

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6534804号
(P6534804)

(45) 発行日 令和1年6月26日 (2019.6.26)

(24) 登録日 令和1年6月7日 (2019.6.7)

(51) Int. Cl.	F I	
G05B 13/04 (2006.01)	G05B 13/04	
C03B 9/40 (2006.01)	C03B 9/40	A
C03B 9/447 (2006.01)	C03B 9/447	

請求項の数 17 外国語出願 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2014-220261 (P2014-220261)	(73) 特許権者	598152242
(22) 出願日	平成26年10月29日 (2014.10.29)		エムハート・グラス・ソシエテ・アノニム
(65) 公開番号	特開2015-90710 (P2015-90710A)		スイス国ツェーハー6330 カーム,
(43) 公開日	平成27年5月11日 (2015.5.11)		ヒンターベルグシュトラッセ 22
審査請求日	平成29年10月2日 (2017.10.2)	(74) 代理人	100140109
(31) 優先権主張番号	14/074,260		弁理士 小野 新次郎
(32) 優先日	平成25年11月7日 (2013.11.7)	(74) 代理人	100075270
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 小林 泰
		(74) 代理人	100101373
			弁理士 竹内 茂雄
		(74) 代理人	100118902
			弁理士 山本 修
		(74) 代理人	100162846
			弁理士 大牧 綾子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 目標シグネチャー閉ループ制御のシステムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

I . S . マシンのセクションのキャピティにおける動作のイベント・タイミングを自動的に調節するシステムであって、

I . S . マシンにより製造される高温ガラス・コンテナの特定の測定値を示す__コンテナ・ピクセル・データ情報を提供するマルチポイント・マルチスペクトル・ガラス・コンテナ測定システムと、

コンテナ・ピクセル・データ情報を、低減した次元の測定シグネチャーへと数学的に変換するシグネチャー抽出ブロックと、

前記測定シグネチャーと好ましい目標シグネチャーとに応じて、前記 I . S . マシンの前記セクションの前記キャピティを動作させるためのイベント・タイミング信号を作成し、前記 I . S . マシンの前記セクションの前記キャピティにおける動作のイベント・タイミングを自動的に調節して、前記測定シグネチャーにおける変化を低減させるためのコントローラーとを含み、

前記シグネチャー抽出ブロックは、前記 I . S . マシンの前記セクションの前記キャピティのそれぞれに対して、低減された次元の測定シグネチャーを作成するように構成され

前記システムは更に、前記 I . S . マシンの前記セクションの前記キャピティのそれぞれに対しての前記低減された次元の測定シグネチャーの平均をとり、前記コントローラーへ提供されるセクション平均測定シグネチャーを作成するように構成されるセクション平均化ブロックを含み、

10

20

前記セクション平均測定シグネチャーが前記コントローラーへ提供されることに加えて、前記システムは、前記 I . S . マシンの前記セクションの前記キャピティのそれぞれに対しての前記低減された次元の測定シグネチャーを前記コントローラーへ提供するように構成され、

前記コントローラーは、前記セクション平均測定シグネチャーに基づいて、前記 I . S . マシンの前記セクションの全てへの共通イベント・タイミング信号を提供するように、および、前記 I . S . マシンの前記セクションの前記キャピティのそれぞれに対しての前記測定シグネチャーに基づいて、前記 I . S . マシンの前記セクションのそれぞれへ一意のキャピティ・イベント・タイミング信号を提供するように、構成されており、

前記共通イベント・タイミング信号は、前記セクション平均測定シグネチャーと、シグネチャー設定値との差により生成されるエラー信号に基づいており、前記一意のキャピティ・イベント・タイミング信号は、前記セクション平均測定シグネチャーと、前記 I . S . マシンの前記セクションの前記キャピティのそれぞれに対しての前記測定シグネチャーとの間の差により生成されるエラー信号に基づいている、システム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のシステムであって、前記ガラス・コンテナ測定システムは、前記高温ガラス・コンテナが成形された後の、および前記高温ガラス・コンテナが前記 I . S . マシンから離れるように運ばれるときの前記高温ガラス・コンテナが冷却される前の、前記高温ガラス・コンテナにより発せられる放射を監視するように配置および構成される、システム。

【請求項 3】

請求項 2 に記載のシステムであって、前記ガラス・コンテナ測定システムは、

前記高温ガラス・コンテナが成形された後および前記高温ガラス・コンテナが前記 I . S . マシンから離れるように運ばれるときの、高温ガラス・コンテナにより発せられる放射を監視するための少なくとも 1 つのイメージング・デバイスを含む、システム。

【請求項 4】

請求項 1 に記載のシステムであって、前記シグネチャー抽出ブロックは、主成分分析を用いて、コンテナ・ピクセル・データ情報を、低減した次元の測定シグネチャーへと数学的に変換する、システム。

【請求項 5】

請求項 1 に記載のシステムであって、前記シグネチャー抽出ブロックは、部分最小二乗回帰を用いて、コンテナ・ピクセル・データ情報を、低減した次元の測定シグネチャーへと数学的に変換する、システム。

【請求項 6】

請求項 1 に記載のシステムであって、前記コントローラーにより作成された前記イベント・タイミング信号は、少なくともモールド接触時間、ストレッチ時間、およびブランク接触時間を含む望ましい熱成形期間を含む、システム。

【請求項 7】

請求項 1 に記載のシステムであって、前記コントローラーは、調節可能な制限値により前記イベント・タイミング信号を制限するように構成される、システム。

【請求項 8】

請求項 1 に記載のシステムであって、前記コントローラーは、

望ましいシグネチャー設定値に応じて一組の成形期間を作るように構成される逆プロセス・モデル・モジュールであって、前記成形期間は、前記 I . S . マシンの前記セクションの前記キャピティへ適用される動作の前記イベント・タイミングの基礎であり、前記成形期間は、望ましいシグネチャー設定値の近似値を提供する、逆プロセス・モデル・モジュールと、

前記成形期間における変化に対しての前記測定シグネチャーの計算された応答である予測シグネチャーを計算するように構成される予測プロセス・モデル・モジュールと

10

20

30

40

50

を含み、

前記コントローラーは、前記予測シグネチャーを前記測定シグネチャーから減算して、モデリング・エラー信号を作るように構成され、

前記コントローラーは、前記モデリング・エラー信号を前記好ましい目標シグネチャーから減算して、前記望ましいシグネチャー設定値の基礎となる変更した設定値を作るように構成される、

システム。

【請求項 9】

請求項 8 に記載のシステムであって、

前記望ましいシグネチャー設定値を作るために前記変更した設定値をフィルタリングするロー・パス・フィルター

を更に含むシステム。

【請求項 10】

請求項 8 に記載のシステムであって、

前記逆プロセス・モデル・モジュールにより作られる前記成形期間に応じて、前記 I・S・マシンの前記セクションの前記キャピティへ適用される動作の前記イベント・タイミングを提供する熱成形タイミング調節システム

を更に含むシステム。

【請求項 11】

請求項 10 に記載のシステムであって、

前記熱成形タイミング調節システムへ許容される最小値または最大値を提供するように構成される最小／最大値リミット・ブロックを更に含み、

前記熱成形タイミング調節システムは、達成可能な（制限された）出力信号を前記予測プロセス・モデルへ提供するように構成される、

システム。

【請求項 12】

I・S・マシンのセクションのキャピティにおける動作のイベント・タイミングを自動的に調節するシステムであって、

高温ガラス・コンテナが成形された後の、および前記高温ガラス・コンテナが前記 I・S・マシンから離れるように運ばれるときの前記高温ガラス・コンテナが冷却される前の、前記高温ガラス・コンテナにより発せられる放射を監視するように構成されるマルチポイント・マルチスペクトル・ガラス・コンテナ測定システムであって、前記 I・S・マシンにより製造される高温ガラス・コンテナの特定の測定値を示すコンテナ・ピクセル・データ情報を提供する、マルチポイント・マルチスペクトル・ガラス・コンテナ測定システムと、

コンテナ・ピクセル・データ情報を、低減した次元の測定シグネチャーへと数学的に変換するシグネチャー抽出ブロックと、

以前に提供された望ましい高温ガラス・コンテナを有することが知られている好ましい目標シグネチャーを提供するためのエレメントと、

前記測定シグネチャーと好ましい目標シグネチャーとに応じて、前記 I・S・マシンの前記セクションの前記キャピティを動作させるためのイベント・タイミング信号を作成し、前記 I・S・マシンの前記セクションの前記キャピティにおける動作のイベント・タイミングを自動的に調節して、前記測定シグネチャーにおける変化を低減させるためのコントローラーと

を含み、

前記シグネチャー抽出ブロックは、前記 I・S・マシンの前記セクションの前記キャピティのそれぞれに対して、低減された次元の測定シグネチャーを作成するように構成され、

前記システムは更に、前記 I・S・マシンの前記セクションの前記キャピティのそれぞれに対しての前記低減された次元の測定シグネチャーの平均をとり、前記コントローラー

10

20

30

40

50

へ提供されるセクション平均測定シグネチャーを作成するように構成されるセクション平均化ブロックを含み、

前記システムは、前記セクション平均測定シグネチャーが前記コントローラーへ提供されることに加えて、前記 I . S . マシンの前記セクションの前記キャピティのそれぞれに対しての前記低減された次元の測定シグネチャーを前記コントローラーへ提供するように構成され、

