

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7024677号

(P7024677)

(45)発行日 令和4年2月24日(2022.2.24)

(24)登録日 令和4年2月15日(2022.2.15)

(51)国際特許分類

G 0 5 B 9/02 (2006.01)

G 0 5 B 9/03 (2006.01)

F I

G 0 5 B 9/02

G 0 5 B 9/03

B

請求項の数 9 (全36頁)

(21)出願番号	特願2018-183830(P2018-183830)	(73)特許権者	000002945 オムロン株式会社 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 不動堂町801番地
(22)出願日	平成30年9月28日(2018.9.28)	(74)代理人	110001195 特許業務法人深見特許事務所
(65)公開番号	特開2020-52898(P2020-52898A)	(72)発明者	杉山 明日香 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 不動堂町801番地 オムロン株式会社内
(43)公開日	令和2年4月2日(2020.4.2)	(72)発明者	玉嶋 大輔 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 不動堂町801番地 オムロン株式会社内
審査請求日	令和2年12月14日(2020.12.14)	(72)発明者	鈴木 悠司 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 不動堂町801番地 オムロン株式会社内 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 制御システム、サポート装置、サポートプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1のコントローラと、

前記第1のコントローラからの第1の指令に従ってモータを駆動するドライブ装置と、
前記ドライブ装置に対してセーフティ機能の動作に係る第2の指令を送信する第2のコントローラと、

前記第1の指令に応じて変化する、前記モータの動作状態を示す状態値をトレースするためのデータトレースモジュールとを備え、

前記ドライブ装置は、

前記セーフティ機能に関するセーフティパラメータを格納するためのストレージと、

前記第2のコントローラから前記第2の指令を受けた場合に、前記状態値と前記セーフティパラメータとに基づいて、前記モータの駆動を停止するための制御装置とを含み、

前記データトレースモジュールによる前記状態値のトレース結果と、前記セーフティパラメータとを取得し、当該トレース結果に重ねて当該セーフティパラメータを表示するためのサポート装置とをさらに備える、制御システム。

【請求項2】

前記サポート装置は、前記トレース結果に示される前記状態値の単位と前記セーフティパラメータの単位とを合わせた上で、前記トレース結果に重ねて前記セーフティパラメータを表示する、請求項1に記載の制御システム。

【請求項3】

前記サポート装置は、横軸および縦軸の一方の軸が時間を示し、横軸および縦軸の他方の軸が前記状態値の大きさを示すグラフ上に前記トレース結果を表わすとともに、前記グラフ上に前記セーフティパラメータを表わす、請求項 1 または 2 に記載の制御システム。

【請求項 4】

前記セーフティパラメータは、前記状態値の下限値と前記状態値の上限値とを含み、前記サポート装置は、前記下限値と前記上限値とを前記グラフ上に表わす、請求項 3 に記載の制御システム。

【請求項 5】

前記サポート装置は、前記下限値および前記上限値をそれぞれ前記縦軸に直交させて前記グラフに表わす、請求項 4 に記載の制御システム。

10

【請求項 6】

前記セーフティパラメータは、前記ドライブ装置が前記第 2 の指令を受けてから前記モータの駆動を停止するまでの停止猶予時間を含み、前記サポート装置は、前記第 2 の指令を受けた第 1 のタイミングと、当該第 1 のタイミングから前記停止猶予時間が経過した第 2 のタイミングとを前記グラフ上に表わす、請求項 3 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の制御システム。

【請求項 7】

前記サポート装置は、前記第 1 のタイミングおよび前記第 2 のタイミングをそれぞれ前記横軸に直交させて前記グラフに表わす、請求項 6 に記載の制御システム。

【請求項 8】

制御システムに接続されるサポート装置であって、前記制御システムは、第 1 のコントローラと、前記第 1 のコントローラからの第 1 の指令に従ってモータを駆動するドライブ装置と、前記ドライブ装置に対してセーフティ機能の動作に係る第 2 の指令を送信する第 2 のコントローラと、前記第 1 の指令に応じて変化する、前記モータの動作状態を示す状態値をトレースするためのデータトレースモジュールとを備え、前記ドライブ装置は、前記セーフティ機能に関するセーフティパラメータを格納するためのストレージと、前記第 2 のコントローラから前記第 2 の指令を受けた場合に、前記状態値と前記セーフティパラメータとに基づいて、前記モータの駆動を停止するための制御装置とを含み、前記サポート装置は、前記データトレースモジュールから前記状態値のトレース結果を取得する手段と、前記ドライブ装置から前記セーフティパラメータを取得する手段と、前記取得したトレース結果に重ねて前記取得したセーフティパラメータを表示する手段とを備える、サポート装置。

20

30

【請求項 9】

制御システムに接続されるコンピュータで実行されるサポートプログラムであって、前記制御システムは、第 1 のコントローラと、前記第 1 のコントローラからの第 1 の指令に従ってモータを駆動するドライブ装置と、前記ドライブ装置に対してセーフティ機能の動作に係る第 2 の指令を送信する第 2 のコントローラと、前記第 1 の指令に応じて変化する、前記モータの動作状態を示す状態値をトレースするためのデータトレースモジュールとを備え、前記ドライブ装置は、前記セーフティ機能に関するセーフティパラメータを格納するためのストレージと、前記第 2 のコントローラから前記第 2 の指令を受けた場合に、前記状態値と前記セーフティパラメータとに基づいて、前記モータの駆動を停止するための制御装置とを含み、

40

50

前記サポートプログラムは、前記コンピュータに、
前記データトレースモジュールから前記状態値のトレース結果を取得するステップと、
前記ドライブ装置から前記セーフティパラメータを取得するステップと、
前記取得したトレース結果に重ねて前記取得したセーフティパラメータを表示するステップとを実行させる、サポートプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、制御システム、ならびに、制御システムに用いられるサポート装置およびサポートプログラムに関する。

10

【背景技術】

【0002】

多くの製造現場において、設備や機械を安全に使用するために、セーフティシステムの導入が進みつつある。セーフティシステムは、国際規格に従うセーフティ機能を提供するためのものであり、セーフティコントローラ、セーフティセンサ、セーフティスイッチ、およびセーフティリレーといったセーフティコンポーネントで構成される。

【0003】

セーフティシステムは、設備や機械を駆動するサーボモータなどのドライブ装置に対してもセーフティ機能を提供することが要求される。例えば、非特許文献1は、可変速電動ドライブシステムに対して提供すべきセーフティ機能を規定する。

20

【0004】

より具体的には、非特許文献1は、STO (Safe Torque Off)、SS1 (Safe Stop 1)、SS2 (Safe Stop 2)、SOS (Safe Operating Stop)、SBC (Safe Brake Control)などの、ドライブ装置に関連するいくつかのセーフティ機能を規定する。

【0005】

非特許文献1に開示されるセーフティ機能の仕様を満たしているか否かを確認するための機能として、データトレース機能がある。データトレース機能は、サーボモータの動作に関する状態値(例えば、速度など)の推移を監視する機能である。データトレース機能に関する文献として、特開2009-146040号公報(特許文献1)と、特開2017-79009号公報(特許文献2)とがある。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特開2009-146040号公報

特開2017-79009号公報

【非特許文献】

【0007】

【文献】"IEC 61800-5-2:2016 Adjustable speed electrical power drive systems - Part 5-2: Safety requirements - Functional", International Electrotechnical Commission, 2016-04-18

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

特許文献1, 2に開示されるデータトレース機能は、サーボモータの速度などのデータトレース結果を出力するだけであるので、ユーザは、データトレース結果を確認したとしても、セーフティ機能の仕様を満たしているか否かを即座に判断することができない。

【0009】

本開示は上述のような問題点を解決するためになされたものであって、ある局面における目的は、セーフティ機能の仕様を満たしているか否かに関する判断材料を出力できる制御システムを提供することを目的とする。他の局面における目的は、セーフティ機能の仕様

50

を満たしているか否かに関する判断材料を出力できるサポート装置を提供することを目的とする。他の局面における目的は、セーフティ機能の仕様を満たしているか否かに関する判断材料を出力できるサポートプログラム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】

【0010】

本開示の一例では、制御システムは、第1のコントローラと、上記第1のコントローラからの第1の指令に従ってモータを駆動するドライブ装置と、上記ドライブ装置に対してセーフティ機能の動作に係る第2の指令を送信する第2のコントローラと、上記第1の指令に応じて変化する、上記モータの動作状態を示す状態値をトレースするためのデータトレースモジュールとを備える。上記ドライブ装置は、上記セーフティ機能に関するセーフティパラメータを格納するためのストレージと、上記第2のコントローラから上記第2の指令を受けた場合に、上記状態値と上記セーフティパラメータとに基づいて、上記モータの駆動を停止するための制御装置とを含む。上記制御システムは、上記データトレースモジュールによる上記状態値のトレース結果と、上記セーフティパラメータとを取得し、当該トレース結果に重ねて当該セーフティパラメータを表示するためのサポート装置とをさらに備える。

10

【0011】

この開示によれば、セーフティパラメータがトレース結果に重ねて表示されることで、ユーザは、ドライブ装置の動作がセーフティ機能の仕様を満たしているか否かを容易に判断することができる。

20

【0012】

本開示の一例では、上記サポート装置は、上記トレース結果に示される上記状態値の単位と上記セーフティパラメータの単位とを合わせた上で、上記トレース結果に重ねて上記セーフティパラメータを表示する。

【0013】

この開示によれば、ユーザは、トレース結果が示す状態値と、セーフティパラメータとを容易に比較することが可能になる。

【0014】

本開示の一例では、上記サポート装置は、横軸および縦軸の一方の軸が時間を示し、横軸および縦軸の他方の軸が上記状態値の大きさを示すグラフ上に上記トレース結果を表わすとともに、上記グラフ上に上記セーフティパラメータを表わす。

30

【0015】

この開示によれば、ユーザは、トレース結果が示す状態値と、セーフティパラメータとを分析しやすくなる。

【0016】

本開示の一例では、上記セーフティパラメータは、上記状態値の下限値と上記状態値の上限値とを含む。上記サポート装置は、上記下限値と上記上限値とを上記グラフ上に表わす。

【0017】

この開示によれば、ユーザは、状態値が上限値および下限値の範囲内に収まっているか否かを容易に判断することができる。

40

【0018】

本開示の一例では、上記サポート装置は、上記下限値および上記上限値をそれぞれ上記縦軸に直交させて上記グラフに表わす。

【0019】

この開示によれば、ユーザは、状態値が上限値および下限値の範囲内に収まっているか否かをさらに容易に判断することができる。

【0020】

本開示の一例では、上記セーフティパラメータは、上記ドライブ装置が上記第2の指令を受けてから上記モータの駆動を停止するまでの停止猶予時間を含む。上記サポート装置は、上記第2の指令を受けた第1のタイミングと、当該第1のタイミングから上記停止猶予

50

時間が経過した第2のタイミングとを上記グラフ上に表わす。

【0021】

この開示によれば、ユーザは、停止猶予時間における状態値の推移を容易に確認することができる。

【0022】

本開示の一例では、上記サポート装置は、上記第1のタイミングおよび上記第2のタイミングをそれぞれ上記横軸に直交させて上記グラフに表わす。

【0023】

この開示によれば、ユーザは、停止猶予時間における状態値の推移をさらに容易に確認することができる。

【0024】

本開示の他の例では、制御システムに接続されるサポート装置が提供される。上記制御システムは、第1のコントローラと、上記第1のコントローラからの第1の指令に従ってモータを駆動するドライブ装置と、上記ドライブ装置に対してセーフティ機能の動作に係る第2の指令を送信する第2のコントローラと、上記第1の指令に応じて変化する、上記モータの動作状態を示す状態値をトレースするためのデータトレースモジュールとを備える。上記ドライブ装置は、上記セーフティ機能に関するセーフティパラメータを格納するためのストレージと、上記第2のコントローラから上記第2の指令を受けた場合に、上記状態値と上記セーフティパラメータとに基づいて、上記モータの駆動を停止するための制御装置とを含む。上記サポート装置は、上記データトレースモジュールから上記状態値のトレース結果を取得する手段と、上記ドライブ装置から上記セーフティパラメータを取得する手段と、上記取得したトレース結果に重ねて上記取得したセーフティパラメータを表示する手段とを備える。

【0025】

この開示によれば、セーフティパラメータがトレース結果に重ねて表示されることで、ユーザは、ドライブ装置の動作がセーフティ機能の仕様を満たしているか否かを容易に判断することができる。

【0026】

本開示の他の例では、制御システムに接続されるコンピュータで実行されるサポートプログラムが提供される。上記制御システムは、第1のコントローラと、上記第1のコントローラからの第1の指令に従ってモータを駆動するドライブ装置と、上記ドライブ装置に対してセーフティ機能の動作に係る第2の指令を送信する第2のコントローラと、上記第1の指令に応じて変化する、上記モータの動作状態を示す状態値をトレースするためのデータトレースモジュールとを備える。上記ドライブ装置は、上記セーフティ機能に関するセーフティパラメータを格納するためのストレージと、上記第2のコントローラから上記第2の指令を受けた場合に、上記状態値と上記セーフティパラメータとに基づいて、上記モータの駆動を停止するための制御装置とを含む。上記サポートプログラムは、上記コンピュータに、上記データトレースモジュールから上記状態値のトレース結果を取得するステップと、上記ドライブ装置から上記セーフティパラメータを取得するステップと、上記取得したトレース結果に重ねて上記取得したセーフティパラメータを表示するステップとを実行させる。

【0027】

この開示によれば、セーフティパラメータがトレース結果に重ねて表示されることで、ユーザは、ドライブ装置の動作がセーフティ機能の仕様を満たしているか否かを容易に判断することができる。

【発明の効果】

【0028】

本発明によれば、セーフティ機能の仕様を満たしているか否かに関する判断材料を出力できる。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【 0 0 2 9 】

【図 1】実施の形態に係る制御システムの構成例を示す模式図である。

【図 2】実施の形態に係る制御システムが有する機能を示す模式図である。

【図 3】実施の形態に係る制御システムを構成する標準コントローラのハードウェア構成例を示す模式図である。

【図 4】実施の形態に係る制御システムを構成するセーフティコントローラのハードウェア構成例を示す模式図である。

【図 5】実施の形態に係る制御システムを構成するセーフティドライバおよびサーボモータのハードウェア構成例を示す模式図である。

【図 6】実施の形態に係る制御システムを構成するサポート装置のハードウェア構成例を示す模式図である。

10

【図 7】実施の形態に係る制御システムの機能分担の一例を示す模式図である。

【図 8】実施の形態に係る制御システムのセーフティドライバによるセーフティ機能に係る処理手順の一例を示すシーケンス図である。

【図 9】実施の形態に係る制御システムが提供するモーションセーフティ機能の一例を示す図である。

【図 10】実施の形態に係る制御システムのセーフティドライバに格納されるモーションセーフティ機能を実現するためのパラメータセットの一例を示す図である。

【図 11】実施の形態に係る制御システムにおける通信フレームの伝送形態を説明するための図である。

20

【図 12】実施の形態に係る制御システムにおけるデータ伝送を説明するための図である。

【図 13】実施の形態に係る制御システムにおける標準制御およびセーフティ制御の実装例を示す模式図である。

【図 14】データトレース機能を実現するための制御フローの一例を示す図である。

【図 15】データトレースに関する各種の設定を受け付けるデータトレース画面を示す図である。

【図 16】トレース対象のデータ群の一括設定画面を示す図である。

【図 17】トレース対象のデータ群の決定方法を概念的に示す概念図である。

【図 18】トレース対象のデータ群のサンプリング処理を説明するための図である。

【図 19】データトレース画面の表示領域を表した図である。

30

【図 20】変形例 1 に従う制御システムを示す図である。

【図 21】変形例 2 に従う制御システムを示す図である。

【図 22】変形例 3 に従う制御システムを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 0 】

以下、図面を参照しつつ、本発明に従う各実施の形態について説明する。以下の説明では、同一の部品および構成要素には同一の符号を付してある。それらの名称および機能も同じである。したがって、これらについての詳細な説明は繰り返さない。なお、以下で説明される各実施の形態および各変形例は、適宜選択的に組み合わせられてもよい。

