

(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
2011 年 12 月 1 日(01.12.2011)



(10) 国際公開番号
WO 2011/149026 A1

- (51) 国際特許分類:
G21C 17/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/062127
- (22) 国際出願日: 2011 年 5 月 26 日(26.05.2011)
- (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 2010-123502 2010 年 5 月 28 日(28.05.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 真杉 剛 (MASUGI, Tsuyoshi). 鈴木 清照 (SUZUKI, Kiyoteru). 吉永 スルマン (YOSHINAGA, Surman). 小泉 敦彦 (KOIZUMI, Atsuhiko).
- (74) 代理人: 波多野 久, 外 (HATANO, Hisashi et al.); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目 1 7 番 1 6

号 宮田ビル 2 階東京国際特許事務所 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, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: NUCLEAR PLANT CONTROL DEVICE, METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 原子力プラント制御装置、方法、及びプログラム

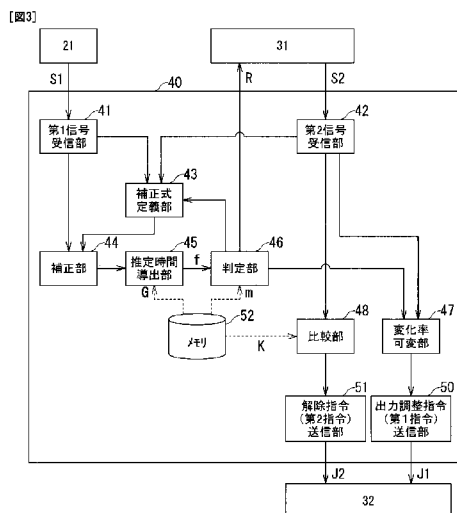


FIG. 3:
41 FIRST SIGNAL RECEPTION UNIT
44 CORRECTION UNIT
43 CORRECTION FORMULA DEFINITION UNIT
45 ESTIMATED TIME DERIVATION UNIT
52 MEMORY
46 DETERMINATION UNIT
42 SECOND SIGNAL RECEPTION UNIT
48 COMPARISON UNIT
51 CANCELLATION COMMAND (SECOND COMMAND) TRANSMISSION UNIT
47 CHANGE RATE VARYING UNIT
50 OUTPUT ADJUSTMENT COMMAND (FIRST COMMAND) TRANSMISSION UNIT

(57) Abstract: Provided is a configuration for controlling a nuclear plant, wherein the thermal limit value can be brought close to the limit value of operation restriction by automatic control using simple information outputted in a shorter cycle than that of the thermal limit value. A thermal limit value monitoring unit (40) is characterized by being provided with a first signal reception unit (41) which receives a first signal (S1), an estimated time derivation unit (45) which derives an estimated time (f) at which the first signal (S1) reaches a limit value (G), a determination unit (46) which determines that the time before the estimated time (f) is reached falls below a set value (m) and requests a second signal (S2), a correction unit (44) which corrects the first signal (S1) on the basis of the second signal (S2) received by the request, a first command transmission unit (50) which transmits a first command (J1) to vary the change rates of the first signal (S1) and the second signal (S2) in synchronization with the correction, and a second command transmission unit (51) which, when the corrected first signal (S1) or second signal (S2) reaches the limit value (G) or a threshold value (K) in immediate proximity thereto, transmits a second command (J2) to maintain the value.

(57) 要約: 熱的制限値よりも短い周期で出力される簡易情報を利用して、熱的制限値を運転制限の限界値に自動制御により近づけることができる原子力プラントの制御技術を提供する。熱的制限値監視部 40 において、第 1 信号 S1 を受信する第 1 信号受信部 41 と、第 1 信号 S1 が限界値 G に到達する推定時間 f を導出する推定時間導出部 45 と、推定時間 f に到達するまでの時間が設定値 m を切ったことを判定して第 2 信号 S2 を要求する判定部 46 と、前記要求により受信した第 2 信号 S2 に基づいて第 1 信号 S1 を補正する補正部 44 と、前記補正に同期して第 1 信号 S1 及び第 2 信号 S2 の変化率を可変させる第 1 指令 J1 を送信する第 1 指令送信部 50 と、前記補正した第 1 信号 S1 又は第 2 信号 S2 が限界値 G 又はその直近の閾値 K に到達した場合にその値を保持させる第 2 指令 J2 を送信する第 2 指令送信部 51 と、を備えることを特徴とする。



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 原子カプラント制御装置、方法、及びプログラム 技術分野

[0001] 本発明は、熱的制限値を監視しながら原子炉の出力を制御する原子カプラントの制御技術に関する。

背景技術

[0002] 沸騰水型原子カプラントにおいては、燃料の健全性を確認する指標である最小限界出力比や最大線出力密度（熱的制限値と称する）が、限界値を超えないように運転及び管理されている。つまり、燃料の表面温度を直接測定することができないために、原子炉物理学に基づく出力分布演算により求められるこのような熱的制限値を、代わりに監視対象としている。

これら熱的制限値は、核反応断面積の分布から数値解析により求めるもので、高度な演算処理が可能な炉心性能演算システムにより、数分から１時間の周期間隔で演算されている。

[0003] 改良型沸騰水型原子カプラントでは、目標とする原子炉出力及びその出力変化を達成するために、制御棒の引抜・挿入操作及び炉心流量の増減操作を自動制御している。

このように原子炉出力を自動制御するにあたり、この熱的制限値を連続的に監視する必要があるが、上述した通り出力分布演算に数分の時間を要するために、熱的制限値を連続的に監視することは困難である。

