

(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
2014年9月25日(25.09.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/148564 A1

- (51) 国際特許分類:
G01G 13/08 (2006.01) B65G 47/51 (2006.01)
B07C 5/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/057576
- (22) 国際出願日: 2014年3月19日(19.03.2014)
- (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:
特願 2013-056033 2013年3月19日(19.03.2013) JP
- (71) 出願人: 株式会社イシダ (ISHIDA CO., LTD.)
[JP/JP]; 〒6068392 京都府京都市左京区聖護院山
王町4番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: および
- (71) 出願人: 伊庭 斉志 (IBA Hitoshi) [JP/JP]; 〒
1130033 東京都文京区本郷七丁目3番1号国立
大学法人東京大学内 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 稲積 慶人 (INAZUMI Yoshito); 〒5203026
滋賀県栗東市下鉤959番地1 株式会社イシ
ダ 滋賀事業所内 Shiga (JP). 小西 聡 (KONISHI
Satoshi); 〒5203026 滋賀県栗東市下鉤959番地
1 株式会社イシダ 滋賀事業所内 Shiga (JP).
廣瀬 修 (HIROSE Osamu); 〒5203026 滋賀県栗東

市下鉤959番地1 株式会社イシダ 滋賀事
業所内 Shiga (JP). 佐藤 良一 (SATO Ryoichi); 〒
5203026 滋賀県栗東市下鉤959番地1 株式
会社イシダ 滋賀事業所内 Shiga (JP).

(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外 (HASEGAWA Yoshiki et
al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番
1号丸の内 MY PLAZA (明治安田生命
ビル) 9階 創英国際特許法律事務所 Tokyo
(JP).

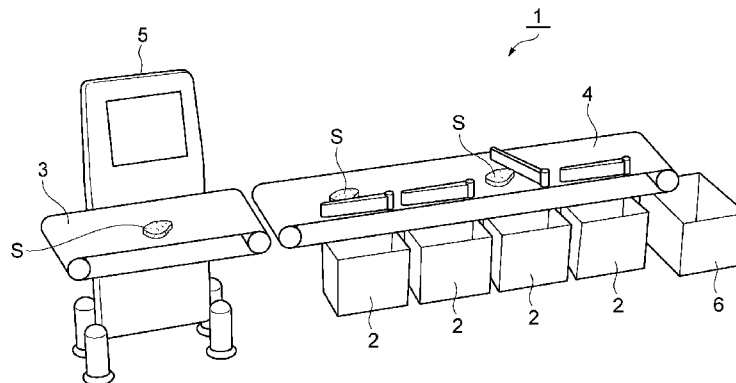
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,
PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, 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,

[続葉有]

(54) Title: QUANTITATIVE WEIGHING SYSTEM AND QUANTITATIVE WEIGHING METHOD

(54) 発明の名称: 定量計量システム及び定量計量方法



(57) Abstract: A quantitative weighing system (1), wherein when the sum total of the weights of articles (S) in each of stations (2) is considered as a state, an operation of allotting the article (S) to each of the stations (2) is considered as an action, and the change of the state by the execution of the action is considered as a transition, a transition difficulty level indicating the difficulty of supply of the article (S) having a weight required for each transition is updated. In a graph structure representing a state transition model, a Q-value set for each of edges is updated such that a higher first reward is given as the transition difficulty level regarding each of the edges becomes lower, and a second reward is given if the sum total of the weights of the articles (S) regarding a node that is a transition destination and connected to each of the edges is within a target range.

(57) 要約: 定量計量システム1では、各ステーション2における物品Sの重量の総和を状態、各ステーション2に対する物品Sの振分動作を行動、行動の実行による状態の変化を遷移として捉えた場合に、各遷移に必要な重量を有する物品Sが供給される困難性を示す遷移困難度が更新される。そして、状態遷移モデルを表現したグラフ構造において、各エッジについての遷移困難度が低いほど高い第1報酬が付与され、かつ各エッジに接続された遷移先のノードについての物品Sの重量の総和が目標レンジ内であれば第2報酬が付与されるように、各エッジに設定されるQ値が更新される。



WO 2014/148564 A1



GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 定量計量システム及び定量計量方法

技術分野

[0001] 本発明は、定量計量システム及び定量計量方法に関する。

背景技術

[0002] 重量にばらつきのある物品（例えば、食肉等）を対象として、複数のステーションのそれぞれにおける物品の重量の総和が目標レンジに収まるように、各ステーションに複数個ずつ物品を振り分ける定量計量システム及び定量計量方法が知られている。このような定量計量システム及び定量計量方法には、各ステーションにおける物品の重量の総和を目標レンジに収めかつ目標レンジの下限值に近付けること（条件１）、及びシステムの動作を安定的に継続させること（条件２）を満たすことが求められる。

[0003] 上記条件１を満たすための最も簡単な方法は、各ステーションにおける物品の重量の総和が目標レンジの下限值に到達する直前になるまで、各ステーションにランダムに物品を振り分け、その後、各ステーションにおいて、上記条件１を満たすための重量を有する物品が現れるのを待ち続けることである。しかし、このような方法では、各ステーションにおける物品の重量の総和が目標レンジの下限值に到達する直前の状況次第で、いずれのステーションにも物品を振り分けることができなくなるおそれがあるため、上記条件２を満たすことができない。

[0004] 逆に、上記条件２を満たすための最も簡単な方法は、各ステーションにおける物品の重量の総和が目標レンジに収まりさえすればよいというスタンスで、各ステーションに物品を振り分けることである。しかし、各ステーションにおける物品の重量の総和を目標レンジの下限值に近付けることを無視した方法なので、上記条件１を満たすことができない。

[0005] このようにトレードオフの関係にある上記条件１及び条件２を同時に満たすために、特許文献１には、物品を供給した後の各ステーションにおける物

品の重量の総和を考慮したときに目標重量が成立する確率が最も高いステーションに物品を供給する方法が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：欧州特許第0781172号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] ところで、上述した特許文献1記載の方法は、目標重量のみに着目した方法であり、目標レンジ全体を考慮した方法ではないということに留意する必要がある。一例として、物品を供給した後に目標重量に到達し得る確率が低いステーションしか存在しない場合を考える。その場合、目標重量だけでなく目標レンジ内の他の重量に到達する確率も考慮することで、物品がいずれかのステーションに供給される可能性が向上するといえる。このように、特許文献1記載の方法には、改良の余地があることが分かる。

[0008] そこで、本発明は、各ステーションにおける物品の重量の総和を目標レンジに収めること、及びシステムの動作を安定的に継続させることを達成することができる定量計量システム及び定量計量方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明の一側面の定量計量システムは、順次供給される物品の重量を計測する計量部と、順次供給される物品を複数のステーションのそれぞれに振り分ける振分部と、計量部によって計測された物品の重量に基づいて、複数のステーションのそれぞれにおける物品の重量の総和が目標レンジに収まるように振分部を制御する制御部と、を備え、制御部は、複数のステーションのそれぞれにおける物品の重量の総和を状態として捉え、かつ複数のステーションのそれぞれに対する物品の振分動作を行動として捉え、かつ行動の実行による状態の変化を遷移として捉えた場合に、遷移のそれぞれに必要な重量

を有する物品が供給される困難性を示す遷移困難度を更新しつつ、状態をノードとして捉え、かつ遷移をエッジとして捉えたグラフ構造において、エッジのそれぞれについての遷移困難度が低いほど高い第1報酬が付与されるように、かつエッジのそれぞれに接続された遷移先のノードについての物品の重量の総和が目標レンジ内であれば第2報酬が付与されるように、第1報酬及び第2報酬の期待値としてエッジのそれぞれに設定されるQ値を更新し、物品を複数のステーションのいずれか1つに振り分けるときに、複数のステーションのそれぞれに対する当該物品の振分動作に対応するエッジから、Q値が最大となるエッジを選択し、当該エッジに対応する振分動作を実行するように振分部を制御する。

[0010] 本発明者らは、上記目的を達成するために鋭意検討を重ねた結果、各ステーションに対する物品の振分動作によって各ステーションにおける物品の重量の総和が変化する様子を状態遷移モデルに帰着させ得ることを見出し、上記定量計量システムを完成させるに至った。上記定量計量システムでは、高い第1報酬を得るために、遷移困難度が低いエッジに対応する振分動作が実行され易くなる。これにより、システムの動作を安定的に継続させることができる。更に、第2報酬を得るために、物品の重量の総和が目標レンジ内であるノードに接続されたエッジに対応する振分動作が実行され易くなる。これにより、各ステーションにおける物品の重量の総和を目標レンジに収めることができる。このように、上記定量計量システムによれば、各ステーションにおける物品の重量の総和を目標レンジに収めること、及びシステムの動作を安定的に継続させることを達成することができる。

[0011] また、制御部は、物品を複数のステーションのいずれか1つに振り分けるときに、複数のステーションのそれぞれに対する当該物品の振分動作に対応するエッジから、振分動作以降に一度でも遷移する可能性があるノードに更に接続された複数のエッジのそれぞれに設定されたQ値の最大値が最大となるステーションを選択し、当該ステーションに対応する振分動作を実行するように振分部を制御してもよい。これによれば、システムの動作をより安定

