

Yarn Path in Friction False Twisting

Part2 : Analysis of a Yarn Inclination Angle with the Disk Axis in a Twisting Unit

Sukenori Shintaku*, Tetsuhiko Endo*, Toshiyasu Kinari*, Ryo Tamamura*

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

Abstract

In a disk type friction false twisting process, the angle of inclination between the yarn path and the disk axis is a very important factor in relation to the tension and the twisting torque over the disk surface. According to this angle, the yarn in contact with the rotating disk receives the frictional force that twists the yarn and sends it to the forward direction.

A triple-stack multi-disk spindle unit is used widely in actual draw texturing process. The main purpose of this paper is to give more precise angle of inclination in this spindle unit using the differential geometry of the yarn path over the disk surface. The angle of inclination was calculated in the actual range of the disk diameter, the radius of the disk edge, the distance between the central plane of two successive disks and the distance between the two disk centers of spindle unit. The angle of inclination obtained in this investigation gave the smaller value than angles obtained by previous studies. The angle of wrap was calculated at the same time. The effect of the radius of the disk edge on the angle of inclination and wrap was explained for the first time.

Key Words ; Draw texturing, Friction twist, Triple-stack multi-disk spindle, Angle of inclination, Angle of wrap

(Received June 2, 1999)

(Accepted for Publication Dec. 8, 1999)

ディスク型フリクション仮撚における糸の走行経路 (第2報) 仮撚ユニット内における糸傾角の解析

新宅 救徳*, 遠藤 哲彦*, 喜成 年泰*, 玉村 亮*

1. 緒 言

回転している円板の側面に糸を接触させると、糸に高速で撚りをかけることができる。このとき、糸の走行方向が円板の回転軸に対し一定の傾き角を持っていると、糸と円板の間に働く摩擦力は、糸に撚りをかけると同時に糸を走行方向に送る作用を持つ。これらの力の分配割合は糸の走行方向と円板の回転軸との角度（以下糸傾角とする）によって決ま

る。しかし、1枚の円板で加撚、解撚することは困難であり、工業的には、複数の円板に糸を順次接触させる構造の3軸外接型フリクションユニットを用いている。このユニットの各円板における糸傾角は円板外径、円板回転軸相互の軸間距離、隣接する円板の間隔によって大きく変化する。糸傾角はユニットの設計において重要な因子でありながら、これまで定性的な考察から導かれた式を用いたり、あるいは試行錯誤によって設計値が求められており、より

*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

正確な解析が待たれていた。

本論文では、1枚の輪環状円板周面に滑らかに接触する糸経路の解析を行った前報¹⁾を基礎にして、一定の軸間隔と一定の間げきに配列された複数枚の円板をもつ3軸フリクションユニットにおける糸傾角を計算で求める方法を提案し、その結果と既出文献に示された糸傾角を実用条件に近い範囲で比較した結果について述べる。

2. 既出報告の糸傾角

外接型フリクション仮撚の1枚の円板（以後ディスクと呼ぶ）の水平方向からみた投影図を図1に示す。糸がディスクと接触する側面は円弧となっており、その半径 r を環半径とする。図はディスクの正面で糸が接触している状態を示している。ディスクの軸と糸との角度 θ が糸傾角である。ディスクと糸の相対速度を糸に直角な方向と長さ方向に分けると、前者を撚り掛けに関する成分、後者は糸を送り出す成分と考えられる。撚り掛け成分を大きくするには θ を小さく、送り成分を大きくするには θ を大きくする。したがって θ はフリクション仮撚の重要な因子である。実際の仮撚工程においては、1枚のディスクだけでは把持力が小さいため加撚、解撚ができないので、図2に示すような正三角形に配した各軸にディスクを複数枚重ねたユニットを用いている。ユニットの上から見た各軸のディスクを図3(a)に、横からの図を同(b)に示す。ディスクは上から順にⅠ、Ⅱ、Ⅲと配置されているとする（かくれ線も実線であらわしている）。図中の点A、B、Cはディスクの最外径円の投影面における交点である。ディスク間隔を H 、ディスク外径を D 、軸間距離を L とする。

糸は図3(b)に示すように各ディスクに順次接触しながら下方へ動く。この状態を上から見ると図3(a)の弧AC、AB、BC上のある点を経由した経路をとるので、円弧三角形ABC上に糸の経路を示すのが

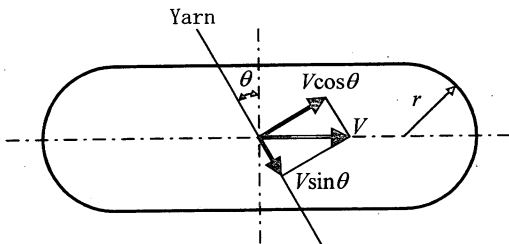


Fig. 1 Velocity vectors on the friction disk.

