

(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
2023年6月22日(22.06.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/112166 A1

- (51) 国際特許分類:
G01P 13/02 (2006.01) *E02D 1/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/046115
- (22) 国際出願日: 2021年12月14日(14.12.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社ジェイテクト (JTEKT CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488652 愛知県刈谷市朝日町一丁目1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 千田 輝一 (SENDA Terukazu); 〒4488652 愛知県刈谷市朝日町一丁目1番地 株式会社ジェイテクト内 Aichi (JP). 陳君維 (CHIN Kuni); 〒4488652 愛知県刈谷市朝日町

一丁目1番地 株式会社ジェイテクト内 Aichi (JP). 中野 寛二 (NAKANO Kanji); 〒4488652 愛知県刈谷市朝日町一丁目1番地 株式会社ジェイテクト内 Aichi (JP). 前田 洋佑 (MAEDA Yosuke); 〒4488652 愛知県刈谷市朝日町一丁目1番地 株式会社ジェイテクト内 Aichi (JP).

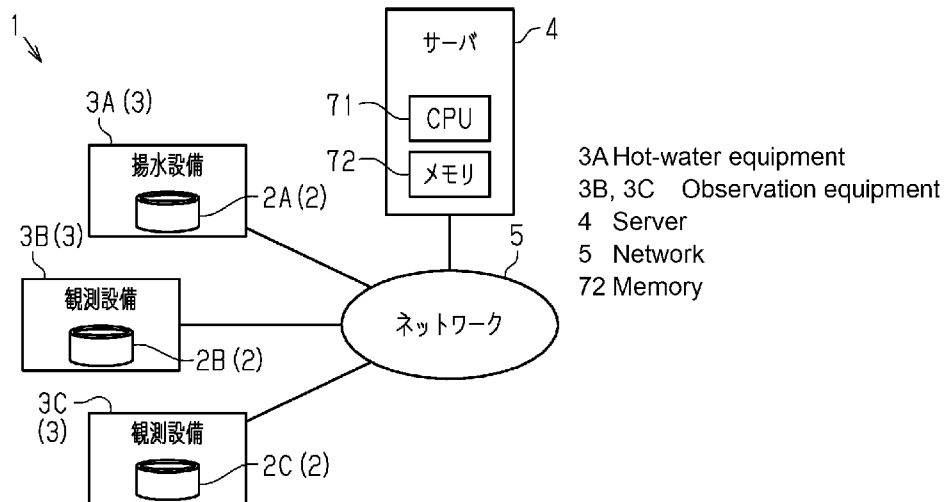
(74) 代理人: 恩田 誠, 外 (ONDA Makoto et al.); 〒5008731 岐阜県岐阜市大宮町二丁目12番地1 Gifu (JP).

(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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH,

(54) Title: WELL MONITORING SYSTEM AND MONITORING PROGRAM

(54) 発明の名称: 井戸監視システム及び監視プログラム

図1



(57) Abstract: This well monitoring system (1) monitors three or more wells (2A, 2B, 2C). The well monitoring system (1) includes a server (4) that stores or receives position information pertaining to the wells (2A, 2B, 2C) and that receives water level information pertaining to the wells (2A, 2B, 2C). The server (4) is configured to execute, on the basis of the position information and water level information pertaining to the wells (2A, 2B, 2C), a flow direction analysis process for analyzing the flow direction state of underground water.

(57) 要約: 井戸監視システム (1) は、3つ以上の井戸 (2A, 2B, 2C) を監視する。井戸監視システム (1) は、各井戸 (2A, 2B, 2C) の位置情報を記憶又は受信するとともに、各井戸 (2A, 2B, 2C) の水位情報を受信するサーバ (4) を含んでいる。サーバ (4) は、各井戸 (2A, 2B, 2C) についての位置情報と水位情報とに基づいて、地下水の流向状態を解析する流向解析処理を実行するように構成されている。

[続葉有]

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

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

明 細 書

発明の名称：井戸監視システム及び監視プログラム

技術分野

[0001] 本開示は、井戸監視システム及び監視プログラムに関する。

背景技術

[0002] たとえば、有害物質で汚染された地下領域の土壌を浄化する方法として、特許文献1に記載の浄化方法が提案されている。特許文献1に記載の浄化方法は、地下領域を攪拌及び混錬して、地下領域の土壌に含まれるシアン化合物を地下水に移行させる移行工程を含む。上記浄化方法は、移行工程後の地下領域から地下水を揚水する揚水工程を含む。上記浄化方法は、揚水工程で揚水された地下水にシアン分解性微生物を添加して、タンク内で培養するシアン分解工程を含む。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2017-47360号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] たとえば、地下水の揚水では、揚水が行われる地下領域における地下水の流れる方向をコントロールすることができる。この場合、揚水された地下水は、適切に処理される必要がある。ただし、揚水された地下水を処理する場合、処理量又は処理速度には限界がある。これは、揚水された地下水の処理に用いる設備の能力が制限されるのが理由である。

課題を解決するための手段

[0005] 本開示の一態様に係る井戸監視システムは、3つ以上である複数の井戸を監視する。上記井戸監視システムは、前記複数の井戸が設置されているそれぞれの地点に関する位置情報を記憶又は取得するとともに、前記複数の井戸のそれぞれの水位に関する水位情報を取得するように構成されたサーバを含

んでいる。前記サーバは、前記複数の井戸のそれぞれの設備から、前記井戸の水位に関する前記水位情報を取得し、前記複数の井戸についての前記位置情報と前記水位情報とに基づいて、前記複数の井戸の周辺の地下領域における地下水が流れる方向を示す流向状態を解析する流向解析処理を含む、ように構成されている。

[0006] 本開示の一態様に係る監視プログラムは、上述の井戸監視システムの前記サーバが有するコンピュータが実行する制御プログラムである。上記監視プログラムは、前記コンピュータに、前記流向解析処理を実行させるように構成されている。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]井戸監視システムの模式図である。

[図2]地図上での複数の井戸と帯水層との関係を示す模式図である。

[図3]揚水設備の構成を示す模式図である。

[図4]観測設備の構成を示す模式図である。

[図5]複数の井戸の相対位置関係と地下水の流向状態との関係を示す模式図である。

[図6]井戸監視システムのサーバが実行する流向算出処理を説明するフローチャートである。

[図7]図5の流向算出処理の内容を説明する模式図である。

[図8]井戸監視システムのサーバが実行する駆動制御処理を説明するフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0008] 一実施形態に係る井戸監視システム1を説明する。

図1に示すように、井戸監視システム1は、複数の井戸2と、複数の設備3と、サーバ4とを備えている。設備3の各々は、インターネット等のネットワーク5を介してサーバ4に接続されている。なお、説明の便宜上、井戸監視システム1の監視対象となる井戸が3つの場合を例示している。

[0009] <複数の井戸2について>

図 1 に示すように、井戸 2 は、揚水井戸 2 A と、2 つの観測井戸 2 B, 2 C とを含む。揚水井戸 2 A は、地下領域から地下水を揚水するための井戸である。2 つの観測井戸 2 B, 2 C は、地下領域の地下水の水位を観測するための井戸である。

[0010] たとえば、図 2 に示すように、井戸 2 A, 2 B, 2 C は、図中に破線で示す地下領域の同一の帯水層 1 1 上に設置されている。井戸 2 A, 2 B, 2 C は、所定の設置間隔を空けて設置されている。帯水層 1 1 の分布範囲は、たとえば、地表地質踏査、ボーリング調査等の地質調査、電気探査、イオン分析を含む水質調査等の典型的な手法又はその組み合わせによって推定される。これは、井戸 2 A, 2 B, 2 C の設置間隔についても同様である。観測井戸 2 B, 2 C は、帯水層 1 1 の状態として地下水の水位の状態を観測する。地下水の水位の状態は、季節又は天候等の自然環境の他、揚水井戸 2 A における揚水の影響を受けて変化する。

