

(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11月16日(16.11.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/218583 A1

(51) 国際特許分類:
G08G 9/00 (2006.01)

都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/020003

(22) 国際出願日: 2022年5月12日(12.05.2022)

(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: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).

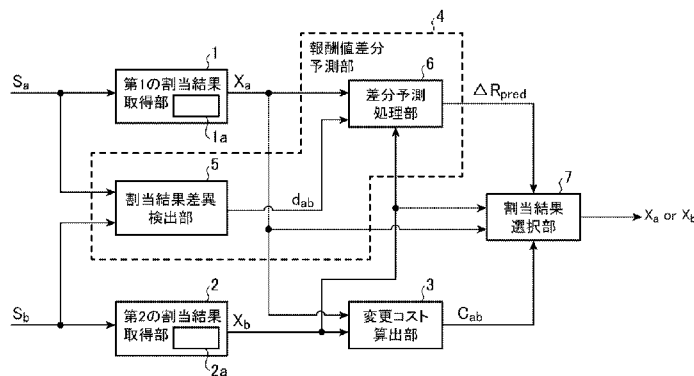
(72) 発明者: 大西 直(ONISHI, Tadashi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 芳川 昇之(YOSHIKAWA, Nobuyuki); 〒1008310 東京

(74) 代理人: 特許業務法人山王内外特許事務所(SANNO PATENT ATTORNEYS OFFICE); 〒1000014 東京都千代田区永田町二丁目12番4号 赤坂山王センタービル5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, 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, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) **Title:** ALLOCATION RESULT DETERMINATION DEVICE AND ALLOCATION RESULT DETERMINATION METHOD

(54) 発明の名称: 割当結果決定装置及び割当結果決定方法



- 1 First allocation result acquiring unit
- 2 Second allocation result acquiring unit
- 3 Changed cost calculating unit
- 4 Reward value difference predicting unit
- 5 Allocation result difference detecting unit
- 6 Difference prediction processing unit
- 7 Allocation result selecting unit

(57) **Abstract:** This allocation result determination device is configured with a changed cost calculating unit (3) that acquires, as allocation results indicating the order of allocation of a plurality of objects to be allocated, a first allocation result determined at a first time and a second allocation result determined at a second time after the first time, and calculates a changed cost that is an increase in cost when the allocation result is changed from the first allocation result to the second allocation result. The allocation result determination device further comprises an allocation result selecting unit (7) that selects the first allocation result or the second allocation result on the basis of the changed cost that is calculated by the changed cost calculating unit (3).

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, 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, 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))

(57) 要約: 複数の割当対象物に対する割り当て順序を示す割当結果として、第1の時刻のときに決定された第1の割当結果と、第1の時刻よりも後の時刻である第2の時刻のときに決定された第2の割当結果とを取得し、割当結果を第1の割当結果から第2の割当結果に変更した場合のコストの増加量である変更コストを算出する変更コスト算出部(3)を備えるように、割当結果決定装置を構成した。また、割当結果決定装置は、変更コスト算出部(3)により算出された変更コストに基づいて、第1の割当結果、又は、第2の割当結果を選択する割当結果選択部(7)を備えている。

明 細 書

発明の名称： 割当結果決定装置及び割当結果決定方法

技術分野

[0001] 本開示は、割当結果決定装置及び割当結果決定方法に関するものである。

背景技術

[0002] 複数の割当対象物に対する割り当て順序を決定する装置として、例えば、複数の航空機の着陸順序を決定する着陸順序決定装置がある（例えば、特許文献 1 を参照）。

当該着陸順序決定装置は、それぞれの航空機が滑走路に到着する到着予定時刻と、それぞれの航空機の機体サイズとに基づいて、複数の航空機の着陸順序を決定するスケジューラを備えている。当該スケジューラは、複数の航空機の着陸順序を決定した後に、例えば、いずれかの航空機の到着予定時刻に変更が生じた場合、複数の航空機の着陸順序を再決定する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特表 2 0 0 6 － 5 2 3 8 7 4 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 複数の航空機の着陸順序を決定した後に、いずれかの航空機の到着予定時刻に変更が生じた場合に、決定した着陸順序を維持するよりも着陸順序を変更した方が、運航コストが低い場合と、着陸順序を変更するよりも着陸順序を維持した方が、運航コストが低い場合とがある。運航コストとしては、例えば、航空機の燃料コストのほか、パイロットの肉体的な負担、又は、パイロットの精神的な負担に係る負担コストがある。

特許文献 1 に開示されている着陸順序決定装置では、スケジューラが、複数の航空機の着陸順序を決定した後に、いずれかの航空機の到着予定時刻に変更が生じた場合に、複数の航空機の着陸順序を変更することで、運航コス

トが上昇してしまうことがあるという課題があった。

[0005] 本開示は、上記のような課題を解決するためになされたもので、複数の割当対象物に対する割り当て順序を示す割当結果として、第1の割当結果が決定された後に、第2の割当結果が決定された場合に、コストに基づいて、第1の割当結果、又は、第2の割当結果を選択することができる割当結果決定装置及び割当結果決定方法を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示に係る割当結果決定装置は、複数の割当対象物に対する割り当て順序を示す割当結果として、第1の時刻のときに決定された第1の割当結果と、第1の時刻よりも後の時刻である第2の時刻のときに決定された第2の割当結果とを取得し、割当結果を第1の割当結果から第2の割当結果に変更した場合のコストの増加量である変更コストを算出する変更コスト算出部を備えている。また、割当結果決定装置は、変更コスト算出部により算出された変更コストに基づいて、第1の割当結果、又は、第2の割当結果を選択する割当結果選択部を備えている。

発明の効果

[0007] 本開示によれば、複数の割当対象物に対する割り当て順序を示す割当結果として、第1の割当結果が決定された後に、第2の割当結果が決定された場合に、コストに基づいて、第1の割当結果、又は、第2の割当結果を選択することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]実施の形態1に係る割当結果決定装置を示す構成図である。

[図2]実施の形態1に係る割当結果決定装置のハードウェアを示すハードウェア構成図である。

[図3]割当結果決定装置が、ソフトウェア又はファームウェア等によって実現される場合のコンピュータのハードウェア構成図である。

[図4]実施の形態1に係る割当結果決定装置の差分予測処理部6を示す構成図である。

[図5] 3 台の飛行機の着陸の割り当て順序を示す割当結果の一例を示す説明図である。

[図6] 図 1 に示す割当結果決定装置の処理手順である割当結果決定方法を示すフローチャートである。

[図7] 図 7 A は、スケジュール情報 S_a が第 1 の割当結果取得部 1 に与えられたときに、第 1 の割当結果取得部 1 により取得される第 1 の割当結果 X_a の一例を示す説明図、図 7 B は、スケジュール情報 S_b が第 2 の割当結果取得部 2 に与えられたときに、第 2 の割当結果取得部 2 により取得される第 2 の割当結果 X_b の一例を示す説明図である。

[図8] 変更コスト表の一例を示す説明図である。

[図9] 減衰関数 $g(j)$ を示す説明図である。

[図10] 図 10 A は、航空機 j_a の割り当て順序が先頭から数えて 4 番目から最後尾に変更された場合の差異情報 d_{ab} を示す説明図、図 10 B は、スケジュール情報 S_a に含まれていなかった航空機 j_b が、スケジュール情報 S_b に含まれた場合の差異情報 d_{ab} を示す説明図である。

[図11] 実施の形態 2 に係る割当結果決定装置を示す構成図である。

[図12] 実施の形態 2 に係る割当結果決定装置のハードウェアを示すハードウェア構成図である。

[図13] 実施の形態 2 に係る割当結果決定装置の報酬値差分算出部 8 を示す構成図である。

[図14] 実施の形態 2 に係る割当結果決定装置の差分予測処理部 10 を示す構成図である。

[図15] 実施の形態 3 に係る割当結果決定装置を示す構成図である。

[図16] 実施の形態 3 に係る割当結果決定装置のハードウェアを示すハードウェア構成図である。

[図17] 図 17 A は、割当可能な時刻と割当不可能な時刻とを示す説明図、図 17 B は、ペナルティ表を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本開示をより詳細に説明するために、本開示を実施するための形態について、添付の図面に従って説明する。

[0010] 実施の形態 1.

図 1 は、実施の形態 1 に係る割当結果決定装置を示す構成図である。

図 2 は、実施の形態 1 に係る割当結果決定装置のハードウェアを示すハードウェア構成図である。

図 1 に示す割当結果決定装置は、第 1 の割当結果取得部 1、第 2 の割当結果取得部 2、変更コスト算出部 3、報酬値差分予測部 4 及び割当結果選択部 7 を備えている。

図 1 に示す割当結果決定装置は、複数の割当対象物に対する割り当て順序を示す割当結果として、例えば、複数の航空機の離着陸の割り当て順序を示す割当結果を決定するものとする。しかし、割当対象物は、航空機に限るものではなく、例えば、荷物、又は、タクシーであってもよい。割当対象物が例えばタクシーであれば、図 1 に示す割当結果決定装置は、タクシーの配車順序を示す割当結果を決定する。

[0011] 第 1 の割当結果取得部 1 は、例えば、図 2 に示す第 1 の割当結果取得回路 21 によって実現される。

第 1 の割当結果取得部 1 は、第 1 の時刻における複数の割当対象物である航空機のスケジュール情報 S_a を第 1 の学習モデル 1a に与えて、第 1 の学習モデル 1a から第 1 の割当結果 X_a を取得する。

第 1 の割当結果取得部 1 は、第 1 の割当結果 X_a を変更コスト算出部 3、報酬値差分予測部 4 及び割当結果選択部 7 のそれぞれに出力する。

スケジュール情報 S_a は、例えば、それぞれの航空機の着陸予定時刻又はそれぞれの航空機の離陸予定時刻と、それぞれの航空機の機体サイズとを示す情報を含んでいる。第 1 の割当結果 X_a は、第 1 の時刻のときに決定された割当結果である。

[0012] 第 1 の学習モデル 1a は、学習時において、入力データとして、複数の航空機のスケジュール情報 S が与えられ、教師データとして、複数の航空機の

離着陸の割り当て順序を示す割当結果 X が与えられ、割当結果 X を学習している。

第1の学習モデル1aは、推論時において、複数の航空機のスケジュール情報 S_a が与えられたとき、スケジュール情報 S_a に対応する第1の割当結果 X_a を出力する。

ここでは、第1の学習モデル1aが、教師あり学習によって学習している。しかし、これは一例に過ぎず、第1の学習モデル1aは、例えば、教師なし学習、強化学習、又は、数理最適化手法によって学習しているものであってもよい。

[0013] 第2の割当結果取得部2は、例えば、図2に示す第2の割当結果取得回路22によって実現される。

第2の割当結果取得部2は、第1の時刻よりも後の時刻である第2の時刻における複数の割当対象物である航空機のスケジュール情報 S_b を第2の学習モデル2aに与えて、第2の学習モデル2aから第2の割当結果 X_b を取得する。

スケジュール情報 S_b は、例えば、それぞれの航空機の着陸予定時刻又はそれぞれの航空機の離陸予定時刻と、それぞれの航空機の機体サイズとを示す情報を含んでいる。第2の割当結果 X_b は、第2の時刻のときに決定された割当結果である。

第2の割当結果取得部2は、第2の割当結果 X_b を変更コスト算出部3、報酬値差分予測部4及び割当結果選択部7のそれぞれに出力する。

[0014] 第2の学習モデル2aは、学習時において、入力データとして、複数の航空機のスケジュール情報 S が与えられ、教師データとして、複数の航空機の離着陸の割り当て順序を示す割当結果 X が与えられ、割当結果 X を学習している。

第2の学習モデル2aは、推論時において、複数の航空機のスケジュール情報 S_b が与えられたとき、スケジュール情報 S_b に対応する第2の割当結果 X_b を出力する。

ここでは、第2の学習モデル2aが、教師あり学習によって学習している。しかし、これは一例に過ぎず、第2の学習モデル2aは、例えば、教師なし学習、強化学習、又は、数理最適化手法によって学習しているものであってもよい。

[0015] 変更コスト算出部3は、例えば、図2に示す変更コスト算出回路23によって実現される。

変更コスト算出部3は、第1の割当結果取得部1から第1の割当結果 X_a を取得し、第2の割当結果取得部2から第2の割当結果 X_b を取得する。

変更コスト算出部3は、割当結果を第1の割当結果 X_a から第2の割当結果 X_b に変更した場合のコストの増加量である変更コスト C_{ab} を算出する。割当対象物が航空機であれば、変更コスト算出部3により増加量が算出されるコストは、運航コストである。運航コストとしては、例えば、航空機の燃料コストのほか、パイロットの肉体的な負担、又は、パイロットの精神的な負担に係る負担コストがある。

変更コスト算出部3は、変更コスト C_{ab} を割当結果選択部7に出力する。

[0016] 報酬値差分予測部4は、例えば、図2に示す報酬値差分予測回路24によって実現される。

報酬値差分予測部4は、割当結果差異検出部5及び差分予測処理部6を備えている。

報酬値差分予測部4は、第1の割当結果 X_a 及び第2の割当結果 X_b のそれぞれを図4に示す報酬値予測用の学習モデル6cに与えて、学習モデル6cから、第1の割当結果 X_a の良否の程度を示す第1の報酬値 R_{preda} と第2の割当結果 X_b の良否の程度を示す第2の報酬値 R_{predb} とを取得する。

報酬値差分予測部4は、第2の報酬値 R_{predb} から第1の報酬値 R_{preda} を減算することで、第1の報酬値 R_{preda} と第2の報酬値 R_{predb} との報酬値差分 ΔR_{pred} を予測する。

