

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7316554号  
(P7316554)

(45)発行日 令和5年7月28日(2023.7.28)

(24)登録日 令和5年7月20日(2023.7.20)

|                        |                             |          |                                              |
|------------------------|-----------------------------|----------|----------------------------------------------|
| (51)国際特許分類             |                             | F I      |                                              |
| H 0 2 P                | 25/064 (2016.01)            | H 0 2 P  | 25/064                                       |
| H 0 2 K                | 41/03 (2006.01)             | H 0 2 K  | 41/03 A                                      |
| B 6 0 L                | 13/03 (2006.01)             | B 6 0 L  | 13/03 F                                      |
| B 6 0 L                | 13/10 (2006.01)             | B 6 0 L  | 13/03 J                                      |
| B 6 5 G                | 54/02 (2006.01)             | B 6 0 L  | 13/10 N                                      |
| 請求項の数 18 (全25頁) 最終頁に続く |                             |          |                                              |
| (21)出願番号               | 特願2021-123752(P2021-123752) | (73)特許権者 | 000006622<br>株式会社安川電機<br>福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 |
| (22)出願日                | 令和3年7月28日(2021.7.28)        | (74)代理人  | 110003096<br>弁理士法人第一テクニカル国際特許事務所             |
| (65)公開番号               | 特開2023-19218(P2023-19218A)  | (72)発明者  | 大久保 整<br>福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内       |
| (43)公開日                | 令和5年2月9日(2023.2.9)          | (72)発明者  | 海老原 由行<br>福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内      |
| 審査請求日                  | 令和4年4月21日(2022.4.21)        | (72)発明者  | 永井 丈介<br>福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内       |
|                        |                             | 最終頁に続く   |                                              |

(54)【発明の名称】 リニア搬送システム、リニア搬送システムの制御方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のコイルを備えた固定子と、  
マグネットを備え、前記固定子に沿って移動してワークを搬送する複数の可動子と、  
前記可動子に設けられたスケールと、  
前記固定子に沿って所定の間隔で配置され、前記スケールを検出する複数のセンサと、  
前記所定の間隔の設定値と前記所定の間隔を測定して得られた測定値との誤差値である  
誤差補正値を原点から累積した第1累積値と、前記設定値を前記原点から累積した第2累  
積値を、前記センサごとに別々のパラメータとして記録したパラメータ記録部と、  
前記スケールを検出した前記センサの検出データに基づく前記可動子の位置と、前記ス  
ケールを検出した前記センサに設定された前記第1累積値及び前記第2累積値とに基づい  
て、前記原点を基準とした前記可動子の位置を算出する位置算出部と、  
を有する、  
リニア搬送システム。

【請求項2】

複数のコイルを備えた固定子と、  
マグネットを備え、前記固定子に沿って移動してワークを搬送する複数の可動子と、  
前記可動子に設けられたスケールと、  
前記固定子に沿って所定の間隔で配置され、前記スケールを検出する複数のセンサと、  
前記所定の間隔の設定値と前記所定の間隔を測定して得られた測定値との誤差値である

誤差補正値を原点から累積した第1累積値を、前記センサごとに別々のパラメータとして記録し、前記可動子が前記原点としたい位置に位置する際に、当該可動子の前記スケールを検出した前記センサの検出データである原点補正値を、前記複数のセンサに共通のパラメータとして記録したパラメータ記録部と、

前記スケールを検出した前記センサの検出データに基づく前記可動子の位置と、前記スケールを検出した前記センサに設定された前記第1累積値と、前記原点補正値とに基づいて、前記原点を基準とした前記可動子の位置を算出する位置算出部と、

を有する、リニア搬送システム。

【請求項3】

前記固定子の一部の区間の前記コイルに対する通電制御を行う第1の制御装置と、  
複数の第1の制御装置に接続され、前記複数の可動子の位置を管理する第2の制御装置と、

をさらに有し、

前記第2の制御装置は、

前記位置算出部により算出された前記可動子の位置に基づいて、前記複数の可動子間の距離を監視して衝突を防止する衝突防止処理部を有し、

前記第1の制御装置は、

前記位置算出部により算出された前記可動子の位置に基づいて前記固定子の所定の区間内に2以上の前記可動子が存在するか否かを判定し、前記2以上の可動子が存在すると判定した場合に前記可動子を緊急停止させる緊急停止処理部を有する、

請求項1又は2に記載のリニア搬送システム。

【請求項4】

前記衝突防止処理部は、

前記複数の可動子の移動方向において後方に位置する第1の可動子と前方に位置する第2の可動子との可動子間距離がしきい値以下であるか否かを判定する距離判定部と、

前記距離判定部により前記可動子間距離が前記しきい値以下であると判定された場合に、前記第1の可動子の速度を前記第2の可動子の速度と等しくなるように減速させる加減速制御部と、

を有する、

請求項3に記載のリニア搬送システム。

【請求項5】

前記しきい値は、

前記可動子間距離として予め設定された設定値と、

前記第1の可動子が停止するまでに要する距離と、

の合計値である、

請求項4に記載のリニア搬送システム。

【請求項6】

前記加減速制御部は、

前記第1の可動子の速度を前記第2の可動子の速度と等しくなるように減速させた場合に、前記しきい値から前記可動子間距離を差し引いた差分値に基づいて追加減速を実行する、

請求項4又は5に記載のリニア搬送システム。

【請求項7】

前記衝突防止処理部は、

前記第1の可動子の速度を前記第2の可動子の速度と等しくなるように減速させた場合に、前記第2の可動子の速度が前記第1の可動子の指令速度より大きいかな否かを判定する速度判定部を有し、

前記加減速制御部は、

前記速度判定部により前記第2の可動子の速度が前記第1の可動子の指令速度より大きいと判定された場合に、前記第1の可動子の速度を前記指令速度に追従するように制御す

10

20

30

40

50

る、

請求項 4 乃至 6 のいずれか 1 項に記載のリニア搬送システム。

【請求項 8】

複数のコイルを備えた固定子と、

マグネットを備え、前記固定子に沿って移動してワークを搬送する複数の可動子と、

前記可動子に設けられたスケールと、

前記固定子に沿って所定の間隔で配置され、前記スケールを検出する複数のセンサと、

前記固定子の一部の区間の前記コイルに対する通電制御を行う第 1 の制御装置と、

複数の第 1 の制御装置に接続され、前記複数の可動子の位置を管理する第 2 の制御装置と、

を有し、

前記第 2 の制御装置は、

前記センサの検出データに基づいて、前記複数の可動子間の距離を監視して衝突を防止する衝突防止処理部を有し、

前記第 1 の制御装置は、

前記センサの検出データに基づいて前記固定子の所定の区間内に 2 以上の前記可動子が存在するか否かを判定し、前記 2 以上の可動子が存在すると判定した場合に前記可動子を緊急停止させる緊急停止処理部を有する、

リニア搬送システム。

【請求項 9】

前記衝突防止処理部は、

前記複数の可動子の移動方向において後方に位置する第 1 の可動子と前方に位置する第 2 の可動子との可動子間距離がしきい値以下であるか否かを判定する距離判定部と、

前記距離判定部により前記可動子間距離が前記しきい値以下であると判定された場合に、前記第 1 の可動子の速度を前記第 2 の可動子の速度と等しくなるように減速させる加減速制御部と、

を有する、

請求項 8 に記載のリニア搬送システム。

【請求項 10】

前記しきい値は、

前記可動子間距離として予め設定された設定値と、

前記第 1 の可動子が停止するまでに要する距離と、

の合計値である、

請求項 9 に記載のリニア搬送システム。

【請求項 11】

前記加減速制御部は、

前記第 1 の可動子の速度を前記第 2 の可動子の速度と等しくなるように減速させた場合に、前記しきい値から前記可動子間距離を差し引いた差分値に基づいて追加減速を実行する、

請求項 9 又は 10 に記載のリニア搬送システム。

【請求項 12】

前記衝突防止処理部は、

前記第 1 の可動子の速度を前記第 2 の可動子の速度と等しくなるように減速させた場合に、前記第 2 の可動子の速度が前記第 1 の可動子の指令速度より大きいかな否かを判定する速度判定部を有し、

前記加減速制御部は、

前記速度判定部により前記第 2 の可動子の速度が前記第 1 の可動子の指令速度より大きいと判定された場合に、前記第 1 の可動子の速度を前記指令速度に追従するように制御する、

請求項 9 乃至 11 のいずれか 1 項に記載のリニア搬送システム。

10

20

30

40

50

## 【請求項 13】

前記所定の間隔の設定値と測定値との誤差を補正するための誤差補正値を原点から累積した第1累積値を、前記センサごとに別々のパラメータとして記録したパラメータ記録部と、

前記スケールを検出した前記センサの検出データと、前記スケールを検出した前記センサに設定された前記第1累積値とに基づいて、前記可動子の位置を算出する位置算出部と、  
をさらに有する、

請求項8乃至12のいずれか1項に記載のリニア搬送システム。

## 【請求項 14】

前記第1累積値は、

前記所定の間隔の設定値と測定値との誤差値である前記誤差補正値を前記原点から累積した値であり、

前記パラメータ記録部は、

前記所定の間隔の設定値を前記原点から累積した第2累積値を、前記センサごとに別々のパラメータとして記録し、

前記位置算出部は、

前記スケールを検出した前記センサの検出データと、前記スケールを検出した前記センサに設定された前記第1累積値及び前記第2累積値とに基づいて、前記可動子の位置を算出する、

請求項13に記載のリニア搬送システム。

## 【請求項 15】

前記パラメータ記録部は、

前記可動子が前記原点としたい位置に位置する際に、当該可動子の前記スケールを検出した前記センサの検出データである原点補正値を、前記複数のセンサに共通のパラメータとして記録し、

前記位置算出部は、

前記スケールを検出した前記センサの検出データと、前記スケールを検出した前記センサに設定された前記第1累積値と、前記原点補正値とに基づいて、前記可動子の位置を算出する、

請求項13又は14に記載のリニア搬送システム。

## 【請求項 16】

複数のコイルを備えた固定子と、

マグネットを備え、前記固定子に沿って移動してワークを搬送する複数の可動子と、

前記可動子に設けられたスケールと、

前記固定子に沿って所定の間隔で配置され、前記スケールを検出する複数のセンサと、  
を有するリニア搬送システムの制御方法であって、

前記センサごとに別々のパラメータとして記録された、前記所定の間隔の設定値と前記所定の間隔を測定して得られた測定値との誤差値である誤差補正値を原点から累積した第1累積値と、前記設定値を前記原点から累積した第2累積値を、取得することと、

前記スケールを検出した前記センサの検出データに基づく前記可動子の位置と、前記スケールを検出した前記センサに設定された前記第1累積値及び前記第2累積値とに基づいて、前記原点を基準とした前記可動子の位置を算出することと、

