

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7679871号
(P7679871)

(45)発行日 令和7年5月20日(2025.5.20)

(24)登録日 令和7年5月12日(2025.5.12)

(51)国際特許分類

F I

G 1 0 G 1/02 (2006.01) G 1 0 G 1/02

G 0 9 B 15/00 (2006.01) G 0 9 B 15/00 C

請求項の数 13 (全22頁)

(21)出願番号	特願2023-505094(P2023-505094)	(73)特許権者	000004075 ヤマハ株式会社 静岡県浜松市中央区中沢町10番1号
(86)(22)出願日	令和3年11月1日(2021.11.1)	(74)代理人	100108523 弁理士 中川 雅博
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/040273	(74)代理人	100125704 弁理士 坂根 剛
(87)国際公開番号	WO2022/190453	(74)代理人	100187931 弁理士 澤村 英幸
(87)国際公開日	令和4年9月15日(2022.9.15)	(72)発明者	鈴木 正博 静岡県浜松市中区中沢町10番1号 ヤ マハ株式会社内
審査請求日	令和5年9月6日(2023.9.6)	審査官	菊池 智紀
(31)優先権主張番号	特願2021-37170(P2021-37170)		
(32)優先日	令和3年3月9日(2021.3.9)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 運指提示装置、訓練装置、運指提示方法および訓練方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の音符からなる音符列を含む時系列データを受け付ける受付部と、
訓練済モデルを用いて、前記音符列に含まれる少なくとも一部の音符を楽器により演奏
する際に使用する指を示す指情報を推定する推定部とを備え、
前記時系列データは、前記音符列を演奏する演奏者を示す演奏者識別子をさらに含み、
前記推定部は、前記演奏者識別子に基づいて前記指情報を推定し、
前記訓練済モデルは、複数の音符からなる参照音符列を含む入力時系列データと、前記
参照音符列に含まれる少なくとも一部の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す
出力指情報との間の入出力関係を習得した機械学習モデルであり、
前記入力時系列データは、前記参照音符列を演奏する参照演奏者を示す参照演奏者識別
子をさらに含み、
前記出力指情報は、音符を前記楽器により演奏する際に使用する前記参照演奏者の指を
示す、運指提示装置。

【請求項2】

前記推定部は、前記訓練済モデルを用いて、前記音符列から運指を付与する対象となる
音符を示す音符情報をさらに推定し、
前記訓練済モデルは、前記入力時系列データと、前記参照音符列から運指を付与する対
象となる音符を示す出力音符情報との間の入出力関係をさらに習得した機械学習モデルで
ある、請求項1記載の運指提示装置。

【請求項 3】

前記演奏者識別子は、前記演奏者の身体的特徴に対応するように決定される、請求項 1 または 2 記載の運指提示装置。

【請求項 4】

前記演奏者識別子は、前記演奏者による演奏の流儀に対応するように決定される、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の運指提示装置。

【請求項 5】

複数の音符からなる音符列を含む時系列データを受け付ける受付部と、

訓練済モデルを用いて、前記音符列に含まれる少なくとも一部の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す指情報を推定する推定部とを備え、

前記時系列データは、前記音符列に含まれる音符のうち第 1 の割合の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す基本指情報をさらに含み、

前記推定部は、前記基本指情報に基づいて、前記音符列に含まれる音符のうち前記第 1 の割合よりも大きい第 2 の割合の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す前記指情報を推定し、

前記訓練済モデルは、複数の音符からなる参照音符列を含む入力時系列データと、前記参照音符列に含まれる少なくとも一部の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す出力指情報との間の入出力関係を習得した機械学習モデルであり、

前記入力時系列データは、前記参照音符列に含まれる音符のうち第 1 の割合の音符を前記楽器により演奏する際に使用する指を示す前記基本指情報をさらに含み、

前記出力指情報は、前記入力時系列データに含まれる前記基本指情報をさらに含む、運指提示装置。

【請求項 6】

複数の音符からなる音符列を含む時系列データを受け付ける受付部と、

訓練済モデルを用いて、前記音符列に含まれる少なくとも一部の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す指情報、および前記音符列から運指を付与する対象となる音符を示す音符情報を推定する推定部とを備え、

前記推定部は、前記音符列に含まれる各音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す中間指情報と、前記音符情報とを推定し、前記中間指情報から、前記音符情報における運指を付与する対象となる音符に対応する指情報を削除することにより、前記音符列に含まれる音符のうち前記音符情報が示す音符以外の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す前記指情報を推定する、運指提示装置。

【請求項 7】

前記音符列に含まれる少なくとも一部の音符に対応するように前記指情報が付された第 1 の補助用楽譜を示す楽譜情報を生成する生成部をさらに備える、請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の運指提示装置。

【請求項 8】

前記音符情報が示す音符が識別可能に表示された第 2 の補助用楽譜を示す楽譜情報を生成する生成部をさらに備える、請求項 2 または 6 記載の運指提示装置。

【請求項 9】

複数の音符からなる参照音符列を含む入力時系列データを取得する第 1 の取得部と、

前記参照音符列に含まれる少なくとも一部の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す出力指情報、または前記参照音符列から運指を付与する対象となる音符を示す出力音符情報を取得する第 2 の取得部と、

前記入力時系列データと前記出力指情報または前記出力音符情報との間の入出力関係を習得した訓練済モデルを構築する構築部とを備え、

前記入力時系列データは、前記参照音符列を演奏する参照演奏者を示す参照演奏者識別子をさらに含み、

前記出力指情報は、前記楽器により演奏する際に使用する前記参照演奏者の指を示す、訓練装置。

10

20

30

40

50

【請求項 10】

複数の音符からなる音符列を含む時系列データを受け付け、
訓練済モデルを用いて、前記音符列に含まれる少なくとも一部の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す指情報を推定し、
前記時系列データは、前記音符列を演奏する演奏者を示す演奏者識別子をさらに含み、
前記指情報を推定することは、前記演奏者識別子に基づいて前記指情報を推定することを含み、
前記訓練済モデルは、複数の音符からなる参照音符列を含む入力時系列データと、前記参照音符列に含まれる少なくとも一部の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す出力指情報との間の入出力関係を習得した機械学習モデルであり、
前記入力時系列データは、前記参照音符列を演奏する参照演奏者を示す参照演奏者識別子をさらに含み、
前記出力指情報は、音符を前記楽器により演奏する際に使用する前記参照演奏者の指を示し、
コンピュータにより実行される、運指提示方法。

10

【請求項 11】

複数の音符からなる音符列を含む時系列データを受け付け、
訓練済モデルを用いて、前記音符列に含まれる少なくとも一部の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す指情報を推定し、
前記時系列データは、前記音符列に含まれる音符のうち第1の割合の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す基本指情報をさらに含み、
前記指情報を推定することは、前記基本指情報に基づいて、前記音符列に含まれる音符のうち前記第1の割合よりも大きい第2の割合の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す前記指情報を推定することを含み、
前記訓練済モデルは、複数の音符からなる参照音符列を含む入力時系列データと、前記参照音符列に含まれる少なくとも一部の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す出力指情報との間の入出力関係を習得した機械学習モデルであり、
前記入力時系列データは、前記参照音符列に含まれる音符のうち第1の割合の音符を前記楽器により演奏する際に使用する指を示す前記基本指情報をさらに含み、
前記出力指情報は、前記入力時系列データに含まれる前記基本指情報をさらに含み、
コンピュータにより実行される、運指提示方法。

20

【請求項 12】

複数の音符からなる音符列を含む時系列データを受け付け、
訓練済モデルを用いて、前記音符列に含まれる少なくとも一部の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す指情報、および前記音符列から運指を付与する対象となる音符を示す音符情報を推定し、
前記指情報を推定することは、前記音符列に含まれる各音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す中間指情報と、前記音符情報とを推定し、前記中間指情報から、前記音符情報における運指を付与する対象となる音符に対応する指情報を削除することにより、
前記音符列に含まれる音符のうち前記音符情報が示す音符以外の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す前記指情報を推定することを含み、
コンピュータにより実行される、運指提示方法。

30

【請求項 13】

複数の音符からなる参照音符列を含む入力時系列データを取得し、
前記参照音符列に含まれる少なくとも一部の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す出力指情報、または前記参照音符列から運指を付与する対象となる音符を示す出力音符情報を取得し、
前記入力時系列データと前記出力指情報または前記出力音符情報との間の入出力関係を習得した訓練済モデルを構築し、
前記入力時系列データは、前記参照音符列を演奏する参照演奏者を示す参照演奏者識別

40

50

子をさらに含み、

前記出力指情報は、前記楽器により演奏する際に使用する前記参照演奏者の指を示し、コンピュータにより実行される、訓練方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、楽器を演奏する際の運指を提示する運指提示装置、訓練装置、運指提示方法および訓練方法に関する。

