

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6906299号  
(P6906299)

(45) 発行日 令和3年7月21日 (2021.7.21)

(24) 登録日 令和3年7月1日 (2021.7.1)

(51) Int. Cl.

F I

G 0 6 Q 50/04 (2012.01)

G 0 6 Q 50/04

G 0 6 Q 10/06 (2012.01)

G 0 6 Q 10/06

G 0 5 B 19/418 (2006.01)

G 0 5 B 19/418

Z

請求項の数 8 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2016-238204 (P2016-238204)  
 (22) 出願日 平成28年12月8日 (2016.12.8)  
 (65) 公開番号 特開2018-97405 (P2018-97405A)  
 (43) 公開日 平成30年6月21日 (2018.6.21)  
 審査請求日 令和1年11月29日 (2019.11.29)

(73) 特許権者 000006208  
 三菱重工業株式会社  
 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号  
 (74) 代理人 100149548  
 弁理士 松沼 泰史  
 (74) 代理人 100162868  
 弁理士 伊藤 英輔  
 (74) 代理人 100161702  
 弁理士 橋本 宏之  
 (74) 代理人 100189348  
 弁理士 古部 智  
 (74) 代理人 100196689  
 弁理士 鎌田 康一郎  
 (74) 代理人 100210572  
 弁理士 長谷川 太一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 作業計画作成システム、作業計画作成方法および作業計画作成プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の作業工程と、前記作業工程毎に並行して作業できない並行不可作業工程との対応関係を記憶する工程情報蓄積部と、

複数の前記作業工程それぞれの作業開始時刻および終了時刻を予め設定された作業計画の作成反復回数または予め設定された作業計画の作成反復時間が満足されるまで1つずつ決定することで作業計画を生成する作成部と、

前記対応関係を参照し、前記作業計画における前記並行不可作業工程の作業状況を判定する判定部と、

を備え、

前記作成部は、

一の作業工程の開始時刻を決定するときに、当該作業工程に係る前記並行不可作業工程の作業状況が、前記作業計画において実施中である場合に、前記開始時刻を前記並行不可作業工程の後の時刻に決定する、

作業計画作成システム。

【請求項 2】

前記作業工程毎に設定された前記作業工程を実行する条件である作業条件に基づいて、前記並行不可作業工程を示す情報を作成する情報生成部

をさらに備えることを特徴とする請求項 1 に記載の作業計画作成システム。

【請求項 3】

前記作業工程は、  
作業体が作業する製品に係る作業工程であって、  
前記情報生成部は、  
前記作業体によって前記製品に係る作業工程が作業可能な姿勢により表された前記作業条件に基づき前記並行不可作業工程の情報を生成することを特徴とする請求項 2 に記載の作業計画作成システム。

【請求項 4】

前記作成部は、  
前記並行不可作業工程が作業中である場合、前記作業工程のうちの 1 つの開始時刻を、作業中である前記並行不可作業工程の完了時刻以降に設定することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の作業計画作成システム。

10

【請求項 5】

前記作成部は、  
作業中である前記並行不可作業工程が複数ある場合、前記作業工程のうちの 1 つの開始時刻を、前記並行不可作業工程の完了時刻の内、最も遅い完了時刻以降に設定することを特徴とする請求項 4 に記載の作業計画作成システム。

【請求項 6】

前記作成部は、  
前記作業工程の実行順番を変更した作業計画を複数作成し、コストおよび作業期間のうちの少なくとも一方に基づき前記作業計画を選択することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の作業計画作成システム。

20

【請求項 7】

作業計画作成システムが、複数の作業工程と、前記作業工程毎に並行して作業できない並行不可作業工程との対応関係を記憶することと、

作業計画作成システムが、複数の前記作業工程それぞれの作業開始時刻および終了時刻を予め設定された作業計画の作成反復回数または予め設定された作業計画の作成反復時間が満足されるまで 1 つずつ決定することで作業計画を生成することと、

作業計画作成システムが、前記対応関係を参照し、前記作業計画における前記並行不可作業工程の作業状況を判定することと、

を含み、

30

作業計画作成システムが、一の作業工程の開始時刻を決定するときに、当該作業工程に係る前記並行不可作業工程の作業状況が、前記作業計画において実施中である場合に、前記開始時刻を前記並行不可作業工程の後の時刻に決定する、

ことを特徴とする作業計画作成方法。

【請求項 8】

コンピュータに、

複数の作業工程と、前記作業工程毎に並行して作業できない並行不可作業工程との対応関係を記憶することと、

複数の前記作業工程それぞれの作業開始時刻および終了時刻を予め設定された作業計画の作成反復回数または予め設定された作業計画の作成反復時間が満足されるまで 1 つずつ決定することで作業計画を生成することと、

40

前記対応関係を参照し、前記作業計画における前記並行不可作業工程の作業状況を判定することと、

を実行させるプログラムであって、

一の作業工程の開始時刻を決定するときに、当該作業工程に係る前記並行不可作業工程の作業状況が、前記作業計画において実施中である場合に、前記開始時刻を前記並行不可作業工程の後の時刻に決定すること、

を実行させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

## 【 0 0 0 1 】

本発明は、複数の作業工程から構成される作業計画を作成する作業計画作成システム、作業計画作成方法および作業計画作成プログラムに関するものである。

## 【 背景技術 】

## 【 0 0 0 2 】

製品の生産および修理などの作業を効率的に行ったり、製品の納期を保証したりするために、作業開始前に予め作業計画を作成し、作成された作業計画に沿って製品の生産などの作業を行うことが重要である。適切な作業計画を作成するためには、作業に用いる設備の空き状況や、作業を行う作業員の空き状況などを十分に考慮した上で作業計画を作成することが必要である。

10

## 【 0 0 0 3 】

特許文献 1 には、各作業工程で用いる設備および治具などの使用時期、各作業工程で必要な人数の作業員の確保期間などを調整し、最適な作業計画を作成する装置が記載されている。

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 4 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 0 - 1 7 6 3 8 8 号公報

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

20

## 【 0 0 0 5 】

ここで、複数の作業工程を実行するとき、同時に作業することができない作業工程の組合せが存在する場合がある。例えば、大型の部品について仕上げ作業をするとき、部品を治具で固定し、仕上げ作業を行う。この際、地面と向かい合っている部分など、作業者の手が届かない部分については仕上げ作業をすることができない。したがって、全ての面について仕上げ作業を完了させるためには、一の面について仕上げ作業を行った後、作業者の手や作業器具が届く位置まで、治具などにより部品を移動させまたは回転させる必要がある。

