

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6801225号
(P6801225)

(45) 発行日 令和2年12月16日(2020.12.16)

(24) 登録日 令和2年11月30日(2020.11.30)

(51) Int. Cl. F I
G 1 0 H 1/00 (2006.01) G 1 0 H 1/00 1 0 2 Z
G 1 0 G 1/00 (2006.01) G 1 0 H 1/00 Z
 G 1 0 G 1/00

請求項の数 16 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2016-99642 (P2016-99642)	(73) 特許権者	000004075
(22) 出願日	平成28年5月18日 (2016. 5. 18)		ヤマハ株式会社
(65) 公開番号	特開2017-207615 (P2017-207615A)		静岡県浜松市中区中沢町10番1号
(43) 公開日	平成29年11月24日 (2017. 11. 24)	(74) 代理人	100125689
審査請求日	平成31年3月22日 (2019. 3. 22)		弁理士 大林 章
		(74) 代理人	100128598
			弁理士 高田 聖一
		(74) 代理人	100121108
			弁理士 高橋 太朗
		(72) 発明者	前澤 陽
			静岡県浜松市中区中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内
		(72) 発明者	山本 和彦
			静岡県浜松市中区中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 自動演奏システムおよび自動演奏方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

楽曲を演奏する演奏者の合図動作を検出する合図検出部と、
 演奏された音を表す音響信号を当該演奏に並行して解析することで前記楽曲内の演奏位置を順次に推定する演奏解析部と、
 前記合図検出部が検出する合図動作と前記演奏解析部が推定する演奏位置の進行とに前記楽曲の自動演奏が同期するように自動演奏装置を制御する演奏制御部とを具備し、
 前記演奏解析部は、前記音響信号の解析により演奏速度を推定し、
 前記演奏制御部は、前記楽曲のうち、前記演奏解析部が推定した演奏位置に対して前記演奏速度に応じた調整量だけ後方の時点の演奏を、前記自動演奏装置に指示する
 を具備する自動演奏システム。

10

【請求項2】

楽曲を演奏する演奏者の合図動作を検出する合図検出部と、
 演奏された音を表す音響信号を当該演奏に並行して解析することで前記楽曲内の演奏位置を順次に推定する演奏解析部と、
 前記合図検出部が合図動作を検出した時点から前記楽曲の演奏速度に応じた可変の時間長が経過した時点において前記楽曲の自動演奏が開始し、前記演奏解析部が推定する演奏位置の進行に当該自動演奏が同期するように、自動演奏装置を制御する演奏制御部と
 を具備する自動演奏システム。

【請求項3】

20

楽曲内の監視期間において当該楽曲の演奏者の合図動作を検出する監視動作を実行し、前記監視期間外において前記監視動作を停止する合図検出部と、

演奏された音を表す音響信号を当該演奏に並行して解析することで前記楽曲内の演奏位置を順次に推定する演奏解析部と、

前記合図検出部が検出する合図動作と前記演奏解析部が推定する演奏位置の進行とに前記楽曲の自動演奏が同期するように自動演奏装置を制御する演奏制御部と

を具備する自動演奏システム。

【請求項 4】

楽曲を演奏する相異なる演奏者を撮像した複数の画像の何れかを選択し、当該画像から当該演奏者の合図動作を検出する合図検出部であって、前記選択する画像を経時的に変更する合図検出部と、

10

演奏された音を表す音響信号を当該演奏に並行して解析することで前記楽曲内の演奏位置を順次に推定する演奏解析部と、

前記合図検出部が検出する合図動作と前記演奏解析部が推定する演奏位置の進行とに前記楽曲の自動演奏が同期するように自動演奏装置を制御する演奏制御部と

を具備する自動演奏システム。

【請求項 5】

前記演奏制御部は、前記楽曲のうち前記演奏解析部が推定した演奏位置に対して後方の時点の演奏を前記自動演奏装置に指示する

請求項 2 から請求項 4 の何れかの自動演奏システム。

20

【請求項 6】

前記演奏解析部は、前記音響信号の解析により演奏速度を推定し、

前記演奏制御部は、前記楽曲のうち、前記演奏解析部が推定した演奏位置に対して、前記演奏解析部が推定した演奏速度に応じた調整量だけ後方の時点の演奏を、前記自動演奏装置に指示する

