

(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24日(24.10.2024)



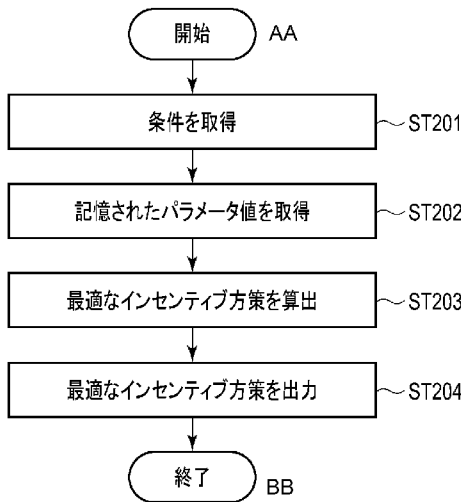
(10) 国際公開番号

WO 2024/218971 A1

- (51) 国際特許分類:
G06Q 10/04 (2023.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/015959
- (22) 国際出願日: 2023年4月21日(21.04.2023)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 金 秀明(KIN, Hideaki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1-1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 倉島 健(KURASHIMA, Takeshi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1-1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 弁理士法人鈴榮特許総合事務所 (SUZUYE & SUZUYE); 〒1050014 東京都港区芝三丁目23番1号 セレスティン芝三井ビルディング11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,

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

(54) 発明の名称: 情報処理装置、情報処理方法、および情報処理プログラム



ST201 Acquire condition
ST202 Acquire stored parameter value
ST203 Calculate optimal incentive policy
ST204 Output optimal incentive policy
AA Start
BB End

(57) Abstract: An information processing device according to one embodiment of the present invention comprises: an acquisition unit that acquires activity history data provided with a series of incentive amounts at observation times for each user and a condition for optimizing an incentive policy; a parameter estimation unit that, on the basis of the activity history data, estimates a parameter value of an activity model for each user, the activity model having, as internal variables, a reference point and self-efficacy varying with time according to the success or failure of each past activity; an optimization unit that calculates an optimal incentive policy for each user on the basis of the estimated parameter value and the condition; and an output unit that outputs the optimal incentive policy.

(57) 要約: 一実施形態に係る情報処理装置は、ユーザ毎の各観測時刻におけるインセンティブ量の系列を備える行動履歴データおよびインセンティブ方を最適化する際の条件を取得する取得部と、行動履歴データに基づいて、過去の行動の成否によって時間と共に変動する自己効力感および参照点を内部変数として有する、ユーザ毎の行動モデルのパラメータ値を推定するパラメータ推定部と、推定されたパラメータ値および条件に基づいてユーザ毎の最適なインセンティブ方を算出する最適化部と、最適なインセンティブ方を出力する出力部と、を備える。

PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,
TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,
IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE,
SN, TD, TG).

添付公開書類 :

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：

情報処理装置、情報処理方法、および情報処理プログラム

技術分野

[0001] この発明は、情報処理装置、情報処理方法、および情報処理プログラムに関する。

背景技術

[0002] ある目標行動の達成において、インセンティブを与え、そのインセンティブによって目標行動を達成させることが考えられる。

[0003] 例えば、非特許文献1では、インセンティブの付与方法によってインセンティブの効果が異なることを開示している。

先行技術文献

非特許文献

[0004] 非特許文献1：Bachireddy Chethan, et al., "Effect of Different Financial Incentive Structures on Promoting Physical Activity Among Adults: A Randomized Clinical Trial", JAMA Network Open, 2(8), pp.1-13, 2019.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 従来技術では毎回（毎日、毎週等）のインセンティブ付与量は一定、単調減少、または単調増加のいずれかが想定されているが、日々変動する人の内部状態に応じてインセンティブの効果も変動すると考えられる。そのため、単純なインセンティブ付与方法では効果的なインセンティブの運用が困難である可能性がある。

[0006] インセンティブによる介入を行う運用者にとって、インセンティブ（例えば現金やクーポン）はコストに直結するため、高い費用対効果、すなわちより少ないインセンティブの下で大きな効果を実現することが望まれる。

[0007] この発明の課題は、上記事情に着目してなされたもので、その目的とする

ところは、個人のインセンティブに対する行動原理に基づいて、その人が目標とする行動を達成するために最も効果的なインセンティブ方策を特定することができる技術を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 上記課題を解決するためにこの発明の一態様は、情報処理装置であって、ユーザ毎の各観測時刻におけるインセンティブ量の系列を備える行動履歴データおよびインセンティブ方策を最適化する際の条件を取得する取得部と、前記行動履歴データに基づいて、過去の行動の成否によって時間と共に変動する自己効力感および参照点を内部変数として有する、前記ユーザ毎の行動モデルのパラメータ値を推定するパラメータ推定部と、前記推定されたパラメータ値および前記条件に基づいて前記ユーザ毎の最適なインセンティブ方策を算出する最適化部と、前記最適なインセンティブ方策を出力する出力部と、を備えるようにしたものである。

発明の効果

[0009] この発明の一態様によれば、個人のインセンティブに対する行動原理に基づいて、その人が目標とする行動を達成するために最も効果的なインセンティブ方策を特定することが可能になる。また、事業者は、費用対効果の高いインセンティブ方策を用いることで、より小さなコストでユーザ毎の目標行動達成を支援することができる。従って、事業者が利益を拡大する、或いはサービスの利用料金を低く設定することが可能になる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、第1の実施形態に係る情報処理装置のハードウェア構成の一例を示すブロック図である。

[図2]図2は、第1の実施形態における情報処理装置のソフトウェア構成を、図1に示したハードウェア構成に関連付けて示すブロック図である。

[図3]図3は、情報処理装置のパラメータ推定動作の一例を示すフローチャートである。

[図4]図4は、情報処理装置の最適なインセンティブ方策を算出する動作の一

例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、図面を参照してこの発明に係る実施形態を説明する。なお、以降、説明済みの要素と同一または類似の要素には同一または類似の符号を付し、重複する説明については基本的に省略する。

[0012] [実施形態]

(構成)

図1は、第1の実施形態に係る情報処理装置1のハードウェア構成の一例を示すブロック図である。

情報処理装置1は、PC (Personal Computer) 等のコンピュータによって実現される。情報処理装置1は、制御部11、入出力インタフェース12、および記憶部13を備える。制御部11、入出力インタフェース12、および記憶部13は、バスを介して互いに通信可能に接続されている。

