(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5502509号
(P5502509)

(45)発行日　平成26年5月28日(2014.5.28)　(24)登録日　平成26年3月20日(2014.3.20)

(51)Int.Cl.		F I		
G21C 17/00	(2006.01)	G21C	17/00	U
G21C 17/10	(2006.01)	G21C	17/00	B
G21C 17/108	(2006.01)	G21C	17/10	W
		G21C	17/10	F

請求項の数 4　(全 10 頁)

(21)出願番号　特願2010-16199(P2010-16199)
(22)出願日　平成22年1月28日(2010.1.28)
(65)公開番号　特開2011-153948(P2011-153948A)
(43)公開日　平成23年8月11日(2011.8.11)
審査請求日　平成24年11月6日(2012.11.6)

(73)特許権者　000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目１番１号
(74)代理人　110001092
特許業務法人サクラ国際特許事務所
(72)発明者　滝沢　治
東京都港区芝浦一丁目１番１号　株式会社東芝内
(72)発明者　小田川　直人
東京都港区芝浦一丁目１番１号　株式会社東芝内
(72)発明者　小泉　敦彦
東京都港区芝浦一丁目１番１号　株式会社東芝内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】炉心熱的制限値監視装置、炉心監視システムおよび炉心熱的制限値監視方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
原子炉の炉心の熱的状態値を監視して前記原子炉の制御装置に信号を出力する炉心熱的制限値監視装置において、
複数の監視領域に分割された前記炉心の状態を示す信号を受信する複数の信号入力処理部と、
前記信号入力処理部のそれぞれに対応して設けられ、対応する前記信号入力処理部が受信した信号に基づいて前記監視領域の熱的状態値を算出して前記制御装置への信号出力の要否を判定する計算処理部と、
前記計算処理部のそれぞれに対応して設けられた同期処理部と、
前記計算処理部のそれぞれに対応して設けられた出力処理部と、
を有し、
前記同期処理部は、対応する前記計算処理部が前記制御装置への信号出力が必要と判定した場合には他の前記同期処理部に対して信号出力停止信号を伝達し、前記制御装置への信号出力が不要と判定したときには他の前記同期処理部に対して信号出力停止解除信号を伝達し、
前記出力処理部は、対応する前記同期処理部が前記信号停止信号を受信していないときに前記信号処理部の計算結果の信号を前記制御装置に出力することを特徴とする炉心熱的制限値監視装置。
【請求項２】

前記監視領域毎に領域番号と割付計算処理番号を複数のパターンについて記憶する領域定義情報記憶部と、
前記計算処理部のそれぞれに対応して設けられて前記領域定義情報記憶部に記憶された前記パターンを前記計算処理部に設定する設定処理部と、
前記計算処理部のそれぞれに対応して設けられて前記パターンを保持する領域定義情報テーブルと、
前記計算処理部のそれぞれに対応して設けられて前記領域定義情報テーブルの情報を計算処理部に反映する読込処理部と、
をさらに有することを特徴とする請求項１に記載の炉心熱的制限値監視装置。
【請求項３】
請求項１または請求項２に記載の炉心熱的制限値監視装置と、
出力分布計算を行う炉心性能計算装置と、
を備えたことを特徴とする炉心監視システム。
【請求項４】
複数のＣＰＵを備えたコンピュータで原子炉の炉心の熱的状態値を監視して前記原子炉の制御装置に信号を出力する炉心熱的制限値監視方法において、
前記ＣＰＵのそれぞれが複数の監視領域に分割された前記炉心の状態を示す信号を受信する信号入力処理ステップと、
前記ＣＰＵのそれぞれが受信した信号に基づいて前記監視領域の熱的状態値を算出して前記制御装置への信号出力の要否を判定する計算処理ステップと、
前記制御装置への信号出力が必要と判定した場合に他の前記ＣＰＵに対して信号出力停止信号を伝達するステップと、
前記制御装置への信号出力が不要と判定した場合に他の前記ＣＰＵに対して信号出力停止解除信号を伝達するステップと、
前記制御装置の信号出力が必要と判定した場合であって前記信号停止信号を受信していないときに前記制御装置に計算結果の信号を出力する出力処理ステップと、
を有することを特徴とする炉心熱的制限値監視方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、原子炉の炉心の熱的状態値を監視して原子炉の制御装置に信号を出力する炉心熱的制限値監視装置、炉心監視システムおよび炉心熱的制限値監視方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
一般に、沸騰水型原子力発電プラントにおいては、制御棒操作と再循環流量制御による出力制御が行われている。このため、炉心監視システムによる熱的状態値の監視が行われている。このような炉心監視システムとしては、時間のかかる出力分布計算を行う炉心性能計算装置と、相対的に時間の短い炉心熱的制限値監視装置の組み合わせによる監視がある。
【０００３】
炉心性能計算装置は、出力分布計算に長い時間を要する。そこで、炉心性能計算装置と炉心熱的制限値監視装置とを組み合わせた炉心監視システムでは、相対的に短い計算時間で結果が得られる炉心熱的制限値監視装置を補完的に用いて、監視を行う。
【０００４】
炉心熱的制限値監視装置の計算時間は短い方が望ましいが、炉心の監視対象全領域に対応した計算処理が必要であるため、２００ｍｓ程度の計算周期が限界であった。また、炉心は複数の領域に分けて複数のＣＰＵを備えたコンピュータで監視される（例えば、特許文献１参照）。
【先行技術文献】
【特許文献】

