

(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2024-54509
(P2024-54509A)

(43)公開日

令和6年4月17日(2024. 4. 17)

(51)Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 0 5 B 19/418 (2006. 01)	G 0 5 B 19/418	3 C 1 0 0
G 0 5 B 23/02 (2006. 01)	G 0 5 B 23/02	3 C 2 2 3
B 6 5 G 1/137 (2006. 01)	B 6 5 G 1/137	3 F 5 2 2

審査請求 未請求 請求項の数 9 OL (全 22 頁)

(21)出願番号 特願2022-160761(P2022-160761)
 (22)出願日 令和4年10月5日(2022. 10. 5)

(71)出願人 314012076
 パナソニックIPマネジメント株式会社
 大阪府門真市元町2番6号
 (74)代理人 100109210
 弁理士 新居 広守
 (74)代理人 100137235
 弁理士 寺谷 英作
 (74)代理人 100131417
 弁理士 道坂 伸一
 (72)発明者 松田 賢一
 福岡県福岡市博多区美野島四丁目1番62号 パナソニックコネクスト株式会社内
 (72)発明者 高山 誠悟
 福岡県福岡市博多区美野島四丁目1番62号 パナソニックコネクスト株式会社内
 最終頁に続く

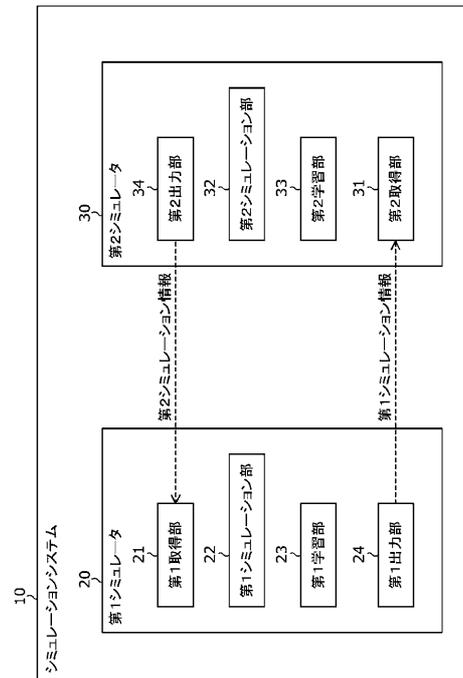
(54)【発明の名称】 シミュレーションシステム

(57)【要約】

【課題】シミュレーションを効率よく行えるシミュレーションシステムを提供する。

【解決手段】シミュレーションシステム10は、第1シミュレータ20と、第2シミュレータ30とを備え、第1シミュレータ20は、第2シミュレータ30が用いるシミュレーションモデルよりも抽象化されたシミュレーションモデルを用いて、プロセスのシミュレーションを行い、以下の(1)および(2)の少なくとも一方を満たす、(1)第1シミュレータ20は、第2シミュレータ30によって行われたシミュレーションに基づいて得られた第2シミュレーション情報を取得し、第2シミュレーション情報を用いてプロセスのシミュレーションを行う、(2)第2シミュレータ30は、第1シミュレータ20によって行われたシミュレーションに基づいて得られた第1シミュレーション情報を取得し、第1シミュレーション情報を用いてプロセスのシミュレーションを行う。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数の単位工程を含むプロセスのシミュレーションを行う第 1 シミュレータと、
前記プロセスのシミュレーションを前記プロセスで用いられる機器に関する機器情報に
基づいて行う第 2 シミュレータとを備え、

前記第 1 シミュレータは、前記第 2 シミュレータが用いるシミュレーションモデルより
も抽象化されたシミュレーションモデルを用いて、前記プロセスのシミュレーションを行
い、

以下の (1) および (2) の少なくとも一方を満たす、

(1) 前記第 1 シミュレータは、前記第 2 シミュレータによって行われたシミュレーシ
ョンに基づいて得られた第 2 シミュレーション情報を取得し、前記第 2 シミュレーション
情報を用いて前記プロセスのシミュレーションを行う、

10

(2) 前記第 2 シミュレータは、前記第 1 シミュレータによって行われたシミュレーシ
ョンに基づいて得られた第 1 シミュレーション情報を取得し、前記第 1 シミュレーション
情報を用いて前記プロセスのシミュレーションを行う、

シミュレーションシステム。

【請求項 2】

前記第 1 シミュレータは、相互に異なる複数の前提条件で前記プロセスのシミュレーシ
ョンを行い、

前記第 2 シミュレータは、最適な前提条件で前記プロセスのシミュレーションを行う、
請求項 1 に記載のシミュレーションシステム。

20

【請求項 3】

前記複数の単位工程は、原材料または中間生成物の加工を行う加工工程と、前記原材料
、前記中間生成物、加工補助具、生産物、または廃棄物の搬送を行う搬送工程とを含む、
請求項 2 に記載のシミュレーションシステム。

【請求項 4】

複数の前記機器は、前記加工工程で用いられる加工機と、前記搬送工程で用いられる搬
送機とを含む、

請求項 3 に記載のシミュレーションシステム。

【請求項 5】

前記複数の前提条件は、前記加工機のレイアウト、前記搬送機の搬送経路、および前記
搬送機の搬送順序の少なくとも 1 つが相互に異なる、

請求項 4 に記載のシミュレーションシステム。

30

【請求項 6】

前記 (2) を満たし、

前記第 1 シミュレータは、前記複数の前提条件で前記プロセスのシミュレーションを行
って深層学習を実行し、前記最適な前提条件を予測し、

前記第 1 シミュレーション情報は、前記第 1 シミュレータによって予測された前記最適
な前提条件を含む、

請求項 2 から 5 のいずれか 1 項に記載のシミュレーションシステム。

40

【請求項 7】

前記機器情報は、前記機器の稼働状況を示す稼働情報、または前記機器の設計情報であ
る、

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載のシミュレーションシステム。

【請求項 8】

前記 (1) を満たし、

前記第 2 シミュレーション情報は、前記プロセスのシミュレーションに用いられるパラ
メータを含む、

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載のシミュレーションシステム。

【請求項 9】

50

前記第2シミュレータは、相互に異なる複数の前記パラメータを用いて前記プロセスのシミュレーションを行って深層学習を実行し、最適な前記パラメータを予測する、請求項8に記載のシミュレーションシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、シミュレーションシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、シミュレーションを行うシミュレーションシステムが知られている。シミュレーションシステムの一例として、特許文献1には、荷物の搬送シミュレーションを実行するシミュレーションシステムが開示されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2017-084080号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ここで、シミュレーションを効率よく行うことが望まれている。

20

【0005】

そこで、本開示は、シミュレーションを効率よく行えるシミュレーションシステムを提供する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本開示の一態様に係るシミュレーションシステムは、複数の単位工程を含むプロセスのシミュレーションを行う第1シミュレータと、前記プロセスのシミュレーションを前記プロセスで用いられる機器に関する機器情報に基づいて行う第2シミュレータとを備え、前記第1シミュレータは、前記第2シミュレータが用いるシミュレーションモデルよりも抽象化されたシミュレーションモデルを用いて、前記プロセスのシミュレーションを行い、以下の(1)および(2)の少なくとも一方を満たす、(1)前記第1シミュレータは、前記第2シミュレータによって行われたシミュレーションに基づいて得られた第2シミュレーション情報を取得し、前記第2シミュレーション情報を用いて前記プロセスのシミュレーションを行う、(2)前記第2シミュレータは、前記第1シミュレータによって行われたシミュレーションに基づいて得られた第1シミュレーション情報を取得し、前記第1シミュレーション情報を用いて前記プロセスのシミュレーションを行う。

30

【0007】

なお、これらの包括的または具体的な態様は、システム、方法、集積回路、コンピュータプログラムまたはコンピュータ読み取り可能なCD-ROM等の記録媒体で実現されてもよく、システム、方法、集積回路、コンピュータプログラムおよび記録媒体の任意な組み合わせで実現されてもよい。また、記録媒体は、非一時的な記録媒体であってもよい。

40

【発明の効果】

【0008】

本開示のシミュレーションシステムは、シミュレーションを効率よく行える。

【0009】

なお、本開示の一態様における更なる利点および効果は、明細書および図面から明らかにされる。かかる利点および/または効果は、いくつかの実施の形態ならびに明細書および図面に記載された特徴によってそれぞれ提供されるが、1つまたはそれ以上の同一の特徴を得るために必ずしも全てが提供される必要はない。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 1 0 】

