(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
2006 年4 月6 日 (06.04.2006)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2006/035618 A1

(51) 国際特許分類:
G06F 19/00 (2006.01) *G06F 9/44* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/017116

(22) 国際出願日: 2005 年9 月16 日 (16.09.2005)

(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2004-279178 2004 年9 月27 日 (27.09.2004) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人京都大学 (KYOTO UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町３６番地１ Kyoto (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 皿井 伸明 (SARAI, Nobuaki) [JP/JP]; 〒6068501 京都府京都市左京区吉田近衛町 京都大学大学院医学研究科内 Kyoto (JP). 野間 昭典 (NOMA, Akinori) [JP/JP]; 〒6068501 京都府京都市左京区吉田近衛町 京都大学大学院医学研究科内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 谷川 英和 (TANIGAWA, Hidekazu); 〒5400008 大阪府大阪市中央区大手前１丁目７－３１ ＯＭＭビル８階 私書箱５３号 Osaka (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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

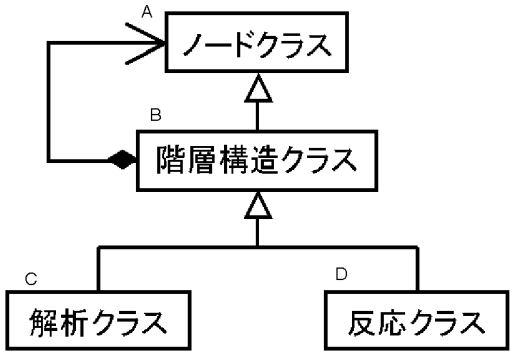
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

２文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) **Title:** BIOMETRIC SIMULATION DEVICE AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 生体シミュレーション装置およびプログラム



A NODE CLASS
B HIERARCHICAL STRUCTURE CLASS
C ANALYSIS CLASS
D REACTION CLASS

(57) **Abstract:** [PROBLEMS] In the conventional biometric simulation device, it has been very difficult to build a calculation equation based on an unexpected calculation principle. [MEANS FOR SOLVING PROBLEMS] There is provided a biometric simulation device for simulating a biometric function by executing a biometric function method for simulating a biometric function according to object directivity. Only by adding a class indicating a function of a biological body cleared by development of research of the medical/biological field, a new biometric function simulation can easily be built in the structure of the biometric simulation device. By using the biometric simulation device, it has become very easy to add a function.

(57) 要約: 【課題】従来の生体シミュレーション装置において、想定されていない計算原理に基づく演算式を組み込むことは、極めて困難であった。【解決手段】本発明は、生体機能をシミュレートするメソッドである生体機能メソッドをオブジェクト指向に基づいて実行して生体機能をシミュレーションする生体シミュレーション装置であって、医学生物学分野の研究の発展により解明された生体の機能等を示すクラスを追加するだけで、新たな生体機能のシミュレーションが容易に組み込むことができる構造を有する生体シミュレーション装置であって、かかる生体シミュレーション装置により、機能追加が極めて容易になった。

WO 2006/035618 A1

明 細 書

生体シミュレーション装置およびプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、生体機能の解明に対応して、機能追加やカスタマイズが極めて容易な構造を有する生体シミュレーション装置等に関するものである。

背景技術

[0002] 従来の生体機能のシミュレーションを行うことができるシミュレーション装置としてE－Cell、Virtual Cellというシミュレーション装置がある(非特許文献1、非特許文献2参照)。E－Cellは、細胞機能をシミュレートする生体シミュレーション装置である。

[0003] また、一般に、生体機能をコンピュータ上で再現、すなわち数理時空間に再現することを試みるとき、そこには異なる様々な概念に基づく計算式を統一して計算できる手法が必要となる。たとえば、臓器としてみた心臓の流体力学、細胞の電気的活動、細胞の収縮による力学的活動、もしくは細胞内の分子反応過程、質量作用の法則など非常に多くの様々な概念に基づく計算式が必要となる。

非特許文献1:M. Tomita, K. Hashimoto, K. Takahashi, T. Shimizu, Y. Matsuzaki, F. Miyoshi, K. Saito, S. Tanida, K. Yugi, J. C. Venter, and C. A. Hutchison III, 「E－CELL:software environment for whole－cell simulation」 in Bioinformatics, vol. 15, no. 1, pp. 72－84, 1999

非特許文献2:L. M. Loew, and J. C. Schaff:The Virtual Cell:a software environment for computational cell biology, Trends Biotechnol, 19－10, 401／406, 2001

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、従来の生体シミュレーション装置において、演算式の数が増すにつれ、式の管理が困難であった。これは、従来の生体シミュレーション装置が、生体の構造、特性に基づいた数式管理構造を有していなかったからである。

[0005] また、従来の生体シミュレーション装置において、想定されていない計算原理に基づく演算式を組み込むことは、極めて困難であった。つまり、想定されていない計算原理に基づく演算式を組み込むためには、膨大な量のプログラムの記述が必要であった。

一方、医学生物学分野の研究は、今後も大きな発展が見込まれており、それらの研究成果(演算式など)を容易に追加できる仕組みが極めて重要である。

課題を解決するための手段

[0006] 本第一の発明は、生体機能をシミュレートするメソッドである生体機能メソッドをオブジェクト指向に基づいて実行して生体機能をシミュレーションする生体シミュレーション装置であって、生体を構成する部品であり、一のクラスに属する部品である生体インスタンスおよび当該生体インスタンスの階層構造を示す情報を有する生体モデル構造情報を格納している生体モデル構造情報格納部と、生体の変数に関する情報である変数情報を処理するメソッドを保持しているクラスであるノードクラスと、ノードクラスの継承先クラスであり、前記生体モデル構造情報格納部の生体モデル構造情報に基づいて、メモリ上に前記生体インスタンスの階層構造を構成するメソッドを具備しているクラスである階層構造構成クラスと、前記階層構造構成クラスの継承先クラスであり、かつ、生体機能をシミュレートするための演算式を示す生体機能メソッドをメソッドとして具備するクラスである反応クラスと、前記階層構造構成クラスの継承先クラスであり、かつ、前記生体機能メソッドの実行結果を取得し、解析するメソッドを具備している解析クラスを保持し、前記生体モデル構造情報を解釈し、前記階層構造構成クラスにおける階層構造に基づいて生体インスタンスをメモリ上にマッピングし、所定の順序で前記生体インスタンスが属するクラスのメソッドを実行することにより前記生体インスタンスの状態を変化させ、当該変化した生体インスタンスの状態を前記解析クラスのメソッドに与えて解析結果を出力することにより生体機能をシミュレーションする生体シミュレーション装置である。

[0007] また、第二の発明は、第一の発明に対して、前記メモリ上にマッピングされた1以上の生体インスタンスにアクセスし、所定の処理を行うメソッドを保持している訪問者クラスをさらに保持し、前記解析クラスのメソッドは、前記訪問者クラスのメソッドの実行結

果に基づいて解析結果を取得する生体シミュレーション装置である。

[0008] また、第三の発明は、第一の発明、第二の発明に対して、前記反応クラスの継承先クラスであり、所定の生体機能メソッドをメソッドとして具備するクラスの情報を受け付ける受付部をさらに具備する生体シミュレーション装置である。

[0009] かかる第一、第二、第三の発明の構成により、新たな生体の機能を容易に組み込むことができる生体シミュレーション装置等を提供できる。また、オブジェクト指向モデルに従ったメソッド実行等により、さらに容易に、新たな生体の機能を組み込むことができる。したがって、医学生物学分野の研究の発展により解明された生体の機能を容易にシミュレーションできる。

[0010] また、第四の発明は、生体を構成する部品である2以上の生体部品および当該生体部品の階層構造を示す情報を有する生体モデル構造情報を格納している生体モデル構造情報格納部と、生体の変数に関する情報である変数情報を格納している変数情報格納部と、生体機能をシミュレートする演算式を生体機能毎に格納している演算式格納部と、前記生体モデル構造情報格納部の生体モデル構造情報に基づいて、メモリ上に前記2以上の生体部品の階層構造を構成する階層構造構成部と、前記階層構造を構成した1以上の生体部品に対して、当該生体部品が実現する生体機能に対応する1以上の演算式を実行する実行部と、前記実行部が実行した結果に基づいて、解析結果を出力する出力部を具備する生体シミュレーション装置である。

[0011] また、第五の発明は、第四の発明に対して、前記出力部は、前記実行部が演算式を実行した後の、前記生体部品の状態を取得する状態取得手段と、前記状態に基づいて、解析結果を出力する出力手段を具備する生体シミュレーション装置である。

[0012] さらに、第六の発明は、第四、第五の発明に対して、前記演算式格納部は、生体機能を識別する生体機能識別子と1以上の演算式を有する生体演算式情報を1以上格納しており、生体演算式情報を受け付ける受付部と、前記受付部が受け付けた生体演算式情報を前記演算式格納部に蓄積する蓄積部をさらに具備する生体シミュレーション装置である。

[0013] かかる第四、第五、第六の発明の構成により、新たな生体の機能を容易に組み込

むことができる生体シミュレーション装置等を提供できる。したがって、医学生物学分野の研究の発展により解明された生体の機能を容易にシミュレーションできる。

発明の効果

[0014] 本発明は、医学生物学分野の研究の発展により解明された生体の機能等を容易に組み込むことができる生体シミュレーション装置等を提供できる。

発明を実施するための最良の形態

[0015] 以下、生体シミュレーション装置等の実施形態について図面を参照して説明する。なお、実施の形態において同じ符号を付した構成要素は同様の動作を行うので、再度の説明を省略する場合がある。

（実施の形態1）

[0016] 図1は、本実施の形態における生体シミュレーション装置の基本クラス階層図である。図1は、UMLという書式で記述したクラス図である。本生体シミュレーション装置は、オブジェクト指向に基づく構造を有している。つまり、本生体シミュレーション装置は、クラスと、クラスに属するインスタンスを有する。また、クラスは、実行可能な関数（以下、適宜「メソッド」という。）を保持している。インスタンスは、ここでは、生体を構成する部品であり、一のクラスに属する部品である生体インスタンスである。生体インスタンスの例として、細胞外液、細胞、Naチャネル、Kチャネルなどがある。細胞外液は、細胞の外側にある液を示すインスタンスである。細胞は、細胞を示すインスタンスである。Naチャネル、Kチャネルは、それぞれ、細胞が有するNaチャネル、Kチャネルを示すインスタンスである。

