

(19)日本国特許庁(JP)

**(12)特許公報(B2)**

(11)特許番号  
**特許第7328126号**  
**(P7328126)**

(45)発行日 令和5年8月16日(2023.8.16)

(24)登録日 令和5年8月7日(2023.8.7)

(51)国際特許分類

**G 0 5 B 19/418 (2006.01)**

F I

G 0 5 B

19/418

Z

請求項の数 7 (全17頁)

(21)出願番号 特願2019-209009(P2019-209009)  
 (22)出願日 令和1年11月19日(2019.11.19)  
 (65)公開番号 特開2021-82006(P2021-82006A)  
 (43)公開日 令和3年5月27日(2021.5.27)  
 審査請求日 令和4年4月14日(2022.4.14)

(73)特許権者 000005108  
 株式会社日立製作所  
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号  
 (74)代理人 110001678  
 藤央弁理士法人  
 永原 聰士  
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号  
 (72)発明者 株式会社日立製作所内  
 審査官 影山 直洋

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 生産シミュレーション装置及び生産シミュレーション方法

**(57)【特許請求の範囲】****【請求項1】**

生産ラインにおける工程の進捗を推定する生産シミュレーション装置であって、  
 1以上のプロセッサと、  
 1以上の記憶装置と、を含み、  
 前記1以上の記憶装置は、  
 生産ジョブの工程それぞれの実績開始時刻および実績完了時刻の情報を含む生産実績情報と、

工程それぞれの工程時間、前記工程それぞれへの割付可能な生産リソース群、前記生産リソース群それぞれの各生産リソースの稼働時間、前記生産ラインの生産制御ルール、の情報を含む、シミュレーションモデルと、を格納し、

前記1以上のプロセッサは、  
前記シミュレーションモデルを互いに独立に実行可能な複数のサブモデルに分割し、  
前記生産実績情報及び前記複数のサブモデルそれぞれを用いてシミュレーションを実行し、  
前記生産実績情報と前記複数のサブモデルそれぞれによるシミュレーションの結果を比較することでシミュレーション誤差を算出し、  
前記生産ジョブの工程は、タスクを構成し、  
前記複数のサブモデルは、複数のサブタスク群それぞれを対象とし、  
前記複数のサブタスク群における任意のタスクの前記生産実績情報における生産リソース

スは、前記任意のタスクと異なるサブタスク群の任意のタスクの前記生産実績情報における生産リソースと異なる、生産シミュレーション装置。

**【請求項 2】**

生産ラインにおける工程の進捗を推定する生産シミュレーション装置であって、

1以上のプロセッサと、

1以上の記憶装置と、を含み、

前記1以上の記憶装置は、

生産ジョブの工程それぞれの実績開始時刻および実績完了時刻の情報を含む生産実績情報と、

工程それぞれの工程時間、前記工程それぞれへの割付可能な生産リソース群、前記生産リソース群それぞれの各生産リソースの稼働時間、前記生産ラインの生産制御ルール、の情報を含む、シミュレーションモデルと、を格納し、

前記1以上のプロセッサは、

前記シミュレーションモデルを互いに独立に実行可能な複数のサブモデルに分割し、

前記生産実績情報及び前記複数のサブモデルそれぞれを用いてシミュレーションを実行し、

前記生産実績情報と前記複数のサブモデルそれぞれによるシミュレーションの結果を比較することでシミュレーション誤差を算出し、

前記複数のサブモデルは、複数のサブ工程群それぞれを対象とし、

前記複数のサブ工程群における任意の工程の前記シミュレーションモデルによる割付可能な生産リソースは、前記任意の工程と異なるサブ工程群の任意の工程の前記シミュレーションモデルにおける割付可能な生産リソースと異なる、生産シミュレーション装置。

**【請求項 3】**

請求項1又は2に記載の生産シミュレーション装置であって、

前記1以上のプロセッサは、前記シミュレーションにおいて、推定可能な情報の一部に代えて、前記生産実績情報から抽出した情報を使用する、生産シミュレーション装置。

**【請求項 4】**

請求項1又は2に記載の生産シミュレーション装置であって、

前記1以上のプロセッサは、

前記複数のサブモデルにおける工程時間、割付可能な生産リソース群、前記割付可能な生産リソースの稼働時間、生産制御ルールの少なくとも一部に対して、前記生産実績情報から抽出した情報を反映することで新たな複数のサブモデルを生成し、

前記生産実績情報と前記新たな複数のサブモデルそれぞれのシミュレーション結果とを比較することでシミュレーション誤差を算出する、生産シミュレーション装置。

**【請求項 5】**

請求項1又は2に記載の生産シミュレーション装置であって、

前記1以上のプロセッサは、前記シミュレーション誤差を表示する、生産シミュレーション装置。

**【請求項 6】**

生産ラインにおける工程の進捗を推定する装置による生産シミュレーション方法であつて、

前記装置は、

生産ジョブの工程それぞれの実績開始時刻および実績完了時刻の情報を含む生産実績情報と、

工程それぞれの工程時間、前記工程それぞれへの割付可能な生産リソース群、前記生産リソース群それぞれの各生産リソースの稼働時間、前記生産ラインの生産制御ルール、の情報を含む、シミュレーションモデルと、を格納し、

前記生産シミュレーション方法は、

前記装置が、前記シミュレーションモデルを互いに独立に実行可能な複数のサブモデルに分割し、

10

20

30

40

50

前記装置が、前記生産実績情報及び前記複数のサブモデルそれぞれを用いてシミュレーションを実行し、

前記装置が、前記生産実績情報と前記複数のサブモデルそれぞれによるシミュレーションの結果を比較することでシミュレーション誤差を算出し、

前記生産ジョブの工程は、タスクを構成し、

前記複数のサブモデルは、複数のサブタスク群それぞれを対象とし、

前記複数のサブタスク群における任意のタスクの前記生産実績情報における生産リソースは、前記任意のタスクと異なるサブタスク群の任意のタスクの前記生産実績情報における生産リソースと異なる、生産シミュレーション方法。

**【請求項 7】**

生産ラインにおける工程の進捗を推定する装置による生産シミュレーション方法であつて、

前記装置は、

生産ジョブの工程それぞれの実績開始時刻および実績完了時刻の情報を含む生産実績情報と、

工程それぞれの工程時間、前記工程それぞれへの割付可能な生産リソース群、前記生産リソース群それぞれの各生産リソースの稼働時間、前記生産ラインの生産制御ルール、の情報を含む、シミュレーションモデルと、を格納し、

