

# 印刷機用トラクションドライブユニットの高性能化

## Higher Performance of Traction Drive Units for Printing Machines

渡邊 肇 H. WATANABE

The traction drive is a power transmission device utilizing the rolling contact of rollers which has been adopted in printing machines and the like for many years now due to serving as a smooth and backlash-free reducer.

In commercial printing, high-performance color laser printers for on-demand printing have been used due to the market needs of high-mix, small-volume production lots and short delivery time. In recent years, other demands have emerged for high performance including adoption of high-quality images, special colors, paper versatility and high speed, and the traction drive used to meet such demands is also required to improve rotational accuracy and to extend life.

In this report, we will introduce the planetary roller style traction drive technology developed by JTEKT to satisfy these needs.

**Key Words:** traction drive, planetary roller, reducer, rotational accuracy, printing machines

### 1. はじめに

トラクションドライブユニットはローラの転がり接触による動力伝達装置であり、滑らかであそびのない変速機として古くから活用してきた。当社でのトラクションドライブユニットの開発は1980年代に始まり、1990年には高速用増速機としてマシニングセンタ用増速スピンドル<sup>1)</sup>を商品化、また製版機用の高精度フィルム送り装置<sup>2)</sup>として印刷分野でも採用、1993年には静粛な減速機として電動アシスト自転車用<sup>3)</sup>として量産化した。その他、電動パワーステアリングなどにも採用実績がある。

ただし、変速機においては軽量・小型・低コストといった市場ニーズから、樹脂歯車などの高性能化も進み、最近では汎用的な変速機として、トラクションドライブユニットはほとんど使われることがなくなっている。

一方で、滑らかに動力を伝達するという目的においては、トラクションドライブユニットを超える減速機はないため、現在もその需要が続いている分野もある。

商業印刷においては多品種・小ロット・短納期のニーズによりオンデマンド印刷の需要が増えている。この印刷では、高性能カラーレーザプリンタが使われ、最近では高画質、特殊色の採用、用紙汎用性、高速化など高性能化の要求もあり、そこに使われるトラクションドライブユニットも回転ムラ精度の向上、長寿命化が求められ

ている。

本報ではこれらの高精度送り装置としてのニーズに対応した当社の遊星ローラ形トラクションドライブユニットの技術について紹介する。

### 2. トラクションドライブユニットとは

#### 2.1 原理・構造

トラクションドライブユニットは、ローラ間の転がり接触による動力伝達装置で、高精度かつ高強度ローラを弾性変形させて組み込むことでローラ間に高い圧接力を与え、また高圧力下で高粘度化するトラクショングリースの採用により潤滑性を確保しつつ、動力伝達を可能としている(図1)。

当社ではこの原理を利用し、遊星構造に組み立てることで、遊星ギヤに替わる回転速度変動の極めて小さい遊星ローラ変速機として製品化してきた(図2)。

変速比は太陽軸径  $d_i$  と固定輪内径  $d_o$  から  $(d_i + d_o) / d_i$  で決まり、通常1段で3~12の範囲をとる。また多段にすることで大減速比も可能である。遊星ローラ形トラクションドライブユニットでは入力軸と出力軸が同軸となることから、多段化は容易で、変速比1000の減速比の製作実績もある。

