

# 空気流利用による繊維工場の自動化とその支援技術に関する研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/16317">http://hdl.handle.net/2297/16317</a>

氏名	八田 潔
生年月日	
本籍	石川県
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博乙第211号
学位授与の日付	平成12年3月22日
学位授与の要件	論文博士(学位規則第4条第2項)
学位授与の題目	空気流利用による繊維工場の自動化とその支援技術に関する研究
論文審査委員(主査)	新宅 救徳(工学部・教授)
論文審査委員(副査)	北川 正義(工学部・教授) 上野 久儀(工学部・教授) 米山 猛(工学部・助教授) 喜成 年泰(研究科・助教授)

## 学位論文要旨

**Abstract** Demands for conjugate yarn such as covered yarn, spandex yarn wrapped with nylon yarn or cotton yarn spirally, are on the increase by various needs of consumers. But the shortage of hands is getting worse in small-scaled textile factories that manufacture covered yarn due to the rapid aging of workers, the chronic shortage of employees, and the change of manufacturing pattern.

In this study, the automation system is developed to automate the doffing operation for manufacturing covered yarn without large scale rearrangement of the main machine. Independently of the main machine, it is able to perform various works by mechanical apparatuses instead of human hands. Therefore, workers' operations are analyzed for manufacturing yarn, many pieces of apparatus are developed to realize automation, and control methods of autonomous vehicle embarked them are investigated.

On the other hand, spandex yarn used in the core of covered yarn is too thin and too elastic to handle. It is either hard to manipulate this yarn by mechanical method of automated apparatus, or to detect it by mechanical or optical methods. In this study, the usage of air-flow as the way to manipulate the spandex yarn is investigated, and the fundamental data for fluid dynamics are analyzed. Additionally, the practicability of the developed system for the actual factories is investigated synthetically.

### 1. 緒言

近年、消費者ニーズの多様化に伴い、細いスパンデックス糸を芯糸にナイロン糸や綿糸などを巻き付けたカバード糸など、複合糸の需要は増加の傾向にある。しかし、カバリングや撚糸など糸加工を行う中小規模の繊維工場では、機械本体の老朽化、従事者の急速な高齢化や慢性的な求人難、生産パターンの変化による人手不足が進んでいる。また、材料

糸や製品のスケールが小さく自動化機械では扱いにくいことや、規模の小さな工場が多く、経済的な理由から、糸の製造工程における諸作業はすべて人手により行われている。

本研究では、カバード糸製造工程の準備作業に着目し、機械本体に大幅な改造を加えることなくこれまで人手で行ってきた多くの作業を自動化するための台車型自動化システムを提案した。これらの作業は図1に示すように高い位置から低い位置ま

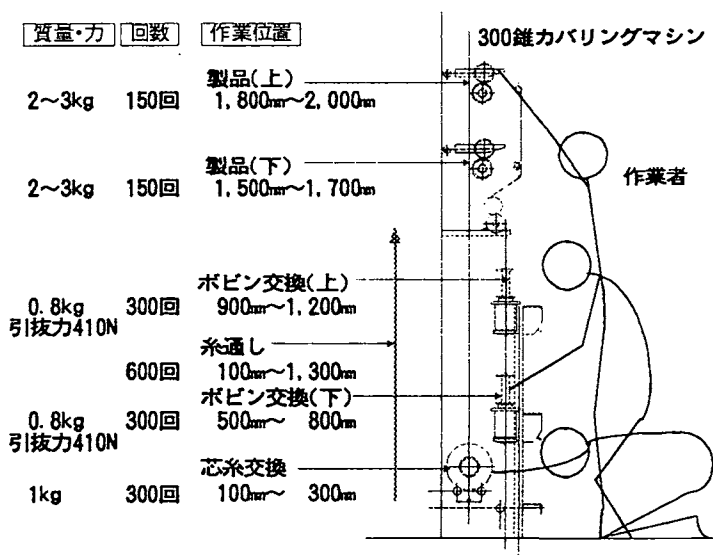


図1 カバード糸製造工程の各種準備作業

で広範囲にわたり、その回数も機械に装備されたスピンドルの数(100 ~ 600本)だけ行われるなど大変な重労働となっている。このため、準備作業を自動化する各種装置を開発し、それらを搭載して移動する台車の走行制御方法などについて検討した。一方、カバード糸の製造において、芯糸となるスパンデックスには高い伸縮性があり、その取り扱い人間でもかなり困難とされている。当然、自動化装置により機械的に把持したり操作することや、機械的・光学的な方法で検出することも極めて困難である。本研究では、作業の自動化において、このスパンデックス糸を操作する方法として空気流を利用し、そのために必要となる空気力学的な基礎解析を行った。加えて、本自動化システムの実用性についても総合的に検討した。