[0011] <複数の設備 3 について>

設備 3 は、揚水設備 3 A と、2 つの観測設備 3 B, 3 C とを含む。揚水井戸 2 A は、揚水設備 3 A に並設されている。観測井戸 2 B は、観測設備 3 B に並設されている。観測井戸 2 C は、観測設備 3 C に並設されている。

[0012] 図 3 に示すように、揚水設備 3 A は、ポンプ 2 1 と、タンク 2 2 と、制御装置 2 3 とを備えている。ポンプ 2 1 は、揚水井戸 2 A から地下水を汲み上げる。タンク 2 2 は、ポンプ 2 1 により汲み上げられた地下水を貯留する。制御装置 2 3 は、ポンプ 2 1 の駆動を制御する。

[0013] ポンプ 2 1 は、たとえば、モータ 2 4 を駆動源とする電動式のポンプである。なお、ポンプ 2 1 は、陸上に設置するタイプであってもよいし、水中に投入するタイプであってもよい。また、ポンプ 2 1 は、たとえば、エンジン駆動等、他の駆動方式のポンプであってもよい。ポンプ 2 1 は、揚水管 2 5 を介して揚水井戸 2 A から地下水を汲み上げるとともに、汲み上げた地下水を接続管 2 6 を介してタンク 2 2 に送出する。揚水管 2 5 は、ポンプ 2 1 から揚水井戸 2 A 内を延びており、揚水井戸 2 A 内の水中に投入されている先

端を有する。タンク 22 に貯留された地下水は、たとえば、送出管 27 を介して図示しない工場等の施設に送出されて、適切に処理される。

[0014] 制御装置 23 は、P L C (Programmable Logic Controller) からなる回路である。制御装置 23 は、C P U 31 と、メモリ 32 と、通信部 33 とを備えている。制御装置 23 は、メモリ 32 に記憶されたプログラムを C P U 31 が実行することにより、各種処理を実行する。C P U 31 及びメモリ 32 は、処理回路であるマイクロコンピュータを構成する。メモリ 32 は、R A M (Random Access Memory) 及び R O M (Read Only Memory) のようなコンピュータ可読媒体を含む。ただし、各種処理がソフトウェアによって実現されることは一例である。制御装置 23 が有する処理回路は、少なくとも一部の処理をロジック回路などのハードウェア回路によって実現するように構成されてもよい。

[0015] 通信部 33 は、ネットワーク 5 を介してサーバ 4 との間で信号を授受する通信回路である。通信部 33 は、揚水井戸 2 A に関する井戸情報を、たとえば、数十秒から数分程度の所定間隔でサーバ 4 に送信する。通信部 33 は、たとえば、ポンプ 21 の駆動を指示する指示信号、ポンプ 21 の停止を指示する信号、及びその他の各種指示信号を、ネットワーク 5 を介してサーバ 4 から受信して取得する。

[0016] 制御装置 23 は、通信部 33 を介して受信する指示信号に基づいて、モータ 24 への駆動電力の供給を通じてポンプ 21 の駆動を制御する。制御装置 23 は、揚水設備 3 A に設けられた各種センサから得られる情報を取得し、当該情報を揚水井戸 2 A に関する井戸情報として、通信部 33 を介してサーバ 4 に送信する。

[0017] 各種センサは、水位センサ 41 と、流量センサ 42 と、電流センサ 43 と、貯水量センサ 44 とを含む。水位センサ 41 は、揚水井戸 2 A の水位 H_w を検出する。流量センサ 42 は、ポンプ 21 により汲み上げられる地下水の流量 Q_w を検出する。制御装置 23 は、流量センサ 42 を通じて得られる流量 Q_w に基づいて、単位時間当たりの地下水の揚水量 P_w を検出する。こ

の場合、制御装置 2 3 は、たとえば、ポンプ 2 1 の駆動及び／又は停止の時間等、ポンプ 2 1 の駆動及び／又は停止に関わって変化するパラメータを考慮してもよい。電流センサ 4 3 は、モータ 2 4 に供給される電流 I_m を検出する。貯水量センサ 4 4 は、タンク 2 2 内に貯留された地下水の水位に基づいてタンク 2 2 内の貯水量 N_w を検出する。

[0018] 井戸情報は、水位情報と、揚水量情報と、貯水量情報とを含む。水位情報は、揚水井戸 2 A の水位 H_{wa} の検出結果である。揚水量情報は、揚水井戸 2 A における揚水量 P_w の検出結果である。貯水量情報は、貯水量 N_w の検出結果である。なお、揚水井戸 2 A が設置されている地点に関する位置情報は、サーバ 4 のメモリ 7 2 に予め記憶されている。位置情報は、揚水井戸 2 A が設置された地点の緯度及び経度を含む。

[0019] 図 4 に示すように、観測設備 3 B は、通信部 5 3 B を備えている。通信部 5 3 B は、通信部 3 3 と同様、ネットワーク 5 を介してサーバ 4 との間で信号を授受する通信回路である。通信部 5 3 B は、観測井戸 2 B に関する井戸情報を、たとえば、数十秒から数分程度の所定間隔でサーバ 4 に送信する。通信部 5 3 B は、たとえば、井戸情報等を要求する要求信号を、ネットワーク 5 を介してサーバ 4 から受信して取得する。

[0020] 通信部 5 3 B は、観測設備 3 B に設けられた各種センサから得られる情報を取得し、当該情報を観測井戸 2 B に関する井戸情報としてサーバ 4 に送信する。各種センサは、水位センサ 6 1 B を含む。水位センサ 6 1 B は、観測井戸 2 B の水位 H_{wb} を検出する。井戸情報は、水位情報を含む。水位情報は、観測井戸 2 B の水位 H_{wb} の検出結果である。なお、観測井戸 2 B が設置されている地点に関する位置情報は、サーバ 4 のメモリ 7 2 に予め記憶されている。位置情報は、観測井戸 2 B が設置された地点の緯度及び経度を含む。観測設備 3 C は、観測設備 3 B と同一の構成であるため、対応する構成の符号を図 4 中に括弧付符号として付すのみでこれらの説明を省略する。

[0021] <サーバ 4 について>

図 1、図 3、及び図 4 に示すように、サーバ 4 は、たとえば、設置型のサ

サーバである。なお、サーバ4は、ネットワーク5上に仮想的に構築されたクラウドサーバであってもよい。サーバ4は、CPU71と、メモリ72とを備えている。サーバ4は、メモリ72に記憶された制御プログラムである監視プログラムをCPU71が実行することにより、各種処理を実行する。サーバ4は、ネットワーク5を介して各設備3A、3B、3Cとの間で信号を授受する。サーバ4は、各井戸2A、2B、2Cに関する井戸情報を、たとえば、数十秒から数分程度の所定間隔で受信して取得する。

[0022] サーバ4は、各設備3A、3B、3Cの通信部33、53B、53Cから送信される井戸情報をメモリ72に保存する。サーバ4は、揚水設備3Aの制御装置23への指示信号を通信部33に送信する。サーバ4は、メモリ72に保存した井戸情報に基づき、制御装置23への指示信号及び通信部53B、53Cへの要求信号等を生成して送信する。つまり、本実施形態では、各設備3A、3B、3Cについて、サーバ4による遠隔操作が可能である。

[0023] サーバ4のCPU71及びメモリ72は、処理回路であるマイクロコンピュータを構成する。サーバ4が実行する各種処理は、CPU71が監視プログラムを実行することによって実現される機能部分である。各種処理は、例えば、流向解析処理及び駆動制御処理を含んでいる。メモリ72は、RAM (Random Access Memory) 及びROM (Read Only Memory) のようなコンピュータ可読媒体を含む。ただし、各種処理がソフトウェアによって実現されることは一例である。サーバ4が有する処理回路は、少なくとも一部の処理をロジック回路などのハードウェア回路によって実現するように構成されてもよい。

