

(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2010-5149

(P2010-5149A)

(43) 公開日 平成22年1月14日(2010.1.14)

(51) Int.Cl.

A61N 5/10 (2006.01)

F1

A61N 5/10

K

テーマコード(参考)

4C082

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2008-168102 (P2008-168102)
 (22) 出願日 平成20年6月27日(2008.6.27)

(71) 出願人 000006013
 三菱電機株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
 (74) 代理人 100094916
 弁理士 村上 啓吾
 (74) 代理人 100073759
 弁理士 大岩 増雄
 (74) 代理人 100093562
 弁理士 児玉 俊英
 (74) 代理人 100088199
 弁理士 竹中 孝生
 (72) 発明者 野村 明裕
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
 菱電機株式会社内
 Fターム(参考) 4C082 AC04 AE01 AG24

(54) 【発明の名称】 粒子線治療装置用マルチリーフコリメータ

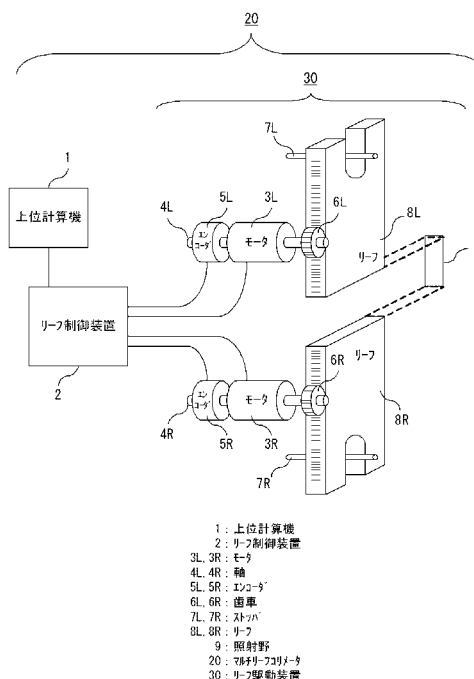
(57) 【要約】

【課題】安価なインクリメンタルエンコーダだけでリーフの動作異常を検出できる粒子線治療用マルチリーフコリメータの提供を目的とする。

【解決手段】リーフ8Lを開き、トルク算出手段が算出するモータ3Lのトルク値が所定の時間継続して所定の値を超えた時に、リーフ8Lがストッパ7Lに接触したと検知して、エンコーダ5Lの発生するパルスを積算するパルス積算値12Pをクリアする。

再度ストッパ7Lにリーフ8Lを接触させて、パルス積算値が0近傍であるか否かでリーフ駆動装置30の異常を判定する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

粒子線を照射する照射野形状を形成するために正対して開閉する 2 枚のリーフと、
それぞれのリーフを独立して移動させるモータと、
前記モータの回転数を検出するエンコーダと、
前記それぞれのリーフの移動を全開位置に規制するストッパとを接続してなるリーフ駆動
装置を複数並列したリーフ駆動装置群及び、
前記エンコーダが発生させるパルスから前記リーフの絶対位置を算出するリーフ絶対位置
算出手段と、

前記リーフの前記絶対位置とリーフが移動すべき位置を指令するリーフ絶対目標位置指令
から、それぞれの前記モータの出力すべきトルクを算出するトルク算出手段と、
前記トルクを前記モータに印加する電流に変換するトルク / 電流変換手段とからなるリー
フ制御装置

を備えた粒子線治療装置用マルチリーフコリメータにおいて、

前記リーフが前記ストッパに接触する位置を原点とし、

前記リーフを全開方向に移動し前記トルク算出手段が算出するトルク値が所定の時間継
続して所定の値を超えたことにより、前記リーフが前記ストッパに接触したことを検知し
た時、

前記リーフ絶対位置算出手段が算出するリーフ絶対位置が前記原点から所定の範囲内に
無いときは、リーフ駆動装置は異常、所定の範囲内にあるときは正常と判定することを特
徴とする粒子線治療装置用マルチリーフコリメータ。

【請求項 2】

粒子線を照射する照射野形状を形成するための正対して開閉する 2 枚のリーフと、
それぞれのリーフを独立して移動させるモータと、
前記モータの回転数を検出するエンコーダと、
前記それぞれのリーフの移動を全開位置に規制するストッパとを接続してなるリーフ駆動
装置を複数並列にしたリーフ駆動装置群及び、

前記リーフの現在の前記絶対位置と、

リーフが移動すべき位置を指令するリーフ絶対目標位置指令からそれぞれの前記モータの
出力すべきトルクを算出するトルク算出手段と、

前記トルクを前記モータに印加する電流に変換するトルク / 電流変換手段とからなるリー
フ制御装置

を備えた粒子線治療装置用マルチリーフコリメータにおいて、

前記リーフが前記ストッパに接触する位置を原点とし、

前記正対する 2 枚のリーフを互いに閉じる方向へ移動させ、前記トルク算出手段が算出
する一方又は両方のモータのトルク値が所定の時間継続して所定の値を超えたことにより
前記 2 枚のリーフの接触を検知した時、

前記 2 枚のリーフに対応するリーフ絶対位置算出手段が算出する 2 つの絶対位置の和と
、 1 枚のリーフの最大移動可能距離の差が、所定の範囲内に無いときは前記リーフ駆動装
置は異常、所定の範囲内にあるときは正常と判定することを特徴とする粒子線治療装置用マ
ルチリーフコリメータ。

【請求項 3】

前記トルク算出手段は、前記リーフの加速度、等速移動速度、減速度を保持し、

前記計算機から指示された目標位置へ移動する前記リーフが、移動開始後、所定時間経過
後に存在すべき予想位置を所定の周期で算出し、

前記リーフ絶対位置算出手段が算出する絶対位置と前記予想位置の差が所定の範囲を超え
た場合は前記リーフ駆動装置は異常と判定する請求項 1 または請求項 2 に記載の粒子線治
療装置用マルチリーフコリメータ。

【請求項 4】

1 個の前記モータに対応して 2 個のエンコーダ及び 2 つのリーフ絶対位置算出手段を設

10

20

30

40

50

け、それぞれの前記リーフ絶対位置算出手段から算出される２つ絶対位置を比較することにより前記リーフ駆動装置の異常を検出する請求項１乃至請求項３のいずれか１項に記載のマルチリーフコリメータ。

【請求項５】

１個の前記モータに対応して３個のエンコーダ及び３つのリーフ絶対位置算出手段を設け、それぞれの前記リーフ絶対位置算出手段から算出される３つ絶対位置を比較することにより前記リーフ駆動装置の異常を検出する請求項１乃至請求項３のいずれか１項に記載のマルチリーフコリメータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【０００１】

この発明は、粒子線治療装置に使用するマルチリーフコリメータに関するものである。

【背景技術】

【０００２】

従来の粒子線治療では、治療計画により粒子線を照射する領域すなわち照射野が検討され、計画に従い粒子線を照射する。計画された照射野に粒子線を照射し、照射野外への照射を遮る装置として、マルチリーフコリメータが用いられている。

【０００３】

特許文献１では、駆動させた多分割絞りをメカストッパに当て、そのメカストッパにより停止したリーフの位置情報を計数し、原点位置を決定することにより短時間で正確な原点位置の設定を可能とした基本的なマルチリーフコリメータが示されている。このマルチリーフコリメータの中で、リーフの位置はエンコーダにより検出するが、エンコーダとは別にポテンショメータを搭載し、エンコーダとポテンショメータのそれぞれの検出に差が発生した場合は、インターロックにより治療を停止させることが述べられている。

