(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2023年4月27日(27.04.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/067703 A1

(51) 国際特許分類:
A63B 69/00 (2006.01)　*A63B 71/06* (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2021/038641

(22) 国際出願日：　2021年10月19日(19.10.2021)

(25) 国際出願の言語：　日本語

(26) 国際公開の言語：　日本語

(71) 出願人：日本電信電話株式会社 (**NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION**) [JP/JP]；〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目５番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者：持田　岳美 (**MOCHIDA, Takemi**)；〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目９番１１号 ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

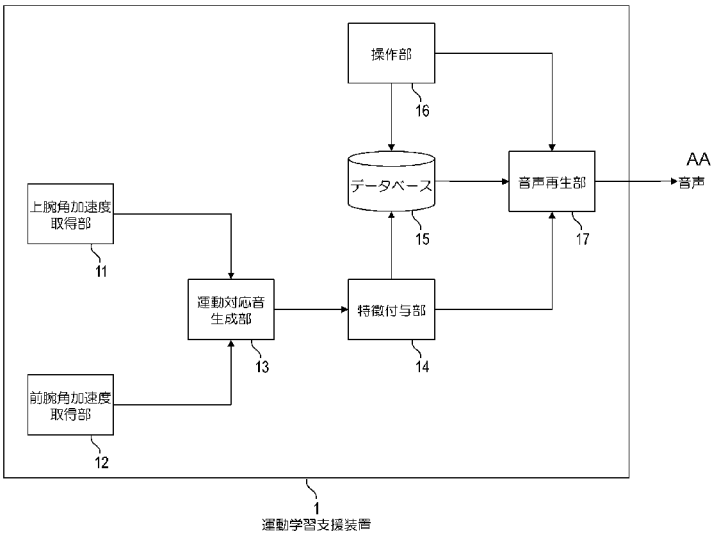
福田　岳洋 (**FUKUDA, Takehiro**)；〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目９番１１号 ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人：中尾　直樹，外 (**NAKAO, Naoki** et al.)；〒1600022 東京都新宿区新宿三丁目１番２２号 新宿ＮＳＯビル６階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能)：AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(54) **Title:** MOTION TRAINING ASSISTANCE DEVICE, MOTION TRAINING ASSISTANCE METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称：運動学習支援装置、運動学習支援方法、プログラム



1 Motion training assistance device
11 Upper arm angular acceleration acquiring unit
12 Forearm angular acceleration acquiring unit
13 Motion response sound generating unit
14 Characteristics applying unit
15 Database
16 Operating unit
17 Audio reproduction unit
AA Audio

図1

(57) **Abstract:** The present invention includes: an upper arm angular acceleration acquiring unit that measures the angular acceleration of a turning motion of an upper arm; a forearm angular acceleration acquiring unit that measures the angular acceleration of a turning motion of a forearm; a motion response sound generating unit that generates an upper arm motion response sound that is a sound the characteristics of which change in response to the magnitude of the angular acceleration of the turning motion of the upper arm, and a forearm motion response sound that is a sound the characteristics of which change in response to the magnitude of the angular acceleration of the turning motion of the forearm; a characteristics applying unit that applies, to the generated upper arm motion response sound and forearm motion response sound, acoustic characteristics that are mutually different; and an audio reproduction unit that reproduces the upper arm motion response

WO 2023/067703 A1

［続葉有］

QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

sound to which the acoustic characteristics have been applied and the forearm motion response sound to which the acoustic characteristics have been applied.

(57) 要約: 上腕の回旋運動の角加速度を計測する上腕角加速度取得部と、前腕の回旋運動の角加速度を計測する前腕角加速度取得部と、上腕の回旋運動の角加速度の大きさに応じて特徴が変化する音である上腕運動対応音、前腕の回旋運動の角加速度の大きさに応じて特徴が変化する音である前腕運動対応音を生成する運動対応音生成部と、生成された上腕運動対応音、前腕運動対応音に対し、互いに異なる音響的特徴を付与する特徴付与部と、音響的特徴が付与された上腕運動対応音と、音響的特徴が付与された前腕運動対応音を再生する音声再生部を含む。

明　細　書

発明の名称 ： 運動学習支援装置、運動学習支援方法、プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、運動スキルの伝達を支援する運動学習支援装置、運動学習支援方法、プログラムに関する。

背景技術

[0002] 新たな運動スキルを獲得しようとする学習者にとって、そのスキルを既に保有している熟練者の運動を観察、模倣することは、一般に有益である。さらに、熟練者が学習者に対して、言語や身振りによる指導を行うことで、熟練者から学習者へのスキルの伝達が促進される場合もある。ただし、学習者が到達し得るスキルのレベルは、次のような複数の要因の影響によって変わり得る。

[0003] （１）獲得すべき運動の複雑さや速さ

（２）学習者が熟練者の指導の意図を理解する能力

（３）熟練者が学習者のスキルのレベルを把握する能力

こうした観点から、運動スキルの獲得に伴う困難さを軽減、克服することを指向した支援手段が提案されている。例えば特許文献１には、学習者の身体の回転運動の大きさが最大になるタイミングをフィードバックしたり、理想的なタイミングとのずれをフィードバックするシステムが記載されている。こうした手段は、学習者が、自分自身の運動様態や熟練者との違いを把握するのに役立つ。

[0004] しかし、獲得しようとする運動スキルが、上肢（上腕、前腕）などの複雑で速い動きを伴う場合、そのような運動は、体幹の回転運動などと比べて自由度が高いため、フィードバックすべき運動の特徴を、より厳選して抽出し、かつ、理解しやすいフィードバック情報を生成することが求められる。例えば、野球の投球では、ボールが手指から離れる直前の投球腕の動きは、熟練者の場合、非常に高速になる。さらに、野球の投球では、異なる球種（ス

トレート、カーブなど）を投げ分けるスキルが要求されるが、熟練者の投球中の姿勢を球種間で比較した先行研究（非特許文献１）では、前腕の運動に関して、長軸の方向には違いがなく、長軸まわりの回旋運動が異なることが報告されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２０１９－９７８５３号公報

非特許文献

[0006] 非特許文献1：Sakurai, S., Ikegami, Y., Okamoto, A., Yabe, K., & Toyoshima, S. (1993). ”A Three-Dimensional Cinematographic Analysis of Upper Limb Movement during Fastball and Curveball Baseball Pitches.” Journal of Applied Biomechanics, 9(1), 47-65. <URL: https://doi.org/10.1123/jab.9.1.47>

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 学習者にとって、自分自身の運動を正確に把握することは難しく、また、熟練者が学習者に対して言葉や身振りによる指導を行う場合にも、適切な表現が極めて難しい。

[0008] そこで本発明では、熟練者と学習者の運動の違いを共有させ、運動スキルの伝達を支援する運動学習支援装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明の運動学習支援装置は、上腕角加速度取得部と、前腕角加速度取得部と、運動対応音生成部と、特徴付与部と、音声再生部を含む。

[0010] 上腕角加速度取得部は、上腕の回旋運動の角加速度を計測する。前腕角加速度取得部は、前腕の回旋運動の角加速度を計測する。運動対応音生成部は、上腕の回旋運動の角加速度の大きさに応じて特徴が変化する音である上腕運動対応音、前腕の回旋運動の角加速度の大きさに応じて特徴が変化する音

である前腕運動対応音を生成する。特徴付与部は、生成された上腕運動対応音、前腕運動対応音に対し、互いに異なる音響的特徴を付与する。音声再生部は、音響的特徴が付与された上腕運動対応音と、音響的特徴が付与された前腕運動対応音を再生する。

発明の効果

[0011] 本発明の運動学習支援装置によれば、熟練者と学習者の運動の違いを共有させ、運動スキルの伝達を支援することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]実施例１の運動学習支援装置の機能構成を示すブロック図。