【図 1】図 1 は、実施の形態 1 に係るシミュレーションシステムの機能構成を示すブロック図である。

【図 2】図 2 は、プロセスの一例を示す模式図である。

【図 3】図 3 は、図 1 のシミュレーションシステムの動作の一例を示すシーケンス図である。

【図 4】図 4 は、図 1 のシミュレーションシステムの適用対象の一例である作業ラインを示す斜視図である。

【図 5】図 5 は、図 4 の作業ラインのレイアウトの一例を示す模式図である。

【図 6】図 6 は、図 4 の作業ラインの作業プロセスフローの一例を示す要部ブロック図である。

10

【図 7】図 7 は、図 4 の作業ラインのレイアウト変更の一例を示す模式図である。

【図 8】図 8 は、図 1 のシミュレーションシステムに適用される深層学習の一例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

上述の課題を解決するために、本開示の一態様に係るシミュレーションシステムは、複数の単位工程を含むプロセスのシミュレーションを行う第 1 シミュレータと、前記プロセスのシミュレーションを前記プロセスで用いられる機器に関する機器情報に基づいて行う第 2 シミュレータとを備え、前記第 1 シミュレータは、前記第 2 シミュレータが用いるシミュレーションモデルよりも抽象化されたシミュレーションモデルを用いて、前記プロセスのシミュレーションを行い、以下の (1) および (2) の少なくとも一方を満たす、(1) 前記第 1 シミュレータは、前記第 2 シミュレータによって行われたシミュレーションに基づいて得られた第 2 シミュレーション情報を取得し、前記第 2 シミュレーション情報を用いて前記プロセスのシミュレーションを行う、(2) 前記第 2 シミュレータは、前記第 1 シミュレータによって行われたシミュレーションに基づいて得られた第 1 シミュレーション情報を取得し、前記第 1 シミュレーション情報を用いて前記プロセスのシミュレーションを行う。

20

【 0 0 1 2 】

これによれば、第 2 シミュレータが用いるシミュレーションモデルよりも抽象化されたシミュレーションモデルを用いて行われたシミュレーションに基づいて得られた第 1 シミュレーション情報を用いて、機器情報に基づくシミュレーションを行えるので、プロセスのシミュレーションを効率よく行える。また、機器情報に基づいて行われたシミュレーションに基づいて得られた第 2 シミュレーション情報を用いて、第 2 シミュレータが用いるシミュレーションモデルよりも抽象化されたシミュレーションモデルを用いたシミュレーションを行えるので、プロセスのシミュレーションを効率よく行える。

30

【 0 0 1 3 】

また、本開示の一態様に係るシミュレーションシステムにおいて、前記第 1 シミュレータは、相互に異なる複数の前提条件で前記プロセスのシミュレーションを行い、前記第 2 シミュレータは、最適な前提条件で前記プロセスのシミュレーションを行ってもよい。

40

【 0 0 1 4 】

これによれば、第 2 シミュレータが用いるシミュレーションモデルよりも抽象化されたシミュレーションモデルを用いて、相互に異なる複数の前提条件でプロセスのシミュレーションを行うことによって最適な前提条件を効率よく予測でき、最適な前提条件でプロセスのシミュレーションを機器情報に基づいて効率よく行えるので、プロセスのシミュレーションをさらに効率よく行える。

【 0 0 1 5 】

また、本開示の一態様に係るシミュレーションシステムにおいて、前記複数の単位工程は、原材料または中間生成物の加工を行う加工工程と、前記原材料、前記中間生成物、加工補助具、生産物、または廃棄物の搬送を行う搬送工程とを含んでもよい。

50

【 0 0 1 6 】

これによれば、原材料または中間生成物の加工を行う加工工程と、原材料、中間生成物、加工補助具、生産物、または廃棄物の搬送を行う搬送工程とを含むプロセスのシミュレーションを効率よく行える。

【 0 0 1 7 】

また、本開示の一態様に係るシミュレーションシステムにおいて、複数の前記機器は、前記加工工程で用いられる加工機と、前記搬送工程で用いられる搬送機とを含んでもよい。

【 0 0 1 8 】

これによれば、加工工程で用いられる加工機に関する機器情報と、搬送工程で用いられる搬送機に関する機器情報とに基づいて、プロセスのシミュレーションを効率よく行える。

10

【 0 0 1 9 】

また、本開示の一態様に係るシミュレーションシステムにおいて、前記複数の前提条件は、前記加工機のレイアウト、前記搬送機の搬送経路、および前記搬送機の搬送順序の少なくとも1つが相互に異なってもよい。

【 0 0 2 0 】

これによれば、加工機の最適なレイアウト、搬送機の最適な搬送経路、および搬送機の最適な搬送順序の少なくとも1つを効率よく予測でき、加工機の最適なレイアウト、搬送機の最適な搬送経路、および搬送機の最適な搬送順序の少なくとも1つでプロセスのシミュレーションを機器情報に基づいて効率よく行えるので、プロセスのシミュレーションをさらに効率よく行える。

20

【 0 0 2 1 】

また、本開示の一態様に係るシミュレーションシステムにおいて、前記(2)を満たし、前記第1シミュレータは、前記複数の前提条件で前記プロセスのシミュレーションを行って深層学習を実行し、前記最適な前提条件を予測し、前記第1シミュレーション情報は、前記第1シミュレータによって予測された前記最適な前提条件を含んでもよい。

【 0 0 2 2 】

これによれば、最適な前提条件をさらに効率よく予測でき、最適な前提条件でプロセスのシミュレーションを機器情報に基づいてさらに効率よく行えるので、プロセスのシミュレーションをさらに効率よく行える。

30

【 0 0 2 3 】

また、本開示の一態様に係るシミュレーションシステムにおいて、前記機器情報は、前記機器の稼働状況を示す稼働情報、または前記機器の設計情報であってもよい。

【 0 0 2 4 】

これによれば、機器の稼働状況を示す稼働情報、または機器の設計情報に基づいて、プロセスのシミュレーションを効率よく行える。

【 0 0 2 5 】

また、本開示の一態様に係るシミュレーションシステムにおいて、前記(1)を満たし、前記第2シミュレーション情報は、前記プロセスのシミュレーションに用いられるパラメータを含んでもよい。

40

【 0 0 2 6 】

これによれば、機器情報に基づくシミュレーションに基づいて得られたパラメータを用いて、第2シミュレータが用いるシミュレーションモデルよりも抽象化されたシミュレーションモデルを用いたシミュレーションを行えるので、プロセスのシミュレーションをさらに効率よく行える。

【 0 0 2 7 】

また、本開示の一態様に係るシミュレーションシステムにおいて、前記第2シミュレータは、相互に異なる複数の前記パラメータを用いて前記プロセスのシミュレーションを行って深層学習を実行し、最適な前記パラメータを予測してもよい。

50

【 0 0 2 8 】

これによれば、最適なパラメータを効率よく予測でき、最適なパラメータを用いてプロセスのシミュレーションを効率よく行えるので、プロセスのシミュレーションをさらに効率よく行える。

【 0 0 2 9 】

以下、実施の形態について、図面を参照しながら具体的に説明する。

【 0 0 3 0 】

なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも包括的または具体的な例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置および接続形態、ステップ、ステップの順序等は、一例であり、本開示を限定する主旨ではない。また、以下の実施の形態における構成要素のうち、独立請求項に記載されていない構成要素については、任意の構成要素として説明される。

10

【 0 0 3 1 】

また、各図は、模式図であり、必ずしも厳密に図示されたものではない。また、各図において、同じ構成部材については同じ符号を付している。

【 0 0 3 2 】

(実施の形態 1)

図 1 は、実施の形態 1 に係るシミュレーションシステム 1 0 の機能構成を示すブロック図である。図 2 は、プロセスの一例を示す模式図である。

【 0 0 3 3 】

図 1 に示すように、シミュレーションシステム 1 0 は、複数の単位工程 S 1 ~ S 9 (図 2 を参照) を含むプロセスのシミュレーションを行うシステムであり、第 1 シミュレータ 2 0 と、第 2 シミュレータ 3 0 とを備える。なお、たとえば、シミュレーションシステム 1 0 は、図 2 に示すプロセス以外のプロセスのシミュレーションを行ってもよい。

20

【 0 0 3 4 】

図 2 に示すように、たとえば、プロセスは、複数の単位工程 S 1 ~ S 9 を含む。複数の単位工程 S 1 ~ S 9 は、原材料の搬送を行う搬送工程 S 1 と、加工補助具の搬送を行う搬送工程 S 2 と、原材料の加工を行う加工工程 S 3 と、廃棄物の搬送を行う搬送工程 S 4 と、中間生成物の搬送を行う搬送工程 S 5 と、加工補助具の搬送を行う搬送工程 S 6 と、中間生成物の加工を行う加工工程 S 7 と、廃棄物の搬送を行う搬送工程 S 8 と、生産物の搬送を行う搬送工程 S 9 とを含む。

30

【 0 0 3 5 】

なお、たとえば、プロセスは、部品が実装された実装基板を生産する生産プロセスであってもよく、部品の搬送を行う搬送工程と、基板の搬送を行う搬送工程と、基板への部品の実装を行う実装工程と、実装基板の搬送を行う搬送工程とを含んでいてもよい。

