

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第1区分

【発行日】令和5年6月8日(2023.6.8)

【公開番号】特開2023-76513(P2023-76513A)

【公開日】令和5年6月1日(2023.6.1)

【年通号数】公開公報(特許)2023-101

【出願番号】特願2023-44629(P2023-44629)

【国際特許分類】

G 2 1 C 17/00(2006.01)

10

G 0 6 F 9/455(2018.01)

【F I】

G 2 1 C 17/00 2 1 0

G 0 6 F 9/455

【手続補正書】

【提出日】令和5年5月30日(2023.5.30)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 2 8

20

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 2 8】

本発明は、上記した各知見に基づくものであり、請求項1に記載の発明は、

原子炉の炉心パラメータを評価するための炉心計算方法であって、

異なる物理モデルに基づいて作成された2つの炉心計算プログラムの一方を第1の炉心計算プログラム、他方を第2の炉心計算プログラムとして、

前記第1の炉心計算プログラムに基づいて第1の炉心計算を行う第1の炉心計算工程と、

前記第2の炉心計算プログラムに基づいて第2の炉心計算を行う第2の炉心計算工程と、

30

前記第1の炉心計算工程における評価結果と、前記第2の炉心計算工程における評価結果とを整理および保存する整理保存工程と、

前記第1の炉心計算工程における評価結果と、前記第2の炉心計算工程における評価結果とを用いて、機械学習により相關モデルを形成するモデル化工程と、

前記相關モデルに基づいて、前記第1の炉心計算における評価結果から前記第2の炉心計算における評価結果を予測する、または、前記第2の炉心計算における評価結果から前記第1の炉心計算における評価結果を予測する予測プログラムを作成する予測プログラム作成工程とを備えており、

前記予測プログラムに、所望する炉内での燃料配置が同一で、炉心状態が異なる燃料装荷パターンに対して行った前記第1の炉心計算による評価結果、または、前記第2の炉心計算における評価結果を入力することにより、前記第2の炉心計算による評価結果、または、前記第1の炉心計算における評価結果に相当する評価結果が出力されるように構成されていることを特徴とする炉心計算方法である。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 3 0

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 3 0】

40

50

請求項 3 に記載の発明は、

原子炉の炉心パラメータを評価するための炉心計算方法であって、

想定される燃料装荷パターンのそれぞれに対して、

相対的に近似が多い物理モデルに基づく炉心計算プログラムを第 1 の炉心計算プログラムとし、相対的に近似が少ない物理モデルに基づく炉心計算プログラムを第 2 の炉心計算プログラムとして、

前記第 1 の炉心計算プログラムに基づいて第 1 の炉心計算を行うと共に、

前記第 2 の炉心計算プログラムに基づいて第 2 の炉心計算を行った後、

前記第 1 の炉心計算で得られた評価結果と、前記第 2 の炉心計算で得られた評価結果とを整理および保存して、教師データとし、

前記教師データに基づいて、燃料集合体最高燃焼度分布を抽出して、データセットを作成し、その後、前記データセットに対して機械学習を行うことにより、2 つの炉心計算に用いる炉心計算プログラムにおける相関関係を得て、相関モデルを形成し、

前記相関モデルに基づいて、前記第 1 の炉心計算における評価結果から、前記第 2 の炉心計算における評価結果を予測する予測プログラムを作成し、

前記予測プログラムに、所望する炉内での燃料配置が同一で、炉心状態が異なる燃料装荷パターンに対して行った前記第 1 の炉心計算による評価結果を入力することにより、前記第 2 の炉心計算による評価結果に相当する評価結果を出力させることを特徴とする炉心計算方法である。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0032

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0032】

請求項 5 に記載の発明は、

原子炉の炉心パラメータを評価するための炉心計算プログラムであって、

異なる物理モデルに基づいて作成された 2 つの炉心計算プログラムの一方を第 1 の炉心計算プログラム、他方を第 2 の炉心計算プログラムとして、

前記第 1 の炉心計算プログラムに基づいて第 1 の炉心計算を行う第 1 の炉心計算ステップと、

前記第 2 の炉心計算プログラムに基づいて第 2 の炉心計算を行う第 2 の炉心計算ステップと、

前記第 1 の炉心計算ステップにおける評価結果と、前記第 2 の炉心計算ステップにおける評価結果とを整理および保存する整理保存ステップと、

前記第 1 の炉心計算ステップにおける評価結果と、前記第 2 の炉心計算ステップにおける評価結果とを用いて、機械学習により相関モデルを形成するモデル化ステップと、

