

(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8月22日(22.08.2024)

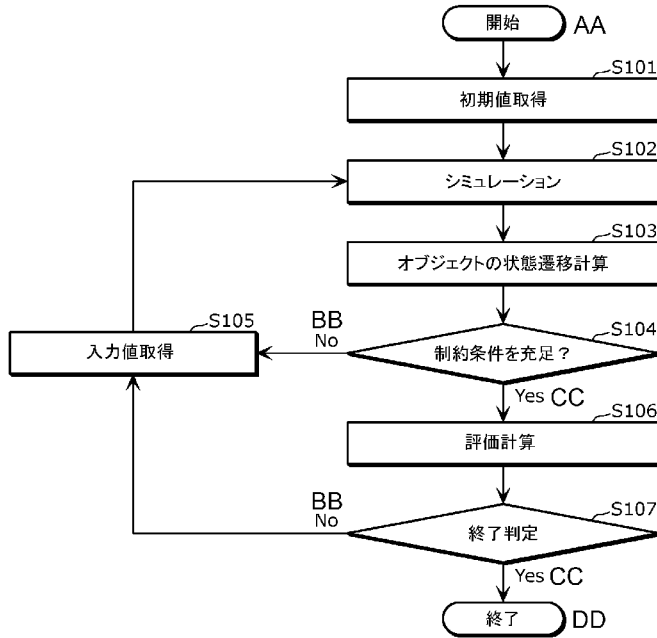


(10) 国際公開番号
WO 2024/171617 A1

- (51) 国際特許分類:
G08G 1/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/045756
- (22) 国際出願日: 2023年12月20日(20.12.2023)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
63/445,817 2023年2月15日(15.02.2023) US
- (71) 出願人: パナソニック IP マネジメント株式会社 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5710057 大阪府門真市元町2番6号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 河本 弘和 (KAWAMOTO, Hirokazu).
村本 衛一 (MURAMOTO, Eiichi).
- (74) 代理人: 新居 広守, 外 (NII, Hiromori et al.);
〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島5丁目3番10号イトーピア新大阪ビル6階新居国際特許事務所内 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,

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

(54) 発明の名称: 情報処理方法、プログラム、及び情報処理端末



S101 Initial value acquisition
S102 Simulation
S103 Object state change calculation
S104 Limiting conditions satisfied?
S105 Input value acquisition
S106 Evaluation calculation
S107 End determination
AA Start
BB No
CC Yes
DD End

(57) Abstract: This information processing method is executed by a computer, the information processing method comprising: executing a simulation of a movement of a moving body (1) that is occupied by a human or a delivery object and a movement demand of the human or the delivery object, according to operation parameters of the moving body (1) (S102); calculating changes in the states of objects in the simulation on the basis of execution results of the simulation (S103); determining whether limiting conditions are satisfied on the basis of the changes (S104); and, when the limiting

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))

conditions are satisfied (S104: Yes), outputting evaluation results of evaluating the execution results of the simulation by at least one indicator out of a safety indicator, an economic rationality indicator, and a convenience indicator regarding the operation of the moving body (1) (S106).

(57) 要約: 情報処理方法は、コンピュータにより実行される情報処理方法であって、人又は配送物が載る移動体(1)の動き、及び人又は配送物の移動需要のシミュレーションを、移動体(1)の運行パラメータに従って実行し(S102)、シミュレーションの実行結果に基づいて、シミュレーションにおけるオブジェクトの状態の遷移を計算し(S103)、遷移に基づいて制約条件を満たしているか否かを判定し(S104)、制約条件を満たしている場合(S104: Yes)、シミュレーションの実行結果を少なくとも移動体(1)の運行における安全性の指標、経済合理性の指標、及び利便性の指標のうちの少なくとも1つの指標で評価した評価結果を出力する(S106)。

明 細 書

発明の名称： 情報処理方法、プログラム、及び情報処理端末
技術分野

[0001] 本開示は、モビリティサービスのシミュレーションを行うための情報処理方法、プログラム、及び情報処理端末に関する。

背景技術

[0002] 近年、CASE（Connected Autonomous Shared Electric）に代表されるような市場を取り巻く環境の変化に伴い、モビリティサービスに対する需要が拡大している。一方で、モビリティサービスを構成する要素（サービス因子）は多岐にわたり、モビリティサービスの最適化のためには、事前にモビリティサービスの設計及び評価を行う必要がある。

[0003] 非特許文献1では、モビリティサービスの導入及び改善を行う上で、モビリティサービスの設計及び評価にシミュレーションが活用されている。

[0004] 特許文献1には、一定の空間内に同一の時間帯に運行できる自律移動装置の数を増やすような運行計画を自動的に生成することが開示されている。

先行技術文献

非特許文献

[0005] 非特許文献1：山本真之，外3名，“都市部における自動運転ライドシェアのシミュレーション分析”，[online]，[令和5年6月30日検索]，インターネット<URL：<https://www.denso.com/jp/ja/-/media/global/business/innovation/review/24/24-doc-07-paper-02.pdf>>

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2022-189396号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、非特許文献1及び特許文献1では、制約条件を考慮した効

率的なシミュレーションを実行しにくい、という課題がある。

[0008] そこで、本開示は、制約条件を考慮した効率的なシミュレーションを実行しやすい情報処理方法等を提供する。

課題を解決するための手段

[0009] 本開示における情報処理方法は、コンピュータにより実行される情報処理方法であって、人又は配送物が載る移動体の動き、及び前記人又は前記配送物の移動需要のシミュレーションを、前記移動体の運行パラメータに従って実行し、前記シミュレーションの実行結果に基づいて、前記シミュレーションにおけるオブジェクトの状態の遷移を計算し、前記遷移に基づいて制約条件を満たしているか否かを判定し、前記制約条件を満たしている場合、前記シミュレーションの実行結果を少なくとも前記移動体の運行における安全性の指標、経済合理性の指標、及び利便性の指標のうちの少なくとも1つの指標で評価した評価結果を出力する。

[0010] なお、これらの包括的又は具体的な態様は、システム、方法、集積回路、コンピュータプログラム又はコンピュータ読み取り可能なCD-ROM等の記録媒体で実現されてもよく、システム、方法、集積回路、コンピュータプログラム及び記録媒体の任意な組み合わせで実現されてもよい。

発明の効果

[0011] 本開示の一態様に係る情報処理方法等によれば、制約条件を考慮した効率的なシミュレーションを実行しやすい。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]図1は、実施の形態に係る情報処理システムの一例を示すブロック図である。

[図2]図2は、制約条件を満たしているか否かを判定するために用いる時相論理式の一例を示す図である。

[図3]図3は、時相論理式を用いた判定の説明図である。

[図4]図4は、第1条件の説明図である。

[図5]図5は、第2条件の説明図である。

[図6]図 6 は、第 3 条件の説明図である。

[図7]図 7 は、第 4 条件の説明図である。

[図8]図 8 は、第 5 条件の説明図である。

[図9]図 9 は、第 6 条件の説明図である。

[図10]図 10 は、第 7 条件の説明図である。

[図11]図 11 は、第 8 条件の説明図である。

[図12]図 12 は、第 9 条件の説明図である。

[図13]図 13 は、実施の形態に係る情報処理システムの基本動作例を示すフローチャートである。

[図14]図 14 は、オブジェクトの状態の遷移と制約違反度との相関を示す画面の一例を示す図である。

[図15]図 15 は、入力値設定画面の一例を示す図である。

[図16]図 16 は、制約条件の充足状況を示す画面の一例を示す図である。

[図17]図 17 は、実施の形態に係る情報処理システムの第 1 動作例を示すフローチャートである。

[図18]図 18 は、制約条件設定画面の一例を示す図である。

[図19]図 19 は、実施の形態に係る情報処理システムの第 1 動作例の具体例を示すフローチャートである。

[図20]図 20 は、実施の形態に係る情報処理システムの第 1 動作例の他の具体例を示すフローチャートである。

[図21]図 21 は、実施の形態に係る情報処理システムの第 2 動作例を示すフローチャートである。

[図22]図 22 は、制約条件の妥当性を検証するための画面の一例を示す図である。

[図23]図 23 は、実施の形態に係る情報処理システムの第 3 動作例を示すフローチャートである。

[図24]図 24 は、実施の形態に係る情報処理システムの第 3 動作例の具体例を示すフローチャートである。

[図25]図 2 5 は、実施の形態に係る情報処理システムの第 4 動作例を示すフローチャートである。

[図26]図 2 6 は、実施の形態に係る情報処理システムの第 4 動作例の具体例を示すフローチャートである。

[図27]図 2 7 は、実施の形態に係る情報処理システムの第 5 動作例を示すフローチャートである。

[図28]図 2 8 は、実施の形態に係る情報処理システムの第 5 動作例の具体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

[0013] 本開示の第 1 の態様に係る情報処理方法は、コンピュータにより実行される情報処理方法であって、人又は配送物が載る移動体の動き、及び前記人又は前記配送物の移動需要のシミュレーションを、前記移動体の運行パラメータに従って実行し、前記シミュレーションの実行結果に基づいて、前記シミュレーションにおけるオブジェクトの状態の遷移を計算し、前記遷移に基づいて制約条件を満たしているか否かを判定し、前記制約条件を満たしている場合、前記シミュレーションの実行結果を少なくとも前記移動体の運行における安全性の指標、経済合理性の指標、及び利便性の指標のうちの少なくとも 1 つの指標で評価した評価結果を出力する。

[0014] これによれば、オブジェクトの時間的な変化のみならず空間的な変化も含めて制約条件を満たしているか否かを判定することができるので、制約条件を考慮した効率的なシミュレーションを実行しやすい、という利点がある。

[0015] また、例えば、本開示の第 2 の態様に係る情報処理方法では、第 1 の態様において、前記制約条件は、複数の条件を含み、前記制約条件を満たしているか否かを判定する処理では、条件ごとに参照する前記オブジェクトの状態が異なる 1 つの関数に基づいて判定する。

[0016] これによれば、制約条件を満たしているか否かを判定する判定処理を一律かつ体系的に実行することが可能であるので、制約条件に含まれる条件の数が多くても判定処理のための記述が容易であり、かつ、判定処理のための記

述のミスが生じにくい、という利点がある。

[0017] また、例えば、本開示の第3の態様に係る情報処理方法では、第2の態様において、前記関数は、時相論理式を用いて記述される。

[0018] これによれば、制約条件を満たしているか否かを判定する判定処理を一律かつ体系的に実行することが可能であるので、制約条件に含まれる条件の数多くても判定処理のための記述が容易であり、かつ、判定処理のための記述のミスが生じにくい、という利点がある。

[0019] また、例えば、本開示の第4の態様に係る情報処理方法では、第1～第3のいずれか1つの態様において、前記制約条件は、所定の区域又は所定の時間帯での前記移動体の移動又は停止に関する条件を含む。

[0020] これによれば、移動体が移動又は停止に関する所定のルールに従うようにシミュレーションを実行するので、移動体が所定のルールに違反するのを回避したシミュレーションの実行結果が得られやすくなる、という利点がある。

[0021] また、例えば、本開示の第5の態様に係る情報処理方法では、第1～第4のいずれか1つの態様において、前記制約条件は、前記移動体の移動時間に関する条件を含む。

[0022] これによれば、移動体が移動時間に関する所定のルールに従うようにシミュレーションを実行するので、移動体が所定のルールに違反するのを回避したシミュレーションの実行結果が得られやすくなる、という利点がある。

[0023] また、例えば、本開示の第6の態様に係る情報処理方法では、第1～第5のいずれか1つの態様において、前記制約条件は、前記移動体の拠点を基準とした移動に関する条件を含む。

[0024] これによれば、移動体が拠点を基準とした移動に関する所定のルールに従うようにシミュレーションを実行するので、移動体が所定のルールに違反するのを回避したシミュレーションの実行結果が得られやすくなる、という利点がある。

[0025] また、例えば、本開示の第7の態様に係る情報処理方法では、第1～第6

のいずれか1つの態様において、前記制約条件は、前記移動体を遠隔操作するオペレータに関する条件を含む。

[0026] これによれば、オペレータがオペレータに関する所定のルールに従うようにシミュレーションを実行するので、オペレータが所定のルールに違反するのを回避したシミュレーションの実行結果が得られやすくなる、という利点がある。

[0027] また、例えば、本開示の第8の態様に係る情報処理方法では、第1～第7のいずれか1つの態様において、前記制約条件は、前記移動体が搬送する前記配送物の在庫に関する条件を含む。

[0028] これによれば、移動体が在庫に関する所定のルールに従うようにシミュレーションを実行するので、移動体が所定のルールに違反するのを回避したシミュレーションの実行結果が得られやすくなる、という利点がある。

[0029] また、例えば、本開示の第9の態様に係る情報処理方法では、第1～第8のいずれか1つの態様において、前記シミュレーションの実行前に、ユーザが指定した前記制約条件を取得する。

[0030] これによれば、予め設定された制約条件ではなく、ユーザが所望する制約条件を考慮したシミュレーションを実行することができる、という利点がある。

[0031] また、例えば、本開示の第10の態様に係る情報処理方法では、第1～第9のいずれか1つの態様において、前記制約条件を満たさない場合に、前記制約条件の少なくとも一部を緩和する。

[0032] これによれば、制約条件の少なくとも一部が緩和されるので、次のシミュレーションにおいて制約条件を満たしやすくなる、という利点がある。

[0033] また、例えば、本開示の第11の態様に係る情報処理方法では、第1～第10のいずれか1つの態様において、前記制約条件を満たさない場合に、前記制約条件の違反度合いを出力する。

[0034] これによれば、制約条件の違反度合いを参照することにより、システム又はユーザが次のシミュレーションにおいて制約条件をどの程度緩和すれば

良いかを判断しやすくなる、という利点がある。

[0035] また、例えば、本開示の第 1 2 の態様に係る情報処理方法では、第 1 ～第 1 1 のいずれか 1 つの態様において、前記評価結果が所定の条件を満たしていない場合に、前記制約条件の少なくとも一部を強化する。

[0036] これによれば、制約条件の少なくとも一部が強化されるので、次のシミュレーションにおいて評価結果が所定の条件を満たしやすくなる、という利点がある。

[0037] また、例えば、本開示の第 1 3 の態様に係る情報処理方法では、第 1 ～第 1 2 のいずれか 1 つの態様において、前記評価結果が所定の条件を満たしていない場合に、前記制約条件の余裕度合いを出力する。

[0038] これによれば、制約条件の余裕度合いを参照することにより、システム又はユーザが次のシミュレーションにおいて制約条件をどの程度強化すれば良いかを判断しやすくなる、という利点がある。

[0039] また、例えば、本開示の第 1 4 の態様に係るプログラムは、コンピュータに、第 1 ～第 1 3 のいずれか 1 つの態様の情報処理方法を実行させる。

[0040] これによれば、オブジェクトの時間的な変化のみならず空間的な変化も含めて制約条件を満たしているか否かを判定することができるので、制約条件を考慮した効率的なシミュレーションを実行しやすい、という利点がある。

[0041] また、例えば、本開示の第 1 5 の態様に係る情報処理端末は、入力部と、出力部と、を備える。前記入力部は、前記移動体の運行パラメータの入力を受け付ける。前記出力部は、前記入力部に入力された前記移動体の運行パラメータに基づく第 1 ～第 1 3 のいずれか 1 つの態様の情報処理方法の実行結果を出力する。前記出力部は、前記制約条件を満たしている場合、前記評価結果を前記実行結果として出力する。

[0042] これによれば、オブジェクトの時間的な変化のみならず空間的な変化も含めて制約条件を満たしているか否かを判定することができるので、ユーザは、制約条件を考慮した効率的なシミュレーションの実行結果に対する評価結果に基づいてモビリティサービスの事前検討を行いやすい、という利点があ

る。

[0043] 以下、実施の形態について、図面を参照しながら具体的に説明する。

[0044] なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも包括的又は具体的な例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置及び接続形態、ステップ、ステップの順序等は、一例であり、本開示を限定する主旨ではない。

[0045] (実施の形態)

以下、実施の形態に係る情報処理システム及び情報処理方法について説明する。

[0046] [1. 構成]

図1は、実施の形態に係る情報処理システム100の一例を示すブロック図である。情報処理システム100は、人又は配送物が載る移動体1（図3参照）を用いたサービス、つまりモビリティサービスのシミュレーションを行うためのシステムである。シミュレーションは、移動体1の動き及び人又は配送物の移動需要のシミュレーションである。なお、シミュレーションは、移動体1と物体との衝突回避（衝突判定）のシミュレーションを含んでもよい。モビリティサービスは、例えば宅配便又はフードデリバリー等の配送物を依頼者に配送するサービスを含む。また、モビリティサービスは、例えば人を目的地まで輸送するサービスを含む。

[0047] 移動体1は、例えば自律走行型のロボットであるが、例えば自動車又は自動二輪車等の車両であってもよいし、航空機又は船舶等の車両以外の移動体であってもよい。また、移動体1は、手動運転型であってもよいし、半自動運転型又は完全自動運転型であってもよい。以下では、特に断りの無い限り、移動体1が自律走行型のロボットであることとして説明する。

[0048] 情報処理システム100は、情報処理方法を実行するコンピュータの一例である。情報処理システム100を構成する構成要素は、1つの筐体内に設けられてもよいし、分散して配置されてもよい。情報処理システム100を構成する構成要素が分散して配置される場合、複数のコンピュータにより情

報処理方法が実行されてもよい。

[0049] 情報処理システム 100 は、例えばパーソナルコンピュータ、又はサーバ装置等によって実現される。実施の形態では、情報処理システム 100 は、サーバ装置によって実現されている。また、実施の形態では、情報処理システム 100 で実行するシミュレーションに必要な情報の少なくとも一部は、ユーザが所有する情報処理端末 200 から取得する。ここでいうユーザは、情報処理システム 100 の利用者であって、例えばモビリティサービスの設計者である。

[0050] 情報処理端末 200 は、例えばスマートフォン、又はタブレット等の携帯型端末であって、入力部 21 と、出力部 22 と、を備える。入力部 21 は、例えばマウス若しくはキーボード等の入力デバイスによるユーザの操作入力、又はユーザの指による操作入力を受け付ける。出力部 22 は、例えば液晶ディスプレイ等であって、後述する初期値及び入力値等を入力する際に用いられる入力画面等が表示される。実施の形態では、出力部 22 は、タッチパネルディスプレイで構成されている。したがって、実施の形態では、出力部 22 は、入力部 21 を兼ねている。

[0051] なお、情報処理システム 100 は、情報処理端末 200 の一機能として情報処理端末 200 に搭載されていてもよい。逆に、情報処理端末 200 は、情報処理システム 100 の一機能として情報処理システム 100 に搭載されていてもよい。つまり、情報処理システム 100 及び情報処理端末 200 は、1 つの装置として一体に実現されていてもよい。

[0052] 情報処理システム 100 は、図 1 に示すように、取得部 11 と、実行部 12 と、判定部 13 と、評価部 14 と、出力部 15 と、を備える。情報処理システム 100 は、プロセッサ、通信インタフェース及びメモリ等を含むコンピュータである。メモリは、ROM (Read Only Memory) 及び RAM (Random Access Memory) 等であり、プロセッサにより実行されるプログラムを記憶することができる。取得部 11、実行部 12、判定部 13、評価部 14、及び出力部 15 は、メモリに格納さ