20

【０００４】

特許文献２では、マルチリーフコリメータに備える複数のリーフの破損の防止を目的としたマルチリーフコリメータが示されている。このマルチリーフは、駆動装置を用いて複数位置に複数リーフをそれぞれ移動させるリーフ駆動部と、複数リーフのうちの第１リーフが移動するときに第１リーフの縁が第２リーフの縁に擦れ違うかどうかを判別する擦れ違い検出部とを備え、第１案内面に案内される第１リーフと、第１案内面に隣接する第２案内面に案内される第２リーフを含み、リーフ駆動部は、第１リーフの縁が第２リーフの縁に擦れ違うときに、第２リーフの縁に対する第１リーフの縁の相対速度が所定の速度以下になるよう第１リーフを移動させる。このような制御により、第１リーフと第２リーフとが衝突するときの衝撃を低減することができ、第１リーフと第２リーフとが変形・破損することを防止している。また、リーフの位置は、ロータリーエンコーダによる回転量から算出され、その位置が妥当であるかを画像より判断することを記している。

30

【０００５】

特許文献３では、被検体に放射線を曝射して治療する技術に関し、リーフブロックの変位又は位置の検出においてバックラッシュの影響を回避し、リーフブロックの変位又は位置を正確に検出する技術が示されている。この技術では、放射線の照射野を所定形状に絞るマルチリーフコリメータに、照射野方向に移動可能とされ、所定面に移動方向に沿って刻設されたパターン画像を有するリーフブロックと、所定面方向を定点観察して定点画像を取得し、この定点画像に存在するパターン画像の配置位置に基づき、リーフブロックの変位を検出する検出手段を備え、検出手段は、所定の照射部が形成する光学系に配置された光学フィルタにより、この照射部からの特有の波長を有する光を透過して、イメージセンサに受光させる方式でリーフブロックの変位又は位置を正確に検出することを記している。

40

【０００６】

【特許文献１】特開２００３－０７９７５４号公報（段落００１７）

【特許文献２】特開２００７－３１９４９６号公報（段落００２３、００６７）

50

【特許文献3】特開2007-202805号公報(段落0025)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

各特許文献に記載されている粒子線治療用マルチリーフコリメータにおいてもリーフの動作異常を検出する機能を備えているが、エンコーダとポテンシオメータを併用するタイプでは検出精度が悪く、異常判断を厳密にできないという問題があった。

また画像情報により異常検出するタイプでは画像撮影装置を装置に組み込む必要があり装置が大型化してしまい、更にコストが高いという問題があった。

この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、安価なインクリメンタルエンコーダだけでリーフの動作異常を検出できる粒子線治療用マルチリーフコリメータの提供を目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0008】

この発明に係る粒子線治療装置用マルチリーフコリメータは、粒子線を照射する照射野形状を形成するために正対して開閉する2枚のリーフと、それぞれのリーフを独立して移動させるモータと、そのモータの回転数を検出するエンコーダと、それぞれのリーフの移動を全開位置に規制するストッパとを接続してなるリーフ駆動装置を複数並列したリーフ駆動装置群及び、

エンコーダが発生させるパルスからリーフの絶対位置を算出するリーフ絶対位置算出手段と、リーフの現在の絶対位置と、リーフが移動すべき位置を指令するリーフ絶対目標位置指令から、それぞれのモータの出力すべきトルクを算出するトルク算出手段と、算出トルクをモータに流す電流に変換するトルク/電流変換手段とからなるリーフ制御装置

を備えた粒子線治療装置用マルチリーフコリメータにおいて、

リーフがストッパに接触する位置を原点とし、リーフを全開方向に移動しトルク算出手段が算出するトルク値が所定の時間継続して所定の値を超えたことにより、リーフがストッパに接触したことを検知した時、

リーフ絶対位置算出手段が算出するリーフ絶対位置が原点から所定の範囲内に無いときは、リーフ駆動装置は異常、所定の範囲内にあるときは正常であると判定するものである。

【0009】

また、この発明に係る粒子線治療装置用マルチリーフコリメータは、粒子線を照射する照射野形状を形成するための正対して開閉する2枚のリーフと、それぞれのリーフを独立して移動させるモータと、そのモータの回転数を検出するエンコーダと、それぞれのリーフの移動を全開位置に規制するストッパとを接続してなるリーフ駆動装置を複数並列にしたリーフ駆動装置群及び、

リーフの現在の絶対位置と、リーフが移動すべき位置を指令するリーフ絶対目標位置指令からそれぞれのモータの出力すべきトルクを算出するトルク算出手段と、算出したトルクをモータに流す電流に変換するトルク/電流変換手段とからなるリーフ制御装置

を備えた粒子線治療装置用マルチリーフコリメータにおいて、

リーフがストッパに接触する位置を原点とし、正対する2枚のリーフを互いに閉じる方向へ移動させ、トルク算出手段が算出する一方又は両方のモータのトルク値が所定の時間継続して所定の値を超えたことにより2枚のリーフの接触を検知した時、

2枚のリーフに対応するリーフ絶対位置算出手段が算出する2つの絶対位置の和と、1枚のリーフの最大移動可能距離の差が、所定の範囲内に無いときはリーフ駆動装置は異常、所定の範囲内にあるときは正常と判定するものである。

【発明の効果】

【0010】

この発明に係る粒子線治療装置用マルチリーフコリメータは、粒子線を照射する照射野形状を形成するために正対して開閉する2枚のリーフと、それぞれのリーフを独立して移

10

20

30

40

50

動させるモータと、そのモータの回転数を検出するエンコーダと、それぞれのリーフの移動を全開位置に規制するストッパとを接続してなるリーフ駆動装置を複数並列したリーフ駆動装置群及び、

エンコーダが発生させるパルスからリーフの絶対位置を算出するリーフ絶対位置算出手段と、リーフの現在の絶対位置と、リーフが移動すべき位置を指令するリーフ絶対目標位置指令から、それぞれのモータの出力すべきトルクを算出するトルク算出手段と、算出トルクをモータに流す電流に変換するトルク/電流変換手段とからなるリーフ制御装置を備えた粒子線治療装置用マルチリーフコリメータにおいて、リーフがストッパに接触する位置を原点とし、リーフを全開方向に移動しトルク算出手段が算出するトルク値が所定の時間継続して所定の値を超えたことにより、リーフがストッパに接触したことを検知した時、

リーフ絶対位置算出手段が算出するリーフ絶対位置が原点から所定の範囲内に無いときは、リーフ駆動装置は異常、所定の範囲内にあるときは正常であると判定するものなので、開方向への動作による診断処理を粒子線の照射前後におこなうことで、エンコーダの間欠故障、モータ軸のスリップ、歯車の欠損、リーフに刻まれた歯の欠損による位置不良やエンコーダとリーフ制御装置間の接触不良によるパルスの欠損による位置不良、エンコーダとリーフ制御装置間の外線に重畳したノイズによるパルスの追加による位置不良の検出が可能となり、信頼性の高いマルチリーフコリメータを安価に簡単に得ることができ、粒子線の誤照射を未然に防止することができる。

【0011】

また、この発明に係る粒子線治療装置用マルチリーフコリメータは、粒子線を照射する照射野形状を形成するための正対して開閉する2枚のリーフと、それぞれのリーフを独立して移動させるモータと、そのモータの回転数を検出するエンコーダと、それぞれのリーフの移動を全開位置に規制するストッパとを接続してなるリーフ駆動装置を複数並列にしたリーフ駆動装置群及び、

リーフの現在の絶対位置と、リーフが移動すべき位置を指令するリーフ絶対目標位置指令からそれぞれのモータの出力すべきトルクを算出するトルク算出手段と、算出したトルクをモータに流す電流に変換するトルク/電流変換手段とからなるリーフ制御装置

を備えた粒子線治療装置用マルチリーフコリメータにおいて、

リーフがストッパに接触する位置を原点とし、正対する2枚のリーフを互いに閉じる方向へ移動させ、トルク算出手段が算出する一方又は両方のモータのトルク値が所定の時間継続して所定の値を超えたことにより2枚のリーフの接触を検知した時、

2枚のリーフに対応するリーフ絶対位置算出手段が算出する2つの絶対位置の和と、1枚のリーフの最大移動可能距離の差が、所定の範囲内に無いときはリーフ駆動装置は異常、所定の範囲内にあるときは正常と判定するものなので、閉方向への動作による診断処理を粒子線の照射前後におこなうことで、エンコーダの間欠故障、軸のスリップ、歯車の欠損、リーフに刻まれた歯の欠損による位置不良やエンコーダとリーフ制御装置間の接触不良によるパルスの欠損による位置不良、エンコーダとリーフ制御装置間の外線に重畳したノイズによるパルスの追加による位置不良の検出が可能となり、信頼性の高いマルチリーフコリメータを得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

実施の形態1.

