

明 細 書

発明の名称： 処理装置、処理方法、プログラム、およびコア

技術分野

[0001] 本開示は、処理装置、処理方法、プログラム、およびコアに関し、特に、コアを設計するために用いて好適なものである。本願は、2024年2月9日に日本に出願された特願2024-018904号に基づき優先権を主張し、その内容を全てここに援用する。

背景技術

[0002] コアを備える機器においては、コアの設計が機器の性能に大きな影響を与える場合がある（以下、コアを備える機器を単に機器とも称する）。機器が備えるコアとして、磁束障害部を備えるコアがある。磁束障害部は、コアの他の部分よりも磁束が通り難い部分、または、磁束が通らない部分である。したがって、磁束障害部の数、位置、形状、および大きさによって、コア内およびコアの周囲における磁束の流れが変わる。このような磁束障害部として、例えば、空隙部がある。以下、空隙部である磁束障害部をフラックスバリアとも称する。

[0003] フラックスバリアなどの磁束障害部を設計するための技術として、特許文献1および非特許文献1に記載の手法がある。

特許文献1には、デザイン領域内にフラックスバリアの基本形状の領域を設定することと、当該基本形状の領域に対して施す写像の最適解を算出することと、が記載されている。具体的に、特許文献1では、機器を動作させた場合の機器の特性値（目的関数の値）が最大または最小になるような写像を最適解として算出する。そして、フラックスバリアの基本形状に対して、最適解となる写像を施すことにより、フラックスバリアを生成する。このように特許文献1に記載の技術では、フラックスバリアの基本形状の領域に対して施す写像を表す行列を設計変数とし、当該行列の最適解を算出する。

[0004] また、非特許文献1には、On-Off法を改良した手法により、IPMモータ

のフラックスバリアを生成することが記載されている。0n-0ff法では、デザイン領域を分割することにより得られる複数のメッシュのそれぞれがonの状態とoffの状態とのうちのいずれの状態であるのかが算出される。例えば、onの状態を磁性体に対応させるとともに、offの状態を空気に対応させる。0n-0ff法では、拘束条件が満足される範囲で目的関数の値が最小または最大になるような各セルの状態（onの状態またはoffの状態）を最適解として探索する。一般的な0n-0ff法では、各セルの状態は、他のセルの状態とは独立した状態であるものとして算出される。これに対し、非特許文献1では、各セルにおける正規化ガウス関数ネットワーク（NGnet（Normalized Gaussian Network））の出力に応じて、各セルの状態を算出する。NGnetの出力は、空間的に滑らかに値が変化する正規化ガウス関数の重み付き和で表される。非特許文献1に記載の技術では、正規化ガウス関数に対する重み係数を設計変数とし、当該重み係数の最適解を算出する。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2021-114099号公報

非特許文献

[0006] 非特許文献1：佐藤 孝洋 他5名、「トポロジー最適化による埋込磁石同期モータの回転子形状最適化」、電気学会論文誌D（産業応用部門誌）、IEEE Transactions on Industry Applications、Vol.135、No.3、pp.291-298、2015年

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、特許文献1および非特許文献1に記載の手法では、磁束障害部が存在し得る位置であれば、磁束障害部の位置によって、候補解の選択され易さ（および選択され難さ）は変わらない。したがって、解の探索の過程で、コアの特性の向上への寄与度が小さいフラックスバリアが生成される

可能性が高まる。よって、解が最適解に収束するまでに時間がかかる虞がある。これにより、計算負荷が増大する虞がある。一方、計算負荷の増大を抑制するために収束条件を緩和すると、コアの特性の向上への寄与度が小さいフラックスバリアが最適解に基づいて生成される可能性が高まる。

[0008] 本開示は、以上のような問題点に鑑みてなされたものであり、コアの特性が向上する磁束障害部を、大きな計算負荷をかけることなく生成することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本開示の処理装置は、磁束障害部を備えるコアを設計するための処理を行う処理装置であって、設計後のコアの原形となるオリジナルコアのデザイン領域における磁気特性の分布に基づいて、前記デザイン領域における前記磁束障害部の生成され易さを評価する生成指標の分布を算出する指標算出部と、前記生成指標の分布に基づいて、前記デザイン領域における前記磁束障害部の領域を決定する決定部と、を備え、前記デザイン領域は、前記オリジナルコアの切断面における領域であり、前記オリジナルコアの切断面は、前記磁束障害部を平面視する方向に対して垂直な方向における切断面である。

[0010] 本開示の処理方法は、磁束障害部を備えるコアを設計するための処理を行う処理方法であって、設計後のコアの原形となるオリジナルコアのデザイン領域における磁気特性の分布に基づいて、前記デザイン領域における前記磁束障害部の生成され易さを評価する生成指標の分布を算出する指標算出工程と、前記生成指標の分布に基づいて、前記デザイン領域における前記磁束障害部の領域を決定する決定工程と、を備え、前記デザイン領域は、前記オリジナルコアの切断面における領域であり、前記オリジナルコアの切断面は、前記磁束障害部を平面視する方向に対して垂直な方向における切断面である。

[0011] 本開示のプログラムは、前記処理装置の各部としてコンピュータを機能させる。

[0012] 本開示のコアは、前記処理装置が備える前記決定部により決定された前記

領域のうちの少なくとも1つの領域の全部または一部に前記磁束障害部を備える。

発明の効果

[0013] 本開示によれば、コアの特性が向上する磁束障害部を、大きな計算負荷をかけることなく生成することが出来る。

図面の簡単な説明

[0014] [図1A]ロータコアの領域のうち、相対的に磁束密度が低い領域での磁束の流れの第1の例を示す図である。

[図1B]ロータコアの領域のうち、相対的に磁束密度が低い領域での磁束の流れの第2の例を示す図である。

[図2A]ロータコアの領域のうち、相対的に磁束密度が高い領域での磁束の流れの第1の例を示す図である。

[図2B]ロータコアの領域のうち、相対的に磁束密度が高い領域での磁束の流れの第2の例を示す図である。

[図3]IPMSMの構成の一例を示す図である。

[図4]処理装置の機能的な構成の一例を示す図である。

[図5]処理方法の一例を説明するフローチャートである。

[図6]サンプリングの結果の一例を示す図である。

[図7]磁束障害部の領域を決定する方法の一例を説明する図である。

[図8]処理装置のハードウェアの構成の一例を示す図である。

[図9A]本実施形態の手法におけるフラックスバリアの生成結果の一例を示す図である。

[図9B]特許文献1に記載の手法におけるフラックスバリアの生成結果の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、図面を参照しながら、本開示の一実施形態を説明する。

なお、長さ、位置、大きさ、間隔など、比較対象が同じであることは、厳密に同じである場合の他、本開示の主旨を逸脱しない範囲で異なるもの（例

えば、設計時に定められる公差の範囲内で異なるもの)も含むものとする。
また、各図において、 $x-y-z$ 座標は、各図における向きの関係を示すものである。 $x-y-z$ 座標において、白丸(○)の中に黒丸(●)が付されている記号は、紙面の奥側から手前側に向かう方向が正の方向である矢印線を示す記号である。

[0016] (知見および着想)

まず、本実施形態に至る際に本開示者らが得た知見および着想を説明する。特許文献1および非特許文献1に記載の手法では、機器の特性値(目的関数の値)が最大または最小になるように、フラックスバリアを生成することが出来る。しかしながら、例えば、最適化計算を行う場合、解が最適解に収束するまで、解の探索を繰り返す必要がある。また、例えば、電磁界解析を行うことにより機器の特性値を算出する場合、繰り返し処理のそれぞれにおいて電磁界解析を行う必要がある。したがって、最適化計算(収束計算)における繰り返し数が多くなると、計算負荷が増大する虞がある。そこで、計算負荷の増大を抑制するためには収束条件を緩和することが考えられる。しかしながら、収束条件を緩和すると、より良い最適解が実際にある場合であっても、当該より良い最適解が算出されない可能性が高まる。例えば、コアの特性の向上への寄与度が相対的に小さいフラックスバリアが最適解に基づいて生成される可能性が高まる。なお、フラックスバリアなどの磁束障害部を生成することは、コアにおける磁束障害部が占める領域を特定することが出来る情報を算出することに対応する。当該情報は、例えば、磁束障害部と外部との境界線の各位置(座標)を示す情報でも良い。

[0017] 図1Aおよび図1Bは、ロータコア101、102の領域のうち、相対的に磁束密度が低い領域での磁束の流れを例示する図である。図1Aは、フラックスバリア111が存在する場合の図である。図1Bは、フラックスバリア111が存在しない場合の図である。また、図2Aおよび図2Bは、ロータコア201、202の領域のうち、相対的に磁束密度が高い領域での磁束の流れを例示する図である。図2Aは、ロータコア201の外周面側の領域

２２１まで拡大されたフラックスバリア２１１が存在する場合の図である。図２Ｂは、ロータコア２０２の外周面側の領域まで拡大されたフラックスバリアが存在しない場合（ロータコア２０２の外周面側の領域まで拡大されていないフラックスバリア２１２が存在する場合）の図である。図１Ａ、図１Ｂ、図２Ａ、および図２Ｂにおいて、矢印線は磁束を表す。また、図１Ａ、図１Ｂ、図２Ａ、および図２Ｂにおいて、矢印線が密集しているほど磁束密度が高いことを示す。また、表記の都合で必ずしも鮮明ではないが、図１Ａ、図１Ｂ、図２Ａ、および図２Ｂにおいて、矢印線の濃度が濃いほど磁束密度が高いことを示す。

[0018] 図１Ａおよび図１Ｂの比較から分かるように、ロータコア１０１における磁束密度が低い領域にフラックスバリア１１１が生成されても、ステータコアに向かう磁束は大きく変わらない。また、フラックスバリア１１１を迂回する磁束は少ない。すなわち、フラックスバリア１１１がある場合とない場合とで、モータの特性はあまり変わらない。

