

(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1日(01.06.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/095328 A1

(51) 国際特許分類:
G06Q 50/06 (2012.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/043618

(22) 国際出願日: 2021年11月29日(29.11.2021)

(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: 日本電気株式会社 (**NEC CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 江藤 力 (**ETO, Riki**); 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).

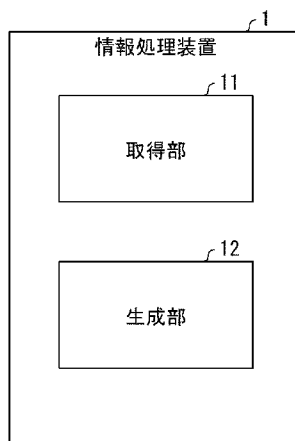
(74) 代理人: 弁理士法人 **H A R A K E N Z O W O R L D P A T E N T & T R A D E M A R K (HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK)**; 〒5300041 大阪府大阪市北区天神橋2丁目北2番6号 大和南森町ビル Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, 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, 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,

(54) **Title:** INFORMATION PROCESSING DEVICE, INFORMATION PROCESSING METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 情報処理装置、情報処理方法及びプログラム

図 1



1 Information processing device
11 Acquisition unit
12 Generation unit

(57) **Abstract:** In order to generate a more efficient operation plan as the operation plan concerning a water distribution plan, an information processing device (1) comprises: an acquisition means (11) for acquiring target data concerning a target water distribution plan; and a generation means (12) for generating an operation plan concerning the target water distribution plan by solving an optimization problem that uses a cost function determined by inverse reinforcement learning by use of reference data concerning reference water distribution plans and the target data acquired by the acquisition means.

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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 配水計画に関する運用計画としてより効率のよい運用計画を生成するために、情報処理装置(1)は、対象の配水計画に関する対象データを取得する取得手段(11)と、参照用の配水計画に関する参照データを用いた逆強化学習によって決定されたコスト関数と、前記取得手段が取得した対象データとを用いた最適化問題を解くことによって対象の配水計画に関する運用計画を生成する生成手段(12)とを備えている。

明 細 書

発明の名称： 情報処理装置、情報処理方法及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、配水計画に関する運用計画を生成する技術に関する。

背景技術

[0002] 水道インフラストラクチャにおいて配水計画の効率化が求められており、従来から予測モデルを利用した最適化の技術が知られている。例えば特許文献1には、水道プラントの取送配水プロセスの運用計画案を、プラントの構成に関する制約条件及び評価指標を目的関数とする最適化問題を解くことにより立案することが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特開2018-185678号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、特許文献1には評価指標の具体的な算出方法は記載されておらず、そのため、特許文献1に記載の技術では、必ずしも運用計画が最適化されるとは限らないという課題があった。

[0005] 本発明の一態様は、上記の問題に鑑みてなされたものであり、その目的の一例は、配水計画に関する運用計画として、より効率のよい運用計画を生成できる技術を提供することである。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の一側面に係る情報処理装置は、対象の配水計画に関する対象データを取得する取得手段と、参照用の配水計画に関する参照データを用いた逆強化学習によって決定されたコスト関数と、前記取得手段が取得した対象データとを用いた最適化問題を解くことによって前記対象の配水計画に関する運用計画を生成する生成手段とを備えている。

[0007] また、本発明の一側面に係る情報処理装置は、参照用の配水計画に関する参照データを取得する取得手段と、対象の配水計画に関する運用計画を生成するための最適化問題に用いるコスト関数を、前記参照データを参照した逆強化学習によって決定する決定手段とを備えている。

[0008] また、本発明の一側面に係る情報処理方法は、対象の配水計画に関する対象データを取得することと、参照用の配水計画に関する参照データを用いた逆強化学習によって決定されたコスト関数と、前記取得手段が取得した対象データとを用いた最適化問題を解くことによって前記対象の配水計画に関する運用計画を生成することを含む。

[0009] また、本発明の一側面に係る情報処理方法は、参照用の配水計画に関する参照データを取得することと、対象の配水計画に関する運用計画を生成するための最適化問題に用いるコスト関数を、前記参照データを参照した逆強化学習によって決定することを含む。

[0010] また、本発明の一側面に係るプログラムは、コンピュータに、対象の配水計画に関する対象データを取得する取得処理と、参照用の配水計画に関する参照データを用いた逆強化学習によって決定されたコスト関数と、前記取得手段が取得した対象データとを用いた最適化問題を解くことによって前記対象の配水計画に関する運用計画を生成する生成処理とを実行させる。

[0011] また、本発明の一側面に係るプログラムは、コンピュータに、参照用の配水計画に関する参照データを取得する取得処理と、対象の配水計画に関する運用計画を生成するための最適化問題に用いるコスト関数を、前記参照データを参照した逆強化学習によって決定する決定処理とを実行させる。

発明の効果

[0012] 本発明の一態様によれば、配水計画に関する運用計画として、より効率のよい運用計画を生成することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]例示的实施形態1に係る情報処理装置の構成を示すブロック図である。

[図2]例示的实施形態1に係る情報処理方法の流れを示すフロー図である。

[図3]例示的实施形態1に係る情報処理装置の構成を示すブロック図である。

[図4]例示的实施形態1に係る情報処理方法の流れを示すフロー図である。

[図5]例示的实施形態2に係る情報処理装置の構成を示すブロック図である。

[図6]例示的实施形態2に係る配水計画問題を説明するための図である。

[図7]例示的实施形態2に係る配水網の概要を示す図である。

[図8]例示的实施形態2に係るポンプの稼働パターンの具体例を示す図である。

。

[図9]例示的实施形態2に係るポンプの稼働パターンを時間軸と紐付けて出力する表示例を示す図である。

[図10]各例示的实施形態に係る情報処理装置として機能するコンピュータの構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0014] 〔例示的实施形態1〕

本発明の第1の例示的实施形態について、図面を参照して詳細に説明する。本例示的实施形態は、後述する例示的实施形態の基本となる形態である。

[0015] <情報処理装置1の構成>

本例示的实施形態に係る情報処理装置1の構成について、図1を参照して説明する。図1は、情報処理装置1の構成を示すブロック図である。情報処理装置1は、対象の配水計画に関する運用計画を生成する装置である。配水計画の対象は、一例として、水道インフラストラクチャ（以下、「水道インフラ」ともいう）である。情報処理装置1は、取得部11及び生成部12を備える。

[0016] （取得部11）

取得部11は、対象の配水計画に関する対象データを取得する。対象データには、一例として、対象となる水道インフラストラクチャの状態を示す情報が含まれる。より具体的には、対象データには、一例として、対象である水道インフラストラクチャにおけるポンプ、配水網、水道管路、及び需要点の少なくとも何れかに関する情報が含まれる。ただし、対象データは上述し

た例に限られず、対象の配水計画に関する他のデータを含んでいてもよい。

[0017] (生成部 12)

生成部 12 は、参照用の配水計画に関する参照データを用いた逆強化学習によって決定されたコスト関数と、取得部 11 が取得した対象データとを用いた最適化問題を解くことによって、対象の配水計画に関する運用計画を生成する。ここで、参照データは参照用の配水計画に関する情報である。参照データには、一例として、参照用の水道インフラストラクチャの状態を表す情報が含まれる。より具体的には、参照データには、一例として、参照用の水道インフラストラクチャにおけるポンプ、配水網、水道管路、及び需要点の少なくとも何れかに関する情報が含まれる。ここで、参照用の水道インフラストラクチャは、運用計画の生成の対象である水道インフラストラクチャと同一であってもよく、また、異なってもよい。

[0018] また、参照データには、一例として、参照用の水道インフラストラクチャにおけるポンプの稼働パターンに関する情報が含まれる。また、参照データには、一例として、参照用の水道インフラストラクチャに関わる人員に関する情報が含まれる。ただし、参照データは上述した例に限られず、参照用の配水計画に関する他のデータを含んでいてもよい。

[0019] 対象データに含まれる各種のデータ、及び参照データに含まれる各種のデータは、逆強化学習における状態を表す状態データ、又は、逆強化学習における行動を表す行動データであるということもできる。ここで、状態データと行動データとの区分けは、問題設定に応じて適宜変更され得る。すなわち、状態データに含まれる少なくとも一部のデータは行動データとしての意味も持ち得る。また、行動データに含まれる少なくとも一部のデータは状態データとしての意味も持ち得る。

[0020] 参照データに含まれる行動データは、一例として、参照用の水道インフラストラクチャについて熟練者が作成した運用計画を表すデータを含む。より具体的には、行動データは、一例として、バルブの開閉、水の引き入れ、ポンプの閾値など、運用ルールに基づいて制御される変数により表される。

[0021] 生成部 1 2 が生成する運用計画には、一例として、対象である水道インフラストラクチャにおけるポンプの稼働パターンに関する情報が含まれる。また、運用計画には、一例として、対象である水道インフラストラクチャに関わる人員に関する情報が含まれる。ただし、運用計画は上述した例に限られず、他の情報を含んでいてもよい。

[0022] コスト関数は、一例として、参照データに含まれる各項目に対応する各変数を含む各コスト項を含む。この場合、生成部 1 2 は、コスト関数を用いた最適化問題であって、取得部 1 1 が取得した対象データを固定変数とし、コスト関数に含まれる各コスト項が含む変数のうち、固定変数以外の変数を操作変数とする最適化問題を解くことによって、対象の配水計画に関する運用計画を生成する。ただし、コスト関数は上述した例に限られず、他の関数であってもよい。