報酬値差分予測部4は、報酬値差分 ΔR_{pred} を割当結果選択部7に出力する。

[0017] 割当結果差異検出部5は、第1の時刻におけるスケジュール情報 S_a と第2の時刻におけるスケジュール情報 S_b との差異を検出し、差異を示す差異情報 d_{ab} を差分予測処理部6に出力する。

[0018] 差分予測処理部6は、差分予測処理部6から出力された差異情報 d_{ab} が、差異がある旨を示していれば、1の割当結果 X_a 及び第2の割当結果 X_b のそれぞれを報酬値予測用の学習モデル6cに与えて、学習モデル6cから、第1の報酬値 R_{preda} と第2の報酬値 R_{predb} とを取得する。

差分予測処理部6は、第2の報酬値 R_{predb} から第1の報酬値 R_{preda} を減算することで、第1の報酬値 R_{preda} と第2の報酬値 R_{predb} との報酬値差分 ΔR_{pred} を予測する。

差分予測処理部6は、報酬値差分 ΔR_{pred} を割当結果選択部7に出力する。

[0019] 割当結果選択部7は、例えば、図2に示す割当結果選択回路27によって実現される。

割当結果選択部7は、変更コスト算出部3により算出された変更コスト C_{ab} に基づいて、第1の割当結果 X_a 、又は、第2の割当結果 X_b を選択する。

具体的には、割当結果選択部7は、報酬値差分予測部4により予測された報酬値差分 ΔR_{pred} が0よりも大きく、かつ、変更コスト C_{ab} がコスト閾値 Thc 以下であれば、第2の割当結果 X_b を選択する。

割当結果選択部7は、報酬値差分 ΔR_{pred} が0以下、又は、変更コスト C_{ab} がコスト閾値 Thc よりも大きければ、第1の割当結果 X_a を選択する。

コスト閾値 Thc は、割当結果選択部7の内部メモリに格納されていてもよいし、割当結果決定装置の外部から与えられるものであってもよい。

[0020] 図1では、割当結果決定装置の構成要素である第1の割当結果取得部1、第2の割当結果取得部2、変更コスト算出部3、報酬値差分予測部4及び割当結果選択部7のそれぞれが、図2に示すような専用のハードウェアによって実現されるものを想定している。即ち、割当結果決定装置が、第1の割当結果取得回路21、第2の割当結果取得回路22、変更コスト算出回路23

、報酬値差分予測回路 24 及び割当結果選択回路 27 によって実現されるものを想定している。

第 1 の割当結果取得回路 21、第 2 の割当結果取得回路 22、変更コスト算出回路 23、報酬値差分予測回路 24 及び割当結果選択回路 27 のそれぞれは、例えば、単一回路、複合回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field-Programmable Gate Array)、又は、これらを組み合わせたものが該当する。

[0021] 割当結果決定装置の構成要素は、専用のハードウェアによって実現されるものに限るものではなく、割当結果決定装置が、ソフトウェア、ファームウェア、又は、ソフトウェアとファームウェアとの組み合わせによって実現されるものであってもよい。

ソフトウェア又はファームウェアは、プログラムとして、コンピュータのメモリに格納される。コンピュータは、プログラムを実行するハードウェアを意味し、例えば、CPU (Central Processing Unit)、中央処理装置、処理装置、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、プロセッサ、あるいは、DSP (Digital Signal Processor) が該当する。

[0022] 図 3 は、割当結果決定装置が、ソフトウェア又はファームウェア等によって実現される場合のコンピュータのハードウェア構成図である。

割当結果決定装置が、ソフトウェア又はファームウェア等によって実現される場合、第 1 の割当結果取得部 1、第 2 の割当結果取得部 2、変更コスト算出部 3、報酬値差分予測部 4 及び割当結果選択部 7 におけるそれぞれの処理手順をコンピュータに実行させるためのプログラムがメモリ 41 に格納される。そして、コンピュータのプロセッサ 42 がメモリ 41 に格納されているプログラムを実行する。

[0023] また、図 2 では、割当結果決定装置の構成要素のそれぞれが専用のハード

ウェアによって実現される例を示し、図3では、割当結果決定装置がソフトウェア又はファームウェア等によって実現される例を示している。しかし、これは一例に過ぎず、割当結果決定装置における一部の構成要素が専用のハードウェアによって実現され、残りの構成要素がソフトウェア又はファームウェア等によって実現されるものであってもよい。

[0024] 図4は、実施の形態1に係る割当結果決定装置の差分予測処理部6を示す構成図である。

図4に示す差分予測処理部6は、第1の予測処理部6a、第2の予測処理部6b、報酬値予測用の学習モデル6c及び差分算出処理部6dを備えている。

[0025] 第1の予測処理部6aは、割当結果差異検出部5から出力された差異情報 d_{ab} が、差異がある旨を示していれば、第1の割当結果取得部1から出力された第1の割当結果 X_a を報酬値予測用の学習モデル6cに与えて、学習モデル6cから、第1の報酬値 R_{preda} を取得する。

第1の予測処理部6aは、第1の報酬値 R_{preda} を差分算出処理部6dに出力する。

[0026] 第2の予測処理部6bは、割当結果差異検出部5から出力された差異情報 d_{ab} が、差異がある旨を示していれば、第2の割当結果取得部2から出力された第2の割当結果 X_b を報酬値予測用の学習モデル6cに与えて、学習モデル6cから、第2の報酬値 R_{predb} を取得する。

第2の予測処理部6bは、第2の報酬値 R_{predb} を差分算出処理部6dに出力する。

[0027] 報酬値予測用の学習モデル6cは、学習時において、入力データとして、割当結果 X が与えられ、教師データとして、報酬値 R_{pred} が与えられ、報酬値 R_{pred} を学習している。報酬値 R_{pred} は、例えば、割当結果 X を選択した場合のコストが高ければ、小さい値であり、割当結果 X を選択した場合のコストが低ければ、大きな値である。

学習モデル6cは、推論時において、第1の割当結果 X_a 、又は、第2の割

当結果 X_b が与えられたとき、第1の割当結果 X_a に対応する第1の報酬値 $R_{pred a}$ 、又は、第2の割当結果 X_b に対応する第2の報酬値 $R_{pred b}$ を出力する。

ここでは、学習モデル6cが、教師あり学習によって学習している。しかし、これは一例に過ぎず、学習モデル6cは、例えば、教師なし学習、強化学習、又は、数理最適化手法によって学習しているものであってもよい。

[0028] 差分算出処理部6dは、第2の報酬値 $R_{pred b}$ から第1の報酬値 $R_{pred a}$ を減算することで、第1の報酬値 $R_{pred a}$ と第2の報酬値 $R_{pred b}$ との報酬値差分 ΔR_{pred} を算出する。

差分算出処理部6dは、報酬値差分 ΔR_{pred} を割当結果選択部7に出力する。

[0029] 図5は、3台の飛行機の着陸の割り当て順序を示す割当結果の一例を示す説明図である。

図5の例では、3台の飛行機が、小型飛行機、中型飛行機、又は、大型飛行機である。

図5の例では、小型飛行機が着陸した後の着陸禁止時間は60 [sec]、中型飛行機が着陸した後の着陸禁止時間は180 [sec]、大型飛行機が着陸した後の着陸禁止時間は240 [sec]である。

中型飛行機、大型飛行機、小型飛行機の順番で着陸を許可した場合、図5に示すように、3台の飛行機の全てが着陸するまでの最短時間は、420 ($= 180 + 240$) [sec]である。

中型飛行機、小型飛行機、大型飛行機の順番で着陸を許可した場合、図5に示すように、3台の飛行機の全てが着陸するまでの最短時間は、240 ($= 180 + 60$) [sec]である。

したがって、中型飛行機、小型飛行機、大型飛行機の順番で着陸を許可した場合、中型飛行機、大型飛行機、小型飛行機の順番で着陸を許可した場合よりも、全てが着陸するまでの最短時間は、180 ($= 420 - 240$) [sec]の時間だけ短くなる。

[0030] 次に、図 1 に示す割当結果決定装置の動作について説明する。

図 6 は、図 1 に示す割当結果決定装置の処理手順である割当結果決定方法を示すフローチャートである。

第 1 の割当結果取得部 1 は、第 1 の時刻における複数の航空機のスケジュール情報 S_a を取得する。

スケジュール情報 S_a は、例えば、それぞれの航空機の着陸予定時刻又はそれぞれの航空機の離陸予定時刻と、それぞれの航空機の機体サイズとを示す情報を含んでいる。

第 1 の割当結果取得部 1 は、スケジュール情報 S_a を第 1 の学習モデル 1 a に与えて、第 1 の学習モデル 1 a から第 1 の割当結果 X_a を取得する（図 6 のステップ S T 1）。

第 1 の割当結果取得部 1 は、第 1 の割当結果 X_a を変更コスト算出部 3、報酬値差分予測部 4 及び割当結果選択部 7 のそれぞれに出力する。

[0031] 図 7 A は、スケジュール情報 S_a が第 1 の割当結果取得部 1 に与えられたときに、第 1 の割当結果取得部 1 により取得される第 1 の割当結果 X_a の一例を示す説明図である。

図 7 A において、 $t_1, t_2, \dots, t_8$ は、時刻であり、 $j_1, j_2, \dots, j_5$ は、航空機を識別する ID (Identification) である。

“0” は、航空機の離着陸を割り当てることができない旨を示し、“1” は、航空機の離着陸を割り当てることができる旨を示している。

図 7 A の例では、航空機 j_3 、航空機 j_5 、航空機 j_1 、航空機 j_2 、航空機 j_4 の順番で離着陸を許可する第 1 の割当結果 X_a が得られている。

[0032] 第 2 の割当結果取得部 2 は、第 1 の時刻よりも後の時刻である第 2 の時刻における複数の航空機のスケジュール情報 S_b を取得する。

スケジュール情報 S_b は、例えば、それぞれの航空機の着陸予定時刻又はそれぞれの航空機の離陸予定時刻と、それぞれの航空機の機体サイズとを示す情報を含んでいる。

第2の割当結果取得部2は、スケジュール情報 S_b を第2の学習モデル2aに与えて、第2の学習モデル2aから第2の割当結果 X_b を取得する（図6のステップST2）。

第2の割当結果取得部2は、第2の割当結果 X_b を変更コスト算出部3、報酬値差分予測部4及び割当結果選択部7のそれぞれに出力する。

[0033] 図7Bは、スケジュール情報 S_b が第2の割当結果取得部2に与えられたときに、第2の割当結果取得部2により取得される第2の割当結果 X_b の一例を示す説明図である。

図7Bにおいて、 $t_1, t_2, \dots, t_8$ は、時刻であり、 $j_1, j_2, \dots, j_5$ は、航空機を識別するIDである。

“0”は、航空機の離着陸を割り当てることができない旨を示し、“1”は、航空機の離着陸を割り当てることができる旨を示している。

図7Bの例では、航空機 j_3 、航空機 j_1 、航空機 j_5 、航空機 j_2 、航空機 j_4 の順番で離着陸を許可する第2の割当結果 X_b が得られている。

[0034] 変更コスト算出部3は、第1の割当結果取得部1から第1の割当結果 X_a を取得し、第2の割当結果取得部2から第2の割当結果 X_b を取得する。

変更コスト算出部3は、例えば、図8に示すような変更コスト表を参照して、割当結果を第1の割当結果 X_a から第2の割当結果 X_b に変更した場合のコストの増加量である変更コスト C_{ab} を算出する（図6のステップST3）。

変更コスト算出部3は、変更コスト C_{ab} を割当結果選択部7に出力する。

[0035] 図8は、変更コスト表の一例を示す説明図である。

図8において、 $j_1, j_2, \dots, j_5$ は、航空機を示す識別記号である。表内の数字は、変更コストを示している。

例えば、第1の割当結果が $X_a = [j_3, j_5, j_1, j_2, j_4]$ であり、第2の割当結果が $X_b = [j_3, j_1, j_5, j_2, j_4]$ である場合、航空機 j_5 と航空機 j_1 との順番が入れ替えられている。このため、変更コスト C_{ab} は、“100”である。

例えば、第 1 の割当結果が $X_a = [j_3, j_5, j_1, j_2, j_4]$ であり、第 2 の割当結果が $X_b = [j_3, j_2, j_5, j_1, j_4]$ である場合、航空機 j_5 と航空機 j_2 との順番が入れ替えられ、さらに、航空機 j_5 と航空機 j_1 との順番が入れ替えられている。このため、変更コスト C_{ab} は、“180” ($= 80 + 100$) である。

[0036] 図 1 に示す割当結果決定装置では、変更コスト算出部 3 が、図 8 に示すような変更コスト表を参照して、変更コスト C_{ab} を算出している。しかし、これは一例に過ぎず、変更コスト算出部 3 は、例えば、以下のようにして、変更コスト C_{ab} を算出してもよい。

