

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6341631号
(P6341631)

(45) 発行日 平成30年6月13日(2018.6.13)

(24) 登録日 平成30年5月25日(2018.5.25)

(51) Int.Cl.

G O 1 D 5/244 (2006.01)
G O 1 D 5/347 (2006.01)

F 1

G O 1 D 5/244 J
G O 1 D 5/347 1 1 O M

請求項の数 10 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2013-78091 (P2013-78091)
 (22) 出願日 平成25年4月3日 (2013.4.3)
 (65) 公開番号 特開2014-202568 (P2014-202568A)
 (43) 公開日 平成26年10月27日 (2014.10.27)
 審査請求日 平成28年4月4日 (2016.4.4)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100076428
 弁理士 大塚 康徳
 (74) 代理人 100112508
 弁理士 高柳 司郎
 (74) 代理人 100115071
 弁理士 大塚 康弘
 (74) 代理人 100116894
 弁理士 木村 秀二
 (74) 代理人 100130409
 弁理士 下山 治
 (74) 代理人 100134175
 弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】エンコーダ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

指令信号に従ってスケールの位置又は角度の計測値を出力するエンコーダであって、前記スケールからの信号の検出を行って検出信号を出力する検出部と、前記検出信号に基づいて前記スケールの位置又は角度を示すデータの生成を行う生成部と、

前記検出部による前記検出の開始から前記生成部による前記生成の終了までの時間と、前記検出部による前記検出に要する検出遅延時間とによって決定される遅延時間を得る遅延時間取得部と、

前記遅延時間取得部によって取得された遅延時間に応じて、前記データを補正する補正部と、

前記指令信号の受信に従って、前記補正部により補正された前記データを出力する出力部と、を備えており、

前記遅延時間取得部は、複数の前記遅延時間を並行して取得する、ことを特徴とするエンコーダ。

【請求項 2】

前記遅延時間取得部は、前記検出部による前記検出の開始から前記生成部による前記生成の終了までの時間から前記検出部による検出時間の半分を差し引くことによって前記遅延時間を取得することを特徴とする請求項 1 に記載のエンコーダ。

【請求項 3】

10

20

前記出力部は、前記指令信号の受信の直前に前記補正部により補正された前記データを出力することを特徴とする請求項1又は2に記載のエンコーダ。

【請求項4】

前記生成部は、前記指令信号の受信に従って、前記検出部による前記検出と並行して前記生成を行うことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載のエンコーダ。

【請求項5】

前記指令信号は周期的に送信され、該周期は、前記検出に要する時間より長く、かつ、前記検出部、前記生成部、前記補正部、および前記出力部による各処理に要する時間の和より短い、ことを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載のエンコーダ。

【請求項6】

10

前記補正部は、前記スケールの速度または角速度と前記補正された遅延時間とに基づいて前記データを補正する、ことを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載のエンコーダ。

【請求項7】

前記検出部は、前記指令信号とは独立して前記検出を開始する、ことを特徴とする請求項1ないし6のいずれか1項に記載のエンコーダ。

【請求項8】

前記検出部は、光電変換素子を含んでおり、

前記エンコーダは、前記検出信号をA/D変換するA/D変換器を含む、ことを特徴とする請求項1ないし7のいずれか1項に記載のエンコーダ。

20

【請求項9】

指令信号に従ってスケールの位置又は角度の計測値を出力する方法であって、

前記スケールからの信号の検出を行って検出信号を出力する検出工程と、

前記検出信号に基づいて前記スケールの位置又は角度を示すデータの生成を行う生成工程と、

前記検出の開始から前記生成の終了までの時間と、前記検出に要する検出遅延時間とによって決定される遅延時間を得る取得工程と、

前記取得工程で得られた前記遅延時間に応じて、前記データを補正する補正工程と、

前記指令信号の受信に従って、前記補正工程で補正された前記データを出力する出力工程と、を含み、

30

前記取得工程では、複数の前記遅延時間を並行して取得する、

ことを特徴とする方法。

【請求項10】

対象物の位置又は角度の計測を行う、請求項1乃至8のいずれか1項に記載のエンコーダを有することを特徴とする加工機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、スケールの位置又は角度の計測値を出力するエンコーダに関する。

【背景技術】

【0002】

産業用装置や加工機や計測装置において、位置又は角度を計測するためエンコーダが用いられる。位置の計測を行うリニアエンコーダとして、相対的な位置を計測するインクリメンタルリニアエンコーダや絶対位置を計測するアブソリュートリニアエンコーダが知られている。また、角度の計測を行うロータリーエンコーダも、相対的な角度を計測するインクリメンタルロータリーエンコーダや絶対角度を計測するアブソリュートロータリーエンコーダが知られている。

【0003】

光学式エンコーダは、光源からの光をスケールに照射し、スケールからの透過光又は反射光を光電変換素子で受光する。例えば、移動又は回転する対象物に対して光源と光電変

40

50

換素子が取り付けられ、基準となる固定側にスケールが取り付けられる。それとは逆に、対象物にスケールが取り付けられ、固定側に光源と光電変換素子が取り付けられる場合もある。

【0004】

インクリメンタルエンコーダは、スケールに等間隔で透過膜又は反射膜のマークが形成され、マークを透過した透過光又はマークで反射された反射光の受光強度が一定周期の正弦波となる。信号処理部は、検出された正弦波信号の波数をカウントすると共に周期内の位相を詳細に分割して計測分解能を向上させる。信号処理部は、波数のカウント値と位相情報を組合せて高分解能な位置情報を出力する。