れたプログラムを実行するプロセッサ及び通信インタフェース等によって実現される。

[0053] 取得部 11 は、実行部 12 でのシミュレーションに用いられる各種パラメータである移動体 1 の運行パラメータを取得する。実施の形態では、取得部 11 は、情報処理端末 200 の入力部 21 にてユーザが初期設定を行うことで入力された情報を、移動体 1 の運行パラメータとして取得する。初期設定では、ユーザは、モビリティサービスが行われる環境の設定、設定された環境において発生する需要の設定、及びモビリティサービスを構成する要素（サービス因子）の設定等を行う。より具体的には、初期設定では、ユーザは、モビリティサービスを行う対象エリアの設定、変数の設定、制約条件の設定、及び目的関数の設定等を行う。

[0054] 対象エリアの設定は、例えば対象エリアの地図データ、対象エリアにおける移動体 1 及び交通参加者の交通量、並びに対象エリアにおいて発生する需要量等を示すデータをユーザが入力することで行われる。交通参加者は、例えば歩行者の他、自転車又は自動車等の車両を含む。需要量は、対象エリアにおいてモビリティサービスの利用者からの人の輸送の要求又は配送物の配送の要求の量である。需要量の設定は、例えば対象エリアにおける既存の実績データをユーザが入力することで行われる。

[0055] 変数の設定は、例えば移動体 1 の種類、移動体 1 の移動経路、移動体 1 の運行時間帯、移動体 1 の乗車定員、移動体 1 の速度、移動体 1 の台数、移動体 1 の搭載するセンサの性能、移動体 1 の搭載するブレーキの性能、移動体 1 の加速性能、システムの二重化実装度、移動体 1 の遠隔監視、及び移動体 1 の遠隔制御等を示すデータをユーザが入力することで行われる。

[0056] 制約条件の設定は、例えば対象エリアにおける移動体 1 の立ち入りが許可される場所（又は禁止される場所）、並びに対象エリアにおいて移動体 1 の移動速度が制限される場所及び当該場所での移動体 1 の制限速度等を示すデータをユーザが入力することで行われる。制約条件については、後述する〔2. 制約条件〕にて詳細に説明する。

- [0057] 目的関数の設定は、例えばモビリティサービスを導入する際に必要な初期費用の最小化、モビリティサービスを運用する際に必要な運用費用の最小化、及び輸送件数又は配送件数の最大化等を示すデータをユーザが入力することで行われる。
- [0058] なお、ユーザは、上述の初期設定を全て行ってもよいし、初期設定の一部のみを行ってもよい。後者の場合、初期設定のうちユーザが行っていないパラメータには、例えば情報処理システム１００が予め記憶しているデフォルト値が採用されてもよい。
- [0059] 実行部１２は、移動体１の動き、及び人又は配送物の移動需要のシミュレーションを、取得部１１が取得した移動体１の運行パラメータに従って実行する。実行部１２は、初期設定で設定された対象エリアの交通量、需要量、変数、制約条件、及び目的関数等に従って、１以上の移動体１及び１以上の交通参加者の動きのシミュレーションを実行する。ここで、目的関数が１つであれば、実行部１２が目的関数の最適解を算出するようにシミュレーションを実行することで、１つのシミュレーションの実行結果が得られる。一方、目的関数が複数であれば、実行部１２が複数のパレート解を算出するようにシミュレーションを実行することで、複数のシミュレーションの実行結果が得られる。
- [0060] 判定部１３は、実行部１２によるシミュレーションの実行結果に基づいて、当該シミュレーションにおけるオブジェクトの状態の遷移を計算する。ここで、オブジェクトは、例えば移動体１、又は移動体１を遠隔監視若しくは遠隔操作するオペレータ等のシミュレーションにおいて状態が定義され、かつ、シミュレーションにおいて状態が遷移し得る実体である。例えば、判定部１３は、シミュレーションにおいてオブジェクトとしての移動体１が移動中であるか、停止中であるか、所定の場所に存在しているか等の移動体１の状態の遷移を計算する。また、例えば、判定部１３は、シミュレーションにおいてオブジェクトとしてのオペレータが遠隔操作中であるか、遠隔操作を行っていないか等のオペレータの状態の遷移を計算する。

[0061] また、判定部 13 は、計算した遷移に基づいて制約条件を満たしているか否かを判定する。例えば、判定部 13 は、シミュレーションにおいてオブジェクトとしての移動体 1 の状態の遷移が制約条件を満たしているか否かを判定する。また、例えば、判定部 13 は、シミュレーションにおいてオブジェクトとしてのオペレータの状態の遷移が制約条件を満たしているか否かを判定する。制約条件を満たしているか否かを判定する処理については、後述する〔2. 制約条件〕にて詳細に説明する。

[0062] 評価部 14 は、判定部 13 にて制約条件を満たしていると判定した場合、実行部 12 によるシミュレーションの実行結果を評価する。実施の形態では、評価部 14 は、移動体 1 の運行における安全性（R i s k）の指標、移動体 1 の運行における経済合理性（C o s t）の指標、及び移動体 1 の運行における利便性（V a l u e）の指標の 3 つの指標でシミュレーションの実行結果を評価する。なお、評価部 14 は、上記 3 つの指標のうちの少なくとも 1 つの指標でシミュレーションの実行結果を評価すればよい。

[0063] 安全性の指標は、例えばモビリティサービスの運用中における移動体 1 と交通参加者との接近といったリスク等を総合的に示す指標である。経済合理性の指標は、例えば移動体 1 の価格及び燃料費、並びにモビリティサービスの運用に掛かる費用等を総合的に示す指標である。利便性の指標は、例えばモビリティサービスが 1 日当たりに提供し得る人の輸送件数又は配送物の配送件数等を総合的に示す指標である。

[0064] ここで、安全性の指標の評価、経済合理性の指標の評価、及び利便性の指標の評価の各々の算出例について説明する。なお、安全性の指標の評価、経済合理性の指標の評価、及び利便性の指標の評価の各々は、以下に列挙する算出例以外の方法で算出されてもよい。

[0065] 安全性の指標の評価は、例えば移動体 1 ごとに交通参加者との距離的な近接度合に基づく衝突危険度を算出し、算出した移動体 1 ごとの衝突危険度を合算することにより算出される。

[0066] 具体的には、安全性の指標の評価は、例えば以下の数式（1）により算出

される。数式（１）において、「 i 」は移動体１を、「 j 」は移動体１の位置を基準とした所定範囲を、「 w_j 」は所定範囲の大きさに応じた危険度の重み付け係数を、「 n_{ij} 」は所定範囲内において移動体１と交通参加者とが近接する回数を表している。危険度の重み付け係数は、言い換えれば危害の大きさである。

[0067] [数1]

$$\sum_i \sum_j w_j \times n_{ij} \cdots (1)$$

[0068] 例えば、任意の移動体１を「 $i = 1$ 」とすると、当該移動体１を基準とした所定範囲内に「 $j = 1$ 」に対応する歩行者（交通参加者）が立ち入った場合、「 n_{11} 」に１が加算される。また、当該所定範囲内に「 $j = 2$ 」に対応する自転車（他の交通参加者）が立ち入った場合、「 n_{12} 」に１が加算される。

[0069] なお、衝突危険度は、例えば交通参加者の種類（自動車、自動二輪車、自転車、又は歩行者）に応じた重み付け係数が更に乗算されて算出されてもよい。また、衝突危険度は、例えば交通参加者の速度に応じた重み付け係数が更に乗算されて算出されてもよい。

[0070] 経済合理性の指標の評価は、例えば以下の数式（２）により算出される。数式（２）において、「 i 」は移動体１を、「 j 」は移動体１の運行に係る人員を、「 CV_i 」はモビリティサービスの運用に必要な移動体１の準備に掛かる費用を、「 CF_i 」はモビリティサービスの運用中における移動体１の走行距離に応じた燃料の費用を、「 CH_j 」は移動体１の運行に係る人員の人件費を表している。

[0071] [数2]

$$\sum_i CV_i + \sum_i CF_i + \sum_j CH_j \cdots (2)$$

[0072] 利便性の指標の評価は、例えばモビリティサービスが宅配便等の配送物を依頼者に配送するサービスであれば、以下の数式（３）、（４）のいずれか一方により算出される。数式（３）において、「 i 」は移動体１を、「 VT_i

」は一定期間における配送物の配送件数を表している。数式（４）において、「 j 」は配送物の配送を、「 RT_j 」は実際に配送が完了した時刻を、「 PT_j 」は配送が完了する予定時刻を表している。つまり、数式（４）は、配送物の配送ごとの延着時間の総和を表している。

[0073] [数3]

$$\sum_i VT_i \cdots (3)$$

$$\sum_j RT_j - PT_j \cdots (4)$$

[0074] また、利便性の指標の評価は、例えばモビリティサービスが物品の移動販売サービスである場合、以下の数式（５）により算出される。数式（５）において、「 k 」は物品の販売を、「 S_k 」は売上高を表している。つまり、数式（５）は、営業時間内での物品の販売の総売上高を表している。

[0075] [数4]

$$\sum_k S_k \cdots (5)$$

[0076] 出力部１５は、評価部１４による評価結果を出力する。実施の形態では、評価部１４は、上述のように実行部１２によるシミュレーションの実行結果を、移動体１の運行における安全性の指標、経済合理性の指標、及び利便性の指標の各々で評価している。したがって、実施の形態では、評価結果は、移動体１の運行における安全性の指標、経済合理性の指標、及び利便性の指標の各々で評価した結果を含む。

[0077] なお、出力部１５は、判定部１３にて制約条件を満たしていないと判定した場合、制約条件を満たしていないという判定結果を出力してもよい。

[0078] [２．制約条件]

次に、実施の形態に係る情報処理システム１００が実行するシミュレーションにおける制約条件について説明する。実施の形態では、制約条件は、後述する第１条件～第９条件のように複数の条件を含んでいる。そして、実施の形態では、判定部１３は、制約条件を満たしているか否かを判定する処理

では、条件ごとに参照するオブジェクトの状態が異なる1つの関数に基づいて判定する。特に、実施の形態では、当該関数は、図2に示すような時相論理式を用いて記述される。つまり、実施の形態では、判定部13は、時相論理式を用いて制約条件を満たしているか否かを判定する。

[0079] 図2は、制約条件を満たしているか否かを判定するために用いる時相論理式の一例を示す図である。図2において、「Area」は、シミュレーション期間全体（ $[0, \text{inf}]$ ）のうち、許容される範囲（ $[-\varepsilon, 0]$ ）をオブジェクトの様相（ ϕ ）が逸脱する間には、いつも（「G」）ペナルティー値を積算（又は加算）する関数を表している。上述のように、実施の形態では、制約条件は複数の条件を含んでいるが、条件ごとに条件を満たしているか否かを判定するための処理を、上記の1つの時相論理式により記述することが可能である。具体的には、実施の形態では、条件ごとに上記の1つの時相論理式における「 ε 」、「 ϕ 」、及びペナルティー値を変更することで、制約条件を満たしているか否かの判定を含み、ペナルティー値を積算する処理を一律かつ体系的に実行することが可能である。

[0080] ここで、時相論理式を用いて制約条件を満たしているか否かを判定することの利点について図3を用いて説明する。図3は、時相論理式を用いた判定方法の説明図である。図3の（a）は比較例の判定方法の一例の説明図であり、図3の（b）は時相論理式を用いた判定方法の一例の説明図である。図3の（a）及び図3の（b）は、いずれも移動体1の駐車禁止区域における長時間の停車を禁止するという制約条件（ $[-\varepsilon, 0] \phi$ ）を満たすか否かを判定する例を示している。

[0081] 図3の（a）は、対象エリアの地図と、対象エリアにおける駐車禁止区域の場所と、対象エリアにおける各移動体1の移動経路と、を示している。また、図3の（b）では、上側のグラフはロボット（移動体1）の状態遷移を表しており、下側のグラフは制約違反度を表している。制約違反度は、オブジェクト（移動体1）の状態が許容される範囲をどの程度逸脱しているかを示す。図3の（b）に示す例は、網掛けの時間帯にてロボットが駐車禁止区

域に停止しているため、当該時間帯にて制約違反度が上昇していることを表している。

[0082] 図3の(a)に示すように、比較例の判定方法では、停車状態にある移動体1を探索する処理、停車状態にある移動体1が駐車禁止区域に存在するかどうかを判定する処理、及び移動体1が駐車禁止区域に停車している時間が所定時間以上であるかどうかを判定する処理を含む一連の処理をプログラムの記述することで、制約条件を満たすかどうかを判定している。このように制約条件を満たしているかどうかを判定する処理をプログラムの記述する場合、制約条件に含まれる条件の数が少ない場合は問題ないが、制約条件に含まれる条件の数が多くなればなるほど、条件ごとに逐一プログラムの記述しなければならない、という問題がある。また、この場合、制約条件に含まれる条件の数が多くなればなるほど、判定処理のための記述のミスが生じる可能性が高くなる、という問題がある。

[0083] 一方、図3の(b)に示すように、時相論理式を用いた判定方法では、制約条件に含まれる条件の数が多くても、条件ごとに時相論理式で参照する許容される範囲、オブジェクトの状態、及びペナルティ値を変更すれば済む。このため、時相論理式を用いた判定方法では、判定処理のための記述が容易であり、かつ、判定処理のための記述のミスが生じにくい、という利点がある。

[0084] 以下、図2に示す時相論理式を用いて判定する対象となる条件について列挙する。なお、以下に示す第1条件～第9条件は制約条件に含まれる条件の一例であって、実施の形態に係る情報処理システム100は、第1条件～第9条件の全てを制約条件に含めたシミュレーションを実行しなくてもよい。また、実施の形態に係る情報処理システム100は、第1条件～第9条件以外の条件を制約条件に含めたシミュレーションを実行してもよい。

[0085] 図4は、第1条件の説明図である。第1条件は、移動体1の駐車禁止区域における長時間の停車を禁止するという条件である。第1条件は、所定の区域又は所定の時間帯での移動体1の移動又は停止に関する条件に相当する。

第1条件の目的は、移動体1が駐車違反を起こすのを回避することである。図4では、上側のグラフはロボット（移動体1）の状態遷移を表しており、下側のグラフは制約違反度を表している。ロボットの状態は、停車中である場合に「1」、走行中である場合に「2」を示す。

[0086] 第1条件の判定に用いる時相論理式では、「 ε 」は許容される停車時間を、「 ϕ 」はロボットの停車中に「1」となる関数を、「Area」は「ここでは、「 $[-\varepsilon, 0] \phi = 1$ 」、すなわち駐車が許容される時間 ε を超えて駐車（ $\phi = 1$ ）となる間、常に」超過する駐車時間を積算する関数を表す。図4に示す例では、駐車禁止区域にてロボットの状態が停車中（つまり、「 $\phi = 1$ 」）である間に、ペナルティー値「時間 ε を超えて駐車した時間」が時間経過と共に積算され、制約違反度が上昇している。

[0087] 図4に示す例では、時刻 $t_1 \sim t_2$ の時間帯にロボットが駐車禁止区域で停車している。そして、図4に示す例では、駐車禁止区域にてロボットの状態が停車中である時間が許容される時間「 ε 」以上になると、制約違反度が閾値（同図の破線を参照）以上となり、第1条件を満たさなくなる。この制約違反度の閾値を超えて停車しているときは、常に（「G」）、Area関数で制約違反度を積算する。すなわち、図4の場合、「 $t_2 - \varepsilon$ 」が制約違反度として積算されていく。

[0088] 図5は、第2条件の説明図である。第2条件は、移動体1の長時間の走行を禁止するという条件である。第2条件は、移動体1の移動時間に関する条件に相当する。第2条件の目的は、移動体1のバッテリー残量が零となる状態に陥るのを回避することである。図5では、上側のグラフはロボット（移動体1）の状態遷移を表しており、下側のグラフは制約違反度を表している。ロボットの状態は、拠点にて停車して充電中である場合に「0」、拠点から離れて走行中（途中の一時停止を含む）である場合に「1」を示す。

[0089] 第2条件の判定に用いる時相論理式では、「 ε 」は1回のバッテリーの充電で許容されるロボットの走行時間（例えば、180分）を、「 ϕ 」はロボットの走行中に「1」となる関数を表す。また、「Area」は、0から「 ε

」の1.5倍までの時間（ロボットの限界走行時間）にかけて、バッテリーの残量が零になった場合のロボットの回収コスト（例えば、2万円）まで時間に比例して大きくなる値を常に積算する関数を表す。

[0090] 図5に示す例では、ロボットの状態が走行中（つまり、「 $\phi = 1$ 」）である間に、ペナルティー値が時間経過と共に積算され、制約違反度が上昇している。また、制約違反度は、ロボットの状態が停車中（つまり、「 $\phi = 0$ 」）になるとリセットされる。そして、図5に示す例では、ロボットの状態が走行中である時間が許容される時間「 ε 」以上になると、制約違反度が閾値（同図の破線を参照）以上となり、第2条件を満たさなくなる。図5の下図は、ロボットが充電してから「 ε 」時間以内に停車し充電しているため、制約違反度が積算されない例を示してゐる。

[0091] 図6は、第3条件の説明図である。第3条件は、所定の時間帯での移動体1の走行を禁止するという条件である。第3条件は、所定の区域又は所定の時間帯での移動体1の移動又は停止に関する条件に相当する。第3条件の目的は、移動体1が交通違反を起こすのを回避することである。図6では、上側のグラフはロボット（移動体1）の状態遷移を表しており、下側のグラフは制約違反度を表している。ロボットの状態は、停車中である場合に「0」、走行中である場合に「1」を示す。

[0092] 第3条件の判定に用いる時相論理式では、「 ε 」は「0」を、「 ϕ 」はロボットの走行中に「1」となる関数を表す。また、「Area」は、ロボットが走行禁止の時間帯（例えば、歩行者天国の時間帯）で走行した場合に、通行区分違反の罰金（例えば、6000円）を加算する関数を表す。

[0093] 図6に示す例では、時刻 $t_3 \sim t_4$ の走行禁止の時間帯にロボットが走行しているため、制約違反度が閾値（同図の破線を参照）となり、第3条件を満たさなくなる。

[0094] 図7は、第4条件の説明図である。第4条件は、所定の時刻以降の移動体1の走行を禁止するという条件である。第4条件は、所定の区域又は所定の時間帯での移動体1の移動又は停止に関する条件に相当する。第4条件の目

的は、移動体 1 の夜間走行による事故の発生を回避することである。図 7 では、上側のグラフはロボット（移動体 1）の状態遷移を表しており、下側のグラフは制約違反度を表している。ロボットの状態は、停車中である場合に「0」、走行中である場合に「1」を示す。

[0095] 第 4 条件の判定に用いる時相論理式では、「 ε 」は日没の時刻（所定の時刻）以降においてロボットの搭載するカメラにて周囲の物体を検知できなくなる時間（例えば、30 分）を、「 ϕ 」はロボットの走行中に「1」となる関数を表す。また、「Area」は、日没の時刻からロボットの周囲の環境照度が 0ルクスになるまでの時間（例えば、90 分）にかけて、ロボットが走行不能となった場合のロボットの回収コスト（例えば、2 万円）まで時間に比例して大きくなるペナルティー値を積算する関数を表す。

[0096] 図 7 に示す例では、所定の時刻である時刻 t_5 以降にロボットの状態が走行中（つまり、「 $\phi = 1$ 」）である間に、ペナルティー値が時間経過と共に積算され、制約違反度が上昇している。そして、図 7 に示す例では、ロボットの状態が走行中である時間が許容される時間「 ε 」以上になると、制約違反度が閾値（同図の破線を参照）以上となり、第 4 条件を満たさなくなる。