まず、変更コスト算出部 3 は、以下の式 (1) に示すように、第 2 の割当結果 X_b' から第 1 の割当結果 X_a を減算することで、割当差分 ΔX を算出する。 X_b' は、第 2 の割当結果 X_b の時刻を第 1 の割当結果 X_a の時刻に合わせたものである。例えば、第 1 の割当結果 X_a の時刻が、 $t_1, t_2, \dots, t_8$ であり、第 2 の割当結果 X_b の時刻が、 $t_3, t_4, \dots, t_{10}$ であれば、第 2 の割当結果 X_b の時刻 t_3 が t_1 、時刻 t_4 が t_2 、時刻 t_{10} が t_8 であるものとする。

$$\Delta X = X_b' - X_a \quad (1)$$

[0037] 次に、変更コスト算出部 3 は、割当差分 ΔX を以下の式 (2) に代入することで、順序の変更に伴う変更コスト C_o を算出する。

また、変更コスト算出部 3 は、割当差分 ΔX を以下の式 (3) に代入することで、時刻の変更に伴う変更コスト C_t を算出する。

$$C_o = \gamma_o [g(j) \odot (1 - d_{ab})] \cdot |\Delta X| \quad (2)$$

$$C_t = \gamma_t [g(j) \odot (1 - d_{ab})] \cdot \Delta X^2 \quad (3)$$

式 (2) 及び式 (3) において、 $\odot$ は、内積を示す数学記号である。

$g(j)$ は、図 9 に示すような減衰関数であり、例えば、 $g(j) = e^{-(j/T)}$ である。 j は、航空機を識別する ID であり、 T は、時定数である。

d_{ab} は、割当結果差異検出部 5 から変更コスト算出部 3 に出力される差異

情報 d_{ab} である。図 1 では、割当結果差異検出部 5 から変更コスト算出部 3 への矢印が省略されている。スケジュール情報 S_a とスケジュール情報 S_b との差異が無ければ、 $d_{ab} = 0$ であり、スケジュール情報 S_a とスケジュール情報 S_b との差異があれば、 $d_{ab} = 1$ である。

γ_0 , γ_t のそれぞれは、係数である。

[0039] 変更コスト算出部 3 は、例えば、以下の式 (4) に示すように、順序の変更に伴う変更コスト C_0 と時刻の変更に伴う変更コスト C_t とを重み付け加算することで、変更コスト C_{ab} を算出する。

$$C_{ab} = C_0 + w \cdot C_t \quad (4)$$

式 (4) において、 w は、重み係数である。

[0040] 報酬値差分予測部 4 は、報酬値差分 ΔR_{pred} を予測する (図 6 のステップ ST4)。

以下、報酬値差分予測部 4 による報酬値差分 ΔR_{pred} の予測処理を具体的に説明する。

報酬値差分予測部 4 の割当結果差異検出部 5 は、第 1 の時刻におけるスケジュール情報 S_a と第 2 の時刻におけるスケジュール情報 S_b とを取得する。

割当結果差異検出部 5 は、図 10 に示すように、スケジュール情報 S_a とスケジュール情報 S_b との差異を検出し、差異を示す差異情報 d_{ab} を差分予測処理部 6 に出力する。変更コスト算出部 3 が、式 (4) によって、変更コスト C_{ab} を算出する場合、割当結果差異検出部 5 は、差異情報 d_{ab} を変更コスト算出部 3 に対しても出力する。

図 10A は、航空機 j_4 の割り当て順序が先頭から数えて 4 番目から最後尾に変更された場合の差異情報 d_{ab} を示す説明図である。

図 10B は、スケジュール情報 S_a に含まれていなかった航空機 j_8 が、スケジュール情報 S_b に含まれた場合の差異情報 d_{ab} を示す説明図である。

図 10A 及び図 10B において、○の中の数字は、航空機を識別する ID である。ただし、 j の記号は省略している。

スケジュール情報 S_a とスケジュール情報 S_b との差異が無ければ、 $d_{ab} =$

0であり、スケジュール情報 S_a とスケジュール情報 S_b との差異があれば、 $d_{ab} = 1$ である。

[0041] 差分予測処理部6の第1の予測処理部6aは、第1の割当結果取得部1から第1の割当結果 X_a を取得し、割当結果差異検出部5から差異情報 d_{ab} を取得する。

第1の予測処理部6aは、差異情報 d_{ab} が“1”であれば、第1の割当結果 X_a を報酬値予測用の学習モデル6cに与えて、学習モデル6cから、第1の報酬値 R_{preda} を取得する。

第1の予測処理部6aは、第1の報酬値 R_{preda} を差分算出処理部6dに出力する。

[0042] 差分予測処理部6の第2の予測処理部6bは、第2の割当結果取得部2から第2の割当結果 X_b を取得し、割当結果差異検出部5から差異情報 d_{ab} を取得する。

第2の予測処理部6bは、差異情報 d_{ab} が“1”であれば、第2の割当結果 X_b を報酬値予測用の学習モデル6cに与えて、学習モデル6cから、第2の報酬値 R_{predb} を取得する。

第2の予測処理部6bは、第2の報酬値 R_{predb} を差分算出処理部6dに出力する。

[0043] 差分算出処理部6dは、第1の予測処理部6aから第1の報酬値 R_{preda} を取得し、第2の予測処理部6bから第2の報酬値 R_{predb} を取得する。

差分算出処理部6dは、以下の式(5)に示すように、第2の報酬値 R_{predb} から第1の報酬値 R_{preda} を減算することで、第1の報酬値 R_{preda} と第2の報酬値 R_{predb} との報酬値差分 ΔR_{pred} を算出する。報酬値差分 ΔR_{pred} がマイナスの値である場合、第2の割当結果 X_b を選択した場合のコストは、第1の割当結果 X_a を選択した場合のコストよりも高い。報酬値差分 ΔR_{pred} がプラスの値である場合、第2の割当結果 X_b を選択した場合のコストは、第1の割当結果 X_a を選択した場合のコストよりも低い。

$$\Delta R_{pred} = R_{predb} - R_{preda} \quad (5)$$

差分算出処理部 6 d は、報酬値差分 ΔR_{pred} を割当結果選択部 7 に出力する。

[0044] 割当結果選択部 7 は、第 1 の割当結果取得部 1 から第 1 の割当結果 X_a を取得し、第 2 の割当結果取得部 2 から第 2 の割当結果 X_b を取得する。

割当結果選択部 7 は、変更コスト算出部 3 により算出された変更コスト C_{ab} と報酬値差分予測部 4 により予測された報酬値差分 ΔR_{pred} とに基づいて、第 1 の割当結果 X_a 、又は、第 2 の割当結果 X_b を選択する（図 6 のステップ S T 5）。

即ち、割当結果選択部 7 は、報酬値差分予測部 4 により予測された報酬値差分 ΔR_{pred} が 0 よりも大きく、かつ、変更コスト C_{ab} がコスト閾値 T_{hc} 以下であれば、第 2 の割当結果 X_b を選択する。

割当結果選択部 7 は、報酬値差分 ΔR_{pred} が 0 以下、又は、変更コスト C_{ab} がコスト閾値 T_{hc} よりも大きければ、第 1 の割当結果 X_a を選択する。

[0045] 図 1 に示す割当結果決定装置では、割当結果選択部 7 が、変更コスト C_{ab} と報酬値差分 ΔR_{pred} とに基づいて、第 1 の割当結果 X_a 、又は、第 2 の割当結果 X_b を選択している。しかし、これは一例に過ぎず、割当結果選択部 7 は、変更コスト C_{ab} のみに基づいて、第 1 の割当結果 X_a 、又は、第 2 の割当結果 X_b を選択するようにしてもよい。割当結果選択部 7 が、変更コスト C_{ab} のみに基づいて、第 1 の割当結果 X_a 、又は、第 2 の割当結果 X_b を選択する場合、割当結果決定装置は、報酬値差分予測部 4 を備える必要がない。

また、割当結果選択部 7 は、報酬値差分 ΔR_{pred} のみに基づいて、第 1 の割当結果 X_a 、又は、第 2 の割当結果 X_b を選択するようにしてもよい。割当結果選択部 7 が、報酬値差分 ΔR_{pred} のみに基づいて、第 1 の割当結果 X_a 、又は、第 2 の割当結果 X_b を選択する場合、割当結果決定装置は、変更コスト算出部 3 を備える必要がない。

[0046] 以上の実施の形態 1 では、複数の割当対象物に対する割り当て順序を示す割当結果として、第 1 の時刻のときに決定された第 1 の割当結果と、第 1 の時刻よりも後の時刻である第 2 の時刻のときに決定された第 2 の割当結果と

を取得し、割当結果を第 1 の割当結果から第 2 の割当結果に変更した場合のコストの増加量である変更コストを算出する変更コスト算出部 3 を備えるように、割当結果決定装置を構成した。また、割当結果決定装置は、変更コスト算出部 3 により算出された変更コストに基づいて、第 1 の割当結果、又は、第 2 の割当結果を選択する割当結果選択部 7 を備えている。したがって、割当結果決定装置は、複数の割当対象物に対する割り当て順序を示す割当結果として、第 1 の割当結果が決定された後に、第 2 の割当結果が決定された場合に、コストに基づいて、第 1 の割当結果、又は、第 2 の割当結果を選択することができる。

[0047] 実施の形態 2.

実施の形態 2 では、学習モデル 10c を更新する報酬値差分予測部 9 を備える割当結果決定装置について説明する。

[0048] 図 11 は、実施の形態 2 に係る割当結果決定装置を示す構成図である。図 11 において、図 1 と同一符号は同一又は相当部分を示すので説明を省略する。

図 12 は、実施の形態 2 に係る割当結果決定装置のハードウェアを示すハードウェア構成図である。図 12 において、図 2 と同一符号は同一又は相当部分を示すので説明を省略する。

図 11 に示す割当結果決定装置は、第 1 の割当結果取得部 1、第 2 の割当結果取得部 2、変更コスト算出部 3、報酬値差分予測部 9、割当結果選択部 7 及び報酬値差分算出部 8 を備えている。

[0049] 報酬値差分算出部 8 は、例えば、図 12 に示す報酬値差分算出回路 28 によって実現される。

報酬値差分算出部 8 は、第 1 の割当結果 X_a を報酬関数に与えて第 1 の報酬値 R_a を算出し、第 2 の割当結果 X_b を報酬関数に与えて第 2 の報酬値 R_b を算出する。

報酬値差分算出部 8 は、第 2 の報酬値 R_b から第 1 の報酬値 R_a を減算することで、第 1 の報酬値 R_a と第 2 の報酬値 R_b との報酬値差分 ΔR を算出する

。

報酬値差分算出部 8 は、報酬値差分 ΔR を報酬値差分予測部 9 に出力する

。

[0050] 報酬値差分予測部 9 は、例えば、図 12 に示す報酬値差分予測回路 29 によって実現される。

報酬値差分予測部 9 は、割当結果差異検出部 5 及び差分予測処理部 10 を備えている。

報酬値差分予測部 9 は、1 の割当結果 X_a 及び第 2 の割当結果 X_b のそれぞれを図 14 に示す報酬値予測用の学習モデル 10c に与えて、学習モデル 10c から、第 1 の割当結果 X_a の良否の程度を示す第 1 の報酬値 R_{preda} と第 2 の割当結果 X_b の良否の程度を示す第 2 の報酬値 R_{predb} とを取得する。

報酬値差分予測部 9 は、第 2 の報酬値 R_{predb} から第 1 の報酬値 R_{preda} を減算することで、第 1 の報酬値 R_{preda} と第 2 の報酬値 R_{predb} との報酬値差分 ΔR_{pred} を予測する。

報酬値差分予測部 9 は、報酬値差分 ΔR_{pred} を割当結果選択部 7 に出力する。

また、報酬値差分予測部 9 は、予測した報酬値差分 ΔR_{pred} と、報酬値差分算出部 8 により算出された報酬値差分 ΔR との差異が小さくなるように、学習モデル 10c を更新する。

[0051] 図 11 では、割当結果決定装置の構成要素である第 1 の割当結果取得部 1、第 2 の割当結果取得部 2、変更コスト算出部 3、報酬値差分予測部 9、割当結果選択部 7 及び報酬値差分算出部 8 のそれぞれが、図 12 に示すような専用のハードウェアによって実現されるものを想定している。即ち、割当結果決定装置が、第 1 の割当結果取得回路 21、第 2 の割当結果取得回路 22、変更コスト算出回路 23、報酬値差分予測回路 29、割当結果選択回路 27 及び報酬値差分算出回路 28 によって実現されるものを想定している。

第 1 の割当結果取得回路 21、第 2 の割当結果取得回路 22、変更コスト算出回路 23、報酬値差分予測回路 29、割当結果選択回路 27 及び報酬値

差分算出回路 28 のそれぞれは、例えば、単回路、複合回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ASIC、FPGA、又は、これらを組み合わせたものが該当する。

[0052] 割当結果決定装置の構成要素は、専用のハードウェアによって実現されるものに限るものではなく、割当結果決定装置が、ソフトウェア、ファームウェア、又は、ソフトウェアとファームウェアとの組み合わせによって実現されるものであってもよい。

割当結果決定装置が、ソフトウェア又はファームウェア等によって実現される場合、第 1 の割当結果取得部 1、第 2 の割当結果取得部 2、変更コスト算出部 3、報酬値差分予測部 9、割当結果選択部 7 及び報酬値差分算出部 8 におけるそれぞれの処理手順をコンピュータに実行させるためのプログラムが図 3 に示すメモリ 41 に格納される。そして、図 3 に示すプロセッサ 42 がメモリ 41 に格納されているプログラムを実行する。

[0053] また、図 12 では、割当結果決定装置の構成要素のそれぞれが専用のハードウェアによって実現される例を示し、図 3 では、割当結果決定装置がソフトウェア又はファームウェア等によって実現される例を示している。しかし、これは一例に過ぎず、割当結果決定装置における一部の構成要素が専用のハードウェアによって実現され、残りの構成要素がソフトウェア又はファームウェア等によって実現されるものであってもよい。

[0054] 図 13 は、実施の形態 2 に係る割当結果決定装置の報酬値差分算出部 8 を示す構成図である。

図 13 に示す報酬値差分算出部 8 は、第 1 の報酬値算出部 8a、第 2 の報酬値算出部 8b 及び差分算出処理部 8c を備えている。

第 1 の報酬値算出部 8a は、第 1 の割当結果取得部 1 から第 1 の割当結果 X_a を取得する。

第 1 の報酬値算出部 8a は、第 1 の割当結果 X_a を報酬関数に与えて第 1 の報酬値 R_a を算出し、第 1 の報酬値 R_a を差分算出処理部 8c に出力する。