【０００５】
【特許文献１】特開２００７－２７８９９１号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
炉心を複数の領域に分けて複数のＣＰＵを備えたコンピュータで監視する場合、制御装置は全ＣＰＵからの信号出力状態を判定する。しかしながら、制御装置側では信号出力が不要なＣＰＵについても信号出力状態を判定しなければならないので、制御装置側では炉心熱的制限値監視装置からの出力信号に従った処理を行うことができず、全体の計算時間を短縮することができない。
【０００７】
そこで、本発明は、制御装置側で炉心熱的制限値監視装置からの出力信号に従った処理を行い、全体の計算周期を短縮することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
上述の目的を達成するため、本発明は、原子炉の炉心の熱的状態値を監視して前記原子炉の制御装置に信号を出力する炉心熱的制限値監視装置において、複数の監視領域に分割された前記炉心の状態を示す信号を受信する複数の信号入力処理部と、前記信号入力処理部のそれぞれに対応して設けられ、対応する前記信号入力処理部が受信した信号に基づいて前記監視領域の熱的状態値を算出して前記制御装置への信号出力の要否を判定する計算処理部と、前記計算処理部のそれぞれに対応して設けられた同期処理部と、前記計算処理部のそれぞれに対応して設けられた出力処理部と、を有し、前記同期処理部は、対応する前記計算処理部が前記制御装置への信号出力が必要と判定した場合には他の前記同期処理部に対して信号出力停止信号を伝達し、前記制御装置への信号出力が不要と判定したときには他の前記同期処理部に対して信号出力停止解除信号を伝達し、前記出力処理部は、対応する前記同期処理部が前記信号停止信号を受信していないときに前記信号処理部の計算結果の信号を前記制御装置に出力することを特徴とする。
【０００９】
また、本発明は、複数のＣＰＵを備えたコンピュータで原子炉の炉心の熱的状態値を監視して前記原子炉の制御装置に信号を出力する炉心熱的制限値監視方法において、前記ＣＰＵのそれぞれが複数の監視領域に分割された前記炉心の状態を示す信号を受信する信号入力処理ステップと、前記ＣＰＵのそれぞれが受信した信号に基づいて前記監視領域の熱的状態値を算出して前記制御装置への信号出力の要否を判定する計算処理ステップと、前記制御装置への信号出力が必要と判定した場合に他の前記ＣＰＵに対して信号出力停止信号を伝達するステップと、前記制御装置への信号出力が不要と判定した場合に他の前記ＣＰＵに対して信号出力停止解除信号を伝達するステップと、前記制御装置の信号出力が必要と判定した場合であって前記信号停止信号を受信していないときに前記制御装置に計算結果の信号を出力する出力処理ステップと、を有することを特徴とする。
【発明の効果】
【００１０】
本発明によれば、制御装置側で炉心熱的制限値監視装置からの出力に従った処理を行えるので、計算周期を短縮できる。
【図面の簡単な説明】
【００１１】
【図１】本発明に係る炉心熱的制限値監視装置の第１の実施の形態におけるブロック図である。
【図２】本発明に係る炉心熱的制限値監視装置の第１の実施の形態における炉心の領域分割方法を示す模式的横断面図である。
【図３】本発明に係る炉心熱的制限値監視装置の第１の実施の形態における炉心熱的制限監視方法のフローチャートである。