[0004] このため、熱的制限値を直接監視する代わりに、原子炉の内部に配置されたセンサからリアルタイム送信される信号に簡単な演算を施した簡易情報を、連続的に監視している。

そして、この簡易情報が予め設定された運転制限の限界値を逸脱した場合は、自動操作の解除指令が出力され、制御棒及び炉心流量の自動制御が解除される（例えば、特許文献１）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開昭51-67898号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、上述した簡易情報によれば、それ自身の信頼性が低いことに起因して監視が過度に保守的となり、設定された限界値に対してかなりの余裕を残して解除指令が出力される課題がある。

つまり、簡易情報が、設定された限界値に近づいた炉心状態において、実際の熱的制限値は、限界値を大きく下回る場合が多い。このため、制御棒及び炉心流量の自動制御が一度解除された場合でも、出力分布演算により求められる正確な熱的制限値は、限界値に遠く及ばないために、自動制御を再開させる作業を何回も繰り返す課題があった。

[0007] このように、一度解除された自動制御を再開するには、自動出力調整部、制御棒操作部、再循環流量操作部等の状態を再構築する必要があり、原子炉の出力調整の工程が煩雑になる。

これにより、制御再開に伴う対応や確認事項の発生による運転員の負荷増大、原子炉の出力調整に要する時間の増大が課題となっている。

このように、従来技術では、自動制御により熱的制限値を運転制限の限界値に近づけることが困難であった。

[0008] 本発明は、このような事情を鑑みてなされたものであり、熱的制限値よりも短い周期で出力される簡易情報を利用して、熱的制限値を運転制限の限界値に自動制御により近づけることができる原子力プラントの制御技術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] 本発明に係る原子力プラントの制御装置は、第1信号を受信する第1信号受信部と、前記第1信号が限界値に到達する推定時間を導出する推定時間導出部と、前記推定時間に到達するまでの時間が設定値を切ったことを判定し

て第 2 信号を要求する判定部と、前記要求により受信した前記第 2 信号に基づいて前記第 1 信号を補正する補正部と、前記補正に同期して前記第 1 信号及び前記第 2 信号の変化率を可変させる第 1 指令を送信する第 1 指令送信部と、前記補正した第 1 信号又は前記第 2 信号が前記限界値又はその直近の閾値に到達した場合にその値を保持させる第 2 指令を送信する第 2 指令送信部と、を備えることを特徴とする。

発明の効果

- [0010] 本発明によれば、熱的制限値よりも短い周期で出力される簡易情報を利用して、熱的制限値を運転制限の限界値に自動制御により近づけることができる原子力プラントの制御技術が提供される。

図面の簡単な説明

- [0011] [図1]本発明の原子力プラントの制御装置の実施形態を示す概略図。
[図2]本発明の実施形態に適用される原子炉の水平断面図。
[図3]実施形態に係る原子力プラントの制御装置のブロック図。
[図4]実施形態に係る原子力プラントの制御装置による自動制御の説明図。
[図5]実施形態に係る原子力プラントの制御装置の動作を説明するフローチャート。

発明を実施するための形態

- [0012] (第 1 実施形態)

図 1 に示すように原子炉 10 は、圧力容器 11 に保持される炉水を加熱する炉心 15 と、この加熱された炉水を蒸気と液体に分離する気水分離器 14 と、分離された蒸気をタービン（図示略）に導く主蒸気管 12 と、このタービンで仕事をして膨張した蒸気が冷却して凝縮した給水を再び圧力容器 11 に戻す給水管 13 と、気水分離された分離水及び戻された給水が合流した炉水を、所定の炉心流量 F でダウンカム D、下部プレナム L、上部プレナム U と循環させる再循環ポンプ 16 と、から構成されている。

- [0013] 炉心 15 は、図 2 にその水平断面図が示されるように、多数の燃料棒（図示略）が角筒状のチャンネルボックスに収納されてなる燃料集合体 17 と、

中性子吸収によって中性子数を調整し駆動装置 19（図 1）による引抜・挿入により炉心出力を制御する制御棒 18 と、この中性子を検出する LPRM 検出器 21（図 1）を 4 個が一組となるように縦軸方向に配列した計装管 20 とが、多数配列して構成されている。

この LPRM 検出器 21 は、LPRM 信号（第 1 信号 S1）を制御装置 30 へ連続的に送信している。

[0014] 図 1 に示すように制御装置 30 は、炉心性能演算部 31 と、自動出力調整部 32 と、制御棒操作部 33 と、再循環流量操作部 34 と、熱的制限値監視部 40 とから構成されている。

[0015] 炉心性能演算部 31 は、原子炉 10 に設けられているセンサの検出信号を基に、出力分布演算により熱的制限値（限界出力比又は線出力密度）を高精度で求め、これを第 2 信号 S2 として熱的制限値監視部 40 に送信する。

線出力密度とは、燃料集合体 17 内の燃料棒（図示略）に対する単位長さ当たりの出力であり、また限界出力比とは、沸騰遷移が起こる燃料集合体 17 の出力（限界出力）と実際の燃料集合体出力との比である。

[0016] この炉心性能演算部 31 におけるこれら熱的制限値（第 2 信号 S2）の演算周期は、第 1 信号 S1 の取得間隔に比べて長周期（例えば、30 秒程度）である。

この熱的制限値（第 2 信号 S2）は、限界値 G（図 4 参照）よりも十分に小さいときは一定の周期間隔（例えば 5 分間隔）で出力される一方、後述するように限界値 G に近づくと熱的制限値監視部 40 からの要求信号 R を受信してから出力される。