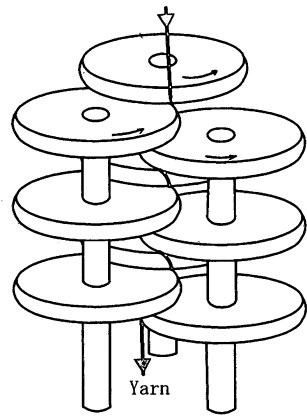
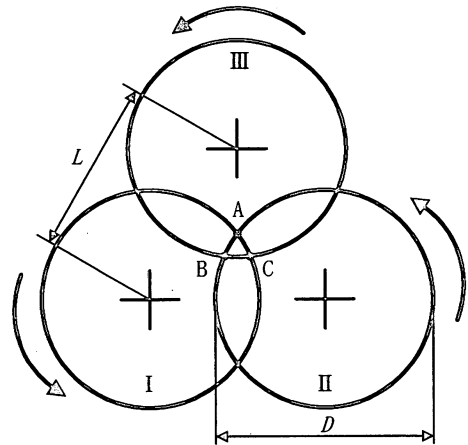
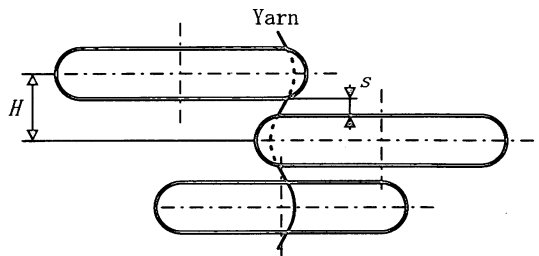


Fig. 2 Bird eye view of a triple-stack multi-disk spindle with yarn.



(a) Over-view



(b) Side-view

Fig. 3 Schematic of a triple-stack multi-disk spindle.

最もわかりやすい。糸の経路が決まれば、設計者にとって重要であるユニット内の各ディスクにおける糸傾角 θ とディスク外径、軸間距離とディスク間隔などの関係を求めることが可能となる。しかしユニットの諸寸法から計算のみで糸経路を求めることは

これまで厳密になされておらず、近似的に行われてきたのみであった。そこで最初にすでにいくつか発表されている糸傾角を求めるための近似的手法を説明し、その後本研究の解析手法について述べる。

既報²⁾³⁾⁴⁾ではユニットの各ディスク上の糸傾角を求めるために糸経路を図4のように仮定して、糸傾角の式を提案している。

a) 糸の経路を、図4(a)における△ABCに等しいとし、糸が△ABCの3辺を回る間に移動する高さは3Hであるから、糸傾角 θ_1 を次式とする²⁾。

$$\tan \theta_1 = \frac{\sqrt{3(D^2 - L^2)} - L}{2H}$$

(1)

b) 図4(b)の円弧三角形ABCに内接する円柱を仮想し、円柱上のらせ線を糸経路とする。この円周を回るのに要する高さは3Hであるから糸傾角 θ_2 を次式とする³⁾。

$$\tan \theta_2 = \frac{\pi(\sqrt{3}D - 2L)}{3\sqrt{3}H}$$

(2)

c) 図4(c)に示す△ABCの内接円半径をもつ円柱を仮想し、糸経路はこの円柱表面上のらせ線として、この円周に要する高さを3Hとして糸傾角 θ_3 を次式とする⁴⁾。

$$\tan \theta_3 = \frac{\pi\{\sqrt{3(D^2 - L^2)} - L\}}{6\sqrt{3}H}$$

(3)

いずれの式も糸傾角をディスク外径D、軸間隔L、ディスク間隔Hから計算できる利点はあるが、糸経路をそのように仮定する理論的根拠がない。また、以下のような欠点を持っている。

- ①ディスク上の糸傾角というより、むしろディスク間の平均糸傾角というべきものである。
- ②ディスク外周の環半径rが異なるディスクでも外径Dが等しければ θ は等しくなり、rが θ に及ぼ

す影響が不明である。

③ディスク間隔Hは、ディスク厚さを2t、ディスクの間隔きをsとすると $H=2t+s$ であるが、tとsの個別の変化が θ に及ぼす影響が不明である。

そこでディスク上の糸傾角を考えるとともに環半径rやディスク厚さと間隔きを考慮した糸傾角を求めるための計算方法を考える。

3. 糸経路の解析

3.1 輪環面外の点から輪環面に接する糸

糸が接触するディスク外周の円弧は輪環面といわれている曲面である。糸がディスクを離れ次のディスクへ入る経路は、2枚のディスクの共通接線であるが離れた2個の輪環面の共通接線を求めることは容易でない。そこで、1枚のディスク外の点Qから、その点を通して1枚のディスクに糸が接する状態を考える。

