

ヒルベルトトーフアン変換を用いた日本舞踊と欧米舞踊の動作特徴 分析 - AyaBambi の舞踊動作解析を中心に -

董然^{†1} 蔡東生^{†1} 浅井信吉^{†2}

概要: ヒルベルトトーフアン変換(Hilbert-Huang Transform: HHT)は信号処理および解析分野において、高精度の解析性能を見せている。周波数領域における舞踊動作手法として、ヒルベルトトーフアン変換を用いたスペクトラム解析手法が提案され、その優れた解析精度により、周波数領域における舞踊動作の解析ができるようになった。一方、アジアの日本舞踊はスローテンポであり、規則正しい振り付けされているのが一般的である。それに対して、欧米の舞踊動作はアップテンポであり、リズム中心という特徴がある。本研究では、ヒルベルトトーフアン変換を用い、手の舞踊動作が特徴で、踊りが難しいと言われている「AyaBambi」の舞踊動作をスローテンポの日本伝統舞踊（能楽）、およびアップテンポの日本舞踊（Perfume）、欧米舞踊(Madonna)と比べ、その独特な舞踊特徴の解析を行う。

キーワード: 舞踊動作, ヒルベルトトーフアン変換, 特徴解析, モーションキャプチャ, AyaBambi

Dance Motion Analysis Between Japanese and Western Dance Using Hilbert-Huang Transform -Focusing on AyaBambi dance motion-

RAN DONG^{†1} DONGSHENG CAI^{†1} NOBUYOSHI ASAI^{†2}

Abstract: Hilbert-Huang Transform (HHT) shows highly accurate analysis performance in the field of signal processing and analysis. A spectrum analysis framework using Hilbert-Huang Transform has been proposed, and it has become possible to analyze the dance motion in the frequency domain due to its excellent analysis accuracy. Japanese dance in Asia is a slow tempo, and it is common to have a regular choreography. On the other hand, the dance motion in West is up-tempo, which is characterized by rhythm. In this research, we analyze AyaBambi dance motion which is choreographed by hand dance motion and difficult to dance by using the Hilbert-Huang Transform. By comparing its dance motion with Japanese traditional dance (Nougaku) of slow tempo, Perfume dance and Madonna dance of Up-tempo, we reveal the unique dance features of AyaBambi

Keywords: Dance Motion, Hilbert-Huang Transform, Features Analysis, Motion Capture, AyaBambi

1. はじめに

ヒルベルトトーフアン変換(HHT:Hilbert-Huang Transform)は、経験的モード分解(EMD:Empirical Mode Decomposition)により、信号を複数の固有モード関数に分解し、Hilbert変換をかけ、時間周波数特性を分析する。ヒルベルトトーフアン変換は周波数領域分析における優れた性質を見せることから、Dong(2017)らの研究では、周波数領域に優れた性能を見せるヒルベルトトーフアン変換を用いて舞踊動作スペクトル分析を試みた。舞踊動作と音楽リズムの相関を考慮し、ビートトラックと併用する新たな舞踊動作解析システムを提案した[2]。

本研究報告では、ヒルベルトトーフアン変換を用い、踊りが難しいと言われている「AyaBambi」の舞踊動作をスローテンポの日本伝統舞踊（能楽）、およびアップテンポの欧米舞踊（Madonna vogue dance）と日本舞踊（Perfume）に比べ、

その独特な舞踊特徴の解析を行う。

2. ヒルベルトトーフアン変換による舞踊動作解析

舞踊動作は、舞踊動作と音楽の二つの要素で構成されている。二つの要素はそれぞれのファイル形式でデジタル化することができる。間の動きのデータを採集する方法はカメラやモーションキャプチャなどがある。モーションキャプチャは、人の各主要関節にマークを置くことで、関節の座標と回転を時間列で記録することができる。舞踊動作は、振り師によりいくつかの「振り」で構成されているため、舞踊動作をより細かく解析するため、動作をまず「振り」に分解する必要がある。そのため、先行研究は舞踊動作の解析に、信号を線形的に分解するフーリエ変換とは異なり、非線形的に信号を分解できる経験的モード分解（EMD）を用いた解析システムを提案した[2]。

また、モーションキャプチャから舞踊動作を採集する際に、ノイズが生じしやすいため、Dong(2017)らが提案するヒルベルトトーフアン変換の動作解析システムについては、

†1 筑波大学
The University of Tsukuba
†2 会津大学
The University of Aizu

最も分解精度の高いノイズ補助多変数経験的モード分解 (NA-MEMD) を使用する[2]. 一方, 音楽については, 舞踊動作は音楽に合わせて踊っているため, 舞踊動作解析システムは, 動作プリミティブ単位で解析できるように, セグメンテーション化に Ellis が提案するビートトラッキングを合わせて併用する[3].

