

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4093950号
(P4093950)

(45) 発行日 平成20年6月4日(2008.6.4)

(24) 登録日 平成20年3月14日(2008.3.14)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006.01)

H O 1 L 21/30 5 1 6 B

請求項の数 28 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2003-391069 (P2003-391069)	(73) 特許権者	503195263
(22) 出願日	平成15年11月20日(2003.11.20)		エーエスエムエル ホールディング エヌ
(65) 公開番号	特開2004-172625 (P2004-172625A)		. ブイ.
(43) 公開日	平成16年6月17日(2004.6.17)		オランダ国 ヴェルトホーフェン 550
審査請求日	平成16年6月24日(2004.6.24)		4 ディー アール, デ ラン 6501
(31) 優先権主張番号	10/299855	(74) 代理人	100079108
(32) 優先日	平成14年11月20日(2002.11.20)		弁理士 稲葉 良幸
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100093861
			弁理士 大賀 真司
		(74) 代理人	100109346
			弁理士 大貫 敏史
		(72) 発明者	ダニエル ガルバート
			アメリカ合衆国 コネチカット ウィルト
			ン ベルドン ヒル ロード 520

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 改善されたトラジェクトリープランニングと実行のための方法、システム、およびコンピュータプログラム製品

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

サーボ駆動式光リソグラフィツールの構成要素の運動を制御するための方法において、
a) 所要のスキンの開始および終了時の距離、速度に関する初期制御データを受け取り、

b) 前記初期制御データに基づいて、前記構成要素の無限ジャックとマルチアクシストラジェクトリーをプランニングし、

c) プランニングされたトラジェクトリーに基づいてリアルタイムで、プロファイル実行を行い、その際トラジェクトリーはデジタルフィルタリングを用いて整形され、

d) 構成要素の位置と加速度からなる実行データを制御システムに出力するステップを含み、

前記ステップ b) は、

i) 各アクシス毎に予備モーショントラジェクトリーを計算するステップと、

ii) アクシスに亘る動きの同期化のために必要に応じて予備モーショントラジェクトリーにおけるゼロ速度時間間隔を調整するステップと、

iii) フィルタ遅延の補償のために、各アクシス毎に予備モーショントラジェクトリーの開始時点で遅延を挿入するステップを含んでいる方法。

【請求項 2】

前記構成要素は、ウエハステージである、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

10

20

前記構成要素は、レチクルステージである、請求項 1 記載の方法。

【請求項 4】

前記ステップ b) i) は、以下のステップ、すなわち

- A) フィルタ幅、整定時間、量子化に関する定速度スキヤンの長さを調整するステップと、
- B) 連続する定速度スキヤンの間の加速度間隔をコンピュータ処理するステップと、
- C) 連続する定速度スキヤンの間のゼロ速度ポイントを作成するステップと、
- D) 加速度間隔を量子化するステップを含んでいる、請求項 1 記載の方法。

【請求項 5】

前記ステップ b) i) B) は、

- 最大速度限界または最大加速度限界を超えた場合に、各アクシス毎に最適な速度プロファイルを計算するステップと、
- 限界に従って最適な速度プロファイルを抑制するステップと、
- 連続する定速度スキヤンの間の以降時間を計算するステップを含んでいる、請求項 4 記載の方法。

【請求項 6】

前記ステップ b) i) C) は、以下のようなステップ、すなわち

- スキヤンの間のトラジェクトリーがゼロ速度で開始または終了するか、反転ポイントを有さない場合には、トラジェクトリーを 2 つの最適化サブセグメントに区切り、この場合第 1 の最適化サブセグメントはゼロ速度で終了し、第 2 の最適化セグメントはゼロ速度で開始され、

その他の場合には、反転ポイントを計算し、トラジェクトリーが反転ポイントにおいて 2 つのセグメントに分割され、この場合速度は反転ポイントでゼロとなる、
ようなステップを含んでいる、請求項 4 記載の方法。

【請求項 7】

前記ステップ b) ii) は、以下のステップ、すなわち

- A) 非臨界的アクシストラジェクトリーを識別するステップと、
- B) 臨界的アクシストラジェクトリーと非臨界的アクシストラジェクトリーの間の時間差を計算するステップと、
- C) 前記時間差に等しい遅延を非臨界的アクシストラジェクトリーのゼロ速度ポイントで導入するステップを含んでいる、請求項 1 記載の方法。

【請求項 8】

前記ステップ b) はさらに、前記ステップ ii) の後に実行される以下のようなステップ、すなわち

- iv) フィルタ遅延に対する補償のためにアクシストラジェクトリーの開始時点で遅延を導入するステップを含んでいる、請求項 1 記載の方法。

【請求項 9】

前記ステップ b) iv) は、さらに以下のステップ、すなわち

- A) 最長の実行フィルタ遅延を伴うアクシストラジェクトリーを識別するステップと、
- B) 短い実行フィルタ遅延を伴うアクシストラジェクトリーを識別するステップと、
- C) 実行フィルタ遅延の間の差分を計算するステップと、
- D) 実行フィルタ遅延間の差分に等しい整合遅延を、短い実行フィルタ遅延を伴うアクシストラジェクトリーに導入するステップを含んでいる、請求項 8 記載の方法。

【請求項 10】

前記ステップ c) は、さらに以下のステップ、すなわち

- i) トラジェクトリーデータを受け取るステップと、
- ii) トラジェクトリーデータに基づいて統合的な位置信号を作成するステップと、
- iii) フィルタリングされた位置信号を作成するために、トラジェクトリーデータからの初期位置信号を用いて統合的な位置信号をフィルタリングするステップと、
- iv) 補間された位置信号を作成するために、初期位置信号を用いて、フィルタリングされ

10

20

30

40

50

た位置信号を補間するステップと、

v) 伝播遅延と位相シフトに対する補償のために、補間された位置信号を遅延させるステップと、

vi) 補間された加速度信号を作成するために、トラジェクトリーデータからの加速状態信号を補間するステップと、

vii) 伝播遅延と位相シフトに対する補償のために、補間された加速度信号を遅延させるステップを含んでいる、請求項 1 記載の方法。

【請求項 1 1】

前記ステップ c) iii) は、以下のステップ、すなわち

A) パラレル信号セットを作成するために、初期位置信号に対する第 1 の絶対位置アレイを供給するステップと、

B) デルタパラレル位置信号セットを作成するために、パラレル位置信号セットの各パラレル位置信号から初期位置信号を減算するステップと、

C) パラレル積信号セットを作成するために、デルタパラレル位置信号セットに第 1 のフィルタ計数を掛けるステップと

D) スカラーデルタフィルタリング信号を作成するために、パラレル積信号セットの全てのパラレル積信号の総和を求めるステップと、

E) フィルタリングされた位置信号を作成するために、デルタフィルタフィルタリング信号に第 1 の遅延された初期位置信号を加算するステップを含んでいる、請求項 1 0 記載の方法。

【請求項 1 2】

前記ステップ c) iv) は、以下のステップ、すなわち

A) フィルタリングされた位置信号をアップサンプリングするステップと、

B) 補間された信号を作成するために、前記アップサンプリングされたフィルタリングされた位置信号をフィルタリングするステップを含んでいる、請求項 1 0 記載の方法。

【請求項 1 3】

前記ステップ c) iv) B) は、以下のステップ、すなわち

アップサンプリングされたパラレル位置信号セットを作成するために、アップサンプリングされたフィルタリングされた位置信号に対する第 2 の絶対位置アレイを供給するステップと、

アップサンプリングされたデルタパラレル位置信号セットを作成するために、アップサンプリングされたパラレル位置信号セットの各アップサンプリングされたパラレル位置信号から初期位置信号を減算するステップと、

アップサンプリングされたパラレル積信号セットを作成するために、アップサンプリングされたデルタパラレル位置信号セットに第 2 のフィルタ計数を掛けるステップと

アップサンプリングされたスカラーデルタフィルタリング信号を作成するために、アップサンプリングされたパラレル積信号セットの全ての信号の総和を求めるステップと、

補間された信号を作成するために、アップサンプリングされたデルタフィルタリング信号に第 2 の遅延された初期位置信号を加算するステップを含んでいる、請求項 1 2 記載の方法。

【請求項 1 4】

前記ステップ c) vi) は、以下のステップ、すなわち

A) 加速状態信号をアップサンプリングするステップと、

B) アップサンプリングされた加速信号をフィルタリングするステップを含んでいる、請求項 1 0 記載の方法。

【請求項 1 5】

内部に制御ロジックが記憶された、コンピュータで使用可能な媒体からなるコンピュータプログラム製品であって、コンピュータにサーボ駆動式光リソグラフィーツールの構成要素の運動を制御させる形式のコンピュータプログラム製品において、

コンピュータ制御ロジックは、

a) コンピュータに、所要のスキヤンの開始及び終了時の距離及び速度に関する初期制御データを受け取らせる、コンピュータで読み取り可能な第1のプログラムコード手段と、
b) コンピュータに、前記初期制御データに基づいて前記構成要素の無限ジャークとマルチアクシストラジェクトリーをプランニングさせる、コンピュータで読み取り可能な第2のプログラムコード手段と

c) コンピュータに、プランニングされたトラジェクトリーに基づいてリアルタイムで、プロファイル実行を行なわせる、コンピュータで読み取り可能な第3のプログラムコード手段と、; この場合前記トラジェクトリーはデジタルフィルタリングを用いて整形されており、

d) コンピュータに、構成要素の位置と加速度からなる実行データを制御システムに出力させる、コンピュータで読み取り可能な第4のプログラムコード手段とを含み、

コンピュータで読み取り可能な前記第2のプログラムコード手段は、

i) コンピュータに、各アクシス毎に予備モーショントラジェクトリーを計算させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

ii) コンピュータに、アクシスに亘る動きの同期化のために必要に応じて予備モーショントラジェクトリーにおいてゼロ速度時間間隔を調整させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

iii) コンピュータに、フィルタ遅延の補償のために、各アクシス毎に予備モーショントラジェクトリーの開始時点で遅延を導入させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段とを含んでいるコンピュータプログラム製品。

【請求項16】

前記構成要素は、ウエハステージである、請求項15記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項17】

前記構成要素は、レチクルステージである、請求項15記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項18】

コンピュータで読み取り可能な前記プログラムコード手段i)に、以下のプログラムコード手段が含まれている、すなわち

A) フィルタ幅、整定時間、量子化に関するコンピュータに定速度スキヤンの長さを調整させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

B) コンピュータに、連続する定速度スキヤンの間の加速度間隔をコンピュータ処理させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

C) コンピュータに、連続する定速度スキヤンの間のゼロ速度ポイントを作成させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

D) コンピュータに、加速度間隔を量子化させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段とを含んでいる、請求項15記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項19】

コンピュータで読み取り可能な前記プログラムコード手段i) B)に、以下のプログラムコード手段が含まれている、すなわち

コンピュータに、各アクシス毎に最適な速度プロファイルを計算させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

コンピュータに、最大速度限界または最大加速度限界を超えた場合に、限界に従って最適な速度プロファイルを抑制させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

コンピュータに、連続する定速度スキヤンの間の以降時間を計算させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段が含まれている、請求項18記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項20】

コンピュータで読み取り可能な前記プログラムコード手段i) C)に、以下のプログラ

10

20

30

40

50

ムコード手段が含まれている、すなわち

コンピュータに、スキャンの間のトラジェクトリーがゼロ速度で開始または終了するか、反転ポイントを有さない場合に、トラジェクトリーを2つの最適化サブセグメントに区切らせ、この場合第1の最適化サブセグメントはゼロ速度で終了し、第2の最適化サブセグメントはゼロ速度で開始されるような、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

コンピュータに、その他の場合に、反転ポイントを計算させ、トラジェクトリーが反転ポイントにおいて2つのセグメントに分割され、この場合速度は反転ポイントでゼロとなるような、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段が含まれている、請求項18記載のコンピュータプログラム製品。

10

【請求項21】

コンピュータで読み取り可能な前記プログラムコード手段ii)に、以下のプログラムコード手段が含まれている、すなわち

A) コンピュータに、非臨界的アクシストラジェクトリーを識別させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

B) コンピュータに、臨界的アクシストラジェクトリーと非臨界的アクシストラジェクトリーの間の時間差を計算させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

C) コンピュータに、前記時間差に等しい遅延を非臨界的アクシストラジェクトリーのゼロ速度ポイントで導入させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段が含まれている、請求項15記載のコンピュータプログラム製品。

