

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6848759号
(P6848759)

(45) 発行日 令和3年3月24日 (2021.3.24)

(24) 登録日 令和3年3月8日 (2021.3.8)

(51) Int.Cl.		F I			
G06Q	10/08	(2012.01)	G06Q	10/08	300
G06Q	10/06	(2012.01)	G06Q	10/06	302
B65G	1/137	(2006.01)	B65G	1/137	A

請求項の数 15 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2017-151840 (P2017-151840)	(73) 特許権者	000002945
(22) 出願日	平成29年8月4日 (2017.8.4)		オムロン株式会社
(65) 公開番号	特開2019-31353 (P2019-31353A)		京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不
(43) 公開日	平成31年2月28日 (2019.2.28)		動堂町801番地
審査請求日	令和2年3月9日 (2020.3.9)	(74) 代理人	100155712
			弁理士 村上 尚
		(72) 発明者	笠井 一希
			京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不
			動堂町801番地 オムロン株式会社内
		審査官	大野 朋也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シミュレーション装置、制御装置、及びシミュレーションプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

作業主体が運搬することのできる荷物の条件を含む前記作業主体の運搬能力を取得する運搬能力取得部と、

各荷物に関する荷物情報を取得する荷物情報取得部と、

地図情報を取得する地図情報取得部と、

各作業主体の位置情報を含む作業主体状況を取得する作業主体状況取得部と、

前記作業主体の運搬能力、前記荷物情報、前記地図情報、及び前記作業主体状況を参照して、所定の条件を満たす、作業主体の数を決定する作業主体数決定部と、
を備えることを特徴とするシミュレーション装置。

10

【請求項2】

前記作業主体は、移動体および人からなる群から選ばれる少なくとも一つを含むことを特徴とする請求項1に記載のシミュレーション装置。

【請求項3】

作業主体に対する費用を含む作業主体情報取得部をさらに含み、

前記作業主体数決定部は、前記作業主体に関する決定結果、および前記費用を参照して、設備投資費用を算出することを特徴とする請求項1または2に記載のシミュレーション装置。

【請求項4】

前記所定の条件は、ユーザが設定した条件の範囲内となることを特徴とする

20

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載のシミュレーション装置。

【請求項 5】

前記所定の条件は、最も前記荷物の運搬にかかる時間が短いことを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載のシミュレーション装置。

【請求項 6】

配送計画を取得する配送計画取得部をさらに備え、

前記作業主体数決定部は、前記作業主体に関する決定結果を参照して運搬計画を作成し、

前記配送計画を参照して、前記運搬計画が前記配送計画を達成することが可能かを判断することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載のシミュレーション装置。

10

【請求項 7】

前記作業主体が移動体を含み、

前記移動体の残稼働時間を取得する残稼働時間取得部と、

作業主体の充電可否に関する充電ステーション情報を取得する充電ステーション情報取得部と、

をさらに備え、

前記作業主体数決定部は、前記作業主体の残稼働時間、前記地図情報、及び前記充電ステーション情報を参照して、前記移動体を充電ステーションまで移動させる経路である充電ルートを算出することを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載のシミュレーション装置。

20

【請求項 8】

前記充電ステーション情報は、充電可能な前記移動体の台数を含むことを特徴とする請求項 7 に記載のシミュレーション装置。

【請求項 9】

前記充電ステーション情報は、各充電ステーションが供給可能な電力容量を含むことを特徴とする請求項 7 または 8 に記載のシミュレーション装置。

【請求項 10】

前記作業主体数決定部は、前記残稼働時間が一定値以下の移動体の前記充電ルートを算出することを特徴とする請求項 7 から 9 のいずれか 1 項に記載のシミュレーション装置。

【請求項 11】

30

前記運搬能力は、前記作業主体が運ぶことのできる荷物の重さを含み、

前記荷物情報は、各荷物の重さについての情報を含むことを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載のシミュレーション装置。

【請求項 12】

前記作業主体は、無人航空機を含むことを特徴とする請求項 1 から 11 のいずれか 1 項に記載のシミュレーション装置。

【請求項 13】

前記作業主体は、複数種類の作業主体であることを特徴とする請求項 1 から 12 のいずれか 1 項に記載のシミュレーション装置。

【請求項 14】

40

作業主体が運搬することのできる荷物の条件を含む前記作業主体の運搬能力を取得する運搬能力取得部と、

各荷物に関する荷物情報を取得する荷物情報取得部と、

地図情報を取得する地図情報取得部と、

各作業主体の位置情報を含む作業主体状況を取得する作業主体状況取得部と、

前記運搬能力、前記荷物情報、前記地図情報、及び前記作業主体状況を参照して、所定の条件を満たす、作業主体の数を決定する作業主体数決定部と、

前記作業主体に関する決定結果を参照して作業主体を制御する制御部と、を備えることを特徴とする制御装置。

【請求項 15】

50

請求項 1 から 1 3 のいずれか 1 項に記載のシミュレーション装置としてコンピュータを機能させるためのシミュレーションプログラムであって、前記運搬能力取得部、前記荷物情報取得部、前記地図情報取得部、前記作業主体状況取得部、および前記作業主体数決定部としてコンピュータを機能させるためのシミュレーションプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、シミュレーション装置、制御装置、及びシミュレーションプログラムに関する。

【背景技術】

10

【0002】

従来、倉庫内で荷物の運搬を行うための技術が知られている。特許文献 1 には、被仕分け品をロボットを用いて仕分けする技術が開示されている。特許文献 2 には、生産ラインにおいて製造された物品を運搬する無人運搬台車に対して、充電作業を割り付ける技術が開示されている。特許文献 3 には、複数の移動ロボットの移動区間を計画する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2013-86915 号公報（2013 年 5 月 13 日公開）

20

【特許文献 2】特開 2010-92321 号公報（2010 年 4 月 22 日公開）

【特許文献 3】特開 2009-80804 号公報（2009 年 4 月 16 日公開）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

倉庫等の新設や増設等において、必要な設備投資を見積もるためには、ロボットや人（作業員）等の作業主体の好適な数を予め算出できることが好ましい。

【0005】

本発明の一態様は、好適な作業主体の数を決定することができる技術を実現することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記の課題を解決するために、本発明の態様 1 に係るシミュレーション装置は、作業主体が運搬することのできる荷物の条件を含む前記作業主体の運搬能力を取得する運搬能力取得部と、各荷物に関する荷物情報を取得する荷物情報取得部と、地図情報を取得する地図情報取得部と、各作業主体の仮想的な位置情報を含む作業主体状況を取得する作業主体状況取得部と、前記運搬能力、前記荷物情報、前記地図情報、及び前記作業主体状況を参照して、所定の条件を満たす、作業主体の数を決定する作業主体数決定部と、を備える。

【0007】

上記の構成によれば、好適な作業主体の数を決定することができるシミュレーション装置を実現できる。

40

【0008】

上記の課題を解決するために、本発明の態様 2 に係るシミュレーション装置において、前記作業主体は、移動体および人からなる群から選ばれる少なくとも一つを含んでいてもよい。

【0009】

上記の構成によれば、好適な移動体および／または人の数を決定することができるシミュレーション装置を実現できる。

【0010】

上記の課題を解決するために、本発明の態様 3 に係るシミュレーション装置は、作業主

50

体に対する費用を含む作業主体情報取得部をさらに含み、前記作業主体数決定部は、前記作業主体に関する決定結果、および前記費用を参照して、設備投資費用を算出してもよい。

【0011】

上記の構成によれば、設備投資費用を算出することが可能なシミュレーション装置を実現できる。

【0012】

上記の課題を解決するために、本発明の態様4に係るシミュレーション装置において、前記所定の条件は、ユーザが設定した条件の範囲内となることであってもよい。

【0013】

上記の構成によれば、ユーザが設定した条件を満たすようにシミュレーションを行うシミュレーション装置を実現できる。

【0014】

上記の課題を解決するために、本発明の態様5に係るシミュレーション装置において、前記所定の条件は、最も前記荷物の運搬にかかる時間が短いことであってもよい。

【0015】

上記の構成によれば、シミュレーション装置は、最も荷物の運搬にかかる時間が短い作業主体の数を決定することができる。

【0016】

上記の課題を解決するために、本発明の態様6に係るシミュレーション装置は、配送計画を取得する配送計画取得部をさらに備え、前記作業主体数決定部は、前記作業主体に関する決定結果を参照して運搬計画を作成し、前記配送計画を参照して、前記運搬計画が前記配送計画を達成することが可能かを判断してもよい。

【0017】

上記の構成によれば、配送計画を達成することが可能かを判断できるシミュレーション装置を実現することができる。

【0018】

上記の課題を解決するために、本発明の態様7に係るシミュレーション装置は、前記各作業主体の稼働時間を取得する稼働時間取得部と、作業主体の充電可否に関する充電ステーション情報を取得する充電ステーション情報取得部と、をさらに備え、前記作業主体数決定部は、前記作業主体の稼働時間、前記地図情報、及び前記充電ステーション情報を参照して、前記移動体を充電ステーションまで移動させる経路である充電ルートを算出してもよい。

【0019】

上記の構成によれば、作業主体の充電を自動化することができる。

【0020】

上記の課題を解決するために、本発明の態様8に係るシミュレーション装置において、前記充電ステーション情報は、充電可能な前記作業主体の台数を含んでいてもよい。

【0021】

上記の構成によれば、充電可能な前記作業主体の台数を考慮して充電を計画することができるシミュレーション装置を実現することができる。

【0022】

上記の課題を解決するために、本発明の態様9に係るシミュレーション装置において、充電ステーション情報は、各充電ステーションが供給可能な電力容量を含んでいてもよい。

【0023】

上記の構成によれば、充電に必要な電力容量を考慮して充電を計画することが可能なシミュレーション装置を実現することができる。

【0024】

上記の課題を解決するために、本発明の態様10に係るシミュレーション装置において

10

20

30

40

50

、前記作業主体数決定部は、前記仮想的稼働時間が一定値以下の作業主体の充電ルート
を算出してもよい。

【0025】

上記の構成によれば、より効率よく作業主体の充電を計画することが可能なシミュレー
ション装置を実現できる。

【0026】

上記の課題を解決するために、本発明の態様11に係るシミュレーション装置は、前記
運搬能力は、前記作業主体が運ぶことのできる荷物の重さを含み、前記荷物情報は、各荷
物の重さについての情報を含んでもよい。

