

## 第8班

# 繊維極限生産システム

# 蚕の吐糸行動特性の解明

○三浦幹彦・森川英明・岩佐昌征・中沢賢・木口憲爾・金勝廉介

信州大学 繊維学部 繊維システム工学科

信州大学 繊維学部 機能機械学科

信州大学 繊維学部 応用生物科学科

## 1. 緒言

本研究では、蚕の繭作り行動の特性をフレキシブルな構築物の構築に応用するために、繭形成での蚕体の動きを統計的に解析し、これらの動きのモデル化を試みた。さらに、作成したモデルを利用して繭作りの行動のシミュレーションを試みた。

## 2. 方法

行動モデル作成の基礎データとするためフェルトペンにより蚕（品種：大草×乞食）の体に15点のマークを記し、本研究により開発された三次元測定法を用いて営繭行動を10時間ビデオテープに録画した。これをもとに蚕体後半部の固定位置を連続的に三次元データとして測定した。この時、同一位置を3回測定し、その平均値を利用した。

## 3. 結果

### 混合フィッシャー分布によるモデル化

蚕体後半部の固定方向の分布変化については、ほぼ吐糸営繭行動の主軸方向を中心に放射状にばらつくことをすでに指摘した。この特性を明らかにするため、蚕体後半部の方向について相対度数分布を求めた。ただし、使用したデータは2時間における固定方向である。また、データは、行動中心と主軸を用いた新座標系でのものである。その結果を図1に示した。図から明らかなように主軸方向の両側にモードが現れる分布特性を示している。これらの結果から、主軸上の片側での蚕体後半部固定方向の分布として単一モードを持ち、このモード方向に対して回転対象なフィッシャー分布を仮定した。この上で、主軸両側に対する分布モデルとして、片側ごとの二つのフィッシャー分布を混合した分布をモデルとして考えてその妥当性について検討した。妥当性を検討するために、方向データからパラメータを推定し理論分布を計算してその結果を図1に示した実際の方向分布と比較した。パラメータの推定および理論分布の計算は次のような方法で行った。主軸の値によって二つに分類したデータからそれぞれ最尤法によりパラメータの値を推定した。また、混合割合  $p$  は全データ数に対するデータの割合とした。これらの推定値を用いて数値積分により理論確率を計算し、その値を図中に実線で示した。

図から明らかなように、少しずれが生じ適合度は必ずしも良くないが、方向分布の傾向を表すモデルとして有効なものと考えられる。

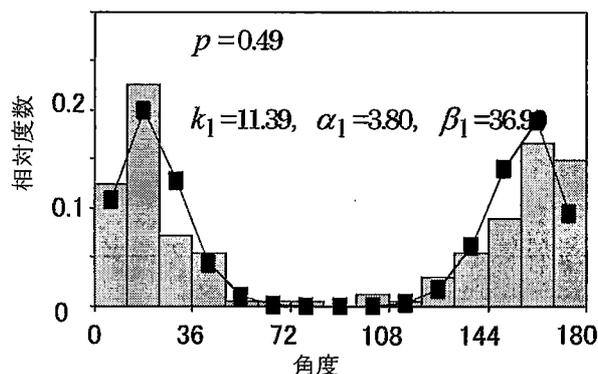


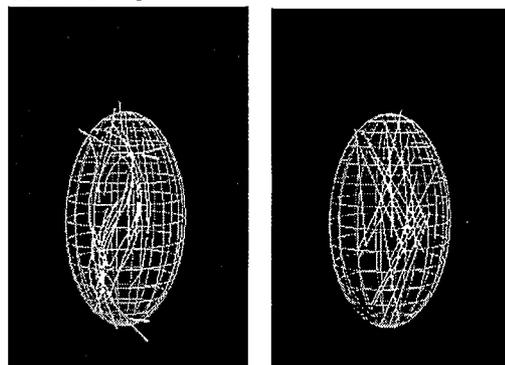
図1 混合フィッシャー分布のあてはめ

### 蚕体位置変化の自己回帰モデル

繭形成において蚕は第7体節を起点に体の前半部を動かして吐糸行動を行うことが知られている。ここでは蚕体の動きを蚕の行動領域主軸上での第7体節の位置変化として捉えた。この位置時系列に4次の自己回帰モデルを当てはめた。

### 繭形成の基本的シミュレーション

ここでの研究結果をもとに以下の条件で繭形成のシミュレーションを行った。1. 蚕体移動の基点となる第7体節の位置の変動は、行動の主軸上で自己回帰モデルにしたがう。2. 第7体節の位置と蚕体後半部の固定方向との間には関係がない。3. 蚕体後半部の固定方向はフィッシャー分布にしたがう。実際の蚕体の位置とシミュレーションの結果を比較して図2に示した。ただし、シミュレーションでは蚕体を直線で表示した。



実測データ シミュレーション  
図2. 繭形成のシミュレーション

# シルク構造体形成シミュレーションシステムの開発

森川英明<sup>1</sup>・三浦幹彦<sup>1</sup>・岩佐昌征<sup>1</sup>・白倫<sup>2</sup>・中沢賢<sup>1</sup>

<sup>1</sup>信州大学繊維学部, <sup>2</sup>蘇州大学

生糸の品質は、これまで国の生糸検査規則によって厳格に規定されてきたが、蚕糸業法・製糸業法の廃止と共に、各地で様々な特徴を持った新しい蚕品種が育成されるようになり、これらを利用した新規生糸・絹製品の開発が望まれている。

本研究では、絹製品の新たな市場を創出することを目的とし、ブランド生糸形成システムの一環として、コンピュータ上で絹織物の設計評価が可能なシステムの構築を目指している。ブランド生糸形成システムは、原料繭データベースから得た情報を基に、繰糸方法(定織・定粒)を選択し、繰糸された生糸の織度情報を採取している。

絹織物の設計評価システムでは、得られた織度情報や節の情報に基づき、さらに織物組織の情報を加え、織物の2次元グラフィックス表示を行った。さらに、表示された織物のデザインを評価する方法について検討を行った。

## モデル化およびシステムの開発

生糸の原料となる繭糸の特性は、蚕品種によって大きく異なる。そこで原料繭データベースでは、実際の繭糸のデータを用い、織度曲線を4次の多項式でモデル化した。さらに得られたパラメータから主成分分析によって原料繭を4つのグループに分類した。その結果、「初期織度の大小」および「織度変化の緩急」によって特徴の抽出できることが知られた。

繰糸シミュレーションシステムでは、繰糸工程における接緒機構をモデル化し、原料繭の繭糸織度曲線のパラメータや繰糸条件を入力することで、生糸繰製工程をシミュレートできるようにしている。これによって生糸織度データが得られ、生糸品質についての評価を行うことができる。

次に、繰糸シミュレーションによって得られた生糸織度データを基に、2次元グラフィックスによる絹織物の表示システムを開発した。ここでは、糸1本に対して1pixelの幅を持たせている。プログラム起動後に、織物設計を行う為に必要な情報を入力するが、織物組織としては「平織」「綾織」

「3枚斜文」「5枚朱子」の基本パターンを用意した。織物組織を選択後に織幅等を設定することで、表示が行われる。糸むらや節が発現した織物の表示は、経糸を一定の織度と仮定し、緯糸に織度情報、節情報を持った生糸を採り入れた。

糸むらや節の発現状態は、色の濃淡(256階調)で表現した。織度の太い部分や節が発生した部分は明るく(高濃度値)、織度が細い部分、節が発生していない部分は暗く(低濃度値)なるように設定している。節の長さ及び発生間隔は、指数分布に従うと仮定し、いくつかのパラメータを組み合わせさせてシミュレーションを行った(Fig. 1)。

さらに節織物のデザインを評価するために、織丈織幅の2方向について1次元及び2次元のスペクトル解析を行えるようにした。

## 結果および考察

原料繭データベースから、繰糸シミュレーション、絹織物の表示まで一貫したシステムを構築することができた。また、このシステムを用いてテクスチャの異なるいくつかの織物デザインを作成することができた。

しかし、むらや節が発現した織物画像については、絹織物独特の風合いを表現するまでには至っておらず、今後は実際の織物と比較しながら、リアリティを向上して行く必要があると考える。

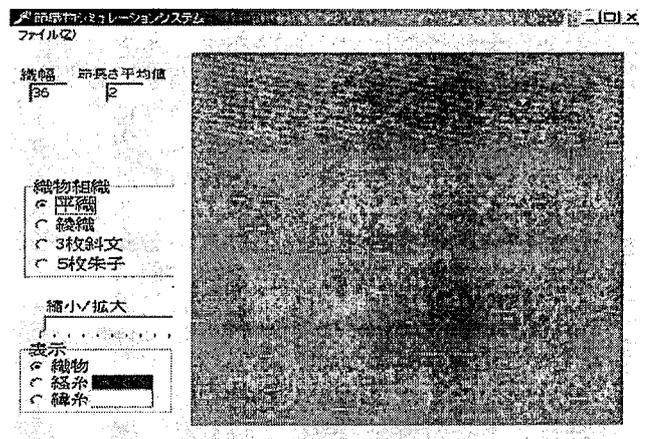


Fig. 1 節を発現した織物表示画面

# 玉糸（意匠糸）を使った織模様の解析

西岡 孝彦

信州大学 繊維学部 繊維システム工学科

## 1. 緒言

飾りを持つ意匠糸を緯糸に使用した織物の布面上に現れる節模様は緯糸の節発生特性に依存する。本研究では緯糸の節発生間隔分布と布面上に現れる節模様パターンとの関係を明らかに、節模様パターンの判別を容易に行えることを目的としている。さらに目的とする節模様を得る為の緯糸の設計あるいは織設計をどのように行うべきかの指標を得るシステム化を目的としている。

