

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6438441号
(P6438441)

(45) 発行日 平成30年12月12日(2018.12.12)

(24) 登録日 平成30年11月22日(2018.11.22)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 D 5/244 (2006.01) GO 1 D 5/244 J

請求項の数 8 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2016-153817 (P2016-153817)	(73) 特許権者	390008235 ファナック株式会社
(22) 出願日	平成28年8月4日(2016.8.4)		山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場358 〇番地
(65) 公開番号	特開2018-21845 (P2018-21845A)	(74) 代理人	100106002 弁理士 正林 真之
(43) 公開日	平成30年2月8日(2018.2.8)	(74) 代理人	100165157 弁理士 芝 哲央
審査請求日	平成29年8月25日(2017.8.25)	(74) 代理人	100160794 弁理士 星野 寛明
		(72) 発明者	近藤 洋平 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場358 〇番地 ファナック株式会社内
		審査官	深田 高義

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エンコーダの信号処理装置、エンコーダ、信号処理方法及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被測定体の移動に応じてエンコーダ内で発生するアナログ量である元信号から一定時間間隔毎に位置データを検出するエンコーダの信号処理装置であって、

前記エンコーダが発生する元信号の1周期内において、等間隔で取得された少なくとも3点以上の前記位置データに基づいて、検出位置の近似曲線を算出する近似曲線算出部と

、前記近似曲線算出部によって算出された前記検出位置の近似曲線に基づいて、任意の時刻における前記位置データの検出誤差の近似値を計算する近似誤差計算部と、

前記近似誤差計算部によって計算された前記位置データの検出誤差の近似値に基づいて、前記任意の時刻における前記位置データの検出誤差を補正する位置データ補正部と、を備えるエンコーダの信号処理装置。

【請求項2】

前記近似曲線算出部は、前記被測定体が所定値以内の速度変動分をもつ所定の速度範囲で移動している状態の時に、少なくとも3点以上の連続して検出された(n+1)個の位置データ群(n-2)における両端の前記位置データの間を一定時間間隔で等分した時刻のうちの任意の時刻の前後(M+1)点の前記位置データ(M-2)から、前記(M+1)点の範囲における任意の時刻での検出位置を近似する検出位置の近似曲線を算出し、前記(M+1)点の範囲における検出誤差を算出する請求項1に記載のエンコーダの信号処理装置。

10

20

【請求項 3】

前記近似曲線算出部は、前記検出位置の近似曲線として前記(M + 1)点を通るM次曲線を算出する請求項2に記載のエンコーダの信号処理装置。

【請求項 4】

前記M次曲線は奇数次である請求項3に記載のエンコーダの信号処理装置。

【請求項 5】

前記近似誤差計算部は、前記検出位置の近似曲線に基づいて、等間隔の位置における検出誤差を予め算出して記憶しておき、当該記憶された検出誤差間を直線で補間して任意の位置での検出誤差を求める請求項1から4に記載のエンコーダの信号処理装置。

【請求項 6】

被測定体の移動に応じて発生するアナログ量である元信号から一定時間間隔毎に位置データを検出するエンコーダであって、

当該エンコーダが発生する元信号の1周期内において、等間隔で取得された少なくとも3点以上の前記位置データに基づいて、検出位置の近似曲線を算出する近似曲線算出部と

、
前記近似曲線算出部によって算出された前記検出位置の近似曲線に基づいて、任意の時刻における前記位置データの検出誤差の近似値を計算する近似誤差計算部と、

前記近似誤差計算部によって計算された前記位置データの検出誤差の近似値に基づいて、前記任意の時刻における前記位置データの検出誤差を補正する位置データ補正部と、
を備えるエンコーダ。

【請求項 7】

被測定体の移動に応じてエンコーダ内で発生するアナログ量である元信号から一定時間間隔毎に位置データを検出するエンコーダのための信号処理方法であって、

前記エンコーダが発生する元信号の1周期内において、等間隔で取得された少なくとも3点以上の前記位置データに基づいて、検出位置の近似曲線を算出する近似曲線算出ステップと、

前記近似曲線算出ステップにおいて算出された前記検出位置の近似曲線に基づいて、任意の時刻における前記位置データの検出誤差の近似値を計算する近似誤差計算ステップと

、前記近似誤差計算ステップによって計算された前記位置データの検出誤差の近似値に基づいて、前記任意の時刻における前記位置データの検出誤差を補正する位置データ補正ステップと、

を含む信号処理方法。

【請求項 8】

被測定体の移動に応じてエンコーダ内で発生するアナログ量である元信号から一定時間間隔毎に位置データを検出するエンコーダの信号処理装置を構成するコンピュータに、

前記エンコーダが発生する元信号の1周期内において、等間隔で取得された少なくとも3点以上の前記位置データに基づいて、検出位置の近似曲線を算出する近似曲線算出機能と、

前記近似曲線算出機能によって算出された前記検出位置の近似曲線に基づいて、任意の時刻における前記位置データの検出誤差の近似値を計算する近似誤差計算機能と、

前記近似誤差計算機能によって計算された前記位置データの検出誤差の近似値に基づいて、前記任意の時刻における前記位置データの検出誤差を補正する位置データ補正機能と

、
を実現させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、エンコーダの信号処理装置、エンコーダ、信号処理方法及びプログラムに関する。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 2 】

従来、エンコーダにおいて、元信号の1周期に同期して発生する検出誤差の存在が知られている。この検出誤差は、元信号が理想的な正弦波及び余弦波ではなく、オフセット電圧、振幅差、位相差、波形歪み等を含むために発生する。エンコーダの出力信号に検出誤差が含まれる場合、測定対象物の位置の検出精度が低下することとなる。

このような検出誤差を補正するために、特許文献1に記載された技術では、検出誤差が元信号の1周期に同期していることを利用し、運転時に自動的に誤差量を検出して補正している。

また、エンコーダによって検出される位置の検出精度を高めるために、特許文献2に記載された技術では、モータの回転むらに起因して発生するエンコーダの位置信号の誤差に対して、エンコーダから出力される原位置信号の検出値である位置データを補間し、その補間位置データに基づいて所望する回転位置とその位置に至るまでの時間との関係を得ている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 3 】

【特許文献1】特許第03772121号公報

【特許文献2】特開平11-249742号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【 0 0 0 4 】

しかしながら、特許文献1に記載された技術では、1周期内の等間隔な位置での検出誤差を算定してレジスタに格納し、検出点間を直線で補間して任意の位置での検出誤差を求め、位置データを補正している。この場合、検出点間では、一定時間間隔の補正量、すなわち、速度成分が一定であるのに対し、検出点では、補正量の速度成分が不連続となって補正量の加速度成分が急速に変動することとなる。そのため、加速度に応じてトルクを与えるモータのトルクコマンドに影響を与える可能性がある。

