

# 三浦幹彦・森川英明

目的別テーマ：新規繊維製品の生産

研究テーマ

15-6-5：3D ビジョンを利用した繊維生産技術に関する研究

## ABSTRACT

*There are many valuable silk-related skills in Japan that must be preserved and passed on to the next generation. However, some of them have already become extinct because of the shortage of skilled workers. This research is aimed at finding out skilled workers' know-how from the statistical analysis of the workers' motions, making a software system for learning those traditional skills by using 3-D vision technology. Focusing on the production of Yuki tsumugi, one of Japan's traditional silk fabrics, we measured weavers' motions using the Motion Cap System, analysing the process. This revealed a lot of technical know-how for Yuki tsumugi production with high quality.*

## 研究目的

日本の産業構造の変化とともに、伝統的な織物製造技術に携る技術者がいなくなり、その貴重な技術が失われつつある。特に、絹関連産業においては、この傾向が著しい。こうした技術の中には、新しい創造的な技術への足がかりを与えてくれると思われるものが少なくない。そこで、本研究では、日本の伝統的な繊維製品製造に関わる熟練技術者の作業を三次元測定し、その動きを統計的に解析することにより技術のノウハウの抽出を行う。また、この解析をもとに製造技術を三次元 CG で再現し、技術を次の世代に伝えるためのシステム作りを行う。特に、日本古来の貴重な織物技術が現在でも守り伝えられている結城紬の製造過程に焦点をあて、伝統技術後継者の育成に役立てるために、その特性を数量的に把握することで、技術のポイントを明らかにする。また、製品である結城紬の特性について各種の測定と解析を行い数理科学的な立場からその特性を明らかにすることを目的とする。

## 5 年間の研究内容と成果

### 1. 糸つむぎ動作の解析

結城紬用のつむぎ糸の作成作業の特性を明らかにするため、作業者にサイバークロップを装着してもらい、作業中の各指の動きを測定した。熟練者 A,B, 初心者 C,D 各 2 人ずつ計 4 人の作業動作を採取した。また、サイバークロップの測定と合わせて、動作をビデオとモーションキャプチャシステムを用いて測定した。

糸つむぎ動作の繰り返しに見られる特徴を見るため Cyber Glove のデータから自己相関関数を求めた。

この結果、1 回の糸つむぎに要する平均時間は、作業者 A、0.8 秒、作業者 B、1.4 秒、作業者 C、1.4 秒、作業者 D、1.6 秒であった。作業者 A は他の作業者に比べ、約 2 倍早さで糸つむぎを行っていた。また、初心者 C の自己相関係数は小さくほとんど周期性が見られなかったのに対して、作業者 A、B に強い周期性がみられた。この結果、熟練者が糸つむぎ動作を一定の周期リズムを持って行っていることが明らかになった。

### 2. 結城紬製織過程の解析

作業者の機織動作（図 2）の特徴を探るために正面と側面からのモーションキャプチャーによる三次元測定を行った。作業者の下半身は織機に覆われモーションキャプチャーでは測定できないため、ビデオを用いて動作撮影を行い三次元データに変換した。モーションキャプチャーの周波数は 120Hz に設定した。解析結果の一部を図 3 に示した。各作業者の肘角度を見た場合、「杼打ち」では 90 度前後、「箆打ち」では 110 度前後と「杼打ち」と「箆打ち」で約 20 度の差が表われていた。これは「杼打ち」では、上体を使って打ち込んでいるのに



図 1 糸つむぎ作業

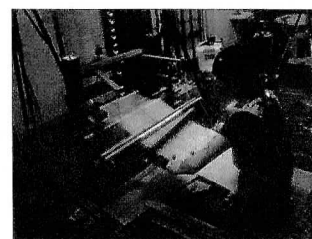


図 2 機織作業

対し、「箆打ち」の箆は、たて糸の上を滑らすことで、重量が片手で打ち込めるほど軽く、作業者が上体をあまり使わずに打ち込みを行っているためであると考えられた。

作業員 A~D の背中の曲げ角度の変化を図 3 に示した。この図から、作業員 A と C は角度の変化幅が少なく安定した状態で作業を行い、作業員 D は「杼打ち」「箆打ち」動作に関係なく角度の幅が大きく、上体が前後に傾いていることがわかる。また、作業員 D は「杼打ち」「箆打ち」の動作において前後に大きく身体が動き、大きく上体を傾けて作業していることがわかった。