[0024] <サーバ4の処理について>

たとえば、図5に示すように、井戸2A、2B、2Cは、図中に破線で示す所定の敷地12内に設置されている。敷地12は、別の敷地や河川等、図中の境界Rで区画された隣接地13に隣接している。この場合、敷地12内の地下水が流れる方向を示す地下水の流向状態は、図中に矢印で示す方向の他、様々な方向に変化する。たとえば、地下水の流向状態は、図中の矢印で

示す方向を向いている場合、敷地 1 2 内の地下水が隣接地 1 3 へと流れ出る可能性があることを示す。そこで、敷地 1 2 内の地下水が隣接地 1 3 へと流れ出ることを抑えるべく、サーバ 4 は、地下水の流向状態を解析して地下水の流れる方向をコントロールするための流向解析処理と駆動制御処理とを含む各種処理を実行する。

[0025] <流向解析処理について>

図 6 に示す流向解析処理は、敷地 1 2 内の地下水の流向状態を解析するための処理である。サーバ 4 は、定められた周期毎に、以下の順で流向解析処理を実行する。

[0026] 流向解析算出処理において、サーバ 4 は、各井戸 2 A, 2 B, 2 C についての位置情報と水位情報とに基づいて、各井戸 2 A, 2 B, 2 C の水位から推定される地下水の水位面についての仮想重心 G を算出する（ステップ S 1 0）。ステップ S 1 0 にて、サーバ 4 は、井戸 2 A, 2 B, 2 C の地点間の距離と各水位 H_{wa} , H_{wb} , H_{wc} とに基づき仮想重心 G を算出する。

[0027] たとえば、図 7 に示すように、サーバ 4 は、仮想的に規定した 3 次元座標上の点として 3 つの仮想点 P 1, P 2, P 3 を算出する。仮想点 P 1 は、揚水井戸 2 A に対応する。仮想点 P 1 は、揚水井戸 2 A の地図上の地点に対応する座標 Z 1 について、水位 H_{wa} を考慮して得られる。仮想点 P 2 は、観測井戸 2 B に対応する。仮想点 P 2 は、観測井戸 2 B の地図上の地点に対応する座標 Z 2 について、水位 H_{wb} を考慮して得られる。仮想点 P 3 は、観測井戸 2 C に対応する。仮想点 P 3 は、観測井戸 2 C の地図上の地点に対応する座標 Z 3 について、水位 H_{wc} を考慮して得られる。なお、仮想点 P 1, P 2, P 3 は、対応する各井戸 2 A, 2 B, 2 C の水位 H_{wa} , H_{wb} , H_{wc} が変化する場合、地図上の地点に対応する座標が変化しないなかで図中の上下方向である鉛直方向に変化する。そして、サーバ 4 は、仮想点 P 1, P 2, P 3 の重心である仮想重心 G を算出する。

[0028] 続いて、サーバ 4 は、ステップ S 1 0 にて算出した仮想点 P 1, P 2, P 3 を結んで得られる仮想的な平面である水位面 F w を算出する（ステップ S

12)。ステップS12にて、サーバ4は、全ての仮想点P1, P2, P3を含む平面のうち、仮想点P1, P2, P3を結ぶ線によって囲まれた三角形形状の部分を水位面Fwとして算出する。

[0029] たとえば、図7に示すように、サーバ4は、水位Hwa, Hwb, Hwcが全て等しい場合、図中に二点鎖線で示す水平面Fhとなる水位面Fwを算出する。また、サーバ4は、水位Hwa, Hwb, Hwcが互いに異なる場合、図中に実線で示す傾斜面Finとなる水位面Fwを算出する。なお、水位の変化に伴って仮想点P1, P2, P3が変化する場合、水位面Fwが傾斜する方向と水位面Fwの表面積とが変化する。

[0030] 続いて、サーバ4は、ステップS10, S12にてそれぞれ算出した仮想重心Gと水位面Fwとに基づいて、当該水位面Fwの勾配の向きと大きさを示す合成ベクトルVcomを算出する（ステップS14）。ステップS14にて、サーバ4は、仮想重心Gと3つの仮想点P1, P2, P3それぞれとの間における水位面Fwの勾配の向きと大きさを示す3つのベクトルV1, V2, V3を算出することによって、合成ベクトルVcomを算出する。

[0031] たとえば、図7に示すように、サーバ4は、傾斜面Finの仮想重心Gにおいて、図中に一点鎖線で示す3つのベクトルV1, V2, V3を算出する。ベクトルV1, V2, V3の方向は水位面Fwの勾配の向きを示し、ベクトルV1, V2, V3の大きさは水位面Fwの勾配の大きさ、すなわち強さを示す。ベクトルV1は、仮想重心Gと仮想点P1との間における水位面Fwの勾配の向きと大きさを示す。ベクトルV2は、仮想重心Gと仮想点P2との間における水位面Fwの勾配の向きと大きさを示す。ベクトルV3は、仮想重心Gと仮想点P3との間における水位面Fwの勾配の向きと大きさを示す。そして、サーバ4は、ベクトルV1, V2, V3を合成して得られる、図中に実線で示す合成ベクトルVcomを算出する。こうして得られた合成ベクトルVcomは、傾斜面Finの勾配の向きと大きさを示す。つまり、合成ベクトルVcomは、水位面Fwの水位勾配を示す。

[0032] 続いて、サーバ4は、ステップS14にて算出した合成ベクトル V_{com} に基づいて、地下水の流向状態を解析する（ステップS16）。ステップS16にて、サーバ4は、合成ベクトル V_{com} の方向と大きさに基づいて、地下水の流向状態を解析する。

[0033] たとえば、図7に示すように、サーバ4は、仮想重心Gから、仮想点P1から離間する方向に向かって延びる合成ベクトル V_{com} を算出する場合、図5中の矢印で示す方向に向かって地下水が流れる流向状態であることを解析する。これは、敷地12内の地下水が境界Rを超えて隣接地13へと流れ出る可能性があることを示す。なお、合成ベクトル V_{com} の大きさは、地下水が流れる強さ、すなわち流速を示す。

[0034] <駆動制御処理について>

図8に示す駆動制御処理は、揚水井戸2Aにおける揚水量 P_w を調整するべくポンプ21を駆動及び制御するための処理である。なお、サーバ4は、定められた周期毎に、以下の順で駆動制御処理を実行する。

[0035] 駆動制御処理において、サーバ4は、図6に示す流向解析処理の結果として得られる地下水の流向状態に基づいて、揚水井戸2Aの水位 H_{wa} の目標水位 H_{wt} を算出する（ステップS20）。ステップS20にて、サーバ4は、現在の流向状態を変化させるべく、現在の水位面 F_w を変化させるための目標水位 H_{wt} を算出する。

[0036] たとえば、図7に示すように、サーバ4は、傾斜面 F_{in} が水平面 F_h と平行な平面となるように目標水位 H_{wt} を算出する場合、合成ベクトル V_{com} を零ベクトルに変化させる。また、サーバ4は、傾斜面 F_{in} が仮想点P1に向かって下方に傾斜するように目標水位 H_{wt} を算出する場合、合成ベクトル V_{com} を仮想重心Gから仮想点P1に向かって延びるように変化させる。つまり、サーバ4は、敷地12内から地下水が境界Rを超えて隣接地13へと流れ出ない地下水の流向状態へと、現在の流向状態を変化させる。なお、サーバ4は、たとえば、水位 H_{wa} と地下水の流向状態をパラメータ化して得られる特性値とに対する、目標水位 H_{wt} の関係を定めたマップ

を備えている。この場合、サーバ4は、水位 Hwa 及び特性値を入力として、目標水位 Hwt をマップ演算する。なお、上記マップは、水位 Hwb 、 Hwc を入力としてさらに含んでもよい。また、季節又は天候等の自然環境に応じたマップを選択できるように、複数のマップが準備されてもよい。