的に継続させることができる。

[0012] また、第2報酬は、目標レンジの下限值に近いほど高い値であってもよい。この場合、各ステーションにおける物品の重量の総和を目標レンジに収めかつ目標レンジの下限值に近付けることができる。また、第2報酬は、目標レンジ内に目標重量を設定した場合に、目標重量に近いほど高い値であってもよい。この場合、各ステーションにおける物品の重量の総和を目標レンジに収めかつ目標重量に近付けることができる。

[0013] また、第2報酬は、第1報酬よりも高い値であってもよい。この場合、物品の重量の総和が目標レンジ内において目標レンジの下限值に近いノードに接続されたエッジに対応する振分動作が実行される頻度がより高くなる。そのため、各ステーションにおける物品の重量の総和を目標レンジにより確実に収めることができる。

[0014] また、制御部は、遷移困難度が所定値よりも低くなっているエッジによってグラフ構造を構成してもよい。これによれば、システムの動作の安定的継続を担保しつつ、制御部による計算量を抑制することができる。

[0015] 本発明の一側面の定量計量方法は、順次供給される物品の重量を計測する計量工程と、計量工程にて計測された物品の重量に基づいて、複数のステーションのそれぞれにおける物品の重量の総和が目標レンジに収まるように、順次供給される物品を複数のステーションのそれぞれに振り分ける振分工程と、を含み、振分工程では、複数のステーションのそれぞれにおける物品の重量の総和を状態として捉え、かつ複数のステーションのそれぞれに対する物品の振分動作を行動として捉え、かつ行動の実行による状態の変化を遷移として捉えた場合に、遷移のそれぞれに必要な重量を有する物品が供給される困難性を示す遷移困難度を更新しつつ、状態をノードとして捉え、かつ遷移をエッジとして捉えたグラフ構造において、エッジのそれぞれについての遷移困難度が低いほど高い第1報酬が付与されるように、かつエッジのそれぞれに接続された遷移先のノードについての物品の重量の総和が目標レンジ内において目標レンジの下限值に近いほど高い第2報酬が付与されるように

、第1報酬及び第2報酬の期待値としてエッジのそれぞれに設定されるQ値を更新し、物品を複数のステーションのいずれか1つに振り分けるときに、複数のステーションのそれぞれに対する当該物品の振分動作に対応するエッジから、Q値が最大となるエッジを選択し、当該エッジに対応する振分動作を実行する。

[0016] 上記定量計量方法によれば、上述した定量計量システムと同様に、各ステーションにおける物品の重量の総和を目標レンジに収めかつ目標レンジの下限値に近付けること、及びシステムの動作を安定的に継続させることを達成することができる。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、各ステーションにおける物品の重量の総和を目標レンジに収めること、及びシステムの動作を安定的に継続させることを達成することができる定量計量システム及び定量計量方法を提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の一実施形態の定量計量システムの構成図である。

[図2]ステーションと状態との関係を示す図である。

[図3]ステーションと状態との関係を示す図である。

[図4]状態遷移モデルを表現したグラフ構造を示す図である。

[図5]第1報酬及び第2報酬が付与されたグラフ構造を示す図である。

[図6]第2報酬が付与されたグラフ構造を示す図である。

[図7]重量ランクごとの滞留サイクル数を格納するFIFOキューの一例を示す図である。

[図8]図7の一例をコピーしたバッファを示す図である。

[図9]図8の一例を補正したバッファを示す図である。

[図10]1つの有向エッジが存在する場合のグラフ構造を示す図である。

[図11]2つの有向エッジが存在する場合のグラフ構造を示す図である。

[図12]特微量の正規化のための変換曲線を示す図である。

[図13]所定値以上の特徴量を有する有向エッジを含むグラフ構造を示す図である。

[図14]図 1 3 の一例において有向エッジの消去処理が施されたグラフ構造を示す図である。

[図15]図 1 4 の一例において有向エッジの消去処理が施されたグラフ構造を示す図である。

[図16]最大のQ値を求めるための概念を表現したグラフ構造を示す図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本発明の好適な実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、各図において同一又は相当部分には同一符号を付し、重複する説明を省略する。

[0020] [定量計量システムの構成]

図 1 に示されるように、定量計量システム 1 は、重量にばらつきのある物品 S（例えば、食肉等）を対象として、複数のステーション 2 のそれぞれにおける物品 S の重量の総和が目標レンジに収まるように、各ステーション 2 に複数個ずつ物品 S を振り分けるシステムである。定量計量システム 1 は、順次供給される物品 S の重量を計測する計量部 3 と、順次供給される物品 S を各ステーション 2 に振り分ける振分部 4 と、計量部 3 によって計測された物品 S の重量に基づいて、各ステーション 2 における物品 S の重量の総和が目標レンジに収まるように振分部 4 を制御する制御部 5 と、を備えている。ステーション 2 は、複数の物品 S を格納可能な容器である。なお、何らかの理由でステーション 2 のいずれにも振り分けられなかった物品 S は、振分部 4 の下流側に配置された容器 6 内に收容される。

[0021] [定量計量アルゴリズム]

以上のような定量計量システム 1 には、各ステーション 2 における物品 S の重量の総和を目標レンジに収めかつ目標レンジの下限值に近付けること（条件 1）、及びシステムの動作を安定的に継続させること（条件 2）を満た

すことが求められる。以下、これらの条件 1 及び条件 2 を満たすために定量計量システム 1 において実施される定量計量アルゴリズム（定量計量方法）について説明する。

[0022] なお、次のように前提条件を設ける。

（1）目標レンジの下限値及び上限値は、全てのステーション間で共通である。

（2）定量計量のみを考慮したアルゴリズムである（個数制約等はない）。

[0023] また、次のように用語を定義する。

（1）定量計量誤差：ステーションにおける物品の重量の総和（以下、「ステーション内部重量」という） w が目標重量 w_{target} を超えたとき、 $w_{\text{error}} = w - w_{\text{target}}$ で計算される値を定量計量誤差という。

（2）目標レンジ：目標レンジの下限値を目標重量といい、目標レンジの上限値を上限重量という。

（3）稼働率：「計量部によって重量を計測された物品の総数 N 」に対する「定量計量が完了した結果として各ステーションから導出される物品の総数 n 」の割合 n / N を稼働率という。

[0024] [報酬の導入]

一般的に、トレードオフの関係にある複数の事柄を同時に満たすようにするためには、まず、統一された尺度でそれぞれの事柄を評価する必要がある。そこで、本定量計量アルゴリズムでは、次のような「報酬」という統一された尺度で上記条件 1 及び条件 2 を評価する。

（1）定量計量誤差を小さく抑えるほど高い報酬（第 2 報酬）が得られる。

（2）システムの動作を安定的に継続させるほど高い報酬（第 1 報酬）が得られる。

[0025] そして、本定量計量アルゴリズムは、得られる報酬を最大化するために自ら動作することで、上記条件 1 及び条件 2 を同時に満たすような定量計量を実現する。以下、定量計量システム 1 を用いた定量計量の実動作中における報酬の付与の方法、及び報酬の最大化の方法について説明する。

[0026] [状態遷移モデルを用いた報酬の付与]

本定量計量アルゴリズムでは、各ステーション2に対する物品Sの振分動作によってステーション内部重量が変化する様子を状態遷移モデルに帰着させ、その状態遷移モデルをグラフ構造として保持する。ここでは、各ステーション2に対する物品Sの振分動作によってステーション内部重量が変化する様子を状態遷移モデルに帰着させる方法について例を用いて説明した後、状態遷移モデルをグラフ構造として表現する方法について説明する。

[0027] <状態遷移モデルへの帰着>

図2に示されるように、目標重量2000g、上限重量3000gとされたステーション2に、既に200gの物品Sが入っている場合を考える。まず、図2に示される0g～3000gの範囲を6等分し、6等分後の500gの幅を有する各区間に1Dを割り振る。すると、図2に示される状態においては、ステーション内部重量が200gであるため、ステーション内部重量が1D=0の区間に入っていることになる。本定量計量アルゴリズムでは、ステーション内部重量が1D=0の区間に入っていることを「ステーションの状態が0である」と定義する。そして、新たに600gの物品Sがステーション2に追加され、図3に示される状態になったとき、ステーション2の状態は1となる。本定量計量アルゴリズムでは、図2に示される状態から図3に示される状態にステーション内部重量が変化することを「ステーションの状態が0から1に遷移した」とみなす。

[0028] この例をより一般的な表現に拡張すると、「0からステーションの上限重量 w_{upper} までの範囲を m 等分し、 m 等分後の各区間に番号 i ($=0, 1, 2, \dots, m-1$) を割り振ったとき、 c サイクル目においてステーション内部重量が $i = l_c$ の区間に入っているとすると、ステーションの状態は l_c である」ということになる。また、ステーションの状態が $c+1$ サイクル目に $i = l_c$ から $i = l_{c+1}$ に変化するとき、「ステーションの状態は l_c から l_{c+1} に遷移した」と表現する。