また、図1において、ノードクラスは最上位クラスである。また、ノードクラスの継承先クラスが階層構造クラスである。さらに、階層構造クラスの継承先クラスが、解析クラスと反応クラスである。

[0017] ノードクラスは、生体の変数に関する情報である変数情報を処理するメソッドを保持しているクラスである。ノードクラスは、K（カリウムイオン）、Na（ナトリウムイオン）、Vm（膜電位）などのインスタンスが属し得る。また、変数情報を処理するメソッドとして、インスタンスの値を取得するメソッド（getValue()）や、インスタンス（変数）に値を設定するメソッド（setValue(value)）などがある。「setValue(value)」は、値「value」をイ

ンスタンスに設定するメソッドである。

ノードクラスの変数は、シミュレーション時に反応クラス及び解析クラスに属する生体インスタンスから読み出され、生体インスタンスに属する計算メソッドから値を書き込まれるのに使われる。

[0018] 階層構造クラスは、ノードクラスの継承先クラスであり、生体モデル構造情報に基づいて、メモリ上に生体インスタンスの階層構造を構成するメソッドを保持しているクラスである。具体的には、階層構造クラスのメソッドは、以下のような処理を行う。つまり、生体モデル構造情報は、生体を構成する部品であり、一のクラスに属する部品である生体インスタンスおよび当該生体インスタンスの階層構造を示す情報を有する情報である。生体モデル構造情報は、例えば、ファイルである。また、生体モデル構造情報は、例えば、XMLで記述されている。なお、階層構造を記述するためにXMLは好適である。階層構造クラスのメソッドは、生体モデル構造情報が有するインスタンスの階層構造に対応したメモリ構造を構成するメソッド等である。さらに具体的には、階層構造を構成する親のインスタンスのポインタ領域を、メモリ上に確保(alloc)するメソッド等である。この確保したポインタ領域には、子のインスタンスの実体が存在する領域のアドレスが格納される。

[0019] 反応クラスは、階層構造構成クラスの継承先クラスであり、かつ、生体機能をシミュレートするための演算式を示す生体機能メソッドをメソッドとして具備するクラスを継承先クラスとして保持し、当該生体機能メソッドを実行するメソッドを保持しているクラスである。つまり、生体シミュレーションを行うためには、反応クラスの継承先クラスとして、各生体機能のシミュレーションに必要な生体機能メソッドを保持しているクラスが定義されている必要がある。

[0020] 解析クラスは、階層構造構成クラスの継承先クラスであり、かつ、生体機能メソッドの実行結果を取得し、解析するメソッドを保持している。生体機能メソッドの実行結果とは、生体機能メソッドの実行により、変化したインスタンスの状態(例えば、膜電位の値や、K濃度など)である。解析クラスにおける、結果を出力するメソッドは、どのような態様で結果を出力しても良い。例えば、あるメソッドは、膜電位の変化をグラフで出力する。また、他のメソッドは、カリウムイオンの濃度の変化を数値で出力する。さらに、

他のメソッドは、心臓の動きを視覚的に出力する。なお、出力とは、ディスプレイへの表示、プリンタへの印字、音出力、外部の装置への送信等を含む概念である。

[0021] 生体モデル構造情報格納部は、生体を構成する部品であり、一のクラスに属する部品である生体インスタンスおよび当該生体インスタンスの階層構造を示す情報を有する生体モデル構造情報を格納している。生体モデル構造情報は、上述したように、例えば、XMLで記述されたファイルである。生体モデル構造情報格納部は、不揮発性の記録媒体が好適であるが、揮発性の記録媒体でも実現可能である。なお、生体モデル構造情報は、外部から本生体シミュレーション装置に供給される（通信や手入力等により）情報でも良い。

[0022] また、本シミュレーション装置は、以下の実行部を具備する。実行部は、生体モデル構造情報格納部の生体モデル構造情報を解釈し、階層構造構成クラスにおける階層構造に基づいて生体インスタンスをメモリ上にマッピングし、所定の順序（予め決められていても良いし、計算式を解釈して決める順序でも良い）で生体インスタンスが属するクラスのメソッドを実行することにより記生体インスタンスの状態を変化させ、当該変化した生体インスタンスの状態を解析クラスのメソッドに与えて解析結果を出力することにより生体機能をシミュレーションする。生体インスタンスが属するクラスのメソッドは、例えば、反応クラスの継承先クラスのメソッドであり、所定の生体機能を実現するメソッドである生体機能メソッドである。実行部は、通常、MPUやメモリ等から実現され得る。実行部の処理手順は、通常、ソフトウェアで実現され、当該ソフトウェアはROM等の記録媒体に記録されている。但し、ハードウェア（専用回路）で実現しても良い。

以下、本生体シミュレーション装置の動作について図2から図4のフローチャートを用いて説明する。

（ステップS201）格納されている生体モデル構造情報を読み出す。

[0023] （ステップS202）ステップS201で読み出した生体モデル構造情報を解釈し（例えば、XMLデータをパージングし）、当該生体モデル構造情報に基づいて、インスタンスの階層構造を構築する。かかる階層構造のデータは、メモリ上に置かれている。なお、インスタンスの階層構造を構築する処理については、図3のフローチャートを用

いて詳細に説明する。

[0024] (ステップS203)全ての反応クラスに属する生体機能インスタンスの処理を行う。インスタンスの処理とは、インスタンスが属するクラスおよびその上位クラスの生体機能メソッドをインスタンスに対して実行することである。かかるインスタンスの処理により、生体機能がシミュレーションされる。微分方程式で記述された生体機能計算式については積分計算を行う。一インスタンスの処理の詳細は、図4のフローチャートを用いて説明する。

(ステップS204)全ての解析クラスに属するインスタンスの処理の結果を出力する。かかる出力により、生体機能のシミュレーション結果が得られる。

[0025] (ステップS205)処理を終了するか否かを判断する。処理を終了しないのであればステップS203に戻る。処理を終了するか否かは、シミュレーションを開始してから所定の時間が経過したことを検出することにより判断しても良いし、終了指示を受け付けたことを検知することにより判断しても良い。その他、終了のトリガーは問わない。なお、所定の時間の情報は、例えば、生体モデル構造情報に含まれている。

次に、インスタンスの階層構造を構築する処理について、図3のフローチャートを用いて説明する。

(ステップS301)カウンタiに1を代入する。

[0026] (ステップS302)生体モデル構造情報(ここでは、例えば、生体モデル構造情報はファイルであり、各行にインスタンスの情報の定義が存在する、とする。)のi番目の行の定義がインスタンスの情報の定義であるか否かを判断する。インスタンスの情報の定義であればステップS303に行き、インスタンスの情報の定義でなければステップS308に飛ぶ。なお、i番目の行の定義がインスタンスの情報の定義でない場合、当該定義に対応する別の処理を行っても良い。

[0027] (ステップS303)i番目の行の定義の中の、インスタンスに関する情報であるインスタンス情報を取得する。インスタンス情報とは、例えば、インスタンスの名称、クラス名である。また、インスタンス情報とは、例えば、インスタンスが変数である場合には、変数の値、単位である。

(ステップS304)ステップS303で取得したインスタンス情報を設定する。インスタン

ス情報の設定とは、メモリ上にインスタンス情報を書き込むことである。

[0028] (ステップS305)i行目の行に対応するインスタンスに親のインスタンスが存在するか否かを判断する。親のインスタンスが存在すればステップS306に行き、親のインスタンスが存在しなければステップS308に飛ぶ。

(ステップS306)親子関係を設定するためのリンクの領域(子インスタンスの領域)をメモリ上に確保する。

(ステップS307)ステップS306で確保したメモリ上に、親のインスタンスが定義されているメモリ上のアドレスを書き込む。このアドレスの書き込み処理により、親子関係を規定するリンクが設定される。

(ステップS308)生体モデル構造情報のすべての行の処理が終了したか否かを判断する。終了していなければステップS309に行く。終了していれば、上位関数にリターンする。

(ステップS309)カウンタiを1、インクリメントする。ステップS302に戻る。

図4は、一つのインスタンスの処理の詳細について説明するフローチャートである。

(ステップS401)インスタンスが属するクラス名を取得する。

(ステップS402)カウンタiに1を代入する。

[0029] (ステップS403)ステップS401で取得したクラス名で特定されるクラス、および当該クラスより上位のクラスに、i番目のメソッドが存在するか否かを判断する。i番目のメソッドが存在すればステップS404に行き、i番目のメソッドが存在しなければ上位関数にリターンする。

(ステップS404)本インスタンスに対して、i番目のメソッドを実行する。

(ステップS405)カウンタiを1、インクリメントする。ステップS403に戻る。

以下、本実施の形態における生体シミュレーション装置の具体的な動作について説明する。

図5は、生体モデル構造情報の例を示すデータである。本生体モデル構造情報は、ここでは、XMLで記述されており、一ファイルで構成されている。

[0030] また、図6は、図1で述べた基本クラス階層図に対して、反応クラスの継承先クラスとしていくつかのクラスの定義を追加した、シミュレーション対象のクラス階層図である。

かかるクラスの定義は、通常、受付部が受け付け、生体シミュレーション装置に蓄積される。なお、図6も図1と同様、UMLという書式で記述したクラス図である。

[0031] 本クラス階層図において、図6の各ボックスは、クラス名（ボックスの上段）とクラスに属するメソッド（ボックスの下段）を記載している。また、反応クラスの下位クラスとして定義されたクラスは、生体機能をシミュレートするための演算式を示す生体機能メソッドを1以上保持している。セルクラスは、細胞の振る舞いを示す演算式（通常、微分方程式）を示すメソッドを保持している。また、チャネルクラスは、チャネル共通の振る舞いを示す演算式を（通常、微分方程式）を示すメソッドを保持している。Naチャネル、Kチャネルは、NaチャネルまたはKチャネル特有の振る舞いを示す演算式を（通常、微分方程式）を示すメソッドを保持している。

