

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-182348

(P2013-182348A)

(43) 公開日 平成25年9月12日(2013.9.12)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G 0 5 B 19/418 (2006.01)	G 0 5 B 19/418 Z	3 C 1 0 0
G 0 6 Q 50/04 (2012.01)	G 0 6 F 17/60 1 0 8	

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2012-44700 (P2012-44700)	(71) 出願人	000001258
(22) 出願日	平成24年2月29日 (2012.2.29)		J F E スチール株式会社
			東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
		(71) 出願人	000005223
			富士通株式会社
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
		(74) 代理人	100089118
			弁理士 酒井 宏明
		(72) 発明者	小廣 善丈
			東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J
			F E スチール株式会社内
		(72) 発明者	佐々木 崇志
			東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J
			F E スチール株式会社内

最終頁に続く

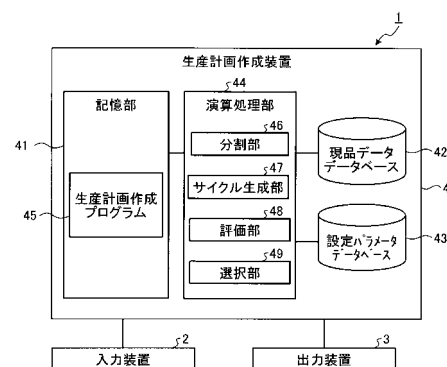
(54) 【発明の名称】 生産計画作成装置、生産計画作成システム、及び生産計画作成プログラム

(57) 【要約】

【課題】 各現品の制約条件が考慮された適切な生産計画を短時間で作成すること。

【解決手段】 サイクル生成部47が、分割部46によって分割された区間のうち、処理対象区間に生産計画を割り付ける現品の候補を候補現品として現品が供給される製造設備のサイクル毎に所定数抽出し、抽出された所定数の候補現品の中から製造設備の1サイクル内で生産する候補現品群を候補サイクルとしてサイクル毎に選択する。サイクル生成部47は、処理対象区間に割り付け可能なサイクルがない場合、処理対象区間の前に割り付けられているサイクルによって決まる次のサイクルの最早開始時刻を補正する。評価部48が、納期遅れ賞金の総和と仕掛在庫賞金と前接続コストとを候補サイクル毎に算出する。選択部49が、納期遅れ賞金の総和と仕掛在庫賞金と前接続コストとに基づいて、処理対象区間に生産計画を割り付ける候補サイクルを選択する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

生産計画作成期間を複数の区間に分割する分割手段と、
製造制約における必要条件を満たした最小クラスタ単位（以下、サイクルと表記）を作成するクラスタ化手段と、

前記分割手段によって分割された先頭の区間から順に、現品の生産計画を前記クラスタ化手段によって作成されたサイクル単位で割り付ける割付手段と、

前記割付手段によって前記生産計画作成期間の各区間に割り付けられた現品の生産計画を前記生産計画作成期間内における現品の生産計画として作成する作成手段と、

を備え、

前記割付手段は、処理対象区間に割り付け可能なサイクルがない場合、処理対象区間の前に割り付けられているサイクルによって決まる次のサイクルの最早開始時刻を補正することを特徴とする生産計画作成装置。

【請求項 2】

前記割付手段は、処理対象時間の前に割り付けられているサイクルとの接続コストに基づいて、処理対象時間に割り付けるサイクルを決定することを特徴とする請求項 1 に記載の生産計画作成装置。

【請求項 3】

前記割付手段は、納期遅れ度合いの増加に伴い増加する納期遅れ賞金に基づいて、処理対象時間に割り付けるサイクルを決定することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の生産計画作成装置。

【請求項 4】

前記割付手段は、前記処理対象時間に前記サイクルを割り付けることによって下流の製造設備において発生する仕掛在庫量と適正在庫量との偏差の増加に伴い減少する仕掛在庫賞金に基づいて、処理対象時間に割り付けるサイクルを決定することを特徴とする請求項 1～3 のうち、いずれか 1 項に記載の生産計画作成装置。

【請求項 5】

前記クラスタ化手段は、現品の生産時間の総和が予め定められている所定時間以下になる数の現品を前記サイクルとして作成することを特徴とする請求項 1～4 のうち、いずれか 1 項に記載の生産計画作成装置。

【請求項 6】

前記クラスタ化手段は、納期遅れ度合いの増加に伴い増加する納期遅れ賞金と候補現品間の仕様及び製造条件の違いをその違いに応じて変化する現品間距離として算出し、算出された納期遅れ賞金と前記現品間距離とに基づいて、各サイクル内における現品の配列を決定することを特徴とする請求項 1～5 のうち、いずれか 1 項に記載の生産計画作成装置。

【請求項 7】

複数の製造設備を有する製造工程における現品の生産計画を作成する場合において、どの製造設備でも製造可能な振替可能現品を各製造設備に配分する配分手段を備え、前記割付手段は、前記配分手段の配分結果に基づいて処理順が早い順に各製造設備における現品の生産計画を割り付けることを特徴とする請求項 1～6 のうち、いずれか 1 項に記載の生産計画作成装置。

【請求項 8】

前記割付手段は、処理対象区間に割り付けたサイクルによって以後の処理対象区間において納期遅れの現品が発生する場合、当該サイクルのサイクル長を短くすることを特徴とする請求項 1～7 のうち、いずれか 1 項に記載の生産計画作成装置。

【請求項 9】

前記クラスタ化手段は、直接接続が不可能な難溶接材を考慮して前記サイクル内における現品の配列を決定することを特徴とする請求項 1～8 のうち、いずれか 1 項に記載の生産計画作成装置。

【請求項 10】

請求項 1～9 のうち、いずれか 1 項に記載の生産計画作成装置と、
電気通信回線を介して前記生産計画作成装置と接続された情報処理装置と、を備え、
前記生産計画作成装置は、複数の製造工程を含む工場単位で現品の生産計画を作成し、
前記情報処理装置は、現品の生産計画を工場間で連携させること
を特徴とする生産計画作成システム。

【請求項 11】

生産計画作成期間を複数の区間に分割する分割処理と、
製造制約における必要条件を満たした最小クラスタ単位（以下、サイクルと表記）を作成するクラスタ化処理と、

前記分割処理によって分割された先頭の区間から順に、現品の生産計画を前記クラスタ化処理によって作成されたサイクル単位で割り付ける割付処理と、

前記割付処理によって前記生産計画作成期間の各区間に割り付けられた現品の生産計画を前記生産計画作成期間内における現品の生産計画として作成する作成処理と、

をコンピュータに実行させ、

前記割付処理は、処理対象区間に割り付け可能なサイクルがない場合、処理対象区間の前に割り付けられているサイクルによって決まる次のサイクルの最早開始時刻を補正する処理を含むこと

を特徴とする生産計画作成プログラム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、複数の製造工程を経て生産される製品の生産計画を作成する生産計画作成装置、生産計画作成システム、及び生産計画作成プログラムに関するものである。

【背景技術】**【0002】**

製品在庫や製造工程毎の仕掛在庫を大量に確保することなく、製品の出荷日や納期を保証できるようにするためには、所定期間先までの製品の生産計画を作成し、作成された生産計画に従って製品を生産する必要がある。ところが、適切な生産計画を作成するためには、注文内容に応じて変化する製品仕様、製造設備の操業条件、製造工程間の工期等を十分に考慮する必要がある。従って、鉄鋼製品に代表されるような月間の生産品数が数万品にも及ぶ大量の製品の生産計画を、限られた時間内で人手によって作成することは不可能である。

【0003】

このため、近年、コンピュータ技術を利用して製品の生産計画を作成する生産計画作成装置が提案されている（非特許文献 1 参照）。本生産計画作成装置は、始めに、製品仕様や製造設備の操業条件が類似する複数の現品を 1 つのクラスタに集約することによって、各製造工程における大量の現品を複数のクラスタに集約する。なお、本明細書中における“現品”とは、製品の最小の生産単位を意味し、製品が鉄鋼製品である場合には、スラブやコイルが“現品”に相当する。

【0004】

そして、生産計画作成装置は、製品仕様や製造設備の操業条件の変更に伴い発生する製造設備の停止時間や用役が最小になるように、所定期間内における複数のクラスタの並び順を最適化することにより、各製造工程における現品の生産計画を作成する。このような生産計画装置によれば、製品仕様や製造設備の操業条件が類似する複数の現品は 1 つのクラスタに集約されるので、計算負荷を少なくすることが可能となり、複数の製造工程を経て生産される大量の製品の生産計画を限られた時間内で作成することができる。

【先行技術文献】**【非特許文献】****【0005】**

【非特許文献 1】H.Okano, A.J.Davenport, M.Trumbo, C.Reddy, K.Yoda, M.Amano, “ Finishing line Scheduling in the steel industry ” IBM Journal of Research and Development 2004, Vol.48, p.811-830

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、従来の生産計画作成装置では、クラスタの大きさ、つまり 1 つのクラスタ内に集約される現品数によっては、クラスタ内に集約された各現品の制約条件が生産計画に反映されず、適切な生産計画が作成されないことがある。例えば、現品の制約条件として納期が設定され、クラスタ内に集約されている各現品の納期のうち、最も早い納期がそのクラスタの納期として設定された場合を考える。

【0007】

この場合、従来の生産計画作成装置では、クラスタの納期より遅い納期を有する現品もクラスタの納期に合わせて前倒しで生産される生産計画が作成される。しかしながら、このような生産計画では、製造設備に供給される現品数が前倒しで生産される現品によって製造設備の処理能力以上になることがあり、処理能力を上限にクラスタの集約された納期を優先順として計画すると、計画されなかったクラスタに属する現品の納期が、計画されたクラスタの集約納期となった現品と製品仕様若しくは製造設備の操業条件が同一というだけで、納期としては集約納期よりも遅い現品より早い納期を有するのにも係わらず、製造が遅れてしまう可能性がある。