【 0 0 3 6 】

図 1 に戻って、第 1 シミュレータ 2 0 は、複数の単位工程 S 1 ~ S 9 を含むプロセスのシミュレーションを行うシミュレータである。第 1 シミュレータ 2 0 は、第 2 シミュレータ 3 0 が用いるシミュレーションモデルよりも抽象化されたシミュレーションモデルを用いて、プロセスのシミュレーションを行う。第 1 シミュレータ 2 0 は、第 1 取得部 2 1 と、第 1 シミュレーション部 2 2 と、第 1 学習部 2 3 と、第 1 出力部 2 4 とを有する。たとえば、第 1 取得部 2 1、第 1 シミュレーション部 2 2、第 1 学習部 2 3、および第 1 出力部 2 4 は、プロセッサおよびメモリ等によって実現される。

40

【 0 0 3 7 】

第 1 取得部 2 1 は、第 2 シミュレータ 3 0 によって行われたシミュレーションに基づいて得られた第 2 シミュレーション情報を取得する。本実施の形態では、第 1 取得部 2 1 は、第 2 出力部 3 4 から出力された第 2 シミュレーション情報を取得する。なお、たとえば、第 2 出力部 3 4 は、第 2 シミュレータ 3 0 によって行われたシミュレーションの結果等を示す情報を出力し、ユーザは、当該情報を加工して第 2 シミュレーション情報を生成し、第 1 取得部 2 1 は、ユーザによって生成された第 2 シミュレーション情報を取得しても

50

よい。たとえば、第2シミュレーション情報は、プロセスのシミュレーションに用いられるパラメータを含む。具体的には、たとえば、第2シミュレーション情報は、第2シミュレータ30によって予測された最適なパラメータを含む。たとえば、プロセスのシミュレーションに用いられるパラメータは、加工工程S3における原材料の配置、および加工工程S7における中間生成物の配置等を示す。つまり、たとえば、第2シミュレーション情報は、加工工程S3における原材料の最適な配置、および加工工程S7における中間生成物の最適な配置等を示す。

【0038】

第1シミュレーション部22は、プロセスのシミュレーションを行う。第1シミュレーション部22は、第2シミュレータ30が用いるシミュレーションモデルよりも抽象化されたシミュレーションモデルを用いて、プロセスのシミュレーションを行う。たとえば、第1シミュレーション部22は、プロセスのシミュレーションをシナリオに基づいて行う。たとえば、シナリオは、複数の単位工程S1～S9のそれぞれを開始するタイミング等を示す。

10

【0039】

たとえば、第1シミュレーション部22は、第1取得部21によって取得された第2シミュレーション情報を用いて、プロセスのシミュレーションを行う。具体的には、たとえば、第1シミュレーション部22は、加工工程S3において原材料を最適に配置し、加工工程S7において中間生成物を最適に配置して、プロセスのシミュレーションを行う。このように、第1シミュレータ20は、第2シミュレータ30によって行われたシミュレーションに基づいて得られた第2シミュレーション情報を取得し、第2シミュレーション情報を用いてプロセスのシミュレーションを行う。

20

【0040】

たとえば、第1シミュレーション部22は、相互に異なる複数の前提条件でプロセスのシミュレーションを行う。たとえば、前提条件は、加工工程S3、S7で用いられる加工機のレイアウト、搬送工程S1、S2、S4、S5、S6、S8、S9で用いられる搬送機の搬送経路、および搬送工程S1、S2、S4、S5、S6、S8、S9で用いられる搬送機の搬送順序の少なくとも1つを含み、複数の前提条件は、加工機のレイアウト、搬送機の搬送経路、および搬送機の搬送順序の少なくとも1つが相互に異なる。このように、たとえば、第1シミュレータ20は、相互に異なる複数の前提条件でプロセスのシミュレーションを行う。

30

【0041】

なお、たとえば、第1シミュレーション部22は、第2シミュレーション(第2シミュレーション部32によるシミュレーション)がまだ行われていない等により、第2シミュレーション情報を用いない場合、ユーザによって設定されたパラメータを用いてシミュレーションを行ってもよい。

【0042】

第1学習部23は、深層学習を行う。たとえば、第1学習部23は、第1シミュレーション部22によって行われたシミュレーションの前提条件と、第1シミュレーション部22によって行われたシミュレーションの結果とを用いて深層学習を実行し、シミュレーションの前提条件が変化することに伴うシミュレーションの結果の変化の傾向を学習する。たとえば、第1学習部23は、目標となるシミュレーションの結果が入力された場合に、入力されたシミュレーションの結果を満たすようなシミュレーションの前提条件を予測して出力する学習モデルである。たとえば、シミュレーションの結果は、プロセスを行うためにかかるコスト(たとえば、プロセスにかかる時間等を含む)を含み、第1学習部23は、入力されたコスト以下のコストとなるような前提条件を最適な前提条件として予測する。なお、たとえば、第1学習部23は、入力されたコスト以下のコストとなるような前提条件が複数ある場合、複数の前提条件のうちコストが最も小さくなる前提条件を最適な前提条件として予測する。このように、第1シミュレータ20は、相互に異なる複数の前提条件でプロセスのシミュレーションを行って深層学習を実行し、最適な前提条件を予測

40

50

する。

【0043】

第1出力部24は、第1シミュレータ20によって行われたシミュレーションに基づいて得られた第1シミュレーション情報を出力する。具体的には、第1出力部24は、第1シミュレーション部22によって行われたシミュレーションに基づいて得られた第1シミュレーション情報を出力する。たとえば、第1シミュレーション情報は、第1学習部23によって予測された最適な前提条件を含む。具体的には、たとえば、第1シミュレーション情報は、第1学習部23によって予測された、加工機の最適なレイアウト、搬送機の最適な搬送経路、および搬送機の最適な搬送順序の少なくとも1つを含む。このように、たとえば、第1シミュレーション情報は、第1シミュレータ20によって予測された最適な前提条件を含む。

10

【0044】

第2シミュレータ30は、複数の単位工程S1～S9を含むプロセスのシミュレーションをプロセスで用いられる機器に関する機器情報に基づいて行うシミュレータである。第2シミュレータ30は、第2取得部31と、第2シミュレーション部32と、第2学習部33と、第2出力部34とを有する。たとえば、第2取得部31、第2シミュレーション部32、第2学習部33、および第2出力部34は、プロセッサおよびメモリ等によって実現される。

【0045】

第2取得部31は、第1シミュレータ20によって行われたシミュレーションに基づいて得られた第1シミュレーション情報を取得する。上述したように、たとえば、第1シミュレーション情報は、第1シミュレータ20によって予測された最適な前提条件を含む。本実施の形態では、第2取得部31は、第1出力部24から出力された第1シミュレーション情報を取得する。なお、たとえば、第1出力部24は、第1シミュレータ20によって行われたシミュレーションの結果等を示す情報を出力し、ユーザは、当該情報を加工して第1シミュレーション情報を生成し、第2取得部31は、ユーザによって生成された第1シミュレーション情報を取得してもよい。

20

【0046】

第2シミュレーション部32は、プロセスのシミュレーションをプロセスで用いられる機器に関する機器情報に基づいて行う。たとえば、複数の機器は、加工工程S3、S7で用いられる加工機と、搬送工程S1、S2、S4、S5、S6、S8、S9で用いられる搬送機とを含む。たとえば、機器情報は、機器の稼働状況を示す稼働情報、または機器の設計情報である。たとえば、第2シミュレーション部32は、稼働情報に基づいて、機器が稼働した場合に当該機器が用いられる単位工程のシミュレーションを開始する。また、たとえば、第2シミュレーション部32は、機器の設計情報から当該機器の稼働時間を取得し、当該機器の稼働時間に合わせて、当該機器が用いられる単位工程のシミュレーションを行う。

30

【0047】

たとえば、第2シミュレーション部32は、第2取得部31によって取得された第1シミュレーション情報を用いて、プロセスのシミュレーションを行う。上述したように、たとえば、第1シミュレーション情報は、第1シミュレータ20によって予測された最適な前提条件を含み、第2シミュレーション部32は、最適な前提条件でプロセスのシミュレーションを行う。具体的には、たとえば、第2シミュレーション部32は、加工機の最適なレイアウト、搬送機の最適な搬送経路、および搬送機の最適な搬送順序の少なくとも1つで、プロセスのシミュレーションを機器情報に基づいて行う。このように、第2シミュレータ30は、第1シミュレータ20によって行われたシミュレーションに基づいて得られた第1シミュレーション情報を取得し、第1シミュレーション情報を用いてプロセスのシミュレーションを行う。また、第2シミュレータ30は、最適な前提条件でプロセスのシミュレーションを行う。