[0023] 生成部 1 2 が最適化問題を解く際の手法は特に限定されないが、一例として、一般的なアプリケーションプログラム（例えば、IBM ILOG CPLEX、Gurobi Optimizer、SCIP）と同等の処理を行うことで解を求めてもよい。

[0024] 以上のように、本例示的实施形態に係る情報処理装置 1 においては、対象の配水計画に関する対象データを取得し、参照用の配水計画に関する参照データを用いた逆強化学習によって決定されたコスト関数と、取得した対象データとを用いた最適化問題を解くことによって対象の配水計画に関する運用計画を生成する構成が採用されている。このため、本例示的实施形態に係る情報処理装置 1 によれば、配水計画に関する運用計画として、より効率のよい運用計画を生成できるという効果が得られる。

[0025] <情報処理方法 S 1 0 の流れ>

本例示的实施形態に係る情報処理方法 S 1 0 の流れについて、図 2 を参照して説明する。図 2 は、情報処理方法 S 1 0 の流れを示すフロー図である。ステップ S 1 1 において、取得部 1 1 は、対象の配水計画に関する対象データを取得する。ステップ S 1 2 において、生成部 1 2 は、参照用の配水計画

に関する参照データを用いた逆強化学習によって決定されたコスト関数と、ステップS 11で取得された対象データとを用いた最適化問題を解くことによって前記対象の配水計画に関する運用計画を生成する。

[0026] 以上のように、本例示的实施形態に係る情報処理方法S 10においては、対象の配水計画に関する対象データを取得し、参照用の配水計画に関する参照データを用いた逆強化学習によって決定されたコスト関数と、取得した対象データとを用いた最適化問題を解くことによって対象の配水計画に関する運用計画を生成する構成が採用されている。このため、本例示的实施形態に係る情報処理方法S 10によれば、配水計画に関する運用計画として、より効率のよい運用計画を生成できるという効果が得られる。

[0027] <情報処理装置2の構成>

本例示的实施形態に係る情報処理装置2の構成について、図3を参照して説明する。図3は、情報処理装置2の構成を示すブロック図である。情報処理装置2は、配水計画に関する運用計画を生成するための最適化問題に用いるコスト関数を決定する装置である。情報処理装置2は、取得部21及び決定部22を備える。

[0028] (取得部21)

取得部21は、参照用の配水計画に関する参照データを取得する。取得部21は参照データを一括で取得してもよく、また参照データを逐次的に取得してもよい。

[0029] (決定部22)

決定部22は、対象の配水計画に関する運用計画を生成するための最適化問題に用いるコスト関数を、参照データを参照した逆強化学習によって決定する。ここで、コスト関数は、一例として、参照データに含まれる各項目に対応する各変数を含む各コスト項を含む。

[0030] 以上のように、本例示的实施形態に係る情報処理装置2においては、参照用の配水計画に関する参照データを取得し、対象の配水計画に関する運用計画を生成するための最適化問題に用いるコスト関数を、参照データを参照し

た逆強化学習によって決定する構成が採用されている。このため、本例示的实施形態に係る情報処理装置 2 によれば、配水計画に関する運用計画としてより効率のよい運用計画を生成可能なコスト関数を決定できるという効果が得られる。

[0031] <情報処理方法 S 2 の流れ>

本例示的实施形態に係る情報処理方法 S 2 の流れについて、図 4 を参照して説明する。図 4 は、情報処理方法 S 2 の流れを示すフロー図である。ステップ S 2 1 において、取得部 2 1 は、参照用の配水計画に関する参照データを取得する。決定部 2 2 は、対象の配水計画に関する運用計画を生成するための最適化問題に用いるコスト関数を、参照データを参照した逆強化学習によって決定する。

[0032] 以上のように、本例示的实施形態に係る情報処理方法 S 2 においては、参照用の配水計画に関する参照データを取得し、対象の配水計画に関する運用計画を生成するための最適化問題に用いるコスト関数を、参照データを参照した逆強化学習によって決定する構成が採用されている。このため、本例示的实施形態に係る情報処理方法 S 2 によれば、配水計画に関する運用計画としてより効率のよい運用計画を生成可能なコスト関数を決定できるという効果が得られる。

[0033] [例示的实施形態 2]

本発明の第 2 の例示的实施形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、例示的实施形態 1 にて説明した構成要素と同じ機能を有する構成要素については、同じ符号を付し、その説明を繰り返さない。

[0034] <情報処理装置 1 A の構成>

図 5 は、本例示的实施形態に係る情報処理装置 1 A の構成を示すブロック図である。情報処理装置 1 A は、水道インフラストラクチャの配水計画に関する運用計画を生成する。本例示的实施形態に係る水道インフラストラクチャは、一例として、貯水池、配水池、取水施設、浄水場、給水所、及び需要点、等の複数の拠点を含む。運用計画は、一例として、各拠点のポンプの稼

働パターンを示す情報を含む。情報処理装置 1 A は、制御部 1 0 A、記憶部 2 0 A、通信部 3 0 A 及び入出力部 4 0 A を備える。

[0035] (通信部 3 0 A)

通信部 3 0 A は、情報処理装置 1 A の外部の装置と通信回線を介して通信する。通信回線の具体的構成は本例示の実施形態を限定するものではないが、通信回線は一例として、無線 LAN (Local Area Network)、有線 LAN、WAN (Wide Area Network)、公衆回線網、モバイルデータ通信網、又は、これらの組み合わせである。通信部 3 0 A は、制御部 1 0 A から供給されたデータを他の装置に送信したり、他の装置から受信したデータを制御部 1 0 A に供給したりする。

[0036] (入出力部 4 0 A)

入出力部 4 0 A には、キーボード、マウス、ディスプレイ、プリンタ、タッチパネル等の入出力機器が接続される。入出力部 4 0 A は、接続された入力機器から情報処理装置 1 A に対する各種の情報の入力を受け付ける。また、入出力部 4 0 A は、制御部 1 0 A の制御の下、接続された出力機器に各種の情報を出力する。入出力部 4 0 A としては、例えば USB (Universal Serial Bus) などのインタフェースが挙げられる。

[0037] (制御部 1 0 A)

制御部 1 0 A は、図 5 に示すように、取得部 1 1 A、生成部 1 2 A 及び決定部 2 2 A を備える。

[0038] (取得部 1 1 A)

取得部 1 1 A は、対象データ T D 及び参照データ R D を取得する。取得部 1 1 A は一例として、通信部 3 0 A を介して他の装置から対象データ T D 及び参照データ R D を取得する。また、取得部 1 1 は一例として、入出力部 4 0 A を介して入力される対象データ T D 及び参照データ R D を取得してもよい。また、取得部 1 1 は、記憶部 2 0 A 又は外部接続された記憶装置から対象データ T D 及び参照データ R D を読み出すことにより、対象データ T D 及び参照データ R D を取得してもよい。対象データ T D と参照データ R D の詳

細については後述する。

[0039] (生成部 1 2 A)

生成部 1 2 A は、参照用の配水計画に関する参照データ R D を用いた逆強化学習によって決定されたコスト関数 c と、取得部 1 1 が取得した対象データ T D とを用いた最適化問題を解くことによって、対象の配水計画に関する運用計画 O P を生成する。生成部 1 2 A が実行する運用計画 O P の生成処理については後述する。

[0040] (決定部 2 2 A)

決定部 2 2 A は、対象の配水計画に関する運用計画 O P を生成するための最適化問題に用いるコスト関数 c を、参照データ R D を参照した逆強化学習によって決定する。決定部 2 2 A が実行するコスト関数 c の決定処理については後述する。

[0041] (記憶部 2 0 A)

記憶部 2 0 A には、取得部 1 1 が取得する対象データ T D 及び参照データ R D が記憶される。また、記憶部 2 0 A には、生成部 1 2 A が生成した運用計画 O P が記憶される。また、記憶部 2 0 A には、決定部 2 2 A が決定するコスト関数 c 、及び制約条件 L C が記憶される。ここで、記憶部 2 0 A にコスト関数 c が記憶されるとは、コスト関数 c を定めるパラメータが記憶部 2 0 A に記憶されることをいう。

[0042] (対象データ T D)

対象データ T D は、生成部 1 2 A が運用計画 O P の生成に用いるデータである。対象データ T D には、対象となる水道インフラストラクチャの状態を示す情報が含まれている。一例として、対象データ T D には、対象となる水道インフラストラクチャにおけるポンプ、配水網、水道管路、及び需要点の少なくとも何れかに関する情報が含まれている。

[0043] 具体的には、対象データ T D は、一例として、運用計画の対象である水道インフラストラクチャにおける、以下の (i) ~ (x) の少なくともいずれかひとつのデータを含む。ただし、対象データ T D に含まれるデータはこれ

らに限られず、他のデータを含んでいてもよい。

(i) 各拠点の消費電力、(ii) 需要予測マージン、(iii) 配水池マージン、(iv) 配水ロス、(v) 各拠点の運用人員数、(vi) 各拠点の電力料金、(vii) 各拠点の電圧、(viii) 各拠点の水位、(ix) 各拠点の水圧、(x) 各拠点の水量。