[0029] <グラフ構造による表現>

本定量計量アルゴリズムでは、上述したように、各ステーション 2 に対する物品 S の振分動作によってステーション内部重量が変化する様子を状態遷移モデルに帰着させる。そして、状態遷移モデルを制御部 5 のコンピュータ上で保持するために、状態遷移モデルをグラフ構造として表現する。図 4 に、図 2 及び図 3 に示される場合をグラフ構造で表現したときの例を示す。図 4 に示されるグラフ構造では、各状態をノードとして扱い、ノードを円で表し、円の内部に ID を記述する。また、各有向エッジとして、自ノードから自ノードに延びるもの、及び、自ノードから、自ノードよりも大きい ID を有する別のノードに延びるものを記述する。状態遷移時は、自ノードから有向エッジに沿って別のノードに移動することとし、有向エッジが存在しない場合には、それに該当する状態遷移も同様に存在しないものとする。なお、図 4 に示されるグラフ構造では、簡易化のために ID = 5 のノードが省略されている。

[0030] <状態遷移中における報酬の付与>

定量計量システム 1 に求められる上記条件 1（すなわち、各ステーション 2 における物品 S の重量の総和を目標レンジに収めかつ目標レンジの下限値に近付けること）は、目標重量誤差が小さくかつ目標重量以上の状態に遷移したときに高い第 2 報酬を付与することにより満たされる。一方、定量計量システム 1 に求められる上記条件 2（すなわち、システムの動作を安定的に継続させること）は、「システムの動作を安定的に継続させる」という抽象的な条件を別の観点から捉えることによって具体的な条件に置き換える必要がある。

[0031] ここで、上記条件 2 について検討すると、「システムの動作を安定的に継続させる」とは、「定量計量システム 1 内に滞留する物品 S の量が所定レベルよりも低く保たれる」ことであるといえる。本定量計量アルゴリズムでは、定量計量システム 1 内に導入される物品 S の量をコントロールすることはできないので、定量計量システム 1 内から導出される物品 S の量を多くすることにより、定量計量システム 1 内に滞留する物品 S の量をコントロールし

て、システムの動作を安定的に継続させる。

[0032] 具体的には、各ステーション2において「導出から次の導出までのサイクルを短くする」ことにより、定量計量システム1内から導出される物品Sの量を多くすることが可能になる。各ステーション2において「導出から次の導出までのサイクルを短くする」ことは、「できる限りステーション内部重量が小さいステーション2に対して集中的に物品Sを供給し続ける」ことで可能になる。そして、「できる限りステーション内部重量が小さいステーション2に対して集中的に物品Sを供給し続ける」ためには、各ステーション2において「別状態への遷移を短いサイクルで行う」ことが必要である。したがって、別状態への遷移のサイクルが短くなるほど高い第1報酬を付与することにより、上記条件2は満たされる。

[0033] 以上により、上記条件1及び条件2を同時に満たすためには、状態遷移中に報酬を付与することが妥当であるといえる。そして、状態遷移中に報酬を付与することは、グラフ構造上の有向エッジ通過時に報酬を付与することと等価であるため、本定量計量アルゴリズムを制御部5のコンピュータ上に実装する際には、グラフ構造から報酬が得られるようにする。

[0034] 図5に示されるように、具体的な報酬の値は、コンピュータ上での扱いやすさを考慮して、 $-1 \sim 1$ の値とする。目標重量以上かつ上限重量未満の重量に到達したときに得られる第2報酬は、 $0 \sim 1$ の値とする。図5に示されるグラフ構造では、目標レンジ内のノードに到達したときに $+1, 0$ の第2報酬が得られることになっている。また、一般的に、有向エッジを通過するのに要する時間（あるノードから別のノードに遷移するのに要する滞留サイクル数）は、コストとして扱われる。そのため、本定量計量アルゴリズムでは、有向エッジを通過したときに得られる第1報酬は、 $-1 \sim 0$ の値とする。図5に示されるグラフ構造では、遠くのノード（状態が大きく変化するノード）に遷移するほど、有向エッジを通過するのに要する時間が長くなると想定し、得られる第1報酬を低く設定している。

[0035] [報酬の計算方法]

＜目標レンジ到達時に得られる報酬＞

図4に示されるグラフ構造から、全てのノード、及び目標レンジ内のノードに延びる有向エッジを抜粋したものを図6に示す。本定量計量アルゴリズムでは、目標レンジ内のノードごとに、そのノードに到達したときに得られる第2報酬を定める。具体的な第2報酬の設定方法は様々なパターンが存在する。例えば、図6に示される場合では、目標レンジ内のノードのうち、 $ID=4$ のノードに到達する場合のほうが $ID=5$ のノードに到達する場合よりも定量計量誤差が小さくなることから、 $ID=5$ のノードに延びる有向エッジを通過するときに得られる第2報酬よりも、 $ID=4$ のノードに延びる有向エッジを通過するときに得られる第2報酬が高くなっている。このように、本定量計量アルゴリズムにおいては、遷移することが好ましいノードに延びる有向エッジほど、報酬を高く設定すればよい。

[0036] ＜状態遷移時の報酬＞

本定量計量アルゴリズムでは、有向エッジ通過時間、つまり、あるノードに到着してから別のノードに遷移するまでに待機していたサイクル数が大きいほど、絶対値が大きい負値の第1報酬を付与する。本定量計量アルゴリズムでは、待機していたサイクル数を「滞留サイクル数」という。滞留サイクル数は、図2及び図3に示されるように、分割された区間幅の重量ランクごとに計算される。そして、各サイクルにおいて滞留サイクル数をFIFOキューへ保存し、キューに保存されたデータに対して、新しいものほど重みを大きくするような時系列的なフィルタ処理を施し、フィルタ処理後の値を $-1 \sim 0$ に正規化したものを第1報酬とする。

[0037] 上述した滞留サイクル数の求め方について例を用いて説明する。ここでは、 $20g$ 、 $21g$ の物品Sが発生する確率をそれぞれ 50% 、 10% 、物品Sが発生しない($0g$ の物品Sが発生する)確率を 40% と設定した状況を考える。なお、「物品Sが発生しない場合」というのは、実際の定量計量システム1で考えると、次のような状況である。2つのステーション2が存在したとすると、一方のステーション2に物品Sが供給されたとき、他方のス

テーション 2 には物品 S が供給されなかったこととなり、他方のステーション 2 の視点で見ると、物品 S が発生していないのと同じことになる。したがって、「物品 S が発生しない場合」を想定するのは妥当である。

[0038] そして、重量ランクを 1 g ごとに刻むことで $20 \leq w_{20} < 21$ 、 $21 \leq w_{21} < 22$ の重量範囲を有する 2 つの重量ランク $i = 20$ 、 $i = 21$ を定めることができる。このような設定条件の下で定量計量システム 1 を 9 サイクル目まで動作させ、表 1 に示されるような物品 S の重量について時系列データが発生したとする。このとき、各時刻における重量ランク $i = 20$ 、 $i = 21$ の滞留サイクル数は、表 2 に示されるようになる。滞留サイクル数は、各重量ランクに対応する物品 S の重量が計測されたときに、前回計測されてから、又は定量計量システム 1 が動作を開始してから、何回計測されていないかを表すものである。

[表1]

サイクル数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
重量[g]	20	20	20	0	20	0	20	21	0	20

[表2]

サイクル数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
重量ランク 20	0	0	0	-1	1	-1	1	-1	-1	2
重量ランク 21	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	7	-1	-1

[0039] 本定量計量アルゴリズムでは、重量ランクごとの滞留サイクル数を重量ランクごとに用意した F I F O キューに格納する。図 7 に、9 サイクル目において、表 2 に示される滞留サイクル数がキューに格納されている例を示す。ただし、各重量ランクにおけるキューの数は 10 個であるものとする。そして、図 7 に示される矢印は、サイクルごとに、キューの左側から滞留サイクル数の新しいデータが挿入されると同時に、キュー内の全てのデータが右側に 1 つだけシフトし、最も古いデータがキューの右側に押し出されて消去される様子を表している。本定量計量アルゴリズムでは、以上のように滞留サイクル数をキューに保存する。

[0040] 次に、図 7 に示されるキューを用いて、9 サイクル目における状態遷移時の第 1 報酬を求める手順について説明する。この手順は、キュー内のデータに対して時系列的なフィルタ処理を施し、重量ランクごとに特徴量を抽出するプロセス、重量ランクごとの特徴量をグラフ構造上の各有向エッジに割り当てるプロセス、及び重量ランクごとの特徴量を正規化するプロセスに大別される。以下、各プロセスの詳細について説明する。

[0041] (特徴量を抽出するプロセス)

本定量計量アルゴリズムでは、まず、図 8 に示されるように、図 7 に示されたキューをバッファにコピーする。キューをバッファにコピーする理由は、データ操作によりキュー内のデータが変化し、上述したキューの更新処理が実行不能になるのを防止するためである。また、キューの各マス上にある数は、各マスに対する時系列的な重みである。新しいデータが格納されているマスほど重みが大きくなっている。

[0042] そして、図 8 に示されるデータに対して、時系列的に新しいデータほど大きい重みを掛け合わせて平均化する処理を施す。本定量計量アルゴリズムでは、平均化処理のために、図 8 に示されるデータのうち、-1 以外のデータについて加重平均を計算する。重量ランク 20 のデータについて加重平均を計算すると、式 (1) のようになる。結果の値は 1.1 となり、図 8 に示される重量ランク 20 のデータと比較しても、妥当であることが分かる。