20

【請求項22】

コンピュータで読み取り可能な前記第2のプログラムコード手段に、さらに以下のプログラムコード手段が含まれている、すなわち

iv) コンピュータに、フィルタ遅延に対する補償のためにアクシストラジェクトリーの開始時点で遅延を導入させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段が含まれている、請求項15記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項23】

コンピュータで読み取り可能な前記プログラムコード手段iv)に、さらに以下のプログラムコード手段が含まれている、すなわち

30

A) コンピュータに、最長の実行フィルタ遅延を伴うアクシストラジェクトリーを識別させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

B) コンピュータに、短い実行フィルタ遅延を伴うアクシストラジェクトリーを識別させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

C) コンピュータに、実行フィルタ遅延の間の差分を計算させるコンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

D) コンピュータに、実行フィルタ遅延間の差分に等しい整合遅延を、短い実行フィルタ遅延を伴うアクシストラジェクトリーに導入させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段が含まれている、請求項22記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項24】

40

コンピュータで読み取り可能な前記プログラムコード手段c)に、さらに以下のプログラムコード手段が含まれており、すなわち

i) コンピュータに、トラジェクトリーデータを受け取らせる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

ii) コンピュータに、トラジェクトリーデータに基づいて統合的な位置信号を作成させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

iii) コンピュータに、フィルタリングされた位置信号を作成するために、トラジェクトリーデータからの初期位置信号を用いて統合的な位置信号をフィルタリングさせる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

iv) コンピュータに、補間された位置信号を作成するために、初期位置信号を用いて、フ

50

ィルタリングされた位置信号を補間させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

v) コンピュータに、伝播遅延と位相シフトに対する補償のために、補間された位置信号を遅延させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

vi) コンピュータに、補間された加速度信号を作成するために、トラジェクトリーデータからの加速状態信号を補間させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

vii) コンピュータに、伝播遅延と位相シフトに対する補償のために、補間された加速度信号を遅延させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段が含まれている、請求項 15 記載の、コンピュータプログラム製品

10

【請求項 25】

コンピュータで読み取り可能な前記プログラムコード手段 c) iii) に、さらに以下のプログラムコード手段が含まれている、すなわち

A) コンピュータに、パラレル信号セットを作成するために、初期位置信号に対する第 1 の絶対位置アレイを供給させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

B) コンピュータに、デルタパラレル位置信号セットを作成するために、パラレル位置信号セットの各パラレル位置信号から初期位置信号を減算させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

C) コンピュータに、パラレル積信号セットを作成するために、デルタパラレル位置信号セットに第 1 のフィルタ計数を掛けさせる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

20

D) コンピュータに、スカラーデルタフィルタリング信号を作成するために、パラレル積信号セットの全てのパラレル積信号の総和を求めさせる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

E) コンピュータに、フィルタリングされた位置信号を作成するために、デルタフィルタフィルタリング信号に第 1 の遅延された初期位置信号を加算させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段が含まれている、請求項 24 記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項 26】

30

コンピュータで読み取り可能な前記プログラムコード手段 c) iv) に、さらに以下のプログラムコード手段が含まれている、すなわち

A) コンピュータに、フィルタリングされた位置信号をアップサンプリングさせる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

B) コンピュータに、補間された信号を作成するために、前記アップサンプリングされたフィルタリングされた位置信号をフィルタリングさせる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段が含まれている、請求項 24 記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項 27】

コンピュータで読み取り可能な前記プログラムコード手段 c) iv) B) に、さらに以下のプログラムコード手段が含まれている、すなわち

40

コンピュータに、アップサンプリングされたパラレル位置信号セットを作成するために、アップサンプリングされたフィルタリングされた位置信号に対する第 2 の絶対位置アレイを供給させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

コンピュータに、アップサンプリングされたデルタパラレル位置信号セットを作成するために、アップサンプリングされたパラレル位置信号セットの各アップサンプリングされたパラレル位置信号から初期位置信号を減算させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

コンピュータに、アップサンプリングされたパラレル積信号セットを作成するために、アップサンプリングされたデルタパラレル位置信号セットに第 2 のフィルタ計数を掛けさせる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

50

コンピュータに、アップサンプリングされたスカラーデルタフィルタリング信号を作成するために、アップサンプリングされたパラレル積信号セットの全ての信号の総和を求めさせる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

コンピュータに、補間された信号を作成するために、アップサンプリングされたデルタフィルタリング信号に第2の遅延された初期位置信号を加算させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段が含まれている、請求項26記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項28】

コンピュータで読み取り可能な前記プログラムコード手段(c)vi)に、さらに以下のプログラムコード手段が含まれている、すなわち

A) コンピュータに、加速状態信号をアップサンプリングさせる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

B) コンピュータに、アップサンプリングされた加速信号をフィルタリングさせる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段が含まれている、請求項24記載のコンピュータプログラム製品。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光リソグラフィシステムの可動構成要素のためのトラジェクトリープランニングと実行のための方法に関し、具体的にはサーボ駆動式光リソグラフィツールの構成要素の運動を制御するための方法に関する。

【背景技術】

【0002】

多くの工業工程(工業プロセス)には、特定の時間で正確な位置決めによって定められるトラジェクトリーに沿った動きが含まれる。そのような工程の実例としては光リソグラフィーが挙げられる。この光リソグラフィーの工程においては、光源から照明ビームが照射される。このビームは、レチクルを透過してもしくはレチクルで反射されて、レチクルから半導体ウエハのような基板へレチクルイメージを転写させている。

【0003】

光リソグラフィー工程においては、レチクルイメージを基板へ投影するためにスキャンニング技法が用いられている。このスキャンニング技法には、レチクルイメージを基板上に露光させるために投影スロットに沿ったレチクルの移動が含まれる。これは同時移動である。レチクルと基板は、一次元もしくは多次元での動きに対応しているステージ上で露光される。

【0004】

基本的には、デジタル計算されたモーショントラジェクトリーが高精度のマルチアクシスモーションコントロールシステムを高いスループットで実現させている。特に関心をひくのは、ステップアンドスキャン方式のリソグラフィーツールにおいて、レチクルパターンがウエハ表面上で結像され露光される工程中のウエハとレチクルによって追従されるモーショントラジェクトリーである。全ウエハ表面はフィールドスキャンの連続する中で露光される。各フィールドの露光では、正確な同期と一定の速度のもとで、ウエハとレチクルが結像光学系の露光フィールドに亘って同時にスキャンされることが要求される。レチクルとウエハの速度の割合は、結増光学系の倍率に正確に整合されなければならない。

【0005】

システムスループットを最大にするためには、ウエハを最小限の時間内で露光することが望ましい。ウエハの露光に用いられる典型的なトラジェクトリーでは、各フィールド露光の後で、ウエハステージが、最初のフィールドスキャン終了時の初期状態(すなわち位置と速度)から次のフィールドスキャン開始時の新たな状態(すなわち新たな位置と速度)へ、非同期的に逐次移動されなければならない。同様に、レチクルステージも始めのフィールドスキャンの終了時点の初期状態から次のフィールドスキャン開始時の新たな状態

10

20

30

40

50

へ非同期的に逐次移動されなければならない。従って、スキヤンの間の時間の長さをできるだけ短くさせることがシステムスループットの向上につながる。そのため、光リソグラフィの構成要素に対する定速度スキヤンの間の間隔（インターバル）における、最適なトラジェクトリーをプランニングし実行させるための方法およびシステムが必要とされる。

【特許文献１】米国特許出願公開第 09/757 622 号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

本発明の課題は、前述したように、システムスループット向上のために、光リソグラフィの構成要素に対して最適なトラジェクトリーをプランニングし実行させるための方法およびシステムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

前記課題は本発明により、

- a) 所要のスキヤンの開始および終了時の距離、速度に関する初期制御データを受け取り、
- b) 前記初期制御データに基づいて、前記構成要素の無限ジャークとマルチアクシストラジェクトリーをプランニングし、
- c) プランニングされたトラジェクトリーに基づいてリアルタイムで、プロファイル実行を行い、その際トラジェクトリーはデジタルフィルタリングを用いて整形され、
- d) 構成要素の位置と加速度からなる実行データを制御システムに出力するようにして解決される。

【発明を実施するための最良の形態】

【０００８】

ここに記述される本発明は、非リアルタイムトラジェクトリーのプランニングとリアルタイムのトラジェクトリー実行のための方法、システム、およびコンピュータプログラム製品からなされている。トラジェクトリープランニング工程では高水準制御システムによって作成されたデータが受け取られる。高水準制御システムは、ソフトウェアにおいて実行できる。このデータは位置とスキヤン速度を定めており、ここではマルチアクシスモーションが正確に同期化されなければならない。トラジェクトリープランニング工程では、最大のスループットで実行されるべき臨界的モーションを許容する定加速度間隔のシーケンスが作成される。トラジェクトリープランニング工程の出力はプロファイルとして周知である。トラジェクトリープランニング工程によって出力されたプロファイルを用いるプロファイル実行部は、制御用サーボを駆動する、同期化されてフィルタリングされた連続的なマルチアクシス位置と加速度命令（すなわち実行データ）を作成する。

【０００９】

トラジェクトリープランナによって作成された全ての時間間隔は、リアルタイムクロック周期の整数倍で量子化がなされる。トラジェクトリープランナ出力は、無限ジャークを有しているが、しかしながらこれはプロファイル実行部において２つの限界ジャークまでフィルタによって平滑化され、サーボトラッキングエラーが最小化される。トラジェクトリープランナは、プロファイル実行部フィルタのための時間を許容するが、これらのフィルタの整形の微調整は制限しない。これにより許容時間を超えることのない調整されたフィルタの幅が提供される。

【００１０】

トラジェクトリープランニングと実行工程の組み合わせは、露光シーケンスのスムーズな停止を可能にし、さらに複数の個別のフィールドスキヤンの完了後のスムーズな最スタートを可能にする。

【実施例】

【００１１】

次に本発明の有利な実施例を図面に基づき以下の明細書で詳細に説明する。ここでは同様の参照番号は、同一もしくは類似の機能を備えた構成要素を表す。図面中、各参照番号の最も左端の桁は、その参照番号が最初に用いられた図面の番号に相応している。以下で言及される特定の構成および配置/配列に対しては、それが説明の目的でのみ用いられていることを理解されたい。関連技術の当業者にとっては、本発明の意義や適用範囲から逸脱することなくその他の構成や配置/配列が適用可能であることは明らかである。また関連する技術の当業者にとっては、この発明がその他の種々のデバイスやアプリケーションで実行できることも明らかである。

【 0 0 1 2 】

概要

以下で説明する本発明は、非リアルタイムのプランニングアルゴリズムとリアルタイムの実行アルゴリズムを含んでいる。トラジェクトリープランニング工程では、高水準の制御ソフトウェアによって生成されたデータが受け取られる。このデータは、位置とスキャン速度を定めており、ここではマルチアクシスモーションが正確に同期されなければならない。トラジェクトリープランニング工程では、最大スループットで実行されるべき臨界的スキャンモーションを許容する定加速度間隔のシーケンスが生成される。トラジェクトリープランナ出力（すなわちプロファイル）を使用する、プロファイル実行部は、制御用サーボを駆動する、同期化されてフィルタリングされる連続的なマルチアクシス位置と加速度命令を生成する。トラジェクトリープランナによって生成される全ての時間間隔は、リアルタイムクロック周期の整数倍で量子化がなされる。トラジェクトリープランナ出力は、無限ジャークを有しているが、これはプロファイル実行部においてフィルタにより両方の限界ジャークまで平滑化され、サーボトラッキングエラーが最小化される。トラジェクトリープランナは、プロファイル実行部フィルタのための時間を許容するが、当該フィルタの形態の微調整は制限しない。これにより許容時間を超えることのない調整されたフィルタの幅が提供される。