40

【0048】

50

たとえば、第2シミュレーション部32は、相互に異なる複数のパラメータを用いてプロセスのシミュレーションを行う。上述したように、たとえば、パラメータは、加工工程S3における原材料の配置、および加工工程S7における中間生成物の配置等を示す。このように、たとえば、第2シミュレータ30は、相互に異なる複数のパラメータを用いてプロセスのシミュレーションを行う。

【0049】

なお、たとえば、第2シミュレーション部32は、第1シミュレーション（第1シミュレーション部22によるシミュレーション）がまだ行われていない等により、第1シミュレーション情報を用いない場合、ユーザによって設定された前提条件でシミュレーションを行ってもよい。

10

【0050】

第2学習部33は、深層学習を行う。たとえば、第2学習部33は、第2シミュレーション部32によって行われたシミュレーションに用いられたパラメータと、第2シミュレーション部32によって行われたシミュレーションの結果とを用いて深層学習を実行し、シミュレーションに用いられたパラメータが変化することに伴うシミュレーションの結果の変化の傾向を学習する。たとえば、第2学習部33は、目標となるシミュレーションの結果が入力された場合に、入力されたシミュレーションの結果を満たすようなパラメータを予測して出力する学習モデルである。上述したように、たとえば、シミュレーションの結果は、プロセスを行うためにかかるコスト（たとえば、プロセスにかかる時間等を含む）を含み、第2学習部33は、入力されたコスト以下のコストとなるようなパラメータを最適なパラメータとして予測する。なお、たとえば、第2学習部33は、入力されたコスト以下のコストとなるようなパラメータが複数ある場合、複数のパラメータのうちコストが最も小さくなるパラメータを最適なパラメータとして予測する。このように、第2シミュレータ30は、相互に異なる複数のパラメータを用いてプロセスのシミュレーションを行って深層学習を実行し、最適なパラメータを予測する。

20

【0051】

第2出力部34は、第2シミュレータ30によって行われたシミュレーションに基づいて得られた第2シミュレーション情報を出力する。具体的には、第2出力部34は、第2シミュレーション部32によって行われたシミュレーションに基づいて得られた第2シミュレーション情報を出力する。たとえば、第2シミュレーション情報は、第2学習部33によって予測された最適なパラメータを含む。具体的には、たとえば、第2シミュレーション情報は、第2学習部33によって予測された、加工工程S3における原材料の最適な配置、および加工工程S7における中間生成物の最適な配置等を含む。このように、たとえば、第2シミュレーション情報は、第2シミュレータ30によって予測された最適なパラメータを含む。

30

【0052】

図3は、図1のシミュレーションシステム10の動作の一例を示すシーケンス図である。

【0053】

図3に示すように、まず、第1シミュレータ20は、第1シミュレーションを実行する（ステップS11）。たとえば、上述したようにして、第1シミュレーション部22は、第1シミュレーションを実行する。

40

【0054】

第1シミュレータ20は、学習を実行する（ステップS12）。たとえば、上述したようにして、第1学習部23は、深層学習を実行する。

【0055】

第1シミュレータ20は、第1シミュレーション情報を出力する（ステップS13）。たとえば、上述したようにして、第1出力部24は、第1シミュレーション情報を出力する。

【0056】

50

第2シミュレータ30は、第1シミュレーション情報を取得する(ステップS14)。たとえば、上述したようにして、第2取得部31は、第1シミュレーション情報を取得する。

【0057】

第2シミュレータ30は、第2シミュレーションを実行する(ステップS15)。たとえば、上述したようにして、第2シミュレーション部32は、第2取得部31によって取得された第1シミュレーション情報を用いて、第2シミュレーションを実行する。

【0058】

第2シミュレータ30は、学習を実行する(ステップS16)。たとえば、上述したようにして、第2学習部33は、深層学習を実行する。

10

【0059】

第2シミュレータ30は、第2シミュレーション情報を出力する(ステップS17)。たとえば、上述したようにして、第2出力部34は、第2シミュレーション情報を出力する。

【0060】

第1シミュレータ20は、第2シミュレーション情報を取得する(ステップS18)。たとえば、上述したようにして、第1取得部21は、第2シミュレーション情報を取得する。

【0061】

第1シミュレータ20は、第1シミュレーションを実行する(ステップS11)。たとえば、上述したようにして、第1シミュレーション部22は、第1取得部21によって取得された第2シミュレーション情報を用いて、第1シミュレーションを実行する。

20

【0062】

ここで、現実の工場をデジタルで再現するデジタルツインが知られている。デジタルツインは、個々のフィジカルモデルに対応するサイバーモデルが最新の状態を反映することによって、無用な余裕度を排した生産計画立案および設備の予知保全に有効であるとして注目を集めている。

【0063】

デジタルツインには、詳細設計が完了しないと構築できないという難点、および構築に時間がかかるという難点があり、構想設計および客先とのイメージ合わせ等には使えないという課題がある。このような目的に対して、無関係と思われる詳細な部分を極力排除して、重要と思われるものにのみ着目することで現実世界の複雑性を低減し、諸問題を解決するモデリングシミュレーションがあるが、デジタルツインとは方向性が逆である。

30

【0064】

シミュレーションシステム10では、第2シミュレータ30が用いるシミュレーションモデルよりも抽象化されたシミュレーションモデルを用いて、プロセスのシミュレーションを行う第1シミュレータ20と、機器情報に基づくシミュレーションを行う第2シミュレータ30とを関連付けることで、構想設計および客先とのイメージ合わせの段階でも使用でき、細かな工程条件および装置の状態を反映した生産計画の立案および予知保全にも応用可能となる。シナリオに基づくシミュレーションによって基本構成を大局的に把握することによって、機器情報に基づくシミュレーションが局所最適に陥ることを抑制できる。

40

【0065】

実施の形態1に係るシミュレーションシステム10は、複数の単位工程S1~S9を含むプロセスのシミュレーションを行う第1シミュレータ20と、プロセスのシミュレーションをプロセスで用いられる機器に関する機器情報に基づいて行う第2シミュレータ30とを備え、第1シミュレータ20は、第2シミュレータ30が用いるシミュレーションモデルよりも抽象化されたシミュレーションモデルを用いて、プロセスのシミュレーションを行い、以下の(1)および(2)の少なくとも一方(本実施の形態では両方)を満たす、(1)第1シミュレータ20は、第2シミュレータ30によって行われたシミュレーシ

50

ョンに基づいて得られた第2シミュレーション情報を取得し、第2シミュレーション情報を用いてプロセスのシミュレーションを行う、(2)第2シミュレータ30は、第1シミュレータ20によって行われたシミュレーションに基づいて得られた第1シミュレーション情報を取得し、第1シミュレーション情報を用いてプロセスのシミュレーションを行う。

【0066】

これによれば、第2シミュレータ30が用いるシミュレーションモデルよりも抽象化されたシミュレーションモデルを用いて行われたシミュレーションに基づいて得られた第1シミュレーション情報を用いて、機器情報に基づくシミュレーションを行えるので、プロセスのシミュレーションを効率よく行える。また、機器情報に基づいて行われたシミュレーションに基づいて得られた第2シミュレーション情報を用いて、第2シミュレータ30が用いるシミュレーションモデルよりも抽象化されたシミュレーションモデルを用いたシミュレーションを行えるので、プロセスのシミュレーションを効率よく行える。

10

【0067】

また、実施の形態1に係るシミュレーションシステム10において、第1シミュレータ20は、相互に異なる複数の前提条件でプロセスのシミュレーションを行い、第2シミュレータ30は、最適な前提条件でプロセスのシミュレーションを行う。

【0068】

これによれば、第2シミュレータ30が用いるシミュレーションモデルよりも抽象化されたシミュレーションモデルを用いて、相互に異なる複数の前提条件でプロセスのシミュレーションを行うことによって最適な前提条件を効率よく予測でき、最適な前提条件でプロセスのシミュレーションを機器情報に基づいて効率よく行えるので、プロセスのシミュレーションをさらに効率よく行える。

20

【0069】

また、実施の形態1に係るシミュレーションシステム10において、複数の単位工程S1～S9は、原材料または中間生成物の加工を行う加工工程S3、S7と、原材料、中間生成物、加工補助具、生産物、または廃棄物の搬送を行う搬送工程S1、S2、S4、S5、S6、S8、S9とを含む。

【0070】

これによれば、原材料または中間生成物の加工を行う加工工程S3、S7と、原材料、中間生成物、加工補助具、生産物、または廃棄物の搬送を行う搬送工程S1、S2、S4、S5、S6、S8、S9とを含むプロセスのシミュレーションを効率よく行える。

30

【0071】

また、実施の形態1に係るシミュレーションシステム10において、複数の機器は、加工工程S3、S7で用いられる加工機と、搬送工程S1、S2、S4、S5、S6、S8、S9で用いられる搬送機とを含む。

【0072】

これによれば、加工工程S3、S7で用いられる加工機に関する機器情報と、搬送工程S1、S2、S4、S5、S6、S8、S9で用いられる搬送機に関する機器情報とに基づいて、プロセスのシミュレーションを効率よく行える。