なお、特許文献2に記載された技術では、エンコーダの1回転内の位置データに応じた補正を行うものであるため、元信号の1周期に同期して発生する検出誤差を取り除くことは困難である。

30

【 0 0 0 5 】

本発明は、エンコーダの出力信号の誤差を補正する際に、トルクコマンドに影響を与える加速度成分の変動を抑制することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

上記目的を達成するため、本発明の一態様のエンコーダの信号処理装置（例えば、後述のエンコーダの信号処理装置D）は、被測定体の移動に応じてエンコーダ内で発生するアナログ量である元信号から一定時間間隔毎に位置データを検出するエンコーダの信号処理装置であって、前記エンコーダが発生する元信号の1周期内において、等間隔で取得された少なくとも3点以上の前記位置データの検出誤差に基づいて、前記エンコーダが発生する元信号に含まれる前記検出誤差の近似曲線を算出する近似曲線算出部（例えば、後述のM次曲線係数算出回路51）と、前記近似曲線算出部によって算出された前記検出誤差の近似曲線に基づいて、任意の時刻における前記位置データの検出誤差の近似値を計算する近似誤差計算部（例えば、後述のM次曲線検出誤差計算回路52）と、前記近似誤差計算部によって計算された前記位置データの検出誤差の近似値に基づいて、前記任意の時刻における前記位置データの検出誤差を補正する位置データ補正部（例えば、後述のM次曲線補正計算回路53）と、を備える。

40

【 0 0 0 7 】

前記近似曲線算出部は、前記被測定体が所定値以内の速度変動分をもつ所定の速度範囲で移動している状態の時に、少なくとも3点以上の連続して検出された（ $n + 1$ ）個の位

50

置データ群 ($n - 2$) の各値と、前記位置データ群における両端の前記位置データを結ぶ直線とに基づいて、前記位置データ群における両端の前記位置データの間を一定時間間隔で等分した時刻における検出誤差をそれぞれ求め、前記一定時間間隔で等分した時刻のうちの任意の時刻の前後 ($M + 1$) 点の前記位置データの検出誤差 ($M - 2$) から、前記 ($M + 1$) 点の検出誤差を近似する検出誤差近似曲線を算出してもよい。

【0008】

前記近似曲線算出部は、前記検出誤差の近似曲線として前記 ($M + 1$) 点を通過する M 次曲線を算出してもよい。

【0009】

前記 M 次曲線は奇数次としてもよい。

10

前記近似誤差計算部は、前記検出誤差の近似曲線に基づいて、等間隔の位置における検出誤差を予め算出して記憶しておき、当該記憶された検出誤差間を直線で補間して任意の位置での検出誤差を求めてもよい。

【0010】

また、本発明の一態様のエンコーダは、被測定体の移動に応じて発生するアナログ量である元信号から一定時間間隔毎に位置データを検出するエンコーダであって、当該エンコーダが発生する元信号の1周期内において、等間隔で取得された少なくとも3点以上の前記位置データの検出誤差に基づいて、当該エンコーダが発生する元信号に含まれる前記検出誤差の近似曲線を算出する近似曲線算出部と、前記近似曲線算出部によって算出された前記検出誤差の近似曲線に基づいて、任意の時刻における前記位置データの検出誤差の近似値を計算する近似誤差計算部と、前記近似誤差計算部によって計算された前記位置データの検出誤差の近似値に基づいて、前記任意の時刻における前記位置データの検出誤差を補正する位置データ補正部と、を備える。

20

【0011】

また、本発明の一態様の信号処理方法は、被測定体の移動に応じてエンコーダ内で発生するアナログ量である元信号から一定時間間隔毎に位置データを検出するエンコーダのための信号処理方法であって、前記エンコーダが発生する元信号の1周期内において、等間隔で取得された少なくとも3点以上の前記位置データの検出誤差に基づいて、前記エンコーダが発生する元信号に含まれる前記検出誤差の近似曲線を算出する近似曲線算出ステップと、前記近似曲線算出ステップにおいて算出された前記検出誤差の近似曲線に基づいて、任意の時刻における前記位置データの検出誤差の近似値を計算する近似誤差計算ステップと、前記近似誤差計算ステップによって計算された前記位置データの検出誤差の近似値に基づいて、前記任意の時刻における前記位置データの検出誤差を補正する位置データ補正ステップと、を含む。

30

【0012】

また、本発明の一態様のプログラムは、被測定体の移動に応じてエンコーダ内で発生するアナログ量である元信号から一定時間間隔毎に位置データを検出するエンコーダの信号処理装置を構成するコンピュータに、前記エンコーダが発生する元信号の1周期内において、等間隔で取得された少なくとも3点以上の前記位置データの検出誤差に基づいて、前記エンコーダが発生する元信号に含まれる前記検出誤差の近似曲線を算出する近似曲線算出機能と、前記近似曲線算出機能によって算出された前記検出誤差の近似曲線に基づいて、任意の時刻における前記位置データの検出誤差の近似値を計算する近似誤差計算機能と、前記近似誤差計算機能によって計算された前記位置データの検出誤差の近似値に基づいて、前記任意の時刻における前記位置データの検出誤差を補正する位置データ補正機能と、を実現させる。

40

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、エンコーダの出力信号の誤差を補正する際に、トルクコマンドに影響を与える加速度成分の変動を抑制することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 1 4 】

