

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6733738号
(P6733738)

(45) 発行日 令和2年8月5日(2020.8.5)

(24) 登録日 令和2年7月13日(2020.7.13)

(51) Int.Cl. F 1
G 0 6 T 7 / 2 0 (2017.01) G 0 6 T 7 / 2 0 3 0 0 A

請求項の数 15 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2018-545018 (P2018-545018)	(73) 特許権者	000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(86) (22) 出願日	平成29年10月11日(2017.10.11)	(74) 代理人	110002147 特許業務法人酒井国際特許事務所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2017/036797	(72) 発明者	矢吹 彰彦 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
(87) 国際公開番号	W02018/070414	(72) 発明者	中村 仁彦 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
(87) 国際公開日	平成30年4月19日(2018.4.19)	(72) 発明者	高野 涉 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
審査請求日	平成31年3月6日(2019.3.6)		
(31) 優先権主張番号	PCT/JP2016/080150		
(32) 優先日	平成28年10月11日(2016.10.11)		
(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】 運動認識装置、運動認識プログラムおよび運動認識方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

対象者の体の所定の部位または関節部に対応する特徴点の位置情報を含む複数のフレームを、前記対象者の体の所定の部位の位置に基づいて時系列に分節することで、前記複数のフレームを時系列に複数のグループに分類する分節部と、

グループ毎に、連続するフレームに含まれる特徴点の動きを基にして、グループに対応する基本運動の種別を識別する識別部と、

時系列に連続するグループに対応する基本運動の種別の順序を基にして、前記対象者が行った運動の技および難度を評価する第1評価部と

を有することを特徴とする運動認識装置。

10

【請求項2】

時系列に連続するグループに対応する基本運動の順序および前記対象者の体躯の回転角度を基にして、前記第1評価部に評価された前記対象者が行った運動の難度を格上げする格上げ部を更に有することを特徴とする請求項1に記載の運動認識装置。

【請求項3】

フレームに含まれる特徴点の特徴と点数とを対応付けた評価基準を基にして、グループ毎に、フレームに含まれる特徴点の特徴と前記評価基準とを比較することで、グループ毎の点数を特定し、グループのスコアを評価する第2評価部を更に有することを特徴とする請求項1または2に記載の運動認識装置。

【請求項4】

20

前記分節部は、前記対象者の両肩と背中とを通る平面の法線ベクトルの方向と、前記対象者の両手の位置とを基にして、分節点となるフレームを判定する処理を繰り返し実行し、分節点となるフレームに挟まれる複数のフレームを1つのグループに分類することを特徴とする請求項1に記載の運動認識装置。

【請求項5】

前記分節部は、前記対象者の両股と背中とを通る平面の法線ベクトルの方向と、前記対象者の両手の位置とを基にして、分節点となるフレームを判定する処理を繰り返し実行し、分節点となるフレームに挟まれる複数のフレームを1つのグループに分類することを特徴とする請求項1に記載の運動認識装置。

【請求項6】

コンピュータに、
対象者の体の所定の部位または関節部に対応する特徴点の位置情報を含む複数のフレームを、前記対象者の体の所定の部位の位置に基づいて時系列に分節することで、前記複数のフレームを時系列に複数のグループに分類し、

グループ毎に、連続するフレームに含まれる特徴点の動きを基にして、グループに対応する基本運動の種別を識別し、

時系列に連続するグループに対応する基本運動の種別の順序を基にして、前記対象者が行った運動の技および難度を評価する

処理を実行させることを特徴とする運動認識プログラム。

【請求項7】

時系列に連続するグループに対応する基本運動の順序および前記対象者の体躯の回転角度を基にして、前記対象者が行った運動の難度を格上げする処理を更にコンピュータに実行させることを特徴とする請求項6に記載の運動認識プログラム。

【請求項8】

フレームに含まれる特徴点の特徴と点数とを対応付けた評価基準を基にして、グループ毎に、フレームに含まれる特徴点の特徴と前記評価基準とを比較することで、グループ毎の点数を特定し、グループのスコアを評価する処理を更にコンピュータに実行させることを特徴とする請求項6または7に記載の運動認識プログラム。

【請求項9】

前記分類する処理は、前記対象者の両肩と背中とを通る平面の法線ベクトルの方向と、前記対象者の両手の位置とを基にして、分節点となるフレームを判定する処理を繰り返し実行し、分節点となるフレームに挟まれる複数のフレームを1つのグループに分類することを特徴とする請求項6に記載の運動認識プログラム。

【請求項10】

前記分類する処理は、前記対象者の両股と背中とを通る平面の法線ベクトルの方向と、前記対象者の両手の位置とを基にして、分節点となるフレームを判定する処理を繰り返し実行し、分節点となるフレームに挟まれる複数のフレームを1つのグループに分類することを特徴とする請求項6に記載の運動認識プログラム。

【請求項11】

コンピュータが実行する運動認識方法であって、
対象者の体の所定の部位または関節部に対応する特徴点の位置情報を含む複数のフレームを、前記対象者の体の所定の部位の位置に基づいて時系列に分節することで、前記複数のフレームを時系列に複数のグループに分類し、

グループ毎に、連続するフレームに含まれる特徴点の動きを基にして、グループに対応する基本運動の種別を識別し、

時系列に連続するグループに対応する基本運動の種別の順序を基にして、前記対象者が行った運動の技および難度を評価する

処理を実行することを特徴とする運動認識方法。

【請求項12】

時系列に連続するグループに対応する基本運動の順序および前記対象者の体躯の回転角

10

20

30

40

50

度を基にして、前記対象者が行った運動の難度を格上げする処理を更に実行することを特徴とする請求項 1 1 に記載の運動認識方法。

【請求項 1 3】

フレームに含まれる特徴点の特徴と点数とを対応付けた評価基準を基にして、グループ毎に、フレームに含まれる特徴点の特徴と前記評価基準とを比較することで、グループ毎の点数を特定し、グループのスコアを評価する処理を更に実行することを特徴とする請求項 1 1 または 1 2 に記載の運動認識方法。

【請求項 1 4】

前記分類する処理は、前記対象者の両肩と背中とを通る平面の法線ベクトルの方向と、前記対象者の両手の位置とを基にして、分節点となるフレームを判定する処理を繰り返し実行し、分節点となるフレームに挟まれる複数のフレームを一つのグループに分類することを特徴とする請求項 1 1 に記載の運動認識方法。

10

【請求項 1 5】

前記分類する処理は、前記対象者の両股と背中とを通る平面の法線ベクトルの方向と、前記対象者の両手の位置とを基にして、分節点となるフレームを判定する処理を繰り返し実行し、分節点となるフレームに挟まれる複数のフレームを一つのグループに分類することを特徴とする請求項 1 1 に記載の運動認識方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、運動認識装置等に関する。

20

【背景技術】

【0002】

各種のスポーツの分野では、公平かつ正確に選手の演技を評価するため、長年にわたり多くの努力や改革が行われてきた。しかし、最近の競技の技術進歩はめざましく、審判員の目視だけでは正確な評価を行うことが困難な場合もある。このため、自動的に選手の演技を評価する技術が望まれている。以下において、自動的に選手の演技を評価する従来技術の一例について説明する。

【0003】

従来技術 1 は、鉄棒を行う選手を評価する技術である。従来技術 1 は、2次元シルエット画像からキーポーズを検出し、キーポーズの組み合わせから技を認識し、自動採点を行う。しかし、従来技術 1 では、2次元シルエット画像を用いて技を認識するため、2次元シルエットのみで判別可能な一部の競技の技しか認識することができない。

30

【0004】

従来技術 1 を解消するものとして、従来技術 2 がある。従来技術 2 は、技毎の選手の骨格の動きのプロトタイプを予め生成しておき、生成しておいた各プロトタイプと、演技を行う選手の骨格情報を比較して、技を判定する技術である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】国際公開第 2012/112402 号

40

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献 1】吉村拓哉 橋本剛 "機械学習を用いたジェスチャー認識精度向上方法の研究" ゲームプログラミングワークショップ 2012 論文集 2012.6(2012) 167-170.

【非特許文献 2】J.Shin and Ozawa,"A Study on Motion Analysis of an Artistic Gymnastics by using Dynamic Image Processing" IEEE International Conference on Systems Man and Cybernetics, pp. 1037-1040,2008

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

【0007】

しかしながら、上述した従来技術では、対象者の演技を効率的に評価することができないという問題がある。

【0008】

例えば、従来技術2では、技毎に用意した各プロトタイプを用いて、技を識別する。このため、多種多様な技を判別するためには、比較対象となるプロトタイプの数が多くなり、該当する技を認識するまでに時間を要する。

【0009】

1つの側面では、本発明は、対象者の演技を効率的に評価することができる運動認識装置、運動認識プログラムおよび運動認識方法を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0010】

第1の案では、運動認識装置は、分節部と、識別部と、第1評価部とを有する。分節部は、対象者の体の所定の部位または関節部に対応する特徴点の位置情報を含む複数のフレームを、対象者の体の所定の部位の位置に基づいて時系列に分節することで、複数のフレームを時系列に複数のグループに分類する。識別部は、グループ毎に、連続するフレームに含まれる特徴点の動きを基にして、グループに対応する基本運動の種別を識別する。第1評価部は、時系列に連続するグループに対応する基本運動の種別の順序を基にして、対象者が行った運動の技および難度を評価する。

【発明の効果】

20

【0011】

対象者の演技を効率的に評価することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は、本実施例に係るシステムの構成を示す図である。

