(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
2023年1月12日(12.01.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/281968 A1

(51) 国際特許分類:
G06F 30/23 (2020.01)　*G06F 119/08* (2020.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2022/023044

(22) 国際出願日：　2022年6月8日(08.06.2022)

(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 2021-113879　2021年7月8日(08.07.2021)　JP

(71) 出願人：株式会社村田製作所 (**MURATA MANUFACTURING CO., LTD.**) [JP/JP]；〒6178555 京都府長岡京市東神足１丁目１０番１号 Kyoto (JP).

(72) 発明者：山寄 優(**YAMAYOSE Yuu**)；〒6178555 京都府長岡京市東神足１丁目１０番１号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 柴原 輝久(**SHIBAHARA Teruhisa**)；〒6178555 京都府長岡京市東神足１丁目１０番１号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 福西 正尚(**FUKUNISHI Masataka**)；〒6178555 京都府長岡京市東神足１丁目１０番１号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).

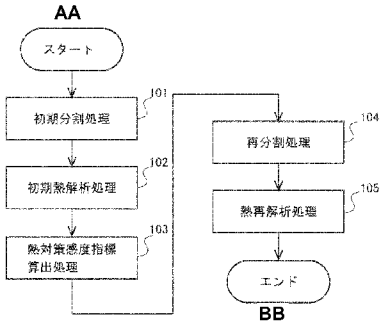
(74) 代理人：峯岸 武司 (**MINEGISHI Takeshi**)；〒1110053 東京都台東区浅草橋３丁目３４番１０号 パールクレストビル４０１ Tokyo (JP).

(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,

(54) **Title:** THERMAL ANALYSIS METHOD, THERMAL ANALYSIS DEVICE AND COMPUTER PROGRAM

(54) 発明の名称： 熱解析方法、熱解析装置およびコンピュータプログラム

[図2]



101 Initial segmentation means
102 Initial thermal analysis processing
103 Heat countermeasure sensitivity index calculation processing
104 Re-segmentation processing
105 Thermal re-analysis processing
AA Start
BB End

(57) **Abstract:** A thermal analysis method, thermal analysis device and computer program are provided which, while reducing processing load of thermal analysis and reducing computational cost, performs a high-precision heat transfer simulation of a structure or space while avoiding reductions in calculation accuracy that accompany discretization during region segmentation. The spatial distribution of the heat flux vector J and the temperature gradient vector ∇T is acquired by performing thermal analysis of a structure or space using a computational mesh generated by an initial segmentation

WO 2023/281968 A1

［続葉有］

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, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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：

— 国際調査報告（条約第21条(3)）

means 2a, by taking the absolute value of the volume integral, over the subdivided areas, of the inner product J · ∇T of the heat flux vector J and the temperature gradient vector ∇T, heat countermeasure sensitivity indices Rd1, Rd2, Rd3, Rd4 are calculated for each subdivided area. Further, among the calculated heat countermeasure sensitivity indices, for a prescribed number of subdivided areas that have a high index value, for example, for one subdivided area 4a, further subdivision of the computational mesh and re-segmentation of the subdivided areas are performed, and that computational mesh is used to perform thermal analysis again.

(57) 要約：熱解析の演算処理負荷を低減して計算コストを削減しながら、領域分割時の離散化に伴う計算精度の低下を回避して、構造体または空間の伝熱シミュレーションを精度高く行うことができる熱解析方法、熱解析装置およびコンピュータプログラムを提供する。初期分割手段２ａによって生成された計算用メッシュを用いて構造体または空間の熱解析を行うことで、熱流束ベクトルＪと温度勾配ベクトル▽Ｔとの空間分布が得られ、これら熱流束ベクトルＪと温度勾配ベクトル▽Ｔとの内積Ｊ・▽Ｔを各細分化領域について体積分して絶対値を取ることで、各細分化領域毎に熱対策感度指標Ｒd1, Ｒd2, Ｒd3, Ｒd4が算出される。そして、算出された複数の熱対策感度指標のなかで、指標値の大きい所定数の細分化領域、例えば１つの細分化領域４ａについて計算用メッシュのさらなる細分化と細分化領域の再分割が行われ、その計算用メッシュを用いて熱解析が再度行われる。

明　細　書

発明の名称 ：

熱解析方法、熱解析装置およびコンピュータプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、構造体または空間の熱解析を行う熱解析方法、熱解析装置およびコンピュータプログラムに関するものである。

背景技術

[0002] 従来、この種の熱解析方法、熱解析装置およびコンピュータプログラムとしては、例えば、特許文献１に開示された自動メッシュ生成装置、自動メッシュ生成方法およびプログラムがある。この自動メッシュ生成装置では、３次元構造体モデルデータである配線パターンがメッシュ生成部によって微小エリアに分割され、物性値特定部によりその微小エリアの物性値が特定される。また、メッシュ削減部において、隣接する複数の微小エリアの物性値が参照されて、複数の微小エリアの物性値が同じである場合にそれらが１つの微小エリアとされて、計算用メッシュの数が削減される。

[0003] また、従来、この種の熱解析方法、熱解析装置およびコンピュータプログラムとして、例えば、特許文献２に開示された熱解析方法、熱解析装置および熱解析プログラムもある。この熱解析方法では、グランドパターン接続端子とグランドパターン非接続端子とを異なるものとしてモデル化し、グランドパターン接続端子および基板間の接続面積と、グランドパターン非接続端子および基板間の接続面積とに基づいて、電子部品本体モデルと基板モデルとの間の等価熱伝導率を求める。

[0004] また、従来、この種の熱解析方法、熱解析装置およびコンピュータプログラムとして、例えば、特許文献３に開示された有限要素解析方法、有限要素解析装置、およびコンピュータプログラムもある。この有限要素解析方法では、分割した要素毎に解析誤差を算出し、算出した解析誤差が所定値より大きい有限要素が存在するか否か、判断する。解析誤差が所定値より大きい有

限要素が存在すると判断した場合、この有限要素をさらに複数の有限要素に再分割し、再分割された有限要素に解析誤差を配分する。そして、再分割した有限要素毎に配分した解析誤差が所定値より大きい有限要素が存在するか否か、判断する。解析誤差が所定値より大きい有限要素が存在すると判断した場合、さらに再分割して分割前の有限要素に配分された解析誤差の再配分を繰り返し、存在しないと判断した場合、再分割された有限要素に基づいて有限要素解析を行う。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２００５－５０１３７号公報

特許文献2：特開２００８－２７５５７９号公報

特許文献3：特開２００７－６５８０３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献１に開示された上記従来の自動メッシュ生成装置、自動メッシュ生成方法およびプログラムでは、配線パターンをメッシュ分割する際に十分に細かいメッシュにしてから、細分化不要なメッシュを統合していくことで、計算精度を維持して計算コストを削減する。このため、配線パターンを忠実にモデル化することが前提となるため、計算コストの削減に限界がある。

[0007] また、特許文献２に開示された熱解析方法、熱解析装置および熱解析プログラムでは、複雑な配線パターンをグランド接続情報を基に重み付けして等価物性を求めることで、計算精度の向上を図っているが、メッシュ分割時の離散化に伴う計算精度の低下の問題については何ら考慮されていない。

[0008] また、特許文献３に開示された有限要素解析方法、有限要素解析装置およびコンピュータプログラムでは、解析誤差の大きい要素を細分化することで、演算処理負荷を軽減しつつ、有限要素解析の計算精度を向上させているが

、その計算精度の向上効果は指標となる解析誤差の定義の仕方に依存しており、熱解析における効果的な解析誤差指標の定義方法については、特に何ら言及されていない。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明はこのような課題を解決するためになされたもので、

熱解析対象となる構造体または空間の領域全体を計算用メッシュに細分化すると共に、構造体または空間の所定領域を複数の細分化領域に分割する初期分割ステップと、

初期分割ステップで生成された計算用メッシュを用いて構造体または空間の熱解析を行う初期熱解析ステップと、

初期熱解析ステップで行われた熱解析により構造体または空間の領域全体について得られる熱流束ベクトルと温度勾配ベクトルとの内積を各細分化領域について体積分して絶対値を取ることで、各細分化領域毎に熱対策感度指標を算出する熱対策感度指標算出ステップと、

熱対策感度指標算出ステップで各細分化領域について算出された複数の熱対策感度指標のなかで指標値の大きい所定数の各細分化領域について、計算用メッシュをさらに細分化すると共に、複数の細分化領域へ再分割する再分割ステップと、

再分割ステップによってさらに細分化された計算用メッシュを用いて構造体または空間の熱解析を再度行う熱再解析ステップと

を備えて、構造体または空間の熱解析を行う熱解析方法を構成した。

[0010] また、本発明は、

熱解析対象となる構造体または空間の領域全体を計算用メッシュに細分化すると共に、構造体または空間の所定領域を複数の細分化領域に分割する初期分割手段と、

初期分割手段で生成された計算用メッシュを用いて構造体または空間の熱解析を行う初期熱解析手段と、

初期熱解析手段で行われた熱解析により構造体または空間の領域全体につい

て得られる熱流束ベクトルと温度勾配ベクトルとの内積を各細分化領域について体積分して絶対値を取ることで、各細分化領域毎に熱対策感度指標を算出する熱対策感度指標算出手段と、

熱対策感度指標算出手段で各細分化領域について算出された複数の熱対策感度指標のなかで指標値の大きい所定数の各細分化領域について、計算用メッシュをさらに細分化すると共に、複数の細分化領域へ再分割する再分割手段と、

再分割手段によってさらに細分化された計算用メッシュを用いて構造体または空間の熱解析を再度行う熱再解析手段と

を備えて、構造体または空間の熱解析を行う熱解析装置を構成した。

[0011] また、本発明は、

コンピュータを、

熱解析対象となる構造体または空間の領域全体を計算用メッシュに細分化すると共に、構造体または空間の所定領域を複数の細分化領域に分割する初期分割手段と、

初期分割手段で生成された計算用メッシュを用いて構造体または空間の熱解析を行う初期熱解析手段と、

初期熱解析手段で行われた熱解析により構造体または空間の領域全体について得られる熱流束ベクトルと温度勾配ベクトルとの内積を各細分化領域について体積分して絶対値を取ることで、各細分化領域毎に熱対策感度指標を算出する熱対策感度指標算出手段と、

熱対策感度指標算出手段で各細分化領域について算出された複数の熱対策感度指標のなかで指標値の大きい所定数の各細分化領域について、計算用メッシュをさらに細分化すると共に、複数の細分化領域へ再分割する再分割手段と、

