

(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2006-350549

(P2006-350549A)

(43) 公開日 平成18年12月28日(2006. 12. 28)

(51) Int. Cl.		F I			テーマコード (参考)
G06F 11/28	(2006.01)	G06F 11/28	340C		5B042
G06F 19/00	(2006.01)	G06F 19/00	110		5B046
G06F 17/50	(2006.01)	G06F 17/50	612A		

審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2005-174032 (P2005-174032)	(71) 出願人	000005108
(22) 出願日	平成17年6月14日 (2005. 6. 14)		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	100098017
			弁理士 吉岡 宏嗣
		(72) 発明者	影山 啓二
			茨城県ひたちなか市堀口832番地2
			株式会社日立製作所
			機械研究所内
		(72) 発明者	西垣 一朗
			茨城県ひたちなか市堀口832番地2
			株式会社日立製作所
			機械研究所内
			最終頁に続く

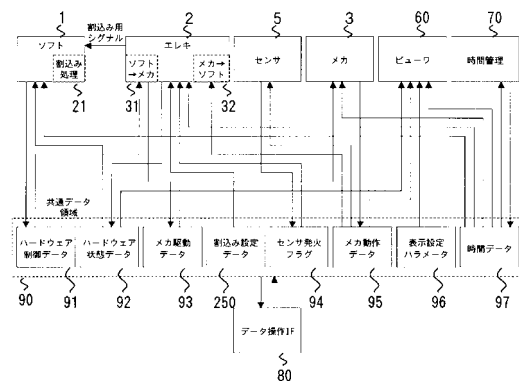
(54) 【発明の名称】 統合シミュレーションシステム

(57) 【要約】

【課題】 複数のシミュレータを連携させてなる統合シミュレーションシステムにおいて、各シミュレータの実行効率及び機能を確保して各シミュレータを同期させる。

【解決手段】 シミュレーション対象を構成する複数の要素をそれぞれ模擬する独立した複数のシミュレータ1、2、3と、複数のシミュレータがアクセス可能に接続された共通データ領域90を有する連携手段4とを備え、連携手段は、一のシミュレータの要求があったときに他のシミュレータとの間のシミュレーション時刻の管理を行う時間管理手段70を備え、各シミュレータから要求があったときにのみ、関係するシミュレータ間のシミュレーション時刻の管理を行うようにして、各シミュレータの実行効率及び機能を確保するとともに、各シミュレータを同期させる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

シミュレーション対象を構成する複数の要素をそれぞれ模擬する独立した複数のシミュレータと、前記複数のシミュレータがアクセス可能に接続された共通データ領域を有する連携手段とを備え、該連携手段は、一の前記シミュレータから同期要求があったときに他の前記シミュレータとの間のシミュレーション時刻の管理を行う時間管理手段を備えてなる統合シミュレーションシステム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の統合シミュレーションシステムにおいて、

前記複数のシミュレータは、前記共通データ領域を介して相互にデータを授受すること
を特徴とする統合シミュレーションシステム。 10

【請求項 3】

請求項 1 に記載の統合シミュレーションシステムにおいて、

前記各シミュレータは、自己のシミュレーション処理が他のシミュレータのシミュレーション時間と関連する処理の場合、前記時間管理手段を介してシミュレーション時刻の同期をとることを特徴とする統合シミュレーションシステム。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の統合シミュレーションシステムにおいて、

前記時間管理手段は、前記共通データ領域に、前記一の前記シミュレータが要求する同期対象の他の前記シミュレータと同期時刻情報とを格納する領域と、当該他のシミュレー
タが前記同期時刻に達したときに同期完了情報を格納する領域とを有し、 20

前記一の前記シミュレータは、前記共通データ領域にアクセスして前記同期完了情報を確認した後、前記共通データ領域の当該他のシミュレータの動作データを取得することを特徴とする統合シミュレーションシステム。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の統合シミュレーションシステムにおいて、

前記連携手段にアクセス可能に接続されたデータ操作インターフェイスを備え、
該データ操作インターフェイスは、シミュレーション時に少なくとも前記共通データ領
域のデータを変更する機能を有することを特徴とする統合シミュレーションシステム。 30

【請求項 6】

シミュレーション対象を構成する複数の要素を模擬する独立した複数のシミュレータと、前記複数のシミュレータがアクセス可能に接続された共有領域を有する連携手段と、前記複数のシミュレータのシミュレーション状況を表示する表示装置を有するユーザインターフェイスとを備え、該ユーザインターフェイスは、前記各シミュレータのシミュレーション状況を単独又は並べて前記表示装置にグラフィカル表示させる表示モード選択手段を有してなる統合シミュレーションシステム。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の統合シミュレーションシステムにおいて、

前記複数のシミュレータは、機器に組込まれるソフトウェアを模擬するソフトシミュレータと、前記ソフトウェアによって駆動及び制御される機械装置を模擬するメカシミュレータと、前記ソフトシミュレータと前記メカシミュレータとの間で授受されるデータを変換する電気回路系を模擬するエレキシミュレータとを含むことを特徴とする統合シミュレーションシステム。 40

【請求項 8】

シミュレーション対象を構成する複数の要素を模擬する独立した複数のシミュレータと、前記複数のシミュレータがアクセス可能に接続された共通データ領域を有する連携手段とを備え、前記複数のシミュレータから割り込み要求があったとき、オペレーティングシステムのシグナル機構を用いて割り込みをシミュレーションする割り込み処理手段を有することを特徴とする統合シミュレーションシステム。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の統合シミュレーションシステムにおいて、

前記複数のシミュレータは、機器に組込まれるソフトウェアを模擬するソフトシミュレータと、前記ソフトウェアによって駆動及び制御される機械装置を模擬するメカシミュレータと、前記ソフトシミュレータと前記メカシミュレータとの間で授受されるデータを変換する電気回路系を模擬するエレキシミュレータとを含むことを特徴とする統合シミュレーションシステム。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の統合シミュレーションシステムにおいて、

前記連携手段は、前記ソフトシミュレータと前記メカシミュレータとの間でデータを直接授受可能に形成してなることを特徴とする統合シミュレーションシステム。

10

【請求項 11】

請求項 9 に記載の統合シミュレーションシステムにおいて、

前記メカシミュレータと前記エレキシミュレータは、前記連携手段の前記共通データ領域にそれぞれ実機を単独で又は自己のシミュレータとの組合せでアクセス可能に切り替える切替機能を有することを特徴とする統合シミュレーションシステム。

【請求項 12】

請求項 9 に記載の統合シミュレーションシステムにおいて、

前記メカシミュレータは、仮想モデルシミュレータを備え、該仮想モデルシミュレータは、前記ソフトシミュレータの動作指令に対応させて予め模擬してなる応答データを有し、前記応答データに基づいて前記ソフトシミュレータの動作指令に対応した動作結果を求めて前記共通データ領域に格納することを特徴とする統合シミュレーションシステム。

20

【請求項 13】

請求項 9 に記載の統合シミュレーションシステムにおいて、

前記ソフトシミュレータと前記メカシミュレータと前記エレキシミュレータのシミュレーションモデル、シミュレーションモデルの構成要素、シミュレーション条件、及びシミュレーション結果を保存及び管理するデータベースを備えたことを特徴とする統合シミュレーションシステム。

【請求項 14】

請求項 9 に記載の統合シミュレーションシステムにおいて、

前記データベースのシミュレーション実行に関する情報の検索、参照、編集を行なうユーザーインターフェイスを備えたことを特徴とする統合シミュレーションシステム。

30

【請求項 15】

請求項 14 に記載の統合シミュレーションシステムにおいて、

前記ユーザーインターフェイスは、シミュレーション実行時に、シミュレーションモデル、シミュレーション条件をデータベースに保存されている内容と比較し、同一又は類似しているシミュレーションモデル及び結果をシミュレーション実行前に表示装置に提示することを特徴とする統合シミュレーションシステム。

【請求項 16】

請求項 14 に記載の統合シミュレーションシステムにおいて、

前記連携手段は、前記共通データ領域にそれぞれ実機を単独で又は自己のシミュレータとの組合せでアクセス可能に切り替える切替機能を有し、

40

前記ユーザーインターフェイスは、前記実機を含むシミュレーションと、該シミュレーション結果の組合せにより、シミュレーションの目的、処理時間、及びシミュレーション精度とを管理し、目的、処理時間、精度に応じて適切なシミュレーションモデル化を提示してシミュレーションモデル化精度を向上させる機能を有することを特徴とする統合シミュレーションシステム。

【請求項 17】

請求項 14 に記載の統合シミュレーションシステムにおいて、

前記ユーザーインターフェイスは、複数のシミュレーション結果について、対応するデータを同一表現で表示装置に表示することを特徴とする統合シミュレーションシステム。

50

【請求項 18】

請求項 13 に記載の統合シミュレーションシステムにおいて、

前記データベースに格納された前記シミュレーションモデル、前記シミュレーション条件及び前記シミュレーション結果を、任意の表示装置に対応したフォーマットのデータで出力する出力手段を備えたことを特徴とする統合シミュレーションシステム。

【請求項 19】

請求項 9 に記載の統合シミュレーションシステムにおいて、

前記ソフトシミュレータは、前記ソフトウェアのソースプログラムに基づいて、前記エレキと前記メカに対するアクセスポートを抽出し、該アクセスポートに対応する前記共通データ領域のアクセスアドレスを定義した共通データ領域参照用の変数切替え定義ファイルを自動生成する手段を有することを特徴とする統合シミュレーションシステム。

10

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、統合シミュレーションシステムに係り、例えば、組込みソフトウェアを含む製品の設計及び開発を支援するのに好適なシミュレーションシステムに関する。

【背景技術】**【0002】**

組込みソフトウェア（以下、組込みソフト又は単にソフトという。）により電気電子回路等の電気系（以下、エレキという。）を介して駆動及び制御される機械部品の集合体としての機械系（以下、メカという。）の設計及び開発においては、組込みソフトと、エレキと、メカについて、それぞれ独立に専用ツールを活用した設計が行われている。

20

【0003】

しかし、製品は、ソフト、エレキ及びメカが一体で動作するものであるから、これらの 1 つでも正常に動作しなければ、全体としても正常に動作しないため、ソフト、エレキ及びメカを組み合わせた状態で動作の確認や検証が必要となる。

【0004】

一般に、組込みソフトを含む製品のソフトのデバッグや検証を行なう場合、ソフトにエレキ及びメカの試作品を結合して行われる。しかし、ソフトのデバッグや検証を、エレキ及びメカの試作品が完成した後に開始するとすると、製品開発の期間が長くなりすぎるとともに、試作品の台数が大量に必要となる。

30

【0005】

そこで、エレキ及びメカをシミュレータ化し、ソフトシミュレータによりエレキシミュレータとメカシミュレータを動作させて、デバッグ及び検証を行なう必要が生じてきている。このようなソフト、エレキ及びメカのシミュレータを統合させてシミュレーションを行う具体的な方式としては、次の 2 つの方式がある。

【0006】

第一の方法は、ソフト、エレキ及びメカの各シミュレータを連結させてシミュレーションを行う方法である。つまり、ソフトシミュレータは、メカを動かすための動作指示データを出力し、エレキシミュレータは動作指示データをメカのアクチュエータへの入力に変換し、メカシミュレータはアクチュエータ入力に応じたアクチュエータ出力を算出してメカの動作をシミュレートする。また、メカの動作をセンサのシミュレーションモデルでセンサ出力に変換し、そのセンサ出力をエレキシミュレータを経由してソフトシミュレータに返し、ソフトシミュレータは、センサ出力に従ってメカに次の動作指示データを出力したり、必要なデータ処理を行なう処理を順に繰り返す方法である。

40

【0007】

第二の方法は、ソフトシミュレータ、エレキシミュレータ及びメカシミュレータを、それぞれ独立に動作させてシミュレーションする方法である。つまり、各々のシミュレータは、自分自身が何を入力として動作し、何を出力するかだけをシミュレートする。例えば、メカシミュレータは、アクチュエータ入力によってのみ動作し、ソフトシミュレータが

50

どのような動作指示データを出したかを把握していない。エレキシミュレータも同様である。また、メカの動作を検出するセンサシミュレータを設けた場合、センサシミュレータは、メカの動作に対してのみ反応する。この第二の方法によれば、エレキシミュレータ及びメカシミュレータは、現実の物理的な現象に即した動作をすることになり、より精確なシミュレーションを期待できる。

