

# カラー情報機器における高精度駆動技術

High Precision Drive Technology for Color Electro-photographic printer

徳 武 直 人\*  
Tokutake, Naoto

神 田 英 弘\*\*  
Kanda, Hidehiro

In color electro-photographic printer, a evenness of a laser beam to a photoconductive drum is required. The unevenness of the laser beam comes from the dislocation of the laser beam and the jitter of the drum. After analyzing the root cause of each item, we have understood which factor was the main cause and have controlled to reduce the unevenness of the laser beam.

## 1 はじめに

デスクトップタイプのカラーレーザープリンタ市場には、1994年、HP、Xeroxが発売開始以降、Tektronix、Apple、Lexmark、IBMなど有力各社が参入してきた。その結果として、市場が活性化されたことと、インターネットのプリントアウトなどオフィスでのカラープリントのニーズの高まりにより、市場は確実に増大しつつある。現在も今後も、市場で支持される為の技術上の優先課題は、信頼性・安定性を満たした上でコスト・画質の最適化を図ることであろう。

「コスト・画質の最適化」とは、現在は「コストと画質のトレードオフ」であるが、近い将来「高画質を低コストで」を求められることは想像に難くない。高画質化の一因子であるシャープネス向上の為の高dpi化やトナー小粒径化が、駆動系に対し一層の高精度化を要求しつつある。本稿では、高画質化の為の因子のうち、駆動系に起因する画像ノイズ低減に焦点を当て、駆動系高精度化研究と実際の適用について現在までの成果を報告する。

## 2 駆動系高精度化研究のこれまでの経緯

電子写真の画像形成技術がアナログ主体の技術であった時代に、駆動精度を体系的に検討した例は数少ない。デジタル技術が応用されるとともに、高画質を確保するための駆動の高精度化検討が本格的に取り組みられるようになった。<sup>1)</sup> 例えばデジタル化の初期段階のカラーPPCなどでは、フライホイールの回転エネルギーによって強制的に画像ノイズを抑え込んでいたが、機械の大型化や、起動停止時に多くのトルクと時間を要するという問題を持っていた。

近年のプリンターをはじめとする機器の開発では、低コストと小型化が要求され、設計の初期段階から『振動制御』や『駆動系の伝達関数』の概念を導入した高精度

\* カラー機器開発統括部

\*\* 機器開発統括部第1開発センター

駆動系の技術開発が行われるようになった。<sup>2)</sup>

ここでは3つの事例を通して、具体的な高精度駆動技術へのアプローチ方法を紹介する。

## 3 事例紹介

### 3.1 書込みユニット構造の検討

#### 3.1.1 概要

近年の高速化と高dpi化により、書込み用レーザー光を走査するポリゴンミラーの回転数は3~4万rpmまで到達し、ポリゴンミラーの不釣り合い重量を数mgに調整しても回転周期に同期した振動レベルが増加し、画像ノイズを発生させる。<sup>3)</sup> 一方ではポリゴンミラーの回転数の増加を抑制しながら高速化を図る技術として、複数のレーザー光で構成される光学系も開発されているが、<sup>4) 5)</sup> ポリゴンミラーの回転数は今後更に増加するものと予測され、高速化と低コスト化の要求に応えた書込みユニット構造の検討が課題になる。

#### 3.1.2 設計思想

機器内外からの外乱振動に対し、高剛性化を目的とした書込みユニットの防振対策は、ユニット内外でのリブの形成や、ユニットの小型多層構造化である。

更にポリゴンミラーの高速化による周期振動レベルの増加に対しては、構造変更を画像ノイズに影響する箇所のみで最小限に止めることで低コスト化がはかれる。

そこで、感光体ドラム上の結像面でのビーム変動量を抑える為に、稼働時の書込みユニットケーシングとケーシング上の各光学素子の振動モードと変位量を正確に把握することが重要になる。

#### 3.1.3 解析方法及び構造の検討

##### ① 光学シミュレーション

構造変更の指針を得る為、光学素子の「振動モード及び変位量」と「結像面でのビーム変動量」との関係を予めシミュレーションによって把握する。

書込みユニットの光学系の構成をFig.1に示す。半導体レーザー光源、ポリゴンミラー、fθレンズ、シ

リンドリカル・レンズ、折り曲げミラーの構成である。振動変位方向の定義はレーザー光軸平面を基準とし、光学素子が走査方向に回転する変位をティルト変位、走査方向に垂直な変位をシフト変位とする。

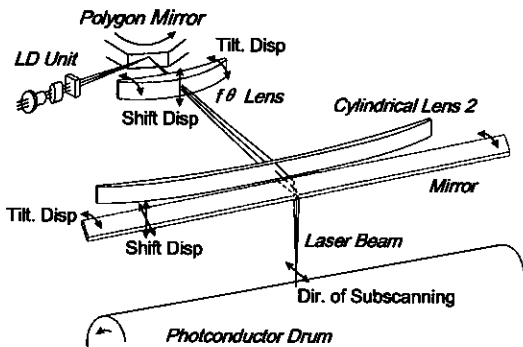


Fig. 1 Optical Layout and Displacement Direction

感光体ドラム上で走査方向に垂直な方向に  $1 \mu\text{m}$  のビーム変動を与える振動変位量をシミュレーションした結果を Table 1 に示す。数値は小さい程ビーム変動への影響度が大きい。この表から振動が感光体ドラム上でビーム変動に大きな影響を及ぼす素子は、シフト方向の振動では、CY2 レンズ、折り曲げミラーであり、ティルト方向では、 $f\theta$  レンズ、折り曲げミラー、LD である。従ってこれらの素子の「振動モードと変位量」に最も注意するべきである。