【図2】図2は、骨格の特徴点の一例を説明するための図である。

【図3】図3は、骨格データのデータ構造の一例を示す図である。

【図4】図4は、運動認識装置の構成を示す機能ブロック図である。

【図5】図5は、算出結果データのデータ構造の一例を示す図である。

【図6】図6は、体躯ベクトルの一例を説明するための図である。

30

【図7】図7は、鞍馬と体躯との角度を説明するための図である。

【図8】図8は、技認定規則データのデータ構造の一例を示す図である。

【図9】図9は、角度領域の一例を示す図である。

【図10】図10は、支持位置の一例を示す図である。

【図11】図11は、格上げ規則データのデータ構造の一例を示す図である。

【図12】図12は、評価結果データのデータ構造の一例を示す図である。

【図13】図13は、分節部の処理の一例を説明するための図である。

【図14】図14は、評価関数 $F(k)$ を説明するための図である。

【図15】図15は、表示画面の一例を示す図である。

【図16】図16は、運動認識装置の処理手順を示すフローチャート(1)である。

40

【図17】図17は、運動認識装置の処理手順を示すフローチャート(2)である。

【図18】図18は、技名と難度と判定する処理手順を示すフローチャートである。

【図19】図19は、難度を格上げする処理手順を示すフローチャートである。

【図20】図20は、運動認識装置の処理の一例を示す図である。

【図21】図21は、その他の体躯ベクトルの一例を説明するための図である。

【図22】図22は、運動認識装置と同様の機能を実現するコンピュータのハードウェア構成の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下に、本願の開示する運動認識装置、運動認識プログラムおよび運動認識方法の実施

50

例を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施例によりこの発明が限定されるものではない。

【実施例】

【0014】

図1は、本実施例に係るシステムの構成を示す図である。図1に示すように、このシステムは、3D (dimension) センサ10と、骨格認識装置20と、運動認識装置100とを有する。例えば、対象者5は、3Dセンサ10の撮影範囲で、所定の体操を行う。本実施例では一例として、対象者5が鞍馬を演技する場合について説明するが、これに限定されるものではなく、その他の体操競技であっても良い。

【0015】

3Dセンサ10は、3Dセンサ10の設置位置から、3Dセンサ10の撮影範囲に含まれる対象者5上の各観測点までの距離情報を計測するセンサである。例えば、3Dセンサ10は、フレーム毎に、各観測点の3次元座標を示す3次元データを生成し、生成した3次元データを骨格認識装置20に出力する。フレームは、あるタイミングにおいて、3Dセンサ10が計測した各観測点の3次元座標の情報を示すものであり、3次元データは、複数のフレームから構成される。

【0016】

骨格認識装置20は、3次元データを基にして、対象者5の骨格を構成する複数の特徴点を認識する装置である。図2は、骨格の特徴点の一例を説明するための図である。図2に示すように、骨格の特徴点は、特徴点5a~5pが含まれる。

【0017】

特徴点5aは、頭部の位置に対応する点である。特徴点5b, 5eは、肩関節(右肩関節、左肩関節)の位置に対応する点である。特徴点5c, 5fは、肘関節(右肘関節、左肘関節)の位置に対応する点である。特徴点5d, 5gは、手首(右手首、左手首)の位置に対応する点である。特徴点5hは、首の位置に対応する点である。特徴点5iは、背中(背中の中心)に対応する点である。特徴点5jは、腰(腰の中心)に対応する点である。特徴点5k, 5nは、股関節(右股関節、左股関節)の位置に対応する点である。特徴点5l, 5oは、膝関節(右膝関節、左膝関節)の位置に対応する点である。特徴点5m, 5pは、足首(右足首、左足首)の位置に対応する点である。

【0018】

骨格認識装置20は、フレーム毎の3次元データを基にして、フレーム毎の骨格の特徴点を認識し、骨格データを生成する。図3は、骨格データのデータ構造の一例を示す図である。図3に示すように、骨格データは、フレーム毎に、各特徴点5a~5pの3次元座標を有する。各フレームは、フレームを一意に識別するフレーム番号が付与される。

【0019】

運動認識装置100は、骨格データを基にして、対象者5が演技した体操の技および難度を評価する装置である。図4は、運動認識装置の構成を示す機能ブロック図である。図4に示すように、この運動認識装置100は、インタフェース部110と、入力部120と、記憶部140と、制御部150とを有する。

【0020】

インタフェース部110は、骨格認識装置20やその他の外部装置とデータを送受信するインタフェースである。後述する制御部150は、インタフェース110を介して、骨格認識装置20とデータをやり取りする。

【0021】

入力部120は、運動認識装置100に各種の情報を入力するための入力装置である。例えば、入力部120は、キーボードやマウス、タッチパネル等に対応する。

【0022】

表示部130は、制御部150から出力される情報を表示する表示装置である。例えば、表示部130は、液晶ディスプレイやタッチパネル等に対応する。

【0023】

10

20

30

40

50

記憶部 140 は、骨格データ 141、算出結果データ 142、技認定規則データ 143、格上げ規則データ 144、評価結果データ 145 を有する。記憶部 140 は、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリ (Flash Memory) などの半導体メモリ素子や、HDD (Hard Disk Drive) などの記憶装置に対応する。

【0024】

骨格データ 141 は、骨格認識装置 20 により生成される骨格データである。骨格データ 141 のデータ構造は、図 3 で説明した骨格データのデータ構造と同様である。

【0025】

算出結果データ 142 は、対象者 5 の手足先、体躯の位置・姿勢に関する情報を有するデータである。算出結果データ 142 は、後述する算出部 152 により算出される。図 5 は、算出結果データのデータ構造の一例を示す図である。図 5 に示すように、この算出結果データ 142 は、フレーム番号と、手・足の位置データと、体躯ベクトルデータと、分節番号とを対応付ける。

10

【0026】

フレーム番号は、フレームを一意に識別する情報である。手・足の位置データは、両手、両足の 3次元座標を示すデータである。例えば、手の位置データは、手首の特徴点 5d、5g の 3次元座標に対応する。足の位置データは、足首の特徴点 5m、5p の 3次元座標に対応する。体躯ベクトルデータは、体躯ベクトルの方向および大きさを示すデータである。

20

【0027】

図 6 は、体躯ベクトルの一例を説明するための図である。図 6 に示すように、体躯ベクトル 7 は、右肩関節の特徴点 5b と、左肩関節の特徴点 5e と、背中の特徴点 5i とを通る平面 6 の法線ベクトルに対応する。例えば、体躯ベクトル 7 の大きさを「1」とする。例えば、体躯ベクトルは、X 軸、Y 軸、Z 軸からなる直交座標系で定義される。X 軸の方向を、鞍馬 8 の長手方向とする。Y 軸の方向を、X 軸と直交する方向とする。Z 軸の方向を、XY 平面の鉛直上方向とする。なお、体躯ベクトル 7 が求まると、鞍馬と体躯との角度を定義することができる。

【0028】

鞍馬と体躯との角度について説明する。図 7 は、鞍馬と体躯との角度を説明するための図である。図 7 に示すように、鞍馬と体躯との角度は、線分 1a と線分 1b とのなす角である。線分 1b は、体躯ベクトル 7 を XY 平面に投影したものを対象者 5 の前方に延長した線分である。線分 1a は Y 軸に対応する線分である。

30

【0029】

分節番号は、フレームがいずれのグループに属するかを示す番号である。グループは、ある 1 つの基本運動を対象者が行った場合において、基本運動の始点となるフレームから基本運動の終点となるフレームまでの各フレームを集合として扱うものである。

【0030】

同一のグループに属するフレームには、同一の分節番号が割り当てられる。分節番号は、後述する分節部 153 によって設定される。例えば、時系列に連続する複数のフレームにおいて、分節点となるフレームから、次の分節点となるフレームまでに含まれる複数のフレームが、同一のグループに含まれるフレームとなる。以下の説明では適宜、同一のグループに属する複数のフレームを、「部分データ」と表記する。後述する識別部 154 は、部分データ毎に、部分データに対応する基本運動の種別を特定する。

40

【0031】

図 4 の説明に戻る。技認定規則データ 143 は、後述する第 1 評価部 155 が、技の名称と、難度とを判定する場合に用いるデータである。図 8 は、技認定規則データのデータ構造の一例を示す図である。図 8 に示すように、この技認定規則データ 143 は、基本運動種別、始点体躯角度領域、終点体躯角度領域、始点左手支持位置、始点右手支持位置、終点左手支持位置、終点右手支持位置、前基本運動種別、技名、グループ、難度を対応付

50

ける。

【 0 0 3 2 】

基本運動種別は、基本運動の種別を示すものである。始点体躯角度領域は、部分データに含まれる始点のフレームにおいて、体躯ベクトルの方向が、予め定められたいずれの角度領域に含まれるのかを示すものである。終点体躯角度領域は、部分データに含まれる終点のフレームにおいて、体躯ベクトルの方向が、予め定められたいずれの角度領域に含まれるのかを示すものである。図 8 の始点体躯角度領域および終点体躯角度領域において、A (B) は、() 外または() 内の組み合わせにおいて、角度領域が A 領域であっても良いし、B 領域であっても良いことを示す。

【 0 0 3 3 】

図 9 は、角度領域の一例を示す図である。図 9 に示すように、角度領域は、0 ° 領域、9 0 ° 領域、1 8 0 ° 領域、2 7 0 ° 領域を含む。線分 1 b は、対象者 5 の体躯ベクトル 7 を X Y 平面に投影したものを対象者 5 の前方に延長した線分である。図 9 に示す例では、体躯ベクトル 7 の方向は、0 ° 領域となる。