## 【 0 0 0 6 】

このような作業工程を含む作業計画を作成する場合、一の作業工程と他の作業工程とが同時に並行して実施できないことを考慮する必要がある。特許文献 1 に記載された技術では、作業工程の前後関係を考慮して作業計画を作成することはできるが、同時に作業できない作業工程を考慮した作業計画を作成することができない。そのため、作成された作業計画を実際に実施することが難しい場合があり、作業現場で作業員が作業計画を手作業で調整する必要があるが生じる。

30

## 【 0 0 0 7 】

本発明は、このような課題に鑑みてなされたものであって、並行して作業できない作業工程の組合せを考慮して好適な作業計画を作成することができる作業計画作成システム、作業計画作成方法および作業計画作成プログラム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 】

40

## 【 0 0 0 8 】

上記の目的を達成するための本発明の一態様は、以下の手段を採用する。

即ち、本発明の一態様は、作業計画作成システムが、複数の作業工程と、前記作業工程毎に並行して作業できない並行不可作業工程との対応関係を記憶する工程情報蓄積部と、複数の前記作業工程それぞれの作業開始時刻および終了時刻を予め設定された作業計画の作成反復回数または予め設定された作業計画の作成反復時間が満足されるまで 1 つずつ決定することで作業計画を生成する作成部と、前記対応関係を参照し、前記作業計画における前記並行不可作業工程の作業状況を判定する判定部と、を備え、前記作成部は、一の作業工程の開始時刻を決定するときに、当該作業工程に係る前記並行不可作業工程の作業状況が、前記作業計画において実施中である場合に、前記開始時刻を前記並行不可作業工程

50

の後の時刻に決定する。

【発明の効果】

【0009】

本発明に係る作業計画作成システム、作業計画作成方法および作業計画作成プログラムは、並行して作業することができない作業工程の組合せを考慮した好適な作業計画を作成することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

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

10

【図2】本発明の一実施形態である作業計画作成装置の構成を示すブロック図である。

【図3】本発明の一実施形態である作業計画作成装置の機能を示すブロック図である。

【図4】工程情報蓄積部に蓄積される作業工程情報を示す模式図である。

【図5】並行不可作業情報を含む作業工程情報を示す模式図である。

【図6】本発明の一実施形態である作業計画作成処理を示すフローチャートである。

【図7】工程情報蓄積部に蓄積されるイベントリストの模式図である。

【図8】開始イベントの処理を示すフローチャートである。

【図9】工程番号1の完了イベントを生成した後のイベントリストの一例を示す模式図である。

【図10】工程番号4の開始イベントを再生成した後のイベントリストの一例を示す模式図である。

20

【図11】完了イベントの処理を示すフローチャートである。

【図12】作業計画作成の終了処理を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、図面を参照して、本発明の一実施形態の作業計画作成システム1について、詳細に説明する。なお、この実施形態により本発明が限定されるものではなく、また、実施形態が複数ある場合には、各実施形態を組み合わせるものも含むものである。さらに、この実施形態における構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のもの、いわゆる均等の範囲のものが含まれる。

30

【0012】

図1は、本発明の一実施形態である作業計画作成システム1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作業計画作成システム1は、入力装置11と、出力装置12と、作業計画作成装置13と、を備える。

【0013】

入力装置11は、例えば、マウス、キーボードなどによって実現される。入力装置11は、操作者の指示を受けてその指示に応じた電気信号を生成し、生成した電気信号を作業計画作成装置13に出力する。なお、入力装置11は、出力装置12と一体となったタッチパネルによって実現され、操作者がパネルをタッチ操作することで、そのタッチ操作に応じた電気信号が作業計画作成装置13に出力されるよう構成されてもよい。

40

【0014】

出力装置12は、例えば、LCD(Liquid Crystal Display)や有機ディスプレイなどの表示装置、または、印刷装置などにより実現される。出力装置12は、作業計画作成装置13から入力される処理結果を出力する。

また、入力装置11は、情報通信装置を備え、作業計画作成装置13と通信により情報を入出力できるように構成されてもよい。また、出力装置12は、情報通信装置を備え、作業計画作成装置13と通信により情報を入出力できるように構成されてもよい。

【0015】

図2は、本発明の一実施形態である作業計画作成装置13の構成を示すブロック図である。作業計画作成装置13は、情報処理装置、例えば一般的なコンピュータ30を用いて

50

実現することができる。コンピュータ30は、CPU(Central Processing Unit)31、RAM(Random Access Memory)32、ROM(Read Only Memory)33、ストレージ装置34、外部I/F(Interface)35、および通信I/F36などを有する。

CPU31は、ROM33やストレージ装置34などに格納されたプログラムやデータをRAM32に記憶させ、処理を実行することで、コンピュータ30の各機能を実現する演算装置である。RAM32は、CPU31のワークエリアなどとして用いられる揮発性のメモリである。ROM33は、電源を切ってもプログラムやデータを保持する不揮発性のメモリである。ストレージ装置34は、例えば、HDD(Hard Disk Drive)、SSD(Solid State Drive)などにより実現され、OS(Operating System)、アプリケーションプログラム、および各種データなどを記憶する。

10

外部I/F35は、外部装置とのインターフェースである。外部装置には、例えば、記録媒体37などがある。コンピュータ30は、外部I/F35を介して、記録媒体37の読取り、書き込みを行うことができる。記録媒体37には、例えば、光学ディスク、磁気ディスク、メモリカード、USB(Universal Serial Bus)メモリなどが含まれる。

通信I/F36は、有線通信または無線通信により、コンピュータ30をネットワークに接続するインターフェースである。バスBは、上記各構成装置に接続され、制御装置間で各種制御信号などを送受信する。

20

#### 【0016】

図3は、作業計画作成装置13の機能を示すブロック図である。作業計画作成装置13は、記憶部41と、工程情報蓄積部42と、計画処理部43と、を有する。記憶部41は、ROMなどによって実現され、作業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作業計画作成プログラム46を記憶する。

なお、作業計画作成処理とは、一の製品に係る作業工程の実行の順番を示す作業計画を作成する処理であり、後にフローチャートで詳細を示す。

#### 【0017】

工程情報蓄積部42は、作業計画を構成する複数の作業工程を示す情報である作業工程情報51を格納する。作業工程情報51の内容は、入力装置11を介して入力される。ここで、複数の作業工程は、人やロボットなど、作業工程の実行主体である作業体が同時に複数で作業する一の製品に係る作業工程である。複数の作業工程には、並行して同時に作業することができる作業工程の組合せと、並行して作業することができない作業工程(以下、「並行不可作業工程」と記載)の組合せとが含まれる。作業工程情報51の詳細については後述する。また、工程情報蓄積部42は、作業工程情報51に基づき作成されるイベントリスト52を格納する。イベントリスト52の詳細については後述する。