[0037] 続いて、サーバ4は、揚水井戸2Aについての揚水量情報に基づいて、揚水井戸2Aの水位 Hwa をステップS20にて算出した目標水位 Hwt とするために必要な揚水量 Pw を算出する（ステップS22）。

[0038] 続いて、サーバ4は、揚水井戸2Aにおける揚水量 Pw をステップS22にて算出した揚水量 Pw に調整するようにポンプ21を駆動及び制御する（ステップS24）。ステップS24にて、サーバ4は、目標水位 Hwt に対する現在の水位 Hwa の偏差の大小に応じて、揚水量 Pw を増減させるようにポンプ21の駆動及び停止等を指示する。この場合、サーバ4は、制御装置23への指示信号を通信部33に送信する。

[0039] <本実施形態の作用>

上記構成によれば、サーバ4は、流向解析処理を実行することによって、井戸2A、2B、2Cの周辺の地下領域の地下水の現在の流向状態を解析することができる。

[0040] たとえば、図5に示すように、敷地12内の地下水が境界Rを超えて隣接地13へと流れ出る可能性がある場合、サーバ4は、現在の地下水の流向状態を変化させて地下水が流れる方向をコントロールする必要があることを判断する。サーバ4は、駆動制御処理を実行することによって、揚水井戸2Aにおける揚水量 Pw を調整する。この場合、サーバ4は、敷地12内から地下水が境界Rを超えて隣接地13へと流れ出ない状態へと現在の地下水の流向状態を変化させるように揚水量 Pw を調整することができる。つまり、サーバ4は、地下水の流れる方向をコントロールするために、揚水井戸2Aにおける揚水量 Pw の適切な調整が可能になる。

[0041] <実施形態の効果>

(1) サーバ4は、地下水が流れる方向をコントロールするために、地下

水の現在の流向状態をモニタしながら揚水量 P_w を調整することができる。つまり、揚水井戸 2 A では、揚水される地下水の量を最適化できる。この場合、揚水された地下水の処理に用いる設備能力の制限を緩和することができる。したがって、揚水された地下水の処理に係る負担を低減することができる。

[0042] (2) サーバ 4 は、各井戸 2 A, 2 B, 2 C の水位センサ 4 1, 6 1 B, 6 1 C から得られる水位情報に基づき地下水の流向状態を解析する。水位センサ 4 1, 6 1 B, 6 1 C は、各井戸 2 A, 2 B, 2 C の定期的な検査又はメンテナンスの際に必要な構成である。したがって、地下水の流れる方向をコントロールするために必要な構成を、他の用途で使用される構成と兼用することができる。これにより、井戸監視システム 1 の構成について、地下水の流れる方向のコントロールを実現するために必要な変更の規模が抑えられる。

[0043] (3) サーバ 4 は、地下水の流向状態の解析のために、水位勾配として合成ベクトル V_{com} を算出する。こうした合成ベクトル V_{com} は、地下水が流れる方向を定量的に表すことができる。これは、地下水の流向状態の解析をし易くするのに効果的である。

[0044] (4) サーバ 4 は、仮想重心 G を使用して合成ベクトル V_{com} を算出する。この場合、仮想重心 G と 3 つの仮想点 P_1 , P_2 , P_3 との間では、それぞれの距離の違いの考慮が不要になる。これは、演算を簡素化するのに効果的である。

[0045] (5) サーバ 4 は、揚水井戸 2 A における揚水量 P_w を増減させるように調整することによって、現在の地下水の流向状態を所望の状態となるように変化させることができる。一方、サーバ 4 は、現在の地下水の流向状態が所望の状態である等の理由から現在の流向状態を維持できる場合、揚水井戸 2 A における揚水量 P_w を減少させるように調整したり、ポンプ 2 1 を停止させたりできる。これにより、揚水井戸 2 A では、地下水の流れる方向をコントロールするための揚水を最小限に抑えることができる。

[0046] <他の実施形態>

上記実施形態は次のように変更してもよい。また、以下の他の実施形態は、技術的に矛盾しない範囲において、互いに組み合わせることができる。

[0047] ・たとえば、図5の例において、サーバ4は、所望の状態として、敷地12内から地下水が境界Rを超えて隣接地13へと現在の流向状態よりも流れ出難くなるように現在の地下水の流向状態を変化させることができればよい。この場合、サーバ4は、揚水量情報及び／又はタンク22内の貯水量 N_w 等、揚水設備3Aの状態を考慮して揚水井戸2Aにおける揚水量 P_w を増減させるように調整してもよい。これは、揚水井戸2Aにおいて揚水される地下水の量を最適化するのに効果的である。

[0048] ・サーバ4は、各井戸2A, 2B, 2Cの位置情報を外部から受信して取得してもよい。各設備3A, 3B, 3Cは、位置情報をサーバ4に送信するようにしてもよい。たとえば、各設備3A, 3B, 3Cには、GPSセンサ等を設けるようにすればよい。この場合、サーバ4は、各井戸2A, 2B, 2Cの位置情報を予めメモリ72に記憶しておいてもしていなくてもどちらでもよい。

[0049] ・ネットワーク5は、たとえば、数GHz程度の周波数帯の電波を用いる無線通信の機能で代用してもよい。

・流向解析処理では、仮想重心Gを算出するステップS10の処理を削除してもよい。たとえば、サーバ4は、仮想重心Gを算出する代わりに、地図上の敷地12内の所定の地点に対応する座標を固定とし、当該座標を含む鉛直方向に延びる線と水位面 F_w との交点を算出するようにしてもよい。また、サーバ4は、仮想重心Gの代わりに算出する点として複数の点を算出してもよい。この場合、それぞれの点について得られる合成ベクトル同士をさらに合成して最終的な合成ベクトルを算出してもよい。

[0050] ・流向解析処理において、水位面 F_w を算出する方法は、適宜変更可能である。たとえば、サーバ4は、仮想点P1, P2, P3を算出する代わりに、座標Z1, Z2, Z3のうち最も低い水位を有する座標の水位に合わせて

水平面を算出してもよい。続いて、サーバ4は、残りの座標の水位に合わせて水平面を傾斜させるように変化させることによって、水位面F_wを算出してもよい。

[0051] ・ 流向解析処理の各工程の順番は、たとえば、ステップS10とステップS12との順番を入れ替える等、適宜変更可能である。

・ 駆動制御処理では、目標水位H_{w t}を算出するステップS20の処理を削除してもよい。たとえば、サーバ4は、流向解析処理の結果として得られる地下水の流向状態をモニタしながら当該流向状態が所望の状態となるように揚水量P_wを調整すればよい。この場合、揚水井戸2Aでは、揚水量P_wを調整しない場合と比べて余分な揚水を抑えることができる。

[0052] ・ 駆動制御処理において、サーバ4は、揚水量P_wを調整する際、必要な揚水量P_wの情報を送信するのみとしてもよい。たとえば、具体的なポンプの駆動及び停止等の制御は、制御装置23が主体で実行すればよい。

[0053] ・ 井戸監視システム1について、サーバ4は、少なくとも流向解析処理を実行するものであればよい。たとえば、駆動制御処理は、制御装置23が実行する処理として構成すればよい。この場合、制御装置23は、揚水量情報をサーバ4に送信しなくてもよい。

[0054] ・ 揚水設備3Aの構成は、たとえば、タンク22を削除する等、適宜変更可能である。その他、揚水設備3Aでは、たとえば、ポンプ21が駆動する際の流量が固定されている場合、流量センサ42を削除することができる。この場合、制御装置23は、ポンプ21の駆動時間及び／又は駆動頻度から揚水量P_wを推定することができる。

[0055] ・ 井戸監視システム1が監視対象とする井戸2A, 2B, 2Cのすべてが同一の帯水層11上に設置されていなくてもよい。たとえば、井戸2A, 2B, 2Cは、互いに異なる帯水層上に設置される井戸を含んでいてもよい。