[0055] 第 2 の報酬値算出部 8b は、第 2 の割当結果取得部 2 から第 2 の割当結果

X_b を取得する。

第2の報酬値算出部8bは、第2の割当結果 X_b を報酬関数に与えて第2の報酬値 R_b を算出し、第2の報酬値 R_b を差分算出処理部8cに出力する。

差分算出処理部8cは、第1の報酬値算出部8aから第1の報酬値 R_a を取得し、第2の割当結果取得部2から第2の報酬値 R_b を取得する。

差分算出処理部8cは、第2の報酬値 R_b から第1の報酬値 R_a を減算することで、第1の報酬値 R_a と第2の報酬値 R_b との報酬値差分 ΔR を算出する。

差分算出処理部8cは、報酬値差分 ΔR を報酬値差分予測部9に出力する。

[0056] 図14は、実施の形態2に係る割当結果決定装置の差分予測処理部10を示す構成図である。

図14に示す差分予測処理部10は、第1の予測処理部10a、第2の予測処理部10b、報酬値予測用の学習モデル10c及び差分算出処理部10dを備えている。

[0057] 第1の予測処理部10aは、割当結果差異検出部5から出力された差異情報 d_{ab} が、差異がある旨を示していれば、第1の割当結果取得部1から出力された第1の割当結果 X_a を報酬値予測用の学習モデル10cに与えて、学習モデル10cから、第1の報酬値 R_{preda} を取得する。

第1の予測処理部10aは、第1の報酬値 R_{preda} を差分算出処理部10dに出力する。

[0058] 第2の予測処理部10bは、割当結果差異検出部5から出力された差異情報 d_{ab} が、差異がある旨を示していれば、第2の割当結果取得部2から出力された第2の割当結果 X_b を報酬値予測用の学習モデル10cに与えて、学習モデル10cから、第2の報酬値 R_{predb} を取得する。

第2の予測処理部10bは、第2の報酬値 R_{predb} を差分算出処理部10dに出力する。

[0059] 報酬値予測用の学習モデル10cは、学習時において、入力データとして

、割当結果 X が与えられ、教師データとして、報酬値 R_{pred} が与えられ、報酬値 R_{pred} を学習している。

学習モデル10cは、推論時において、第1の割当結果 X_a 、又は、第2の割当結果 X_b が与えられたとき、第1の割当結果 X_a に対応する第1の報酬値 R_{preda} 、又は、第2の割当結果 X_b に対応する第2の報酬値 R_{predb} を出力する。

ここでは、学習モデル10cが、教師あり学習によって学習している。しかし、これは一例に過ぎず、学習モデル10cは、例えば、教師なし学習、強化学習、又は、数理最適化手法によって学習しているものであってもよい。

[0060] 差分算出処理部10dは、第2の報酬値 R_{predb} から第1の報酬値 R_{preda} を減算することで、第1の報酬値 R_{preda} と第2の報酬値 R_{predb} との報酬値差分 ΔR_{pred} を算出する。

[0061] 次に、図11に示す割当結果決定装置の動作について説明する。ただし、報酬値差分算出部8及び報酬値差分予測部9以外は、図1に示す割当結果決定装置と同様である。このため、ここでは、報酬値差分算出部8及び報酬値差分予測部9の動作のみを説明する。

[0062] 報酬値差分算出部8の第1の報酬値算出部8aは、第1の割当結果取得部1から第1の割当結果 X_a を取得する。

第1の報酬値算出部8aは、第1の割当結果 X_a を以下の式(6)に示すような報酬関数に与えて第1の報酬値 R_a を算出する。

$$R_a = R_{assigna} + \alpha \cdot R_{separationa} \quad (6)$$

式(6)において、 $R_{assigna}$ は、それぞれの航空機の割当時刻が、適正な時刻であるか否かを評価するための評価値である。 $R_{assigna}$ は、第1の割当結果 X_a によって決まる値であり、それぞれの航空機の割当時刻が、割当可能な時刻の範囲内で早い時刻であるほど、大きな値になる。

$R_{separationa}$ は、複数の航空機の割当間隔に関する評価値である。 $R_{separationa}$ は、第1の割当結果 X_a によって決まる値であり、割当間隔が割当

可能な最小間隔よりも大きければ、割当間隔が小さいほど、大きな値になる。

α は、重み係数である。

第 1 の報酬値算出部 8 a は、第 1 の報酬値 R_a を差分算出処理部 8 c に出力する。

[0063] 第 2 の報酬値算出部 8 b は、第 2 の割当結果取得部 2 から第 2 の割当結果 X_b を取得する。

第 2 の報酬値算出部 8 b は、第 2 の割当結果 X_b を以下の式 (7) に示すような報酬関数に与えて第 2 の報酬値 R_b を算出する。

$$R_b = R_{\text{assign}b} + \beta \cdot R_{\text{separation}b} \quad (7)$$

式 (7) において、 $R_{\text{assign}b}$ は、それぞれの航空機の割当時刻が、適正な時刻であるか否かを評価するための評価値である。 $R_{\text{assign}b}$ は、第 2 の割当結果 X_b によって決まる値であり、それぞれの航空機の割当時刻が、割当可能な時刻の範囲内で早い時刻であるほど、大きな値になる。

$R_{\text{separation}b}$ は、複数の航空機の割当間隔に関する評価値である。 $R_{\text{separation}b}$ は、第 2 の割当結果 X_b によって決まる値であり、割当間隔が割当可能な最小間隔よりも大きければ、割当間隔が小さいほど、大きな値になる。

β は、重み係数である。

第 2 の報酬値算出部 8 b は、第 2 の報酬値 R_b を差分算出処理部 8 c に出力する。

[0064] 差分算出処理部 8 c は、第 1 の報酬値算出部 8 a から第 1 の報酬値 R_a を取得し、第 2 の割当結果取得部 2 から第 2 の報酬値 R_b を取得する。

差分算出処理部 8 c は、以下の式 (8) に示すように、第 2 の報酬値 R_b から第 1 の報酬値 R_a を減算することで、第 1 の報酬値 R_a と第 2 の報酬値 R_b との報酬値差分 ΔR を算出する。

$$\Delta R_{\text{pred}} = R_b - R_a \quad (8)$$

差分算出処理部 8 c は、報酬値差分 ΔR を報酬値差分予測部 9 の差分予測

処理部 10 に出力する。

- [0065] 差分予測処理部 10 の第 1 の予測処理部 10a は、第 1 の割当結果取得部 1 から第 1 の割当結果 X_a を取得し、割当結果差異検出部 5 から差異情報 d_{ab} を取得する。

第 1 の予測処理部 10a は、差異情報 d_{ab} が “1” であれば、第 1 の割当結果 X_a を報酬値予測用の学習モデル 10c に与えて、学習モデル 10c から、第 1 の報酬値 R_{preda} を取得する。

第 1 の予測処理部 10a は、第 1 の報酬値 R_{preda} を差分算出処理部 10d に出力する。

- [0066] 第 2 の予測処理部 10b は、第 2 の割当結果取得部 2 から第 2 の割当結果 X_b を取得し、割当結果差異検出部 5 から差異情報 d_{ab} を取得する。

第 2 の予測処理部 10b は、差異情報 d_{ab} が “1” であれば、第 2 の割当結果 X_b を報酬値予測用の学習モデル 10c に与えて、学習モデル 10c から、第 2 の報酬値 R_{predb} を取得する。

第 2 の予測処理部 10b は、第 2 の報酬値 R_{predb} を差分算出処理部 10d に出力する。

- [0067] 差分算出処理部 10d は、第 1 の予測処理部 10a から第 1 の報酬値 R_{preda} を取得し、第 2 の予測処理部 10b から第 2 の報酬値 R_{predb} を取得する。

差分算出処理部 10d は、上記の式 (5) に示すように、第 2 の報酬値 R_{predb} から第 1 の報酬値 R_{preda} を減算することで、第 1 の報酬値 R_{preda} と第 2 の報酬値 R_{predb} との報酬値差分 ΔR_{pred} を算出する。

差分算出処理部 10d は、報酬値差分 ΔR_{pred} を割当結果選択部 7 に出力する。

- [0068] 第 1 の予測処理部 10a 及び第 2 の予測処理部 10b のそれぞれは、差分算出処理部 10d により算出された報酬値差分 ΔR_{pred} と、報酬値差分算出部 8 の差分算出処理部 8c により算出された報酬値差分 ΔR との差異が小さくなるように、学習モデル 10c を更新する。

具体的には、第1の予測処理部10a及び第2の予測処理部10bのそれぞれは、 $(\Delta R - \Delta R_{pred})^2$ が最小になるように、学習モデル10cの重みを更新する。

[0069] 以上の実施の形態2では、第1の割当結果を報酬関数に与えて第1の報酬値を算出し、第2の割当結果を報酬関数に与えて第2の報酬値を算出し、第2の報酬値から第1の報酬値を減算することで、第1の報酬値と第2の報酬値との報酬値差分を算出する報酬値差分算出部8を備えるように、図11に示す割当結果決定装置を構成した。また、図11に示す割当結果決定装置は、報酬値差分子予測部9が、予測した報酬値差分と、報酬値差分算出部8により算出された報酬値差分との差異が小さくなるように、学習モデル10cを更新する。したがって、図11に示す割当結果決定装置は、図1に示す割当結果決定装置よりも、割当結果の選択精度を高めることができる。

[0070] 実施の形態3.

実施の形態3では、ペナルティ値算出部11を備える割当結果決定装置について説明する。

[0071] 図15は、実施の形態3に係る割当結果決定装置を示す構成図である。図15において、図1と同一符号は同一又は相当部分を示すので説明を省略する。

図16は、実施の形態3に係る割当結果決定装置のハードウェアを示すハードウェア構成図である。図16において、図2と同一符号は同一又は相当部分を示すので説明を省略する。

図15に示す割当結果決定装置は、第1の割当結果取得部1、第2の割当結果取得部15、変更コスト算出部3、報酬値差分子予測部4、割当結果選択部7及びペナルティ値算出部11を備えている。

[0072] ペナルティ値算出部11は、例えば、図16に示すペナルティ値算出回路31によって実現される。

ペナルティ値算出部11は、ペナルティ値算出処理部12、目的関数値算出部13及び関数値加算部14を備えている。

ペナルティ値算出部 11 は、割当結果選択部 7 により選択された割当結果に割当違反があれば、割当違反に対するペナルティ値を算出する。

ペナルティ値算出部 11 は、ペナルティ値を第 2 の割当結果取得部 15 に出力する。

[0073] ペナルティ値算出処理部 12 は、割当結果選択部 7 により選択された割当結果に割当違反があれば、割当違反に対するペナルティ値を算出する。

ペナルティ値算出処理部 12 は、ペナルティ値を関数値加算部 14 に出力する。

目的関数値算出部 13 は、割当結果選択部 7 により選択された割当結果を目的関数に与えて、目的関数の値である目的関数値を算出する。

目的関数値算出部 13 は、目的関数値を関数値加算部 14 に出力する。

関数値加算部 14 は、ペナルティ値算出処理部 12 により算出されたペナルティ値に対して、目的関数値算出部 13 により算出された目的関数値を加算する。

関数値加算部 14 は、目的関数値加算後のペナルティ値を第 2 の割当結果取得部 15 に出力する。

[0074] 図 15 に示す割当結果決定装置では、ペナルティ値算出部 11 が、ペナルティ値算出処理部 12、目的関数値算出部 13 及び関数値加算部 14 を備えている。しかし、これは一例に過ぎず、例えば、ペナルティ値算出部 11 が、ペナルティ値算出処理部 12、又は、目的関数値算出部 13 のいずれか一方だけを備えるものであってもよい。ペナルティ値算出部 11 が、ペナルティ値算出処理部 12 のみを備える場合、ペナルティ値算出処理部 12 により算出されたペナルティ値を第 2 の割当結果取得部 15 に出力する。ペナルティ値算出部 11 が、目的関数値算出部 13 のみを備える場合、目的関数値をペナルティ値として第 2 の割当結果取得部 15 に出力する。

[0075] 第 2 の割当結果取得部 15 は、例えば、図 16 に示す第 2 の割当結果取得回路 35 によって実現される。

第 2 の割当結果取得部 15 は、第 2 の時刻におけるスケジュール情報 S_0 を

第2の学習モデル15aに与えて、第2の学習モデル15aから第2の割当結果 X_b を取得する。

第2の割当結果取得部15は、第2の割当結果 X_b を変更コスト算出部3、報酬値差分予測部4及び割当結果選択部7のそれぞれに出力する。

また、第2の割当結果取得部15は、ペナルティ値算出部11により算出されたペナルティ値が小さくなるように、第2の学習モデル15aを更新する。

[0076] 第2の学習モデル15aは、学習時において、入力データとして、複数の航空機のスケジュール情報Sが与えられ、教師データとして、複数の航空機の離着陸の割り当て順序を示す割当結果Xが与えられ、割当結果Xを学習している。

第2の学習モデル15aは、推論時において、複数の航空機のスケジュール情報 S_b が与えられたとき、スケジュール情報 S_b に対応する第2の割当結果 X_b を出力する。

ここでは、第2の学習モデル15aが、教師あり学習によって学習している。しかし、これは一例に過ぎず、第2の学習モデル15aは、例えば、教師なし学習、強化学習、又は、数理最適化手法によって学習しているものであってもよい。

[0077] 図15に示す割当結果決定装置は、第2の割当結果取得部15及びペナルティ値算出部11のそれぞれが、図1に示す割当結果決定装置に適用されているものである。しかし、これは一例に過ぎず、第2の割当結果取得部15及びペナルティ値算出部11のそれぞれが、図11に示す割当結果決定装置に適用されているものであってもよい。