[数1]

$$\frac{2 \times 1.0 + 1 \times 0.7 + 1 \times 0.5 + 0 \times 0.3 + 0 \times 0.2 + 0 \times 0.1}{1.0 + 0.7 + 0.5 + 0.3 + 0.2 + 0.1} = 1.1 \quad \dots(1)$$

[0043] 同様に、重量ランク 21 のデータについて加重平均を計算すると、式 (2) のようになる。重量ランク 21 については、3 番目に新しいデータのみで加重平均を計算しているため、図 8 に示される重量ランク 21 のデータと比較しても、平均化処理の効果が全く表れていないことが分かる。

[数2]

$$\frac{7 \times 0.8}{0.8} = 7 \quad \dots(2)$$

[0044] このことは、－１以外のデータに対して加重平均を計算するという方法に由来する。つまり、重量ランクに相当するデータが得られて初めて加重平均の対象となるため、重量ランクに相当するデータが得られなかった場合を考慮していないことが原因であると考えられる。したがって、本定量計量アルゴリズムでは、図８に示されるデータをそのまま利用するのではなく、重量ランク２１に相当する物品Ｓが発生したと想定し、図９に示されるように、キューの先頭に、－１ではなく１を挿入する。

[0045] 図９に示される重量ランク２１のデータについて加重平均を計算すると、式（３）のようになり、時系列的な影響が考慮された値となっていることが分かる。したがって、キュー内の最新のマスに－１が格納されているときは、その重量ランクの物品Ｓが発生した仮定して、バッファ上で展開されたキューを上述のように操作し、加重平均をとる。

[数３]

$$\frac{1 \times 1.0 + 7 \times 0.8}{1.0 + 0.8} = 3.7 \quad \dots(3)$$

[0046] （特徴量を各有向エッジに割り当てるプロセス）

状態 i 及び状態 j ($i < j$) があると仮定すると、状態 i から状態 j への遷移が可能となるのは、重量ランク $j - i$ の物品 S が発生し、ステーション２に供給されたときである。したがって、本定量計量アルゴリズムでは、重量ランク k の滞留サイクル数から求められた特徴量 V_k は、状態 m から状態 n ($n - m = k$) に遷移するときに得られるものである。よって、特徴量 V_k は、グラフ構造上において状態 m のノードから状態 n のノードに延びる有向エッジを通過するときに得られる。

[0047] ここで、特徴量 V_k は、ある状態 m から特定の状態 n ($n - m = k$) に遷移する際に見込まれる滞留サイクル数に相当する。それに対し、ある状態 m から不特定の状態に遷移するための滞留サイクル数に相当する特徴量 R_m は、特徴量 V_k とは異なる。その理由は、状態 m から状態 n への遷移を待っている間に、状態 m から状態 l への遷移が可能になるかもしれないからである。この

理由から、一般的に $R_m < V_k$ となる。特徴量 R_m は、状態 m から遷移するために必要な実質的な滞留サイクル数であるため、本定量計量アルゴリズムでは、特徴量 R_m を最終的な正規化の対象とする。以下、特徴量 R_m の算出方法について説明する。なお、特徴量 R_m を求めるために特徴量 V_k を加工することから、特徴量 R_m を合成特徴量ということにする。

[0048] 図 10 に、状態 m から状態 n への遷移が可能なグラフ構造を示す。この場合、有向エッジ上の特徴量は特徴量 V_k となり、合成特徴量 R_m との関係は、 $R_m = V_k$ となる。図 11 に、状態 m から状態 n 及び状態 $n+1$ への遷移が可能なグラフ構造を示す。この場合、各有向エッジ上の特徴量は特徴量 V_k 、特徴量 V_{k+1} となり、合成特徴量 R_m との関係は、上述した理由から、 $R_m < V_k$ 、 $R_m < V_{k+1}$ となる。このことから、状態 m のノードから延びる有向エッジが増えるほど、特徴量 R_m が小さくなることが容易に分かる。この関係は、電気回路にて電気抵抗を並列に接続することと類似している。電気回路では、電気抵抗を並列に多く接続するほど、合成抵抗が小さくなる。よって、本定量計量アルゴリズムでは、特徴量 R_m と特徴量 V_k との数理的な関係を式 (4) のように定める。

[数4]

$$R_m = \frac{1}{\sum_k \frac{1}{V_k} \delta_{m,k}} \quad \dots(4)$$

[0049] ただし、 $\delta_{m,k}$ は、状態 m から状態 $m+k$ に遷移するときに通過する有向エッジが存在するときのみ 1 となり、当該有向エッジが存在しないときは 0 となる。式 (4) は、並列回路における合成抵抗の基本公式との類似性から導いたものである。このようにして求めた合成特徴量 R_m は、ノードから延びる全ての有向エッジに割り振られる。以下、合成特徴量 R_m のことを単に特徴量という。

[0050] (特徴量を正規化するプロセス)

特徴量を $-1 \sim 0$ の値に正規化する方法について説明する。前提として、正規化を行うときに留意すべき事柄がある。それは、特徴量を正規化した

値はそのまま状態遷移時の第 1 報酬として扱われるということである。したがって、「正規化後の値は滞留サイクル数が小さいほど大きくなる」という関係を維持しつつ正規化を行う必要がある。本定量計量アルゴリズムでは、特徴量の値が小さいほど、特徴量を正規化した後の値の感度が大きくなるように、正規化を行う。そのために、本定量計量アルゴリズムでは、特徴量を正規化するための変換式を式 (5) のように定める。ただし、式 (5) において、 V は正規化後の値であり、 A は定数である。式 (5) の特徴量 R_m と正規化後の値 V との関係を視覚的に表すと、図 12 に示されるようになる。以上の方法によって求めた値 V が状態遷移時に得られる第 1 報酬となる。

[数5]

$$V = \exp\left(-\frac{R_m}{A}\right) - 1.0 \quad \dots(5)$$

[0051] [報酬の最大化]

定量計量システム 1 は、ステーション内部重量が 0 の状態から目標レンジに到達するまでに、できる限り多くの報酬を得るように動作することで、定量計量誤差を小さく抑えつつも、システムの動作を安定的に継続させることが可能になる。本定量計量アルゴリズムにおける報酬の最大化は、閾値以上の特徴量を有する有向エッジの除去、数手先の報酬を考慮した Q 学習理論、及び Q 値を用いた供給先のステーションの決定を順次行うことにより実施される。以下、これらの詳細について説明する。

[0052] <閾値以上の特徴量を有する有向エッジの除去>

特徴量とは、ある状態から別の状態への遷移の困難性を示す指標である。所定値よりも大きい特徴量を有する有向エッジは、定量計量システム 1 の動作の安定的な継続を阻害するおそれがある。例として、図 13 に示されるように、状態 a から出発して状態 d に到達することを目的するグラフ構造について考える。図 13 に示されるグラフ構造において、 $R_{i,j}$ は、状態 i から状態 j に遷移する際の特徴量である。

[0053] 図 13 に示されるグラフ構造では、状態 a から状態 b に遷移する際、及び

状態 a から状態 c に遷移する際には、特徴量の値 2 に相当する滞留サイクル数 2 回で遷移できることが見込まれる。同様に、状態 b から状態 d に遷移する際にも、期待される滞留サイクル数は 2 回である。しかし、状態 c から状態 d に遷移する際には、期待される滞留サイクル数は 100 回であり、多くのサイクル数が費やされる。全てのステーション内部重量が状態 c に陥った状況を考えると、次サイクルにおいていずれかのステーション 2 が状態 d に遷移し得る可能性は殆どなく、数サイクル以内に定量計量システム 1 の動作が破綻することは明白である。

[0054] そこで、本定量計量アルゴリズムでは、図 14 に示されるように、所定値以上の特徴量を有する有向エッジを予めグラフ構造上から消去する。図 14 に示されるグラフ構造では、状態 c のノードから延びる有向エッジが 1 つも存在しないことが分かる。したがって、状態 c に遷移すること自体が定量計量システム 1 の動作の破綻につながるので、図 15 に示されるように、状態 c のノードに延びる有向エッジも同時に除去しなければならない。このように、本定量計量アルゴリズムでは、状態 c のノードから延びる有向エッジの中で所定値以上の特徴量を有する有向エッジを消去した後、状態 c の状態から延びる有向エッジが 1 つも残らなかった場合、状態 c のノードに延びる有向エッジも全て消去する。

[0055] 本定量計量アルゴリズムでは、上述した有向エッジの消去に関する手順を目標レンジに近い状態から実行することで、グラフ構造全体を通して実行することができる。また、有向エッジを消去する際の基準として用いる特徴量の閾値である所定値は、小さいほど多くの有向エッジが消去されることになる。ただし、そのとき問題となるのは、ステーション内部重量が 0 の状態から目標レンジに到達するまで間に、有向エッジで構成される一繋ぎのパスが存在しなくなることである。したがって、所定値は、できる限り小さくすると同時に、ステーション内部重量が 0 の状態から目標レンジに到達するまでの間にパスが存在するように注意を払う必要がある。