【0027】

上記の構成によれば、運搬できる荷物の重さに限界のある作業主体を用いて荷物の運搬
のシミュレーションをすることが可能なシミュレーション装置を実現できる。

【0028】

上記の課題を解決するために、本発明の態様12に係るシミュレーション装置は、前記
作業主体は、無人航空機を含んでいてもよい。

【0029】

上記の構成によれば、無人航空機の利点を生かした運搬を計画することが可能なシミュ
レーション装置を実現できる。

【0030】

上記の課題を解決するために、本発明の態様13に係るシミュレーション装置において
は、作業主体は、複数種類の作業主体であってもよい。

【0031】

上記の構成によれば、複数種類の作業主体を用いたより効率のよい運搬を計画すること
が可能なシミュレーション装置を実現できる。

【0032】

上記の課題を解決するために、本発明の態様14に係る制御装置は、作業主体が運搬す
ることのできる荷物の条件を含む前記作業主体の運搬能力を取得する運搬能力取得部と、
各荷物に関する荷物情報を取得する荷物情報取得部と、地図情報を取得する地図情報取得
部と、各作業主体の仮想的な位置情報を含む作業主体状況を取得する作業主体状況取得部と
、前記運搬能力、前記荷物情報、前記地図情報、及び前記作業主体状況を参照して、所定
の条件を満たす、作業主体の数を決定する作業主体数決定部と、前記作業主体に関する決
定結果を参照して作業主体を制御する制御部と、を備える。

【0033】

上記の構成によれば、好適な作業主体の数を決定することができる制御装置を実現でき
る。

【0034】

上記の課題を解決するために、本発明の態様15に係るシミュレーションプログラムは
、上記態様1から13のいずれかに記載のシミュレーション装置としてコンピュータを機
能させるためのシミュレーションプログラムであって、前記運搬能力取得部、前記荷物情
報取得部、前記地図情報取得部、前記作業主体状況取得部、および前記作業主体数決定部
としてコンピュータを機能させるためのシミュレーションプログラムである。

【0035】

上記の構成によれば、上記態様1と同様の効果を奏する。

【発明の効果】

【0036】

本発明の一態様によれば、好適な作業主体の数を決定することができる技術を実現す
ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】本発明の実施形態1に係るシミュレーション装置の概略構成を示すブロック図で

10

20

30

40

50

ある。

【図 2】本発明の実施形態 1 に係る作業主体数決定部の概略構成を示すブロック図である。

【図 3】本発明の実施形態 1 に係る運搬パターン算出例の概要 1 を説明するための図である。

【図 4】本発明の実施形態 1 に係る運搬パターン算出例の概要 2 を説明するための図である。

【図 5】本発明の実施形態 1 に係る運搬パターン算出例 1 を説明するための図である。

【図 6】本発明の実施形態 1 に係る運搬パターン算出例 2 を説明するための図である。

【図 7】本発明の実施形態 1 に係る運搬パターン算出例 2 を説明するための図である。

【図 8】本発明の実施形態 1 に係る運搬パターン算出例 3 を説明するための図である。

【図 9】本発明の実施形態 1 に係る運搬パターン算出例 3 を説明するための図である。

【図 10】本発明の実施形態 1 に係る運搬パターン算出例 3 を説明するための図である。

【図 11】本発明の実施形態 1 に係る運搬パターン算出例 3 を説明するための図である。

【図 12】本発明の実施形態 1 に係る作業主体数決定処理の流れを示すシーケンス図である。

【発明を実施するための形態】

【0038】

以下、図面に基づいて本発明の実施の形態を詳細に説明する。ただし、本実施形態に記載されている構成は、特に特定の記載がない限り、この発明の範囲をそのみに限定する趣旨ではなく、単なる説明例に過ぎない。また説明の便宜上、各実施形態に示した部材と同一の機能を有する部材については、同一の符号を付し、適宜その説明を省略する。

【0039】

なお、本願において、「作業主体」とは、ロボット等の移動体、および人（作業員）等を包含した概念である。「作業主体」は、シミュレーション装置等を利用する「ユーザ」とは異なる概念である。また、「移動体」は、人を包含しないものとする。

【0040】

以下で説明する実施形態においては、作業主体は、移動体および人の両方を含むが、本実施形態はこれ限定されず、作業主体が移動体のみ、または人のみである形態も、本願の範疇である。

【0041】

〔実施形態 1〕

（シミュレーション装置 1、及び制御装置 30 の構成）

図 1 を参照して、シミュレーション装置 1、及び制御装置 30 の構成について説明する。図 1 は、シミュレーション装置 1、及び制御装置 30 の構成を示すブロック図である。図 1 に示すように、シミュレーション装置 1 は、作業主体数決定部 200、配送計画取得部 3、地図情報取得部 4、荷物情報取得部 5、運搬能力取得部 6、作業主体情報取得部 12、作業主体状況取得部 7、稼働時間取得部 8、充電ステーション情報取得部 9、及び運搬計画取得部 10 を備えている。制御装置 30 は、シミュレーション装置 1 と、制御部 11 とを備えている。

【0042】

運搬能力取得部 6 は、人の運搬能力（人員運搬能力）を取得する人員運搬能力取得部 44 と、移動体の運搬能力（移動体運搬能力）を取得する移動体運搬能力取得部 45 とを含む。作業主体情報取得部 12 は、人の情報（人員情報）を取得する人員情報取得部 40 と、移動体の情報（移動体情報）を取得する移動体情報取得部 42 とを含む。作業主体状況取得部 7 は、人の状況（人員状況）を取得する人員状況取得部 41 と、移動体の状況（移動体状況）を取得する移動体状況取得部 43 とを含む。

【0043】

配送計画取得部 3 は、本実施形態においては、例えば、倉庫内での荷物の運搬に関する配送計画を取得し、配送計画を作業主体数決定部 200 に供給する。なお、本実施形態に

10

20

30

40

50

において「配送計画」には、倉庫内での荷物の運搬に関し予め定められた計画も含まれる。ここで、荷物の運搬に関し予め定められた計画には、荷物の運搬量と運搬時期に関する計画が含まれる。一例においては、倉庫内での荷物の運搬に関する計画は、ある荷物をいつまでに運搬するかについての計画を含んでいる。

【0044】

地図情報取得部4は、本実施形態においては、倉庫内の地図情報を取得し、該地図情報を、作業主体数決定部200に供給する。なお、地図情報は一つの倉庫に関するものに限定されず、例えばある敷地内に設けられた複数の倉庫に関する地図情報であり得る。このように、作業主体が、敷地内の複数の倉庫を行き来して荷物の運搬を行う実施形態も、本明細書に記載の実施形態に含まれる。

10

【0045】

荷物情報取得部5は、運搬対象である各荷物に関する荷物情報を取得する。荷物情報は、各荷物を運搬する作業主体を決定するために必要な、荷物についての条件である。荷物の搬送の荷物情報は、例えば、各荷物の重さ、大きさ、形状、荷物の重心等の荷物の性質、各荷物の個数、及び各荷物の倉庫内での位置、各荷物の倉庫内での運搬先についての情報を含む。荷物情報取得部5は、各荷物の倉庫内での位置として、倉庫内における2次元的位置だけではなく、例えば棚の何段目に荷物があるか等、各荷物の倉庫内における3次元的位置を取得することも可能である。

【0046】

また、荷物情報取得部5は、荷物の数として、現に運搬することが決まっている荷物の数だけでなく、ある倉庫における年平均、または月平均の荷物の数を取得してもよい。また、荷物情報取得部5は、ある倉庫における荷物の数の季節変動についてのデータを参照して、ある季節における荷物の数を決定してもよい。

20

【0047】

運搬能力取得部6は、作業主体の各々が運搬することができる荷物の条件を含む情報であって、作業主体の運搬能力を示す情報を取得し、該運搬能力を示す情報を作業主体数決定部200に供給する。

【0048】

運搬能力取得部6は、作業主体が運搬することのできる荷物の条件を、作業主体の種類ごとに取得する。なお、本実施形態において、作業主体の「種類」とは、作業主体の性能のうち、運搬に関連した何らかの性能が異なることを指す。例えば、複数種類の作業主体は、互いに運搬可能な最大の荷物の重量が異なる作業主体であり得る。この他、作業主体の種類は、作業主体数決定部200が、運ぶ荷物の種類を決定する際に参照する情報であり得る。

30

【0049】

運搬能力取得部6は、運搬能力を示す情報として、各種類の作業主体が運搬できる荷物の重さの他に、例えば、各種類の作業主体の移動速度、消費電力、充電なしで移動可能な最大の距離等の情報を取得する構成としてもよい。また、各作業主体が同時に複数の荷物を運搬可能である形態では、運搬能力取得部6は、各作業主体が同時にどの荷物を運搬することができるかについての情報を取得してもよい。

40

【0050】

運搬能力取得部6は、作業主体の運搬能力を示す情報として、上述した荷物情報に含まれる事項に対応する事項を含む情報を取得することが好ましい。例えば、荷物情報取得部5が、荷物情報として、荷物の重さや形状についての情報を取得する場合、運搬能力取得部6は、作業主体が運搬できる荷物の重さや形状についての情報を、当該作業主体の運搬能力を示す情報として取得することが好ましい。

