

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

中沢 賢、河村 隆、鮑 力民、黄 更生
信州大学繊維学部 機能機械学科 繊維システム工学科
柳生清秀、横山一夫
金井重要工業（株）金井研究開発室

1. 緒言

資源の有効利用、環境保全の面から繊維についてもそのリサイクルが必要と考えられ、布を反毛して得られる繊維屑から糸を紡ぐことが求められるが、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。現在一般に使用されている紡績機械は長い歴史の中で改良が重ねられ、高速、大量生産、高品質糸製造を実現しているが、粗悪不均質な原料の紡績や少量生産には向いていない。それに一番向いている紡績法は人の手紡ぎである。そこで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、それを規範とする手紡ぎロボットを開発することを目標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、これについて理論を構築し、装置を開発改良し、糸の撚率、糸の太さおよび制御張力の間の関係について理論、実験の両面から検討した結果を報告する。

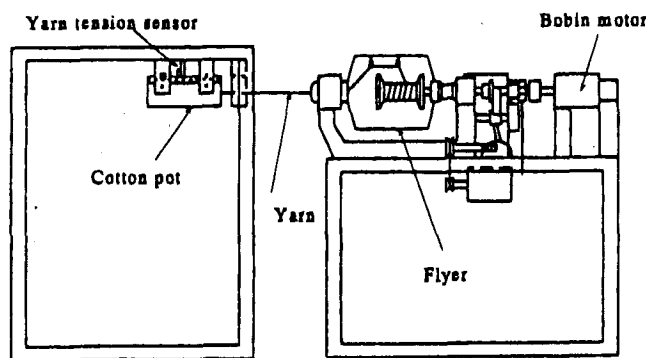


Fig.1 Construction of experiment apparatus

2. 手紡ぎ原理の機械システムへの応用

Fig.1に筆者等が開発した特殊糸形成装置（手紡ぎロボット）を示す。原料把持部（Cotton pot）は人の手紡ぎにおける原料把持手に相当する。糸への加撚はフライヤの回転により、巻き取りはフライヤとボビンの回転速度差により与えられる。手紡ぎの基本的な特徴はそれが加撚と延

伸を同時に行う一種のツイストドラフト紡績法であるということであり、それが糸の太さに関する自力安定制御機構を形成し、このことが難紡性材料の紡績を可能にしている。Fig.2に手紡ぎにおける原料把持部の力学的モデルを示す。

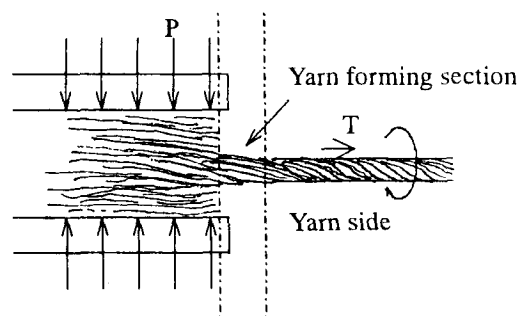


Fig.2 Schematic diagram of yarn forming section

3. 撚りと太さの理論

D. Cox, M. Hannah 等の撚り拘束力の理論や把持繊維引き抜きの理論を参考にして、Fig.2に示す糸形成における撚率 λ と太さ（直径） D の関係式を糸張力 T 、密度 ρ をパラメータとして求めた結果を示すと

$$\lambda = C_{t\lambda} \rho^{1/(2b)} / T^{1/2} \quad (1)$$

$$D = C_{td} \rho^{-1/(2b)} T^{1/2} \quad (2)$$

$$D\lambda = C_{t\lambda} C_{td} \quad (3)$$

ここで、 $C_{t\lambda}$ 、 C_{td} は ρ 、 D に独立な定数で、 b は繊維の物性と寸法、集合状態により定まる係数である。 ρ は把持圧力 P と次の関係がある。

$$\rho = a P^b \quad (4)$$

ここで、 a は繊維の物性と寸法、集合状態で定まる係数である。

式（1）～（3）より、 T を測定してそれが一定になるように λ と ρ を操作すれば、 D を直接測定しなくても D を一定に制御できることが分かる。もちろん式（3）の関係があるので、 D をリアルタイムでセンシングできれば、 λ を操作して D を制御することができる。人の手紡ぎでは、 D に撚り制御しているのか、あるいは T に撚り制御しているのか、はっきりしない。制御ルールの記述にはファジー推論ルールを用いた。 T のみを制御する場合にはルールは例えば次のようになる。「測定張力 T_i の張力制御目