【図４】本発明に係る炉心熱的制限値監視装置の第２の実施の形態におけるブロック図である。
【図５】本発明に係る炉心熱的制限値監視装置の第２の実施の形態における炉心のパターン１での領域分割方法を示す模式的横断面図である。
【図６】本発明に係る炉心熱的制限値監視装置の第２の実施の形態における炉心のパターン２での領域分割方法を示す模式的横断面図である。
【図７】本発明に係る炉心熱的制限値監視装置の第２の実施の形態における炉心のパターンＸでの領域分割方法を示す模式的横断面図である。
【図８】本発明に係る炉心熱的制限値監視装置の第２の実施の形態における領域定義情報記憶部に記憶される情報の例を示すテーブルである。
【図９】本発明に係る炉心熱的制限値監視装置の第２の実施の形態における炉心熱的制限監視方法のフローチャートである。
【発明を実施するための形態】
【００１２】
本発明に係る炉心熱的制限値監視装置の実施の形態を、図面を参照して説明する。なお、同一または類似の構成には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。
【００１３】
［第１の実施の形態］
図１は、本発明に係る炉心熱的制限値監視装置の第１の実施の形態におけるブロック図である。図２は、本実施の形態における炉心の領域分割方法を示す模式的横断面図である。
【００１４】
本実施の形態の炉心熱的制限値監視装置２は、炉心３から局所出力モニター（ＬＰＲＭ：Local Power Range Monitor）などから受信した炉心３の状態を示す信号に基づいて炉心３が熱的制限値を満足していない可能性などを推定して、制御装置１に信号を出力する。炉心３は、Ｍ個の領域に分割されている。同じ番号の領域が離れて存在していてもよい。本実施の形態では、図２に示すように、炉心３の領域分割数Ｍは３２であり、同じ番号の領域が４箇所に離れて存在している。
【００１５】
炉心熱的制限値監視装置２は、複数のＩ／Ｏ（入出力装置）およびそれらに対応したＣＰＵを備えている。本実施の形態では、Ｉ／ＯおよびＣＰＵの個数をＮ個とする。また、炉心熱的制限値監視装置２は、＃１から＃ＮまでのＮ個のＩ／Ｏが信号入力処理部１１を備えている。＃１から＃ＮまでのＮ個のそれぞれのＣＰＵに対応して計算処理部１２、同期処理部１３および信号出力処理部１４が設けられている。
【００１６】
計算処理部１２は、炉心３の対応する領域の計算を行う。信号出力処理部１４は、制御装置１に対し信号出力を行う。同期処理部１３は、他のＣＰＵと信号出力停止／信号出力停止解除をやり取りする。信号入力処理部１１は、計算処理に必要なデータを入力する。
【００１７】
図３は、本実施の形態における炉心熱的制限監視方法のフローチャートである。
【００１８】
まず、信号入力処理部１１は、対応する炉心３の領域の状態を示す信号を受信して、計算処理部１２に伝達する（ステップＳ１）。ＣＰＵ＃１の計算処理部１２はＩ／Ｏ＃１の信号入力処理部１１から、ＣＰＵ＃２の計算処理部１２はＩ／Ｏ＃２の信号入力処理部１１から、ＣＰＵ＃Ｎの計算処理部１２はＩ／Ｏ＃Ｎの信号入力処理部１１から、データが入力される。
【００１９】
計算処理部１２は、炉心３内の対応する割付計算処理番号の領域について必要な計算処理を行って熱的状態値を算出する（ステップＳ２）。ＣＰＵ＃１の計算処理部１２は領域０１、０５、０９、１３、１７、２１、２５、２９の計算を、ＣＰＵ＃２の計算処理部１