ディスクの輪環面は式(4)で表される。記号は図5に示すとおり端面の子午線方向の角度を ν 、緯線方向の角度を u 、中心から環中心までの距離をR、環半径をrとする。 u と ν は単位法線ベクトルが外方向になるようにとった。

$$\begin{aligned} x &= (R + r \cos \nu) \cos u \\ y &= (R + r \cos \nu) \sin u \\ z &= r \sin \nu \end{aligned}$$

(4)

ディスクの輪環面に座標(f, 0, h)なる点Qから糸が送られてきて、点Pで接触している状態を考える。ディスク上の点P(u, ν)における接平面は式(5)で表される。

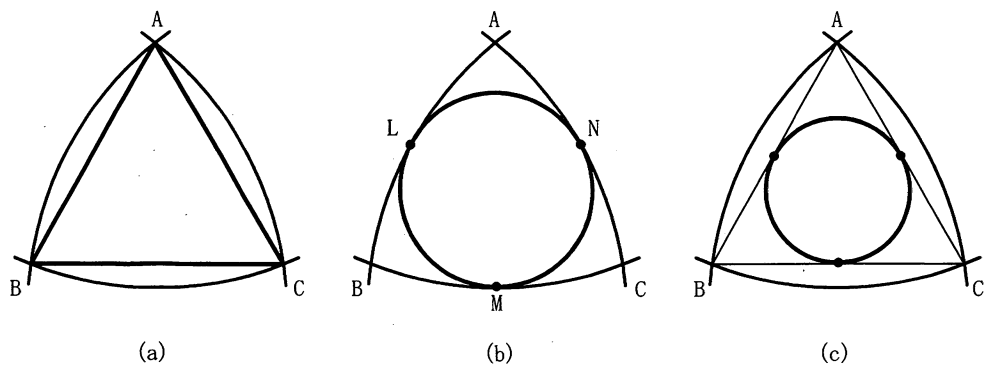


Fig. 4 Hypothetical yarn path drawn on the overlap triangle.
Note A, B, C coincide with those in Fig.3 (a)

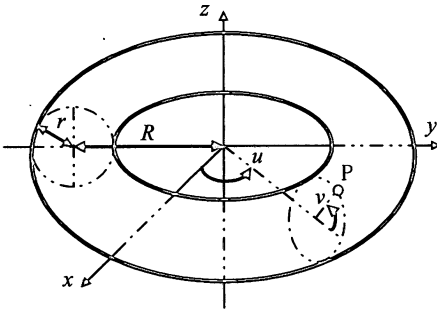


Fig. 5 Torus with some symbols used.

$$\begin{vmatrix} x-x(u, v) & y-y(u, v) & z-z(u, v) \\ -\sin u & \cos u & 0 \\ -\sin v \cos u & -\sin v \sin u & \cos v \end{vmatrix} = 0 \quad (5)$$

式(5)左辺の行列式の2行目は輪環面の緯線方向単位接ベクトル, 3行目は経線方向単位接ベクトルを表している。この接平面に点Q ($f, 0, h$) は含まれているので, 式(5)の (x, y, z) に ($f, 0, h$) を代入して式(6)を得る。なお, 点Qを通して点Pでディスクに接していることを表す u と v を u_1, v_1 とする。輪環面の中心, 点Qおよび点Pの位置を上から見た図を図6(a), 横から見た図を図6(b)に示す。QPの x - y 平面へ投影した直線と x 軸のなす角を ϕ とする。PNは輪環面上の曲線である。

$$\begin{vmatrix} f-(R+r\cos v_1)\cos u_1 & -(R+r\cos v_1)\sin u_1 & h-r\sin v_1 \\ -\sin u_1 & \cos u_1 & 0 \\ -\sin v_1 \cos u_1 & -\sin v_1 \sin u_1 & \cos v_1 \end{vmatrix} = 0 \quad (6)$$

計算して

$$R\cos v_1 + r - h\sin v_1 - f\cos v_1 \cos u_1 = 0 \quad (7)$$

を得る。 $g = R - f\cos u_1$ とすると

$$\sin v_1 = \frac{rh \pm g\sqrt{h^2 + g^2 - r^2}}{h^2 + g^2} \quad (8)$$

となる (複号は正しい v_1 を与える方のみとする)。式(8)は, f と h を一定とすると u_1 が0から増加するにつれて変化する v_1 を表しているのので, 接点の軌跡を与えている。ディスク上の点Pにおける緯線方向単位ベクトル t は

$$t = (-\sin u_1, \cos u_1, 0) \quad (9)$$

である。また, ベクトルQPの成分は

$$\{(R+r\cos v_1) \cos u_1 - f, (R+r\cos v_1) \sin u_1, \sin v_1 - h\} \quad (10)$$