[0017] このように、熱的制限値（第 2 信号 S2）は、その値が高精度で信頼性が高いが、データの取得間隔が長いためにこの熱的制限値（第 2 信号 S2）を直接監視して原子炉出力の自動調整を行うのは困難である。

一方、LPRM 信号（第 1 信号 S1）は、データの取得間隔が短く応答性に優れるが、炉心の熱的制限値を直接反映したデータでない。このために、LPRM 信号から導かれる簡易情報のみに基づいて原子炉出力の自動調整を

行う場合は、制御が過度に保守的になることが避けられない。

[0018] 自動出力調整部 32 は、熱的制限値監視部 40 から出力調整指令（第 1 指令 J1）を受信して上昇又は下降する原子炉出力の変化率を可変させたり、解除指令（第 2 指令 J2）を受信して原子炉出力を保持させたりするものである。

ここで、原子炉出力の制御は、原子炉 10 における炉心流量 F の流量調整と、制御棒 18 の位置調整とを行うことにより実行される。

制御棒操作部 33 は、駆動装置 19 を動作させて制御棒 18 を所定の位置に所定の速度で移動させるものである。

再循環流量操作部 34 は、再循環ポンプ 16 の出力を調整して炉心流量 F を所定の流量に調整するものである。

[0019] 熱的制限値監視部 40 は、図 3 に示されるように、第 1 信号 S1 を受信する第 1 信号受信部 41 と、第 1 信号 S1 が限界値 G（図 4）に到達する推定時間 f を導出する推定時間導出部 45 と、推定時間 f に到達するまでの時間が設定値 m を切ったことを判定して第 2 信号 S2 を要求（要求信号 R を出力）する判定部 46 と、前記要求により受信した第 2 信号 S2 に基づいて第 1 信号 S1 を補正する補正部 44 と、前記補正に同期して第 1 信号 S1 及び第 2 信号 S2 の変化率を可変させる第 1 指令 J1 を送信する第 1 指令送信部 50 と、前記補正した第 1 信号 S1 又は第 2 信号 S2 が限界値 G 又はその直近の閾値 K に到達した場合にその値を保持させる第 2 指令 J2 を送信する第 2 指令送信部 51 と、を備えている。なお、メモリ 52 には、限界値 G、閾値 K、設定値 m が蓄積されている。

[0020] 第 1 信号受信部 41 で受信される第 1 信号 S1 は、中性子を検出する LPRM 検出器 21（図 1）から出力される検出信号である。なお、この第 1 信号 S1 は LPRM 検出器 21 から出力されるものに限定されるものではなく、原子炉 10 に配置されるセンサから出力される検出信号を適宜用いることができる。

[0021] 第 1 信号 S1 は、元々はアナログ信号であるがいずれかのタイミングでデ

デジタル信号に変換され、さらに所定のパラメータを用いた簡単な演算処理により、第2信号S2に模した値に変換される。このために、第1信号S1は、数ミリ秒レベルもしくはそれ以下といった短い周期で取得することができる。

第1信号S1は、このような演算プロセスにより得られることに起因して、真値とみなされる第2信号S2に対し、誤差を有する簡易情報である。従って、第1信号S1は、原子炉プラントの保守的な制御動作を確保するために、この誤差が常にプラス側に振れる様に演算処理される。

[0022] 第2信号受信部42で受信される第2信号S2は、炉心15（図1）内の出力分布演算を行う炉心性能演算部31から送信される最大線出力密度又は最小限界出力比といった演算信号である。なお、この第2信号S2は、そのような演算信号に限定されるものではなく、第1信号S1よりも取得間隔の周期が長いデータを適宜用いることができる。

[0023] 補正式定義部43は、判定部46からの要求信号Rにより受信された第2信号S2に基づいて、その後に受信した第1信号S1を補正するための補正式を定義するものである。なお、定義された補正式は、次の要求信号Rにより第2信号S2が受信されて再定義されるまで、同じ補正式が受信した第1信号S1に適用される。

[0024] このように、補正式が再定義されるようになるのは、第1信号S1及び第2信号S2が限界値Gに近接して判定部46から要求信号Rが送信されるようになってからのことである。一方、第1信号S1及び第2信号S2が限界値Gに遠く及ばない場合は、炉心性能演算部31から第2信号S2が一定の周期間隔で送信されているが、この場合に補正式を再定義しなくてもよい。

[0025] 補正部44は、第1信号受信部41から第1信号S1を取得したタイミングにおいて、補正式定義部43において最新に定義されている補正式を適用し、この第1信号S1を補正するものである。

推定時間導出部45は、図4に示すように、補正後の第1信号S1を外挿して限界値Gに到達する推定時間 f （ f_1 , f_2 , f_3 , f_4 ）を導出する

ものである。

- [0026] 判定部 4 6 は、図 4 の◇印で示されるように、導出された推定時間 f から第 1 信号 S_1 が受信された時間を差し引いた値が、設定値 m を切ったことを判定して第 2 信号 S_2 の要求信号 R を炉心性能演算部 3 1 に送信する。

この炉心性能演算部 3 1 では、要求信号 R を受信してから熱的制限値（第 2 信号 S_2 ）の演算を開始する。そして、図 4 の○印で示されるように、演算された第 2 信号 S_2 は、第 2 信号受信部 4 2 に受信される。この◇印から○印に至る期間は、炉心性能演算部 3 1 における熱的制限値（第 2 信号 S_2 ）の演算時間と、要求信号 R 及び第 2 信号 S_2 の伝送時間とを加算した時間に相当する。

