

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-48867

(P2014-48867A)

(43) 公開日 平成26年3月17日(2014.3.17)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G 0 6 F 17/50 (2006.01)	G 0 6 F 17/50 6 1 2 G	5 B 0 4 6
	G 0 6 F 17/50 6 0 4 A	
	G 0 6 F 17/50 6 8 0 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2012-190954 (P2012-190954)	(71) 出願人	000006714 横浜ゴム株式会社 東京都港区新橋5丁目36番11号
(22) 出願日	平成24年8月31日 (2012.8.31)	(74) 代理人	110000165 グローバル・アイピー東京特許業務法人
		(72) 発明者	官島 弘行 神奈川県平塚市追分2番1号 横浜ゴム株式会社平塚製造所内
		(72) 発明者	小石 正隆 神奈川県平塚市追分2番1号 横浜ゴム株式会社平塚製造所内
		Fターム(参考)	5B046 AA04 DA01 GA01 JA08

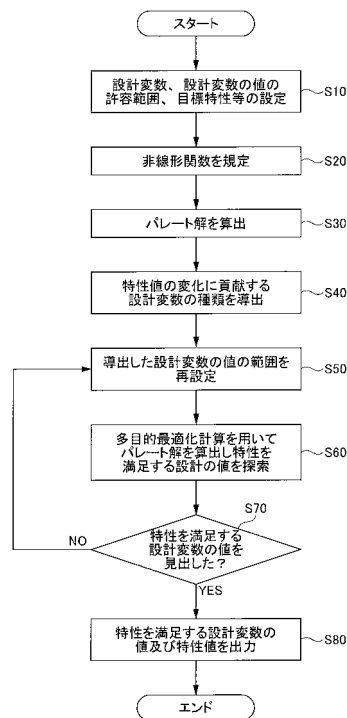
(54) 【発明の名称】 データ処理方法、データ処理プログラム、及びデータ処理装置

(57) 【要約】

【課題】タイヤ等の物品の設計変数のデータと、この設計変数のデータに基づいて作られる物品の特性値とを用いて、与えられた特性を、従来に比べてより確実に満足することができる物品の設計変数を探索する方法、プログラム、及び装置を提供する。

【解決手段】データ処理方法は、設計変数の値と物品の特性値との間の非線形関係を規定する。次に、規定した前記非線形関係を用いて、試行サンプリングデータを複数組生成することにより、前記物品の特性に関するパレート解を算出する。次に、前記特性値の変化に貢献する前記物品の設計変数の種類を導出する。導出した前記設計変数の種類に関して、予め設定した許容範囲の外側を含む範囲を再設定して、前記物品の複数の設計変数の値を変更しながら、変更した設計変数の値に基づいて作られる前記物品の複数の特性に関する特性値を再取得することにより、目標特性値を満足する前記物品の設計変数の値を探索する。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

物品の設計変数の値と、この設計変数の値に基いて作られる物品の特性の特性値とを用いて、コンピュータが、当該特性を最適にする物品の設計変数を探索するデータ処理方法であって、

コンピュータが、物品の複数の設計変数の、予め設定された許容範囲内の値を入力変数の値とし、この設計変数の値に基いて作られる物品の複数の特性に関する特性値を出力値とする、前記設計変数の値と前記特性値との間の非線形関係を規定する第 1 ステップと、

規定した前記非線形関係を用いて、前記コンピュータが、前記許容範囲内の前記設計変数の値と前記特性値の組からなる試行サンプリングデータを複数組生成することにより、前記物品の特性に関するパレート解を算出する第 2 ステップと、

前記コンピュータが、前記試行サンプリングデータの中の、前記パレート解を除いたデータ群から少なくとも 1 組のデータを参照点のデータとして選択して、前記パレート解のいずれか 1 つの解と前記参照点との間の前記特性値の変化に貢献する前記物品の設計変数の種類を、前記複数の設計変数の中から導出する第 3 ステップと、

前記コンピュータが、導出した前記設計変数の種類に関して、前記許容範囲の外側を含むように前記許容範囲を拡張した範囲を再設定して、前記物品の複数の設計変数の値を変更しながら、変更した設計変数の値に基いて作られる前記物品の複数の特性に関する特性値を再取得することにより、目標特性値を満足する前記物品の設計変数の値を探索する第 4 ステップと、

前記設計変数の値の探索結果を前記コンピュータが出力装置に出力する第 5 ステップと、を有することを特徴とするデータ処理方法。

【請求項 2】

前記第 2 ステップでは、前記非線形関係を用いて、前記設計変数の値を入力変数の値とし前記物品の特性値を目的関数とした多目的最適化計算を行うことにより、前記パレート解を算出する、請求項 1 に記載のデータ処理方法。

【請求項 3】

前記第 3 ステップでは、前記参照点と前記パレート解との間の前記特性の変化に貢献する前記物品の設計変数の種類を、前記参照点と前記パレート解との間の前記設計変数の値の変化量と、前記特性値それぞれの変化量との間の相関分析を行うことにより導出する、請求項 1 または 2 に記載のデータ処理方法。

【請求項 4】

前記第 4 ステップでは、前記設計変数の値を入力変数の値とし前記物品の特性値を目的関数とした多目的最適化計算を行うことにより、前記目標特性値を満足する前記物品の設計変数の値を探索する、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載のデータ処理方法。

【請求項 5】

前記第 4 ステップにおいて、前記目標特性値を満足する前記物品の設計変数の値が見出せない場合、再設定した前記範囲の外側を含むように再設定した前記範囲を拡張した範囲を更に再設定して、前記物品の複数の設計変数の値の変更と前記特性値の再取得を再度行う、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載のデータ処理方法。

【請求項 6】

前記第 3 ステップでは、前記パレート解が複数あるとき、前記パレート解のうち前記特性のそれぞれが最も良い解を、前記物品の設計変数の種類を導出する際に用いる、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載のデータ処理方法。

【請求項 7】

前記第 1 ステップでは、実験計画法を用いて前記設計変数の値と前記特性値の組からなるサンプリングデータを取得し、前記サンプリングデータから、前記設計変数の値に対する前記物品の特性値の応答曲面を算出することで、前記非線形関係を規定する、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載のデータ処理方法。

【請求項 8】

10

20

30

40

50

前記第4ステップでは、前記設計変数の値の変更と、前記物品の複数の特性に関する特性値の再取得をした後、変更した前記設計変数の値と再取得した前記特性値との間の非線形関係を再規定し、再規定した前記非線形関係を用いて、目標特性値を満足する前記物品の設計変数の値を探索する、請求項1～7のいずれか1項に記載のデータ処理方法。

【請求項9】

前記物品は、構造体であり、

前記設計変数は、前記構造体の形状パラメータ、あるいは前記構造体の寸法パラメータを含む、請求項1～8のいずれか1項に記載のデータ処理方法。

【請求項10】

前記構造体は、空気入りタイヤであり、

前記空気入りタイヤの固有振動モードのタイヤ断面の変形形状を重ね合わせることで得られる種々のタイヤ断面形状を有する試行空気入りタイヤを用いて、最適なタイヤ断面形状を有する試行空気入りタイヤを探索し、

前記設計変数は、前記固有振動モードのタイヤ断面の変形形状を重ね合わせるときに用いる重み強度の値である、請求項9に記載のデータ処理方法。

【請求項11】

物品の設計変数の値と、この設計変数の値に基いて作られる物品の特性の特性値とを用いて、コンピュータに、当該特性を最適にする物品の設計変数を探索させるデータ処理プログラムであって、

物品の複数の設計変数の、予め設定された許容範囲内の値を入力変数の値とし、この設計変数の値に基いて作られる物品の複数の特性に関する特性値を出力値とする、前記設計変数の値と前記特性値との間の非線形関係を、コンピュータに規定させる手順と、

規定した前記非線形関係を用いて、前記許容範囲内の前記設計変数の値と前記特性値の組からなる試行サンプリングデータを、前記コンピュータに複数組生成させることにより、前記物品の特性に関するパレート解を前記コンピュータに算出させる手順と、