[0044] (i) 各拠点の消費電力は、浄水場、給水所等の各拠点における消費電力を示す。(ii) 需要予測マージンは、供給が需要を上回る程度を示す。(iii) 配水池マージンは、配水池における設計上の貯水量が実際の貯水量を上回る程度を示す。(iv) 配水ロスは、各需要点への配水が行えていない程度を示す。(v) 運用人員数は、各拠点での運用人員の数を示す。

[0045] (参照データRD)

参照データRDは、決定部22Aがコスト関数を決定する際に用いるデータである。参照データRDには、参照用の水道インフラストラクチャの状態を表す情報が含まれる。ここで、参照用の水道インフラストラクチャは、運用計画の生成の対象である水道インフラストラクチャと同一であってもよく、また、異なってもよい。より具体的には、参照データRDには、一例として、参照用の水道インフラストラクチャにおけるポンプ、配水網、水道管路、及び需要点の少なくとも何れかに関する情報が含まれる。また、参照データRDには、一例として、参照用の水道インフラストラクチャにおけるポンプの稼働パターン、及び人員の少なくとも何れかに関する情報が含まれている。参照データRDに含まれる各項目は状態データとして扱われてもよいし、また、行動データとして扱われてもよい。

[0046] 具体的には、参照データRDには、一例として、参照用の水道インフラストラクチャにおける、以下の(i)～(x)の少なくともいずれかひとつのデータを含む。ただし、参照データRDに含まれるデータはこれらに限られず、他のデータを含んでいてもよい。

(i) 各拠点の消費電力、(ii) 需要予測マージン、(iii) 配水池マージン、(iv) 配水ロス、(v) 各拠点の運用人員数、(vi) 各拠点

の電力料金、 (v_i) 各拠点の電圧、 (v_{ii}) 各拠点の水位、 (ix) 各拠点の水圧、 (x) 各拠点の水量。

[0047] また、参照データ RD には、一例として、参照用の水道インフラストラクチャについて熟練者が作成した運用計画を示すデータが含まれる。より具体的には、参照データ RD には、一例として、バルブの開閉、水の引き入れ、ポンプの閾値など、運用ルールに基づいて制御される変数により表されるデータが含まれる。このようなデータは、参照用の運用計画を作成した熟練者等の意思決定の履歴（熟練者の意図）を表すデータであるとも言える。

[0048] （運用計画 OP）

運用計画 OP には、一例として、対象となる水道インフラストラクチャにおけるポンプの稼働パターンに関する情報が含まれる。また、運用計画 OP には、一例として、対象となる水道インフラストラクチャに関わる人員に関する情報が含まれている。

[0049] （コスト関数 c ）

コスト関数 c は、参照データ RD に含まれる各項目に対応する各変数を含む各コスト項を含む。コスト関数 c は、一例として、

[数1]

$$c(\{x_i\}) = \sum_i \alpha_i \cdot f_i(x_i)$$

と表すことができる。ここで、 i は、 $i \in [N]$ 、 N は参照データに含まれる項目の総数である。コスト項 $\alpha_i \cdot f_i(x_i)$ は、参照データに含まれる項目 r_i に対応する変数 x_i を含む。重み係数 α_i は、項目 r_i 毎の重み係数である。換言すると、コスト関数 $c(\{x_i\})$ は、項目 r_i に対応する重み係数 α_i と変数 x_i を含む関数 $f(x_i)$ とを乗算したコスト項 $\alpha_i \cdot f_i(x_i)$ の線形和である。

[0050] （制約条件 LC）

制約条件 LC は、生成部 12A が解く最適化問題の制約条件である。制約

条件LCは、例えば、以下の(i)～(iv)を含む。なお、制約条件LCはこれらに限られず、他の条件を含んでもよい。

(i) 貯水池／配水池の貯水量が閾値X以上Y未満である。

(ii) 供給量が需要量を最低X%上回っている。

(iii) 全ての需要点に配水できている。

(iv) 工事中の経路は使用しない。

[0051] <生成部12Aが実行する処理>

生成部12Aは、制約条件LCの下に、コスト関数cと対象データTDとを用いた最適化問題を解くことによって、対象の配水計画に関する運用計画OPを生成する。本例示的实施形態において、生成部12Aは、コスト関数cを用いた最適化問題であって、取得部11Aが取得した対象データTDを固定変数とし、コスト関数cに含まれる各コスト項が含む変数のうち、固定変数以外の変数を操作変数とする最適化問題を解くことによって、対象の配水計画に関する運用計画OPを生成する。

[0052] また、生成部12Aは、生成した運用計画OPを出力する。生成部12Aは、運用計画OPを記憶部20A又は外部記憶装置に書き込むことにより出力してもよく、また、入出力部40Aに接続された出力装置（ディスプレイ、プリンタ、等）に出力してもよい。また、生成部12Aは、通信部30Aを介して運用計画OPを他の装置に送信してもよい。

[0053] <決定部22Aが実行する処理>

また、決定部22Aは、対象の配水計画に関する運用計画を生成するための最適化問題に用いるコスト関数cを、参照データRDを参照した逆強化学習によって決定する。決定部22Aは、一例として、コスト関数cに含まれるコスト項 $\alpha_i \cdot f_i(x_i)$ の重み係数 α_i を、参照データRDに含まれる状態データ及び行動データを用いた逆強化学習により決定する。一例として、決定部22Aは、各重み係数 α_i として様々な値を有するコスト関数cを用意し、それらのコスト関数を用いて、参照データRDに関するコストを算出する。そして、当該参照データRDに関するコストが最も小さくなるような各

重み係数 α_i の値を決定する。

[0054] 決定部22Aは、他の例として、特許文献WO2021/130916号公報に記載された逆強化学習の手法によりコスト関数 c を決定する構成としてもよい。ただし、決定部22Aがコスト関数 c を決定する手法はこれに限られず、他の手法であってもよい。

[0055] また、決定部22Aは、決定したコスト関数 c を出力する。決定部22Aは、コスト関数 c を記憶部20A又は外部記憶装置に書き込むことにより出力してもよく、また、入出力部40Aに接続された出力装置（ディスプレイ、プリンタ、等）に出力してもよい。また、生成部12Aは、通信部30Aを介してコスト関数 c を他の装置に送信してもよい。

[0056] <最適化問題の設定>

図6は、本例示的实施形態に係る最適化問題の設定の具体例を説明するための図である。運用計画OPは、例えば、どれだけ予測需要から余裕を持たせるか、どれだけ消費電力を抑えるか、どれだけ配水池の水位を考慮するか、といった様々な観点を考慮して決定する必要がある。これらの観点の重み付けの設定は困難である。どの観点をどの程度重視するかは、水道インフラストラクチャを運用する運用者等により様々であり、一様に定まらないためである。例えば、ある運用計画の生成者である自治体Aでは、消費電力の観点に重きが置かれている一方、自治体Bでは配水池の水位に重きが置かれている、という場合がある。

[0057] 本例示的实施形態では、生成部12Aは、制約条件LCの下に、各コスト項 $\alpha_i \cdot f_i(x_i)$ の重み係数 α_i が参照データRDを参照した逆強化学習によって決定されたコスト関数 c と、対象データTDとを用いた最適化問題を解く。ここで、コスト関数 c に含まれる各コスト項 $\alpha_i \cdot f_i(x_i)$ の重み係数 α_i は、参照データRDを参照した逆強化学習により決定されるため、参照データRDに含まれる行動データを反映した値、すなわち参照用の運用計画を生成した熟練者等の意図を反映した値となっている。このような重み係数 α_i を含むコスト関数 c を用いて最適化問題を解くことにより、参照用の運用

計画を生成した熟練者等の意図を反映させた運用計画の生成を行うことができる。

[0058] 例えば、図6の例において、自治体Aの運用計画OPの生成に用いられるコスト関数 c に含まれる重み係数 $\alpha_1 \sim \alpha_6$ は、コスト関数 c の決定に用いられた参照用の運用計画を生成した熟練者等の意図が反映された値である。また、自治体Bの運用計画OPの生成に用いられるコスト関数 c に含まれる重み係数 $\alpha_1 \sim \alpha_6$ は、コスト関数 c の決定に用いられた参照用の運用計画を生成した熟練者等の意図が反映された値である。自治体Aの重み係数と自治体Bの重み係数とを比較することで、各自治体がどのような観点を重視しているかを把握し易くなる。

[0059] また、例えば、自治体Aにおいて熟練者a1が作成した運用計画を含む参照データRDを参照して決定部22Aがコスト関数 c を決定し、決定部22Aが決定したコスト関数 c と自治体Aの対象データTDとを用いて生成部12Aが今後の運用計画OPを生成することもできる。この場合、生成部12Aは、熟練者a1の意図を反映した自治体Aの今後の運用計画OPを生成することができる。

[0060] また、本例示的实施形態によれば、ある自治体における運用計画の生成者の意図を、他の自治体の運用計画に反映させることもできる。例えば、自治体Aにおいて熟練者a1が作成した運用計画を含む参照データRDを参照して決定部22Aがコスト関数 c を決定し、決定部22Aが決定したコスト関数 c と自治体Bの対象データTDとを用いて生成部12Aが今後の運用計画OPを生成することもできる。この場合、生成部12Aは、熟練者a1の意図を反映した、自治体Bの運用計画OPを生成することができる。

[0061] <運用計画の最適化の具体例1>

ここで、水道インフラストラクチャにおいてポンプに関する運用計画の最適化の具体例について、図7～図9を参照しつつ説明する。

[0062] (配水網3の概要)