前記生産シミュレーション方法は、

前記装置が、前記シミュレーションモデルを互いに独立に実行可能な複数のサブモデルに分割し、

前記装置が、前記生産実績情報及び前記複数のサブモデルそれぞれを用いてシミュレーションを実行し、

前記装置が、前記生産実績情報と前記複数のサブモデルそれぞれによるシミュレーションの結果を比較することでシミュレーション誤差を算出し、

前記複数のサブモデルは、複数のサブ工程群それぞれを対象とし、

前記複数のサブ工程群における任意の工程の前記シミュレーションモデルにおける割付可能な生産リソースは、前記任意の工程と異なるサブ工程群の任意の工程の前記シミュレーションモデルにおける割付可能な生産リソースと異なる、生産シミュレーション方法。

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0001】**

本発明は、生産シミュレーションに関する。

**【背景技術】**

**【0002】**

生産シミュレーションは、工場などにおける将来の生産進捗を推定する方法であり、生産計画立案や生産トラブル発生時の対策立案などに有用である。生産シミュレーションは、各品目の各工程における処理時間や必要な生産リソース（設備、作業者など）を定義する工程情報、生産リソースの数や将来の稼働時間などを定義する生産リソース情報、各工程におけるモノの着工順序や利用生産リソースなどを決定する生産制御ルール情報が必要となる。

**【0003】**

ここで、生産シミュレーションを有効に活用するためには生産シミュレーションの高精度化が重要であり、生産シミュレーションの高精度化のためには、上述の各情報の高精度化が重要である。例えば、シミュレーションに用いる工程時間と実際の工程時間に乖離がある場合、生産実績に対するシミュレーションの誤差が大きくなる。

**【0004】**

しかし、特に多品種生産などにおいては、人手によって全ての情報を正確に定義することは困難である。これに対して、過去の生産実績データから各種情報を定義する方法がある。例えば、文献1のように、生産実績データから、設備台数や工程時間の基準データを

10

20

30

40

50

作成する方法がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開2008-234526号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

文献1は、生産実績データから設備台数や工程時間などの情報を作成し、それを用いて生産シミュレーションを実行する方法であるが、生産シミュレーションを生産計画立案などに利用することを想定すると、各情報を作成するだけでは不十分であり、それらの情報を用いたシミュレーション自体の誤差を評価する必要がある。そして、誤差が大きい場合には、誤差要因を特定し、その要因を解決するための対策をとる必要がある。

10

【0007】

ここで、生産シミュレーションは、上記の工程時間情報、生産リソース情報、生産制御ルール情報などが複雑に絡み合うという特徴を有する。例えば、ある工程群における工程時間が実態と乖離していると、その工程群の後工程へのモノの到着時刻が実態と乖離する。そして、仮に後工程における着工順序がモノの到着順序によって決まる場合、モノの到着時刻の乖離は着工順序の乖離に繋がる。

20

【0008】

このように、生産シミュレーションでは、ある工程における誤差が他の工程へ伝播する性質を持っており、この性質が生産シミュレーションの誤差要因特定を困難にしている。以上より、生産シミュレーションの精度向上のために、シミュレーション誤差の主要因を特定することが重要である。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決するために、本開示の一態様は、生産ラインにおける工程の進捗を推定する生産シミュレーション装置であって、1以上のプロセッサと、1以上の記憶装置と、を含み、前記1以上の記憶装置は、生産ジョブの工程それぞれの実績開始時刻および実績完了時刻の情報を含む生産実績情報と、工程それぞれの工程時間、前記工程それぞれへの割付可能な生産リソース群、前記生産リソース群それぞれの各生産リソースの稼働時間、前記生産ラインの生産制御ルール、の情報を含む、シミュレーションモデルを格納し、前記1以上のプロセッサは、前記生産実績情報及び前記シミュレーションモデルを用いてシミュレーションを実行し、前記生産実績情報と前記シミュレーションの結果を比較することでシミュレーション誤差を算出する。

30

【発明の効果】

【0010】

本開示の一態様により、精度の高い生産シミュレーションを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

40

【図1A】生産シミュレーション装置の機能ブロック図である。

【図1B】生産シミュレーション装置のハードウェアおよびソフトウェア構成図である。

【図2】生産実績データテーブルの概略図である。

【図3】生産工程データテーブルの概略図である。

【図4】設備データテーブルの概略図である。

【図5】作業者データテーブルの概略図である。

【図6】着工順序ルールデータテーブルの概略図である。

【図7】設備割付ルールデータテーブルの概略図である。

【図8】作業者割付ルールデータテーブルの概略図である。

【図9】シミュレーション結果データテーブルの概略図である。

50

【図10】生産シミュレーション装置の制御部の処理フローチャートである。

【図11A】表示画面の一例を示す概略図である。

【図11B】表示画面の一例を示す概略図である。

【図12】生産シミュレーションシステムの実施形態の一例を示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、添付図面を参照して実施形態を説明する。本実施形態は本発明を実現するための一例に過ぎず、本発明の技術的範囲を限定するものではないことに注意すべきである。

【0013】

生産シミュレーションを生産計画立案などに用いる際には、生産シミュレーションの精度向上が重要である。これに対して、各工程の処理時間などのシミュレーションに必要な情報を生産実績データから導出する方法があるが、導出した情報を用いたシミュレーションでは誤差が大きい場合、誤差要因を特定し、その要因を解決するための対策を取る必要がある。

【0014】

生産シミュレーションは、工程情報、生産リソース情報、生産制御ルール情報などが複雑に絡み合い、ある工程における誤差が他の工程へ伝播する性質を持つ。このような性質を持つ生産シミュレーションにおいて、誤差の主要因を特定することが求められる。以下に説明するシステムは生産実績とシミュレーション結果を比較することでシミュレーション誤差を算出する。これにより、誤差要因を特定し、精度の高い生産シミュレーションを実現することができる。これにより、生産シミュレーションを用いて立案して生産計画の実現可能性や最適性を向上することができる。

【0015】

図1Aは、生産シミュレーション装置100の機能ブロック図である。図示するように、生産シミュレーション装置100は、入力部110、記憶部120、制御部130、表示部140を備える。

【0016】

入力部110は、生産シミュレーション装置100外からの各種情報の入力を受け付ける。表示部140は、記憶部の情報を画面に表示する。記憶部120は、生産実績データ記憶領域121、生産工程データ記憶領域122、生産リソースデータ記憶領域123、生産制御ルールデータ記憶領域124、シミュレーション結果データ記憶領域125を備える。

