

## 実繰下における解じょ張力の計測とその煮繭条件および繰糸 成績との関係

誌名	日本蠶絲學雜誌
ISSN	00372455
巻/号	642
掲載ページ	p. 142-149
発行年月	1995年4月

## 実繰下における解じょ張力の計測とその煮繭 条件および繰糸成績との関係

但馬文昭<sup>1)</sup>・木下晴夫<sup>2)</sup>・渡瀬久也<sup>3)</sup>

1) 横浜国立大学教育学部

2) 蚕糸・昆虫農業技術研究所

3) 長野県情報技術試験場

(1994年6月15日 受領)

FUMIAKI TAJIMA<sup>1)</sup>, HARUO KINOSHITA<sup>2)</sup> and HISAYA WATASE<sup>3)</sup>: Measurement of dissociating tension with an automatic reeling machine and study on the relationships of tension to the cocoon cooking and reeling.

As the dissociating tension was considered to be an index for the state of cooked cocoons, a tension detector was constructed and the tension was measured using an automatic reeling machine. Although the spectrum of dissociating tension mainly had D.C. components and low frequency components, it also included considerably high frequency components. Consequently the detector should be sensitive to high frequency components to measure the mean and variant values of tension. The values were then subjected to the Principal Component Analysis to find the relationships between the cocoon cooking conditions and reeling. The conditions of cocoon cooking were thus found to be controllable in order to improve reelability and cleanness defects. 1) Faculty of Education, Yokohama National University, Hodogaya-ku, Yokohama 240; 2) National Institute of Sericultural and Entomological Science, Owashi, Ibaraki 305; 3) Information Technology Research Institute of Nagano Prefecture, Matsumoto, Nagano 399.

Key words: cocoon dissociating tension, tension detector, high frequency components, cocoon cooking conditions, reelability

解じょ張力を計測し、煮繭条件および繰糸成績との関係を分析することにより、繭の煮熟状態の推定

と制御が行われ(中川, 1950; 高林・細川, 1984, 1985, 1986), その重要性が示されている。木下ら(1993)の報告では、繰糸機において解じょ張力の平均値, 分散を求めることにより, 多項目の繰糸成績を測定することなく繰糸状態や繭の煮熟状態をある程度推定できることが指摘されている。このこと

1) 〒240 横浜市保土ヶ谷区常盤台 156

2) 〒305 つくば市大わし 1-2

3) 〒399 松本市野溝西 1-7-7

は、製糸工程の自動化を進める上で重要であると考  
えられる。

一方、解じょ張力を計測するためには検出器が必  
要である。この検出器は張力の平均値および変動の  
周波数成分を測定できる必要があり、市販のものは  
その構造から10 Hz程度までしか測定できないため、  
対応が不能であった。そこで、本研究では、約500  
Hzまで測定可能な検出器を作製し、繰糸実験の解  
じょ張力測定に使用し、その周波数成分分析を行っ  
た。さらに、解じょ張力の平均値・分散および繰糸  
成績・煮繭条件との関係を回帰主成分分析（奥野ら、  
1976）の手法を用いて検討した。

報告に先立ち、実験設備の使用および実験に当  
たりご指導・協力いただいた蚕糸・昆虫農業技術研  
究所松本支所製糸試験部西出照雄部長（当時）、同部  
製糸システム技術研究室高林千幸室長（当時）並び  
に同部の皆様に深謝する。

材料と方法

解じょ張力の検出器：燐青銅による片持ちはりに  
歪みゲージを2枚（KFG-5-120-C1-16、共和電業  
製）を貼付する2枚ゲージ法（実践教育研究会、  
1986a, b）に基づいて解じょ張力の検出器を作製し  
た。その外観を Fig. 1 に示す。検出器の性能は、  
その固有振動数と糸の張力に対する歪み量により決  
定される。図示した片持ちはりの歪み量  $y$  (m)  
および固有振動数  $f$  (Hz) は次の2つの式で表さ  
れる（実践教育研究会、1986a, b）。

$$y = \frac{4 w l^3}{E B H^3} \quad 1)$$

$$f = 0.5074 \frac{H}{L^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad 2)$$