を有する、リニア搬送システムの制御方法。

## 【請求項 17】

複数のコイルを備えた固定子と、

マグネットを備え、前記固定子に沿って移動してワークを搬送する複数の可動子と、

前記可動子に設けられたスケールと、

前記固定子に沿って所定の間隔で配置され、前記スケールを検出する複数のセンサと、  
を有するリニア搬送システムの制御方法であって、

前記センサごとに別々のパラメータとして記録された、前記所定の間隔の設定値と前記

10

20

30

40

50

所定の間隔を測定して得られた測定値との誤差値である誤差補正値を原点から累積した第1累積値を、取得することと、

前記複数のセンサに共通のパラメータとして記録された、前記可動子が前記原点とした位置に位置する際に、当該可動子の前記スケールを検出した前記センサの検出データである原点補正値を、取得することと、

前記スケールを検出した前記センサの検出データに基づく前記可動子の位置と、前記スケールを検出した前記センサに設定された前記第1累積値と、前記原点補正値とに基づいて、前記原点を基準とした前記可動子の位置を算出することと、

を有する、リニア搬送システムの制御方法。

【請求項18】

複数のコイルを備えた固定子と、

マグネットを備え、前記固定子に沿って移動してワークを搬送する複数の可動子と、

前記可動子に設けられたスケールと、

前記固定子に沿って所定の間隔で配置され、前記スケールを検出する複数のセンサと、  
を有するリニア搬送システムの制御方法であって、

前記固定子の一部の区間の前記コイルに対する通電制御を行う第1の制御装置により、  
前記センサの検出データに基づいて前記固定子の所定の区間内に2以上の前記可動子が存在するか否かを判定し、前記2以上の可動子が存在すると判定した場合に前記可動子を緊急停止させることと、

複数の第1の制御装置に接続され、前記複数の可動子の位置を管理する第2の制御装置により、  
前記センサの検出データに基づいて、前記複数の可動子間の距離を監視して衝突を防止することと、

を有する、リニア搬送システムの制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

開示の実施形態は、リニア搬送システム及びリニア搬送システムの制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、ガイドレールに沿って所定の移動方向にスライダを移動させるリニアコンベア装置が記載されている。このリニアコンベア装置では、複数のセンサ構造体の各々における各ドライバは、データ記憶部と、センサ位置算出部と、位置特定部とを有する。データ記憶部は、自身が属するセンサ構造体のセンサと、スライダ移動方向の上流側に配置されるセンサ構造体のセンサとの間の間隔を第1センサ間隔データとして記憶している。センサ位置算出部は、自身が属するセンサ構造体を構成するセンサのセンサ位置データを、データ記憶部に記憶されている第1センサ間隔データに基づき算出する。位置特定部は、センサ位置算出部によるセンサ位置データと、自身が属するセンサ構造体を構成するセンサによる検出データとを加算した加算データに基づき、スライダの位置を特定する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】国際公開第2018/055772号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記従来技術のリニアコンベア装置では、センサ位置算出部は、原点を構成するセンサから自身のセンサに至るまでの複数の第1センサ間隔データを累積加算することにより、センサ位置データを算出する。このように、自身が属するセンサ構造体が保有する第1センサ間隔データだけでなく、他の複数のセンサ構造体が保有する第1センサ間隔データを使用しないとセンサ位置データを算出することができないため、処理速度が遅くなり、ス

10

20

30

40

50

ライダの位置特定が遅れて信頼性が低下する可能性があった。

【０００５】

本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであり、信頼性を向上することができるリニア搬送システム及びリニア搬送システムの制御方法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】

【０００６】

上記課題を解決するため、本発明の一の観点によれば、複数のコイルを備えた固定子と、マグネットを備え、前記固定子に沿って移動してワークを搬送する複数の可動子と、前記可動子に設けられたスケールと、前記固定子に沿って所定の間隔で配置され、前記スケールを検出する複数のセンサと、前記所定の間隔の設定値と測定値との誤差を補正するための誤差補正値を原点から累積した第１累積値を、前記センサごとに別々のパラメータとして記録したパラメータ記録部と、前記スケールを検出した前記センサの検出データと、前記スケールを検出した前記センサに設定された前記第１累積値とに基づいて、前記可動子の位置を算出する位置算出部と、を有する、リニア搬送システムが適用される。

【０００７】

また、本発明の別の観点によれば、複数のコイルを備えた固定子と、マグネットを備え、前記固定子に沿って移動してワークを搬送する複数の可動子と、前記可動子に設けられたスケールと、前記固定子に沿って所定の間隔で配置され、前記スケールを検出する複数のセンサと、前記固定子の一部の区間の前記コイルに対する通電制御を行う第１の制御装置と、複数の第１の制御装置に接続され、前記複数の可動子の位置を管理する第２の制御装置と、を有し、前記第２の制御装置は、前記センサの検出データに基づいて、前記複数の可動子間の距離を監視して衝突を防止する衝突防止処理部を有し、前記第１の制御装置は、前記センサの検出データに基づいて前記固定子の所定の区間内に２以上の前記可動子が存在するか否かを判定し、前記２以上の可動子が存在すると判定した場合に前記可動子を緊急停止させる緊急停止処理部を有する、リニア搬送システムが適用される。

【０００８】

また、本発明の別の観点によれば、複数のコイルを備えた固定子と、マグネットを備え、前記固定子に沿って移動してワークを搬送する複数の可動子と、前記可動子に設けられたスケールと、前記固定子に沿って所定の間隔で配置され、前記スケールを検出する複数のセンサと、を有するリニア搬送システムの制御方法であって、前記センサごとに別々のパラメータとして記録された、前記所定の間隔の設定値と測定値との誤差を補正するための誤差補正値を原点から累積した第１累積値を、取得することと、前記スケールを検出した前記センサの検出データと、前記スケールを検出した前記センサに設定された前記第１累積値とに基づいて、前記可動子の位置を算出することと、を有する、リニア搬送システムの制御方法が適用される。

【０００９】

また、本発明の別の観点によれば、複数のコイルを備えた固定子と、マグネットを備え、前記固定子に沿って移動してワークを搬送する複数の可動子と、前記可動子に設けられたスケールと、前記固定子に沿って所定の間隔で配置され、前記スケールを検出する複数のセンサと、を有するリニア搬送システムの制御方法であって、前記固定子の一部の区間の前記コイルに対する通電制御を行う第１の制御装置により、前記センサの検出データに基づいて前記固定子の所定の区間内に２以上の前記可動子が存在するか否かを判定し、前記２以上の可動子が存在すると判定した場合に前記可動子を緊急停止させることと、複数の第１の制御装置に接続され、前記複数の可動子の位置を管理する第２の制御装置により、前記センサの検出データに基づいて、前記複数の可動子間の距離を監視して衝突を防止することと、を有する、リニア搬送システムの制御方法が適用される。

【発明の効果】

【００１０】

本発明のリニア搬送システム等によれば、信頼性を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

## 【0011】

【図1】実施形態に係るリニア搬送システムの全体構成の一例を概念的に表す図である。

【図2】実施形態に係るリニア搬送システムの制御系の構成例の一部を抽出して概念的に表す図である。

【図3】多軸アンプの制御部の機能構成の一例を表すブロック図である。

【図4】可動子が原点に位置する場合における、センサヘッドに設定された各パラメータ及び可動子の機械座標位置の算出手法の具体例を表す説明図である。

【図5】可動子が原点から移動方向に移動した場合における、センサヘッドに設定された各パラメータ及び可動子の機械座標位置の算出手法の具体例を表す説明図である。

【図6】各センサヘッドの間隔に誤差がある場合における、センサヘッドに設定された各パラメータ及び可動子の機械座標位置の算出手法の一例を表す説明図である。

10

【図7】各センサヘッドの間隔に誤差がある場合における、センサヘッドに設定された各パラメータ及び可動子の機械座標位置の算出手法の他の例を表す説明図である。

【図8】多軸アンプにより実行される処理手順の一例を表すフローチャートである。

【図9】リニアコントローラの機能構成の一例を表すブロック図である。

【図10】リニアコントローラにより実行される処理手順の一例を表すフローチャートである。

【図11】リニアコントローラの衝突防止処理部による可動子の動作の一例を表す説明図である。

【図12】リニアコントローラの衝突防止処理部による可動子の動作の他の例を表す説明図である。

20

【図13】多軸アンプ又はリニアコントローラのハードウェア構成例を表すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

## 【0012】

以下、実施の形態について図面を参照しつつ説明する。

## 【0013】

<1. リニア搬送システムの全体構成>

図1及び図2を参照しつつ、実施形態に係るリニア搬送システムの全体構成の一例について説明する。図1は、実施形態に係るリニア搬送システムの全体構成の一例を概念的に表す図、図2は、実施形態に係るリニア搬送システムの制御系の構成例の一部を抽出して概念的に表す図である。

30

## 【0014】

図1に示すように、リニア搬送システム1は、固定子3を有する。固定子3は、ループ状に配置されており、複数の可動子5が配置されている。可動子5の各々は、固定子3に沿って移動し、ワークWを搬送する。固定子3は複数のコイルを備えており、可動子5の各々はマグネットを備えている。リニア搬送システム1は、いわゆるムービングマグネット型である。各可動子5は、移動方向の長さが統一されていてもよいし、移動方向の長さが異なる複数種類の可動子が含まれてもよい。固定子3の周囲には、例えばワークWの加工や組み立て等を行う加工装置R1、ワークWを搬入する搬入装置R2、ワークWを搬出する搬出装置R3等が配置されている。リニア搬送システム1は、可動子5を図1中矢印7の方向にそれぞれ移動させることによりワークWを搬送し、加工や組立等を行う。

40

## 【0015】

図2に示すように、リニア搬送システム1は、多軸アンプ11と、リニアコントローラ13と、運行コントローラ15とを有する。図2では固定子3の一部区間を例示しているが、固定子3の他の区間も同様の構成である。

## 【0016】

多軸アンプ11（第1の制御装置の一例）は、固定子3の一部の区間のコイルに対する通電制御を行う。図2に示す例では、多軸アンプ11は、例えば固定子3が備えるU相コイル17U、V相コイル17V、W相コイル17Wからなるコイルを1組のコイル17と

50

した場合に、例えば3組のコイル17に対して電力を供給する。多軸アンプ11は、3組のコイル17の各々に対して独立して通電制御を行い、可動子5の位置制御又は速度制御を行う。多軸アンプ11は、複数台（例えば3組のコイル17ごとに1台）設置されている。共通の固定子3に属するコイル17に通電を行う複数の多軸アンプ11同士は、通信ケーブル19を介して接続されており、例えばSPI（Serial Peripheral Interface）通信等によりデータの送受信が可能である。