【0017】

生産実績データ記憶領域121は、生産工程における過去の処理実績を特定する情報を記憶する。生産工程データ記憶領域122は、各工程の工程時間などの情報を特定する情報を記憶する。生産リソースデータ記憶領域123は、設備や作業者などの生産リソースの稼働時間を特定する情報を記憶する。生産制御ルールデータ記憶領域124は、着工順序ルールなどの生産制御ルールを特定する情報を記憶する。シミュレーション結果データ記憶領域125は、シミュレーション結果を特定する情報を記憶する。

【0018】

制御部130は、実績データ抽出部131、シミュレーションモデル分割部132、実績反映部133、シミュレーション実行部134、シミュレーション誤差算出部135を備える。

【0019】

図1Bは、生産シミュレーション装置100のハードウェアおよびソフトウェア構成例を示す。図1Bの例において、生産シミュレーション装置100は、一つの計算機で構成されている。生産シミュレーション装置100は、プロセッサ310、メモリ320、補助記憶装置330、およびネットワーク(NW)インターフェース340、I/Oインターフェース345、入力デバイス351、および出力デバイス352を含む。上記構成要素は、バスによって互いに接続されている。メモリ320、補助記憶装置330又はこれらの

10

20

30

40

50

組み合わせは非一過性の記憶媒体を含む記憶装置であり、また、記憶部 120 に対応し得る。

#### 【0020】

メモリ 320 は、例えば半導体メモリから構成され、主にプログラムやデータを保持するするために利用される。メモリ 320 が格納しているプログラムは、不図示のオペレーティングシステムに加え、実績データ抽出プログラム 321、シミュレーションモデル分割プログラム 322、実績反映プログラム 323、シミュレーション実行プログラム 324、シミュレーション誤差算出プログラム 325、ユーザインタフェースプログラム 326 を含む。

#### 【0021】

プロセッサ 310 は、メモリ 320 に格納されているプログラムに従って、様々な処理を実行する。プロセッサ 310 がプログラムに従って動作することで、様々な機能部が実現される。例えば、プロセッサ 310 は、上記プログラムそれぞれに従って、制御部 130、具体的には、実績データ抽出部 131、シミュレーションモデル分割部 132、実績反映部 133、シミュレーション実行部 134、シミュレーション誤差算出部 135 として機能する。プロセッサ 310 は、ユーザインタフェースプログラム 326 に従って動作して、入力部 110 および表示部 140 として機能する。

10

#### 【0022】

補助記憶装置 330 は、例えばハードディスクドライブやソリッドステートドライブなどの大容量の記憶装置から構成され、プログラムやデータを長期間保持するために利用される。補助記憶装置 330 は、生産実績データテーブル 210、生産工程データテーブル 220、設備データテーブル 230、作業者データテーブル 240、着工順序ルールモデルデータテーブル 250、設備割付ルールデータテーブル 260、作業者割付ルールデータテーブル 270、シミュレーション結果データテーブル 280 を格納している。

20

#### 【0023】

生産実績データテーブル 210 は、生産実績データ記憶領域 121 に格納されている情報の例である。生産工程データテーブル 220 は、生産工程データ記憶領域 122 に格納されている情報の例である。設備データテーブル 230 および作業者データテーブル 240 は、生産リソースデータ記憶領域 123 に格納されている情報の例である。

#### 【0024】

30

着工順序ルールモデルデータテーブル 250、設備割付ルールデータテーブル 260、作業者割付ルールデータテーブル 270 は、生産制御ルールデータ記憶領域 124 に格納されている情報の例である。シミュレーション結果データテーブル 280 は、シミュレーション結果データ記憶領域 125 に格納されている情報の例である。

#### 【0025】

説明の便宜上、プログラム 321～326 がメモリ 320 に格納され、テーブル 210、220、230、240、250、260、270、280 が補助記憶装置 330 に格納されているが、生産シミュレーション装置 100 のデータの格納場所は限定されない。例えば、補助記憶装置 330 に格納されたプログラムおよびデータが起動時または必要時にメモリ 320 にロードされ、プログラムをプロセッサ 310 が実行することにより、生産シミュレーション装置 100 の各種処理が実行される。したがって、以下において機能部、プログラム、プロセッサ 310 または生産シミュレーション装置 100 による処理の主語は、入れ替え可能である。

40

#### 【0026】

ネットワークインターフェース 340 は、ネットワークとの接続のためのインターフェースである。生産シミュレーション装置 100 は、ネットワークインターフェース 340 を介して、システム内の他の装置と通信を行う。入力デバイス 351 は、ユーザが指示や情報などを入力するためのハードウェアデバイスであり、例えば、キーボードおよびポインティングデバイスを含む。出力デバイス 352 は、入出力用の各種画像を示すハードウェアデバイスであり、例えば表示デバイスである。

50

**【 0 0 2 7 】**

生産シミュレーション装置 100 は 1 以上のプロセッサおよび 1 以上の記憶装置を含む。各プロセッサは、単一または複数の演算ユニットまたは処理コアを含むことができる。プロセッサは、例えば、中央処理装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、マイクロコントローラ、デジタル信号プロセッサ、ステートマシン、ロジック回路、グラフィック処理装置、チップオンシステム、および / または制御指示に基づき信号を操作する任意の装置として実装できる。

**【 0 0 2 8 】**

生産シミュレーション装置 100 の機能は複数の計算機を含む計算機システムによる分散処理により実装されてもよい。複数の計算機は、互いにネットワークを介して通信することで、協調して処理を実行する。

10

**【 0 0 2 9 】**

図 2 は、生産実績データーテーブル 210 の構成例を示す。生産実績データーテーブル 210 は、ジョブ ID 欄 211、品目 ID 欄 212、程番欄 213、工程 ID 欄 214、開始時刻欄 215、完了時刻欄 216、設備欄 ID 217、作業者 ID 欄 218、属性情報欄 219 を有する。生産実績データーテーブル 210 の各行は、ジョブ ID および程番によって同定される。

**【 0 0 3 0 】**

ジョブ ID 欄 211 は、各生産ジョブ（単にジョブとも呼ぶ）を同定する情報を格納する。ジョブは、生産工程における処理対象を表す。品目 ID 欄 212 は、当該ジョブの品目を特定する情報を格納する。程番欄 213 は、当該品目が処理されるべき工程の順番を特定する情報を格納する。工程 ID 欄 214 は、当該品目の当該程番の工程を特定する情報を格納する。

20

**【 0 0 3 1 】**

尚、本実施形態では、工程 ID は品目 ID と程番の組合せに対して一意であり、品目 ID と程番の組合せは工程 ID に対して一意であるとする。また、各ジョブにおける各工程をタスクと呼ぶこととする。つまり、生産実績データーテーブル 210 における 1 行が 1 タスクに相当する。