再分割手段によってさらに細分化された計算用メッシュを用いて構造体または空間の熱解析を再度行う熱再解析手段と

して機能させるコンピュータプログラムを構成した。

[0012] これらの構成によれば、熱解析対象となる構造体または空間の領域全体を細分化した計算用メッシュを用いて熱解析を行うことで、構造体または空間の領域全体について熱流束ベクトルと温度勾配ベクトルの空間分布が得られる。得られた空間分布に基づき、これら熱流束ベクトルと温度勾配ベクトルとの内積を、構造体または空間の所定領域を分割した各細分化領域について体積分して絶対値を取ることで、各細分化領域毎に熱対策感度指標が算出される。そして、算出された複数の熱対策感度指標のなかで、指標値の大きい所定数の細分化領域について、計算用メッシュのさらなる細分化と共に再分割が行われ、さらに細分化された計算用メッシュを用いて構造体または空間の熱解析が再度行われる。したがって、構造体または空間の所定領域が分割されて得られる細分化領域のうち、熱対策の重要度が高い細分化領域が熱対策感度指標を基に選択されて、熱対策の重要度が高い所定数の細分化領域に対して選択的に、熱解析が行われるようになる。このため、熱解析の演算処理負荷を低減して計算コストを削減しながら、領域分割時の離散化に伴う計算精度の低下を回避して、構造体または空間の熱解析、つまり、伝熱シミュレーションを精度高く行うことができる。

発明の効果

[0013] この結果、本発明によれば、熱解析の演算処理負荷を低減して計算コストを削減しながら、領域分割時の離散化に伴う計算精度の低下を回避して、構造体または空間の伝熱シミュレーションを精度高く行うことができる熱解析方法、熱解析装置およびコンピュータプログラムを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明の第１の実施形態による熱解析装置の構成を示すブロック図である。

[図2]図１に示す熱解析装置によって実行される第１の実施形態による熱解析方法の概略を表わすフローチャートである。

[図3]第１の実施形態による熱解析時に得られる細分化領域を説明するための図である。

[図4]本発明の第２の実施形態による熱解析装置の構成を示すブロック図である。

[図5]図４に示す熱解析装置によって実行される第２の実施形態による熱解析方法の概略を表わすフローチャートである。

[図6]第２の実施形態による熱解析時に得られる細分化領域を説明するための図である。

[図7]本発明の第３の実施形態による熱解析装置の構成を示すブロック図である。

[図8]図７に示す熱解析装置によって実行される第３の実施形態による熱解析方法の概略を表わすフローチャートである。

[図9]第３の実施形態による熱解析時に得られる細分化領域を説明するための図である。

[図10]第３の実施形態によって回路基板を選択的に細分化して熱解析した結果を、同じ回路基板を均等に分割して細分化して行った熱解析結果と比較して示すグラフである。

[図11]本発明の第４の実施形態による熱解析装置の構成を示すブロック図である。

[図12]図１１に示す熱解析装置によって実行される第４の実施形態による熱解析方法の概略を表わすフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0015] 次に、本発明による熱解析方法、熱解析装置、およびコンピュータプログラムを実施するための形態について、説明する。

[0016] 図１は、本発明の第１の実施形態による熱解析装置１Ａの構成を示すブロック図である。図２は、この熱解析装置１によって実行される熱解析方法の概略を表わすフローチャートである。

[0017] 本実施形態および後述する各実施形態では、熱解析対象となる構造体として、説明の簡略化のため、図３に示すような、ＩＣ等の図示しない熱源部品が実装された回路基板４を例に挙げて説明する。しかし、回路基板４は熱解

析対象となる構造体の一例に過ぎず、また、空間も同様に熱解析対象となって同様に熱解析を行える。

[0018] 熱解析装置１Ａは、ＭＰＵ（Micro Processing Unit）等からなるプロセッサ２と、ＲＯＭ（Read Only Memory）３ａやＲＡＭ（Random Access Memory）３ｂ等からなる記憶部３とを備えるコンピュータから構成されている。ＲＯＭ３ａにはプロセッサ２の動作手順を規定するコンピュータプログラムや、構造体４の熱情報を始めとする各種データが記憶されている。プロセッサ２は、ＲＯＭ３ａに記憶されたコンピュータプログラムにしたがい、ＲＡＭ３ｂを一時記憶作業領域として各部の制御を行う。

[0019] プロセッサ２は、初期分割手段２ａ、初期熱解析手段２ｂ、熱対策感度指標算出手段２ｃ、再分割手段２ｄ、および熱再解析手段２ｅを機能ブロックとして有する。

[0020] 図２に示すフローチャートはコンピュータの演算処理により実行される。

[0021] 初期分割手段２ａは、初期分割処理ステップ１０１において、熱解析対象となる回路基板４の領域全体を計算用メッシュに細分化すると共に、回路基板４の所定領域、ここでは回路基板４の全領域を複数の細分化領域に初期分割する。この初期分割処理ステップ１０１においては、例えば、図３（ａ）に示すように、回路基板４の全領域が４つの細分化領域４ａ，４ｂ，４ｃ，４ｄに初期分割される。

[0022] 初期熱解析手段２ｂは、初期熱解析処理ステップ１０２において、初期分割手段２ａで生成された計算用メッシュを用いて回路基板４の熱解析を行う。この熱解析により、回路基板４の領域全体について、熱流束ベクトルＪと温度勾配ベクトル∇Ｔとの空間分布が物理量として得られる。

[0023] 熱対策感度指標算出手段２ｃは、熱対策感度指標算出処理ステップ１０３において、初期熱解析処理ステップ１０２で得られた熱流束ベクトルＪと温度勾配ベクトル∇Ｔとの空間分布に基づき、これら物理量の内積値Ｊ・∇Ｔを計算し、各細分化領域４ａ，４ｂ，４ｃ，４ｄについて体積分して絶対値を取ることで、各細分化領域４ａ，４ｂ，４ｃ，４ｄについて熱対策感度指

標Ｒd1，Ｒd2，Ｒd3，Ｒd4を算出する。これらの熱対策感度指標Ｒd1，Ｒd2，Ｒd3，Ｒd4は、熱源温度を低減するために対策を施す場合に、各細分化領域４ａ，４ｂ，４ｃ，４ｄが放熱対策領域全体に占める寄与の大きさを示す指標となっており、その指標値が大きいことは、その細分化領域に対する熱対策の有効性が高いことを意味する。

[0024] 再分割手段２ｄは、再分割処理ステップ１０４において、熱対策感度指標算出処理ステップ１０３で各細分化領域４ａ，４ｂ，４ｃ，４ｄについて算出された複数の熱対策感度指標Ｒd1，Ｒd2，Ｒd3，Ｒd4のなかで、指標値の大きい所定数の各細分化領域を複数の細分化領域に再度分割すると同時に、所定数の各細分化領域の内部における計算用メッシュのさらなる細分化を行う。例えば、細分化領域４ａの熱対策感度指標Ｒd1の指標値が最も大きい場合、細分化領域４ａの計算用メッシュをさらに細分化すると共に、図３（ｂ）に示すように、この細分化領域４ａを２つの細分化領域４a1，４a2にさらに分割する。ここでは、算出された複数の熱対策感度指標Ｒd1，Ｒd2，Ｒd3，Ｒd4のなかで、指標値の最も大きい１つの細分化領域４ａを複数の細分化領域に再度分割しているが、１つの細分化領域４ａに限らず、例えば、指標値が次に大きい細分化領域４ｂを含めて、２つの細分化領域４ａ，４ｂのそれぞれに対して計算用メッシュの細分化と細分化領域の再分割をしてもよい。また、細分化領域の再分割数も２つの細分化領域４a1，４a2に限らず、３つや４つ等に再分割してもよい。

[0025] 熱再解析手段２ｅは、熱再解析処理ステップ１０５において、再分割処理ステップ１０４によって細分化された計算用メッシュを用いて、回路基板４の領域全体について熱解析を再度行う。

[0026] 本実施形態では、ＲＯＭ３ａに記憶されたコンピュータプログラムは、プロセッサ２および記憶部３から構成されるコンピュータを、熱解析対象となる構造体または空間の領域全体を計算用メッシュに細分化すると共に、構造体または空間の所定領域を複数の細分化領域４ａ，４ｂ，４ｃ，４ｄに分割する初期分割手段２ａと、初期分割手段２ａで生成された計算用メッシュを

用いて構造体または空間の熱解析を行う初期熱解析手段２ｂと、初期熱解析手段２ｂで行われた熱解析により構造体または空間の領域全体について得られる熱流束ベクトルＪと温度勾配ベクトル▽Ｔとの内積Ｊ・▽Ｔの空間分布を各細分化領域４ａ，４ｂ，４ｃ，４ｄについて体積分して絶対値を取ることで、熱対策感度指標Ｒd1，Ｒd2，Ｒd3，Ｒd4を算出する熱対策感度指標算出手段２ｃと、熱対策感度指標算出手段２ｃで各細分化領域４ａ，４ｂ，４ｃ，４ｄについて算出された複数の熱対策感度指標Ｒd1，Ｒd2，Ｒd3，Ｒd4のなかで指標値の大きい所定数の各細分化領域４ａについて、計算用メッシュをさらに細分化すると共に、複数の細分化領域４a1，４a2へ再分割する再分割手段２ｄと、再分割手段２ｄによってさらに細分化された計算用メッシュを用いて構造体または空間の熱解析を再度行う熱再解析手段２ｅとして機能させている。

[0027] このような本実施形態による熱解析方法、熱解析装置１Ａ、およびコンピュータプログラムによれば、上記のように、初期分割手段２ａによって初期分割処理ステップ１０１において生成された計算用メッシュを用いて構造体または空間の熱解析を行うことで、熱流束ベクトルＪと温度勾配ベクトル▽Ｔとの空間分布が得られ、これら熱流束ベクトルＪと温度勾配ベクトル▽Ｔとの内積Ｊ・▽Ｔを各細分化領域４ａ，４ｂ，４ｃ，４ｄについて体積分して絶対値を取ることで、各細分化領域４ａ，４ｂ，４ｃ，４ｄ毎に熱対策感度指標Ｒd1，Ｒd2，Ｒd3，Ｒd4が算出される。そして、算出された複数の熱対策感度指標Ｒd1，Ｒd2，Ｒd3，Ｒd4のなかで、指標値の大きい所定数の細分化領域、例えば１つの細分化領域４ａについて計算用メッシュのさらなる細分化と細分化領域の再分割が行われ、さらに細分化されたその計算用メッシュを用いて熱解析が再度行われる。したがって、構造体または空間の所定領域が分割されて得られる細分化領域のうち、熱対策の重要度が高い細分化領域が熱対策感度指標Ｒdを基に選択されて、熱対策の重要度が高い所定数の細分化領域に対して選択的に、計算用メッシュの細分化を行ったうえで熱解析が行われるようになる。