標値 T_r に対する差 E あるいはその時間変化 ΔE が大きいときは、撚率 λ を減少させるよう、加撚速度を減少させるか、巻き取り速度を増加させる」

4. 実験結果と考察

張力 T を制御量に選び、 $T_r = 0.1 \text{ N}$ として紡績を行ったときの測定張力 T_i と糸の太さ D の時間変化の測定結果を Fig. 3 に示す。張力目標値を変えたときの糸の太さの変化の様相を Fig. 4 に示す。○、× はそれぞれ張力を制御量に選んだ場合、および張力、太さの両者を制御量に選んだ場合を示す。破線は式 (2) による理論値を示す。3 種の値は相互にかなり良い一致を示している。これより太さ張力いずれを制御量にとっても太さを制御することが可能であることが分かる。糸の太さを制御量に選び、目標値を 0.14 mm にしたときの測定張力と、測定太さの時間変化を Fig. 5 に示す。得られた糸の平均太さと撚率の関係を Fig. 6 に示す。

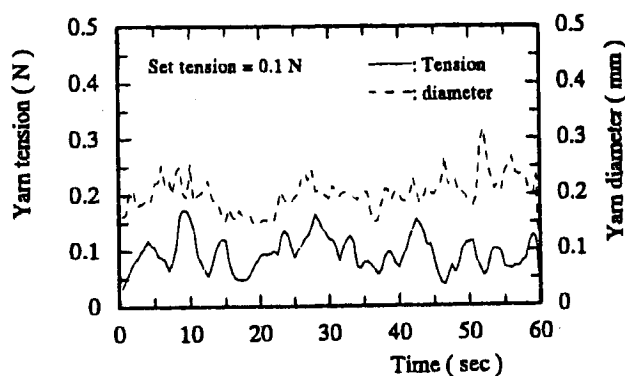


Fig. 3 Spinning by yarn tension control

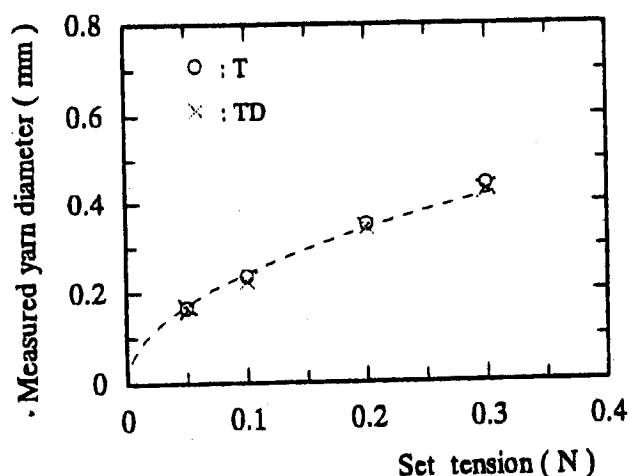


Fig. 4 Relation between set tension and mean yarn diameter

Δ は太さ制御による値、破線は式 (3) による理論値を示す。

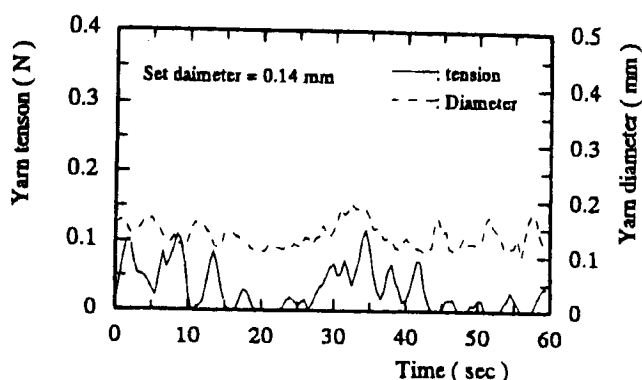


Fig. 5 Spinning by yarn diameter control

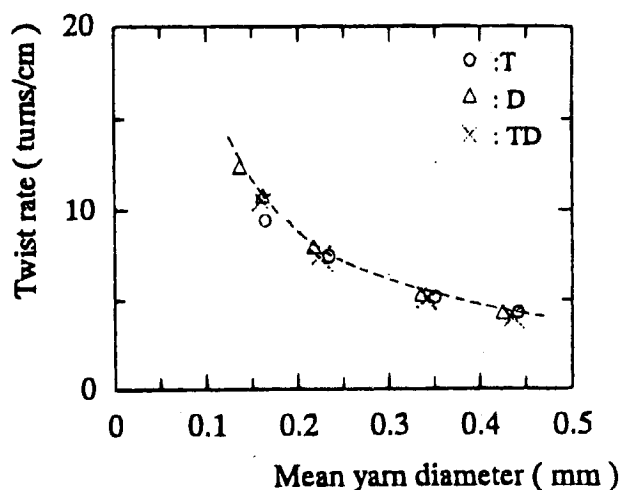


Fig. 6 Relation between twist rate and mean yarn diameter

5. リサイクル繊維への適用

通常自動車用フェルトに使用される反毛により得られた羊毛、アクリル、ポリエステル原料より糸が紡げること示した。また、綿炭化繊維 20% を含むアクリル繊維の混紡糸の紡績が可能であることを示した

6. 結論

人の手紡ぎを規範とする張力制御あるいは太さ制御の特殊機能糸の製造装置を製作しそれが実際に有効なことを示した。