【0017】

図2に示すように、各可動子5は、永久磁石であるマグネット21とスケール23とを有する。スケール23には、各可動子5を識別するための可動子IDと、各可動子5の機械座標位置を検出するための目盛りが設けられている。図2に示すように、複数のセンサヘッド25（センサの一例）が、固定子3に沿って所定の間隔で配置されている。所定の間隔は、例えば可動子5がどの位置でも検出できるように、スケール23の長さよりも短い間隔に設定されている。各センサヘッド25は、対向する可動子5のスケール23の可動子IDと目盛りを検出する。各多軸アンプ11には、制御対象である3組のコイル17に対応する3つのセンサヘッド25がそれぞれ接続されている。各多軸アンプ11は、3つのセンサヘッド25の検出データをそれぞれ受信する。各多軸アンプ11は、隣接する多軸アンプ11（移動方向において前後に対応する多軸アンプ11）との間で、通信ケーブル19を介してセンサヘッド25の検出データを共有する。これにより、可動子5の移動に伴う多軸アンプ11の制御の切替えをスムーズに行うことができる。

【0018】

リニアコントローラ13（第2の制御装置の一例）は、共通の固定子3に対応する複数の多軸アンプ11に通信ケーブル19を介して接続されている。リニアコントローラ13は、当該固定子3のループ上に位置する複数の可動子5の位置を管理する。リニア搬送システム1は、複数台のリニアコントローラ13を有する。リニアコントローラ13は、運行コントローラ15から受信した各可動子5の固定子3におけるループ上の位置を指定するための位置指令を、各多軸アンプ11に対応する固定子3の一部区間ごとの位置指令に変換して、各多軸アンプ11に送信する。リニアコントローラ13は、固定子3のループ上において可動子5間の衝突を防止するための速度指令を生成し、各多軸アンプ11に送信する。

【0019】

運行コントローラ15は、複数のリニアコントローラ13に通信ケーブル19を介して接続されている。運行コントローラ15は、固定子3のループ上に位置する複数の可動子5、すなわちリニア搬送システム1が備える全部の可動子5の位置を管理する。運行コントローラ15は、各可動子5の固定子3におけるループ上の位置を指定するための位置指令を、各リニアコントローラ13にそれぞれ送信する。

【0020】

リニアコントローラ13及び運行コントローラ15は、例えば演算装置（CPU）、記録装置、入力装置等を有する制御装置である。リニアコントローラ13及び運行コントローラ15として、例えば汎用コンピュータ（PC）、モーションコントローラ、プログラマブルロジックコントローラ（PLC）等を使用してもよい。

【0021】

上述したリニア搬送システム1の構成は一例であり、上述の内容に限定されるものではない。例えば、固定子3は水平に設置されてもよいし、垂直あるいは水平に対して所定の角度で傾斜して設置されてもよい。固定子3の数は単数に限るものではなく、複数としてもよい。多軸アンプ11が電力を供給する対象は3組のコイル17に限るものではなく、2組又は4組以上のコイル17に対して電力を供給してもよい。1組のコイル17に電力を供給する単軸のアンプとしてもよい。

【0022】

< 2. 多軸アンプの制御部の機能構成 >

図3を参照しつつ、多軸アンプ11の制御部の機能構成の一例について説明する。多軸

10

20

30

40

50

アンプ 11 は、例えば演算装置（CPU）、記録装置等を有する制御部と、固定子 3 のコイル 17 に電力を供給する給電部（例えばインバータ部や PWM 制御回路等）とを有する。図 3 は、多軸アンプ 11 の制御部の機能構成の一例を表すブロック図であり、給電部の図示を省略している。

#### 【0023】

図 3 に示すように、多軸アンプ 11 は、パラメータ記録部 27 と、位置算出部 29 と、緊急停止処理部 31 と、モータ制御部 33 とを有する。モータ制御部 33 は、3 組のコイル 17 の各々に対して通電制御を行い、3 組のコイル 17 と可動子 5 とにより構成されるリニアモータの制御を行う。モータ制御部 33 は、位置制御部 35 と、速度制御部 37 と、電流制御部 39 とを有する。位置制御部 35 は、リニアコントローラ 13 からの位置指令と、センサヘッド 25 の検出データに基づく可動子 5 の機械座標位置（位置算出部 29 により算出）との位置偏差に基づき、速度指令を生成する。速度制御部 37 は、位置制御部 35 により生成された速度指令又はリニアコントローラ 13 からの速度指令と、センサヘッド 25 の検出データに基づく可動子速度との速度偏差に基づき、トルク指令を生成する。電流制御部 39 は、速度制御部 37 により生成されたトルク指令を電流指令に変換し、当該電流指令とコイル 17 に供給される電流を検出する電流センサの検出データに基づいて電圧指令を生成し、当該電圧指令に基づき制御信号（例えば PWM 信号等）を生成する。制御信号は、インバータ部（図示省略）に出力される。インバータ部は、制御信号に基づき直流電力を交流電力に変換し、コイル 17 に供給する。

#### 【0024】

パラメータ記録部 27 は、センサヘッド 25 の設置間隔（所定の間隔の一例）の設定値と当該設置間隔を予め測定して得られた測定値との誤差を補正するための誤差補正值を、原点に設定されたセンサヘッド 25 から累積した第 1 累積値を、センサヘッド 25 ごとに別々のパラメータとして記録している。誤差補正值は、測定値から設定値を差し引いた誤差値でもよいし、誤差値が組み込まれた測定値そのものでもよい。第 1 累積値は、誤差値を累積した累積誤差値でもよいし、測定値を累積した累積測定値でもよい。

#### 【0025】

センサヘッド 25 の設置間隔は、例えば設置間隔よりも長いスケール 23 を備えた測定用の可動子 5 を固定子 3 に沿って移動させることで測定されてもよい。この場合、隣接するセンサヘッド 25 の検出データの差が設置間隔の測定値となる。

#### 【0026】

パラメータ記録部 27 は、センサヘッド 25 の設置間隔の設定値を原点に設定されたセンサヘッド 25 から累積した第 2 累積値を、センサヘッド 25 ごとに別々のパラメータとして記録している。

#### 【0027】

パラメータ記録部 27 は、可動子 5 が原点としたい位置に位置する際に、当該可動子 5 のスケール 23 を検出したセンサヘッド 25 の検出データである原点補正值を、同じ固定子 3 に配置された複数のセンサヘッド 25 に共通のパラメータとして記録している。

#### 【0028】

パラメータ記録部 27 は、当該パラメータ記録部 27 が属する多軸アンプ 11 に接続された 3 つのセンサヘッド 25 に対する上記パラメータ（第 1 累積値、第 2 累積値、原点補正值）を記録してもよいし、共通の固定子 3 に配置された全てのセンサヘッド 25 に対する上記パラメータを記録してもよい。パラメータ記録部 27 として、例えば EEPROM 等の不揮発性メモリや、ハードディスク等の記録装置を使用してもよい。パラメータ記録部 27 は、多軸アンプ 11 の外部、例えばリニアコントローラ 13、運行コントローラ 15、センサヘッド 25、又はそれ以外の外部記録装置等に設けられてもよい。その場合、多軸アンプ 11 は外部に設置されたパラメータ記録部 27 から必要な情報を取得すればよい。

#### 【0029】

位置算出部 29 は、スケール 23 を検出したセンサヘッド 25 の検出データと、当該ス

10

20

30

40

50

ケール 2 3 を検出したセンサヘッド 2 5 に設定されたパラメータである第 1 累積値及び第 2 累積値と、複数のセンサヘッド 2 5 に共通のパラメータである原点補正值とに基づいて、可動子 5 の機械座標位置を算出する。算出手法の詳細については後述する。

#### 【0030】

緊急停止処理部 3 1 は、位置算出部 2 9 により算出された可動子 5 の機械座標位置に基づいて、固定子 3 の所定の区間内に 2 以上の可動子 5 が存在するか否かを判定し、2 以上の可動子 5 が存在すると判定した場合に当該 2 以上の可動子 5 の全部又は一部（例えば後方の可動子 5）を緊急停止させる。所定の区間は、例えば U 相コイル 1 7 U、V 相コイル 1 7 V、W 相コイル 1 7 W からなる 1 組のコイル 1 7 のコイルピッチである。前述のように、多軸アンプ 1 1 は、1 組のコイル 1 7 ごとに通電制御を行い、可動子 5 の位置制御を行う。このため、1 組のコイル 1 7 のコイルピッチ内に 2 以上の可動子 5 が存在する場合、それぞれを独立して制御することができず、可動子 5 が制御不能となって衝突等を招くおそれがある。各可動子 5 を独立して制御するには、各可動子 5 の間隔を 1 組のコイル 1 7 のコイルピッチより大きくする必要がある。1 組のコイル 1 7 のコイルピッチ内に 2 以上の可動子 5 が存在する場合には、緊急停止をすることで衝突を回避でき、信頼性を確保できる。

#### 【0031】

上述したパラメータ記録部 2 7、位置算出部 2 9、緊急停止処理部 3 1、モータ制御部 3 3 等における処理等は、これらの処理の分担の例に限定されるものではない。例えば、更に少ない数の処理部（例えば 1 つの処理部）で処理されてもよく、更に細分化された処理部により処理されてもよい。多軸アンプ 1 1 は、コイル 1 7 に電力を給電する部分（例えばインバータ部や PWM 制御回路等）のみ実際の装置により実装され、その他の上記各処理部による機能は後述する CPU 9 0 1（図 1 3 参照）が実行するプログラムにより実装されてもよい。上記各処理部による機能は、その一部又は全部が ASIC や FPGA、その他の電気回路等の実際の装置により実装されてもよい。上記各処理部による機能は、必ずしも多軸アンプ 1 1 のみにより実行される必要はなく、その一部又は全部がリニアコントローラ 1 3 又は運行コントローラ 1 5 により実行されてもよい。

#### 【0032】

＜3. センサヘッドの各パラメータ及び可動子の機械座標位置の算出手法の具体例＞

図 4～図 7 を参照しつつ、センサヘッド 2 5 に設定された各パラメータ及び可動子 5 の機械座標位置の算出手法の具体例について説明する。

#### 【0033】

図 4～図 7 に示す例では、例えば可動子 5 の移動方向の全長（スケール 2 3 の全長）を 3 0 mm、各センサヘッド 2 5 A～2 5 D がスケール 2 3 の全長を検出した場合に生成するパルス数を 3 0 0 0 パルス（p l s）、各センサヘッド 2 5 の設置間隔の設定値を 2 0 mm（＝2 0 0 0 パルス）、固定子 3 のループの全長を 3 0 m（＝3 0 0 0 0 0 0 パルス）とする。可動子 5 の機械座標における原点を、可動子 5 の先端が移動方向にセンサヘッド 2 5 B を 1 mm（＝1 0 0 パルス）通り過ぎた位置とし、センサヘッド 2 5 B を原点に設定されたセンサとする。なお、可動子 5 が原点に位置する場合の機械座標位置は、0 パルス（＝3 0 0 0 0 0 0 パルス）となる。

#### 【0034】

この場合、原点に位置する可動子 5 のスケール 2 3 に対する、センサヘッド 2 5 B によるセンサヘッド取得位置（検出データの一例）は 1 0 0 パルスとなり、原点オフセット（原点補正值の一例）は 1 0 0 パルスとなる。当該原点オフセットは、共通の固定子 3 に配置された全部のセンサヘッド 2 5 に対して共通のパラメータとして記録されている。