図7は、情報処理装置1Aが生成する運用計画OPの対象の一例である配

水網3の概要を示す図である。配水網3は、浄水場F1、F2と、給水所S1と、分岐点B1と、需要点D1、D2と、の複数の拠点を含む。浄水場F1、F2は、例えば、取水施設が取水対象（河川、海洋、湖沼等）から取水した水から浄水を造水する施設である。浄水場F1、F2には、貯水施設（タンクや貯水池等）と、ポンプとが設置されている。給水所S1は、例えば、浄水場F1、F2等から送られた水を、特定の区域に配水する施設である。給水所S1には、例えば、貯水施設（タンクや貯水池等）と、ポンプとが設置されている。需要点D1、D2は、配水された水を使用する需要家（例えば、オフィス、家庭、工場、店舗）の施設である。分岐点B1は、水道管路Lを分岐する施設である。配水網3の各構成要素（各拠点）は、水道管路Lにより接続されている。

[0063] なお、図7の例では、複数の浄水場F1、F2と、ひとつの給水所S1と、ひとつの分岐点B1と、複数の需要点D1、D2とを図示しているが、配水網に含まれる浄水場、給水所、分岐点及び需要点のそれぞれの数は図7の例に限られず、これより多くても少なくてもよい。

[0064] （説明変数の具体例）

上述の配水網3に係る運用計画の最適化において用いられる説明変数の具体例について以下に説明する。ただし、水道インフラにおいて運用計画の最適化を行う際に利用されるデータは、以下に例示するデータに限定されない。水道インフラの状態を定義できる任意の情報と、水道インフラの運用ルールに基づいて制御できる任意の変数を用いることができる。

[0065] （説明変数の例1：ポンプに関する情報）

説明変数は、一例として、各拠点到設置されたポンプに関する情報を含む。ポンプに関する情報としては、例えば、（i）あるタイミング（あるいは時間区間）において可動するポンプの組み合わせ、（ii）水流量、（iii）消費電力、が挙げられる。

[0066] （i）あるタイミング（あるいは時間区間）において稼働するポンプの組み合わせとしては、例えば、ある施設に2台のポンプ（仮にポンプP1、P

2と称する)が配置されている場合を想定する。この場合のポンプの稼働パターンを” 1” とすると、” 1” は” {P 1} ” (P 1のみ稼働)、” {P 2} ” (P 2のみ稼働)、” {P 1、P 2} ” (P 1、P 2が稼働)の3つパターンを含み、それぞれのパターンは、” 1 = 1, 2, 3” と表現される。

[0067] (i i) 水流量は、各稼働パターンによるポンプからの出力水量(水流量)である。また、(i i i) 消費電力は、各ポンプが使用する電力量(消費電力)である。

[0068] (説明変数の例2：配水網3に関する情報)

また、説明変数は、一例として、配水網3に関する情報を含む。例えば、配水網3を構成する施設(” n” 箇所と想定する)のノードの集合をV ($V = \{1, 2, \dots, n\}$)とする。浄水場のノードの集合を” F”、給水所のノードの集合を” S”、分岐点のノードの集合を” B”、需要点のノードの集合を” D” と表すと、下式が成立する。

[数2]

$$V = F \cup S \cup B \cup D$$

[0069] また、浄水場F 1、F 2と、給水所S 1と、があわせて” K” 箇所存在すると想定すると、これらのノードの集合は以下のように表される。

[数3]

$$F \cup S = \{1, 2, \dots, K\}$$

[0070] (説明変数の例3：水道管路Lに関する情報)

また、説明変数は、一例として、水道管路Lに関する情報を含む。例えば、各水道管路Lには水道管路Lを識別可能な識別情報が割り当てられて特徴量として表現される。より具体的には、各水道管路Lには、例えば、” 1”

から” m ” まで、水道管路 L を識別可能な番号が割り当てられてもよい。また、各水道管路 L の特徴量の一例として、時間区間” t ” (” t = 1、 . . . 、 T ”) において、番号” i ” の水道管路 L に流れる水流量” $q_i(t)$ [m³/15min] ” で表される。

[0071] (説明変数の例 4 : 需要点 D に関する情報)

また、説明変数は、需要点 D に関する情報を含んでもよい。需要点 D に関する情報は、例えば、各需要点のあるタイミング (例えば時刻や時間区間) における需要量の予測値である。需要点のノードの集合 D に含まれる需要点” $d_i (i \in D)$ ” における、時間区間” t ” での需要量” $d_i(t)$ ” は、下式のように表される。

[数4]

$$\begin{aligned} & \text{需要量 : } d_i(t) \\ & i \in D, t = 1, \dots, T. \end{aligned}$$

[0072] (説明変数の例 5 : 実際に実行されているポンプの稼働パターン)

また、説明変数は、一例として、ポンプの稼働パターンの実働状況を含んでもよい。この場合、説明変数は、例えば、あるタイミング (あるいは時間区間) において稼働するポンプを表す。ある施設 (浄水場 F あるいは給水所 S) におけるポンプの稼働パターン” l ” として” L_k ” 個のパターンがある場合、時間区間” t ” におけるポンプの稼働パターンの稼働状態は、下式 P (t) として定式化される。

[数5]

$$\begin{aligned} & \text{ポンプの稼働パターン : } P_{k,l}(t) \in \{0,1\} \\ & \text{ここで、 } t = 1, \dots, T, k \in F \cup S, l = 1, \dots, L_k \end{aligned}$$

[0073] (説明変数の例 6 : 人員に関する情報)

また、説明変数は、一例として、配水網 3 に含まれる各拠点に配置されている人員に関する情報を含む。人員に関する情報は、例えば、配置された人数、各人の職種（事務職か技術職か）、勤務年数等の情報等、特徴量として表現されるデータであればなんでもよい。また各ノードにおける従業員の勤務シフトをデータとしてもよい。

[0074] （出力例）

次いで、情報処理装置 1 A の出力の具体例について図面を参照して説明する。情報処理装置 1 A は、一例として、生成した運用計画 O P を入出力部 5 O A に接続されたディスプレイ（図示略）に表示する。

[0075] 図 8 は、運用計画 O P に含まれるポンプの稼働パターンの具体例を示す図である。図 8 の例では、浄水場 F 1 と浄水場 F 2 とにはそれぞれ 2 台のポンプ（ポンプ A、ポンプ B）が設置されている。給水所 S 1 には 1 台のポンプ（ポンプ C）が設置されている。例えば、ポンプ A とポンプ C が小型のポンプであり、ポンプ B が（ポンプ A、ポンプ C よりも）大型のポンプであってもよい。図 8 の例においては、浄水場 F 1 における「パターン 1」は、ポンプ A のみが稼働するパターンを表し、「稼働パターン 2」はポンプ B のみが稼働するパターンを表す。浄水場 F 2 についても同様である。給水所 S 1 における「パターン 1」は、ポンプ C のみが稼働するパターンを表す。

[0076] 情報処理装置 1 A は、図 8 に示すポンプの稼働パターンを時間軸と紐付けて出力することで、運用計画 O P を出力することができる。図 9 は、ポンプの稼働パターンを時間軸と紐付けて出力する表示例を示す図である。図 9 のグラフにおいて、横軸は時間区間を示し、縦軸はポンプの稼働パターンを示す。図 9 のグラフは、時間区間 5 においてポンプの稼働パターンが稼働パターン 2 から稼働パターン 1 に変更される運用計画を表している。

[0077] ＜ダウンサイジングへの応用例＞

本例示的实施形態の適用例として、ダウンサイジングへの応用について説明する。人口減少が予測される地域では、水道設備の効率化が求められる。水道管は定期的に大規模なメンテナンスが必要であり、所有しているだけで

コストがかかる。コストは水道料金に上乗せされ、水道料金が高くなってしまいうという問題がある。そのため、人口減少が予測される地域等において、ダウンサイジングが求められている。

[0078] ダウンサイジングにおいては、将来を予測し、どの施設を残し、どの施設を廃止するのかを考える作業が必要となり大変な労力が必要となる。また、各自治体で水道事業の予算や運営方法は大きく異なっており、従来利用されてきた単純な予測モデルでは対応できないという課題がある。

[0079] ダウンサイジングの適用例として、例えば、（i）ある自治体Aでの運用計画を、水道設備をダウンサイジングした対象自治体Bで運用する例、及び、（i i）自治体Aでのダウンサイジング実行計画から意図を抽出し、対象自治体Bでのダウンサイジング計画を立案する例、が挙げられる。

[0080] この場合、状態データは、一例として、（a）水道インフラの状態を表す指標、（b）配水ネットワーク、ポンプの能力、排水管の状態、（c）各拠点の電圧、水位、圧力、水量、を含む。行動データは、一例として、バルブの開閉、水の引き入れ、ポンプの閾値など、運用ルールに基づいて制御できる変数で表される。

[0081] また、参照データは、一例として、（a）水道管・水質に関する情報、（b）浄水場に関する情報、（c）人口動態、（d）水道局の職員情報、（e）熟練者の行動データ、を含む。ここで、（a）水道管・水質に関する情報は、一例として、水源の水質（ヒ素、鉄、マンガン等が多く含まれると浄水コストがかかる）・数・標高、水道管路の敷設場所、地域ごとの利用者数、水道管路1kmあたりの給水人口等、である。

