(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11月7日(07.11.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/228243 A1

(51) 国際特許分類:
G06N 20/20 (2019.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/017066

(22) 国際出願日： 2023年5月1日(01.05.2023)

(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: 竹村 慧(**TAKEMURA, Kei**); 〒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). 佐久間 啓太(**SAKUMA, Keita**); 〒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 HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK (**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).

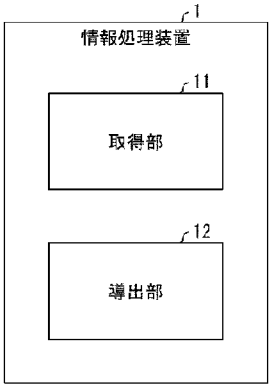
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, 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.

WO 2024/228243 A1

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

(54) 発明の名称： 情報処理装置、情報処理方法、情報処理システム、及びプログラム

図１



1 Information processing device
11 Acquisition unit
12 Derivation unit

(57) **Abstract:** In order to be able to provide optimization technology referencing output values from a plurality of models while suppressing calculation costs, this information processing device (1) comprises: an acquisition means (11) for acquiring output values obtained from each of a plurality of models and loss values corresponding to each output value; a derivation means (12) for deriving a decision-making result according to each prediction value acquired by the acquisition means and the reliability of each expert; and an updating means (12) for updating the reliability for each model by referring to each loss value acquired by the acquisition means. The updating means initializes, at mutually different timings, the reliability of each of a plurality of models constituting at least a part of the plurality of models.

(57) 要約：計算コストを抑制しつつ、複数のモデルからの出力値を参照した最適化技術を提供することができるように、情報処理装置（１）は、複数のモデルの各々から得られる出力値と、各出力値に対応する損失値とを取得する取得手段（１１）と、前記取得手段が取得した各予測値と、各エキスパートの信頼度とに応じて意思決定結果を導出する導出手段（１２）と、前記取得手段が取得した各損失値を参照して、各モデルに関する前記信頼度を更新する更新手段（１２）とを備え、前記更新手段は、前記複数のモデルの少なくとも一部を構成する複数のモデルの各々の信頼度を、互いに異なるタイミングで初期化する。

［続葉有］

(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、情報処理システム、及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、情報処理装置、情報処理方法、情報処理システム、及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 需要量又は供給量等に関する予測（意思決定結果）を導出し、導出した予測の実行結果を観測し、当該観測結果に基づき更なる予測を導出するというプロセスを逐次的に繰り返す逐次的意思決定技術が知られている。

[0003] 例えば、特許文献１には、建物内の交通需要を予測する技術において、特徴量データベースに含まれる異なるデータを参照して交通需要のカテゴリーを予測して予測値を生成する複数のエキスパートを含み、前記予測値のうちの１つを予測結果として採用する構成が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０１４－１７２７１８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献１のように、複数のエキスパートからの予測値を参照した予測技術は、変化する環境に好適に適合しつつ予測を行うことができるというメリットがある一方で、計算量、計算時間、及びメモリ容量等の計算コストの増大が問題になっていた。

[0006] 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、計算コストを抑制しつつ、複数のエキスパート（モデル）からの出力値を参照した最適化技術を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一態様に係る情報処理装置は、複数のモデルの各々から得られる出力値と各出力値に対応する損失値とを取得する取得手段と、前記取得手段が取得した各出力値と各モデルの信頼度とに応じて最適解を導出する導出手段と、前記取得手段が取得した各損失値を参照して、各モデルに関する前記信頼度を更新する更新手段とを備え、前記更新手段は、前記複数のモデルの少なくとも一部を構成する複数のモデルの各々の信頼度を、互いに異なるタイミングで初期化する。

[0008] 本発明の一態様に係る情報処理方法は、情報処理装置が、複数のモデルの各々から得られる出力値と各出力値に対応する損失値とを取得することと、前記取得した各出力値と各モデルの信頼度とに応じて最適解を導出することと、前記取得した各損失値を参照して、各モデルに関する前記信頼度を更新することとを含み、前記更新する工程では、前記複数のモデルの少なくとも一部を構成する複数のモデルの各々の信頼度を、互いに異なるタイミングで初期化する。

[0009] 本発明の一態様に係る情報処理プログラムは、コンピュータを情報処理装置として機能させるプログラムであって、前記プログラムは、前記コンピュータに、複数のモデルの各々から得られる出力値と各出力値に対応する損失値とを取得することと、前記取得した各出力値と各モデルの信頼度とに応じて最適解を導出することと、前記取得した各損失値を参照して、各モデルに関する前記信頼度を更新することとを実行させ、前記更新する工程では、前記複数のモデルの少なくとも一部を構成する複数のモデルの各々の信頼度を、互いに異なるタイミングで初期化する。

[0010] 本発明の一態様に係る情報処理システムは、情報処理装置と、端末装置とを含む情報処理システムであって、前記情報処理装置は、複数のモデルの各々から得られる出力値と各出力値に対応する損失値とを取得する取得手段と、前記取得手段が取得した各出力値と各モデルの信頼度とに応じて最適解を導出する導出手段と、前記取得手段が取得した各損失値を参照して、各モデ

ルに関する前記信頼度を更新する更新手段とを備え、前記更新手段は、前記複数のモデルの少なくとも一部を構成する複数のモデルの各々の信頼度を、互いに異なるタイミングで初期化し、前記端末装置は、前記情報処理装置が導出した最適解を実行する実行手段と、前記最適解を実行することによって得られる損失値を取得する損失値取得手段とを備えている。

発明の効果

[0011] 本発明の一態様によれば、計算コストを抑制しつつ、複数のエキスパートからの出力値を参照した最適化技術を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]例示的実施形態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]例示的実施形態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]例示的実施形態１に係る情報処理装置による処理を説明するための図である。

[図4]例示的実施形態１に係る情報処理システムの構成を示すブロック図である。

[図5]例示的実施形態１に係る情報処理システムによる処理の流れを示すフロー図である。

[図6]例示的実施形態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7]例示的実施形態２に係る情報処理装置による処理を説明するための図である。

[図8]例示的実施形態２の適用例に係る情報処理装置による処理を説明するための図である。

[図9]例示的実施形態２の適用例に係る情報処理装置が参照する情報の例を示す図である。

[図10]各例示的実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

[0013] 〔例示的実施形態１〕

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

[0014] ＜情報処理装置１の概要＞

本例示的実施形態に係る情報処理装置１は、複数のエキスパートの各々から予測値を取得し、取得した複数の予測値を用いて意思決定を行う情報処理装置である。また、本例示的実施形態に係る情報処理装置１は、予測値の取得と、意思決定とを逐次的に行う。例えば、ラウンドｔにおいて、エキスパート１から予測値Ｐ１ｔを取得し、エキスパート２から予測値Ｐ２ｔを取得し、取得した予測値Ｐ１ｔとＰ２ｔとを参照して、当該ラウンドｔにおける意思決定結果（ｔ）を導出する。そして、情報処理装置１は、意思決定のためのパラメータを更新し、次のラウンドにおける予測値を取得し、当該次のラウンドにおける意思決定結果を導出するという処理を行う。なお、ｔは繰り返し回数を表現するインデックスであり、タイミングを示すインデックスと解釈することもできる。

[0015] 本例示的実施形態において、「エキスパート」とは、具体的には、予測値を出力する予測値導出装置のようにハードウェアであってもよいし、予測値を出力する予測値導出アルゴリズムのようにソフトウェアであってもよいし、予測値を何らかの手法で出力する生体（例えば人）であってもよい。また、本例示的実施形態に係る情報処理装置１は、「エキスパート」を含む構成であってもよいし、外部の「エキスパート」から予測値を取得する構成であってもよい。なお、「エキスパート」は「モデル」、「エージェント」とも呼ばれる。

[0016] また、本例示的実施形態において「予測値」とは、例えば、需要や供給に関する予測値であってもよいし、その他の事例（事象）に関連した予測値であってもよい。例えば、本例示的実施形態における「予測値」は、情報処理装置１が参照する何らかのパラメータに関する予測値であってもよい。本例示的実施形態に係る情報処理装置１は、対象となる事象に関し、複数のエキスパートの各々からの予測値を参照して意思決定を行うプロセス全般に適用

することができる。

なお、本例示的実施形態においては、エキスパートの出力値が「予測値」である場合を説明するが、エキスパートの出力値は必ずしも予測値に限定されない。エキスパートの出力値は、後述する損失を定義できるものならどのような値でもよい。例えば、エキスパートの出力値は生成モデルや制御モデルによる出力であってもよい。

[0017] また、本例示的実施形態において、「意思」とは、対象の事象に関する何らかの情報のことを指し、生体（人）が有する意思に限定的に解釈されるものではない。例えば、対象の商品に関する需要を予測するという適用シーンにおいて、将来の需要量に関する予測値は、本例示的実施形態に係る情報処理装置１が決定した「意思」、又は情報処理装置１が導出した「意思決定結果」の一例である。本例示的実施形態に係る情報処理装置１は、意思決定装置、または意思決定結果導出装置などと表現することもできる。なお、「意思決定結果」は、「最適化解」、「最適化結果」とも呼ばれる。

[0018] また、本例示的実施形態では、複数のエキスパートの各々が提供する予測値に対応して、損失値が提供される。例えば、エキスパート１が提供する予測値Ｐ１に対応して損失値Ｌ１が提供され、エキスパート２が提供する予測値Ｐ２に対応して損失値Ｌ２が提供される。エキスパートが提供する各予測値及び当該各予測値に対応する損失値は、情報処理装置１によって取得され、意思決定処理又は他の情報処理において参照される。

[0019] 本例示的実施形態において、損失値は、一例として予測値と観測値（実測値）との相違として表現することができるが、これは本例示的実施形態を限定するものではない。損失値は、予測値と他の所定値との相違であってもよい。また、損失値は、損失に関する推定値であってもよい。また、「損失値」との文言は、「報酬」という概念を含み得る。例えば、損失値は、報酬値の符号を反転させたもの（報酬値に負の定数を乗じたもの）として表現することもできる。したがって、本例示的実施形態に係る損失値を報酬値と読み替えてもよい。損失値を算出するために参照される情報、及び損失値を算出

するための具体的なアルゴリズムは本例示的実施形態を限定するものではない。

[0020] ＜情報処理装置１の構成＞

続いて、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。図１に示すように、情報処理装置１は、取得部１１、及び導出部１２を備える。

[0021] （取得部１１）

取得部１１は、複数のエキスパートの各々から得られる予測値と、各予測値に対応する損失値とを取得する。ここで、「予測値」とは、上述したように、例えば、需要や供給に関する予測値であってもよいし、その他の事例（事象）に関連した予測値であってもよい。また、「予測値」は、情報処理装置１が参照する何らかのパラメータに関する予測値であってもよい。

[0022] また、「各予測値に対応する損失値」とは、それぞれの予測値に対して情報処理的に何らかの関連性を有する損失値のことを指す。例えば、損失値Ｌ１は、

・予測値Ｐ１と観測値との相違

を示すものであってもよいし、

・予測値Ｐ１を参照した意思決定処理によって導出された意思決定結果と観測値との相違

を示すものであってもよい。また、上述したように、損失値との概念は報酬値との概念を含み得る。

[0023] 取得部１１は、予測値と損失値とを同一の取得元から取得してもよいし、別々の取得元から取得してもよい。また、取得部１１は、逐次的な意思決定処理において、ラウンド毎に、当該ラウンドにおける予測値と損失値とを取得する構成とすることができるが、これは本例示的実施形態を限定するものではない。

[0024] （導出部１２）

導出部１２は、

・取得部１１が取得した各予測値と、各エキスパートの信頼度とに応じて意思決定結果を導出する処理、及び、

・取得部１１が取得した各損失値を参照して、各エキスパートに関する信頼度を更新する処理

を行う。

[0025] ここで、信頼度とは、各エキスパートによる予測値を、意思決定処理においてどの程度反映するかを示す指標である。信頼度は、一例として、各エキスパートによる予測値に演算される相対的な重みとして表現することができるが、これは本例示的実施形態を限定するものではない。

[0026] また、導出部１２は、前記複数のエキスパートの少なくとも一部を構成する複数のエキスパートの各々の信頼度を、互いに異なるタイミングでリセットする。例えば、取得部１１が、エキスパート１の予測値Ｐ１、エキスパート２の予測値Ｐ２、及びエキスパート３の予測値Ｐ３を取得する状況において、導出部１２は、エキスパート１の信頼度ｗ１とエキスパート２の信頼度ｗ２とを、それぞれ異なるタイミング（ラウンド）でリセットする。ここで、「リセット」とは、一例として対象の信頼度を０に設定する処理のことを指すが、これは本例示的実施形態を限定するものではない。「リセット」は。対象の信頼度を所定の値に設定する処理であればよい。なお、「リセット」は「初期化」とも呼ぶ。また、本実施形態に係る導出部１２は、特許請求の範囲における「導出手段」及び「更新手段」の一例である。