【 0 0 1 3 】

次に本発明の基本的内容を図 1 に基づいて説明する。制御工程 1 1 0 は、トラジェクトリープランナ 1 3 0 に対する初期制御データ 1 2 0 を提供する役割を果たしている。この初期制御データ 1 2 0 には、定速度スキャンの間の間隔に対するトラジェクトリープランニングの開始に必要な情報が含まれている。この間隔は 2 つのスキャンをつないでいるので、場合によってはリンクとも称される。初期制御データ 1 2 0 は、スキャンの開始ポイント、所要の間隔距離、スキャンの速度、停止ポイントを含んでいる。これらの初期制御データ 1 2 0 が与えられると、トラジェクトリープランナ 1 3 0 は、プロファイルとして知られているトラジェクトリーデータ 1 4 0 を作成する。このトラジェクトリーデータ 1 4 0 には、それらの間隔の間の加速度と同じように、リンクのための定加速度の量子化される時間間隔の定義も含まれる。すなわちトラジェクトリーデータ 1 4 0 は、各加速度間隔の開始時点での位置と速度を含んでいる。それによりトラジェクトリーデータ 1 4 0 はプロファイル実行部 1 5 0 によって利用される。プロファイル実行部 1 5 0 は、このトラジェクトリーデータ 1 4 0 を実行データ 1 6 0 の作成のために用いる。実行データ 1 6 0 は、位置と加速を定めているリアルタイムのデータストリームである。実行データ 1 6 0 は、制御システム 1 7 0 のための一連の命令を表している。この制御システム 1 7 0 は、実行データ 1 6 0 に従って光リソグラフィシステムの構成要素（すなわちウエハステージとレチクルステージ）を可動させるのに用いられる電気機械式の制御機構を表している。

【 0 0 1 4 】

図 2 には、本発明のシステムがより詳細なブロック回路図で示されている。このシステム 2 0 0 は、トラジェクトリープランナ 1 3 0 と、プロファイル実行部 1 5 0 と、制御システム 1 7 0 を含んでいる。トラジェクトリープランナ 1 3 0 は、制御データ 1 2 0 に従ってトラジェクトリーをプランニングするデバイスとして構成されている。この構成によりトラジェクトリーデータ 1 4 0 が作成される。トラジェクトリーデータ 1 4 0 は、光リ

10

20

30

40

50

ソグラフィーツールにおける基板ステージまたはレチクルステージのためのトラジェクトリーなど、デバイスに対するトラジェクトリーを定める状態信号セットとして視認可能である。このプランナ 130 は、コンピュータによって実行されるコンピュータプログラム製品として実施可能である。しかしながらプランナ 130 は、ハードウェアおよび/またはフィルムウェア若しくはそれらの組合わせで実施されてもよい。本発明の実施例では、トラジェクトリープランナ 130 は、それらのトラジェクトリーをオフライン工程で作成するように構成されている。そのため光リソグラフィのケースでは、トラジェクトリーデータ 140 は、基板ステージまたはレチクルステージのスキャン動作開始に先立って作成される。

【0015】

トラジェクトリーデータ 140 は、制御システム 170 内に含まれている基板ステージまたはレチクルステージなどのデバイスの動きを制御する複数の定加速度状態を定める。トラジェクトリーデータ 140 には、位置状態信号 120、速度状態信号 212、加速状態信号 214 が含まれている。各々の一定の加速状態毎に、状態信号 210、212、214 は、対応する値を有する。この定加速度状態は、緩慢なクロック周期（例えば 1 ms）の整数倍の可変長の時間間隔で存在する。

【0016】

前述したように、トラジェクトリーデータ 140 は、位置状態信号 110、速度状態信号 112、加速状態信号 114 を含んでいる。トラジェクトリープランナ 140 によって作成されたこれらの状態信号は、基板ステージまたはレチクルステージなどのデバイスに対し単次元の動きを定めている。

【0017】

これらの信号間の関係は、以下の式、

$$P = P_i + 1/2 A t^2 + V_i t$$

および

$$V = V_i + A t$$

で表せる。この数式中の前記 P_i は、位置状態信号 210 を表し、前記 P は、位置信号を表し、前記 A は、加速状態信号 214 を表し、前記 V_i は速度状態信号 212 を表し、前記 V は、速度信号を表す。位置状態信号 210 は、非等距離間隔でサンプリングされた二次曲線である。従って速度状態信号 212 は、非等距離間隔でサンプリングされた台形信号である。

【0018】

加速状態信号 214 は、一連の方形および/または矩形のパルスを含み、それらはいくつかの振幅とパルス幅を有し得る。それらのパルスは速度状態信号 212 の値における遷移に相応する。これらのパルスの立ち上がりエッジと立ち下がりエッジでは、加速状態信号 214 は、大きな一次微分を有する。この一次微分は、その中で“ジャーク”とも称される。これらの立ち上がりエッジ及び立ち下がりエッジは、方形および/または矩形パルス毎に提供されるので、加速状態信号 214 は、無限大となるジャーク値を有する（いわゆるデルタ関数）。

【0019】

速度状態信号 212 の値と加速状態信号 214 の値は、トラジェクトリープランナ 130 によって定められた特定の時間でしか変化しない。従って時間の中で均等な間隔を置いたサンプリングセットによって表される代わりに、これらの信号は加速状態信号 214 が変化した時には、特定の瞬間に相応する値によって表される。前述したように、これらの瞬間は、緩慢なクロック周期の整数倍に相応する時間間隔によって分離される。

【0020】

再び図 1 を参照して、プロファイル実行部 150 は、トラジェクトリープランナ 130 からのトラジェクトリーデータ 140 を受け取り、それらの信号を出力信号セット、すなわち実行データ 160 に変換する。これらの実行データには、リアルタイムの位置信号とリアルタイムの加速度出力信号が含まれる。これらの出力信号は、トラジェクトリーデー

10

20

30

40

50

タ 1 4 0 に対応するが、固定された高速なクロックレートで生じる離散的時間信号である。この高速なクロックレートは、典型的には 1 6 k H z である。もちろんその他のクロックレートも使用可能である。固定の高速クロックレートで生じる離散的時間信号は、0 . 0 6 2 5 m s の時間間隔で間隔をあけた値を有する。この離散的時間信号のクロックレートの増加プロセスは、ここでは“補間”と称する。プロファイル実行部 1 5 0 は、実行データ 1 6 0 を制御システム 1 7 0 に送出する。

【 0 0 2 1 】

実行データ 1 6 0 の生成においては、プロファイル実行部 1 5 0 は、前述したような過度なジャークを低減するために、トラジェクトリーデータ 1 4 0 の状態信号をフィルタリングする。そのような実行の中で、プロファイル実行部は、フィルタリングによって、制御システム 1 7 0 内での所定の共振の励起を回避し、離散的時間信号を高速クロックレートで生成する。この高速クロックレートは、トラジェクトリーデータ 1 4 0 に関連する低速クロックレートよりも大きいので、プロファイル実行部 1 5 0 は、実行データ 1 6 0 の生成のために状態信号のフィルタリングと補間を実行する。

【 0 0 2 2 】

実行データ 1 6 0 は、位置出力信号 2 1 8 と加速度出力信号 2 2 0 を含んでいる。信号 2 1 0 ~ 2 1 4 のように、これらの信号も離散的信号である。しかしながら位置信号 2 1 8 と加速度信号 2 2 0 は、状態信号 2 1 0 ~ 2 1 4 とは異なって、均等な時間間隔で間隔をあけた値をそれぞれ有している。この均等な時間間隔は、前述した高速クロックレートの 1 つの周期に等しい。

【 0 0 2 3 】

プロファイル実行部 1 5 0 は、コンピュータシステムによって実行可能なコンピュータプログラム製品として履行される。本発明の実施例では、このコンピュータは、例えば “ a SHARC (^R) ADSP-21062 produced by Analog Devices, Inc. of Norwood, Massachusetts ” などのような固定精度の演算用マイクロコントローラであってもよい。

【 0 0 2 4 】

トラジェクトリープランナ 1 3 0 によって実行される機能（これはプロセス 5 0 0 に示されているようなトラジェクトリーの計算を可能にする）は、有利にはソフトウェアで実施される。代替的に同じことがハードウェアを用いて実現されてもよいし、ハードウェアとソフトウェアの組合わせで実現されてもよい。

【 0 0 2 5 】

コンピュータシステム 3 0 0 の一例は図 3 に示されている。そのようなコンピュータシステムは、トラジェクトリープランナ 1 3 0 若しくはプロファイル実行部 1 5 0 の処理実行のために用いることができる。このコンピュータシステム 3 0 0 は、シングルプロセッサ型コンピュータを表している。シングルスレッド型コンピュータとマルチスレッド型コンピュータが使用可能である。さらに統一型メモリシステムまたは分散型メモリシステムが使用可能である。

【 0 0 2 6 】

コンピュータシステム 3 0 0 は、プロセッサ 3 0 4 のようなプロセッサを 1 つまたは複数個含んでいる。1 つまたはそれ以上のプロセッサ 3 0 4 は、図 5 のもとに示されているような演算を実施するソフトウェアを実行できる。各プロセッサ 3 0 4 は、通信バス 3 0 2 （例えばクロスバーもしくはネットワーク）に接続されている。種々の具体的なソフトウェアは、このような実例上のコンピュータシステムのレベルで記述される。この記述を読み込んだ後では、関連する技術の当業者にとっては、他のコンピュータシステムおよび/またはコンピュータアーキテクチャを用いて本発明をどのように実行するかは容易にわかる。

【 0 0 2 7 】

コンピュータシステム 3 0 0 は、メインメモリ 3 0 6 、有利にはランダムアクセスメモリ（RAM）と、補助メモリ 3 0 8 を含んでいる。この補助メモリ 3 0 8 は、例えば、ハードディスクドライブ 3 1 0 および/または、フロッピーディスクドライブ、磁気テープ

10

20

30

40

50

ドライブ、光ディスクドライブなどのリムーバブル記憶ドライブ 312、を含んでもよい。このリムーバブル記憶ドライブ 312 は、周知の形式でリムーバブル記憶ユニット 314 からの読み出しや書き込みが可能である。このリムーバブル記憶ユニット 314 とは、フロッピーディスク、磁気テープ、光ディスクなどである。これらはリムーバブル記憶ドライブ 312 によって読み書きされる。さらに有利には、リムーバブル記憶ユニット 314 には、コンピュータソフトウェアおよび/またはデータが記憶された、コンピュータで使用可能な記憶媒体も含まれる。

【0028】

代替的な実施例においては、補助メモリ 308 が、複数のコンピュータプログラムまたはコンピュータシステム 300 にロードすべきその他の命令を許容する他の手段を含んでもよい。そのような手段は例えばリムーバブル記憶ユニット 322 とインターフェース 320 を含み得る。例えば実例として挙げるならば、プログラムカートリッジやカートリッジインターフェース（特にビデオゲームデバイスなどで見受けられる）、リムーバブルメモリチップ（EPROM、PROM など）、並びに関連付けられたソケット、あるいは、リムーバブル記憶ユニット 322 からコンピュータシステム 300 に転送すべきデータやソフトウェアを許容するその他のリムーバブル記憶ユニット 322 やインターフェース 320 などである。

【0029】

コンピュータシステム 300 は、通信インターフェース 324 を含み得る。この通信インターフェース 324 は、コンピュータシステム 300 と外部デバイスとの間で通信パス 326 を介したソフトウェアとデータの転送を可能にしている。通信インターフェース 320 の例には、モデム、ネットワークインターフェース（イーサネットカードなども）、通信ポートなどが含まれる。通信インターフェース 324 を介して転送されるソフトウェアやデータは、通信パス 326 を介した通信インターフェース 324 によって電子的、電磁的、光学的またはその他の信号形態で受信され得る。なおこの通信インターフェース 324 は、コンピュータシステム 300 とネットワークとのインターフェース手段も提供している。

【0030】

本発明は、図 3 に関連して前述したのと類似の環境においてソフトウェアの実行の下で実施される。この明細書で、“コンピュータプログラム製品”は、基本的にはリムーバブル記憶ユニット 314、ハードディスクドライブのインストールされたハードディスク、または通信パス 326（ワイヤレスリンク、ケーブル）を介して通信インターフェース 324 にソフトウェアを搬送する搬送波に関連して用いられている。コンピュータで利用できる媒体には、磁気媒体、光学的媒体、その他の複合化可能な媒体、搬送波を転送するメディアなどが含まれる。これらのコンピュータプログラム製品は、ソフトウェアをコンピュータシステム 300 に供給するための手段である。

【0031】

コンピュータプログラム（すなわちコンピュータ制御ロジック）は、メインメモリ 306 および/または補助メモリ 308 に記憶されている。コンピュータプログラムは、通信インターフェース 324 を介して受信される。そのようなコンピュータプログラムは、実施にあたって当該コンピュータシステム 300 に、ここで説明する本発明の特徴の実行を可能にさせる。具体的にはこのコンピュータプログラムは、実行にあたってプロセッサ 304 に、本発明の特徴の実行を可能にさせる。従ってそのようなコンピュータプログラムは、コンピュータシステム 300 のコントローラを表す。