## 2. 実験方法

両ミミで折り返す平織上にとった小区画（織幅方向に 2 cm，織丈方向に 2 cm）内に入る節数を計数して、面積当たりの節数の平均値，分散を得る。他方，横糸上の節発生間隔分布からインテンシティ・フアンクションを推定した後，共分散関数を得る。本年は先に得ていた理論式に替わる新たな分散を得る理論式の検証を行った。その結果布面上にとる区画の織幅方向の位置  $t_0$  が大きな影響を与え，布面上に現れる節模様パターンも異なることが知られた。以下に，任意面積内の節数の分散を与える理論式を示す。

$$V[U_F] = E\left[(U_F - E[U_F])^2\right]$$

$$= E\left[\left\{\sum_{i=1}^{ld/2} \sum_{j=0}^{r-1} (\Delta n_{h+2(i-1)W+t_0+j\Delta t} + \Delta n_{h+2iW-t_0-1+j\Delta t}) - ldm\right\}^2\right]$$

$$= (ld/2 \times r) \cdot Var[\Delta t] + \sum_{\zeta=1}^{ld/2} (ld/2 - \zeta + 1) \sum_{\delta=1}^{r-1} 2(r - \delta) C[2\zeta W + \delta\Delta t]$$

$$+ (ld/2 \times r) \cdot Var[\Delta t] + \sum_{\zeta=1}^{ld/2} (ld/2 - \zeta + 1) \sum_{\delta=1}^{r-1} 2(r - \delta) C[2\zeta W + \delta\Delta t]$$

$$+ \sum_{\zeta=1}^{ld/2-1} (ld/2 - \zeta) \left\{ \sum_{\delta=1}^{\zeta} \delta C r [2(\zeta - 1)W + 2t_0 + \delta\Delta t] + \sum_{\delta=1}^{r-1} (r - \delta) C r [2(\zeta - 1)W + 2t_0 + (r + \delta)\Delta t] \right\}$$

$$+ \sum_{\zeta=1}^{ld/2} (ld/2 + 1 - \zeta) \left\{ \sum_{\delta=1}^{\zeta} \delta C r [2\zeta W - (2t_0 + \delta\Delta t)] + \sum_{\delta=1}^{r-1} (r - \delta) C r [2\zeta W - (2t_0 + (r + \delta)\Delta t)] \right\}$$

ここで， $W$ ：織幅， $l$ ：区画面積の織丈長， $r$ ：区画面積の織幅長， $t_0$ ：織幅方向への位置， $C(\cdot)$ ：インテンシティ  $m$  およびインテンシティ・フアンクション  $m_f(t)$  から得られる共分散関数は

$$C[j\Delta t] = m\delta(j\Delta t) + m \cdot \{m_f(j\Delta t) - m\}$$

で与えられる。

## 3. 結果と考察

節発生間隔分布に使用した分布形はガンマ分布を使用した。理論値と計算機内で織布した布面上の平均値，分散共によく適合した。布面上にとれる区画面積の織幅方向への位置  $t_0$  は節異数の分散をえるのに重要な特性を持つことが知られた。今後， $t_0$  の特性を解明する必要がある。さらに，片側からのみ緯糸を挿入する織モデルについてもシミュレーションを行い，システム化を計る予定である。

# 磁界内で飼育した蚕の作る繭形に関する研究

西岡 孝彦

信州大学 繊維学部 繊維システム工学科

## 1. 緒言

家蚕を磁場内で飼育した場合、飼育中に死亡、あるいは営繭中の死亡、営繭後に死亡する蚕が見受けられる。

本年は、磁場内飼育中死亡する蚕の有意性について考察を行った。

## 2. 実験方法

原種、交雑種あわせて8品種の蚕を春、夏、初秋蚕期に磁場内で飼育した。実験方法は、各品種ごとに磁場内での飼育頭数を8、対照頭数8とし、それぞれの8頭は雄4頭、雌4頭とした。品種ごとに3齢期から2時間/日の磁場内で飼育し、営繭開始直後から連続して磁場内に置いて営繭を完了させた。磁界の強さは位置により差異を生じるが、およそ370Gの交流磁界を使用した。3齢から営繭直前までに死亡した蚕は解剖し、写真撮影を行った。繭糸腺と生殖器については特に注意を払った。また、営繭後に死亡した蚕については、繭を切開し、蛹が生存しているかどうかを確認した。

## 3. 結果と考察

磁場の影響の評価に分割表を使用した。品種、雌雄ごとに分割表を用い、死亡原因と考えられる磁場の有意性について考察をおこなった。

表1, 2に中513と日512の分割表によって解析した例を示す。

表1. 中513の分割表

♂	磁場処理	対照	計
営繭完了	4	4	8
死亡	0	0	0
計	4	4	8

確率=1

♀	磁場処理	対照	計
営繭完了	4	4	8
死亡	0	0	0
計	4	4	8

確率=1

表2. 日512の分割表

♂	磁場処理	対照	計
営繭完了	1	3	4
死亡	2	0	2
計	3	3	6

確率=0.2

♀	磁場処理	対照	計
営繭完了	1	3	4
死亡	2	0	2
計	3	3	6

確率=0.2

## 4. 結論

日本種は磁場の影響を受けやすく、中国種、交雑種の順に影響を受けないことが知られた。

また、日本種内でも、雄が特に磁場の影響を受けやすいとの結論が導かれた。

# 吐糸・営繭行動を模倣したロボットに関する研究

橋本稔<sup>1</sup>・三浦幹彦<sup>2</sup>・森川英明<sup>2</sup>・河村隆<sup>3</sup>・劔持潔<sup>3</sup>・中沢賢<sup>3</sup>

信州大学 繊維学部 <sup>1</sup>感性工学科, <sup>2</sup>繊維システム工学科, <sup>3</sup>機能機械学科

蚕の吐糸・営繭行動は、シルクという優れた天然繊維を創り出す過程というだけでなく、繊維による構造物構築という観点からも興味あるプロセスである。特に繊維状の素材を吐糸しながら「一筆書き」によってドームや平面などフレキシブルな構造物を構築する機構は、ロボット工学の面からも興味深い。これまで蚕の営繭行動に関しては、確率統計的な観点から解析を行っており、幾つかの知見を得ている。本研究ではこれらの研究成果をもとに、蚕の吐糸行動のモデル化、行動パターンを模倣したロボットの機構設計、最適な運動計画・制御方法、フレキシブルな構造部材の探索などの検討を進め、蚕の行動を模倣したロボットの開発を進めている。

## 1. 蚕の営繭行動における行動メカニズムの解明

### (1) 蚕ロボットのシミュレーション

蚕が昆虫であることより、蚕は反射的行動により繭を作っていると考えられる。この仮説を確認するために蚕ロボットのシミュレーションを行った。蚕ロボットのシミュレーションでは、3次元で球形の空間を作成するのは難しいので、2次元で円形の空間を作成する。シミュレーションは以下のルールで行った。

- ①閉鎖された空間の中に蚕ロボットを設置する
- ②吐糸口が壁や糸にぶつかった点を直線に結ぶように蚕ロボットが糸を吐く
- ③蚕ロボットは壁や糸に動きを拘束される

### (2) 蚕ロボットのモデル

蚕ロボットは4体節からなり、体節内に直動関節と体節間に回転関節を持つ。また頭の先端に吐糸口を持ち以下の点に接触センサを持つ(Fig. 1)。

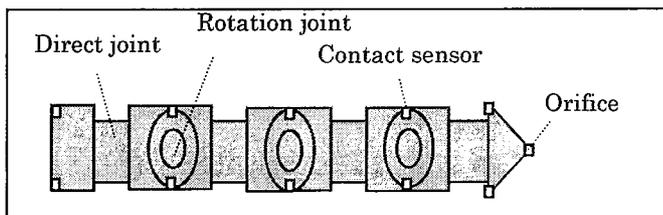


Fig. 1 Model of silkworm robot

### (3) 蚕ロボットの行動モデル

蚕ロボットの反射行動は、簡単な反射のモデル

であるオートマトンで定義し、接触センサの入力により状態変化と出力を行う。オートマトンの状態の数を100とし、入力12種類、および出力83種類とする。またオートマトンの最適化には遺伝的アルゴリズムを用いた。

### (4) 遺伝的アルゴリズム

遺伝的アルゴリズムでは、状態遷移表の各行を連結した一次元配列を遺伝子とし、ランダムに生成された初期集団(10体)に対し遺伝的操作を行う。遺伝的操作は、選択、交叉、突然変異を用いている。また、オートマトンの得点は、シミュレーションを5000step行ったときの $\Sigma(\text{糸の長さ})^2$ を用いている。

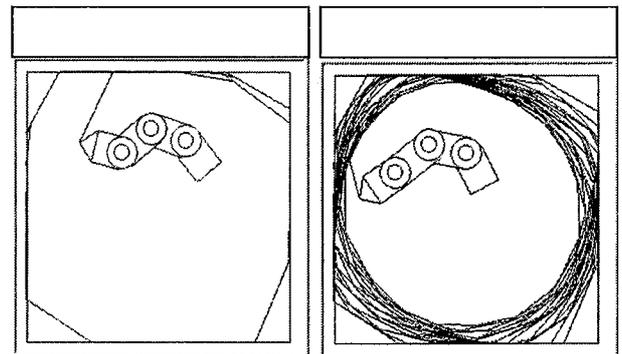


Fig. 2 シミュレーション結果

### (5) 結果

シミュレーションの結果、5000stepで正方形の4つの角を削るものが出現した。このオートマトンで50000stepシミュレーションを実行したところ、蚕ロボットは円形に近い空間を作成した(Fig. 2)。このことより、反射的行動により繭を作成することが可能であると考えられる。

## 2. アーム型ロボットによる吐糸機構の開発

現在ロボット工学の分野では生物の知能や身体、遺伝的なアルゴリズムなどに着目した研究に注目が集まっている。蚕は変化する繭の形状に柔軟に対応し、口部で繭の強度を感知し糸張りを行っており、これは構造物の構築法という観点から見ると、FRPのような「型への押流し方法」

や、構造部材を成形しておいてからモノを組み立てる「組立て方式」による構築法とは違い、新しい構造物の創成法と考えられる。そこで複合材料を用いた構造部材の検討、および力覚センサを用いた壁面追従型の動作制御方法について検討を行った。

### (1) 平面状の構造物創成

蚕の繭作りを模倣して構造物を作るために、構造材料としてコミングルヤン（ガラス繊維を熱可塑性樹脂で覆った複合材料）を選定し、それを押し付けるための成形機を製作した。また蚕体の動きを模倣するためのマニピュレータは産業用ロボット【MOTOMAN SV3X】を使用した。これより平面状の構造物を作成することができた (Fig. 3)。