[0056] ・ 井戸監視システム1は、観測井戸として3つ以上の井戸を監視対象としてもよい。たとえば、サーバ4は、3つの観測井戸を監視対象とする場合、3つの観測井戸のなかから2つを抽出し、抽出した2つの観測井戸と揚水井

戸2 Aとの組み合わせを流向解析処理等の情報源として利用してもよい。この場合、揚水井戸と、2つの観測井戸との組み合わせとして3組を抽出することができる。たとえば、サーバ4は、上記3組の各々で合成ベクトルを算出し、上記3組で得られた合成ベクトルをさらに合成して最終的な合成ベクトル V_{com} を得ることもできる。

[0057] ・井戸監視システム1は、揚水井戸として2つ以上の井戸を監視対象としてもよい。たとえば、サーバ4は、2つの揚水井戸を監視対象とする場合、2つの揚水井戸と、2つの観測井戸のなかから抽出する1つの観測井戸との組み合わせを、流向解析処理等の情報源として利用してもよい。この場合、駆動制御処理を通じて駆動制御する対象は、2つの揚水井戸のいずれか一方であってもよいし両方であってもよい。

[0058] ・井戸監視システム1は、揚水井戸を含まない3つ以上の観測井戸を監視対象としてもよい。たとえば、サーバ4は、3つの観測井戸を監視対象とする場合、3つの観測井戸を、流向解析処理等の情報源として利用する。

[0059] ・井戸監視システム1は、少なくともサーバ4を含んでいればよい。たとえば、監視対象である井戸2又は設備3は、井戸監視システム1の構成から省いてもよい。

請求の範囲

[請求項1]

3つ以上である複数の井戸を監視する井戸監視システムであって、
前記複数の井戸が設置されているそれぞれの地点に関する位置情報を記憶又は取得するとともに、前記複数の井戸のそれぞれの水位に関する水位情報を取得するように構成されたサーバを含み、

前記サーバは、

前記複数の井戸のそれぞれの設備から、前記井戸の水位に関する前記水位情報を取得し、

前記複数の井戸についての前記位置情報と前記水位情報とに基づいて、前記複数の井戸の周辺の地下領域における地下水が流れる方向を示す流向状態を解析する流向解析処理を含む、ように構成されている井戸監視システム。

[請求項2]

前記複数の井戸は、少なくとも1つの揚水井戸と、少なくとも1つの観測井戸とを含み、

前記流向解析処理は、

前記位置情報が示す前記複数の井戸の前記地点と、前記水位情報が示す前記複数の井戸の前記水位とから、地下水の水位の勾配である水位勾配を算出する処理と、

前記水位勾配に基づき前記流向状態を解析する処理と、を含む、請求項1に記載の井戸監視システム。

[請求項3]

前記複数の井戸は、1つの前記揚水井戸と、2つの前記観測井戸とを含み、

前記水位勾配を算出する処理は、

前記1つの前記揚水井戸及び前記2つの前記観測井戸のそれぞれの前記地点と、前記1つの前記揚水井戸及び前記2つの前記観測井戸のそれぞれの前記水位とによって仮想的に規定される3つの仮想点を算出する処理と、

前記3つの仮想点を結んで得られる仮想的な平面の勾配を前記水

位勾配として算出する処理と、を含む、請求項 2 に記載の井戸監視システム。

[請求項4] 前記水位勾配を算出する処理は、
前記 3 つの仮想点の仮想重心を算出する処理と、
前記仮想重心と前記 3 つの仮想点それぞれとの間における前記仮想的な平面の勾配の向きと大きさを示す 3 つのベクトルを算出する処理と、
前記 3 つのベクトルを合成して得られる合成ベクトルを前記水位勾配として算出する処理と、を含む、請求項 3 に記載の井戸監視システム。

[請求項5] 前記複数の井戸は、少なくとも 1 つの揚水井戸を含み、
前記サーバは、
前記揚水井戸から地下水を汲み上げる揚水設備が前記揚水井戸から汲み上げた地下水の量である揚水量に関する揚水量情報を、前記揚水設備から取得し、
前記流向解析処理の結果として得られる前記流向状態と取得した前記揚水量情報とに基づいて、前記揚水量を調整するべく前記揚水設備を制御する駆動制御処理を含む、請求項 1 ～請求項 4 のうちいずれか一項に記載の井戸監視システム。

[請求項6] 前記駆動制御処理は、
前記流向解析処理の結果として得られる前記流向状態を変化させるべく、前記揚水井戸の前記水位の目標水位を算出する処理と、
前記揚水井戸の前記水位が前記目標水位となるように、前記揚水量情報に基づき前記揚水量を調整する処理と、を含む、請求項 5 に記載の井戸監視システム。

[請求項7] 前記複数の井戸は、少なくとも 1 つの揚水井戸と、少なくとも 1 つの観測井戸とを含み、
前記揚水井戸から地下水を汲み上げる揚水設備は、

前記揚水井戸から地下水を汲み上げるように構成されたポンプと、

前記揚水井戸の水位を検出するように構成された水位センサと、

前記水位センサの検出結果を前記水位情報として前記サーバに送信するように構成された通信部と、を有し、

前記観測井戸の水位を検出する観測設備は、

前記観測井戸の水位を検出するように構成された水位センサと、

前記水位センサの検出結果を前記水位情報として前記サーバに送信するように構成された通信部とを有する、請求項 1 ～請求項 6 のうちいずれか一項に記載の井戸監視システム。

[請求項 8]

請求項 1 ～請求項 7 のうちいずれか一項に記載の井戸監視システムの前記サーバが有するコンピュータが実行する監視プログラムであって、

前記コンピュータに、前記流向解析処理を実行させるように構成されている監視プログラム。

補正された請求の範囲
[2022年6月3日(03.06.2022)国際事務局受理]

[請求項 1] (補正後) 3つ以上である複数の井戸を監視する井戸監視システムであって、

前記複数の井戸は、1つの揚水井戸と、2つの観測井戸とを含み、

前記複数の井戸が設置されているそれぞれの地点に関する位置情報を記憶又は取得するとともに、前記複数の井戸のそれぞれの水位に関する水位情報を取得するように構成されたサーバを含み、

前記サーバは、

前記複数の井戸のそれぞれの設備から、前記井戸の水位に関する前記水位情報を取得し、

前記複数の井戸についての前記位置情報と前記水位情報とに基づいて、前記複数の井戸の周辺の地下領域における地下水が流れる方向を示す流向状態を解析する流向解析処理を含む、ように構成されており、

前記流向解析処理は、

前記位置情報が示す前記複数の井戸の前記地点と、前記水位情報が示す前記複数の井戸の前記水位とから、地下水の水位の勾配である水位勾配を算出する処理と、

前記水位勾配に基づき前記流向状態を解析する処理と、を含み、

前記水位勾配を算出する処理は、

前記1つの前記揚水井戸及び前記2つの前記観測井戸のそれぞれの前記地点と、前記1つの前記揚水井戸及び前記2つの前記観測井戸のそれぞれの前記水位とによって仮想的に規定される3つの仮想点を算出する処理と、

前記3つの仮想点を結んで得られる仮想的な平面の勾配を前記水位勾配として算出する処理と、を含み、

前記水位勾配を算出する処理は、

前記3つの仮想点の仮想重心を算出する処理と、

前記仮想重心と前記３つの仮想点それぞれとの間における前記仮想的な平面の勾配の向きと大きさを示す３つのベクトルを算出する処理と、

前記３つのベクトルを合成して得られる合成ベクトルを前記水位勾配として算出する処理と、を含む、井戸監視システム。

[請求項2] (補正後) 前記サーバは、

前記揚水井戸から地下水を汲み上げる揚水設備が前記揚水井戸から汲み上げた地下水の量である揚水量に関する揚水量情報を、前記揚水設備から取得し、

前記流向解析処理の結果として得られる前記流向状態と取得した前記揚水量情報とに基づいて、前記揚水量を調整するべく前記揚水設備を制御する駆動制御処理を含む、請求項１に記載の井戸監視システム。

