

(11) 特許出願公開番号

特開2010-55158

(P2010-55158A)

(43) 公開日 平成22年3月11日(2010.3.11)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
G05D 1/02 (2006.01)	G05D 1/02 P	3C100
G05B 19/418 (2006.01)	G05B 19/418 B	5H301

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2008-216504 (P2008-216504)
(22) 出願日 平成20年8月26日 (2008. 8. 26)

(71) 出願人	000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(74) 代理人	100075812 弁理士 吉武 賢次
(74) 代理人	100082991 弁理士 佐藤 泰和
(74) 代理人	100096921 弁理士 吉元 弘
(74) 代理人	100103263 弁理士 川崎 康
(74) 代理人	100118876 弁理士 鈴木 順生

[最終頁に続く](#)

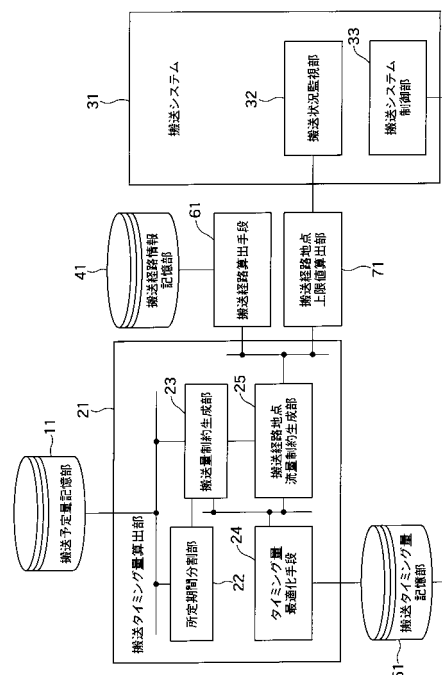
(54) 【発明の名称】 搬送システム制御装置および搬送システム制御方法

(57) 【要約】

【課題】搬送計画量を遵守しつつ、被搬送物の搬送を効率的に行う。

【解決手段】本発明の一態様としての搬送システム制御装置は、ある計画期間における各搬送元設備から各搬送先設備への搬送予定量を記憶する搬送予定量記憶部と、各前記搬送元設備から各前記搬送先設備への経路を算出する経路算出手段と、前記ある計画期間を複数に分割する所定期間分割手段と、前記分割期間毎に前記搬送経路における第1～第pの地点を流れる前記被搬送物の上限流量をそれぞれ決定する上限流量決定手段と、前記分割期間毎に前記第1～第pの地点を流れる前記被搬送物の流量が、前記第1～第pの地点に対応する前記上限流量以下になるように、各前記搬送元設備から各前記搬送先設備への搬送予定量を各前記分割期間に対してそれぞれ分割して各前記搬送元設備および各前記搬送先設備間の期間毎搬送量を算出する期間毎搬送量算出部と、を備えたことを特徴とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

それぞれ搬送元設備または搬送先設備またはこれらの両方に該当する第 1 ～ 第 m の設備間で搬送経路を介して被搬送物を搬送する搬送システムを制御する搬送システム制御装置であって、

ある計画期間において各搬送元設備から各搬送先設備への搬送予定量を記憶する搬送予定量記憶部と、

前記搬送経路と前記第 1 ～ 第 m の設備との配置関係を記述した経路配置情報を記憶する経路配置情報記憶手段と、

前記経路配置情報に基づき、各前記搬送元設備から各前記搬送先設備への経路を算出する経路算出手段と、

前記ある計画期間を複数に分割して複数の分割期間 1 ～ b (b は 2 以上の整数) を得る期間分割手段と、

前記分割期間 1 ～ b の各々において前記搬送経路における第 1 ～ 第 p の地点を流れる前記被搬送物の上限流量をそれぞれ決定する上限流量決定手段と、

各前記搬送元設備から各前記搬送先設備への搬送予定量を前記分割期間 1 ～ b へ分割して、各前記搬送元設備および各前記搬送先設備間の期間毎搬送量を算出する期間毎搬送量算出部と、を備え、

前記期間毎搬送量算出部は、

前記分割期間 1 ～ b の各々において前記第 1 ～ 第 p の地点を流れる前記被搬送物の流量が、前記第 1 ～ 第 p の地点に対応する前記上限流量以下になる経路地点流量制約条件と、

前記搬送元設備および前記搬送先設備間毎に、各前記分割期間の搬送量の合計が前記ある計画期間内の搬送予定量に等しいとする第 1 の搬送量制約条件と、

前記第 1 ～ 第 m の設備のそれぞれについて、分割期間 n (n は 1 以上 b 以下の整数) において搬出される搬送量が、分割期間 1 ～ n - 1 の間に搬入された搬入量と分割期間 1 の開始時に存在した初期量との合計量から前記分割期間 1 ～ n - 1 の間に搬出された搬出量を減算した値以下となる第 2 の搬送量制約条件と、

を満たすように前記期間毎搬送量を算出することを特徴とする搬送システム制御装置。

【請求項 2】

前記搬送システムの搬送状況を監視することにより第 1 ～ 第 p の各地点を前記被搬送物が通過するのに要する平均通過時間をそれぞれ計算する搬送状況監視手段をさらに備え、

前記上限流量決定手段は、各計算された平均通過時間の逆数に各前記分割期間 1 ～ b のそれぞれを乗じることにより、前記分割期間 1 ～ b 毎に第 1 ～ 第 p の各地点のそれぞれに対する前記上限流量を決定する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の搬送システム制御装置。

【請求項 3】

各前記搬送元設備から各前記搬送先設備への前記期間毎搬送量に基づき、前記分割期間 1 ～ b 毎に、

前記第 1 ～ 第 m の各設備で必要な搬送車台数 f と、

前記第 1 ～ 第 m の各設備で利用可能な搬送車台数 g と、

前記期間毎搬送量の前記被搬送物の搬送後に前記第 1 ～ 第 m の各設備に残る搬送車残量 h

をそれぞれ計算する第 1 の計算手段と、

前記搬送車残量 h が第 1 の所定値未満になることにより搬送車が不足する第 1 の設備をもつ第 1 の分割期間が存在するかどうかを検査する第 1 の検査手段と、

前記第 1 の分割期間が存在するとき、前記第 1 の分割期間で不足する搬送車の総量 D を計算する第 2 の計算手段と、

前記搬送車残量が第 2 の所定値より大きいことにより過剰な搬送車をもつ第 2 の設備をもつ第 2 の分割期間が前記第 1 の分割期間より前に存在するかどうかを検査する第 2 の検査手段と、

10

20

30

40

50

前記第 2 の分割期間が存在するとき前記第 2 の分割期間における過剰な搬送車の総量 S を計算する第 3 の計算手段と、

前記第 2 の分割期間において前記総量 S の搬送車を前記第 2 の設備から所定の倉庫に回収する経路を、前記第 2 の分割期間に対応する前記第 1 ～第 p の地点の前記上限流量を満たすように決定する第 1 の経路決定手段と、

回収した前記総量 S の搬送車を含む前記所定の倉庫内の搬送車を用いて、前記総量 D の搬送車を、前記第 2 の分割期間以降かつ前記第 1 の分割期間より前の第 3 の分割期間において前記第 1 の設備に送るための経路を、前記第 3 の分割期間に対応する前記第 1 ～第 p の地点の前記上限流量を満たすように決定する第 2 の経路決定手段と、

をさらに備えた請求項 1 または 2 に記載の搬送システム制御装置。

10

【請求項 4】

前記期間毎搬送量算出部は、各前記搬送元設備から各前記搬送先設備への前記期間毎搬送量を示すパラメータ $stmg$ を用いて、前記分割期間 1 ～ b 毎に、

前記第 1 ～第 m の各設備で必要な搬送車台数 f と、

前記第 1 ～第 m の各設備で利用可能な搬送車台数 g と、

前記期間毎搬送量の前記被搬送物の搬送後に前記第 1 ～第 m の各設備に残る搬送車残量 h

をそれぞれ計算し、

前記第 1 ～第 m の各設備で搬送車残量 h がそれぞれ第 1 の所定値以上となるように、前記パラメータ $stmg$ の値を求める

20

ことを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか一項に記載の搬送システム制御装置。

【請求項 5】

それぞれ搬送元設備または搬送先設備またはこれらの両方に該当する第 1 ～第 m の設備間で搬送経路を介して被搬送物を搬送する搬送システムを制御する搬送システム制御方法であって、

ある計画期間における各搬送元設備から各搬送先設備への搬送予定量を搬送予定量記憶部に記憶する記憶ステップと、

前記搬送経路と前記第 1 ～第 m の設備の配置関係を記述した経路配置情報に基づき、各前記搬送元設備から各前記搬送先設備への経路を算出する経路算出ステップと、

前記ある計画期間を複数の分割期間 1 ～ b (b は 2 以上の整数) に分割する期間分割ステップと、

30

前記分割期間 1 ～ b 毎に前記搬送経路における第 1 ～第 p の地点を流れる前記被搬送物の上限流量をそれぞれ決定する上限流量決定ステップと、

各前記搬送元設備から各前記搬送先設備への搬送予定量を前記分割期間 1 ～ b へ分割して、各前記搬送元設備および各前記搬送先設備間の期間毎搬送量を算出する期間毎搬送量算出ステップと、を備え、

前記期間毎搬送量算出ステップは、

前記分割期間 1 ～ b の各々において前記第 1 ～第 p の地点を流れる前記被搬送物の流量が、前記第 1 ～第 p の地点に対応する前記上限流量以下になる経路地点流量制約条件と、

前記搬送元設備および前記搬送先設備間毎に、各前記分割期間の搬送量の合計が前記ある計画期間内の搬送予定量に等しいとする第 1 の搬送量制約条件と、

40

前記第 1 ～第 m の設備のそれぞれについて、分割期間 n (n は 1 以上 b 以下の整数) において搬出される搬送量が、分割期間 1 ～ $n - 1$ の間に搬入された搬入量と分割期間 1 の開始時に存在した初期量との合計量から前記分割期間 1 ～ $n - 1$ の間に搬出された搬出量を減算した値以下となる第 2 の搬送量制約条件と、