【0051】

本実施形態においては、作業主体は、人（作業員）を含んでいる。なお、本実施形態における「人」は、運搬作業に関わる人であれば、その具体的な作業内容は、特に限定されない。人まで考慮に入れてシミュレーションを行うことで、シミュレーション装置1は、

50

人に対する費用（人件費）まで含めたより正確な投資費用を算出することが可能である。また、シミュレーション装置 1 が、配送計画に応じて、必要な人の人数および能力をシミュレーションできることで、ユーザは、好適な雇用対象の条件、および雇用人数を知ることができる。

【0052】

また、本実施形態においては、後述するように、作業主体には、無人航空機等の飛行体が含まれ得る。一般的に、無人航空機等の飛行体では、自走式等の運搬ロボットよりも、運搬できる荷物の重さについての制約が厳しい。そのため、作業主体が無人航空機等の飛行体を含み得る場合、上記の荷物情報取得部 5 が、荷物の重さについての情報を取得すること、及び運搬能力取得部 6 が、作業主体が運搬することのできる荷物の重さを取得することが特に重要となる。

10

【0053】

本実施形態においては、運搬能力取得部 6 は、人員運搬能力取得部 44 と、移動体運搬能力取得部 45 とを含む。人員運搬能力取得部 44 は人員運搬能力を取得し、移動体運搬能力取得部 45 は移動体運搬能力を取得する。

【0054】

作業主体の種類、および運搬能力については、上述した通りであるが、作業主体が人である場合について説明を加える。人を「種類」毎にわけける方法としては、例えば、人を運搬能力毎にグループ分けして、各グループを「人属性」とする方法が挙げられる。

【0055】

20

また、人の運搬能力を定量化する方法は、特に限定されない。例えば、人が運搬可能な最大の荷物の重量を、人の運搬能力とすることができる。運搬能力取得部 6 が人の運搬能力として、例えば人が運搬可能な最大の荷物の重量を取得する場合、運搬可能な最大の荷物の重量は、例えば人が一日のうちで最も疲れている時刻において運搬可能な最大の荷物の重量であり得る。

【0056】

作業主体情報取得部 12 は、各作業主体の最大導入数を含む、作業主体情報を取得する。なお、作業主体の最大導入数とは、本実施形態においては、倉庫内に導入できる作業主体の最大の数を指す。最大導入数の算出方法は、特に限定されない。例えば、作業主体情報取得部 12 は、他の倉庫において導入できた最大の数（最大導入実績数）を基準として、最大導入数を算出することができる。一例においては、作業主体情報取得部 12 は、最大導入実績数 + 10 を、最大導入数とすることができる。

30

【0057】

作業主体情報には、この他、各作業主体に対する費用が含まれ得る。作業主体情報が各作業主体に対する費用を含むことで、シミュレーション装置 1 は、設備投資費用をシミュレーションすることが可能である。シミュレーション装置 1 は、設備投資費用をシミュレーションすることにより、ユーザは、倉庫等の新設や増設等を行う顧客に対して、必要な設備投資を見積もり、提案を行うことが可能である。

【0058】

本実施形態においては、作業主体情報取得部 12 は、移動体情報取得部 42 と、人員情報取得部 40 とを含む。移動体情報取得部 42 は移動体情報を取得し、人員情報取得部 40 は人員情報を取得する。移動体情報、および人員情報は、上述した作業主体情報に対応する。例えば、移動体に対する費用は、移動体の単価等であり得、人に対する費用は、人の時給等であり得る。

40

【0059】

作業主体状況取得部 7 は、各作業主体のある時点における位置情報を含む、ある時点での作業主体状況を取得し、該作業主体状況を、作業主体数決定部 200 に供給する。なお、各作業主体の倉庫内での「位置情報」は、シミュレーション中の結果に基づき、ある時点において現在各作業主体が存在すると仮想される位置であってもよい。

【0060】

50

本実施形態においては、作業主体状況取得部 7 は、人員状況を取得する人員状況取得部 4 1 と、移動体状況を取得する移動体状況取得部 4 3 とを含む。

【0061】

なお、図 1 においては図示していないが、作業主体状況取得部 7 は、作業主体数決定部 200 が算出した運搬パターンの一部を参照して、ある時点における作業主体の仮想的位置を取得してもよい。

【0062】

作業主体の位置情報は、倉庫内における 2 次元的な位置だけではなく、作業主体が存在している高さについての情報を含む、3 次元的な位置についての情報であり得る。例えば、作業主体が無人航空機等の飛行体を含んでいる場合、無人航空機等が倉庫内を飛行中と仮想されれば、作業主体状況取得部 7 は、無人航空機等が飛行していると仮想される高さを含む位置情報を取得する構成とすることができる。また、無人航空機等を棚の上等で待機させると仮想される場合には、作業主体状況取得部 7 は、無人航空機等の待機位置を、仮想的な位置情報として取得する。

【0063】

また、作業主体状況取得部 7 は、各作業主体の位置情報の他に、ある時点での各作業主体の使用可否、及び各作業主体が使用可能となる時刻（使用可能時刻）についての情報を取得することもできる。これらの情報を取得することで、作業主体数決定部 200 は、より効率的な運搬計画を作成することが可能である。なお、ある時点での各作業主体の使用可否は、例えば、ある時点で作業主体が荷物を運搬中であるか否か、又はある時点で作業主体が充電中または休憩中であるか否か、又はある時点で作業主体が故障しているか否か等により定まる。なお、人が休憩中であるか否かは、例えば、人が作業エリア等から離れたか否かにより判断することができる。

【0064】

各作業主体が使用可能となる時刻は、作業主体が移動体である形態においては、例えば、作業主体が荷物の運搬を終える時刻、作業主体の充電が完了する時刻であり得る。また、各作業主体が使用可能となる時刻は、作業主体が人である形態においては、例えば、人が休憩を終える時刻であり得る。また例えば、作業主体が人である形態において、昼休み等、休憩時間が決まっている場合、該休憩時間の終了時刻を、各作業主体が使用可能となる時刻とすることができる。

【0065】

残稼働時間取得部 8 は、充電が必要な各移動体の残稼働時間を取得し、該残稼働時間を作業主体数決定部 200 に供給する。残稼働時間取得部 8 が、各移動体の残稼働時間を取得することにより、作業主体数決定部 200 は、移動体の充電計画を作成することができる。また、作業主体数決定部 200 が移動体の効率的な充電計画を作成することにより、移動体として、無人航空機等、頻繁に充電することが必要な制御装置をより好適に活用することが可能である。

【0066】

充電ステーション情報取得部 9 は、ある時点における移動体の充電可否に関する充電ステーション情報を取得し、該充電ステーション情報を、作業主体数決定部 200 に供給する。充電ステーション情報は、例えば、ある時点において空いている充電器の台数、およびある時点において充電可能な前記移動体の台数、および各充電ステーションが供給可能な電力容量等についての情報を含む。また、充電ステーション情報には、充電ステーションの位置を示す情報を含めてもよい。充電ステーション情報取得部 9 が、充電ステーション情報を取得することにより、作業主体数決定部 200 は、より効率的な充電計画を作成することが可能である。

【0067】

なお、作業主体が人である場合、当然、充電は必要ないが、シミュレーション装置 1 は、代わりに人の休憩時間等を考慮してシミュレーションを行うことができる。

【0068】

作業主体数決定部200は、配送計画取得部3が取得した配送計画と、地図情報取得部4が取得した地図情報と、荷物情報取得部5が取得した荷物情報と、運搬能力取得部6が取得した各作業主体の運搬能力と、作業主体情報取得部12が取得した作業主体情報と、作業主体状況取得部7が取得した作業主体状況と、残稼働時間取得部8が取得した各作業主体の残稼働時間と、充電ステーション情報取得部9が取得した充電ステーション情報とを参照して、各荷物を運搬する作業主体を決定する。作業主体数決定部200は、各作業主体がどの荷物を運搬するかについての決定結果（本願においては、「作業主体に関する決定結果」とも称する）を参照して、運搬計画を作成する。作業主体数決定部200は、作成した運搬計画を、運搬計画取得部10に供給する。作業主体数決定部200の構成、及び運搬計画作成の詳細については、図2を参照して後述する。

10

【0069】

運搬計画取得部10は、作業主体数決定部200から、運搬計画を取得する。運搬計画取得部10は、運搬計画を制御部11に供給する。本実施形態においては、制御部11は、一例として、運搬能力の異なる2種類の作業主体群を制御している。作業主体群Iは、複数の無人航空機（ドローン）を含み、作業主体群IIは、複数の自走式運搬ロボットを含む。なお、作業主体群とは、本実施形態においては、同一種類の作業主体をまとめて指すものとする。作業主体群の数、及び各作業主体群中の作業主体の数は、特に限定されない。なお、図1には示していないが、制御部11は、人に対する作業指示を含む情報を供給することも可能である。

20

【0070】

本実施形態においては、作業主体群Iが無人航空機を含むことにより、作業主体数決定部200が、より効率的な運搬計画を作成することが可能である。一般的に、無人航空機は、自走式等の搬送ロボットよりも、早い速度で移動が可能であり、かつ地上の障害物にとらわれずに、自走式等の搬送ロボットに比較して多様な運搬ルートで荷物の運搬を行うことが可能である。また、無人航空機は、高い棚等に位置している荷物の運搬に適しており、さらに、地上を移動する搬送ロボットの移動を邪魔しないように配置させることが容易である。このように、本実施形態においては、制御部11が、無人航空機を含む作業主体を制御することにより、作業主体数決定部200は、より効率的な運搬計画を作成することができる。

