

(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10月3日(03.10.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/204471 A1

(51) 国際特許分類:

G01C 15/00 (2006.01) G01B 21/32 (2006.01)
G01B 7/16 (2006.01) G01N 22/00 (2006.01)
G01B 11/16 (2006.01) G01N 22/04 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/012516

(22) 国際出願日: 2024年3月27日(27.03.2024)

(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 2023-054006 2023年3月29日(29.03.2023) JP
特願 2023-054007 2023年3月29日(29.03.2023) JP
特願 2023-056304 2023年3月30日(30.03.2023) JP

(71) 出願人: 中国電力株式会社 (THE CHUGOKU ELECTRIC POWER CO., INC.) [JP/

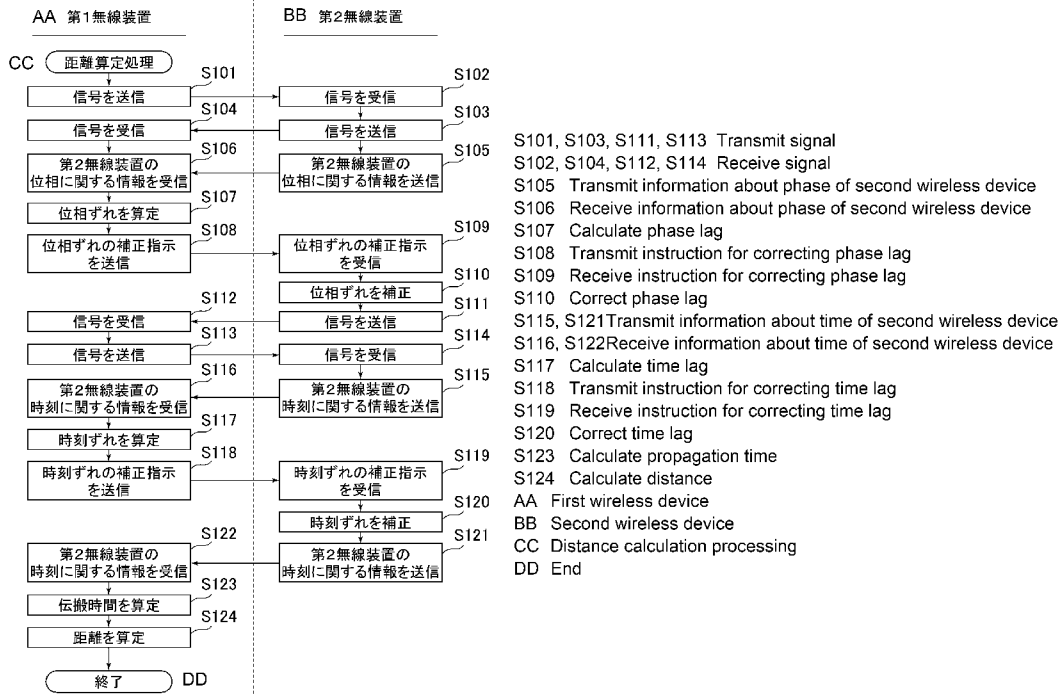
JP]; 〒7308701 広島県広島市中区小町4番33号 Hiroshima (JP).

(72) 発明者: 福原 洋地 (FUKUHARA Yoji); 〒7308701 広島県広島市中区小町4番33号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 鎌田 涼介 (KAMATA Ryosuke); 〒7308701 広島県広島市中区小町4番33号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 田辺 亮太 (TANABE Ryota); 〒7308701 広島県広島市中区小町4番33号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 高野 智央 (TAKANO Tomohiro); 〒7308701 広島県広島市中区小町4番33号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 豊田 充生 (TOYOTA Mitsuo); 〒7308701 広島県広島市中区小町4番33号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 神野 健太 (KAMINO Kenta); 〒7308701 広島県広島

(54) Title: ABNORMALITY DETECTION SYSTEM

(54) 発明の名称: 異常検知システム

[図5]



(57) Abstract: Provided is a system for calculating information usable for detecting an abnormality. This system includes at least one computer device, a communication means for communicating between at least two wireless devices, and a calculation means for calculating information usable for detecting an abnormality.

(57) 要約: 異常の検知に利用可能な情報を算定するシステムを提供する。少なくとも1のコンピュータ装置を備えるシステムであって、少なくとも2つの無線装置間で通信する通信手段と、異常の検知に利用可能な情報を算定する算定手段とを備える、システム。

[続葉有]

市中区小町 4 番 3 3 号 中国電力株式会社
内 Hiroshima (JP). 多喜 義彦(TAKI Yoshihiko);
〒1020094 東京都千代田区紀尾井町 4 番 1 号
ニューオータニ・ガーデンタワー ビジネス
コート 1 0 階 3 0 0 6 号室 システム・イン
テグレーション株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人ライトハウス国際特許事務所 (LIGHTHOUSE INTERNATIONAL PATENT FIRM); 〒1010032 東京都千代田区岩本町二丁目 6 番 2 号大和ビル 8 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, 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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：異常検知システム

技術分野

[0001] 本発明は、システム、方法、無線装置、及び地盤改良体に関する。

背景技術

[0002] 道路、建築物又は設備の温度変化、道路、建築物又は設備への人間又は動物の侵入、道路、建築物又は設備への落石、災害の発生又は発生の可能性等、種々の異常を検知するためには、様々な情報を利用することが重要である。

[0003] 例えば、大雨や地震により、山や崖の斜面の崩壊、地すべり、土石流などの、土砂災害が発生する危険がある。

[0004] 従来、山や崖の斜面を補強し、土砂災害の発生リスクを低減するために、斜面に生育している樹木を伐採し、コンクリートで斜面を覆う工法が行われている。しかし、近年、斜面に生育している樹木を伐採せずに、斜面にロックボルトなどの地盤改良体を挿入することで、斜面を補強する工法も注目されている。

[0005] また、地盤の変位を観測するために、斜面に傾斜センサを設置する方法などが提案されている（例えば、特許文献1を参照）。

[0006] また、大雨や地震により地盤に変位が生じ、地盤改良壁、ダム、堤防、トンネル、橋梁などの構造物が崩壊するなどの被害が生じることある。

[0007] このような被害の発生を未然に防ぐため、地盤の変位を観測することが行われている。例えば、地盤の変位を観測するために、斜面に傾斜センサを設置する方法などが提案されている（例えば、特許文献2を参照）。

[0008] さらに、局所的豪雨などを原因とする河川の氾濫や土砂災害など自然災害に対する対策が従来検討されている。このような自然災害への対策のための方法として、例えば、地中を伝播する弾性波と地中の含水率とをセンサを用いて測定し、堤防の流域にわたる堤防の地中状況を監視することが検討され

ている（特許文献３）。

[0009] 自然災害に関する状況は、場合によっては時々刻々と変化する。その状況を把握するために、より精度の高い情報、例えば、正確な時刻における含水率などの情報が求められている。

[0010] また、従来、道路、建築物又は設備の異常の検出の多くは、人の手によって行われている。例えば、道路の異常に関して、作業員が、目視により路面温度の異常、土砂崩れの発生、高速道路等への動物や人間の侵入等を監視していた。しかし、作業員によって監視を行う場合、コスト・時間が多大にかかるだけではなく、異常の発見や対処が遅れてしまう恐れがあった。

[0011] 例えば、道路の異常を、光ファイバを用いて監視するシステムが提案されている。道路の異常を、光ファイバを用いて監視するシステムとして、特許文献４には、道路脇に光ファイバを敷設し、光ファイバに落石がぶつかる等の大きな外力が加わると、光ファイバ中の光信号の偏光状態が変化することを利用して、道路への落石を検出する技術が開示されている。しかし、特許文献４の技術は、道路の異常を、作業員自らが検出する必要はないものの、時刻に応じた異常の検出については、考慮されていなかった。例えば、道路、建築物又は設備は、同じ日であっても、時刻によっては稼働状況が大きく異なる場合がある。

先行技術文献

特許文献

[0012] 特許文献１：特開２０１８－１４６４６９号公報

特許文献２：特開２０１８－１４６４６９号公報

特許文献３：特開２０００－４６５９７号公報

特許文献４：特開２０００－１８０２１９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0013] 本発明は、例えば、下記のいずれかを目的とする。本発明の第１の目的は

、異常の検知に利用可能な情報を算定するシステムを提供することである。
本発明の第2の目的は、災害の発生の検知又は発生の可能性の検知に利用可能な情報を算定するシステムを提供することである。本発明の第3の目的は、地盤の変位を観測するためのシステムを提供することである。本発明の第4の目的は、含水率又は含水率を特定可能な情報を時刻と関連付けて取得することができる、システム及び方法を提供することである。本発明の第5の目的は、道路、建築物又は設備の状況を特定するシステム及び方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0014] 本発明によれば、上記目的は、

[1] 少なくとも1のコンピュータ装置を備えるシステムであって、少なくとも2つの無線装置間で通信する通信手段と、異常の検知に利用可能な情報を算定する算定手段とを備える、システム；

[2] 無線装置間で通信を行うことにより、無線装置間の内部時計の時刻のずれを算定する時刻ずれ算定手段と、算定された時刻のずれを基に、無線装置間の内部時計の時刻のずれを補正する時刻ずれ補正手段とを備える、[1]に記載のシステム；

[3] 時刻ずれ補正手段により補正した内部時計の時刻と関連付けて、前記算定手段が算定した情報を記憶する記憶手段とを備える、[2]に記載のシステム；

[4] サーバ装置を備え、サーバ装置が、前記記憶手段を備える、[3]に記載のシステム；

[5] 無線装置間で通信を行うことにより、無線装置間の内部時計の位相のずれを算定する位相ずれ算定手段と、算定された位相のずれを基に、無線装置間の内部時計の位相のずれを補正する位相ずれ補正手段とを備える、[2]に記載のシステム；

[6] 時刻ずれ算定手段が、位相ずれ補正手段が位相のずれを補正した後に、時刻のずれを算定するものである、[5]に記載のシステム；

〔 7 〕 前記算定手段が、無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定する距離算定手段を備える、〔 2 〕に記載のシステム；

〔 8 〕 距離算定手段が、時刻ずれ算定手段が算定した時刻のずれを基に距離を算定するものである、〔 7 〕に記載のシステム；

〔 9 〕 距離算定手段が、時刻ずれ補正手段が時刻のずれを補正した後に、距離を算定するものである、〔 8 〕に記載のシステム；

〔 1 0 〕 算定された無線装置間の距離を基に、無線装置の位置関係を特定する位置関係特定手段を備える、〔 7 〕～〔 9 〕のいずれかに記載のシステム；

〔 1 1 〕 前記算定手段が、算定された無線装置間の距離の変化量を特定する変化量特定手段を備える、〔 7 〕～〔 9 〕のいずれかに記載のシステム；

〔 1 2 〕 地表面下の含水率又は地表面下の含水率を特定可能な情報を取得するための取得装置を備える、〔 1 〕～〔 9 〕のいずれかに記載のシステム；

〔 1 3 〕 取得装置が、地表面上で、且つ、地表面の近傍に設置したアンテナを備え、前記アンテナにより受信した電磁波に関する情報をもとに、地表面下の含水率を特定する特定手段、及び前記アンテナにより受信した電磁波に関する情報が、所定の条件を満たしたことを検知する検知手段、の少なくとも1つを備える、〔 1 2 〕に記載のシステム；

〔 1 4 〕 前記アンテナがリアクタンス回路に接続される、〔 1 3 〕に記載のシステム；

〔 1 5 〕 光ファイバを含むファイバケーブルを備え、光ファイバにより、音、振動、及び／又は温度を検知するセンシング手段を備える、〔 1 〕～〔 9 〕のいずれかに記載のシステム；

〔 1 6 〕 前記算定手段が算定した情報が、所定の条件を満たす場合に、通知を出力する通知出力手段を備える、〔 1 〕～〔 9 〕のいずれかに記載のシステム；

〔 1 7 〕 2以上の地盤改良体を備え、地盤改良体のそれぞれは、少なくとも1つの無線装置を備える、〔 7 〕～〔 9 〕のいずれかに記載のシステム；

〔１８〕地盤改良体に備えられた無線装置と、他の所定の箇所に設置された無線装置とを備える、〔１７〕に記載のシステム；

〔１９〕少なくとも２つの無線装置は、構造物に設置された第１無線装置と、他の所定の箇所に設置された第２無線装置とを備える、〔７〕～〔９〕のいずれかに記載のシステム；

〔２０〕第２無線装置が、鉄塔、及び／又は電柱に設置されたものである、〔１９〕に記載のシステム；

〔２１〕第１無線装置と、地表面下の含水率又は地表面下の含水率を特定可能な情報を取得するための取得装置と、取得装置と所定の距離内に設置された第２無線装置とを備え、第１無線装置と第２無線装置との間で通信を行うことにより、第１無線装置と第２無線装置との間の時刻のずれを算定する時刻ずれ算定手段と、算定された時刻ずれに基づいて、第２無線装置における時刻を補正する時刻補正手段と、第２無線装置にて計時した時刻と関連付けて、含水率又は含水率を特定可能な情報を記憶する記憶手段とを備える、〔１〕に記載のシステム；

〔２２〕少なくとも１のコンピュータ装置を備えるシステムにおいて実行される方法であって、少なくとも２つの無線装置間での通信する通信手段と、災害の発生の検知又は発生の可能性の検知に利用可能な情報を算定する算定ステップとを有する、方法；

〔２３〕無線装置間で通信を行うことにより、無線装置間の内部時計の時刻のずれを算定する時刻ずれ算定ステップと、算定された時刻のずれを基に、無線装置間の内部時計の時刻のずれを補正する時刻ずれ補正ステップとを有する、〔２２〕に記載の方法；

〔２４〕無線装置間で通信を行うことにより、無線装置間の内部時計の位相のずれを算定する位相ずれ算定ステップと、算定された位相のずれを基に、無線装置間の内部時計の位相のずれを補正する位相ずれ補正ステップとを有する、〔２２〕に記載の方法；

〔２５〕前記算定ステップが、無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装

置間の距離を算定する距離算定手段を含む、〔22〕～〔24〕のいずれかに記載の方法；

〔26〕他の無線装置との通信をする通信手段と、災害の発生の検知又は発生の可能性の検知に利用可能な情報を算定する算定手段とを備える、無線装置；

〔27〕無線装置間で通信を行うことにより、無線装置間の内部時計の時刻のずれを算定する時刻ずれ算定手段と、算定された時刻のずれを基に、無線装置間の内部時計の時刻のずれを補正する時刻ずれ補正手段とを備える、〔26〕に記載の無線装置；

〔28〕無線装置間で通信を行うことにより、無線装置間の内部時計の位相のずれを算定する位相ずれ算定手段と、算定された位相のずれを基に、無線装置間の内部時計の位相のずれを補正する位相ずれ補正手段とを備える、〔26〕に記載の無線装置；

〔29〕前記算定手段が、無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定する距離算定手段を備える、〔26〕～〔28〕のいずれかに記載の無線装置；

〔30〕2以上の、地盤改良体に備えられた無線装置を備えるシステムにおける、無線装置であって、通信手段が、他の、地盤改良体に備えられた無線装置と通信するものであり、無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定する距離算定手段

を備え、距離算定手段が、無線装置間の内部時計の時刻のずれを基に距離を算定するものである、〔26〕に記載の無線装置；

〔31〕地盤改良体に備えられた無線装置と、他の所定の箇所に設置された無線装置とを備えるシステムにおける、地盤改良体に備えられた無線装置であって、通信手段が、他の所定の箇所に設置された無線装置と通信するものであり、無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定する距離算定手段を備え、距離算定手段が、無線装置間の内部時計の時刻のずれを基に距離を算定するものである、〔26〕に記載の無線装置；

〔32〕地盤改良体に備えられた無線装置と、他の所定の箇所に設置された無線装置とを備えるシステムにおける、他の所定の箇所に設置された無線装置であって、通信手段が、地盤改良体に備えられた無線装置と通信するものであり、無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定する距離算定手段を備え、距離算定手段が、無線装置間の内部時計の時刻のずれを基に距離を算定するものである、〔26〕に記載の無線装置；

〔33〕請求項30又は31に記載の無線装置を備える地盤改良体；

〔34〕構造物に設置された第1無線装置と、他の所定の箇所に設置された第2無線装置とを備えるシステムにおける、通信手段が、第2無線装置と通信するものであり、無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定する距離算定手段を備え、距離算定手段が、無線装置間の内部時計の時刻のずれを基に距離を算定するものである、〔26〕に記載の第1無線装置；

〔35〕構造物に設置された第1無線装置と、他の所定の箇所に設置された第2無線装置とを備えるシステムにおける、第2無線装置であって、通信手段が、第1無線装置と通信するものであり、無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定する距離算定手段を備え、距離算定手段が、無線装置間の内部時計の時刻のずれを基に距離を算定するものである、〔26〕に記載の第2無線装置；

〔36〕少なくとも1のコンピュータ装置を備えるシステムであって、少なくとも2つの無線装置間での通信をもとに、災害の発生の検知又は発生の可能性の検知に利用可能な情報を算定する算定手段を備える、システム；

〔37〕2以上の地盤改良体を備え、地盤改良体が無線装置を備え、無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定する距離算定手段を備え、距離算定手段が、無線装置間の内部時計の時刻のずれを基に距離を算定するものである、〔36〕に記載のシステム；

〔38〕地盤改良体に備えられた無線装置と、他の所定の箇所に設置された無線装置とを備え、無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離

を算定する距離算定手段を備え、距離算定手段が、無線装置間の内部時計の時刻のずれを基に距離を算定するものである、〔36〕に記載のシステム；

〔39〕算定された無線装置間の距離を基に、無線装置の位置関係を特定する位置関係特定手段を備える、〔37〕又は〔38〕に記載のシステム；

〔40〕光ファイバを含むファイバケーブルを備え、光ファイバにより、音、振動、及び／又は温度を検知するセンシング手段を備える、〔36〕～〔39〕のいずれかに記載のシステム；

〔41〕構造物に設置された第1無線装置と、他の所定の箇所に設置された第2無線装置とを備え、無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定する距離算定手段を備え、距離算定手段が、無線装置間の内部時計の時刻のずれを基に距離を算定するものである、〔36〕に記載のシステム；

〔42〕第2無線装置が、鉄塔、及び／又は電柱に設置されたものである、〔41〕に記載のシステム；

〔43〕無線装置間で信号の送受信を行うことにより、無線装置間の内部時計の時刻のずれを算定する時刻ずれ算定手段と、算定された時刻のずれを基に、無線装置間の内部時計の時刻のずれを補正する時刻ずれ補正手段とを備え、距離算定手段が、時刻ずれ補正手段が時刻のずれを補正した後に、距離を算定するものである、〔37〕～〔42〕のいずれかに記載のシステム；

〔44〕無線装置間で信号の送受信を行うことにより、無線装置間の内部時計の位相のずれを算定する位相ずれ算定手段と、算定された位相のずれを基に、無線装置間の内部時計の位相のずれを補正する位相ずれ補正手段とを備え、時刻ずれ算定手段が、位相ずれ補正手段が位相のずれを補正した後に、時刻のずれを算定するものである、〔43〕に記載のシステム；

〔45〕算定された無線装置間の距離の変化量、及び／又は、特定された無線装置の位置関係の変化量を特定する変化量特定手段を備える、〔37〕～〔44〕のいずれかに記載のシステム；

〔46〕特定された変化量が所定の条件を満たす場合に、通知を出力する通

知出力手段を備える、〔４５〕に記載のシステム；

〔４７〕第１無線装置と、地表面下の含水率又は地表面下の含水率を特定可能な情報を取得するための取得装置と、取得装置と所定の距離内に設置された第２無線装置とを備え、第１無線装置と第２無線装置との間で通信を行うことにより、第１無線装置と第２無線装置との間の時刻のずれを算定する時刻ずれ算定手段と、算定された時刻ずれに基づいて、第２無線装置における時刻を補正する時刻補正手段と、第２無線装置にて計時した時刻と関連付けて、含水率又は含水率を特定可能な情報を記憶する記憶手段とを備える、〔３６〕に記載のシステム；

〔４８〕第１無線装置と第２無線装置との間で通信を行うことにより、第１無線装置と第２無線装置との間の時計の位相のずれを算定する位相ずれ算定手段と、算定された位相ずれに基づいて、第２無線装置における位相を補正する位相補正手段とを備える、〔４７〕に記載のシステム；

〔４９〕含水率又は含水率を特定可能な情報が、所定の条件を満たす場合に、少なくとも１のコンピュータ装置へ、警告に関する情報を送信する送信手段を備える、〔４７〕又は〔４８〕に記載のシステム；

〔５０〕送信手段が、第２無線装置又は取得装置と所定の関係にあるコンピュータ装置へ、警告に関する情報を送信する、〔４９〕に記載のシステム；

〔５１〕所定の条件が、含水率又は含水率を特定可能な情報をもとに定められる条件である、〔４９〕に記載のシステム；

〔５２〕取得装置が、地表面上で、且つ、地表面の近傍に設置したアンテナを備え、前記アンテナにより受信した電磁波に関する情報をもとに、地表面下の含水率を特定する特定手段とを備える、〔４７〕～〔５１〕のいずれかに記載のシステム；

〔５３〕取得装置が、地表面上で、且つ、地表面の近傍に設置したアンテナを備え、前記アンテナにより受信した電磁波に関する情報が、所定の条件を満たしたことを検知する検知手段とを備える、〔４７〕～〔５２〕のいずれかに記載のシステム；

〔５４〕前記アンテナがリアクタンス回路に接続される、〔５２〕又は〔５３〕に記載のシステム；

〔５５〕サーバ装置を備え、サーバ装置が、前記記憶手段を備える、〔４７〕～〔５４〕のいずれかに記載のシステム；

〔５６〕サーバ装置を備え、サーバ装置が、前記特定手段を備える、〔５２〕～〔５５〕のいずれかに記載のシステム；

〔５７〕少なくとも１のコンピュータ装置を備えるシステムにおいて実行される方法であって、少なくとも２つの無線装置間での通信をもとに、災害の発生の検知又は発生の可能性の検知に利用可能な情報を算定する算定ステップを有する、方法；

〔５８〕２以上の、地盤改良体に備えられた無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定する距離算定ステップを有し、距離算定ステップが、無線装置間の内部時計の時刻のずれを基に距離を算定するものである、〔５７〕に記載の方法；

〔５９〕地盤改良体に備えられた無線装置と、他の所定の箇所に設置された無線装置との間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定する距離算定ステップを有し、距離算定ステップが、無線装置間の内部時計の時刻のずれを基に距離を算定するものである、〔５７〕に記載の方法；

〔６０〕構造物に設置された第１無線装置と、他の所定の箇所に設置された第２無線装置との間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定する距離算定ステップを有し、距離算定ステップが、無線装置間の内部時計の時刻のずれを基に距離を算定するものである、〔５７〕に記載の方法；

〔６１〕システムが、第１無線装置と、地表面下の含水率又は地表面下の含水率を特定可能な情報を取得するための取得装置と、取得装置と所定の距離内に設置された第２無線装置とを備え、第１無線装置と第２無線装置との間で通信を行うことにより、第１無線装置と第２無線装置との間の時刻のずれを算定する時刻ずれ算定ステップと、算定された時刻ずれに基づいて、第２無線装置における時刻を補正する時刻補正ステップと、第２無線装置にて計

時した時刻と関連付けて、含水率又は含水率を特定可能な情報を記憶する含水率記憶ステップとを有する、〔５７〕に記載の方法；

〔６２〕他の無線装置との通信をもとに、災害の発生の検知又は発生の可能性の検知に利用可能な情報を算定する算定手段を備える、無線装置；

〔６３〕２以上の、地盤改良体に備えられた無線装置を備えるシステムにおける、無線装置であって、他の、地盤改良体に備えられた無線装置と通信により接続する通信接続手段と、無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定する距離算定手段とを備え、距離算定手段が、無線装置間の内部時計の時刻のずれを基に距離を算定するものである、〔６２〕に記載の無線装置；

〔６４〕地盤改良体に備えられた無線装置と、他の所定の箇所に設置された無線装置とを備えるシステムにおける、地盤改良体に備えられた無線装置であって、他の所定の箇所に設置された無線装置と通信により接続する通信接続手段と、無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定する距離算定手段とを備え、距離算定手段が、無線装置間の内部時計の時刻のずれを基に距離を算定するものである、〔６２〕に記載の無線装置；

〔６５〕地盤改良体に備えられた無線装置と、他の所定の箇所に設置された無線装置とを備えるシステムにおける、他の所定の箇所に設置された無線装置であって、地盤改良体に備えられた無線装置と通信により接続する通信接続手段と、無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定する距離算定手段とを備え、距離算定手段が、無線装置間の内部時計の時刻のずれを基に距離を算定するものである、〔６１〕に記載の無線装置；

〔６６〕〔６３〕又は〔６４〕に記載の無線装置を備える地盤改良体；

〔６７〕構造物に設置された第１無線装置と、他の所定の箇所に設置された第２無線装置とを備えるシステムにおける、第１無線装置であって、第２無線装置と通信により接続する通信接続手段と、無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定する距離算定手段とを備え、距離算定手段が、無線装置間の内部時計の時刻のずれを基に距離を算定するものである、

〔 6 2 〕 に記載の第 1 無線装置；

〔 6 8 〕 構造物に設置された第 1 無線装置と、他の所定の箇所に設置された第 2 無線装置とを備えるシステムにおける、第 2 無線装置であって、第 1 無線装置と通信により接続する通信接続手段と、無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定する距離算定手段とを備え、距離算定手段が、無線装置間の内部時計の時刻のずれを基に距離を算定するものである、

〔 6 2 〕 に記載の第 2 無線装置；

〔 6 9 〕 少なくとも 1 のコンピュータ装置を備えるシステムであって、光源からの光を、道路、建築物又は設備の近傍に敷設された光ファイバを介して受信した光信号に関する情報、及び、該光信号を受信した時刻に応じて、該光信号を受信した際における、該光信号に対応する該光ファイバの近傍に存在する該道路、該建築物又は該設備の状況を特定する状況特定手段を備える、システム；

〔 7 0 〕 状況特定手段が、該受信した光信号に関する情報の変動パターンが、道路、建築物又は設備の状況に応じて変動する光信号に関する情報の固有変動パターンに適合することにより、該受信した光信号に対応する該光ファイバの近傍に存在する該道路、該建築物又は該設備の状況を特定する、前記〔 6 9 〕 に記載のシステム；

〔 7 1 〕 状況特定手段が、光源からの光を、道路、建築物又は設備の近傍に敷設された光ファイバを介して受信した光信号に関する情報、及び、該光信号を受信した時刻に関する情報を入力データとし、該光信号を受信した際における、該光信号に対応する該光ファイバの近傍に存在する該道路、該建築物又は該設備の状況に関する情報を出力データとして機械学習された予測モデルを用いて、光ファイバを介して受信した光信号に関する情報、及び、該光信号を受信した時刻に対応する、道路、建築物、設備の状況を特定する、前記〔 6 9 〕 に記載のシステム；

〔 7 2 〕 状況特定手段が、道路の混雑状況、道路の健全性に関する状況、又は、道路上に存在する車両の種類を特定する、前記〔 6 9 〕 ～〔 7 1 〕 のい

ずれかに記載のシステム；

〔 7 3 〕 状況特定手段が、建築物の健全性に関する状況、建築物内の設備に関する情報、又は、建築物内における人若しくは動物の活動に関する情報を特定する、前記〔 6 9 〕～〔 7 1 〕のいずれかに記載のシステム；

〔 7 4 〕 状況特定手段が、設備の稼働状況、又は、設備の健全性に関する状況を特定する、前記〔 6 9 〕～〔 7 1 〕のいずれかに記載のシステム；

〔 7 5 〕 状況特定手段により、特定された状況が所定の条件を満たす場合に、所定の条件を満たす旨の情報を出力する出力手段、及び／又は、他の装置において出力できるよう制御する出力制御手段を備える、前記〔 6 9 〕～〔 7 4 〕のいずれかに記載のシステム；

〔 7 6 〕 複数の第 1 装置を備え、道路、建築物又は設備の近傍に敷設された光ファイバの受信部の近傍に第 2 装置を備え、1 の第 1 装置と第 2 装置との間で通信を行うことにより、1 の第 1 装置の時計と第 2 装置の時計との間の時刻のずれを算定する時刻ずれ算定手段と、算定された時刻ずれに基づいて、第 2 装置の時計における時刻を補正する時刻補正手段とを備え、光信号を受信した時刻を、第 2 装置の時計により特定する、前記〔 6 9 〕～〔 7 5 〕のいずれかに記載のシステム；

〔 7 7 〕 複数の第 1 装置を備え、道路、建築物又は設備の近傍に敷設された光ファイバの受信部の近傍に第 2 装置を備え、1 の第 1 装置と第 2 装置との間で通信を行うことにより、1 の第 1 装置の時計と第 2 装置の時計との間の位相のずれを算定する位相ずれ算定手段と、算定された位相ずれに基づいて、第 2 装置の時計における位相を補正する位相補正手段とを備え、光信号を受信した時刻を、第 2 装置の時計により特定する、前記〔 6 9 〕～〔 7 6 〕のいずれかに記載のシステム；

〔 7 8 〕 複数の第 1 装置を備え、道路、建築物又は設備の近傍に敷設された光ファイバの受信部の近傍に第 2 装置を備え、複数の第 1 装置のそれぞれと第 2 装置との情報又は信号の伝搬時間を基に、複数の第 1 装置のそれぞれと第 2 装置の距離を算定する距離算定手段と、算定された複数の第 1 装置のそ

れぞれと第2装置の距離を基に、第2装置の位置を特定する位置特定手段と、を備える、前記〔69〕～〔77〕のいずれかに記載のシステム；

〔79〕距離算定手段が、1の第1装置の時計と、第2装置の時計との時刻のずれを基に距離を算定するものである、前記〔78〕に記載のシステム；

〔80〕管理者が操作する管理者端末を備え、管理者端末の表示画面において、状況特定手段により特定された道路、建築物又は設備の状況を、該道路、該建築物又は該設備に対応する光ファイバの受信部の近傍にある第2装置の位置と関連付けて表示するよう制御する状況表示手段を備える、前記〔78〕又は〔79〕に記載のシステム；

〔81〕少なくとも1のコンピュータ装置を備えるシステムにおいて実行される方法であって、光源からの光を、道路、建築物又は設備の近傍に敷設された光ファイバを介して受信した光信号に関する情報、及び、該光信号を受信した時刻に応じて、該光信号を受信した際における、該光信号に対応する該光ファイバの近傍に存在する該道路、該建築物又は該設備の状況を特定する状況特定ステップを有する、方法；

により達成することができる。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、異常の検知に利用可能な情報を算定するシステムを提供することができる。本発明によれば、地盤の変位を観測するためのシステムを提供することができる。本発明によれば、含水率又は含水率を特定可能な情報を時刻と関連付けて取得することができる、システム及び方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]本発明の実施の形態にかかる、システムの構成を示すブロック図である。

[図2]本発明の実施の形態にかかる、システムの設置方法の一例を示す図である。

[図3]本発明の実施の形態にかかる、無線装置のハードウェア構成を示すブロ

ック図である。

[図4]本発明の実施の形態にかかる、コンピュータ装置のハードウェア構成を示すブロック図である。

[図5]本発明の実施の形態にかかる、距離算定処理のフローチャートを示す図である。

[図6]本発明の実施の形態にかかる、位置関係特定処理のフローチャートを示す図である。

[図7]本発明の実施の形態にかかる、システムの表示画面の一例を示す図である。

[図8]本発明の実施の形態にかかる、通知処理のフローチャートを示す図である。

[図9]本発明の実施の形態にかかる、システムの表示画面の一例を示す図である。

[図10]本発明の実施の形態にかかる、システムの構成を示すブロック図である。

[図11]本発明の実施の形態にかかる、無線装置のハードウェア構成を示すブロック図である。

[図12]本発明の実施の形態にかかる、コンピュータ装置のハードウェア構成を示すブロック図である。

[図13]本発明の実施の形態にかかる、距離算定処理のフローチャートを示す図である。

[図14]本発明の実施の形態にかかる、通知処理のフローチャートを示す図である。

[図15]本発明の実施の形態にかかるシステムの構成を示すブロック図である。

[図16]本発明の実施の形態にかかる第1装置のハードウェア構成を示すブロック図である。

[図17]本発明の実施の形態にかかる第2装置のハードウェア構成を示すブ

ック図である。

[図18]本発明の実施の形態にかかる距離算定処理のフローチャートを示す図である。

[図19]本発明の実施の形態にかかる取得装置の構成を示すブロック図である。

[図20]本発明の実施の形態にかかる情報取得処理のフローチャートを示す図である。

[図21]本発明の実施の形態にかかる位置特定処理のフローチャートを示す図である。

[図22]本発明の実施の形態にかかるシステムの構成を示すブロック図である。

[図23]本発明の実施の形態にかかる光ファイバセンシングシステムの構成を示すブロック図である。

[図24]本発明の実施の形態にかかる情報特定処理のフローチャートを示す図である。

[図25]本発明の実施の形態にかかる道路状況管理テーブルの一例を示す図である。

[図26]本発明の実施の形態にかかる警報出力処理のフローチャートを示す図である。

[図27]本発明の実施の形態にかかる店舗内状況管理テーブルの一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明の実施の形態について説明をするが、本発明の趣旨に反しない限り、本発明は、以下の実施の形態に限定されない。以下で説明するフローチャートを構成する各処理の順序は、処理内容に矛盾や不整合が生じない範囲で順不同であり、また、処理内容に矛盾や不整合が生じない範囲で、フローチャートを構成する各処理の一部を省略することや、フローチャートを構成する各処理に新たな処理を追加することも可能である。また、フローチ

ャートを構成する各処理を実行する主体となる装置は、本発明の趣旨に反しない限り、他の装置へ変更することが可能である。その際、処理内容に矛盾や不整合が生じないように、処理内容を変更することが可能である。

[0018] 本発明のシステムは、少なくとも1のコンピュータ装置を備えるシステムである。本発明のシステムは、異常の検知に利用可能な情報を算定する。本発明において「異常」とは、道路、建築物又は設備の温度変化；人間又は動物の侵入；落石；災害の発生又は発生の可能性等を意味する。災害の種類は特に限定されず、適宜設計可能である。災害の種類は、例えば、土砂災害であってもよい。本発明のシステムを、以下の実施の形態1～4において、詳述する。

[0019] 〔実施の形態1〕

実施の形態1では、地盤改良体が無線装置を備え、無線装置間の距離を算定し、土砂災害の発生、又は土砂災害の発生の可能性を検知する場合について説明する。つまり、実施の形態1においては、地盤改良体の距離（すなわち無線装置間の距離）が、災害の発生の検知又は発生の可能性の検知に利用可能な情報であってよい。

[0020] 図1は、本発明の実施の形態にかかる、システムの構成を示すブロック図である。システム110は、地盤改良体101（101a、101b、101c、101d、及び101e）、無線装置102（102a、102b、102c、102d、及び102e）、及びコンピュータ装置103を備えている。また、無線装置102及びコンピュータ装置103は、通信ネットワーク104を介して、互いに通信可能に接続されている。図1においては、無線装置102aとコンピュータ装置103とが通信可能に接続されているが、無線装置102のうちのいずれか1以上が、コンピュータ装置103と通信可能に接続されていればよい。また、無線装置102同士は、無線通信により、相互に接続することが可能である。

[0021] 図1においては、1の地盤改良体101に、1の無線装置102が備えられているが、1の地盤改良体101に、2以上の無線装置102が備えられ

てもよい。また、図 1 においては、システム 110 は 5 つの地盤改良体 101 及び無線装置 102 を備えているが、地盤改良体 101 及び無線装置 102 の数は、2 以上であればよい。また、コンピュータ装置 103 の数は、1 以上であればよく、特に限定されない。

[0022] また、図示しないが、地盤改良体 101 が備えられた箇所とは異なる、他の所定の箇所にも、無線装置 102 が備えられることとしてもよい。具体的には、例えば、鉄塔や電柱などに、無線装置 102 が備えられてもよい。地盤改良体 101 が備えられた箇所とは異なる、他の所定の箇所は、地盤の変位が生じにくい場所にあることが好ましい。また、地盤改良体 101 に備えられた無線装置 102 と、他の所定の箇所に設置された無線装置 102 とは、無線通信により、相互に接続することが可能である。この場合、地盤改良体 101 及び無線装置 102 の数は、1 以上であればよい。

[0023] ここで、「地盤改良体」とは、地盤を補強するための部材のことを指すものとする。地盤改良体 101 は、独立して地盤に挿入することが可能なものであってもよい。例えば、地盤改良体 101 は、ロックボルト、アンカー、杭などの、棒状のものであってもよい。また、地盤改良体 101 は、ロックボルト、アンカー、杭などと併せて、支圧板などの、地盤を押さえるための部材を備えていてもよい。

[0024] ロックボルト、アンカー、杭などの地盤改良体 101 の長さは、特に限定されず、適宜設計可能である。また、ロックボルト、アンカー、杭などの地盤改良体 101 を地盤に挿入する際の深さも、特に限定されず、適宜設計可能である。ロックボルト、アンカー、杭などの地盤改良体 101 の長さ、及びロックボルト、アンカー、杭などの地盤改良体 101 を地盤に挿入する際の深さは、地盤改良体 101 を設置する場所に応じて、地盤を補強することが可能であるように設計されればよい。ロックボルト、アンカー、杭などの地盤改良体 101 は、例えば、斜面などの表面付近の柔らかい地盤よりも深い位置にある、硬い地盤に到達するように挿入されてもよい。

[0025] ロックボルト、アンカー、杭などの地盤改良体 101 を地盤に挿入するこ

とで、柔らかい地盤と硬い地盤が接触する面（滑り面）上において、地盤改良体１０１に生じる軸力と滑り力とが釣り合い、斜面などの土塊を安定させることが可能となる。また、ロックボルト、アンカー、杭などの地盤改良体１０１が地盤に挿入される際には、地盤改良体１０１の周囲にグラウトなどが注入されてもよい。地盤改良体１０１の周囲にグラウトなどが注入されることで、地盤改良体１０１の周囲が固められ、土塊を安定させることが可能となる。

[0026] また、ロックボルト、アンカー、杭などの地盤改良体１０１の形状、素材、及び径の大きさは、特に限定されず、適宜設計可能である。例えば、ロックボルト、アンカー、杭などの地盤改良体１０１の形状は、円柱状であっても、三角柱状であっても、四角柱状であってもよい。

[0027] 支圧板などの地盤改良体１０１の形状、素材、及び大きさは、特に限定されず、適宜設計可能である。支圧板などの地盤改良体１０１の形状、素材、及び大きさは、地盤改良体１０１を設置する場所に応じて、地盤を押さえることが可能であるように設計されればよい。

