

人体形態の計測情報を基にした動態計測と機能衣服について  
Dynamic measurements and functional clothes based on the measurement  
informations on the human body form

伊藤 由美子<sup>\*1+</sup>, 中込 美代子<sup>\*1+</sup>, 上岡 玲子<sup>\*2+</sup>, 水島 浩<sup>\*3+</sup>, 池田 公信<sup>\*4+</sup>  
Yumiko Ito<sup>\*1+</sup>, Miyoko Nakagome<sup>\*1+</sup>, Ryoko Ueoka<sup>\*2+</sup>, Hiroshi Mizushima<sup>\*3+</sup> and Masanobu Ikeda<sup>\*4+</sup>

\*1 文化服装学院 文化・服装形態機能研究所 東京都渋谷区代々木 3-22-1

Bunka Fashion Collage,

Bunka Laboratory of Body Structure and Function

3-22-1 Yoyogi Shibuya-ku, Tokyo, Japan

\*2 東京大学先端科学技術研究センター

Research Center for Advanced Science and Technology the University of Tokyo,

\*3 株式会社ゴールドウィンテクニカルセンター

GOLDWIN TECHNICAL CENTER INC.

\*4 株式会社七彩

NANASAI CO.LTD.

+服飾文化共同研究拠点、文化ファッション研究機構、文化女子大学

Joint Research Center for Fashion and Clothing Culture

Bunka Fashion Research Institute, Bunka Women's University

Abstract: . Measuring methods for body movement and clothes' movement have studied in our groupe to make the clothes which fit the body movement.

In this year, two kind of measuring methods had been investigated.

One is measuring methods for the movement of neck and legs. Movement of neck is measured with 3-D measuring method and gypsum measuring method. Movement of legs is measured with only gypsum measuring method.

Another one is measuring methods for the movement of interspace, between body and clothes.

For this measuring method, the basic data are collected in this year.

## はじめに

現在の衣服設計では人体各部の寸法が基準になり、3次元的人体の動きを考慮しているものが少ない。そのため着用者の人体の動きに適応することが困難である。そこで本研究では機能的な衣服パターンの製作法の開発を目的として、種々の動態計測方法の実験研究を行った。

本年度は身体(頸部と下肢部)の動態計測と、身体と衣服間の動きの差異を見る計測を行った。頸部の動態計測は、3次元計測法と石膏計測法を用い、下肢の動態計測には石膏計測法を用いた。頸部は昨

---

\*1) ito@bunka.ac.jp

年度導入したポータブル式 3 次元計測機を使用して、生体の頸部に計測点をつけて、計測を試みた。同時に頸部の運動を計測するソフトを開発した。平行して石膏で頸部の動態計測を行い、プラスチック標本（以下 FRP という）を製作した。開発したソフトを使用して、FRP 標本を 3 次元計測し、体表の精度検証を行った。下肢は座位での計測が困難であるが、石膏計測で自転車乗車姿勢の計測を試みた。機能衣服研究では、伸縮性を持ち、軽量な変形を計測できるセンサーシステムを実現し、身体の動作計測の実現と同様のシステムを衣服内に実装することで、身体の変形と衣服の変形の差異を明らかにする事を目的とした。本年度はこうしたシステムを実現するためのセンサーの選定及び基礎データを取得し、センサーの特性の知見を得た。また、伸縮性のある計測システムを実現するために、縫製可能な導電性材料をセンサーと制御基板を接続する通信配線部に使用することを想定し、各種導電性材料の抵抗特性を計測しシステム実現の可能性を検討した。

## 研究方法と結果

### 1. 身体の動態計測法

#### 1-1 頸部の動態計測

頸部は人体構造上複雑な運動を行う部位であり、衣服設計をする上で、衿ぐりや衿のデザイン、フードを製作する時にもその動きを把握することが必要となる。しかし計測部位が小さい範囲であり、運動域が多様であるため、計測が困難である。本研究では、石膏計測と 3 次元計測で動きを計測した。