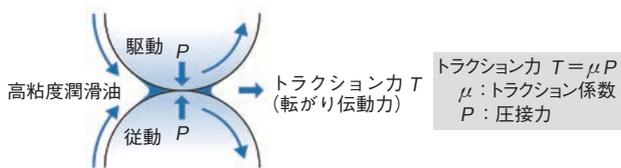


図1 トラクション力発生原理  
Principle of traction force

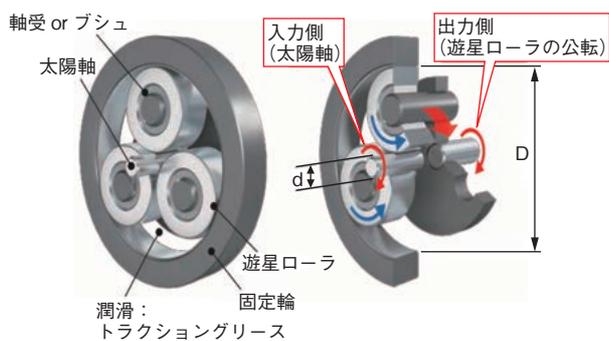


図2 遊星ローラ形トラクションドライブユニットの構造  
Structure of planetary-type traction drive unit

幾何公差，サブミクロン単位以下の粗さ管理などが必要である。

当社では，高強度材料・熱処理技術，高精度加工技術，最適面圧計算など，長年培ってきた軸受コア技術を応用することで，トラクションドライブユニットの高性能化につなげてきた。

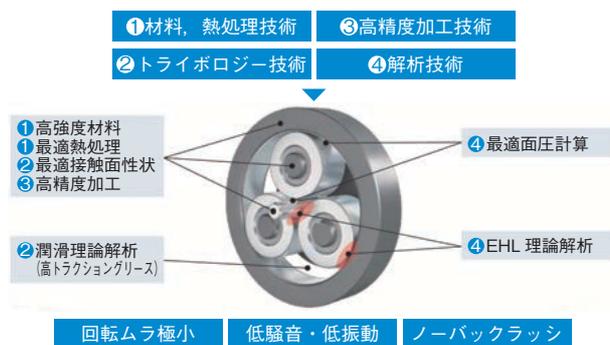


図3 トラクションドライブユニットに求められるコア技術  
Core technologies required of traction drives

## 2.2 トラクションドライブユニットに求められる技術

遊星ローラ形トラクションドライブユニットは簡単な構造ではあるものの，高性能を維持するにはさまざまな技術が必要となる。図3に求められるコア技術を示す。

伝達トルクの計算式を以下に示す。

$$T_i = \mu \cdot P \cdot Z \cdot d / 2$$

または

$$T_o = \mu \cdot P \cdot Z(d+D) / 2$$

ここで

$T_i$  : 高速軸側での伝達トルク

$T_o$  : 低速軸側での伝達トルク

$\mu$  : トラクション係数

$P$  : 遊星ローラの圧接カ

$Z$  : 遊星ローラ数

$d$  : 太陽軸外径

$D$  : 固定輪内径

高伝達トルクを維持するにはローラ間の圧接力を高くすることやトラクション係数の高い潤滑剤が必要となるが，接触面圧を高くすることは転がり疲労寿命の低下を招く。また潤滑剤のトラクション係数はその成分により異なり，温度特性や耐久性なども異なるため，使用条件を考慮し最適なオイルを選定する必要がある。

また，回転精度を維持するには，各ローラの寸法精度や真円度，およびその他の，円筒度・直角度など種々の

## 2.3 特長

トラクションドライブユニットは一般に以下のような特長がある。

- ①回転ムラが小さい
- ②低騒音・低振動
- ③バックラッシュが小さい
- ④高速回転が可能

表1に遊星ギヤとの比較を示すが，トルク容量は同体格の遊星ギヤに対しておおよそ1/5程度となる。

代表的な特徴について，以下で実測結果を含めて紹介する。

表1 遊星ギヤとの比較  
Comparison with planetary gear

機構	回転ムラ	騒音・振動	バックラッシュ	高速性	トルク容量
トラクションドライブユニット	◎	◎	◎	○	△
遊星ギヤ	△	△	△	△	◎

◎：非常に有利 ○：有利 △：不利

### 2.3.1 回転ムラ（回転速度変動率）

トラクションドライブユニットの最大の長所は回転速度変動が極めて小さいことである。図4に同じ減速比の遊星ギヤとの比較結果を示す。

駆動モータとしてステッピングモータを用い、出力軸の回転速度をロータリエンコーダで計測し、FV コンバータを介して回転速度波形を表示した。その結果、回転速度変動率は約 80% 低減することがわかった。