[0028] 図２は、本発明の実施の形態にかかる、システムの設置方法の一例を示す図である。図２（Ａ）は、樹木が生育している斜面にシステムを設置したときの、斜面の表面における例を示す図である。図２（Ａ）に示すように、地盤改良体１０１ａは無線装置１０２ａを備え、地盤改良体１０１ｂは無線装置１０２ｂを備え、地盤改良体１０１ｃは無線装置１０２ｃを備えている。また、地盤改良体１０１は、ロックボルト１１１と支圧板１１２とを備えている。図２（Ａ）では、地盤改良体１０１は、ロックボルト１１１を中心とした円形の支圧板１１２を備えている。

[0029] 図２（Ａ）では、無線装置１０２は、支圧板１１２上の、ロックボルト１１１の近傍に備えられているが、地盤改良体１０１において、無線装置１０２を備える位置は特に限定されず、適宜設計可能である。例えば、無線装置１０２を備える位置は、ロックボルト１１１の地表に出ている部分の近傍でもよく、ロックボルト１１１の地中に埋まっている部分の近傍でもよい。

- [0030] また、図2（A）では、支圧板112同士が、ワイヤロープ113により連結されている。なお、図2（A）においては、支圧板112aと支圧板112bとを連結するワイヤロープ113以外のワイヤロープについて、符号の表記を省略している。
- [0031] 図示しないが、ワイヤロープ113に沿って、通信接続用のケーブルを設置してもよい。通信接続用のケーブルは、光ファイバケーブルであってもよい。通信接続用のケーブルを設置することで、無線装置102とコンピュータ装置103との間で、安定した通信接続が可能となる。
- [0032] さらに、図示しないが、ワイヤロープ113に沿って、センシング用のケーブルを設置してもよい。センシング用のケーブルは、センシング用の光ファイバを含むファイバケーブルであってもよい。センシング用の光ファイバは、音、振動、温度などを検知することができる。
- [0033] 光ファイバセンシングは、特に限定されず、公知のものをを用いることができる。光ファイバセンシングの種類は、分散型であっても、多点型であってもよい。光ファイバセンシングは、例えば、光ファイバの片端から光パルスを入射し、光ファイバ中で発生する後方散乱光を観測することにより、光ファイバ長手方向での、歪、振動や温度の変化を観測するものであってもよい。
- [0034] 地すべりが発生する前には、地鳴りや山鳴りが生じることが知られている。また、地震などの地盤の振動により地すべりが発生することもある。さらに、寒冷季に地すべりが活性化するという例も知られており、滑り面付近の地中の温度の変化は、地すべりの発生に影響を与え得ると考えられる。そのため、センシング用光ファイバにより音、振動、及び／又は温度を検知することで、地すべりの発生を早期に予測することが可能となる。
- [0035] なお、通信接続用の光ファイバとセンシング用の光ファイバとは、同一のものであってもよく、異なるものであってもよい。つまり、同一の光ファイバにより、通信接続とセンシングの両方を行ってもよく、通信接続用とセンシング用とで、それぞれ異なる光ファイバを利用してもよい。

- [0036] このように、システムが、光ファイバを含むファイバケーブルを備え、光ファイバにより、音、振動、及び／又は温度を検知するセンシング手段を備えることで、地すべりの発生を早期に予測することが可能となる。
- [0037] 図2（A）に示すように、斜面に生育している樹木114（114a、114b、114c、及び114d）を避けるように地盤改良体101を設置することで、樹木114を伐採せずに、斜面を補強することができる。また、後述のように、該地盤改良体101に無線装置102を備えることで、無線装置102同士の距離や位置関係などから、地盤の変位を推定することができる。
- [0038] 図2（B）は、樹木が生育している斜面にシステムを設置したときの、斜面の断面における例を示す図である。図2（B）では、図2（A）において、地盤改良体101aと地盤改良体101bを含み、斜面に垂直な方向の断面図を示している。図2（B）に示すように、地盤改良体101のうち、ロックボルト111は地中に挿入されており、支圧板112は斜面115の上に載置されている。
- [0039] 図2（B）では、ロックボルト111は、斜面115に略垂直となるように地中に挿入されているが、ロックボルト111を挿入する角度は特に限定されず、適宜設計可能である。
- [0040] また、図2（B）では、無線装置102は、支圧板112上の、ロックボルト111の近傍に備えられているため、後述のように、無線装置102の位置関係から、斜面115の状態を推定することができる。
- [0041] 無線装置102は、他の、地盤改良体101に備えられた無線装置102と、通信により接続することが可能なものである。また、無線装置102は、コンピュータ装置103と、通信により接続することが可能である。
- [0042] 図3は、本発明の実施の形態にかかる、無線装置のハードウェア構成を示すブロック図である。無線装置102は、制御部121、RFチップ122、発振器123、時計124、及び位相検出器125を備えている。RFチップ122には、時計124、及び位相検出器125が備えられている。無

線装置 102 は、必要に応じて、制御部 121、RFチップ 122、発振器 123、時計 124、及び位相検出器 125 以外の要素を備えていてもよい。

[0043] 制御部 121 としては、特に限定されないが、例えば、マイコン（マイクロコントローラ）を使用することができる。制御部 121 では、プログラム及びデータをもとに、プログラム実行処理を行う。RFチップ 122 は、無線信号の受信及び送信の処理を行う。RFチップ 122 にて受信したデータは、制御部 121 にて演算処理の対象となる。

[0044] 発振器 123 は、所定の周波数で発振し、装置各部の動作タイミングを与えるための信号を出力する。発振器 123 としては、原子発振器や水晶発振器を用いることができる。時計 124 は、発振器 123 の出力信号を源振として刻時し、時刻を出力する。時計 124 で刻時された時刻は、制御部 121 により、RFチップ 122 を介して他の無線装置 102 へ送信するよう制御される。位相検出器 125 では、他の無線装置 102 から受信した情報を構成する搬送波の位相を検出し、無線装置 102 における発振器 123 により発振される信号の位相を検出する。

[0045] 以下、無線装置 102 が備える時計 124 を、無線装置 102 の内部時計ともいう。

[0046] 図 4 は、本発明の実施の形態にかかる、コンピュータ装置のハードウェア構成を示すブロック図である。コンピュータ装置 103 は、制御部 131、RAM 132、ストレージ部 133、入力部 134、表示部 135 及び通信インタフェース 136 を備え、それぞれバスにより接続されている。

[0047] 制御部 131 は、CPU や ROM から構成される。制御部 131 は、ストレージ部 133 に格納されたプログラムを実行し、コンピュータ装置 103 の制御を行う。RAM 132 は、制御部 131 のワークエリアである。ストレージ部 133 は、プログラムやデータを保存するための記憶領域である。つまり、ストレージ部 133 は、プログラムを記憶した記録媒体として機能する。制御部 131 は、RAM 132 から読み出したプログラム及びデータ

、並びに、入力部 134 にて入力されたデータをもとに、演算処理を行う。

[0048] 表示部 135 は表示画面を有している。制御部 131 は、演算処理の結果に応じて、表示画面に画像を表示するためのビデオ信号を出力する。ここで、表示部 135 の表示画面はタッチセンサを備えるタッチパネルであってもよい。この場合、タッチパネルが入力部 134 として機能する。

[0049] 通信インタフェース 136 は無線又は有線により通信ネットワークに接続が可能であり、通信ネットワークを介して、他のコンピュータ装置とデータを送受信することが可能である。通信インタフェース 136 を介して受信したデータは、RAM 132 にロードされ、制御部 131 により演算処理が行われる。

[0050] なお、プログラムは、CD-ROMなどの記録媒体に記憶されていてもよい。この場合、記録媒体に記憶されたプログラムが、無線装置 102 又はコンピュータ装置 103 にインストールされて、所定の機能を実行することとしてもよい。

[0051] あるいは、プログラムは、システム外部のコンピュータ装置から配信されてもよい。この場合、システム外部のコンピュータ装置から配信されたプログラムが、無線装置 102 又はコンピュータ装置 103 にインストールされて、所定の機能を実行することとしてもよい。

[0052] 以下、本発明のシステムによって、地盤の変位を観測する態様について説明する。

[0053] 地盤改良体 101 に備えられた無線装置 102 は、他の、地盤改良体 101 に備えられた無線装置 102 と、所定の間隔で信号の送受信を行う。所定の間隔は、特に限定されず、適宜設計可能である。例えば、信号の送受信は、1 分間隔で行われてもよく、10 分間隔で行われてもよく、60 分間隔で行われてもよい。

[0054] 無線装置 102 は、他の無線装置 102 と信号の送受信を行うことで、無線装置 102 間の距離を算定することができる。無線装置 102 は、地盤改良体 101 に備えられているため、無線装置 102 間の距離が変化した場合

には、地盤改良体 101 が設置されている地盤に変位が生じている可能性がある。

[0055] 無線装置 102 間の距離は、無線装置 102 間の通信の伝搬時間を基に算定される。例えば、無線装置 102 間の通信の伝搬時間に、該通信の伝搬速度を乗ずることで、無線装置 102 間の距離を算定することができる。

[0056] 無線装置 102 間の通信の伝搬時間、すなわち信号の伝搬時間は、無線装置 102 間で信号の送受信を行い、信号の送信時刻と、該信号の受信時刻との差を求めることにより算定できる。信号の送信時刻、及び該信号の受信時刻は、無線装置 102 が備える内部時計により刻時されるものである。そのため、無線装置 102 間の内部時計の時刻のずれが小さいほど、より正確な伝搬時間を算定することができる。

[0057] また、無線装置 102 が備える内部時計の位相、つまり、無線装置 102 における発振器 123 により発振される信号の位相についても、無線装置 102 間でずれが生じていることがある。以下、無線装置 102 が備える内部時計の位相を、無線装置 102 の位相ともいう。また、無線装置 102 間の内部時計の位相のずれを、無線装置 102 間の位相のずれともいう。

[0058] なお、無線装置 102 における発振器 123 により発振される信号の位相と、無線装置 102 が送信した情報を構成する搬送波の位相とは、ほぼ等しいと考えられる。

[0059] 以下、無線装置 102 間の内部時計の位相のずれを補正し、無線装置 102 間の内部時計の時刻のずれを補正した後に、無線装置 102 間の距離の算定を行う例について説明する。ここでは、信号の送受信を行う無線装置 102 を、第 1 無線装置 102 と第 2 無線装置 102 とする。また、第 1 無線装置 102 において、第 1 無線装置 102 と第 2 無線装置 102 との間の距離を算定することとする。

[0060] 図 5 は、本発明の実施の形態にかかる、距離算定処理のフローチャートを示す図である。

[0061] まず、第 1 無線装置 102 から第 2 無線装置 102 へ、信号が送信される

(ステップS 1 0 1)。そして、第2無線装置1 0 2において、送信された信号が受信される(ステップS 1 0 2)。次に、第2無線装置1 0 2から第1無線装置1 0 2へ、信号が送信される(ステップS 1 0 3)。そして、第1無線装置1 0 2において、送信された信号が受信される(ステップS 1 0 4)。

[0062] ステップS 1 0 3が行われた後、第2無線装置1 0 2から第1無線装置1 0 2へ、第2無線装置1 0 2の位相に関する情報が送信される(ステップS 1 0 5)。そして、第1無線装置1 0 2において、送信された位相に関する情報が受信される(ステップS 1 0 6)。第1無線装置1 0 2において、第1無線装置1 0 2と第2無線装置1 0 2との間の位相のずれが算定される(ステップS 1 0 7)。次に、第1無線装置1 0 2から第2無線装置1 0 2へ、第2無線装置1 0 2の位相のずれを補正する指示(以下、位相のずれの補正指示ともいう)が送信される(ステップS 1 0 8)。第2無線装置1 0 2において、送信された位相のずれの補正指示が受信される(ステップS 1 0 9)。そして、第2無線装置1 0 2において、第2無線装置1 0 2の位相のずれが補正される(ステップS 1 1 0)。

[0063] ステップS 1 0 1における信号には、該信号を送信した第1無線装置1 0 2へ信号を送信することを要求する信号送信要求が含まれていてもよい。

[0064] また、ステップS 1 0 1において第1無線装置1 0 2が信号を送信した際には、第1無線装置1 0 2は、該信号を送信した時の位相を計測し、第1無線装置1 0 2の制御部1 2 1内のメモリに記憶することとしてもよい。信号を送信した時の位相は、送信した信号を構成する搬送波の位相であってよい。

[0065] さらに、ステップS 1 0 2において第2無線装置1 0 2が信号を受信した際には、第2無線装置1 0 2は、該信号を受信した時の位相を計測し、第2無線装置1 0 2の制御部1 2 1内のメモリに記憶することとしてもよい。信号を受信した時の位相は、信号を受信した時に第2無線装置1 0 2の発振器1 2 3により発振される信号の位相であってよい。

- [0066] また、ステップS 1 0 3において第2無線装置1 0 2が信号を送信した際には、第2無線装置1 0 2は、該信号を送信した時の位相を計測し、第2無線装置1 0 2の制御部1 2 1内のメモリに記憶することとしてもよい。信号を送信した時の位相は、送信した信号を構成する搬送波の位相であってよい。
- [0067] さらに、ステップS 1 0 4において第1無線装置1 0 2が信号を受信した際には、第1無線装置1 0 2は、該信号を受信した時の位相を計測し、第1無線装置1 0 2の制御部1 2 1内のメモリに記憶することとしてもよい。信号を受信した時の位相は、信号を受信した時に第1無線装置1 0 2の時計の発振器1 2 3により発振される信号の位相であってよい。
- [0068] ステップS 1 0 5において第1無線装置1 0 2へ送信される第2無線装置1 0 2の位相に関する情報には、ステップS 1 0 2において第2無線装置1 0 2が信号を受信した時の位相に関する情報、及び、ステップS 1 0 3において第2無線装置1 0 2が信号を送信した時の位相に関する情報が含まれてもよい。
- [0069] ステップS 1 0 7においては、第1無線装置1 0 2から第2無線装置1 0 2へ送信した信号を構成する搬送波の位相と、第2無線装置1 0 2において該信号を受信した時に第2無線装置1 0 2の発振器1 2 3により発振される信号の位相との位相差、及び、第2無線装置1 0 2から第1無線装置1 0 2へ送信した信号を構成する搬送波の位相と、第1無線装置1 0 2において該信号を受信した時に第1無線装置1 0 2の時計の発振器1 2 3により発振される信号の位相との位相差をもとに、位相のずれを算定することができる。
- [0070] 第1無線装置1 0 2から第2無線装置1 0 2へ送信した信号を構成する搬送波の位相とは、ステップS 1 0 1にて送信した信号の位相である。第2無線装置1 0 2において信号を受信した時に第2無線装置1 0 2の発振器1 2 3により発振される信号の位相とは、ステップS 1 0 2にて受信した信号の位相である。第2無線装置1 0 2から第1無線装置1 0 2へ送信した信号を構成する搬送波の位相とは、ステップS 1 0 3にて送信した信号の位相であ

る。第1無線装置102において信号を受信した時に第1無線装置102の時計の発振器123により発振される信号の位相とは、ステップS104にて受信した信号の位相である。

[0071] 第1無線装置102から第2無線装置102へ送信した信号を構成する搬送波の位相と、第2無線装置102において該信号を受信した時に第2無線装置102の発振器123により発振される信号の位相との位相差を $\Delta\Phi_M$ と定義し、第2無線装置102から第1無線装置102へ送信した信号を構成する搬送波の位相と、第1無線装置102において該信号を受信した時に第1無線装置102の発振器123により発振される信号の位相との位相差を $\Delta\Phi_F$ と定義すると、位相差 $\Delta\Phi_M$ と位相差 $\Delta\Phi_F$ との相加平均から、第1無線装置102及び第2無線装置102間を信号が伝搬することにより生じる位相差 $\Delta\Phi_P$ を算定することができる。つまり、式(1)： $\Delta\Phi_P = 1/2 \times (\Delta\Phi_M + \Delta\Phi_F)$ により、位相差 $\Delta\Phi_P$ を算定できる。

[0072] 第1無線装置102と第2無線装置102との間の位相のずれを $\Delta\Phi_C$ と定義すると、式(2)： $\Delta\Phi_F = \Delta\Phi_P + (-\Delta\Phi_C)$ で示す関係が成立するから、位相のずれ $\Delta\Phi_C$ は、位相差 $\Delta\Phi_P$ から位相差 $\Delta\Phi_F$ を差し引くことで算定することができる。つまり、式(3)： $\Delta\Phi_C = 1/2 \times (\Delta\Phi_M - \Delta\Phi_F)$ により、位相差 $\Delta\Phi_C$ を算定できる。ステップS107では、式(3)を利用して、第1無線装置102と第2無線装置102との間の位相のずれを算定してもよい。

[0073] なお、ここでは、位相のずれ $\Delta\Phi_C$ を式(3)により算定することとしたが、算定すべき位相のずれ $\Delta\Phi_C$ が、さらに 2π や 4π 、つまり $2n\pi$ を差し引いたものである場合もある。 n は0又は正の整数を取りうる。そのため、後述する伝搬時間や、第1無線装置102と第2無線装置102との間の時刻のずれをもとに、 n が0であるのか、1や2であるのか(つまり、式(3)より求められる位相差 $\Delta\Phi_C$ からさらに $2n\pi$ を差し引いた値が、本来の位相のずれであるのか、差し引かない値が、本来の位相のずれであるのか)を特定することもできる。

- [0074] 第1無線装置102から第2無線装置102へ送信した信号、及び、第2無線装置102から第1無線装置102へ送信した信号は、送信開始時における出力が0ではなく、任意の値をもった状態から始まる場合がある。このような場合は、送信開始時の位相及び送信時刻を計測して、位相のずれ $\Delta\phi_0$ を補正する必要がある。なお、送信開始時の位相を常にある一定とし、所定の時刻に送信することで、送信開始時の位相及び送信時刻を計測したうえで $\Delta\phi_0$ を補正するといった処理を省略することが可能となる。
- [0075] ステップS108における位相のずれの補正指示は、第1無線装置102の位相と同期するように、第2無線装置102の位相を補正する指示であってもよい。
- [0076] そして、ステップS110において、第2無線装置102は、算定された位相のずれ $\Delta\phi_0$ に基づいて、第1無線装置102の位相と同期するように、第2無線装置102の位相を補正してもよい。すなわち、第2無線装置102は、算定された位相のずれ $\Delta\phi_0$ に基づいて、第1無線装置102の発振器123により発生する信号と同期するように、第2無線装置102の発振器123により発生する信号の位相を補正してもよい。ステップS110における位相の補正は、第2無線装置102の制御部121により制御され、実行される。
- [0077] このように、第2無線装置102の位相を第1無線装置102の位相に合わせるように補正がなされることで、第2無線装置102の時計124と第1無線装置102の時計124の周波数も調整される。すなわち、位相がロックされる。位相ロックが成立すると、第2無線装置102の時計124と第1無線装置102の時計124は、同じ周波数で時を刻むようになる。ここでは、位相ロックが成立した状態で、第2無線装置102と第1無線装置102の間で時刻のずれを算定し、補正する例について説明する。位相ロックが続いている間は、第2無線装置102の時計124と第1無線装置102の時計124の時刻の差は変わらないため、正確に時刻を比較することが可能となる。

[0078] ステップS 1 1 0において第2無線装置1 0 2の位相のずれが補正された後、第2無線装置1 0 2から第1無線装置1 0 2へ、信号が送信される（ステップS 1 1 1）。そして、第1無線装置1 0 2において、送信された信号が受信される（ステップS 1 1 2）。次に、第1無線装置1 0 2から第2無線装置1 0 2へ、信号が送信される（ステップS 1 1 3）。そして、第2無線装置1 0 2において、送信された信号が受信される（ステップS 1 1 4）。

[0079] 次に、第2無線装置1 0 2から第1無線装置1 0 2へ、第2無線装置1 0 2の時刻に関する情報が送信される（ステップS 1 1 5）。そして、第1無線装置1 0 2において、送信された時刻に関する情報が受信される（ステップS 1 1 6）。第1無線装置1 0 2において、第1無線装置1 0 2と第2無線装置1 0 2の時刻のずれが算定される（ステップS 1 1 7）。次に、第1無線装置1 0 2から第2無線装置1 0 2へ、第2無線装置1 0 2の時刻のずれを補正する指示（以下、時刻のずれの補正指示ともいう）が送信される（ステップS 1 1 8）。第2無線装置1 0 2において、送信された時刻のずれの補正指示が受信される（ステップS 1 1 9）。そして、第2無線装置1 0 2において、第2無線装置1 0 2の時刻のずれが補正される（ステップS 1 2 0）。

[0080] ステップS 1 1 1における信号には、該信号を送信した第2無線装置1 0 2へ信号を送信することを要求する信号送信要求が含まれていてもよい。

[0081] また、ステップS 1 1 1において第2無線装置1 0 2が信号を送信した際には、第2無線装置1 0 2は、該信号を送信した時刻を刻時し、第2無線装置1 0 2の制御部1 2 1内のメモリに記憶することとしてもよい。

[0082] さらに、ステップS 1 1 2において第1無線装置1 0 2が信号を受信した際には、第1無線装置1 0 2は、該信号を受信した時刻を刻時し、第1無線装置1 0 2の制御部1 2 1内のメモリに記憶することとしてもよい。

[0083] また、ステップS 1 1 3において第1無線装置1 0 2が信号を送信した際には、第1無線装置1 0 2は、該信号を送信した時刻を刻時し、第1無線装

置 1 0 2 の制御部 1 2 1 内のメモリに記憶することとしてもよい。

[0084] さらに、ステップ S 1 1 4 において第 2 無線装置 1 0 2 が信号を受信した際には、第 2 無線装置 1 0 2 は、該信号を受信した時刻を刻時し、第 2 無線装置 1 0 2 の制御部 1 2 1 内のメモリに記憶することとしてもよい。

[0085] ステップ S 1 1 5 において第 1 無線装置 1 0 2 へ送信される第 2 無線装置 1 0 2 の時刻に関する情報には、ステップ S 1 1 1 において第 2 無線装置 1 0 2 が信号を送信した時の時刻に関する情報、及び、ステップ S 1 1 4 において第 2 無線装置 1 0 2 が信号を受信した時の時刻に関する情報が含まれてもよい。

[0086] ステップ S 1 0 7 においては、第 2 無線装置 1 0 2 から第 1 無線装置 1 0 2 へ信号を送信した時刻、第 1 無線装置 1 0 2 において該信号を受信した時刻、第 1 無線装置 1 0 2 から第 2 無線装置 1 0 2 へ信号を送信した時刻、及び、第 2 無線装置 1 0 2 において該信号を受信した時刻をもとに、時刻のずれを算定することができる。

[0087] 第 1 無線装置 1 0 2 から第 2 無線装置 1 0 2 へ信号を送信した時刻とは、ステップ S 1 1 1 にて信号を送信した時刻である。第 1 無線装置 1 0 2 において信号を受信した時刻とは、ステップ S 1 1 2 にて信号を受信した時刻である。第 1 無線装置 1 0 2 から第 2 無線装置 1 0 2 へ信号を送信した時刻とは、ステップ S 1 1 3 にて信号を送信した時刻である。第 2 無線装置 1 0 2 において信号を受信した時刻とは、ステップ S 1 1 4 にて信号を受信した時刻である。

[0088] 第 2 無線装置 1 0 2 から第 1 無線装置 1 0 2 へ信号を送信した時刻を T_M と定義し、第 1 無線装置 1 0 2 において該信号を受信した時刻を T_{MF} と定義し、第 1 無線装置 1 0 2 から第 2 無線装置 1 0 2 へ信号を送信した時刻を T_F と定義し、第 1 無線装置 1 0 2 において該信号を受信した時刻を T_{FM} と定義すると、第 1 無線装置 1 0 2 と第 2 無線装置 1 0 2 との間の時刻のずれ T_L は、式 (4) : $T_L = 1/2 \times ((T_{MF} - T_M) - (T_{FM} - T_F))$ により算定できる。ステップ S 1 1 7 では、式 (4) により、第 1 無線装置 1 0 2 と第 2

無線装置 102 との間の時刻のずれ T_L を算定してもよい。

[0089] ステップ S 118 における時刻のずれの補正指示は、第 1 無線装置 102 の時刻に同期するように、第 2 無線装置 102 の時刻を補正する指示であってもよい。

[0090] そして、ステップ S 120 において、第 2 無線装置 102 は、算定された時刻のずれ T_L に基づいて、第 1 無線装置 102 の時刻に同期するように、第 2 無線装置 102 の時刻を補正してもよい。

[0091] ステップ S 120 において第 2 無線装置 102 の時刻のずれが補正された後、第 2 無線装置 102 から第 1 無線装置 102 へ、第 2 無線装置 102 の時刻に関する情報が送信される（ステップ S 121）。そして、第 1 無線装置 102 において、送信された時刻に関する情報が受信される（ステップ S 122）。次に、第 1 無線装置 102 において、第 1 無線装置 102 と第 2 無線装置 102 との間の通信の伝搬時間が算定される（ステップ S 123）。そして、第 1 無線装置 102 において、第 1 無線装置 102 と第 2 無線装置 102 との間の距離が算定され（ステップ S 124）、距離算定処理は終了する。

[0092] ステップ S 121 における第 2 無線装置 102 の時刻に関する情報には、第 2 無線装置 102 が該情報を送信した時刻に関する情報が含まれていてもよい。

[0093] ステップ S 123 においては、第 1 無線装置 102 は、ステップ S 121 において第 2 無線装置 102 が情報を送信した時刻と、ステップ S 122 において第 1 無線装置 102 が該情報を受信した時刻との差によって、第 2 無線装置 102 と第 1 無線装置 102 との間の通信の伝搬時間を算定することができる。

[0094] ステップ S 124 においては、第 1 無線装置 102 は、ステップ S 123 において算定された伝搬時間に、通信の伝搬速度（例えば、光速）を乗ずることで、第 2 無線装置 102 と第 1 無線装置 102 との間の距離を算定することができる。

- [0095] このように、システムが2以上の地盤改良体を備え、地盤改良体が無線装置を備え、無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定する距離算定手段を備え、距離算定手段が、無線装置間の内部時計の時刻のずれを基に距離を算定するものであることで、地盤の変位を観測するためのシステムを提供することができる。
- [0096] また、このように、システムが、無線装置間で信号の送受信を行うことにより、無線装置間の内部時計の時刻のずれを算定する時刻ずれ算定手段と、算定された時刻のずれを基に、無線装置間の内部時計の時刻のずれを補正する時刻ずれ補正手段とを備え、距離算定手段が、時刻ずれ補正手段が時刻のずれを補正した後に、距離を算定するものであることで、無線装置間の距離を正確に算定することができる。
- [0097] また、このように、システムが、無線装置間で信号の送受信を行うことにより、無線装置間の内部時計の位相のずれを算定する位相ずれ算定手段と、算定された位相のずれを基に、無線装置間の内部時計の位相のずれを補正する位相ずれ補正手段とを備え、時刻ずれ算定手段が、位相ずれ補正手段が位相のずれを補正した後に、時刻のずれを算定するものであることで、無線装置間の距離を、より正確に算定することができる。
- [0098] なお、上記においては、第1無線装置102において、位相のずれの算定、位相のずれの補正指示、時刻のずれの算定、時刻のずれの補正指示、伝搬時間の算定、及び距離の算定が実行される態様について説明したが、位相のずれの算定、位相のずれの補正指示、時刻のずれの算定、時刻のずれの補正指示、伝搬時間の算定、及び／又は距離の算定は、第2無線装置102、及び／又はコンピュータ装置103において実行されてもよい。その場合、それぞれの処理に必要な情報が、それぞれの処理を実行する装置に送信されてもよい。
- [0099] 例えば、第2無線装置102において、第2無線装置102と第1無線装置102との間の距離の算定が行われてもよい。
- [0100] なお、第2無線装置102と第1無線装置102との間の位相のずれ及び

時刻のずれの算定方法は、上記の記載に依らず、適宜設計可能である。つまり、第2無線装置102と第1無線装置102との間の信号の送受信の回数や、第2無線装置102と第1無線装置102との間で送受信される情報の内容は、特に限定されない。第2無線装置102と第1無線装置102との間の位相のずれ及び時刻のずれを算定することができればよい。

[0101] また、上記においては、第2無線装置102と第1無線装置102との間の位相のずれ及び時刻のずれを補正した後に距離を算定する態様について説明したが、距離の算定は、第2無線装置102と第1無線装置102との間の位相のずれ及び／又は時刻のずれを補正せずに行われてもよい。

[0102] 例えば、第2無線装置102と第1無線装置102との間の位相のずれは補正せずに、第2無線装置102と第1無線装置102との間の時刻のずれを補正して、距離を算定してもよい。この場合、ステップS103～ステップS110は行われなくともよい。

[0103] あるいは、例えば、第2無線装置102と第1無線装置102との間の位相のずれ及び時刻のずれを補正せずに、距離を算定してもよい。具体的には、例えば、第2無線装置102と第1無線装置102との間の位相のずれ及び時刻のずれを補正した後、所定の時間内は、再度、位相のずれ及び時刻のずれを補正せずに、距離を算定してもよい。あるいは、例えば、実際には第2無線装置102と第1無線装置102との間の位相のずれ及び時刻のずれを補正せずに、理論上、位相のずれ及び時刻のずれを補正した場合の伝搬時間を基に、距離を算定してもよい。

[0104] 一般的な時計における時刻のずれは、1日あたり1秒未満であると言われている。そのため、第2無線装置102と第1無線装置102との間の位相のずれ及び時刻のずれを補正した後、所定の時間内は、第2無線装置102が備える内部時計の位相及び時刻と、第1無線装置102が備える内部時計の位相及び時刻は、位相のずれ及び時刻のずれを補正したときと同等の位相及び時刻であると考えられる。

[0105] そのため、第2無線装置102と第1無線装置102との間の位相のずれ

及び時刻のずれを補正した後、所定の時間内は、再度、ステップS 1 0 3～ステップS 1 2 0により位相のずれ及び時刻のずれを補正しなくても、ステップS 1 2 1～ステップS 1 2 3により、位相のずれ及び時刻のずれを補正したときの伝搬時間を算定することができる。

[0106] 所定の時間は、1分としてもよく、5分としてもよく、10分としてもよく、20分としてもよく、30分としてもよい。

[0107] また、実際には第2無線装置102と第1無線装置102との間の位相のずれ及び時刻のずれの補正を行わずに、算定された位相のずれ及び時刻のずれを基に、理論上で位相のずれ及び時刻のずれを補正した場合の伝搬時間を算定し、距離を算定してもよい。この場合、ステップS 1 0 1～ステップS 1 0 4において信号を送信及び／又は受信した時刻を刻時及び記憶し、ステップS 1 0 5において時刻に関する情報を送信することで、ステップS 1 0 8～ステップS 1 1 6、及びステップS 1 1 8～ステップS 1 2 2を省略することができる。

[0108] つまり、第2無線装置102と第1無線装置102との間の距離が、第2無線装置102が備える内部時計と、第1無線装置102が備える内部時計との時刻のずれを基に算定されていれば、第2無線装置102と第1無線装置102との間の位相のずれ及び時刻のずれは、補正されても、補正されなくてもよい。

[0109] また、上記においては、第2無線装置102と第1無線装置102との間の通信の伝搬時間を算定し、算定された伝搬時間に、通信の伝搬速度を乗ずることで、第2無線装置102と第1無線装置102との間の距離を算定する例について説明したが、第2無線装置102と第1無線装置102との間の距離を算定する態様は、これに限定されない。

[0110] 例えば、第2無線装置102と第1無線装置102との間の通信の伝搬時間を算定する処理を行わずに、第2無線装置102と第1無線装置102との間で信号の送受信を行い、信号の送信時刻と、該信号の受信時刻と、該信号の伝搬速度とから、第2無線装置102と第1無線装置102との間の距

離を算定してもよい。この場合、ステップS 1 2 3は行われず、ステップS 1 2 1における情報の送信時刻とステップS 1 2 2における情報の受信時刻と、該情報の伝搬速度とを基に、ステップS 1 2 4において第2無線装置1 0 2と第1無線装置1 0 2との間の距離が算定されてもよい。

[0111] つまり、第2無線装置1 0 2と第1無線装置1 0 2との間の距離は、第2無線装置1 0 2が備える内部時計と、第1無線装置1 0 2が備える内部時計との時刻のずれに基づいた伝搬時間を基に、算定されればよい。

[0112] また、上記においては、第2無線装置1 0 2が備える内部時計の位相及び時刻を、第1無線装置1 0 2が備える内部時計の位相及び時刻に同期させるように補正を行う例について説明したが、位相のずれ及び時刻のずれの補正の様子は、これに限定されない。第2無線装置1 0 2が備える内部時計と第1無線装置1 0 2が備える内部時計との間における、位相のずれ及び時刻のずれが補正されればよい。例えば、第1無線装置1 0 2が備える内部時計の位相及び時刻を、第2無線装置1 0 2が備える内部時計の位相及び時刻に同期させるように補正を行ってもよく、第1無線装置1 0 2が備える内部時計と第2無線装置1 0 2が備える内部時計とを共に、互いに同期するように補正してもよい。

[0113] 地盤改良体1 0 1が備えられた箇所とは異なる、他の所定の箇所にも、無線装置1 0 2が備えられている場合には、地盤改良体1 0 1に備えられた無線装置1 0 2と、他の所定の箇所に設置された無線装置1 0 2との間の通信の伝搬時間を基に、無線装置1 0 2間の距離を算定することができる。また、この場合も、地盤改良体1 0 1に備えられた無線装置1 0 2と、他の所定の箇所に設置された無線装置1 0 2との間の内部時計の時刻のずれを基に距離を算定することができる。無線装置1 0 2間の距離を算定する態様については、上記の距離算定処理の記載を必要な範囲で採用できる。

[0114] このように、システムが、地盤改良体に備えられた無線装置と、他の所定の箇所に設置された無線装置とを備え、無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定する距離算定手段を備え、距離算定手段が、無線

装置間の内部時計の時刻のずれを基に距離を算定するものであることで、地盤の変位を観測するためのシステムを提供することができる。

[0115] つまり、システム 110 が、2 つ以上の無線装置 102 を備え、無線装置 102 間の距離を算定することで、無線装置 102 が備えられた箇所の地盤の変位の可能性について予測することが可能である。

[0116] システム 110 が、2 つの無線装置を備える場合には、それぞれの無線装置を点とみなしたときの、2 点を含む直線上における、無線装置の位置関係を特定することが可能である。また、システム 110 が、3 つの無線装置を備える場合には、それぞれの無線装置を点とみなしたときの、3 点を含む平面上における、無線装置の位置関係を特定することが可能である。さらに、システム 110 が、4 つの無線装置を備える場合には、それぞれの無線装置を点とみなしたときの、4 点を含む空間内における、無線装置の位置関係、つまり、他の 3 点に対する 1 点の相対的な位置関係を特定することが可能である。また、システム 110 が、5 つ以上の無線装置を備える場合には、それぞれの無線装置を点とみなしたときの、 $x y z$ 空間内における、無線装置の位置関係、つまり位置座標を特定することが可能である。

[0117] 図 6 は、本発明の実施の形態にかかる、位置関係特定処理のフローチャートを示す図である。

[0118] まず、無線装置 102 間の距離を算定した無線装置 102 からコンピュータ装置 103 へ、算定した距離に関する情報が送信される（ステップ S 201）。コンピュータ装置 103 において、送信された無線装置 102 間の距離に関する情報が受信される（ステップ S 202）。コンピュータ装置 103 において、無線装置 102 間の距離を基に無線装置 102 の位置関係が特定される（ステップ S 203）。コンピュータ装置 103 において、特定された無線装置 102 の位置関係が出力され（ステップ S 204）、位置関係特定処理は終了する。

[0119] 図 6 においては、1 つの無線装置 102 からコンピュータ装置 103 へ距離に関する情報を送信する処理が示されているが、無線装置 102 間の距離

を算定した無線装置 102 は、それぞれ、無線装置 102 間の距離を算定すると、無線装置 102 間の距離に関する情報を、コンピュータ装置 103 へ送信することとする。

[0120] システム 110 が備える無線装置 102 のうち、いずれの無線装置 102 間の距離を算定するか、及び／又は、いずれの無線装置 102 が無線装置 102 間の距離を算定するかについては、予め定められていることが好ましい。また、いずれの無線装置 102 の内部時計の時刻に合わせて無線装置 102 間の時刻のずれ及び／又は位相のずれを補正するかについても、予め定められていることが好ましい。

[0121] ステップ S201 において送信される、無線装置 102 間の距離に関する情報には、距離算定処理のステップ S124 において算定された無線装置 102 間の距離や、該距離を算定した時刻などの情報が含まれていてもよい。無線装置 102 の位置関係を特定する際に利用される無線装置 102 間の距離については、無線装置 102 間の距離を算定した時刻が同期されていることが好ましい。そして、ステップ S203 において、同じ時刻に算定された、複数の無線装置 102 間の距離を基に、無線装置 102 の位置関係が特定されてもよい。

[0122] ステップ S203 において、無線装置 102 間の距離を基に無線装置 102 の位置関係を特定する方法は、特に限定されず、公知の方法を採用することができる。例えば、システム 110 が 4 つ以上の無線装置 102 を備え、それぞれの無線装置 102 間の距離を基に無線装置 102 の位置関係を特定する場合には、3 点測位により、それぞれの無線装置 102 の位置関係を特定してもよい。また、無線装置 102 間の距離に関する情報と併せて、GNSS による無線装置 102 の位置情報や、傾斜センサによる斜面の傾斜角に関する情報などを利用して無線装置 102 の位置関係を特定する場合には、必要となる無線装置 102 の数は、上記よりも少なくなる。無線装置 102 の位置関係を特定するためには、システム 110 は、利用できる情報の種類に応じて、必要な数の無線装置 102 を備えていればよい。

[0123] また、システム１１０が、地盤改良体１０１が備えられた箇所とは異なる、他の所定の箇所にも無線装置１０２を備え、他の所定の箇所に備えられた無線装置１０２の位置が予め特定されている場合には、位置が予め特定されている無線装置１０２を基準として、他の無線装置１０２の位置を特定してもよい。あるいは、無線装置１０２間の距離と併せて、ＧＮＳＳによる無線装置１０２の位置情報や、傾斜センサによる斜面の傾斜角に関する情報などを利用することで、無線装置１０２の位置を特定してもよい。

[0124] なお、ここでは、「位置」は、緯度、経度、高度などにより表される、絶対的な位置のことを指すものとする。また、「位置関係」は、それぞれの物体の位置の関係性により表される、相対的な位置の関係のことを指すものとする。

[0125] ステップＳ２０４においては、コンピュータ装置１０３の表示画面に、無線装置１０２の位置関係が表示されてもよい。図７は、本発明の実施の形態にかかる、システムの表示画面の一例を示す図である。