を満たすように前記期間毎搬送量を算出することを特徴とする搬送システム制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被搬送物を搬送する搬送システムを制御する搬送システム制御装置および搬

50

送システム制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

クリーンルーム内における半導体生産現場に代表されるような生産システムの中には、その製造工程を管轄する製造システムと搬送工程を管轄する搬送システムが自動化されているものがある。このような生産システムにおける搬送システムは、製造を担う製造装置からの仕掛かり在庫の搬入要求が出されると、複数個ある自動倉庫にバッファリングしている仕掛かり在庫の中から適切な在庫を選択し、選択された在庫を搬送する自動搬送車を選択し、搬送先である製造装置までの搬送経路を選択し、選択した搬送経路で、選択した自動搬送車により在庫を搬送する。また、製造装置からの搬出要求が出されると、複数個ある自動倉庫の中から仕掛かり在庫をバッファリングする自動倉庫を選択し、搬送先自動倉庫に搬送するための自動搬送車を選択し、搬送先である自動倉庫までの経路を選択し、さらに搬送先自動倉庫に到着した在庫を自動倉庫内に搬入する。このように自動倉庫、自動搬送車、搬送経路、等といった搬送設備の運用制御が行なわれている。

10

【特許文献1】特開2006-160487公報

【特許文献2】特開2006-259859公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

このようなシステムでは所定期間内における搬送計画量が計算されるが、この搬送計画量は所定期間内で搬送できれば良いとする量で、実際の搬送において局所的に搬送量に極端な偏りが出た場合には、搬送経路上の流量が一時的に増加し、搬送車の渋滞を引き起こす原因となりうる。

20

【0004】

また、搬送に必要な搬送車はあらかじめ搬送が発生する場所にあると効率がよいが、空の搬送車の制御が計画的に行われないうえに遠くから調達することになり効率が悪くなるという問題がある。

【0005】

本発明は、搬送計画量を遵守しつつ、被搬送物の搬送を効率的に行うことができるようにした搬送システム制御装置および搬送システム制御方法を提供する。

30

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一態様としての搬送システム制御装置は、

それぞれ搬送元設備または搬送先設備またはこれらの両方に該当する第1～第mの設備間で搬送経路を介して被搬送物を搬送する搬送システムを制御する搬送システム制御装置であって、

ある計画期間において各搬送元設備から各搬送先設備への搬送予定量を記憶する搬送予定量記憶部と、

前記搬送経路と前記第1～第mの設備との配置関係を記述した経路配置情報を記憶する経路配置情報記憶手段と、

40

前記経路配置情報に基づき、各前記搬送元設備から各前記搬送先設備への経路を算出する経路算出手段と、

前記ある計画期間を複数に分割して複数の分割期間1～b（bは2以上の整数）を得る期間分割手段と、

前記分割期間1～bの各々において前記搬送経路における第1～第pの地点を流れる前記被搬送物の上限流量をそれぞれ決定する上限流量決定手段と、

各前記搬送元設備から各前記搬送先設備への搬送予定量を前記分割期間1～bへ分割して、各前記搬送元設備および各前記搬送先設備間の期間毎搬送量を算出する期間毎搬送量算出部と、を備え、

前記期間毎搬送量算出部は、

50

前記分割期間 1 ～ b の各々において前記第 1 ～ 第 p の地点を流れる前記被搬送物の流量が、前記第 1 ～ 第 p の地点に対応する前記上限流量以下になる経路地点流量制約条件と、

前記搬送元設備および前記搬送先設備間毎に、各前記分割期間の搬送量の合計が前記ある計画期間内の搬送予定量に等しいとする第 1 の搬送量制約条件と、

前記第 1 ～ 第 m の設備のそれぞれについて、分割期間 n (n は 1 以上 b 以下の整数) において搬出される搬送量が、分割期間 1 ～ n - 1 の間に搬入された搬入量と分割期間 1 の開始時に存在した初期量との合計量から前記分割期間 1 ～ n - 1 の間に搬出された搬出量を減算した値以下となる第 2 の搬送量制約条件と、

を満たすように前記期間毎搬送量を算出することの特徴とする。

【0007】

本発明の一態様としての搬送システム制御方法は、

それぞれ搬送元設備または搬送先設備またはこれらの両方に該当する第 1 ～ 第 m の設備間で搬送経路を介して被搬送物を搬送する搬送システムを制御する搬送システム制御方法であって、

ある計画期間における各搬送元設備から各搬送先設備への搬送予定量を搬送予定量記憶部に記憶する記憶ステップと、

前記搬送経路と前記第 1 ～ 第 m の設備の配置関係を記述した経路配置情報に基づき、各前記搬送元設備から各前記搬送先設備への経路を算出する経路算出ステップと、

前記ある計画期間を複数の分割期間 1 ～ b (b は 2 以上の整数) に分割する期間分割ステップと、

前記分割期間 1 ～ b 毎に前記搬送経路における第 1 ～ 第 p の地点を流れる前記被搬送物の上限流量をそれぞれ決定する上限流量決定ステップと、

各前記搬送元設備から各前記搬送先設備への搬送予定量を前記分割期間 1 ～ b へ分割して、各前記搬送元設備および各前記搬送先設備間の期間毎搬送量を算出する期間毎搬送量算出ステップと、を備え、

前記期間毎搬送量算出ステップは、

前記分割期間 1 ～ b の各々において前記第 1 ～ 第 p の地点を流れる前記被搬送物の流量が、前記第 1 ～ 第 p の地点に対応する前記上限流量以下になる経路地点流量制約条件と、

前記搬送元設備および前記搬送先設備間毎に、各前記分割期間の搬送量の合計が前記ある計画期間内の搬送予定量に等しいとする第 1 の搬送量制約条件と、

前記第 1 ～ 第 m の設備のそれぞれについて、分割期間 n (n は 1 以上 b 以下の整数) において搬出される搬送量が、分割期間 1 ～ n - 1 の間に搬入された搬入量と分割期間 1 の開始時に存在した初期量との合計量から前記分割期間 1 ～ n - 1 の間に搬出された搬出量を減算した値以下となる第 2 の搬送量制約条件と、

を満たすように前記期間毎搬送量を算出することの特徴とする。

【発明の効果】

【0008】

本発明により、搬送計画量を遵守しつつ、被搬送物の搬送を効率的に行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

(第 1 の実施形態)

図 1 は本発明の第 1 の実施形態に係わる搬送システム制御装置の概略構成を示すブロック図である。

【0010】

本装置は、ある計画期間(所定期間)内に定められた各搬送元設備から各搬送先設備への搬送計画量に対する搬送計画を立案するものである。本装置は、所定期間内を幾つかの期間に分割し、この分割期間毎の搬送量(期間毎搬送量あるいは搬送タイミング量)を、搬送経路上の各地点(搬送経路地点)にそれぞれ流すことのできる上限流量(経路地点流量上限値)以下に抑制するように、搬送計画を立案することを大きな特徴の 1 つとしてい

10

20

30

40

50

る。これにより、局所時間における搬送量の偏りを抑制し、効率的な搬送を実現する。

【0011】

このような本装置は、所定期間 T 内の搬送量を、搬送システム31における設備 $m(=1,2,\dots,M)$ 間毎に記憶している搬送予定量記憶部11を備える。設備 $m(=1,2,\dots,M)$ は、搬送元設備 $o(=1,2,\dots,M)$ または搬送先設備 $d(=1,2,\dots,M)$ またはこれらの両方になり得る。つまり搬送予定量記憶部11は所定期間 T の間に搬送すべき搬送元設備 o から搬送先設備 d への搬送予定量を記憶している。

【0012】

搬送システム31は、上記設備 $m(=1,2,\dots,M)$ 、および被搬送物を搬送する搬送経路を含む。搬送経路には複数の搬送経路地点 $p(=1,2,\dots,P)$ が設定されている。搬送システム31 10
に対しては、実際の搬送を制御する搬送システム制御部33と、実際にどれだけの量の被搬送物が搬送元設備から搬送先設備へ搬送がなされたかを監視する搬送状況監視部32が設けられている。

【0013】

搬送経路情報記憶部41は、搬送システム31の搬送経路の構造を記述した搬送経路情報（経路配置情報）を記憶している。搬送経路情報は、たとえば各設備と各設備間を結ぶ搬送経路の配置関係についての情報を含んでいる。その詳細については後述する。

【0014】

搬送経路算出手段61は、搬送経路情報を用いて、任意の2つの搬送設備間の搬送経路を算出する。 20

【0015】

搬送経路地点上限値算出部71は、搬送状況監視部32による監視に基づき、搬送経路地点 $p(=1,2,\dots,P)$ において単位時間あたりに流すことのできる最大流量（上限流量）を決定する。

【0016】

搬送タイミング量算出部21は、所定期間分割部22、搬送量制約生成部23、タイミング量最適化手段24および搬送経路地点流量制約生成部25を用いて、所定期間を分割した分割期間 $b(=1,2,\dots,B)$ 毎に、搬送タイミング量（分割期間毎の搬送量）を算出する。

【0017】

所定期間分割部22は、上記所定期間 T を複数に分割して分割期間 $b(=1,2,\dots,B)$ を生成する 30

搬送量制約生成部23は、搬送予定量記憶部11内のデータ（所定期間 T の間に搬送すべき搬送元設備 o から搬送先設備 d への搬送予定量）と、所定期間分割部22により分割された分割期間 b とから、搬送量に関する制約条件である搬送量制約条件を自動的に生成する。搬送量制約条件は第1および第2の制約条件を含む。第1の制約条件は、 od 間毎に、各分割期間の搬送量の合計が所定期間内の搬送量に等しいとする制約を表す。第2の制約条件は、分割期間 b の搬出量は、分割期間1～ $b-1$ の間に搬入された搬入量と分割期間1の開始時に存在した初期量との合計量から分割期間1～ $b-1$ の間に搬出された搬出量を減算した値以下となる制約を表す。