#### 【0035】

各センサヘッド 2 5 の設置間隔の設定値を、原点に設定されたセンサヘッド 2 5 B から累積したセンサ間隔オフセット（第 2 累積値の一例）は、センサヘッド 2 5 ごとに別々のパラメータとして記録されている。センサ間隔オフセットは、例えばセンサヘッド 2 5 B では 0 パルス、センサヘッド 2 5 C では 2 0 0 0 パルス、センサヘッド 2 5 D では 4 0 0

0パルス、・・・、センサヘッド25Aでは2998000パルスとなっている。

【0036】

図4に、可動子5が原点に位置する場合を示す。この場合、上述のようにセンサヘッド25Bによるセンサヘッド取得位置は100パルスとなり、センサヘッド25Aによるセンサヘッド取得位置は2100パルスとなる。位置算出部29は、下記の計算式(1)に基づいて可動子5の機械座標位置を算出する。

【0037】

(数1)

可動子の機械座標位置  $[p \ l \ s] = \text{センサヘッド取得位置} [p \ l \ s] + \text{センサ間隔オフセット} [p \ l \ s] - \text{原点オフセット} [p \ l \ s] \quad \dots (1)$

【0038】

上記計算式(1)により、可動子5の機械座標位置は、センサヘッド25Bによるセンサヘッド取得位置を用いて算出すると0パルスとなり、センサヘッド25Aによるセンサヘッド取得位置を用いて算出すると3000000パルス(=0パルス)となる。可動子5の機械座標位置は、センサヘッド25A, 25Bのいずれの検出データを用いても原点位置となる。

【0039】

図5に、可動子5が原点から移動方向に例えば40mm(=4000パルス)だけ移動した場合を示す。この場合、センサヘッド25A, 25Bではスケール23が検出されなくなる。センサヘッド25Dによるセンサヘッド取得位置は100パルスとなり、センサヘッド25Cによるセンサヘッド取得位置は2100パルスとなる。上記計算式(1)により、可動子5の機械座標位置は、センサヘッド25Dによるセンサヘッド取得位置を用いて算出しても4000パルスとなり、センサヘッド25Cによるセンサヘッド取得位置を用いて算出しても4000パルスとなる。

【0040】

図6に、各センサヘッド25の設置間隔に誤差がある場合における可動子の機械座標位置の算出手法の一例を示す。図6に示す例では、各センサヘッド25の設置間隔の設定値が20mm(=2000パルス)であるのに対し、例えばセンサヘッド25B, 25C間の設置間隔の測定値が23mm(=2300パルス)、センサヘッド25C, 25D間の設置間隔の測定値が21mm(=2100パルス)となっている。

【0041】

この場合、予め各センサヘッド25間の設置間隔を測定して得られた測定値から設定値を差し引いた誤差値(誤差補正值の一例)を、原点に設定されたセンサヘッド25Bから累積したセンサ間隔誤差補正累積値(第1累積値の一例)が、センサヘッド25ごとに別々のパラメータとして記録されている。センサ間隔誤差補正累積値は、例えばセンサヘッド25Bでは0パルス、センサヘッド25Cでは300パルス、センサヘッド25Dでは400パルスとなっている。原点オフセットとセンサ間隔オフセットについては、前述の図4及び図5と同様である。

【0042】

図6に示す例では、可動子5が原点から移動方向に例えば44mm(=4400パルス)だけ移動している。この場合、センサヘッド25Dによるセンサヘッド取得位置は100パルスとなり、センサヘッド25Cによるセンサヘッド取得位置は2200パルスとなる。位置算出部29は、下記の計算式(2)に基づいて可動子5の機械座標位置を算出する。

【0043】

(数2)

可動子の機械座標位置  $[p \ l \ s] = \text{センサヘッド取得位置} [p \ l \ s] + \text{センサ間隔誤差補正累積値} [p \ l \ s] + \text{センサ間隔オフセット} [p \ l \ s] - \text{原点オフセット} [p \ l \ s] \quad \dots (2)$

【0044】

10

20

30

40

50

上記計算式（２）により、可動子５の機械座標位置は、センサヘッド２５Ｄによるセンサヘッド取得位置を用いて算出しても４４００パルスとなり、センサヘッド２５Ｃによるセンサヘッド取得位置を用いて算出しても４４００パルスとなる。

【００４５】

図７に、各センサヘッド２５の設置間隔に誤差がある場合における可動子の機械座標位置の算出手法の他の例を示す。各センサヘッド２５の設置間隔の測定値は、上記図６と同様である。図７に示す例では、各センサヘッド２５の設置間隔の測定値を、原点に設定されたセンサヘッド２５Ｂから累積したセンサ間隔誤差補正込みオフセット（第１累積値の一例）が、センサヘッド２５ごとに別々のパラメータとして記録されている。センサ間隔誤差補正込みオフセットは、例えばセンサヘッド２５Ｂでは０パルス、センサヘッド２５Ｃでは２３００パルス、センサヘッド２５Ｄでは４４００パルスとなっている。

10

【００４６】

図７に示す例では、可動子５が原点から移動方向に例えば４４ｍｍ（＝４４００パルス）だけ移動している。この場合、センサヘッド２５Ｄによるセンサヘッド取得位置は１００パルスとなり、センサヘッド２５Ｃによるセンサヘッド取得位置は２２００パルスとなる。位置算出部２９は、下記の計算式（３）に基づいて可動子５の機械座標位置を算出する。

【００４７】

（数３）

可動子の機械座標位置 [p l s] = センサヘッド取得位置 [p l s] + センサ間隔誤差補正込みオフセット [p l s] - 原点オフセット [p l s] . . . (3)

20

【００４８】

上記計算式（３）により、可動子５の機械座標位置は、センサヘッド２５Ｄによるセンサヘッド取得位置を用いて算出しても４４００パルスとなり、センサヘッド２５Ｃによるセンサヘッド取得位置を用いて算出しても４４００パルスとなる。

【００４９】

以上では、可動子の機械座標位置をセンサヘッド２５が生成するパルス数で算出するようにしたが、他の単位を用いて算出してもよい。例えば、所定の指令単位（例えば１指令単位＝１ｍｍ）を用いて算出してもよい。

【００５０】

30

以上では、各累積値を、原点に設定されたセンサヘッド２５Ｂから累積するようにしたが、機械座標における原点から累積した値としてもよい。この場合、例えばセンサ間隔オフセット（第２累積値の一例）は、センサヘッド２５Ｂでは２９９９９００パルス、センサヘッド２５Ｃでは１９００パルス、センサヘッド２５Ｄでは３９００パルス、・・・、センサヘッド２５Ａでは２９９７９００パルスとしてもよい。例えば、図６に示すセンサ間隔誤差補正累積値（第１累積値の一例）は、センサヘッド２５Ｂでは－１００パルス、センサヘッド２５Ｃでは２００パルス、センサヘッド２５Ｄでは３００パルスとしてもよい。例えば、図７に示すセンサ間隔誤差補正込みオフセット（第１累積値の一例）は、センサヘッド２５Ｂでは－１００パルス、センサヘッド２５Ｃでは２２００パルス、センサヘッド２５Ｄでは４３００パルスとしてもよい。これらの場合には、原点オフセットは不要となる。

40

【００５１】

< ４．多軸アンプの処理手順 >

図８を参照しつつ、多軸アンプ１１により実行される処理手順の一例について説明する。図８は、多軸アンプ１１により実行される処理手順の一例を表すフローチャートである。

【００５２】

ステップＳ１０では、多軸アンプ１１は、各センサヘッド２５のパラメータをパラメータ記録部２７から取得する。センサヘッド２５のパラメータには、センサ間隔オフセット、原点オフセット、センサ間隔誤差補正累積値等が含まれる。

【００５３】

50

ステップ S 2 0 では、多軸アンプ 1 1 は、接続されたセンサヘッド 2 5 がスケール 2 3 を検出したか否かを判定する。スケール 2 3 を検出していない場合には（ステップ S 2 0 : N O）、スケール 2 3 を検出するまで本ステップ S 2 0 を繰り返す。スケール 2 3 を検出した場合には（ステップ S 2 0 : Y E S）、次のステップ S 3 0 に移る。

【 0 0 5 4 】

ステップ S 3 0 では、多軸アンプ 1 1 は、スケール 2 3 を検出したセンサヘッド 2 5 から検出データを取得する。検出データには、可動子 I D やセンサヘッド取得位置が含まれる。

【 0 0 5 5 】

ステップ S 4 0 では、多軸アンプ 1 1 は、位置算出部 2 9 により、上記ステップ S 3 0 で取得したセンサヘッド取得位置、及び、上記ステップ S 1 0 で取得したパラメータに基づいて、可動子 5 の機械座標位置を算出する。なお、上記ステップ S 1 0 ~ 本ステップ S 4 0 により、累積データ等のパラメータはスケール 2 3 を検出する前から取得しておき、スケール 2 3 を検出した時にはセンサヘッド取得位置データだけ取得するようにして、機械座標位置を素早く計算できる。

【 0 0 5 6 】

ステップ S 5 0 では、多軸アンプ 1 1 は、モータ制御部 3 3 により、リニアコントローラ 1 3 から受信した位置指令と、上記ステップ S 4 0 で算出した可動子 5 の機械座標位置とに基づいてコイル 1 7 に対して通電を行い、可動子 5 の位置制御又は速度制御を行う。

【 0 0 5 7 】

ステップ S 6 0 では、多軸アンプ 1 1 は、センサヘッド 2 5 によるスケール 2 3 の検出が終了したか否かを判定する。スケール 2 3 を検出中である場合には（ステップ S 6 0 : N O）、先のステップ S 3 0 に戻る。スケール 2 3 の検出が終了するまでステップ S 3 0 ~ ステップ S 5 0 の手順を繰り返す。スケール 2 3 の検出を終了した場合には（ステップ S 6 0 : Y E S）、先のステップ S 2 0 に戻る。

【 0 0 5 8 】

なお、上述した処理手順は一例であって、上記手順の少なくとも一部を削除又は変更してもよいし、上記以外の手順を追加してもよい。また、上記手順の少なくとも一部の順番を変更してもよいし、複数の手順が単一の手順にまとめられてもよい。

【 0 0 5 9 】

#### < 5 . リニアコントローラの機能構成 >

図 9 を参照しつつ、リニアコントローラ 1 3 の機能構成の一例について説明する。図 9 は、リニアコントローラ 1 3 の機能構成の一例を表すブロック図である。

【 0 0 6 0 】

図 9 に示すように、リニアコントローラ 1 3 は、衝突防止処理部 4 1 を有する。衝突防止処理部 4 1 は、多軸アンプ 1 1 の位置算出部 2 9 により算出された可動子 5 の機械座標位置を取得し、当該可動子 5 の機械座標位置に基づいて、複数の可動子 5 間の距離を監視して衝突を防止する。衝突防止処理部 4 1 は、距離判定部 4 3 と、加減速制御部 4 5 と、速度判定部 4 7 とを有する。