かかる状況において、生体シミュレーション装置は、シミュレーションを開始する、とする。なお、シミュレーションを開始するトリガーは、ユーザからの指示や外部装置からの指示等、問わない。

[0032] 次に、生体シミュレーション装置は、図5の生体モデル構造情報を読み込む。そして、生体シミュレーション装置は、生体モデル構造情報を解釈する。なお、生体モデル構造情報はXMLファイルであるので、XMLのパーサの技術により生体モデル構造情報の解釈は可能である。

[0033] そして、生体シミュレーション装置は、図7に示すインスタンスの階層構造を得る。図7において、インスタンス「細胞外液」は、変数「Na」「K」およびインスタンス「細胞」を所有（集約）する。また、インスタンス「細胞」は、変数「Na」「K」「Vm」およびインスタンス「Naチャネル」「Kチャネル」を所有する。インスタンスは、所有（集約）関係により、階層構造を構成する。

また、図7において、破線の矢印は、「参照」を示す。つまり、例えば、インスタンス「Naチャネル」は、変数「Na」「Vm」を参照する。なお、図7は、UMLという書式で記述したインスタンス図である。

また、図5の生体モデル構造情報中の8行目「cell name＝″cell″」の「cell」は、図7の「細胞」に該当する。また、図5の生体モデル構造情報中の13行目「Na channel」は、図7の「Naチャネル」に該当する。また、図5の生体モデル構造情報中の21

行目「K channel」は、図7の「Kチャネル」に該当する。また、図5の生体モデル構造情報中の16行目「＜link name＝″Nai″・・・」は、「Naチャネル」が、図7の細胞内の「Na」へのリンクを有することを示す。また、図5の生体モデル構造情報中の17行目「＜link name＝″Nao″・・・」は、「Naチャネル」が、図7の細胞外の「Na」へのリンクを有することを示す。また、図5の生体モデル構造情報中の24行目「＜link name＝″Ki″・・・」は、「Kチャネル」が、図7の細胞内の「K」へのリンクを有することを示す。また、図5の生体モデル構造情報中の25行目「＜link name＝″Ko″・・・」は、「Kチャネル」が、図7の細胞外の「K」へのリンクを有することを示す。また、図7において、表示の簡素化のために、図5の9行目、18行目、19行目、26行目、および27行目の解釈結果の表示を省略している。

[0034] 次に、生体シミュレーション装置は、4つのインスタンス「細胞外液」、「細胞」、「Naチャネル」、「Kチャネル」を処理する。処理する順序は、例えば、階層の深いインスタンスからである。つまり、生体シミュレーション装置は、「Naチャネル」、「Kチャネル」、「細胞」、「細胞外液」の順でインスタンスを処理する。このように、階層構造において階層の深いインスタンスから処理するのは、個々の機能要素の振る舞いの集合として全体の振る舞いを表現するのに都合がよいからである。インスタンス処理は、上述したように、当該インスタンスが属するクラスおよび上位のクラスのメソッドを実行することである。

そして、生体シミュレーション装置は、メソッドの実行結果を取得し、出力する。かかる出力処理は、解析クラスのメソッドにより実現される。

その出力の一部を図8に示す。図8は、インスタンス「細胞」が所有している「Vm」（膜電位）の値である。

[0035] 以上、本実施の形態によれば、新たな生体の機能を容易に組み込むことができる生体シミュレーション装置等を提供できる。したがって、実情に合った精度の高いシミュレーションを可能にし、それによって将来の医学の研究と進歩が助長される。具体的には、反応クラスの下位クラスとして、生体の機能毎にクラスを設け、当該クラスのメソッドとして、生体機能をシミュレーションする演算式を定義するだけで、新たな生体の機能をシミュレーションできる。

なお、本実施の形態の具体例によれば、解析クラスのメソッドは、解析結果をグラフ出力したが、アニメーション等による視覚的な出力等を行なうものでも良いことは言うまでもない。

[0036] また、本実施の形態において、メモリ上にマッピングされた1以上の生体インスタンスにアクセスし、所定の処理を行うメソッドを保持している訪問者クラスをさらに保持し、解析クラスのメソッドは、訪問者クラスのメソッドの実行結果に基づいて解析結果を取得するようなクラス階層でも良い。かかるクラス階層図を図9に示す。なお、図9も図1等と同様、UMLという書式で記述したクラス図である。

[0037] また、本実施の形態において、生体シミュレーション装置は、反応クラスの継承先クラスであり、所定の生体機能メソッドをメソッドとして具備するクラスの情報を受け付ける受付部をさらに具備する構成でも良い。かかる場合、新たなクラスの情報の入力手段は、テンキーやキーボードやマウスやメニュー画面によるもの等、何でも良い。受付部は、テンキーやキーボード等の入力手段のデバイスドライバーや、メニュー画面の制御ソフトウェア等で実現され得る。なお、新たなクラスの情報とは、クラス名、クラスのメソッド等である。

[0038] さらに、本実施の形態における処理は、ソフトウェアで実現しても良い。そして、このソフトウェアをソフトウェアダウンロード等により配布しても良い。また、このソフトウェアをCD－ROMなどの記録媒体に記録して流布しても良い。なお、このことは、本明細書における他の実施の形態においても該当する。なお、本実施の形態における情報処理装置を実現するソフトウェアは、以下のようなプログラムである。つまり、このプログラムは、コンピュータに、生体機能をシミュレーションさせるプログラムであって、生体を構成する部品であり、一のクラスに属する部品である生体インスタンスおよび当該生体インスタンスの階層構造を示す情報を有する生体モデル構造情報を格納しており、生体の変数に関する情報である変数情報を処理するメソッドを保持しているクラスであるノードクラスと、ノードクラスの継承先クラスであり、前記生体モデル構造情報格納部の生体モデル構造情報に基づいて、メモリ上に前記生体インスタンスの階層構造を構成するメソッドを保持しているクラスである階層構造構成クラスと、前記階層構造構成クラスの継承先クラスであり、かつ、生体機能をシミュレートするための演算

式を示す生体機能メソッドをメソッドとして具備するクラスを継承先クラスとして保持し、当該生体機能メソッドを実行するメソッドを保持しているクラスである反応クラスと、前記階層構造構成クラスの継承先クラスであり、かつ、前記生体機能メソッドの実行結果を取得し、出力するメソッドを保持している解析クラスを保持し、前記生体モデル構造情報を解釈し、前記階層構造構成クラスにおける階層構造に基づいて生体インスタンスをメモリ上にマッピングするステップと、前記生体インスタンスが属するクラスのメソッドを実行するステップと、当該メソッドの実行により前記生体インスタンスの状態を変化させ、当該変化した生体インスタンスの状態を前記解析クラスのメソッドに与えて解析結果を出力するステップを実行させるためのプログラム、である。

また、上記プログラムは、前記メモリ上にマッピングされた1以上の生体インスタンスにアクセスし、所定の処理を行うメソッドを保持している訪問者クラスをさらに保持し、前記解析クラスのメソッドは、前記訪問者クラスのメソッドの実行結果に基づいて解析結果を取得するものであっても良い。

また、上記プログラムは、コンピュータに、前記反応クラスの継承先クラスであり、所定の生体機能メソッドをメソッドとして具備するクラスの情報を受け付ける受付ステップをさらに実行させても良い。

(実施の形態2)

[0039] 本実施の形態において、動作原理が、必ずしもオブジェクト指向に基づかない生体シミュレーション装置について説明する。本実施の形態において、生体シミュレーション装置の動作結果は、実施の形態1の生体シミュレーション装置と同様である。

[0040] 図10は、本生体シミュレーション装置のブロック図を示す。本生体シミュレーション装置は、生体モデル構造情報格納部101、変数情報格納部102、演算式格納部103、階層構造構成部104、実行部105、出力部106、受付部107、蓄積部108を具備する。出力部106は、状態取得手段1061、出力手段1062を具備する。

[0041] 生体モデル構造情報格納部101は、生体を構成する部品である2以上の生体部品および当該生体部品の階層構造を示す情報を有する生体モデル構造情報を格納している。生体モデル構造情報は、上述したように、例えば、XMLで記述されたファイルである。生体部品とは、例えば、細胞やNaチャネル等である。生体モデル構造情

報格納部101は、不揮発性の記録媒体が好適であるが、揮発性の記録媒体でも実現可能である。

[0042] 変数情報格納部102は、生体の変数に関する情報である変数情報を格納している。変数とは、Naイオンや Kイオンや膜電位等である。変数情報は、例えば、変数名や変数に設定されている値などを有する。変数情報格納部102は、不揮発性の記録媒体が好適であるが、揮発性の記録媒体でも実現可能である。

[0043] 演算式格納部103は、生体機能をシミュレートする演算式を生体機能毎に格納している。演算式は、主として微分方程式である。演算式格納部103は、通常、生体機能を識別する生体機能識別子と1以上の演算式を有する生体演算式情報を1以上格納している。生体機能識別子は、例えば、「分子機能」であり。演算式は、生体内の分子の機能を求める式である。かかる演算式は、通常、医学生物学分野の研究の発展により解明された式である。演算式格納部103は、不揮発性の記録媒体が好適であるが、揮発性の記録媒体でも実現可能である。

[0044] 階層構造構成部104は、生体モデル構造情報格納部101の生体モデル構造情報に基づいて、メモリ上に2以上の生体部品の階層構造を構成する。生体モデル構造情報は、生体部品の階層構造を定義しており、階層構造構成部104は、かかる生体モデル構造情報に基づいて生体部品の階層関係をメモリ上に構成する。具体的には、階層構造構成部104は、例えば、親子の生体部品間連結するリンクのためのポインタ領域のメモリ確保の処理を行う。階層構造構成部104は、通常、MPUやメモリ等から実現され得る。階層構造構成部104の処理手順は、通常、ソフトウェアで実現され、当該ソフトウェアはROM等の記録媒体に記録されている。但し、ハードウェア(専用回路)で実現しても良い。

[0045] 実行部105は、階層構造を有する1以上の生体部品に対して、当該生体部品が実現する生体機能に対応する1以上の演算式を実行する。通常、生体部品は、その属性値として生体機能識別子を有する。実行部105は、当該生体機能識別子に対応する演算式を演算式格納部103から取得する。そして、実行部105は、取得した演算式を実行する。