【0008】

なお、このような問題を解決するために、各現品の制約条件が十分に反映されるようにクラスタの大きさを小さくする、つまりクラスタ内に集約する現品数を少なくする方法が考えられる。しかしながら、このような方法によれば、生成されるクラスタ数が増えるために、最適化計算に要する時間が長くなり、例えば生産計画の急な見直しが必要になった場合、生産計画を速やかに作成することができない。

【0009】

このように、従来の生産計画作成装置では、生産計画の適切さと生産計画の作成に要する時間とがトレードオフの関係にある。このため、特に複数の製造工程を経て生産される製品を大量生産する業種では、各現品の制約条件が反映された適切な生産計画を短時間で作成可能な生産計画作成装置を提供することが期待されている。

【0010】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであって、その目的は、各現品の制約条件が考慮された適切な生産計画を短時間で作成可能な生産計画作成装置、生産計画作成システム、及び生産計画作成プログラムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る生産計画作成装置は、生産計画作成期間を複数の区間に分割する分割手段と、製造制約における必要条件を満たした最小クラスタ単位（以下、サイクルと表記）を作成するクラスタ化手段と、分割手段によって分割された先頭の区間から順に、現品の生産計画を前記クラスタ化手段によって作成されたサイクル単位で割り付ける割付手段と、割付手段によって生産計画作成期間の各区間に割り付けられた現品の生産計画を前記生産計画作成期間内における現品の生産計画として作成する作成手段とを備え、前記割付手段は、処理対象区間に割り付け可能なサイクルがない場合、処理対象区間の前に割り付けられているサイクルによって決まる次のサイクルの最早開始時刻を補正する。

【0012】

上記課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る生産計画作成システムは、本発明に係る生産計画作成装置と、電気通信回線を介して前記生産計画作成装置と接続された情報処理装置と、を備え、前記生産計画作成装置は、複数の製造工程を含む工場単位で

現品の生産計画を作成し、前記情報処理装置は、現品の生産計画を工場間で連携させる。

【0013】

上記課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る生産計画作成プログラムは、生産計画作成期間を複数の区間に分割する分割処理と、製造制約における必要条件を満たした最小クラスタ単位（以下、サイクルと表記）を作成するクラスタ化処理と、分割処理によって分割された先頭の区間から順に、現品の生産計画を前記クラスタ化処理によって作成されたサイクル単位で割り付ける割付処理と、割付処理によって生産計画作成期間の各区間に割り付けられた現品の生産計画を生産計画作成期間内における現品の生産計画として作成する作成処理とをコンピュータに実行させ、前記割付処理は、処理対象区間に割り付け可能なサイクルがない場合、処理対象区間の前に割り付けられているサイクルによって決まる次のサイクルの最早開始時刻を補正する処理を含む。

10

【発明の効果】

【0014】

本発明に係る生産計画作成装置、生産計画作成システム、及び生産計画作成プログラムによれば、生産計画作成期間を複数の区間に分割することによって生産計画の計算規模を小さくし、先頭の区間から順に、現品の生産計画を現品が供給される製造設備のサイクル単位で割り付けるので、各現品の制約条件が考慮された適切な生産計画を短時間で作成することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

20

【図1】図1は、本発明の一実施形態である生産計画作成システムの構成を示すブロック図である。

【図2】図2は、現品データのデータ形式の一例を示す模式図である。

【図3】図3は、本発明の一実施形態である生産計画作成処理の流れを示すフローチャートである。

【図4】図4は、複数の区間に分割された生産計画作成期間を示す模式図である。

【図5】図5は、候補現品群の抽出方法を説明するための概念図である。

【図6】図6は、納期遅れ賞金レベルマップの一例を示す図である。

【図7】図7は、候補サイクルの生成方法を説明するための概念図である。

【図8】図8は、仕掛在庫量の適正範囲を示す模式図である。

30

【図9】図9は、図3に示す生産計画作成処理によって作成される生産計画の一例を示す図である。

【図10】図10は、候補サイクルと固定サイクルとが接続不可である場合の処理方法の一例を示す概念図である。

【図11】図11は、振替可能現品及び専用現品の生産計画の仮配置方法を説明するための概念図である。

【図12】図12は、前サイクルの後にサイクルを割り付けられない場合の処理方法を説明するための概念図である。

【図13】図13は、前サイクルの後にサイクルを割り付けられない場合の処理方法を説明するための概念図である。

40

【図14】図14は、前サイクルの後にサイクルを割り付けられない場合の処理方法を説明するための概念図である。

【図15】図15は、候補サイクルの切り替え方法を説明するための概念図である。

【図16】図16は、候補サイクルの中断位置の決定方法を説明するための概念図である。

【図17】図17は、中断する候補サイクルのサイクル長の決定方法を説明するための概念図である。

【図18】図18は、本発明の一実施形態である現品配置案生成処理の流れを示すフローチャートである。

【図19】図19は、本発明の一実施形態である難溶接材現品配置案生成処理の流れを示

50

すフローチャートである。

【図 20】図 20 は、図 19 に示すステップ S 3 1 の処理を説明するための概念図である。

【図 21】図 21 は、図 19 に示すステップ S 3 3 の処理を説明するための概念図である。

【図 22】図 22 は、図 19 に示すステップ S 3 4 の処理を説明するための概念図である。

【図 23】図 23 は、図 19 に示すステップ S 3 4 の処理を説明するための概念図である。

【図 24】図 24 は、図 19 に示すステップ S 3 4 の処理を説明するための概念図である。

【図 25】図 25 は、図 19 に示すステップ S 3 4 の処理を説明するための概念図である。

【図 26】図 26 は、図 19 に示すステップ S 3 4 の処理を説明するための概念図である。

【図 27】図 27 は、対象サイクルに割り付けられた難溶接材現品及びアンコ材現品を示す概念図である。

【図 28】図 28 は、本発明の一実施形態である一般材現品配置案生成処理の流れを示すフローチャートである。

【図 29】図 29 は、図 28 に示すステップ S 4 3 の処理を説明するための概念図である。

【図 30】図 30 は、図 28 に示すステップ S 4 3 の処理を説明するための概念図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、図面を参照して、本発明の一実施形態である生産計画作成システムについて説明する。なお、本発明の一実施形態である生産計画作成システムは、製鋼工程、圧延工程、焼鈍工程、めっき工程等の複数の製造工程を経て生産される鉄鋼製品の生産計画を作成するためのものであるが、本発明は本実施形態に限定されることはなく、複数の製造工程を経て生産される製品の生産計画を作成する処理全般に適用することができる。

【0017】

〔生産計画作成システムの構成〕

始めに、図 1 を参照して、本発明の一実施形態である生産計画作成システムの構成について説明する。

【0018】

図 1 は、本発明の一実施形態である生産計画作成システムの構成を示すブロック図である。図 1 に示すように、本発明の一実施形態である生産計画作成システム 1 は、入力装置 2 と、出力装置 3 と、生産計画作成装置 4 と、を備える。入力装置 2 は、キーボード、マウスポインタ、情報通信装置等によって実現され、オペレータからの操作入力信号を生産計画作成装置 4 に出力する。出力装置 3 は、表示装置、印刷装置、情報通信装置等によって実現され、生産計画作成装置 4 の処理結果を出力する。

【0019】

生産計画作成装置 4 は、ワークステーション等の情報処理装置によって実現され、記憶部 4 1 と、現品データデータベース 4 2 と、設定パラメータデータベース 4 3 と、演算処理部 4 4 と、を備える。記憶部 4 1 は、ROM によって実現され、後述する生産計画作成処理における各ステップをコンピュータ実行命令として記述した生産計画作成プログラム 4 5 を記憶する。現品データデータベース 4 2 は、鉄鋼製品の最小の生産単位であるスラブやコイル等の現品に関するデータを現品データとして現品毎に格納する。現品データデータベース 4 2 内に格納される現品データの内容は、入力装置 2 を介して変更することができる。現品データの詳細については後述する。

【0020】

設定パラメータデータベース43は、後述する生産計画作成処理を実行する際に用いられる各種設定パラメータを格納する。設定パラメータデータベース43内に格納される設定パラメータは、入力装置2を介して変更することができる。設定パラメータについては後述する。演算処理部44は、CPU等の演算処理装置によって実現される。演算処理部44は、記憶部41内に記憶されている生産計画作成プログラム45をRAM等の図示しない一時記憶装置にロードする。そして、演算処理部44は、図示しない一時記憶装置にロードされた生産計画作成プログラム45を実行することによって、分割部46、サイクル生成部47、評価部48、及び選択部49として機能する。これら各部の機能については後述する。演算処理部44は、本発明に係る分割手段、割付手段、及び作成手段として機能する。

10

【0021】

なお、生産計画作成プログラム45は、インストール可能な形式又は実行可能な形式のファイルでCD-ROM、フレキシブルディスク、CD-R、DVD等のコンピュータが読み取り可能な記録媒体に記録して提供するように構成してもよい。また、生産計画作成プログラム45は、インターネット等のネットワークに接続されたコンピュータ上に格納し、ネットワーク経由でダウンロードさせることによって提供するように構成してもよい。また、生産計画作成プログラム45をインターネット等の電気通信回線を介して提供又は配布するように構成してもよい。

20

【0022】

〔現品データのデータ形式〕

次に、図2を参照して、現品データデータベース42内に格納される各現品の現品データのデータ形式について説明する。

【0023】

図2は、現品データのデータ形式の一例を示す模式図である。図2に示すように、現品データは、現品識別番号フィールドF1、サイクル属性コードフィールドF2、仕様フィールドF3、製造条件フィールドF4、最遅開始時刻フィールドF5、最早開始時刻フィールドF6、生産時間フィールドF7、ラインコードフィールドF8、前ラインコードフィールドF9、及び後ラインコードフィールドF10を備える。

30

【0024】

現品識別番号フィールドF1には、現品毎に固有の識別子が記述される。サイクル属性コードフィールドF2には、現品が供給される製造工程における製造設備のサイクルを示すサイクル毎に固有の識別子（以下、サイクル属性コードと表記）が記述される。なお、本明細書中における“サイクル”とは1クラスタを意味し、製造設備の製造単位、より具体的には、製造設備の操業条件を大きく変更することなく製造を継続できる区間を意味する。例えば、製造設備が圧延機である場合には、圧延ロールの種別を変更することなく圧延工程を継続できる区間が圧延機の1サイクルとなる。