このために、設定値 m は、熱的制限値（第 2 信号 S_2 ）の演算時間よりも長く設定される必要がある。

- [0027] 変化率可変部 4 7 は、図 4 に示されるように、要求信号 R （◇印）に基づく第 2 信号 S_2 （○印）を受信した時点において、第 1 信号 S_1 及び第 2 信号 S_2 の変化率が小さくなるように調整するものである。

第 1 指令送信部 5 0 が送信する第 1 指令 J_1 は、原子炉 1 0 の出力変化率が小さくなるように制御棒操作部 3 3 及び再循環流量操作部 3 4 に働きかける出力調整指令である。

- [0028] また変化率可変部 4 7 は、図 4 に示されるように、限界値 G への到達時間 W が予め設定されている場合は、この時間 W において熱的制限値（第 2 信号 S_2 ）が一定値に保持されるようにその変化率を可変するものである。つまり、推定時間導出部 4 5 で導出された推定時間 f に基づきこの変化率を可変して、到達時間 W において、補正した第 1 信号 S_1 又は第 2 信号 S_2 が、限界値 G 又は閾値 K に到達するように調整する。

- [0029] 比較部 4 8 は、受信した第 2 信号 S_2 と閾値 K とを比較して、前者が後者に到達している場合は、解除指令送信部 5 1 から解除指令（第 2 指令 J_2 ）を送信させる。

解除指令送信部 5 1 が送信するこの第 2 指令 J_2 は、原子炉 1 0 の出力調

整を解除するように制御棒操作部 3 3 及び再循環流量操作部 3 4 に働きかけ、第 1 信号 S 1 又は第 2 信号 S 2 が一定値に保持されるようにするものである。

[0030] 図 5（適宜図 3、図 4 参照）のフローチャートに基づいて原子力プラントの制御装置の動作を説明する。

まず、コンピュータのプロセッサのメモリ 5 2 に、限界値 G、閾値 K、設定値 m を取得させる（S 1 1）。そして、第 1 信号受信部 4 1 において L P R M 検出器 2 1 からの第 1 信号 S 1 を受信する（S 1 2）。

[0031] 次に、補正部 4 4 は、補正式定義部 4 3 で定義されている補正式を取得するとともに（S 1 3）、受信した第 1 信号 S 1 を補正する（S 1 4）。さらに推定時間導出部 4 5 において、この補正した第 1 信号 S 1 から外挿線を演算し（S 1 5）、補正した第 1 信号 S 1 が限界値 G に到達する推定時間 f を導出する（S 1 6）。

[0032] 次に判定部 4 6 は、第 1 信号 S 1 の受信時間 t が、推定時間 f から設定値 m を差し引いた時間に到達していれば（S 1 7 : Y e s）、第 1 信号 S 1 が限界値 G に到達するまでの時間が設定値 m を切ったと判定し、炉心性能演算部 3 1 に対し第 2 信号 S 2 を要求する要求信号 R を出力する（S 1 8）。

[0033] 一方、第 1 信号 S 1 が限界値 G に到達するまでの時間が設定値 m を切っていないと判定される期間や（S 1 7 : N o）、要求信号 R の送信から第 2 信号 S 2 が受信されるまでの期間は（S 1 9 : N o）、S 1 2 ~ S 1 6 までのフローを繰り返す。

そして、第 2 信号 S 2 が第 2 信号受信部 4 2 において受信された場合（S 1 9 : Y e s）、補正式定義部 4 3 は、要求信号 R に基づき受信した第 2 信号 S 2 を用いて、第 1 信号 S 1 を補正するための補正式を再定義する（S 2 0）。

[0034] 次に、受信した第 2 信号 S 2 が限界値 G に到達しているか否かを判定し、到達していない場合は（S 2 1 : Y e s）、補正式の再定義に同期して熱的制限値（第 1 信号 S 1 及び第 2 信号 S 2）の変化率を可変させる出力調整指

令（第 1 指令 J 1）を自動出力調整部 3 2 に送信する（S 2 2）。さらに、この第 1 指令 J 1 を送信した後は、動作フローは S 1 2 に戻る。

一方、受信した第 2 信号 S 2 が限界値 G に到達している場合は（S 2 1 : N o）、その熱的制限値が保持されるよう出力調整を解除する解除指令（第 2 指令 J 2）を自動出力調整部 3 2 に送信する（S 2 3）。

[0035] 以上述べたように本発明の実施形態によれば、LPRM 信号のような簡易情報を利用して原子炉出力を変化させ、炉心性能演算部 3 1 により求められた信頼性の高い熱的制限値を監視することにより、自動的に原子炉の出力を調整したり出力調整を解除したりする。

このために、短時間でかつ運転員の負担を増加させることなく熱的制限値を、運転制限の限界値 G の近くまで調整することができる。

[0036] 本発明は前記した実施形態に限定されるものでなく、共通する技術思想の範囲内において、適宜変形して実施することができる。

例えば、原子力プラントの制御装置は、コンピュータによって各手段を各機能プログラムとして実現することも可能である。そして、これら機能プログラムを結合して、発明の実施形態を原子力プラントの制御プログラムとすることも可能である。

また、実施形態において、第 2 信号 S 2 が閾値に到達したところで出力調整の解除指令を送信するとしたが、第 1 信号 S 1 が閾値又は限界値 G に到達したところで解除指令を送信するように制御を適宜変更することもできる。また、制御に用いられる閾値は、第 1 信号 S 1 又は第 2 信号 S 2 においてそれぞれ異なるものとしてもよい。