30

【0071】

また、作業主体が運搬能力の異なる複数種類の作業主体を含むことで、作業主体数決定部200は、各作業主体が運搬する荷物を、各種種類の作業主体の運搬能力に応じて決定することが可能であり、より効率的な運搬計画を作成することができる。

【0072】

（作業主体数決定部200）

図2を参照して、作業主体数決定部200の構成について説明する。図2は、作業主体数決定部200の概略構成を示すブロック図である。作業主体数決定部200は、導入数算出部13、作業主体割り当て部15、運搬パターン算出部16、充電ルート算出部17、所要時間算出部18、運搬計画作成部25、金額算出部14、及び配送計画比較部19を備えている。

40

【0073】

まず、導入数算出部13は、作業主体情報取得部12から供給された各作業主体の最大導入数を参照して、導入数パターンを算出する。ここで、導入数パターンとは、各作業主体の導入数についての可能な組み合わせの各々のことを指す。導入数パターンの算出方法の詳細については後述する。導入数決定処理の一例として、導入数算出部13は、算出した導入数パターンの一つを、作業主体割り当て部15に供給する。

【0074】

作業主体割り当て部15は、荷物情報取得部5から供給された荷物情報、運搬能力取得部6から供給された運搬能力、および導入数算出部13から供給された導入数パターンを参照する。作業主体割り当て部15は、参照した情報に基づき、各導入数パターンにおい

50

て、各荷物に対して、その荷物を運搬することが可能な運搬能力を有する作業主体を、すべて割り当てる。作業主体割り当て部15は、作業主体が割り当てられてない荷物があるかを判断し、作業主体が割り当てられてない荷物があれば、エラーを制御装置30の表示部（図示せず）に供給し、表示部がエラー表示を行う。すべての荷物に対し、作業主体が割り当てられたら、作業主体割り当て部15は、割り当て結果を、運搬パターン算出部16に供給する。

【0075】

運搬パターン算出部16は、地図情報取得部4から供給された地図情報、作業主体状況取得部7から供給された作業主体状況、および作業主体割り当て部15から供給された各導入数パターンにおける割り当て結果を参照する。運搬パターン算出部16は、参照した情報に基づき、各導入数パターンに対して、荷物と当該荷物を運搬する作業主体との組み合わせを、運搬パターンとして複数パターン算出する。運搬パターンの算出方法の詳細については、後述する。また、運搬パターン算出部16は、作業主体状況取得部7から供給された作業主体の現在位置、および荷物情報取得部5から供給された荷物の現在位置、及び荷物の運搬先を参照して、各運搬パターンについて運搬ルートを算出する。運搬パターン算出部16は、算出した運搬パターンおよび運搬ルートを、所要時間算出部18、及び充電ルート算出部17に供給する。

10

【0076】

充電ルート算出部17は、残稼働時間取得部8から供給された残稼働時間を参照して、各移動体の充電要否を判断する。充電ルート算出部17による充電要否の判断方法は、特に限定されないが、例えば、充電ルート算出部17は、ある移動体の残稼働時間が一定値以下であれば、充電が必要と判断する。この「一定値」は、ユーザが適宜設定することが可能である。また、充電ルート算出部17は、作業主体が空いている充電ステーションの位置まで移動するために必要な残稼働時間を考慮して、一定値を定めてもよい。

20

【0077】

充電が必要な場合、充電ルート算出部17は、地図情報取得部4から供給された地図情報を参照して、移動体毎に、各移動体を充電ステーションまで移動させる経路、すなわち充電ルートを算出する。充電ルート算出部17は、算出した充電ルートを、所要時間算出部18に供給する。

【0078】

充電ルート算出部17は、一例においては、複数の充電ルートを算出する。所要時間算出部18は、充電ルート算出部17から供給された複数の充電ルートを参照して、充電のための所要時間が最も短い充電ルートを決定し、制御部11へ供給することで、より効率よく充電を行うことが可能である。なお、図2においては図示していないが、充電ルート算出部17は、1つのみ充電ルートを算出して、該充電ルートを所要時間算出部18に供給せずに、制御部11に供給してもよい。

30

【0079】

所要時間算出部18は、運搬パターン算出部16から供給された運搬パターン及び各運搬パターンにおける運搬ルート、及び運搬能力取得部6から供給された各作業主体の移動速度を参照する。所要時間算出部18は、参照した情報に基づき、各導入数パターンについて、最も荷物の運搬にかかる所要時間の短い運搬パターンと、該運搬パターンにおける所要時間を決定する。各導入数パターンに対して、最も所要時間の短い運搬パターンを決定する方法の詳細については、後述する。

40

【0080】

所要時間算出部18は、各導入数パターンについて決定した運搬パターンの所要時間を比較して、最も所要時間の短い運搬パターンを1または複数決定する。所要時間算出部18が決定した最も所要時間の短い運搬パターンのことを、以下では運搬パターン群とも称する。決定した最も所要時間の短い運搬パターン群を、金額算出部14に供給する。

【0081】

なお、所要時間算出部18は、運搬パターン及び充電パターンを組み合わせた所要時間

50

を算出し、運搬パターン及び充電パターンの所要時間の合計が最短となる組合せを算出してもよい。これにより、運搬計画作成部25が、より効率の良い運搬計画及び充電計画を作成することができる。

【0082】

金額算出部14は、所要時間算出部18より供給された最も所要時間の短い運搬パターン群、および作業主体情報取得部12から供給された各作業主体に対する費用を参照して、各運搬パターンにおいて用いる作業主体にかかる合計金額を算出する。なお、詳しくは後述するが、金額算出部14は、ある導入数パターンについての合計金額の算出が完了する毎に、ある導入数パターンについての合計金額の算出が完了したという情報を、導入数算出部13に供給する。該情報を受け取った導入数算出部13が、すべての導入数パターンについて、最も所要時間の短い運搬パターンの算出、および合計金額の算出が完了したかを判断する。導入数算出部13は、すべての導入数パターンについて、最も所要時間の短い運搬パターンの算出、および合計金額の算出が完了したと判断したら、すべての導入数パターンについて算出が完了したという情報を、金額算出部14に供給する。これにより、作業主体数決定部200は、すべての導入数パターンを考慮して、運搬計画を作成することができる。

10

【0083】

金額算出部14は、最も所要時間の短い運搬パターン群の中から、最も作業主体にかかる合計金額が少ない運搬パターンを決定する。この構成によれば、金額算出部14は、最も所要時間が短く、かつ作業主体にかかる合計金額が少ない運搬パターンを決定することができる。金額算出部14は、最も所要時間が短く、かつ作業主体にかかる合計金額が少ない運搬パターンを、運搬計画作成部25に供給する。

20

【0084】

運搬計画作成部25は、金額算出部14に供給された、最も所要時間が短く、かつ作業主体にかかる合計金額が少ない運搬パターンを参照して、運搬計画を作成する。運搬計画作成部25は、算出した運搬計画を、配送計画比較部19に供給する。

【0085】

配送計画比較部19は、運搬計画作成部25から供給された運搬計画と、配送計画取得部3から供給された配送計画とを比較し、運搬計画が配送計画を達成することが可能かを判断する。配送計画比較部19は、運搬計画が配送計画を達成することが可能だと判断すれば、運搬計画取得部10へ運搬計画を供給する。また、配送計画比較部19は、運搬計画が配送計画を達成することができないと判断すれば、エラーを制御装置30の表示部に供給し、表示部がエラー表示を行う。

30

【0086】

なお、運搬計画作成部25は、充電ルート算出部17から充電ルートを取得して、各移動体の充電が完了する時刻を考慮した運搬計画を作成してもよい。これにより、運搬計画作成部25は、より効率の良い運搬計画及び充電計画を作成することができる。

【0087】

なお、本実施形態においては、作業主体数決定部200は、荷物運搬に係る所要時間が最も短く、かつ作業主体にかかる合計金額が少なくなるように作業主体の数を決定しているが、作業主体の数の決定の際、何を条件として、作業主体の数を最適化するかは、ユーザが自由に設定することができる。例えばユーザは、作業主体数決定部200が、所定の条件を満たすように、換言すれば、ある事項がユーザが設定した条件の範囲内となるように、作業主体の数を決定するよう設定することができる。ここで所定の条件は、特に限定されないが、例えば、上述した所要時間、および作業主体にかかる合計金額の他に、消費エネルギーについての条件等であり得る。

40

【0088】

(運搬パターン算出の概要1)

図3を参照して、運搬パターンの算出の概要1について説明する。図3(a)は、運搬パターン算出の一例における、荷物情報、各移動体の運搬能力、移動体情報、および移動

50

体状況を示す図である。図3(b)は、導入数パターンの算出方法の一例を示す図である。

【0089】

導入数算出部13は、表33に示すように、運搬対象である荷物A～Cについて、荷物情報取得部5から供給された荷物情報を参照する。本例においては、荷物情報は、各荷物の重量、運搬のスタート位置、および運搬のゴール位置を含む。

【0090】

また、導入数算出部13は、表34に示すように、作業主体1～3について、運搬能力取得部6から供給された運搬能力、作業主体情報取得部12から供給された金額、および作業主体状況取得部7から供給された作業主体状況を参照する。本例においては、運搬能力は、各作業主体の運搬可能な荷物の重量、作業主体情報は各作業主体にかかる金額、作業主体状況は、各作業主体の初期位置を含む。なお、本例においては、作業主体が、荷物の運搬を行う前の位置である初期位置にあるが、各作業主体の位置は、特に限定されない。例えば、作業主体状況取得部7は、ある程度運搬を行った後の各作業主体の仮想的な位置を取得してもよい。