ここで、 $w$  (kg) は糸の張力である。 $E$  (kg/m<sup>2</sup>)  
はヤング率であり、 $\rho$  (kg/m<sup>3</sup>) は密度である。 $E$   
および  $\rho$  は片持ちはりの材料により決まる定数で  
ある。その他  $l$ ,  $B$ ,  $H$ ,  $L$  は図中の検出器にお  
ける片持ちはりに関係する寸法 (m) である。1), 2)  
式から  $f$  を高くするためには  $L$  を小さくし、 $H$  を大  
きくすればよいが  $y$  が小さくなり、検出器の歪み  
ゲージの出力電圧の低下を来す。一方、測定できる

周波数  $f_s$  と  $f$  については片持ちはりの固有振動の  
影響を防ぐため、一般的に  $f_s < f/3$  とされる。こ  
れらのことを考慮して、本研究では  $f_s = 500$  Hz、  
すなわち  $f = 1.5$  kHz として Fig. 1 に示す検出器  
を作製した。

解じょ張力の計測システム：作製した張力検出器  
を使用して計測した解じょ張力信号の収集システム  
の構成を Fig. 2 に示す。図において検出器の出力  
はストレインアンプ（DPM-603A、共和電業製）  
により増幅され、ローパスフィルタ（カットオフ周  
波数100 Hz、減衰特性、12 dB/oct）および A/D  
変換器（AD12-8T、コンテック製）を介してパー  
ソナルコンピュータ（PC-9801FA、日本電気製）  
に入力される。このとき、サンプリング周波数は

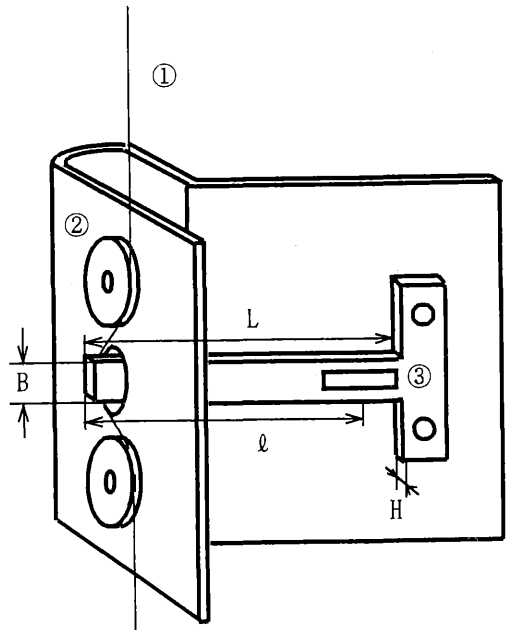


Fig. 1. Appearance of the tension detector. ① Silk thread, ② pulley, ③ cantilever-shaped elastic plate with strain gages on both sides. B, width of cantilever part of the plate; L, length of the cantilever part; l, length from center of the strain gages to the end of the cantilever part on the plate; H, thickness of the plate.

300 Hz とし、繰糸開始後、定常状態である約20分間の2糸条の解じょ張力の平均値、分散を求めた。なお検出器の取り付け位置は集緒器の直上とし、で

Table 1. Conditions of cocoon cooking.

Factor	Level-		
	1	2	3
Retting part (°C)	20	20	20
Steaming part (°C)	70	70	70
Permeating part (°C)	60	60	60
Pressure of water head (mmAq.)	10	30	50
Adjustment part (°C)	92-82-70	92-82-70	92-82-70

きるだけ煮熟繭に近い位置での計測により、ケンネルによる張力への影響を防止した。この意味からも本研究では解じょ張力としている。

さらに、高速フーリエ解析法 (FFT) に基づく解析ソフトウェア (LABTECH NOTEBOOK, コンテック製) を使用して実験時にデータレコーダー (RTP-50A, 共和電業製) に記録した解じょ張力信号についてスペクトル解析を行った。

原料繭と煮熟条件: 供試原料繭には平成4年産春繭 (春月×宝鐘) を使用した。煮熟条件は実験計画法  $L_{27}$  直交配列に従って Table 1 に示す因子および水準を定めた。また、煮熟機は蚕試式強制循環型進行式煮熟機を使用し、煮熟用水には水道水を用い、蒸煮部水頭圧は蒸気圧とした。煮熟時間は20分、逆浸部温度は45°C で一定とした。