【背景技術】

【0002】

楽器の演奏の練習を補助するための装置が知られている。例えば、特許文献1に記載された情報処理装置においては、演奏者の演奏技術レベルが算出され、算出された演奏技術レベルに基づいて、演奏者に演奏可能な楽曲が提示される。しかしながら、演奏者が未熟である場合には、各音符を楽器により演奏する際の指使い（以下、運指と呼ぶ。）を適切に決めることは容易ではない。これに対し、特許文献2には、音符系列の各音符での運指を確率モデルに基づいて決定する運指決定方法が記載されている。

【文献】特開2013-083845号公報

【文献】特開2007-241034号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

特許文献2によれば、演奏者は、確率モデルに基づいた楽器演奏における運指を認識することができる。しかしながら、現実的には運指の組み合わせは無数に存在し、楽曲を演奏するための最適な運指は1つではない。そのため、より適切な運指が提示されることが望まれる。

【0004】

本発明の目的は、楽器を演奏する際の適切な運指を提示することが可能な運指提示装置、訓練装置、運指提示方法および訓練方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の第1の局面に従う運指提示装置は、複数の音符からなる音符列を含む時系列データを受け付ける受付部と、訓練済モデルを用いて、音符列に含まれる少なくとも一部の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す指情報を推定する推定部とを備え、時系列データは、音符列を演奏する演奏者を示す演奏者識別子をさらに含み、推定部は、演奏者識別子に基づいて指情報を推定し、訓練済モデルは、複数の音符からなる参照音符列を含む入力時系列データと、参照音符列に含まれる少なくとも一部の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す出力指情報との間の入出力関係を習得した機械学習モデルであり、入力時系列データは、参照音符列を演奏する参照演奏者を示す参照演奏者識別子をさらに含み、出力指情報は、音符を楽器により演奏する際に使用する参照演奏者の指を示す。

本発明の第2の局面に従う運指提示装置は、複数の音符からなる音符列を含む時系列データを受け付ける受付部と、訓練済モデルを用いて、音符列に含まれる少なくとも一部の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す指情報を推定する推定部とを備え、時系列データは、音符列に含まれる音符のうち第1の割合の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す基本指情報をさらに含み、推定部は、基本指情報に基づいて、音符列に含まれる音符のうち第1の割合よりも大きい第2の割合の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す指情報を推定し、訓練済モデルは、複数の音符からなる参照音符列を含む入力時系列データと、参照音符列に含まれる少なくとも一部の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す出力指情報との間の入出力関係を習得した機械学習モデルであり、入力時系列データは、参照音符列に含まれる音符のうち第1の割合の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す基本指情報をさらに含み、出力指情報は、入力時系列データ

10

20

30

40

50

に含まれる基本指情報をさらに含む。

本発明の第3の局面に従う運指提示装置は、複数の音符からなる音符列を含む時系列データを受け付ける受付部と、訓練済モデルを用いて、音符列に含まれる少なくとも一部の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す指情報、および音符列から運指を付与する対象となる音符を示す音符情報を推定する推定部とを備え、推定部は、音符列に含まれる各音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す中間指情報と、音符情報とを推定し、中間指情報から、音符情報における運指を付与する対象となる音符に対応する指情報を削除することにより、音符列に含まれる音符のうち音符情報が示す音符以外の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す指情報を推定する。

【0006】

本発明の第4の局面に従う訓練装置は、複数の音符からなる参照音符列を含む入力時系列データを取得する第1の取得部と、参照音符列に含まれる少なくとも一部の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す出力指情報、または参照音符列から運指を付与する対象となる音符を示す出力音符情報を取得する第2の取得部と、入力時系列データと出力指情報または出力音符情報との間の入出力関係を習得した訓練済モデルを構築する構築部とを備え、入力時系列データは、参照音符列を演奏する参照演奏者を示す参照演奏者識別子をさらに含み、出力指情報は、楽器により演奏する際に使用する参照演奏者の指を示す。

【0007】

本発明の第5の局面に従う運指提示方法は、複数の音符からなる音符列を含む時系列データを受け付け、訓練済モデルを用いて、音符列に含まれる少なくとも一部の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す指情報を推定し、時系列データは、音符列を演奏する演奏者を示す演奏者識別子をさらに含み、指情報を推定することは、演奏者識別子に基づいて指情報を推定することを含み、訓練済モデルは、複数の音符からなる参照音符列を含む入力時系列データと、参照音符列に含まれる少なくとも一部の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す出力指情報との間の入出力関係を習得した機械学習モデルであり、入力時系列データは、参照音符列を演奏する参照演奏者を示す参照演奏者識別子をさらに含み、出力指情報は、音符を楽器により演奏する際に使用する参照演奏者の指を示し、コンピュータにより実行される。

本発明の第6の局面に従う運指提示方法は、複数の音符からなる音符列を含む時系列データを受け付け、訓練済モデルを用いて、音符列に含まれる少なくとも一部の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す指情報を推定し、時系列データは、音符列に含まれる音符のうち第1の割合の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す基本指情報をさらに含み、指情報を推定することは、基本指情報に基づいて、音符列に含まれる音符のうち第1の割合よりも大きい第2の割合の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す指情報を推定することを含み、訓練済モデルは、複数の音符からなる参照音符列を含む入力時系列データと、参照音符列に含まれる少なくとも一部の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す出力指情報との間の入出力関係を習得した機械学習モデルであり、入力時系列データは、参照音符列に含まれる音符のうち第1の割合の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す基本指情報をさらに含み、出力指情報は、入力時系列データに含まれる基本指情報をさらに含み、コンピュータにより実行される。

本発明の第7の局面に従う運指提示方法は、複数の音符からなる音符列を含む時系列データを受け付け、訓練済モデルを用いて、音符列に含まれる少なくとも一部の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す指情報、および音符列から運指を付与する対象となる音符を示す音符情報を推定し、指情報を推定することは、音符列に含まれる各音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す中間指情報と、音符情報とを推定し、中間指情報から、音符情報における運指を付与する対象となる音符に対応する指情報を削除することにより、音符列に含まれる音符のうち音符情報が示す音符以外の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す指情報を推定することを含み、コンピュータにより実行される。

【0008】

本発明の第8の局面に従う訓練方法は、複数の音符からなる参照音符列を含む入力時系

列データを取得し、参照音符列に含まれる少なくとも一部の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す出力指情報、または参照音符列から運指を付与する対象となる音符を示す出力音符情報を取得し、入力時系列データと出力指情報または出力音符情報との間の入出力関係を習得した訓練済モデルを構築し、入力時系列データは、参照音符列を演奏する参照演奏者を示す参照演奏者識別子をさらに含み、出力指情報は、楽器により演奏する際に使用する参照演奏者の指を示し、コンピュータにより実行される。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、楽器を演奏する際の適切な運指を提示することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1は本発明の第1の実施の形態に係る運指提示装置および訓練装置を含む処理システムの構成を示すブロック図である。

【図2】図2は各訓練データの一例を示す図である。

【図3】図3は訓練装置および運指提示装置の構成を示すブロック図である。

【図4】図4は表示部に表示される補助用楽譜の一例を示す。

【図5】図5は図3の訓練装置による訓練処理の一例を示すフローチャートである。

【図6】図6は図3の運指提示装置による運指提示処理の一例を示すフローチャートである。

【図7】図7は入力時系列データの他の例を示す図である。

【図8】図8は変形例における入力時系列データの一例を示す図である。

【図9】図9は変形例における出力指情報の一例を示す図である。

【図10】図10は第2の実施の形態における入力時系列データの一例を示す図である。

【図11】図11は第3の実施の形態における出力指情報の一例を示す図である。

【図12】図12は変形例における運指提示処理の一例を示すフローチャートである。

【図13】図13は運指提示処理のステップS24で推定される指情報の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

〔1〕第1の実施の形態

（1）処理システムの構成

以下、本発明の実施の形態に係る運指提示装置、訓練装置、運指提示方法および訓練方法について図面を用いて詳細に説明する。図1は、本発明の第1の実施の形態に係る運指提示装置および訓練装置を含む処理システムの構成を示すブロック図である。図1に示すように、処理システム100は、RAM（ランダムアクセスメモリ）110、ROM（リードオンリメモリ）120、CPU（中央演算処理装置）130、記憶部140、操作部150および表示部160を備える。

【0012】

処理システム100は、パーソナルコンピュータ、タブレット端末またはスマートフォン等のコンピュータにより実現される。あるいは、処理システム100は、イーサネット等の通信路により接続された複数のコンピュータの共同動作により実現されてもよいし、電子ピアノ等の演奏機能を備えた電子楽器により実現されてもよい。