「杼打ち」「箆打ち」の動作の場合、背中の曲げ角度は、作業員 C と D は 150 度前後、作業員 A と B は 160 度前後と後者の方が 10 度程度高くなっていた。これは、熟練者 A,B が初心者 C,D よりも製織歴

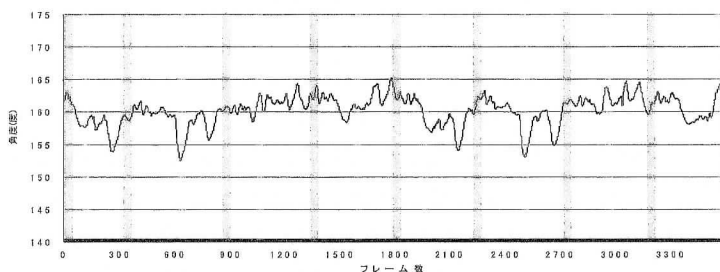


図 3 熟練者 A の背中の曲げ角度

が長く、「杼打ち」「箆打ち」の作業において、しっかり糸を張る意識を持っているためだと考えられた。

### 3. 結城紬における製織熟練度と織物品質および生産性との関係

作業中の打ち込み時に働く力を検証するため、腕の筋肉の中でも収縮時に活躍する左右の上腕二頭筋の表面筋電位の測定を行った(図4)。測定はサンプリング周波数30Hzで、測定時間は2分間、サンプル数3600個とした。この結果、熟練者はA,Bは共に杼打ち込み時に大きなピークが見られ、箆打ち込み時においても若干のピークが出現した。杼を打ち込むときは、両手を使うため両手の筋電位に、箆を打ち込むときはほとんどが片手で操作するため片手の筋電位にピークが出現した。また、熟練者 A より熟練者 B の方が瞬間的な放電が多く、特に杼打時間にその傾向が強く観察された。初心者 C,D の場合も打ち込み時にピークが出現したが、その大きさは熟練者に比べて小さかった。

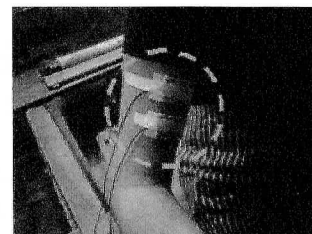
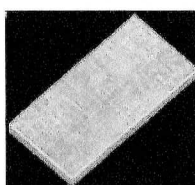


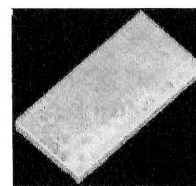
図 4 筋電位の測定

また、打ち込み時以外にもピークが出現したが、これは、打ち込みの間に、大きな杼を杼口に持っていく動作や、手を大きく動かしたときに他の筋の電位がノイズとして入るためであると考えられた。

次に、生産された紬の品質評価のために、紬織物を光学式スキャナで読み取り、その輝度情報について解析した。輝度情報を三次元表示した結果を図5に示した。また、画像の輝度を計測し、そのヒストグラムを作成するとともに平均値、標準偏差を求めた。ヒストグラムには熟練者と初心者の間に明確な違いはみられなかった。



熟練者A



初心者C

図5 紬表面の輝度の三次元表示

平均値を比較した場合、熟練者に対して初心者の方が大きかった。また、標準偏差では熟練者 A の場合が、他の技術者に比べてやや高いという結果が得られた。これは、熟練者 A は、強く安定した力で緯糸を打ち込み、初心者 C は緯糸の打ち込む力が弱く、不安定であるためと考えられた。さらに、各作業員に対して、輝度断面の自己相関を求め、走査線上での輝度の周期性について検討した。その結果、熟練者には輝度に明確な周期が現れたのに対し、初心者には周期性が見られなかった。特に熟練者 A において自己相関係数の値が大きかった。