

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第3区分

【発行日】令和1年7月11日(2019.7.11)

【公開番号】特開2017-107539(P2017-107539A)

【公開日】平成29年6月15日(2017.6.15)

【年通号数】公開・登録公報2017-022

【出願番号】特願2016-162398(P2016-162398)

【国際特許分類】

G 16 Z 99/00 (2019.01)

【F I】

G 06 F 19/00 110

【手続補正書】

【提出日】令和1年6月4日(2019.6.4)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0050

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0050】

本開示は、その特定の実施態様を参照して詳細に説明されたが、当業者であれば、これらの実施態様の精神及び範囲から逸脱することなく様々な変更及び改良を行うことができることは明らかであろう。従って、本開示は、添付の特許請求の範囲及びその等価物の範囲に含まれるのであれば、この開示の改良及び変更を包含するものとする。

本件出願は、以下の構成の発明を提供する。

(構成1)

物理的システムを構築するプロセッサ実行方法であって：

物理的システムに関連した特性データを受け取るステップ；

該特性データに基づいて該物理的システムのモデルを構築するステップ；

該モデルを使用して該物理的システムの非線形過渡シミュレーションを行うステップであって、該シミュレーションが、複数の時間間隔に亘って行われ、該ステップが：

該複数の時間間隔を、それぞれが複数の時間間隔を含む時間間隔の群に分割するステップ；

時間間隔の各群に関連したデータを異なる解ユニットに送信するステップ；及び

該時間間隔の群のそれぞれを、該異なる解ユニットを用いて並列に解くステップ、を含む、該ステップ、

該シミュレーションの結果に基づいて物理的特性を決定するステップ、を含み、

該物理的システムを、該シミュレーションで決定された物理的特性に基づいて構築又は修正する、前記方法。

(構成2)

前記物理的システムが、周期的システムであるか又は非周期的システムであるかを決定するステップをさらに含み、該物理的システムが周期的システムである場合に第1のモデルが構築され、該物理的システムが非周期的システムである場合に第2のモデルが構築される、構成1記載の方法。

(構成3)

前記決定するステップが、コンピュータシステムによって自動的に行われる、構成2記載の方法。

(構成4)

前記物理的システムが周期的システムである場合は、前記モデルが：

## (数1)

$$A\Delta x = \begin{bmatrix} K_1 & 0 & \dots & 0 & M_n \\ M_1 & K_2 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & M_2 & \ddots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & K_{n-1} & 0 \\ 0 & 0 & \dots & M_{n-1} & K_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x_1 \\ \Delta x_2 \\ \vdots \\ \Delta x_{n-1} \\ \Delta x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_{n-1} \\ b_n \end{bmatrix},$$

に従って構築され、

式中、 $K_i$  及び  $M_i$  は、ヤコビ行列であり、 $x_i$  は、非線形反復の増分であり、かつ  $b_i$  は、非線形反復の残差である、構成1記載の方法。

## (構成5)

$M_n$  行列の階数を閾値と比較するステップをさらに含み；

該  $M_n$  行列の階数が、該閾値未満である場合は、直接ソルバーを使用して前記モデルの時間間隔を解き；

該  $M_n$  行列の階数が、該閾値以上である場合は、反復ソルバーを使用して該モデルの時間間隔を解く、構成4記載の方法。

## (構成6)

前記反復ソルバーが、収束基準が満たされるまで前記モデルの時間間隔を処理するループを含む、構成5記載の方法。

## (構成7)

並列で解くための前記モデルの時間間隔の分割の前に、前処理行列を用いて  $A$  行列を調整するステップをさらに含む、構成6記載の方法。

## (構成8)

元のシステム行列の  $M_n$  ブロックの階数が閾値未満である場合は、該  $M_n$  ブロックを0に設定し、残りの下ブロック三角行列を、直接ソルバーによって並列にLU分解し、該元の行列の解がウッドベリー式によって得られる、構成5記載の方法。

## (構成9)

前記物理的システムが非周期的システムである場合は、前記モデルが：

## (数2)

$$\tilde{A}\Delta x = \begin{bmatrix} K_1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ M_1 & K_2 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & M_2 & \ddots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & K_{n-1} & 0 \\ 0 & 0 & \dots & M_{n-1} & K_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x_1 \\ \Delta x_2 \\ \vdots \\ \Delta x_{n-1} \\ \Delta x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_{n-1} \\ b_n \end{bmatrix},$$

に従って構築され、

式中、 $K_i$  及び  $M_i$  は、ヤコビ行列であり、 $x_i$  は、非線形反復の増分であり、かつ  $b_i$  は、非線形反復の残差である、構成1記載の方法。