【0091】

導入数算出部13は、作業主体情報取得部12から供給された各種の作業主体の最大導入数を参照する。本実施形態においては、作業主体1、2、及び3の最大導入数は、それぞれ、x、y、及びzである。導入数算出部13は、各作業主体の最大導入数を上限として、作業主体1～3の導入数の可能な組み合わせをすべて算出し、各組み合わせを、各導入数パターンとして設定する。導入数算出部13は、算出した導入数パターンを、作業主体割り当て部15に供給する。作業主体割り当て部15は、各導入数パターンにおいて、各荷物に対し、作業主体の割り当てを行い、作業主体の割り当て結果を運搬パターン算出部16に供給する。運搬パターン算出部16は、作業主体の割り当て結果を参照して、運搬パターンおよび運搬ルートを算出し、所要時間算出部18に供給する。作業主体の割り当て、および運搬パターンの算出の詳細については、後述する。

【0092】

所要時間算出部18は、一つの導入数パターンに対して算出された運搬ルートのうち、最も所要時間の短い運搬パターンを、その導入数パターンの運搬パターンとして選択し、該運搬パターンの所要時間を、その導入数パターンの所要時間とする。所要時間算出部18は、すべての導入数パターンについてそれぞれ、最も所要時間の短い運搬パターンを選択し、それぞれの導入数パターンの所要時間を決定する。各導入数パターンについて決定された所要時間は、図3(b)の表に示した通りである。決定された運搬パターンは、各作業主体に関する決定結果を含んでいる。

【0093】

所要時間算出部18は、各導入数パターンについて決定した運搬パターンの所要時間を比較し、最も所要時間の短い1または複数の運搬パターンを、最も所要時間の短い運搬パターン群Gとする。本例においては、導入数パターン5～Xの所要時間が最も短いため、導入数パターン5～Xそれぞれについて決定した運搬パターンをまとめて、最も所要時間の短い運搬パターン群Gとする。

【0094】

金額算出部14は、各導入数パターンにおいて、用いる作業主体にかかる合計金額を算出する。なお、本例においては、金額算出部14は、すべての導入数パターンについて合計金額を算出しているが、本実施形態はこれに限定されるものではない。例えば、金額算出部14は、最も所要時間の短い導入数パターン群Gのみについて、合計金額を算出してもよい。

【0095】

本実施形態において金額算出部14は、最も所要時間の短い運搬パターン群の中から、最も作業主体にかかる合計金額が少ない運搬パターンを選択し、運搬計画作成部25に供給する。

【0096】

(運搬パターン算出の概要2)

図4を参照して、運搬パターンの算出の概要2について説明する。図4(a)は、運搬パターン算出の一例における、各人の人員情報、各移動体の運搬能力、および移動体情報を示す図である。図4(b)は、導入数パターンの算出方法の一例を示す図である。

【0097】

本例では、シミュレーション装置1は、作業主体として、移動体のみならず、運搬作業に関わる人も考慮して、運搬パターンの算出を行う。本例では、説明を簡単にするために、人が移動体と同様、荷物の運搬を行うと仮定しているが、作業者は、例えば、荷物を移動体に受け渡す作業等、移動体が行う作業とは異なる一部の作業のみを担当してもよい。表35に示すように、人は、運搬能力毎のグループ分けされて、各グループに対応する「人属性」(人1~3)を与えられている。

10

【0098】

導入数算出部13は、作業主体情報取得部12から供給された各種の移動体、および各人属性の人の最大導入数を参照する。本実施形態においては、移動体1、2、および3、並びに、人1、2、および3の最大導入数は、それぞれ、x、y、及びz、並びに、a、b、cである。導入数算出部13は、各作業主体の最大導入数を上限として、作業主体1~3、および人1~3の導入数の可能な組み合わせをすべて算出し、各組み合わせを、各導入数パターンとして設定する。導入数算出部13は、算出した導入数パターンを、作業主体割り当て部15に供給する。

20

【0099】

その後、上述した運搬パターン算出の概要1と同様に、作業主体割り当て部15、運搬パターン算出部16、および所要時間算出部18の処理により、最も所要時間の短い運搬パターン群が決定される。金額算出部14は、上述した運搬パターン算出の概要1と同様に、最も所要時間の短い運搬パターン群の中から、最も作業主体にかかる合計金額が少ない運搬パターンを選択する。

【0100】

本例においては、シミュレーション装置1は、所定の条件を満たす、各移動体の数、および各人属性の人の数を決定することができる。なお、図示しないが、シミュレーション装置1は、作業者の人数および人属性を先に決定してから、好適な作業主体の数を算出してもよい。またこれとは逆に、シミュレーション装置1は、作業主体の数を先に決定してから、必要な作業者の人数および能力を算出してもよい。

30

【0101】

(運搬パターン算出例1)

図5を参照して、各導入数パターンにおける運搬パターンの算出例1について説明する。

なお、図5以降において、各荷物の荷物情報と作業主体の運搬能力は、図3(a)に記載の値とは異なる。また、説明の便宜上、以降の図5~図11では、作業主体は、人を含まないものとする。

図4(a)は、各荷物に対する作業主体の割り当て方法を示す図である。図4(b)は、各運搬パターンにおける所要時間を示した表である。

40

【0102】

図5(a)に示すように、作業主体割り当て部15は、まず、各荷物の荷物情報及び各作業主体の運搬能力を参照して、各荷物に対し、該荷物を運搬することが可能な作業主体をすべて割り当てる。本例においては、荷物A~Cそれぞれに対し、作業主体1~3がすべて割り当てられている。作業主体割り当て部15は、算出した割り当て結果を、運搬パターン算出部16に供給する。

【0103】

図5(b)に示すように、次に、運搬パターン算出部16は、各荷物と作業主体との組み合わせを複数パターン算出する。運搬パターン算出部16は、各組合せについて、運搬

50

ルートを算出し、各荷物に対する、作業主体と運搬ルートとの組み合わせを、運搬パターンとする。運搬パターン算出部 16 は、算出した運搬パターンを、所要時間算出部 18 に供給する。所要時間算出部 18 は、複数の運搬パターンの中から、所要時間が最も短い運搬パターンを選択する。本例においては、所要時間算出部 18 は、最も所要時間の短い運搬パターン 3 を、運搬パターンとして選択している。

【0104】

なお、本例においては、所要時間算出部 18 は、各荷物と作業主体との各組み合わせを示す運搬パターンすべてについて、所要時間をしらみつぶしに調べる。しかしながら、運搬パターンの数が膨大である場合、所要時間算出部 18 は、適宜運搬パターンを絞り込んで、所要時間を算出すればよい。

10

【0105】

(運搬パターン算出例 2)

図 6 および図 7 を参照して、各導入数パターンにおける運搬パターンの算出例 2 について説明する。

【0106】

図 6 (a) は、各荷物に対する作業主体の割り当て方法を示す図である。図 6 (b) は、各運搬パターンにおける所要時間を示した表である。図 7 (a) は、各荷物の荷物情報、および充電ステーション情報を示す図である。図 7 (b) は、一回目の運搬開始時における各作業主体の作業主体状況を示す図である。

20

【0107】

図 6 (a) に示すように、本例では、上述した例 1 とは異なり、荷物 A を運搬できる作業主体として作業主体 1 ~ 3 が割り当てられ、荷物 B を運搬することができる作業主体として作業主体 2 のみが割り当てられ、荷物 C を運搬することができる作業主体として作業主体 2 のみが割り当てられている。

【0108】

図 6 (b) の表 20 に示すように、本例では、上述した例 1 とは異なり、作業主体割り当て部 15 が、各荷物に対し各作業主体を一回割り当ててるのみでは、すべての荷物を運搬することができない。よって、本例においては、作業主体割り当て部 15 は、一回作業主体の割り当てを行った後、後述するように各作業主体の一回目の運搬の終了時刻と位置とを参照して、再度、作業主体の割り当てを行う。

30

【0109】

図 6 (b) の表 21 は、作業主体割り当て部 15 が算出した、二回の作業主体の割り当て結果を含む運搬パターンを示す。表 20 においては、一回目の割り当てを示す。運搬パターン算出部 16 は、表 20 において作業主体が割り当てられていない荷物に対し、二回目の割り当てを行い、表 21 に示す運搬パターンを得る。

【0110】

なお、運搬パターン算出部 16 が、作業主体の割り当てを行う回数は、特に限定されない。運搬パターン算出部 16 は、作業主体が割り当てられていない荷物がなくなるまで、作業主体の割り当てを行い、複数回の割り当て結果を含む運搬パターンを算出することができる。

40

【0111】

表 20 の運搬パターン 1、2、4、5 に対し、作業主体割り当て部 15 が二回目の作業主体の割り当てを行って得た運搬パターンが、運搬パターン 1、2、5、及び 6 である。表 20 の運搬パターン 3 に対し、作業主体割り当て部 15 が、二回目、及び三回目の作業主体の割り当てを行って得た運搬パターンが、運搬パターン 3 及び 4 である。運搬パターン 3 では、作業主体 2 が荷物 A の運搬を先に行い、次に荷物 B の運搬を行ってから、荷物 C の運搬を行う。運搬パターン 4 では、作業主体 2 が荷物 A の運搬を先に行い、次に荷物 C の運搬を行ってから、荷物 B の運搬を行う。

【0112】

表 21 に示される運搬パターンでは、各作業主体は、先に表 20 の割り当てについての

50

運搬を行い、次に表 2 1 において割り当てられた荷物の運搬を行うものとする。なお、表 2 1 において、(F) は、作業主体が先に運搬する荷物、(S) は、作業主体が後に運搬する荷物を意味する。

【0 1 1 3】

所要時間算出部 1 8 は、各運搬パターンの所要時間を算出し、最も所要時間の短い運搬パターン 1 を選択する。

【0 1 1 4】

図 7 を参照して、運搬パターン 1 における二回目の運搬の運搬ルートの算出について詳細に説明する。図 6 (b) の表 2 0 を参照して上述したように、一回目の割り当てのみでは、荷物 C を運搬することができない。そこで、作業主体割り当て部 1 5 は、二回目の割り当てを行うことで、荷物 C を運搬する作業主体を決定する。図 5 において示したように、荷物 C を運搬できる運搬能力を有するのは作業主体 2 のみなので、二回目の割り当てにおいて、荷物 C に対し、作業主体 2 が割り当てられる。