##### 1-1-1 頸部の石膏計測 (図 1)

①計測姿勢: 生体・前屈・後伸・側屈・回旋

②計測範囲: 衿ぐり線を基準として頸側に 4cm、体幹側に 6 cm、前正中から後ろ正中まで右半身

③計測ポイントの設定

各計測姿勢で半身石膏を貼り、型取りをする。石膏内側に計測ポイントを描き、和紙を貼り計測ポイントを写す。前後正中を基本線とし、2 次元展開することで運動の種類による形状変化を分析した。石膏計測で取得したデータから FRP 標本を製作した。



図 1 頸部石膏計測手順

##### 1-1-2 頸部の 3 次元計測

①ポータブル式 3 次元計測機 CARTESIA 3D HandyScanner で頸部の静態計測を行った。(図 3)計

測部位は前述の石膏計測と同様とした。2機の計測機で計測範囲と計測条件の詳細を実験検証した。その結果、三脚に設置した3次元計測機ヘッド部2機の位置・被験者に対する角度・距離により、頸部の計測可能範囲が異なる。計測機が移動可能なため、計測機の自由度は大であるが、計測部位をかえるごとにヘッドの設定やキャリブレーションが必要である。また2機の計測機で計測可能な範囲が、人体の後ろ正中から前正中までに設定が困難である。2機の計測データは合わせに改良の必要があることが分かった。これら計測機の改良を進めた。さらに上記石膏計測で製作したFRP標本を3次元計測した計測データを基に体表の動きを求めるソフト<動態計測ソフト>を開発した。(図2)

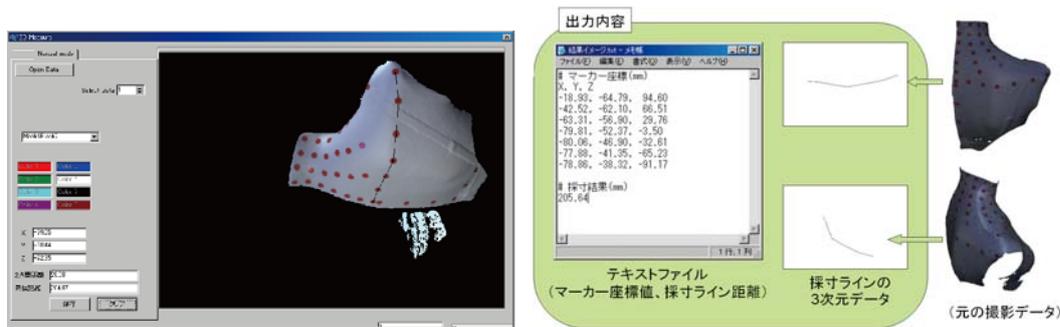


図2 動態計測ソフトの計測データ

- ②開発した動態計測ソフトを使って、頸部FRP標本を計測した。
  - ③FRP標本の計測点を巻尺による手動の計測を行い、ソフトの精度を検証した。(図4、表1)
- 計測ポイントの大きさにより、パソコン上でのクリックの誤差が生じることが分かった。



図3 3D計測生体

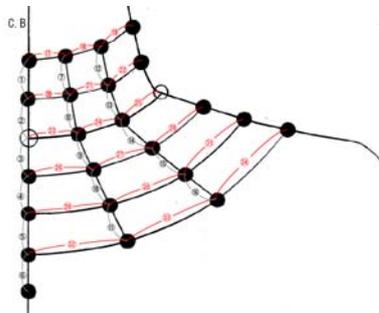


図4 FRP標本計測点

横			
番号	手計測値	デジタル計測値	差
17	2.7	2.665	0.035
18	2.4	2.326	0.074
19	2.5	2.487	0.013
合計	7.6	7.478	
縦			
番号	手計測値	デジタル計測値	差
20	2.3	2.237	0.063
21	2.4	2.378	0.022
22	2.3	2.292	0.008
合計	7	6.907	
番号	手計測値	デジタル計測値	差
23	2.5	2.495	0.005
24	2.5	2.501	-0.001
25	2.5	2.471	0.029
合計	7.5	7.467	