【 0 0 6 1 】

距離判定部 4 3 は、複数の可動子 5 の移動方向において、後方に位置する後方可動子 5 R（第 1 の可動子の一例）と前方に位置する前方可動子 5 F（第 2 の可動子の一例）との実際の可動子間距離である実可動子間距離（可動子間距離の一例）が、予め設定された走行時可動子間距離（しきい値の一例）以下であるか否かを判定する。走行時可動子間距離は、例えば可動子間距離として予め設定された値である可動子間距離設定値と、後方可動子 5 R が停止するまでに要する制動距離である後方可動子減速距離との合計値である。可動子間距離設定値は、区間に応じて値が変動する。例えば、カーブ区間の手前では直線区間よりも可動子間距離設定値を増加させてもよい。

【 0 0 6 2 】

なお、走行時可動子間距離は、上述した可動子間距離設定値と後方可動子減速距離との

10

20

30

40

50

合計値に限るものではない。例えば、走行時可動子間距離は、可動子間距離設定値と、後方可動子 5 R が前方可動子 5 F の速度へ減速するまでに要する相対距離との合計値でもよい。また、走行時可動子間距離は、可動子間距離設定値と、後方可動子減速距離と、後方可動子 5 R が前方可動子 5 F の速度へ減速するまでに要する相対距離との合計値でもよい。

#### 【0063】

加減速制御部 45 は、上記距離判定部 43 により実可動子間距離が走行時可動子間距離以下であると判定された場合に、後方可動子 5 R の速度を前方可動子 5 F の速度と略等しくなるように減速させる。加減速制御部 45 は、後方可動子 5 R の速度を前方可動子 5 F の速度と略等しくなるように減速させた場合に、走行時可動子間距離から実可動子間距離を差し引いた差分値に基づいて追加減速を実行する。追加減速により、実可動子間距離を増大させることが可能となり、実可動子間距離が走行時可動子間距離より大きくなるまで追加減速を実行することで、適切な可動子間距離を保持することができる。差分値は、後方可動子 5 R と前方可動子 5 F との間隔が走行時可動子間距離より縮まってどれだけ接近したかを表す接近量である。追加減速は、接近後の実可動子間距離が小さいほど（接近量が大きいほど）減速量が大きくなるように実行される。例えば、走行時可動子間距離を 100 mm とした場合に、実可動子間距離が 99 mm である場合（接近量が 1 mm の場合）には後方可動子 5 R を +1 % 減速、実可動子間距離が 90 mm である場合（接近量が 10 mm の場合）には後方可動子 5 R を +10 % 減速、実可動子間距離が 10 mm である場合（接近量が 90 mm の場合）には後方可動子 5 R を +90 % 減速といったように、接近量に比例して追加減速を実行してもよい。

#### 【0064】

速度判定部 47 は、後方可動子 5 R の速度を前方可動子 5 F の速度と略等しくなるように減速させた場合に、前方可動子 5 F の速度が後方可動子 5 R の指令速度より大きいかな否かを判定する。後方可動子 5 R の指令速度は、後方可動子 5 R に対する位置指令に基づく速度プロファイルによる指令速度である。前述の加減速制御部 45 は、速度判定部 47 により前方可動子 5 F の速度が後方可動子 5 R の指令速度より大きいと判定された場合に、後方可動子 5 R の速度を指令速度に追従するように制御する。

#### 【0065】

上述した衝突防止処理部 41、距離判定部 43、加減速制御部 45、速度判定部 47 等における処理等は、これらの処理の分担の例に限定されるものではない。例えば、更に少ない数の処理部（例えば 1 つの処理部）で処理されてもよく、更に細分化された処理部により処理されてもよい。上記各処理部による機能は、後述する CPU 901（図 13 参照）が実行するプログラムにより実装されてもよいし、その一部又は全部が ASIC や FPGA、その他の電気回路等の実際の装置により実装されてもよい。上記各処理部による機能は、必ずしもリニアコントローラ 13 のみにより実行される必要はなく、その一部又は全部が運行コントローラ 15 又は多軸アンプ 11 により実行されてもよい。

#### 【0066】

##### <6. リニアコントローラの処理手順>

図 10 を参照しつつ、リニアコントローラ 13 により実行される処理手順の一例について説明する。図 10 は、リニアコントローラ 13 により実行される処理手順の一例を表すフローチャートである。

#### 【0067】

ステップ S110 では、リニアコントローラ 13 は、運行コントローラ 15 から受信した位置指令に基づく速度プロファイルに追従するように、可動子 5 の位置又は速度を制御する。

#### 【0068】

ステップ S120 では、リニアコントローラ 13 は、距離判定部 43 により、処理対象である可動子 5（以下「後方可動子 5 R」という）とその前方に位置する前方可動子 5 F との実可動子間距離が、走行時可動子間距離以下であるかな否かを判定する。実可動子間距離が走行時可動子間距離より大きい場合には（ステップ S120：NO）、上記ステップ

S 1 1 0に戻る。実可動子間距離が走行時可動子間距離以下である場合には（ステップ S 1 2 0：Y E S）、次のステップ S 1 3 0に移る。

【0 0 6 9】

ステップ S 1 3 0では、リニアコントローラ 1 3は、加減速制御部 4 5により、後方可動子 5 Rの速度を前方可動子 5 Fの速度と略等しくなるように減速させる。さらにリニアコントローラ 1 3は、後方可動子 5 Rの速度が前方可動子 5 Fの速度と略等しくなった場合に、加減速制御部 4 5により、走行時可動子間距離から実可動子間距離を差し引いた差分値（接近量）に比例して追加減速を実行する。

【0 0 7 0】

ステップ S 1 4 0では、リニアコントローラ 1 3は、速度判定部 4 7により、前方可動子 5 Fの速度が後方可動子 5 Rの速度プロファイルによる指令速度以下であるか否かを判定する。前方可動子 5 Fの速度が後方可動子 5 Rの指令速度よりも大きい場合には（ステップ S 1 4 0：N O）、先のステップ S 1 1 0に戻り、速度プロファイルに追従するように後方可動子 5 Rの位置又は速度を制御する。前方可動子 5 Fの速度が後方可動子 5 Rの指令速度以下である場合には（ステップ S 1 4 0：Y E S）、次のステップ S 1 5 0に移る。

【0 0 7 1】

ステップ S 1 5 0では、リニアコントローラ 1 3は、距離判定部 4 3により、後方可動子 5 Rと前方可動子 5 Fとの実可動子間距離が、走行時可動子間距離よりも大きいかが否かを判定する。実可動子間距離が走行時可動子間距離以下である場合には（ステップ S 1 5 0：N O）、上記ステップ S 1 3 0に戻り、減速を継続する。実可動子間距離が走行時可動子間距離よりも大きい場合には（ステップ S 1 5 0：Y E S）、次のステップ S 1 6 0に移る。

【0 0 7 2】

ステップ S 1 6 0では、リニアコントローラ 1 3は、加減速制御部 4 5により、後方可動子 5 Rに対する減速を終了する。その後、先のステップ S 1 2 0に戻る。

【0 0 7 3】

なお、上述した処理手順は一例であって、上記手順の少なくとも一部を削除又は変更してもよいし、上記以外の手順を追加してもよい。また、上記手順の少なくとも一部の順番を変更してもよいし、複数の手順が単一の手順にまとめられてもよい。

【0 0 7 4】

< 7. リニアコントローラの衝突防止処理部による可動子の動作の具体例 >

図 1 1 及び図 1 2 を参照しつつ、リニアコントローラ 1 3 の衝突防止処理部 4 1 による可動子 5 の動作の具体例について説明する。

【0 0 7 5】

図 1 1 （a）に示すように、処理対象である後方可動子 5 R（第 1 の可動子の一例）と、その前方に位置する前方可動子 5 F（第 2 の可動子の一例）とが、実可動子間距離を 3 0 0 mm、走行時可動子間距離を 2 6 2 . 5 mm、後方可動子 5 Rの速度を 1 5 0 0 mm / s e c、前方可動子 5 Fの速度を 1 0 0 0 mm / s e c、加減速の加速度を 1 0 m / s<sup>2</sup>として、走行しているものとする。この状態では、実可動子間距離が走行時可動子間距離よりも大きいため（図 1 0 中ステップ S 1 2 0：N O）、後方可動子 5 Rは速度プロファイルに追従するように制御される（図 1 0 中ステップ S 1 1 0）。

【0 0 7 6】

図 1 1 （b）に示すように、後方可動子 5 Rが前方可動子 5 Fに近づき、実可動子間距離が 2 6 2 . 5 mm以下になると（図 1 0 中ステップ S 1 2 0：Y E S）、前方可動子 5 Fの速度と略等しくなるように後方可動子 5 Rの速度の減速が開始される（図 1 0 中ステップ S 1 3 0）。

【0 0 7 7】

図 1 1 （c）に示すように、減速により後方可動子 5 Rの速度が前方可動子 5 Fの速度と略等しくなるまでは、後方可動子 5 Rが前方可動子 5 Fに近づき、実可動子間距離が短

10

20

30

40

50

くなる。図 1 1 (c) に示す例では、例えば後方可動子 5 R の速度が  $1\,250\text{ mm/sec}$  まで減速され、実可動子間距離は  $228.125\text{ mm}$  となっている。

【0078】

図 1 1 (d) に示すように、後方可動子 5 R の速度が前方可動子 5 F の速度と略等しくなるまで減速される。図 1 1 (d) に示す例では、例えば後方可動子 5 R の速度が前方可動子 5 F と同じ  $1\,000\text{ mm/sec}$  となるまで減速され、実可動子間距離は  $200\text{ mm}$  となっている。さらに、後方可動子 5 R に対して追加減速が開始される。図 1 1 (d) に示す例では、走行時可動子間距離が  $262.5\text{ mm}$ 、実可動子間距離が  $200\text{ mm}$  であるため（接近量が  $62.5\text{ mm}$ ）、後方可動子 5 R に対して  $+23.8\%$  ( $62.5 \div 262.5 \times 100 = 23.8$ ) の追加減速が開始される。追加減速により、後方可動子 5 R の速度が  $762\text{ mm/sec}$  となるまで減速される。

10

【0079】

図 1 1 (e) に示すように、追加減速により後方可動子 5 R の速度が  $762\text{ mm/sec}$  となるまで減速され、実可動子間距離は  $262.5\text{ mm}$  となっている。この場合において、後方可動子 5 R の速度プロファイルによる指令速度が前方可動子 5 F の速度  $1\,000\text{ mm/sec}$  よりも小さい場合には（図 1 0 中ステップ S 1 4 0 : NO）、後方可動子 5 R は速度プロファイルに追従するように制御される（図 1 0 中ステップ S 1 1 0）。