【図 1】本発明の一実施形態に係るエンコーダの信号処理装置の構成を示すブロック図である。

【図 2】開始条件判定回路の詳細ブロック図である。

【図 3】本発明の第 1 の実施の形態の説明図である。

【図 4】検出された位置データから検出位置の近似曲線を描画する様子を示す模式図である。

【図 5】近似に用いる検出点と近似曲線との関係を示す模式図である。

【図 6】図 4 に示す位置データの例において検出位置を直線補間した場合を示す図である。

【図 7】図 6 に示す位置データの例における各位置 $P \times 1 \sim P \times 9$ の速度成分を示す図である。

【図 8】図 6 に示す位置データの例における各位置 $P \times 1 \sim P \times 9$ の加速度成分を示す図である。

【図 9】図 4 に示す位置データの例における各位置 $P \times 1 \sim P \times 9$ の速度成分を示す図である。

【図 10】図 4 に示す位置データの例における各位置 $P \times 1 \sim P \times 9$ の加速度成分を示す図である。

【図 11】近似曲線の次数が奇数（ここでは 3 次）の場合に、順回転及び逆回転で係数の算出に用いられる検出点の様子を示す模式図である。

【図 12】近似曲線の次数が偶数（ここでは 2 次）の場合に、順回転及び逆回転で係数の算出に用いられる検出点の様子を示す模式図である。

【図 13】第 3 の実施の形態における M 次曲線検出誤差計算回路の構成を示す模式図である。

【図 14】検出点を通過する M 次曲線において、検出点を等分した時刻での検出誤差を予め算出する様子を示す模式図である。

【図 15】検出誤差データの算出処理及び位置データの補正処理をソフトウェアによって実行する場合の構成を示すブロック図である。

【図 16】プロセッサが実行する検出誤差データの算出処理（検出誤差データ算出回路で行う処理と同等の処理）の流れを示すフローチャートである。

【図 17】プロセッサが実行する位置データの補正処理（検出誤差補正回路で行う処理と同等の処理）の流れを示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 5 】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。

〔第 1 の実施の形態〕

〔構成〕

図 1 は、本発明の一実施形態に係るエンコーダの信号処理装置 D の構成を示すブロック図である。

本実施形態においては、被測定体の移動に応じてエンコーダの感知部から出力される正弦波 S_a 、余弦波 S_b の元信号をアナログ増幅回路 1 a、1 b にて次段のアナログ - デジタル変換回路 2 a、2 b の入力に合うように増幅する。増幅されたアナログ信号をアナログ - デジタル変換回路 2 a、2 b で一定サンプリング周期毎にデジタル信号に変換する。変換されたデジタル値により、デジタル内挿回路 3 が元信号 1 周期（正弦波 1 周期）内の位置を計算し検出誤差データ算出回路 4 に出力する。

【 0 0 1 6 】

検出誤差データ算出回路 4 は、開始条件判定回路 4 1、レジスタ群 4 2、検出誤差計算回路 4 3、検出誤差格納レジスタ 4 4、平均化回路 4 5 を備えている。開始条件判定回路 4 1 は、デジタル内挿回路 3 から位置データを受け、開始時要件を満たしているか判別し、満たしていれば、元信号の 1 周期分のサンプリング数より僅か（ここでは 1 つとする

10

20

30

40

50

) 多いサンプリング数の位置データ $P(0) \sim P(n+1)$ をレジスタ群 4 2 に格納する。なお、ここでは 1 周期を $n+1$ 回 (n は 2 以上の整数) サンプリングするものとしている。

【 0 0 1 7 】

検出誤差計算回路 4 3 は、レジスタ群 4 2 に格納された位置データ $P(0) \sim P(n+1)$ の状態より 1 周期内の等間隔な位置での検出誤差データを算定する。また、検出誤差格納レジスタ 4 4 は算出された検出誤差データを過去数回に渡り記憶する。この検出誤差格納レジスタ 4 4 に記憶された過去数回分の検出誤差データを平均化回路 4 5 で平均化して、その平均値の検出誤差データを検出誤差補正回路 5 の M 次曲線係数算出回路 5 1 に出力する。複数の検出誤差データの平均を取るのには、検出誤差データの精度を向上させるためのものであり、簡単に行う場合には、検出誤差格納レジスタ 4 4、平均化回路 4 5 を設けずに、検出誤差計算回路 4 3 で求めた検出誤差データをそのまま M 次曲線係数算出回路 5 1 に格納するようによい。

10

【 0 0 1 8 】

検出誤差補正回路 5 は、M 次曲線係数算出回路 5 1、M 次曲線検出誤差計算回路 5 2、M 次曲線補正計算回路 5 3 を備えている。M 次曲線係数算出回路 5 1 は、検出誤差格納レジスタ 4 4 に格納された検出誤差の前後 $M+1$ 点を通過する M 次曲線の係数を算出する。なお、M は 2 以上の整数である。M 次曲線検出誤差計算回路 5 2 は、M 次曲線係数算出回路 5 1 によって係数が算出された M 次曲線において、任意の時刻での検出誤差を算出する。M 次曲線補正計算回路 5 3 は、M 次曲線検出誤差計算回路 5 2 によって算出された検出誤差を用いて、デジタル内挿回路 3 から出力される位置データの検出誤差を計算し補正してポジションデータ生成回路 6 に出力する。

20

ポジションデータ生成回路 6 は、補正された 1 周期内の位置データと、このブロック図では省略されている元信号の周期を数えているカウンタのデータより位置データを生成する。

【 0 0 1 9 】

図 2 は、開始条件判定回路 4 1 の詳細ブロック図である。開始条件判定回路 4 1 は、デジタル内挿回路 3 から所定サンプリング周期毎に出力される位置データの内、今回、前回、前々回のサンプリング周期の位置データを記憶する 3 つの位置データレジスタ 4 1 1 a、4 1 1 b、4 1 1 c、第 1、第 2 の速度計算回路 4 1 2 a、4 1 2 b、ゼロクロスポイント検出回路 4 1 3、加速度計算回路 4 1 4、位置データレジスタ格納開始判定及び誤差計算開始信号判定回路 4 1 5 を備える。

30

【 0 0 2 0 】

デジタル内挿回路 3 から出力される所定サンプリング周期毎の位置データは、今回の位置データレジスタ 4 1 1 a に格納され、今回の位置データレジスタ 4 1 1 a に格納されていた位置データは前回の位置データレジスタ 4 1 1 b に格納され、前回の位置データレジスタ 4 1 1 b に格納されていた位置データ前々の位置データレジスタ 4 1 1 c に格納され、デジタル内挿回路 3 から位置データが出力される毎 (サンプリング周期毎) に位置データはシフトされ、今回、前回、前々回のサンプリング周期の位置データが記憶されることになる。

40

【 0 0 2 1 】

第 1 の速度計算回路 4 1 2 a は、今回の位置データレジスタ 4 1 1 a に記憶する今回の位置データと前回の位置データレジスタ 4 1 1 b に記憶する位置データの差より現在速度を求め、第 2 の速度計算回路 4 1 2 b は、前回の位置データレジスタ 4 1 1 b、前々回の位置データレジスタ 4 1 1 c にそれぞれ記憶する位置データの差より周期前の現在速度を求める。また、加速度計算回路 4 1 4 は、第 1、第 2 の速度計算回路 4 1 2 a、4 1 2 b で求めた速度の差より加速度を求める。

