

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年3月8日(08.03.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/042968 A1

- (51) 国際特許分類:
G06F 17/50 (2006.01) *G06Q 50/04* (2012.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/027367
- (22) 国際出願日: 2017年7月28日(28.07.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-169606 2016年8月31日(31.08.2016) JP
- (71) 出願人: 日立オートモティブシステムズ株式会社(HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 Ibaraki (JP).
- (72) 発明者: 田部 洋祐(TANABE Yosuke); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 大山 和人(OYAMA Kazuto); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立オートモティブ

システムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 吉田 毅(YOSHIDA Takeshi); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP).

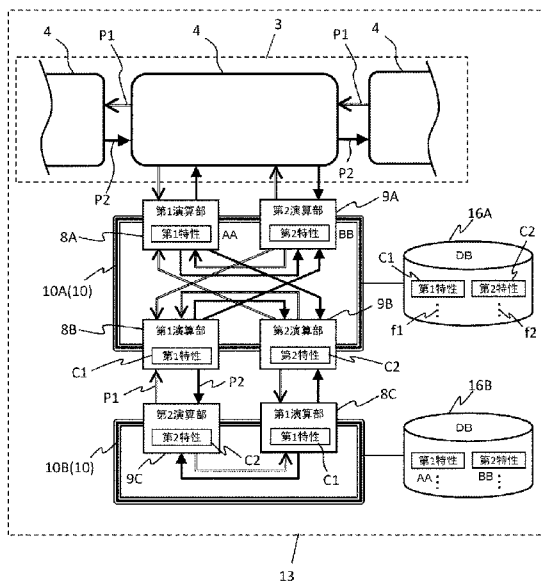
(74) 代理人: 戸田 裕二(TODA Yuji); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 1 号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: SOUND OSCILLATION SIMULATION PROGRAM

(54) 発明の名称: 音振動シミュレーションプログラム

【図1】



8A, 8B, 8C First computation unit
9A, 9B, 9C Second computation unit
16A, 16B Database
AA, C1 First characteristic
BB, C2 Second characteristic

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a sound oscillation simulation model which is incorporated into a product operation simulator which simulates an operation of a product overall and with which it is possible to examine the energy balance of said product overall. This sound oscillation simulation program causes a computer to function as either: a first computation unit 8 which, in accordance with an inputted first parameter P1, outputs a second parameter P2 which has a dimension which results when a dimension of power or work is divided by a dimension of the first parameter P1; or a second computation unit 9 which outputs the first parameter P1 in accordance with the inputted second parameter P2. The first computation unit 8 is represented as a function which includes the first parameter P1 and a first characteristic C1. The second computation unit 9 is represented as a function which includes the second parameter P2 and a second characteristic C2. The first characteristic C1 and the second characteristic C2 are characteristics which characterize a shape of a structure. The first characteristic C1 is a ratio of the dimension of the second parameter P2 and the second characteristic C2 is a ratio of the dimension of the first parameter P1.



SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告(条約第21条(3))

(57) 要約: 製品全体の動作をシミュレーションする製品動作シミュレータに組み込んで製品全体のエネルギー収支の検討が可能な音振動シミュレーションモデルの提供。音振動シミュレーションプログラムは、仕事率または仕事の次元を第1パラメータP1の次元で除した次元を有する第2パラメータP2を、入力される第1パラメータP1に対応して出力する第1演算部8、または、第1パラメータP1を入力される第2パラメータP2に対応して出力する第2演算部9、としてコンピュータを機能させ、第1演算部8は、第1パラメータP1および第1特性C1を含む関数として表され、第2演算部9は、第2パラメータP2および第2特性C2を含む関数として表され、第1特性C1および第2特性C2は構造体の形状を特徴付ける特性であって、第1特性C1は、第2パラメータP2の次元の比率であり、第2特性C2は、第1パラメータP1の次元の比率である。

明 細 書

発明の名称：音振動シミュレーションプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、音振動シミュレーションプログラムに関する。

背景技術

[0002] 製品開発の短期化や最適化を目的として、従来、試作品を用いた試験で行っていた性能や機能評価を、シミュレーションによって開発上流で行うモデルベース開発が普及している。モデルベース開発では、電気や機械、流体などの異なる分野の部品から構成される製品をモデル化するために、部品間のエネルギーの流れを、エネルギーを規定する量(位差量)と強さ(流動量)という2次元量のやり取りにより表現する方法が知られている(例えば、特許文献1)。

[0003] しかしながら、特許文献1に記載の技術では、部品の物理特性を集中定数として表すので、製品動作時のエネルギー収支の計算は可能であるが、3次元部品形状に依存する製品の音振動性能を直接評価することができない。そのため、製品の音振動性能を評価するためには、例えば、特許文献2に記載のような音振動特性分析方法を用いる必要がある。この分析方法は、製品の3次元形状を有限要素法などでモデル化し、モデル外部で別途計算した加振力を入力して評価するものである。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2002-175338号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、特許文献1に記載の技術に特許文献2に記載の分析方法を適用して音振動特性を分析する方法では、特許文献1に記載の製品動作シミュレータから出力された加振力を特許文献に2に記載の音振動シミュレータ

に入力して、音振動を再現することになる。この場合、製品動作時のエネルギー収支と音振動のエネルギー収支とは別々のシミュレータにより独立して計算されるため、全体のエネルギー収支が成立しないという問題があった。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の第1の態様によると、音振動シミュレーションプログラムは、部品からの作用として入力される第1パラメータ及び／または第2パラメータに基づいて、コンピュータを、前記部品に取り付けられた構造体の音振動シミュレーションを行う音振動シミュレータとして機能させるための音振動シミュレーションプログラムであって、仕事率または仕事の次元を前記第1パラメータの次元で除した次元を有する第2パラメータを、入力される前記第1パラメータに対応して出力する第1演算部、または、前記第1パラメータを入力される前記第2パラメータに対応して出力する第2演算部、として前記コンピュータを機能させ、前記第1演算部は、前記第1パラメータおよび第1特性を含む関数として表され、前記第2演算部は、前記第2パラメータおよび第2特性を含む関数として表され、前記第1特性および前記第2特性は、前記音振動シミュレーションにおける前記構造体の形状を特徴付ける特性であって、前記第1特性は、前記第2パラメータの次元の比率であり、前記第2特性は、前記第1パラメータの次元の比率である。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、製品全体の動作をシミュレーションする製品動作シミュレータに組み込んで製品全体のエネルギー収支の検討が可能な音振動シミュレーションモデルを提供できる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1は、音振動シミュレーションモデルが組み込まれた製品全体シミュレータの一例を示す図である。