[0046] 出力部106は、実行部105が実行した結果に基づいて、解析結果を出力する。解

析結果とは、実行部105が演算式を実行した結果でも良いし、演算式の実行結果の良否(健康か否かなど)等でも良い。また、解析結果の出力態様は問わない。出力とは、ディスプレイへの表示、プリンタへの印字、音出力、外部の装置への送信等を含む概念である。

[0047] 受付部107は、生体機能を識別する生体機能識別子と1以上の演算式を有する生体演算式情報を受け付ける。生体演算式情報の入力手段は、テンキーやキーボードやマウスやメニュー画面によるもの等、何でも良い。受付部107は、テンキーやキーボード等の入力手段のデバイスドライバーや、メニュー画面の制御ソフトウェア等で実現され得る。なお、受付部107は、生体モデル構造情報をも受け付けても良い。

[0048] 蓄積部108は、受付部107が受け付けた生体演算式情報を演算式格納部103に蓄積する。蓄積部108は、通常、MPUやメモリ等から実現され得る。蓄積部108の処理手順は、通常、ソフトウェアで実現され、当該ソフトウェアはROM等の記録媒体に記録されている。但し、ハードウェア(専用回路)で実現しても良い。なお、蓄積部108は、受付部107が受け付けた生体モデル構造情報を生体モデル構造情報格納部101に蓄積しても良い。

状態取得手段1061は、実行部105が演算式を実行した後の、生体部品の状態を取得する。生体部品の状態とは、生体部品が有する変数の値等である。

[0049] 出力手段1062は、状態取得手段1061が取得した状態に基づいて、解析結果を出力する。出力の態様は問わない。例えば、出力手段1062は、膜電位の変化をグラフで出力する。また、出力手段1062は、カリウムイオンの濃度の変化を数値で出力する。さらに、出力手段1062は、心臓の動きを視覚的に出力する。なお、出力とは、ディスプレイへの表示、プリンタへの印字、音出力、外部の装置への送信等を含む概念である。

以下、本生体シミュレーション装置がシミュレーションを行う際の動作について図11から図13のフローチャートを用いて説明する。

(ステップS1101)階層構造構成部104は、生体モデル構造情報格納部101に格納されている生体モデル構造情報を読み出す。

[0050] (ステップS1102)階層構造構成部104は、ステップS1101で読み出した生体モデ

ル構造情報を解釈し、当該生体モデル構造情報に基づいて、生体部品の階層構造を構築する。かかる階層構造のデータは、メモリ上に置かれている。なお、生体部品の階層構造を構築する処理については、図12のフローチャートを用いて詳細に説明する。

(ステップS1103)カウンタiに生体部品の数を代入し、カウンタjに1を代入する。なお、生体部品の数は、ステップS1102において生体モデル構造情報を解釈した際に取得され得る。

[0051] (ステップS1104)j番目の生体部品の処理を行う。生体部品の処理とは、生体部品の属性値である生体機能識別子に対応する生体機能のシミュレーションを行う演算式を生体部品に対して実行することである。かかる生体部品の処理により、生体機能がシミュレーションされる。生体部品の処理の詳細は、図13のフローチャートを用いて説明する。なお、演算式を具備しない生体部品はかかる処理の対象にはならない。

[0052] (ステップS1105)出力部106は、j番目の生体部の処理の結果を出力する。かかる出力により、生体機能のシミュレーション結果が得られる。かかる出力の際に、状態取得手段1061が生体部品の状態を取得し、出力手段1062が、当該状態に基づいて、解析結果を出力する。

[0053] (ステップS1106)実行部105は、処理を終了するか否かを判断する。処理を終了しないのであればステップS1107に行く。処理を終了するか否かは、所定の数のjであるか否かにより判断しても良いし、シミュレーションを開始してから所定の時間が経過したことを検出することにより判断しても良いし、終了指示を受け付けたことを検知することにより判断しても良い。その他、終了のトリガーは問わない。

(ステップS1107)実行部105は、iとjが等しいか否かを判断する。iとjが等しければステップS1108に行き、iとjが等しくなければステップS1109に飛ぶ。

(ステップS1108)実行部105は、jに1を代入する。ステップS1104に戻る。

(ステップS1109)実行部105は、jを1、インクリメントする。ステップS1104に戻る。

次に、生体部品の階層構造を構築する処理について、図12のフローチャートを用いて説明する。

（ステップS1201）階層構造構成部104は、カウンタiに1を代入する。

[0054] （ステップS1202）階層構造構成部104は、生体モデル構造情報（ここでは、例えば、ファイルである）のi番目の行の定義が生体部品の情報の定義であるか否かを判断する。生体部品の情報の定義であればステップS1203に行き、生体部品の情報の定義でなければステップS1208に飛ぶ。なお、i番目の行の定義が生体部品の情報の定義でない場合、当該定義に対応する別の処理を行っても良い。

[0055] （ステップS1203）階層構造構成部104は、i番目の行の定義の中の、生体部品に関する情報である生体部品情報を取得する。生体部品情報とは、例えば、生体部品の名称、生体部品の機能を識別する生体機能識別子等である。また、生体部品情報とは、例えば、生体部品が変数である場合には、変数の値である。

（ステップS1204）階層構造構成部104は、ステップS1203で取得した生体部品情報を設定する。生体部品情報の設定とは、メモリ上に生体部品情報を書き込むことである。

[0056] （ステップS1205）階層構造構成部104は、i行目の行に対応する生体部品に親の生体部品が存在するか否かを判断する。親の生体部品が存在すればステップS1206に行き、親の生体部品が存在しなければステップS1208に飛ぶ。

（ステップS1206）階層構造構成部104は、親子関係を設定するための領域（リンクの領域でも、配列の領域等でも良い。）をメモリ上に確保する。

[0057] （ステップS1207）階層構造構成部104は、生体部品の親子関係を設定する。具体的には、階層構造構成部104は、例えば、ステップS1206で確保したメモリ上に、親の生体部品が定義されているメモリ上のアドレスを書き込む。このアドレスの書き込み処理により、親子関係を規定するリンクが設定される。

（ステップS1208）階層構造構成部104は、生体モデル構造情報のすべての行の処理が終了したか否かを判断する。終了していなければステップS1209に行く。終了していれば、上位関数にリターンする。

（ステップS1209）階層構造構成部104は、カウンタiを1、インクリメントする。ステップS1202に戻る。

図13は、生体部品の処理の詳細について説明するフローチャートである。

（ステップS1301）実行部105は、生体部品の属性値である生体機能識別子を取得する。

（ステップS1302）実行部105は、カウンタiに1を代入する。

[0058] （ステップS1303）実行部105は、ステップS1301で取得した生体機能識別子に対応する演算式の中で、i番目の演算式が存在するか否かを判断する。i番目の演算式が存在すればステップS1304に行き、i番目の演算式が存在しなければ上位関数にリターンする。

（ステップS1304）実行部105は、本生体部品に対して、i番目の演算式を実行する。

（ステップS1305）実行部105は、カウンタiを1、インクリメントする。

以下、本実施の形態における生体シミュレーション装置の具体的な動作について説明する。

[0059] 図5は、生体モデル構造情報の例を示すデータである。図14は、演算式格納部103が格納している演算式管理表である。演算式管理表は、1以上の生体演算式情報をレコードとして有する。生体演算式情報は、生体機能識別子と1以上の演算式を有する。

かかる状況において、生体シミュレーション装置は、シミュレーションを開始する、とする。なお、シミュレーションを開始するトリガーは、ユーザからの指示や外部装置からの指示等、問わない。

次に、生体シミュレーション装置は、図5の生体モデル構造情報を読み込む。そして、生体シミュレーション装置は、生体モデル構造情報を解釈する。

そして、生体シミュレーション装置は、図7に示す生体部品の階層構造を得る。

[0060] 次に、生体シミュレーション装置は、4つの生体部品「細胞外液」、「細胞」、「Naチャネル」、「Kチャネル」を処理する。処理する順序は、例えば、階層の深い生体部品からである。つまり、生体シミュレーション装置は、「Naチャネル」、「Kチャネル」、「細胞」、「細胞外液」の順で生体部品を処理する。このように、階層構造において階層の深い生体部品から処理するのは、個々の機能要素の振る舞いの集合として全体の振る舞いを表現するのに都合がよいからである。生体部品処理は、上述したように、当該

生体部品の属性値である生体機能識別子と対になる演算式をすべて実行することである。

そして、生体シミュレーション装置は、演算式の実行結果を取得し、出力する。

その出力の一部を図8に示す。図8は、インスタンス「細胞」が所有している「Vm」(膜電位)の値である。

[0061] 以上、本実施の形態によれば、新たな生体の機能を容易に組み込むことができる生体シミュレーション装置等を提供できる。したがって、実情に合った精度の高いシミュレーションを可能にし、それによって将来の医学の研究と進歩が助長される。

[0062] なお、本実施の形態における生体シミュレーション装置は、実施の形態1におけるオブジェクト指向に基づいて構成できることは言うまでもない。かかる場合、変数情報格納部102は実施の形態1のノードクラスに対応し、演算式格納部103は反応クラスを含み、階層構造構成部104は階層構造クラスに対応し、出力部106は解析クラスに対応する。

また、生体シミュレーション装置の出力例は、一つのグラフのみに限らず、例えば、図15に示すような出力でも良いことは言うまでもない。

[0063] また、本実施の形態における生体シミュレーション装置を実現するソフトウェアは、以下のようなプログラムである。つまり、このプログラムは、コンピュータに、生体を構成する部品である2以上の生体部品および当該生体部品の階層構造を示す情報を有する生体モデル構造情報を格納しており、生体の変数に関する情報である変数情報を格納しており、生体機能をシミュレートする演算式を生体機能毎に格納しており、格納されている生体モデル構造情報に基づいて、メモリ上に前記2以上の生体部品の階層構造を構成する階層構造構成ステップと、前記階層構造を構成した1以上の生体部品に対して、当該生体部品が実現する生体機能に対応する1以上の演算式を実行する実行ステップと、前記実行ステップで実行した結果に基づいて、解析結果を出力する出力ステップを実行させるためのプログラム、である。