[図2]実施例１の運動学習支援装置の動作を示す第１のフローチャート。

[図3]実施例１の運動学習支援装置の動作を示す第２のフローチャート。

[図4]投球時の投球腕の回旋運動（上腕・右腕）を示す模式図。

[図5]投球時の投球腕の回旋運動（前腕・右腕）を示す模式図。

[図6]上腕に対する加速度センサの配置例を示す模式図。

[図7]前腕に対する加速度センサの配置例を示す模式図。

[図8]上腕の回旋運動の角加速度の計測方法を示す模式図。

[図9]前腕の回旋運動の角加速度の計測方法を示す模式図。

[図10]特徴付与部の詳細な機能構成を示すブロック図。

[図11]投球腕の回旋運動の各加速度の時系列変化を表すグラフ。

[図12]投球時のフィードバック音の強度の時系列変化を表すグラフ。

[図13]投球時のフィードバック音の周波数成分の時系列変化を表すグラフ。

[図14]コンピュータの機能構成例を示す図。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明の実施の形態について、詳細に説明する。なお、同じ機能を有する構成部には同じ番号を付し、重複説明を省略する。

[0014] ＜運動学習支援装置の概要＞

以下の実施例の運動学習支援装置は、投球腕の上腕部、前腕部に装着した加速度センサにより長軸まわりの回旋運動の角加速度を計測し、その大きさ

に応じて特徴が即時に変化するフィードバック情報を生成する装置である。運動学習支援装置は、熟練者と学習者の双方が使用する。熟練者、学習者それぞれに用いる運動学習支援装置は、同一の構成を有するものとする。

[0015] フィードバック情報の呈示手段は、発光デバイスを用いる視覚的手段、皮膚加振デバイスを用いる触覚的手段、あるいは、音波生成デバイスを用いる聴覚的手段のいずれも可能であり、学習者が置かれる環境に応じて、適切な手段を適用することができる。

[0016] 人間の平均的な視覚、触覚、聴覚の時間分解能（時間的に連続する２つの事象を区別できる間隔の下限）は、視覚（約２０－３０ミリ秒）＞触覚（約１０ミリ秒）＞聴覚（約５ミリ秒）という関係があることが知られていることから、音の聴取に適した環境であれば、聴覚的手段が最も有用であるが、環境雑音などが存在する場合は、触覚的もしくは視覚的手段の有用性も期待される。ただし、触覚的手段に関しては、学習者自身の身体運動に伴って生じる皮膚変形や身体深部などの固有感覚と、本手段により呈示されるフィードバック情報が混信してしまう可能性があり、注意が必要である。また視覚的手段に関しては、投球中の視線移動が投球パフォーマンスに悪影響を及ぼす可能性があり、やはり注意が必要である。実施例１では、呈示手段として聴覚的手段を用いた例を説明する。

実施例 １

[0017] 以下、図１を参照して実施例１の運動学習支援装置１の機能構成を説明する。同図に示すように本実施例の運動学習支援装置１は、上腕角加速度取得部１１と、前腕角加速度取得部１２と、運動対応音生成部１３と、特徴付与部１４と、データベース１５と、操作部１６と、音声再生部１７を含む。

[0018] 以下、図２を参照して本実施例の運動学習支援装置１の動作の一部である第１のフローチャートについて説明する。

[0019] 上腕角加速度取得部１１は、上腕の長軸を回転軸として２回対称となる位置に配置した一対の加速度センサ（後述する加速度センサ１、２）を含み、上腕の回旋運動の角加速度を計測する（Ｓ１１）。前腕角加速度取得部１２

は、前腕の長軸を回転軸として２回対称となる位置に配置した一対の加速度センサ（後述する加速度センサ３、４）を含み、前腕の回旋運動の角加速度を計測する（Ｓ１２）。運動対応音生成部１３は、上腕の回旋運動の角加速度の大きさに応じて特徴が変化する音である上腕運動対応音、前腕の回旋運動の角加速度の大きさに応じて特徴が変化する音である前腕運動対応音を生成する（Ｓ１３）。特徴付与部１４は、ステップＳ１３により生成された上腕運動対応音、前腕運動対応音に対し、互いに異なる音響的特徴を付与する（Ｓ１４）。音声再生部１７は、音響的特徴が付与された上腕運動対応音と、音響的特徴が付与された前腕運動対応音を再生する（Ｓ１７）。

[0020] 運動学習支援装置１が上述のステップＳ１１～Ｓ１４、Ｓ１７を実行することにより、上腕および前腕の回旋運動に対応する音声が生成され聴取可能となる。熟練者と学習者それぞれの投球モーションに対応する上腕運動対応音、前腕運動対応音を聴取することにより、熟練者と学習者がコミュニケーションをとりながら投球を繰り返し、スキルの伝達が促進されることが期待される。さらに、運動学習支援装置１は、熟練者が不在の状況において、学習者の独学によるスキル獲得を支援するため、図３に示す第２のフローチャートを実行してもよい。

[0021] データベース１５は、ステップＳ１１～Ｓ１４実行により音響的特徴が付与された対応音を、対応する者のＩＤと共に記憶する（Ｓ１５）。データベース１５は、対応音と共に対応する者のＩＤ、日時などを記憶する。これにより、データベース１５から熟練者に対応する者の対応音のみを取り出すこともできる。

[0022] 操作部１６は、ユーザ（例えば学習者、指導者）の操作を受け付ける（Ｓ１６）。運動学習支援装置１は、操作部１６に入力された操作に応じた制御を実行する。ここでは、運動学習支援装置１は、データベース１５に記憶された対応音のうち、ユーザの操作により指定された対応音（例えば熟練者に対応するＩＤの対応音）を呼び出して再生する制御を実行する。音声再生部１７は、制御に従って対応音を再生する（Ｓ１７）。

[0023] また運動学習支援装置１は次のようにデータベース１５に記憶された対応音を再生してもよい。運動学習支援装置１は、上腕および前腕の回旋運動の角加速度の値の変化に基づいて一回の運動動作の終了タイミングを検知するものとし、終了タイミングが検知されるたびにデータベース１５に記憶された対応音のうち、あらかじめ指定された何れかの対応音（例えば熟練者に対応するＩＤの対応音）を再生する制御を実行する。音声再生部１７は、制御に従って対応音を再生する（Ｓ１７）。これにより学習者の上腕、前腕運動対応音が再生された直後に熟練者の上腕、前腕運動対応音を再生することができ、学習者の独学を適切に支援することができる。

[0024] 以下、各構成要件の処理の詳細について説明する。

[0025] ＜上腕角加速度取得部１１、前腕角加速度取得部１２＞

上腕角加速度取得部１１、前腕角加速度取得部１２は、以下の手法により、前腕、上腕の回旋運動の角加速度を計測する（Ｓ１２）。

[0026] 図４のように、上腕に対して、長軸に垂直な平面をｘ－ｙ平面とし、長軸をｚ軸とする３次元座標系を定義する。同様に図５のように、前腕に対して、長軸に垂直な平面をｘ－ｙ平面とし、長軸をｚ軸とする３次元座標系を定義する。ただしｘ－ｙ平面の原点は、肩関節の回転中心（上腕の場合）、および肘関節の回転中心（前腕の場合）とする。

[0027] 図６に示すように、上腕のｚ軸を回転軸として２回対称となる位置に、加速度センサ１、２を配置する。図７に示すように、前腕のｚ軸を回転軸として２回対称となる位置に、加速度センサ３、４を配置する。また、上腕に対して共通の外部固定座標系を、図８のＸＹＺ軸のように定義し、同様に前腕に対して共通の外部固定座標系を、図９のＸＹＺ軸のように定義する。

[0028] 加速度センサ１、２が検出する値を、それぞれa_1，a_2とする。a_1，a_2には、重力による成分、上腕の並進運動による成分、肩関節を中心とする上腕の回転運動による成分、上腕の長軸まわりの回旋運動による成分が含まれるが、これらのうち、回旋運動による成分は、加速度センサ１と２で正負が逆になり、その他の成分は、２つのセンサで同じ値になる。従って、a_1とa