この発明の実施の形態1を図に基づいて説明する。図1はマルチリーフコリメータ20の構成図である。上位計算機1にはリーフ駆動装置30を制御するためのリーフ制御装置2が接続されている。リーフ駆動装置30は、リーフを駆動するモータ3L、3R、モータの回転軸4L、4R、各モータの軸の回転が伝達され所定のパルスが発生するエンコーダ5L、5R及び歯車6L、6R、粒子線の照射野を形成するリーフ8L、8R及び、両リーフの最大開（図の上下方向に最大限開いた状態）位置を検出するためのストッパ7L、7Rで構成される。

10

20

30

40

50

粒子線は図 1 手前から、リーフ 8 L、8 R の間を通して奥側に照射され、リーフ 8 L、8 R に当たる部分では粒子線が遮断され通過しない。マルチリーフコリメータ 20 のリーフ 8 L、8 R の間を通過して粒子線が照射される部分が照射野 9 となる。

実際のマルチリーフコリメータ 20 は、このように対をなすリーフ 8 L、8 R が多数組、図 1 の左右方向に並設されていて複雑な照射野形状を作ることができる。

以下の説明では主にリーフ 8 L、必要に応じてリーフ 8 L とリーフ 8 R の動作について説明するが、他のリーフの動作も同様である。

【0013】

図 2 はリーフ制御装置 2 のブロック図である。

リーフ制御装置 2 の処理の概略を説明する。リーフ制御装置 2 にはリーフの数だけリーフ制御ブロックがあり、1つの制御ブロックが1枚のリーフの動作を制御する。そしてリーフ制御ブロック 10 L はリーフ 8 L の動作を制御する制御ブロックである。リーフ絶対位置算出手段 12 L はエンコーダ 5 L が発生するパルス 11 L の回数を積算してリーフの現在の絶対位置情報となるパルス積算値 12 L P を算出する。

リーフ目標位置変換手段 13 L は上位計算機からリーフ絶対目標位置指令 40 L を受け、そのリーフ絶対目標位置を現在のリーフの位置からの相対位置であるリーフ相対目標位置 13 L P に変換する。トルク算出手段 14 L は、リーフ相対目標位置 13 L P とパルス積算値 12 L P から、現在モータ 3 L が出力すべきトルク算出する。この値をトルク/電流変換手段 15 L でモータ 3 L に印加する電流に変換してモータを駆動する。

【0014】

このように、リーフ制御装置 2 はリーフ 8 L が、リーフ目標位置変換手段 13 L で算出されたリーフ相対目標位置 13 L P へ移動するようモータ 3 L に電流を流し制御する。モータ 3 L が回転すると、モータ 3 L に接続された軸 4 L が回転し、軸に取り付けられた歯車 6 L も回転する。リーフ 8 L には歯が刻まれており、回転する歯車 6 L によりリーフ 8 L は位置を変化させる。リーフ 8 L はストッパ 7 L の位置まで移動することができるがストッパ 7 L を越えて移動することはできない。リーフ 8 L がストッパ 7 L の方向へ移動することを開方向への移動、逆の方向に移動することを閉方向の移動と呼ぶ。リーフ 8 L が最大に開いている状態（ストッパ 7 L に接触している状態で最大開と呼ぶ）での各リーフの先端位置をそれぞれのリーフの原点（0）と呼ぶ。

【0015】

軸 4 L の回転にあわせてエンコーダ 5 L も回転する。エンコーダ 5 L は回転するとパルスを発生する。この実施の形態で使用するエンコーダが発生するパルスの波形は軸の回転の向きによって異なる、従って軸に接続されているモータがどちらに回転したかを判別できる。発生するパルスはリーフ絶対位置算出手段 12 L に入力される。リーフ絶対位置算出手段 12 L は、上記発生パルスを、リーフが開方向に移動しているときは正の数で、閉方向に移動しているときは負の数でカウントする。

このように、パルスは軸 4 L の回転に合わせて規則正しく発生し、回転方向を判別できるので、パルスの正負の発生回数を最初から積算するとリーフの現在位置を特定できることになる。つまり、この実施の形態のマルチリーフコリメータ 20 は、リーフの絶対位置を直接検出する手段は備えていないが、予め計測したリーフの移動距離とその移動距離に対してエンコーダが発生するパルスの発生回数の関係を表す関数を保持することにより、エンコーダが発生するパルスの積算値から間接的に現在のリーフの絶対位置を算出できることになる。

【0016】

図 1、図 2 を使用して、具体例をあげてリーフの「位置」について説明する。

モータ 3 L を制御するリーフ制御ブロック 10 L のリーフ絶対位置算出手段 12 L には、エンコーダ 5 L より得られるパルス 11 L が入力される。リーフ絶対位置算出手段 12 L はパルス 11 L の発生回数に、リーフの移動向きに応じた正負の符号付けて積算しパルス積算値 12 L P として保持する。

リーフ絶対目標位置指令 40 L は上位計算機 1 より指示された、リーフが移動すべき絶

10

20

30

40

50

対目標位置である。このリーフ絶対目標位置指令 40 L を元に、リーフ目標位置変換手段 13 L で、現在のリーフの絶対位置からのリーフの相対的な目標位置であるリーフ相対目標位置 13 L P を算出する。

リーフ絶対目標位置指令 40 L とリーフ相対目標位置 13 L P (移動方向と距離) の関係について、「移動距離」と「リーフの絶対位置」と「パルス積算値」の関係に言及しながら説明する。

【0017】

今、リーフ 8 L、8 R がストッパ 7 L、7 R に接触する原点にあるとする。またこの時、リーフ 8 L、8 R の制御モータに接続されたエンコーダ 5 L、5 R から発生するパルス回数を積算し保存するパルス積算値 12 L P、12 R P は共に 0 でリセットされているとする。

リーフ 8 L、8 R に対して仮に同時に閉方向に無限大に移動する指示を与えたとする。各リーフはそれぞれの原点から閉方向に等しく無限大に移動しようとし、それぞれのリーフの先端がストッパ 7 L、7 R の中間点で衝突して止まる。この時エンコーダ 5 L、5 R が発生する正のパルスの発生回数が共に 5000 回であったとする。この場合、それぞれのリーフの先端の絶対位置は 0 - 10000 範囲で指定できることになる。なぜなら、各リーフは中間位置を越えて移動できるので、1 枚のリーフが原点から他のリーフの最大開位置まで移動する場合があるからである。

リーフが同一方向に動く場合のリーフの移動距離とエンコーダが発生するパルスの回数は比例し、この関数はリーフ制御装置 2 で保持している。ここでは説明の都合上パルス 1 回に対して、距離 1 が対応するとする。

【0018】

リーフ 8 L、8 R がストッパ 7 L、7 R の中間点で接触して停止している状態で、パルス積算値 12 L P、12 R P はそれぞれ 5000 である。この状態で上位計算機 1 がリーフ 8 L に対する絶対目標位置指令 40 L として 2500 を与えると、リーフ目標位置変換手段 13 L はリーフ絶対位置算出手段 12 L から取得した現在のリーフ 8 L の絶対位置 5000 から、絶対位置 2500 へ移動するためのリーフ相対目標位置 13 L P として -2500 を算出する。リーフ制御装置 2 はリーフ 8 L を移動方向 = 閉方向に、移動距離 2500 だけ移動させるようにモータを制御する。この時、パルス積算値 12 L P は 5000 - 2500 = 2500 となる。更に、リーフ絶対目標位置指令 0 を与えると、リーフ相対目標位置 13 L P は -2500 となり、リーフ 8 L は原点に戻る。この時、パルス積算値 12 L P は計算上 0 となる。パルス積算値 12 R P は 5000 のままでリーフ 8 R の先端は両ストッパの中間点のままである。