【 0 0 3 1 】

40

< A . 適用例 >

まず、本発明が適用される場面の一例について説明する。

【 0 0 3 2 】

図 1 は、本実施の形態に係る制御システム 1 の構成例を示す模式図である。本実施の形態に係る制御システム 1 は、例えば、IEC 61508 などに規定されたセーフティ機能に加えて、上述の非特許文献 1 に規定されたドライブ装置に対するセーフティ機能を提供する。

【 0 0 3 3 】

図 1 を参照して、制御システム 1 は、主として、標準コントローラ 100、ならびに、標準コントローラ 100 とフィールドネットワーク 2 を介して接続されるセーフティコント

50

ローラ 200 および 1 または複数のセーフティドライバ 300 を含む。セーフティドライバ 300 の各々は、電氣的に接続されたサーボモータ 400 を駆動する。なお、サーボモータ 400 に限らず、任意の種類のもータを採用できる。さらに、制御システム 1 は、標準コントローラ 100 とネットワーク 3 を介して接続されるサポート装置 500 を含む。

【0034】

標準コントローラ 100 は、第 1 のコントローラに相当し、予め作成された標準制御プログラムに従って、サーボモータ 400 を含む制御対象に対する標準制御を実行する。典型的には、標準コントローラ 100 は、1 または複数のセンサ（図示していない）などからの入力信号に応じた制御演算をサイクリック実行することで、サーボモータ 400 などのアクチュエータに対する指令を周期的に算出する。

10

【0035】

セーフティコントローラ 200 は、セーフティドライバ 300 に対してセーフティ機能の動作に係るセーフティ指令（第 2 の指令）を送信する。より具体的には、セーフティコントローラ 200 は、標準コントローラ 100 とは独立して、制御対象に対するセーフティ機能を実現するための監視および制御演算をサイクリック実行する。セーフティコントローラ 200 は、任意のセーフティデバイス 240 からの入力信号の受付、および / または、任意のセーフティデバイス 240 への指令の出力が可能になっている。

【0036】

セーフティドライバ 300 は、標準コントローラ 100 からの指令（第 1 の指令）に従って、サーボモータ 400 に電力を供給することで、サーボモータ 400 を駆動する。セーフティドライバ 300 は、サーボモータ 400 からのフィードバック信号などに基づいて、サーボモータ 400 の回転位置、回転速度、回転加速度および発生するトルクなどを周期的に算出する。

20

【0037】

さらに、セーフティドライバ 300 は、サーボモータ 400 の駆動に関するセーフティ機能を有している。より具体的には、セーフティドライバ 300 は、セーフティ機能に必要な状態情報をセーフティコントローラ 200 へ提供するとともに、要求されるセーフティ機能に応じて、サーボモータ 400 に供給する電力を調整または遮断する。

【0038】

サーボモータ 400 は、セーフティドライバ 300 からの電力を受けて回転するモータを有するとともに、モータの回転軸に結合されたエンコーダからの検出信号をフィードバック信号としてセーフティドライバ 300 へ出力する。

30

【0039】

サポート装置 500 は、一例として、汎用的なコンピュータアーキテクチャに準じて構成されるコンピュータからなる。サポート装置 500 は、制御システム 1 に含まれる各デバイスに対する設定および各デバイスで実行されるプログラムの作成が統合的に可能な開発環境を提供する。一例として、サポート装置 500 は、標準コントローラ 100 を制御するための標準制御プログラムや、セーフティコントローラ 200 を制御するためのセーフティプログラムの開発環境を提供する。設計された標準制御プログラムおよびセーフティプログラムは、フィールドネットワーク 2 を介して標準コントローラ 100 およびセーフティコントローラ 200 にそれぞれ転送される。

40

【0040】

本明細書において、「デバイス」は、フィールドネットワーク 2 などの任意のネットワークを介して、他の装置とデータ通信可能な装置の総称である。本実施の形態に係る制御システム 1 において、「デバイス」は、標準コントローラ 100、セーフティコントローラ 200 およびセーフティドライバ 300 を包含する。

【0041】

本明細書において、「標準制御」および「セーフティ制御」の用語を対比的に用いる。「標準制御」は、予め定められた要求仕様に沿って、制御対象を制御するための処理の総称である。一方、「セーフティ制御」は、設備や機械などによって人の安全が脅かされるこ

50

とを防止するための処理を総称する。「セーフティ制御」は、IEC 61508などに規定されたセーフティ機能を実現するための要件を満たすように設計される。

【0042】

本明細書においては、ドライブ装置に特有のセーフティ機能を「モーションセーフティ機能」と総称する。典型的には、「機能」は、上述の非特許文献1に規定されるドライブ装置に関連するセーフティ機能を包含する。例えば、制御軸の位置や速度を監視して安全を確保するための制御を含む。

【0043】

本明細書において、「状態値」および「パラメータ」の用語を対比的に用いる。「状態値」は、標準コントローラ100の状態、セーフティコントローラ200の状態、セーフティドライバ300の状態、およびサーボモータ400の状態の少なくとも1つを表わすデータを意味する。異なる言い方をすれば、「状態値」は、標準コントローラ100の状態、セーフティコントローラ200の状態、セーフティドライバ300の状態、またはサーボモータ400の状態に連動して値が変化するデータを意味する。典型的には、「状態値」は、標準制御プログラムやセーフティプログラムで用いられる変数に相当し、一つの値を表わすデータ、配列として表されるデータ、構造体として表されるデータなどを含み得る。これに対して、「パラメータ」は、標準コントローラ100の状態、セーフティコントローラ200の状態、セーフティドライバ300の状態、およびサーボモータ400の状態に連動しないデータのことを意味する。「パラメータ」との概念は、定数や関数（例えば、一次関数や二次関数など）などを含み得る。

【0044】

本明細書において、「プロセスデータ」は、標準制御またはセーフティ制御の少なくともいずれかで用いられるデータの総称である。具体的には、「プロセスデータ」は、制御対象から取得される入力情報、制御対象へ出力される出力情報、各デバイスでの制御演算に使用される内部情報などを包含する。

【0045】

入力情報は、光電センサなどにより検出されるON/OFF信号（デジタル入力）、温度センサなどにより検出される物理信号（アナログ入力）、ならびに、パルスエンコーダなどが発生するパルス信号（パルス入力）などを包含する。出力情報は、リレーなどを駆動するためのON/OFF（デジタル出力）、サーボモータの回転速度などを指示する速度指令（アナログ出力）、ならびに、ステッピングモータの移動量などを指示する変位指令（パルス出力）などを包含する。内部情報は、任意のプロセスデータを入力とする制御演算などによって決定される状態情報などを含む。

【0046】

基本的には、「プロセスデータ」の値は、制御周期または通信周期毎に更新される。ここで、更新とは、最新の値を反映することを意味し、更新の前後において値が変化しない場合も含み得る。

【0047】

図2は、本実施の形態に係る制御システム1が有する機能を示す模式図である。図2を参照して、標準コントローラ100は、機能モジュールとして、データトレースモジュール154を含む。セーフティドライバ300は、ハードウェア構成として、制御装置311と、ストレージ320とを含む。

【0048】

セーフティドライバ300の制御装置311には、標準制御を実現するための指令（第1の指令）が標準コントローラ100から与えられる。制御装置311は、標準コントローラ100からの指令に従ってセーフティドライバ300を制御する。

【0049】

また、セーフティドライバ300の制御装置311には、セーフティ機能の動作に係る指令（第2の指令）がセーフティコントローラ200から与えられる。制御装置311は、当該第2の指令を受けた場合に、サーボモータ400の状態値とセーフティパラメータS

10

20

30

40

50

Pとに基づいて、サーボモータ400の駆動を停止する。セーフティパラメータSPは、セーフティドライバ300が提供するモーションセーフティ機能の各々に対応する予め定められた1または複数の設定値である。例えば、セーフティパラメータSPとしては、速度範囲、加速度範囲、停止時間などが含まれ得る。制御装置311は、セーフティパラメータSPとサーボモータ400の状態値とを比較し、当該比較結果が異常を示す場合、サーボモータ400を停止する。

【0050】

データトレースモジュール154は、標準コントローラ100からの指令（第1の指令）に応じて変化する、サーボモータ400の動作に関する各種の状態値を監視する。当該状態値は、例えば、サーボモータ400の回転速度、サーボモータ400の回転加速度、サーボモータ400の駆動対象の現在位置、サーボモータ400の駆動対象の速度、サーボモータ400の駆動対象の加速度などを含む。

10

【0051】

サポート装置500は、データトレースモジュール154によるトレース結果DTと、セーフティパラメータSPとを取得し、トレース結果DTに重ねてセーフティパラメータSPを表示する。図2には、セーフティパラメータSPの一例として、サーボモータ400の速度の上限値を示すセーフティパラメータSP1と、サーボモータ400の速度の下限値を示すセーフティパラメータSP2とが示されている。また、図2には、トレース結果DTの一例として、サーボモータ400の速度の推移が示されている。ユーザは、トレース結果DTおよびセーフティパラメータSPを同一のグラフ上で確認することで、サーボモータ400の動作がセーフティ機能の仕様を満たしているか否かを容易に判断することができる。

20

【0052】

なお、図2の例では、データトレースモジュール154が標準コントローラ100に実装されているが、データトレースモジュール154は、必ずしも標準コントローラ100に実装される必要はない。データトレースモジュール154は、後述するように、標準コントローラ100に接続される他のユニット（例えば、トレースユニット）に実装されてもよい。あるいは、データトレースモジュール154は、セーフティコントローラ200や外部機器であるサーバに実装されてもよい。

【0053】

< B . 制御システム1に含まれるデバイスの構成例 >

次に制御システム1に含まれるデバイスの構成例について説明する。

【0054】

(b 1 : 標準コントローラ100)

図3は、本実施の形態に係る制御システム1を構成する標準コントローラ100のハードウェア構成例を示す模式図である。図3を参照して、標準コントローラ100は、プロセッサ102と、メインメモリ104と、ストレージ110と、上位ネットワークコントローラ106と、フィールドネットワークコントローラ108と、USB (Universal Serial Bus) コントローラ120と、メモリカードインターフェイス112と、ローカルバスコントローラ116とを含む。これらのコンポーネントは、プロセッサバス118を介して接続されている。

40

【0055】

プロセッサ102は、主として、標準制御に係る制御演算を実行する演算処理部に相当し、CPU (Central Processing Unit) やGPU (Graphics Processing Unit) などで構成される。具体的には、プロセッサ102は、ストレージ110に格納されたプログラム（一例として、システムプログラム1102および標準制御プログラム1104）を読み出して、メインメモリ104に展開して実行することで、制御対象に応じた制御演算、および、後述するような各種処理を実現する。

【0056】

メインメモリ104は、DRAM (Dynamic Random Access Memory) やSRAM (S

50

tatic Random Access Memory)などの揮発性記憶装置などで構成される。ストレージ 110は、例えば、SSD(Solid State Drive)やHDD(Hard Disk Drive)などの不揮発性記憶装置などで構成される。

【0057】

ストレージ 110には、基本的な機能を実現するためのシステムプログラム 1102に加えて、制御対象に応じて作成された標準制御プログラム 1104が格納される。さらに、ストレージ 110には、後述するような変数などを設定するための設定情報 1106が格納される。

【0058】

上位ネットワークコントローラ 106は、上位ネットワークを介して、任意の報処理装置との間でデータを遣り取りする。

10

【0059】

フィールドネットワークコントローラ 108は、フィールドネットワーク 2を介して、セーフティコントローラ 200およびセーフティドライバ 300を含む任意のデバイスとの間でデータを遣り取りする。図 3に示す制御システム 1においては、標準コントローラ 100のフィールドネットワークコントローラ 108は、フィールドネットワーク 2の通信マスタとして機能する。

【0060】

USBコントローラ 120は、USB接続を介して、サポート装置 500などとの間でデータを遣り取りする。

20

【0061】

メモリカードインターフェイス 112は、着脱可能な記録媒体の一例であるメモリカード 114を受付ける。メモリカードインターフェイス 112は、メモリカード 114に対してデータを書込み、メモリカード 114から各種データ(ログやトレースデータなど)を読出すことが可能になっている。

【0062】

ローカルバスコントローラ 116は、ローカルバスを介して、標準コントローラ 100に接続される任意のユニットとの間でデータを遣り取りする。

【0063】

図 3には、プロセッサ 102がプログラムを実行することで必要な機能が提供される構成例を示したが、これらの提供される機能の一部または全部を、専用のハードウェア回路(例えば、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)またはFPGA(Field-Programmable Gate Array)など)を用いて実装してもよい。あるいは、標準コントローラ 100の主要部を、汎用的なアーキテクチャに従うハードウェア(例えば、汎用パソコンをベースとした産業用パソコン)を用いて実現してもよい。この場合には、仮想化技術を用いて、用途の異なる複数のOS(Operating System)を並列的に実行させるとともに、各OS上で必要なアプリケーションを実行させるようにしてもよい。さらに、標準コントローラ 100に表示装置やサポート装置などの機能を統合した構成を採用してもよい。

30

【0064】

(b2:セーフティコントローラ 200)

図 4は、本実施の形態に係る制御システム 1を構成するセーフティコントローラ 200のハードウェア構成例を示す模式図である。図 4を参照して、セーフティコントローラ 200は、プロセッサ 202と、メインメモリ 204と、ストレージ 210と、フィールドネットワークコントローラ 208と、USBコントローラ 220と、セーフティローカルバスコントローラ 216とを含む。これらのコンポーネントは、プロセッサバス 218を介して接続されている。

40

【0065】

プロセッサ 202は、主として、セーフティ制御に係る制御演算を実行する演算処理部に相当し、CPUやGPUなどで構成される。具体的には、プロセッサ 202は、ストレージ

50

ジ 2 1 0 に格納されたプログラム（一例として、システムプログラム 2 1 0 2 およびセーフティプログラム 2 1 0 4）を読み出して、メインメモリ 2 0 4 に展開して実行することで、必要なセーフティ機能を提供するための制御演算、および、後述するような各種処理を実現する。

【 0 0 6 6 】

メインメモリ 2 0 4 は、DRAM や SRAM などの揮発性記憶装置などで構成される。ストレージ 2 1 0 は、例えば、SSD や HDD などの不揮発性記憶装置などで構成される。

【 0 0 6 7 】

ストレージ 2 1 0 には、基本的な機能を実現するためのシステムプログラム 2 1 0 2 に加えて、要求されるセーフティ機能に応じた作成されたセーフティプログラム 2 1 0 4 が格納される。さらに、ストレージ 2 1 0 には、後述するような変数などを設定するための設定情報 2 1 0 6 が格納される。

10

【 0 0 6 8 】

フィールドネットワークコントローラ 2 0 8 は、フィールドネットワーク 2 を介して、標準コントローラ 1 0 0 およびセーフティドライバ 3 0 0 を含む任意のデバイスとの間でデータを遣り取りする。図 3 に示す制御システム 1 においては、セーフティコントローラ 2 0 0 のフィールドネットワークコントローラ 2 0 8 は、フィールドネットワーク 2 の通信スレーブとして機能する。

【 0 0 6 9 】

USB コントローラ 2 2 0 は、USB 接続を介して、サポート装置 5 0 0 などの情報処理装置との間でデータを遣り取りする。

20

【 0 0 7 0 】

セーフティローカルバスコントローラ 2 1 6 は、セーフティローカルバスを介して、セーフティコントローラ 2 0 0 に接続される任意のセーフティユニットとの間でデータを遣り取りする。図 4 には、セーフティユニットの一例として、セーフティ I/O ユニット 2 3 0 を示す。

【 0 0 7 1 】

セーフティ I/O ユニット 2 3 0 は、任意のセーフティデバイス 2 4 0 との間で入出力信号を遣り取りする。より具体的には、セーフティ I/O ユニット 2 3 0 は、セーフティセンサやセーフティスイッチなどのセーフティデバイス 2 4 0 からの入力信号を受付ける。あるいは、セーフティ I/O ユニット 2 3 0 は、セーフティリレーなどのセーフティデバイス 2 4 0 へ指令を出力する。

30

【 0 0 7 2 】

図 4 には、プロセッサ 2 0 2 がプログラムを実行することで必要な機能が提供される構成例を示したが、これらの提供される機能の一部または全部を、専用のハードウェア回路（例えば、ASIC または FPGA など）を用いて実装してもよい。あるいは、セーフティコントローラ 2 0 0 の主要部を、汎用的なアーキテクチャに従うハードウェア（例えば、汎用パソコンをベースとした産業用パソコン）を用いて実現してもよい。