[請求項3] (補正後) 前記駆動制御処理は、

前記流向解析処理の結果として得られる前記流向状態を変化させるべく、前記揚水井戸の前記水位の目標水位を算出する処理と、

前記揚水井戸の前記水位が前記目標水位となるように、前記揚水量情報に基づき前記揚水量を調整する処理と、を含む、請求項２に記載の井戸監視システム。

[請求項4] (補正後) 前記揚水井戸から地下水を汲み上げる揚水設備は、

前記揚水井戸から地下水を汲み上げるように構成されたポンプと、

前記揚水井戸の水位を検出するように構成された水位センサと、
前記水位センサの検出結果を前記水位情報として前記サーバに送信するように構成された通信部と、を有し、

前記観測井戸の水位を検出する観測設備は、

前記観測井戸の水位を検出するように構成された水位センサと、
前記水位センサの検出結果を前記水位情報として前記サーバに送

信するように構成された通信部とを有する、請求項 1 ～請求項 3 のうちいずれか一項に記載の井戸監視システム。

[請求項 5] (補正後) 請求項 1 ～請求項 4 のうちいずれか一項に記載の井戸監視システムの前記サーバが有するコンピュータが実行する監視プログラムであって、

前記コンピュータに、前記流向解析処理を実行させるように構成されている監視プログラム。

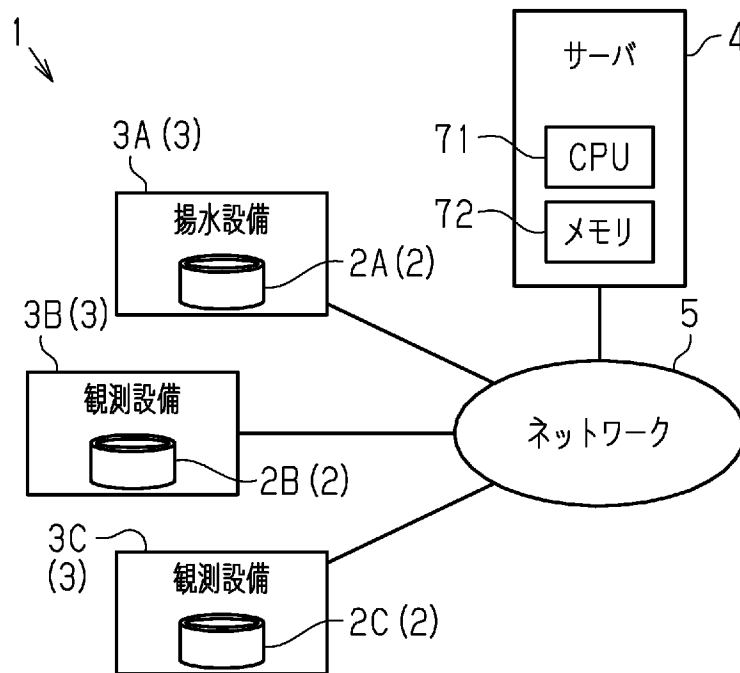
[請求項 6] (削除)

[請求項 7] (削除)

[請求項 8] (削除)

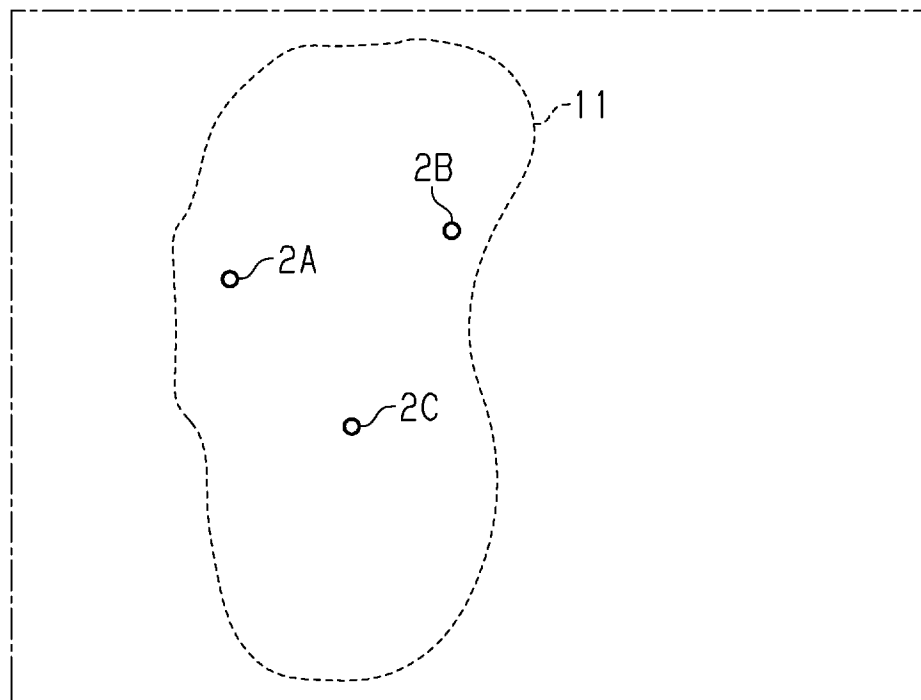
[図1]

図1

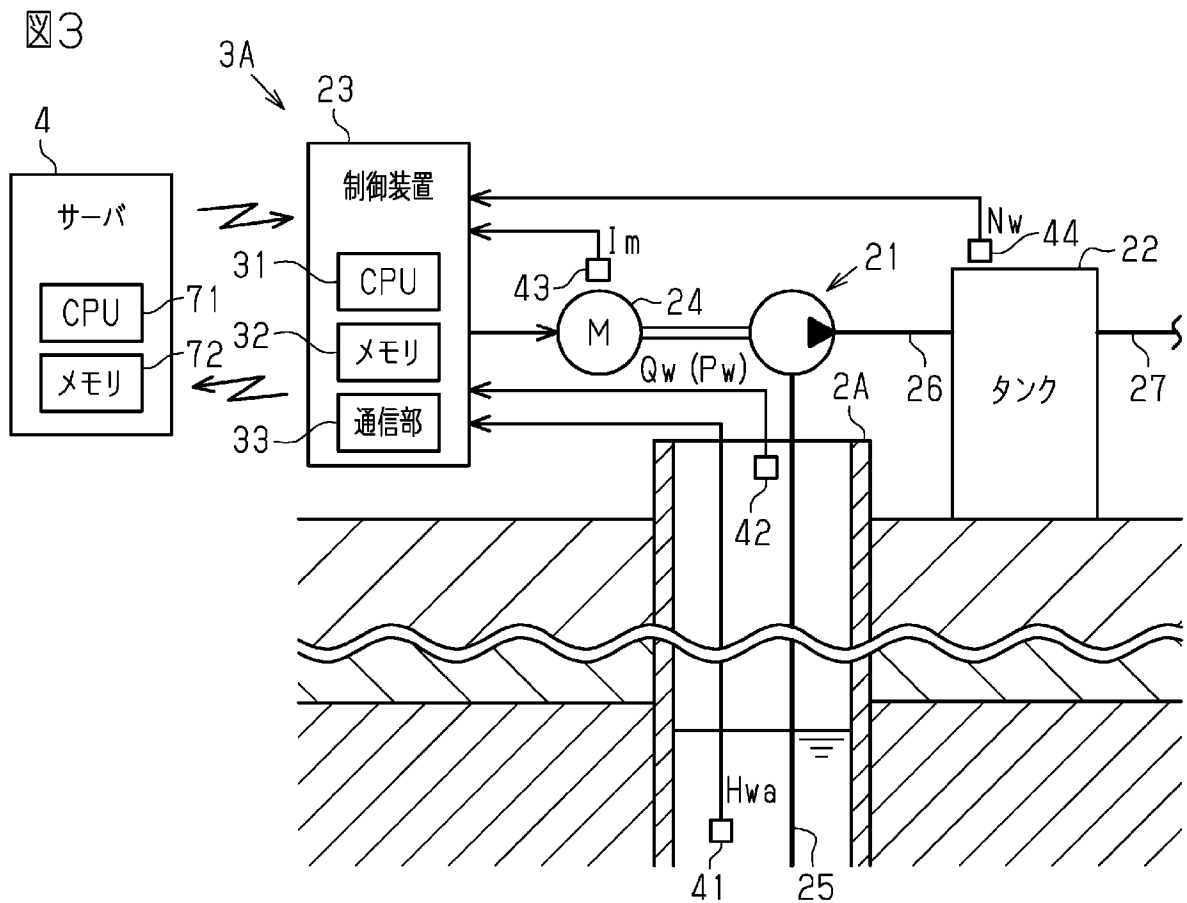


[図2]