【0018】

搬送経路地点流量制約生成部25は、搬送経路情報記憶部41内の搬送経路情報と、搬送経路算出手段61により算出される搬送設備間の搬送経路と、搬送経路地点上限値算出部71により算出される各搬送経路地点 $p(=1,2,\dots,P)$ における上限流量（経路地点流量上限値）とを用いて、搬送経路地点の搬送流量に関する制約条件（分割期間毎に、各搬送経路地点を通過する流量を上限流量以下とする制約条件）である搬送経路地点流量制約条件を自動生成する。 40

【0019】

タイミング量最適化手段24は、搬送量制約生成部23により生成した搬送量制約条件（第1および第2の制約条件）と、搬送経路地点流量制約生成部25により生成した搬送経路地点流量制約条件を元にして、分割期間 b 毎に搬送元設備 o から搬送先設備 d への搬送 50

量を最適化する。タイミング量最適化手段 24 により最適化された搬送量（搬送タイミング量）は、搬送タイミング量記憶部 51 へ格納される。

【0020】

搬送システム 31 の制御を行なう搬送システム制御部 33 は搬送タイミング量記憶部 51 内の搬送タイミング量を参照して搬送制御を実行する。

【0021】

以降の説明では、具体的な事例を交えて本実施形態の詳細について説明する。

【0022】

[搬送システム 31 について]

まず、図1に示した搬送システム 31 の具体例として、図2に示すような生産ライン（半 10
導体クリーンルームをモチーフにしている）を考える。製造装置が16台と、倉庫が4台あり、搬送元設備あるいは搬送先設備あるいはこれらの両方となりうる設備 m は $m=1, 2, \dots, 20$ の20台存在する。

【0023】

ここで、製造装置1は $m=1$ 、製造装置2は $m=2$ 、 $\dots$ 、製造装置16は $m=16$ とし、倉庫1は $m=17$ 、倉庫2は $m=18$ 、 $\dots$ 倉庫4は $m=20$ とする。また、搬送を行なうための搬送経路が一方通行としてある。

【0024】

各製造装置は1つの入出庫ポートを有し、入庫・出庫どちらも扱えるポートであるとする。各倉庫は2つの入庫ポートと、2つの出庫ポートを有し、各ポートは、入庫と出庫の 20
役割が分かれているとする。ただしこのようなポートの配置はあくまで一例であり、本発明はこれに限定されるものではない。

【0025】

[搬送経路情報記憶部 41 内のデータについて]

搬送経路情報記憶部 41 は、図2に示したような搬送システム 31 についての搬送経路情報を記憶している。

【0026】

搬送経路情報は、図3に示すようにグラフ構造としてデータ化されている。搬送経路をグラフ構造化する際、製造装置の入出庫ポート位置、倉庫の入庫ポート位置、倉庫の出庫ポート位置をノード化するだけでなく、搬送経路の合流地点と分岐地点もノード化している。また、上述のように搬送システム 31 の搬送経路は一方通行であるため、有向グラフ 30
として表現している。図3で示したようなグラフ構造をもつ搬送経路情報の一例を図4に示しておく。

【0027】

[搬送予定量記憶部 11 内のデータについて]

搬送予定量記憶部 11 は、所定期間 T における搬送元設備 o ($=1, 2, \dots, 20$) から搬送先設備 d ($=1, 2, \dots, 20$) への搬送予定量を記憶している。

【0028】

図5は搬送予定量記憶部 11 内のデータ例を示す。

【0029】

搬送元設備 o から搬送先設備 d への所定期間 T における搬送予定量を $S_{o,d}$ ($o=1, 2, \dots, M$; $d=1, 2, \dots, M$) とする。ただし、上述のように本実施形態では $M=20$ である。たとえば $S_{1,2}=30$ のとき、所定期間 T において搬送元設備 $m=1$ から搬送先設備 $m=2$ へ被搬送物を30単位搬送することを表す。この30単位の搬送物は、所定期間 T の開始当初に搬送元設備 $m=1$ にもともと存在するもののみならず、所定期間 T の途中で搬送元設備 $m=1$ に他の設備から入力される搬送物をも含めたものである。なお、本実施形態においては、搬送元設備と搬送先設備が同一である搬送を行なわないとするが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0030】

[搬送タイミング量算出部 21 について]

搬送タイミング量算出部 21 は、所定期間分割部 22、搬送量制約生成部 23、搬送経 50

路地点流量制約生成部 2 5, タイミング量最適化手段 2 4 から構成される。

【0031】

ここで搬送タイミング量とは、所定期間 T を分割した分割期間 $b(=1, 2, \dots, B)$ において、分割期間毎の搬送元設備 o から搬送先設備 d への搬送量 $Stmg_{o,d,b}$ を指す。この $Stmg_{o,d,b}$ は、搬送量制約生成部 2 3 ならびに搬送経路地点流量制約生成部 2 5 により自動生成される制約条件の下、タイミング量最適化手段 2 4 により最適化される。以下、各構成要素の詳細説明をする。

【0032】

[所定期間分割部 2 2 について]

所定期間分割部 2 2 は所定期間 T を複数の分割期間 $b(=1, 2, \dots, B)$ に分割する。

10

【0033】

以下、所定期間の分割方法について説明する。所定期間 T の分割方法は任意でよいが、各分割期間単位が重複する時間帯持たず、かつ、空白の時間帯を持たないように分割する必要がある。時間帯が重複する例としては、0:00～12:00を分割する際、

分割期間1 0:00～1:00

分割期間2 1:00～2:00

分割期間3 1:55～3:00

・

・

・

分割期間 B *: **～12:00

20

というようにした場合、分割期間2と分割期間3との間で1:55～2:00の時間帯が重複している。

【0034】

また、空白時間帯を持つ例としては、0:00～12:00を分割する際に、

分割期間1 0:00～6:00

分割期間2 6:05～6:30

・

・

・

分割期間 B *: **～12:00

30

というようにした場合、6:00～6:05の時間が空白となっている。

【0035】

このような重複する時間帯がなく、かつ、空白の時間帯もなければ所定期間 T の時間分割は、任意で構わない。

【0036】

[搬送量制約生成部 2 3 について]

搬送量制約生成部 2 3 は、所定期間分割部 2 2 により分割した分割期間 $b(=1, 2, \dots, B)$ の情報と、図5に示した所定期間 T における搬送予定量 $S_{o,d}$ の情報から、搬送量に関する制約条件である搬送量制約条件を自動生成する。搬送量制約条件は第1の制約条件と第2の制約条件とを含む。

40

【0037】

(第1の制約条件)

先に述べたように、分割期間 b における、搬送元設備 o から搬送先設備 d への搬送タイミング量を $Stmg_{o,d,b}$ とすると、搬送量制約生成部 2 3 は以下のように、 od 間毎に各分割期間の搬送量の合計が所定期間内の搬送量に等しいとする制約条件(第1の制約条件)を自動生成する。

【数 1】

$$\sum_{b=1}^B stmg_{o,d,b} = S_{o,d} \quad (o=1,2,\cdots,M; d=1,2,\cdots,M) \quad \cdots \text{式 1}$$

つまり、本実施形態における搬送システム 3 1 においては $o \neq d$ としているから、

【数 2】

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{b=1}^B stmg_{1,2,b} = S_{1,2} \\ \sum_{b=1}^B stmg_{1,3,b} = S_{1,3} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \sum_{b=1}^B stmg_{1,20,b} = S_{1,20} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \\ 10 \end{array}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{b=1}^B stmg_{2,1,b} = S_{2,1} \\ \sum_{b=1}^B stmg_{2,3,b} = S_{2,3} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \sum_{b=1}^B stmg_{2,20,b} = S_{2,20} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \\ 20 \end{array}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{b=1}^B stmg_{20,1,b} = S_{20,1} \\ \sum_{b=1}^B stmg_{20,2,b} = S_{20,2} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \sum_{b=1}^B stmg_{20,19,b} = S_{20,19} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \\ 30 \\ \\ \\ 40 \end{array}$$

というように、搬送量に係わる制約式が、 20×19 個生成される。生成された制約式は、タイミグ量最適化手段 24 へと出力する。

【0038】

(第2の制約条件)

また、分割期間bにおいて搬送する搬送タイミグ量 $Stmg_{o,d,b}$ は、分割期間1～b-1の

50

間に搬入された搬入量と分割期間 1 の開始時に存在した初期量 Ini との合計量から分割期間 1~b-1 の間に搬出された搬出量を減算した値以下となる必要があるため（すなわち本実施形態では分割期間 b に入った搬送物を当該分割期間 b で搬出することないと想定する） 、

【数 3】

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{d=1}^M Stmg_{1,d,b+1} \leq \sum_{b=1}^b \left(\sum_{o=1}^M Stmg_{o,1,b} - \sum_{d=1}^M Stmg_{1,d,b} \right) + Ini_1 \\ \sum_{d=1}^M Stmg_{2,d,b+1} \leq \sum_{b=1}^b \left(\sum_{o=1}^M Stmg_{o,2,b} - \sum_{d=1}^M Stmg_{2,d,b} \right) + Ini_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \sum_{d=1}^M Stmg_{M,d,b+1} \leq \sum_{b=1}^b \left(\sum_{o=1}^M Stmg_{o,M,b} - \sum_{d=1}^M Stmg_{M,d,b} \right) + Ini_M \end{array} \right. \quad 10$$