前記コントローラーは、前記セクション平均測定シグネチャーに基づいて、前記 I . S . マシンの前記セクションの全てへの共通イベント・タイミング信号を提供するように、および、前記 I . S . マシンの前記セクションの前記キャピティのそれぞれに対する前記測定シグネチャーに基づいて、前記 I . S . マシンの前記セクションのそれぞれへの一意のキャピティ・イベント・タイミング信号を提供するように構成され、

10

前記共通イベント・タイミング信号は、前記セクション平均測定シグネチャーと、シグネチャー設定値との差により生成されるエラー信号に基づいており、前記一意のキャピティ・イベント・タイミング信号は、前記セクション平均測定シグネチャーと、前記 I . S . マシンの前記セクションの前記キャピティのそれぞれに対する前記測定シグネチャーとの間の差により生成されるエラー信号に基づいている、
システム。

【請求項 1 3】

I . S . マシンのセクションのキャピティにおける動作のイベント・タイミングを自動的に調節する方法であって、

20

マルチポイント・マルチスペクトル・ガラス・コンテナ測定システムを用いて、前記 I . S . マシンにより製造される高温ガラス・コンテナの特定の測定値を示すコンテナ・ピクセル・データ情報を提供するステップと、

コンテナ・ピクセル・データ情報を、低減した次元の測定シグネチャーへと数学的に変換するステップと、

前記 I . S . マシンの前記セクションの前記キャピティにおける動作のイベント・タイミングを自動的に調節して、前記測定シグネチャーにおける変化を低減させるために、前記測定シグネチャーと好ましい目標シグネチャーとに応じて、前記 I . S . マシンの前記セクションの前記キャピティを動作させるためのイベント・タイミング信号を作成するステップと

30

数学的に変換する前記ステップは、

前記 I . S . マシンの前記セクションの前記キャピティのそれぞれに対して、低減された次元の測定シグネチャーを作成するステップと、

前記 I . S . マシンの前記セクションの前記キャピティのそれぞれに対して前記低減された次元の測定シグネチャーの平均をとり、セクション平均測定シグネチャーを作成するステップと

を含み、

前記 I . S . マシンの前記セクションの前記キャピティのそれぞれに対しての前記低減された次元の測定シグネチャーをコントローラーへ提供するステップと、

前記セクション平均測定シグネチャーに基づく、前記 I . S . マシンの前記セクションの全てへの共通イベント・タイミング信号を、前記 I . S . マシンの前記セクションの前記キャピティのそれぞれに対する前記測定シグネチャーに基づく、前記 I . S . マシンの前記セクションのそれぞれへの一意のキャピティ・イベント・タイミング信号とともに、提供するステップと、

40

を含み、前記共通イベント・タイミング信号は、前記セクション平均測定シグネチャーと、シグネチャー設定値との差により生成されるエラー信号に基づいており、前記一意のキャピティ・イベント・タイミング信号は、前記セクション平均測定シグネチャーと、前記 I . S . マシンの前記セクションの前記キャピティのそれぞれに対する前記測定シグネチャーとの間の差により生成されるエラー信号に基づいている、方法。

【請求項 1 4】

50

請求項 13 に記載の方法であって、コンテナ・ピクセル・データ情報を提供する前記ステップは、

少なくとも 1 つのイメージング・デバイスを用いて、高温ガラス・コンテナにより発せられる放射を監視するステップ

を含む、方法。

【請求項 15】

請求項 13 に記載の方法であって、数学的に変換する前記ステップは、主成分分析を用いて、コンテナ・ピクセル・データ情報を、低減した次元の測定シグネチャーへと数学的に変換するステップ、または部分最小二乗回帰を用いて、コンテナ・ピクセル・データ情報を、低減した次元の測定シグネチャーへと数学的に変換するステップを含む、方法。

10

【請求項 16】

請求項 13 に記載の方法であって、

調節可能な制限値により前記イベント・タイミング信号を制限するステップ

を更に含む方法。

【請求項 17】

請求項 13 に記載の方法であって、

望ましいシグネチャー設定値に応じて一組の成形期間を作るステップであって、前記成形期間は、前記 I・S・マシンの前記セクションの前記キャピティへ適用される動作の前記イベント・タイミングの基礎であり、前記成形期間は、望ましいシグネチャー設定値の近似値を提供する、ステップと、

20

前記成形期間における変化に対して前記測定シグネチャーの計算された応答である予測シグネチャーを計算するステップと、

前記予測シグネチャーを前記測定シグネチャーから減算して、モデリング・エラー信号を作るステップと、

前記モデリング・エラー信号を前記望ましい目標シグネチャーから減算して、前記望ましいシグネチャー設定値の基礎となる変更した設定値を作るステップと

を更に含む方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

[0001] 本発明は、一般に、I・S・マシンのオペレーションに関し、より特定的には、I・S・マシンのタイミングおよび運動を自動的に調節することにより、オペレーターの技能への依存性を低減し且つプロセスの産出高および品質を向上させることに関する。

【背景技術】

【0002】

[0002] ガラス・コンテナを製造する I・S・マシンから高温ガラス・コンテナが流れてくるときの、高温側での高温ガラス・コンテナを監視するためのシステムおよび方法を開示する。ホルトカンプ (Holtkamp) その他の「Method and System for Monitoring and Controlling a Glass Container Forming Process (ガラス・コンテナ成形プロセスの監視および制御のための方法およびシステム)」と題する欧州特許出願公開第 E P 2 3 3 6 7 4 0 A 1 号、ホルトカンプ (Holtkamp) その他の「Method and System for Monitoring and Controlling a Glass Container Forming Process (ガラス・コンテナ成形プロセスの監視および制御のための方法およびシステム)」と題する米国特許第 8 4 6 2 2 0 3 号、およびホルトカンプ (Holtkamp) その他の「System and Method for Monitoring Hot Glass Containers to Enhance Their Quality and Control the Forming Process (高温ガラス・コンテナの品質を向上させるため及び成形プロセスを制御するために、高温ガラス・コンテナを監視するためのシステムおよび方法)」と題する米国特許出願公開第 U S 2 0 1 1 / 0 1 4 1 2 6 5 A 1 号には、ガラス・コンテナを製造する I・S・マシンから高温ガラス・コンテナが流れてくるときの、高温側での高温ガラス・コンテナを監視するためのシステムおよび方法が開示されており、上記の 3 つの全ては本特許出願の譲受人へ譲

40

50

渡されており、上記の３つの全ては、それら全体を参照することにより、ここに組み入れる。

【 0 0 0 3 】

【0003】 これらのシステムおよび方法は、I．S．マシンにより製造される高温ガラス・コンテナの品質の監視を可能にするが、I．S．マシンにより製造される高温ガラス・コンテナの品質を更に向上させるために、これらのシステムおよび方法により提供される高温ガラス・コンテナの特性についての使用可能な大量の情報を用いることは、有益であろう。この点に関して、製造されている高温ガラス・コンテナの品質を更に向上させるように、I．S．マシンのオペレーションを自動的に制御するために、これらのシステムおよび方法により提供される高温ガラス・コンテナの特性に関する情報の幾らかを用いることは、有益であろう。

10

【 0 0 0 4 】

【0004】 一般に、高温ガラス・コンテナの特性に関しての使用可能な情報に基づいてガラス分配 (glass distribution) を維持するためのマシンの自動調節は、過去には達成されておらず、従って、新たな開発となる。基礎的に、最適のガラス分配は、I．S．マシンの動作状態が、パリソン/ブランク・モールドの設計された状態に最も近いときに、達成されるであろう。状態が変化すると、ガラス分配も影響を受け得る。

【 0 0 0 5 】

【0005】 従って、I．S．マシンのタイミングおよび運動を自動的に調節することにより、オペレーターの技能への依存性を低減し且つプロセスの産出高および品質を向上させるためのシステムおよび方法を提供することが望ましいであろうことが、理解できるであろう。

20

【 0 0 0 6 】

【0006】 この発明の背景の部分に記載されている主題事項は、単に、発明の背景の部分に記載されているからということで、従来技術であると推測すべきではない。同様に、この発明の背景の部分に記載した問題や、この発明の背景の部分の主題事項と関連する問題は、従来技術において以前に認識されていたものと推定すべきではない。発明の背景の部分における主題事項は、単に、異なるアプローチを表すものであり、それら自体も発明であり得る。

【 先行技術文献 】

30

【 特許文献 】

【 0 0 0 7 】

【特許文献 1】 欧州特許出願公開第 E P 2 3 3 6 7 4 0 A 1 号

【特許文献 2】 米国特許第 8 4 6 2 2 0 3 号

【特許文献 3】 米国特許出願公開第 U S 2 0 1 1 / 0 1 4 1 2 6 5 A 1 号

【特許文献 4】 米国特許第 7 4 8 9 9 8 3 号

【特許文献 5】 米国特許第 6 7 2 2 1 5 8 号

【特許文献 6】 米国特許第 6 7 1 1 9 1 6 号

【特許文献 7】 米国特許第 6 7 0 5 1 2 0 号

【特許文献 8】 米国特許第 6 7 0 5 1 1 9 号

40

【特許文献 9】 米国特許第 6 6 0 6 8 8 6 号

【特許文献 1 0】 米国特許第 6 6 0 4 3 8 6 号

【特許文献 1 1】 米国特許第 6 6 0 4 3 8 5 号

【特許文献 1 2】 米国特許第 6 6 0 4 3 8 4 号

【特許文献 1 3】 米国特許第 6 6 0 4 3 8 3 号

【 非特許文献 】

【 0 0 0 8 】

【非特許文献 1】 ギルバート・ストラング (Gilbert Strang) 著「Linear Algebra and Its Applications」、Academic Press、第 2 版、1 9 8 0 年