[0082] （b）浄水場に関する情報は、一例として、浄水場が一日にどれだけの水をつくっているのか、全浄水量に占める割合、年間生産コスト、年間消費電力量等、である。

[0083] （c）人口動態は、一例として、500m四方での人口推移、又は人口推移の予測値である。（d）水道局の職員情報は、一例として、事務職員、技術職員の人数（技能職員、検針職員、嘱託職員を含んでもよい）である。

[0084] (e) 熟練者等の行動データは、一例として、施設の統廃合更新計画（浄水場の数や設置位置）、水道管路 1 k mあたりの給水人口、職員の配置人数、である。行動データは、例えば、A、B、Cという三つの浄水場があったとして、現在の全浄水量に占める割合はA：50%、B：20%、C：30%であったものを、A：30%、B：10%、C：60%に変更する、といった内容を示す。

[0085] (意図抽出結果の利用例)

情報処理装置 1 Aは、複数の意図による統廃合計画を提示してもよい。参照用の配水計画の作成者の意図は、決定部 2 2 Aが決定するコスト関数 c に反映される。すなわち、参照データ R Dが異なる場合、決定部 2 2 Aが決定するコスト関数 c も異なってくる。生成部 1 2 Aは、一例として、複数のコスト関数 c のそれぞれを用いて運用計画 O P（統廃合計画）を生成し、生成した複数の運用計画 O Pをユーザに提示する。また、このとき、生成部 1 2 Aは、それぞれの運用計画 O Pの特徴（各コスト関数 c の重み係数、等）を可視化して提示してもよい。

[0086] また、複数の運用計画 O Pを生成する場合、生成部 1 2 Aは、生成した運用計画 O P毎の料金シミュレータ（例えば、運用計画に対して、老朽水道管更新費、水道施設維持費、人件費、水道収入などを計算し、1000リットルあたりの料金を算出する、等）をユーザに提示してもよい。

[0087] また、生成部 1 2 Aは、家庭用使用水量の推計（人口推移×1家庭あたりの水使用量）と生成した運用計画により供給される水量とを比較可能な表示態様で表示してもよい。

[0088] [ソフトウェアによる実現例]

情報処理装置 1、1 A、2の一部又は全部の機能は、集積回路（ICチップ）等のハードウェアによって実現してもよいし、ソフトウェアによって実現してもよい。

[0089] 後者の場合、情報処理装置 1、1 A、2は、例えば、各機能を実現するソフトウェアであるプログラムの命令を実行するコンピュータによって実現さ

れる。このようなコンピュータの一例（以下、コンピュータCと記載する）を図10に示す。コンピュータCは、少なくとも1つのプロセッサC1と、少なくとも1つのメモリC2と、を備えている。メモリC2には、コンピュータCを情報処理装置1、1A、2として動作させるためのプログラムPが記録されている。コンピュータCにおいて、プロセッサC1は、プログラムPをメモリC2から読み取って実行することにより、情報処理装置1、1A、2の各機能が実現される。

[0090] プロセッサC1としては、例えば、CPU（Central Processing Unit）、GPU（Graphic Processing Unit）、DSP（Digital Signal Processor）、MPU（Micro Processing Unit）、FPU（Floating point number Processing Unit）、PPU（Physics Processing Unit）、マイクロコントローラ、又は、これらの組み合わせなどを用いることができる。メモリC2としては、例えば、フラッシュメモリ、HDD（Hard Disk Drive）、SSD（Solid State Drive）、又は、これらの組み合わせなどを用いることができる。

[0091] なお、コンピュータCは、プログラムPを実行時に展開したり、各種データを一時的に記憶したりするためのRAM（Random Access Memory）を更に備えていてもよい。また、コンピュータCは、他の装置との間でデータを送受信するための通信インタフェースを更に備えていてもよい。また、コンピュータCは、キーボードやマウス、ディスプレイやプリンタなどの入出力機器を接続するための入出力インタフェースを更に備えていてもよい。

[0092] また、プログラムPは、コンピュータCが読み取り可能な、一時的でない有形の記録媒体Mに記録することができる。このような記録媒体Mとしては、例えば、テープ、ディスク、カード、半導体メモリ、又はプログラマブルな論理回路などを用いることができる。コンピュータCは、このような記録媒体Mを介してプログラムPを取得することができる。また、プログラムPは、伝送媒体を介して伝送することができる。このような伝送媒体としては、例えば、通信ネットワーク、又は放送波などを用いることができる。コンピュータCは、このような伝送媒体を介してプログラムPを取得することも

できる。

[0093] 〔付記事項 1〕

本発明は、上述した実施形態に限定されるものでなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能である。例えば、上述した実施形態に開示された技術的手段を適宜組み合わせ得られる実施形態についても、本発明の技術的範囲に含まれる。

[0094] 〔付記事項 2〕

上述した実施形態の一部又は全部は、以下のようにも記載され得る。ただし、本発明は、以下の記載する態様に限定されるものではない。

（付記 1）

対象の配水計画に関する対象データを取得する取得手段と、

参照用の配水計画に関する参照データを用いた逆強化学習によって決定されたコスト関数と、

前記取得手段が取得した対象データと、

を用いた最適化問題を解くことによって前記対象の配水計画に関する運用計画を生成する生成手段と、

を備えている情報処理装置。

[0095] 上記の構成によれば、配水計画に関する運用計画として、より効率のよい運用計画を生成することができる。

[0096] （付記 2）

前記コスト関数は、前記参照データに含まれる各項目に対応する各変数を含む各コスト項を含み、

前記生成手段は、前記コスト関数を用いた最適化問題であって、

前記取得手段が取得した対象データを固定変数とし、

前記コスト関数に含まれる各コスト項が含む変数のうち、前記固定変数以外の変数を操作変数とする

最適化問題を解くことによって前記対象の配水計画に関する運用計画を生成する

付記 1 に記載の情報処理装置。

[0097] 上記の構成によれば、より効率のよい配水計画を生成することができる。

[0098] (付記 3)

前記対象データには、対象となる水道インフラストラクチャの状態を示す情報が含まれている、

付記 1 又は 2 に記載の情報処理装置。

[0099] 上記の構成によれば、水道インフラストラクチャについてより効率のよい運用計画を生成できる。

[0100] (付記 4)

前記対象データには、対象となる水道インフラストラクチャにおけるポンプ、配水網、水道管路、及び需要点の少なくとも何れかに関する情報が含まれている、

付記 3 に記載の情報処理装置。

[0101] 上記の構成によれば、水道インフラストラクチャにおけるポンプ、配水網、水道管路、及び需要点の少なくとも何れかに関して、参照データに関する運用計画の作成者等の意図を反映させた運用計画を生成できる。

[0102] (付記 5)

前記生成手段が生成する前記運用計画には、対象となる水道インフラストラクチャにおけるポンプの稼働パターンに関する情報が含まれる、

付記 3 又は 4 に記載の情報処理装置。

[0103] 上記の構成によれば、より効率のよいポンプの稼働パターンを生成することができる。

[0104] (付記 6)

前記生成手段が生成する前記運用計画には、対象となる水道インフラストラクチャに関わる人員に関する情報が含まれている、

付記 3 から 5 の何れか 1 つに記載の情報処理装置。

[0105] 上記の構成によれば、より効率よく運用可能な、対象となる水道インフラストラクチャに関わる人員に関する情報を生成することができる。

[0106] (付記 7)

前記取得手段は、前記参照データを取得し、

当該情報処理装置は、

前記参照データを参照した逆強化学習によって前記コスト関数を決定する決定手段を更に備えている付記 1 から 6 の何れか 1 つに記載の情報処理装置。

[0107] 上記の構成によれば、配水計画に関する運用計画として、より効率のよい運用計画を生成可能なコスト関数を決定できる。

[0108] (付記 8)

前記参照データには、

参照用の水道インフラストラクチャにおけるポンプ、配水網、水道管路、及び需要点の少なくとも何れかに関する情報、並びに、

前記参照用の水道インフラストラクチャにおけるポンプの稼働パターン、及び人員の少なくとも何れかに関する情報、が含まれている付記 7 に記載の情報処理装置。

[0109] 上記の構成によれば、参照用の水道インフラストラクチャにおけるポンプ、配水網、水道管路、及び需要点の少なくとも何れかに関する情報、並びに、参照用の水道インフラストラクチャにおけるポンプの稼働パターン、及び人員の少なくとも何れかに関する情報に応じた運用計画の作成者の意図を反映させたコスト関数を決定できる。

[0110] (付記 9)

参照用の配水計画に関する参照データを取得する取得手段と、

対象の配水計画に関する運用計画を生成するための最適化問題に用いるコスト関数を、前記参照データを参照した逆強化学習によって決定する決定手段と

を備えている情報処理装置。

[0111] 上記の構成によれば、より効率のよい配水計画を生成可能なコスト関数を決定することができる。

[0112] (付記 10)

対象の配水計画に関する対象データを取得することと、
参照用の配水計画に関する参照データを用いた逆強化学習によって決定されたコスト関数と、
前記取得した対象データと
を用いた最適化問題を解くことによって前記対象の配水計画に関する運用計画を生成することと
を含む情報処理方法。

[0113] 上記の情報処理方法によれば、上述した情報処理装置と同様の効果を奏する。

[0114] (付記 11)

参照用の配水計画に関する参照データを取得することと、
対象の配水計画に関する運用計画を生成するための最適化問題に用いるコスト関数を、前記参照データを参照した逆強化学習によって決定することと
を含む情報処理方法。