[0027] 以上のように、本例示的実施形態に係る情報処理装置１は、複数のエキスパート（モデル）の各々が提供する予測値（出力値）と、各エキスパート（モデル）の信頼度とに応じて意思決定結果（最適解）を導出し、前記複数のエキスパート（モデル）の少なくとも一部を構成する複数のエキスパート（モデル）の各々の信頼度を、互いに異なるタイミング（ラウンド）でリセットする。このように、本例示的実施形態に係る情報処理装置１は、前記複数のエキスパート（モデル）の少なくとも一部を構成する複数のエキスパート（モデル）の各々の信頼度を、互いに異なるタイミングでリセットするので

、意思決定結果（最適解）の精度の低下を抑制しつつ、計算コストの増大を抑制することができる。

[0028] ＜情報処理方法Ｓ１の流れ＞

続いて、本例示的実施形態１に係る情報処理方法Ｓ１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Ｓ１の流れを示すフロー図である。

[0029] （ステップＳ１１）

ステップＳ１１において、取得部１１は、複数のエキスパートの各々から得られる予測値と、各予測値に対応する損失値とを取得する。

[0030] （ステップＳ１２）

ステップＳ１２において、導出部１２は、

・取得部１１が取得した各予測値と、各エキスパートの信頼度とに応じて意思決定結果を導出する処理、及び、

・取得部１１が取得した各損失値を参照して、各エキスパートに関する信頼度を更新する処理

を行う。

[0031] また、ステップＳ１２において、導出部１２は、前記複数のエキスパートの少なくとも一部を構成する複数のエキスパートの各々の信頼度を、互いに異なるタイミングでリセットする。

[0032] 換言すれば、導出部１２は、あるラウンドにおけるステップＳ１２において、あるエキスパートの信頼度をリセットし、他のラウンドにおけるステップＳ１２において、他のエキスパートの信頼度をリセットする。

[0033] 情報処理装置１は、あるラウンドにおけるステップＳ１１及びステップＳ１２の処理を行ったうえで、次のラウンドにおけるステップＳ１１及びステップＳ１２の処理を行う。

[0034] 図３は、本例示的実施形態に係る情報処理方法Ｓ１による逐次的意思決定処理を模式的に説明するための図である。図３に示すように、情報処理装置１は、あるラウンドにおいて、各エキスパートに対応付けられた予測値と損

失値とを、複数のエキスパートについて取得する。そして、取得した各予測値と各損失値とを参照して意思決定結果を導出する。そして、導出された意思決定結果が実行されることにより、次のラウンドに対応する損失値が得られる。当該損失値と、当該損失値に対応する予測値とが情報処理装置１に提供され、当該次のラウンドにおける意思決定処理において参照される。このようにして、情報処理装置１は、意思決定結果の導出を逐次的に行う。

[0035] 以上のように、本例示的実施形態に係る情報処理方法Ｓ１においては、複数のエキスパート（モデル）の各々が提供する予測値（出力値）と、各エキスパート（モデル）の信頼度とに応じて意思決定結果（最適解）を導出し、前記複数のエキスパート（モデル）の少なくとも一部を構成する複数のエキスパート（モデル）の各々の信頼度を、互いに異なるタイミング（ラウンド）でリセットする。このように、本例示的実施形態に係る情報処理装置１は、前記複数のエキスパート（モデル）の少なくとも一部を構成する複数のエキスパート（モデル）の各々の信頼度を、互いに異なるタイミングでリセットするので、意思決定結果（最適解）の精度の低下を抑制しつつ、計算コストの増大を抑制することができる。

[0036] ＜情報処理システム１００の構成＞

続いて、本例示的実施形態に係る情報処理システム１００の構成について図４を参照して説明する。図４は、情報処理システム１００の構成を示すブロック図である。図４に示すように、情報処理装置１００は、互いに通信可能に接続された情報処理装置１と端末装置２とを備えている。情報処理装置１が備える各構成については上述したためここでは説明を省略する。

[0037] （端末装置２）

図４に示すように、端末装置２は、実行部２１と、損失値取得部２２とを備えている。実行部２１は、情報処理装置１が導出した意思決定結果、又は当該意思決定結果に対応する処理を実行する。一例として、意思決定結果が、商品Ａに関する本日の需要としてＸ個を予測するものである場合、実行部２１は、商品ＡについてＸ個の発注を行う。

[0038] 損失値取得部２２は、情報処理装置１が参照した複数のエキスパートの予測値の各々に対応する損失値を取得する。一例として、損失値取得部２２は、

・エキスパート１が提供する予測値Ｐ１であって、商品Ａに関する本日の需要の予測値Ｐ１と本日の商品Ａの販売個数との差を損失Ｌ１として取得し、

・エキスパート２が提供する予測値Ｐ２であって、商品Ａに関する本日の需要の予測値Ｐ２と本日の商品Ａの販売個数との差を損失Ｌ１として取得する。

[0039] 取得された損失値は、情報処理装置１において、次のラウンド（本例の場合、明日）における各エキスパートの信頼度の更新処理において参照される。

[0040] ＜情報処理方法Ｓ１００の流れ＞

続いて、本例示的実施形態１に係る情報処理方法Ｓ１００の流れについて、図５を参照して説明する。図５は、情報処理システム１００が実行する情報処理方法Ｓ１００の流れを示すフロー図である。

[0041] （ステップＳ１１－１、Ｓ１２－１）

図４に示すように、ステップＳ１１－１において、取得部１１は、複数のエキスパートの各々から得られる当該ラウンド（ラウンドｔ＝１）に関する予測値と、各予測値に対応する損失値とを取得する。

[0042] ステップＳ１２－１において、導出部１２は、

・取得部１１がステップＳ１１－１で取得した各予測値と、各エキスパートの信頼度とに応じて意思決定結果を導出する処理、及び、

・取得部１１がステップＳ１２－１で取得した各損失値を参照して、各エキスパートに関する信頼度を更新する処理

を行う。ステップＳ１２－１において導出された意思決定結果は、端末装置２に提供される。

[0043] また、ステップＳ１２－１において、導出部１２は、前記複数のエキスパートの少なくとも一部を構成する複数のエキスパートの各々の信頼度を、互

いに異なるタイミングでリセットする。

[0044] 換言すれば、導出部１２は、当該ラウンドにおけるステップＳ１２－１において、あるエキスパート（例えばエキスパート１）の信頼度をリセットし、他のエキスパート（例えばエキスパート２、３）の信頼度はリセットしない。

[0045] （ステップＳ２１－１、Ｓ２２－１）

ステップＳ２１－１において、端末装置２の実行部２１は、ステップＳ１２－１において決定された意思決定結果、又は当該意思決定結果に対応する処理を実行する。ステップＳ２２－１において、端末装置２の損失値取得部２２は、当該実行の結果として得られる損失値を取得し、情報処理装置１に提供する。

[0046] （ステップＳ１１－２、Ｓ１２－２）

ステップＳ１１－２において、取得部１１は、複数のエキスパートの各々から得られる当該ラウンド（ラウンドｔ＝２）に関する予測値と、各予測値に対応する損失値とを取得する。ここで、当該各予測値は、一例として、ステップＳ２２－１において損失値取得部２２が取得した損失値である。

[0047] ステップＳ１２－２において、導出部１２は、

・取得部１１がステップＳ１１－２で取得した各予測値と、各エキスパートの信頼度とに応じて意思決定結果を導出する処理、及び、

・取得部１１がステップＳ１１－２で取得した各損失値を参照して、各エキスパートに関する信頼度を更新する処理

を行う。ステップＳ１２－２において導出された意思決定結果は、端末装置２に提供され、ステップＳ２１－２において実行される。

[0048] また、ステップＳ１２－２において、導出部１２は、前記複数のエキスパートの少なくとも一部を構成する複数のエキスパートの各々の信頼度を、互いに異なるタイミングでリセットする。

[0049] 換言すれば、導出部１２は、当該ラウンドにおけるステップＳ１２－２において、あるエキスパート（例えばエキスパート２）の信頼度をリセットし

、他のエキスパート（例えばエキスパート１、３）の信頼度はリセットしない。

[0050] 以上のように、本例示的実施形態に係る情報処理方法Ｓ１００においては、複数のエキスパート（モデル）の各々が提供する予測値（出力値）と、各エキスパート（モデル）の信頼度とに応じて意思決定結果（最適解）を導出し、前記複数のエキスパート（モデル）の少なくとも一部を構成する複数のエキスパート（モデル）の各々の信頼度を、互いに異なるタイミング（ラウンド）でリセットする。このように、本例示的実施形態に係る情報処理システム１００は、前記複数のエキスパート（モデル）の少なくとも一部を構成する複数のエキスパート（モデル）の各々の信頼度を、互いに異なるタイミングでリセットするので、意思決定結果（最適解）の精度の低下を抑制しつつ、計算コストの増大を抑制することができる。

[0051] 〔例示的実施形態２〕

本発明の第２の例示的実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、例示的実施形態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、その説明を適宜省略する。

[0052] ＜情報処理システム１００Ａの構成＞

本例示的実施形態に係る情報処理システム１００Ａの構成について、図６を参照して説明する。図６は、情報処理システム１００Ａの構成を示すブロック図である。図６に示すように、情報処理システム１００Ａは、情報処理装置１Ａと、端末装置２Ａとを含んでいる。また、図６に示すように、情報処理装置１Ａと端末装置２ＡとはネットワークＮを介して通信可能に構成されている。ここで、ネットワークＮの具体的構成は本例示的実施形態を限定するものではないが、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、これらのネットワークの組み合わせを用いることができる。

[0053] ＜情報処理装置１Ａの構成＞

本例示的実施形態に係る情報処理装置１Ａの構成について、図６を参照し

て説明する。図６は、情報処理装置１Ａの構成を示すブロック図である。

[0054] 図６に示すように、情報処理装置１Ａは、制御部１０Ａと、記憶部１５Ａと、通信部１６Ａとを備えている。

[0055] 通信部１６Ａは、情報処理装置１Ａの外部の装置と通信を行う。一例として通信部１６Ａは、端末装置２Ａと通信を行う。通信部１６Ａは、制御部１０Ａから供給されたデータを端末装置２Ａに送信したり、端末装置２Ａから受信したデータを制御部１０Ａに供給したりする。

[0056] （記憶部１５Ａ）

記憶部１５Ａには、制御部１０Ａによって参照される各種の情報、及び制御部１０Ａによって導出された各種の情報が格納されている。一例として、記憶部１５Ａには、

・複数のエキスパートの各々による予測値を含む予測値情報ＰＩ、

・複数のエキスパートの各々による予測値に対応する損失値を含む損失値情報ＬＩ

・複数のエキスパートの各々の信頼度を含む信頼度情報ＣＩ

・後述する複数の第１の導出部１２１－１、１２１－２、・・・の各々が導出した第１の意思決定結果ＤＲ１－１、ＤＲ１－２、・・・、及び

・後述する第２の導出部１２２が導出した第２の意思決定結果ＤＲ２

が格納されている。

[0057] なお、例示的実施形態１において説明したように、本例示的実施形態に係る情報処理システム１００Ａは、「エキスパート」を含む構成であってもよいし、システム外部の「エキスパート」から予測値を取得する構成であってもよい。

[0058] （制御部１０Ａ）

制御部１０Ａは、図６に示すように、取得部１１、及び導出部１２を備えている。

[0059] （取得部１１）

取得部１１は、例示的実施形態１と同様に、複数のエキスパートの各々か

ら得られる予測値と、各予測値に対応する損失値とを取得する。予測値、及び損失値については例示的実施形態１において説明したため同様の説明は省略する。予測値、及び損失値の具体例については後述する。

[0060] （導出部１２）

導出部１２は、例示的実施形態１と同様に、

・取得部１１が取得した各予測値と、各エキスパートの信頼度とに応じて意思決定結果を導出する処理、及び、

・取得部１１が取得した各損失値を参照して、各エキスパートに関する信頼度を更新する処理

を行う。

[0061] ここで、信頼度については例示的実施形態１において説明したため同様の説明は省略する。信頼度の具体例については後述する。

[0062] また、導出部１２は、信頼度を補正するためのパラメータを更に参照して、前記意思決定結果を導出してもよい。当該構成によれば、各エキスパートの信頼度を当該パラメータによって適宜補正可能となるので、情報処理装置１に関し、最低限の精度を保証した運用、いわゆる保守的運用が可能となる。

[0063] また、導出部１２は、例示的実施形態１と同様に、前記複数のエキスパートの少なくとも一部を構成する複数のエキスパートの各々の信頼度を、互いに異なるタイミングでリセットする。

[0064] 一例として、導出部１２は、前記複数のエキスパートのうち、ｎ番目のエキスパートの信頼度w_nを、所定の比例係数ｄ（ｄは自然数）と定数項ｇ（ｇは整数）とを用いて

$t = d \times 2^n + g$

と表されるタイミング（ラウンド）ｔにおいてリセットする構成としてもよい（ここで、記号×は、積を表す演算記号。以下同様）。

[0065] 他の例として、導出部１２は、前記複数のエキスパートのうち、ｎ番目のエキスパートの信頼度w_nを、エキスパートの総数Ｎと、所定の定数ｄ（ｄは

自然数）及びｇ（ｇは整数）とを用いて

ｔ＝ｄ×Ｎ＋ｎ＋ｇ

と表されるタイミング（ラウンド）ｔにおいてリセットする構成としてもよい。

[0066] このように、本例示的実施形態に係る情報処理システム１００Ａは、前記複数のエキスパートの少なくとも一部を構成する複数のエキスパートの各々の信頼度を、互いに異なるタイミングでリセットするので、意思決定結果の精度の低下を抑制しつつ、計算コストの増大を抑制することができる。