前記コンピュータに、前記試行サンプリングデータの中の、前記パレート解を除いたデータ群から少なくとも1組のデータを参照点のデータとして選択させて、前記参照点と前記パレート解のいずれか1つの解との間の前記特性値の変化に貢献する前記物品の設計変数の種類を、前記複数の設計変数の中から導出させる手順と、

前記コンピュータに、導出した前記設計変数の種類に関して、前記許容範囲の外側を含むように前記許容範囲を拡張した範囲を再設定させて、前記物品の複数の設計変数の値を変更させながら、変更した設計変数の値に基いて作られる前記物品の複数の特性に関する特性値を再取得させることにより、目標特性値を満足する前記物品の設計変数の値を探索させる手順と、

前記設計変数の値の探索結果を出力装置に出力させる手順と、を有することを特徴とするデータ処理プログラム。

【請求項12】

物品の設計変数の値と、この設計変数の値に基いて作られる物品の特性の特性値とを用いて、当該特性を最適にする物品の設計変数を探索するデータ処理装置であって、

物品の複数の設計変数の、予め設定された許容範囲内の値を入力変数の値とし、この設計変数の値に基いて作られる物品の複数の特性に関する特性値を出力値とする、前記設計変数の値と前記特性値との間の非線形関係を規定する非線形関係規定ユニットと、

規定した前記非線形関係を用いて、前記許容範囲内の前記設計変数の値と前記特性値の組からなる試行サンプリングデータを複数組生成することにより、前記物品の特性に関するパレート解を算出するパレート解算ユニットと、

前記試行サンプリングデータの中の、前記パレート解を除いたデータ群から少なくとも1組のデータを参照点のデータとして選択して、前記参照点と前記パレート解のいずれか1つの解との間の前記特性値の変化に貢献する前記物品の設計変数の種類を、前記複数の設計変数の中から導出する設計変数導出ユニットと、

導出した前記設計変数の種類に関して、前記許容範囲の外側を含むように前記許容範囲

10

20

30

40

50

を拡張した範囲を再設定して、前記物品の複数の設計変数の値を変更しながら、変更した設計変数の値に基いて作られる前記物品の複数の特性に関する特性値を再取得することにより、目標特性値を満足する前記物品の設計変数の値を探索する探索ユニットと、

前記設計変数の値の探索結果を出力装置に出力する出力ユニットと、を有することを特徴とするデータ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、物品の設計変数のデータと、この設計変数のデータに基いて作られる物品の特性の特性値とを用いて、当該特性を最適にする物品の設計変数を探索するデータ処理方法、データ処理プログラム、および、データ処理装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

今日、物品の設計では、コンピュータ等による数値計算の高速処理の向上により、最適な特性を得るための数値計算による最適設計手法が種々提案されている。この最適設計手法により、効率よく所望の特性を満足する物品の最適設計を行うことができる。

【0003】

例えば、タイヤ断面形状について、複数のタイヤ特性が、与えられた目標特性値を満足するタイヤ断面形状を有する最適解を探索する方法が知られている（特許文献1）。

当該方法は、具体的には、タイヤ断面形状が異なる複数のタイヤ基準断面形状を定め、このタイヤ基準断面形状のそれぞれに、重み付けのための重み強度（重み付け係数）を用いてタイヤ基準断面形状を線形的に加算することにより、タイヤ断面形状の各設計案（試行タイヤ断面形状）を定めることができる。この設計案に対して、タイヤの特性値を求めるための関数Fを複数種類定める。タイヤの特性値は、例えば、タイヤの操縦安定性の指標となるスリップ角1度における横力であるCP（コーナリングパワー）や乗心地性能の指標となるタイヤの1次固有振動数等である。

20

より具体的には、当該方法は、上記重み強度を種々変化させることによりタイヤ断面形状の設計案を種々変更しながら、そのときの関数Fの各値を求める。タイヤ断面形状の設計案の変更の際、例えば多目的GA（遺伝的アルゴリズム）を用いてパレート解が探索される。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2008-293315号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

図8は、上記特許文献1に開示する方法を用いて、試行タイヤ断面形状を定める方法を説明する図である。図8に示すように、予め定めたタイヤ基準断面形状 A_1 、 A_2 、 \dots 、 A_n に、設計変数として重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n （ n は3以上の整数）を自在に定めることで、試行タイヤ断面形状が定められる。

40

図9は、図8に示す方法で定められるタイヤ断面形状において得られるタイヤの特性値（横剛性及び転がり抵抗の値）をプロットした散布図である。具体的には、重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の各値が、予め定められた許容範囲の下、実験計画法に従って設定されて試行タイヤ断面形状が定められる。この試行タイヤ断面形状の特性値（横剛性とタイヤの転がり抵抗の値）がコンピュータによるシミュレーション計算により算出されて、横軸に横剛性の値、縦軸に転がり抵抗の値が散布図上にプロットされている。

【0006】

図10は、図9に示すプロットの情報を利用し、多目的GA（遺伝的アルゴリズム）を用いてパレート解を探索した結果の一例を示す図である。具体的には、図9に示すプロッ

50

ト情報（サンプリングデータ）を用いて、上記重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の設計変数の値と、タイヤの各特性値（横剛性とタイヤの転がり抵抗の値）との間の非線形関係が、非線形の近似式を用いて表される。これにより得られた非線形近似式を用いて、上記重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の設計変数の値を、予め定められた許容範囲内で自在に変更することにより試行サンプリングデータが作成され、予め定めた目的関数の望ましい方向（ここでは横剛性を向上させつつ、転がり抵抗を低減させる方向）に向かってパレート解が探索される。上記重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の設計変数の値の変更は、周知の多目的 GA（遺伝的アルゴリズム）が用いられている。

【0007】

図10に示すように、上記方法により試行サンプリングデータからパレート解を見出すことができる。ここでパレート解とは、非劣解とも呼ばれ、複数ある目的関数とする特性値において1つ以上において優れ、なおかつ他の特性が劣っていない（支配されていない）解を示す。パレート解の判定手法の例として、パレートのランキング法が挙げられる。例えば、個体 X_i が n_i 個の個体に優越されているとき、個体 X_i のランク $r(X_i)$ を $r(X_i) = 1 + n_i$ とすると、ランク $r(X_i) = 1$ の解をパレート解とする手法である。図10に示す例では、横剛性が高く、転がり抵抗が低いことがタイヤの特性として望ましいことから、図10に示すグラフの右下にプロットされる程好ましい。図10に示す例では、パレート解は右下に略直線上に複数並んでパレートのフロントを形成している。すなわち、図10に示す例では、右下の直線上の各パレート解に対して、横剛性の特性値と転がり抵抗の特性値のいずれも良好な解（図10において、より右下に位置するプロット）は存在しない。

このように、図10によれば、横剛性及び転がり抵抗が良好なパレート解を探索することができるが、依然として見出したパレート解では、横剛性及び転がり抵抗の特性値が予め定められた目標特性値を満足しない場合がある。

このような場合、従来公知の方法では、更なる良好な特性値を見出すことができない。

【0008】

そこで、本発明は、従来問題を解決するために、タイヤ等の物品の設計変数のデータと、この設計変数のデータに基いて作られる物品の特性値とを用いて、与えられた特性を、従来に比べてより確実に満足することができる物品の設計変数を探索するデータ処理方法、データ処理プログラム、及びデータ処理装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一つの態様は、物品の設計変数の値と、この設計変数の値に基いて作られる物品の特性の特性値とを用いて、コンピュータが、当該特性を最適にする物品の設計変数を探索するデータ処理方法である。当該方法は、

コンピュータが、物品の複数の設計変数の、予め設定された許容範囲内の値を入力変数の値とし、この設計変数の値に基いて作られる物品の複数の特性に関する特性値を出力値とする、前記設計変数の値と前記特性値との間の非線形関係を規定する第1ステップと、

規定した前記非線形関係を用いて、前記コンピュータが、前記許容範囲内の前記設計変数の値と前記特性値の組からなる試行サンプリングデータを複数組生成することにより、前記物品の特性に関するパレート解を算出する第2ステップと、