【0008】

ところで、上記のいずれの方法においても、ソフトシミュレータ、エレキシミュレータ及びメカシミュレータのシミュレーション時間に差があることが多い。例えば、ソフトシミュレータはナノ秒のオーダーで模擬でき、メカシミュレータはミリ秒のオーダーで模擬することから、シミュレーション時間の差に対応する必要がある。特に、シミュレーション精度を上げようとする、メカシミュレータの応答は、実時間の数百倍の時間を要することもある。

【0009】

そこで、従来は、ソフトシミュレータ、エレキシミュレータ及びメカシミュレータを連携させる場合、計算に時間のかかる部分を間引くことにより、ソフトシミュレータの実行とメカシミュレータのシミュレーション速度差を吸収する仕組みが提案されている（特許文献1）。

【0010】

また、ソフトシミュレータとエレキシミュレータの2つを連携させる方法として、非同期で動作するシミュレーション方法が提案されている（特許文献2）。

【0011】

さらに、ソフトシミュレータ、エレキシミュレータ及びメカシミュレータの統合シミュレータを、実際にどう構築していくかの具体例が提案されている（非特許文献1）。この非特許文献1には、例えば、ソフト、エレキ、メカの各シミュレータを独立に動作させる構成の場合、各シミュレータ間でデータを授受するための仕組みが必要となることから、共通メモリを介してデータを授受する方法が記載されている。

【0012】

【特許文献1】特開2003-30251号公報

【特許文献2】特開2003-22296号公報

【非特許文献1】山崎辰夫、「シミュレータの作成」、デザインウェブマガジン、CQ出版、2004年2月

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

ところで、シミュレーション対象がソフト、エレキ、メカなどのように、複数の構成要素からなる場合、それらを一つのシミュレータでシミュレーションしようすると、シミュレータが大規模になるばかりでなく、各構成要素の相互の応答関係を正しく評価できない場合がある。

【0014】

そこで、複数の構成要素の個々のシミュレータは、一般に、既に関連されていることに鑑み、非特許文献1に記載のように、それらの個々のシミュレータを単独で動作させつつ、連携動作させて統合シミュレーションを構成することが望ましい。これによれば、メカシミュレータやエレキシミュレータが想定外の動作をしたときでも、それに正しく対応できるソフトウエアになっているかどうかを検証できる。また、メカの動作をセンサで検知してソフトウエアに返すセンサシミュレータを設ければ、一層精確なシミュレーションが可能となる。

【0015】

しかし、ソフトは、自己の処理内容を決定するために、メカやエレキの動作状態をフィードバックする必要がある場合は、独立に動作している各シミュレータの時間軸を同期させる必要がある。例えば、ソフトがメカに出力した動作指令に対するメカの応答を確認し

て、次の動作指令を出力する場合、メカの応答を一定時間内に獲得する必要がある。一般に、ソフトは、メカやエレキが一定時間内に想定した動作しなかった場合、対象物でエラーが発生したとみなしてエラー処理に移る処理を含んでいることから、各シミュレータ間でシミュレーションの同期を取らなければ、各構成要素の相互の応答関係を正しく評価できないことになる。

【0016】

この点、非特許文献1は、独立に動作している各シミュレータの同期を図ることについて考慮されていない。例えば、一律にシミュレーション速度の遅いシミュレータに合わせて同期を取ると、各シミュレータの実行効率が低下したり、各シミュレータの機能を低下させるなどの問題が発生する。

10

【0017】

このような問題は、ソフト、エレキ及びメカを構成要素とする統合シミュレーションに限らず、例えば、流体を取り扱う構造物の振動シミュレーションなどのように、シミュレーション対象が複数の要素から構成される場合に、それら複数の要素を模擬する複数のシミュレータを連携させて統合シミュレーションを構築する場合に共通の問題である。

【0018】

本発明は、複数のシミュレータを連携させてなる統括シミュレーションシステムにおいて、各シミュレータの実行効率及び機能を確保して各シミュレータを同期させることを課題とする。

【課題を解決するための手段】

20

【0019】

本発明の統合シミュレーションシステムは、上記の課題を解決するため、シミュレーション対象を構成する複数の要素をそれぞれ模擬する独立した複数のシミュレータと、前記複数のシミュレータがアクセス可能に接続された共通データ領域を有する連携手段とを備え、該連携手段は、一の前記シミュレータから同期要求があったときに他の前記シミュレータとの間のシミュレーション時刻の管理を行う時間管理手段を備えたことを特徴とする。

【0020】

すなわち、各シミュレータから同期要求があったときにのみ、関係するシミュレータ間のシミュレーション時刻の管理を行うように構成することにより、各シミュレータの実行効率及び機能を確保するとともに、各シミュレータを同期させることができる。

30

【0021】

本発明の統合シミュレーションシステムは、上記の構成に加えて、以下に列記する手段を適宜組み合わせる構成することができる。

【0022】

(1) 複数のシミュレータは、共通データ領域を介して相互にデータを授受するように構成することができる。その場合、形態によっては、2つのシミュレータ間（例えば、ソフトシミュレータとメカシミュレータ間）のデータ授受を、他のシミュレータ（例えば、エレキシミュレータ）を中継して行うようにすることができる。

【0023】

40

(2) 各シミュレータは、自己のシミュレーション処理が他のシミュレータのシミュレーション時間と関連する処理の場合、時間管理手段を介してシミュレーション時刻の同期をとるようにする。この場合、前記時間管理手段は、前記共通データ領域に、前記一の前記シミュレータが要求する同期対象の他の前記シミュレータと同期時刻情報とを格納する領域と、当該他のシミュレータが前記同期時刻に達したときに同期完了情報を格納する領域とを有し、前記一の前記シミュレータは、前記共通データ領域にアクセスして前記同期完了情報を確認した後、前記共通データ領域の当該他のシミュレータの動作データを取得するように構成することができる。

【0024】

(3) 複数のシミュレータのシミュレーション状況を表示する表示装置を有するユーザイ

50

ンターフェイスを備え、該ユーザインターフェイスは、前記各シミュレータのシミュレーション状況を単独又は並べて前記表示装置にグラフィカル表示させる表示モード選択手段を有して構成することができる。すなわち、ソフト、エレキ及びメカの各シミュレータのシミュレーション状況を、ユーザが適宜確認できるように構成する。これによれば、ソフト、エレキ及びメカの動作等に問題がある場合、その問題の原因等をユーザが容易に検討することができる。

【0025】

(4) ソフトに対する割込みをシミュレーションで実現することができる。つまり、ソフトシミュレータ等に割込み処理手段を設け、複数のシミュレータから割り込み要求があったとき、オペレーティングシステムのシグナル機構を用いて割込みをシミュレーションするようにする。これによれば、実際のソフトの動作と同じ動作で、割込みをシミュレーションすることができる。つまり、シミュレーション手順がループ状に構成されている場合、ループ内に割り込みの有無をチェックする処理を組み込むことが可能であるが、このようにソフトのシミュレータに、定期的に割り込みの有無をチェックするような処理を組み込むと、実際のソフトの動作と異なるものになってしまうのを防止できる。

10

【0026】

(5) 連携手段にアクセス可能にデータ操作インターフェイスを接続して設け、データ操作インターフェイスによってシミュレーション時に少なくとも前記共通データ領域のデータを変更するようにすることができる。これによれば、実機で再現あるいは条件設定が困難な状態、あるいは異常状態を作り出すことが可能になる。

20

【0027】

(6) 機器に組込まれるソフトウェアを模擬するソフトシミュレータと、前記ソフトウェアによって駆動及び制御される機械装置を模擬するメカシミュレータと、前記ソフトシミュレータと前記メカシミュレータとの間で授受されるデータを変換する電気回路系を模擬するエレキシミュレータとを含むシステムに適用できる。この場合において、ソフトが実際に制御及び動作させる対象は、実際のエレキ及びメカからなるハードウェアであるから、エレキ及びメカのシミュレータモデルによるシミュレーション結果と実機を用いたデバッグ及び検証の結果とを対比して、シミュレーションモデルの精度を改善することが望まれている。これに対応するため、メカシミュレータとエレキシミュレータは、連携手段の共通データ領域にそれぞれ実機を単独で又は自己のシミュレータとの組合せでアクセス可能に切り替える切替機能を有する構成とすることができる。

30

【0028】

(7) 精度の高いメカシミュレータは、物理モデルシミュレータを用いることが好ましい。しかし、精度を若干犠牲にしても、応答速度の速いメカシミュレータが要請される場合がある。この場合は、メカシミュレータとして仮想モデルシミュレータを設けることができる。この仮想モデルシミュレータは、前記ソフトシミュレータの動作指令に対応させて予め模擬してなる応答データを有し、前記応答データに基づいて前記ソフトシミュレータの動作指令に対応した動作結果を求めて前記共通データ領域に格納する構成とすることができる。これによれば、メカシミュレータの応答速度を向上できるから、統合シミュレーションの実行効率を向上できる。また、物理モデルシミュレータと仮想モデルシミュレータを備えてメカシミュレータを構成し、シミュレーション精度に応じて両者を切替えて用いることができる。

40

【0029】

(8) ソフトウェアのソースプログラムに基づいて、エレキとメカに対するアクセスポート（物理ポート）を抽出し、そのアクセスポートに対応する共通データ領域のアクセスアドレスを定義した共通データ領域参照用の変数切替え定義ファイルを自動生成する手段を、ソフトシミュレータに設けることにより、ソフトシミュレータ用のソースプログラムを生成するようにすることができる。

【0030】

すなわち、共通メモリ領域を介してデータを授受する場合、ソフトのソースプログラム

50

は、実際のエレキ等の物理ポートにデータを入出力するように記述されているから、データの入出力先を共通メモリ領域のアドレスに変更してソフトシミュレータを構成しなければならない。通常、ソースプログラムの参照先の変更作業は、人がプログラムエディタを用いて手作業で行なうことから、プログラムの規模に応じた大掛かりな作業となるが、本発明によれば、ソフトシミュレータ用のソースプログラムの作成作業が簡単になる。

【0031】

(9) ソフトシミュレータとメカシミュレータとエレキシミュレータのシミュレーションモデル、シミュレーションモデルの構成要素、シミュレーション条件、及びシミュレーション結果を保存及び管理するデータベースを備えた構成とすることができる。これによれば、シミュレーションモデル及びシミュレーション条件を変えて複数のシミュレーションを実行した場合、それらのシミュレーションモデル及び結果の管理が容易に行える。つまり、複数のシミュレーションを実行すると、シミュレーション実行後、時間が経つと、内容がどのようなものであったかが不明確になり、管理が困難であったが、本発明によれば改善できる。

10

【0032】

(10) データベースを備えた場合は、データベースのシミュレーション実行に関する情報の検索、参照、編集を行なうユーザインターフェイスを備えることが好ましい。また、ユーザインターフェイスは、シミュレーション実行時に、シミュレーションモデル、シミュレーション条件をデータベースに保存されている内容と比較し、同一又は類似しているシミュレーションモデル及び結果をシミュレーション実行前に表示装置に提示するように構成できる。

20

【0033】

(11) 連携手段は、共通データ領域にそれぞれ実機を単独で又は自己のシミュレータとの組合せでアクセス可能に切り替える切替機能を有し、ユーザインターフェイスは、実機を含むシミュレーションと、そのシミュレーション結果の組合せにより、シミュレーションの目的、処理時間、及びシミュレーション精度とを管理し、目的、処理時間、精度に応じて適切なシミュレーションモデル化を提示してシミュレーションモデル化精度を向上させる機能を有するものとしてすることができる。さらに、ユーザインターフェイスは、複数のシミュレーション結果について、対応するデータを同一表現で表示装置に表示するようにすることができる。

30

【0034】

(12) データベースに格納されたシミュレーションモデル、シミュレーション条件及びシミュレーション結果を、任意の表示装置に対応したフォーマットのデータで出力する出力手段を備えることができる。

【発明の効果】

【0035】

本発明によれば、複数のシミュレータを連携させてなる統括シミュレーションシステムにおいて、各シミュレータの実行効率及び機能を確保して各シミュレータを同期させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【0036】

[実施形態1]