【非特許文献 2】 ロジャー・ペンローズ (Roger Penrose) 著「A Generalized Inverse f

50

or Matrices」、Proceedings of the Cambridge Philosophical Society 51:406-413、1955年

【発明の概要】

【0009】

[0007] 上記の背景技術の欠点および制限は、本発明により克服される。本発明では、I・S・マシンのタイミングおよび運動を自動的に調節することにより、オペレーターの技能への依存性を低減し且つプロセスの産出高および品質を向上させる。マルチポイント・マルチスペクトル・ガラス・コンテナ測定システムを用いて得られる、I・S・マシンにより製造された高温ガラス・コンテナの特定の測定値を示すコンテナ・ピクセル・データ情報が、次元を低減させた測定シグネチャーへと数学的に変換される。測定シグネチャーと好適な目標シグネチャーとに応じてI・S・マシンのセクションのキャビティを動作させるためのイベント・タイミング信号が生成され、I・S・マシンのセクションのキャビティにおけるオペレーションのイベント・タイミングが自動的に調節され、測定シグネチャーにおける変化が低減される。

10

【0010】

[0008] システムの実施形態では、I・S・マシンのセクションのキャビティにおけるオペレーションのイベント・タイミングを自動的に調節するためのシステムは、I・S・マシンにより製造された高温ガラス・コンテナの特定の測定値を示すコンテナ・ピクセル・データ情報を提供するマルチポイント・マルチスペクトル・ガラス・コンテナ測定システムと、コンテナ・ピクセル・データ情報を、次元を低減した測定シグネチャーへと数学的に変換するシグネチャー抽出ブロックと、測定シグネチャーにおける変化が低減されるように、I・S・マシンのセクションのキャビティにおけるオペレーションのイベント・タイミングを自動的に調節するために、測定シグネチャーと好適な目標シグネチャーとに応じてI・S・マシンのセクションのキャビティを動作させるためのイベント・タイミング信号を生成するコントローラーとを含む。

20

【0011】

[0009] 別のシステムの実施形態では、I・S・マシンのセクションのキャビティにおけるオペレーションのイベント・タイミングを自動的に調節するためのシステムは、高温ガラス・コンテナが成形された後、および高温ガラス・コンテナがI・S・マシンから離れるように運ばれるときの高温ガラス・コンテナが冷却される前の、高温ガラス・コンテナにより発せられる放射を監視するように構成されるマルチポイント・マルチスペクトル・ガラス・コンテナ測定システムと、コンテナ測定システムは、I・S・マシンにより製造された高温ガラス・コンテナの特定の測定値を示すコンテナ・ピクセル・データ情報を提供することと、コンテナ・ピクセル・データ情報を、次元を低減した測定シグネチャーへと数学的に変換するシグネチャー抽出ブロックと、以前に提供された望ましい高温ガラス・コンテナを有するように、知られている好適な目標シグネチャーを提供するためのエレメントと、測定シグネチャーにおける変化が低減されるように、I・S・マシンのセクションのキャビティにおけるオペレーションのイベント・タイミングを自動的に調節するために、測定シグネチャーと好適な目標シグネチャーとに応じてI・S・マシンのセクションのキャビティを動作させるためのイベント・タイミング信号を生成するコントローラーとを含む。

30

40

【0012】

[0010] 方法の実施形態では、I・S・マシンのセクションのキャビティにおけるオペレーションのイベント・タイミングを複数のステップにより自動的に調節し、それらのステップは、マルチポイント・マルチスペクトル・ガラス・コンテナ測定システムを用いて、I・S・マシンにより製造された高温ガラス・コンテナの特定の測定値を示すコンテナ・ピクセル・データ情報を提供するステップと、コンテナ・ピクセル・データ情報を、次元を低減した測定シグネチャーへと数学的に変換するステップと、測定シグネチャーにおける変化が低減されるように、I・S・マシンのセクションのキャビティにおけるオペレーションのイベント・タイミングを自動的に調節するために、測定シグネチャーと好適な

50

目標シグネチャーとに応じてI・S・マシンのセクションのキャピティを動作させるためのイベント・タイミング信号を生成するステップとを含む。

【0013】

【0011】 本発明の目標シグネチャー閉ループ制御システムは、I・S・マシンのタイミングおよび運動を自動的に調節することにより、オペレーターの技能へ依存することを低減し且つプロセスの産出高および品質を向上させるシステムおよび方法を提供する。本発明の目標シグネチャー閉ループ制御のシステムおよび方法では、実質的な相対的不利益を被ることなく、様々な利益が得られる。

【0014】

【0012】 本発明のこれら及び他の利点は、図面を参照すると最適に理解できる。

10

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】 図1は、本発明の第1実施形態をインプリメントする目標シグネチャー閉ループ制御システムの機能的概略図である。

【図2】 図2は、本発明の第2実施形態をインプリメントするセクション平均閉ループ制御システムの機能的概略図である。

【図3】 図3は、本発明の第3実施形態をインプリメントするセクション平均およびキャピティ制御閉ループ制御システムの機能的概略図である。

【図4】 図4は、本発明の第4実施形態をインプリメントする内部制御閉ループ制御システムの機能的概略図である。

20

【図5】 図5は、本発明の第5実施形態をインプリメントする内部モデル制御閉ループ制御システムの機能的概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

【0018】 提案する発明はフィードバック制御ループを用い、そのインプリメンテーションを図1で概略的に示している。ガラス成形物理プロセス30は、高温ガラス・コンテナ32を作成する。高温ガラス・コンテナ32から放射する又はそれに反射される又はそれを透過する電磁(EM)エネルギーが、マルチポイント・マルチスペクトル測定システム34により検出され、マルチポイント・マルチスペクトル測定システム34は、マルチポイント・マルチスペクトル測定システム34を通過するそれぞれの高温ガラス・コンテナを集合的に表すピクセル・データ36を提供し、そのピクセル・データ36は、それぞれの高温ガラス・コンテナ32のマルチポイント測定を提供する。測定は、例えば、EMスペクトルの赤外線および可視の部分に対して感応性のある、エリアまたはラインのスキャン・カメラを用いて、行うことができる。ピクセル・データ36は、それぞれの高温ガラス・コンテナ32の様々な点および/またはそのすぐ隣の周囲部分から発せられる測定値に対応し、このm個の個別ピクセル値の組は、m次元ベクトルxとして表される。

30

【0017】

【0019】 マルチポイント・マルチスペクトル測定システム34は、欧州特許出願公開第EP2336740A1号、米国特許第8462203号、および米国特許出願公開第US2011/0141265A1号に記載されたものとしてことができ、これら全ては、上記でその全体を参照したことにより、ここに組み入れられている。マルチポイント・マルチスペクトル測定システム34は、高温ガラス・コンテナ32がI・S・マシンから離れるように運ばれるときの、高温ガラス・コンテナ32が成形された後および高温ガラス・コンテナ32が冷却される前に、高温ガラス・コンテナ32により発せられる放射を監視するように、配置および構成される。マルチポイント・マルチスペクトル測定システム34は、高温ガラス・コンテナ32が成形された後および高温ガラス・コンテナ32がI・S・マシンから離れるように運ばれるときに、高温ガラス・コンテナ32により発せられる放射を監視するための少なくとも1つのイメージング・デバイスを含む。

40

【0018】

【0020】 このピクセル・データ・ベクトルxは、次に、シグネチャー抽出ブロック38

50

において、 r 次元ベクトル $t(x)$ であり得る測定シグネチャー 40 を作るために、数学的に変換される。長さ(次元の数) r は、典型的には、 m より小さい(後に説明する)。シグネチャー抽出ブロック 38 で行われる数学的変換には多くの可能な選択肢があるが、一般的な目的は、高温ガラス・コンテナ 32 における望まれない変化と相関する値の、次元を低減した組(元のピクセル数と相対して)を提供することである。

【0019】

[0021] この目的のためにシグネチャー抽出ブロック 38 で使用でき得る技術は、主成分分析(Principal Component Analysis)(相関の可能性のある変数の観察結果の組を、主成分と呼ばれる線形的に相関していない変数の値の組へと変換するために直交変換を用いる数学的プロシージャ)とすること、または部分最小二乗回帰(Partial Least Square regression)(予測値および観察可能変数を新たな空間へ射影することにより、線形回帰モデルを見つける統計的方法)の使用を通じたものとすることができる。これらのアプローチの双方については後に詳細に説明する。 $t(x)$ に含まれる値の組は、測定シグネチャー(measured signature) 40 と呼ばれる。測定シグネチャー 40 $t(x)$ における変化を低減できる場合には、高温ガラス・コンテナ 32 における望まれない変化も低減できるであろうことは、理解されるであろう。

【0020】

[0022] 測定シグネチャー 40 $t(x)$ の変化を、望ましいように低減するために、それぞれの高温ガラス・コンテナ 32 の測定シグネチャー 40 $t(x)$ が、制御アルゴリズム 42 ヘフィードバックされ、制御アルゴリズム 42 は、望ましい熱成形期間 44 に関する調節を計算するが、この目的は、 $t(x)$ の値を、シグネチャー設定値に関しての好適なシグネチャー設定値 46 $t(x)_{target}$ と可能な限り近くなるように維持することである。好適なシグネチャー設定値 46 には、例えば、望ましい高温ガラス・コンテナ 32 を以前に提供した値を選択することができる。