30

#### 【0018】

計画処理部43は、CPU31などによって実現される。計画処理部43は、情報生成部47と、判定部44と、作成部45と、を有する。計画処理部43は、記憶部41に記憶されている作業計画作成プログラム46をロードし、実行することによって、情報生成部47、判定部44、作成部45として機能する。計画処理部43は、工程情報蓄積部42から作業工程情報51を取得する。計画処理部43は、取得した作業工程情報51に基づいて、好適な作業計画を作成する。計画処理部43は、作成した作業計画を出力装置12に出力する。

40

#### 【0019】

情報生成部47は、工程情報蓄積部42から作業工程情報51Aを取得する。作業工程情報51Aとは、作業計画の作成前に予め準備される情報であって、一の製品に係る複数の作業工程のそれぞれについて、作業時間、作業条件、および当該作業工程の後に実施すべき作業工程に関する情報を格納する。そして、情報生成部47は、作業工程情報51Aに含まれる予め設定された作業条件に基づき、作業工程毎に並行不可作業工程の情報を特

50

定する。情報生成部 4 7 は、ある作業工程について抽出した並行不可作業工程を、当該作業工程に関連付けて作業工程情報 5 1 A を作業工程情報 5 1 B に更新する。

【 0 0 2 0 】

判定部 4 4 は、一の作業工程について作業計画の作成において一の作業工程の実行の順番を決定するとき、工程情報蓄積部 4 2 から作業工程情報 5 1 B を取得する。判定部 4 4 は、一の作業工程に関連付けられた並行不可作業工程を抽出し、参照する。判定部 4 4 は、一の作業工程に関連付けられた並行不可作業工程に基づいて、並行不可作業工程の作業状況を判定する。具体的には、判定部 4 4 は、作業工程情報 5 1 B が示す対応関係における作業計画の割り当ての対象とする作業工程について、並行不可作業工程が作業中であるか否かを確認する。つまり、作業工程が割り当てられる時刻において、並行不可作業工程が割り当てられているか否かを確認する。そして、判定部 4 4 は、対象とする作業工程について並行不可作業工程が複数ある場合には、さらにその並行不可作業工程のすべてについて、並行不可作業工程が作業中であるか否かを確認する。そして、判定部 4 4 は、並行不可作業工程があるか否かを示すすべて、すなわち、作業計画の割り当ての対象とする作業工程についての並行不可作業工程と、さらにその並行不可作業工程のすべてについての並行不可作業工程とが作業中であるか否かを示す確認結果を作成部 4 5 に出力する。

10

【 0 0 2 1 】

作成部 4 5 は、すべての確認結果が示す並行不可作業工程の組合せを考慮し、一の製品に係る作業工程の実行の順番を示す作業計画を作成する。具体的には、作成部 4 5 は、判定部 4 4 から出力された確認結果が、一の作業工程に対応付けて記憶されている並行不可作業工程が作業中でないことを示す場合、一の作業工程が開始可能と判断し、作業計画における一の作業工程の作業順または作業開始時刻を決定する。また、作成部 4 5 は、判定部 4 4 から出力された確認結果が、一の作業工程に対応付けて記憶されている並行不可作業工程が作業中であることを示す場合、一の作業工程が開始不可能と判断し、一の作業工程の作業計画を作成しない。並行不可作業工程が複数ある場合には、作成部 4 5 は、並行不可作業工程の全てについて、並行不可作業工程が作業中でない場合のみ、一の作業工程が開始可能と判断し、一の作業工程について作業計画を作成する。

20

作成部 4 5 は、作成した作業計画の中で最適な作業計画を出力装置 1 2 に出力する。

【 0 0 2 2 】

次に、図 4、図 5 を参照して、工程情報蓄積部 4 2 内に格納される作業工程情報 5 1 について説明する。

30

【 0 0 2 3 】

図 4 は、工程情報蓄積部 4 2 が記憶する作業工程情報 5 1 A を示す模式図である。図 4 に示すように、作業工程情報 5 1 A は、作業工程毎に付与される工程番号、各作業工程で必要となる作業時間、各作業工程の後で行う必要がある他の作業工程（後工程）、および作業条件に関する情報を含んでいる。

【 0 0 2 4 】

ここで、作業条件とは、作業工程を実行する条件のことであり、各作業工程が実行可能な作業対象製品の置かれた姿勢などにより表される。ここでは、作業条件として、各作業工程を実行することができる置かれた作業対象製品を、絶対座標系により示される作業空間における所定の基準（ゼロ度）の視点から見たときの、所定の姿勢からの回転角が各作業工程に対応付けられて記憶されている。例えば、工程番号 1 には、作業条件（角度）として、X o r Y と記憶されている。これは、作業対象製品が置かれた姿勢が所定の基準から角度 X または角度 Y だけ回転された姿勢に置かれたときにのみ工程番号 1 が示す作業工程が実行可能であることを表す。

40

【 0 0 2 5 】

図 5 は、作業工程情報 5 1 A に含まれる作業条件の情報に基づき、並行不可作業工程における並行不可作業の情報が増加された作業工程情報 5 1 B を示す模式図である。例えば、工程番号 1 が示す作業工程は、作業条件として X o r Y を記憶されているに関連付けられている。そのため、作業条件として X および Y のいずれかにも関連付けられていない作

50

業工程（例えば作業条件Zでのみ作業可能である作業工程、つまり、作業対象製品が角度Zに置かれたときにのみ作業可能である作業工程）である工程番号7、8、9が示す作業工程が、工程番号1が示す作業工程の並行不可作業として記憶されている。

【0026】

次に、作業計画作成システム1において、作業計画作成装置13が以下に示す作業計画作成処理を実行することによって、作業計画を作成する。以下、図6に示すフローチャートを参照し、作業計画作成装置13による作業計画作成処理の流れについて説明する。

【0027】

図6は、本発明の一実施形態である作業計画作成処理の流れを示すフローチャートである。管理者や作業者などが操作者として、入力装置11を操作し、作業計画作成処理の実行を指示する。作業計画作成装置13は、入力装置11から作業計画作成処理を実行する指示の入力を受け付けると、作業計画作成処理を開始する（ステップS1）。

【0028】

作業計画作成装置13が作業計画作成処理を開始すると、情報生成部47は、工程情報蓄積部42から作業工程情報51Aを読み出す。情報生成部47は、読み出した作業工程情報51Aに含まれる作業条件に基づき、並行して作業することができない他の作業工程（並行不可作業）を示す情報を、各作業工程について生成する（ステップS2）。例えば、図4で示した作業工程情報を例に説明すると、情報生成部47は、工程番号1が示す作業工程について、工程番号1についての角度XまたはYと異なる角度Zで作業を実施する作業工程、すなわち、工程番号7、8、9が示す作業工程を並行して作業することができないことを示す並行不可作業情報を生成する。