請求項 5 の自動演奏システム。

【請求項 7】

前記自動演奏の進行を表す画像を表示装置に表示させる表示制御部

を具備する請求項 1 から請求項 6 の何れかの自動演奏システム。

【請求項 8】

前記表示制御部は、前記自動演奏による演奏内容に応じて動的に変化する画像を前記表示装置に表示させる

請求項 7 の自動演奏システム。

30

【請求項 9】

コンピュータシステムが、

楽曲を演奏する演奏者の合図動作を検出し、

演奏された音を表す音響信号を当該演奏に並行して解析することで前記楽曲内の演奏位置を順次に推定し、

前記音響信号の解析により演奏速度を推定し、

前記合図動作と前記演奏位置の進行とに前記楽曲の自動演奏が同期するように自動演奏装置を制御する自動演奏方法であって、

40

前記自動演奏装置の制御においては、前記楽曲のうち、前記演奏位置に対して前記演奏速度に応じた調整量だけ後方の時点の演奏を、前記自動演奏装置に指示する

自動演奏方法。

【請求項 10】

コンピュータシステムが、

楽曲を演奏する演奏者の合図動作を検出し、

演奏された音を表す音響信号を当該演奏に並行して解析することで前記楽曲内の演奏位置を順次に推定し、

前記合図動作を検出した時点から前記楽曲の演奏速度に応じた可変の時間長が経過した

50

時点において前記楽曲の自動演奏が開始し、前記演奏位置の進行に当該自動演奏が同期するように、自動演奏装置を制御する

自動演奏方法。

【請求項 1 1】

コンピュータシステムが、

楽曲内の監視期間において当該楽曲の演奏者の合図動作を検出する監視動作を実行し、前記監視期間外において前記監視動作を停止し、

演奏された音を表す音響信号を当該演奏に並行して解析することで前記楽曲内の演奏位置を順次に推定し、

前記合図動作と前記演奏位置の進行とに前記楽曲の自動演奏が同期するように自動演奏装置を制御する

自動演奏方法。

【請求項 1 2】

コンピュータシステムが、

楽曲を演奏する相異なる演奏者を撮像した複数の画像の何れかを選択し、当該画像から当該演奏者の合図動作を検出する一方、前記選択する画像を経時的に変更し、

演奏された音を表す音響信号を当該演奏に並行して解析することで前記楽曲内の演奏位置を順次に推定し、

前記合図動作と前記演奏位置の進行とに前記楽曲の自動演奏が同期するように自動演奏装置を制御する

自動演奏方法。

【請求項 1 3】

前記自動演奏装置の制御においては、前記楽曲のうち前記推定した演奏位置に対して後方の時点の演奏を前記自動演奏装置に指示する

請求項 1 0 から請求項 1 2 の何れかの自動演奏方法。

【請求項 1 4】

前記音響信号の解析により演奏速度を推定し、

前記自動演奏装置の制御においては、前記楽曲のうち、前記推定した演奏位置に対して、前記推定した演奏速度に応じた調整量だけ後方の時点の演奏を、前記自動演奏装置に指示する

請求項 1 3 の自動演奏方法。

【請求項 1 5】

前記自動演奏の進行を表す画像を表示装置に表示させる

を具備する請求項 9 から請求項 1 4 の何れかの自動演奏方法。

【請求項 1 6】

前記表示装置の制御においては、前記自動演奏による演奏内容に応じて動的に変化する画像を前記表示装置に表示させる

請求項 1 5 の自動演奏方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、自動演奏に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

楽曲を演奏した音の解析により、楽曲内で現に演奏されている位置（以下「演奏位置」という）を推定するスコアアライメント技術が従来から提案されている（例えば特許文献 1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 3】

10

20

30

40

50

【特許文献1】特開2015-79183号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

他方、楽曲の演奏内容を表す楽曲データを利用して鍵盤楽器等の楽器を発音させる自動演奏技術が普及している。演奏位置の解析結果を自動演奏に適用すれば、演奏者による楽器の演奏に同期した自動演奏が実現され得る。本発明は、演奏者による演奏と自動演奏とを高精度に同期させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

以上の課題を解決するために、本発明の好適な態様に係る自動演奏システムは、楽曲を演奏する演奏者の合図動作を検出する合図検出部と、演奏された音を表す音響信号を当該演奏に並行して解析することで楽曲内の演奏位置を順次に推定する演奏解析部と、合図検出部が検出する合図動作と演奏解析部が推定する演奏位置の進行とに同期するように楽曲の自動演奏を自動演奏装置に実行させる演奏制御部と、自動演奏の進行を表す画像を表示装置に表示させる表示制御部とを具備する。以上の構成では、演奏者による合図動作と演奏位置の進行とに同期するように自動演奏装置による自動演奏が実行される一方、自動演奏装置による自動演奏の進行を表す画像が表示装置に表示される。したがって、自動演奏装置による自動演奏の進行を演奏者が視覚的に確認して自身の演奏に反映させることが可能である。すなわち、演奏者による演奏と自動演奏装置による自動演奏とが相互に作用し合う自然な演奏が実現される。

【0006】

本発明の好適な態様において、演奏制御部は、楽曲のうち演奏解析部が推定した演奏位置に対して後方の時点の演奏を自動演奏装置に指示する。以上の態様では、演奏解析部が推定した演奏位置に対して時間的に後方の時点の演奏内容が自動演奏装置に指示される。したがって、演奏制御部による演奏の指示に対して自動演奏装置による実際の発音が遅延する場合でも、演奏者による演奏と自動演奏とを高精度に同期させることが可能である。

【0007】

本発明の好適な態様において、演奏解析部は、音響信号の解析により演奏速度を推定し、演奏制御部は、楽曲のうち、演奏解析部が推定した演奏位置に対して演奏速度に応じた調整量だけ後方の時点の演奏を、自動演奏装置に指示する。以上の態様では、演奏解析部が推定した演奏速度に応じた可変の調整量だけ演奏位置に対して後方の時点の演奏が自動演奏装置に指示される。したがって、例えば演奏速度が変動する場合でも、演奏者による演奏と自動演奏とを高精度に同期させることが可能である。

【0008】

合図検出部は、撮像装置が演奏者を撮像した画像の解析により合図動作を検出する。以上の態様では、撮像装置が撮像した画像の解析により演奏者の合図動作が検出されるから、例えば演奏者の身体に装着した検出器により合図動作を検出する場合と比較して、演奏者による演奏に対する影響を低減しながら合図動作を検出できるという利点がある。

【0009】

表示制御部は、自動演奏による演奏内容に応じて動的に変化する画像を表示装置に表示させる。以上の態様では、自動演奏による演奏内容に応じて動的に変化する画像が表示装置に表示されるから、演奏者が自動演奏の進行を視覚的および直観的に把握できるという利点がある。

【0010】

本発明の好適な態様に係る自動演奏方法は、コンピュータシステムが、楽曲を演奏する演奏者の合図動作を検出し、演奏された音を表す音響信号を当該演奏に並行して解析することで楽曲内の演奏位置を順次に推定し、合図動作と演奏位置の進行とに同期するように楽曲の自動演奏を自動演奏装置に実行させ、自動演奏の進行を表す画像を表示装置に表示

10

20

30

40

50

させる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の実施形態に係る自動演奏システムの構成図である。

【図2】合図動作および演奏位置の説明図である。

【図3】画像合成部による画像合成の説明図である。

【図4】対象楽曲の演奏位置と自動演奏の指示位置との関係の説明図である。

【図5】合図動作の位置と対象楽曲の演奏の始点との関係の説明図である。

【図6】演奏画像の説明図である。

【図7】演奏画像の説明図である。

【図8】制御装置の動作のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0012】

図1は、本発明の好適な形態に係る自動演奏システム100の構成図である。自動演奏システム100は、複数の演奏者Pが楽器を演奏する音響ホール等の空間に設置され、複数の演奏者Pによる楽曲（以下「対象楽曲」という）の演奏に並行して対象楽曲の自動演奏を実行するコンピュータシステムである。なお、演奏者Pは、典型的には楽器の演奏者であるが、対象楽曲の歌唱者も演奏者Pであり得る。すなわち、本出願における「演奏」には、楽器の演奏だけでなく歌唱も包含される。また、実際には楽器の演奏を担当しない者（例えば、コンサート時の指揮者やレコーディング時の音響監督など）も、演奏者Pに