である。したがって t とQPのなす角 ω_P は次式で求められる。

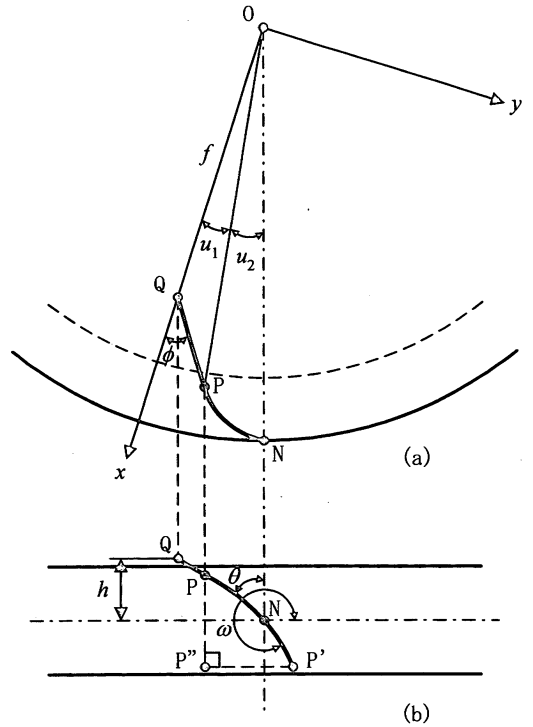


Fig. 6 Yarn path through the point Q ($f, 0, h$), the contact point P with disk and the external point of the disk N.

$$\cos \omega_P = (\overrightarrow{QP} \cdot t) / |\overrightarrow{QP}| \quad (11)$$

ここで

$$\overrightarrow{QP} \cdot t = f \sin u_1 \quad (12)$$

$$|\overrightarrow{QP}|^2 = f^2 - 2fR \cos u_1 + R^2 + h^2 - r^2 \quad (12')$$

また図6(a)における x 軸とQPの x - y 平面への投影線とのなす角 ϕ は次式で表される。

$$\tan \phi = \frac{(R+r\cos v_1) \sin u_1}{(R+r\cos v_1) \cos u_1 - f} \quad (13)$$

3.2 輪環面上の糸経路

糸を強制的に引っ張ると輪環面上の糸経路は測地線となる。ここでは糸経路を最も簡単な場合として測地線とし, それを図6のPNとする。緯線に対し ω 傾いている糸の測地的曲率 $kg^{(1)}$ は次式であらわされる。

$$k_g = \frac{d\omega}{dv} \frac{\sin \omega}{r} + \frac{\sin v \cos \omega}{R+r\cos v} \quad (14)$$

測地線は $kg=0$ であるから, 変数分離型になり, これを解いて,

$(R+r\cos\nu)\cos\omega=(R+r\cos\nu_1)\cos\omega_p=\text{定数} \quad (15)$

を得る。ここで ν_1 , ω_p は点 P における ν と ω である。また

$$\frac{du}{d\nu} = \frac{r}{(R+r\cos\nu)\tan\omega} \quad (16)$$

である。式(15)を用いて式(16)の ω を消去すれば u と ν の関係を得る。点 P の ν と ω を初期値として式(16)に引継ぎ、 u の初期値をあらためて0とし数値計算をする。ただし ω_p は方向を考えて負値に 2π を加えたものとする。 $\nu=0$ の点をN, そのときの u の値を u_2 とする。以上で任意の1点からディスクの最大外径上の点までの糸経路が計算される。図6に示すように u_1 は直線部PQに相当する u を、 u_2 は曲線部PNに相当する u を示している。糸傾角 θ は糸と経線のなす角であるから $\omega=\theta+3\pi/2$ である。 ν_1 は糸がディスクに接触する点の ν の値で、糸は角度 $2\nu_1$ にわたってディスクに接触している。 $2\nu_1$ を覆い角と呼び⁵⁾、糸がディスクに接触する幅に関する重要な角度である。

3.3 3軸フリクションディスク間の糸経路

1) ディスク間の糸経路と糸傾角について

フリクションユニットが10枚のディスクから成っている鈴木⁶⁾の報告では、糸入口から最初の3枚のディスク上の糸傾角はすべて異なっている。しかし、実際に糸加工が行われている条件下では4枚目以降のディスクに対し、糸はほとんど同じ糸傾角で通過していることもこの報告の中で観察されている。一方、ディスクと糸間の摩擦がない場合⁷⁾やディスクを停止させた状態で糸を引っ張った場合、ユニットの逆方向から糸を引っ張っても同じ経路となることを考慮すると、想定される最も簡単な糸経路はディスクの重なり部分の中点を通る糸経路である。それを図7に示す。同図で点L, M, Nはディスク重なり部分の中点で、糸はM→N→Lと進む(すなわちディスクⅢ→Ⅰ→Ⅱの順にその周縁の点M, N, Lに接しながら進む)とする。このように考えると各ディスクの糸傾角はすべて等しくなり、ユニットの糸傾角を一つの値で表すことができる。