【0021】

[0023] 測定シグネチャー 40 $t(x)$ を、 $t(x)_{target}$ に近いように維持するために、制御アルゴリズム 42 は、 I ・ S ・マシンへ適用される望ましい熱成形期間 44 u (例えば、モールド接触時間、ストレッチ時間、プランク接触時間)を計算する。熱成形期間 44 u は、長さ N_u の、値のベクトルを示し、 N_u は、調節された値の数である。調節値を自動的に計算するために、多くの異なる制御アルゴリズムを用いることができる。1つの可能性は、複数の個別の比例・積分・微分(「PID」)制御と、シグネチャー・ベクトルの特定の要素と結びつけられた特定のプロセス入力とを用いることである。変数間の結合を考慮するために、多入力多出力(「MIMO」)コントローラーを用いることもできる。後に説明するが、この目的のための1つの魅力的なアルゴリズムは、制御の文献において、プロセス調節の計算で近似プロセス・モデルを用いる内部モデル制御として知られている形のものである。

【0022】

[0024] 熱成形期間における望ましい変化を達成するために、一般には、複数の相互関係のある変化は、マシン・イベントのタイミングに対して行われる必要があるので、熱成形タイミング調節ブロック 48 を用いて、必要とされる詳細なタイミング調節を計算する。一般に、使用可能なサイクル時間、タイミング・シーケンスの要求、および機械的な干渉の制約により、望ましい熱成形期間 44 を正確に達成できないことがあり得る。許容可能な制約内で望ましい値に接近させるのは、熱成形タイミング調節ブロック 48 の機能である。

【0023】

[0025] 制約は、外部で設定された入力、例えば、サイクル・レート 50 や他の調節可能リミット 52 などから導き出すことができ、また、制約は、プロセス・モデルを、熱成形タイミング調節ブロック 48 内に含まれ得るこのプロセス・モデルのためのデータと共に用いて、計算することができる。熱成形タイミング調節ブロック 48 内での計算は、様々な形態をとることができ、また、例えば、米国特許第 7 489 983 号、第 6 722 1

10

20

30

40

50

58号、第6711916号、第6705120号、第6705119号、第6606886号、第6604386号、第6604385号、第6604384号、および第6604383号の中で説明される最適化を含むことができ、これらの全ては、本特許出願の譲受人へ譲渡されており、これらの全ては、ここで参照することにより、ここに組み入れる。制御アルゴリズム42が許容リミット内にとどまるように、制御アルゴリズム42が制約値を知っていると好都合であり得るので、それらのリミット値を、制御アルゴリズム42へ、調節可能リミット値54として直接に、または熱成形タイミング調節ブロック48から出力されるリミット56として、伝えることができる。

【0024】

[0026] 熱成形タイミング調節ブロック48は、コンテナ成形マシン60を動作させるためのマシン・タイミング信号58を提供する。コンテナ成形マシン60は、機械的運動62を生じ、これが、ガラス成形物理プロセス30をインプリメントする。また、ツーリング熱境界状態(tooling thermal boundary conditions)64も、ガラス成形物理プロセス30に影響を及ぼす。最後に、ガラス成形物理プロセス30は、ガラス・ツーリング(ツール)界面の力およびフラックス(glass-tooling interface forces and fluxes)66をもたらし、これは、コンテナ成形マシン60のオペレーションに影響を及ぼす。

【0025】

[0027] ピクセル・データ・ベクトル、シグネチャー・ベクトル、およびプロセス調節ベクトルの次元 m 、 r 、および N_u に関して、一般に、制御できる量の数は調節可能プロセス入力の数により制限される、ということに注意すべきであり得る。即ち、 N_u の量より多くは制御できない。従って、シグネチャー抽出プロセスの鍵となる構成は、一般に N_u より大きいであろうピクセル・データの元の m 次元を、使用可能な数の入力を用いて制御できる少数の関連値へと下げないように、低減することである。一般に、 r が N_u より小さい又は N_u と等しいことが、要求されるであろう。調節可能入力の数 N_u は、制御に関しての望まれる複雑性(数個より多くの変数の調節は望ましくないことがあり得る)、および有効な制御入力の数により、制限される。即ち、プロセスにおける考慮していることに対して実際に影響を及ぼす本質的プロセス調節が数個のみである場合、更なる変数を調節することは有益ではない。

【0026】

[0028] 図1に示す目標シグネチャー閉ループ制御システムは、I・S・マシンのための制御システム全体の高レベル図を提供する。実際、I・S・マシン全体は複数のセクションから作られ、図1に示す全体的構造は、各セクションに関する独立した制御ループの組としてインプリメントすることができる(I・S・マシン全体に適用されるであろうI・S・マシン速度制御が変化する場合を除く)。そのようなセクション平均制御構造(section average control structure)は、図2の機能図で示している。ここで図2を参照すると、このオペレーションを下記のように説明することができる。加算器74により、シグネチャー設定値72から、セクション平均シグネチャー70が減算される。結果として得られるエラー信号が、セクション制御アルゴリズム76へ供給される。

【0027】

[0029] セクション制御アルゴリズム76は、望ましい熱成形期間78の組を計算し、これらは、熱成形タイミング調節システム80へ入力される。熱成形タイミング調節システム80は、セクションに対しての共通イベント・タイミング値82を計算する。この共通イベント・タイミング値82の組は、そのセクションへ適用される。そのセクションは、典型的には、コンテナの複数の流れを生成する。ブランク側に k 個のモールド・キャビティがあり、ブロー側に k 個のモールド・キャビティがある場合、セクション全体は k 個のサブプロセスで作られると考え、サブプロセスは、それぞれ、ここではキャビティ1プロセス84、キャビティ2プロセス86、そしてキャビティ k プロセス88までのものとして指定するコンテナの流れを生成するものである。キャビティ1プロセス84、キャビティ2プロセス86、およびキャビティ k プロセス88のそれぞれからのものであり、キャビティ1コンテナ90、キャビティ2コンテナ92、およびキャビティ k コンテナ94

10

20

30

40

50

としてそれぞれ示されている高温ガラス・コンテナは、フライト・コンベヤー（示さず）に置かれ、図2に示していない他のセクションからの高温コンテナと共に、マルチポイント・マルチスペクトル測定システム96を通過する。

【0028】

[0030] 図1に示すシステムと同様に、図2に示すマルチポイント・マルチスペクトル測定システム96は、欧州特許出願公開第EP2336740A1号、米国特許第8462203号、および米国特許出願公開第US2011/0141265A1号に記載されたものとしてことができ、これら全ては、その全体を参照することにより、ここに組み入れられている。

【0029】

[0031] マルチポイント・マルチスペクトル測定システム96は、通過するコンテナに対応するコンテナ・ピクセル・ベクトル98のシリアル・ストリームを生成する。コンテナ・ピクセル・ベクトル98は、シグネチャー抽出ブロック100へ送られ、シグネチャー抽出ブロック100は、各コンテナからのピクセル・ベクトルを、次元を低減した対応するシグネチャー値102ベクトルへと変換する。次元を低減したシグネチャー値102（マルチポイント・マルチスペクトル測定システム96を通過した各高温コンテナに対して1つ）のストリームは、セクション・アグリゲーター104へ入力として提供される。セクション・アグリゲーター104は、所与のセクションからの最後に測定されたマシン・サイクルでの生産に対応するものであり次元を低減したシグネチャー値102を集め、k個のシグネチャー・ベクトルを出力するが、このk個のシグネチャー・ベクトルは、第1キャビティ、第2キャビティ、そして第kキャビティまでのそれぞれに対応するキャビティ1シグネチャー106、キャビティ2シグネチャー108、およびキャビティkシグネチャー110として示され、所与のセクションからの最後に測定されたサイクルでの生産を表す。次に、キャビティ1シグネチャー106、キャビティ2シグネチャー108、およびキャビティkシグネチャー110を含むkシグネチャー・ベクトルの組は、セクション平均化ブロック112により平均をとられ、セクション平均シグネチャー70が生成され、ループが完了する。

【0030】

[0032] 図2に示す基本構造の更なる詳細は、セクション内の個別のキャビティに関して使用可能な調節可能パラメーターを利用するように、インプリメントすることができる（セクション全体に対して共通の調節とは反対）。キャビティ全てに対して共通のパラメーターおよび個別に調節可能なパラメーターに対する自動調節を提供するための制御構造の1つの可能なインプリメンテーションが、図3に示されている。セクション平均およびキャビティ制御システムのオペレーションを、この図を参照して説明する。

【0031】

[0033] 主なセクション平均制御ループは、図2を参照して説明したように動作し、システムの同じコンポーネントには同じ参照番号を用いている。更に、カスケード構造が付加されており、セクション平均シグネチャー70は、設定値を、キャビティ1制御アルゴリズム120、キャビティ2制御アルゴリズム122、およびキャビティk制御アルゴリズム124を含むk個の個々のキャビティ制御アルゴリズムへ提供する。次に、個々の制御アルゴリズムのそれぞれは、個々のキャビティをセクション平均に可能なかぎり近くするように、キャビティ特定のパラメーターを調節する。