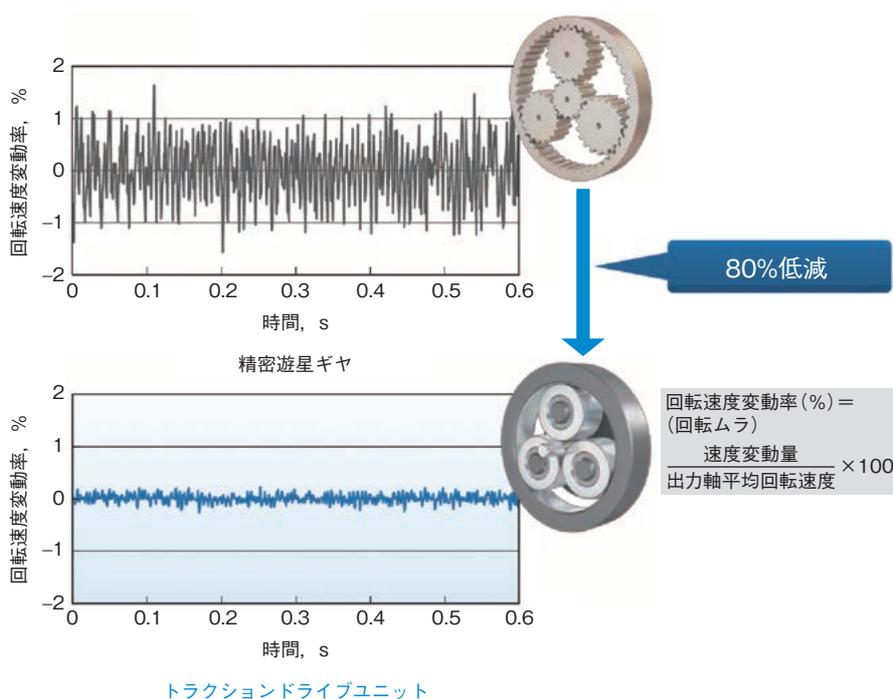


図4 回転ムラ  
Rotation irregularity

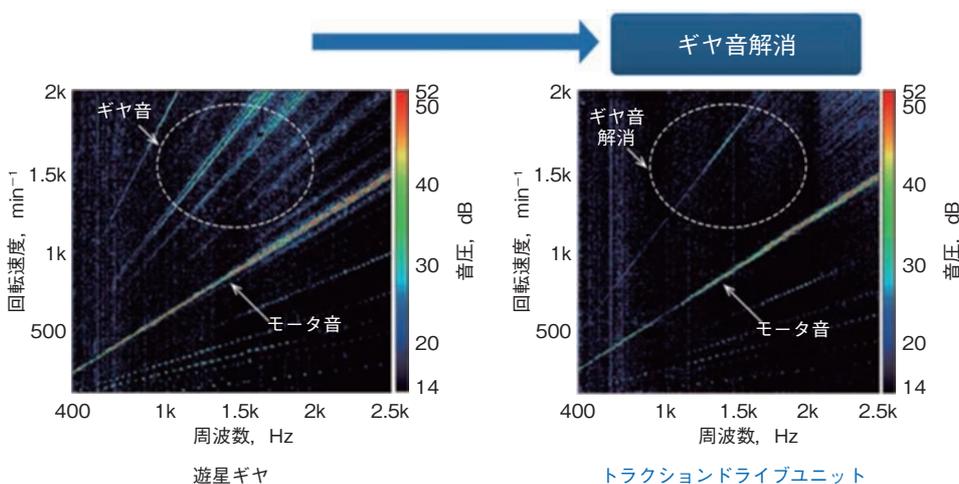


図5 遊星ギヤとトラクションドライブユニットの騒音比較結果  
Noise comparison results of planetary gear versus a traction drive unit