【0032】

本発明がソフトウェアを用いて実施される実施例においては、ソフトウェアがコンピュータプログラム製品に記憶され、リムーバブル記憶ドライブ 312、ハードディスク 310、または通信インターフェース 324 を用いてコンピュータシステム 300 にダウンロードされ得る。代替的に、コンピュータプログラム製品は、コンピュータシステム 300 に通信パス 324 を介してダウンロード可能である。制御ロジック（ソフトウェア）は、

10

20

30

40

50

1つまたはそれ以上のプロセッサ304によって実行される時は、プロセッサ304に、ここで既述した本発明の機能の実行をプロセッサ(s)304に可能にさせている。

【0033】

他の実施例では、トラジェクトリープランナ130および/またはプロファイル実行部150が、最初にファームウェアおよび/またはハードウェアを例えばハードウェアコンポーネント、アプリケーション固有の集積回路(ASIC)の使用のもとで実現させる。ハードウェアの実施は、前述した機能の実行として関連分野における当業者にとって自明の要件から明らかである。

【0034】

II. トラジェクトリープランニング

図4には、本発明のトラジェクトリープランニング工程の実施に係わるフローチャートである。図4は、トラジェクトリーが基本的にトラジェクトリープランナ130によってどのように計算されるかが、示されている。この工程は、ステップ402で開始される。ステップ404では、トラジェクトリープランナが、速度抑制および加速度抑制の影響下でトラジェクトリーを算出する。この抑制は、制御システム170の物理的な制限を表す。ステップ404の計算は、以下の明細書でより詳細に説明する。ステップ406では、ステップ404で計算されたトラジェクトリーが、量子化される。このことは、離散した時間間隔へのトラジェクトリーの分解を表す。この工程はステップ408で終了する。

【0035】

トラジェクトリープランニングは、図5により詳細に示されている。この工程は、ステップ510で開始される。ステップ520では、トラジェクトリープランナ130が初期制御データを受け取る。ステップ530では、光リソグラフィシステムの所定の構成要素の予備トラジェクトリーが各軸毎に計算される。ステップ540では、異なるスキャンアクシスにおける動きを同期化させるために、速度がゼロの時間間隔でのトラジェクトリーに対する調整が行われる。ステップ550では、プロファイル実行部150で生じ得るフィルタ遅延の補償のためにモーショントラジェクトリーのスタート時点で遅延が挿入される。この工程はステップ560で終了する。

【0036】

A. 各軸における動きの計算

ステップ530における、各軸毎の光リソグラフィシステムの構成要素の動きを計算する工程は、図6に示されている。このプロセスは、ステップ610でスタートする。ステップ620では、プロファイル実行部のフィルタ幅、整定時間、量子化に関する任意の定速度スキャンの長さが調整される。特に、定速度スキャンの長さの調整は、定速度スキャンの拡張終了ポイントによって実行される。“整定時間”は、受け入れ可能な実行レベルに到達するためのサーボエラーに求められる時間に言及する。サーボエラーが臨界的にならない間の加速間隔からなるモーションプロファイルが、サーボエラーが最小化されるべきところのゼロまたは定速度の時間周期によって追従されるならば、整定に対して、加速度がオーバーした後の時間周期を許容する必要性が頻繁に生じる。この整定時間は、適切な実行レベルに到達するためサーボエラーを許容する。ステップ620は、さらに以下の明細書でより詳細に説明する。

【0037】

ステップ630では、1つのスキャン終了時点の位置及び速度状態から、次のスキャン開始時点の位置及び速度状態への構成要素の動きに対する加速間隔が計算される。この場合制御システムによって最小の時間調和で最大の速度および加速度を抑制するのが望ましい。

【0038】

ステップ640では、ゼロ速度ポイントが、識別されるか、あるいはいくつかの個々のフィールドスキャンの後のトラジェクトリーの容易な停止と最スタートを可能にするかマルチアクシスの同期化の目的で、プロファイルに時間が加算できるポイントを提供するためにモーションプロファイル内で必要に応じて作成される。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 9 】

ステップ 6 5 0 では、一連の離散的加速間隔の生成のために、加速間隔が量子化される。ここでは一定の速度時間間隔がクロック周期の整数値に丸められ、同じレチクルモーションを生成するために新たな加速値が計算される。これは非正数値の加速周期が使用された場合の結果である。この量子化プロシーダは、最大速度及び加速度に対する制約に適合していなければならない。その結果として、量子化された全ての時間間隔はより長くなり、量子化されていない理想的間隔よりも短くなることはない。このモーション計算プロセスはステップ 6 6 0 で終了する。

【 0 0 4 0 】

ステップ 6 2 0 では、定速度スキャン長の調整が図 7 に詳細に示されている。このプロセスはステップ 7 1 0 で開始される。このポイントでは、初期制御データに含まれている定速度スキャンの開始及び終了ポイントが受信される。ステップ 7 3 0 では、プロファイル実行部内の全てのフィルタの各幅が適応化されているかどうかについての決定がなされる。適応化されていない場合には、ステップ 7 4 0 において定速度スキャンの長さがフィルタ幅適応化のために拡張される。この適応化が不十分な場合には、露光スキャンの一部において定速度にならない結果が生じ得る。レチクルフィルタとウエハフィルタの両方が整合されれば、露光期間中のステージの同期化はさらに維持され得る。露光速度の変化は、均一な照射量維持のために露光出力の動的な補正を要求する。ステップ 7 5 0 では、サーボセットリングが適応化されたかどうかについての決定がなされる。適応化されていない場合には、ステップ 7 6 0 において、サーボセットリングの適応化のために、スキャン長の終了ポイントが拡張される。ステップ 7 7 0 では、開始及び終了ポイントが、固定された数の周期によって分離されているかどうかについての決定がなされる。分離されていない場合には、当該プロセスがステップ 7 8 0 に続けられる。このステップでは、ポイント間の分離が、固定された数の周期まで、開始および終了ポイントが移動、すなわちスキャン長が拡張される。ステップ 7 9 0 では当該プロセスが終了する。

【 0 0 4 1 】

ステップ 6 3 0 は、加速間隔のコンピュータ処理に関しており、これは図 8 において詳細に示されている。このプロセスはステップ 8 1 0 で開始される。ステップ 8 2 0 では、ステップ 6 2 0 において調整された結果としてのスキャンの終了ポイントが受信される。ステップ 8 3 0 では、構成要素を 1 つのスキャン終了時の位置と速度状態から次のスキャン開始時の位置と速度状態へ動かすために、最大加速の最適間隔が計算される。最大速度の制限は、まだ供給されていない。このステップ 8 3 0 は、以下の明細書でさらに図 9 及び図 1 0 に基づいて詳細に説明する。

【 0 0 4 2 】

ステップ 8 4 0 では、2 つの状態プロファイルが、最大速度 (V_{max}) 制限に見合った 3 つの状態プロファイルに変更される。図 1 1 及び図 1 2 は、このプロセスを表しており、以下の明細書でも詳細に説明される。速度が、制御システムにとって実現可能な最大値を超える事態が生じた場合には、ゼロ加速度間隔が、2 つの最大加速度間隔の間に加えられ、最大加速度間隔の長さが、同じ開始及び終了ポイントの維持のために変更される。このプロセスは、ステップ 8 6 0 で終了する。

【 0 0 4 3 】

ステップ 8 3 0 の実施例の詳細は、図 9 及び図 1 0 に示されている。図 9 は、最大加速度 (a_{max}) 制限に見合った 2 つの定加速度間隔による “ オン・オフ (bang-bang) ” プロファイルを表している。ここでのグラフ 9 0 0 は、加速度対時間で表されている。最初は加速度がゼロであり、その間の位置と速度は、それぞれ符号 P_1 と V_1 で与えられる。動きは、変数 a で表されたレベルまで加速される。加速度 a は、加速度 - a に変化する前の期間 t_1 の間継続する。加速度 - a は、期間 t_2 の間継続する。最後に、加速度はゼロに戻り、その時点の位置と速度は、それぞれ P_2 と V_2 で表される。

【 0 0 4 4 】

図 1 0 は、本発明の実施例による、最大速度制限なしの加速度時間間隔の計算プロセス

10

20

30

40

50

を表したフローチャートである。このプロセスは、ステップ 1 0 0 5 で開始される。このステップでは、 V_1 、 P_1 、 V_2 、 P_2 、 a_{max} が入力される。ステップ 1 0 1 0 では、トータル変位 d が計算される ($d = P_2 - P_1$)。ステップ 1 0 1 5 では、加速度変数 a が、 a_{max} にセットされる。

【 0 0 4 5 】

ステップ 1 0 2 0 では、 t_1 に対する (ステップ 1 0 2 0 では t_{1a} で表されている) 2 つの可能な解の 1 つを定めるために二次方程式が与えられる。この計算は、以下の式、

【 0 0 4 6 】

【数 1】

$$t_{1a} = \frac{-V_1 + \left[(V_2^2 + V_1^2) / 2 + ad \right]^{1/2}}{a} \quad 10$$

に従って行われる。 t_2 (ステップ 1 0 2 0 では t_{2a} で表されている) に対応する値は、 t_{1a} に基づいて以下の式、

【 0 0 4 7 】

【数 2】

$$t_{2a} = t_{1a} - \frac{(V_2 - V_1)}{a} \quad 20$$

に従って計算される。

【 0 0 4 8 】

ステップ 1 0 2 5 では、 t_1 に対する第 2 の解 t_{1b} が以下の式、

【 0 0 4 9 】

【数 3】

$$t_{1b} = \frac{-V_1 - \left[(V_2^2 + V_1^2) / 2 + ad \right]^{1/2}}{a}$$

に従って計算される。 t_2 に対応する値 (ここでは t_{2b} で表されている) が、以下の式 30

【 0 0 5 0 】

【数 4】

$$t_{2b} = t_{1b} - \frac{(V_2 - V_1)}{a}$$

に従って計算される。

【 0 0 5 1 】

ステップ 1 0 3 0 では、変数 a が $-a_{max}$ にセットされる。ステップ 1 0 2 0 において、示された二次方程式は、ステップ 1 0 3 5 において、 t_1 に対する 2 つの可能な解のうちの 1 つを定めるために用いられる。これはここでは t_{1c} で表される。この計算は以下の式、

【 0 0 5 2 】

【数 5】

$$t_{1c} = \frac{-V_1 + \left[(V_2^2 + V_1^2) / 2 + ad \right]^{1/2}}{a}$$

に従って行われる。 t_2 に対応する値 (ここでは t_{2c} で表されている) は、 t_{1c} に基 50

づいて、以下の式、

【 0 0 5 3 】

【 数 6 】

$$t_{2c} = t_{1c} - \frac{(V_2 - V_1)}{a}$$

に従って計算される。

【 0 0 5 4 】

ステップ 1 0 4 0 では、第 2 の解が計算される。すなわち t_{1d} が、以下の式、

【 0 0 5 5 】

【 数 7 】

$$t_{1d} = \frac{-V_1 - \left[(V_2^2 + V_1^2) / 2 + ad \right]^{1/2}}{a}$$

に従って計算される。 t_2 に対応する値（ここでは t_{2d} で表される）は、 t_{1d} に基づいて以下の式、

【 0 0 5 6 】

【 数 8 】

$$t_{2d} = t_{1d} - \frac{(V_2 - V_1)}{a}$$

に従って計算される。

【 0 0 5 7 】

ステップ 1 0 4 5 では、加速状態（N）のナンバーに値 2 がセットされる。ステップ 1 0 5 0 では、前記 t_1 の値のうちの 1 つが選択され、それに対応する t_2 の値のうちの 1 つも同じように選択される。この選択は、 t_1 と t_2 の両方が正の実数であるよに行われ、さらにその和 $t_1 + t_2$ が最小化される。ステップ 1 0 5 5 では、 t_1 、 t_2 、 a および N が戻される。

【 0 0 5 8 】

ステップ 8 4 0 の実施例、および加速度間隔のコンピュータ処理のための速度制限 V_{max} の適用化は、図 1 1 と図 1 2 において詳細に示されている。図 1 1 のグラフ 1 1 0 0 には、最大速度制限の与えられた加速度の変化の様子が時間軸に亘って示されている。最初は加速度がゼロであり、その時の位置と速度はそれぞれ P_1 と V_1 で与えられる。その後加速が開始される。これは加速度 a で定量化されており、期間 t_{1a} の最後にこの加速度は、期間 t_{mid} の間ゼロに戻る。その期間後の位置と速度は、それぞれ P_{mid} と V_{mid} で表されている。その後別の加速度間隔が実施され、ここでは加速度が、期間 t_{2a} の間値 $-a$ を有する。期間 t_{2a} の後の位置と速度はそれぞれ P_2 と V_2 で表されている。