[0028] 熱対策感度指標Ｒｄは、着目する領域全体の中でどの領域が熱対策の重要度が高く、どの領域が低いのかを把握するための指標である。ある領域の熱対策感度指標Ｒｄが高いということは、熱解析計算を行う際にその領域が結果に対して及ぼす影響度が大きいことである。結果に対して及ぼす影響度が大きい領域は、熱解析の計算精度を高めるために空間分解能を向上すべき領域と一致する。このため、本実施形態による熱解析方法、熱解析装置１Ａ、およびコンピュータプログラムによれば、熱解析の演算処理負荷を低減して計算コストを削減しながら、領域分割時の離散化に伴う計算精度の低下を回避して、構造体または空間の伝熱シミュレーションを精度高く行うことができる。

[0029] 図４は、本発明の第２の実施形態による熱解析装置１Ｂの構成を示すブロック図である。図５は、この熱解析装置１Ｂによって実行される熱解析方法の概略を表わすフローチャートである。また、図６は、第２の実施形態において熱解析対象となる構造体の一例としての回路基板４を示す図である。図４、図５および図６において図１、図２および図３と同一または相当する部分には同一符号を付してその説明は省略する。

[0030] 図４に示す第２の実施形態による熱解析装置１Ｂは、プロセッサ２が、分割繰り返し手段２ｆおよび熱解析繰り返し手段２ｇを機能ブロックとしてさらに有する点が、図１に示す第１の実施形態による熱解析装置１Ａと相違する。また、図５のフローチャートに示す第２の実施形態による熱解析方法は、熱再解析処理ステップ１０５の後に、分割繰り返し処理ステップ１０６および熱解析繰り返し処理ステップ１０７を有する点が、図２のフローチャートに示す第１の実施形態による熱解析方法と相違する。

[0031] また、ＲＯＭ３ａに記憶された第２の実施形態によるコンピュータプログラムは、第１の実施形態によるコンピュータプログラムがコンピュータを上述の各手段として機能させるのに加え、コンピュータを、さらに、熱再解析手段２ｅで行われた熱解析により各細分化領域について得られる熱対策感度指標Ｒｄのなかで指標値の大きい所定数の各細分化領域について、計算用メッ

シュをさらに細分化すると共に、複数の細分化領域へ再分割する分割繰り返し手段２ｆと、分割繰り返し手段２ｆによってさらに細分化された計算用メッシュを用いて構造体または空間の熱解析を再度行う熱解析繰り返し手段２ｇとして機能させる点において、第１の実施形態によるコンピュータプログラムと相違する。

[0032] 図４に示す熱解析装置１Ｂにおける分割繰り返し手段２ｆは、熱再解析処理ステップ１０５の後の図５に示す分割繰り返し処理ステップ１０６において、熱再解析処理ステップ１０５で行われた熱解析により各細分化領域４a1，４a2，４ｂ，４ｃ，４ｄについて得られた熱対策感度指標Ｒd1A，Ｒd1B，Ｒd2，Ｒd3，Ｒd4のなかで、指標値の大きい所定数の各細分化領域について、計算用メッシュをさらに細分化すると共に、複数の細分化領域へ再分割する。例えば、熱対策感度指標Ｒd1A，Ｒd1B，Ｒd2，Ｒd3，Ｒd4のなかで、図６（ｂ）に斜線で図示するように、細分化領域４a2で得られた熱対策感度指標Ｒd1Bの指標値が最も大きい場合、図６（ｃ）に示すように、この細分化領域４a2について、計算用メッシュをさらに細分化すると共に、２つの細分化領域４a2A，４a2Bへさらに分割する。

[0033] ここでも、算出された複数の熱対策感度指標Ｒdのなかで、指標値の最も大きい１つの細分化領域４a2を対象としているが、１つの細分化領域に限らず、２つや３つ等の細分化領域のそれぞれに対して計算用メッシュの細分化と再分割を行うようにしてもよい。また、再分割数も２つの細分化領域４a2A，４a2Bに限らず、３つや４つ等に再分割してもよい。

[0034] 熱解析繰り返し手段２ｇは、熱解析繰り返し処理ステップ１０７において、分割繰り返し処理ステップ１０６によって細分化された計算用メッシュを用いて回路基板４に対して熱解析を再度行う。

[0035] このような第２の実施形態による熱解析方法、熱解析装置１Ｂ、およびコンピュータプログラムによれば、上記のように、熱対策感度指標Ｒdの指標値が大きい所定数の各細分化領域についての計算用メッシュの細分化および熱解析が反復されて行われることで、解析精度が向上する。

[0036] 図７は、本発明の第３の実施形態による熱解析装置１Ｃの構成を示すブロック図である。図８は、この熱解析装置１Ｃによって実行される熱解析方法の概略を表わすフローチャートである。また、図９は、第３の実施形態において熱解析対象となる構造体の一例としての回路基板４を示す図である。図７、図８および図９において図４、図５および図６と同一または相当する部分には同一符号を付してその説明は省略する。

[0037] 図７に示す第３の実施形態による熱解析装置１Ｃは、プロセッサ２が、等価物性算出手段２ｈおよび終了判定手段２ｉを機能ブロックとして有する点が、図４に示す第２の実施形態による熱解析装置１Ｂと相違する。

[0038] また、図８のフローチャートに示す第３の実施形態による熱解析方法は、等価物性算出処理ステップ１０７，１０８を有する点、次述するループ処理を有する点、分割繰り返し処理ステップ１０６および熱解析繰り返し処理ステップ１０７が、ループ処理における再分割処理ステップ１０４および熱再解析処理ステップ１０５によって構成される点、および、ループ処理が終了判定処理ステップ１０９で終了判定が決定されるまで繰り返される点において、図５のフローチャートに示す第２の実施形態による熱解析方法と相違する。ここで、熱対策感度指標算出処理ステップ１０３、再分割処理ステップ１０４、等価物性算出処理ステップ１０８および熱再解析処理ステップ１０５は、ループ処理を構成する。

[0039] また、この第３の実施形態では、初期分割手段２ａによる初期分割処理ステップ１０１および再分割手段２ｄによる再分割処理ステップ１０４において、熱解析対象となる構造体または空間の所定領域を一方向に分割して、各細分化領域を得る点において、第２の実施形態と相違する。

[0040] また、ＲＯＭ３ａに記憶された第３の実施形態によるコンピュータプログラムは、第２の実施形態によるコンピュータプログラムがコンピュータを上述の各手段として機能させるのに加え、コンピュータを、さらに、各細分化領域内に設定された等価物性算出領域の構成材料の物性値を基に各等価物性算出領域の等価物性を算出する等価物性算出手段２ｈとして機能させ、再分

割手段２ｄおよび分割繰り返し手段２ｆに、計算用メッシュの細分化および細分化領域の再分割を行わせると共に、再分割された細分化領域における等価物性算出領域の細分化を行わせ、熱解析を、等価物性算出手段２ｈで細分化された各等価物性算出領域毎に算出される等価物性を用いて行わせると共に、熱解析対象となる構造体または空間の所定領域を一方向に分割させて、各細分化領域を得させる点において、第２の実施形態によるコンピュータプログラムと相違する。

[0041] 図７に示す熱解析装置１Ｃにおける初期分割手段２ａは、図８に示す初期分割処理ステップ１０１において、構造体または空間の領域全体を計算用メッシュに細分化すると共に、構造体または空間の所定領域を複数の細分化領域に分割し、等価物性を算出する等価物性算出領域については、等価物性計算のための領域分割を計算用メッシュ分割と同様に行って、各細分化領域内に設定する。本実施形態では、複数の細分化領域への分割は、厚さを持つ回路基板４の全領域を図９（ａ）に示すように一方向に短冊状に分割することで、各細分化領域を直方体形状にして得る。初期分割処理ステップ１０１による領域の各細分化領域への初期分割は、後のステップで初期分割領域がさらに細分化されるので、粗く行われる。等価物性算出手段２ｈは、等価物性算出処理ステップ１０７，１０８において、各等価物性算出領域内の構成材料の物性値を基に各等価物性算出領域の等価物性を算出する。また、初期熱解析手段２ｂおよび熱再解析手段２ｅによる初期熱解析処理ステップ１０２および熱再解析処理ステップ１０５における各熱解析は、等価物性算出処理ステップ１０７，１０８で細分化された各等価物性算出領域毎に算出される等価熱伝導率を用いて行われる。

[0042] 再分割処理ステップ１０４においては、再分割手段２ｄにより、熱対策感度指標算出処理ステップ１０３で短冊状の各細分化領域について算出された複数の熱対策感度指標Ｒdのなかで、指標値の最も大きい例えば図９（ａ）に斜線を付した細分化領域４ｅが、図９（ｂ）に示すように、分割線５によって２つの細分化領域４e1，４e2に等分に再分割されると共に、細分化領域４

ｅ内の計算用メッシュおよび等価物性算出領域分割の細分化が行われる。なお、ここでは、指標値の最も大きい細分化領域４ｅを再分割する場合について説明しているが、最も大きいものから所定番目までの大きさの指標値を持つ細分化領域について、同様の処理を行ってもよい。等価物性算出処理ステップ１０８では、等価物性算出手段２ｈにより、細分化された等価物性算出領域について等価物性の算出が行われ、熱再解析処理ステップ１０５では、熱再解析手段２ｅにより、算出された等価物性を用いた熱解析が再度行われる。

[0043] 終了判定処理ステップ１０９では、終了判定手段２ｉにより、熱再解析処理ステップ１０５の熱解析によって算出される熱解析計算結果が所定の精度に達しているか否かが、判定される。熱解析計算結果が所定の精度に達していない場合、熱対策感度指標算出処理ステップ１０３、再分割処理ステップ１０４、等価物性算出処理ステップ１０８および熱再解析処理ステップ１０５のループ処理が繰り返される。終了判定処理ステップ１０９で、熱再解析処理ステップ１０５における熱解析計算結果が所定の精度に達していると判定された場合、熱解析処理は終了する。

[0044] 終了判定処理ステップ１０９における終了判定は、例えば、熱再解析処理ステップ１０５の熱解析計算によってシミュレーションされる、回路基板４に実装される熱源部品の温度の変動が十分に小さくなったときなどに、熱解析計算結果が所定の精度に達していると判定される。

[0045] このような第３の実施形態による熱解析方法、熱解析装置１Ｃ、およびコンピュータプログラムによれば、上記のように、解析結果への影響度の大きい細分化領域について選択的に等価物性算出領域の細分化が行われ、細分化された各等価物性算出領域毎に等価物性が算出されて、熱解析が行われることで、配線パターンのような複雑な形状をした熱解析対象についても、より精度の高い熱解析が、熱対策の重要度が高い所定数の細分化領域に対して選択的に行われるようになる。等価物性の一例として等価熱伝導率が代表的なものとして挙げられる。等価熱伝導率は、ある領域の内部に複数の材料が包