[0126] 図７においては、コンピュータ装置１０３の表示画面に、無線装置１０２の位置関係を示す実行画面１４０が表示されている。実行画面１４０において、無線装置１０２の位置に対応するアイコン１４１（１４１ａ～１４１ｊ）は丸印で表示されている。アイコン１４１同士を結ぶ点線の長さは、無線装置１０２間の距離に対応している。また、図７においては、面１４２として、全てのアイコン１４１を含む面が表示されている。図２のように、無線装置１０２が斜面１１５に沿って設置されている場合には、面１４２は、斜面１１５の状態に対応していると考えられる。

[0127] 図７に示すように、無線装置１０２の位置関係が表示されることで、視覚的に無線装置１０２の位置関係を把握することができる。

[0128] また、コンピュータ装置１０３のストレージ部１３３には、地盤改良体１０１と無線装置１０２の位置関係、及び／又は、無線装置１０２と斜面１１５の位置関係が記憶されていることが好ましい。地盤改良体１０１と無線装置１０２の位置関係、及び／又は、無線装置１０２と斜面１１５の位置関係

が記憶されていることで、無線装置 102 の位置関係を基に、地盤改良体 101 の位置関係、及び／又は、斜面 115 の状態を推定することが可能となる。推定された地盤改良体 101 の位置関係、及び／又は、斜面 115 の状態は、コンピュータ装置 103 の表示画面において、表示することが可能であってよい。

[0129] このように、システムが、算定された無線装置間の距離を基に、無線装置の位置関係を特定する位置関係特定手段を備えることで、無線装置の位置関係をもとに、地盤の状態を推定することが可能となる。

[0130] 本発明のシステムは、所定の時間的間隔で無線装置 102 間の距離を算定しているため、無線装置 102 間の距離の変化、及び／又は、無線装置 102 の位置関係の変化を特定することが可能である。また、無線装置 102 間の距離の変化量、及び／又は、無線装置 102 の位置関係の変化量が所定の条件を満たす場合には、通知を出力することとしてもよい。

[0131] 図 8 は、本発明の実施の形態にかかる、通知処理のフローチャートを示す図である。

[0132] まず、コンピュータ装置 103 において、受信した無線装置 102 間の距離の変化量、及び／又は、特定した無線装置 102 の位置関係の変化量が特定される（ステップ S301）。コンピュータ装置 103 において、特定された変化量が所定の条件を満たすか否かが判定される（ステップ S302）。特定された変化量が所定の条件を満たすと判定された場合（ステップ S302 にて Yes）、コンピュータ装置 103 において、通知が出力され（ステップ S303）、通知処理は終了する。一方、特定された変化量が所定の条件を満たすと判定されなかった場合（ステップ S302 にて No）、ステップ S303 は行われず、通知処理は終了する。

[0133] ステップ S301 においては、所定の時間の前後における変化量が特定されればよい。所定の時間は、特に限定されず、適宜設計可能である。所定の時間は、10 分であっても、1 時間であっても、24 時間であってもよい。所定の時間が 1 時間である場合には、例えば、1 時間前の無線装置 102 間

の距離、及び／又は無線装置 102 の位置関係と、現在の無線装置 102 間の距離、及び／又は無線装置 102 の位置関係との間の変化量が特定されてもよい。以下、変化量を特定するための時間の前の無線装置 102 間の距離、及び／又は無線装置 102 の位置関係を、「変化前の無線装置 102 間の距離、及び／又は無線装置 102 の位置関係」ともいう。また、変化量を特定するための時間の後の無線装置 102 間の距離、及び／又は無線装置 102 の位置関係を、「変化後の無線装置 102 間の距離、及び／又は無線装置 102 の位置関係」ともいう。

[0134] システム 110 は、変化量を特定する時間の間隔に応じて、無線装置 102 間の距離を算定するように制御してもよい。例えば、コンピュータ装置 103 から無線装置 102 へ、無線装置 102 間の距離を算定する時間的間隔を制御するための信号を送信してもよい。また、ステップ S301 において特定された変化量に応じて、変化量を特定する時間の間隔が変更されてもよい。例えば、変化量が所定の値よりも大きい場合には、地盤の変位が生じている可能性が高いため、変化量が所定の値よりも小さい場合よりも短い時間的間隔で、無線装置 102 間の距離を算定し、変化量を特定してもよい。なお、変化量を特定する時間の間隔を変更するか否かを判定する際の所定の値は、ステップ S302 における、通知を出力するか否かの判定する際の所定の値と同じでもよく、異なってもよい。

[0135] なお、ステップ S301 において、無線装置 102 間の距離の変化量は、長さにより表されてもよい。また、無線装置 102 の位置関係の変化量は、例えば、 x 座標、 y 座標、及び／又は、 z 座標の変化量により表されてもよい。さらに、無線装置 102 の位置関係の変化量を特定する場合には、変化量とともに、変化の方向を特定してもよい。その場合、無線装置 102 の位置関係の変化量は、ベクトルにより表されてもよい。

[0136] ステップ S302 における所定の条件は、特に限定されず、適宜設計可能である。例えば、所定の条件は、無線装置 102 間の距離の変化量が所定の値よりも大きいこと、無線装置 102 間の距離の変化量が所定の値以上であ

ること、無線装置１０２の位置関係の変化量が所定の値よりも大きいこと、無線装置１０２の位置関係の変化量が所定の値以上であることなどであってもよい。無線装置１０２間の距離の変化量、及び／又は、無線装置１０２の位置関係の変化量が大きい場合には、土砂災害の発生リスクが高いと考えられる。

[0137] ステップＳ３０３においては、コンピュータ装置１０３の表示画面に通知が表示されてもよく、コンピュータ装置１０３のスピーカにより通知の音声出力されてもよい。あるいは、コンピュータ装置１０３から他のコンピュータ装置へ通知が送信されてもよい。そして、他のコンピュータ装置の表示画面に通知が表示されてもよく、他のコンピュータ装置のスピーカにより通知の音声出力されてもよい。

[0138] 通知の内容は、無線装置１０２間の距離の変化量、及び／又は、無線装置１０２の位置関係の変化量が所定の条件を満たした旨であっても、無線装置１０２間の距離の変化量、及び／又は、無線装置１０２の位置関係の変化量に関する情報であってもよい。

[0139] また、ステップＳ３０１において特定された無線装置１０２間の距離の変化量、及び／又は、無線装置１０２の位置関係の変化量は、コンピュータ装置１０３において出力されてもよい。図９は、本発明の実施の形態にかかる、システムの表示画面の一例を示す図である。

[0140] 図９においては、コンピュータ装置１０３の表示画面に、無線装置１０２の位置関係の変化を示す実行画面１５０が表示されている。実行画面１５０において、グレーのラインで描かれているアイコン１５１（１５１ａ～１５１ｊ）は、変化前の無線装置１０２の位置に対応するものである。また、図９においては、面１５２として、全てのアイコン１５１を含む面が表示されている。図２のように、無線装置１０２が斜面１１５に沿って設置されている場合には、面１５２は、斜面１１５の状態に対応していると考えられる。

[0141] また、実行画面１５０において、黒のラインで描かれているアイコン１５３（１５３ａ～１５３ｊ）は、変化後の無線装置１０２の位置に対応するも

のである。また、面 154 として、全てのアイコン 153 を含む面が表示されている。図 2 のように、無線装置 102 が斜面 115 に沿って設置されている場合には、面 154 は、変化後の斜面 115 の状態に対応していると考えられる。

[0142] 図 9 においては、変化の前後において、無線装置 102 の位置に対応するアイコン、及びアイコンを含む面は、下方向に変化している。そして、変化量を示すアイコン 155（155b、155c、155f、155g、155i、及び155j）が、矢印で表示されている。矢印が長く表示されているほど、変化量が多いことが分かる。なお、変化量が所定の値よりも小さい場合、又は所定の値以下である場合には、変化量を示すアイコン 155 は表示されなくともよい。

[0143] 図 9 に示すように、無線装置 102 の位置関係の変化が表示されることで、視覚的に無線装置 102 の位置関係の変化を把握することができる。

[0144] このように、システムが、算定された無線装置間の距離、及び／又は、特定された無線装置の位置関係の変化量を特定する変化量特定手段を備えることで、地盤の変位を推定することができる。

[0145] このように、システムが、特定された変化量が所定の条件を満たす場合に、通知を出力する通知出力手段を備えることで、地盤の変位を知らせることが容易となる。

[0146] 上記のように、無線装置 102 間の通信の伝搬時間を基に、無線装置 102 間の距離を算定し、無線装置 102 の位置関係を特定することにより、GNSS よりも高い精度で無線装置 102 の位置関係を特定することができる。

[0147] また、GNSS は、曇りや雨などの日には、晴れの日よりも位置の測定精度が低下するが、無線装置による通信は、天候の影響をほとんど受けない。そのため、天候に左右されずに無線装置 102 の位置関係を特定することが可能である。

[0148] なお、上記においては、斜面にシステム 110 を設置した例について説明

したが、システム１１０を設置する場所は、地盤の変位が生じ得る場所であればよく、特に限定されない。例えば、トンネルの壁面にシステム１１０を設置してもよい。

[0149] 〔実施の形態２〕

実施の形態２では、構造物と、他の所定の箇所とに無線装置を設置し、無線装置間の距離を算定し、土砂災害の発生、又は土砂災害の発生の可能性を検知する場合について説明する。つまり、実施の形態２においては、無線装置間の距離が、災害の発生の検知又は発生の可能性の検知に利用可能な情報であってよい。

[0150] 図１０は、本発明の実施の形態にかかる、システムの構成を示すブロック図である。システム２１０は、地盤改良壁２０１に設置された第１無線装置２０２、鉄塔２０３に設置された第２無線装置２０４、コンピュータ装置２０５、及び端末装置２０６を備えている。第２無線装置２０４及びコンピュータ装置２０５は、通信ネットワーク２０７ａを介して、互いに通信可能に接続されている。また、コンピュータ装置２０５及び端末装置２０６は、通信ネットワーク２０７ｂを介して、互いに通信可能に接続されている。また、第１無線装置２０２と第２無線装置２０４とは、無線通信により、相互に接続することが可能である。なお、図示しないが、第１無線装置２０２とコンピュータ装置２０５とが、通信ネットワークを介して、互いに通信可能に接続されていてもよい。

[0151] 図１０においては、第１無線装置２０２が地盤改良壁２０１に設置されている例が記載されているが、第１無線装置２０２は、地盤改良壁以外の構造物に設置されてもよい。なお、「地盤改良壁」とは、地盤を補強するために、セメントなどの改良材により、地盤の表面を面状に覆った壁のことを指すものとする。また、「構造物」とは、複数の材料や部材などから構成され、基礎などにより重量を支えられた構造を有するもののことを指す。構造物は、屋根、及び、柱又は壁を有する建築構造物でもよく、建築構造物以外の土木構造物であってもよい。また、構造物を構成する素材は特に限定されない

。例えば、構造物は、空港、高速道路、高層ビル、駅、港湾などのように、コンクリートで作られたコンクリート構造物であってもよく、鋼橋、工場、その他の鉄骨建造物などのように、鋼材で作られた鋼構造物であってもよく、堤防、盛土、土手などのように、土で作られた土構造物であってもよい。

[0152] 第1無線装置202は、例えば、地盤改良壁、ダム、堤防、トンネル、及び／又は橋梁に設置することができる。第1無線装置202は、地盤改良壁、ダム、堤防、トンネル、橋梁、その他の構造物の壁面に設置されてもよい。

[0153] また、図10においては、1の地盤改良壁201に、1の第1無線装置202が設置されているが、1の地盤改良壁201に、2以上の第1無線装置202が設置されてもよい。この場合、1の地盤改良壁201に設置された2以上の第1無線装置202同士が、無線通信により、相互に接続することが可能であってもよい。また、1の地盤改良壁201に設置された2以上の第1無線装置202のうちのいずれか1以上が、第2無線装置204と、無線通信により、相互に接続することが可能であればよい。

[0154] また、図10においては、1の地盤改良壁201を備えるシステム210が記載されているが、システム210は、2以上の地盤改良壁201を備えていてもよい。この場合、2以上の地盤改良壁201のそれぞれに、1以上の第1無線装置202が設置されることが好ましい。また、それぞれの地盤改良壁201において、設置された1以上の第1無線装置202のうちのいずれか1以上が、第2無線装置204と、無線通信により、相互に接続することが可能であればよい。また、1の地盤改良壁201に設置された1以上の第1無線装置202が、他の地盤改良壁201に設置された1以上の第1無線装置202と、無線通信により、相互に接続することが可能であってもよい。

[0155] なお、システム210が2以上の地盤改良壁201を備える例について説明したが、システム210は、1種類の構造物を、2以上備えていてもよく、2種類以上の構造物を、それぞれ1以上ずつ、備えていてもよい。この場

合においても、システム 210 が 2 以上の地盤改良壁 201 を備える例についての記載を必要な範囲で採用できる。

[0156] 図 10 においては、第 2 無線装置 204 が鉄塔 203 に設置されている例が記載されているが、第 2 無線装置 204 は、第 1 無線装置 202 が設置された構造物とは異なる、所定の箇所に設置されていればよい。第 2 無線装置 204 は、地盤の変位が生じにくい場所に設置されることが好ましい。また、第 2 無線装置 204 は、第 1 無線装置 202 が設置された構造物とは異なる、他の構造物に設置されてもよい。

[0157] 例えば、第 2 無線装置 204 は、鉄塔、及び／又は電柱に設置されてもよい。第 2 無線装置 204 が鉄塔、及び／又は電柱に設置されることで、第 2 無線装置 204 とコンピュータ装置 205 との通信接続において、鉄塔、及び／又は電柱に備えられた通信接続用のケーブルを利用することが容易となる。通信接続用のケーブルは、光ファイバケーブルであってもよい。鉄塔、及び／又は電柱に備えられた通信接続用のケーブルを利用することで、第 2 無線装置 204 とコンピュータ装置 205 との間で、安定した通信接続が可能となる。

[0158] また、図 10 においては、1 の鉄塔 203 に、1 の第 2 無線装置 204 が設置されているが、1 の鉄塔 203 に、2 以上の第 2 無線装置 204 が設置されてもよい。この場合、1 の鉄塔 203 に設置された 2 以上の第 2 無線装置 204 同士が、無線通信により、相互に接続することが可能であってもよい。また、1 の鉄塔 203 に設置された 2 以上の第 2 無線装置 204 のうちのいずれか 1 以上が、第 1 無線装置 202 と、無線通信により、相互に接続することが可能であればよい。また、1 の鉄塔 203 に設置された 2 以上の第 2 無線装置 204 のうちのいずれか 1 以上が、コンピュータ装置 205 と、互いに通信可能に接続されていればよい。

[0159] また、図 10 においては、1 の鉄塔 203 を備えるシステム 210 が記載されているが、システム 210 は、2 以上の鉄塔 203 を備えていてもよい。この場合、2 以上の鉄塔 203 のそれぞれに、1 以上の第 2 無線装置 20

4 が設置されることが好ましい。また、それぞれの鉄塔 203 において、設置された 1 以上の第 2 無線装置 204 のうちのいずれか 1 以上が、第 1 無線装置 202 と、無線通信により、相互に接続することが可能であればよい。

また、1 の鉄塔 203 に設置された 1 以上の第 2 無線装置 204 が、他の鉄塔 203 に設置された 1 以上の第 2 無線装置 204 と、無線通信により、相互に接続することが可能であってもよい。

[0160] なお、システム 210 が 2 以上の鉄塔 203 を備える例について説明したが、システム 210 は、同じ種類の設置箇所を 2 以上備えていてもよく、2 種類以上の設置箇所を、それぞれ 1 以上ずつ、備えていてもよい。この場合においても、システム 210 が 2 以上の鉄塔 203 を備える例についての記載を必要な範囲で採用できる。

[0161] 図 10 においては、システム 210 が、1 のコンピュータ装置 205 を備える例が記載されているが、システム 210 は、2 以上のコンピュータ装置 205 を備えていてもよい。また、図 10 においては、システム 210 が、1 の端末装置 206 を備える例が記載されているが、システム 210 は、2 以上の端末装置 206 を備えていてもよい。

[0162] 図 11 は、本発明の実施の形態にかかる、無線装置のハードウェア構成を示すブロック図である。第 1 無線装置 202 は、制御部 221、RF チップ 222、発振器 223、時計 224、及び位相検出器 225 を備えている。RF チップ 222 には、時計 224、及び位相検出器 225 が備えられている。第 1 無線装置 202 は、必要に応じて、制御部 221、RF チップ 222、発振器 223、時計 224、及び位相検出器 225 以外の要素を備えていてもよい。

[0163] 制御部 221 としては、特に限定されないが、例えば、マイコン（マイクロコントローラ）を使用することができる。制御部 221 では、プログラム及びデータをもとに、プログラム実行処理を行う。RF チップ 222 は、無線信号の受信及び送信の処理を行う。RF チップ 222 にて受信したデータは、制御部 221 にて演算処理の対象となる。

- [0164] 発振器 223 は、所定の周波数で発振し、装置各部の動作タイミングを与えるための信号を出力する。発振器 223 としては、原子発振器や水晶発振器を用いることができる。時計 224 は、発振器 223 の出力信号を源振として刻時し、時刻を出力する。時計 224 で刻時された時刻は、制御部 221 により、RF チップ 222 を介して他の無線装置へ送信するよう制御される。位相検出器 225 では、他の無線装置から受信した情報を構成する搬送波の位相を検出し、第 1 無線装置 202 における発振器 223 により発振される信号の位相を検出する。
- [0165] 以下、第 1 無線装置 202 が備える時計 224 を、第 1 無線装置 202 の内部時計ともいう。
- [0166] 第 2 無線装置 204 のハードウェア構成は、図 11 と同様のものを採用することができる。
- [0167] 図 12 は、本発明の実施の形態にかかるコンピュータ装置のハードウェア構成を示すブロック図である。コンピュータ装置 205 は、制御部 251、RAM 252、ストレージ部 253 及び通信インタフェース 254 を少なくとも備え、それぞれ内部バスにより接続されている。
- [0168] 制御部 251 は、CPU や ROM から構成され、ストレージ部 253 に格納されたプログラムを実行し、コンピュータ装置 205 の制御を行う。また、制御部 251 は時間を計時する内部タイマを備えている。RAM 252 は、制御部 251 のワークエリアである。ストレージ部 253 は、プログラムやデータを保存するための記憶領域である。つまり、ストレージ部 253 は、プログラムを記憶した記録媒体として機能する。制御部 251 は、プログラム及びデータを RAM 252 から読み出し、第 2 無線装置 204 から受信した情報等をもとに、プログラム実行処理を行う。
- [0169] コンピュータ装置 205 は、サーバ装置であってもよく、デスクトップ型・ノート型のパーソナルコンピュータ、タブレット型端末、スマートフォンなどの端末装置であってもよい。コンピュータ装置 205 は、複数のコンピュータ装置に分散して機能するものであってもよい。例えば、サーバ装置に

代えて、ブロックチェーンなどの分散型台帳技術を利用してもよい。

[0170] 端末装置 206 のハードウェア構成、及び機能については、実施の形態 1 における、コンピュータ装置 103 についての記載を、必要な範囲で採用できる。

[0171] なお、プログラムは、CD-ROM などの記録媒体に記憶されていてもよい。この場合、記録媒体に記憶されたプログラムが、第 1 無線装置 202、第 2 無線装置 204、コンピュータ装置 205、又は端末装置 206 にインストールされて、所定の機能を実行することとしてもよい。

[0172] あるいは、プログラムは、システム外部のコンピュータ装置から配信されてもよい。この場合、システム外部のコンピュータ装置から配信されたプログラムが、第 1 無線装置 202、第 2 無線装置 204、コンピュータ装置 205、又は端末装置 206 にインストールされて、所定の機能を実行することとしてもよい。

[0173] 以下、本発明のシステムによって、地盤の変位を観測する態様について説明する。

[0174] 地盤改良壁 201 に備えられた第 1 無線装置 202 は、鉄塔 203 に備えられた第 2 無線装置 204 と、所定の間隔で信号の送受信を行う。所定の間隔は、特に限定されず、適宜設計可能である。例えば、信号の送受信は、1 分間隔で行われてもよく、10 分間隔で行われてもよく、60 分間隔で行われてもよい。

[0175] 第 1 無線装置 202 は、第 2 無線装置 204 と信号の送受信を行うことで、第 1 無線装置 202 と第 2 無線装置 204 との間の距離、すなわち、無線装置間の距離を算定することができる。第 1 無線装置 202 は地盤改良壁 201 に備えられ、第 2 無線装置 204 は鉄塔 203 に備えられているため、無線装置間の距離が変化した場合には、地盤改良壁 201 が設置されている地盤、及び／又は鉄塔 203 が設置されている地盤に変位が生じている可能性がある。

[0176] 無線装置間の距離は、無線装置間の通信の伝搬時間を基に算定される。例

えば、無線装置間の通信の伝搬時間に、該通信の伝搬速度を乗ずることで、無線装置間の距離を算定することができる。

[0177] 無線装置間の通信の伝搬時間、すなわち信号の伝搬時間は、無線装置間で信号の送受信を行い、信号の送信時刻と、該信号の受信時刻との差を求めることにより算定できる。信号の送信時刻、及び該信号の受信時刻は、無線装置が備える内部時計により刻時されるものである。そのため、無線装置間の内部時計の時刻のずれが小さいほど、より正確な伝搬時間を算定することができる。

[0178] また、無線装置が備える内部時計の位相、つまり、第1無線装置202における発振器223により発振される信号の位相についても、無線装置間でずれが生じていることがある。以下、無線装置が備える内部時計の位相を、無線装置の位相ともいう。また、無線装置間の内部時計の位相のずれを、無線装置間の位相のずれともいう。

[0179] なお、第1無線装置202における発振器223により発振される信号の位相と、第1無線装置202が送信した情報を構成する搬送波の位相とは、ほぼ等しいと考えられる。

[0180] 以下、無線装置間の内部時計の位相のずれを補正し、無線装置間の内部時計の時刻のずれを補正した後に、無線装置間の距離の算定を行う例について説明する。ここでは、第2無線装置204において、第1無線装置202と第2無線装置204との間の距離を算定することとする。

[0181] 図13は、本発明の実施の形態にかかる、距離算定処理のフローチャートを示す図である。

[0182] まず、第2無線装置204から第1無線装置202へ、信号が送信される（ステップS401）。そして、第1無線装置202において、送信された信号が受信される（ステップS402）。次に、第1無線装置202から第2無線装置204へ、信号が送信される（ステップS403）。そして、第2無線装置204において、送信された信号が受信される（ステップS404）。

- [0183] ステップS 4 0 3が行われた後、第1無線装置2 0 2から第2無線装置2 0 4へ、第1無線装置2 0 2の位相に関する情報が送信される（ステップS 4 0 5）。そして、第2無線装置2 0 4において、送信された位相に関する情報が受信される（ステップS 4 0 6）。第2無線装置2 0 4において、第1無線装置2 0 2と第2無線装置2 0 4との間の位相のずれが算定される（ステップS 4 0 7）。次に、第2無線装置2 0 4から第1無線装置2 0 2へ、第1無線装置2 0 2の位相のずれを補正する指示（以下、位相のずれの補正指示ともいう）が送信される（ステップS 4 0 8）。第1無線装置2 0 2において、送信された位相のずれの補正指示が受信される（ステップS 4 0 9）。そして、第1無線装置2 0 2において、第1無線装置2 0 2の位相のずれが補正される（ステップS 4 1 0）。
- [0184] ステップS 4 0 1における信号には、該信号を送信した第2無線装置2 0 4へ信号を送信することを要求する信号送信要求が含まれていてもよい。
- [0185] また、ステップS 4 0 1において第2無線装置2 0 4が信号を送信した際には、第2無線装置2 0 4は、該信号を送信した時の位相を計測し、第2無線装置2 0 4の制御部内のメモリに記憶することとしてもよい。信号を送信した時の位相は、送信した信号を構成する搬送波の位相であってよい。
- [0186] さらに、ステップS 4 0 2において第1無線装置2 0 2が信号を受信した際には、第1無線装置2 0 2は、該信号を受信した時の位相を計測し、第1無線装置2 0 2の制御部2 2 1内のメモリに記憶することとしてもよい。信号を受信した時の位相は、信号を受信した時に第1無線装置2 0 2の発振器2 2 3により発振される信号の位相であってよい。
- [0187] また、ステップS 4 0 3において第1無線装置2 0 2が信号を送信した際には、第1無線装置2 0 2は、該信号を送信した時の位相を計測し、第1無線装置2 0 2の制御部2 2 1内のメモリに記憶することとしてもよい。信号を送信した時の位相は、送信した信号を構成する搬送波の位相であってよい。
- [0188] さらに、ステップS 4 0 4において第2無線装置2 0 4が信号を受信した

際には、第2無線装置204は、該信号を受信した時の位相を計測し、第2無線装置204の制御部内のメモリに記憶することとしてもよい。信号を受信した時の位相は、信号を受信した時に第2無線装置204の時計の発振器により発振される信号の位相であってよい。

[0189] ステップS405において第2無線装置204へ送信される第1無線装置202の位相に関する情報には、ステップS402において第1無線装置202が信号を受信した時の位相に関する情報、及び、ステップS403において第1無線装置202が信号を送信した時の位相に関する情報が含まれてもよい。

[0190] ステップS407においては、第2無線装置204から第1無線装置202へ送信した信号を構成する搬送波の位相と、第1無線装置202において該信号を受信した時に第1無線装置202の発振器223により発振される信号の位相との位相差、及び、第1無線装置202から第2無線装置204へ送信した信号を構成する搬送波の位相と、第2無線装置204において該信号を受信した時に第2無線装置204の時計の発振器により発振される信号の位相との位相差をもとに、位相のずれを算定することができる。

[0191] 第2無線装置204から第1無線装置202へ送信した信号を構成する搬送波の位相とは、ステップS401にて送信した信号の位相である。第1無線装置202において信号を受信した時に第1無線装置202の発振器223により発振される信号の位相とは、ステップS402にて受信した信号の位相である。第1無線装置202から第2無線装置204へ送信した信号を構成する搬送波の位相とは、ステップS403にて送信した信号の位相である。第2無線装置204において信号を受信した時に第2無線装置204の時計の発振器により発振される信号の位相とは、ステップS404にて受信した信号の位相である。

[0192] 第2無線装置204から第1無線装置202へ送信した信号を構成する搬送波の位相と、第1無線装置202において該信号を受信した時に第1無線装置202の発振器223により発振される信号の位相との位相差を $\Delta\Phi_M$ と

定義し、第1無線装置202から第2無線装置204へ送信した信号を構成する搬送波の位相と、第2無線装置204において該信号を受信した時に第2無線装置204の発振器により発振される信号の位相との位相差を $\Delta\Phi_F$ と定義すると、位相差 $\Delta\Phi_M$ と位相差 $\Delta\Phi_F$ との相加平均から、第2無線装置204及び第1無線装置202間を信号が伝搬することにより生じる位相差 $\Delta\Phi_P$ を算定することができる。つまり、式(1)： $\Delta\Phi_P = 1/2 \times (\Delta\Phi_M + \Delta\Phi_F)$ により、位相差 $\Delta\Phi_P$ を算定できる。

[0193] 第2無線装置204と第1無線装置202との間の位相のずれを $\Delta\Phi_C$ と定義すると、式(2)： $\Delta\Phi_F = \Delta\Phi_P + (-\Delta\Phi_C)$ で示す関係が成立するから、位相のずれ $\Delta\Phi_C$ は、位相差 $\Delta\Phi_P$ から位相差 $\Delta\Phi_F$ を差し引くことで算定することができる。つまり、式(3)： $\Delta\Phi_C = 1/2 \times (\Delta\Phi_M - \Delta\Phi_F)$ により、位相差 $\Delta\Phi_C$ を算定できる。ステップS407では、式(3)を利用して、第2無線装置204と第1無線装置202との間の位相のずれを算定してもよい。

[0194] なお、ここでは、位相のずれ $\Delta\Phi_C$ を式(3)により算定することとしたが、算定すべき位相のずれ $\Delta\Phi_C$ が、さらに 2π や 4π 、つまり $2n\pi$ を差し引いたものである場合もある。 n は0又は正の整数を取りうる。そのため、後述する伝搬時間や、第2無線装置204と第1無線装置202との間の時刻のずれをもとに、 n が0であるのか、1や2であるのか(つまり、式(3)より求められる位相差 $\Delta\Phi_C$ からさらに $2n\pi$ を差し引いた値が、本来の位相のずれであるのか、差し引かない値が、本来の位相のずれであるのか)を特定することもできる。

[0195] 第2無線装置204から第1無線装置202へ送信した信号、及び、第1無線装置202から第2無線装置204へ送信した信号は、送信開始時における出力が0ではなく、任意の値をもった状態から始まる場合がある。このような場合は、送信開始時の位相及び送信時刻を計測して、位相のずれ $\Delta\Phi_C$ を補正する必要がある。なお、送信開始時の位相を常にある一定とし、所定の時刻に送信することで、送信開始時の位相及び送信時刻を計測したうえで

$\Delta\phi_0$ を補正するといった処理を省略することが可能となる。

[0196] ステップS408における位相のずれの補正指示は、第2無線装置204の位相と同期するように、第1無線装置202の位相を補正する指示であってもよい。

[0197] そして、ステップS410において、第1無線装置202は、算定された位相のずれ $\Delta\phi_0$ に基づいて、第2無線装置204の位相と同期するように、第1無線装置202の位相を補正してもよい。すなわち、第1無線装置202は、算定された位相のずれ $\Delta\phi_0$ に基づいて、第2無線装置204の発振器により発生する信号と同期するように、第1無線装置202の発振器223により発生する信号の位相を補正してもよい。ステップS410における位相の補正は、第1無線装置202の制御部221により制御され、実行される。

[0198] このように、第1無線装置202の位相を第2無線装置204の位相に合わせるように補正がなされることで、第1無線装置202の時計224と第2無線装置204の時計の周波数も調整される。すなわち、位相がロックされる。位相ロックが成立すると、第1無線装置202の時計224と第2無線装置204の時計は、同じ周波数で時を刻むようになる。ここでは、位相ロックが成立した状態で、第1無線装置202と第2無線装置204の間で時刻のずれを算定し、補正する例について説明する。位相ロックが続いている間は、第1無線装置202の時計224と第2無線装置204の時計の時刻の差は変わらないため、正確に時刻を比較することが可能となる。

[0199] ステップS410において第1無線装置202の位相のずれが補正された後、第1無線装置202から第2無線装置204へ、信号が送信される（ステップS411）。そして、第2無線装置204において、送信された信号が受信される（ステップS412）。次に、第2無線装置204から第1無線装置202へ、信号が送信される（ステップS413）。そして、第1無線装置202において、送信された信号が受信される（ステップS414）。

- [0200] 次に、第1無線装置202から第2無線装置204へ、第1無線装置202の時刻に関する情報が送信される（ステップS415）。そして、第2無線装置204において、送信された時刻に関する情報が受信される（ステップS416）。第2無線装置204において、第2無線装置204と第1無線装置202の時刻のずれが算定される（ステップS417）。次に、第2無線装置204から第1無線装置202へ、第1無線装置202の時刻のずれを補正する指示（以下、時刻のずれの補正指示ともいう）が送信される（ステップS418）。第1無線装置202において、送信された時刻のずれの補正指示が受信される（ステップS419）。そして、第1無線装置202において、第1無線装置202の時刻のずれが補正される（ステップS420）。
- [0201] ステップS411における信号には、該信号を送信した第1無線装置202へ信号を送信することを要求する信号送信要求が含まれていてもよい。
- [0202] また、ステップS411において第1無線装置202が信号を送信した際には、第1無線装置202は、該信号を送信した時刻を刻時し、第1無線装置202の制御部221内のメモリに記憶することとしてもよい。
- [0203] さらに、ステップS412において第2無線装置204が信号を受信した際には、第2無線装置204は、該信号を受信した時刻を刻時し、第2無線装置204の制御部内のメモリに記憶することとしてもよい。
- [0204] また、ステップS413において第2無線装置204が信号を送信した際には、第2無線装置204は、該信号を送信した時刻を刻時し、第2無線装置204の制御部内のメモリに記憶することとしてもよい。
- [0205] さらに、ステップS414において第1無線装置202が信号を受信した際には、第1無線装置202は、該信号を受信した時刻を刻時し、第1無線装置202の制御部221内のメモリに記憶することとしてもよい。
- [0206] ステップS415において第2無線装置204へ送信される第1無線装置202の時刻に関する情報には、ステップS411において第1無線装置202が信号を送信した時の時刻に関する情報、及び、ステップS414にお

いて第1無線装置202が信号を受信した時の時刻に関する情報が含まれてもよい。

[0207] ステップS417においては、第1無線装置202から第2無線装置204へ信号を送信した時刻、第2無線装置204において該信号を受信した時刻、第2無線装置204から第1無線装置202へ信号を送信した時刻、及び、第1無線装置202において該信号を受信した時刻をもとに、時刻のずれを算定することができる。

[0208] 第1無線装置202から第2無線装置204へ信号を送信した時刻とは、ステップS411にて信号を送信した時刻である。第2無線装置204において信号を受信した時刻とは、ステップS412にて信号を受信した時刻である。第2無線装置204から第1無線装置202へ信号を送信した時刻とは、ステップS413にて信号を送信した時刻である。第1無線装置202において信号を受信した時刻とは、ステップS414にて信号を受信した時刻である。

[0209] 第1無線装置202から第2無線装置204へ信号を送信した時刻を T_M と定義し、第2無線装置204において該信号を受信した時刻を T_{MF} と定義し、第2無線装置204から第1無線装置202へ信号を送信した時刻を T_F と定義し、第1無線装置202において該信号を受信した時刻を T_{FM} と定義すると、第2無線装置204と第1無線装置202との間の時刻のずれ T_L は、式(4)： $T_L = 1/2 \times ((T_{MF} - T_M) - (T_{FM} - T_F))$ により算定できる。ステップS417では、式(4)により、第2無線装置204と第1無線装置202との間の時刻のずれ T_L を算定してもよい。

[0210] ステップS418における時刻のずれの補正指示は、第2無線装置204の時刻に同期するように、第1無線装置202の時刻を補正する指示であってもよい。

[0211] そして、ステップS420において、第1無線装置202は、算定された時刻のずれ T_L に基づいて、第2無線装置204の時刻に同期するように、第1無線装置202の時刻を補正してもよい。

- [0212] ステップS 4 2 0において第1無線装置202の時刻のずれが補正された後、第1無線装置202から第2無線装置204へ、第1無線装置202の時刻に関する情報が送信される（ステップS 4 2 1）。そして、第2無線装置204において、送信された時刻に関する情報が受信される（ステップS 4 2 2）。次に、第2無線装置204において、第2無線装置204と第1無線装置202との間の通信の伝搬時間が算定される（ステップS 4 2 3）。そして、第2無線装置204において、第2無線装置204と第1無線装置202との間の距離が算定され（ステップS 4 2 4）、距離算定処理は終了する。
- [0213] ステップS 4 2 1における第1無線装置202の時刻に関する情報には、第1無線装置202が該情報を送信した時刻に関する情報が含まれていてもよい。
- [0214] ステップS 4 2 3においては、第2無線装置204は、ステップS 4 2 1において第1無線装置202が情報を送信した時刻と、ステップS 4 2 2において第2無線装置204が該情報を受信した時刻との差によって、第1無線装置202と第2無線装置204との間の通信の伝搬時間を算定することができる。
- [0215] ステップS 4 2 4においては、第2無線装置204は、ステップS 4 2 3において算定された伝搬時間に、通信の伝搬速度（例えば、光速）を乗ずることで、第1無線装置202と第2無線装置204との間の距離を算定することができる。
- [0216] このように、システムが、構造物に設置された第1無線装置と、他の所定の箇所に設置された第2無線装置とを備え、無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定する距離算定手段を備え、距離算定手段が、無線装置間の内部時計の時刻のずれを基に距離を算定するものであることで、地盤の変位を観測するためのシステムを提供することができる。
- [0217] また、このように、システムが、無線装置間で信号の送受信を行うことにより、無線装置間の内部時計の時刻のずれを算定する時刻ずれ算定手段と、

算定された時刻のずれを基に、無線装置間の内部時計の時刻のずれを補正する時刻ずれ補正手段とを備え、距離算定手段が、時刻ずれ補正手段が時刻のずれを補正した後に、距離を算定するものであることで、無線装置間の距離を正確に算定することができる。

[0218] また、このように、システムが、無線装置間で信号の送受信を行うことにより、無線装置間の内部時計の位相のずれを算定する位相ずれ算定手段と、算定された位相のずれを基に、無線装置間の内部時計の位相のずれを補正する位相ずれ補正手段とを備え、時刻ずれ算定手段が、位相ずれ補正手段が位相のずれを補正した後に、時刻のずれを算定するものであることで、無線装置間の距離を、より正確に算定することができる。

[0219] なお、上記においては、第2無線装置204において、位相のずれの算定、位相のずれの補正指示、時刻のずれの算定、時刻のずれの補正指示、伝搬時間の算定、及び距離の算定が実行される態様について説明したが、位相のずれの算定、位相のずれの補正指示、時刻のずれの算定、時刻のずれの補正指示、伝搬時間の算定、及び／又は距離の算定は、第1無線装置202、及び／又はコンピュータ装置205において実行されてもよい。その場合、それぞれの処理に必要な情報が、それぞれの処理を実行する装置に送信されてもよい。

[0220] 例えば、第1無線装置202において、第1無線装置202と第2無線装置204との間の距離の算定が行われてもよい。

[0221] なお、第1無線装置202と第2無線装置204との間の位相のずれ及び時刻のずれの算定方法は、上記の記載に依らず、適宜設計可能である。つまり、第1無線装置202と第2無線装置204との間の信号の送受信の回数や、第1無線装置202と第2無線装置204との間で送受信される情報の内容は、特に限定されない。第1無線装置202と第2無線装置204との間の位相のずれ及び時刻のずれを算定することができればよい。

[0222] また、上記においては、第1無線装置202と第2無線装置204との間の位相のずれ及び時刻のずれを補正した後に距離を算定する態様について説

明したが、距離の算定は、第1無線装置202と第2無線装置204との間の位相のずれ及び／又は時刻のずれを補正せずに行われてもよい。

[0223] 例えば、第1無線装置202と第2無線装置204との間の位相のずれは補正せずに、第1無線装置202と第2無線装置204との間の時刻のずれを補正して、距離を算定してもよい。この場合、ステップS403～ステップS410は行われなくともよい。