[0013] 制御部11は、情報処理装置1を制御する。制御部11は、中央処理ユニット (CPU: Central Processing Unit) 等のハードウェアプロセッサを備える。

[0014] 入出力インタフェース12は、入力装置2および出力装置3との間で情報の送受信を可能にするインタフェースである。入出力インタフェース12は、有線または無線の通信インタフェースを備えてもよい。すなわち、情報処理装置1と入力装置2および出力装置3とは、LANやインターネット等のネットワークを経由して情報の送受信を行ってもよい。

[0015] 記憶部13は、記憶媒体である。記憶部13は、例えばHDD (Hard Disk Drive) またはSSD (Solid State Drive) 等の随時書込みおよび読出し可能な不揮発性メモリと、ROM (Read Only Memory) 等の不揮発性メモリと、RAM (Random Access Memory) 等の揮発性メモリとを組み合わせ構成される。記憶部13は、記憶領域に、プログラム記憶領域と、データ記憶領域とを備える。プログラム記憶領域は、OS (Operating System) やミドルウェアに加えて、各種処理を実行するために必要なアプリケーションプログ

ラムを格納する。

[0016] 入力装置 2 は、例えば、情報処理装置 1 の所有者（例えば、割当者、管理者、または監督者等）が情報処理装置 1 に対して指示を入力するためのキーボードやポインティングデバイス等を含む。また、入力装置 2 は、記憶部 1 3 に格納するべきデータを、USBメモリ等のメモリ媒体から読み出すためのリーダや、そのようなデータをディスク媒体から読み出すためのディスク装置を含み得る。さらに入力装置 2 はイメージスキャナを含んでもよい。

[0017] 出力装置 3 は、情報処理装置 1 から所有者に提示するべき出力データを表示するディスプレイや、それを印刷するプリンタ等を含む。また、出力装置 3 は、PC やスマートフォン等の他の情報処理装置 1 に入力するべきデータを、USBメモリ等のメモリ媒体に書き込むためのライタや、そのようなデータをディスク媒体に書き込むためのディスク装置を含み得る。

[0018] 図 2 は、第 1 の実施形態における情報処理装置 1 のソフトウェア構成を、図 1 に示したハードウェア構成に関連付けて示すブロック図である。

記憶部 1 3 は、取得データ記憶部 1 3 1、パラメータ記憶部 1 3 2、および最適化インセンティブ方策記憶部 1 3 3 を備える。

[0019] 取得データ記憶部 1 3 1 は、制御部 1 1 の後述する取得部 1 1 1 によって取得される各種データを記憶する。取得データ記憶部 1 3 1 に記憶されるデータは、行動履歴データおよび条件等を外部から入力装置 2 を介して取り込むことによって取得されたものであってもよいし、制御部 1 1 によって生成されたデータを含んでもよい。なお、行動履歴データおよび条件は、後述する。

[0020] パラメータ記憶部 1 3 2 は、後述するパラメータ推定部 1 1 2 によって推定された行動モデルのパラメータ値を記憶する。なお、行動モデルおよび行動モデルのパラメータ値は、後述する。

[0021] 最適化インセンティブ方策記憶部 1 3 3 は、後述する最適化部 1 1 3 によって算出された最適なインセンティブ方策を記憶する。なお、最適なインセンティブ方策は、後述する。

- [0022] 制御部 1 1 は、取得部 1 1 1、パラメータ推定部 1 1 2、最適化部 1 1 3、および出力制御部 1 1 4 を備える。これらの機能部は、記憶部 1 3 に格納されているアプリケーションプログラムを上記ハードウェアプロセッサが実行することにより実現される。
- [0023] 取得部 1 1 1 は、必要なデータを取得し、取得データ記憶部 1 3 1 に記憶させる。取得部 1 1 1 は、行動履歴データ取得部 1 1 1 1 および条件取得部 1 1 1 2 を含む。
- [0024] 行動履歴データ取得部 1 1 1 1 は、入出力インタフェース 1 2 を介して、入力装置 2 からユーザ毎の行動履歴データを取得し、取得した行動履歴データを取得データ記憶部 1 3 1 に記憶させる。行動履歴データ取得部 1 1 1 1 は、一人のユーザの行動履歴データを別々に取得しても良いし、複数のユーザの行動履歴を互いに区別可能な形態で一度に取得するものであっても良い。また、行動履歴データ取得部 1 1 1 1 は、行動履歴データを取得したことを示す信号をパラメータ推定部 1 1 2 に出力しても良い。なお、取得した行動履歴データの詳細は、後述する。
- [0025] 条件取得部 1 1 1 2 は、入出力インタフェース 1 2 を介して、入力装置 2 からユーザ毎の条件を取得し、取得した条件を取得データ記憶部 1 3 1 に記憶させる。条件取得部 1 1 1 2 においても、一人のユーザについての条件を別々に取得しても良いし、複数のユーザについての条件を互いに区別可能な形態で一度に取得するものであっても良い。また、条件取得部 1 1 1 2 は、条件を取得したことを示す信号を最適化部 1 1 3 に出力してもよい。なお、取得した条件の詳細は、後述する。
- [0026] パラメータ推定部 1 1 2 は、取得データ記憶部 1 3 1 に記憶された行動履歴データに基づいて、インセンティブ量を入力、目標行動に対する達成度を出力とする数理モデル（行動モデル）のパラメータ値をユーザ毎に推定する。ここで、行動モデルは、内部変数として自己効力感および参照点を有する。さらにパラメータ推定部 1 1 2 は、推定されたパラメータ値をパラメータ記憶部 1 3 2 に記憶させる。ここで、インセンティブ量、目標行動、行動モ

デル、自己効力感、および参照点の詳細は、後述する。

[0027] 最適化部 1 1 3 は、パラメータ推定部 1 1 2 で推定されたパラメータ値および取得データ記憶部 1 3 1 に記憶された条件に基づいて、最適なインセンティブ方策を算出する。ここで、インセンティブ方策とは、時刻、時刻における自己効力感、参照点、インセンティブ方策に使用可能な総予算のうちの残予算、および説明変数を入力とし、次回に提示するインセンティブ量を出力とする関数である。最適化部 1 1 3 は、この最適なインセンティブ方策の算出を、ユーザ毎に行う。また、最適化部 1 1 3 は、算出された最適なインセンティブ方策を最適化インセンティブ方策記憶部 1 3 3 に記憶させる。ここで、最適なインセンティブ方策の算出方法、および説明変数の詳細は、後述する。