## 2. 準備作業の自動化

空気流を利用した糸端の受け渡し・中空スピンドルへの芯糸通しをはじめ、芯糸の交換、カバー糸の交換、製品の回収、材料・製品の運搬などカバード糸製造工程の各種準備作業を行う自動化装置を開発し、これらを載せて工場内を自由自在に動き回る自律型走行台車を開発した。特に、これまで作業者が針金を使ったり口で吸うなどして行っていた中空スピンドルへの糸通しは、図2のように、吹き出し流と吸い込み流を組み合わせることにより上下2本を一気に通すことが可能になった。また、表面を触ることのできない製品の回収方法や台車下方への移動、収納方法などについても検討した。一方、カバリングマシン上部で製品を支持しているクレードルについても、従来から使用されている片開き方式のものを自動化に対応した両開き方式に改良して比較検討し、図3のように構造が左右対称で左右アームの押しつけ力が均等でないものであれば実用上差異がないことを確認した。

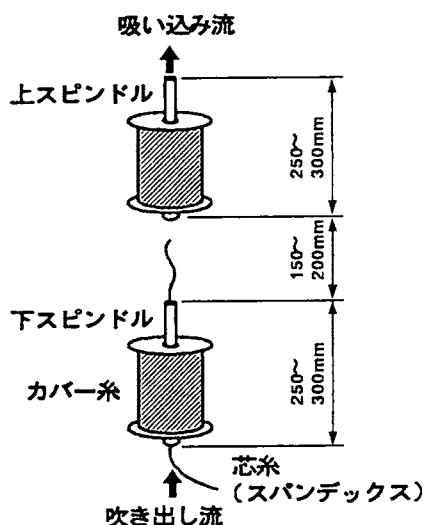


図2 自動芯糸通しの原理

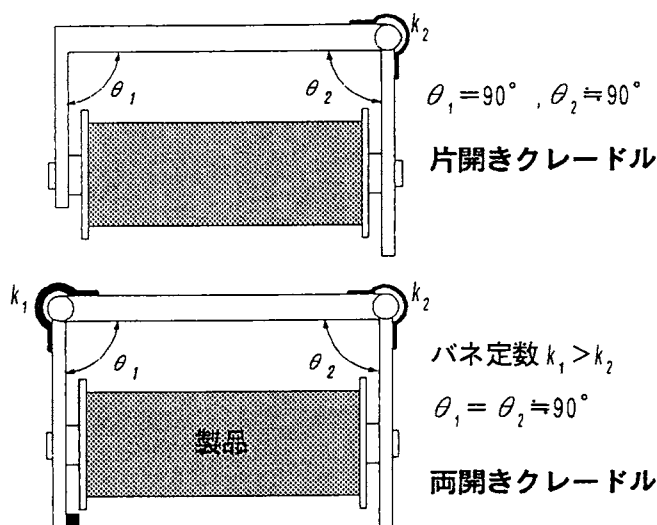


図3 自動化対応両開きクレードル

### 3. 作業台車の走行制御

スピンドルの出入りがなく直線的なフレームをもつ単錘駆動型カバリングマシンに対して、図4のような2輪速度差制御方式の自走作業台車を開発し、台車をカバリングマシンのフレームに接触させながら移動停止する方法で連続的な作業を可能にした。一方、スピンドルの出入りや湾曲したフレームをもつ従来型のカバリングマシンに対しては、レーザ変位計を装備した非接触式の自律作業台車を開発し、経路計画を一定間隔で修正するフィードバック制御を採用することにより、非常に高精度の停止位置決めを実現した。実際の製造現場を想定した外乱やすべりのある走行実験では、芯糸通しなどカバード糸製造準備作業の必要停止精度 $\pm 3\text{mm}$ を実現し、約 $10\text{mm}$ の横外乱、約 $5\text{mm}$ の縦外乱、約 $1\%$ の傾斜に対応できた。ただし、これらの値はレーザ変位計の測定範囲や取り付け間隔、台車の寸法に大きく支配され、この点の改善によってより大きな値にも対応できることを確認した。さらに、台車をカバリングマシンに速やかに接近させるための軌道追従の方法として、ファジィ制御が有効であることを確認し、この制御をカバリングマシン裏面へ台車が旋回する動作に応用することで、非常に素早く安定した移動旋回を実現することができた。