10

20

【0013】

図1に例示される通り、本実施形態の自動演奏システム100は、制御装置12と記憶装置14と収録装置22と自動演奏装置24と表示装置26とを具備する。制御装置12と記憶装置14とは、例えばパーソナルコンピュータ等の情報処理装置で実現される。

【0014】

制御装置12は、例えばCPU（Central Processing Unit）等の処理回路であり、自動演奏システム100の各要素を統括的に制御する。記憶装置14は、例えば磁気記録媒体または半導体記録媒体等の公知の記録媒体、あるいは複数種の記録媒体の組合せで構成され、制御装置12が実行するプログラムと制御装置12が使用する各種のデータとを記憶する。なお、自動演奏システム100とは別体の記憶装置14（例えばクラウドストレージ）を用意し、移動体通信網またはインターネット等の通信網を介して制御装置12が記憶装置14に対する書込および読出を実行することも可能である。すなわち、記憶装置14は自動演奏システム100から省略され得る。

30

【0015】

本実施形態の記憶装置14は、楽曲データMを記憶する。楽曲データMは、自動演奏による対象楽曲の演奏内容を指定する。例えばMIDI（Musical Instrument Digital Interface）規格に準拠した形式のファイル（SMF：Standard MIDI File）が楽曲データMとして好適である。具体的には、楽曲データMは、演奏内容を示す指示データと、当該指示データの発生時点を示す時間データとが配列された時系列データである。指示データは、音高（ノートナンバ）と強度（ベロシティ）とを指定して発音および消音等の各種のイベントを指示する。時間データは、例えば相前後する指示データの間隔（デルタタイム）を指定する。

40

【0016】

図1の自動演奏装置24は、制御装置12による制御のもとで対象楽曲の自動演奏を実行する。具体的には、対象楽曲を構成する複数の演奏パートのうち、複数の演奏者Pの演奏パート（例えば弦楽器）とは別個の演奏パートが、自動演奏装置24により自動演奏される。本実施形態の自動演奏装置24は、駆動機構242と発音機構244とを具備する鍵盤楽器（すなわち自動演奏ピアノ）である。発音機構244は、自然楽器のピアノと同様に、鍵盤の各鍵の変位に連動して弦（すなわち発音体）を発音させる打弦機構である。

50

具体的には、発音機構 2 4 4 は、弦を打撃可能なハンマと、鍵の変位をハンマに伝達する複数の伝達部材（例えばウィペン、ジャック、レペティションレバー）とで構成されるアクション機構を鍵毎に具備する。駆動機構 2 4 2 は、発音機構 2 4 4 を駆動することで対象楽曲の自動演奏を実行する。具体的には、駆動機構 2 4 2 は、各鍵を変位させる複数の駆動体（例えばソレノイド等のアクチュエータ）と、各駆動体を駆動する駆動回路とを含んで構成される。制御装置 1 2 からの指示に応じて駆動機構 2 4 2 が発音機構 2 4 4 を駆動することで、対象楽曲の自動演奏が実現される。なお、自動演奏装置 2 4 に制御装置 1 2 または記憶装置 1 4 を搭載することも可能である。

【 0 0 1 7 】

収録装置 2 2 は、複数の演奏者 P が対象楽曲を演奏する様子を収録する。図 1 に例示される通り、本実施形態の収録装置 2 2 は、複数の撮像装置 2 2 2 と複数の收音装置 2 2 4 とを具備する。撮像装置 2 2 2 は、演奏者 P 毎に設置され、演奏者 P の撮像により画像信号 V0 を生成する。画像信号 V0 は、演奏者 P の動画像を表す信号である。收音装置 2 2 4 は、演奏者 P 毎に設置され、演奏者 P による楽器の演奏で発音された音（例えば楽音または歌唱音）を收音して音響信号 A0 を生成する。音響信号 A0 は、音の波形を表す信号である。以上の説明から理解される通り、相異なる演奏者 P を撮像した複数の画像信号 V0 と、相異なる演奏者 P が演奏した音を收音した複数の音響信号 A0 とが収録される。なお、電気弦楽器等の電気楽器から出力される音響信号 A0 を利用することも可能である。したがって、收音装置 2 2 4 は省略され得る。

【 0 0 1 8 】

制御装置 1 2 は、記憶装置 1 4 に記憶されたプログラムを実行することで、対象楽曲の自動演奏を実現するための複数の機能（合図検出部 5 2、演奏解析部 5 4、演奏制御部 5 6、表示制御部 5 8）を実現する。なお、制御装置 1 2 の機能を複数の装置の集合（すなわちシステム）で実現した構成、または、制御装置 1 2 の機能の一部または全部を専用の電子回路が実現した構成も採用され得る。また、収録装置 2 2 と自動演奏装置 2 4 と表示装置 2 6 とが設置された音響ホール等の空間から離間した位置にあるサーバ装置が、制御装置 1 2 の一部または全部の機能を実現することも可能である。

【 0 0 1 9 】

各演奏者 P は、対象楽曲の演奏の合図となる動作（以下「合図動作」という）を実行する。合図動作は、時間軸上の 1 個の時点を示す動作（ジェスチャー）である。例えば、演奏者 P が自身の楽器を持上げる動作、または演奏者 P が自身の身体を動かす動作が、合図動作の好適例である。例えば対象楽曲の演奏を主導する特定の演奏者 P は、図 2 に例示される通り、対象楽曲の演奏を開始すべき始点に対して所定の期間（以下「準備期間」という）B だけ手前の時点 Q で合図動作を実行する。準備期間 B は、例えば対象楽曲の 1 拍分の時間長の期間である。したがって、準備期間 B の時間長は対象楽曲の演奏速度（テンポ）に応じて変動する。例えば演奏速度が速いほど準備期間 B は短い時間となる。演奏者 P は、対象楽曲に想定される演奏速度のもとで 1 拍分に相当する準備期間 B だけ対象楽曲の始点から手前の時点で合図動作を実行したうえで、当該始点の到来により対象楽曲の演奏を開始する。合図動作は、他の演奏者 P による演奏の契機となるほか、自動演奏装置 2 4 による自動演奏の契機として利用される。なお、準備期間 B の時間長は任意であり、例えば複数拍分の時間長とすることも可能である。