[0028] 出力制御部 1 1 4 は、任意のユーザについて、当該ユーザの行動履歴データに基づいてパラメータ値の推定が行われた後、条件を入力装置 2 から取得することに対応して、最適化インセンティブ方策記憶部 1 3 3 に記憶された最適なインセンティブ方策を、入出力インタフェース 1 2 を介して出力装置 3 に出力する。また、出力制御部 1 1 4 は、任意のユーザについてのパラメータ値および条件に基づいて最適なインセンティブ方策が算出された後、情報処理装置 1 のユーザの操作に対応して、最適化インセンティブ方策記憶部 1 3 3 に記憶された任意のユーザについての最適なインセンティブ方策を、入出力インタフェース 1 2 を介して出力装置 3 に出力しても良い。

[0029] (パラメータ推定動作)

最初に、最適なインセンティブ方策を決定するために使用するパラメータを推定する動作について説明する。

[0030] 図 3 は、情報処理装置 1 のパラメータ推定動作の一例を示すフローチャートである。

情報処理装置 1 の制御部 1 1 が記憶部 1 3 に記憶されたプログラムを読み出して実行することにより、このフローチャートの動作が実現される。

[0031] 動作は、任意のタイミングで開始されて良い。例えば、一定時間毎に自動

的に開始されても良いし、情報処理装置 1 の所有者の操作をトリガとして開始されても良い。

[0032] ステップ S T 1 0 1 において、行動履歴データ取得部 1 1 1 1 は、入出力インタフェース 1 2 を介して、入力装置 2 から行動履歴データを取得する。例えば、ユーザが入力装置 2 に行動履歴データを入力しても良い。或いは、行動履歴データ取得部 1 1 1 1 は、入出力インタフェース 1 2 を介して、外部のサーバ等に記憶された行動履歴データを取得しても良い。そして、行動履歴データ取得部 1 1 1 1 は、取得した行動履歴データを取得データ記憶部 1 3 1 に記憶させる。また、行動履歴データ取得部 1 1 1 1 は、行動履歴データを取得したことを示す信号をパラメータ推定部 1 1 2 に出力して良い。或いは、行動履歴データ取得部 1 1 1 1 が行動履歴データをパラメータ推定部 1 1 2 に出力してもよい。

[0033] ここで、行動履歴データは、ユーザ毎の各観測時刻における各種情報を含む。例えば、行動履歴データは、ユーザ ID（以下では、 u と表記する）、ユーザの総数（以下では、 U と表記する）、ユーザ u の目標とする行動（目標行動）の期間の長さ（以下では、 T^u と表記する）、ユーザ u の各観測時刻における目標行動の観測値の系列（以下では、

[数1]

$$\{y_t^u\} \equiv (y_1^u, y_2^u, \dots, y_{T^u}^u)$$

と表記する)、ユーザ u の各観測時刻において提示されたインセンティブ量の系列（以下では、

[数2]

$$\{a_t^u\} \equiv (a_1^u, a_2^u, \dots, a_{T^u}^u)$$

と表記する)、ユーザ u の各観測時刻における説明変数の系列（以下では、

[数3]

$$\{e_t^u\} \equiv (e_1^u, e_2^u, \dots, e_{T^u}^u)$$

と表記)、から構成される。ここで、目標行動の観測値 $\{y_t^u\}$ は、目標とする行動の成否を評価した数値であり、0（失敗）または 1（成功）を取る

ものとする。さらに、説明変数 $\{e^{u_t}\}$ は、曜日、天候等であり、インセンティブ以外のユーザの目標行動に影響を与え得る情報である。インセンティブ量 $\{a^{u_t}\}$ は、例えば、金銭またはポイント等であって良い。また、行動履歴データは、例えば、センサ等を含む行動観測装置等を用いてユーザ毎の上述の情報を取得した結果のデータであって良い。

[0034] 本実施形態では、インセンティブの効果において参照点効果を考慮する。ここで、参照点効果とは、あるインセンティブ量（価格やポイント数等）が目標行動達成の対価として提示されるとき、過去に獲得したインセンティブ量が通常より少ない場合はその効果が相対的に強くなる一方、過去に獲得したインセンティブ量が通常より多い場合はその効果が相対的に弱くなる現象である。

[0035] また、参照点は、過去に獲得したインセンティブ量によって形成されたインセンティブ量に対する心理的な基準点であり、過去に通常より多くインセンティブ量を獲得した場合は高い基準点が形成される一方、過去に通常より少ない量のインセンティブ量を獲得した場合は低い基準点が形成される。

[0036] なお、参照点は、過去に獲得したインセンティブ量だけでなく、過去に提示されたインセンティブ量によって形成されても良い。また、参照点と過去に獲得、或いは提示されたインセンティブ量の具体的な関係性は、過去のインセンティブ量の平均値、中央値、重み付け平均値、最大値、最小値、等の関係性を想定して良い。

[0037] ステップS T 1 0 2で、パラメータ推定部1 1 2は、パラメータ値を推定する。行動履歴データ取得部1 1 1 1から行動履歴データを取得したことを示す信号を受信すると、パラメータ推定部1 1 2は、取得データ記憶部1 3 1に記憶された行動履歴データを取得する。また、行動履歴データ取得部1 1 1 1から直接行動履歴データを受信した場合、パラメータ推定部1 1 2は、受信した行動履歴データを使用しても良い。そして、パラメータ推定部1 1 2は、行動履歴データに含まれるインセンティブ量を入力、目標行動に対する達成度を出力とする行動モデルのパラメータ値をユーザu毎に推定する

。

[0038] 行動モデルは、内部変数として自己効力感（以下では、 x^u_t と表記する）および参照点（以下では、 r^u_t と表記する）を有する。自己効力感は、社会認知理論で人間行動の先行要因として提唱されているものであり、達成経験、すなわち過去の目標を達成した経験により高まることが知られている。そして、自己効力感は、過去の行動の成否によって時間と共に変動するものとして、次の方程式に従うとする。

[0039] [数4]

$$x_{t+1}^u = (1 - \beta^u)x_t^u + \beta^u y_t^u \quad (1)$$

[0040] ここで、 β^u は、忘却率を表す。忘却率は、例えば、一度記憶したものが時間の経過と共にどの程度記憶しておけるかを示す値である。式（1）において、次の観測時刻での自己効力感は、今の観測時刻との間隔が近ければ大きく、また、目標行動を達成（成功）していればそれを加味する式である。

