

Modeling for Yarn Path and Yarn Tension in Disk Friction Part of Double Stack False Twister

KANEDA Naoto^{a,*}, KINARI Toshiyasu^b, SHINTAKU Sukenori^b, SHIMOKAWA Tomotsugu^b, ARAKI Yoshifumi^{b,c}

^a Department of mechanical engineering, Fukui National College of Technology,
Geshi-machi Sabae, Fukui916-8507, Japan

^b College of Science and Engineering, Kanazawa University,
Kakuma-machi Kanazawa, Ishikawa 920-1192, Japan

^c TOWA Co.,Ltd., 5, Zyoutobakamicyoushi-machi Minami-ku Kyoto, Kyoto 601-8105, Japan

Received 18 March 2009; accepted for publication 2 September 2009

Abstract

Double-stack disk friction units were used to produce good, high-crimp yarn like wool and the results were compared to conventional triple-stack disk friction units. The quality of false-twist textured yarn from disk friction spindles is very strongly influenced by unit operating conditions and untwisting tension. The authors previously proposed a method to derive tension and untwisting tension in the yarn given the twisting tension and yarn path in double-stack disk friction units. In this study our goal was to calculate both yarn path and yarn tension. We were able to compare and confirm that the calculated yarn path and yarn tension closely matches experimental results. In addition, we succeeded in using our model to predict conditions for guide hole to produce false-twist yarn. The validity of our model was proven by the results. We have succeeded for the first time in calculating approximate yarn path and yarn tension for the false-twist process in disk friction spindle units. Our results should be helpful in designing disk friction spindle units.

Key Words: False-twist, Yarn tension, Yarn path, Disk friction, Crimp

2軸型ディスクフリクション仮撚の施撚部における 糸径路と糸張力のモデル化

金田直人^{a,*}, 喜成年泰^b, 新宅救徳^b, 下川智嗣^b, 荒木芳文^{b,c}

^a 福井工業高等専門学校機械工学科, ^b 金沢大学理工研究域, ^c TOWA 株式会社

1. 緒言

回転体の表面摩擦を利用して直接糸に撚りを与える摩擦仮撚法には、大きく分けて回転する円板に糸を外接させる外接仮撚（以下、ディスクフリクション仮撚と呼ぶ）と、回転させたベルトを交差するように設置してその摩擦を利用するベルトニップ仮撚がある。ディスクフリクション仮撚においては、3本の軸に複数枚のディスクを設置した3軸ディスクフリクション仮撚機（以下、3軸型と呼ぶ）が主流となっている。同機の仮撚加工糸の品質（羊毛のようなクリンプをもつ

糸）はユニット内の加工条件（糸径路）および付与された張力（解撚張力）に最も影響され、これらについては幾何学的観点から数多くの研究者によって解明されている [1-7]。

一方、近年3軸型より以前に開発された2軸型ディスクフリクション仮撚ユニット（以下、2軸型と呼ぶ）も再び使用されるようになってきた。2軸型は3軸型に比べ、①糸付け点を見出すことが難しい、②解撚張力が低下しない、③高速加工時の安定性に劣る、などの特徴があったためほとんど使用されていなかった。しかし、「解撚張力が低下しない」という特徴から、羊毛のようなクリンプをもつ仮撚加工糸が生

* 連絡先： 福井工業高等専門学校機械工学科 916-8507 鯖江市下司町
E-mail : kaneda@fukui-nct.ac.jp, Tel: 0778-62-8251, Fax: 0778-62-3306

産しやすくなると予想され、新しい糸の探索を目的に使用されるようになってきた。また、機構設計の観点から駆動軸が1本減少することにより、ディスクの枚数を減らすことができるため、装置の単純化、コストの低下が望める。しかしながら、2軸型にはまだ経験的に設計されている部分が多く、設計資料等がほとんど公表されていない。そこで筆者らは既報[8]において、ディスク間の張力が測定できる程度に拡大した2軸型のモデルユニットを製作し、ディスク上の糸の走行径路（以下、糸径路と呼ぶ）、加熱張力、解熱張力、ディスク上の糸接触角度および糸接触幅を測定した。また以前の研究結果[9-11]より、同ユニットの寸法および運転条件から算出される、ディスク上のみの糸径路および糸張力を確認した。その結果、実験データから得られた「糸とディスクの接触条件（糸傾角、糸接触角度、糸接触幅、糸張力）」を与えることで、ディスク上の糸径路および糸張力を概算することが可能になった。しかしながら、ガイドとディスクの間、ディスクとディスクの間の糸径路把握には至っておらず、ユニット全体の完全なモデル化およびそれらの解明方法は未だ明確になっていない。