本発明の一実施形態の統合シミュレーションシステムの基本構成を図1に示す。本実施形態は、図1に示すように、組込みソフトウェアにより電気電子回路等の電気系を介して駆動及び制御される機械部品を有する製品を、独立したソフトシミュレータ1、エレキシミュレータ2及びメカシミュレータ3により、連携してシミュレーションするシステムである。ソフトシミュレータ1、エレキシミュレータ2及びメカシミュレータ3は、シミュレータプラットフォーム（以下、単にプラットフォームと略す。）4に接続されている。プラットフォーム4は、ソフトシミュレータ1、エレキシミュレータ2及びメカシミュレータ3の各シミュレータを統合するための連携手段を構成する。つまり、本実施形態では

50

、プラットフォーム4は、少なくともソフトシミュレータ1とエレキシミュレータ2との間、エレキシミュレータ2とメカシミュレータ3との間のデータ授受を可能にする共通データ領域を構成する共通メモリ領域を有して構成されている。但し、ソフトシミュレータ1とメカシミュレータ3の間で直接データ授受を行なうように構成することができる。また、各シミュレータ間で、直接データ授受を行なうように構成することもできる。各シミュレータには、それぞれ専用のデータ表示手段を含めて構成することができる。

【0037】

また、プラットフォーム4は、ソフトシミュレータ1から出されるデジタルデータとして出力されるメカ駆動データをアナログに相当するデータに変換してエレキシミュレータ2に転送するように構成されている。また、プラットフォーム4は、エレキシミュレータ2から出力されるモータなどのアクチュエータを駆動する制御信号や、回転速度等を制御するためのパラメータなどのデータを、メカシミュレータ3に対してモータ駆動電流やパルス数などのデータに変換して転送するように構成されている。また、逆に、メカシミュレータ3の動作データを位置検出等のセンサ出力に変換し、そのデータをエレキシミュレータ2に返したり、エレキシミュレータ2から出力されるアナログイメージのデータをデジタルデータに変換するとともに、ソフトシミュレータ1に対して割込みを発生させるなどの処理機能を備えて構成される。

【0038】

また、プラットフォーム4に備えられる共通データ領域は、本実施形態で採用した共通メモリ領域に限らず、独立に動作している各シミュレータ1～3から対等にアクセスが可能な手段により形成できる。例えば、

【0039】

(a) ファイルシステム上に用意する1つ以上のデータファイル、及びこれらのファイルにアクセスするインターフェイス手段

【0040】

(b) メモリ上に割当て可能な共有メモリ領域、もしくはこれと同等の機能を有するデータ領域、及びこれらの領域にアクセスするインターフェイス手段

【0041】

(c) 各シミュレータをクライアントプロセスとし、これらと、プラットフォーム4のデータのみを管理するサーバプロセスより構成されるクライアントサーバ形式のシステムなどによって実現される。(c)の場合のインターフェイス手段は、サーバシステムに内蔵される形式となる。

【0042】

ソフトシミュレータ1は、組込みソフト8を取り込んでシミュレーションを行う。エレキシミュレータ2は、回路データ9を取り込むことにより、その回路のシミュレーションを行なう。メカシミュレータ3は、メカ設計のCADデータ10を取り込んでシミュレーションを行う。

【0043】

プラットフォーム4には、ユーザインターフェイス12を含めることができる。ユーザインターフェイス12は、少なくとも、シミュレーションの状況をグラフィック表示するためのビューワ、シミュレーション実行時のデータやシミュレータのパラメータなどをユーザが操作するためのデータ操作インターフェイスを含ませることができる。また、プラットフォーム4の構成方法としては、図1のように、ユーザインターフェイス12を別構成とすることもできる。

【0044】

また、プラットフォーム4には、各シミュレータ1～3のシミュレーション時刻を管理するための時間管理モジュールを含めることができる。また、プラットフォーム4には、エレキシミュレータ2と実機回路14を切替える手段と、メカシミュレータ3と実機メカ15を切替える手段をそれぞれ含めることができる。また、これらの切替え手段は、それぞれのシミュレータ2、3の内部に含めることができる。本実施形態では、実機とシミュ

10

20

30

40

50

レータの切替え手段を、それぞれのシミュレータ内部に含めて構成している。

【0045】

また、プラットフォーム4には、シミュレーションデータベース11が接続されている。シミュレーションデータベース11は、シミュレーションに関するデータを保持・管理するものである。

【0046】

図2に、プラットフォーム4を中心とした図1の詳細構成図を示す。図2に示すように、プラットフォーム4は、点線で囲って示したように、各モジュールがデータを授受するための共通データ領域90が設けられている。共通データ領域90には、ハードウェア制御データ91、ハードウェア状態データ92、メカ駆動データ93、センサ発火フラグ94、メカ動作データ95、表示設定パラメータ96、及び時間データ97などのデータが含まれている。

10

【0047】

共通データ領域90には、ソフトシミュレータ1、エレキシミュレータ2、メカシミュレータ3に加えて、センサシミュレータ5がアクセス可能に接続されている。ここで、センサシミュレータ5は、メカシミュレータ3の状態を電氣的に把握するためのセンサをシミュレーションするモジュールであり、本実施形態では、メカシミュレータ3又はエレキシミュレータ2から独立して構成している。ソフトシミュレータ1にはサブモジュールとして割込み処理部21が設けられている。エレキシミュレータ2には、ソフトシミュレータ1からのメカ動作指示をメカシミュレータ3に渡すための伝達部31と、逆にメカシミュレータ3からソフトシミュレータ1にデータを伝達するための伝達部32が含まれている。

20

【0048】

また、共通データ領域90には、シミュレーションの状況を表示するためのビューワ60と、シミュレーションの時間を管理する時間管理モジュール70と、ユーザがシミュレーション時のデータをチェック又は変更するためのデータ操作インターフェイス(I/F)80がアクセス可能に接続されている。

【0049】

このように構成される共通データ領域90を備えた統合シミュレーションの基本的な動作を説明する。ソフトシミュレータ1は、メカシミュレータ3に与える動作指示データをハードウェア制御データ91に書き込む。エレキシミュレータ2はそのデータを読み取り、メカシミュレータ3に実際に与える電圧や電流のデータを、メカ駆動データ93に書き込む。メカシミュレータ3はメカ駆動データ93に書き込まれたデータに従って動作シミュレーションを行ない、その動作結果のデータをメカ動作データ95に書き込む。センサシミュレータ5は、メカ動作データ95のメカ動作データを読み取り、アクティブになったときにアクティブ情報をセンサ発火フラグ94に書き込む。エレキシミュレータ2は、メカ動作データ95とセンサ発火フラグ94とを読み取り、ハードウェア状態データ92に書き込む。ソフトシミュレータ1は、ハードウェア状態データ92を読み取り、その状態に対してどのような処理を行なうか、次にどのような動作指示をメカシミュレータ3に対して与えるか、といった処理を行なう。

30

40

【0050】

ここで、ソフトシミュレータ1、エレキシミュレータ2、メカシミュレータ3及びセンサシミュレータ5は、それぞれ自分自身が読込んだデータに対してのみ、動作シミュレーションを行なう。したがって、他の要素であるシミュレータがどのような状態にあるか、どのような処理をしようとしているか、といったことは把握していない。このように構成することにより、メカシミュレータ3の動きはエレキシミュレータ2から与えられるアクチュエータのデータのみによって決定され、ソフトシミュレータ1やセンサシミュレータ5の状態から完全に切り離すことができる。また、センサシミュレータ5は、メカシミュレータ3の状態のみをチェックしてアクティブになるべきかどうかを判定する。そのため、ソフトシミュレータ1やエレキシミュレータ2の状態から独立して、センサとしてのシ

50

ミュレーションを精確に行なえる。

【0051】

一方、ビューワ60は、ユーザインターフェイス12に組込まれるものであり、ハードウェア状態データ92、メカ動作データ95を読み込み、メカの動作状態をグラフィック画面に表示するようになっている。メカ動作データ95はメカの動き（位置データ）のみである。ハードウェア状態データ92は、メカ動作データ95以外のもの、例えば、電気回路上に実装されているインジケータ、表示デバイスなどである。このハードウェア状態データ92とメカ動作データ95により、ユーザが目にするのできる実物イメージを表示する。

【0052】

データ操作IF80は、共通データ領域90内のデータの表示、書き換えを行なうためのユーザインターフェイスである。シミュレーション時には、ソフト、ハードが異常状態に適切に対応可能かどうかをチェックすることがある。このような場合に対応するため、データ操作IF80でデータを書き換え、異常状態を作り出す。ビューワ60及びデータ操作IF80により、シミュレーションの実行状況をグラフィカルに、かつ、数値による詳細把握が可能となる。また、データ書き換えによる異常状態のチェックが可能となる。

【0053】

上述したように、各シミュレータ間のデータ授受をプラットフォーム4に設けた共通データ領域90を介して行なうようにしたことから、本実施形態によれば、各シミュレータのデータアクセス部分をプラットフォーム4にのみ記述するだけでよく、シミュレータの定義が容易になる。その結果、統合シミュレーションに必要な機能、例えば、プラットフォーム4のデータをユーザが随時変更可能なデータ操作IF80、各シミュレータのシミュレーション時間を管理する時間管理モジュール70、メカの動作をグラフィック表示するビューワ60、などの機能を容易に追加することが可能である。

【0054】

図3に、ソフトシミュレータ1、エレキシミュレータ2、メカシミュレータ3、センサシミュレータ5の基本的な内部動作のフローチャートを示す。各シミュレータは、起動されると（101）、ワーク変数のクリア、デフォルト値の設定などの初期化を行なう（102）。次に、シミュレーションを終了するかどうかの判定を行なう（103）。この判定は、例えば、メカのメインスイッチに相当するデータをチェックし、これがオフ状態であればメカが停止したと見做して、シミュレーションを終了する（107）。この判定に用いるデータとしては、メカや電気回路に供給される電源に相当するデータ、シミュレーションの実行用に別途定義したデータなどでもよい。シミュレーション終了判定103で、実行すると判定された場合は、入力すべきデータを読み込み（104）、そのデータに基づいて動作シミュレーションを行ない（105）、得られた結果を出力する（106）。前述したように、これらのデータ入力、データ出力は共通データ領域90に対して行なわれる。このような、各シミュレータの構成、及び基本動作により、物理現象に即した形で、ソフトシミュレータ、エレキシミュレータ、メカシミュレータの統合シミュレーションが可能となる。

【0055】

（時間管理モジュール70）

ここで、時間管理モジュール70により行う各シミュレータの同期処理について説明する。各シミュレータは、独立に動作するため、組込みソフト8にメカの応答待ちなどの時間に関する処理が組み込まれている場合には、これを正しく処理できない。ところで、シミュレーション時に、コンピュータの内部時刻を呼び出すシステムコールなどを用いれば、時間待ちそのものは実現できる。しかし、統合シミュレーションで最も重要なことは、メカが制限時間以内に所望の動作をするかどうかであり、ソフトが実時間で制限時間待つことではない。そこで、メカシミュレータ3の動作シミュレーションの時間と、ソフトシミュレータ1のシミュレーションの時間を同期させる必要があることがある。

【0056】

時間管理モジュール70は、図4と図5を用いて説明するように、各シミュレータの基本動作処理を拡張することで、物理現象に即したシミュレーションを維持したまま同期処理を実現している。図4は、同期処理のために共通データ領域90に用意したデータの構成例であり、図5は、ソフトシミュレータ1がメカシミュレータ3に対して同期を要求する場合を示している。ソフトシミュレータ1は、同期処理が必要になった時点で、同期相手であるメカシミュレータ3に同期要求を連絡する。この同期要求は、メカシミュレータ3が参照するデータ領域に同期要求フラグ152を立てることにより行う。これと同時に、同期要求元が自分であることを示すために、同期要求プロセス154にソフトシミュレータ1の識別コードを書き込む。この識別コードは、各シミュレータが識別できる形式のものであればどのようなデータでもよく、例えば、統合シミュレータのオペレーティングシステムが管理しているプロセス番号を利用することができる。

10

【0057】

また、同期をとりたい時点を、同期時刻156に設定する。メカシミュレータ3は、自分自身のシミュレーションを実行し、実行ループの終了ごとに現在の時刻を現時刻155に書き込むとともに、同期時刻156との比較を行なう。そして、メカシミュレータ3自身の現時刻155が同期時刻156に達した時点で、同期完了フラグ153を立てる。ソフトシミュレータ1は、同期完了フラグ153が立ったことを確認した時点で、メカシミュレータ3の動作データ、センサシミュレータ5のデータなどを取得し、メカシミュレータ3が制限時間内に所望の動作をしたかどうかの判定処理を行なう。