情報生成部47は、生成した並行不可作業情報と各作業工程とを対応付けた対応関係を、作業工程情報51Bとして、工程情報蓄積部42に更新させる。

【0029】

作成部45は、工程情報蓄積部42から作業工程情報51Bを取得する（ステップS3）。ここでは、作業工程情報51Bが図5に示す工程番号1～9を有するものとして、以下の処理を説明する。

【0030】

作成部45は、シミュレーションにおける時刻の初期値を示すシミュレーション開始時刻を設定する（ステップS4）。シミュレーション開始時刻は、管理者や作業者によって入力装置11を介して入力されることで設定されても良いし、作業者のシフトを示すカレンダーを予め保持し、作業開始日のシフトの開始時刻をシミュレーション開始時刻として設定してもよい。ここでは、例えば、2016年10月1日8時00分をシミュレーション開始時刻として設定する。

【0031】

作成部45は、工程情報蓄積部42から作業工程情報51Bを取得する。作成部45は、取得した作業工程情報51Bに基づいて、イベントリスト52を作成する（ステップS5）。イベントリスト52は、各作業工程の開始を示す開始イベントの発生時刻と各作業工程の完了を示す完了イベントの発生時刻とにより製品についての作業計画を示すものである。作成部45は、まず、各作業工程の開始イベントを生成し、イベントリスト52を作成する。具体的には、作成部45は、シミュレーション開始時刻である8時00分に作業開始可能な作業工程の開始イベントについて、発生時刻を8時00分と設定する。ここでは、一の作業工程の開始前に完了していなければならない他の作業工程がない作業工程、つまり、前工程がない工程番号1、2、4、7の開始イベントの発生時刻を8時00分と設定し、イベントリスト52を作成する。

図7は、イベントリスト52の一例を示す図である。イベントリスト52Aには、各工程番号が示す作業工程について、図5で示した作業工程情報51Bに含まれる情報の外、各作業工程の開始時刻を設定するイベント種別（開始）およびイベントの発生時刻が記憶されている。なお、後述するようにイベントリスト52Aは、各作業工程の開始時刻を設定する開始イベント以外に、各作業工程の完了時刻を設定する完了イベントをイベント種

10

20

30

40

50

別（完了）およびイベントの発生時刻を用いて設定してもよい。

作成部 4 5 は、作成したイベントリスト 5 2 A を工程情報蓄積部 4 2 に出力する。工程情報蓄積部 4 2 は、イベントリスト 5 2 A を記憶する。

【 0 0 3 2 】

作成部 4 5 は、シミュレーション開始時刻からシミュレーションを実行させる。シミュレーションが実行され、作成部 4 5 は、シミュレーションにおける時刻を示すシミュレーション時刻が所定の時間進んだ現在のシミュレーション時刻において、工程番号 1 ～ 9 についてのイベントがイベントリスト 5 2 A に存在するか否かに基づいて、全てのイベントが完了したかを判定する（ステップ S 6）。作成部 4 5 は、現在のシミュレーション時刻において、工程番号 1 ～ 9 のいずれかについてのイベントが存在する、すなわち、完了していないイベントがあると判定した場合（ステップ S 6 において NO）、現在のシミュレーション時刻と、イベントリスト 5 2 A に含まれる各イベントの発生時刻とを比較する。作成部 4 5 は、比較結果に基づいて、現在のシミュレーション時刻に最も近い将来のイベントの発生時刻を特定する。作成部 4 5 は、現在のシミュレーション時刻を最も近い将来のイベントの発生時刻まで進める（ステップ S 7）。ここでは、8 時 0 0 分が発生時刻となっている工程番号 1、2、4、7 の開始イベントがあるため、現在のシミュレーション時刻は 8 時 0 0 分に設定される。

10

【 0 0 3 3 】

作成部 4 5 は、現在のシミュレーション時刻において完了イベントがあるか否かを判定する（ステップ S 8）。作成部 4 5 は、8 時 0 0 分が発生時刻となっている完了イベントは存在しないと判定した場合（ステップ S 8 において NO）、現在のシミュレーション時刻が発生時刻となっている開始イベントを処理する（ステップ S 10）。例えば、作成部 4 5 はまず、8 時 0 0 分に発生する開始イベントの内、最も工程番号が若い工程番号 1 について、開始イベントの処理を開始する。

20

【 0 0 3 4 】

また、作成部 4 5 は、現在のシミュレーション時刻が発生時刻となっている完了イベントがあると判定した場合（ステップ S 8 において YES）、完了イベントを処理する（ステップ S 9）。完了イベントの処理の詳細については後述する。

【 0 0 3 5 】

作成部 4 5 は、全ての作業工程について開始イベントおよび完了イベントの処理が完了し、作業計画の作成が完了したと判定した場合（ステップ S 6 において YES）、作成した作業計画を新たな作業計画解として、例えば記憶部 4 1 に登録する（ステップ S 11）。作成部 4 5 は、後述するステップ S 301 の処理へ進める。

30

【 0 0 3 6 】

図 8 は、開始イベントの処理を示すフローチャートである。判定部 4 4 は、作業工程情報 5 1 B において、一の作業工程に関連付けられた並行不可作業情報を抽出する（ステップ S 101）。ここでは、図 7 で示したイベントリスト 5 2 A が設定されているものとし、工程番号 1 について、工程番号 7、8、9 を並行不可作業として抽出する。

【 0 0 3 7 】

判定部 4 4 は、現在のシミュレーション時刻に作業することが計画されている作業工程に、並行不可作業に含まれる作業工程が含まれているか否かを判定する（ステップ S 102）。例えば、処理対象の開始イベントが工程番号 1 に係る開始イベントである場合、判定部 4 4 は、工程番号 7、8、9 が示す作業工程が、現在のシミュレーション時刻である 8 時 0 0 分に現在のシミュレーション時刻以前に開始イベントが発生し、かつ現在のシミュレーション時刻までに完了イベントが発生していない状態を示す作業中であるか否かを判定する。具体的には、判定部 4 4 は、まず、工程番号 7 が示す作業工程についての開始イベントが 8 時 0 0 分に計画されているか否かを判定する。ここで、既に処理されている開始イベントは、工程番号 1 のみである。そのため、判定部 4 4 は、8 時 0 0 分に作業が計画されている作業工程はなく、工程番号 7 が「作業中でない」と判定する。同様に、工程番号 8、9 についても、現在のシミュレーション時刻に計画されている作業工程には含

40

50



まれていないため、判定部 4 4 は、工程番号 8、9 が「作業中でない」と判定する。そして、判定部 4 4 は、作業中の並行不可作業工程があるか否かを示す判定結果を作成部 4 5 に出力する。