[0224] あるいは、例えば、第1無線装置202と第2無線装置204との間の位相のずれ及び時刻のずれを補正せずに、距離を算定してもよい。具体的には、例えば、第1無線装置202と第2無線装置204との間の位相のずれ及び時刻のずれを補正した後、所定の時間内は、再度、位相のずれ及び時刻のずれを補正せずに、距離を算定してもよい。あるいは、例えば、実際には第1無線装置202と第2無線装置204との間の位相のずれ及び時刻のずれを補正せずに、理論上、位相のずれ及び時刻のずれを補正した場合の伝搬時間を基に、距離を算定してもよい。

[0225] 一般的な時計における時刻のずれは、1日あたり1秒未満であると言われている。そのため、第1無線装置202と第2無線装置204との間の位相のずれ及び時刻のずれを補正した後、所定の時間内は、第1無線装置202が備える内部時計の位相及び時刻と、第2無線装置204が備える内部時計の位相及び時刻は、位相のずれ及び時刻のずれを補正したときと同等の位相及び時刻であると考えられる。

[0226] そのため、第1無線装置202と第2無線装置204との間の位相のずれ及び時刻のずれを補正した後、所定の時間内は、再度、ステップS403～ステップS420により位相のずれ及び時刻のずれを補正しなくても、ステップS421～ステップS423により、位相のずれ及び時刻のずれを補正したときの伝搬時間を算定することができる。

[0227] 所定の時間は、1分としてもよく、5分としてもよく、10分としてもよく、20分としてもよく、30分としてもよい。

[0228] また、実際には第1無線装置202と第2無線装置204との間の位相の

ずれ及び時刻のずれの補正を行わずに、算定された位相のずれ及び時刻のずれを基に、理論上で位相のずれ及び時刻のずれを補正した場合の伝搬時間を算定し、距離を算定してもよい。この場合、ステップS 4 0 1～ステップS 4 0 4において信号を送信及び／又は受信した時刻を刻時及び記憶し、ステップS 4 0 5において時刻に関する情報を送信することで、ステップS 4 0 8～ステップS 4 1 6、及びステップS 4 1 8～ステップS 4 2 2を省略することができる。

[0229] つまり、第1無線装置202と第2無線装置204との間の距離が、第1無線装置202が備える内部時計と、第2無線装置204が備える内部時計との時刻のずれを基に算定されていれば、第1無線装置202と第2無線装置204との間の位相のずれ及び時刻のずれは、補正されても、補正されなくてもよい。

[0230] また、上記においては、第1無線装置202と第2無線装置204との間の通信の伝搬時間を算定し、算定された伝搬時間に、通信の伝搬速度を乗ずることで、第1無線装置202と第2無線装置204との間の距離を算定する例について説明したが、第1無線装置202と第2無線装置204との間の距離を算定する態様は、これに限定されない。

[0231] 例えば、第1無線装置202と第2無線装置204との間の通信の伝搬時間を算定する処理を行わずに、第1無線装置202と第2無線装置204との間で信号の送受信を行い、信号の送信時刻と、該信号の受信時刻と、該信号の伝搬速度とから、第1無線装置202と第2無線装置204との間の距離を算定してもよい。この場合、ステップS 4 2 3は行われず、ステップS 4 2 1における情報の送信時刻とステップS 4 2 2における情報の受信時刻と、該情報の伝搬速度とを基に、ステップS 4 2 4において第1無線装置202と第2無線装置204との間の距離が算定されてもよい。

[0232] つまり、第1無線装置202と第2無線装置204との間の距離は、第1無線装置202が備える内部時計と、第2無線装置204が備える内部時計との時刻のずれに基づいた伝搬時間を基に、算定されればよい。

[0233] また、上記においては、第1無線装置202が備える内部時計の位相及び時刻を、第2無線装置204が備える内部時計の位相及び時刻に同期させるように補正を行う例について説明したが、位相のずれ及び時刻のずれの補正の態様は、これに限定されない。第1無線装置202が備える内部時計と第2無線装置204が備える内部時計との間における、位相のずれ及び時刻のずれが補正されればよい。例えば、第2無線装置204が備える内部時計の位相及び時刻を、第1無線装置202が備える内部時計の位相及び時刻に同期させるように補正を行ってもよく、第2無線装置204が備える内部時計と第1無線装置202が備える内部時計とを共に、互いに同期するように補正してもよい。

[0234] このように算定した無線装置間の距離に変化があった場合、地盤改良壁201が設置されている地盤、及び／又は鉄塔203が設置されている地盤に変位が生じている可能性がある。そのため、無線装置間の距離の変化量が所定の条件を満たす場合には、以下のような通知処理が行われてもよい。

[0235] 図14は、本発明の実施の形態にかかる、通知処理のフローチャートを示す図である。

[0236] まず、無線装置間の距離を算定した第2無線装置204からコンピュータ装置205へ、算定した距離に関する情報が送信される（ステップS501）。コンピュータ装置205において、送信された無線装置間の距離に関する情報が受信される（ステップS502）。コンピュータ装置205において、受信した無線装置間の距離の変化量が特定される（ステップS503）。コンピュータ装置205において、特定された変化量が所定の条件を満たすか否かが判定される（ステップS504）。

[0237] 特定された変化量が所定の条件を満たすと判定された場合（ステップS504にてYes）、コンピュータ装置205から端末装置206へ通知が送信される（ステップS505）。端末装置206において、送信された通知が受信される（ステップS506）。端末装置206において、受信した通知が出力され（ステップS507）、通知処理は終了する。

- [0238] 一方、特定された変化量が所定の条件を満たすと判定されなかった場合（ステップS504にてNo）、ステップS505～S507は行われず、通知処理は終了する。
- [0239] ステップS501において送信される、無線装置間の距離に関する情報には、距離算定処理のステップS424において算定された無線装置間の距離や、該距離を算定した時刻などの情報が含まれていてもよい。
- [0240] ステップS503においては、所定の時間の前後における変化量が特定されればよい。所定の時間は、特に限定されず、適宜設計可能である。所定の時間は、10分であっても、1時間であっても、24時間であってもよい。所定の時間が1時間である場合には、例えば、1時間前の無線装置間の距離と、現在の無線装置間の距離との間の変化量が特定されてもよい。以下、変化量を特定するための時間の前の無線装置間の距離を、「変化前の無線装置間の距離」ともいう。また、変化量を特定するための時間の後の無線装置間の距離を、「変化後の無線装置間の距離」ともいう。
- [0241] ステップS503においては、例えば、変化後の無線装置間の距離から、変化前の無線装置間の距離を減じることにより、距離の変化量を特定してもよい。
- [0242] システム210は、変化量を特定する時間の間隔に応じて、無線装置間の距離を算定するように制御してもよい。例えば、コンピュータ装置205から第2無線装置204へ、無線装置間の距離を算定する時間的間隔を制御するための信号を送信してもよい。また、ステップS503において特定された変化量に応じて、変化量を特定する時間の間隔が変更されてもよい。例えば、変化量が所定の値よりも大きい場合には、地盤の変位が生じている可能性が高いため、変化量が所定の値よりも小さい場合よりも短い時間的間隔で、無線装置間の距離を算定し、変化量を特定してもよい。なお、変化量を特定する時間の間隔を変更するか否かを判定する際の所定の値は、ステップS504における、通知を出力するか否かを判定する際の所定の値と同じでもよく、異なってもよい。

[0243] ステップS504における所定の条件は、特に限定されず、適宜設計可能である。例えば、所定の条件は、無線装置間の距離の変化量が所定の値よりも大きいこと、無線装置間の距離の変化量が所定の値以上であることなどであってもよい。無線装置間の距離の変化量が大きい場合には、土砂災害の発生リスクが高いと考えられる。

[0244] ステップS507においては、端末装置206の表示画面に通知が表示されてもよく、端末装置206のスピーカにより通知の音声出力されてもよい。

[0245] 通知の内容は、無線装置間の距離の変化量が所定の条件を満たした旨であっても、無線装置間の距離の変化量に関する情報であってもよい。

[0246] 端末装置206は、システム210の運営者により使用されるものであってもよく、システム210の利用者により使用されるものであってもよい。システム210の利用者には、無線装置を設置した構造物や所定の箇所の管理者や、無線装置を設置した構造物や所定の箇所の近隣の自治体や住民などが含まれてもよい。

[0247] このように、システムが、算定された無線装置間の距離の変化量を特定する変化量特定手段と、特定された変化量が所定の条件を満たす場合に、通知を出力する通知出力手段とを備えることで、地盤の変位を知らせることが容易となる。

[0248] 上記のように、無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定することにより、GNSSよりも高い精度で無線装置間の距離を算定することができる。

[0249] また、GNSSは、曇りや雨などの日には、晴れの日よりも位置の測定精度が低下するが、無線装置による通信は、天候の影響をほとんど受けない。そのため、天候に左右されずに無線装置間の距離を算定することが可能である。

[0250] [実施の形態3]

実施の形態3では、所定の箇所、及び、地表面下の含水率又は地表面下の

含水率を特定可能な情報を取得するための取得装置から所定の距離内に無線装置を設置し、無線装置間の時刻のずれを算定して無線装置の時刻を補正することで、正確な時刻における地表面下の含水率又は地表面下の含水率を特定可能な情報を取得する場合について説明する。つまり、実施の形態3においては、無線装置間の時刻のずれが、災害の発生の検知又は発生の可能性の検知に利用可能な情報であってよい。

[0251] 図15は、本発明の実施の形態にかかるシステムの構成を示すブロック図である。図示するように、システム310は、例えば、第1装置301と、第2装置302と、サーバ装置303と、取得装置304と、管理端末305と、通信ネットワーク306とから構成されている。第1装置301は、サーバ装置303及び管理端末305と、通信ネットワーク306を介してそれぞれ通信接続をすることが可能である。また、第1装置301は、第2装置302と直接的に通信接続をすることが可能である。第1装置301及び第2装置302は、無線装置であってよい。つまり、第1装置301は第1無線装置301であってよく、第2装置302は第2無線装置302であってよい。第1装置301は、第2装置302の時計を同期するための基準となる装置であり、複数の第2装置302に対して、1つの第1装置301が、第1装置として機能することもできる。第1装置301は、第2装置302の時計を同期するための基準となる装置であるから、より高い精度の時計を有するものであることが好ましい。なお、システム310は、1又は複数の第1装置301から構成されていてもよい。

[0252] さらに、ある第1装置301に対して第2装置302として機能するものであっても、他の第2装置に対して、第1装置として機能することもできる。ある1つの第1装置301に対して複数の第2装置302が存在し、これらの複数の第2装置302のそれぞれが、複数の他の第2装置に対して第1装置として機能することで、ピラミッド状の関係が形成されてもよい。

[0253] 第2装置302は、サーバ装置303及び管理端末305と、通信ネットワーク306を介してそれぞれ通信接続をすることが可能である。第1装置

301で刻時される時刻を基準に、第2装置302の時刻が同期され、第1装置301内の発振器により発生する信号の位相を基準に、第2装置302内の発振器により発生する信号の位相が同期される。

[0254] また、第2装置302は、他の第2装置に対して第1装置301として機能するものであってもよい。第2装置302で刻時される時刻を基準に、他の第2装置の時刻が同期され、第2装置302内の発振器により発生する信号の位相を基準に、他の第2装置内の発振器により発生する信号の位相が同期される。

[0255] 取得装置304は、地表面下の土又は砂の含水率を測定することが可能な装置であってもよく、又は、地表面下の土又は砂の含水率を特定可能な情報を測定することが可能な装置であってもよい。含水率とは、地表面下の含水した土又は砂に含まれる水分の割合をいう。取得装置304は、第2装置302と、無線又は有線により直接的に通信接続をすることが可能である。

[0256] 管理端末305は、サーバ装置303と、通信ネットワーク306を介して通信接続をすることが可能である。管理端末305は、システム310の管理を遂行する事業者等が利用する端末である。

[0257] (第1装置)

第1装置301について説明をする。図16は、本発明の実施の形態の少なくとも1つに対応する、第1装置のハードウェア構成を示すブロック図である。第1装置301は、制御部311、RFチップ312及び発振器313を備えている。RFチップ312には、時計312a及び位相検出器312bが備えられている。第1装置301は、制御部311、RFチップ312、発振器313、時計312a及び位相検出器312b以外に、必要に応じて他の構成を備えていてもよい。

[0258] 制御部311としては、特に限定されないが、例えば、マイコン（マイクロコントローラ）を使用することができる。制御部311では、プログラム及びデータをもとに、プログラム実行処理を行う。RFチップ312は、無線信号の受信及び送信の処理を行う。RFチップ312にて受信したデータ

は、制御部 3 1 1 にて演算処理の対象となる。

[0259] 発振器 3 1 3 は、所定の周波数で発振し、装置各部の動作タイミングを与えるための信号を出力する。発振器 3 1 3 としては、原子発振器や水晶発振器を用いることができる。時計 3 1 2 a は、発振器 3 1 3 の出力信号を源振として刻時し、時刻を出力する。時計 3 1 2 a で刻時された時刻は、制御部 3 1 1 により、RF チップ 3 1 2 を介して第 2 装置 3 0 2 へ送信するよう制御される。位相検出器 3 1 2 b では、第 2 装置 3 0 2 から受信した情報を構成する搬送波の位相を検出し、第 1 装置 3 0 1 における発振器 3 1 3 により発振される信号の位相を検出する。

[0260] 第 1 装置 3 0 1 の設置場所は、特に限定されないが、第 1 装置 3 0 1 は、例えば、架空電線路を支えるための送電塔などに設置することができる。第 1 装置 3 0 1 は、所定の場所に固定されて設置されていることが好ましい。

[0261] (第 2 装置)

第 2 装置 3 0 2 について説明をする。図 1 7 は、本発明の実施の形態にかかる第 2 装置のハードウェア構成を示す図である。第 2 装置 3 0 2 は、制御部 3 2 1、RF チップ 3 2 2 及び発振器 3 2 3 を備え、それぞれバスにより接続されている。RF チップ 3 2 2 には、時計 3 2 2 a 及び位相検出器 3 2 2 b が備えられている。第 2 装置 3 0 2 は、制御部 3 2 1、RF チップ 3 2 2、発振器 3 2 3、時計 3 2 2 a 及び位相検出器 3 2 2 b 以外に、必要に応じて他の構成を備えていてもよい。

[0262] 制御部 3 2 1 としては、特に限定されないが、例えば、マイコンを使用することができる。制御部 3 2 1 では、プログラム及びデータをもとに、プログラム実行処理を行う。RF チップ 3 2 2 は、無線信号の受信及び送信の処理を行う。RF チップ 3 2 2 にて受信したデータは、制御部 3 2 1 にて演算処理の対象となる。

[0263] 発振器 3 2 3 は、所定の周波数で発振し、装置各部の動作タイミングを与えるための信号を出力する。発振器 3 2 3 としては、例えば、水晶発振器を用いることができる。時計 3 2 2 a は、発振器 3 2 3 の出力信号を源振とし

て刻時し、時刻を出力する。時計 322a で刻時された時刻は、制御部 321 により、RF チップ 322 を介して第 1 装置 301 へ送信するよう制御される。位相検出器 322b では、第 1 装置 301 から受信した情報を構成する搬送波の位相を検出し、第 2 装置 302 の発振器 323 により発振される信号の位相を検出する。

[0264] 第 2 装置 302 は、取得装置 304 と所定の距離内に設置される。第 2 装置 302 は、取得装置 304 に接するように設置されていてもよく、取得装置 304 と一体として設置されていてもよく（つまり、取得装置 304 が、第 2 装置 302 の有する機能を有しており、第 2 装置 302 としても機能してもよく）、取得装置 304 から離れた位置に設置されていてもよい。「所定の距離内」とは、取得装置の外縁に接するように設置されている場合だけでなく、取得装置と一体として設置されている場合等も含む概念である。第 2 装置 302 を取得装置 304 から離れた位置に設置する場合は、取得装置 304 から所定の距離内、例えば、10m 以内、5m 以内、又は 1m 以内に設置されていることが好ましい。また、第 2 装置 302 を取得装置 304 と一体として設置する場合とは、取得装置 304 が第 2 装置 302 の機能を備える場合も含む概念である。取得装置 304 にて情報を取得した時間を正確に刻時するためには、取得装置 304 が、第 2 装置 302 の有する機能を有しており、第 2 装置 302 としても機能することが好ましい。

[0265] (サーバ装置)

次に、サーバ装置について説明をする。サーバ装置 303 のハードウェア構成、及び機能については、実施の形態 2 における、コンピュータ装置 205 についての記載を、必要な範囲で採用できる。

[0266] システム 310 において、第 1 装置 301 をもとに第 2 装置 302 の時刻ずれと位相ずれを補正することで、第 2 装置において正確な時刻を刻時することが可能となる。ここで、後述するように、第 2 装置 302 の時刻ずれと位相ずれを補正したうえで、第 1 装置 301 と第 2 装置 302 との距離を算定することができる。また、後述するように、複数の第 1 装置 301 の位置

と、複数の第1装置301と第2装置302のそれぞれの距離とをもとに、第2装置の位置を測定することが可能となる。第2装置302は、取得装置304と所定の距離内に設置されており、第2装置302の位置を測定することで、取得装置304がいずれの位置において、含水率又は含水率を特定することが可能な情報を取得したのかを、特定することができる。

[0267] (距離算定処理)

以下、時刻ずれと位相ずれの補正、及び、距離の算定について説明をする。時刻ずれと位相ずれの補正、及び、距離の算定する処理（以下、距離算定処理）は、例えば、所定の時間ごとに、又は、所定の条件を満たすごとに、実行することができる。図18は、本発明の実施の形態にかかる距離算定処理のフローチャートを示す図である。距離算定処理を実行する頻度は、特に限定されず、例えば、毎日1回、所定の時間になれば実行するようにしてもよく、或いは、1時間ごとに1回、実行するようにしてもよい。

[0268] まず、第1装置301から第2装置302へ情報又は信号を送信する（ステップS601）。第1装置301から第2装置302へ送信される情報又は信号は特に限定されない。第1装置301では、ステップS601にて情報又は信号を送信した時刻を刻時し、送信時の位相を計測する（ステップS602）。そして、刻時した時刻と、計測した位相を、制御部311内のメモリに記憶する（ステップS603）。

[0269] 次に、第2装置302にて、第1装置301から該情報又は該信号を受信する（ステップS604）。第2装置302では、ステップS604にて該情報又は該信号を受信した時刻を刻時し、受信時の位相を計測する（ステップS605）。そして、刻時した時刻と、計測した位相を、制御部322内のメモリに記憶する（ステップS606）。

[0270] 次に、第2装置302は、第1装置301へ情報又は信号を送信する（ステップS607）。第2装置302から第1装置301へ送信される情報又は信号は特に限定されない。第2装置302では、ステップS607にて情報又は信号を送信した時刻を刻時し、送信時の位相を計測する（ステップS

608)。そして、刻時した時刻と計測した位相を、制御部322内のメモリに記憶する（ステップS609）。

[0271] 第1装置301は、ステップS607にて送信された情報又は信号を受信する（ステップS610）。第1装置301では、ステップS610にて該情報又は該信号を受信した時刻を刻時し、受信時の位相を計測する（ステップS611）。そして、刻時された時刻及び計測された位相を、制御部311内のメモリにて記憶する（ステップS612）。ステップS612が終了すると、ステップS613へ移行する。

[0272] 第1装置301は、ステップS603にて記憶した、ステップS601にて信号を送信した時の時刻及び送信時の位相に関する情報、及び、ステップS612にて記憶した、ステップS610にて信号を受信した時の時刻及び受信時の位相に関する情報を、RFチップ312により第2装置302へ送信する（ステップS613）。

[0273] そして、第2装置302にて、ステップS601にて第1装置301が情報又は信号を送信した時の時刻及び送信時の位相に関する情報、及び、ステップS610にて第1装置301が情報又は信号を受信した時の時刻及び受信時の位相に関する情報を受信する（ステップS614）。

[0274] 次いで、第2装置302の制御部321において、第1装置301の発振器313にて発生する信号の位相と、第2装置302の発振器323にて発生する信号の位相との位相ずれが算定される（ステップS615）。位相ずれは、第1装置301から第2装置302へ送信した情報又は信号を構成する搬送波の位相と、第2装置302において該情報又は該信号を受信した時に第2装置302の発振器323により発振される信号の位相との位相差、及び、第2装置302から第1装置301へ送信した情報又は信号を構成する搬送波の位相と、第1装置301において該情報又は該信号を受信した時に第1装置301の発振器313により発振される信号の位相との位相差をもとに、算定することができる。

[0275] 第1装置301から第2装置302へ送信した情報又は信号を構成する搬

送波の位相とは、ステップS 6 0 1にて送信した情報又は信号の位相である。該位相に関する情報は、ステップS 6 1 3にて第1装置3 0 1から第2装置3 0 2へ送信される。第2装置3 0 2において情報又は信号の受信した時に第2装置3 0 2の発振器3 2 3により発振される信号の位相とは、ステップS 6 0 4にて受信した情報又は信号の位相である。該位相に関する情報は、ステップS 6 0 5にて第2装置3 0 2にて計測され、ステップS 6 0 6にて記憶される。第2装置3 0 2から第1装置3 0 1へ送信した情報又は信号を構成する搬送波の位相とは、例えば、ステップS 6 0 7にて送信した情報又は信号の位相である。該位相に関する情報は、ステップS 6 0 9にて第2装置3 0 2により記憶されている。第1装置3 0 1において情報又は信号を受信した時に第1装置3 0 1の発振器3 1 3により発振される信号の位相とは、例えば、ステップS 6 1 0にて受信した情報又は信号の位相である。該位相に関する情報は、ステップS 6 1 1にて計測され、ステップS 6 1 3にて第1装置3 0 1から第2装置3 0 2へ送信される。

[0276] ここで、第1装置3 0 1から第2装置3 0 2へ送信した情報又は信号を構成する搬送波の位相とは、第1装置3 0 1から第2装置3 0 2へ送信した情報又は信号を構成する搬送波の位相だけでなく、この情報又は信号をミックスダウンすることにより得られる信号を構成する搬送波の位相も含む概念である。同様に、第2装置3 0 2から第1装置3 0 1へ送信した情報又は信号を構成する搬送波の位相とは、第2装置3 0 2から第1装置3 0 1へ送信した情報又は信号を構成する搬送波の位相だけでなく、この情報又は信号をミックスダウンすることにより得られる信号を構成する搬送波の位相も含む概念である。

[0277] 第1装置3 0 1から第2装置3 0 2へ送信した情報又は信号を構成する搬送波の位相と、第2装置3 0 2において該情報又は該信号の受信した時に第2装置3 0 2の発振器3 2 3により発振される信号の位相との位相差を $\Delta\Phi_s$ と定義し、第2装置3 0 2から第1装置3 0 1へ送信した情報又は信号を構成する搬送波の位相と、第1装置3 0 1において該情報又は該信号の受信し

た時に第1装置301の発振器313により発振される信号の位相との位相差を $\Delta\Phi_M$ と定義すると、位相差 $\Delta\Phi_S$ と位相差 $\Delta\Phi_M$ との相加平均から、第1装置301及び第2装置302間を信号が伝搬することにより生じる位相差 $\Delta\Phi_P$ を算定することができる。つまり、式(1)： $\Delta\Phi_P = 1/2 \times (\Delta\Phi_S + \Delta\Phi_M)$ により、位相差 $\Delta\Phi_P$ を算定できる。

[0278] 第1装置301と第2装置302間の位相のずれを $\Delta\Phi_C$ と定義すると、式(2)： $\Delta\Phi_M = \Delta\Phi_P + (-\Delta\Phi_C)$ で示す関係が成立するから、位相のずれ $\Delta\Phi_C$ は、位相差 $\Delta\Phi_P$ から位相差 $\Delta\Phi_M$ を差し引くことで算定することができる。つまり、式(3)： $\Delta\Phi_C = 1/2 \times (\Delta\Phi_S - \Delta\Phi_M)$ により、位相のずれ $\Delta\Phi_C$ を算定できる。ステップS615では、式(3)を利用して、第1装置301と第2装置302間の位相ずれを算定する。

[0279] なお、ここでは、位相のずれ $\Delta\Phi_C$ を式(3)により算定することとしたが、算定すべき位相のずれ $\Delta\Phi_C$ が、さらに 2π や 4π 、つまり $2n\pi$ を差し引いたものである場合もある。 n は0又は正の整数を取りうる。そのため、後述する伝搬時間 T_P や、第1装置301と第2装置302間の時刻のずれをもとに、 n が0であるのか、1や2であるのか（つまり、式(3)より求められる位相のずれ $\Delta\Phi_C$ からさらに $2n\pi$ を差し引いた値が、本来の位相ずれであるのか、差し引かない値が、本来の位相ずれであるのか）を特定することもできる。

[0280] 第1装置301から第2装置302へ送信した信号、及び、第2装置302から第1装置301へ送信した信号は、送信開始時における出力が0ではなく、任意の値をもった状態から始まる場合がある。このような場合は、送信開始時の位相及び送信時刻を計測して、位相のずれ $\Delta\Phi_C$ を補正する必要がある。なお、送信開始時の位相を常にある一定とし、所定の時刻に送信することで、送信開始時の位相及び送信時刻を計測したうえで $\Delta\Phi_C$ を補正するといった処理を省略することが可能となる。

[0281] 第2装置302では、算定された位相のずれ $\Delta\Phi_C$ に基づいて、第1装置301の発振器313により発生する信号と同期するように、第2装置302

の発振器 323 により発生する信号の位相を補正する（ステップ S616）。ステップ S616 における位相の補正は、制御部 321 により制御され実行される。第 2 装置 302 の発振器 323 の位相のずれは、第 2 装置 302 の周囲の環境の影響で発生する。このように定期的に同期処理を行うことで、第 2 装置 302 の時計 322a を継続して高い精度で刻時させることができる。

[0282] 次に、第 1 装置 301 にて、第 1 装置 301 から第 2 装置 302 へ情報又は信号を送信した時刻、第 2 装置 302 から第 1 装置 301 へ情報又は信号を送信した時刻、第 1 装置 301 から情報又は信号が送信され第 2 装置 302 が受信して刻時した時刻、さらに、第 2 装置 302 から情報又は信号が送信され第 1 装置 301 が受信して刻時した時刻をもとに、第 1 装置 301 と第 2 装置 302 間の時刻のずれを算定する（ステップ S617）。

[0283] 第 1 装置 301 から第 2 装置 302 へ情報又は信号を送信した時刻とは、ステップ S601 にて情報を送信した時刻である。該時刻に関する情報は、ステップ S613 にて第 1 装置 301 から第 2 装置 302 へ送信される。第 2 装置 302 から第 1 装置 301 へ情報又は信号を送信した時刻とは、ステップ S607 にて情報又は信号を送信した時刻である。該時刻に関する情報は、ステップ S609 にて第 2 装置 302 により記憶されている。次に、第 1 装置 301 から情報又は信号が送信され第 2 装置 302 が受信して刻時した時刻とは、ステップ S604 にて情報を受信した時刻である。該時刻に関する情報は、ステップ S605 にて第 2 装置 302 にて刻時され、ステップ S606 にて記憶される。第 2 装置 302 から情報又は信号が送信され第 1 装置 301 が受信して刻時した時刻とは、ステップ S610 にて情報又は信号を受信した時刻である。該時刻に関する情報は、ステップ S611 にて刻時され、ステップ S613 にて第 1 装置 301 から第 2 装置 302 へ送信される。

[0284] 第 1 装置 301 から第 2 装置 302 へ情報又は信号を送信した時刻を T_M と定義し、第 2 装置 302 から第 1 装置 301 へ情報又は信号を送信した時刻

を T_s と定義し、第1装置301から送信され第2装置302が情報又は信号を受信して刻時した時刻を T_{MS} と定義し、さらに、第2装置302から送信され第1装置301が受信して情報又は信号を刻時した時刻を T_{SM} と定義すると、第1装置301と第2装置302間の時刻のずれは、式(4)： $T_L = 1/2((T_{SM} - T_s) - (T_{MS} - T_M))$ により算定できる。ステップS617では、式(4)により、第1装置301と第2装置302間の時刻のずれを算定する。第2装置302では、算定された時刻のずれに基づいて、第1装置301の時刻に同期するように、第2装置302における時刻を補正する(ステップS618)。

[0285] 次に、第1装置301と第2装置302との距離を算定する(ステップS619)。ステップS619では、第1装置301と第2装置302との距離は、第1装置301にて情報又は信号を送信した時刻と、第2装置302にて情報又は信号を受信した時刻との実質的な差により、第1装置301と第2装置302との間の情報又は信号が伝搬する伝搬時間を算定し、伝搬時間に、情報又は信号の伝搬速度(例えば、光速)を乗ずることで、第1装置301と第2装置302との間の距離を算定することができる。第1装置301にて情報又は信号を送信した時刻と、第2装置302にて情報又は信号を受信した時刻との差は、例えば、ステップS601にて第1装置301から第2装置302へ情報又は信号を送信した時刻(ステップS613にて第1装置301から第2装置302へ送信された時刻)と、ステップS604にて第1装置301から第2装置302にて情報又は信号を受信した時刻であって、ステップS606にてメモリに記憶された時刻と、ステップS617にて算定された時刻ずれをもとに、算定することができる。

[0286] また、ステップS619では、第1装置301と第2装置302との距離は、第2装置302にて情報又は信号を送信した時刻と、第1装置301にて情報又は信号を受信した時刻との実質的な差により、第1装置301と第2装置302との間の情報又は信号が伝搬する伝搬時間を算定し、伝搬時間に、情報又は信号の伝搬速度(例えば、光速)を乗ずることで、第1装置3

01と第2装置302との間の距離を算定することができる。第2装置302にて情報又は信号を送信した時刻と、第1装置301にて情報又は信号を受信した時刻との差は、例えば、ステップS607にて第2装置302から第1装置301へ情報又は信号を送信した時刻であって、ステップS609にてメモリに記憶された時刻と、ステップS610にて第1装置301にて情報又は信号を受信した時刻（ステップS613にて第1装置301から第2装置302へ送信）と、ステップS617にて算定された時刻ずれをもとに、算定することができる。

[0287] ステップS619にて算定された第1装置301と第2装置302との間の距離は、例えば、算定した時間等に関する時間情報、及び、第1装置301を識別し得る識別情報（又は第1装置301の位置情報）と関連付けて、制御部321内のメモリに記憶される（ステップS620）。ステップS620を実行することにより、距離算定処理は終了する。

[0288] ステップS601～S620までの処理を実行することにより、第1装置301と第2装置302との時刻ずれと位相ずれを補正することができるだけでなく、第1装置301と第2装置302との距離を算定することができる。なお、ここでは、ステップS618において、第1装置301と第2装置302との時刻ずれの補正を行うこととしたが、必ずしも時刻ずれの補正を行う必要はなく、ステップS617にて算定された時刻ずれをもとにして、時刻ずれの補正を行うことなく、第1装置301と第2装置302との距離を算定することもできる。また、ステップS616において、第1装置301と第2装置302との位相ずれの補正を行うこととしたが、必ずしも位相ずれの補正を行う必要はなく、位相ずれの補正を行うことなく、第1装置301と第2装置302との距離を算定することもできる。

[0289] また、ステップS601～S620までの処理を実行することにより、第1装置301と第2装置302との時刻ずれと位相ずれを補正し、且つ、第1装置301と第2装置302との距離を算定することとしたが、第1装置301と第2装置302との時刻ずれを補正する処理と、第1装置301と

第2装置302との位相ずれを補正する処理と、第1装置301と第2装置302との距離を算定する処理とを、それぞれ個別に実行することも可能である。

[0290] 上記の第1装置301と第2装置302との距離を算定する処理は、1つの第2装置302に対して、複数の第1装置301のそれぞれとの距離を算定することができる。第2装置302の位置を特定する場合、後述するように、位置の特定に必要となる数の第1装置301について、第1装置301と第2装置302との距離を特定する。ただし、1つの第2装置302について、複数の第1装置301のそれぞれとの距離を算定する場合であっても、時刻ずれの補正の処理、及び、位相ずれの補正の処理は、1つの第1装置301との間のみで行い、その他の第1装置301との通信の際に、時刻ずれの補正の処理、及び、位相ずれの補正の処理を実行しないようにすることもできる。

[0291] ここでは、第2装置302において、第1装置301と第2装置302との距離を算定することとしたが、第2装置302に代えて、第1装置301にて、ステップS619と同様の処理により、第1装置301と第2装置302との距離を算定することとしてもよい。第1装置301にて距離を算定した場合、制御部311内のメモリに、第1装置301と第2装置302との間の距離は、算定した時間等に関する時間情報、及び、第2装置302を識別し得る識別情報と関連付けて、記憶される。

[0292] また、第2装置302に代えて、サーバ装置303にて、ステップS619と同様の処理により、第1装置301と第2装置302との距離を算定することとしてもよい。サーバ装置303において、距離を算定する場合、算定に必要な情報は、第1装置301及び／又は第2装置302から受信する。サーバ装置303にて距離を算定した場合、サーバ装置303のストレージ部に、第1装置301と第2装置302との間の距離は、算定した時間等に関する時間情報、第1装置301を識別し得る識別情報（又は第1装置301の位置情報）、及び、第2装置302を識別し得る識別情報と関連付け

て、記憶される。

[0293] なお、ここでは、第1装置301と第2装置302との距離を算定することとしたが、複数の第2装置302がある場合に、1の第2装置302と、それとは異なる第2装置302との距離を算定することができる。この場合、1の第2装置302にて情報又は信号を送信した時刻と、異なる第2装置302にて情報又は信号を受信した時刻との実質的な差により、1の第2装置302と、異なる第2装置302との間の情報又は信号が伝搬する伝搬時間を算定し、伝搬時間に、情報又は信号の伝搬速度（例えば、光速）を乗ずることで、1の第2装置302と、異なる第2装置302との距離を算定することができる。

[0294] （取得装置）

次に、取得装置304について説明をする。取得装置304は、地表面下の含水率を測定する機能を有するか、或いは、地表面下の含水率を特定可能な情報を測定する機能を有するものであれば、特に限定されない。これらの機能を有する装置としては、公知の装置を用いることができる。取得装置304において、地表面下の含水率を特定可能な情報を測定した場合、測定した情報に基づいて、含水率を特定することができる。また、例えば、取得装置304にて取得した地表面下の含水率を特定可能な情報を、他のコンピュータ装置に送信し、他のコンピュータ装置にて含水率を特定してもよい。このような取得装置304には、地表面下の土又は砂の誘電率、静電容量、熱伝導率、又は、電気伝導度などの土又は砂の物性値を取得し、取得した情報に基づいて含水率を特定する公知の含水率センサも含まれる。また、取得装置304には、後述するような、含水率を特定可能な情報として電磁波の受信強度を取得する装置も含まれる。

[0295] 図19は、本発明の実施の形態にかかる取得装置の構成を示すブロック図である。図19は、地表面下の土又は砂の含水率を特定可能な情報としてアンテナによる電磁波の受信強度を取得する取得装置に関するものである。取得装置304は、アンテナ341、リアクタンス回路342及び制御回路3

43を備え、それぞれ電氣的に接続されている。取得装置304は、アンテナ341、リアクタンス回路342及び制御回路343以外に、必要に応じて他の構成を備えていてもよい。

[0296] アンテナ341は、電磁波を受信する機能を有する。アンテナ341にて受信する電磁波は、アンテナ341から所定の距離が離れた、所定の送信アンテナから発信されたものであることが好ましい。アンテナ341で受信する電磁波は、電磁波であれば特に限定されない。電磁波は、含水した土の奥深くまで浸透する観点から、地上波テレビ放送波や、ラジオ放送波、標準周波数報時電波に利用される標準電波であることが好ましい。

[0297] アンテナ341の形状は、電磁波を受信できる限り、特に限定されるものではなく、受信する電磁波の波長によって、棒状、平面状、スパイラル状などの形状から適宜選択すればよい。

[0298] アンテナ341は、含水率を特定可能な情報の取得を所望する任意の地点であって、地表面上、且つ、地表面の近傍に設置すればよい。図19において、アンテナ341は、土345により形成される地表面の上であって、且つ、地表面の近傍に設置されている。アンテナ341を、地表面上で、且つ、地表面の近傍に設置する場合は、地中や地表面から離れた空間に設置する場合に比べて、電磁波の伝搬損失は小さく、アンテナ341の受信感度は高いものになる。

[0299] アンテナ341で受信する電磁波には、種々の波長の電磁波が含まれる。アンテナ341により受信した電磁波の受信感度を向上させる観点からは、アンテナ341と制御回路343との間に、ノイズを除去するためのフィルタ機能を設けることが好ましい。このフィルタ機能として、リアクタンス回路を用いることで、送信アンテナにて発信された電磁波とは異なる周波数帯の電磁波をノイズとして除去することが可能となる。リアクタンス回路としては、その共振周波数が、送信アンテナにて発信された電磁波の周波数と一致又は近似しているものを用いることで、送信アンテナにて発信された電磁波とは異なる周波数帯の電磁波を除去することができる。

[0300] アンテナ 341 で受信した電磁波は、リアクタンス回路 342 を経由し、受信した電磁波に関する情報を含む交流信号として伝送線 344 により制御回路 343 へ伝送される。制御回路 343 では、交流信号を受信強度に比例した直流信号に変換して、この直流信号を、電磁波の受信強度に関する情報としてサーバ装置 303 に送信することができる。或いは、制御回路 343 は、この直流信号を、電磁波の受信強度に関する情報として第 2 装置 302 に送信することができる。なお、第 2 装置 302 が電磁波の受信強度に関する情報をサーバ装置 303 に送信する処理は、後述するステップ S702 に相当する。

[0301] サーバ装置 303 は、受信強度に関する情報をもとに含水率を特定することができる。例えば、含水率が異なる複数の土（含水率は既知）について、所定の送信アンテナから所定の強度で、所定の周波数で発信された電磁波を、受信アンテナで受信した際の受信強度（例えば、前記直流信号の強度）を測定しておき、含水率と受信強度に関する情報との関係をデータテーブルとして記憶しておく、或いは、含水率と受信電力との関係式を記憶しておく。そして、含水率が既知の土と同じ条件で発信された電磁波、つまり、所定の送信アンテナから所定の強度で、所定の周波数で発信された電磁波を、受信アンテナで受信した際の受信強度（例えば、サーバ装置 303 にて受信した直流信号の強度）をもとに、上記データテーブルを参照する、或いは、上記関係式に代入することで、含水率を特定することができる。なお、ここでは、サーバ装置 303 において、受信強度に関する情報をもとに含水率を特定する場合について説明をしたが、第 2 装置 302 又は取得装置 304 において、受信強度に関する情報をもとに含水率を特定するようにしてもよい。

[0302] なお、この含水率を特定する処理は、例えば、後述するステップ S703 において受信強度に関する情報をサーバ装置 303 にて受信した後、ステップ S706 において含水率情報をストレージ部に記憶するまでの間に、実行することができる。ステップ S706 において含水率情報をストレージ部に記憶する前に、含水率を特定する処理を実行した場合、ステップ S706 で