**【 0 0 3 2 】**

開始時刻欄 215 および完了時刻欄 216 はそれぞれ、当該工程の実績開始時刻および実績完了時刻の情報を格納する。設備 ID 欄 217 および作業者 ID 欄 218 はそれぞれ、当該ジョブの当該工程を処理した設備および作業者を特定する情報を格納する。属性情報欄 219 は、当該ジョブおよび当該工程に関する属性情報、例えば、当該ジョブの品種名、大きさ、納期や、当該ジョブの当該工程の完了要求時刻等、を格納する。

30

図 3 は、生産工程データーテーブル 220 の構成例を示す。生産工程データーテーブル 220 は、工程 ID 欄 221、工程時間欄 222、1 つまたは複数の割付可能設備 ID 欄 223、1 つまたは複数の割付可能作業者 ID 欄 224 を有する。

**【 0 0 3 3 】**

生産工程データーテーブル 220 の各行は、工程 ID によって特定される。工程 ID 欄 221 は、工程を同定する情報を格納する。工程時間欄 222 は、当該工程の処理に要する時間を示す情報を格納する。割付可能設備 ID 欄 223 および割付可能作業者 ID 欄 224 はそれぞれ、当該工程を処理可能な設備および作業者を同定する情報を格納する。

40

**【 0 0 3 4 】**

図 4 は、設備データーテーブル 230 の構成例を示す。設備データーテーブル 230 は、設備 ID 欄 231、稼働開始時刻欄 232、稼働終了時刻欄 233 を有する。設備 ID 欄 231 は、設備を同定する情報を格納する。稼働開始時刻欄 232 および稼働終了時刻欄 233 はそれぞれ、当該設備が稼働開始および稼働終了する時刻を格納する。

**【 0 0 3 5 】**

図 5 は、作業者データーテーブル 240 の構成例を示す。作業者データーテーブル 240 は、作業者 ID 欄 241、稼働開始時刻欄 242、稼働終了時刻欄 243 を有する。作業者

50

I D 欄 2 4 1 は、作業者を同定する情報を格納する。稼働開始時刻欄 2 4 2 および稼働終了時刻欄 2 4 3 はそれぞれ、当該作業者が稼働開始および稼働終了する時刻を格納する。

#### 【 0 0 3 6 】

図 6、図 7、図 8 に示すような着工順序ルールデータテーブル、設備割付ルールデータテーブル、作業者割付ルールデータテーブルを記憶する。

#### 【 0 0 3 7 】

図 6 は、着工順序ルールモデルデータテーブル 2 5 0 の構成例を示す。着工順序ルールモデルデータテーブル 2 5 0 は、設備 I D 欄 2 5 1、着工順序ルール I D 欄 2 5 2 を有する。設備 I D 欄 2 5 1 は、設備を同定する情報を格納する。着工順序ルール I D 欄 2 5 2 は、当該設備における着工順序ルールを同定する情報を格納する。着工順序ルールは、ある設備における処理を待っているジョブの中から、次に処理するジョブを決定する際のルールであり、代表的なルールとしては、先入先出、納期順などがある。

10

#### 【 0 0 3 8 】

図 7 は、設備割付ルールデータテーブル 2 6 0 の構成例を示す。設備割付ルールデータテーブル 2 6 0 は、工程 I D 欄 2 6 1、設備割付ルール I D 欄 2 6 2 を有する。工程 I D 欄 2 6 1 は、工程を同定する情報を格納する。設備割付ルール I D 欄 2 6 2 は、当該工程における設備割付ルールを同定する情報を格納する。設備割付ルールは、生産工程データテーブル 2 2 0 上で一つの工程に対して複数の割付可能設備が定義されている場合に、当該工程に該当する各タスクに対してどの設備を割り当てるかを決定するルールである。

20

#### 【 0 0 3 9 】

図 8 は、作業者割付ルールデータテーブル 2 7 0 の構成例を示す。作業者割付ルールデータテーブル 2 7 0 は、工程 I D 欄 2 7 1、作業者割付ルール I D 欄 2 7 2 を有する。工程 I D 欄 2 7 1 は、工程を同定する情報を格納する。作業者割付ルール I D 欄 2 7 2 は、当該工程における作業者割付ルールを同定する情報を格納する。作業者割付ルールは、生産工程データテーブル 2 2 0 上で一つの工程に対して複数の割付可能作業者が定義されている場合に、当該工程に該当する各タスクに対してどの作業者を割り当てるかを決定するルールである。

#### 【 0 0 4 0 】

図 9 は、シミュレーション結果データテーブル 2 8 0 の構成例を示す。シミュレーション結果データテーブル 2 8 0 は、シミュレーションモデル I D 欄 2 8 1、シミュレーション誤差欄 2 8 2 を有する。シミュレーションモデル I D 欄 2 8 1 は、シミュレーションモデルを同定する情報を格納する。シミュレーション誤差欄 2 8 2 は、当該シミュレーションモデルによるシミュレーションの誤差を示す情報を格納する。

30

#### 【 0 0 4 1 】

図 10 に制御部 1 3 0 における一連の処理フローチャート示す。以下、本フローチャートに沿って、本実施形態の処理について説明する。

#### 【 0 0 4 2 】

ステップ S 1 0 0 ~ S 2 0 0 は、実績データ抽出部 1 3 1 による処理である。まず、ステップ S 1 0 0 において、実績データ抽出部 1 3 1 は、入力部 1 1 0 を通してユーザにより入力された、シミュレーション期間の開始時刻および終了時刻を取得する。シミュレーション期間の開始時刻および終了時刻をそれぞれ、 $t^s$  および  $t^f$  とする。

40

#### 【 0 0 4 3 】

次に、ステップ S 2 0 0 において、実績データ抽出部 1 3 1 は、当該シミュレーション期間中に処理されたジョブ群の生産実績データを生産実績データテーブル 2 1 0 から抽出する。以降、本処理によって抽出された生産実績データを、対象実績データと呼ぶこととする。

#### 【 0 0 4 4 】

ステップ S 3 0 0 は、シミュレーション実行部 1 3 4 およびシミュレーション誤差算出部 1 3 5 の処理である。シミュレーション実行部 1 3 4 は、記憶部 1 2 0 が格納する情報と前述の対象実績データを用いて、シミュレーション期間  $t^s$  ~  $t^f$  のシミュレーションを

50

実行する。シミュレーション誤差算出部 135 は、シミュレーション結果と対象実績データの比較によりシミュレーション誤差を算出する。以降、期間  $t^s \sim t^f$  のシミュレーションのためのシミュレーションモデルを、全体シミュレーションモデル  $M_{whole}$  と呼ぶ。