前記コンピュータが、前記試行サンプリングデータの中の、前記パレート解を除いたデータ群から少なくとも1組のデータを参照点のデータとして選択して、前記パレート解のいずれか1つの解と前記参照点との間の前記特性値の変化に貢献する前記物品の設計変数の種類を、前記複数の設計変数の中から導出する第3ステップと、

前記コンピュータが、導出した前記特性値の変化に貢献する前記物品の設計変数の種類に関して、前記許容範囲の外側を含むように前記許容範囲を拡張した範囲を再設定して、前記物品の複数の設計変数の値を変更しながら、変更した設計変数の値に基いて作られる前記物品の複数の特性に関する特性値を再取得することにより、目標特性値を満足する前

10

20

30

40

50

記物品の設計変数の値を探索する第4ステップと、

前記設計変数の値の探索結果を前記コンピュータが出力装置に出力する第5ステップと、を有する。

【0010】

また、本発明の他の一態様は、物品の設計変数の値と、この設計変数の値に基いて作られる物品の特性の特性値とを用いて、コンピュータに、当該特性を最適にする物品の設計変数を探索させるデータ処理プログラムである。当該プログラムは、

物品の複数の設計変数の、予め設定された許容範囲内の値を入力変数の値とし、この設計変数の値に基いて作られる物品の複数の特性に関する特性値を出力値とする、前記設計変数の値と前記特性値との間の非線形関係を、コンピュータに規定させる手順と、

規定した前記非線形関係を用いて、前記許容範囲内の前記設計変数の値と前記特性値の組からなる試行サンプリングデータを、前記コンピュータに複数組生成させることにより、前記物品の特性に関するパレート解を前記コンピュータに算出させる手順と、

前記コンピュータに、前記試行サンプリングデータの中の、前記パレート解を除いたデータ群から少なくとも1組のデータを参照点のデータとして選択させて、前記参照点と前記パレート解のいずれか1つの解との間の前記特性値の変化に貢献する前記物品の設計変数の種類を、前記複数の設計変数の中から導出させる手順と、

前記コンピュータに、導出した前記設計変数の種類に関して、前記許容範囲の外側を含むように前記許容範囲を拡張した範囲を再設定させて、前記物品の複数の設計変数の値を変更させながら、変更した設計変数の値に基いて作られる前記物品の複数の特性に関する特性値を再取得させることにより、目標特性値を満足する前記物品の設計変数の値を探索させる手順と、

前記設計変数の値の探索結果を出力装置に出力させる手順と、を有する。

【0011】

本発明のさらに他の一態様は、物品の設計変数の値と、この設計変数の値に基いて作られる物品の特性の特性値とを用いて、当該特性を最適にする物品の設計変数を探索するデータ処理装置である。当該装置は、

物品の複数の設計変数の、予め設定された許容範囲内の値を入力変数の値とし、この設計変数の値に基いて作られる物品の複数の特性に関する特性値を出力値とする、前記設計変数の値と前記特性値との間の非線形関係を規定する非線形関係規定ユニットと、

規定した前記非線形関係を用いて、前記許容範囲内の前記設計変数の値と前記特性値の組からなる試行サンプリングデータを複数組生成することにより、前記物品の特性に関するパレート解を算出するパレート解算出ユニットと、

前記試行サンプリングデータの中の、前記パレート解を除いたデータ群から少なくとも1組のデータを参照点のデータとして選択して、前記参照点と前記パレート解のいずれか1つの解との間の前記特性値の変化に貢献する前記物品の設計変数の種類を、前記複数の設計変数の中から導出する設計変数導出ユニットと、

導出した前記設計変数の種類に関して、前記許容範囲の外側を含むように前記許容範囲を拡張した範囲を再設定して、前記物品の複数の設計変数の値を変更しながら、変更した設計変数の値に基いて作られる前記物品の複数の特性に関する特性値を再取得することにより、目標特性値を満足する前記物品の設計変数の値を探索する探索ユニットと、

前記設計変数の値の探索結果を出力装置に出力する出力ユニットと、を有する。

【発明の効果】

【0012】

上述の態様のデータ処理方法、データ処理プログラム、及びデータ処理装置によれば、タイヤ等の物品の設計変数のデータと、この設計変数のデータに基いて作られる物品の特性値とを用いて、物品の特性の特性値が、目標特性値を有するような物品の設計変数の値を、従来に比べてより確実に得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

10

20

30

40

50

【図 1】本実施形態のデータ処理装置のブロック図である。

【図 2】本実施形態のデータ処理装置で得られる試行サンプリングデータの一例であるタイヤ特性の散布図である。

【図 3】(a) ~ (c) は、参照点 R_1 、 R_2 、 R_3 と点 P_1 、 P_2 、 P_3 との間の重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の一例のグラフを示す図である。

【図 4】パレート解が拡がる様子を説明する図である。

【図 5】本実施形態のデータ処理方法の一例のフローを示す図である。

【図 6】本実施形態の図 5 に示すステップ S 60 の他の一例の処理フローを示す図である。

【図 7】(a) ~ (c) は、参照点の設定の他の例を説明する図である。

10

【図 8】従来から用いられるデータ処理方法を用いて、試行タイヤ断面形状を定める方法を説明する図である。

【図 9】図 8 に示す方法で定められるタイヤ断面形状において得られるタイヤの特性値の例をプロットした散布図である。

【図 10】図 9 に示すプロットの情報を利用し、多目的 GA を用いてパレート解を探索した結果の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本実施形態のデータ処理方法、データ処理プログラム、及びデータ処理装置を説明する。

20

【0015】

(データ処理方法の概要)

本実施形態のデータ処理方法の一例では、上述した図 8 及び図 9 に示す方法を経て、図 10 に示すような非線形関数である非線形近似式を用いた試行サンプリングデータを多数生成し、パレート解を探索する。このとき、図 10 に示すようなパレート解が見出されたとしても、このパレート解のいずれもが、タイヤ特性の特性値がオペレータの設定した目標特性値を満足しない場合がある。この場合、以下の処理が施される。

(1) 非線形関数を用いて生成される図 10 に示す複数の試行サンプリングデータの中の、パレート解を除いたデータ群から少なくとも 1 組のデータを参照点のデータとして選択する。この参照点とパレート解のいずれか 1 つの解との間のタイヤ特性の特性値の変化に貢献するタイヤの設計変数である重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n (は 3 以上の整数) の種類 (w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n) を、重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の中から導出する。

30

(2) この後、導出した重み強度、例えば重み強度 w_1 を導出した場合、重み強度 w_1 に関してのみ、予め定めた重み強度 w_1 のとり得る値の許容範囲の外側を含むように許容範囲を拡張した範囲を再設定して、重み強度 w_1 、 w_2 、 w_3 、 \dots の値をそれぞれ再設定した範囲あるいは予め定めた許容範囲内で変更しながら、変更した重み強度 w_1 、 w_2 、 w_3 、 \dots に基づいて作られるタイヤの複数のタイヤ特性 (横剛性及び転がり抵抗) に関する特性値を再取得する。これにより、特性値が目標特性値を有する重み強度 w_1 、 w_2 、 w_3 、 \dots の値を探索する。

(3) 最後に、重み強度 w_1 、 w_2 、 w_3 、 \dots の探索結果を出力装置に出力する。

40

【0016】

上述のように、設計変数である重み強度 w_1 、 w_2 、 w_3 、 \dots のうち、いずれか少なくとも 1 つを、タイヤ特性の特性値の変化に貢献するタイヤの設計変数として導出し、この設計変数に関して予め定めた許容範囲の外側を含むように許容範囲を拡張して、値のとり得る範囲を再設定する。すなわち、タイヤ特性の特性値に効果的に影響を与える設計変数の値の範囲を変更するので、特性値をより好ましい範囲に近づけることができ、目標特性値を有する解 (例えばパレート解) を、従来に比べてより確実に見出すことができる。

【0017】

(データ処理装置)