以上のように現在のリーフの絶対位置は、モータの軸に接続されたエンコーダが発生するパルス積算値 12 L P、12 R P として間接的に求めることができ、次にリーフが取るべきリーフ相対目標位置 13 L P (移動方向と距離) はリーフの現在位置からの相対位置 (正負の符号とエンコーダのパルス発生回数) として与え得ることが分かる。

【0019】

次に実施の形態 1 におけるマルチリーフコリメータの動作モードについて簡単に説明する。

この実施の形態でのマルチリーフコリメータには 3 種類の動作モードがある。

第 1 のモードは原点復帰モードである。装置の起動直後に各リーフを最大開位置まで移動し、この位置で各リーフの絶対位置算出手段のパルス積算値をクリアして 0 とする。これにより各リーフの原点 (0) がそれぞれのリーフの最大開の位置にセットできる。

第 2 のモードは通常動作モードである。通常の装置の運用はこのモードで使用する。

第 3 のモードは診断モードである。診断モードではリーフ駆動装置に誤動作がないかを診断する。

【0020】

各動作モードについて詳細を説明するが、説明の都合上、通常動作モードを先に説明する。従って、ここでは、原点復帰モードの実行により、各リーフの原点 (0) で、各リー

10

20

30

40

50

フのパルス積算値 1 2 L P , 1 2 R P をすべて 0 としてリセットしているものとして説明する。

図 3 は通常モードでのトルク算出手段 1 4 L の処理を示しており、その処理は周期的 (1 m s e c / 回) に行われている。

トルク算出手段 1 4 L は、まずステップ S 1 4 1 でリーフ 8 L の先述したリーフ相対目標位置 1 3 L P を取得する。

次にステップ S 1 4 2 で、現時点目標位置を取得する。ここで取得する現時点目標位置とは、これまで説明してきたリーフ相対目標位置 1 3 L P とは異なる。現時点目標位置は具体的には、1 m s e c 後にリーフ 8 L が在るべき位置を指し、トルク算出手段 1 4 L に内蔵する関数から取得できる。その関数を示したものが図 4 である。

図 4 は、リーフ 8 L の移動速度と経過時間との関係を示すものである。リーフ 8 L を移動させるとき、トルク算出手段 1 4 L は図 4 に示す関係に沿って、最初は加速して速度を上げ、一定速度に達すると均一速度を維持し、リーフ目標位置に近づくとき減速して静止するようにリーフ 8 L のスピードを制御する。

この時、図 4 の X Y 両軸と速度を表す各線分で囲まれる台形部分の面積は、リーフ相対目標位置 1 3 L P までの距離を表す。加速、減速時の加速度及び等速移動速度が予め決まっているとすると、リーフ相対目標位置 1 3 L P が決まれば、このグラフの関係から計算して移動開始から一定時間後のリーフの在るべき計算上の絶対位置を求めることができる。

トルク算出手段 1 4 L では定期周期 (1 m s e c / 回) で図 3 のフローチャートを実行するので、次の周期 (1 m s e c) 後にリーフ 8 L が存在すべき位置は算出できることになり、この位置を「現時点目標位置」として設定する。

この現時点目標位置は 2 回目以降は、ステップ S 1 5 0 で更新されるが、処理の最初ではステップ S 1 4 2 で与えてやらなければならない。

【 0 0 2 1 】

ステップ S 1 4 3 では、リーフ絶対位置算出手段 1 2 L より得られる「現在のリーフ位置」を取り込む。現在のリーフ位置は前述の通りエンコーダ 5 L の回転によって発生するパルスを積算したパルス積算値 1 2 L P から得られる。

現時点目標位置が 1 m s e c 後にリーフ 8 L が在るべき計算上の位置であるのに対して、エンコーダ 5 L が発生するパルスの積算値であるパルス積算値 1 2 L P は現実リーフ 8 L が存在する絶対位置を表すことになる。

【 0 0 2 2 】

ステップ S 1 4 5 では、取り込んだ「現在リーフ位置」と「現時点目標位置」との差分をとり、位置偏差を算出する。ステップ S 1 4 6 では、「前回リーフ位置」と「今回リーフ位置」の差分をとるステップである。図 3 に示すフローチャートは、定周期 (約 1 m s e c) で動作していることから、このステップ S 1 4 6 により得られる差分より、リーフ 8 L の現在速度が求められる。

【 0 0 2 3 】

ステップ S 1 4 7 では、ステップ S 1 4 5 で得られた位置偏差およびステップ S 1 4 6 で得られた現在速度より、リーフ制御速度を求め、モータに出力するトルクを算出する。

リーフ制御速度は、現時点目標位置に到達していなければ速度を速め、現時点目標位置を超えていれば速度を落とし、さらに P I D 制御によりトルクを算出する。

位置偏差と現在速度からモータトルクを算出する方法を図 7 を用いて簡単に説明する。

K 1 - K 5 はモータの特性に合わせて予め算出してある定数である。

(1) 位置偏差から、 $K 1 \times (1 / \text{時間})$ により、その位置偏差を埋め合わせるための速度指令を算出する。

(2) 現在速度に定数 K 2 を乗じ、(1) で求めた速度指令と合わせて速度偏差を求める。

(3) 求められた速度偏差に対する積分値と比例値と微分値を算出し、その和を求めトルクとする。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 4 】

また、速度が図 4 に示す速度を超えないようにトルクを算出する。万一、速度の計算値が、図 4 における、リーフ移動開始後の経過時間に対応する速度の値を超える場合は、グラフの上限値を制御速度として制御する。これにより、装置の安全性を確保できる。

【 0 0 2 5 】

ステップ S 1 4 8 では、算出トルクが所定時間継続して所定トルクを超えていたかどうか判定する。超えていない場合は、ステップ S 1 5 0 を実行する。このステップでは、「現時点目標位置」を次周期で使用する「現時点目標位置」に更新する。そして一定周期でこのフローが実行されるようにステップ S 1 5 1 にて必要に応じてウェイトをかけてから処理をステップ S 1 4 3 に戻す。ステップ S 1 4 4 で現在位置がリーフ相対目標位置 1 3 L P で与えられた値と等しい場合は終了する。

10

【 0 0 2 6 】

ステップ S 1 4 8 で算出トルクが所定時間以上、所定の値を超えていた場合は、ステップ S 1 4 9 へ進む。

所定の時間以上モータ 3 L の算出トルクが所定の値を超えるということは、リーフ 8 L が予定通り動いていないことを意味する。リーフ 8 L 又は他の部品に何らかの異常が発生していると考えられるので上位計算機 1 に異常発生を報告して処理を中止する。

なお、このような状態をトルク超過と呼ぶ。

以上が通常モードでのトルク算出手段 1 4 L の動作である。

【 0 0 2 7 】

20

トルク / 電流変換手段 1 5 L は、トルク算出手段 1 4 L に連動して、トルク算出手段 1 4 L で算出されたトルクをモータ 3 L が出力するために必要な電流を算出し、モータ 3 L に流す。

通常モードでは各リーフは以上のような処理によってその位置取りを制御される。

【 0 0 2 8 】

次に原点復帰モードについて説明する。

本実施の形態におけるマルチリーフコリメータには、インクリメンタルエンコーダを採用していることから、本装置が起動した直後、リーフ制御装置 2 は各リーフの絶対位置を把握できない。そこで装置起動直後に各リーフを最大開位置まで開いて、その位置で各リーフの各リーフ絶対位置算出手段のパルス積算値を 0 に設定する必要がある。

30

この操作が原点復帰操作であり、マルチリーフコリメータの原点復帰モードでおこなう。

図 8 が本装置が原点復帰モードで稼働している時の、トルク算出手段 1 4 L の処理の流れを示す図である。図 3 の通常モードの場合とのフローとしての差異は、通常モードではステップ S 1 4 4 で目標位置に到達したかどうかを判定するのに対して、原点復帰モードではその処理は存在しないという点と、ステップ S 1 4 8 でトルク超過が発生した後の処理内容である。