【0013】

RAM110、ROM120、CPU130、記憶部140、操作部150および表示部160は、バス170に接続される。RAM110、ROM120およびCPU130により訓練装置10および運指提示装置20が構成される。本実施の形態では、訓練装置10と運指提示装置20とは共通の処理システム100により構成されるが、別個の処理システムにより構成されてもよい。

【0014】

RAM110は、例えば揮発性メモリからなり、CPU130の作業領域として用いら

10

20

30

40

50

れる。ROM 120は、例えば不揮発性メモリからなり、訓練プログラムおよび運指提示プログラムを記憶する。CPU 130は、ROM 120に記憶された訓練プログラムをRAM 110上で実行することにより訓練処理を行う。また、CPU 130は、ROM 120に記憶された運指提示プログラムをRAM 110上で実行することにより運指提示処理を行う。訓練処理および運指提示処理の詳細については後述する。

【0015】

訓練プログラムまたは運指提示プログラムは、ROM 120ではなく記憶部140に記憶されてもよい。あるいは、訓練プログラムまたは運指提示プログラムは、コンピュータが読み取り可能な記憶媒体に記憶された形態で提供され、ROM 120または記憶部140にインストールされてもよい。あるいは、処理システム100がインターネット等のネットワークに接続されている場合には、当該ネットワーク上のサーバ（クラウドサーバを含む。）から配信された訓練プログラムまたは運指提示プログラムがROM 120または記憶部140にインストールされてもよい。

【0016】

記憶部140は、ハードディスク、光学ディスク、磁気ディスクまたはメモリカード等の記憶媒体を含み、訓練済モデルMおよび複数の訓練データDを記憶する。訓練済モデルMまたは各訓練データDは、記憶部140に記憶されず、コンピュータが読み取り可能な記憶媒体に記憶されていてもよい。あるいは、処理システム100がネットワークに接続されている場合には、訓練済モデルMまたは各訓練データDは、当該ネットワーク上のサーバに記憶されていてもよい。

【0017】

（2）訓練データ

訓練済モデルMは、運指提示装置20の使用者（以下、演奏者と呼ぶ。）が楽器により楽曲を演奏する際の運指を提示するために訓練された機械学習モデルであり、複数の訓練データDを用いて構築される。訓練装置10の使用者は、操作部150を操作することにより、訓練データDを生成することができる。訓練データDは、参照演奏者の演奏知識または演奏スタイル等に基づいて作成されたデータである。参照演奏者は、楽曲の演奏に関して比較的高い技量を有する。参照演奏者は、楽曲の演奏における演奏者の指導者または師であってもよい。

【0018】

訓練データDは、入力時系列データと出力指情報との組を示す。入力時系列データは、複数の音符からなる参照音符列を示す。入力時系列データは楽譜の画像を示す画像データであってもよい。出力指情報は、参照音符列の各音符を楽器により演奏する際に使用する参照演奏者の指を示し、参照音符列を演奏する際の運指を提示するために用いることができる。出力指情報は、各指に付与された固有の番号であってもよい。本例では、親指、人指し指、中指、薬指および小指に番号「1」～「5」がそれぞれ付与される。

【0019】

ここで、楽曲を演奏するための最適な運指は、演奏者の身体的特徴または演奏者による演奏の流儀により異なる。そこで、本実施の形態においては、入力時系列データは、参照音符列を演奏する参照演奏者の分類（カテゴリ）を示す参照演奏者識別子をさらに含む。参照演奏者識別子は、参照演奏者の身体的特徴と参照演奏者による演奏の流儀との少なくとも一方ごとに異なるように決定される。参照演奏者の身体的特徴は、例えば参照演奏者の手の大きさ（指の長さ）、年齢、性別または大人か子供かの区別を含む。

【0020】

図2は、各訓練データDの一例を示す図である。図2の例は、参照演奏者がピアノを演奏する際の入力時系列データおよび出力指情報の一部を示す。図2に示すように、入力時系列データAは、要素A0～A16を含む。要素A0は、参照演奏者識別子に対応し、参照演奏者の身体的特徴と参照演奏者による演奏の流儀との少なくとも一方ごとに異なる文字列により表される。要素A1～A16は、参照音符列に対応する。本例では、要素A0は入力時系列データAにおける先頭、すなわち参照音符列（要素A1～A16）の前に配

10

20

30

40

50

置されるが、入力時系列データAにおける任意の位置に配置されてもよい。

【0021】

要素A1, A3, A5, …, A15における“L”は左手を意味し、数字は鍵に付与された番号を意味し、“on”および“off”はそれぞれ押鍵および離鍵を意味する。要素A2, A4, A6, …, A16における“wait”は待機を意味し、数字は時間の長さを意味する。したがって、要素A1～A4は、番号「66」の鍵を押して13単位時間だけ維持した後、番号「66」の鍵を離して2単位時間だけ維持することを意味する。

【0022】

出力指情報Bは、入力時系列データAの要素A0～A16にそれぞれ対応する要素B0～B16を含む。要素B0は、参照演奏者識別子を示し、要素A0と同一の文字列により表される。要素B1, B3, B5, …, B15における“L”は左手を意味し、数字は指に付与された番号を意味し、“down”および“up”はそれぞれ押し上げおよび押し下げを意味する。要素B2, B4, B6, …, B16における“wait”は待機を意味し、数字は時間の長さを意味する。したがって、要素B1～B4は、左手の中指を押し下げて13単位時間だけ待機した後、左手の中指を押し上げて2単位時間だけ維持することを意味する。

【0023】

図2の訓練データDは、左手の運指を示すために生成されるが、実施の形態はこれに限定されない。訓練データDは、右手の運指を示すために生成されてもよいし、左手および右手の各々の運指を示すために生成されてもよい。右手の運指を示すための入力時系列データAおよび出力指情報Bの要素においては、文字「L」ではなく例えば「R」が使用されてもよい。

【0024】

(3) 訓練装置および運指提示装置

図3は、訓練装置10および運指提示装置20の構成を示すブロック図である。図3に示すように、訓練装置10は、機能部として、第1の取得部11、第2の取得部12および構築部13を含む。図1のCPU130が訓練プログラムを実行することにより、訓練装置10の機能部が実現される。訓練装置10の機能部の少なくとも一部は、電子回路等のハードウェアにより実現されてもよい。

【0025】

第1の取得部11は、記憶部140等に記憶された各訓練データDから入力時系列データAを取得する。第2の取得部12は、各訓練データDから出力指情報Bを取得する。構築部13は、各訓練データDについて、第1の取得部11により取得された入力時系列データAを入力要素とし、第2の取得部12により取得された出力指情報Bを出力要素とする機械学習を行う。複数の訓練データDについて機械学習を繰り返すことにより、構築部13は、入力時系列データAと出力指情報Bとの間の入出力関係を示す訓練済モデルMを構築する。

【0026】

本例では、構築部13はTransformerを訓練することにより訓練済モデルMを構築するが、実施の形態はこれに限定されない。構築部13は、時系列を扱う他の方式の機械学習モデルを訓練することにより訓練済モデルMを構築してもよい。構築部13により構築された訓練済モデルMは、例えば記憶部140に記憶される。構築部13により構築された訓練済モデルMは、ネットワーク上のサーバ等に記憶されてもよい。

【0027】

運指提示装置20は、機能部として、受付部21、推定部22および生成部23を含む。図1のCPU130が運指提示プログラムを実行することにより、運指提示装置20の機能部が実現される。運指提示装置20の機能部の少なくとも一部は、電子回路等のハードウェアにより実現されてもよい。

【0028】

本実施の形態では、受付部21は、複数の音符からなる音符列を含む時系列データを受

け付ける。演奏者は、楽譜の画像を示す画像データを時系列データとして受付部 21 に与えることができる。あるいは、演奏者は、操作部 150 を操作することにより時系列データを生成し、受付部 21 に与えることができる。

【0029】

本例では、時系列データは、図 2 の入力時系列データ A と同様の構成を有し、音符列を演奏する演奏者の分類（カテゴリ）を示す演奏者識別子をさらに含む。演奏者識別子は、演奏者の身体的特徴と演奏者による演奏の流儀との少なくとも一方ごとに異なるように決定される。演奏者の身体的特徴は、例えば演奏者の手の大きさ、年齢、性別または大人か子供かの区別を含む。

【0030】

推定部 22 は、記憶部 140 等に記憶された訓練済モデル M を用いて指情報を推定する。指情報は、受付部 21 により受け付けられた音符列の各音符を演奏する際に使用する演奏者の指を示し、音符列および演奏者識別子に基づいて推定される。指情報は、各指に付与された固有の番号であってもよい。生成部 23 は、受付部 21 により受け付けられた時系列データの音符列および推定部 22 により推定された指情報に基づいて楽譜情報を生成する。