【0080】

図 1 1 (f) に示すように、追加減速により後方可動子 5 R が前方可動子 5 F から遠ざかり、実可動子間距離が  $262.5\text{ mm}$  より大きくなると（図 1 0 中ステップ S 1 5 0 : YES）、後方可動子 5 R に対する減速が終了される（図 1 0 中ステップ S 1 6 0）。

20

【0081】

図 1 2 に、可動子間距離設定値が変動する場合の可動子 5 の動作の具体例を示す。図 1 2 (a) に示すように、処理対象である後方可動子 5 R（第 1 の可動子の一例）とその前方に位置する前方可動子 5 F（第 2 の可動子の一例）とが、実可動子間距離を  $250\text{ mm}$ 、可動子間距離設定値を  $150\text{ mm}$ 、走行時可動子間距離を  $200\text{ mm}$ 、後方可動子 5 R の速度を  $1\,000\text{ mm/sec}$ 、前方可動子 5 F の速度を  $1\,000\text{ mm/sec}$ 、加減速の加速度を  $10\text{ m/s}^2$  として、直線区間を走行しているものとする。この状態では、実可動子間距離が走行時可動子間距離よりも大きいため（図 1 0 中ステップ S 1 2 0 : NO）、後方可動子 5 R は速度プロファイルに追従するように制御される（図 1 0 中ステップ S 1 1 0）。

30

【0082】

図 1 2 (b) に示すように、カーブ区間の手前において可動子間距離設定値が徐々に変化する。図 1 2 (b) に示す例では、例えば可動子間距離設定値が  $150\text{ mm} - 300\text{ mm}$  の範囲で徐々に増加し、これに伴って走行時可動子間距離が  $350\text{ mm}$  に変化している。その結果、実可動子間距離が走行時可動子間距離以下になるため（図 1 0 中ステップ S 1 2 0 : YES）、後方可動子 5 R に対して減速（この場合は追加減速）が開始される（図 1 0 中ステップ S 1 3 0）。これにより、実可動子間距離が  $250\text{ mm}$  から徐々に増大する。

【0083】

図 1 2 (c) に示すように、カーブ区間に侵入するまでに、後方可動子 5 R に対する減速により実可動子間距離が  $350\text{ mm}$  より大きくなり（図 1 0 中ステップ S 1 5 0 : YES）、後方可動子 5 R に対する減速が終了される（図 1 0 中ステップ S 1 6 0）。その結果、後方可動子 5 R と前方可動子 5 F とは、同じ速度  $1\,000\text{ mm/sec}$  で、走行時可動子間距離（ $350\text{ mm}$ ）を保った状態でカーブ区間に侵入する。これにより、カーブ区間では直線区間よりも実可動子間距離を大きくして可動子 5 を走行させることができ、より確実に可動子同士の衝突を防止することができる。

40

【0084】

図 1 2 (d) に示すように、カーブ区間が終了すると、可動子間距離設定値が変化する。図 1 2 (d) に示す例では、可動子間距離設定値が例えば元の値である  $150\text{ mm}$  に戻

50

り、これに伴って走行時可動子間距離が元の値である200mmに戻る。その結果、実可動子間距離(350mm)が走行時可動子間距離よりも大きくなるため(図10中ステップS120:NO)、後方可動子5Rは速度プロファイルに追従するように制御される(図10中ステップS110)。

【0085】

＜8. 実施形態の効果＞

以上説明したように、本実施形態のリニア搬送システム1は、複数のコイル17を備えた固定子3と、マグネット21を備え、固定子3に沿って移動してワークを搬送する複数の可動子5と、可動子5に設けられたスケール23と、固定子3に沿って所定の設置間隔で配置され、スケール23を検出する複数のセンサヘッド25と、設置間隔の設定値と測定値との誤差を補正するための誤差値又は測定値を原点に設定されたセンサヘッド25から累積したセンサ間隔誤差補正累積値又はセンサ間隔誤差補正込みオフセットを、センサヘッド25ごとに別々のパラメータとして記録したパラメータ記録部27と、スケール23を検出したセンサヘッド25の検出データと、スケール23を検出したセンサヘッド25に設定されたセンサ間隔誤差補正累積値又はセンサ間隔誤差補正込みオフセットとに基づいて、可動子5の機械座標位置を算出する位置算出部29と、を有する。

【0086】

本実施形態のリニア搬送システム1では、可動子5が固定子3に沿って移動し、ワークを搬送する。固定子3に沿って所定の設置間隔で配置された複数のセンサヘッド25は、可動子5に設けられたスケール23を検出する。パラメータ記録部27には、センサヘッド25間の設置間隔の設定値と予め測定された測定値との誤差を補正するための誤差値又は測定値を原点に設定されたセンサヘッド25から累積したセンサ間隔誤差補正累積値又はセンサ間隔誤差補正込みオフセットが、センサヘッド25ごとに別々のパラメータとして記録されている。位置算出部29は、スケール23を検出したセンサヘッド25の検出データと、スケール23を検出したセンサヘッド25に設定されたセンサ間隔誤差補正累積値又はセンサ間隔誤差補正込みオフセットとに基づいて、可動子5の機械座標位置を算出する。このようにして、スケール23を検出したセンサヘッド25の検出データ及び当該センサヘッド25に対して設定されたパラメータのみを使用して可動子5の機械座標位置を算出できる。他のセンサヘッド25のパラメータを読み出す処理等が不要となるため、処理速度が速くなり、可動子5の機械座標位置を速やかに算出できる。したがって、リニア搬送システム1の信頼性を向上できる。また、いずれかのセンサヘッド25を交換した場合に、当該交換したセンサヘッド25以外のセンサヘッド25については、誤差に関するパラメータが累積値であるため変動しない。このため、当該取り換えたセンサヘッド25に係るパラメータのみ再設定を行えばよく、センサ交換時の設置間隔測定作業及びパラメータ設定作業が容易となる。

【0087】

本実施形態において、センサ間隔誤差補正累積値は、設置間隔の設定値と測定値との誤差値を原点に設定されたセンサヘッド25から累積した値であってもよく、パラメータ記録部27は、設置間隔の設定値を原点に設定されたセンサヘッド25から累積したセンサ間隔オフセットを、センサヘッド25ごとに別々のパラメータとして記録してもよく、位置算出部29は、スケール23を検出したセンサヘッド25の検出データと、スケール23を検出したセンサヘッド25に設定されたセンサ間隔誤差補正累積値及びセンサ間隔オフセットとに基づいて、可動子5の機械座標位置を算出してもよい。

【0088】

この場合、設置間隔の設定値の累積値と、設置間隔の誤差値の累積値とが、センサヘッド25ごとに別々のパラメータとして記録される。これにより、各センサヘッド25における誤差値の累積値の大きさが明確になり、誤差値の管理が容易となる。

【0089】

本実施形態において、パラメータ記録部27は、可動子5が原点としたい位置に位置する際に、当該可動子5のスケール23を検出したセンサヘッド25の検出データである原

点オフセットを、複数のセンサヘッド 25 に共通のパラメータとして記録してもよく、位置算出部 29 は、スケール 23 を検出したセンサヘッド 25 の検出データと、スケール 23 を検出したセンサヘッド 25 に設定されたセンサ間隔誤差補正累積値と、原点オフセットとに基づいて、可動子 5 の機械座標位置を算出してもよい。

【0090】

この場合、固定子 3 上の任意の位置を原点に設定し、当該原点を基準として可動子 5 の機械座標位置を算出することができる。したがって、機械座標の設定の自由度が高まり、ユーザの利便性を向上できる。また、原点オフセットを各センサヘッド 25 に共通のパラメータとして設定できるので、パラメータ設定作業が容易となる。

【0091】

本実施形態において、リニア搬送システム 1 は、固定子 3 の一部の区間のコイル 17 に対する通電制御を行う多軸アンプ 11 と、複数の多軸アンプ 11 に接続され、複数の可動子 5 の機械座標位置を管理するリニアコントローラ 13 と、をさらに有してもよく、その場合には、リニアコントローラ 13 は、多軸アンプ 11 の位置算出部 29 により算出された可動子 5 の機械座標位置に基づいて、複数の可動子 5 間の距離を監視して衝突を防止する衝突防止処理部 41 を有してもよく、多軸アンプ 11 は、位置算出部 29 により算出された可動子 5 の機械座標位置に基づいて固定子 3 の所定の区間内に 2 以上の可動子 5 が存在するか否かを判定し、2 以上の可動子 5 が存在すると判定した場合に可動子 5 を緊急停止させる緊急停止処理部 31 を有してもよい。

【0092】

この場合、リニア搬送システム 1 に 2 つの制御方式による 2 段階の衝突防止機能を持たせることができ、高い衝突防止機能を備えたリニア搬送システム 1 を実現できる。また、リニアコントローラ 13 よりも処理速度が速い多軸アンプ 11 により可動子 5 の機械座標位置を算出し、その可動子位置を利用して上位のリニアコントローラ 13 が衝突防止を実行する方式とすることで、精度の高い可動子位置を用いた可動子全体に対する衝突防止処理が可能となり、信頼性を向上できる。

【0093】

本実施形態において、衝突防止処理部 41 は、複数の可動子 5 の移動方向において後方に位置する後方可動子 5 R と前方に位置する前方可動子 5 F との実可動子間距離が走行時可動子間距離以下であるか否かを判定する距離判定部 43 と、距離判定部 43 により実可動子間距離が走行時可動子間距離以下であると判定された場合に、後方可動子 5 R の速度を前方可動子 5 F の速度と等しくなるように減速させる加減速制御部 45 と、を有してもよい。

【0094】

この場合、後方可動子 5 R を停止させることなく前方可動子 5 F との衝突を防止することができる。これにより、ワーク搬送のタクトタイムが長くなることを抑制しつつ、各可動子 5 の衝突を防止することが可能なリニア搬送システム 1 を実現できる。

【0095】

本実施形態において、走行時可動子間距離は、可動子間距離として予め設定された可動子間距離設定値と、後方可動子 5 R が停止するまでに要する後方可動子減速距離との合計値であってもよい。

【0096】

この場合、走行時可動子間距離を、可動子間距離の設定値と後方可動子 5 R の制動距離との合計値に設定できる。これにより、例えば前方可動子 5 F が急停止することによって実可動子間距離が一定距離以内となり、後方可動子 5 R を停止させた場合でも、設定値分の実可動子間距離を確保することができる。したがって、衝突防止機能の実効性を高めることができる。

【0097】

本実施形態において、加減速制御部 45 は、後方可動子 5 R の速度を前方可動子 5 F の速度と等しくなるように減速させた場合に、走行時可動子間距離から実可動子間距離を差

10

20

30

40

50

し引いた差分値に基づいて追加減速を実行してもよい。

【0098】

この場合、後方可動子5 Rと前方可動子5 Fとの間隔が走行時可動子間距離より縮まってどれだけ接近したか（接近量）を算出できる。そして、当該接近量に基づいて追加減速を実行することにより、接近後の実可動子間距離が小さいほど（接近量が大きいほど）大きな追加減速を実行することが可能となる。これにより、衝突防止機能の信頼性をさらに向上できる。