ゼロクロスポイント検出回路 4 1 3 は、今回の位置データレジスタ 4 1 1 a と前回の位置データレジスタ 4 1 1 c に記憶する位置データより元信号 S_a 、 S_b の 1 周期の開始であるゼロクロスポイントを検出する。

50

【 0 0 2 2 】

位置データレジスタ格納開始判定及び誤差計算開始信号判定回路 4 1 5 は、位置データの設定取り込み条件が満足したことを条件として、ゼロクロスポイント検出回路 4 1 3 でゼロクロスポイントが検出されたときに、ゼロクロスポイントから次のゼロクロスポイントを包含する元信号の 1 周期以上の位置データ $P(0) \sim P(n+1)$ をレジスタ群 4 2 へ格納させる。また、次のゼロクロスポイント検出時に検出誤差計算回路に誤差計算開始信号を渡す。

【 0 0 2 3 】

位置データの取り込み条件としては、第 1 の速度計算回路 4 1 2 a で求められる速度（位置データ $P(-1)$ と $P(0)$ の差）が所定範囲に入ったとき、さらに、精度を向上させるときには、加速度計算回路 4 1 4 で求められる加速度（位置データ $P(-2)$ と $P(-1)$ の差と $P(-1)$ と $P(0)$ の差の差）が規定範囲に達に入ったとき、さらには、元信号の 1 周期の終了時点において、前記第 1 の速度計算回路 4 1 2 a で検出される加速度（位置データ $P(n-2)$ と $P(n-1)$ の差と $P(n-1)$ と $P(n)$ の差の差）が規定値内に入っているときとする。

以上が本実施形態のエンコーダの信号処理装置 D の要部の構成である。

次に、この実施形態で実施する検出誤差補正の各種方法の実施形態を説明する。

【 0 0 2 4 】

図 3 は、第 1 の実施の形態の説明図で、 n 回のサンプリングで元信号の 1 周期分の位置データが得られたものとする。すなわち、サンプリング周期を T_s とし、エンコーダの感知部が取り付けられた移動体（回転体）の移動速度が一定速度 v であるとする。また、1 周期分での移動体の移動量（回転角）が L であったとすると、 $L = n \cdot T_s \cdot v$ である。そして、ゼロクロスポイントを検出した後、最初のサンプリング時点を時間 0 とし、このときサンプリングした位置データを $P(0)$ 、次のゼロクロスポイントを検出した後の最初のサンプリング時の位置データを $P(n)$ とすると、位置データ $P(0)$ から位置データ $P(n)$ が得られるまでは約 1 周期に該当する（ $P(n) - P(0) = L$ ）。

【 0 0 2 5 】

この 1 周期内の n 個のサンプリングの位置データを、横軸を時間軸、縦軸を検出位置としてプロットすると、図 3 に波線の曲線上に丸を書いて示したようになったとする。なお、図 3 において、検出位置データは $0 \sim L$ まで繰り返し検出されるものであるから、1 周期 L に達したときこの点を次の 1 周期の「0」として連続的に直線上に表している。

【 0 0 2 6 】

位置データはサンプリング周期 T_s 毎に求められたものであるが、速度 v が一定で、サンプリング周期 T_s も一定であるから、サンプリング間の移動距離 $l = v \cdot T_s$ は一定である。よって、図 3 における横軸は移動体の移動距離（回転角度）をも表す。すなわち、 m 回目のサンプリング時では、位置データ $P(0)$ が得られたサンプリング時から $m \cdot T_s$ の時間経過したときであり、移動体の移動距離（回転角度） $l = m \cdot v \cdot T_s$ の位置である。

【 0 0 2 7 】

等速 v で移動し、サンプリング周期 T_s が n 回で、元信号 1 周期分の距離 L 移動するものであるから、位置はリニアに変化し、 m 回目のサンプリング時では、移動距離 $l = L \cdot m / n$ である。そこで、位置データ $P(n)$ が位置データ $P(0)$ の 1 周期遅れの同じ値とすれば、位置データ $P(0)$ と $P(n)$ を結ぶ図 3 に破線で示す直線上に位置するはずである。図 3 に示す破線直線は 1 周期分移動するとき、この検出されるべき位置を示している。しかし、実際にサンプリングされて検出された位置が図 3 の丸印で示された位置 $P(m)$ であったとき、検出誤差 $D(m)$ は、

$$D(m) = P(m) - [P(0) + L \cdot m / n]$$

$$= P(m) - [P(0) + \{P(n) - P(0)\} \times m / n] \cdots (1)$$

として求められる。

【 0 0 2 8 】

10

20

30

40

50

ここで、本実施形態では、サンプリングされ検出された位置データに限らず、任意の位置データ $P(m)$ において、検出誤差補正回路 5 によって誤差データ $D(m)$ を算出し、位置データの補正を行うことができる。すなわち、M 次曲線係数算出回路 5 1 によって近似曲線の係数を算出し、M 次曲線検出誤差計算回路 5 2 によって検出誤差を算出して、M 次曲線補正計算回路 5 3 によって位置データの補正を行うことができる。

【0029】

図 4 は、検出された位置データから検出位置の近似曲線を描画する様子を示す模式図である。なお、図 4 においては、検出位置の近似曲線を

$$3 \text{ 次曲線 } P(t_x) = A t_x^3 + B t_x^2 + C t_x + D \cdots (2)$$

によって描画する例を示している。なお、式 (1) において、A、B、C、D は係数である。

10

図 4 に示すように、位置 $P X 5 \sim P X 8$ (検出点 $P(m-1)$ 、 $P(m)$ 間) においては、前後 2 点の検出点 $P(m-2)$ 、 $P(m-1)$ 、 $P(m)$ 、 $P(m+1)$ を通過する 3 次曲線の係数を以下のように算出することができる。

【0030】

図 5 は、近似に用いる検出点と近似曲線との関係を示す模式図である。

図 5 に示すように、検出点 $P(m-1)$ を通過する時刻を $t = 0$ とすると、一定時間間隔 T の時点における検出点 $P(m-2)$ 、 $P(m)$ 、 $P(m+1)$ を通過する時刻は、それぞれ $-T$ 、 T 、 $2T$ で与えられる。

したがって、4 個の検出点 $P(m-2)$ 、 $P(m-1)$ 、 $P(m)$ 、 $P(m+1)$ を通過する三次曲線 $P(t) = A t^3 + B t^2 + C t + D$ の係数 A、B、C、D に対し、以下の 4 式が成立する。