そこでユニット内で仮撚が行われる入口ガイドから出口ガイド間を施撚部と定義し、糸とディスクの接触状態について仮定をたてることで、同部における糸径路・糸張力をモデル化した。そして、ディスクフリクション仮撚のモデルユニットを用いて得られた糸傾角、糸接触角度、糸接触幅、ならびに糸張力に関する実験結果[8]と算出結果とを比較・検討することで提案するモデル化の妥当性を確認し、同ユニット施撚部の設計資料を提供することを目的とする。

2. ユニットモデルの基本構成

Fig.1 に著者らが製作した2軸型のモデルユニットの概略を示す。同ユニットは1段ヒータ法で、2本の駆動軸にクロムコーティングしたディスクをそれぞれ2枚設置し計4枚のディスクで仮撚を施す構成になっている。実機では直径 $D = 50\text{mm}$ 程度のディスクを用いることが多いが、本モデルではユニット内における糸径路を明確に把握することと、ディスク間の糸張力の測定を容易にすることを目的に Fig.2(a) に示すような直径 $D = 200\text{mm}$ のディスクを使用した。（ディスクの形状を輪環面の一部と仮定し、 R を輪の半径、 r を環の半径とする。）また同図(a)より、ユニット内に10mm間隔で直径10mmの孔が設けられた入口ガイドおよび出口ガイドを設置することで、同ガイド孔の位置による糸径路への影響についても検討した。糸は同ユニット上部に設置された回転速度 V_F (m/min)のフィードローラと、回転速度 V_D (m/min)の下部のデリベリローラによって走行させ、さらに延伸（延伸比 $V_D / V_F = 1.68$ ）させながら仮撚加工糸を生産する機構となっている。

3. 施撚部における糸径路・糸張力のモデル化

施撚部の糸径路・糸張力のモデル化を行うにあたり最も問題とされるのが、「糸とディスクの接触状態」の設定である。

そこで、まず糸とディスクとの接触状態を無視する仮定をたてることで、施撚部全体の糸径路の算出を簡略化した。次に同設定で得られた知見を基に、「糸とディスクの接触状態」についても新たに仮定をたてることで施撚部の糸径路・糸張力の算出を行った。

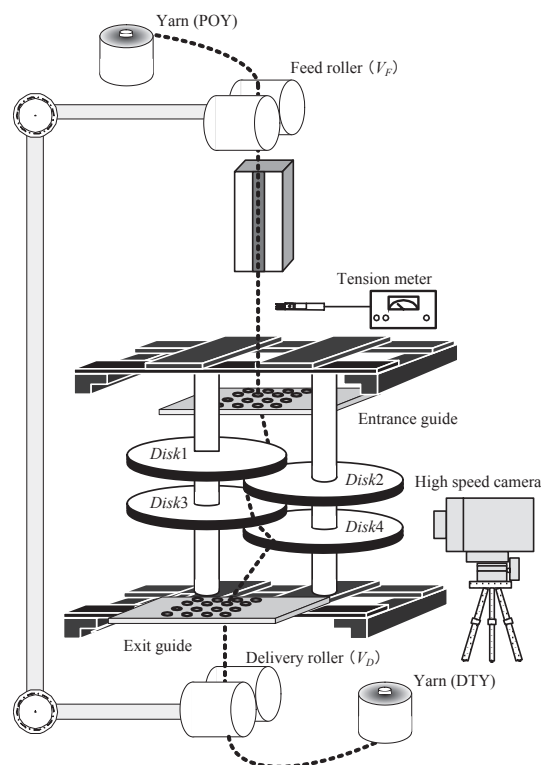


Fig. 1 Outline of a model false-twisting machine.

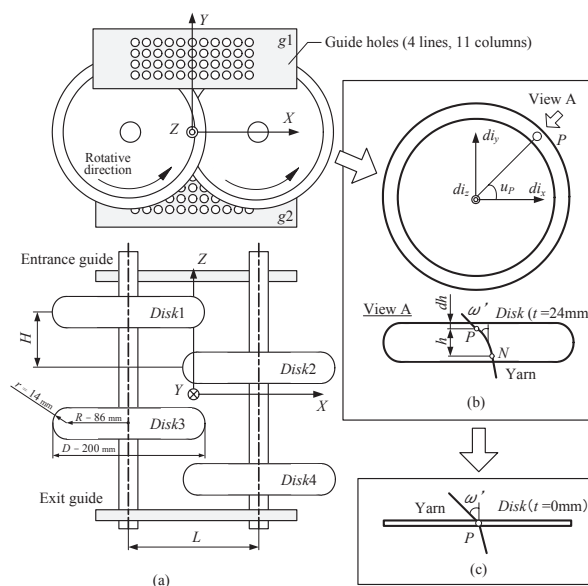


Fig. 2 Simplification of yarn path.
(a) Original point of coordinate system placed on model machine
(b) Original point of coordinate system placed on i -th disk
(c) Disk without thickness