含されている際に、構成材料の熱伝導率やその含有比率などを用いてその領域の平均的な伝熱特性を表したものである。等価熱伝導率を用いることで、複雑な形状パターンなどがある場合にモデルの大幅な簡略化が可能となるが、一定の熱解析精度の低下が生じる。このとき生じる精度の低下は、等価熱伝導率に置き換える領域のサイズによって変化し、大きな領域を等価熱伝導率に置き換えると精度低下は大きく、多数の小さい領域で等価熱伝導率に置き換えると、精度低下は小さく抑えられる。したがって、上記の第３の実施形態のように、計算精度への影響度の大きい細分化領域を選択して計算用メッシュの細分化を行う際に、同時にその領域の等価熱伝導率を計算する等価物性算出領域の細分化も行うことで、等価熱伝導率を用いることによる精度低下の影響が抑えられる。このため、第３の実施形態によれば、複雑な形状をした熱解析対象についても、演算処理負荷を低減しながら、領域の細分化および等価熱伝導率計算の双方について精度を向上させて、構造体または空間の伝熱シミュレーションを高い精度で行えるようになる。

[0046] また、熱解析対象となる構造体または空間の所定領域が一方向に分割されて各細分化領域が得られることで、その一方向に隣接する領域との領域間の連続性を考慮する必要がなくなる。このため、計算用メッシュ細分化時の処理負荷をより軽減して、計算コストの更なる削減を図ることができる。

[0047] なお、上記の第３の実施形態では、構造体または空間の所定領域を一方向に分割することで、各細分化領域を得る場合について、説明した。しかし、細分化領域をこれと直交する方向に対しても設定し、重要度の高い領域の細分化を２方向の２次元、あるいは３方向の３次元に対して行うことで、構造体または空間の所定領域をより効率的に細分化して熱解析を行えるようになる。また、所定領域を一方向に分割する手法は上述の第１の実施形態および第２の実施形態における熱解析にも同様に適用することができ、同様な作用効果が奏される。

[0048] 図１０は、上記の第３の実施形態によって回路基板４を選択的に細分化して熱解析した結果を、同じ回路基板４を均等に分割して細分化して行った熱

解析結果と比較して示すグラフである。同グラフの横軸はモデル自由度で領域を分割する粗さを表し、数値が小さいほど分割が粗く、数値が大きいほど分割が細かいことを表す。また、同グラフの縦軸は熱源部品の最大温度[℃]を表す。また、実線の折れ線で示す特性線１１は第３の実施形態による熱解析結果、一点鎖線の折れ線で示す特性線１２は領域を均等分割して行った熱解析結果を表す。また、点線の直線で示す特性線１３は形状モデルを忠実に再現して熱解析計算をした結果を表す。同グラフから、特性線１１は同じモデル自由度で特性線１２よりも特性線１３に近い熱解析結果が得られ、第３の実施形態によって回路基板４を選択的に細分化した熱解析は、領域を均等分割して行った熱解析よりも、忠実形状モデルの熱解析結果に近い精度の高い解析結果が得られることが、理解される。

[0049] また、上記の各実施形態では、所定領域を細分化して熱対策感度指標Ｒｄの大きい細分化領域内部の計算用メッシュや等価物性計算領域を細分化すると共に細分化領域を再分割し、細分化領域を狭めていく場合について、説明した。しかし、逆に、熱対策感度指標Ｒｄの小さい細分化領域について計算用メッシュや等価物性計算領域を粗くすると共に細分化領域を統合することでも、構造体または空間の所定領域を効率的に分割して熱解析を行うことができる。

[0050] 図１１は、このような熱解析を行う本発明の第４の実施形態による熱解析装置１Ｄの構成を示すブロック図である。図１２は、この熱解析装置１Ｄによって実行される熱解析方法の概略を表わすフローチャートである。図１１および図１２において図１および図２と同一または相当する部分には同一符号を付してその説明は省略する。

[0051] 図１１に示す第４の実施形態による熱解析装置１Ｄは、プロセッサ２が、熱対策感度指標算出手段２ｃで各細分化領域について算出された複数の熱対策感度指標Ｒｄのなかで、指標値の小さい隣接する所定数の細分化領域を、１つの統合領域にまとめる領域統合手段２ｊを機能ブロックとして有する点が、図１に示す第１の実施形態による熱解析装置１Ａと相違する。また、図１

２のフローチャートに示す第４の実施形態による熱解析方法は、再分割処理ステップ１０４の後に領域統合処理ステップ１１０を有する点が、図２のフローチャートに示す第１の実施形態による熱解析方法と相違する。

[0052] また、ＲＯＭ３ａに記憶された第４の実施形態によるコンピュータプログラムは、第１の実施形態によるコンピュータプログラムがコンピュータを上述の各手段として機能させるのに加え、コンピュータを、さらに、熱対策感度指標算出手段２ｃで各細分化領域について算出された複数の熱対策感度指標Ｒdのなかで指標値の小さい隣接する所定数の細分化領域を１つの統合領域にまとめさせる領域統合手段２ｊとして機能させる点において、第１の実施形態によるコンピュータプログラムと相違する。

[0053] 再分割手段２ｄは、再分割処理ステップ１０４において、熱対策感度指標算出処理ステップ１０３で各細分化領域について算出された複数の熱対策感度指標Ｒdのなかで、指標値の大きい所定数の各細分化領域を複数の細分化領域に再度分割する。例えば、図９（ａ）に示すように細分化された回路基板４の各細分化領域のなかで、熱対策感度指標Ｒdの指標値が最も高い細分化領域４ｅについて、図９（ｂ）に示すように２つの細分化領域４e1，４e2に再分割する。

[0054] 次に、領域統合手段２ｉは、領域統合処理ステップ１１０において、熱対策感度指標算出処理ステップ１０３で各細分化領域について算出された複数の熱対策感度指標Ｒdのなかで、指標値の小さい隣接する所定数の細分化領域を、１つの統合領域にまとめると共に、これら細分化領域内の計算用メッシュおよび等価物性算出領域の粗化を行う。例えば、図９（ａ）に示す隣接する３つの細分化領域４ｆ，４ｇ，４ｈが、算出された複数の熱対策感度指標Ｒdのなかで指標値が小さいものである場合、これらの３つの細分化領域４ｆ，４ｇ，４ｈを１つの統合領域にまとめると共に、これら細分化領域４ｆ，４ｇ，４ｈ内の計算用メッシュおよび等価物性算出領域の粗化を行う。まとめた統合領域は記憶部３に記憶される。熱再解析手段２ｅは、再分割処理ステップ１０４によって細分化および粗化を行った計算用メッシュおよび等価

物性算出領域を用いて、熱解析を再度行う。

[0055] このような第４の実施形態による熱解析方法、熱解析装置１Ｄ、およびコンピュータプログラムによれば、上記のように、熱対策感度指標Ｒｄの指標値の小さい隣接する所定数の細分化領域が、１つの統合領域にまとめられると共に、これら細分化領域内の計算用メッシュおよび等価物性算出領域の粗化が行われる。したがって、構造体または空間の所定領域が分割されて得られる細分化領域のうち、熱対策感度指標Ｒｄの指標値が小さくて、熱対策の重要度が低い隣接する所定数の細分化領域の粗化により計算負荷が低減され、各細分化領域の熱解析の精度に与える影響を効率的に評価し、領域分割時の離散化に伴う計算精度の低下を回避しながら、計算を行うことが可能になる。

[0056] また、上記の各実施形態においても、この第４の実施形態のように、熱対策感度指標Ｒｄの指標値の小さい隣接する所定数の細分化領域を１つの統合領域にまとめて記憶しておくことで、第４の実施形態と同様な作用効果が奏される。

[0057] また、上記の第４の実施形態では、再分割処理ステップ１０４で、所定数の各細分化領域を複数の細分化領域に再度分割する場合について説明したが、この再分割処理ステップ１０４を行わずに、領域統合処理ステップ１１０で、所定数の細分化領域を１つの統合領域にまとめ、計算用メッシュおよび等価物性算出領域の粗化だけを行うように構成することもできる。このように構成することで、後の処理において、所定数の細分化領域を１つの統合領域として扱えるようになり、計算の負荷が軽減されるようになる。

符号の説明

[0058] １Ａ，１Ｂ，１Ｃ，１Ｄ…熱解析装置（コンピュータ）

２…プロセッサ

２ａ…初期分割手段

２ｂ…初期熱解析手段

２ｃ…熱対策感度指標算出手段

２ｄ…再分割手段

２ｅ…熱再解析手段

２ｆ…分割繰り返し手段

２ｇ…熱解析繰り返し手段

２ｈ…等価物性算出手段

２ｉ…終了判定手段

２ｊ…領域統合手段

３…記憶部

３ａ…ＲＯＭ

３ｂ…ＲＡＭ

４…回路基板（構造体）

４ａ，４ｂ，４ｃ，４ｄ，４ｅ，４ｆ，４ｇ，４ｈ…細分化領域

４a1，４a2…細分化領域４ａから再分割された細分化領域

４a2A，４a2B…細分化領域４a2から再分割された細分化領域

４e1，４e2…細分化領域４ｅから再分割された細分化領域

５…分割線

請求の範囲

[請求項1] 熱解析対象となる構造体または空間の領域全体を計算用メッシュに細分化すると共に、前記構造体または空間の所定領域を複数の細分化領域に分割する初期分割ステップと、

前記初期分割ステップで生成された前記計算用メッシュを用いて前記構造体または空間の熱解析を行う初期熱解析ステップと、

前記初期熱解析ステップで行われた熱解析により前記構造体または空間の領域全体について得られる熱流束ベクトルと温度勾配ベクトルとの内積を各前記細分化領域について体積分して絶対値を取ることで、各前記細分化領域毎に熱対策感度指標を算出する熱対策感度指標算出ステップと、

前記熱対策感度指標算出ステップで各前記細分化領域について算出された複数の前記熱対策感度指標のなかで指標値の大きい所定数の各前記細分化領域について、前記計算用メッシュをさらに細分化すると共に、複数の細分化領域へ再分割する再分割ステップと、

前記再分割ステップによってさらに細分化された前記計算用メッシュを用いて前記構造体または空間の熱解析を再度行う熱再解析ステップと

を備えて、構造体または空間の熱解析を行う熱解析方法。

[請求項2] 前記熱再解析ステップで行われた熱解析により各前記細分化領域について得られる前記熱対策感度指標のなかで指標値の大きい所定数の各前記細分化領域について、前記計算用メッシュをさらに細分化すると共に、複数の細分化領域へ再分割する分割繰り返しステップと、