【 0 0 5 9 】

図 1 2 には、本発明の実施例による速度制限 V_{max} の付与された加速度間隔の計算が表されている。このプロセスは、ステップ 1 2 0 5 で開始される。このステップでは、 P_1 、 V_1 、 P_2 、 V_2 、 a 、 t_1 、 t_2 、 V_{max} が入力される。ステップ 1 2 1 0 では、 V_{mid} が、 $V_1 + at_1$ によって計算される。ステップ 1 2 1 5 では、 V_{mid} の絶対値が V_{max} を越えたかどうかの決定がなされる。越えていない場合には、この速度制限がまだ破られてなく、当該プロセスはステップ 1 2 2 0 において終了する。 V_{mid} の絶対値が V_{max} を越えている場合には、ステップ 1 2 2 5 において、 V_{mid} が 0 を越えているかどうかの決定がなされる。ゼロを超えている場合には、ステップ 1 2 3 0 において V_{mid} が V_{max} にセットされる。それ以外の場合では、ステップ 1 2 3 5 において

、 V_{mid} が $-V_{max}$ にセットされる。

【0060】

ステップ1240では、以下の式、

$$t_{1a} = (V_{mid} - V_1) / a$$

に従って計算が行われる。ステップ1245では、以下の式

$$t_{2a} = (V_{mid} - V_2) / a$$

に従って計算が行われる。

【0061】

ステップ1250では、位置P1とP2の間の変位dが計算される。ステップ1255では、期間 t_{1a} の間に移行した距離が以下の式、

$$d_{t1a} = (V_1 + V_{mid}) t_{1a} / 2$$

に従って計算される。ステップ1260では、期間 t_{2a} の間に移行した距離が以下の式

$$d_{t2a} = (V_{mid} + V_2) t_{2a} / 2$$

に従って計算される。ステップ1265では、期間 t_{mid} の間に移行した距離が以下の式

$$d_{mid} = d - d_{t1a} - d_{t2a}$$

に従って計算される。

【0062】

ステップ1270では、 P_{mid} が以下の式、

$$P_{mid} = P_1 + d_{t1a}$$

に従って計算される。ステップ1275では、期間 t_{mid} が以下の式、

$$t_{mid} = d_{mid} / V_{mid}$$

に従って計算される。ステップ1280では、加速度間隔Nのナンバーが3にセットされる。当該プロセスはステップ1285において t_{1a} 、 t_{mid} 、 t_{2a} 、 P_{mid} 、Nでもって終了する。

【0063】

ステップ640は、スキャンの間のゼロ速度ポイントを定めるステップであり、これは図13に詳細に示されている。このプロセスはステップ1310で開始される。ステップ1320では、1つのスキャンの終了を他のスキャンの開始につなげるトラジェクトリーがゼロ速度で開始若しくは終了されたかどうかの決定がなされる。ゼロ速度で開始若しくは終了された場合には当該プロセスがステップ1360で終了する。ゼロ速度で開始若しくは終了されなかった場合には、当該プロセスがステップ1325に続けられ、そこでは、トラジェクトリーが反転ポイントを有しているか否かについての決定がなされる。反転ポイントを有している場合には、当該プロセスがステップ1330に続けられる。ここでは反転の時間が計算される。ステップ1340では、当該トラジェクトリーが反転ポイントにおいて（そこでは速度がゼロである）2つのセグメントに分割される。トラジェクトリーが反転ポイントを有していない場合には、当該プロセスがステップ1350に続けられる。ここではトラジェクトリーが2以下の最適なセグメントに割り込み、そこでは第1のセグメントは速度=0で終了し、第2のセグメントは速度=0で開始する。このプロセスはステップ1360で終了する。

【0064】

B. マルチスキャンアクシス同期化のためのゼロ速度時間間隔の調整

ステップ540は、マルチスキャンアクシスの同期化のためのゼロ速度時間間隔の調整ステップであり、これは図14に詳細に示されている。トラジェクトリープランニングプロセスにおけるここでのポイントは、全ての要求されるモーショントラジェクトリーが定加速度の量子化された間隔に低減されており、さらにトラジェクトリーの同期化された全てのポイント間のゼロ速度ポイントを定めている。整数演算を用いて、加算時間が、同期化されていないポイントの間にゼロ速度ポイントで挿入される。これにより、遅延させるべきショートトラジェクトリー期間（すなわち非臨界的パス）を伴ったアクシスが最長（すなわち臨界的）パスアクシスと同じ時間を取り入れることができるようになる。これによ

10

20

30

40

50

り正確に同期化すべきスキューニングモーションがスループットにおけるロスを伴わない。非臨界的なアクシスのトラジェクトリーのためのプロセスは、ステップ 1 4 1 0 でもって開始される。ステップ 1 4 2 0 では、非臨界的アクシストラジェクトリーが識別される。ステップ 1 4 3 0 では、臨界的アクシストラジェクトリーと非臨界的アクシストラジェクトリーの間の時間における差分が計算される。ステップ 1 4 4 0 では、遅延が導入される。ここではこの遅延は、ステップ 1 4 3 0 において計算された非臨界的アクシストラジェクトリーのゼロ速度ポイントにおける差分に等しい。このプロセスはステップ 1 4 5 0 で終了する。

【 0 0 6 5 】

本発明の別の有利な実施例によれば、より短いトラジェクトリー期間を有するアクシスの加速の振幅は、低減できる。そのような加速における低減は、マルチスキャンアクシスの同期化においても用いることもできる。

【 0 0 6 6 】

C. 実行部フィルタ遅延の補償

本発明の実施例において、プランニングプロセスにおける付加的なステップを、プロファイル実行部で用いられるフィルタリングによって導入される遅延に言及して説明する。基本的には、ある時間で新たなモーショントラジェクトリーが開始されると、短めのフィルタ遅延を伴うアクシスがクロック周期の整数倍で意図的に遅延され得る。このことは、プロファイル実行部によって作成されたマルチアクシスモーションプロファイルの同期化を可能にする。フィルタ遅延のための補償プロセスは、図 15 に詳細に表されており、これは図 5 のステップ 5 5 0 に相応する。このプロセスはステップ 1 5 1 0 で開始される。ステップ 1 5 2 0 では、最長の実行フィルタ遅延を有するアクシストラジェクトリーが識別される。ステップ 1 5 3 0 では、比較的短い実行フィルタ遅延を有するアクシストラジェクトリーが識別される。ステップ 1 5 4 0 では、遅延の間の差分が計算される。ステップ 1 5 5 0 では、この差分に等しい遅延が比較的短い実行フィルタ遅延を有するアクシストラジェクトリーに導入される。当該プロセスはステップ 1 5 6 0 において終了する。

【 0 0 6 7 】

II. プロファイル実行

プロファイル実行部は、トラジェクトリープランナの出力を無限のジャーク位置プロファイルへ統合させ、フィルタを用いて位置プロファイルの形態ないし波形を最適化する。本発明の実施例では、有限のインパルス応答 (FIR) フィルタが用いられる。代替的には無限のインパルス応答 (IIR) フィルタも使用できる。また別個に独立して調整されたフィルタを加速コマンドの形態ないし波形の最適化に使用してもよい。無限ジャーク位置プロファイルの平滑化に用いるフィルタは、差分に係わるトラジェクトリープランナプロセスを除いて、全てのアクシス上で群遅延に整合させなければならない。実行プロセスの多くは、比較的緩慢なクロックレートで実行され、その後で補間アルゴリズムを用いて比較的高いクロックレートにアップサンプリングされる。プロファイル実行部の出力は、制御システムに供給される。このシステムの実施とプロファイル実行の手法は、以下に説明するが、2001年1月11日付けで出願されたタイトル名“Method and System for Efficient and Accurate Filtering and Interpolation”の米国特許出願第US 09/757 622号明細書においてもその全体に亘って言及されている。

【 0 0 6 8 】

プロファイル実行プロセスの実施例は、図 16 に示されている。このプロセスは、ステップ 1 6 1 0 で開始される。ステップ 1 6 2 0 では、トラジェクトリーデータがトラジェクトリープランナから受け取られる。前述したように、このトラジェクトリーで[^]-他は、状態信号のセットとして見なされる。ステップ 1 6 3 0 では、トラジェクトリーデータに基づいて、統合化された位置信号が作成される。時間間隔 n での位置 P_n は、以下の式 $P_n = P_i + nT(v_i + nTA/2)$

によって得られる。この場合前記 P_i は、信号 2 1 0 によって提供された初期位置であり、前記 n は、サンプリング時間、前記 T は、クロック周期、前記 V_i は、信号 2 1 2 によ

10

20

30

40

50

って与えられた初期速度、前記Aは、信号214によって与えられた加速度である。ステップ1640では、所定の初期位置信号から、フィルタリングされた位置信号を作成すべく、統合化された位置信号のフィルタリングが施される。このステップは、以下の明細書で詳細に説明する。ステップ1650では、所定の初期位置信号から、補間された信号を作成すべく、フィルタリングされた位置信号が補間される。このステップも以下の明細書で詳細に説明する。ステップ1660では、補間された信号が、伝播遅延と位相シフトの補償のために遅延される。このプロセスはステップ1670で終了する。

【0069】

ステップ1640は、統合化された位置信号のフィルタリングであり、これは図17に詳細に示されている。このプロセスはステップ1710で開始される。ステップ1720では、パラレル位置信号セットの作成のために、統合化された位置信号に対して絶対位置アレイが供給される。ステップ1730では初期位置 P_i が、作成されるパラレル位置信号セットの各パラレル位置信号から減算される。

【0070】

これによってデルタパラレル位置信号セットが作成される。ステップ1740では、このデルタパラレル位置信号セットがフィルタ係数によって乗算され、パラレル積信号セットが作成される。ステップ1750では、パラレル積信号セットの各信号が加算されてシングルスカラデルタフィルタリング信号が作成される。ステップ1760では、遅延された初期位置信号 T_i が当該デルタフィルタリング信号に加算され、フィルタリング位置信号が作成される。このプロセスはステップ1770で終了する。

【0071】

ステップ1650では、フィルタリングされた位置信号の補間が行われており、これは図18に詳細に示されている。このプロセスはステップ1810で開始する。ステップ1820では、フィルタリングされた位置信号は、アップサンプリングされる。ステップ1830では補間された信号を作成するために、アップサンプリングされた信号がフィルタリングされる。

【0072】

ステップ1630～1660までのステップと平行して、加速度状態信号214は、別個に補間される。これはステップ1663において行われる。このステップでは、加速度状態信号214が、最初に補間レート L にてアップサンプリングされる。アップサンプリングされた信号は、その後フィルタリングされる。このフィルタリングは、アップサンプリング過程によって入り込んだ高周波共振成分を防止する。結果として得られる補間された加速度信号は、その後ステップ1666において遅延される。この遅延は、伝播遅延と位相調整に対処するための当該補間された加速度信号の調整を表す。

【0073】

ステップ1830は、アップサンプリングされた信号のフィルタリングを表しておりこれは図19に詳細に示されている。このプロセスは、ステップ1910で開始される。ステップ1920では、パラレルアップサンプリング位置信号セットを作成するために、絶対位置アレイが、アップサンプリングされた信号に印加される。ステップ1930では、デルタパラレルアップサンプリング位置信号セットを作成すべく初期位置信号 P_i が、各パラレルアップサンプリング位置信号から減算される。ステップ1940では、デルタパラレル位置信号セットがフィルタ係数によって乗算され、パラレル積アップサンプリング信号セットが作成される。ステップ1950では、パラレル積信号セットの信号の各々が加算（総和）され、シングルスカラデルタフィルタリングアップサンプリング信号が作成される。ステップ1960では、遅延された初期位置信号 P_i がデルタフィルタリングアップサンプリング信号に加算され、補間された信号が作成される。このプロセスはステップ1970で終了する。

【0074】

図16のステップ1663は、加速度状態信号を補間するステップであり、これは図20に詳細に示されている。このプロセスはステップ2010で開始される。ステップ20

20では、加速度状態信号がアップサンプリングされる。ステップ2030では、アップサンプリングされた信号がフィルタリングされ、補間された加速度信号が作成される。このプロセスはステップ2040で終了する。

【0075】

プロファイル実行部150は、コンピュータによって実行されるコンピュータプログラム製品として実現可能である。例えば前述したロジックは、固定精度演算用のマイクロコントローラ（例えば“SHARC^(R)” ADSP-21062, produced by Analog Devices, Inc. of Norwood, Massachusetts”など）で実行できる。