【0025】

仕様フィールドF3には、現品の注文仕様に関するデータが記述される。現品の注文仕様に関するデータとしては、厚さ、幅、表面外観、内径等を例示することができる。製造条件フィールドF4には、現品が供給される製造工程における製造設備の操業条件に関するデータが記述される。製造設備の操業条件に関するデータとしては、焼鈍温度等を例示することができる。最遅開始時刻フィールドF5には、製品の納期を守るために許容される最も遅い現品の生産開始時刻（以下、最遅開始時刻と表記）が記述される。

40

【0026】

最早開始時刻フィールドF6には、現品の生産を開始できる最も早い時刻（以下、最早開始時刻と表記）が記述される。生産時間フィールドF7には、現品の生産に要する時間が記述される。ラインコードフィールドF8には、現品が供給される製造設備（製造工程）が記述される。前ラインコードフィールドF9には、ラインコードフィールドF8に記述された製造設備に現品を供給する製造設備が記述される。後ラインコードフィールドF

50

10には、ラインコードフィールドF8に記述された製造設備による生産が完了した現品が供給される製造設備が記述される。

【0027】

〔生産計画作成処理〕

このような構成を有する生産計画作成システム1では、生産計画作成装置4が以下に示す生産計画作成処理を実行することによって、鉄鋼製品の製造工程毎に現品の生産計画を作成する。以下、図3に示すフローチャートを参照して、生産計画作成装置4による生産計画作成処理の流れについて説明する。

【0028】

図3は、本発明の一実施形態である生産計画作成処理の流れを示すフローチャートである。図3に示すフローチャートは、オペレータが、入力装置2を操作することによって、生産計画を作成する生産計画作成期間を入力し、生産計画作成処理の実行を指示したタイミングで開始となり、生産計画作成処理はステップS1の処理に進む。なお、オペレータは、生産計画作成期間の開始日時と終了日時を入力することによって、生産計画作成期間を入力する。

【0029】

ステップS1の処理では、分割部46が、図4に示すように、オペレータによって入力された生産計画作成期間を $N (> 1)$ 個の区間に分割する。本例では、生産計画作成期間が30日である場合、分割部46は、30日を1日（例えば朝7時から翌朝7時）単位の30個の区間に分割する。なお、生産計画作成期間の分割長さ N （前述の場合は1日）は適宜設定することができ、設定された分割数 N は設定パラメータとして設定パラメータデータベース43内に格納される。分割部46は、設定パラメータデータベース43内に格納されている分割長さ N に従って生産計画作成期間を複数の区間に分割する。また、前分割生産計画期間（1つ前の分割された生産計画期間）でのサイクル配置状況を加味した分割期間開始時刻の自動補正を行うことによって、サイクル配置結果を加味した分割期間の補正・適正化を図っている。これにより、ステップS1の処理は完了し、生産計画作成処理はステップS2の処理に進む。

【0030】

ステップS2の処理では、演算処理部44が、現品の生産計画を割り当てる区間（処理対象区間）を特定するためのプログラムカウンタ n の値を1にリセットする。これにより、ステップS2の処理は完了し、生産計画作成処理はステップS3の処理に進む。

【0031】

ステップS3の処理では、サイクル生成部47が、ステップS1の処理によって分割された区間の終了時刻に間に合う（現品データの最早開始時刻フィールドF6に記述されている時刻<当該区間の終了時刻）現品群を抽出する。そして、サイクル生成部47は、設定パラメータデータベース43内に設定パラメータとして予め格納されているサイクル毎の生産時間上限値に基づいて、抽出された現品群の中から現品データの生産時間フィールドF7に記述されている生産時間に基づいて現品の生産時間の総和が生産時間上限値の X 倍（例えば1～3倍）になる数の現品群を候補現品群としてサイクル毎に抽出する。

【0032】

具体的には、図5に示すように、サイクル属性コードA、B、C、Dのうちのいずれかのサイクル属性コードを有する現品が現品群に含まれている場合、サイクル生成部47は、現品の生産時間の総和が生産時間上限値の X 倍になる数の現品群を候補現品群としてサイクル属性コードA～D毎に抽出する。ここで、図5に示す例では、生産時間上限値や各現品の生産時間の違いによって、サイクル属性コードA、Bのサイクルについては5つの現品、サイクル属性コードCのサイクルについては7つの現品、サイクル属性コードDのサイクルについては3つの現品が候補現品群として抽出されている。

【0033】

なお、生産時間上限値とは、製造設備の生産性を考慮してサイクル毎に予め決められている時間であり、そのサイクルを実行する際に許容される製造設備の最長連続稼働時間を

10

20

30

40

50

意味する。生産時間上限値を考慮することによって、現品の生産品質が低下することを抑制できる。生産時間上限値は、本発明に係る所定時間に対応する。これにより、ステップ S 3 の処理は完了し、生産計画作成処理はステップ S 4 の処理に進む。

【0034】

ステップ S 4 の処理では、サイクル生成部 47 が、ステップ S 3 の処理によって抽出された候補現品群の中からプログラムカウンタ n の値に対応する区間 n に生産計画を割り付ける現品の候補を候補サイクルとしてサイクル毎に生成する（候補サイクル生成処理）。以下、この候補サイクル生成処理について詳しく説明する。

【0035】

この候補サイクル生成処理では、始めに、サイクル生成部 47 が、候補現品群を構成する各現品の現品データの最遅開始日フィールド F 5 から最遅開始時刻を読み出す。次に、サイクル生成部 47 は、候補現品群を構成する各現品について、生産計画作成時刻と最遅開始時刻の差分値を納期達成度 T として算出する。次に、サイクル生成部 47 は、図 6 に示す納期達成度 T と納期遅れ賞金レベル C (T) との関係を示す納期遅れ賞金レベルマップを参照して、各現品の納期達成度 T に対応する納期遅れ賞金レベル C (T) を読み出す。図 6 に示す納期遅れ賞金マップは、設定パラメータとして設定パラメータデータベース 43 に予め格納されている。

【0036】

ここで、図 6 に示す納期遅れ賞金レベルマップについて説明する。図 6 に示す納期遅れ賞金レベルマップでは、納期達成度 T が設定値 T 2 以上設定値 T 1 未満の範囲内にある場合、納期遅れ賞金レベル C (T) は、特性曲線 L 2 に従って変化し、納期達成度 T の減少に伴い設定値 C 1 から増加するように設定されている。また、納期達成度 T が設定値 T 2 未満の範囲内にある場合には、納期遅れ賞金レベル C (T) は、上限値 C 2（特性曲線 L 1）に固定されるように設定されている。一方、納期達成度 T が設定値 T 1 以上である場合、納期遅れ賞金レベル C (T) は、特性曲線 L 3 に従って変化し、納期達成度 T の増加に伴いゼロに限りなく近い値になるように設定されている。このように、納期遅れ賞金レベル C (T) は、現品の納期遅れ度合いの増加に応じて増加し、納期遅れ度合いが所定値以上になった場合に一定値となるように設定されている。なお、納期達成度 T がある程度以上（納期より大幅に先行して計画される）である場合、納期遅れ賞金レベル C (T) をゼロ以下にすることも納期遅れ賞金レベルマップの一形態として採用してもよい。

【0037】

次に、サイクル生成部 47 は、以下の[数 1]に示す数式を用いて、図 6 に示す納期遅れ賞金レベルマップから読み出された納期遅れ賞金レベル C (T) に所定の重み係数を乗算した値を各現品の納期遅れ賞金として算出する。具体的には、図 7 (a) に示すように、候補現品群が現品 B a, B b, B c, B d, B e によって構成されている場合、サイクル生成部 47 は、各現品について納期遅れ賞金 ¥ B a, ¥ B b, ¥ B c, ¥ B d, ¥ B e を算出する。このように、サイクル生成部 47 は、候補現品群を構成する各現品について、生産計画作成時刻における現品の納期遅れ度合いに応じて増加する納期遅れ賞金を算出する。

【0038】

【数 1】

$$\text{納期遅れ賞金} = \text{納期遅れ賞金レベル} C(T) \times \text{重み係数}$$

【0039】

次に、サイクル生成部 47 は、各サイクルの候補現品群について、現品の納期遅れ賞金の総和と現品間距離の総和との差分値が最大となる現品の配列を算出する。具体的には、図 7 (a) に示す候補現品群については、サイクル生成部 47 は、図 7 (b) に示すように、現品 B d, 現品 B b, 現品 B a, 現品 B c, 及び現品 B e の順の配列を差分値が最大となる現品の配列として算出する。すなわち、サイクル生成部 47 は、候補現品群を構成する現品の配列を最適化する処理を賞金収集型巡回セールスマン問題の解を算出する処理

に帰着させている。

【0040】

なお、本明細書中における“現品間距離”とは、現品の仕様や現品を製造する際の製造設備の操業条件の違いを示すパラメータであり、これらの違いの増加に応じて増加する値である。また、賞金収集型巡回セールスマン問題の解法の詳細は、本願発明の出願時点で既に公知であるので、詳細な説明は省略する。また、既に述べた通り、納期遅れ賞金レベルC(T)は、納期遅れ度合いが所定値以上である場合、一定値に固定される。従って、現品の配列を最適化する際、非常に大きな納期遅れ賞金を有する極少数の現品によって、現品間距離を考慮した場合には望ましくない配列が選択されることを抑制できる。

【0041】

最後に、サイクル生成部47は、現品の生産時間の総和がサイクルの生産時間下限値以上、且つ、生産時間上限値以下の範囲内になる数の現品を配列が最適化された現品の先頭から順に抽出し、抽出された現品群をサイクル属性コード毎の候補サイクルとする。なお、生産時間下限値とは、製造設備の生産性を考慮してサイクル属性毎に予め決められている時間であり、そのサイクルを実行する際に許容される製造設備の最短連続稼働時間を意味する。生産時間下限値を考慮することによって、サイクル切替コストが増加したり、サイクルの切替によって生産量が低下したりすることを抑制できる。これにより、ステップS4の処理は完了し、生産計画作成処理はステップS5の処理に進む。

