

# Yarn Path in Friction False Twisting

## Part 3 : Inclination Angle on the Disk Surface of Multi-disk Unit

Sukenori Shintaku\*, Tetsuhiko Endo\*, Toshiyasu Kinari\*, Sigetaka Kobayashi\*\*

\*Faculty of Engineering, Kanazawa University, 2-40-20, Kodatsuno, Kanazawa, 920-8667, Japan

\*\*Sun Luke Co. Ltd., 2-17-8, Moriyama, Kanazawa, 920-8043, Japan

### Abstract

In the friction-twist processing using a multi-friction-disk unit, which is applied widely to manufacture the "textured yarn", the yarn is constrained to contact with the disks one after another. The inclination angle and wrapped angle on the individual disk surface are very significant factors for the designer to estimate the value of the generated twist and the tension. The main purpose of this paper is to measure these angles formed on each of the multi-disks in friction-twisting device used in manufacturers. The second purpose is to compare these angles obtained by experiment with the values which are estimated by the theory reported in our recent articles. The experimental inclination angle is slightly greater than the calculated value on the assumption that yarn path forms a geodesic line on the disk surface. On the other hand, the contact thickness which is calculated by the wrapped angle was in good agreement with observations in the experiment. The yarn path was plotted on the overlap triangle which is the over-view representing the overlapped part of the disks. Then, it was found that the suitable disk size gave a symmetrical yarn path except the entrance disks, while the disks which had excessive diameters could not realize a symmetrical yarn path.

**Key words** ; Textured yarn, Friction twisting, Disk twisting, Yarn path observation, Inclination angle

(Received July 7, 1999)

(Accepted for Publication March 17, 2000)

## ディスク型フリクション仮撚における糸の走行経路

### (第3報) マルチディスクユニットにおけるディスク上の糸傾角

新宅 救徳\*, 遠藤 哲彦\*, 喜成 年泰\*, 小林 茂隆\*\*

#### 1. 緒言

糸とディスクを接触させて高速で仮撚を行うものにフリクションツイスト式高速延伸仮撚機があるが、この機械の仮撚ユニット部では正三角形に配置された3本の軸に数枚のディスクを重ね、同方向に回転させ、これに糸を順次接触させて、加撚と解撚動作を確実にさせている。この方式では糸に限界撚

り以上の撚りが入らず、糸切れが起こらない。また糸送り力が発生するため高速での加工が可能である。こうした利点から現在多数の機械が実用となっているが、仮撚ユニットの設計基準、具体的にはディスクにかかる糸の角度とユニットの諸寸法の関係は重要であるにもかかわらず、報告は非常に少ない。そこで著者ら<sup>1),2)</sup>は走行糸とディスク回転軸とのなす角度に着目し、微分幾何学に沿って理論的に

\* 会員, 金沢大学工学部, 金沢市小立野2-40-20, TEL. 076-234-4693, FAX. 076-234-4695

\*\* 会員, (株)サンルーク, 金沢市森山2-17-8, TEL. 076-252-2373,

解析を行ってきた。しかし実機ユニットのデータもほとんど公表されておらず、解析結果と詳細な比較ができない。

本研究では、ディスク寸法、間隔および軸間距離の関係を実機ユニットを用いて測定・検討し、理論的解析と比較検討した結果について報告する。

## 2. 実験装置

### 2.1 フリクションディスクユニット

フリクションディスクユニットの概要を図1に示す。ユニットはフリクションディスク10枚を3軸に振り分け重ね合わせ交差させた構成になっている。3軸はすべてがタイミングベルトで連結されており同一方向に回転する。3軸は軸間距離38.5mmの正三角形をなすように設置されている。10枚のフリクションディスクは3軸に上からみて反時計方向に順序よく配置され、それぞれのディスク間の隙間は0.5mmである。またフリクションディスクユ

ニットの前後にガイドが設置されている。

### 2.2 フリクションディスク

フリクションディスクは同じ形状のディスク10枚で1セットを構成している。本研究ではディスク径や厚さの異なる7種類のディスクを用いた。表1にその形状寸法を示す。フリクションディスクはアルミ合金で作られており、その表面は酸化クロムで

Table 1 Measurements of the friction disk

| Disk diameter<br>$D$ (mm) | Disk thickness<br>$2t$ (mm) | Edge radius<br>$r$ (mm) |
|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 50.0                      | 5.0                         | 3.0                     |
| 50.0                      | 6.0                         | 3.5                     |
| 50.0                      | 7.0                         | 4.5                     |
| 50.0                      | 8.0                         | 4.5                     |
| 51.0                      | 6.0                         | 3.5                     |
| 52.5                      | 6.0                         | 3.5                     |
| 53.5                      | 6.0                         | 3.5                     |