前記分割繰り返しステップによってさらに細分化された前記計算用メッシュを用いて前記構造体または空間の熱解析を再度行う熱解析繰り返しステップと

を備える請求項１に記載の熱解析方法。

[請求項3] 各前記細分化領域内に設定された等価物性算出領域の構成材料の物

性値を基に各前記等価物性算出領域の等価物性を算出する等価物性算出ステップを備え、

前記再分割ステップおよび前記分割繰り返しステップにおいて、前記計算用メッシュの細分化および前記細分化領域の再分割が行われると共に、再分割された前記細分化領域における前記等価物性算出領域の細分化が行われ、

前記熱解析は、前記等価物性算出ステップで細分化された各前記等価物性算出領域毎に算出される前記等価物性を用いて行われることを特徴とする請求項１または請求項２に記載の熱解析方法。

[請求項4] 前記熱対策感度指標算出ステップで各前記細分化領域について算出された複数の前記熱対策感度指標のなかで指標値の小さい隣接する所定数の前記細分化領域を１つの統合領域にまとめる領域統合ステップを備えることを特徴とする請求項１から請求項３のいずれか１項に記載の熱解析方法。

[請求項5] 各前記細分化領域は、熱解析対象となる構造体または空間の前記所定領域が一方向に分割されて得られることを特徴とする請求項１から請求項４のいずれか１項に記載の熱解析方法。

[請求項6] 熱解析対象となる構造体または空間の領域全体を計算用メッシュに細分化すると共に、前記構造体または空間の所定領域を複数の細分化領域に分割する初期分割手段と、

前記初期分割手段で生成された前記計算用メッシュを用いて前記構造体または空間の熱解析を行う初期熱解析手段と、

前記初期熱解析手段で行われた熱解析により前記構造体または空間の領域全体について得られる熱流束ベクトルと温度勾配ベクトルとの内積を各前記細分化領域について体積分して絶対値を取ることで、各前記細分化領域毎に熱対策感度指標を算出する熱対策感度指標算出手段と、

前記熱対策感度指標算出手段で各前記細分化領域について算出され

た複数の前記熱対策感度指標のなかで指標値の大きい所定数の各前記細分化領域について、前記計算用メッシュをさらに細分化すると共に、複数の細分化領域へ再分割する再分割手段と、

前記再分割手段によってさらに細分化された前記計算用メッシュを用いて前記構造体または空間の熱解析を再度行う熱再解析手段と

を備えて、構造体または空間の熱解析を行う熱解析装置。

[請求項7] 前記熱再解析手段で行われた熱解析により各前記細分化領域について得られる前記熱対策感度指標のなかで指標値の大きい所定数の各前記細分化領域について、前記計算用メッシュをさらに細分化すると共に、複数の細分化領域へ再分割する分割繰り返し手段と、

前記分割繰り返し手段によってさらに細分化された前記計算用メッシュを用いて前記構造体または空間の熱解析を再度行う熱解析繰り返し手段と

を備える請求項６に記載の熱解析装置。

[請求項8] 各前記細分化領域内に設定された等価物性算出領域の構成材料の物性値を基に各前記等価物性算出領域の等価物性を算出する等価物性算出手段を備え、

前記再分割手段および前記分割繰り返し手段は、前記計算用メッシュの細分化および前記細分化領域の再分割を行うと共に、再分割された前記細分化領域における前記等価物性算出領域の細分化を行い、

前記熱解析は、前記等価物性算出手段で細分化された各前記等価物性算出領域毎に算出される前記等価物性を用いて行われることを特徴とする請求項６または請求項７に記載の熱解析装置。

[請求項9] 前記熱対策感度指標算出手段で各前記細分化領域について算出された複数の前記熱対策感度指標のなかで指標値の小さい隣接する所定数の前記細分化領域を１つの統合領域にまとめる領域統合手段を備えることを特徴とする請求項６から請求項８のいずれか１項に記載の熱解析装置。

[請求項10] 各前記細分化領域は、熱解析対象となる構造体または空間の前記所定領域が一方向に分割されて得られることを特徴とする請求項６から請求項９のいずれか１項に記載の熱解析装置。

[請求項11] コンピュータを、

熱解析対象となる構造体または空間の領域全体を計算用メッシュに細分化すると共に、前記構造体または空間の所定領域を複数の細分化領域に分割する初期分割手段と、

前記初期分割手段で生成された前記計算用メッシュを用いて前記構造体または空間の熱解析を行う初期熱解析手段と、

前記初期熱解析手段で行われた熱解析により前記構造体または空間の領域全体について得られる熱流束ベクトルと温度勾配ベクトルとの内積を各前記細分化領域について体積分して絶対値を取ることで、各前記細分化領域毎に熱対策感度指標を算出する熱対策感度指標算出手段と、

前記熱対策感度指標算出手段で各前記細分化領域について算出された複数の前記熱対策感度指標のなかで指標値の大きい所定数の各前記細分化領域について、前記計算用メッシュをさらに細分化すると共に、複数の細分化領域へ再分割する再分割手段と、

前記再分割手段によってさらに細分化された前記計算用メッシュを用いて前記構造体または空間の熱解析を再度行う熱再解析手段と

して機能させるコンピュータプログラム。

[請求項12] 前記コンピュータを、さらに、

前記熱再解析手段で行われた熱解析により各前記細分化領域について得られる前記熱対策感度指標のなかで指標値の大きい所定数の各前記細分化領域について、前記計算用メッシュをさらに細分化すると共に、複数の細分化領域へ再分割する分割繰り返し手段と、

前記分割繰り返し手段によってさらに細分化された前記計算用メッシュを用いて前記構造体または空間の熱解析を再度行う熱解析繰り返

し手段と

して機能させる請求項１１に記載のコンピュータプログラム。

[請求項13] 前記コンピュータを、さらに、

各前記細分化領域内に設定された等価物性算出領域の構成材料の物性値を基に各前記等価物性算出領域の等価物性を算出する等価物性算出手段として機能させ、

前記再分割手段および前記分割繰り返し手段に、前記計算用メッシュの細分化および前記細分化領域の再分割を行わせると共に、再分割された前記細分化領域における前記等価物性算出領域の細分化を行わせ、

前記熱解析を、前記等価物性算出手段で細分化された各前記等価物性算出領域毎に算出される前記等価物性を用いて行わせる請求項１１または請求項１２に記載のコンピュータプログラム。

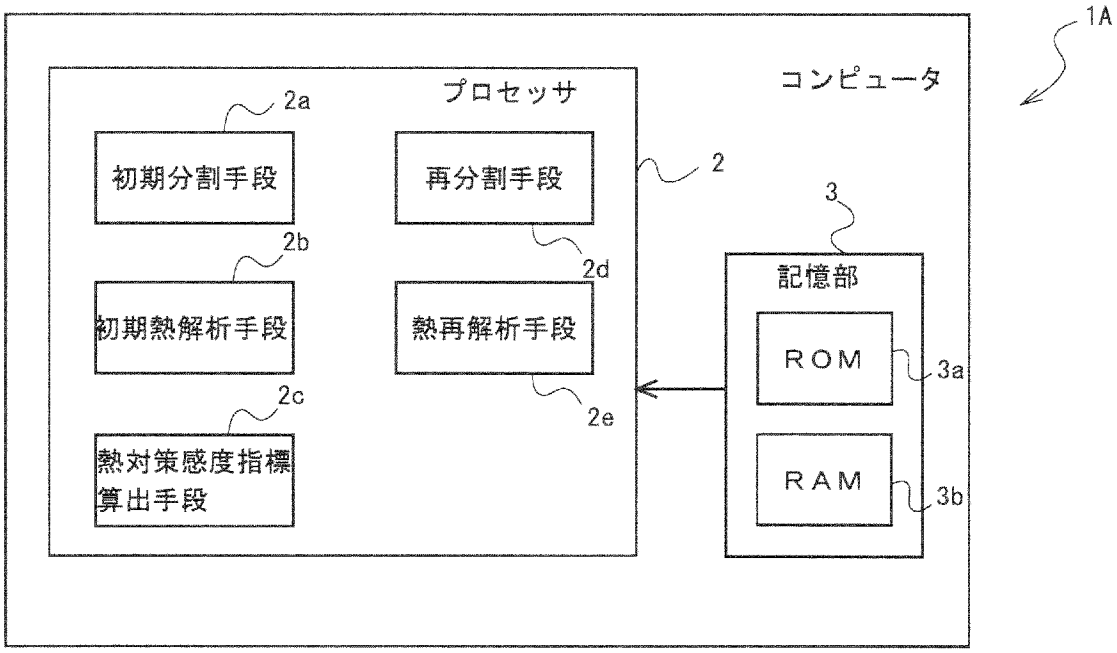
[請求項14] 前記コンピュータを、さらに、

前記熱対策感度指標算出手段で各前記細分化領域について算出された複数の前記熱対策感度指標のなかで指標値の小さい隣接する所定数の前記細分化領域を１つの統合領域にまとめる領域統合手段として機能させることを特徴とする請求項１１から請求項１３のいずれか１項にコンピュータプログラム。

[請求項15] 熱解析対象となる構造体または空間の前記所定領域を一方向に分割させて、各前記細分化領域を得させることを特徴とする請求項１１から請求項１４のいずれか１項に記載のコンピュータプログラム。

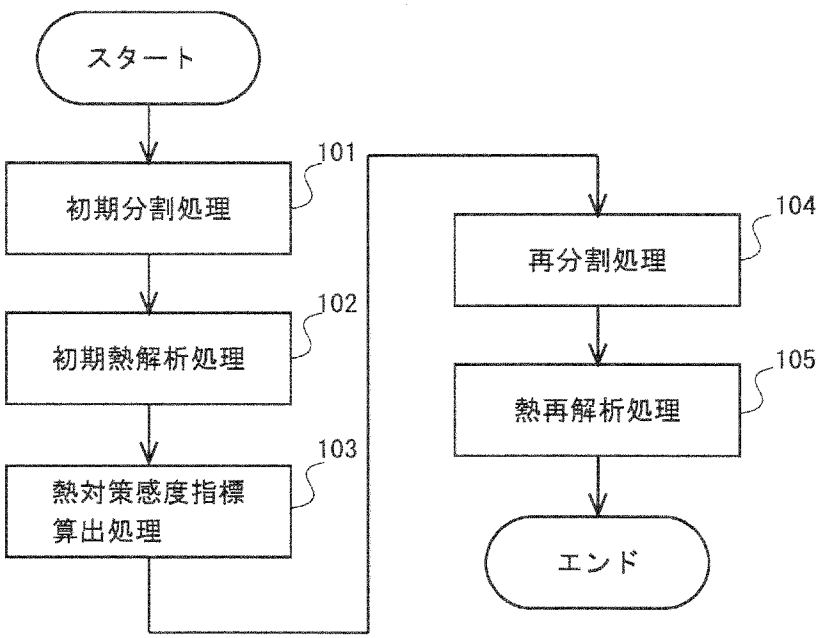
[図1]