【0031】

表示部 160 には、生成部 23 により生成された楽譜情報に基づいて補助用楽譜が表示される。図 4 は、表示部 160 に表示される補助用楽譜の一例を示す。図 4 に示すように、補助用楽譜には、推定部 22 により推定された指情報が受付部 21 により受け付けられた音符列の各音符に対応するように示される。図 4 の例では、指情報として一方の手の指の番号が示されている。

【0032】

左手または右手の指の番号の区別をする場合には、左手の指の番号の付近に「L」等の所定の文字が付され、右手の指の番号の付近に「R」等の他の所定の文字が付されてもよい。あるいは、左手の指の番号またはそれに対応する音符に赤色等の所定の色が付され、右手の指の番号またはそれに対応する音符に青色等の他の所定の色が付されてもよい。

【0033】

（4）訓練処理および運指提示処理

図 5 は、図 3 の訓練装置 10 による訓練処理の一例を示すフローチャートである。図 5 の訓練処理は、図 1 の CPU 130 が訓練プログラムを実行することにより行われる。まず、第 1 の取得部 11 は、各訓練データ D から入力時系列データ A を取得する（ステップ S1）。また、第 2 の取得部 12 は、各訓練データ D から出力指情報 B を取得する（ステップ S2）。ステップ S1、S2 は、いずれが先に実行されてもよいし、同時に実行されてもよい。

【0034】

次に、構築部 13 は、各訓練データ D について、ステップ S1 で取得された入力時系列データ A を入力要素とし、ステップ S2 で取得された出力指情報 B を出力要素として機械学習を行う（ステップ S3）。続いて、構築部 13 は、十分な機械学習が実行されたか否かを判定する（ステップ S4）。機械学習が不十分な場合、構築部 13 はステップ S3 に戻る。十分な機械学習が実行されるまで、パラメータが変化されつつステップ S3、S4 が繰り返される。機械学習の繰り返し回数は、構築される訓練済モデル M が満たすべき品質条件に応じて変化する。

【0035】

十分な機械学習が実行された場合、構築部 13 は、ステップ S3 の機械学習により習得した入力時系列データ A と出力指情報 B との間の入出力関係を訓練済モデル M として保存する（ステップ S5）。これにより、訓練処理が終了する。

【0036】

図 6 は、図 3 の運指提示装置 20 による運指提示処理の一例を示すフローチャートである。図 6 の運指提示処理は、図 1 の CPU 130 が運指提示プログラムを実行することにより行われる。

10

20

30

40

50

より行われる。まず、受付部 2 1 は、時系列データを受け付ける（ステップ S 1 1）。次に、推定部 2 2 は、訓練処理のステップ S 5 で保存された訓練済モデル M を用いて、ステップ S 1 1 で受け付けられた時系列データから指情報を推定する（ステップ S 1 2）。

【0037】

その後、生成部 2 3 は、ステップ S 1 1 で受け付けられた時系列データの音符列およびステップ S 1 2 で推定された指情報に基づいて楽譜情報を生成する（ステップ S 1 3）。生成された楽譜情報に基づいて、補助用楽譜が表示部 1 6 0 に表示されてもよい。これにより、運指提示処理が終了する。

【0038】

（5）実施の形態の効果

以上説明したように、本実施の形態に係る運指提示装置 2 0 は、複数の音符からなる音符列を含む時系列データを受け付ける受付部 2 1 と、訓練済モデル M を用いて、音符列の各音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す指情報を推定する推定部 2 2 とを備える。この構成によれば、訓練済モデル M を用いて、時系列データにおける複数の音符の時間的流れから適切な指情報が推定される。これにより、楽器を演奏する際の適切な運指を提示することができる。

【0039】

訓練済モデル M は、複数の音符からなる参照音符列を含む入力時系列データ A と、参照音符列の各音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す出力指情報 B との間の入出力関係を習得した機械学習モデルであってもよい。この場合、時系列データから指情報を容易に推定することができる。

【0040】

時系列データは、音符列を演奏する演奏者を示す演奏者識別子をさらに含み、推定部 2 2 は、演奏者識別子に基づいて指情報を推定してもよい。この場合、演奏者に応じて適切な指情報を推定することができる。

【0041】

演奏者識別子は、演奏者の身体的特徴に対応するように決定されてもよい。この場合、演奏者の身体的特徴に応じて適切な指情報を推定することができる。

【0042】

演奏者識別子は、演奏者による演奏の流儀に対応するように決定されてもよい。この場合、演奏者による演奏の流儀に応じて適切な指情報を推定することができる。

【0043】

運指提示装置 2 0 は、音符列の各音符に対応するように指情報が付された補助用楽譜を示す楽譜情報を生成する生成部 2 3 をさらに備えてもよい。この場合、演奏者は、補助用楽譜を視認することにより、音符列の各音符に対応する指を容易に認識することができる。

【0044】

本実施の形態に係る訓練装置 1 0 は、複数の音符からなる参照音符列を含む入力時系列データ A を取得する第 1 の取得部 1 1 と、参照音符列の各音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す出力指情報 B を取得する第 2 の取得部 1 2 と、入力時系列データ A と出力指情報 B との間の入出力関係を習得した訓練済モデル M を構築する構築部 1 3 とを備える。この構成によれば、入力時系列データ A と出力指情報 B との間の入出力関係を習得した訓練済モデル M を容易に構築することができる。

【0045】

（6）訓練データの他の例

本実施の形態において、入力時系列データ A は参照演奏者識別子を含み、時系列データは演奏者識別子を含むが、実施の形態はこれに限定されない。入力時系列データ A は、参照音符列を含めばよく、参照演奏者識別子を含まなくてもよい。同様に、時系列データは、音符列を含めばよく、演奏者識別子を含まなくてもよい。

【0046】

また、本実施の形態において、入力時系列データ A および出力指情報 B は、M I D I（

10

20

30

40

50

Musical Instrument Digital Interface) 規格における押鍵または離鍵等を示す、いわゆる動作ベースで記述されるが、実施の形態はこれに限定されない。入力時系列データ A および出力指情報 B は、他の方式で記述されてもよい。例えば、入力時系列データ A および出力指情報 B は、MIDI 規格における音符の開始位置または音符の長さ等を示す、いわゆる音符ベースで記述されてもよい。時系列データおよび指情報についても同様である。
【0047】

図 7 は、入力時系列データ A の他の例を示す図である。図 7 の上段には、動作ベースで記述された入力時系列データ A (A_x) が示される。図 7 の中段には、音符ベースで記述された入力時系列データ A (A_y) が示される。入力時系列データ A_x と入力時系列データ A_y とは、同一の参照音符列 (図 7 の下段に示される楽譜中の参照音符列) を含む。入力時系列データ A_x、A_y における “bar” および “beat” は、参照音符列の拍節構造を示す要素である。

10

【0048】

図 7 に示すように、入力時系列データ A を音符ベースで記述することにより、入力時系列データ A の長さが短縮される。これにより、より長い入力時系列データ A を容易に処理することが可能になる。なお、入力時系列データ A に対応する出力指情報 B は、入力時系列データ A における音高の番号を示す要素 (“note__〇〇”) の直後に指の番号を示す要素を挿入することにより記述することができる。

【0049】

あるいは、入力時系列データ A および出力指情報 B は、楽譜を表す方式により記述されてもよい。楽譜を表す方式により記述された入力時系列データ A および出力指情報 B の詳細については、以下の変形例において説明する。

20

【0050】

(7) 変形例

図 8 は、変形例における入力時系列データ A の一例を示す図である。図 8 の上段には、楽譜を表す方式により記述された入力時系列データ A (A_z) が示される。図 8 の下段には、入力時系列データ A_z により表された楽譜が示される。図 8 の上段に示すように、入力時系列データ A_z は、複数の要素 A₀ ~ A₂₄ を含む。一部の要素は属性を有する。要素の属性は、当該要素の後部 (アンダーバーの後) に記述される。

【0051】

30

要素 A₀ は、参照音符列に含まれる音符のうち運指を付与する音符の割合を示す。要素 A₀ は入力時系列データ A_z における先頭に配置されるが、入力時系列データ A_z における任意の位置に配置されてもよい。要素 A₀ における “finger rate” の属性により、割合が指定される。本例における属性「5」は、100%の割合を意味する。割合は、例えば 20~40% または 40~60% のように、範囲を有してもよいし、複数の範囲に分割されてもよい。