20

$$P(m-2) = -A T^3 + B T^2 - C T + D \cdots (3)$$

$$P(m-1) = D \cdots (4)$$

$$P(m) = A T^3 + B T^2 + C T + D \cdots (5)$$

$$P(m+1) = 8 A T^3 + 4 B T^2 + 2 C T + D \cdots (6)$$

【0031】

これら 4 式より、係数 A、B、C、D は、以下のように求めることができる。

$$A = (-P(m-2) + 3P(m-1) - 3P(m) + P(m+1)) \div 6 T^3 \cdots (7)$$

30

$$B = (P(m-2) - 2P(m-1) + P(m)) \div 2 T^2 \cdots (8)$$

$$C = (-2P(m-2) - 3P(m-1) + 6P(m) - P(m+1)) \div 6 T^3 \cdots (9)$$

$$D = P(m-1) \cdots (10)$$

【0032】

このように係数 A、B、C、D が算出されることにより、3 次の近似曲線 $P(t)$ が定まり、検出誤差補正回路 5 によって近似曲線 $P(t)$ 上における任意の時刻での検出誤差を求めて位置データを補正することができる。

したがって、誤差量の速度成分変化、及び加速度成分変化を抑制し、モータのトルクコマンドへの影響を軽減することが可能となる。

40

なお、ここでは、検出点 $P(m-1)$ 、 $P(m)$ 間を例として係数を求めたが、他の検出点 $P(m-2)$ 、 $P(m-1)$ 間、あるいは、検出点 $P(m)$ 、 $P(m+1)$ 間においても、同様に前後 2 点の検出点から 3 次曲線の係数を算出し、任意の時刻での検出誤差を求めて位置データを補正することができる。

【0033】

[比較例]

以上のように構成されるエンコーダの信号処理装置 D は、検出点間を直線で補間する場合に比べ、エンコーダの出力信号の誤差を補正する際に、トルクコマンドに影響を与える加速度成分の変動を抑制することができる。

図 6 は、図 4 に示す位置データの例において検出位置を直線補間した場合を示す図であ

50

る。

また、図7は、図6に示す位置データの例における各位置PX1～PX9の速度成分を示す図、図8は、図6に示す位置データの例における各位置PX1～PX9の加速度成分を示す図である。なお、図8に示す加速度成分は、図7に示す各時間の速度成分について隣接する時間との差分を示している。

図6においては、各検出点間は直線補間されるため、検出点間における検出位置は補間された直線上に分布することとなる。

この場合、検出点間における検出位置の速度成分は一定、加速度成分はゼロとなる。

【0034】

図9は、図4に示す位置データの例における各位置PX1～PX9の速度成分を示す図である。

10

また、図10は、図4に示す位置データの例における各位置PX1～PX9の加速度成分を示す図である。なお、図10に示す加速度成分は、図9に示す各時間の速度成分について隣接する時間との差分を示している。

図4に示す位置データの例において、検出点間における検出位置は近似曲線上に分布することとなる。

この場合、各位置PX1～PX9における速度成分は図9のような値となり、各位置PX1～PX9における加速度成分は図10のような値となる。

【0035】

各検出点間を直線補間した場合の速度成分(図7)と、各検出点間を近似曲線で補間した場合の速度成分(図9)とを比較すると、本発明のように各検出点間を近似曲線で補間した場合の速度成分の方が、大きな変化が抑制されていることがわかる。

20

同様に、各検出点間を直線補間した場合の加速度成分(図8)と、各検出点間を近似曲線で補間した場合の加速度成分(図10)とを比較すると、本発明のように各検出点間を近似曲線で補間した場合の加速度成分の方が、大きな変化が抑制されていることがわかる。

【0036】

[第2の実施の形態]

次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。

第2の実施の形態では、エンコーダが逆回転する場合にも適切に位置データを補正可能とするため、第1の実施の形態に示す近似曲線の次数を奇数とするものである。

30

【0037】

図11は、近似曲線の次数が奇数(ここでは3次)の場合に、順回転及び逆回転で係数の算出に用いられる検出点の様子を示す模式図である。なお、図6における順回転の場合の検出位置と、逆回転の場合の検出位置とは、左右反転している。

図11に示すように、近似曲線の次数が3次の場合、注目する時刻 t_x の前後4点の検出点を用いることで、3次曲線の係数A、B、C、Dを算出し、 t_{m-1} t_x t_m の範囲における任意の時刻での近似位置 $P(t_x)$ を

$$P(t_x) = A t_x^3 + B t_x^2 + C t_x + D$$

として求めることができる。

40

また、逆回転の場合でも、順回転の場合と同一の前後4点の検出点を用いることとなるため、近似曲線の係数は一意に定まる。

【0038】

図12は、近似曲線の次数が偶数(ここでは2次)の場合に、順回転及び逆回転で係数の算出に用いられる検出点の様子を示す模式図である。なお、図12における順回転の場合の検出位置と、逆回転の場合の検出位置とは、左右反転している。

近似曲線の次数が2次の場合、注目する時刻 t_x より前の時刻 t_{m-1} の1点、及び、後の時刻 t_m 、 t_{m+1} の2点の検出点を用いて、以下の式によって、2次曲線の係数A、B、Cを算出することができる。

$$A = (P(m-1) - 2P(m) + P(m+1)) \div 2 \cdots (11)$$

50

$$B = (- P (m - 1) + 2 P (m + 1)) \div 2 \cdot \cdot \cdot (1 2)$$

$$C = P (m) \cdot \cdot \cdot (1 3)$$

【 0 0 3 9 】

これらの係数を用いて、 t_{m-1} 、 t_x 、 t_m の範囲における任意の時刻での近似位置 $P(t_x)$ は、

$$P(t_x) = A t_x^2 + B t_x + C \cdot \cdot \cdot (1 4)$$

として求めることができる。

ところが、逆回転の場合、順回転と同様に、注目する時刻 t_x より前の時刻 t_{m-1} の1点、及び、後の時刻 t_m 、 t_{m+1} の2点の検出点を用いると、異なる3点を通る2次曲線の係数を算出することとなり、エンコーダが逆回転する場合には、適切に位置データを補正できない可能性が生じる。

すなわち、近似曲線の次数を奇数とすることで、より適切に位置データを補正することが可能となる。

【 0 0 4 0 】

[第3の実施の形態]