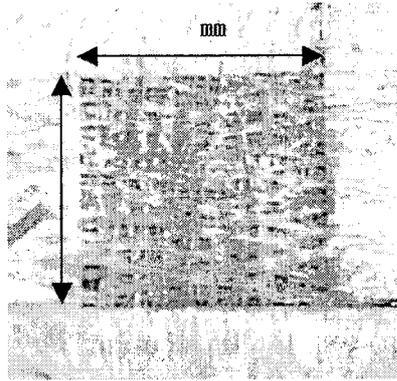


Fig. 3 平面状の構造物

### (2) 壁面追従ロボットの開発

蚕の吐糸口部の機能、つまり先端部で力の大きさと向きを認識する機能を模倣し、壁面に追従できるロボットの開発を行った。ロボットは(1)で使用したものを、先端に取り付けるセンサ部はひずみゲージにより検出できる構造を考え製作した。実験概要はロボットが曲面上に一定速度で移動しながら押付け力  $F_z$  を一定に保持させる実験である。ここで押付け力を保持するために、出力電圧  $E_z$  が目標とする出力電圧  $E_a$  となるようロボットの位置補正制御を行なった。また先端部が曲面に対して垂直に追従するために、ロボットに補正回転を行なわせた。実験の様子を Fig. 4 に  $E_a=0.3(V)$  のときの結果を Fig. 5 に示す。これより曲面追従と押付け力保持のためのロボットの位置補正制御を正確に行なえることが確認できた。

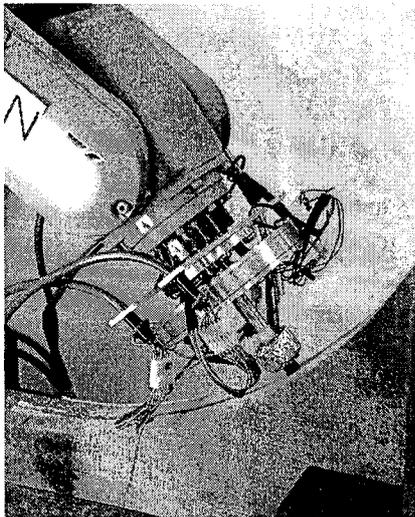


Fig. 4 曲面追従の様子

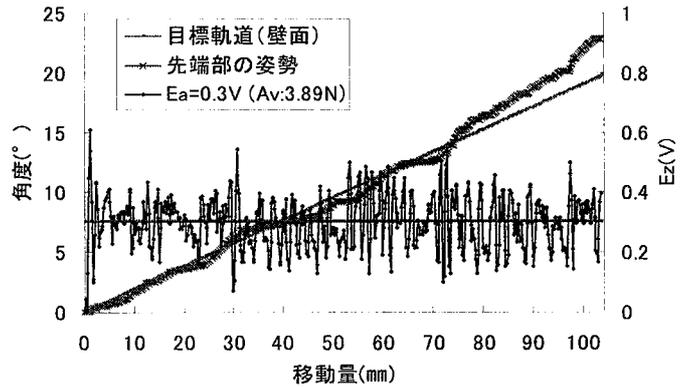


Fig. 5  $E_a=0.3(V)$  のときの  $E_z$ , 先端部の姿勢

### 3. 営繭時における吐糸パターンの解析

蚕体後半部を固定して吐糸する際の「8の字」運動について検討するために、蚕の各体節背面にマーキングした13点のうち、第1~7点目と第13点目の計8点について、0.2秒毎の位置データを採取した。約6時間分のデータから、蚕体後半部を固定して前半部を振りながら吐糸行動を行っている部分計52箇所を抽出し、吐糸パターンについて解析を行った。Fig. 6には振り角の中心となる第7体節を基準に吐糸口の位置をプロットした。この振り角度および振り上げ高さの時系列データから自己相関係数を求めた結果、10~20sec程度の周期的な動きを繰り返していることがわかった。

また高さ方向の軌跡を求めた結果、その動作は大きく3つのパターンに分類できた。最も頻度が高かったのは、山型のきれいな吐糸軌跡を描くパターンであった。この他に吐糸口を空中で何度か旋回させ、繭糸を体内から引き出しているような動作もいくつか観察できた。(Fig. 7)

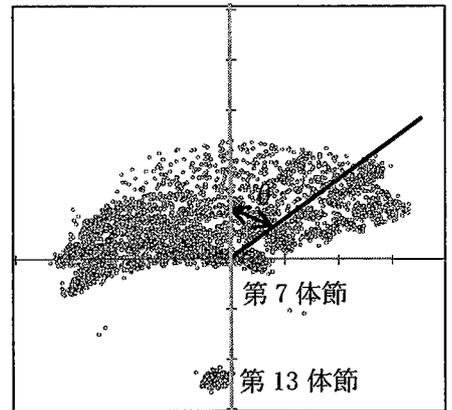


Fig. 6 吐糸口の分布

得られた典型的な吐糸パターンをモデル化し、アームロボットの動作機構への応用を検討している。

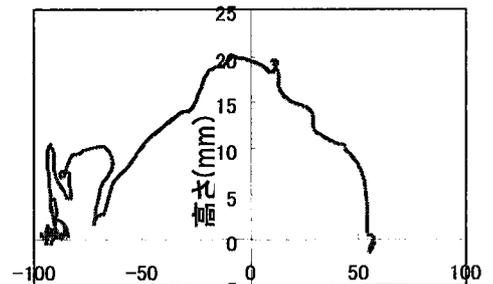


Fig. 7 吐糸軌跡 (高さ方向)

# 手紡ぎの制御構造を規範とする特殊糸製造用紡績装置の開発と応用

竹村英孝

長野県工科短期大学校

中沢 賢、河村 隆、小林俊一 (T)、  
信州大学繊維学部 機能機械学科

## 1. 緒言

筆者等は一連の研究により、ガラ紡機をメカトロニクス化した張力制御紡績装置(TCTDS)を開発している。理論的な面ではこの紡績における糸の太さ $D$ 、撚率 $\lambda$ 、張力 $T$ の間には、 $C_{D\lambda}$ を比例定数として

$$D = C_{D\lambda} \lambda^{-1}$$

の関係があることを導いている。しかしながらこの比例定数は実際の実験により定めるほかなかった。本研究では、この比例定数を、原料の物性値、寸法及び状態より求める理論を構築し、その妥当性を実験により立証する。

## 2. 撚りと太さの理論

TCTDSでは、鉛直軸周りに回転するポットからそれに方向を揃えて詰められた繊維原料を上方に引き出し糸にする。引き出し点における繊維の状態を図1に示す。ポットの回転が撚りを与え、上方の巻き取りが繊維塊から繊維を引き出しドラフトを与える。撚りが多くなると撚りによる拘束力が繊維塊の圧力による拘束力より大きくなる繊維が増すため引き上げられる繊維量は多くなり糸の張力は増す。TCTDSではこの張力が一定になるようにポットの回転を制御することで、間接的に太さの制御を行っている。本研究では糸形成部のモデル化を行い、また観察に基づき次の仮定をおいている。

- ① 紡出糸はポット内の平行繊維から円錐状に引き上げられ、軸と無撚り部の最外殻繊維のなす角は、糸の最外殻繊維の撚り角に等しい。
- ② 撚り部の断面繊維本数は、糸の糸の断面繊維本数に等しい。原料の繊維長 $L$ 、径 $d$ は一定とし、摩擦係数を一定値 $\mu$ とする。

得られた結果をまとめると次のようになる。

$$D \lambda = (2 y_p)^{1/2} / \pi$$

ただし、 $y_p$ は次の方程式の実数根である。

$$y^4 - (5/4)y^3 - (3/8)y^2 + 3\pi d / (8\mu L) = 0$$

## 3. 実験と考察

表1に示すサンプルについて測定を行った。実験値より、 $D = C_{D\lambda} \lambda^{-n}$ に関して回帰分析を行い、

$C_{D\lambda}$ 、 $n$ を定めた結果を表2に示す。これより本研究における撚りと太さの理論が妥当であること立証される。この理論より、原料繊維の太さや繊維長、摩擦係数を変えたときの影響等をあらかじめ予測することが可能となり、こうしたパラメータに関しある範囲で糸の設計が可能となる。

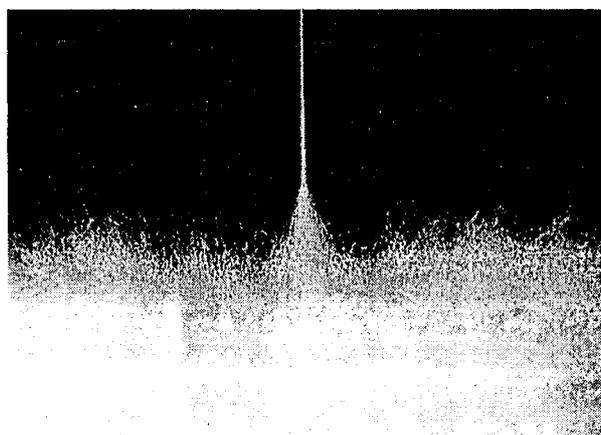


Fig. 1 The yarn forming effect of twist draft spinning

Table 1. Fiber properties of samples.

Sample	Material	$L$ [m] <sup>a</sup>	$d$ [m] <sup>b</sup>	$\mu$ <sup>c</sup>
1	Polyester	0.038	$1.2 \times 10^{-5}$	0.353
2	Cotton	0.022 <sup>d</sup>	$1.3 \times 10^{-5}$	0.179
3	Nylon 6	0.038	$1.9 \times 10^{-5}$	0.302
4	Polyester	0.038	$1.7 \times 10^{-5}$	0.369
5	Polyester	0.051	$1.7 \times 10^{-5}$	0.369

<sup>a</sup>  $L$  = Fiber length. <sup>b</sup>  $d$  = Fiber diameter. <sup>c</sup>  $\mu$  = Coefficient of inter-fiber friction. The values of  $\mu$  were measured with Röder's method[10]. <sup>d</sup> Mean fiber length.

Table 2. Comparison of  $C_{D\lambda}$  and  $n$ .