[0056] <数手先の報酬を考慮した Q 学習理論>

あるステーション2について、ステーション内部重量が目標レンジに到達するためには、3つ以上の物品Sが当該ステーション2に供給される必要があるとき、ステーション内部重量が目標レンジに到達したときに得られる報酬を先読みしながら行動することは一般的には困難である。そこで、本定量計量アルゴリズムでは、状態遷移モデル上において数手先の報酬も考慮に入れた上で行動するための手法であるQ学習理論を用いて最終的に得られる報酬を最大化することにする。本定量計量アルゴリズムでは、Q学習理論を用いることによりQ値と呼ばれる値を各有向エッジ上に割り振る。Q値が高い有向エッジを通過したときほど、目標レンジ到達時に高い報酬が得られると期待されるため、Q値は、報酬の最大化に直接的に貢献する値であるといえる。

[0057] <Q値を用いた供給先のステーションの決定>

一般的に、Q学習理論の枠組み内では、現状態においてQ値が最も高くなる行動を自ら選択する。本定量計量アルゴリズムでは、以下のようにして物品Sの供給先となるステーション2を決定する。この決定方法は、2つのパターンに大別される。

[0058] まず、1つ目のパターンとして、各ステーション2において、現状態iから状態jに遷移する可能性があるときに、遷移後の状態jが目標レンジ未満である場合について説明する。その場合、本定量計量アルゴリズムでは、遷移後の状態jのノードから延びる有向エッジ上のQ値の中で最大となる Q_s を求め、 Q_s が最大となるステーション2を最終的な供給先とする。図16に示される例では、遷移後の状態jのノードから延びる有向エッジ上のQ値はそれぞれ0.1, 0.6, 0.2であり、その中で最大のQ値である0.6が Q_s となる。次に、2つ目のパターンとして、遷移後の状態jが目標レンジ内である場合について説明する。その場合、本定量計量アルゴリズムでは、状態jに到達した時に得られる第2報酬についてのQ値を Q_s とする。

[0059] なお、 Q_s が最大となるステーション2を最終的な供給先とする場合において、 Q_s が最大となるステーション2が複数存在するときには、それらのステ

ーション2のうち、過去に計量物（物品S）が入った個数が最も少ないステーション2、又は目標重量到達時の計量物（物品S）の排出回数が最も少ないステーション2を選択する。

[0060] ここで、Q値は、式（6）により更新される。式（6）において、 $Q(s, a)$ は、状態sにおいて行動aをとることによって得られる報酬の期待値であり、 $R(s, a)$ は、状態sにおいて行動aをとることによって得られる報酬であり、 $\max\{Q(s', a')\}$ は、状態s' において行動a' をとったときのQ値の最大値である。また、 α は学習率であり、 γ は割引率である。 α は $0 < \alpha < 1$ の値（例えば、 $\alpha = 0.3$ ）をとり、 γ は $0 < \gamma < 1$ の値（例えば、 $\gamma = 0.7$ ）をとる。なお、Q学習理論それ自体は、周知の理論である。

[数6]

$$Q(s, a) \leftarrow (1 - \alpha) Q(s, a) + \alpha [R(s, a) + \gamma \cdot \max\{Q(s', a')\}] \quad \dots(6)$$

[0061] <初期化の方法>

電源投入直後等の初期状態においては、全てのエッジにおけるQ値が未定である。生産稼働直後から安定した定量計量を実現するために、本実施形態では、生産稼働前に事前に複数のサンプルを用いてQ値を学習することによりQ値を決定する方法、又は生産稼働前に事前に判明している計量物（物品S）の重量分布を基にコンピュータ内部で発生させた重量データを用いてQ値を学習することによりQ値を決定する方法を使用している。

[0062] [定量計量アルゴリズムを搭載した定量計量システムの作用効果]

以上説明したように、定量計量システム1では、各ステーション2における物品Sの重量の総和（上述したステーション内部重量）を状態として捉え、かつ各ステーション2に対する物品Sの振分動作（上述した物品Sの供給）を行動として捉え、かつ行動の実行による状態の変化を遷移として捉えた場合に、各遷移に必要な重量を有する物品Sが定量計量システム1に導入される困難性を示す遷移困難度（上述した特徴量）が更新される。そして、状態をノードとして捉え、かつ遷移を有向エッジとして捉えたグラフ構造にお

いて、各有向エッジについての遷移困難度が低いほど高い第1報酬が付与されるように、かつ各有向エッジに接続された遷移先のノードについての物品Sの重量の総和が目標レンジ内であれば第2報酬が付与されるように、第1報酬及び第2報酬の期待値として各有向エッジに設定されるQ値が更新される。このような状況下において、定量計量システム1では、物品Sの重量が計測され（計量工程）、当該物品Sを複数のステーション2のいずれか1つに振り分けるときに、各ステーション2に対する当該物品Sの振分動作に対応する有向エッジから、Q値が最大となる有向エッジが選択され、当該有向エッジに対応する振分動作が実行される（振分工程）。

[0063] したがって、定量計量システム1では、高い第1報酬を得るために、遷移困難度が低い有向エッジに対応する振分動作が実行され易くなる。これにより、システムの動作を安定的に継続させることができる。更に、定量計量システム1では、第2報酬を得るために、物品Sの重量の総和が目標レンジ内であるノードに接続された有向エッジに対応する振分動作が実行され易くなる。これにより、各ステーション2における物品Sの重量の総和を目標レンジに収めることができる。このように、定量計量システム1によれば、各ステーション2における物品Sの重量の総和を目標レンジに収めること、及びシステムの動作を安定的に継続させることを達成することができる。

[0064] 特に、定量計量システム1では、上記グラフ構造において、各有向エッジについての遷移困難度が低いほど高い第1報酬が付与されるように、かつ各有向エッジに接続された遷移先のノードについての物品Sの重量の総和が目標レンジ内において目標レンジの下限值（上述した目標重量）に近いほど高い第2報酬が付与されるように、第1報酬及び第2報酬の期待値として各有向エッジに設定されるQ値が更新される。したがって、定量計量システム1では、高い第2報酬を得るために、物品Sの重量の総和が目標レンジ内において目標レンジの下限值に近いノードに接続された有向エッジに対応する振分動作が実行され易くなる。これにより、各ステーション2における物品Sの重量の総和を目標レンジに収めかつ目標レンジの下限值に近付けることが

できる。

[0065] また、定量計量システム 1 では、物品 S を複数のステーション 2 のいずれか 1 つに振り分けるときに、各ステーション 2 に対する当該物品 S の振分動作に対応する有向エッジから、振分動作以降に一度でも遷移する可能性があるノードに更に接続された複数の有向エッジのそれぞれに設定された Q 値の最大値（上述した Q。）が最大となるステーション 2 が選択され、当該ステーション 2 に対応する振分動作が実行される。これにより、システムの動作をより安定的に継続させることができる。

[0066] また、定量計量システム 1 では、第 2 報酬（すなわち、各有向エッジに接続された遷移先のノードについての物品 S の重量の総和が目標レンジ内において目標レンジの下限值に近いほど高くなる報酬）が第 1 報酬（すなわち、各有向エッジについての遷移困難度が低いほど高くなる報酬）よりも高い値となっている。これにより、物品 S の重量の総和が目標レンジ内において目標レンジの下限值に近いノードに接続された有向エッジに対応する振分動作が実行される頻度がより高くなる。そのため、各ステーション 2 における物品 S の重量の総和を目標レンジにより確実に収めかつ目標レンジの下限值により一層近付けることができる。

[0067] また、定量計量システム 1 では、所定値以上の遷移困難度（上述した特徴量）を有する有向エッジが予めグラフ構造上から消去されて、遷移困難度が所定値よりも低くなっている有向エッジによってグラフ構造が構成される。これにより、システムの動作の安定的継続を担保しつつ、制御部 5 による計算量を抑制することができる。

[0068] [シミュレーション実験]

上述した定量計量アルゴリズムを用いた実験をシミュレータ上で行った。実験条件は、次のとおりである。

- (1) 物品の重量：ガウス乱数を用いて生成
- (2) 物品の単重平均：210 g
- (3) 物品の標準偏差：20 g

- (4) ガウス乱数発生方法：線形合同法とボックスミュラー法
- (5) 目標重量：2000 g
- (6) 上限重量：2020 g
- (7) ステーション数：8個
- (8) 連続動作サイクル数：10000回
- (9) 各状態の重量幅：5 g
- (10) 式6における学習率 α の値：0.1
- (11) 式6における割引率 γ の値：0.7
- (12) 式5における定数Aの値：10.0
- (13) 目標レンジ内の W_a [g] に到達したときに与える第2報酬値 R_2 ：

$2000 \leq W_a < 2005$	$R_2 = 1.0$
$2005 \leq W_a < 2010$	$R_2 = 0.75$
$2010 \leq W_a < 2015$	$R_2 = 0.5$
$2015 \leq W_a < 2020$	$R_2 = 0.25$

[0069] 以上の実験条件で、上述した定量計量アルゴリズムを搭載した定量計量システムシミュレータを動作させた結果、定量計量誤差は0.49%に抑えられ、稼働率は100%を維持した。このことから、上述した定量計量アルゴリズムによれば、各ステーションにおける物品の重量の総和を目標レンジに収めかつ目標レンジの下限值に近付けること、及びシステムの動作を安定的に継続させることを達成することができる。