【0005】

アブソリュートエンコーダは、擬似乱数コードに対応した透過膜又は反射膜のマークがスケールに形成され、擬似乱数コードに対応した光信号（光強度分布）を検出する。信号処理部は、擬似乱数コードと絶対位置又は絶対角度との参照テーブルに基づいて、検出された擬似乱数コードに対応する絶対位置又は絶対角度を求める。信号処理部は、インクリメンタルエンコーダの場合と同様に、擬似乱数コードに対応した光信号の位相を求ることにより高分解能な絶対位置情報を出力する。

【0006】

一般に、これらエンコーダの位置又は角度の計測データは、上位システムからの計測データ要求信号に対して上位システムに送信される。上位システムは、これらの計測データにより産業用装置や加工機に必要な位置決めの制御を行い、または、計測装置として位置又は角度の計測データを収集する。

【0007】

対象物が移動している場合、上位システムからの計測データ要求の時刻とエンコーダにおける実際の計測の時刻との遅延時間により計測誤差が発生する。即ち、移動速度と遅延時間の積だけ計測誤差が発生する。特許文献1、2には、エンコーダにおける計測誤差を補正する技術が開示されている。特許文献1記載の技術では、今回得られた位置データと前回以前に得られた位置データとを用い、位置データを出力するのに要する遅れ時間における対象物の移動量（位置の変化）を予測して今回得られた位置データの補正を行う。特許文献2記載の技術では、外部からのデータ要求に対し、A/D変換のサンプリングからデータ要求までの時間を計測し、データ要求の前後の位置データを補間して位置データを出力する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開平8-261794号公報

【特許文献2】特開2007-71865号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

産業用装置や加工機又は計測装置では、より高精度な位置又は角度の計測が必要とされる。その一方で、対象物の移動速度又は回転速度は高速化し、それに伴い、対象物の移動とエンコーダにおける計測の遅延による計測誤差が増加する。そのような対象物の移動の高速化に対し、より正確な補正が必要とされる。

【0010】

特許文献1記載のエンコーダは、上位システムからの計測データ要求信号により計測を開始して信号処理を行い、遅れ時間による位置誤差を補正して出力する。そのため、高速な計測を行う、即ち、上位システムからの計測要求の周期が計測時間と信号処理時間と位置データ出力時間の合計より短い場合には、先の計測による位置データの出力前に次の計測が要求されるため、遅れ時間による位置誤差を補正できない。

【0011】

10

20

30

40

50

特許文献2記載のエンコーダは、外部からのデータ要求に対し、A/D変換のサンプリングからデータ要求までの時間を計測し、データ要求の前後の位置データを補間して位置データを出力する。この場合、A/D変換のサンプリング周期は、A/D変換時間とその後段の信号処理時間の合計より長い時間が必要となる。また、位置データの補間を行うにはデータ要求の前後の位置データが必要である。このため、高速な計測を行う、即ち、上位システムからの計測要求の周期がA/D変換時間と信号処理時間と位置データ出力時間の合計より短い場合、計測要求前後の位置データを補間して位置データを出力することができず、正確な位置を出力しえない。

【0012】

本発明は、例えば、出力要求（指令信号）に応じた計測値の出力を高精度かつ高速に行えるエンコーダを提供することを目的とする。10

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明の1つの側面は、指令信号に従ってスケールの位置又は角度の計測値を出力するエンコーダであって、前記スケールからの信号の検出を行って検出信号を出力する検出部と、前記検出信号に基づいて前記スケールの位置又は角度を示すデータの生成を行う生成部と、前記検出部による前記検出の開始から前記生成部による前記生成の終了までの時間と、前記検出部による前記検出に要する検出遅延時間とによって決定される遅延時間を得る遅延時間取得部と、前記遅延時間取得部によって取得された遅延時間に応じて、前記データを補正する補正部と、前記指令信号の受信に従って、前記補正部により補正された前記データを出力する出力部と、を備えており、前記遅延時間取得部は、複数の前記遅延時間を並行して取得する、ことを特徴とする。20

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、例えば、出力要求に応じた計測値の出力を高精度かつ高速に行えるエンコーダを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】エンコーダの構成を示す図である。

【図2】エンコーダの検出部の構成を示す図である。30

【図3】第1実施形態の時間計測部とタイミング生成部を表す構成ブロック図である。

【図4】第1実施形態における動作タイミングを表す図である。

【図5】第2実施形態における時間計測部とタイミング生成部を表す構成ブロック図である。

【図6】第2実施形態における動作タイミングを表す図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

〔第1実施形態〕

図1に基づき、第1実施形態の説明を行う。尚、説明では対象物の位置を計測するエンコーダを例として挙げるが、対象物の角度を計測するエンコーダの場合にも同様に適用可能である。図1は第1実施形態のエンコーダに係る信号処理系の構成を示す。エンコーダ100は、対象物の位置を計測する。計測データ収集装置（上位システム）500は、エンコーダ100が計測した対象物の位置を示すデータを取得する。上位システム500は、例えば、産業用装置や加工機の場合には位置決め制御を行う制御機器であり、計測装置の場合にはデータの収集や解析を行う装置である。40