図 1 は、本実施形態のデータ処理方法を実施するデータ処理装置の一例を示すブロック

50

構成図である。

図 1 に示すデータ処理装置（以降、装置という）10は、タイヤの設計変数のデータである重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n と、この重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n に基いて作られるタイヤ特性の特性値とを用いて、与えられた特性の特性値が目標特性値を有するようなタイヤの重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の値を探索する。装置10は、コンピュータを用いて形成される。すなわち、コンピュータに記憶されたプログラムを呼び出して起動することにより、ソフトウェアモジュールが生成されて、コンピュータが装置10として機能する。

具体的には、装置10は、CPU12と、ROM、RAM等のメモリ14と、入出力部16と、を含む。入出力部16は、入力操作デバイス32および出力装置（ディスプレイあるいはプリンタ）34と接続されている。装置10は、メモリ14に記憶されたプログラムを起動することによって、本実施形態のデータ処理方法を実施するための処理モジュール18を形成する。

【0018】

装置10は、メモリ14に記憶されたプログラムを呼び出して起動することによって、設定ユニット20、非線形関数規定ユニット22、パレート解算出ユニット24、設計変数導出ユニット26、探索ユニット28、及び、出力ユニット30を処理モジュール18として形成する。

メモリ14は、本実施形態のデータ処理方法を実施するデータ処理プログラムを記憶する他、後述するタイヤ特性毎のサンプリングデータを多数記憶している。

【0019】

設定ユニット20は、これから処理しようとする内容を設定する部分であり、オペレータがディスプレイに表示された入力画面を見ながら入力操作デバイス32を用いて入力した内容に基いて各種条件を設定する。

各種条件の設定には、設計変数の種類の設定、タイヤ特性の種類の設定、設計変数の値の許容範囲の設定、及び、目標とするタイヤ特性の特性値（目標特性値）の設定等を含む。

設計変数の種類の設定とは、図8～図10に示す例では、複数のタイヤ基準断面形状 A_1 、 A_2 、 \dots 、 A_m (m は、 n 以上の整数)の中からタイヤ基準断面形状 A_1 、 A_2 、 \dots 、 A_n を少なくとも1つ選択して設定することをいう。

【0020】

タイヤ特性の種類の設定とは、例えば、タイヤの横剛性、縦剛性、周剛性、タイヤの転がり抵抗、タイヤトレッド部の路面との間の摩擦エネルギー、タイヤ内部構造の歪みや応力、タイヤの固有振動数等の設定をいう。このタイヤ特性の種類の設定に対応したサンプリングデータがメモリ14に記憶されている。このサンプリングデータは、予め定めた設計変数の種類の設定に応じて、有限要素法等によるタイヤのシミュレーション計算によりタイヤ特性の特性値が算出されてメモリ14に記憶されたデータであってもよい。少なくとも、予め、データベースとしてメモリ14に記憶されているとよい。

設計変数の値の許容範囲の設定とは、上述した例の場合、選択されたタイヤ基準断面形状 A_1 、 A_2 、 \dots 、 A_n に用いる重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の各値のとり得る範囲を設定することをいう。

目標とするタイヤ特性の特性値の設定とは、例えばタイヤ特性として横剛性及び転がり抵抗を設定した場合、横剛性と転がり抵抗それぞれの目標特性値の設定をいう。この設定情報は、メモリ14に記憶される。

【0021】

非線形関数規定ユニット22は、メモリ14に記憶された設定情報を呼び出して、非線形関数を規定する。ここで、非線形関数の規定とは、重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n を入力変数とし、この入力変数を用いて、公知の有限要素法（FEM）等の構造解析手法を用いたタイヤのシミュレーション計算により出力されるタイヤ特性の特性値（例えば、横剛性の値や転がり抵抗の値等）との間の非線形の対応関係の規定を含むことができる。また

10

20

30

40

50

、この非線形関数の規定は、重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n に対するタイヤ特性値のサンプリングデータを非線形関数を表す非線形の式を用い、応答曲面法を利用して非線形近似式を定めることも含むことができる。この場合、上記サンプリングデータは、予め定められた公知の有限要素法 (FEM) 等の構造解析手法を用いたタイヤのシミュレーション計算により出力されるタイヤ特性値を用いることができる。上記サンプリングデータの作成方法は特に制限されない。以降の説明では、非線形関数の規定として、重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n に対するタイヤ特性値のサンプリングデータを用いて、応答曲面法を利用して非線形近似式を定める態様について説明する。

具体的には、非線形関数規定ユニット 22 は、設定された重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の値のとり得る許容範囲内で、重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の値とこの値に基いて作られるタイヤの複数のタイヤ特性に関する特性値とを組とした複数組のサンプリングデータを、メモリ 14 から呼び出して取得して、重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n のデータとタイヤ特性値との間の非線形関係を規定する。非線形関数の規定は、本実施形態では、サンプリングデータを用いて、非線形の式を用いた応答曲面法を利用して非線形近似式を定める。応答曲面法には、高次多項式等の非線形近似式を用いた非線形近似法他に、クリギング法、ガウシアンプロセスを用いた方法、あるいは動径基底関数を用いた方法等が含まれる。

規定された非線形関係の情報は、メモリ 14 に記憶される。

【0022】

パレート解算出ユニット 24 は、規定した非線形関数の情報を用いて、タイヤ特性に関するパレート解を算出する。具体的には、パレート解算出ユニット 24 は、非線形関数の情報である非線形近似式を用いて、予め定められた重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の値を、予め定められた値のとり得る許容範囲内で変更しながら、タイヤ特性の値を算出することで、設計変数のデータとタイヤ特性値の組からなる新規な試行サンプリングデータを複数生成する。このとき、パレート解算出ユニット 24 は、ランダムサーチのように逐次的に設計変数を変更しながらパレート解を探索してもよいが、多目的最適化計算の 1 つである多目的 GA (遺伝的アルゴリズム) を試行サンプリングデータの生成に用いることが好ましい。多目的最適化計算には、多目的 GA の他に、焼きなまし法 (Simulated Annealing) や粒子群最適化法 (Particle Swarm Optimization) 等の進化的計算手法を用いることもできる。

【0023】

多目的最適化計算を行うことにより、図 10 に示すプロットのように、複数の試行サンプリングデータが得られる。この時、パレート解算出ユニット 24 は、タイヤ特性に関するパレート解を算出する。図 10 に示す例では、図 10 中の右下に示すパレート解を算出する。パレート解の算出は、公知のアルゴリズムを用いて行われる。図 10 に示すように、パレート解は、複数のデータの集合となってパレートフロントを形成している。算出されたパレート解は、メモリ 14 に記憶される。しかし、算出されたパレート解は、設定された目標特性値を達成しない場合が多い。このため、本実施形態では、以下の処理を行う。

【0024】

設計変数導出ユニット 26 は、試行サンプリングデータの中の、パレート解を除いたデータ群から少なくとも 1 組のデータを参照点のデータとして選択し、この参照点とパレート解のいずれか 1 つの解との間のタイヤ特性値の変化に貢献する重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の 1 つを少なくとも導出する。

【0025】

図 2 は、タイヤ特性が横剛性及び転がり抵抗であるときの、試行サンプリングデータのタイヤ特性の散布図である。試行サンプリングデータの中の、パレート解を除いたデータ群から 3 つの参照点 R_1 、 R_2 、 R_3 を定める方法を示している。まず、基準点 O が設定される。基準点 O は、予め試行サンプリングデータの中からオペレータの入力等により選ばれたものである。これに対して、設計変数導出ユニット 26 は、先に算出されたパレート

10

20

30

40

50

解のうち、横剛性の特性値が最大となる（転がり抵抗が最大となる）パレート解の点 P_1 を定め、横剛性の特性値が最小となる（転がり抵抗が最小となる）点 P_3 を定める。さらに、設計変数導出ユニット 26 は、点 P_1 及び点 P_3 との間に位置するパレート解のパレートフロントを概略均等分するように、少なくとも 1 つ以上の点 P_k （ k は 3 以上の整数）を定める。例えば、パレートフロントを 2 等分する場合には点 P_2 を定め、パレートフロントを 3 等分する場合には、点 P_4 、点 P_5 を定める。