[0019] これに対して、図２Ａおよび図２Ｂの比較から分かるように、図２Ａでは、図２Ｂに示す軟磁性材料の領域２２２がフラックスバリア２１１の領域２２１に置き換わっている。図２Ａでは、軟磁性材料の領域２２２から置き換えられたフラックスバリア２１１の領域２２１の存在により、ロータコア２０１からステータコア２３１、２３２に向かう磁束が、図２Ｂに示すロータコア２０２からステータコア２３３、２３４に向かう磁束よりも大きく屈曲している。したがって、フラックスバリア２１２がフラックスバリア２１１に変更されることにより、モータの特性は大きく変わる。

[0020] 以上のことから、本開示者らは、フラックスバリア（空隙部）などの磁束障害部の存在によってモータ特性への影響が相対的に大きいコアの領域を、その影響が相対的に小さいコアの領域よりも集中的（優先的）に計算すれば、計算時間を短縮しつつ、コアの特性をより向上させることが出来るように磁束障害部の領域を決定することが出来ると考えた。つまり、本開示者らは、オリジナルコアの領域のうち、磁束障害部が存在していても機器（例えば

モータ）の特性への影響が相対的に小さい領域（すなわち磁束密度が相対的に低い領域）に、磁束障害部が存在し難くなるようにすることが好ましいと考えた。逆に言うと、本開示者らは、オリジナルコアの領域のうち、磁束障害部が存在していると機器（例えばモータ）の特性への影響が相対的に大きくなる領域（すなわち磁束密度が相対的に高い領域）に、磁束障害部が存在し易くなるようにすることが好ましいと考えた。

[0021] ここでオリジナルコアは、設計後のコアの原形となるコアである。つまり、オリジナルコアは、磁束障害部を備えるコアを設計する際の基準となるコアである。例えば、最適化計算を行うことにより磁束障害部を決定する場合には、オリジナルコアが有する形状を、設計後のコアを評価する際の基準の形状として、当該オリジナルコアが備える磁束障害部の形状および位置が最適化される。図1 Aおよび図1 Bでは、オリジナルコアは、図1 Bに示すロータコア102である。図2 Aおよび図2 Bでは、オリジナルコアは、図2 Bに示すロータコア202である。

[0022] なお、最適化とは、例えば、最適化計算を行うアルゴリズムにおいて最適解として採用する条件を満たす解を探索することである。この場合、当該条件を満たす解を最適解としても良い。設計後のコアが、最適解に基づく磁束障害部を備えるように、オリジナルコアを変更しても良い。また、例えば、当該条件を満たさなくても、設計後のコアが、最適化の途中の時点における解に基づく磁束障害部を備えるように、オリジナルコアを変更しても良い。

[0023] 以上の知見に基づき、本開示者らは、オリジナルコアのデザイン領域における磁気特性（例えば磁束密度）の分布に基づいて、当該デザイン領域における磁束障害部の生成され易さを決定する指標の分布を算出し、当該生成指標の分布に基づいて、磁束障害部の領域を決定することを着想した。以下、オリジナルコアのデザイン領域を、単にデザイン領域とも称する。また、デザイン領域における磁束障害部の生成され易さを決定する指標を、生成指標とも称する。

[0024] このようにすれば、オリジナルコアの磁気特性の分布に基づいて、コアの

位置として、磁束障害部を生成し易くする位置と、磁束障害部を生成し難くする位置と、を定量化することが出来る。したがって、例えば、磁束障害部の最適解を探索することにより磁束障害部の領域を決定する場合、磁束障害部を生成する位置として、磁束障害部を生成するか否かで、機器（例えばモータ）の特性の変化が大きくなる位置を集中的に探索することが出来る。よって、コアの特性が向上する磁束障害部を、大きな計算負荷をかけることなく決定することが出来る。

[0025] ここで、デザイン領域は、コアの設計対象領域である。また、デザイン領域は、オリジナルコアの切断面における領域である。オリジナルコアの切断面は、磁束障害部を平面視する方向に対して垂直な方向における切断面である。以下、このようなオリジナルコアの切断面を、単にオリジナルコアの切断面とも称する。また、磁束障害部を平面視するとは、コア（オリジナルコア）に対して設置される磁石のN極（第1の極）から、当該磁石のS極（第2の極）に磁束が流れると仮定した場合に、当該磁束の流れの全体を磁束線によって一度に可視化することが出来るように磁束障害部を見ることを指す。この場合、当該磁束は、N極（第1の極）からS極（第2の極）に流れる磁束のうちの一部の磁束で良い（磁束障害部を見た場合に見える範囲での磁束で良い）。また、この場合、磁束障害部に正対した位置から磁束障害部を見るのが好ましい。例えば、機器がラジアルギャップ型の回転電機である場合、磁束障害部を平面視する方向は、回転電機の回転軸線に平行な方向である。また、機器がアキシアルギャップ型の回転電機である場合、磁束障害部を平面視する方向は、回転電機の回転軸線に垂直な方向（回転電機の半径方向）である。機器がリニアモータの場合、磁束障害部を平面視する方向は、リニアモータが移動する方向（移動磁界の方向）と、リニアモータを備える物体の走路となる面に対する法線方向と、に垂直な方向である。また、コアが積層コアである場合、磁束障害部を平面視する方向は、軟磁性板の積層方向に平行な方向である。なお、コアに設置される磁石は、永久磁石でも良いし、電磁石でも良い。

[0026] 以下に説明する実施形態は、以上の知見および着想に基づいてなされたものである。なお、以下の説明では、前述した生成指標が、磁束障害部の生成確率である場合を例示する。しかしながら、生成指標は、磁束障害部の生成確率に限定されない。例えば、生成指標を生成確率以外の数値で表しても良い。例えば、生成指標は、磁束障害部の生成され易さに対応した整数値によって表されても良い。例えば、1から10までの整数値で生成指標を表しても良い。この場合、例えば、生成指標の値が小さいほど、磁束障害部が生成され難いことを示すように、生成指標の値が定められても良い。

[0027] (コア)

ここで、以下に説明する実施形態では、磁束障害部を備えるコアが、IPMSM (Interior Permanent Magnet Synchronous Motor) が備えるロータコアである場合を例示する。そこで、IPMSMについて概説する。

[0028] 図3は、IPMSM300の構成の一例を示す図である。図3では、ロータの磁極としての永久磁石がV字状に配置された、いわゆるV字型IPMSMを例示する。また、図3では、IPMSM300 (ロータ310) の極数が8極である場合を例示する (なお、IPMSM300の極数は限定されない)。図3において、両矢印線の範囲PRがIPMSM300の1極を構成する部分である。なお、IPMSM300 (ロータ310) の極数が n 極である場合、IPMSM300は、IPMSM300の回転軸線0を回転対称軸とする n 回対称の回転対称性の関係を有する。 n は2以上の整数であり、図3に示す例では n は8である ($n=8$)。図3は、IPMSM300の回転軸線0に垂直に切った断面を4等分した4つの領域の一つを示す。すなわち、図3は、IPMSM300の領域のうちロータ310の2極を構成する領域を示す。これら4つの領域は、IPMSM300の回転軸線0を回転対称軸とする4回対称の関係を有する ($4=8\text{極}\div 2$)。したがって、図3において、IPMSM300の中心線を回転軸線0として図3に示す領域を 90° ずつ回転させることにより、IPMSM300などのモータの回転軸線0に垂直に切った場合のIPMSM300の切断面の全体の構成が得られる。

。以下、当該切断面をモータ断面とも称する。モータ断面は、磁束阻害部を平面視する方向に対して垂直な方向における切断面の一例である。

[0029] 図3において、IPMSM300は、ロータ310と、ステータ320と、を備える。

ステータ320は、ステータコア321と、不図示のステータコイルと、を備える。ステータ320は、回転磁界を発生させる。なお、図3では、ステータ320が備えるステータコイルの図示を省略する。不図示のステータコイルは、ステータコア321の各スロット322に設置される（表記の都合上、図3では一つのスロットのみに符号を付す）。ステータコイルの巻線方法は、限定されない。ステータコイルの巻線方法は、分布巻きでも良いし、集中巻きでも良い。

[0030] ロータ310は、IPMSM300の回転軸線0を回転軸線として回転する。したがって、ロータ310の回転軸線0と、IPMSM300の回転軸線0と、は一致する。

ロータ310は、ロータコア311と、1極当たり複数の永久磁石と、を備える。なお、図3では、1極当たりの永久磁石の数が2である場合を例示する（永久磁石312a～312bを参照）。しかしながら、1極当たりの永久磁石の数は限定されない。

ロータコア311は、軟磁性材料を用いて構成される。ロータコア311は、例えば、複数の電磁鋼板を積層することにより構成される。

[0031] 前述したように図3では、1極当たり複数の永久磁石312a～312bがロータコア311に設置される場合を例示する。したがって、ロータコア311には、ロータコア311の回転軸線0に平行な方向に沿って、1極当たり複数の磁石穴が形成される。以下、ロータコア311の回転軸線0に平行な方向をz軸方向とも称する。当該磁石穴は、z軸方向に貫通する貫通穴である。複数の永久磁石312a～312bは、それぞれ、ロータコア311に形成された前記磁石穴に挿入されることによって、ロータコア311内に設置（埋設）される。前述したように図3では、IPMSM300の領域

のうちロータ 3 1 0 の 2 極を構成する領域を示す。図 3 では、1 極当たり 2 個の永久磁石 3 1 2 a ~ 3 1 2 b が埋設される場合を例示する。したがって、図 3 では、ロータコア 3 1 1 に合計で 1 6 個の永久磁石が埋設される場合を例示する。なお、図 3 では、表記の都合上、ロータ 3 1 0 の 1 極を構成する部分にのみに符号を付し、ロータ 3 1 0 のその他の 7 極を構成する部分における符号を省略する。