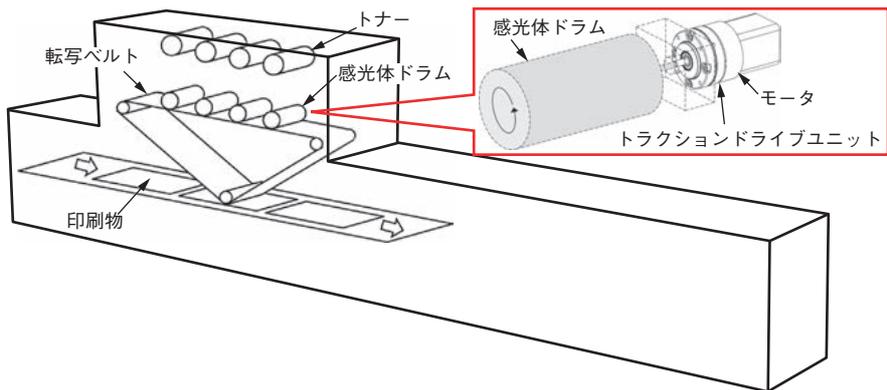


図6 印刷機への取付け構造  
Structure for attachment to printing machine

### 3. 印刷機用トラクションドライブユニットの高性能化

#### 3.1 印刷機への適用理由

レーザープリンタではレーザー光で仮想画像を描いた感光体ドラムにトナーが付着し、画像を形成していく。今回紹介するトラクションドライブユニット採用のカラープリンタでは、各色の感光体ドラム上の画像を転写ベルト上に移し、カラーの画像を形成する。トナーは通常4色あり、解像度の高い画像を印刷するには、感光体ドラムがそれぞれ同期して回転する必要があり、回転ムラの少ないトラクションドライブユニットが採用されている(図6)。

最近ではデジタル印刷技術の高度化に伴い、さらなる高精度化、メンテナンスフリーのための長寿命化なども求められるようになった。

#### 3.2 小型設計

図7に開発品の仕様および図8に構造を示す。当社での高精度送り用トラクションドライブユニットは、バックラッシュを減らす目的から遊星ローラと駆動ピンの間に玉軸受を複列で挿入しすきまを詰める構造で製品化している<sup>2)</sup>。ただし本用途では、使用時の回転方向が一方方向で、特にバックラッシュの影響を受けないので、玉軸受ではなくブッシュを採用している。したがって、小型かつ部品点数削減や組立ての簡素化も可能になった。

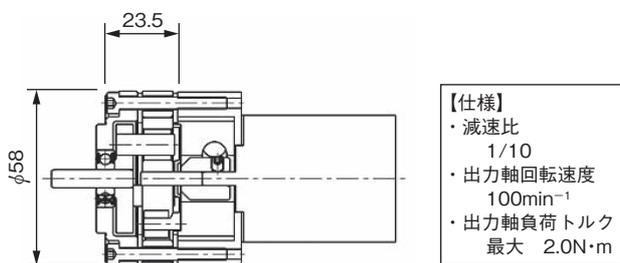


図7 開発品の仕様  
Specifications of developed product

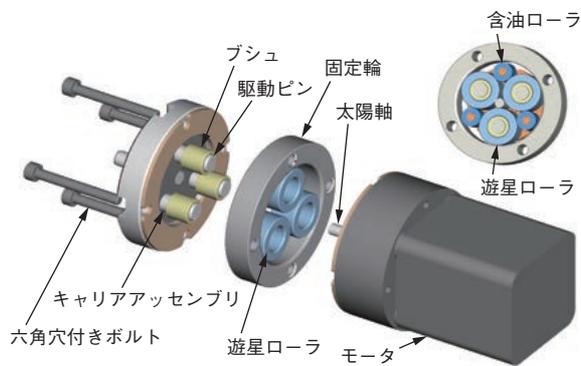


図8 開発品の構造  
Structure of developed product

#### 3.3 回転精度(送り誤差)の向上

回転精度は印刷機の画質に影響を与える最も重要な品質特性で、可能な限り誤差の小さいことが望ましい。

転がり伝達であるトラクションドライブユニットにおいて速度変動はギヤに比べ非常に小さいが、複数のトラクションドライブユニットを同期させて使用する印刷機においては、運転中の出力軸の回転角度の相対誤差も小さくなければならない。すなわちモータ指令に対する出力軸の進み遅れ(送り誤差)の低減が必要である。