3.1 ディスク厚さを考慮しない場合

ディスク厚さを考慮しない糸径路の予測をするために、以下の仮定をたてて施撚部のモデル化を図る [8, 9].

- i) 糸の伸びおよび太さを無視する.
- ii) 糸はディスクの輪環面の環の最外部の一点だけに接触しており、すべりは生じない.
- iii) 糸自体の回転および撚りを無視する.
- iv) 糸径路はディスク 1,2 においては $0 \sim 180(\text{deg.})$ 間に、ディスク 3,4 においては $180 \sim 360(\text{deg.})$ 間で形成される.
- v) 仮定 iv) を走行しない糸径路では仮撚加工糸は生産できない.
- vi) 糸径路は施撚部において最短径路で形成される.
- vii) 糸径路はディスク厚さの影響を受けない (ディスク厚さは考えない).

ここで仮定 iv) および v) については経験的に定めたものである. 既報 [8] より仮撚加工糸が生産可能な糸径路は、仮定 iv) に示す接触範囲に固定されており、同範囲以外で形成される糸径路では仮撚加工糸が生産出来ないことが明らかとなっている. また、物理的観点から糸は走行時に最も安定する径路に収れんするのは最短距離 (測地線) と考えられるため、糸径路計算の簡略化を目的に仮定 vi) および vii) を定めた.

Fig.2(a) に本ユニットの施撚部中心に原点を定めた概略図を示す. X, Y 軸はユニット内にある 2 本の回転軸間の中心に設置した座標軸で、 Z 軸は施撚部の入口ガイドから出口ガイド間の中心に設置した座標軸である ($Z = -200 \sim 200\text{mm}$). なお X 軸は回転軸の軸心を通るように ($X = -170 \sim 170\text{mm}$), Y 軸は入口・出口ガイドは各 6 列目の孔の中心を通るように設置した ($Y = -90 \sim 90\text{mm}$). また Fig.2(b) に示すように各ディスク (ディスク番号 $i = 1 \sim 4$) の中心部にもそれぞれ座標軸を設け、座標値を $di = (di_x, di_y, di_z)$ とし、入口ガイド・出口ガイドの座標もそれぞれ $g1 = (g1_x, g1_y, g1_z)$, $g2 = (g2_x, g2_y, g2_z)$ と設定する. ガイドには直径 10mm の孔が設けられているが、糸径路を算出する際のガイド孔の座標値 $g1, g2$ は、それぞれ孔の中心を通るように決定した. ここで糸径路長さ s が式 (1) により表現され、 s が最短となるように径路を定める.

$$s = \sqrt{(g1_x - d1_x)^2 + (g1_y - d1_y)^2 + (g1_z - d1_z)^2} + \sqrt{(d1_x - d2_x)^2 + (d1_y - d2_y)^2 + (d1_z - d2_z)^2} + \sqrt{(d2_x - d3_x)^2 + (d2_y - d3_y)^2 + (d2_z - d3_z)^2} + \sqrt{(d3_x - d4_x)^2 + (d3_y - d4_y)^2 + (d3_z - d4_z)^2} + \sqrt{(d4_x - g2_x)^2 + (d4_y - g2_y)^2 + (d4_z - g2_z)^2} \quad (1)$$

本モデル機のディスク設置条件およびモデルユニットの運転条件を Table1 に示す. また施撚部の入口・出口ガイド孔においては、ガイドの位置が糸径路に及ぼす影響について検討するために、原点对称になる位置を使用した. なお、本ユニットにおいて実際に糸径路を観察する際、ディスク厚さ

Table 1 Experimental conditions.