は、含水率情報として、特定した含水率を記憶することができる。

[0303] 取得装置304において地表面下の含水率を特定可能な情報を取得する頻度は、適宜設計すればよい。例えば、取得装置304が温度センサ、湿度センサ等の他のセンサを備える場合には、これらの他のセンサにて測定された温度や湿度等について設定された所定の条件に応じて、取得の頻度の増減を自動で変更してもよい。所定の時間が経過する間における湿度の上昇率が、所定の値を超えた場合は、土の含水率が高くなる可能性が考えられることから、災害に備えて取得の頻度を10分毎から5分毎や1分毎などに増やすことができる。他方、所定の時間が経過する間における湿度の上昇率が所定の値よりも低くなった場合は、土の含水率が低くなる可能性が考えられることから、含水率を特定可能な情報を取得する頻度を5分毎や、1分毎などから10分毎に減らすことができる。

[0304] 取得装置304において地表面下の含水率を特定可能な情報を取得する頻度は、取得装置304の周囲の環境に応じて変更してもよい。取得装置304に、湿度センサ等の他のセンサを設置しておき、センサで取得した情報が所定の条件（例えば、湿度が閾値以上であること）を満たした場合に、含水率を特定可能な情報を取得する頻度を変更してもよい。なお、取得装置304にて含水率を特定可能な情報を取得する頻度やタイミングを、第2装置302にて制御することも可能である。

[0305] 取得装置304において取得した地表面下の含水率の情報又は含水率を特定可能な情報は、これらの情報を取得した日時（第2装置302にて刻時した日時）と関連付けて、第2装置302からサーバ装置303に送信され、サーバ装置303のストレージ部に記憶される。また、これらの情報は、第2装置302の制御部321内のメモリに記憶されてもよい。

[0306] （管理端末）

管理端末305のハードウェア構成、及び機能については、実施の形態1における、コンピュータ装置103についての記載を、必要な範囲で採用できる。

[0307] 管理端末305は、後述するように、含水率情報に異常があった場合に、サーバ装置303から警告を受信することができる。また、後述するように、サーバ装置303において、時間と関連付けて含水率情報が記憶されているため、管理端末305がサーバ装置303へアクセスすることで、管理端末305の表示画面にて、含水率情報の経時的な推移をグラフ等で表示することも可能である。

[0308] (情報取得処理)

次に、取得装置304において取得した地表面下の含水率又は含水率を特定可能な情報を、サーバ装置303に送信し、履歴として記憶する、情報取得処理について、以下に説明をする。図20は、本発明の実施の形態にかかる含水率を特定可能な情報を取得する情報取得処理のフローチャートを示す図である。

[0309] まず、第2装置302にて、取得装置304から含水率又は含水率を特定可能な情報（例えば、アンテナにより受信した電磁波に関する情報。以下において、含水率又は含水率を特定可能な情報をあわせて「含水率情報」ということがある）を受信する（ステップS701）。第2装置302にて取得される含水率情報は、例えば、取得装置304にて取得された含水率、取得装置304にて取得された土の誘電率、静電容量、熱伝導率、又は、電気伝導率などの土の物性値、該取得された物性値に基づいて特定された含水率、アンテナによる電磁波の受信強度（アンテナにより受信した信号の強度を増幅させた又は減衰させた際の強度も含む）、及び、該受信強度に基づいて特定された含水率のいずれであってもよい。

[0310] 第2装置302では、ステップS701にて含水率情報を受信した時刻を刻時し、第2装置302で刻時した時刻（含水率情報を受信した時刻）に関する情報（以下、時刻情報ともいう）と含水率情報とを関連付けて、サーバ装置303に送信する（ステップS702）。なお、取得装置304は、含水率情報を取得すると直ちに第2装置302に該取得した含水率情報を送信するものとするのが望ましい。このような構成とすることで、取得装置3

04にて含水率情報を取得した時刻と、第2装置302にて刻時される時刻との間のずれを小さくすることができる。

[0311] 取得装置304が、第2装置302の有する機能を有しており、第2装置302としても機能する場合は、ステップS701及びS702に代えて、取得装置304にて、取得装置304が含水率情報を取得した時刻を刻時し、取得装置304からサーバ装置303へ、刻時した時刻と含水率情報とを関連付けて送信する。

[0312] 次に、サーバ装置303にて、第2装置302から、時刻情報と関連付けた含水率情報を受信する（ステップS703）。サーバ装置303では、ステップS703にて受信した含水率情報が所定の条件を満たすか否かを判定する（ステップS704）。所定の条件としては、特に限定されないが、含水率情報が、通常とは異なる異常値であることを条件とすることができる。この場合、ステップS704では、ステップS703にて受信した含水率情報が異常値であるか否かを判定する。含水率情報が異常値である範囲は、過去に河川の氾濫や土砂崩れが発生した際の土の含水率や含水率を特定可能な情報をもとに、適宜設定することができる。つまり、所定の条件は、含水率又は含水率を特定可能な情報をもとに定められる条件であってもよい。また、過去の含水率情報、並びに、その際に災害が発生したか否か、及び、災害が発生したのであればその災害の程度などの災害の状況に関する情報をもとに、サーバ装置303にて、所定の条件を特定するような構成を採用することもできる。

[0313] ステップS704において、含水率情報が所定の条件を満たさないと判定された場合、例えば、含水率情報が異常値ではないと判定された場合（ステップS704にてN）、含水率情報が、第2装置302で刻時した時刻（時刻情報）と関連付けて、ストレージ部に記憶される（ステップS706）。これにより、情報取得処理は終了する。

[0314] 一方、ステップS704において、含水率情報が所定の条件を満たすと判定された場合、例えば、含水率情報が異常値であると判定された場合（ステ

ップS704にてYes)、管理端末305へ含水率情報が異常値であることの警告を送信する(ステップS705)。そして、含水率情報が、第2装置302で刻時した時刻(時刻情報)と関連付けて、ストレージ部に記憶される(ステップS706)。これにより、情報取得処理は終了する。

[0315] ステップS705の処理により、管理端末305に警告が送信された場合に、システム310の管理を遂行する事業者等が、警告に基づいて地方自治体に緊急速報を送信することができる。また、ステップS704において、含水率情報が所定の条件を満たすと判定された場合、例えば、含水率情報が異常値であると判定された場合、第2装置302又は取得装置304と所定の関係にあるコンピュータ装置へ、警告に関する情報が送信されてもよい。具体定には、例えば、サーバ装置303により、第2装置302又は取得装置304に対して所定の位置関係にあるユーザ端末(例えば、第2装置302又は取得装置304から所定の範囲にあるユーザ端末、第2装置302又は取得装置304から所定の範囲にある地域に存在するユーザ端末、第2装置302又は取得装置304から所定の範囲にある基地局と通信可能なユーザ端末、第2装置302又は取得装置304から所定の範囲にある地域の住人が所持するユーザ端末等)に、警告に関する情報(例えば、含水率情報が異常値であることを示す情報、又は、ユーザに災害等のリスクがあること知らせるための情報)を送信することができる。なお、ユーザは、システム310により警告を受信するよう契約等を結んでいる者であってもよく、システム310により警告を受信するよう契約等を結んでいない者であってもよい。これらの情報を受信したユーザ端末では、警告を知らせる音を発したり、警告を知らせる情報を表示させる態様としてもよい。

[0316] (位置特定処理)

第2装置302の位置を特定する位置特定処理について説明をする。第2装置302の位置を特定するには、距離算定処理において、1つの第2装置302に対して、複数の第1装置301のそれぞれとの距離が算定されることが前提となる。例えば、1つの第2装置302と、複数の第1装置3

01 とが同じ高さの位置にある場合、つまり、これらの装置が同一の X Y 平面上に存在する場合、1つの第2装置302と3つの第1装置301とのそれぞれの距離と、3つの第1装置301のそれぞれの位置をもとに、第2装置302の位置（例えば第2装置302の X Y 座標）を特定することができる。よって、1つの第2装置302と、複数の第1装置301とが同じ高さの位置にある場合、位置の特定に必要な第1装置301と第2装置302との距離の数は3である。

[0317] また、例えば、1つの第2装置302と、複数の第1装置301の少なくともいずれかの高さが異なり、同一平面上に存在しない場合は、1つの第2装置302と4つの第1装置301とのそれぞれの距離と、4つの第1装置301のそれぞれの位置をもとに、第2装置302の位置（例えば第2装置302の X Y Z 座標、又は、緯度・経度・高度）を特定することができる。よって、1つの第2装置302と、複数の第1装置301の少なくともいずれかの高さが異なり、同一平面上に存在しない場合、位置の特定に必要な第1装置301と第2装置302との距離の数は4である。この場合、4つの第1装置301は、同一平面上に存在しないことが好ましい。例えば、少なくとも1つの第1装置301の設置される高さが、他の3つの第1装置301の設置される高さと異なることが好ましい。このようにすることで、第2装置302がいずれの位置に存在していたとしても、3次元における位置の特定が可能となる。

[0318] 図21は、本発明の実施の形態にかかる位置特定処理のフローチャートを示す図である。図21に示す位置特定処理は、例えば、第1装置301、第2装置302又はサーバ装置303のいずれかで実行することが可能である。第1装置301又はサーバ装置303にて位置特定処理が実行される場合は、複数の第1装置301のそれぞれと第2装置302との距離（ステップS619にて算定された距離）に関する情報が、算定した時間に関する時間情報、第1装置301の識別情報（又は第1装置301の位置情報）、第2装置302の識別情報と関連付けて、第1装置301又はサーバ装置303

へ送信され、利用される。

[0319] 位置特定処理では、複数の第1装置301のそれぞれと第2装置302との距離、及び、これらの第1装置301の位置をもとに、第2装置302の位置を特定する（ステップS801）。第1装置の位置は、位置特定処理を実行する第1装置301、第2装置302又はサーバ装置303のいずれかにおいて、予め記憶されていてもよい。第2装置302の位置を特定する際の算定のプロセスは、特に限定されない。

[0320] 特定された第2装置302の位置は、算定した時間に関する時間情報（距離を算定した時間に関する時間情報又は位置を特定した時間に関する時間情報）、第1装置301の識別情報（又は第1装置301の位置情報）、第2装置302の識別情報と関連付けて、第1装置301の制御部311内のメモリ、第2装置302の制御部321内のメモリ又はサーバ装置303のストレージ部に記憶される（ステップS802）。ステップS801及びステップS802により、位置特定処理は終了する。

[0321] なお、ステップS801における第2装置302の位置の特定のもととなる複数の第1装置301のそれぞれと第2装置302との距離は、同時刻または近い時刻において算定されたもの（例えば、複数の第1装置のそれぞれと第2装置との情報又は信号の伝搬時間を測定した時間が、同時刻又は近い時刻である場合において算定されたもの）であることが好ましい。ここで「近い時刻」は、特に限定されないが、或る第1装置301と第2装置302との距離が算定された時刻から所定の時間の範囲内の時刻であることが好ましい。同時刻または近い時刻において算定された、複数の第1装置301のそれぞれと第2装置302との距離を用いることで、その時刻における、より正確な位置を特定することができる。

[0322] なお、ここでは、複数の第1装置301のそれぞれと第2装置302との距離を算定し、算定した距離をもとに、第2装置302の位置を特定することとしたが、複数の第2装置302がある場合に、前記1の第2装置302と、それとは異なる複数の第2装置302のそれぞれとの距離を算定し、算

定した距離をもとに、前記１の第２装置３０２の位置を特定することができる。

[0323] なお、情報取得処理のステップＳ７０２において、第２装置３０２で刻時した時刻（時刻情報）と関連付けて、含水率情報と、特定した第２装置３０２の位置情報とを、第２装置３０２からサーバ装置３０３に送信してもよい。この場合に、第２装置３０２からサーバ装置３０３へ送信される位置情報は、第２装置３０２にて特定された最新の位置情報が用いられる。

[0324] サーバ装置３０３では、ステップＳ７０６において、第２装置３０２で刻時した時刻（時刻情報）と、含水率情報及び位置情報を関連付けてストレージ部に記憶することができる。また、サーバ装置３０３は、ステップＳ７０４において、刻時した時刻（時刻情報）と関連付けた含水率情報と位置情報とに基づいて、異常値でないかを判定するようにしてもよい。例えば、取得装置３０４が設置された位置に応じて、異常であると判断すべき含水率の範囲は異なると考えられるため、含水率情報が異常値であると判定するための閾値として、位置情報に応じて異なる値を用いることができる。

[0325] 含水率又は含水率を特定可能な情報を時刻と関連付けて取得することに加えて、位置情報を特定することで、取得装置３０４の位置の変化を検知することができるため、土砂崩れや、土石流の兆候などを把握することも可能となる。

[0326] 上記においては、距離算定処理のステップＳ６１５における位相ずれの算定、及び／又は、ステップＳ６１７における時刻のずれ算定を、第２装置３０２にて実施する場合について説明をしたが、位相ずれの算定、及び／又は、時刻ずれの算定を第１装置３０１又はサーバ装置３０３で実施してもよい。これらの場合、位相ずれの算定、及び／又は、時刻ずれの算定を行なう第１装置３０１又はサーバ装置３０３にて、第１装置３０１から第２装置３０２へ情報又は信号を送信した時刻、第２装置３０２から第１装置３０１へ情報又は信号を送信した時刻、第１装置３０１から情報又は信号が送信され第２装置３０２が受信して刻時した時刻、さらに、第２装置３０２から情報又

は信号が送信され第1装置301が受信して刻時した時刻のデータを受信し、これらの時刻をもとに、第1装置301と第2装置302間の位相ずれ／時刻ずれを算定することができる。

[0327] このように、システムが、第1無線装置と、地表面下の含水率又は地表面下の含水率を特定可能な情報を取得するための取得装置と、取得装置と所定の距離内に設置された第2無線装置とを備え、第1無線装置と第2無線装置との間で通信を行うことにより、第1無線装置と第2無線装置との間の時刻のずれを算定する時刻ずれ算定手段と、算定された時刻ずれに基づいて、第2無線装置における時刻を補正する時刻補正手段と、第2無線装置にて計時した時刻と関連付けて、含水率又は含水率を特定可能な情報を記憶する記憶手段とを備えることで、含水率又は含水率を特定可能な情報を時刻と関連付けて取得することができるシステムを提供することができる。

[0328] また、このように、システムが、第1無線装置と第2無線装置との間で通信を行うことにより、第1無線装置と第2無線装置との間の時計の位相のずれを算定する位相ずれ算定手段と、算定された位相ずれに基づいて、第2無線装置における位相を補正する位相補正手段とを備えることで、無線装置間の時計の位相のずれを補正することができる。

[0329] また、このように、システムが、含水率又は含水率を特定可能な情報が、所定の条件を満たす場合に、少なくとも1のコンピュータ装置へ、警告に関する情報を送信する送信手段を備えることで、災害の発生又は災害の発生の可能性について知らせることができる。

[0330] また、このように、送信手段が、第2無線装置又は取得装置と所定の関係にあるコンピュータ装置へ、警告に関する情報を送信することで、例えば、災害が発生する場所又は災害が発生する可能性のある場所の近くにいるユーザへ、警告を送ることが可能となる。

[0331] また、このように、所定の条件が、含水率又は含水率を特定可能な情報をもとに定められる条件であることで、例えば、過去に災害が発生したときの含水率又は含水率を特定可能な情報をもとに、警告を送信することが可能と

なる。

[0332] また、このように、取得装置が、地表面上で、且つ、地表面の近傍に設置したアンテナを備え、前記アンテナにより受信した電磁波に関する情報をもとに、地表面下の含水率を特定する特定手段とを備えることで、電磁波を利用して地表面下の含水率を特定することができる。

[0333] また、このように、取得装置が、地表面上で、且つ、地表面の近傍に設置したアンテナを備え、前記アンテナにより受信した電磁波に関する情報が、所定の条件を満たしたことを検知する検知手段とを備えることで、例えば、電磁波を利用して災害の発生又は災害の発生の可能性を検知することが可能となる。

[0334] また、このように、前記アンテナがリアクタンス回路に接続されることで、電磁波に含まれるノイズを除去することができる。

[0335] また、このように、システムがサーバ装置を備え、サーバ装置が、前記記憶手段を備えることで、サーバ装置において含水率又は含水率を特定可能な情報を時刻と関連付けて記憶することができる。

[0336] また、このように、システムがサーバ装置を備え、サーバ装置が、前記特定手段を備えることで、サーバ装置において地表面下の含水率を特定することができる。

[0337] また、このように、システムが、少なくとも1のコンピュータ装置を備え、少なくとも2つの無線装置間での通信をもとに、災害の発生の検知又は発生の可能性の検知に利用可能な情報を算定する算定手段を備えることで、少なくとも2つの無線装置間での通信をもとに、災害の発生の検知又は発生の可能性の検知に利用可能な情報を算定するシステムを提供することができる。

[0338] なお、上記距離算定手段、及び、時刻ずれ算定手段は、算定手段の下位概念に相当するものである。算定手段は、災害の発生の検知又は発生の可能性の感知に利用可能な情報を算定する機能を有するものであればよく、上記の第1～第3の実施形態で示されたものに限定されない。本発明は機能の異な

る複数の算定手段を備えてもよい。また、システムは、地表面下の含水率又は地表面下の含水率を特定可能な情報を取得するための上記取得装置、又は音、振動、及び／又は温度を検知する上記センシング用の光ファイバ（センシング手段）を単独で、又は他の装置と併せて利用してもよい。システムは、取得装置により取得した情報及び／又は光ファイバにより検知した情報を、算定手段に利用することができる。

[0339] 〔実施の形態４〕

実施の形態４では、光ファイバを利用して、道路、建築物又は設備の状況を特定する場合について説明する。つまり、実施の形態４においては、光ファイバを介して受信した光信号に関する情報が、異常の検知に利用可能な情報であってよい。

[0340] 図２２は、本発明の実施の形態にかかるシステムの構成を示すブロック図である。図示するように、本発明のシステム４１０は、少なくとも１のコンピュータ装置を備える。具体的には、複数の第１装置４０１（４０１ａ～４０１ｚ）と、第２装置４０２と、サーバ装置４０３と、管理者端末４０４と、光ファイバセンシングシステム４０６とを備えていてもよい。システム４１０は、図示していないが、複数の第２装置４０２、複数のサーバ装置４０３、複数の管理者端末４０４、又は複数の光ファイバセンシングシステム４０６を備えていてもよい。第１装置４０１と第２装置４０２は、直接的に通信接続することが可能である。第２装置４０２と光ファイバセンシングシステム４０６は、通信接続することが可能である。第１装置４０１、第２装置４０２、管理者端末４０４は、サーバ装置４０３と通信ネットワーク４０５を介して通信接続することが可能である。

[0341] （第１装置）

第１装置４０１は、第２装置４０２の時計を同期するための基準となる装置であり、複数の第２装置４０２に対して、１つの第１装置４０１が、第２装置４０２の時計を同期するための装置として機能することもできる。第１装置４０１は、第２装置４０２の時計を同期するための基準となる装置であ

るから、より高い精度の時計を有するものであることが好ましい。

[0342] 本発明の実施の形態にかかる第1装置401のハードウェア構成、及び機能については、実施の形態3における、第1装置301についての記載を、必要な範囲で採用できる。

[0343] システム410において、第1装置401の設置場所は、特に限定されないが、第1装置401は、設置した位置を特定できる固定された位置に設置されることが好ましい。第1装置401は、例えば、架空電線路を支えるための送電塔等に設置されていてもよい。また、複数の第1装置401が、設置されていてもよい。第2装置402の位置特定を精度よく行うために、複数の第1装置401を所定の距離ごと（例えば、500mごと）に配置したり、格子状となるように配置したりしてもよい。なお、第1装置401の設置した位置情報は、第1装置401を識別し得る識別情報と関連付けて、サーバ装置403等に記憶されてもよい。

[0344] （第2装置）

次に、本発明の実施の形態にかかる第2装置402について説明をする。第2装置402は、光ファイバセンシングシステム406に含まれる受信部の近傍に設置される装置である。受信部の近傍とは、受信部から所定の距離内に存在することをいう。所定の距離は、道路、建築物若しくは設備に応じて、変更可能である。例えば、システム410が設備の状況を特定する場合、所定の距離内とは、1m以内であることが好ましく、50cm以内であることがより好ましく、10cm以内であることがさらに好ましい。

[0345] 第2装置402は、光ファイバセンシングシステム406に含まれる信号検出装置と別の装置として構成されてもよく、信号検出装置と一体となった装置として構成されてもよい。第2装置402は、信号検出装置内に組み込まれてもよい。以下の実施の形態では、第2装置402が信号検出装置と別の装置である場合を説明するが、第2装置402が信号検出装置と一体となった装置とする場合、第2装置402にて実行されていた処理が、信号検出装置にて実行される。

[0346] 第2装置402は、コンピュータ装置としての機能だけでなく、第1装置401で刻時される時刻を基準に、第2装置402の時計を同期する機能を有する。具体的には、システム410では、第1装置401で刻時される時刻を基準に、第2装置402の時刻が同期され、第1装置401内の発振器により発生する信号の位相を基準に、第2装置402内の発振器により発生する信号の位相が同期される。また、第2装置402は、他の第2装置402に対して該第2装置402の時計を同期するための基準となる装置として機能するものであってもよい。つまり、第2装置402で刻時される時刻を基準に、他の第2装置402の時刻が同期され、第2装置402内の発振器により発生する信号の位相を基準に、他の第2装置402内の発振器により発生する信号の位相が同期される。

[0347] 次に、第2装置402のハードウェア構成について説明する。第2装置402のハードウェア構成については、第1装置401のハードウェア構成と同様の構成を適用できる。なお、第2装置402の時計で刻時された時刻は、制御部により、RFチップを介して第1装置401へ送信するように制御される。位相検出器では、第1装置401から受信した情報を構成する搬送波の位相を検出し、第2装置402の発振器により発振される信号の位相を検出する。なお、第2装置402は、GPS受信部を備えていてもよい。GPS受信部は、GPS信号を受信して第2装置402の位置を特定する。

[0348] (サーバ装置)

次に、本発明の実施の形態にかかるサーバ装置403について説明をする。サーバ装置403は、第2装置402から、光信号に関する情報、及び、光信号を受信した時刻を受信して、解析する。サーバ装置403は、光信号に関する情報等を解析することで、監視対象の状況を特定できる。

[0349] ここで、本発明の実施の形態において、監視対象は、例えば、道路、建築物又は設備を含む。道路は、特に限定されないが、車両又は人が通る道だけでなく、道路の付帯する設備を含む概念である。例えば、道路は、線路、橋梁、トンネル等が挙げられる。サーバ装置403は、道路の状況として、例

えば、道路の混雑状況、道路の健全性に関する状況、又は、道路上に存在する車両の種類を特定できる。

[0350] 建築物は、特に限定されないが、建築物そのものだけでなく、建築物内の床、壁、部屋といった建築物の一部分、及び建築物内の設備を含む概念である。例えば、建築物は、住居、商業施設、ビル、店舗、木造建造物等が挙げられる。サーバ装置403は、建築物の状況として、例えば、建築物の健全性に関する状況、建築物内の設備に関する情報、又は、建築物内における人若しくは動物の活動に関する情報を特定できる。

[0351] 設備は、特に限定されないが、例えば、稼働によりわずかに振動が発生するものである。例えば、産業用機械、建設機械、精密機械、電子機器、発電機、空調システム、輸送機器、家電製品、オフィス機器、医療機器等が挙げられる。サーバ装置403は、設備の状況として、例えば、設備の稼働状況、設備の耐久性、設備の使用態様、又は、設備の健全性に関する状況を特定できる。

[0352] サーバ装置403のハードウェア構成、及び機能については、実施の形態2における、コンピュータ装置205についての記載を、必要な範囲で採用できる。

[0353] (管理者端末)

次に、本発明の実施の形態にかかる管理者端末404について説明をする。管理者端末404は、管理者が操作する端末である。管理者は、特に限定されないが、例えば、道路、建築物又は設備を管理する組織に属する者であってもよい。管理者は、管理者端末404を利用することで、道路、建築物又は設備の状況を把握することができる。

[0354] 管理者端末404は、コンピュータ装置としての機能を有するものであれば、特に限定されない。管理者端末404としては、例えば、従来型の携帯電話、タブレット型端末、スマートフォン、モバイル端末、デスクトップ型・ノート型のパーソナルコンピュータなどが挙げられる。

[0355] 管理者端末404のハードウェア構成、及び機能については、実施の形態

1における、コンピュータ装置103についての記載を、必要な範囲で採用できる。管理者端末4の制御部は、演算処理の結果に応じて、表示画面に、文字や画像を表示するための信号を出力する。例えば、サーバ装置403にて道路、建築物又は設備において異常があると判定された場合、管理者端末4の表示部は、異常の内容と異常の発生場所を表示してもよい。ここで、管理者端末4の表示部の表示画面はタッチセンサを備えるタッチパネルであってもよい。この場合、タッチパネルが管理者端末4の入力部として機能する。

[0356] (光ファイバセンシングシステム)

次に、本発明の実施の形態にかかる光ファイバセンシングシステム406について説明をする。光ファイバセンシングシステム406は、光ファイバ461を介して受信した光信号に関する情報を第2装置402又はサーバ装置403に送信する。或いは、光ファイバセンシングシステム406は、第2装置402から時刻に関する情報を受信して、光ファイバ461を介して受信した光信号に関する情報、及び光信号を受信した時刻を、解析してもよい。

[0357] なお、「光信号に関する情報」は、光信号そのもの、アナログの光信号をデジタル信号に変換したもの、及び光信号を解析した情報を含んでもよい。

[0358] 図23は、本発明の実施の形態にかかる光ファイバセンシングシステム406の構成を示すブロック図である。光ファイバセンシングシステム406は、光ファイバ461と、信号検出装置460とを備える。信号検出装置460は、光源462及び受信部463を含む検出部464と、制御部465と、通信インタフェース66とを備える。制御部465は、例えば、CPU、メインメモリ等である。

[0359] 光ファイバ461は、道路、建築物又は設備の近傍に敷設される。ここで、道路、建築物又は設備の近傍とは、道路、建築物又は設備から所定の距離内に存在することをいう。所定の距離は、道路、建築物若しくは設備の種類に応じて、又は、特定する道路、建築物又は設備の状況に応じて、変更可能

である。例えば、光ファイバ461が、道路の近傍に敷設される場合、5 m以内であることが好ましく、2 m以内であることがより好ましく、1 m以内であることがさらに好ましい。

[0360] また、光ファイバ461が敷設されるとは、光ファイバ461が監視対象の近傍に、置くだけの場合も固定される場合も含まれる。光ファイバ461が固定される場合、光ファイバ461は、監視対象の近傍に貼り付けられてもよく、監視対象の近傍に埋め込まれてもよく、監視対象内に一体となってもよい。光ファイバ461として、通信インフラとして利用されている光ファイバを利用してよい。光ファイバ461は、検出部464に接続される。

[0361] 光源462は、光ファイバ461にパルス光を入射するための光源である。光源462から光ファイバ461に入射された光は、光ファイバ461を伝送する過程で、光源462側に戻る光信号（後方反射光ともいう）を発生させる。光ファイバ461にて発生した光信号は、受信部463にて受信される。

[0362] 光ファイバセンシングシステム406は、例えば、所定の時間（例えば、1秒間）にわたって、光源462から定期的に（例えば、0.01秒ごとに）光を光ファイバ461に入射し、光ファイバ461を介して、受信部463にて光信号を受信してもよい。受信部463にて受信した光信号はデジタル信号に変換されてもよい。

[0363] （距離算定処理）

システム410は、距離算定処理において、第1装置401と第2装置402との通信により、第2装置402の時計を同期させ、第1装置401と第2装置402との距離を算定することができる。距離算定処理については、実施の形態3における、距離算定処理についての記載を、必要な範囲で採用できる。距離算定処理は、複数の第1装置401のそれぞれと第2装置402との情報又は信号の伝搬時間を基に、複数の第1装置401のそれぞれと第2装置402の距離を算定する処理を含む。

[0364] 距離算定処理は、例えば、所定の時間ごとに、又は、所定の条件を満たすごとに、実行することができる。例えば、距離算定処理は、数秒間に1回実行してもよく、数時間に1回実行してもよく、1日に1回実行してもよい。

[0365] なお、距離算定処理における、第1装置401と第2装置402との間の距離の算定及び記憶に係る処理は、省略されてもよい。本実施の形態において、システム410は、距離算定処理における、第1装置401と第2装置402との時計の同期処理を実行することとしてもよい。

[0366] (位置特定処理)

システム410は、位置特定処理において、第2装置402の位置を特定することができる。位置特定処理については、実施の形態3における、位置特定処理についての記載を、必要な範囲で採用できる。システム410が第1装置401及び第2装置402を利用して第2装置402の位置を特定する場合は、第1装置401を少なくとも4つ備えることが好ましい。第1装置401が送電塔に設置される場合は、第1装置401と第2装置402が同じ高さに存在しないためである。

[0367] 位置特定処理は、第2装置402において実行されてもよい。或いは、第2装置402に代えて、第1装置401又はサーバ装置403にて、第2装置402の位置を特定することとしてもよい。第1装置401又はサーバ装置403にて位置特定処理が実行される場合は、複数の第1装置401のそれぞれと第2装置402との距離（距離算定処理において算定された距離）に関する情報が、算定した時間に関する時間情報、第1装置401の識別情報、第2装置402の識別情報と関連付けて、第1装置401又はサーバ装置403へ送信され、利用される。第1装置401又はサーバ装置403にて第2装置402の位置を特定した場合、第1装置401の制御部内のメモリ又はサーバ装置403のストレージ部に、特定された第2装置402の位置が、算定した時間に関する時間情報、第1装置401の識別情報、第2装置402の識別情報と関連付けて、記憶される。なお、第2装置402の位置を特定する際に利用される第1装置401の位置は、位置特定処理を実行

する第1装置401、第2装置402又はサーバ装置403のいずれかにおいて、予め記憶されていてもよい。

[0368] なお、位置特定処理において第2装置402の位置を特定する際の算定のプロセスは、特に限定されない。実施の形態3における位置特定処理と同様に、距離算定処理において算定された第1装置401と第2装置402との情報又は信号の伝搬時間を基に、第2装置402の位置を特定してもよい。その他、第2装置402の位置を特定する方法としては、例えば、第2装置402が有するGPS機能を利用することができる。

[0369] [アプリケーションプログラムの処理]

管理者は、システム410を利用する前に、システム410を利用するためのアプリケーションプログラム（以下、管理者アプリという）を管理者端末404にインストールする。管理者アプリは、所定のWebサイト等からダウンロードできる。なお、システム410の利用において、ブラウザ上で、管理者アプリにアクセスできるようにしてもよい。

[0370] ここで、システム410において、第2装置402を識別する識別情報を、第2装置IDとしてもよく、管理者を識別する識別情報を管理者IDとしてもよい。管理者IDは、管理者の所属する組織ごとに設定されてもよい。管理者IDを利用することで、複数の管理者は、それぞれの管理者端末404から管理者アプリにアクセスできる。第2装置IDは、サーバ装置403のストレージ部33に、管理者IDと、第2装置402に対応する監視対象に関する情報と関連付けて記憶される。また、第2装置IDは、管理者アプリと関連付けて管理者端末404のストレージ部43に記憶されてもよい。また、管理者端末404は、複数の第2装置IDと関連付けられてもよい。なお、第2装置402が固定して設置される場合、第2装置IDは、第2装置402の位置情報であってもよい。

[0371] 次に、本発明の実施の形態にかかる情報特定処理を実施の形態4-1、実施の形態4-2、及び実施の形態4-3にて説明する。図24は、本発明の実施の形態4-1、実施の形態4-2、及び実施の形態4-3にかかる情報

特定処理のフローチャートを示す図である。

[0372] <実施の形態 4-1>

実施の形態 4-1 において、以下、監視対象を道路、管理者を道路を監視する組織の者とする場合を例に挙げて説明する。光ファイバ 461 は、監視対象である道路の近傍に埋設されている。

[0373] まず、光ファイバセンシングシステム 406 は、光源 462 から光ファイバ 461 に光を入射する（ステップ S901）。光源 462 から光ファイバ 461 に光を入射した後、光ファイバ 461 を介して、受信部 463 は光信号を受信する（ステップ S902）。受信部 463 は、ステップ S902 にて受信した光信号をデジタル信号に変換する（ステップ S903）。

[0374] 光信号に対応するデジタル信号は、通信インタフェース 466 を介して、第 2 装置 402 へ送信され（ステップ S904）、第 2 装置 402 にて受信される（ステップ S905）。光信号に対応するデジタル信号を含む取得情報が、第 2 装置 402 からサーバ装置 403 に送信され（ステップ S906）、サーバ装置 403 にて受信される（ステップ S907）。取得情報は、光信号に関する情報、及び、該光信号を受信した時刻を含む。取得情報は、第 2 装置 1D、又は第 2 装置 402 の位置情報を含んでもよい。

[0375] ここで、受信部 463 にて光信号を受信した時刻は、第 2 装置 402 の時計により特定される。受信部 463 にて光信号を受信した時刻は、ステップ S905 において、取得情報が受信された時刻を利用してもよい。或いは、受信部 463 にて光信号を受信した時刻は、受信部 463 にて光信号を受信したことに応じて、第 2 装置 402 に所定の情報を送信し、第 2 装置 402 にて所定の情報を受信した時刻としてもよい。

[0376] 或いは、受信部 463 にて光信号を受信した時刻は、光信号に関する情報を第 2 装置 402 に送信するまでに要した時間をステップ S904 にて送信し、該時間情報と、ステップ S905 において取得情報が受信された時刻とから特定されてもよい。或いは、受信部 463 にて光信号を受信した時刻は、信号検出装置 460 において、第 2 装置 402 から送信される第 2 装置 4

02の時計の時刻情報を利用して特定されてもよい。この場合、ステップS902にて、光信号を受信した時刻が特定される。

[0377] サーバ装置403は、ステップS907にて受信した取得情報をもとに、道路の状況である状況情報を特定する（ステップS908）。ステップS908にて特定される道路の状況は、ステップS907にて受信された第2装置1Dに対応する道路の状況である。ステップS908にて特定される道路の状況は、1つの情報でもよく、複数の情報であってもよい。例えば、状況情報は、混雑状況、健全性、車両の種類、又は車両の位置の情報を含んでもよい。なお、ステップS908の処理については後述する。ステップS908にて特定された状況情報が、サーバ装置403にて道路状況管理テーブル407に記憶される（ステップS909）。ステップS909では、特定された状況情報は、第2装置402の位置情報と時刻に関連付けられて記憶されてもよい。

[0378] 図25は、本発明の実施の形態4-1にかかる道路状況管理テーブル407の一例を示す図である。サーバ装置403のストレージ部は、道路状況管理テーブル407を記憶している。道路状況管理テーブル407には、例えば、第2装置1D471に関連付けて、日時472、混雑状況473、健全性474、車両の種類475、判定結果476などが記憶されている。道路状況管理テーブル407には、上記以外の情報が記憶されていてもよい。

[0379] 混雑状況473、健全性474、及び車両の種類475は、ステップS908にて特定された情報である。混雑状況473は、渋滞の程度等の道路の混雑状況に関する情報が格納されている。健全性474は、道路の健全性に関する状況を示す情報が格納されている。車両の種類475は、例えば、軽自動車、乗用車、トラック等の道路上に存在する車両の種類に関する情報が格納されている。

[0380] 判定結果476は、後述のステップS1001において、道路の状況が所定の条件を満たしたか否か、つまり、道路の状況が正常か異常かに関する情報が格納されている。判定結果476は、後述のステップS1005にて、

道路状況管理テーブル４０７に記憶されてもよい。なお、ステップＳ９０８では、サーバ装置４０３は、道路上に存在する車両の位置情報を特定し、道路状況管理テーブル４０７に、それぞれの車両の位置を時系列で記憶してもよい。

[0381] ステップＳ９０８にて特定された状況情報が記憶されると、特定された状況情報がサーバ装置４０３から管理者端末４０４に送信され（ステップＳ９１０）、管理者端末４０４にて受信される（ステップＳ９１１）。管理者端末４０４は、受信した状況情報を出力する（ステップＳ９１２）。ステップＳ９０１～Ｓ９１２の処理により情報特定処理が終了する。

[0382] ステップＳ９１２では、管理者端末４０４に備えられた表示部の表示画面上において、道路ごとに道路の状況がリストで表示されてもよく、道路の状況が該道路の位置と地図に対応付けて表示されてもよい。また、ステップＳ９１２では、管理者端末４０４の表示画面において、ステップＳ９０８により特定された道路の状況が、該道路に対応する第２装置４０２の位置と関連付けて表示されてもよい。地図上に表示される状況等は、その内容に応じて、表示態様を変更することが好ましい。例えば、判定結果４７６が正常の場合には、特に何も表示しないようにし、判定結果４７６が異常の場合には、異常と判定された道路に対応する領域を赤色で表示したり、点滅で表示したりしてもよい。これにより、管理者は所定の道路において異常が生じていることを効果的に知ることができる。

[0383] ここで、ステップＳ９０８の処理について説明する。ステップＳ９０８の処理は、光源４６２からの光を、光ファイバ４６１を介して受信した光信号に関する情報、及び、該光信号を受信した時刻に応じて、該光信号を受信した際における、該光信号に対応する該光ファイバ４６１の近傍に存在する道路の状況を特定する処理である。また、ステップＳ９０８の処理は、複数の光信号に関する情報、及び、これら複数の光信号を受信した時間帯に応じて、これら複数の光信号を受信した際における、光信号に対応する光ファイバ４６１の近傍に存在する道路の状況を特定する処理であってもよい。複数の

光信号を受信した時間帯は、光信号を受信した最初の受信時刻と最後の受信時刻に基づいて定められる。

[0384] なお、システム410において、建築物又は設備の状況を特定する場合は、道路に代えて、建築物又は設備としたうえで以下の処理が適用される。

[0385] ステップS908では、サーバ装置403は、受信した光信号に関する情報の変動パターン又は経時的な変動パターンを、道路の状況に応じて変動する光信号に関する情報の固有変動パターンに適合することにより、該受信した光信号に対応する該光ファイバの近傍に存在する道路の状況を特定することができる。また、サーバ装置403は、受信した光信号に関する情報の変動パターン又は経時的な変動パターンを、時刻及び道路の状況に応じて変動する光信号に関する情報の固有変動パターンに適合することにより、該時刻における該受信した光信号に対応する該光ファイバの近傍に存在する道路の状況を特定することができる。経時的な変動パターンとは、複数の光信号を受信した最初の受信時刻から最後の受信時刻までの光信号の変動パターンである。