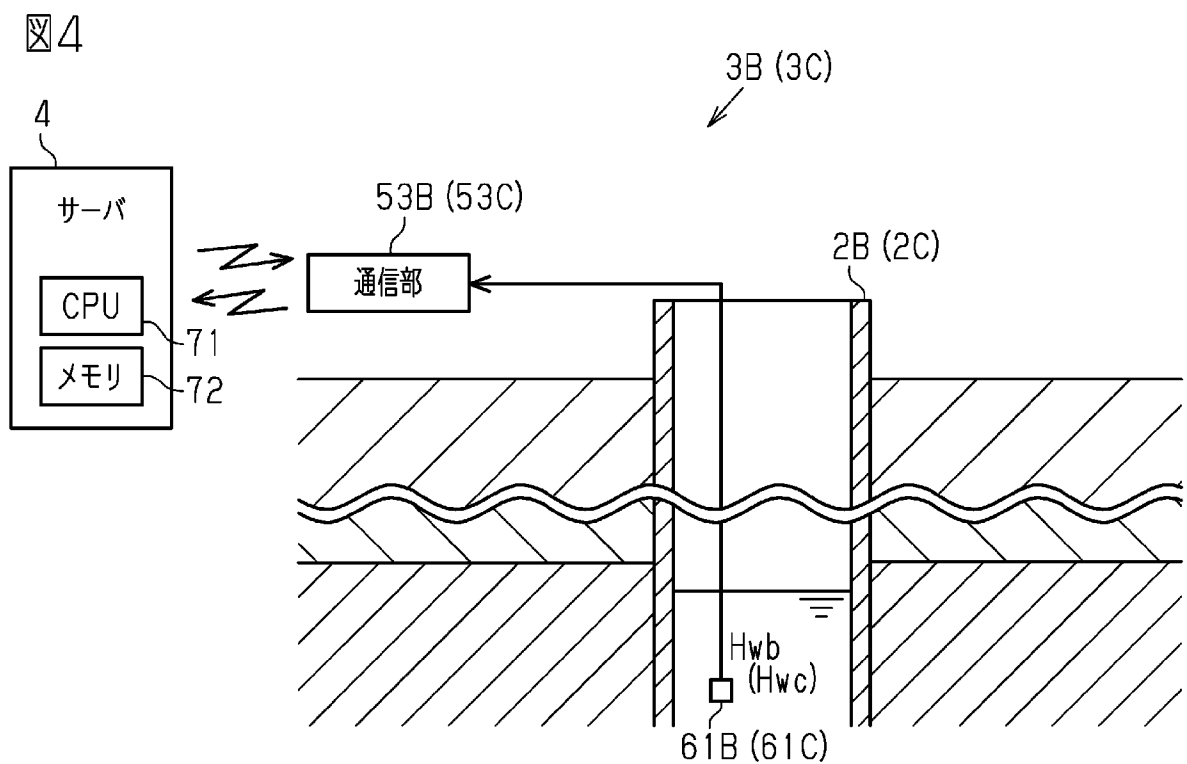
図2



[図3]

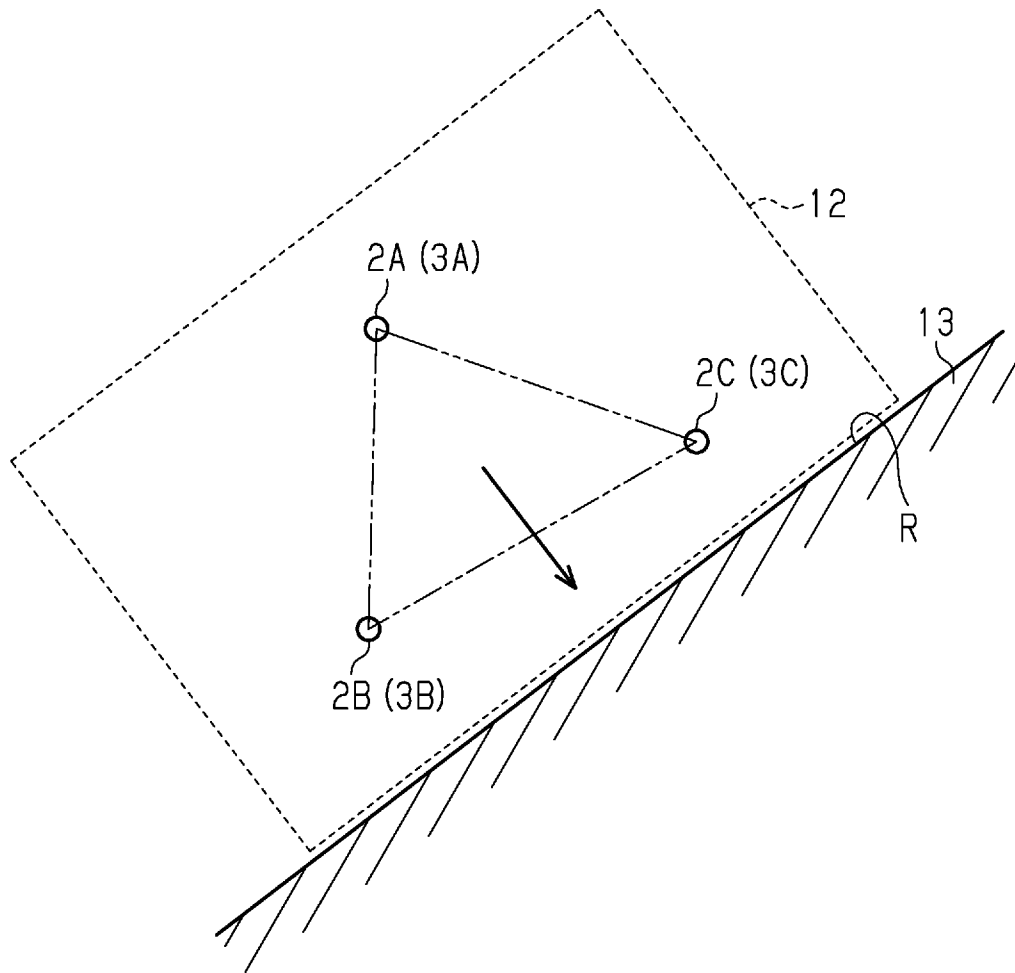


[図4]



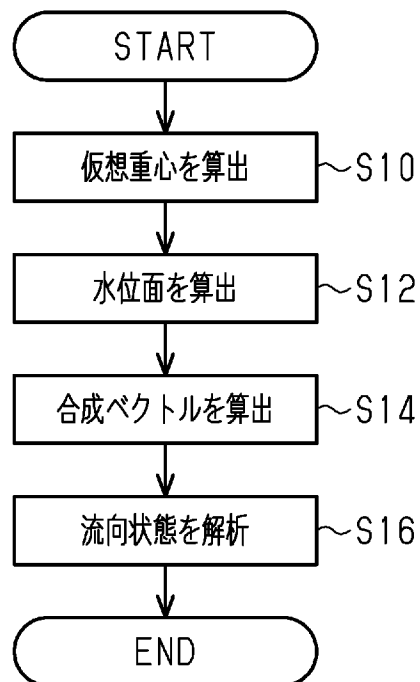
[図5]