前記相関モデルに基づいて、前記第 1 の炉心計算における評価結果から前記第 2 の炉心計算における評価結果を予測する、または、前記第 2 の炉心計算における評価結果から前記第 1 の炉心計算における評価結果を予測する予測プログラムを作成する予測プログラム作成ステップとを備えており、

前記予測プログラムに、所望する炉内での燃料配置が同一で、炉心状態が異なる燃料装荷パターンに対して行った前記第 1 の炉心計算による評価結果、または、前記第 2 の炉心計算における評価結果を入力することにより、前記第 2 の炉心計算による評価結果、または、前記第 1 の炉心計算における評価結果に相当する評価結果が output されるように構成されていることを特徴とする炉心計算プログラムである。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0034

【補正方法】変更

10

20

30

40

50

## 【補正の内容】

## 【0034】

請求項7に記載の発明は、

原子炉の炉心パラメータを評価するための炉心計算プログラムであって、

想定される燃料装荷パターンのそれぞれに対して、

相対的に近似が多い物理モデルに基づいて第1の炉心計算を行う第1の炉心計算ステップと、

相対的に近似が少ない物理モデルに基づいて第2の炉心計算を行う第2の炉心計算ステップと、

前記第1の炉心計算で得られた評価結果と、前記第2の炉心計算で得られた評価結果と 10  
を整理および保存して、教師データとする整理保存ステップと、

前記教師データに基づいて、燃料集合体最高燃焼度分布を抽出して、データセットを作成し、その後、前記データセットに対して機械学習を行うことにより、前記第1の炉心計算で得られる評価結果と前記第2の炉心計算で得られる評価結果の相関関係を得て、相関モデルを形成するモデル化ステップと、

前記相関モデルに基づいて、前記第1の炉心計算における評価結果から、前記第2の炉心計算における評価結果を予測する予測プログラムを作成する予測プログラム作成ステップと、

前記予測プログラムに、所望する炉内での燃料配置が同一で、炉心状態が異なる燃料装荷パターンに対して行った前記第1の炉心計算による評価結果を入力することにより、前記第2の炉心計算による評価結果に相当する評価結果を出力させるように構成されていることを特徴とする炉心計算プログラムである。 20

## 【手続補正5】

## 【補正対象書類名】特許請求の範囲

## 【補正対象項目名】全文

## 【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

原子炉の炉心パラメータを評価するための炉心計算方法であって、

異なる物理モデルに基づいて作成された2つの炉心計算プログラムの一方を第1の炉心計算プログラム、他方を第2の炉心計算プログラムとして、

前記第1の炉心計算プログラムに基づいて第1の炉心計算を行う第1の炉心計算工程と 30

、前記第2の炉心計算プログラムに基づいて第2の炉心計算を行う第2の炉心計算工程と

、前記第1の炉心計算工程における評価結果と、前記第2の炉心計算工程における評価結果とを整理および保存する整理保存工程と、

前記第1の炉心計算工程における評価結果と、前記第2の炉心計算工程における評価結果とを用いて、機械学習により相関モデルを形成するモデル化工程と、

前記相関モデルに基づいて、前記第1の炉心計算における評価結果から前記第2の炉心計算における評価結果を予測する、または、前記第2の炉心計算における評価結果から前記第1の炉心計算における評価結果を予測する予測プログラムを作成する予測プログラム作成工程とを備えており、

前記予測プログラムに、所望する炉内での燃料配置が同一で、炉心状態が異なる燃料装荷パターンに対して行った前記第1の炉心計算による評価結果、または、前記第2の炉心計算における評価結果を入力することにより、前記第2の炉心計算による評価結果、または、前記第1の炉心計算における評価結果に相当する評価結果が出力されるように構成されていることを特徴とする炉心計算方法。 40

## 【請求項2】

前記第1の炉心計算工程、前記第2の炉心計算工程のいずれかが、複数の炉心計算工程から構成されていることを特徴とする請求項1に記載の炉心計算方法。

【請求項3】

原子炉の炉心パラメータを評価するための炉心計算方法であって、  
想定される燃料装荷パターンのそれぞれに対して、  
相対的に近似が多い物理モデルに基づく炉心計算プログラムを第1の炉心計算プログラムとし、相対的に近似が少ない物理モデルに基づく炉心計算プログラムを第2の炉心計算プログラムとして、

前記第1の炉心計算プログラムに基づいて第1の炉心計算を行うと共に、  
前記第2の炉心計算プログラムに基づいて第2の炉心計算を行った後、

前記第1の炉心計算で得られた評価結果と、前記第2の炉心計算で得られた評価結果とを整理および保存して、教師データとし、

前記教師データに基づいて、燃料集合体最高燃焼度分布を抽出して、データセットを作成し、その後、前記データセットに対して機械学習を行うことにより、2つの炉心計算に用いる炉心計算プログラムにおける相関関係を得て、相関モデルを形成し、