[図2]図2は、有限要素モデルにより表された部品形状の一例を示す図である。

[図3]図3は、本実施の形態の音振動シミュレーションプログラムが実行され

るハードウェアを説明する図である。

[図4]図4は、製品全体シミュレータにおける処理手順を説明する図である。

[図5]図5は、比較例を示す図である。

[図6]図6は、機能ブロック図の一例を示したものである。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、図を参照して本発明を実施するための形態について説明する。

ー第1の実施の形態ー

図1は本発明の第1の実施形態を説明する図であり、製品全体シミュレータ13を示す図である。図1は、本実施の形態の音振動シミュレーションモデル10を製品動作モデルに組込んで構築した、製品全体シミュレータ13の一例を示す図である。製品全体シミュレータ13は、製品動作シミュレータ3と、2つの音振動シミュレーションモデル10とで構成されている。

[0010] 製品動作シミュレータ3は、製品を構成する部品の機能モデルである部品モデル4を複数有する。部品モデル4では、部品の物理特性は集中定数として表されている。製品動作シミュレータ3においては、複数の部品モデル4間における第1パラメータP1と第2パラメータP2のやり取りによって、製品動作時の部品間のエネルギー収支を再現する。第1パラメータP1と第2パラメータP2は部品モデル4間でやりとりされるエネルギーを表現するものであり、第1パラメータP1の次元は、仕事率 $[J/s]$ または仕事 $[J]$ の次元を第2パラメータP2の次元で除した次元になっている。すなわち、第1パラメータP1の次元と第2パラメータP2の次元との積は、仕事率 $[J/s]$ または仕事 $[J]$ の次元になっている。なお、第1パラメータP1および第2パラメータP2の一方が前述した位差量に対応し、他方が流動量に対応する。

[0011] 例えば、製品動作シミュレータ3が電気車両の電動パワートレインに関するものである場合には、複数の部品モデル4は、インバータ、モータ、ギアボックス、車両等の部品モデルで構成される。インバータとモータとの間でやり取りされる第1パラメータP1および第2パラメータP2の場合、一方

は電圧であり他方は電流である。また、モータとギアボックスとの間でやり取りされる第1パラメータP1および第2パラメータP2の場合、一方は回転速度であり他方はトルクである。

[0012] 図1に示す例では、音振動シミュレーションモデル10として、2つの音振動シミュレーションモデル10A、10Bが設けられている。ここでは、部品モデル4に取り付けられた第1の部品に対して、さらに第2の部品が取り付けられている場合を例に示した。ここでは、音振動シミュレーションモデル10Aは第1の部品の振動をシミュレートし、音振動シミュレーションモデル10Bは第2の部品の振動をシミュレートする。

[0013] 音振動シミュレーションモデル10は、第1パラメータP1を受信し、かつ、第2パラメータP2を送信する第1演算部8(8A~8C)と、第2パラメータP2を受信し、かつ、第1パラメータP1を送信する第2演算部9(9A~9C)とで構成されている。第1演算部8は、第1パラメータP1および部品の形状に関する第1特性C1を含む関数F1として表わされ、第2演算部9は、第2パラメータP2および部品の形状に関する第2特性C2を含む関数F2として表わされる。

[0014] すなわち、第1演算部8は、 $P2 = F1(C1, P1)$ のように、第1特性C1により第1パラメータP1を第2パラメータP2に変換するものである。同様に、第2演算部9は、 $P1 = F2(C2, P2)$ のように、第2特性C2により第2パラメータP2を第1パラメータP1に変換するものである。

[0015] なお、第1特性C1は、第2パラメータP2の次元の比率であり、第2特性C2は、第1パラメータP1の次元の比率である。

[0016] 製品動作シミュレータ3の部品モデル4の場合には、前述したように、各部品モデル4は部品の物理特性を集中定数として表している。一方、本実施の形態の音振動シミュレーションモデル10では、有限要素法を用いたモデル化により、部品の形状に関する特性を、部品の形状を離散化した各点での振動特性や応力特性で構成するようにした。

[0017] 図2は、有限要素モデルにより表された部品形状(部品モデル20)の一

例を示す図である。部品モデル20は、離散化された4つの節点200a～200dを有する四面体形状で表されている。図2の四面体形状で表される部品の構造体に振動が生じると、隣接する節点との間でエネルギーのやり取りが生じる。すなわち、各節点のそれぞれが、エネルギーモデルにおける部品モデルに対応するものと考えることができ、各節点間において第1および第2パラメータのやり取りが行われる。

[0018] また、いずれかの節点に対応する位置において他の部品と接続すると、その節点と接続された他の部品との間で第1パラメータP1および第2パラメータP2のやり取りが行われる。この第1パラメータP1および第2パラメータP2のやり取りが、図1に示した第1演算部8（8A～8C）、第2演算部9（9A～9C）によって規定される。上述したように、第1演算部8および第2演算部9はパラメータと特性とを含む関数として表されるが、関数の形はどのような特性をシミュレートするかに応じて決まる。例えば、ここでは、構造体の振動のシミュレーションに対応した関数が適用される。関数の決定方法についての詳細説明は省略するが、特許文献1におけるエネルギーモデルの場合と同様の考え方を適用することができる。例えば、部品モデル4において、第1パラメータP1および第2パラメータP2が振動系のパラメータである場合の機能ブロックと同様に構成される。

[0019] 図6は、機能ブロック図の一例を示したものである。上述した音振動シミュレーションモデル10は、このような機能ブロック図で表現される処理を実行するプログラムとして与えられる。ここで示す例は、第1パラメータを速度[m/s]、第2パラメータを力[N]の振動系として表わした部品モデル20において、節点200aに第2演算部9を、節点200bに第1演算部8を設定した場合の機能ブロック図である。

[0020] 具体的に、第2演算部9の演算機能を詳細に説明する。第2演算部9は、部品モデル4が出力する第2パラメータP2Aと、第1演算部8が送信する第2パラメータP2Cを受信し、部品モデル4に第1パラメータP1Dと、第1演算部8に第1パラメータP1Cを送信する。そのうち、第2パラメータ

タ P 2 A に対しては、まず、節点 2 0 0 a における形状に関する振動の第 2 特性 C 2 が積算され、第 2 パラメータ P 2 B が出力される。ここで、第 2 特性は速度 [m / s] の次元の比率であり、有限要素法により表された部品モデル 2 0 の固有値解析から得られるものである。