#### 【 0 0 3 8 】

作成部 4 5 は、処理対象の工程番号が示す作業工程について「作業中である」と判定された並行作業不可工程があるか確認し（ステップ S 1 0 3 ）、並行不可作業工程に含まれる全ての工程番号の作業工程が作業中でない場合（ステップ S 1 0 3 において N O ）、処理対象の工程番号が計画可能と判断し（ステップ S 1 0 4 ）、その工程番号の開始イベントの発生時刻とする作業計画を作成する（ステップ S 1 0 5 ）。例えば、処理対象の工程番号が工程番号 1 である場合、作成部 4 5 は、処理対象の工程番号 1 が計画可能と判断し、その工程番号の開始イベントの発生時刻を 8 時 0 0 分として作業計画を作成する（ステップ S 1 0 5 ）。

10

#### 【 0 0 3 9 】

次に、作成部 4 5 は、処理対象の工程番号の完了イベントを生成する（ステップ S 1 0 6 ）。そして、作成部 4 5 は、完了イベントの発生時刻をイベントリスト 5 2 A に追加した工程番号の開始イベントは削除する。具体的には、処理対象の工程番号が工程番号 1 である場合、作成部 4 5 は、工程番号 1 の作業時間「 6 0 分」を作業工程情報 5 1 B から読み取り、現在のシミュレーション時刻 8 時 0 0 分に「 6 0 分」を加えた「 9 時 0 0 分」を、工程番号 1 の完了イベントの発生時刻とし、イベントリスト 5 2 A に追加する。そして、作成部 4 5 は、完了イベントの発生時刻をイベントリスト 5 2 A に追加した工程番号 1 の開始イベントは削除する。この時点でのイベントリストは図 9 のようになる（イベントリスト 5 2 B ）。そして、作成部 4 5 は、処理対象の工程番号についての完了イベントの生成を完了する。

20

作成部 4 5 は、生成した処理対象の工程番号についての完了イベントをイベントリスト 5 2 B に追加する。

#### 【 0 0 4 0 】

計画処理部 4 3 は、次の処理対象の作業工程についても同様の処理を行う。計画処理部 4 3 は、工程番号 2 についても上述した処理を同様に実行することで、8 時 0 0 分が発生時刻となっている工程番号 2 の作業工程の開始イベントを処理する。具体的には、判定部 4 4 は、工程番号 2 の並行不可作業を抽出する（ステップ S 1 0 1 ）。作成部 4 5 は、作業工程情報 5 1 B（図 5）を参照し、工程番号 4、5、6、7、8、9 を並行不可作業として抽出する。

30

#### 【 0 0 4 1 】

判定部 4 4 は、現在のシミュレーション時刻に実行することが計画されている作業工程に工程番号 4、5、6、7、8、9 の作業工程が含まれているかを判定する（ステップ S 1 0 2 ）。ここで、作業計画の作成が行われているのは工程番号 1 と 2 のみである。そのため、判定部 4 4 は、現在のシミュレーション時刻である 8 時 0 0 分に行うことが計画されている作業は工程番号 1 のみと判定し、工程 4、5、6、7、8、9 全てについて「作業中でない」と判定する。この場合、判定部 4 4 は、作業中でないことを示す判定結果を作成部 4 5 に出力する。

40

#### 【 0 0 4 2 】

作成部 4 5 は、判定部 4 4 の出力を受け、並行不可作業が全て作業中でないと判定された場合（ステップ S 1 0 3 において N O ）、工程番号 2 を計画可能と判断し（ステップ S 1 0 4 ）、工程番号 2 を 8 時 0 0 分に開始するよう作業計画を作成する（ステップ S 1 0 5 ）。つまりここでは、工程番号 1 と工程番号 2 を並行して作業するような作業計画が作成される。また、作成部 4 5 は、工程番号 2 の作業時間「 3 0 分」を作業工程情報 5 1 B から読み取り、現在のシミュレーション時刻 8 時 0 0 分に「 3 0 分」を加え、8 時 3 0 分を発生時刻とする工程番号 2 の完了イベントを生成する（ステップ S 1 0 6 ）。

作成部 4 5 は、生成した工程番号 2 の完了イベントをイベントリスト 5 2 B に追加する。

50

## 【 0 0 4 3 】

次に、計画処理部 4 3 は、工程番号 4 の開始イベントを処理する。判定部 4 4 は、工程番号 4 の並行不可作業として、工程番号 2、3 を抽出する（ステップ S 1 0 1）。そして、判定部 4 4 は、現在のシミュレーション時刻において、工程番号 2、3 が作業中であるか確認する（ステップ S 1 0 2）。ここで、現在のシミュレーション時刻 8 時 0 0 分に実行が計画されている作業工程は、工程番号 1、2 である。そのため、判定部 4 4 は、工程番号 2 が作業中であることを示す確認結果を作成部 4 5 に出力する。

## 【 0 0 4 4 】

作成部 4 5 は、判定部 4 4 から確認結果を受け、一の作業工程に対応付けて設定された並行不可作業工程に含まれる作業工程が 1 つでも作業中である場合（ステップ S 1 0 3 において Y E S）、一の作業工程の作業開始時刻の作業計画を作成せず、一の作業工程の開始イベントを再生成し、イベントリスト 5 2 B に追加する（ステップ S 1 0 7）。再生成とは、処理対象の開始イベントの発生時刻を書き替えた新たな開始イベントを生成し、処理対象の開始イベントを削除することである。再生成した開始イベントの発生時刻は、作業中の並行不可作業に含まれる作業工程の完了イベントの発生時刻とする。ここでは、作成部 4 5 は、工程番号 2 の完了イベントの発生時刻である 8 時 3 0 分を工程番号 4 の開始イベントの発生時刻として設定し、工程番号 4 の開始イベントを再生成する。そして、作成部 4 5 は、再生成した工程番号 4 の開始イベントをイベントリスト 5 2 B に加える。ここで、作業中の並行不可作業が複数ある場合は、作成部 4 5 は、各並行不可作業の完了イベントの発生時刻の内、最も遅い時刻を開始イベントの発生時刻として再生成する。図 1 0 は、工程番号 4 の作業工程の開始イベントを再生成した状態のイベントリスト 5 2 C を示している。

## 【 0 0 4 5 】

作成部 4 5 は、同様に工程番号 7 の開始イベントを処理する。作成部 4 5 は、現在のシミュレーション時刻 8 時 0 0 分に処理できるイベントがなくなると、現在のシミュレーション時刻を、イベントリスト 5 2 C に含まれる最も近い将来のイベントの発生時刻に進める（ステップ S 7）。ここでは、工程番号 2 の完了イベントの発生時刻が 8 時 3 0 分であるため、現在のシミュレーション時刻を、8 時 0 0 分から 8 時 3 0 分に進める。