【 0 0 7 3 】

（ b 3 : セーフティドライバ 3 0 0 およびサーボモータ 4 0 0 ）

40

図 5 は、本実施の形態に係る制御システム 1 を構成するセーフティドライバ 3 0 0 およびサーボモータ 4 0 0 のハードウェア構成例を示す模式図である。図 5 を参照して、セーフティドライバ 3 0 0 は、フィールドネットワークコントローラ 3 0 2 と、制御ユニット 3 1 0 と、ドライブ回路 3 3 0 と、フィードバック受信回路 3 3 2 とを含む。

【 0 0 7 4 】

フィールドネットワークコントローラ 3 0 2 は、フィールドネットワーク 2 を介して、標準コントローラ 1 0 0 およびセーフティコントローラ 2 0 0 を含む任意のデバイスとの間でデータを遣り取りする。図 5 に示す制御システム 1 においては、セーフティドライバ 3 0 0 のフィールドネットワークコントローラ 3 0 2 は、フィールドネットワーク 2 の通信スレーブとして機能する。

50

【 0 0 7 5 】

制御ユニット 3 1 0 は、セーフティドライバ 3 0 0 を動作させるために必要な演算処理を実行する。一例として、制御ユニット 3 1 0 は、セーフティドライバ 3 0 0 を制御する制御装置 3 1 1 と、メインメモリ 3 1 6 と、ストレージ 3 2 0 とを含む。制御装置 3 1 1 は、1 つ以上のプロセッサで構成される。例えば、制御装置 3 1 1 は、2 つのプロセッサ 3 1 2 , 3 1 4 で構成される。

【 0 0 7 6 】

プロセッサ 3 1 2 は、サーボモータ 4 0 0 を駆動するための制御演算を主として実行する演算処理部に相当する。プロセッサ 3 1 4 は、サーボモータ 4 0 0 に係るセーフティ機能を提供するための制御演算を主として実行する演算処理部に相当する。プロセッサ 3 1 2 , 3 1 4 は、いずれも CPU など構成される。

10

【 0 0 7 7 】

メインメモリ 3 1 6 は、DRAM や SRAM などの揮発性記憶装置などで構成される。ストレージ 3 2 0 は、例えば、SSD や HDD などの不揮発性記憶装置などで構成される。

【 0 0 7 8 】

ストレージ 3 2 0 には、サーボ制御 3 5 0 を実現するためのサーボ制御プログラム 3 2 0 2 と、モーションセーフティ機能 3 6 0 を実現するためのモーションセーフティプログラム 3 2 0 4 と、他のデバイスに公開される変数などを設定するための設定情報 3 2 0 6 と、セーフティ機能の種別に関連付けられた複数のセーフティパラメータ SP とが格納される。

20

【 0 0 7 9 】

図 5 には、2 つのプロセッサ 3 1 2 , 3 1 4 がそれぞれ異なる目的の制御演算を実行することで信頼性を高める構成を例示するが、これに限らず、要求されるセーフティ機能を実現できればどのような構成を採用してもよい。例えば、単一のプロセッサに複数のコアが含まれるような場合には、プロセッサ 3 1 2 , 3 1 4 にそれぞれ対応する制御演算を実行するようにしてもよい。また、図 5 には、プロセッサ 3 1 2 , 3 1 4 がプログラムを実行することで必要な機能が提供される構成例を示したが、これらの提供される機能の一部または全部を、専用のハードウェア回路（例えば、ASIC または FPGA など）を用いて実装してもよい。

【 0 0 8 0 】

ドライブ回路 3 3 0 は、コンバータ回路およびインバータ回路などを含み、制御ユニット 3 1 0 からの指令に従って、指定された電圧・電流・位相の電力を生成して、サーボモータ 4 0 0 へ供給する。

30

【 0 0 8 1 】

フィードバック受信回路 3 3 2 は、サーボモータ 4 0 0 からのフィードバック信号を受信して、その受信結果を制御ユニット 3 1 0 へ出力する。

【 0 0 8 2 】

サーボモータ 4 0 0 は、典型的には、三相交流モータ 4 0 2 および三相交流モータ 4 0 2 の回転軸に取付けられたエンコーダ 4 0 4 を含む。

【 0 0 8 3 】

三相交流モータ 4 0 2 は、セーフティドライバ 3 0 0 から供給される電力を受けて回転力を発生するアクチュエータである。図 5 には、一例として、三相交流モータを例示するが、これに限らず、直流モータであってもよいし、単相交流モータあるいは多相交流モータであってもよい。さらに、リニアサーボのような直線に沿って駆動力を発生するアクチュエータを採用してもよい。

40

【 0 0 8 4 】

エンコーダ 4 0 4 は、三相交流モータ 4 0 2 の回転数に応じたフィードバック信号（典型的には、回転数に応じた数のパルス信号）を出力する。

【 0 0 8 5 】

(b 4 : サポート装置 5 0 0)

50

図 6 は、本実施の形態に係る制御システム 1 を構成するサポート装置 5 0 0 のハードウェア構成例を示す模式図である。サポート装置 5 0 0 は、一例として、汎用的なアーキテクチャに従うハードウェア（例えば、汎用パソコン）を用いて実現される。

【 0 0 8 6 】

図 6 を参照して、サポート装置 5 0 0 は、プロセッサ 5 0 2 と、メインメモリ 5 0 4 と、入力部 5 0 6 と、出力部 5 0 8 と、ストレージ 5 1 0 と、光学ドライブ 5 1 2 と、USB コントローラ 5 2 0 とを含む。これらのコンポーネントは、プロセッサバス 5 1 8 を介して接続されている。

【 0 0 8 7 】

プロセッサ 5 0 2 は、CPU や GPU など構成され、ストレージ 5 1 0 に格納されたプログラム（一例として、OS 5 1 0 2 およびサポートプログラム 5 1 0 4）を読み出して、メインメモリ 5 0 4 に展開して実行することで、後述するような各種処理を実現する。

【 0 0 8 8 】

メインメモリ 5 0 4 は、DRAM や SRAM などの揮発性記憶装置などで構成される。ストレージ 5 1 0 は、例えば、HDD や SSD などの不揮発性記憶装置などで構成される。

【 0 0 8 9 】

ストレージ 5 1 0 には、基本的な機能を実現するための OS 5 1 0 2 に加えて、サポート装置 5 0 0 としての機能を提供するためのサポートプログラム 5 1 0 4 が格納される。すなわち、サポートプログラム 5 1 0 4 は、制御システム 1 に接続されるコンピュータにより実行されることで、本実施の形態に係るサポート装置 5 0 0 を実現する。

【 0 0 9 0 】

さらに、ストレージ 5 1 0 には、サポートプログラム 5 1 0 4 が実行されることで提供される開発環境においてユーザにより作成されるプロジェクトデータ 5 1 0 6 が格納される。

【 0 0 9 1 】

本実施の形態において、サポート装置 5 0 0 は、制御システム 1 に含まれる各デバイスに対する設定および各デバイスで実行されるプログラムの作成が統合的に可能な開発環境を提供する。プロジェクトデータ 5 1 0 6 は、このような統合的な開発環境によって生成されるデータを含む。典型的には、プロジェクトデータ 5 1 0 6 は、標準制御ソースプログラム 5 1 0 8 と、標準コントローラ設定情報 5 1 1 0 と、セーフティソースプログラム 5 1 1 2 と、セーフティコントローラ設定情報 5 1 1 4 と、セーフティドライバ設定情報 5 1 1 6 と、収集候補情報 5 1 1 8 と、軸情報 5 1 2 0 と、収集対象のデータ群 5 1 2 1 と、単位変換表 5 1 2 2 を含む。

【 0 0 9 2 】

標準制御ソースプログラム 5 1 0 8 は、オブジェクトコードに変換された上で、標準コントローラ 1 0 0 へ送信され、標準制御プログラム 1 1 0 4（図 3 参照）として格納される。同様に、標準コントローラ設定情報 5 1 1 0、軸情報 5 1 2 0、収集対象のデータ群 5 1 2 1、および単位変換表 5 1 2 2 についても標準コントローラ 1 0 0 へ送信され、設定情報 1 1 0 6（図 3 参照）として格納される。

【 0 0 9 3 】

セーフティソースプログラム 5 1 1 2 は、オブジェクトコードに変換された上で、セーフティコントローラ 2 0 0 へ送信され、セーフティプログラム 2 1 0 4（図 4 参照）として格納される。同様に、セーフティコントローラ設定情報 5 1 1 4 についてもセーフティコントローラ 2 0 0 へ送信され、設定情報 2 1 0 6（図 4 参照）として格納される。

【 0 0 9 4 】

セーフティドライバ設定情報 5 1 1 6 は、セーフティドライバ 3 0 0 へ送信され、設定情報 3 2 0 6（図 5 参照）として格納される。

【 0 0 9 5 】

入力部 5 0 6 は、キーボードやマウスなどで構成され、ユーザ操作を受付ける。出力部 5 0 8 は、ディスプレイ、各種インジケータ、プリンタなどで構成され、プロセッサ 5 0 2 からの処理結果などを出力する。当該ディスプレイは、サポート装置 5 0 0 と一体的に構

10

20

30

40

50

成されてもよいし、外付けでサポート装置 5 0 0 に接続されてもよい。

【 0 0 9 6 】

USB コントローラ 5 2 0 は、USB 接続を介して、標準コントローラ 1 0 0 などとの間のデータを遣り取りする。

【 0 0 9 7 】

サポート装置 5 0 0 は、光学ドライブ 5 1 2 を有しており、コンピュータ読取可能なプログラムを非一過的に格納する記録媒体 5 1 4 (例えば、DVD (Digital Versatile Disc) などの光学記録媒体) から、その中に格納されたプログラムが読取られてストレージ 5 1 0 などにインストールされる。

【 0 0 9 8 】

サポート装置 5 0 0 で実行されるサポートプログラム 5 1 0 4 などは、コンピュータ読取可能な記録媒体 5 1 4 を介してインストールされてもよいが、ネットワーク上のサーバ装置などからダウンロードする形でインストールするようにしてもよい。また、本実施の形態に係るサポート装置 5 0 0 が提供する機能は、OS が提供するモジュールの一部を利用する形で実現される場合もある。

【 0 0 9 9 】

図 6 には、プロセッサ 5 0 2 がプログラムを実行することで、サポート装置 5 0 0 として必要な機能が提供される構成例を示したが、これらの提供される機能の一部または全部を、専用のハードウェア回路 (例えば、ASIC または FPGA など) を用いて実装してもよい。

【 0 1 0 0 】

なお、制御システム 1 が稼動中において、サポート装置 5 0 0 は、標準コントローラ 1 0 0 から取り外されていてもよい。

【 0 1 0 1 】

< C . 制御システム 1 の機能分担 >

次に、制御システム 1 における機能分担の一例について説明する。図 7 は、本実施の形態に係る制御システム 1 の機能分担の一例を示す模式図である。

【 0 1 0 2 】

図 7 を参照して、標準コントローラ 1 0 0 が実行する標準制御 1 5 0 に関して、サーフティドライバ 3 0 0 はサーボ制御 3 5 0 を実行する。標準制御 1 5 0 は、制御対象に予め設定されたユーザプログラムに従って、サーボモータ 4 0 0 を駆動するための指令を周期的に算出する処理を含む。また、サーボ制御 3 5 0 は、標準制御 1 5 0 により周期的に算出される指令に従ってサーボモータ 4 0 0 を駆動するための制御、および、サーボモータ 4 0 0 の動作状態を示す状態値を取得して出力する処理を含む。サーボ制御 3 5 0 は、サーフティドライバ 3 0 0 のプロセッサ 3 1 2 (図 5 参照) が担当する。

【 0 1 0 3 】

一方、サーフティコントローラ 2 0 0 が提供するサーフティ機能 2 5 0 に対応して、サーフティドライバ 3 0 0 はモーションサーフティ機能 3 6 0 を提供する。モーションサーフティ機能 3 6 0 は、サーフティドライバ 3 0 0 のプロセッサ 3 1 4 (図 5 参照) が担当する。

【 0 1 0 4 】

サーフティ機能 2 5 0 は、標準コントローラ 1 0 0 が実行する標準制御 1 5 0 が保持する状態値、サーフティデバイス 2 4 0 からの信号によって示される状態値、および、サーフティドライバ 3 0 0 が保持する状態値などに基づいて、予め定められた条件が成立すると、予め指定されているサーフティ機能を有効化する。

【 0 1 0 5 】

予め指定されているサーフティ機能を有効化する処理は、例えば、サーフティドライバ 3 0 0 に対するサーフティ指令の出力、あるいは、サーフティデバイス 2 4 0 に対してサーフティ指令の出力 (例えば、特定の装置への電力供給に係るサーフティリレーを遮断する) などを含む。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 6 】

セーフティドライバ 3 0 0 は、セーフティコントローラ 2 0 0 からのセーフティ指令に
 応答して、指定されたモーションセーフティ機能 3 6 0 を提供する。指定されたモーション
 セーフティ機能 3 6 0 の種類に応じて、サーボ制御 3 5 0 によるサーボモータ 4 0 0 の制
 御に介入して、サーボモータ 4 0 0 への電力供給を遮断する処理、あるいは、サーボ制御
 3 5 0 によるサーボモータ 4 0 0 の制御の状態値が予め定められた制限範囲内に収まって
 いるか否かを監視する処理などが実行される。

【 0 1 0 7 】

図 8 は、本実施の形態に係る制御システム 1 のセーフティドライバ 3 0 0 によるセーフテ
 ィ機能に係る処理手順の一例を示すシーケンス図である。図 8 を参照して、標準コント
 ローラ 1 0 0 の標準制御 1 5 0 により周期的に指令が算出されて、セーフティドライバ 3 0
 0 (サーボ制御 3 5 0) に出力される (シーケンス S Q 2)。セーフティドライバ 3 0 0
 のサーボ制御 3 5 0 は、標準制御 1 5 0 からの指令に従って、サーボモータ 4 0 0 を駆動
 する (シーケンス S Q 4)。

10

【 0 1 0 8 】

あるタイミングにおいて、セーフティデバイス 2 4 0 (例えば、セーフティセンサ) から
 のセーフティイベントが発生すると (シーケンス S Q 6)、セーフティコントローラ 2 0
 0 は、セーフティドライバ 3 0 0 (モーションセーフティ機能 3 6 0) にセーフティ指令
 を出力する (シーケンス S Q 8)。このセーフティ指令に
 応答して、セーフティドライバ
 3 0 0 のモーションセーフティ機能 3 6 0 は、指定されたセーフティ機能を有効化する (20
 シーケンス S Q 1 0)。

20

【 0 1 0 9 】

セーフティ機能の有効化に
 応答して、標準コントローラ 1 0 0 の標準制御 1 5 0 からは、
 当該有効化されたセーフティ機能に応じた指令が算出および出力されるようになる (シー
 ケンス S Q 1 2)。一方、セーフティドライバ 3 0 0 (モーションセーフティ機能 3 6 0
) は、サーボモータ 4 0 0 の動作状態が予め定められた制限範囲内に収まっているか否か
 を監視する。サーボモータ 4 0 0 の動作状態が予め定められた制限範囲内に収まっていな
 いと判断されると、あるいは、予め定められた停止時間が到来すると、セーフティドライ
 バ 3 0 0 (モーションセーフティ機能 3 6 0) は、サーボモータ 4 0 0 への電力供給を遮
 断する (シーケンス S Q 1 4)。

30

【 0 1 1 0 】

このように、セーフティドライバ 3 0 0 は、標準コントローラ 1 0 0 (標準制御 1 5 0)
 からの指令に従ってサーボモータ 4 0 0 を駆動できるとともに、セーフティ機能を有効化
 するための指令に応じて、セーフティコントローラ 2 0 0 (セーフティ機能 2 5 0) に対
 するモーションセーフティ機能を実現することができる。

【 0 1 1 1 】

< D . 制御システム 1 のモーションセーフティ機能 >

次に、制御システム 1 が提供するモーションセーフティ機能の一例について説明する。

【 0 1 1 2 】

図 9 は、本実施の形態に係る制御システム 1 が提供するモーションセーフティ機能の一例
 を示す図である。図 9 (A) には、S T O (Safe Torque Off) に対応するサーボモータ
 4 0 0 の挙動の一例を示し、図 9 (B) には、S S 1 (Safe Stop 1) に対応するサーボ
 モータ 4 0 0 の挙動の一例を示す。