[0021] つぎに、第 1 変換特性 2 0 1 に、第 2 パラメータ P 2 B および第 2 パラメータ P 2 C が入力され、第 1 パラメータ P 1 A が出力される。第 1 変換特性 2 0 1 の機能は、式を用いると次式 (1) のように表わすことができる。

$$\begin{aligned} \text{第 1 パラメータ P 1 A} &= \text{第 1 変換特性 2 0 1} \\ &\quad \times (\text{第 2 パラメータ P 2 B} - \text{第 2 パラメータ P} \\ &\quad \text{2 C}) \\ &\quad \dots \\ (1) \end{aligned}$$

[0022] ここで第 1 変換特性 2 0 1 は、部品モデル 2 0 の質量特性や塑性変形など、第 2 パラメータ P 2 の次元を第 1 パラメータ P 1 の次元に変換する機能を有しており、有限要素法などで得ることができる。出力された第 1 パラメータ P 1 A は、分岐 2 0 2 により、部品モデル 4 に向かう第 1 パラメータ P 1 B と、第 1 演算部 8 に向かう第 1 パラメータ P 1 C に分岐される。第 1 パラメータ P 1 B に対しては、節点 2 0 0 a における形状に関する振動の第 2 特性 C 2 が積算され、第 1 パラメータ P 1 D が出力される。

[0023] なお、第 1 演算部 8 についての詳細説明は第 2 演算部 9 と同様のため省略するが、第 2 変換特性 2 0 3 は、部品モデル 2 0 の剛性特性や粘性摩擦など、第 1 パラメータ P 1 の次元を第 2 パラメータ P 2 の次元に変換する機能を有している。

[0024] 一方、構造体の振動特性、すなわち、各節点における形状に関する振動特性は上述した第 1 特性 C 1 および第 2 特性 C 2 で表現される。図 2 (a) に示す部品モデル 2 0 の各節点 2 0 0 a ~ 2 0 0 d には、図 2 (b) に示すような第 1 特性 C 1 および第 2 特性 C 2 がそれぞれ設定される。図 2 (b) では、第 1 パラメータ P 1 の次元と第 2 パラメータ P 2 の次元との積が仕事率

[J / s] の場合と、仕事 [J] の場合との両方を示した。

[0025] 音振動シミュレーションモデル 10A では振動のシミュレーションが行われるので、次元の積が仕事率 [J / s] の場合には、第 1 特性 C 1 は力 [N] の比率で表され、第 2 特性 C 2 は速度 [m / s] の比率で表される。これは、節点に力が作用したときに、その節点に第 2 特性 C 2 の定数倍の速度が生じることを表している。振動シミュレーションの場合、第 1 パラメータ P 1 は速度 [m / s] または変位 [m] となり、第 2 パラメータ P 2 は力 [N] となる。すなわち、第 1 演算部 8 では、速度の次元の第 1 パラメータ P 1 および力の比率の第 1 特性 C 1 から、力の次元の第 2 パラメータ P 2 が出力される。第 2 演算部 9 では、力の次元の第 2 パラメータ P 2 および速度の比率の第 2 特性 C 2 から、速度の次元の第 2 パラメータが出力される。

[0026] また、次元の積が仕事 [J] の場合には、第 1 特性 C 1 は力 [N] の比率で表され、第 2 特性 C 2 は変位 [m] の比率で表される。これは、節点に力が作用したときに、その節点に第 2 特性 C 2 の定数倍の変位が生じることを表している。なお、部品モデル 20 はソリッド要素のため各節点は 3 次元における運動（変位）となり、速度、変位、力は X, Y, Z の 3 方向の成分から成る。

[0027] 図 2 の部品モデル 20 は 4 つの節点 200a ~ 200d を有しているが、いずれの節点も、部品モデル 4 と接続される接続点に適用することが可能である。例えば、節点 200b、200c を部品モデル 4 との接続点に選択した場合、部品モデル 4 との間の第 1 演算部 8 または第 2 演算部 9 は、節点 200b、200c の第 1 特性 C 1 または第 2 特性 C 2 を含む関数として表される。なお、一つの節点の変位は他の節点へ影響を及ぼすので、例えば、図 1 に示す第 1 演算部 8A から出力される第 2 パラメータ P 2 は、部品モデル 4 だけでなく、第 2 演算部 9A, 9B にも入力される。

[0028] なお、部品モデル 4 との接続点である節点に対して第 1 演算部 8 および第 2 演算部 9 のどちらを適用するかは、例えば、次のように行われる。すなわち、部品モデル 4 の接続点の剛性が、部品モデル 20 の接続点の剛性に対し

て十分高い場合は、部品モデル4は速度 $[m/s]$ 、または変位 $[m]$ を出力すると考えられるため、それらを受信し、力を部品モデル4に対して送信する第1演算部8を適用する。逆に、部品モデル4の接続点の剛性が、部品モデル20の接続点の剛性に対して十分低い場合は、部品モデル4は力 $[N]$ を出力すると考えられるため、力を受信し、速度 $[m/s]$ 、または変位 $[m]$ を部品モデル4に対して送信する第2演算部9を適用する。

[0029] データベース16Aには、各節点200a~200dに関する第1特性C1および第2特性C2が記憶されている。なお、データベース16Bは音振動シミュレーションモデル10Bに対して設けられたデータベースであり、データベース16Aの場合と同様に構成されている。

[0030] 図2(b)に示したように、ソリッド要素の場合、一つの節点は第1特性C1と第2特性C2とを合わせて6個の特性を持つので、図2(a)に示すような4つの節点を有する部品モデル20の場合、合計で24個の特性を有することになる。図1に示す音振動シミュレーションモデル10Aの第1演算部8A、8Bや第2演算部9A、9Bは、これら24個の特性の一部を採用して構成されている。つまり、第1特性C1のデータベースの自由度f1と第2特性C2のデータベースの自由度f2の総数は、音振動シミュレーションモデル10Aの有する第1演算部8A、8Bおよび第2演算部9A、9Bの総数以上となっている。

[0031] これにより、音振動シミュレーションモデル10Aの第1演算部8A、8Bや第2演算部9A、9Bで採用する特性を変更することで、取り付け位置の変更を再現することができる。例えば、図1において、部品モデル4と部品モデル20との取り付け位置が図2(a)の節点200a、200bであった場合、第1演算部8A、第2演算部9Aの特性には節点200a、200bの特性が用いられるが、第2演算部9Aの特性を節点200cの特性に変更することで、取付け位置を変更した場合のエネルギー収支の違いを推定することができる。