[0078] 図15では、割当結果決定装置の構成要素である第1の割当結果取得部1、第2の割当結果取得部15、変更コスト算出部3、報酬値差分予測部4、割当結果選択部7及びペナルティ値算出部11のそれぞれが、図16に示すような専用のハードウェアによって実現されるものを想定している。即ち、割当結果決定装置が、第1の割当結果取得回路21、第2の割当結果取得回

路 3 5、変更コスト算出回路 2 3、報酬値差分予測回路 2 4、割当結果選択回路 2 7 及びペナルティ値算出回路 3 1 によって実現されるものを想定している。

第 1 の割当結果取得回路 2 1、第 2 の割当結果取得回路 3 5、変更コスト算出回路 2 3、報酬値差分予測回路 2 4、割当結果選択回路 2 7 及びペナルティ値算出回路 3 1 のそれぞれは、例えば、単回路、複合回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ASIC、FPGA、又は、これらを組み合わせたものが該当する。

[0079] 割当結果決定装置の構成要素は、専用のハードウェアによって実現されるものに限るものではなく、割当結果決定装置が、ソフトウェア、ファームウェア、又は、ソフトウェアとファームウェアとの組み合わせによって実現されるものであってもよい。

割当結果決定装置が、ソフトウェア又はファームウェア等によって実現される場合、第 1 の割当結果取得部 1、第 2 の割当結果取得部 1 5、変更コスト算出部 3、報酬値差分予測部 4、割当結果選択部 7 及びペナルティ値算出部 1 1 におけるそれぞれの処理手順をコンピュータに実行させるためのプログラムが図 3 に示すメモリ 4 1 に格納される。そして、図 3 に示すプロセッサ 4 2 がメモリ 4 1 に格納されているプログラムを実行する。

[0080] また、図 1 6 では、割当結果決定装置の構成要素のそれぞれが専用のハードウェアによって実現される例を示し、図 3 では、割当結果決定装置がソフトウェア又はファームウェア等によって実現される例を示している。しかし、これは一例に過ぎず、割当結果決定装置における一部の構成要素が専用のハードウェアによって実現され、残りの構成要素がソフトウェア又はファームウェア等によって実現されるものであってもよい。

[0081] 次に、図 1 5 に示す割当結果決定装置の動作について説明する。ただし、ペナルティ値算出部 1 1 及び第 2 の割当結果取得部 1 5 以外は、図 1 に示す割当結果決定装置と同様である。このため、ここでは、ペナルティ値算出部 1 1 及び第 2 の割当結果取得部 1 5 の動作のみを説明する。

[0082] ペナルティ値算出部 11 のペナルティ値算出処理部 12 は、割当結果選択部 7 により選択された割当結果 X_{se1} として、第 1 の割当結果 X_a 、又は、第 2 の割当結果 X_b を取得する。

ペナルティ値算出処理部 12 は、割当結果 X_{se1} が示すそれぞれの航空機の割当時刻が、割当可能な時刻であるか否かを判定する。

図 17A は、割当可能な時刻と割当不可能な時刻とを示す説明図である。

図 17A において、 $t_1, t_2, \dots, t_8$ は、時刻であり、 $j_1, j_2, \dots, j_5$ は、航空機を識別する ID である。

“0” は、割当不可能な時刻を示し、“1” は、割当可能な時刻を示している。

割当結果 X_{se1} が示すそれぞれの航空機の割当時刻が、割当可能な時刻に割り当てられていれば、割当結果に割当違反がなく、割当不可能な時刻に割り当てられていれば、割当結果に割当違反がある。

[0083] 図 17B は、ペナルティ表を示す説明図である。

図 17B に示すペナルティ表は、割当可能な時刻に割り当てられた場合のペナルティ値と、割当不可能な時刻に割り当てられた場合のペナルティ値とを示している。

図 17B の例では、割当可能な時刻に割り当てられた場合のペナルティ値は、“0” であり、割当不可能な時刻に割り当てられた場合のペナルティ値は、マイナスの値である。

例えば、割当可能な時刻よりも早い時刻に割り当てられた場合のペナルティ値は、割当可能な時刻よりも早い時刻の割当ほど、絶対値が大きい。

ペナルティ値算出処理部 12 は、割当違反があれば、図 17B に示すペナルティ表を参照して、ペナルティ値 p を算出する。

例えば、航空機 j_2 が時刻 t_2 に割り当てられる割当違反と、航空機 j_3 が時刻 t_5 に割り当てられる割当違反とがあれば、ペナルティ値 p は、 -510 ($= -500 - 10$) になる。

例えば、航空機 j_5 が時刻 t_6 に割り当てられる割当違反のみがあれば、ペ

ナルティ値 p は、 -5 になる。

ペナルティ値算出処理部 12 は、ペナルティ値 p を関数値加算部 14 に出力する。

[0084] ここでは、ペナルティ値算出処理部 12 が、図 17B に示すペナルティ表を参照して、ペナルティ値を算出している。しかし、これは一例に過ぎず、例えば、ペナルティ値算出処理部 12 は、割当結果 X_{sel} を以下の式 (9) に示すようなペナルティ関数 $p(X_{sel})$ に与えて、ペナルティ関数 $p(X_{sel})$ の値であるペナルティ値 p を算出するようにしてもよい。

[0085]

$$p(X_{sel}) = \sum_{j=1}^J \gamma_j e^{-\frac{j}{T}} (j > 0) \quad (9)$$

式 (9) において、ペナルティ関数 $p(X_{sel})$ は、減衰関数であり、割当違反がなければ、0 である。

γ_j は係数であり、 $j = j_1, j_2, \dots, J$ である。

[0086] 目的関数値算出部 13 は、割当結果選択部 7 により選択された割当結果 X_{sel} として、第 1 の割当結果 X_a 、又は、第 2 の割当結果 X_b を取得する。

目的関数値算出部 13 は、割当結果 X_{sel} を以下の式 (10) に示すような目的関数 $f(X_{sel})$ に与えて、目的関数 $f(X_{sel})$ の値である目的関数値 f を算出する。

$$f(X_{sel}) = f_{assign} + \varepsilon \cdot f_{separation} \quad (10)$$

式 (10) において、 f_{assign} は、割当結果 X_{sel} によって決まる値である。 f_{assign} は、割当結果 X_{sel} が示すそれぞれの航空機の割当時刻が、割当可能な時刻の範囲内であれば、割当時刻が割当可能時刻の範囲内で早い時刻であるほど、大きな値になる。割当結果 X_{sel} が示すそれぞれの航空機の割当時刻が、割当不可能な時刻であれば、 f_{assign} は、 -1000 等の小さな値になる。

$f_{separation}$ は、割当結果 X_{sel} によって決まる値である。 $f_{separation}$ は、割当間隔が割当可能な最小間隔よりも大きければ、割当間隔が小さいほど、大きな値になる。割当間隔が割当可能な最小間隔よりも小さければ、 $f_{separation}$ は、 -1000 等の小さな値になる。

$\epsilon_{\text{paration}}$ は、 -1000 等の小さな値になる。

ϵ は、重み係数である。

目的関数値算出部13は、目的関数値 f を関数値加算部14に出力する。

[0087] 関数値加算部14は、ペナルティ値算出処理部12からペナルティ値 p を取得し、目的関数値算出部13から目的関数値 f を取得する。

関数値加算部14は、以下の式(11)に示すように、ペナルティ関数 p と目的関数値 f とを重み付け加算する。

$$p' = p + \delta \cdot f \quad (11)$$

式(11)において、 δ は、重み係数である。

関数値加算部14は、目的関数値加算後のペナルティ値 p' を第2の割当結果取得部15に出力する。

[0088] 第2の割当結果取得部15は、ペナルティ値算出部11からペナルティ値 p' が与えられると、ペナルティ値 p' が小さくなるように、第2の学習モデル15aを更新する。

第2の割当結果取得部15は、第2の時刻におけるスケジュール情報 S_b が与えられると、スケジュール情報 S_b を第2の学習モデル15aに与えて、第2の学習モデル15aから第2の割当結果 X_b を取得する。

第2の割当結果取得部15は、第2の割当結果 X_b を変更コスト算出部3、報酬値差分予測部4及び割当結果選択部7のそれぞれに出力する。

[0089] 以上の実施の形態3では、割当結果選択部7により選択された割当結果に割当違反があれば、割当違反に対するペナルティ値を算出するペナルティ値算出部11を備えよう、図15に示す割当結果決定装置を構成した。また、図15に示す割当結果決定装置は、第2の割当結果取得部15が、ペナルティ値算出部11により算出されたペナルティ値が小さくなるように、第2の学習モデル15aを更新する。したがって、図15に示す割当結果決定装置は、図1に示す割当結果決定装置よりも、割当結果の選択精度を高めることができる。

[0090] なお、本開示は、各実施の形態の自由な組み合わせ、あるいは各実施の形

態の任意の構成要素の変形、もしくは各実施の形態において任意の構成要素の省略が可能である。

産業上の利用可能性

[0091] 本開示は、割当結果決定装置及び割当結果決定方法に適している。

符号の説明

[0092] 1 第1の割当結果取得部、1 a 第1の学習モデル、2 第2の割当結果取得部、2 a 第2の学習モデル、3 変更コスト算出部、4 報酬値差分予測部、5 割当結果差異検出部、6 差分予測処理部、6 a 第1の予測処理部、6 b 第2の予測処理部、6 c 学習モデル、6 d 差分算出処理部、7 割当結果選択部、8 報酬値差分算出部、8 a 第1の報酬値算出部、8 b 第2の報酬値算出部、8 c 差分算出処理部、9 報酬値差分予測部、10 差分予測処理部、10 a 第1の予測処理部、10 b 第2の予測処理部、10 c 学習モデル、10 d 差分算出処理部、11 ペナルティ値算出部、12 ペナルティ値算出処理部、13 目的関数値算出部、14 関数値加算部、15 第2の割当結果取得部、15 a 第2の学習モデル、21 第1の割当結果取得回路、22 第2の割当結果取得回路、23 変更コスト算出回路、24 報酬値差分予測回路、27 割当結果選択回路、28 報酬値差分算出回路、29 報酬値差分予測回路、31 ペナルティ値算出回路、35 第2の割当結果取得回路、41 メモリ、42 プロセッサ。

請求の範囲

- [請求項1] 複数の割当対象物に対する割り当て順序を示す割当結果として、第1の時刻のときに決定された第1の割当結果と、前記第1の時刻よりも後の時刻である第2の時刻のときに決定された第2の割当結果とを取得し、割当結果を前記第1の割当結果から前記第2の割当結果に変更した場合のコストの増加量である変更コストを算出する変更コスト算出部と、
- 前記変更コスト算出部により算出された変更コストに基づいて、前記第1の割当結果、又は、前記第2の割当結果を選択する割当結果選択部と
- を備えた割当結果決定装置。
- [請求項2] 前記第1の割当結果及び前記第2の割当結果のそれぞれを報酬値予測用の学習モデルに与えて、前記学習モデルから、前記第1の割当結果の良否の程度を示す第1の報酬値と前記第2の割当結果の良否の程度を示す第2の報酬値とを取得し、前記第2の報酬値から前記第1の報酬値を減算することで、前記第1の報酬値と前記第2の報酬値との報酬値差分を予測する報酬値差分予測部を備え、
- 前記割当結果選択部は、
- 前記変更コスト算出部により算出された変更コストと前記報酬値差分予測部により予測された報酬値差分とに基づいて、前記第1の割当結果、又は、前記第2の割当結果を選択することを特徴とする請求項1記載の割当結果決定装置。
- [請求項3] 前記変更コスト算出部を備える代わりに、前記報酬値差分予測部を備え、
- 前記割当結果選択部は、
- 前記報酬値差分予測部により予測された報酬値差分に基づいて、前記第1の割当結果、又は、前記第2の割当結果を選択することを特徴とする請求項2記載の割当結果決定装置。

[請求項4] 前記第1の割当結果を報酬関数に与えて前記第1の報酬値を算出し、前記第2の割当結果を前記報酬関数に与えて前記第2の報酬値を算出し、前記第2の報酬値から前記第1の報酬値を減算することで、前記第1の報酬値と前記第2の報酬値との報酬値差分を算出する報酬値差分算出部を備え、

前記報酬値差分予測部は、

前記予測した報酬値差分と、前記報酬値差分算出部により算出された報酬値差分との差異が小さくなるように、前記学習モデルを更新することを特徴とする請求項2記載の割当結果決定装置。

[請求項5] 前記第1の時刻における前記複数の割当対象物のスケジュール情報を第1の学習モデルに与えて、前記第1の学習モデルから前記第1の割当結果を取得し、前記第1の割当結果を前記変更コスト算出部に出力する第1の割当結果取得部と、

前記第2の時刻における前記複数の割当対象物のスケジュール情報を第2の学習モデルに与えて、前記第2の学習モデルから前記第2の割当結果を取得し、前記第2の割当結果を前記変更コスト算出部に出力する第2の割当結果取得部と