10

【0 1 1 5】

荷物 A ~ C のスタート位置、およびゴール位置は、それぞれ図 6 (a) の表 3 1 に示す通りである。また、充電ステーション A ~ C の位置は、それぞれ図 6 (a) の表 3 2 に示す通りである。

【0 1 1 6】

運搬パターン算出部 1 6 は、一回目の運搬の終了時刻と位置とを参照して、二回目の運搬の運搬ルートを算出する。一回目の運搬において、作業主体 2 は荷物 B を運搬することから、一回目の運搬終了時に、作業主体 2 は、荷物 B のゴール位置 $P_{G B}$ に位置している。

20

【0 1 1 7】

図 6 (b) に示すように、一回目の運搬に用いられる作業主体 1 および 2 は、一回目の運搬開始時には使用不可である。作業主体 2 は、一回目の運搬開始から、30 秒後に使用可能となる。また、本例において二回目の運搬に用いるわけではないが、作業主体 1 は、一回目の運搬開始から、20 秒後に、一回目の運搬を終え、使用可能となる。また、作業主体 3 は、運ぶ荷物がなく、充電ステーション C に位置している状態である。なお、作業主体が充電ステーションにおいて充電中である場合、該作業主体の使用可能時刻は、充電終了予定時刻となる。

30

【0 1 1 8】

なお、本例においては、二回目の運搬を行える作業主体が一つしかないが、二回目の運搬を行える作業主体が複数存在するとき、運搬パターン算出部 1 6 は、例えば最も使用可能時刻の早い作業主体を用いるよう、運搬ルートを算出してもよい。

【0 1 1 9】

運搬パターン算出部 1 6 は、一回目の運搬終了時点での作業主体 2 の位置 $P_{G B}$ から、荷物 C の位置 $P_{S C}$ を経由し、荷物 C のゴール位置 $P_{G C}$ へと作業主体 2 が移動する最短ルートを算出し、二回目の運搬の運搬ルートとする。

【0 1 2 0】

(運搬パターン算出例 3)

40

図 8 ~ 図 1 1 を参照して、各導入数パターンにおける運搬パターンの算出例 3 について説明する。図 8 ~ 図 1 1 は、すべて運搬パターンの算出例 3 を説明するための図である。

【0 1 2 1】

図 8 (a) は、本例における荷物 A ~ C の重量と、作業主体 1 ~ 3 が運搬できる荷物の重量を示した表である。

【0 1 2 2】

図 8 (b) に示すように、本例においては、上述した例 1 および 2 とは異なり、一つの作業主体が複数の荷物をまとめて運搬することが可能である。図 8 (b) に示すように、作業主体割り当て部 1 5 は、各作業主体が同時にどの荷物を運搬することができるかについての情報 S I を参照し、単数又は複数の荷物に対し、運搬可能な作業主体をすべて割り

50

当てる。なお、上記の情報 S I は、一例として、作業主体割り当て部 15 により、対象となる作業主体の運搬可能重量と、各荷物の重量とを参照して生成される。

【0123】

図 9 は、図 8 (b) で得られた組合せ 1 ~ 4 に基づき、運搬パターン算出部 16 が算出した運搬パターンと、所要時間算出部 18 が算出したその所要時間である。運搬パターン算出部 16 は、組合せ 2 ~ 4 に対しては、複数の運搬パターンを算出する。所要時間算出部 18 は、各運搬パターンの所要時間を算出し、最も所要時間の短い運搬パターン 3 を選択する。

【0124】

図 10 及び図 11 を用いて、運搬パターンの算出方法について、さらに詳細に説明する。図 10 及び図 11 で示すように、組み合わせ 1 ~ 4 のそれぞれにおいて、複数の荷物を運搬する作業主体の種類及び各作業主体が荷物を取得する順番は複数あり得る。

10

【0125】

図 10 の表 23 に示されるように、運搬パターン算出部 16 は、組み合わせ 1 について、可能な荷物取得のパターンを算出する。組み合わせ 1 では、作業主体は、複数の荷物を運搬するもの（表中では、複数荷物運搬機と称している）のみである。単数の荷物を運搬する作業主体（表中では、単数荷物運搬機と称している）は、組み合わせ 1 では存在しない。所要時間算出部 18 は、各運搬パターンにおける所要時間を算出し、所要時間の最も短い運搬パターン 1-1 を、組み合わせ 1 の運搬パターン 1 として選択する。

【0126】

20

図 11 の表 24 に示すように、運搬パターン算出部 16 は、組み合わせ 2 について、荷物取得の運搬パターンを複数算出する。なお、運搬パターンのうち、図 10 の表 23 と同じ運搬パターンについては、表 24 では記載を省略している。表 24 に示すように、組み合わせ 2 の運搬パターンでは、複数の荷物を運搬する作業主体 1 と、単数の荷物を運搬する作業主体 2 及び 3 が存在する。

【0127】

所要時間算出部 18 は、各運搬パターンにおける所要時間を算出し、使用する作業主体の組み合わせ別に、所要時間の最も短い運搬パターンを、組み合わせ 2 の運搬パターンとして選択する。本例においては、所要時間算出部 18 は、荷物 A および B を作業主体 1 で、荷物 C を作業主体 2 で運搬する運搬パターンである 3-1 及び 3-2 から、所要時間の短い方の運搬パターン 3-1 を、組み合わせ 2 で作業主体 1 および 2 を用いた場合の運搬パターンとして選択する。同様に、所要時間算出部 18 は、荷物 A および B を作業主体 1 で、荷物 C を作業主体 3 で運搬する運搬パターンである 4-1 及び 4-2 から、所要時間の短い方の運搬パターン 4-2 を、組み合わせ 2 で作業主体 1 および 3 を用いた場合の運搬パターンとして選択する。なお、表 22 の運搬パターン 2 は、組み合わせ 2 において、すべての荷物を作業主体 1 で運搬したときの運搬パターンであり、上述した組み合わせ 1 における運搬パターン 1-1 と同じである。

30

【0128】

（運搬パターン算出例 4）

次に、運搬パターンの算出例 4 について説明する。本例は、上述した運搬パターン算出例 3 と運搬パターン算出例 4 とを組み合わせた算出例に対応する。

40

【0129】

本例においては、運搬パターン算出例 3 と同様に、単数又は複数の荷物に対し、運搬可能な作業主体をすべて割り当て、複数の荷物を運搬する作業主体が荷物を取得する順番まで考慮して、運搬パターンを算出する。さらに上述した運搬パターン算出例 2 と同様に、作業主体割り当て部 15 は、一回作業主体の割り当てを行った後、各作業主体の一回目の運搬の終了時刻と位置とを参照して、再度、作業主体の割り当てを行う。

【0130】

（作業主体決定処理の流れ）

図 12 を参照して、各荷物を運搬する作業主体数決定処理の流れを説明する。図 12 は

50

、作業主体数決定処理の流れを示すフローチャートである。

【0131】

(ステップS001)

まず、ステップS001において、導入数算出部13は、各作業主体の最大導入数を含む作業主体情報を取得する。

【0132】

(ステップS002)

続いて、ステップS002において、導入数算出部13は、各作業主体の最大導入数を参照して、導入数パターンを算出する。導入数算出部13は、算出した導入数パターンを、作業主体割り当て部15へと供給する。

10

【0133】

(ステップS004)

続いて、ステップS004において、作業主体割り当て部15は、荷物情報を取得する。荷物情報取得部5は、取得した荷物情報を、作業主体割り当て部15に供給する。

【0134】

(ステップS006)

続いて、ステップS006において、運搬能力取得部6は、各作業主体が運搬できる荷物の条件を含む、作業主体の運搬能力を取得する。運搬能力取得部6は、取得した運搬能力を、作業主体割り当て部15に供給する。

20

【0135】

なお、上記のステップS002～S006の順番は、特に限定されず、互いに入れ替えることが可能である。

【0136】

(ステップS008)

続いて、ステップS008において、作業主体割り当て部15は、導入数算出部13から供給された導入数パターンの一つについて、各荷物に対して、該荷物を運搬することが可能な作業主体をすべて割り当てる。作業主体の割り当て方法については、上述した通りである。

【0137】

(ステップS010)

続いて、ステップS010において、作業主体割り当て部15は、作業主体が割り当てられていない荷物があるかを判断する。作業主体割り当て部15は、作業主体が割り当てられていない荷物があれば、エラーを制御装置30の表示部(図示せず)に供給し、表示部がエラー表示を行う。すべての荷物に対し、作業主体が割り当てられたら、作業主体割り当て部15は、割り当て結果を、運搬パターン算出部16に供給する。

30

【0138】

(ステップS012)

続いて、ステップS012において、運搬パターン算出部16は、作業主体状況取得部7から、作業主体状況を取得する。

【0139】

(ステップS013)

続いて、ステップS013において、運搬パターン算出部16は、地図情報取得部4から、地図情報を取得する。

40

【0140】

なお、運搬パターン算出部16がステップS012およびステップS013の処理を行う順番は、ステップS014の前であれば、特に限定されない。

【0141】

(ステップS014)

続いて、ステップS014において、運搬パターン算出部16は、作業主体割り当て部15から供給された割り当て結果、作業主体状況取得部7から供給された作業主体状況、

50

および地図情報取得部4から供給された地図情報を参照して、運搬パターンおよび各運搬パターンにおける運搬ルートを算出する。運搬パターンの算出方法の詳細は、上述した通りである。

【0142】

(ステップS018)