符号の説明

[0037] 1 0…原子炉、1 1…圧力容器、1 2…主蒸気管、1 3…給水管、1 4…気水分離器、1 5…炉心、1 6…再循環ポンプ、1 7…燃料集合体、1 8…制御棒、1 9…駆動装置、2 0…計装管、2 1…LPRM 検出器、3 0…制御装置、3 1…炉心性能演算部、3 2…自動出力調整部、3 3…制御棒操作部、3 4…再循環流量操作部、4 0…熱的制限値監視部、4 1…第 1 信号受

信部、42…第2信号受信部、43…補正式定義部、44…補正部、45…推定時間導出部、46…判定部、47…変化率可変部、48…比較部、50…出力調整指令送信部（第1指令送信部）、51…解除指令送信部（第2指令送信部）、52…メモリ、S1…LPRM信号（第1信号）、S2…熱的制限値、最大線出力密度、最小限界出力比（第2信号）、J1…出力調整指令（第1指令）、J2…解除指令（第2指令）、G…限界値、K…閾値、m…設定値、f…推定時間、F…炉心流量、W…到達時間、R…要求信号、D…ダウンカマ、L…下部プレナム、U…上部プレナム。

請求の範囲

[請求項1]

第1信号を受信する第1信号受信部と、
前記第1信号が限界値に到達する推定時間を導出する推定時間導出部と、
前記推定時間に到達するまでの時間が設定値を切ったことを判定して第2信号を要求する判定部と、
前記要求により受信した前記第2信号に基づいて前記第1信号を補正する補正部と、
前記補正に同期して前記第1信号及び前記第2信号の変化率を可変させる第1指令を送信する第1指令送信部と、
前記補正した第1信号又は前記第2信号が前記限界値又はその直近の閾値に到達した場合にその値を保持させる第2指令を送信する第2指令送信部と、を備えることを特徴とする原子力プラントの制御装置。

[請求項2]

請求項1に記載の原子力プラントの制御装置において、
前記第1信号は原子炉に配置されるセンサから出力される検出信号であって、
前記第2信号は原子炉に配置されるセンサの出力に基づいて演算される演算信号であることを特徴とする原子力プラントの制御装置。

[請求項3]

請求項2に記載の原子力プラントの制御装置において、
前記検出信号は中性子を検出するLPRM検出器から出力されるもので、
前記演算信号は炉心内の出力分布演算を行う炉心性能演算部から送信される最大線出力密度又は最小限界出力比で、
前記第1指令は原子炉の出力変化率が小さくなるように制御棒操作部及び再循環流量操作部に働きかける出力調整指令で、
前記第2指令は原子炉の出力調整を解除するように制御棒操作部及び再循環流量操作部に働きかける解除指令であることを特徴とする原

子カプラントの制御装置。

[請求項4]

請求項1に記載の原子カプラントの制御装置において、

前記推定時間導出部で導出された推定時間に基づき前記変化率を可変して、前記補正した第1信号又は前記第2信号が前記限界値又は前記閾値に到達する時間を調整する変化率可変部を備えることを特徴とする原子カプラントの制御装置。

[請求項5]

第1信号を受信するステップと、

前記第1信号が限界値に到達する推定時間を導出するステップと、

前記推定時間に到達するまでの時間が設定値を切ったことを判定して第2信号を要求するステップと、

前記要求により受信した前記第2信号に基づいて前記第1信号を補正するステップと、

前記補正に同期して前記第1信号及び前記第2信号の変化率を可変させる第1指令を送信するステップと、

前記補正した第1信号又は前記第2信号が前記限界値又はその直近の閾値に到達した場合にその値を保持させる第2指令を送信するステップと、を含むことを特徴とする原子カプラントの制御方法。

[請求項6]