を備えたことを特徴とする請求項1記載の割当結果決定装置。

[請求項6] 前記割当結果選択部により選択された割当結果に割当違反があれば、当該割当違反に対するペナルティ値を算出するペナルティ値算出部を備え、

前記第2の割当結果取得部は、

前記ペナルティ値算出部により算出されたペナルティ値が小さくなるように、前記第2の学習モデルを更新することを特徴とする請求項5記載の割当結果決定装置。

[請求項7] 前記ペナルティ値算出部は、

前記割当結果選択部により選択された割当結果を目的関数に与えて、前記目的関数の値を算出し、前記目的関数の値である目的関数値を

前記ペナルティ値に加算し、

前記第2の割当結果取得部は、

前記目的関数値加算後のペナルティ値が小さくなるように、前記第2の学習モデルを更新することを特徴とする請求項6記載の割当結果決定装置。

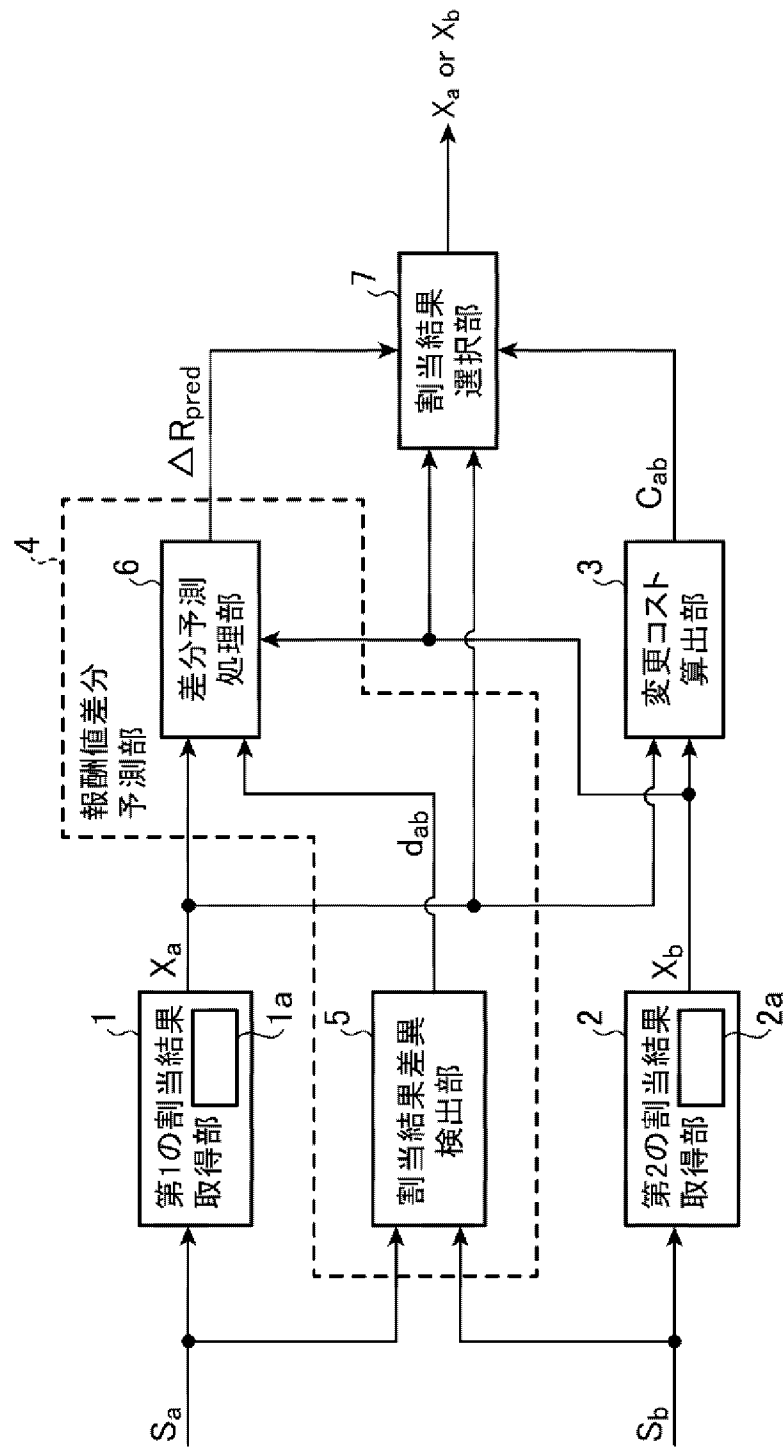
[請求項8]

変更コスト算出部が、複数の割当対象物に対する割り当て順序を示す割当結果として、第1の時刻のときに決定された第1の割当結果と、前記第1の時刻よりも後の時刻である第2の時刻のときに決定された第2の割当結果とを取得し、割当結果を前記第1の割当結果から前記第2の割当結果に変更した場合のコストの増加量である変更コストを算出し、

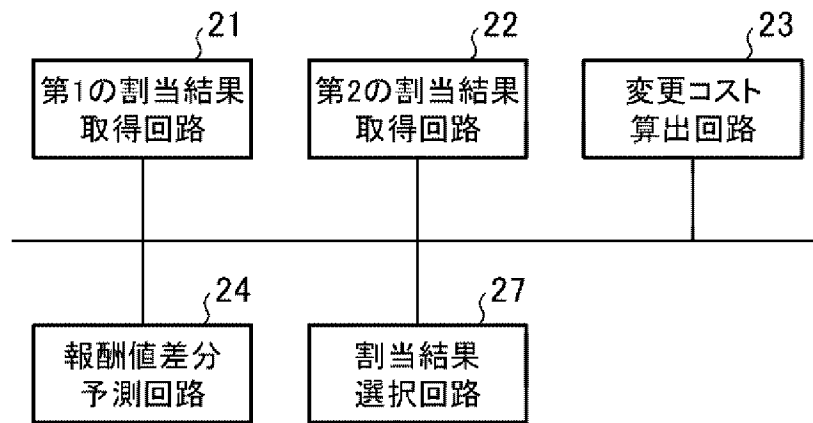
割当結果選択部が、前記変更コスト算出部により算出された変更コストに基づいて、前記第1の割当結果、又は、前記第2の割当結果を選択する

割当結果決定方法。

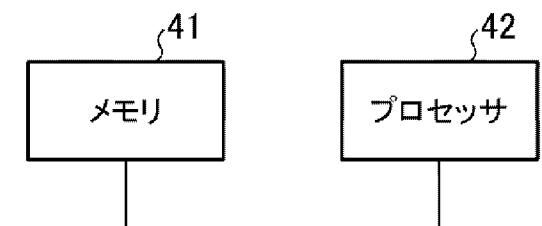
[図1]



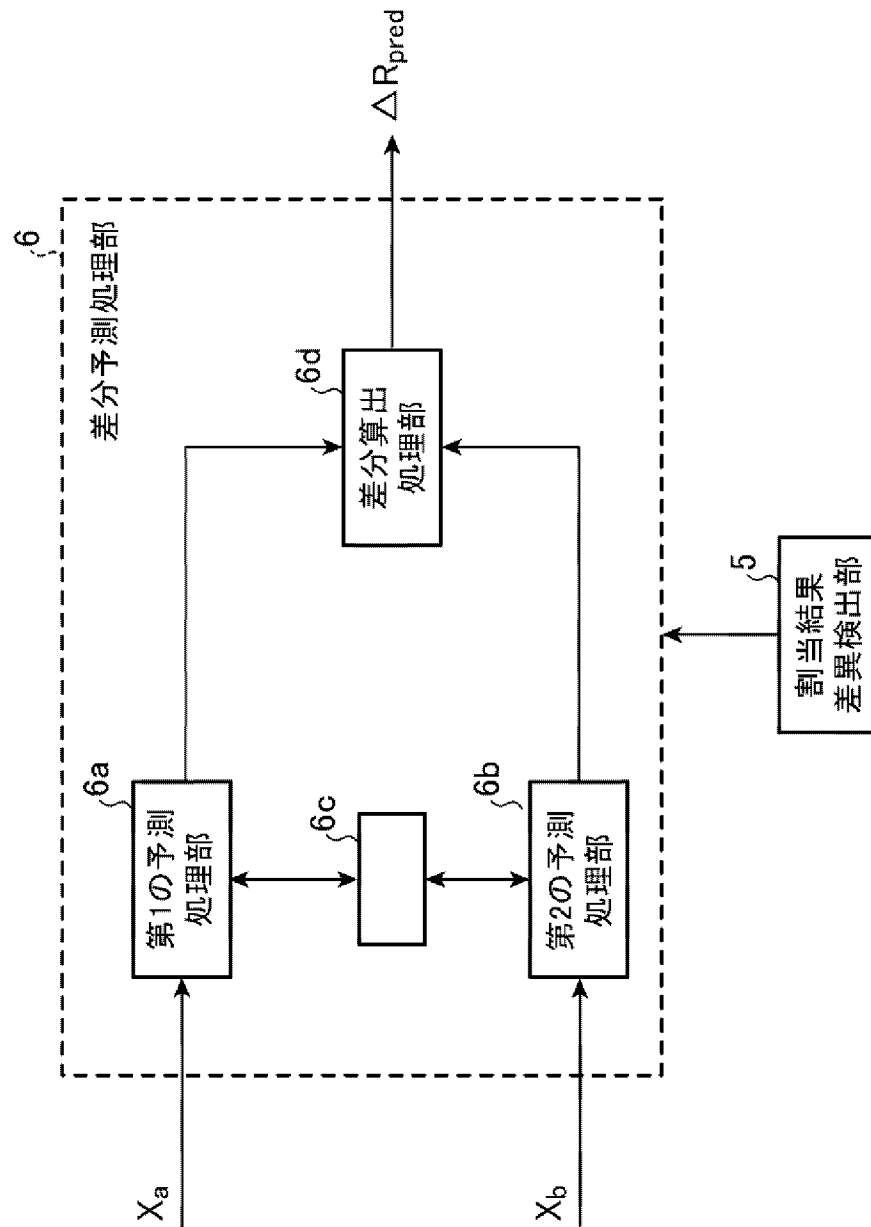
[図2]



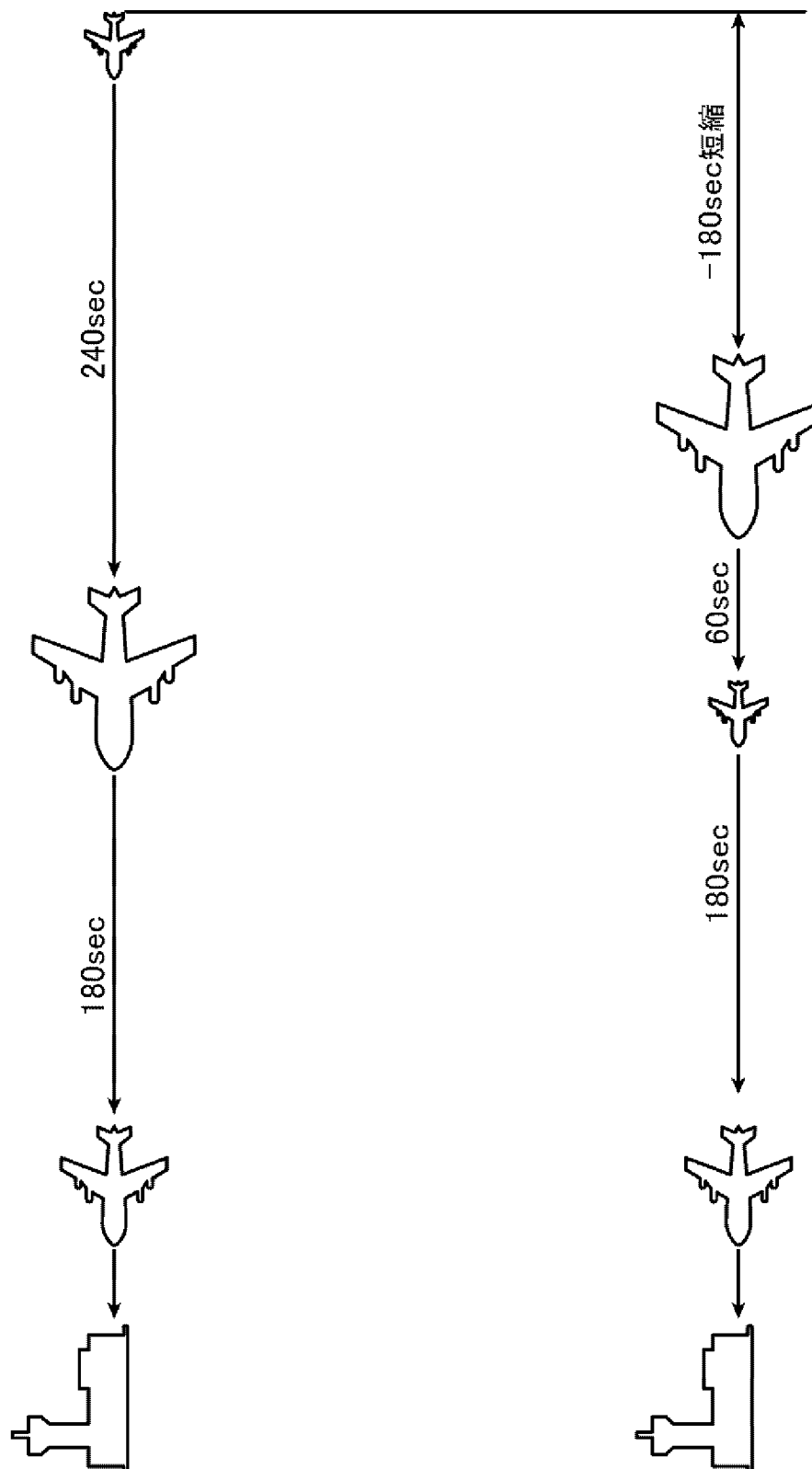
[図3]