[0032] ロータコア 3 1 1 に形成された前記磁石穴において、永久磁石 3 1 2 a ~ 3 1 2 b が存在しない空間は、フラックスバリア 3 1 3 a ~ 3 1 3 d となる。フラックスバリア 3 1 3 a ~ 3 1 3 d は、磁束が通らない領域、または、当該フラックスバリア 3 1 3 a ~ 3 1 3 d の周囲の領域よりも磁束が通り難い領域である。ここでは、フラックスバリア 3 1 3 a ~ 3 1 3 d に有体物が存在しない場合を例示する（すなわち、フラックスバリア 3 1 3 a ~ 3 1 3 d が空隙部（空気の領域）である場合を例示する）。しかしながら、磁束阻害部は、フラックスバリア（空隙部）に限定されない。例えば、空隙部であるフラックスバリア 3 1 3 a ~ 3 1 3 d に非磁性体が設置されていても良い。この場合、非磁性体部（非磁性体の領域）が磁束阻害部に含まれる。1 つのフラックスバリアの一部の領域に非磁性体が設置される場合、当該 1 つのフラックスバリアには非磁性体部と空隙部とが存在する。この場合、非磁性体部および空隙部が磁束阻害部である。なお、当該非磁性体部および空隙部を 1 つの磁束阻害部として扱っても良いし、別々の磁束阻害部として扱っても良い。また、磁束阻害部は、空隙部の他、プレスにより鋼板の厚さを他の部分よりも薄くした部分など、磁束の流れを他の部分に比べて阻害可能な部分であっても良い。

なお、IPMSM 自体は、公知の IPMSM で良く、図 3 に例示する IPMSM 3 0 0 に限定されない。

[0033] また、磁束阻害部を備えるコアは、IPMSM のロータコアに限定されない。例えば、磁束阻害部を備えるコアは、IPMSM 以外のモータのロータコアでも良い。例えば、永久磁石は、ロータコアに埋め込まれていなくても

良い。また、例えば、磁束障害部を備えるコアは、ステータコアでも良い。このように、磁束障害部を備えるコアは、回転電機のロータコアおよびステータコアのうちの少なくとも一方でも良い。回転電機は、モータでも良いし、発電機でも良い。また、回転電機は、ラジアルギャップ型の回転電機でも良いし、アキシアルギャップ型の回転電機でも良い。なお、ラジアルギャップ型の回転電機では、ロータとステータとが回転電機の半径方向において相互に対向する。アキシアルギャップ型の回転電機では、ロータとステータとが回転電機の回転軸線に平行な方向において相互に対向する。また、磁束障害部を備えるコアは、回転電機以外の機器が備えるコアでも良い。回転電機以外の機器は、例えば、リニアモータでも良い。

[0034] また、本実施形態では、磁束障害部が、フラックスバリア（空隙部）である場合を例示する。しかしながら、磁束障害部は、フラックスバリア（空隙部）に限定されない。例えば、前述したように、フラックスバリア 3 1 3 a ~ 3 1 3 d に非磁性体が設置されていても良い。すなわち、磁束障害部は、コアの中空部に設置される非磁性体でも良い。このように、磁束障害部は、コアが備える非磁性部でも良い。非磁性部は、例えば、空気および非磁性体のうちの少なくとも一方により占められる領域である。また、磁束障害部は、例えば、軟磁性材料において圧縮残留応力が付与されている領域でも良い。例えば、複数の軟磁性体板を接着剤で接着することによりコアが構成される場合、軟磁性体板の板面に接着剤が塗布される。接着剤が塗布された領域の直下の領域およびその周辺には圧縮残留応力が付与される。また、複数の軟磁性体板をカシメにより接合する場合、カシメが行われる領域およびその周辺の領域には圧縮残留応力が付与される。これらの領域が磁束障害部でも良い。

[0035] 以上のように、磁束障害部は、例えば、コアの一部の領域（軟磁性材料の一部の領域）を非磁性の領域にすることにより構成されても良い。非磁性の領域は、例えば、空気および非磁性体のうちの少なくとも一方によって占められる領域である。また、磁束障害部は、例えば、コアの一部の領域（軟磁

性材料の一部の領域)に残留応力が付与されることによって構成されても良い。

[0036] (処理装置および処理方法)

図4は、処理装置410の機能的な構成の一例を示す図である。図5は、処理装置410を用いて行われる処理方法の一例を説明するフローチャートである。処理装置410は、例えば、一またはそれ以上の数のハードウェアプロセッサと、一またはそれ以上の数のメモリと、をハードウェアとして備える。処理装置410は、メモリに格納される一またはそれ以上の数のプログラムを一またはそれ以上の数のハードウェアプロセッサにより実行することで各種の演算を実行する。ハードウェアプロセッサは、例えば、CPU (Central Processing Unit) でも良いし、GPU (Graphics Processing Unit) でも良い。また、処理装置410は、CPUおよびGPUを備えていても良い。また、メモリは、例えば、RAM (Random Access Memory) でも良いし、ROM (Read Only Memory) でも良い。また、処理装置410は、RAMおよびROMを備えていても良い。また、処理装置410は、RAMおよびROM以外の記憶媒体を備えていても良い。また、処理装置410は、例えば、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) などの専用のハードウェアにより実現されても良い。

[0037] 入力処理装置420は、各種の情報を処理装置410に入力するための装置である。例えば、入力処理装置420は、ユーザインターフェースを備えていても良い。この場合、入力処理装置420は、例えば、キーボードおよびマウスを備える。また、入力処理装置420は、処理装置410とは別の情報処理装置(コンピュータ)を備えていても良い。入力処理装置420の数は、1でも良いし、2以上でも良い。また、入力処理装置420の少なくとも一つは、処理装置410の内部の装置でも良い。

[0038] 出力処理装置430は、処理装置410から出力される情報に基づく処理を行う装置である。例えば、出力処理装置430は、コンピュータディスプレイを備えていても良い。また、出力処理装置430は、処理装置410と

は別の情報処理装置（コンピュータ）を備えていても良い。また、出力処理装置430は、コアの製造に用いられる装置でも良い。出力処理装置430の数は、1でも良いし、2以上でも良い。また、出力処理装置430の少なくとも一つは、処理装置410の内部の装置でも良い。

入力処理装置420および出力処理装置430と、処理装置410と、の通信は、有線通信でも良いし、無線通信でも良い。

[0039] 次に、処理装置410が行う処理の一例を説明する。本実施形態では、処理装置410が、フラックスバリアを備えるロータコアを設計するための処理を行う場合を例示する。

図4において本実施形態では、処理装置410が、取得部411と、分布算出部412と、指標算出部413と、決定部414と、出力部415と、を備える場合を例示する。

[0040] <取得部411、ステップS501、S504>

取得部411は、前提情報P1を取得する（ステップS501、S504）。前提情報P1は、処理装置410が磁束阻害部（本実施形態ではフラックスバリア）を生成する際の前提条件を示す情報である。換言すると、前提情報P1は、処理装置410が磁束阻害部を生成するために事前に処理装置410に設定される必要がある情報である。前提情報P1の内容は、例えば、機器（本実施形態ではIPMSM）の設計者によって決定される。以下の説明では、機器の設計者を単に設計者とも称する。なお、以下の説明において、設計者を、処理装置410のオペレータと置き換えても良い。前提情報P1には、例えば、運転条件情報と、構成条件情報と、解析条件情報と、領域条件情報と、が含まれる。本実施形態では、取得部411が、ステップS501において、運転条件情報、構成条件情報、および解析条件情報を取得し、ステップS504において、領域条件情報を取得する場合を例示する。

[0041] 運転条件情報は、設計対象の機器の運転に関する条件を示す情報である。前述したように本実施形態では、機器がIPMSMである場合を例示する。この場合、運転条件情報には、例えば、ステータ電流（励磁電流）の振幅と

、IPMSMの進角と、IPMSMの回転数と、が含まれる。また、本実施形態では、処理装置410が、電磁界解析を行う場合を例示する。取得部411は、運転条件情報に基づいて、電磁界解析を行う際の機器の運転に関する条件を設定する。なお、取得部411の設定は、例えば、設定対象の情報を、記憶媒体に記憶することにより実現される。

[0042] 構成条件情報は、オリジナルコアを備える機器の構成に関する条件を特定するための情報である。構成条件情報には、例えば、構成部品の数、位置、大きさ、形状、および材質（物性値など）が含まれる。本実施形態では、構成部品には、例えば、ロータコア、永久磁石、ステータコア、およびステータコイルが含まれる。また、オリジナルコアの具体例は、図3に示すロータコア311である。なお、前述したように図3では、ロータコア311が、フラックスバリア313a～313dを備える場合を例示する。このようにオリジナルコアは磁束障害部を備えていても良い。ただし、オリジナルコアは磁束障害部を備えていなくても良い。

[0043] 本実施形態では、IPMSMにおいて、モータ断面の構成が、高さ方向（z軸方向）において変わらない場合を例示する。したがって、本実施形態では、電磁界解析として、モータ断面における二次元解析が行われる場合を例示する。よって、構成条件情報には、例えば、IPMSMの各構成部品が座標平面において占める領域（座標範囲）を示す情報が含まれる。しかしながら、電磁界解析として、高さ方向（z軸方向）を含めた三次元解析が行われても良い。この場合、前述した構成条件情報には、例えば、IPMSMの各構成部品が座標空間において占める領域（座標範囲）を示す情報が含まれる。本実施形態では、電磁界解析が行われる領域がデザイン領域である場合を例示する。デザイン領域は、コアの設計対象領域である。具体的に本実施形態では、デザイン領域が、IPMSM300のモータ断面の領域である場合を例示する。デザイン領域は、例えば、IPMSM300のモータ断面の全体でも良い。しかしながら、前述したように本実施形態では、IPMSM300が、回転対称性を有する場合を例示する。したがって、デザイン領域は

、例えば、IPMSM300の領域のうちロータ310の1極を構成する領域を含む領域であれば、IPMSM300の全体の領域でなくても良い。取得部411は、構成条件情報に基づいて、デザイン領域を設定する。