繰糸条件: 繰糸機には日産 FR 型繰糸機を使用し、索緒温度77°C, 繰糸温度40°C, 小枠回転速度165 rpm で一定とした。

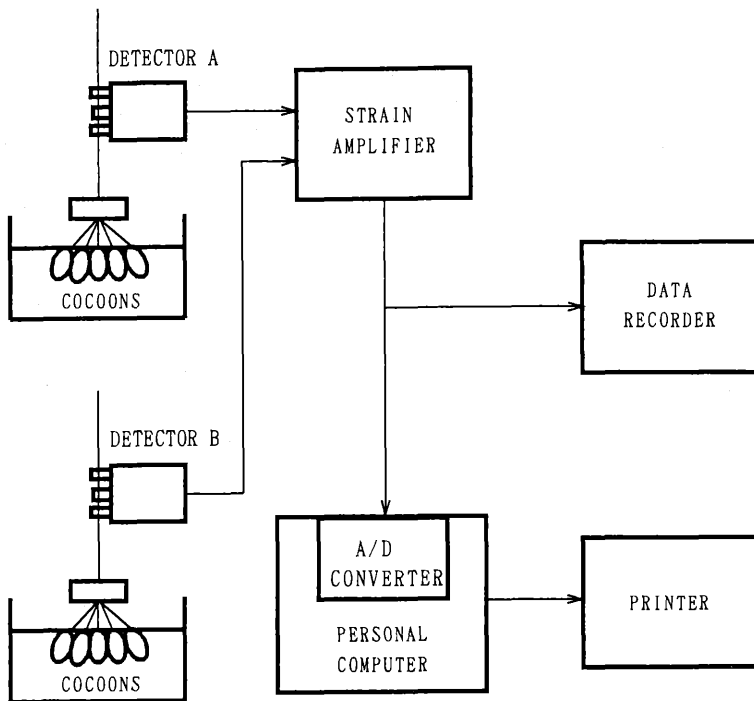


Fig. 2. Block diagram of the measurement system for dissociating tension.

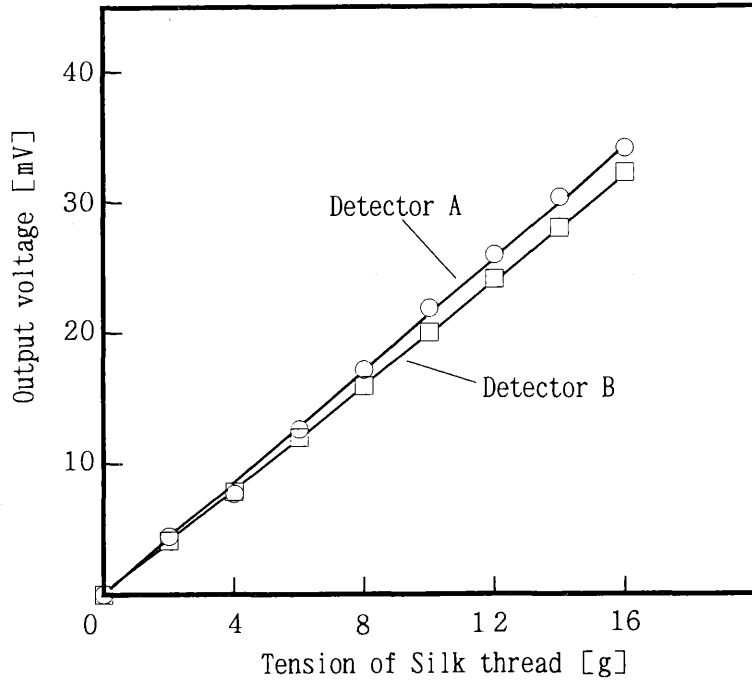


Fig. 3. Relation between dissociating tension and output voltage of the tension detectors.