$_2$の差を２で割ると、上腕の回旋運動の接線加速度が得られる。

[0029] さらに、加速度センサ１、２の間の距離をd_{12}とすると、各センサの回旋運動の半径はd_{12}／２となる。よって、上腕のｚ軸まわりの回旋運動の角加速度をα_{upper}とすると、

$$\alpha_{upper}=(a_1-a_2)/2\div d_{12}/2=(a_1-a_2)/d_{12}$$

と表すことができる。

[0030] 同様に、加速度センサ３、４が検出する値を、それぞれa_3，a_4とし、加速度センサ３、４の間の距離をd_{34}とし、前腕のｚ軸まわりの回旋運動の角加速度をα_{fore}とすると、

$$\alpha_{fore}=(a_3-a_4)/d_{34}$$

と表すことができる。なお、このように一対の加速度センサを用いて、回旋運動の角加速度を計測する方法は従来技術である。回旋運動の角加速度を計測する方法として、例えば参考非特許文献１などが開示されている。

[0031] （参考非特許文献１：齋藤、渡辺、井上、井上、酒井、竹田、野球投球における上肢・体幹運動の慣性センサ計測、名古屋学院大学論集・人文・自然科学篇、Vol.48, No.1, pp. 33-48, 2011）

上腕角加速度取得部１１、前腕角加速度取得部１２は、以上の手法により上腕、前腕それぞれの回旋運動の角加速度をサンプリング周期Ｔで取得する。ただしＴは、角加速度に生じ得る最高周波数Ｆに対して、２Ｆ＜１／Ｔを満たすように設定する。

[0032] ＜運動対応音生成部１３＞

運動対応音生成部１３は、以下の手法により、上腕運動対応音、前腕運動対応音を生成する（Ｓ１３）。

[0033] 時刻ｉＴ（ｉはゼロ以上の整数）に取得された角加速度の値をα_iとし、その値に応じて特徴が変化する音源を$x_i(t)$（ただしｉＴ≦ｔ＜（ｉ＋１）Ｔ）とする。音源$x_i(t)$には、様々な種類の信号を用いることができる。例えば、鋸歯状波を用いる場合は、次のように定義する。

[数1]

$$x_i(t) = p(\alpha_i)\sum_{k=1}^{M}\frac{sin\left(2\pi k f(\alpha_i)t + \phi_k(iT)\right)}{k}$$
$$iT \le t \le (i+1)T$$

なお、ｐ（α_i）は第１次倍音（基音）の振幅、ｆ（α_i）は第１次倍音（基音）の周波数、ϕ_k（ｉＴ）は第ｋ次倍音の初期位相、Ｍは最高次倍音の次数を表す。

[0034] 鋸歯状波の振幅ｐや基本周波数ｆは、角加速度αの絶対値の単調増加関数とすればよい。例えば関数ｐ（α）として、ｐ（α）∝｜α｜、ｐ（α）∝ｅ$^{|\alpha|}$、ｐ（α）∝ｌｏｇ｜α｜、関数ｆ（α）の例として、ｆ（α）∝｜α｜、ｆ（α）∝ｅ$^{|\alpha|}$、ｆ（α）∝ｌｏｇ｜α｜などの｜α｜の単調増加関数を用いることができる。

[0035] ｐ（α）とｆ（α）は、同一の関数でも、異なる関数でもよい。第ｋ次倍音の初期位相ϕ_k（ｉＴ）は、角加速度のサンプリング時刻ｉＴの更新時に生じ得る、各倍音の位相の不連続な変化を抑制するために、適宜使用する。

[0036] 音源の種類は、鋸歯状波だけでなく、三角波、矩形波などの周期的複合音を用い、その振幅と周波数を加速度の関数によって変調してもよい。あるいは、非周期的雑音を用い、その振幅を加速度の関数によって変調してもよい。

[0037] ＜特徴付与部１４＞

特徴付与部１４は、以上の手法により生成された上腕運動対応音、前腕運動対応音に対し、時不変の並列バンドパスフィルタ群を作用させ、それぞれの音源の音色に静的な特徴を付与する（Ｓ１４）。図１０に特徴付与部１４の構成例を示す。

[0038] ここで、バンドパスフィルタ群を構成するバンドパスフィルタの数Ｎは、幾つでも良い。例えばＮ＝２の場合は、フィルタ群から出力される出力音ｙ$_i$（ｔ）のパワースペクトルに、２つのピーク周波数を持たせることができる

。一般に、パワースペクトルに２つのピーク周波数がある音を聞くとき、それらの２つのピーク周波数の組み合わせによって、母音（あ、い、う、え、お）の知覚が生じる。

[0039] 従って、特徴付与部１４は、上腕運動対応音、前腕運動対応音のパワースペクトルにそれぞれ異なる２つのピーク周波数の組み合わせが生じるように、上腕運動対応音、前腕運動対応音に対してバンドパスフィルタ処理を実行してもよい。これにより、上腕、前腕それぞれの回旋運動の把握がさらに容易になる。

[0040] 上腕用、前腕用それぞれの音源の種類（鋸歯状歯、三角波、矩形波、雑音、など）は、同一でも、異なっていてもよい。さらに、上腕用と前腕用の音源の種類が異なる場合は、上腕用、前腕用それぞれのバンドパスフィルタ群は、同一の設定でもよい。

[0041] ＜実施例１の運動学習支援装置１がもたらす効果＞

熟練者と学習者は、それぞれの投球に伴って即時に生成されるフィードバック情報を互いに比較し、双方の運動がどのように異なっているかを情報共有することができる。その結果、学習者は、熟練者の指導の意図を理解しやすくなり、熟練者は、学習者のスキルのレベルを把握しやすくなる。また、熟練者と学習者が相互にコミュニケーションをとることができない状況においても、学習者は、予め記憶されている熟練者のフィードバック情報を即座に受け取ることができる。学習者は、自身の投球に伴って即時に生成されるフィードバック情報を、熟練者のフィーバックと比較しつつ、模倣することにより、独学によってもスキルの獲得が促進される。

[0042] ＜実データ＞

ある熟練者が２種類の球種（Ｆａｓｔｂａｌｌ，Ｃｕｒｖｅｂａｌｌ）の投球を一回ずつ行なったときの、投球腕の上腕および前腕の回旋運動の角加速度を、図１１に示す。またそれらの投球時に、運動学習支援装置１を用いて即時生成されたフィードバック音信号とそのスペクトログラムを、図１２、図１３に示す。図１１～図１３において、時間軸の時刻０は、ボールが手

から離れた瞬間を表す。図１１の曲線は、実線が上腕（Ｕｐｐｅｒａｒｍ）、破線が前腕（Ｆｏｒｅａｒｍ）の角加速度を表す。図１１のＦａｓｔｂａｌｌのグラフとＣｕｒｖｅｂａｌｌのグラフを比較すると、上腕の角加速度の時間変化は比較的類似しているのに対し、前腕の角加速度の時間変化が大きくことなっている。こうした異なる運動の特徴が、図１２、図１３に見られるフィードバック音の音響的特徴の違いに反映されている。

[0043] また図１１において、角加速度の絶対値は、ボールが手から離れた直後に、非常に鋭いピークを一回だけ発生することがわかる。この性質を利用すると、一回の投球試技が終了したかどうかを、閾値との比較により判定することができ、上述の「上腕および前腕の回旋運動の角加速度の値の変化に基づいて一回の運動動作の終了タイミングを検知」する処理を実現できる。