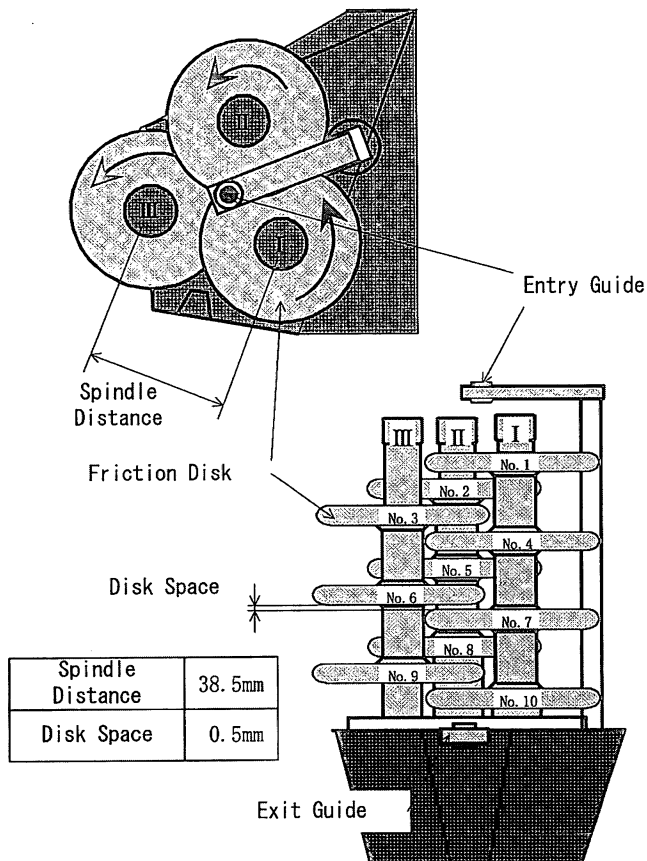


Fig. 1 Schematic diagram of Multi-disk Friction Unit

コーティングが施され耐摩耗性が付与されている。フリクションディスクの種類は表に示す通り、ディスク厚さ $2t$ が6mmでディスク径 $D$ の異なるものを4種類(50mm, 51mm, 52.5mm, 53.5mm)そして $D$ が50mmで $2t$ の異なるもの3種類(5mm, 7mm, 8mm)の計7種類のものを用意して実験を行った。また、フリクションディスクの側面は円弧状になっている。その曲率半径 $r$ は厚さにより異なっており、ディスクが厚くなるにつれ3mm, 3.5mm, 4.5mmとなっている。曲率半径はフリクションディスクの先端部分を CCD カメラで撮影し、ビデオ計測システムにより外周部分の3点を計測して求めた。一般に $r > t$ となっており、円弧と上下面のつながりは小さな半径の円で滑らかにつながっている。 $2 \sin^{-1}(t/r)$ をディスクプロフィール角と呼ぶことにする<sup>3)</sup>。軸間距離 $L = 2c$ 、ディスク間の隙間を $s$ で表す。したがってディスク間隔距離 $H$ は $2t + s$ となる。

### 2.3 実験装置

本実験は、実際の仮撚加工を実験室内で行いながら、様々な測定を行った。そのため、実験装置も実際の仮撚加工機をそのまま小型化、簡略化したもので糸速度は低速になっている。図2に実験装置の概要を示す。糸はフィードローラー②により給糸パッケージ①から引き出され、ヒーター③を通り、フリクションディスクユニット⑧に入っていく。ヒーターは長さ40cmのショートヒーターであり任意の温度に設定ができる。糸はフリクションディスクユニットで加熱されつつ糸送り力を与えられる。この撚りはフィードローラー②まで遡る。この撚りが仮撚でありユニットを出た所で解撚され、撚りはなくなりデリバリローラー⑨で巻取機へ送られる。仮撚加工機としてはこのような構造になるが、測定のためにいくつかの装置を取り付けている。加工時の張力を測定するために、フリクションディスクユニットの前( $T_{in}$ )後( $T_{out}$ )に張力計のピックアップ④を取り付けた。フリクションディスクユニットによって撚りを加えられた走行中の糸を採取するため、自作の切取装置⑤をフリクションディスクユニットとヒーターの間に取り付けた。また、フリクションディスクユニット内部の糸の走行経路を計測するため、CCDカメラ⑥をフリクションディスクユニット横に設置した。CCDカメラは自在に撮影位置を変えられるように、XYZ方向に移動が可能な

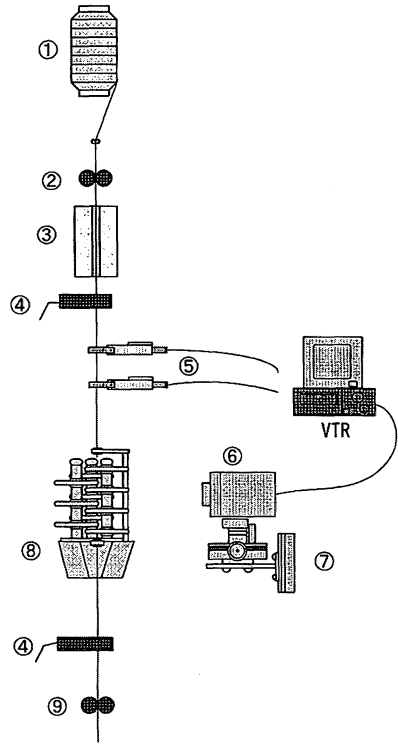


Fig. 2 Schematic of apparatus used to measure yarn tension and twist level

- ① Yarn package
- ② Feed roller
- ③ Heater
- ④ Tension pick-up
- ⑤ Yarn catcher
- ⑥ CCD camera
- ⑦ Slide stage
- ⑧ Multi-disk friction unit
- ⑨ Delivery roller

ステージ⑦に据え付けてある。この CCD カメラの映像を VTR に取り込み、そこからビデオ計測システムを用いて、走行糸傾角 $\theta$ 、ユニット内部の糸の走行経路を測定した