2.1 経験的モード分解

経験的モード分解(EMD:Empirical Mode Decomposition) はすべての信号が有限な固有モード関数 (IMF) と残余で構成されると仮定する[1]. $c(t)$ は IMF, $r(t)$ は残余で信号のトレンドとも定義されている.

$$x(t) = \sum_n c_n(t) + r(t) \quad (1)$$

IMF 関数とは, 以下の二つの条件を満足する関数である[1].

- (1) 信号の極値の数と零交差の数が等しいか差が1である.
- (2) 任意の時刻において, 極大値を結ぶ包絡線と極小値を結ぶ包絡線の平均値が零である.

信号をヒルベルト変換かける前に, まず周波数の高い順からいくつかの IMF に分解する. この分解の過程は経験的モード分解 (EMD) と呼ぶ. EMD で分解した IMF はヒルベルト変換の単色波仮定条件 $A(t)\cos(\omega_0(t)t)$ に満足する. 各 IMF にヒルベルト変換をかけることによって, 原信号の瞬時周波数を正しく求めることができる.

2.2 経験的モード分解による舞踊動作の分解

2.1 で述べられているように, 経験的モード分解は, 信号を幾つかの単色波と仮定し, 分解する. ビートトラッキングによって, 分解する区間も決められ, 最終的に分解された IMF (モード) が舞踊動作の振りに対応する.

人間の動きは三次元で行っていることと, 振りは, ある関節に対するのではなく, 人間全体の関節に対して振り付けられていることから, 先行研究では, 多変数にも解析対応できる NA-MEMD を用いて, スペクトラム解析を行った[2]. 人間のすべての関節において, 動きの中心が腰に集中している. そのため, 舞踊動作解析におけるスペクトラム解析では, 腰関節を解析対象とする. また, 人間は, 3次元で動いているため, 動きが集中する腰と「振り」にとって主要な関節から発する信号, ΘX , ΘY , ΘZ に対して, 振幅が最も顕著な次元を用いて解析を行う.

2.3 ヒルベルト変換スペクトル解析

ヒルベルト変換スペクトル解析とは, 原信号を分解した各 IMF に対してヒルベルト変換して, 瞬時振幅と

瞬時周波数を求める. その結果を横軸に時間, 縦軸に周波数, 色に振幅で表示するのがヒルベルト変換スペクトル解析である.

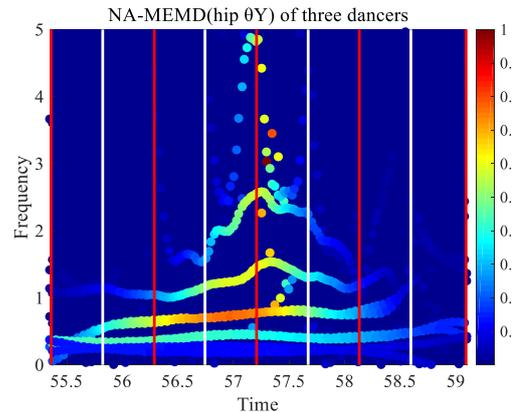


図1 Perfume のヒルベルト変換スペクトラム解析

図1は, Perfume の2012年のデータの約4秒間の動作解析である. 赤い線と白い線はそれぞれ強い拍子と弱い拍子を表す. この一連の動作プリミティブはビートによって分割され, 5モード(振り)に綺麗に分解されていることが分かる. そこで, 本研究報告も, この高精度の NA-MEMD を用いて, AyaBambi などの舞踊動作に対して解析を行う.

