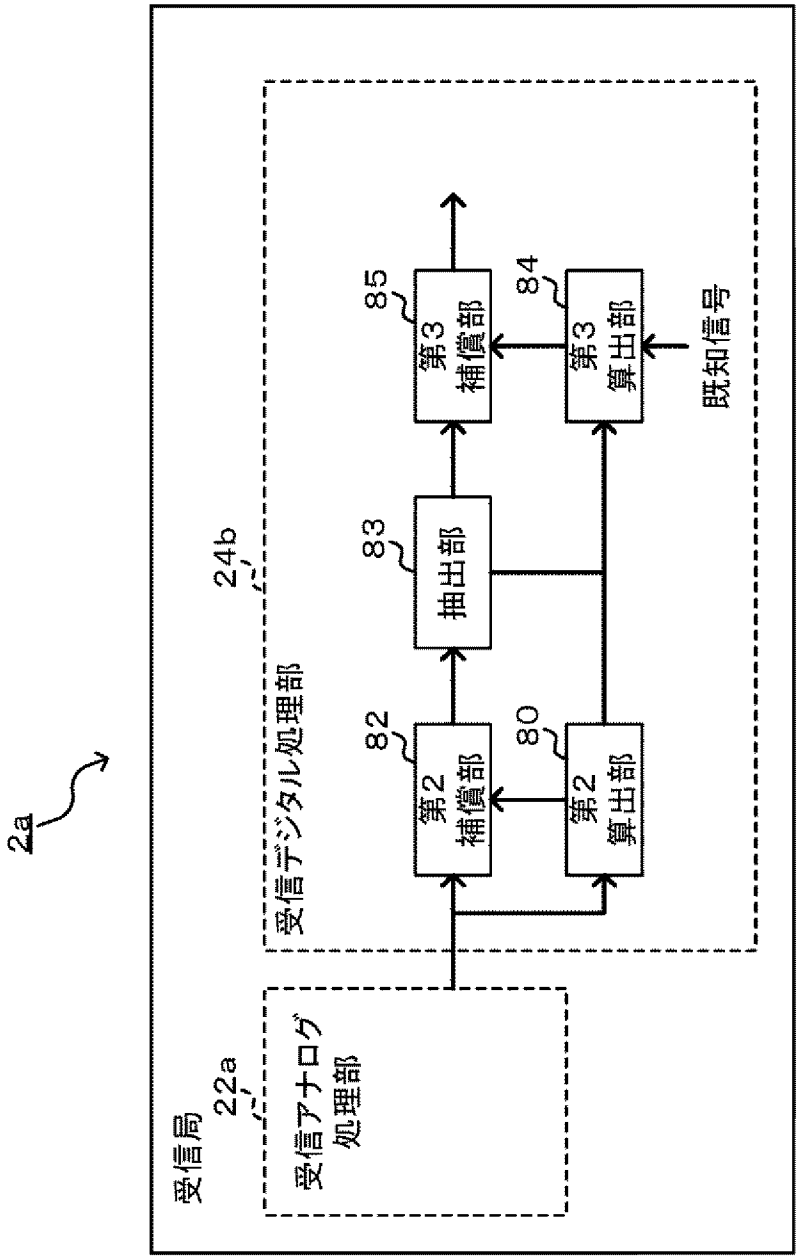
[図5]