次に、本発明の第3の実施の形態について説明する。

第3の実施の形態では、検出誤差の計算を簡略化し、処理を高速化するため、近似曲線における所定の検出誤差を予め算出して記憶しておくものである。

図13は、本実施の形態におけるM次曲線検出誤差計算回路52の構成を示す模式図である。

また、図14は、検出点を通るM次曲線において、検出点を等分した時刻での検出誤差を予め算出する様子を示す模式図である。

【 0 0 4 1 】

図13に示すように、本実施形態におけるM次曲線検出誤差計算回路52は、レジスタ52aを備え、算出した所定の検出誤差をレジスタ52aに記憶しておくことができる。

そして、図14に示すように、M次曲線検出誤差計算回路52は、検出点間を等分した時刻でのM次曲線を通る検出誤差を予め算出してレジスタ52aに格納しておく。

図14においては、検出点 $P(m-1)$ 、 $P(m)$ 間を時間Tで8等分し、各時刻 $t_1 \sim t_7$ におけるM次曲線上の近似位置 $P(1) \sim P(7)$ が算出された例を示している。これら近似位置 $P(1) \sim P(7)$ は、レジスタ52aに記憶されている。

【 0 0 4 2 】

M次曲線検出誤差計算回路52は、任意の時刻での検出誤差を算出する際に、その時刻の前後における検出誤差によって任意の時刻を含む期間を直線補間することにより、当該時刻での検出誤差を算出する。

例えば、図14における時刻 t_5 、 t_6 間の期間を直線補間して近似位置 $P(X)$ を算出する場合、近似位置 $P(5)$ 、 $P(6)$ を用いて、

$$P(X) = (P(6) - P(5)) \times (t_x - t_5) \div T + P(5) \cdot \cdot \cdot (1 5)$$

として求めることができる。

このように検出誤差を求めることで、任意の時刻におけるM次曲線上の検出誤差を逐次算出する場合に比べ、計算を簡略化し、処理を高速化することができる。

【 0 0 4 3 】

[変形例1]

上述した各実施形態においては、検出誤差データ算出回路4中に開始条件判定回路41を設け、該開始条件判定回路41で判別してレジスタ群42へのデータ取り込み、及び基準データの算出指令を出力するようにしたが、この開始条件判定回路41を設けず、このエンコーダを取り付けた機械や装置を制御する数値制御装置等の制御装置によって、開始条件を判別し、この制御装置からデータ取り込み、及び基準データの算出指令を出力するようにしてもよい。

【 0 0 4 4 】

10

20

30

40

50

[変形例 2]

上述した各実施形態において、検出誤差データ算出回路 4 さらには検出誤差補正回路 5 をプロセッサで構成し、ソフトウェアによって処理を行うようにしてもよい。

図 15 は、検出誤差データの算出処理及び位置データの補正処理をソフトウェアによって実行する場合の構成を示すブロック図である。

【 0045 】

図 15 に示すように、検出誤差データの算出処理及び位置データの補正処理をソフトウェアによって実行する場合、図 1 における検出誤差データ算出回路 4 及び検出誤差補正回路 5 に代えて、本発明に係るエンコーダの信号処理装置 D には、プロセッサ 100 と、ROM (Read Only Memory) 110 と、RAM (Random Access Memory) 120 と、記憶部 130 とが備えられる。

10

【 0046 】

プロセッサ 100 は、ROM 110 あるいは記憶部 130 に記憶された検出誤差データの算出処理のためのプログラム及び位置データの補正処理のためのプログラムを実行する。

ROM 110 には、エンコーダの信号処理装置 D を制御するための各種プログラムが予め書き込まれている。

RAM 120 は、DRAM (Dynamic Random Access Memory) 等の半導体メモリによって構成され、プロセッサ 100 が各種処理を実行する際に生成されるデータを記憶する。

20

【 0047 】

記憶部 130 は、ハードディスクあるいはフラッシュメモリ等の不揮発性の記憶装置によって構成され、検出誤差データの算出処理のためのプログラム及び位置データの補正処理のためのプログラム等の各種プログラムや、エンコーダの信号処理装置 D において用いられる各種データを記憶する。

【 0048 】

図 16 は、プロセッサ 100 が実行する検出誤差データの算出処理 (検出誤差データ算出回路 4 で行う処理と同等の処理) の流れを示すフローチャートである。

まず、基準データ作成指令が、手動若しくはこのエンコーダを取り付けた機械や装置を制御する制御装置からの指令として入力されたとき、プロセッサ 100 は、デジタル内挿回路 3 から出力されるサンプリング位置データに基づいて、設定検出誤差算出開始条件を満たしているか否かを判別する。すなわち、現在の速度が規定値であるか、さらには、加速度が規定値内かを判別する (ステップ a1)。

30

【 0049 】

設定検出誤差算出開始条件を満たしていることが判別されると、デジタル内挿回路 3 から出力されるサンプリング位置データを 1 周期分以上取り込む (ステップ a2、a3)。

この位置データの取り込みが完了すると、1 周期分の位置データが取り込み完了時での加速度が規定範囲内か判断する (ステップ a4)。規定範囲からはずれている場合には、位置データを取得した 1 周期分内で速度変化があったことを意味するので、ステップ a1 に戻り再度位置データの取り込みを行う。

40

【 0050 】

ステップ a4 で、加速度が規定範囲内と判断された場合には、取り込んだ位置データは速度一定のデータとみなされ、この位置データから設定されている位置 PA、該位置 PA より 1 周期経過後の設定位置 PB の前後の位置データ P(0)、P(1)、及び P(n)、P(n+1) を取り込んだ位置データから求める (ステップ a5、a6)。位置データ P(0) のサンプリング時を時間「0」とし、位置 PA、PB の時間 tA、tB を補間処理によって求める (ステップ a7)。なお、ステップ a6、a7 において、位置 PA をゼロクロスポイント直後の検出位置とする場合、時間 tA、tB はそれぞれ「0」、サンプリング周期 Ts とサンプリング回数 n の積となり、補間処理は不要となる。一方、位置 P

50

able Gate Array)等の集積回路(IC)で構成することができる。

【0057】

エンコーダの信号処理装置Dの全部又は一部をソフトウェアで構成する場合、エンコーダの信号処理装置Dの動作の全部又は一部を記述したプログラムを記憶した、ハードディスク、ROM等の記憶部、演算に必要なデータを記憶するDRAM、CPU、及び各部を接続するバスで構成されたコンピュータにおいて、演算に必要な情報をDRAMに記憶し、CPUで当該プログラムを動作させることで実現することができる。

【0058】

これらのプログラムは、様々なタイプのコンピュータ可読媒体(computer readable medium)を用いて格納され、コンピュータに供給することができる。コンピュータ可読媒体は、様々なタイプの実体のある記録媒体(tangible storage medium)を含む。コンピュータ可読媒体の例は、磁気記録媒体(例えば、フレキシブルディスク、磁気テープ、ハードディスクドライブ)、光磁気記録媒体(例えば、光磁気ディスク)、CD-ROM(Read Only Memory)、CD-R、CD-R/W、半導体メモリ(例えば、マスクROM、PROM(Programmable ROM)、EPROM(Erasable PROM)、フラッシュROM、RAM(Random Access Memory))を含む。