ブシュ構造のトラクションドライブユニットにおいては、遊星ローラ内径との間にクリアランスがあり、公転する駆動ピンと遊星ローラとの相対位置のズレが発生することで送り誤差を悪化させる。図9にそのメカニズムを示すが、駆動ピンの公転中心と遊星ローラ公転中心の心ずれが影響する。

図10に送り誤差測定装置の概略を示す。また心ずれした場合の送り誤差の計測結果を図11に示す。

数十マイクロン心ずれすることで、送り誤差も大きくなることがわかる。当社では、独自の心合わせ装置を開発し、高い回転精度を確保している。

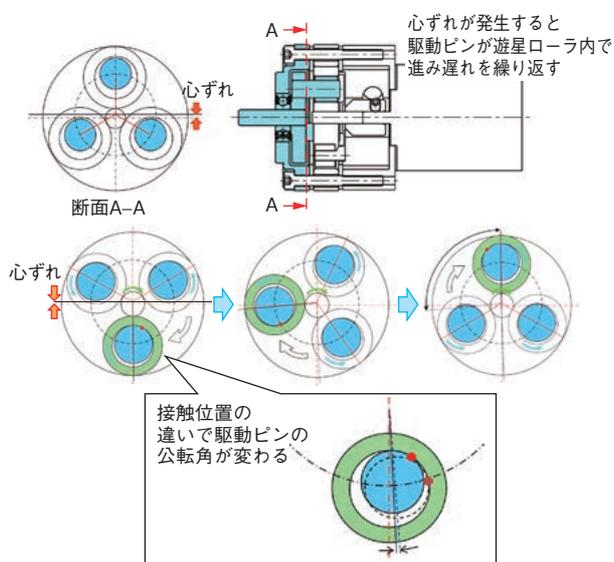


図9 心ずれによる送り誤差悪化のメカニズム  
Mechanism of deteriorating feed error due to center misalignment

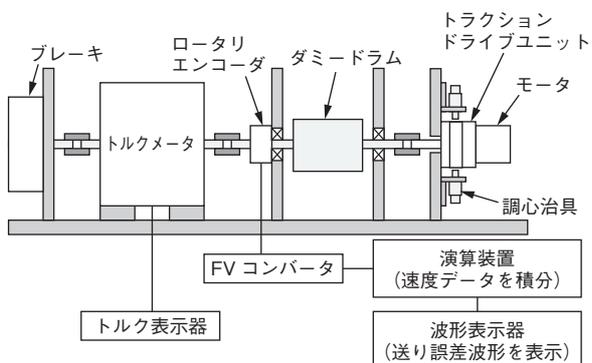


図10 送り誤差測定装置  
Feed error measurement device

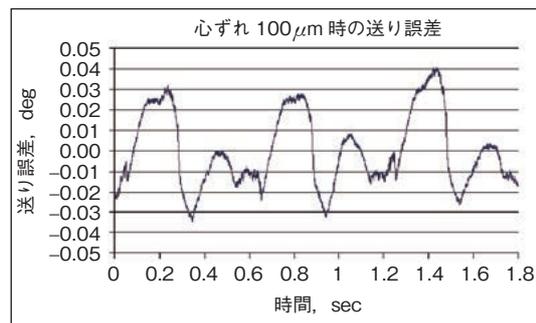
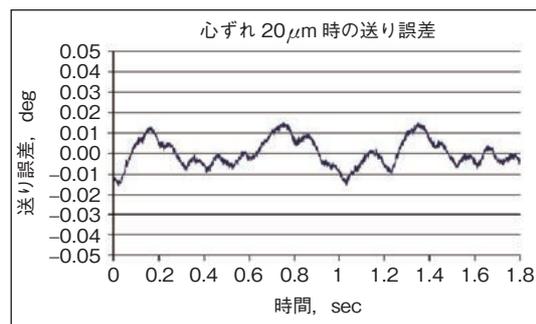