[0044] ＜補記＞

本発明の装置は、例えば単一のハードウェアエンティティとして、キーボードなどが接続可能な入力部、液晶ディスプレイなどが接続可能な出力部、ハードウェアエンティティの外部に通信可能な通信装置（例えば通信ケーブル）が接続可能な通信部、ＣＰＵ（Central Processing Unit、キャッシュメモリやレジスタなどを備えていてもよい）、メモリであるＲＡＭやＲＯＭ、ハードディスクである外部記憶装置並びにこれらの入力部、出力部、通信部、ＣＰＵ、ＲＡＭ、ＲＯＭ、外部記憶装置の間のデータのやり取りが可能なように接続するバスを有している。また必要に応じて、ハードウェアエンティティに、ＣＤ－ＲＯＭなどの記録媒体を読み書きできる装置（ドライブ）などを設けることとしてもよい。このようなハードウェア資源を備えた物理的実体としては、汎用コンピュータなどがある。

[0045] ハードウェアエンティティの外部記憶装置には、上述の機能を実現するために必要となるプログラムおよびこのプログラムの処理において必要となるデータなどが記憶されている（外部記憶装置に限らず、例えばプログラムを読み出し専用記憶装置であるＲＯＭに記憶させておくこととしてもよい）。また、これらのプログラムの処理によって得られるデータなどは、ＲＡＭや

外部記憶装置などに適宜に記憶される。

[0046] ハードウェアエンティティでは、外部記憶装置（あるいはＲＯＭなど）に記憶された各プログラムとこの各プログラムの処理に必要なデータが必要に応じてメモリに読み込まれて、適宜にＣＰＵで解釈実行・処理される。その結果、ＣＰＵが所定の機能（上記、…部、…手段などと表した各構成要件）を実現する。

[0047] 本発明は上述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更が可能である。また、上記実施形態において説明した処理は、記載の順に従って時系列に実行されるのみならず、処理を実行する装置の処理能力あるいは必要に応じて並列的にあるいは個別に実行されるとしてもよい。

[0048] 既述のように、上記実施形態において説明したハードウェアエンティティ（本発明の装置）における処理機能をコンピュータによって実現する場合、ハードウェアエンティティが有すべき機能の処理内容はプログラムによって記述される。そして、このプログラムをコンピュータで実行することにより、上記ハードウェアエンティティにおける処理機能がコンピュータ上で実現される。

[0049] 上述の各種の処理は、図１４に示すコンピュータ１００００の記録部１００２０に、上記方法の各ステップを実行させるプログラムを読み込ませ、制御部１００１０、入力部１００３０、出力部１００４０などに動作させることで実施できる。

[0050] この処理内容を記述したプログラムは、コンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録しておくことができる。コンピュータで読み取り可能な記録媒体としては、例えば、磁気記録装置、光ディスク、光磁気記録媒体、半導体メモリ等どのようなものでもよい。具体的には、例えば、磁気記録装置として、ハードディスク装置、フレキシブルディスク、磁気テープ等を、光ディスクとして、ＤＶＤ（Digital Versatile Disc）、ＤＶＤ－ＲＡＭ（Random Access Memory）、ＣＤ－ＲＯＭ（Compact Disc Read Only Memory）、ＣＤ

－Ｒ（Recordable）／ＲＷ（ReWritable）等を、光磁気記録媒体として、ＭＯ（Magneto-Optical disc）等を、半導体メモリとしてＥＥＰ－ＲＯＭ（Electrically Erasable and Programmable-Read Only Memory）等を用いることができる。

[0051] また、このプログラムの流通は、例えば、そのプログラムを記録したＤＶＤ、ＣＤ－ＲＯＭ等の可搬型記録媒体を販売、譲渡、貸与等することによって行う。さらに、このプログラムをサーバコンピュータの記憶装置に格納しておき、ネットワークを介して、サーバコンピュータから他のコンピュータにそのプログラムを転送することにより、このプログラムを流通させる構成としてもよい。

[0052] このようなプログラムを実行するコンピュータは、例えば、まず、可搬型記録媒体に記録されたプログラムもしくはサーバコンピュータから転送されたプログラムを、一旦、自己の記憶装置に格納する。そして、処理の実行時、このコンピュータは、自己の記録媒体に格納されたプログラムを読み取り、読み取ったプログラムに従った処理を実行する。また、このプログラムの別の実行形態として、コンピュータが可搬型記録媒体から直接プログラムを読み取り、そのプログラムに従った処理を実行することとしてもよく、さらに、このコンピュータにサーバコンピュータからプログラムが転送されるたびに、逐次、受け取ったプログラムに従った処理を実行することとしてもよい。また、サーバコンピュータから、このコンピュータへのプログラムの転送は行わず、その実行指示と結果取得のみによって処理機能を実現する、いわゆるＡＳＰ（Application Service Provider）型のサービスによって、上述の処理を実行する構成としてもよい。なお、本形態におけるプログラムには、電子計算機による処理の用に供する情報であってプログラムに準ずるもの（コンピュータに対する直接の指令ではないがコンピュータの処理を規定する性質を有するデータ等）を含むものとする。

[0053] また、この形態では、コンピュータ上で所定のプログラムを実行させることにより、ハードウェアエンティティを構成することとしたが、これらの処

理内容の少なくとも一部をハードウェア的に実現することとしてもよい。

請求の範囲

[請求項1] 上腕の回旋運動の角加速度を計測する上腕角加速度取得部と、

前腕の回旋運動の角加速度を計測する前腕角加速度取得部と、

前記上腕の回旋運動の角加速度の大きさに応じて特徴が変化する音である上腕運動対応音、前記前腕の回旋運動の角加速度の大きさに応じて特徴が変化する音である前腕運動対応音を生成する運動対応音生成部と、

生成された前記上腕運動対応音、前記前腕運動対応音に対し、互いに異なる音響的特徴を付与する特徴付与部と、

前記音響的特徴が付与された前記上腕運動対応音と、前記音響的特徴が付与された前記前腕運動対応音を再生する音声再生部を含む

運動学習支援装置。

[請求項2] 請求項１に記載の運動学習支援装置であって、

前記音響的特徴が付与された対応音を、対応する者のＩＤと共に記憶するデータベースと、

ユーザの操作を受け付ける操作部を含み、

前記音声再生部は、

前記データベースに記憶された対応音のうち、前記ユーザの操作により指定された対応音を再生する

運動学習支援装置。

[請求項3] 請求項１に記載の運動学習支援装置であって、

前記運動学習支援装置は、

上腕および前腕の回旋運動の角加速度の値の変化に基づいて一回の運動動作の終了タイミングを検知するものとし、

前記音声再生部は、

前記終了タイミングが検知されるたびに前記データベースに記憶された対応音のうち、あらかじめ指定された何れかの対応音を再生する

運動学習支援装置。

[請求項4] 請求項１から３の何れかに記載の運動学習支援装置であって、

前記特徴付与部は、

前記上腕運動対応音、前記前腕運動対応音のパワースペクトルにそれぞれ異なる２つのピーク周波数の組み合わせが生じるように、前記上腕運動対応音、前記前腕運動対応音に対してバンドパスフィルタ処理を実行する

運動学習支援装置。

[請求項5] 上腕の回旋運動の角加速度を計測するステップと、

前腕の回旋運動の角加速度を計測するステップと、

前記上腕の回旋運動の角加速度の大きさに応じて特徴が変化する音である上腕運動対応音、前記前腕の回旋運動の角加速度の大きさに応じて特徴が変化する音である前腕運動対応音を生成するステップと、

生成された前記上腕運動対応音、前記前腕運動対応音に対し、互いに異なる音響的特徴を付与するステップと、

前記音響的特徴が付与された前記上腕運動対応音と、前記音響的特徴が付与された前記前腕運動対応音を再生するステップを含む

運動学習支援方法。

[請求項6] コンピュータを請求項１から４の何れかに記載の運動学習支援装置として機能させるプログラム。

[図1]