【0042】

ステップS5の処理では、サイクル生成部47が、ステップS4の処理によって生成されたサイクル属性コード毎の候補サイクルが前区間に既に生産計画が割り付けられているサイクル（以下、前サイクルと表記）と接続可能であるか否かを判別し、接続不可と判定された候補サイクルを以後の処理において用いる候補サイクルから削除する。具体的には、前サイクルと候補サイクルとの切替に伴う大幅な操業条件の変更によって、長時間の停止若しくは許容を越えた用役ロスが発生する場合、その組み合わせを接続不可として定義する。この定義に合致した場合、その候補サイクルを接続不可と判定する。これにより、ステップS5の処理は完了し、生産計画作成処理はステップS6の処理に進む。

【0043】

ステップS6の処理では、評価部48が、前サイクルの後に候補サイクルの生産計画を割り付けた際に発生する製造設備の停止時間や用役ロスを数値化したものを前接続コストとして候補サイクル毎に算出する。これにより、ステップS6の処理は完了し、生産計画作成処理はステップS7の処理に進む。

【0044】

ステップS7の処理では、評価部48が、候補サイクル毎に仕掛在庫賞金を算出する（仕掛在庫賞金算出処理）。以下、この仕掛在庫賞金算出処理について詳しく説明する。上流工程及び下流工程を担う製造設備がそれぞれ1つしか存在しない場合、上流工程から下流工程への現品の供給量を制御する必要はない。その理由は、上流工程を担う製造設備（以下、上流設備と略記）の生産量が下流工程を担う製造設備（以下、下流設備と略記）の生産量以上であれば、下流工程に合わせて上流工程の生産計画を作成すればよく、逆に上流設備の生産量が下流設備の生産量未満であれば、上流工程に合わせて下流工程の生産計画を作成すればよいためである。

【0045】

これに対して、上流工程及び下流工程を担う製造設備がそれぞれ複数存在する場合には、上流工程から下流工程への現品の供給量を制御しないと、現品の供給量不足によって下流工程の稼働が停止したり、供給過剰によって仕掛在庫置場に仕掛品を置けなくなることによって上流工程の稼働が停止したりする。具体的には、上流設備Xに対して下流設備Y1, Y2, Y3が存在する場合、上流設備Xが下流設備Y1, Y2, Y3の生産能力比に合わせて下流工程に供給する現品を生産できれば問題は発生しない。

【0046】

しかしながら、上流設備Xの1サイクルにおける下流設備Y1, Y2, Y3向けの現品

10

20

30

40

50

の構成比は、必ずしも下流設備 Y 1, Y 2, Y 3 の生産能力比を反映していない。つまり、サイクル A において生産される現品は全て下流設備 Y 1 向け、サイクル B において生産される現品は下流設備 Y 2, Y 3 向けといったように、現品の構成比は偏っていることの方が多い。また、生産計画を作成する時間によっては、同じサイクル B であっても、下流設備 Y 2 向けの現品と下流設備 Y 3 向けの現品との比率が異なることが多々ある。

【0047】

そこで、この仕掛在庫賞金算出処理では、始めに、評価部 48 は、下流設備における仕掛在庫量と仕掛在庫量の適正範囲との過不足度合を仕掛在庫賞金として候補サイクル毎に算出する。具体的には、評価部 48 は、現品データのラインコード F 8, 前ラインコード F 9, 及び後ラインコード F 10 に記述されているデータに基づいて、初期仕掛量と候補

10

【0048】

そして、評価部 48 は、その候補サイクルを選択した際に発生する仕掛在庫量が図 8 に示す領域 R 2 のように適正範囲の上限値以上になる場合には、その候補サイクルに以下の[数 2]又は[数 3]に示す数式によって算出される負の仕掛在庫賞金を与える。一方、その候補サイクルを選択した際に発生する仕掛在庫量が図 8 に示す領域 R 3 のように適正範囲の下限値以下になる場合には、評価部 48 は、その候補サイクルには以下の[数 4]又は[数 5]に示す数式によって算出される負の仕掛賞金を与える。以下の[数 2]～[数 5]に示す数式内のパラメータ U, U', D, D' は係数を示す。

20

【0049】

【数 2】

$$\text{仕掛在庫賞金} = -U * \max(\text{仕掛在庫量} - \text{適正範囲上限値}, 0)$$

【数 3】

$$\text{仕掛在庫賞金} = -U' * (\text{仕掛量} \div \text{適正範囲上限値})$$

【数 4】

$$\text{仕掛在庫賞金} = -D * \max(\text{適正範囲下限値} - \text{仕掛量}, 0)$$

30

【数 5】

$$\text{仕掛在庫賞金} = -D' * (\text{適正範囲下限値} \div \text{仕掛量})$$

【0050】

なお、評価部 48 は、図 8 に示す領域 R 1 のように仕掛在庫量が適正範囲の上限値より大きい所定の許容上限値を超えた際には、負の仕掛在庫賞金にさらに負の仕掛在庫賞金を加算してもよい。仕掛在庫量が適正範囲の下限値以下である状態は、現品の供給不足による下流設備の停止という形で作成された生産計画から認識することができる。しかしながら、仕掛在庫量が適正範囲の上限値以上である状態は、情報処理上は下流設備の仕掛在庫置場の容量を超えても現品を供給することができるので、作成された生産計画から認識

40

【0051】

従って、仕掛在庫量が適正範囲の上限値より大きい所定の許容上限値を超えた際には、上述のようにマイナスの仕掛在庫賞金をさらに加算することによって、以後の処理において下流設備への現品の供給量を適正にする候補サイクルが選択されやすくなることができる。但し、区間 n + 1 以後に既に設定されているサイクル（以下、固定サイクルと表記）があり、且つ、特定の下流設備向けに構成が偏ったサイクルの場合、現品の配分不良が発生することが考えられる。例えば、下流設備 Y 1 における仕掛在庫量が既に適正範囲の上限値に達していても、固定サイクルが下流設備 Y 1 向けに構成が偏ったサイクルであれば、不適切な生産計画が作成される可能性がある。

50

【0052】

そこで、特定の下流設備向けに構成が偏った固定サイクルが存在する場合、評価部48は、固定サイクルが配置されている区間より所定時間前の区間から下流設備の仕掛在庫量の適正範囲を変更して配分制御を行うことが望ましい。例えば、下流設備Y1向けの固定サイクルが存在する場合、評価部48は、その固定サイクルの区間より所定時間前の区間から下流設備Y1の適正範囲の上限値を下げる一方、その他の下流設備の適正範囲の上限値を上げることによって、固定サイクルに備えるようにすることが望ましい。これにより、ステップS7の処理は完了し、生産計画作成処理はステップS8の処理に進む。

【0053】

ステップS8の処理では、評価部48が、ステップS4の処理によって算出された納期遅れ賞金と、ステップS6の処理によって算出された前接続コストと、ステップS7の処理によって算出された仕掛在庫賞金とを用いて、候補サイクル毎の評価点を算出する。具体的には、評価部48は、以下の[数6]に示す数式を用いて、候補サイクルを構成する各現品の納期遅れ賞金の総和と候補サイクルの仕掛在庫賞金との加算値から候補サイクルの前接続コストを減算した値を評価値として候補サイクル毎に算出する。これにより、ステップS8の処理は完了し、生産計画作成処理はステップS9の処理に進む。

【0054】

【数6】

$$\text{評価値} = \text{納期遅れ賞金} + \text{仕掛在庫賞金} - \text{前接続コスト}$$

【0055】

ステップS9の処理では、選択部49が、ステップS8の処理によって算出された評価値が最も大きい候補サイクルを区間nに生産計画を割り付けるサイクルに決定する。なお、この際、分割部46は、候補サイクルの生産時間が区間nの時間長より長い場合、候補サイクルの生産時間に合わせて区間nの時間長を変更し、区間n内に候補サイクルの生産計画が含まれるようにする。これにより、ステップS9の処理は完了し、生産計画作成処理はステップS10の処理に進む。

【0056】

ステップS10の処理では、演算処理部44が、プログラムカウンタnの値が分割数Nであるか否かを判別する。判別の結果、プログラムカウンタnの値が分割数Nである場合、演算処理部44は、ステップS1の処理によって分割された全ての区間について現品の生産計画が割り当てられたと判断し、生産計画作成処理をステップS12の処理に進める。一方、プログラムカウンタnの値が分割数Nでない場合には、演算処理部44は、ステップS11の処理としてプログラムカウンタnの値を1増数した後、生産計画作成処理をステップS3の処理に戻す。

【0057】

ステップS12の処理では、演算処理部44が、図9に示すように、区間1～Nに割り当てられた候補サイクルを生産計画作成期間における生産期間として出力装置3に出力する。これにより、ステップS12の処理は完了し、一連の生産計画作成処理は終了する。

【0058】

以上の説明から明らかなように、本発明の一実施形態である生産計画作成システム1では、始めに、分割部46が、生産計画作成期間を複数の区間に分割する。次に、サイクル生成部47が、分割部46によって分割された区間のうち、処理対象区間に生産計画を割り付ける現品の候補を候補現品として現品が供給される製造設備のサイクル毎に所定数抽出し、抽出された所定数の候補現品の中から製造設備の1サイクル内で生産する候補現品群を候補サイクルとしてサイクル毎に選択する。次に、評価部48が、納期遅れ賞金の総和と仕掛在庫賞金と前接続コストとを候補サイクル毎に算出する。そして、選択部49が、納期遅れ賞金の総和と仕掛在庫賞金と前接続コストとに基づいて、処理対象区間に生産計画を割り付ける候補サイクルを選択する。

【0059】

すなわち、本発明の一実施形態である生産計画作成システム 1 では、演算処理部 44 が、生産計画作成期間を複数の区間に分割することによって生産計画の計算規模を小さくし、先頭の区間から順に、現品の生産計画を現品が供給される製造設備のサイクル単位で割り付け。従って、本発明の一実施形態である生産計画作成システム 1 によれば、各現品の制約条件が考慮された適切な生産計画を短時間で作成することができる。