[0041] 参照点が過去に提示されたインセンティブ量に応じて時間とともに変動するものとする場合、参照点は、次の方程式に従うとする。

[0042] [数5]

$$r_{t+1}^u = (1 - \gamma^u)r_t^u + \gamma^u(y_t^u \cdot a_t^u). \quad (2-1)$$

[0043] ここで、 γ^u は、忘却率を表す。

[0044] 或いは、参照点が過去に提示されたインセンティブ量に応じて時間とともに変動するものとする場合、参照点は、次の方程式に従うとする。

[0045] [数6]

$$r_{t+1}^u = (1 - \gamma^u)r_t^u + \gamma^u a_t^u. \quad (2-2)$$

[0046] 目標行動の成否の確率を決める内部変数（以下では、 m^u_t と表記する）をモチベーションと称することになると、モチベーションは、自己効力感、提示されるインセンティブ量および説明変数により決定されるものとして、以下のように表すことができる。

[0047] [数7]

$$m_t^u = x_t^u + h(a_t^u | r_t^u, \theta_h^u) + g(e_t^u | \theta_g^u). \quad (3)$$

[0048] ここで、 $h(a_t^u | r_t^u, \theta_h^u)$ は、ユーザ u のインセンティブ量に対する感度を表す関数であり、パラメータ値 θ_h^u を有する。インセンティブ量に対する感度は、参照点 r_t^u に依存し、次のような例が挙げられる。

[0049] [数8]

$$h(a_t^u | r_t^u, \theta_h^u = (h_0, h_1, \varepsilon, \mu)) = \begin{cases} (h_0 - h_1) + h_1(a_t^u - r_t^u)^\varepsilon & a_t^u \geq r_t^u \\ h_0 e^{\mu(a_t^u - r_t^u)} & a_t^u < r_t^u \end{cases} \quad (4)$$

[0050] h_0 、 h_1 、 ε 、 μ はそれぞれ任意の正の実数値であり、行動履歴データから推定されるものである。式 (4) では、参照点とインセンティブ量の大小によりインセンティブ量に対する感度の関数形が非対称に異なっているが、これはプロスペクト理論における利得と損失に対する価値関数の非対称性（人の意思決定は利得よりも損失に強く影響される、損失回避と呼ばれる心理的効果）を反映したものになっている。ただし、インセンティブ量に対する感度の関数形は式 (4) に限るものではない。

[0051] また、 $g(e_t^u | \theta_e^u)$ は、ユーザ u の説明変数に対する影響度を表す関数であり、パラメータ値 θ_e^u を有する。モチベーションに基づいて、ユーザ毎の時刻 t における目標行動の観測値 y_t^u が以下の二項分布 $P(y_t^u)$ から確率的に生成されると仮定する。

[0052] [数9]

$$P(y_t^u) = \sigma(m_t^u | \theta_\sigma^u)^{y_t^u} (1 - \sigma(m_t^u | \theta_\sigma^u))^{1 - y_t^u} \quad (5)$$

[0053] ここで、 $\sigma(\cdot | \theta_\sigma^u)$ は、以下の条件を満たす非負関数であり、パラメータ値 θ_σ^u を有する。

[0054] [数10]

$$0 < \sigma(\cdot | \theta_\sigma^u) < 1. \quad (6)$$

[0055] 以上で定義される行動モデルは、以下で示されるユーザ固有のパラメータ値（以下では、 θ^u と表記する）

[数11]

$$\theta^u = (\beta^u, \gamma^u, \theta_h^u, \theta_e^u, \theta_\sigma^u), \quad (7)$$

を有し、このパラメータ値は、パラメータ推定部 112 により、以下の式で

示される最尤推定法に基づいて推定される。

[0056] [数12]

$$\hat{\theta}^u = \arg \max_{\theta^u} L^u(\theta^u), \quad L^u(\theta^u) = \prod_{t=0}^{T^u} P(y_t^u). \quad (8)$$

[0057] すなわち、パラメータ推定部112は、行動履歴データに基づいてユーザ毎の行動モデルのパラメータ値 θ^u を推定する。

[0058] ステップST103で、パラメータ推定部112は、推定されたパラメータ値をパラメータ記憶部132に記憶させる。

[0059] (最適なインセンティブ方策算出動作)

次に、最適なインセンティブ方策を算出する動作について説明する。

[0060] 図4は、情報処理装置1の最適なインセンティブ方策を算出する動作の一例を示すフローチャートである。

情報処理装置1の制御部11が記憶部13に記憶されたプログラムを読み出して実行することにより、このフローチャートの動作が実現される。

[0061] 動作は、任意のタイミングで開始されて良い。例えば、一定時間毎に自動的に開始されても良いし、情報処理装置1の所有者の操作をトリガとして開始されても良い。或いは、当該動作は、上述したパラメータ値を推定した後実行されても良い。

[0062] ステップST201で、条件取得部1112は、入出力インタフェース12を介して、入力装置2から条件を取得する。例えば、ユーザが入力装置2に条件を入力しても良い。或いは、行動履歴データ取得部1111は、入出力インタフェース12を介して、外部のサーバ等に記憶された条件を取得しても良い。そして、条件取得部1112は、取得した条件を取得データ記憶部131に記憶させる。また、条件取得部1112は、条件を取得したことを示す信号を最適化部113に出力して良い。或いは、条件取得部1112が条件を最適化部113に出力してもよい。

[0063] 条件は、対象期間の長さ（以下では、 M と表記する）、対象期間におけるインセンティブのために使用する総予算（以下では、 B と表記する）、対象期間における説明変数の系列（以下では、

[数13]

$$\{e_t^u\} \equiv (e_1^u, e_2^u, \dots, e_{2^u}^u)$$

と表記する)、インセンティブ方策の最適性を評価するための目的関数(以下では、 Z と表記する)から構成される。ここで、目的関数の期待値を最大化させるインセンティブ方策を最適なインセンティブ方策と定義する。目的関数 Z は、例えば、対象期間における目標行動の総成功回数