【0017】

上位システム500は、data_req信号（指令信号）210をエンコーダ100に周期的に送信し、data_req信号のタイミングで計測された位置のデータをdata_out信号220として受信する。これまでの機器では、data_req信号210の周期は1ms～100μs、すなわち周波数は1kHz～10kHz程度で、例え50

ば、位置決め制御の制御帯域は 10 ~ 100 Hz 程度であった。

【0018】

しかしながら、産業用装置や加工機又は計測装置では、位置又は角度のより高精度な計測が必要とされ、その上、対象物の移動速度又は回転速度は高速化している。そのため、対象物の位置又は角度をより高速でかつ高精度に計測することが必要とされている。例えば、data_req 信号 210 による計測周期を 10 μs、すなわち周波数を 100 kHz とし、位置決め制御の制御帯域を 100 Hz ~ 1 kHz 程度とする場合を考える。

【0019】

検出部 10 は、対象物からの変調光を検出して検出信号を出力する。エンコーダ 100 の光学系の構成を図 2 に示す。光源 12 は、例えば LED である。コリメータレンズ 14 は、LED から射出されてコリメータレンズ 14 に入射した光を平行光とし、スケール 16 に出射する。アブソリュートエンコーダの場合、擬似乱数コード、例えば M 系列の巡回符号がスケール 16 に形成され、透過又は反射によりスケール 16 を出射した光は擬似乱数コードによる光強度を有する。この光を検出部 10 で受光する。この検出部 10 は、例えば、CMOS イメージセンサや CCD センサ等の光電変換素子である。受光強度は図 2 の下図に示すような擬似乱数コードを反映した強弱信号となる。なお、検出部 10 およびスケール 16 は、上述の構成のものには限定されず、例えば、磁気スケールおよびそれに対応する検出部であってもよく、公知の検出部およびスケールに置換可能である。

【0020】

エンコーダ 100 がインクリメンタルエンコーダの場合は、等間隔で透過膜又は反射膜のマークがスケール 16 に形成され、マークで変調された光の受光強度が一定周期の正弦波となる。位置を計測するリニアエンコーダの場合、スケール 16 は直線状のものであるが、角度を計測するロータリーエンコーダの場合には、スケール 16 は同心円状である。移動又は回転する対象物に対して光源 12 と光電変換素子 10 とを取り付け、基準となる固定側にスケール 16 が取り付けることができる。それとは逆に、対象物にスケール 16 を取り付け、固定側に光源 12 と光電変換素子 10 とを取り付けてもよい。

【0021】

図 1 に戻り説明を続ける。検出部 10 は、光電変換素子 10 に続き、電流 / 電圧変換器が構成され、受光強度を電圧信号に変換する。必要に応じて後段に電圧増幅器を置き、電圧信号を所定の電圧レベルまで増幅する。A/D 変換器 20 は、検出部 10 からの検出信号を A/D 変換し、アナログ信号をデジタル信号に変換する。デジタル信号処理部 200 は、A/D 変換器 20 からのデジタル信号を処理して対象物の位置を示すデータを生成し、補正し、補正されたデータを出力する。デジタル信号処理部 200 は、FPGA (Field Programmable Gate Array) 又は DSP (Digital Signal Processor) 等の高速なデジタル信号処理器により構成される。A/D 変換器 20 およびデジタル信号処理部 200 は、検出部 10 から出力された検出信号に基づいて対象物の位置を示すデータを生成し、補正し、補正されたデータを出力する処理部 150 を構成している。

【0022】

データ生成部（生成部）30 は、A/D 変換器 20 からのデジタル信号に基づいて対象物の位置を示すデータを生成する。例えば、アブソリュートエンコーダの場合、データ生成部 30 は、図 2 に示した擬似乱数コードを反映した強弱信号より、0 と 1 で表される擬似乱数コードを再生する。次いで、データ生成部 30 は、再生した擬似乱数コードを、データ生成部 30 内に保有する不図示の擬似乱数コードに対する絶対位置の参照テーブルと照合し、検出された擬似乱数コードに対応する絶対位置を求める。擬似乱数コードの位相を細かく分割することによりエンコーダ 100 の計測分解能と精度を向上させることができる。

【0023】

タイミング生成部 70 は、発振器 80 と計測データ収集装置 500 からの data_req 信号 210 を受信して meas_start 信号 110、meas 信号 111、ad

10

20

30

40

50

`_start` 信号 116、`data_out_start` 信号 120 を生成する。時間計測部（遅延時間計測部）60 は、タイミング生成部 70 からの `meas_start` 信号 110 とデータ生成部 30 からの `callc_end` 信号 112 とにより、位置データ 220 を補正するための遅延時間を計測する。

【0024】

エンコーダ 100 における各部の動作タイミングと信号処理を図 3 及び図 4 を参照して説明する。図 4 は各部の動作タイミングを表すタイミング図である。`data_req` 信号は、計測データ収集装置 500 からの `data_req` 信号 210 であり、その所定の周期 T_{req} を $10 \mu s$ 、すなわち周波数を 100 kHz とする。

【0025】

`c1k` 信号は、タイミング生成部 70 により生成されるクロック信号である。図 3 の発振器 80 からの基準信号よりクロック信号生成部 72 にて、より高速な `c1k` 信号が生成される。クロック信号生成部 72 は、例えば、PLL (Phase Locked Loop) により構成され、例えば、発振器 80 からの 10 MHz の基準信号より 200 MHz の `c1k` 信号を生成する。クロック信号生成部 72 は、必要に応じて、 100 MHz 、 50 MHz 、 25 MHz 等の `c1k` 信号を生成し、デジタル信号処理部 200 の各演算で必要とされるクロック信号を供給する。