【0099】

本実施形態において、衝突防止処理部41は、後方可動子5 Rの速度を前方可動子5 Fの速度と等しくなるように減速させた場合に、前方可動子5 Fの速度が後方可動子5 Rの指令速度より大きいと判定する速度判定部47を有してもよく、その場合には、加減速制御部45は、速度判定部47により前方可動子5 Fの速度が後方可動子5 Rの指令速度より大きいと判定された場合に、後方可動子5 Rの速度を指令速度に追従するように制御してもよい。

【0100】

前方可動子5 Fの速度が後方可動子5 Rの指令速度よりも大きい場合、後方可動子5 Rを指令速度に追従させても衝突は発生しない。したがって、そのような場合には後方可動子5 Rを指令速度に追従させることで、前方可動子5 Fとの衝突を回避しつつ、後方可動子5 Rを位置指令に基づく速度プロファイルにしたがって動作させることができる。

【0101】

<9. 多軸アンプ又はリニアコントローラのハードウェア構成例>

図13を参照しつつ、上記で説明したCPU901が実行するプログラムにより実装されたパラメータ記録部27、位置算出部29、緊急停止処理部31、モータ制御部33等による処理を実現する多軸アンプ11のハードウェア構成例について説明する。図13では、多軸アンプ11のコイル17に電力を供給する機能に係る構成を省略して図示している。衝突防止処理部41、距離判定部43、加減速制御部45、速度判定部47等による処理を実現するリニアコントローラ13のハードウェア構成を同様の構成としてもよい。

【0102】

図13に示すように、多軸アンプ11（又はリニアコントローラ13）は、例えば、CPU901と、ROM903と、RAM905と、ASIC又はFPGA等の特定の用途向けに構築された専用集積回路907と、入力装置913と、出力装置915と、記録装置917と、ドライブ919と、接続ポート921と、通信装置923とを有する。これらの構成は、バス909や入出力インターフェース911を介し相互に信号を伝達可能に接続されている。

【0103】

プログラムは、例えば、ROM903やRAM905、ハードディスク等による記録装置917等に記録しておくことができる。

【0104】

また、プログラムは、例えば、フレキシブルディスクなどの磁気ディスク、各種のCD・MOディスク・DVD等の光ディスク、半導体メモリ等のリムーバブルな記録媒体925に、一時的又は非一時的（永続的）に記録しておくこともできる。このような記録媒体925は、いわゆるパッケージソフトウェアとして提供することもできる。この場合、これらの記録媒体925に記録されたプログラムは、ドライブ919により読み出されて、入出力インターフェース911やバス909等を介し上記記録装置917に記録されてもよい。

【0105】

また、プログラムは、例えば、ダウンロードサイト・他のコンピュータ・他の記録装置等（図示せず）に記録しておくこともできる。この場合、プログラムは、LANやインターネット等のネットワークNWを介し転送され、通信装置923がこのプログラムを受信する。そして、通信装置923が受信したプログラムは、入出力インターフェース911

10

20

30

40

50

やバス 909 等を介し上記記録装置 917 に記録されてもよい。

【0106】

また、プログラムは、例えば、適宜の外部接続機器 927 に記録しておくこともできる。この場合、プログラムは、適宜の接続ポート 921 を介し転送され、入出力インターフェース 911 やバス 909 等を介し上記記録装置 917 に記録されてもよい。

【0107】

そして、CPU 901 が、上記記録装置 917 に記録されたプログラムに従い各種の処理を実行することにより、上記のパラメータ記録部 27、位置算出部 29、緊急停止処理部 31、モータ制御部 33 等による処理が実現される。この際、CPU 901 は、例えば、上記記録装置 917 からプログラムを直接読み出して実行してもよいし、RAM 905 に一旦ロードした上で実行してもよい。更に CPU 901 は、例えば、プログラムを通信装置 923 やドライブ 919、接続ポート 921 を介し受信する場合、受信したプログラムを記録装置 917 に記録せずに直接実行してもよい。

10

【0108】

また、CPU 901 は、必要に応じて、例えばマウス・キーボード・マイク（図示せず）等の入力装置 913 から入力する信号や情報に基づいて各種の処理を行ってもよい。

【0109】

そして、CPU 901 は、上記の処理を実行した結果を、例えば表示装置や音声出力装置等の出力装置 915 から出力してもよく、さらに CPU 901 は、必要に応じてこの処理結果を通信装置 923 や接続ポート 921 を介し送信してもよく、上記記録装置 917 や記録媒体 925 に記録させてもよい。

20

【0110】

なお、以上の説明において、「垂直」「平行」「平面」等の記載がある場合には、当該記載は厳密な意味ではない。すなわち、それら「垂直」「平行」「平面」とは、設計上、製造上の公差、誤差が許容され、「実質的に垂直」「実質的に平行」「実質的に平面」という意味である。

【0111】

また、以上の説明において、外観上の寸法や大きさ、形状、位置等が「同一」「同じ」「等しい」「異なる」等の記載がある場合は、当該記載は厳密な意味ではない。すなわち、それら「同一」「同じ」「等しい」「異なる」とは、設計上、製造上の公差、誤差が許容され、「実質的に同一」「実質的に同じ」「実質的に等しい」「実質的に異なる」という意味である。

30

【0112】

但し、例えばしきい値（図 8、図 10 のフローチャート参照）や基準値等、所定の判定基準となる値あるいは区切りとなる値の記載がある場合は、それらに対しての「同一」「等しい」「異なる」等は、上記とは異なり、厳密な意味である。

【0113】

また、以上既に述べた以外にも、上記実施形態や各変形例による手法を適宜組み合わせ利用しても良い。その他、一々例示はしないが、上記実施形態や各変形例は、その趣旨を逸脱しない範囲内において、種々の変更が加えられて実施されるものである。

40

【0114】

また、上述した実施形態や変形例等が解決しようとする課題や効果は、上述した内容に限定されるものではない。すなわち、実施形態や変形例等によって、上述されていない課題を解決したり、上述されていない効果を奏することもでき、また、記載されている課題の一部のみを解決したり、記載されている効果の一部のみを奏することがある。

【符号の説明】

【0115】

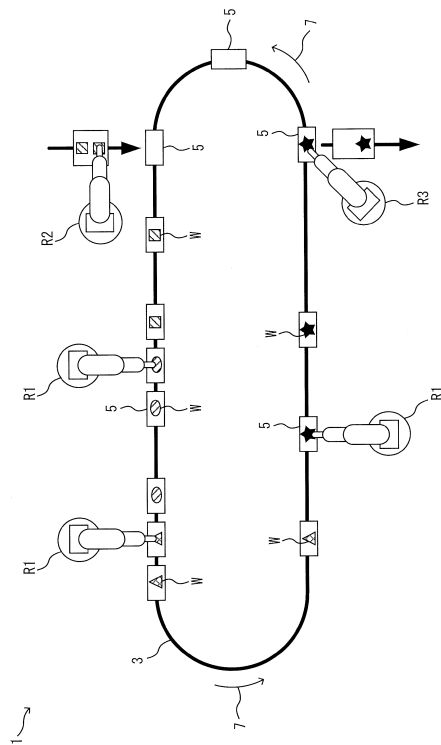
- |   |           |
|---|-----------|
| 1 | リニア搬送システム |
| 3 | 固定子       |
| 5 | 可動子       |

50

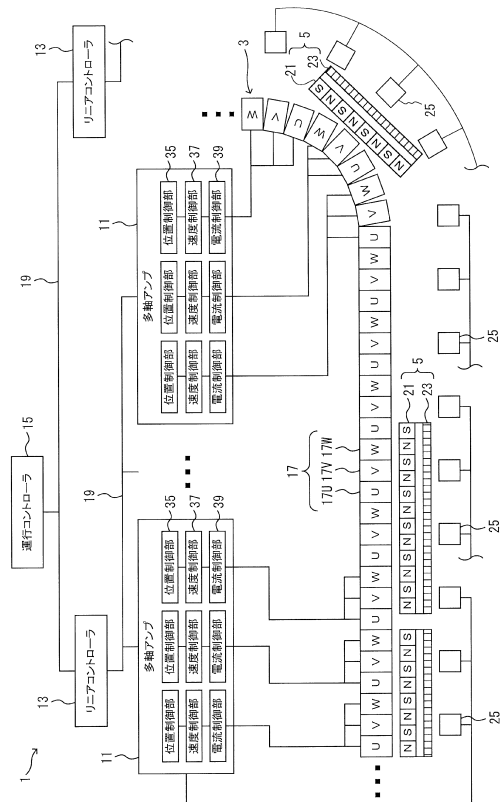
- 5 F 前方可動子  
 5 R 後方可動子  
 1 1 多軸アンプ (第 1 の制御装置)  
 1 3 リニアコントローラ (第 2 の制御装置)  
 1 7 コイル  
 2 1 マグネット  
 2 3 スケール  
 2 5 センサヘッド (センサ)  
 2 7 パラメータ記録部  
 2 9 位置算出部  
 3 1 緊急停止処理部  
 4 1 衝突防止処理部  
 4 3 距離判定部  
 4 5 加減速制御部  
 4 7 速度判定部