表1 FRP標本計測検証

### 1-2 下肢の石膏計測

下肢の運動はパンツパターン設計上必要不可欠である。しかし運動を正確に測ることが困難で、形状計測はほとんど行われていない。そこで本研究では自転車用パンツ設計を目的として乗車姿勢を石膏で型取ることで、下肢の動態計測を試みた。

#### 1-2-1 下肢座位の石膏計測 1

- ①座位の石膏計測が可能かどうかの実験をするために、椅子(四角い座面)に座った状態で計測した。
- ②計測部位:第1段階では、ウエストから膝上まで  
第2段階ではウエストから足首まで
- ③着用条件:パンツ・ストッキング・正中にラインの入ったガードル

股関節・膝関節が屈曲しているため、下肢部を前面と後面と2回に分けて、石膏を貼った。座面が椅子の形にくぼむが、股ぐりも脚部も形状をとることができた。改善点としては、ストッキングの上から石膏を貼ると計測点がずれるため、ストッキングの着用はしない。正中がはっきり確認できるようにするため、ガードルの正中縫い目に平ゴムをつける。

### 1-2-2 石膏計測 2

パンツパターン設計用の計測点の決定をし、自転車乗車姿勢での石膏計測の実験を行った(右のみ)。右脚を曲げて下肢部に左右側面から石膏を貼り、自転車乗車姿勢での下肢部の石膏計測が可能であることが分かった。

改善点として、ガードル着用では計測点のずれが大きいため、本計測ではガードルを着用しない。

### 1-2-3 石膏計測 3

計測点を体表に印し、立位姿勢と自転車乗車姿勢での石膏計測を行った。(図5) 計測範囲:ウエストから足首まで、左右を外側・内側と4パターンを取得した。(図6) この石膏計測結果から、自転車乗車姿勢のFRP標本を成形した。



図5 自転車乗車石膏計測



図6 石膏型(左右)

## 2. 機能衣服基礎データ計測

機能衣服では下記の方法でシステム設計のためのセンサー材料試験を行った。

### 2-1 センサー選定

はじめにシステム実装に必要なセンサーの選定を行った。前提となる条件として以下の要件を満たすセンサーを想定し、選定を行った。

- ・伸縮性・軽量性が優れる
- ・制御系デバイスを含み、身体・衣服等に実装可能なシステム設計が可能

上記要件を満たすセンサーとして、金属箔の抵抗体の変化を歪み率とし、変形を計測する手法<sup>(4)</sup>や高

分子ポリマーを加工したセンサーの変形を計測する手法<sup>(5)</sup>などが考えられる。(4)を利用した計測手法では、歪みの変化を薄い金属箔により計測することが可能であり、軽量であるため身体や衣服に実装しやすい。しかし変形が保持状態にある時、保持状態を計測することができないため、例えば腕を曲げたということを計測することができても曲げた状態がどれだけ続いたかを計測することができないなどの欠点がある。(5)の高分子ポリマーセンサーはクラレ(株)が開発中のセンサーで、柔軟・軽量で、将来的には大きさや加工面などに自由度があるといった特性がある。また、センサー自体で起電圧を発生させるため、制御系デバイスの小型設計が可能である。そこで今年度は上記の要件を満たすセンサーとして、高分子ポリマーセンサーを選定し、そのセンサー特性を整理する。

## 2-2 センサー計測

高分子ポリマーセンサー(図7左)は変形により、微弱な起電圧をセンサー自身が発生する仕組みである。本実験では、キーエンス社のマルチデータ収集システム NR-500 を使用し、センサーの変形による電圧出力の変化量を計測した。具体的には図7右に示すようにセンサーを分度器の度数を指標とし、0度から90度間を10度ごとに変形させセンサーを保持したまま、10秒間出力電圧を計測した。結果を図8に示す。結果から10度の解像度でそれぞれの度数で出力値が異なる電圧が得られた。本センサーの起電圧は微弱なため、実装するシステムでは電圧増幅をするための増幅制御器が必要となるが、計測結果から10度の変形差でも本センサーで計測することができることが確認できた。