図5



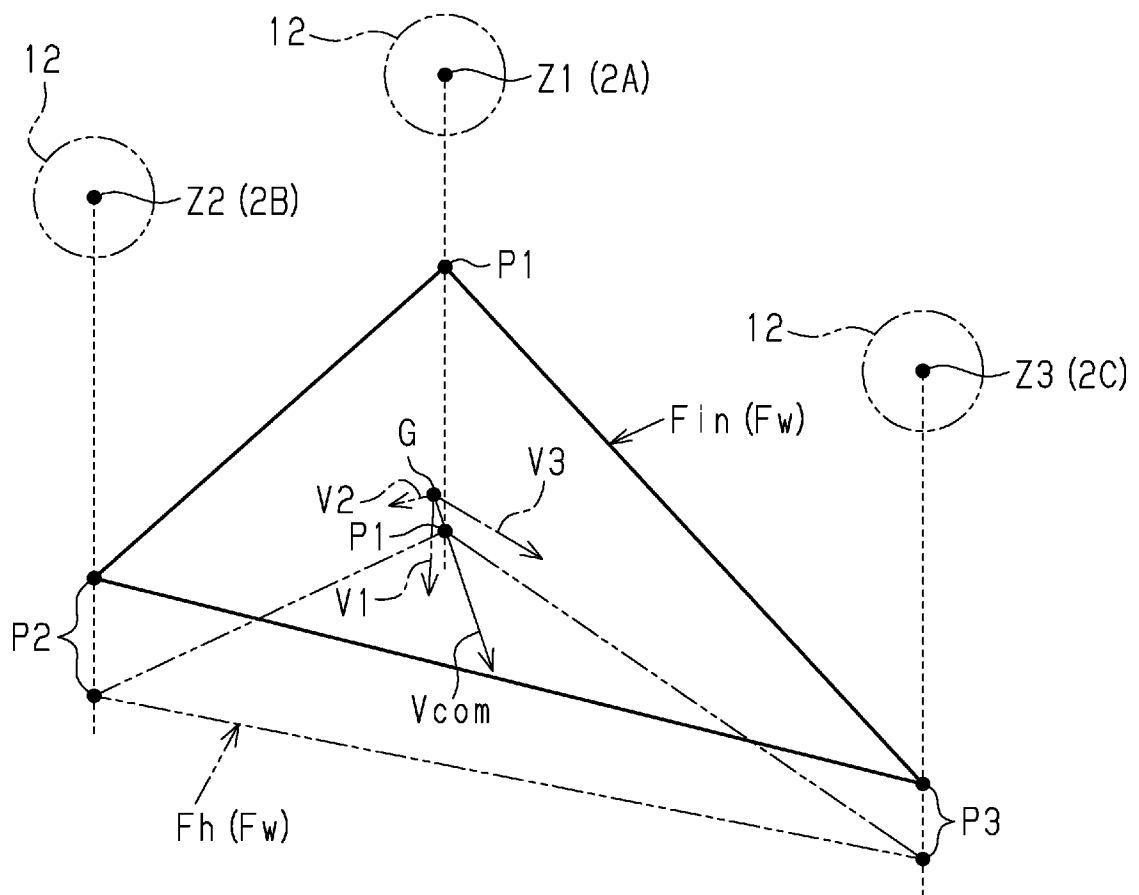
[図6]

図6



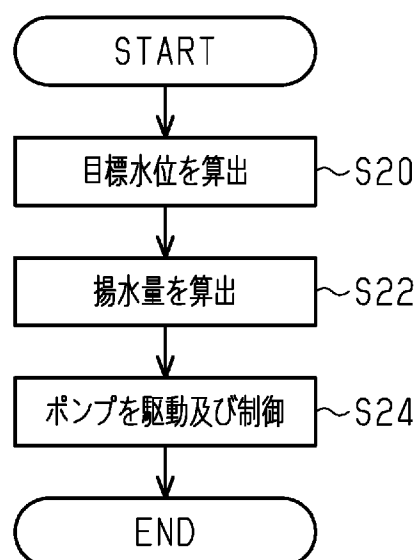
[図7]

図7



[図8]

図8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/046115

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01P 13/02**(2006.01)i; **E02D 1/00**(2006.01)i

FI: G01P13/02 B; E02D1/00

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)

G01P13/00-13/04; E02D1/00-1/08; G01D21/00-21/02

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 1971-2022
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2007-263957 A (NIPPON STEEL ENGINEERING CO., LTD.) 11 October 2007 (2007-10-11) paragraph [0004]	1-3, 5-8
Y	JP 2005-91295 A (NISHIGAKI, Makoto) 07 April 2005 (2005-04-07) paragraph [0009]	1-3, 5-8
Y	JP 2008-62206 A (MURAO GIKEN KK) 21 March 2008 (2008-03-21) paragraphs [0023]-[0024], fig. 3	2-3, 5-7
A	CN 111704180 A (HUNAN HENGKAI ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGY INVESTMENT CO., LTD.) 25 September 2020 (2020-09-25) entire text, all drawings	1-8
A	US 2011/0100642 A1 (CENS, Fabien) 05 May 2011 (2011-05-05) entire text, all drawings	1-8
A	JP 2006-221402 A (SHIMIZU CORP.) 24 August 2006 (2006-08-24) entire text, all drawings	1-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

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

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

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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 February 2022

Date of mailing of the international search report

08 March 2022

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/JP2021/046115

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2007-263957	A	11 October 2007	(Family: none)	
JP	2005-91295	A	07 April 2005	(Family: none)	
JP	2008-62206	A	21 March 2008	(Family: none)	
CN	111704180	A	25 September 2020	(Family: none)	
US	2011/0100642	A1	05 May 2011	BR PI1003977 A EP 2317073 A1	
JP	2006-221402	A	24 August 2006	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01P 13/02(2006.01)i; E02D 1/00(2006.01)i FI: G01P13/02 B; E02D1/00		
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）） G01P13/00-13/04; E02D1/00-1/08; G01D21/00-21/02		
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 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022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
Y	JP 2007-263957 A（新日鉄エンジニアリング株式会社）11.10.2007（2007-10-11） [0004]	1-3, 5-8
Y	JP 2005-91295 A（西垣 誠）07.04.2005（2005-04-07） [0009]	1-3, 5-8
Y	JP 2008-62206 A（株式会社村尾技建）21.03.2008（2008-03-21） [0023]-[0024], 図3	2-3, 5-7
A	CN 111704180 A（HUNAN HENGKAI ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGY INVESTMENT CO., LTD.）25.09.2020（2020-09-25） 全文, 全図	1-8
A	US 2011/0100642 A1（CENS, Fabien）05.05.2011（2011-05-05） 全文, 全図	1-8
A	JP 2006-221402 A（清水建設株式会社）24.08.2006（2006-08-24） 全文, 全図	1-8
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 28.02.2022		国際調査報告の発送日 08.03.2022
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） 岡田 卓弥 2F 9206 電話番号 03-3581-1101 内線 3216

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/046115

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2007-263957	A	11.10.2007	(ファミリーなし)	
JP	2005-91295	A	07.04.2005	(ファミリーなし)	
JP	2008-62206	A	21.03.2008	(ファミリーなし)	
CN	111704180	A	25.09.2020	(ファミリーなし)	
US	2011/0100642	A1	05.05.2011	BR P11003977 A	
				EP 2317073 A1	
JP	2006-221402	A	24.08.2006	(ファミリーなし)	