続いて、ステップS018において、運搬パターン算出部16は、作業主体が割り当てられていない荷物があるか、換言すれば、各荷物に対し作業主体を一回割り当てたとき、ユーザがすべての荷物を運搬することができるかどうかを判断する。作業主体が割り当てられていない荷物があれば、作業主体数決定部200は、ステップS012に戻り、ステップS012からステップS018までを繰り返すことで、複数回作業主体の割り当てを行
10う。作業主体が割り当てられていない荷物がなければ、運搬パターン算出部16は、算出した運搬パターンを、所要時間算出部18に供給する。

【0143】

(ステップS019)

続いて、ステップS016において、所要時間算出部18は、運搬パターン算出部16から供給された運搬パターンを参照して、各運搬パターンにおける各荷物の運搬の所要時間を算出する。

【0144】

(ステップS020)

続いて、ステップS020において、所要時間算出部18は、最も所要時間の短い運搬パターンを決定する。所要時間算出部18は、決定した最も所要時間の短い運搬パターンを、運搬計画作成部25に供給する。
20

【0145】

(ステップS021)

続いて、ステップS021において、作業主体情報取得部12は、各作業主体に対する費用を含む作業主体情報を取得し、金額算出部14に供給する。金額算出部14は、各作業主体に対する費用を参照して、作業主体の合計金額を算出する。金額算出部14は、ある導入数パターンについての合計金額の算出が完了したという情報を、導入数算出部13に供給する。

【0146】

(ステップS022)

続いて、ステップS022において、導入数算出部13は、すべての導入数パターンについて、最も所要時間の短い運搬パターンの算出、および合計金額の算出が完了したかを判断する。導入数算出部13は、最も所要時間の短い運搬パターンの算出、および合計金額の算出が完了していない導入数パターンがあれば、ステップS004に戻り、ステップS004～S022の処理を繰り返す。導入数算出部13は、すべての導入数パターンについて、最も所要時間の短い運搬パターンの算出、および合計金額の算出が完了したと判断したら、すべての導入数パターンについて算出が完了したという情報を、金額算出部14に供給する。
30

【0147】

(ステップS023)

続いて、ステップS023において、金額算出部14は、すべての導入数パターンについて算出した最も所要時間の短い運搬パターンの中から、最も所要時間の短い運搬パターン群を選択する。最も所要時間の短い運搬パターン群の選択方法の詳細は、上述した通りである。さらに、金額算出部14は、最も所要時間の短い運搬パターン群の中から、最も作業主体の合計金額が少ない運搬パターンを選択し、運搬計画作成部25に供給する。
40

【0148】

(ステップS024)

続いて、ステップS024において、運搬計画作成部25は、金額算出部14から供給された、最も所要時間が短く、かつ作業主体の合計金額が少ない運搬パターンに基づき、
50

運搬計画を作成する。運搬計画作成部 25 は、作成した運搬計画を、配送計画比較部 19 に供給する。

【0149】

(ステップ S025)

続いて、ステップ S025 において、配送計画比較部 19 は、配送計画取得部 3 から供給された配送計画を取得する。なお、ステップ S025 の処理を行う順番は、ステップ S026 の前であれば、特に限定されるものではない。

【0150】

(ステップ S026)

続いて、ステップ S026 において、配送計画比較部 19 は、運搬計画作成部 25 から供給された運搬計画と、配送計画取得部 3 から供給された配送計画とを比較し、運搬計画が配送計画を達成することが可能かを判断する。配送計画比較部 19 は、運搬計画が配送計画を達成することが可能だと判断すれば、作業主体数決定処理を終了する。また、配送計画比較部 19 は、運搬計画が配送計画を達成することができないと判断すれば、エラーを制御装置 30 の表示部に供給し、表示部がエラー表示を行う。

10

【0151】

〔ソフトウェアによる実現例〕

シミュレーション装置 1 の制御ブロック（特に地図情報取得部 4、荷物情報取得部 5、運搬能力取得部 6、作業主体状況取得部 7、および作業主体数決定部 200）は、集積回路（ICチップ）等に形成された論理回路（ハードウェア）によって実現してもよいし、ソフトウェアによって実現してもよい。

20

【0152】

後者の場合、シミュレーション装置 1 は、各機能を実現するソフトウェアであるプログラムの命令を実行するコンピュータを備えている。このコンピュータは、例えば 1 つ以上のプロセッサを備えていると共に、上記プログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記録媒体を備えている。そして、上記コンピュータにおいて、上記プロセッサが上記プログラムを上記記録媒体から読み取って実行することにより、本発明の目的が達成される。上記プロセッサとしては、例えば CPU（Central Processing Unit）を用いることができる。上記記録媒体としては、「一時的でない有形の媒体」、例えば、ROM（Read Only Memory）等の他、テープ、ディスク、カード、半導体メモリ、プログラマブルな論理回路などを用いることができる。また、上記プログラムを展開する RAM（Random Access Memory）などをさらに備えていてもよい。また、上記プログラムは、該プログラムを伝送可能な任意の伝送媒体（通信ネットワークや放送波等）を介して上記コンピュータに供給されてもよい。なお、本発明の一態様は、上記プログラムが電子的な伝送によって具現化された、搬送波に埋め込まれたデータ信号の形態でも実現され得る。

30

【0153】

本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

【符号の説明】

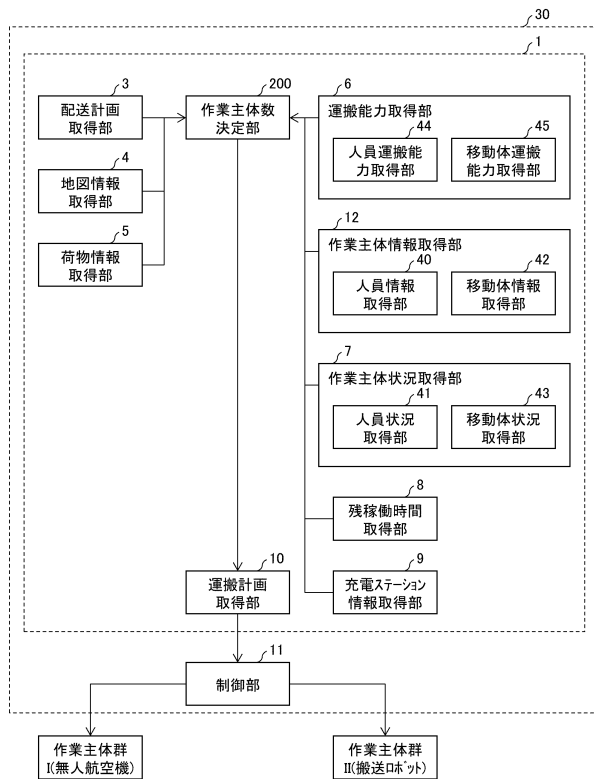
40

【0154】

- 1 シミュレーション装置
- 200 作業主体数決定部
- 3 配送計画取得部
- 4 地図情報取得部
- 5 荷物情報取得部
- 6 運搬能力取得部
- 7 作業主体状況取得部

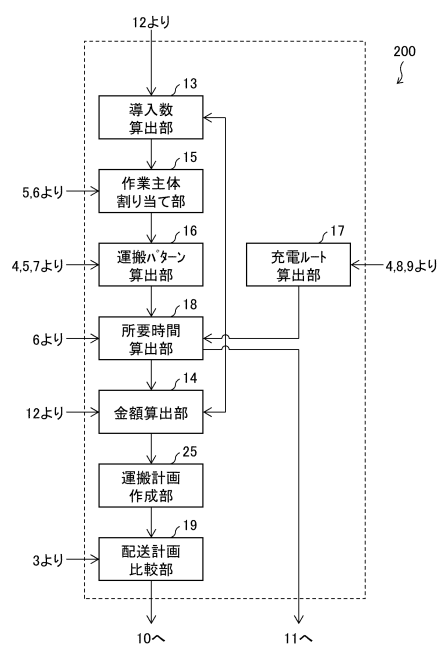
【図 1】

図 1



【図 2】

図 2



【図 3】

図 3

(a)

荷物	重量(g)	Start位置	Goal位置
荷物A	400	P _{SA}	P _{GA}
荷物B	1500	P _{SB}	P _{GB}
荷物C	300	P _{SC}	P _{GC}

作業主体	運搬可能重量(g)	金額(円)	初期位置
作業主体1	2500	1500000	P _{S1}
作業主体2	700	700000	P _{S2}
作業主体3	300	300000	P _{S3}

(b)

パターンNo	作業主体1	作業主体2	作業主体3	所要時間(s)	合計金額(円)
1	1	0	0	150	1500000
2	1	1	0	90	2200000
3	1	1	1	75	2500000
4	2	0	0	80	3000000
5	2	1	0	70	3700000
6	2	1	1	70	4000000
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
X	x	y	z	70	M

選択

【図 4】

図 4

(a)

人属性	搬送可能重量(g)	最大導入数(人)	平均金額/月(円)
人1	5000	a	300000
人2	4000	b	250000
人3	3000	c	200000

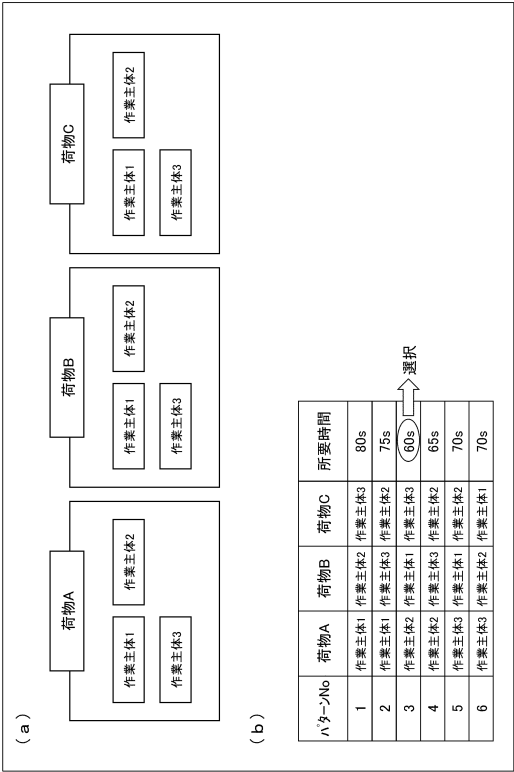
移動体	積載可能重量(g)	金額/月(円)
移動体1	2500	25000
移動体2	700	12000
移動体3	300	5000