設計変数導出ユニット 26 は、上記基準点 O とパレート解の点である点 P_1 、 P_2 、 P_3 、 \dots との間をそれぞれ直線で結び、これらの直線のそれぞれを 2 等分する位置に最も近い、試行サンプリングデータの点を参照点 R_1 、 R_2 、 R_3 、 \dots として定める。

さらに、設計変数導出ユニット 26 は、参照点 R_1 、 R_2 、 R_3 、 \dots における重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の値をそれぞれ取り出し、さらに、パレート解の点 P_1 、 P_2 、 P_3 、 \dots における重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の値をそれぞれ取り出す。

【0026】

設計変数導出ユニット 26 は、さらに、パレート解の点 P_1 、 P_2 、 P_3 、 \dots における重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の値と参照点 R_1 、 R_2 、 R_3 、 \dots における重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の値との差分 F_1 、 F_2 、 \dots 、 F_n と、パレート解の点 P_1 、 P_2 、 P_3 、 \dots における横剛性の値と参照点 R_1 、 R_2 、 R_3 、 \dots における横剛性の差分 F_1 、及びパレート解の点 P_1 、 P_2 、 P_3 、 \dots における転がり抵抗の値と参照点 R_1 、 R_2 、 R_3 、 \dots における転がり抵抗の差分 F_2 とを求める。この後、設計変数導出ユニット 26 は、横剛性の差分 F_1 及び転がり抵抗の差分 F_2 のそれぞれに関して、相

関分析を行うことにより、差分 F_1 及び差分 F_2 と、差分 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n との間の相関係数を算出するとともに、下記式（1）、（2）に示すような重回帰分析により重回帰式を算出する。なお、式（1）、（2）は定数 α_0 、 β_0 を含む重回帰式でもよい。

設計変数導出ユニット 26 は、算出した相関係数の値が、予め定められた閾値より高い重み強度の種類（重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots あるいは w_n ）を、タイヤ特性値の変化に貢献する重み強度の種類として導出する。もしくは、各々の重み強度において、そのとり得る許容範囲が異なる場合、重回帰分析結果の入出力値の範囲を正規化することにより重み強度 w_n おお寄与度を算出し、その最も大きいものを少なくとも導出するようにしてもよい。重み強度の導出は、1 種類でもよく、あるいは複数種類でもよい。この導出では、横剛性及び転がり抵抗のそれぞれについて行われる。このとき、いずれのタイヤ特性（横剛性及び転がり抵抗）についても重み強度の値の増加（あるいは減少）により良好にする重み強度の種類を確実に得ることができる。パレート解は、予め定められた重み強度の値のとり得る許容範囲によって制限されていることにより生成される場合が多いので、この許容範囲を広げることにより、タイヤ特性を向上させることができる。また、設計変数導出ユニット 26 は、重み強度を大きくすることによりタイヤ特性が向上するのか、重み強度を小さくすることによりタイヤ特性が向上するのかを、重回帰式における回帰係数を利用して判定する。

得られた重み強度の種類および上記判定の結果の情報は、メモリ 14 に記憶される。

【0027】

【数 1】

$$\Delta F_1 = \alpha_1 \cdot \Delta \phi_1 + \alpha_2 \cdot \Delta \phi_2 + \dots + \alpha_6 \cdot \Delta \phi_6 \dots \dots (1)$$

【0028】

【数 2】

$$\Delta F_2 = \beta_1 \cdot \Delta \phi_1 + \beta_2 \cdot \Delta \phi_2 + \dots + \beta_6 \cdot \beta \phi_6 \dots \dots (2)$$

【0029】

10

20

30

40

50

図2では、理解し易くするために、3つの参照点 R_1 、 R_2 、 R_3 と、3つのパレート解の点 P_1 、 P_2 、 P_3 を定めた例を示している。図3(a)~(c)は、それぞれ、参照点 R_1 、 R_2 、 R_3 と点 P_1 、 P_2 、 P_3 における、重み強度の値 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_6 を示すグラフである。参照点 R_1 、 R_2 、 R_3 における、重み強度の各値は、太い直線上の点線で示す位置にある。なお、図3(a)~(c)に示すグラフの上下限界は許容範囲の上下限界と同一である。図3(a)~(c)に示すように、 w_5 の変化が顕著であり、いずれも w_5 が共通して低下し許容範囲の下限値に到達していることがわかる。したがって、上述した重回帰分析を行うことにより、タイヤ特性値の変化に貢献する重み強度の種類が w_5 であり、その重み強度の許容範囲をマイナス側へ拡張させればよいという情報が得られる。

したがって、導出された重み強度の種類に対する値の許容範囲を再設定することにより、図4に示すようにパレート解が、目標特性値とするタイヤ特性の領域Aに位置するように、タイヤ特性の向上する方向にパレート解を拡げることができる。図4は、パレート解が拡がる様子を説明する図である。

【0030】

探索ユニット28は、導出した重み強度の種類及び上記判定の結果の情報をメモリ14から呼び出して導出した重み強度の種類に関して、予め定めた重み強度の値の許容範囲の外側を含むように許容範囲を拡張した範囲を再設定する。探索ユニット28は、この再設定された重み強度の値のとり得る範囲を用いて、重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n を変更しながら、変更した重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n に基づいて作られるタイヤの複数のタイヤ特性に関する特性値を再取得することにより、タイヤ特性の特性値が目標とする目標特性値を満足するように、重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の値を探索する。

【0031】

ここで、探索の方法は、具体的には、重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の値を入力変数としタイヤ特性の特性値を目的関数とした多目的最適化計算を行うことにより、タイヤ特性の特性値が目標特性値を有するような重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の値を探索する。多目的最適化計算として、例えば、多目的GA、焼きなまし法、あるいは粒子群最適化法等を用いることができる。

【0032】

また、重み強度の値の範囲の再設定に関しては、予め定めた値の範囲を含みつつ、かつ予め定めた許容範囲に隣接した外側の領域を含むように範囲を再設定する。この場合、探索ユニット28は、上記判定の結果の情報を用いて、予め定めた許容範囲に対して、値を大きくするように範囲を再設定するのか、値を小さくするように範囲を再設定するのかを判定して、範囲の再設定を行う。

探索ユニット28は、この探索において、依然として、目標特性値を有するような重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の値が見出せない場合、再設定した範囲の外側にさらに値のとり得る範囲を含むように、再設定した範囲を拡張して範囲を再設定して、重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の値の変更とタイヤ特性の特性値の再取得を再度行う。この再取得は、多目的遺伝的アルゴリズム、焼きなまし法、あるいは粒子群最適化法等の多目的最適化計算を用いる。

【0033】

上記探索を行うとき、探索ユニット28は、重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の値の変更と、タイヤ特性に関する特性値を再取得した後、変更した重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の値と再取得した特性値との間の非線形関係を再規定するように、非線形関数規定ユニット22に指示を出し、非線形関係を再規定させることもできる。探索ユニット28は、再規定された非線形関係を用いて、タイヤ特性の特性値が目標特性値を満足するような重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の値を正確に探索することができる。探索ユニット28は、予め設定された許容範囲の外側を含むように重み強度の値の取り得る範囲を拡張して再設定するので、取り得る値の範囲である設計空間を外挿した解を得ることができる。そのため、この範囲において、以前に用いた許容範囲において規定されていた非線形関係における近似精度が保証されるか否かは不確定である。このため、探索ユニット28は、後述する

10

20

30

40

50

ように、上記不確定要素を排除するために、再設定した値のとり得る範囲で再規定された非線形関係を用いることが好ましい。

【0034】

探索ユニット28は、以上のようにして、設計変数導出ユニット26において導出したタイヤ特性値の変化に貢献する重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の値のとり得る範囲を繰り返し設定することにより、タイヤ特性の特性値が目標とする目標特性値を満足するような重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の値を探索することができる。目標とする目標特性値を満足する重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の値の情報はメモリ14に記憶される。