#### 【0045】

シミュレーションを実行する際には、シミュレーション開始時刻  $t^s$  における生産ラインの状態（以下、初期状態と呼ぶ）を特定する必要がある。ここで、生産ラインの状態は、工程の処理を待っているジョブ群の情報や、工程の処理中のジョブ群および割り当てられている設備や作業者の情報などを表す。これらの情報は、前述の対象実績データから特定することが可能である。また、シミュレーションを実行する際には、シミュレーション期間  $t^s \sim t^f$  に生産ラインに投入されるジョブとその投入時刻の情報が必要である。これらの情報も、前述の対象実績データから特定することが可能である。10

#### 【0046】

また、本実施形態では、以下の式 1 によりシミュレーション誤差  $E$  を算出する。

#### 【0047】

#### 【数1】

$$E = \frac{1}{N^{task}} \sum_{k=1}^{N^{task}} (t_k^{act} - t_k^{sim})^2 \quad \text{式 1}$$

#### 【0048】

ここで、 $N^{task}$  は当該シミュレーションにおける総タスク数を表す。 $t_k^{act}$  および  $t_k^{sim}$  はそれぞれ、 $k$  番目のタスクの実績およびシミュレーションにおける完了時刻を表す。以降、全体シミュレーションの誤差を  $E_{whole}$  と呼ぶ。20

#### 【0049】

ステップ S400 ~ S500 はシミュレーションモデル分割部 132 による処理である。本実施形態では、シミュレーションモデル分割部 132 は、全体シミュレーションモデルを時間視点と生産リソース視点の 2 段階で分割し、複数のサブモデルを得る。

#### 【0050】

以下、時間視点のモデル分割処理について述べる。まず、ステップ S400において、シミュレーションモデル分割部 132 は、シミュレーションモデルの時間視点分割数  $N^T$  を、入力部を通して取得する。次に、ステップ S500において、シミュレーションモデル分割部 132 は、シミュレーション期間  $t^s \sim t^f$  を  $N^T$  個に等分割する。30

#### 【0051】

尚、分割の方法を限定するものではない。ここで、分割された各期間の開始時刻および終了時刻をそれぞれ、 $t^s_i$  および  $t^f_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N^T$ ) とし、期間  $t^s_i \sim t^f_i$  のシミュレーションをするためのモデルをサブモデル  $M_i$  とする。このような分割により、各サブモデルは、全体シミュレーションの一部のタスクのみを対象とすることになる。

#### 【0052】

具体的には、サブモデル  $M_i$  は、対象実績データ上で期間  $t^s_i \sim t^f_i$  に処理されたタスクのみを対象とする。また、シミュレーション開始時刻  $t^s_i$  における生産ラインの初期状態の情報や、期間  $t^s_i \sim t^f_i$  に生産ラインに投入されるジョブとその投入時刻の情報は、対象実績データから特定することが可能である。そのため、各サブモデルのシミュレーションは、それぞれ独立に実行することができ、シミュレーション誤差の大きいサブモデルを特定することができる。40

#### 【0053】

次に、生産リソース視点の分割処理について述べる。本処理では、前述の時間視点モデル分割によって得られた各サブモデルを、さらに生産リソース視点で複数のサブモデルに分割する。サブモデル  $M_i$  をリソース視点で分割することで得られるシミュレーションモデルをサブモデル  $M_{i,j}$  呼ぶこととする ( $j = 1, 2, \dots, N^R_i$ 、 $N^R_i$  は分割数)。

#### 【0054】

ここで、分割に際しては、シミュレーションモデル分割部 132 は、複数のサブモデル

間で互いに生産リソースの共有が発生しない様に分割する。本実施形態では、工程データ基準分割と、生産実績データ基準分割の2つの分割方法について述べる。

#### 【0055】

工程データ基準分割において、シミュレーションモデル分割部132は、まず、サブモデル $M_i$ が対象とするタスク群から、本サブモデルが対象とする工程群を得る。次に、シミュレーションモデル分割部132は、当該工程群を複数のサブ工程群に分割する。その際、任意の工程Xと、工程Xとは異なるサブ工程群に属する任意の工程Yが、割付可能設備・作業者を共有しない様にサブ工程群を定義する。そして、j番目のサブ工程群を対象とするシミュレーションモデルをサブモデル $M_{i,j}$ とする。

#### 【0056】

生産実績データ基準分割において、シミュレーションモデル分割部132は、サブモデル $M_i$ が対象とするタスク群を複数のサブタスク群に分割する。その際、任意のタスクXの生産実績データ上の設備・作業者が、タスクXとは異なるサブタスク群に属する任意のタスクYの生産実績データ上の設備・作業者と異なる様に、サブタスク群を定義する。そして、j番目のサブタスク群を対象とするシミュレーションモデルをサブモデル $M_{i,j}$ とする。

#### 【0057】

上記の分割により、各サブモデル $M_{i,j}$ のシミュレーションはそれぞれ独立に実行することができ、シミュレーション誤差の大きいサブモデルを特定することができる。尚、工程データ基準分割と生産実績データ基準分割の2つの方法は、利用者による入力によって切り替えてよいし、2つの方法を自動でそれぞれ実行してもよく、それらの利用態様を特に限定するものではない。

#### 【0058】

ステップS600は、シミュレーション実行部134およびシミュレーション誤差算出部135の処理である。ステップS600では、シミュレーション実行部134は、前述の時間視点の分割による各サブモデル $M_i$ 及び生産リソース視点の分割による各サブモデル $M_{i,j}$ のシミュレーションを実行する。

#### 【0059】

サブモデルにおいて前段の工程が存在しない工程または前段のタスクが存在しないタスクに対しては、実績データに従ってジョブが投入される。生産実績データ基準分割のサブモデルの間ににおいて、生産リソース（設備及び作業者）が共有されないように、必要に応じて生産リソース（設備及び作業者）の割付ルールが調整される。

#### 【0060】

シミュレーション誤差算出部135は、式1により各サブモデルの誤差 $E_i$ 、 $E_{i,j}$ を算出し、算出結果をシミュレーション結果データテーブル280に格納する。

#### 【0061】

ステップS700は、実績反映部133の処理である。本処理は、各サブモデルの工程時間や生産制御ルールなどの要素に対して、生産実績データテーブル210から抽出した情報を反映して、新たなサブモデル群を生成する。本実施形態では、工程時間、着工順序ルール、設備割付ルール、作業者割付ルールについて、実績反映の方法例について述べる。実績情報を反映する要素は、例えば、設計によりまたはユーザ指定に従って決定されてよい。