## (構成10)

ブロック直接ソルバーを使用して、前記非周期的システムモデルの時間間隔を解く、構成9記載の方法。

## (構成11)

前記ブロック直接ソルバーが、複数の  $A$  行列のブロックのそれぞれに対してLU分解を行い、続いて複数のブロックの前進代入演算を行う、構成10記載の方法。

## (構成12)

前記時間間隔の群が並列に解かれたら、収束チェックを行い；

収束が達成されていない場合は、各群に関連したヤコビ行列を、並列に更新して再び解き；

収束が達成されている場合は、後処理を行って前記物理的特性を決定する、構成1記載の方法。

(構成 13)

前記群を、ニュートン・ラフソン法を使用して調整する、構成12記載の方法。

(構成 14)

前記モデルに関連したデータの第1の部分を、どの特定の群の時間間隔が第1の解ユニットに割り当てられたかに基づいて該第1の解ユニットに送信し、該モデルに関連したデータの第2の異なる部分を、どの特定の群の時間間隔が第2の解ユニットに割り当てられたかに基づいて該第2の解ユニットに送信する、構成1記載の方法。

(構成 15)

各解ユニットが、別個のデータ処理ユニットである、構成1記載の方法。

(構成 16)

前記シミュレーションが、入力に対する前記物理的システムの物理的反応を解析する、構成1記載の方法。

(構成 17)

前記物理的反応が、媒体中の波動伝播、熱伝導、又は電気機械装置の過渡挙動である、構成16記載の方法。

(構成 18)

物理的システムを構築するためのコンピュータ実行システムであって：

1つ以上のデータプロセッサ；

複数のステップを実行するために1つ以上のデータプロセッサに指令するための命令で符号化されたコンピュータ可読媒体であって、該複数のステップが：

物理的システムに関連した特性データを受け取るステップ；

該特性データに基づいて該物理的システムのモデルを構築するステップ；

該モデルを使用して該物理的システムの非線形過渡シミュレーションを行うステップであって、該シミュレーションが、複数の時間間隔に亘って行われ、該ステップが：

該複数の時間間隔を、それぞれが複数の時間間隔を含む時間間隔の群に分割するステップ；

時間間隔の各群に関連したデータを異なる解ユニットに送信するステップ；及び

該時間間隔の群のそれぞれを、該異なる解ユニットを用いて並列に解くステップ、を含む、該ステップ、

該シミュレーションの結果に基づいて物理的特性を決定するステップを含む、該コンピュータ可読媒体を含み、

該物理的システムを、該シミュレーションで決定された物理的特性に基づいて構築又は修正する、前記システム。

(構成 19)

前記複数のステップが：

前記物理的システムが、周期的システムであるか又は非周期的システムであるかを決定するステップをさらに含み、該物理的システムが周期的システムである場合に第1のモデルが構築され、該物理的システムが非周期的システムである場合に第2のモデルが構築される、構成18記載のシステム。

(構成 20)

前記物理的システムが周期的システムである場合は、前記モデルが：

(数 3)

$$A\Delta x = \begin{bmatrix} K_1 & 0 & \dots & 0 & M_n \\ M_1 & K_2 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & M_2 & \ddots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & K_{n-1} & 0 \\ 0 & 0 & \dots & M_{n-1} & K_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x_1 \\ \Delta x_2 \\ \vdots \\ \Delta x_{n-1} \\ \Delta x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_{n-1} \\ b_n \end{bmatrix},$$

に従って構築され、

式中、 $K_i$  及び  $M_i$  は、ヤコビ行列であり、 $x_i$  は、非線形反復の増分であり、かつ  $b_i$  は、非

線形反復の残差である、構成18記載のシステム。

(構成21)

前記複数のステップが：

M行列の階数を閾値と比較するステップをさらに含み；

該M行列の階数が、該閾値未満である場合は、直接ソルバーを使用して前記モデルの時間間隔を解き；

該M行列の階数が、該閾値以上である場合は、反復ソルバーを使用して該モデルの時間間隔を解く、構成20記載のシステム。

(構成22)

物理的システムを構築するための方法のステップを実行するために1つ以上のデータプロセッサに指令するための命令で符号化されたコンピュータ可読媒体であって、該方法が：

物理的システムに関連した特性データを受け取るステップ；

該特性データに基づいて該物理的システムのモデルを構築するステップ；

該モデルを使用して該物理的システムの非線形過渡シミュレーションを行うステップであって、該シミュレーションが、複数の時間間隔に亘って行われ、該ステップが：

該複数の時間間隔を、それぞれが複数の時間間隔を含む時間間隔の群に分割するステップ；

時間間隔の各群に関連したデータを異なる解ユニットに送信するステップ；及び

該時間間隔の群のそれぞれを、該異なる解ユニットを用いて並列に解くステップ、を含む、該ステップ、

該シミュレーションの結果に基づいて物理的特性を決定するステップ、を含み、

該物理的システムを、該シミュレーションで決定された物理的特性に基づいて構築又は修正する、前記コンピュータ可読媒体。