【0026】

図 3 の同期タイミング信号生成部 76 は、クロック信号生成部 72 からの `c1k` 信号と `data_req` 信号 210 より、検出部 10 の検出の開始信号である `meas_start` 信号 110 を生成する。計測データ収集装置 500 とエンコーダ 100 は、クロックが異なる非同期動作であるため、この同期タイミング信号生成部 76 により計測データ収集装置 500 からの `data_req` 信号 210 を、デジタル信号処理部 200 の `c1k` 信号のタイミングに合わせる。

【0027】

図 4 の 4 つの `data_req` 信号 `data_req_1 ~ data_req_4` の周期 T_{req} は、例えば $10 \mu s$ で一定である。しかし、`data_req` 信号は、`c1k` 信号とは非同期である。そのため、`c1k` 信号と同期を取った後の `meas_start` 信号 110 による実際の計測周期 T_{sp} は、`data_req` 信号に対して最大で `c1k` 信号の 1 クロック分だけずれる可能性がある。例えば、`c1k` 信号の周波数を 200 MHz 、周期を 5 ns とすると、最大で 5 ns のずれが生じる可能性がある。しかし、後述する対象物の移動速度による計測位置誤差は極めて小さいため、同期タイミング信号生成部 76 における同期ずれの影響は無視できる。

【0028】

同期タイミング信号生成部 76 は、`meas_start` 信号 110 の他に `meas` 信号 111 を生成する。`meas` 信号 111 は、`meas_start` 信号 110 と同期し、検出部 10 の光電変換素子の受光時間 T_{meas} を決定する。受光時間は、光電変換素子の感度や光源 12 の発光強度、およびスケール 16 の透過率又は反射率により異なる。しかし、計測データ収集装置 500 からの `data_req` 信号 210 の計測周期 T_{req} が例えば $10 \mu s$ の場合、受光時間 T_{meas} は $10 \mu s$ 未満でなければならない。つまり、検出部 10 の光電変換素子の受光時間 T_{meas} は、計測データ収集装置 500 からの `data_req` 信号 210 の計測周期 T_{req} に対して、 $T_{meas} < T_{req}$ となるように設定される。

【0029】

検出部 10 の検出に起因する検出遅延時間について考える。検出部 10 の光電変換素子は、スケール 16 からの透過光又は反射光を、受光時間 T_{meas} の間、積分する。この積分時間の間に、対象物が速度 V (m / s) で移動したとする。そうすると、検出部 10 が変調光の検出に要する受光時間 T_{meas} の間に対象物が移動したことに伴う計測位置ずれが生じる。平均的な位置ずれ、すなわち受光時間 T_{meas} によって発生する検出遅延時間による位置誤差 (m) は、例えば、下式 1 で表される。

10

20

30

40

50

検出遅延時間による位置誤差 (m) = 移動速度 V (m / s) × 受光時間 T_{meas} / 2 (s) . . . (1)

【0030】

例えば、計測周期 T_{req} = 10 μs、受光時間 T_{meas} = 8 μs、移動速度 V = 1 m / s の場合、式 1 より、検出遅延時間による位置誤差は 4 μm となる。高精度な位置計測では、例えば 1 μm 以下の精度が要求されるため、この位置誤差を無視することはできない。

【0031】

この検出遅延時間の影響は、エンコーダ 100 の位置出力を評価して実測により求めてもよいし、シミュレーションにより求めててもよいが、ここでは、簡単のため、下式 2 で表す。すなわち、検出遅延時間は、検出部 10 による変調光の 1 回の検出に要する時間の半分となる。

検出遅延時間 (s) = 受光時間 T_{meas} / 2 (s) . . . (2)

【0032】

図 4 中の meas_1 等の meas 信号は、計測データ収集装置 500 からの data_req_1 等に応じて生成された信号であり、検出部 10 は、meas 信号に基づいて変調光を検出する。同期タイミング信号生成部 76 は、ad_start 信号 116 も生成する。図 4 を参照すると、meas_1 信号により検出部 10 から出力されたアナログの検出信号を、それに続く AD_1 のタイミングで A / D 変換器 20 によりデジタル信号に変換する。次の meas_2 信号による計測は、meas_1 の計測後に引き続き行われる。

【0033】

第 1 実施形態では、計測データ収集装置 500 からの data_req 信号が高速な計測周期 T_{req} を有していても正確な位置計測を行うために、検出部 10 は、A / D 変換やその後の信号処理の実行と並行して新たな計測を行う。図 4 では、AD_1 や、AD_1 からの信号に基づくデータ生成部 30 での演算 calc_1 と並行して次の計測 meas_2 が行われ、AD_2 や calc_2 と並行して次の meas_3 が行われ、AD_3 や calc_3 と並行して次の meas_4 が行われる。例えば、meas_1 信号による計測の後、AD_1 による A / D 変換とその後の信号処理が行われ、それらが終了した後に次の計測を meas_2 信号により行うと、計測周期 T_{sp} が非常に長いものとせざるを得ない。よって、計測データ収集装置 500 からの data_req 信号が高速な計測周期 T_{req} の場合には対応不可能となる。