【0032】

[0034] キャビティ1制御ループを参照すると、加算器126は、セクション平均シグネチャー70からキャビティ1シグネチャー106を減算し、その結果として、セクション1エラー信号を生成し、この信号はキャビティ1制御アルゴリズム120へ供給される。このセクション1エラー信号に基づいて、キャビティ1制御アルゴリズム120は、キャビティ1に対しての望ましい値を計算し、これらは、望ましい熱成形期間78の追加部分を形成する。同様に、キャビティ2制御ループを参照すると、加算器128は、セクション平均シグネチャー70からキャビティ2シグネチャー108を減算し、その結果とし

て、セクション 2 エラー信号を生成し、この信号はキャビティ 2 制御アルゴリズム 1 2 2 へ供給される。このセクション 2 エラー信号に基づいて、キャビティ 2 制御アルゴリズム 1 2 2 は、キャビティ 2 に対しての望ましい値を計算し、これらもまた、望ましい熱成形期間 7 8 の追加部分を形成する。同様に、キャビティ k 制御ループを参照すると、加算器 1 3 0 は、セクション平均シグネチャー 7 0 からキャビティ k シグネチャー 1 1 0 を減算し、その結果として、セクション k エラー信号を生成し、この信号はキャビティ k 制御アルゴリズム 1 2 4 へ供給される。このセクション k エラー信号に基づいて、キャビティ k 制御アルゴリズム 1 2 4 は、キャビティ k に対しての望ましい値を計算し、これらは、望ましい熱成形期間 7 8 の更に別の部分を形成する。

【 0 0 3 3 】

10

[0035] 熱成形タイミング調節システム 8 0 は、キャビティ 1 制御アルゴリズム 1 2 0 、キャビティ 2 制御アルゴリズム 1 2 2 、およびキャビティ k 制御アルゴリズム 1 2 4 により計算された値を、セクション制御アルゴリズム 7 6 により計算された値と共に用いて、そのセクションに関するイベント角度 (event angles) の全てを計算する。全セクションに対して共通である共通イベント・タイミング値 8 2 は、マシン・キャビティの全てへ適用される (図 2 のシステムの場合と同様)。それとは対照的に、キャビティ特定のイベント値は、マシンの特定のキャビティのみへ適用される。即ち、キャビティ 1 イベント値 1 3 2 はキャビティ 1 プロセス 8 4 へ適用され、キャビティ 2 イベント値 1 3 4 はキャビティ 2 プロセス 8 6 へ適用され、キャビティ k イベント値 1 3 6 はキャビティ k プロセス 8 8 へ適用される。

20

【 0 0 3 4 】

[0036] キャビティ特定のイベント値に加えて、キャビティ特定のイベント値のこの使用は、それぞれのキャビティからのコンテナの成形を変更させる結果となり、それは、マルチポイント・マルチスペクトル測定システム 9 6 、コンテナ・ピクセル・ベクトル 9 8 、およびシグネチャー抽出ブロック 1 0 0 により測定および分析された後には、各キャビティからのシグネチャーに関する変化として明らかである。これらの追加のキャビティ・フィードバックループは、それぞれのキャビティに対しての繊細な調節を提供するように動作する。

【 0 0 3 5 】

鍵となるエレメントの説明

30

シグネチャー抽出ブロック

[0037] ここで、シグネチャー抽出ブロック 3 8 、1 0 0 の 2 つの可能なインプリメンテーションを説明する。第 1 のインプリメンテーションは、主成分分析 (「PCA」) として知られる方法を用いる。第 2 のインプリメンテーションは、部分最小二乗回帰として知られる方法を用いる。何れの場合も、全体的な目標は、比較的多数のピクセル・データ・ポイントを取り、それらを、より少数の重要な値へと変換し、次にそれらを制御することである。2 つのアプローチは、重要な値を選択することに関して、それらの基準が異なる。主成分分析では、基準は、少数の変数を用いて、イメージの元の組における分散量 (variance) を可能なかぎり多く捕らえることである。部分最小二乗回帰では、基準は、代表を選択することであり、この場合において、変換されたイメージ・データにおける変化は、別個に測定された品質変数 (例えば、冷温側試験データからのもの) の或る組における変化と、最大限に相関させられる。

40

【 0 0 3 6 】

代替 1 - 主成分分析

[0038] 最初に、n 個のコンテナ・イメージのコレクションが集められる。各コンテナ・イメージは、ピクセル値の長さ m の列ベクトル $x[i]$ に格納される m 個のピクセル値の組により表され、ここにおいて、i は、コレクションにおける第 i のコンテナである。n 行 x m 列の行列 X が形成され、ここにおいて、X の第 i 行は $X^T[i]$ により与えられ、この上付き文字 T は転置 (transpose) を表す。第 i のコンテナを記述するために、変数の新たな小さい組を形成することが望ましく、これは、長さ r のベクトル $t[k]$ で表

50

され、ここでは $r < m$ である。従って、高温コンテナのイメージを記述するために m 個の値を必要とするのではなく、同じコンテナを記述するために r 個の値のみを用いることができる。

【 0 0 3 7 】

[0039] 当然であるが、この技術を有用なものとするため、 $t[i]$ 値は、或る意味でイメージの重要な様相を含む必要がある。特定的には、主成分分析を用いて、最大の分散量を有する個々のピクセル値の線形的組み合わせを識別する。これは、新たな変数 $t[i]$ におけるデータにおける鍵となる変化を捕らえ、これをここではシグネチャーと呼ぶ。特定の計算は下記のように行われる。

【 0 0 3 8 】

[0040] 共分散行列 C_{xx} を下記のように定義する。

【 0 0 3 9 】

【数 1】

$$C_{xx} = X^T X$$

Equation 1

【 0 0 4 0 】

ここにおいて、 X は、 n 行 x m 列のピクセル・データ行列であり、各行が、個別のコンテナのピクセル値を提供する。ここでは、ピクセル値は平均中心化 (mean centered) されている (各ピクセルに関しての平均値が減算されている) と仮定する。

【 0 0 4 1 】

[0041] 新たなベクトル t を、下記のように、 x の列の線形的組み合わせとして提供する。

【 0 0 4 2 】

【数 2】

$$t_i = X w_i$$

$$\|w_i\|_2 = 1$$

Equation 2

【 0 0 4 3 】

ここにおいて、 w_i は、 x の列の線形的組み合わせを定める重みの単位ベクトルである。 t_i の分散量が可能な限り大きいものであるように、重みベクトル w_i の値を見つけることが望まれる。

【 0 0 4 4 】

[0042] 分散量は下記のようにして得られる。

【 0 0 4 5 】

【数 3】

$$c_{xx} = t_i^T t_i$$

Equation 3

【 0 0 4 6 】

[0043] 式 2 (Equation 2) から式 3 (Equation 3) へ t を代入すると下記のようになる。

【 0 0 4 7 】

【数 4】

$$c_{xx} = w_i^T X^T X w_i$$

Equation 4

【 0 0 4 8 】

[0044] そして、式 1 (Equation 1) から共分散行列を代入すると下記のようになる。

【 0 0 4 9 】

【数 5】

$$c_{xx} = w_i^T C_{xx} w_i$$

Equation 5

10

20

30

40

50

【 0 0 5 0 】

[0045] $C_{x \times x}$ は実数であり対称であるので、下記のように因数分解することができる（例えば、ギルバート・ストラング（Gilbert Strang）著「Linear Algebra and Its Applications」、Academic Press、第2版、1980年を参照）。

【 0 0 5 1 】

【数6】

$$C_{xx} = V \Sigma V^T \quad \text{Equation 6}$$

【 0 0 5 2 】

ここにおいて、 V = 列が $C_{x \times x}$ の固有ベクトルである直交行列であり、 $\Sigma = C_{x \times x}$ の固有ベクトルが主対角線上にあり、最大から最小へとソートされる対角線行列である。 10

【 0 0 5 3 】

[0046] 式2（Equation 2）と式6（Equation 6）とを組み合わせると下記のようになる。

【 0 0 5 4 】

【数7】

$$c_{xx} = w_1^T V \Sigma V^T w_1 \quad \text{Equation 7}$$

【 0 0 5 5 】

これは、 w が V^T の最初の行（即ち、 $C_{x \times x}$ の最初の固有ベクトル）と整合させられたときに最大となる。従って、下記のようになる。 20

【 0 0 5 6 】

【数8】

$$w_1 = v_1$$

$$t_1 = X v_1$$

Equation 8

【 0 0 5 7 】

[0047] 同様に、 t_1 と直交する何れかの他の方向に関しての次に大きい分散量が、 $C_{x \times x}$ の第2の固有ベクトルと整合させられる w_2 により、与えられる。このアプローチを継続すると、最大分散量の方向が下記のように定められることが見つけれられる。 30

【 0 0 5 8 】

【数9】

$$T = XV \quad \text{Equation 9}$$

【 0 0 5 9 】

[0048] 従って、最大分散量は T の列により与えられる方向において生じ、最大量の変化（variability）は T の第1列において捕らえられ、次に大きいものは第2列において、そして以下同様に続く。即ち、 T の第1の $r < m$ の列のみを維持することにより、データにおける変化の大部分を捕らえることができる。全変化の所与の部分の捕らえるために必要な r の値は、元のデータにおける相関の度合いに応じたものである。近隣のピクセルとの相関が高いコンテナ・イメージにおけるピクセル値に関して、 r が m よりもかなり小さいことを、期待することができる（例えば、 256×256 ピクセル・イメージに関しては、 $m = 65536$ （ $256^2 = 65536$ ）となり、変化における十分な部分を捕らえるために、 t の最初の10ないし20列のみを維持することを必要とし得る）。 T および V の最初の列 r のみを維持することにより与えられる変数 T_r および V_r の低減した組を定め、下記のように変換された値（主成分として知られる）を得た。