【0035】

出力ユニット30は、メモリ14に記憶された、目標とする目標特性値を満足する重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の値の情報を呼び出して、タイヤ特性の特性値及び重み強度 w_1 、 w_2 、 \dots 、 w_n の値によって作成されるタイヤのタイヤ断面形状を作成し、この情報を出力装置（プリンタ、ディスプレイ）34に出力する。これにより、ディスプレイに情報が表示され、あるいは、プリンタにプリント出力される。

以上が、タイヤを物品の具体例としたときのデータ処理装置10の説明である。

【0036】

（データ処理方法）

以下、本実施形態のデータ処理方法を説明する。以降の説明では、タイヤを具体的な物品の一例とすることなく、一般的な物品の形態を用いて説明する。

図5は、本実施形態のデータ処理方法のフローチャートである。

まず、設定ユニット20は、データ処理を行うための設計変数、設計変数の値のとり得る許容範囲、目標特性（物品の特性の種類、物品の特性の目標値）等の情報が、オペレータによる入力操作デバイス32を通じた入力により設定される（ステップS10）。上述したタイヤの例の場合、重み強度の種類の設定、重み強度の値の許容範囲の設定、タイヤ特性の種類の設定、及び、目標とするタイヤ特性の特性値（目標特性値）の設定等が行われる。

【0037】

次に、非線形関数規定ユニット22は、非線形関数を規定する（ステップS20）。具体的には、非線形関数規定ユニット22は、ステップS10で設定された設計変数の許容範囲内で、設計変数の値とこの値に基いて作られる物品の複数の特性に関する特性値とを組とした複数組のサンプリングデータを用いて、非線形の式を用いた応答曲面法を利用して非線形近似式を定める。このようなサンプリングデータは、実験計画法に沿って作成された種々の物品の試行モデルに対してコンピュータを用いたシミュレーション計算を行って物品の特性値（シミュレーション結果）を算出したデータであり、このサンプリングデータから、設計変数の値に対する物品の特性値の応答曲面を算出することで、非線形関係を規定することが、コンピュータを用いた最適設計を短時間内に実現する点で好ましい。また、サンプリングデータは、実際の物品を作製して実験を行って物品の特性値を求めたものであってもよい。また、非線形関数の規定には、入力値と出力値が非線形の関係を持ったシミュレーション計算（例えば、有限要素法等による計算）全般を定めることが含まれ、さらに、理論や経験的に基いて導出した非線形な数理モデルを用いた計算を定めることも含まれる。

【0038】

次に、パレート解算出ユニット24は、ステップS20で規定した非線形関数を用いて、予め定めた許容範囲内の設計変数の値と特性値の組からなる試行サンプリングデータ（例えば、図10中のプロット）を複数組生成することにより、物品の特性に関するパレート解（例えば図10参照）を算出する（ステップS30）。具体的には、パレート解算出ユニット24は、非線形関数の情報である非線形近似式を用いて、予め定められた物品の設計変数の値のとり得る許容範囲内で、この値を変更しながら、物品の特性の値を算出することで、設計変数の値と物品の特性値の組からなる新規な試行サンプリングデータを複数生成する。このとき、パレート解算出ユニット24は、ランダムサーチのように逐次的

10

20

30

40

50

に設計変数を変更しながらパレート解を探索してもよいが、多目的最適化計算の1つである多目的GA（遺伝的アルゴリズム）を上記値の変更を用いることが、パレート解を算出する点で好ましい。多目的最適化計算には、多目的GAの他に、焼きなまし法（Simulated Annealing）や粒子群最適化法（Particle Swarm Optimization）等を用いることもできる。

【0039】

次に、設計変数導出ユニット26は、試行サンプリングデータの中の、パレート解を除いたデータ群から少なくとも1組のデータを参照点（図2中の参照点 R_1 、 R_2 、 R_3 等）のデータとして選択して、参照点とパレート解のいずれか1つの解（図2中の点 P_1 、 P_2 、 P_3 等）との間の特性値の変化に貢献する物品の設計変数の種類を、複数の設計変数の中から導出する。設計変数導出ユニット26は、周知の相関係数や回帰係数を用いることにより、特性値に貢献する物品の設計変数の種類を導出する。図2に示す例では、3つの参照点を用いるが、ステップS10で設定した設計変数の数に比べて多い参照点を選択することが、相関係数や回帰係数を精度良く求める点で好ましい。

【0040】

次に、探索ユニット28は、導出した設計変数の種類に関して予め定めた許容範囲の外側をさらに含むように値のとり得る新たな範囲を再設定し、導出した設計変数については再設定した範囲を用い、導出されなかった設計変数については予め定めた許容範囲を用いて、設計変数の値を変更しながら、多目的最適化計算を用いてパレート解を算出し、特性を満足する（特性値が目標値を有する）設計変数の値を探索する（ステップS60）。

多目的最適化計算は、例えば、多目的GA、焼きなまし法、あるいは粒子群最適化法等の進化的計算手法を含む。導出した設計変数の種類における予め定めた許容範囲の外側を含むように許容範囲を拡張した新たな範囲を再設定するとき、特性値がより目標特性値に近づく方向に上記範囲を拡張するように再設定する。このとき許容範囲の外側に拡張する部分は、予め定めた数値分の範囲とする。再設定する範囲を上げ過ぎると、例えば、応答曲面法を用いた多目的最適化計算を行う場合において、多峰性のある設計空間であった場合に応答曲面による近似精度が低下するため、パレート解以外にあり得る最適値を見落とす場合があるので、好ましくない。

このように、探索ユニット28は、導出した設計変数の種類に関して予め定めた許容範囲の外側を含むように許容範囲を拡張した、新たな値のとり得る範囲を再設定するので、特性値が目標特性値を有するように、例えば、図4に示すような目標特性値の好ましい領域Aに位置するように、パレート解あるいは最適解を見出すことができる。

探索ユニット28は、見出したパレート解あるいは最適解の特性値が、目標特性値を有するか否か、すなわち、特性を満足する設計変数の値が見出されたか否かを判断する（ステップS70）。この判断が否定された場合、探索ユニット28は、導出した設計変数の種類に関して、再設定した値のとり得る範囲を更に再設定する（ステップS70）。

このようにして、範囲が再設定された後、ステップS50、ステップS60、及びステップS70が繰り返される。こうして、ステップS70が肯定されるまで、探索ユニット28は、範囲の再設定（ステップS50）を繰り返して、特性を満足する（特性値が目標値を有する）設計変数の値を探索する。

【0041】

ステップS70が肯定された後、出力ユニット30は、探索結果の情報、例えば、特性値が特性目標値を有するときの設計変数の値の情報及び特性値の情報を、ディスプレイあるいは、プリンタ等の出力装置34に出力する（ステップS80）。

【0042】

本実施形態のデータ処理方法では、コンピュータが、特性値の変化に貢献する設計変数の種類を、複数の設計変数の中から導出し、この導出した設計変数の種類に関して、予め定めた許容範囲の外側を含むように許容範囲を拡張し、設計変数の値のとり得る範囲を再設定する。更に、コンピュータが、複数の設計変数の値を変更しながら、変更した設計変数の値に基づいて作られるタイヤ等の物品の複数の特性に関する特性値を再取得することに

より、特性値が目標特性値を有するような物品の設計変数の値を探索する。このため、物品の与えられた特性について、特性値が目標特性値を有するような設計変数の値を従来に比べてより確実に得ることができる。

【0043】

本実施形態では、ステップS60において、図6に示すようなフローで設計変数の値を探索してもよい。図6は、本実施形態のステップS60の他の一例の処理フローを示す図である。

まず、探索ユニット28は、非線形関数規定ユニット22と同様の方法で、実験計画法に従って設計変数の値を変更しながら非線形関数により求められる設計変数の値に対するタイヤ等の物品の特性値を表すサンプリングデータを複数取得する(ステップS61)。実験計画法を用いて変更される設計変数の値は、値のとり得る範囲を再設定した設計変数に関しては上記再設定した範囲の中で、さらに、値のとり得る範囲を再設定していない設計変数については予め定められた許容範囲の中で、変更される。