２は領域０２、０６、１０、１４、１８、２２、２６、３０の計算を、ＣＰＵ＃Ｎの計算処理部１２は領域０４、０８、１２、１６、２０、２４、２８、Ｍの計算を、それぞれ行う。さらに、計算処理部１２は、制御装置１への信号出力が必要か否かを判定する（ステップＳ３）。

【００２０】

計算の結果、信号出力が必要と判定したＣＰＵの同期処理部１３は、他のＣＰＵから信号出力停止を受信していなければ、他のＣＰＵの同期処理に対し信号出力停止を指示した上で、信号出力処理部１４を介して信号出力を行う。信号出力を行ったＣＰＵの同期処理部１３は、信号出力が不要になった時点で、他のＣＰＵの同期処理部１３に対し信号出力停止解除を指示する。信号出力停止を同期処理部１３で受けたＣＰＵでは、計算処理部１２の計算の結果、信号出力が必要となっても、信号出力停止解除を受けるまでは信号出力処理部１４を介した信号出力は行わない。

【００２１】

より具体的には、制御装置１への信号出力が不要の場合、その計算処理部１２に対応する同期処理部１３は、他の同期処理部１３に対して信号出力停止信号を送信済みか否かを確認する（ステップＳ４）。当該同期処理部１３が他の同期処理部１３に対して信号出力停止信号を送信済みの場合、当該同期処理部１３は他の同期処理部１３に対して信号出力停止解除信号を送信する（ステップＳ５）。

【００２２】

制御装置１への信号処理が必要である場合、その計算処理部１２に対応する同期処理部１３は、他の同期処理部１３から信号出力停止信号を受信していないかどうかを確認する（ステップＳ６）。当該同期処理部１３が他の同期処理部１３から信号出力停止信号を受信していた場合は、ステップＳ１に戻る。当該同期処理部１３が他の同期処理部１３から信号出力停止信号を受信していない場合、当該同期処理部１３は、他の同期処理部１３に対して信号出力停止信号を送信し（ステップＳ７）、対応する信号出力処理部１４に信号出力処理を指示する。この指示により、当該信号出力処理部１４は、制御装置１に信号を出力する（ステップＳ８）。その後、ステップＳ１に戻る。

【００２３】

本実施の形態によれば、必要な計算を複数のＣＰＵの計算処理部１２で分担しているため、一つのＣＰＵの計算処理で全ての領域の計算を行っていた場合に比べて、１つのＣＰＵあたりの計算量を減らし計算時間が短縮できる。また、各ＣＰＵがばらばらに制御装置１に対して信号出力を行うのではなく、同期処理により信号出力が必要なＣＰＵのみが信号出力を行っている。このため、制御装置１側では全ＣＰＵからの信号出力状態を判定することなく、炉心熱的制限値監視装置２からの出力信号に従った処理を行うことができる。したがって、制御装置１に対し矛盾なく信号出力を行いながら、全体の計算時間を短縮することができる。

【００２４】

［第２の実施の形態］

図４は、本発明に係る炉心熱的制限値監視装置の第２の実施の形態におけるブロック図である。図５は、本実施の形態における炉心のパターン１での領域分割方法を示す模式的横断面図である。図６は、本実施の形態における炉心のパターン２での領域分割方法を示す模式的横断面図である。図７は、本実施の形態における炉心のパターンＸでの領域分割方法を示す模式的横断面図である。図８は、本実施の形態における領域定義情報記憶部に記憶される情報の例を示すテーブルである。

【００２５】

本実施の形態の炉心熱的制限値監視装置２は、炉心３の領域毎に、１～ＭのＭ個の領域番号と、その各領域番号の計算を＃１～＃ＮのどのＣＰＵが担当するかを示す割付計算処理番号を、１～Ｘの複数のパターンについて定義する。このパターンは、たとえば運転サイクル毎の燃料の装荷パターンに対応して設定する。炉心３の領域の位置は、Ｘ座標－Ｙ座標で示される。これらの割付計算処理番号は、たとえば図８に示すテーブルの形で、領

域定義情報記憶部４に記憶される。

【００２６】

各ＣＰＵに対応して、設定処理部５、領域定義情報テーブル６および読込処理部７が設けられている。設定処理部５は、領域定義情報記憶部４に記憶された情報を各ＣＰＵに設定する。領域定義情報テーブル６は、設定された情報を保持する。読込処理部７は、領域定義情報テーブル６の情報を、計算処理部１２に反映する。