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

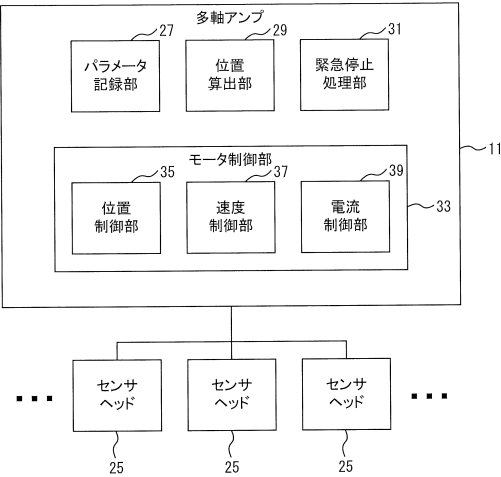
20

30

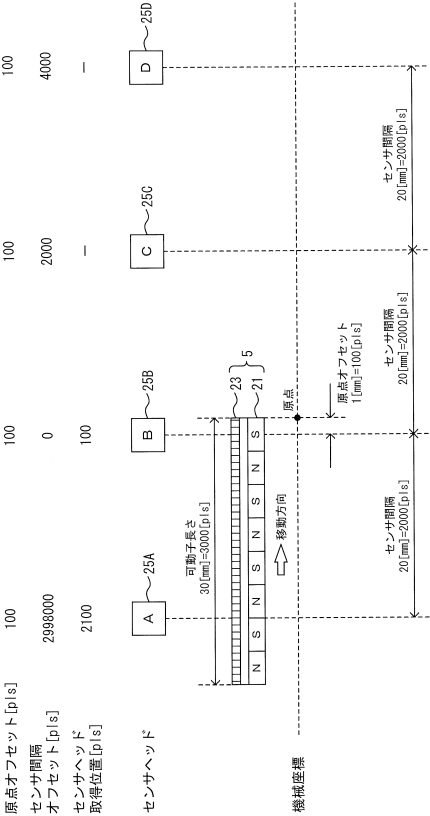
40

50

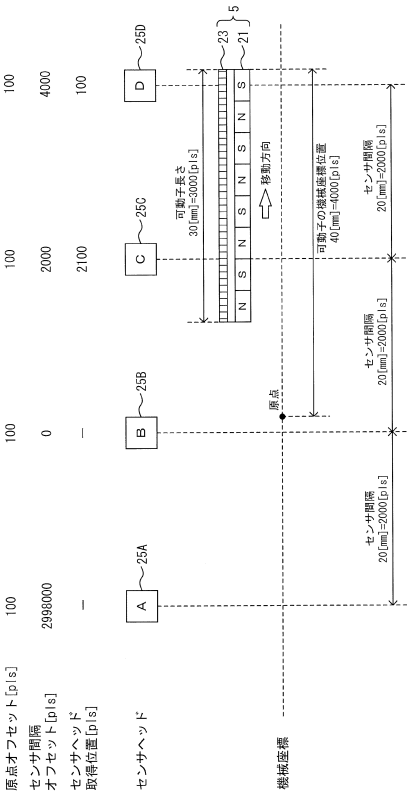
【図 3】



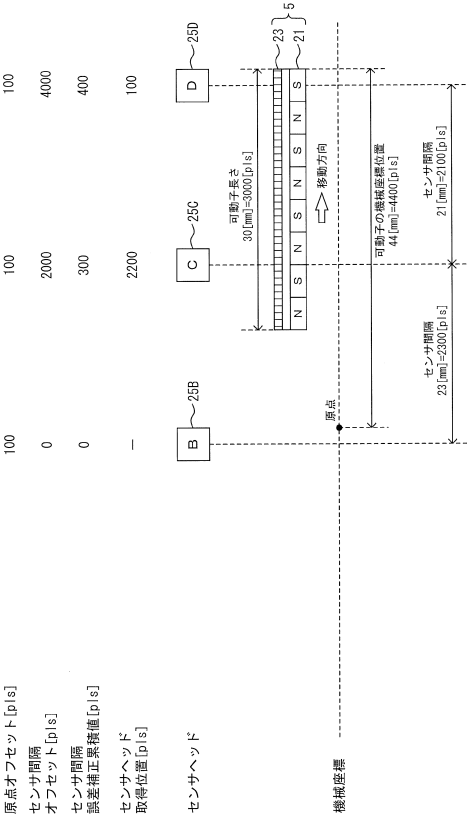
【図 4】



【図 5】



【図 6】



10

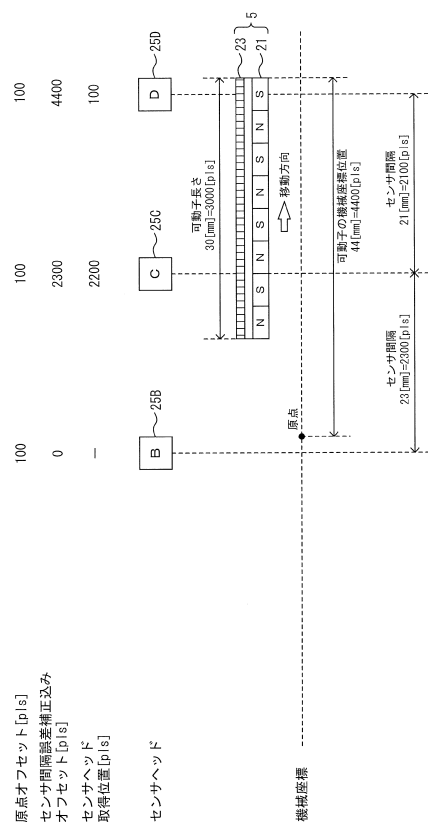
20

30

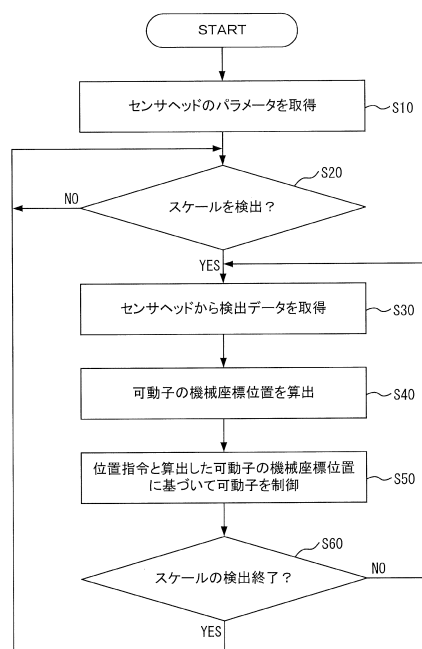
40

50

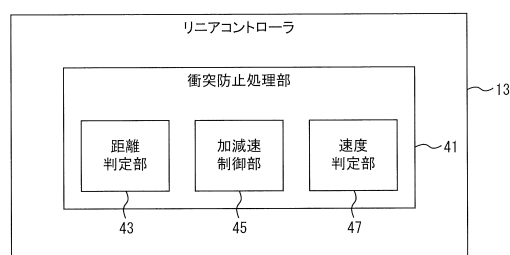
【圖 7】



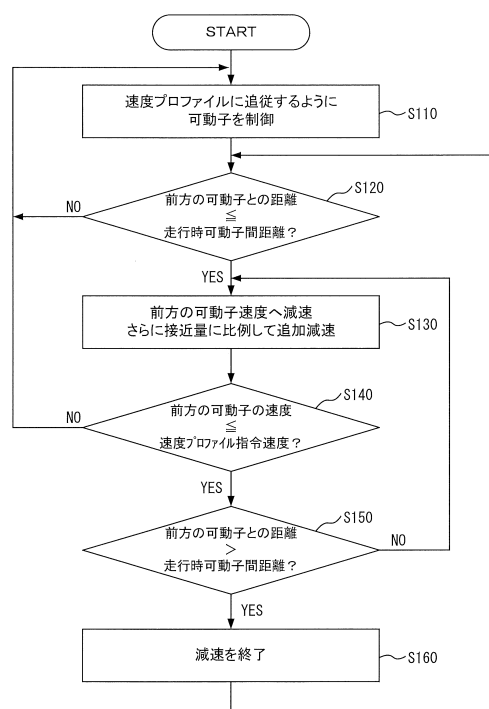
【圖 8】



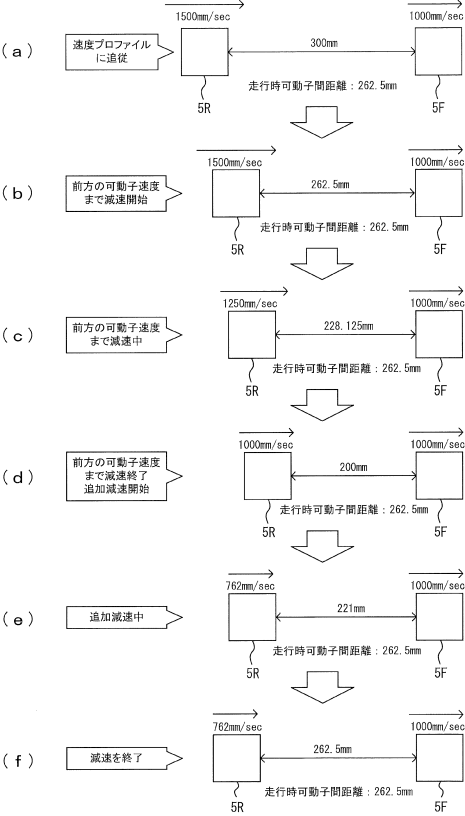
【圖 9】



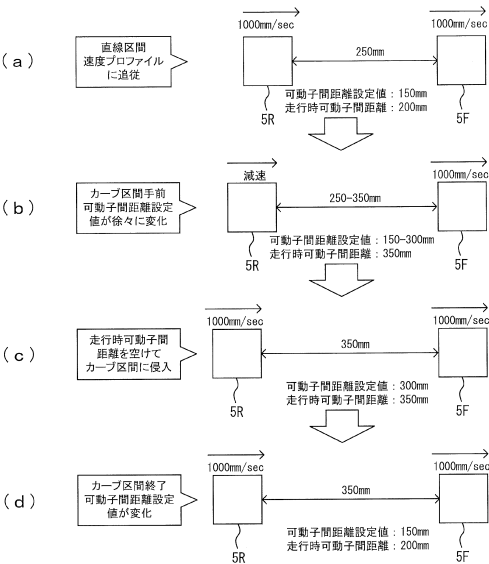
【図 10】



【図 1 1】



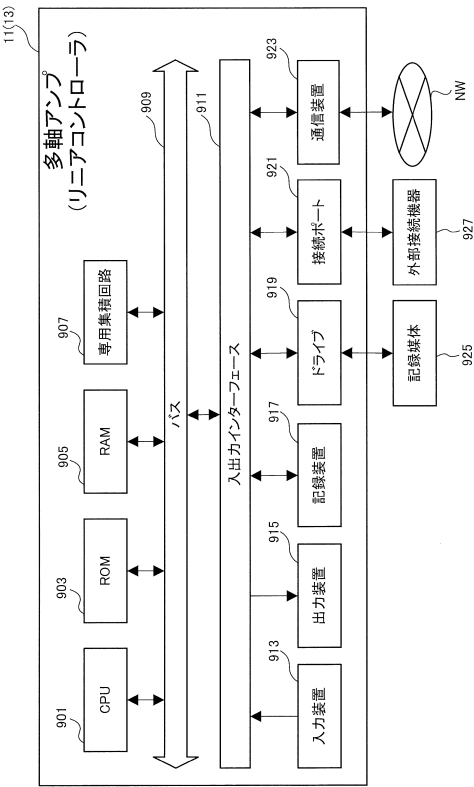
【図 1 2】



10

20

【図 1 3】



30

40

50

フロントページの続き

|                         |               |   |  |
|-------------------------|---------------|---|--|
| (51)国際特許分類              | F I           |   |  |
| B 6 5 G 35/00 (2006.01) | B 6 5 G 54/02 |   |  |
|                         | B 6 5 G 35/00 | B |  |

号 株式会社安川電機内

審査官 池田 貴俊

(56)参考文献 特許第 6 5 7 7 1 4 7 ( J P , B 2 )

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B名)

|         |             |
|---------|-------------|
| H 0 2 P | 2 5 / 0 6 4 |
| H 0 2 K | 4 1 / 0 3   |
| B 6 0 L | 1 3 / 0 3   |
| B 6 0 L | 1 3 / 1 0   |
| B 6 5 G | 5 4 / 0 2   |
| B 6 5 G | 3 5 / 0 0   |