この糸経路について前節の計算を当てはめる。図7はディスクⅠの中心に座標の原点Oをとり、ディスクⅡの中心を $(2c, 0, -2h)$ に、ディスクⅢの中心を $(c, \sqrt{3}c, 2h)$ にとっている。すなわち軸間距離 $L=2c$, ディスク間隔 $H=2h$ としている。3枚の

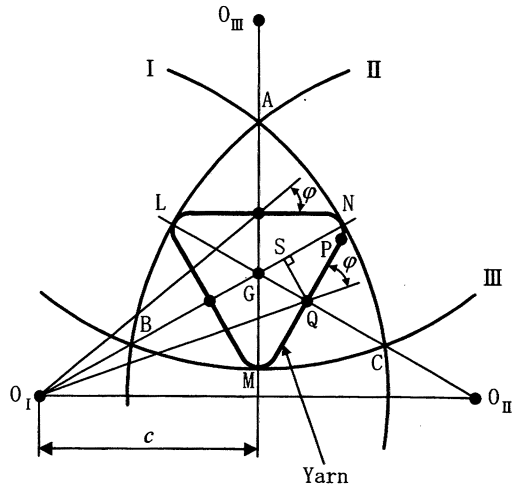


Fig. 7 Yarn path drawn on the overlap triangle.

ディスクの最外径円が交差する点をA, B, Cとする。

糸がディスクⅢからⅠへ移るとき、 O_2G を含む面を横切る点をQとすると点Qのz座標は $h=H/2$ となる。これを図6のQに対応させると、ディスクⅠとの接点がP, また糸が曲線を描いてx-y面を通る点Nは弧ACの中点となる。またQP, O_1Q をそれぞれ水平面上へ投影した直線がなす角を ϕ とする。図7で明らかのようにQPの投影直線と O_1O_3 は平行となる。このように糸経路がディスクの重なり部分の中点を通る図7の場合には、図6の ϕ は図7の ϕ と等しくなり、次式が成り立つ。

$$\phi=u_1+u_2+\pi/6 \quad (17)$$

また次式の関係が成立つ。

$$c=\overline{O_1Q} \cos \phi = f \cos \phi \quad (18)$$

R, r, c, h の種々の値に対して、対称のループの糸経路を求めることは、すなわち式(17), (18)を満たす u_1 を見出すことになる。

2) 撮影による糸傾角

糸傾角 θ はディスク曲面上で変化するが、ディスク赤道上での θ は次の方法で測定できる。CCDカメラや写真撮影で角度を測定するのは、図6でみるとON軸の無限点から見た長さに基づくものである。これに沿って実験値と理論値を比較しやすい糸傾角について考える。同図のN方向の無限点からみた曲面においてPの赤道に対する対称の点をP', 点Nに対して対称の点をP', 点Pの ν を ν_1 , $\angle PON=u_2$ とすると

$$P''P=2r\sin\nu_1 \quad P''P'=2(R+r\cos\nu_1)\sin u_2$$

であるから

$$\tan \theta = \frac{(R + r \cos u_1) \sin u_2}{r \sin u_1} \quad (19)$$

であると定義する。このように定義すれば、CCD カメラなどで撮影したディスク上の糸傾角と、式(19)で定義された θ とは同じものであり、計算値と実験値とが簡単に比較できる。

4. 計算結果と考察

4.1 計算の手順

計算の方法を述べる。ディスクの形状、配列から R, r, c, h は与えられるものとする。次に f (図7の O_1Q にあたる) と u_1 を仮定して、式(8), (11)を用いて点 P の v_1 と ω_1 を求める。その値を v と ω の初期値として式(15)と式(16)を用いて曲面上の曲線(測地線)を求める。曲線は赤道を挟んで対称であるので $v=0$ (点 N) までルンゲ・クッタ法で数値計算し、 u_2 を求める。一方、 f と u_1 が仮定されているからこの時の図6(a)の ϕ は式(13)から求められる。このようにして求めた ϕ と、式(17)で求めた φ とを比較し、両者が一致するまで u_1 を変えて(付随して u_2 も変化する)繰り返し計算をする。 ϕ と φ が一致し、すなわち、 PQ が O_1O_{III} と平行となる f と u_1 が見つかったら次に式(18)で c を計算する。 c が最初に与えられた数値に一致しなければ f を変えて再度上述の計算を行い、 c を満足する f と u_1 を求める。

$D=50\text{mm}$, $R=21.5\text{mm}$, $r=3.5\text{mm}$, $h=3.25\text{mm}$, $L=38.5\text{mm}$ の例を計算する。仮に $f=23\text{mm}$ とし、 u_1 を与えると u_2 と ϕ が求まる。この u_1 , u_2 を式(17)に入れ ϕ と右辺が等しくなる u_1 を捜すと 0.9974° が求まる。式(18)で c を計算すると 18.86mm となる。 c が 19.25mm とならなければならないので $f=23.22\text{mm}$ として再度計算する。 $u_1=1.244^\circ$ とすると $u_2=2.756^\circ$, $c=19.25\text{mm}$ となり、計算を終わる。同時に糸傾角も求める。