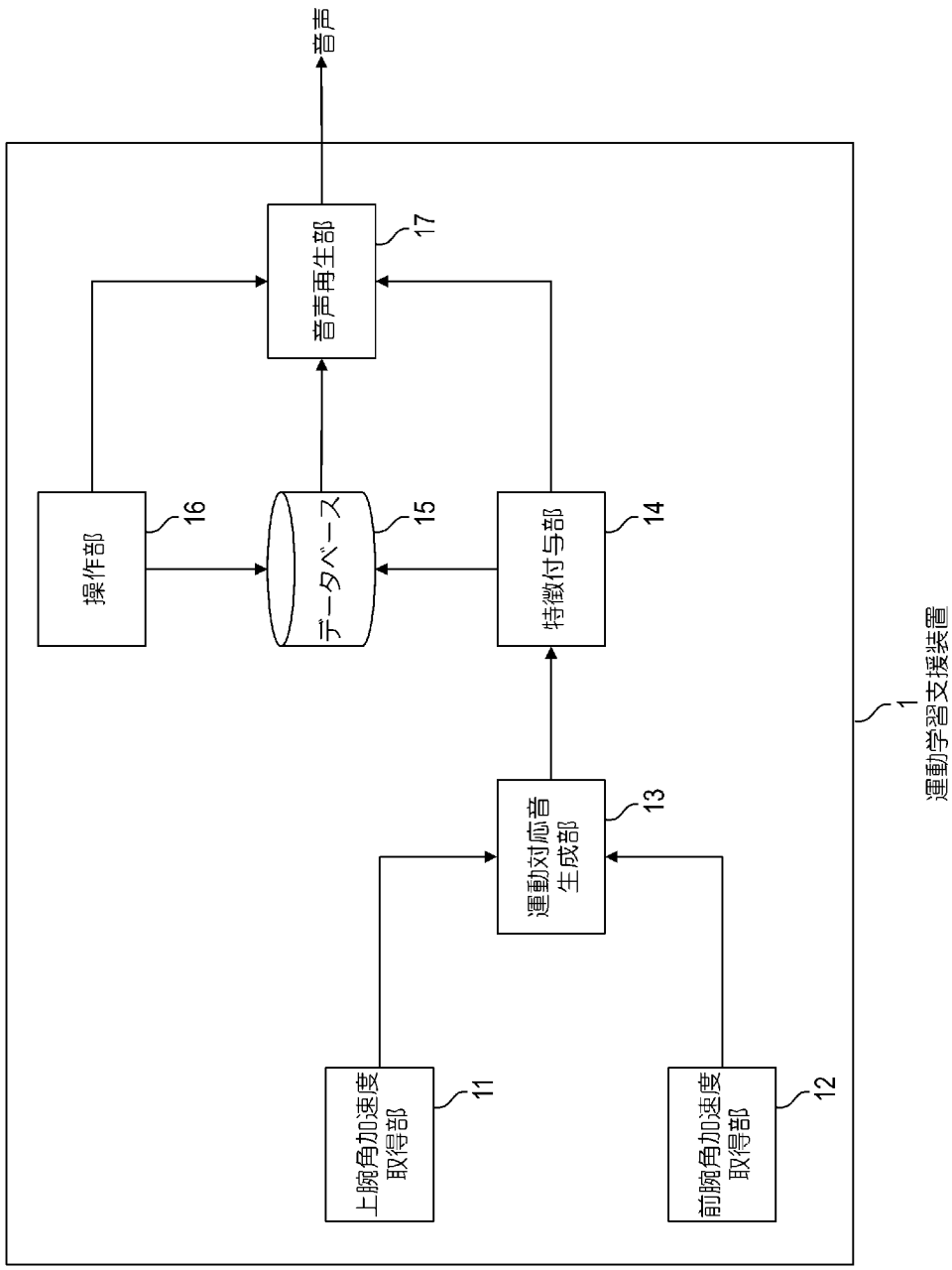

音声
音声再生部
17
操作部
16
データベース
15
特徴付与部
14
運動対応音
生成部
13
上腕角加速度
取得部
11
前腕角加速度
取得部
12
1
運動学習支援装置

図1

[図2]

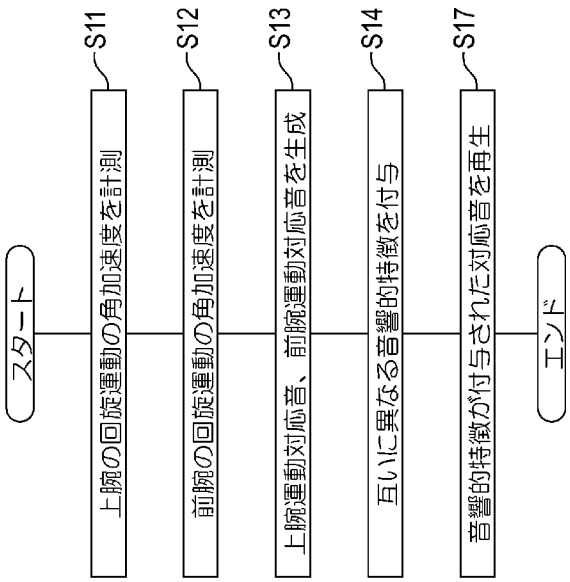
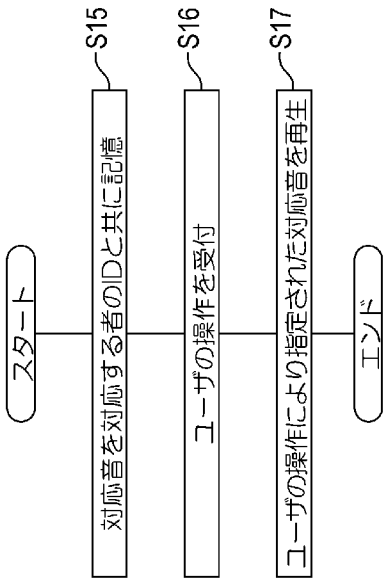

スタート
S11
上腕の回旋運動の角加速度を計測
S12
前腕の回旋運動の角加速度を計測
S13
上腕運動対応音、前腕運動対応音を生成
S14
互いに異なる音響的特徴を付与
S17
音響的特徴が付与された対応音を再生
エンド

図2

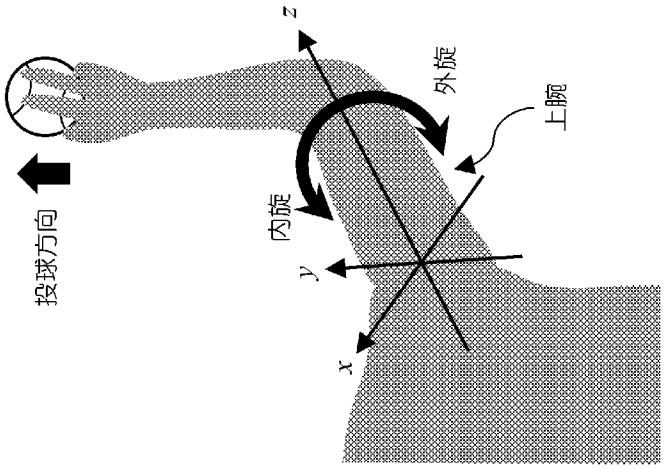
[図3]

図3


スタート
S15
対応音を対応する者のIDと共に記憶
S16
ユーザの操作を受付
S17
ユーザの操作により指定された対応音を再生
エンド

[図4]

図4



[図5]