1a
送信局
3a
再生
中継局
2a
受信局

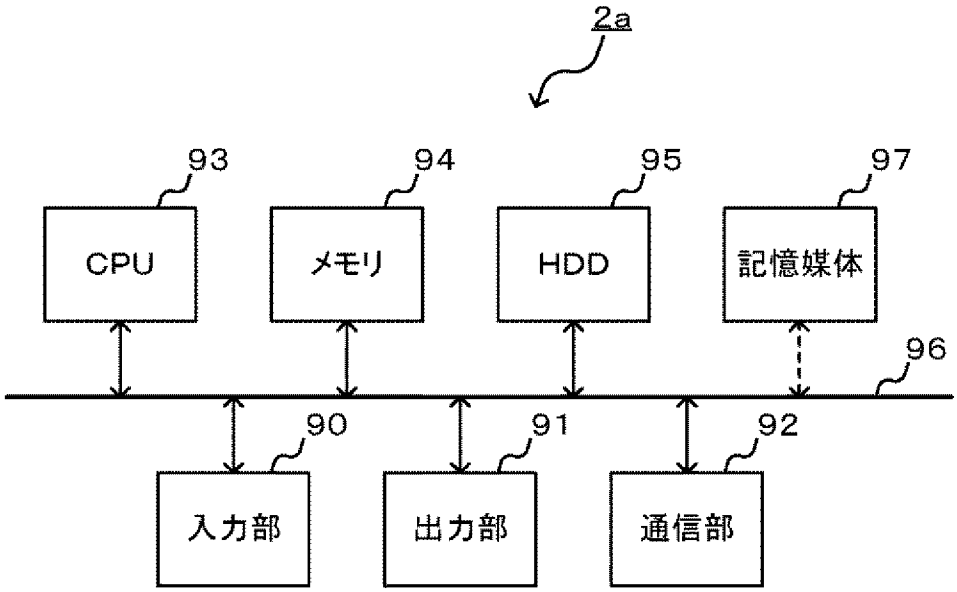
[図6]


3a
中継局
22a
受信アナログ処理部
24a
デジタル処理部
72
第1補償部
70
第1算出部
77
復調復号化部
78
付加部
79
変調符号化部
26a
送信アナログ処理部

[図7]


2a
受信局
22a
受信アナログ処理部
24b
受信デジタル処理部
82
第2補償部
80
第2算出部
83
抽出部
85
第3補償部
84
第3算出部
既知信号

[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/003091

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B 7/005(2006.01)i
FI: H04B7/005

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)

H04B7/005

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.
A	FREIRE, Pedro J. et al., Performance Versus Complexity Study of Neural Network Equalizers in Coherent Optical Systems, Journal of Lightwave Technology, 13 July 2021, vol. 39, Issue 19, pp. 6085-6096 pp. 6091, 6092	1-7
A	GUPTA, Ankit et al., End-to-End Learning-based Two-Way AF Relay Networks with I/Q Imbalance, 2021 IEEE 22nd International Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications (SPAWC), 27 September 2021, pp. 111-115 pp. 111-115	1-7
A	WO 2020/175279 A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 03 September 2020 (2020-09-03) fig. 3, 5	1-7
A	WO 2021/111557 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 10 June 2021 (2021-06-10) entire text, all drawings	1-7

☐ 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	Date of mailing of the international search report
07 March 2023	**14 March 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/JP2023/003091

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2020/175279 A1	03 September 2020	US 2022/0149898 A1 fig. 3, 5	
WO 2021/111557 A1	10 June 2021	US 2022/0231888 A1 entire text, all drawings EP 4064592 A1	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/003091

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H04B 7/005(2006.01)i
FI: H04B7/005

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））

H04B7/005

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
A	FREIRE, Pedro J. et al., Performance Versus Complexity Study of Neural Network Equalizers in Coherent Optical Systems, Journal of Lightwave Technology, 2021.07.13, Vol.39, Issue 19, pages 6085-6096 pages 6091-6092	1-7
A	GUPTA, Ankit et al., End-to-End Learning-based Two-Way AF Relay Networks with I/Q Imbalance, 2021 IEEE 22nd International Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications (SPAWC), 2021.09.27, pages 111-115 pages 111-115	1-7
A	WO 2020/175279 A1 (日本電信電話株式会社) 03.09.2020 (2020-09-03) 図3,5	1-7
A	WO 2021/111557 A1 (三菱電機株式会社) 10.06.2021 (2021-06-10) 全文,全図	1-7

☐ 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	国際調査報告の発送日
07.03.2023	14.03.2023

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）
前田　典之 5K 9073

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/JP2023/003091

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2020/175279 A1	03.09.2020	US 2022/0149898 A1 図3,5	
WO 2021/111557 A1	10.06.2021	US 2022/0231888 A1 全文,全図 EP 4064592 A1	