Yarn : Polyester multi-filament yarn (POY: 140 dtex / 36 filaments, DTY: 75 dtex/ 36 filaments)		
Disk dimensions (mm)	$R = 100, r = 0, t = 1$	
	$R = 86, r = 14, t = 24$	
Frictional coefficient μ	0.15	
Draw ratio (V_D / V_T)	1.68	
Heater temperature (K)	463	
Yarn take up speed $Y(\text{m}/\text{min})$	15	
Entrance guide holes (line - column) ($g1_x, g1_y, g1_z$) (mm)	(1 line - 1 column)	(-50, 70, 137)
	(1 line - 4 column)	(-20, 70, 137)
	(4 line - 1 column)	(-50, 40, 137)
Exit guide holes (line - column) ($g2_x, g2_y, g2_z$) (mm)	(4 line - 11 column)	(50, -70, -137)
	(4 line - 9 column)	(20, -70, -137)
	(1 line - 11 column)	(50, -40, -137)
Distance between disks H (mm)	50, 70	
Distance between spindles L (mm)	130, 140, 150	
Speed ratio D/Y	2.7, 3.8, 4.7, 5.1	

$t = 0\text{mm}$ のディスクは存在しないため、ディスク厚さが顕著に少ない $t = 1\text{mm}$ のディスクを製作することでディスク厚さを考慮しない状態を疑似し糸径路を測定した. ここで糸径路を表現するための代表的なパラメータとして、糸が各ディスク上で接触する時の糸接触角度 u_p の実験結果と算出結果を Fig.3 に示す. 同図より、 $t = 1\text{mm}$ の疑似ディスクを用いた実験結果と式 (1) を用いた $t = 0\text{mm}$ のディスクを想定した算出結果がほぼ一致していることが確認できる. これより施撚部において糸径路は最短径路付近に形成されていると考えられ、本算出に用いた仮定 vi), vii) の妥当性は高い.

次に入口ガイド・出口ガイドの設置位置がどのような影響を及ぼすか検討する. Table2 に入口ガイド孔における実験結果と算出結果を示す. なお出口ガイド孔については、入口ガイド孔と原点对称の孔の位置であるため省略する. 先にも述べたように、仮撚加工糸を生産できる糸径路は仮定 iv) の部分に限定されている. ここで仮定 iv), v) を満たす実験結果および計算結果の糸径路を◎、計算結果が仮定を満たし実験結果が仮定を満たさない糸径路を○、いずれの結果も仮定を満たさない糸径路を×とする. そこで実験結果と算出結果を比較すると、◎の状態のガイド孔が多く同仮定を満たすガイド孔の位置が近似していることが明らかとなった. つまり実験結果から定めた仮定 iv), v) の妥当性は高く、ディスク厚さを考慮しない場合の糸径路の概算を行う際に適用できることが明らかになった. 以上のことから、施撚部の仮撚加工糸の生産可能な入口・出口ガイドの設置位置と糸径路を概算することが可能になった.

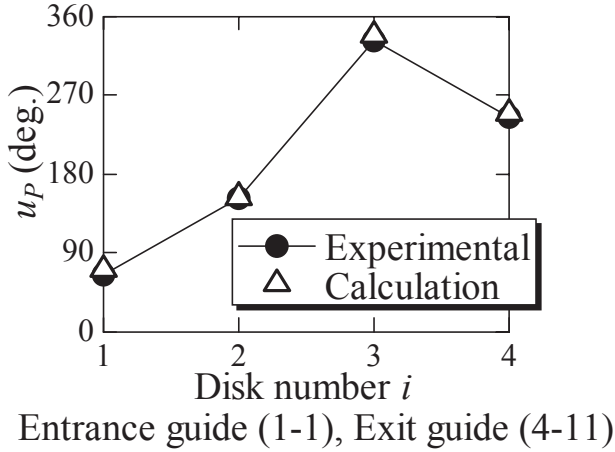

 Fig. 3 Yarn contact angle u_P . ($L=130\text{mm}$, $H=70\text{mm}$, $D/Y=2.7$)

 Table 2 Guide holes where yarn path can be formed. ($L=130\text{mm}$, $H=70\text{mm}$, $D/Y=2.7$)

		Guide columns										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Guide lines	1	⊙	⊙	⊙	⊙	○	×	×	×	×	×	×
	2	⊙	⊙	⊙	○	×	×	×	×	×	×	×
	3	⊙	⊙	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	4	⊙	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

- ⊙: Guide holes where yarn path can be formed in both calculation and experiment.
- : Guide holes where yarn path cannot be formed in experiment but in calculation.
- ×: Guide holes where yarn path cannot be formed in either experiment nor calculation.