### 4. スパンデックス糸の空気抗力

本システムでは、高い柔軟性と伸縮性をもつ極めて細いスパンデックス糸を操作する方法として、空気流を利用している。空気流により糸端の移動、張力付加、飛走を実現するためには糸に作用する空気抗力の解析が必要であり、このためスパンデックス糸に対する空気摩擦抗力およびその断面形状が抗力に及ぼす影響、その抗力値の算定方法を検討した。円形断面をもつ細く引き締まった糸の空気抗力係数は、これまで半径レイノルズ数や長さレイノルズ数に

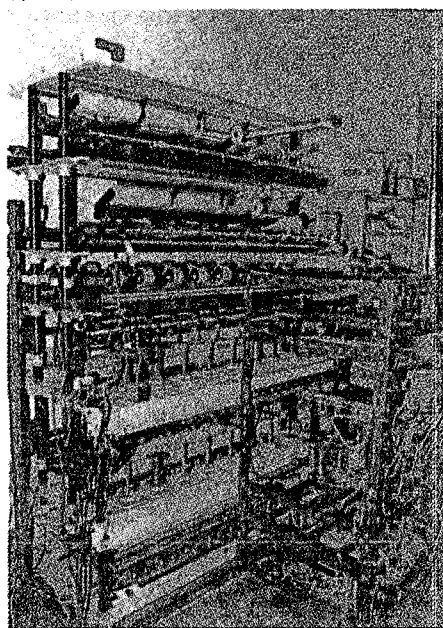


図4 自走台車による作業

よってよく整理されてきたが、異形断面をもつスパンデックスの空気抗力係数は、その断面形状から細い糸に見られる曲率の効果は少なく、平板に近い傾向を示すことが明らかとなった。また、スパンデックスにおける固定端条件の抗力係数は平板の抗力係数を用い、自由端条件の場合はその2倍を適用すればよい。さらに、空気抗力を求める際の代表長さについては、図5のように単繊維の凹凸を無視し糸の外形周囲長さを直径換算したものの  $d_3$  を使うと整理しやすく、実際にも意味のある長さである。一方、さらに高速の流れにおいても、圧縮性を考慮する必要がない場合は吸い込み流の実験で得られた上記の考え方がそのまま適用できることを確認したが、臨界速度を超えた空気流に対しては、空気流および糸挙動の変化から、同様の取り扱いが困難である。

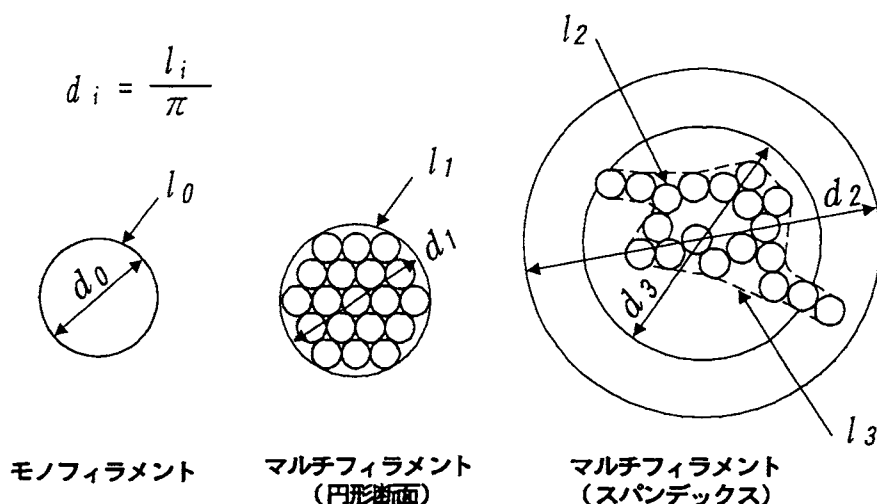


図5 同じ断面積を有する糸の周囲長さと換算直径

## 5. システム実用化への課題

台車型作業システムでは、各種自動化装置に加えコンプレッサやバッテリーなど動力を供給する装置も搭載しなければならない。このため、余分な材料糸を積載するスペースが少なく、装置の成功率が低いことや動力の無駄遣いをするのは大きな問題となる。そこで、中心的な作業となる糸通しにおいて、その成功率を向上させること、空気動力を節約すること、さらに糸通しの成否を判断するセンサの開発について検討を行った。糸通しの成功率を向上させるには、図6のように吸い込み流をできるだけ強く作用させ、吹き出し流の圧力は使用する糸によって最適な値を選択調整することが必要である。また、吹き出し、吸い込みのタイミング調整より、吸い込み口での糸端の確保が最も重要であり、そのために測長貯留装置などによって糸の送り長さ調整をする必要がある。さらに、糸通しには、亜音速から音速での吹き出し流が最も効率的で、それ以上の圧力は空気の圧縮性により流れを乱し、ねじれや結び目など糸トラブルの原因となるほか、空気動力の無駄につながる。一方、吸い込み管内の圧力変化を利用した糸の通過検出装置を開発し、これまで不可能と考えられていたスパンデックス 20D についても安定して糸を検出することができた。このとき、糸を挿入することによって現れる圧力変化は、糸の直径が大きい場合、繊維分離が起こる場合、糸が毛羽をもつ場合、糸が振動する場合に、より大きくなることを見出した。また、空気流が起こす圧力振動と糸の通過による圧力変化を区別するため、図7のように振動をカットするためのフィルタの利用や演算による圧力の平均化も必要である。