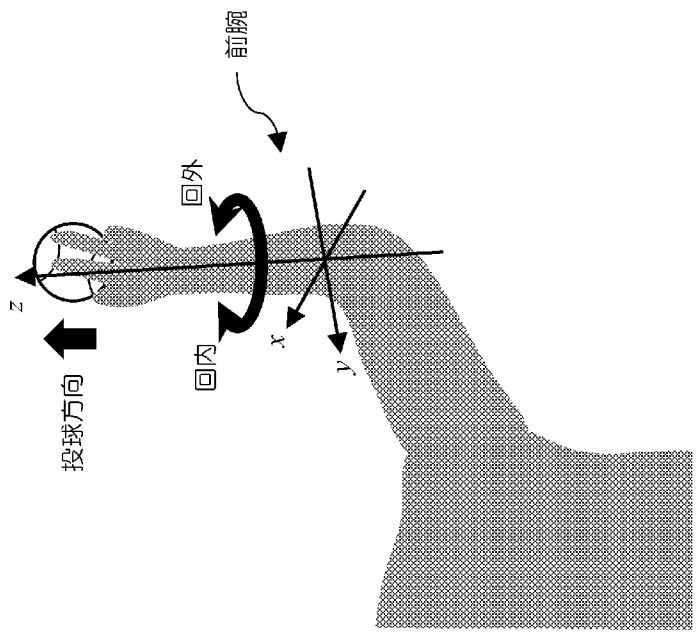


図5

[図6]

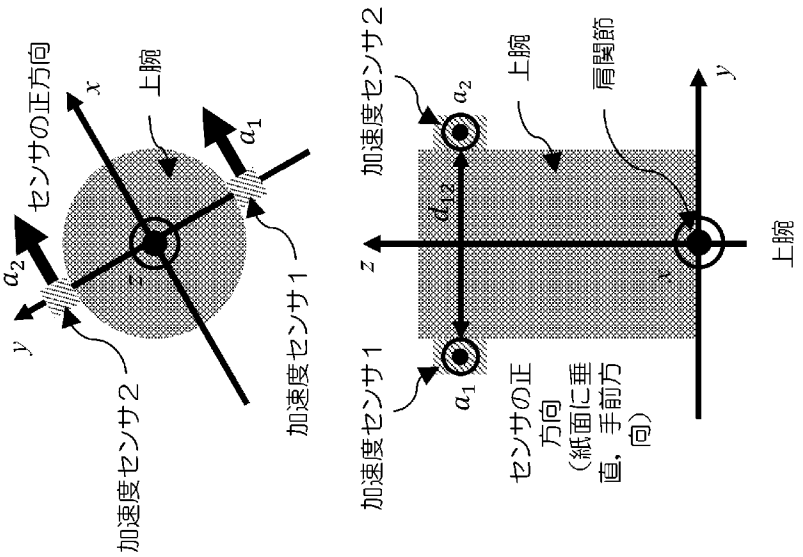

センサの正方向
上腕
加速度センサ２
加速度センサ１
加速度センサ２
上腕
肩関節
加速度センサ１
センサの正方向（紙面に垂直，手前方向）
上腕

図6

[図7]

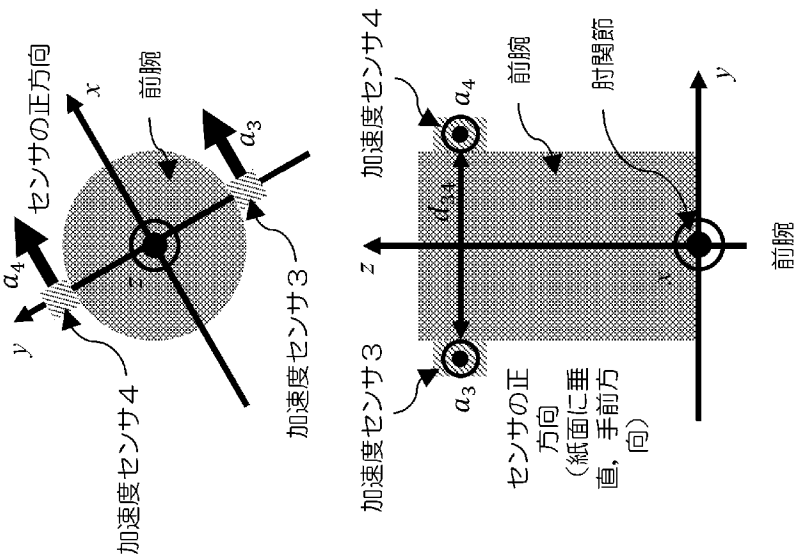

センサの正方向
前腕
加速度センサ４
加速度センサ３
加速度センサ４
前腕
肘関節
加速度センサ３
センサの正方向（紙面に垂直，手前方向）
前腕

図7

[図8]

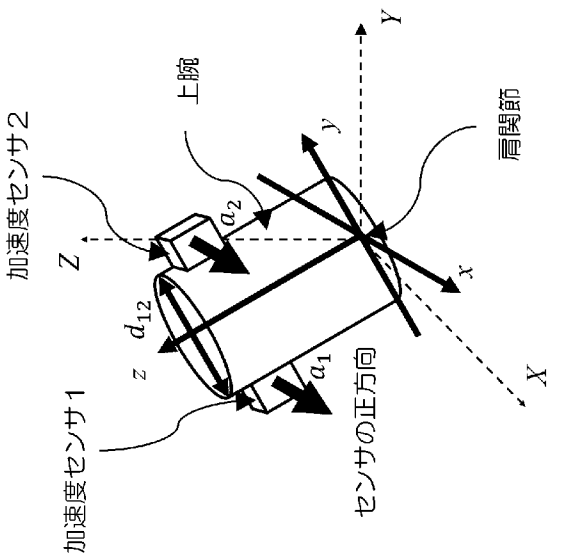

加速度センサ２
上腕
Z
Y
y
a_2
肩関節
x
d_{12}
z
a_1
X
センサの正方向
加速度センサ１
上腕の長軸（z軸）まわりの回旋運動の角加速度
$\alpha_{upper} = \frac{a_1 - a_2}{d_{12}}$
上腕

図8

[図9]

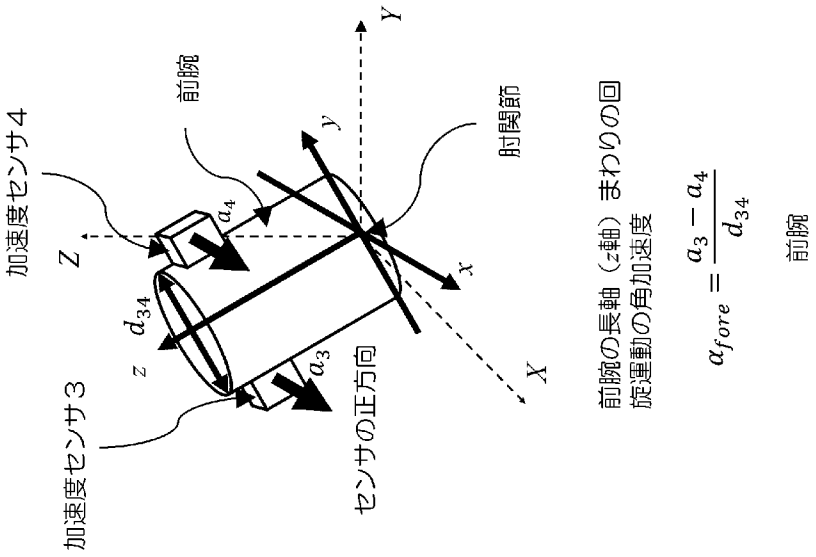

加速度センサ４
Z
前腕
a_4
y
Y
肘関節
x
d_{34}
z
a_3
X
加速度センサ３
センサの正方向
前腕の長軸（z軸）まわりの回旋運動の角加速度
$\alpha_{fore} = \frac{a_3 - a_4}{d_{34}}$
前腕

図9

[図10]

