数理解析研究所講究録
第1652巻 2009年 93-101

傾きを用いた衣服記号記述基盤について

桐生裕介
YUSUKE KIRIU
スタジオフォンズ
STUDIO PHONES

北本卓也
TAKUYA KITAMOTO
山口大・教育学部
YAMAGUCHI UNIVERSITY

山口哲
TETSU YAMAGUCHI
サイバネットシステム
CYBERNET SYSTEMS CO., LTD.

1 序論

この数年、衣服の意匠の様々な形態に対する構成原理の数学的基礎付けに対し研究を重ねて来た。基本要素とその変形 (表現) を形式的に支えることを目標に、既存の仕立ての技法の数々を体系的に論理展開出来るひとつの技法を研究して来た。衣服に用いられる素材のなかで最も着用時の変化を受け易い糸を基準に、着用時の動作を含め、布に対する様々な加工 (表現) を表すに適した基盤整備という意味においてである。 この百年の服飾技術の発展は、布の安定さと上質さだけでなく、エイジングのような劣化を促進する技術も発展し、細分化したかたちで繊維工学を発展させた。経ちっぱなしなどの明らかに布がほつれていく手法も日常化し、過去に培われた衣服の仕立ての技法の範囲を大きく越え出ているのが現状である。繊維工学の発展により布そのものの性質も理解が進んで来ているが、多様な縫製法や処理の加わる衣服の 設計の全ての段階や歴史上の全ての表現形式に対しては十分対応出来てはいない。一方、パリコレクションのようなモード (様態) に対する批評の多くも、ロランバルトにより確立された衣服の構成要素の記号的な理解に支えられている。「モードの 体系」([1]) では、写真などのメディアを介した衣服記号による情報伝搬の様子が考察され、衣服の意匠の形態の社会への認知過程や、批評されていくかを含め詳細に論じられている。服飾 (衣服とその飾り [9]) は、個々の商品により用いられた素材が異なるため、時を経て同じものを再現し辛いという背景により、構成要素の記号的理解が中心となっている。着心地や感触の定量的な理解も難しいことから、芸術性を問う意味において記号表現を通した理解が有用なのは明らかである。情報化の進展により、量産も数百着単位から数着単位の柔軟な産業構造に至りつつ、CAD システムも産業への取り入れ方も変化の一途を遂げている。本研究においても、民生機器やウェブを介して設計内容を伝達し、CGM(ConsumerGeneratedMedia) も視野に入れ進めら れている。数式処理システムを用いて、衣服の構成原理を記号的に記述し扱う本研究は一定の基盤研究を終え、衣服技術の最高峰と言われる M. ビオネのバイアスカットを駆使した一連の技法を扱うべく、 バイアス生地を扱うに最適な衣服の構成原理を扱っている。本稿においてはその基礎的なアイデアを紹介しているが、詳細にこれらを扱うためには、衣服の構成原理を幾つかの型を通して取り扱う必要性がわかって来ている。長期目標に対し必要な基礎付けの幾つかを紹介し、その型の導出を中心に記載する。応用及び体系化は今後紹介する予定でいる。

2 これまでの研究の流れ

我々はこれまで一般化カテナリー曲線をベースとした衣服制作基盤を考察してきた。カテナリー曲線を用い一般化することで、垂れた布を表現するに適切な表現形式を扱って来た。様々な場所で書いているので説明は割愛するが、力学的安定を保ったまま取り扱え衣服の力学構造が明示化出来るものである。衣服意匠

における構造と構成の分離することで、様々な意匠形態の関係性を明らかしていける可能性が高い。少し一般化カテナリーについて再度紹介する。詳細は [10],[11] を見られたい。

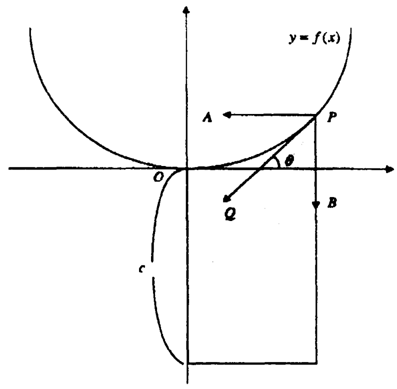

図１：一般カテナリー曲線

具体的には図１より

$$kc + kf(x) = f''(x) \tag{1}$$

の微分方程式が導き出されるので、これを $f(0) = 0,\ f'(0) = 0$ の拘束条件の元で解くと

$$f(x) = -c + \frac{ce^{\sqrt{k}t} + ce^{-\sqrt{k}t}}{2} \tag{2}$$

を得る。上式で $b = k^2,\ b = \frac{2}{c}$ とおけば

$$f(x) = -\frac{2}{b} + \frac{e^{at} + e^{-at}}{b} \tag{3}$$

を得るが、これを一般化カテナリー曲線と定義する。この一般化カテナリー曲線はパラメータ a, b を持っているが、このパラメータを自由度とし任意に指定することにより、パラメータを介し、各部位の関係を制御することができる。