## 【 0 0 4 6 】

作成部 4 5 は、8 時 3 0 分が発生時刻となっている完了イベントがイベントリスト 5 2 C に含まれているか否かを確認する（ステップ S 8）。ここでは、作成部 4 5 は、図 1 0 に示すように、発生時刻が 8 時 3 0 分である工程番号 2 の完了イベントがイベントリスト 5 2 C に含まれていることを確認する。そして、作成部 4 5 は、工程番号 2 の完了イベントを処理する（ステップ S 9）。

## 【 0 0 4 7 】

図 1 1 は、完了イベントの処理を示すフローチャートである。作成部 4 5 は、工程番号 2 の作業工程が、完了イベントの発生時刻 8 時 3 0 分に完了する作業計画を作成する（ステップ S 2 0 1）。次に、作成部 4 5 は、工程番号 2 の作業工程に後工程があるか否かを作業工程情報 5 1 B を参照して確認する（ステップ S 2 0 2）。作成部 4 5 は、工程番号 2 の作業工程には後工程がないと判定した場合（ステップ S 2 0 2 において N O）、完了イベントの処理を完了する。作成部 4 5 は、対象とする工程番号の作業工程に後工程があると判定した場合（ステップ S 2 0 2 において Y E S）、後工程の開始イベントを生成する。そして、作成部 4 5 は、生成した後工程の開始イベントの発生時刻をイベントリスト 5 2 C に追加する（ステップ S 2 0 3）。

## 【 0 0 4 8 】

現在のシミュレーション時刻 8 時 3 0 分に処理できるイベントがなくなると、作成部 4 5 は、現在のシミュレーション時刻を、最も近い将来のイベントの発生時刻に進める（ステップ S 7）。ここでは、作成部 4 5 は、図 1 0 に示すイベントリスト 5 2 C において、最も近い将来のイベントの発生時刻が工程番号 1 の完了イベントの発生時刻であり、工程番号 4 の開始イベントの発生時刻である 9 時 0 0 分であることを確認する。そして、作成

10

20

30

40

50

部 4 5 は、現在のシミュレーション時刻を 9 時 0 0 分に進める。

【 0 0 4 9 】

作成部 4 5 は、工程番号の完了イベントを処理する（ステップ S 9）。作成部 4 5 は、工程番号が、完了イベントの発生時刻に完了する作業計画を作成する（ステップ S 2 0 1）。次に、作成部 4 5 は、工程番号に後工程があるか否かを作業工程情報 5 1 B を参照して判定する（ステップ S 2 0 2）。作成部 4 5 は、工程番号の作業工程には後工程がないと判定した場合（ステップ S 2 0 2 において N O）、完了イベントの処理を完了する。ここでは、作成部 4 5 は、処理対象の工程番号の後工程として工程番号 3 が作業工程情報 5 1 B に記憶されていると判定した場合（ステップ S 2 0 2 において Y E S）、処理対象の工程番号が示す作業工程の完了時刻を後工程の開始イベントを生成する。具体的には、処理対象の工程番号が工程番号 1 である場合、作成部 4 5 は、工程番号 1 の完了時刻である 9 時 0 0 分を発生時刻とする工程番号 3 の開始イベントを生成する。そして、作成部 4 5 は、生成した工程番号の開始イベントをイベントリスト 5 2 C に追加する（ステップ S 2 0 3）。そして、作成部 4 5 は、処理対象の工程番号の完了イベントの処理を完了する。

10

【 0 0 5 0 】

同様にして、作成部 4 5 は、全ての作業工程について開始イベントと完了イベントの処理を行う。全ての作業工程について計画を完了した場合（ステップ S 6 において Y E S）、作業計画の作成を終了し、作成部 4 5 は、作成した作業計画を作業計画解として例えば記憶部 4 1 に登録する（ステップ S 1 1）。

【 0 0 5 1 】

20

図 1 2 は、作業計画の作成を終了する処理を示すフローチャートである。作成部 4 5 は、新たな作業計画解を例えば記憶部 4 1 に登録すると、作業工程の処理する順番を変更し、ステップ S 1 から S 2 0 3 の処理を繰り返す。例えば、作成部 4 5 は、処理可能な作業工程の内、最も番号が若い工程番号 1 から作業計画の作成を開始していた作業工程を、工程番号 2、4、7 の作業工程のいずれかから作業計画の作成を開始するように作業工程の順番を変更し、新たに作業計画解を作成する。また、開始イベントの処理（ステップ S 1 0）および完了イベントの処理（ステップ S 9）においても、作業工程の処理する順番を変更し、作業計画を作成する（ステップ S 3 0 1）。

【 0 0 5 2 】

作成部 4 5 は、記憶部 4 1 に直近に登録した作業計画解と、新たに作成した作業計画解とを比較する（ステップ S 3 0 2）。そして、新たに作成した作業計画解が改善解である場合（ステップ S 3 0 2 において Y E S）、つまり、新たに作成した作業計画解が記憶部 4 1 に直近に登録した作業計画解と比べて良い作業計画解である場合、新たに生成した作業計画解を改善解として例えば記憶部 4 1 に登録する（ステップ S 3 0 3）。ここで、良い作業計画とは、登録された作業計画解よりも短時間で作業が完了する作業計画や、低いコストで作業が完了する作業計画などを指す。

30

【 0 0 5 3 】

作成部 4 5 は、ステップ S 1 から S 2 0 3 の処理を繰り返し、改善解が見つからなくなった場合（ステップ S 3 0 2 において N O）、作業計画作成処理を終了する。作成部 4 5 は、最後に作業計画解として登録した作業計画を、最適な作業計画として、出力装置 1 2 に出力する。

40

なお、作成部 4 5 は、予め設定された終了条件を満たした場合に改善解が見つからなくなったと判断して作業計画作成処理を終了してもよい。例えば、終了条件は、新たな作業計画の作成反復回数や、反復計算時間などに基づいて設定される。また、例えば、処理可能な作業工程が無くなったことを終了条件として設定されてもよい。終了条件を満たさない場合、作成部 4 5 は、作業工程の処理する順番を変更し、ステップ S 1 から S 2 0 3 の処理を繰り返す。

【 0 0 5 4 】

以上の処理によれば、作業計画作成装置 1 3 は、各作業工程について並行して作業することができない工程を考慮しながら、各作業工程の処理する順番を調整して最適な作業計

50

画を作成することができる。そのため、同時に作業することはできないが、処理する順番を任意に決められる複数の作業工程の組合せを含む作業であっても、好適な作業計画を作成することができる。これにより、作業計画作成システム 1 は、並行して実行することが不可能な作業を同時に作業するような作業計画の作成を回避することができる。その結果、作業計画作成システム 1 は、作業計画通りに実際の作業を行うことができる。