40

【 0 1 1 3 】

図 9 (A) を参照して、サーボモータ 4 0 0 がある回転速度で運転している状態において
 、時刻 t 1 でセーフティ指令 (S T O) が与えられると、セーフティドライバ 3 0 0 は、
 サーボモータ 4 0 0 への電力供給を遮断して、サーボモータ 4 0 0 で発生するトルクをゼ
 ロにする。この結果、サーボモータ 4 0 0 は惰性で回転した後に停止する。なお、サーボ
 モータ 4 0 0 にブレーキが装着されている場合には、サーボモータ 4 0 0 は即座に停止す
 ることもできる。

50

【 0 1 1 4 】

図 9 (B) を参照して、サーボモータ 4 0 0 がある回転速度で運転している状態において、時刻 t_1 でセーフティ指令 (S S 1) が与えられると、セーフティドライバ 3 0 0 は、予め定められた加速度で回転速度を低減する。このとき、セーフティドライバ 3 0 0 は、サーボモータ 4 0 0 からの電力回収 (すなわち、回生) などを実行してもよい。そして、時刻 t_2 においてサーボモータ 4 0 0 の回転速度がゼロになると、セーフティドライバ 3 0 0 は、サーボモータ 4 0 0 への電力供給を遮断して、サーボモータ 4 0 0 で発生するトルクをゼロにする。時刻 t_2 以降においては、図 9 (A) に示す S T O と同様の状態になる。

【 0 1 1 5 】

図 9 (A) に示される S T O および図 9 (B) に示される S S 1 のうち、サーボモータ 4 0 0 と機械的に連結されている設備の特性などに応じて、より安全に停止できるセーフティ機能が適宜選択される。

【 0 1 1 6 】

上述し非特許文献 1 は、図 9 (A) および図 9 (B) に示すモーションセーフティ機能だけではなく、複数のモーションセーフティ機能を規定する。各モーションセーフティ機能を実現するためには、サーボモータ 4 0 0 の挙動を規定するための設定が必要となる。

【 0 1 1 7 】

図 1 0 は、本実施の形態に係る制御システム 1 のセーフティドライバ 3 0 0 に格納されるモーションセーフティ機能を実現するためのパラメータセット 3 9 0 の一例を示す図である。図 1 0 を参照して、パラメータセット 3 9 0 は、セーフティドライバ 3 0 0 が提供するモーションセーフティ機能の各々に対応する 1 または複数の設定値 (セーフティパラメータ) を含む。

【 0 1 1 8 】

例えば、モーションセーフティ機能に対応する設定値としては、速度範囲、加速度範囲、停止時間などが含まれ得る。

【 0 1 1 9 】

典型的には、ユーザがサポート装置 5 0 0 を操作してセーフティドライバ 3 0 0 におけるモーションセーフティ機能における挙動を決定し、その決定された挙動に対応するパラメータセット 3 9 0 がセーフティドライバ 3 0 0 へ転送される。セーフティドライバ 3 0 0 は、サポート装置 5 0 0 からのパラメータセット 3 9 0 を予め格納している。

【 0 1 2 0 】

< E . 制御システム 1 のデータ通信 >

次に、制御システム 1 におけるデータ通信の一例について説明する。

【 0 1 2 1 】

図 1 1 は、本実施の形態に係る制御システム 1 における通信フレームの伝送形態を説明するための図である。図 1 1 を参照して、制御システム 1 のフィールドネットワーク 2 においては、プロセスデータ通信が行われており、標準コントローラ 1 0 0 を通信マスタとして、通信フレーム 6 0 0 がサイクリック (例えば、数 ~ 1 0 数 m s e c) にデバイス間を一巡する。通信フレーム 6 0 0 が伝送する周期をプロセスデータ通信周期とも称する。

【 0 1 2 2 】

本実施の形態においては、このような通信フレーム 6 0 0 をサイクリックに伝送するフィールドネットワーク 2 のプロトコルの一例として、E t h e r C A T (登録商標) を採用する。

【 0 1 2 3 】

通信フレーム 6 0 0 には、デバイス毎にデータ領域が割り当てられている。各デバイスは、周期的に伝送される通信フレーム 6 0 0 を受信すると、当該受信した通信フレーム 6 0 0 内の自デバイスに割り当てられたデータ領域に予め設定されたデータの現在値を書込む。そして、現在値の書込み後の通信フレーム 6 0 0 を次段のデバイスに送出する。各デバイスにより書込まれたデータの現在値は他のデバイスから参照可能になっている。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 4 】

各デバイスが通信フレーム 6 0 0 に予め設定されたデータの現在値を書込むことで、フィールドネットワーク 2 を一巡して通信マスタ（標準コントローラ 1 0 0）に戻る通信フレーム 6 0 0 には、各デバイスにより収集された最新の値が含まれることになる。

【 0 1 2 5 】

本実施の形態においては、このようなプロセスデータ通信を利用して、セーフティコントローラ 2 0 0 とセーフティドライバ 3 0 0 の各々との間で論理コネクション 4 が形成される（図 1 1 参照）。この論理コネクション 4 は、セーフティ機能を実現するためのデータの遣り取りに用いられる。

【 0 1 2 6 】

上述したように、フィールドネットワーク 2 のプロトコルとして E t h e r C A T を採用する場合には、F S o E（FailSafe over EtherCAT）と称されるプロトコルを用いて論理コネクション 4 を形成できる。

【 0 1 2 7 】

より具体的には、論理コネクション 4 を形成するために遣り取りされるコマンドを格納するための専用のデータ領域が通信フレーム 6 0 0 に割り当てられる。当該専用のデータ領域を用いて、デバイス間でコマンドを遣り取りすることで、論理コネクション 4 を形成する。

【 0 1 2 8 】

図 1 2 は、本実施の形態に係る制御システム 1 におけるデータ伝送を説明するための図である。図 1 2 を参照して、通信フレーム 6 0 0 には、プロセスデータ通信に用いられるデータ領域 6 1 0 に加えて、論理コネクション 4 に用いられるデータ領域 6 2 0 が規定されている。

【 0 1 2 9 】

データ領域 6 1 0 は、標準コントローラ 1 0 0 に割り当てられたデータ領域 6 1 1 と、セーフティドライバ 3 0 0 に割り当てられたデータ領域 6 1 2 , 6 1 3 , 6 1 4 と、セーフティコントローラ 2 0 0 に割り当てられたデータ領域 6 1 5 とを含む。

【 0 1 3 0 】

データ領域 6 1 2 , 6 1 3 , 6 1 4 , 6 1 5 は、各デバイスから他のデバイスへデータを公開するための I N データ領域 6 1 2 1 , 6 1 3 1 , 6 1 4 1 , 6 1 5 1 と、各デバイスでの指令を受付けるための O U T データ領域 6 1 2 2 , 6 1 3 2 , 6 1 4 2 , 6 1 5 2 とを含む。

【 0 1 3 1 】

I N データ領域 6 1 2 1 , 6 1 3 1 , 6 1 4 1 , 6 1 5 1 は、各デバイスが管理するプロセスデータのうち、他のデバイスへ公開するデータが書込まれるデータ領域である。各デバイスが通信フレーム 6 0 0 内の自デバイスに割り当てられた I N データ領域に必要なデータを書込むことで、他のデバイスは当該書込まれたデータを参照できるようになる。通常、標準コントローラ 1 0 0 は、通信周期毎に、各デバイスにより書込まれたデータを参照して標準制御に係る制御演算を実行することで、各デバイスに対する指令を算出する。

【 0 1 3 2 】

O U T データ領域 6 1 2 2 , 6 1 3 2 , 6 1 4 2 , 6 1 5 2 には、各デバイスに与えられる指令が書込まれる。各デバイスは、通信フレーム 6 0 0 内の自デバイスに割り当てられた O U T データ領域に格納されているデータを参照することで、制御対象への出力信号を生成し、あるいは、内部の制御状態を更新する。基本的には、各デバイスの O U T データ領域には、標準コントローラ 1 0 0 によってデータが書込まれる。

【 0 1 3 3 】

プロセスデータ通信に用いられるデータ領域 6 1 0 に対する、各デバイスのデータの書込みおよび読出し動作は、各デバイスに割り当てられるデータ領域に応じて、予め設定されている。このようなデータの書込みおよび読出しの設定操作は、サポート装置 5 0 0 上でユーザによって行われる。そして、サポート装置 5 0 0 から各デバイスに設定情報が送信

10

20

30

40

50

される。

【 0 1 3 4 】

一方、論理コネクション 4 に用いられるデータ領域 6 2 0 は、セーフティドライバ 3 0 0 に割り当てられたデータ領域 6 2 1 , 6 2 2 , 6 2 3 と、セーフティコントローラ 2 0 0 に割り当てられたデータ領域 6 2 4 とを含む。各デバイスは、データ領域 6 2 1 , 6 2 2 , 6 2 3 , 6 2 4 に対して、論理コネクション 4 に係る通信フレーム（以下、「セーフティ通信フレーム 6 3 0」とも称す。）の書込みおよび読出しを行う。通信マスタである標準コントローラ 1 0 0 は、データ領域 6 2 1 , 6 2 2 , 6 2 3 , 6 2 4 の間で、格納されているセーフティ通信フレーム 6 3 0 を入れ替える。このような通信マスタによる折返し処理によって、セーフティ通信フレーム 6 3 0 は、一種のピアツーピアの通信が可能となる。

10

【 0 1 3 5 】

図 1 2 には、一例として、セーフティコントローラ 2 0 0 から 1 番目のセーフティドライバ 3 0 0 へセーフティ通信フレーム 6 3 0 を送信する場合の処理を示す。図 1 2 に示すようなセーフティ通信フレーム 6 3 0 は、セーフティコントローラ 2 0 0 が特定のセーフティドライバ 3 0 0 に対して特定のモーションセーフティ機能を有効化する場合などに送信される。

【 0 1 3 6 】

まず、セーフティコントローラ 2 0 0 は、送信先のセーフティドライバ 3 0 0 へ送信すべきセーフティ通信フレーム 6 3 0 を生成して、通信フレーム 6 0 0 のデータ領域 6 2 4 に書込む。その後、セーフティ通信フレーム 6 3 0 が書込まれた通信フレーム 6 0 0 が通信マスタである標準コントローラ 1 0 0 へ到着すると、標準コントローラ 1 0 0 は、データ領域 6 2 4 に格納されているセーフティ通信フレーム 6 3 0 をデータ領域 6 2 1 に複製する。データ領域 6 2 1 にセーフティ通信フレーム 6 3 0 が複製された通信フレーム 6 0 0 が送信先のセーフティドライバ 3 0 0 に到着すると、送信先のセーフティドライバ 3 0 0 は、データ領域 6 2 1 を参照して、セーフティ通信フレーム 6 3 0 を受信する。

20

【 0 1 3 7 】

また、セーフティドライバ 3 0 0 からセーフティコントローラ 2 0 0 へのセーフティ通信フレーム 6 3 0 は、上述とは反対の通信経路で送信される。

【 0 1 3 8 】

このように、本実施の形態に係る制御システム 1 においては、通信フレーム 6 0 0 内のデータ領域 6 2 0 を用いて、論理コネクション 4 が形成される。

30

【 0 1 3 9 】

< F . 標準制御およびセーフティ制御の実装例 >

上述したように、本実施の形態に係る制御システム 1 においては、プロセスデータ通信および論理コネクション 4 によるセーフティ通信が可能になっている。次に、それぞれの通信を利用した標準制御およびセーフティ制御の実装例について説明する。

【 0 1 4 0 】

図 1 3 は、本実施の形態に係る制御システム 1 における標準制御およびセーフティ制御の実装例を示す模式図である。説明の便宜上、図 1 3 には、標準コントローラ 1 0 0 およびセーフティコントローラ 2 0 0 に加えて、1 つのセーフティドライバ 3 0 0 からなる制御システム 1 の例を示す。

40

【 0 1 4 1 】

図 1 3 を参照して、標準コントローラ 1 0 0 は、主たる機能構成として、プロセスデータ通信レイヤ 1 7 0 および I O 管理モジュール 1 7 2 を有している。セーフティコントローラ 2 0 0 は、主たる機能構成として、プロセスデータ通信レイヤ 2 7 0 と、I O 管理モジュール 2 7 2 と、論理コネクションレイヤ 2 7 6 と、セーフティ機能状態管理エンジン 2 7 8 とを含む。セーフティドライバ 3 0 0 は、主たる機能構成として、プロセスデータ通信レイヤ 3 7 0 と、論理コネクションレイヤ 3 7 6 と、モーションセーフティ機能状態管理エンジン 3 7 8 と、サーボ制御実行エンジン 3 5 2 と、モーションセーフティ機能実行

50

エンジン 3 6 2 とを含む。

【 0 1 4 2 】

プロセスデータ通信レイヤ 1 7 0、プロセスデータ通信レイヤ 2 7 0 およびプロセスデータ通信レイヤ 3 7 0 は、フィールドネットワーク 2 上の通信フレーム 6 0 0 の転送を担当する。プロセスデータ通信レイヤ 1 7 0、プロセスデータ通信レイヤ 2 7 0 およびプロセスデータ通信レイヤ 3 7 0 の各々は、到着した通信フレーム 6 0 0 に含まれるデータに基づいて、各デバイスのプロセスデータ 1 7 4、2 7 4、3 7 4 を更新する。また、プロセスデータ通信レイヤ 1 7 0、プロセスデータ通信レイヤ 2 7 0 およびプロセスデータ通信レイヤ 3 7 0 の各々は、予め指定されたプロセスデータを予め割り当てられているデータ領域に書込んだ上で、通信フレーム 6 0 0 を再生成して次段のデバイスに送出する。プロセスデータ通信によりプロセスデータの少なくとも一部は共有されることになる。

10

【 0 1 4 3 】

セーフティコントローラ 2 0 0 の論理コネクションレイヤ 2 7 6 およびセーフティドライバ 3 0 0 の論理コネクションレイヤ 3 7 6 は、セーフティ通信フレーム 6 3 0 の遣り取りを担当する。すなわち、論理コネクションレイヤ 2 7 6 および論理コネクションレイヤ 3 7 6 は、論理コネクションを形成するためのプロトコル（本実施の形態においては、F S o E）に従って、通信フレーム 6 0 0 に含まれるセーフティ通信フレーム 6 3 0 を用いて、コマンドおよびデータを遣り取りする。

【 0 1 4 4 】

標準コントローラ 1 0 0 において、I O 管理モジュール 1 7 2 は、制御対象との間で信号を遣り取りすることで、プロセスデータ 1 7 4 を更新する。標準コントローラ 1 0 0 において実行される標準制御プログラム 1 1 0 4 は、プロセスデータ 1 7 4 を参照して制御演算を実行するとともに、制御演算の実行結果でプロセスデータ 1 7 4 を更新する。

20

【 0 1 4 5 】

セーフティコントローラ 2 0 0 において、I O 管理モジュール 2 7 2 は、セーフティデバイス 2 4 0 との間で信号を遣り取りすることで、プロセスデータ 2 7 4 を更新する。図 1 3 においては、プロセスデータ 2 7 4 とまとめて表現しているが、プロセスデータ通信により更新されるプロセスデータ（標準制御用）と、セーフティデバイス 2 4 0 との遣り取りにより更新されるプロセスデータ（セーフティ制御用）とを異なるレベルで管理するようにしてもよい。

30

【 0 1 4 6 】

セーフティコントローラ 2 0 0 において実行されるセーフティプログラム 2 1 0 4 は、プロセスデータ 2 7 4 およびセーフティ機能状態管理エンジン 2 7 8 を参照して制御演算を実行するとともに、制御演算の実行結果に基づいて、プロセスデータ 2 7 4 を更新し、あるいは、セーフティ機能状態管理エンジン 2 7 8 に対して内部的な指令を出力する。

【 0 1 4 7 】

セーフティ機能状態管理エンジン 2 7 8 は、セーフティプログラム 2 1 0 4 による制御演算の実行結果に応じて、特定のセーフティドライバ 3 0 0 に対して特定のモーションセーフティ機能を有効化するための指令を生成する。論理コネクションレイヤ 2 7 6 は、セーフティ機能状態管理エンジン 2 7 8 からの指令に応答して、対象のセーフティドライバ 3 0 0 の論理コネクションレイヤ 3 7 6 との間で、セーフティ通信フレーム 6 3 0 を用いて必要なコマンドおよび情報を遣り取りする。