3　肩線の傾きを非パラメータ化

ここでは肩線の傾きを用いない衣服の設計を考える。これまでは前身頃の左半分として図２のようなものを考えてきたが、これを傾けて図３のようなものにする。左右の身頃を合わせた図を図４に示す。

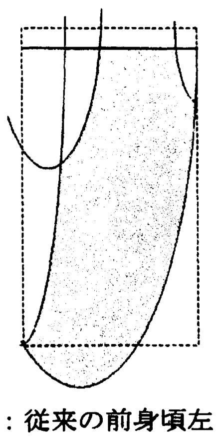

図２：従来の前身頃左半分

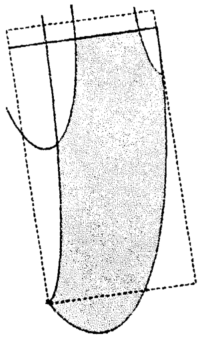

図３：傾けた前身頃左半分

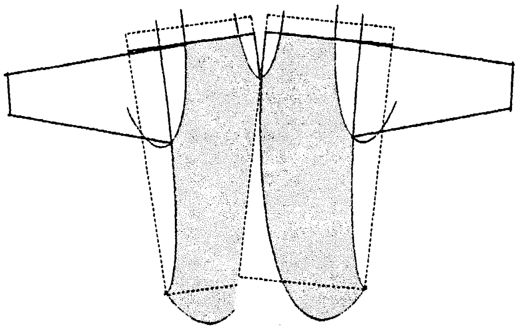

図４：左右前身頃

このように傾けた状態の身頃を考えることは以下の長所がある。

- 肩を基準に布が体に沿う。
- 布の記述式上の鉛直方向が傾きを帯び、体に沿う。
- バイアス生地は生地が伸びる（一般にバイアスは柔らかさが出る）。
- 原理的に体に沿う記述基盤である。

また、肩線の傾きを非パラメータ化（パラメータとして導入しない）ことで、肩線の傾きに対してロバストな（影響を受けにくい）設計が可能であり、着る人の肩線の傾きに対してフィットする。ただし、この場合、カテナリー曲線が傾いた形になっているため、「重力が斜め方向にかかるカテナリー曲線はどういった性質を持つのか」を検討する必要がある。