【0058】

20

図5に、上述した同期処理手順のフローチャートを示す。同期処理は、図3に示した動作シミュレーション105を終了して、その結果を出力(106)した実行ループの終了ごとに行うようになっている。まず、他のシミュレータからの同期要求があるかどうかを確認する(108)。同期要求がある場合は、その同期要求元のシミュレータのシミュレータ時刻と自己のシミュレータのシミュレータ時刻とを比較して、同期したかどうかをチェックする(109)。このチェックで同期したと判定した場合、同期完了フラグ153をセットし(110)、元のループに戻る。同期が完了していないと判定した場合は、自己のシミュレータが要求元のシミュレータに対して遅れていることになり、さらに動作シミュレーションを継続すべく、元のループにそのまま戻る。同期要求有無の確認108において、同期要求がなければ、そのままシミュレーションを継続することになる。

30

【0059】

上述したように、各シミュレータは、自己のシミュレーション処理が他のシミュレータのシミュレーション時間と関連する処理の場合、時間管理モジュール70を介してシミュレーション時刻の同期をとるようにしている。つまり、共通データ領域90は、一のシミュレータが要求する同期対象の他のシミュレータと同期時刻情報とを格納する領域と、この他のシミュレータが同期時刻に達したときに同期完了情報を格納する領域とを有し、一のシミュレータは、共通データ領域90にアクセスして同期完了情報を確認した後、共通データ領域の他のシミュレータの動作データを取得するように構成している。

【0060】

このように、本実施形態は、各シミュレータが独立に動作し、各シミュレータは共通データ領域を有する連携手段であるプラットフォーム4を介してデータ授受を行なうとともに、同期処理に関するデータ授受も同様にプラットフォーム4を介して行なうようになっている。つまり、プラットフォーム4は、一のシミュレータから同期要求があったときに他のシミュレータとの間のシミュレーション時刻の管理を行う時間管理手段を備えていることから、統合シミュレータの基本的なシミュレーション形式を維持したまま、必要に応じて同期処理を行なうシミュレーションが可能となる。また、各シミュレータから要求があったときにのみ、関係するシミュレータ間のシミュレーション時刻の管理を行うことにより、各シミュレータの実行効率及び機能を確保するとともに、各シミュレータを同期させることができる。

40

【0061】

50

(割込みシミュレーション 2 1)

ここで、組込みソフト 8 の割込み処理をシミュレーションする本実施形態の割込みのシミュレーション手段について説明する。図 6 は、本実施形態の割込みのシミュレーションを、コンピュータのメモリマップを用いて行う説明図である。ソフトシミュレータ 1、エレキシミュレータ 2、メカシミュレータ 3 などのシミュレータのモジュール 2 1 0 は、オペレーティングシステムによってメモリ 2 0 0 上の適切な位置に配置される。モジュール内では、シグナルを受信した場合の処理を行なう関数名を定義しておく (2 1 1)。実際の処理を行なう部分はサブモジュールとしてメモリ上の別の位置に配置される (2 2 0)。本実施形態では、このサブモジュール内に割り込みに関するほとんどすべての設定、処理手順を定義しておく。ここには、割込み番号参照処理 2 3 0、割込み番号 1 の処理 2 4 1、割込み番号 2 の処理 2 4 2、割込み番号 3 の処理 2 4 3 のように、各割込み番号に応じた処理が定義される。ここに含まれないものは、エレキシミュレータ 2 がソフトシミュレータ 1 に対して割り込みを発生させるときに、どの割込み番号で割り込みをかけるかという情報のみである。これは、メカシミュレータ 3 やセンサシミュレータ 5 の状態により、使用する割込み番号が変わるためであり、割り込みをかける側が決定するためである。

【0 0 6 2】

モジュール 2 1 0 は、実行中にシグナルを受け付けると、シグナル関数定義で定義された場所へ処理を移す。このシグナルは、コンピュータのオペレーションシステムで用いられるシグナルであり、例えば、エレキシミュレータ 2 がセンサシミュレータ 5 の発火フラグに基づいて、ソフトシミュレータ 1 に割り込みをかけるとき、エレキシミュレータ 2 はシグナルに割込み番号を付してモジュール 2 1 0 に発信する。モジュール 2 1 0 は、シグナル関数定義で定義された場所へシグナルを移した後、割込み番号を調べる (2 3 0)。次いで、その番号に応じた処理 2 4 1、2 4 2、2 4 3 などを行なった後、もとの場所、すなわちシグナルを受信したときの位置へ戻り、その後の処理を続行する。

【0 0 6 3】

この割込み処理動作は、実際の組込みシステムにおける割込み処理の手順とほぼ同等である。異なる点は、実際の組込みシステムにおける割込み処理では、割込み番号によって移る先の場所が異なるという点のみである。本実施形態では、この飛び先の処理をソフトウェアで実現し、割込み発生タイミング取得のみにシグナルを用いることにより、割込みのシミュレーションを実際の組込みシステムと同様の動作で行なえるようにしていることを特徴とする。

【0 0 6 4】

図 7 に、割込みシミュレーション時の設定データの例を示す。同図の割込みシミュレーション設定データ 2 5 0 には、割込み番号 2 5 1、優先度レベル 2 5 2、割込みマスク 2 5 3、使用シグナル 2 5 4、割込み処理関数 2 5 5 が各割込み番号に対してセットで用意される。また、マスク設定方式 2 5 6、マスクレベル 2 5 7 がある。優先度レベル 2 5 2 は、各割込み番号の割込み優先度を定義するものである。割込みマスク 2 5 3 は、割込みを受け付けたときの割込み処理を行なうか否かを簡単に判定するためのものであり、マスクされている場合は受け付けた割込みに対する割込み処理を行なわない。使用シグナル 2 5 4 は割込みシミュレーションを行なうときに使用するシグナルを定義するものである。オペレーティングシステムの種類にもよるが、ユーザがアプリケーションでシグナルを利用できる場合には、通常、SIGUSR1、SIGUSR2 の 2 つをユーザ定義として利用することができる。割込み処理関数 2 5 5 は、各割込み番号に対する割込み処理を定義した関数の関数名である。マスク設定方式 2 5 6 は、割込みマスクの設定の方法を決めるためのものであり、割込み番号順、優先度レベル順、などで設定する。優先度レベルが設定されている場合、マスクするか否かは、マスクレベル 2 5 7 に設定された値と、各割り込みの優先度の比較により、マスクレベル 2 5 7 より、優先度が低いものはマスク設定されることになる。マスク設定方式 2 5 6 が割込み番号順の場合も同様である。

【0 0 6 5】

このように、本実施形態のソフトに対する割込みをシミュレーション 2 1 がソフトシミ

ュレータ 1 に設けられ、複数のシミュレータから割り込み要求があったとき、オペレーティングシステムのシグナル機構を用いて割り込みをシミュレーションするようにしているから、実際のソフトの動作と同じ動作で、割り込みをシミュレーションすることができる。つまり、シミュレーション手順がループ状に構成されている場合、ループ内に割り込みの有無をチェックする処理を組み込むことが可能であるが、このようにソフトのシミュレータに、定期的に割り込みの有無をチェックするような処理を組み込むと、実際のソフトの動作と異なるものになってしまうのを防止できる。

【0066】

(ユーザインターフェイス 12)

ここで、ユーザインターフェイス 12 の表示機能について説明する。図 8 に、シミュレーション時の実行状態の例を示す。コンピュータの実行プロセスを表示させると、その時点のプロセスが表示されるが、図 8 はその一部を示したものである。共通データ領域 90 を管理するプロセス (図 8 の例ではプログラム名: base) 301、エレキシミュレータ 2 のプロセス 302 (同circuit)、メカシミュレータ 3 のプロセス 303 (同mech)、センサシミュレータ 5 のプロセス 304 (同sensor)、ソフトシミュレータ 1 のプロセス 305 (同soft)、表示用プロセス 306 (同view)、時間管理用プロセス 307 (同time mgr) がそれぞれ独立したプロセスとして動作していることが示されている。各シミュレータは、処理内容が演算主体であるが、表示用プロセスはシミュレーションの状況をビュー 60 にグラフィックで表示し、メカがどのように動作するかをユーザに提示する。このとき、CADデータを用いてメカの形状を表現し、専用のグラフィック表示ウィンドウ 308 にその動作状況を表示する。ユーザはこの表示を見て、意図したとおりの動作をしているかを確認することができる。

【0067】

図 9 に、各シミュレータの実行状況を統合画面に表示した例を説明する。統合表示画面 700 は、少なくとも操作メニューを選択するメニューバー 701、ソフトウェアを表示するソフト表示タイトル 711、ソフトウェアのソースコードの内容を表示するソースコード表示領域 712、エレキとメカの各シミュレータのデータを表示するエレキデータ表示領域 722、メカデータ表示領域 723、及びデータ領域用のデータ表示領域タイトル 721 より構成される。ソースコード表示領域 712 には、ソフトウェアのソースコードが表示され、実行中の部分をカレント行ポインタ 715 で指し示す。実行中の部分を表示する方法としてはソースコードの文字の表示色を変更する。あるいは、リバーズ表示にするなど、他の部分と区別がつけれる方法であればポインタ表示法に限らなくともよい。エレキデータ表示領域 722 に表示されるデータとメカデータ表示領域 723 に表示されるデータは、時間スケールを同じくして並べて表示した状態で、時間の位置が同一になるように表示が制御される。これにより、エレキシミュレータ 2 の実行状況と、メカシミュレータ 3 の実行状況を対比させながら把握することが可能となる。

【0068】

さらに、ソースコード表示領域 712 の内部にあるカレント行ポインタ 712 が示す行の実行時間に対応するものを、エレキデータ表示領域とメカデータ表示領域 723 では、時間インジケータ 725 で表示する。また、その時間を数値で表示する。図 9 では、データ表示領域タイトルの一部に、時間データ 724 を表示した例を示している。カレント行ポインタ 715 と時間インジケータ 725 は、統合シミュレーションの進行に合わせて随時移動していく。また、これに合わせて時間データ 724 の表示内容も変化していく。このように、ソフトシミュレータが実行するソースコード、エレキシミュレータ、メカシミュレータが同一の画面に同一スケールで表示される。

【0069】

これにより、本実施形態によれば、統合シミュレーションの実行状態、特にシミュレータ間の実行タイミングの状態を確認したい場合などにおいて、統合表示画面 700 を用いることにより、その状態を容易に把握することが可能となる。また、特定のシミュレータに限定して実行状態を確認したい場合には、従来の一般的なシミュレーションの結果表示

と同様に、個別の表示画面を用いることも可能である。

【0070】

(データ操作インターフェイス80)

図10に、データ操作インターフェイス80の画面構成例を示す。ここでは、統合シミュレーションに対するユーザの操作環境を表示する。データ操作インターフェイス画面400には、シミュレーションコントロール部410、モデル表示制御部420、及びデータ表示・変更操作部430がある。シミュレーションコントロール部には、シミュレーションの実行を制御する制御パネル411、各シミュレータのシミュレーション時刻を表示するシミュレータ時刻表示部418、現在時刻表示部419がある。制御パネル411には、シミュレーションの実行を開始・再開するための実行ボタン415、一時停止・再開するための一時停止ボタン416、停止するための停止ボタン414、早送りや逆戻しを行なう早送りボタン417、逆戻しボタン413、およびシミュレーション時刻をリセットするリセットボタン412が用意されている。 10

【0071】

モデル表示部420は、グラフィック表示ウィンドウ308に表示するモデルの表示条件を設定するためのものであり、例えば、シェーディング表示、ワイヤーフレーム表示、メッシュ表示から択一するための選択ボタン421が用意されている。