図11 心ずれによる送り誤差の比較  
Comparison of feed error due to center misalignment

### 3.4 長寿命化

円筒ころ軸受と類似構造の遊星ローラ形トラクションドライブユニットの寿命形態としては、軌道の剥離と摩擦が考えられる。また、遊星ローラ内径と駆動ピンとのしゅう動部での焼付きなどが考えられる。

当社では長寿命化の技術として下記を実施してきた。

- ・ブシュによる焼付き防止
- ・各ローラ軌道の適正面圧による剥離の防止
- ・軌道の補油機構による摩擦防止

トラクションドライブユニットではローラ間に油膜が介在するため、原理的には摩擦は発生しない。実際には、メンテナンス性を考えグリース潤滑が用いられるが、グリースの油分が軌道から排除され油膜切れで摩擦が発

生ずる。いったん摩耗が発生すると、軌道の圧接力が低下しローラ間の滑りが大きくなりさらに摩耗が進行し、伝達トルクが不足する。現在、遊星ローラ形トラクションドライブユニットの故障形態としては、この潤滑切れによる軌道摩耗がほとんどである。

当社では、潤滑剤の枯渇を防止する方法として、オイルを大量に含む樹脂で成形された含油ローラ<sup>4)</sup>を遊星ローラ軌道に接触させることにより、長寿命化を図った。含油ローラ自体は過去に電動アシスト自転車用で採用実績はあったが、今回、新グリースの開発とともに同種の基油を用いた含油ローラも開発、グリース補油構造も改良し長寿命化を図った。

図12に耐久試験結果、図13に耐久試験機を示す。今回の新グリースおよび含油ローラ採用品では従来グリース品に比べ3倍以上の寿命向上となる結果が得られた。

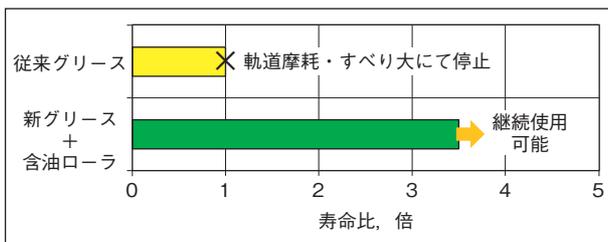


図12 耐久試験結果  
Durability test result

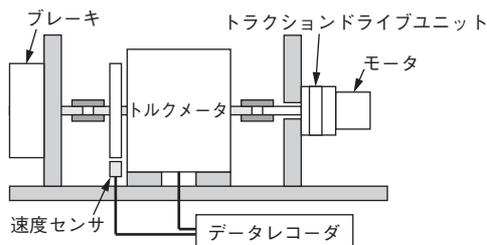


図13 耐久試験装置  
Durability test equipment

#### 4. おわりに

高精度送りの分野では、印刷機以外にも回転ムラ防止や振動低減を求める用途があり、トラクションドライブユニットは有効な手段となる。今回、高精度、長寿命への取り組みを紹介したが、その他にも高性能化への要望は高まるものと考えられる。回転ムラ極小、低騒音、低振動を求める分野での困り事を解決する商品として今後も開発を進めていきたい。

#### 参考文献

- 1) 上田浩一, 安原伸二: Koyo Engineering Journal, No. 137(1990)63.
- 2) 河野晶彦: Koyo Engineering Journal, No. 165(2004)60.
- 3) トラクションドライブ減速機: Koyo Engineering Journal, No. 147 (1995)86.
- 4) 中田竜二: Koyo Engineering Journal, No. 149(1996)31.

#### 筆者



渡邊 肇\*

H. WATANABE

\* 軸受事業本部 産業機器技術部