【0076】

図21は、プロファイル実行部150の実施例のブロック回路図である。この実行部150は、状態信号インターフェース2102と、出力信号インターフェース2104と、低速クロック部分2106と高速クロック部分2108を含んでいる。状態信号インターフェース2102は、トラジェクトリーデータ140をトラジェクトリプランナ130から受け取る。図2に基づいて前述したように、トラジェクトリーデータ140は、上位置状態信号210と、速度状態信号212と、加速度状態信号214からなっている。出力信号インターフェース2104は、実行データ160を制御システム170に送出する。

【0077】

低速クロック部分2106と高速クロック部分2108は、加速度信号パス2112と位置信号パス2114に亘る。加速度信号パス2112は加速度状態信号214を状態信号インターフェースから受け取り、加速度出力信号220を生成する。位置信号パス2114は、状態信号210、212、214（すなわちトラジェクトリーデータ140）を状態信号インターフェース2102から受け取る。それらの受信信号に基づいて位置信号パス2114は位置出力信号218を生成する。

【0078】

加速度信号パス2112及び位置信号パス2114の両方は、複数の信号処理構成要素を含んでいる。これらの構成要素は、演算、フィルタリング、アップサンプリング、信号遅延などを実行する。すなわちこれらの構成要素は、入力状態信号の補間を実行している。信号パス2112及び2114に対しては、当該の補間処理の結果として、同じクロックレートを有する出力信号218及び220が生成される。

【0079】

位置信号パス2114は、事前処理構成要素2140と、事前補間フィルタ2142と、補間構成要素2144と、時間遅延構成要素2146を含んでいる。前述したように、位置信号パス2114は、状態信号210、212、214の形態のトラジェクトリーデータを受け取り、位置出力信号218を生成する。

【0080】

事前処理構成要素（プリプロセッサ）2140は、位置状態信号210と、速度状態信号212と、加速度状態信号214を受け取る。これらの信号は、低速クロックレートで統合化された位置信号2150の生成のために処理される。統合化された位置信号2150は、加速度状態信号214、速度状態信号212、位置状態信号210に基づいている。この統合化された位置信号2150の生成のために、当該処理構成要素2140は、以下のような、

$$P_n = P_i + nT * [V_i + (nT * A / 2)]$$

離散的な時間積分演算を実行する。この場合前記 P_n は、統合化された位置信号2150を表し、前記 P_i は、位置状態信号210を表し、 V_i は、速度状態信号212を表し、 n は、低速クロックレートでのサンプリング時間を表す整数であり、前記 T は、低速クロック周期であり、前記 A は、加速度状態信号214を表す。

【0081】

事前補間フィルタ2142は、位置状態信号210と統合化された位置信号2150を受け取る。事前補間フィルタ2142は、フィルタリング位置信号2152の作成のためにこれらの信号を処理する。フィルタリング位置信号2152の生成については、補間構

10

20

30

40

50

成要素 2 1 4 4 に送信する前に、信号 2 1 5 2 の周波数内容を制限するために、統合化された位置信号 2 1 5 0 が事前補間フィルタ 2 1 4 2 でフィルタリングされる。事前補間フィルタでは、低速クロックレートで実行される F I R フィルタリング技法が用いられる。しかしながら事前補間フィルタ 2 1 4 0 では、I I R フィルタリングなどの他のタイプの離散時間フィルタリング技法が用いられる。

【 0 0 8 2 】

補間構成要素 2 1 4 4 は、フィルタリングされた位置信号 2 1 5 2 と位置状態信号 2 1 0 を受け取る。これらの信号を受け取りしだい、当該補間構成要素 2 1 4 4 は、2 つの機能を実行する。第 1 は補間構成要素 2 1 4 4 が、高速クロックレートの信号作成のためにアップサンプリング処理を実行することである。このアップサンプリング動作は、各サンプリングの間の “ inserting L-1 zeros (L=補間レート) ” を伴う。

10

【 0 0 8 3 】

第 2 は、補間構成要素 2 1 4 4 が、アップサンプリングされた信号においてフィルタリング動作を行う。このフィルタリング動作は、アップサンプリング機能によって入り込んだ高周波共振成分を防止することである。このフィルタリングは、ローパス F I R フィルタリング動作を用いて実行される。しかしながら他のタイプのフィルタリング、例えば I I R フィルタリングを実行してもよい。これらのアップサンプリングとフィルタリング動作は共に共同的な補間に関する。この補間動作の結果として、補間された位置信号 2 1 4 が生じ、これは時間遅延構成要素 2 1 4 6 に送信される。

【 0 0 8 4 】

20

事前補間フィルタ 2 1 4 2 と補間構成要素 2 1 4 4 の 2 つは、“ デルタプロセッシング ” 技法を用いており、これによってそれらが実行するフィルタリングと補間動作の精度が増加する。このデルタプロセッシング技法は、さらに以下の明細書で図 2 2 に基づいて詳細に説明する。

【 0 0 8 5 】

時間遅延構成要素 2 1 4 6 は、補間された位置信号 2 1 5 4 を受け取る。この構成要素は、高速クロックレートで動作しており、伝播時間と位置信号パス 2 1 1 4 の位相の調整を可能にしている。時間遅延構成要素 2 1 4 6 は、位置信号 2 1 8 を生成し、それを出力信号インターフェース 2 1 0 4 に送信する。

【 0 0 8 6 】

30

ここで説明を加速度信号パス 2 1 1 2 に移す。加速度信号パス 2 1 1 2 には、補間構成要素 2 1 2 0 と、時間遅延構成要素 2 1 2 2 が含まれている。この加速度信号パス 2 1 1 2 は、加速度状態信号 2 1 4 を状態信号インターフェース 2 1 0 2 から受け取り、加速度出力信号 2 2 0 を生成する。

【 0 0 8 7 】

補間構成要素 2 1 2 0 も、前記補間構成要素 2 1 4 4 のように、2 つの機能を実行する。第 1 に、補間構成要素 2 1 2 0 は、加速度状態信号 2 1 4 を補間レート L でアップサンプリングする。第 2 に補間構成要素 2 1 2 0 は、このアップサンプリングされたデータにフィルタリング動作を行う。このフィルタリング動作は、アップサンプリング機能によって入り込んだ高周波の共振成分を防止する。その機能の結果として当該補間構成要素 2 1 2 0 は、補間された加速度信号 2 1 3 0 を生成する。これは時間遅延構成要素 2 1 2 2 に転送される。

40

【 0 0 8 8 】

時間遅延構成要素 2 1 2 2 は、補間された加速度信号 2 1 3 0 を受け取り、伝播時間と加速度信号パス 2 1 1 2 の位相の調整を可能にする。そのような遅延の導入によって、時間遅延構成要素 2 1 2 2 は、加速度出力信号 2 2 0 を生成する。これは出力インターフェース 2 1 0 4 に送出される。

【 0 0 8 9 】

デルタプロセッシング

フィルタ 2 1 4 2 や補間構成要素 2 1 4 4 などのプロファイル実行部 1 5 0 は、デルタ

50

プロセッシング機能特性を用いている。この機能特性は、位置出力信号 2 1 8 などの出力信号中のコンピュータ処理によるエラーを低減している。このデルタプロセッシングは、絶対位置を表す時間変化信号からの位置状態信号 2 1 0 の減算を伴う。この減算の結果として、“デルタ信号”が得られる。これは絶対位置を表す対応する信号よりも狭いダイナミックレンジを有している。

【 0 0 9 0 】

図 2 2 には、デルタプロセッシング方式を用いるフィルタ 2 1 4 2 の実施例がブロック回路図で表されている。この実施例は、絶対位置アレイ 2 2 0 2 と F I R 係数アレイ 2 2 0 4 と、第 1 のスカラー加算ノード 2 2 0 6 と、ベクトル積ノード 2 2 0 8 と、ベクトル総和（加算）ノード 2 2 1 0 と、第 2 のスカラー加算ノード 2 2 1 2 と、遅延モジュール 2 2 1 4 を含んでいる。

10

【 0 0 9 1 】

絶対位置アレイ 2 2 0 2 は、入力信号（すなわち統合化された位置信号 2 1 5 0 ）を事前処理構成要素 2 1 4 0 から受け取る。絶対位置アレイ 2 2 0 2 は、統合化された位置信号を処理してパラレル位置信号セット 2 2 3 0 を供給する。このパラレル位置信号セット 2 2 3 0 には、複数の離散的な時間信号が含まれている。離散的な時間ステップ毎に、これらの信号は信号 2 1 5 0 から選択された複数の連続した値を含んでいる。従ってパラレル位置信号セット 2 2 3 0 を介して、絶対位置アレイ 2 2 0 2 は、スカラー加算ノード 2 2 0 6 に信号 2 1 5 0 からの複数の連続値を同時に送信する。

【 0 0 9 2 】

20

スカラー加算ノード 2 2 0 6 は、パラレル位置信号セット 2 2 3 0 と位置状態信号 2 1 0 を受け取る。スカラー加算ノード 2 2 0 6 は、位置状態信号 2 1 0 を、パラレル位置信号セット 2 2 3 0 内の各信号から減算する。この減算は、デルタパラレル信号セット 2 2 3 2 を生成し、これはベクトル積ノード 2 2 0 8 に送信される。デルタパラレル信号セット 2 2 3 2 は、デルタ振幅スケールを有している。このスケールは、信号セット 2 2 3 0 の絶対振幅スケールよりも小さい。

【 0 0 9 3 】

ベクトル積ノード 2 2 0 8 は、エレメント毎にデルタパラレル信号セット 2 2 3 2 と複数の F I R フィルタ係数（F I R 係数アレイ 2 2 0 4 中に記憶されている）の乗算を行う。この乗算は、パラレル積信号セット 2 2 3 4 を生成し、これはベクトル総和（加算）ノード 2 2 1 0 に送信される。

30

【 0 0 9 4 】

ベクトル総和ノード 2 2 1 0 は、パラレル積信号セット 2 2 3 4 内の各信号を総計する（総和計算）。この総和の結果、シングル（すなわちスカラー）デルタフィルタリング信号 2 2 3 6 が得られる。

【 0 0 9 5 】

スカラー加算ノード 2 2 1 2 は、デルタフィルタリング信号 2 2 3 6 と遅延された位置状態信号 2 2 3 8 を受け取る。この遅延された位置状態信号 2 2 3 8 とは、位置状態信号 2 1 0 が遅延モジュール 2 2 1 4 によって所定の遅延時間だけ遅延されたものである。この所定の遅延時間は、前述した加算ノード 2 2 0 6 と 2 2 1 2 の間の信号伝送に係わる伝播遅延に整合されたものである。

40

【 0 0 9 6 】

スカラー加算ノード 2 2 1 2 では、デルタフィルタリング信号 2 2 3 6 と遅延された位置状態信号 2 2 3 8 が加算され、それによってフィルタリングされた位置信号 2 1 5 2 が生成される。この加算は、フィルタリングされた信号 2 2 3 6 をデルタスケールから絶対スケールに戻している。ここに記載されているフィルタリングされた位置信号 2 1 5 2 は、補間構成要素 2 1 4 4 に送信される。

【 0 0 9 7 】

この実施例によるデルタプロセッシング手法は、フィルタ 2 1 4 2 に、フィルタリング操作に係わる計算（加算や乗算）によって生じたエラーの丸め処理（切り上げ）による最

50

小化を実現している。このエラーの最小化は、スカラー加算ノード 2 2 0 6 でのパラレル位置信号セット 2 2 3 0 から位置状態信号 2 1 0 の減算によって行われている。この減算は、信号セット 2 2 3 2 という結果をもたらし、これは信号セット 2 2 3 0 よりも振幅が小さい。

【 0 0 9 8 】

固定化された精度の処理装置では、固定化された精度のためにエラーが丸め処理され、数値的表現は、入力信号振幅の直接的な関数となる。入力信号振幅の低減により、デルタパラレル信号セット 2 2 3 2 に関して、ノード 2 2 0 8 および 2 2 1 0 で行われる計算で最小化が図られる。この最小化は、出力信号（すなわちフィルタリングされた位置信号 2 1 5 2）に、より少ないエラーをもたらす。

10

【 0 0 9 9 】

図 2 3 には、補間構成要素 2 1 4 4 の実施例 5 0 0 がブロックダイアグラムで示されている。この実施例は、前述の実施例をよりコンパクトにしたものである。しかしながらこの実施例には、アップサンプリングモジュール 2 3 0 2 が含まれており、これは入力信号（すなわちフィルタリングされた位置信号 2 1 5 2）のサンプリングレートを増加させている。それにより、アップサンプリングされた信号 2 3 2 2 が生成され、これは絶対位置アレイ 2 3 0 3 に送信される。当該実施例では、前述の図 2 2 に基づいて説明したデルタプロセッシング手法を用いるために位置状態信号 2 1 0 が受け取られている。それ故に図 2 1 のように、当該実施例の構成要素によって用いられるデルタプロセッシング手法は、エラーの少ない出力信号（すなわち補間された出力信号 2 1 5 4）を生成する。