#### 【 0 0 5 5 】

ここで、並行して作業できない作業工程の組合せについて、作業工程に前後関係を付与することで、並行して作業するような作業計画の作成を防ぐことができる。具体的には、工程番号 1 と工程番号 7 は並行して作業することができないが、どちらを先に作業しても良い場合に、さらに上述の実施形態に示した処理を行うことで工程番号 1 を先に処理する方が良いか、工程番号 7 を先に処理する方が良いかを判断することができ、並行して作業することができない条件を示す並行作業不可条件を考慮した作業計画が可能となる。

10

#### 【 0 0 5 6 】

また、工程番号 1 の後工程として工程番号 7 を記憶した作業工程情報 5 1 と、工程番号 7 の後工程が工程番号 1 を記憶した作業工程情報 5 1 とを用意し、それぞれについて作業計画を作成する処理を行い、より好適な作業計画を採用する方法も考えられる。しかし、最初に入力する作業工程情報 5 1 が複数になることで、作業計画を作成する全体の処理が増え、作業計画の作成に時間がかかってしまう。特に、膨大な数の作業工程を有する作業では、並行してできない作業工程の組合せが多く存在するため、最初に入力する作業工程情報 5 1 の数が膨大になり、作業計画を作成する処理時間が作業工程情報 5 1 の数が増加するにつれさらに長くなってしまふ。本実施形態の作業計画作成システム 1 によれば、情報生成部 4 7 が、一の製品に対する作業工程を作業することが可能な姿勢（例えば、作業対象の製品や部品の上下方向の位置や角度など）により表された作業条件に基づいて、各作業工程について並行して作業することができない作業工程の情報を生成する。これにより、入力する作業工程情報 5 1 の数を増やすことなく、1 つの作業工程情報 5 1 に基づく処理で、並行作業不可条件を考慮した作業計画を作成できるため、比較的短時間で作業計画の作成を完了することができる。

20

#### 【 0 0 5 7 】

なお、作成部 4 5 は、開始イベントの処理（ステップ S 1 0）において、並行不可作業情報に加え、他の制約条件を考慮して作業計画を作成することが好ましい。例えば、計画しようとする作業工程に必要なリソースは空いているか、作業者に作業工程を行う力量があるか、クレーンを使用する作業工程の場合に干渉が発生しないか、作業工程に必要な部品が揃っているか、前工程の開始や完了からの一定時間の経過などが作業時間についての制約条件を満たしているか、などである。考慮すべき制約条件に応じ、作業工程情報 5 1 に制約条件に関する情報を付加する。制約条件を 1 つでも満たさない場合、作成部 4 5 は、当該一の作業工程の作業開始時刻の作業計画を作成せず、開始イベントを再生成し、イベントリスト 5 2 に追加する。再生成した開始イベントの発生時刻は、満たしていなかった制約条件を満たすことができる時刻とする。例えば、作業者に作業工程を行う力量があるか、という制約条件を満たさなかった場合、当該作業工程を行う力量のある作業者が作業可能となる時刻、つまり、当該作業者が現在のシミュレーション時刻において割り当てられている他の作業工程の完了イベントの発生時刻を、当該作業工程の開始イベントの発生時刻として再生成し、イベントリスト 5 2 に加える。

30

40

#### 【 0 0 5 8 】

なお、本実施形態では、角度によって作業に制限が生じる例について説明したが、並行作業不可な作業工程の組合せを含む作業計画の作成に広く適用可能である。

#### 【 0 0 5 9 】

例えば、足場を組んで組立を行うような大型製品においては、製品上部で作業している際には、製品下部での作業を行うことは、安全面から禁止される。この場合、作業工程情報 5 1 に含まれる作業条件の情報として、「作業対象製品の置かれた姿勢」を示す情報を作業工程毎に記憶する。作業位置の情報としては、例えば、「上部」または「下部」とい

50

った情報が記憶される。このような作業工程情報 5 1 に基づき、上記の作業計画作成処理が行われることにより、並行作業不可条件を考慮した作業計画作成を行うことができる。

【 0 0 6 0 】

また、溶接作業工程と可燃物取扱い作業工程が含まれる作業について作業計画を作成する場合、作業工程情報 5 1 に含まれる作業条件の情報として、「溶接」「可燃物取扱い」の情報が作業工程毎に記憶される。そして、「溶接」の情報をもつ作業工程と、「可燃物取扱い」の情報をもつ作業工程が並行して作業するような作業計画が作成されないよう、上記の作業計画作成処理が行われる。これにより、安全上の要請から、並行して作業することができない工程を考慮した作業計画を作成することができる。

【 0 0 6 1 】

10

なお、本発明の一実施形態である作業計画作成システム 1 は、製品の生産についての作業計画の作成だけでなく、定期点検や補修についての作業計画の作成に適用することもできる。

【符号の説明】

【 0 0 6 2 】

1・・・作業計画作成システム

1 1・・・入力装置

1 2・・・出力装置

1 3・・・作業計画作成装置

3 0・・・コンピュータ

20

3 1・・・CPU ( C e n t r a l   P r o c e s s i n g   U n i t )

3 2・・・RAM ( R a n d o m   A c c e s s   M e m o r y )

3 3・・・ROM ( R e a d   O n l y   M e m o r y )

3 4・・・ストレージ装置

3 5・・・外部 I / F ( I n t e r f a c e )

3 6・・・通信 I / F

3 7・・・記録媒体

4 1・・・記憶部

4 2・・・工程情報蓄積部

4 3・・・計画処理部

30

4 4・・・判定部

4 5・・・作成部

4 6・・・作業計画作成プログラム

4 7・・・情報生成部

5 1・・・作業工程情報

5 2・・・イベントリスト

【図 1】

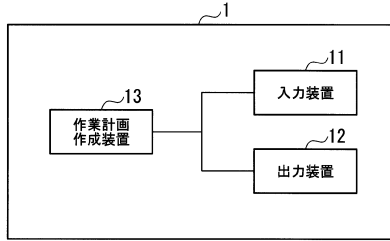


図 1

【図 2】

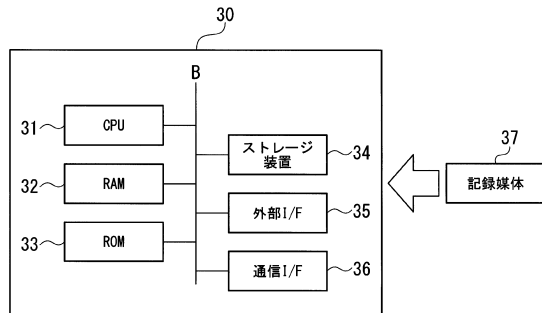


図 2

【図 3】

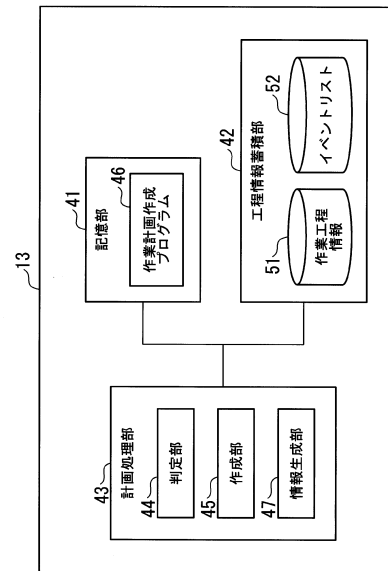


図 3

【図 4】

51A

工程番号	作業時間 (分)	後工程	作業条件 (角度)
1	60	3	XorY
2	30		X
3	60		X
4	30	5、6	YorZ
5	40		Y
6	60		Y
7	30	8	Z
8	40	9	Z
9	60		Z