糸試料はポリエステル仮撚用延伸糸150D (165 dtex) 96F と同じく48F を使用したが、フィラメント数による差は全くみられなかった。糸速は20m/min,  $T_{in}$  と  $T_{out}$  の張力比は1.0, 加工時のヒータ温度は210℃とし、条件が変わる場合はその条件を付すことにする。

### 2.4 走行糸の糸傾角測定

ディスク上を走行している糸は曲線であり、ディスク回転軸となす方向も厳密には一定とはならない。本報告では図3に示す通り糸がディスクに接触している最初の点と最後の点を正面の方向から見て測定したものの平均糸傾角をもって糸傾角とした。また糸の進入点と離脱点を明らかにするため運転中

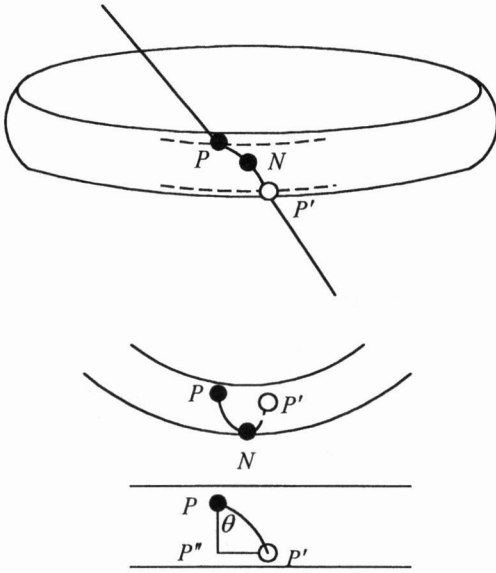


Fig. 3 Entrance point and exit point of yarn with a disk  
P: Entrance point P': Exit point N: Point at which yarn contacts with maximum radius of disk

にディスク表面にパウダーを吹きかけ、表面にできる縞模様からこれらの点を判定した。ディスクとの接触点（進入点）、赤道上の点および脱出点（離脱点）を測定した。

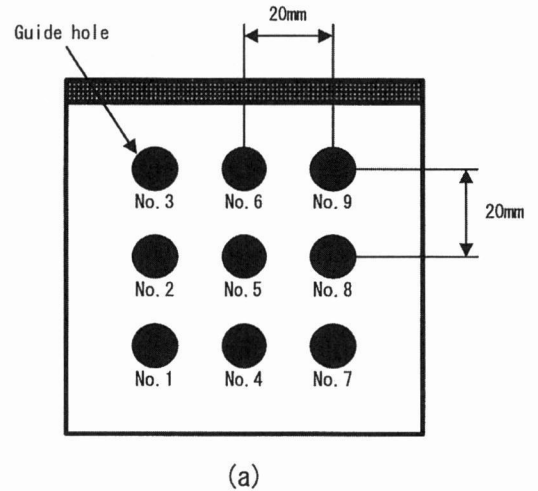
### 3. 実験結果と考察

#### 3.1 フリクションディスクの役割

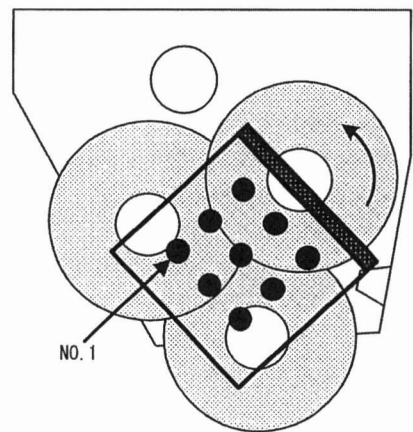
フリクションディスク上部に設置するガイドの位置を的確に捉えるために図4(a)に示すようなガイド板を用意した。ガイド板には2cmの格子状に9つのセラミックス製のガイド孔を設置した。ガイド孔は図のように番号を付けて呼ぶこととする。このガイド板を、図4(b)に示すように、No. 5のガイド孔がディスクNo. 1の交点の位置にくるようにフリクションディスクユニット上部に取り付けて実験を行った。この実験で使用したディスクは直径が50mm、厚さが6mmのもので、加工張力は40cNでディスクユニット上下の張力比は1.0となるように各モーターを制御した。その他の条件は先に述べた実験条件と同じである。実験はガイド孔の位置をNo. 1～No. 9まで変化させ、それによる各ディスク上での糸傾角 $\theta$ の変化を計測した。

実験結果として得られた、ガイド位置と各ディス

ク上の糸傾角 $\theta$ の関係を図5および図6に示す。図5はディスクNo. 2～No. 4の変化を示している。ディスクNo. 2およびNo. 3は、ガイド位置の変化により糸傾角 $\theta$ が変化している。ディスクNo. 2では最大で $9.63^\circ$  またディスクNo. 3ではガイドNo. 7を除いて $2.83^\circ$ の差がでている。それに対してディスクNo. 4は $28^\circ$ 付近ではほぼ一定の値を示している。図6はディスクNo. 5～No. 9の糸傾角変化を示しているが、これらのディスクにおける糸傾角 $\theta$ はガイド位置による影響を受けていないことがわかる。各ディスク間でのばらつきはあ



(a)



(b)

Fig. 4 Yarn guide plate and yarn guide position  
(a) Guide hole numbers on the plate  
(b) How they are positioned