また、これらのプログラムは、ネットワークを介してユーザのコンピュータにダウンロードされることにより配布されてもよい。

【0059】

以上、本発明の実施形態について詳細に説明したが、前述した実施形態は、本発明を実施するにあたっての具体例を示したに過ぎない。本発明の技術的範囲は、前記実施形態に限定されるものではない。本発明は、その趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能であり、それらも本発明の技術的範囲に含まれる。

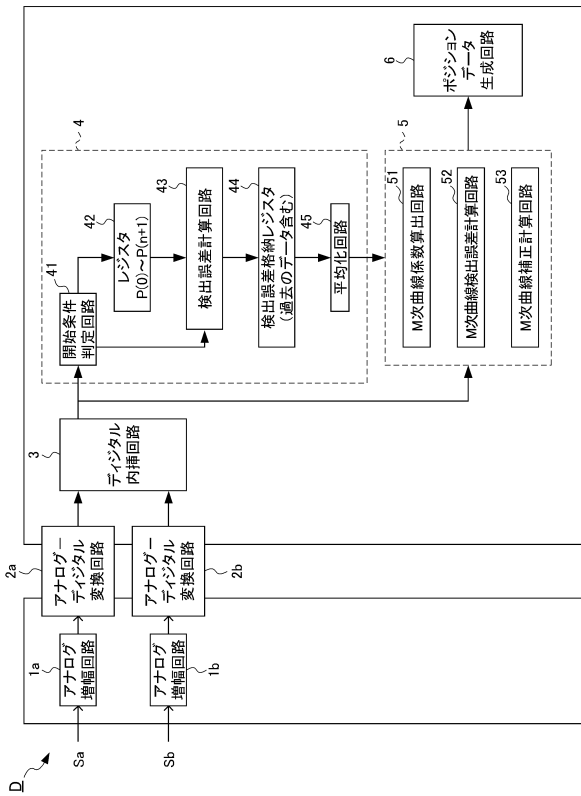
【符号の説明】

【0060】

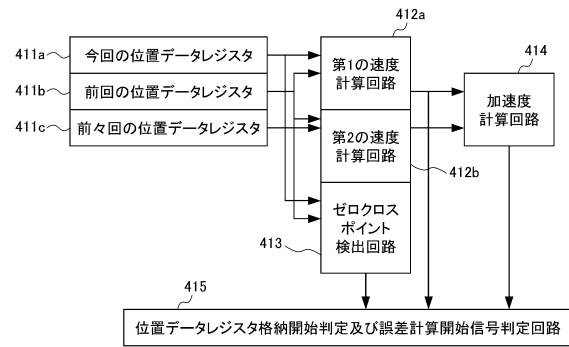
- D エンコーダの信号処理装置
- 1 a , 1 b アナログ増幅回路
- 2 a , 2 b アナログ - デジタル変換回路
- 3 デジタル内挿回路
- 4 検出誤差データ算出回路
- 4 1 開始条件判定回路
- 4 2 レジスタ群
- 4 3 検出誤差計算回路
- 4 4 検出誤差格納レジスタ
- 4 5 平均化回路
- 5 検出誤差補正回路
- 5 1 M次曲線係数算出回路
- 5 2 M次曲線検出誤差計算回路
- 5 2 a レジスタ
- 5 3 M次曲線補正計算回路
- 6 ポジションデータ生成回路
- 4 1 1 a , 4 1 1 b , 4 1 1 c 位置データレジスタ
- 4 1 2 a 第1の速度計算回路
- 4 1 2 b 第2の速度計算回路
- 4 1 3 ゼロクロスポイント検出回路
- 4 1 4 加速度計算回路
- 4 1 5 位置データレジスタ格納開始判定及び誤差計算開始信号判定回路
- 1 0 0 プロセッサ
- 1 1 0 ROM