【 0 0 6 0 】

【数10】

$$T_r = X V_r \quad \text{Equation 10}$$

【 0 0 6 1 】

[0049] 行列 V_r が計算されると、それは、セーブされ、次に、それぞれの後続する新たなコンテナ・イメージ x_{new} を、下記の式を用いて新たな変換されたベクトル t_{new} へと変換するために、用いられる。

【 0 0 6 2 】

【 数 1 1 】

$$t_{new} = V_r^T x_{new}$$

Equation 11

【 0 0 6 3 】

$r < m$ である長さ r のベクトル t_{new} は、コンテナ・シグネチャーと呼ばれる。

10

【 0 0 6 4 】

代替 2 - 部分最小二乗回帰

[0050] 代替 1 と同様に、 n 個のコンテナ・イメージのコレクションが集められる。各コンテナ・イメージは、ピクセル値の長さ m の列ベクトル $x[i]$ に格納される m 個のピクセル値の組により表され、ここにおいて、 i は、コレクションにおける第 i のコンテナである。次に、 n 行 \times m 列の行列 X が形成され、ここにおいて、 X の第 i 行は $X^T[i]$ により与えられる。これらの高温コンテナのそれぞれに関して、 p 個の品質関連値（例えば、壁の厚さ、傾斜、楕円率・・・）が測定され、これを、長さ p の列ベクトル $y[k]$ と表す。これらは、 n 行 \times p 列の行列 Y にするように集められ、ここにおいて、 Y の第 i 行は $y^T[i]$ により与えられる。（ y の要素は、ここでは、既に適切にスケールリングまたは正規化されていると仮定され、従って、個々の品質変数における偏差は同等であり、 Y の列はゼロ平均（zero mean）を有する。）

20

[0051] 第 i 行のコンテナを記述するために、新たな変数の小さい組を形成することが望ましく、それは、 $r < m$ である長さ r のベクトル $t[k]$ で表される。従って、コンテナのイメージを記述するために m 個の値を必要とするのではなく、 r 個の値のみを用いることができる。当然であるが、この技術を有用なものとするため、 $t[i]$ 値は、或る意味でイメージの重要な様相を含む必要がある。特定的には、部分最小二乗回帰を用いて、最大の分散量を有する個々のピクセル値と品質変数との線形的組み合わせを識別する。直観的には、品質における変化と最も密接に関連する、イメージにおける変化の様相を求めようとされ、これは最重要事項である。特定の計算は下記のように行われる。

30

【 0 0 6 5 】

[0052] 相互共分散（cross covariance）行列 C_{yx} を下記のように定める。

【 0 0 6 6 】

【 数 1 2 】

$$C_{yx} = Y^T X$$

Equation 12

【 0 0 6 7 】

[0053] 入力（イメージ・データ）と出力（品質データ）との間の最大共分散の方向が求められる。2つの特定の入力および出力のベクトル p および q を下記のように定める。

【 0 0 6 8 】

40

【 数 1 3 】

$$p = Yf$$

$$q = Xg$$

Equation 13

$$\|f\|_2 = \|g\|_2 = 1$$

【 0 0 6 9 】

従って、 p は、 Y の列の線形的組み合わせであり、 q は、 X の列の線形的組み合わせである。

【 0 0 7 0 】

[0054] p と q との間の共分散 c_{pq} は下記のように与えられる。

50

【 0 0 7 1 】

【 数 1 4 】

$$c_{pq} = p^T q$$

Equation 14

【 0 0 7 2 】

[0055] p および q に関して式 1 3 (Equation 1 3) から式 1 4 (Equation 1 4) への代入を行うと、下記ようになる。

【 0 0 7 3 】

【 数 1 5 】

$$c_{pq} = f^T Y^T X g$$

Equation 15

10

【 0 0 7 4 】

[0056] 相互共分散行列に関して式 1 2 (Equation 1 2) から式 1 5 (Equation 1 5) への代入を行うと、下記ようになる。

【 0 0 7 5 】

【 数 1 6 】

$$c_{pq} = f^T C_{yx} g$$

Equation 16

【 0 0 7 6 】

c_{pq} を最大にする値 f^* および g^* が求められる。

20

【 0 0 7 7 】

[0057] ここでは、

【 0 0 7 8 】

【 数 1 7 】

$$r^* = C_{yx} g^*$$

Equation 17

【 0 0 7 9 】

とする。

【 0 0 8 0 】

[0058] そうすると、式 1 6 (Equation 1 6) および式 1 7 (Equation 1 7) から下記

30

【 0 0 8 1 】

【 数 1 8 】

$$c_{pq} = f^{*T} r^*$$

Equation 18

【 0 0 8 2 】

[0059] f は単位ベクトルであるので、 c_{pq} は、f と r^* とがコリニア (collinear) であるときに最大となる。従って、 f^* を下記のように定める。

【 0 0 8 3 】

【 数 1 9 】

$$f^* = \frac{r^*}{\sqrt{r^{*T} r^*}}$$

Equation 19

40

【 0 0 8 4 】

[0060] 式 1 8 (Equation 1 8) への代入を行うと、共分散 c_{pq}^* の最大値は、下記のように与えられる。

【 0 0 8 5 】

【 数 2 0 】

$$c_{pq}^* = \sqrt{r^{*T} r^*}$$

Equation 20

50

【 0 0 8 6 】

ここにおいて、式 2 0 (Equation 2 0) の右手側の項は、 r^* の大きさ (ユークリッド長) である。従って、相互共分散を最大にするために、 r^* の大きさを可能なかぎり大きくしたい。従って、 r^* の大きさを最大にするために g^* を見つける必要がある。

【 0 0 8 7 】

[0061] これは、下記のようにファクター $C_{y \times}$ に対しての特異値分解 (singular value decomposition) (ギルバート・ストラング著「Linear Algebra and Its Applications」、Academic Press、第 2 版、1980 年を参照) により、見つけることができる。

【 0 0 8 8 】

【数 2 1】

$$C_{yx} = WSV^T$$

Equation 21

10

【 0 0 8 9 】

ここにおいて、 W = 左特異ベクトルの $N \times N$ ユニタリー行列 ($W^T W = I$ 、 I は恒等行列 (identity matrix)) であり、 S = 減少順での特異値の $N \times M$ 対角線行列であり、 V = 右特異ベクトルの $M \times M$ ユニタリー行列 ($V^T V = I$) である。

【 0 0 9 0 】

[0062] S の内部構造は下記により与えられる。

【 0 0 9 1 】

【数 2 2】

$$S = \begin{pmatrix} \sigma_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sigma_M \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

20

【 0 0 9 2 】

ここにおいて、 $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_M$ である。

30

【 0 0 9 3 】

[0063] $C_{y \times}$ に関して式 2 1 (Equation 2 1) から式 1 7 (Equation 1 7) への代入を行うと、下記の式が与えられる。

【 0 0 9 4 】

【数 2 3】

$$r^* = WSV^T g^*$$

Equation 22

【 0 0 9 5 】

[0064] 異値分解の構造から、最大増幅 (最大の r^*) が、 V の最初の列、 $g_1^* = v_1$ に関して生じることが、理解できる。対応する r と、従って、 f とは、 W の最初の列 (特異ベクトル) と整合させられる。同様に、 $p_1 = X g_1$ と直交する何れかの他の方向に関しての、次に大きい共分散は、 $C_{y \times}$ の第 2 列と整合させられる g_2 により与えられる。このアプローチを継続すると、変換された変数により最大共分散の方向が定められることが、見つけられる。

40

【 0 0 9 6 】

【数 2 4】

$$T = XV$$

$$U = YW$$

Equation 23

【 0 0 9 7 】

50

[0065] 低減した次元のシグネチャーを得るために、 $r < m$ である最初の r 個のシグネチャー・ベクトルと特異値とのみを維持する。即ち、 V_r および W_r を、それぞれ、 V および W の最初の r 個の列と定める。 V_r を得た後、それらはセーブされ、新たなイメージ・ベクトル x_{new} から、シグネチャー・ベクトル t_{new} の新たな値が、下記の式を用いて計算される。

【 0 0 9 8 】

【 数 2 5 】

$$t_{new} = V_r^T x_{new}$$

Equation 24

【 0 0 9 9 】

10

[0066] また、変換された品質変数 U を変換された入力変数 T の関数として回帰推定することにより、品質変数の即座の予測（通常は、冷却端へ向けて高温コンテナが徐冷窯を通過した後まで得られず、これは 30 ~ 60 分であり得る）を好都合に得ることが、可能である。

【 0 1 0 0 】

[0067] 特定的には、エラー を最小にするための係数値の行列 B を見つけるために通常の最小二乗回帰（ギルバート・ストラング著「Linear Algebra and Its Applications」、Academic Press、第 2 版、1980 年を参照）を用いる。