【００２７】

図９は、本実施の形態における炉心熱的制限監視方法のフローチャートである。

【００２８】

まず、Ｘ座標－Ｙ座標で示される領域毎に、１～Ｍの領域番号と、その各領域番号の計算を＃１～＃ＮのどのＣＰＵが担当するかを示す割付計算処理番号を定義して、領域定義情報記憶部４に記憶する（ステップＳ１１）。次に、領域定義情報記憶部４に記憶された当該運転サイクルのパターンの領域定義情報を、設定処理部５を介して各ＣＰＵの領域定義情報テーブル６に設定する（ステップＳ１２）。各ＣＰＵの計算処理部１２は、読込処理部１７を介して領域定義情報テーブルに設定されたパターンを確認する（ステップＳ１３）。

【００２９】

この後、運転サイクルの切り替え、あるいはパターンの変更が不要な場合は（ステップＳ１４）、繰り返し、第１の実施の形態における一連の処理（ステップＳ１ないしステップＳ８）を行う。これにより、当該運転サイクルに対応したパターンに従って、各ＣＰＵの計算処理部１２に割り付けられた領域の計算が行われ、同期処理、信号出力処理が行われる。運転サイクルの切り替え、あるいはパターンの変更が必要な場合は（ステップＳ１４）、ステップＳ１に戻り、再度パターンの定義、領域定義情報テーブルの設定を行う。

【００３０】

本実施の形態によれば、必要な計算を複数のＣＰＵの計算処理部１２で分担しているため、一つのＣＰＵの計算処理で全ての領域の計算を行っていた場合に比べて、１つのＣＰＵあたりの計算量を減らし計算時間が短縮できる。また、各ＣＰＵがばらばらに制御装置１に対して信号出力を行うのではなく、同期処理により信号出力が必要なＣＰＵのみが信号出力を行っている。このため、制御装置１側では全ＣＰＵからの信号出力状態を判定することなく、炉心熱的制限値監視装置２からの出力信号に従った処理を行うことができる。したがって、制御装置１に対し矛盾なく信号出力を行いながら、全体の計算時間を短縮することができる。さらに、領域定義情報が変更可能であるため、運転サイクルに応じて領域の定義を柔軟に変更することができる。

【００３１】

［他の実施の形態］

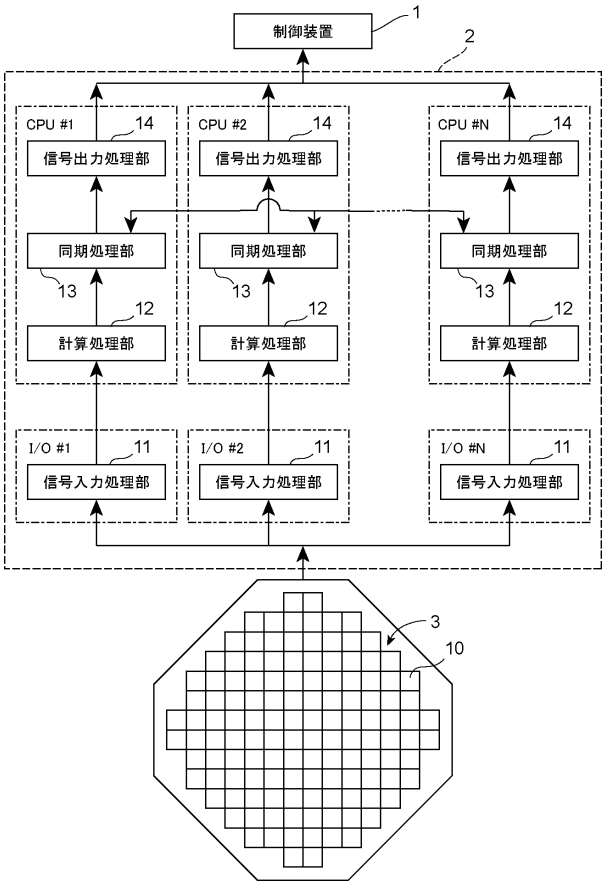
上述の各実施の形態は単なる例示であり、本発明はこれらに限定されない。また、各実施の形態の特徴を組み合わせて実施することもできる。