【0060】

また、本発明の一実施形態である生産計画作成システム 1 では、評価部 48 が、候補サイクル毎に仕掛在庫賞金を算出し、選択部 49 は、納期遅れ賞金と接続コストと仕掛在庫賞金とに基づいて候補サイクルを選択する。従って、本発明の一実施形態である生産計画作成システム 1 によれば、現品の供給量不足によって下流工程の稼働が停止したり、仕掛
10 在庫置場に仕掛品を置けなくなることによって上流工程の稼働が停止したりすることを抑制できる。

【0061】

また、本発明の一実施形態である生産計画作成システム 1 では、サイクル生成部 47 が、現品の生産時間の総和がサイクル毎に予め定められている生産時間上限値以下になる数の候補現品を候補サイクルとしてサイクル毎に選択するので、1 サイクルの生産時間が生産時間上限値以上になることによって、現品の生産品質が低下することを抑制できる。

【0062】

また、本発明の一実施形態である生産計画作成システム 1 では、サイクル生成部 47 が、納期遅れ賞金と現品間距離とに基づいて、各候補サイクル内における候補現品の配列を
20 決定するので、納期遅れ度合いが大きい現品の生産を優先しつつ、製品仕様や製造設備の操業条件の変更を最小限に抑えることができる。

【0063】

なお、処理対象区間 n より後の区間に既にサイクル（以下、固定サイクルと表記）が設定されている場合、且つ、候補サイクルの生産終了時刻が固定サイクルの開始時刻以後になったり、候補サイクルの終了時刻と固定サイクルの開始時刻との間の空き時間が所定時間以内になったりする場合、評価部 48 は、候補サイクルの生産計画を固定サイクルの前に割り当てた際に発生する製造設備の停止時間や用役ロスを数値化したものを後接続コストとして候補サイクル毎に算出してもよい。この場合、評価部 48 は、納期遅れ賞金と仕
30 掛在庫賞金との加算値から前接続コストと後接続コストとの加算値を減算した値を評価値として候補サイクル毎に算出する。

【0064】

このような処理によれば、前サイクルとの接続だけでなく、後サイクル（固定サイクル）との接続も含めて、候補サイクルを選択可能となる。なお、固定サイクルとしては、製造設備の保守点検のための停止時間帯やオペレータの意志に基づいて設定された生産サイクルを例示することができる。

【0065】

また、区間 n にサイクルを割り付ける際、図 10（a）に示すように、全ての候補サイクルが次の区間に存在する固定サイクルと接続不可である場合には、演算処理部 44 は、1 手前の配置サイクルと固定サイクルとの間の時間に配置可能な複数サイクルの組み合わせを再計算して候補サイクルを決定してもよい。具体的には、例えば 2 サイクルの組み合わせ（候補サイクル 1 と候補サイクル 2）を考える場合は、候補サイクル 1、2 を配置すること
40 で得られる納期遅れ賞金と仕掛在庫賞金との加算値から、1 手前の配置サイクルと候補サイクル 1、候補サイクル 1 と候補サイクル 2、及び候補サイクル 2 と固定サイクルのそれぞれの接続コストを減算した値を評価値として各候補サイクル 1、2 の組み合わせ毎に算出する。

【0066】

〔製造工程間での現品の生産計画の連携方法〕

上述の生産計画作成処理によって各製造工程について作成される現品の生産計画は以下
50 のようにして前後の製造工程における現品の生産計画と時間連携させるとよい。すなわち

、製造工程間の時間連携方法には大きく分けて2つの方法がある。第1の方法は、1つの製造工程の生産計画作成処理が完了する度毎に、出力装置3がホストコンピュータに処理結果を伝送し、ホストコンピュータが処理完了工程の前後の製造工程と時刻を用いて連携する方法である。具体的には、ホストコンピュータは、前工程とは処理完了工程の開始時刻を守るために許容される最も遅い生産開始時刻（最遅開始時刻）で連携し、後工程とは処理完了工程が計画通り処理された場合に後工程の生産を開始できる最も早い時刻（最早開始時刻）で連携する。そして、ホストコンピュータは入力装置2を介して時間連携結果を生産計画作成装置1に通知し、生産計画作成装置1は次の製造工程の生産計画作成処理を実行する。

【0067】

ところが、この第1の方法によれば、生産計画作成装置1とホストコンピュータとの間で多くの情報が送受信されるために、時間連携に要する処理時間が長くなる。そこで、情報の送受信を少なくして生産計画作成処理に要する時間を短くするために、製造工程間の時間連携は次に示す第2の方法で行うことが望ましい。すなわち、この第2の方法では、生産計画作成装置1は、複数の製造工程を含む工場単位で現品の生産計画を作成する。そして、生産計画作成装置1は、工場単位の生産計画の情報をホストコンピュータに送信し、ホストコンピュータは工場単位の生産計画を用いて工場間で時間連携を実行する。工場単位としては、製鉄・製鋼工場、熱間圧延・熱間仕上工場、酸洗工程からメッキ工程に至る複数の製造工程を有する冷延工場等を例示できる。なお、ホストコンピュータは、工場間で時間連携を行う際、複数の工場に跨って製造される現品については、優先度の高い工場における生産計画の時刻連携結果であることを他の工場に通知するとよい。優先度の高い工場としては、固定サイクルが配置された工場等を例示することができる。

【0068】

〔振替可能現品の処理方法〕

必要な生産量の現品を生産可能なように複数の製造設備を有する製造工程が存在し、複数の製造設備の中のどの製造設備でも処理できる現品（振替可能現品）が存在する場合がある。このような場合、以下に示すような不具合が生じ得る。例えばメッキ工程が製造設備L1と製造設備L2との2つの製造設備を有する場合、製造設備L1の生産計画を作成した後に製造設備L2の生産計画を作成するといった具合に単純にシリーズで生産計画作成処理を実行すると、最初に生産計画が作成される製造設備L1において、製造設備L1でしか処理できない現品（専用現品）の生産計画を割り付けることができない製造設備L1の余力部分（基本的には生産計画作成期間の後方に発生しやすい）に振替可能現品の生産計画が割り付けられやすい。この結果、最初に生産計画が作成される製造設備L1に生産計画が割り付けられた振替可能現品よりも優先度の低い現品の生産計画が、次に生産計画が作成される製造設備L2の生産計画作成期間に割り付けられてしまう。

【0069】

そこで、このような不具合が発生することを抑制するために、演算処理部44は、各製造設備の負荷を考慮して振替可能現品を各製造設備に配分した後に各製造設備の生産計画を作成することが望ましい。詳しくは、始めに、演算処理部44は、振替可能現品及び専用現品の納期と各製造設備の稼働能力とを考慮して振替可能現品の配分の初期案を作成する。具体的には、演算処理部44は、図11（a）に示すように、日単位の製造設備の稼働能力に基づいて専用現品Aの生産計画を最遅開始時刻に従って仮配置し、専用現品Aの生産量が製造設備の稼働能力以上になった場合には専用現品Aの生産計画を前倒し又は後倒しする。そして、演算処理部44は、図11（b）に示すように、専用現品Aの生産計画を割り付けた後の製造設備の余力に合わせて振替可能現品Bの生産計画を仮配置する。

【0070】

次に、演算処理部44は、振替可能現品の配分の初期案に基づいて処理順の早い製造設備（上述の例では製造設備L1）の生産計画を作成する。次に、演算処理部44は、振替可能現品の配分の初期案に基づいて次の処理順の製造設備（上述の例では製造設備L2）の生産計画を作成し、この処理を繰り返すことによって全ての製造設備の生産計画を作成

する。この際、生産計画作成装置 1 は、振替可能現品の配分の初期案では前の製造設備の生産計画に割り付けられているのにも係わらず、前の製造設備の生産計画に割り付けられなかった現品については、次の製造設備にその生産計画が割り付けられるようにする。このようにして、演算処理部 44 は、振替可能現品の配分を決めた後に各製造設備の生産計画を作成する。これにより、優先製造設備の稼働率を上げ、残った現品で非優先製造設備の生産計画を作成する等、各製造設備のバランスを操作することが可能になる。

【0071】

〔前サイクルの後にサイクルを割り付けられない際の処理方法〕

前サイクルの後にサイクルを割り付けられない場合、生産ラインに停止期間が発生し、生産効率が低下する。このため、前サイクルの後にサイクルを割り付けられない場合、演算処理部 44 は以下に示す処理を実行することが望ましい。具体的には、図 12 (a) に示すように、前サイクルによって決まる配置最早開始時刻と直近の現品 A の最早開始時刻との間に所定時間以上の差があり、E S T 制約（最早開始時刻制約）によって前サイクルの後に配置可能なサイクルや現品がない場合、演算処理部 44 は、図 12 (b) に示すように、前サイクルの終了時刻以後であって E S T 制約を満足することができる最早の時刻に配置最早開始時刻を補正する。

【0072】

また、図 13 (a) に示すように、現品 A 1 の最早開始時刻と現品 A 2 の最早開始時刻との間に所定時間以上の差があり、配置可能な現品でサイクルを構成できない、即ち最小サイクル長を満たせない場合、演算処理部 44 は、図 13 (b) に示すように、前サイクルの終了時刻以後であって最小サイクル長を満たすことができる最早の時刻（現品 A 2 の最早開始時刻）に配置最早開始時刻を補正する。但し、図 12 (a), (b) に示す処理によって割り付け可能なサイクルが他にある場合、演算処理部 44 は図 12 (a), (b) に示す処理を優先して実行する。

【0073】

また、前サイクルの終了時刻以後であって最小サイクル長を満たすことができる最早の時刻に配置最早開始時刻を補正しても最小サイクル間隔制約によってサイクルを配置できない場合、演算処理部 44 は、図 14 (b) に示すように、最小サイクル間隔制約を満足することができる時間まで配置最早開始時刻を補正する。但し、図 12 (a), (b) や図 13 (a), (b) に示す処理によって割り付け可能なサイクルが他にある場合、演算処理部 44 は図 12 (a), (b) や図 13 (a), (b) に示す処理を優先して実行する。