[0044] 解析条件情報は、電磁界解析の条件に関する情報である。解析条件情報には、例えば、微小領域（メッシュ）の位置、大きさ、および形状の情報が含まれる。微小領域（メッシュ）は、例えば、座標平面（または座標空間）に設定されたIPMSMの領域を含む領域内に設定される。取得部411は、解析条件情報に基づいて、デザイン領域に対してメッシュを設定する。また、取得部411は、構成条件情報に基づいて、各メッシュに対し、当該メッシュに対応する領域の物性値などを設定する。

[0045] 領域条件情報は、磁束障害部（本実施形態ではフラックスバリア）を生成する領域に関する条件を示す情報である。領域条件情報は、磁束障害部を生成することを許可する領域を特定することが可能な情報であれば良い。領域条件情報には、磁束障害部を生成することを許可する領域を示す情報が含まれていても良い。例えば、領域条件情報には、オリジナルコアが占める座標のうち、磁束障害部を生成することを許可する座標が含まれていても良い。また、領域条件情報には、磁束障害部を生成することを禁止する領域を示す情報が含まれても良い（以下、磁束障害部を生成することを禁止する領域を、禁止領域とも称する）。この場合、オリジナルコアが占める領域のうち、禁止領域以外の領域が、磁束障害部を生成することを許可する領域として特定される（以下、磁束障害部を生成することを許可する領域を、許可領域とも称する）。例えば、領域条件情報には、オリジナルコアが占める座標のうち、禁止領域の座標が含まれても良い。禁止領域は、構成条件情報により特定することが出来る。禁止領域は、例えば、永久磁石が占める領域である。したがって、このような領域は、領域条件情報により特定されなくても良い。

[0046] 本実施形態では、後述する分布算出部412によりオリジナルコアにおける磁気特性の分布が算出され、後述する出力部415により当該磁気特性の

分布を特定するための情報が出力される場合を例示する（ステップS 5 0 2、S 5 0 3も参照）。そこで、本実施形態では、設計者が、オリジナルコアにおける磁気特性の分布を参照することにより、領域条件情報を決定する場合を例示する。したがって、本実施形態では、取得部4 1 1が、ステップS 5 0 4において、領域条件情報を取得することと、領域条件情報に基づいて許可領域を設定することと、を行う場合を例示する。しかしながら、必ずしもこのようにする必要はない。例えば、設計者は、オリジナルコアにおける磁気特性の分布を参照せずに、領域条件情報を決定しても良い。例えば、領域条件情報は、オリジナルコアの領域のうち、一周期における磁束密度の代表値が閾値以下の領域を許可領域とすることを示す情報でも良い。この場合、取得部4 1 1は、例えば、ステップS 5 0 1において領域条件情報を取得しても良い。なお、ここでの周期は、時間周期である。また、代表値は、例えば、瞬時値の絶対値の時間平均値、実効値、および最大値でも良い。

[0047] 領域条件情報により、例えば、コアおよび機器の特性への寄与度が明らかに小さい位置に磁束阻害部が生成されることを抑制することが出来る。例えば、ロータコア3 1 1の内周面3 1 4付近に磁束阻害部が生成されることを抑制することが出来る。したがって、計算負荷をより低減することが出来る。

[0048] 以上のように本実施形態では、取得部4 1 1が領域条件情報を取得する場合を例示する。しかしながら、取得部4 1 1は、領域条件情報を取得しなくても良い。例えば、オリジナルコアの領域のうち、磁束阻害部が占めることが出来る領域であればどの領域に磁束阻害部が位置しても良い場合、取得部4 1 1は、領域条件情報を取得しなくても良い。

[0049] また、個々の前提情報P I（運転条件情報、構成条件情報、解析条件情報、および領域条件情報）を取得部4 1 1が取得するタイミングは、別々のタイミングでも良いし、同じタイミングでも良い。

[0050] なお、本実施形態では、入力処理装置4 2 0が、ユーザインターフェースを備える場合を例示する。この場合、設計者は、入力処理装置4 2 0を操作

することにより、前提情報P1を入力処理装置420に入力する。しかしながら、前述したように、入力処理装置420は、ユーザインターフェースを備える装置に限定されない。

[0051] <分布算出部412、出力部415、ステップS502～S503>

分布算出部412は、デザイン領域に対する電磁界解析の結果に基づいて、オリジナルコアにおける磁気特性の分布を算出する（ステップS502）。前述したようにデザイン領域は、オリジナルコアの切断面（具体的にはモータ断面）における領域である。デザイン領域が、IPMSM300のモータ断面の領域のうちロータ310の1極を構成する領域である場合、1極における磁気特性の分布を、IPMSM300の回転軸線0を回転軸として、 $360/n^\circ$ ずつ回転させることにより、IPMSM300のモータ断面全体の磁気特性の分布が得られる。なお、前述したようにnは、IPMSM300（ロータ310）の極数である。

[0052] ステップS502の処理が開始する前に取得部411が領域条件情報を取得する場合、分布算出部412は、デザイン領域のうち、領域条件情報により特定される許可領域を含む領域における磁気特性の分布を算出する。分布算出部412は、デザイン領域のうち、許可領域のみにおける磁気特性の分布を算出しても良いし、デザイン領域全体における磁気特性の分布を算出しても良い。

[0053] 磁気特性は、例えば、磁化曲線から得られる物理量である。具体的に、磁気特性は、磁束密度、磁界強度、および透磁率のうちのいずれか一つでも良い。また、磁気特性の値は、一周期における代表値でも良い。なお、ここでの周期は、時間周期である。また、代表値は、例えば、瞬時値の絶対値の時間平均値、実効値、および最大値でも良い。また、磁気特性は、例えば、鉄損でも良い。

[0054] 本実施形態では、磁気特性が、磁束密度の瞬時値の絶対値の時間平均値である場合を例示する。以下の説明では、磁束密度の瞬時値の絶対値の時間平均値を、必要に応じて、磁束密度の時間平均値と略称する。

[0055] 例えば、オリジナルコアが図3に示すロータコア311である場合、分布算出部412は、前提情報P1に基づいて電磁界解析を行うことにより、図3に示すIPMSM300を励磁した場合の磁束密度の瞬時値および磁界強度の瞬時値として、IPMSM300のデザイン領域の各位置における瞬時値を算出する。本実施形態では、分布算出部412が、電磁界解析（数値計算）を行う場合を例示するため、各位置が、離散化された位置で表される場合を例示する。具体的に、各位置は、例えば、メッシュの代表点の位置（例えば、頂点の位置または中心の位置など予め任意に定めた位置）で表される。ただし、上記の各位置は、2以上の所定数のメッシュの代表位置でもよい。

[0056] なお、電磁界解析は、有限要素法など、公知の数値計算の手法を用いてマクスウェル方程式を解くことにより行われる。有限要素法による電磁界解析が行われる場合、例えば、磁束密度の瞬時値および磁界強度の瞬時値が、各メッシュの代表点の位置の瞬時値として算出される。分布算出部412は、磁束密度の瞬時値および磁界強度の瞬時値として一周期分の瞬時値を算出することによって、磁気特性の一周期における時間平均値などを算出することが出来る。なお、電磁界解析の手法自体は、一般的な手法であるので、ここではその詳細な説明を省略する。

[0057] 前述したように本実施形態では、設計者が、領域条件情報を、オリジナルコアにおける磁気特性の分布を参照することにより設定する場合を例示する。したがって、出力部415は、オリジナルコアにおける磁気特性の分布（本実施形態では、磁束密度の時間平均値の分布）を特定する情報を出力する（ステップS503）。以下、オリジナルコアにおける磁気特性の分布を特定する情報を、磁気分布情報MPとも称する。

[0058] 本実施形態では、出力部415が出力処理装置430に磁気分布情報MPを出力する場合を例示する。また、本実施形態では、出力処理装置430がコンピュータディスプレイを備える場合を例示する。この場合、出力部415から出力された磁気分布情報MPは、コンピュータディスプレイに表示さ

れる。しかしながら、前述したように、出力処理装置430は、コンピュータディスプレイを備える装置に限定されない。

[0059] 設計者は、出力部415によって出力された磁気分布情報MPを参照することにより、許可領域を決定する。この場合、取得部411は、設計者により決定された許可領域を特定するための領域条件情報を取得する（ステップS504）。

[0060] 以上のように本実施形態では、分布算出部412がオリジナルコアにおける磁気特性の分布を算出する場合を例示する。しかしながら、必ずしも、処理装置410（分布算出部412）がオリジナルコアにおける磁気特性の分布を算出する必要はない。例えば、オリジナルコアにおける磁気特性の分布として既知の分布がある場合、処理装置410（取得部411）が、当該既知の分布を示す情報を取得しても良い。この場合、ステップS502の処理（磁気特性の分布の算出）は行われなくても良い。その代わりに、例えば、ステップS505の処理が開始する前に、取得部411が、磁気分布情報MPとして既知の情報を取得する処理が行われる。

[0061] また、前述したように、取得部411は、領域条件情報を取得しなくても良い。すなわち、ステップS504の処理は行われなくても良い。ステップS504の処理が行われない場合、ステップS503の処理（磁気分布情報MPの出力）は行われなくても良い。

[0062] <指標算出部413、ステップS505>

指標算出部413は、デザイン領域における磁気特性の分布に基づいて、当該デザイン領域における磁束障害部の生成され易さを示す生成指標の分布を算出する（ステップS505）。生成指標の分布は、設計対象のコアの各位置が、どのくらい磁束障害部になり易いのかを特定することが出来る分布であれば良い。前述したように本実施形態では、このような生成指標が、デザイン領域における磁束障害部の生成確率の分布である場合を例示する。以下、デザイン領域における磁束障害部の生成確率の分布を、単に、生成確率の分布とも称する。生成確率の分布は、設計対象のコアの各位置がどの位の