【0052】

要素 A₁ はパートを示す。要素 A₁ は要素 A₀ の直後に配置されるが、入力時系列データ A_z における任意の位置に配置されてもよい。要素 A₁ として、「R」および「L」は、それぞれ右手および左手のパートを示す。本例では、「R」の後に右手に対応する要素が配置される。その後に「L」が配置され、「L」の後に左手に対応する要素が配置される。「R」および右手に対応する要素は、左手に対応する要素の後に配置されてもよい。パートの区別がない場合、入力時系列データ A_z は要素 A₁ を含まない。

40

【0053】

要素 A₂、A₁₅、A₂₄ は、楽譜の小節線を示す。したがって、図 8 の例では、要素 A₂ における “bar” と要素 A₁₅ における “bar” とにより区切られた範囲が第 1 小節に対応する。要素 A₁₅ における “bar” と要素 A₂₄ における “bar” とにより区切られた範囲が第 2 小節に対応する。

【0054】

要素 A₃ は、楽譜の音部記号を示す。要素 A₃ における “clef” の属性により、音部

50

記号の種類が指定される。図 8 の例では、属性が “ t r e b l e ” であるため、要素 A 3 により音部記号としてト音記号が指定される。なお、属性が “ b a s s ” である場合には、要素 A 3 により音部記号としてヘ音記号が指定される。

【 0 0 5 5 】

要素 A 4 は、楽譜の拍子記号を示す。要素 A 4 における “ t i m e ” の属性により、拍子記号の種類が指定される。図 8 の例では、属性が “ 4 / 4 ” であるため、要素 A 4 により拍子記号として “ 4 / 4 ” が指定される。

【 0 0 5 6 】

参照音符列における音符は、音高と音価との組により示される。音高は、要素 A 5 , A 9 , A 1 1 , A 1 3 , A 1 6 , A 1 8 , A 2 0 における “ n o t e ” の属性により指定される。音価は、要素 A 6 , A 1 0 , A 1 2 , A 1 4 , A 1 7 , A 1 9 , A 2 1 における “ l e n ” の属性により指定される。本例では、 “ l e n _ 1 ” が 1 拍に相当する。

10

【 0 0 5 7 】

楽譜における音符の符幹の方向は、要素 A 6 , A 1 0 , A 1 2 , A 1 4 , A 1 7 , A 1 9 , A 2 1 における “ l e n ” の他の属性により指定される。他の属性が “ d o w n ” の場合、符幹は符頭から下に延びる。他の属性が “ u p ” の場合、符幹は符頭から上に延びる。8 分音符または 1 6 分音符等の複数の音符が連桁によりつながられる場合には、連桁の開始位置、中継位置および終了位置が、要素 A 1 0 , A 1 2 , A 1 4 における “ l e n ” のさらに他の属性 “ s t a r t ” , “ c o n t i n u e ” および “ s t o p ” によりそれぞれ指定される。

20

【 0 0 5 8 】

参照音符列における休符は、要素 A 7 , A 2 2 における “ r e s t ” により指定される。休符の音価は、要素 A 8 , A 2 3 における “ l e n ” の属性により記述される。

【 0 0 5 9 】

図 8 の例では、要素 A 5 , A 6 は音符 N 1 を示し、要素 A 7 , A 8 は休符 R 1 を示す。要素 A 9 , A 1 0 は音符 N 2 を示し、要素 A 1 1 , A 1 2 は音符 N 3 を示し、要素 A 1 3 , A 1 4 は音符 N 4 を示す。要素 A 1 6 , A 1 7 は音符 N 5 を示し、要素 A 1 8 , A 1 9 は音符 N 6 を示す。要素 A 2 0 , A 2 1 は音符 N 7 を示し、要素 A 2 2 , A 2 3 は休符 R 2 を示す。

【 0 0 6 0 】

30

図 9 は、変形例における出力指情報 B の一例を示す図である。図 9 の上段には、楽譜を表す方式により記述された出力指情報 B (B z) が示される。出力指情報 B z は、図 8 の入力時系列データ A z に対応する。図 9 の下段には、出力指情報 B z により表された楽譜が示される。

【 0 0 6 1 】

図 9 の上段に示すように、出力指情報 B z は、複数の要素 B 0 ~ B 2 4 を含む。また、出力指情報 B z は、要素 B 5 , B 9 , B 1 1 , B 1 3 , B 1 6 , B 1 8 , B 2 0 の直後にそれぞれ配置された要素 B 5 f , B 9 f , B 1 1 f , B 1 3 f , B 1 6 f , B 1 8 f , B 2 0 f をさらに含む。要素 B 0 ~ B 2 4 は、図 8 の入力時系列データ A z の要素 A 0 ~ A 2 4 とそれぞれ同様である。そのため、図 3 の第 1 の取得部 1 1 は、出力指情報 B z から要素 B 5 f , B 9 f , B 1 1 f , B 1 3 f , B 1 6 f , B 1 8 f , B 2 0 f を削除することにより、入力時系列データ A z を取得することができる。

40

【 0 0 6 2 】

要素 B 5 f , B 9 f , B 1 1 f , B 1 3 f , B 1 6 f , B 1 8 f , B 2 0 f は、直前の要素 B 5 , B 9 , B 1 1 , B 1 3 , B 1 6 , B 1 8 , B 2 0 に対応する音符を楽器により演奏する際に使用する指の番号をそれぞれ示す。要素 B 5 f , B 9 f , B 1 1 f , B 1 3 f , B 1 6 f , B 1 8 f , B 2 0 f における “ f i n g e r ” の属性により、指の番号が指定される。したがって、要素 B 5 f , B 9 f , B 1 1 f , B 1 3 f , B 1 6 f , B 1 8 f , B 2 0 f により、図 9 の下段に示すように、音符 N 1 ~ N 7 を演奏する際に使用する指の番号「 1 」, 「 1 」, 「 2 」, 「 1 」, 「 3 」, 「 3 」および「 2 」がそれぞれ楽譜に

50

記載される。

【0063】

(8) 変形例の効果

第1の実施の形態の変形例においては、要素A0の属性により、参照音符列に含まれる音符のうち運指を付与する音符の割合を任意に指定することができる。割合が100%であるときには、推定部22は、音符列に含まれる全部の音符についての指情報を推定する。この場合、入門レベルの演奏者が楽器を演奏する際の適切な運指を提示することができる。

【0064】

また、割合が100%であるときには、生成部23は、推定部22により推定された指情報に基づいて、指の動きをアニメーション等により示す動画ファイルを生成してもよい。これにより、指の動きを可視化することができる。このような動画ファイルの生成は、図6の運指提示処理におけるステップS13の前または後に実行されてもよいし、ステップS13と並列的に実行されてもよいし、ステップS13に代えて実行されてもよい。

【0065】

一方、割合が100%未満であるときには、推定部22は、音符列に含まれる音符のうち、運指を付与する対象となる一部の音符と、当該一部の音符についての指情報とを推定する。この場合、入門レベルよりも高い初級レベルまたは中級レベルの演奏者が楽器を演奏する際の適切な運指を提示することができる。この構成においては、出力指情報Bzは、要素B5f, B9f, B11f, B13f, B16f, B18f, B20fの一部を含まない。

【0066】

また、割合が100%未満であるときには、推定部22は、指情報を推定せずに、音符列から運指を付与する対象となる音符を示す音符情報を推定してもよい。詳細は、後述する第3の実施の形態で説明する。

【0067】

[2] 第2の実施の形態

(1) 処理システム

第2の実施の形態における処理システム100について、第1の実施の形態における処理システム100と異なる点を説明する。図3の訓練装置10において、第1の取得部11および第2の取得部12は、訓練データDの入力時系列データAおよび出力指情報Bをそれぞれ取得する。

【0068】

図10は、第2の実施の形態における入力時系列データAの一例を示す図である。図10の上段には、楽譜を表す方式により記述された入力時系列データAzが示される。図10の下段には、入力時系列データAzにより表された楽譜が示される。

【0069】

図10の上段に示すように、入力時系列データAzは、複数の要素A0~A24を含む。図10の要素A0~A24は、第1の実施の形態における変形例(図8)の要素A0~A24とそれぞれ同様である。また、入力時系列データAzは、音符に対応する要素A5, A9, A11, A13, A16, A18, A20の一部の直後に配置された追加の要素を含む。図10の例では、入力時系列データAzは、要素A5, A11, A16, A20の直後にそれぞれ配置された要素A5f, A11f, A16f, A20fをさらに含む。

【0070】

要素A5f, A11f, A16f, A20fは、直前の要素A5, A11, A16, A20に対応する音符を楽器により演奏する際に使用する指の番号をそれぞれ示す指情報(以下、基本指情報と呼ぶ。)である。要素A5f, A11f, A16f, A20fにおける“finger”の属性により、指の番号が指定される。したがって、要素A5f, A11f, A16f, A20fにより、図10の下段に示すように、音符N1, N3, N5, N7を演奏する際に使用する指の番号「1」、「2」、「3」および「2」がそれぞれ楽譜