コンピュータを、

第1信号を受信する手段、

前記第1信号が限界値に到達する推定時間を導出する手段、

前記推定時間に到達するまでの時間が設定値を切ったことを判定して第2信号を要求する手段、

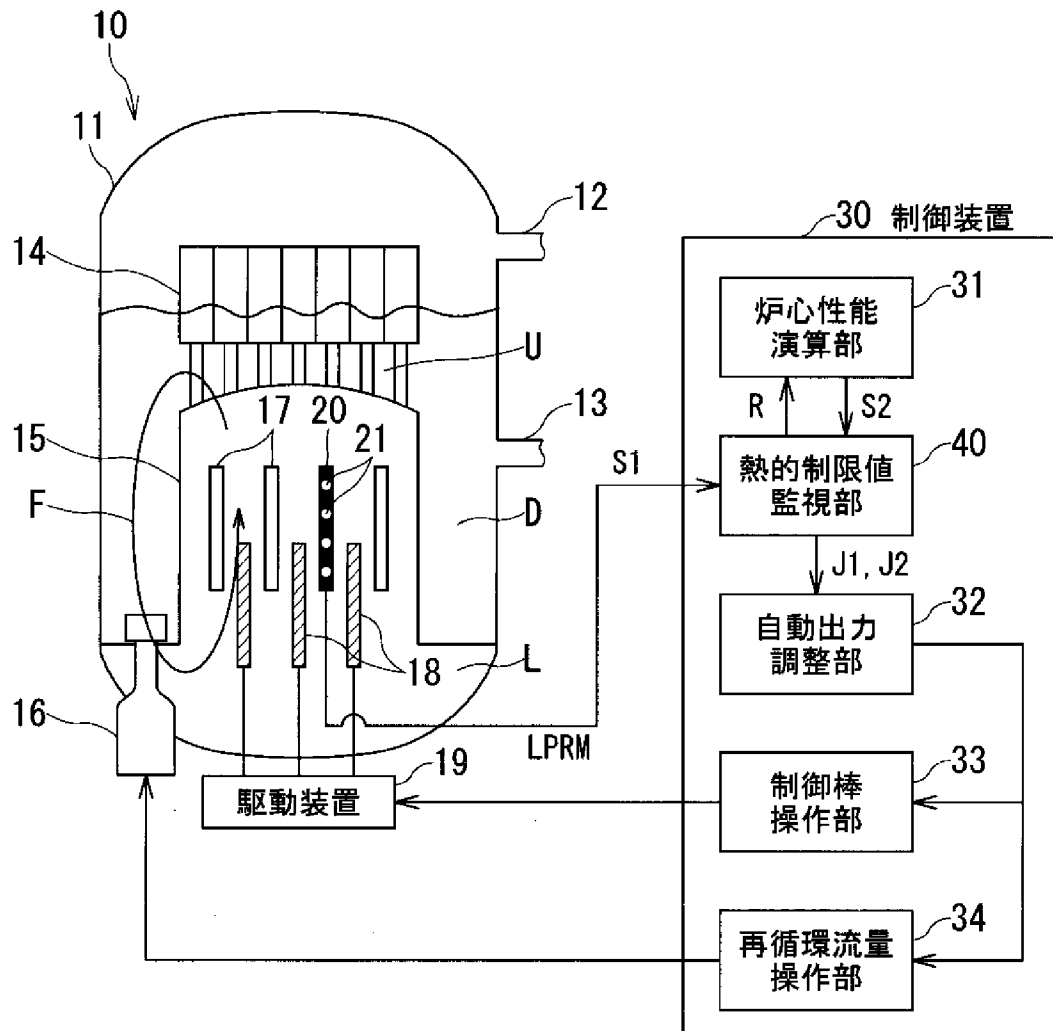
前記要求により受信した前記第2信号に基づいて前記第1信号を補正する手段、

前記補正に同期して前記第1信号及び前記第2信号の変化率を可変させる第1指令を送信する手段、

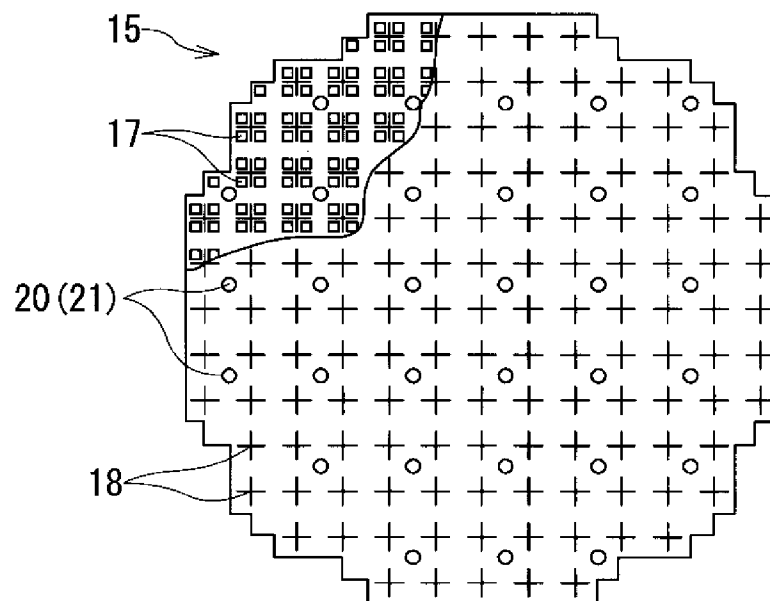
前記補正した第1信号又は前記第2信号が前記限界値又はその直近の閾値に到達した場合にその値を保持させる第2指令を送信する手段