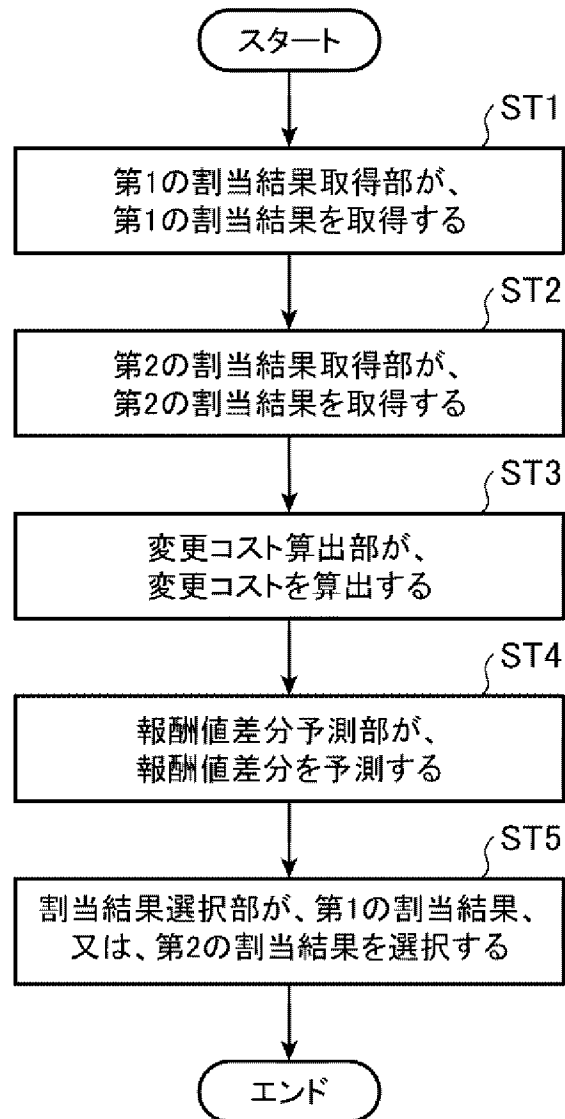
[図4]



[図5]



[図6]



[図7]

0: 割当不可

1: 割当可

図7A

S _a	j ₁	0	0	0	1	1	1	0	0
	j ₂	0	0	0	0	1	1	1	0
	j ₃	0	0	1	1	0	0	0	0
	j ₄	0	0	0	0	0	1	1	1
	j ₅	0	0	0	1	1	0	0	0
		t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇	t ₈

→ X_a = [j₃, j₅, j₁, j₂, j₄]

図7B

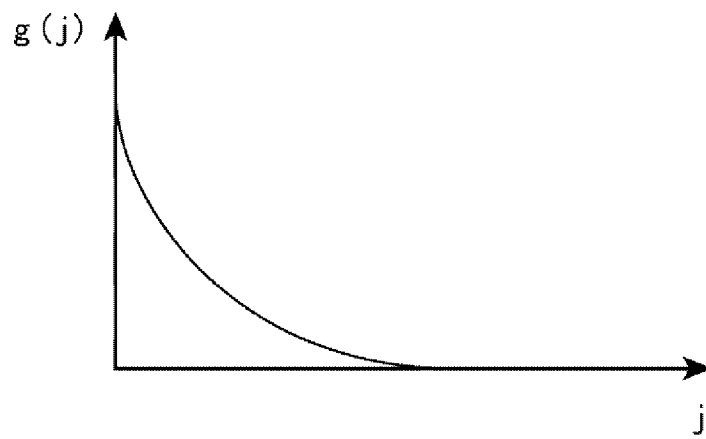
S _b	j ₁	0	0	1	1	1	0	0	0
	j ₂	0	0	0	1	1	1	0	0
	j ₃	0	1	1	0	0	0	0	0
	j ₄	0	0	0	0	1	1	1	0
	j ₅	0	0	1	1	0	0	0	0
		t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇	t ₈

→ X_b = [j₃, j₁, j₅, j₂, j₄]

[図8]

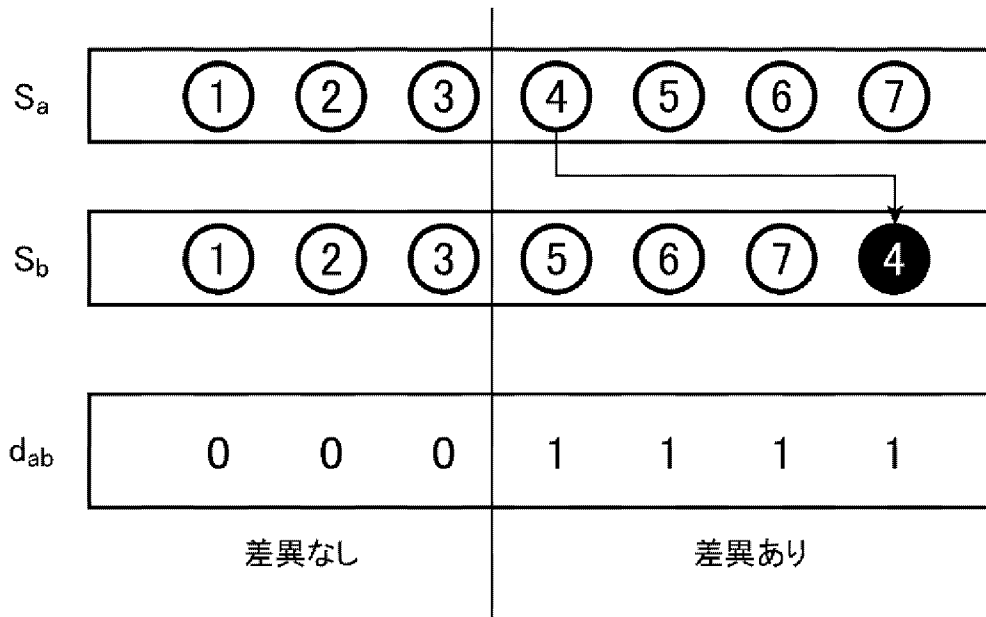
	j_1	j_2	j_3	j_4	j_5
j_1		10	20	50	100
j_2	10		30	70	80
j_3	20	30		40	50
j_4	50	70	40		30
j_5	100	80	50	30	

[図9]



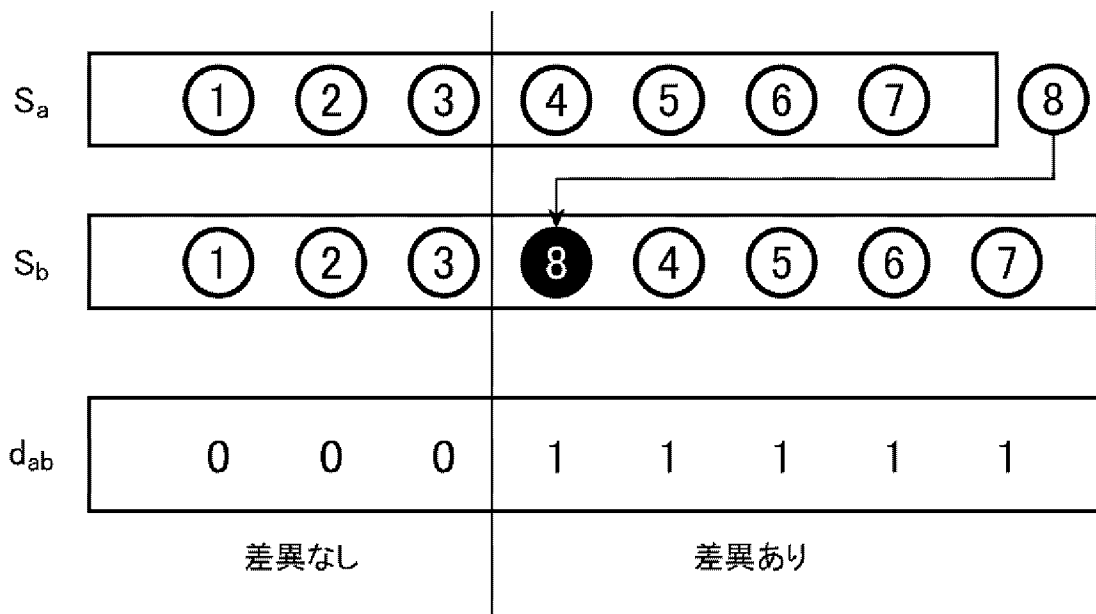
[図10]

図10A

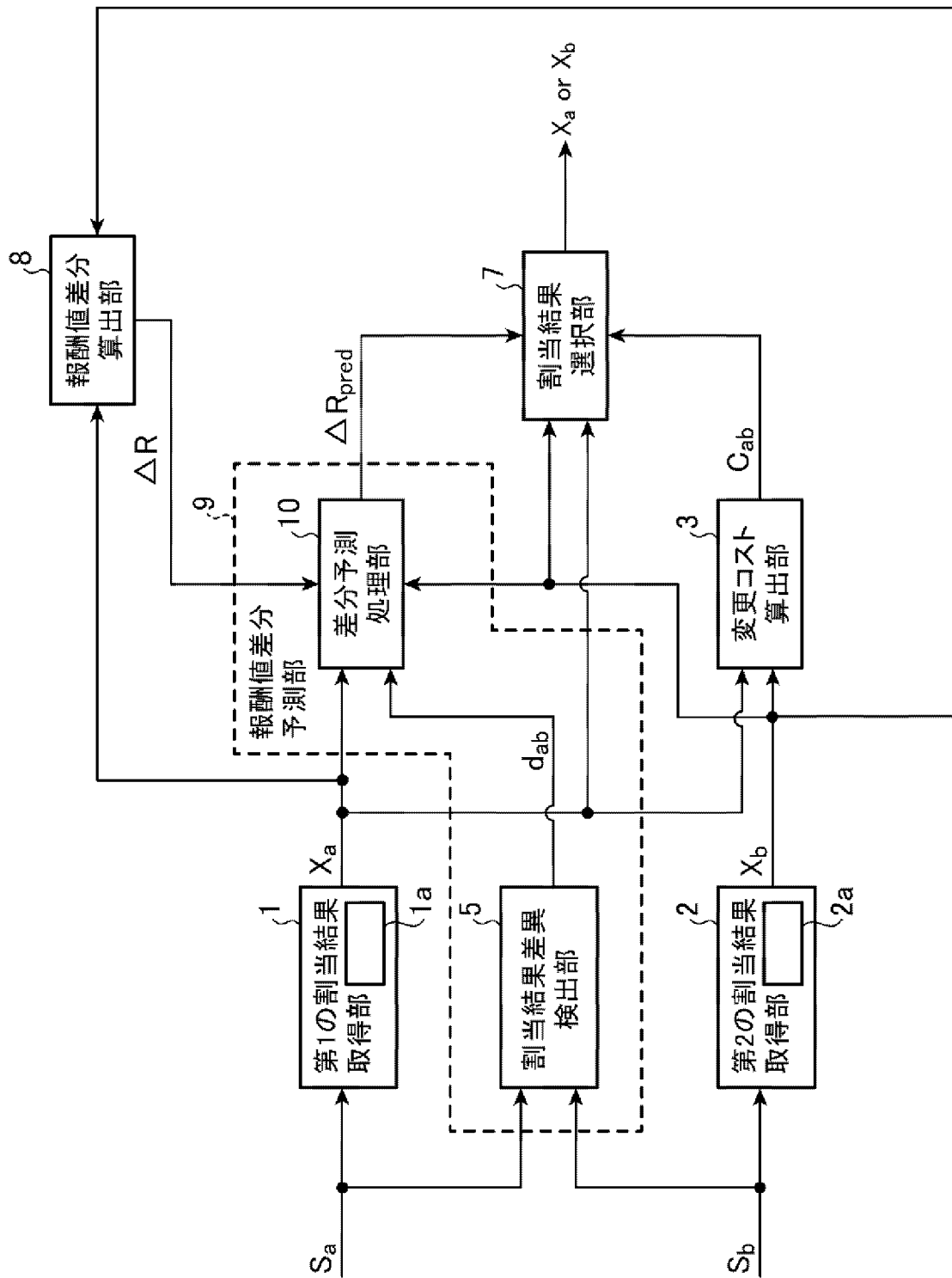


○の中の数字は航空機のID

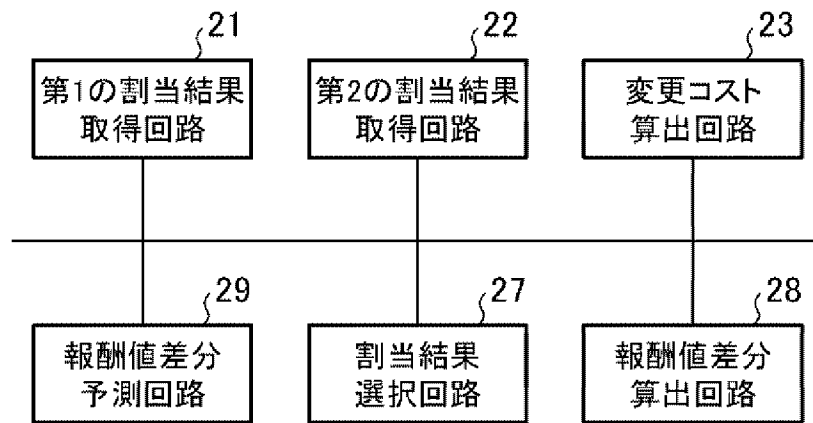
図10B



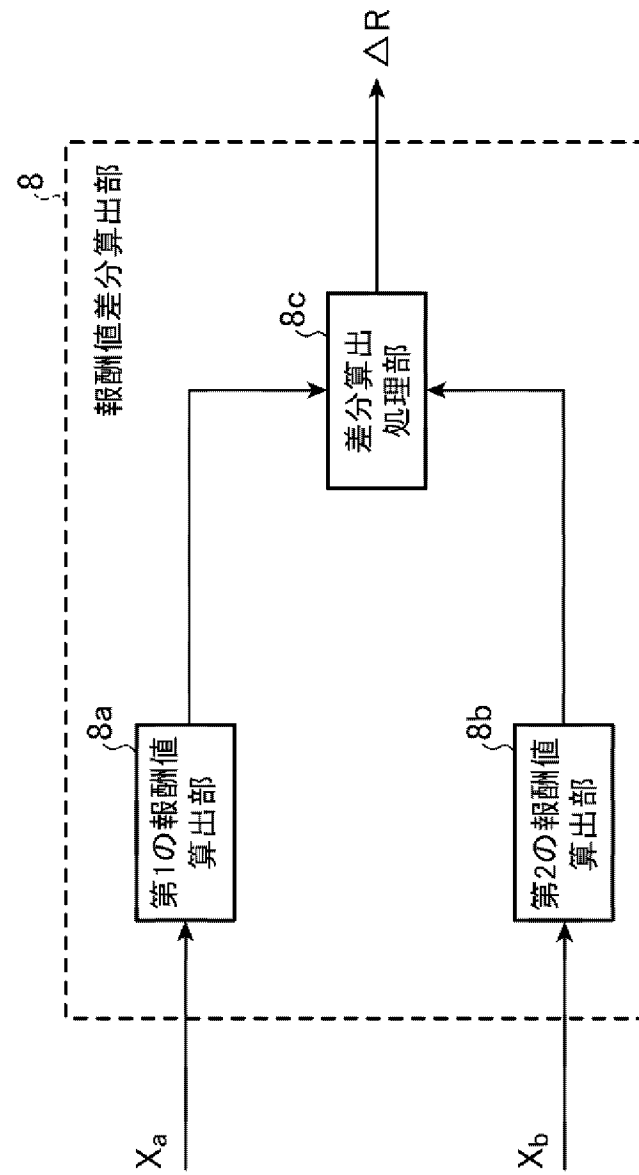
[図11]