40

【 0 1 4 8 】

セーフティドライバ 3 0 0 において、サーボ制御実行エンジン 3 5 2 は、プロセスデータ 3 7 4 およびフィードバック受信回路 3 3 2 を介して取得されるフィードバック信号の情報を参照してサーボ制御に係る制御演算を実行する。サーボ制御実行エンジン 3 5 2 は、制御演算の実行結果に基づいて、プロセスデータ 3 7 4 を更新するとともに、ドライブ回路 3 3 0 に内部的な指令を出力する。ドライブ回路 3 3 0 は、サーボ制御実行エンジン 3 5 2 からの指令に従って、サーボモータ 4 0 0 を駆動する。

【 0 1 4 9 】

50

モーションセーフティ機能状態管理エンジン 378 は、セーフティコントローラ 200 からのセーフティ指令に従ってモーションセーフティ機能の状態を管理する状態管理部に相当する。モーションセーフティ機能状態管理エンジン 378 は、セーフティコントローラ 200 からの指令にตอบสนองして、モーションセーフティ機能実行エンジン 362 に対して内部的な指令を出力する。

【0150】

モーションセーフティ機能実行エンジン 362 は、指定されたモーションセーフティ機能を実行する。

【0151】

論理コネクションレイヤ 376 は、モーションセーフティ機能状態管理エンジン 378 からの指令にตอบสนองして、セーフティコントローラ 200 の論理コネクションレイヤ 276 との間で、セーフティ通信フレーム 630 を用いて必要なコマンドおよび情報を遣り取りする。

10

【0152】

< G . データトレース機能 >

図 14 ~ 図 19 を参照して、制御システム 1 におけるデータトレース機能について説明する。図 14 は、データトレース機能を実現するための制御フローの一例を示す図である。以下、図 14 に示される各ステップの処理について順に説明する。

【0153】

(G1 . ステップ S10)

20

まず、図 14 ~ 図 17 を参照して、ステップ S10 の処理について説明する。

【0154】

図 14 に示されるステップ S10 において、ユーザは、データトレースに関する各種設定をサポート装置 500 に対して行う。一例として、ユーザは、トレース条件やトレース対象のデータ群をサポート装置 500 に対して設定する。

【0155】

図 15 は、データトレースに関する各種の設定を受け付けるデータトレース画面 530 を示す図である。図 15 に示されるように、データトレース画面 530 は、トレース条件の設定領域 531 と、トレース対象のデータ群の設定領域 533 と、トレース結果の表示領域 535 とを含む。トレース条件の設定領域 531 は、設定領域 531A ~ 531E を含む。

30

【0156】

設定領域 531A は、トレースタイプの選択を受け付ける。選択可能なトレースタイプの種類は、例えば、シングルトレースと、連続トレースとを含む。シングルトレースが選択された場合、設定領域 531E に設定されたトリガ条件が成立する前後のデータが記録される。連続トレースが選択された場合、設定領域 531E に設定されるトリガ条件に関わらずトレース対象のデータが記録され続ける。

【0157】

設定領域 531B は、データトレース時におけるサンプリング間隔の設定を受け付ける。サンプリング間隔は、例えば、タスクの指定や時間の指定によって設定される。タスクが指定された場合には、指定されたタスクの実行周期がサンプリング周期として設定される。時間が指定された場合には、指定された時間がサンプリング周期として設定される。

40

【0158】

設定領域 531C は、1 データ当たりにおけるサンプリング数の上限値の設定を受け付ける。より具体的には、標準コントローラ 100 は、トレース対象のデータを所定の記憶領域に順次書き込み、サンプリング数が設定された上限値に達した場合には、最も古いデータから順に新しいデータで上書きする。

【0159】

設定領域 531D は、設定領域 531E に設定されるトリガ条件の成立前後におけるデータの保存比率の設定を受け付ける。より具体的には、標準コントローラ 100 は、トリガ

50

条件が成立してから、設定された保存比率に相当するサンプリング数のデータを収集するまではデータトレースを継続する。

【0160】

設定領域531Eは、トリガ条件の設定を受け付ける。設定領域531Eは、例えば、トリガ対象の変数名の指定や、当該変数に対する条件式（例えば、不等式や等式など）などを受け付ける。指定された変数が指定された条件式を満たした場合に、トリガ条件が満たされる。一例として、セーフティ機能に関する変数（例えば、「SS1」など）の立ち上がりなどがトリガ条件として設定される。トリガ条件が満たされると、サンプリング終了条件の監視が開始される。サンプリング終了条件は、設定領域531Cに設定されたサンプリング数と、設定領域531Dに設定された保存比率とに依存する。一例として、サンプリング数が10000回に設定されており、保存比率が50%に設定されている場合、標準コントローラ100は、トリガ条件の成立後において、5000回（=10000回×0.5）のサンプリングを行い、その後、データトレースを停止する。これにより、トリガ条件の成立前における5000回のサンプリングデータと、トリガ条件の成立後における5000回のサンプリングデータとがトレース結果として残ることになる。

10

【0161】

設定領域533は、トレース対象のデータ群の設定を受け付ける。設定領域533は、トレース対象のデータ群を表示するデータリスト533Aと、追加ボタンB1と、削除ボタンB2と、一括追加ボタンB3とを含む。

【0162】

ユーザが追加ボタンB1を押下すると、データリスト533Aにデータの設定欄が一行追加される。ユーザは、追加された設定欄にトレース対象のデータの変数名などを入力することができる。

20

【0163】

ユーザは、データリスト533A内のいずれかの設定欄を選択した状態で削除ボタンB2を押下すると、データリスト533Aから選択した設定欄を削除することができる。

【0164】

ユーザが一括追加ボタンB3を押下すると、サポート装置500は、データトレース画面530とは別ウィンドウで、トレース対象のデータ群の一括設定画面を開く。図16は、トレース対象のデータ群の一括設定画面540を示す図である。

30

【0165】

一括設定画面540は、トレース対象の軸の選択を受け付ける設定領域542（モータ受付部）と、セーフティ機能の選択を受け付ける設定領域543（機能受付部）と、トレース対象のデータ群を表示する表示領域545とを含む。ここでいう「軸」とは、サーボモータ400による駆動対象の軸のことを言う。サーボモータ400および軸は、1対1に対応するので、トレース対象の軸を選択することは、トレース対象のサーボモータ400を選択することと同意である。サポート装置500は、設定領域542において選択された軸と、設定領域543において選択されたセーフティ機能とに基づいて、トレース対象のデータ群の候補を決定する。

【0166】

以下、トレース対象のデータ群の決定方法について説明する。図17は、トレース対象のデータ群の決定方法を概念的に示す概念図である。

40

【0167】

図17に示されるように、サポート装置500は、ハードウェア構成として、プロセッサ502と、ストレージ510とを含む。プロセッサ502は、機能構成として、決定モジュール550を含む。ストレージ510は、収集候補情報5118と、軸情報5120とを含む。

【0168】

収集候補情報5118において、制御システム1内における収集候補のデータ群がセーフティドライバ300のセーフティ機能の種別に対応付けている。収集候補情報5118に

50

規定されるセーフティ機能は、例えば、S T O (Safe Torque Off)、S S 1 (Safe Stop 1)、S S 2 (Safe Stop 2)、S O S (Safe Operating Stop)、S B C (Safe Brake Control) などを含む。

【 0 1 6 9 】

収集候補情報 5 1 1 8 に規定される収集候補の各データ群は、セーフティ機能の実行時に参照される変数を含む。一例として、セーフティ機能「S S 1」に関連付けられる変数は、セーフティ機能「S S 1」が有効化されたか否かを示すユーザ変数「SS1」、サーボモータ 4 0 0 の速度を示すシステム変数「Act.Vel」、サーボモータ 4 0 0 が通電状態か否かを示すシステム変数「Drvstatus.ServoOn」などを含む。

【 0 1 7 0 】

また、収集候補情報 5 1 1 8 に規定される収集候補の各データ群は、セーフティ機能の実行時に参照されるセーフティパラメータを含む。一例として、セーフティ機能「S S 1」に関連付けられるセーフティパラメータは、「N_Zero_SS1」と、「-N_Zero_SS1」と、「T_L_SS1」と、「T_SS1」とを含む。

【 0 1 7 1 】

「N_Zero_SS1」は、サーボモータ 4 0 0 の状態値の上限値を示す。「-N_Zero_SS1」は、サーボモータ 4 0 0 の状態値の下限値を示す。

【 0 1 7 2 】

「T_L_SS1」は、セーフティドライバ 3 0 0 の状態値が上限値「N_Zero_SS1」と等しくなってからサーボモータ 4 0 0 の駆動を強制的に停止するまでの停止猶予時間を示す。すなわち、セーフティ機能「S S 1」の仕様を満たすためには、サーボモータ 4 0 0 の状態値が、停止猶予時間「T_L_SS1」内に、上限値「N_Zero_SS1」および下限値「-N_Zero_SS1」の範囲内に収められる必要がある。

【 0 1 7 3 】

「T_SS1」は、セーフティ機能「S S 1」の実行が開始されてからサーボモータ 4 0 0 の駆動を強制的に停止するまでの停止猶予時間を示す。すなわち、セーフティ機能「S S 1」の仕様を満たすためには、サーボモータ 4 0 0 の状態値は、停止猶予時間「T_SS1」内に、上限値「N_Zero_SS1」および下限値「-N_Zero_SS1」の範囲内に収められる必要がある。

【 0 1 7 4 】

軸情報 5 1 2 0 は、サポート装置 5 0 0 に対して設定された軸設定を含む。より具体的には、ユーザは、標準制御プログラム 1 1 0 4 の設計時または設計前に、サーボモータ 4 0 0 毎に駆動対象の軸を予め設定する。この設定に基づいて、サポート装置 5 0 0 は、設定された軸に対応する構造体をシステム変数として生成する。ユーザは、生成された構造体を用いて各軸に対するプログラムを記述することができる。軸情報 5 1 2 0 は、軸設定時に生成された各システム変数（構造体）を規定する。

【 0 1 7 5 】

決定モジュール 5 5 0 は、設定領域 5 4 2 (図 1 6 参照) において選択された軸と、設定領域 5 4 3 (図 1 6 参照) において選択されたセーフティ機能との組み合わせに基づいて、収集対象のデータ群を決定する。図 1 7 に示されるように、軸選択で「MC_Axis000」が選択され、機能選択で「SS1」が選択されたとする。この場合、決定モジュール 5 5 0 は、収集候補情報 5 1 1 8 を参照して、セーフティ機能「SS1」に対応する収集候補のデータ群を特定する。決定モジュール 5 5 0 は、特定したデータ群の内、ユーザ変数「SS1」およびセーフティパラメータ「N_Zero_SS1」, 「-N_Zero_SS1」, 「T_SS1」については、そのまま収集対象のデータ群 5 1 2 1 に含める。一方で、決定モジュール 5 5 0 は、特定したデータ群の内、軸に関するシステム変数「Act.Vel」, 「Drvstatus.ServoOn」については構造体変数名「MC_Axis000」を付加し、システム変数「MC_Axis000.Act.Vel」, 「MC_Axis000.Drvstatus.ServoOn」として収集対象のデータ群 5 1 2 1 に含める。

【 0 1 7 6 】

10

20

30

40

50

再び図 1 6 を参照して、決定モジュール 5 5 0 によって決定された収集対象のデータ群 5 1 2 1 は、一括設定画面 5 4 0 の表示領域 5 4 5 に表示される。ユーザが OK ボタン B 1 0 を押下すると、表示領域 5 4 5 に表示されている収集対象のデータ群 5 1 2 1 がデータトレース画面 5 3 0 の設定領域 5 3 3 に反映される。また、チェックボックス 5 4 4 がチェックされている状態で OK ボタン B 1 0 が押下された場合、トレース条件がデータトレース画面 5 3 0 の設定領域 5 3 1 に自動で反映される。より具体的には、異なるトレース条件がセーフティ機能の種別に予め対応付けられており、選択されたセーフティ機能の種別に対応するトレース条件がデータトレース画面 5 3 0 の設定領域 5 3 1 に反映される。例えば、セーフティ機能「SS1」には、保存比率「100%」と、変数「SS1」の「立ち下がり」とがトレース条件として対応付けられているとする。この場合において、セーフティ機能「SS1」が選択されたときには、設定領域 5 3 1 D には「100%」が自動で設定され、設定領域 5 3 1 E には変数「SS1」の「立下り」が自動で設定される。

10

【0177】

一方で、ユーザがキャンセルボタン B 1 1 を押下すると、一括設定画面 5 4 0 に設定された内容はデータトレース画面 5 3 0 の設定領域 5 3 3 に反映されずに、一括設定画面 5 4 0 が閉じられる。

【0178】

(G2 . ステップ S 2 0)

再び図 1 4 を参照して、ステップ S 2 0 の処理について説明する。ステップ S 2 0 の処理は、ステップ S 2 2 , S 2 4 , S 2 6 の処理を含む。

20

【0179】

ステップ S 2 2 において、ユーザは、サポート装置 5 0 0 に対してトレース実行操作を行ったとする。

【0180】

ステップ S 2 4 において、サポート装置 5 0 0 は、上述のデータトレース画面 5 3 0 の設定領域 5 3 3 に設定されている収集対象のデータ群の中から変数を抽出する。

【0181】

ステップ S 2 6 において、サポート装置 5 0 0 は、抽出した変数を収集対象としてトレース実行命令を標準コントローラ 1 0 0 へ出力する。当該トレース実行命令は、上述のデータトレース画面 5 3 0 の設定領域 5 3 1 に設定された情報を含む。

30

【0182】

(G3 . ステップ S 3 0)

引き続き図 1 4 を参照して、ステップ S 3 0 の処理について説明する。

【0183】

ステップ S 3 0 において、標準コントローラ 1 0 0 は、サポート装置 5 0 0 からトレース実行命令を受け付けたことに基づいて、トレース対象のデータ群のサンプリング処理を開始する。

【0184】

図 1 8 は、トレース対象のデータ群のサンプリング処理を説明するための図である。図 1 8 を参照して、標準コントローラ 1 0 0 のプロセッサ 1 0 2 は、機能モジュールとして、制御モジュール 1 5 2 と、データトレースモジュール 1 5 4 とを含む。

40

【0185】

制御モジュール 1 5 2 は、標準制御プログラム 1 1 0 4 に従って予め定められた周期毎にセーフティドライバ 3 0 0 に指令を出力する。セーフティドライバ 3 0 0 は、標準コントローラ 1 0 0 からの指令に従ってサーボモータ 4 0 0 を制御する。

【0186】

データトレースモジュール 1 5 4 は、上述のデータトレース画面 5 3 0 の設定領域 5 3 1 に設定されたトレース条件 1 1 0 8 に従って、トレース対象のデータ群をサンプリングする。より具体的には、データトレースモジュール 1 5 4 は、予め定められた周期毎にセーフティドライバ 3 0 0 からトレース対象のデータ群を受信し、当該データ群を時刻情報に

50

関連付けた上で記憶領域 104A に順次書き込む。記憶領域 104A は、標準コントローラ 100 内の揮発性の記憶領域である。記憶領域 104A は、例えば、メインメモリ 104 (図 3 参照) 内で確保されている。トレース対象のデータ群のサンプリング数が設定されている上限値に達した場合には、データトレースモジュール 154 は、記憶領域 104A に格納されているデータ群の内、最も古いデータ群から順に新しいデータ群で上書きする。

【0187】

(G4 . ステップ S40)

再び図 14 を参照して、ステップ S40 の処理について説明する。ステップ S40 の処理は、ステップ S42 , S44 , S46 , S48 の処理を含む。

10

【0188】

ステップ S42 において、ユーザは、上述のデータトレース画面 530 の設定領域 531E に設定したトリガ条件を成立させるための入力(以下、「トリガ入力」ともいう。)をセーフティデバイス 240 に対して行う。なお、ユーザは、トリガ条件を成立させるための入力をセーフティデバイス 240 に対して行う代わりに、サポート装置 500 に対して行ってもよい。この場合、ユーザは、サポート装置 500 上でトリガ条件に係る変数の値を変更することでトリガ条件を成立させることができる。