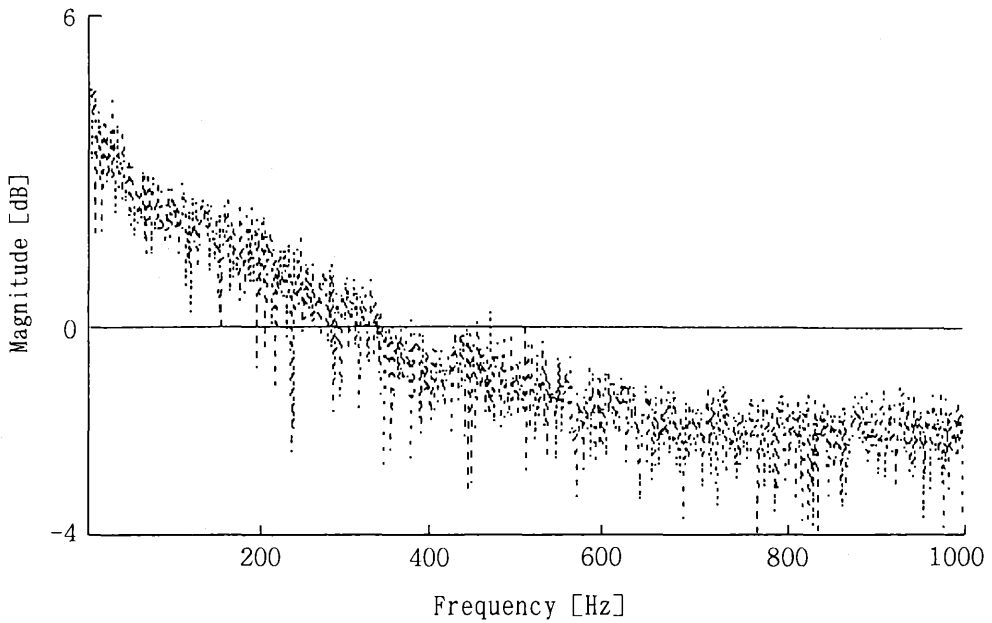


Fig. 4. Power spectrum of dissociating tension.

## 結果と考察

## 検出器の特性と解じょ張力のスペクトル分析

検出器の張力と出力電圧の関係を Fig. 3 に示す。これによると、張力と検出器の出力電圧はほとんど直線的な関係を示している。ヒステリシスも測定誤差0.5%以下と良好な結果が得られた。

次に、解じょ張力のパワースペクトル解析の結果の一例を Fig. 4 に示す。これによると、50 Hz 以下の 0 Hz に近い低周波成分にピークがみられる。このような傾向はスペクトル分析を行った他の箇所でも同様であった。このことから、解じょ張力のスペクトルは周波数300 Hz 以下の領域では直流成分または300 Hz 以下の直流成分に近い低周波成分を強く有していると推定される。しかし、100 Hz 以上の周波数成分はローパスフィルタにより抑えられていることから、必ずしも周波数成分として十分小さいとは断定できない。このことから、300 Hz 以上の周波数成分の存在も考慮する必要があると考えられる。従って、解じょ張力の平均値、分散を測定する検出器はできるだけ高い周波数まで測定できる性能が必要であると結論した。

さらに、周波数成分の要因について考察を加えると、生糸を巻き取る小枠枠かどによる張力変動が考

えられる。枠かどは10個あり、回転速度は165 rpm であることから27.5 Hz を第1次高調波成分として順次減衰しながら高い周波数成分まで及んでいると考えられる。

なお、本検出器は500 Hz まで測定可能として設計されているが、解析ソフトウェアの都合上500 Hz 以上のスペクトル部分も示されている。

## 回帰主成分分析による解じょ張力と繰糸成績

1) 煮繭条件パターンへの解じょ張力の寄与率の分析: 実験計画法  $L_{27}$  に基づく27回の煮繭・繰糸実験結果について、Table 2 に示す煮繭条件  $x_i$  ( $i=1, 2, \dots, 5$ ), 繰糸成績  $y_j$  ( $j=1, 2, \dots, k; k=8, 10$ ) を変数として回帰主成分分析を行った。その結果、得られた煮繭条件パターンと繰糸成績の関係(偏回帰係数列) およびパターンの寄与率を Table 3 および Table 4 に示す。ここで、煮繭条件パターンとは煮繭条件を成分に持つ互いに独立な主成分をさす。なお、煮繭条件パターンは木下ら(1980)による温度パターンを拡張したものであり、煮繭条件には温度以外の項目も含んでいる。これは実験で使用した煮繭機の蒸煮部が温度でなく水頭圧により煮繭条件の設定を行う機種であることによる。

Table 3 および 4 において  $k=8$  は解じょ張力

Table 2. Variable  $x$  on cocoon cooking conditions and  $y$  on reeling records.