[0064] また、上記プログラムにおいて、前記出力ステップは、前記実行ステップで演算式を実行した後の、前記生体部品の状態を取得する状態取得サブステップと、前記状態に基づいて、解析結果を出力するサブステップを具備しても良い。

[0065] さらに、上記プログラムにおいて、コンピュータに、生体機能を識別する生体機能識別子と1以上の演算式を有する生体演算式情報を受け付ける受付ステップと、前記受付ステップで受け付けた生体演算式情報を蓄積する蓄積ステップをさらに実行させるためのプログラム、である。

なお、本明細書で述べたプログラムを実行するコンピュータは、単数であってもよく、複数であってもよい。すなわち、集中処理を行ってもよく、あるいは分散処理を行ってもよい。

[0066] また、上記実施の形態において、各処理(各機能)は、単一の装置(システム)によって集中処理されることによって実現されてもよく、あるいは、複数の装置によって分散処理されることによって実現されてもよい。

本発明は、以上の実施の形態に限定されることなく、種々の変更が可能であり、それらも本発明の範囲内に包含されるものであることは言うまでもない。

産業上の利用可能性

[0067] 以上のように、本発明にかかる生体シミュレーション装置は、新たな生体の機能を容易に組み込むことができるという効果を有し、生体シミュレーション装置として有用である。

図面の簡単な説明

[0068] [図1]実施の形態1の生体シミュレーション装置の基本クラス階層図

[図2]同生体シミュレーション装置の動作について説明するフローチャート

[図3]同生体シミュレーション装置の動作について説明するフローチャート

[図4]同生体シミュレーション装置の動作について説明するフローチャート

[図5]同生体モデル構造情報の例を示す図

[図6]同シミュレーション対象のクラス階層図

[図7]同インスタンスの階層構造を示す図

[図8]同生体シミュレーション装置の出力例を示す図

[図9]同生体シミュレーション装置のクラス階層図

[図10]実施の形態2の生体シミュレーション装置のブロック図

[図11]同生体シミュレーション装置の動作について説明するフローチャート

[図12]同生体シミュレーション装置の動作について説明するフローチャート

[図13]同生体シミュレーション装置の動作について説明するフローチャート

[図14]同演算式管理表を示す図

[図15]同生体シミュレーション装置の出力例を示す図

請求の範囲

[1] 生体機能をシミュレートするメソッドである生体機能メソッドをオブジェクト指向に基づいて実行して生体機能をシミュレーションする生体シミュレーション装置であって、
生体を構成する部品であり、一のクラスに属する部品である生体機能インスタンスおよび当該生体機能インスタンスの階層構造を示す情報を有する生体モデル構造情報を格納している生体モデル構造情報格納部と、
生体の変数に関する情報である変数情報を処理するメソッドを保持しているクラスであるノードクラスと、
ノードクラスの継承先クラスであり、前記生体モデル構造情報格納部の生体モデル構造情報に基づいて、メモリ上に前記生体インスタンスの階層構造を構成するメソッドを保持しているクラスである階層構造構成クラスと、
前記階層構造構成クラスの継承先クラスであり、かつ、生体機能をシミュレートするための演算式を示す生体機能メソッドをメソッドとして具備するクラスである反応クラスと、
前記階層構造構成クラスの継承先クラスであり、かつ、前記生体機能メソッドの実行結果を取得し、解析するメソッドを具備している解析クラスを保持し、
前記生体モデル構造情報を解釈し、前記階層構造構成クラスにおける階層構造に基づいて生体インスタンスをメモリ上にマッピングし、前記生体インスタンスが属するクラスのメソッドを実行することにより前記生体インスタンスの状態を変化させ、当該変化した生体インスタンスの状態を前記解析クラスのメソッドに与えて解析結果を出力することにより生体機能をシミュレーションする生体シミュレーション装置。

[2] 前記メモリ上にマッピングされた1以上の生体インスタンスにアクセスし、所定の処理を行うメソッドを保持している訪問者クラスをさらに保持し、
前記解析クラスのメソッドは、前記訪問者クラスのメソッドの実行結果に基づいて解析結果を取得する請求項1記載の生体シミュレーション装置。

[3] 前記反応クラスの継承先クラスであり、所定の生体機能メソッドをメソッドとして具備するクラスの情報を受け付ける受付部をさらに具備する請求項1または請求項2記載の生体シミュレーション装置。

[4] 生体を構成する部品である2以上の生体部品および当該生体部品の階層構造を示す情報を有する生体モデル構造情報を格納している生体モデル構造情報格納部と、

生体の変数に関する情報である変数情報を格納している変数情報格納部と、

生体機能をシミュレートする演算式を生体機能毎に格納している演算式格納部と、

前記生体モデル構造情報格納部の生体モデル構造情報に基づいて、メモリ上に前記2以上の生体部品の階層構造を構成する階層構造構成部と、

前記階層構造を構成した1以上の生体部品に対して、当該生体部品が実現する生体機能に対応する1以上の演算式を実行する実行部と、

前記実行部が実行した結果に基づいて、解析結果を出力する出力部を具備する生体シミュレーション装置。

[5] 前記出力部は、

前記実行部が演算式を実行した後の、前記生体部品の状態を取得する状態取得手段と、

前記状態に基づいて、解析結果を出力する出力手段を具備する請求項4記載の生体シミュレーション装置。

[6] 前記演算式格納部は、生体機能を識別する生体機能識別子と1以上の演算式を有する生体演算式情報を1以上格納しており、

生体演算式情報を受け付ける受付部と、

前記受付部が受け付けた生体演算式情報を前記演算式格納部に蓄積する蓄積部をさらに具備する請求項4または請求項5記載の生体シミュレーション装置。

[7] コンピュータに、

生体機能をシミュレーションさせるプログラムであって、

生体を構成する部品であり、一のクラスに属する部品である生体インスタンスおよび当該生体インスタンスの階層構造を示す情報を有する生体モデル構造情報を格納しており、

生体の変数に関する情報である変数情報を処理するメソッドを保持しているクラスであるノードクラスと、

ノードクラスの継承先クラスであり、前記生体モデル構造情報格納部の生体モデル構造情報に基づいて、メモリ上に前記生体インスタンスの階層構造を構成するメソッドを保持しているクラスである階層構造構成クラスと、

前記階層構造構成クラスの継承先クラスであり、かつ、生体機能をシミュレートするための演算式を示す生体機能メソッドをメソッドとして具備する反応クラスと、

前記階層構造構成クラスの継承先クラスであり、かつ、前記生体機能メソッドの実行結果を取得し、解析するメソッドを具備している解析クラスを保持し、

前記生体モデル構造情報を解釈し、前記階層構造構成クラスにおける階層構造に基づいて生体インスタンスをメモリ上にマッピングするステップと、

前記生体インスタンスが属するクラスのメソッドを実行するステップと、

当該メソッドの実行により前記生体インスタンスの状態を変化させ、当該変化した生体インスタンスの状態を前記解析クラスのメソッドに与えて解析結果を出力するステップを実行させるためのプログラム。

[8] 前記メモリ上にマッピングされた1以上の生体インスタンスにアクセスし、所定の処理を行うメソッドを保持している訪問者クラスをさらに保持し、

前記解析クラスのメソッドは、前記訪問者クラスのメソッドの実行結果に基づいて解析結果を取得する請求項7記載のプログラム。

[9] コンピュータに、

前記反応クラスの子クラスであり、所定の生体機能メソッドをメソッドとして具備するクラスの情報を受け付ける受付ステップをさらに実行させる請求項7または請求項8記載のプログラム。

[10] コンピュータに、

生体を構成する部品である2以上の生体部品および当該生体部品の階層構造を示す情報を有する生体モデル構造情報を格納しており、

生体の変数に関する情報である変数情報を格納しているおり、

生体機能をシミュレートする演算式を生体機能毎に格納しており、

格納されている生体モデル構造情報に基づいて、メモリ上に前記2以上の生体部品の階層構造を構成する階層構造構成ステップと、

前記階層構造を構成した1以上の生体部品に対して、当該生体部品が実現する生体機能に対応する1以上の演算式を実行する実行ステップと、

前記実行ステップで実行した結果に基づいて、解析結果を出力する出力ステップを実行させるためのプログラム。

[11] 前記出力ステップは、

前記実行ステップで演算式を実行した後の、前記生体部品の状態を取得する状態取得サブステップと、

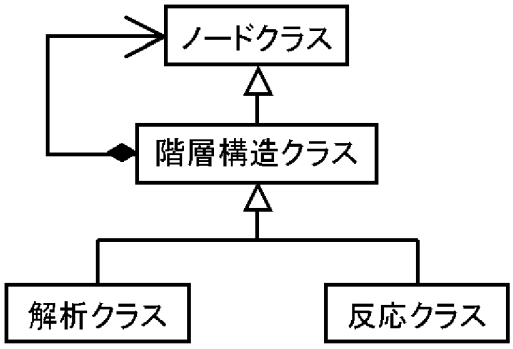
前記状態に基づいて、解析結果を出力するサブステップを具備する請求項10記載のプログラム。

[12] コンピュータに、

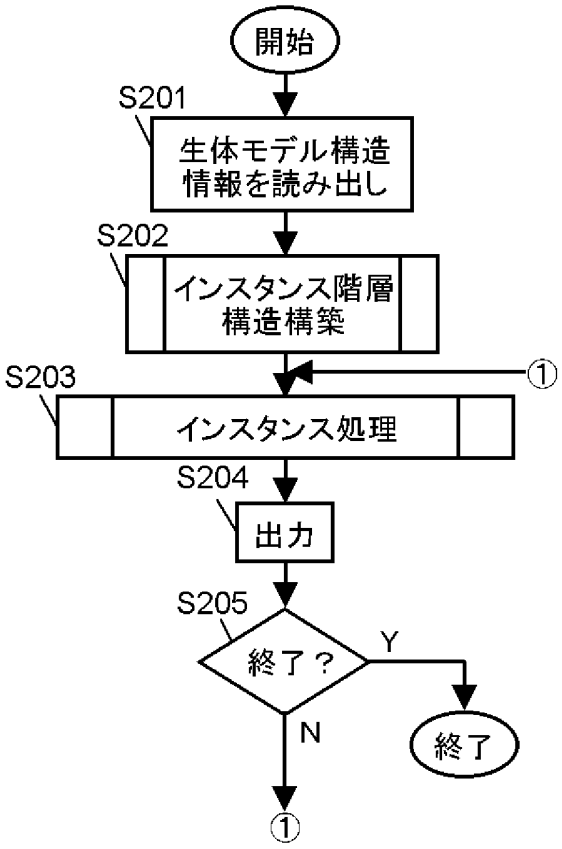
生体機能を識別する生体機能識別子と1以上の演算式を有する生体演算式情報を受け付ける受付ステップと、