4　ズボンへの展開

前節と同じアプローチをズボンに対しても適用する。具体的には図５のようなズボンの前身頃左半分を考え、これを左右、前後対称に張り合わせたものを考える。

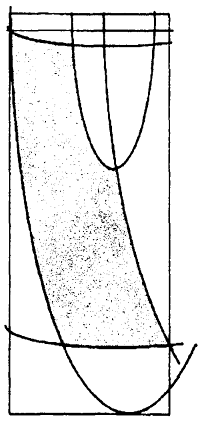

図５：ズボンの前身頃左半分

このズボンと前節の衣服を着た図を下に示す。

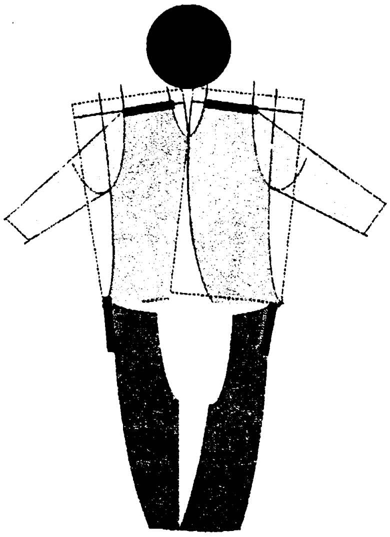

図６：シャツとズボン

このように衣服を傾けた状態で考えることにより

- 原理的に体に沿う記述基盤となる。
- 肩、腰を基準に衣服が体に沿う。
- ベルトにより、支持される。

5　一般カテナリー曲線の拡張

5.1　一般^{2}カテナリー曲線の導出

ここでは一般カテナリー曲線を更に一般化した曲線を導入する。

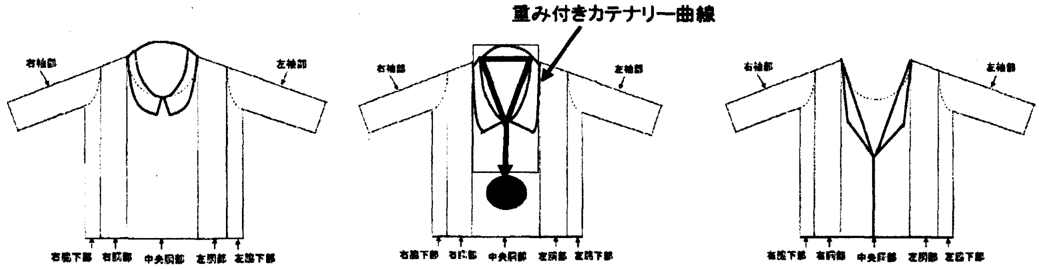

図 7 : 重み付きカテナリー曲線

これまで図 7 の左図のような形態の襟を扱っていたが、一般には図 7 の右図のようなジャケット襟の形態も存在する。このジャケット襟は図 7 の中央図のような襟の中央下部に重りをつけ、その重りを無限に重くしたものだと考えることが出来る。重りをつけた場合の微分方程式は

$$kcx + k\int_0^x f(x)\ dt + km = f'(x) \tag{4}$$

となる。これを x で微分し、$x = 0$ での条件を考えると

$$f''(x) = kc + kf(x),\ f(0) = 0,\ f'(0) = km \tag{5}$$

を得る。これは (1) において $f'(0) = km$ としたものになっている。重りがない場合、すなわち $m = 0$ の場合には、(1) で考えた場合と同じになるので、一般化カテナリー曲線の更なる一般化である。(5) の微分方程式を解くと

$$f(x) = -c + c\cosh\left(\sqrt{k}x\right) + m\sqrt{k}\sinh\left(\sqrt{k}x\right) \tag{6}$$

を得る。これを一般化 ^{2} カテナリー曲線と呼ぶ。

容易にわかるように、この曲線は $m = 0$ のとき、一般化カテナリー曲線 $f(x) = c\left(\cosh\left(\sqrt{k}x\right) - 1\right)$ となり、$m \to \infty$ のとき $f(x) \to m\sqrt{k}\sinh\left(\sqrt{k}x\right)$ となる。

5.2 一般化 ^{2} カテナリー曲線の性質

一般化 ^{2} カテナリー曲線 (6) より、その偶関数部分は $c\left(\cosh\left(\sqrt{k}x\right) - 1\right)$ であり、奇関数部分は $m\sqrt{k}\sinh\left(\sqrt{k}x\right)$ である。また、$k < 0$ を考え、$\sqrt{k} = i\sqrt{\tilde{k}}\ (\tilde{k} = -k)$ とおくと、

$$\cosh\left(\sqrt{k}x\right) = \cos\left(\sqrt{\tilde{k}}x\right),\ \sinh\left(\sqrt{k}x\right) = -i\sin\left(\sqrt{\tilde{k}}x\right) \tag{7}$$

より、一般化 ^{2} カテナリー曲線 (6) は

$$f(x) = -c + c\cos\left(\sqrt{\tilde{k}}x\right) - m\sqrt{\tilde{k}}\sin\left(\sqrt{\tilde{k}}x\right) \tag{8}$$

となり、三角関数で表されることになる。

さらに $c < 0,\ m < 0$ の場合を考えると

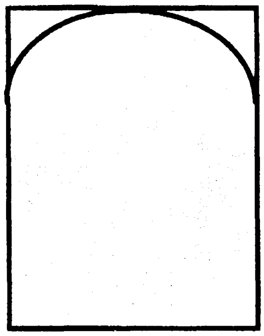

図 8 : $c<0$, $m<0$ の場合の一般化[2] カテナリー曲線

図8のようになり、建築でのカテナリーアーチの形態になる。以上より、一般化[2] カテナリー曲線で表せる形態として図9の $\alpha,\beta,\gamma,\delta$ が考えられる。