【0034】

図 3 の時間計測部 60 の動作を図 4 のタイミングを参照しながら説明する。時間計測部 60 は、チャンネル切り替え部 62 にてタイミング生成部 70 より meas_start 信号 110 を受信する。例えば、data_req_1 をトリガーとして clk 信号に同期させた meas_1 の計測開始のタイミングに同期して第 1 時間計測部 63 による遅延時間の計測を開始させる。また、次の data_req_2 による meas_2 の計測の開始のタイミングに同期して第 2 時間計測部 64 による遅延時間の計測を開始させる。更に、次の data_req_3 による meas_3 の計測の開始のタイミングに同期して第 3 時間計測部 65 の遅延時間の計測を開始させる。遅延時間の計測は、専用のタイマー又はカウンターであってもよいし、一つのタイマー又はカウンターを動作させておいて、計測の開始のタイミングでその値を読み込んで保持し、計測終了時の値との差により遅延時間の計測を行ってもよい。このように、時間計測部 60 では、計測周期による計測の開始の度に遅延時間の計測を開始し、複数の遅延時間の計測を並行して実行する。

【0035】

図 4 を参照すると、meas_1 の計測の開始のタイミングに同期して time_meas_1 の遅延時間の計測を開始する。同様に meas_2 の計測の開始のタイミングに同期して time_meas_2 の遅延時間の計測を開始し、meas_3 の計測の開始のタイミングに同期して time_meas_3 の遅延時間の計測を開始する。

10

20

30

40

50

【0036】

`meas_1`によるアナログデータは、`AD_1`を通してデジタル信号に変換され、データ生成部30にて`callc_1`を通して位置の演算が行われる。位置の演算が終了すると、データ生成部30から`callc_end`信号112が出力され、時間計測部60のチャンネル切り替え部62に入力される。この信号により、`meas_1`の位置の演算が終了したことが通知され、チャンネル切り替え部62では、第1時間計測部63の遅延時間の計測を停止可能な状態とし、その後に入力される計測の開始のタイミングに同期して遅延時間の計測を停止する。図4の例では、`meas_3`の計測の開始タイミングに同期して第1時間計測部63の遅延時間の計測`time_meas_1`を停止させる。`time_meas_2`、`time_meas_3`も同様にして、データ生成部30からの`callc_end`信号112とその後に入力される計測の開始のタイミングに同期して遅延時間の計測を停止させる。ここで、`time_meas_1`による遅延時間の計測値を`Ttm_1`とする。

【0037】

図4の`data_req_3`に対する位置データの出力は、`data_req`信号の直前に位置の演算が終了している`time_meas_1`の位置データが用いられる。一方、`data_req_3`のタイミングでは、`time_meas_2`はまだ位置の演算が終了していないため、遅延時間の計測が継続して行われる。また、`time_meas_3`は直後の`meas_3`信号により遅延時間の計測が開始される。本実施形態では、データの生成後に受信する最初の`data_req`信号の受信に応じて補正データ出力部50は補正データを出力している。しかし、補正データの出力タイミングは、データの生成後に受信する最初の`data_req`信号を受信するタイミングでなくてもかまわない。

【0038】

計測データ収集装置500からの`data_req`信号210に対する位置データの出力は、その`data_req`信号のタイミングにおける位置データが保証されなければならない。本発明では、計測周期が検出部10とデータ生成部30と補正部40と補正データ出力部50の処理に要する時間の和より短い高速な計測を行う場合においても正確な位置計測を行うことを可能とする。そのため、`data_req`信号210に対する位置データは、それ以前の`data_req`信号210に同期して計測されたデータを用い、時間計測部60の計測開始から位置データを出力する`data_req`信号210までの時間を遅延時間として計測する。計測された遅延時間は、補正時間出力部66に入力される。補正時間出力部66は、この計測された遅延時間に対し、回路符号67の`Td`により検出部10における検出遅延時間だけ補正を行う。

【0039】

図4を参照すると、`data_req_3`のタイミングに対して出力される位置データは`meas_1`で計測されたデータであり、遅延時間は先に述べた`Ttm_1`である。すなわち、出力される位置データは、時間`Ttm_1`だけ過去に計測されたデータである。しかしながら、先に述べたように、検出部10における検出遅延時間のため、`Ttm_1`に対して実際に計測されたデータは遅れている。この検出遅延時間を考慮すると、補正された遅延時間は下式3により与えられる。

$$\text{補正された遅延時間} = \text{計測された遅延時間} - \text{検出部による検出遅延時間} \dots (3)$$

このように、実際に補正に用いられる遅延時間は、計測された遅延時間と検出遅延時間との差となる。この検出遅延時間が差し引かれた補正後の遅延時間は`time_delay`信号114として補正部40に入力される。例えば、図4の例では、 $Ttm_1 = 20 \mu s$ であり、検出遅延時間は、(2)式を用いると、 $Td/2 = 4 \mu s$ である。従って、(3)式による補正後の遅延時間は $16 \mu s$ となる。

【0040】

図2の補正部40は、データ生成部30からの位置データと時間計測部60からの補正された遅延時間すなわち`time_delay`信号114により位置データを補正する。

式1と同様にして、対象物の移動速度により位置誤差が発生する。そのため、補正部40は、移動速度と補正された遅延時間とを乗算した量だけ位置データを補正する。

位置データの補正量(m) = 移動速度V(m/s) × 補正された遅延時間(s) ··· (4)