[0067] また、図６に示すように、本例示的実施形態に係る導出部１２は、複数の第１の導出部１２－１、１２１－２、・・・、及び第２の導出部１２２を備えている。

[0068] ここで、各々の第１の導出部１２１－ｊ（ｊは第１の導出部を互いに識別するためのインデックス）は、ラウンドｔにおいて、取得部１１が取得した各予測値（m_t）と、各エキスパートの信頼度（$w1_t$）とに応じて第１の意思決定結果（$p_t(j)$）を導出し、取得部１１が取得した各損失値（l_t）を参照して、各エキスパートに関する信頼度（$w1_t$）を更新（$w1_{t+1}$を導出）する。なお、括弧内の表式において各エキスパートを互いに識別するためのインデックスは省略した。

[0069] また、第２の導出部１２２は、複数の第１の導出部１２１－１、１２１－２、・・・の各々が導出した第１の意思決定結果（$p_t(j)$）と、前記複数の第１の導出手段の各々の信頼度（$w2_t(j)$）とに応じて第２の意思決定結果を導出する。

[0070] 本例示的実施形態に係る導出部１２は、複数の第１の導出部１２－１、１２１－２、・・・、及び第２の導出部１２２によって、一例として上記のような階層的な意思決定処理を実行するが、これは本例示的実施形態を限定するものではない。

[0071] ＜端末装置２Ａの構成＞

端末装置２Ａは、図６に示すように、制御部２０Ａ、実行部２１、及び通

信部２６を備えている。端末装置２Ａは、一例として、店舗に配置された会計用端末、及び倉庫に配置された在庫管理用端末等として具体的に実現することができるが、これは本例示的実施形態を限定するものではない。

[0072] 通信部２６は、端末装置２Ａの外部の装置と通信を行う。一例として通信部２６は、情報処理装置１Ａと通信を行う。通信部２６は、制御部２０Ａから供給されたデータを情報処理装置１Ａに送信したり、情報処理装置１Ａから受信したデータを制御部２０Ａに供給したりする。

[0073] 実行部２１は、導出部１２が導出した意思決定結果又は当該意思決定結果に対応する処理を行う。一例として、実行部２１は、導出部１２が導出した第２の意思決定結果を実行する。実行部２１は、導出部１２が導出した第２の意思決定結果に代えて、又はそれと共に、導出部１２が導出した複数の第１の意思決定結果の少なくとも一部を実行する構成としてもよい。

[0074] 制御部２０Ａは、図６に示すように、損失値取得部２２、及び損失値提供部２３を備えている。損失値取得部２２は、実行部２１による実行の結果として得られる各エキスパートに関する損失値を取得する。損失値提供部２３は、損失値取得部２２が取得した損失値を、通信部２６を介して情報処理装置１Ａに提供する。

[0075] 図７は、本例示的実施形態に係る情報処理システム１００Ａによる逐次的意思決定処理を模式的に説明するための図である。図７に示すように、情報処理装置１Ａは、あるラウンドにおいて、各エキスパートに対応付けられた予測値と損失値とを、複数のエキスパートについて取得し、取得した各予測値と各損失値とを参照して意思決定結果を導出する。ここで、情報処理装置１Ａが行う意思決定処理は、一例として、上述したように、複数の第１の導出部１２－１、１２１－２、・・・、及び第２の導出部１２２による、階層的な意思決定処理である。

[0076] そして、導出された意思決定結果が実行されることにより、次のラウンドに対応する損失値が得られる。当該損失値と、当該損失値に対応する予測値とが情報処理装置１Ａに提供され、当該次のラウンドにおける意思決定処理

において参照される。このようにして、情報処理システム１００Ａは、意思決定結果の導出を逐次的に行う。

[0077] （情報処理装置１Ａによる具体的処理例１）

以下では、情報処理装置１Ａによる具体的処理例１について説明する。本例に係る情報処理装置１Ａは、以下のアルゴリズム１とアルゴリズム２とを実行する。アルゴリズム１は、主として、複数の第１の導出部１２１－１、１２１－２、・・・の各々によって実行され、アルゴリズム２は、主として第２の導出部１２２によって実行される。

[数1]

アルゴリズム１

Input: $K \in \mathbb{N}$, $N \in \mathbb{N}$ and $\eta \in \mathbb{R}$ s.t. $\eta > 0$.

$w_1 \leftarrow \mathbf{0}_{K \times N}$.
for $t = 1, 2, \ldots, T$ **do**
  Receive prediction $m_t \in \mathbb{R}^K$.
  $\tilde{w}_t(i,n) \leftarrow \exp\left(-\eta(w_t(i,n) + m_t(i))\right)$ for all $i \in [K]$ and $n \in [N]$.
  $p_t(i) \leftarrow \frac{\sum_{n \in [N]} \tilde{w}_t(i,n)}{\sum_{i \in [K]} \sum_{n \in [N]} \tilde{w}_t(i)}$ for all $i \in [K]$.
  Play $p_t \in \Delta_K$ and observe $\ell_t \in \mathbb{R}^K$.
  Receive $\alpha_t \in \mathbb{R}$.
  for $n \in [N]$ **do**
    if $t = d2^n$ for some odd integer d **then**
      $w_{t+1}(i,n) \leftarrow 0$ for all $i \in [K]$.
    else
      $w_{t+1}(i,n) \leftarrow w_t(i,n) + \ell_t(i) - \langle \ell_t, p_t \rangle + 4\eta(\ell_t(i) - m_t(i) + \alpha_t)^2$ for all $i \in [K]$.

[数2]

アルゴリズム２

Input: $K \in \mathbb{N}$, $N \in \mathbb{N}$, $T \in \mathbb{N}$, and a base algorithm $\mathcal{B}$.

Let $M = \lceil \log_2 T \rceil$ and $\eta(j) = 2^{j - M/2}$ for all $j \in [M]$.
Let $w'_1 \in \Delta_M$ such that $p'_1 \propto \eta(j)^2$ for each $j \in [M]$.
Initialize base algorithms $\{\mathcal{B}_j\}_{j \in [M]}$, where $\mathcal{B}_j = \mathcal{B}(K, N, T, \eta(j))$.
for $t = 1, 2, \ldots, T$ **do**
  Receive prediction $m_t \in \mathbb{R}^K$ and feed it to all base algorithms.
  Receive decision $p_{t,j} \in \mathbb{R}^K$ and define $h_t(j) = \langle m_t, p_{t,j} \rangle$.
  $w_t \in \mathrm{argmin}_{w \in \Delta'_M(\frac{1}{MT})} \{\langle h_t, w \rangle + D_\psi(w, w'_t)\}$, where $\psi(w) = \sum_{j \in [M]} \frac{1}{\eta(j)} w(j) \log w(j)$.
  $p_t \leftarrow \sum_{j \in [M]} w_t(j) p_{t,j}$.
  Play $p_t \in \Delta_K$ and observe $\ell_t \in \mathbb{R}^K$.
  Receive $\alpha_t \in \mathbb{R}^M$.
  Feed ℓ_t and $\alpha_t(j)$ to $\mathcal{B}_j$ for each $j \in [M]$.
  Receive $\beta_t \in \mathbb{R}$.
  $w'_{t+1} \in \mathrm{argmin}_{w \in \Delta'_M(\frac{1}{MT})} \{\langle g_t + b_t, w \rangle + D_\psi(w, w'_t)\}$, where $g_t(j) = \langle \ell_t, p_{t,j} \rangle$ and $b_t(j) = 4\eta(j)(g_t(j) - h_t(j) + \beta_t)^2$ for all $j \in [M]$.

[0078] （アルゴリズム１の処理）

まず、アルゴリズム１の処理について説明する。アルゴリズム１の冒頭に示すように、取得部１１は、Ｋ、Ｎ、ηの各値を取得する。ここで、Ｋは、エキスパートの総数を規定する第１の自然数であり、Ｎは、エキスパートの総数を規定する第２の自然数である。各エキスパートは、

[数3]

$$i \in [K] \text{ and } n \in [N]$$

である２つのインデックスｉとｎとを用いて、一例として（ｉ，ｎ）のように２次元的に特定される。なお、インデックスｎは、いわゆるsleeping expertの各々を導入及び識別するためのインデックスであると捉えることもできるが、これは本例示的実施形態を限定するものではない。

[0079] なお、ηは、後述するように、第１の意思決定結果（p_t（ｉ））を導出するために参照する重み因子（チルダ付きのw_t（ｉ，ｎ））を導出する際に用いられるパラメータである。

[0080] 続いて、アルゴリズム１の「１：」に示すように、導出部１２は、ラウンド１における各エキスパートの信頼度w_1を０に設定する。

[0081] 続いて、制御部１０Ａは、アルゴリズム１の「２：」～「１２：」によって特定されるループ処理を実行する。当該ループ処理は、ラウンドを示すインデックスｔをインクリメントしながら、ｔ＝Ｔ（Ｔはラウンドの総数）となるまで実行される。換言すれば、制御部１０Ａは、アルゴリズム１の「３：」～「１２：」において特定される処理を、ラウンド毎に繰り返す。

[0082] より具体的には、まず、アルゴリズム１の「３：」に示すように、取得部１１が、各エキスパートが提供する予測値m_tを取得する。ここで、m_tは、アルゴリズム１の「３：」に示すように、一例として、要素の数が上述した第１の自然数Ｋであるようなベクトルとして取得される。なお、本例において、予測値m_tは、損失l_tに関する推定値（予測値）と解釈され得るが、当該事項は本例示的実施形態を限定するものではない。

[0083] 続いて、アルゴリズム１の「４：」に示すように、第１の導出部１２１は

、重み因子（チルダ付きのw_t（ｉ，ｎ））を、

・各エキスパートの信頼度w_t（ｉ，ｎ）、

・各エキスパートが提供する予測値m_t（ｉ）、及び、

・パラメータη

を用いて、

[数4]

$$\tilde{w}_t(i,n) \leftarrow \exp\left(-\eta(w_t(i,n)+m_t(i))\right)$$

によって導出する。そして、第１の導出部１２１は、当該重み因子を用いて、アルゴリズム１の「５：」に示すように、

[数5]

$$p_t(i) \leftarrow \frac{\sum_{n\in[N]}\tilde{w}_t(i,n)}{\sum_{i\in[K]}\sum_{n\in[N]}\tilde{w}_t(i)}$$

によって、第１の意思決定結果p_t（ｉ）を導出する。

[0084] このように、第１の導出部１２１は、取得部１１が取得した各予測値（m_t）と、各エキスパートの信頼度（w_t）とに応じて第１の意思決定結果（p_t）を導出する。

[0085] また、上記式にて表現されるように、第１の導出部１２１－１、１２１－２、・・・の各々は、各エキスパートについて、信頼度w_t（ｉ，ｎ）と予測値m_t（ｉ）とによって定まる重み因子（チルダ付きのw_t（ｉ，ｎ））を算出し、当該重み因子の線形和を用いて第１の意思決定結果（p_t（ｉ））を導出する。

[0086] 上記のように、第１の導出部１２１は、重み因子の線形和を用いて第１の意思決定結果（p_t（ｉ））を導出する構成を採用しているので、エキスパートが増加した場合には、当該線形和に新たなエキスパートに関する重み因子を追加すればよいし、エキスパートが減少した場合には、当該線形和から当該エキスパートに関する重み因子を削除すればよい。

[0087] したがって、当該構成によれば、エキスパートの追加又は削除に対して柔軟に対応可能な逐次的意思決定処理を実現することができる。

[0088] 導出された第１の意思決定結果p_tは、アルゴリズム１の「６：」に示すように、一例として、端末装置２Ａの実行部２１によって実行される。そして、当該第１の意思決定結果p_tに対応する損失値l_tが、端末装置２Ａの損失値取得部２２によって取得され、情報処理装置１Ａに提供される。なお、導出された第１の意思決定結果p_tの少なくとも一部は、実行されることなく、後述するアルゴリズム２を実行する第２の導出部１２２に供給される構成としてもよい。

[0089] なお、アルゴリズム１の「６：」に示したΔ_Kは、

[数6]

$$\Delta_K := \left\{ p \in \mathbb{R}^K \mid p(i) \geq 0, \sum_{i \in [K]} p(i) = 1 \right\}$$

によって定義される集合を示す。

[0090] 続いて、アルゴリズム１の「７：」に示すように、取得部１１は、信頼度w_tを補正するためのパラメータα_tを取得する。

[0091] 続いて、アルゴリズム１の「８：」～「１２：」によって特定されるループ処理を実行する。当該ループ処理は、各エキスパートを指定するインデックスｎをインクリメントしながら実行される。

[0092] アルゴリズム１の「９：」～「１０：」に示すように、ラウンド数ｔが、ある奇数ｄと各エキスパートを指定するインデックスｎとを用いて表される条件

$$t = d2^n$$

を満たす場合に、第１の導出部１２１は、エキスパート（ｉ，ｎ）の信頼度w_{t+1}（ｉ，ｎ）を０に設定する。なお、アルゴリズム１の「９：」～「１０：」に示す処理は、複数のエキスパートのうち、ｎ番目のエキスパートの信頼度w_nを、所定の比例係数ｄ（ｄは自然数）と定数項ｇ（ｇは整数）とを用