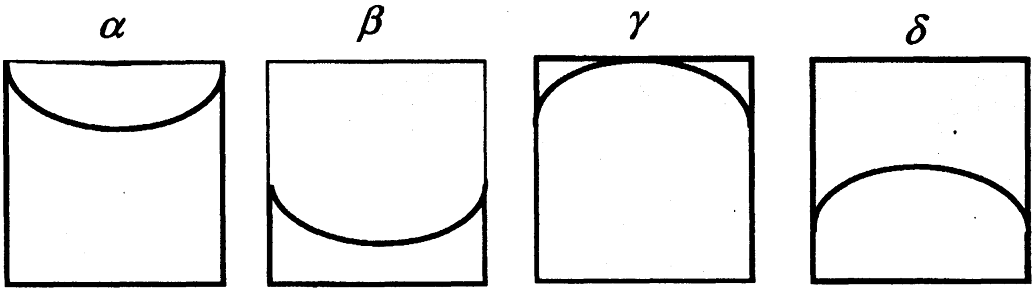

図 9 : 一般化[2] カテナリー曲線で表せる形態

- α 型 ― 従来 $(m=0,c>0)$ のもの。
- β 型 ― α 型と切り替え線は同じだが、布のある箇所が反転しているもの。シャツの下端部などを表現できると思われる。
- γ 型 ― $m<0,c<0$ のもの。下から物を支える構造を表現できると思われる。
- δ 型 ― α 型と切り替え線は同じだが、布のある箇所が反転しているもの。こちらもシャツの下端部などを表現できると思われる。

従来は図の α 型のみで記号記述基盤を整理してきたが、これからはさらに β,γ,δ 型を考えて行きたい。

$m<0,c<0$ の物理的意味づけは以下のようになる。m は図7より襟の下端にぶら下げた重りの重さであるので、これが負の値を取るというのは、襟の下端に上向きの力がかかっているということである。また、c は図1よりわかるように、曲線の下に垂れ下がった布の長さを示しているので、曲線の下から上に布が持ち上がっている状態である。

6　衣服の生地の切り替え

ここでは、衣服の生地が途中で切り替わる場合に一般化カテナリーを用いたフレームワークがどのように成る気について議論する。

6.1 衣服が均一の生地からなる場合

この場合は、これまで議論されてように次の方程式を得る。

$$f'(x) = \frac{gw}{H}cx + \frac{gw}{H}\int_0^x f(t)\ dt \tag{9}$$

ただし、$f'(0) = 0,\ f(0) = 0$ であり、w, gH はそれぞれ、生地の単位面積当たりの質量、重力定数、生地に水平方向にかかる張力である。

6.2 衣服の生地が切り替わる場合 1

図 10 のように衣服の生地が切り替わる場合を考える。

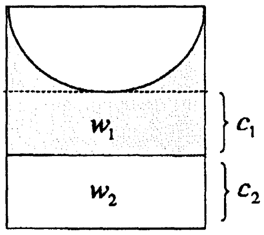

図 10 : 衣服の生地が切り替わる場合 1

この場合は (9) に対応する式は

$$f'(x) = gH(c_1w_1 + c_2w_2)x + k\int_0^x f(t)\ dt \tag{10}$$

となり、(9) で $c = \frac{c_1w_1+c_2w_2}{w}$ とおいた場合に相当する。よって、基本的には同じフレームワークで取り扱うことが出来る。

6.3 衣服の生地が切り替わる場合 2

次に図 11 のように衣服の生地が切り替わる場合を考える。

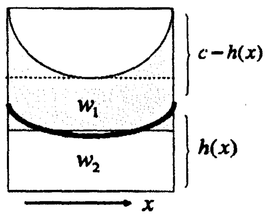

図 11 : 衣服の生地が切り替わる場合 1

この場合は (9) に対応する式は

$$f'(x) = \frac{g}{H}\left\{w_1\int_0^x h(t)\ dt + w_2\int_0^x (c - h(t)\ dt)\right\} + \frac{gw}{H}\int_0^x f(t)\ dt \tag{11}$$

となる。ただし、$y = h(x)$ は生地の切り替え線を表す。この場合には、今までのフレームワークでは取り扱えず、一般的に複雑な式になる。以上をまとめると、次のようになる。

- 異素材で作られた複数の衣服記号（シャツ、パンツ）を考えると、切り替え線が $y = c$ (c は定数）である場合には、質量の違いによる力学系の変化は、先の例のように捉えられ、一般カテナリーで対応可能。