【0041】

移動速度は、次式5を用いて位置データの単位時間当りの変化量より算出される。

移動速度V(m/s) = {前回サンプル位置データ(m) - 今回サンプル位置データ(m)} / 計測周期(s) ··· (5)

【0042】

例えば、補正された遅延時間が $16\mu s$ で移動速度が 1m/s の場合、(4)式より、
16 μm だけ位置データの補正が行われる。尚、先に述べた同期タイミング信号生成部76における 5ns 程度の同期ずれによる位置誤差は、移動速度が 1m/s の場合に 5nm であり、必要とされる μm 前後の位置精度に対して極めて小さく、その影響は無視できる。

【0043】

補正部40で位置データが補正され、補正データ出力部(出力部)50にてタイミング生成部70からのdata_out_start信号120によりdata_out信号220を位置データとして出力する。図4を参照すると、data_req_3に対する位置データはmeas_1データによる位置の演算と位置データの補正が行われ、data_out_1として計測データ収集装置500に送信される。同様に、data_req_4に対する位置データはmeas_2データによる位置の演算と位置データの補正が行われ、data_out_2として計測データ収集装置500に送信される。

【0044】

このように、第1実施形態では、計測周期が検出部10とデータ生成部30と補正部40と補正データ出力部50の処理に要する時間の和より短い高速な計測にも対応できる。すなわち、検出部10は、データ生成部30の実行と並行して新たな計測を行う。時間計測部60は、計測開始の度に遅延時間の計測を開始して複数の遅延時間の計測を並行して実行し、データ生成部30での演算が終了した後に入力されたdata_req信号により遅延時間の計測を終了する。時間計測部60は、更に計測された遅延時間から検出遅延時間を差し引いて遅延時間を補正する。補正部40は、位置データの時間変化量より速度に相關した信号を算出して補正された遅延時間との積により位置データを補正する。これにより、上位システム500からの計測data_req信号により高速な位置又は角度の計測を行う場合においても計測における遅延時間を計測して位置データを補正し、高速かつ高精度な位置又は角度の計測を行うことが可能となる。

【0045】

〔第2実施形態〕

次に、第2実施形態の説明を行う。第2実施形態では、第1実施形態に対して時間計測部60aとタイミング生成部70aが異なる。同様の動作を行う部分は回路符号を同じとし、その説明を割愛する。図5は第2実施形態における時間計測部60aとタイミング生成部70aを表す構成ブロック図であり、図6はエンコーダ100の各部における動作タイミングを表す図である。

【0046】

タイミング信号生成部76aは、クロック信号生成部72からのc1k信号により、meas_start信号110と、検出部10の受光時間Tmeasを決定するmeas信号111と、A/D変換を行うためのad_start信号116を生成する。第1の実施形態では、data_req信号210を、デジタル信号処理部200のクロック信号のタイミングに合わせるために、クロック信号生成部72で生成したc1k信号と同期を取ってmeas_start信号110を生成した。しかし、第2の実施形態では、計測データ収集装置500からのdata_req信号210とは独立に、クロック信号生成部72で生成したc1k信号により上記各種信号を生成する。同期回路74は、計測デ

10

20

30

40

50

ータ収集装置 500 からの data_req 信号 210 をクロック信号生成部 72 で生成した clk 信号により同期を取り、data_req' 信号 113 を生成し、時間計測部 60a のチャンネル切り替え部 62a に出力する。

【0047】

図 6 を参照すると、計測データ収集装置 500 からの data_req_3 を clk 信号により同期を取り、data_req_3' 信号を生成する。例えば、data_req_1 ~ data_req_4 の計測周期は、 $T_{req} = 10 \mu s$ である。clk 信号と同期を取った後の data_req' 信号 113 は、data_req 信号に対して最大で clk 信号の 1 クロック分だけずれる可能性がある。例えば、clk 信号の周波数を 200 MHz、周期を 5 ns とすると、最大で 5 ns のずれが生じる可能性があるが、先に述べたように 5 ns の時間ずれは十分に小さいためその影響は無視できる。10

【0048】

一方、計測データ収集装置 500 からの data_req 信号 210 とは独立に生成された meas 信号 111 の計測周期 T_sp は、前記 T_req と同期しておらず、周期も一致していない。第 2 実施形態では、計測周期が検出部 10 とデータ生成部 30 と補正部 40 と補正データ出力部 50 の処理に要する時間の和より短い高速な計測を行う場合においても正確な位置計測を行うことを可能とする。そのため、計測データ収集装置 500 からの data_req 信号による計測周期 T_req に対し、これとは独立に生成され、実際に行われる計測の周期 T_sp を、 $T_{sp} < T_{req}$ とする必要がある。それ以外の動作、すなわち、検出部 10、A/D 変換器 20、データ生成部 30、及び補正部 40 と補正データ出力部 50 の動作は第 1 実施形態と同様である。20

【0049】

時間計測部 60a のチャンネル切り替え部 62a は、meas_1 ~ meas_3 信号により第 1 時間計測部 63、第 2 時間計測部 64、第 3 時間計測部 65 での時間計測を開始する。例えば、図 6 を参照すると、位置演算の終了信号である cal_c_1 がチャンネル切り替え部 62a に入力されるとする。そうすると、time_meas_1 による第 1 時間計測部 63 の遅延時間の計測が停止可能な状態とされ、その後に入力される data_req_3' により遅延時間の計測が停止される。time_meas_2 も同様にして、cal_c_2 により time_meas_2 による第 2 時間計測部 64 の遅延時間の計測を停止可能な状態とし、その後に入力される data_req_4' により遅延時間の計測を停止する。30