[数14]

$$Z = \sum_{t=1}^T y_t^u$$

、総成功回数と支払った総インセンティブ量の重み付けの和

[数15]

$$Z = \sum_{t=1}^T y_t^u (1 - c a_t^u)$$

等であって良い。ここで、 c は、重みである。また、目的関数 Z は、上述した例に限られないのは勿論である。

[0064] ステップS T 2 0 2で、最適化部1 1 3は、パラメータ記憶部1 3 2に記憶されたパラメータ値を取得する。条件を取得したことを示す信号を受信した最適化部1 1 3は、パラメータ記憶部1 3 2に記憶されたパラメータ値を取得する。さらに最適化部1 1 3は、取得データ記憶部1 3 1に記憶された条件を取得する。また、条件取得部1 1 1 2から直接条件を受信した場合、最適化部1 1 3は、受信した条件を使用しても良い。

[0065] ステップS T 2 0 3で、最適化部1 1 3は、最適なインセンティブ方策を算出する。最適化部1 1 3は、各ユーザ $u \in \{1, 2, \dots, U\}$ に対して、強化学習理論に基づいた最適なインセンティブ方策を算出する。ここで、インセンティブ方策は、時刻 t 、時刻 t における自己効力感 x_t^u 、参照点 r_t^u 、時刻 t における総予算のうち使用可能な残予算(以下で、 b_t^u と表記する)、および時刻 t における説明変数 e_t^u を入力とし、時刻 t に提示するインセンティブ量 a_t^u を出力する関数 f^u で定義され、以下の式で表される。

[0066] [数16]

$$a_t^u = f^u(t, x_t^u, r_t^u, b_t^u, e_t^u), \quad (9)$$

[0067] さらに、最適なインセンティブ方策は、上述したように目的関数 Z の期待値を最大にする方策であり、以下の式で表される。

[0068] [数17]

$$f^{u*} = \arg \max_{f^u} E[Z], \tag{10}$$

[0069] ここで、 $E[\cdot]$ は、期待値を表す。図3を参照しながら説明したステップ S T 1 0 2 で説明した行動モデルの下で、時刻 t での状態 V^u_t を

[数18]

$$V^u_t = (t, x^u_t, r^u_t, b^u_t, e^u_t, y^u_t)$$

と定義すると、状態 V^u_t は、以下のようなマルコフ決定過程（以下では、MDPと表記する）に従う。ここで、時刻 t での状態 V^u_t は、自己効力感、参照点、残予算、説明変数、行動の観測値を関数として有する。

- ・時刻 t において、インセンティブ量 a^u_t を提示した際の目標行動の観測値 y^u_t が式 (3) に従って確率的に生成される。ここで、インセンティブ量 a^u_t が取り得る値は、残予算 b^u_t 以下であるとする：

- ・目標行動の観測値 y^u_t 生成後、時刻 t から時刻 (t + 1) への状態遷移が確率 1 で実行される：

[数19]

$$\begin{aligned} t &\rightarrow t + 1 \\ e^u_t &\rightarrow e^u_{t+1} \\ x^u_t &\rightarrow (1 - \beta^u)x^u_t + \beta^u y^u_t \\ r^u_t &\rightarrow (1 - \gamma^u)r^u_t + \gamma^u (y^u_t \cdot a^u_t) \\ b^u_t &\rightarrow b^u_t - y^u_t a^u_t \end{aligned} \tag{11}$$

ただし、式 (11) は、参照点が式 (2-1) に従う場合である。ここで、式 (11) において、参照点が式 (2-2) に従っても良いのは勿論である。MDPにおいて、目的関数 Z の期待値を最大化させる方策は、例えば、ベルマン最適方程式を解くことにより得られる。例えば、式 (10) を満たすインセンティブ方策 f^* もベルマン最適方程式を解くことで得ることができる。ここで、ベルマン最適方程式を解く手法は、例えば、ニューラルネットワークを用いたDeep Q Network 等であって良い。このニューラルネットワークを用いたDeep Q Networkは、例えば、非特許文献「Volodymyr Mnih et al.

, “Playing Atari with Deep Reinforcement Learning”, arXiv, 2013」等に記載されている。

[0070] 最適化されたインセンティブ方策 f^{u*} は、例えば、Deep Q Networkを用いてベルマン最適方程式を解いた場合、ニューラルネットワークにより近似された行動価値関数

[数20]

$$Q(V_t^u, a_t^u)$$

を用いて

[数21]

$$f^{u*} = \arg \max_{a_t^u} Q(V_t^u, a_t^u) \quad (12)$$

で与えられる。最適化部 113 は、算出された最適なインセンティブ方策を最適化インセンティブ方策記憶部 133 に記憶させる。また、最適化部 113 は、出力制御部 114 に最適なインセンティブ方策が最適化インセンティブ方策記憶部 133 に記憶されたことを示す信号を出力して良い。或いは、最適化部 113 は、出力制御部 114 に直接最適なインセンティブ方策を出力しても良い。

[0071] ステップ S T 204 で、出力制御部 114 は、最適なインセンティブ方策を出力する。最適化部 113 から最適なインセンティブ方策が最適化インセンティブ方策記憶部 133 に記憶されたことを示す信号を受信すると、出力制御部 114 は、最適なインセンティブ方策 f^{u*} を最適化インセンティブ方策記憶部 133 から取得する。或いは、最適化部 113 から最適なインセンティブ方策 f^{u*} を直接受信した場合、出力制御部 114 は、受信した最適なインセンティブ方策を利用して良い。そして、出力制御部 114 は、入出力インタフェース 12 を介して、出力装置 3 に最適なインセンティブ方策 f^{u*} を出力する。ここで、式 (10) で示されるように出力装置 3 に出力される最適なインセンティブ方策 f^{u*} は、ニューラルネットワークモデルのパラメータ値となる。

[0072] このようにして、行動履歴データおよび条件を入力装置 2 に入力すること

により、ユーザは、最適なインセンティブ方策 f_{u^*} を出力装置 3 から取得することができる。

[0073] (作用効果)

実施形態によれば、自己効力感と、過去に獲得したインセンティブ量によって形成されたインセンティブ量に対する心理的な基準点（参照点）を内部変数として有する行動モデルのパラメータを観測データから推定する。これにより、目標行動を達成するために最も費用対効果の高いインセンティブ方策を個人毎に特定することが可能になる。また、事業者は、費用対効果の高いインセンティブ方策を用いることで、より小さなコストでユーザ毎の目標行動達成を支援することができる。従って、事業者が利益を拡大する、或いはサービスの利用料金を低く設定することができる。