が成り立つ必要があり、これを第 2 の制約条件として生成する。ここで、各装置で、搬入された搬送物を加工（たとえば所定の半導体プロセス加工）して、加工後の搬送物を搬出する場合は、加工に要する時間や加工能力（たとえば単位時間あたりに加工可能な搬送物数）に関する制約も考慮した制約条件を生成する必要があるが（たとえば加工時間が分割期間の長さより大きいときは、1 つ前の分割期間に搬入された搬送物を次の分割期間の初めまでに加工完了することはできない）、本発明は、各装置では搬入された搬送物を加工することなくそのまま次の搬送先に搬送するような状況にも適用可能であり、本実施形態ではそのような状況を想定して説明を行う（つまり 1 つ前の分割期間で搬入された搬送物は次の分割期間では必ず搬出できる状態にある）。もし搬送物の加工等を考慮する場合は、上述のように、加工に要する時間、加工能力などに基づく制約条件を追加する必要がある。ただし本発明では、これは必須ではなく、したがって本実施の形態では、最も広い制約として上述した第 2 の制約条件のみを用い、その他の制約条件については本発明を実施する個々の状況に応じて追加すればよい。

【0039】

[搬送経路地点流量制約生成部 25 について]

搬送経路地点流量制約生成部 25 は、搬送量制約生成部 23 から分割期間 $b(=1, 2, \dots, B)$ の情報と、搬送元設備 $o(=1, 2, \dots, M)$ と搬送先設備 $d(=1, 2, \dots, M)$ を組にした搬送予定 OD 間情報（ただし $S_{o,d} \neq 0$ とする）を受け取る。

【0040】

搬送経路地点流量制約生成部 25 は、搬送予定がある（つまり $S_{o,d} \neq 0$ ）となる全ての OD 間情報を搬送経路算出手段 61 に送る。搬送経路算出手段 61 は搬送経路情報記憶部 41 に記憶された経路構造を元に、OD 間の搬送経路を計算し、搬送経路地点流量制約生成部 25 へと送る。

【0041】

ここで搬送経路地点流量制約生成部 25 へ送られる OD 間の搬送経路は、搬送元設備 o から搬送先設備 d までの経路に属するノードのリスト $Pass_{o,d}$ として送られる。例えば、倉庫 1 ($m=17$) から、製造装置 8 ($m=8$) までの搬送経路は図 6 のようになるのとすると、倉庫 1 から製造装置 8 までの搬送経路情報（ノードリスト $Pass_{17,8}$ ）は

$$Pass_{17,8} = \{18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 2, 4, 6, 8, 10\}$$

となる。このようなノードリスト $Pass_{o,d}$ を、 $S_{o,d} \neq 0$ となる o, d 間のすべてについて算出し、搬送経路地点流量制約生成部 25 へと送る。

【0042】

また、搬送経路地点上限値算出部71は、搬送状況監視部32による搬送システム31の監視に基づいて、各経路ノードの単位時間当たりの経路地点流量上限値 Th_{node} ($node=1, 2, \dots, NODE$)を算出し、各経路ノードの流量上限値を搬送経路地点流量制約生成部25へと送る。本実施形態においては、図6のように、ノード数は48個あり、各ノードにはIDが付加されている。搬送経路地点上限値算出部71は全てのノードの経路地点流量上限 Th_{node} ($node=1, 2, \dots, 48$)を算出して、搬送経路地点流量制約生成部25へと送る。

【0043】

このようにして、搬送経路地点流量制約生成部25には、

分割期間 $b(=1, 2, \dots, B)$

$S_{o,d} \neq 0$ である搬送予定OD間情報

搬送経路 $Pass_{o,d}$

経路地点流量上限値 Th_{node} ($node=1, 2, \dots, NODE$)

の情報が集められる。搬送経路地点流量制約生成部25は、これらの情報から、搬送経路地点流量制約条件を自動的に生成する。以下、搬送経路地点流量制約条件の生成手順について説明する。

【0044】

まず、分割期間 b における、搬送元設備 o から搬送先設備 d への搬送タイミング量、搬送経路、各ノードにおける流量上限値を記述するためのテーブル（搬送経路地点流量制約テーブル）のフォーマットを分割期間毎に用意する。図7に搬送経路地点流量制約テーブルのフォーマット例を示す。分割期間 b が $b(=1, 2, \dots, B)$ であれば、当該フォーマットを図8に示すように B 個用意する。そして、各用意したテーブルにおいて搬送タイミング量を表すパラメータ $Stmg_{o,d,b}$ を記述する。

【0045】

搬送タイミング量 $Stmg_{o,d,b}$ を記述したら、次に、各搬送地点流量制約テーブルの該当欄に

搬送経路情報 $Pass_{o,d}$

経路地点流量上限値 Th_{node} ($node=1, 2, \dots, NODE$)

を入力していく。

【0046】

まず、搬送経路情報 $Pass_{o,d}$ の入力方法について述べる。搬送元設備を o 、搬送先設備を d としたときのノード $node$ の値（テーブル値）を $p_{o,d,node}$ としたとき、 $node$ が搬送元設備 o から搬送先設備 d への搬送経路として通過するノードであれば $p_{o,d,node}=1$ とし、通過しないノードであれば $p_{o,d,node}=0$ とする。搬送経路情報の入力例を図9に示す。

【0047】

搬送元設備1から搬送先設備2への搬送は、 $node=1, 4, 5, \dots, NODE$ を経由するため、これらのノードのテーブル値として1、それ以外のノードのテーブル値として0が入力されている。同様に、搬送元設備 M から搬送先設備 $M-1$ へは、 $node=1, 2, 4, 5, \dots$ を経由するため、これらのノードのテーブル値として1、それ以外のノードのテーブル値として0が入力されている。

【0048】

次に、経路地点流量上限値の入力方法について述べる。経路地点流量上限値 Th_{node} ($node=1, 2, \dots, NODE$)は、単位時間当たりの流量上限値を表している。この単位時間当たりの経路地点流量上限値 Th_{node} ($node=1, 2, \dots, NODE$)は、搬送状況監視部32により計測した各経路地点上を被搬送物が通過するのに要する平均通過時間 pt_{node} から、

【数4】

$$Th_{node} = \frac{1}{pt_{node}}$$

として計算する。つまり、この単位時間当たりの経路地点流量上限値は、搬送経路地点が

10

20

30

40

50

混雑している場合には小さい値に設定し、逆に混んでいない場合には大きな値に設定される。平均通過時間 pt_{node} は、たとえば計画を立てている時点（現時点）までの監視に基づき計算した値を用いることができる。なお、上記単位時間当たりの経路地点流量上限値は、上記の計算方法に制約されるものではない。

【0049】

したがって、分割期間 b の間の経路地点流量上限値 $U_{node,b}$ は、分割期間 b の単位時間に対する時間比を t_b とすると、

$$U_{node,b} = Th_{node} \times t_b$$

と計算できる。

【0050】

このように、搬送経路地点上限値算出部71からの情報 Th_{node} ($node=1, 2, \dots, NODE$)を元に $U_{node,b}$ を計算して、図10に示すように各搬送経路地点流量制約テーブルに経路地点流量上限値を入力する。本実施形態では計算により上限値 $U_{node,b}$ および Th_{node} を算出しているが、当該上限値 $U_{node,b}$ あるいは Th_{node} を、計算ではなく、システムの管理者があらかじめ設定しておくようにしてもよい。

【0051】

以上のようにして各分割期間毎に搬送地点流量制約テーブルへ情報を入力したら、次に、搬送経路地点流量制約生成部25は、これらの搬送経路地点流量制約テーブルを元に、搬送経路地点制約条件を生成する。

【0052】

搬送経路地点制約条件は、搬送経路地点毎に、被搬送物の流量の制限を行うための条件である。分割期間 b において搬送元設備 o から搬送先設備 d へ被搬送物の搬送が $Stmg_{o,d,b}$ 量だけなされたとすると、搬送元設備 o から搬送先設備 d への搬送経路地点となる $node \in Pass_{o,d}$ には、 $Stmg_{o,d,b}$ 量だけの流量がそれぞれ流れることになる。さらに、この搬送経路地点となる $node \in Pass_{o,d}$ には、 $U_{node,b}$ 以上の流量が流れてはならないとする。このような制約を定めた条件が、上記搬送経路地点制約条件である。以下この搬送経路地点制約条件の生成方法について詳細に説明する。

【0053】

まず、図11に示すように、搬送経路地点流量制約テーブルの行毎に、搬送経路情報における各ノード値（1 or 0）に、それぞれ対応する搬送タイミング量を乗じる。これは、搬送元設備 o から搬送先設備 d への搬送経路地点となる $node \in Pass_{o,d}$ には、 $Stmg_{o,d,b}$ 量だけの流量がそれぞれ流れることに相当する。

【0054】

次に、搬送経路地点流量制約テーブルの列毎に、搬送タイミング量に乗じた後の各ノード値の総和を計算する。これは、全ての設備間搬送が行なわれた場合に各搬送経路地点に流れ込む総搬送量を示す。

【0055】

以上に基づき、搬送経路地点毎に流れ込む総搬送量を表す式を生成し、この総搬送量式が、搬送経路地点毎の経路地点流量上限値以下になるように制約条件を生成する。

【0056】

以下に、分割期間 b に関する搬送経路地点流量制約テーブルから生成した制約条件式（搬送経路地点制約条件）を示す。

10

20

30

40

【数 5】

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \text{地点 1 についての搬送経路地点制約条件} \\
 p_{1,2,1} \times Stmg_{1,2,b} + p_{1,3,1} \times Stmg_{1,3,b} + \cdots + p_{M,M-1,1} \times Stmg_{M,M-1,b} \leq U_{1,b} \\
 \text{地点 2 についての搬送経路地点制約条件} \\
 p_{1,2,2} \times Stmg_{1,2,b} + p_{1,3,2} \times Stmg_{1,3,b} + \cdots + p_{M,M-1,2} \times Stmg_{M,M-1,b} \leq U_{2,b} \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 \text{地点 M についての搬送経路地点制約条件} \\
 p_{1,2,M} \times Stmg_{1,2,b} + p_{1,3,M} \times Stmg_{1,3,b} + \cdots + p_{M,M-1,M} \times Stmg_{M,M-1,b} \leq U_{M,b}
 \end{array} \right.$$