【 0 0 3 4 】

始点左手支持位置は、部分データに含まれる始点のフレームにおいて、対象者 5 の左手(左手首)の位置が、予め定められた鞍馬上のいずれの支持位置に対応するのかを示すものである。始点右手支持位置は、部分データに含まれる始点のフレームにおいて、対象者 5 の右手(右手首)の位置が、予め定められた鞍馬上のいずれの支持位置に対応するのかを示すものである。図 8 の始点左手支持位置および始点右手支持位置において、A (B) は、() 外または() 内の組み合わせにおいて、支持位置が支持位置 A であっても良いし、支持位置 B であっても良いことを示す。

【 0 0 3 5 】

終点左手支持位置は、部分データに含まれる終点のフレームにおいて、対象者 5 の左手(左手首)の位置が、予め定められた鞍馬上のいずれの支持位置に対応するのかを示すものである。終点右手支持位置は、部分データに含まれる終点のフレームにおいて、対象者 5 の右手(右手首)の位置が、予め定められた鞍馬上のいずれの支持位置に対応するのかを示すものである。図 8 の終点左手支持位置および終点右手支持位置において、A (B) は、() 外または() 内の組み合わせにおいて、支持位置が支持位置 A であっても良いし、支持位置 B であっても良いことを示す。

【 0 0 3 6 】

図 1 0 は、支持位置の一例を示す図である。対象者 5 の手(左手または右手)が領域 8 a に存在する場合には、手の位置は、支持位置「 1 」に対応する。対象者 5 の手が領域 8 b に存在する場合には、手の位置は、支持位置「 2 」に対応する。対象者 5 の手が領域 8 c に存在する場合には、手の位置は、支持位置「 3 」に対応する。対象者 5 の手が領域 8 d に存在する場合には、手の位置は、支持位置「 4 」に対応する。対象者 5 の手が領域 8 e に存在する場合には、手の位置は、支持位置「 5 」に対応する。

【 0 0 3 7 】

前基本運動種別は、着目する部分データよりも時系列で一つ前の部分データに対応する基本運動の種別を示すものである。前基本運動種別「 a n y 」は、前の基本運動の種別が何であっても良いことを示す。以下の説明では、着目する部分データよりも時系列で一つ前の部分データを、「前部分データ」と表記する。

【 0 0 3 8 】

技名は、基本運動種別、始点体躯角度領域、終点体躯角度領域、始点左手支持位置、始点右手支持位置、終点左手支持位置、終点右手支持位置、前基本運動種別の組み合わせにより特定される技の名称である。

【 0 0 3 9 】

グループは、技名により特定される技が分類されるグループを示すものである。難度は、技の難度を示すものである。技の難度は、A , B , C , D , E の順に難度が高くなる。難度 A が最も難度が低い。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 0 】

図4の説明に戻る。格上げ規則データ144は、後述する格上げ部156が、技の難度を格上げするか否かを判定する場合に用いるデータである。図11は、格上げ規則データのデータ構造の一例を示す図である。図11に示すように、この格上げ規則データ144は、技名と、前運動における体躯回転角度、前運動における始点左手支持位置、前運動における始点右手支持位置、前運動における終点左手支持位置、前運動における終点右手支持位置とを有する。また、格上げ規則データ144は、前基本運動種別と、難度格上げ数とを有する。

【 0 0 4 1 】

図11において、技名は、着目する部分データについて、第1評価部155により特定された技名に対応し、難度の格上げを行うか否かの対象となるものである。前運動における体躯回転角度は、前部分データに含まれる始点のフレームから終点のフレームまでの体躯ベクトルの回転角度の総和を示す。例えば、回転角度は、図9で説明したように、体躯ベクトルをXY平面に投影した場合の、回転角度とする。前部分データの始点となるフレームの体躯ベクトルをXY平面に投影した位置を0°として、回転角度の合計が算出される。

10

【 0 0 4 2 】

前運動における始点左手支持位置は、前部分データに含まれる始点のフレームにおいて、対象者5の左手(左手首)の位置が、予め定められた鞍馬上のいずれの支持位置に対応するのを示すものである。前運動における始点右手支持位置は、前部分データに含まれる始点のフレームにおいて、対象者5の右手(右手首)の位置が、予め定められた鞍馬上のいずれの支持位置に対応するのを示すものである。

20

【 0 0 4 3 】

前運動における終点左手支持位置は、前部分データに含まれる終点のフレームにおいて、対象者5の左手(左手首)の位置が、予め定められた鞍馬上のいずれの支持位置に対応するのを示すものである。前運動における終点右手支持位置は、前部分データに含まれる終点のフレームにおいて、対象者5の右手(右手首)の位置が、予め定められた鞍馬上のいずれの支持位置に対応するのを示すものである。

【 0 0 4 4 】

前基本運動種別は、前部分データに対応する基本運動の種別を示すものである。

30

【 0 0 4 5 】

難度格上げ数は、該当する条件にヒットする場合に、第1評価部155によって特定された技の難度を何段階格上げするのを示す情報である。例えば、第1評価部155によって特定された技名が「正交差」であり、体躯回転角度が「360°未満」であり、前運動における始点・終点、左手・右手の各支持位置が「3」であり、前基本運動種別が「倒立ひねり」であるとする。この場合には、格上げ規則データ144の1列目のレコードにヒットし、難度格上げ数は「1」となる。例えば、現在の難度が「A」である場合には、1段階難度を格上げすると、補正後の難度は「B」となる。

【 0 0 4 6 】

評価結果データ145は、対象者5の演技の評価結果に関する情報を保持するデータである。図12は、評価結果データのデータ構造の一例を示す図である。図12に示すように、この評価結果データ145は、フレーム番号、右手位置、左手位置、体躯角度、足の高さ、体躯向き、分節フラグ、基本運動種別、技名、難度、Eスコアを対応付ける。

40

【 0 0 4 7 】

フレーム番号は、フレームを一意に識別する情報である。右手位置は、対象者5の右手(右手首)の位置が、予め定められた鞍馬上のいずれの支持位置に対応するのを示すものである。左手位置は、対象者5の左手(左手首)の位置が、予め定められた鞍馬上のいずれの支持位置に対応するのを示すものである。

【 0 0 4 8 】

体躯角度は、対象者5の体躯角度を示すものである。例えば、該当するフレームから求

50

められる体躯ベクトルをXY平面に投影した場合の線分と、Y軸とのなす角を、体躯角度とする。足の高さは、対象者5の右足(右足首)の位置および対象者の左足(左足首)位置のうち、高い方の位置を示すものである。

【0049】

体躯向きは、体躯ベクトルのZ軸の向きが正の方向であるか負の方向であることを示すものである。体躯向きが「下」とは、体躯ベクトルのZ軸の向きが負であることを示す。体躯向きが「上」とは、体躯ベクトルのZ軸の向きが正であることを示す。

【0050】

分節フラグは、該当するフレームが分節点に対応するか否かを示す情報である。該当するフレームが分節点であるか否かは、後述する分節部153によって判定される。該当するフレームが分節点である場合には、分節フラグが「1」となる。該当するフレームが分節点でない場合には、分節フラグが「0」となる。

10

【0051】

基本運動種別、技名、難度に関する説明は、図8で説明した基本運動種別、技名、難度に関する説明と同様である。

【0052】

Eスコア(Execution score)は、部分データに対応する基本運動種別のEスコアを示すものである。Eスコアは、後述する第2評価部157により算出される。

【0053】

図4の説明に戻る。制御部150は、取得部151、算出部152、分節部153、識別部154、第1評価部155、格上げ部156、第2評価部157、表示制御部158を有する。制御部150は、CPU(Central Processing Unit)やMPU(Micro Processing Unit)などによって実現できる。また、制御部150は、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)やFPGA(Field Programmable Gate Array)などのハードワイヤードロジックによっても実現できる。

20

【0054】

取得部151は、骨格認識装置20から骨格データ141を取得する処理部である。取得部151は、取得した骨格データ141を記憶部140に登録する。骨格データ141のデータ構造は、図3で説明したものである。

【0055】

算出部152は、骨格データ141を基にして、算出結果データ142を算出する処理部である。算出結果データ142のデータ構造は、図5で説明したものである。算出結果データ142のうち、フレーム番号に対応する手・足の位置データ、体躯ベクトルデータは、算出部152により登録され、分節番号は、分節部153により登録される。

30

【0056】

算出部152は、フレーム毎に、手・足の位置データ、体躯ベクトルデータを算出する。例えば、算出部152は、骨格データ141の特徴点5d, 5gの3次元座標を、手の位置として算出する。算出部152は、骨格データ141の特徴点5m, 5pの3次元座標を、足の位置として算出する。算出部152は、該当するフレームのフレーム番号と対応付けて、手・足の位置データを、算出結果データ142に登録する。

40

【0057】

算出部152は、右肩関節の特徴点5bと、左肩関節の特徴点5eと、背中の特徴点5iとを通る平面6の法線ベクトルを、体躯ベクトルとして算出する。算出部152は、該当するフレームのフレーム番号と対応付けて、体躯ベクトルデータを、算出結果データ142に登録する。