【 0 0 2 0 】

図 1 の合図検出部 5 2 は、演奏者 P による合図動作を検出する。具体的には、合図検出部 5 2 は、各撮像装置 2 2 2 が演奏者 P を撮像した画像を解析することで合図動作を検出する。図 1 に例示される通り、本実施形態の合図検出部 5 2 は、画像合成部 5 2 2 と検出処理部 5 2 4 とを具備する。画像合成部 5 2 2 は、複数の撮像装置 2 2 2 が生成した複数の画像信号 V0 を合成することで画像信号 V を生成する。画像信号 V は、図 3 に例示される通り、各画像信号 V0 が表す複数の動画像（#1、#2、#3、……）を配列した画像を表す信号である。すなわち、複数の演奏者 P の動画像を表す画像信号 V が画像合成部 5 2 2 から検出処理部 5 2 4 に供給される。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 1 】

検出処理部 5 2 4 は、画像合成部 5 2 2 が生成した画像信号 V を解析することで複数の演奏者 P の何れかによる合図動作を検出する。検出処理部 5 2 4 による合図動作の検出には、演奏者 P が合図動作の実行時に移動させる要素（例えば身体や楽器）を画像から抽出する画像認識処理と、当該要素の移動を検出する動体検出処理とを含む公知の画像解析技術が使用され得る。また、ニューラルネットワークまたは多分木等の識別モデルを合図動作の検出に利用することも可能である。例えば、複数の演奏者 P による演奏を撮像した画像信号から抽出された特徴量を所与の学習データとして利用して、識別モデルの機械学習（例えばディープラーニング）が事前に実行される。検出処理部 5 2 4 は、実際に自動演奏が実行される場面で画像信号 V から抽出した特徴量を機械学習後の識別モデルに適用することで合図動作を検出する。

10

【 0 0 2 2 】

図 1 の演奏解析部 5 4 は、対象楽曲のうち複数の演奏者 P が現に演奏している位置（以下「演奏位置」という）T を各演奏者 P による演奏に並行して順次に推定する。具体的には、演奏解析部 5 4 は、複数の收音装置 2 2 4 の各々が收音した音を解析することで演奏位置 T を推定する。図 1 に例示される通り、本実施形態の演奏解析部 5 4 は、音響混合部 5 4 2 と解析処理部 5 4 4 とを具備する。音響混合部 5 4 2 は、複数の收音装置 2 2 4 が生成した複数の音響信号 A 0 を混合することで音響信号 A を生成する。すなわち、音響信号 A は、相異なる音響信号 A 0 が表す複数種の音の混合音を表す信号である。

20

【 0 0 2 3 】

解析処理部 5 4 4 は、音響混合部 5 4 2 が生成した音響信号 A の解析により演奏位置 T を推定する。例えば、解析処理部 5 4 4 は、音響信号 A が表す音と楽曲データ M が示す対象楽曲の演奏内容とを相互に照合することで演奏位置 T を特定する。また、本実施形態の解析処理部 5 4 4 は、対象楽曲の演奏速度（テンポ）R を音響信号 A の解析により推定する。例えば、解析処理部 5 4 4 は、演奏位置 T の時間変化から演奏速度 R を特定する。なお、解析処理部 5 4 4 による演奏位置 T および演奏速度 R の推定には、公知の音響解析技術（スコアアライメント）が任意に採用され得る。例えば、特許文献 1 に開示された解析技術を演奏位置 T および演奏速度 R の推定に利用することが可能である。また、ニューラルネットワークまたは多分木等の識別モデルを演奏位置 T および演奏速度 R の推定に利用することも可能である。例えば、複数の演奏者 P による演奏を收音した音響信号 A から抽出された特徴量を所与の学習データとして利用して、識別モデルの機械学習（例えばディープラーニング）が事前に実行される。解析処理部 5 4 4 は、実際に自動演奏が実行される場面で音響信号 A から抽出した特徴量を機械学習後の識別モデルに適用することで演奏位置 T および演奏速度 R を推定する。

30

【 0 0 2 4 】

合図検出部 5 2 による合図動作の検出と演奏解析部 5 4 による演奏位置 T および演奏速度 R の推定とは、複数の演奏者 P による対象楽曲の演奏に並行して実時間的に実行される。例えば、合図動作の検出と演奏位置 T および演奏速度 R の推定とが所定の周期で反復される。ただし、合図動作の検出の周期と演奏位置 T および演奏速度 R の推定の周期との異同は不問である。

40

【 0 0 2 5 】

図 1 の演奏制御部 5 6 は、合図検出部 5 2 が検出する合図動作と演奏解析部 5 4 が推定する演奏位置 T の進行とに同期するように自動演奏装置 2 4 に対象楽曲の自動演奏を実行させる。具体的には、演奏制御部 5 6 は、合図検出部 5 2 による合図動作の検出を契機として自動演奏の開始を自動演奏装置 2 4 に対して指示するとともに、対象楽曲のうち演奏位置 T に対応する時点について楽曲データ M が指定する演奏内容を自動演奏装置 2 4 に指示する。すなわち、演奏制御部 5 6 は、対象楽曲の楽曲データ M に含まれる各指示データを自動演奏装置 2 4 に対して順次に供給するシーケンサである。自動演奏装置 2 4 は、演奏制御部 5 6 からの指示に応じて対象楽曲の自動演奏を実行する。複数の演奏者 P による演奏の進行とともに演奏位置 T は対象楽曲内の後方に移動するから、自動演奏装置 2 4 に