【0074】

〔サイクルの切り替え〕

生産効率だけを考慮するとサイクルは生産時間上限値で一度に処理にした方が望ましい。しかしながら、この場合、生産時間上限値内では他のサイクル属性コードを有する現品を製造できないために、単純にサイクルは生産時間上限値内で処理した方がよいというわけではない。そこで、演算処理部 44 は、可能な限り生産時間上限値内でサイクルを計画するという前提のもとに、以下の条件時にのみ他のサイクルへの切り替えを行うことによって、他のサイクル属性コードを有する現品の製造タイミングの遅れによる納期遅れが発生することを抑制するとよい。

【0075】

具体的には、図 15 (a), (b) に示すように、演算処理部 44 は、サイクル B を最大サイクル長まで配置するとサイクル C の現品に納期遅れが発生する場合、最小サイクル長を確保しつつ、サイクル B を最大サイクル長の手前で中断し、サイクル C へと切り替える。但し、サイクルの中断の可否はサイクル毎に設定することとするが、実際にサイクルを中断するか否かは最小サイクル長を守れるか否かに基づいて決定する。すなわち、最小サイクル長を守れない場合には、演算処理部 44 は設定に係わらずサイクルを中断しないようにする。

【0076】

10

20

30

40

50

また、演算処理部 44 は、図 16 に示すように、サイクル開始時刻（時間 $T = T_1$ ）から最小継続時間が経過した後にサイクルを中断する。ここで、最小継続時間とは、候補サイクルの最小サイクル長と候補サイクルにおいてその時刻で製造しないとリードタイム違反となる現品 A の生産時間合計とのうち、大きい方の時間を意味する。また、リードタイム違反となるか否かは、現品 A の最遅開始時刻が候補サイクルの予定終了時刻（候補サイクルの開始時刻 + 最大サイクル長）以後になるか否かによって判定する。

【0077】

また、演算処理部 44 は、最小継続時間と最遅開始時刻超過時刻（LST 超過時刻）までの時間とのうちで大きい方と、最大サイクル長とのうちで小さい方を候補サイクルを中断する際の候補サイクルのサイクル長とする。ここで、LST 超過時刻とは、非固定生産サイクル枠において候補サイクルを最大サイクル長まで配置した場合、候補サイクル以外のサイクルの現品でリードタイム違反となる一番始めの時刻から候補サイクル以外のサイクルの現品の段取時間を減算した時刻のことを意味する。候補サイクル以外のサイクルとは、候補サイクルと接続可能なサイクルのうち、候補サイクルと同じサイクル種別以外の全てのサイクルのことを意味する。

【0078】

具体的には、演算処理部 44 は、図 17 に示すようにサイクル開始時刻（ $T = T_1$ ）から最小継続時間が経過した後の時刻において一番始めにリードタイム違反する候補サイクル以外のサイクルの現品 A2 の最遅開始時刻（LST）から段取時間を減算した時刻（時刻 $T = T_3$ ）を LST 超過時刻とする。

【0079】

なお、図 17 に示す現品 A3 は、リードタイム違反する候補サイクル以外のサイクルの現品であるが、一番始めにリードタイム違反する現品ではないために、LST 超過時刻の算出対象にはならない。同様に、図 17 に示す現品 A4 も、リードタイム違反する候補サイクル以外のサイクルの現品であるが、LST 超過時刻が候補サイクルの予定終了時刻以後になるために、LST 超過時刻の算出対象にはならない。

【0080】

〔他現品との接続に厳しい条件が存在する現品（以降、難溶接材と呼ぶ）を考慮した現品配置〕

現品の納期遅れ賞金の総和と現品間距離の総和との差分値が最大になるように現品の配列を算出した場合、お互いに直接接続不可の難溶接材が同一サイクル内に大量に存在する際、候補現品を有効に活用した現品の配列を作成することができない。そこで、生産計画作成装置 1 は、以下の（1）～（4）に示すような配列制約を有する現品群を大量に保有するサイクル属性に対しては、以下に示す現品配置案生成処理を実行することによって、候補現品を有効に活用した現品の配列を作成するとよい。以下、図 18 に示すフローチャートを参照して、この現品配置案生成処理を実行する際の生産計画作成装置 1 の動作について説明する。

【0081】

- （1）お互いに直接接続不可の難溶接現品 α 類は指定された現品 β 類で挟む必要がある。
- （2）現品 β 類の中には挟む専用のものでないものがある。
- （3）現品 α 類及び現品 β 類に属さない現品 γ 類も存在する。
- （4）現品 α 類及び現品 β 類を配置できない場合、残りは現品 γ 類とする。但し、現品 β 類でも挟む洗油でないものは配置対象にできる。

【0082】

図 18 は、本発明の一実施形態である現品配置案生成処理の流れを示すフローチャートである。図 18 に示すフローチャートは、上述の（1）～（4）に示すような配列制約を有する現品群を大量に保有するサイクル属性を有するサイクルが候補サイクルとして選択されたタイミングで開始となり、現品配置案生成処理はステップ S21 に進む。

【0083】

ステップ S21 の処理では、演算処理部 44 が、難溶接材現品の配置案を生成する（難

10

20

30

40

50

溶接材現品配置案生成処理)。この難溶接材現品配置案生成処理の詳細については、図 19 に示すフローチャートを参照して後述する。これにより、ステップ S 2 1 の処理は完了し、現品配置案生成処理はステップ S 2 2 に進む。

【0084】

ステップ S 2 2 の処理では、演算処理部 4 4 が、一般材現品の配置案を生成する(一般材現品配置案生成処理)。この一般材現品配置案生成処理の詳細については、図 28 に示すフローチャートを参照して後述する。これにより、ステップ S 2 2 の処理は完了し、一連の現品配置案生成処理は終了する。

【0085】

図 19 は、本発明の一実施形態である難溶接材現品配置案生成処理の流れを示すフローチャートである。図 18 に示すフローチャートは、上述の(1)～(4)に示すような配列制約を有する現品群を大量に保有するサイクル属性を有するサイクルが候補サイクルとして選択されたタイミングで開始となり、難溶接材現品配置案生成処理はステップ S 3 1 に進む。

【0086】

ステップ S 3 1 の処理では、演算処理部 4 4 が、現品データベース 4 2 の中から難溶接材、限界サイズ材、及び高炭材を含む難溶接材現品 A と難溶接材を挟み込む難溶接材現品に接続が可能である現品(以降、アンコ材と呼ぶ)を含むアンコ材現品 B とのリストを取得する(図 20 参照)。これにより、ステップ S 3 1 の処理は完了し、難溶接材現品配置案生成処理はステップ S 3 2 の処理に進む。

【0087】

ステップ S 3 2 の処理では、演算処理部 4 4 が、ステップ S 3 1 の処理によって難溶接材現品 A が抽出されたか否かを判別する。判別の結果、難溶接材現品 A が抽出されなかった場合、演算処理部 4 4 は難溶接材現品配置案生成処理を終了する。一方、難溶接材現品 A が抽出された場合には、演算処理部 4 4 は難溶接材現品配置案生成処理をステップ S 3 3 の処理に進める。

【0088】

ステップ S 3 3 の処理では、演算処理部 4 4 が、図 21 (a) に示すように、対象サイクルの最大サイクル長を上限として難溶接材現品 A を仮配置する。なお、この処理の際、演算処理部 4 4 は、図 21 (b) に示すように、最大サイクル長及び最小サイクル長に満たない場合であっても、ステップ S 2 1 の処理によって抽出された全ての難溶接材現品 A を全て仮配置する。また、図 21 (c) に示すように、連続配置可能な難溶接材現品 A ' がある場合、演算処理部 4 4 はこの時点で難溶接材現品 A ' を連続配置する。これにより、ステップ S 3 3 の処理は完了し、難溶接材現品配置案生成処理はステップ S 3 4 の処理に進む。

【0089】

ステップ S 3 4 の処理では、演算処理部 4 4 が、対象サイクルに配置する難溶接性現品 A を決定する。具体的には、始めに、演算処理部 4 4 は、ステップ S 3 3 の処理によって作成された配列の先頭の難溶接性現品 A の前にアンコ材現品 B を配置できるか否かを判別し、配置できる場合、難溶接性現品 A の前にアンコ材現品 B を配置する。図 22 は、難溶接性現品 A 1 の前に配置可能なアンコ材現品としてアンコ材現品 B 2 が選択され、難溶接性現品 A 1 の前にアンコ材現品 B 2 が配置された例を示す。

【0090】

配列の先頭の難溶接性現品 A 1 の前にアンコ材現品 B 2 を配置すると、次に、演算処理部 4 4 は、次のアンコ材現品 B を配置する場所を選択する。具体的には、アンコ材現品 B 2 の後の難溶接材現品 A が連続配置可能な難溶接材現品 A ' である場合、演算処理部 4 4 は図 23 に示すように連続配置可能な難溶接材現品 A ' の最後尾位置を次のアンコ材現品 B を配置する場所として選択する。一方、アンコ材現品 B 2 の後の難溶接材現品 A 1 が連続配置可能な難溶接材現品 A ' でない場合には、演算処理部 4 4 は図 24 に示すようにアンコ材現品 B 1 の後の難溶接材現品 A 1 の後を次のアンコ材現品 B を配置する場所として

選択する。

【0091】

次に、演算処理部44は、選択した位置に配置可能なアンコ材現品Bを選定し、選定されたアンコ材現品Bを選択した位置に配置する。図25は、難溶接材現品A1の後の位置が選択され、選択された位置にアンコ材現品B1が配置された例を示す。そして、生産計画作成装置1は、難溶接材現品A及びアンコ材現品Bの配列が最大サイクル長を超過する又は割り付け可能なアンコ材現品Bが無くなるまで上述の処理を繰り返し実行する。なお、アンコ材現品Bが無くなった場合、演算処理部44は、図26に示すように、最後に配置したアンコ材現品B1以後に配列されている難溶接材現品Aを削除する。難溶接材現品A及びアンコ材現品Bを最大サイクル長まで配列できた場合、対象サイクルの構成は例えば図27に示すようになる。これにより、ステップS34の処理は完了し、一連の難溶接材現品配置案生成処理は終了する。