4.2 薄いディスクの糸経路

$R+r=25\text{mm}$ として r が非常に小さくなった場合を考える。式(16)から明らかなように du が 0 に近い値となり、 u_2 は小さくなり、その極限として糸は図7の LMN を結ぶ直線となる⁴⁾。この場合、 $f=22.952\text{mm}$, $u_1=2.998$, $u_2=0$, $LM=4.801\text{mm}$ とする。

これに対し $r=0.1\text{mm}$, $h=0.2\text{mm}$ を4.1で述べ

た手順で計算すると f は 22.970mm , u_1 は 2.852° , u_2 は 0.2° となり、糸経路は LMN に近い。ディスクの厚さが薄く環半径も小さいと、式(19)で定義される糸傾角は PP'' と $2rv_1$ の差が大きくなり、実際の計算値とはずれることが予想される。そこで θ の概略値を求める方法を考える。 θ を糸がディスクに接する点 P で子午線となす角に等しいと仮定し、式(11)~(13)より $\tan \theta$ を求めると次式を得る。

$$\tan \theta = \frac{f \sin u_1}{\sqrt{(f \cos u_1 - R)^2 + h^2 - r^2}} \quad (20)$$

ここで図7の O_1N 上に点 S をとり、 $r=0$ とすると、 $\angle QO_1N=u_1$, $O_1N=R=D/2$ となるから

$$f \sin u_1 = \overline{QS}, \quad f \cos u_1 = \overline{O_1S} \quad (21)$$

$$\tan \theta = \frac{\overline{QS}}{\sqrt{\overline{NS}^2 + h^2}} \quad (22)$$

となる。 $h=0.2\text{mm}$ のときの θ を式(19)で計算すると 41.34° となるが理論では点 N で 30.04° , 式(22)では 29.89° である。 PP'' と $2rv_1$ の差が大きくなっても緯線方向の長さはほとんど 0 であり、 LMN で急激に方向を変えることに変わりはない。

4.3 ディスクユニット諸量と糸傾角の計算値について

ディスク外径 $49 \sim 52\text{mm}$ に対して、 $r=3.5\text{mm}$, $h=3.25\text{mm}$, $2c=38.5\text{mm}$ としたときの進入点 P および赤道上の点 N における測地線の糸傾角と式(19)で定義された糸傾角の差異を図8に示す。輪環面上での糸傾角は進入点における値が最大で、赤道上での値が最小となる。測定用に定義した式(19)の糸傾角はそれらより大きくなっている。ディスク径が大きくなると約 3° ずれているが、これは測定用に定義した角度は糸の形状を直線とみており、緯線方向の円弧がより直線に近くなるためと考えられる。ただしその差異が実用条件に近いところでは高々 3° 位であることから、式(19)の θ で糸傾角を代表させることとする。前述の通り、式(19)の θ を糸傾角とすれば実験との比較が容易である。

同じ条件でディスク外径を変化させた場合の、既出の式(1)~(3)によって求められる糸傾角 θ_1 , θ_2 , θ_3 と式(19)によって計算された糸傾角 θ_4 を図9に示す。同じディスク外径に対し $\theta_1 > \theta_2 > \theta_3 > \theta_4$ となっている。いずれの θ の値も大きさに差はあるがディスク外径に対し同様の傾向を示していることがわかる。しかし測地線の考え方を導入して求めた糸傾角 θ_4

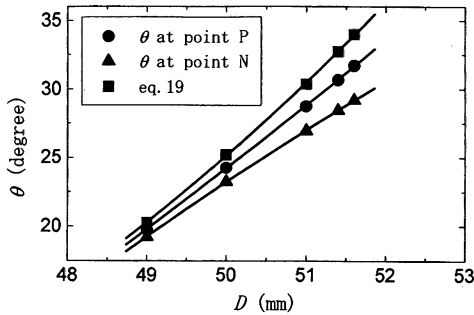


Fig. 8 The relationship between the angle of yarn inclination and the disk diameter.

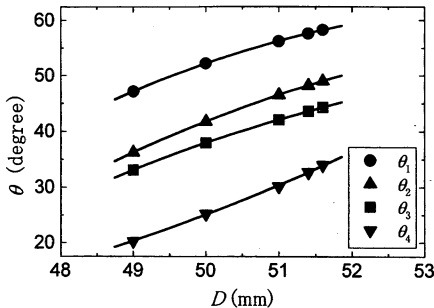


Fig. 9 The angle of yarn inclination calculated by using the equations(1), (2), (3) and (19).