50

よる対象楽曲の自動演奏も演奏位置Tの移動とともに進行する。以上の説明から理解される通り、対象楽曲の各音の強度またはフレーズ表現等の音楽表現を楽曲データMで指定された内容に維持したまま、演奏のテンポと各音のタイミングとは複数の演奏者Pによる演奏に同期する（すなわち楽曲データMで指定された内容から変化する）ように、演奏制御部56は自動演奏装置24に自動演奏を指示する。したがって、例えば特定の演奏者（例えば現在では生存していない過去の演奏者）の演奏を表す楽曲データMを使用すれば、当該演奏者に特有の音楽表現を自動演奏で忠実に再現しながら、当該演奏者と実在の複数の演奏者Pとが恰も相互に呼吸を合わせて協調的に合奏しているかのような雰囲気醸成することが可能である。

【0026】

ところで、演奏制御部56が指示データの出力により自動演奏装置24に自動演奏を指示してから自動演奏装置24が実際に発音する（例えば発音機構244のハンマが打弦する）までには数百ミリ秒程度の時間が必要である。すなわち、演奏制御部56からの指示に対して自動演奏装置24による実際の発音は不可避免的に遅延する。したがって、対象楽曲のうち演奏解析部54が推定した演奏位置T自体の演奏を演奏制御部56が自動演奏装置24に指示する構成では、複数の演奏者Pによる演奏に対して自動演奏装置24による発音が遅延する結果となる。

【0027】

そこで、本実施形態の演奏制御部56は、図2に例示される通り、対象楽曲のうち演奏解析部54が推定した演奏位置Tに対して後方（未来）の時点TAの演奏を自動演奏装置24に指示する。すなわち、遅延後の発音が複数の演奏者Pによる演奏に同期する（例えば対象楽曲の特定の音符が自動演奏装置24と各演奏者Pとで略同時に演奏される）ように、演奏制御部56は対象楽曲の楽曲データM内の指示データを先読みする。

【0028】

図4は、演奏位置Tの時間的な変化の説明図である。単位時間内の演奏位置Tの変動量（図4の直線の勾配）が演奏速度Rに相当する。図4では、演奏速度Rが一定に維持された場合が便宜的に例示されている。

【0029】

図4に例示される通り、演奏制御部56は、対象楽曲のうち演奏位置Tに対して調整量だけ後方の時点TAの演奏を自動演奏装置24に指示する。調整量は、演奏制御部56による自動演奏の指示から自動演奏装置24が実際に発音するまでの遅延量Dと、演奏解析部54が推定した演奏速度Rとに応じて可変に設定される。具体的には、演奏速度Rのもとで遅延量Dの時間内に対象楽曲の演奏が進行する区間長を、演奏制御部56は調整量として設定する。したがって、演奏速度Rが速い（図4の直線の勾配が急峻である）ほど調整量は大きい数値となる。なお、図4では対象楽曲の全区間にわたり演奏速度Rが一定に維持された場合を想定したが、実際には演奏速度Rは変動し得る。したがって、調整量は、演奏速度Rに連動して経時的に変動する。

【0030】

遅延量Dは、自動演奏装置24の測定結果に応じた所定値（例えば数十から数百ミリ秒程度）に事前に設定される。なお、実際の自動演奏装置24では、演奏される音高または強度に応じて遅延量Dが相違し得る。そこで、自動演奏の対象となる音符の音高または強度に応じて遅延量D（さらには遅延量Dに依存する調整量）を可変に設定することも可能である。

【0031】

また、演奏制御部56は、合図検出部52が検出する合図動作を契機として対象楽曲の自動演奏の開始を自動演奏装置24に指示する。図5は、合図動作と自動演奏との関係の説明図である。図5に例示される通り、演奏制御部56は、合図動作が検出された時点Qから時間長が経過した時点QAで自動演奏装置24に対する自動演奏の指示を開始する。時間長は、準備期間Bに相当する時間長から自動演奏の遅延量Dを減算した時間長である。準備期間Bの時間長は対象楽曲の演奏速度Rに応じて変動する。具体的には、

10

20

30

40

50

演奏速度 R が速い（図 5 の直線の勾配が急峻である）ほど準備期間 B の時間長 は短くなる。ただし、合図動作の時点 QA では対象楽曲の演奏は開始されていないから、演奏速度 R は推定されていない。そこで、演奏制御部 5 6 は、対象楽曲に想定される標準的な演奏速度（標準テンポ）R0 に応じて準備期間 B の時間長 を算定する。演奏速度 R0 は、例えば楽曲データ M にて指定される。ただし、複数の演奏者 P が対象楽曲について共通に認識している速度（例えば演奏練習時に想定した速度）を演奏速度 R0 として設定することも可能である。

【 0 0 3 2 】

以上に説明した通り、演奏制御部 5 6 は、合図動作の時点 QA から時間長 $(= - D)$ が経過した時点 QA で自動演奏の指示を開始する。したがって、合図動作の時点 Q から準備期間 B が経過した時点 QB（すなわち、複数の演奏者 P が演奏を開始する時点）において、自動演奏装置 2 4 による発音が始まる。すなわち、複数の演奏者 P による対象楽曲の演奏の開始と略同時に自動演奏装置 2 4 による自動演奏が始まる。本実施形態の演奏制御部 5 6 による自動演奏の制御は以上の例示の通りである。

10

【 0 0 3 3 】

図 1 の表示制御部 5 8 は、自動演奏装置 2 4 による自動演奏の進行を視覚的に表現した画像（以下「演奏画像」という）G を表示装置 2 6 に表示させる。具体的には、表示制御部 5 8 は、演奏画像 G を表す画像データを生成して表示装置 2 6 に出力することで演奏画像 G を表示装置 2 6 に表示させる。表示装置 2 6 は、表示制御部 5 8 から指示された演奏画像 G を表示する。例えば液晶表示パネルまたはプロジェクタが表示装置 2 6 の好適例である。複数の演奏者 P は、表示装置 2 6 が表示する演奏画像 G を、対象楽曲の演奏に並行して随時に視認することが可能である。