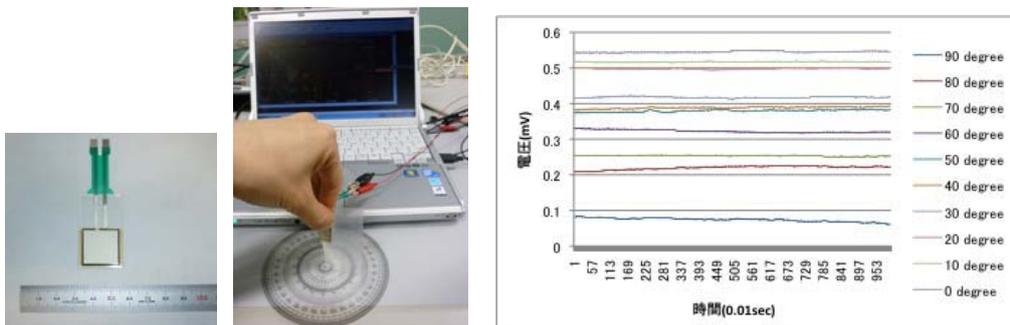


図7 高分子ポリマーセンサー(左)と  
実験の様子(右)

図8 曲げ計測結果

## 2-3 導電性系の特性計測

伸縮性のある計測システムを実現するために導電性系を利用したシステムの実現を目指し、本年度は、3種類の導電性系の抵抗特性を計測した。抵抗特性はセンサー出力値にノイズがなるべくならないようにするため、通信配線部分の抵抗は低い方が望ましい。使用した導電性系は下記の通りである。

- ① 福井県工業技術センター試作導電性系(銅繊維 50um 使用)
- ② 市販導電性系(銅繊維 80um 使用)
- ③市販導電性ラミネート系

図9に縫製した導電性系を示す。各系ともに2本取り、3本取りで縫製し、縫製後の布上の長さ約1メートルの長さで抵抗値を計測した。結果を表1に示す。表2より2番の市販製導電性系の抵抗値が3本

取りの縫製で最も小さい事がわかる。ただし2番の導電性糸は銅繊維の太さがやや太い事もあり、縫製時にクランプがおきやすいといった難点もある。1の導電性糸は2よりはやや抵抗値が高いが銅繊維の芯糸への巻き方に工夫があり、屈曲にも強く縫製時にクランプがおきにくい。3番の導電性糸は糸自体の抵抗値が非常に高く、本研究のシステムの実装用には不向きである。本結果より、1・2の導電性糸がシステムの実装時に使用できる可能性が高いことがわかった。

ただし、身体や衣服の変形により導電性糸の抵抗値自体が変化するため、実装をする場合は変形による抵抗値の変化を補正する方法が必要になる可能性が高い。



表2 抵抗値表

	2本取り	3本取り
1	7.1 Ω	5.4 Ω
2	6.0 Ω	4.0 Ω
3	52.5 Ω	34.8 Ω

図9 3種類の導電性糸サンプル

### 次年度の展望

本年度の結果を基に次年度は衣服パターンへの応用を検討する。

頸部の動態計測結果から、フードの形状とパターンについて検討する。現在市販されているフード付き衣服の中でも、ゆとりの少ない防塵用作業服では、頭部は身体密着度が高いが、頸部はゆとりを多く入れて対応している。しかし運動は範囲が明確になれば、必要最小限度のゆとりで設計ができ、機能性も高まる。

下肢の動態計測からは、2次元展開し運動量を導き出す。この結果から自転車用パンツのパターン設計を考える。伸縮素材と動態計測結果から自転車乗車姿勢に適合するパターンを導き出す。

機能衣服では、本年度の基礎実験を元に身体動作計測のできるシステムの実装を行う。はじめに3次元計測法を用いた身体動作計測方法と併用し、システムの信頼性の評価を行い、日常下での動作の計測が可能なシステムを構築する。

### 参考文献

1. 浅草ギ研曲げセンサー <http://www.robotsfx.com/robot/BendSens.html>
2. クラレ高分子ポリマーセンサー  
<http://journal.mycom.co.jp/news/2010/11/19/096/index.html>