20

【 0 1 0 0 】

本発明には、第 1 のクロックレートを有する離散的時間入力信号 $p(n)$ を、第 2 のクロックレートを有する離散的時間出力信号に効果的に処理するための技法が含まれている。この技法は、コンピュータ処理や計算によるエラーを最小化する。

【 0 1 0 1 】

III 結論

前述してきた本発明の種々の実施例に対して、それらはあくまでも本発明の実施のやり方を表すためのものであって、限定を意味するものではないことを理解されたい。詳細には当該の技術範囲に属する当業者にとって、本発明の精神や範囲を逸脱することなく種々の変更が可能であることは明らかである。すなわちこのことは本発明が前述してきた種々の実施例に限定されるものではないことを意味している。

30

【図面の簡単な説明】

【 0 1 0 2 】

【図 1】本発明の実施例の基本的なモジュールとそれらの間のデータの流れを表したブロックダイアグラムである

【図 2】本発明の実施例によるモジュール間のデータの流れを詳細に拡大して表した図である

【図 3】本発明によるソフトウェアの実施例が実行できるコンピュータのプラットフォームを表した図である

【図 4】本発明の実施例による、基本的なトラジェクトリープランニング工程を表したフローチャートである

40

【図 5】本発明の実施例による、トラジェクトリープランニング工程を表すフローチャートをより詳細に表した図である

【図 6】本発明の実施例による、所定のアクシスに対する光リソグラフィシステムの構成要素の動きを計算する工程を表したフローチャートである

【図 7】本発明の実施例による、定速度スキャン長さの調整工程を表したフローチャートである

【図 8】本発明の実施例による、最大の速度および加速度制限を考慮した、加速度間隔を計算する工程を表したフローチャートである

【図 9】2 つの加速度間隔を含み最大速度制限は有していない、プロファイルを表した図

50

である

【図１０】本発明の実施例による、最大速度制限は存在していないケースでの加速度間隔の計算工程を表したフローチャートである

【図１１】３つの加速度間隔を含み最大速度制限を有しているプロファイルを表した図である

【図１２】本発明の実施例による、最大速度制限が存在してるケースでの加速度間隔の計算工程を表したフローチャートである

【図１３】本発明の実施例による、複数のスキンの間のゼロ速度地点を作成する工程を表したフローチャートである

【図１４】本発明の実施例による、マルチスキャンアクシスの同期化のためのゼロ速度時間間隔を調整する工程を表したフローチャートである

10

【図１５】本発明の実施例による、フィルタ遅延の補償のためのモーショントラジェクトリーのスタート時点での遅延を作成する工程を表したフローチャートである

【図１６】本発明の実施例による、プロファイル実行の工程を表したフローチャートである

【図１７】本発明の実施例による、統合化された位置信号のフィルタリングの工程を表したフローチャートである

【図１８】本発明の実施例による、フィルタリングされた位置信号を補間処理する工程を表したフローチャートである

【図１９】本発明の実施例による、補間信号を作成するためのアップサンプリングされた信号をフィルタリングする工程を表したフローチャートである

20

【図２０】本発明の実施例による、加速状態信号を補間処理する工程を表したフローチャートである

【図２１】本発明の実施例による、プロファイル実行部とその構成要素を表したブロック回路図である

【図２２】本発明の実施例による、統合化された位置信号のためのフィルタを表したフローチャートである

【図２３】本発明の実施例による、プロファイル実行部の補間処理構成要素を表したブロック回路図である

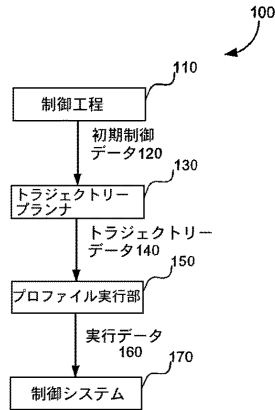
【符号の説明】

30

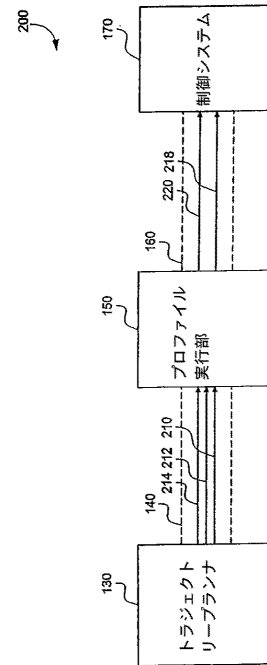
【０１０３】

- | | |
|-----|--------------|
| １１０ | 制御工程 |
| １２０ | 初期制御データ |
| １３０ | トラジェクトリープランナ |
| １４０ | トラジェクトリーデータ |
| １５０ | プロファイル実行部 |
| １６０ | 実行データ |
| １７０ | 制御システム |