Samp le	Experimental		Theoretical	
	$C_{D\lambda}$	$n$	$C_{D\lambda}$	$n$
1	0.11	1.1	0.10	1
2	0.15	1.1	0.14	
3	0.13	1.1	0.12	
4	0.12	1.0	0.11	
5	0.11	1.1	0.10	

# フライヤ式手紡ぎ機における技能の獲得

小林 俊一, 中沢 賢, 河村 隆

信州大学繊維学部 機能機械学科

竹村 英孝

長野県工業短期大学校

## 1. 緒言

近年環境保全と省資源の観点から繊維のリサイクルが求められ, 廃布より反毛として得られる繊維から糸を紡績することが求められる. しかし現代の先端の紡績機では, こうした粗悪不均質な原料を紡ぐことは難しい. また特殊機能糸では特殊な繊維原料を少量紡ぐことが求められるが, それに適合する紡績機はない. それに一番向いている紡績方法は人の手紡ぎである. 手紡ぎにはスピンドル式とフライヤ式があるが, ここではフライヤ式をとりあげる.

筆者等は人間が紡ぎ車を使って糸を紡ぐ作業を力学的な面から検討し, 操作者の作業を自動化機械で置換すること目的に一連の研究を行っている. 今回はフライヤ式手紡ぎをモデルとし, これについて力学的理論を構築し, 操作者が糸を紡ぐ時の一連の作業よりデータを獲得し, これらの結果より操作者の技能を獲得することを目的とした.

## 2. 手紡ぎ機の力学的解析

Fig. 1 にフライヤとボビン部分を軸方向から見た拡大図を示す. ボビンフランジ部分にはワイヤが掛けられている. このワイヤによりボビンの回転に対して摩擦抵抗力が与えられる. このため糸張力の大小によりボビンの回転速度が変わる. ここでは左手把持で右手によりドラフト操作を行なうものとして進める.

フライヤ, ボビンの各角速度を  $\omega_f, \omega_b(t)$ , 軸周りの慣性モーメントを  $I_b$ , ボビンとボビンフランジの各半径を  $r_b, r_{bf}$  としワイヤにかかる摩擦力, 糸にかかる張力をそれぞれ  $f, T(t)$  とすると以下の式が成立する.

単位時間当たりの巻取り速度  $V(t)$  は

$$V(t) = r_b(\omega_f - \omega_b(t))$$

となり, さらに次式

$$I_b \frac{d\omega_b(t)}{dt} = T(t)r_b - fr_{bf}$$

が成り立つ. 左手が解放され, 右手が最右端にあるときは, フライヤとボビンの回転速度が同一であり

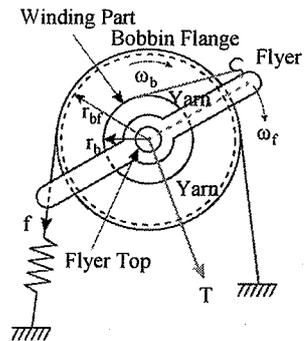


Fig. 1 Schematic Diagram of Bobbin and Flyer

$$\omega_b(t) = \omega_f, \quad T(t)r_b = fr_{bf}$$

となる.

## 3. 結論

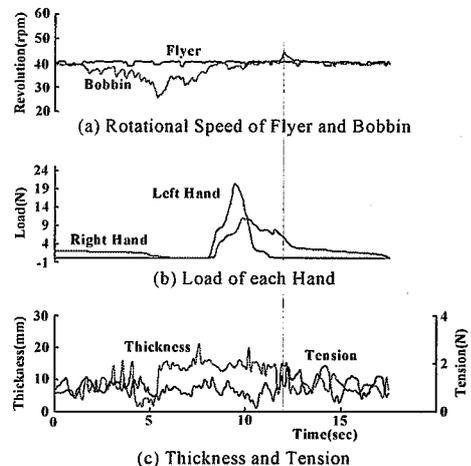


Fig. 2 Measurement data for short span

測定結果の一例を図 2 に示す.

フライヤ回転速度, フライヤトップと左手の距離については 3 種類の実験により, 距離の短い場合には回転速度の過度な上昇は短時間のドラフト工程を必要とし, 糸に多くの撚りを掛けることになる. また, 逆に距離の増加は糸の太さ斑を増加させる. これらの事からフライヤの角速度に応じた摩擦力の制御が必要である. さらに, ドラフト直前では左手指による逆加撚操作が行なわれ, ドラフト区間における加撚開始時には右手による強い引っ張り動作を入れることにより均一な糸の生成に貢献することなどが判明した.

# 微小加振による走行線材の張力測定に関する研究

中沢 賢、河村 隆、小林俊一 (T)、北村琢磨  
信州大学繊維学部 機能機械学科

## 1. 緒言

線材の製造、加工工程において、近年その張力をオンライン、非接触で測定したいという要望が強い。線材の張力の測定には従来よく3ローラー式の接触型張力系が使われてきているが、これは線材に余分の抵抗力を与え、線材の品質を損ねたり張力そのものを変えてしまうおそれがある。筆者等はこれまでの一連の研究において、線材中央を電磁石で非接触加振し、共振周波数より張力を推定する方法、合成繊維巻き取りのようにポビへの巻き取りの際に綾振りを与えられる場合について綾振りによる生じる波動の伝播速度から張力を推定する方法について研究を行い一応の成果を収めてきた。本年度は電磁石加振が行えない場合について、線材の支持部に刺激を与え、その応答から張力を測定する方法を検討した。

## 2. 測定原理

線密度  $\rho$  の線材が直線に張られその方向に速度  $v$  で走行するとき、走行方向及び逆方向の横波の速度  $C_+$ 、 $C_-$  は線材の張力  $T$  に対し、次式で与えられる。

$$C_+ = (T/\rho)^{1/2} - v \quad (1)$$

$$C_- = (T/\rho)^{1/2} + v \quad (2)$$

また走行する線材が長さ  $l$  離れた位置でローラーにより把持されているときには、共振円振動数  $\omega$  と位相角  $\alpha$  の間には次の関係がある。

$$\omega_n = n\pi (C^2 - v^2) / (Cl) \quad (3)$$

$$\alpha = \pi v / C \quad (4)$$

$$C = (T/\rho)^{1/2} \quad (5)$$

ここで  $\alpha$  はローラー間中央に対称なモードの隣り合う振動の腹で振幅がピークになる時刻の角度差をいう。  $n$  は振動次数である。

本年度は主に次の2通りの測定法を検討した。

### 1) 波動速度法

$C_+$  または  $C_-$  を測定し、(1)、(2)式より、 $T$  を求める。

### 2) 変位加振法

把持ローラーに横波を発生する振動を強制変位加振により与えると、加振振幅が小さいとき、長さ  $l$  の両端を固定してローラー間の任意点を強制外力で加振したときの共振振動数と同じ振動数で共振が生じる。そこでこれを利用して、 $\omega_n$  と  $\alpha$  を測定し (3)、(4)、(5) 式より張力

$T$  を得る。

## 4. 実験結果及び考察

図1は波動速度法により測定した値を張力センサーでローラー間外側で測定した値との関連を示す。波動は一方のローラーを単振り子状の重りで衝撃を与え同時にそれをトリガーとして、中央部までの到着時間を光電式センサーで測定した。図2はローラーを加振し共振を調べた値を張力センサーで測定した値と比べた結果を示す。両方法とも一応応用可能なことが知れた。

## 5. 結論

走行線材の張力を、振動応答より非接触オンラインで測定するための理論を構築し、実験によりそれが有効なことを示した。

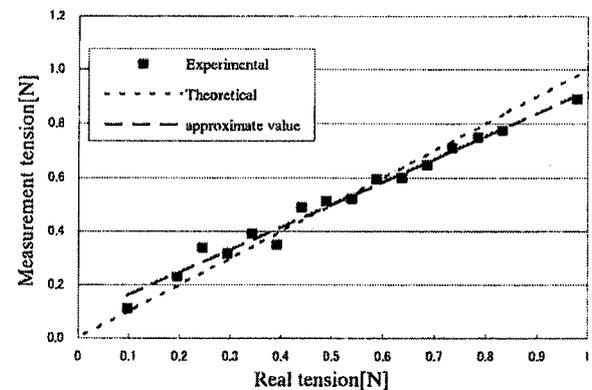


Fig.1 Tension measured value by wave propagation time

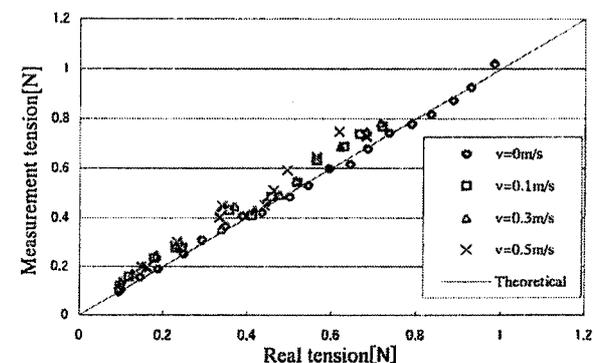


Fig.2 Tension measured value by Resonance

繊維集合体の機能と力学特性の究明  
 —FRP ポールの衝撃緩和の評価

The study of function and mechanical characteristics  
 for structure which consist of the fiber  
 —Estimation of FRP Pole under Impact Load

鮎 力民・中沢 賢  
 信州大学繊維学部機能機械学科

1. Introduction

In recent years, ski is becoming one of the sports to which growth is anticipated in sport leisure industry. Also in inside, by enlargement of the spread in game ski, and a consumer age bracket etc., the needs of the consumer to ski are also diversified and the whole ski industry is in the process of evolution.

However, little research about the impact evaluation of a ski pole had been done except the research about grasping force by Tokuyama[1] and the research about swing by Kitajima[2].

In this research, when poking a ski pole, the impact which comes to a shoulder or an arm, is observed, the measurement apparatus which can make objective judgment is proposed, and the mechanism of impact relaxation of a ski pole is clarified.

2. Experiment

2.1 Impact experiment by human

In order to make the measurement apparatus which can make objective judgment on the impact which comes to a shoulder or an arm, when poking a ski pole, it is necessary to prefer to the behavior of the pole.

As shown in Fig.1, the tester holds a ski pole and pokes a plate.

Strain gages are stuck on both sides of the ski pole, and a load sensor is put on the bottom of the plate.

Here, above mentioned test is called to impact experiment by human.

Fig.2 and 3 show two of the results of the experiment by human.

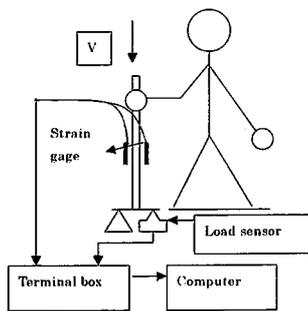


Fig.1 The human impact test.