10

20

30

40

50

に記載される。

【0071】

本実施の形態における出力指情報B_zは、第1の実施の形態における変形例（図9）の出力指情報B_zと同様である。そのため、第1の取得部11は、出力指情報B_zから要素B_{5f}、B_{9f}、B_{11f}、B_{13f}、B_{16f}、B_{18f}、B_{20f}の一部をランダムに削除することにより、入力時系列データA_zを取得することができる。削除する要素B_{5f}、B_{9f}、B_{11f}、B_{13f}、B_{16f}、B_{18f}、B_{20f}の割合は、訓練装置10の使用者が図1の操作部150を操作することにより指定することができる。

【0072】

本例では、出力指情報B_zから要素B_{9f}、B_{13f}、B_{18f}が削除されることにより入力時系列データA_zが取得される。削除されない要素B_{5f}、B_{11f}、B_{16f}、B_{20f}が、基本指情報である要素A_{5f}、A_{11f}、A_{16f}、A_{20f}として残存する。

10

【0073】

図3の構築部13は、上記の入力時系列データA_zを入力要素とし、出力指情報B_zを出力要素とする機械学習を行う。複数の訓練データDについて機械学習が繰り返されることにより、入力時系列データA_zと出力指情報B_zとの間の入出力関係を示す訓練済モデルMが構築される。

【0074】

運指提示装置20においては、受付部21が時系列データを受け付ける。時系列データは、音符列に含まれる音符のうち一部の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す基本指情報をさらに含む。推定部22は、構築された訓練済モデルMと、基本指情報とに基づいて、音符列に含まれる音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す指情報を推定する。生成部23は、時系列データの音符列および指情報に基づいて楽譜情報を生成する。

20

【0075】

（2）実施の形態の効果

本実施の形態によれば、時系列データの音符列に含まれる音符のうち、一部の音符についての指情報（基本指情報）のみが既知であり、残りの音符についての指情報が与えられていない場合でも、残りの音符についての指情報が補完される。これにより、入門レベルの演奏者が楽器を演奏する際の適切な運指を提示することができる。生成部23は、推定部22により推定された指情報に基づいて、指の動きをアニメーション等により示す動画ファイルを生成してもよい。この場合、指の動きを可視化することができる。

30

【0076】

（3）変形例

本実施の形態において、推定部22は時系列データの音符列に含まれる全部の音符についての指情報を推定するが、実施の形態はこれに限定されない。音符列に含まれる音符のうち第1の割合の音符について指情報が与えられている場合において、推定部22は、音符列に含まれる音符のうち第1の割合よりも大きい第2の割合の音符についての指情報を推定してもよい。この場合、初級レベルまたは中級レベルの演奏者が楽器を演奏する際の適切な運指を提示することができる。

40

【0077】

変形例においては、訓練データDの出力指情報Bは、要素B_{5f}、B_{9f}、B_{11f}、B_{13f}、B_{16f}、B_{18f}、B_{20f}の一部を含まなくてもよい。例えば、入力時系列データA_zが要素A_{5f}、A_{11f}、A_{16f}、A_{20f}を含む場合には、出力指情報Bは要素B_{5f}、B_{11f}、B_{16f}、B_{20f}を含む。一方、出力指情報Bは、要素B_{9f}、B_{13f}、B_{18f}の一部を含まなくてもよい。

【0078】

〔3〕第3の実施の形態

（1）処理システム

50

第3の実施の形態における処理システム100について、第1の実施の形態における処理システム100と異なる点を説明する。本実施の形態においては、訓練データDは、入力時系列データAと出力音符情報との組を示す。図3の訓練装置10において、第1の取得部11および第2の取得部12は、訓練データDの入力時系列データAおよび出力音符情報をそれぞれ取得する。出力音符情報の取得は、図5の音学習処理におけるステップS2に代えて実行される。

【0079】

本実施の形態における入力時系列データAzは、第1の実施の形態における変形例（図8）の入力時系列データAzと同様である。第1の取得部11は、後述する図11の出力音符情報Czから要素C9f、C11f、C16fを削除することにより、入力時系列データAzを取得することができる。

【0080】

図11は、第3の実施の形態における出力音符情報Cの一例を示す図である。図11の上段には、楽譜を表す方式により記述された出力音符情報C（Cz）が示される。図11の下段には、出力音符情報Czにより表された楽譜が示される。

【0081】

図11の上段に示すように、出力音符情報Czは、複数の要素C0～C24を含む。図11の要素C0～C24は、第1の実施の形態における変形例（図9）の出力指情報Bzの要素B0～B24とそれぞれ同様である。また、出力音符情報Czは、音符に対応する要素C5、C9、C11、C13、C16、C18、C20の一部の直後に配置された追加の要素を含む。

【0082】

本例では、要素C0における“finger rate”の属性は「2」であり、属性「2」は40%の割合を意味する。そのため、出力音符情報Czは、要素C5、C9、C11、C13、C16、C18、C20のうち、約40%の要素である要素C9、C11、C16の直後にそれぞれ配置された要素C9f、C11f、C16fをさらに含む。

【0083】

要素C9f、C11f、C16fは、直前の要素C9、C11、C16に対応する音符を、参照音符列から運指を付与する対象となる音符としてそれぞれ示す。図11の下段に示すように、要素C9f、C11f、C16fにより、要素C9、C11、C16に対応する音符N2、N3、N5がそれぞれ識別可能に楽譜に記載される。

【0084】

図3の構築部13は、上記の入力時系列データAzを入力要素とし、出力音符情報Czを出力要素とする機械学習を行う。複数の訓練データDについて機械学習が繰り返されることにより、入力時系列データAzと出力音符情報Czとの間の入出力関係を示す訓練済モデルMが構築される。

【0085】

運指提示装置20においては、受付部21が時系列データを受け付ける。推定部22は、訓練装置10により構築された訓練済モデルMと、受付部21により受け付けられた時系列データに基づいて、音符列から運指を付与する対象となる音符を示す音符情報を推定する。音符情報の推定は、図6の運指提示処理におけるステップS12に代えて実行される。生成部23は、音符情報が示す音符が識別可能に表示された補助用楽譜を示す楽譜情報を生成する。

【0086】

（2）実施の形態の効果

本実施の形態によれば、音符列から運指を付与する対象となる音符を提示することができる。これにより、初級レベルまたは中級レベルの演奏者は、楽器を演奏する際に要所となる音符を認識することができる。

【0087】

（3）変形例

推定部 22 は、第 1 の実施の形態で構築された第 1 の訓練済モデル M と、本実施の形態で構築された第 2 の訓練済モデル M とを用いて、音符列に含まれる一部の音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す指情報を推定してもよい。図 12 は、変形例における運指提示処理の一例を示すフローチャートである。

【0088】

まず、受付部 21 は、時系列データを受け付ける（ステップ S21）。次に、推定部 22 は、第 1 の実施の形態で構築された第 1 の訓練済モデル M を用いて、ステップ S11 で受け付けられた時系列データから中間指情報を推定する（ステップ S22）。中間指情報は、音符列に含まれる各音符を楽器により演奏する際に使用する指を示す。

【0089】

また、推定部 22 は、本実施の形態で構築された第 2 の訓練済モデル M を用いて、ステップ S21 で受け付けられた時系列データから音符情報を推定する（ステップ S23）。ステップ S22、S23 は、いずれが先に実行されてもよいし、同時に実行されてもよい。

【0090】

続いて、推定部 22 は、ステップ S22 で推定された中間指情報に基づいて、音符列に含まれる音符のうち、ステップ S23 で推定された音符情報が示す音符以外の音符についての指情報を推定する（ステップ S24）。その後、生成部 23 は、ステップ S21 で受け付けられた時系列データの音符列およびステップ S24 で推定された指情報に基づいて楽譜情報を生成する（ステップ S25）。これにより、運指提示処理が終了する。

【0091】

この運指提示処理においては、ステップ S22 で推定される中間指情報は、例えば第 1 の実施の形態における変形例（図 9）の出力指情報 B_z と同様の構成を有する。また、ステップ S23 で推定される音符情報は、図 11 の出力音符情報 C_z と同様の構成を有する。図 13 は、運指提示処理のステップ S24 で推定される指情報の一例を示す図である。

【0092】

図 13 の上段には、楽譜を表す方式により記述された指情報 F（F_z）が示される。図 13 の下段には、指情報 F_z により表された補助用楽譜が示される。指情報 F_z は、中間指情報（図 9 参照）から、音符情報（図 11 参照）における運指を付与する対象となる音符を示す要素 C_{9f}、C_{11f}、C_{16f} にそれぞれ対応する要素 B_{9f}、B_{11f}、B_{16f} を削除することにより推定される。