- そうでない場合には、できる曲線は複雑になる。

7 まとめ

本稿では、まず、傾きを用いた衣服記号記述基盤について議論した。布地の傾き（バイアス）による布の変形、及びそこで生じる予測の難しい挙動に対する、形式的に安定し多様な表現形式を支える機構（基盤）を模索している。現在はその基礎付けを中心に進めている。一般にバイアス生地は布そのものの変形により人体などの形状に沿い変形していくことが知られている。前回までに示した一般化カテナリーを用いた衣服設計の場合、一意に全ての部位が布の垂れる性質を保持し形成されるため、バイアス生地を割り当てても接合部の歪みは無視出来ることがわかっている。衣服の各構成要素に対し異なる傾きを持つ布地を割り当てた場合に対しては歪みは無視出来ない。昨今、布の歪みを用いた表現も一般に普及したことから、この性質を表現に用いることは当然出来る。本研究では各構成部位に異なる傾きの布地を割り当て、尚かつ安定する表現形式を目指し、多様な表現形式を明らかにすることが目的である。バイアス生地を用いた表現形式は多種多様であり、体系的に表現出来る表現形式を課題としている。接合部において歪みが生じる場合、多くは着用時のシルエットを予測し辛くなることが問題になる。表現形式における歪みのもたらす意味もまだ明らかになっていない。今回示した表現形式では、脇下の線上で生じている歪みが着用時に膨らむ部位に割り当てられたことで座屈し、シルエットそのものは予測し易い。記述式から理解出来る数学的な性質など、まだ明らかになっていない事が多いが、本稿で示した表現形式を用い着実に理解が進む可能性は高い。

今回はまず、肩線の傾きを非パラメータ化し、着用時に傾きを持つ一般化カテナリー曲線を用いることで、肩線の傾きに対しロバストな設計が可能になることを示した。従来と同様に衣服の構成要素の全てが一意に垂れる場合を扱っている。着用の際、肩の傾きによって生地も傾きを帯びる。従来の一般化カテナリーを用いた衣服設計の場合、肩線の角度を任意に設定出来る自由度があり、着用時に起きる布地の傾きもある程度は指定出来た（個体差があるため）。しかし肩線の角度は水平に近づくにつれ、人体の肩の形状を反映し脇下の部位の傾きが激しくなり、挙動は次第に予測付かなくなる傾向がある。従来のモデルはこの点を衣服設計時のパラメータの設定により調整していた。今回示す着用時に傾きを持つ一般化カテナリー曲線を用いた衣服設計の場合、脇下の曲線は互いに凸な形状を帯び、その接合部の座屈を利用し人体に沿う形式になっている。つまり、バイアス生地の挙動の難しさに対して、座屈を利用することで形状を予測し衣服設計を行っている。また、一般化カテナリー曲線を更に一般化した一般化^{2}カテナリー曲線を定義し、その性質を述べた。一般化^{2}カテナリー曲線では $\cosh(x)$ のみでなく、$\sinh(x)$ も含み、$k < 0$ の場合には三角関数となるという 面白い性質を持っている。 最後に衣服の生地の切り替えについて議論した。衣服の切り替え線が直線である場合には、これまでの一般化カテナリー曲線のフレームワークで取り扱うことが可能であるが、そうでない場合は式が複雑になることを示した。今まで垂れる布に対して、数学的な基礎付けを進めて来たことに対し、垂れる糸の力学的性質を保ったまま衣服の構成要素間での支え合いなどの記述を可能にする曲面を定義している。このことでより多様な表現形式を築けることも利点ではあるが、様々な表現形式による衣服の意匠の形態に対し、意味を解明する土台としての役割もある。今後はここで得られた知見を元に、より体系的に構成可能な表現形式を目標する。今回示した内容以外にも詳細を明らかにしなければならないものが多く見つかっており、様々なケースにおける表現形式の性質は今後も調べる予定である。

参 考 文 献

[1] ロラン・バルト (佐藤信夫訳) "モードの体系" みすず書房,1972.

[2] ジルドゥルーズ (財津 理訳) "差異と反復" 河出書房新社, 1992.

[3] ジルドゥルーズ (宇波 彰翻訳) "プルーストとシーニュ" 法政大学出版局, 1986.

[4] ジルドゥルーズ (守中 高明、他訳) "批評と臨床" 河出書房新社, 2002.

[5] ジャック・デリダ (林 好雄訳) "声と現象" 筑摩書房, 2005.

[6] ジャック・デリダ (高橋 允昭、他訳) "哲学の余白" 法政大学出版局, 2007.

[7] ジャック・デリダ (若桑 毅訳) "エクリチュールと差異" 法政大学出版局, 1977.

[8] 周防 珠実　他 (編集) "ファッションー 18 世紀から現代まで (京都服飾文化研究財団コレクション)" タッシェンジャパン, 2002.

[9] 大辞林 第二版, 三省堂

[10] 桐生、北本、長坂、高橋、山口、"カテナリーを用いた衣服における記号記述の基盤整備" 数理解析研究所講究録, No. 1568, pp. 60-66, 2006.

[11] 桐生、北本、山口、"芸術について" 数理解析研究所講究録, No. 1572, pp. 22-37, 2007.