[0386] ここで、光ファイバ461を介して受信した光信号には、監視対象の道路にて発生した振動、音、温度、応力、車両の位置・稼働状況、混雑状況、健全性等の各種状況に関するパラメータが重畳されている。道路における各パラメータが有するパターンは、動的に変動する変動パターンであり、パターンを取得した時刻及び道路の状態に応じて異なる。所定のパラメータが同じ時刻において同じ状況の場合、同様の変動パターンを示す。例えば、パラメータが車両の位置である場合、所定の時刻における車両の位置の変化に応じた変動パターンを対応付けることによって、所定の時刻における車両の位置の固有変動パターンを取得できる。

[0387] 道路の状況に応じて変動する光信号に関する情報の固有変動パターンは、該固有変動パターンの際に発生している道路の状況、及び、発生した時刻と関連付けて、予めサーバ装置403に記憶される。また、固有変動パターンは、該固有変動パターンの際に発生している道路の状況、及び、発生した時

刻が含まれる時間帯と関連付けて、予めサーバ装置403に記憶されてもよい。また、固定変動パターンは、上記に加えて、道路の属性、月日の情報、又は曜日の情報と関連付けて、予めサーバ装置403に記憶されてもよい。道路の属性とは、例えば、道路の広さ、道路の車線数、高速道路か一般道か、道路が位置する場所（例えば、都会か田舎か）があげられる。また、固定変動パターンは、ステップS901にて光を入射する光ファイバ461が敷設される道路で過去に取得された変動パターンを基に特定されてもよい。

[0388] 信号検出装置460にて取得された変動パターン又は経時的な変動パターンは、特定したい道路の状況に応じて、道路の状況にそれぞれ対応する複数の固有変動パターンと適合するか否かを判定される。固有変動パターンと変動パターンの適合の検出方法は、特に限定されず、公知の方法を適用できる。例えば、固有変動パターンと変動パターンとのパターンマッチングが実行されてもよい。

[0389] ステップS908において、例えば、サーバ装置403は、ステップS907にて受信した光信号を受信した時刻（又は時間帯）に対応する固定変動パターンを特定する。そして、変動パターン又は経時的な変動パターンが、固有変動パターンと適合する場合、該固有変動パターンに対応する道路の状況であることが特定される。

[0390] なお、ステップS908において、サーバ装置403は、変動パターン又は経時的な変動パターンと、固有変動パターンとの適合する度合い、又は適合する長さを判定してもよい。サーバ装置403は、監視対象の所定の状況について、適合する度合いが閾値より大きいと異常であり、閾値より常に小さい値であれば正常と特定することができる。例えば、変動パターンに、想定される車両による振動よりも大きな振動が含まれていれば異常（落石等の事故が生じたと推定等）、光信号に対応するデジタル信号の変動パターンが、常に、想定される車両による振動の範囲内であれば正常とすることができる。

[0391] また、ステップS908では、サーバ装置403は、予測モデルを用いて

、光ファイバを介して受信した光信号、及び、該光信号を受信した時刻（又は時間帯）に対応する、道路の状況を特定することができる。予測モデルは、道路の近傍に敷設された光ファイバ461を介して受信した光信号に関する情報、及び、該光信号を受信した時刻（又は時間帯）に関する情報を入力データとし、光信号を受信した際における、光信号に対応する光ファイバ461の近傍に存在する該道路の状況に関する情報を出力データとして機械学習される。予測モデルは、サーバ装置403のストレージ部に記憶される。

[0392] 機械学習のアルゴリズムは、特に限定されるものではなく、公知のものを用いることができ、例えば、線形回帰、重回帰分析、サポートベクタマシン、決定木、ランダムフォレスト、多層ニューラルネットワーク等を用いた深層学習が挙げられる。多層ニューラルネットワークは、入力層、出力層、複数の中間層を有している。各層のノードとノードとを結ぶエッジには、重みが設定されている。エッジには、ノードへの各入力に対応する重みが設定されており、ノードへの各入力に対応する重みを乗じて、これらの重みを乗じて得られた値とバイアスを加算する。加算されて得られた値を、活性化関数を用いて非線形変換を行い、活性値を算出する。算出された活性値は、次の層のノードに渡される入力の値となる。中間層の数は、適宜設計することができる。教師データにより重みが最適化される。

[0393] 入力データとして、道路の近傍に敷設された光ファイバ461を介して受信した光信号に関する情報、及び、該光信号を受信した時刻（又は時間帯）に関する情報が用いられる。また、入力データとして、上記に加え、道路の属性、月日の情報、又は曜日の情報が用いられてもよい。或いは、道路の属性ごとに異なる予測モデルが構築されてもよい。出力データとして、入力データにて入力した光信号を受信した際における、光信号に対応する光ファイバ461の近傍に存在する該道路の状況が用いられる。なお、入力データと出力データは、ステップS901にて光を入射する光ファイバ461が敷設される道路で過去に取得された情報であってもよい。

[0394] ステップS908において、サーバ装置403は、情報を入力する予測モ

デルを特定し、ステップS 9 0 7にて受信した光信号に関する情報、及び、光信号を受信した時刻（又は時間帯）を予測モデルに入力する。予測モデルは、第2装置1 Dに対応する監視対象の属性に応じて特定される。そして、サーバ装置4 0 3は、予測モデルから出力された道路の状況を取得する。なお、予測モデルは、他のコンピュータ装置に記憶されてもよい。この場合、サーバ装置4 0 3は、ステップS 9 0 7にて受信した光信号に関する情報、及び、光信号を受信した時刻（又は時間帯）を該他のコンピュータ装置に送信することで、道路の状況を取得する。

[0395] なお、サーバ装置4 0 3は、ステップS 9 0 8にて特定された所定の道路の状況を利用して、他の道路の状況を特定することとしてもよい。例えば、サーバ装置4 0 3は、道路上の車両位置を特定し、経時的な車両の位置の変化から、車両の速度を求めてもよい。また、サーバ装置4 0 3は、時速1 0 k m以下が所定の時間（例えば、3 0分間）続くようであれば異常（渋滞が生じていると推定等）とすることもできる。

[0396] なお、ステップS 9 0 8の処理は、光ファイバセンシングシステム4 0 6にて実行されてもよい。光ファイバセンシングシステム4 0 6は、特定した状況に関する情報をサーバ装置4 0 3へ送信してもよい。光ファイバセンシングシステム4 0 6が、監視対象の状況を特定する場合、例えば、信号検出装置4 6 0に、固有変動パターンや予測モデル等の各処理に必要な情報を記憶させておくことが好ましい。

[0397] なお、ステップS 9 0 8の処理の前に、サーバ装置4 0 3にてステップS 9 0 7にて受信した第2装置1 Dに対応する道路の属性、又は、ステップS 9 0 2にて光信号を受信した月日の情報若しくは曜日の情報が特定されてもよい。

[0398] なお、ステップS 9 0 8の処理は、特定した道路の状況が発生している位置を特定してもよい。特定した道路の状況が発生している位置（発生位置ともいう）は、光源4 6 2が光を入射した時刻と、受信部4 6 3が光を受信した時刻との時間差に基づいて、特定される。具体的には、ステップS 9 0 1

にて光源462が光を入射した時刻と、ステップS902にて受信部463が光を受信した時刻との時間差に基づいて信号検出装置460から発生位置までの距離を特定する。特定された距離と、光ファイバ461の設置位置を対応させることで、発生位置をより正確に特定できる。特定した発生位置に関する情報は、発生した道路の状況と関連付けて、道路状況管理テーブル407に記憶される。

[0399] ここで、情報特定処理は、警報出力処理（ステップS913）を備えていてもよい。或いは、情報特定処理は、ステップS909～S912の処理に代えて警報出力処理を実行してもよい。警報出力処理は、ステップS908の後に実行される。

[0400] 図26は、本発明の実施の形態4-1にかかる警報出力処理のフローチャートを示す図である。まず、サーバ装置403は、ステップS908にて状況情報を特定すると、特定した状況が所定の条件を満たすか否かを判定する（ステップS1001）。サーバ装置403は、特定した状況が所定の条件を満たす場合、該状況は異常であること、或いは、特定した状況が所定の条件を満たさない場合、該状況は正常であることを特定することができる。

[0401] 所定の条件は、管理者により適宜設定される。所定の条件は、特に限定されないが、判定する状況に関する情報と、時刻情報とに応じて設定される。例えば、道路の健全性474の所定の条件は、8時～10時と、15時～17時とで、異なるようにしてもよい。所定の条件は、判定する状況に関する情報と、時刻情報とに加えて、道路の属性、月日の情報、又は曜日の情報に応じて設定されてもよい。

[0402] ステップS1001において、特定した状況が所定の条件を満たすか否かの判定は、サーバ装置403のストレージ部に記憶された判定テーブルを参照して実行されてもよく、上述の予測モデル又は判定用に構築された判定用予測モデルをもとに実行されてもよい。

[0403] 判定テーブルは、ステップS908にて特定された状況情報に含まれる1つの情報と関連付けて、所定の条件を記憶してもよく、状況情報に含まれる

2以上の情報と関連付けて所定の条件を記憶してもよい。判定用予測モデルは、例えば、道路の状況に関する情報を入力データとし、該道路の状況が所定の条件を満たすか否かに関する情報を出力データとして機械学習される。予測モデルは、サーバ装置403のストレージ部に記憶される。なお、特定した状況が所定の条件を満たすか否かを判定する際に上述の予測モデルを利用する場合、ステップS908において、ステップS1001の処理が同時に実行されることとなる。

[0404] 特定した状況が所定の条件を満たす場合（ステップS1001にてYES）、サーバ装置403は、管理者端末404へ、警報情報を送信する（ステップS1002）。管理者端末404は、警報情報を受信すると（ステップS1003）、警報情報を出力する（ステップS1004）。つまり、システム410は、ステップS908の処理により特定された状況が所定の条件を満たす場合に、所定の条件を満たす旨の情報を他の装置において出力できるよう制御する。

[0405] 警報情報は、例えば、状況を特定した道路の情報、特定した状況に異常が発生している旨を示す情報、異常の内容に関する情報、異常が発生した位置の情報、又は、異常を検出した第2装置402に関する情報を含んでもよい。警報情報は、異常の程度などに応じて、その内容を変えるものであっても良い。例えば、健全性の異常が所定の時間（例えば、30分間）未満の場合には、緊急で対処する必要性は低いと考えられるとして、警戒レベルの低い警報とし、健全性の異常が所定の時間（例えば、3時間）以上の場合には、緊急で対処する必要性は高いと考えられるとして、警戒レベルの高い警報とすることができる。例えば、管理者端末404において、警戒レベルの高い警報情報を出力する場合、警戒レベルの低い警報情報を出力するよりも、大きな音の出力、目立つ配色のテキスト又は動画像の表示画面への表示、又は、強い振動の出力がされてもよい。

[0406] ステップS1004における警報情報の出力は、表示画面へのテキスト若しくは動画像の表示、又は音声による出力のいずれでもよい。また、ステッ

プS 1 0 0 4 では、管理者端末4 0 4 は、警報情報を受信したことに応じて、所定の振動、所定の音、所定の発光をするように制御されてもよく、ポップアップ通知を出力するように制御されてもよく、管理者アプリを起動して、警報情報を出力するように制御されてもよい。このような出力とすることで、管理者に対して、道路の状況を効果的に知らせることができる。また、管理者が常に道路の状況を確認し続けなくとも、何らかの対処する必要のある道路を知ることが可能となる。

[0407] ステップS 1 0 0 2 にて警報情報を送信後、又は、特定した状況が所定の条件を満たさない場合（ステップS 1 0 0 1 にてNO）、サーバ装置4 0 3 は、判定結果を道路状況管理テーブル4 0 7 に記憶する（ステップS 1 0 0 5）。以上のステップS 1 0 0 1 ～S 1 0 0 5 の処理により、警報出力処理が終了する。

[0408] なお、情報特定処理が終了した後は、所定の時間（例えば、3 0 分間）ごとに、情報特定処理（ステップS 9 0 1 ～ステップS 9 1 2）が実行される。また、ステップS 9 0 1 ～S 9 0 7 の処理は、所定の第1 の時間（例えば1 分間）ごとに実行され、ステップS 9 0 8 以降の処理は、所定の第1 の時間よりも長い所定の第2 の時間（例えば3 0 分間）ごとに実行されてもよい。情報特定処理は、継続して実行されることが好ましい。

[0409] なお、ステップS 9 0 6 では、第2 装置4 0 2 の位置情報が送信されてもよい。送信される第2 装置4 0 2 の位置情報は、位置特定処理により特定されたものであってもよい。第2 装置4 0 2 の位置は、光ファイバセンシングシステム4 0 6 の受信部4 6 3 の近傍で固定されているため、位置特定処理における位置の特定は、一度実行するだけでよい。或いは、サーバ装置4 0 3 にて第2 装置4 0 2 の位置情報が記憶されていてもよい。なお、第2 装置4 0 2 の時刻ずれを補正する必要があるため、情報特定処理が実行される間において、第2 装置4 0 2 と第1 装置4 0 1 との通信（例えば、距離算定処理における、時刻の同期処理）は、所定の周期で実行されることが好ましい。

[0410] なお、状況を特定する道路には複数の光ファイバセンシングシステム406が設置されていてもよい。例えば、道路そのものに埋設して設置されてもよく、トンネル等の構造物に設置されてもよく、道路近傍の電柱等の設備に設置されてもよい。ステップS908にて利用される固定変動パターン又は予測モデルは、複数の光ファイバセンシングシステム406が設置された対象ごとに設定される。

[0411] <実施の形態4-2>

本発明の実施の形態4-2として、監視対象を建築物とする場合を例に挙げて説明する。以下では、監視対象が飲食店等の店舗であり、管理者が店舗のオーナーである。光ファイバ461は、監視対象である店舗内に設置されている。

[0412] 実施の形態4-2における情報特定処理には、実施の形態4-1における情報特定処理についての記載を、道路に代えて、店舗としたうえで、矛盾が生じない範囲で適用することができる。ただし、実施の形態4-2では、実施の形態4-1に記載された事項に加え、以下のような実施の形態を追加する、又は置き換えることができる。

[0413] 実施の形態4-2は、厨房等の火災の発生しやすい領域が存在すること、営業時間外における人又は動物の侵入等の可能性があること等、監視対象の状況を管理者に即時に知らせる必要性が高い。そのため、情報特定処理では、警報出力処理が実行されることが好ましい。

[0414] また、実施の形態4-2では、店舗内に複数の光ファイバセンシングシステム406が設置されていてもよい。例えば、店舗内の壁、床、天井等の建築物そのものに設置されてもよく、店舗の従業員が利用する椅子、机、金庫等の物品に設置されてもよく、店舗内の設備に設置されてもよい。

[0415] 実施の形態4-2において、ステップS1005では、ステップS908にて特定された状況情報及びステップS1001で判定された情報が、サーバ装置403にて店舗内状況管理テーブル408に記憶される。図27は、本発明の実施の形態4-1にかかる店舗内状況管理テーブル408の一例を

示す図である。サーバ装置403のストレージ部は、店舗内状況管理テーブル408を記憶している。店舗内状況管理テーブル408には、例えば、第2装置1D481、日時482、室温483、人の活動484、設備の状況485、健全性486、判定結果487などが記憶されている。設備の状況485には、冷蔵庫485aとガスコンロ485bの稼働状況が記憶されている。なお、店舗内状況管理テーブル408には、上記以外の情報が記憶されていてもよい。

[0416] 室温483、人の活動484、設備の状況485、及び健全性486は、ステップS908にて特定された情報である。人の活動484は、店舗内に人が存在するか否か、及び、店舗内の人がどのような活動をしているのかを示す情報が格納されている。設備の状況485は、店舗内の設備の状況を示す情報が格納されている。健全性486は、店舗の健全性に関する状況を示す情報が格納されている。判定結果487は、ステップS1001において、店舗の状況が所定の条件を満たしたか否か、つまり、店舗の状況が正常か異常かに関する情報が格納されている。

[0417] なお、実施の形態4-2において、ステップS1001における所定の条件は、判定する状況に関する情報と、時刻情報とに応じて設定される。所定の条件は、監視対象の属性に応じて、設定されてもよい。例えば、人の活動484の所定の条件は、店舗の営業時間外であれば「活動」していること、及び、店舗の営業時間内であれば活動が「無し」であることと、と設定することができる。

[0418] <実施の形態4-3>

本発明の実施の形態4-3として、監視対象を設備とする場合を例に挙げて説明する。以下では、監視対象が配膳ロボットであり、管理者が配膳ロボットを設置する店舗に属する者である。光ファイバ461、及び、第2装置402は、監視対象である配膳ロボットに設置されている。実施の形態4-3は、監視対象である配膳ロボット、及び、第2装置402が移動可能である点で、他の実施形態と異なる。

[0419] 実施の形態４－３における情報特定処理には、実施の形態４－１における情報特定処理についての記載を、道路に代えて、配膳ロボットとしたうえで、矛盾が生じない範囲で適用することができる。ただし、実施の形態４－３では、実施の形態４－１に記載された事項に加え、以下のような実施の形態を追加する、又は置き換えることができる。

[0420] 実施の形態４－３では、監視対象である配膳ロボット、及び、第２装置４０２が移動可能である。そのため、ステップＳ９０６では、特定された第２装置４０２の位置情報が取得情報と関連付けて送信される。第２装置４０２の位置情報は、例えば、位置特定処理により特定される。

[0421] また、ステップＳ９０８にて利用される固定変動パターン又は予測モデルは、設備の種類ごとに設定されてもよい。例えば、設備Ａの固定変動パターン又は予測モデルは、設備Ａと同じ種類の設備である設備Ｂの固定変動パターン又は予測モデルとして利用できる。

[0422] ＜他の実施形態＞

なお、上の実施の形態においてサーバ装置４０３にて実行されていた処理が、第１装置４０１にて実行されてもよい。例えば、実施の形態４－１にかかる情報特定処理におけるステップＳ９０７～Ｓ９１０の処理、並びに、警報出力処理におけるステップＳ１００１、Ｓ１００２及びＳ１００５の処理が、第１装置４０１にて実行される。

[0423] なお、上の実施の形態においてサーバ装置４０３にて実行されていた処理が、第２装置４０２又は管理者端末４０４にて実行されてもよい。例えば、実施の形態４－１にかかる情報特定処理におけるステップＳ９０７～Ｓ９１０の処理、並びに、警報出力処理におけるステップＳ１００１、Ｓ１００２及びＳ１００５の処理が、第２装置４０２又は管理者端末４０４にて実行される。この場合、例えば、第２装置４０２又は管理者端末４０４に、道路状況管理テーブル４０７等の各処理に必要な情報をダウンロードしておくことが好ましい。

[0424] 例えば、ステップＳ９０７、Ｓ９０８、及びＳ１００１の処理が管理者端

末４０４にて実行される場合、管理者端末４０４は、ステップＳ９０８の処理により、特定された状況が所定の条件を満たす場合に、所定の条件を満たす旨の情報を出力する手段を備えることができる。

[0425] なお、ステップＳ９０１～Ｓ９０６の処理は、管理者ＩＤに関連付けられた第２装置ＩＤに対応する第２装置４０２、及び、該第２装置４０２に対応する光ファイバセンシングシステム４０６にて実行される。管理者端末４０４は、複数の第２装置４０２から取得情報を受信することができる。

[0426] なお、システム４１０の運営者は、システム４１０を利用したことの対価として、管理者などに対して利用料を求めることができる。例えば、実施の形態４－１にかかる情報特定処理におけるステップＳ９０９又はＳ１００５にて、特定された監視対象の状況が記憶された回数、第２装置４０２での第１装置４０１と第２装置４０２との間の時刻ずれの算定若しくは位相ずれの算定、又は、第２装置４０２の時刻の補正若しくは位相の補正に応じて、サーバ装置４０３は利用料を算定してもよい。また、利用料に応じて、時刻補正若しくは位相補正を実行する頻度、時刻ずれの算定若しくは位相ずれの算定の基となる第１装置４０１の時計の精度、又は、第１装置４０１、第２装置４０２若しくはサーバ装置４０３の応答速度を異なるように制御することができる。例えば、利用料が高額となるほど、時刻補正や位相補正の頻度を高くし、又は、より高い精度の時計をもとに時刻ずれや位相ずれを算定することができる。

[0427] なお、本発明の実施の形態４－１として、監視対象が道路、管理者が道路を監視する組織の者とする場合を例に挙げたが、システム４１０は、道路の評価をすることもできる。システム４１０は、道路状況管理テーブル４０７にて、判定結果４７６が記録されている。そのため、例えば、判定結果４７６が正常という評価が続いている道路区域が多い場合は、異常が生じる可能性が低い道路として高評価とし、判定結果４７６が異常という評価が続いている道路区域が多い場合は、異常が生じる可能性が高い道路として低評価とすることができる。管理者は、評価をもとに道路の改修工事等を検討するこ

とができる。

[0428] また、実施の形態4-2として監視対象が建築物である場合、及び、実施の形態4-3として、監視対象が設備である場合を例に挙げたが、システム410は、実施の形態4-1と同様に、建築物又は設備を評価してもよい。管理者は、評価をもとに建築物の点検や修繕、或いは、設備の点検や買い替えを検討することができる。

[0429] 本発明によれば、少なくとも1のコンピュータ装置を備えるシステムであって、光源からの光を、道路、建築物又は設備の近傍に敷設された光ファイバを介して受信した光信号に関する情報、及び、該光信号を受信した時刻に応じて、該光信号を受信した際における、該光信号に対応する該光ファイバの近傍に存在する該道路、該建築物又は該設備の状況を特定する状況特定手段を備えることにより、時刻に応じた、道路、建築物又は設備の状況を特定することができる。

[0430] 本発明によれば、状況特定手段が、該受信した光信号に関する情報の変動パターンが、道路、建築物又は設備の状況に応じて変動する光信号に関する情報の固有変動パターンに適合することにより、該受信した光信号に対応する該光ファイバの近傍に存在する該道路、該建築物又は該設備の状況を特定するため、固有変動パターンに適合した、道路、建築物又は設備の状況を把握することができる。

[0431] 本発明によれば、状況特定手段が、光源からの光を、道路、建築物又は設備の近傍に敷設された光ファイバを介して受信した光信号に関する情報、及び、該光信号を受信した時刻に関する情報を入力データとし、該光信号を受信した際における、該光信号に対応する該光ファイバの近傍に存在する該道路、該建築物又は該設備の状況を出力データとして機械学習された予測モデルを用いて、光ファイバを介して受信した光信号、及び、該光信号を受信した時刻に対応する、道路、建築物、設備の状況を特定するため、道路、建築物又は設備の状況を、予測モデルを用いて、より正確に把握することができる。

[0432] 本発明は、道路、建築物又は設備の状況をより正確に把握することを目的として、状況特定手段が、道路の混雑状況、道路の健全性に関する状況、又は、道路上に存在する車両の種類を特定してもよい。また、状況特定手段が、建築物の健全性に関する状況、建築物内の設備に関する情報、又は、建築物内における人若しくは動物の活動に関する情報を特定してもよい。また、状況特定手段が、設備の稼働状況、又は、設備の健全性に関する状況を特定してもよい。

[0433] 本発明によれば、システムが、状況特定手段により、特定された状況が所定の条件を満たす場合に、所定の条件を満たす旨の情報を出力する出力手段、及び／又は、他の装置において出力できるよう制御する出力制御手段を備えるため、例えば、管理者が、特定された状況が所定の条件を満たすことを把握することができる。

符号の説明

[0434]	1 0 1	地盤改良体
	1 0 2	無線装置
	1 0 3	コンピュータ装置
	1 0 4	通信ネットワーク
	1 1 0	システム
	1 1 1	ロックボルト
	1 1 2	支圧板
	1 1 3	ワイヤロープ
	1 1 4	樹木
	1 1 5	斜面
	1 2 1	制御部
	1 2 2	R F チップ
	1 2 3	発振器
	1 2 4	時計
	1 2 5	位相検出器

1 3 1	制御部
1 3 2	R A M
1 3 3	ストレージ部
1 3 4	入力部
1 3 5	表示部
1 3 6	通信インタフェース
1 4 0	実行画面
1 4 1	アイコン
1 4 2	面
1 5 0	実行画面
1 5 1	アイコン
1 5 2	面
1 5 3	アイコン
1 5 4	面
1 5 5	アイコン
2 0 1	地盤改良壁
2 0 2	第 1 無線装置
2 0 3	鉄塔
2 0 4	第 2 無線装置
2 0 5	コンピュータ装置
2 0 6	端末装置
2 0 7	通信ネットワーク
2 1 0	システム
2 2 1	制御部
2 2 2	R F チップ
2 2 3	発振器
2 2 4	時計
2 2 5	位相検出器

2 5 1	制御部
2 5 2	R A M
2 5 3	ストレージ部
2 5 4	通信インタフェース
3 0 1	第 1 装置
3 0 2	第 2 装置
3 0 3	サーバ装置
3 0 4	取得装置
3 0 5	管理端末
3 0 6	通信ネットワーク
3 1 0	システム
3 1 1	制御部
3 1 2	R F チップ
3 1 2 a	時計
3 1 2 b	位相検出器
3 1 3	発振器
3 2 1	制御部
3 2 2	R F チップ
3 2 2 a	時計
3 2 2 b	位相検出器
3 2 3	発振器
3 4 1	アンテナ
3 4 2	リアクタンス回路
3 4 3	制御回路
3 4 4	伝送線
3 4 5	土
4 0 1	第 1 装置
4 0 2	第 2 装置

4 0 3	サーバ装置
4 0 4	管理者端末
4 0 5	通信ネットワーク
4 0 6	光ファイバセンシングシステム
4 1 0	システム
4 6 0	信号検出装置
4 6 1	光ファイバ
4 6 2	光源
4 6 3	受信部
4 6 4	検出部
4 6 5	制御部
4 6 6	通信インタフェース
4 0 7	道路状況管理テーブル
4 7 1	第2装置 I D
4 7 2	日時
4 7 3	混雑状況
4 7 4	健全性
4 7 5	車両の種類
4 7 6	判定結果
4 0 8	店舗内状況管理テーブル
4 8 1	第2装置 I D
4 8 2	日時
4 8 3	室温
4 8 4	人の活動
4 8 5	設備の状況
4 8 5 a	冷蔵庫
4 8 5 b	ガスコンロ
4 8 6	健全性

4 8 7 判定結果

請求の範囲

- [請求項1] 少なくとも1のコンピュータ装置を備えるシステムであって、
少なくとも2つの無線装置間で通信する通信手段と、
異常の検知に利用可能な情報を算定する算定手段と
を備える、システム。
- [請求項2] 無線装置間で通信を行うことにより、無線装置間の内部時計の時刻の
ずれを算定する時刻ずれ算定手段と、
算定された時刻のずれを基に、無線装置間の内部時計の時刻のずれを
補正する時刻ずれ補正手段と
を備える、請求項1に記載のシステム。
- [請求項3] 時刻ずれ補正手段により補正した内部時計の時刻と関連付けて、前記
算定手段が算定した情報を記憶する記憶手段と
を備える、請求項2に記載のシステム。
- [請求項4] サーバ装置を備え、
サーバ装置が、前記記憶手段を備える、請求項3に記載のシステム。
- [請求項5] 無線装置間で通信を行うことにより、無線装置間の内部時計の位相の
ずれを算定する位相ずれ算定手段と、
算定された位相のずれを基に、無線装置間の内部時計の位相のずれを
補正する位相ずれ補正手段と
を備える、請求項2に記載のシステム。
- [請求項6] 時刻ずれ算定手段が、位相ずれ補正手段が位相のずれを補正した後に
、時刻のずれを算定するものである、
請求項5に記載のシステム。
- [請求項7] 前記算定手段が、無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の
距離を算定する距離算定手段を備える、請求項2に記載のシステム。
- [請求項8] 距離算定手段が、時刻ずれ算定手段が算定した時刻のずれを基に距離
を算定するものである、請求項7に記載のシステム。
- [請求項9] 距離算定手段が、時刻ずれ補正手段が時刻のずれを補正した後に、距

- 離を算定するものである、請求項 8 に記載のシステム。
- [請求項10] 算定された無線装置間の距離を基に、無線装置の位置関係を特定する位置関係特定手段
を備える、請求項 7 ～ 9 のいずれかに記載のシステム。
- [請求項11] 前記算定手段が、算定された無線装置間の距離の変化量を特定する変化量特定手段を備える、請求項 7 ～ 9 のいずれかに記載のシステム。
- [請求項12] 地表面下の含水率又は地表面下の含水率を特定可能な情報を取得するための取得装置を備える、
請求項 1 ～ 9 のいずれかに記載のシステム。
- [請求項13] 取得装置が、地表面上で、且つ、地表面の近傍に設置したアンテナを備え、
前記アンテナにより受信した電磁波に関する情報をもとに、地表面下の含水率を特定する特定手段、及び
前記アンテナにより受信した電磁波に関する情報が、所定の条件を満たしたことを検知する検知手段、
の少なくとも 1 つを備える、請求項 1 2 に記載のシステム。
- [請求項14] 前記アンテナがリアクタンス回路に接続される、請求項 1 3 に記載のシステム。
- [請求項15] 光ファイバを含むファイバケーブルを備え、
光ファイバにより、音、振動、及び／又は温度を検知するセンシング手段
を備える、
請求項 1 ～ 9 のいずれかに記載のシステム。
- [請求項16] 前記算定手段が算定した情報が、所定の条件を満たす場合に、通知を出力する通知出力手段を備える、請求項 1 ～ 9 のいずれかに記載のシステム。
- [請求項17] 2 以上の地盤改良体を備え、
地盤改良体のそれぞれは、少なくとも 1 つの無線装置を備える、請求

項 7～9 のいずれかに記載のシステム。

[請求項18] 地盤改良体に備えられた無線装置と、他の所定の箇所に設置された無線装置とを備える、請求項 17 に記載のシステム。

[請求項19] 少なくとも 2 つの無線装置のうちの 1 つは、構造物に設置された第 1 無線装置であり、少なくとも 2 つの無線装置のうちの他の 1 つは、他の所定の箇所に設置された第 2 無線装置である、請求項 7～9 のいずれかに記載のシステム。

[請求項20] 第 2 無線装置が、鉄塔、及び／又は電柱に設置されたものである、請求項 19 に記載のシステム。

[請求項21] 第 1 無線装置と、地表面下の含水率又は地表面下の含水率を特定可能な情報を取得するための取得装置と、取得装置と所定の距離内に設置された第 2 無線装置とを備え、
第 1 無線装置と第 2 無線装置との間で通信を行うことにより、第 1 無線装置と第 2 無線装置との間の時刻のずれを算定する時刻ずれ算定手段と、
算定された時刻ずれに基づいて、第 2 無線装置における時刻を補正する時刻補正手段と、
第 2 無線装置にて計時した時刻と関連付けて、含水率又は含水率を特定可能な情報を記憶する記憶手段と
を備える、請求項 1 に記載のシステム。

[請求項22] 少なくとも 1 のコンピュータ装置を備えるシステムにおいて実行される方法であって、
少なくとも 2 つの無線装置間で通信する通信ステップと、
異常の検知に利用可能な情報を算定する算定ステップと
を有する、方法。

[請求項23] 無線装置間で通信を行うことにより、無線装置間の内部時計の時刻のずれを算定する時刻ずれ算定ステップと、
算定された時刻のずれを基に、無線装置間の内部時計の時刻のずれを

補正する時刻ずれ補正ステップと

を有する、請求項 22 に記載の方法。

[請求項24] 無線装置間で通信を行うことにより、無線装置間の内部時計の位相のずれを算定する位相ずれ算定ステップと、

算定された位相のずれを基に、無線装置間の内部時計の位相のずれを補正する位相ずれ補正ステップと

を有する、請求項 22 に記載の方法。

[請求項25] 前記算定ステップが、無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定する距離算定ステップを含む、請求項 22 ～ 24 のいずれかに記載の方法。

[請求項26] 他の無線装置との通信をする通信手段と、

異常の検知に利用可能な情報を算定する算定手段と
を備える、無線装置。

[請求項27] 無線装置間で通信を行うことにより、無線装置間の内部時計の時刻のずれを算定する時刻ずれ算定手段と、

算定された時刻のずれを基に、無線装置間の内部時計の時刻のずれを補正する時刻ずれ補正手段と

を備える、請求項 26 に記載の無線装置。

[請求項28] 無線装置間で通信を行うことにより、無線装置間の内部時計の位相のずれを算定する位相ずれ算定手段と、

算定された位相のずれを基に、無線装置間の内部時計の位相のずれを補正する位相ずれ補正手段と

を備える、請求項 26 に記載の無線装置。

[請求項29] 前記算定手段が、無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定する距離算定手段を備える、請求項 26 ～ 28 のいずれかに記載の無線装置。

[請求項30] 2 以上の、地盤改良体に備えられた無線装置を備えるシステムにおける、無線装置であって、

通信手段が、他の、地盤改良体に備えられた無線装置と通信するものであり、

無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定する距離算定手段

を備え、

距離算定手段が、無線装置間の内部時計の時刻のずれを基に距離を算定するものである、

請求項 26 に記載の無線装置。

[請求項31]

地盤改良体に備えられた無線装置と、他の所定の箇所に設置された無線装置とを備えるシステムにおける、地盤改良体に備えられた無線装置であって、

通信手段が、他の所定の箇所に設置された無線装置と通信するものであり、

無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定する距離算定手段

を備え、

距離算定手段が、無線装置間の内部時計の時刻のずれを基に距離を算定するものである、

請求項 26 に記載の無線装置。

[請求項32]

地盤改良体に備えられた無線装置と、他の所定の箇所に設置された無線装置とを備えるシステムにおける、他の所定の箇所に設置された無線装置であって、

通信手段が、地盤改良体に備えられた無線装置と通信するものであり、

無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定する距離算定手段

を備え、

距離算定手段が、無線装置間の内部時計の時刻のずれを基に距離を算

定するものである、

請求項 26 に記載の無線装置。

[請求項33] 請求項 30 又は 31 に記載の無線装置を備える地盤改良体。

[請求項34] 構造物に設置された第 1 無線装置と、他の所定の箇所に設置された第 2 無線装置とを備えるシステムにおける、第 1 無線装置であって、
通信手段が、第 2 無線装置と通信するものであり、

無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定する距離算定手段

を備え、

距離算定手段が、無線装置間の内部時計の時刻のずれを基に距離を算定するものである、

請求項 26 に記載の第 1 無線装置。

[請求項35] 構造物に設置された第 1 無線装置と、他の所定の箇所に設置された第 2 無線装置とを備えるシステムにおける、第 2 無線装置であって、
通信手段が、第 1 無線装置と通信するものであり、

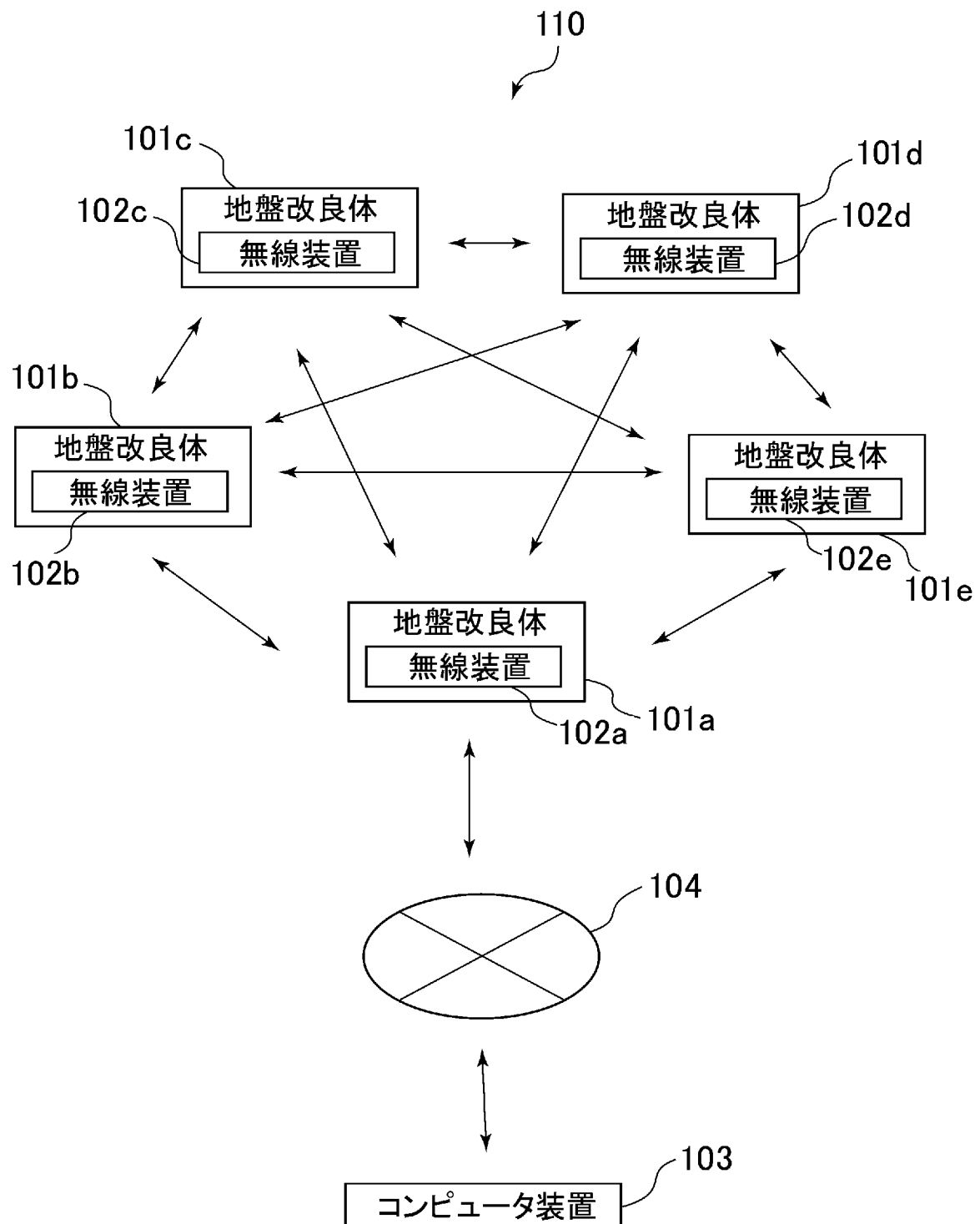
無線装置間の通信の伝搬時間を基に、無線装置間の距離を算定する距離算定手段

を備え、

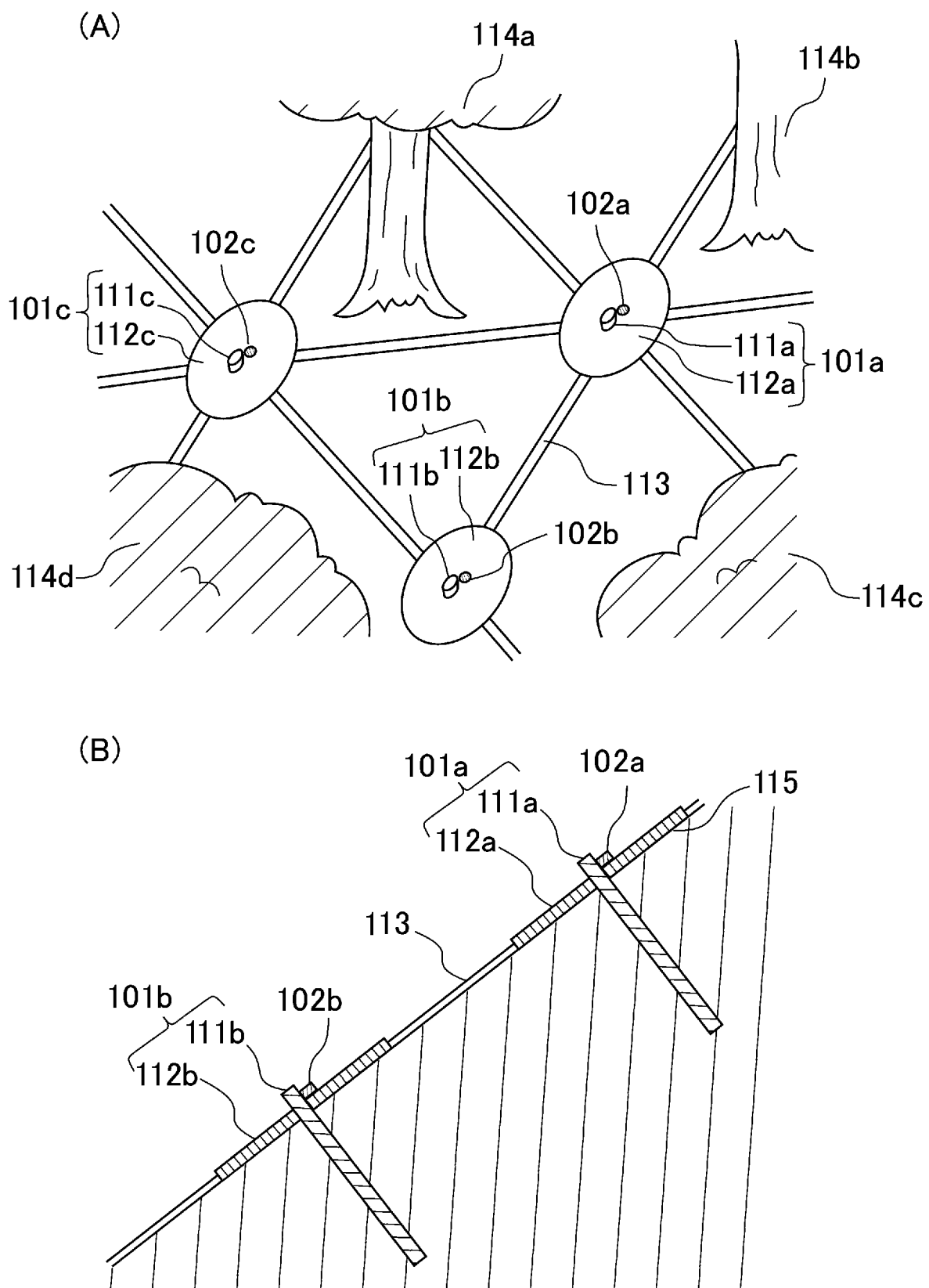
距離算定手段が、無線装置間の内部時計の時刻のずれを基に距離を算定するものである、