【 0 1 0 1 】

【 数 2 6 】

20

$$U_r = TB + \varepsilon$$

Equation 25

【 0 1 0 2 】

[0068] 行列 B が得られた後、変換された品質変数の新たな値が、下記の式から得られる。

【 0 1 0 3 】

【 数 2 7 】

$$u_{new} = B^T t_{new}$$

Equation 26

【 0 1 0 4 】

30

[0069] また、 W_r の定義から下記の式を得る。

【 0 1 0 5 】

【 数 2 8 】

$$y_{new} = W_r u_{new}$$

Equation 27

【 0 1 0 6 】

[0070] u_{new} に関して式 26 (Equation 26) から、および t_{new} に関して式 24 (Equation 24) から、式 27 (Equation 27) において代入を行うと、入力イメージ・ベクトルから予測される品質変数を計算するための全体的表現が与えられる。

【 0 1 0 7 】

40

【 数 2 9 】

$$y_{new} = W_r B^T V_r^T x_{new}$$

Equation 28

【 0 1 0 8 】

[0071] 式 28 (Equation 28) から結果として得られる品質変数の予測は、監視機能を提供するためにユーザーに対して表示することができ、または、閉ループ制御システムにおいてフィードバック信号として用いることができる。後者の、計算された測定値のフィードバック制御での使用は、一般に、「ソフト・センサー」（ソフトウェア・センサーを短縮したもの）と呼ばれている。

【 0 1 0 9 】

50

閉ループ・コントローラー

[0072] コンテナ・シグネチャー信号を得た後（例えば、上記の主成分分析または部分最小二乗を用いる）、これを閉ループ・コントローラーへフィードバックすることができる。閉ループ・コントローラーの責務は、シグネチャーを或る望ましい値（設定値）に維持するように、プロセスを自動的に調節することである。典型的に、シグネチャーのこの望ましい値は、最初に、良好と考えられる何らかの典型的なコンテナ組を識別することにより、得られる。それらのコンテナの平均シグネチャー値を計算することができ、次に、設定値として用いることができる。実際の閉ループ調節を行うために用いることができる多くの可能なアルゴリズムがある。一般に、何れのそのようなアルゴリズムも、制御問題における多変数の特質に対処しなければならず、制御問題では、シグネチャー・ベクトルの r 個の要素を制御するために、 N_u 個の異なる成形期間が調節される。

10

【0110】

[0073] 実際の閉ループ調節を行うために、図4で概略的に示した例示の制御システムなどのような、内部モデル・ベースの制御システムを用いることができる。このシステムは、内部モデル制御パラダイム（制御システムの文献ではそのように呼ばれている）に従い、予測プロセス・モデル140と逆プロセス・モデル142との双方を用いる。予測プロセス・モデル140は、成形期間における変化に対してのコンテナ・シグネチャーの予測される反応を計算するために、用いられる。逆プロセス・モデル142は、システムへ適用されたときに望ましいシグネチャーの近似値を提供する成形期間の組を計算する。

20

【0111】

[0074] 図4に示す閉ループ制御は下記のように動作する。望ましいシグネチャー設定値144が、逆プロセス・モデル142へ入力される。逆プロセス・モデル142は、次に、望ましいシグネチャー値をほぼ達成すべきである望ましい成形期間146の組を計算する。望ましい成形期間146は、次に、熱成形タイミング調節システム148へ提供され、熱成形タイミング調節システム148は、例えば、米国特許第7489983号、第6722158号、第6711916号、第6705120号、第6705119号、第6606886号、第6604386号、第6604385号、第6604384号、および第6604383号の中で説明されているサイクル最適化技術を用いて、望ましい成形期間146をイベント・タイミング・オン/オフ値150へと変換する。上記の特許の全ては、本特許出願の譲受人へ譲渡されており、これらの全ては、上記で参照されたことにより、ここに組み入れられている。

30

【0112】

[0075] イベント・タイミング・オン/オフ値150は、次に、ガラス成形物理プロセス152へ適用される。これにより、高温コンテナ154は、特定の熱状態およびガラス分布とされてガラス成形物理プロセス152から出るようにされ、次に、マルチポイント・マルチスペクトル測定システム156により測定される。図1～図3に示すシステムの場合と同様に、図4に示すマルチポイント・マルチスペクトル測定システム156は、欧州特許出願公開第EP2336740A1号、米国特許第8462203号、および米国特許出願公開第US2011/0141265A1号に記載されたものとして行うことができ、これら全ては、上記でその全体を参照したことにより、ここに組み入れられている。

40

【0113】

[0076] マルチポイント・マルチスペクトル測定システム156は、それぞれの高温コンテナ154に対してのコンテナ・ピクセル・ベクトル158を作成し、それをシグネチャー抽出ブロック160へ送る。シグネチャー抽出ブロック160は、例えば、上記の主成分分析または部分最小二乗のアルゴリズムを用い、次元の低減を行い、それぞれの高温コンテナ154に対してのシグネチャー値162を提供する。また、望ましい成形期間146が予測プロセス・モデル140へ適用され、予測プロセス・モデル140は、高温コンテナ154の予測シグネチャー（predicted signature）164を計算する。加算器166において、予測シグネチャー164を、シグネチャー値162から減算し、モデリング・エラー信号168を作成する。

50

【 0 1 1 4 】

【0077】 プロセスのモデルが完全であった場合、モデリング・エラー信号 1 6 8 はゼロとなるであろう。しかし、完全な対処をできない多くの実際の要因により、モデリング・エラー信号 1 6 8 は、一般にはゼロとはならない。モデリング・エラー信号 1 6 8 を考慮するために、加算器 1 7 0 は、モデリング・エラー信号 1 6 8 を、コンテナ・シグネチャー設定値 1 7 2 から減算し、変更された設定値 1 7 4 を作成する。モデリング・エラー信号 1 6 8 に起因して、コンテナ・シグネチャー設定値 1 7 2 の現在値が、大きすぎる応答を生じさせる場合、より小さい応答を要求するように、コンテナ・シグネチャー設定値 1 7 2 を、それに従って変更できること、また、このことの逆のことを、理解することができる。

10

【 0 1 1 5 】

【0078】 高周波数モデリング・エラーに対してのロバスト性を提供するために、およびスプリアス高周波数ノイズに対しての反応を避けるために、変更された設定値 1 7 4 は、ロー・パス・フィルタ 1 7 6、例えば、ローリング平均値 (rolling average value)、を通され、フィルタリングされた変更された望ましいシグネチャー設定値 1 4 4 が作成され、制御ループは完了する。全体的なマシン制御システムに関しては、それぞれが同じ一般的構造を持つ複数の内部モデル・コントローラーと、図 4 を参照してここで説明した演算とを、インプリメントすることができる。セクション平均シグネチャーを調整するためには、セクションごとに少なくとも 1 つの内部モデル・コントローラーがあることが、好ましいであろう。図 3 を参照して説明したシステムの場合のように、個別のキャビティ・レベルの調節が用いられる場合、各セクションに関して、キャビティ・シグネチャーを制御するために割り当てられる追加の内部モデル・コントローラーもあり得るであろう。

20

【 0 1 1 6 】

内部モデル

【0079】 図 4 に示すシステムの好適な実施形態では、下記の式を有する成形プロセスの線形パータベーション・モデル (linear, perturbation model) が用いられるであろう。

【 0 1 1 7 】

【数 3 0】

$$z = Pu$$

Equation 29

30

【 0 1 1 8 】

上記において、 z は、シグネチャー・パータベーションのベクトルであり、 P は、感度の係数の行列であり、 u は、成形パラメーター (期間) 調節のベクトルである。

【 0 1 1 9 】

【0080】 行列 P は、実際のセクションに対して一組のテストを行うことにより経験的に決定することができ、この場合において、入力パラメーター u が変化させられ、結果として得られるパータベーション z が記録される。代替的に、十分に正確なシミュレーション・モデルを使用可能な場合には、「実験」を、そのシミュレーション・モデルを用いて数値的に行い、線形化したモデルを得ることができる。何れの場合でも、回帰技術を用いて、結果として得られたデータを式 2 9 (Equation 2 9) の形の式に適合させることができる。次に、逆モデル (inverse model) は、ムーア・ペンローズの擬似逆行列 (ロジャー・ペンローズ (Roger Penrose) 著「A Generalized Inverse for Matrices (行列に対する一般逆行列)」、Proceedings of the Cambridge Philosophical Society 51:406-413、1 9 5 5 年) を用いて得ることができる。従って、下記ようになる。

40

【 0 1 2 0 】

【数 3 1】

$$u = P^+ z$$

Equation 30

【 0 1 2 1 】

上記において、 u および z は、式 2 9 (Equation 2 9) のものと同様であり、 P^+ は、

50

ムーア・ペンローズの擬似逆行列である。ムーア・ペンローズの擬似逆行列の特性は、この応用に特に適する。

【0122】

[0081] 使用可能な入力調節（ベクトル u の要素）の数がシグネチャー座標の数より少ない場合、一般に、任意の組のシグネチャー要素値を達成することはできない。式 30（Equation 30）の式は組の入力 u を提供し、これは、望ましい値に可能な限り近い（最小二乗誤差に関して）ものであった出力 z を提供したのである。代替的に、シグネチャー要素よりも多くの調節可能パラメーターがある場合には、複数の可能な解（複数の値の u ）がある。この場合、ムーア・ペンローズの擬似逆行列は、最小の大きさの組の入力 u を提供するための望ましい特性を有する。