[0032] また、例えば、データベース16Aの第1特性C1と第2特性C2を、4

面体形状の部品モデル 20 から、その他の形状部品の特性に書き換えることで、形状変更した際の製品全体のエネルギー収支を検討できる効果がある。

[0033] なお、音振動シミュレーションモデル 10 として音場モデルを用いる場合には、次元の積が仕事率 $[J/s]$ の場合には、第 1 パラメータ P 1 の次元は体積速度 $[m^3/s]$ となり、第 2 パラメータ P 2 の次元は音圧 $[Pa]$ となる。また、次元の積が仕事 $[J]$ の次元の場合には、第 1 パラメータ P 1 の次元は体積 $[m^3]$ となり、第 2 パラメータ P 2 の次元は音圧 $[Pa]$ となる。これにより、仕事率、または、仕事として製品全体のエネルギー収支を検討することができる。

[0034] 例えば、部品モデル 20 で表される構造体が振動して発生する騒音をシミュレートする場合には、構造体の振動をシミュレートする音振動シミュレーションモデル 10 A に対して、音場モデルの音振動シミュレーションモデル 10 B を接続する。音振動シミュレーションモデル 10 B は、音振動シミュレーションモデル 10 A のシミュレーション結果に基づいて騒音をシミュレートする。

[0035] 図 3 は、音振動シミュレーションモデル 10 に関するプログラム（音振動シミュレーションプログラム）を実行するハードウェアを構成するコンピュータ 100 の、概略構成を示す図である。コンピュータ 100 は、CPU 101 と、メモリ 102 と、入力装置 103 と、ハードディスク 104 と、ディスプレイ 105 とを備えている。これらは、システムバス 106 を介して接続されている。CPU 101 は、コンピュータ 100 の制御・演算部として機能し、音振動シミュレーションモデル 10 のプログラムを実行する。また、CPU 101 は、製品動作シミュレータ 3 のプログラムを実行する。すなわち、製品全体シミュレータ 13 は、製品動作シミュレータ 3 のプログラムと音振動シミュレーションモデル 10 のプログラムとで構成される。

[0036] メモリ 102 は、例えば RAM (Random Access Memory) であり、CPU 101 の作業領域として機能し、処理途中のデータ等が記憶される。ハードディスク 104 には、製品全体シミュレータ 13 を構成するプログラムやデ

ータ等が記憶されている。これらのプログラムやデータは、CPU 101によってメモリ 102にロードされる。入力装置 103は、例えばキーボードやマウスであり、オペレータが指示を入力するための入力部として機能する。

[0037] 図4は、製品全体シミュレータ 13における処理手順を説明する図である。製品全体シミュレータ 13の処理が開始されると、まず、ステップS1において、音振動シミュレーション対象である構造体の接続点の入出力処理が行われる。オペレータは、入力装置 103を用いて、構造体の接続点に対応する節点を指定する。そして、接続点の設定情報に基づいて、接続点に適用された節点のパラメータをデータベース 16から読み出し、接続点に対応する演算部をそれぞれ設定する。例えば、第1パラメータP1を受信し、第2パラメータP2を送信する第1演算部8を、接続点に対して設定する。

[0038] ステップS2では、製品動作シミュレータ3および音振動シミュレーションモデル10への、接続点からの入力を設定する。例えば、音振動シミュレーションモデル10の接続点が第1演算部8を有する場合、製品動作シミュレータ3への入力は、第1演算部8が送信する第2パラメータP2であり、音振動シミュレーションモデル10への入力は、第1演算部8が受信する第1パラメータP1である。

[0039] ステップS3では、数値積分を行い、ステップS2で設定した入力に応じた製品動作シミュレータ3および音振動シミュレーションモデル10Aの現在の状態を求め、接続点からの出力を計算する。例えば、音振動シミュレーションモデル10Aの接続点が第1演算部8を有する場合、製品動作シミュレータ3からの出力は、第1演算部8が受信する第1パラメータP1であり、音振動シミュレーションモデル10からの出力は、第1演算部8が送信する第2パラメータP2である。

[0040] なお、数値積分のステップは、製品動作シミュレータ3と音振動シミュレーションモデル10とで、一致している必要はない。すなわち、製品動作シミュレータ3と音振動シミュレーションモデル10とは、それぞれの時間ス

ケールに応じた数値積分を独立に行っても良い。

[0041] ステップS4では、計算の継続を確認する。継続する場合はステップS2に進み、終了する場合は計算を終了する。

[0042] このように、音振動シミュレーションモデル10は、積の次元が仕事率または仕事の次元と第1パラメータP1および第2パラメータP2に関して、部品モデルから第1パラメータP1を受信して第2パラメータP2を部品モデルに送信する第1演算部8や、部品モデルから第2パラメータP2を受信して第1パラメータP1を部品モデルに送信する第1演算部9を備える。そのため、そのような音振動シミュレーションモデル10を製品動作シミュレータ3に組み込むことで、製品動作全体のエネルギー収支を検討することが可能となる。

[0043] 上述したように、本実施の形態の音振動シミュレーションモデル10のプログラム（音振動シミュレーションプログラム）をCPU101が実行することにより、コンピュータ100は、部品モデル4がシミュレートする部品に取り付けられた構造体の音振動シミュレーションを行う音振動シミュレータとして機能する。

[0044] そして、音振動シミュレーションプログラムは、コンピュータ100のCPU101を、仕事率または仕事の次元を第1パラメータP1の次元で除した次元を有する第2パラメータP2を、入力される第1パラメータP1に対応して出力する第1演算部8、または、仕事率または仕事の次元を第2パラメータP2の次元で除した次元を有する第1パラメータP1を、入力される第2パラメータP2に対応して出力する第2演算部9として機能させる。第1演算部8は、第1パラメータP1および第1特性C1を含む関数として表され、第2演算部9は、第2パラメータP2および第2特性C2を含む関数として表される。第1特性C1および第2特性C2は、音振動シミュレーションにおける構造体の形状を特徴付ける特性であって、第1特性C1は、第2パラメータP2の次元の比率であり、第2特性C2は、第1パラメータP1の次元の比率である。

[0045] このように、音振動シミュレーションモデル10に上述のような第1演算部8および第2演算部9を設けることで、部品モデル4と音振動シミュレーションモデル10との間のエネルギーのやり取りを含めたシミュレーションを行うことができる。その結果、製品動作全体のエネルギー収支を検討可能な製品全体シミュレータ13を構成することができる。また、第1演算部8および第2演算部9は、シミュレート対象である部品（構造体）の形状に関する第1特性C1と第2特性C2とを含む関数であるため、3次元部品形状に依存する製品の音振動特性をより正確に再現することができる。