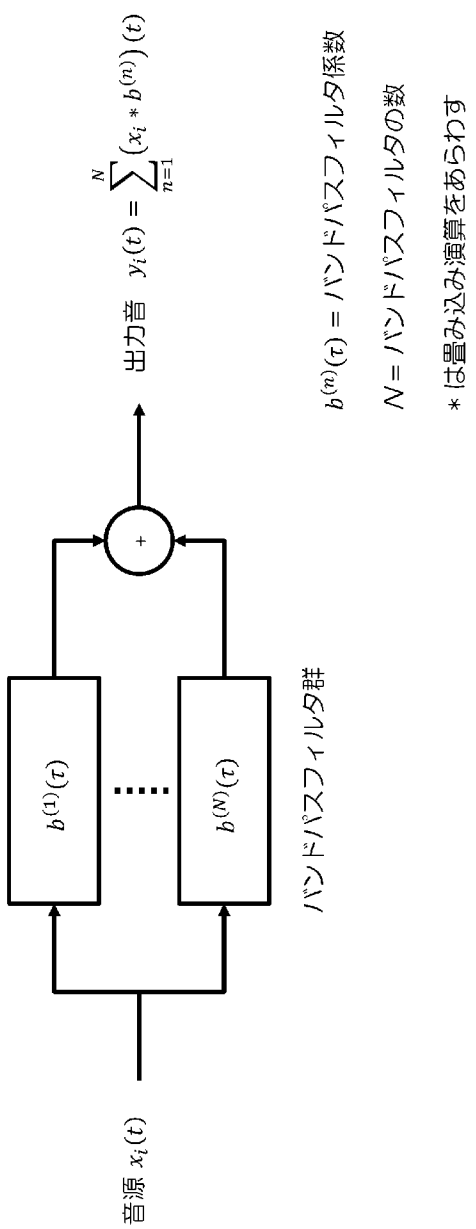

音源 $x_i(t)$
$b^{(1)}(t)$
$b^{(N)}(t)$
バンドパスフィルタ群
+
出力音 $y_i(t) = \sum_{n=1}^{N} (x_i * b^{(n)})(t)$
$b^{(n)}(t)$ = バンドパスフィルタ係数
N = バンドパスフィルタの数
$*$ は畳み込み演算をあらわす

図10

[図11]

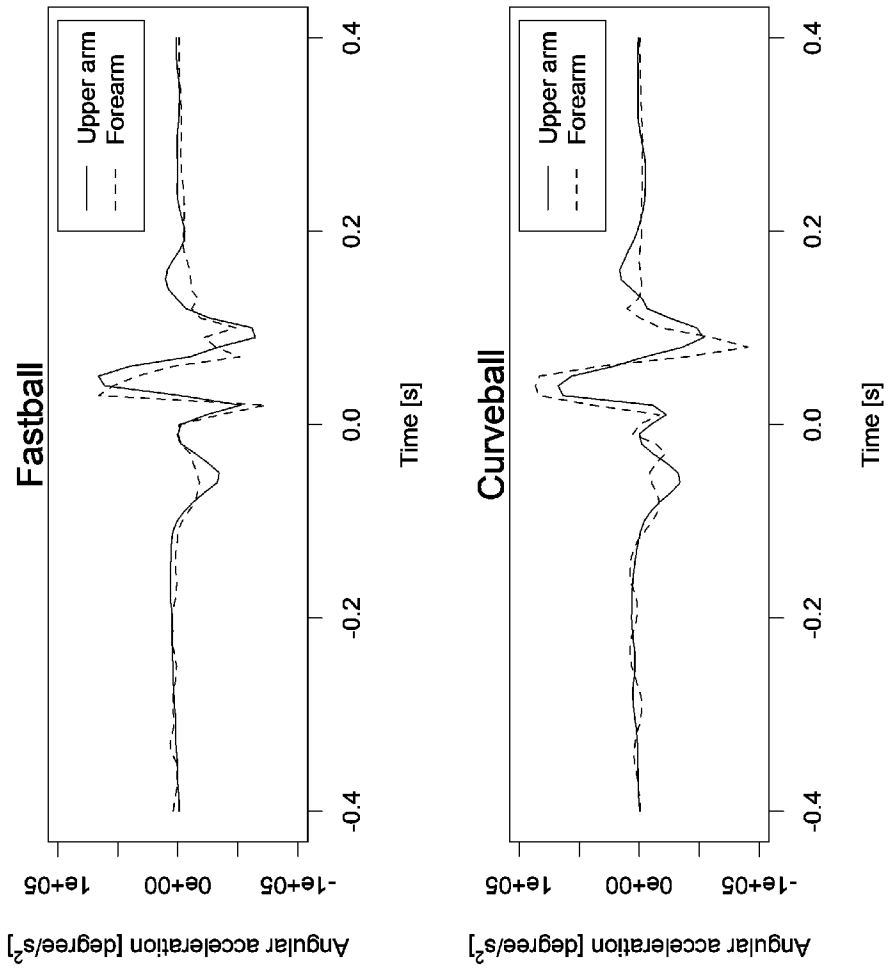

Fastball
Upper arm
Forearm
Angular acceleration [degree/s²]
-1e+05
0e+00
1e+05
-0.4
-0.2
0.0
0.2
0.4
Time [s]
Curveball
Upper arm
Forearm
Angular acceleration [degree/s²]
-1e+05
0e+00
1e+05
-0.4
-0.2
0.0
0.2
0.4
Time [s]

図11

[図12]

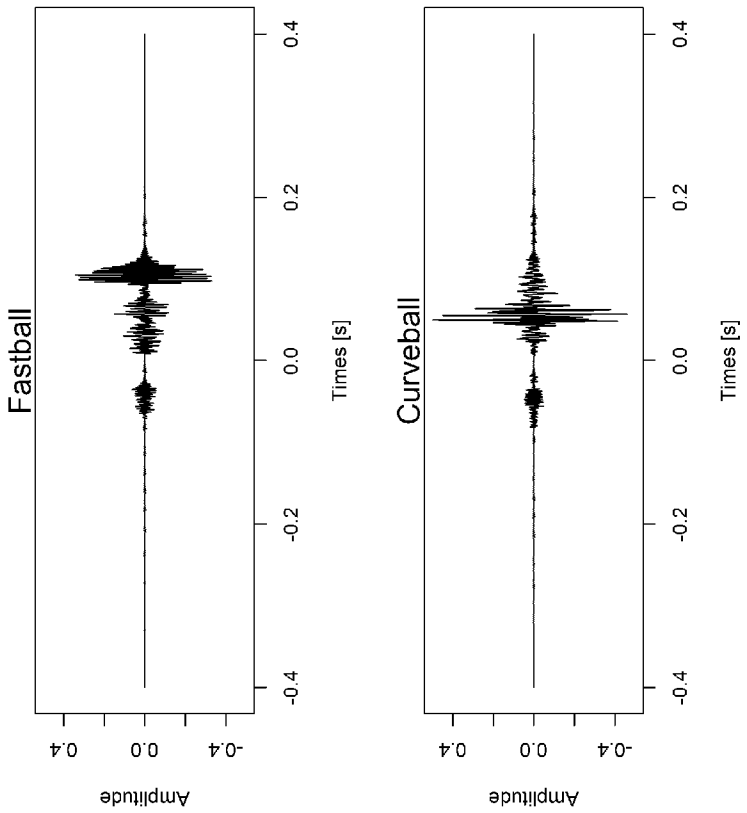


図12

[図13]