[0097] 図 8 は、第 5 条件の説明図である。第 5 条件は、拠点での複数台の移動体 1 の同時発着を禁止するという条件である。第 5 条件は、移動体 1 の拠点を基準とした移動に関する条件に相当する。第 5 条件の目的は、拠点での移動体 1 のオペレーションの効率化を図ることである。図 8 では、上側のグラフは複数台（ここでは、3 台）のロボット（移動体 1）の状態遷移を表しており、下側のグラフは制約違反度を表している。各ロボットの状態は、拠点で待機している場合に有意な値を示し、拠点から離れている場合に「0」を示す。

[0098] 第 5 条件の判定に用いる時相論理式では、「 ε 」は許容される拠点でのロボットの待機台数（ここでは、1 台）を、「 ϕ 」はロボットの待機台数が「 ε 」が示す台数を超えると配送物が延着した場合に顧客に返金する料金（ここでは、速達料金）を出力する関数を表す。また、「Area」は、このペ

ナルティー値を常に加算する関数を表す。

[0099] 図8に示す例では、許容される以上の台数のロボットが拠点で待機している時間が所定時間を超えるごとに制約違反度が加算されている。そして、図8に示す例では、制約違反度が閾値（同図の破線を参照）となると、第5条件を満たさなくなる。

[0100] 図9は、第6条件の説明図である。第6条件は、横断歩道での所定以上の台数の移動体1が同時に移動するのを禁止するという条件である。第6条件は、移動体1を遠隔操作するオペレータに関する条件に相当する。第6条件の目的は、横断歩道でのオペレータによる移動体1の遠隔操作の効率化を図ることである。図9では、上側のグラフはロボット（移動体1）の状態遷移を表しており、下側のグラフは制約違反度を表している。ロボットの状態は、1以上の横断歩道のいずれかを走行中のロボットの台数に応じて変化する。

[0101] 第6条件の判定に用いる時相論理式では、「 ε 」は同時に稼働できるオペレータの人数（ここでは、2人）を、「 ϕ 」は1以上の横断歩道のいずれかを走行中のロボットの数「 ε 」が示す値を超えた場合に「1」となる関数を、「Area」は、「 $\phi = 1$ 」の条件で横断歩道を移動する台数値を常に積算する関数を表す。

[0102] 図9に示す例では、1以上の横断歩道のいずれかを走行中のロボットの台数が2台を超えると、ペナルティー値が時間経過と共に積算され、制約違反度が上昇している。そして、図9に示す例では、制約違反度が閾値（同図の破線を参照）以上となると、第6条件を満たさなくなる。

[0103] 図10は、第7条件の説明図である。第7条件は、オペレータが所定時間以上連続して遠隔操作を行うのを禁止するという条件である。第7条件は、移動体1を遠隔操作するオペレータに関する条件に相当する。第7条件の目的は、オペレータが労働基準法違反を起こすのを回避するためである。図10では、上側のグラフはオペレータの状態遷移を表しており、下側のグラフは制約違反度を表している。オペレータの状態は、ロボットを遠隔操作中で

ある場合に「1」、ロボットを遠隔監視中である場合に「0」を示す。

[0104] 第7条件の判定に用いる時相論理式では、「 ε 」はオペレータが連続して遠隔操作を可能な時間を、「 ϕ 」はオペレータが「 ε 」が示す時間を超えて遠隔操作を連続して行う場合に「1」となる関数を、「Area」はこの値を常に積算する関数を表す。

[0105] 図10に示す例では、オペレータが連続して遠隔操作を行う時間が所定時間「 ε 」を超えると、ペナルティ値が常に時間経過と共に積算され、制約違反度が上昇している。そして、図10に示す例では、制約違反度が閾値（同図の破線を参照）以上となると、第7条件を満たさなくなる。

[0106] 図11は、第8条件の説明図である。第8条件は、拠点を基準とした所定の範囲を超えて移動体1が配送物を搬送するのを禁止するという条件である。第8条件は、移動体1の拠点を基準とした移動に関する条件に相当する。第8条件の目的は、配送物を搬送可能な範囲で顧客からの注文を受け付けることができるエリアを設定することである。図11では、上側のグラフはロボット（移動体1）の状態遷移を表しており、下側のグラフは制約違反度を表している。ロボットの状態は、拠点に向かって帰還中である場合に「0」、拠点から離れて走行中（途中の一時停止を含む）である場合に「1」を示す。

[0107] 第8条件の判定に用いる時相論理式では、「 ε 」はロボットが拠点を出発してから帰還するまでに許容される時間（例えば、60分）を、「 ϕ 」はロボットが「 ε 」が示す時間を超えて走行している場合に「1」又は延着時間を入力する関数を、「Area」はこの値を常に加算する関数を表す。

[0108] 図11に示す例では、ロボットの走行中の時間が所定時間「 ε 」を超えるごとに制約違反度が加算されている。そして、図11に示す例では、制約違反度が閾値（同図の破線を参照）となると、第8条件を満たさなくなる。

[0109] 図12は、第9条件の説明図である。第9条件は、商品の移動販売を行う移動体1が在庫切れの状態でも移動するのを禁止するという条件である。第9条件は、移動体1が搬送する配送物の在庫に関する条件に相当する。第9条

件の目的は、移動販売において商品を販売する機会の損失を回避することである。図 1 2 では、上側のグラフはロボット（移動体 1）の状態遷移を表しており、下側のグラフは制約違反度を表している。ロボットの状態は、拠点に向かって帰還中である場合に「0」、拠点から離れて移動販売を行う営業中である場合に「1」、ロボットに人が接近してくる場合に「2」を示す。

[0110] 第 9 条件の判定に用いる時相論理式では、「 ε 」はロボットが拠点を出発してから在庫切れになるまでの平均予測時間（例えば、240 分）を、「 ϕ 」はロボットの在庫切れの状態の人が接近してきた場合に「1」を出力する関数を、「Area」はこの値を常に積算する関数を表す。

[0111] 図 1 2 に示す例では、ロボットの在庫切れの状態の人が接近すると、ペナルティー値が時間経過と共に積算され、制約違反度が上昇している。そして、図 1 2 に示す例では、制約違反度が閾値（同図の破線を参照）以上となると、第 9 条件を満たさなくなる。

[0112] [3. 動作]

以下、実施の形態に係る情報処理システム 100 の動作について説明する。

[0113] [3-1. 基本動作例]

まず、実施の形態に係る情報処理システム 100 の基本動作（言い換えれば、情報処理方法の基本方法）について図 1 3 を用いて説明する。図 1 3 は、実施の形態に係る情報処理システム 100 の基本動作例を示すフローチャートである。

[0114] 図 1 3 に示すように、まず、情報処理システム 100 は、移動体 1 の運行パラメータの初期値を取得する（S101）。具体的には、ユーザは、例えば情報処理端末 200 の出力部 22 に表示される入力画面を見ながら、シミュレーションに用いる移動体 1 の運行パラメータを入力することにより初期設定を行う。これにより、情報処理システム 100 は、情報処理端末 200 に入力された移動体 1 の運行パラメータの初期値を取得する。

[0115] 次に、情報処理システム 100 は、シミュレーションを実行する（S10

2)。具体的には、情報処理システム100は、ユーザが初期設定を行うことで得られた移動体1の運行パラメータに従ってシミュレーションを実行する。

[0116] 次に、情報処理システム100は、シミュレーションの実行結果に基づいて、当該シミュレーションにおけるオブジェクトの状態の遷移を計算する（S103）。具体的には、情報処理システム100は、制約条件に1以上の条件が含まれる場合、条件ごとに判定対象となるオブジェクト（例えば、移動体1又はオペレータ）の状態の遷移を計算する。

[0117] 次に、情報処理システム100は、計算したオブジェクトの状態の遷移に基づいて制約条件を充足しているか否かを判定する（S104）。具体的には、情報処理システム100は、制約条件に1以上の条件が含まれる場合、条件ごとに時相論理式を用いて条件を充足しているか否かを判定する。

[0118] ここで、情報処理システム100は、例えばステップS104での時相論理式を用いた判定において、条件ごとにオブジェクトの状態の遷移と制約違反度との相関を示す画面を、情報処理端末200の出力部22に表示させてもよい。図14は、オブジェクトの状態の遷移と制約違反度との相関を示す画面の一例を示す図である。図14は、第2条件でのオブジェクトの状態の遷移と制約違反度との相関を表している。また、図14の（a）はオブジェクトがロボットA（移動体1）の場合の図を、図14の（b）はオブジェクトがロボットB（移動体1）の場合の図を表している。

[0119] この場合、ユーザは、出力部22に表示された上記画面を見ながら、オブジェクトの状態の遷移が制約条件を満たしているか否かを人為的に判断してもよい。なお、情報処理システム100は、上記画面を情報処理端末200の出力部22に表示させなくてもよい。

[0120] 図13に戻り、制約条件のうち少なくとも1つ以上の条件を充足していない場合（S104：No）、情報処理システム100は、移動体1の運行パラメータの少なくとも一部を修正した入力値を取得する（S105）。具体的には、情報処理システム100は、図15に示すような入力値設定画面を

、情報処理端末200の出力部22に表示させる。そして、ユーザは、入力値設定画面を見ながら入力値の設定を行う。これにより、情報処理システム100は、情報処理端末200に入力された入力値を取得する。そして、情報処理システム100は、取得した入力値に従ってステップS102～S104を再び実行する。

[0121] 図15は、入力値設定画面の一例を示す図である。入力値設定画面には、移動体1の運行パラメータの種類ごとに、第1領域B11と、第2領域B12と、第3領域B13と、第4領域B14と、が表示される。第1領域B11には、移動体1の運行パラメータの種類を示す名称が表示される。第2領域B12には、前回のシミュレーションの実行時における設定値が表示される。第3領域B13には、次回のシミュレーションの実行時における設定値を入力することが可能である。第4領域B14には、設定値が妥当であるか否かの結果が表示される。図15に示す例では、ユーザは、ロボット（移動体1）の台数を「10台」から「6台」に変更し、かつ、オペレータの人数を「5人」から「3人」に変更している。

[0122] 図13に戻り、制約条件に含まれる全ての条件を充足している場合（S104：Yes）、情報処理システム100は、次にシミュレーションの実行結果を評価する計算を実行する（S106）。具体的には、情報処理システム100は、シミュレーションの実行結果を、移動体1の運行における安全性の指標、経済合理性の指標、及び利便性の指標のうちの少なくとも1つの指標で評価する計算を実行する。

[0123] 次に、情報処理システム100は、シミュレーションを終了するか否かを判定する（S107）。具体的には、情報処理システム100は、計算した評価が閾値を超えていればシミュレーションを終了すると判定し、計算した評価が閾値を超えていなければシミュレーションを終了しないと判定する。例えば、情報処理システム100は、安全性を指標とした評価を示す第1スコア、経済合理性を指標とした評価を示す第2スコア、及び利便性を指標とした評価を示す第3スコアが、それぞれ第1閾値、第2閾値、及び第3閾値

を超えていればシミュレーションを終了すると判定し、そうでなければシミュレーションを終了しないと判定する。

[0124] シミュレーションを終了すると判定した場合（S 1 0 7 : Y e s）、情報処理システム 1 0 0 は、シミュレーションを終了し、シミュレーションの実行結果を評価した評価結果を出力する。具体的には、情報処理システム 1 0 0 は、シミュレーションの実行結果を、移動体 1 の運行における安全性の指標、経済合理性の指標、及び利便性の指標のうちの少なくとも 1 つの指標で評価した結果を、情報処理端末 2 0 0 の出力部 2 2 に表示させる。

[0125] ここで、情報処理システム 1 0 0 は、例えば図 1 6 に示すように、制約条件の充足状況を示す画面を、情報処理端末 2 0 0 の出力部 2 2 に表示させてもよい。図 1 6 は、制約条件の充足状況を示す画面の一例を示す図である。図 1 6 に示す例では、条件の充足度合いを示す充足状況と、制約条件を充足するためのヒントと、が条件ごとに表示される。

[0126] ここでは、制約条件に含まれる各条件は、シミュレーションにおいて充足しなければならない必須条件と、必須条件よりも厳格な条件であって充足した方が好ましい推奨条件と、を含んでいることを前提とする。そして、充足状況は、必須条件のみを充足する場合に「×」、必須条件及び推奨条件の両方を充足する場合に「○」を示す。また、ヒントは、充足状況が「×」を示す場合に、推奨条件を充足するために移動体 1 の運行パラメータをどのように設定すればよいかを示す。ユーザは、上記画面を見ながら、そのままシミュレーションを終了することを決定してもよいし、移動体 1 の運行パラメータを変更して再度のシミュレーションを実行することを決定してもよい。

[0127] なお、上記ヒントは、システムの設計者が予め準備されていてもよいし、情報処理システム 1 0 0 がシミュレーションの実施の前後の運行パラメータの値を比較することで自動的に生成してもよい。すなわち、比較的少ない台数でシミュレーションを行ったときは推奨条件を充足していなかったが、比較的多い台数でシミュレーションを行うことで制約条件（例えば、第 2 条件）を満たすことが分かった場合に、情報処理システム 1 0 0 は、推奨条件を

充足するためのヒントとして「台数の増加」を自動的に生成してヒントとして提示してもよい。つまり、情報処理システム１００は、運行パラメータの感度分析によって得られる知見を、情報処理端末２００の出力部２２に表示させてもよい。

[0128] なお、情報処理システム１００は、上記の制約条件の充足状況を示す画面を、ステップＳ１０４の実行後に情報処理端末２００の出力部２２に表示させてもよい。

[0129] 図１３に戻り、シミュレーションを終了しないと判定した場合（Ｓ１０７：Ｎｏ）、情報処理システム１００は、ステップＳ１０２～Ｓ１０７を再び実行する。

[0130] [３－２．第１動作例]

次に、実施の形態に係る情報処理システム１００の第１動作例について図１７を用いて説明する。図１７は、実施の形態に係る情報処理システム１００の第１動作例を示すフローチャートである。なお、第１動作例は、ステップＳ１０８を除いて基本動作例と同じであるため、ここでは共通する点についての説明を省略する。

[0131] 第１動作例は、情報処理システム１００がステップＳ１０１を実行する前にステップＳ１０８を実行する点で、基本動作例と相違する。第１動作例では、情報処理システム１００は、初期値を取得する前に、ユーザが指定した制約条件を取得する（Ｓ１０８）。言い換えれば、第１動作例では、情報処理システム１００は、シミュレーションの実行前に、ユーザが指定した制約条件を取得する。具体的には、情報処理システム１００は、図１８に示すような制約条件設定画面を、情報処理端末２００の出力部２２に表示させる。そして、ユーザは、制約条件設定画面を見ながら制約条件の設定を行う。これにより、情報処理システム１００は、情報処理端末２００に入力された制約条件を取得する。

[0132] 図１８は、制約条件設定画面の一例を示す図である。制約条件設定画面には、条件ごとに、第１領域Ｂ２１と、第２領域Ｂ２２と、第３領域Ｂ２３と

、第4領域B 2 4と、が表示される。第1領域B 2 1には、条件において変更可能なパラメータの種類を示す名称が表示される。第2領域B 2 2には、等号又は不等号を入力することが可能である。第3領域B 2 3には、条件においてユーザが許容できる設定値を入力することが可能である。第4領域B 2 4には、設定値が妥当であるか否かの結果が表示される。図18に示す例では、ユーザは、第1条件においてロボット（移動体1）の許容される停止時間（「Robot Stop Duration」）を「5分未満」に設定している。

[0133] 図19は、実施の形態に係る情報処理システム100の第1動作例の具体例を示すフローチャートである。なお、図19に示すフローチャートは、複数の吹き出しが記載されている点を除いて図17に示すフローチャートと同じであるため、ここでは共通する点についての説明を省略する。また、ここでは、説明を簡単にするために制約条件が第1条件のみであることとして説明する。

[0134] まず、ステップS 108において、ユーザが制約条件の設定を行うことで、情報処理システム100が制約条件を取得する。ここでは、第1吹き出しに示されるように、情報処理システム100は、「ロボット停止時間」が「5分以下」という制約条件を取得する。次に、ステップS 101において、ユーザが初期設定を行うことで、情報処理システム100が初期値を取得する。ここでは、第2吹き出しに示されるように、情報処理システム100は、「サービスエリア（対象エリア）」が「XXX」、「ロボット台数」が5台、及び「オペレータ人数」が1人という初期値を取得する。

[0135] そして、情報処理システム100は、ステップS 102において、取得した初期値に従ってシミュレーションを実行し、ステップS 103において、シミュレーションの実行結果に基づいて当該シミュレーションにおけるオブジェクトの状態の遷移を計算する。その後、情報処理システム100は、ステップS 104において、計算したオブジェクトの状態の遷移に基づいて制約条件を充足しているか否かを判定する。ここでは、第3吹き出しに示され

るように、シミュレーションにおいていずれかのロボットの「ロボット停止時間」が「10分」となっており、「ロボット停止時間」が「5分以下」という制約条件を充足していない（ステップS104：No）。このため、情報処理システム100は、情報処理端末200の出力部22に入力値設定画面を表示させる。

[0136] ステップS105において、ユーザが入力値の設定を行うことで、情報処理システム100が入力値を取得する。ここでは、第4吹き出しに示されるように、情報処理システム100は、「ロボット台数」を10台、「オペレータ人数」を5人に変更した入力値を取得する。そして、情報処理システム100は、取得した入力値に従ってステップS102～S104を再度実行する。

[0137] 再度のステップS104では、第5吹き出しに示されるように、シミュレーションにおいていずれのロボットも「ロボット停止時間」が「2分」となっており、「ロボット停止時間」が「5分以下」という制約条件を充足している（S104：Yes）。このため、情報処理システム100は、ステップ106において、シミュレーションの実行結果を評価する計算を実行する。ここでは、第6吹き出しに示されるように、情報処理システム100は、「経済性（1日当たり換算費用）」が10万円、という経済合理性の指標での評価を計算している。

[0138] そして、情報処理システム100は、ステップS107において、シミュレーションを終了するか否かを判定する。ここでは、経済合理性の指標での評価である「経済性（1日当たり換算費用）」が10万円であり、閾値（ここでは、8万円）を超えていない（上回っている）（ステップS107：No）。このため、情報処理システム100は、情報処理端末200の出力部22に入力値設定画面を再度表示させる。

[0139] 再度のステップS105において、ユーザが入力値の設定を行うことで、情報処理システム100が入力値を取得する。ここでは、第7吹き出しに示されるように、情報処理システム100は、「ロボット台数」を6台、「オ

ペレータ人数」を3人に変更した入力値を取得する。そして、情報処理システム100は、取得した入力値に従ってステップS102～S104を再度実行する。

[0140] 再度のステップS104では、第8吹き出しに示されるように、シミュレーションにおいていずれのロボットも「ロボット停止時間」が「3分」となっており、「ロボット停止時間」が「5分以下」という制約条件を充足している（S104：Yes）。このため、情報処理システム100は、ステップ106において、シミュレーションの実行結果を評価する計算を実行する。ここでは、第9吹き出しに示されるように、情報処理システム100は、「経済性（1日当たり換算費用）」が6万円、という経済合理性の指標での評価を計算している。

[0141] そして、情報処理システム100は、ステップS107において、シミュレーションを終了するか否かを判定する。ここでは、経済合理性の指標での評価である「経済性（1日当たり換算費用）」が6万円であり、閾値を超えている（下回っている）（ステップS107：Yes）。このため、情報処理システム100は、シミュレーションを終了し、シミュレーションの実行結果を評価した評価結果を出力する。

[0142] 図20は、実施の形態に係る情報処理システム100の第1動作例の他の具体例を示すフローチャートである。なお、図20に示すフローチャートは、複数の吹き出しが記載されている点を除いて図17に示すフローチャートと同じであるため、ここでは共通する点についての説明を省略する。また、ここでは、説明を簡単にするために制約条件が第5条件のみであることとして説明する。