Cocoon cooking	Variable $x$	Reeling records	Variable $y$
Retting part	$x_1$	Groping and picking ends efficiency	$y_1$
Steaming part	$x_2$	Length of cocoon filament	$y_2$
Permeating part	$x_3$	Reelability percentage	$y_3$
Pressure of water head	$x_4$	Brushing waste percentage	$y_4$
Adjustment part	$x_5$	Weight of yoshin	$y_5$
		Break down of reeling thread	$y_6$
		Number of slugs	$y_7$
		Number of long loops and loose ends	$y_8$
		Mean value of dissociating tension	$y_9$
		Dispersion of dissociating tension	$y_{10}$

を繰糸成績に含めない場合を示し、 $k=10$ は解じょ張力の平均・分散を含めた分析結果を示している。Table 3の  $k=8$  において、第1煮繭条件パターン  $Z_1$  の寄与率は16.1%で最も高く、第2煮繭条件パターン  $Z_2$  が3.6%、第3煮繭条件パターン  $Z_3$  が1.4%である。これに対して、Table 4の  $k=10$  のときは第1煮繭条件パターン  $Z_1$  の寄与率は18.2%と大きくなっている。 $Z_2$ 、 $Z_3$  のそれはほとんど変化していない。これは、Table 4より解じょ張力の平均値および分散と  $Z_1$  との相関が他の繰糸成績と比較して大きいことによるためと解釈することができる。従って、 $Z_1$  と相関の大きい繰糸成績は解じょ張力によって推定することが可能であり、 $Z_1$  と煮繭条件の関係に基づいて制御できると考えられる。

2) 解じょ張力と繰糸成績の関係: Table 3とTable 4の各煮繭条件パターンの係数列を比較すると、解じょ張力を追加することによる他の繰糸成績の係数列に関して大きな変化はみられない。このことから解じょ張力を繰糸成績に追加しても解じょ張力を除く繰糸成績と煮繭条件パターンとの関係にほとんど影響を与えないと判断される。また、1)の結果を勘案して考察すると、解じょ張力はほとんど  $Z_1$  のみに関係していると解釈できる。

次に解じょ張力と個々の繰糸成績について考察する。Table 4において  $Z_1$  との相関が大きい繰糸

成績は順に解じょ率、索抄緒効率、糸故障回数、生糸糸長であり、これらは解じょ張力、とくにその平均値との相関が大きいと推定される。このような関係については木下ら (1993) の報告と概ね一致している。

節成績について本研究では試みにずる節とわ・さけ節成績に分けて分析を行った。Table 4より節成績 ( $y_7$ ,  $y_8$ ) は他の繰糸成績と比較して煮繭条件パターンとの相関がそれほど大きくないことが分かる。

煮繭条件パターン  $Z_1$ ,  $Z_2$  の意味は3)で詳しく検討するが、次のように解釈される。 $Z_1$  を小さくすることは繭の煮熟度を抑制することであり、 $Z_2$  を小さくすることは繭層の含水率の調和を図りながら若干、繭の熟度を上げることである。

このことを考慮して節成績と煮繭条件パターンとの関係を分析すると、ずる節は  $Z_1$  との相関が大きく、わ・さけ節は  $Z_2$ 、次いで  $Z_1$  との相関が大きい。従って、 $Z_1$  を小さくするとずる節、わ・さけ節成績共に改善される傾向にあるが、わ・さけ節減少の効果は小さいと推定できる。一方、 $Z_2$  を小さくすればわ・さけ節は改善されるが、ずる節はほとんど影響を受けないと推定される。このことは、従来からいわれている「ずる節は煮熟度を下げ、わ・さけ節は熟度を上げて改善する」という経験則と概ね一致していると考えられる。しかし、解じょ張力