2.2 The impact experiment by measurement apparatus

An arm is made, and a rail is attached on wall to make the man-made arm fall down free, as shown in Fig.4.

Strain gages are stuck on the upper and lower sides of the arm, and the impact load is measured with FFT analyzer through amplifier when the arm falls down. Moreover, bending strain and compressive strain of the ski pole are measured simultaneously.

Fig.5 and 6 show the result of impact experiment by measurement apparatus.

It is can be seen that the result of experiment by

measurement apparatus was almost the same as that by human. From this, the impact experiment by measurement apparatus is considered to be the same as the impact experiment by human.

Fig.7 shows the curve of the impact load measured by measurement apparatus. Impact load of T3 shows bigger than T6.

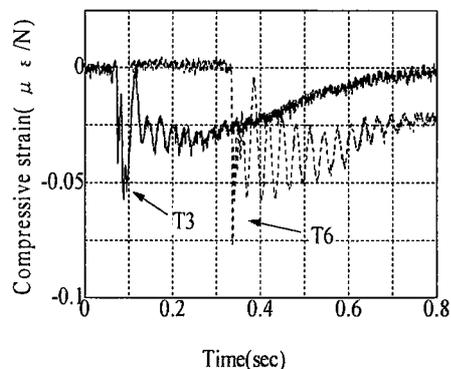


Fig.2 Compressive strain obtained by human.

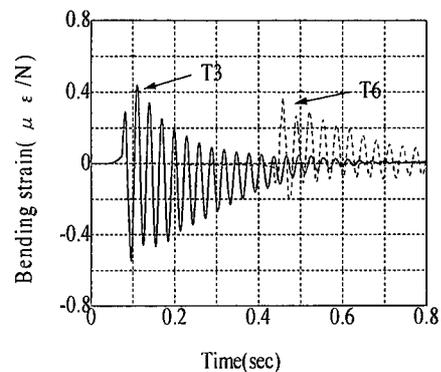


Fig.3 Bending strain obtained by human

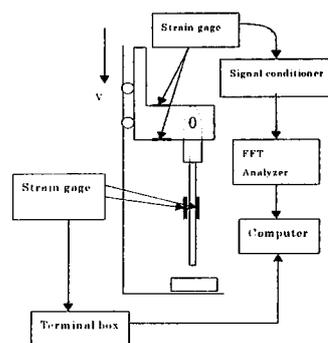


Fig. 4 The experimental apparatus for the impact test

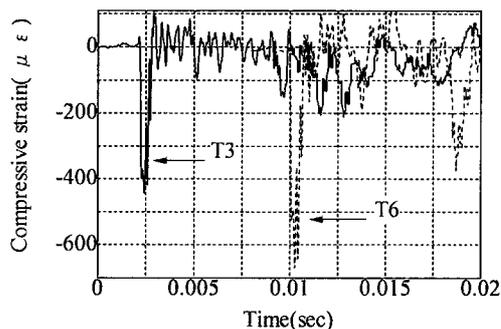


Fig.5 Compressive strain obtained by experimental apparatus.

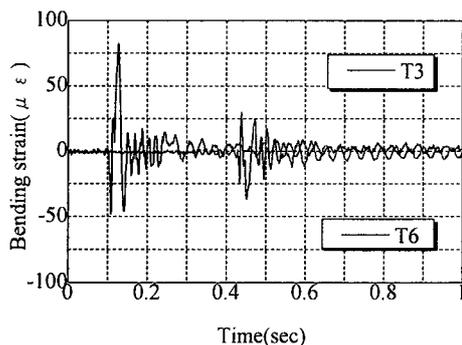


Fig.6 Bending strain obtained by experimental apparatus.

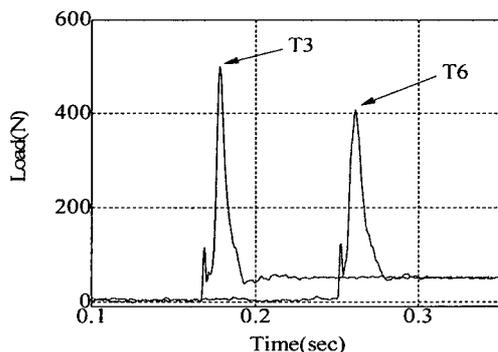


Fig.7 Impact load curve of the pole in the impact test

### 3. Estimation

In order to compare the estimation by apparatus proposed to the estimation by human, impression estimation is performed as following:

From the experiment result, T3 is selected as standard. Poke T3 and take the impression as normal. Compare T3 to the other 4 poles, and then mark the poles in order of impact strength. An average value is taken and compared by 20 testers' evaluating.

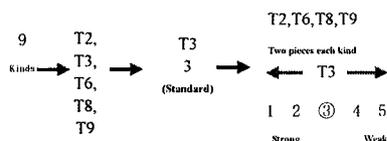


Fig.8 shows a tester how to do the test.

Fig.9 shows the relation between the result by human and result by experiment apparatus. It can be seen that the result by human is almost linear to the result by experiment apparatus.

From Fig.16, three formulas are obtained as followings:

$$Y = a \times X + b \quad (1)$$

$$a = -19.07 \quad b = 570.59$$

Fig.10 shows impression estimation by human of T1, T4, T5, T7,

As a result, the experiment apparatus can act as human to do the test.

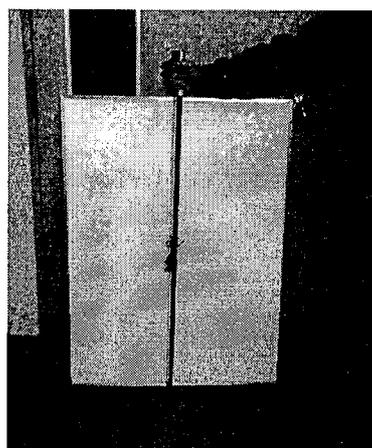


Fig.8 Picture of a tester

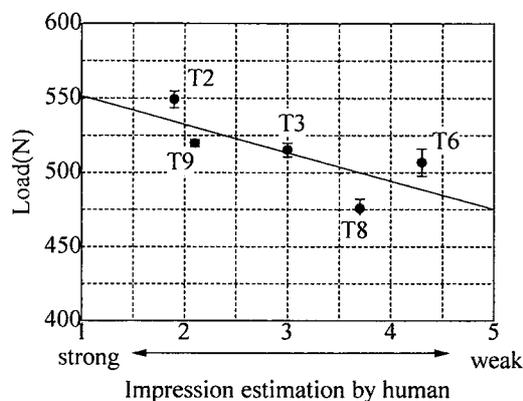


Fig.9 Relation between the result by human and the result by apparatus.

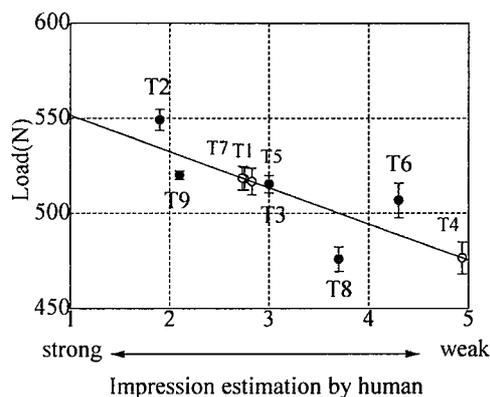


Fig.10 Relation between the result by human and the result by apparatus calculated from formulas.

### 4. Conclusions

In this research, the measurement apparatus, which can make objective judgment, was proposed. It was known that result from human impact test and result from experiment apparatus are the same. Impression estimation was done by 20 testers. As a result, the experiment apparatus can act as human to do the test.

### References

1. M. Kitajima, L.Bao and A.Shinohara, *Symposium on Sports Engineering*(No95-45), 42-46(1995).
2. S. Tokuyama, M. Nakazawa and S. Kitazawa, *Symposium on Sports Engineering*(No99-41), 50-54(1999).

# 超伝導浮上を用いた織機の開発

○小西 哉・中沢 賢・鳥海 浩一郎・坂口 明男  
信州大学繊維学部

## 1. 序論

超伝導現象を利用した、非接触動作する機械システムの研究が活発になされている。これは冷却した超伝導体上に、磁石がピン止め効果により安定に浮上することを利用したもので、従来の機械装置では実現できなかった機能を可能にすることができる。本研究では、この技術を織機のヨコ入れの工程に応用して立体状の布を織ることを考え、その一例として円筒状の布を織る超伝導環状織機を開発している。

## 2. 超伝導環状織機のヨコ入れ方法

円筒状の布を織る織機では、経糸を円状に配置し、それを円の半径方向に交互に開いて開口し、その間を緯糸が通過してヨコ入れを行う織布方法をとる。このため、緯糸をもったシャトルを機械的に支持して経糸の間を周回走行させようとすると、経糸が干渉してしまうのでシャトルを周回走行させることができない。そこで超伝導のピン止め効果による非接触浮上を利用することにより、それを実現した。

Fig.1 に本研究で開発した超伝導環状織機のヨコ入れの概略を示す。経糸を織機上部から見て放射状に配置し、側面から見て上下方向に開口する。その間に磁石と緯糸を内蔵したシャトルを浮上させ、超

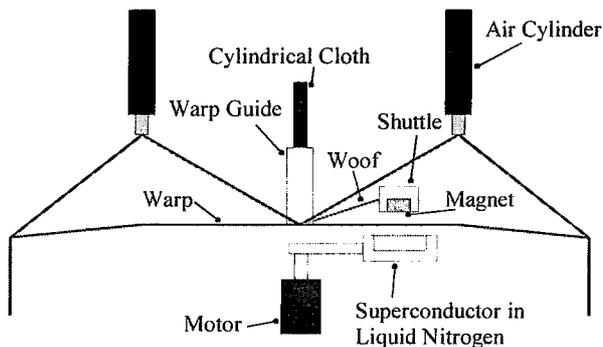


Fig.1 Side view of filling insertion in the superconducting circular loom.

