

ヒルベルトトーフアン変換を用いた文楽人形動作解析と ロボットモーションデザイン

董然^{†1} 蔡東生^{†1} 中川志信^{†2} 檜垣智也^{†2}

概要: 本研究はモーションキャプチャの解析および編集に優れた性能を見せたヒルベルトトーフアン変換を用いて、文楽人形動作解析への実装を行う。ヒルベルトトーフアン変換を用いて、観客を魅了する文楽人形独特なメカニズムの解明を行う。また、文楽人形のモーションデータを用いた深層学習を議論し、ロボットモーションデザインへの新しい手法を検討する。

キーワード: ヒルベルトトーフアン変換, モーションキャプチャ, 動作解析, 動作生成, 文楽人形

Bunraku Puppet Motion Analysis and Robot Motion design using Hilbert-Huang Transform

RAN DONG^{†1} DONGSHENG CAI^{†1}
SHINOBU NAKAGAWA^{†2} TOMONARI HIGAKI^{†2}

Abstract: In this research, we implement Hilbert-Huang Transform (HHT) which showed excellent performance in analysis and editing of motion capture data for Bunraku Puppet motion analysis. Using Hilbert-Huang Transform we will elucidate the unique mechanism of Bunraku Puppet that attracts audiences. In addition, we discuss deep learning using Bunraku Puppet's motion data and we also discuss a new method for robot motion design.

Keywords: Hilbert-Huang Transform, Motion Capture, Motion Analysis, Motion Synthesis, Bunraku Puppet

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[1]。ヒルベルトトーフアン変換は、周波数領域に優れる性能により、舞踊動作の解析と編集に使われている [2][3]。本研究報告では、先行研究のモーション解析手法を用いて、ユネスコ無形文化遺産の文楽人形モーション解析に試みる。

2. ヒルベルトトーフアン変換を用いた舞踊動作解析

2.1 経験的モード分解

先行研究は舞踊動作の解析に、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][3]。経験的モード分解(EMD)はHuangらによって提案された時間一周波数における分解手法である。EMD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で、r(t)はトレンドと呼ばれる残余の信号と定義される。

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

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。

2.2 多変数経験的モード分解によるモーション解析

多変数の信号をそれぞれEMDで分解するとき平均値が元の位置からずれてしまうことがある[1]。これを解決するため、多変数経験的モード分解(MEMD: Multivariate Empirical Mode Decomposition)を、多変数の人間動作に適応する。

2.3 ヒルベルトトーフアンスペクトル解析

ヒルベルトトーフアン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トーフアン変換スペクトル解析である。

†1 筑波大学
The University of Tsukuba
†2 大阪芸術大学
Osaka University of Arts

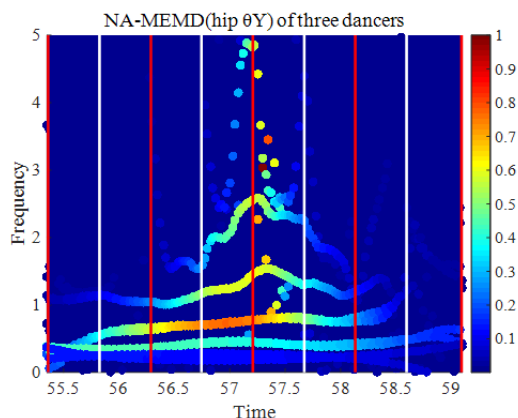


図1 Perfume のヒルベルト変換スペクトラム解析

図1は、約4秒間のPerfume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。

3. 文楽人形

伝統芸能「文楽」とは、舞台上で三業(太夫、三味線、人形遣い)が一体となって演じる17世紀から続く人形劇である。人形遣いも、主遣い、左遣い、足遣いと複数で一つの文楽人形を操る[4]。

3.1 モーションキャプチャーデータ

一流の文楽演者(太夫:竹本津駒, 三味線:竹澤宗助, 人形遣い:桐竹勘十郎, 他2名)に依頼し、文楽人形の演技(動き)を光学式モーションキャプチャでデータを取集する。

3.2 ヒルベルトトーフアン変換による解析

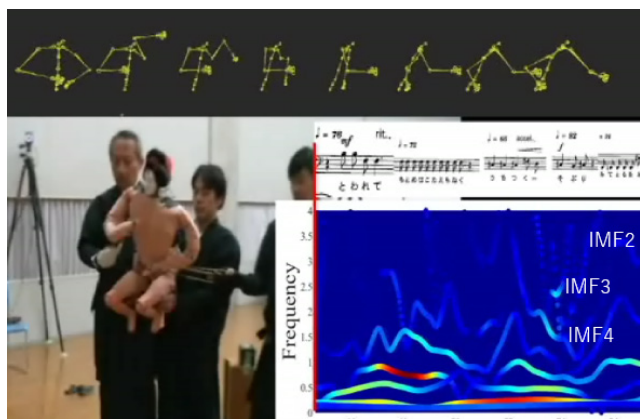


図2 文楽のヒルベルト変換スペクトラム解析

ヒルベルトトーフアン変換を用いて、図2が示す通りに、いくつかのモーション(IMF)に分解される。スペクトラムのIMF3では、約0.3秒の頭の左右の動きを分解することができた。その動作は「頭」と呼ばれる合図であり、先行研究が示す「頭」のモーションの長さとも一致する[5]。

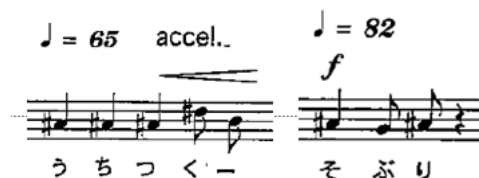


図3 音楽家による大夫台詞の楽譜化

図3は、音楽家檜垣による大夫台詞の楽譜化であり、「うちつくー」と「そぶり」の間に、「頭」が観測された。これは、大夫がテンポの変化による感情の切り替えをする際に、文楽人形使いがそれに同期して出した「頭」だと思われる。西洋音楽は「転調」で感情を変える。東洋はテンポ「序破急」で感情を変える。「頭」が序破急のところに観測されることは、裏付ける証拠である。

4. ロボットデザインへの応用と今後の展望

モーションキャプチャーデータから、深層学習を用いて、モーションマニフォールド抽出、およびモーション生成フレームワークが提案された[6]。文楽人形の構造は、人間よりロボットに近いと考える。また、文楽のモーションと音は、人間によって洗練された技であるため、AIの学習により、ロボットモーションの生成ができる。

5. まとめと今後の展望

文楽は、人形、三味線と大夫で三位一体である。すなわち、動き、音、物語で一つの舞台を構成する。ロボットにおいても、これら三つの要素を生かす、日常生活を一つの舞台としてロボットをデザインすることができれば、ロボットと人間のやり取りが、よりスムーズになれると期待される。

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] Ran Dong, Dongsheng Cai, and Nobuyoshi Asai. 2017. Dance Motion Analysis and Editing using Hilbert-Huang Transform. In Proceedings of SIGGRAPH '17 Talks, Los Angeles, CA, USA, July 30 - August 03, 2017, 2 pages.
- [4] 中川志信:ロボティクスにおける感情創造の研究(学位論文)
- [5] 植田 一博 (2012). 文楽人形遣いの阿吽の呼吸—認知心理学と認知科学の視点から—. 『心理学ワールド』. 56, 25-26.
- [6] Holden, Daniel, Taku Komura, and Jun Saito. "Phase-functioned neural networks for character control." ACM Transactions on Graphics (TOG) 36.4 (2017): 42.