【 0 0 2 9 】

この原点復帰モードでは、上位計算機 1 は、リーフ制御装置 2 に対して、実際にリーフが動作可能な最大値を超える負の数（例えば - 1 0 0 0 0 0 ）をリーフ絶対目標位置指令 4 0 L として与える。こうすることにより、全てのリーフは各ストッパに接触するまで開方向に移動し、ストッパに衝突しても更にリーフを開こうとして必要トルクを算出する。

40

従って、リーフ 8 L がストッパ 7 L に接触すると図 8 のステップ S 1 4 8 で必ずトルク超過状態を検出し、ステップ S 2 4 9 に進む。

ステップ S 2 4 9 では原点復帰処理として、パルス積算値 1 2 L P を 0 にクリアし、クリア終了を上位計算機 1 に通知して処理を終了する。

なお、原点復帰モードでは、現時点目標位置の算出のために使用する、速度と位置関係を表す関数は図 5 となる。ストッパにリーフを接触させる必要から、通常動作モードより遅い速度で安全に処理を行う必要があるためである。

【 0 0 3 0 】

50

次に診断モードについて説明する。

通常動作モードにおいてトルク算出手段 1 4 L が図 3 のステップ S 1 4 8、S 1 4 9 でリーフ動作の異常検出処理を用意していても、以下に示すような、リーフが間欠的に正常に移動する場合には、ステップ S 1 4 8 の判定条件を満たさない場合がある。

- (1) 軸 4 L とエンコーダ 5 L 間が間欠的にスリップするような故障の場合。
- (2) 軸 4 L と歯車 6 L が間欠的にスリップするような故障の場合。
- (3) 歯車 6 L やリーフ 8 L に刻まれた歯の一部欠損しているような故障の場合。
- (4) エンコーダ 5 L とリーフ制御装置 2 間の外線接触不良によるパルスの欠損による位置情報不良の場合。
- (5) エンコーダ 5 L とリーフ制御装置 2 間の外線にノイズが入り、重畳したパルス挿入による位置情報不良の場合。

10

結果、実際にはリーフ 8 L は目標とする位置に到達していないにも拘わらず、リーフ制御装置 2 は目標位置に到達したと判断してしまう場合がある。

【 0 0 3 1 】

そこで、マルチリーフコリメータに診断モードを設け、トルク算出手段 1 4 L 用の処理手順 (図 9) を別途設ける。

通常モードのトルク算出手段 1 4 L の処理手順を示す図 3 と図 9 との差異は、ステップ S 1 4 4 (目標到達判定) で Y E S となった後の処理であるステップ S 1 4 4 1 と、ステップ S 1 4 8 でトルク超過を検出した後の処理である。

【 0 0 3 2 】

20

以下、順に説明する。

上位計算機 1 は粒子線を照射するための照射野を形成するためにリーフ制御装置 2 に、リーフ絶対目標位置指令 4 0 L を与えるのであるが、安全のため、事前に診断モードでの診断処理をおこなう。

診断モードでは上位計算機 1 は、リーフ 8 L の絶対目標位置指令を - 1 として指示する。リーフ目標位置変換手段 1 3 L はリーフ 8 L の現在位置からの相対目標位置 (移動方向、距離) をリーフ相対目標位置 1 3 L P として算出する。

絶対位置 - 1 に移動するようリーフ相対目標位置 1 3 L P を与えるということは、ストップパの位置を越えた位置を目標位置として設定し、ストップ 7 L の位置より更に開方向への移動をおこなうようモータ 3 L を制御することを意味する。

30

万一步驟 S 1 4 4 でリーフ 8 L が目標に到達したと判断されて、処理が S 1 4 4 1 で終了した場合は、リーフ制御装置 2 はリーフ 8 L が既に絶対位置 - 1 に到達したと判断していることになる。正常であればリーフはストップパに接触し、目標に到達することは起こりえない。そこで、この場合は、ステップ S 1 4 4 1 で上位計算機 1 に異常発生を通知して処理を終了する。

この場合、上記 (2) (3) (5) の異常発生が考えられる。

上記 (1) (4) の異常の場合及び、装置が正常に動作している場合は、最後に必ずステップ S 1 4 8 から S 1 5 2 に進む。ステップ S 1 5 2 で、リーフ絶対位置算出手段 1 2 L のパルス積算値 1 2 L P の値が 0 近傍の許容誤差の範囲であればステップ S 1 5 2 の条件を満足し、ステップ S 1 5 4 へ進んで上位計算機 1 に診断 O K を通知して診断処理を終了する。条件を満足しない場合はステップ S 1 5 3 へ進み上位計算機 1 に異常を通知して処理を終了する。

40

【 0 0 3 3 】

このように、リーフの開方向への動作による診断処理を粒子線の照射前後におこなうことで、エンコーダ 5 L の間欠故障、軸 4 L のスリップ、歯車 6 L の欠損、リーフ 8 L に刻まれた歯の欠損による位置不良やエンコーダ 5 L とリーフ制御装置 2 間の接触不良によるパルス 1 1 L の欠損による位置不良、エンコーダ 5 L とリーフ制御装置 2 間の外線に重畳したノイズによるパルス 1 1 L の追加による位置不良の検出が可能となり、信頼性の高いマルチリーフコリメータを得ることができる。

なお、診断モードで「現時点目標位置」の設定のために使用するグラフは図 5 となる。

50

これにより、通常動作モードより遅い速度で安全に診断処理をおこなえる。

【 0 0 3 4 】

実施の形態 2 .

実施の形態 1 では、リーフ制御装置 2 は図 3 のステップ S 1 4 7 において、リーフの移動速度が図 4 に示す速度を超えないようにモータのトルクを算出していた。つまり、計算速度がグラフの値を超える場合は、図 4 によって求められるリーフの移動開始後の経過時間に対応する速度をリーフの上限速度としていた。

【 0 0 3 5 】

図 4 に示すグラフが、リーフの移動速度と移動開始後の経過時間の理想の関係であるから、現在のリーフ位置からリーフ相対目標位置 1 3 L P までの時間と位置の関係は図 6 に示す関係となり、リーフ 8 L が在るべき位置はリアルタイムで算出することができる。

【 0 0 3 6 】

図 1 0 は、この発明の実施の形態 2 におけるトルク算出手段 1 4 L のフローチャートである。実施の形態 1 における通常モードでのトルク算出手段 1 4 L のフローチャートである図 3 との違いは、トルク超過を判定するステップ S 1 4 8 の次に、ステップ S 1 4 8 1 として、現在リーフ位置が予想リーフ位置の近傍にあるか否かの判定を入れている点である。

実施の形態 2 におけるトルク算出手段 1 4 L には、位置と時間の関係を算出する機能を設けてある。上位計算機 1 よりリーフ絶対目標位置指令 4 0 L がリーフ制御装置 2 に指示され、リーフ目標位置変換手段 1 3 L でリーフ相対目標位置 1 3 L P が算出されると、リーフ相対目標位置までの距離から逆算して、図 6 のグラフからリーフ 8 L が、ある時間に x 1 に取るべき位置 y 1 を求めることができる。これにより、計算上の理想位置と実際の位置の乖離が発生している場合は、リアルタイムにこれを検出することができる。

【 0 0 3 7 】

実施の形態 1 と相違する処理について説明する。

ステップ S 1 4 8 1 において、パルス積算値 1 2 L P の示す現在のリーフ位置が、図 6 から求められる移動開始後経過時間 x 1 に対応する予想位置 y 1 近傍であるかどうかを判定する。この判定条件を満足する場合、ステップ S 1 5 0 を実行する。判定条件を満足しない場合、ステップ S 1 4 8 2 に進む。

リーフ 8 L の位置が予想位置近傍に無い場合は故障が考えられる。この場合は、上位計算機 1 に異常発生を通知して処理を終了する。

【 0 0 3 8 】

このステップ S 1 4 8 1 の処理による異常検出により、エンコーダ 5 L の間欠故障、軸 4 L のスリップ、歯車 6 L の欠損、リーフ 8 L に刻まれた歯の欠損による位置不良やエンコーダ 5 L とリーフ制御装置 2 間の接触不良によるパルス 1 1 L の欠損による位置不良、エンコーダ 5 L とリーフ制御装置 2 間の外線に重畳したノイズによるパルス 1 1 L の追加による位置不良の検出が可能となり、信頼性の高いマルチリーフコリメータを得ることができる。また、照射の前後にリーフの位置診断をおこなう際、現在のリーフの位置関係によって、総移動距離が短くて済む、開方向又は閉方向のいずれかの診断をすれば良く、診断時間を短縮できる。

【 0 0 3 9 】

実施の形態 3 .