[0143] まず、ステップS108において、ユーザが制約条件の設定を行うことで、情報処理システム100が制約条件を取得する。ここでは、第1吹き出しに示されるように、情報処理システム100は、「拠点同時発着回数」が「0回」という制約条件を取得する。次に、ステップS101において、ユーザが初期設定を行うことで、情報処理システム100が初期値を取得する。

ここでは、第2吹き出しに示されるように、情報処理システム100は、「サービスエリア（対象エリア）」が「XXX」、「ロボット台数」が10台、及び「営業時間」が13時～17時という初期値を取得する。

[0144] そして、情報処理システム100は、ステップS102において、取得した初期値に従ってシミュレーションを実行し、ステップS103において、シミュレーションの実行結果に基づいて当該シミュレーションにおけるオブジェクトの状態の遷移を計算する。その後、情報処理システム100は、ステップS104において、計算したオブジェクトの状態の遷移に基づいて制約条件を充足しているか否かを判定する。ここでは、第3吹き出しに示されるように、シミュレーションにおいて拠点での複数台のロボットの同時発着が13時45分、14時50分、16時10分の計「3回」起こっており、「拠点同時発着回数」が「0回」という制約条件を充足していない（ステップS104：No）。このため、情報処理システム100は、情報処理端末200の出力部22に入力値設定画面を表示させる。

[0145] ステップS105において、ユーザが入力値の設定を行うことで、情報処理システム100が入力値を取得する。ここでは、第4吹き出しに示されるように、情報処理システム100は、「営業時間」を10時～17時に変更した入力値を取得する。そして、情報処理システム100は、取得した入力値に従ってステップS102～S104を再度実行する。

[0146] 再度のステップS104では、第5吹き出しに示されるように、シミュレーションにおいて拠点での複数台のロボットの同時発着が11時35分、15時20分の計「2回」起こっており、「拠点同時発着回数」が「0回」という制約条件を充足していない（ステップS104：No）。このため、情報処理システム100は、情報処理端末200の出力部22に入力値設定画面を再度表示させる。

[0147] 再度のステップS105において、ユーザが入力値の設定を行うことで、情報処理システム100が入力値を取得する。ここでは、第6吹き出しに示されるように、情報処理システム100は、「ロボット台数」を5台に変更

した入力値を取得する。そして、情報処理システム100は、取得した入力値に従ってステップS102～S104を再度実行する。

[0148] 再度のステップS104では、第7吹き出しに示されるように、シミュレーションにおいて「拠点同時発着回数」が「0回」となっており、「拠点同時発着回数」が「0回」という制約条件を充足している（S104：Yes）。このため、情報処理システム100は、ステップ106において、シミュレーションの実行結果を評価する計算を実行する。ここでは、第8吹き出しに示されるように、情報処理システム100は、「経済性（配送完了時刻）」が18時30分、という経済合理性の指標での評価を計算している。

[0149] そして、情報処理システム100は、ステップS107において、シミュレーションを終了するか否かを判定する。ここでは、経済合理性の指標での評価である「経済性（配送完了時刻）」が18時30分であり、閾値（ここでは、17時）を超えていない（上回っている）（ステップS107：No）。このため、情報処理システム100は、情報処理端末200の出力部22に入力値設定画面を再度表示させる。

[0150] 再度のステップS105において、ユーザが入力値の設定を行うことで、情報処理システム100が入力値を取得する。ここでは、第9吹き出しに示されるように、情報処理システム100は、「ロボット台数」を7台に変更した入力値を取得する。そして、情報処理システム100は、取得した入力値に従ってステップS102～S104を再度実行する。

[0151] 再度のステップS104では、第10吹き出しに示されるように、シミュレーションにおいて「拠点同時発着回数」が「0回」となっており、「拠点同時発着回数」が「0回」という制約条件を充足している（S104：Yes）。このため、情報処理システム100は、ステップ106において、シミュレーションの実行結果を評価する計算を実行する。ここでは、第11吹き出しに示されるように、情報処理システム100は、「経済性（配送完了時刻）」が16時30分、という経済合理性の指標での評価を計算している。

[0152] そして、情報処理システム１００は、ステップＳ１０７において、シミュレーションを終了するか否かを判定する。ここでは、経済合理性の指標での評価である「経済性（配送完了時刻）」が１６時３０分であり、閾値を超えている（下回っている）（ステップＳ１０７：Ｙｅｓ）。このため、情報処理システム１００は、シミュレーションを終了し、シミュレーションの実行結果を評価した評価結果を出力する。

[0153] [３－３．第２動作例]

次に、実施の形態に係る情報処理システム１００の第２動作例について図２１を用いて説明する。図２１は、実施の形態に係る情報処理システム１００の第２動作例を示すフローチャートである。なお、第２動作例は、ステップＳ１０９を除いて第１動作例と同じであるため、ここでは共通する点についての説明を省略する。

[0154] 第２動作例は、情報処理システム１００がステップＳ１０１を実行するまでにステップＳ１０９を実行する点で、第１動作例と相違する。第２動作例では、情報処理システム１００は、初期値を取得する前に、取得した制約条件に妥当性があるか否かを判定する（Ｓ１０９）。具体的には、情報処理システム１００は、取得した制約条件が妥当であるか否かをユーザに検証させるための画面を、情報処理端末２００の出力部２２に表示させる。そして、ユーザは、当該画面を見ながら制約条件が妥当であるか否かを検証する。例えば、当該画面には、制約条件設定画面で設定した制約条件に従った時相論理式が表示され、当該時相論理式が正しく記述されているか否かをユーザが検証する。

[0155] ユーザによる検証の結果、上記時相論理式が正しく記述されている場合、ユーザは、情報処理端末２００を操作して制約条件が妥当であることを示す入力を行う。これにより、情報処理システム１００は、取得した制約条件に妥当性があると判定し（Ｓ１０９：Ｙｅｓ）、以降のステップＳ１０１～Ｓ１０７を実行する。一方、上記時相論理式が正しく記述されていない場合、ユーザは、情報処理端末２００を操作して制約条件が妥当でないことを示す

入力を行う。これにより、情報処理システム１００は、取得した制約条件に妥当性が無いと判定し（Ｓ１０９：Ｎｏ）、ステップＳ１０８を再度実行する。

[0156] なお、ステップＳ１０９は、ステップＳ１０７にて実行してもよい。この場合、情報処理システム１００は、例えば図２２に示すように、シミュレーションの実行結果の評価と併せて、シミュレーションにおける制約条件の充足度合いを示す画面を情報処理端末２００の出力部２２に表示させてもよい。

[0157] 図２２は、制約条件の妥当性を検証するための画面の一例を示す図である。当該画面には、図２２に示すように、移動体１の運行における安全性（Ｒｉｓｋ）を指標とした評価、移動体１の運行における経済合理性（Ｃｏｓｔ）を指標とした評価、及び移動体１の運行における利便性（Ｖａｌｕｅ）を指標とした評価をそれぞれ軸とする３次元グラフが表示されている。図２２に示す各点は、シミュレーションの実行結果の評価を表している。また、図２２に示す各点の大きさは、シミュレーションにおける制約条件の充足度合いを表している。ここでは、各点の大きさが大きければ大きいほど、制約条件の必須条件を満たしており、かつ、制約条件に余裕があることを表している。一方、各点の大きさが小さければ小さいほど、制約条件の必須条件を満たしているが、制約条件に余裕が無いことを表している。

[0158] なお、各点の色が青色を帯びていればいるほど、制約条件の必須条件を満たしてしており、かつ、制約条件に余裕があることを表していてもよい。一方、各点の色が赤色を帯びていればいるほど、制約条件の必須条件を満たしているが、制約条件に余裕が無いことを表していてもよい。また、各点の濃淡が濃ければ濃いほど、制約条件の必須条件を満たしており、かつ、制約条件に余裕があることを表していてもよい。一方、各点の濃淡が薄ければ薄いほど、制約条件の必須条件を満たしているが、制約条件に余裕が無いことを表していてもよい。

[0159] ユーザは、当該画面を見ながら制約条件が妥当であるか否かを検証する。

ユーザによる検証の結果、制約条件が妥当であると判断した場合、ユーザは、情報処理端末200を操作して制約条件が妥当であることを示す入力を行う。これにより、情報処理システム100は、制約条件に妥当性があると判定し（S109：Yes）、例えばシミュレーションを終了する。一方、制約条件が妥当でないと判断した場合、ユーザは、情報処理端末200を操作して制約条件が妥当でないことを示す入力を行う。これにより、情報処理システム100は、取得した制約条件に妥当性が無いと判定し（S109：No）、例えばステップS105を実行する。

[0160] [3-4. 第3動作例]

次に、実施の形態に係る情報処理システム100の第3動作例について図23を用いて説明する。図23は、実施の形態に係る情報処理システム100の第3動作例を示すフローチャートである。なお、第3動作例は、ステップS110を除いて第1動作例と同じであるため、ここでは共通する点についての説明を省略する。

[0161] 第3動作例は、制約条件のうち少なくとも1つ以上の条件を充足していない場合に（S104：No）、情報処理システム100がステップS105を実行する前にステップS110を実行する点で、第1動作例と相違する。具体的には、情報処理システム100は、制約条件を満たさない場合に、シミュレーションにおいて制約条件に含まれる全ての条件を充足できるように、制約条件の少なくとも一部を緩和する緩和設定を実行する（S110）。

[0162] 例えば、制約条件に含まれる任意の条件を充足していない場合、情報処理システム100は、当該条件を充足できるように緩和し、緩和した条件を情報処理端末200の出力部22に表示させる。緩和した条件は、例えば入力値設定画面に表示されてもよい。この場合、ユーザは、入力値設定画面に表示された緩和した条件を参照しながら入力値の設定を行うことができるので、制約条件をどの程度緩和すれば制約条件を充足できるかを判断しやすくなる。

[0163] 図24は、実施の形態に係る情報処理システム100の第3動作例の具体

例を示すフローチャートである。なお、図 2 4 に示すフローチャートは、複数の吹き出しが記載されている点を除いて図 2 3 に示すフローチャートと同じであるため、ここでは共通する点についての説明を省略する。また、図 2 4 に示すフローチャートは、第 1 動作例の具体例と同様に制約条件が第 1 条件のみである場合を示しているため、ここでは共通する点についての説明を省略する。

[0164] 図 2 4 に示す例では、吹き出しに示されるように、ステップ S 1 1 0 において、情報処理システム 1 0 0 は「ロボット停止時間」が「5 分以下」という制約条件を、「ロボット停止時間」が「1 0 分以下」という制約条件に緩和している。このため、ユーザは、この緩和した条件を参照しながら入力値の設定を行うことが可能である。

[0165] [3 - 5 . 第 4 動作例]

次に、実施の形態に係る情報処理システム 1 0 0 の第 4 動作例について図 2 5 を用いて説明する。図 2 5 は、実施の形態に係る情報処理システム 1 0 0 の第 4 動作例を示すフローチャートである。なお、第 4 動作例は、ステップ S 1 1 1 を除いて第 3 動作例と同じであるため、ここでは共通する点についての説明を省略する。

[0166] 第 4 動作例は、情報処理システム 1 0 0 がステップ S 1 1 0 を実行する前にステップ S 1 1 を実行する点で、第 3 動作例と相違する。具体的には、情報処理システム 1 0 0 は、制約条件を満たさない場合に、制約条件の違反度を計算することで、制約条件の違反度合いを出力する。

[0167] 例えば、制約条件に含まれる任意の条件を充足していない場合、情報処理システム 1 0 0 は、当該条件の違反度を計算する。ここで、違反度は、例えば図 4 ~ 図 1 2 に示すような制約違反度のうち閾値を超過した制約違反度と閾値との差分を表す。この場合、情報処理システム 1 0 0 は、計算した違反度を参照することにより、緩和設定にて制約条件をどの程度緩和すれば良いかを判定しやすくなる。なお、計算した違反度は、例えば入力値設定画面に表示されてもよい。この場合、ユーザは、入力値設定画面に表示された違反

度を参照しながら入力値の設定を行うことができるので、制約条件をどの程度緩和すれば制約条件を充足できるかを判断しやすくなる。

[0168] 図26は、実施の形態に係る情報処理システム100の第4動作例の具体例を示すフローチャートである。なお、図26に示すフローチャートは、複数の吹き出しが記載されている点を除いて図25に示すフローチャートと同じであるため、ここでは共通する点についての説明を省略する。また、図26に示すフローチャートは、第1動作例の具体例と同様に制約条件が第1条件のみである場合を示しているため、ここでは共通する点についての説明を省略する。

[0169] 図26に示す例では、吹き出しに示されるように、ステップS111において、情報処理システム100はロボットの停止時間が制約条件の示す「ロボット停止時間」を超過した時間帯における違反度を計算している。このため、情報処理システム100は、この違反度を参照して緩和設定を行うことが可能である。ここでは、吹き出しに示されるように、情報処理システム100は「ロボット停止時間」が「5分以下」という制約条件を、「ロボット停止時間」が「7分以下」という制約条件に緩和している。また、ユーザは、この違反度を参照しながら入力値の設定を行うことが可能である。

[0170] [3-6. 第5動作例]

次に、実施の形態に係る情報処理システム100の第5動作例について図27を用いて説明する。図27は、実施の形態に係る情報処理システム100の第5動作例を示すフローチャートである。なお、第5動作例は、ステップS112、S113を除いて第4動作例と同じであるため、ここでは共通する点についての説明を省略する。

[0171] 第5動作例は、シミュレーションを終了しないと判定した場合に（S107：No）、情報処理システム100がステップS105を実行する前にステップS112、S113を実行する点で、第4動作例と相違する。具体的には、情報処理システム100は、シミュレーションの実行結果の評価結果が所定の条件を満たさない（ここでは、計算した評価が閾値を超えていない

）場合に、制約条件の余裕度を計算することで、制約条件の余裕度合いを出力する。ここで、余裕度は、例えば図４～図１２に示すような制約違反度のうち閾値を超過していない制約違反度と閾値との差分を表す。この場合、情報処理システム１００は、計算した余裕度を参照することにより、後述する強化設定にて制約条件をどの程度強化すれば良いかを判定しやすくなる。なお、計算した余裕度は、例えば入力値設定画面に表示されてもよい。この場合、ユーザは、入力値設定画面に表示された余裕度を参照しながら入力値の設定を行うことができるので、制約条件をどの程度強化すれば評価結果が所定の条件を満たすことができるかを判断しやすくなる。

[0172] また、情報処理システム１００は、シミュレーションの実行結果の評価結果が所定の条件を満たさない場合に、評価結果が所定の条件を満たすことができるように、制約条件の少なくとも一部を強化する強化設定を実行する（Ｓ１１３）。例えば、情報処理システム１００は、制約条件に含まれる１以上の条件のうち、制約違反度が閾値に達するまでの余裕がある条件を強化し、強化した条件を情報処理端末２００の出力部２２に表示させる。強化した条件は、例えば入力値設定画面に表示されてもよい。この場合、ユーザは、入力値設定画面に表示された強化した条件を参照しながら入力値の設定を行うことができるので、制約条件をどの程度強化すれば評価結果が所定の条件を満たすことができるかを判断しやすくなる。

[0173] 図２８は、実施の形態に係る情報処理システム１００の第５動作例の具体例を示すフローチャートである。なお、図２８に示すフローチャートは、複数の吹き出しが記載されている点を除いて図２７に示すフローチャートと同じであるため、ここでは共通する点についての説明を省略する。また、図２８に示すフローチャートは、第１動作例の具体例と同様に制約条件が第１条件のみである場合を示しているため、ここでは共通する点についての説明を省略する。

[0174] 図２８に示す例では、吹き出しに示されるように、ステップＳ１１２において、情報処理システム１００はロボットの停止時間が制約条件の示す「ロ

ロボット停止時間」に対して余裕のある時間帯における余裕度を計算している。このため、情報処理システム１００は、この余裕度を参照して強化設定を行うことが可能である。ここでは、吹き出しに示されるように、情報処理システム１００は「ロボット停止時間」が「５分以下」という制約条件を、「ロボット停止時間」が「３分以下」という制約条件に強化している。また、ユーザは、この余裕度を参照しながら入力値の設定を行うことが可能である。

[0175] なお、第５動作例では、情報処理システム１００は、シミュレーションの実行結果の評価結果が所定の条件を満たさない場合に、ステップＳ１１２を実行せずにステップＳ１１３を実行してもよい。

[0176] [４．利点等]

以上説明したように、実施の形態に係る情報処理方法及び情報処理システム１００は、シミュレーションにおけるオブジェクトの状態の遷移に基づいて制約条件を満たしているか否かを判定し、制約条件を満たしている場合にシミュレーションの実行結果を評価した評価結果を出力している。このため、オブジェクトの時間的な変化のみならず空間的な変化も含めて制約条件を満たしているか否かを判定することができるので、制約条件を考慮した効率的なシミュレーションを実行しやすい、という利点がある。

[0177] また、実施の形態に係る情報処理方法及び情報処理システム１００は、制約条件を満たしているか否かを判定する処理において、条件ごとに参照するオブジェクトの状態が異なる１つの関数（ここでは、時相論理式を用いて記述される関数）に基づいて判定している。このため、実施の形態に係る情報処理方法及び情報処理システム１００では、制約条件を満たしているか否かを判定する判定処理を一律かつ体系的に実行することが可能であるので、制約条件に含まれる条件の数が多くても判定処理のための記述が容易であり、かつ、判定処理のための記述のミスが生じにくい、という利点がある。

[0178] また、実施の形態に係る情報処理方法及び情報処理システム１００は、シミュレーションを利用する人が複数であっても共通の理解が得やすい、とい

う利点もある。

[0179] (その他の実施の形態)

以上、本開示の一つ又は複数の態様に係る情報処理方法及び情報処理システム100について、実施の形態に基づいて説明したが、本開示は、これらの実施の形態に限定されるものではない。本開示の趣旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形を各実施の形態に施したものや、異なる実施の形態における構成要素を組み合わせて構築される形態も、本開示の一つ又は複数の態様の範囲内に含まれてもよい。

[0180] 上記実施の形態では、情報処理システム100は、ステップS105においてユーザが情報処理端末200を用いて入力した入力値を取得しているが、これに限られない。例えば、情報処理システム100は、ステップS105において、ユーザの入力に依らず、自動的に制約条件を充足し得る入力値を決定して取得してもよい。

[0181] 例えば、本開示は、情報処理方法に含まれるステップを、プロセッサに実行させるためのプログラムとして実現できる。さらに、本開示は、そのプログラムを記録したCD-ROM等である非一時的なコンピュータ読み取り可能な記録媒体として実現できる。

[0182] 例えば、本開示が、プログラム（ソフトウェア）で実現される場合には、コンピュータのCPU、メモリ及び入出力回路等のハードウェア資源を利用してプログラムが実行されることによって、各ステップが実行される。つまり、CPUがデータをメモリ又は入出力回路等から取得して演算したり、演算結果をメモリ又は入出力回路等に出したりすることによって、各ステップが実行される。

[0183] なお、上記実施の形態において、情報処理システム100に含まれる各構成要素は、専用のハードウェアで構成されるか、各構成要素に適したソフトウェアプログラムを実行することによって実現されてもよい。各構成要素は、CPU又はプロセッサ等のプログラム実行部が、ハードディスク又は半導体メモリ等の記録媒体に記録されたソフトウェアプログラムを読み出して実