10

【0044】

さらに、探索ユニット28は、オペレータによる指示入力に応じて、応答曲面等を算出するために、どのような非線形関数の式を用いるか、近似手法の設定を行う(ステップS62)。探索ユニット28は、さらに、設定された非線形関数の式を用いて、ステップS61で取得したサンプリングデータに合致する近似式を算出する(ステップS63)。近似式の算出は、最小二乗法等の公知の方法を用いて、予め定めた近似式に係る係数を算出することにより行われる。この後、探索ユニット28は、近似式の近似が有効か否かを判定する(ステップS64)。例えば、近似式を算出するのに、最小二乗法を用いた場合は、探索ユニット28は、最小二乗誤差が予め定めた値以下であるか否かを判定する。また、ステップS63で用いた近似式が、ステップS20で非線形関数を規定するとき用いた近似式と同じ形式の式であり、式に係る係数のみが異なる場合、探索ユニット28は、ステップS20で用いた式の係数とステップS63で得られた係数の変化が予め定めた値以下であるか否かを判定する。このような判定を行うのは、応答曲面を表す非線形関数の近似式が精度良く求められることを補償するためである。ステップS64において判定が肯定されるまで、近似手法の設定を繰り返す。これにより、設計変数の一部の値の範囲を再設定したとしても、精度の高い応答曲面を求めることができる。

20

【0045】

ステップS64の判定で近似式が肯定された場合、探索ユニット28は、多目的最適算を用いて、設計変数の値から近似式を通して求められる物品の特性値を試行サンプリングデータとして複数生成する。これにより、探索ユニット65は、物品の特性を満足する、すなわち、特性値が目標特性値を有するような設計変数の値及び物品の特性値を探索する(ステップS65)。

30

このように、図6に示すフローでは、設計変数の値の範囲を再設定したとしても、非線形関数を表す近似式を精度良く算出するので、物品の特性を満足するときの設計変数の値を精度良く求めることができる。

【0046】

(参照点の設定の他の例)

本実施形態では、図2に示すように基準点Oとパレート解との間に、複数の参照点 R_1 、 R_2 、 R_3 を設定して、物品の特性の変化に貢献する設計変数の種類を導出するが、図7(a)~(c)に示すように、参照点の設定は種々可能である。図7(a)~(c)は、参照点の設定の他の例を説明する図である。

40

【0047】

図7(a)に示す例では、設計変数導出ユニット26は、1つの参照点 R_1 のみを設定し、この参照点 R_1 からすべてのパレート解に至る設計変数の変化に対する物品の特性値の変化を用いて、物品の特性値の変化に貢献する物品の設計変数の種類を導出する。

図7(b)に示す例では、設計変数導出ユニット26は、例えば3つの参照点 R_1 、 R_2 、 R_3 を設定し、パレート解に至る特性値の変化がいずれも同じ変化量であるように(

50

F_1 、 F_2 の量がいずれも同じ)パレート解を参照点 R_1 、 R_2 、 R_3 のそれぞれに対応させて設定する。あるいは、設計変数導出ユニット26は、3つの参照点 R_1 、 R_2 、 R_3 からパレート解に向かう特性値の変化量(F_1 、 F_2 の量)をベクトル成分とするベクトルを想定したとき、このベクトルが、パレート解のパレートフロントの通る方向に直交するように、パレート解を選択してもよい。すなわち、図7(b)に示す白い太線の矢印が、パレートフロントを形成する直線に略直交するように、パレート解が選択されてもよい。

さらに、図7(c)に示す例のように、1つの参照点 R_1 とパレート解のパレートフロントの両端点との間の設計変数の値の変化量に対する特性値の変化量を用いて、物品の特性の変化に貢献する設計変数の種類を導出することが好ましい。すなわち、パレート解のうち特性のそれぞれが最も良い解を、物品の設計変数の種類を導出する際に用いることが好ましい。この場合、パレートフロントの両端点の他に、パレートフロントに位置する複数のパレート解を用いるとよい。少なくともパレートフロントの両端点を用いることにより、物品の特性の変化に貢献する設計変数の種類を精度よく導出することができる。なお、図7(a)や図7(c)に示すように参照点が1点である場合、上記実施形態のように基準となる点を参照点 R_1 として用いてもよく、図7(b)に示すように参照点が複数ある場合、その中の1点を基準となる点に用いてもよい。

【0048】

(データ処理プログラム)

このようなデータ処理方法を実行し、データ処理装置10を形成するコンピュータに実行させるプログラムは、以下の手順を有する。すなわち、当該プログラムは、

(A)物品の複数の設計変数の、予め設定された許容範囲内の値を入力変数の値とし、この設計変数の値に基いて作られる物品の複数の特性に関する特性値を出力値とする、前記設計変数の値と前記特性値との間の非線形関係を、コンピュータ(例えばCPU12)に規定させる手順と、

(B)規定した前記非線形関係を用いて、前記許容範囲内の前記設計変数の値と前記特性値の組からなる試行サンプリングデータを、前記コンピュータに複数組生成させることにより、前記物品の特性に関するパレート解を前記コンピュータに算出させる手順と、

(C)前記コンピュータに、前記試行サンプリングデータの中の、前記パレート解を除いたデータ群から少なくとも1組のデータを参照点のデータとして選択させて、前記参照点と前記パレート解のいずれか1つの解との間の前記特性値の変化に貢献する前記物品の設計変数の種類を、前記複数の設計変数の中から導出させる手順と、

(D)前記コンピュータに、導出した前記設計変数の種類に関して、前記許容範囲の外側を含むように前記許容範囲を拡張した範囲を再設定させて、前記物品の複数の設計変数の値を変更させながら、変更した設計変数の値に基いて作られる前記物品の複数の特性に関する特性値を再取得させることにより、目標特性値を満足する前記物品の設計変数の値を探索させる手順と、

(E)前記設計変数の値の探索結果をプリンタやディスプレイ等の出力装置に出力させる手順と、を有する。

【0049】

以上、本実施形態では、パレート解算出ユニット22は、定めた非線形関係を用いて、設計変数の値を入力変数の値としタイヤ等の物品の特性値を目的関数とした多目的最適化計算を行うので、パレート解を容易に求めることができる。

また、設計変数導出ユニット26は、参照点とパレート解との間の特性の変化に貢献する物品の設計変数の種類を、参照点とパレート解との間の設計変数の値の変化量と、特性値それぞれの変化量との間の相関分析を行うことにより導出する。したがって、設計変数導出ユニット26は、参照点とパレート解との間の特性の変化に貢献する物品の設計変数の種類を精度良く導出することができる。

探索ユニット28は、設計変数の値を入力変数の値とし物品の特性値を目的関数とした多目的最適化計算を行うので、目標特性値を満足する物品の設計変数の値を効率よく探索

10

20

30

40

50

することができる。また、目標特性値を満足する物品の設計変数の値が見出せない場合、探索ユニット 28 は、再設定した値の範囲の外側を含むように再設定した値の範囲を拡張した範囲を更に再設定して、物品の複数の設計変数の値の変更と特性値の再取得を再度行う。したがって、探索ユニット 28 は、目標特性値を満足する物品の設計変数の値を、従来に比べて確実に見出すことができる。

本実施形態では、物品としてタイヤを具体例としたが、タイヤに限定されるわけではなく、タイヤ以外の構造体にも適用できる。この場合、設計変数は、構造体の形状パラメータ、あるいは構造体の寸法パラメータを含むことができる。

なお、物品がタイヤである場合、予め用意するタイヤ基準断面形状としてタイヤの固有振動モードのタイヤ断面の変形形状を用い、この変形形状を重ね合わせることで得られる種々のタイヤ断面形状を有する試行空気入りタイヤを用いて、最適なタイヤ断面形状を有する試行空気入りタイヤを探索することができる。この場合、設計変数は、固有振動モードのタイヤ断面の変形形状を重ね合わせるときに用いる重み強度の値を用いることができる。これにより、規定の仕方が難しいタイヤ断面形状を種々の形状に変化させたタイヤ断面形状を作成することができ、試行空気入りタイヤを容易に作製することができる。