と比較すると、既出文献で求めた値はいずれの場合も大きくなっている。

図10にディスク寸法として $r=3.5\text{mm}$ 、 $h=3.25\text{mm}$ 、 $2c=38.5\text{mm}$ の場合のディスク外径と糸傾角および糸進入点の角度 ν_1 の関係を示す。ディスク外径が大きくなると糸傾角および進入点の角度はともに大きくなっているが環半径 r と t の関係で限界を考慮しなければならない。ディスク厚さ $2t$ が $2r$

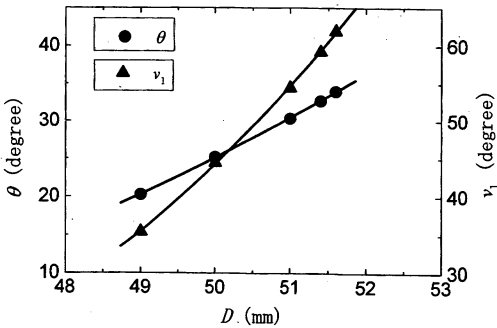


Fig. 10 The relationship between the angle of yarn inclination, the contact point and the disk diameter.

より小さいときは、最大の ν_1 は $\sin^{-1}(t/r)$ となる。 $2t=6\text{mm}$ 、ディスク間のすき間 $s=0.5\text{mm}$ とすると、 $h=t+s/2=3.25\text{mm}$ となり、最大の糸進入点の角度は $\sin^{-1}(t/r)=59^\circ$ となる。図10では ν_1 が約 60° となる最大ディスク外径は 51.5mm である。外径が 51.6mm の ν_1 は 61.9° であるから、このディスクではエッジに糸が「かかる」状態となり、糸はディスクと滑らかな接触をしていないことになる。しかし同じディスク間隔でも、 $t=3.1\text{mm}$ 、 $s=0.3\text{mm}$ とすると糸はエッジにかからず、滑らかに進入および離脱をすることになる。このことを考慮しておけばディスクの厚さはすき間と併せてディスク間隔として扱うことができ、ディスク厚さは重要な因子とされない。実用上は糸がディスクのエッジにかかる状態とならないよう注意しなければならない。 $D=52\text{mm}$ 、 $h=3.25\text{mm}$ のとき、糸がディスクに接するときの角度 ν_1 は 68.18° で、 $s=0\text{mm}$ のときの ν_1 は $\sin^{-1}(t/r)=68.21^\circ$ であるからほとんどすき間はない状態である。

図11(a)にディスク外径 50mm 、環半径 r が 3.5mm 、 $2c$ が 38.5mm のときのディスク間隔距離 H と糸傾角の関係を示した。ディスクの厚さは最大 $2r$ の 7mm で、 H がこれより小さい場合はディスクが $2r$ より薄い場合を考えることになる。 $H(=2h)$ と ν_1 の関係を図11(b)に示し、同図にすき間 s を 0.5mm とした場合の $\sin^{-1}(t/r)$ を破線で示した。同図からディスク外径 50mm 、環半径 r が 3.5mm 、ディスクのすき間 0.5mm 、軸間距離 38.5mm にすると糸傾角は $28\sim 20^\circ$ で ν_1 は $51\sim 35^\circ$ となり、すき間を広くすると糸傾角、進入角度ともに減少することがわかる。

ディスク外径 50mm 、 $r=3.5\text{mm}$ の糸傾角と軸間距離及び進入点の角度 ν_1 と軸間距離の関係を図12に示す。軸間距離を大にすることはディスク外径が小になることに等しい効果となるのはディスクの重なりを考えれば明らかである。

ディスク外径を 50mm で環半径 r が変化した場合の糸傾角および進入点の角度 ν_1 との関係を図13(a)、(b)に示す。 $h=3.25\text{mm}$ はディスク厚さ 6mm 、隙間 0.5mm を、 $h=3.75\text{mm}$ は厚さ 7mm を想定している。 r を大きくすると糸傾角は大きくなっている。 ν_1 は $\sin^{-1}(t/r)$ より小さくなければならない。式(1)～(3)に紹介した既出の報告では、いずれの場合も環半径が糸傾角に与える影響に関しては何も述べていないが、本解析によれば同一のディスク外径 $2(R+r)$

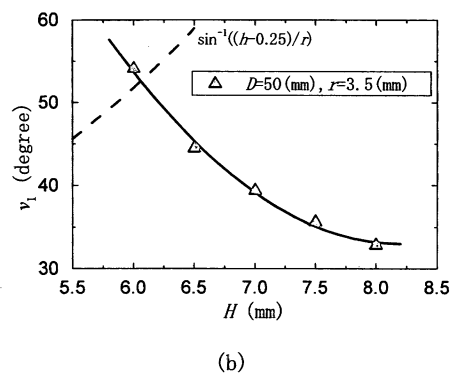
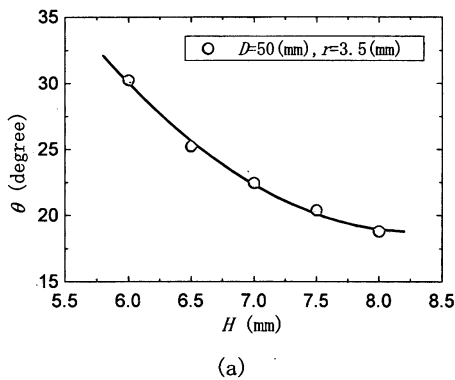


Fig. 11 The relationship between the angle of yarn inclination, the contact point and the distance between the central planes of the successive disks.