[0115] 上記の情報処理方法によれば、上述した情報処理装置と同様の効果を奏する。

[0116] (付記 12)

コンピュータに、
対象の配水計画に関する対象データを取得する取得処理と、
参照用の配水計画に関する参照データを用いた逆強化学習によって決定されたコスト関数と、
前記取得処理において取得した対象データと
を用いた最適化問題を解くことによって前記対象の配水計画に関する運用計画を生成する生成処理と
を実行させるプログラム。

[0117] 上記の構成によれば、上述した情報処理装置と同様の効果を奏する。

[0118] (付記 13)

コンピュータに、
参照用の配水計画に関する参照データを取得する取得処理と、
対象の配水計画に関する運用計画を生成するための最適化問題に用いるコスト関数を、前記参照データを参照した逆強化学習によって決定する決定処理と
を実行させるプログラム。

[0119] 上記の構成によれば、上述した情報処理装置と同様の効果を奏する。

[0120] 〔付記事項3〕

上述した実施形態の一部又は全部は、更に、以下のように表現することもできる。

少なくとも1つのプロセッサを備え、前記プロセッサは、対象の配水計画に関する対象データを取得する取得処理と、参照用の配水計画に関する参照データを用いた逆強化学習によって決定されたコスト関数と、前記取得手段が取得した対象データとを用いた最適化問題を解くことによって前記対象の配水計画に関する運用計画を生成する生成処理とを実行する情報処理装置。

[0121] この情報処理装置は、更にメモリを備えていてもよく、このメモリには、前記取得処理と、前記生成処理とを前記プロセッサに実行させるためのプログラムが記憶されていてもよい。また、このプログラムは、コンピュータ読み取り可能な一時的でない有形の記録媒体に記録されていてもよい。

[0122] また、上述した実施形態の一部又は全部は、更に、以下のように表現することもできる。

少なくとも1つのプロセッサを備え、前記プロセッサは、参照用の配水計画に関する参照データを取得する取得処理と、対象の配水計画に関する運用計画を生成するための最適化問題に用いるコスト関数を、前記参照データを参照した逆強化学習によって決定する決定処理とを実行する情報処理装置。

[0123] この情報処理装置は、更にメモリを備えていてもよく、このメモリには、前記取得処理と、前記決定処理とを前記プロセッサに実行させるためのプログラムが記憶されていてもよい。また、このプログラムは、コンピュータ読

み取り可能な一時的でない有形の記録媒体に記録されていてもよい。

符号の説明

[0124] 1、1 A、2 情報処理装置

S 1 O、S 2 情報処理方法

1 O A 制御部

1 1、2 1 取得部

1 2 生成部

2 O A 記憶部

2 2 決定部

3 O A 通信部

4 O A 入出力部

請求の範囲

- [請求項1] 対象の配水計画に関する対象データを取得する取得手段と、
参照用の配水計画に関する参照データを用いた逆強化学習によって決定されたコスト関数と、
前記取得手段が取得した対象データと
を用いた最適化問題を解くことによって前記対象の配水計画に関する運用計画を生成する生成手段と
を備えている情報処理装置。
- [請求項2] 前記コスト関数は、前記参照データに含まれる各項目に対応する各変数を含む各コスト項を含み、
前記生成手段は、前記コスト関数を用いた最適化問題であって、
前記取得手段が取得した対象データを固定変数とし、
前記コスト関数に含まれる各コスト項が含む変数のうち、前記固定変数以外の変数を操作変数とする
最適化問題を解くことによって前記対象の配水計画に関する運用計画を生成する
請求項1に記載の情報処理装置。
- [請求項3] 前記対象データには、対象となる水道インフラストラクチャの状態を示す情報が含まれている
請求項1又は2に記載の情報処理装置。
- [請求項4] 前記対象データには、対象となる水道インフラストラクチャにおけるポンプ、配水網、水道管路、及び需要点の少なくとも何れかに関する情報が含まれている
請求項3に記載の情報処理装置。
- [請求項5] 前記生成手段が生成する前記運用計画には、対象となる水道インフラストラクチャにおけるポンプの稼働パターンに関する情報が含まれる
請求項3又は4に記載の情報処理装置。

- [請求項6] 前記生成手段が生成する前記運用計画には、対象となる水道インフラストラクチャに関わる人員に関する情報が含まれている
請求項3から5の何れか1項に記載の情報処理装置。
- [請求項7] 前記取得手段は、前記参照データを取得し、
当該情報処理装置は、
前記参照データを参照した逆強化学習によって前記コスト関数を決定する決定手段を更に備えている請求項1から6の何れか1項に記載の情報処理装置。
- [請求項8] 前記参照データには、
参照用の水道インフラストラクチャにおけるポンプ、配水網、水道管路、及び需要点の少なくとも何れかに関する情報、並びに、
前記参照用の水道インフラストラクチャにおけるポンプの稼働パターン、及び人員の少なくとも何れかに関する情報が含まれている請求項7に記載の情報処理装置。
- [請求項9] 参照用の配水計画に関する参照データを取得する取得手段と、
対象の配水計画に関する運用計画を生成するための最適化問題に用いるコスト関数を、前記参照データを参照した逆強化学習によって決定する決定手段と
を備えている情報処理装置。
- [請求項10] 対象の配水計画に関する対象データを取得することと、
参照用の配水計画に関する参照データを用いた逆強化学習によって決定されたコスト関数と、
前記取得した対象データと
を用いた最適化問題を解くことによって前記対象の配水計画に関する運用計画を生成することと
を含む情報処理方法。
- [請求項11] 参照用の配水計画に関する参照データを取得することと、
対象の配水計画に関する運用計画を生成するための最適化問題に用

いるコスト関数を、前記参照データを参照した逆強化学習によって決定することと

を含む情報処理方法。

[請求項12]

コンピュータに、

対象の配水計画に関する対象データを取得する取得処理と、

参照用の配水計画に関する参照データを用いた逆強化学習によって決定されたコスト関数と、

前記取得処理において取得した対象データと

を用いた最適化問題を解くことによって前記対象の配水計画に関する運用計画を生成する生成処理と

を実行させるプログラム。

[請求項13]

コンピュータに、

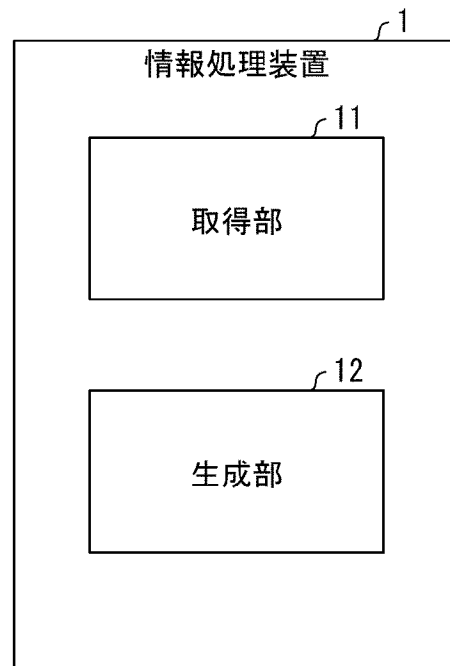
参照用の配水計画に関する参照データを取得する取得処理と、

対象の配水計画に関する運用計画を生成するための最適化問題に用いるコスト関数を、前記参照データを参照した逆強化学習によって決定する決定処理と

を実行させるプログラム。

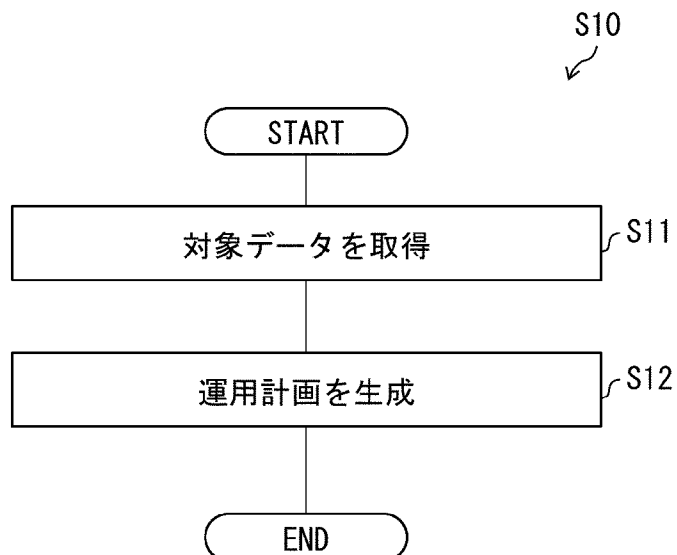
[図1]

図 1



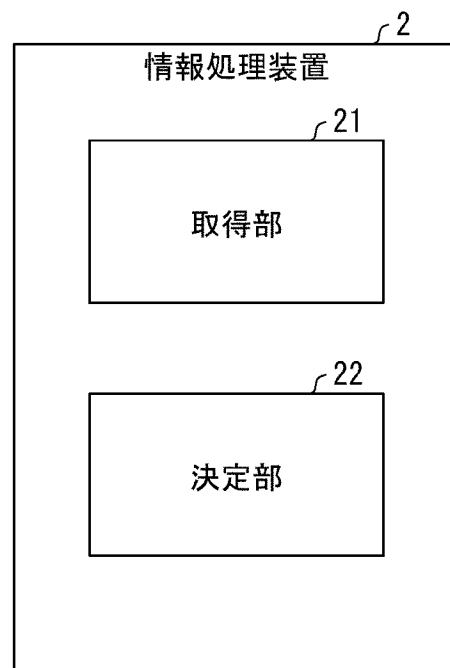
[図2]