いて

$$t = d \times 2^n + g$$

と表されるタイミング（ラウンド）ｔにおいてリセットする処理の一例であると表現することもできる。

[0093] このように、本例では、アルゴリズム１の「９：」～「１０：」に示すように、複数のエキスパートの各々の信頼度を、互いに異なるタイミングでリセットするので、意思決定結果の精度の低下を抑制しつつ、計算コストの増大を抑制することができる。

[0094] 一方で、アルゴリズム１の「１１：」～「１２：」に示すように、ラウンド数ｔに関する上述の条件が満たされない場合には、第１の導出部１２１は、各エキスパートの信頼度を、

[数7]

$$w_{t+1}(i,n) \leftarrow w_t(i,n) + \ell_t(i) - \langle \ell_t, p_t \rangle + 4\eta(\ell_t(i) - m_t(i) + \alpha_t)^2$$

によって更新する。ここで、上記式において、＜，＞は内積を示している。

[0095] このように、第１の導出部１２１は、取得部１１が取得した各損失値（l_t）を参照して、各エキスパートに関する信頼度（w_t）を更新する（w_{t+1}を導出する）。

[0096] また、上記式から明らかなように、第１の導出部１２１による信頼度の更新は、アルゴリズム１の「７：」において取得した補正パラメータα_tを参照して行われる。このため、当該補正パラメータα_tを適宜設定することにより、各エキスパートの信頼度を好適に補正することができる。例えば、他のエキスパートよりも信頼性のあるエキスパートに対して、所定以上の信頼度を付与するといった処理が可能となる。したがって、上記の構成によれば、最低限の精度を保証した運用、いわゆる保守的運用が可能となる。

[0097] なお、補正パラメータα_tは、上述したように、信頼度を補正するためのパラメータと表現することができるが、アルゴリズム１の「１２：」から明ら

かなように、損失値l_t（ｉ）を補正するためのパラメータ、又は予測値m_t（ｉ）を補正するためのパラメータと捉えることもできる。

[0098] （アルゴリズム２の処理）

続いて、アルゴリズム２の処理について説明する。アルゴリズム２の冒頭に示すように、取得部１１は、Ｋ、Ｎ、Ｔの各値を取得する。ここで、Ｋ、Ｎ、Ｔは、アルゴリズム１において対応する各パラメータと同様の意味を有する。具体的には、Ｋは、エキスパートの総数を規定する第１の自然数であり、Ｎは、エキスパートの総数を規定する第２の自然数であり、Ｔはラウンドの総数である。

[0099] また、アルゴリズム２の冒頭の「Input」に示す通り、アルゴリズム２はベースアルゴリズムＢを参照して実行される。ここで、ベースアルゴリズムＢは、一例として、上述したアルゴリズム１のことを指す。アルゴリズム２は複数のベースアルゴリズムＢを参照して実行される。換言すれば、第２の導出部１２２は、複数のアルゴリズム１の各々を実行する第１のアルゴリズムと連携しながら、第２のアルゴリズムを実行する。なお、アルゴリズム１をベースアルゴリズムと呼称することに対応し、アルゴリズム２をマスターアルゴリズムと呼称することもあるが、当該名称は本例示的実施形態を限定するものではない。

[0100] 続いて、アルゴリズム２の「１：」に示すように、第２の導出部１２２は、ラウンドの総数Ｔを用いて、パラメータＭを

[数8]

$$M = \lceil \log_2 T \rceil$$

に設定する。ここで、$\log_2 T$の両側の記号は、天井関数を示している。したがって、パラメータＭは、第２の導出部１２２によって、実数である引数（$\log_2 T$）以上である最小の整数値に設定される（例えば$\log_2 T = 3.3\cdots$であれば、Ｍ＝４に設定される）。

[0101] ここで、パラメータＭは、アルゴリズム２が参照するベースアルゴリズム

（アルゴリズム１）の総数としての意味を有するが、これは本例示的実施形態を限定するものではない。

[0102] また、アルゴリズム２の「１：」に示すように、第２の導出部１２２は、η（ｊ）を

[数9]

$$\eta(j) = 2^{j-M/2}$$

に設定する。ここで、インデックスｊは、複数のベースアルゴリズムを互いに識別するためのインデックスであり、アルゴリズム２の「１：」に示すように、一例として、１からＭまでの整数値を取る。

[0103] 続いて、アルゴリズム２の「２：」に示すように、第２の導出部１２２は、ラウンドｔ＝１における重み因子w_1'を、ラウンド１における意思決定結果に対応するパラメータp_1'が、各ｊに関し

[数10]

$$p_1' \propto \eta(j)^2$$

を満たすように設定する。ここで、ラウンドｔ＝１における重み因子w_1'は、アルゴリズム２の「２：」に示すように、

[数11]

$$w_1' \in \Delta_M$$

を満たす。ここで、Δ_Mは、上述したΔ_Kにおいて、ＫをＭに置き換えて得られる集合を示す。

[0104] 続いて、アルゴリズム２の「３：」に示すように、第２の導出部１２２は、各ベースアルゴリズム

[数12]

$$\{\mathcal{B}_j\}_{j\in[M]}$$

を初期化する。ここで、当該初期化処理には、アルゴリズム２の「３：」に示すように、第２の導出部１２２が、ベースアルゴリズムＢ$_j$に対して、

Ｍ，Ｎ，Ｔ，η（ｊ）

の各値を渡す処理が含まれる。

[0105] 続いて、制御部１０Ａは、アルゴリズム２の「４：」～「１３：」によって特定されるループ処理を実行する。当該ループ処理は、ラウンドを示すインデックスｔをインクリメントしながら、ｔ＝Ｔとなるまで実行される。換言すれば、制御部１０Ａは、アルゴリズム１の「５：」～「１３：」において特定される処理を、ラウンド毎に繰り返す。

[0106] より具体的には、まず、アルゴリズム２の「５：」に示すように、取得部１１が、予測値ｍ$_t$を取得し、第２の導出部１２２が、各第１の導出部１２１を介して、各ベースアルゴリズム（各アルゴリズム１）に、当該予測値ｍ$_t$を供給する。

[0107] 続いて、アルゴリズム２の「６：」に示すように、取得部１１が、各ベースアルゴリズム（各アルゴリズム１）による意思決定結果ｐ$_{t,j}$を取得する。そして、第２の導出部１２２は、アルゴリズム２の「６：」に示すように、パラメータｈ$_t$（ｊ）を、

[数13]

$$h_t(j) = \langle m_t, p_{t,j} \rangle$$

によって設定する。ここで、＜，＞は内積を示している。

[0108] 続いて、アルゴリズム２の「７：」に示すように、第２の導出部１２２は、

[数14]

$$w_t \in \mathrm{argmin}_{w \in \Delta'_M(\frac{1}{MT})}\{\langle h_t, w\rangle + D_\psi(w, w'_t)\}$$

によって、各ベースアルゴリズムの信頼度を示す信頼度ベクトルｗ$_t$を導出する。ここで、Ｄ$_\phi$は、

[数15]

$$D_\psi(y, x) := \psi(y) - \psi(x) - \langle \nabla\psi(x), y - x\rangle$$

によって定義されるBregman divergenceを示しており、ϕは、

[数16]

$$\psi(w) = \sum_{j\in[M]} \frac{1}{\eta(j)} w(j) \log w(j)$$

によって定義される。

[0109] 続いて、アルゴリズム２の「８：」に示すように、第２の導出部１２２は、

・各ベースアルゴリズム（各アルゴリズム１）による意思決定結果ｐ$_{t,\ j}$、

・各ベースアルゴリズムの信頼度を示す信頼度ベクトルｗ$_t$の各成分である信頼度ｗ$_t$（ｊ）

を用いて、

[数17]

$$p_t \leftarrow \sum_{j\in[M]} w_t(j) p_{t,j}$$

によって、第２の意思決定結果ｐ$_t$を導出する。

[0110] このように、第２の導出部１２２は、複数の第１の導出部１２２－ｊの各々が導出した第１の意思決定結果（ｐ$_{t,\ j}$）と、当該複数の第１の導出部１２

２－ｊの各々の信頼度（w_t（ｊ））とに応じて、第２の意思決定結果p_tを導出する。

[0111] より具体的には、上記式にて表現されるように、第２の導出部１２２は、複数の第１の導出部１２１－ｊが導出した各第１の意思決定結果（$p_{t,j}$）の加重和であって、当該複数の第１の導出部１２２－ｊの各々の信頼度（w_t（ｊ））に応じた加重和によって、第２の意思決定結果p_tを導出する。

[0112] 上記のように、第２の導出部１２２は、複数の第１の導出部１２２－ｊの各々が導出した第１の意思決定結果（$p_{t,j}$）と、当該複数の第１の導出部１２２－ｊの各々の信頼度（w_t（ｊ））とに応じて、第２の意思決定結果p_tを導出する。ここで、第１の意思決定結果は、上述したように各エキスパートが提供する予測値を参照して行われる。

[0113] したがって、上記の構成によれば、各エキスパートが提供する予測値を参照して、第１の導出部１２１及び第２の導出部１２２により、好適な意思決定結果を導出することができる。

[0114] 続いて、アルゴリズム２の「９：」に示すように、導出された第２の意思決定結果p_tが、一例として、端末装置２Ａの実行部２１によって実行される。そして、当該第２の意思決定結果p_tに対応する損失値l_tが、端末装置２Ａの損失値取得部２２によって取得され、情報処理装置１Ａに提供される。

[0115] 続いて、アルゴリズム２の「１０：」に示すように、取得部１１は、補正パラメータα_tを取得する。

[0116] 続いて、アルゴリズム２の「１１：」に示すように、第２の導出部１２２は、アルゴリズム２の「９：」にて取得した損失値l_tと、アルゴリズム２の「１０：」で取得した補正パラメータα_tの各成分α_t（ｊ）を、ベースアルゴリズムＢｊに供給する。当該ステップにおいて提供される損失値l_tは、一例として、アルゴリズム１の「６：」において取得されるl_tに対応している。また、当該ステップにおいて提供されるα_t（ｊ）は、アルゴリズム１の「７：」において取得される補正パラメータα_tに対応している。

[0117] 続いて、アルゴリズム２の「１２：」に示すように、取得部１１は、補正

パラメータβ_tを取得する。続いて、アルゴリズム２の「１３：」に示すように、第２の導出部１２２は、ラウンドｔにおける重み因子w_t'を、ラウンドｔ＋１における重み因子w_{t+1}'に更新する。より具体的には、第２の導出部１２２は、ラウンドｔ＋１における重み因子w_{t+1}'を、

[数18]

$$w'_{t+1} \in \mathrm{argmin}_{w\in\Delta'_M(\frac{1}{MT})}\{\langle g_t + b_t, w\rangle + D_\psi(w, w'_t)\}$$

によって導出する。ここで、g_tは、

[数19]

$$g_t(j) = \langle \ell_t, p_{t,j}\rangle$$

によって定義され、b_tは、

[数20]

$$b_t(j) = 4\eta(j)(g_t(j) - h_t(j) + \beta_t)^2$$

によって定義される。また、$\Delta_K'(\alpha)$は、

[数21]

$$\Delta'_K(\alpha) := \left\{p \in \mathbb{R}^K \mid p(i) \geq \alpha, \textstyle\sum_{i\in[K]} p(i) = 1\right\}$$

によって定義される集合である。

[0118] 以上のように、第２の導出部１２２は、損失値ｌｔ、及び複数の第１の意思決定結果の各々$p_{t,j}$を参照して、重み因子w_t'を更新し、更新された重み因子は、次のラウンドにおける信頼度w_{t+1}を導出するために参照される。このため、上記の構成によれば、変化し得る環境に好適に適合した意思決定結果を導出することができる。

[0119] また、上述のように、第２の導出部１２２による重み因子w_t'の更新は、

アルゴリズム２の「１３：」に示したように、補正パラメータβ_tを参照して行われる。このため、当該補正パラメータβ_tを適宜設定することにより、複数の第１の導出部１２２－ｊ（換言すれば、複数のベースアルゴリズム）の各々の信頼度を好適に補正することができる。例えば、他のベースアルゴリズムよりも信頼性のあるベースアルゴリズムに対して、所定以上の信頼度を付与するといった処理が可能となる。したがって、上記の構成によれば、最低限の精度を保証した運用、いわゆる保守的運用が可能となる。

[0120] なお、補正パラメータβ_tは、信頼度を補正するためのパラメータと表現することもできるが、アルゴリズム２の「１３：」から明らかなように、損失値l_tを補正するためのパラメータ、又は第１の意思決定結果$p_{t,j}$を補正するためのパラメータと捉えることもできる。

[0121] 以上のように、アルゴリズム１及びアルゴリズム２を実行する第１の導出部１２１、及び第２の導出部１２２によれば、複数のアルゴリズム１（ベースアルゴリズム）の各々において、複数のエキスパートの少なくとも一部を構成する複数のエキスパートの各々の信頼度を、互いに異なるタイミングでリセットする。そして、そのようなアルゴリズム１（ベースアルゴリズム）による第１の意思決定結果を参照して、第２の意思決定結果を導出する。このため、上記の構成によれば、計算コストの増大を抑制しつつ、好適な意思決定結果を導出することができる。

[0122] （ベースアルゴリズムの他の例）

第１の導出部１２１が実行するベースアルゴリズムは、上述したアルゴリズム１に限られない。以下では、ベースアルゴリズムの他の例であるアルゴリズム１’について説明する。アルゴリズム１’は、主として、複数の第１の導出部１２１－１、１２１－２、・・・の各々によって実行される。また、第２の導出部１２２は、アルゴリズム１’を実行する複数の第１の導出部１２１と連携して、上述したアルゴリズム２を実行する。アルゴリズム２については上述したため説明を省略する。

[数22]

アルゴリズム１'

Input: $K \in \mathbb{N}$, $N \in \mathbb{N}$ and $\eta \in \mathbb{R}$ s.t. $\eta > 0$.