【符号の説明】

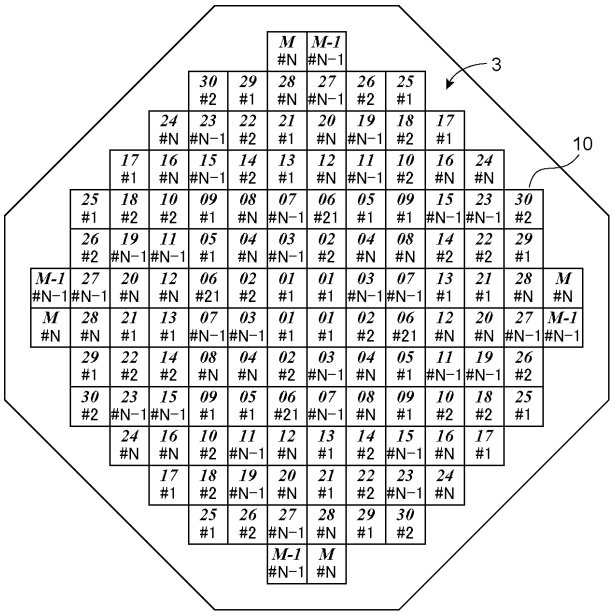
【００３２】

１…制御装置、２…炉心熱的制限値監視装置、３…炉心、４…領域定義情報記憶部、５…設定処理部、６…領域定義情報テーブル、７…読込処理部、１１…信号入力処理部、１２…計算処理部、１３…同期処理部、１４…信号出力処理部

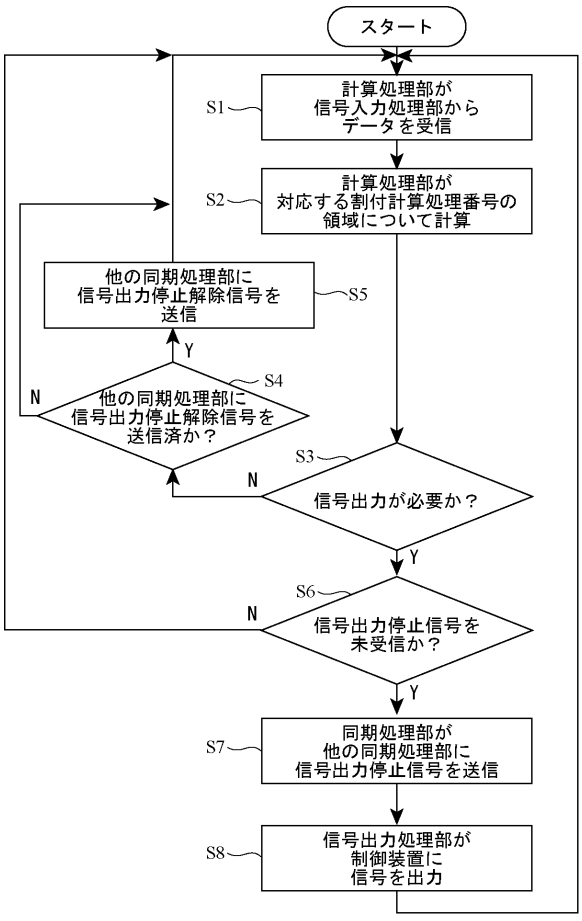
【図１】


制御装置
1
2
CPU #1
CPU #2
CPU #N
14
信号出力処理部
同期処理部
13
計算処理部
12
I/O #1
I/O #2
I/O #N
11
信号入力処理部
3
10