(b)

パターンNo	移動体1	移動体2	移動体3	人1	人2	人3	所要時間(s)	合計金額(円)
1	1	0	0	0	0	0	150	25000
2	1	1	0	0	0	0	90	32000
3	1	1	1	0	0	0	75	35000
4	1	1	1	1	0	0	80	335000
5	1	1	1	1	1	0	70	585000
6	1	1	1	1	1	1	70	785000
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
X	x	y	z	a	b	c	70	M

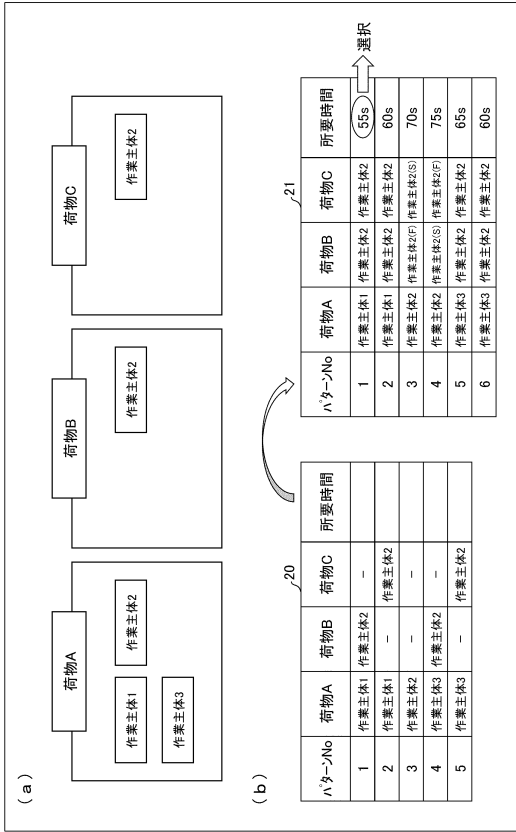
【図 5】

図 5



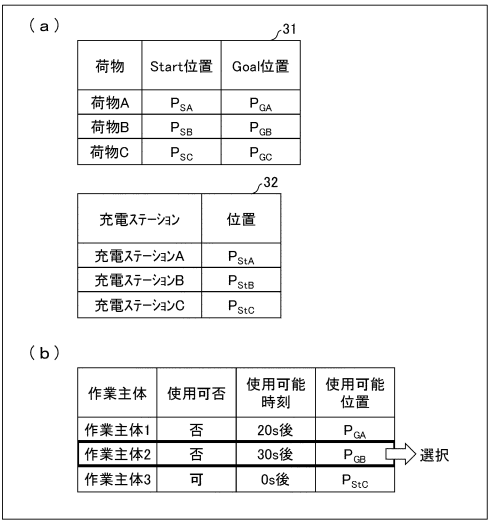
【図 6】

図 6



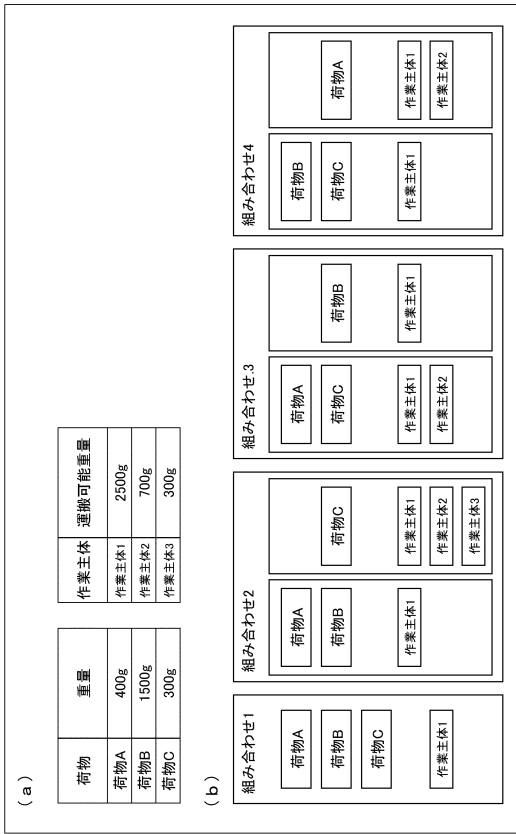
【図 7】

図 7



【図 8】

図 8



【図 9】

図 9

パターンNo	組み合わせ No	荷物A	荷物B	荷物C	所要時間
1	1	作業主体1	作業主体1	作業主体1	60S
2	2	作業主体1	作業主体1	作業主体1	60S
3	2	作業主体1	作業主体1	作業主体2	55S
4	2	作業主体1	作業主体1	作業主体3	70S
5	3	作業主体1	作業主体1	作業主体1	60S
6	3	作業主体2	作業主体1	作業主体2	75S
7	4	作業主体1	作業主体1	作業主体1	65S
8	4	作業主体2	作業主体1	作業主体1	70S

選択

【図 10】

図 10

パターンNo	組み合わせ No	荷物A	荷物B	荷物C	所要時間
1	1	作業主体1	作業主体1	作業主体1	60S
2	2	作業主体1	作業主体1	作業主体1	60S
3	2	作業主体1	作業主体1	作業主体2	55S
4	2	作業主体1	作業主体1	作業主体3	70S
5	3	作業主体1	作業主体1	作業主体1	60S
6	3	作業主体2	作業主体1	作業主体2	75S
7	4	作業主体1	作業主体1	作業主体1	65S
8	4	作業主体2	作業主体1	作業主体1	70S

パターンNo	組み合わせ No	複数荷物 運搬機	取得順番1	取得順番2	取得順番3	単数荷物 運搬機	所要時間
1-1	1	作業主体1	荷物A	荷物B	荷物C	NA	60s
1-2	1	作業主体1	荷物A	荷物C	荷物B	NA	70S
1-3	1	作業主体1	荷物B	荷物A	荷物C	NA	65S
1-4	1	作業主体1	荷物B	荷物C	荷物A	NA	75S
1-5	1	作業主体1	荷物C	荷物A	荷物B	NA	65S
1-6	1	作業主体1	荷物C	荷物B	荷物A	NA	65S

【図 11】

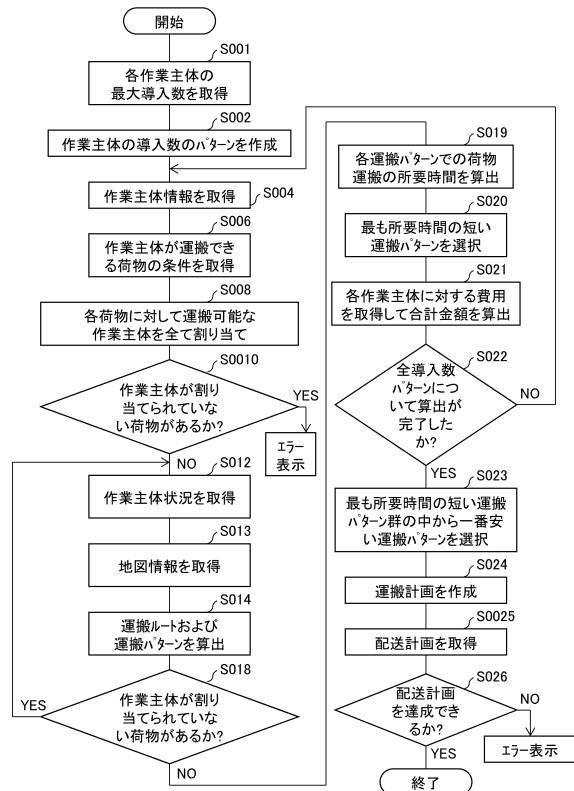
図 11

パターンNo	組み合わせ No	荷物A	荷物B	荷物C	所要時間
1	1	作業主体1	作業主体1	作業主体1	60S
2	2	作業主体1	作業主体1	作業主体1	60S
3	2	作業主体1	作業主体1	作業主体2	55S
4	2	作業主体1	作業主体1	作業主体3	70S
5	3	作業主体1	作業主体1	作業主体1	60S
6	3	作業主体2	作業主体1	作業主体2	75S
7	4	作業主体1	作業主体1	作業主体1	65S
8	4	作業主体2	作業主体1	作業主体1	70S

パターンNo	組み合わせ No	複数荷物 運搬機	取得順番1	取得順番2	取得順番3	単数荷物 運搬機	所要時間
3-1	2	作業主体1	荷物A	荷物B	荷物C	作業主体2	55s
3-2	2	作業主体1	荷物B	荷物A	荷物C	作業主体2	70S
4-1	2	作業主体1	荷物A	荷物B	荷物C	作業主体3	75s
4-2	2	作業主体1	荷物B	荷物A	荷物C	作業主体3	70S

【図 12】

図 12



フロントページの続き

- (56)参考文献 米国特許第9387928 (US, B1)
特開平08-044429 (JP, A)
国際公開第2017/090108 (WO, A1)
特開2014-026611 (JP, A)
特開平11-053680 (JP, A)
国際公開第2017/068871 (WO, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G06Q 10/00-99/00
B65G 1/137