3.2 ディスク厚さを考慮した場合

前節では施撚部に仮定をたてて糸とディスクの接触状態を簡略化し、ディスク厚さを考慮しない糸径路を概算した。その結果、入口・出口ガイドの設置位置と糸径路を概算することが可能になった。しかしながら、糸径路の算出の簡略化を目的にディスク厚さを考慮しなかったため、糸張力については算出できていない。仮撚加工糸の糸物性に影響を与える要素の一つに糸張力がある。そのためディスクフリクション仮撚機の設計資料として、施撚部の糸張力のモデル化についても検討する必要がある。そこで施撚部におけるディスク厚さを考慮した糸径路・糸張力を算出する方法を提案する。

まず施撚部において、ディスクを Fig.4(a) に示すような輪環面 (トーラス) の一部と仮定することで、ディスク上の糸径路・糸張力を概算できる式 (2) ~ (5) が導かれる [7]。

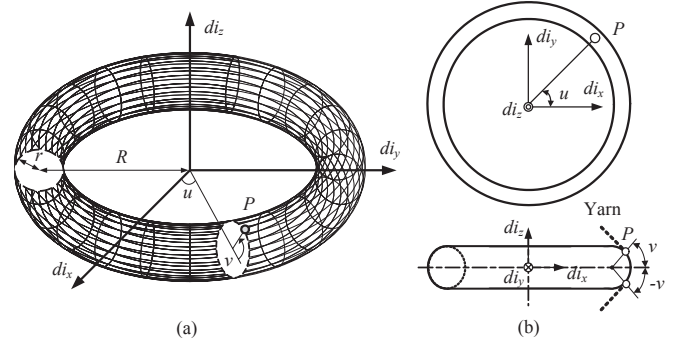


Fig. 4 Coordinate system on torus model.

- (a) Three dimension
- (b) Two dimension

$$\vec{P}(x, y, z) = \vec{P}(u, v) = ((R + r \cos v) \cos u, (R + r \cos v) \sin u, r \sin v) \quad (2)$$

$$\frac{du}{dv} = \frac{1}{(\rho + \cos v) \tan \omega} \quad (3)$$

$$\frac{d\omega}{dv} = \frac{\mu \alpha}{\sqrt{\alpha^2 - 2\alpha \cos \omega + 1}} \left(\frac{\cos v \cos^2 \omega}{\rho + \cos v} + \sin^2 \omega \right) - \frac{\sin v}{(\rho + \cos v) \tan \omega} \quad (4)$$

$$\frac{dT}{dv} = -\frac{\mu T (\alpha \cos \omega - 1)}{\sin \omega \sqrt{\alpha^2 - 2\alpha \cos \omega + 1}} \left(\frac{\cos v \cos^2 \omega}{\rho + \cos v} + \sin^2 \omega \right) \quad (5)$$

- u : 輪環の緯線方向の角度 (deg.)
- v : 端面の子午線方向の角度 (deg.)
- ω' : 糸傾角 (deg.)
- ω : $\omega = \omega' + 270$ (deg.)
- α : 周速度比 D/Y
- μ : ディスク表面の摩擦係数
- T : ディスク上の糸張力 (cN)
- ρ : R/r

著者らは以前の研究結果で、式 (2) ~ (5) を用いてディスク上の糸径路・糸張力の算出を行った。ここで糸径路・糸張力の概算は、実験結果より得られた糸接触角度 u_P 、進入点 P 、脱出点 N を式 (2) ~ (5) に適用することで求めた [8] (Fig.2(b) 参照)。つまり「糸とディスクの接触状態」を任意に定めて糸径路・糸張力を概算していた。また施撚部において糸径路・糸張力が概算できたのはディスク上だけで、施撚部全体の糸径路把握には至っていなかった。そこで施撚部の「糸とディスクの接触状態」について新たに仮定をたてることで糸接触角度 u_P 、進入点 P 、脱出点 N を求め、糸径路・糸張力の概算を行った。

まず、「糸とディスクの接触状態は接線に近似している」と考える。そこで本節では前節の仮定 vii) に換えて、同接触状態を仮定として前節の仮定 i) ~ vi) に新しく加え、施撚部の糸径路・糸張力をモデル化した。これにより糸とディスク

の接触状態を示す進入点 P ・脱出点 N を近似的に算出することができる。ここで、糸とディスクの接触状態が接線であることを判定する判定式を式 (6), (7) に示す。

$$\begin{vmatrix} g_x - di_x & g_y - di_y & g_z - di_z \\ -\sin u & \cos u & 0 \\ -\sin v \cos u & -\sin v \sin u & \cos v \end{vmatrix} \leq I \quad (6)$$

$$\beta_1, \beta_2 \leq J \quad (7)$$

ここで、 $\beta_1 = \cos^{-1} \left(\frac{\overline{PP'} \cdot \overline{P'Q}}{\left| \overline{PP'} \right| \left| \overline{P'Q} \right|} \right), \beta_2 = \cos^{-1} \left(\frac{\overline{QQ'} \cdot \overline{P'Q}}{\left| \overline{QQ'} \right| \left| \overline{P'Q} \right|} \right)$