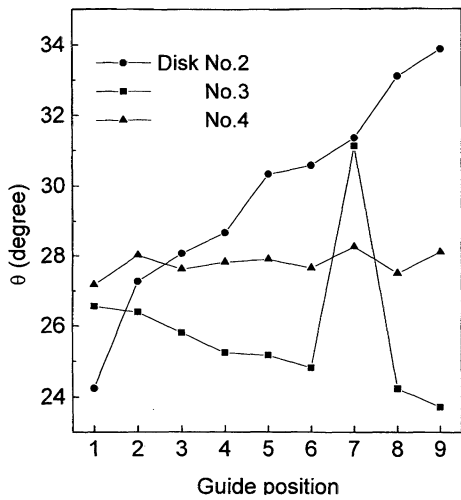


Fig. 5 Relation between inclination angle and guide position on disk number 2, 3 and 4

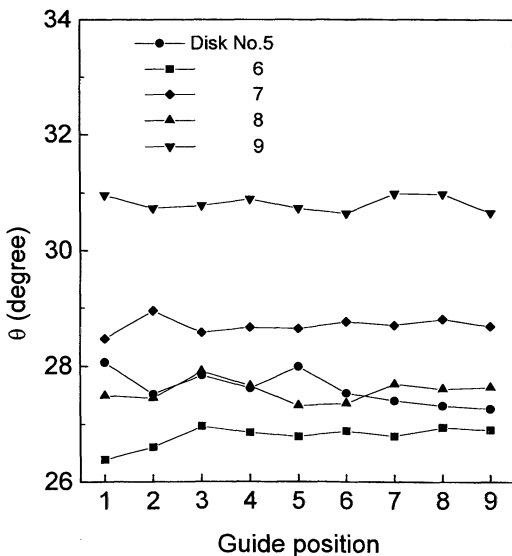


Fig. 6 Relation between inclination angle and guide position on disk number 5, 6, 7, 8 and 9

るが、ガイド位置を変化させてもディスク No. 2 の様に糸傾角  $\theta$  が大きく変化することはなく、 $1^\circ$  程度の幅の中で変動しているにすぎず、ほぼ一定と見なすことができる。この2つの図からディスク No. 2, No. 3は、走行経路の変化を矯正するガイド的働きをしているものと考えられる。そのためこれらのディスクを、入口ディスクであるディスク No. 1とあわせて入口ガイドディスクグループと呼ぶこととする。また、ディスク No. 9

はほかのディスク上の糸傾角  $\theta$  が  $27^\circ \sim 28^\circ$  程度であるのに対し、その値が  $31^\circ$  程度になっている。これは、ディスク No. 9が出口ガイドおよび出口ディスクの影響を受けているためであり、もし出口ガイドを変化させたならば、ディスク No. 9およびディスク No. 8も入り口ガイドディスクグループと同様に、糸傾角  $\theta$  が変化するものと考えられる。そこで、ディスク No. 8~No. 10を出口ガイドディスクグループと呼ぶこととする。

### 3.2 糸傾角 $\theta$ と加工張力の関係

ディスク径の異なる3種類のディスク (50mm, 51mm, 52.5mm) を使って、張力を変化させ各ディスク上での糸傾角  $\theta$  の変化を測定した。図7に示すのは、ディスク径が50mmのときの張力と糸傾角  $\theta$  の変化である。先の節でも述べたが、ディスク No. 4~No. 7上の糸傾角  $\theta$  の値は  $27 \sim 28^\circ$  付近でほぼ一定であり、張力の影響をほとんど受けていない。また、図示していないがディスク外径が51mmおよび52.5mmの両ディスク径とも各ディスク上での張力による糸傾角  $\theta$  の変化はほとんどみられなかった。径51mmの場合はすべてのディスクにおいて糸傾角  $\theta$  は  $33^\circ$  付近で一定となっているが、径52.5mmになると各ディスクにより不均一な分布を示すようになる。以上本実験での張力範囲では、糸傾角は張力の影響をほとんど受けないといえる。

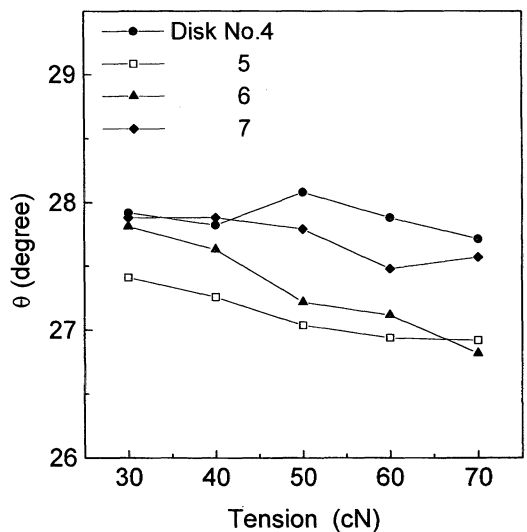


Fig. 7 Relation between inclination angle on disk and tension before entrance point

### 3.3 糸傾角とディスク寸法

#### (1) ディスク径と糸傾角, ディスク回転数, 撚り数

図8にディスク径を50, 51, 52.5mmと変えた場合のディスクNo. 4~7の糸傾角を示す. 各ディスク間での糸傾角 $\theta$ をみると, 径が50mmでは, ほとんど差がなかったが(最大で $1.04^\circ$ ), 径が増加するにつれ径51mmでは差が $1.3^\circ$ , 径52.5mmでは $5.27^\circ$ と増加しているのがわかる. 糸が最短経路をとると仮定した前報<sup>2)</sup>の解析ではディスクのエッ