【0058】

算出部152は、骨格データ141の各フレームについて、上記処理を繰り返し実行することで、算出結果データ142を生成する。

【0059】

分節部153は、算出結果データ142を基にして、分節点となるフレームを特定し、

50

特定した分節点に基づいて、複数のフレームを複数のグループに分類する処理部である。分節部 1 5 3 は、算出結果データ 1 4 2 にアクセスし、同一のグループに属するフレームの分節番号を、同一に設定する。

【 0 0 6 0 】

分節部 1 5 3 は、算出結果データ 1 4 2 において、あるフレーム番号に対応する手・足の位置データを参照する。分節部 1 5 3 は、下記の条件 A 1、A 2、A 3 を全て満たす場合に、あるフレーム番号に対応するフレームが、分節点であると判定する。条件 A 1 ~ A 3 を全て満たす場合には、対象者 5 は両手を鞍馬 8 につき、体躯ベクトルの方向が下向きになっていることを意味する。

条件 A 1 : 対象者 5 の左手の位置が、図 1 0 に示した領域 8 a ~ 8 e のいずれかに位置する。

10

条件 A 2 : 対象者 5 の右手の位置が、図 1 0 に示した領域 8 a ~ 8 e のいずれかに位置する。

条件 A 3 : 体躯ベクトルの Z 軸成分が負である。

【 0 0 6 1 】

分節部 1 5 3 は、評価結果データにアクセスし、分節点であると判定したフレーム番号に対応する分節フラグを「 1 」に設定する。分節フラグの初期値を「 0 」とする。

【 0 0 6 2 】

図 1 3 は、分節部の処理の一例を説明するための図である。図 1 3 に示す複数のフレームは、時系列に並んでいる。一例として、フレーム 3 0 a、3 1 a、3 2 a が、上記の条件 A 1 ~ A 3 を満たし、分節点のフレームであるとする。この場合には、分節部 1 5 3 は、範囲 3 0 に含まれる各フレームを同一のグループに分類する。分節部 1 5 3 は、範囲 3 1 に含まれる各フレームを同一のグループに分類する。分節部 1 5 3 は、範囲 3 2 に含まれる各フレームを同一のグループに分類する。

20

【 0 0 6 3 】

範囲 3 0 に含まれる各フレームの分節番号は「 n」、範囲 3 1 に含まれる各フレームの分節番号は「 n + 1」、範囲 3 2 に含まれる各フレームの分節番号は「 n + 2」となる。n は 1 以上の自然数とする。

【 0 0 6 4 】

例えば、範囲 3 0 に含まれる各フレームにおいて、先頭のフレーム 3 0 a が、始点のフレームとなり、末尾のフレーム 3 0 b が、終点のフレームとなる。範囲 3 1 に含まれる各フレームにおいて、先頭のフレーム 3 1 a が、始点のフレームとなり、末尾のフレーム 3 1 b が、終点のフレームとなる。範囲 3 2 に含まれる各フレームにおいて、先頭のフレーム 3 2 a が、始点のフレームとなり、末尾のフレーム 3 2 b が、終点のフレームとなる。

30

【 0 0 6 5 】

ここで、「部分データ」、「前部分データ」について再度説明する。範囲 3 0、3 1、3 2 に含まれる各フレームをまとめたデータが、それぞれ、部分データとなる。着目する部分データを、範囲 3 1 に含まれる各フレームであるとする、前部分データは、範囲 3 1 に含まれる各フレームとなる。

【 0 0 6 6 】

識別部 1 5 4 は、部分データ毎に、部分データに含まれるフレームの特徴点の動きを基にして、部分データに対応する基本運動種別を識別する処理部である。識別部 1 5 4 は、部分データに含まれるフレームの特徴点の情報を、算出結果データ 1 4 2 から取得する。識別部 1 5 4 は、部分データに対応する基本運動種別を識別すると、識別結果を、フレーム番号と対応付けて、評価結果データ 1 4 5 に登録する。

40

【 0 0 6 7 】

例えば、識別部 1 5 4 は、HMM (Hidden Markov Model) を利用する。HMM は、時系列データを入力とし、その時系列データがどのカテゴリ (基本運動種別) に属するかを決定する確率モデルである。識別部 1 5 4 には、学習フェーズと、認識フェーズとがある。

50

【0068】

HMMは、学習フェーズにおいて、基本運動種別毎に4組のパラメータセットを求め
ておく。パラメータセットは、式(1)によって定義される。

$$= \{Q, A, B, \dots\} \dots (1)$$

【0069】

式(1)において、Qは、状態の集合を示し、式(2)によって定義される。

$$Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\} \dots (2)$$

【0070】

式(1)において、Aは、状態 q_i から状態 q_j への遷移確率 a_{ij} の集合である状態
遷移確率行列を示し、式(3)によって定義される。

$$A = \{a_{ij}\} \dots (3)$$

【0071】

式(1)において、Bは、状態 q_j でのベクトル x を出力する確率分布の集合を示す。
式(1)において、 μ_i は、初期状態の集合を示し、式(4)によって定義される。

$$= \{\mu_i\} \dots (4)$$

【0072】

ここで、状態 q_i での確率密度関数は、式(5)で定義される。式(5)において、 u_i
は、確率密度関数の平均ベクトルを示す。 Σ_i は、確率密度関数の共分散行列を示す。

【数1】

$$b_i(x) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^m |\Sigma_i|}} \exp\left\{-\frac{1}{2}(x - \mu_i)^T \Sigma_i^{-1} (x - \mu_i)\right\} \dots (5)$$

10

20

【0073】

識別部154の学習フェーズの処理の一例について説明する。識別部154は、ある基
本運動種別のパラメータセットを求める場合に、初期状態としてHMMのパラメータを
ランダムに設定する。識別部154は、ある基本運動識別に対応する部分データを複数用
意し、部分データ $O_{segment}$ に対してHMMの尤度 $P(O_{segment} | \Lambda_k)$ を算出する処理を
行う。

【0074】

識別部154は、尤度 P が最大となる部分データを、HMMに関する Λ_k の教師信号と
し、 Λ_k のパラメータセットを最適化する処理を繰り返し実行する。識別部154は、係
る処理により、ある基本運動種別のパラメータセットを特定する。識別部154は、他
の基本運動種別についても同様の処理を行うことで、基本運動種別毎のパラメータセット
を学習する。

【0075】

識別部154の認識フェーズの処理の一例について説明する。識別部154は、基本運
動種別の認識対象となる部分データを取得すると、式(6)に基づき、学習フェーズで学
習したパラメータセットを変えつつ、パラメータセット毎の Λ_k のうち、最大となる
 Λ_{k0} を特定する。識別部154は、 Λ_{k0} を算出した際に用いたパラメータセットに対
応する基本運動種別を、認識対象となる部分データの基本運動種別として判定する。

【数2】

$$\Lambda_{k0} = \arg \max_{\Lambda_k} P(O_{segment} | \Lambda_k) \dots (6)$$

【0076】

第1評価部155は、時系列に連続する部分データに対応する基本運動種別の順序を基
にして、対象者5が行った運動の技および難度を評価する処理部である。以下において、
第1評価部155の処理の一例について説明する。ここでは、評価対象となる部分デー
タを、単に部分データと表記し、評価対象となる部分データより一つ前の部分データを前

40

50

部分データと表記する。

【0077】

第1評価部155は、部分データに含まれるフレーム番号と、評価結果データ145とを基にして、部分データの基本運動種別を特定する。第1評価部155は、前部分データに含まれるフレーム番号と、評価結果データ145とを基にして、前部分データの前基本運動種別を特定する。

【0078】

第1評価部155は、部分データに含まれる始点のフレームのフレーム番号をキーにして、算出結果データ142を参照し、始点体躯角度領域、始点左手支持位置、始点右手支持位置を特定する。第1評価部155は、部分データに含まれる終点のフレームのフレーム番号をキーにして、算出結果データ142を参照し、終点体躯角度領域、終点左手支持位置、終点右手支持位置を特定する。

10

【0079】

例えば、第1評価部155は、図9で説明した各角度領域の定義と、体躯ベクトルとを比較して、始点体躯角度領域、終点体躯角度領域を特定する。第1評価部155は、図10で説明した各領域8a~8eと、手の位置データとを比較することで、始点左手支持位置、始点右手支持位置、終点左手支持位置、終点右手支持位置を特定する。

【0080】

第1評価部155は、特定した各情報と、技認定規則データ143とを比較して、部分データに対応する技名と難度とグループとを特定する。ここで、特定した各情報は、基本運動種別、前運動種別を含む。また、特定した各情報は、始点体躯角度領域、始点左手支持位置、始点右手支持位置、終点体躯角度領域、終点左手支持位置、終点右手支持位置を含む。

20

【0081】

第1評価部155は、特定した技名と難度とグループとを、部分データに含まれるフレームのフレーム番号と対応付けて、評価結果データ145に登録する。また、第1評価部155は、フレーム番号と対応付けて、右手位置、左手位置、体躯角度、足の高さ、体躯向きを登録する。第1評価部155は、他の部分データについても上記処理を繰り返し実行することで、技名、難度、グループを特定し、評価結果データ145に登録する。

【0082】

格上げ部156は、第1評価部155が評価した難度を格上げするか否かを判定し、判定結果を基にして、難度を格上げする処理部である。以下において、格上げ部156の処理の一例について説明する。ここでは、評価対象となる部分データを、単に部分データと表記し、評価対象となる部分データよりも一つ前の部分データを前部分データと表記する。

30

【0083】

格上げ部156は、部分データに含まれるフレームのフレーム番号をキーにして、評価結果データ145を参照し、第1評価部155により評価された、部分データに対応する技名を特定する。