【0189】

ステップ S44 において、セーフティデバイス 240 は、ステップ S42 でのトリガ入力をセーフティ I/O ユニット 230 に出力する。

20

【0190】

ステップ S46 において、セーフティ I/O ユニット 230 は、ステップ S44 で受け付けたトリガ入力に応じた信号をセーフティコントローラ 200 に出力する。

【0191】

ステップ S48 において、セーフティコントローラ 200 は、ステップ S46 で受け付けた信号に応じたセーフティ機能を有効化する。当該有効化は、セーフティ機能の ON/OFF を示す変数を書き換えることで実現される。ステップ S48 の例では、変数「SS1」を ON から OFF に設定することで、セーフティ機能「SS1」が有効化されている。

【0192】

(G5 . ステップ S50)

引き続き図 14 を参照して、ステップ S50 の処理について説明する。

30

【0193】

上述のデータトレース画面 530 の設定領域 531E において変数「SS1」の立ち下がりがトリガ条件として設定されているとする。この場合、ステップ S50 において、標準コントローラ 100 は、変数「SS1」が ON から OFF に変化したことに基づいて、トレース対象のデータ群の保存処理を実行する。

【0194】

図 18 を参照して、ステップ S50 における保存処理について説明する。データトレースモジュール 154 は、上述のデータトレース画面 530 の設定領域 531C において設定されたサンプリング数の上限値と、設定領域 531D において設定された保存比率とを取得し、サンプリング数の保存比率に相当する残りサンプリング数を算出する。一例として、保存比率が 50% に設定されており、サンプリング数の上限値が 10000 回に設定されている場合には、標準コントローラ 100 は、残りサンプリング数を 5000 回 (= 10000 回 × 0.5) とする。データトレースモジュール 154 は、トリガ条件が成立してから、残りサンプリング数の 5000 回のサンプリングを継続し、その後、サンプリングを停止する。これにより、トリガ条件の成立前における 5000 回のサンプリングデータと、トリガ条件の成立後における 5000 回のサンプリングデータとが記憶領域 104A に残ることになる。

40

【0195】

その後、データトレースモジュール 154 は、揮発性の記憶領域 104A に保存されてい

50

るデータ群を不揮発性の記憶領域 1 1 4 A にコピーする。これにより、トレース結果 D T が不揮発性の記憶領域 1 1 4 A に保存される。記憶領域 1 1 4 A は、標準コントローラ 1 0 0 のストレージ 1 1 0 内に確保されていてもよいし、外部のメモリカード 1 1 4 内に確保されていてもよい。

【 0 1 9 6 】

(G 6 . ステップ S 6 0)

再び図 1 4 を参照して、ステップ S 6 0 の処理について説明する。ステップ S 6 0 の処理は、ステップ S 6 1 ~ S 6 7 の処理を含む。

【 0 1 9 7 】

ステップ S 6 1 において、サポート装置 5 0 0 は、トレース結果 D T の取得要求を標準コントローラ 1 0 0 に送信する。

10

【 0 1 9 8 】

ステップ S 6 2 において、標準コントローラ 1 0 0 は、当該取得要求を受信したことに基づいて、トレース結果 D T をサポート装置 5 0 0 に送信する。

【 0 1 9 9 】

ステップ S 6 3 において、サポート装置 5 0 0 は、取得したトレース結果 D T に基づいて、表示対象の時間範囲を決定する。一例として、サポート装置 5 0 0 は、トレース結果 D T に含まれる時間情報の内、最も古い時間情報から最新の時間情報までを表示対象の時間範囲として決定する。

【 0 2 0 0 】

20

ステップ S 6 4 において、サポート装置 5 0 0 は、上述のデータトレース画面 5 3 0 の設定領域 5 3 3 に設定されている収集対象のデータ群の中からセーフティパラメータ S P を抽出する。

【 0 2 0 1 】

ステップ S 6 5 において、サポート装置 5 0 0 は、抽出したセーフティパラメータの取得要求を標準コントローラ 1 0 0 を介してセーフティドライバ 3 0 0 に出力する。

【 0 2 0 2 】

ステップ S 6 6 において、セーフティドライバ 3 0 0 は、受信した取得要求に対応するセーフティパラメータ S P をサポート装置 5 0 0 に送信する。

【 0 2 0 3 】

30

なお、取得対象のセーフティパラメータがサポート装置 5 0 0 内 (例えば、上述のプロジェクトデータ 5 1 0 6 内) にキャッシュされている場合には、ステップ S 6 5 , S 6 6 の通信は、必ずしも行われる必要はない。この場合、サポート装置 5 0 0 は、ステップ S 6 5 , S 6 6 でセーフティドライバ 3 0 0 と通信を行わずに、キャッシュされているセーフティパラメータを利用する。

【 0 2 0 4 】

ステップ S 6 7 において、サポート装置 5 0 0 は、ステップ S 6 2 で受信したトレース結果 D T と、ステップ S 6 6 で受信したセーフティパラメータ S P とをデータトレースの実行結果として表示する。このように、サポート装置 5 0 0 は、収集対象のデータ群に含まれるセーフティパラメータ S P をセーフティドライバ 3 0 0 から取得し、収集対象のデータ群に含まれる状態値のトレース結果 D T を標準コントローラ 1 0 0 のデータトレースモジュール 1 5 4 から取得する。

40

【 0 2 0 5 】

図 1 9 を参照して、ステップ S 6 7 における表示処理について詳細に説明する。図 1 9 は、図 1 5 に示されるデータトレース画面 5 3 0 の表示領域 5 3 5 を表した図である。

【 0 2 0 6 】

図 1 9 に示されるように、サポート装置 5 0 0 は、横軸が時間を示し、縦軸がセーフティドライバ 3 0 0 の状態値の大きさを示すグラフ上にトレース結果 D T を表わすとともに、当該グラフ上にセーフティパラメータ S P を表わす。なお、図 1 9 の例では、グラフの横軸に時間が示され、グラフの縦軸に状態値の大きさが示されているが、グラフの横軸に状

50

態値の大きさが示され、グラフの縦軸に時間が示されてもよい。

【0207】

図19の例では、トレース結果DTとして、変数「SS1」の推移と、変数「MC_Axis000.Act.Vel」の推移と、変数「MC_Axis000.Drvstatus.ServoOn」の推移とが示されている。また、セーフティパラメータSPとして、「N_Zero_SS1」と、「-N_Zero_SS1」と、「T_SS1」と、「T_L_SS1」とが示されている。

【0208】

セーフティパラメータ「N_Zero_SS1」は、セーフティドライバ300の状態値の上限値を示す。セーフティパラメータ「-N_Zero_SS1」は、セーフティドライバ300の状態値の下限値を示す。上限値および下限値が表示されることで、ユーザは、セーフティドライバ300の状態値が上限値および下限値の範囲内に収まっているか否かを容易に判断することができる。

10

【0209】

典型的には、サポート装置500は、グラフの縦軸に直交するように上限値「N_Zero_SS1」および下限値「-N_Zero_SS1」を表わす。これにより、ユーザは、セーフティドライバ300の状態値が上限値「N_Zero_SS1」および下限値「-N_Zero_SS1」の範囲内に収まっているか否かをさらに容易に判断することが可能になる。なお、上限値「N_Zero_SS1」および下限値「-N_Zero_SS1」の表示態様は、図19の例に限定されない。例えば、上限値「N_Zero_SS1」および下限値「-N_Zero_SS1」は、単に数値で示されてもよい。

【0210】

また、サポート装置500は、トレース結果DTに重ねて縦軸AX1～AX4を表示する。縦軸AX1は、上述のデータトレース画面530の設定領域531Eに設定されたトリガ条件が成立したタイミングを示す。当該タイミングは、セーフティ機能「SS1」の実行指令が発せられたタイミングと同意である。縦軸AX1は、時間軸に直交するように表示される。

20

【0211】

縦軸AX2は、セーフティドライバ300の状態値が上限値「N_Zero_SS1」と等しくなったタイミングを示す。縦軸AX2は、時間軸に直交するように表示される。

【0212】

縦軸AX3は、縦軸AX2が示すタイミングから、セーフティパラメータ「T_L_SS1」が示す停止猶予時間が経過したタイミングに相当する。縦軸AX3は、時間軸に直交するように表示される。

30

【0213】

縦軸AX4は、縦軸AX1が示すタイミングから、セーフティパラメータ「T_SS1」が示す停止猶予時間が経過したタイミングに相当する。縦軸AX4は、時間軸に直交するように表示される。

【0214】

典型的には、トレース結果DTおよびセーフティパラメータSPは、単位を合わせた上で表示される。より具体的には、サポート装置500は、トレース結果DTが示す状態値の単位と、セーフティパラメータSPが示す単位とを統一するための単位変換表5122（図6参照）を予め保持している。サポート装置500は、単位変換表5122に基づいて、トレース結果DTが示す状態値の単位と、セーフティパラメータSPが示す単位とを揃える。単位が揃えられることで、ユーザは、トレース結果DTが示す状態値と、セーフティパラメータSPとを容易に比較することが可能になる。

40

【0215】

なお、単位変換は、必ずしもサポート装置500によって実行される必要はなく、標準コントローラ100またはセーフティドライバ300によって実行されてもよい。ある局面において、単位変換表5122は、標準コントローラ100に格納される。この場合、標準コントローラ100は、単位変換表5122に基づいて、ステップS26で指定された単位に合うようにトレース結果DTを単位変換し、ステップS62で単位変換後のトレース

50

ス結果DTをサポート装置500に送信する。他の局面において、単位変換表5122は、セーフティドライバ300に格納される。この場合、セーフティドライバ300は、単位変換表5122に基づいて、ステップS65で指定された単位に合うようにセーフティパラメータSPを単位変換し、ステップS66で単位変換後のセーフティパラメータSPをサポート装置500に送信する。

【0216】

< H . 変形例 >

図20～図22を参照して、図1に示される制御システム1の変形例について説明する。

【0217】

図20は、変形例1に従う制御システム1Aを示す図である。図1に示される制御システム1においては、標準コントローラ100およびセーフティコントローラ200は、フィールドネットワーク2で接続されていた。これに対して、変形例1に従う制御システム1Aにおいては、標準コントローラ100およびセーフティコントローラ200が内部バスを介して接続される。制御システム1Aのその他の点については制御システム1と同じであるので、それらの説明については繰り返さない。

10

【0218】

図21は、変形例2に従う制御システム1Bを示す図である。図1に示される制御システム1においては、トレース対象のデータ群を格納するための記憶領域104A、114Aと、データトレースモジュール154とが標準コントローラ100内に設けられていた。これに対して、変形例2に従う制御システム1Bにおいては、記憶領域104A、114Aとデータトレースモジュール154とが専用のトレースユニット180内に設けられる。トレースユニット180は、標準コントローラ100、セーフティコントローラ200、および安全I/O230と内部バスを介して接続される。制御システム1Bのその他の点については制御システム1と同じであるので、それらの説明については繰り返さない。

20

【0219】

図22は、変形例3に従う制御システム1Cを示す図である。図1に示される制御システム1においては、サポート装置500がネットワーク3を介して標準コントローラ100に接続されていた。これに対して、変形例3に従う制御システム1Cにおいては、サポート装置500は、ネットワーク3Aを介してトレースユニット180に直接的に接続される。制御システム1Cのその他の点については制御システム1と同じであるので、それらの説明については繰り返さない。

30

【0220】

< I . 付記 >

以上のように、本実施形態は以下のような開示を含む。

【0221】

[構成 1]

第1のコントローラ(100)と、

前記第1のコントローラ(100)からの第1の指令に従ってモータ(400)を駆動するドライブ装置(300)と、

前記ドライブ装置(300)に対してセーフティ機能の動作に係る第2の指令を送信する第2のコントローラ(200)と、

40

前記第1の指令に応じて変化する、前記モータ(400)の動作状態を示す状態値をトレースするためのデータトレースモジュール(154)とを備え、

前記ドライブ装置(300)は、

前記セーフティ機能に関するセーフティパラメータを格納するためのストレージ(320)と、

前記第2のコントローラ(200)から前記第2の指令を受けた場合に、前記状態値と前記セーフティパラメータとに基づいて、前記モータ(400)の駆動を停止するための制御装置(311)とを含み、

前記データトレースモジュール(154)による前記状態値のトレース結果と、前記セー

50

フティパラメータとを取得し、当該トレース結果に重ねて当該セーフティパラメータを表示するためのサポート装置（５００）とをさらに備える、制御システム。

【０２２２】

[構成２]

前記サポート装置（５００）は、前記トレース結果に示される前記状態値の単位と前記セーフティパラメータの単位とを合わせた上で、前記トレース結果に重ねて前記セーフティパラメータを表示する、構成１に記載の制御システム。

【０２２３】

[構成３]

前記サポート装置（５００）は、横軸および縦軸の一方の軸が時間を示し、横軸および縦軸の他方の軸が前記状態値の大きさを示すグラフ上に前記トレース結果を表わすとともに、前記グラフ上に前記セーフティパラメータを表わす、構成１または２に記載の制御システム。

10

【０２２４】

[構成４]

前記セーフティパラメータは、前記状態値の下限値と前記状態値の上限値とを含み、前記サポート装置（５００）は、前記下限値と前記上限値とを前記グラフ上に表わす、構成３に記載の制御システム。

【０２２５】

[構成５]

前記サポート装置（５００）は、前記下限値および前記上限値をそれぞれ前記縦軸に直交させて前記グラフに表わす、構成４に記載の制御システム。

20

【０２２６】

[構成６]

前記セーフティパラメータは、前記ドライブ装置（３００）が前記第２の指令を受けてから前記モータ（４００）の駆動を停止するまでの停止猶予時間を含み、前記サポート装置（５００）は、前記第２の指令を受けた第１のタイミングと、当該第１のタイミングから前記停止猶予時間が経過した第２のタイミングとを前記グラフ上に表わす、構成３～５のいずれか１項に記載の制御システム。

【０２２７】

[構成７]

前記サポート装置（５００）は、前記第１のタイミングおよび前記第２のタイミングをそれぞれ前記横軸に直交させて前記グラフに表わす、構成６に記載の制御システム。

30

【０２２８】

[構成８]

制御システム（１）に接続されるサポート装置（５００）であって、前記制御システム（１）は、第１のコントローラ（１００）と、前記第１のコントローラ（１００）からの第１の指令に従ってモータ（４００）を駆動するドライブ装置（３００）と、前記ドライブ装置（３００）に対してセーフティ機能の動作に係る第２の指令を送信する第２のコントローラ（２００）と、前記第１の指令に応じて変化する、前記モータ（４００）の動作状態を示す状態値をトレースするためのデータトレースモジュール（１５４）とを備え、前記ドライブ装置（３００）は、前記セーフティ機能に関するセーフティパラメータを格納するためのストレージ（３２０）と、前記第２のコントローラ（２００）から前記第２の指令を受けた場合に、前記状態値と前記セーフティパラメータとに基づいて、前記モータ（４００）の駆動を停止するための制御装置（３１１）とを含み、

40

50

前記サポート装置（５００）は、
 前記データトレースモジュール（１５４）から前記状態値のトレース結果を取得する手段（５６２）と、
 前記ドライブ装置（３００）から前記セーフティパラメータを取得する手段（５６６）と、
 前記取得したトレース結果に重ねて前記取得したセーフティパラメータを表示する手段（５６７）とを備える、サポート装置。

【０２２９】

[構成９]

制御システム（１）に接続されるコンピュータで実行されるサポートプログラムであって、
 前記制御システム（１）は、

第１のコントローラ（１００）と、

前記第１のコントローラ（１００）からの第１の指令に従ってモータ（４００）を駆動するドライブ装置（３００）と、

前記ドライブ装置（３００）に対してセーフティ機能の動作に係る第２の指令を送信する第２のコントローラ（２００）と、

前記第１の指令に応じて変化する、前記モータ（４００）の動作状態を示す状態値をトレースするためのデータトレースモジュール（１５４）とを備え、

前記ドライブ装置（３００）は、

前記セーフティ機能に関するセーフティパラメータを格納するためのストレージ（３２０）と、

前記第２のコントローラ（２００）から前記第２の指令を受けた場合に、前記状態値と前記セーフティパラメータとに基づいて、前記モータ（４００）の駆動を停止するための制御装置（３１１）とを含み、