10

【0057】

20

ここで、図10に示した例から分割期間b=1における上記搬送経路地点制約条件を生成する例を以下に示す。

【0058】

搬送元設備1から搬送先設備2への搬送タイミング量が $Stmg_{1,2,1}$ であるから、搬送元設備1から搬送先設備2への搬送において、地点ID（ノードID）が1,4,5,・・・,NODEである搬送経路地点を、 $Stmg_{1,2,1}$ の搬送量が流れることになる。さらに、搬送元設備1から搬送先設備3への搬送タイミング量が $Stmg_{1,3,1}$ であるから、搬送元設備1から搬送先設備3への搬送において、地点ID（ノードID）が2,3,5,7,8,・・・の搬送経路地点を $Stmg_{1,3,1}$ の搬送量が流れることになる。搬送経路地点流量制約テーブルの他の行の搬送についても同様に考える。

30

【0059】

次に、各搬送経路地点に注目し、搬送経路地点毎の流量合計が搬送地点流量上限値以下になるように制約条件を生成する。つまり、分割期間b=1での搬送経路地点制約条件は、以下のようになる。

【数 6】

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \text{地点 1 についての搬送経路地点制約条件} \\
 \quad Stmg_{1,2,1} + Stmg_{1,5,b} + \cdots + Stmg_{M,M-1,b} \leq U_{1,1} \\
 \text{地点 2 についての搬送経路地点制約条件} \\
 \quad Stmg_{1,3,1} + Stmg_{1,5,b} + \cdots + Stmg_{M,M-1,b} \leq U_{2,1} \\
 \quad \cdot \\
 \quad \cdot \\
 \quad \cdot \\
 \text{地点 NODE についての搬送経路地点制約条件} \\
 \quad Stmg_{1,2,1} + Stmg_{1,4,1} + \cdots \leq U_{NODE,1}
 \end{array} \right. \quad 10$$

【0060】

このように、搬送経路地点流量制約生成部 25 により生成した搬送経路地点流量制約条件は、タイミング量最適化手段 24 により送られる。すなわち、タイミング量最適化手段 24 には、分割期間毎の搬送経路地点流量制約条件が送られる。 20

【0061】

タイミング量最適化手段 24 について

タイミング量最適化手段 24 は、分割期間 b における搬送元設備 o から搬送先設備 d への搬送タイミング量 $Stmg_{o,d,b}$ を最適化する。

【0062】

このとき、搬送量制約生成部 23 により生成された搬送量制約条件（第 1 および第 2 の制約条件）

【数 7】

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \sum_{b=1}^B stmg_{o,d,b} = S_{o,d} \quad (o=1,2,\cdots,M; d=1,2,\cdots,M) \\
 \sum_{d=1}^M Stmg_{1,d,b+1} \leq \sum_{b=1}^b \left(\sum_{o=1}^M Stmg_{o,1,b} - \sum_{d=1}^M Stmg_{1,d,b} \right) + Ini_1 \\
 \sum_{d=1}^M Stmg_{2,d,b+1} \leq \sum_{b=1}^b \left(\sum_{o=1}^M Stmg_{o,2,b} - \sum_{d=1}^M Stmg_{2,d,b} \right) + Ini_2 \\
 \quad \cdot \\
 \quad \cdot \\
 \sum_{d=1}^M Stmg_{M,d,b+1} \leq \sum_{b=1}^b \left(\sum_{o=1}^M Stmg_{o,M,b} - \sum_{d=1}^M Stmg_{M,d,b} \right) + Ini_M
 \end{array} \right. \quad 40$$

と、搬送経路地点流量制約生成部 25 により生成された搬送経路地点流量制約条件

【数 8】

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \text{地点 1 についての搬送経路地点制約条件} \\
 p_{1,2,1} \times Stmg_{1,2,b} + p_{1,3,1} \times Stmg_{1,3,b} + \cdots + p_{M,M-1,1} \times Stmg_{M,M-1,b} \leq U_{1,b} \\
 \text{地点 2 についての搬送経路地点制約条件} \\
 p_{1,2,2} \times Stmg_{1,2,b} + p_{1,3,2} \times Stmg_{1,3,b} + \cdots + p_{M,M-1,2} \times Stmg_{M,M-1,b} \leq U_{2,b} \\
 \vdots \\
 \text{地点 M についての搬送経路地点制約条件} \\
 p_{1,2,M} \times Stmg_{1,2,b} + p_{1,3,M} \times Stmg_{1,3,b} + \cdots + p_{M,M-1,M} \times Stmg_{M,M-1,b} \leq U_{M,b}
 \end{array} \right. \quad 10$$

を制約式として搬送タイミング量 $Stmg_{o,d,b}$ を最適化する。最適化はたとえば最適化のための目的関数を最大化または最小化するように行う。最適化する目的関数は、例えば搬送タイミング量 $Stmg_{o,d,b}$ を平準化するように構成することが考えられる。更に、最適化計算する手段としては、市販の最適化ツール等を用いることで解決できる。 20

【0063】

タイミング量最適化手段24により最適化された搬送タイミング量 $Stmg_{o,d,b}$ は、搬送タイミング量記憶部51へと送信され、搬送タイミング量記憶部51において格納・記憶される。

【0064】

[搬送システム制御部33について]

搬送システム制御部33は搬送タイミング量記憶部51内の搬送タイミング量を元にして搬送制御を実行する。分割期間bにおける搬送制御では、分割期間bの搬送タイミング量を参照し、搬送元設備oから搬送先設備dへの搬送量が搬送タイミング量 $Stmg_{o,d,b}$ に追従するように搬送命令を実行する。 30

【0065】

以上のように、本実施形態によれば、所定期間内の搬送量の偏りを抑制し、搬送経路上への急激な流量増加を抑制できる。実績量とタイミング量とに隔たりが生じた場合には搬送タイミング量を再計算することで、搬送計画量を遵守するように搬送を実行することが出来る。また、効率よく搬送が実行できるため、搬送時間が短縮する。

【0066】

(第2の実施形態)

図12は本発明の第2の実施形態に係わる搬送システムの制御装置の概略構成を示すブロック図である。第1の実施形態との違いは搬送車配分算出手段81が新たに追加された点にある。 40

【0067】

一般に搬送システムでは、搬送車には2つの状態がある。搬送している状態と、搬送していない状態である。搬送していない状態の搬送車(空の搬送車)は退避場に退避させることにする。ここでは退避場は製造装置あるいは倉庫毎にその近傍に用意されているものとする。退避場に関する情報は搬送経路情報記憶部41内の搬送経路情報に含まれているものとする。

【0068】

搬送システム制御部33は、製造装置または倉庫から搬送要求があると搬送車を配車し 50

移動させるが、このとき搬送車が近くにないと配車や搬送車の移動に時間がかかる。それを避けるために十分な台数の搬送車を投入しておくことも考えられるが、一方においてそれは渋滞を引き起こす原因ともなる。本第2の実施形態はそのような問題を解決するためのもので最小限の搬送車台数で過不足なく、かつできるだけ渋滞を引き起こすことなく、使いまわすことのできる方法を提供する。

【0069】

以下ではまず、第1の実施形態で求めたタイミング量（期間毎搬送量）を用いて、空の搬送車について、どのタイミングでどれだけの過不足が生じるかの算出方法を示す。簡単のために、第1の実施形態で算出したタイミング量 $Stmg_{o,d,b}$ に対して、搬送量単位（1個、1kg等）毎に1台の搬送車が必要であるとする、この場合、搬送量 $Stmg_{o,d,b}$ と同数だけの搬送車が必要になる。なお、10個で1台のように単位が異なる場合は、タイミング量を10で割った値を搬送車台数とすればよい。

10

【0070】

分割期間 b に設備（製造装置または倉庫） o で必要な搬送車の数 $f_o(b)$ は、設備 o から搬出する搬送車の総数であるから

$$f_o(b) = \sum_d Stmg_{o,d,b} \quad (o, d=1, \dots, M, b=1, 2, \dots, B) \quad \dots \text{（式2）}$$

と表される。設備 o を出た搬送車は1単位時間後（たとえば5分後）にどこかの設備 d に到達し、設備 d への搬入を済ませると空の搬送車となり設備 d の退避場に退避するものとする。本実施形態では、設備 o から設備 d への搬送は1単位時間で完了すると仮定する。分割期間 b に設備 d で発生する空の搬送車（利用可能な搬送車）の数は、分割期間 $b-1$ で設備 d に搬入されてくる搬送車の総数であるから

20

$$g_d(b) = \sum_o Stmg_{o,d,b-1} \quad (o, d=1, \dots, M, b=2, \dots, B) \quad \dots \text{（式3）}$$

と表される。もし、搬送時間が設備間に応じた大きく変わる場合などは、分割期間 b の開始前までに到達するものの和をとらなければならない。ここで、 $g_d(1)$ は最初に用意すべき搬送車台数（初期値）である。分割期間 b の設備 d での搬送車の残量 $h_d(b)$ は、（式2）、（式3）に従って、分割期間 b までの和をとって

$$h_d(b) = \sum_{k=1,b} (g_d(k) - f_d(k)) \quad \dots \text{（式4）}$$

である。搬送車は途中で外部から新たには持ち込まないとする、搬送車の総量 C は一定である。つまり、

$$\sum_d h_d(b) + V(b) = \sum_d g_d(1) = C \text{ (定数)} \quad \dots \text{（式5）}$$

30

が成立する。ここで、

$$V(b) = \sum_o \sum_d Stmg_{o,d,b} \quad (b=1, 2, \dots, B)$$

であり、分割期間 b で搬送途中の搬送車の台数を表している。

【0071】

任意の分割期間 b で搬送車を各設備の退避場の搬送車でまかなえる条件は、

$$h_d(b) \geq 0 \quad \dots \text{（式6）}$$

である。

【0072】

（式6）が成立しない設備 d 、分割期間 b があれば、その時点で空の搬送車は不足しているので、他から移動させなければならない。わかり易く言えば、（式6）は設備 d に搬入されてくる累積の搬送車台数が、設備 d からの搬出において必要とする累積の搬送車台数より多くななければならないということを表している。同時に（式6）は常に正の値をとり続ける場合にはなるべく初期値を小さくして余分な搬送車を削除することができることも示している。