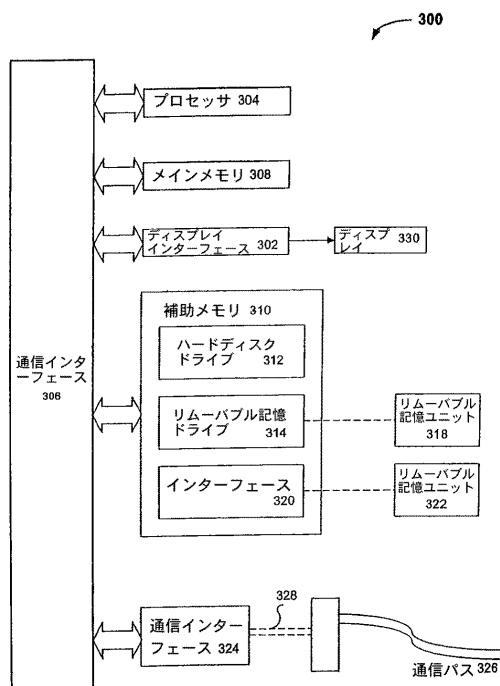
【図 1】



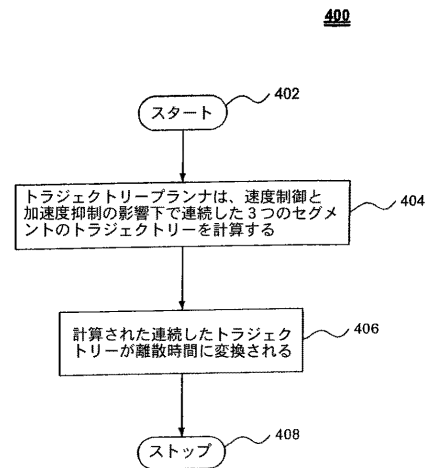
【図 2】



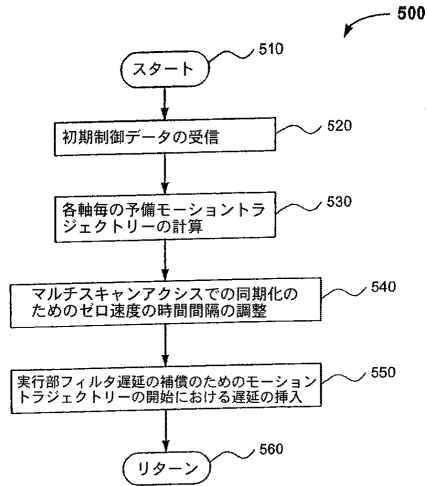
【図 3】



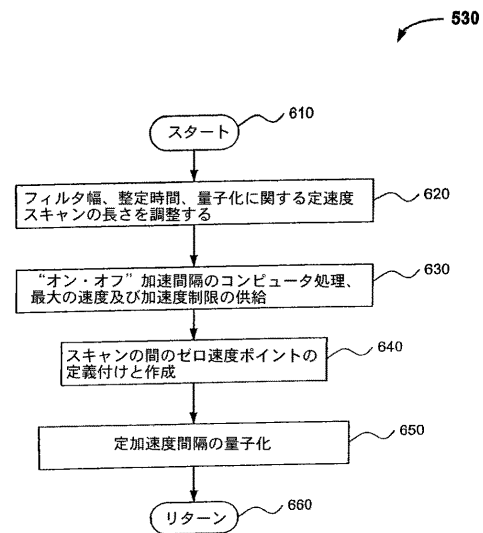
【図 4】



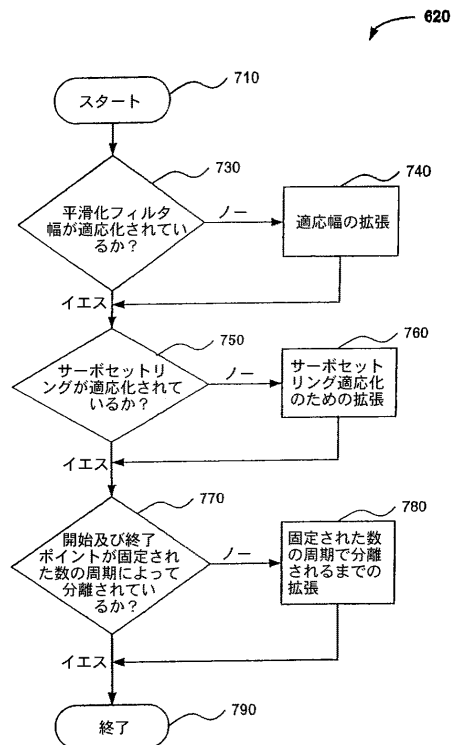
【図 5】



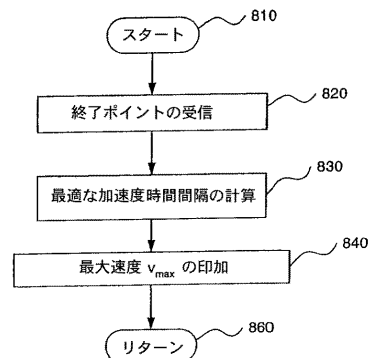
【図 6】



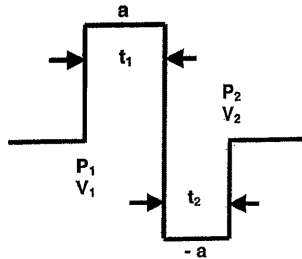
【図 7】



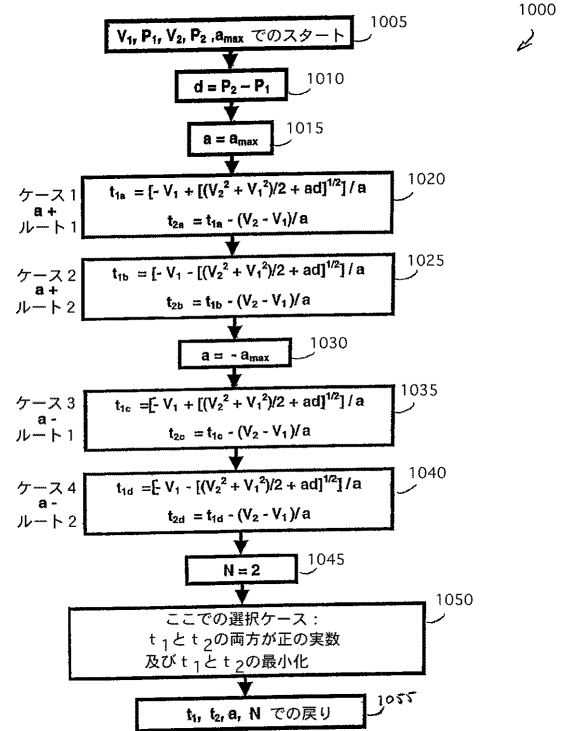
【図 8】



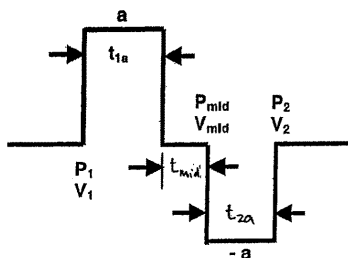
【図 9】



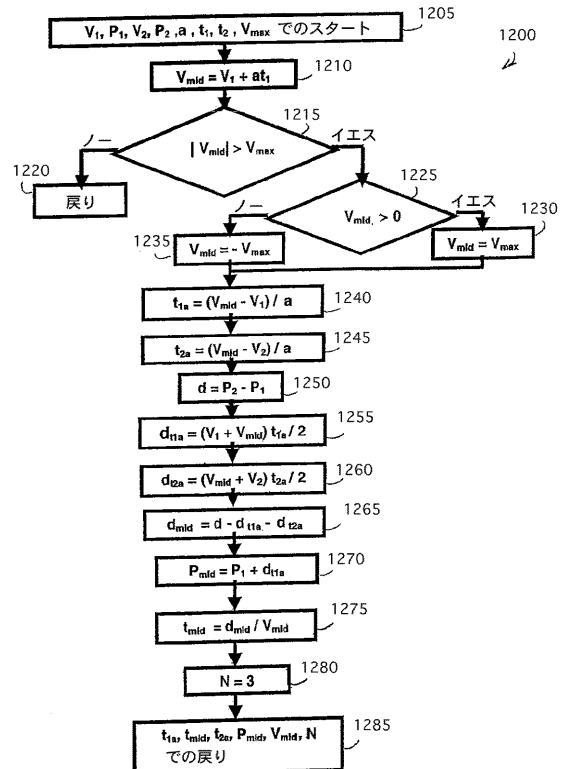
【図 10】



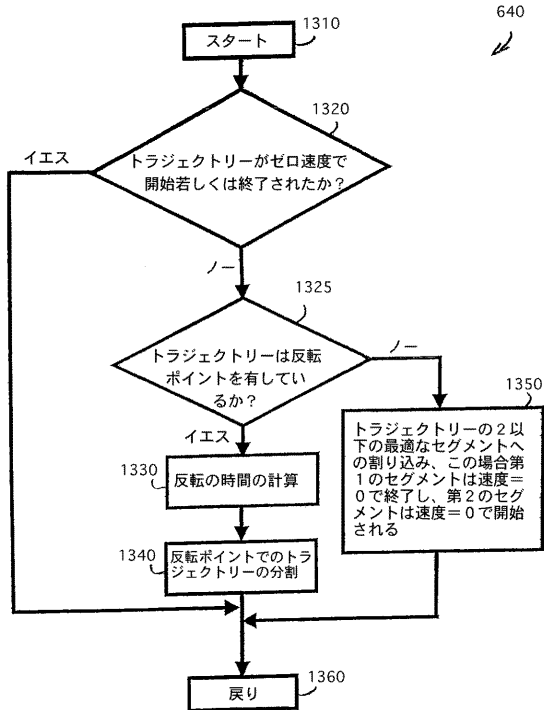
【図 11】



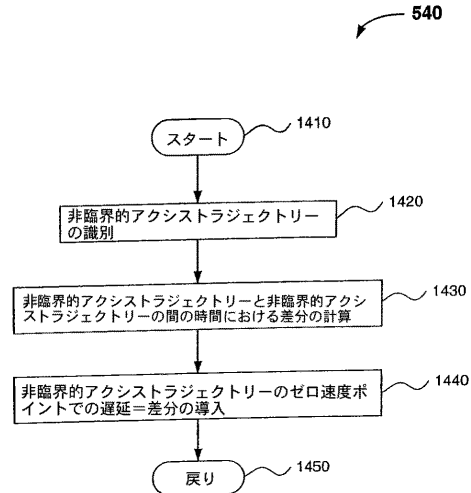
【図 12】



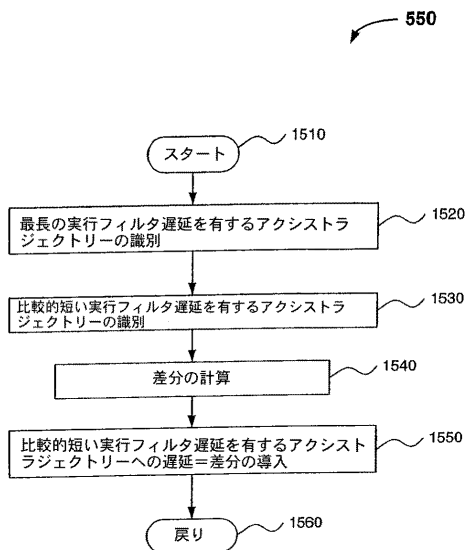
【図 13】



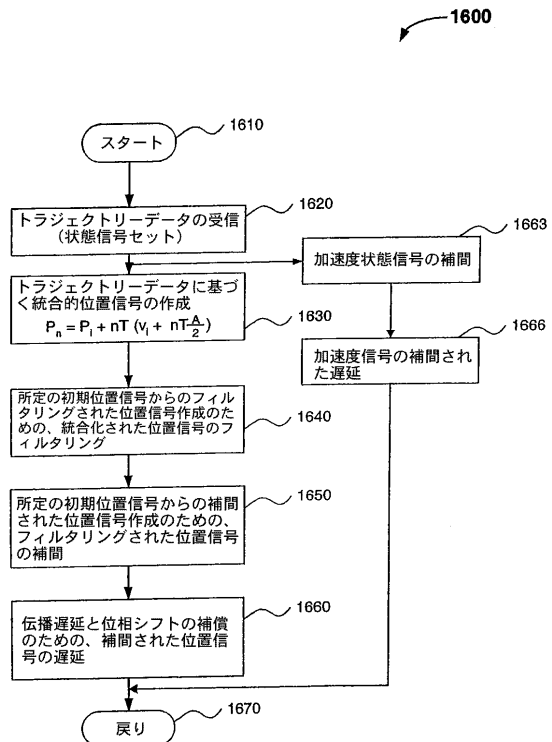
【図 14】



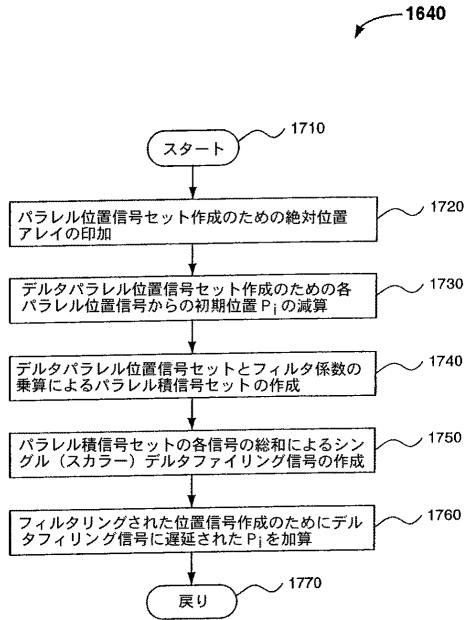
【図 15】



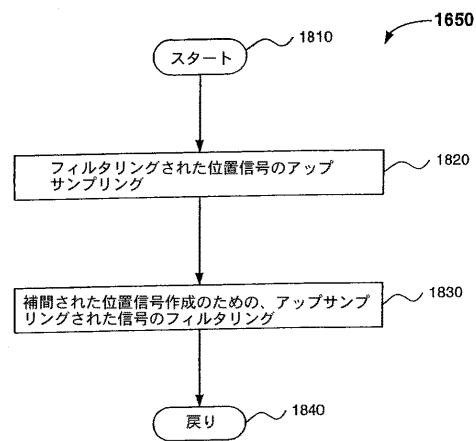
【図 16】



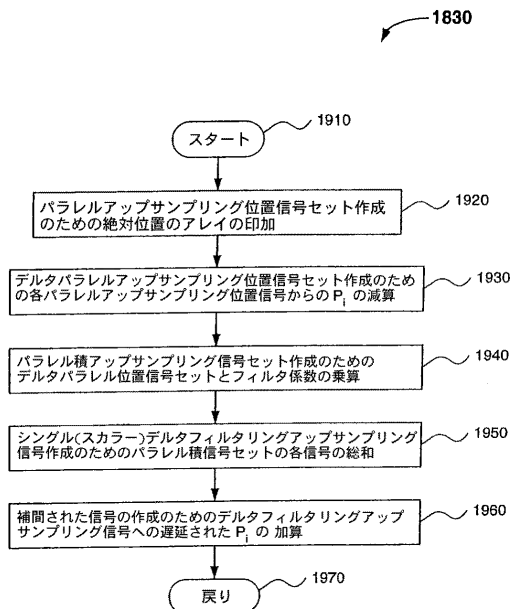
【図 17】



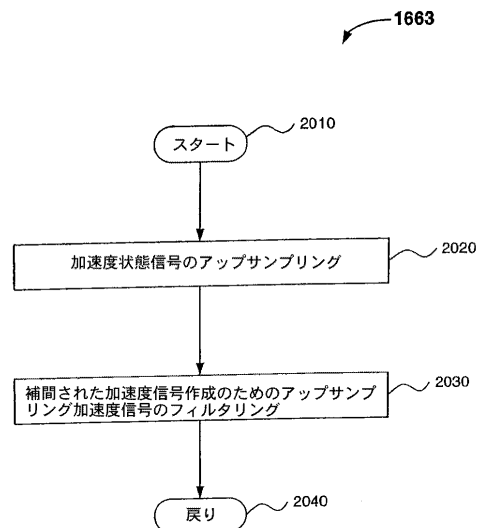
【図 18】



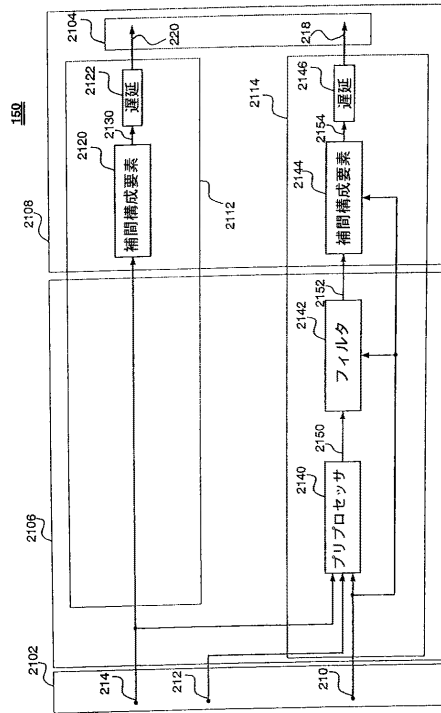
【図 19】



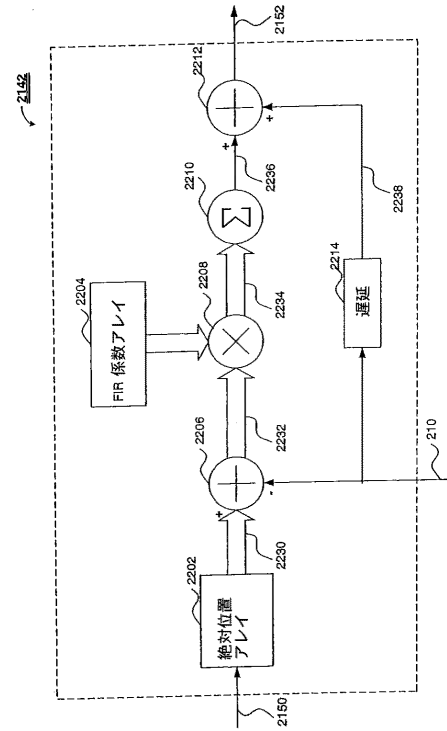
【図 20】



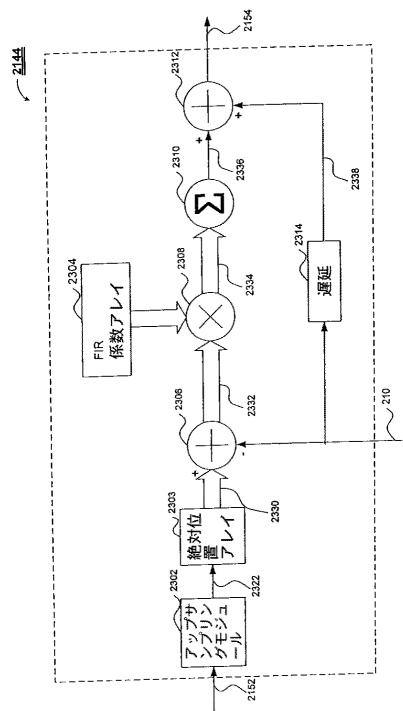
【図 2 1】



【図 2 2】



【図 2 3】



フロントページの続き

(72)発明者 トッド ジェイ ベッドナレック
アメリカ合衆国 コネチカット サウスベリー ジョージズ ヒル ロード 605

審査官 渡戸 正義

(56)参考文献 国際公開第02/056468(WO, A1)
特開2001-250757(JP, A)
特開平11-312643(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/027
H01L 21/68