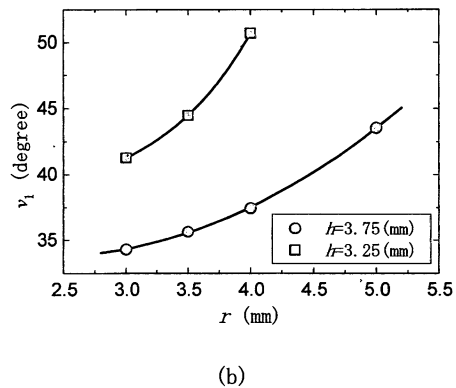
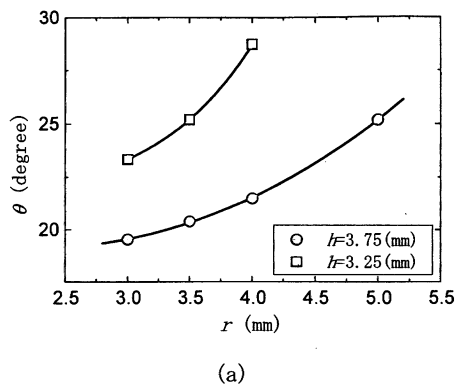


Fig. 13 (a) The angle of yarn inclination and the radius of the disk edge arc.
(b) The angle of the contact point and the radius of the disk edge arc.

でも環半径を変えた場合の糸傾角の変化を予測できる。

以上、糸がディスク曲面の測地線上を運動すると仮定して糸傾角とディスク寸法、軸間距離、ディスク間隔の関係を論じてきたが、これらは実験と比較する必要があり、次報で報告する。

5. 結論

フリクションディスク仮撚ユニット内の糸経路を、ディスクと糸の摩擦を無視して、糸は対称なループを描き、ディスク曲面上では最短路をとるとして糸傾角を理論的に解析し、以下の結論を得た。

- 1) 微分幾何学を用いた解析により糸傾角を理論的に求める方法を示した。
- 2) 曲面上を走る糸を正面から見たときの角度を定義し、これと理論値の差異が小さいことを示

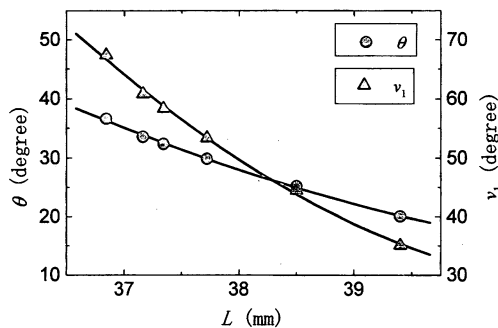


Fig. 12 The relationship between the angle of inclination, the contact point and the distance between the spindle axis

し、実験における写真撮影の糸傾角を補正なしで理論値と比較できることを明らかにした。

- 3) このようにして求めた糸傾角は従来発表されている糸傾角の理論と定性的に同傾向であるが、絶対値として小さい角度となった。また環半径と糸傾角の関係を明らかにした。
- 4) ディスク外径、環半径を大きくすると糸傾角および接触角度は大きくなる。軸間距離、ディスク間距離を小さくすると糸傾角および接触角度は大きくなることを計算で明らかにした。

以上の解析は今後実際のフリクションユニットを用いて測定できる値と比較検討しなければならない。

また本研究に対し貴重な助言をいただきました小

林茂隆氏に対し、厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) S. Shintaku, T. Endo, T. Kinari and R. Tamamura ; J. Text. Mach. Soc. Japan (Japanese ed.) , 52, T217 (1999)
- 2) H. Inuyama, K. Tomita and M. Doi (Toray Co. Ltd.) , JP. Pat. 57-10207 (1982)
- 3) Text. Mach. Soc. Japan ; "Sen-ikougaku III", p433, Text. Mach. Soc. Japan (1987)
- 4) S. Kobayashi ; " Kasadakakakouhou no tenbou to tok- ucho" , p1, Ishikawa Trial Center (1994)
- 5) Guang-Wu Du and W. S. Hearle ; Textile Res. J., 61, 289 (1991)
- 6) S. Suzuki, S. Shintaku and T. Kinari ; Prepr. Text. Mach. Soc. Japan Hokuriku Branch, p15 (1995)
- 7) J. J. Thwaites ; J. Textile Inst., 75, 285 (1984)