、として機能させることを特徴とする原子力プラントの制御プログラム。

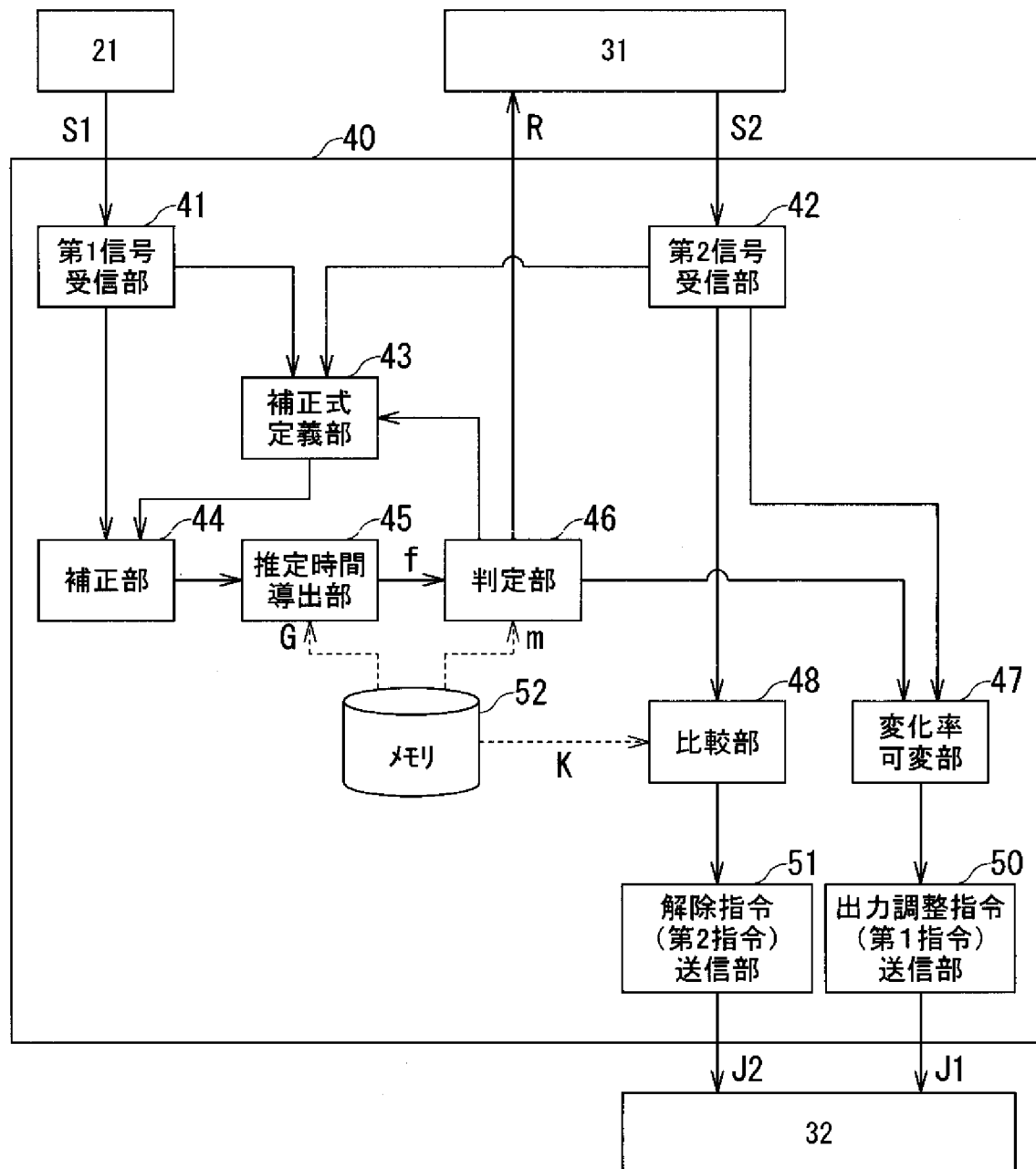
[図1]



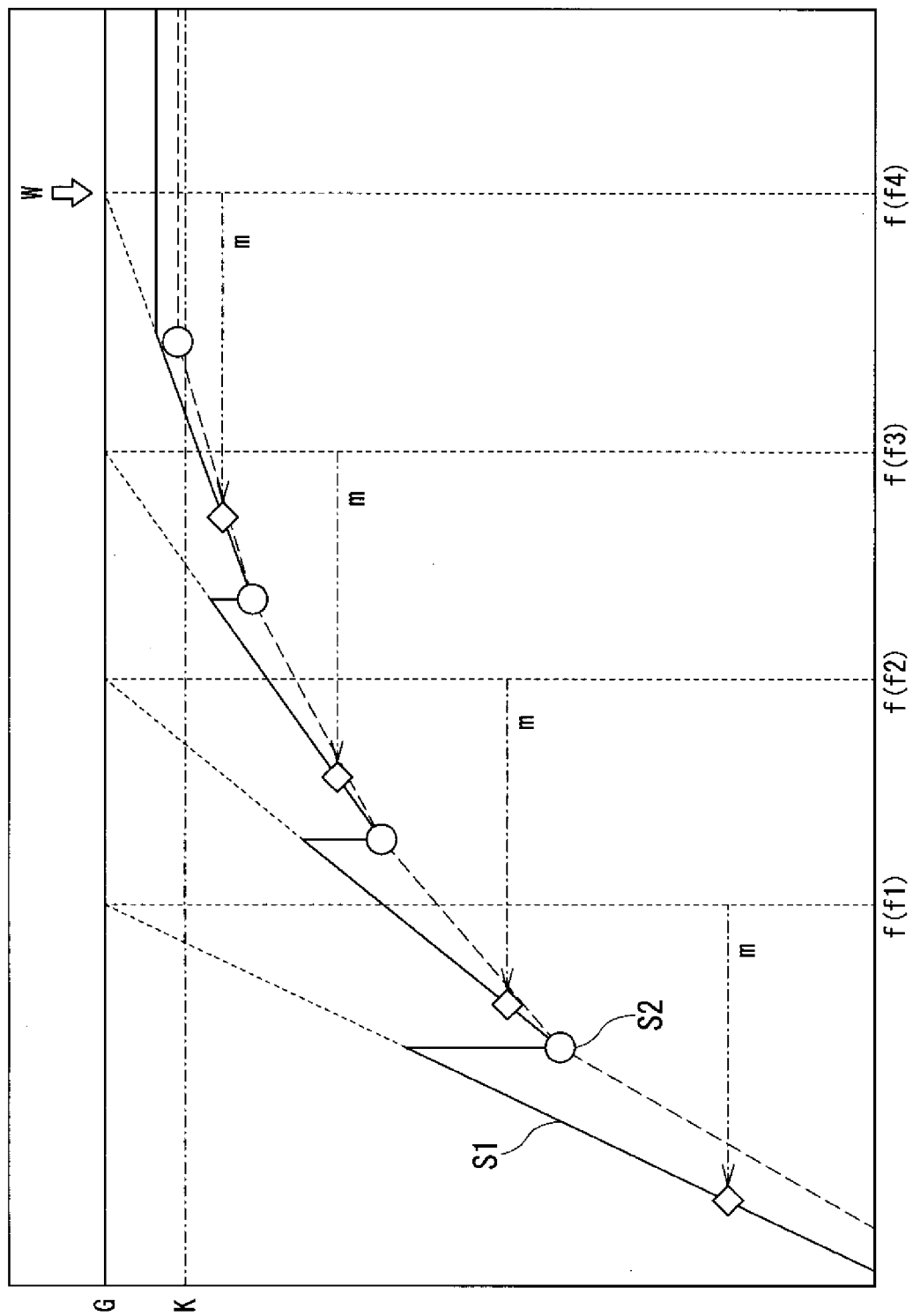
[図2]