伝導体ロータをモータにより回転運動させることにより、シャトルを周回走行させる。シャトルは完全に非接触で周回運動することになる。

## 3. 磁気力測定装置

上記のヨコ入れの場合、シャトルには周回走行による遠心力や、放出する緯糸の張力がはたらくため、超伝導体と磁石間の半径方向変位に対する磁気力を知る必要がある。そこで、Fig.2 に示す磁気力測定装置を製作した。YBCO 超伝導体(直径 45mm×厚さ 7mm)を磁場中冷却した後、Nd-Fe-B 磁石(直径

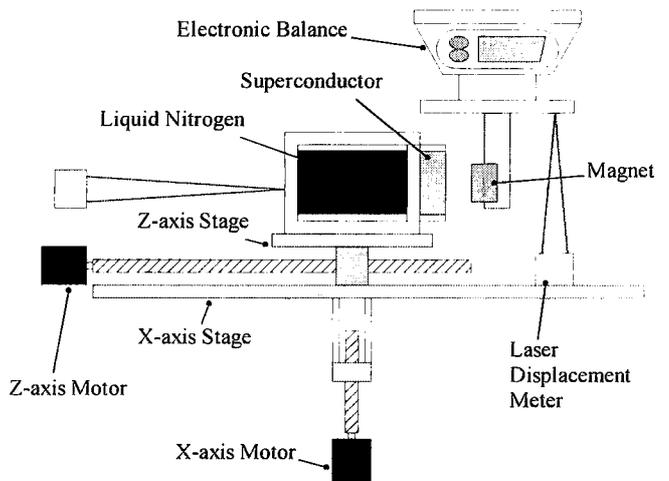


Fig.2 Schematic of the experimental arrangement for radial force measurement between a superconductor and a magnet.

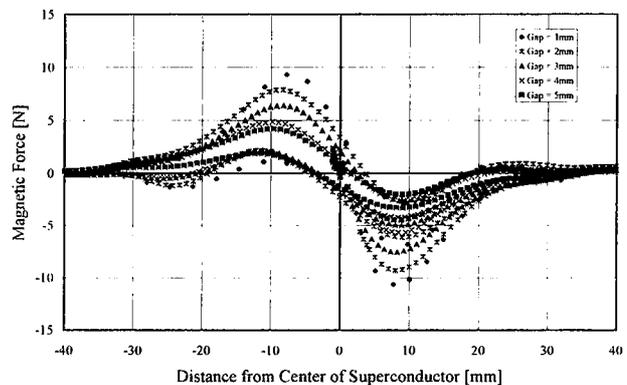


Fig.3 Radial magnetic force between the superconductor and magnet.

22mm×厚さ 10mm, 残留磁化 1.1T)との軸間距離(半径方向変位)を 0mm→+40mm→-40mm→+40mm のように変化させ, そのときに発生する半径方向の磁気力を測定した. Fig.3 に測定結果を示す. この結果を, 超伝導環状織機を設計する際に活用した.

#### 4. 超伝導環状織機の製作

超伝導環状織機では, 超伝導体に YBCO 超伝導体(直径 45mm×厚さ 7mm)を 2 個使用し, シャトルに Nd-Fe-B 磁石(直径 22mm×厚さ 10mm, 残留磁化 1.1T)を 2 個内蔵した. シャトルにボビンケースを内蔵することにより, 放出する緯糸の張力の調節を可能にしている.

経糸の巻き取りは Fig.4 に示すような装置によって行った. 下部のボビンケースは, 経糸を放出する張力を調節するためのものである. 放出された経糸は開口装置を通過して, 上部のステッピングモータにより巻き取られる.

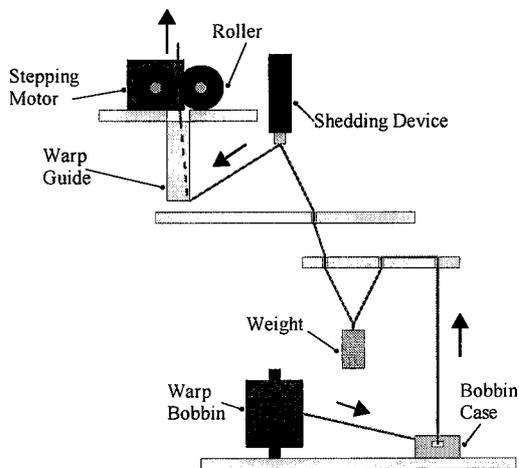


Fig.4 Take-up device in the superconducting circular loom.

経糸の開口は空気圧シリンダにより 1 本ずつ行った. またロータを回転させるモータにステッピングモータを用い, シャトルの位置を正確に制御できるようにした. 円筒状の布を織る場合はシャトルが常に経糸の間に存在するので, 経糸の開口の切り替えを順番に行う必要がある. このため, シャトルの位置と経糸の開口を正確に制御することが必須である. 本織機では開口装置の空気圧シリンダ, シャトル駆動用ステッピングモータ, 経糸の巻き取り用ステッピングモータをデジタル出力ボード, ス

テッピングモータコントローラボードを介して, 1 台のパーソナルコンピュータで制御した.

製作した超伝導環状織機の写真を Fig.5 に示す. 経糸の本数は 25 本である.

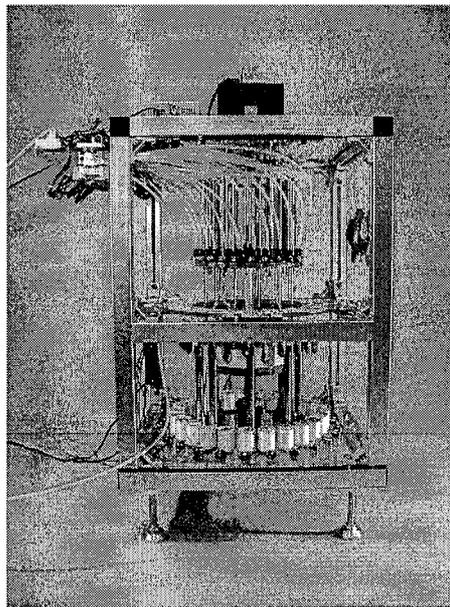


Fig.5 The superconducting circular loom.

#### 5. 実際の織布

この織機で実際に円筒状の布を織ることができた. 織った布は直径 13mm×長さ 190mm, ヨコ入れ数 300 である. その写真を Fig.6 に示す.

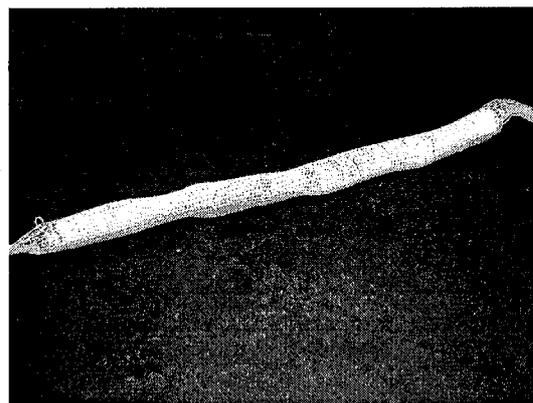


Fig.6 Cylindrical cloth woven with the superconducting circular loom.

#### 6. 結論

試作した超伝導環状織機を用いて, 実際に円筒状の布を織ることに成功した. これにより新しい超伝導機械システムとして, 超伝導織機が大きな可能性を持っていることを示すことができた.

# 環境応答性繊維強化複合材料の開発

劔持潔, 鮑力民, 桜井正幸

信州大学 繊維学部 機能機械学科

## 1. 緒言

資源, エネルギーの枯渇が現実の問題となり, 地球環境保全が世界共通の重要課題となりつつある今日, 材料の研究開発においては, これまで以上に省資源, 省エネルギーを図り, 材料の多機能化, インテリジェント化を推進する必要がある<sup>1)</sup>。これまでの研究により, 材料が置かれている環境条件と時間の経過によって, 材料特性が知的に変化することができる環境応答性材料が現行の複合材料技術に機能性マイクロカプセルを統合することにより可能となる見通しが得られた<sup>2)</sup>。

本研究では, 上記技術を用いることにより, 「質量則」を超える遮音材料, き裂が生じた場合そのき裂を修復し, また廃棄された場合速やかにリサイクルを容易にするため壊れやすくなる進化(自己修復)と退化(易解体性)する材料及び, 耐汚, 消臭効果をもつ繊維強化複合材料(FRP)の可能性を明らかにすることが研究目的である。

## 2. 実験方法

### 2.1 粒子内包マイクロカプセルを分散させたFRPの振動減衰特性

酸化セリウム粒子(直径  $0.1\mu\text{m}$ )を内包するマイクロカプセル(直径  $30\sim 100\mu\text{m}$ , 壁材: アクリロニトリル)を調製し<sup>3)</sup>, FRPの母材中に分散させた試験片を作製し, 片端固定の振動減衰試験を実施した。

### 2.2 進化と退化機能発現を評価するための“その場”観察装置の開発

外力や特殊のトリガーが作用した時, 自己修復や易解体機能発現を定量的に評価することができる。“その場”観察装置を試作した。

### 2.3 防汚, 消臭機能評価の検討

マイクロカプセルの外壁に酸化チタン( $\text{TiO}_2$ )粒子を固定したマイクロカプセルを調製し, 光触媒効果の評価試験を実施した。

## 3. 実験結果と考察

### 3.1 振動減衰機能の発現

ステンレス鋼(st), ガラス繊維強化プラスチック(GFRP:g00), GFRP+マイクロバルーン 10vol%(gb10)及び GFRP+微粒子内包マイクロカプセル 10vol%(gc10)について, JIS G 0602に準拠して, 振動減衰特性試験を行ったところ, Fig.1を得た。この図から, FRPのマトリックス中に10vol%分散させることにより, ステンレス鋼に比べて2.5倍, GFRPに比べて, 約28%の振動減衰性の向上が見られた。このことは「質量則」を超える遮音材開発が可能であることを示している。