#### 【0062】

工程時間については、実績反映部133は、生産実績データの工程開始時刻～工程完了時刻の時間を各タスクの工程時間として算出し、シミュレーションモデルに反映する。つまり、実績反映部133は、新たに生成されるサブモデルにおいて、生産工程データテーブル220に定義された工程時間情報は用いず、上記方法により算出した各タスクの工程時間を用いる。

#### 【0063】

着工順序ルールについては、実績反映部133は、生産実績データテーブル210から、各設備における各タスクの処理順序を取得し、これをシミュレーションモデルに反映す

10

20

30

40

50

る。つまり、実績反映部 133 は、新たに生成されるサブモデルにおいては、ある設備の処理待ちタスク群の中から次に処理するタスクを選択する際に、着工順序ルールモデルデータテーブル 250 に定義されたルールは用いず、処理を待っているタスク群の中から上記の実績処理順序が最も早いタスクを選択する。

#### 【0064】

設備割付ルールについては、実績反映部 133 は、生産実績データテーブル 210 から、各タスクの割付設備を取得し、これをシミュレーションモデルに反映する。つまり、実績反映部 133 は、新たに生成されるサブモデルにおいては、あるタスクの割付設備を選択する際に、設備割付ルールデータテーブル 260 に定義されたルールは用いず、当該タスクの実績割付設備を選択する。作業者割付ルールについては、設備割付ルールと同様である。

#### 【0065】

ステップ S700 の処理は、各サブモデルの工程時間、着工順序ルール、設備割付ルール、作業者割付ルールそれぞれに対して、実績を反映する場合と反映しない場合を切り替えて新たなサブモデル群を作成する。以降、サブモデル  $M_{i,j}$  に実績情報を反映することで新たに作成されたサブモデルを、サブモデル  $M^{a,b,c,d}_{i,j}$  と呼ぶ。ここで a、b、c、d はそれぞれ、工程時間、着工順序ルール、設備割付ルール、作業者割付ルールに実績を反映するかしないかを表す 0 または 1 であり、1 は実績を反映することを意味する。

#### 【0066】

例えば、 $M^{1,0,0,0}_{i,j}$  はサブモデル  $M_{i,j}$  において工程時間のみに実績を反映したモデルを表しており、 $M^{0,0,0,0}_{i,j}$  は  $M_{i,j}$  と同義である。上記によって得られる複数のサブモデル  $M^{a,b,c,d}_{i,j}$  の誤差を比較することで、誤差への大きい要素を特定することができる。例えば、 $M^{1,1,1,1}_{i,j}$  の誤差に対して  $M^{0,1,1,1}_{i,j}$  の誤差が大きい場合、 $M_{i,j}$  における誤差の主要因の 1 つが工程時間にあると解釈することができる。

#### 【0067】

ステップ S8000 は、シミュレーション実行部 134 およびシミュレーション誤差算出部 135 の処理である。ステップ S800 では、シミュレーション実行部 134 は、前述の各サブモデル  $M^{a,b,c,d}_{i,j}$  のシミュレーションを実行する。シミュレーション誤差算出部 135 は、式 1 により各サブモデル  $M^{a,b,c,d}_{i,j}$  の誤差  $E^{a,b,c,d}_{i,j}$  を算出し、算出結果をシミュレーション結果データテーブル 280 に格納する。

#### 【0068】

尚、時間視点における全体シミュレーションモデルの分割および / または生産リソース視点における全体シミュレーションモデルの分割を省略してもよい。実績情報を全体シミュレーションモデルに反映して、新たな全体シミュレーションモデルを生成してもよく、時間視点のサブモデル  $M_i$  に反映して、新たなサブモデルを生成してもよい。

#### 【0069】

全体シミュレーションモデルまたはサブモデルに対して実績情報を反映することによる新たな全体シミュレーションモデルまたは新たなサブモデルの生成を省略してもよい。特定の種類のサブモデルに対する S600 または S700 の処理を省略してもよい。例えば、工程データ基準分割のサブモデルに対する S600 の処理を省略し、S700 及び 800 の処理を実行してもよい。

#### 【0070】

上述のように、生産実績とシミュレーション結果の誤差を算出することで、誤差要因を特定し、精度の高い生産シミュレーションを実現することができる。これにより、生産シミュレーションを用いて立案して生産計画の実現可能性や最適性を向上することができる。また、時間視点分割、生産リソース視点分割、生産実績反映のように、シミュレーション期間におけるシミュレーションにおいて推定可能な情報の一部に代えて、生産実績を使用することで、誤差への影響が大きい要素をより容易に特定することが可能となる。

#### 【0071】

また、時間視点分割及び生産リソース視点分割のように、生産シミュレーションモデル

10

20

30

40

50

を互いに独立にシミュレーションを実行可能な複数のサブモデルに分割し、サブモデルごとにシミュレーション誤差を評価することで、誤差の大きいサブモデルを特定できる。全体須ミュレーションモデルまたはサブモデルにおける工程時間や生産制御ルールなどのモデル要素に対して、生産実績データから抽出した情報を反映することで、新たなモデル群を生成し、生産実績情報を反映する場合としない場合の誤差を比較することで、誤差への影響が大きいモデル要素を特定できる。

#### 【0072】

図11A、図11Bに、表示部140による記憶部120の情報の表示画面の例を示す。図11A、図11Bは、それぞれ、一つの表示画面の部分を示す。図11Aに示す様に、表示部140が表示する画面は例えば、全体シミュレーション結果表示領域141、時間視点分割サブモデルシミュレーション結果表示領域142、分割前モデル選択領域143、生産リソース視点分割サブモデルシミュレーション結果表示領域144を備える。図11Bに示すように、画面は例えば、さらに、実績反映前モデル選択領域145、実績反映サブモデルシミュレーション結果表示領域146、モデル要素別評価結果表示領域147を備える。

10

#### 【0073】

全体シミュレーション結果表示領域141には、全体シミュレーションモデルM<sub>whole</sub>のシミュレーション結果を表示する。時間視点分割サブモデルシミュレーション結果表示領域142には、時間視点で分割した各サブモデルM<sub>i</sub>のシミュレーション結果を表示する。生産リソース視点分割サブモデルシミュレーション結果表示領域144には、分割前モデル選択領域143において選択されたサブモデルM<sub>i</sub>を生産リソース視点で分割したサブモデルM<sub>i,j</sub>のシミュレーション結果を表示する。

20

#### 【0074】

実績反映サブモデルシミュレーション結果表示領域146には、実績反映前モデル選択領域145において選択されたサブモデルM<sub>i,j</sub>に、実績情報を反映したサブモデルM<sup>a,b,c,d</sup><sub>i,j</sub>のシミュレーション結果を表示する。モデル要素別評価結果表示領域には、工程時間などの各モデル要素のシミュレーション誤差への影響度合いを表す情報を表示する。