Table 1 Beam Fluctuation and Displacement

Direction of Displacement	Optical Elements			
	LD	$f\theta$	CY2	MIRROR
Shift [ $\mu\text{m}$ ]	21.0	6.2	0.6	1.0
Tilt [ $\mu\text{rad}$ ]	22.1	12.3	94.3	7.6

## ② 振動解析

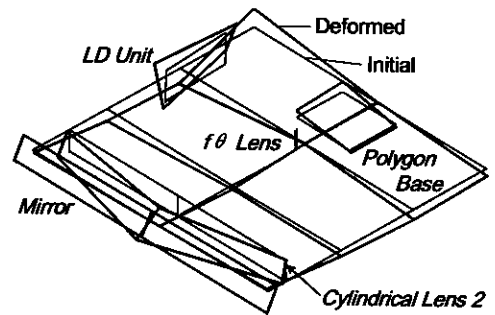
ポリゴンミラー回転周波数成分の振動は、ポリゴンミラー回転位置に同期して発生する。そこで書き込みユニットの振動評価には、ポリゴンミラーの回転位置に対応した実稼働解析を適用し、ポリゴンミラー回転周期成分の振動モードと変位振幅を比較した。

構造変更前の書き込みユニットの実験結果を Fig. 2 a に示す。細線がポリゴンミラー稼働前の静止状態で、太線は稼働時の変位振幅である。シフト方向変位が問題となる LD、CY2 レンズ、折り曲げミラーの振動が大きく、ティルト方向変位が問題となる LD、折り曲げミラーの振動が大きい。これに対し  $f\theta$  レンズ周辺は基板の振動の節に当たり振動変位量が小さい。

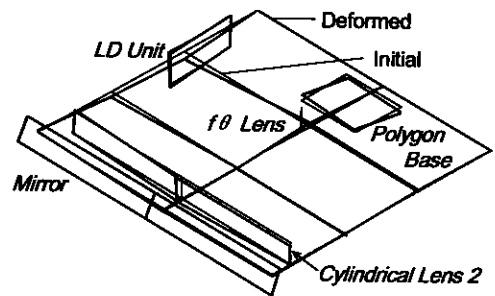
LD 取り付け部とポリゴンミラー付近のみを防振対策した結果を Fig. 2 b に示す。振動モードは全体

的に変更前との差異は少ないが、ビーム変動に影響する方向の振動変位は抑えられている。また CY2 レンズのチルト方向の振動は比較的大きいが、Table 1 からビーム変動への影響は少なく無視できる。

出力した画像サンプルの濃度を測定しポリゴンミラー回転周期に対応する濃度むら成分を構造変更前後で比較したところ、最小限の構造変更により画像ノイズのレベルが改善されることが確認できた。



(a) Initial Structure



(b) Modified Structure

Fig. 2 Running Mode Analysis

## 3. 2 歯車精度と回転ムラ

### 3. 2. 1 概要

感光体ドラムの回転精度の鍵を握るもののひとつに歯車の精度がある。昨今の高画質化の流れの中で歯車に対する要求精度はますます厳しくなり、常に生産技術の限界に挑戦する、という側面がある。

ここでは歯車のどの精度に注目すべきかを検討した結果を示す。

### 3. 2. 2 歯形、歯スジと回転ムラの関係

実際にプリンターの感光体ドラムの駆動系内の 1 つの歯車の歯車精度と回転ムラの間関係を調べた。駆動系の概略図を Fig. 3 に示す。この中の歯車 A が今回注目される歯車である。

歯車 A には成形の型品や切削品など様々なものが用意されており、歯形、歯スジの精度を歯車試験機で全ての歯に

ついて測定した後にレーザー Doppler 速度計で感光体ドラムの回転ムラを測定した。

いくつかの歯車 A に対して、それらの歯形・歯スジ精度と歯車 A の 1 歯周波数 28.5 Hz 及びその 2 倍の 57 Hz 回転ムラとの関係を示したのが Fig. 4 である。この図より歯形と 1 歯周波数、および歯スジと 2 倍周波数の間に、