【0050】

以上、本発明のデータ処理方法、データ処理プログラム、及びデータ処理装置について詳細に説明したが、本発明は上記実施形態に限定されず、本発明の主旨を逸脱しない範囲において、種々の改良や変更をしてもよいのはもちろんである。

【符号の説明】

【0051】

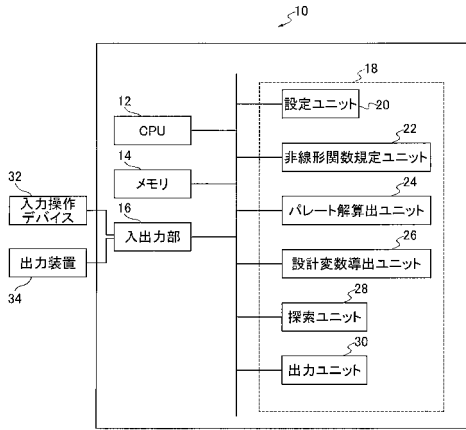
- 10 データ処理装置
- 12 CPU
- 14 メモリ
- 16 入出力部
- 18 処理モジュール
- 20 設定ユニット
- 22 非線形関数規定ユニット
- 24 パレート解算出ユニット
- 26 設計変数導出ユニット
- 28 探索ユニット
- 30 出力ユニット
- 32 入力操作デバイス
- 34 出力装置

10

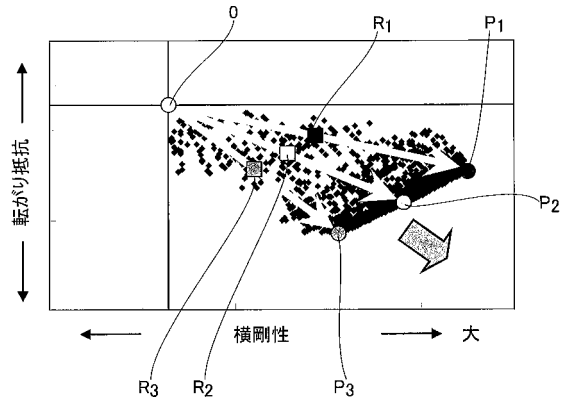
20

30

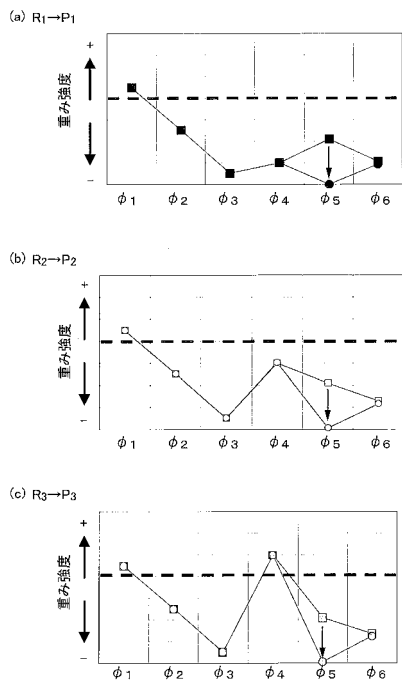
【 図 1 】



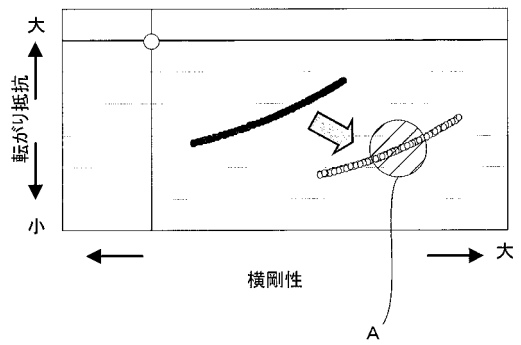
【 図 2 】



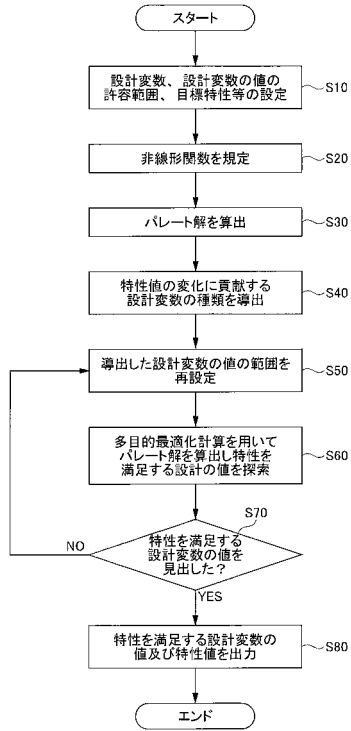
【 図 3 】



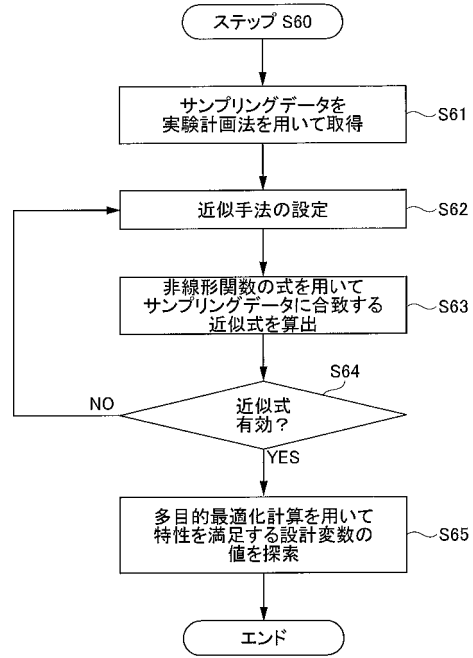
【 図 4 】



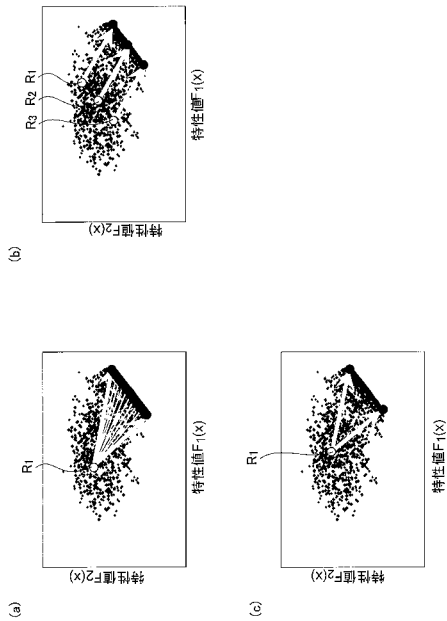
【 図 5 】



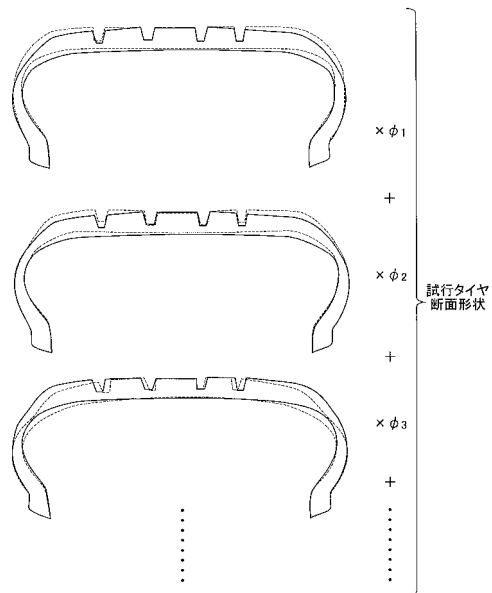
【 図 6 】



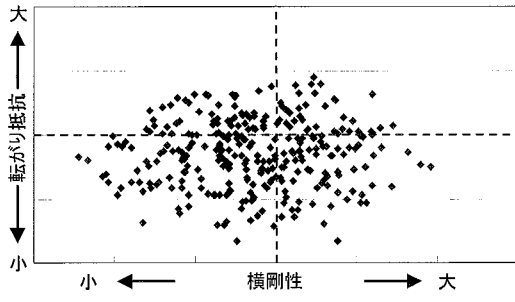
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】