20

【 0 0 3 4 】

本実施形態の表示制御部 5 8 は、自動演奏装置 2 4 による自動演奏に連動して動的に変化する動画像を演奏画像 G として表示装置 2 6 に表示させる。図 6 および図 7 は、演奏画像 G の表示例である。図 6 および図 7 に例示される通り、演奏画像 G は、底面 7 2 が存在する仮想空間 7 0 に表示体（オブジェクト）7 4 を配置した立体的な画像である。図 6 に例示される通り、表示体 7 4 は、仮想空間 7 0 内に浮遊するとともに所定の速度で降下する略球状の立体である。仮想空間 7 0 の底面 7 2 には表示体 7 4 の影 7 5 が表示され、表示体 7 4 の降下とともに底面 7 2 に沿って表示体 7 4 に接近する。図 7 に例示される通り、自動演奏装置 2 4 による発音が始まる時点で表示体 7 4 は仮想空間 7 0 内の所定の高度まで上昇するとともに、当該発音の継続中に表示体 7 4 の形状が不規則に変形する。そして、自動演奏による発音が停止（消音）すると、表示体 7 4 の不規則な変形が停止して図 6 の初期的な形状（球状）に復帰し、表示体 7 4 が所定の速度で降下する状態に遷移する。自動演奏による発音毎に表示体 7 4 の以上の動作（上昇および変形）が反復される。例えば、対象楽曲の演奏の開始前に表示体 7 4 は降下し、対象楽曲の始点の音符が自動演奏により発音される時点で表示体 7 4 の移動の方向が降下から上昇に転換する。したがって、表示装置 2 6 に表示された演奏画像 G を視認する演奏者 P は、表示体 7 4 の降下から上昇への転換により自動演奏装置 2 4 による発音のタイミングを把握することが可能である。

30

40

【 0 0 3 5 】

本実施形態の表示制御部 5 8 は、以上に例示した演奏画像 G が表示されるように表示装置 2 6 を制御する。なお、表示制御部 5 8 が表示装置 2 6 に画像の表示や変更を指示してから、表示装置 2 6 による表示画像に当該指示が反映されるまでの遅延は、自動演奏装置 2 4 による自動演奏の遅延量 D と比較して十分に小さい。そこで、表示制御部 5 8 は、対象楽曲のうち演奏解析部 5 4 が推定した演奏位置 T 自体の演奏内容に応じた演奏画像 G を表示装置 2 6 に表示させる。したがって、前述の通り、自動演奏装置 2 4 による実際の発音（演奏制御部 5 6 による指示から遅延量 D だけ遅延した時点）に同期して演奏画像 G が動的に変化する。すなわち、対象楽曲の各音符の発音を自動演奏装置 2 4 が実際に開始する時点で演奏画像 G の表示体 7 4 の移動は降下から上昇に転換する。したがって、各演奏

50

者Pは、自動演奏装置24が対象楽曲の各音符を発音する時点を視覚的に確認することが可能である。

【0036】

図8は、自動演奏システム100の制御装置12の動作を例示するフローチャートである。例えば、所定の周期で発生する割込信号を契機として、複数の演奏者Pによる対象楽曲の演奏に並行して図8の処理が開始される。図8の処理を開始すると、制御装置12(合図検出部52)は、複数の撮像装置222から供給される複数の画像信号V0を解析することで、任意の演奏者Pによる合図動作の有無を判定する(SA1)。また、制御装置12(演奏解析部54)は、複数の收音装置224から供給される複数の音響信号A0の解析により演奏位置Tと演奏速度Rとを推定する(SA2)。なお、合図動作の検出(SA1)と演奏位置Tおよび演奏速度Rの推定(SA2)との順序は逆転され得る。

10

【0037】

制御装置12(演奏制御部56)は、演奏位置Tおよび演奏速度Rに応じた自動演奏を自動演奏装置24に対して指示する(SA3)。具体的には、合図検出部52が検出する合図動作と演奏解析部54が推定する演奏位置Tの進行とに同期するように自動演奏装置24に対象楽曲の自動演奏を実行させる。また、制御装置12(表示制御部58)は、自動演奏の進行を表現する演奏画像Gを表示装置26に表示させる(SA4)。

【0038】

以上に例示した実施形態では、演奏者Pによる合図動作と演奏位置Tの進行とに同期するように自動演奏装置24による自動演奏が実行される一方、自動演奏装置24による自動演奏の進行を表す演奏画像Gが表示装置26に表示される。したがって、自動演奏装置24による自動演奏の進行を演奏者Pが視覚的に確認して自身の演奏に反映させることが可能である。すなわち、複数の演奏者Pによる演奏と自動演奏装置24による自動演奏とが相互に作用し合う自然な合奏が実現される。本実施形態では特に、自動演奏による演奏内容に応じて動的に変化する演奏画像Gが表示装置26に表示されるから、演奏者Pが自動演奏の進行を視覚的および直観的に把握できるという利点がある。

20

【0039】

また、本実施形態では、演奏解析部54が推定した演奏位置Tに対して時間的に後方の時点TAの演奏内容が自動演奏装置24に指示される。したがって、演奏制御部56による演奏の指示に対して自動演奏装置24による実際の発音が遅延する場合でも、演奏者Pによる演奏と自動演奏とを高精度に同期させることが可能である。また、演奏解析部54が推定した演奏速度Rに応じた可変の調整量だけ演奏位置Tに対して後方の時点TAの演奏が自動演奏装置24に指示される。したがって、例えば演奏速度Rが変動する場合でも、演奏者による演奏と自動演奏とを高精度に同期させることが可能である。

30

【0040】

<変形例>

以上に例示した各態様は多様に変形され得る。具体的な変形の態様を以下に例示する。以下の例示から任意に選択された2個以上の態様は、相互に矛盾しない範囲で適宜に併合され得る。

【0041】

40

(1) 前述の実施形態では、合図検出部52が検出した合図動作を契機として対象楽曲の自動演奏を開始したが、対象楽曲の途中の時点における自動演奏の制御に合図動作を使用することも可能である。例えば、対象楽曲内で長時間にわたる休符が終了して演奏が再開される時点で、前述の各形態と同様に、合図動作を契機として対象楽曲の自動演奏が再開される。例えば、図5を参照して説明した動作と同様に、対象楽曲内で休符後に演奏が再開される時点に対して準備期間Bだけ手前の時点Qで特定の演奏者Pが合図動作を実行する。そして、遅延量Dと演奏速度Rとに応じた時間長が当該時点Qから経過した時点で、演奏制御部56は、自動演奏装置24に対する自動演奏の指示を再開する。なお、対象楽曲の途中の時点では既に演奏速度Rが推定されているから、時間長の設定には、演奏解析部54が推定した演奏速度Rが適用される。