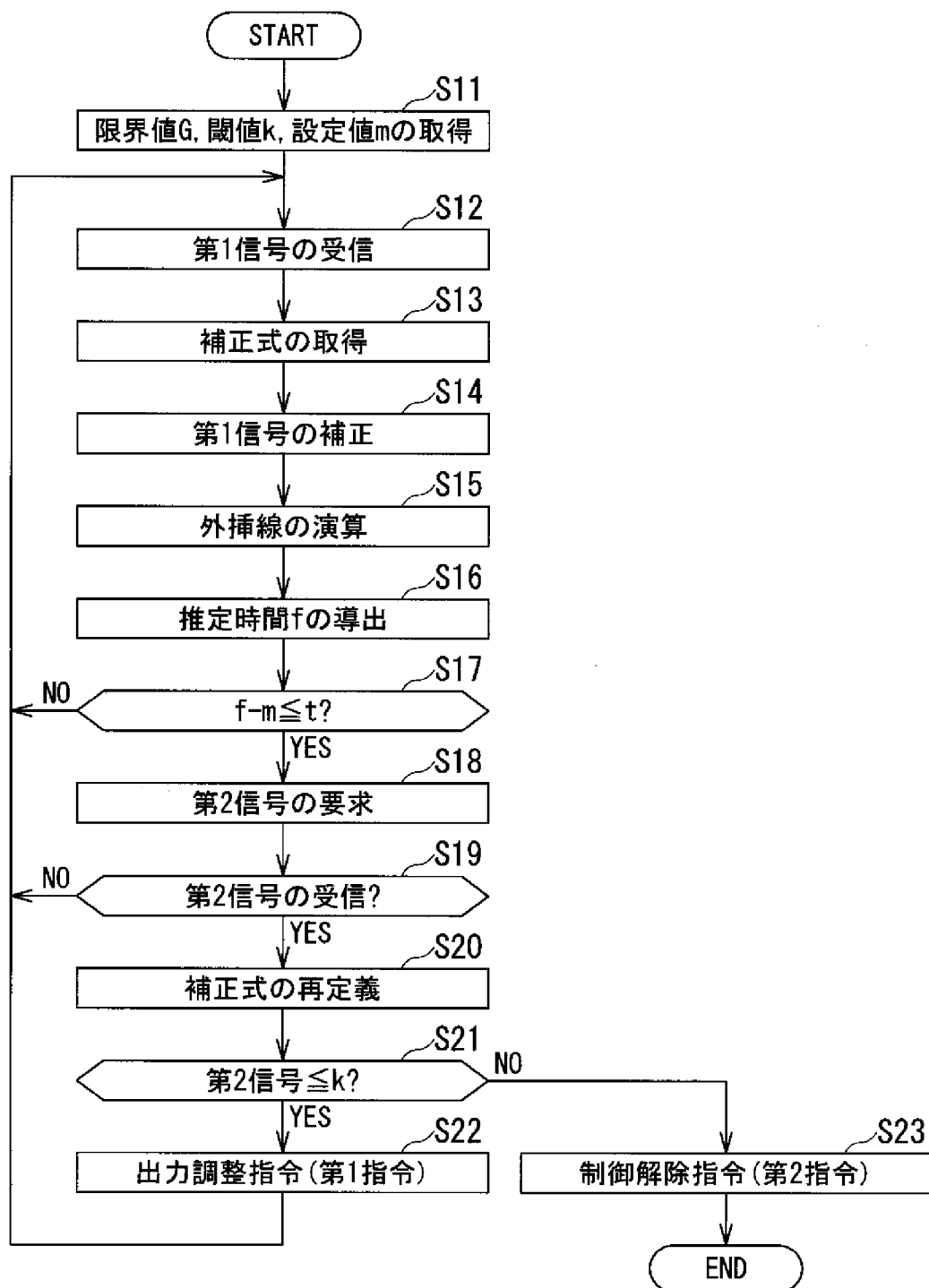
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/062127

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G21C17/00 (2006.01) i

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)

G21C17/00

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

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

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

JSTPlus/JST7580 (JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 51-67898 A (Hitachi, Ltd.), 11 June 1976 (11.06.1976), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2002-48891 A (Hitachi, Ltd.), 15 February 2002 (15.02.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2000-19287 A (Hitachi, Ltd.), 21 January 2000 (21.01.2000), entire text; all drawings & US 2002/0067790 A1	1-6

☒ 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
12 July, 2011 (12.07.11)Date of mailing of the international search report
26 July, 2011 (26.07.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/062127

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 6-148376 A (Toshiba Corp.) , 27 May 1994 (27.05.1994) , entire text; all drawings (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G21C17/00(2006.01)i

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 (I P C))

Int.Cl. G21C17/00

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 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)

JSTPlus /JST7580(JDreamII)

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 51-67898 A (株式会社日立製作所) 1976.06.11, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2002-48891 A (株式会社日立製作所) 2002.02.15, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2000-19287 A (株式会社日立製作所) 2000.01.21, 全文、全図 & US 2002/0067790 A1	1-6

☒ 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矛盾するものではなく、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

1 2 . 0 7 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

2 6 . 0 7 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

青木 洋平

2 I

3 1 0 4

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 3

C (続き) . 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 6-148376 A (株式会社東芝) 1994. 05. 27, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-6