【0084】

格上げ部156は、部分データに含まれる各フレームの体躯ベクトルを基にして、体躯回転角度を算出する。体躯回転角度は、始点のフレームから終点のフレームまでの体躯角度の変化の総和である。格上げ部156は、各フレームの体躯ベクトルのデータを、算出結果データ142から取得する。

40

【0085】

格上げ部156は、部分データに含まれる始点のフレームのフレーム番号をキーにして、算出結果データ142を参照し、始点左手支持位置、始点右手支持位置を特定する。格上げ部156は、部分データに含まれる終点のフレームのフレーム番号をキーにして、算出結果データ142を参照し、終点左手支持位置、終点右手支持位置を特定する。格上げ部156は、前部分データに含まれるフレーム番号と、評価結果データ145とを基にし

50

て、前部分データの前基本運動種別を特定する。

【0086】

格上げ部156は、特定した各情報と、格上げ規則データ144とを比較して、部分データに対応する難度を格上げするか否かを判定する。ここで、特定した各情報は、技名、体躯回転角度、始点左手支持位置、始点右手支持位置、終点左手支持位置、終点右手支持位置、前基本運動種別を含む。

【0087】

格上げ部156は、特定した各情報にヒットする列レコードが、格上げ規則データ144に存在する場合には、難度を格上げすると判定する。格上げ部156は、特定した各情報にヒットする列レコードが、格上げ規則データ144に存在しない場合には、難度を格上げしないと判定する。何段階格上げするのかは、ヒットした列レコードの難度格上げ数を参照する。

10

【0088】

例えば、部分データの技名が「正交差」であり、体躯回転角度が「360°未満」であり、前運動における始点・終点、左手・右手の各支持位置が「3」であり、前基本運動種別が「倒立ひねり」であるとする。この場合には、格上げ規則データ144の1列目のレコードにヒットし、難度格上げ数は「1」となる。そして、部分データの現在の難度が「A」である場合には、格上げ部156は、難度を「B」に補正する。

【0089】

格上げ部156は、他の部分データについても上記処理を繰り返し実行することで、評価結果データ145の難度を更新する。

20

【0090】

第2評価部157は、各部分データについて、基本運動のEスコアを評価する処理部である。第2評価部157には、予め基本運動種別毎に、Eスコアを算出するためのポリシーが設定されているものとする。ここでは一例として、第2評価部157が、基本運動種別「下り」のEスコアを算出する例について説明する。ここでの「下り」は、鞍馬から対象者5が下りる際の基本運動を示す。

【0091】

第2評価部157は、式(7)に示す評価関数 $F(k)$ を用いる。評価関数 $F(k)$ は、評価対象となる部分データに含まれる複数のフレームのうち、 k 番目のフレームを評価する関数である。

30

$$F(k) = \arcsin(Tz / Tx) \cdots (7)$$

【0092】

図14は、評価関数 $F(k)$ を説明するための図である。図14において、 T_x は、 k 番目のフレームにおける対象者5の肩関節から足先(足首)までの X 成分の長さに対応する。 T_z は、 k 番目のフレームにおける対象者5の肩関節から足先までの Z 成分の長さに対応する。例えば、肩関節の位置は、特徴点5bまたは5eの位置に対応する。足先は、特徴点5mまたは5pの位置に対応する。

【0093】

第2評価部157は、「下り」を評価する場合には、対象となる部分データに含まれる各フレームについて、上記処理を繰り返し実行し、各フレームに対する $F(k)$ の値を算出する。第2評価部157は、各フレームにおいて、 $F(k)$ の値が30°未満となるフレームが出現した場合には、欠点「0.3」を決定する。

40

【0094】

第2評価部157は、式(8)に基づいて、基本運動に対する最終的なEスコアを算出する。式(8)に示すは、全ての部分データにおける評価関数の結果で決定された欠点の総和を示すものである。なお、上記では一例として「下り」の評価関数について説明したが、その他の基本運動についても、該当する基本運動に対応した評価関数により欠点が決定される。例えば、「旋回」の部分データの評価関数は、左右足先の揃い方を評価する評価関数となり、左右両足が揃わないほど、欠点が大きくなる。

50

【 0 0 9 5 】

Eスコア = 10 - . . . (8)

【 0 0 9 6 】

第2評価部157は、算出したEスコアの情報を、フレーム番号に対応付けて、評価結果データ145に登録する。第2評価部157は、同一の部分データに含まれる各フレームのレコードに、Eスコアを登録しても良いし、同一の部分データに含まれる各フレームのうち、始点のフレームのレコードに、Eスコアを登録して良い。第2評価部157は、他の部分データについても同様にEスコアを算出し、評価結果データ145に登録する。

【 0 0 9 7 】

なお、上記の第1評価部155は、評価結果データ145と、規則を示す論理式により、技の難度を再判定しても良い。規則を表す論理式は、各基本運動の技名の順序と、Dスコア(Difficulty score)とを対応付ける論理式である。

10

【 0 0 9 8 】

表示制御部158は、評価結果データ145を基にして、表示画面を生成し、表示部130に表示させる処理部である。図15は、表示画面の一例を示す図である。図15に示すように、この表示画面50には、領域50a~50gが含まれる。なお、表示制御部158は、評価結果データ145をそのまま、表示部130に表示しても良い。

【 0 0 9 9 】

領域50aは、現在の対象者5の手・足の位置データ、体躯ベクトルデータを表示する領域である。領域50bは、対象者5の演技開始時の手・足の位置データ、体躯ベクトルデータを表示する領域である。領域50cは、現在のフレームよりも1つ前のフレームにより特定される対象者5の手・足の位置データ、体躯ベクトルデータを表示する領域である。領域50dは、現在のフレームよりも2つ前のフレームにより特定される対象者5の手・足の位置データ、体躯ベクトルデータを表示する領域である。領域50eは、現在のフレームよりも3つ前のフレームにより特定される対象者5の手・足の位置データ、体躯ベクトルデータを表示する領域である。領域50fは、現在のフレームを含む部分データにより特定される基本運動の技名を表示する領域である。領域50gは、3Dセンサ10の情報を可視化した画像を表示する領域である。

20

【 0 1 0 0 】

次に、本実施例に係る運動認識装置100の処理手順について説明する。図16および図17は、運動認識装置の処理手順を示すフローチャートである。図16に示すように、運動認識装置100は、処理対象のフレーム番号を、フレーム番号に1を加算した値によって更新する(ステップS101)。運動認識装置100の算出部152は、骨格データ141を読み込む(ステップS102)。

30

【 0 1 0 1 】

算出部152は、骨格データ141を基にして、手・足の位置データ、体躯ベクトルデータを算出する(ステップS103)。運動認識装置100の分節部153は、正面支持フラグの設定を行う(ステップS104)。ステップS104において、分節部153は、上述した条件A1, A2, A3を全て満たす場合に、正面支持フラグを「1」に設定する。分節部153は、条件A1, A2, A3の全てを満たさない場合には、正面支持フラグを「0」に設定する。正面支持フラグは、処理対象のフレーム番号と対応付けられる。

40

【 0 1 0 2 】

分節部153は、着地フラグを設定する(ステップS105)。ステップS105において、分節部153は、対象者5の左足先(左足首)の位置または右足(右足首)の位置が所定の閾値未満である場合に、着地フラグを「1」に設定する。分節部153は、対象者5の左足先(左足首)の位置または右足(右足首)の位置が所定の閾値以上である場合に、着地フラグを「0」に設定する。着地フラグは、処理対象のフレーム番号と対応付けられる。

【 0 1 0 3 】

分節部153は、分節点判定処理を行う(ステップS106)。ステップS106にお

50

いて、分節部 153 は、前回のフレーム番号に対応する正面支持フラグが「0」で、かつ、処理対象のフレーム番号に対応する正面支持フラグが「1」である場合に、処理対象のフレーム番号に対応するフレームが、分節点であると判定する。分節部 153 は、前回のフレーム番号に対応する正面支持フラグが「1」であるか、または、処理対象のフレーム番号に対応する正面支持フラグが「0」である場合に、処理対象のフレーム番号に対応するフレームが、分節点でないと判定する。

【0104】

分節部 153 は、分節点でないと判定した場合には（ステップ S107, No）、フレーム番号に対応付けて、手・足の位置データ、体躯ベクトルデータ、現在の分節番号を、算出結果データ 142 に登録し（ステップ S108）、ステップ S101 に移行する。

10

【0105】

分節部 153 は、分節点であると判定した場合には（ステップ S107, Yes）、現在の分節番号を更新し（ステップ S109）、図 17 のステップ S110 に移行する。

【0106】

運動認識装置 100 の識別部 154 は、分節番号 n のフレームを基にして、基本運動種別を判定する（ステップ S110）。運動認識装置 100 の第 1 評価部 155 は、技認定規則データ 143 を基にして、技名と難度とを判定する（ステップ S111a）。運動認識装置 100 の格上げ部 156 は、格上げ規則データ 144 を基にして、難度を格上げし（ステップ S112）、ステップ S113 に移行する。

【0107】

運動認識装置 100 の第 2 評価部 157 は、基本運動に関する E スコアを算出し（ステップ S111b）、ステップ S113 に移行する。

20

【0108】

運動認識装置 100 は、フレーム番号に対応付けて、技と難度と E スコアとを評価結果テーブル 145 に登録する（ステップ S113）。

【0109】

運動認識装置 100 は、演技終了判定処理を行う（ステップ S114）。ステップ S114 において、運動認識装置 100 は、技の属するグループが所定のグループである場合に、演技が終了であると判定する。運動認識装置 100 は、着地フラグを集計した落下カウンターの値が所定数以上である場合に、演技が終了であると判定する。