[0046] 図5は比較例を示す図である。前述したように、特許文献1に記載の方法では、3次元部品形状に依存する製品の音振動性能を直接評価することができない。一方、製品の音振動性能の評価に関しては、製品の3次元形状を有限要素法などでモデル化し、モデル外部で別途計算した加振力を入力して評価する手法が提案されている（例えば、特開2015-11567号公報）。

[0047] そのため、音振動をシミュレーションしようとした場合、図5に示すように、特許文献1を適用した製品動作シミュレータ3から加振力を出力させ、その加振力を特許文献2に記載のようにモデル化された音振動シミュレータ6に与えて、音振動をシミュレーションする方法が考えられる。

[0048] 製品動作シミュレータ3は、複数の部品モデル4における第1パラメータP1と第2パラメータP2のやり取りによって、製品動作時の部品間のエネルギー収支を再現する。該当製品の音振動に関しては、製品動作シミュレータ3から出力された加振力5を音振動シミュレータ6に与えて、音振動を再現することになる。したがって、製品動作時のエネルギー収支と、音振動のエネルギー収支とは、別々のシミュレータにより独立して計算されるため、全体のエネルギー収支が成立しないという問題があった。

[0049] 一方、本実施の形態では、上述した第1演算部8や第2演算部9を備え、部品モデル4と構造体とエネルギーのやり取りを再現するようにしているので、製品動作全体のエネルギー収支を検討可能な製品全体シミュレータ13を構成することができる。

[0050] なお、本実施の形態の音振動シミュレーションモデル１０のプログラムは、単体としても動作可能であり、必ずしも製品動作シミュレータ３に組込んで製品全体シミュレータ１３として動作させる必要はない。

[0051] さらに、節点２００ａ～２００ｄに対応付けられた第１特性Ｃ１および第２特性Ｃ２を有し、コンピュータ１００のハードディスク１０４を、節点２００ａ～２００ｄに対応付けられた第１特性Ｃ１および第２特性Ｃ２、すなわちデータベース１６Ａを格納するデータ格納部として機能させる。それによって、音振動シミュレーションモデル１０の第１演算部８や第２演算部９で採用する特性を変更することで、取り付け位置の変更を再現することができ、取付け位置を変更した場合のエネルギー収支の違いを推定することが可能となる。また、データベース１６Ａの各特性を構造体の形状を変更した場合の特性に書き替えることで、構造体の形状変更にも容易に対応することができる。

[0052] 上記では、種々の実施の形態および変形例を説明したが、本発明はこれらの内容に限定されるものではない。本発明の技術的思想の範囲内で考えられるその他の態様も本発明の範囲内に含まれる。

符号の説明

[0053] ３…製品動作シミュレータ、４，２０…部品モデル、８，８Ａ～８Ｃ…第１演算部、９，９Ａ～９Ｃ…第２演算部、１０，１０Ａ，１０Ｂ…音振動シミュレーションモデル、１３…製品全体シミュレータ、１６Ａ，１６Ｂ…データベース、１００…コンピュータ、１０１…ＣＰＵ、Ｐ１…第１パラメータ、Ｐ２…第２パラメータ

請求の範囲

[請求項1] 部品からの作用として入力される第1パラメータ及び／または第2パラメータに基づいて、コンピュータを、前記部品に取り付けられた構造体の音振動シミュレーションを行う音振動シミュレータとして機能させるための音振動シミュレーションプログラムであって、

仕事率または仕事の次元を前記第1パラメータの次元で除した次元を有する第2パラメータを、入力される前記第1パラメータに対応して出力する第1演算部、または、前記第1パラメータを入力される前記第2パラメータに対応して出力する第2演算部、として前記コンピュータを機能させ、

前記第1演算部は、前記第1パラメータおよび第1特性を含む関数として表され、

前記第2演算部は、前記第2パラメータおよび第2特性を含む関数として表され、

前記第1特性および前記第2特性は、前記音振動シミュレーションにおける前記構造体の形状を特徴付ける特性であって、

前記第1特性は、前記第2パラメータの次元の比率であり、前記第2特性は、前記第1パラメータの次元の比率である、音振動シミュレーションプログラム。

[請求項2] 請求項1に記載の音振動シミュレーションプログラムにおいて、

前記音振動シミュレータは、前記部品に取り付けられた構造体の形状を複数の節点に離散化して音振動シミュレーションを行う、音振動シミュレーションプログラム。

[請求項3] 請求項2に記載の音振動シミュレーションプログラムにおいて、

前記節点に対応付けられた前記第1特性および前記第2特性を有し、

前記コンピュータを、前記節点に対応付けられた前記第1特性および前記第2特性を格納するデータ格納部として機能させる、音振動シ

ミュレーションプログラム。

[請求項4]

