

東京工科大学大学院バイオ・情報メディア研究科

修士論文

論文題目

ヒルベルト-ファン変換を適用したゴルフスイング解析

指導教員

生 野 壮 一 郎

提出日

20XX 年 X 月 X 日

提出者

専 攻	コンピュータサイエンス専攻
学籍番号	G 2 1 2 1 0 2 1
氏 名	木 村 勇 大

修士論文要旨

論文題目	ヒルベルト-ファン変換を適用したゴルフスイング解析
執筆者	木村 勇大
指導教員	生野 壮一郎 教授
修士論文の概要を記述.	

注1：和文要旨—800字程度

## Abstract

Title	Numerical Analysis of Golf Swing using Hilbert-Huang Transformation
Author	Y u d a i K i m u r a
Supervisor	Professor S o i c h i r o I k u n o
<p>Write an abstract of your Paper.</p>	

注1：英文要旨—500 ワード程度

# 目次

1	例: 序論	1
2	ヒルベルト・ファン変換	2
2.1	EMD . . . . .	2
2.2	多変量経験的モード分解 . . . . .	3
3	ゴルフスイングのバイオメカニズム	4
3.1	ヘッドアップ動作 . . . . .	4
3.2	身体が開く動作 . . . . .	4
4	解析結果	5
4.1	ゴルフスイングの数値化 . . . . .	5
4.2	被験者情報 . . . . .	5
4.3	スペクトログラム解析 . . . . .	5
4.3.1	頸部, 左膝モーションの IMF1 . . . . .	5
4.3.2	頸部, 左膝, 左腿モーションの IMF4 . . . . .	5
5	結論	6
	謝辞	7
	業績	8
	付録 A ソースコード	9
A.1	CONTENT . . . . .	9

# 图 目 次

# 表 目 次

## 第1章

### 例：序論

## 第2章

# ヒルベルト・ファン変換

ヒルベルト・ファン変換 (HHT : Hilbert Huang Transform) とは, 信号  $x(t)$  を, 経験的モード分解 (EMD : Empirical Mode Decomposition) より, 有限の固有モード関数 (IMF : Intrinsic Mode Function)  $\sum_{k=1}^n \text{IMF}_k$  と一つの残差に分解し, 分解した  $\text{IMF}_k$  にヒルベルト変換を適用させ, 瞬時周波数  $\omega(t)$  と瞬時振幅  $A(t)$  を求める手法である.

瞬時周波数  $\omega(t)$  と瞬時振幅  $A(t)$  の求め方は, 解析信号  $z(t) = z_r(t) + iz_i(t)$  の実部  $z_r(t)$  と虚部  $z_i(t)$  から以下の式のように求める.

$$\omega(t) = \frac{d}{dt} \arctan \frac{z_i(t)}{z_r(t)} \quad (2.1)$$

$$A(t) = |z(t)| \quad (2.2)$$

また, 解析信号の虚部である  $z_i(t)$  を求めるために, 実部  $z_r(t)$  を経験的モード分解より得られた  $\sum_{k=1}^n \text{IMF}_k$  とし, その実部  $z_r(t)$  にヒルベルト変換を適用させることで, 虚部  $z_i(t)$  を求めることができる. 以下は,  $z_r(t) = \sum_{k=1}^n \text{IMF}_k$  にヒルベルト変換を適用させた式である. PV は, コーシーの主値である.

$$z_i(t) = \frac{1}{\pi} PV \int_{-\infty}^{\infty} \frac{z_r(\tau)}{t - \tau} d\tau = \frac{1}{\pi t} * z_r(t) \quad (2.3)$$

次節からは, HHT で使用されている EMD のアルゴリズム, 多変量に拡張された多変量経験的モード分解について説明する.

### 2.1 EMD

EMD とは, 信号  $x(t)$  が有限の固有モード関数  $\text{IMF}_k$  と残差  $r(t)$  で構成されていると仮定し, ヒューリスティックに分解する. EMD の式を以下で示す.

$$x(t) = \sum_{k=1}^n \text{IMF}_k + r(t) \quad (2.4)$$

$\text{IMF}_k$  は, 以下の 2 つの条件を満たす.



- 局所的極値の数とゼロ交差の数が 0, または 1 であること.
- 局所的極値から構成された上側包絡線と下側包絡線の平均値が 0 であること.

EMD のアルゴリズムを以下に示す.

1. 残差を計算. ( $r(t) = x(t)$  とする.)

$$r(t) = \sum_{k=1}^n \text{IMF}_k - x(t) \quad (2.5)$$

2.  $\text{IMF}_{\text{old}}(t) = r(t)$  と初期化して,  $\text{IMF}_k$  を取り出す.