30

【0110】

運動認識装置 100 は、演技が終了でない場合には（ステップ S115, No）、図 16 のステップ S101 に移行する。運動認識装置 100 は、演技が終了である場合には（ステップ S115, Yes）、着地フラグ、落下カウント、分節番号を初期値に設定する（ステップ S116）。

【0111】

運動認識装置 100 の第 1 評価部 155 は、評価結果データ 145 と、規則を示す論理式により、技の難度を再判定し、D スコアを算出する（ステップ S117）。運動認識装置 100 の表示制御部 158 は、評価結果を表示する（ステップ S118）。

【0112】

次に、図 17 のステップ S111a で説明した技認定規則データを基にして技名と難度とを判定する処理の一例について説明する。図 18 は、技名と難度と判定する処理手順を示すフローチャートである。図 18 に示すように、運動認識装置 100 の第 1 評価部 155 は、分節番号 n に対応するフレームの手・足の位置データおよび体躯ベクトルデータを、算出結果データ 142 から取得する（ステップ S201）。

40

【0113】

第 1 評価部 155 は、始点のフレームに対応する手・足の位置データを基にして、始点体躯角度領域、始点左手支持位置、始点右手支持位置を特定する（ステップ S202）。第 1 評価部 155 は、終点のフレームに対応する手・足の位置データを基にして、終点体躯角度領域、終点左手支持位置、終点右手支持位置を特定する（ステップ S203）。

50

【 0 1 1 4 】

第 1 評価部 1 5 5 は、分節番号 n に対応する基本運動種別および前運動種別を特定する (ステップ S 2 0 4)。

【 0 1 1 5 】

第 1 評価部 1 5 5 は、特定した各情報と、技認定規則データ 1 4 3 とを比較して、ヒットする列レコードが存在するか否かを判定する (ステップ S 2 0 5)。ここで、特定した各情報は、始点体躯角度領域、始点左手支持位置、始点右手支持位置、終点体躯角度領域、終点左手支持位置、終点右手支持位置、基本運動種別、前基本運動種別を含む。

【 0 1 1 6 】

第 1 評価部 1 5 5 は、ヒットした場合には (ステップ S 2 0 6, Yes)、ヒットした列レコードに含まれる技名、グループ、難度を、分節番号 n に対応する技名、グループ、難度として特定する (ステップ S 2 0 7)。

10

【 0 1 1 7 】

第 1 評価部 1 5 5 は、ヒットしない場合には (ステップ S 2 0 6, No)、分節番号 n に対応する技名を不明とし、グループおよび難度を 0 とする (ステップ S 2 0 8)。

【 0 1 1 8 】

次に、図 1 7 のステップ S 1 1 2 で説明した格上げ規則データを基にして難度を格上げする処理の一例について説明する。図 1 9 は、難度を格上げする処理手順を示すフローチャートである。図 1 9 に示すように、運動認識装置 1 0 0 の格上げ部 1 5 6 は、分節番号 n に対応するフレームの手・足の位置データおよび体躯ベクトルデータを、算出結果データ 1 4 2 から取得する (ステップ S 3 0 1)。

20

【 0 1 1 9 】

格上げ部 1 5 6 は、始点のフレームから終点のフレームの体躯ベクトルを基にして、体躯回転角度を算出する (ステップ S 3 0 2)。

【 0 1 2 0 】

格上げ部 1 5 6 は、始点のフレームに対応する手・足の位置データを基にして、始点左手支持位置、始点右手支持位置を特定する (ステップ S 3 0 3)。終点のフレームに対応する手・足の位置データを基にして、終点左手支持位置、終点右手支持位置を特定する (ステップ S 3 0 4)。

【 0 1 2 1 】

格上げ部 1 5 6 は、分節番号 n に対応する技名および前基本運動種別を特定する (ステップ S 3 0 5)。

30

【 0 1 2 2 】

格上げ部 1 5 6 は、特定した各情報と、格上げ規則データ 1 4 4 とを比較して、ヒットする列レコードが存在するか否かを判定する (ステップ S 3 0 6)。格上げ部 1 5 6 は、ヒットした場合には (ステップ S 3 0 7, Yes)、難度格上げ数に応じて、難度を格上げする (ステップ S 3 0 8)。格上げ部 1 5 6 は、ヒットしない場合には (ステップ S 3 0 7, No)、処理を終了する。

【 0 1 2 3 】

図 2 0 は、運動認識装置の処理の一例を示す図である。図 2 0 に示す例では、分節部 1 5 3 は、算出結果データ 1 4 2 を基にして、分節点 6 0 a ~ 6 0 g を設定する。例えば、分節点 6 0 a, 6 0 b, 6 0 c のフレームでは、対象者 5 の左手支持位置が「2」、右手支持位置が「4」となっている。分節点 6 0 d のフレームでは、対象者 5 の左手支持位置が「4」、右手支持位置が「4」となっている。分節点 6 0 e のフレームでは、対象者 5 の左手支持位置が「4」、右手支持位置が「2」となっている。分節点 6 0 f, 6 0 g のフレームでは、対象者 5 の左手支持位置が「2」、右手支持位置が「2」となっている。なお、分節点 6 0 a ~ 6 0 g のフレームでは、図示を省略するが、体躯ベクトルが下を向いているものとする。

40

【 0 1 2 4 】

一例として、分節点 6 0 a, 6 0 b, 6 0 c のフレームの体躯角度は 1 8 0 ° である。

50

分節点60dのフレームの体軀角度は90°である。分節点60eのフレームの体軀角度は0°である。分節点60f, 60gのフレームの体軀角度は270°である。

【0125】

一例として、識別部154は、分節点60aから60bに含まれる各フレームの特徴点の動きから、基本運動種別を「CCW旋回」と判定する。識別部154は、分節点60bから60cに含まれる各フレームの特徴点の動きから、基本運動種別を「CCW旋回」と判定する。識別部154は、分節点60cから60dに含まれる各フレームの特徴点の動きから、基本運動種別を「CCW下向き逆1/4転向」と判定する。識別部154は、分節点60dから60eに含まれる各フレームの特徴点の動きから、基本運動種別を「CCW上向き逆1/4旋回」と判定する。識別部154は、分節点60eから60fに含まれる各フレームの特徴点の動きから、基本運動種別を「CCW下向き逆1/4旋回」と判定する。識別部154は、分節点60fから60gに含まれる各フレームの特徴点の動きから、基本運動種別を「CCW旋回」と判定する。

10

【0126】

一例として、第1評価部155は、技認定規則データ143を基にして、分節点60aから60bに含まれる各フレーム間に対象者が行った技名を「横旋回」、難度「A」と判定する。第1評価部155は、技認定規則データ143を基にして、分節点60bから60cに含まれる各フレーム間に対象者が行った技名を「横旋回」、難度「A」と判定する。第1評価部155は、技認定規則データ143を基にして、分節点60cから60eに含まれる各フレーム間に対象者が行った技名を「把手上下向き転向」、難度「B」と判定する。第1評価部155は、技認定規則データ143を基にして、分節点60eから60fに含まれる各フレーム間に対象者が行った技名、難度はヒットせず、技名「不明」、難度「-」と判定する。第1評価部155は、技認定規則データ143を基にして、分節点60fから60gに含まれる各フレーム間に対象者が行った技名を「一把手上縦向き旋回」、難度「B」と判定する。

20

【0127】

一例として、第2評価部157は、分節点60aから60bに含まれる各フレーム間に対象者が行った演技のEスコアを「8」と判定する。第2評価部157は、分節点60bから60cに含まれる各フレーム間に対象者が行った演技のEスコアを「8.5」と判定する。第2評価部157は、分節点60cから60eに含まれる各フレーム間に対象者が行った演技のEスコアを「7.8」と判定する。第2評価部157は、分節点60eから60fに含まれる各フレーム間に対象者が行った演技のEスコアを「1」と判定する。第2評価部157は、分節点60fから60gに含まれる各フレーム間に対象者が行った演技のEスコアを「8.3」と判定する。

30

【0128】

次に、本実施例に係る運動認識装置100の効果について説明する。運動認識装置100は、対象者5の骨格データ141を基にして、分節点となるフレームを特定し、複数の部分データに分類する。運動認識装置100は、各部分データの基本運動種別を特定し、時系列に連続する部分データの基本運動種別の順序を基にして、対象者が行った運動の技名および難度を評価する。このように、基本運動種別の順序に基づき、技名および難度を評価するため、運動認識装置100によれば、対象者5の演技を効率的に評価することができる。

40

【0129】

運動認識装置100は、時系列に連続する部分データの基本運動種別の順序および体軀回転角度を基にして、運動の難度を格上げする。このため、競技の複雑な評価基準に対応した正確な難度を特定することができる。

【0130】

運動認識装置100は、部分データに含まれる各フレームの特徴点の特徴と点数とを対応付けた評価基準に基づいて、部分データに対応するEスコアを算出する。このため、技や難度に加えて、Eスコアも適切に算出することができる。

50

【0131】

運動認識装置100は、体躯ベクトルが下方向を向き、かつ、対象者5の両手が、予め定められた領域に位置するフレームを、分節点として特定する。このため、複数のフレームを適切に分節することができ、技や難度の判定精度を向上することができる。