【0072】

データ表示部430は、共通データ領域90内のデータを表示、変更する操作をおこなうためのものである。データを表示するには、ハードウェア制御データ91、メカ駆動データ93、メカ動作データ95などのデータグループと、その中にあるデータをデータ名で指定する必要がある。ここでは、データグループ指定フィールド431、およびデータ名指定フィールド432にそれぞれデータグループ名、データ名を設定する例を示している。また、これらはシミュレータ構成時に明確になっているものであるため、プルダウンメニューボタン433を用いてリスト表示から選択する方法もある。ここで指定されたデータはデータ表示領域434にその名称と値が表示される。データグループ、データ名選択時に、「all」などのように複数選択を指定した場合、表示される文字数がデータ表示領域に収まりきらないことがある。このような場合には、スクロールバー436を用いて、所望のデータを閲覧する。データ変更領域435は、共通データ領域上のデータの値を直接変更する操作を行なうためのものであり、データ表示の場合と同様に、変更したいデータを指定するデータ名指定フィールド432、プルダウンメニューボタン433が用意されている。さらに、選択したデータの内容を表示する現在値表示フィールド437、変更する値を設定する変更値設定フィールド438が設けられている。ここで設定した変更値は、OKボタン439を押した時点で、その変更が有効となる。設定を取り消す場合は、CANCELボタン440を押せばよい。 20 30

【0073】

本実施形態では、各シミュレータが独立に動作可能で、シミュレータ間のデータアクセスを共通データ領域90を経由して行なう方法を採用している。そのため、他の機能を容易に追加することが可能であり、さらに、前述のイメージでデータを操作することも可能となっている。したがって、本実施形態のデータ操作インターフェイス80を用いて、統合シミュレーション実行時に、実機では再現あるいは条件設定が困難な状態や異常状態を作り出すことも可能であり、このような場合に対してもソフトウェアが正しく対応できるかどうかを検証するようなシミュレーションが行なえるようになる。 40

【0074】

また、ソフトが実際に制御及び動作させる対象は、実際のエレキ及びメカからなるハードウェアであるから、エレキ及びメカのシミュレータモデルによるシミュレーション結果と実機を用いたデバッグ及び検証の結果とを対比して、シミュレーションモデルの精度を改善することができる。

(変数切替え定義ファイルの自動生成手段)

図11を参照して、ソフトウェア8のソースプログラムに基づいて、エレキとメカに対 50

するアクセスポート（物理ポート）を抽出し、そのアクセスポートに対応する共通データ領域 90 のアクセスアドレスを定義した変数切替え定義ファイルを自動生成する手段について説明する。

【0075】

共通データ領域 90 を介してデータを授受する場合、ソフトウェア 8 のソースプログラムは、実際のエレキ等の物理ポートにデータを入出力するように記述されているから、データの入出力先を共通データ領域 90 のアドレスに変更してソフトシミュレータ 1 を構成しなければならない。ここでは、組込みソフト 8 が C 言語で記述されている場合を想定して説明を行なう。C 言語のプログラムでは、通信ポート、プリンタポートなどの外部デバイスに対する入出力は、ディスク上のファイルへのアクセスと同様の形式で行なわれる。すなわち、まずデバイスをオープンし、アクセスするための識別子を得る。対象によって種類が異なることがあるが、通常、ファイルハンドラ、ファイルポインタ、ファイルディスクリプタと呼ばれるものが使われる。次に、読み込み用、書き込み用の関数やシステムコールに、識別子とデータを引数で与えてデータの入出力を行なう。処理が終わった時点で、オープンしたデバイスを閉じる。メモリ上に割当てられた変数に対しては直接変数名を記述するだけでアクセスできるが、外部デバイスに対しては前記処理が必須となる。

10

【0076】

本実施形態では、外部デバイスに対する前記必須の処理を検索することにより、外部デバイスに対してアクセスしている場所を見つけ、その処理を共通データ領域に割当てたデータへのアドレスに置き換えることにより、組込みソフト 8 のプログラムをシミュレータ用のものに変換する処理を行なう。まず、外部デバイスに対して実際にアクセスする実 I/O (261) を検索するために、検索のキーとなるデータ 260 を用意する。例えば、入出力用の関数として `open()`、`fopen()`、`read()`、`write()`、`fprintf()`、`close()`、`fclose()` などがあり、デバイス名には、`/dev/com1`、`/dev/lpt1`、`/dev/sda1` などがある。処理系によっては、`CreateFile()`、`CreateDC()` などの関数があり、デバイス名として `COM1`、`LPT1` などが使用されていることもある。他に、PCI スロットに接続する形式の機器では、専用の API (Application Programming Interface) が用意されることがあり、場合によってはこれらの関数名も利用可能である。これらの関数名やデバイス名をはじめとする外部デバイスをアクセスするため文字列をキーとし、ソースプログラムを検索する。C 言語では、インクルードファイルや、コンパイル時のオプションでデバイス名などを定義することも可能であるため、検索はプログラム、インクルードファイル、コンパイル用コマンドファイルまでを対象とする。

20

30

【0077】

検索により外部デバイスのアクセス場所を見つけた場合、共通データ領域へアクセス変数を確保し、識別子との対応付けを行なう。この対応付けを共通データ領域アクセスインターフェイス (I/F) 262 として別ファイルに生成し、回路シミュレータやメカシミュレータのソースプログラムに付け加える。同時に、共通データ領域へアクセスすることにより、元のプログラムでは不要となるデバイスのオープン、クローズ処理、アクセス部分の修正を行なう。これにより、エレキ、メカの各シミュレータ 2、3 も共通データ領域 90 を同じ形式で参照できるようになり、相互のデータ授受が可能なモジュールが生成できることになる。

40

【0078】

ここで、図 12 を参照して、対応付け及びソースプログラムの修正方法の例を説明する。元のプログラム 270 において、デバイスのオープン 271、データの出力 272、デバイスのクローズ 273 が記述されているとする。デバイス名により、デバイスのオープン文 271 が検索でき、ファイルディスクリプタが「fd」であることがわかる。この fd で検索すると、データを出力している部分 272 がわかる。次に、共通データ領域に fd の代わりに利用するデータを確保し、その置換えを定義する (281)。これをファイ

50

ル 280 に出力しておく。元のソースプログラムに対して、前記置換え用のファイル 280 を読込むよう定義をし (291)、オープン文 271 を実行しないよう、プリプロセッサに指示する行 292 を挿入する。データを出力している行 272 については、これを実行しないようにし (292)、代わりに共通データ領域 90 にアクセスする形式の行 293 を挿入する。ここでは、アクセス先のデータ名としてファイルディスクリプタと同じ文字列「fd」が使われるが、これは前記の置換えを定義したファイル 280 により、コンパイル時に共通データ領域のデータ名に変更される。デバイスのクローズ文 273 についても、オープン文 271 と同様、実行しないようにプリプロセッサ指示文 292 が挿入される。以上の手続きにより、デバイスへのアクセスを共通データ領域 90 上へのアクセスに置き換えることが可能となる。

10

【0079】

次に、図 13 を用いて、ソースプログラム中に置き換える文字列と同じ文字列が別のデータ名や関数名に含まれている場合の処理について説明する。置換え定義ファイル 280 で文字列「fd」の置換えを定義すると、ソースプログラム中のすべての「fd」という文字列が置き換えられる。しかし、この文字列を含む別の処理 274 が記述されていると、これも置き換えられて異なる処理、もしくは誤ったプログラムが生成されてしまうおそれがある。このような場合に対応するため、まずデバイスアクセスに関する部分の文字列「fd」を一度別のものに置き換える。図 13 では「fd」を前後にアンダースコアを付加した「_fd_」にした例を示している。ここで、もし新たに定義した「_fd_」が別に使われているような場合は、さらに前後にアンダースコアを付加するなど、重複がなくなるまで繰り返す。これにより、デバイスアクセスで用いられる文字列「_fd_」は文字列としてもユニークなものとなり、これを用いて置換えファイル 280 を生成する。以降は、ソースプログラムに対して前述と同様の修正を行なう。文字列「fd」を含む別の処理 274 はそのまま残し、デバイスに関する行はオリジナルがコメント扱いとなり (294、296)、置き換えられた行が追加される (295、297)。ただし、これらの追加された行は、プリプロセッサ指示文 292 により、実際には実行されない。この追加は、ソースプログラムの修正過程をわかりやすくするためのものである。最後に、新しい名称「_fd_」によるデータアクセスの行 298 が追加される。なお、クローズ文の処理は図 12 の場合と同様である。

20

【0080】

ここで生成された置換えファイル 280 を用い、これを他のシミュレータ用のモジュールに付加し、共通データ領域の参照時に、置換えファイル 280 に記述されているデータ名を用いることにより、エレキシミュレータ 2 やメカシミュレータ 3 も同じデータを参照することが可能となる。

30

【0081】

以上説明したように、組込みソフト 8 のソースプログラムを分析し、物理デバイスへのアクセス場所を検索することにより、物理デバイスへのアクセスを共通データ領域へのアクセスに変更するプログラム変更処理を自動的に行うことができ、ソフトシミュレータ用のソースプログラムを自動で生成することができる。通常、ソースプログラムの参照先の変更作業は、人がプログラムエディタを用いて手作業で行なうことから、プログラムの規模に応じた大掛かりな作業となるが、本実施形態によれば、ソフトシミュレータ用のソースプログラムの作成作業が簡単になる。

40

【0082】

(仮想モデルシミュレータ)

図 14 と図 15 を用いて、メカシミュレータ 3 を仮想モデルを用いたシミュレータによって構成する実施形態について説明する。ハードウェアであるメカをシミュレーションする場合、メカの動作をソフトウェアで模擬するため、一般に、メカの動作よりも応答時間が長くなる。例えば、メカの動作を模擬する場合、メカの構造及び特性から運動方程式を生成し、その運動方程式を解いてメカの動作を算出する。その運動方程式を精確に計算する時間がかかるため、応答時間が長くなる。また、メカの変形まで考慮した動作解析を行

50

なう場合は、有限要素法による解析計算との組合せになるため、計算時間がより長くなる。

【0083】

ところで、統合シミュレーションシステムの狙いを、ソフトウェアの開発、デバッグ、検証を第一の目的とするものとすれば、メカシミュレータやエレキシミュレータのシミュレーションに要する時間はできるだけ短縮する必要がある。このような目的を達成するため、メカの動作をソフトウェアで模擬する一般の物理モデルを用いたメカシミュレータに代えて、高速にメカの動作を模擬できる方式が要請される。

【0084】

そこで、本実施形態では、メカの仮想モデルを構築して、高速に応答を返すようにしている。ここで、仮想モデルの一例として、物理モデルのシミュレーション結果を用いて仮想モデルを生成する手段を、図14を参照して説明する。まず、物理シミュレーションモデル120を作成し、メカであれば機構解析ソフトなどの物理モデルシミュレータ121で動作シミュレーションを行って、動作データ122を取得する。通常、これらの処理は、ハードウェアの詳細設計の中で行なわれる。したがって、本実施形態の仮想モデル生成のために新たに発生するものではない。 10

【0085】

仮想モデル生成手段123は、少なくとも入力設定部抽出処理124、データ種抽出処理125、応答データ抽出処理126を備えている。そして、物理シミュレーションモデル120と動作データ122を読み込み、物理シミュレーションモデル120からハードウェアへの入力設定データ、動作部に相当するデータの種別を抽出する。ハードウェアへの入力設定データを仮想モデル用のフォーマットに変換し、入力データファイル132を生成する。また、抽出した動作部に相当するデータの種別を元に、動作データ122からそのデータ種の応答データを抽出し、データ種毎に応答データファイル134、136、138、・・・を生成する。これらの応答データファイルと、そのファイル名131、133、135、137、・・・をまとめて、仮想モデル130として設定する。 20

【0086】

ここで、入力設定部、データ種、応答データは、解析ソフトの種類によって記述される形式が異なるため、使用する解析ソフトに応じて、どこからそのデータを抽出するかを予め定義しておく。例えば、それぞれの抽出手段の中に直接記述してもよく、また図14に示すように、抽出場所定義データ127として抽出手段と分けて定義してもよい。これにより、物理モデルシミュレーションのデータから仮想モデルを自動的に生成することが可能となる。 30

【0087】

つまり、仮想モデルは、物理モデルのシミュレーションによって、ソフトシミュレータ1の動作指令に対応させて予め模擬してなる応答データの集合である。そして、ソフトシミュレータ1からの動作指令に対応した動作結果を、応答データに基づいて求めて共通データ領域90に格納することにより、シミュレーション時間を大幅に短縮することができる。これにより、メカシミュレータ3の応答速度を向上できるから、統合シミュレーションの実行効率を向上できる。 40

【0088】

このように構成された仮想モデルシミュレータと物理モデルシミュレータとをメカシミュレータ3に組み込み、シミュレーションの狙いに応じて切り替えてシミュレーションを行わせる一例を図15に示す。つまり、シミュレーションの目的又は要求する精度に応じて、物理モデルと仮想モデルとを切替えるための仕組みである。仮想モデルの例としては、図14で説明した仮想モデル生成手段により生成されたものなどがある。