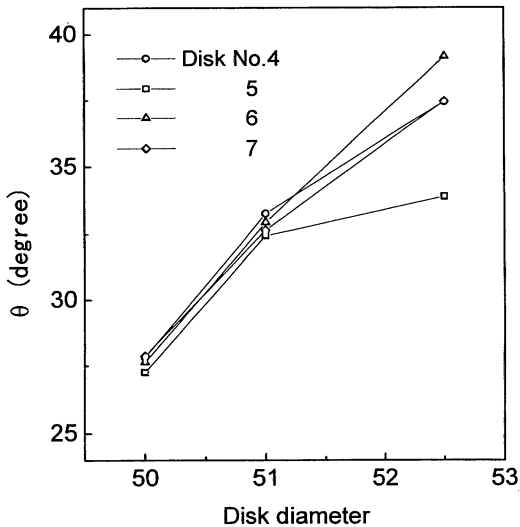


Fig. 8 Relation between inclination angle on disk and disk diameter

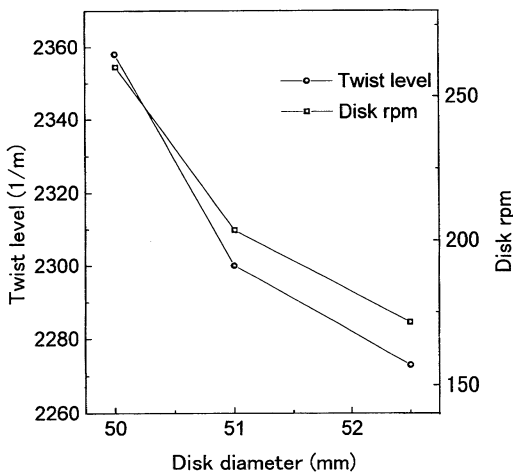


Fig. 9 Twist level and disk revolutions per minute under condition that exit tension equals entrance tension of multi-disk friction unit

ジに糸がかからない最大ディスク外径は51.5mmであり, 52.5mmでは糸がエッジにかかることになる. 実験では糸はエッジにかかったりはずれたりすることが起こり, 糸傾角のばらつきが大きくなったと考えられる. 以上のとおり糸傾角 $\theta$ はディスクの形状により決定されていることから, ユニットを構成する要素(ディスク形状, 軸間距離, ディスク間隔)固有の値であると推測される.

一定張力( $T_{in}=T_{out}=40cN$ )のもとで仮撚加工を行い, ディスク径と撚り数(図2の⑤で採集した糸)およびディスク回転数の変化を測定し, その関係を図9に示す. ディスク径を増加するとフリクションユニットの入口と出口の張力を1:1にするためのディスク回転数が低下する. このことは糸傾角 $\theta$ の増加と結びつけて考えることができる. 糸傾角 $\theta$ の増加によりディスクから与えられる糸送り方向の摩擦力成分が増加していくので, ディスクの回転数を低下させることで張力の平衡を保っているものと推定する. また, 撚り数もディスク外径の増加につれ減少している. ディスク回転数および撚り数の変化の割合をみると, ディスク回転数は全体で34%低下しているのに対し, 撚り数の変化は3%程度の低下にとどまっている. このことは糸傾角とディスク回転数によって入口/出口の張力比は変化しやすいのに対し, 撚り数は限界撚り数に近い, かなりの強撚状態にあるため, 撚り数の変化は少ないものと推定される.

#### (2) ディスク厚さと糸傾角, 撚り数, ディスク回転数

ディスク厚さによる糸傾角変化を図10に示す. ディスク厚さが変化すると, それに伴いディスク側面の環半径 $r$ も変化している. 図中の糸傾角 $\theta$ の変化をみると, ディスク厚さの増加に伴い糸傾角 $\theta$ は減少している. これもまたすべてのディスクに関して同様の変化がみられる. また, ディスクNo.の違いによる糸傾角 $\theta$ の差をみると, ディスク厚さが5mmの場合は最大で $6.89^\circ$ の開きがみられるが, ディスク厚さが6mm以上では糸傾角 $\theta$ の開きは $1^\circ$ 未満である. これは, ディスク厚さ5mmではディスクの側面形状の曲率半径が3mmと小さいためと推測される.

ディスク厚さの変化による加工性への影響について述べると, ディスク厚さの増加によるユニット入口と出口の張力比が1となるディスク回転数とそのときの撚り数の関係を図11に示す. 回転数はディスク厚さが厚くなるにつれ上昇していく. この理由