【0132】

ところで、本実施例に係る運動認識装置100の算出部152は、右肩関節の特徴点5bと、左肩関節の特徴点5eと、背中の特徴点5iとを通る平面6の法線ベクトル7を、体躯ベクトルとして算出していたが、これに限定されるものではない。

【0133】

図21は、その他の体躯ベクトルの一例を説明するための図である。算出部152は、各股関節（右股関節、左股関節）の特徴点5k, 5nと、背中の特徴点5iとを通る平面6aの法線ベクトル7aを、体躯ベクトルとして算出してもよい。なお、法線ベクトル7aの方向は、対象者5の腹側とし、法線ベクトル7aの大きさを「1」とする。以下の説明では、法線ベクトル7aを、体躯ベクトル7aと表記する。体躯ベクトル7aの始点は、平面（三角形）6a上に固定されていればどこでもよいが、特徴点5k, 5nの midpoint であっても良いし、平面6aの重心であってもよい。分節部153は、体躯ベクトル7の代わりに、体躯ベクトル7aを用いた場合でも、複数のフレームを適切に分節することができ、技や難度の判定精度を向上することができる。さらに、体躯ベクトル7aは、体躯ベクトル7と比較して、胴体下部の向きを評価することに適している。

【0134】

なお、計算部152は、対象者5の実際の運動と整合するように、特徴点5b, 5e, 5i, 5k, 5nの位置座標を全体の特徴点位置座標を用いて逆運動学計算で調整または推定し、体躯ベクトル7および体躯ベクトル7aを算出してもよい。計算部152は、調整または推定した特徴点5b, 5e, 5iの平面6あるいは5i, 5k, 5nの平面6aの単位法線ベクトルを、体躯ベクトルとして採用してもよい。このように、各特徴点5b, 5e, 5i, 5k, 5nの位置座標を実際の運動と整合するように調整または推定して算出した体躯ベクトル7, 7aを採用することで、オクルージョン等の理由により、対象者5の特徴点を直接検出出来ない場合や、特徴点の位置の誤差が大きくなる場合に対応でき、技の判定精度を向上させることができる。

【0135】

次に、上記実施例に示した運動認識装置100と同様の機能を実現するコンピュータのハードウェア構成の一例について説明する。図22は、運動認識装置と同様の機能を実現するコンピュータのハードウェア構成の一例を示す図である。

【0136】

図22に示すように、コンピュータ200は、各種演算処理を実行するCPU201と、ユーザからのデータの入力を受け付ける入力装置202と、ディスプレイ203とを有する。また、コンピュータ200は、記憶媒体からプログラム等を読み取る読み取り装置204と、ネットワークを介して他のコンピュータとの間でデータの授受を行うインタフェース装置205とを有する。コンピュータ200は、インタフェース装置205を介して、骨格認識装置20から骨格データを取得する。また、コンピュータ200は、各種情報を一時記憶するRAM206と、ハードディスク装置207とを有する。そして、各装置201~207は、バス208に接続される。

【0137】

ハードディスク装置207は、取得プログラム207a、算出プログラム207b、分節プログラム207c、識別プログラム207d、第1評価プログラム207e、格上げプログラム207f、第2評価プログラム207g、表示プログラム207hを有する。CPU201は、各プログラム207a~207hを読み出して、RAM206に展開する。

【0138】

取得プログラム207aは、取得プロセス206aとして機能する。算出プログラム2

10

20

30

40

50

07bは、算出プロセス206bとして機能する。分節プログラム207cは、分節プロセス206cとして機能する。識別プログラム207dは、識別プロセス206dとして機能する。第1評価プログラム207eは、第1評価プロセス206eとして機能する。格上げプログラム207fは、格上げプロセス206fとして機能する。第2評価プログラム207gは、第2評価プロセス206gとして機能する。表示プログラム207hは、表示プロセス206hとして機能する。

【0139】

取得プロセス206aの処理は、取得部151の処理に対応する。算出プロセス206bの処理は、算出部152の処理に対応する。分節プロセス206cの処理は、分節部153の処理に対応する。識別プロセス206dの処理は、識別部154の処理に対応する。第1評価プロセス206eの処理は、第1評価部155の処理に対応する。格上げプロセス206fの処理は、格上げ部156の処理に対応する。第2評価プロセス206gの処理は、第2評価部157の処理に対応する。表示プロセス206hの処理は、表示制御部158の処理に対応する。

10

【0140】

なお、各プログラム207a~207hについては、必ずしも最初からハードディスク装置207に記憶させておかなくても良い。例えば、コンピュータ200に挿入されるフレキシブルディスク(FD)、CD-ROM、DVDディスク、光磁気ディスク、ICカードなどの「可搬用の物理媒体」に各プログラムを記憶させておく。そして、コンピュータ200が各プログラム207a~207hを読み出して実行するようにしても良い。

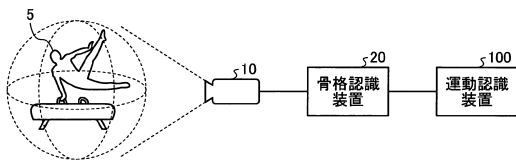
20

【符号の説明】

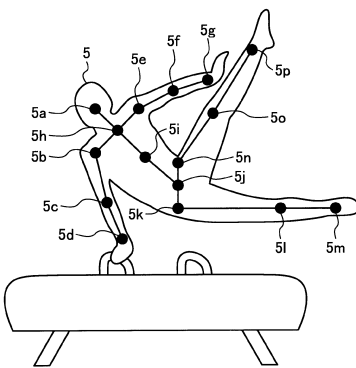
【0141】

- 10 3Dセンサ
- 20 骨格認識装置
- 100 運動認識装置

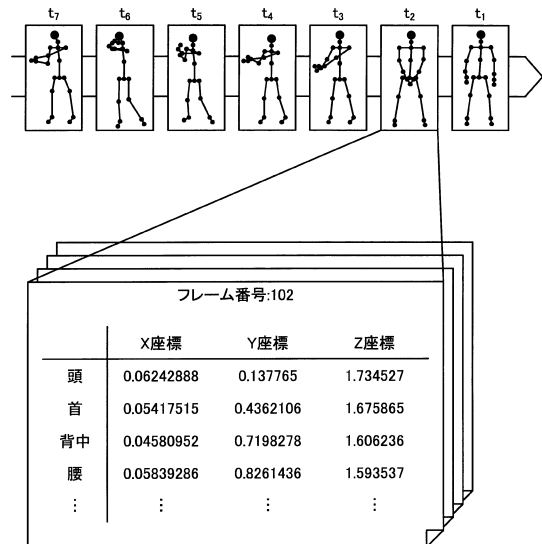
【図1】



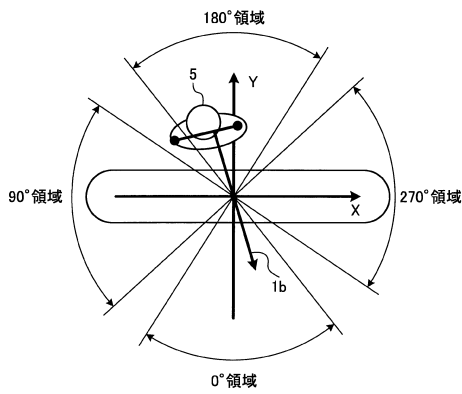
【図2】



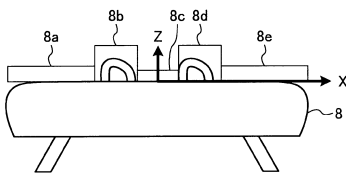
【図3】



【図 9】



【図 10】



【図 12】

5145

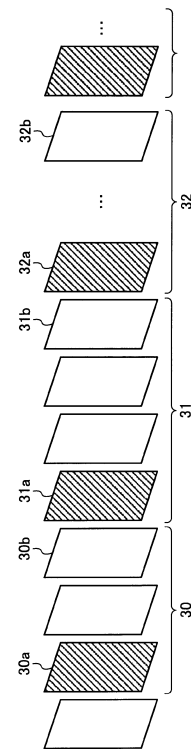
プログラム番号	右手位置	左手位置	体脚角度	足の高さ	体脚向き	分筋フラグ	基本運動種別	技名	難度	Eスコア
2001	2	0	-10	-0.5	下	0				
2002	2	4	0	-0.6	下	1	CW足抜き	未定義	0	0.1
2050	2	0	86	0.2	下	0				
2362	2	4	-20	-0.6	下	1	CW旋回	横旋回	A	0.5

【図 11】

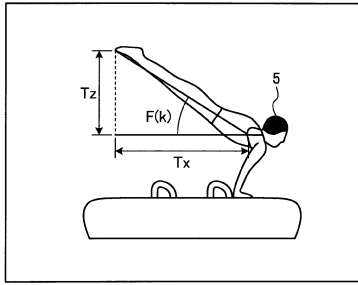
5144

技名		正交差	逆交差	横向き旋回	...
前運動	体脚回転角度	>360	>360	>360	...
	始点左手支持位置	3	3	3	...
	始点右手支持位置	3	3	3	...
	終点左手支持位置	3	3	3	...
	終点右手支持位置	3	3	3	...
前基本運動種別		倒立ひねり	倒立ひねり	倒立ひねり	...
難度格上げ数		1	1	2	...