前記受付ステップで受け付けた生体演算式情報を蓄積する蓄積ステップをさらに実行させるための請求項10または請求項11記載のプログラム。

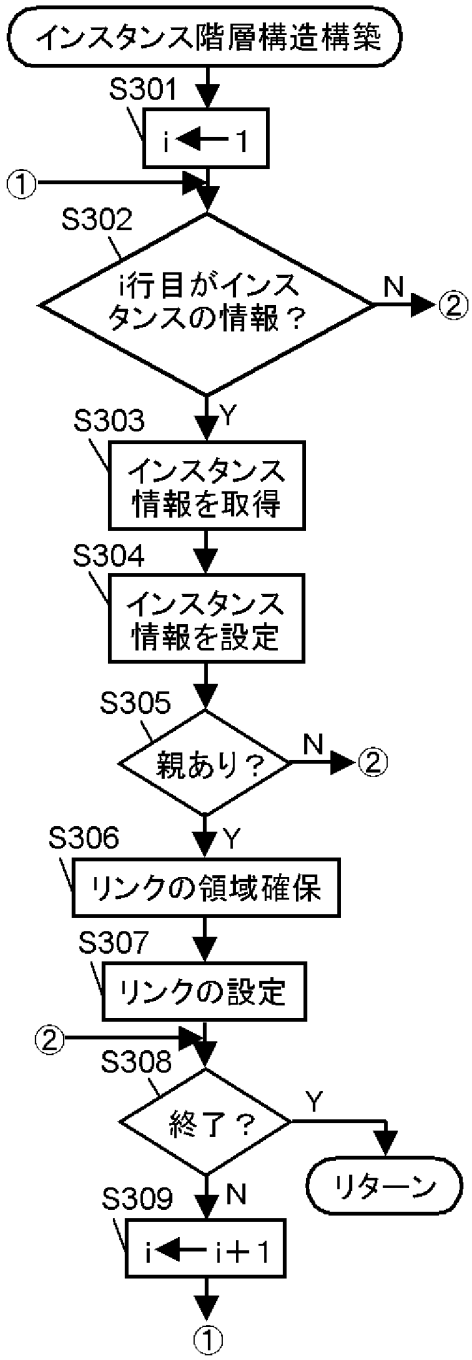
[図1]


ノードクラス
階層構造クラス
解析クラス
反応クラス

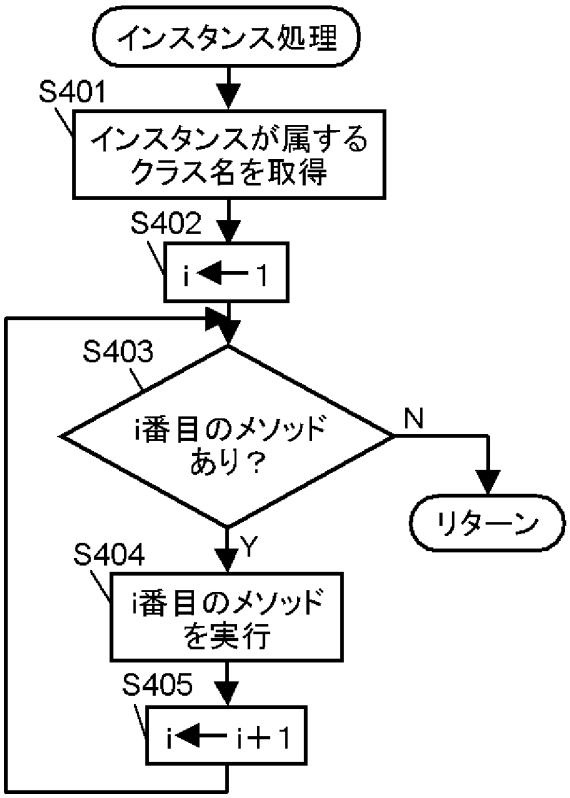
[図2]


開始
S201
生体モデル構造
情報を読み出し
S202
インスタンス階層
構造構築
①
S203
インスタンス処理
S204
出力
S205
終了？
Y
N
終了
①

[図3]


インスタンス階層構造構築
S301
i←1
①
S302
i行目がインスタンスの情報？
N
②
Y
S303
インスタンス情報を取得
S304
インスタンス情報を設定
S305
親あり？
N
②
Y
S306
リンクの領域確保
S307
リンクの設定
②
S308
終了？
Y
リターン
N
S309
i←i+1
①

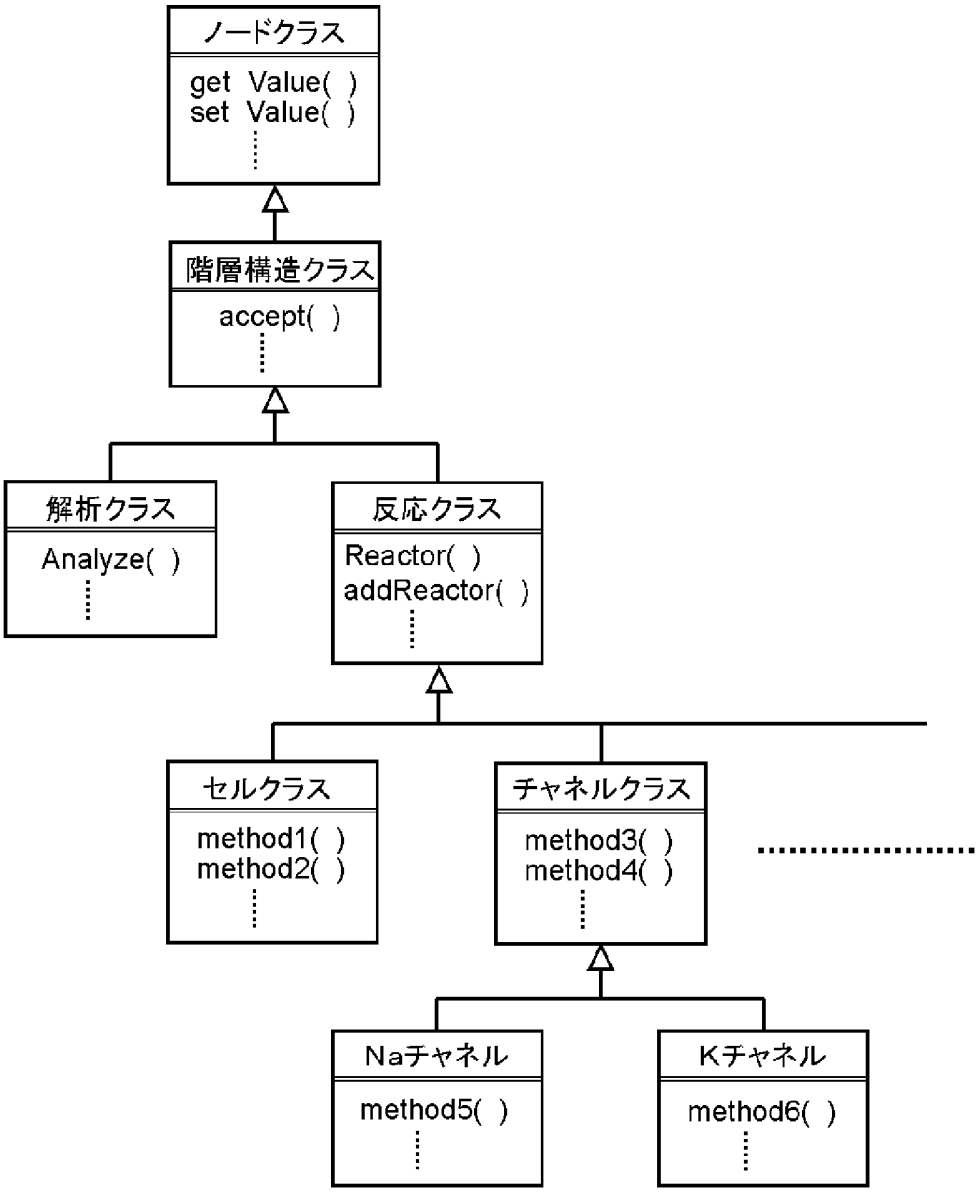
[図4]


インスタンス処理
S401
インスタンスが属する
クラス名を取得
S402
i←1
S403
i番目のメソッド
あり？
N
リターン
Y
S404
i番目のメソッド
を実行
S405
i←i+1