行することによって実現されてもよい。

[0184] 上記実施の形態に係る情報処理システム 100 の機能の一部又は全ては典型的には集積回路である L S I として実現される。これらは個別に 1 チップ化されてもよいし、一部又は全てを含むように 1 チップ化されてもよい。また、集積回路化は L S I に限るものではなく、専用回路又は汎用プロセッサで実現してもよい。L S I 製造後にプログラムすることが可能な F P G A (F i e l d P r o g r a m m a b l e G a t e A r r a y)、又は L S I 内部の回路セルの接続や設定を再構成可能なリコンフィギュラブル・プロセッサを利用してもよい。

[0185] さらに、本開示の主旨を逸脱しない限り、本開示の実施の形態に対して当業者が思いつく範囲内の変更を施した各種変形例も本開示に含まれる。

産業上の利用可能性

[0186] 本開示は、モビリティサービスの提供を行うシステムに適用できる。

符号の説明

- [0187] 1 移動体
 200 情報処理端末
 21 入力部
 22 出力部

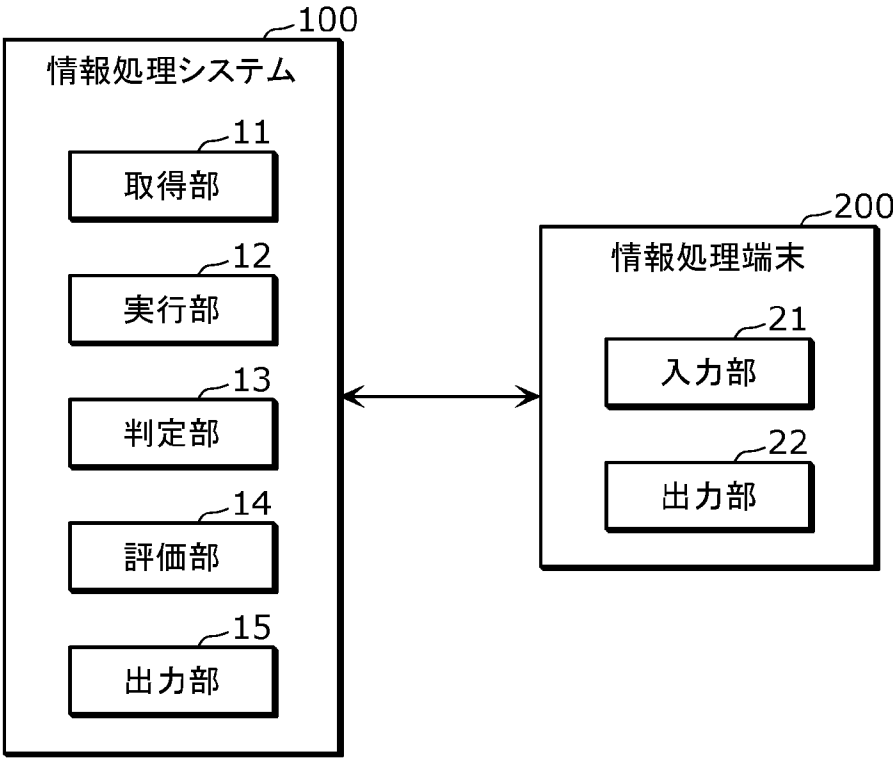
請求の範囲

- [請求項1] コンピュータにより実行される情報処理方法であって、
- 人又は配送物が載る移動体の動き、及び前記人又は前記配送物の移動需要のシミュレーションを、前記移動体の運行パラメータに従って実行し、
- 前記シミュレーションの実行結果に基づいて、前記シミュレーションにおけるオブジェクトの状態の遷移を計算し、
- 前記遷移に基づいて制約条件を満たしているか否かを判定し、
- 前記制約条件を満たしている場合、前記シミュレーションの実行結果を少なくとも前記移動体の運行における安全性の指標、経済合理性の指標、及び利便性の指標のうちの少なくとも1つの指標で評価した評価結果を出力する、
- 情報処理方法。
- [請求項2] 前記制約条件は、複数の条件を含み、
- 前記制約条件を満たしているか否かを判定する処理では、条件ごとに参照する前記オブジェクトの状態が異なる1つの関数に基づいて判定する、
- 請求項1に記載の情報処理方法。
- [請求項3] 前記関数は、時相論理式を用いて記述される、
- 請求項2に記載の情報処理方法。
- [請求項4] 前記制約条件は、所定の区域又は所定の時間帯での前記移動体の移動又は停止に関する条件を含む、
- 請求項1～3のいずれか1項に記載の情報処理方法。
- [請求項5] 前記制約条件は、前記移動体の移動時間に関する条件を含む、
- 請求項1～3のいずれか1項に記載の情報処理方法。
- [請求項6] 前記制約条件は、前記移動体の拠点を基準とした移動に関する条件を含む、
- 請求項1～3のいずれか1項に記載の情報処理方法。

- [請求項7] 前記制約条件は、前記移動体を遠隔操作するオペレータに関する条件を含む、
請求項1～3のいずれか1項に記載の情報処理方法。
- [請求項8] 前記制約条件は、前記移動体が搬送する前記配送物の在庫に関する条件を含む、
請求項1～3のいずれか1項に記載の情報処理方法。
- [請求項9] 前記シミュレーションの実行前に、ユーザが指定した前記制約条件を取得する、
請求項1～3のいずれか1項に記載の情報処理方法。
- [請求項10] 前記制約条件を満たさない場合に、前記制約条件の少なくとも一部を緩和する、
請求項1～3のいずれか1項に記載の情報処理方法。
- [請求項11] 前記制約条件を満たさない場合に、前記制約条件の違反度合いを出力する、
請求項1～3のいずれか1項に記載の情報処理方法。
- [請求項12] 前記評価結果が所定の条件を満たしていない場合に、前記制約条件の少なくとも一部を強化する、
請求項1～3のいずれか1項に記載の情報処理方法。
- [請求項13] 前記評価結果が所定の条件を満たしていない場合に、前記制約条件の余裕度合いを出力する、
請求項1～3のいずれか1項に記載の情報処理方法。
- [請求項14] コンピュータに、
請求項1～3のいずれか1項に記載の情報処理方法を実行させる、
プログラム。
- [請求項15] 前記移動体の運行パラメータの入力を受け付ける入力部と、
前記入力部に入力された前記移動体の運行パラメータに基づく請求項1～3のいずれか1項に記載の情報処理方法の実行結果を出力する出力部と、を備え、

前記出力部は、前記制約条件を満たしている場合、前記評価結果を前記実行結果として出力する、
情報処理端末。

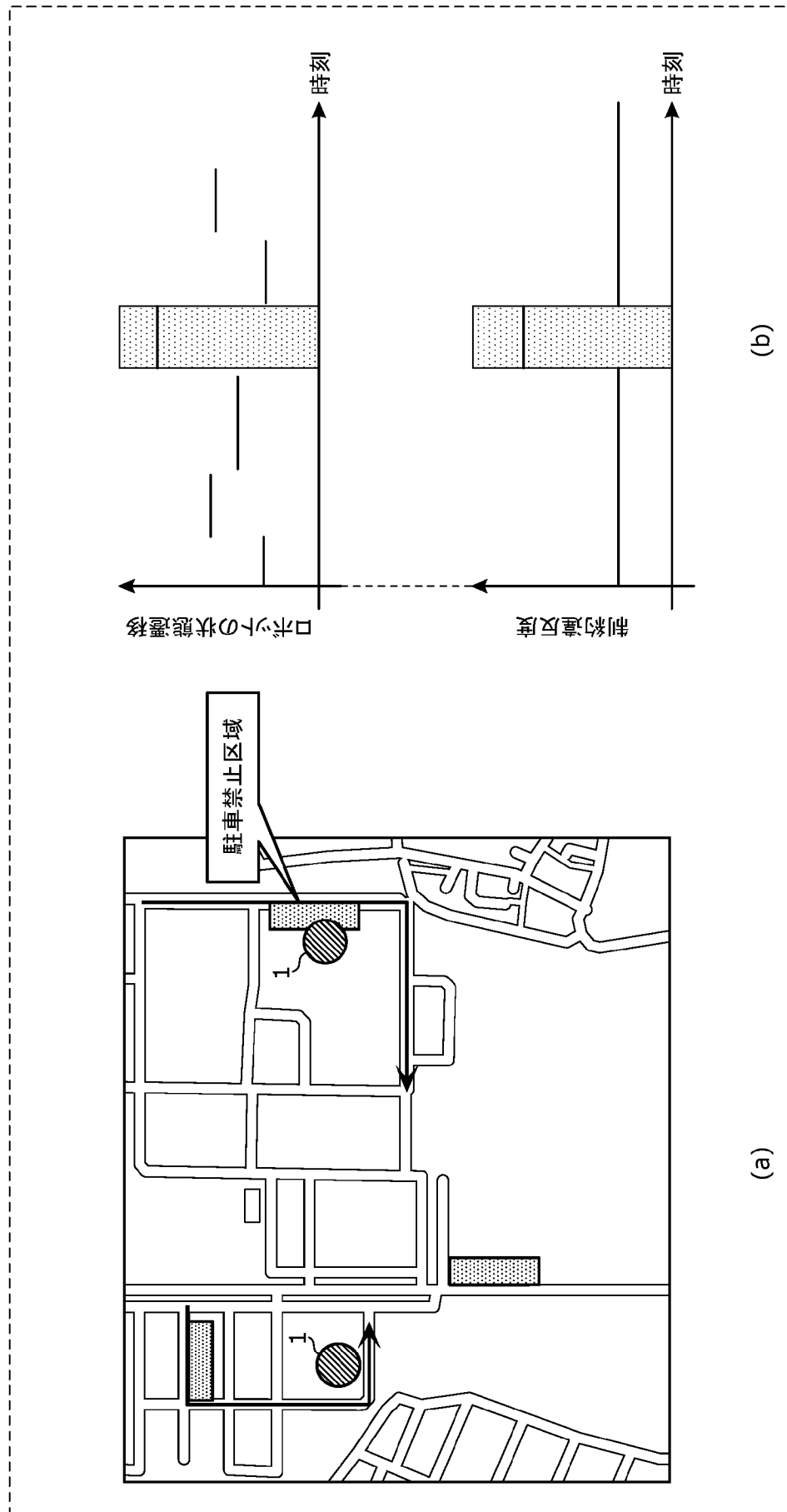
[図1]



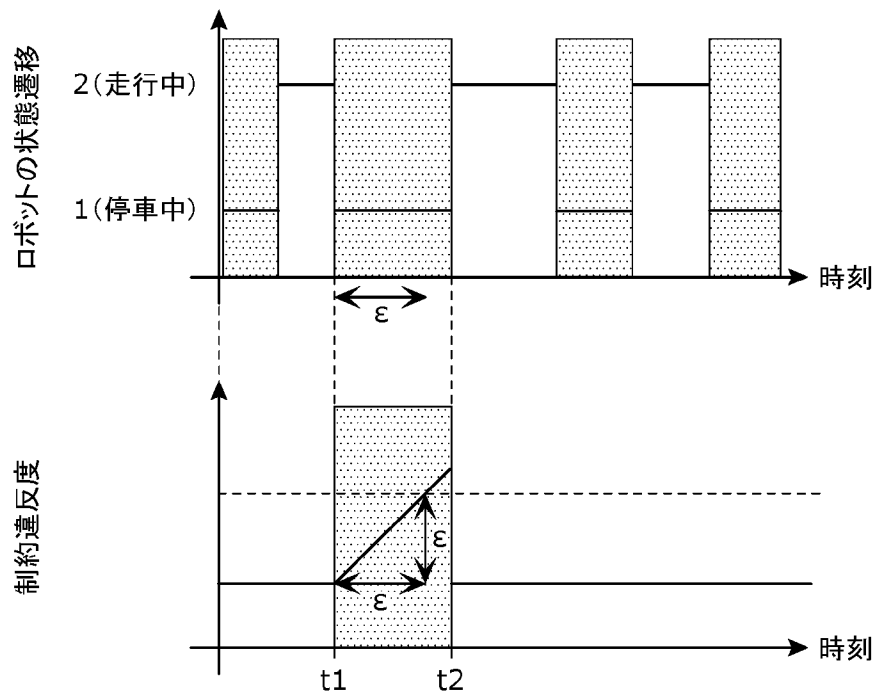
[図2]

$$Area_{[0,inf]}(G_{[-\varepsilon,0]}\varphi)$$

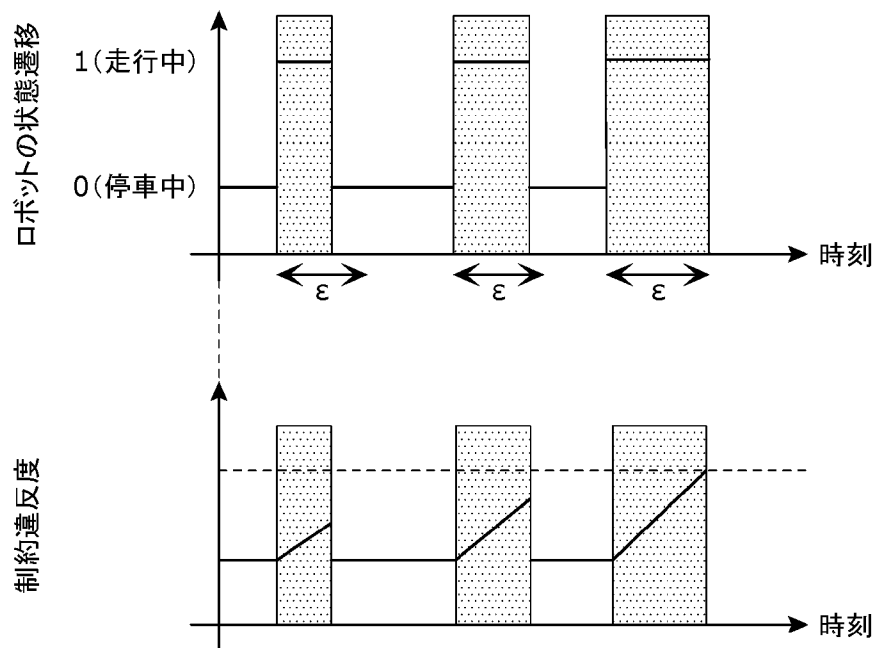
[図3]



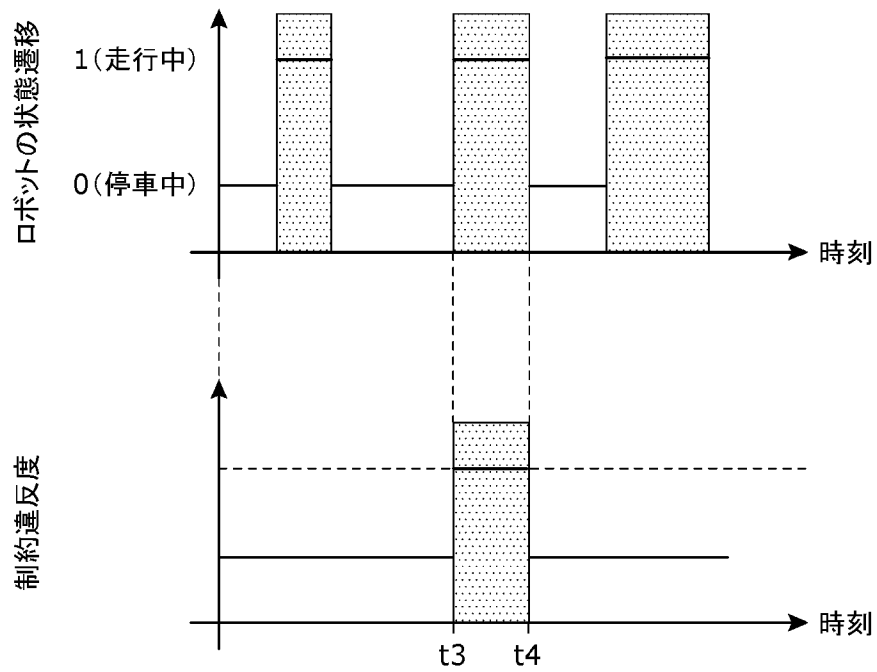
[図4]



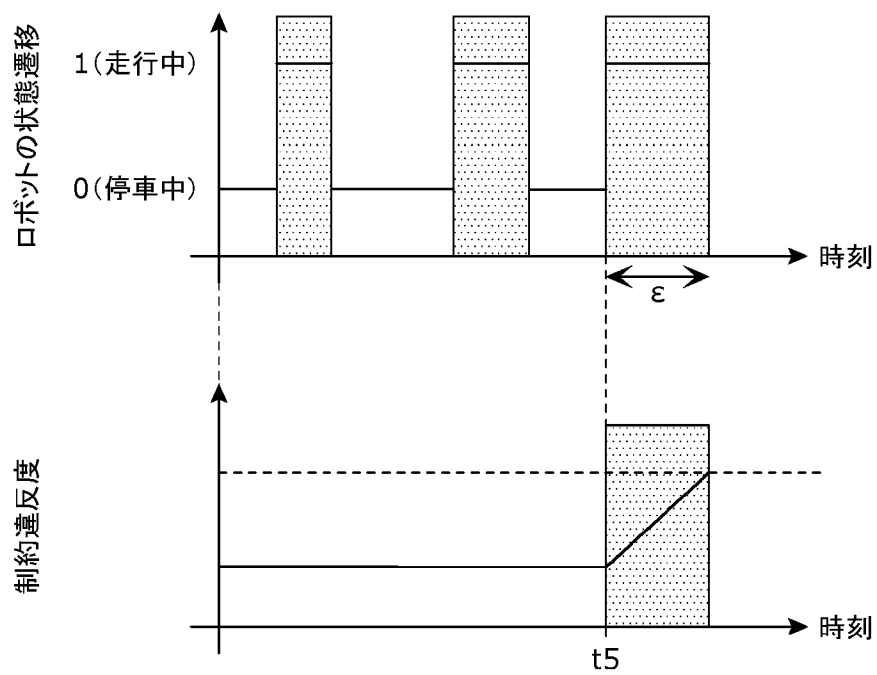
[図5]



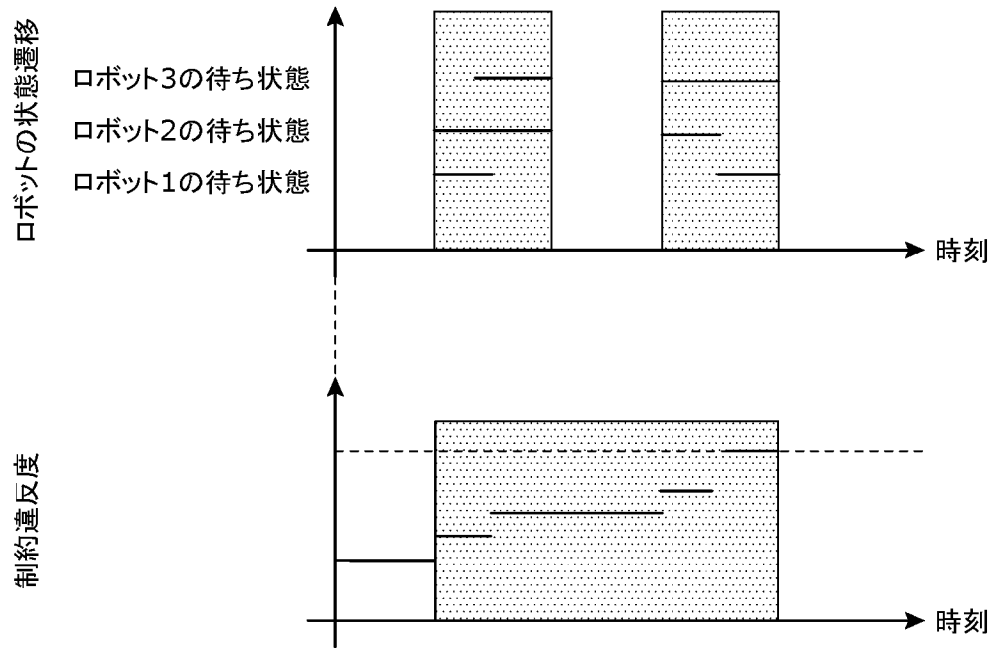
[図6]