式 (6) はガイドとディスクとの間の接線の判定式 (接平面方程式) である。左辺に示す行列式の 1 行目はガイドとディスクの間に形成される糸径路の単位ベクトルを示し、2 行目は輪環面の進入点 P における緯線方向 u の単位接ベクトルを示し、3 行目は輪環面の進入点 P における子午線方向 v の単位接ベクトルを示している。式 (6) において左辺の行列式の値が零の場合、ガイドとディスクの間に接平面が成立し、同面から接線を求めることができる。しかしながら接平面が成立する解を厳密に求めるのは困難である。そこで接平面を近似的に決定するために判定値 I を定めた。つまり式 (6) に示す判定値 I 以下の u, v を得た場合、ガイドとディスクの間には接平面が成立する。これより近似的に接線も求めることができるため、その接線をガイドとディスクの間に形成される糸径路として決定した。そして接線とディスクとが接触する接点を、それぞれ入口ガイドの場合は進入点 P ・出口ガイドの場合は脱出点 N として決定した。以上より式 (6) を用いることで、入口ガイドとディスク 1 の間の糸径路、出口ガイドとディスク 4 の間の糸径路、ディスク 1 の進入点 P 、ディスク 4 の脱出点 N を概算することができる。

式 (7) は各ディスク間の共通接線の判定式である。本算出方法において、ガイドとディスクの間の接線とディスクとディスクの間の接線の算出方法が異なる。算出方法を分けた理由として後者が曲面をもったディスク間を対象としており、そこでは接平面が成立しにくいからである。Fig.5 に各ディスク間の共通接線の算出手順を示す。同図より上下に設置された 2 枚のディスクの間に成立する共通接線を求める場合、まず始めにそれぞれのディスクに適当な進入点 P, Q を指定する。そして点 P, Q からそれぞれ子午線方向 (v 方向) に任意のきざみ幅 Δh 進んだ糸径路を式 (2) ~ (4) を用いて求め、

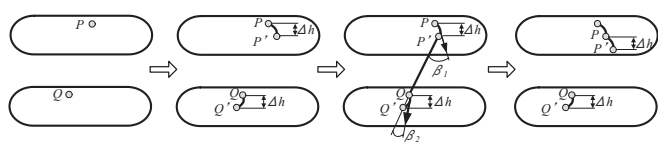


Fig. 5 Calculation procedure of common tangent for both upper and lower disk.

得られた糸径路の終点をそれぞれ P', Q' とする。ここで上部ディスクの点 P' と下部ディスクの点 Q' の間に形成される $\overline{P'Q}$ が共通接線となる点 P', Q' を探した。上部ディスクと下部ディスクの間の共通接線 $\overline{P'Q}$ は、上部ディスクの単位接ベクトル $\overline{PP'}$ と下部ディスクの単位接ベクトル $\overline{QQ'}$ がそれぞれ平行かつ一直線上に存在する場合に成立する。しかしながらガイドとディスクの間の接線の算出と同様に、平行となる解を厳密に求めるのは困難である。そこで $\overline{P'Q}$ と $\overline{PP'}$ のなす角 β_1 および $\overline{P'Q}$ と $\overline{QQ'}$ のなす角 β_2 をそれぞれの内積から求める。式 (7) に示すように各なす角 β_1, β_2 が判定値 J を満たす場合、 $\overline{P'Q}$ と $\overline{PP'}$ と $\overline{QQ'}$ の 3 つのベクトルは平行と決定し、 $\overline{P'Q}$ を共通接線とした。これにより点 P' を上部ディスクの脱出点 N 、点 Q' を下部ディスクの進入点 P として決定することができる。以上より式 (7) を用いることで、ディスク 1 の脱出点 N 、ディスク 2 の進入点 P ・脱出点 N 、ディスク 3 の進入点 P ・脱出点 N 、ディスク 4 の進入点 P を概算することができる。また同時にディスク 1 とディスク 2 の間の糸径路、ディスク 2 とディスク 3 の間の糸径路、ディスク 3 とディスク 4 の間の糸径路も概算することができる。前節と同様に、各ディスク (ディスク番号 $i = 1 \sim 4$) 上にそれぞれ座標軸を設け座標値を $di = (di_x, di_y, di_z)$ とし、入口ガイド・出口ガイドの座標もそれぞれ $g1 = (g1_x, g1_y, g1_z), g2 = (g2_x, g2_y, g2_z)$ と設定した。式 (2) ~ (7) を用いた施撚部の全糸径路長さ s_{ALL} は式 (8) によって表現され、 s_{ALL} が最短径路となるように定める。ここで、 $(di_{xp}, di_{yp}, di_{zp})$ は各ディスク上の進入点 P の座標値を示し、 $(di_{xN}, di_{yN}, di_{zN})$ は各ディスク上の脱出点 N の座標値を示す (Fig.2(b) 参照)。