10

【0123】

[0082] 上記のアプローチの何れの実際的なインプリメンテーションにおいても、プロセス・パラメーター調節は任意に大きくすることができず、従って、適切な制限を適用せねばならない、ということが認識される。そのような制限を提供するための1つのアプローチが図5に示されており、このアプローチにおいて、制限を有する内部モデル制御は、図4を参照して説明したように動作し、また、システムの同じコンポーネントに対しては同じ参照番号を用いている。

【0124】

[0083] 更に、最小/最大値リミット・ブロック 180 が付加され、これが、許容される最小値または最大値を熱成形タイミング調節システム 148 へ提供し、次に、熱成形タイミング調節システム 148 は、達成可能な（制限された）出力信号 182 を予測プロセス・モデル 140 へ提供する。同じ制限された出力が、イベント・タイミング・オン/オフ・イベント角度値 150 としてガラス成形物理プロセス 152 へ印加され、且つ達成可能な（制限された）出力信号 182 として予測プロセス・モデル 140 へ印加されるので、予測プロセス・モデル 140 は、達成可能な（制限された）出力信号がクリップされていることと、その達成可能な（制限された）出力信号 182 をクリップすることにより何れの追加のモデリング・エラーも生じさせないことを「知っている」。

20

【0125】

[0084] 本発明の上記の説明では、特定の実施形態とその応用とを参照して示し説明したが、これは、例示および説明を目的として示したものであり、本発明は、網羅していることを意図しておらず、また、開示した特定の実施形態や応用に限定することを意図していない。ここで説明した本発明に対して、本発明の精神や範囲から外れない多くの改変、変更、変形、または代替がなされ得ることが、当業者には明らかであろう。本発明の原理およびその実的な応用を最適に示すため、そして、それにより、当業者が、本発明を様々な実施形態において使用できるように、および企図される特定の使用に適する様々な変更を加えて使用できるようにするために、特定の実施形態および応用が選択され説明された。従って、全てのそのような改変、変更、変形、または代替は、添付の特許請求の範囲を公正で合法的で公平に権利を与えられる範囲に従って解釈したときに添付の特許請求の範囲により決定される、本発明の範囲内にあると見られるべきである。

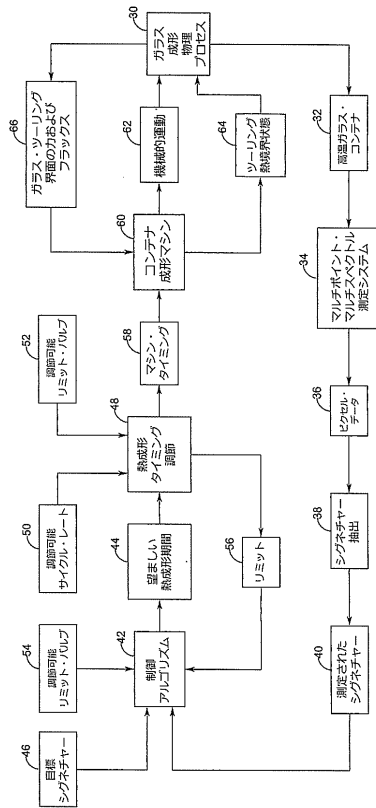
30

【0126】

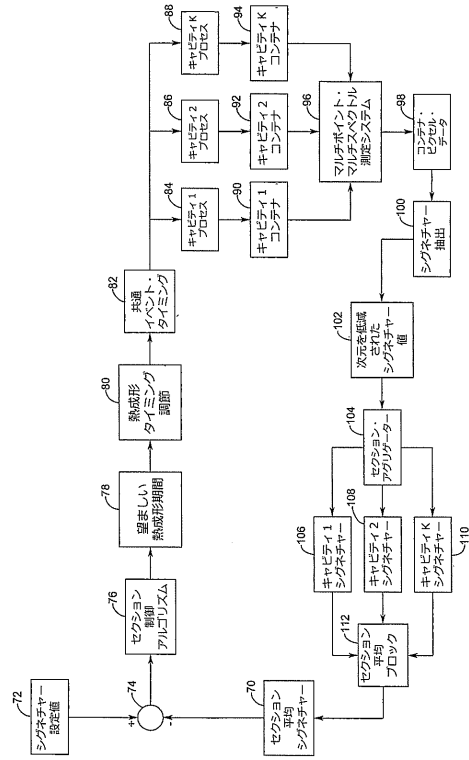
[0085] 本願は、添付の特許請求の範囲において特徴の特定の組み合わせを記載しているが、ここで説明した何れかの特徴の何れかの組み合わせが現在において特許請求されているか否かにかかわらず、本発明の様々な実施形態はそのような組み合わせとも関連しており、特徴のそのような組み合わせの何れも、本願または将来の出願で特許請求され得る。上記の何れかの例示の実施形態の何れかの特徴、エレメント、またはコンポーネントも、単独で、または上記の他の何れかの例示の実施形態の何れかの特徴、エレメント、またはコンポーネントと組み合わせ、特許請求することができる。

40

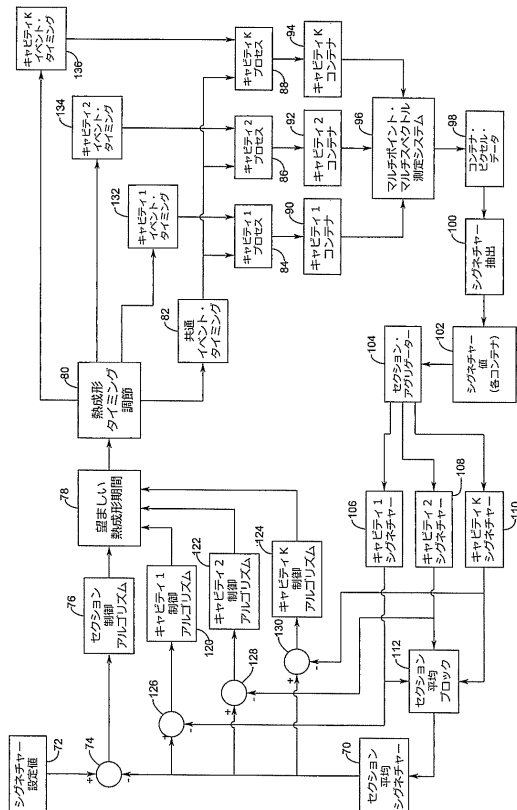
【 図 1 】



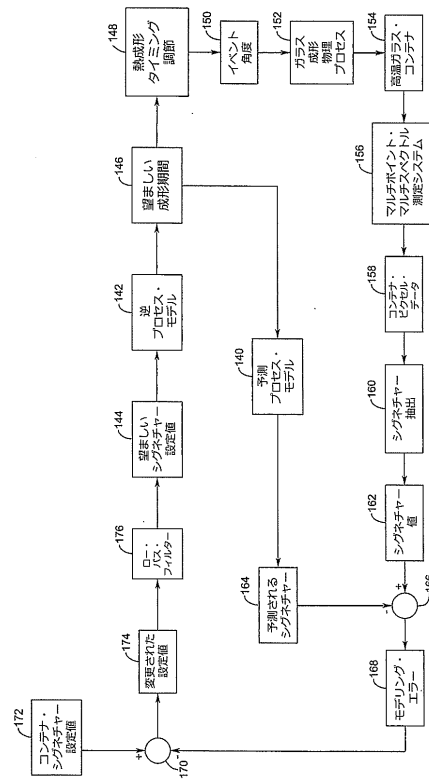
【 図 2 】



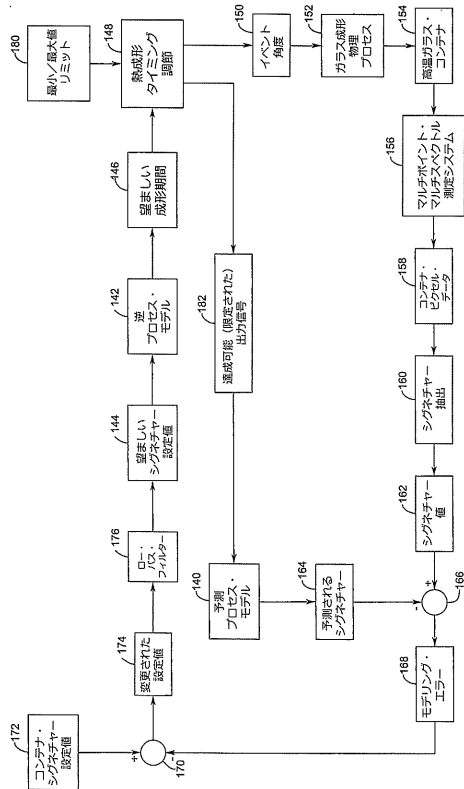
【 図 3 】



【 図 4 】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 ジョナサン・エス・サイモン

アメリカ合衆国コネチカット州 0 6 0 6 3 , プレザント・バレー , センター・ヒル・ロード 1 6
8

審査官 影山 直洋

(56)参考文献 特開 2 0 1 2 - 2 1 9 0 1 1 (J P , A)

特開 2 0 1 2 - 1 8 4 1 6 0 (J P , A)

特開 2 0 1 3 - 0 4 1 4 4 8 (J P , A)

特表 2 0 0 9 - 5 3 1 2 6 9 (J P , A)

特開 2 0 0 1 - 2 9 6 9 0 2 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 5 B 1 3 / 0 4

C 0 3 B 9 / 4 0

C 0 3 B 9 / 4 4 7