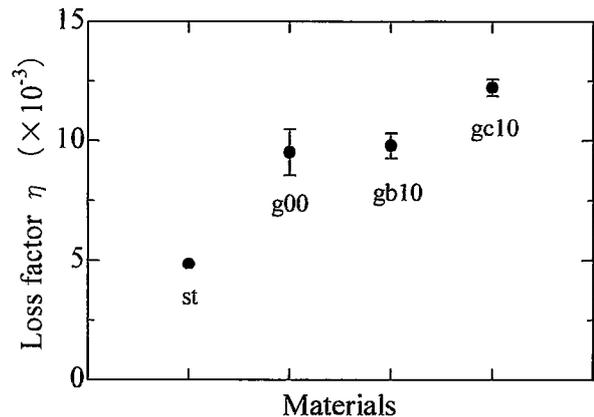


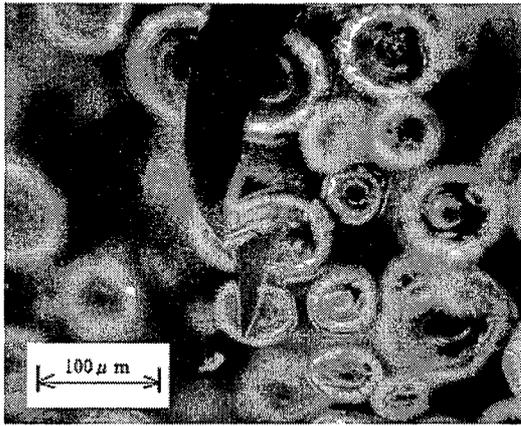
Fig.1 The loss factor according to the materials

### 3.2 進化と退化機能付与の可能性

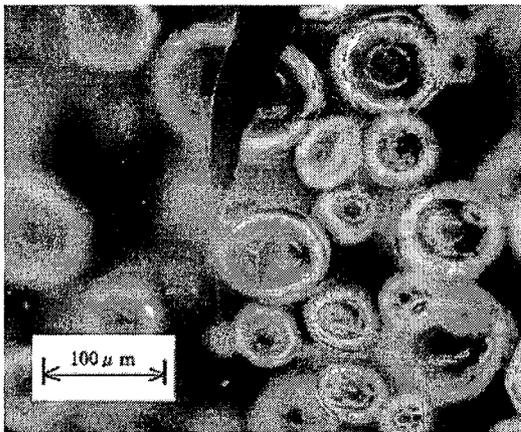
材料中に分散させたマイクロカプセルのき裂伸展中の挙動が観察できる装置を試作し, 試験した結果を Fig.2 に示す。

この図から, き裂先端の応力集中により, マイクロカプセルが壊れて, き裂が進むことが分かった。

このことは, マイクロカプセル中に例えば, 接着剤の主剤と硬化剤を別々に内包したカプセルを材料中に分散させておくことにより, き裂の伸展に伴い, カプセルが壊れ, 内包されている主剤と硬化剤が反応して, 重合が進み, き裂伸展を抑制し, 自己修復機能が発現されるものと考えられる。



(a)



(b)

Fig.2 The crack growth

### 3.3 防汚,消臭機能の発現

①樹脂板のみ,②樹脂と  $TiO_2$  被覆マイクロカプセル 30vol%,③樹脂板上にカプセル量 10vol%を付着させたもの及び④樹脂表面上にカプセル量20vol%を付着させたものの4種類の試験片を作製し,タバコのヤニを塗布して,太陽光下(明条件)と暗所(暗条件)に暴露して,経過時間による重量変化を測定した結果をFig.3に示す.

この図より暴露場所による重量変化は顕著に認められるが, $TiO_2$  が表面に露出していないと効果が期待できないことを示している.

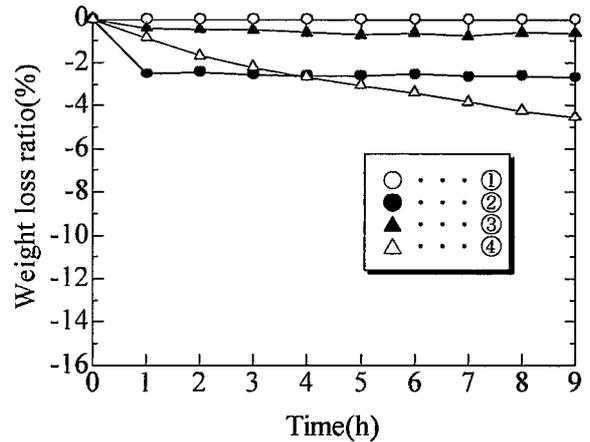
## 4. 結言

繊維強化複合材料(FRP)技術と機能性マイクロカプセルを統合することにより,環境条件や時間経過に知的に応答する環境応答性複合材料の創製について研究を進めたが以下の知見を得た.

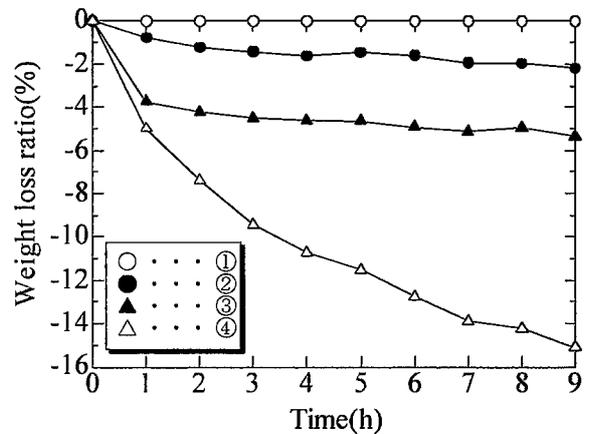
- (1) 微粒子内包マイクロカプセルを分散させた FRP により,

「質量則」を超える遮音材料開発の可能性が得られた.

- (2) 材料中に分散させたマイクロカプセルのき裂伸展中の挙動を観察した結果,自己修復機能を付与した材料創製の可能性が大きくなった.
- (3) 耐汚,防臭機能発現は  $TiO_2$  粒子被覆カプセルを材料表面に集中させることにより,可能となることが分かった.



(a) Dark condition



(b) Light condition

Fig.3 Weight loss ratio of each specimen

## 参考文献

- 1) 劔持潔,日本複合材料学会誌,20,1,p.19(1994)
- 2) 小石真純 他,新エネルギー・産業技術総合開発機構,平成 11 年度先導研究報告書,マイクロカプセル化技術による高機能化材料技術の調査研究,65-67(2000)
- 3) 西崎昭彦,劔持潔他,遮音と電磁シールド機能のコンクリート FRP サンドイッチパネル,強化プラスチック,43(4),125(1997)

# 多様な形状を有するパーツ群の自動最適配置システムの開発

Development of automatic optimum arrangement system for various shapes parts.

信州大学繊維学部機能機械学科 河村 隆, 中沢 賢, 三澤明寛

## 1. 緒言

衣服の型取り作業は、一定の幅を持つ布地に対し、いかに充填率を高くして必要なパーツを配置するかという最適配置問題である。この作業ではパーツごとの形状差や配置の自由度が大きく、パーツの数の増加による組合せ解の爆発的增加から、効果的な解決の難しい。

多様な形状を有するパーツ群の最適配置はさまざまな面で生じる問題である。本研究では、型取り作業における最適配置問題を G.A. (Genetic algorithm) を用いて解き、自動最適配置システムの開発を行う。

## 2. 問題解決へのアプローチ

今回は配置の方法を定めた配置ルールをあらかじめ設定し、配置の順序を G.A. を用いて決定する。

配置ルールは「パーツは配置可能な場所のうち最も下で最も左に配置する」(Fig. 1) こととする。配置ルール設定により、G.A. によって解くべき問題は順序の決定のみということになる。

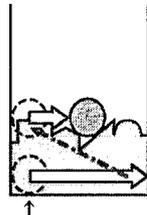


図 1: 配置ルール

## 3. G.A. の適用

Fig. 2 に G.A. による計算の流れを示す。今回行った処理の概要は以下の通りである。

### 3.1 遺伝子のコーディング

遺伝子は型の配置順序を示すパラメータを羅列した。またパーツの特徴量に対する重みも遺伝子とした。

### 3.2 遺伝子の評価

遺伝子の適合度  $f_i$  は、型の布地への充填率である。

### 3.3 G.A. オペレータ (交叉, 淘汰, 突然変異)

- ・交叉 多点交叉 (交叉間隔は乱数により 2~5 個)
- ・選択 適合度の高い遺伝子が親として選ばれる確率が高くなるように選択した
- ・突然変異 進化停滞時に低い確率で要素の入れ替えを行う。
- ・エリート保存 その世代の第 1 位の適合度の遺伝子は、そのまま次世代へ保存する。

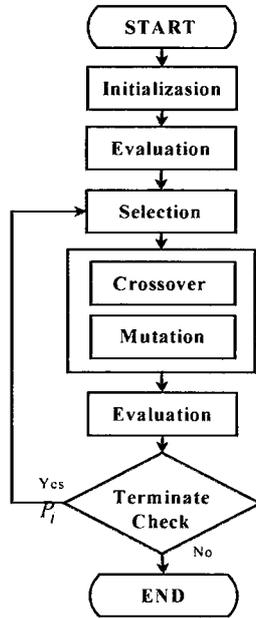


Fig. 3 Flow chart of G.A.

## 4. 実験

実験には、46 個の型紙を用いた。この型紙の熟練者によるレイアウトでは充填率は 87.7% であった。1 世代の個体数を 20 とし、20 世代まで計算を行った。

### 4.1 配置順序のみを遺伝子とした場合

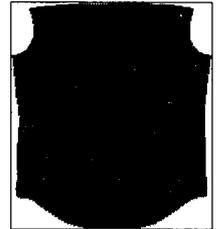
配列の順序を遺伝子として記述して G.A. による解の探索を行った。(実験 1)

### 4.2 パーツの面積を考慮した配列を遺伝子とした場合

順序のみを遺伝子とした場合、充填率の低いレイアウトに、面積の小さな型の配置が前半に集中し、後半に面積の大きな型が配置され、隙間が多く残ったケースが見られた。そこで、各パーツの面積を考慮し、面積の大きいパーツが先に配置されるように制限した遺伝子を用いた。(実験 2)

### 4.3 パーツの特徴量を遺伝子とした場合

型紙毎に、面積、縦の長さ、横の長さ、そして Fig. 3 のように外接する長方形を考え、その外接長方形を境とし、右上、右下、左上、左下のそれぞれの余白面積と、それら余白面積の合計、以上の 8 個のパラメータを取得する。次に式(1)により各遺伝子による型紙の評価値を決定する。そしてこの評価値の降順に配置を行う。Fig. 3 Characteristics



$$E_i = \sum_{j=1}^8 \frac{v_j}{V_j} \times w1_j + \sum_{j=1}^8 \frac{V_j - v_j}{V_j} \times w2_j \quad (i = 1 \dots n) \quad (1)$$

ただし、

$w1_j, w2_j$  は重み、 $v_j$  は各型紙のパラメータ、 $V_j$  は  $v_j$  の最大値である。 $w1_j, w2_j$  を遺伝子とする。(実験 3)