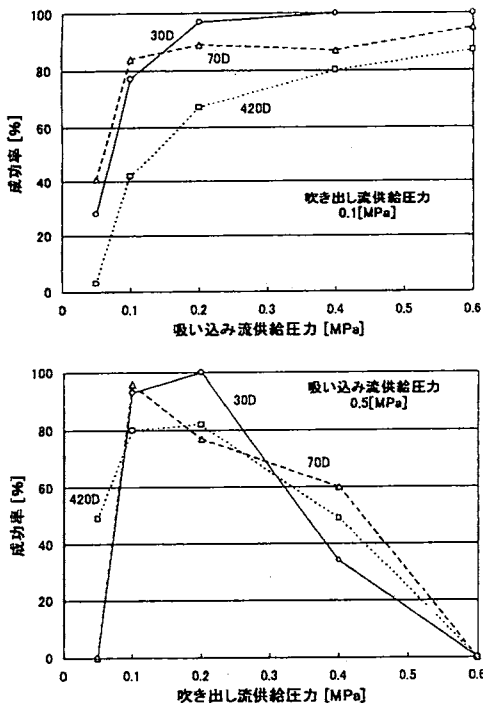


図6 供給圧力の違いによる糸通し成功率

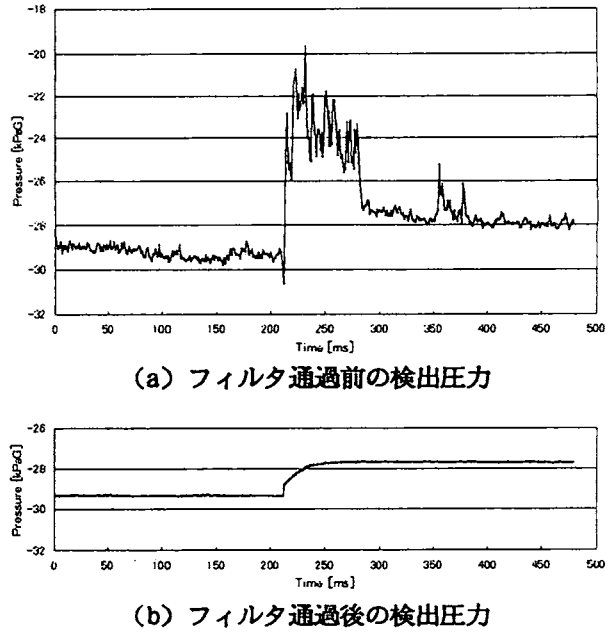


図7 糸通過検出時の圧力振動の除去

## 学位論文審査結果の要旨

平成11年12月13日に第1回学位論文審査委員会を開催し、提出された学位論文及び関連資料について詳細に検討し、併せて専門及び外国語に関する学力試験を行った。平成12年1月31日の口頭発表後第2回審査委員会を開催し、慎重に協議した結果、以下のとおり判定した。

本研究は、繊維工場のカバード糸製造工程において、現在人手に頼っている各種準備作業を、機械本体と独立した台車型システムによって自動化したもので、台車に搭載された自動化装置により、芯糸通し・材料糸供給・ポビン交換・製品回収などの作業を行う。また、これらの装置を搭載して移動する高精度の自律式台車について、移動・停止を繰り返すためのフィードバック制御、接近や旋回を行うためのファジィ制御を適用し、走行制御の効果を検討している。一方、細くて柔軟なため、取り扱いが極めて困難なスパンデックス糸を糸端移動させたり飛走させるなど、糸操作するために空気流を利用し、その駆動力となる空気抗力について糸の抗力係数・代表長さ・拘束条件などの考え方を示している。さらにその結果をもとに、糸通し成功率を向上させるための条件や空気動力を軽減する対策について検討し、管内圧力の変化を利用して糸通過を判断する装置も付加して、システム全体としての信頼性と実用性を向上させている。以上のように本研究は独創性に富み、その成果は中小規模の繊維加工工場における工程の省力化に貢献するものである。

従って本論文は博士(工学)の学位に値するものと判定する。