40

【0073】

タイミング量を算出した段階で（式6）は判定できるので、事前に搬送車がどの設備でいつ不足するのか、余分になるのかが算出できる。従って、事前に不足する場合には設備の退避場にあらかじめ搬送車を増やしておき、余分の場合には余分な台数だけ渋滞に無関係な場所に移動させることができる。

【0074】

50

以下具体的にその方法について説明する。

【0075】

基本的な考えは、(式6)を充たすようにすることである。上記(式2)、(式3)、(式4)で求めた $g_d(b)$ 、 $f_d(b)$ 、 $h_d(b)$ を表にまとめたものを搬送車配分テーブルとよぶ。その一例を図13(a)および図13(b)に示す。装置(設備)は4台で、分割期間の個数は $B=3$ である。ここで、 $g_d(1)$ は装置dにおいて最初に用意する搬送車の台数であり、 $g_d(2)$ 、 $g_d(3)$ は、それぞれ分割期間2、3で装置dに搬入される搬送車台数、 $f_d(b)$ は分割期間bにおいて装置dから搬出される搬送車台数、 $h_d(b)$ は分割期間bにおいて装置dで、その差し引きで残っている空の搬送車台数である。

【0076】

この搬送車配分テーブルを作成した後、式(6)を充たさなくなる一番早い分割期間 b_0 とその時必要な空の搬送車台数総量Dを求める。もし式(6)が充たされないと、実際にはその分割期間で搬送車が不足して搬送できないので、事前に不足分を補っておく必要がある。図13(a)では $h_2(3)$ だけ負になっており、 $b_0=3$ 、 $D=-h_2(3)=5$ である。また、図13(b)では $h_1(1)$ 、 $h_2(1)$ 、 $h_3(1)$ 、 $h_1(3)$ 、 $h_2(3)$ が負になっており、 $b_0=1$ 、 $D=-(h_1(1)+h_2(1)+h_3(1))=25$ となる。説明の簡単のため $h_1(3)$ 、 $h_2(3)$ はまずは考えないとする。以上でどの分割期間でどれだけ不足しているかが決まる。

【0077】

次に分割期間 $b_1(< b_0)$ を定め、不足分を調達する方法を説明する。第一の方法は、予備の搬送車を格納するセンター倉庫(所定の倉庫)を設置し、十分な予備を用意しておくことである。第二の方法は、余分にある搬送車を回収して使い回すことである。これは搬送車が多すぎて渋滞するような状況に有効である。この二つの方法を組み合わせることもある。

【0078】

第二の方法について回収する余分の搬送車総量Sを求める方法を説明する。回収する分割期間 b_1 は簡単のため、不足分が発生する分割期間 b_0 の2分割期間前の $b_1=b_0-2$ と固定する。分割期間 b_1 から分割期間 b_0+1 までずっと余っている搬送車が装置dにあればそれを分割期間 b_1 でセンター倉庫に回収する。ここで分割期間 b_0+1 までとしたのは、空の搬送車を回収したために装置dが分割期間 b_0+1 ですぐ不足になってしまうのを避けるためである。余分な搬送車があれば、全てセンター倉庫に回収するものとする。図13(a)では $b_0=3$ 、 $D=5$ であるが、2分割期間前の $b_1=1$ では装置4に余分量5台を回収してもその後不足することはない(ここでは分割期間 b_0+1 は無視する)。よって、分割期間 $b_1=1$ で装置4の5台をセンター倉庫に回収する。すなわち、回収する余分の搬送車総量Sは5である。図13(b)では、 $b_0=1$ であるから、第二の方法での回収はない。

【0079】

そしてセンター倉庫に元々予備として用意している搬送車と第二の方法で回収する搬送車総量Sの搬送車を用いて、不足している装置へ順次配分する。なお、 $b_1=1$ の場合は初期値なので、初期配分を変更するという意味になる。分割期間 b_1 で回収したものは分割期間 b_1+1 ではセンター倉庫に到着しているから、分割期間 b_1+1 で直ちに不足している装置に配送車を配分すれば分割期間 $b_1+2(=b_0)$ には到着することになるので搬送車の調達が間に合うこととなる。搬送車を回収、配分する時の搬送経路は、第1の実施形態における搬送経路情報と経路地点流量制約テーブルを参照して、搬送地点流量上限値を超えない余裕のある経路で搬送する。

【0080】

以上のようにして、どの分割期間にどれだけの余分量の搬送車をセンター倉庫に回収し、どの分割期間でどれだけ不足分の配送車をセンター倉庫から配分するかが搬送経路も含めて決定されるので、これを搬送車回収再配分テーブルとしてまとめる。その例を図14に示す。図14(a)は図13(a)に対応して作成された搬送車回収再配分テーブル、図14(b)は図13(b)に対応して作成された搬送車回収再配分テーブルである。

【0081】

10

20

30

40

50

搬送車回収再配分テーブルを使って搬送車配分テーブルの $g_d(1), h_d(b)$ を書き直して、再度搬送車の不足が発生するか否かを確認し、不足が発生する場合は上記と同じ操作を繰り返し実行する。繰り返したとしてもこの方法では分割期間 b_0 は前に戻ることはないので不足分がない状態への収束を図ることができる。図13(c)は図13(b)の搬送車配分テーブルを図14(b)の搬送車回収再配分テーブルを用いて書き直した例を示している。

【0082】

最後に、搬送車回収再配分テーブルに従って実際に該当する分割期間になったら搬送車に指令を出して、記載された経路で空の搬送車の移動を制御する。このテーブルで制御されるのはあくまで空の搬送車の移動だけである。通常の搬送物を搬送する搬送車の移動はタイミング量 $Stmg_{o,d,b}$ に応じて制御される。

10

【0083】

このように、計画段階で搬送車配分テーブルを作成し搬送車の過不足を算出し、搬送開始前または搬送実行中に搬送車回収再配分テーブルを作成し、タイミング量 $Stmg_{o,d,b}$ と搬送車回収再配分テーブルを用いて搬送車の不足が発生しないように搬送車移動を制御することで、効率のよい搬送を実現できる。

【0084】

図15は、搬送車配分算出手段81および搬送システム制御部33により行われる処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【0085】

まず搬送車配分算出手段81において、第1の実施形態で算出したタイミング量 $Stmg_{o,d,b}$ を用いて、(式2)、(式3)、(式4)に従って、搬入量 $g_d(b)$ 、搬出量 $f_d(b)$ 、残量 $h_d(b)$ を計算し、搬送車配分テーブルを作成する(S11)。ステップS11の処理は、たとえば本発明の第1の計算手段の処理に相当する。第1の計算手段では、各設備で必要な搬送車台数 f と、各設備で利用可能な搬送車台数 g と、期間毎搬送量(タイミング量)の搬送後に各設備に残る搬送車残量 h をそれぞれ計算する。

20

【0086】

次に、搬送車配分算出手段81において、(式6)が成立しない分割期間(タイミング)があるかどうかを検査する(S12)。ステップS12の処理は、たとえば本発明の第1の検査手段の処理に相当する。第1の検査手段では、搬送車残量 h が第1の所定値(たとえば0)未満として搬送車が不足する第1の設備をもつ第1の分割期間があるかどうか

30

【0087】

そのような分割期間があるとき(YES)、その分割期間 $b=b_0$ と、そのとき不足する搬送車台数総量 D を、搬送車配分テーブルから算出する(S13)。ステップS13の処理は、たとえば本発明の第2の計算手段の処理に相当する。第2の計算手段では、第1の分割期間で不足する搬送車の総量 D を計算する。

【0088】

次に、分割期間 b_0 より前の分割期間 b_1 において搬送車余分総量 S を搬送車配分テーブルから算出する(S14)。ステップS14の処理は、たとえば本発明の第2の検査手段の処理と第3の計算手段の処理とに相当する。第2の検査手段では、搬送車残量が第2の所定値(たとえば0)より大きいとして過剰な搬送車をもつ第2の設備をもつ第2の分割期間が前記第1の分割期間より前に存在するかどうかを検査する。第3の計算手段では、第2の分割期間における過剰な搬送車の総量 S を計算する。

40

【0089】

次に、分割期間 b_1 で搬送車余分総量 S をセンター倉庫に回収する搬送経路を、搬送経路地点流量制約テーブルを参照して経路地点流量上限値を超えないように求め、搬送車回収再配分テーブルに記述する(S15)。ステップS15の処理は、たとえば本発明の第1の経路決定手段の処理に相当する。第1の経路決定手段では、第2の分割期間において総量 S の搬送車を第2の設備から所定の倉庫に回収する経路を、第2の分割期間に対応する第1～第 p の地点の上限流量を満たすように決定する。

50

【0090】

次に、センター倉庫内の搬送車（予備と、分割期間 b_1 で回収した搬送車余分総量 S の搬送車）を用いて搬送車台数総量 D の搬送車を、搬送車が不足する設備に配分するための搬送経路を、搬送経路地点流量制約テーブルを参照して経路地点流量上限値を超えないように求め、搬送車回収再配分テーブルに記述する（S16）。ステップS16の処理は、たとえば本発明の第2の経路決定手段の処理に相当する。第2の経路決定手段では、回収した総量 S の搬送車を含むセンター倉庫内の搬送車を用いて、総量 D の搬送車を、第2の分割期間以降かつ第1の分割期間より前の第3の分割期間において第1の設備に配分するための経路を、第3の分割期間に対応する第1～第 p の地点の上限流量を満たすように決定する。

10

【0091】

次に、搬送車回収配分テーブルを用いて、搬送車配分テーブルを更新し（S17）、ステップS12に戻る。

【0092】

ステップS12において、（式6）が成立しない分割期間（タイミング）がないときは（NO）、第1の実施形態で算出したタイミング量 $Stmg_{o,d,b}$ と、搬送車回収再配分テーブルを用いて搬送車を制御する（S18）。