Table 3. Regression coefficients on components of reeling records for  $k=8$ .

y-variable	Condition pattern		
	$z_1$	$z_2$	$z_3$
$y_1$	0.508	-0.088	-0.032
$y_2$	0.406	0.081	0.134
$y_3$	0.547	-0.127	0.181
$y_4$	-0.375	0.054	0.152
$y_5$	0.284	-0.257	-0.116
$y_6$	-0.465	-0.238	-0.012
$y_7$	-0.252	0.103	0.092
$y_8$	-0.256	-0.352	0.117
Contribution ratio (%)			
	16.1	3.6	1.4

Table 4. Regression coefficients on components of reeling records for  $k=10$ .

y-variable	Condition pattern		
	$z_1$	$z_2$	$z_3$
$y_1$	0.497	-0.047	0.138
$y_2$	0.406	0.100	-0.031
$y_3$	0.569	-0.101	-0.037
$y_4$	-0.358	0.013	-0.172
$y_5$	0.275	-0.189	0.197
$y_6$	-0.436	-0.278	-0.061
$y_7$	-0.254	0.072	-0.080
$y_8$	-0.213	-0.390	-0.083
$y_9$	-0.645	-0.030	0.308
$y_{10}$	-0.404	0.270	0.041
Contribution ratio (%)			
	18.2	3.7	2.0

により節成績を推定し、改善することは  $Z_1$  との相関関係から主としてずる節の改善への効果が大であると考えられる。

3) 解じょ張力と煮繭条件の関係: 各煮繭条件パターンと煮繭条件の関係(煮繭条件パターンの成分)を Table 5 および Table 6 に示す。Table 6 は解じょ張力を含めないときの結果であり Table 6 は解じょ張力を含めた結果である。両者を比較すると、 $Z_1$  においては解じょ張力を含めることにより  $x_1, x_3, x_5$  成分が小さくなり、 $x_2$  成分が大きくなっている。このことから触蒸部温度  $x_2$  と  $Z_1$  との相関がさらに大きくなっていることが分かる。 $Z_2$  においては  $x_1, x_4$  との相関が大きくなり、 $x_2, x_3, x_5$  との相関が小さくなっている。 $Z_3$  においては  $x_2, x_5$  との相関が大きくなり、 $x_1, x_3, x_4$  との相関が小さくなっている。ただし、煮繭条件パターンの成分において、符号の変化を伴う大きな変化は  $Z_1, Z_2$  では  $Z_3$  に比較して小さいと判断される。

Table 6 より、 $Z_1$  は触蒸部温度との相関が非常に大きく、次いで調整部温度との相関が大きいことが知られる。従って、 $Z_1$  を小さくすることは触蒸部および調整部温度を下げることを意味することから、繭の煮熟度を抑制するための操作であると解釈される。一方、 $Z_2$  は浸漬部温度次いで浸透部温度との相関が大きい。従って、 $Z_2$  を小さくすることは浸漬部次いで浸透部の温度を下げることを意味することから、繭層への含水率の調和を図りながら多少繭の熟度を上げるための操作と解釈される。

Table 5. Components of condition pattern on cocoon cooking for  $k = 8$ .

Conditions of cocoon cooking	Condition pattern		
	$z_1$	$z_2$	$z_3$
$x_1$	0.197	0.797	-0.427
$x_2$	0.835	-0.201	0.259
$x_3$	0.202	0.512	0.628
$x_4$	0.054	0.134	-0.298
$x_5$	0.470	-0.213	-0.517

4) 解じょ張力による煮繭条件の制御: すでに示したように  $Z_1$  と解じょ張力、とくに平均値の相関が大きいことから煮繭条件の触蒸部温度、次いで調整部温度と解じょ張力(とくに平均値)の相関が大きいと推定される。また、 $Z_1$  と索抄緒効率との相関が大きいことから索抄緒効率と解じょ張力との相関が大きいと考えられる。従って、解じょ張力を計測することにより Table 6 に示された煮繭条件パターン  $Z_1$  と煮繭条件の関係に従って触蒸部温度および調整部温度を調整することにより解じょ率および索抄緒効率を改善できると考えられる。