1 2 0 R A M
1 3 0 記憶部

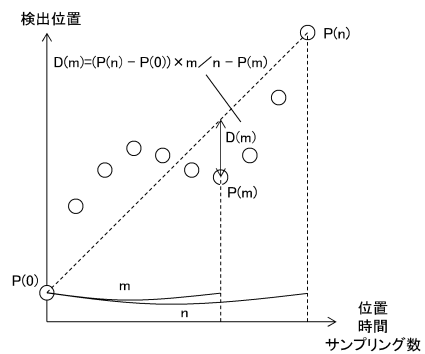
【図1】



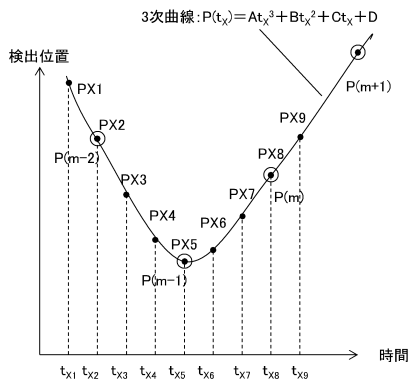
【図2】



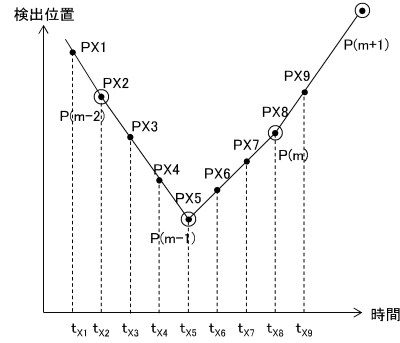
【図3】



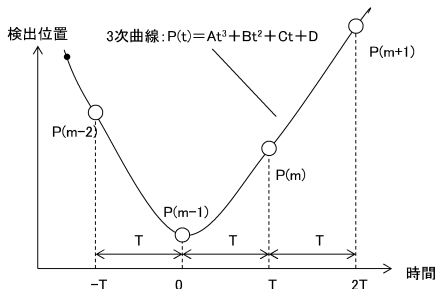
【図4】



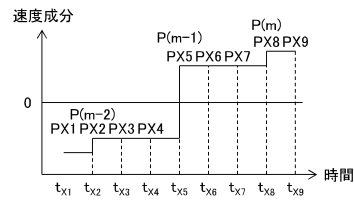
【図6】



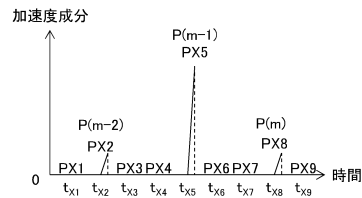
【図5】



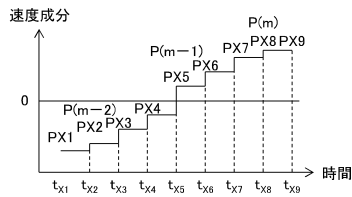
【図7】



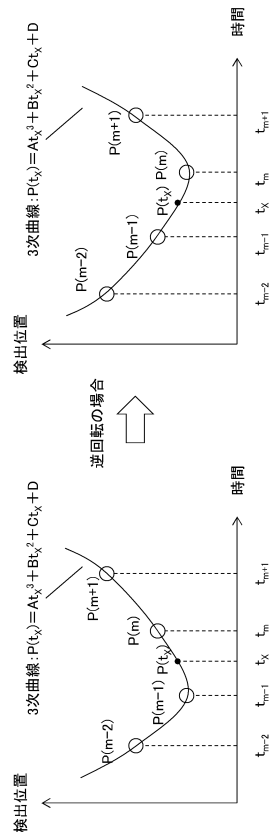
【図8】



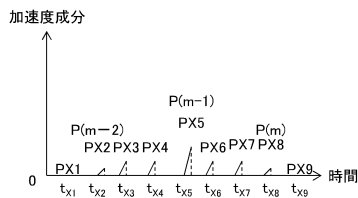
【図9】



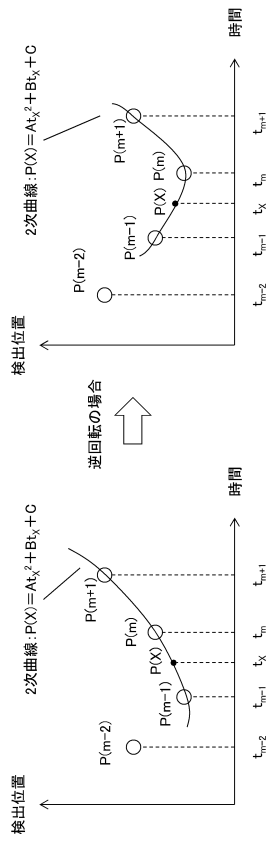
【図11】



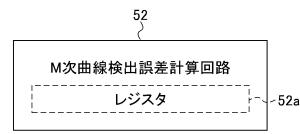
【図10】



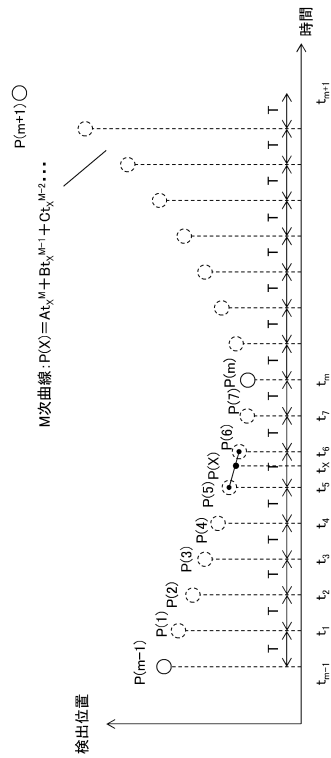
【図 1 2】



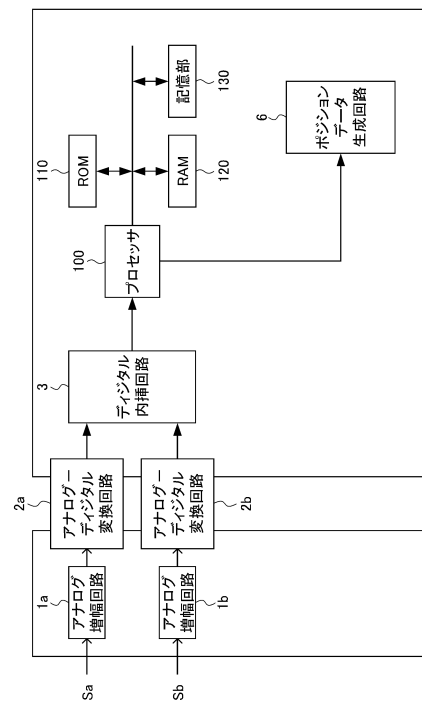
【図 1 3】



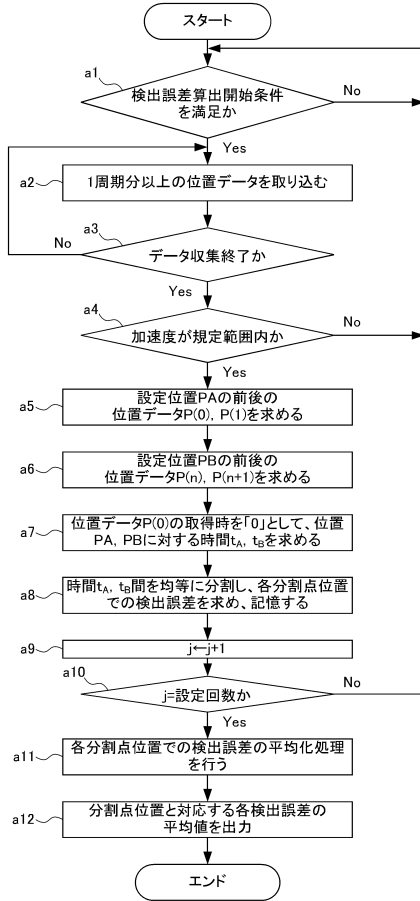
【図 1 4】



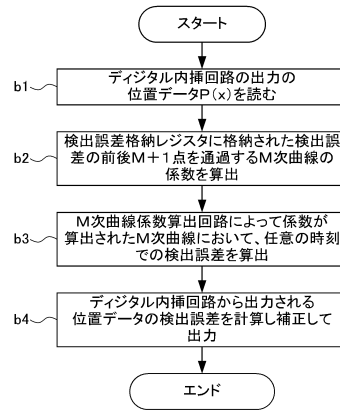
【図 1 5】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2003-254785(JP,A)
特開2013-057590(JP,A)
国際公開第2006/043403(WO,A1)
特開2009-244115(JP,A)
特開2002-116058(JP,A)
特開2009-180522(JP,A)
特開2012-149924(JP,A)
特開2013-238431(JP,A)
特開2008-309689(JP,A)
特開2003-083768(JP,A)
米国特許出願公開第2014/0336967(US,A1)
英国特許出願公開第02097536(GB,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01D 5/244