40

【0073】

また、実施の形態1に係るシミュレーションシステム10において、複数の前提条件は、加工機のレイアウト、搬送機の搬送経路、および搬送機の搬送順序の少なくとも1つが相互に異なる。

【0074】

これによれば、加工機の最適なレイアウト、搬送機の最適な搬送経路、および搬送機の最適な搬送順序の少なくとも1つを効率よく予測でき、加工機の最適なレイアウト、搬送機の最適な搬送経路、および搬送機の最適な搬送順序の少なくとも1つでプロセスのシミュレーションを機器情報に基づいて効率よく行えるので、プロセスのシミュレーションをさらに効率よく行える。

50

【 0 0 7 5 】

また、実施の形態 1 に係るシミュレーションシステム 1 0 において、上記 (2) を満たし、第 1 シミュレータ 2 0 は、複数の前提条件でプロセスのシミュレーションを行って深層学習を実行し、最適な前提条件を予測し、第 1 シミュレーション情報は、第 1 シミュレータ 2 0 によって予測された最適な前提条件を含む。

【 0 0 7 6 】

これによれば、最適な前提条件をさらに効率よく予測でき、最適な前提条件でプロセスのシミュレーションを機器情報に基づいてさらに効率よく行えるので、プロセスのシミュレーションをさらに効率よく行える。

【 0 0 7 7 】

また、実施の形態 1 に係るシミュレーションシステムにおいて、機器情報は、機器の稼働状況を示す稼働情報、または機器の設計情報である。

【 0 0 7 8 】

これによれば、機器の稼働状況を示す稼働情報、または機器の設計情報に基づいて、プロセスのシミュレーションを効率よく行える。

【 0 0 7 9 】

また、実施の形態 1 に係るシミュレーションシステム 1 0 において、上記 (1) を満たし、第 2 シミュレーション情報は、プロセスのシミュレーションに用いられるパラメータを含む。

【 0 0 8 0 】

これによれば、機器情報に基づくシミュレーションに基づいて得られたパラメータを用いて、第 2 シミュレータ 3 0 が用いるシミュレーションモデルよりも抽象化されたシミュレーションモデルを用いたシミュレーションを行えるので、プロセスのシミュレーションをさらに効率よく行える。

【 0 0 8 1 】

また、実施の形態 1 に係るシミュレーションシステム 1 0 において、第 2 シミュレータ 3 0 は、相互に異なる複数のパラメータを用いてプロセスのシミュレーションを行って深層学習を実行し、最適なパラメータを予測する。

【 0 0 8 2 】

これによれば、最適なパラメータを効率よく予測でき、最適なパラメータを用いてプロセスのシミュレーションを効率よく行えるので、プロセスのシミュレーションをさらに効率よく行える。

【 0 0 8 3 】

(実施の形態 2)

実施の形態 1 で開示した内容をより具体的な作業プロセスに適用した例について説明する。図 4 は基板に部品を装着する部品装着装置の作業ラインを示す斜視図である。作業ライン 1 は、複数 (ここでは 3 台) の部品装着装置 1 0 1 が直列に並んで構成されている。作業ライン 1 では、隣接する部品装着装置 1 0 1 同士で基板 K B の受け渡しが行われ、部品装着装置 1 0 1 は、受け渡された基板 K B に部品を順次装着する。

【 0 0 8 4 】

部品装着装置 1 0 1 における基台の前後 (作業員 O P から見た前後方向) それぞれの端部には、フィーダ台車 2 が取り付けられている。前後それぞれのフィーダ台車 2 には、複数のテープフィーダ 3 が作業員 O P から見た左右方向に並べられて取り付けられている。各テープフィーダ 3 は、フィーダ台車 2 に保持されたテープリールから繰り出されるキャリアテープ (テープ部材) を取り込んで基板搬送路に向かう方向に搬送し、キャリアテープに収納された部品を部品供給位置に供給する。

【 0 0 8 5 】

キャリアテープに収納された部品は、基板 K B に実装されるごとに消費されるので、いずれかの時機にテープリールを交換する必要がある。従来の作業ライン 1 では、作業員 O P がテープリールの交換を行うが、これを自律走行ロボット (A M R) によって行う新し

10

20

30

40

50

い作業ラインを構築しようとしたとする。この場合、新しい作業ライン構築にあたって必要となるシミュレーションは(1)部品装着装置において部品切れが生じそうなテーブルを特定する、(2)当該テーブルの搬送を待機中のAMRに指示し、AMRがテーブルから当該テーブルを受け取る、(3)AMRが作業ラインの通路を自律走行してテーブルを供給する部品装着装置まで移動する、(4)AMRから部品装着装置にテーブルを受け渡す、(5)AMRが待機場所まで移動する等のプロセスを含むことになる。

【0086】

このようなシミュレーションにおいて、第1シミュレータ20では例えば以下のような抽象化を行う。

(1)作業ライン内の部品装着装置におけるテーブルの交換頻度を統計的に計数し、その頻度でテーブルの交換が発生するとした上で、部品切れが生じる部品装着装置のフィーダ台車はランダムに割付ける。

(2)AMRがテーブルから当該テーブルを受け取る動作は、それに要する動作時間のみをシミュレーションに反映する。動作時間としては設計値もしくは試作機による実測値を用い、さらに受け取るテーブルの本数に応じた時間を数式で計算するようにしてもよい。

(3)通路をノードとパスで表現したグラフとして模式化し、走行経路を設定する。走行時間は、パスの距離をAMRの平均走行速度で割って算出する。AMR同士の衝突回避、障害物の迂回、隘路の低速走行等については、全く無視するという最大レベルの抽象化から、現実に即した制限を設けるというレベルまで、必要とされる精度に応じて選択する。

(4)AMRから部品装着装置にテーブルを受け渡す動作は、それに要する動作時間のみをシミュレーションに反映する。動作時間としては設計値もしくは試作機による実測値を用い、さらに受け渡すテーブルの本数に応じた時間を数式で計算するようにしてもよい。

(5)通路をノードとパスで表現したグラフとして模式化し、走行経路を設定する。走行時間は、パスの距離をAMRの平均走行速度で割って算出する。

【0087】

ここで(3)および(4)について、さらに詳細を説明する。図5は作業ラインのレイアウトの一例を示す模式図である。この作業ラインでは、部品装着装置101が5台並んだ実装ライン102が4ライン配置され、その間に田の字型の通路103が設けられている。テーブル104は(2)でAMRがテーブルを受け取る装置である。AMRは通路103を走行するが、この通路103をノード105とパス106によって抽象化する。図6は作業プロセスフローの一例を示す要部ブロック図であり、第1シミュレータ20では図5のレイアウトと図6のプロセスフローによってシミュレーションを行う。

【0088】

図6において、通路走行フロー部107は待機ブロック108と移動ブロック109の繰返しとなっている。待機ブロック108は図5で示したノード105でAMRが停止して待機することを意味するが、その後の移動ブロック109の先にある次の待機ブロックに対応するノード105が他のAMRによって占有されていなければ待機は解除され、AMRのプロセスは移動ブロック109に遷移する。すなわち、レイアウト図で言えば前方のノードが非占有であればAMRはそこに向かって移動するという動作が、プロセスフローでは待機 移動の繰返しとして表現され、プログラム上で実行される。実際には、前方のノードが非占有である限り、AMRは停止することなく進行を続ける。

【0089】

次に図6の供給フロー部110について説明する。供給フロー部110の直前の移動ブロック109でAMRは部品装着装置101の正面にあるノード105に移動している。判断ブロック111では、停止しているノード105がテーブルを供給すべき部品装着装置101であるかどうかを判断し、YESであればテーブル供給ブロック112に遷移し、NOであればテーブル供給ブロック112には遷移せずに次の待機ブロッ

10

20

30

40

50

ク 1 1 3 に遷移する。テープリール供給ブロック 1 1 2 では、A M R から部品装着装置 1 0 1 にテープリールを受け渡しに要する時間を待って次の待機ブロックに遷移することで、テープリールの受け渡しをシミュレーションする。

【 0 0 9 0 】

以上が第 1 シミュレータ 2 0 によるシミュレーション方法であるが、第 2 シミュレータ 3 0 ではできる限り抽象化を排し、機器情報に基づいたシミュレーションを行う。

(1) 部品装着装置におけるテープフィーダごとの部品消費量は、生産計画 (生産する基板の品種と数量) に基づいて算出する。

(2) A M R がテブラックから当該テープリールを受け取る動作は、テブラック側の受け渡し機構と A M R 側の受け取り機構が連携して動作する際の制御ソフトウェアを用いてシミュレーションする。