$w_1 \leftarrow 0_{K \times N}$.
for $t = 1, 2, \ldots, T$ **do**
  Receive prediction $m_t \in \mathbb{R}^K$.
  $\tilde{w}_t(i,n) \leftarrow \exp\left(-\eta(w_t(i,n) + m_t(i))\right)$ for all $i \in [K]$ and $n \in [N]$.
  $p_t(i) \leftarrow \frac{\sum_{n \in [N]} \tilde{w}_t(i,n)}{\sum_{i \in [K]} \sum_{n \in [N]} \tilde{w}_t(i)}$ for all $i \in [K]$.
  Play $p_t \in \Delta_K$ and observe $\ell_t \in \mathbb{R}^K$.
  Receive $\alpha_t \in \mathbb{R}$.
  for $n \in [N]$ **do**
    if $t = dN + n$ for some integer d **then**
      $w_{t+1}(i,n) \leftarrow 0$ for all $i \in [K]$.
    else
      $w_{t+1}(i,n) \leftarrow w_t(i,n) + \ell_t(i) - \langle \ell_t, p_t \rangle + 4\eta(\ell_t(i) - m_t(i) + \alpha_t)^2$ for all $i \in [K]$.

アルゴリズム１’は、「９：」において、アルゴリズム１と異なり、他の箇所はアルゴリズム１と同様である。

[0123] アルゴリズム１’では、アルゴリズム１’の「９：」に示すように、ラウンド数ｔが、ある奇数ｄと、各エキスパートを指定するインデックスｎと、各エキスパートの総数を規定する上記第２の自然数Ｎとを用いて表される条件

ｔ＝ｄＮ＋ｎ

を満たす場合に、第１の導出部１２１は、エキスパート（ｉ，ｎ）の信頼度w_{t+1}（ｉ，ｎ）を０に設定する。なお、アルゴリズム１’の「９：」～「１０：」に示す処理は、複数のエキスパートのうち、ｎ番目のエキスパートの信頼度w_nを、所定の比例係数ｄ（ｄは自然数）と定数項ｇ（ｇは整数）とを用いて

ｔ＝ｄ×Ｎ＋ｎ＋ｇ

と表されるタイミング（ラウンド）ｔにおいてリセットする処理の一例であると表現することもできる。

[0124] このように、本例では、アルゴリズム１’においても、当該アルゴリズム１’の「９：」～「１０：」に示すように、複数のエキスパートの各々の信頼度を、互いに異なるタイミングでリセットするので、意思決定結果の精度の低下を抑制しつつ、計算コストの増大を抑制することができる。

[0125] 〔適用例〕

以下では、本例示的実施形態に係る情報処理システム１００を医療・ヘルスケアへ応用した適用例について説明する。図８は、本例に係る情報処理装置１による処理を模式的に示す図である。

[0126] 図８に示すように、本例に係る情報処理装置１は、複数の医療従事者と複数の病院とのマッチングに関する意思決定を行う（意思決定結果を導出する）。ここで、本例に係る情報処理装置１は、上述したように、あるラウンドにおいて、各エキスパートに対応付けられた予測値と損失値とを、複数のエキスパートについて取得し、取得した各予測値と各損失値とを参照して意思決定結果を導出する。

[0127] 本例に係る情報処理装置１の具体的構成は本適用例を限定するものではないが、例示的実施形態１において説明した情報処理装置１と同様の構成であってもよいし、例示的実施形態２において説明した情報処理装置１Ａと同様の構成であってもよい。

[0128] また、本例に係る情報処理装置１が行う意思決定処理は、一例として、情報処理装置１Ａに関して説明したように、複数の第１の導出部１２－１、１２１－２、・・・、及び第２の導出部１２２による、階層的な意思決定処理とすることができるが、これは本適用例を限定するものではない。

[0129] そして、導出された意思決定結果が実行されることにより、次のラウンドに対応する損失値が得られる。当該損失値と、当該損失値に対応する予測値とが本例に係る情報処理装置１に提供され、当該次のラウンドにおける意思決定処理において参照される。

[0130] 本例に係る各エキスパートへの入力、及び当該各エキスパートの出力（予測値）を例示すれば以下の通りである。なお、第１の例示的実施形態において説明したように、本例に係る情報処理システムは、「エキスパート」を含む構成であってもよいし、外部の「エキスパート」から予測値を取得する構成であってもよい。

[0131] （エキスパートへの入力例）

・時刻ｔ（ラウンドｔ）で観測された各病院と各医療従事者との特徴量

・前回（ラウンドｔ－１）における各病院での来院患者数

（エキスパートの出力例）

・時刻ｔ（ラウンドｔ）における医療従事者毎の配属先病院。

[0132] （本例に係る処理の流れ）

本例に係る情報処理システム１００による処理の一例について説明すれば以下の通りである。

[0133] まず、病院における入力担当者は、情報処理システム１００に、端末装置２Ａ等を介して、診断状況、病室の空き状況、診療科目、診療時間などの情報（病院データとも呼ぶ）を入力する。入力された各情報は、一例として記憶部１５Ａに記憶され、制御部１０Ａによって参照される。図９の下段は、本例に係る情報処理システム１００が管理する病院データの一例である。

[0134] 続いて、各医療従事者は、情報処理システム１００に、自身のデータ（専門、勤続年数、希望病院など）（医療従事者データとも呼ぶ）を入力する。入力された各情報は、一例として記憶部１５Ａに記憶され、制御部１０Ａによって参照される。図９の上段は、本例に係る情報処理システム１００が管理する医療従事者データの一例である。

[0135] 続いて、本例に係る情報処理装置１は、病院データと、医療従事者のデータとを参照して、最適な病院と医療従事者のマッチングに関する意思決定結果を導出する。一例として、本例に係る複数のエキスパートの各々は、病院データと、医療従事者のデータとを参照して予測値を算出する。そして、本例に係る情報処理装置１は、これらの予測値を参照して、本例に係る情報処理装置１は、最適な病院と医療従事者のマッチングに関する意思決定結果を導出する。

[0136] そして、本例に係る情報処理システム１００は、端末装置２Ａ等を介して、医療従事者に対して最適な病院の候補を提案する。一例として、本例に係る情報処理システム１００は、端末装置２Ａが備える表示パネル等を介して、医療従事者に対して最適な病院の候補を提示する。また、本例に係る情報

処理システム１００は、医療従事者毎に、勤務に関する登録を行う。

[0137] 本例に係る情報処理システム１００は、一例として、毎月（毎ラウンド）における来院患者数を病院毎に記録する。そして、本例に係る情報処理システム１００は、当該来院患者数に関する損失値に基づいて、次回（次ラウンド）における配属先を決定する。

[0138] ここで、損失値の具体例は本例を限定するものではないが、一例として、病院における混雑度合に応じた損失値を用いることができる。

[0139] より具体的には、損失値を、

（各病院における実際の来院患者数）－（各病院に配属された医療従事者数×医療従事者が一人当たり診察可能な患者数）

によって算出する構成とすることができる。

[0140] なお、各エキスパートによる予測値、又は各第１の意思決定結果を参照する際に、本例に係る情報処理装置１は、信頼度に応じたこれらの値の加重和を用いる代わりに、当該信頼度に応じた確率で、各エキスパートによる予測値、又は各第１の意思決定結果を採用する構成としてもよい。

[0141] 以上説明したように、本明細書に記載の情報処理システムは、一例として、複数の医療従事者と複数の病院とのマッチングに関する意思決定を好適に行うことができる。もちろん、本明細書に記載の情報処理システムによる適用例は上述の例に限られるものではなく。意思決定（予測）に関する種々の事例に対して適用することができる。

[0142] 〔ソフトウェアによる実現例〕

情報処理装置１、１Ａ、端末装置２、２Ａの制御ブロック（特に取得部１１、導出部１２）は、集積回路（ＩＣチップ）等に形成された論理回路（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。

[0143] 後者の場合、情報処理装置１、１Ａ、端末装置２、２Ａは、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を備えている。このコンピュータは、例えば少なくとも１つのプロセッサ（制御装置

）を備えていると共に、上記プログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な少なくとも１つの記録媒体を備えている。そして、上記コンピュータにおいて、上記プロセッサが上記プログラムを上記記録媒体から読み取って実行することにより、本発明の目的が達成される。

[0144] 上記プロセッサとしては、例えば、ＣＰＵ（Central Processing Unit）、ＧＰＵ（GraphicProcessing Unit）、ＤＳＰ（Digital Signal Processor）、ＭＰＵ（Micro Processing Unit）、ＦＰＵ（Floating point number Processing Unit）、ＰＰＵ（Physics Processing Unit）、ＴＰＵ（ＴｅｎｓｏｒＰｒｏｃｅｓｓｉｎｇＵｎｉｔ）、量子プロセッサ、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。

[0145] 上記記録媒体としては、「一時的でない有形の媒体」、例えば、ＲＯＭ（Read Only Memory）等の他、テープ、ディスク、カード、半導体メモリ、プログラマブルな論理回路などを用いることができる。また、上記プログラムを展開するＲＡＭ（Random Access Memory）などをさらに備えていてもよい。また、上記プログラムは、該プログラムを伝送可能な任意の伝送媒体（通信ネットワークや放送波等）を介して上記コンピュータに供給されてもよい。なお、本発明の一態様は、上記プログラムが電子的な伝送によって具現化された、搬送波に埋め込まれたデータ信号の形態でも実現され得る。

[0146] 〔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て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。

[0147] 〔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。

[0148] （付記１）

複数のエキスパート（モデル）の各々から得られる予測値（出力値）と、

各予測値（出力値）に対応する損失値とを取得する取得手段と、

前記取得手段が取得した各予測値（出力値）と、各エキスパート（モデル）の信頼度とに応じて意思決定結果（最適解）を導出する導出手段（導出部１２）と、

前記取得手段が取得した各損失値を参照して、各エキスパートに関する前記信頼度を更新する更新手段（導出部１２）と

を備え、

前記更新手段は、前記複数のエキスパート（モデル）の少なくとも一部を構成する複数のエキスパート（モデル）の各々の信頼度を、互いに異なるタイミングでリセット（初期化）する

情報処理装置。

[0149] （付記２）

前記導出手段は、信頼度を補正するためのパラメータを更に参照して、前記意思決定結果（最適解）を導出する

付記１に記載の情報処理装置。

[0150] （付記３）

前記更新手段（導出部１２）は、前記複数のエキスパート（モデル）のうち、ｎ番目のエキスパート（モデル）の信頼度w_nを、所定の比例係数ｄと定数項ｇとを用いて

$t = d \times 2^n + g$

と表されるタイミングｔにおいてリセット（初期化）する

付記１又は２に記載の情報処理装置。

[0151] （付記４）

前記更新手段（導出部１２）は、前記複数のエキスパート（モデル）のうち、ｎ番目のエキスパート（モデル）の信頼度w_nを、エキスパート（モデル）の総数Ｎと、所定の定数ｄ及びｇとを用いて

$t = d \times N + n + g$

と表されるタイミングｔにおいてリセット（初期化）する

付記１又は２に記載の情報処理装置。

[0152] （付記５）

前記導出手段は、

前記取得手段が取得した各予測値（出力値）と、各エキスパート（モデル）の信頼度とに応じて第１の意思決定結果（第１の最適解）を導出する複数の第１の導出手段と、

前記複数の第１の導出手段の各々が導出した第１の意思決定結果（第１の最適解）と、前記複数の第１の導出手段の各々の信頼度とに応じて第２の意思決定結果（第２の最適解）を導出する第２の導出手段と

を備えている

付記１から４の何れか１項に記載の情報処理装置。

[0153] （付記６）

前記第１の導出手段は、

各エキスパート（モデル）について、前記信頼度と前記予測値（出力値）とによって定まる重み因子を算出し、当該重み因子の線形和を用いて第１の意思決定結果（第１の最適解）を導出する

付記５に記載の情報処理装置。

[0154] （付記７）

前記第２の導出手段は、

前記複数の第１の導出手段が導出した各第１の意思決定結果（第１の最適解）の加重和であって、前記複数の第１の導出手段の各々の信頼度に応じた加重和によって、前記第２の意思決定結果（第２の最適解）を導出する