前記サポートプログラムは、前記コンピュータに、

前記データトレースモジュール（１５４）から前記状態値のトレース結果を取得するステップ（５６２）と、

前記ドライブ装置（３００）から前記セーフティパラメータを取得するステップ（５６５）と、

前記取得したトレース結果に重ねて前記取得したセーフティパラメータを表示するステップ（５６７）とを実行させる、サポートプログラム。

【０２３０】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した説明ではなく、特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【符号の説明】

【０２３１】

１，１Ａ，１Ｂ，１Ｃ 制御システム、２ フィールドネットワーク、３，３Ａ ネットワーク、４ 論理コネクション、１００ 標準コントローラ、１０２，２０２，３１２，３１４，５０２ プロセッサ、１０４，２０４，３１６，５０４ メインメモリ、１０４Ａ，１１４Ａ 記憶領域、１０６ 上位ネットワークコントローラ、１０８，２０８，３０２ フィールドネットワークコントローラ、１１０，２１０，３２０，５１０ ストレージ、１１２ メモリカードインターフェイス、１１４ メモリカード、１１６ ローカルバスコントローラ、１１８，２１８，５１８ プロセッサバス、１２０，２２０，５２０ USBコントローラ、１５０ 標準制御、１５２ 制御モジュール、１５４ データトレースモジュール、１７０，２７０，３７０ プロセスデータ通信レイヤ、１７２，２７２ 管理モジュール、１７４，２７４，３７４ プロセスデータ、１８０ トレースユニット、２００ セーフティコントローラ、２１６ セーフティローカルバスコントローラ、２３０ セーフティＩＯユニット、２４０ セーフティデバイス、２５０ セーフティ機能、２７６，３７６ 論理コネクションレイヤ、２７８ セーフティ機能状態管理エンジン、３００ セーフティ

10

20

30

40

50

ドライバ、310 制御ユニット、311 制御装置、330 ドライブ回路、332 フィードバック受信回路、350 サーボ制御、352 サーボ制御実行エンジン、360 モーションセーフティ機能、362 モーションセーフティ機能実行エンジン、378 モーションセーフティ機能状態管理エンジン、390 パラメータセット、400 サーボモータ、402 三相交流モータ、404 エンコーダ、500 サポート装置、506 入力部、508 出力部、512 光学ドライブ、514 記録媒体、530 データトレース画面、531, 531A, 531B, 531C, 531D, 531E, 533, 542, 543 設定領域、533A データリスト、535, 545 表示領域、540 一括設定画面、544 チェックボックス、550 決定モジュール、600 通信フレーム、610, 611, 612, 613, 614, 615, 620, 621, 622, 623, 624, 6121, 6122, 6131, 6132, 6141, 6142, 6151, 6152 データ領域、630 セーフティ通信フレーム、1102, 2102 システムプログラム、1104 標準制御プログラム、1106, 2106, 3206 設定情報、1108 トレース条件、2104 セーフティプログラム、3202 サーボ制御プログラム、3204 モーションセーフティプログラム、5104 サポートプログラム、5106 プロジェクトデータ、5108 標準制御ソースプログラム、5110 標準コントローラ設定情報、5112 セーフティソースプログラム、5114 セーフティコントローラ設定情報、5116 セーフティドライバ設定情報、5118 収集候補情報、5120 軸情報、5121 収集対象のデータ群、5122 単位変換表。

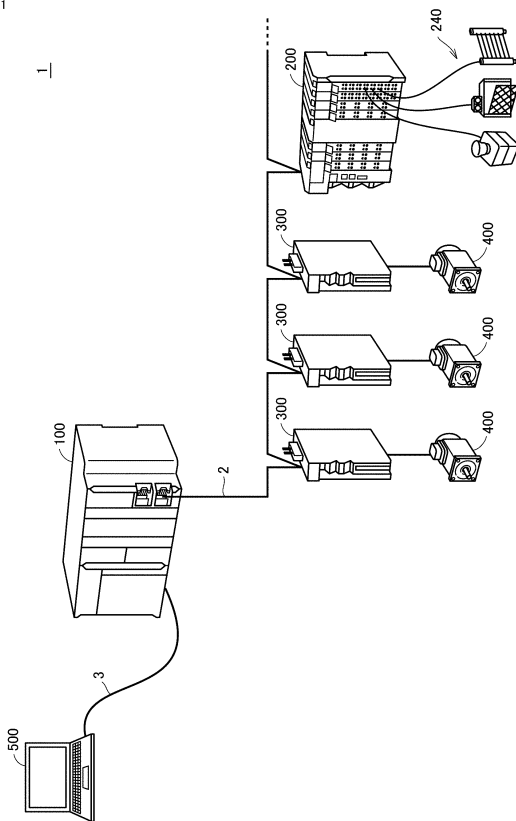
10

【図面】

20

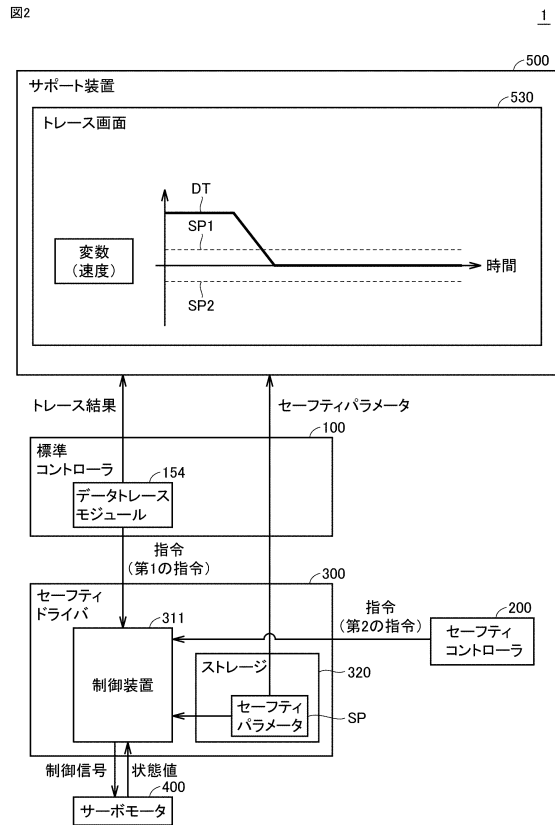
【図1】

図1



【図2】

図2

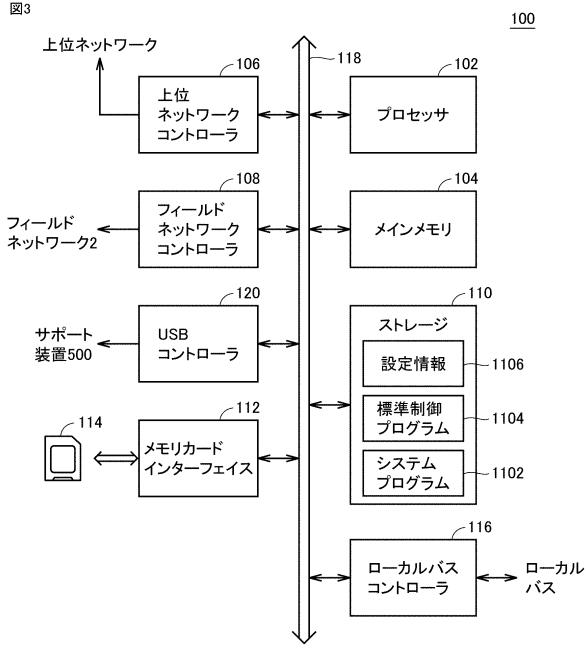


30

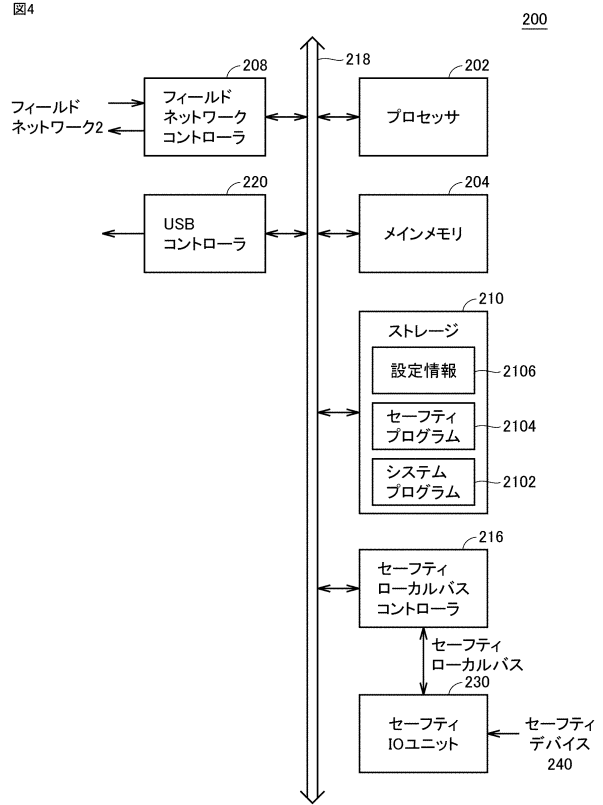
40

50

【図3】



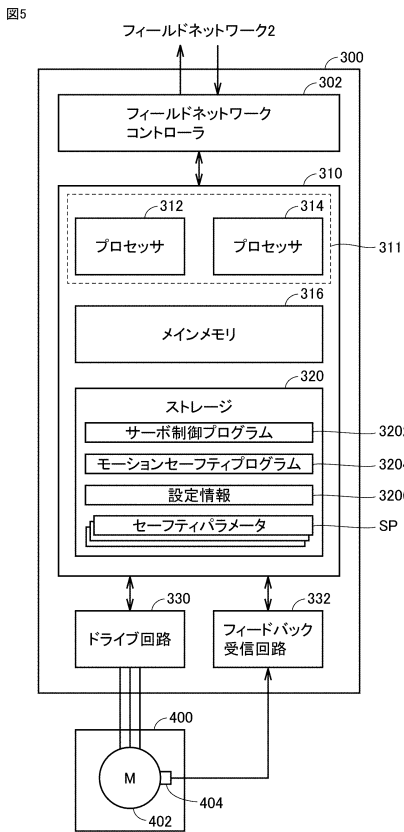
【図4】



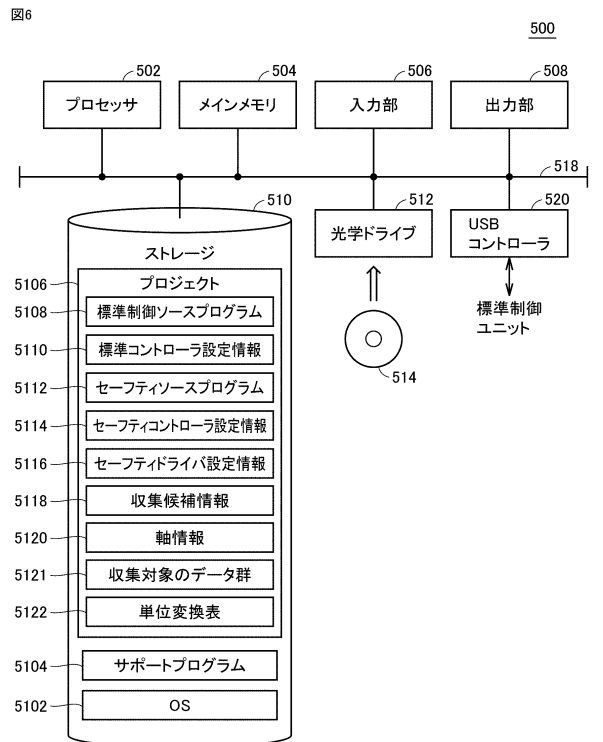
10

20

【図5】



【図6】

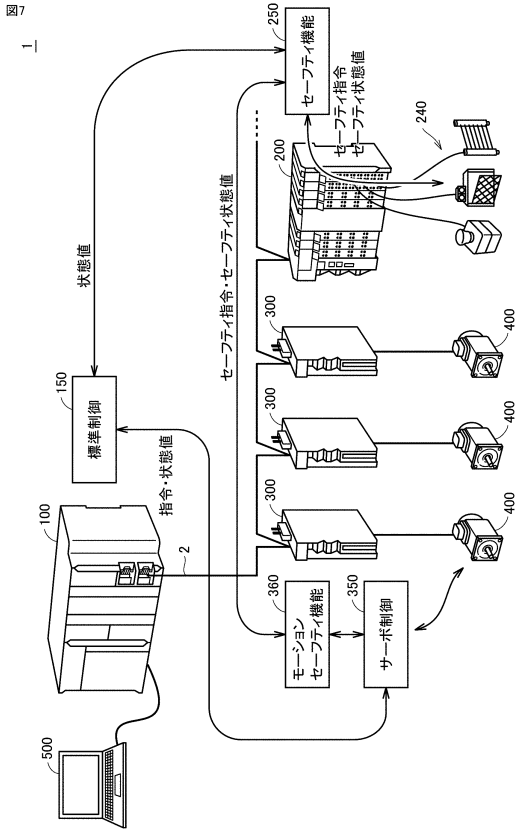


30

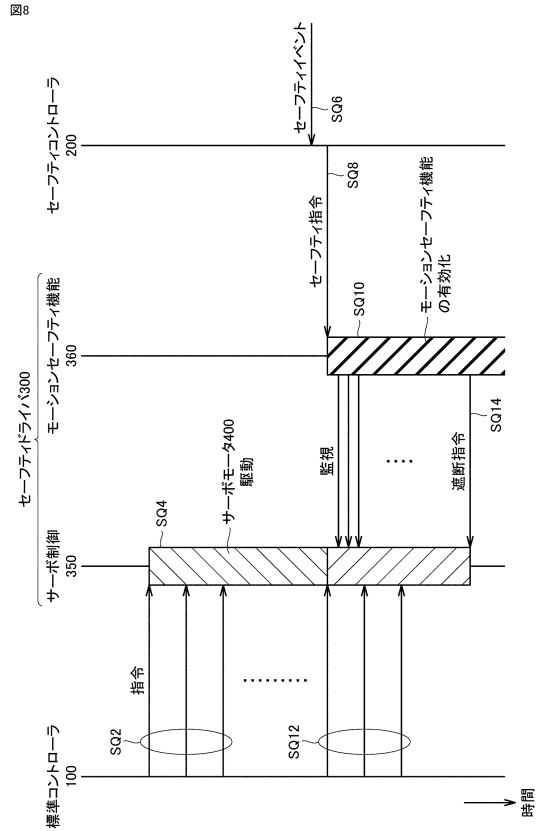
40

50

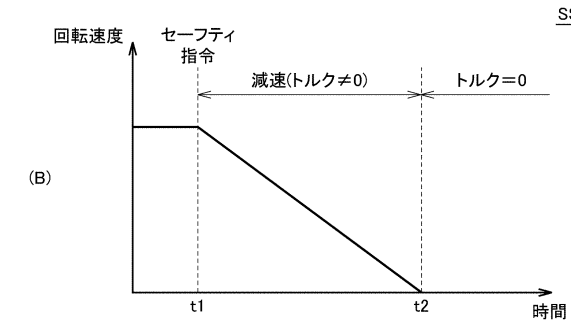
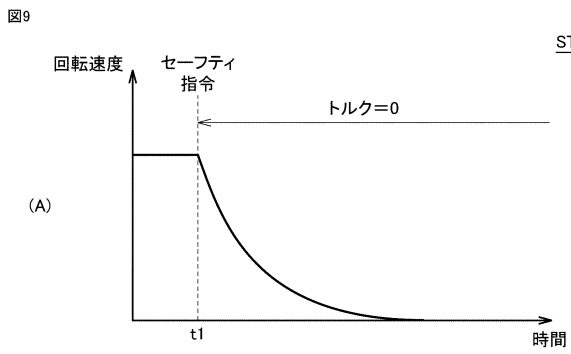
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