$$\begin{aligned} s_{ALL} = & \sqrt{(g1_x - d1_{xp})^2 + (g1_y - d1_{yp})^2 + (g1_z - d1_{zp})^2} \\ & + \sqrt{(d1_{xp} - d1_{xN})^2 + (d1_{yp} - d1_{yN})^2 + (d1_{zp} - d1_{zN})^2} \\ & + \sqrt{(d1_{xN} - d2_{xp})^2 + (d1_{yN} - d2_{yp})^2 + (d1_{zN} - d2_{zp})^2} \\ & + \sqrt{(d2_{xp} - d2_{xN})^2 + (d2_{yp} - d2_{yN})^2 + (d2_{zp} - d2_{zN})^2} \\ & + \sqrt{(d2_{xN} - d3_{xp})^2 + (d2_{yN} - d3_{yp})^2 + (d2_{zN} - d3_{zp})^2} \\ & + \sqrt{(d3_{xp} - d3_{xN})^2 + (d3_{yp} - d3_{yN})^2 + (d3_{zp} - d3_{zN})^2} \\ & + \sqrt{(d3_{xN} - d4_{xp})^2 + (d3_{yN} - d4_{yp})^2 + (d3_{zN} - d4_{zp})^2} \\ & + \sqrt{(d4_{xp} - d4_{xN})^2 + (d4_{yp} - d4_{yN})^2 + (d4_{zp} - d4_{zN})^2} \\ & + \sqrt{(d4_{xN} - g2_x)^2 + (d4_{yN} - g2_y)^2 + (d4_{zN} - g2_z)^2} \quad (8) \end{aligned}$$

本節では前節の糸径路の算出方法を参考に、「糸とディスクの接触状態は接線に近似している」という仮定を新たに設定することで、ディスク厚さを考慮した糸径路・糸張力を求める算出方法を考えた。そして上記した算出方法を用いて施撚部の糸径路・糸張力の概算を行った。

Fig.6 に $L = 130 \text{ mm}$, $H = \text{mm}$, $D/Y = 2.7$, 入口ガイド孔 (1 line-1column), 出口ガイド孔 (4 line-11 column) の場合の算出結果および実験結果を示す。Fig.6(a) は糸が各ディスクのどの部分 (円周 360(deg.)) に接触しているかを示す糸接触角度 u_p , Fig.6(b) は糸がディスクに接触している量を示す

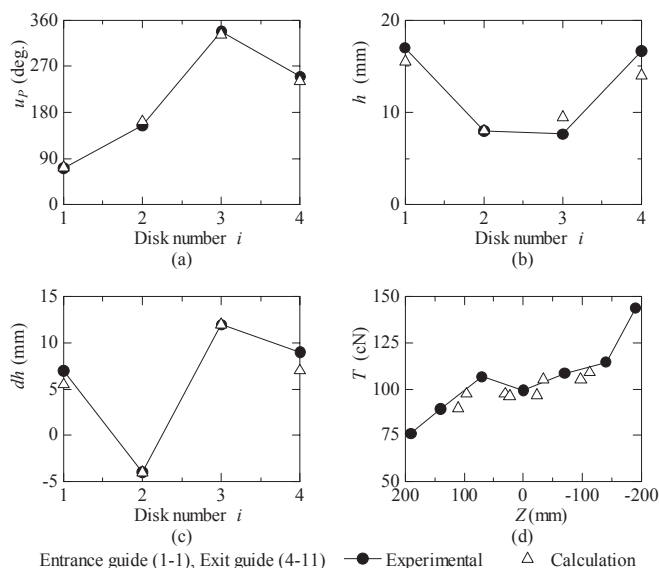


Fig. 6 Yarn path and tension. ($L=130\text{mm}$, $H=70\text{mm}$, $D/Y=2.7$, $t=24\text{mm}$)

- (a) Yarn contact angle u_p
 (b) Yarn contact width h
 (c) Yarn contact height dh
 (d) Yarn tension T