付記５又は６に記載の情報処理装置。

[0155] （付記８）

情報処理装置が、

複数のエキスパート（モデル）の各々から得られる予測値（出力値）と、各予測値（出力値）に対応する損失値とを取得することと、

前記取得した各予測値（出力値）と、各エキスパート（モデル）の信頼度

とに応じて意思決定結果（最適解）を導出し、前記取得した各損失値を参照して、各エキスパート（モデル）に関する前記信頼度を更新することと
を含み、
前記更新する工程では、前記複数のエキスパート（モデル）の少なくとも一部を構成する複数のエキスパート（モデル）の各々の信頼度を、互いに異なるタイミングでリセット（初期化）する
情報処理方法。

[0156] （付記９）
コンピュータを情報処理装置として機能させるプログラムであって、
前記プログラムは、前記コンピュータに、
複数のエキスパート（モデル）の各々から得られる予測値（出力値）と、各予測値（出力値）に対応する損失値とを取得することと、
前記取得した各予測値（出力値）と、各エキスパートの信頼度とに応じて意思決定結果（最適解）を導出し、前記取得した各損失値を参照して、各エキスパート（モデル）に関する前記信頼度を更新することと
を実行させ
前記更新する工程では、前記複数のエキスパート（モデル）の少なくとも一部を構成する複数のエキスパート（モデル）の各々の信頼度を、互いに異なるタイミングでリセット（初期化）する
プログラム。

[0157] （付記１０）
情報処理装置と、端末装置とを含む情報処理システムであって、
前記情報処理装置は、
複数のエキスパート（モデル）の各々から得られる予測値（出力値）と、各予測値（出力値）に対応する損失値とを取得する取得手段と、
前記取得手段が取得した各予測値（出力値）と、各エキスパート（モデル）の信頼度とに応じて意思決定結果（最適解）を導出する導出手段と、
前記取得手段が取得した各損失値を参照して、各エキスパート（モデル

）に関する前記信頼度を更新する更新手段と
を備え、
前記更新手段は、前記複数のエキスパート（モデル）の少なくとも一部を構成する複数のエキスパート（モデル）の各々の信頼度を、互いに異なるタイミングでリセット（初期化）し、
前記端末装置は、
前記情報処理装置が導出した意思決定結果（最適解）を実行する実行手段と、
前記意思決定結果（最適解）を実行することによって得られる損失値を取得する損失値取得手段と
を備えている情報処理システム。

[0158] 〔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。

[0159] （付記Ａ１）
少なくとも１つのプロセッサを備え、前記プロセッサは、
複数のモデルの各々から得られる出力値と、各出力値に対応する損失値とを取得する取得処理と、
前記取得処理にて取得した各出力値と、各モデルの信頼度とに応じて最適解を導出する導出処理と、
前記取得処理にて取得した各損失値を参照して、各モデルに関する前記信頼度を更新する更新処理と
を実行し、
前記更新処理では、前記複数のモデルの少なくとも一部を構成する複数のモデルの各々の信頼度を、互いに異なるタイミングで初期化する
情報処理装置。

[0160] （付記Ａ２）
前記プロセッサは、前記導出処理において、信頼度を補正するためのパラ

メータを更に参照して、前記最適解を導出する

付記Ａ１に記載の情報処理装置。

[0161] （付記Ａ３）

前記プロセッサは、前記更新処理において、前記複数のモデルのうち、ｎ番目のモデルの信頼度w_nを、所定の比例係数ｄと定数項ｇとを用いて

$t = d \times 2^n + g$

と表されるタイミングｔにおいて初期化する

付記Ａ１又はＡ２に記載の情報処理装置。

[0162] （付記Ａ４）

前記プロセッサは、前記更新処理において、前記複数のモデルのうち、ｎ番目のモデルの信頼度w_nを、モデルの総数Ｎと、所定の定数ｄ及びｇとを用いて

$t = d \times N + n + g$

と表されるタイミングｔにおいて初期化する

付記Ａ１又はＡ２に記載の情報処理装置。

[0163] （付記Ａ５）

前記導出処理は、

前記取得処理で取得した各出力値と、各モデルの信頼度とに応じて第１の最適解を導出する複数の第１の導出処理と、

前記複数の第１の導出処理の各々が導出した第１の最適解と、前記複数の第１の導出処理の各々の信頼度とに応じて第２の最適解を導出する第２の導出処理と

を含んでいる

付記Ａ１からＡ４の何れか１項に記載の情報処理装置。

[0164] （付記Ａ６）

前記プロセッサは、前記第１の導出処理において、

各モデルについて、前記信頼度と前記出力値とによって定まる重み因子を算出し、当該重み因子の線形和を用いて第１の最適解を導出する

付記Ａ５に記載の情報処理装置。

[0165] （付記Ａ７）

前記プロセッサは、前記第２の導出処理において、

前記複数の第１の導出処理で導出した各第１の最適解の加重和であって、前記複数の第１の導出処理の各々の信頼度に応じた加重和によって、前記第２の最適解を導出する

付記Ａ５又はＡ６に記載の情報処理装置。

[0166] （付記Ａ８）

情報処理装置が、

複数のモデルの各々から得られる出力値と、各出力値に対応する損失値とを取得することと、

前記取得した各出力値と、各モデルの信頼度とに応じて最適解を導出することと、

前記取得した各損失値を参照して、各モデルに関する前記信頼度を更新することと

を含み、

前記更新する工程では、前記複数のモデルの少なくとも一部を構成する複数のモデルの各々の信頼度を、互いに異なるタイミングで初期化する

情報処理方法。

[0167] （付記Ａ９）

コンピュータを情報処理装置として機能させるプログラムを格納した非一時的記録媒体であって、

前記プログラムは、前記コンピュータに、

複数のモデルの各々から得られる出力値と、各出力値に対応する損失値とを取得することと、

前記取得した各出力値と、各モデルの信頼度とに応じて最適解を導出することと、

前記取得した各損失値を参照して、各モデルに関する前記信頼度を更新す

ることと

を実行させ

前記更新する工程では、前記複数のモデルの少なくとも一部を構成する複数のモデルの各々の信頼度を、互いに異なるタイミングで初期化する。

[0168] （付記Ａ１０）

情報処理装置と、端末装置とを含む情報処理システムであって、

前記情報処理装置は、１又は複数の第１のプロセッサを備え、当該第１のプロセッサは、

複数のモデルの各々から得られる出力値と、各出力値に対応する損失値とを取得する取得処理と、

前記取得処理にて取得した各出力値と、各モデルの信頼度とに応じて最適解を導出する導出処理と、

前記取得処理にて取得した各損失値を参照して、各モデルに関する前記信頼度を更新する更新処理と

を実行し、

前記更新処理では、前記複数のモデルの少なくとも一部を構成する複数のモデルの各々の信頼度を、互いに異なるタイミングで初期化し、

前記端末装置は、１又は複数の第２のプロセッサを備え、当該第２のプロセッサは、

前記情報処理装置が導出した最適解を実行する実行処理と、

前記最適解を実行することによって得られる損失値を取得する損失値取得処理とを実行する情報処理システム。

[0169] なお、上述した情報処理装置及び情報処理システムは、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、前記導出処理と、前記更新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

[0170] １，１Ａ ・・・情報処理装置
１００、１００Ａ・・・情報処理システム
１０Ａ ・・・制御部
１１ ・・・取得部
１２ ・・・導出部
１２１ ・・・第１の導出部
１２２ ・・・第２の導出部
Ｓ１，Ｓ１００ ・・・情報処理方法

請求の範囲

[請求項1] 複数のモデルの各々から得られる出力値と、各出力値に対応する損失値とを取得する取得手段と、

前記取得手段が取得した各出力値と、各モデルの信頼度とに応じて最適解を導出する導出手段と、

前記取得手段が取得した各損失値を参照して、各モデルに関する前記信頼度を更新する更新手段と

を備え、

前記更新手段は、前記複数のモデルの少なくとも一部を構成する複数のモデルの各々の信頼度を、互いに異なるタイミングで初期化する情報処理装置。

[請求項2] 前記導出手段は、信頼度を補正するためのパラメータを更に参照して、前記最適解を導出する

請求項１に記載の情報処理装置。

[請求項3] 前記更新手段は、前記複数のモデルのうち、ｎ番目のモデルの信頼度w_nを、所定の比例係数ｄと定数項ｇとを用いて

$t = d \times 2^n + g$

と表されるタイミングｔにおいて初期化する

請求項１又は２に記載の情報処理装置。

[請求項4] 前記更新手段は、前記複数のモデルのうち、ｎ番目のモデルの信頼度w_nを、モデルの総数Ｎと、所定の定数ｄ及びｇとを用いて

$t = d \times N + n + g$

と表されるタイミングｔにおいて初期化する

請求項１又は２に記載の情報処理装置。

[請求項5] 前記導出手段は、

前記取得手段が取得した各予測値と、各モデルの信頼度とに応じて第１の最適解を導出する複数の第１の導出手段と、

前記複数の第１の導出手段の各々が導出した第１の最適解と、前

記複数の第１の導出手段の各々の信頼度とに応じて第２の最適解を導出する第２の導出手段と
を備えている
請求項１から４の何れか１項に記載の情報処理装置。

[請求項6] 前記第１の導出手段は、
各モデルについて、前記信頼度と前記出力値とによって定まる重み因子を算出し、当該重み因子の線形和を用いて第１の最適解を導出する
請求項５に記載の情報処理装置。

[請求項7] 前記第２の導出手段は、
前記複数の第１の導出手段が導出した各第１の最適解の加重和であって、前記複数の第１の導出手段の各々の信頼度に応じた加重和によって、前記第２の最適解を導出する
請求項５又は６に記載の情報処理装置。

[請求項8] 情報処理装置が、
複数のモデルの各々から得られる出力値と、各出力値に対応する損失値とを取得することと、
前記取得した各出力値と、各モデルの信頼度とに応じて最適解を導出することと、
前記取得した各損失値を参照して、各モデルに関する前記信頼度を更新することと
を含み、
前記更新する工程では、前記複数のモデルの少なくとも一部を構成する複数のモデルの各々の信頼度を、互いに異なるタイミングで初期化する
情報処理方法。

[請求項9] コンピュータを情報処理装置として機能させるプログラムであって

、

前記プログラムは、前記コンピュータに、

複数のモデルの各々から得られる出力値と、各出力値に対応する損失値とを取得することと、

前記取得した各出力値と、各モデルの信頼度とに応じて最適解を導出することと、

前記取得した各損失値を参照して、各モデルに関する前記信頼度を更新することと

を実行させ

前記更新する工程では、前記複数のモデルの少なくとも一部を構成する複数のモデルの各々の信頼度を、互いに異なるタイミングで初期化する

プログラム。

[請求項10] 情報処理装置と、端末装置とを含む情報処理システムであって、

前記情報処理装置は、

複数のモデルの各々から得られる出力値と、各出力値に対応する損失値とを取得する取得手段と、

前記取得手段が取得した各出力値と、各モデルの信頼度とに応じて最適解を導出する導出手段と

前記取得手段が取得した各損失値を参照して、各モデルに関する前記信頼度を更新する更新手段と

を備え、

前記更新手段は、前記複数のモデルの少なくとも一部を構成する複数のモデルの各々の信頼度を、互いに異なるタイミングで初期化し

、

前記端末装置は、

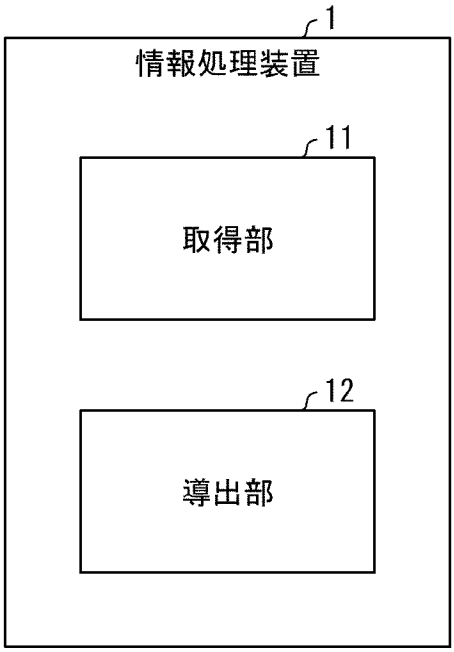
前記情報処理装置が導出した最適解を実行する実行手段と、

前記最適解を実行することによって得られる損失値を取得する損失値取得手段と

を備えている情報処理システム。

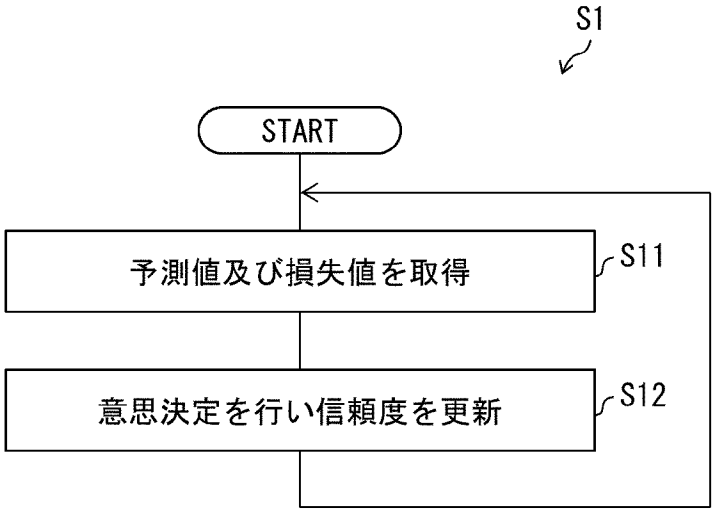
[図1]