図 1


1A
コンピュータ
プロセッサ
2a
初期分割手段
再分割手段
2
3
2b
2d
記憶部
初期熱解析手段
熱再解析手段
ROM
3a
2c
2e
熱対策感度指標
算出手段
RAM
3b

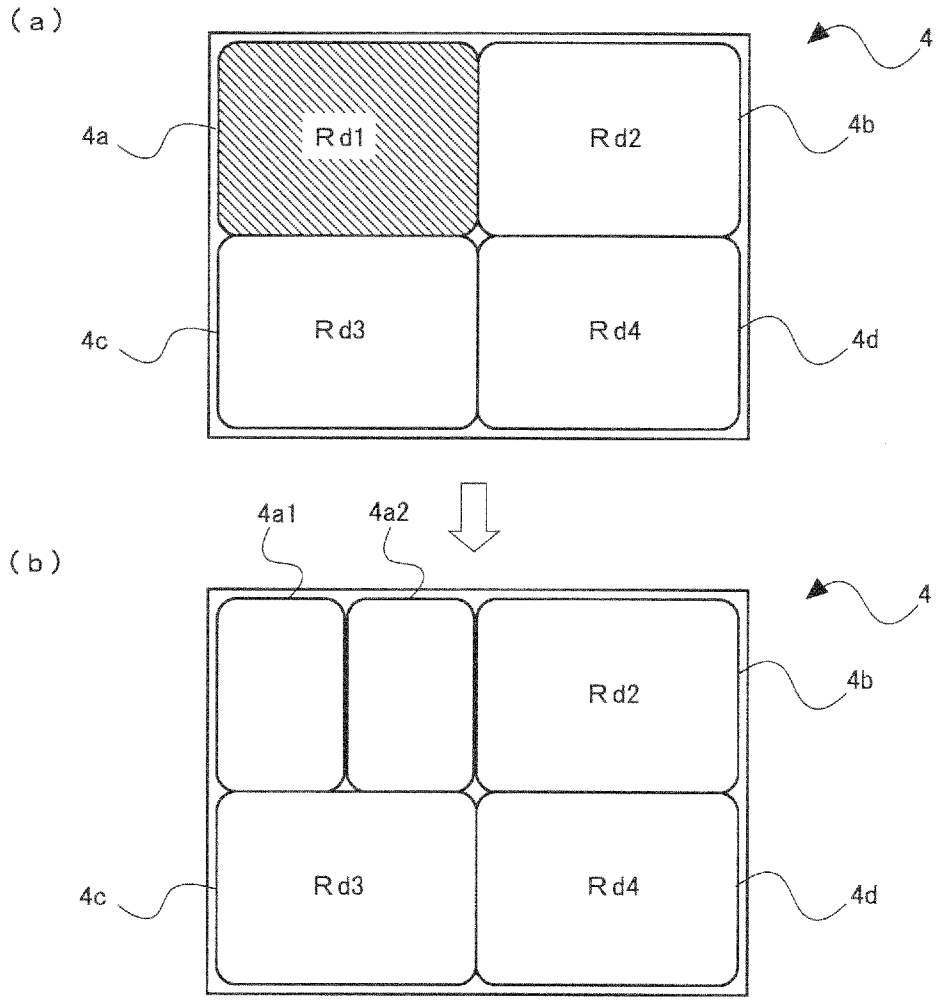
[図2]

図 2


スタート
101
初期分割処理
102
初期熱解析処理
103
熱対策感度指標
算出処理
104
再分割処理
105
熱再解析処理
エンド

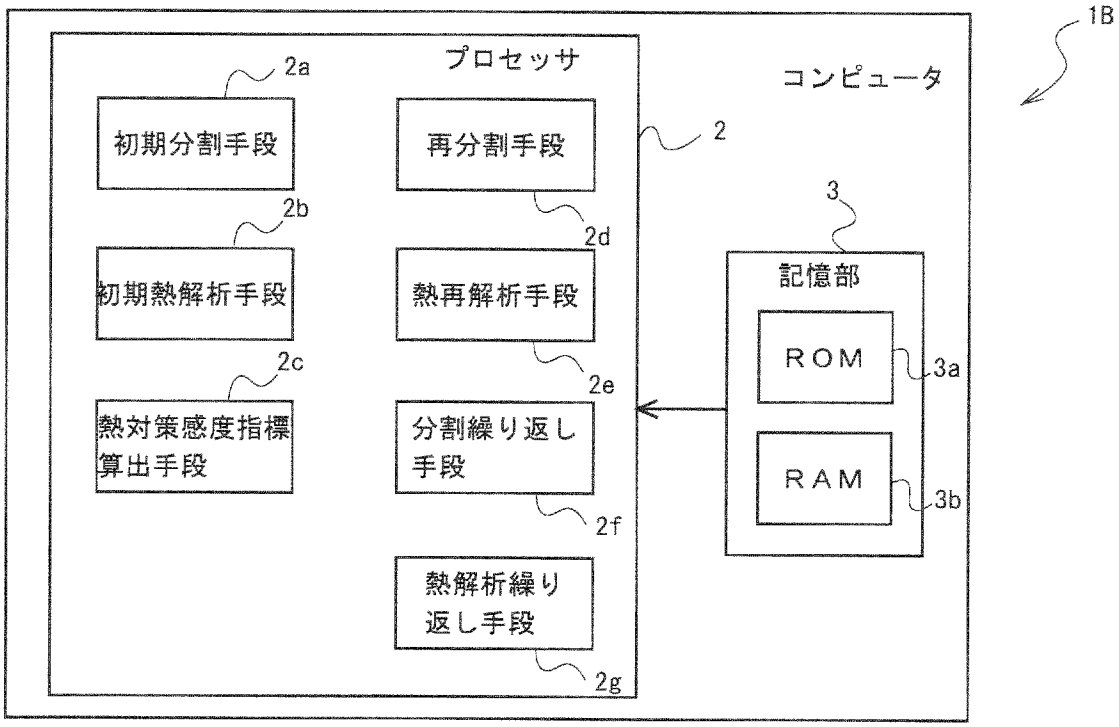
[図3]

図 3



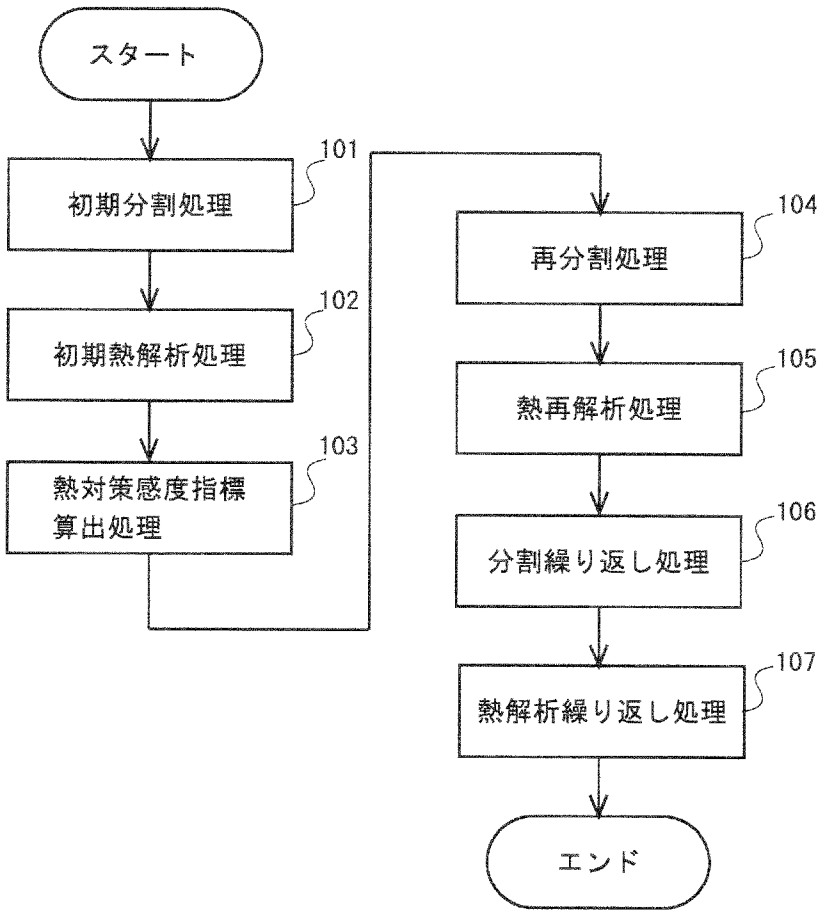
[図4]

図 4


1B
コンピュータ
プロセッサ
2
2a
初期分割手段
再分割手段
2b
初期熱解析手段
2d
熱再解析手段
2c
熱対策感度指標
算出手段
2e
分割繰り返し
手段
2f
熱解析繰り
返し手段
2g
3
記憶部
ROM
3a
RAM
3b