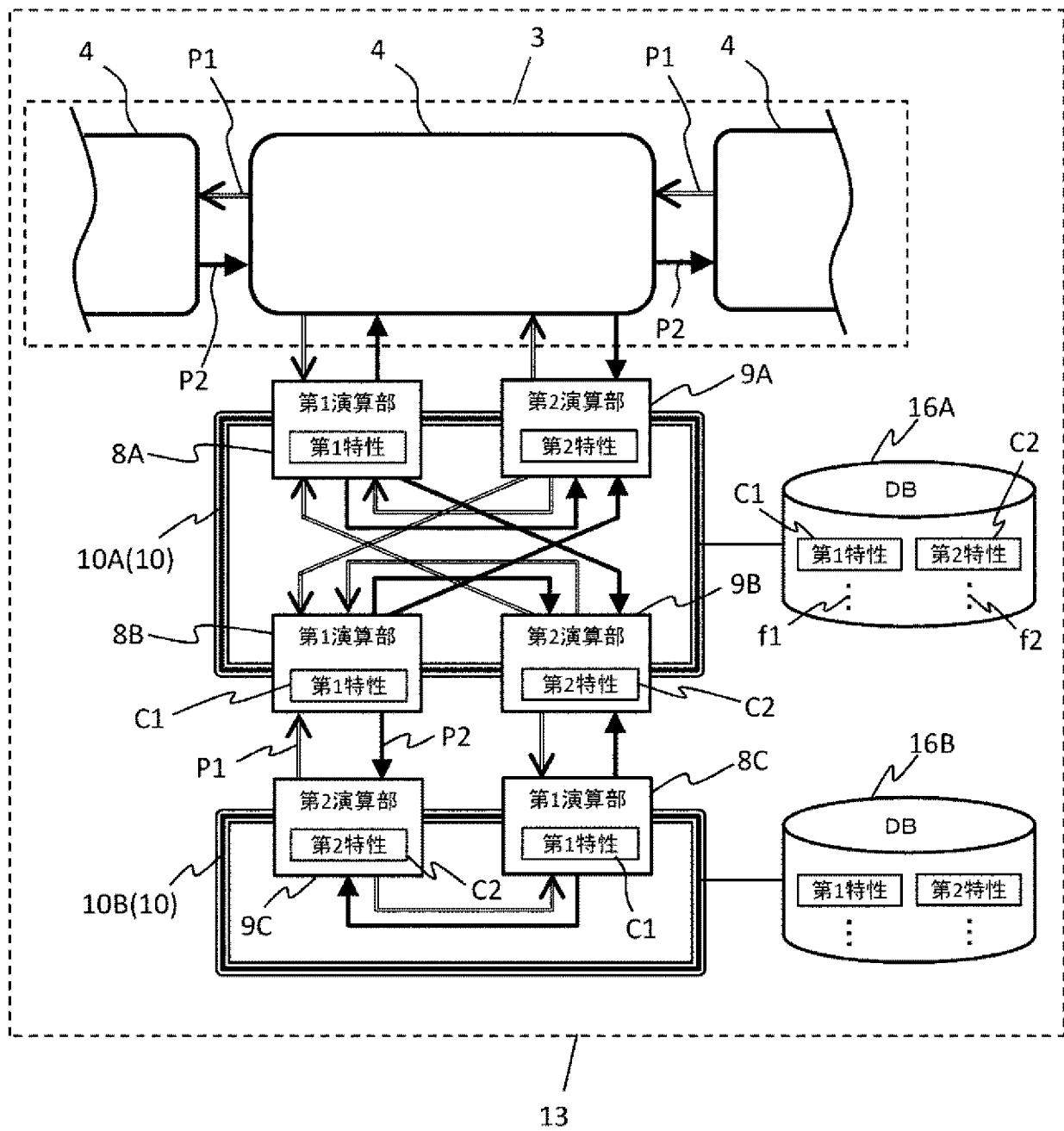
請求項3に記載の音振動シミュレーションプログラムにおいて、

前記第1演算部または前記第2演算部を1つ以上有するように、前記コンピュータを機能させ、

前記データ格納部に格納される前記第1特性および前記第2特性の総数は、前記第1演算部および前記第2演算部を合計した数以上である、音振動シミュレーションプログラム。

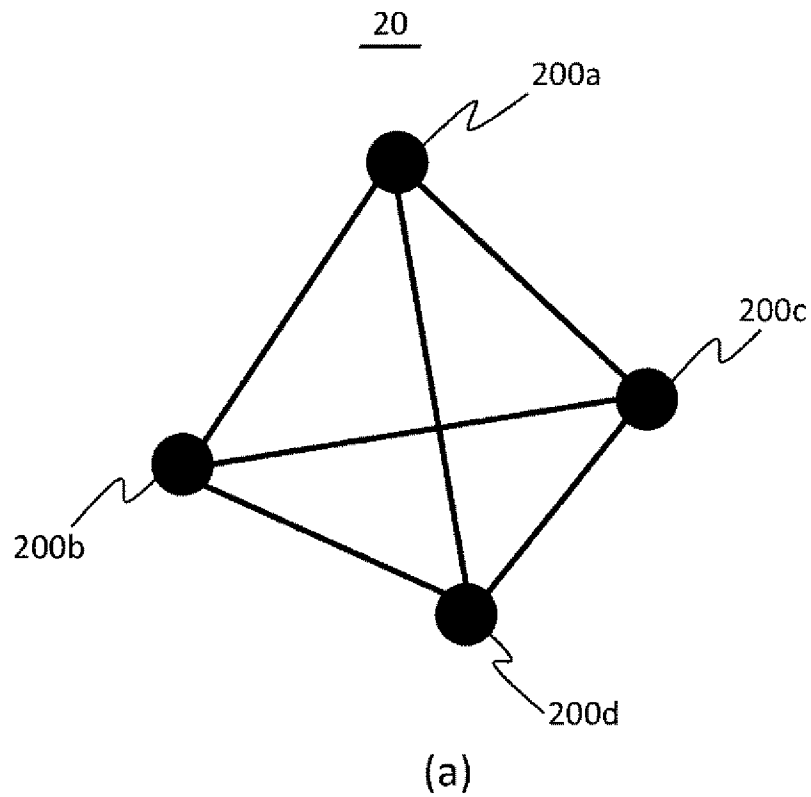
[図1]

【図1】



[図2]