3. 日本舞踊と欧米舞踊

3.1 AyaBambi

AyaBambi (アヤバンビ) は, Aya Sato と Bambi Naka の女性2人からなる日本のダンスユニットである. 高いダンススキルやその独特な手の「振り」で世界から注目を浴びている. また, バックダンサーとして Madonna と一緒に出演したこともあり, 注目度が伺える.

3.2 Madonna

欧米の舞踊動作はアップテンポであり, リズム中心という特徴がある. そこで, AyaBambi の元である Vogue ダンスと比較を行う. Vogue dance は, 三つのスタイルがあり, 世界に広げるのは Madonna の Vogue dance であるため, 本研究では, 欧米舞踊の Madonna の舞踊動作を比較対象とする.

3.3 Perfume

Perfume のダンスは, パツと見てキャッチーで簡単そうに見えて, 実は難しいと言われている. 同じ日本のモダンダンスの代表例であるため, AyaBambi との比較解析を行う.

3.4 能楽

本研究は伝統舞踊である能楽を比較対象として解析を行う. 舞踊の特徴として, 膝で曲げ腰を入れて重心を落と

した体勢で、能楽独特の立ち方である。そのすり足が日本の伝統舞踊の特徴であり、Ayabambi が取り入れられていると考え、能楽を比較対象とする。

4. 舞踊動作比較解析

本研究は、Ayabambi の踊りの位置座標と関節の回転周波数分析を行うことによって、舞踊動作特徴を解析し、どのように日本舞踊と欧米舞踊が融合されているのかを明らかにする。

図2は Ayabambi, Madonna と Perfume の腰の高さを示している。図が示している通り、Ayabambi の舞踊動作は、全体時間を通して、Perfume と Madonna の舞踊動作より全体的に腰をほぼ上下に動かしていないことが確認できる。つまり、Ayabambi は踊りにおいて独特なすり足の振りをしていることが判明した。