【0089】

図15において、ソフトシミュレータ1はメカを動作させるためのデータをエレキシミュレータ2に出力し、エレキシミュレータ2はメカを動作させるためのデータに変換してメカシミュレータ3に出力する。メカシミュレータ3には、モデル切替え部33、物理モ 50

デルシミュレータ 3 4 及び仮想モデルシミュレータ 3 5 が組込まれている。モデル切替え部 3 3 は、モデル設定情報 3 6 からの指令により、精確な応答データを必要とする場合には物理モデルシミュレータ 3 4 を、高速な応答を必要とする場合には仮想モデルシミュレータ 3 5 を呼び出すようになっている。

【0090】

(シミュレーションデータベース 1 1)

図 1 6 に示すように、シミュレーションデータベース 1 1 は、データ管理部 1 6 0 とデータ部 1 7 0 により構成される。データ管理部 1 6 0 は、少なくとも登録・削除手段 1 6 1 を備える。図 1 6 の例では、シミュレーションを効率よく行なうために、類似データ検索手段 1 6 3、類似データリストアップ手段 1 6 4、さらに、新規シミュレーションに関するデータを自動的に一時登録する仮登録・解除手段 1 6 2 を備えている。 10

【0091】

仮登録・解除手段 1 6 2 は、仮登録をシミュレーション実行時に自動的行なう。ユーザは、その仮登録のデータが不要であると判断したときは、解除指定することにより仮登録データをデータベースから除くことができる。但し、シミュレーションに用いた種々のファイルは一般のデータファイルとして残しておく。

【0092】

登録・削除手段 1 6 1 は、仮登録中のデータを本登録する処理、又は、本登録されたデータをデータベースから除く処理を行う。通常、登録・仮登録時には、ファイルのコピーをデータ部 1 7 0 内に作成する。しかし、リンク設定サイズ 1 6 5 に設定されたサイズより大きいサイズのファイルについては、リンク情報のみを登録する。これにより、大容量のファイルのコピーによってストレージ容量が圧迫される状態を防ぐとともに、コピー処理の時間を節約する。リンク設定サイズ 1 6 5 が非正值の場合は、全てのファイルについて、コピーによりデータ部に保存する。 20

【0093】

類似データ検索手段 1 6 3 は、新規シミュレーション実行時に、モデルのデータやシミュレーション条件などが定義されたファイルの内容と、データベースに保存されている実施済みのデータとを比較し、類似したシミュレーションデータがあれば、それをピックアップする。類似度は、モデルデータやシミュレーション条件のファイルの内容、すなわち、データそのものの比較を行い、行数、データラベル、値、などで数値化する。例えば、 30
2 つのファイルの同一行番号のデータが完全に一致した場合には 0、一箇所データが異なる場合には 1、というように一致度を数値化し、その累計を算出する。

【0094】

類似データリストアップ手段 1 6 4 は、類似データ検索手段 1 6 3 が算出した類似度を、例えば、小さい順に並べ、そのリストをユーザに提示する。ユーザはこの時点で、実行したシミュレーションが過去にも行なったものであれば直ちに中断することができる。又は、過去のデータとの対比をすることなどにより、シミュレーションの効率的な実行、結果の評価などに役立てることができる。

【0095】

データ部 1 7 0 は、シミュレーションに関するデータ、ファイルを一まとめにして、シミュレーションデータ A 1 7 1、同 B 1 7 2、同 C 1 7 3、・・・のように保存する。各シミュレーションデータには、少なくともモデルタイプ 1 7 4、モデルデータ 1 7 5、シミュレーション条件 1 7 6、シミュレーション結果 1 7 7 が含まれる。一つのモデルについて、物理モデルシミュレータを用いたシミュレーション結果など、高精度なシミュレーションの実施結果がある場合には、これとの差をシミュレーション精度 1 7 8 として加えることができる。シミュレーション精度 1 7 8 は、主としてモデル化の手法に依存するところが大きいため、このデータを参照することにより、異なるシミュレーション対象について、シミュレーション実施前に、その凡そのシミュレーション時間や精度を把握することが可能となる。また、精度が不十分、シミュレーション時間が長すぎる、などの予想ができた場合、モデル化手法を変更してシミュレーションを実施することも可能となる。 40 50

【0096】

(ユーザインターフェイス12の表示例)

図17を参照して、シミュレーションデータベース11のデータを利用して、ユーザインターフェイスの表示装置に表示する例を説明する。ユーザインターフェイス12は、シミュレーションのモデル及び結果に関するデータを画面に表示可能になっている。ユーザインターフェイス12の表示画面には、少なくとも表示するデータを指定する主表示データ設定部510、データ表示部530、及びメニューバー501が含まれる。

【0097】

図17の表示例では、複数のシミュレーション結果を表示・比較を可能とするため、参照データ設定部520を設けた例を示している。主表示データ設定部510には、少なくともファイル名指定部511、表示データ設定部514、表示形式設定部516がある。ファイル名指定部511では、モデルファイル設定フィールド512で、シミュレーションモデルのファイル名を、結果ファイル設定フィールド513で、シミュレーション結果のファイル名を指定する。表示データ設定部514では、表示可能な多くのデータ種から、表示するデータのデータ名をデータ名設定フィールド515に設定する。表示形式設定部516では、表示形式選択部517で、データをどのような形式で表示するか、その形式を選択設定する。表示形式としては、棒グラフ、折れ線グラフ、円グラフをはじめとするグラフ形式、ハードウェアの動作状況を時刻に従って連続的に表示するアニメーション表示、モデルの形状、及び形状にマッピングした各種のデータを表示する形式などを採用できる。

【0098】

参照データ設定部520では、参照ファイル名指定部521内の参照ファイル設定フィールド522に、比較参照したいファイル名を設定する。自動選択ボタン523を押した場合、前述の類似データ検索手段でリストアップされた留次データの上位類似度のファイルが自動的に選択される。

【0099】

データ表示部530には、データ表示領域531が設けられ、前述の主表示データ設定部510と参照データ設定部520で設定されたデータを表示する。

【0100】

次に、メニューバー501の具体例を図17に示す。同図は、メニューバー501の「ファイル」を選択した場合のメニュー構成例を示したものである。「新規ウィンドウ」は同様の画面を別に開く。「開く」、「閉じる」は、その時点で選択されているファイル名設定フィールドに設定するファイルを指定する。「上書き保存」は、処理中のデータを同一ファイルに上書きモードで書き込む。「別名保存」は、異なる形式でデータをファイルに出力する。このとき、サブメニューとして、ファイル名の指定、保存するデータの選択、保存形式の選択を行なえる。保存形式としては、最も一般的なテキスト形式、表形式、文書・図形形式、画像形式などがある。この機能により異なる形式で保存されたデータは、その形式を扱える別のツールで加工・編集でき、結果の評価、資料作成などを、効率よく行うことが可能となる。「印刷」では、印刷するデータ、プリンタを指定し、そのデータを印刷する。「終了」は、ユーザインターフェイス画面を閉じる。

【0101】

図19は、「設定」を選択した場合のメニュー構成例を示したものである。「ウィンドウモード」は、ユーザインターフェイス画面のウィンドウにおいて、「新規ウィンドウ」で新しい領域を開く際に、「マルチ」の場合は元の画面の中にサブウィンドウ形式で表示、「シングル」の場合は、別のウィンドウとして開くようなウィンドウの開き方のモードを設定する。「主データ選択」では、モデルファイル、シミュレーション条件のファイル、シミュレーション結果のファイルなど、選択可能なデータの種類を設定する。「最大データ数」は同一領域で扱うデータの種類の最大数を設定する。「最大参照ファイル数」は比較参照するファイルの数の最大数を設定する。

【0102】

10

20

30

40

50

このように、本実施形態のユーザインターフェイス12は、各シミュレータのシミュレーション状況を単独又は並べて表示装置にグラフィカル表示させる表示モード選択手段を有して構成されている。これにより、ユーザは、ソフト、エレキ及びメカの各シミュレータのシミュレーション状況を適宜確認できる。したがって、ソフト、エレキ及びメカの各シミュレータの動作等に問題がある場合、その問題の原因等をユーザが容易に検討することができる。

【0103】

(シミュレータと実機によるシミュレーション)

本実施形態は、シミュレータによるシミュレーションに限らず、実機による統合シミュレーションに対応できるように構成できる。この場合、共通データ領域90に、それぞれ実機を単独で又は自己のシミュレータとの組合せでアクセス可能に切り替える切替機能を設ける。そして、ユーザインターフェイス12は、実機を含むシミュレーションと、そのシミュレーション結果の組合せにより、シミュレーションの目的、処理時間、及びシミュレーション精度とを管理する。その結果、目的、処理時間、精度に応じて適切なシミュレーションモデル化を提示することができ、シミュレーションモデル化精度を向上させることができる。

【0104】

また、ユーザインターフェイス12は、複数のシミュレーション結果について、対応するデータを同一表現で表示装置に表示するようにすることができる。

【0105】

さらに、データベースに格納されたシミュレーションモデル、シミュレーション条件及びシミュレーション結果を、任意の表示装置に対応したフォーマットのデータで出力する出力手段を備えることができる。

【0106】

以上説明したように、本実施形態によれば、ソフト、エレキ、メカの各シミュレータを連携させて動作させることができ、また、各シミュレータの実行効率及び機能を確保して統合シミュレーションを効率的に実施することが可能となる。

【0107】

[実施形態2]

図20に、本発明の統合シミュレーションシステムを適用した他の実施形態の構成図を示す。本実施形態は、流体・構造・振動の統合シミュレーションに適用したものである。図において、流体シミュレータ601は、流体解析モデル608を入力データとし、構造シミュレータ602は、構造解析モデル609を入力データとし、振動シミュレータ603は、振動解析モデル610を入力データとする。流体と構造と振動では、解析対象が異なるため、これらを統合的に扱って複合現象のシミュレーションを行なう場合、互いの情報を境界条件データとして授受する必要がある。シミュレータプラットフォーム4は、シミュレータ間のデータ授受を行う機構であるから、実施形態1と同じシステム構成で、流体・構造・振動の統合シミュレーションを実現できる。また、ユーザインターフェイス12、外部入出力ファイル13は、各シミュレータと独立しているため、プラットフォーム4と同様、共通に利用できる。

【0108】

このように、本実施形態によれば、流体、構造、振動のように異なる物理現象を同時に扱う複合現象のシミュレーションにおいても、各シミュレータを連携させて動作させることができ、また、各シミュレータの実行効率及び機能を確保して統合シミュレーションを効率的に実施することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0109】

【図1】本発明の一実施形態の統合シミュレーションシステムの基本構成を示す図である。

【図2】図1の実施形態の詳細な構成を示す図である。

10

20

30

40

50

- 【図 3】ソフト、エレキ、メカの各シミュレータの基本動作を示す図である。
- 【図 4】共通データ領域の同期処理に係るデータ構成を示す図である。
- 【図 5】同期処理モジュールの動作を示す図である。
- 【図 6】割込みシミュレーションの仕組みを説明する図である。
- 【図 7】割込みシミュレーションに必要な設定データを示す図である。
- 【図 8】ソフト、エレキ、メカの統合シミュレーションシステムのシミュレーションの実行状態の一例を説明する図である。
- 【図 9】ソフト、エレキ、メカの統合シミュレーションシステムのシミュレーションの実行状態の他の一例を説明する図である。
- 【図 10】データ操作インターフェイスの表示画面の一例を示す図である。 10
- 【図 11】物理ポートを対応する共通データ領域のアクセスアドレスへ変換する変数切替え定義ファイルの自動生成法を説明する図である。
- 【図 12】物理ポートを対応する共通データ領域のアクセスアドレスへ変換する変数切替え定義ファイルの自動生成法を説明する図である。
- 【図 13】物理ポートを対応する共通データ領域のアクセスアドレスへ変換する変数切替え定義ファイルの自動生成法を説明する図である。
- 【図 14】仮想モデルの生成方法を説明する図である。
- 【図 15】物理モデルシミュレータと仮想モデルシミュレータとを備えた実施形態の切替えを説明する図である。
- 【図 16】シミュレーションデータベースの構成を示す図である。 20
- 【図 17】ユーザインターフェイスの表示画面の一例を示す図である。
- 【図 18】ユーザインターフェイスのファイルメニューの一例を示す図である。
- 【図 19】ユーザインターフェイスの設定メニューの一例を示す図である。
- 【図 20】本発明の他の実施形態の統合シミュレーションシステムの基本構成を示す図である。