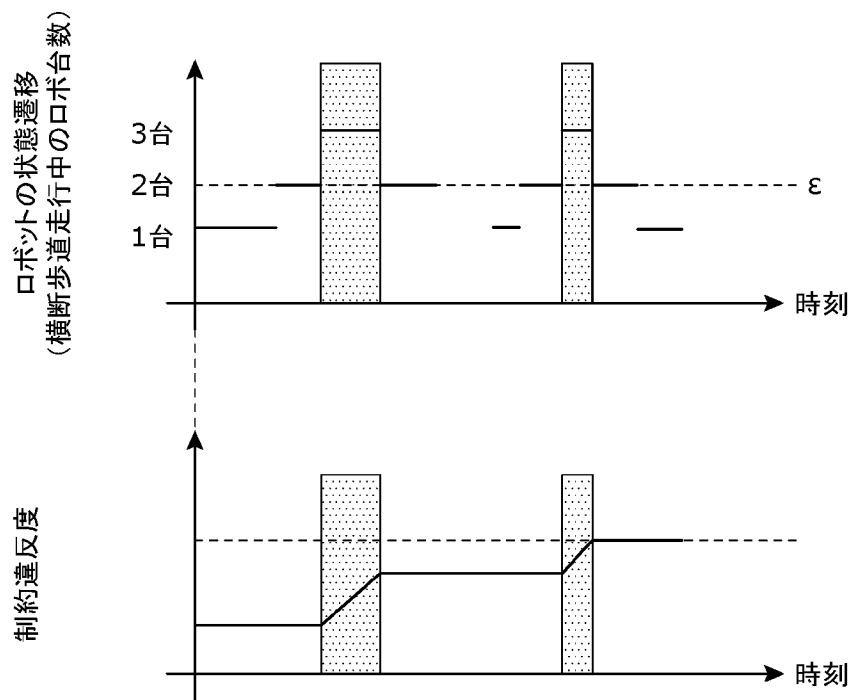
[図7]



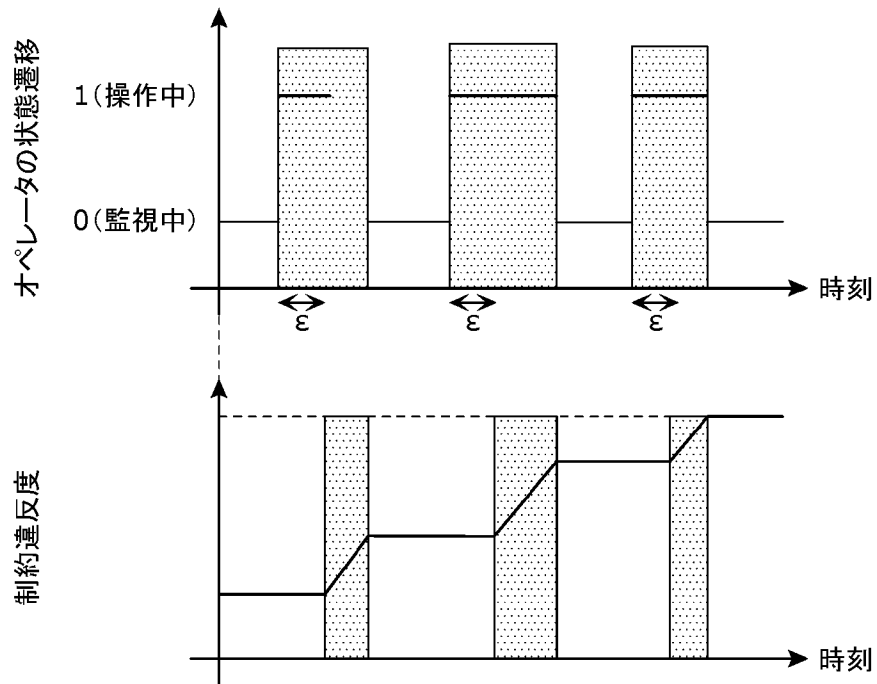
[図8]



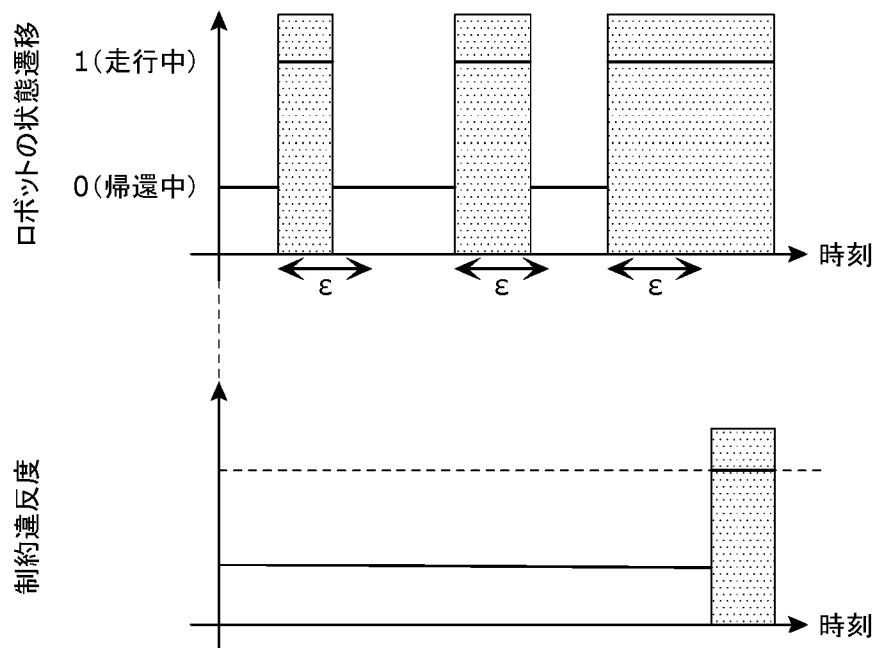
[図9]



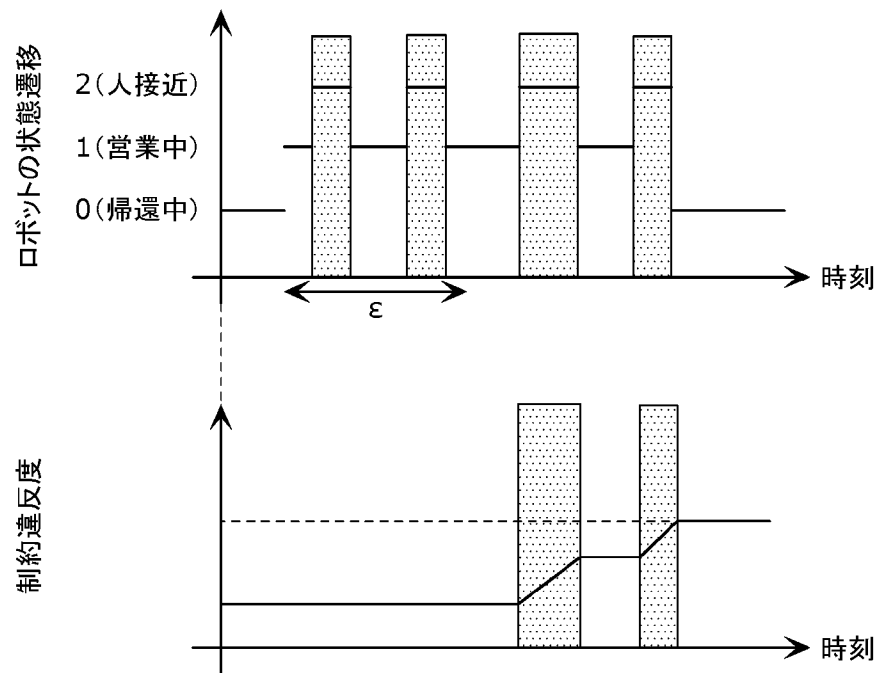
[図10]



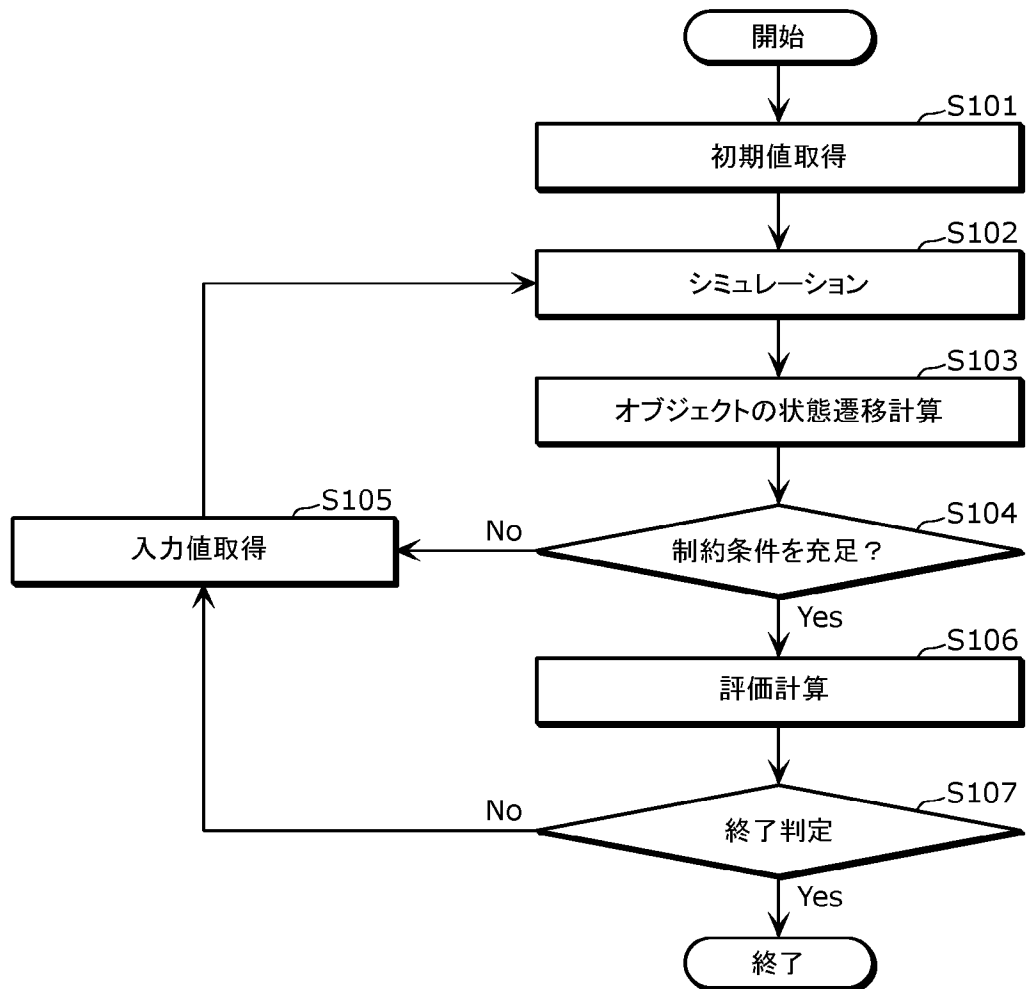
[図11]



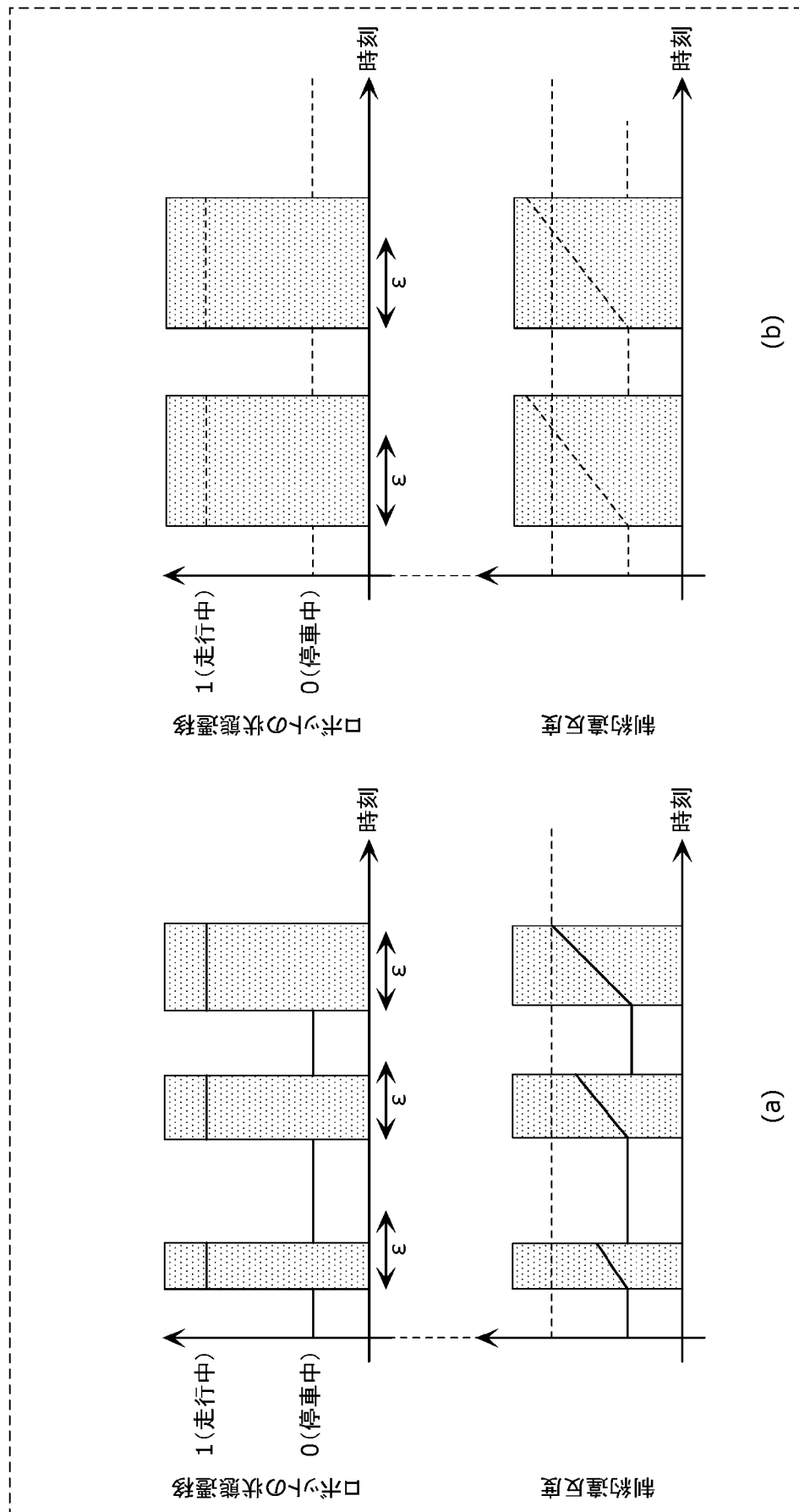
[図12]



[図13]



[図14]



[図15]

入力値設定画面

B11

B12 B13

B14

ロボット台数

10

6

☒

オペレータ人数

5

3

⋮

⋮

⋮

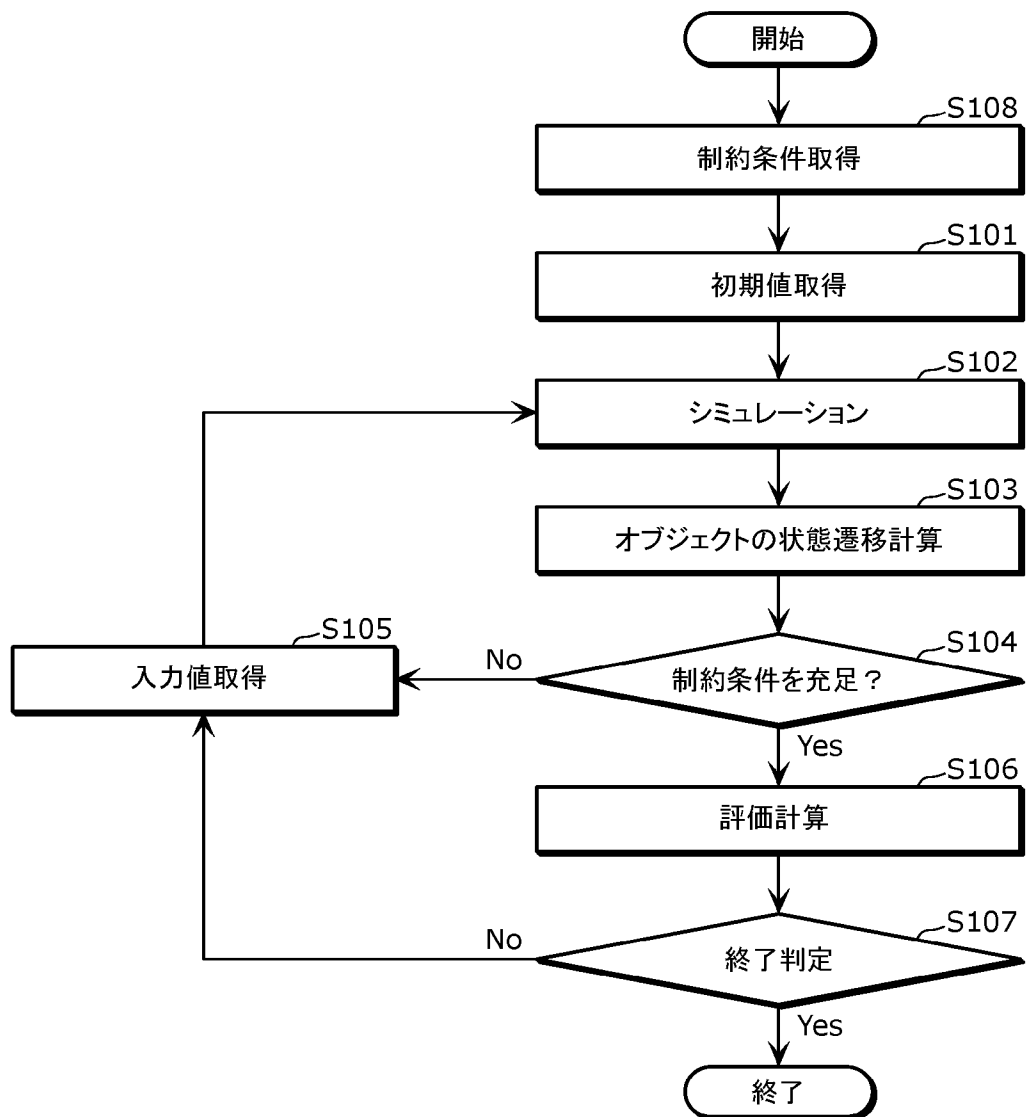
⋮

設定

[図16]

番号	制約条件	充足状況	充足するためのヒント
1	ロボットの長時間の停車を禁止	○	
2	ロボットの長時間の走行を禁止	×	台数増加/最高速度上昇
7	オペレータの長時間の連続操作を禁止	○	
9	ロボットの在庫切れでの移動を禁止	×	在庫量増加/移動範囲縮小
⋮	⋮	⋮	⋮

[図17]