【0093】

具体的には、図 13 の上段に示すように、指情報 F_z は、複数の要素 F₁～F₂₄ を含む。図 13 の要素 F₁～F₂₄ は、第 1 の実施の形態における変形例（図 9）の出力指情報 B_z の要素 B₁～B₂₄ とそれぞれ同様である。また、指情報 F_z は、音符に対応する要素 F₅、F₉、F₁₁、F₁₃、F₁₆、F₁₈、F₂₀ の一部の直後に配置された追加の要素を含む。本例では、指情報 F_z は、要素 F₅、F₁₃、F₁₈、F₂₀ の直後にそれぞれ配置された要素 F_{5f}、F_{13f}、F_{18f}、F_{20f} をさらに含む。

【0094】

要素 F_{5f}、F_{13f}、F_{18f}、F_{20f} は、直前の要素 F₅、F₁₃、F₁₈、F₂₀ に対応する音符を楽器により演奏する際に使用する指の番号をそれぞれ示す。要素 F_{5f}、F_{13f}、F_{18f}、F_{20f} における“finger”の属性により、指の番号が指定される。したがって、要素 F_{5f}、F_{13f}、F_{18f}、F_{20f} により、図 13 の下段に示すように、音符 N₁、N₄、N₆、N₇ を演奏する際に使用する指の番号「1」、「1」、「3」および「2」がそれぞれ補助用楽譜に記載される。

【0095】

変形例によれば、時系列データの音符列に含まれる全部の音符についての指情報から、一部の音符についての指情報が間引きされる。この場合、初級レベルまたは中級レベルの演奏者が楽器を演奏する際の適切な運指を提示することができる。例えば、楽器を演奏する際に要所となる音符についての指情報が間引かれるので、初級レベルまたは中級レベルの演奏者は、楽器を練習する際に、適切な運指の判断力を養うことができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 6 】

〔 4 〕 他の実施の形態

上記実施の形態において、運指提示装置 2 0 は生成部 2 3 を含むが、実施の形態はこれに限定されない。演奏者は、推定部 2 2 により推定された指情報を所望の楽譜に転記することにより補助用楽譜を作成することができる。そのため、運指提示装置 2 0 は、生成部 2 3 を含まなくてもよい。

【 0 0 9 7 】

上記実施の形態において、訓練データ D はピアノにより演奏を行う際の指情報を推定するように訓練されるが、実施の形態はこれに限定されない。訓練データ D は、ドラム等の他の楽器により演奏を行う際の指情報を推定するように訓練されてもよい。

10

【 0 0 9 8 】

上記実施の形態において、運指提示装置 2 0 の使用者が演奏者である場合を例に説明したが、運指提示装置 2 0 の使用者は、例えば、楽譜の作成会社のスタッフであってもよい。また、訓練装置 1 0 による機械学習は、楽譜の作成会社のスタッフにより事前に行われてもよい。

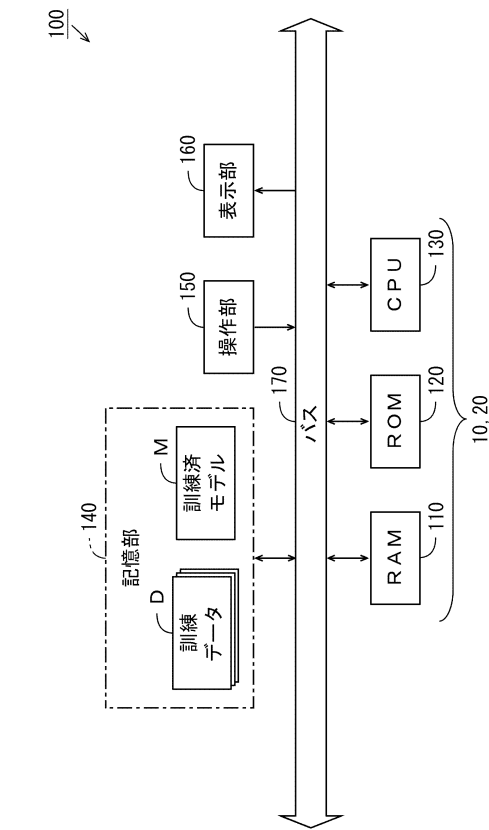
20

30

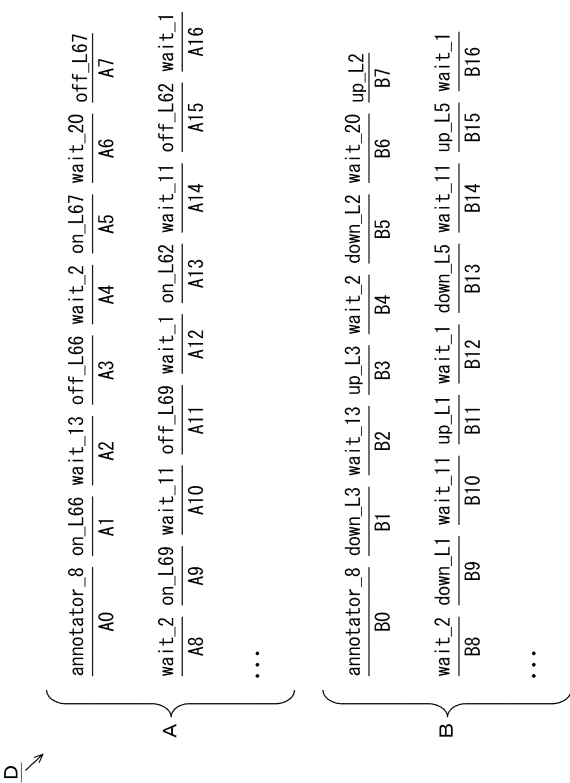
40

50

【図面】
【図 1】



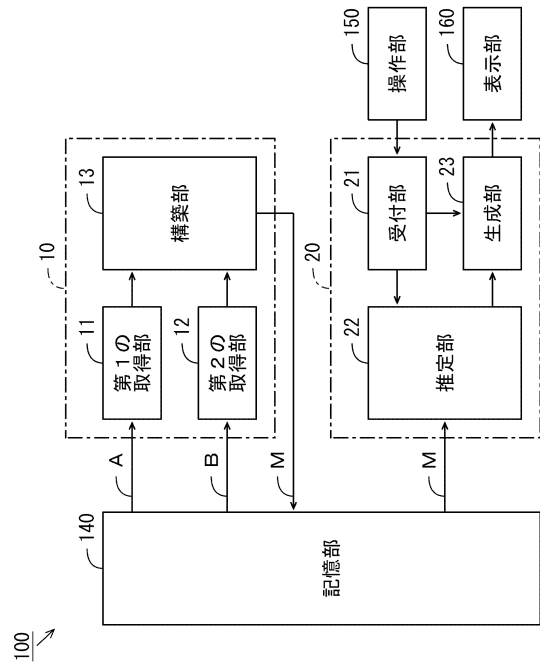
【図 2】



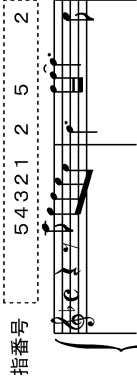
10

20

【図 3】



【図 4】

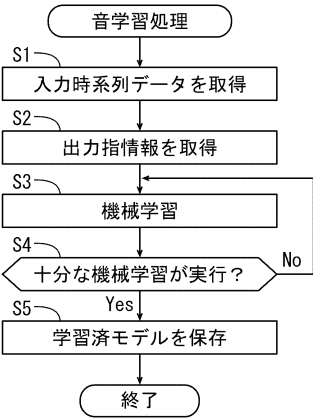


30

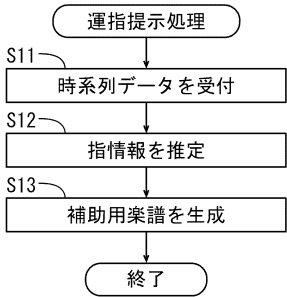
40

50

【図 5】



【図 6】



【図 7】

bar

on_R72

on_L48

wait_12

beat

wait_12

off_R72

off_L48

beat

on_R67

on_L52

wait_12

off_R67

beat

on_R72

wait_12

off_R72

off_L52

bar

on_R71

on_L50

wait_12

off_R71

beat

on_R69

wait_12

off_R69

beat

on_R67

wait_12

beat

wait_12

off_R67

off_L50

...