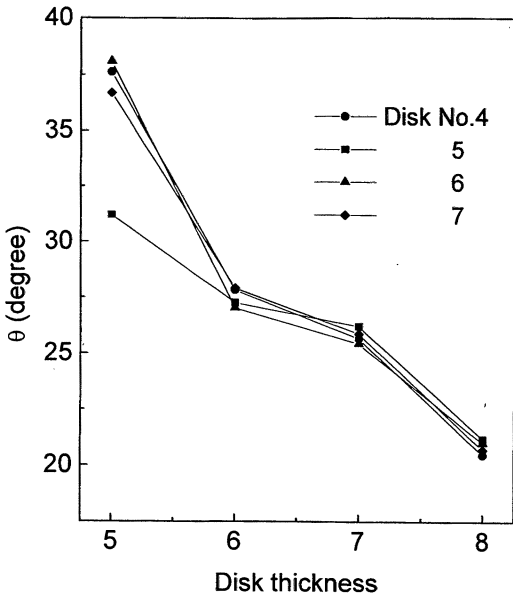


Fig. 10 Relation between inclination angle on disk and disk thickness

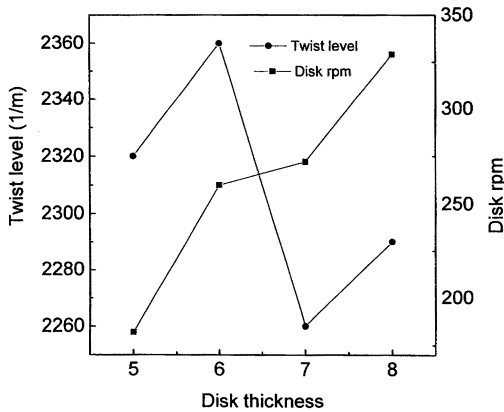


Fig. 11 Influence of disk thickness on twist level and disk revolutions per minute under condition that exit tension equals entrance tension of multi-disk friction unit

は、糸傾角  $\theta$  が小さくなると糸送り成分が小さくなるので、ディスクの周速度を大きくして糸送り成分の不足を補うためディスク回転数は大きくなると考えられる。また撚り数の変化は、ディスク厚さおよび糸傾角  $\theta$  に単純に対応していない。糸傾角  $\theta$  が小さくなると、糸に加えられる加撚方向の摩擦力成分は増加していると考えられるが、2260~2360 (Turn/m) の撚り数は150Dの糸にとってかなり強撚状態であるので変化が少ないといえる。

## 4. 実験値と解析値の比較

### 4.1 糸傾角について

フリクションディスクの寸法とユニットとして組み立てるときのディスクを重ねる間隔と軸間距離によって糸傾角は決まるが、それらの関係をあらわす簡便な式と前報の解析結果と実験結果を比較する。ディスク NO. 4~NO. 7における糸傾角の実験値は、各ディスク径の結果を平均すると50mmが27.63°、51mmが32.81°、52.5mmが36.97°で、ディスク径との関係を図12に示す。図中の式(1)の糸傾角  $\theta$  は

$$\tan \theta = \frac{\sqrt{3D-4c}}{2H} \quad (1)$$

で計算したものであり、山本<sup>4)</sup>によって導かれた式である。ただしディスク外径  $D$  と軸間距離  $L$  ( $2c$ )、ディスク間隔  $H$  である。その考え方を図13で

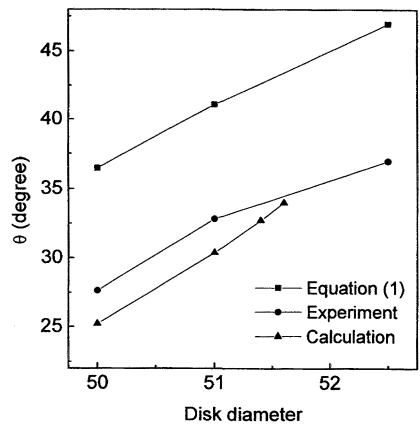


Fig. 12 Relation between average inclination angle on disk and disk diameter

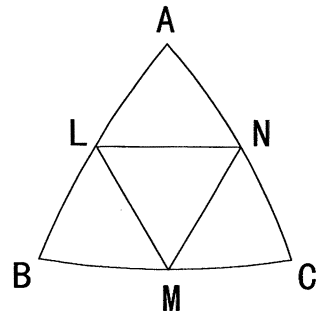


Fig. 13 Minimum yarn path length drawn on overlap triangle

説明する。図は3軸ディスクに配置されたディスクを上からみたもので、点A, B, Cはディスク外径の重なる点、弧AB, BC, CAの中点をL, M, Nとする。ディスクが薄いときの糸経路はL, M, Nを通る△であり、△の周囲長さをディスク高さ3Hで除した値を $\tan \theta$ としたものである。実際の糸傾角はこれより大きいと書かれている。

また図中の計算値とは著者ら<sup>2)</sup>がディスク上では糸は測地線を描くと仮定して求めた糸傾角をあらわしている。式(1)の計算ではディスクのすき間を0.5mmとしてHを求めている。また測地線とする計算でもすき間を0.5mmとすると最大ディスク外径は51.6mmである。実験値は式(1)と測地線の間になっている。測地線は糸を強制的に引っ張ったときの糸傾角と考えられるので、糸傾角の最小値といえる。また式(1)は既出の式と同様に糸傾角を測地線として求めた値より大きくするがディスク径、間隔、中心距離と糸傾角の関係を定性的に簡便にあらわす式である。

各ディスク厚さでの糸傾角 $\theta$ の平均は5mmで35.9°、6mmで27.5°、7mmで25.8°、8mmで20.8°であった。ディスク厚さと糸傾角の関係を図14に示す。実験値は図13と同様、式(1)と測地線の間に入っている。ただし式(1)には環半径 $r$ の関係が含まれていないが、測地線では $r$ も加味された計算となっている。