確率で磁束障害部になるのかを特定することが出来る分布であれば良い。生成確率の分布は、連続型確率分布でも良いし、離散型確率分布でも良いし、確率密度関数でも良い。本実施形態では、指標算出部413が、磁気分布情報MPに基づいて、生成確率の分布として確率密度関数を算出する場合を例示する。なお、設計対象のコアおよびオリジナルコアは、磁束障害部（本実施形態ではフラックスバリア）のみが異なるのが好ましい。

[0063] （知見および着想）の欄で説明したように、オリジナルコアにおいて磁束密度が高い位置に磁束障害部（本実施形態ではフラックスバリア（空隙部））が存在し易くなるようにするのが好ましい。また、オリジナルコアにおいて磁束密度が低い位置に磁束障害部が存在し難くなるようにするのが好ましい。したがって、指標算出部413は、磁束障害部の生成確率と、オリジナルコアの磁束密度（本実施形態では磁束密度の時間平均値）と、が正の相関を有するように、生成確率の分布を算出しても良い。すなわち、或る位置における磁束障害部の生成確率は、オリジナルコアの当該位置における磁束密度が高いほど高くても良い。例えば、設計対象のコア内の各位置における磁束障害部の生成確率は、オリジナルコアの当該位置における磁束密度に比例する確率でも良いし、当該位置における磁束密度の二乗に比例する確率でも良い。

[0064] なお、設計対象のコアの設計領域における全ての位置（例えば全てのメッシュの代表点の位置）において、磁束障害部の生成確率と、オリジナルコアの磁束密度（本実施形態では磁束密度の時間平均値）と、が正の相関を有しなくても良い。例えば、指標算出部413は、オリジナルコアの磁束密度（本実施形態では磁束密度の時間平均値）が第1閾値以下である位置の生成確率を、磁束密度が第1閾値を上回る位置に設定される他の生成確率よりも小さい所定値（例えば0%など）に一律にしても良い。また、例えば、指標算出部413は、磁束密度が第2閾値を上回る位置の生成確率を、磁束密度が第2閾値以下の位置に設定される他の生成確率よりも高く、かつ100%よりも小さい所定値（例えば90%など）に一律にしても良い。これらの組合

せであっても良く、この場合は第1閾値 $\leq$ 第2閾値となる。以上のように、指標算出部413は、分布の少なくとも一部において、磁束阻害部の生成確率と、オリジナルコアの磁束密度と、が正の相関を有するように、磁束阻害部の生成確率の分布を算出しても良い。また、指標算出部413は、分布の全体において、磁束阻害部の生成確率と、オリジナルコアの磁束密度と、が正の相関を有するように、磁束阻害部の生成確率の分布を算出しても良い。また、生成確率を算出する位置と、電磁界解析を行う位置と、は一致していても良い。この場合、例えば、電磁界解析を行うためにデザイン領域に対して設定されるメッシュのうち、相互に隣接する所定数のメッシュごとに生成確率を算出しても良い。また、前記の所定数は、デザイン領域における場所などに応じて個別に設定されても良い。

以下の説明では、以上のようにして指標算出部413により算出される生成確率の分布を特定することが出来る情報を、確率分布情報GPとも称する。

[0065] <決定部414、出力部415、ステップS505～S506>

決定部414は、生成確率の分布に基づいて、デザイン領域における磁束阻害部の領域を決定する（ステップS505）。以下、デザイン領域における磁束阻害部の領域を、単に磁束阻害部の領域とも称する。決定部414により決定される磁束阻害部の領域の情報は、コアにおける磁束阻害部（本実施形態ではフラックスバリア）が占める領域を特定することが出来る情報であれば良い。決定部414により決定される磁束阻害部の領域の数は一つでも良いし、複数でも良い。許可領域が設定されている場合、決定部414は、許可領域内において磁束阻害部の領域を決定する。すなわち、決定部414は、許可領域内に磁束阻害部の全領域が含まれるように、磁束阻害部の領域を決定する。換言すると、決定部414は、磁束阻害部の領域の少なくとも一部が許可領域の外部になる場合、当該磁束阻害部の領域を、磁束阻害部の領域として決定しない。ただし、例えば、決定部414は、当該磁束阻害部の領域のうち、許可領域の外部にある領域を除いた領域を磁束阻害部の領域

域として決定しても良い。

[0066] 決定部414は、例えば、生成確率の分布に基づいて、デザイン領域内の点（例えば、メッシュの代表点の位置）をサンプリングする。サンプリングの手法は、生成確率が高い位置がサンプリングされ易くなる手法であるのが好ましい。前述したように、生成確率の分布は、磁束阻害部の生成確率と、オリジナルコアの磁束密度（本実施形態では、磁束密度の時間平均値）と、が正の相関を有するように算出される。したがって、生成確率が高い位置がサンプリングされ易くなるようにすることにより、オリジナルコアの磁束密度が高い位置がサンプリングされ易くなる。また、オリジナルコアの磁束密度が低い位置がサンプリングされ難くなる。サンプリングは、例えば、マルコフ連鎖モンテカルロ法により行われても良いし、棄却サンプリングにより行われても良い。例えば、サンプリングする対象の分布は、生成確率の分布そのものでも良いし、生成確率の分布に基づく分布でも良い。なお、マルコフ連鎖モンテカルロ法および棄却サンプリング自体は、一般的な手法であるので、ここではその詳細な説明を省略する。また、サンプリングの手法は、マルコフ連鎖モンテカルロ法および棄却サンプリング以外の手法でも良い。本実施形態では、決定部414が、マルコフ連鎖モンテカルロ法により、生成確率の分布から、設計対象のコア内の位置をサンプリングする場合を例示する。

[0067] 図6は、ロータコアの1極を構成する領域におけるサンプリングの結果の一例を示す図である。オリジナルコアは、図3に示すロータコア311と同一の構成である。図6において、濃度が濃い領域であるほど、単位面積当たりのサンプリング数が多いことを表す。図6に示すように、ロータコアの外周側の位置（永久磁石312a～323bが設置されている領域の近くの位置）が多くサンプリングされることが分かる。

[0068] 決定部414は、サンプリングした複数の点（位置）の全部または一部をそのまま磁束阻害部の領域として選択しても良い。また、決定部414は、相互に隣接する複数の点をサンプリングした場合、当該複数の点を一つの磁

束阻害部の領域として選択しても良い。また、決定部414は、サンプリングした点を含むように、予め設定された形状および大きさを有する磁束阻害部の領域として選択しても良い。このようにする場合、決定部414は、サンプリングした点を代表点とする磁束阻害部の領域として、予め設定された形状および大きさを有する磁束阻害部の領域を選択しても良い。代表点の位置は、例えば、磁束阻害部の重心位置（または図心位置）である。許可領域が設定されている場合、決定部414は、許可領域内の位置のみをサンプリングの対象としても良いし、デザイン領域全体をサンプリングの対象としても良い。デザイン領域全体をサンプリングの対象とする場合、決定部414は、例えば、許可領域ではない領域を含む磁束阻害部を破棄しても良い。また、決定部414は、例えば、磁束阻害部、の一部に許可領域ではない領域が含まれる場合、当該一部の領域を除いた領域を磁束阻害部の領域として選択しても良い。本実施形態では、以上のようにして磁束阻害部の領域として選択される領域が、デザイン領域から選択される選択領域の一例である。

[0069] 決定部414は、以上のようにして選択した領域を磁束阻害部の領域として決定しても良い。ただし、本実施形態では、設計対象のコアおよび機器（本実施形態では、ロータコアおよびIPMSM）の特性をより向上させることが出来るように、決定部414が、確率分布情報GPに基づいて、以下のようにして磁束阻害部の領域を決定する場合を例示する。図7は、磁束阻害部の領域を決定する方法の一例を説明する図である。図7では、オリジナルコア711が図3に示すロータコア311である場合を例示する。

[0070] まず、決定部414は、確率分布情報GPに基づいてサンプリングした点を含む領域を、オリジナルコア711のデザイン領域から選択する。そして、決定部414は、選択した領域に磁束阻害部（本実施形態では、フラックスバリア）を備える評価コア721を生成する。

[0071] そして、決定部414は、評価コア721を備える機器の特性値を算出し、算出した特性値に基づいて、デザイン領域における磁束阻害部の領域を決定する。本実施形態では、評価コア721を備える機器の特性値を算出する

ために、決定部414が、評価コア721に対する電磁界解析を行う場合を例示する。この場合、決定部414は、当該電磁界解析の結果に基づいて、磁束障害部の領域を決定する。なお、機器の特性値は、例えば、機器の特性を示す値であれば良い。機器の特性は、例えば、機器の性能を示す特性でも良い。

[0072] 評価コア721に対する電磁界解析を行う場合の決定部414の処理の具体例を説明すると、まず、決定部414は、確率分布情報GPに基づいてサンプリングした点が代表点になるように、磁束障害部の領域の候補を選択する。前述したように代表点の位置は、例えば、磁束障害部の重心位置（または図心位置）である。前述したように許可領域が設定されている場合、決定部414は、許可領域内の位置のみをサンプリングの対象としても良いし、デザイン領域全体をサンプリングの対象としても良い。

[0073] 例えば、決定部414は、特許文献1に記載の手法を改良した手法を用いて、磁束障害部の領域を決定しても良い。特許文献1に記載の手法では、デザイン領域内にフラックスバリアの基本形状の領域を設定する。例えば、決定部414は、図7に示すオリジナルコア711のデザイン領域のうち、永久磁石713a～713eおよびフラックスバリア712a～612h以外の領域に、フラックスバリアの基本形状の領域として円形の領域を設定しても良い。当該領域は一つでも良いし、複数でも良い。また、基本形状は、円形以外の形状でも良い。また、図7に示すフラックスバリア712a～712hの領域を、フラックスバリアの基本形状の領域としても良い。そして、決定部414は、フラックスバリアの基本形状の領域に対して施す写像の最適解を、最適化アルゴリズムによって算出する。その際、決定部414は、ロータの平均トルクなどの機器の特性値を目的関数の値として用いる。