【0050】

計測された遅延時間は、第 1 実施形態と同様に、検出部 10 における検出遅延時間が差し引かれた後、補正部 40 にて位置データを補正する。補正された位置データは、補正データ出力部 50 よりタイミング生成部 70a からの data_out_start 信号 120 により data_out 信号 220 の位置データとして出力される。尚、data_out_start 信号 120 は、図 5 に示すように、同期回路 74 にて data_req 信号 210 とクロック信号生成部 72 からの clk 信号により生成される。

【0051】

図 6 を参照すると、data_req_3 に対する位置データは meas_1 データによる位置の演算と位置データの補正が行われ、data_out_1 として計測データ収集装置 500 に送信される。同様に、data_req_4 に対する位置データは meas_2 データによる位置の演算と位置データの補正が行われ、data_out_2 として計測データ収集装置 500 に送信される。40

【0052】

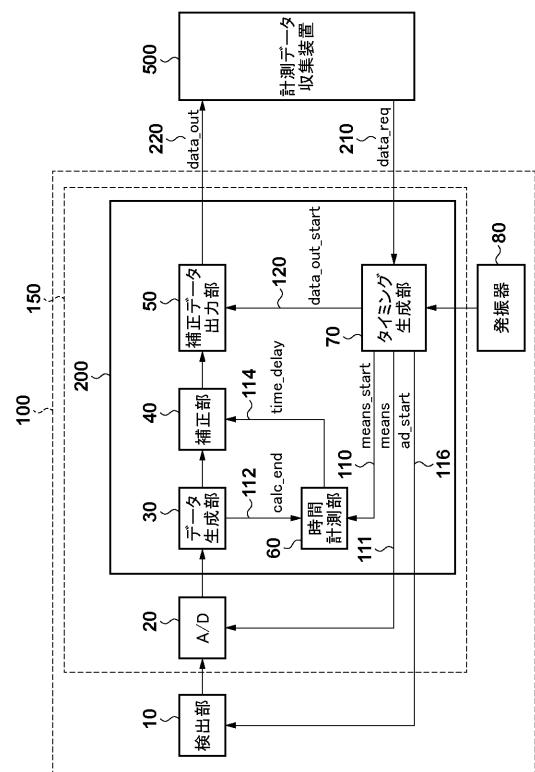
このように、第 2 実施形態においても、計測周期が検出部 10 とデータ生成部 30 と補正部 40 と補正データ出力部 50 の処理に要する時間の和より短い高速な計測にも対応できる。すなわち、検出部 10 は、データ生成部 30 の実行と並行して新たな計測を行う。時間計測部 60a は、計測開始の度に遅延時間の計測を開始して複数の遅延時間の計測を並行して実行し、データ生成部 30 での演算が終了した後に入力された計測データ取得信50

号により遅延時間の計測を終了して遅延時間を決定する。時間計測部 60 a は、更に計測された遅延時間から検出遅延時間を差し引いて遅延時間を補正する。補正部 40 は、位置データの時間変化量より速度に相關した信号を算出して補正された遅延時間との積により位置データを補正する。これにより、上位システム 500 からの計測 data_req 信号により高速な位置又は角度の計測を行う場合においても計測における遅延時間を計測して位置データを補正し、高速かつ高精度な位置又は角度の計測を行うことが可能となる。

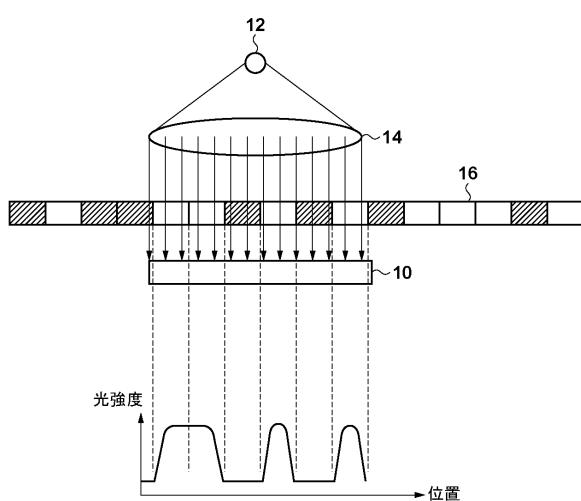
【図 1】

本発明では、上位システム 500 からの計測 data_req 信号により高速な位置又は角度の計測を行う場合においても計測における遅延時間を計測して位置データを補正し、高速かつ高精度な位置又は角度の計測を行うことが可能となる。10