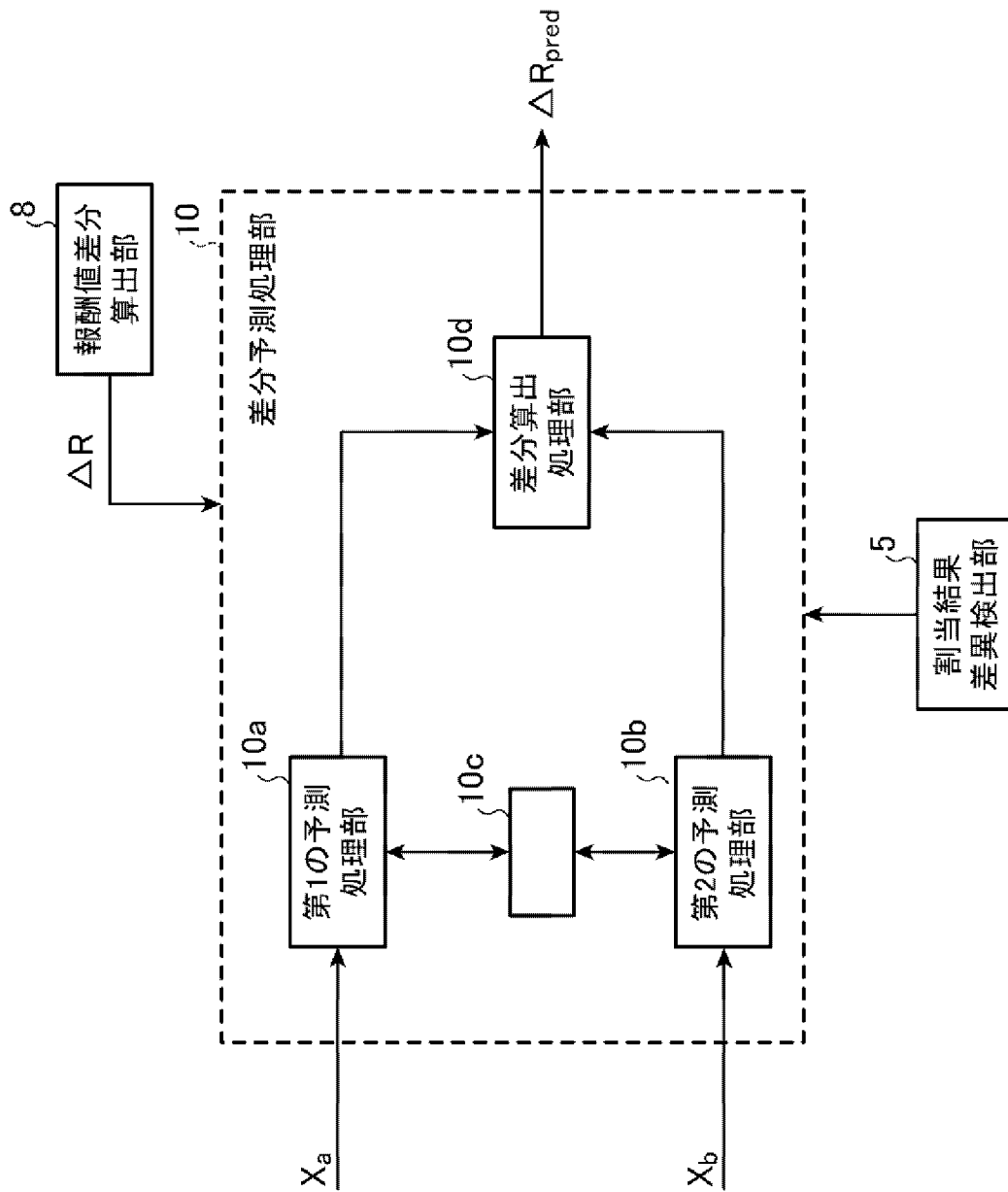
[図12]



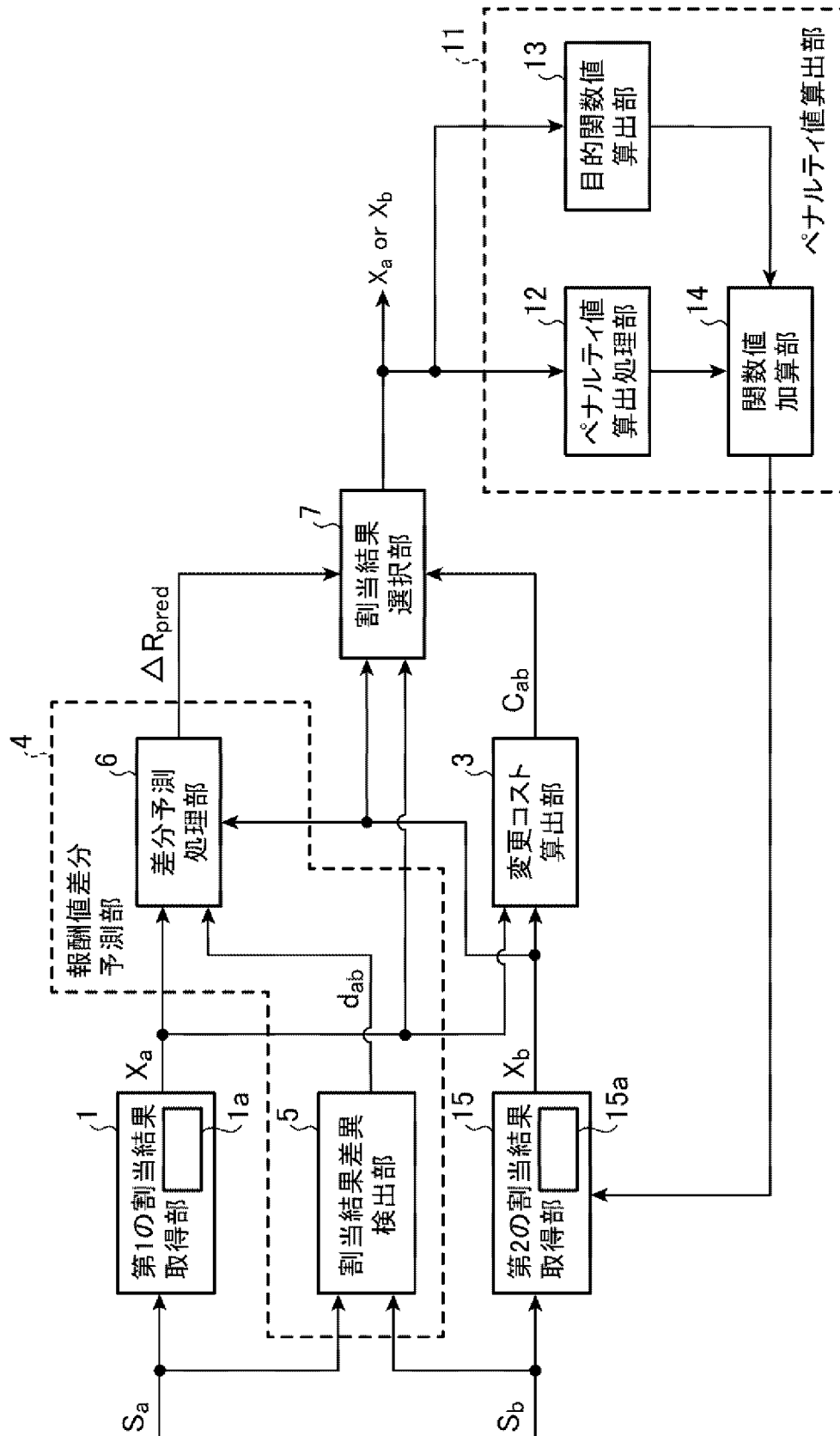
[図13]



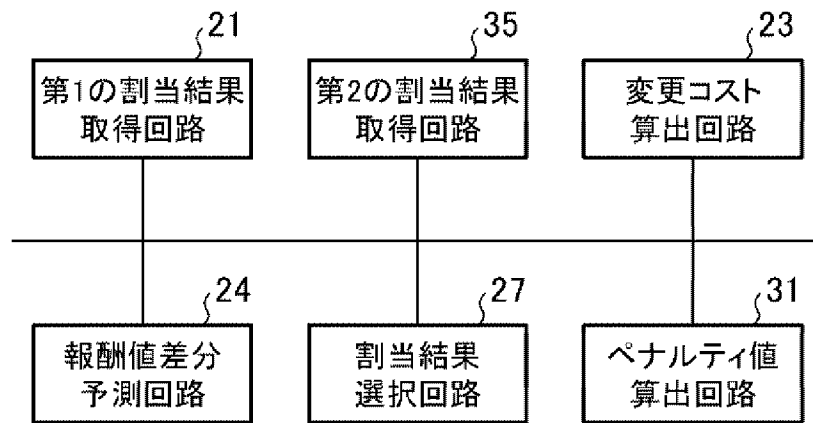
[図14]



[図15]



[図16]



[図17]

0: 割当不可能な時刻

1: 割当可能な時刻

図17A

j_1	0	0	0	1	1	1	0	0
j_2	0	0	0	0	1	1	1	0
j_3	0	0	1	1	0	0	0	0
j_4	0	0	0	0	0	1	1	1
j_5	0	0	0	1	1	0	0	0
	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8

図17B

j_1	-1000	-500	-100	0	0	0	-5	-5
j_2	-1000	-500	-100	-50	0	0	0	-5
j_3	-1000	-500	0	0	-10	-5	-5	-5
j_4	-1000	-500	-100	-50	-10	0	0	0
j_5	-1000	-500	-100	0	0	-5	-5	-5
	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/020003

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G08G 9/00**(2006.01)i

FI: G08G9/00 A

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)

G08G9/00

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 1971-2022
 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.
X	JP 2017-199193 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 02 November 2017 (2017-11-02) paragraphs [0011], [0018], fig. 1	1, 8
Y	paragraphs [0011], [0018], fig. 1	2-3, 5-6
A	entire text, all drawings	4, 7
Y	JP 2020-531993 A (UATC LLC) 05 November 2020 (2020-11-05) paragraphs [0058]-[0059], fig. 1	2-3
Y	JP 2020-184094 A (HACOBU CO LTD) 12 November 2020 (2020-11-12) paragraphs [0024]-[0025], [0034]-[0035], fig. 1-2	5-6

☐ 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

05 July 2022

Date of mailing of the international search report

19 July 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/020003

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2017-199193	A	02 November 2017	(Family: none)	
JP	2020-531993	A	05 November 2020	US 2021/0382488 A1 paragraphs [0057]-[0058], fig. 1 WO 2019/040349 A1 entire text, all drawings EP 3673470 A1 entire text, all drawings CN 111133485 A entire text, all drawings	
JP	2020-184094	A	12 November 2020	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G08G 9/00(2006.01)i FI: G08G9/00 A										
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）） G08G9/00 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 <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								
X	JP 2017-199193 A（三菱電機株式会社）02.11.2017（2017 - 11 - 02） 段落 [0011] , [0018] , 図1	1, 8								
Y	段落 [0011] , [0018] , 図1	2-3, 5-6								
A	全文, 全図	4, 7								
Y	JP 2020-531993 A（ユーエーティーシー, エルエルシー）05.11.2020（2020 - 11 - 05） 段落 [0058] - [0059] , 図1	2-3								
Y	JP 2020-184094 A（株式会社H a c o b u）12.11.2020（2020 - 11 - 12） 段落 [0024] - [0025] , [0034] - [0035] , 図1-2	5-6								
☐ 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、一般的技术水準を示すもの “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 05.07.2022		国際調査報告の発送日 19.07.2022								
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） 田中 将一 3Z 5069 電話番号 03-3581-1101 内線 3395								

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/JP2022/020003

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2017-199193	A	02.11.2017	(ファミリーなし)	
JP	2020-531993	A	05.11.2020	US 2021/0382488 A1 段落 [0057] - [0058] , 図 1 WO 2019/040349 A1 全文, 全図 EP 3673470 A1 全文, 全図 CN 111133485 A 全文, 全図	
JP	2020-184094	A	12.11.2020	(ファミリーなし)	