【0093】

以下では、いくつかの変形例について列挙しておく。

【0094】

20

● タイミング量 $Stmg_{o,d,b}$ を調整する方法

搬送車の過不足を解消する修正方法は、 $g_d(b)$ ではなく、そもそも分割期間 $b=1,2,3$ でのタイミング量 $Stmg_{o,d,b}$ を調整することでも可能である。この場合には第1の実施形態の搬送量制約に（式6）を追加して最適解を求めればよい。解が求まらない場合には分割数 B を大きくしたり、 $g_d(1)$ を大きくしたりすればよい。なお、 B を大きくすると分割を細分化することになるので、経路地点流量上限値を小さくする。

【0095】

● ばらつきに対する対処

搬送にはばらつきが入る（たとえば渋滞により車が来ないなど、計画がうまくいかない場合がある）ので、その対策が必要である。常に空の搬送車を確保しておく必要がある場合には（式6）に余裕をもたせて

30

$$h_d(b) \geq s \quad (s > 0) \quad \dots \text{（式7）}$$

とする。ここで s の値を例えば、2として2台の余裕は必ず確保するようにすればよい。2台を下回る場合は、搬送車が不足しているとみなしたり、2台を上回るときは搬送車が余分にあるとみなしたりして、搬送車の過不足の再配分を図15のフローチャートと同様に計画することができる。

【0096】

また、（式6）あるいは（式7）を $b=1,2,\dots,B$ で常にチェックするのではなく、一定間隔で、たとえば $b=1,4,7,\dots$ でチェックするようにしてもよい。これは、搬送時間にばらつきがあって、 $b=1,2,\dots$ で必ず搬送が完了しないと一部搬送車が不足し搬出できない事態になるが、少し待つと搬入があり空の搬送車が生じるならばそれでよしとすることに対応する。

40

【0097】

また、第1の実施形態のタイミング量計算の前に大雑把な分割期間で（式6）だけを制約条件とし、（式5）の総量 C を評価関数とする最適配分問題を求め、それを細分化する段階で第1の実施形態の制約でタイミング量を求めることも可能である。これにより、総量として必要な搬送車台数 C を削減することができる。例えば、所定期間を一日として、1時間単位で分割して搬送車の使いまわしを重点に設備間の搬送タイミング量を求めておき、次に10分単位に分割して、第1の実施形態のタイミング量を決定することが考えられる。

50

【0098】

●搬送車の退避場の扱い

搬送車の退避場の容量に制限がある場合（例えば、常に8台以下など）には（式6）を

$$8 \geq h_d(b) \geq 0 \quad \dots (式8)$$

のように上限を扱うことも可能である。容量を超える空の搬送車が発生する場合に移動を計画する。

【0099】

また、退避場は簡単のために製造装置、倉庫毎に設けたが、製造装置群などを対象に一定のエリア毎に退避場が設けられていてもよい。その場合、搬送車配分テーブルはエリア単位でまとめたテーブルにして、エリア単位で搬送車の過不足がわかるようにすれば同様な制御ができる。

【0100】

以上述べたように搬送時間の効率化、搬送車台数の最適化を様々な実施することができる。さらに搬送車の最適台数を算出できるので余分な搬送車が不要になる。

【図面の簡単な説明】

【0101】

【図1】本発明の第1の実施形態に係わる搬送システム制御装置の概略構成を示すブロック図。

【図2】生産ライン（搬送経路）の一例を示す図。

【図3】搬送経路をグラフ構造として表現した概念図。

【図4】搬送経路情報の一例を示す図。

【図5】搬送予定量記憶部内のデータ例を示す図。

【図6】算出された経路の例を示す図。

【図7】搬送経路地点流量制約テーブルのフォーマット例を示す図。

【図8】分割期間 b ($= 1, 2, \dots, B$) に応じて図7のフォーマットを B 個用意した状態を示す図。

【図9】搬送経路情報の入力例を示す図。

【図10】経路地点流量上限値を入力例を示す図。

【図11】搬送経路地点流量制約テーブルから制約条件を生成する例を説明する図。

【図12】本発明の第2の実施形態に係わる搬送システムの制御装置の概略構成を示すブロック図。

【図13】搬送車配分テーブルの一例を示す図。

【図14】配送車回収再配分テーブルの一例を示す図。

【図15】搬送車配分算出手段により行われる処理の流れの一例を示すフローチャート。

【符号の説明】

【0102】

- 11：搬送予定量記憶部
- 21：搬送タイミング量算出部
- 22：所定期間分割部
- 23：搬送量制約生成部
- 24：タイミング量最適化手段
- 25：搬送経路地点流量制約生成部
- 31：搬送システム
- 32：搬送状況監視部
- 33：搬送システム制御部
- 41：搬送経路情報記憶部
- 51：搬送タイミング量記憶部
- 61：搬送経路算出手段
- 71：搬送経路地点上限値算出部
- 81：搬送車配分算出手段