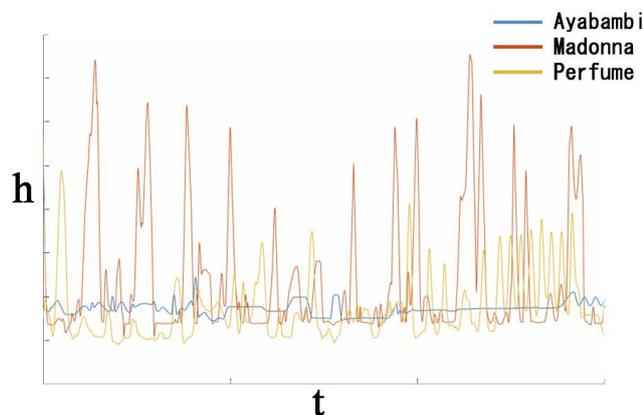


図2 Ayabambi Madonna Perfume 足の高さ位置データ

次に、足の振りを解析するため、足首の関節のスペクトラム解析を行う。解析結果は、図3になっている。

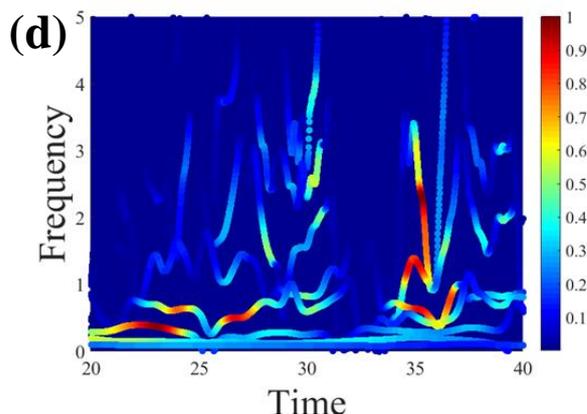
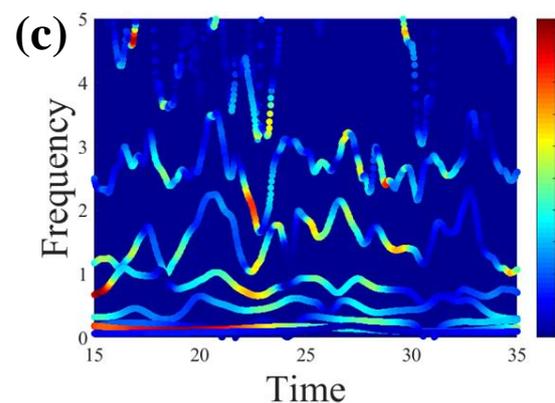
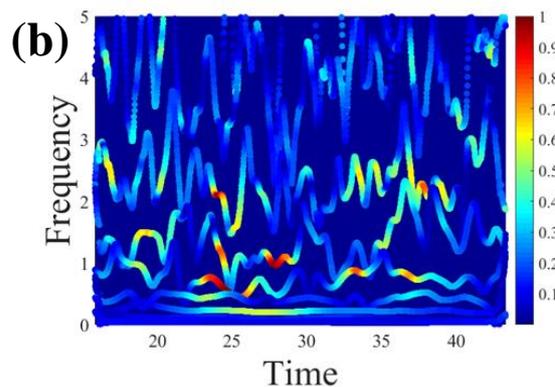
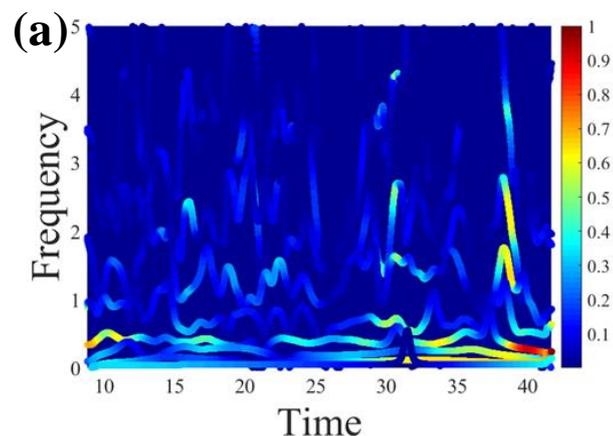


図3 (a) AyaBambi (b) Madonna (c) Perfume (d) 能楽
 足首ヒルベルトスペクトラム

日本伝統舞踊（能楽）は、ビートに合わせてステップを踏んでいない。図3(b)Perfume と図3(c)Madonna は2Hz（ビート 0.5s）で踊っている。Perfume はリズム中心の西洋舞踊の特徴を取り入れていると考えられる。それに対して、図3(d)の能楽は非常に遅い所作にもかかわらず、早い振りと同じレベルの洗練さを持っている。一方、図3(a)のAyaBambi の足の動きの特徴は、能楽の足の動と似ているが、Perfume と同じように、IMF（振り）の数が少ないため、洗練されていることが分かる。すなわち、AyaBambi は、すり足でありながら腰を動かさず、ビートを踏んでいない特徴がある。

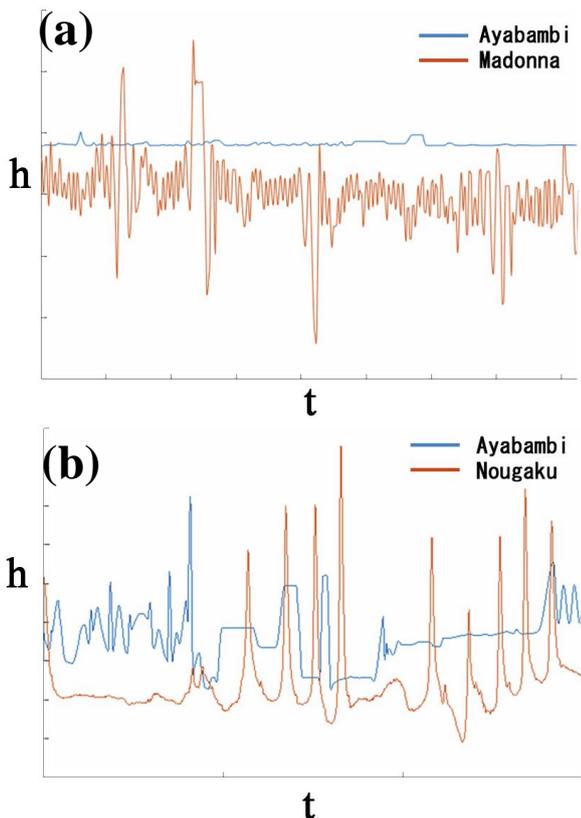


図4 (a) AyaBambi と Madonna 腰の高さ位置データ (b) AyaBambi と能楽 腰の高さ位置データ

また、上下位置データによる舞踊動作比較において、腰の Y、位置データ、上下位置を表している。図 4(a)が示している通り、西洋舞踊の Madonna の Vogue dance と比べ AyaBambi は腰がほぼ動かないことが分かる。また、図 4(b)が示している通りに、AyaBambi のダンスは能楽と似ており、すり足で踊っていることが確認できる。