(3) A M R の走行シミュレーションについては、実際に走行を制御するシステム (A M R に搭載された自律走行システム、もしくは通信手段を介して A M R を制御するサーバ上のシステム) をそのまま援用する。すなわち、A M R (ハードウェア) 以外は全て実運用のシステム (ソフトウェア) を用いる。

(4) A M R から部品装着装置にテープリールを受け渡す動作は、A M R 側の受け渡し機構とフィーダ台車側の受け取り機構が連携して動作する際の制御ソフトウェアを用いてシミュレーションする。

(5) A M R の走行シミュレーションについては、実際に走行を制御するシステム (A M R に搭載された自律走行システム、もしくは通信手段を介して A M R を制御するサーバ上のシステム) をそのまま援用する。

【 0 0 9 1 】

上記の説明から明らかなように、第 2 シミュレータ 3 0 は実運用システムの制御ソフトウェアの構築と軌を一にして完成するものである。第 1 シミュレータ 2 0 が抽象化によって事前のシミュレーションを可能にするのに対し、第 2 シミュレータ 3 0 はソフトウェアとしては実運用システムと全く同じ動作をすることから、精確な生産計画立案や不測の事態に対する詳細な対応をシミュレーションすることができる。以上は第 1 シミュレータ 2 0 あるいは第 2 シミュレータ 3 0 の特質から導き出される効果であるが、本願発明ならびに本実施の形態がさらに言わんとするところは、第 1 シミュレータ 2 0 と第 2 シミュレータ 3 0 を相互に連携させることで、さらなる相乗効果を生ぜしめ得るという点である。以下、この点について具体的に説明する。

【 0 0 9 2 】

第 1 シミュレータ 2 0 での事前シミュレーション結果に基づいて新たな作業ラインを設計し、実際の作業ラインの竣工とともに第 2 シミュレータ 3 0 が完成したとする。この後は、第 2 シミュレータ 3 0 に基づいて生産計画を立案し、突発的な生産予定の変更に対しても柔軟で効率的な運用を行い、設備状態のセンシング / モニタリングを併用して予知保全を行っていくことになる。ところが、年月を経ると往々にして作業ラインのレイアウト変更という事態が発生する。これを図 7 の作業ラインのレイアウト変更を示す模式図によって説明する。例えば、当初運用されていたのが図 5 と同じレイアウトの図 7 の (a) に示す作業ラインであったとして、作業ラインの増設に伴って図 7 の (b) ~ (d) に示すような作業ラインへの変更を検討する必要がある場合がある。図 7 中の 1 0 4 a ないし 1 0 4 d はテブラックであり、破線矢印は A M R の経路並びに進行方向を示している。

【 0 0 9 3 】

このような場合に、図 7 の (b) ~ (d) に示すレイアウトそれぞれに対して第 2 シミュレータ 3 0 を構築するには、多くの工数を要する。A M R の走行を制御するシステムや A M R から部品装着装置にテープリールを受け渡す際の制御ソフトウェアなどに、細々とした多数の変更が発生し、この変更が往々にして対応に時間を要するプログラム上のバグを生じるためである。一方、抽象化によってモデリングした第 1 シミュレータ 2 0 であれば、第 2 シミュレータ 3 0 と比較すれば圧倒的に少ない工数で図 7 の (b) ~ (d) のシミュレーションを行うことができる。その際、図 7 の (a) すなわち図 5 に示したレイア

ウトの設計に用いた第1シミュレータ20を活用すれば、さらに工数が削減されることになる。

【0094】

第1シミュレータ20での検討結果から得られた最適のレイアウトに対してのみ第2シミュレータ30を構築すれば第2シミュレータ構築の工数は3分の1に低減され、第1シミュレータ20での検討工数を含めても、図7の(b)~(d)に示すレイアウトそれぞれに対して第2シミュレータ30を構築するよりも少ない工数で第2シミュレータ30を構築できる。以上述べたのが、第2シミュレータ30は、第1シミュレータ20によって行われたシミュレーションに基づいて得られた第1シミュレーション情報を取得し、前記第1シミュレーション情報を用いてプロセスのシミュレーションを行うということの一例である。

10

【0095】

一方、第1シミュレータ20は、第2シミュレータ30によって行われたシミュレーションに基づいて得られた第2シミュレーション情報を取得し、前記第2シミュレーション情報を用いてプロセスのシミュレーションを行う場合としては、以下のような例がある。第1シミュレータ20において、AMRがテブラックからテプリールを受け取る動作に要する時間、あるいはAMRから部品装着装置にテプリールを受け渡す動作に要する時間は、設計値もしくは試作機による実測値を用いるとしたが、これは作業ラインが設計段階にある場合である。第1シミュレータ20と第2シミュレータ30が同時に稼働している状況になれば、当該動作に要する時間は第2シミュレータ30から取得することができる。すなわち、実運用における動作時間を正確に第1シミュレータ20に反映することができる。この場合、実際の動作時間は人為的あるいは機械動作のばらつきによる変動が生じるが、第1シミュレータ20で用いる場合はその平均値を用いる、あるいは平均値と標準偏差を求めてばらつきも反映した上で動作時間を決定する等の手法を取ることができる。

20

【0096】

(実施の形態3)

第1シミュレータ20あるいは第2シミュレータ30に対して深層学習を適用する手法の一例を開示する。第1シミュレータ20であっても、第2シミュレータ30であっても、シミュレータが深層学習を行うステップ自体は共通なので、まずはこれについて説明する。図8はシミュレータによる深層学習の一例を示すブロック図であり、ここでは深層学習の中でも特に深層強化学習と呼ばれる手法を応用している。深層強化学習では、まず環境の状態をエージェントが観測する。ここでエージェントとは、自らの行動を学習する主体であり、実施の形態2に即して言えば、例えばAMRである。一方、環境とはエージェントの行動に影響する、あるいはエージェントの行動が影響する周囲の状況全てであり、実施の形態2であれば作業ラインのレイアウト、作業プロセス、テプリールの交換指示、他のAMRの動き等を含んでいる。ただし、エージェントが観測する状態は、環境の中の特定のものに限定される。エージェントは状態の観測結果に基づいて行動するが、その因果関係を学習していくので、学習前は観測結果に対してランダムな行動を行う。

30

【0097】

エージェントの行動によって環境の状態は状態Aから状態Bに変化する。この変化が期待する方向なのか、期待に反するものなのかによって、エージェントはプラスあるいはマイナスの報酬を受け取る。AMRがテプリールを運搬する時間は短いほど望ましいので、例えば運搬時間に負号を付けたものを報酬とする。以上の観測状態、行動、報酬を深層学習モデルに入力することで訓練を行い、好ましい方策が形成されるようにする。訓練は1回の行動ごとに行われ、通常は1万回以上の訓練が行われる。深層学習モデルは例えば多層ニューラルネットワークであり、各層のノード(実施の形態2で述べたノードではなく、ニューラルネットワークのニューロンに相当するもの)間の接続で畳み込みが行われる畳み込みニューラルネットワークであってもよい。深層学習モデルの多層ニューラルネットワークは入力層が状態空間、出力層が行動空間であり、各層のノードと次の層のノード

40

50

ドの接続の重み付けが、より高い報酬を受け取れるように訓練されていく。深層学習モデルの訓練が完了すると、その方策（最終の重み付けを含めたニューラルネットワークの構成）を用いて、入力（状態）に対する出力（行動）を決定することで、高い報酬が得られる行動を選択できる。

【0098】

シミュレータで深層学習を行う際は、図8に示すシミュレータエンジン114と実験プログラム115で役割を分担する。シミュレータエンジン114は第1シミュレータあるいは第2シミュレータそのものであるが、実験プログラム115によってシミュレーションの実行が制御され、観測状態、行動、報酬に関するパラメータが実験プログラム115とやり取りできるようになっている。実験プログラム115は、シミュレータエンジン114によってシミュレーションを実行しながら深層学習モデルの訓練を行い、その後訓練された方策によるシミュレーションを実行する。

10

【0099】

第1シミュレータ20において深層学習を行う際は、例えば以下のように設定する。観測状態はテーブルルの交換指示および全AMRの位置であり、行動はエージェントであるAMRが発射するかどうかの判断であり、報酬はテーブルルの搬送時間に負号を付けたものである。他方、第2シミュレータ30であればより細部の動作について学習することとなり、AMRがテーブルラックから当該テーブルルを受け取る動作については、例えば以下ようになる。観測状態はテーブルラックおよびAMRが保持するテーブルルの位置であり、行動は受け取るテーブルルの指定であり、報酬はテーブルルの受け取りに要する時間に負号を付けたものである。

20

【0100】

（他の実施の形態等）

以上、一つまたは複数の態様に係るシミュレーションシステム等について、実施の形態に基づいて説明したが、本開示は、この実施の形態に限定されるものではない。本開示の趣旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形を実施の形態に施したのも、本開示の範囲内に含まれてもよい。