実施の形態 3 のマルチリーフコリメータは図 1 に示す実施の形態 1 で説明したマルチリーフコリメータとハードウェア構成は同一である。違いは、この実施の形態 3 では、診断モード時に、実施の形態 1 における開方向の診断モードに加えて、閉方向の診断モードを追加している点である。

この違いを、この実施の形態 3 で使用するトルク算出手段の処理のフロー図である図 1 1 に基づいて説明する。

【 0 0 4 0 】

実施の形態 1 における診断モードでのトルク算出手段 1 4 L のフローを示す図 9 と本実

10

20

30

40

50

施の形態でのフローを示す図 1 1 との差異はトルク超過を検出した後のステップ S 3 4 9 とそのステップで閉方向診断モードに分岐する後の処理である。

閉方向診断モードについて説明する。

実施の形態 1 での例と同様にストッパ 7 L、7 R 間の中間点にリーフの先端がある場合のパルス積算値 1 2 L P、1 2 L R が示す値は、装置が正常に動作している場合はそれぞれ 5 0 0 0 であるとする。

【 0 0 4 1 】

閉方向診断の処理では上位計算機 1 は、リーフ 8 L、8 R が照射野の存在しない状態、すなわち閉状態を実現するために、リーフ制御手段 2 に対してリーフ絶対目標位置指令 4 0 L、4 0 R を与える。

説明を簡単にするために、ここでは先の例の続きとして、1 枚のリーフが移動できる最大値 1 0 0 0 0 を両リーフの目標位置として与えるとする。

この場合は、例えば現在の各リーフの位置が何処にあっても、万一、一方のリーフが故障でまったく動かない場合でも、2 枚のリーフは衝突することになる。両リーフが衝突した時、それぞれのリーフのパルス積算値 1 2 L P、1 2 R P を合計した値が 1 枚のリーフとして移動できる最大値 1 0 0 0 0 近傍であれば、2 枚分のパルス積算値の合計は正常値を示していることになる。

つまり、2 枚のリーフ 8 L、8 R がどこで接触していても、両リーフが正常に動作している状態ではパルス積算値 1 2 L P、1 2 R P の合計は 1 0 0 0 0 となる。例えばリーフ 8 L が絶対位置 1 0 0 0 の位置にある状態で両リーフが閉じている場合、リーフ絶対位置算出手段 1 2 R のパルス積算値は 9 0 0 0 となる。両リーフがそれぞれのストッパからの中間点で閉じているときは、1 2 L、1 2 R のパルス積算値は共に 5 0 0 0 であるから合計はやはり 1 0 0 0 0 である。

【 0 0 4 2 】

実際の閉方向診断モードでは、上位計算機 1 はリーフ制御装置 2 に対して、両リーフ間の中間点 + 1 の位置を各リーフのリーフ絶対目標位置指令として与える。処理時間を最短にできるからである。

同時に、高速でのリーフ同士の衝突によってリーフが破損することを防止するためでもある。

【 0 0 4 3 】

この閉方向の診断によって次のような故障を診断できる。

例えば、ギア 6 R が割れて脱落した状態で両リーフがストッパ 7 L、7 R に接触する位置にあるとする。

この場合、図 2 のリーフ絶対位置算出手段 1 2 L のパルス積算値は正常であれば 0 である。ここで閉方向の診断を開始すると、リーフ 8 L は中間点 + 1 の 5 0 0 1 まで進んで停止する。目標位置に到達したからである。本来両リーフは接触してステップ S 1 4 8 でトルク超過を検出するはずであるのにトルク超過が発生しないで終了したということは異常の発生と判断できる。したがってステップ S 1 4 4 1 で上位計算機 1 に異常を通知して終了する。

【 0 0 4 4 】

また、両リーフが接触しステップ S 1 4 8 でトルク超過が発生しステップ S 3 4 9 から S 3 5 3 へ進んだ場合を考える。

この場合は、パルス積算値 1 2 L P と 1 2 R P の値を積算してその値が 1 0 0 0 0 近傍であるか否かを確認する。

万一誤差が所定の範囲外の場合はリーフまたは周辺器機に異常が発生していると考えられるのでステップ S 3 5 4 へ進んで上位計算機 1 に異常を通知して終了する。

パルス積算値 1 2 L P、1 2 R P の合計が 1 0 0 0 0 とほぼ等しければ正常である。この場合は診断 OK として上位計算機 1 に通知して処理を終了する。

なお、運用中にパルス積算値が負の数になることは通常起こりえない。その場合のエラー処理は当然行うがここでの説明は省略する。

10

20

30

40

50

以上のように両リーフの絶対位置算出手段 1 2 L、1 2 R のパルス積算値 1 2 L P、1 2 R P の和とその和が設計上取るべき値の比較をおこなうことで、開方向だけでなく、閉方向の診断をおこなうことができる。

【 0 0 4 5 】

この実施の形態 3 によるマルチリーフコリメータは、閉方向の診断モードを設けることにより、粒子線の照射前後にリーフの位置診断をおこなう際、現在のリーフ位置に応じて近い方向に合わせて、開方向診断または閉方向診断をおこなえるので必要な診断時間の短縮化が可能となるという利点がある。

【 0 0 4 6 】

実施の形態 4 .

10

実施の形態 4 は、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 で使用したリーフ駆動装置 3 0 に、異常発生時に備え、一部の部品を二重化して装着し、リーフ駆動装置 1 3 0 としたものである。

図 1 2 はこの実施の形態におけるマルチリーフコリメータ 1 2 0 の構成図。図 1 3 はリーフ制御装置 1 0 2 のブロック図である。モータ 3 L に対しては、二重化されたエンコーダ 5 L と 5 1 L が接続され、モータ 3 R に二重化されたエンコーダ 5 R と 5 1 R が接続されている。エンコーダ 5 L が発生させるパルス 1 1 L 用のリーフ絶対位置算出手段 1 2 L に加え、エンコーダ 5 1 L が発生させるパルス 1 1 1 L 用のリーフ絶対位置算出手段 1 1 2 L が追加されている。また、リーフ絶対位置算出手段 1 2 L とリーフ絶対位置算出手段 1 1 2 L が保持する 2 つのパルス積算値 1 2 L P と 1 1 2 L P を比較する比較回路 1 8 L を備えている。2 つのパルス積算値の値に所定の範囲以上の差が発生した場合は、いずれかのエンコーダの異常として処理を中止し、診断モードをおこなうことにより、故障しているエンコーダを素早く特定できる。

20

【 0 0 4 7 】

この仕組みにより、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 の効果に加えて、エンコーダの不良による位置不正の検出が可能となり、信頼性をさらに向上させることができる。

【 0 0 4 8 】

実施の形態 5 .