【符号の説明】

【0110】

- 1 ソフトシミュレータ
- 2 エレキシミュレータ
- 3 メカシミュレータ
- 4 シミュレータプラットフォーム
- 5 センサシミュレータ
- 8 組込みソフト
- 9 回路データ
- 10 CADデータ
- 11 シミュレーションデータベース
- 12 ユーザインターフェイス
- 13 外部入出力ファイル
- 14 実機回路
- 15 実機メカ
- 21 割込み処理シミュレータ
- 31 伝達部
- 32 伝達部
- 60 ビューワ
- 70 時間管理モジュール
- 80 データ操作インターフェイス
- 90 共通データ領域
- 91 ハードウェア制御データ
- 92 ハードウェア状態データ
- 93 メカ駆動データ

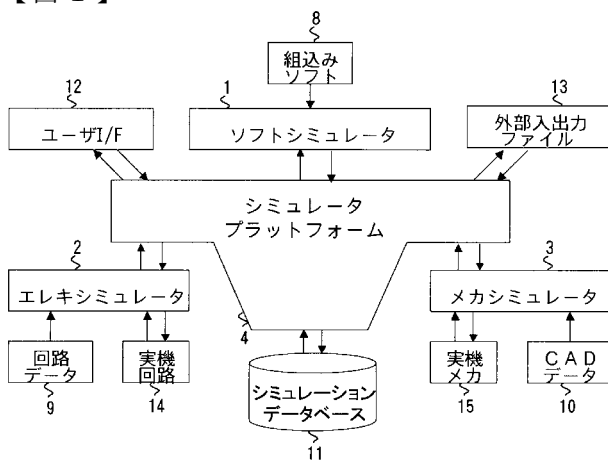
30

40

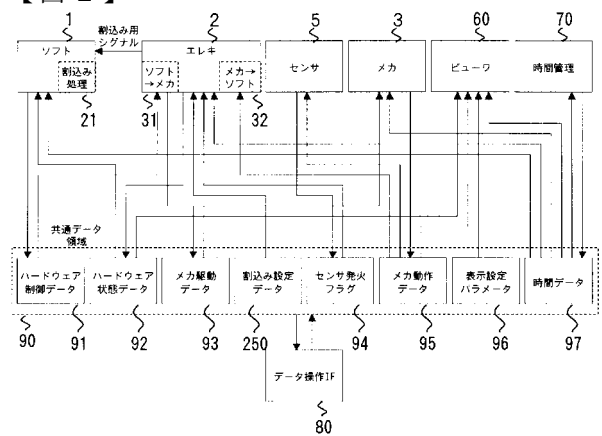
50

- 9 4 センサ発火フラグ
- 9 5 メカ動作データ
- 9 6 表示設定パラメータ
- 9 7 時間データ

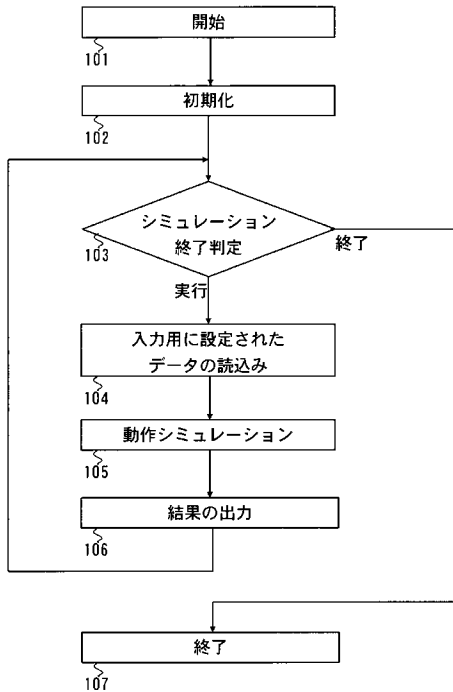
【図 1】



【図 2】



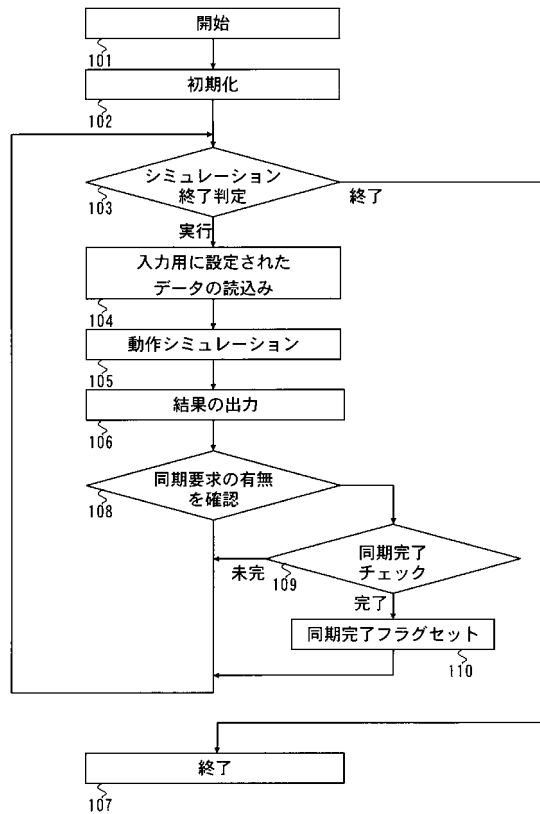
【図 3】



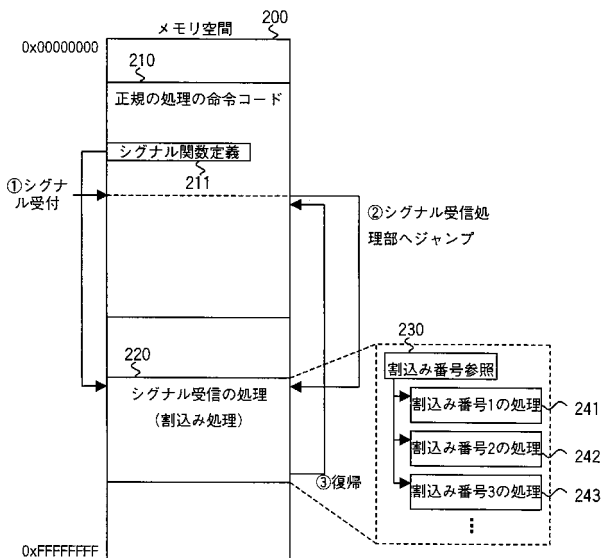
【図 4】

プロセス	同期要求 フラグ	同期完了 フラグ	同期要求 プロセス	現時刻	同期時刻
ソフト	0	0	NULL	0:12:24	0:12:34
エレキ	0	0	NULL	0:12:24	0:00:00
メカ	1	0	ソフト	0:12:24	0:12:34
151	152	153	154	155	156

【図 5】



【図 6】

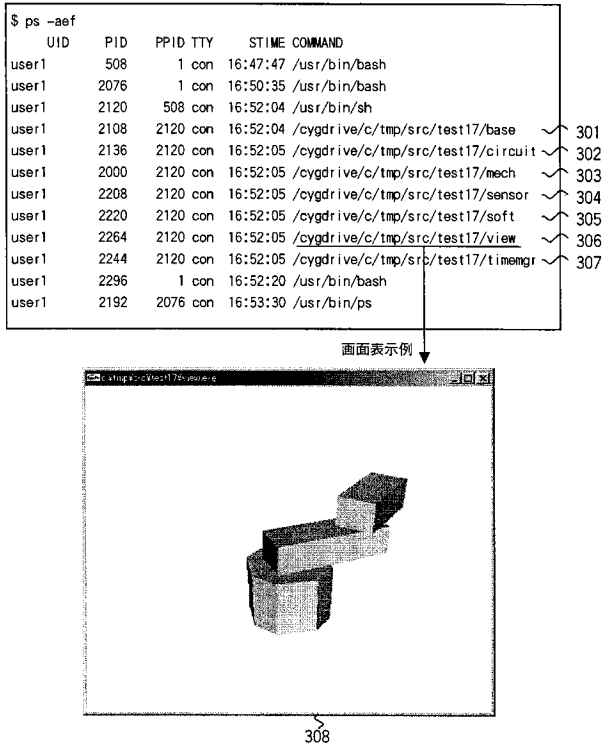


【図 7】

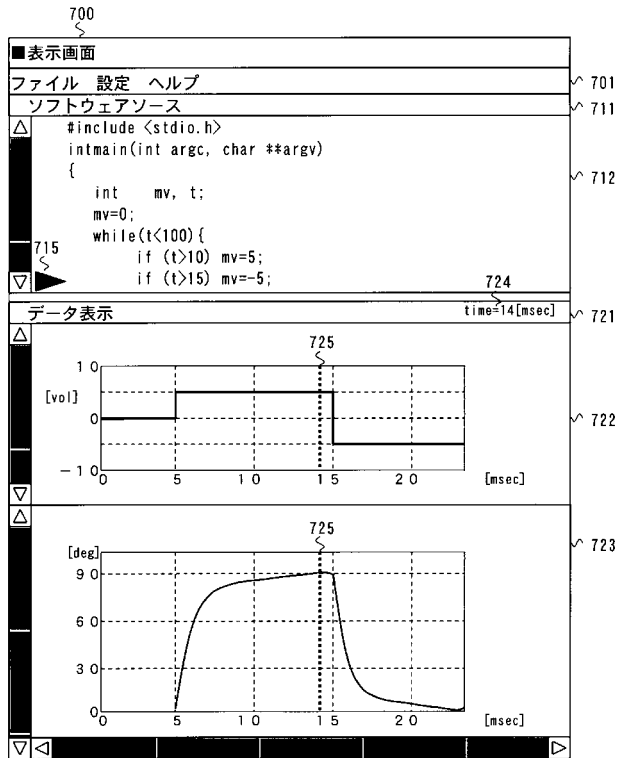
割り込み番号	優先度レベル (数字大→高)	割り込みマスク (1=mask, 0=non)	使用シグナル	割り込み処理関数
0(NMI)	15	0	SIGUSR1	nmifunc_000
1	0	1	SIGUSR2	irqfunc_001
2	1	1	SIGUSR2	irqfunc_002
3	2	1	SIGUSR2	irqfunc_003
4	3	1	SIGUSR2	irqfunc_004
5	4	0	SIGUSR2	irqfunc_005
6	5	0	SIGUSR2	irqfunc_006
7	6	0	SIGUSR2	irqfunc_007
8	7	0	SIGUSR2	irqfunc_008
251	252	253	254	255