## 4.4 結果

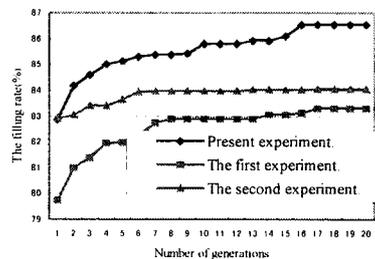


Fig. 4 Progress of G.A. calculation



Fig. 9 Acquired layout

## 5. 結言

多様な形状を有するパーツ群の最適配置問題を離散最適化問題として近似最適解を得る手法を提案し、パーツの特徴量を数値化し利用することで、効率的に高い充填率が得られた。型によっては、熟練者と同等の充填率を持つレイアウトを得ることができた。

# マン・マシンビジョンに基づく布外観評価システムの開発

信州大学繊維学部 ○西松豊典, 鳥羽栄治, 東亜紡織(株) 柴田清弘

## 1. 緒言

通常、縫製された被服の着用しわの評価は、検査員が目視で判定を行っているが、この目視判定は熟練検査員の視覚に依存するため定量的な評価ができないという問題点がある。

そこで、本研究では紳士夏ズボン用毛織物を試料として用い、製品生産の最終工程で行われる検査員の目視による着用しわの等級判定を、画像処理手法を用いて、非破壊・非接触で定量的に予測判定する方法を検討した。

## 2. 実験装置

しわを付ける装置は、長方形の箱 (25×10×3cm) とその台座から構成されている。箱の中に設置された 20×15cm の布試料を押し棒を用いて押し込む事によりしわを形成する。

画像入力は、台上に水平に設置した試料のしわを、真上から CCD カメラで撮影する。照明は図 1 のように、カメラ位置からのリング光源と試料と水平な方向からのライン光源を用いた。この装置により撮影された画像(512×483pixel)を図 2 に示す。

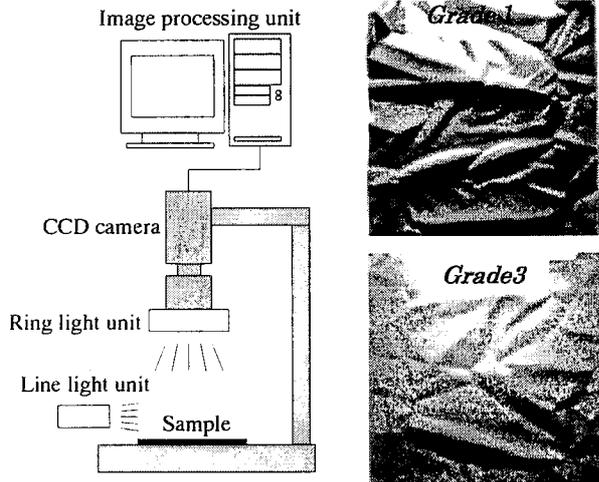


Fig1. Image input system Fig2. Wrinkle images

## 3. 画像処理手法について

しわ画像の背景と試料周辺部を除いた 300×350pixels を画像解析範囲とした。照明の影響を抑え、しわ画像の特徴を明確にするためにヒストグラムの平坦化を行う。

しわ画像は、画像の複雑さを評価するフラクタル次元解析と、画像上におけるしわの稜線の長さ (総延長) により評価する。

## 4. 実験結果及び考察

しわ試験機を用いて試料に任意のしわを付け、様々な状態のしわ画像を作成した。作成した各しわ画像は、検査員 4 名による目視判定 (1~5 級) と画像解析により評価し、両者の対応からしわ等級 (1~5 級) 予測のための評価式を作成した。

作成した 30 種類のしわ画像 (1 級 8 枚, 2 級 5 枚, 3 級 8 枚, 4 級 4 枚, 5 級 5 枚) の目視判定値とフラクタル次元による画像解析結果の関係を図 3 に示す。

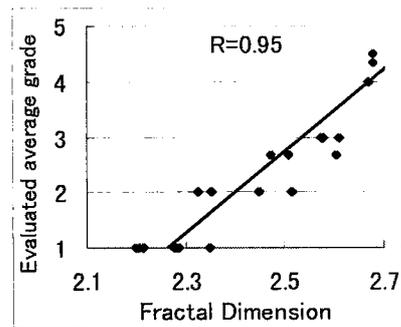


Fig3. Relation between F-dim and average grade evaluated by the inspectors

図 3 より、しわ画像のフラクタル次元は目視判定の結果と高い相関がみられた。そこで、図 3 の回帰直線をフラクタル次元による等級予測式として用いた (式 (1))。また、しわの稜線の総延長と目視判定等級の間にも高い相関 (R=0.93) が得られたため、この関係式 (式 (2)) をしわ稜線長による等級予測式とした。

$$\text{予測等級} = 0.973 \times (\text{フラクタル次元}) + 15.5 \dots (1)$$

$$\text{予測等級} = -0.573 \times (\text{しわ稜線長}) + 5.55 \dots (2)$$

そして、新たに 30 枚のしわ画像を用意し、画像解析を行った。その解析結果を式 (1)、式 (2) に代入し、画像の等級を予測した。その結果、フラクタル次元による予測値と目視判定値の相関係数は R=0.93、しわの稜線長では R=0.96 という高い相関を得た。よって、本研究で用いた手法は有効な手法であると考えられる。

# 蚕の生体計測システムの開発

森川英明<sup>1</sup>・三浦幹彦<sup>1</sup>・岩佐昌征<sup>1</sup>・金勝廉介<sup>2</sup>・木口憲爾<sup>2</sup>・中沢賢<sup>3</sup>

信州大学 繊維学部 <sup>1</sup>繊維システム工学科, <sup>2</sup>応用生物科学科, <sup>3</sup>機能機械学科

歩行や摂食, 吐糸営繭など, 蚕の行動に伴う筋肉の動きや, 飼育時の体調変化に関する工学的計測法について検討を進めている. これまでに生体用の電極およびバイオアンプを用いた計測システムを構築し, これによって蚕の筋電位を計測可能なことが確認されている.

本報では, 蚕の心臓部にあたる背脈管の動きに注目し, 体液を送るための背脈管の脈動現象と環境温度との関係を調べるために計測を行った.

## 材料と方法

背脈管は, 蚕の体液循環を行う器官で, 蚕体背部正中腺に沿って前後に走る細管である. 5 齢期における蚕の背脈管の脈動周期は, 一般的に室温 21~22°C の状態において一分間に 40~50 回とされている(森ら, 1970). 本研究では, 蚕の生体情報を工学的に計測する方法の一つとして, 蚕体表面における電位計測法の検討を行い, 背脈管に近接した体表面 2 点における電位と室温との関連性について検討を行った.

蚕体表面での電位変化を計測するため, 計測システムを作製した. システムの構成を Fig. 1 に示す. 蚕体表面には Ag/AgCl 粘着性薄型電極を取り付け, シールド線により生体アンプ側に接続する. 生体アンプで増幅された信号は A/D 変換ボードを介してコンピュータに取り込んだ後, データファイルとして保存される. 得られたデータは, フーリエ変換やフィルタリング機能を用いて解析を行うことによ

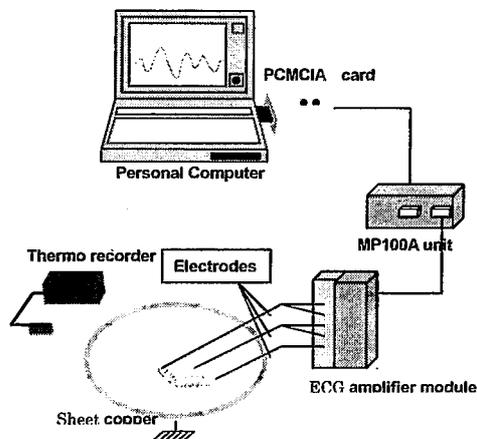


Fig. 1 Configuration of measurement system on surface potential generated

り, 行動特性等との関連性を検証する.

今回の実験には, 日 142×支 142 の蚕品種を用いた. 5 齢期の蚕の背部 2 点(第 5 体節, 第 8 体節)に Ag/AgCl 電極を設置し, 体表面における微弱電位を計測した.

## 結果と考察

得られた体表面電位は一定の周期的変動を持っていることがわかった. さらに電位信号の周期性を調べるためスペクトル解析を行った(Fig. 2). その結果, 室温 21°C では約 35 回/分, 25°C では約 44 回/分, 27°C では約 50 回/分の変動が確認でき, 目視による背脈管の脈動回数とほぼ一致していることが知られた. この結果から, 本計測システムにより背脈管の脈動状態を連続的に計測できていることがわかった. 今後は, 脈動の周期的変化について解析を進め, 基準となるデータを得ると共に, 環境変化に伴う背脈管脈動現象の変化について解析を進める予定である.

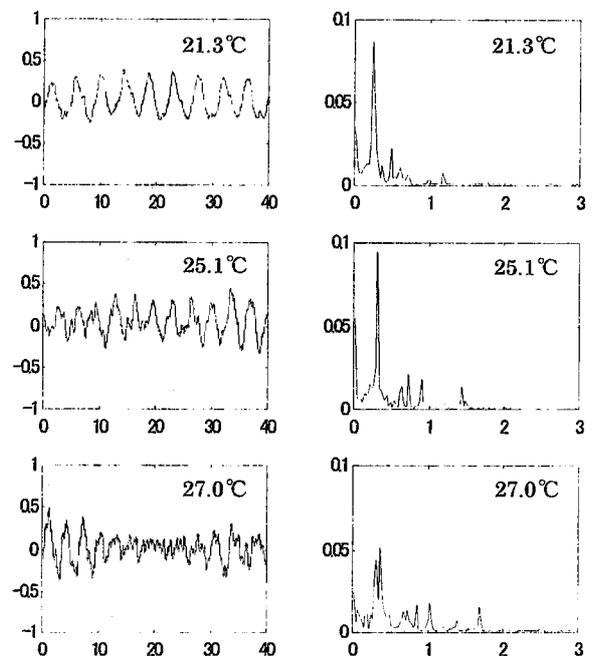


Fig. 2 Output voltage being in time domain and power spectrum in the frequency domain, when environmental temperature is 21.3°C, 25.1°C, and 27.0°C respectively.