図 1


1
情報処理装置
11
取得部
12
導出部

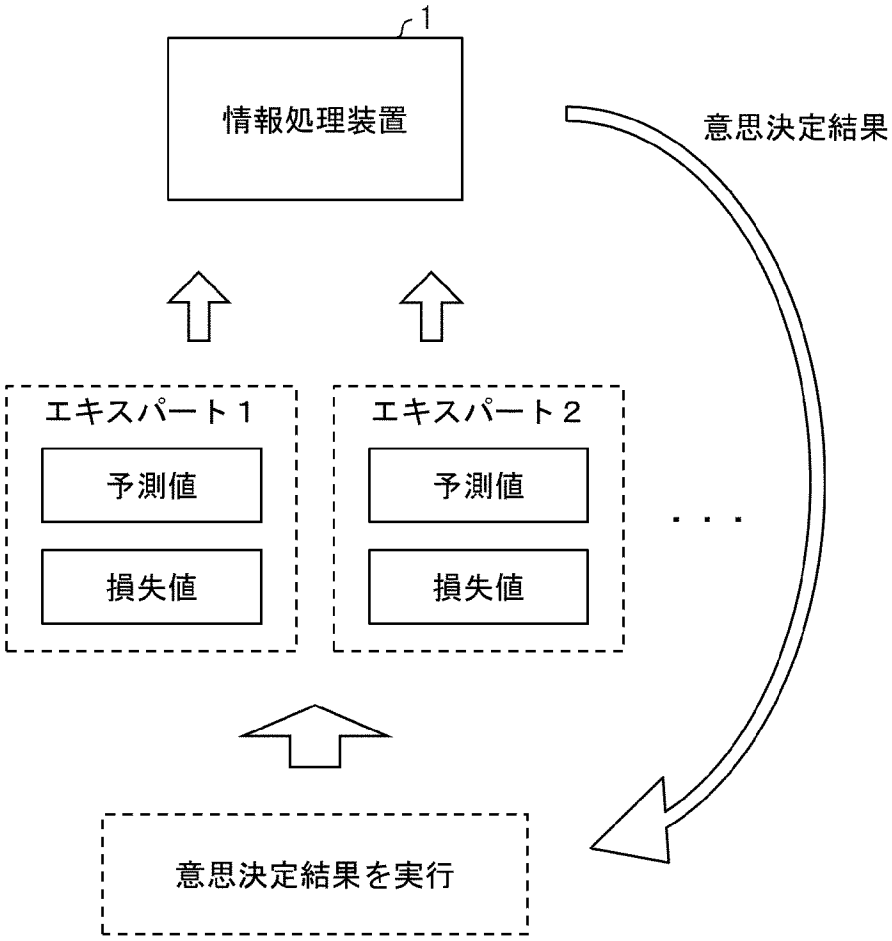
[図2]

図 2


S1
START
予測値及び損失値を取得
S11
意思決定を行い信頼度を更新
S12

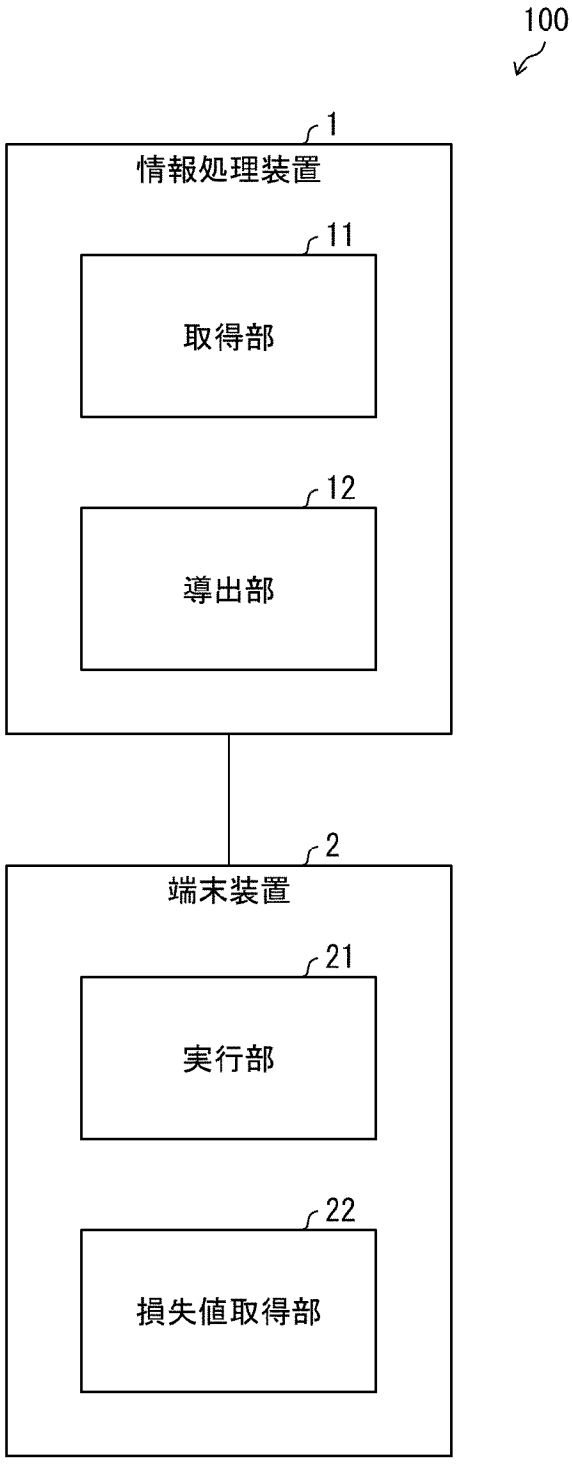
[図3]

図 3



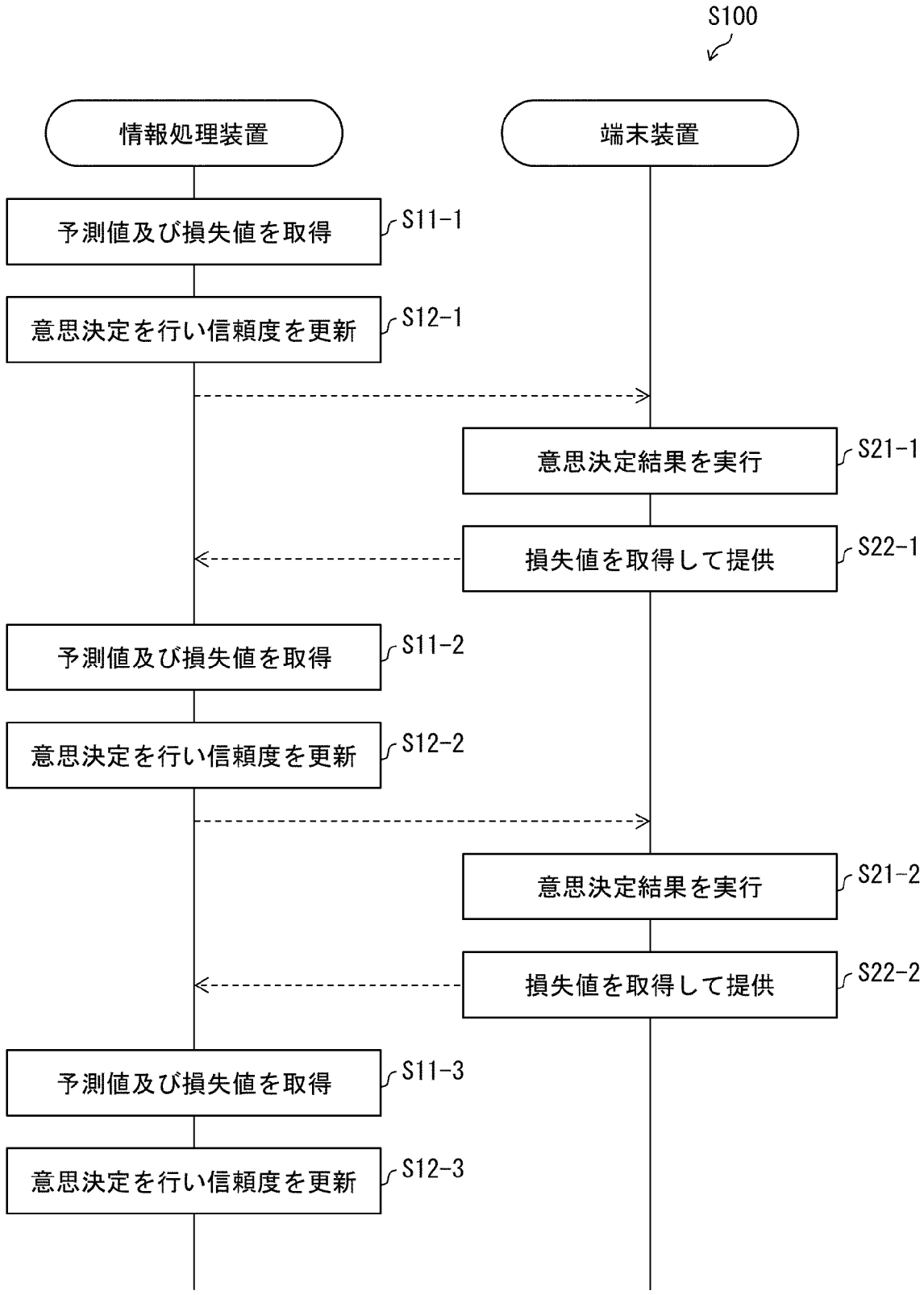
[図4]

図 4



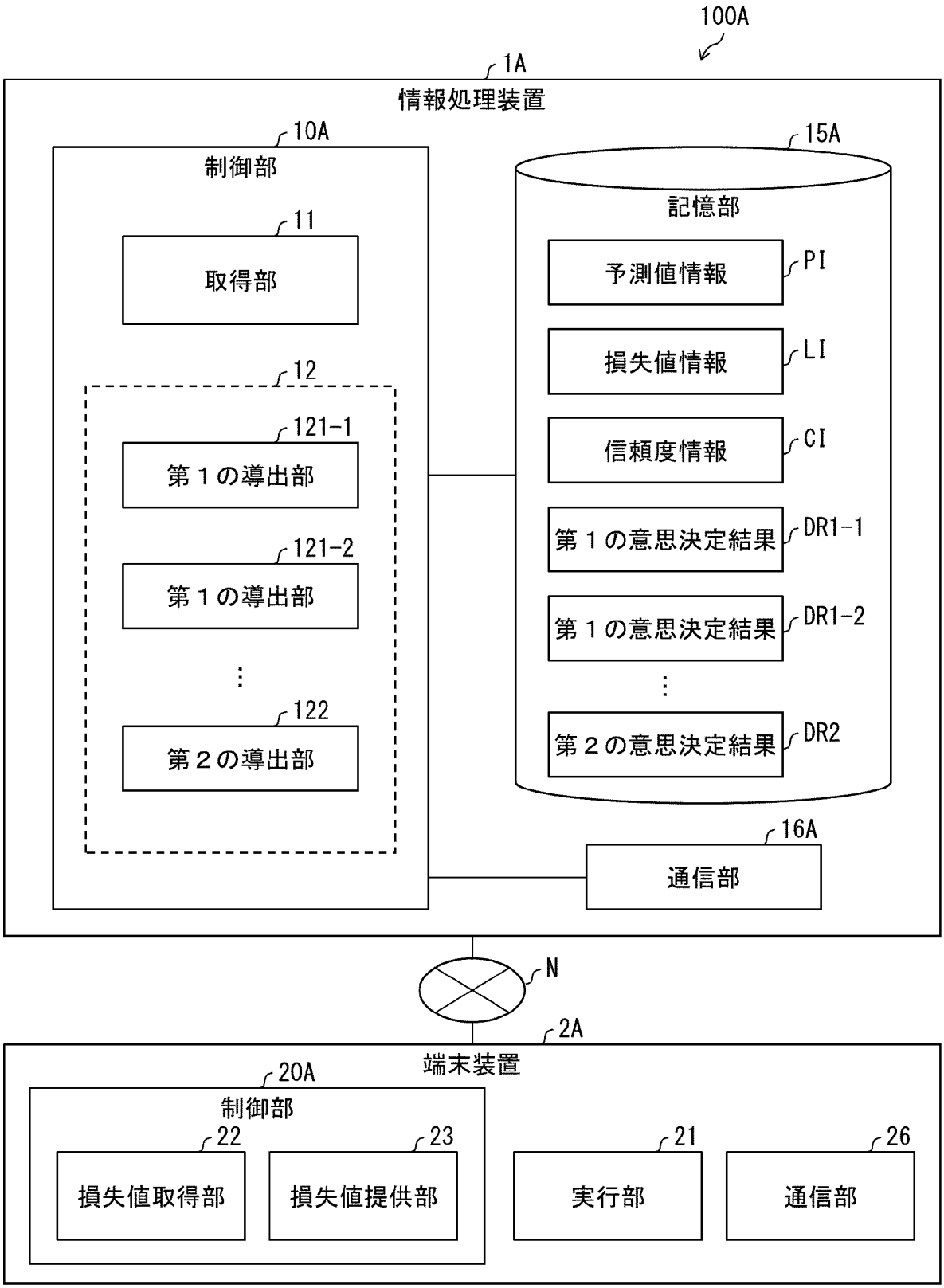
[図5]