50

【 0 0 4 2 】

ところで、対象楽曲のうち合図動作が実行され得る期間は、対象楽曲の演奏内容から事前に把握され得る。そこで、対象楽曲のうち合図動作が実行される可能性がある特定の期間（以下「監視期間」という）を対象として合図検出部 5 2 が合図動作の有無を監視することも可能である。例えば、対象楽曲に想定される複数の監視期間の各々について始点と終点とを指定する区間指定データが記憶装置 1 4 に格納される。区間指定データを楽曲データ M に内包させることも可能である。合図検出部 5 2 は、対象楽曲のうち区間指定データで指定される各監視期間内に演奏位置 T が存在する場合に合図動作の監視を実行し、演奏位置 T が監視期間の外側にある場合には合図動作の監視を停止する。以上の構成によれば、対象楽曲のうち監視期間に限定して合図動作が検出されるから、対象楽曲の全区間にわたり合図動作の有無を監視する構成と比較して合図検出部 5 2 の処理負荷が軽減されるという利点がある。また、対象楽曲のうち実際には合図動作が実行され得ない期間について合図動作が誤検出される可能性を低減することも可能である。

10

【 0 0 4 3 】

（ 2 ） 前述の実施形態では、画像信号 V が表す画像の全体（図 3）を解析することで合図動作を検出したが、画像信号 V が表す画像のうち特定の領域（以下「監視領域」という）を対象として、合図検出部 5 2 が合図動作の有無を監視することも可能である。例えば、合図検出部 5 2 は、画像信号 V が示す画像のうち合図動作が予定されている特定の演奏者 P を含む範囲を監視領域として選択し、当該監視領域を対象として合図動作を検出する。監視領域以外の範囲については合図検出部 5 2 による監視対象から除外される。以上の構成によれば、監視領域に限定して合図動作が検出されるから、画像信号 V が示す画像の全体にわたり合図動作の有無を監視する構成と比較して合図検出部 5 2 の処理負荷が軽減されるという利点がある。また、実際には合図動作を実行しない演奏者 P の動作が合図動作と誤判定される可能性を低減することも可能である。

20

【 0 0 4 4 】

なお、前述の変形例（ 1 ）で例示した通り、対象楽曲の演奏中に複数回にわたり合図動作が実行される場合を想定すると、合図動作を実行する演奏者 P が合図動作毎に変更される可能性もある。例えば、対象楽曲の開始前の合図動作は演奏者 P 1 が実行する一方、対象楽曲の途中の合図動作は演奏者 P 2 が実行する。したがって、画像信号 V が表す画像内で監視領域の位置（またはサイズ）を経時的に変更する構成も好適である。合図動作を実行する演奏者 P は事前に把握できるから、例えば監視領域の位置を時系列に指定する領域指定データを記憶装置 1 4 に事前に格納することが可能である。合図検出部 5 2 は、画像信号 V が表す画像のうち領域指定データで指定される各監視領域について合図動作を監視し、監視領域以外の領域については合図動作の監視対象から除外する。以上の構成によれば、合図動作を実行する演奏者 P が楽曲の進行とともに変更される場合でも、合図動作を適切に検出することが可能である。

30

【 0 0 4 5 】

（ 3 ） 前述の実施形態では、複数の撮像装置 2 2 2 を利用して複数の演奏者 P を撮像したが、1 個の撮像装置 2 2 2 により複数の演奏者 P（例えば複数の演奏者 P が所在する舞台の全体）を撮像することも可能である。同様に、複数の演奏者 P が演奏した音を 1 個の收音装置 2 2 4 により收音することも可能である。また、複数の画像信号 V 0 の各々について合図検出部 5 2 が合図動作の有無を監視する構成（したがって、画像合成部 5 2 2 は省略され得る）も採用され得る。

40

【 0 0 4 6 】

（ 4 ） 前述の実施形態では、撮像装置 2 2 2 が撮像した画像信号 V の解析で合図動作を検出したが、合図検出部 5 2 が合図動作を検出する方法は以上の例示に限定されない。例えば、演奏者 P の身体に装着された検出器（例えば加速度センサ等の各種のセンサ）の検出信号を解析することで合図検出部 5 2 が演奏者 P の合図動作を検出することも可能である。ただし、撮像装置 2 2 2 が撮像した画像の解析により合図動作を検出する前述の実施形態の構成によれば、演奏者 P の身体に検出器を装着する場合と比較して、演奏者 P の演奏

50

動作に対する影響を低減しながら合図動作を検出できるという利点がある。

【 0 0 4 7 】

(5) 前述の実施形態では、相異なる楽器の音を表す複数の音響信号 A0 を混合した音響信号 A の解析により演奏位置 T および演奏速度 R を推定したが、各音響信号 A0 の解析により演奏位置 T および演奏速度 R を推定することも可能である。例えば、演奏解析部 5 4 は、複数の音響信号 A0 の各々について前述の実施形態と同様の方法で暫定的な演奏位置 T および演奏速度 R を推定し、各音響信号 A0 に関する推定結果から確定的な演奏位置 T および演奏速度 R を決定する。例えば各音響信号 A0 から推定された演奏位置 T および演奏速度 R の代表値 (例えば平均値) が確定的な演奏位置 T および演奏速度 R として算定される。以上の説明から理解される通り、演奏解析部 5 4 の音響混合部 5 4 2 は省略され得る。