[0074] フラックスバリアの基本形状の領域に対して施す写像の最適解を、遺伝的アルゴリズムなどのメタヒューリスティクスにより算出する場合、決定部414は、当該写像の候補解を算出する。以下、フラックスバリアの基本形状の領域に対して施す写像の最適解、候補解を、それぞれ、単に最適解、候補

解とも称する。決定部414は、フラックスバリアの基本形状の領域に対して候補解によって表される写像を施すことによりフラックスバリアを生成する。フラックスバリアの数は一つでも良いし、複数でも良い。フラックスバリアの数が複数ある場合、候補解は複数であっても良い。この場合、決定部414は、複数のフラックスバリアのそれぞれに対応する候補解を選択しても良い。また、この場合、決定部414は、フラックスバリアの基本形状の領域に対して、当該フラックスバリアに対応する候補解によって表される写像を施しても良い。

[0075] 例えば、図7において、決定部414は、オリジナルコア711の領域のうち、フラックスバリア712a～712hの領域を、フラックスバリアの基本形状の領域として設定する。決定部414は、当該フラックスバリアの基本形状に対して候補解によって表される写像を施すことにより評価コア721を生成する。図7では、このような写像が施された結果、フラックスバリア712a～722g、732a～732eが生成された場合を例示する。この場合、フラックスバリア722a～722e、732a～732eの領域が、選択領域の一例である。

[0076] 決定部414は、以上のようにして写像が施された一つまたは複数のフラックスバリアを備える評価コアを生成する。図7では、決定部414は、評価コア721、731を生成する。そして、決定部414は、評価コア721を備えるIPMSMの特性値を算出することにより目的関数の値を算出する。決定部414は、このようにして算出した目的関数の値に基づいて、遺伝的アルゴリズムなどの最適化アルゴリズムに従って、候補解を更新する。なお、最適化アルゴリズムは、メタヒューリスティクスであっても良いし、その他のアルゴリズムであっても良い。このような候補解の更新を、収束条件を満足するまで繰り返し行うことにより最適解を算出する。決定部414は、オリジナルコア711のデザイン領域において、フラックスバリアの基本形状の領域に対して、最適解によって表される写像を施すことにより、フラックスバリアの領域を決定する。

[0077] 図7では、オリジナルコア711のデザイン領域において、フラックスバリア712a～712hの領域（フラックスバリアの基本形状の領域）に対して、最適解によって表される写像を施すことにより、フラックスバリア732a～732eが生成される場合を例示する。なお、この場合、フラックスバリア722a～722eは、最適解以外の候補解によって表される写像を、フラックスバリア712a～712hの領域に対して施すことにより生成されるフラックスバリアである。

[0078] 以上のように、最適解問題を解くことにより最適解を算出すれば、機器の特性値としてより良い値を示すコアを設計することが出来るので好ましい。しかしながら、決定部414は、必ずしも最適解問題を解く必要はない。例えば、設計者が試行錯誤的に設計変数を異ならせても良い。この場合、決定部414は、設計者によって指定された設計変数の中から、機器の特性値が所定の条件を満たす設計変数を探索しても良い。前記の所定の条件は、例えば、機器の特性値が所定値よりも良い値であることでも良い。

[0079] 例えば、決定部414は、以上の特許文献1に記載の手法において、フラックスバリアの基本形状の領域に対して写像を施した場合のフラックスバリアの代表点の位置が、前述したようにしてサンプリングした点の位置になるように、初期の候補解を算出しても良い。

[0080] また、決定部414は、候補解を更新する際に、更新後の候補解によって表される写像を施した場合のフラックスバリアの代表点の位置が、前述したようにしてサンプリングした点の位置になるように、更新後の候補解を算出しても良い。

決定部414は、初期の候補解と更新後の候補解との双方を以上のようにして算出しても良いし、いずれか一方のみを以上のように算出しても良い。

[0081] 以上のようにすれば、生成確率の分布に従って、コアおよび機器の特性に与える影響が大きい位置であるほど、フラックスバリアの代表点として算出され易くなる。また、コアおよび機器の特性に与える影響が小さい位置であるほど、フラックスバリアの代表点として算出され難くなる。したがって、

計算負荷を低減しつつ、サンプリングされた点が磁束阻害部に含まれる確率を高めることが出来る。

[0082] なお、特許文献1に記載の手法では、例えば、フラックスバリアの基本領域の形状に対して写像が施されることにより、フラックスバリアの形状は変更される。また、特許文献1に記載の手法では、例えば、フラックスバリアの基本形状の領域に対して写像を施した結果、一つのフラックスバリアが複数のフラックスバリアに分離される場合がある。このような場合、フラックスバリアの数が増えるのでフラックスバリアは追加される。一方、複数のフラックスバリアが一つのフラックスバリアに統合される場合がある。このような場合、フラックスバリアの数は減る。また、特許文献1に記載の手法では、フラックスバリアは、オリジナルコアに存在していても存在していなくても良い。オリジナルコアにフラックスバリアが存在しない場合、例えば、フラックスバリアの基本形状の領域が追加されることにより、オリジナルコアにフラックスバリアが追加される。また、オリジナルコアにフラックスバリアが存在する場合、当該フラックスバリアの領域を、フラックスバリアの基本形状の領域としても良い。また、例えば、フラックスバリアの基本形状の領域に対して写像を施した結果、フラックスバリアの全体がデザイン領域の外部に位置する場合、フラックスバリアは消去される。以上のように特許文献1に記載の手法を改良した手法を用いる場合、決定部414は、オリジナルコアに対するフラックスバリアの追加、変更、および削除のうちの少なくとも一つを行う。

[0083] また、例えば、決定部414は、非特許文献1に記載の手法を改良した手法を用いて、磁束阻害部の領域を決定しても良い。非特許文献1に記載の手法では、或るメッシュにおけるNGnetの出力 $y(x_e)$ が0以上である場合、当該メッシュの状態をonの状態に設定する。 x_e は、メッシュの重心位置である。一方、或るメッシュにおけるNGnetの出力 $y(x_e)$ が0未満である場合、当該メッシュの状態をoffの状態に設定する。なお、非特許文献1では、メッシュをセルと称している。

[0084] 例えば、決定部414は、以上の非特許文献1に記載の手法において、メッシュが前述したようにしてサンプリングされたメッシュであるか否かに応じて、各メッシュにおけるNGnetの出力 $y(x_o)$ に対する閾値を変更しても良い。例えば、決定部414は、サンプリングされたメッシュにおけるNGnetの出力 $y(x_o)$ に対する閾値を、サンプリングされなかったメッシュにおけるNGnetの出力 $y(x_o)$ に対する閾値よりも小さくしても良い。また、決定部414は、サンプリングされたメッシュにおけるNGnetの出力 $y(x_o)$ に正の実数を加算しても良い。また、決定部414は、サンプリングされなかったメッシュにおけるNGnetの出力 $y(x_o)$ に負の実数を加算しても良い。また、決定部414は、これらの正の実数の加算と負の実数の加算との双方を行っても良い。また、決定部414は、正規化ガウス関数に対する重み係数に、正の実数または負の実数を乗算しても良い。例えば、サンプリングされなかったメッシュに対する正規化ガウス関数の値が正の値である場合、決定部414は、重み係数に負の実数を乗算しても良い。サンプリングされなかったメッシュに対する正規化ガウス関数の値が負の値である場合、決定部414は、重み係数に正の実数を乗算しても良い。また、サンプリングされたメッシュに対する正規化ガウス関数の値が正の値である場合、決定部414は、重み係数に正の実数を乗算しても良い。サンプリングされたメッシュに対する正規化ガウス関数の値が負の値である場合、決定部414は、重み係数に負の実数を乗算しても良い。なお、背景技術の欄で説明したように、非特許文献1に記載の手法では、正規化ガウス関数に対する重み係数が設計変数である。したがって、正規化ガウス関数に対する重み係数に、正の実数または負の実数を乗算する場合、設計変数を変更される。

決定部414は、閾値の変更と、正の実数の加算と、正の実数または負の実数の乗算と、の全てを行っても良いし、これらのうちの一つまたは二つを行っても良い。

[0085] 以上のようにしても、特許文献1に記載の手法を改良する場合と同様に、生成確率の分布に従って、コアおよび機器の特性に与える影響が大きい位置

であるほど、フラックスバリアの位置として算出され易くなる（すなわち、onの状態になり易くなる）。また、コアおよび機器の特性に与える影響が小さい位置であるほど、フラックスバリアの位置として算出され難くなる（すなわち、offの状態になり易くなる）。したがって、計算負荷を低減しつつ、サンプリングされた点が磁束障害部に含まれる確率を高めることが出来る。

[0086] なお、非特許文献1に記載の手法を改良する手法として、サンプリングを行わない手法を用いても良い。例えば、決定部414は、各メッシュにおける生成確率の値に応じて、各メッシュにおけるNGnetの出力 $y(x_e)$ に対する閾値を変更しても良い。この場合、例えば、決定部414は、生成確率が高いメッシュであるほど閾値を小さくしても良い。また、例えば、決定部414は、各メッシュにおける生成確率の値に応じて、メッシュにおけるNGnetの出力 $y(x_e)$ に正の実数または負の実数を加算しても良い。この場合、決定部414は、生成確率が高いほど、NGnetの出力 $y(x_e)$ に加算する正の実数を大きい値にしても良い。また、決定部414は、生成確率が低いほど、NGnetの出力 $y(x_e)$ に加算する負の実数の絶対値を大きくしても良い。また、決定部414は、正規化ガウス関数に対する重み係数に、正の実数または負の実数を乗算しても良い。

[0087] なお、以上のように評価コア721、731に対する電磁界解析を行うことにより、評価コア721、731を備える機器の特性値を算出すれば、機器の特性値を容易に且つ正確に算出することが出来るので好ましい。しかしながら、評価コア721、731を備える機器の特性値は、評価コア721、731に対する電磁界解析を行うことにより算出されなくても良い。例えば、決定部414は、磁束障害部を含む画像と、機器の特性値との関係性を学習した学習済モデル（機械学習モデル）により機器の特性値を算出しても良い。また、決定部414は、等価回路法などを用いることにより機器の特性値を算出しても良い。なお、等価回路法は、機器の等価回路を用いて機器の特性値を算出する方法である。等価回路は、例えば、抵抗、インダクタンス、および起電力を用いて表される。また、等価回路は、キャパシタンスを