実施の形態 5 は、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 で使用したリーフ駆動装置 3 0 に、異常発生時に備え、一部の部品を三重化して装着し、リーフ駆動装置 2 3 0 としたものである。

30

図 1 4 はこの実施の形態におけるマルチリーフコリメータ 2 2 0 の構成図。図 1 5 はリーフ制御装置 2 0 2 のブロック図である。モータ 3 L には、三重化されたエンコーダ 5 L、5 1 L、5 2 L が接続され、モータ 3 R には三重化されたエンコーダ 5 R、5 1 R、5 2 R が接続されている。エンコーダ 5 L が発生させるパルス 1 1 L 用のリーフ絶対位置算出手段 1 2 L に加え、エンコーダ 5 1 L、5 2 L が発生させるパルス 1 1 1 L、2 1 1 L 用のリーフ絶対位置算出手段 1 1 2 L、2 1 2 L が追加されている。また、3 つのリーフ絶対位置算出手段が保持する 3 つのパルス積算値 1 2 L P、1 1 2 L P、2 1 2 L P の真偽を判定する多数決判定手段 1 9 L を備えている。

【 0 0 4 9 】

40

この仕組みにより、1 つのエンコーダが不良となっても原因エンコーダを特定して装置の運用を継続させることが可能となり、装置の可動性を向上させることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 0 】

【 図 1 】 この発明の実施の形態 1 のマルチリーフコリメータの構成図である。

【 図 2 】 この発明の実施の形態 1 のリーフ制御装置のブロック図である。

【 図 3 】 この発明の実施の形態 1 の通常モードでのトルク算出手段のフロー図である。

【 図 4 】 この発明の実施の形態 1 の通常モードでのリーフの移動時間と速度の関係を示す図である。

【 図 5 】 この発明の実施の形態 1 の診断・原点復帰モードでのリーフの移動時間と速度の

50

関係を示す図である。

【図 6】この発明の実施の形態 1 の診断・原点復帰モードでのリーフの移動時間と距離（位置）の関係を示す図である。

【図 7】この発明の実施の形態 1 のトルク算出方法を示すブロック図である。

【図 8】この発明の実施の形態 1 の原点復帰モードでのトルク算出手段のフローを示す図である。

【図 9】この発明の形態 1 における診断モードでのトルク算出手段のフローを示す図である。

【図 10】この発明の実施の形態 2 におけるトルク算出手段のフローを示す図である。

【図 11】この実施の形態 3 におけるトルク算出手段のフローを示す図である。

10

【図 12】この発明の実施の形態 4 のマルチリーフコリメータの構成図である。

【図 13】この発明の実施の形態 4 のリーフ制御装置のブロック図である。

【図 14】この発明の実施の形態 5 のマルチリーフコリメータの構成図である。

【図 15】この発明の実施の形態 5 のリーフ制御装置のブロック図である。

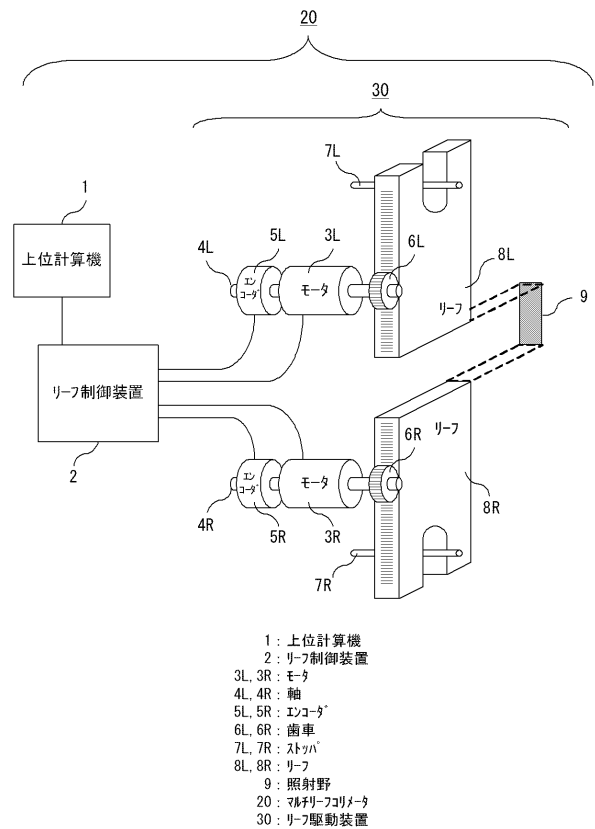
【符号の説明】

【0051】

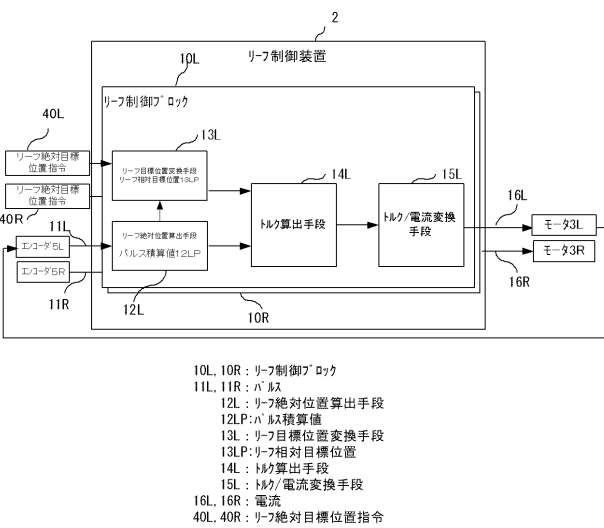
1 上位計算機、2, 102, 202 リーフ制御装置、3L, 3R モータ、
4L, 4R 軸、5L, 51L, 52L, 5R, 51R, 52R エンコーダ、
6L, 6R 歯車、7L, 7R ストップ、8L, 8R リーフ、9 照射野、
10L, 10R リーフ制御ブロック、
11L, 11R, 111L, 111R, 211L, 211R パルス、
12L, 112L, 212L リーフ絶対位置算出手段、
12LP, 12RP パルス積算値、13L リーフ目標位置変換手段、
13LP リーフ相対目標位置、14L トルク算出手段、
15L トルク/電流変換手段、16L, 16R 電流、18L 比較回路、
19L 多数決判定手段、20, 120, 220 マルチリーフコリメータ、
30, 130, 230 リーフ駆動装置、40L, 40R リーフ絶対目標位置指令。