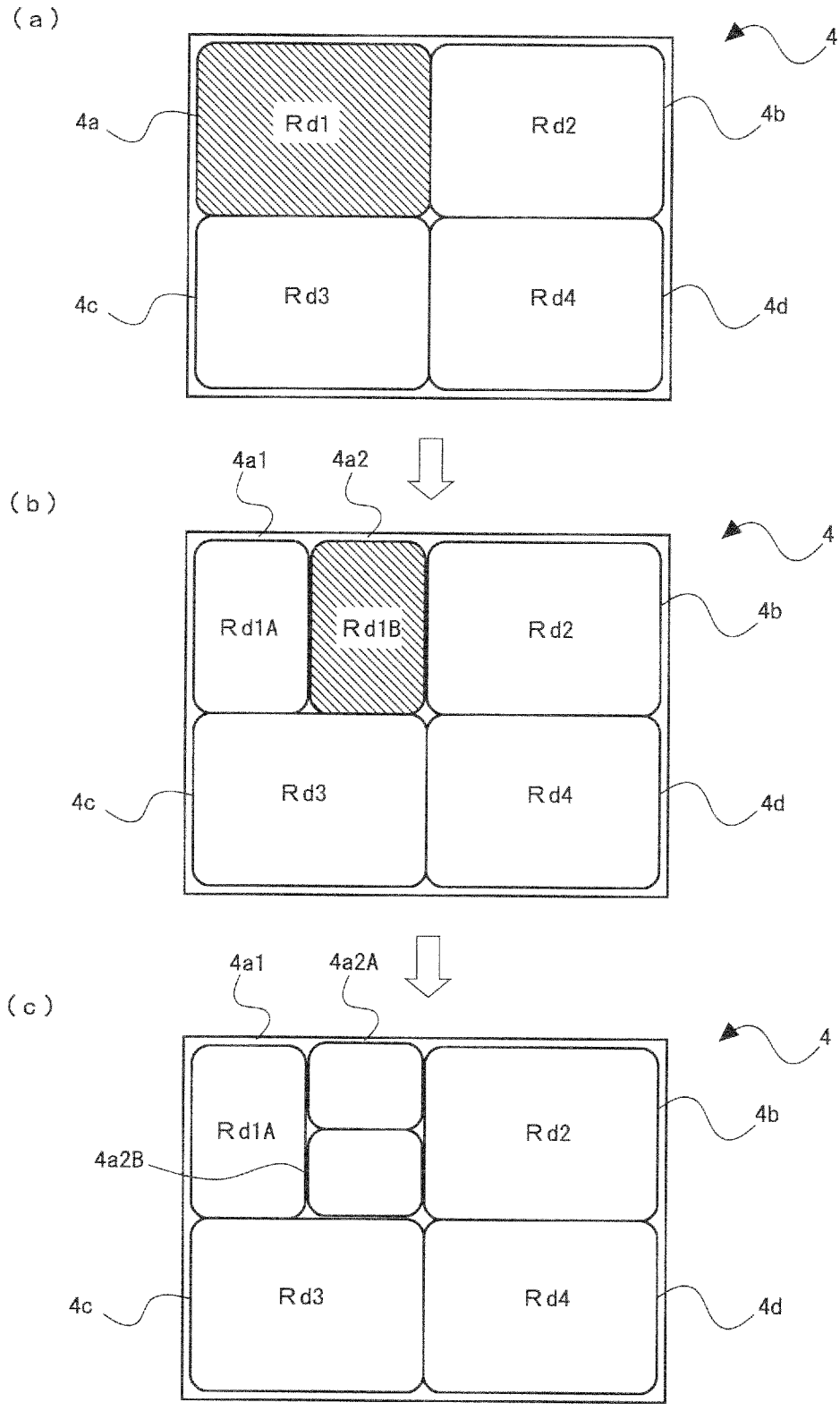
[図5]

図 5


スタート
101
初期分割処理
102
初期熱解析処理
103
熱対策感度指標
算出処理
104
再分割処理
105
熱再解析処理
106
分割繰り返し処理
107
熱解析繰り返し処理
エンド

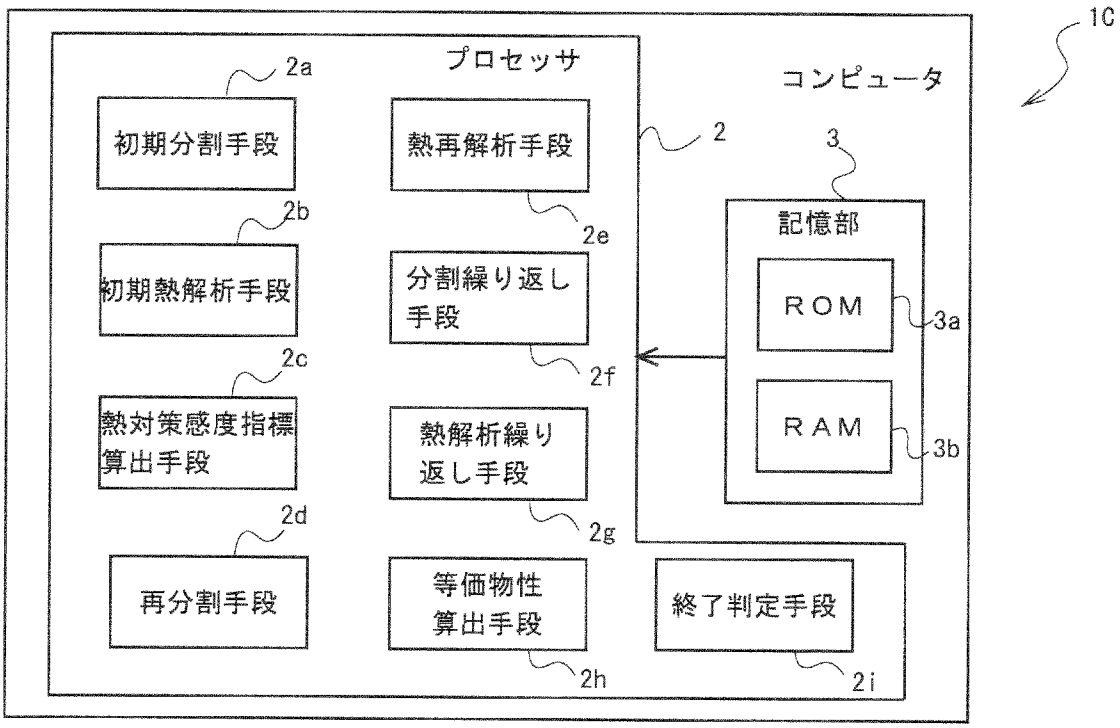
[図6]

図 6


(a)
4
4a
Rd1
Rd2
4b
4c
Rd3
Rd4
4d
(b)
4a1
4a2
4
Rd1A
Rd1B
Rd2
4b
4c
Rd3
Rd4
4d
(c)
4a1
4a2A
4
Rd1A
Rd2
4b
4a2B
4c
Rd3
Rd4
4d

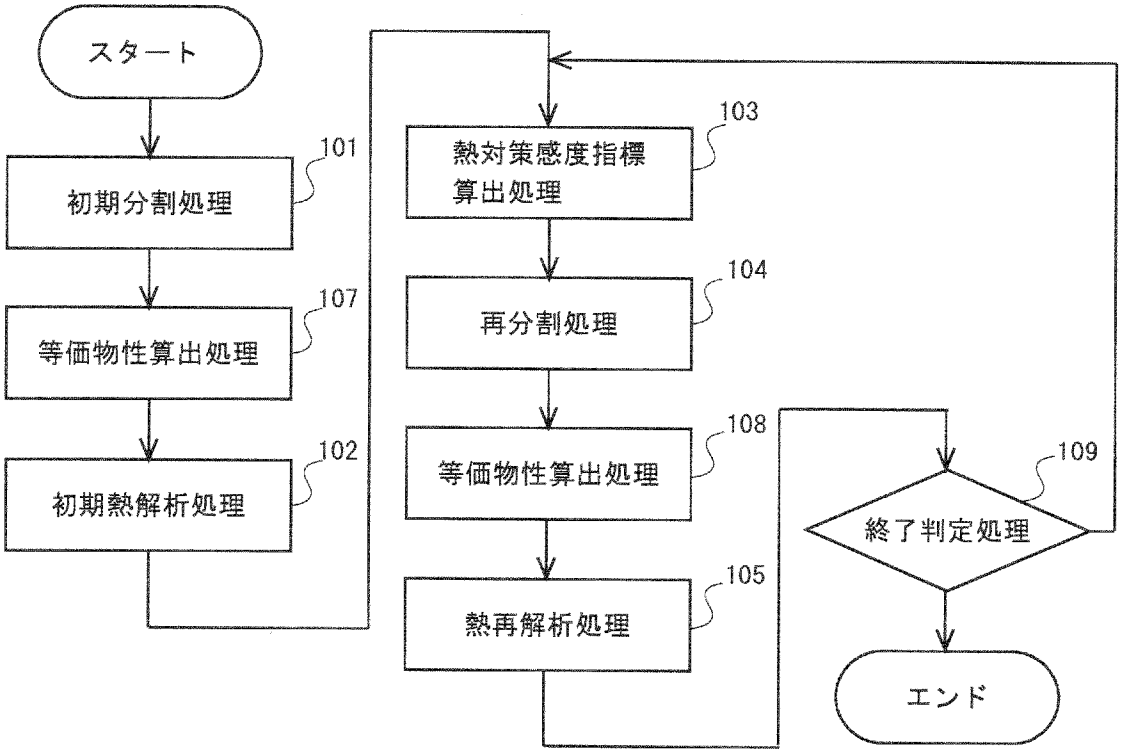
[図7]

図 7


1C
コンピュータ
プロセッサ
2
2a
初期分割手段
2b
初期熱解析手段
2c
熱対策感度指標
算出手段
2d
再分割手段
熱再解析手段
2e
分割繰り返し
手段
2f
熱解析繰り
返し手段
2g
等価物性
算出手段
2h
終了判定手段
2i
3
記憶部
ROM
3a
RAM
3b

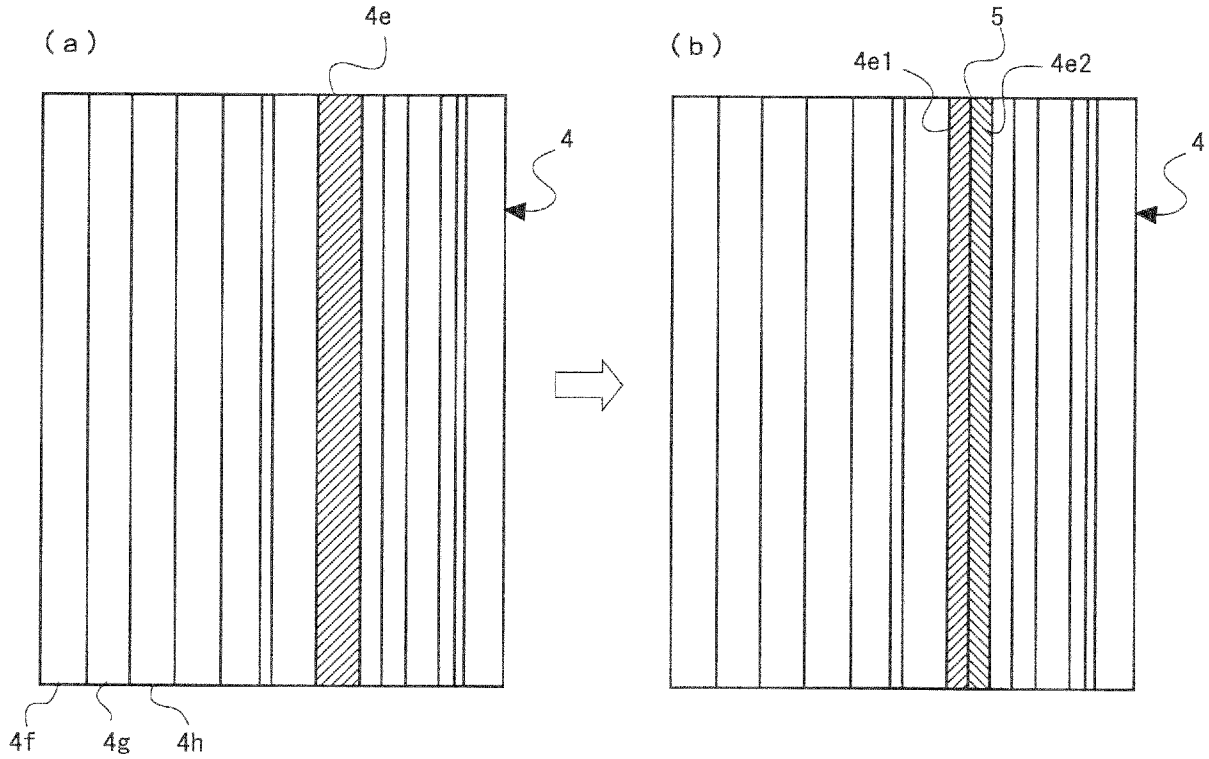
[図8]