10

【 0 0 4 8 】

(6) 前述の実施形態で例示した通り、自動演奏システム 1 0 0 は、制御装置 1 2 とプログラムとの協働で実現される。本発明の好適な態様に係るプログラムは、対象楽曲を演奏する演奏者 P の合図動作を検出する合図検出部 5 2、演奏された音を表す音響信号 A を当該演奏に並行して解析することで対象楽曲内の演奏位置 T を順次に推定する演奏解析部 5 4、合図検出部 5 2 が検出する合図動作と演奏解析部 5 4 が推定する演奏位置 T の進行とに同期するように対象楽曲の自動演奏を自動演奏装置 2 4 に実行させる演奏制御部 5 6、および、自動演奏の進行を表す演奏画像 G を表示装置 2 6 に表示させる表示制御部 5 8、としてコンピュータを機能させる。以上に例示したプログラムは、コンピュータが読取可能な記録媒体に格納された形態で提供されてコンピュータにインストールされ得る。記録媒体は、例えば非一過性 (non-transitory) の記録媒体であり、C D - R O M 等の光学式記録媒体 (光ディスク) が好例であるが、半導体記録媒体や磁気記録媒体等の公知の任意の形式の記録媒体を包含し得る。また、通信網を介した配信の形態でプログラムをコンピュータに配信することも可能である。

20

【 0 0 4 9 】

(7) 本発明の好適な態様は、前述の実施形態に係る自動演奏システム 1 0 0 の動作方法 (自動演奏方法) としても特定される。例えば、本発明の好適な態様に係る自動演奏方法は、コンピュータシステム (単体のコンピュータ、または複数のコンピュータで構成されるシステム) が、対象楽曲を演奏する演奏者 P の合図動作を検出し (S A 1)、演奏された音を表す音響信号 A を当該演奏に並行して解析することで対象楽曲内の演奏位置 T を順次に推定し (S A 2)、合図動作と演奏位置 T の進行とに同期するように対象楽曲の自動演奏を自動演奏装置 2 4 に実行させ (S A 3)、自動演奏の進行を表す演奏画像 G を表示装置 2 6 に表示させる (S A 4)。

30

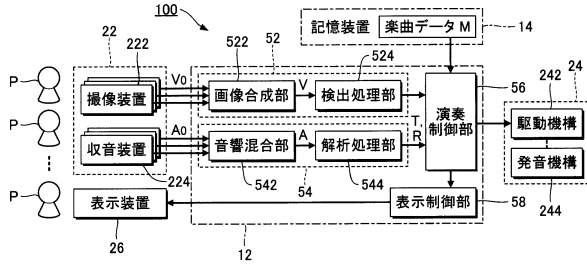
【 符号の説明 】

【 0 0 5 0 】

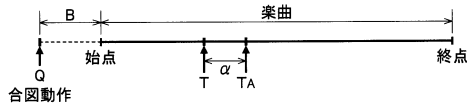
1 0 0 ... 自動演奏システム、 1 2 ... 制御装置、 1 4 ... 記憶装置、 2 2 ... 収録装置、 2 2 2 ... 撮像装置、 2 2 4 ... 收音装置、 2 4 ... 自動演奏装置、 2 4 2 ... 駆動機構、 2 4 4 ... 発音機構、 2 6 ... 表示装置、 5 2 ... 合図検出部、 5 2 2 ... 画像合成部、 5 2 4 ... 検出処理部、 5 4 ... 演奏解析部、 5 4 2 ... 音響混合部、 5 4 4 ... 解析処理部、 5 6 ... 演奏制御部、 5 8 ... 表示制御部、 G ... 演奏画像、 7 0 ... 仮想空間、 7 4 ... 表示体。

40

【図1】



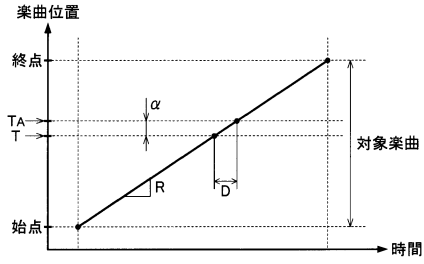
【図2】



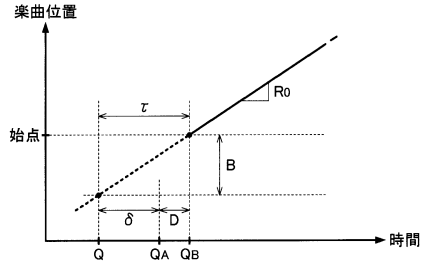
【図3】

V ₀ [#1]	V ₀ [#2]	V
V ₀ [#3]	V ₀ [#4]	
⋮	⋮	

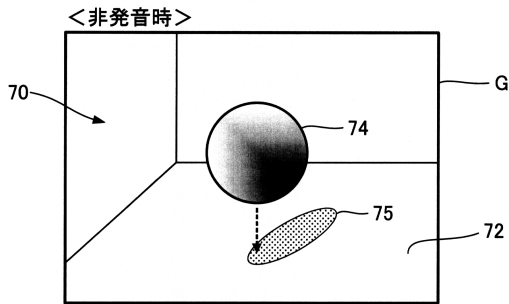
【図4】



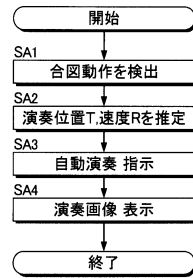
【図5】



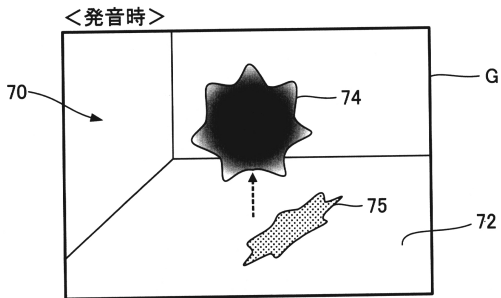
【図6】



【図8】



【図7】



フロントページの続き

特許法第30条第2項適用 平成28年4月15日 ヤマハ株式会社 ニュースリリース「音舞の調べ～超越する時間と空間～」への技術協力について(URL: http://jp.yamaha.com/news_release/2016/pdf/1604150101.pdf) 平成28年4月18日 ヤマハ株式会社 Y2 PROJECT ウェブサイト 「人工知能演奏システム」による機械と人間との演奏コラボレーション (URL: http://www.y2lab.com/project/score_alignment/richter_berlins_charoun_ensemble.html)

審査官 岩田 淳

- (56)参考文献 特開2010-008893(JP,A)
特開2007-241181(JP,A)
特表2012-532340(JP,A)
特開2004-037575(JP,A)
特開2012-093632(JP,A)
特開平06-095661(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G10H 1/00-7/12
G10G 1/00-7/02
G10F 1/00-5/06