図 5 が示しているのは、AyaBambi と Madonna の肘関節スペクトラムである。両方の手の振りについて、2Hz (ビート 0.5s) で踊っていることが分かる。

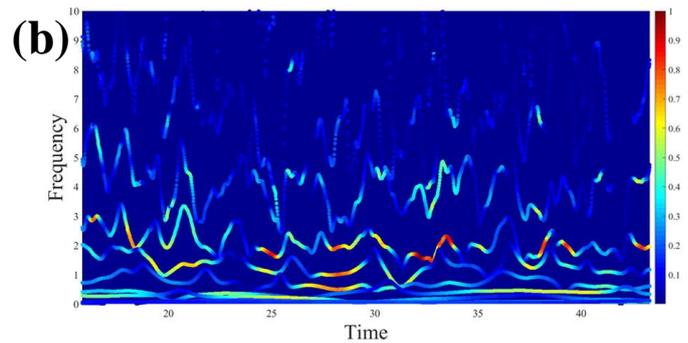
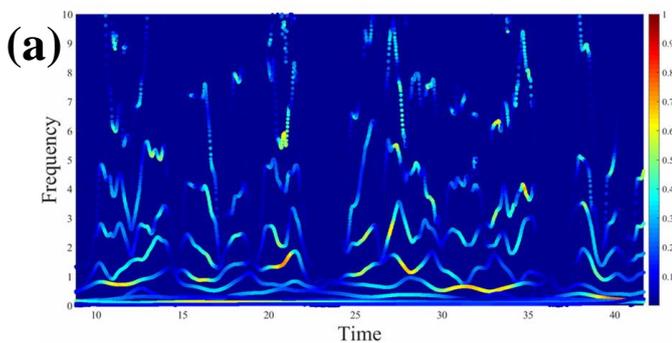


図 5 (a) AyaBambi 肘関節スペクトラム と (b) Madonna 肘関節スペクトラム

これは、手の動きについても、ビートに合わせて踊っていることを意味する。さらに、AyaBambi は Madonna とは異なる、高い周波数 (8Hz 前後) の 0.15 秒前後の手の振りもあり、その速さが確認できる。

5. まとめ

本報告では、ヒルベルト変換を用いた舞踊動作解析手法で、AyaBambi の舞踊動作を日本伝統舞踊の能楽、西洋舞踊である Madonna のダンスと日本舞踊の Perfume ダンスと比較を行った。アジアの日本舞踊はスローテンポであり、規則正しい振り付けされているのが一般的である。それに対して、欧米の舞踊動作はアップテンポであり、リズム中心という特徴があり、AyaBambi は、西洋舞踊のリズムを手の振りに取り入れ、日本舞踊の型を足の振りに取り入れて、その魅力を生み出しているということが初めて判明した。

謝辞 野上記念法政大学能楽研究所の能楽モーションキャプチャデータデータ提供に、謹んで感謝の意を表す。

参考文献

- [1] Huang, E. N. and Shen, S. S. P. Hilbert-Huang Transform and Its Applications. 2nd ed., World Scientific Publishing Co Pte Ltd • Privacy Policy, 2014.
- [2] Ran Dong, Dongsheng Cai, and Nobuyoshi Asai. 2017. Nonlinear Dance Motion Analysis and Motion Editing using Hilbert-Huang Transform. In Proceedings of CGI '17, Yokohama, Japan, June 27-30, 2017, 6 pages.
- [3] Ellis, D.P.W. Beat Tracking by Dynamic Programming. Journal of New Music Research. 2007, vol.36, no.1, p.51-60.
- [4] "Perfume global site". <http://www.perfume-global.com/>,(参照 2013-12-13).
- [5] "AyaBambi MMD data". <http://www.nicovideo.jp/watch/sm31064624>
- [6] "Madonna MMD data". <http://www.nicovideo.jp/watch/sm29955445>