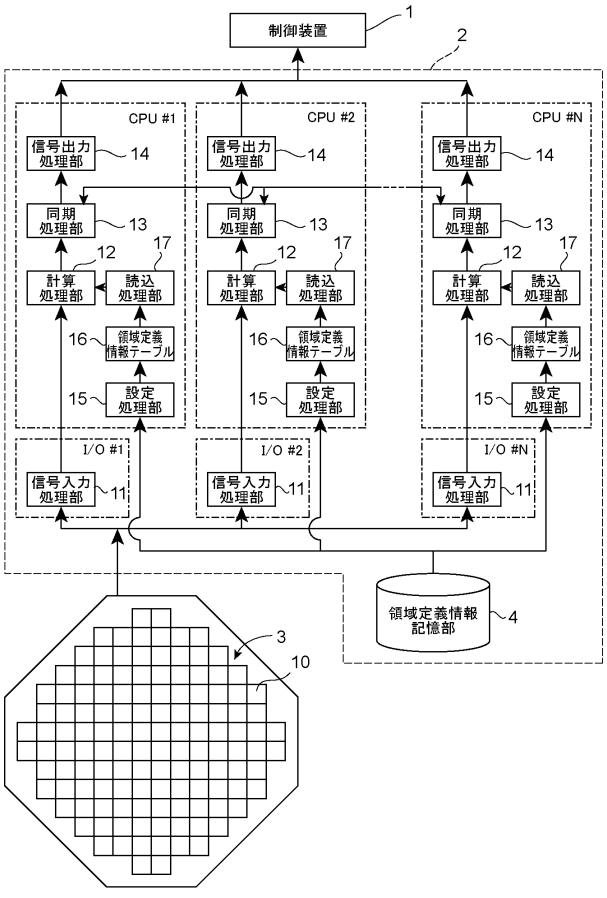
【図２】


3
10

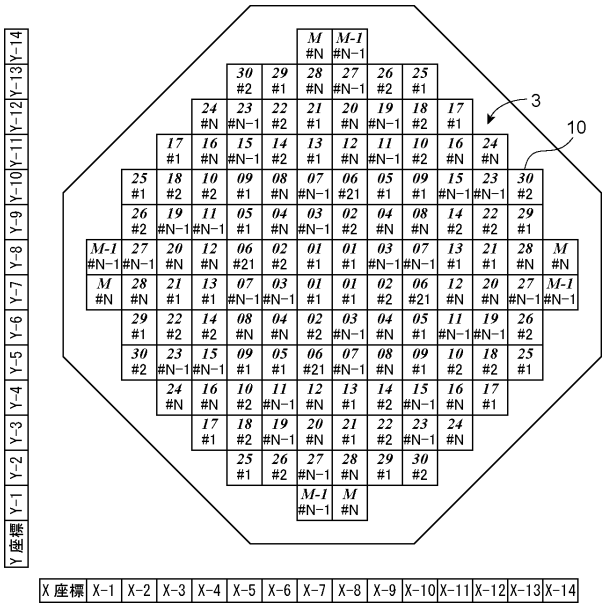
【図３】


スタート
S1
計算処理部が
信号入力処理部から
データを受信
S2
計算処理部が
対応する割付計算処理番号の
領域について計算
S3
信号出力が必要か？
Y
N
S4
他の同期処理部に
信号出力停止解除信号を
送信済か？
S5
他の同期処理部に
信号出力停止解除信号を
送信
S6
信号出力停止信号を
未受信か？
S7
同期処理部が
他の同期処理部に
信号出力停止信号を送信
S8
信号出力処理部が
制御装置に
信号を出力

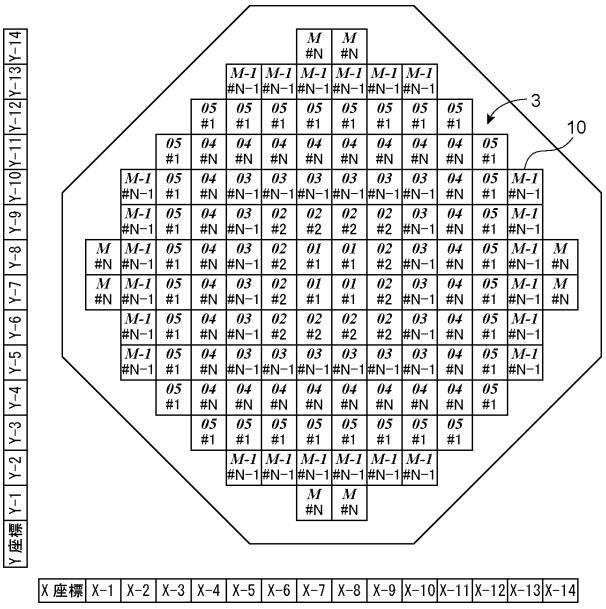
【図４】


制御装置
1
2
CPU #1
CPU #2
CPU #N
信号出力処理部
14
同期処理部
13
計算処理部
12
読込処理部
17
領域定義情報テーブル
16
設定処理部
15
I/O #1
I/O #2
I/O #N
信号入力処理部
11
領域定義情報記憶部
4
3
10