#### 【0075】

例えば図11Bに示す例では、サブモデルM<sub>i,j</sub>の各モデル要素に実績を反映する場合としない場合の誤差の比較結果を表示している。ここで、例えば図11Bのモデル要素別評価結果表示領域147の「工程時間」行の「実績反映あり平均誤差」と「実績反映なし平均誤差」はそれぞれ、以下の式2と式3により算出される値である。

30

#### 【0076】

#### 【数2】

$$\text{実績反映あり平均誤差} = \frac{1}{8} \sum_{b \in \{0, 1\}} \sum_{c \in \{0, 1\}} \sum_{d \in \{0, 1\}} E_{i, j}^{1, b, c, d} \quad \text{式2}$$

#### 【0077】

#### 【数3】

$$\text{実績反映なし平均誤差} = \frac{1}{8} \sum_{b \in \{0, 1\}} \sum_{c \in \{0, 1\}} \sum_{d \in \{0, 1\}} E_{i, j}^{0, b, c, d} \quad \text{式3} \quad \text{40}$$

#### 【0078】

つまり、実績反映あり（なし）平均誤差は、対象のモデル要素に対して実績情報を反映した（しない）全てのサブモデルの誤差の平均値を表す。この2つの平均誤差値の比較は、サブモデルM<sub>i,j</sub>の誤差に対して大きな影響を与えている要素を特定する際に有用である。

#### 【0079】

図12は、本実施形態に係る生産シミュレーションシステムの概略図である。図示するように、生産シミュレーションシステムは、生産シミュレーション装置100、生産実績情報管理装置200、生産条件情報管理装置300を備え、これらはネットワーク400

50

を介して情報の送受信ができる。生産実績情報管理装置 200 は、生産シミュレーション装置 100 に対して、生産実績データを送信する。また、生産条件情報管理装置 300 は、生産シミュレーション装置 100 に対して、工程データ、生産リソースデータ、生産制御ルールデータなどを送信する。

#### 【0080】

なお、本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施形態は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明したすべての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施形態の構成に他の実施形態の構成を加えることも可能である。また、各実施形態の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。10

#### 【0081】

また、上記の各構成・機能・処理部等は、それらの一部または全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現してもよい。また、上記の各構成・機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアで実現してもよい。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリや、ハードディスク、SSD (Solid State Drive) 等の記録装置、または、I C カード、SD カード等の記録媒体に置くことができる。また、制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしもすべての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には殆どすべての構成が相互に接続されていると考えてもよい。20

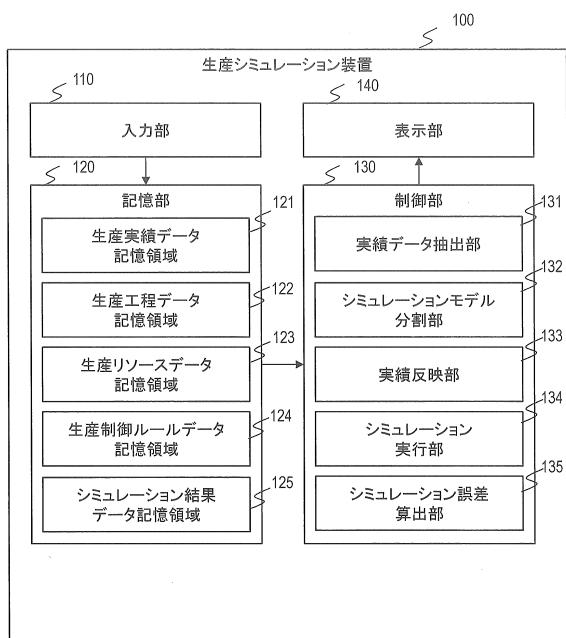
#### 【符号の説明】

#### 【0082】

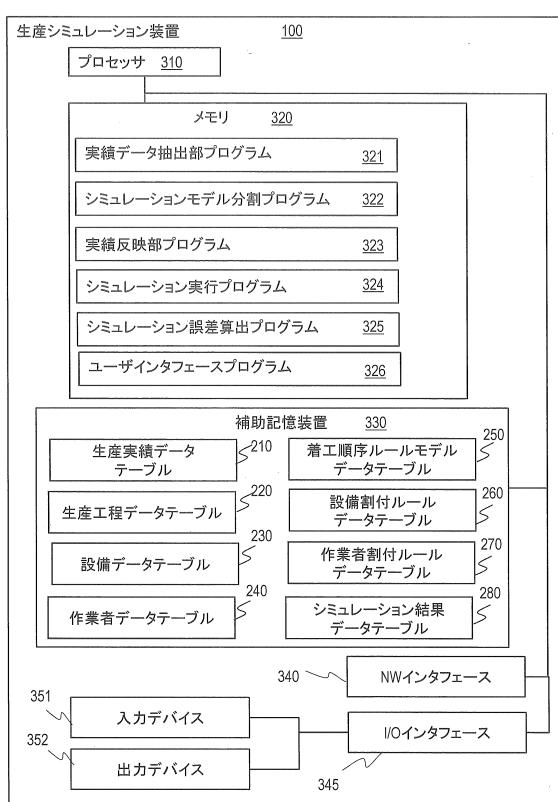
100 生産シミュレーション装置、110 入力部、120 記憶部、121 生産実績データ記憶領域、122 生産工程データ記憶領域、123 生産リソースデータ記憶領域、124 生産制御ルールデータ記憶領域、125 シミュレーション結果データ記憶領域、130 制御部、131 実績データ抽出部、132 シミュレーションモデル分割部、133 実績反映部、134 シミュレーション実行部、135 シミュレーション誤差算出部、140 表示部、141 全体シミュレーション結果表示領域、142 時間視点分割サブモデルシミュレーション結果表示領域、143 分割前モデル選択領域、144 生産リソース視点分割サブモデルシミュレーション結果表示領域、145 実績反映前モデル選択領域、146 実績反映サブモデルシミュレーション結果表示領域、147 モデル要素別評価結果表示領域、200 生産実績情報管理装置、210 生産実績データテーブル、220 生産工程データテーブル、230 設備データテーブル、240 作業者データテーブル、250 着工順序ルールモデルデータテーブル、260 設備割付ルールデータテーブル、270 作業者割付ルールデータテーブル、280 シミュレーション結果データテーブル、300 生産条件情報管理装置、310 プロセッサ、320 メモリ、321 実績データ抽出プログラム、322 シミュレーションモデル分割プログラム、323 実績反映プログラム、324 シミュレーション実行プログラム、325 シミュレーション誤差算出プログラム、326 ユーザインターフェースプログラム、330 補助記憶装置、340 ネットワークインターフェース、345 I/Oインターフェース、351 入力デバイス、352 出力デバイス、400 ネットワーク3040