【0101】

上述した実施の形態では、以下の(1)および(2)の両方を満たす場合について説明したが、これに限定されない。たとえば、以下の(1)および(2)の少なくとも一方を満たしていればよい。(1)第1シミュレータ20は、第2シミュレータ30によって行われたシミュレーションに基づいて得られた第2シミュレーション情報を取得し、第2シミュレーション情報を用いてプロセスのシミュレーションを行う、(2)第2シミュレータ30は、第1シミュレータ20によって行われたシミュレーションに基づいて得られた第1シミュレーション情報を取得し、第1シミュレーション情報を用いてプロセスのシミュレーションを行う。

30

【0102】

なお、上述した実施の形態において、各構成要素は、専用のハードウェアで構成されるか、各構成要素に適したソフトウェアプログラムを実行することによって実現されてもよい。各構成要素は、CPU(Central Processing Unit)またはプロセッサ等のプログラム実行部が、ハードディスクまたは半導体メモリ等の記録媒体に記録されたソフトウェアプログラムを読み出して実行することによって実現されてもよい。ここで、上述した実施の形態の装置等を実現するソフトウェアは、図3に示すシーケンス図に含まれる各ステップをコンピュータに実行させるプログラムである。

40

【0103】

なお、以下のような場合も本開示に含まれる。

【0104】

(1)上記の少なくとも1つの装置は、具体的には、マイクロプロセッサ、ROM、RAM、ハードディスクユニット、ディスプレイユニット、キーボード、マウスなどから構成されるコンピュータシステムである。そのRAMまたはハードディスクユニットには、

50

コンピュータプログラムが記憶されている。マイクロプロセッサが、コンピュータプログラムにしたがって動作することにより、上記の少なくとも1つの装置は、その機能を達成する。ここでコンピュータプログラムは、所定の機能を達成するために、コンピュータに対する指令を示す命令コードが複数個組み合わせられて構成されたものである。

【0105】

(2) 上記の少なくとも1つの装置を構成する構成要素の一部または全部は、1個のシステムLSI (Large Scale Integration: 大規模集積回路) から構成されているとしてもよい。システムLSIは、複数の構成部を1個のチップ上に集積して製造された超多機能LSIであり、具体的には、マイクロプロセッサ、ROM、RAMなどを含んで構成されるコンピュータシステムである。前記RAMには、コンピュータプログラムが記憶されている。マイクロプロセッサが、コンピュータプログラムにしたがって動作することにより、システムLSIは、その機能を達成する。

10

【0106】

(3) 上記の少なくとも1つの装置を構成する構成要素の一部または全部は、その装置に脱着可能なICカードまたは単体のモジュールから構成されているとしてもよい。ICカードまたはモジュールは、マイクロプロセッサ、ROM、RAMなどから構成されるコンピュータシステムである。ICカードまたはモジュールは、上記の超多機能LSIを含むとしてもよい。マイクロプロセッサが、コンピュータプログラムにしたがって動作することにより、ICカードまたはモジュールは、その機能を達成する。このICカードまたはこのモジュールは、耐タンパ性を有するとしてもよい。

20

【0107】

(4) 本開示は、上記に示す方法であるとしてもよい。また、これらの方法をコンピュータにより実現するコンピュータプログラムであるとしてもよいし、コンピュータプログラムからなるデジタル信号であるとしてもよい。

【0108】

また、本開示は、コンピュータプログラムまたはデジタル信号をコンピュータ読み取り可能な記録媒体、例えば、フレキシブルディスク、ハードディスク、CD (Compact Disc) - ROM、DVD、DVD-ROM、DVD-RAM、BD (Blu-ray (登録商標) Disc)、半導体メモリなどに記録したものであるとしてもよい。また、これらの記録媒体に記録されているデジタル信号であるとしてもよい。

30

【0109】

また、本開示は、コンピュータプログラムまたはデジタル信号を、電気通信回線、無線または有線通信回線、インターネットを代表とするネットワーク、データ放送等を経由して伝送するものとしてもよい。

【0110】

また、プログラムまたはデジタル信号を記録媒体に記録して移送することにより、またはプログラムまたはデジタル信号をネットワーク等を経由して移送することにより、独立した他のコンピュータシステムにより実施するとしてもよい。

【0111】

(付記)

以上の実施の形態等の記載により、下記の技術が開示される。

40

【0112】

(技術1)

複数の単位工程を含むプロセスのシミュレーションを行う第1シミュレータと、前記プロセスのシミュレーションを前記プロセスで用いられる機器に関する機器情報に基づいて行う第2シミュレータとを備え、

前記第1シミュレータは、前記第2シミュレータが用いるシミュレーションモデルよりも抽象化されたシミュレーションモデルを用いて、前記プロセスのシミュレーションを行い、

以下の(1)および(2)の少なくとも一方を満たす、

50

(1) 前記第1シミュレータは、前記第2シミュレータによって行われたシミュレーションに基づいて得られた第2シミュレーション情報を取得し、前記第2シミュレーション情報を用いて前記プロセスのシミュレーションを行う、

(2) 前記第2シミュレータは、前記第1シミュレータによって行われたシミュレーションに基づいて得られた第1シミュレーション情報を取得し、前記第1シミュレーション情報を用いて前記プロセスのシミュレーションを行う、
シミュレーションシステム。

【0113】

(技術2)

前記第1シミュレータは、相互に異なる複数の前提条件で前記プロセスのシミュレーションを行い、

前記第2シミュレータは、最適な前提条件で前記プロセスのシミュレーションを行う、
技術1に記載のシミュレーションシステム。

【0114】

(技術3)

前記複数の単位工程は、原材料または中間生成物の加工を行う加工工程と、前記原材料、前記中間生成物、加工補助具、生産物、または廃棄物の搬送を行う搬送工程とを含む、
技術2に記載のシミュレーションシステム。

【0115】

(技術4)

複数の前記機器は、前記加工工程で用いられる加工機と、前記搬送工程で用いられる搬送機とを含む、

技術3に記載のシミュレーションシステム。

【0116】

(技術5)

前記複数の前提条件は、前記加工機のレイアウト、前記搬送機の搬送経路、および前記搬送機の搬送順序の少なくとも1つが相互に異なる、

技術4に記載のシミュレーションシステム。

【0117】

(技術6)

前記(2)を満たし、

前記第1シミュレータは、前記複数の前提条件で前記プロセスのシミュレーションを行って深層学習を実行し、前記最適な前提条件を予測し、

前記第1シミュレーション情報は、前記第1シミュレータによって予測された前記最適な前提条件を含む、

技術2から5のいずれか1つに記載のシミュレーションシステム。

【0118】

(技術7)

前記機器情報は、前記機器の稼働状況を示す稼働情報、または前記機器の設計情報である、

技術1から6のいずれか1つに記載のシミュレーションシステム。

【0119】

(技術8)

前記(1)を満たし、

前記第2シミュレーション情報は、前記プロセスのシミュレーションに用いられるパラメータを含む、

技術1から7のいずれか1つに記載のシミュレーションシステム。

【0120】

(技術9)