10

【0092】

図28は、本発明の一実施形態である一般材現品配置案生成処理の流れを示すフローチャートである。図28に示すフローチャートは、ステップS21の処理が終了したタイミングで開始となり、一般材現品配置案生成処理はステップS41に進む。

【0093】

ステップS41の処理では、演算処理部44が、現品データベース42の中から一般材現品のリストを取得する。これにより、ステップS41の処理は完了し、一般材現品配置案生成処理はステップS42の処理に進む。

20

【0094】

ステップS42の処理では、演算処理部44が、ステップS41の処理によって抽出された一般材現品の中で未配置の一般材現品があるか否かを判別する。判別の結果、未配置の一般材現品がない場合、演算処理部44は一連の一般材現品配置案生成処理を終了する。一方、未配置の一般材現品がある場合には、演算処理部44は一般材現品配置案生成処理をステップS43の処理に進める。

【0095】

ステップS43の処理では、演算処理部44が、図29(a)、(b)に示すように、難溶接材現品配置案生成処理によって生成された難溶接材現品Aとアンコ材現品Cとの配列の最後尾にサイクル長が最大サイクル長になるまで一般材現品Cを配置する。一方、図30(a)、(b)に示すように、難溶接材現品配置案生成処理によって生成された難溶接材現品Aとアンコ材現品Cとの配列の最後尾に全ての一般材現品Cを配置しても最小サイクル長に満たない場合には、演算処理部44はサイクル決定をキャンセルする。これにより、ステップS43の処理は完了し、一般材現品配置案生成処理はステップS41の処理に戻る。

30

【0096】

以上、本発明者によってなされた発明を適用した実施の形態について説明したが、本実施形態による本発明の開示の一部をなす記述及び図面により本発明は限定されることはない。すなわち、本実施形態に基づいて当業者等によりなされる他の実施の形態、実施例及び運用技術等は全て本発明の範疇に含まれる。

40

【符号の説明】

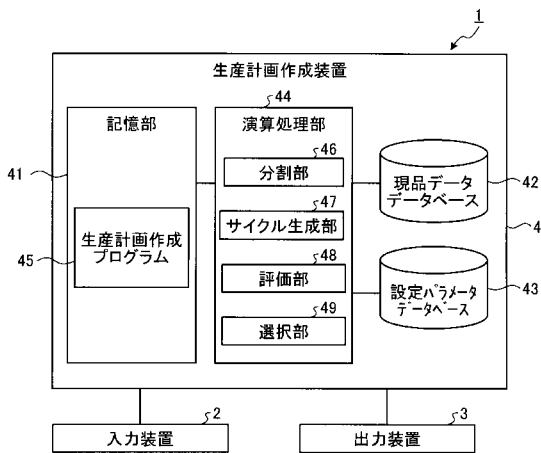
【0097】

- 1 生産計画作成システム
- 2 入力装置
- 3 出力装置
- 4 生産計画作成装置
- 41 記憶部
- 42 現品データベース
- 43 設定パラメータデータベース
- 44 演算処理部

50

- 4 5 生産計画作成プログラム
- 4 6 分割部
- 4 7 サイクル生成部
- 4 8 評価部
- 4 9 選択部

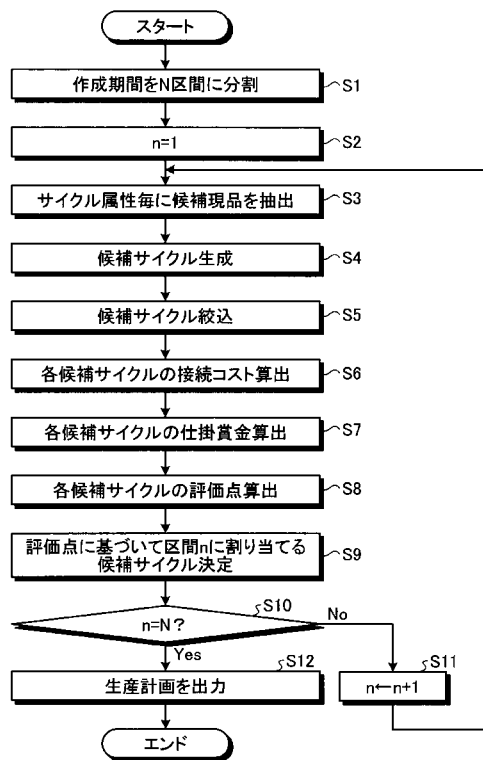
【 図 1 】



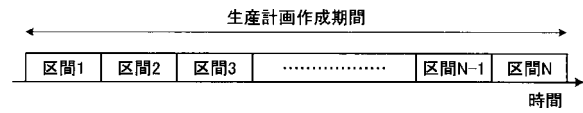
【 図 2 】

現品データ	
現品識別番号	F1
サイクル属性コード	F2
仕様(幅,厚み等)	F3
製造条件(焼鈍温度等)	F4
最遅開始時刻	F5
最早開始時刻	F6
生産時間	F7
ラインコード	F8
前ラインコード	F9
後ラインコード	F10

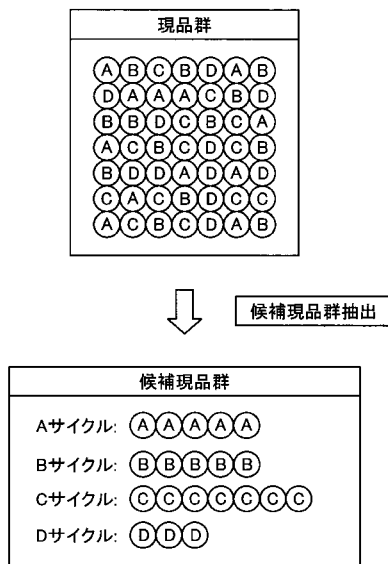
【図 3】



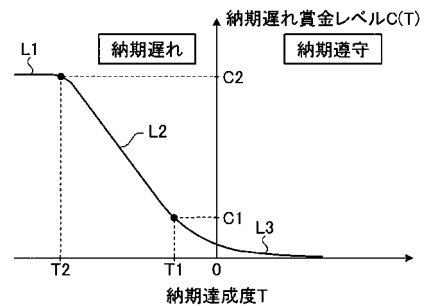
【図 4】



【図 5】

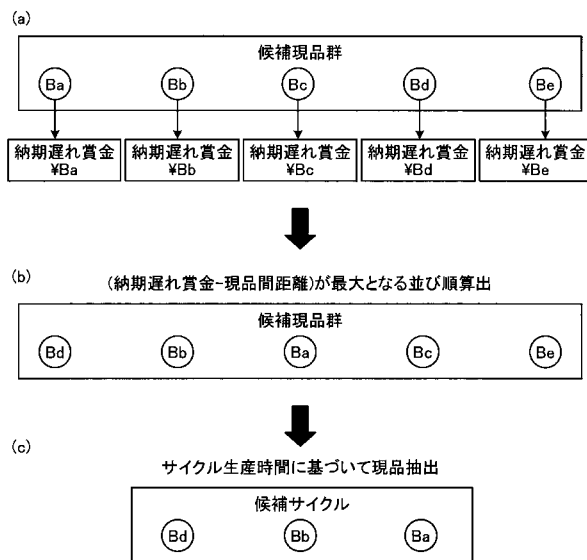


【図 6】

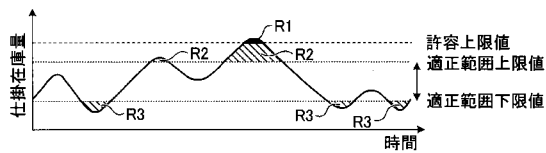


$$\begin{aligned}
 L1: C(T) &= C_2 \\
 L2: C(T) &= [(C_2 - C_1) / (T_2 - T_1)] * (T - T_1) + C_1 \\
 L3: C(T) &= \exp[-(T - C)]
 \end{aligned}$$