【図2】

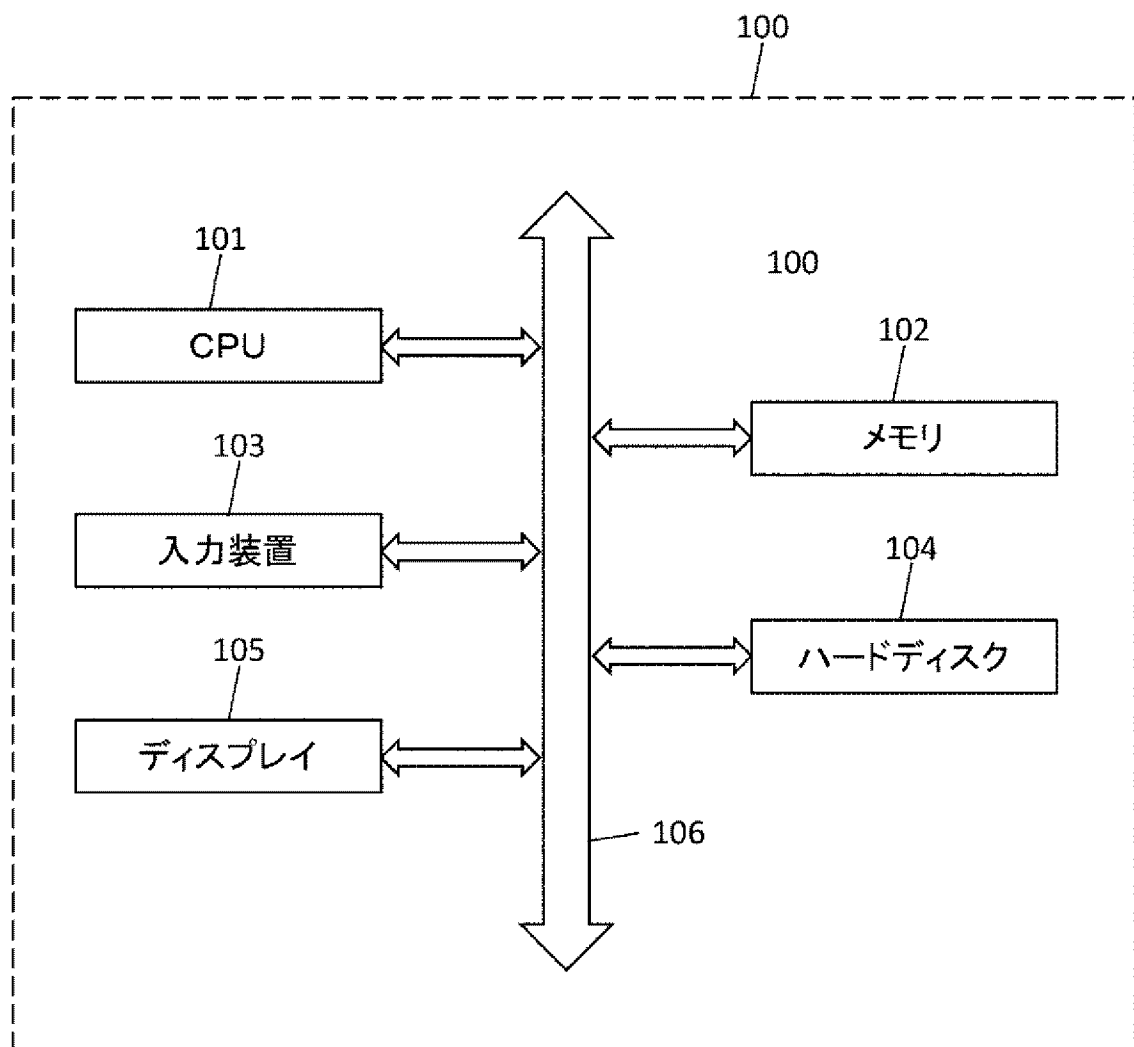


	仕事率 [J/s]	仕事 [J]
第1特性C1	X方向力 [N]の比率 Y方向力 [N]の比率 Z方向力 [N]の比率	
第2特性C2	X方向速度 [m/s]の比率 Y方向速度 [m/s]の比率 Z方向速度 [m/s]の比率	X方向変位 [m]の比率 Y方向変位 [m]の比率 Z方向変位 [m]の比率

(b)

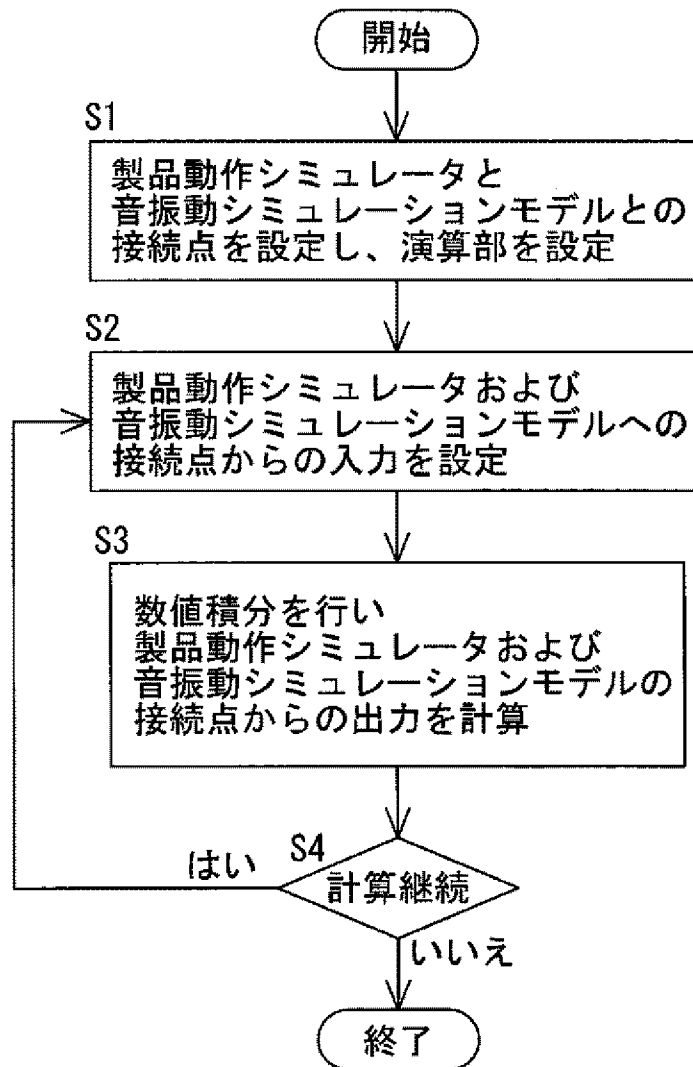
[図3]