請求項 26 に記載の第 2 無線装置。

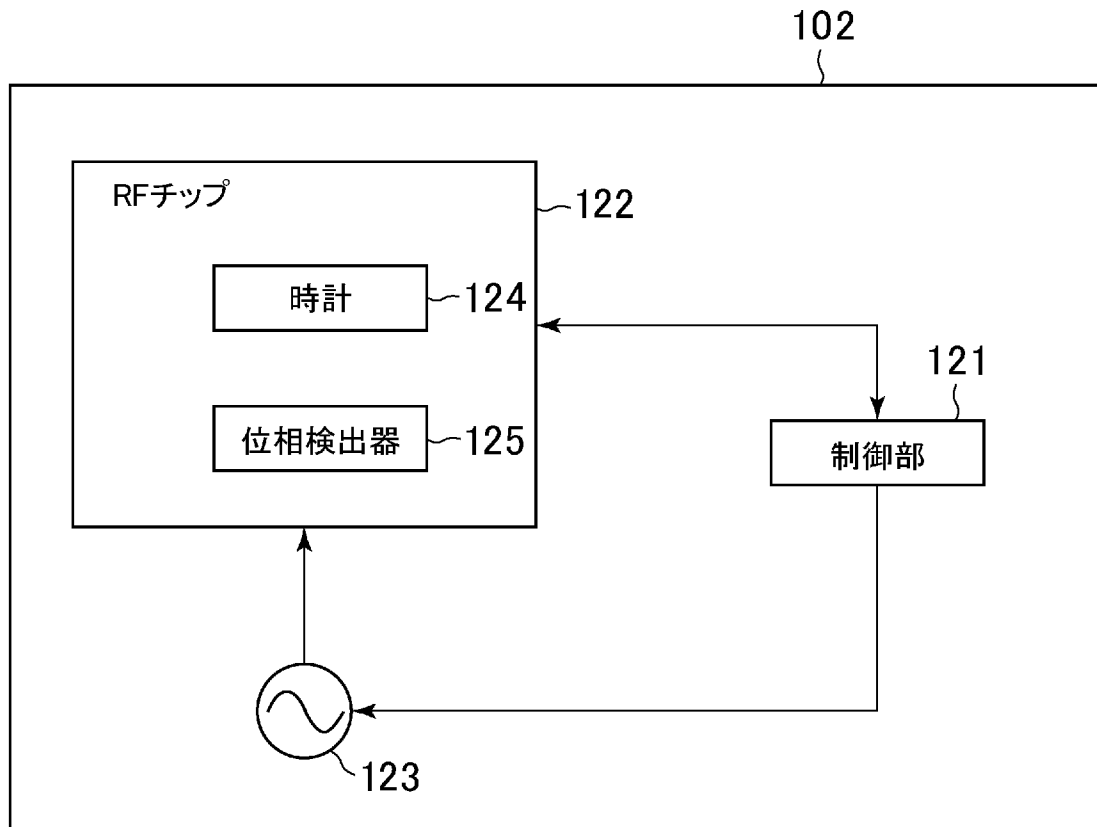
[図1]



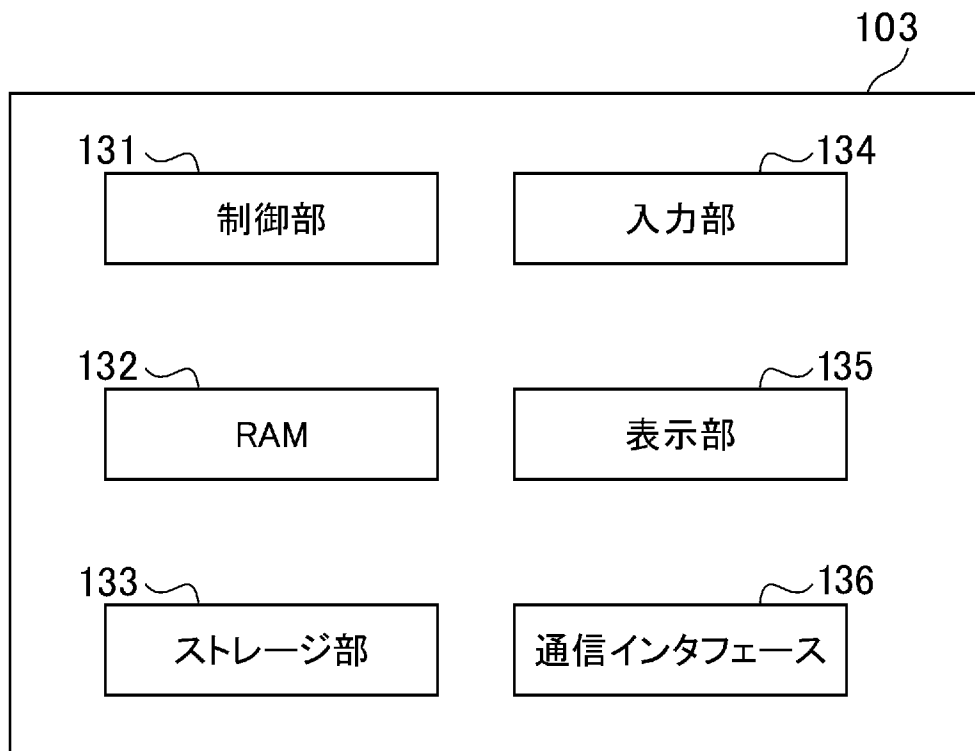
[図2]



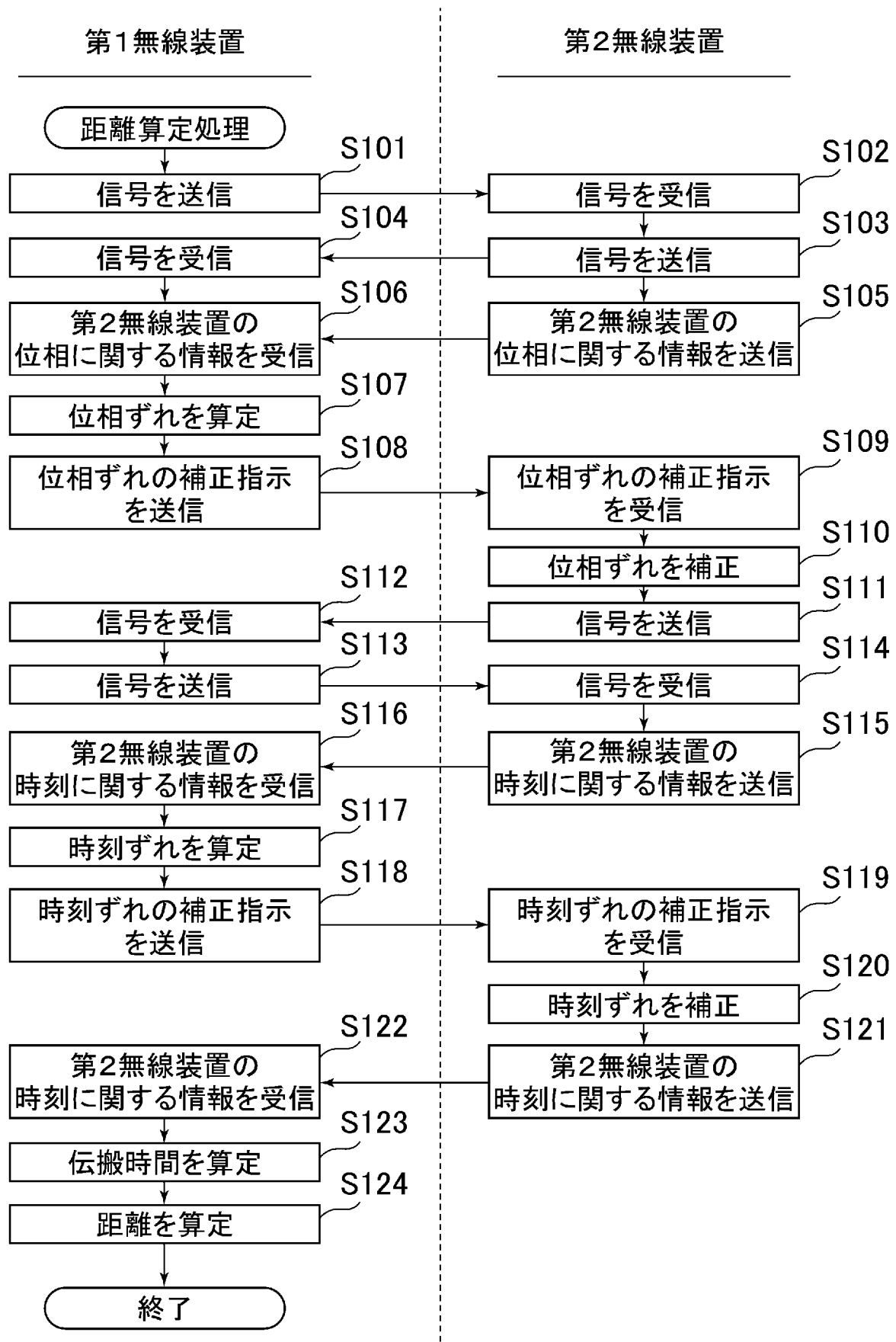
[図3]



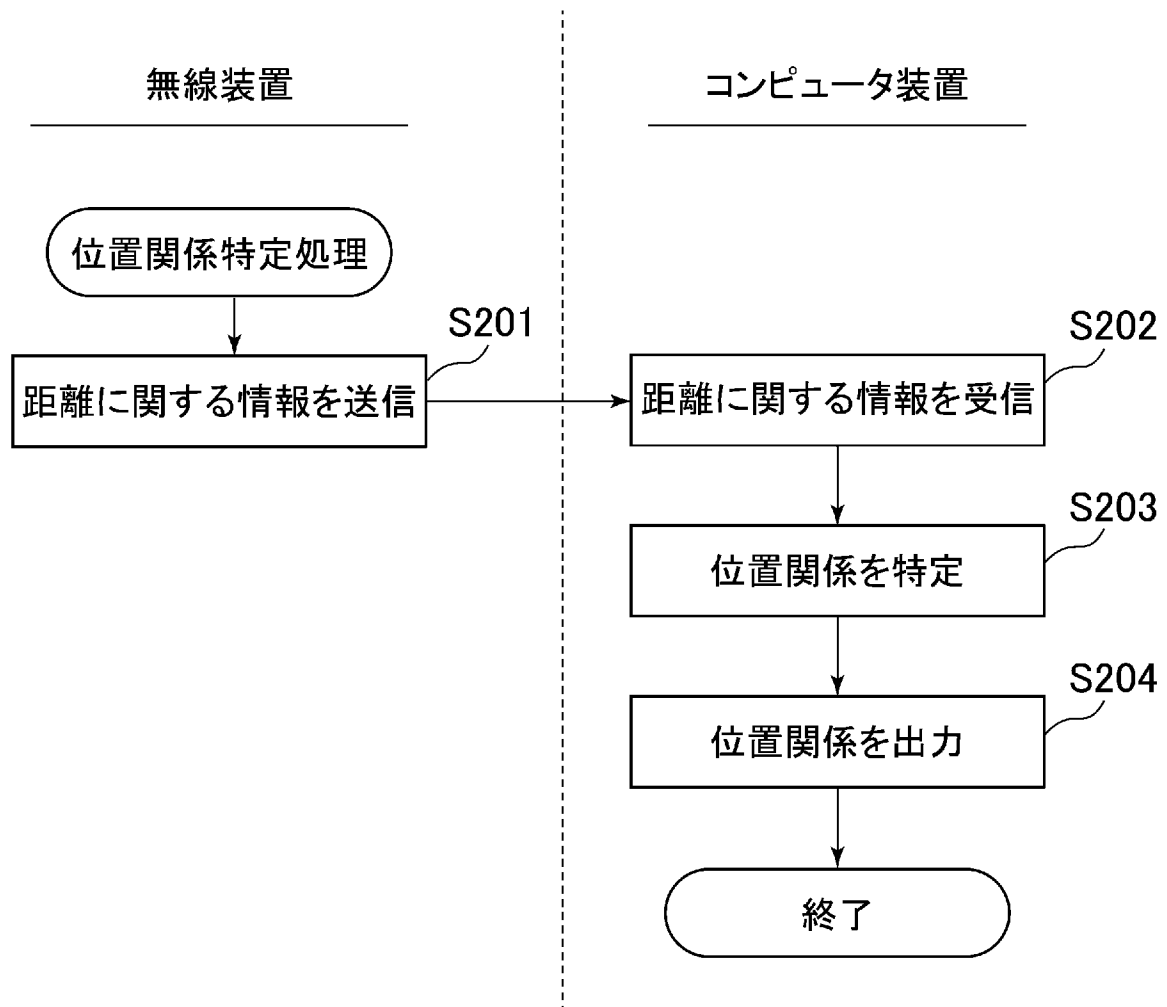
[図4]



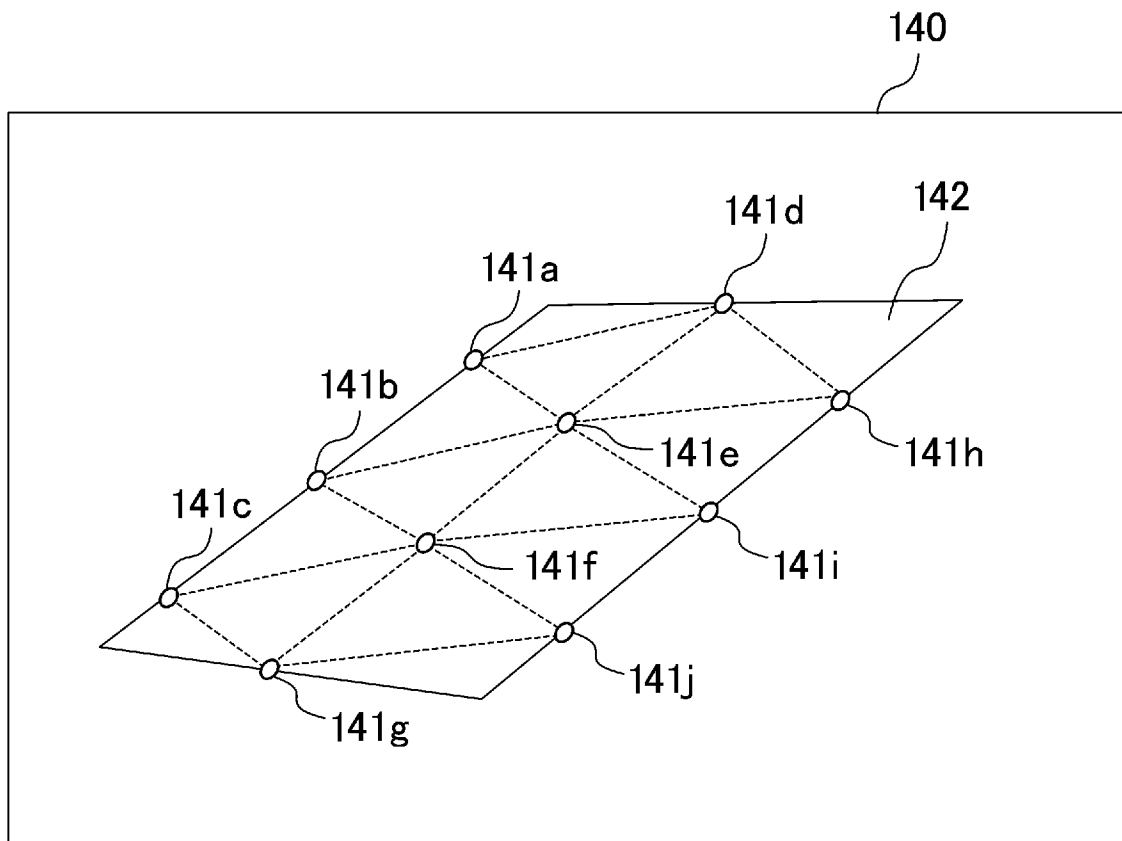
[図5]



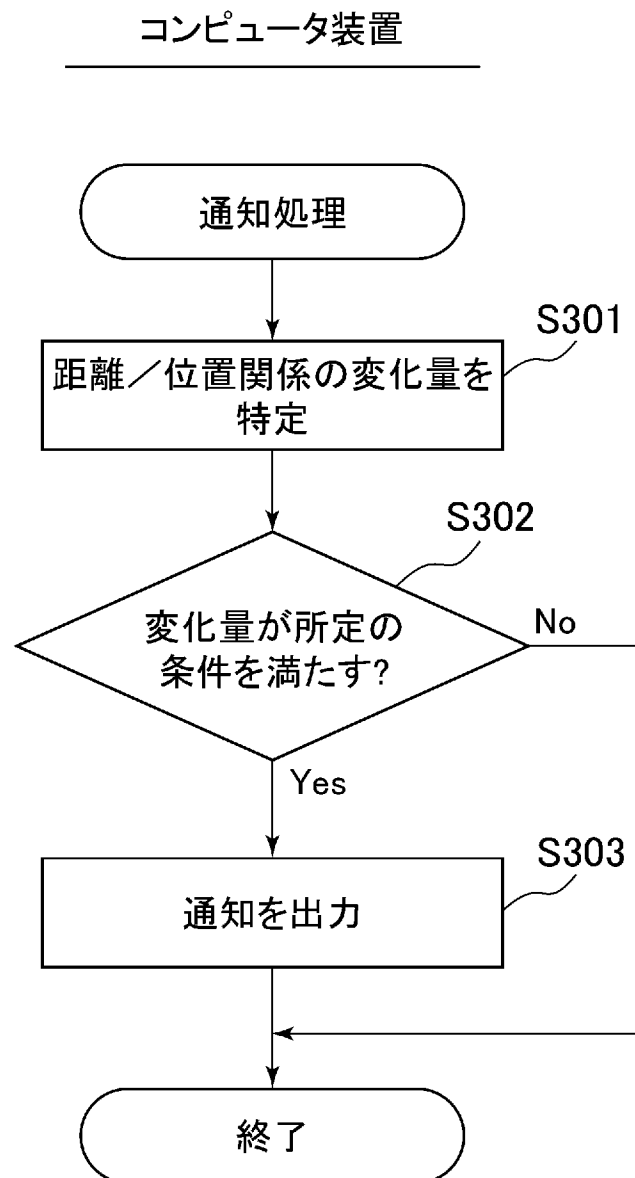
[図6]



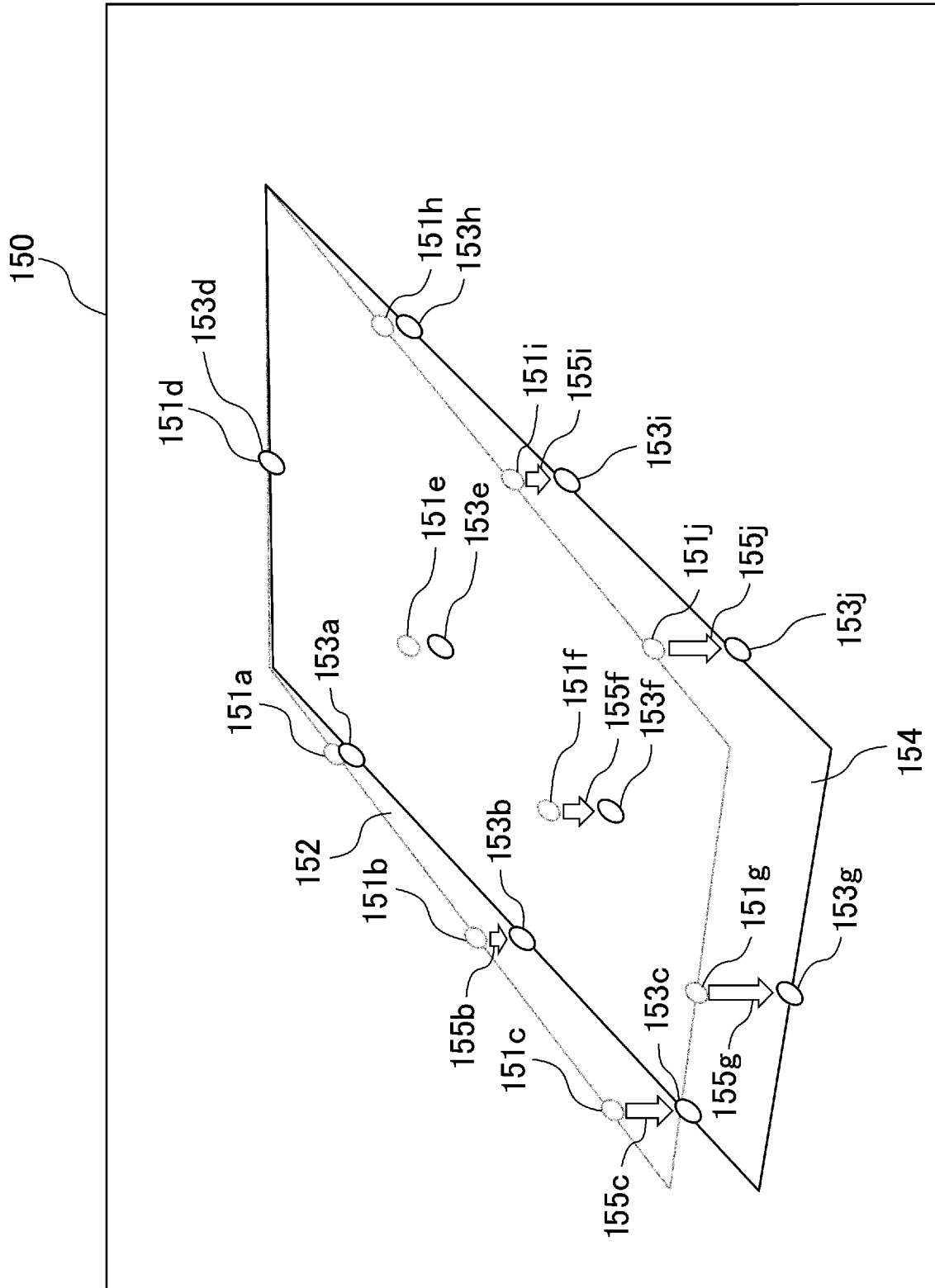
[図7]



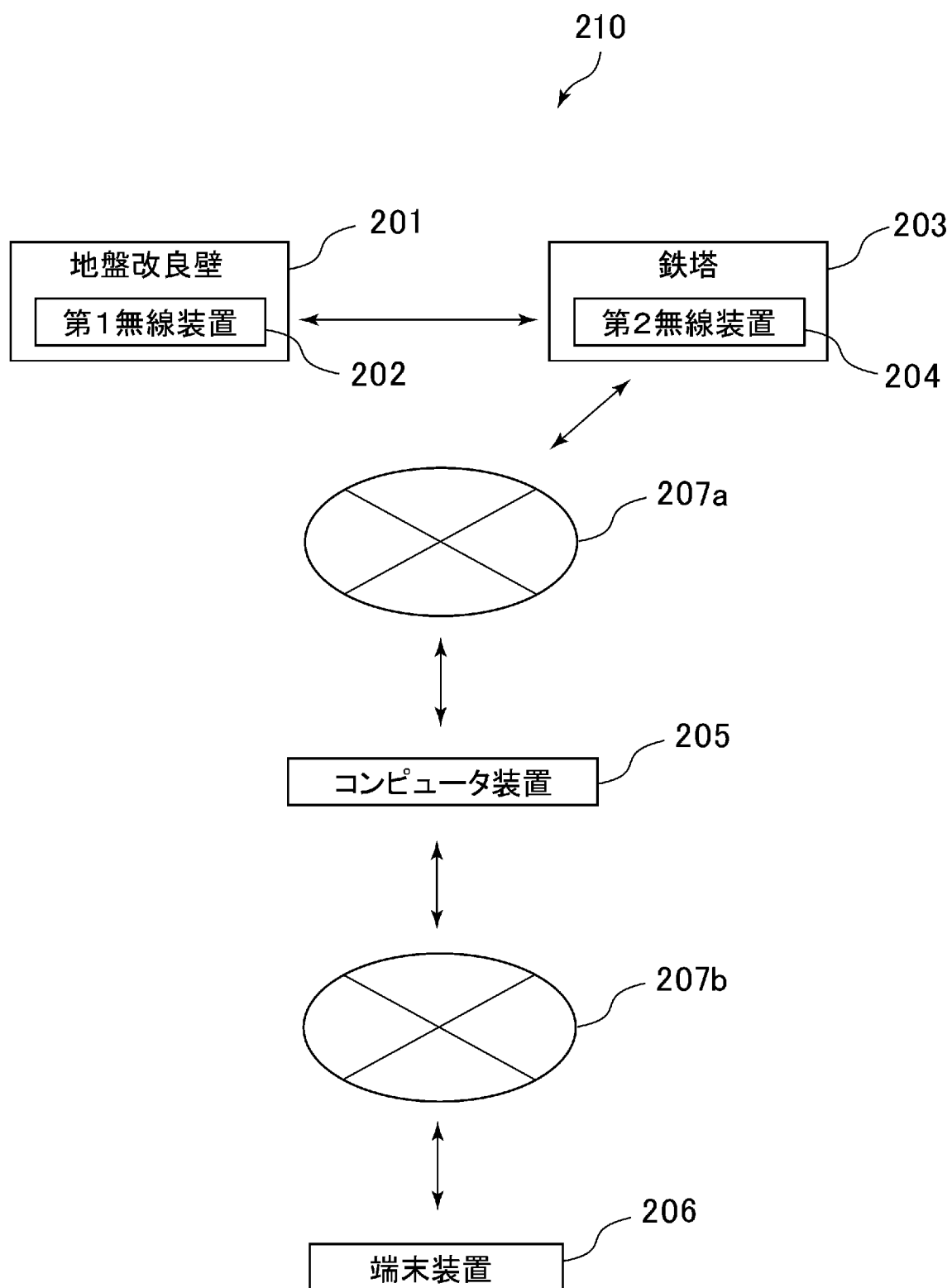
[図8]



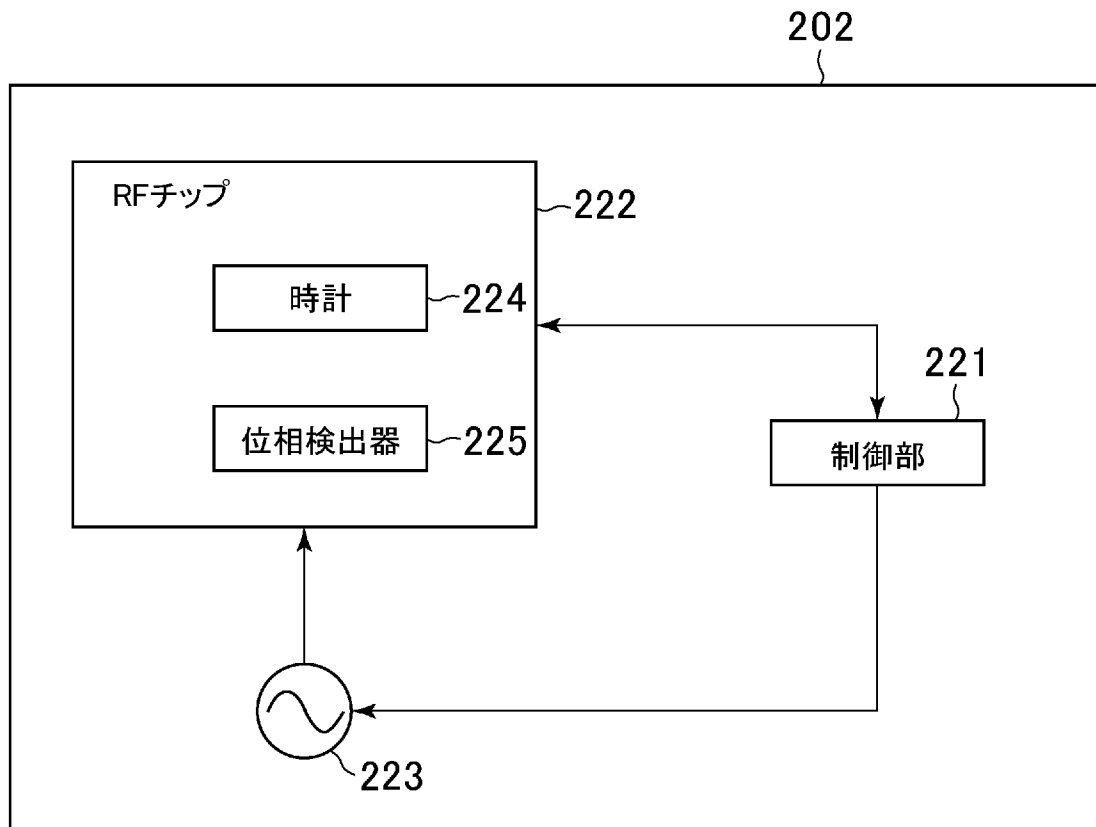
[図9]



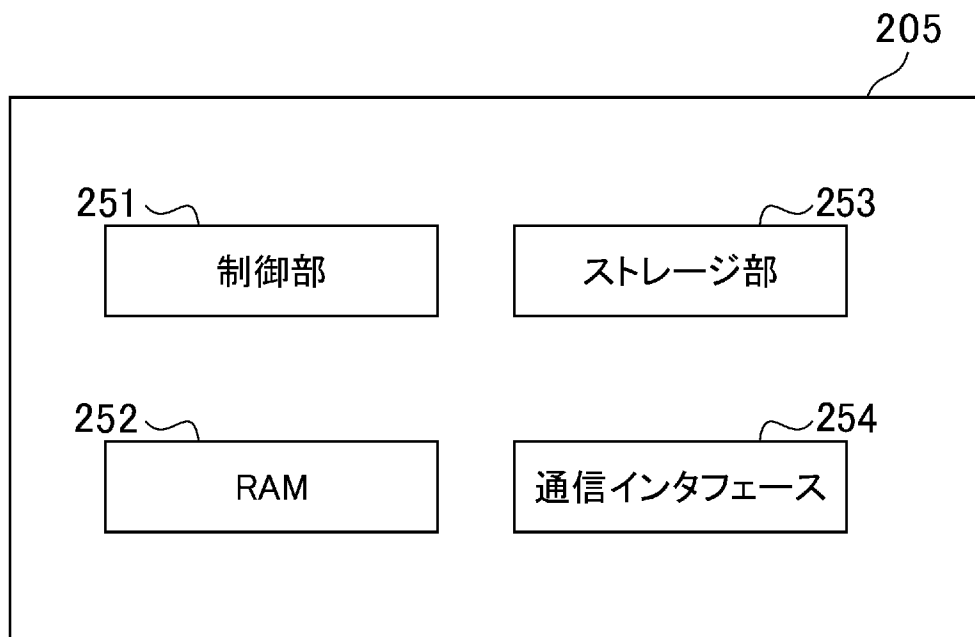
[図10]



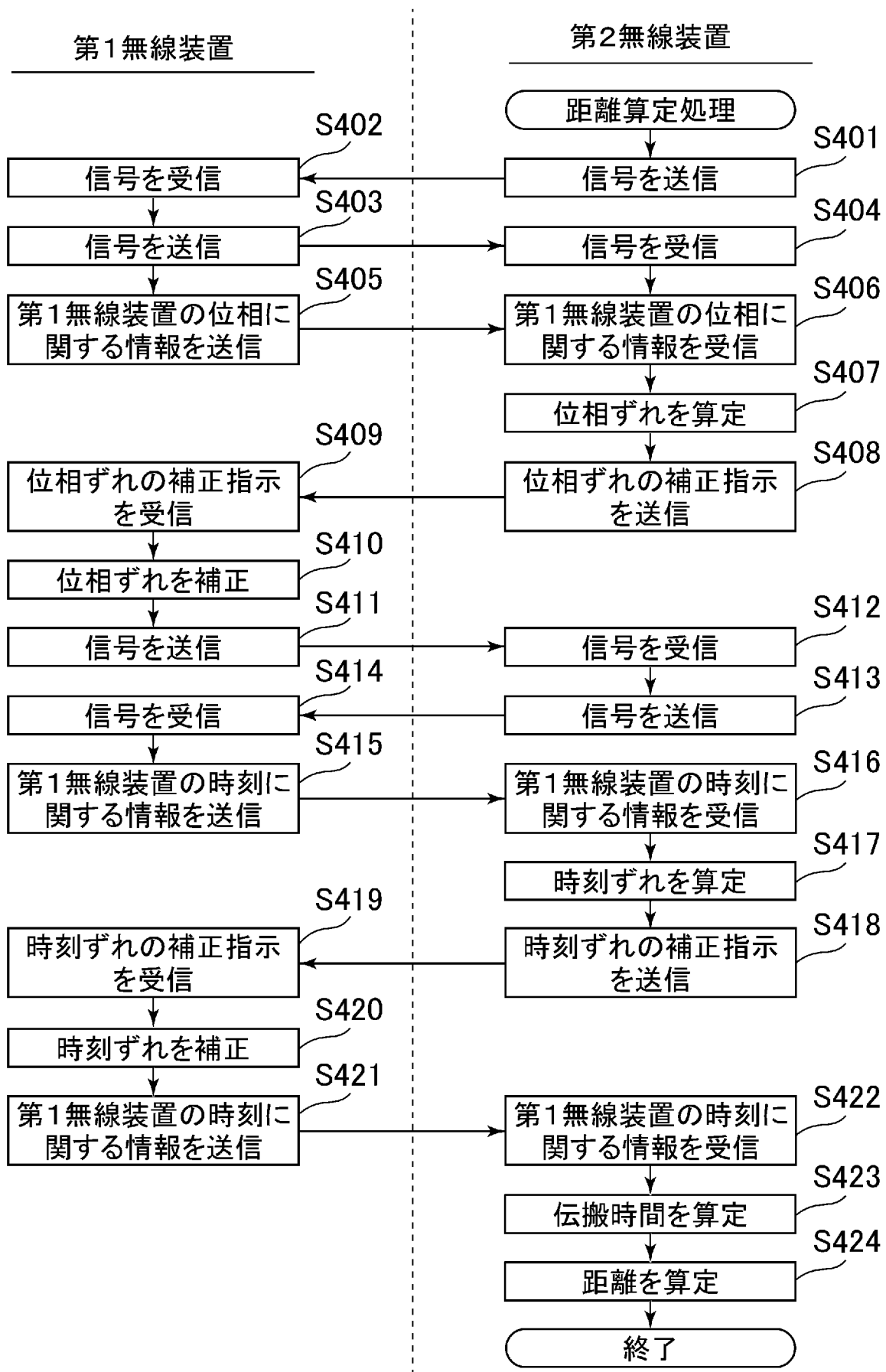
[図11]