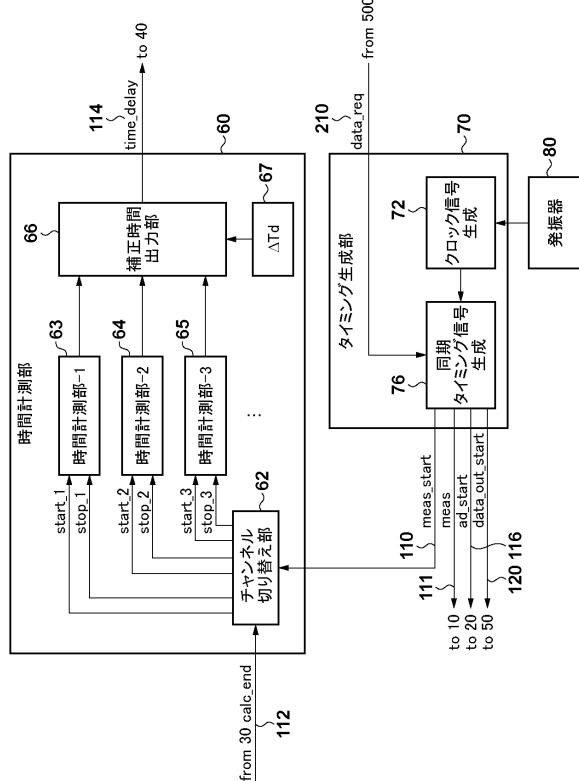
【図 1】



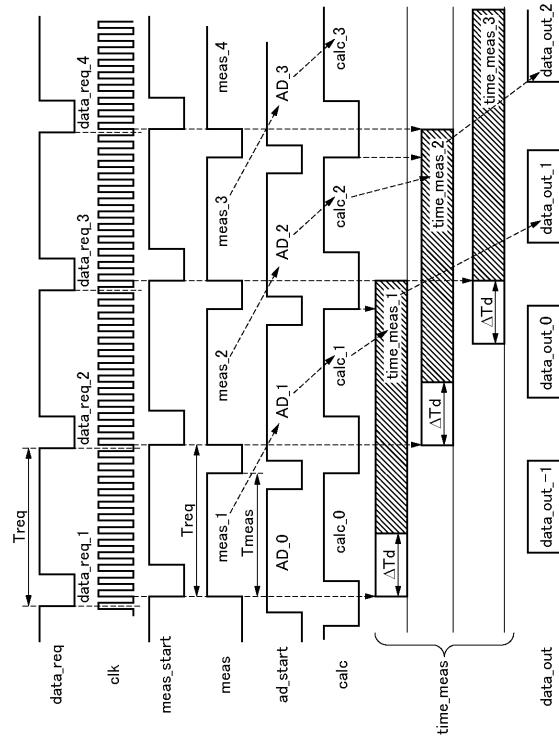
【図 2】



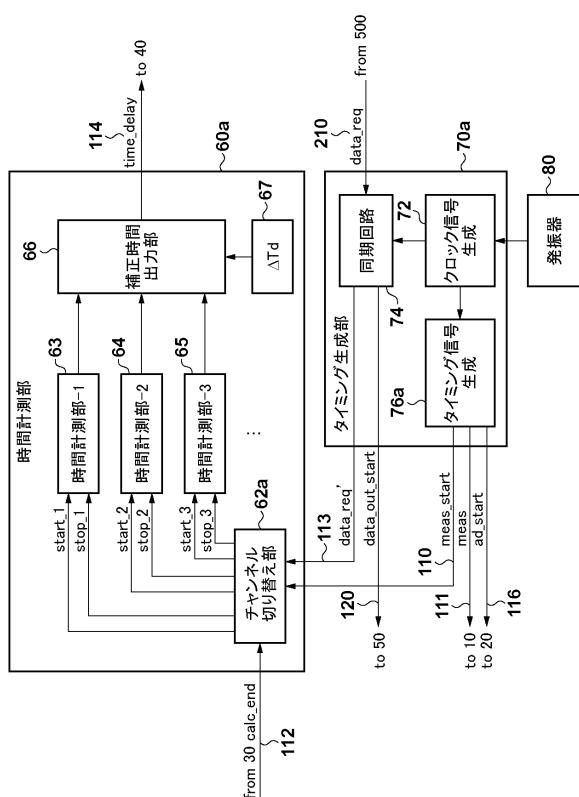
【図3】



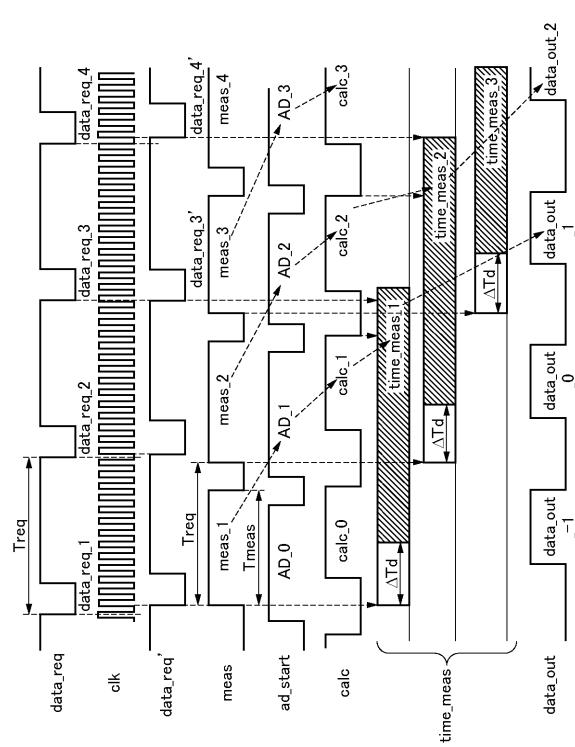
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 岡田 芳幸
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 吉田 久

(56)参考文献 特開2013-29511(JP,A)
特開2003-329485(JP,A)
特開平5-240631(JP,A)
特開2013-33265(JP,A)
米国特許第6630659(US,B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01D 5/00 - 5/38