図 2



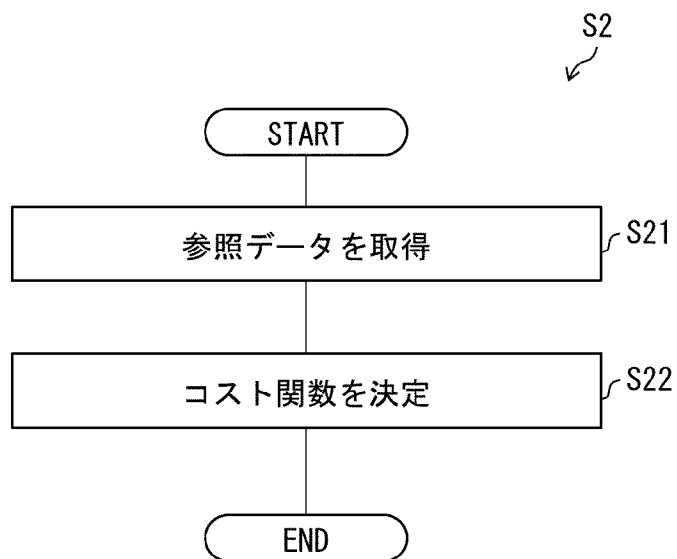
[図3]

図 3



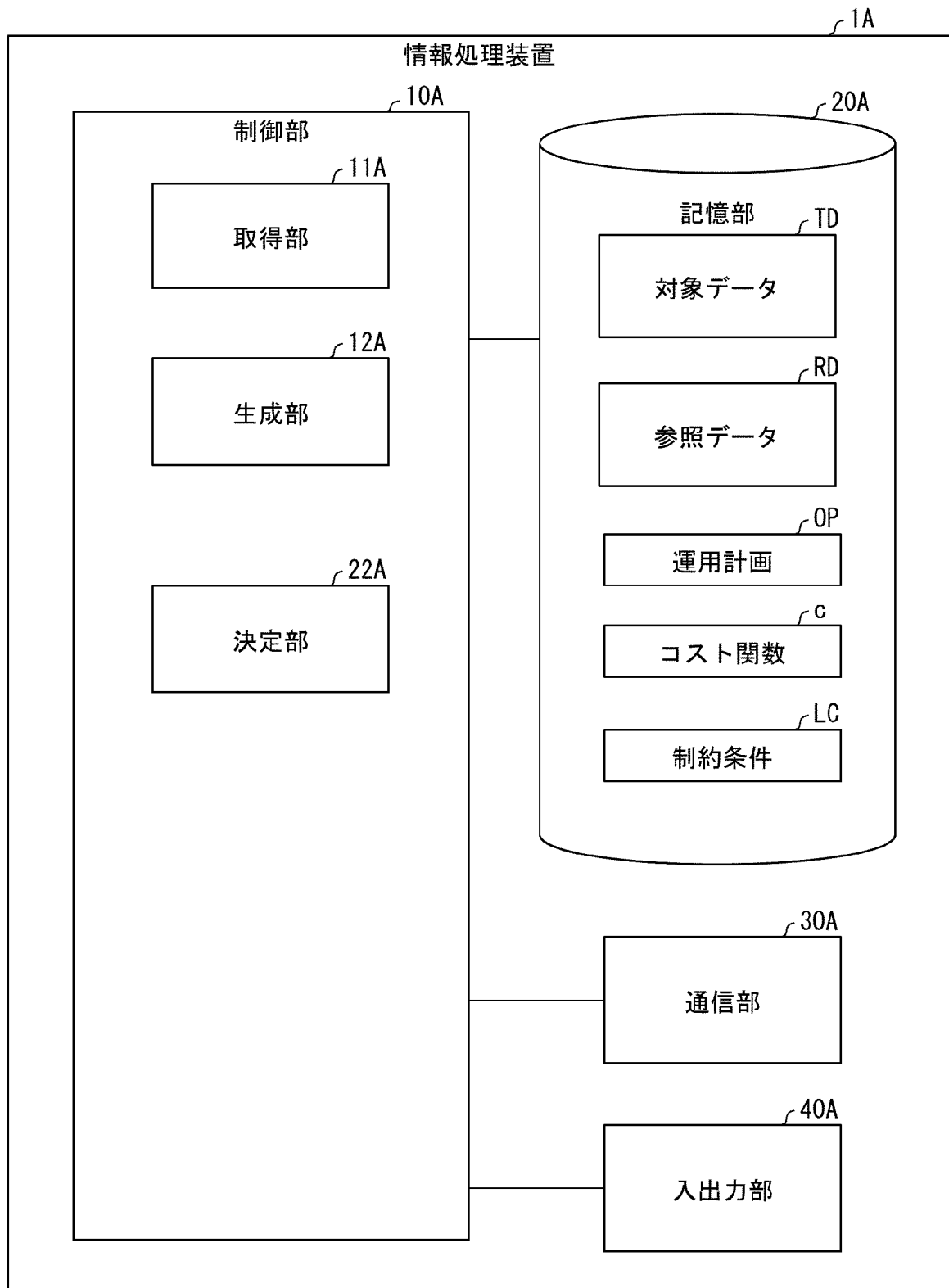
[図4]

図 4



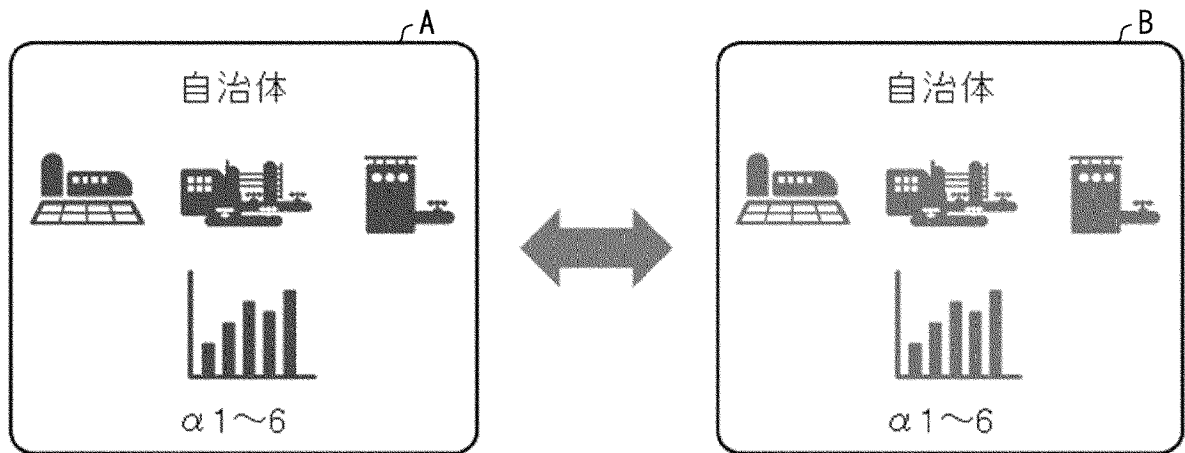
[図5]

図 5



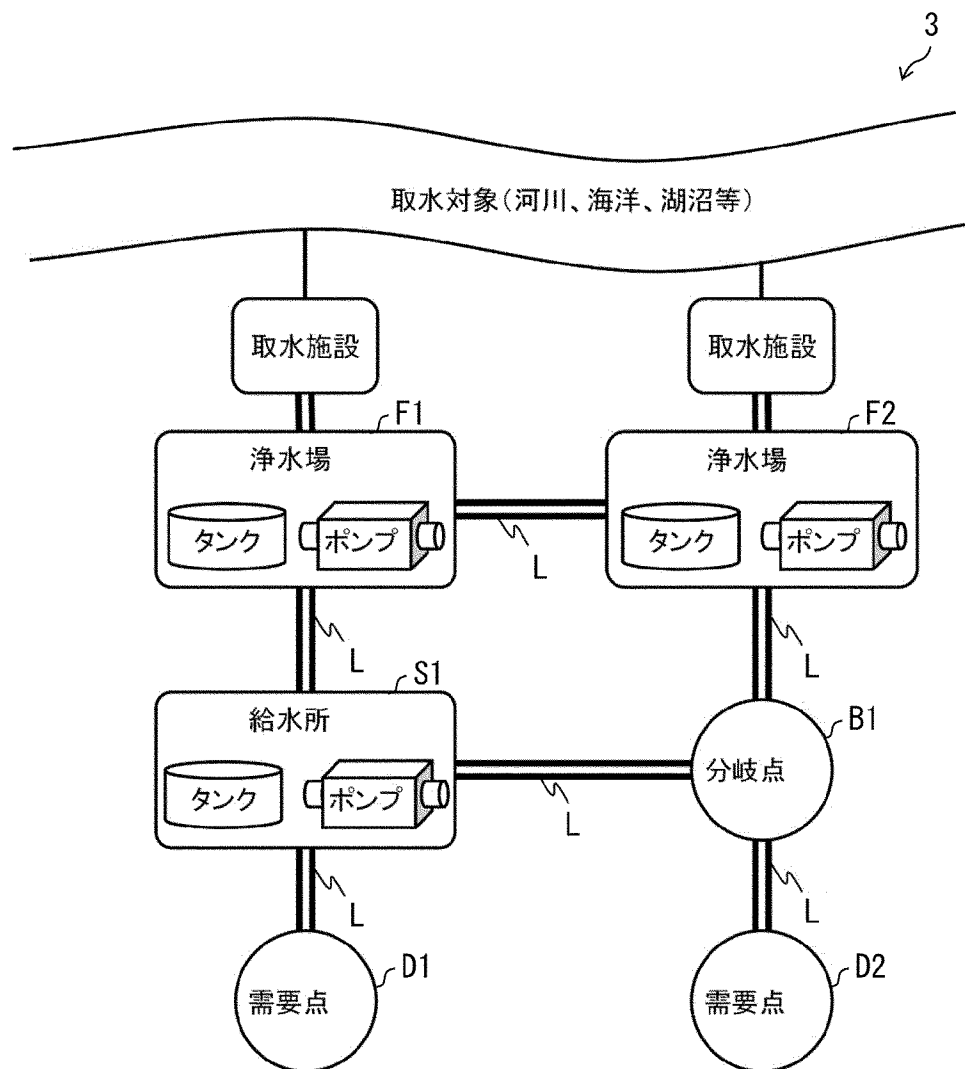
[図6]