図 8


スタート
初期分割処理
101
等価物性算出処理
107
初期熱解析処理
102
熱対策感度指標
算出処理
103
再分割処理
104
等価物性算出処理
108
熱再解析処理
105
終了判定処理
109
エンド

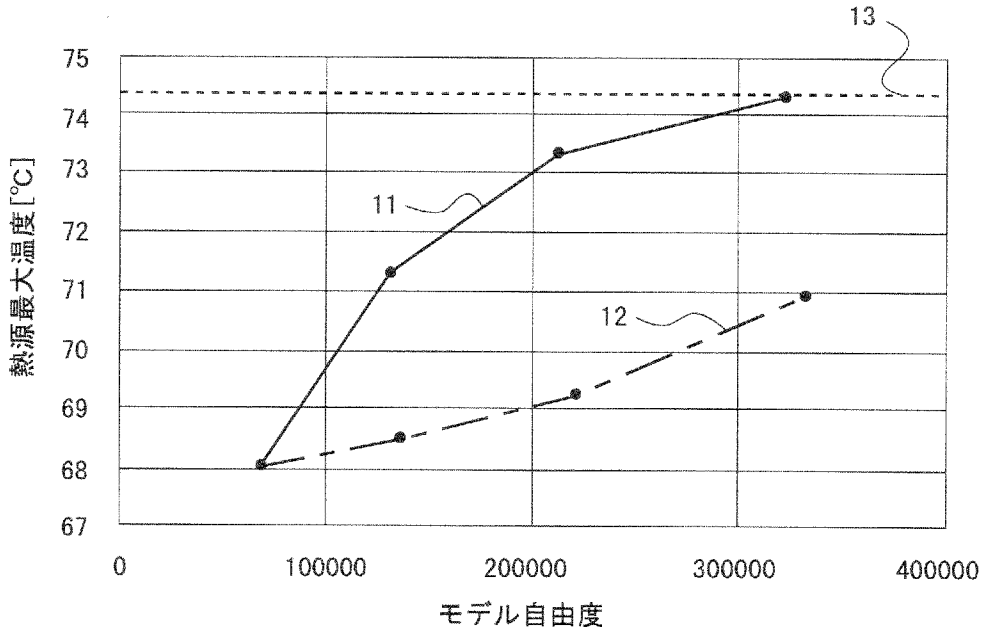
[図9]

図 9


(a)
4e
4
4f
4g
4h
(b)
5
4e1
4e2
4

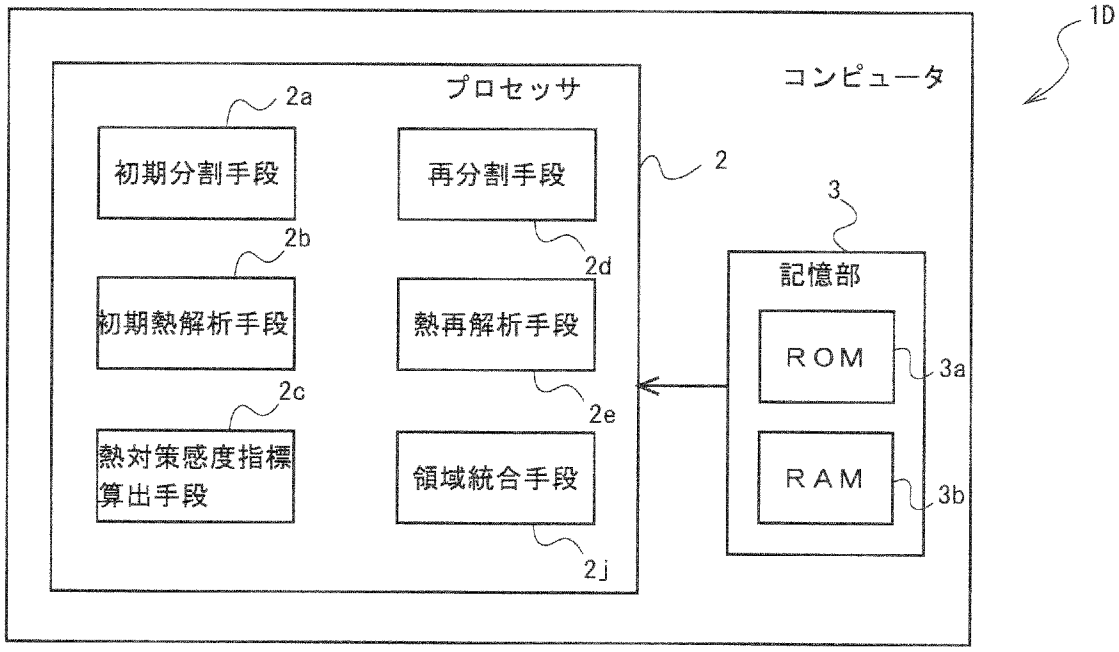
[図10]

図 10


13
75
74
73
72
71
70
69
68
67
11
12
熱源最大温度[℃]
0
100000
200000
300000
400000
モデル自由度

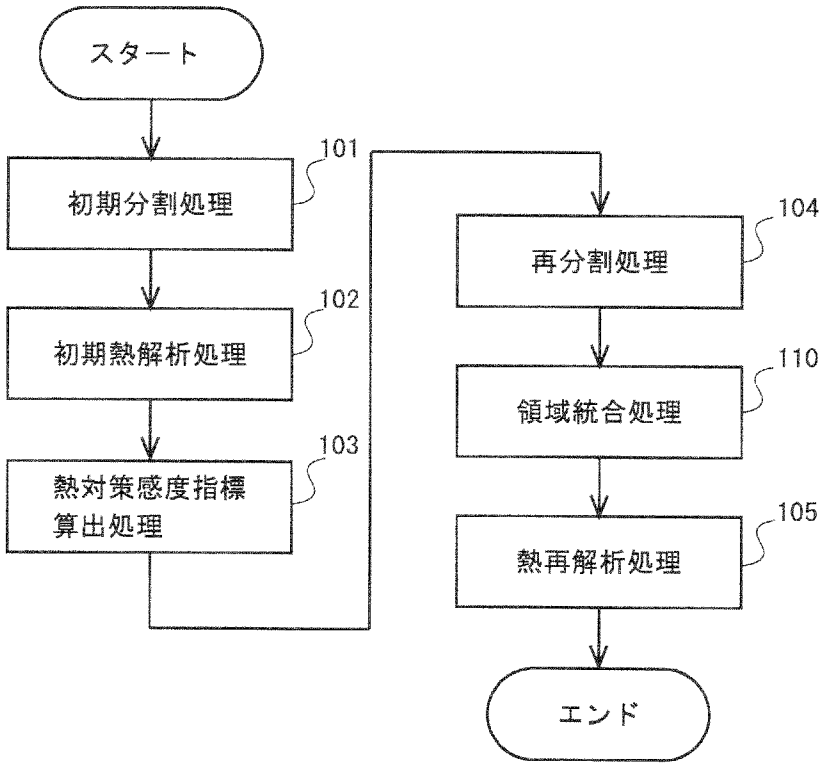
[図11]

図 1 1



[図12]

図 1 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/023044

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F 30/23(2020.01)i; *G06F 119/08*(2020.01)n
FI: G06F30/23; G06F119:08

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)

G06F30/23; G06F119/08

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-189761 A (FUJI HEAVY IND LTD) 05 July 2002 (2002-07-05) paragraphs [0020]-[0048], fig. 1-14	1-15
A	JP 2013-12004 A (FUJITSU SEMICONDUCTOR LTD) 17 January 2013 (2013-01-17) paragraphs [0010]-[0067], fig. 1-19	1-15
A	JP 2003-216660 A (WAVE FRONT KK) 31 July 2003 (2003-07-31) paragraphs [0034]-[0148], fig. 1-12	1-15
A	JP 4-29021 A (HITACHI LTD) 31 January 1992 (1992-01-31) entire text, all drawings	1-15

☐ 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
04 August 2022	**16 August 2022**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/023044

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2002-189761 A	05 July 2002	(Family: none)	
JP 2013-12004 A	17 January 2013	(Family: none)	
JP 2003-216660 A	31 July 2003	(Family: none)	
JP 4-29021 A	31 January 1992	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/023044

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G06F 30/23(2020.01)i; G06F 119/08(2020.01)n
FI: G06F30/23; G06F119:08

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））

G06F30/23; G06F119/08

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	１９７１－２０２２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２２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）

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 2002-189761 A (富士重工業株式会社) 05.07.2002 (2002-07-05) 段落[0020]-[0048],図1-14	1-15
A	JP 2013-12004 A (富士通セミコンダクター株式会社) 17.01.2013 (2013-01-17) 段落[0010]-[0067],図1-19	1-15
A	JP 2003-216660 A (株式会社ウェーブフロント) 31.07.2003 (2003-07-31) 段落[0034]-[0148],図1-12	1-15
A	JP 4-29021 A (株式会社日立製作所) 31.01.1992 (1992-01-31) 全文全図	1-15

☐ 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抵触するものではなく、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
04.08.2022	16.08.2022

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）

堀井　啓明 5H 9245

電話番号 03-3581-1101 内線 3531

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2022/023044

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2002-189761 A	05.07.2002	（ファミリーなし）	
JP 2013-12004 A	17.01.2013	（ファミリーなし）	
JP 2003-216660 A	31.07.2003	（ファミリーなし）	
JP 4-29021 A	31.01.1992	（ファミリーなし）	