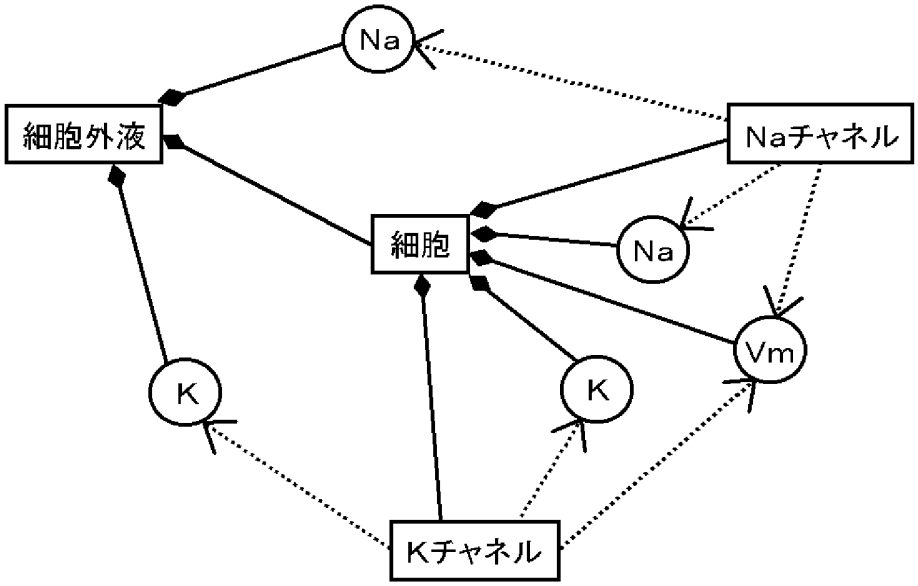
[図5]

```
<?sim.xml version="1.0"?>
<!DOCTYPE model SYSTEM “KyotoModel.dtd”>
<model name="excitable cell model">
  <compartment name="細胞外液“ className="反応クラス">
    <node name=“Na” value=“140.0” units=“millimolar”
                                              className="ノードクラス" />
    <node name="K" value="5.4" units="millimolar"/>
    <cell name="cell" className="反応クラス.セルクラス">
      <node name="membrane capacitance" value="132.0" units="pF"/>
      <node name="Vm" value="-86.04" units="millivolt"/>
      <node name="Na" value="4.897" units="millimolar"/>
      <node name="K" value="141.0" units="millimolar"/>
      <INa name="Na channel" units="pA”
                        className="反応クラス.チャネルクラス.Naチャネル">
          <link name=“Vm" value=“../Vm" units=" millivolt"/>
          <link name=“Nai" value=“../Na" units="millimolar"/>
          <link name=“Nao" value=“../../Na" units="millimolar"/>
          <node name="Na permeability" value="2860" units="pA/mM"/>
        <node name="open probability" value="0.5“ units="dimensionless”/>
      </INa>
      <IK name="K channel" units="pA”
                          className="反応クラス.チャネルクラス.Kチャネル">
          <link name=“Vm" value=“../Vm" units=" millivolt"/>
          <link name=“Ki" value=“../Na" units="millimolar"/>
          <link name=“Ko" value=“../../Na" units="millimolar"/>
        <node name="K permeability" value="151" units="pA/mM"/>
        <node name="open probability" value="0.5“ units="dimensionless”/>
      </IK>
    </cell>
  </compartment>
</model>
```

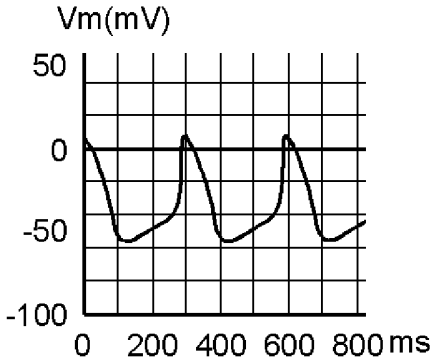
[図6]


ノードクラス
get Value( )
set Value( )
階層構造クラス
accept( )
解析クラス
Analyze( )
反応クラス
Reactor( )
addReactor( )
セルクラス
method1( )
method2( )
チャネルクラス
method3( )
method4( )
Naチャネル
method5( )
Kチャネル
method6( )

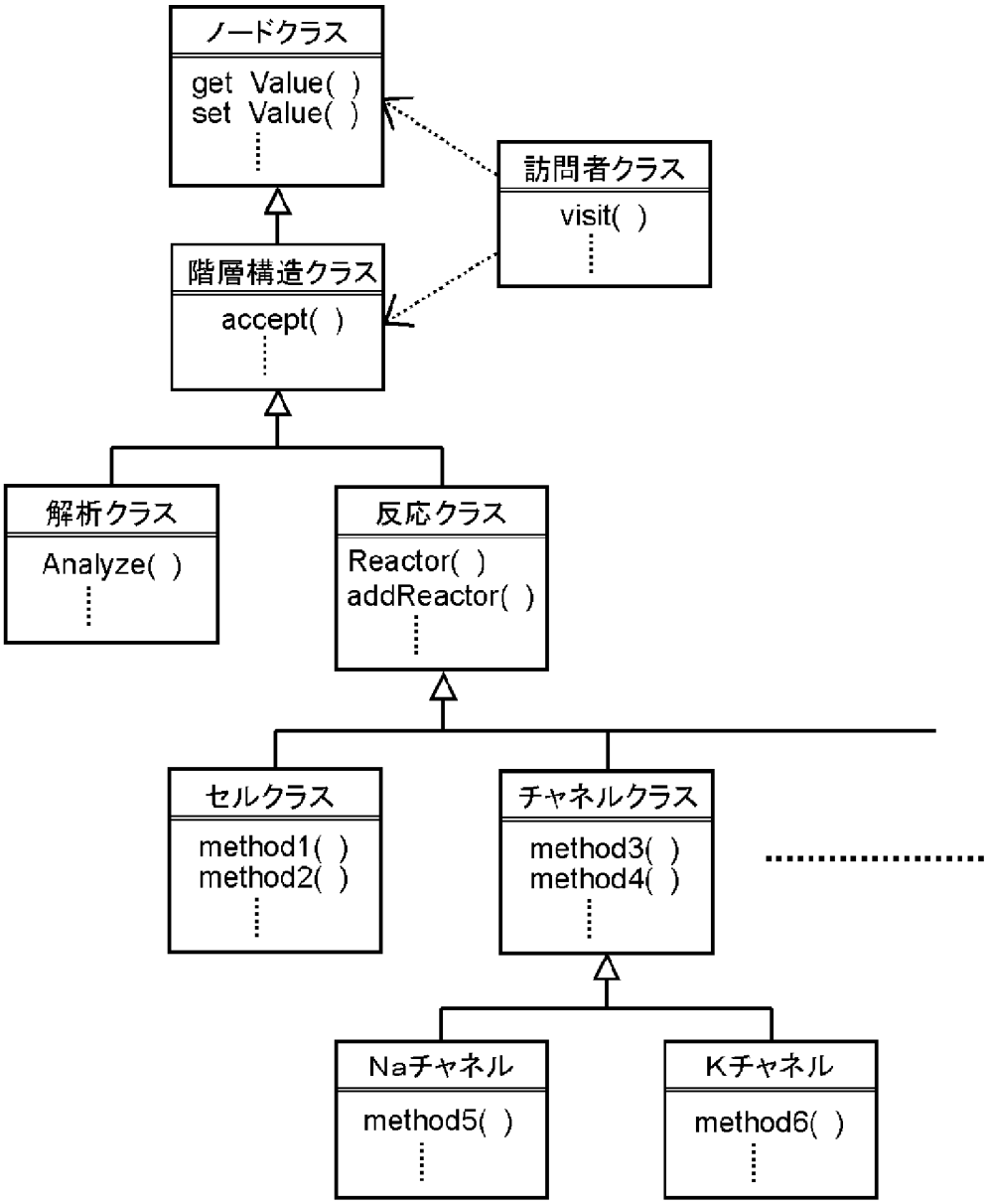
[図7]


Na
細胞外液
Naチャネル
細胞
Na
Vm
K
K
Kチャネル

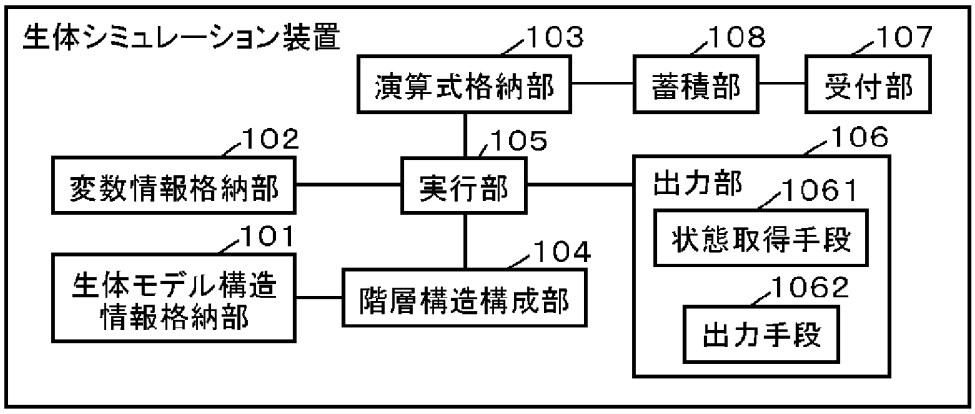
[図8]


Vm(mV)
50
0
-50
-100
0 200 400 600 800 ms

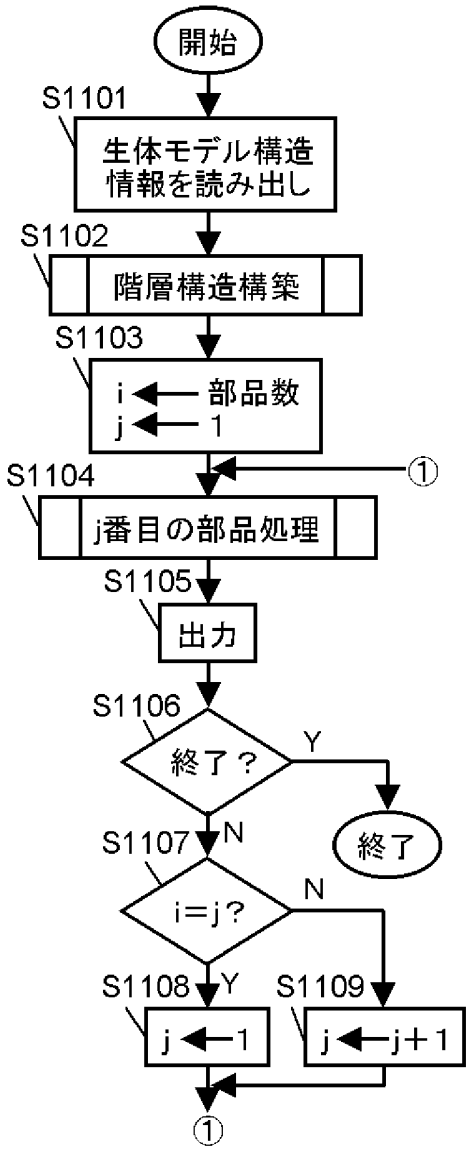
[図9]