A

(Ax)

bar

note_R72

len_24

note_L48

len_24

beat

beat

note_R67

len_12

note_L52

len_24

beat

note_R72

len_12

bar

note_R71

len_12

note_L50

len_48

beat

note_R69

len_12

beat

note_R67

len_24

beat

...

A

(Ay)

【図 8】

fingerrate_5

R

bar

clef_treble

time_4/4

note_72

len_2_down

rest

len_1/2

A0

A1

A2

A3

A4

A5

A6

A7

A8

note_72

len_1/2_down_start

note_74

len_1/2_down_continue

note_72

A9

A10

A11

A12

A13

len_1/2_down_stop

bar

note_76

len_3/2_down

note_76

len_1/2_down

note_74

A14

A15

A16

A17

A18

A19

A20

len_1_down

rest

len_1

bar

...

A21

A22

A23

A24

A

(Az)

10

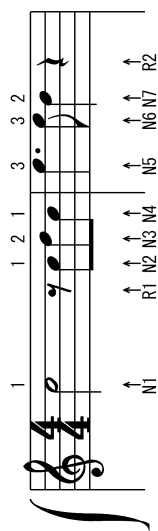
20

30

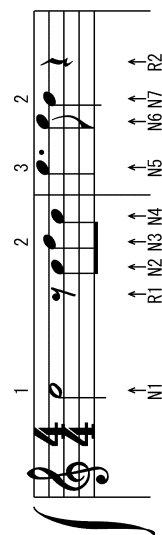
40

50

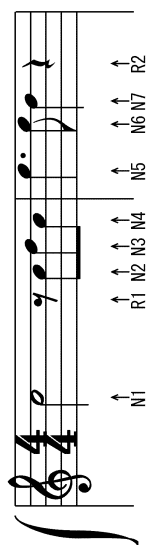
【図 9】

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{fingerrate_5 R bar} \text{ clef_treble time_4/4 note_72 finger_1 len_2_down rest len_1/2} \\ \hline \text{B0} \quad \text{B1} \quad \text{B2} \quad \text{B3} \quad \text{B4} \quad \text{B5} \quad \text{B5f} \quad \text{B6} \quad \text{B7} \quad \text{B8} \\ \text{note_72 finger_1 len_1/2_down_start note_74 finger_2 len_1/2_down_continue note_72} \\ \hline \text{B9} \quad \text{B9f} \quad \text{B10} \quad \text{B11} \quad \text{B11f} \quad \text{B12} \quad \text{B13} \\ \text{finger_1 len_1/2_down_stop bar note_76 finger_3 len_3/2_down note_76 finger_3} \\ \hline \text{B13f} \quad \text{B14} \quad \text{B15} \quad \text{B16} \quad \text{B16f} \quad \text{B17} \quad \text{B18} \quad \text{B18f} \\ \text{len_1/2_down note_74 finger_2 len_1_down rest len_1 bar} \dots \\ \hline \text{B19} \quad \text{B20} \quad \text{B20f} \quad \text{B21} \quad \text{B22} \quad \text{B23} \quad \text{B24} \end{array} \right.$$


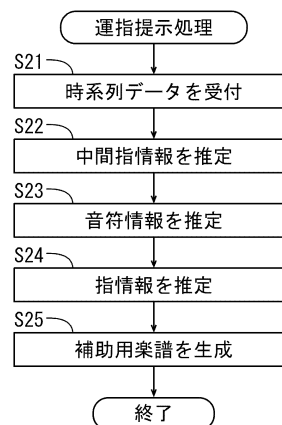
【図 10】

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{fingerrate}_5 \text{ R bar} \text{ clef_treble time}_{4/4} \text{ note}_{72} \text{ finger}_1 \text{ len}_2 \text{ down rest len}_{1/2} \\ \hline \text{A0} \quad \text{A1} \quad \text{A2} \quad \text{A3} \quad \text{A4} \quad \text{A5} \quad \text{A5f} \quad \text{A6} \quad \text{A7} \quad \text{A8} \\ \\ \text{note}_{72} \text{ len}_{1/2} \text{ down start note}_{74} \text{ finger}_2 \text{ len}_{1/2} \text{ down continue note}_{72} \\ \hline \text{A9} \quad \text{A10} \quad \text{A11} \quad \text{A11f} \quad \text{A12} \quad \text{A13} \\ \\ \text{len}_{1/2} \text{ down stop bar note}_{76} \text{ finger}_3 \text{ len}_{3/2} \text{ down note}_{76} \text{ len}_{1/2} \text{ down note}_{74} \\ \hline \text{A14} \quad \text{A15} \quad \text{A16} \quad \text{A16f} \quad \text{A17} \quad \text{A18} \quad \text{A19} \quad \text{A20} \\ \\ \text{finger}_2 \text{ len}_{1/2} \text{ down rest len}_1 \text{ bar} \dots \\ \hline \text{A20f} \quad \text{A21} \quad \text{A22} \quad \text{A23} \quad \text{A24} \end{array} \right.$$


【図 1 1】

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{fingerrate_2} \quad \text{R} \quad \text{bar} \quad \text{clef} \quad \text{treble} \quad \text{time} \quad 4/4 \quad \text{note} \quad 72 \quad \text{len} \quad 1/2 \quad \text{note} \quad 72 \\ \hline \text{C0} \quad \text{C1} \quad \text{C2} \quad \text{C3} \quad \text{C4} \quad \text{C5} \quad \text{C6} \quad \text{C7} \quad \text{C8} \quad \text{C9} \\ \\ \text{finger} \quad \text{len} \quad 1/2 \quad \text{down} \quad \text{start} \quad \text{note} \quad 74 \quad \text{finger} \quad \text{len} \quad 1/2 \quad \text{down} \quad \text{continue} \quad \text{note} \quad 72 \\ \hline \text{C9f} \quad \text{C10} \quad \text{C11} \quad \text{C11f} \quad \text{C12} \quad \text{C13} \\ \\ \text{len} \quad 1/2 \quad \text{down} \quad \text{stop} \quad \text{bar} \quad \text{note} \quad 76 \quad \text{finger} \quad \text{len} \quad 3/2 \quad \text{down} \quad \text{note} \quad 76 \quad \text{len} \quad 1/2 \quad \text{down} \quad \text{note} \quad 74 \\ \hline \text{C14} \quad \text{C15} \quad \text{C16} \quad \text{C16f} \quad \text{C17} \quad \text{C18} \quad \text{C19} \quad \text{C20} \\ \\ \text{len} \quad 1 \quad \text{down} \quad \text{rest} \quad \text{len} \quad 1 \quad \text{bar} \quad \dots \\ \hline \text{C21} \quad \text{C22} \quad \text{C23} \quad \text{C24} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{C} \\ (\text{Cz}) \end{array}$$


【図 12】



【図 13】

R

bar

clef_treble

time_4/4

note_72

finger_1

len_2_down

rest

len_1/2

F1

F2

F3

F4

F5

F5f

F6

F7

F8

note_72

len_1/2_down_start

note_74

len_1/2_down_continue

note_72

finger_1

F9

F10

F11

F12

F13

F13f

len_1/2_down_stop

bar

note_76

len_3/2_down

note_76

finger_3

len_1/2_down

F14

F15

F16

F17

F18

F18f

F19

note_74

finger_2

len_1_down

rest

len_1

bar

...

F20

F20f

F21

F22

F23

F24

F
(Fz)

The musical notation is written on a single staff in treble clef with a 4/4 time signature. The notation includes a series of notes and rests, with fingerings (1, 2, 3) and dynamics (F, Fz, F1-F24) indicated above the notes. The notes are grouped into measures, with some measures containing multiple notes. The notation is enclosed in a large bracket on the left side.

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 中国特許出願公開第111723938 (CN, A)
新村祐加 他, "弦楽器練習支援のための音符からの運指指定", FIT2019 第18回情報科学技術フォーラム 講演論文集 第2分冊, 2019年08月20日, pp.207-208
渡邊樹里 他, "バイオリンの初級者教育に有効な運指推定", 第81回 (2019年) 全国大会講演論文集 (2), 2019年02月28日, pp.2-335 - 2-336
堀田敬介, "身体的個性と音楽解釈を考慮した指使いの提示に関する考察", 2010年秋季研究発表会アブストラクト集 (第26回企業事例交流会), 2010年09月17日, pp.46-47
酒向慎司 他, "初学者に有用なバイオリン教本運指の自動推定", 情報処理学会研究報告, 情報処理学会, 2019年06月15日, pp.1-6
中村栄太 他, "ピアノ運指データを用いた統計学習手法による運指推定と演奏難易度の定式化", 情報処理学会研究報告 音楽情報科学, 2019年08月20日, pp.1-16
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G10G 1/00 - 7/02
G10H 1/00 - 7/12
G09B 15/00 - 15/08