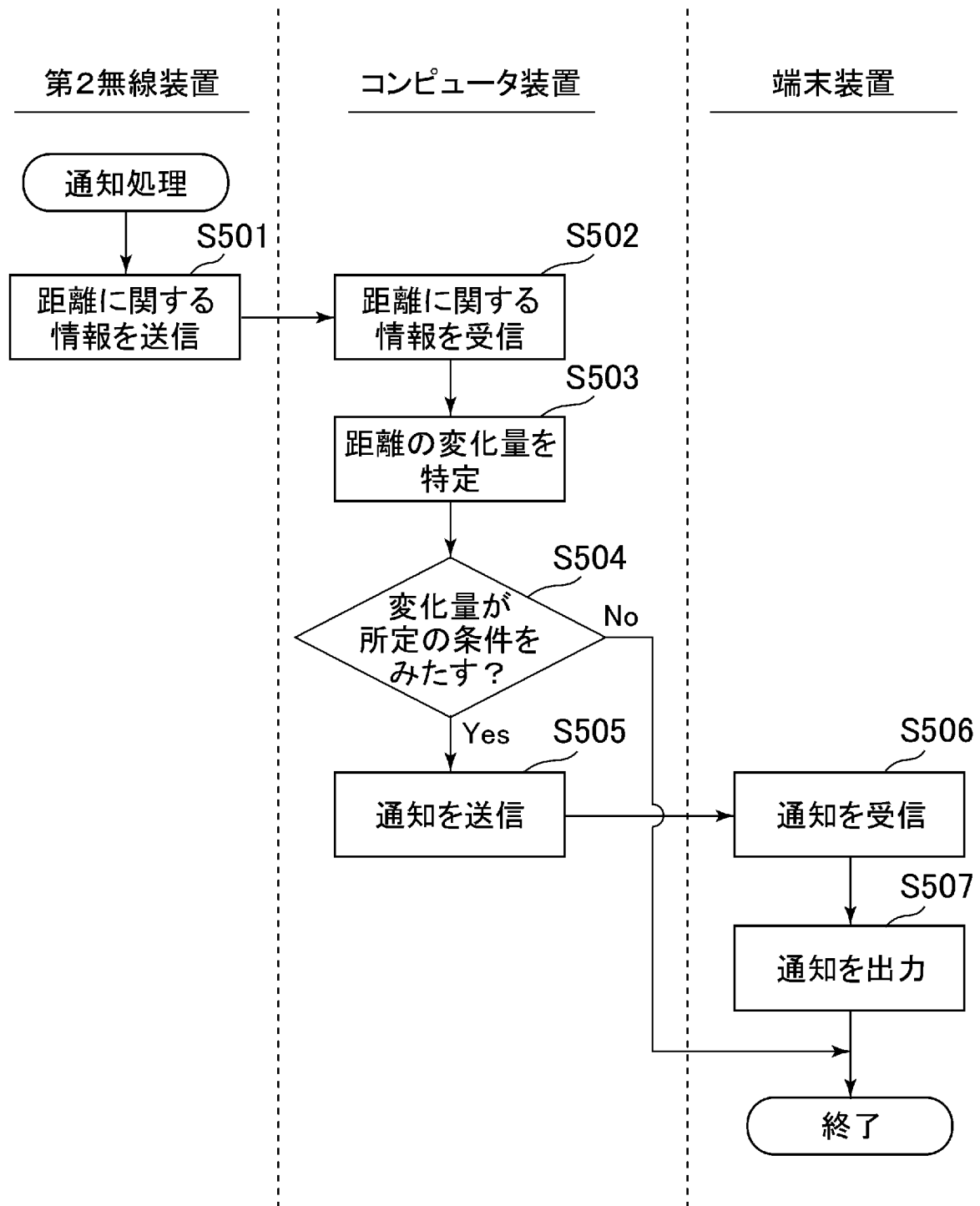
[図12]



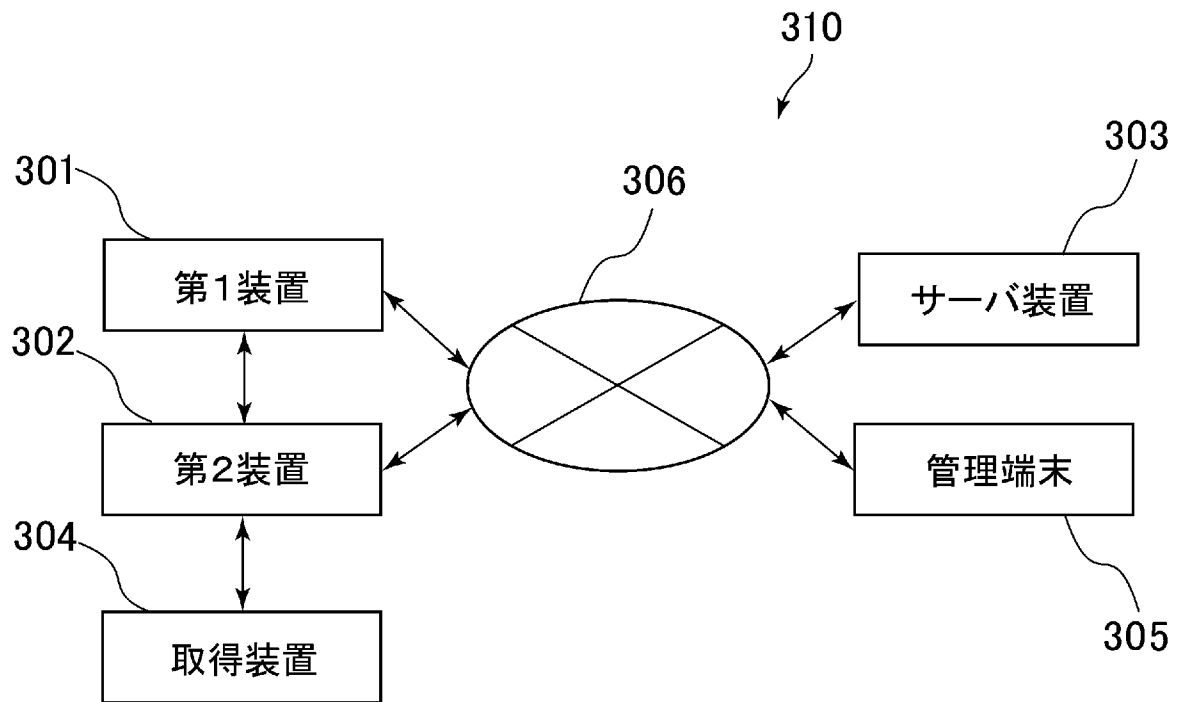
[図13]



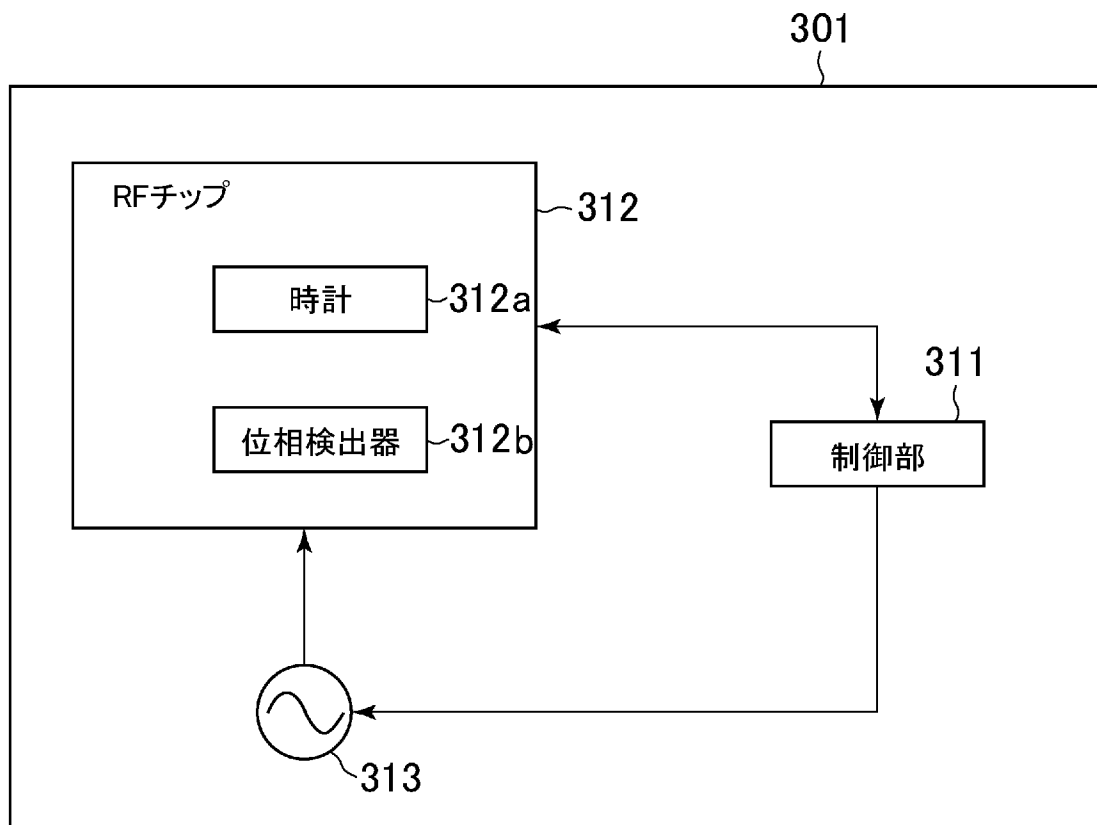
[図14]



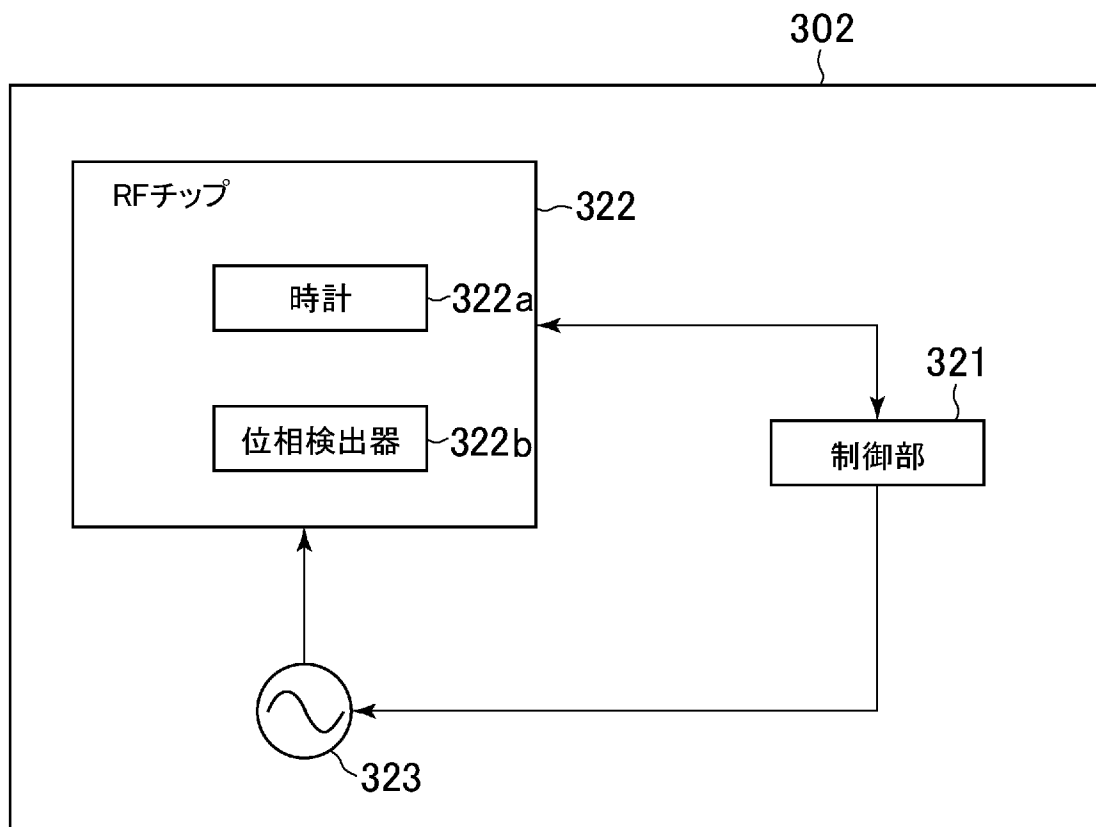
[図15]



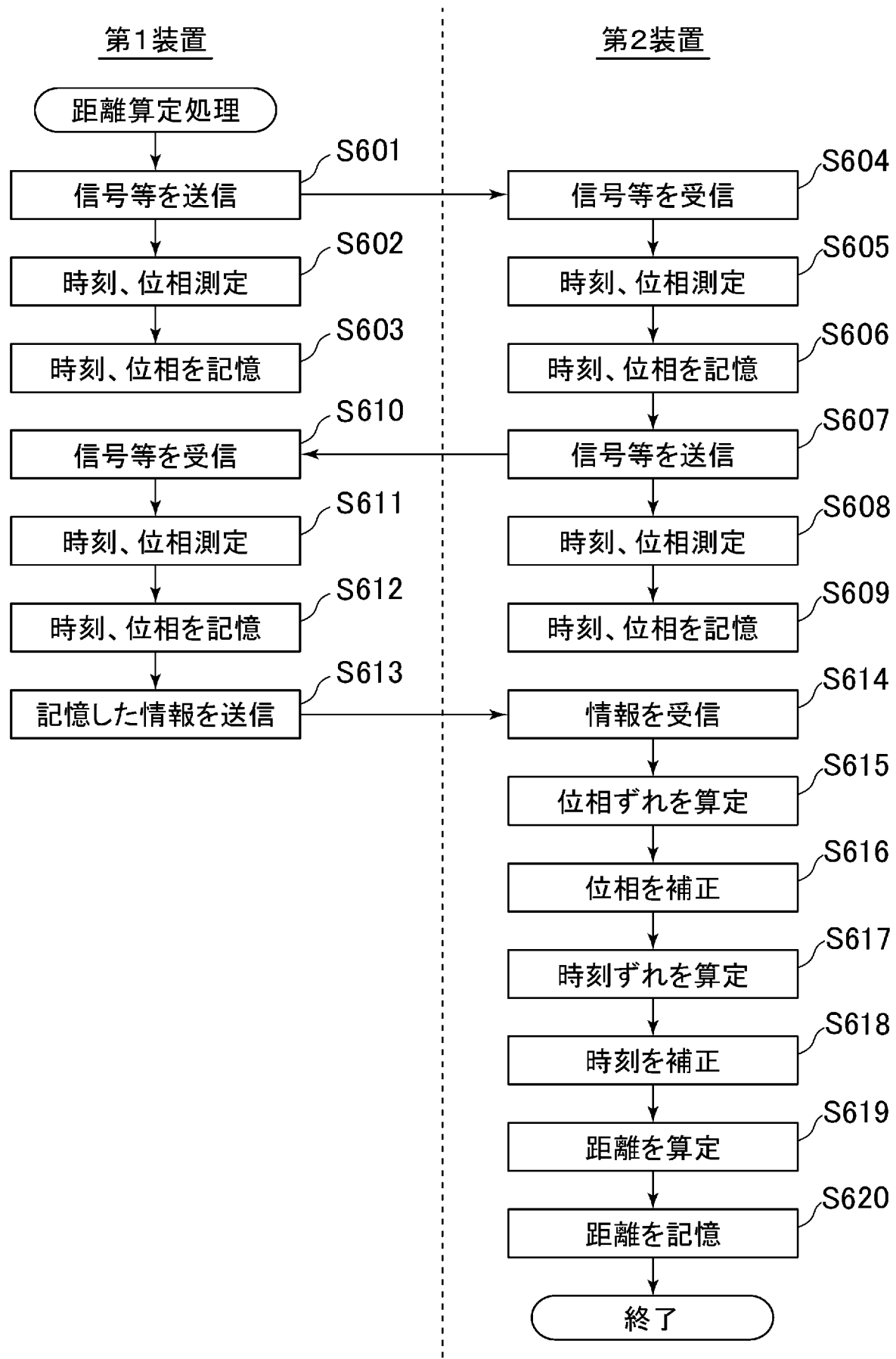
[図16]



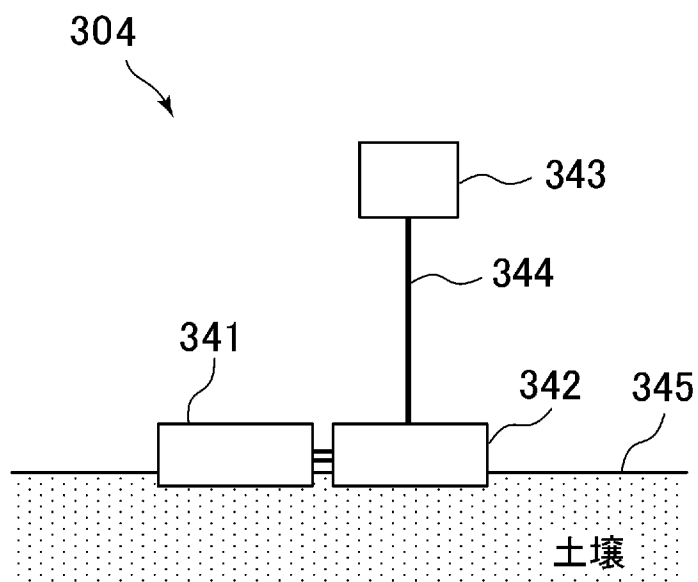
[図17]



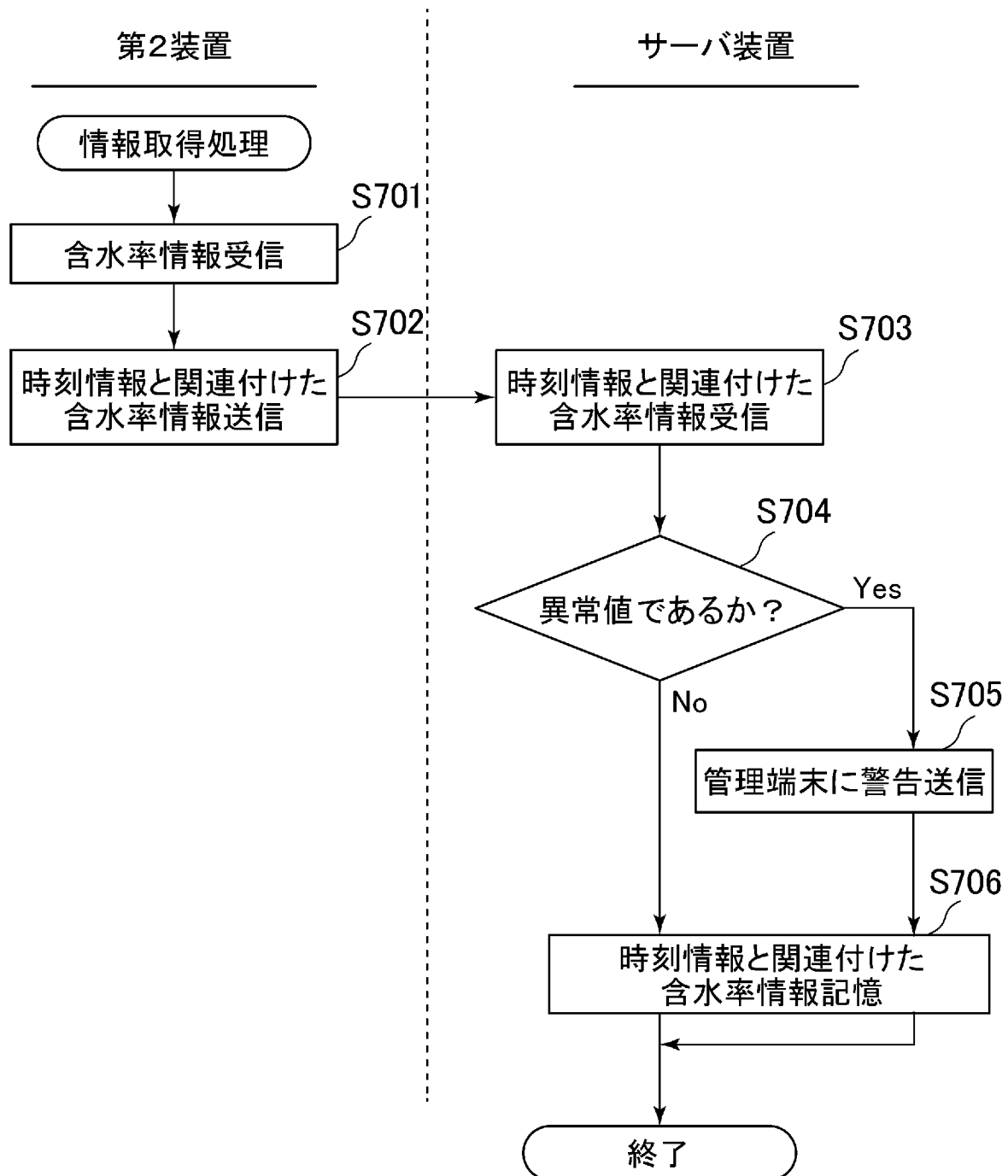
[図18]



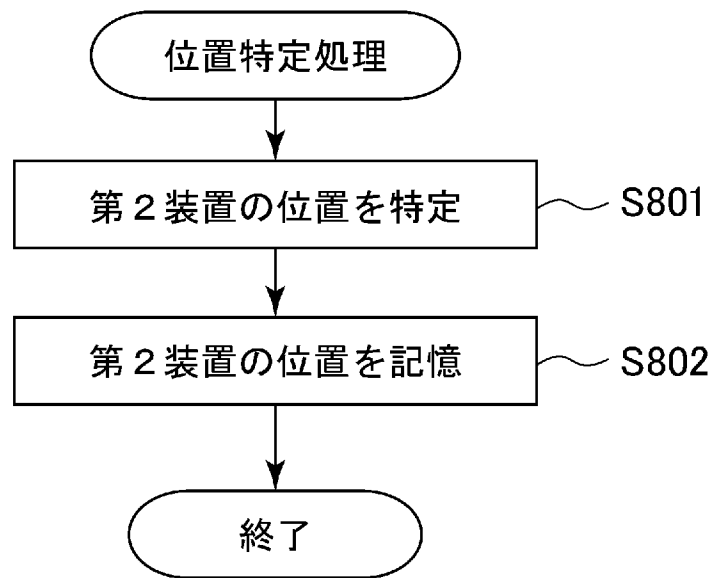
[図19]



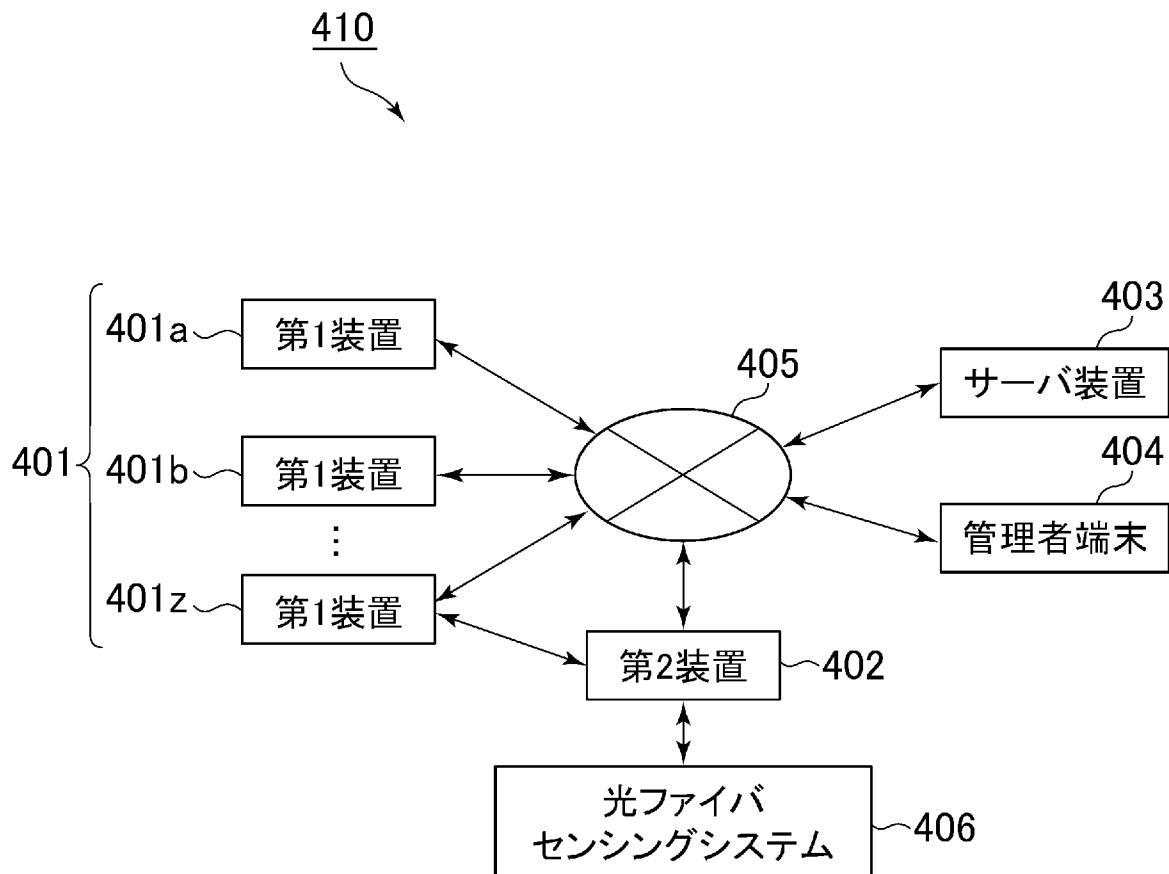
[図20]



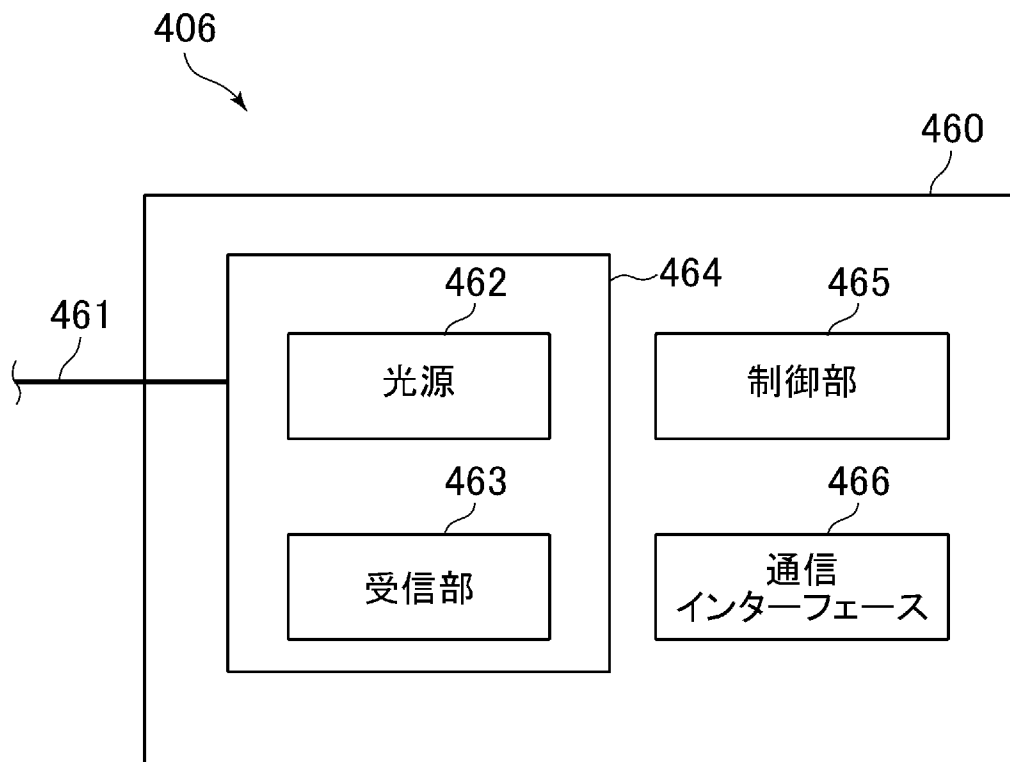
[図21]



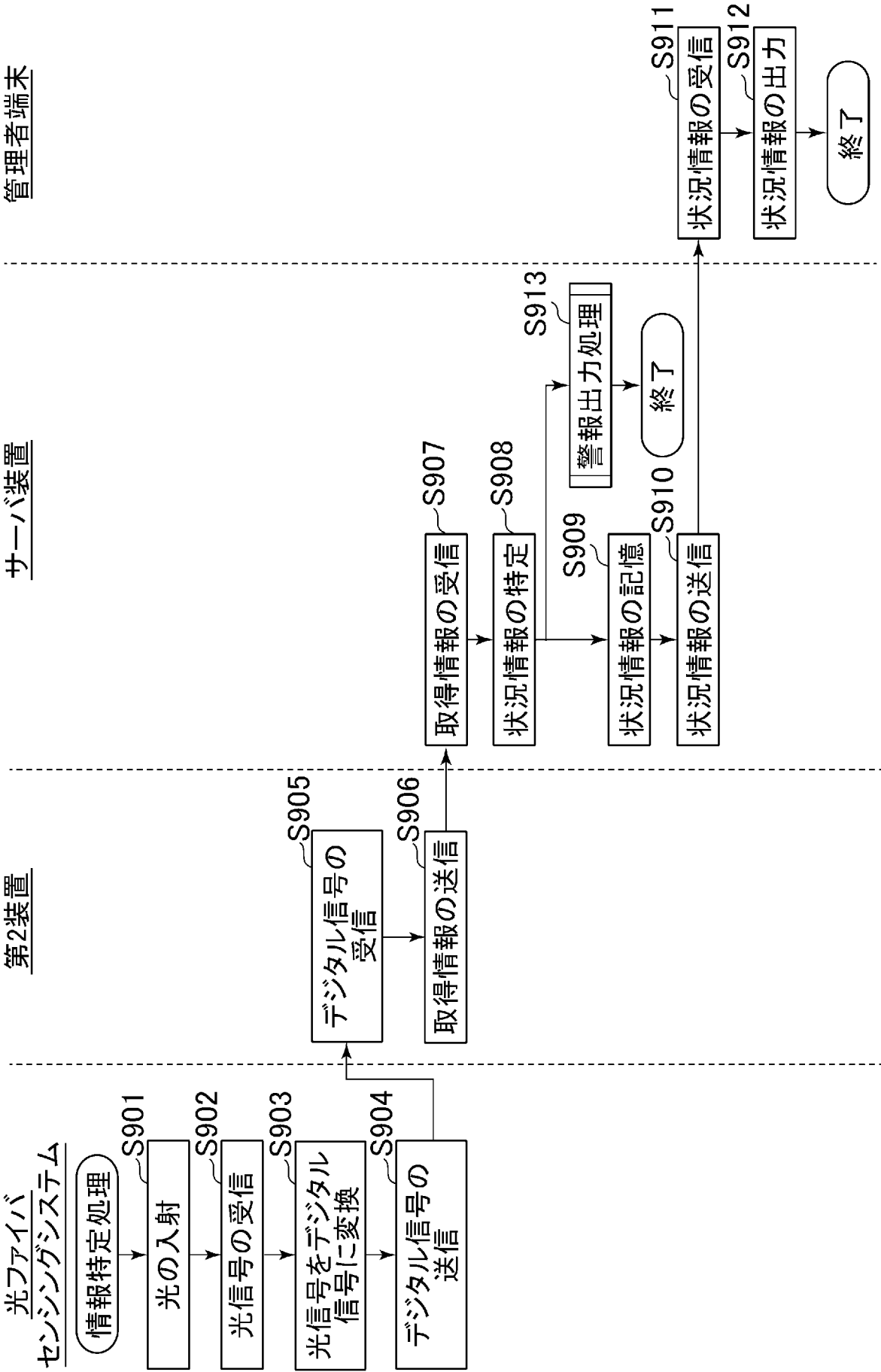
[図22]



[図23]



[図24]



[図25]

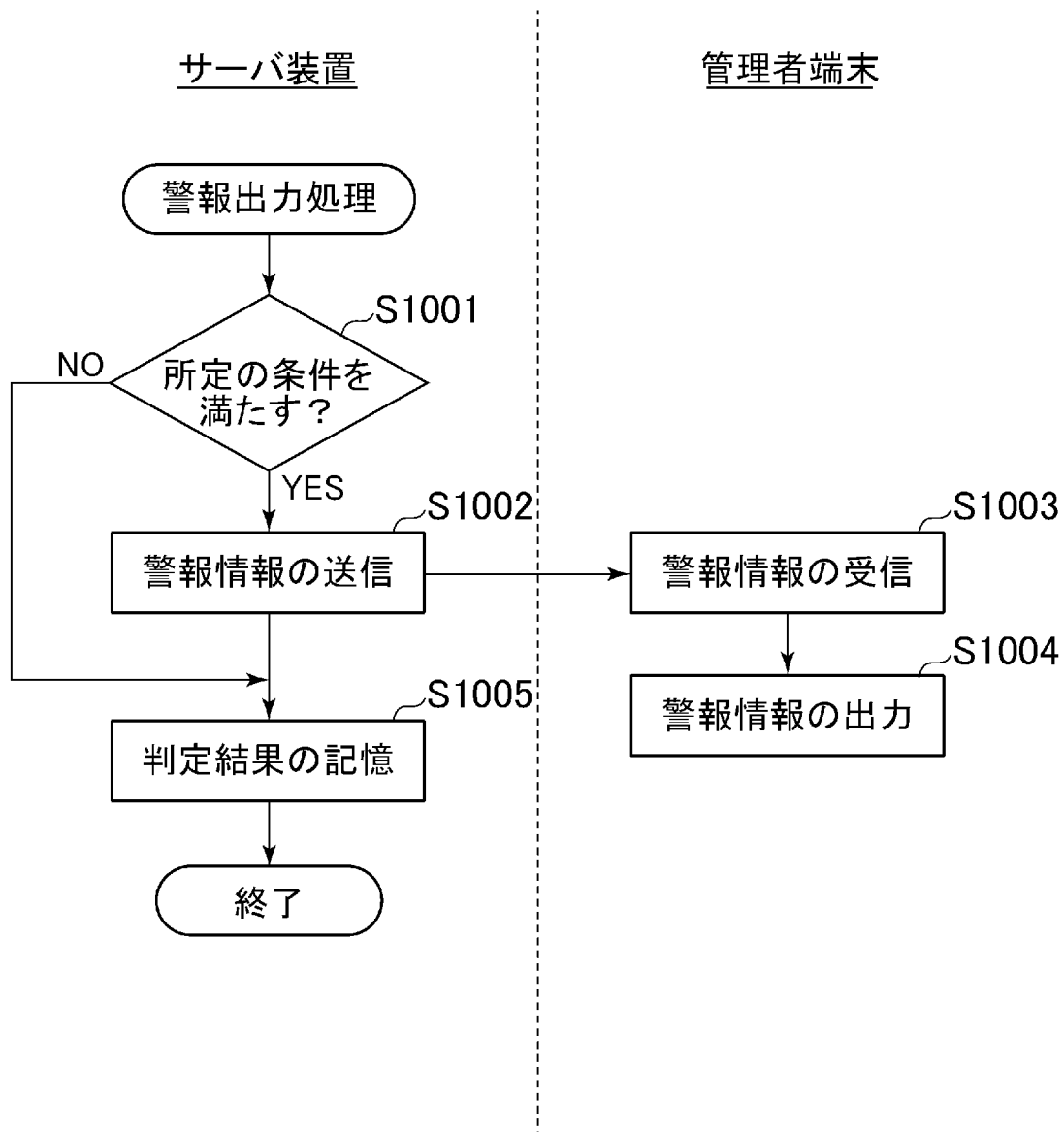
407

471

第2装置ID	00001
--------	-------

472	473	474	475	476
日時	混雑状況	健全性	車両の種類	判定結果
2024/3/1 10:00	混雑無し	問題なし	トラック乗用者	正常
2024/3/1 10:30	やや混雑	振動	トラック乗用者バス	正常
2024/3/1 11:00	混雑	振動	トラック乗用者バス	異常
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

[図26]



[図27]

408

481

第2装置ID	00001
--------	-------

482	483	484	485		486	487
日時	室温	人	485a	設備 485b	健全性	判定結果
			冷蔵庫	ガスコンロ		
2024/3/1 9:00	XX	無し	休止	休止	問題なし	異常
2024/3/1 10:30	XY	活動	稼働	稼働	問題なし	正常
2024/3/1 11:00	XZ	休憩	稼働	稼働	振動	注意
⋮	⋮	⋮			⋮	⋮

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/012516

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01C 15/00(2006.01)i; **G01B 7/16**(2006.01)i; **G01B 11/16**(2006.01)i; **G01B 21/32**(2006.01)i; **G01N 22/00**(2006.01)i;
G01N 22/04(2006.01)i

FI: G01C15/00 102Z; G01N22/00 W; G01N22/04 C; G01C15/00 104Z; G01B21/32; G01B11/16 Z; G01B7/16 Z

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)

G01C15/00; G01B7/16; G01B11/16; G01B21/32; G01N22/00; G01N22/04

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.
X	JP 2008-64495 A (RICOH COMPANY, LTD.) 21 March 2008 (2008-03-21) claims 1-3, paragraphs [0006]-[0010], fig. 1, 2	1-11, 16, 19, 20, 22-32, 34, 35
Y		12, 21
A		13, 14, 17, 18, 33
Y	JP 2000-46597 A (HITACHI, LTD.) 18 February 2000 (2000-02-18) claim 1, paragraphs [0011], [0018], fig. 1, 3, 6	12, 21
X	WO 2019/189192 A1 (NEC CORPORATION) 03 October 2019 (2019-10-03) claim 1, paragraphs [0018], [0019]	15



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

11 June 2024

Date of mailing of the international search report

18 June 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/JP2024/012516

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2008-64495	A	21 March 2008	(Family: none)	
JP	2000-46597	A	18 February 2000	(Family: none)	
WO	2019/189192	A1	03 October 2019	US 2021/0010836 A1	
				claim 1, paragraphs [0027], [0028]	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

G01C 15/00(2006.01)i; G01B 7/16(2006.01)i; G01B 11/16(2006.01)i; G01B 21/32(2006.01)i;
G01N 22/00(2006.01)i; G01N 22/04(2006.01)i
FI: G01C15/00 102Z; G01N22/00 W; G01N22/04 C; G01C15/00 104Z; G01B21/32; G01B11/16 Z; G01B7/16 Z

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））

G01C15/00; G01B7/16; G01B11/16; G01B21/32; G01N22/00; G01N22/04

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	JP 2008-64495 A（株式会社リコー） 21.03.2008（2008-03-21） 請求項1-3, 段落6-10, 図1, 2	1-11, 16, 19, 20, 22-32, 34, 35
Y		12, 21
A		13, 14, 17, 18, 33
Y	JP 2000-46597 A（株式会社日立製作所） 18.02.2000（2000-02-18） 請求項1, 段落11, 18, 図1, 3, 6	12, 21
X	WO 2019/189192 A1（日本電気株式会社） 03.10.2019（2019-10-03） 請求項1, 段落18, 19	15

☐ 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
“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 11.06.2024

国際調査報告の発送日 18.06.2024

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）

信田 昌男 2S 8530

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

国際出願番号
PCT/JP2024/012516

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2008-64495	A	21.03.2008	(ファミリーなし)	
JP	2000-46597	A	18.02.2000	(ファミリーなし)	
WO	2019/189192	A1	03.10.2019	US 2021/0010836	A1
請求項1,段落27,28					