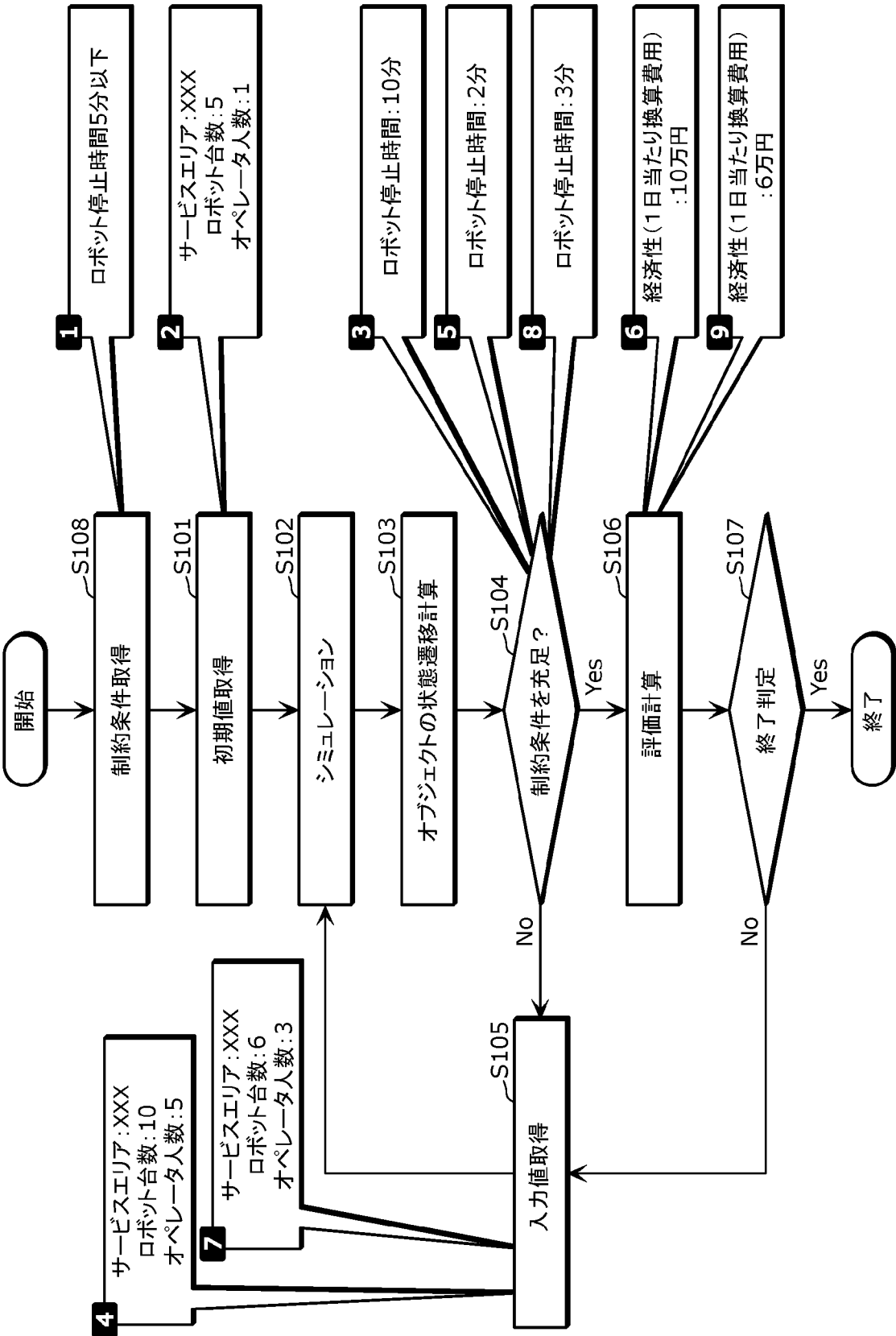
[図18]

制約条件設定画面

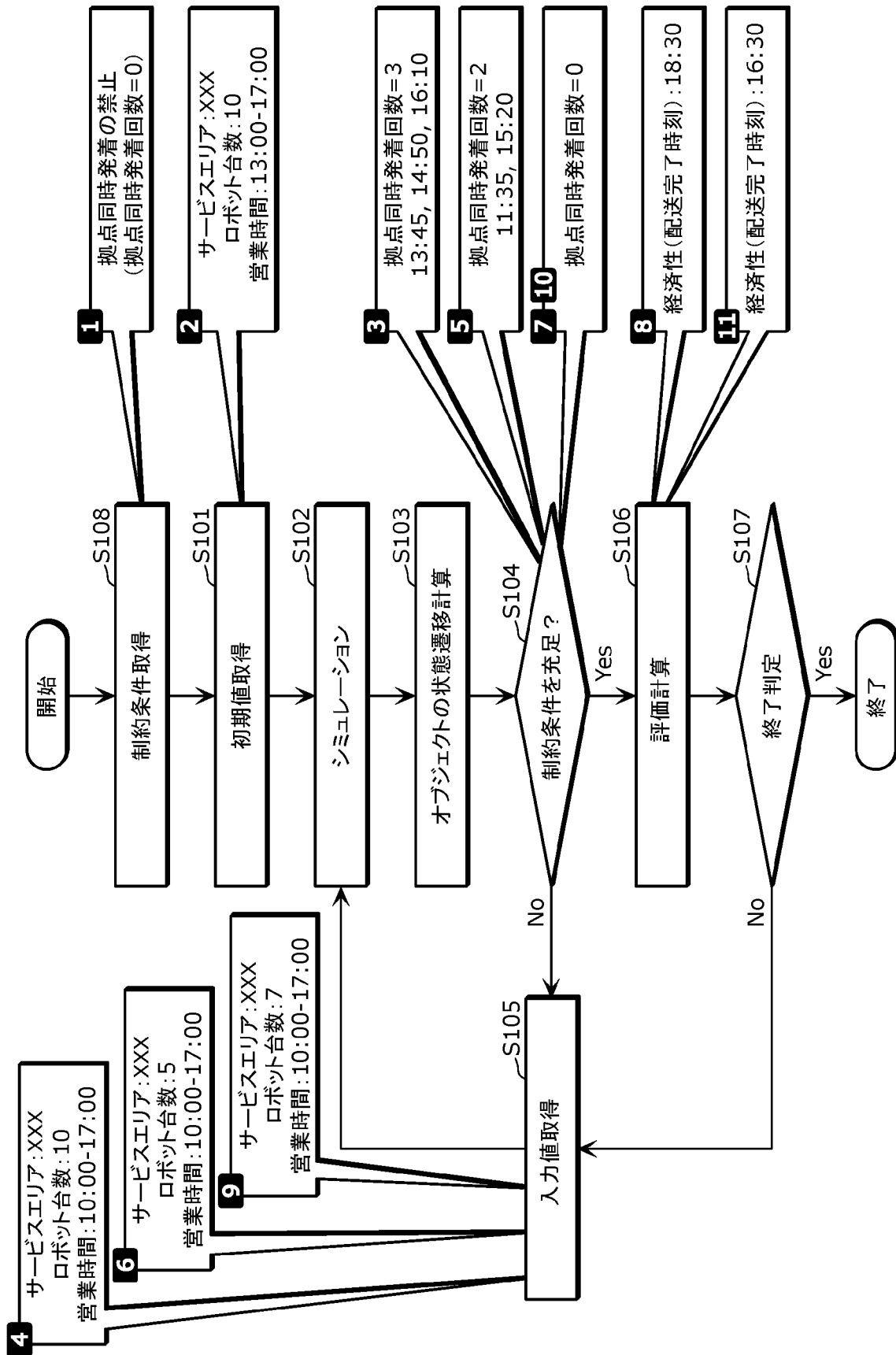
RobotStopDuration	<	5	☒
B21	B22	B23	B24
•			
•			
•			
•			

設定

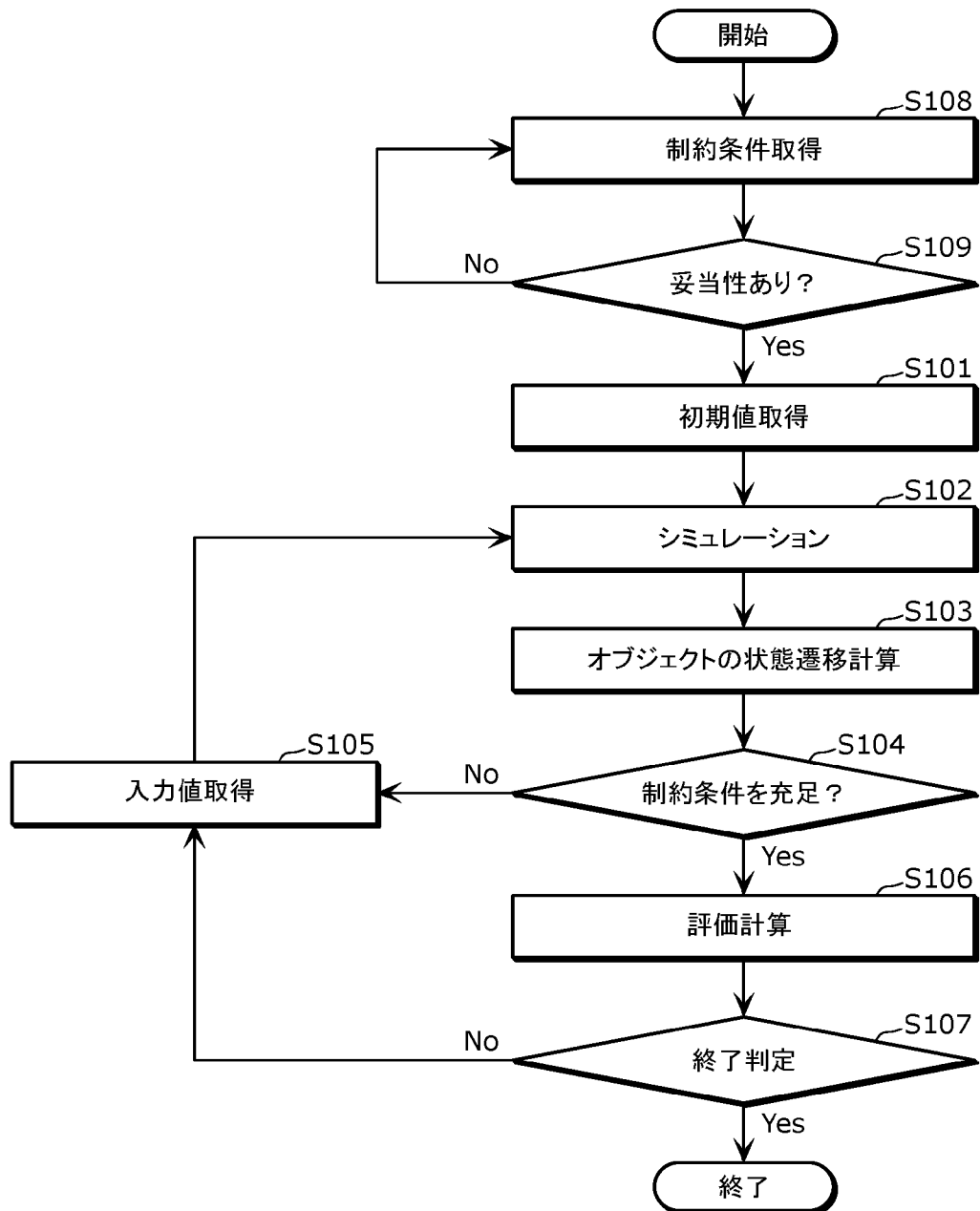
[図19]



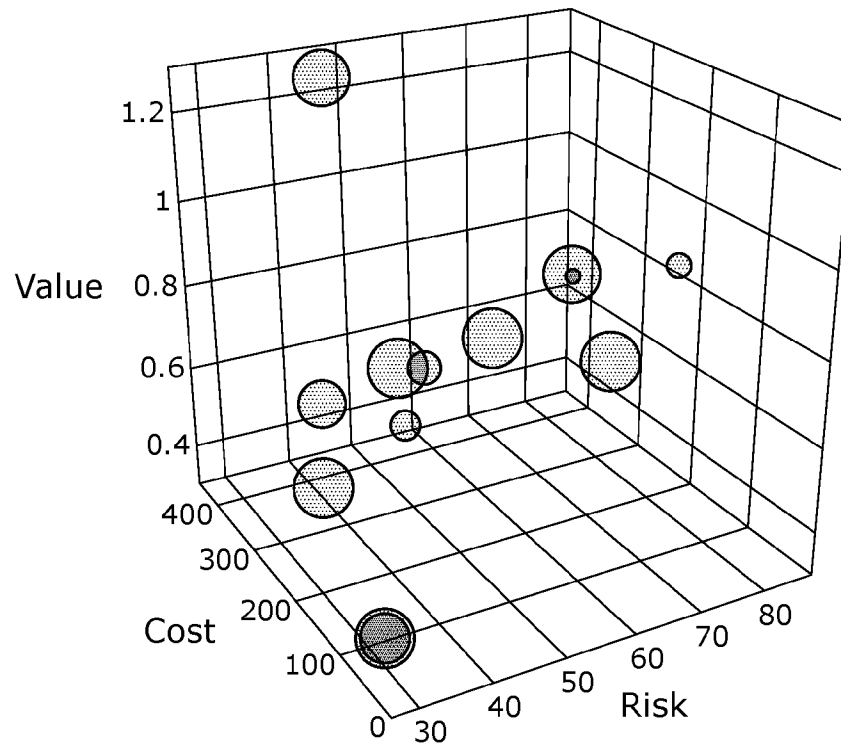
[図20]



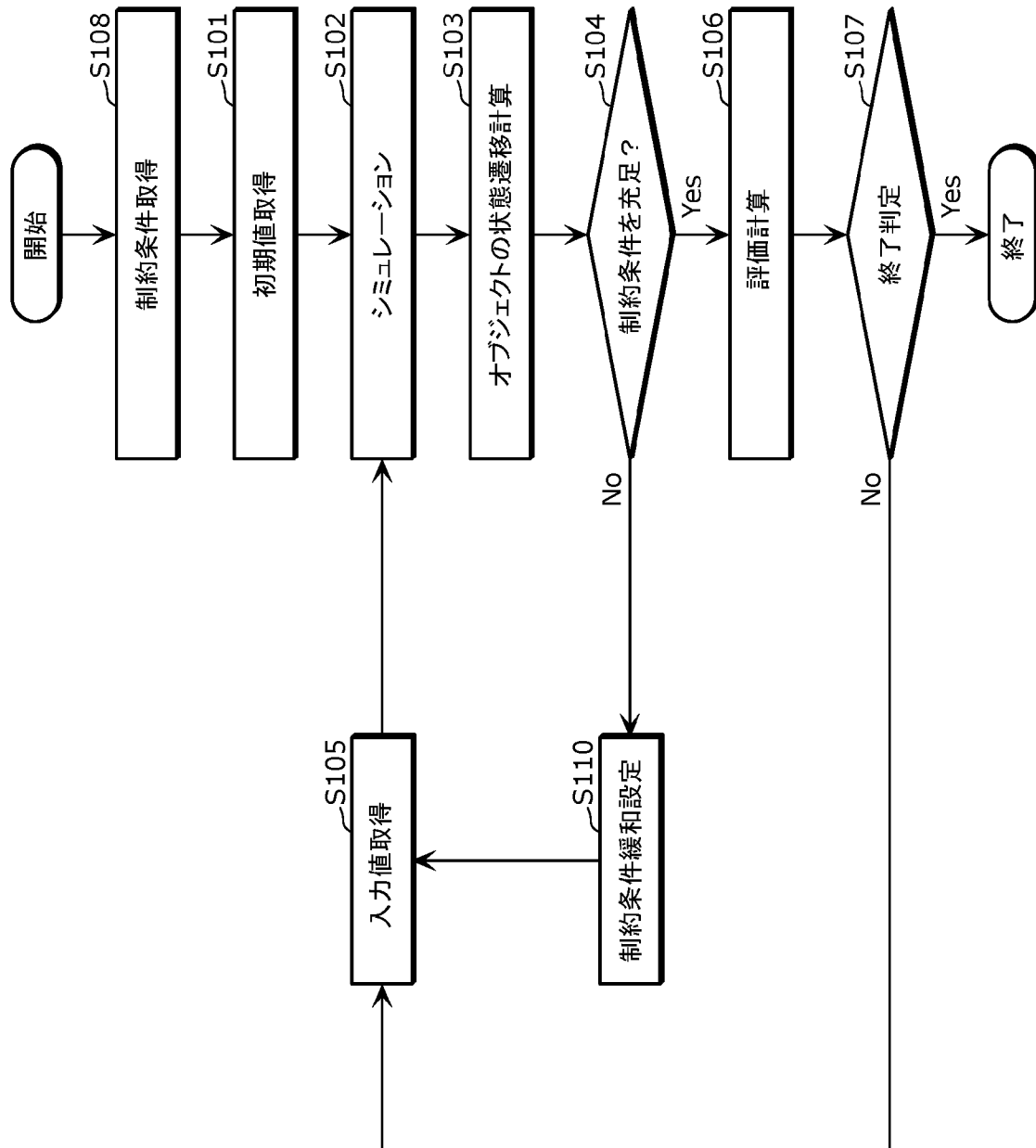
[図21]



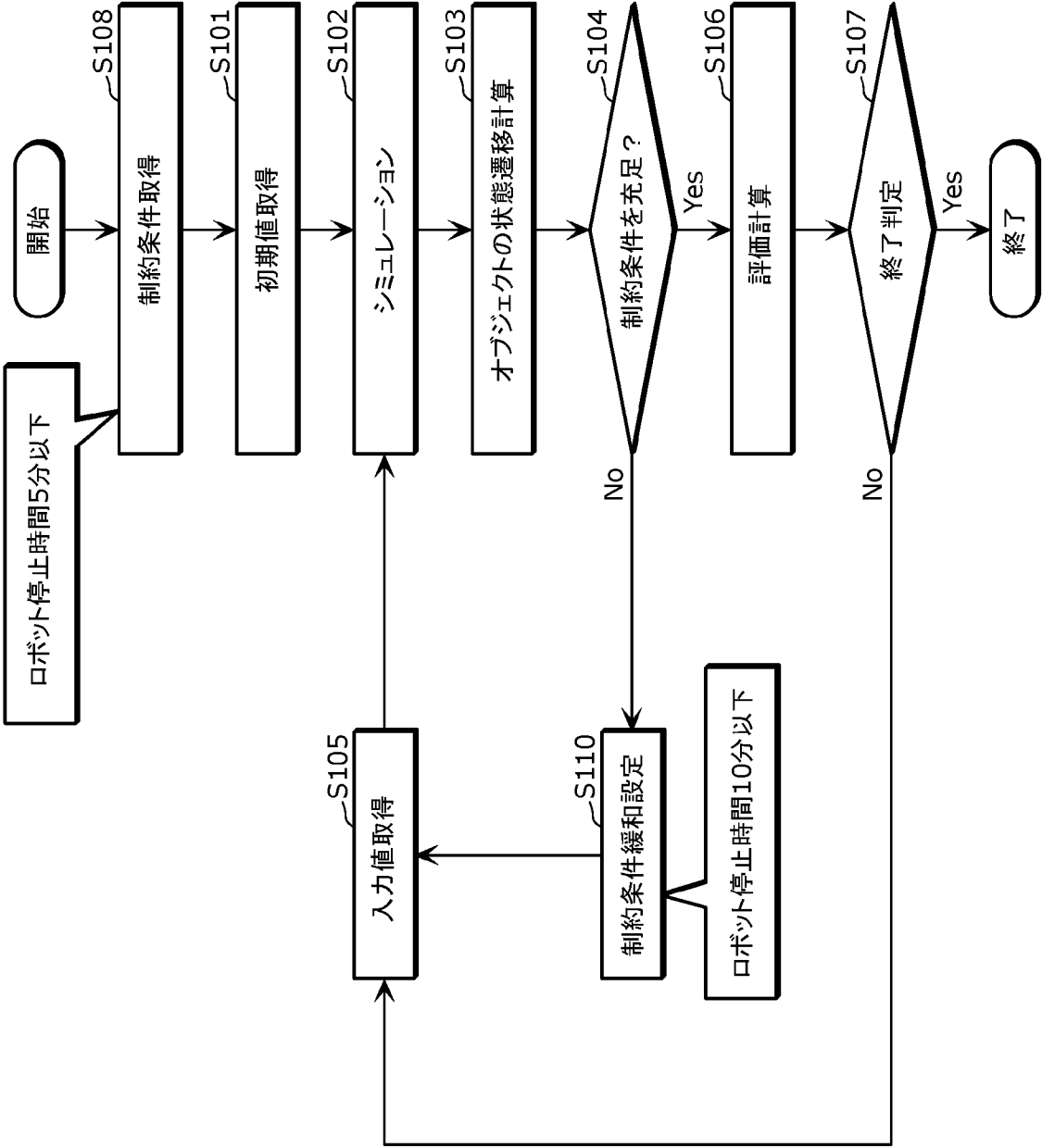
[図22]