[0070] 以上、本発明の一実施形態について説明したが、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。例えば、第1報酬は、各有向エッジについての遷移困難度が低いほど高くなる報酬であるが、遷移困難度が低くなるに従って、連続的に高くなるようにされてもよいし、段階的に高くなるようにされてもよい。同様に、第2報酬は、各有向エッジに接続された遷移先のノードについての物品の重量の総和が目標レンジ内において目標レンジの下限值に近いほど高くなる報酬であるが、目標レンジの下限值に近くなるに従って、連続的に高くなるようにされてもよいし、段階的に高くなるようにされても

よい。また、物品を複数のステーションのいずれか1つに振り分けるときに、各ステーションに対する当該物品の振分動作に対応するエッジから、Q値が最大となるエッジを選択する場合には、現状態のノードから延びる有向エッジ上のQ値が最大となるように、物品の供給先となるステーションを選択してもよい。また、第2報酬は、目標レンジの下限值以外の目標重量を目標レンジ内に設定した場合に、目標重量に近いほど高い値であってもよい。この場合、各ステーションにおける物品の重量の総和を目標レンジに収めかつ目標重量に近付けることができる。

産業上の利用可能性

[0071] 本発明によれば、各ステーションにおける物品の重量の総和を目標レンジに収めること、及びシステムの動作を安定的に継続させることを達成することができる定量計量システム及び定量計量方法を提供することが可能となる。

符号の説明

[0072] 1…定量計量システム、2…ステーション、3…計量部、4…振分部、5…制御部。

請求の範囲

[請求項1]

順次供給される物品の重量を計測する計量部と、
順次供給される前記物品を複数のステーションのそれぞれに振り分ける振分部と、
前記計量部によって計測された前記物品の重量に基づいて、複数の前記ステーションのそれぞれにおける前記物品の重量の総和が目標レンジに収まるように前記振分部を制御する制御部と、を備え、
前記制御部は、
複数の前記ステーションのそれぞれにおける前記物品の重量の総和を状態として捉え、かつ複数の前記ステーションのそれぞれに対する前記物品の振分動作を行動として捉え、かつ前記行動の実行による前記状態の変化を遷移として捉えた場合に、
前記遷移のそれぞれに必要な重量を有する前記物品が供給される困難性を示す遷移困難度を更新しつつ、
前記状態をノードとして捉え、かつ前記遷移をエッジとして捉えたグラフ構造において、前記エッジのそれぞれについての前記遷移困難度が低いほど高い第1報酬が付与されるように、かつ前記エッジのそれぞれに接続された遷移先の前記ノードについての前記物品の重量の総和が前記目標レンジ内であれば第2報酬が付与されるように、前記第1報酬及び前記第2報酬の期待値として前記エッジのそれぞれに設定されるQ値を更新し、
前記物品を複数の前記ステーションのいずれか1つに振り分けるときに、複数の前記ステーションのそれぞれに対する当該物品の前記振分動作に対応する前記エッジから、前記Q値が最大となる前記エッジを選択し、当該エッジに対応する前記振分動作を実行するように前記振分部を制御する、定量計量システム。

[請求項2]

前記制御部は、前記物品を複数の前記ステーションのいずれか1つに振り分けるときに、複数の前記ステーションのそれぞれに対する当

該物品の前記振分動作に対応する前記エッジから、前記振分動作以降に一度でも遷移する可能性がある前記ノードに更に接続された複数の前記エッジのそれぞれに設定された前記Q値の最大値が最大となる前記ステーションを選択し、当該ステーションに対応する前記振分動作を実行するように前記振分部を制御する、請求項1記載の定量計量システム。

[請求項3] 前記第2報酬は、前記目標レンジの下限值に近いほど高い値である、請求項1又は2記載の定量計量システム。

[請求項4] 前記第2報酬は、前記目標レンジ内に目標重量を設定した場合に、前記目標重量に近いほど高い値である、請求項1又は2記載の定量計量システム。

[請求項5] 前記第2報酬は、前記第1報酬よりも高い値である、請求項1～4のいずれか一項記載の定量計量システム。

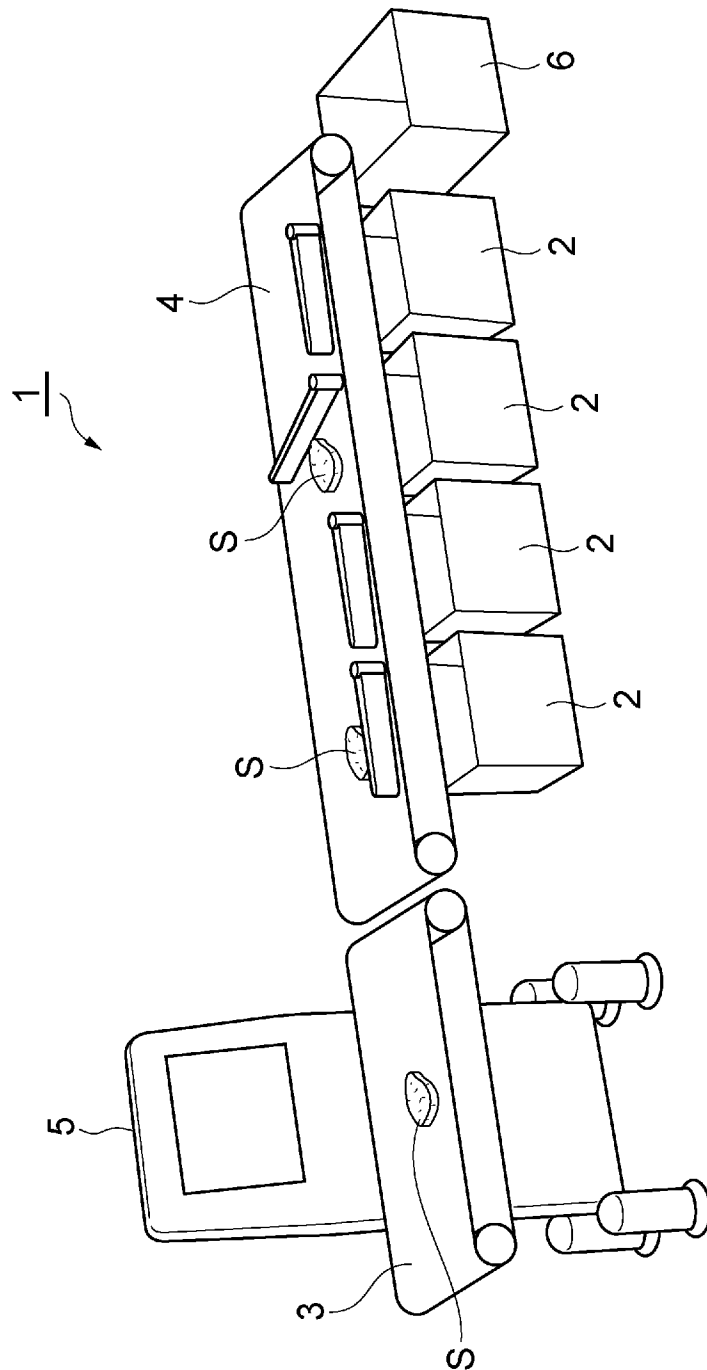
[請求項6] 前記制御部は、前記遷移困難度が所定値よりも低くなっている前記エッジによって前記グラフ構造を構成する、請求項1～5のいずれか一項記載の定量計量システム。

[請求項7] 順次供給される物品の重量を計測する計量工程と、
前記計量工程にて計測された前記物品の重量に基づいて、複数のステーションのそれぞれにおける前記物品の重量の総和が目標レンジに収まるように、順次供給される前記物品を複数の前記ステーションのそれぞれに振り分ける振分工程と、を含み、
前記振分工程では、
複数の前記ステーションのそれぞれにおける前記物品の重量の総和を状態として捉え、かつ複数の前記ステーションのそれぞれに対する前記物品の振分動作を行動として捉え、かつ前記行動の実行による前記状態の変化を遷移として捉えた場合に、
前記遷移のそれぞれに必要な重量を有する前記物品が供給される困難性を示す遷移困難度を更新しつつ、

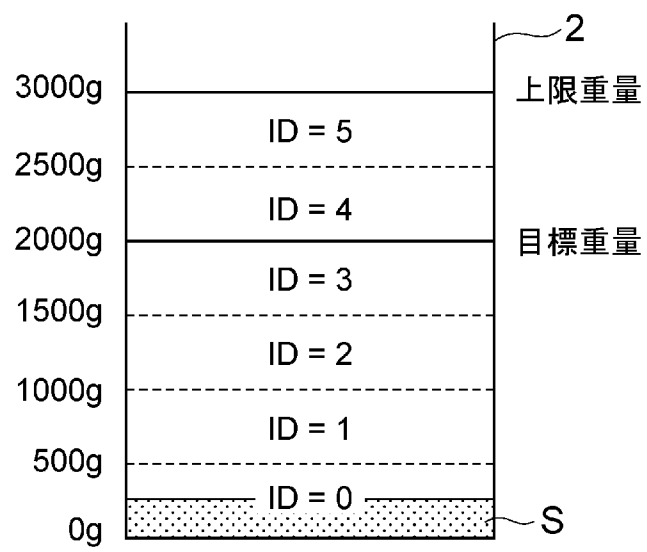
前記状態をノードとして捉え、かつ前記遷移をエッジとして捉えたグラフ構造において、前記エッジのそれぞれについての前記遷移困難度が低いほど高い第1報酬が付与されるように、かつ前記エッジのそれぞれに接続された遷移先の前記ノードについての前記物品の重量の総和が前記目標レンジ内において前記目標レンジの下限值に近いほど高い第2報酬が付与されるように、前記第1報酬及び前記第2報酬の期待値として前記エッジのそれぞれに設定されるQ値を更新し、