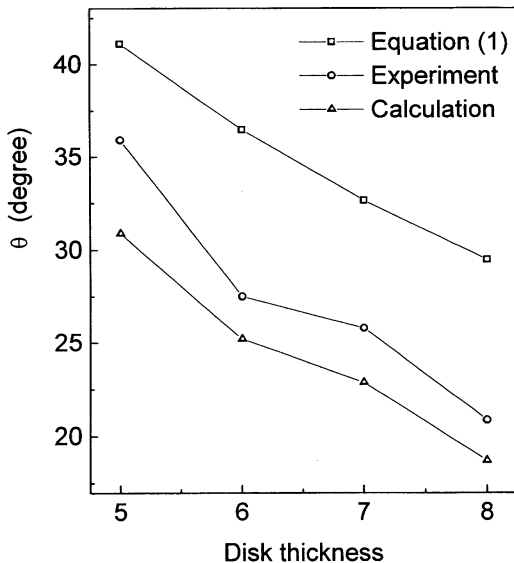


Fig. 14 Relation between average inclination angle on disk and disk thickness

## 4.2 糸のディスクへの接触厚さ

測地線の解析では糸のディスクへの進入と離脱の点は赤道をはさんで対称となるのでディスクの接触厚さを計算できる。接触厚さとは糸がディスクに接触している幅のディスク厚さ方向の高さである。接触厚さとディスク外径の結果を図15に示す。実験条件は、走行糸経路は張力による変化はほとんどないので、張力を30cNで一定とする。計測はディスクNo. 3~7に関して行った。図中の接触厚さは、計測を行ったディスクNo. 3~7での接触厚さの平均値で表した。ディスク径と接触厚さの関係では、ディスク径の増加に伴い接触厚さも増加しているのがわかる。しかし、ディスク径が52.5mmを頂点に接触厚さは減少している。実験中の走行糸経路の観察からも、ディスク径53.5mmの場合はそれまでの経路とは著しく違った経路となっている。このことからディスク厚さ6mm、側面の曲率半径3.5mmのディスクでは、径52.5mmが走行糸の安定を図るには限界であると推測される。また、ディスク厚さに対する接触厚さの割合を計算すると、径52.5mmで最大の93%に達している。

ディスク厚さと接触厚さの関係を図16に示す。条件は図15と同じである。ディスク厚さが増加するにつれ接触厚さも増加している。一方、ディスク厚さに対する接触厚さの割合は、ディスク厚さ7mmで84%、ディスク厚さ8mmで76%と全体で8%ほどの開きが見られるが、ディスク厚さによらず80%前

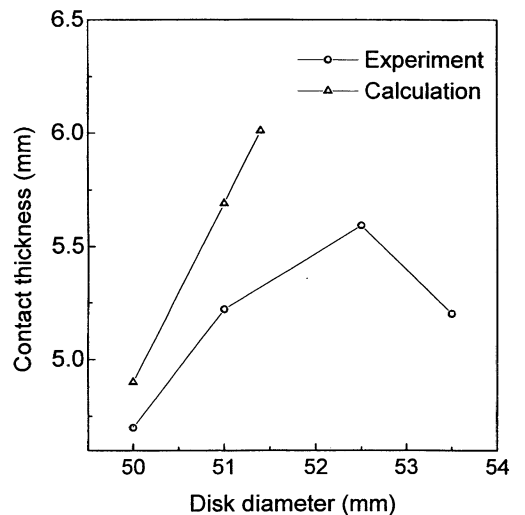


Fig. 15 Relation between contact thickness and disk diameter



後である。この値は、軸間距離およびディスク間隔により決定されると推測される。

それぞれの形状による変化を比較すると、ディスク径の変化では最大で0.90mmの接触厚さの増加を示しているが、ディスク厚さの変化では、最大で1.96mmの増加がみられる。接触厚さの増加はディスク厚さおよび側面形状により大きく影響を受けている。

### 5. 走行系の経路図

走行系の経路はユニット全体で、相互のディスクの進入経路および脱出経路から決定されると推測される。そこで、ユニット全体でディスク間を走行系が、どのように進んでいるかを明らかにするため、走行系経路図を製作した。走行経路を正確に捉えるために、ユニットの内部の走行系全体を撮影することは不可能である。しかし、ディスクからディスクへの経路は直線となっているため、ディスク表面の糸の接触状態を計測することで、走行系経路図を製作することができる。経路図により、走行経路を数値変化ではなく視覚的にとらえることができる。

走行系経路の製作に当たり、接触厚さを考慮しディスク上の走行系の経路を測定した。測定方法は糸傾角  $\theta$  のときと同様に、CCDカメラにより走行系を映し出し、ビデオ計測システムにより走行経路の測定を行った。ディスク上の走行系は必ずしも安定し一定となっているわけではなく、ある程度の幅で左右に変化しているが計測は画面上でその中心となる位置で行った。走行系経路も張力等の加工条件による影響が少ないため、計測は、張力30cNで一定として行った。その他の条件もディスク厚さの測定時と同様である。

計測により求められた経路から走行系経路図を作るには、ユニットの側面からの情報よりユニットを上部からみた図を次のようにして作り出す。側面方向から計測により求められたディスク上の進入点、離脱点および赤道上的の3点を、ディスク側面形状を考慮して、走行系経路図(平面図)に変換する。これを3軸それぞれについて行うことで、走行系経路図を製作した。

糸の走行経路は、ディスクの重なり部分の狭い範囲に限定される。そのため、図13に示すようにディスクの最外径の交点ABCから成る図形で囲まれた範囲(Overlap triangle<sup>5)</sup>)のみを拡大して示している。