[0074] [他の実施形態]

なお、この発明は上記実施形態に限定されるものではない。例えば、本発明では、Deep Q Networkを用いてベルマン最適方程式を解く例を示したが、これに限られない。例えば、多層パーセプトロンによる近似によってベルマン最適方程式を解くようにしても良い。すなわち、ベルマン最適方程式を解く方法は、一般的な方法を適用することができる。

[0075] また、前記実施形態に記載した手法は、計算機（コンピュータ）に実行させることができるプログラム（ソフトウェア手段）として、例えば磁気ディスク（フロッピー（登録商標）ディスク、ハードディスク等）、光ディスク（CD-ROM、DVD、MO等）、半導体メモリ（ROM、RAM、フラッシュメモリ等）等の記憶媒体に格納し、また通信媒体により伝送して頒布することもできる。なお、媒体側に格納されるプログラムには、計算機に実行させるソフトウェア手段（実行プログラムのみならずテーブル、データ構造も含む）を計算機内に構成させる設定プログラムをも含む。本装置を実現する計算機は、記憶媒体に記憶されたプログラムを読み込み、また場合により設定プログラムによりソフトウェア手段を構築し、このソフトウェア手段によって動作が制御されることにより上述した処理を実行する。なお、本明

細書で言う記憶媒体は、頒布用に限らず、計算機内部或いはネットワークを介して接続される機器に設けられた磁気ディスク、半導体メモリ等の記憶媒体を含むものである。

[0076] 要するに、この発明は上記実施形態に限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で種々に変形することが可能である。また、各実施形態は可能な限り適宜組み合わせ実施してもよく、その場合組み合わせた効果が得られる。さらに、上記実施形態には種々の段階の発明が含まれており、開示される複数の構成要件における適当な組み合わせにより種々の発明が抽出され得る。

符号の説明

- [0077] 1 …情報処理装置
- 1 1 …制御部
 - 1 1 1 …取得部
 - 1 1 1 1 …行動履歴データ取得部
 - 1 1 1 2 …条件取得部
 - 1 1 2 …パラメータ推定部
 - 1 1 3 …最適化部
 - 1 1 4 …出力制御部
 - 1 2 …入出力インタフェース
 - 1 3 …記憶部
 - 1 3 1 …取得データ記憶部
 - 1 3 2 …パラメータ記憶部
 - 1 3 3 …最適化インセンティブ方策記憶部
 - 2 …入力装置
 - 3 …出力装置

請求の範囲

- [請求項1] ユーザ毎の各観測時刻におけるインセンティブ量の系列を備える行動履歴データおよびインセンティブ方策を最適化する際の条件を取得する取得部と、
- 前記行動履歴データに基づいて、過去の行動の成否によって時間と共に変動する自己効力感および参照点を内部変数として有する、前記ユーザ毎の行動モデルのパラメータ値を推定するパラメータ推定部と、
- 前記推定されたパラメータ値および前記条件に基づいて前記ユーザ毎の最適なインセンティブ方策を算出する最適化部と、
- 前記最適なインセンティブ方策を出力する出力部と、
- を備える情報処理装置。
- [請求項2] 前記パラメータ推定部は、前記インセンティブ量の系列を入力とし、前記ユーザ毎の目標とする行動に対する達成度を出力とする、前記ユーザ毎の行動モデルのパラメータ値を推定し、前記参照点は、過去に獲得したインセンティブ量に応じて時間とともに変動する、請求項1に記載の情報処理装置。
- [請求項3] 前記パラメータ推定部は、前記インセンティブ量の系列を入力とし、前記ユーザ毎の目標とする行動に対する達成度を出力とする、前記ユーザ毎の行動モデルのパラメータ値を推定し、前記参照点は、過去に提示されたインセンティブ量に応じて時間とともに変動する、請求項1に記載の情報処理装置。
- [請求項4] 前記行動履歴データは、前記ユーザ毎の各観測時刻の目標とする行動の成否を評価した目標行動の観測値、前記ユーザ毎の各観測時刻における前記目標とする行動に影響を与える情報である説明変数をさらに備え、
- 前記ユーザ毎の前記行動モデルは、目標行動の成否を決定するモチベーションを前記内部変数としてさらに備え、前記モチベーションは

、前記自己効力感、前記参照点に依存するインセンティブ量に対する感度を表す関数、および前記説明変数に対する影響度を表す関数により決定される、請求項1に記載の情報処理装置。

[請求項5] 前記参照点に依存するインセンティブ量に対する感度を表す関数は、前記参照点および前記インセンティブ量の大小により、前記インセンティブ量に対する感度の関数形が異なる関数である、請求項4に記載の情報処理装置。

[請求項6] 前記条件は、対象期間の長さ、前記対象期間においてインセンティブのために使用する総予算、前記対象期間における前記説明変数の系列、インセンティブ方策の最適性を評価する目的関数を備え、前記インセンティブ方策は、時刻、前記時刻における前記自己効力感、前記参照点、インセンティブ方策に使用可能な前記総予算のうちの残予算、および前記説明変数を入力とし、前記時刻に提示するインセンティブ量を出力する関数であり、前記最適なインセンティブ方策は、前記目的関数の期待値を最大化させるインセンティブ方策である、請求項4に記載の情報処理装置。

[請求項7] プロセッサを備える情報処理装置が実行する情報処理方法であって、

ユーザ毎の各観測時刻におけるインセンティブ量の系列を備える行動履歴データおよびインセンティブ方策を最適化する際の条件を取得することと、

前記行動履歴データに基づいて、過去の行動の成否によって時間と共に変動する自己効力感および参照点を内部変数として有する、前記ユーザ毎の行動モデルのパラメータ値を推定することと、