具体的には、例えば解じょ率を改善するためには  $Z_1$  を大きくすること、すなわち解じょ張力(とくにその平均値)を小さくすればよい。 $Z_1$  を大きくするためには Table 6 から触蒸部温度次いで調整部温度を高くすればよいと考えられる。このような制御のシステム化については但馬ら(1993)に示されている方法により可能と考えられる。

以上から、解じょ張力の平均値、分散を測定し、繰糸成績に組み入れることにより、繭の煮熟状態や繰糸成績(とくに、解じょ率、索抄緒効率)を推定し、煮繭条件パターンとの関係に基づいて制御できる可能性が見出されたと考えられる。

なお、解じょ張力平均値および分散の検出器としては十分高い周波数応答性が必要であると述べた。しかし、本研究において作製した解じょ張力の検出器を使用しても十分な解じょ張力と繰糸成績および煮繭条件との関係を得ることができたと考えられる。従って、本検出器のように計測できる周波数の上限が500 Hz 程度でも十分であると思われる。

Table 6. Components of condition pattern on cocoon cooking for  $k = 10$ .

Conditions of cocoon cooking	Condition pattern		
	$z_1$	$z_2$	$z_3$
$x_1$	0.135	0.831	0.063
$x_2$	0.927	-0.152	-0.301
$x_3$	0.146	0.448	-0.129
$x_4$	-0.003	0.271	0.233
$x_5$	0.318	-0.114	0.913



## 摘 要

解じょ張力は煮繭における繭の煮熟状態を推定するための指標の一つとなると考えられる。そこで、繰糸機において解じょ張力を計測するための検出器を作製し、繰糸実験において解じょ張力を計測して、その周波数成分分析を行った。その結果、解じょ張力のスペクトルは直流成分または低周波成分を主としているが、比較的高い周波数成分まで含んでいることが明らかとなった。解じょ張力の平均値、分散の計測用の検出器はできるだけ高い周波数応答性を有する必要があった。さらに、計測して得た解じょ張力の平均値、分散および各種繰糸成績と煮繭条件の関係を回帰主成分分析に供した。その結果、煮繭条件と繰糸成績および解じょ張力との関係を用いることで煮繭条件パターンを明らかにし、解じょ張力の平均値および分散から解じょ率、節成績改善のための煮繭条件制御規則を導出できる可能性を提示した。

## 文 献

実践教育研究会 (1986a): 機械工学基礎実験, 基礎

編, pp. 87-93, 工業調査会, 東京.

実践教育研究会 (1986b): 機械工学基礎実験, 試験編, pp. 57-66, 工業調査会, 東京.

木下晴夫・菅沼よし・渡瀬久也 (1980): 煮繭のシステム化に関する研究Ⅱ. 温度パターンによる煮繭の最適化について. 日蚕雑, 49, 352-358.

木下晴夫・但馬文昭・宮島たか子・嶋田恵美 (1993): 煮繭のシステム化に関する研究—繰糸張力を指標とする最適煮繭条件設定への試み—. 糸絹研誌, 2, 1-6.

中川房吉 (1950): 繰糸張力. 蚕糸局技術改良課技術資料, (23), 67.

奥野忠一・芳賀敏郎・矢島敬二・奥野千恵子・橋本茂司・古賀陽子 (1976): 統多変量解析法, p. 229, 日科技連, 東京.

高林千幸・細川 明 (1984): 繰糸工程における繭糸の解じょ張力発生機構のシミュレーションによる検討. 農機誌, 45, 499-505.

高林千幸・細川 明 (1985): 繭糸の解じょ張力による繭の煮熟状態計測装置の開発. 農機誌, 46, 511-519.

高林千幸・細川 明 (1986): 製糸工程における繭の煮熟状態の計測制御実験. 農機誌, 47, 435-442.

但馬文昭・木下晴夫 (1993): ファジィ推論による煮繭工程の温度制御. 糸絹研誌, 2, 7-11.