マスク設定方式	マスクレベル
優先度レベル方式	4
256	257

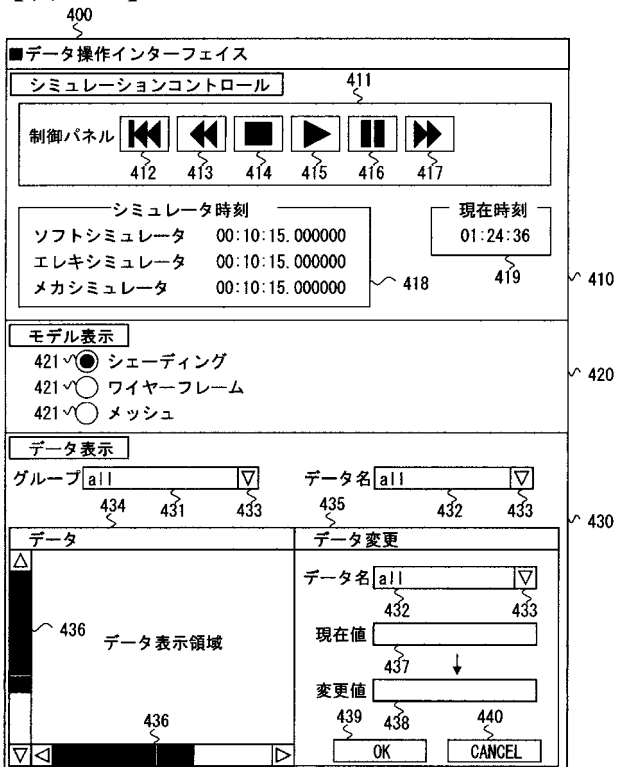
【図 8】



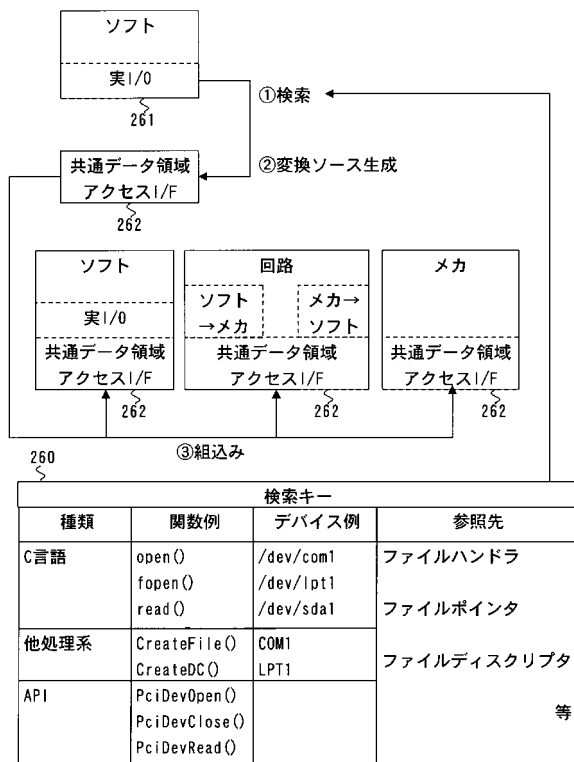
【図 9】



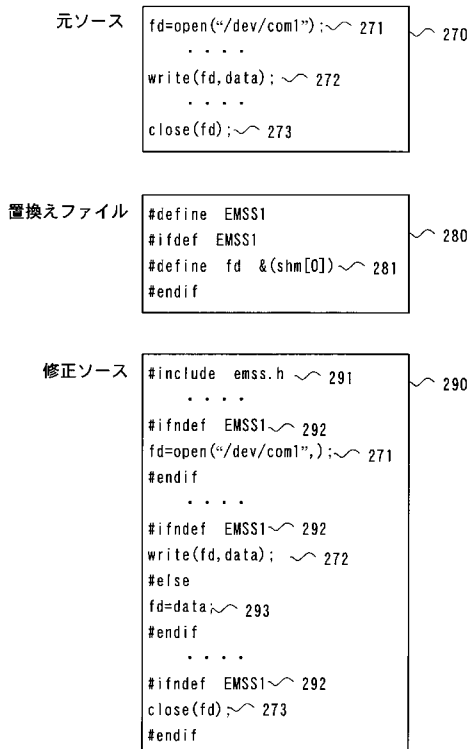
【図 10】



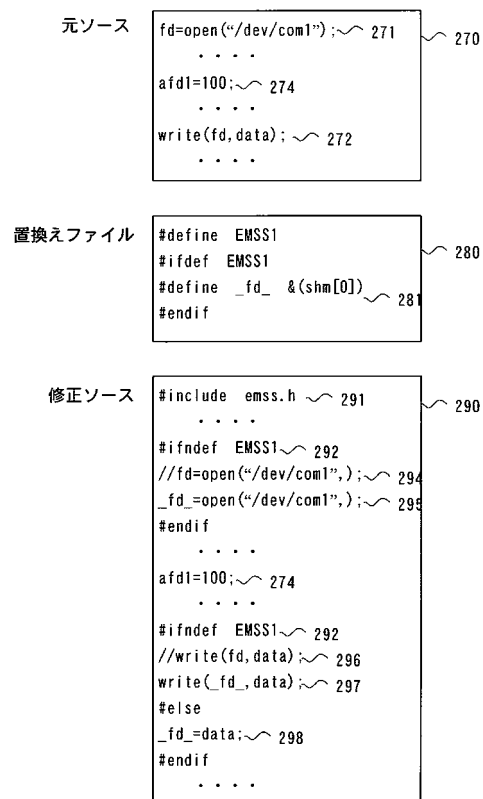
【図 11】



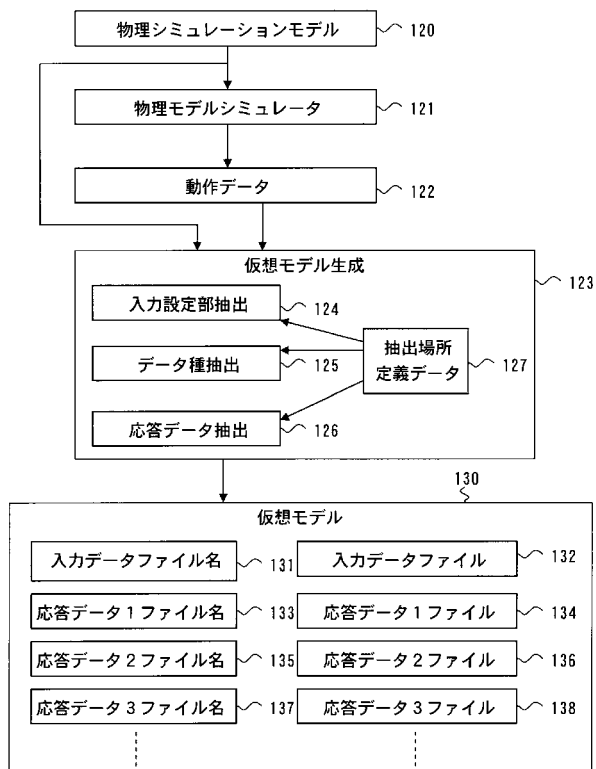
【図 1 2】



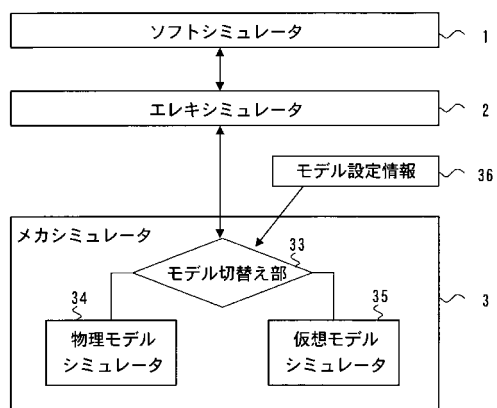
【図 1 3】



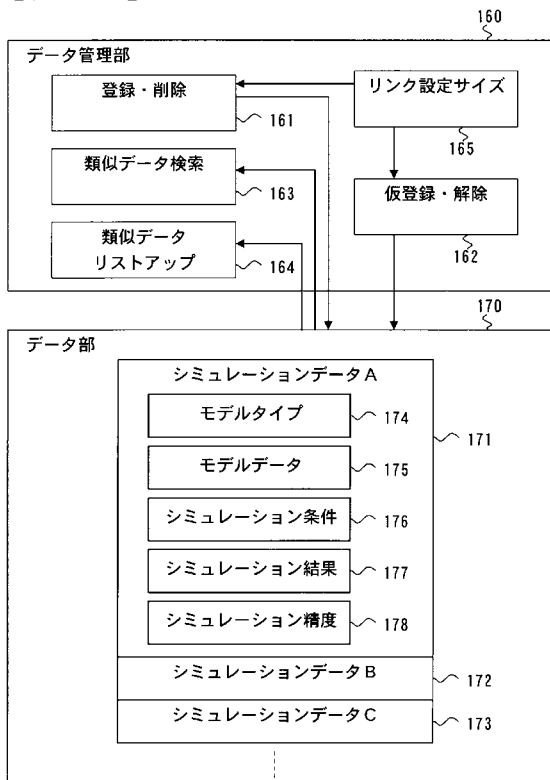
【図 1 4】



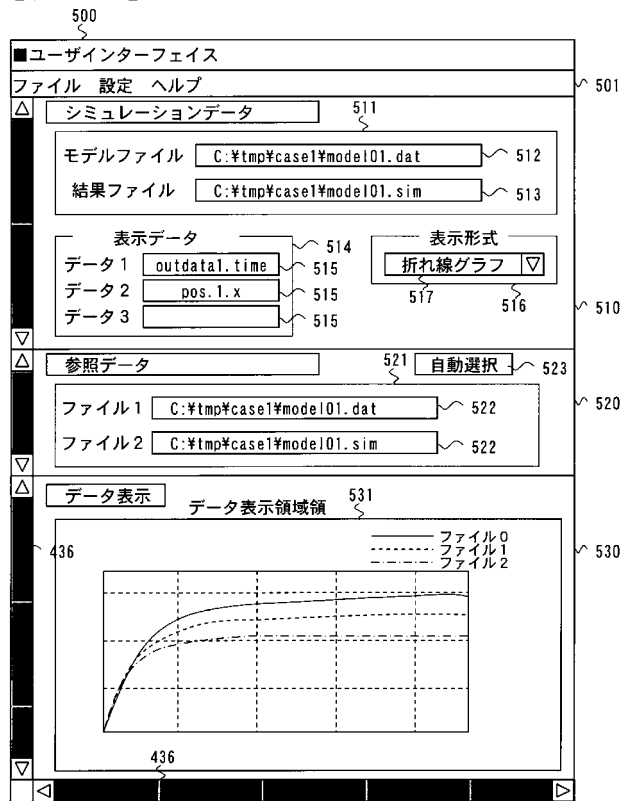
【図 1 5】



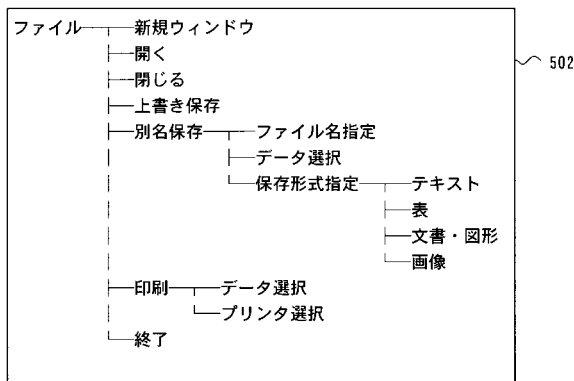
【図 16】



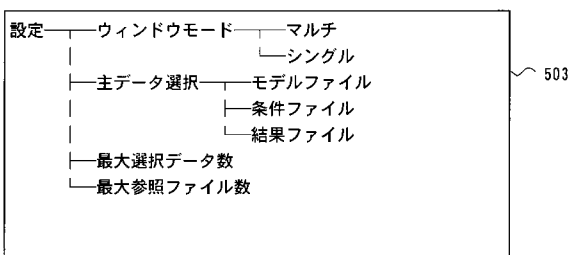
【図 17】



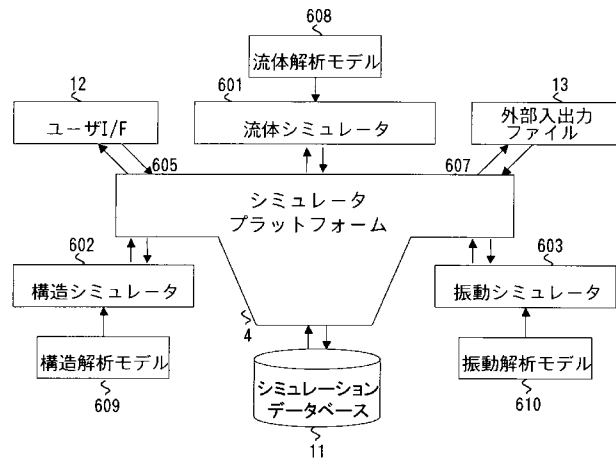
【図 18】



【図 19】



【図 20】



フロントページの続き

- (72)発明者 佐々木 泰生
東京都千代田区外神田一丁目18番13号
術事業部内 株式会社日立製作所モノづくり技
- (72)発明者 松永 三夫
東京都千代田区外神田一丁目18番13号
術事業部内 株式会社日立製作所モノづくり技
- (72)発明者 小野寺 誠
茨城県ひたちなか市堀口832番地2 株式会社日立製作所機械研究所内
- (72)発明者 片岡 一郎
茨城県ひたちなか市堀口832番地2 株式会社日立製作所機械研究所内
- (72)発明者 時末 裕充
茨城県ひたちなか市堀口832番地2 株式会社日立製作所機械研究所内
- Fターム(参考) 5B042 GB05 HH06 HH07 NN01 NN09 NN21
5B046 JA04 KA05