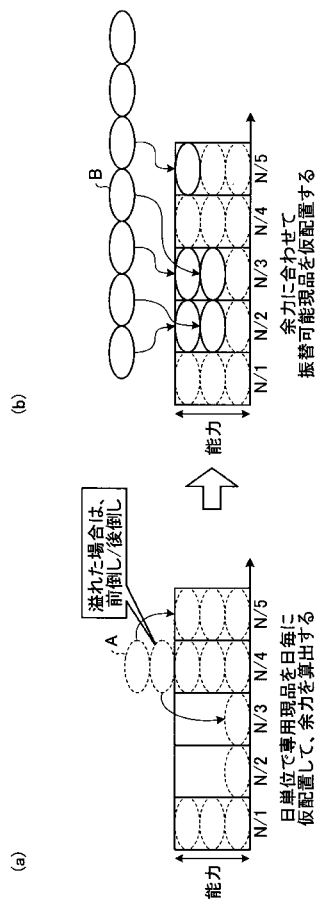
【図 7】



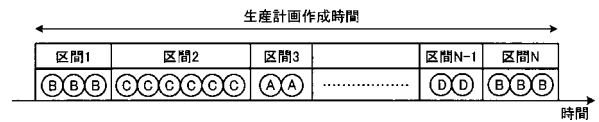
【図 8】



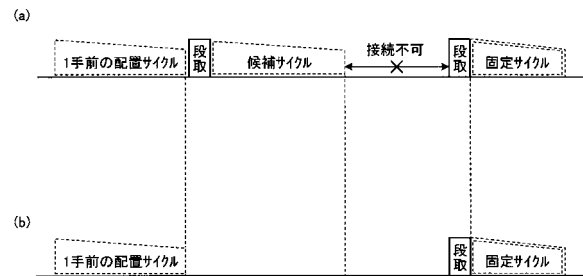
【図 11】



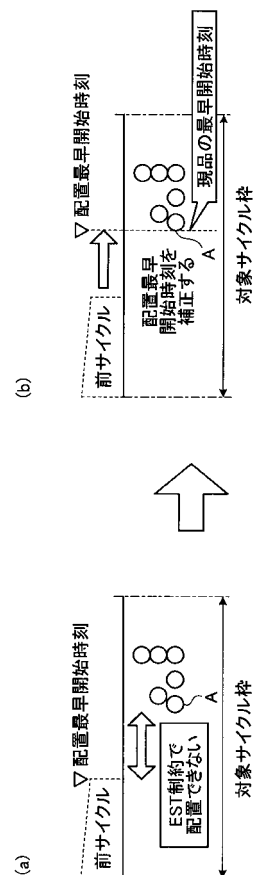
【図 9】



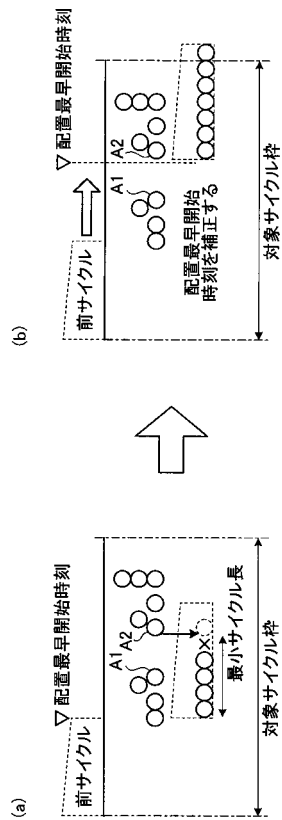
【図 10】



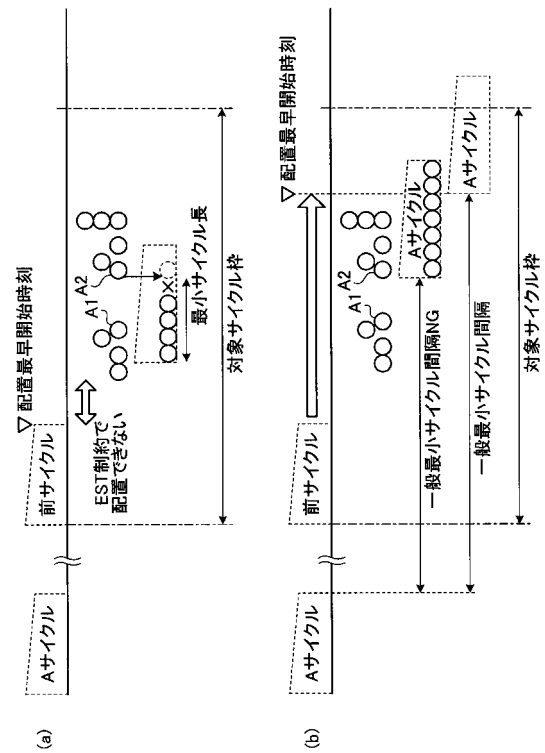
【図 12】



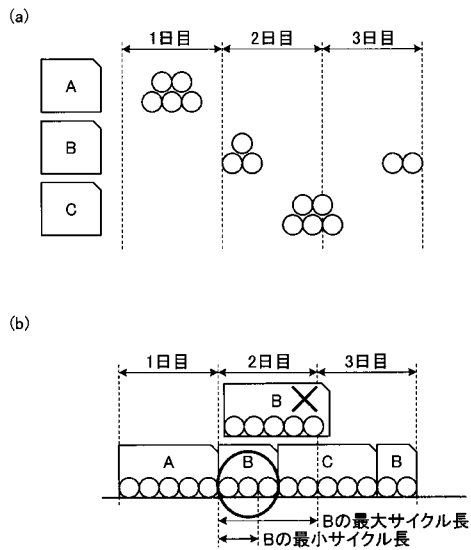
【図 13】



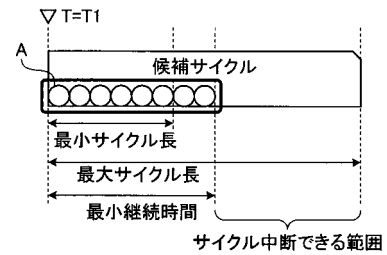
【図 14】



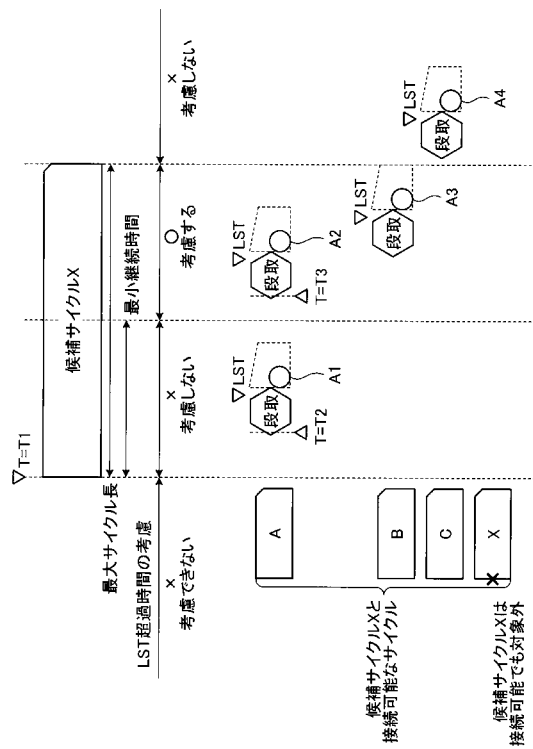
【図 15】



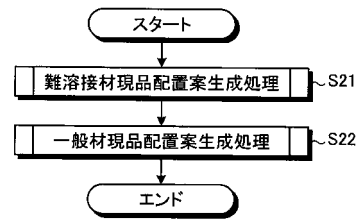
【図 16】



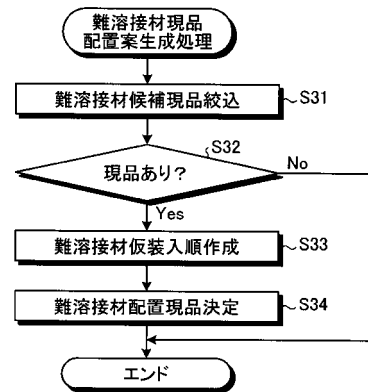
【図 17】



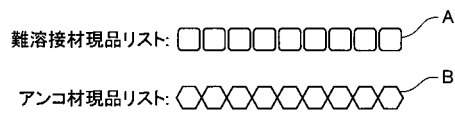
【図 18】



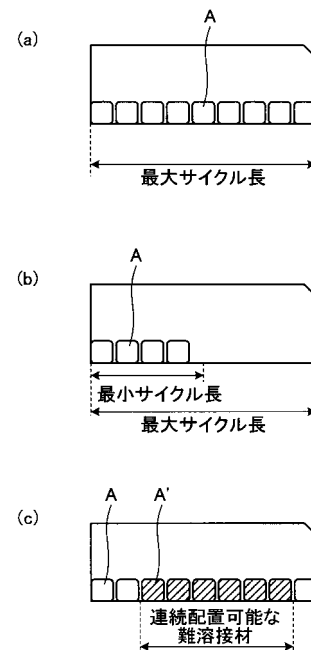
【図 19】



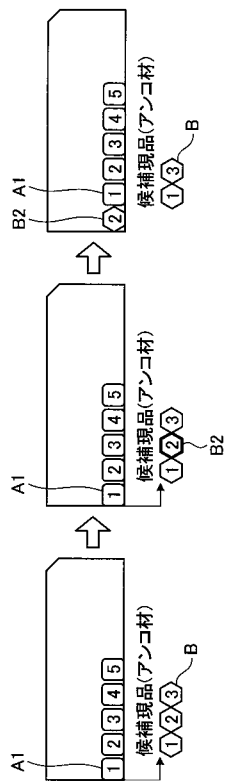
【図 20】



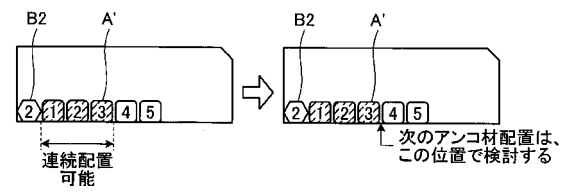
【図 21】



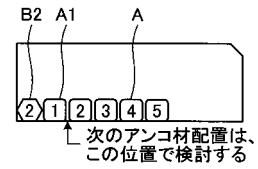
【図 2 2】



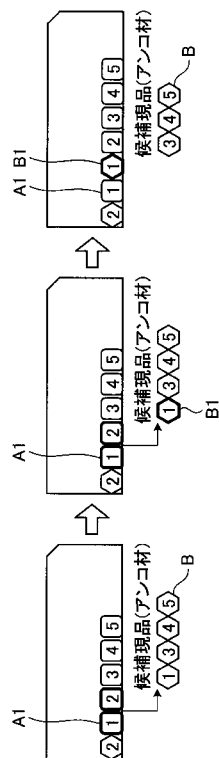
【図 2 3】



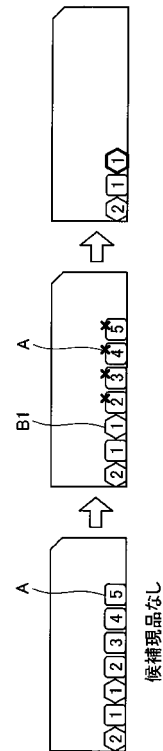
【図 2 4】



【図 2 5】



【図 2 6】



フロントページの続き

- (72)発明者 黒川 克美
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号 J F Eスチール株式会社内
- (72)発明者 北條 成人
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号 J F Eスチール株式会社内
- (72)発明者 小原 浩司朗
東京都文京区本駒込二丁目２番８号 株式会社富士通システムソリューションズ内
- (72)発明者 桐田 宣平
山口県宇部市大字山中字甲石２番地２３ 株式会社富士通山口情報内
- (72)発明者 清水 浩志
広島県広島市南区段原南一丁目３番５３号 株式会社富士通中国システムズ内
- Fターム(参考) 3C100 AA16 BB05 BB12 BB36 EE10