前記物品を複数の前記ステーションのいずれか1つに振り分けるときに、複数の前記ステーションのそれぞれに対する当該物品の前記振分動作に対応する前記エッジから、前記Q値が最大となる前記エッジを選択し、当該エッジに対応する前記振分動作を実行する、定量計量方法。

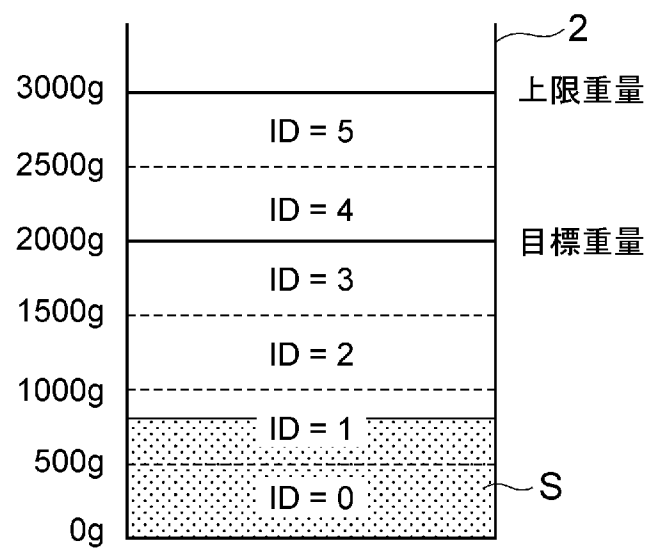
[図1]



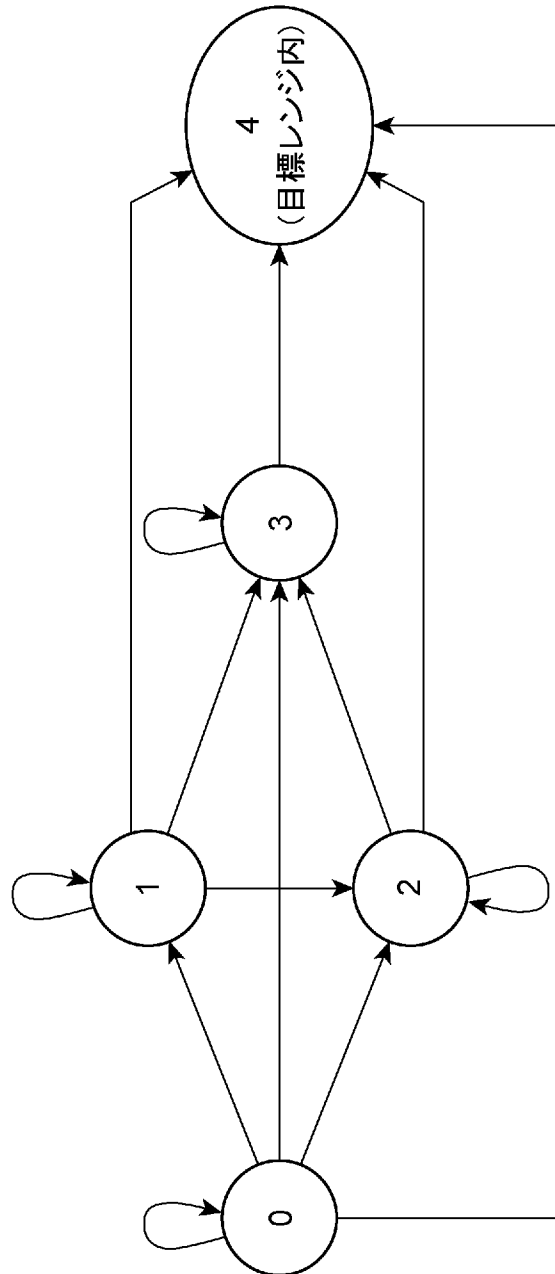
[図2]



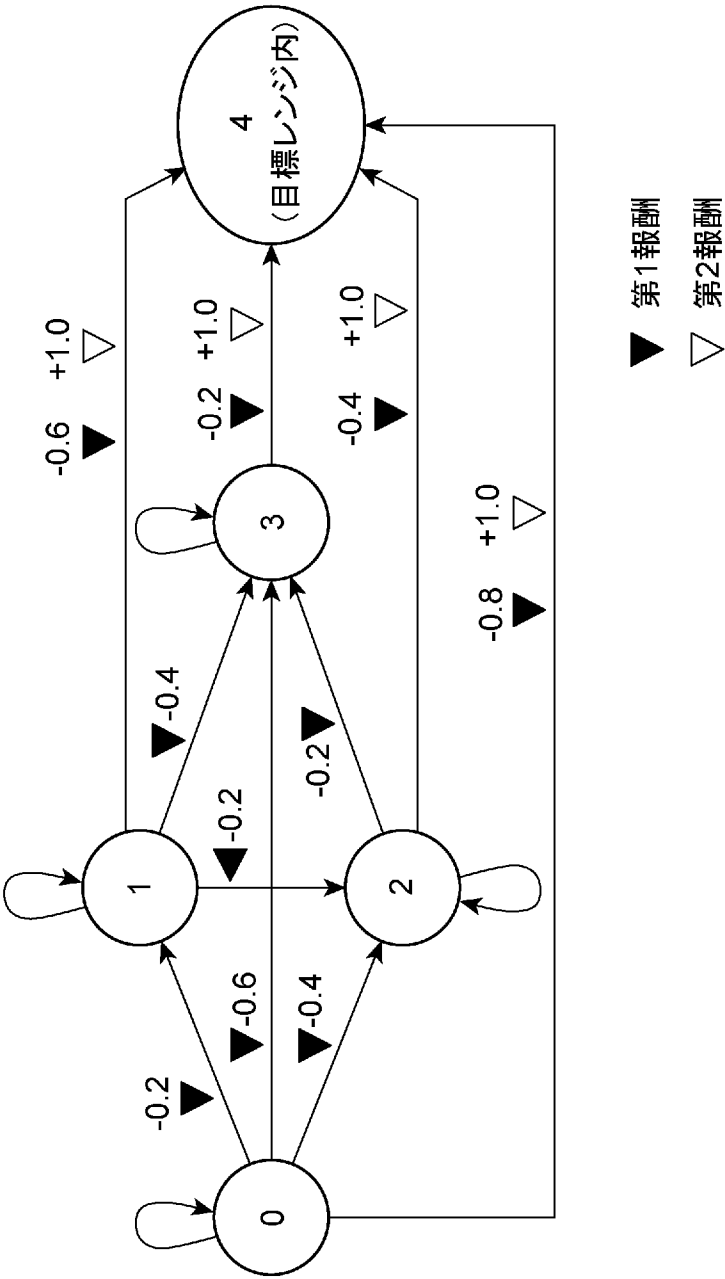
[図3]



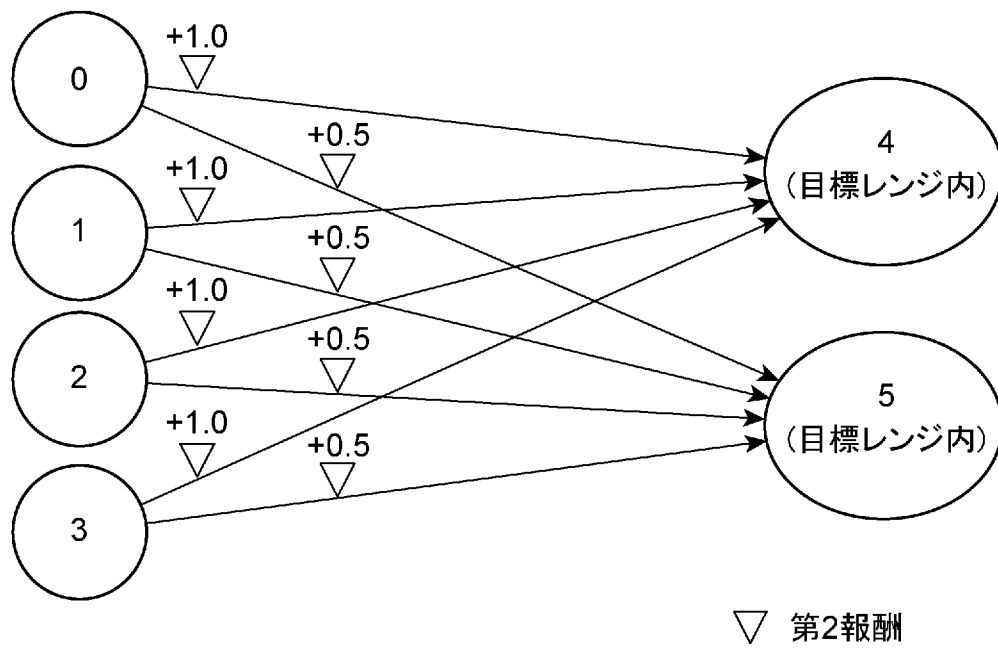
[図4]