さらに用いて表されても良い。

[0088] 以下の説明では、以上のようにして決定部414により決定される磁束阻害部の領域を特定することが出来る情報を、阻害部情報MOとも称する。

出力部415は、阻害部情報MOを出力する（ステップS506）。本実施形態では、出力部415が出力処理装置430に阻害部情報MOを出力する場合を例示する。また、前述したように本実施形態では、出力処理装置430が、コンピュータディスプレイを備える場合を例示する。この場合、出力部415から出力された阻害部情報MOは、コンピュータディスプレイに表示される。

[0089] 設計者は、阻害部情報MOに基づいて、コア（本実施形態ではロータコア）を設計しても良い。その際、設計者は、阻害部情報MOによって特定される磁束阻害部（本実施形態ではフラックスバリア）に基づいて、磁束阻害部の数、位置、形状、および大きさなど、磁束阻害部を製造するために必要な情報を決定する。磁束阻害部を製造するために必要な情報には、磁束阻害部の製造方法に関する情報が含まれていても良い。

[0090] 設計者は、阻害部情報MOによって特定される磁束阻害部の領域のうちの少なくとも1つの磁束阻害部の領域の全部または一部に磁束阻害部を備えるコアを設計すれば良い。すなわち、設計者は、阻害部情報MOによって特定される全ての磁束阻害部の領域の全部または一部に磁束阻害部を備えるコアを設計しても良いし、阻害部情報MOによって特定される全ての磁束阻害部のうちの一部の磁束阻害部の領域の全部または一部に磁束阻害部を備えるコアを設計しても良い。例えば、設計者は、阻害部情報MOによって特定される磁束阻害部そのものを採用しても良い。また、設計者は、阻害部情報MOによって特定される磁束阻害部を修正しても良い。例えば、設計者は、阻害部情報MOによって特定される磁束阻害部の形状が滑らかでない場合、磁束阻害部の製造を容易にするため、当該形状が滑らかになるように当該磁束阻害部を修正しても良い。この場合、修正前の磁束阻害部の体積（または面積）に対する修正後の磁束阻害部の体積（または面積）の比は、0.8以上、

1. 2 以下であるのが好ましく、0. 9 以上、1. 1 以下であるのがより好ましい。また、コアが備える磁束障害部の数は、障害部情報MOによって特定される磁束障害部の数の0. 5 倍以上、1. 5 倍以下が好ましく、0. 7 5 倍以上、1. 2 5 倍以下がより好ましく、1 倍であるのがより一層好ましい。また、修正前の磁束障害部の代表点の位置と、修正後の磁束障害部の代表点の位置と、の最短距離は、例えば、コアの長さの0. 0 4 倍以上、0. 0 6 倍以下の長さであるのが好ましく、0. 0 2 倍以上、0. 0 4 倍以下の長さであるのがより好ましく、0. 0 0 倍超、0. 0 2 倍以下の長さであるのがより一層好ましく、0 mmであるのが最も好ましい。ここで、コアの長さは、例えば、コアの中心軸に垂直な断面におけるコアの最大長さである。図3に示す例では、コアの長さは、ロータコア311の外径である。

[0091] 以上のようにして設計された機器（本実施形態ではIPMSM）を、製造装置を用いて製造する。製造装置自体は、公知の製造装置でも良い。コアを製造する工程では、前述した設計に従った磁束障害部を備えるコアを製造する。磁束障害部がフラックスバリアである場合、例えば、軟磁性体板を切断する切断装置を用いてフラックスバリアをコアに形成する。切断は、打ち抜き加工により行われても良いし、レーザ加工により行われても良いし、その他の方法により行われても良い。なお、出力部415は、障害部情報MOを、切断装置を制御する制御装置に出力しても良い。この場合、制御装置は、障害部情報MOに基づいて切断装置を制御しても良い。出力処理装置430は、制御装置を備えていても良い。

[0092] <ハードウェア>

前述したように処理装置410は、種々のハードウェアを用いることにより実現することが出来るが、例えば、図8に示すハードウェアを用いることにより実現することが出来る。

[0093] 図8において、処理装置410は、プロセッサ801、主記憶装置802、補助記憶装置803、通信回路804、信号処理回路805、画像処理回路806、I/F回路807、およびバス808を備える。

- [0094] プロセッサ801は、処理装置410の全体を統括制御する。プロセッサ801は、主記憶装置802をワークエリアとして用いて、補助記憶装置803に記憶されているプログラムを実行する。本実施形態では、補助記憶装置803に記憶されているプログラムには、例えば、図5に示すフローチャートを実行するプログラムが含まれる。プロセッサ801は、例えば、CPUでも良いし、GPUでも良い。主記憶装置802は、データを一時的に格納する。補助記憶装置803は、プロセッサ801によって実行されるプログラムの他、各種のデータを記憶する。
- [0095] 通信回路804は、処理装置410の外部との通信を行うための回路である。通信回路804は、処理装置410の外部と無線通信を行っても良いし、有線通信を行っても良い。
- [0096] 信号処理回路805は、通信回路804で受信された信号や、プロセッサ801による制御に従って入力した信号に対し、各種の信号処理を行う。
- 画像処理回路806は、プロセッサ801による制御に従って入力した信号に対し、各種の画像処理を行う。画像処理回路806によって画像処理が行われた信号は、例えば、I/F回路807を経由して、コンピュータディスプレイを備える出力処理装置430に出力される。
- [0097] I/F回路807は、I/F回路807に通信可能に接続される装置との間でデータのやり取りを行う。図8では、I/F回路807に通信可能に接続される装置として、入力処理装置420および出力処理装置430を示す。しかしながら、I/F回路807に接続される装置は、これらに限定されない。例えば、可搬型の記憶媒体がI/F回路807に接続されても良い。また、出力処理装置430が前述した制御装置を備える場合、例えば、通信回路804と出力処理装置430とが通信可能に相互に接続される。この場合、I/F回路807に通信可能に接続される出力処理装置430（例えば、ユーザインターフェース）と、通信回路804に通信可能に接続される出力処理装置430（例えば、前述した制御装置）と、は別の装置である。
- [0098] なお、プロセッサ801、主記憶装置802、補助記憶装置803、信号

処理回路805、画像処理回路806、およびI/F回路807は、バス808に接続される。これらの構成要素間の通信は、バス808を介して行われる。また、処理装置410のハードウェアは、前述した処理装置410の機能を実現することが出来れば、図8に示すハードウェアに限定されない。例えば、処理装置410は、複数のプロセッサ801を備えていても良い。

[0099] (計算例)

次に、計算例を説明する。本計算例では、図3に示すIPMSM300のロータコア311をオリジナルコアとして、本実施形態の手法と、特許文献1の手法と、のそれぞれの手法でフラックスバリアを当該オリジナルコアに生成した。

[0100] 本計算例では、IPMSM300の極数を8とした。また、IPMSM300のスロット数を24とした。また、ステータコア321の外径を55mmとした。また、ロータコア311の外径を27.5mmとした。また、永久磁石312a~312bの残留磁束密度を1.2Tとした。また、IPMSM300の回転数を1500rpmとした(励磁周波数を100Hzとした)。また、進角を40°とした。また、励磁電流の実効値を20Aとした。また、最適化計算のアルゴリズムとして実数値遺伝的アルゴリズムを用いた。また、IPMSMの平均トルクの値を目的関数の値とした。

[0101] なお、特許文献1に記載されているように、トルクはマックスウェル応力であるものとした。また、各メッシュにおけるトルクに基づいて平均トルクを算出した。また、本実施形態の手法と、特許文献1に記載の手法と、で計算量が同等になるように、最適化計算(収束計算)における繰り返し数を各手法で同じにした。すなわち、最適化計算(収束計算)を当該繰り返し数だけ行ったときに得られた解を最適解とした。

[0102] 本実施形態の手法および特許文献1に記載の手法において最適解が得られたときのIPMSMの平均トルクを、各手法で算出したフラックスバリアを備えるIPMSMの平均トルクとした。また、図3に示すIPMSM300の平均トルクを算出した。

[0103] 本実施形態の手法で生成したフラックスバリアを備えるIPMSMの平均トルクは、図3に示すIPMSM300の平均トルクに対し、82.4%大きくなった。一方、特許文献1に記載の手法で生成したフラックスバリアを備えるIPMSMの平均トルクは、図3に示すIPMSM300の平均トルクに対し、55.7%大きくなった。このことから、計算量を同等とした場合、特許文献1に記載の手法よりも本実施形態の手法の方が優れた最適解（フラックスバリア）を算出することが出来た。すなわち、特許文献1に記載の手法よりも本実施形態の手法の方が最適解に収束するまでの時間を短くすることが出来た。本実施形態の手法の方が特許文献1に記載の手法よりも解の探索範囲が狭いため、計算負荷が減少したと考えられる。

[0104] 図9Aは、本実施形態の手法におけるフラックスバリアの生成結果の一例を示す図である。図9Bは、特許文献1に記載の手法におけるフラックスバリアの生成結果の一例を示す図である。

[0105] 図9Aに示すように本実施形態の手法では、生成確率の分布に基づいてフラックスバリアの代表点をサンプリングする。このため、フラックスバリアはIPMSMの平均トルクへの寄与が大きい位置に集中的に生成されたと考えられる。一方、図9Bに示すように特許文献1に記載の手法では、フラックスバリアを生成するうえでのデザイン領域の各位置の選択され易さ（および選択され難さ）を考慮していない。このため、特許文献1に記載の手法では、IPMSMの平均トルクへの寄与が小さい位置にも生成されたと考えられる。また、特許文献1に記載の手法では、多数のフラックスバリアが広範囲にわたって生成されたと考えられる。なお、図9Aおよび図9Bに示す結果では、本実施形態の手法の方が、特許文献1に記載の手法よりも、フラックスバリアの数が少なく、且つ、個々のフラックスバリアが大きくなった。したがって、本実施形態の手法の方が、特許文献1に記載の手法よりも、製造が容易なフラックスバリアを生成することが出来ると考えられる。