図 6



[図7]

図 7



[図8]

図 8

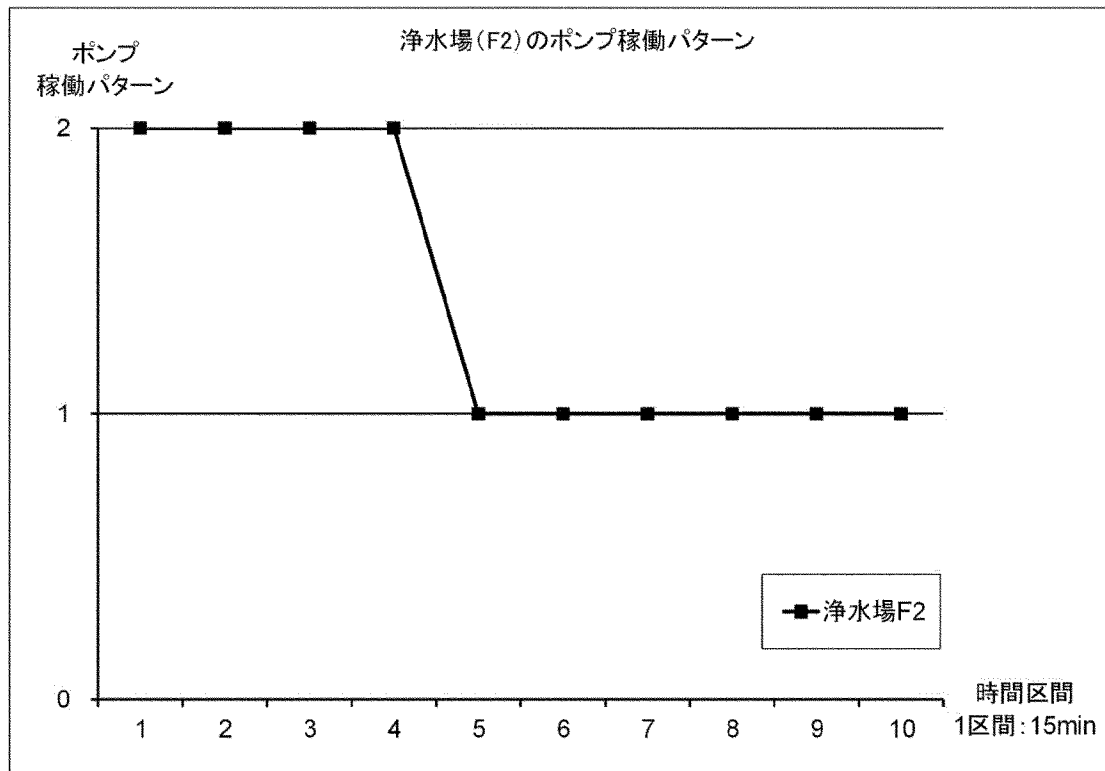
浄水場F1		
稼働パターン	ポンプA	ポンプB
パターン1	1(稼働)	0(停止)
パターン2	0(停止)	1(稼働)

浄水場F2		
稼働パターン	ポンプA	ポンプB
パターン1	1(稼働)	0(停止)
パターン2	0(停止)	1(稼働)

給水所S1	
稼働パターン	ポンプC
パターン1	1

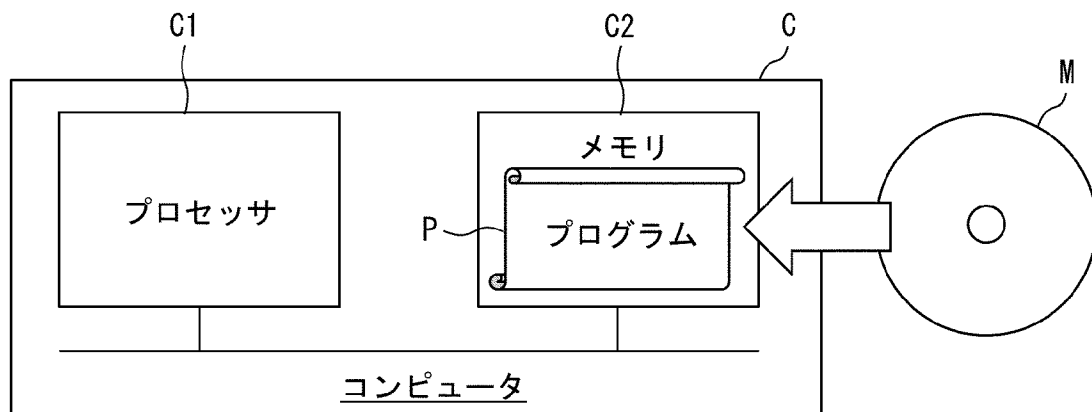
[図9]

図 9



[図10]

図 10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/043618

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G06Q 50/06 (2012.01)i FI: G06Q50/06 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) G06Q50/06 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 2018-185678 A (HITACHI LTD) 22 November 2018 (2018-11-22) paragraphs [0007], [0020], [0036], fig. 3	1, 3-13
A	paragraphs [0007], [0020], [0036], fig. 3	2
Y	内部 英治他, 密度比推定を用いた逆強化学習法, 第 3 2 回日本ロボット学会学術講演会, 日本ロボット学会, 04 September 2014 column "1. Introduction", lines 6-11	1, 3-13
A	column "1. Introduction", lines 6-11, (UCHIBE, Eiji et al.), non-official translation (Inverse reinforcement learning method using density ratio estimation. The 32nd Annual Conference of the RSJ. The Robotics Society of Japan.)	2
Y	大里 虹平他, 模倣学習を用いた動画からの動作獲得, 情報処理学会 研究報告 コンピュータビジョンとイメージメディア, 01 July 2019, 1-4 p. 1, right column, lines 18-21	1, 3-13
A	p. 1, right column, lines 18-21, (OSATO, Kohei et al. IPSJ SIG Technical Report: Computer vision and image media.), non-official translation (Motion acquisition from videos using imitation learning)	2
☒ 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 16 February 2022		Date of mailing of the international search report 01 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

International application No.

PCT/JP2021/043618

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	ドッサ ルスラン フェルナン ジュリアン 他, 強化学習と模倣学習の融合による人間らしいエージェント, 2019年度人工知能学会全国大会 (第 33 回), 01 July 2019, 1-4 p. 2, lines 25-34	1, 3-13
A	p. 2, lines 25-34, (DOSSA, Rousslan Fernand Julien et al. Building a Human-Like Agent Based on a Hybrid of Reinforcement and Imitation Learning. Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019(33rd).)	2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/043618

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2018-185678 A	22 November 2018	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G06Q 50/06(2012.01)i FI: G06Q50/06														
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）） G06Q50/06 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2022年</td> </tr> </table> 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）			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				
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													
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 2018-185678 A（株式会社日立製作所）22.11.2018（2018-11-22） 段落0007, 0020, 0036, 図3	1, 3-13												
A	段落0007, 0020, 0036, 図3	2												
Y	内部 英治他，密度比推定を用いた逆強化学習法，第32回日本ロボット学会学術講演会，日本ロボット学会，2014.09.04 1. はじめに欄 第6-11行	1, 3-13												
A	1. はじめに欄 第6-11行	2												
Y	大里 虹平他，模倣学習を用いた動画からの動作獲得，情報処理学会 研究報告 コンピュータビジョンとイメージメディア，2019.07.01，1-4 第1頁右欄第18-21行	1, 3-13												
A	第1頁右欄第18-21行	2												
Y	ドッサ ルスラン フェルナン ジュリアン 他，強化学習と模倣学習の融合による人間らしいエージェント，2019年度人工知能学会全国大会（第33回），2019.07.01，1-4 第2頁第25-34行	1, 3-13												
A	第2頁第25-34行	2												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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	“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	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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													
“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	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 16.02.2022	国際調査報告の発送日 01.03.2022													
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） 原 忠 5R 5880 電話番号 03-3581-1101 内線 3502													

国際出願番号
PCT/JP2021/043618

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2018-185678 A	22.11.2018	(ファミリーなし)	