[図5]

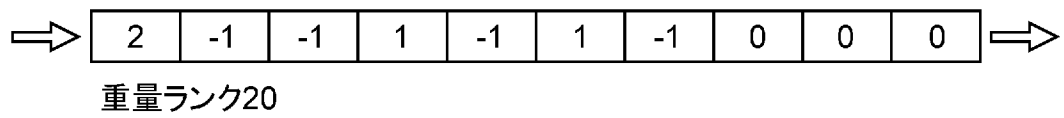


[図6]

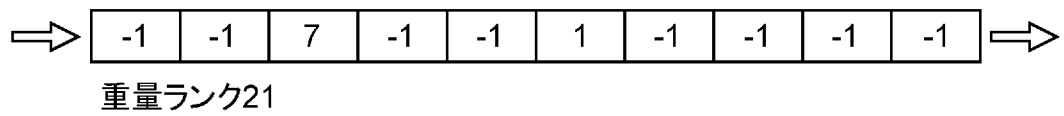


[図7]

(a)



(b)



[図8]

(a)

1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
2	-1	-1	1	-1	1	-1	0	0	0

重量ランク20

(b)

1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
-1	-1	7	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

重量ランク21

[図9]

(a)

1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
2	-1	-1	1	-1	1	-1	0	0	0

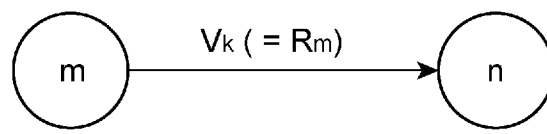
重量ランク20

(b)

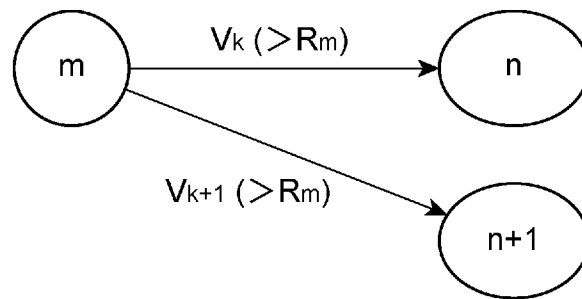
1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
1	-1	7	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

重量ランク21

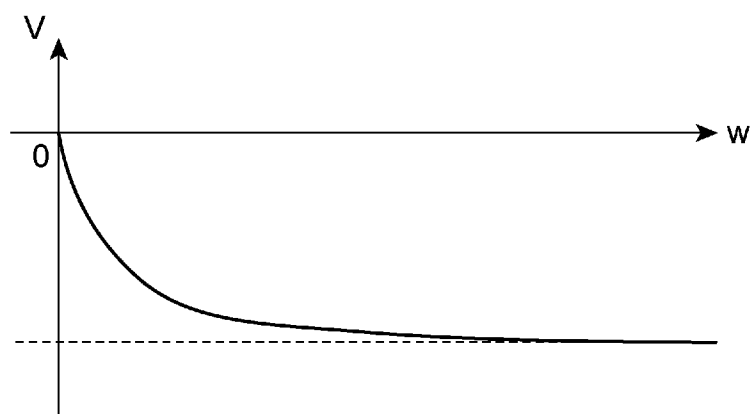
[図10]



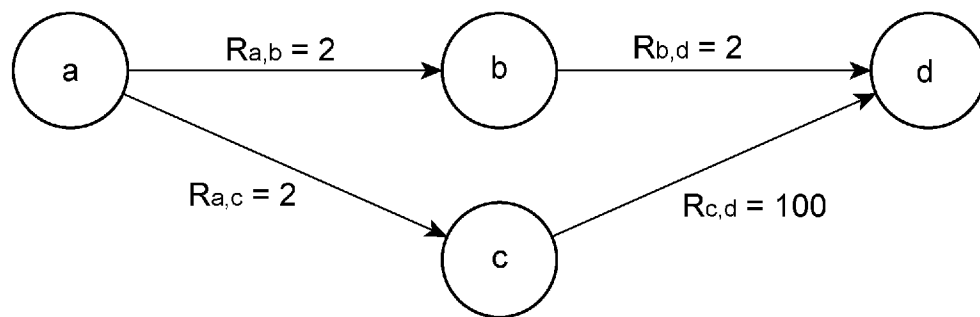
[図11]



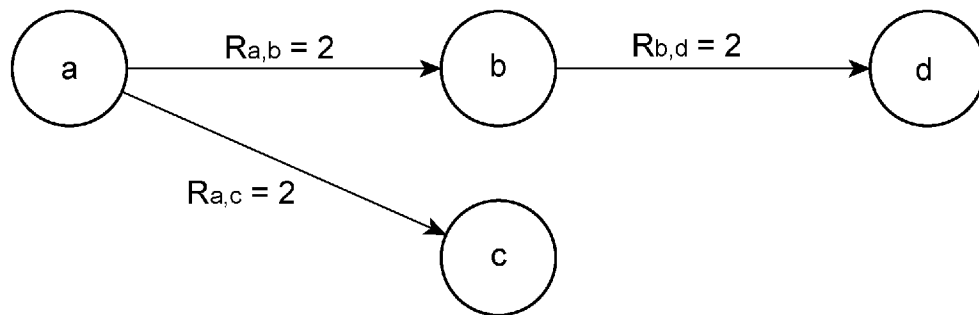
[図12]



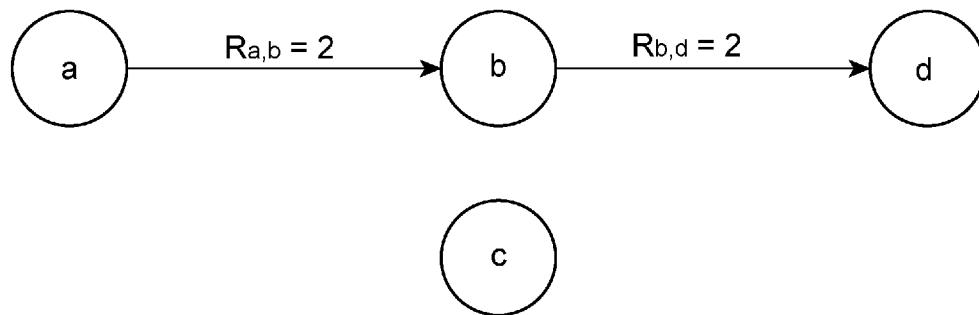
[図13]



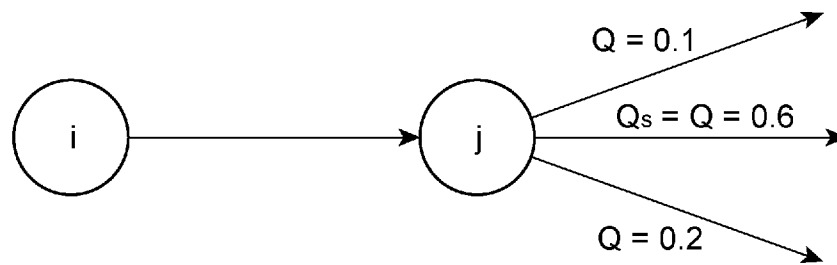
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/057576

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01G13/08(2006.01)i, B07C5/18(2006.01)i, B65G47/51(2006.01)i

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)

G01G13/08, B07C5/18, B65G47/51

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2-29970 B2 (Nambu Electric Co., Ltd.), 03 July 1990 (03.07.1990), entire text; all drawings & WO 87/00623 A1 & US 4765124 A	1-7
A	JP 4118132 B2 (Kubota Corp.), 16 July 2008 (16.07.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP 2002-525763 A (Siemens AG.), 13 August 2002 (13.08.2002), entire text; all drawings & WO 00/17811 A2 & US 7047224 B1	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
03 April, 2014 (03.04.14)

Date of mailing of the international search report
15 April, 2014 (15.04.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01G13/08(2006.01)i, B07C5/18(2006.01)i, B65G47/51(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. G01G13/08, B07C5/18, B65G47/51

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	J P 2 - 2 9 9 7 0 B 2（株式会社南部電機製作所） 1 9 9 0 . 0 7 . 0 3, 全文, 全図 & W O 8 7 / 0 0 6 2 3 A 1 & U S 4 7 6 5 1 2 4 A	1 - 7
A	J P 4 1 1 8 1 3 2 B 2（株式会社クボタ） 2 0 0 8 . 0 7 . 1 6, 全文, 全図（ファミリー無し）	1 - 7
A	J P 2 0 0 2 - 5 2 5 7 6 3 A （シーメンス アクチエンゲゼルシャフト） 2 0 0 2 . 0 8 . 1 3, 全文, 全図 & W O 0 0 / 1 7 8 1 1 A 2 & U S 7 0 4 7 2 2 4 B 1	1 - 7

☐ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、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

0 3 . 0 4 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

1 5 . 0 4 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

森 雅之

2 F

8 5 0 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 1 6