- (a)  $\text{IMF}_{\text{old}}(t)$  の極大値を結ぶ包絡線  $u(t)$  と, 極小値を結ぶ包絡線  $l(t)$  を三次スプライン補完で求め,  $u(t)$  と  $l(t)$  の平均を  $\text{IMF}_{\text{old}}(t)$  から引く.

$$\text{IMF}_{\text{new}}(t) = \text{IMF}_{\text{old}}(t) - \frac{u(t) - l(t)}{2} \quad (2.6)$$

- (b)  $\text{IMF}_{\text{new}}(t)$  が収束条件  $SD(0.2 \leq SD \leq 0.3)$  を満たす場合, IMF 集合に追加し, 満たさない場合は (a), (b) を繰り返す. SD の収束条件は以下の式である.

$$SD = \sum_{t=1}^n \frac{(\text{IMF}_{\text{old}}(t) - \text{IMF}_{\text{new}}(t))^2}{\text{IMF}_{\text{new}}(t)^2} \quad (2.7)$$

3.  $\sum_{k=1}^n \text{IMF}_k$  が全て取り出されるまで, 1, 2 を繰り返す.

## 2.2 多変量経験的モード分解

一般に, 多チャンネルに拡張された経験的モード分解として, 多変量経験的モード分解 (MEMD : Multivariate EMD) が提案されている. 本研究では, 複数のセンサからヒトの動作を採取するため, MEMD を採用する.

## 第3章

# ゴルフスイングのバイオメカニズム

3.1 ヘッドアップ動作

3.2 身体が開く動作

## 第4章

# 解析結果

### 4.1 ゴルフスイングの数値化

### 4.2 被験者情報

### 4.3 スペクトログラム解析

#### 4.3.1 頸部，左膝モーションのIMF1

#### 4.3.2 頸部，左膝，左腿モーションのIMF4

## 第5章

## 結論

# 謝辞

本テンプレートは、以前、埴先生や生野先生をはじめとする先生方が作成管理していた東京工科大学の論文用テンプレートを参考させて頂きました。先のテンプレートがなければ、本テンプレートも存在しなかったといっても過言ではありません。この場を借りて感謝の意を表します。また、テンプレートを作成し公開したいという申し出に快く賛成・協力してくださった星先生，大学院課の早川さんにも大変感謝しています。そして，テンプレートを作成に関わったすべての人にも感謝します。本当にありがとうございました。(平成 21 年 G2108021 品田良太 作成)

# 業績

- [1] 岡田昌浩, 井上亮文, 星徹, “投映面の特性を 3DCG に反映させるシステム SUNDIAL の色認識機能への拡張”, 情報処理学会研究報告, Vol.2015-EC-35, No.16, pp.1-7, 2015.
- [2] 松尾豊, “なぜ私たちはいつも締め切りに追われるのか”, <http://ymatsuo.com/papers/neru.pdf>, 2015 年 6 月閲覧.

# 付録 A

## ソースコード

### A.1 CONTENT

リストファイルをプログラム A.1 に示す.

プログラム A.1: CONTENT

```
1  CONTENT: ファイルの説明
2
3  00CONTENT    : このファイル
4  00README     : README
5  00abstract.tex : 概要
6  00eabstract.tex : 英語概要
7  01preface.tex : 第 1 章 はじめに
8  02related.tex : 第 2 章 関連技術
9  03approach.tex : 第 3 章 提案
10 04implement.tex : 第 4 章 実装
11 05assessment.tex : 第 5 章 評価
12 06conclusion.tex : 第 6 章 おわりに
13 07ack.tex     : 謝辞
14 08publications.tex : 業績
15 09appendix.tex : 付録
16 hello.c       : Hello World を表示するプログラムコード
17 jlisting.sty   : listings 環境を使用するためのファイル
18 listings.cfg   : listings 環境を使用するためのファイル
19 listings.sty   : listings 環境を使用するためのファイル
20 lstdoc.sty     : listings 環境を使用するためのファイル
21 lstlang1.sty   : listings 環境を使用するためのファイル
22 lstlang2.sty   : listings 環境を使用するためのファイル
23 lstlang3.sty   : listings 環境を使用するためのファイル
24 lstmics.sty    : listings 環境を使用するためのファイル
25 mybib.bib      : 参考文献 (文献データベース)
26 mylatex.sty    : 自分向けスタイルファイル
27 teulogo_new.eps : 画像の表示に用いたサンプル
28 thesis-master.sty : (大学院CS 専攻用)
29 thesis.pdf     : テンプレートを組み版した PDF ファイル
30 thesis.tex     : 論文のメインファイル
```