10

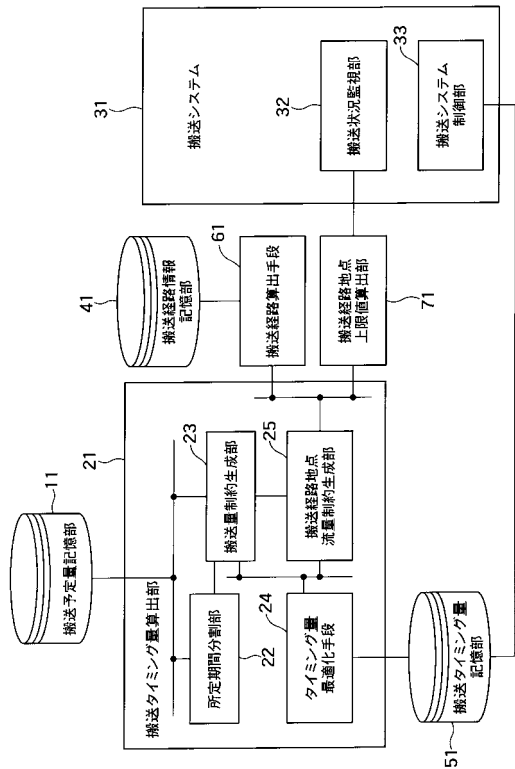
20

30

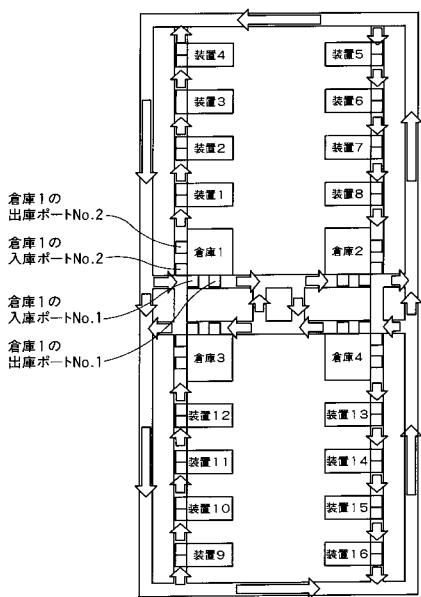
40

50

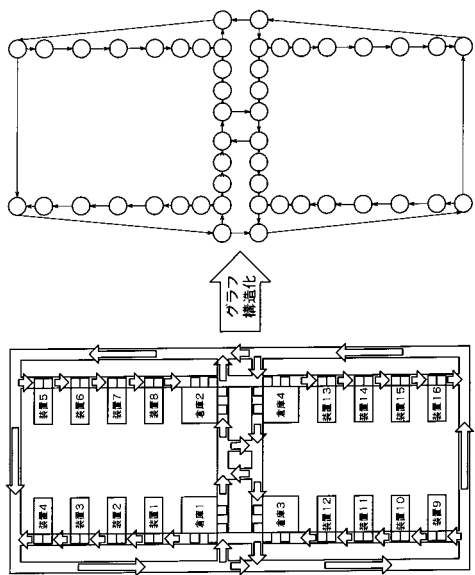
【図 1】



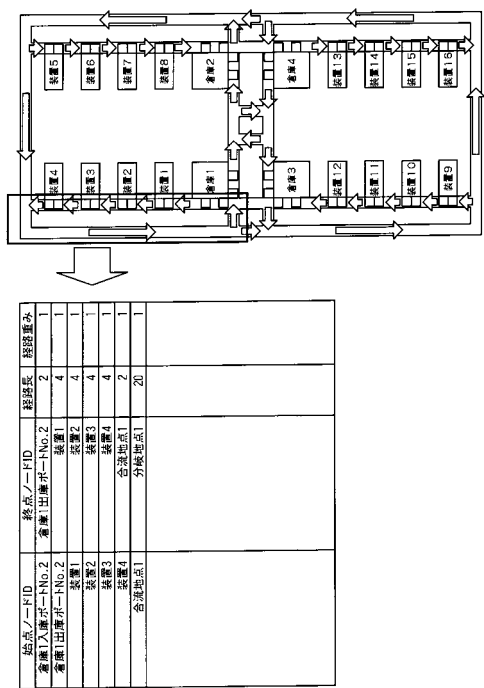
【図 2】



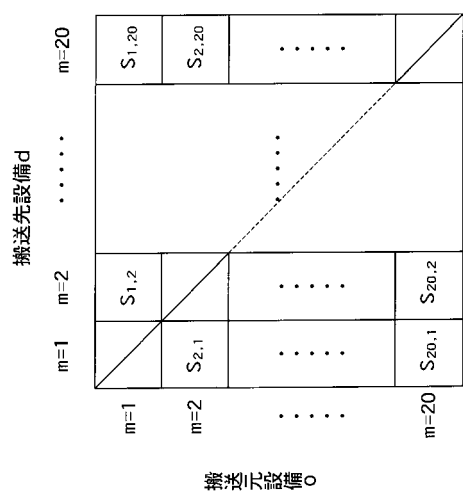
【図 3】



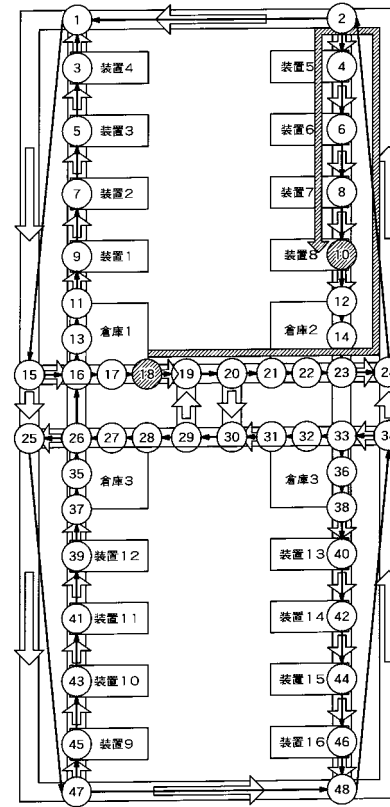
【図 4】



【図 5】



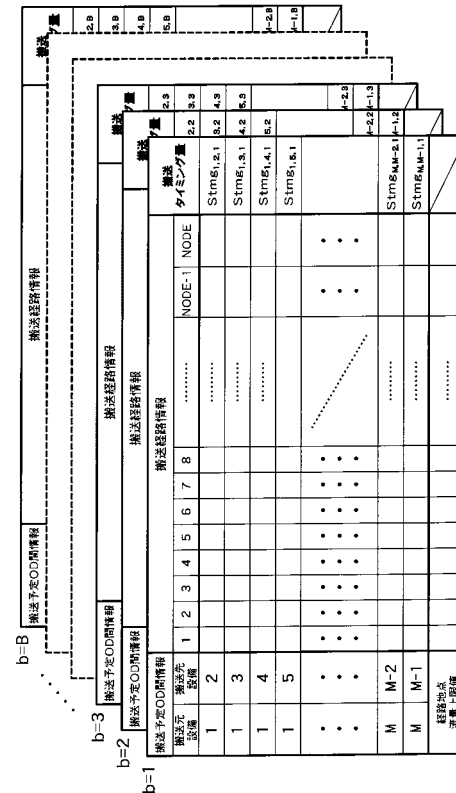
【図 6】



【図 7】

搬送予定OD間情報		搬送経路情報								搬送 タイミング量	
		1	2	3	4	5	6	7	8	NODE-1	NODE
搬送元 設備	搬送先 設備										
1	2										$Stmg_{1,2,1}$
1	3										$Stmg_{1,3,1}$
1	4										$Stmg_{1,4,1}$
1	5										$Stmg_{1,5,1}$
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•
M	M-2										$Stmg_{M,M-2,1}$
M	M-1										$Stmg_{M,M-1,1}$
経路地点 流量上限値											

【図 8】



【図 9】

 $P_{0-1,d=2,node=1}=1$

搬送予定OD間情報		搬送経路情報										搬送 タイミング量
搬送元 設備	搬送先 設備	1	2	3	4	5	6	7	8	NODE-1	NODE	
1	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	Stmg _{1,2,1}
1	3	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	Stmg _{1,3,1}
1	4	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	Stmg _{1,4,1}
1	5	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	Stmg _{1,5,1}
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	
M	M-2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	Stmg _{M,M-2,1}
M	M-1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	Stmg _{M,M-1,1}
経路地点 流量上限値		U _{1,1}	U _{2,1}	U _{3,1}	U _{4,1}	U _{5,1}	U _{6,1}	U _{7,1}	U _{8,1}	U _{NODE-1,1}	U _{NODE,1}	

【図 10】

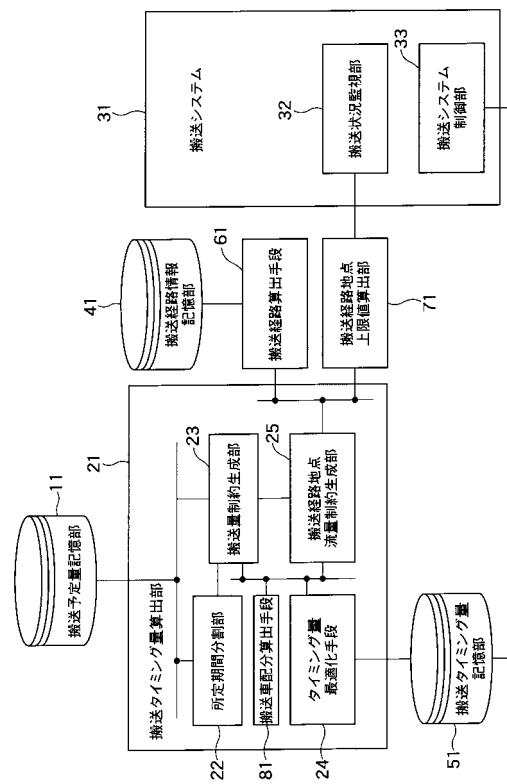
搬送予定OD間情報		搬送経路情報										搬送 タイミング量
搬送元 設備	搬送先 設備	1	2	3	4	5	6	7	8	NODE-1	NODE	
1	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	Stmg _{1,2,1}
1	3	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	Stmg _{1,3,1}
1	4	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	Stmg _{1,4,1}
1	5	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	Stmg _{1,5,1}
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	
M	M-2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	Stmg _{M,M-2,1}
M	M-1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	Stmg _{M,M-1,1}
経路地点 流量上限値		U _{1,1}	U _{2,1}	U _{3,1}	U _{4,1}	U _{5,1}	U _{6,1}	U _{7,1}	U _{8,1}	U _{NODE-1,1}	U _{NODE,1}	

【図 11】

行毎に
各要素に搬送タイミング量を乗算

搬送予定OD間情報		搬送経路情報										搬送 タイミング量
搬送元 設備	搬送先 設備	1	2	3	4	5	6	7	8	NODE-1	NODE	
1	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	Stmg _{1,2,1}
1	3	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	Stmg _{1,3,1}
1	4	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	Stmg _{1,4,1}
1	5	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	Stmg _{1,5,1}
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	
M	M-2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	Stmg _{M,M-2,1}
M	M-1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	Stmg _{M,M-1,1}
経路地点 流量上限値		U _{1,1}	U _{2,1}	U _{3,1}	U _{4,1}	U _{5,1}	U _{6,1}	U _{7,1}	U _{8,1}	U _{NODE-1,1}	U _{NODE,1}	

【図 12】



【図 13】

	$g_d(1)$	$f_d(1)$	$h_d(1)$	$g_d(2)$	$f_d(2)$	$h_d(2)$	$g_d(3)$	$f_d(3)$	$h_d(3)$
装置 1	70	70	0	90	80	10	60	65	5
装置 2	60	60	0	50	40	10	80	95	-5
装置 3	80	80	0	90	70	20	60	60	20
装置 4	60	55	5	35	30	10	20	25	5

(a) 空の搬送車の不足を使いまわして調整する例

	$g_d(1)$	$f_d(1)$	$h_d(1)$	$g_d(2)$	$f_d(2)$	$h_d(2)$	$g_d(3)$	$f_d(3)$	$h_d(3)$
装置 1	70	80	-10	90	80	0	60	65	-5
装置 2	60	65	-5	55	40	10	80	75	-5
装置 3	80	90	-10	90	70	10	60	60	10
装置 4	60	50	10	50	30	30	20	25	15

(b) 空の搬送車の不足をセンター倉庫で調整する例

	$g_d(1)$	$f_d(1)$	$h_d(1)$	$g_d(2)$	$f_d(2)$	$h_d(2)$	$g_d(3)$	$f_d(3)$	$h_d(3)$
装置 1	80	80	0	90	80	10	60	65	5
装置 2	65	65	0	55	40	15	80	95	0
装置 3	90	90	0	90	70	20	60	60	20
装置 4	50	50	0	50	30	20	20	25	15

(c) (b)を不足が生じないように $g_d(1)$ を修正した例

【図 14】

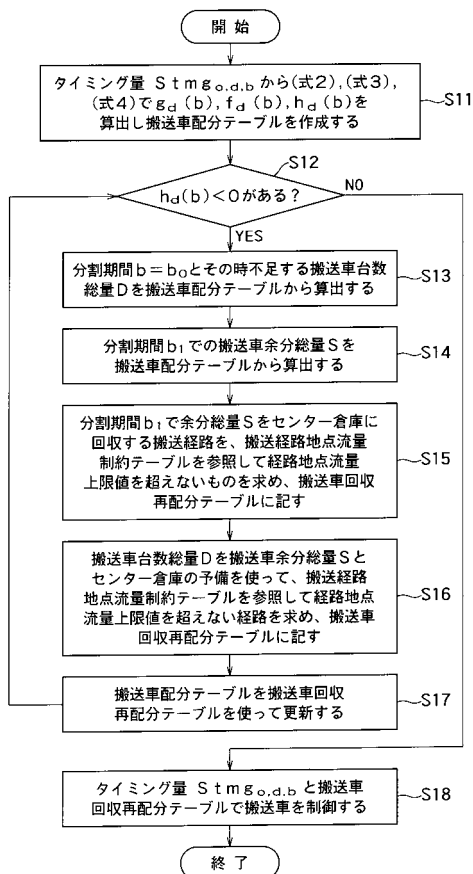
分割期間	FROM	TO	台数	経路
1	装置 4	センター	5	K123
2	センター	装置 2	5	K204

(a) 図13(a)の不足を解消する搬送車回収再配分テーブル

分割期間	FROM	TO	台数	経路
0	センター	装置 1	10	K331
0	センター	装置 2	5	K245
0	センター	装置 3	10	K651
0	装置 4	センター	10	K777

(b) 図13(c)の不足を解消する搬送車回収再配分テーブル

【図 15】



フロントページの続き

(72)発明者 山 田 尚 史
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

(72)発明者 田 中 俊 明
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

(72)発明者 坂 本 英 夫
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

Fターム(参考) 3C100 AA48 BB21
5H301 AA01 AA09 BB05 KK02 KK03 KK04 KK08