20

【 図 1 】

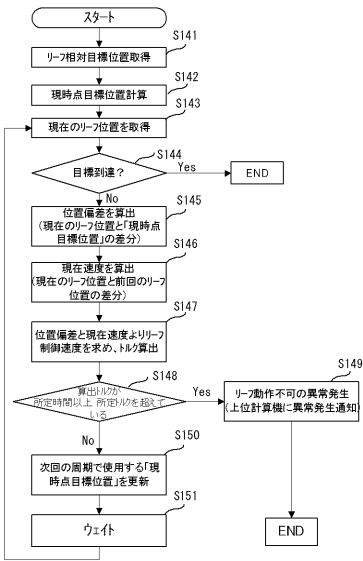


【 図 2 】



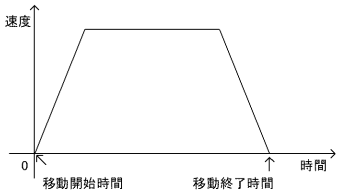
【 図 3 】

通常モードでのトルク算出手段 1 4 L の処理



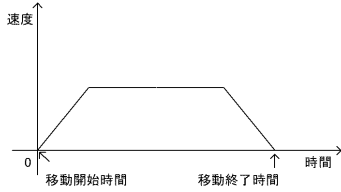
【 図 4 】

通常モード

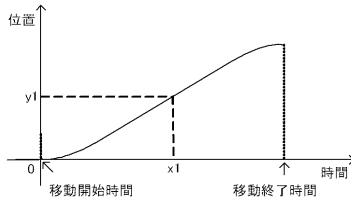


【 図 5 】

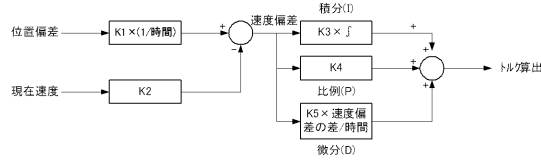
原点復帰モード
診断モード



【図 6】

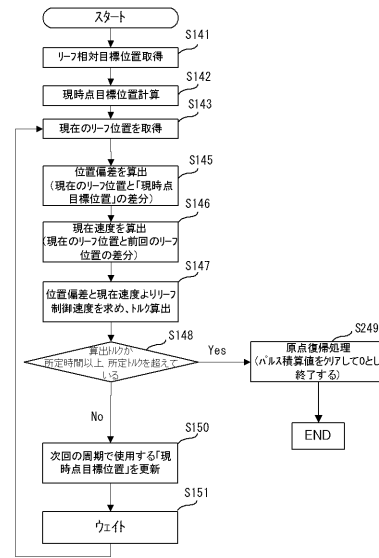


【図 7】



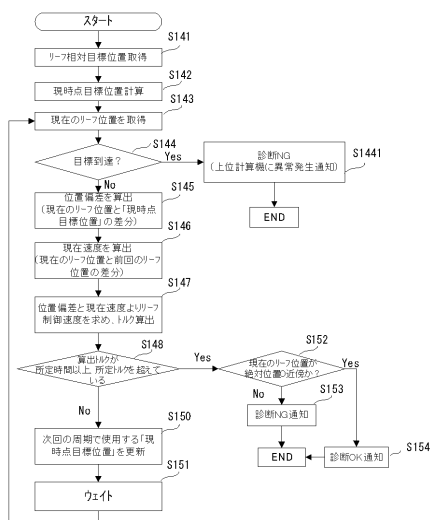
【図 8】

原点復帰モードでのトルク算出手段 1 4 L の処理



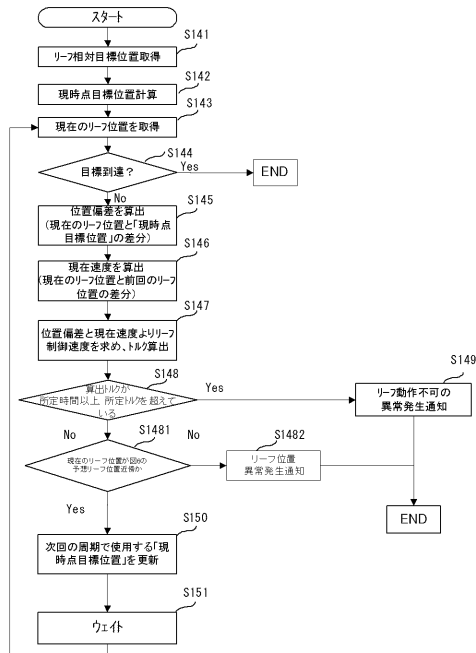
【図 9】

診断モードでのトルク算出手段 1 4 L の処理



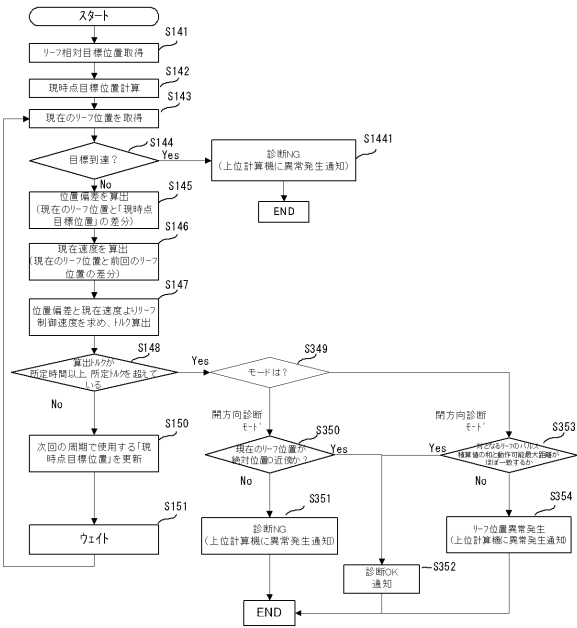
【図 10】

実施の形態 2 でのトルク算出手段 1 4 L の処理

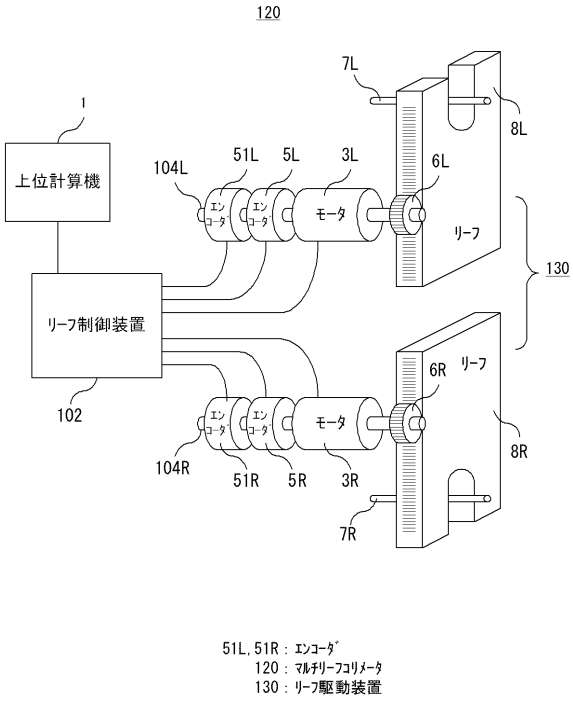


【 図 1 1 】

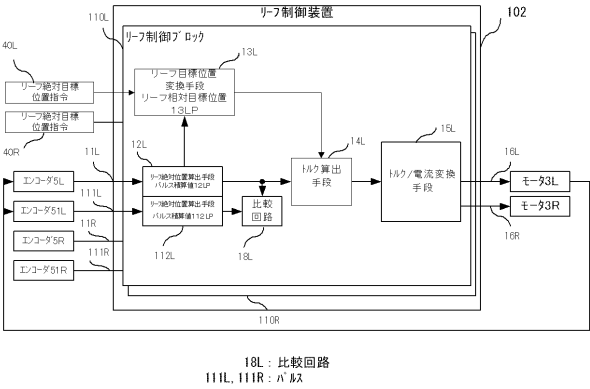
実施の形態3でのトルク算出手段14Lの処理



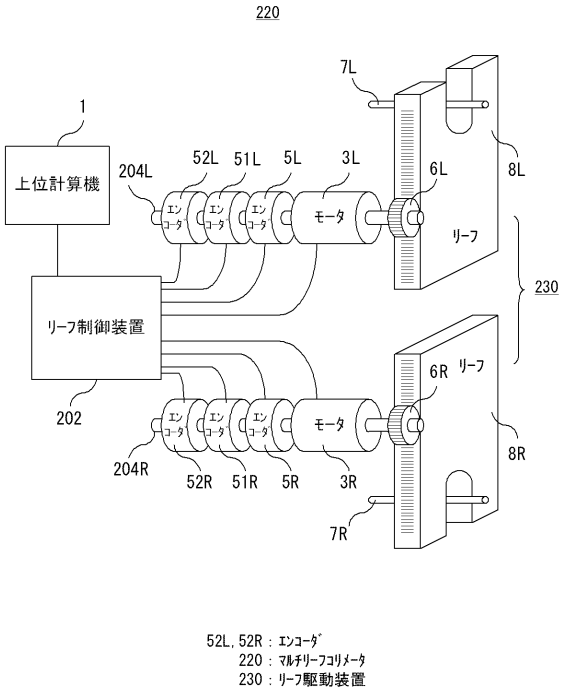
【 図 1 2 】



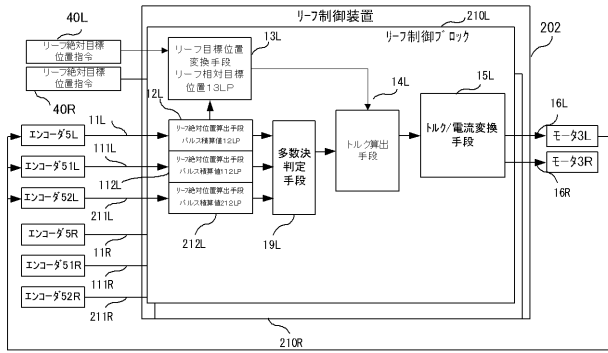
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【図 15】



19L : 多数決判定手段
 211L, 211R : リーフ絶対位置算出手段
 212L : リーフ絶対位置算出手段