図 4

【図 5】

51B

工程番号	作業時間 (分)	後工程	作業条件 (角度)	並行不可 作業
1	60	3	XorY	7, 8, 9
2	30		X	4, 5, 6, 7, 8, 9
3	60		X	4, 5, 6, 7, 8, 9
4	30	5、6	YorZ	2, 3
5	40		Y	2, 3, 7, 8, 9
6	60		Y	2, 3, 7, 8, 9
7	30	8	Z	1, 2, 3, 5, 6
8	40	9	Z	1, 2, 3, 5, 6
9	60		Z	1, 2, 3, 5, 6

図 5

【図 6】

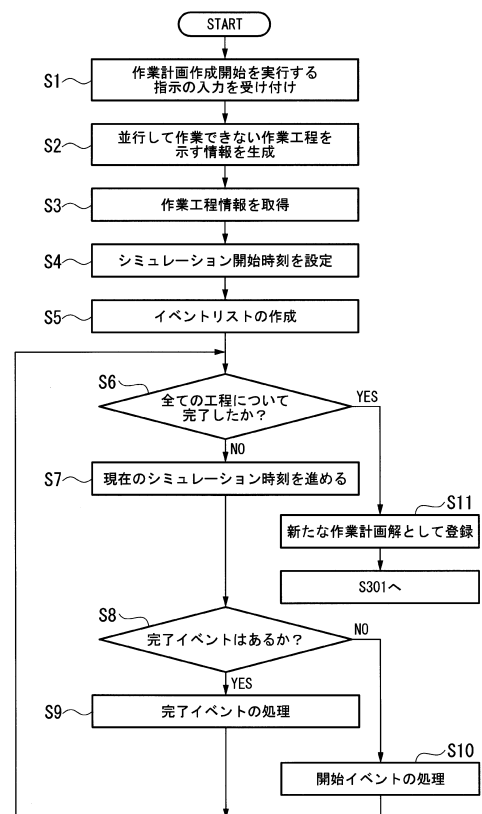


図 6

【図 7】

52A

工程番号	作業時間 (分)	後工程	角度	イベント 種別	発生時刻
1	60	3	XorY	開始	8:00
2	30		X	開始	8:00
3	60		X	開始	
4	30	5、6	YorZ	開始	8:00
5	40		Y	開始	
6	60		Y	開始	
7	30	8	Z	開始	8:00
8	40	9	Z	開始	
9	60		Z	開始	

図 7

【図 8】

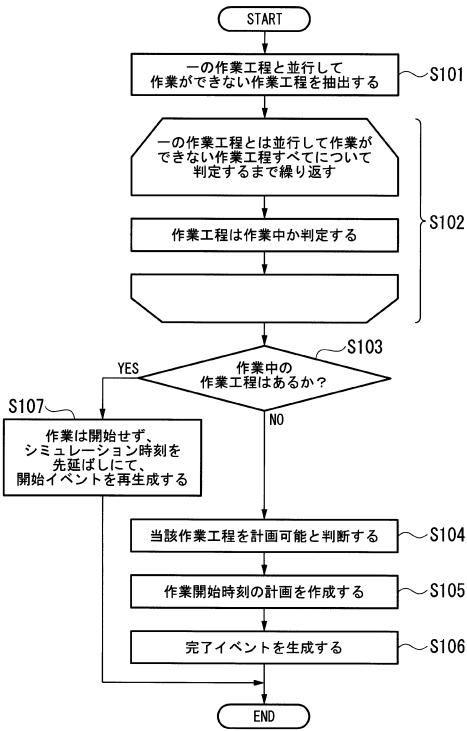


図 8

【図 9】

52B

工程番号	作業時間	後工程	角度	イベント 種別	発生時刻
2	30		X	開始	8:00
3	60		X	開始	
4	30	5、6	YorZ	開始	8:00
5	40		Y	開始	
6	60		Y	開始	
7	30	8	Z	開始	8:00
8	40	9	Z	開始	
9	60		Z	開始	
1	60	3	XorY	完了	9:00

図 9

【図 10】

52C

工程番号	作業時間	後工程	角度	イベント 種別	発生時刻
3	60		X	開始	
5	40		Y	開始	
6	60		Y	開始	
7	30	8	Z	開始	8:00
8	40	9	Z	開始	
9	60		Z	開始	
1	60	3	X	完了	9:00
2	30		X	完了	8:30
4	30	5、6	YorZ	開始	8:30

図 10

【図 1 1】

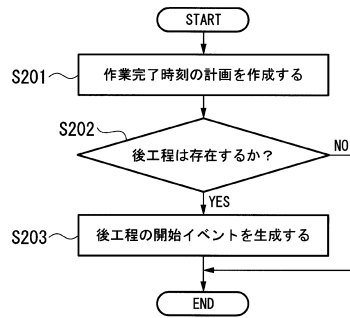


図 1 1

【図 1 2】

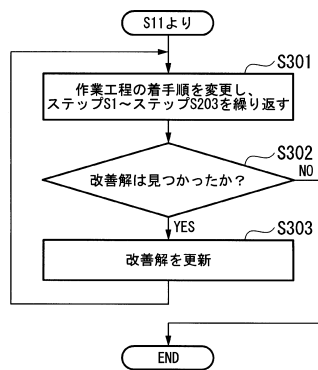


図 1 2



---

フロントページの続き

- (74)代理人 100134544  
弁理士 森 隆一郎
- (74)代理人 100064908  
弁理士 志賀 正武
- (74)代理人 100108578  
弁理士 高橋 詔男
- (74)代理人 100126893  
弁理士 山崎 哲男
- (72)発明者 古賀 祐一  
東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 河村 直哉  
東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 北川 朋亮  
東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 藤原 直之  
東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内

審査官 関 博文

- (56)参考文献 特開２０１４－０８１７７８（ＪＰ，Ａ）  
特開平１０－１１８８９６（ＪＰ，Ａ）  
特開２００７－０８７２５５（ＪＰ，Ａ）

- (58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)  
G 0 6 Q 1 0 / 0 0 - 9 9 / 0 0  
G 0 5 B 1 9 / 4 1 8