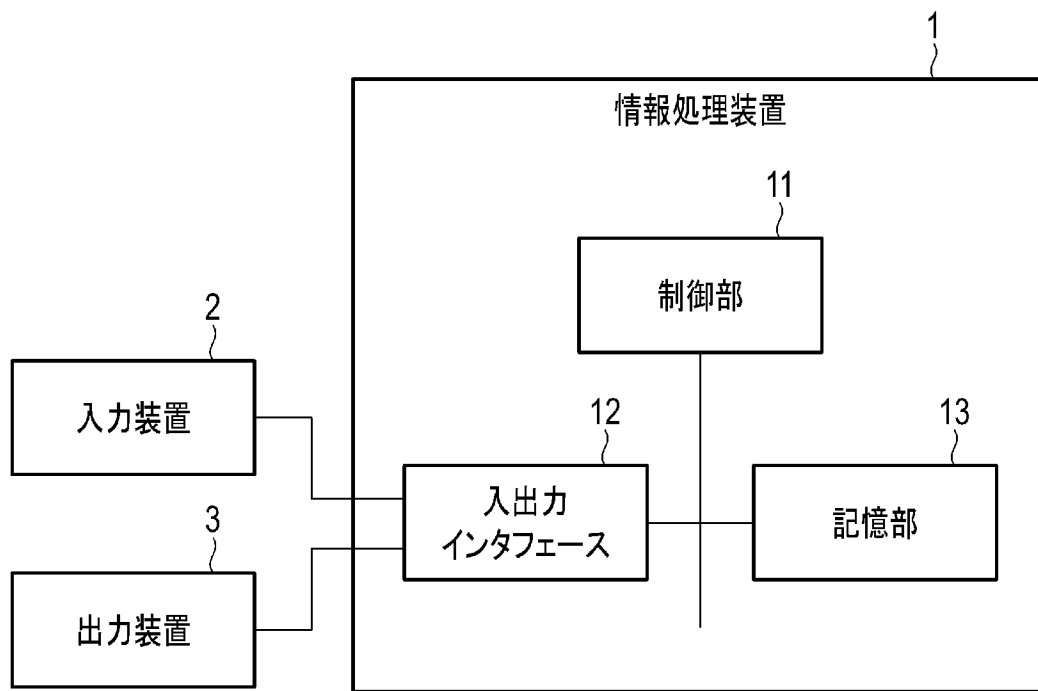
前記推定されたパラメータ値および前記条件に基づいて前記ユーザ毎の最適なインセンティブ方策を算出することと、

前記最適なインセンティブ方策を出力することと、

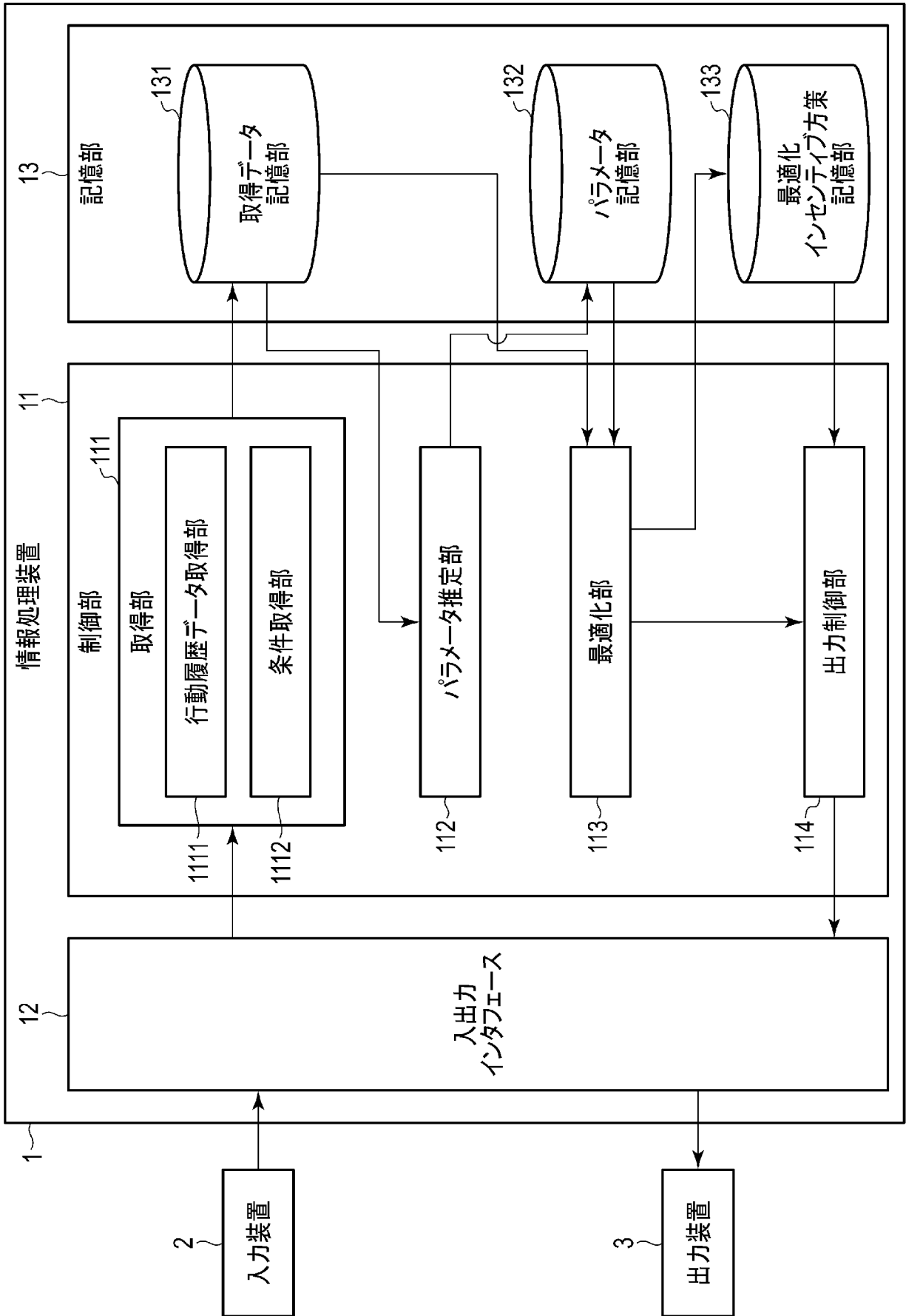
を備える情報処理方法。

- [請求項8] 情報処理装置のプロセッサによって実行させるための命令を備える情報処理プログラムであって、前記命令は、
- ユーザ毎の各観測時刻におけるインセンティブ量の系列を備える行動履歴データおよびインセンティブ方策を最適化する際の条件を取得することと、
- 前記行動履歴データに基づいて、過去の行動の成否によって時間と共に変動する自己効力感および参照点を内部変数として有する、前記ユーザ毎の行動モデルのパラメータ値を推定することと、
- 前記推定されたパラメータ値および前記条件に基づいて前記ユーザ毎の最適なインセンティブ方策を算出することと、
- 前記最適なインセンティブ方策を出力することと、
- を備える情報処理プログラム。