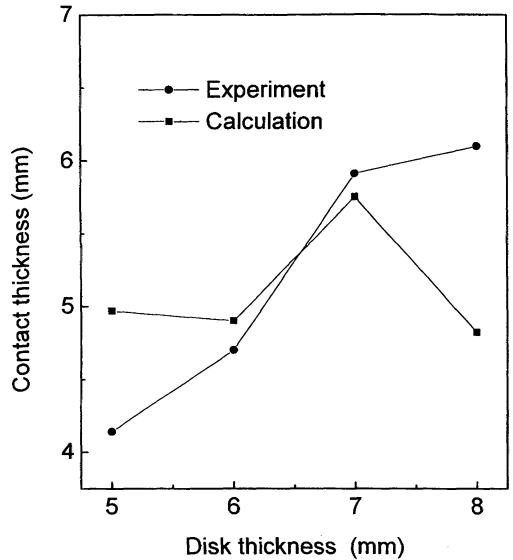


Fig. 16. Relation between contact thickness and disk thickness

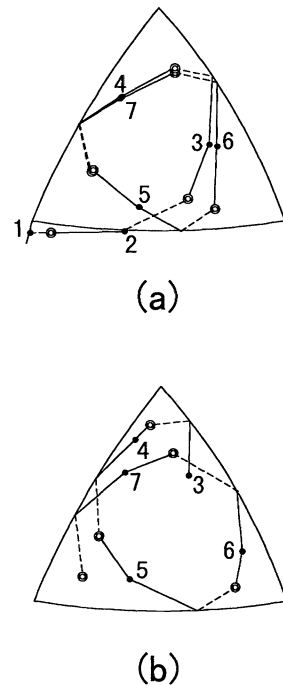


Fig. 17 Yarn path drawn on overlap triangle  
(a) Disk diameter 50mm and thickness 6 mm  
● : Entrance point ○ : Exit point  
(b) Disk diameter 52.5 mm and thickness 6 mm  
Figures denote the disk number

以上の方法により、走行系経路図を求めたものを図17に示した。

同図 (a) のディスク径50mm についてはディスク No. 1 からの経路を示しているが、この図からもディスク No. 1～2 がガイド的働きをしていることがわかる。No. 3 はガイド的な役割もあるが No. 6 に近い経路となっており、はやく定常状態に入っているともみられる。また、ディスク No. 4 とディスク No. 7 はほぼ同様の経路を示しており、経路が一定になっていると推測される。図17(b) のディスク径が52.5mm になると、No. 4 と No. 7 の糸経路に大きな“ずれ”が生じ不安定な経路となっている。図に示されていないがディスク径53.5mm になると、このずれはさらに大きくなる。これからディスク径52.5mm 以上のものは軸間距離38.5mm に対して不適切なディスクユニットであるといえる。

ディスク厚さ5mm, 7mm, 8mm のときの糸経路を図示していないが、これらの場合もディスク厚さ6mm の場合に類似している。またディスク外径50mm, 軸間距離38.5mm の場合の走行経路全体では、やはり厚さ6mm の場合が最も経路が安定しているように観察できたが、ディスク厚さの違いによる走行経路の大きな変化はみられなかった。

## 5. 結 論

フリクションディスク上の糸の糸傾角を計測し、その変化および撚り数、ディスクの回転数の変化を調べ以下の結果を得た。

- 1) 10枚で構成されるフリクションディスクユニットは上部3枚のディスクが走行経路においてガイドの働きをしており、入ってくる糸経路の変化を是正している。
- 2) No. 4 以降のディスク上の糸傾角  $\theta$  は今回実験した範囲では張力条件およびディスク回転数による

変化は少なく、フリクションディスクユニットおよびフリクションディスクの形状により決定される値であった。糸傾角  $\theta$  は、ディスク径の増加およびディスク厚さの減少により増加し、この変化はそのまま撚り数およびユニットの入口と出口の張力比を1にするディスク回転数の変化につながり、特にフリクションディスクユニットの糸送り力に大きく影響する

3) 実験により求めた糸傾角は糸の経路を滑らかなディスクの曲面上で測地線となると考えた値より若干大きくなる。

4) ディスクの重なり部分を平面図に表し、糸の進入位置、離脱位置を順次記入して糸経路を表すと、安定な場合は4枚目のディスクと7枚目のディスク上の糸経路は重なる。

5) 一定の軸間距離を保って回転する3軸外接型フリクションユニットにおいて安定した糸経路で糸を走らすためには適切な外径と厚みおよび外周形状のディスクを用いることが必要である。

なお本実験装置と測定関連装置の製作にご協力いただきました本学部工作センターの方々および実験にご尽力いただいた鈴木成治君に深甚なる謝意を表します。

## 参考文献

- 1) S. Shintaku, T. Endo, T. Kinari, R. Tamamura; J. Text. Mach. Soc. Japan (Japanese Ed.), 52, T217 (1999)
- 2) S. Shintaku, T. Endo, T. Kinari, R. Tamamura; J. Text. Mach. Soc. Japan (Japanese Ed.), 53, T53 (2000)
- 3) Guang-Wu Du and W. S. Hearle; Textile Res. J., 61, 289 (1991)
- 4) Text. Mach. Soc. Japan; “Sen-i kougaku III”, P433 (1987)
- 5) J. J. Thwaites; J. Text. Inst., 75, 285 (1984)