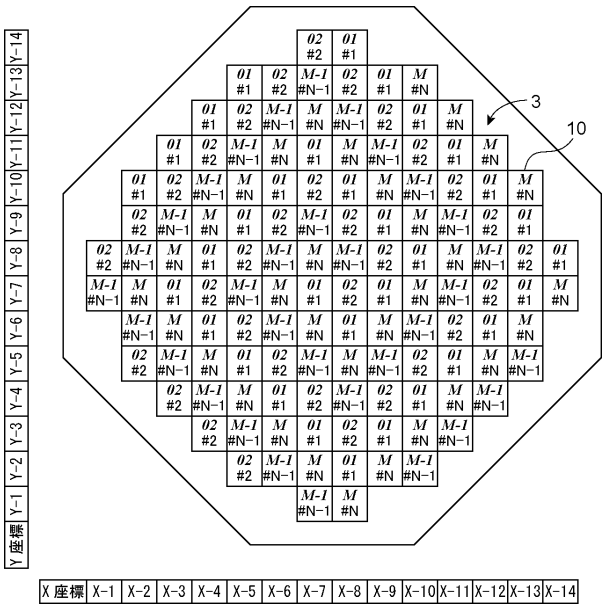
【図５】



【図６】



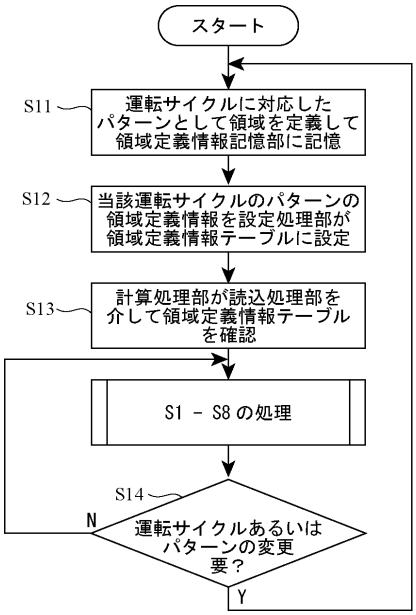
【図７】



【図８】

パターン	Ｘ座標－Ｙ座標	監視領域番号	割付計算処理番号
１	７－７	０１	＃１
１	７－８	０１	＃１
１	：	：	：
１	１－７	Ｍ	＃Ｎ
２	７－７	０１	＃１
２	７－８	０１	＃１
２	：	：	：
２	１４－８	Ｍ	＃Ｎ
：	：	：	：
Ｘ	７－７	０１	＃１
Ｘ	８－７	０２	＃２
Ｘ	：	：	：
Ｘ	１４－７	Ｍ	＃Ｎ

【図９】


スタート
S11
運転サイクルに対応した
パターンとして領域を定義して
領域定義情報記憶部に記憶
S12
当該運転サイクルのパターンの
領域定義情報を設定処理部が
領域定義情報テーブルに設定
S13
計算処理部が読込処理部を
介して領域定義情報テーブル
を確認
S1 - S8 の処理
S14
運転サイクルあるいは
パターンの変更
要？
N
Y

フロントページの続き

(72)発明者　真杉　剛
東京都港区芝浦一丁目１番１号　株式会社東芝内
(72)発明者　鈴木　清照
東京都港区芝浦一丁目１番１号　株式会社東芝内

審査官　青木　洋平

(56)参考文献　特開平０６－２２２１７５（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－２８０９８４（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－２７５３８３（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－００３３９９（ＪＰ，Ａ）
特開２００９－１９２５０２（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－２７５３５４（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－０３９０８２（ＪＰ，Ａ）
特開昭５９－０７９８９７（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ２１Ｃ　１７／００
Ｇ２１Ｃ　１７／１０
Ｇ２１Ｃ　１７／１０８