す糸接触幅 h , Fig.6 (c) は糸がディスク厚さ方向のどの部分に進入しているかを示す糸接触高さ dh , Fig.6(d) は施撚部における糸張力を縦軸にとっている。ここで Fig.6(a) ~ (c) において横軸は各ディスク番号 i をとり, Fig.6(d) はユニット内の Z 座標を横軸とし, 表示範囲は施撚部前後の入口ガイド ($Z=200\text{mm}$) から出口ガイド ($Z=-200\text{mm}$) までを表示した。なお Fig.6(d) の横軸の座標値 Z が正 ($Z=200\text{mm}$) から負 ($Z=-200\text{mm}$) となっているのは, モデルユニットに定めた原点および座標軸が Fig.2(a) のように設置したため, 糸加工の流れに沿って座標値 Z を正 ($Z=200\text{mm}$) から負 ($Z=-200\text{mm}$) と表現した。

Fig.6(a) より前節と同様に, 式 (2) ~ (7) を用いた糸径路の算出結果と厚さが $t=24\text{mm}$ のディスクを用いた糸径路の実験結果がほぼ一致していることが確認できる。また糸とディスクの接触領域を示す Fig.6(b),(c) においても同じ傾向であることが確認できた。これより「ディスクと糸との接触状態は接線に近似している」という仮定の妥当性は高く, また同仮定を設けることで施撚部の糸径路を近似的に概算できることが明らかとなった。Fig.6(d) より施撚部の糸張力においてもほぼ一致していることがわかる。なお Δ は各ディスクの進入点 P の張力と脱出点 N の張力をプロットした。つまり, 糸径路が与えられればディスク上の糸張力を概算できることが確認することができた。このことから仮定の妥当性の高さを確認でき, 糸張力についても近似的に概算できることが明らかとなった。また Fig.6(d) では算出結果および実験結果で,

特定の Z 座標領域 ($Z = -100 \sim 0 \text{ mm}$) において糸がディスク 2 と接触することによって糸張力が減少する「糸送り効果」が発生していることが再確認できた [8]。

ここで提案したディスクフリクション仮撚における施撚部の糸径路・糸張力のモデル化は, 実験結果および算出結果ともに近似的に一致している部分が多く, 提案した算出方法が妥当であることが確認できた。以上より, ディスクフリクション仮撚において施撚部の設置条件と運転条件を把握しておけば, 同部の糸径路・糸張力の近似値を概算できることが明らかになった。

4. 結 言

本報では 2 軸型ディスクフリクション仮撚機のモデル機を用いて, 施撚部の糸径路と糸張力について検討した。①施撚部において糸は最短径路付近を通過している。②糸がディスクに対して, 進入および脱出をする際の接触状態は接線に近似している。以上の仮定により, 施撚部の糸径路および糸張力を概算するモデルを提案した。

- 1) ディスクフリクション仮撚ユニットの施撚部の設置寸法と運転条件を把握すれば糸径路および糸張力の近似値を求めることができた。
- 2) 糸径路を固定するための入口・出口ガイドの設置位置は仮撚加工糸の生産に大きく影響する。本報の提案したモデルにより, 仮撚加工糸を生産可能なガイドの設置位置を近似的に概算できた。

References

- [1] Thwaites JJ (1984) J Text Inst, **75**, T285-297
- [2] Thwaites JJ (1985) J Text Inst, **76**, T157-170
- [3] Du Guang-Wu, Heale JW (1991) Text Res J, **61**, T289-297
- [4] Du Guang-Wu, Heale JW (1991) Text Res J, **61**, T347-357
- [5] Endo T, Shintaku S, Kinari T, Sasaya T (2001) J Text Mach Soc Japan, **54**, T119-124
- [6] Inuyama H, Tomita and M Doi (Toray Co.,Ltd.) JP Pat **57-10207** (1982)
- [7] Endo T, Shintaku S, Kinari T (2003) Text Res J, **73** (3), 192-199
- [8] Kaneda N, Shintaku S, Kinari T, Shimokawa T (2007) J.Text. Eng.Japan, **53**, T203-210
- [9] Shintaku S, Endo T, Kinari T, Tamamura R (1999) J Text Mach Soc Japan, **52**, T217-224
- [10] Shintaku S, Endo T, Kinari T, Tamamura R (2000) J Text Mach Soc Japan, **53**, T53-61
- [11] Shintaku S, Endo T, Kinari T, Kobayashi S (2000) J Text Mach Soc Japan, **53**, T155-164