ノードクラス
get Value( )
set Value( )
訪問者クラス
visit( )
階層構造クラス
accept( )
解析クラス
Analyze( )
反応クラス
Reactor( )
addReactor( )
セルクラス
method1( )
method2( )
チャネルクラス
method3( )
method4( )
Naチャネル
method5( )
Kチャネル
method6( )

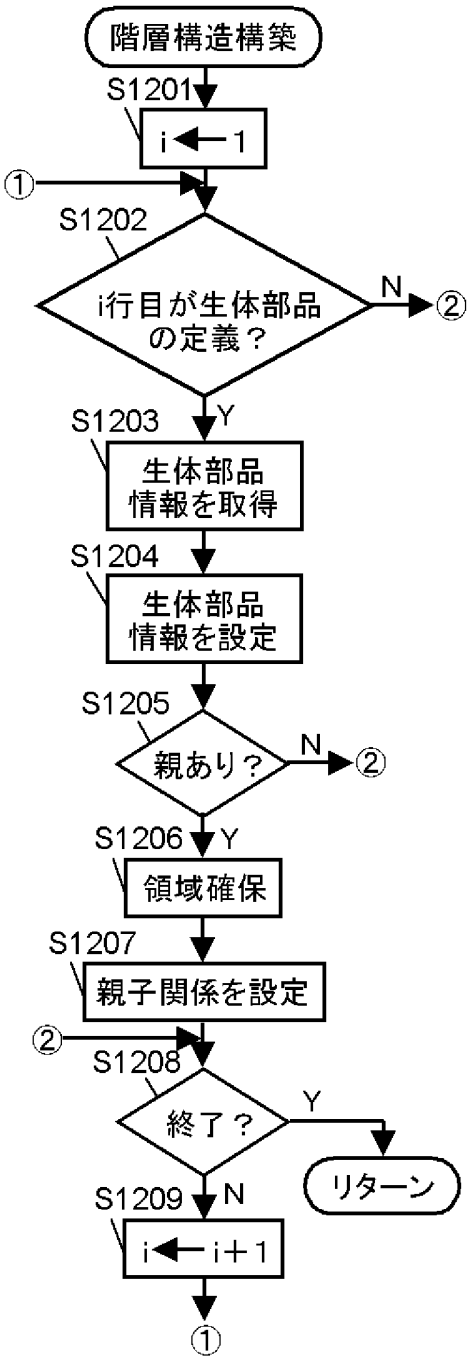
[図10]


生体シミュレーション装置
103
演算式格納部
108
蓄積部
107
受付部
102
変数情報格納部
105
実行部
106
出力部
1061
状態取得手段
101
生体モデル構造
情報格納部
104
階層構造構成部
1062
出力手段

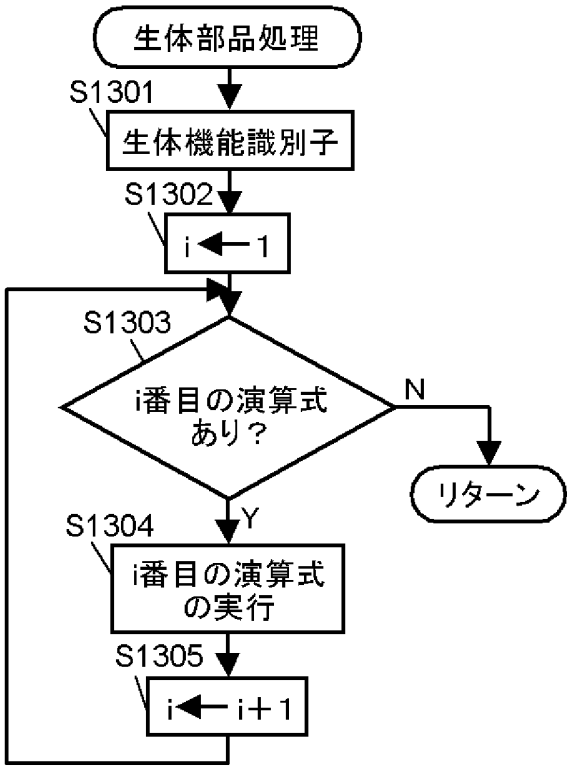
[図11]


開始
S1101
生体モデル構造
情報を読み出し
S1102
階層構造構築
S1103
i ← 部品数
j ← 1
①
S1104
j番目の部品処理
S1105
出力
S1106
終了？
Y
終了
N
S1107
i＝j？
N
S1108
Y
S1109
j ← 1
j ← j＋1
①

[図12]


階層構造構築
S1201
i←1
①
S1202
i行目が生体部品の定義？
N
②
Y
S1203
生体部品情報を取得
S1204
生体部品情報を設定
S1205
親あり？
N
②
Y
S1206
領域確保
S1207
親子関係を設定
②
S1208
終了？
Y
リターン
N
S1209
i←i+1
①

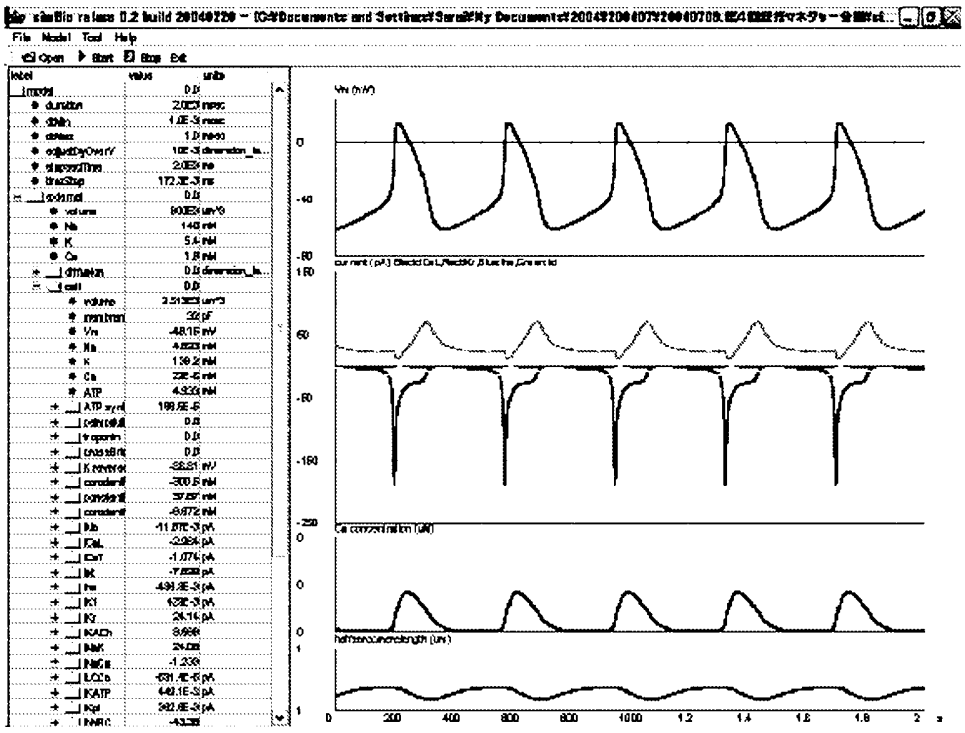
[図13]



[図14]

生体機能識別子	演算式
セル	演算式1 演算式2 演算式3 ⋮
Naチャネル	演算式1 演算式2 演算式4 ⋮
⋮	⋮

[図15]


File Model Tool Help
Open Start Stop Exit
Vm (mV)
Ca concentration (uM)
0
200
400
600
800
1000
1.2
1.4
1.6
1.8
2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2005/017116

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G06F19/00 (2006.01), ***G06F9/44*** (2006.01)

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)
G06F19/00 (2006.01), ***G06F9/44*** (2006.01)

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 1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Nobuaki SARAI, "Seibutsugakuteki Shiten ni Motozuku Object Shiko Seitai Kino Simulation", Journal of the Japan Society of Simulation Technology, Vol.23, No.1, 15 March, 2004 (15.03.04), pages 4 to 13	1-12
A	Nobuaki SARAI, "simBio: Seibutsugakuteki Dynamic Model Kaihatsu Kiban", BME, Vol.18, No.2, 10 April, 2004 (10.04.04), pages 3 to 11	1-12
A	Tsukasa SHIBAYAMA, "Object Shiko ni Motozuita Seitai Kino Simulation Model Kochiku Kankyo", IEICE technical report, Vol.103, No.81, 16 May, 2003 (16.05.03), pages 23 to 28	1-12

☒ 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	Date of mailing of the international search report
09 November, 2005 (09.11.05)	22 November, 2005 (22.11.05)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2005/017116

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-509655 A (Medical Science Systems, Inc.), 24 August, 1999 (24.08.99), Full text; Figs. 1 to 9 & WO 1996/032684 A1 & US 5657255 A & US 5808918 A & EP 0827611 A1	1-12

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００５／０１７１１６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　***G06F19/00*** (2006.01)，***G06F9/44*** (2006.01)

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.　***G06F19/00*** (2006.01)，***G06F9/44*** (2006.01)

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	１９７１－２００５年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００５年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００５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）

JSTPlus(JOIS)，　MEDLINE(STN)

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	関連する請求の範囲の番号
X	皿井伸明，生物学的視点に基づくオブジェクト指向生体機能シミュレーション，シミュレーション，第23巻，第1号，2004.03.15，p.4-13	1-12
A	皿井伸明，ｓｉｍＢｉｏ：生物学的ダイナミックモデル開発基盤，ＢＭＥ，第18巻，第2号，2004.04.10，p.3-11	1-12

☑　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	国際調査報告の発送日
０９．１１．２００５	２２．１１．２００５

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　５Ｌ　３１３６
宮久保　博幸
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５６２

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	関連する請求の範囲の番号
A	柴山司，オブジェクト指向に基づいた生体機能シミュレーションモデル構築環境，電子情報通信学会技術研究報告，第103巻，第81号，2003.05.16，p.23-28	1-12
A	JP 11-509655 A（メディカル・サイエンス・システムズ，インコーポレイテッド）1999.08.24，全文，第1-9図 & WO 1996/032684 A1 & US 5657255 A & US 5808918 A & EP 0827611 A1	1-12