前記相関モデルに基づいて、前記第1の炉心計算における評価結果から、前記第2の炉心計算における評価結果を予測する予測プログラムを作成し、

前記予測プログラムに、所望する炉内での燃料配置が同一で、炉心状態が異なる燃料装荷パターンに対して行った前記第1の炉心計算による評価結果を入力することにより、前記第2の炉心計算による評価結果に相当する評価結果を出力させることを特徴とする炉心計算方法。

【請求項4】

前記機械学習が、多層ニューラルネットワークによる深層学習を用いて行う機械学習であることを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載の炉心計算方法。

【請求項5】

原子炉の炉心パラメータを評価するための炉心計算プログラムであって、  
異なる物理モデルに基づいて作成された2つの炉心計算プログラムの一方を第1の炉心計算プログラム、他方を第2の炉心計算プログラムとして、

前記第1の炉心計算プログラムに基づいて第1の炉心計算を行う第1の炉心計算ステップと、

前記第2の炉心計算プログラムに基づいて第2の炉心計算を行う第2の炉心計算ステップと、

前記第1の炉心計算ステップにおける評価結果と、前記第2の炉心計算ステップにおける評価結果とを整理および保存する整理保存ステップと、

前記第1の炉心計算ステップにおける評価結果と、前記第2の炉心計算ステップにおける評価結果とを用いて、機械学習により相関モデルを形成するモデル化ステップと、

前記相関モデルに基づいて、前記第1の炉心計算における評価結果から前記第2の炉心計算における評価結果を予測する、または、前記第2の炉心計算における評価結果から前記第1の炉心計算における評価結果を予測する予測プログラムを作成する予測プログラム作成ステップとを備えており、

前記予測プログラムに、所望する炉内での燃料配置が同一で、炉心状態が異なる燃料装荷パターンに対して行った前記第1の炉心計算による評価結果、または、前記第2の炉心計算における評価結果を入力することにより、前記第2の炉心計算による評価結果、または、前記第1の炉心計算における評価結果に相当する評価結果が出力されるように構成されていることを特徴とする炉心計算プログラム。

【請求項6】

前記第1の炉心計算ステップ、前記第2の炉心計算ステップのいずれかが複数の炉心計算ステップから構成されていることを特徴とする請求項5に記載の炉心計算プログラム。

【請求項7】

原子炉の炉心パラメータを評価するための炉心計算プログラムであって、

10

20

30

40

50

想定される燃料装荷パターンのそれぞれに対して、  
相対的に近似が多い物理モデルに基づいて第1の炉心計算を行う第1の炉心計算ステップと、

相対的に近似が少ない物理モデルに基づいて第2の炉心計算を行う第2の炉心計算ステップと、

前記第1の炉心計算で得られた評価結果と、前記第2の炉心計算で得られた評価結果とを整理および保存して、教師データとする整理保存ステップと、

前記教師データに基づいて、燃料集合体最高燃焼度分布を抽出して、データセットを作成し、その後、前記データセットに対して機械学習を行うことにより、前記第1の炉心計算で得られる評価結果と前記第2の炉心計算で得られる評価結果の相関関係を得て、相関モデルを形成するモデル化ステップと、

前記相関モデルに基づいて、前記第1の炉心計算における評価結果から、前記第2の炉心計算における評価結果を予測する予測プログラムを作成する予測プログラム作成ステップと、

前記予測プログラムに、所望する炉内での燃料配置が同一で、炉心状態が異なる燃料装荷パターンに対して行った前記第1の炉心計算による評価結果を入力することにより、前記第2の炉心計算による評価結果に相当する評価結果を出力させるように構成されていることを特徴とする炉心計算プログラム。

#### 【請求項8】

前記機械学習が、多層ニューラルネットワークによる深層学習を用いて行う機械学習であることを特徴とする請求項5ないし請求項7のいずれか1項に記載の炉心計算プログラム。

#### 【請求項9】

原子炉の炉心パラメータを評価するために使用される炉心計算装置であって、  
請求項5ないし請求項8のいずれか1項に記載の炉心計算プログラムが搭載されており、

、  
炉心計算に必要なデータを入力するためのデータ入力手段と、  
入力されたデータに基づいて前記予測プログラムにより計算された結果を、炉心パラメータの評価値として出力するデータ出力手段とを備えていることを特徴とする炉心計算装置。

10

20

30

40

50