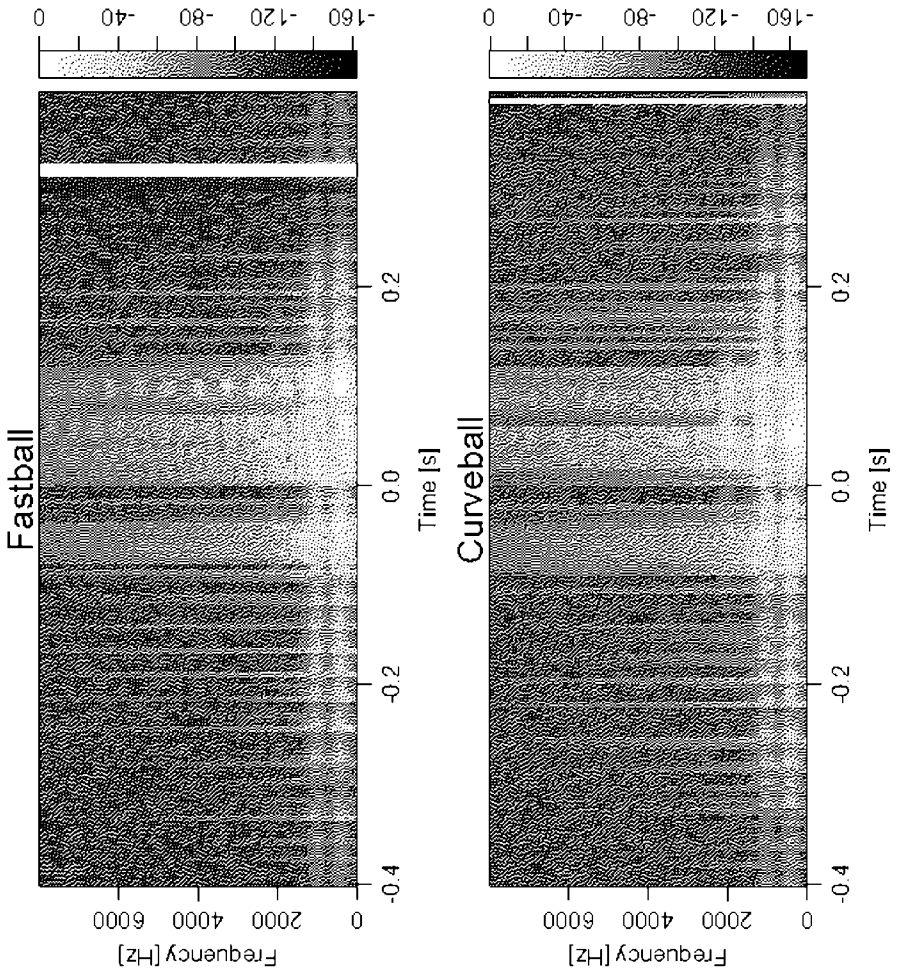

Fastball
Curveball
Frequency [Hz]
0
2000
4000
6000
Time [s]
0.2
0.0
-0.2
-0.4
0
-40
-80
-120
-160

図13

[図14]

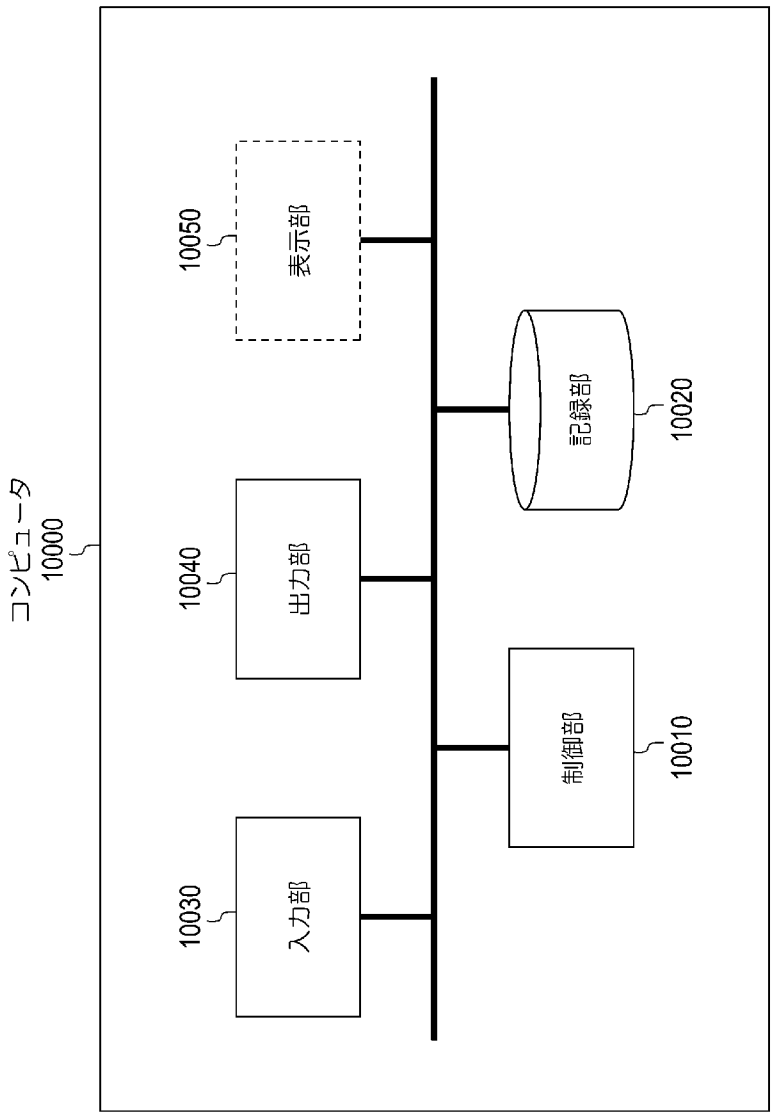

コンピュータ
10000
表示部
10050
記録部
10020
出力部
10040
制御部
10010
入力部
10030

図14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/038641

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A63B 69/00(2006.01)i; ***A63B 71/06***(2006.01)i
FI: A63B69/00 505Z; A63B71/06 T

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A63B69/00-69/40; A63B71/00-71/16

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021
Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	柏野牧夫, 可聴化による身体運動の表現と調節, 日本音響学会誌, July 2020, vol. 76, no. 7, pp. 385-391 entire text, all drawings, (KASHINO, Makio. Representation and modulation of body movements by sonification. THE JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF JAPAN.)	1–6
A	WO 2017/179423 A1 (SONY CORP) 19 October 2017 (2017-10-19) entire text, all drawings	1–6
A	JP 2015-221135 A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 10 December 2015 (2015-12-10) entire text, all drawings	1–6
A	JP 2009-106323 A (YAMAHA CORP) 21 May 2009 (2009-05-21) entire text, all drawings	1-6
A	US 5354050 A (MCCARTHY, Robert L.) 11 October 1994 (1994-10-11) entire text, all drawings	1-6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
10 November 2021	**22 November 2021**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/038641

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2017/179423 A1	19 October 2017	US 2019/0134461 A1	
JP 2015-221135 A	10 December 2015	(Family: none)	
JP 2009-106323 A	21 May 2009	(Family: none)	
US 5354050 A	11 October 1994	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/038641

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

A63B 69/00(2006.01)i; A63B 71/06(2006.01)i
FI: A63B69/00 505Z; A63B71/06 T

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

A63B69/00-69/40; A63B71/00-71/16

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	柏野牧夫，可聴化による身体運動の表現と調節，日本音響学会誌，2020.07，76巻7号，pp. 385-391 全文，全図	1-6
A	WO 2017/179423 A1（ソニー株式会社）19.10.2017（2017-10-19） 全文，全図	1-6
A	JP 2015-221135 A（日本電信電話株式会社）10.12.2015（2015-12-10） 全文，全図	1-6
A	JP 2009-106323 A（ヤマハ株式会社）21.05.2009（2009-05-21） 全文，全図	1-6
A	US 5354050 A (MCCARTHY, Robert L.) 11.10.1994 (1994-10-11) 全文，全図	1-6

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊ 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
10.11.2021	22.11.2021

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
岸　智史 2D 3603

電話番号 03-3581-1101 内線 3241

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2021/038641

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2017/179423 A1	19.10.2017	US 2019/0134461 A1	
JP 2015-221135 A	10.12.2015	（ファミリーなし）	
JP 2009-106323 A	21.05.2009	（ファミリーなし）	
US 5354050 A	11.10.1994	（ファミリーなし）	