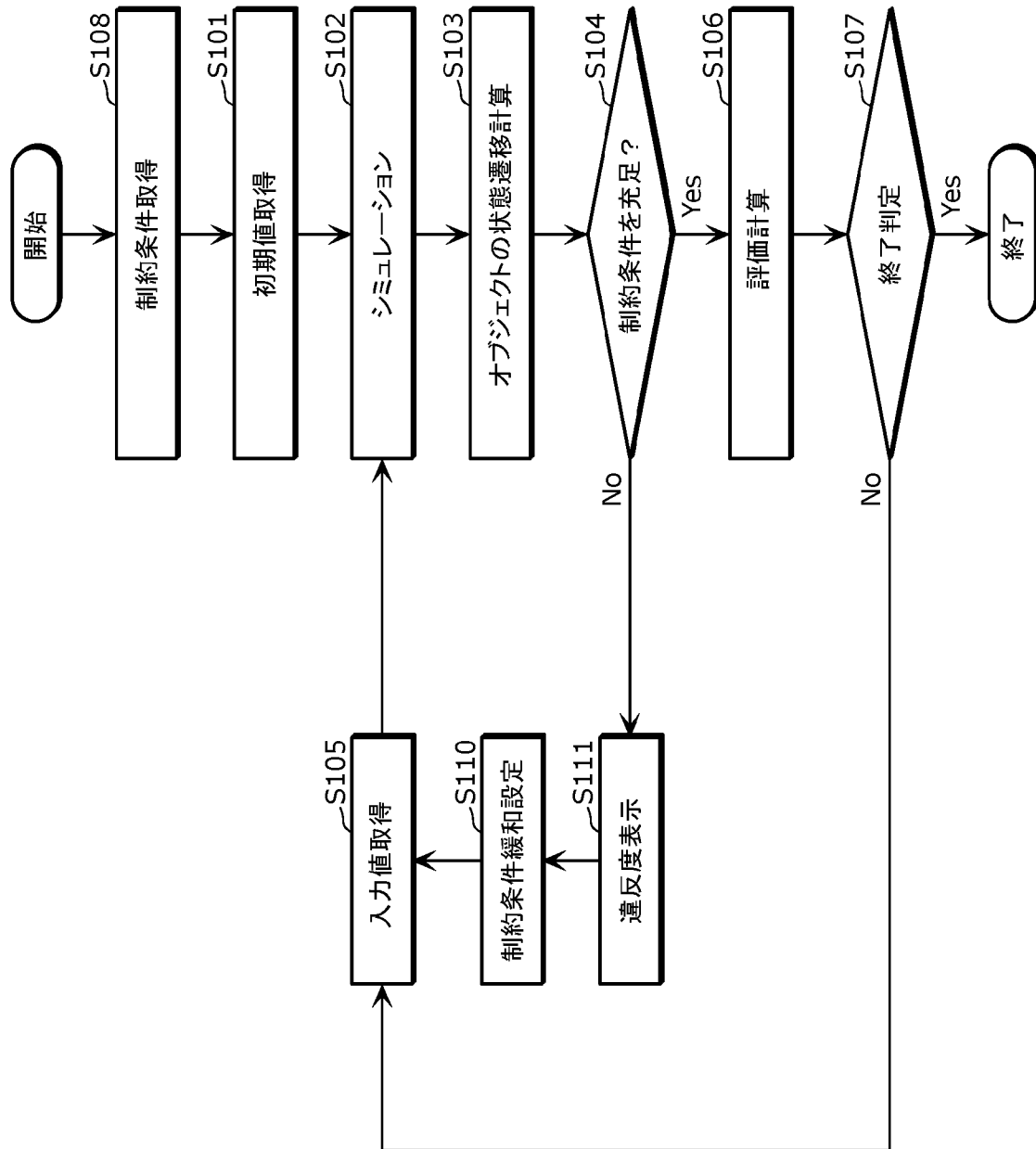
[図23]



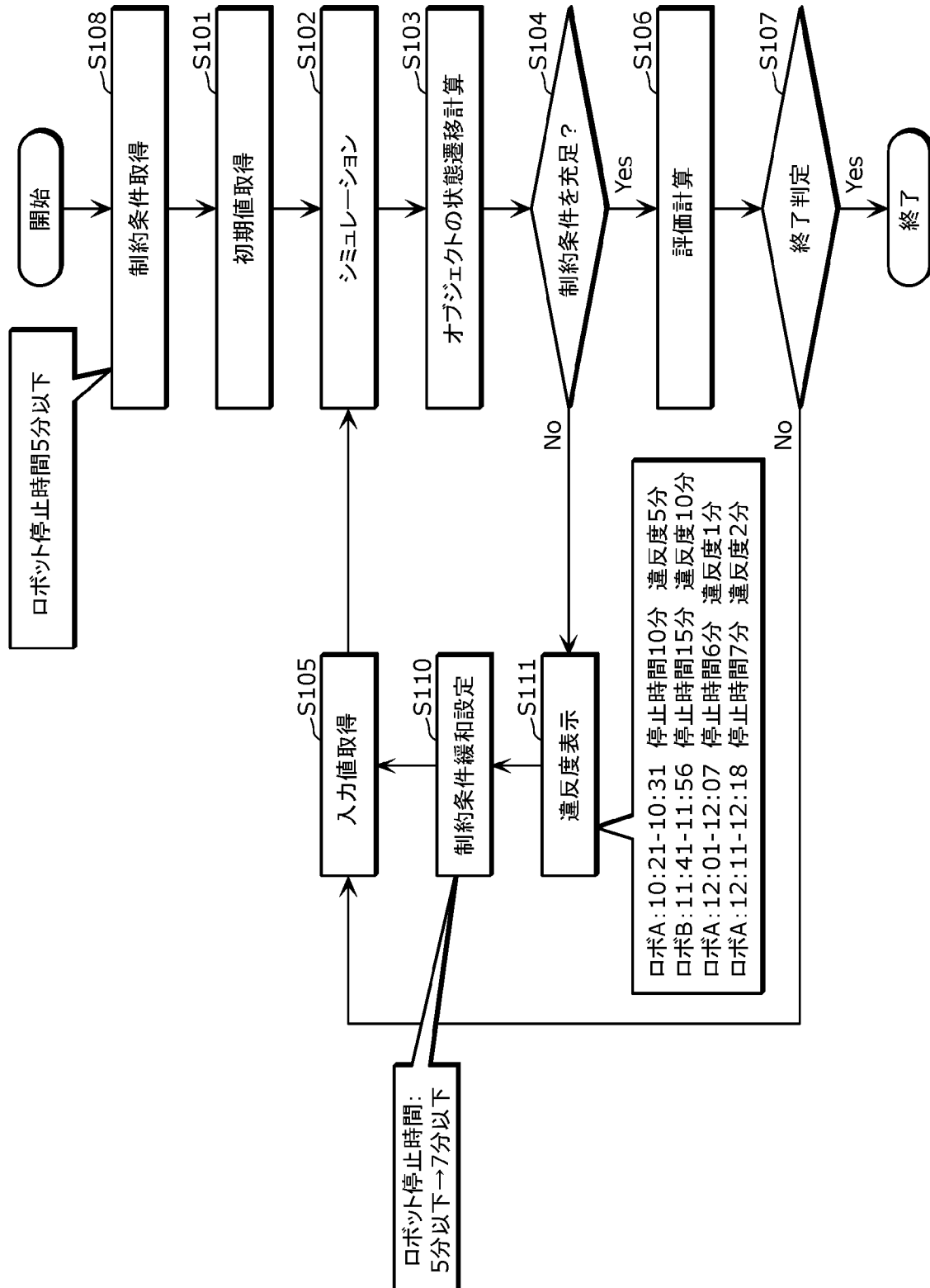
[図24]



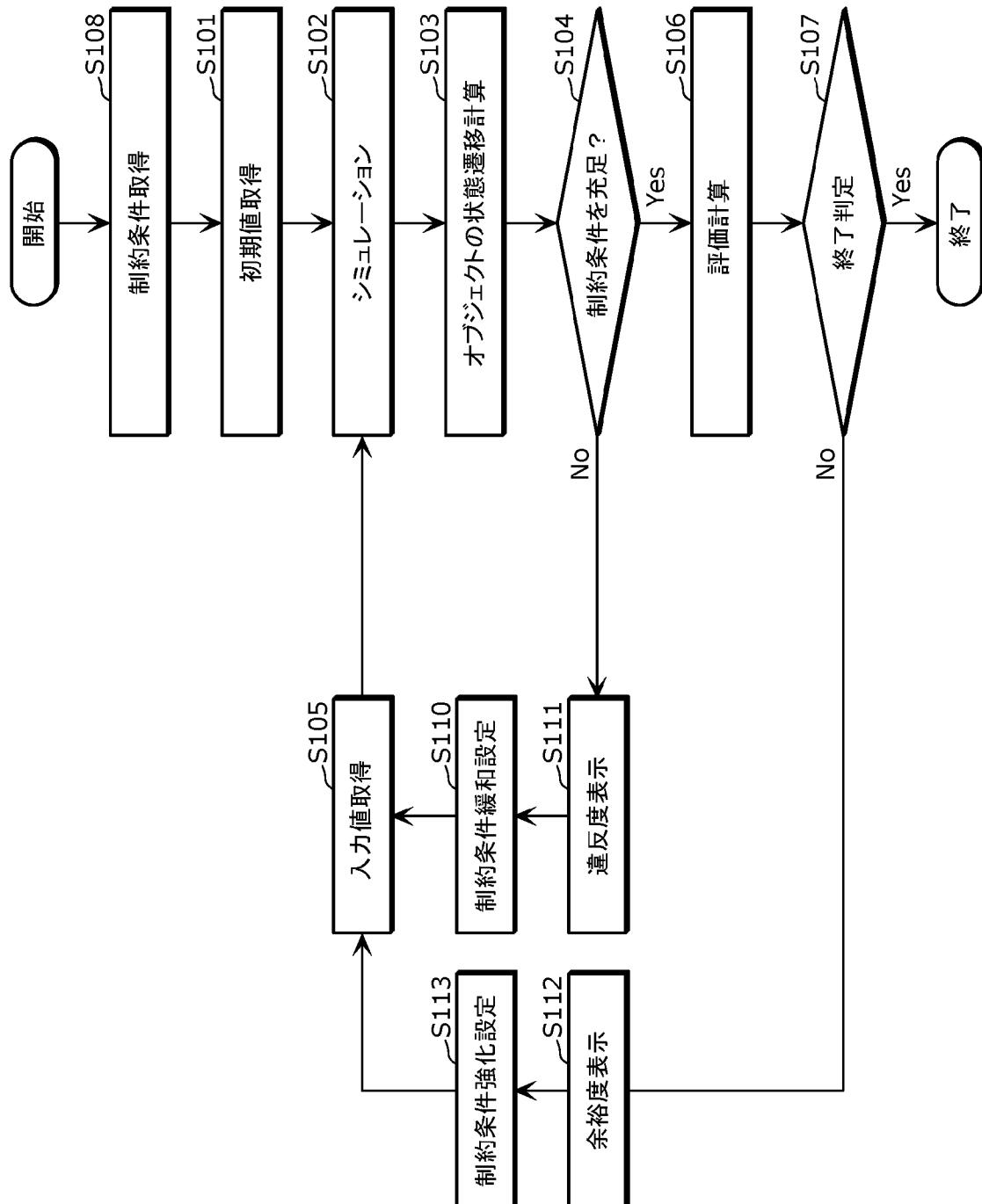
[図25]



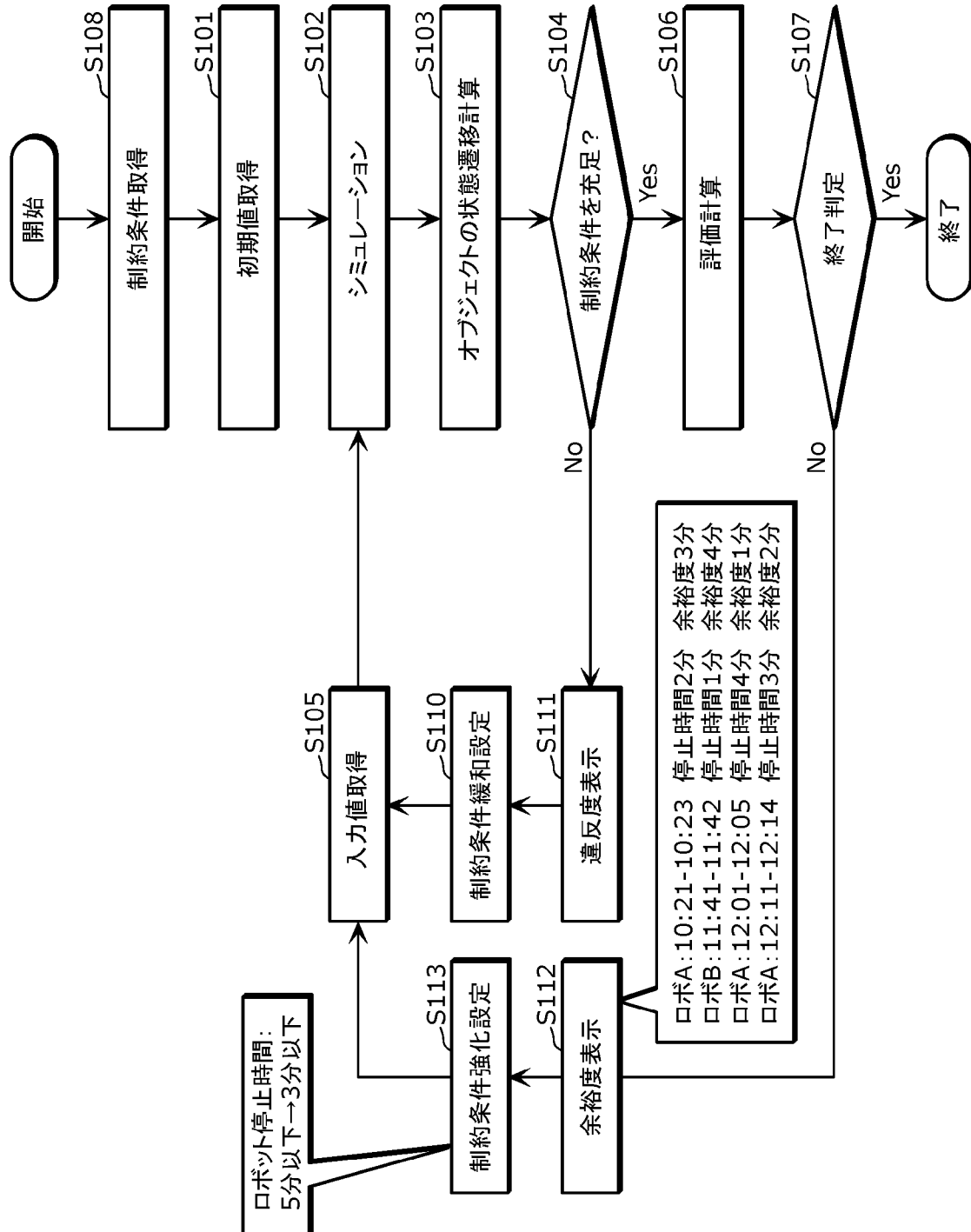
[図26]



[図27]



[図28]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/045756

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G08G 1/00**(2006.01)i

FI: G08G1/00 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)

G08G1/00

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 1971-2024

Registered utility model specifications of Japan 1996-2024

Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

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 2001-202352 A (SHIMIZU CORP.) 27 July 2001 (2001-07-27) paragraphs [0010]-[0011], [0017], fig. 8, 10	1-6, 8-15
Y	paragraphs [0010]-[0011], [0017], fig. 8, 10	7
Y	JP 2022-047265 A (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) 24 March 2022 (2022-03-24) paragraph [0124]	7
A	WO 2022/044476 A1 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY CORPORATION OF AMERICA) 03 March 2022 (2022-03-03) entire text, all drawings	1-15
A	WO 2022/244285 A1 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 24 November 2022 (2022-11-24) entire text, all drawings	1-15

☐ 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

“D” document cited by the applicant in the international application

“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

21 February 2024

Date of mailing of the international search report

12 March 2024

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/JP2023/045756

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2001-202352	A	27 July 2001	(Family: none)	
JP	2022-047265	A	24 March 2022	US 2022/0081010 A1 paragraph [0143] EP 3968304 A1 CN 114170823 A	
WO	2022/044476	A1	03 March 2022	US 2022/0327563 A1 entire text, all drawings EP 4207129 A1 CN 114902304 A	
WO	2022/244285	A1	24 November 2022	CN 117280372 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

G08G 1/00(2006.01)i

FI: G08G1/00 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））

G08G1/00

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 - 2024年

日本国実用新案登録公報

1996 - 2024年

日本国登録実用新案公報

1994 - 2024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
X	JP 2001-202352 A（清水建設株式会社）27.07.2001（2001 - 07 - 27） 段落 [0010] - [0011] , [0017] , 図8, 10	1-6, 8-15
Y	段落 [0010] - [0011] , [0017] , 図8, 10	7
Y	JP 2022-047265 A（トヨタ自動車株式会社）24.03.2022（2022 - 03 - 24） 段落 [0124]	7
A	WO 2022/044476 A1（パナソニック インテレクチュアル プロパティ コーポレー ション オブ アメリカ）03.03.2022（2022 - 03 - 03） 全文、全図	1-15
A	WO 2022/244285 A1（パナソニック IPマネジメント株式会社）24.11.2022（2022 - 11 - 24） 全文、全図	1-15

☐ 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

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“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

21.02.2024

国際調査報告の発送日

12.03.2024

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）

武内 俊之 3Z 3723

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/JP2023/045756

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2001-202352	A	27.07.2001	(ファミリーなし)	
JP	2022-047265	A	24.03.2022	US 2022/0081010	A1
				段落 [0143]	
				EP 3968304	A1
				CN 114170823	A
WO	2022/044476	A1	03.03.2022	US 2022/0327563	A1
				全文、全図	
				EP 4207129	A1
				CN 114902304	A
WO	2022/244285	A1	24.11.2022	CN 117280372	A