図 5


S100
情報処理装置
端末装置
予測値及び損失値を取得
S11-1
意思決定を行い信頼度を更新
S12-1
意思決定結果を実行
S21-1
損失値を取得して提供
S22-1
予測値及び損失値を取得
S11-2
意思決定を行い信頼度を更新
S12-2
意思決定結果を実行
S21-2
損失値を取得して提供
S22-2
予測値及び損失値を取得
S11-3
意思決定を行い信頼度を更新
S12-3

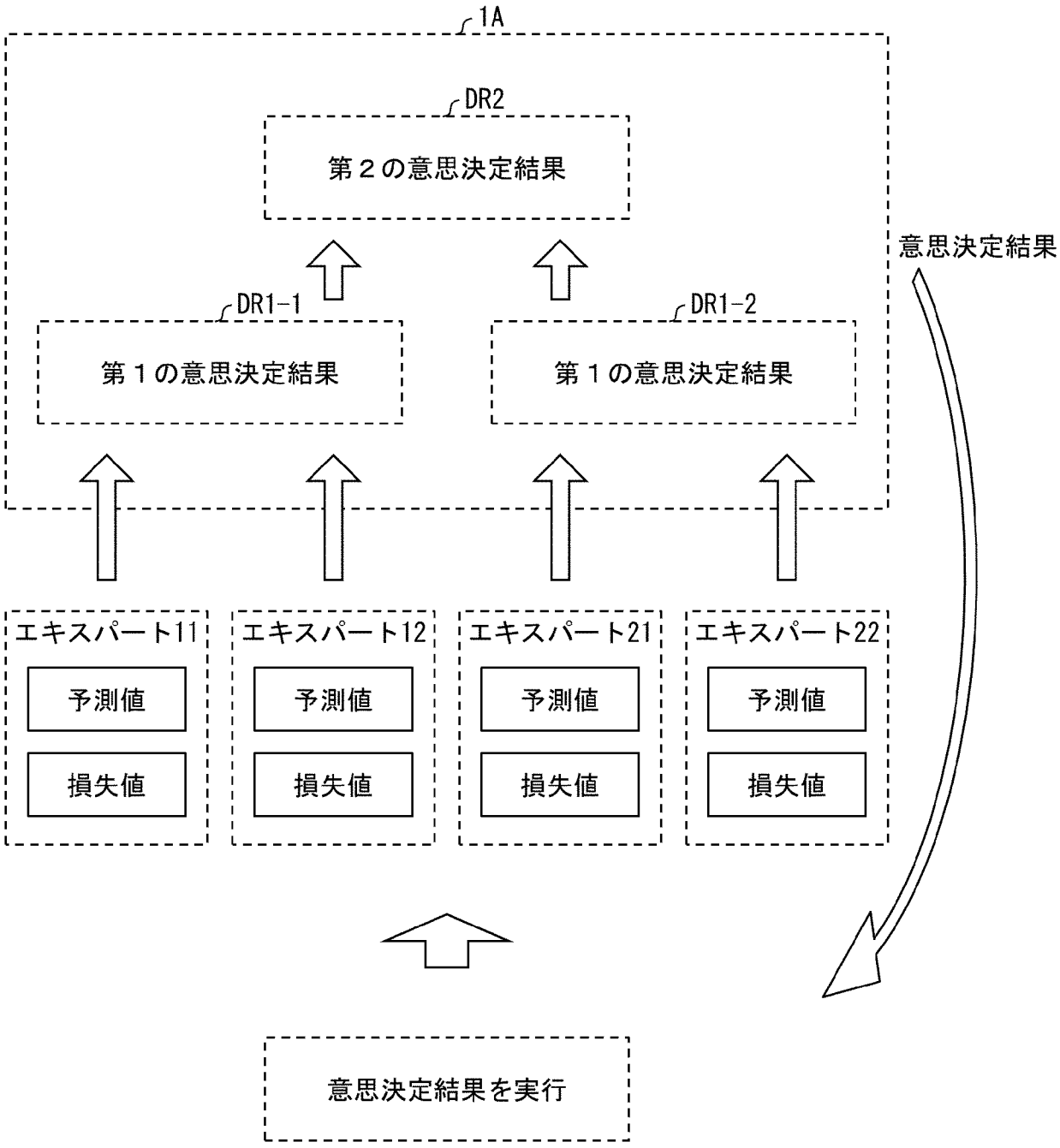
[図6]

図 6


100A
1A
情報処理装置
10A
制御部
11
取得部
12
121-1
第１の導出部
121-2
第１の導出部
122
第２の導出部
15A
記憶部
予測値情報
PI
損失値情報
LI
信頼度情報
CI
第１の意思決定結果
DR1-1
第１の意思決定結果
DR1-2
第２の意思決定結果
DR2
16A
通信部
N
2A
端末装置
20A
制御部
22
損失値取得部
23
損失値提供部
21
実行部
26
通信部

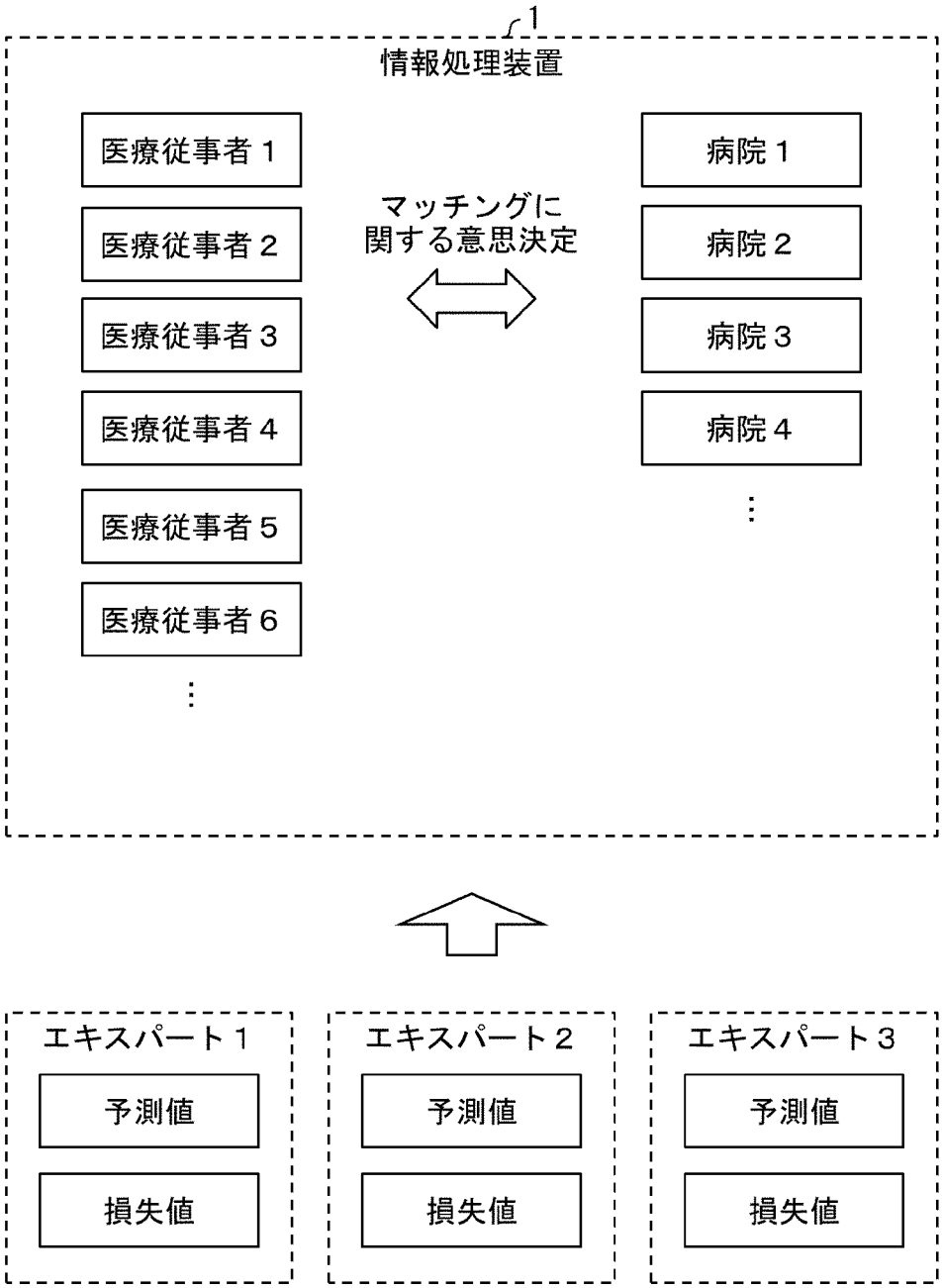
[図7]

図 7


1A
DR2
第２の意思決定結果
意思決定結果
DR1-1
第１の意思決定結果
DR1-2
第１の意思決定結果
エキスパート11
予測値
損失値
エキスパート12
予測値
損失値
エキスパート21
予測値
損失値
エキスパート22
予測値
損失値
意思決定結果を実行

[図8]

図 8


適用例
1
情報処理装置
医療従事者１
医療従事者２
医療従事者３
医療従事者４
医療従事者５
医療従事者６
マッチングに
関する意思決定
病院１
病院２
病院３
病院４
エキスパート１
予測値
損失値
エキスパート２
予測値
損失値
エキスパート３
予測値
損失値

[図9]

図 9

医療従事者データ例

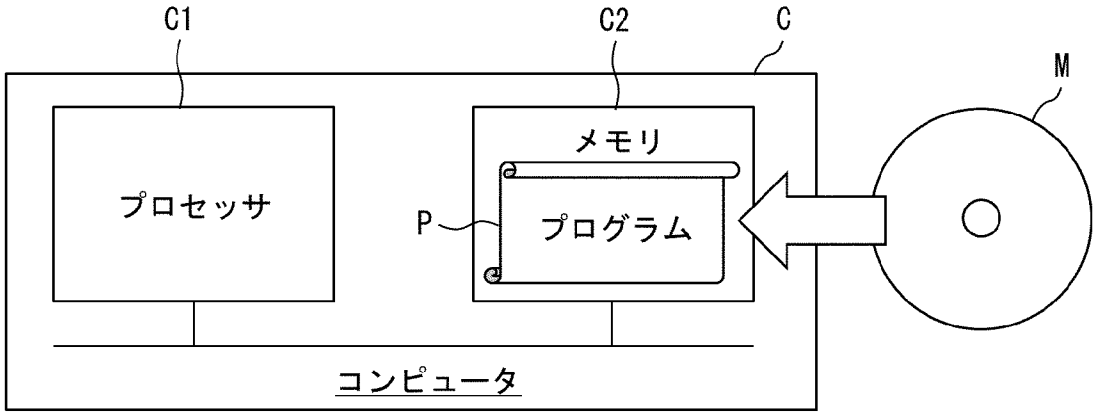
医師ID	名前	専門分野	勤続年数
1	XXXX	内科	5
2	YYYY	小児科	3
3	ZZZZ	整形外科	8
…	…	…	…

病院データ例

病院ID	病院名	診療科目	診療時間	空き病室数	先月の患者数
1	A病院	内科、外科	9:00-18:00	5	20
2	B病院	小児科、皮膚科	10:00-19:00	3	30
3	C病院	眼科、耳鼻咽喉科	9:00-17:00	2	500

[図10]

図 10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/017066

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06N 20/20(2019.01)i
FI: G06N20/20

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)

G06N20/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-172718 A (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 22 September 2014 (2014-09-22) paragraphs [0036]-[0041]	1-10
A	US 2020/0364055 A1 (QUALCOMM INCORPORATED) 19 November 2020 (2020-11-19) paragraphs [0070]-[0075], fig. 5	1-10
A	JP 2015-203308 A (MAZDA MOTOR CORPORATION) 16 November 2015 (2015-11-16) paragraphs [0039]-[0042], [0080]	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
12 July 2023	**25 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/JP2023/017066

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2014-172718 A	22 September 2014	CN 104030108 A	
US 2020/0364055 A1	19 November 2020	(Family: none)	
JP 2015-203308 A	16 November 2015	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/017066

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G06N 20/20(2019.01)i
FI: G06N20/20

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））

G06N20/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2014-172718 A (株式会社東芝) 22.09.2014 (2014-09-22) 段落[0036]-[0041]	1-10
A	US 2020/0364055 A1 (QUALCOMM INCORPORATED) 19.11.2020 (2020-11-19) 段落[0070]-[0075], 図5	1-10
A	JP 2015-203308 A (マツダ株式会社) 16.11.2015 (2015-11-16) 段落[0039]-[0042], [0080]	1-10

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
12.07.2023	25.07.2023

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）
稲葉　崇 5B 3859

電話番号 03-3581-1101 内線 3545

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2023/017066

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2014-172718 A	22.09.2014	CN 104030108 A	
US 2020/0364055 A1	19.11.2020	（ファミリーなし）	
JP 2015-203308 A	16.11.2015	（ファミリーなし）	