【図3】



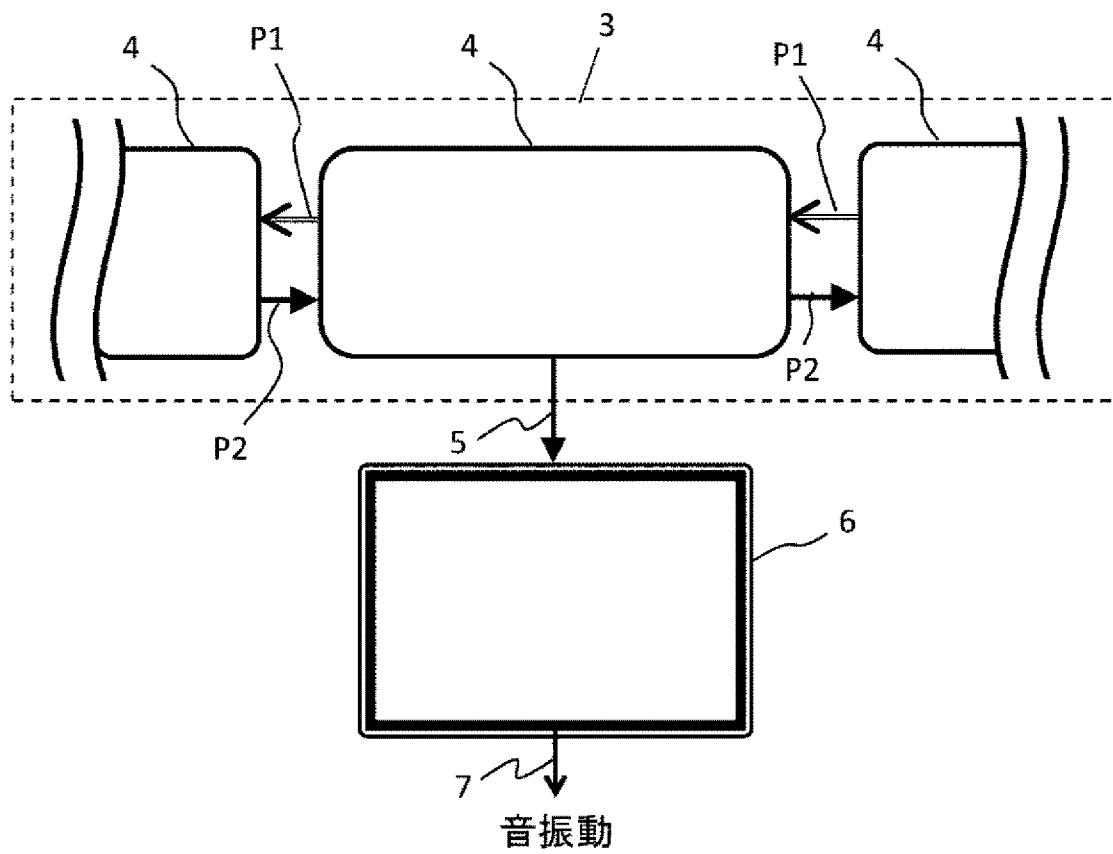
[図4]

【図4】



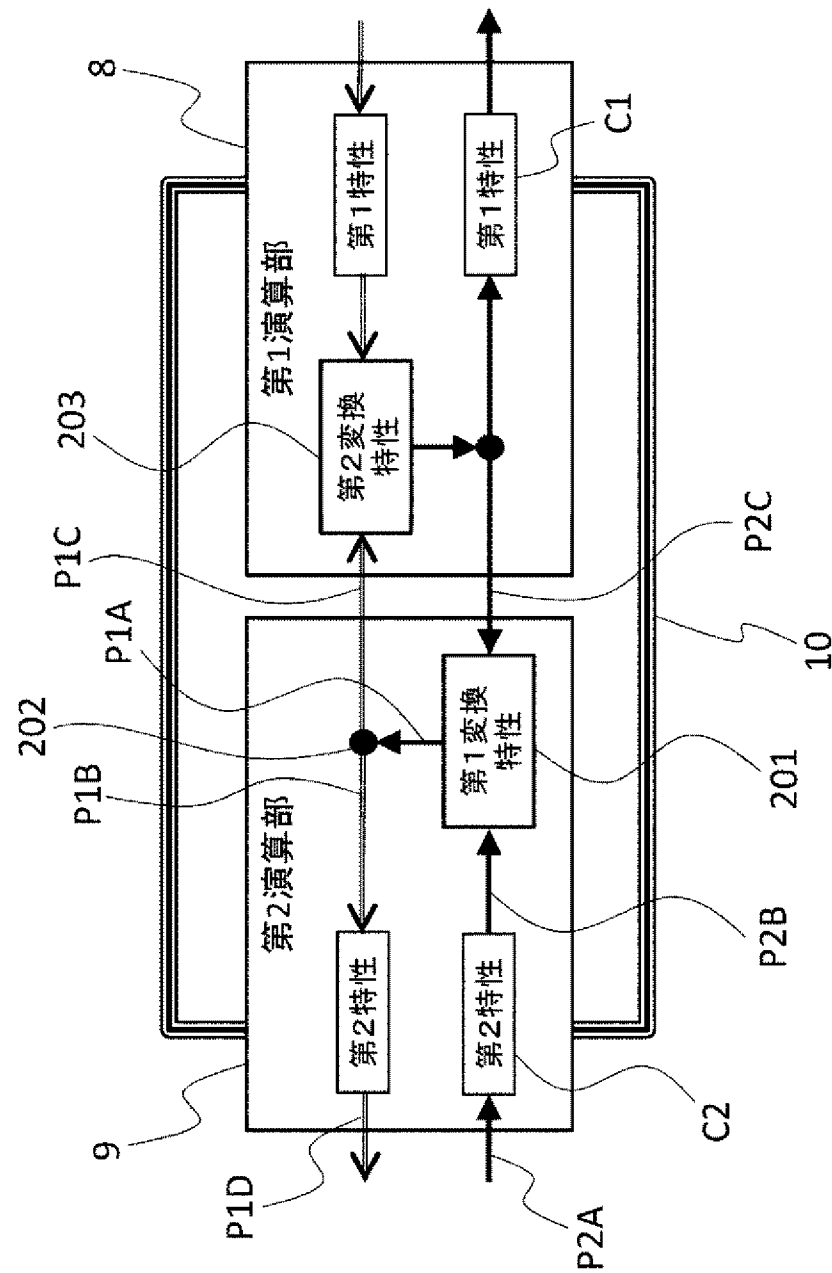
[図5]

【図5】



【図6】

【図6】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/027367

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F17/50(2006.01)i, G06Q50/04(2012.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06F17/50, G06Q50/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

IEEE Xplore, JSTPlus(JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-35679 A (Mitsubishi Motors Corp.), 24 February 2014 (24.02.2014), entire text (Family: none)	1-4
A	JP 2003-75248 A (Takeshi TOI), 12 March 2003 (12.03.2003), entire text (Family: none)	1-4
A	JP 2015-185143 A (Mazda Motor Corp.), 22 October 2015 (22.10.2015), entire text (Family: none)	1-4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
23 October 2017 (23.10.17)

Date of mailing of the international search report
31 October 2017 (31.10.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G06F17/50(2006.01)i, G06Q50/04(2012.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G06F17/50, G06Q50/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

IEEE Xplore, JSTPlus (JDreamIII)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2014-35679 A（三菱自動車工業株式会社） 2014.02.24, 全文 (ファミリーなし)	1-4
A	JP 2003-75248 A（戸井 武司） 2003.03.12, 全文 (ファミリーなし)	1-4

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

23.10.2017

国際調査報告の発送日

31.10.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

合田 幸裕

5M

4689

電話番号 03-3581-1101 内線 3599

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2015-185143 A (マツダ株式会社) 2015.10.22, 全文 (ファミリーなし)	1-4