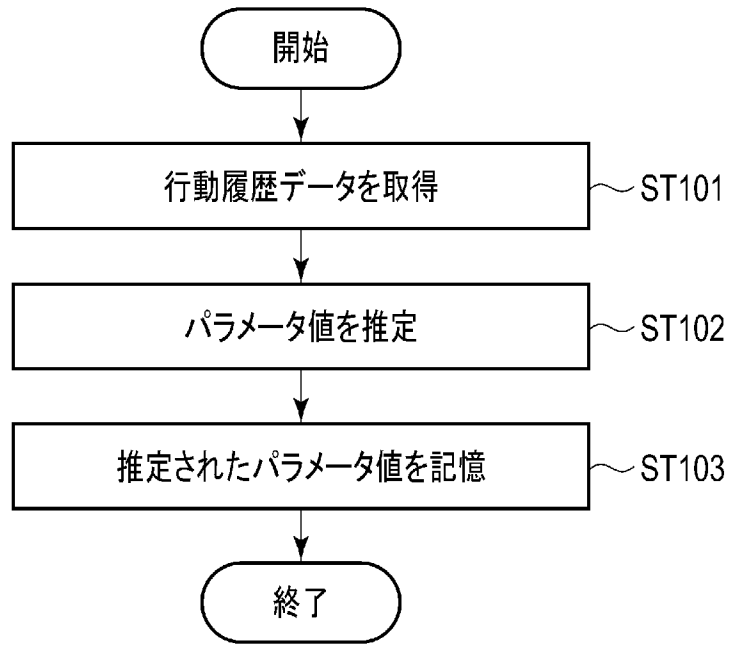
[図1]



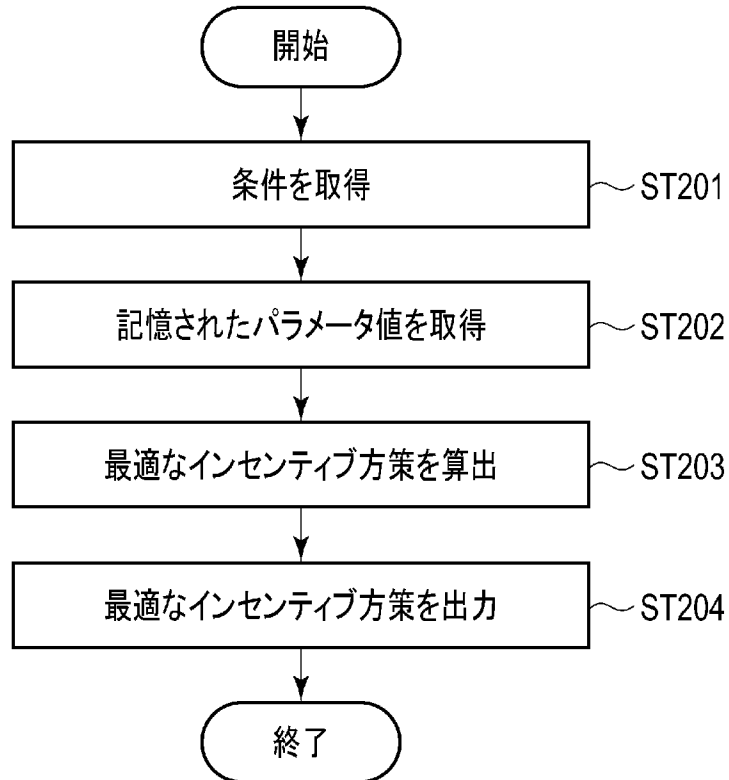
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/015959

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
G06Q 10/04(2023.01)i FI: G06Q10/04		
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) G06Q10/00-99/00		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2022/239178 A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 17 November 2022 (2022-11-17) paragraphs [0010]-[0048]	1-3, 7-8
A		4-6
Y	JP 2022-163957 A (K THREE INC.) 27 October 2022 (2022-10-27) paragraphs [0001], [0019]-[0033]	1-3, 7-8
A		4-6
Y	US 2017/0206337 A1 (CONDUENT BUSINESS SERVICES, LLC) 20 July 2017 (2017-07-20) paragraphs [0020]-[0040]	1-3, 7-8
A		4-6
A	WO 2023/042382 A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 23 March 2023 (2023-03-23) paragraphs [0007]-[0073]	1-8
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 28 June 2023		Date of mailing of the international search report 11 July 2023
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/015959

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2022/239178 A1	17 November 2022	(Family: none)	
JP 2022-163957 A	27 October 2022	(Family: none)	
US 2017/0206337 A1	20 July 2017	(Family: none)	
WO 2023/042382 A1	23 March 2023	(Family: none)	
JP 2019-191984 A	31 October 2019	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G06Q 10/04(2023.01)i FI: G06Q10/04		
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）） G06Q10/00-99/00 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	WO 2022/239178 A1（日本電信電話株式会社）17.11.2022（2022-11-17） 段落[0010]-[0048]	1-3, 7-8 4-6
Y A	JP 2022-163957 A（ケイシー株式会社）27.10.2022（2022-10-27） 段落[0001], [0019]-[0033]	1-3, 7-8 4-6
Y A	US 2017/0206337 A1（CONDUENT BUSINESS SERVICES, LLC）20.07.2017（2017-07-20） 段落[0020]-[0040]	1-3, 7-8 4-6
A	WO 2023/042382 A1（日本電信電話株式会社）23.03.2023（2023-03-23） 段落[0007]-[0073]	1-8
A	JP 2019-191984 A（ヤフー株式会社）31.10.2019（2019-10-31） 段落[0052]-[0103]	1-8
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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 28.06.2023		国際調査報告の発送日 11.07.2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 阿部 潤 5L 4173 電話番号 03-3581-1101 内線 3502

国際調査報告
特許ファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/015959

引用文献	公表日	特許ファミリー文献	公表日
WO 2022/239178 A1	17.11.2022	(ファミリーなし)	
JP 2022-163957 A	27.10.2022	(ファミリーなし)	
US 2017/0206337 A1	20.07.2017	(ファミリーなし)	
WO 2023/042382 A1	23.03.2023	(ファミリーなし)	
JP 2019-191984 A	31.10.2019	(ファミリーなし)	