前記第2シミュレータは、相互に異なる複数の前記パラメータを用いて前記プロセスの

10

20

30

40

50

シミュレーションを行って深層学習を実行し、最適な前記パラメータを予測する、
技術 8 に記載のシミュレーションシステム。

【産業上の利用可能性】

【0121】

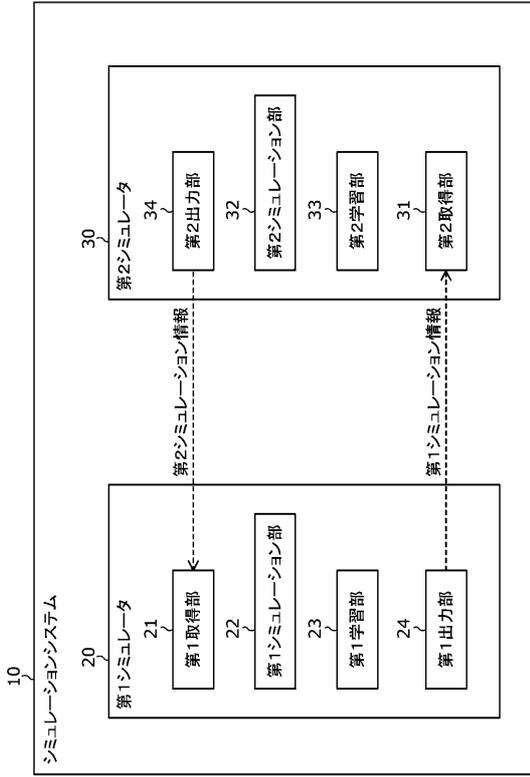
本開示は、シミュレーションを行うシステム等に利用可能である。

【符号の説明】

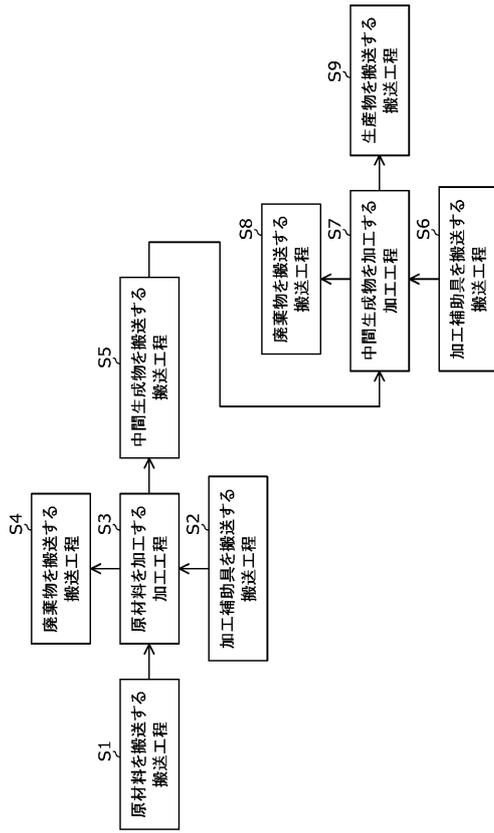
【0122】

1	作業ライン	
2	フィーダ台車	
3	テープフィーダ	10
10	シミュレーションシステム	
20	第1シミュレータ	
21	第1取得部	
22	第1シミュレーション部	
23	第1学習部	
24	第1出力部	
30	第2シミュレータ	
31	第2取得部	
32	第2シミュレーション部	
33	第2学習部	20
34	第2出力部	
101	部品装着装置	
102	実装ライン	
103	通路	
104, 104a, 104b, 104c, 104d	テーブラック	
105	ノード	
106	パス	
107	通路走行フロー部	
108, 113	待機ブロック	
109	移動ブロック	30
110	供給フロー部	
111	判断ブロック	
112	テープリール供給ブロック	
114	シミュレータエンジン	
115	実験プログラム	
KB	基板	
OP	作業者	

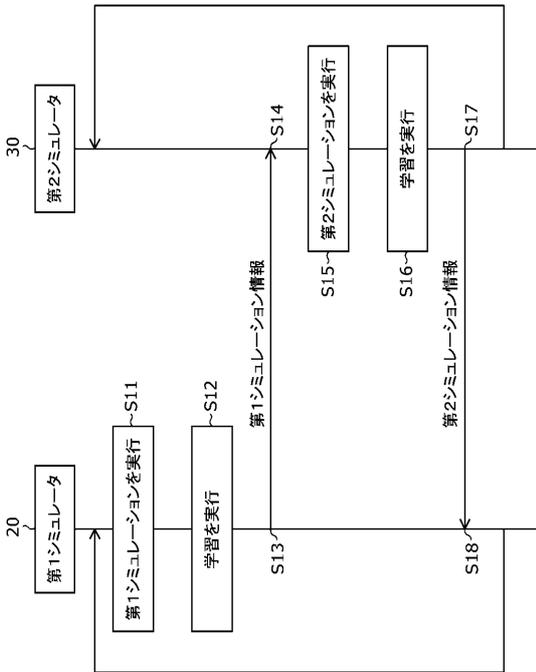
【図1】



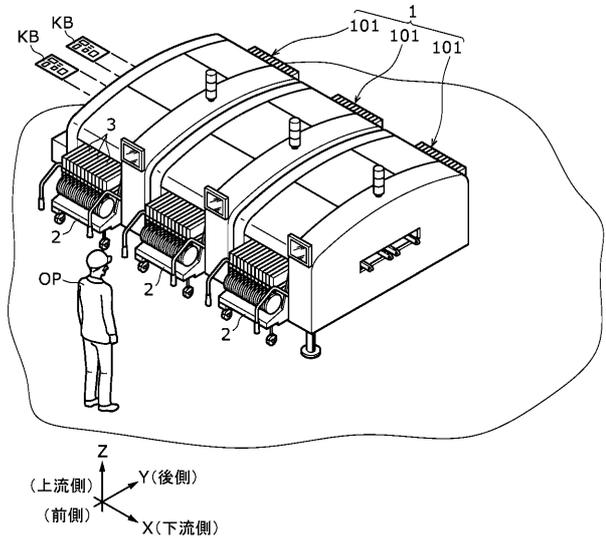
【図2】



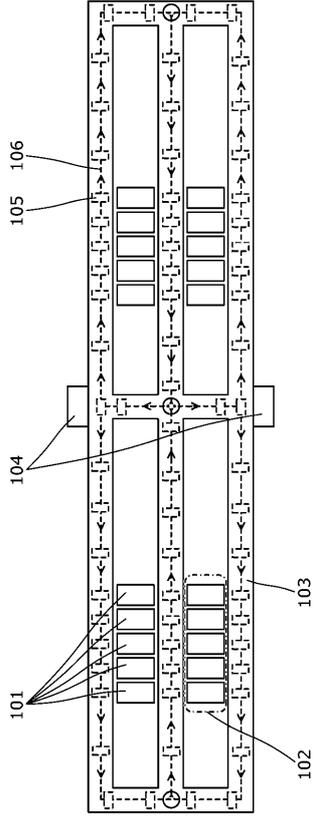
【図3】



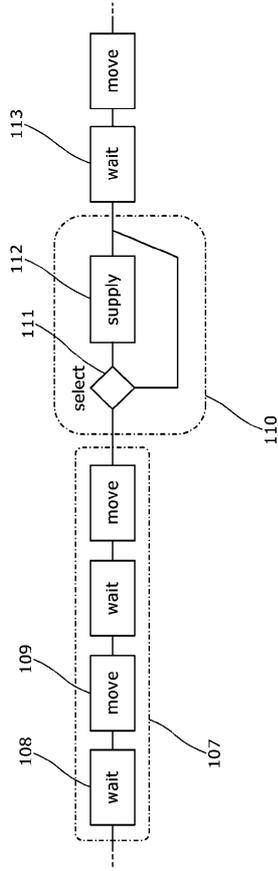
【図4】



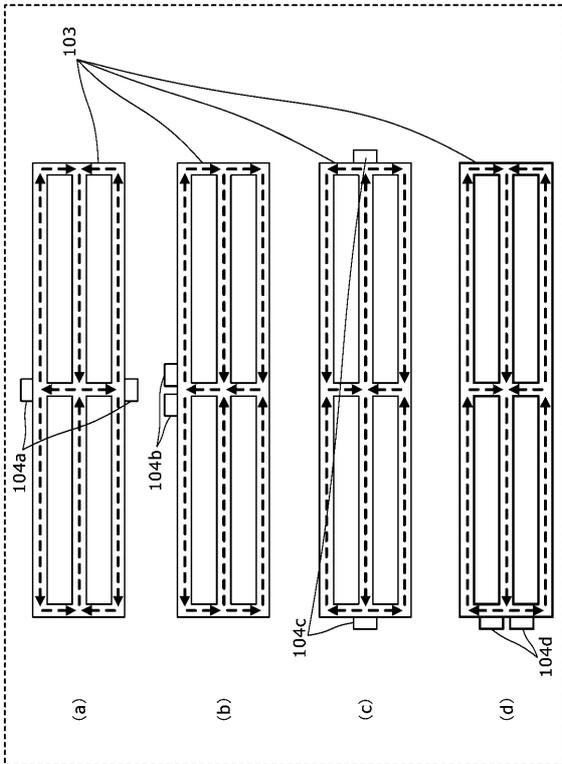
【図5】



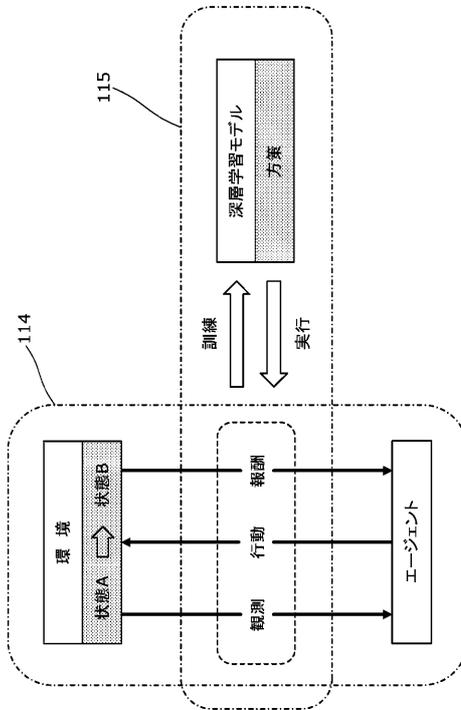
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3C100 AA05 AA22 AA29 AA38 AA47 BB12 BB13 BB21 BB33
3C223 AA11 BA05 BB17 FF22 FF23 FF26
3F522 AA03 BB04 GG17 GG39 JJ04 LL31