[0106] （まとめ）

本実施形態では、処理装置410は、オリジナルコア711のデザイン領

域における磁気特性の分布に基づいて、当該デザイン領域における磁束障害部の生成され易さを評価する生成指標の分布を算出する。そして、処理装置 410 は、当該生成指標の分布に基づいて、オリジナルコア 711 のデザイン領域における磁束障害部の領域を決定する。したがって、例えば、オリジナルコア 711 のデザイン領域の位置に応じて磁束障害部の生成され易さ（および生成され難さ）を、当該磁束障害部が生成される前の磁気特性に基づいて決定することが出来る。よって、例えば、解の探索の過程で、コアの特性の向上に寄与しない磁束障害部が生成される可能性を低くすることが出来る。よって、例えば、コアの特性が向上する磁束障害部を、大きな計算負荷をかけることなく生成することが出来る。

[0107] また、本実施形態では、処理装置 410 は、生成指標の分布に基づいて、オリジナルコア 711 のデザイン領域から選択領域を選択し、当該選択領域に磁束障害部を備える評価コア 721、731 を生成する。そして、処理装置 410 は、評価コア 721、731 を備える機器の特性値を算出し、当該特性値に基づいて、デザイン領域における磁束障害部の領域を決定する。したがって、例えば、機器の特性が向上する磁束障害部を、定量的な指標である機器の特性値に基づいて生成することが出来る。

[0108] また、本実施形態では、処理装置 410 は、生成確率の分布に基づいて、デザイン領域内の点をサンプリングし、サンプリングした点に基づいて、磁束障害部を生成する。したがって、例えば、コア内のどの位置を磁束障害部とするのかを、生成確率に従って定量的に決定することが出来る。よって、例えば、コアの特性が向上する磁束障害部をより確実に生成することが出来る。

[0109] また、本実施形態では、処理装置 410 は、生成確率の分布に基づいて、デザイン領域内の点を磁束障害部の代表点としてサンプリングする。したがって、例えば、代表点以外の磁束障害部の属性を、生成確率の分布を用いずに算出することが出来る。よって、例えば、磁束障害部の生成の自由度を高めることが出来る。なお、処理装置 410 は、代表点以外の磁束障害部の属

性を、生成確率の分布を用いて算出しても良い。

[0110] また、本実施形態では、処理装置410は、評価コア721、731に対する電磁界解析の結果に基づいて、磁束障害部を生成する。したがって、例えば、サンプリングした点を含む磁束障害部が、コアの特性の向上に寄与する度合いを、定量的に評価することが出来る。よって、例えば、コアの特性が向上する磁束障害部をより確実に生成することが出来る。

[0111] また、本実施形態では、処理装置410は、オリジナルコア711に対して磁束障害部の追加、変更、および削除のうちの少なくとも一つを行うことにより、磁束障害部を生成する。なお、磁束障害部の変更は、例えば、既に存在する磁束障害部の位置、大きさ、および形状のうちの少なくとも一つを変更することを指す。したがって、例えば、オリジナルコア711を変更することにより磁束障害部を生成することが出来る。よって、例えば、磁束障害部以外の構成要素をオリジナルコア711によって予め定めることが出来る。これにより、例えば、磁束障害部以外の構成要素と磁束障害部とを同時に生成する場合に比べて、計算負荷を低減することが出来る。

[0112] また、本実施形態では、処理装置410は、オリジナルコア711に対する電磁界解析の結果に基づいて、磁気特性の分布を算出する。したがって、例えば、オリジナルコア711における磁気特性の分布がない場合でも、オリジナルコア711における磁気特性の分布を得ることが出来る。よって、例えば、オリジナルコアとして様々な構成のオリジナルコアを用いることが出来る。

[0113] また、本実施形態では、処理装置410は、許可領域を特定することが可能な領域条件情報を取得する。そして、処理装置410は、当該許可領域内の磁束障害部を生成する。したがって、例えば、磁束障害部を生成する領域を許可領域内に限定することによって、計算負荷をより低減することが出来る。また、例えば、デザイン領域内において磁束障害部が存在し得ない位置に磁束障害部が生成されることを抑制することが出来る。

[0114] また、本実施形態では、処理装置410は、磁束障害部の生成され易さを

評価する生成指標として、例えば、磁束障害部の生成確率を用いる。したがって、例えば、磁束障害部の生成され易さ（および生成され難さ）を定量的に評価することが出来る。

[0115] また、本実施形態では、処理装置410は、磁気特性の分布として、一周期における磁気特性の代表値の分布を用いる。したがって、例えば、磁気特性の分布として、コアの磁氣的性質がより正確に反映された分布を用いることが出来る。よって、例えば、コアの特性が向上する磁束障害部をより確実に生成することが出来る。

[0116] （その他の実施形態）

なお、以上説明した本開示の実施形態は、コンピュータがプログラムを実行することによって実現することが出来る。また、前記プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体および前記プログラムなどのコンピュータプログラムプロダクトも本開示の実施形態として適用することが出来る。記録媒体としては、例えば、フレキシブルディスク、ハードディスク、光ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、磁気テープ、不揮発性のメモリカード、ROMなどを用いることが出来る。

また、以上説明した本開示の実施形態は、何れも本開示を実施するにあたっての具体化の例を示したものに過ぎず、これらによって本開示の技術的範囲が限定的に解釈されてはならないものである。すなわち、本開示はその技術思想、またはその主要な特徴から逸脱することなく、様々な形で実施することが出来る。

産業上の利用可能性

[0117] 本開示は、例えば、コアを設計および製造することに利用することが出来る。

請求の範囲

- [請求項1] 磁束障害部を備えるコアを設計するための処理を行う処理装置であって、
- 設計後のコアの原形となるオリジナルコアのデザイン領域における磁気特性の分布に基づいて、前記デザイン領域における前記磁束障害部の生成され易さを評価する生成指標の分布を算出する指標算出部と、
- 前記生成指標の分布に基づいて、前記デザイン領域における前記磁束障害部の領域を決定する決定部と、
- を備え、
- 前記デザイン領域は、前記オリジナルコアの切断面における領域であり、
- 前記オリジナルコアの切断面は、前記磁束障害部を平面視する方向に対して垂直な方向における切断面である、処理装置。
- [請求項2] 前記決定部は、
- 前記生成指標の分布に基づいて前記デザイン領域から選択領域を選択し、
- 前記選択領域に前記磁束障害部を備える評価コアを生成し、
- 前記評価コアを備える機器の特性値を算出し、
- 算出した前記特性値に基づいて、前記デザイン領域における磁束障害部の領域を決定する、請求項1に記載の処理装置。
- [請求項3] 前記決定部は、前記生成指標の分布に基づいて、前記デザイン領域内の点をサンプリングし、サンプリングした点に基づいて、前記選択領域を選択する、請求項2に記載の処理装置。
- [請求項4] 前記決定部は、前記デザイン領域内の点を前記磁束障害部の代表点としてサンプリングする、請求項3に記載の処理装置。
- [請求項5] 前記決定部は、前記評価コアに対する電磁界解析により、前記機器の特性値を算出する、請求項2～4のいずれか1項に記載の処理装置

- 。
- [請求項6] 前記決定部は、前記デザイン領域に対して前記磁束阻害部の追加、変更、および削除のうちの少なくとも一つを行うことにより、前記評価コアを生成する、請求項2～5のいずれか1項に記載の処理装置。
- [請求項7] 前記オリジナルコアに対する電磁界解析の結果に基づいて、前記デザイン領域における磁気特性の分布を算出する分布算出部をさらに備える、請求項1～6のいずれか1項に記載の処理装置。
- [請求項8] 前記磁束阻害部を生成する際の前記条件を示す前記情報を取得する取得部をさらに備え、
前記前記情報は、前記コアにおける磁束阻害部の領域として決定することが許可された許可領域を特定することが可能な領域条件情報を含み、
前記決定部は、前記許可領域内において前記コアにおける磁束阻害部の領域を決定する、請求項1～7のいずれか1項に記載の処理装置。
。
- [請求項9] 前記生成指標は、前記磁束阻害部の生成確率である、請求項1～8のいずれか1項に記載の処理装置。
- [請求項10] 前記磁気特性の分布は、一周期における前記磁気特性の代表値の分布である、請求項1～9のいずれか1項に記載の処理装置。
- [請求項11] 前記磁束阻害部は、空隙部を含む、請求項1～10のいずれか1項に記載の処理装置。
- [請求項12] 前記磁気特性は、磁束密度、磁界強度、または透磁率である、請求項1～11のいずれか1項に記載の処理装置。
- [請求項13] 磁束阻害部を備えるコアを設計するための処理を行う処理方法であって、
設計後のコアの原形となるオリジナルコアのデザイン領域における磁気特性の分布に基づいて、前記デザイン領域における前記磁束阻害部の生成され易さを評価する生成指標の分布を算出する指標算出工程

と、

前記生成指標の分布に基づいて、前記デザイン領域における前記磁束障害部の領域を決定する決定工程と、

を備え、

前記デザイン領域は、前記オリジナルコアの切断面における領域であり、

前記オリジナルコアの切断面は、前記磁束障害部を平面視する方向に対して垂直な方向における切断面である、処理方法。

[請求項14] 請求項1～12のいずれか1項に記載の処理装置の各部としてコンピュータを機能させるためのプログラム。

[請求項15] 請求項1～12のいずれか1項に記載の処理装置が備える前記決定部により決定された前記領域のうちの少なくとも1つの領域の全部または一部に前記磁束障害部を備える、コア。