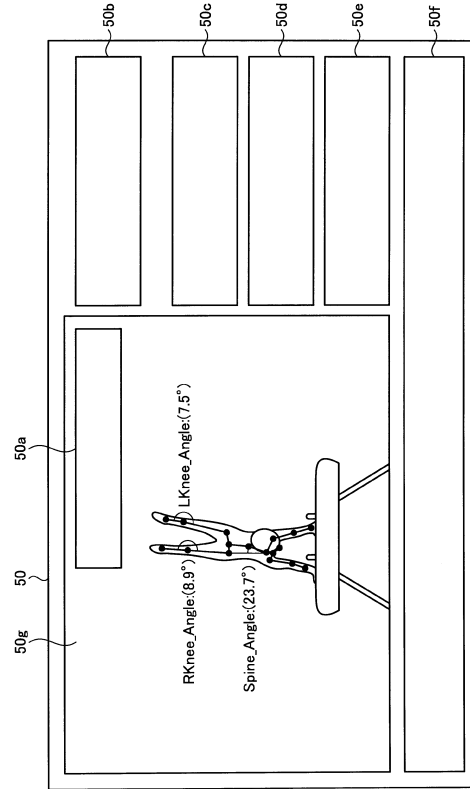
【図 13】



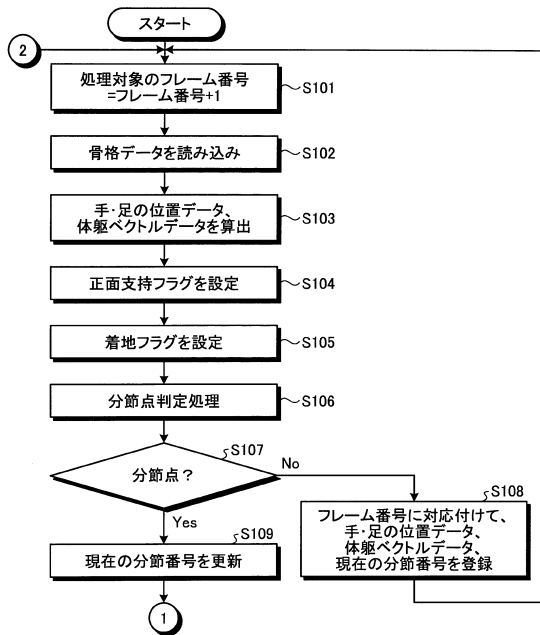
【図14】



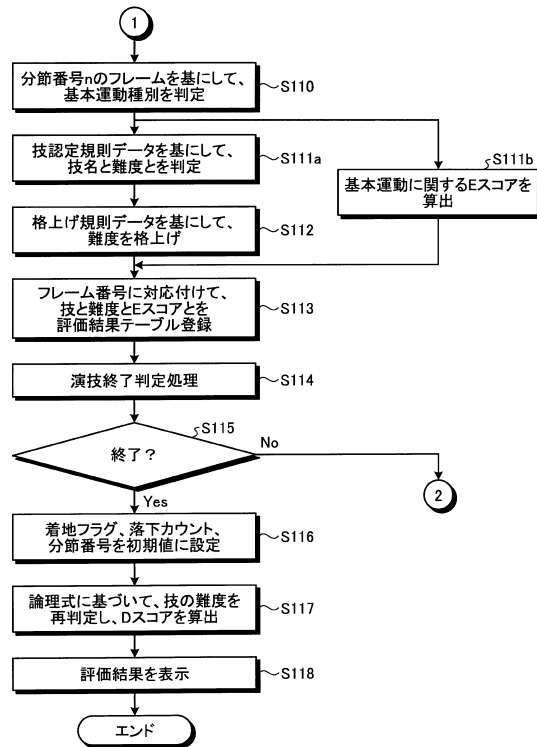
【図15】



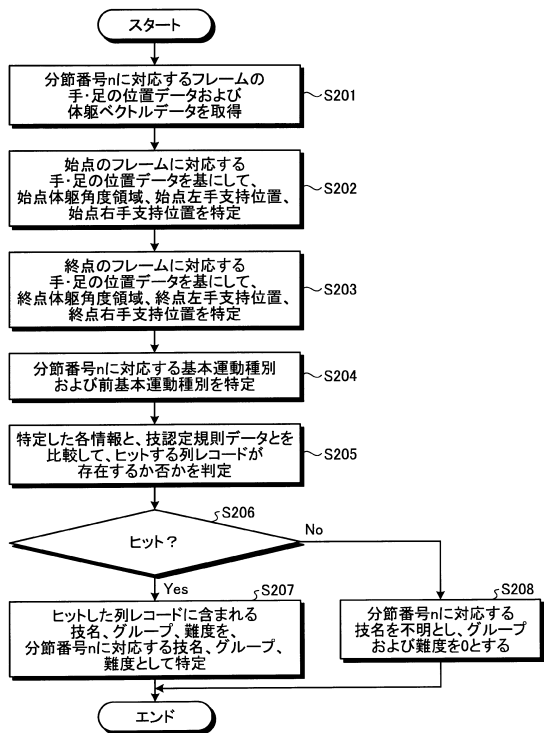
【図16】



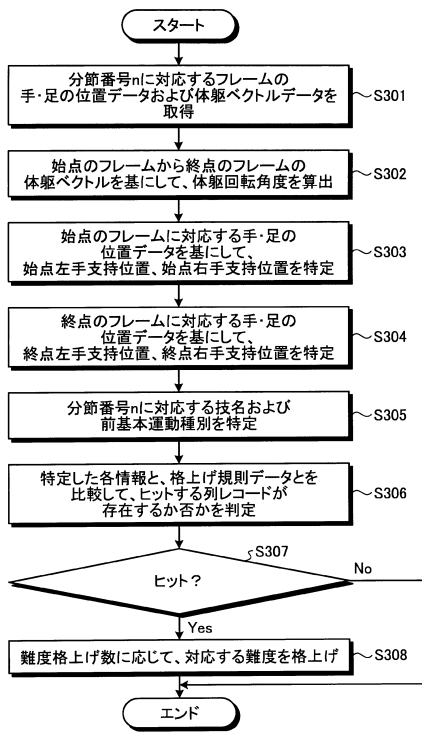
【図17】



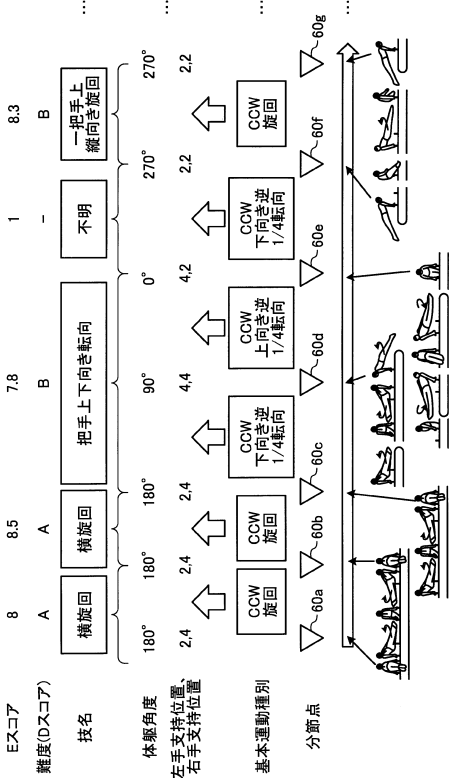
【図18】



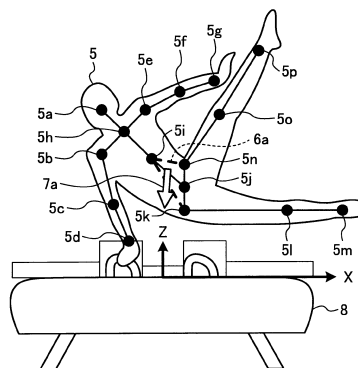
【図19】



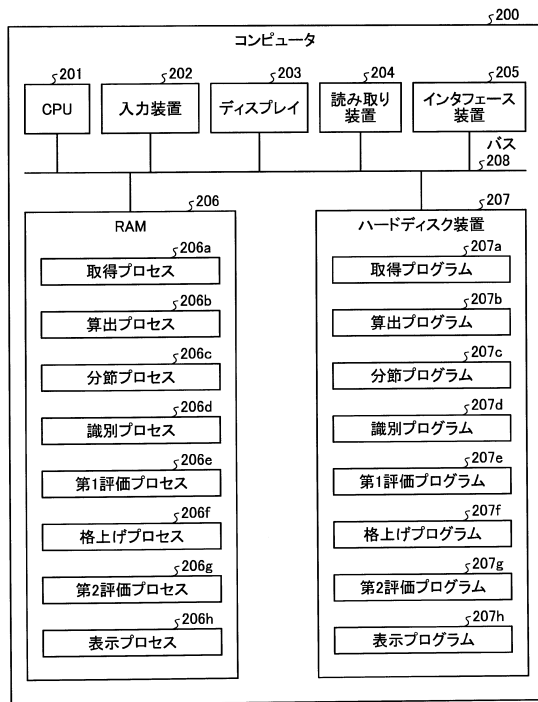
【図20】



【図21】



【図22】



フロントページの続き

審査官 新井 則和

- (56)参考文献 国際公開第2016/056449(WO, A1)
国際公開第2016/098415(WO, A1)
特開2010-061376(JP, A)
辛 貞殷 外1名, 動画像処理によるスポーツ運動解析の研究, 電子情報通信学会技術研究報告
Vol. 108 No. 46 PRMU2008-1~18 パターン認識・メディア理解, 日本
, 2008年 5月15日, 第108巻 第46号, pp. 13-18, ISSN 0913-5685
- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G06T7/00-7/90