図10

STO	STO用パラメータ
SS1	SS1用パラメータ
SS2	SS2用パラメータ
⋮	⋮

10

20

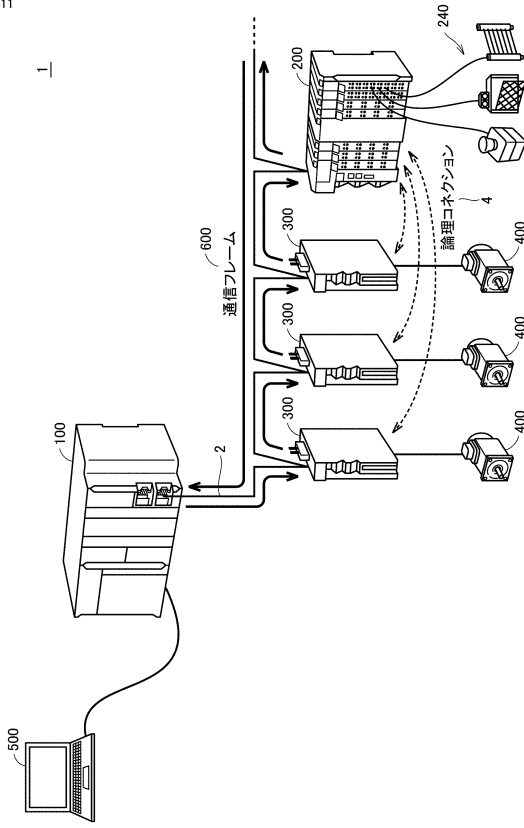
30

40

50

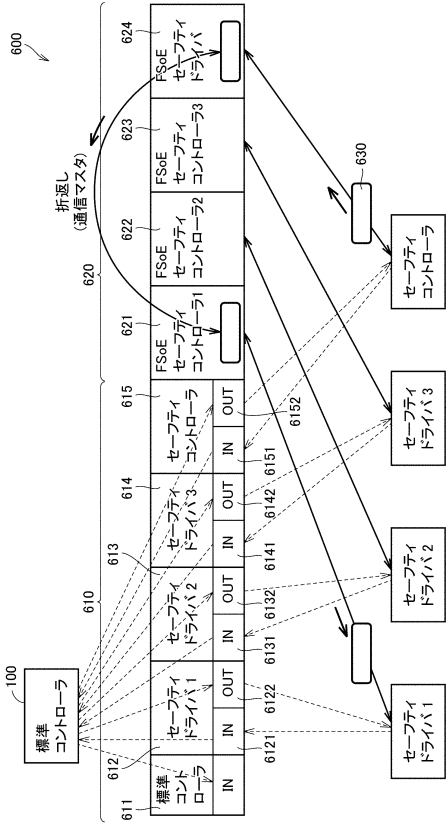
【図 1 1】

図 11



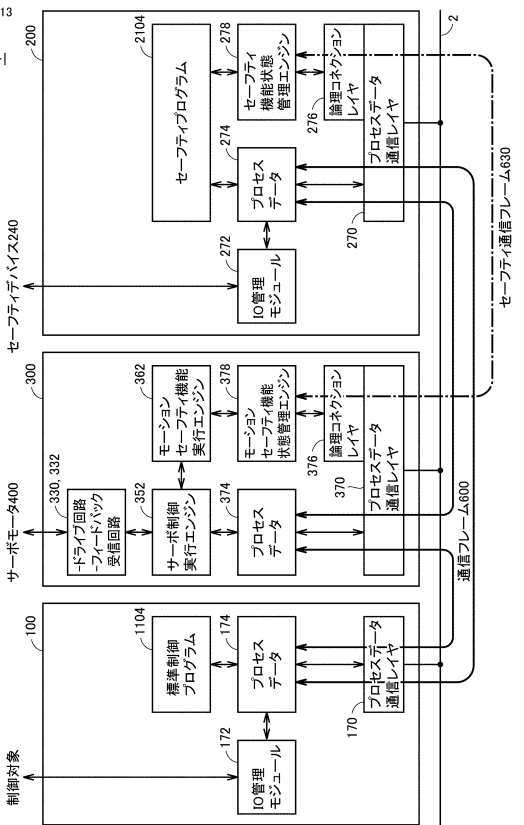
【図 1 2】

図 12



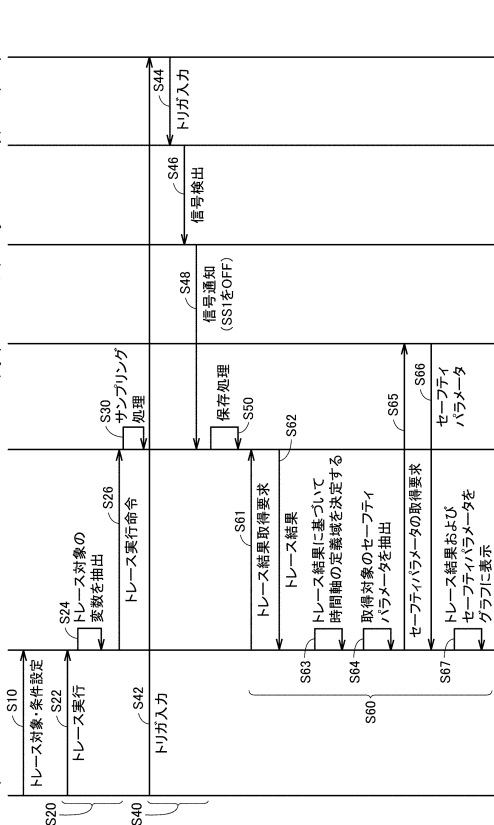
【図 1 3】

図 13

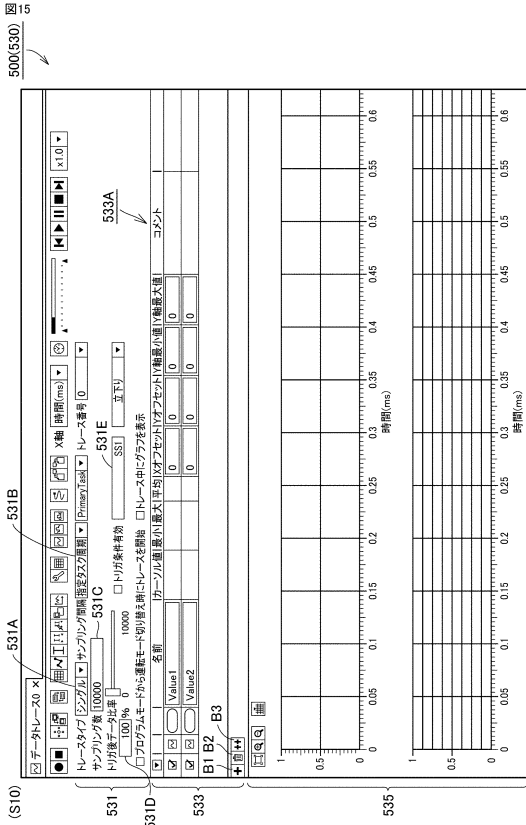


【図 1 4】

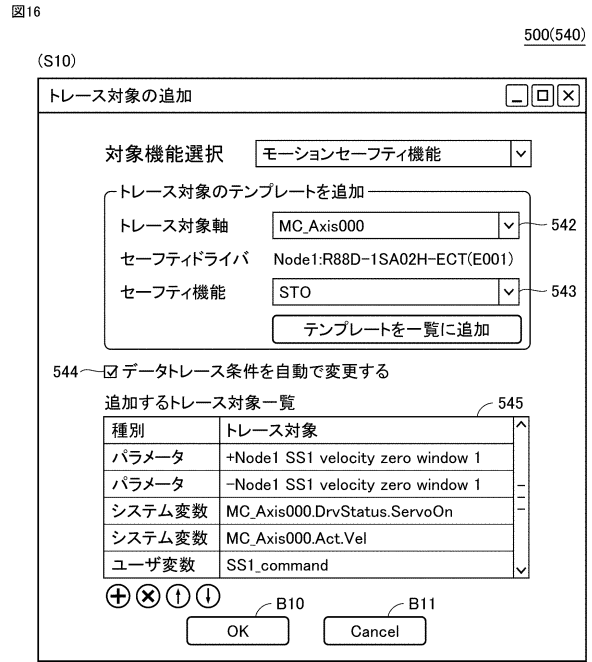
図 14



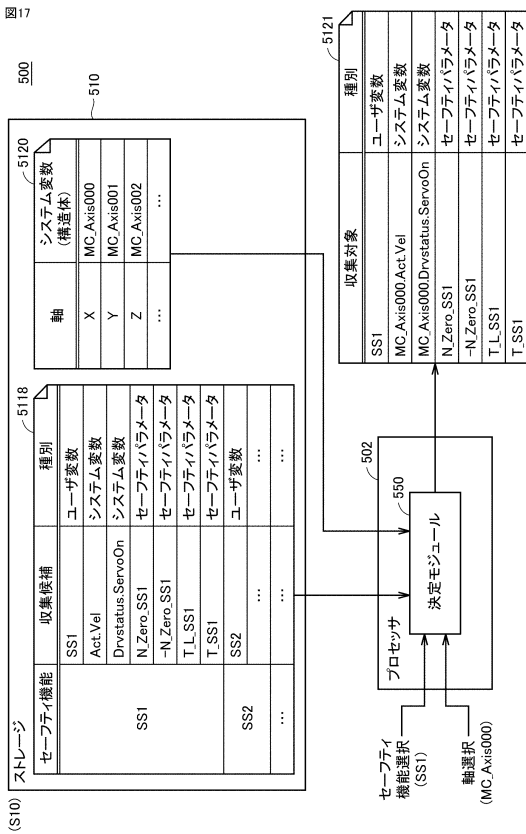
【図 15】



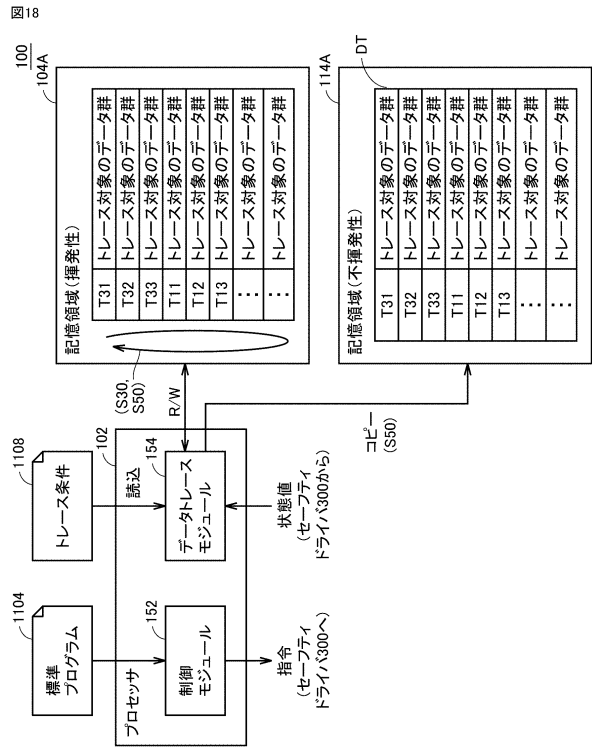
【図 16】



【図 17】



【図 18】



10

20

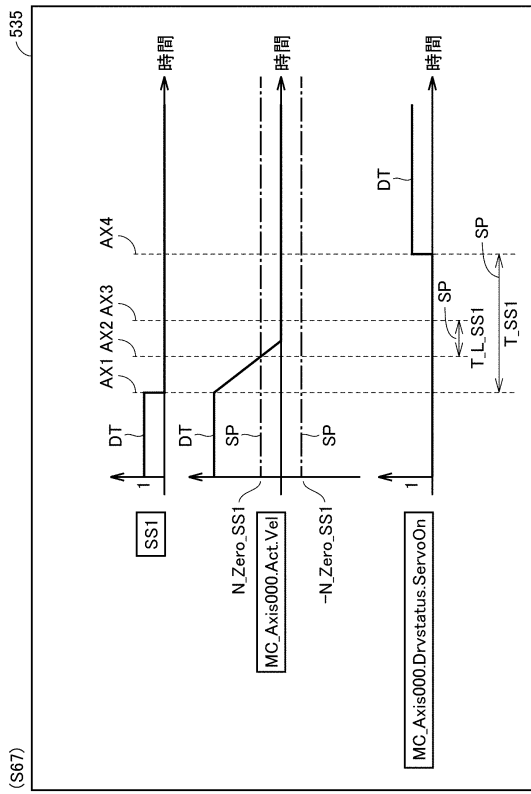
30

40

50

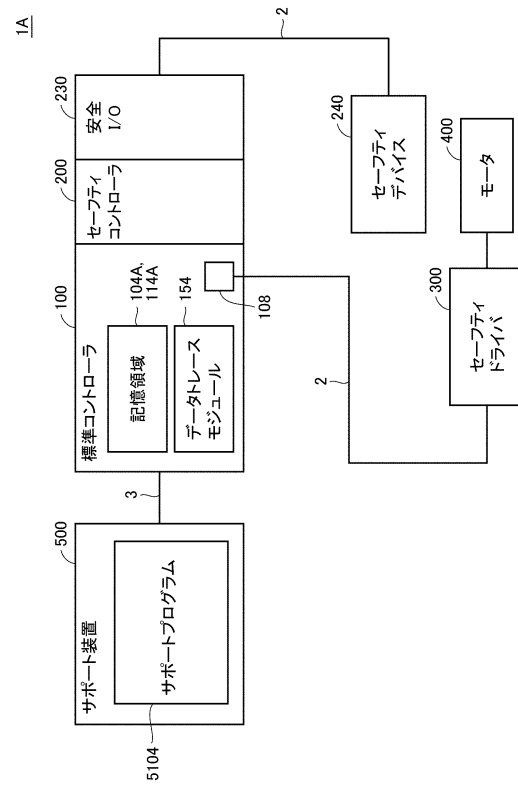
【図 19】

図19



【図 20】

図20

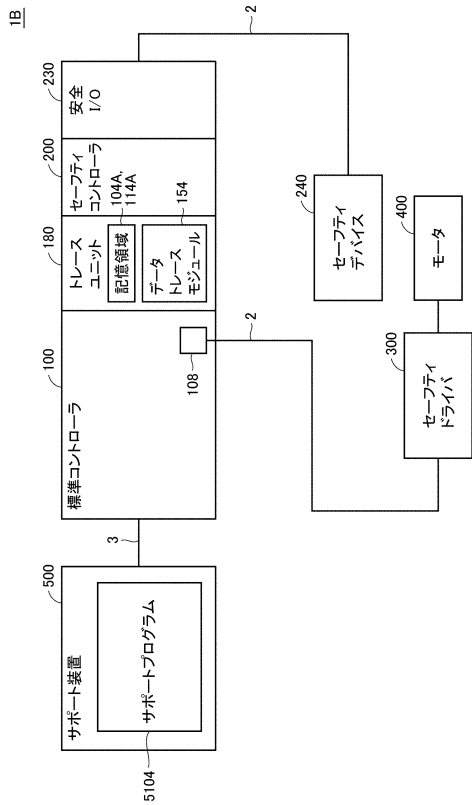


10

20

【図 21】

図21

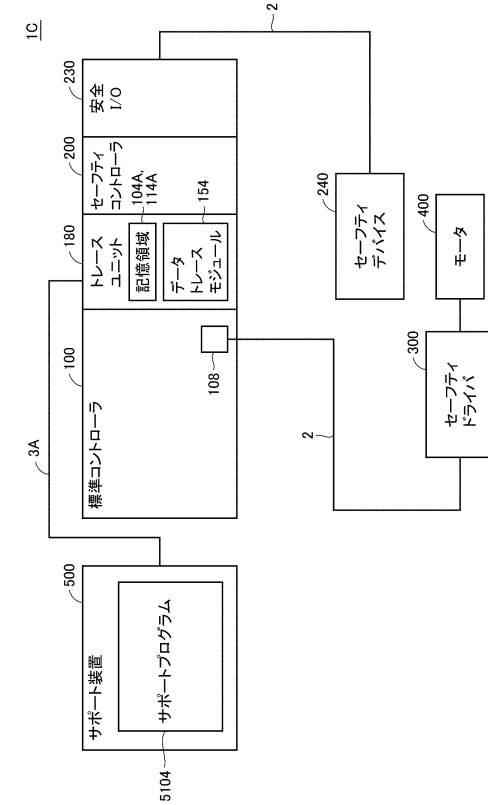


30

40

【図 22】

図22



50

フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 文明

京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内

審査官 藤崎 詔夫

(56)参考文献 特開2018-5453(JP,A)

特開2017-79009(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G05B 9/02

G05B 9/03