## 【図面】

## 【図 1 A】



## 【図 1 B】



## 【図 2】

ジョブID	品目ID	工程番号	工程ID	開始時刻	完了時刻	設備ID	作業者ID	属性情報
J001	PT01	1	P011	2018/1/1 09:28	2018/1/1 09:37	M01	W01	xxxx
J001	PT01	2	P012	2018/1/1 10:21	2018/1/1 10:30	M03	W09	xxxx
J001	PT01	3	P013	2018/1/1 12:08	2018/1/1 12:35	M07	W13	xxxx
:	:	:	:	:	:	:	:	:
J002	PT04	1	P041	2018/1/1 09:38	2018/1/1 09:50	M02	W02	xxxx
J002	PT04	2	P042	2018/1/1 10:31	2018/1/1 10:45	M03	W09	xxxx
:	:	:	:	:	:	:	:	:

生産実績データテーブル

## 【図 3】

工程ID	工程時間 [秒]	割付可能設備ID			割付可能作業者ID		
		221	222	223	224	225	226
P011	520	M01	M02	...	W01	W05	...
P012	380	M03	M10	...	W09	W32	...
P013	240	M07	M21	...	W13	W20	...
:	:	:	:	:	:	:	:

生産工程データテーブル

10

20

30

40

50

【図 4】

設備ID	稼働開始日時	稼働終了日時
M01	2018/1/1 09:00	2018/1/1 17:00
M01	2018/1/2 09:00	2018/1/2 17:00
:	:	:
M02	2018/1/1 09:00	2018/1/1 17:00
:	:	:

設備データーブル

【図 5】

作業者ID	稼働開始日時	稼働終了日時
W01	2018/1/1 09:00	2018/1/1 12:00
W01	2018/1/1 13:00	2018/1/1 17:00
:	:	:
W02	2018/1/1 09:00	2018/1/1 12:00
:	:	:

作業者データーブル

10

【図 6】

設備ID	着工順序ルールID
M01	ルールD1
M02	ルールD2
M03	ルールD1
:	:

着工順序ルールデーターブル

【図 7】

工程ID	設備割付ルールID
P011	ルールM1
P012	ルールM2
P013	ルールM1
:	:

設備割付ルールデーターブル

20

【図 8】

工程ID	作業者割付ルールID
P011	ルールW1
P012	ルールW2
P013	ルールW1
:	:

作業者割付ルールデーターブル

【図 9】

シミュレーションモデルID	シミュレーション誤差
$M_{whole}$	31
$M_1$	19
$M_2$	21
$M_3$	42
:	:

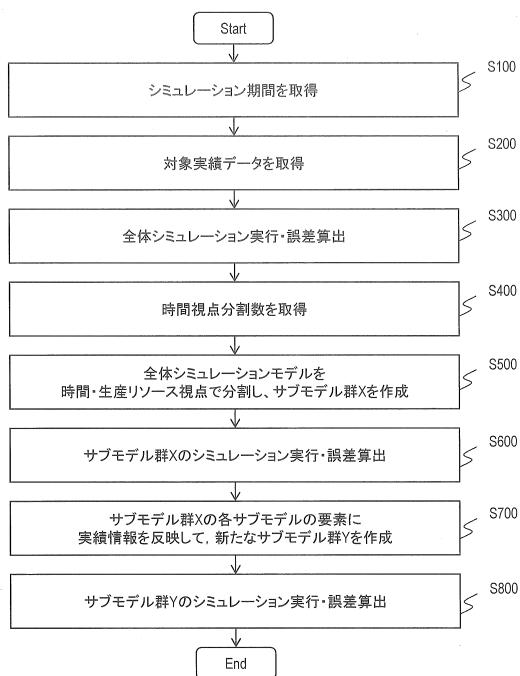
シミュレーション結果データーブル

30

40

50

【図 10】



【図 11 A】

■全体シミュレーションモデル:		
モデル	シミュレーション期間	誤差
$M_{whole}$	2018/1/1 9:00 ~ 2018/1/10 9:00	31

■時間視点分割サブモデル		
サブモデル	シミュレーション期間	誤差
$M_1$	2018/1/1 9:00 ~ 2018/1/2 9:00	19
$M_2$	2018/1/2 9:00 ~ 2018/1/3 9:00	21
$M_3$	2018/1/3 9:00 ~ 2018/1/4 9:00	42
:	:	:

■リソース視点分割サブモデル						
分割前モデル: $M_1$ ▼						
サブモデル	設備 M01	設備 M02	作業者 W01	作業者 W02	着工順序 ルール1	...
$M_{1,1}$	-	✓	...	-	✓	...
$M_{1,2}$	✓	-	...	-	...	✓
$M_{1,3}$	2	-	...	✓	-	...
:	:	:	:	:	:	:

10

20

【図 11 B】

■実績反映サブモデル				
実績反映前モデル: $M_{1,1}$ ▼				
サブモデル	実績反映あり要素			
	工程時間	着工順序ルール	設備割付ルール	作業者割付ルール
$M_{1,1,1,1}$	✓	✓	✓	✓
$M_{1,1,1,1}$	-	✓	✓	✓
$M_{1,1,0,1,1}$	✓	-	✓	✓
$M_{1,1,0,1,0,1}$	✓	✓	-	✓
:	:	:	:	:
$M_{1,1}^{0,0,0,0}$	-	-	-	-
				23

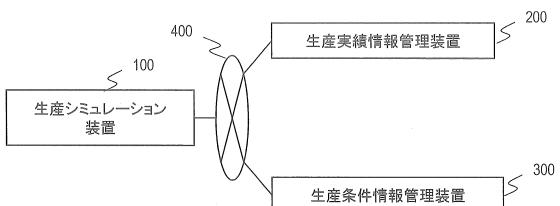
  

モデル要素	実績反映あり平均誤差	実績反映なし平均誤差	誤差差分
工程時間	10.7	19.2	8.5
着工順序ルール	12.2	13.4	1.2
設備割付ルール	15.6	19.0	3.4
作業者割付ルール	8.6	12.5	3.9

30

40

【図 12】



50

---

フロントページの続き

(56)参考文献      特開2009-294952(JP,A)  
                  特開2013-120397(JP,A)  
                  特開2018-005715(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G 05 B 19 / 418