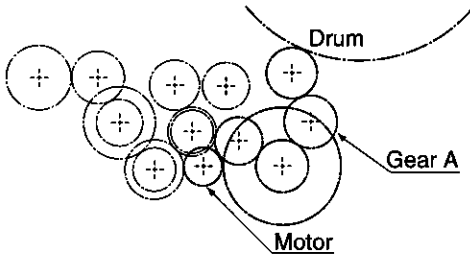
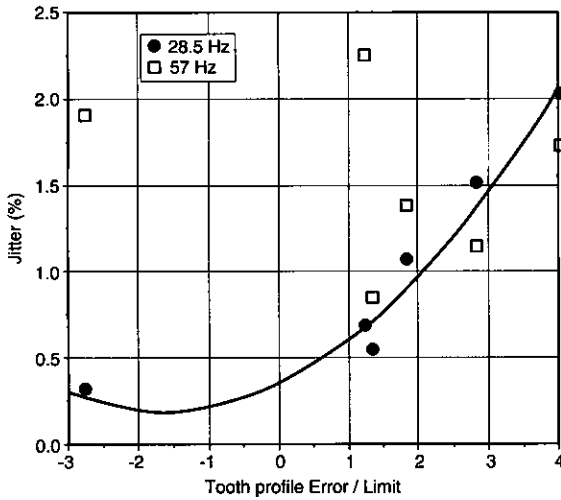
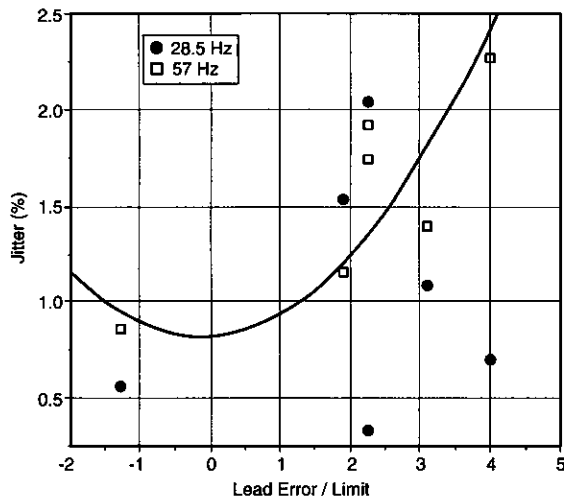


Fig. 3 Drum Drive Layout



(a) Tooth Profile Error and Jitter



(b) Lead Error and Jitter

Fig. 4 Relations between Gear Precision and Drum Jitter of 1 tooth frequency

それぞれ相関があることがわかる。

この関係より、歯車 A によって回転ムラが悪化した場合に歯形の問題なのか、歯スジの問題なのかを判断できるようになった。

### 3. 2. 3 歯面の波打ちとネジレ角誤差の関係

歯スジ誤差は歯スジ修正誤差 (歯面の波打ち: FQA) とネジレ角誤差 (FH) の 2 つに分離することができる。その FQA と FH の関係を Fig. 5 に示す。

そこでいくつかの歯車 A についてそれぞれの寄与度について調査したのが Fig. 6 である。

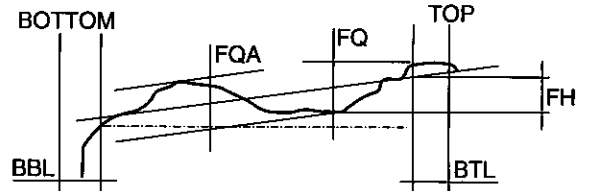


Fig. 5 FQA and FH

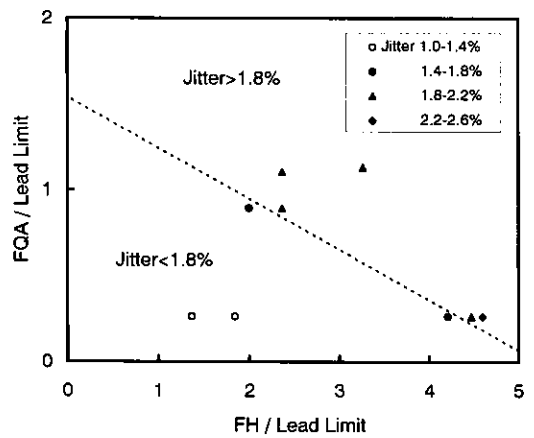


Fig. 6 Relations between FQA and FH

この図での横軸、縦軸は FH と FQA をそれぞれ歯スジの許容値で割った値である。

この図中の破線は、回転ムラの良否レベルの境界線を示す。境界条件は

$$FQA \times 3.4 + FH = C \quad (C \text{ は定数})$$

で示され、歯面の波打ちはネジレ角誤差の 3 倍以上の影響があることがわかった。

このようなアプローチによって、必要な回転精度を得るための歯車の生産的な管理ポイントを明確にすることができた。

### 3. 3 バヨネット歯車の弾性体の最適化

#### 3. 3. 1 概要

感光体ドラムの高精度駆動においては、ドラムの回転に悪影響を与える外乱を抑えることも重要である。

ここでは現像器がドラムに振動を与えることによって

回転ムラを悪化させることに対して、ダンピング性能を持つ歯車機構を検討した。

### 3.3.2 バヨネット歯車の構成

Fig. 7にここで扱う歯車の構成を示す。歯車からベルトプーリーへの回転伝達はプーリー側から突き出したピンと弾性部材を介して行われている。この部分をバヨネット部と呼ぶ。

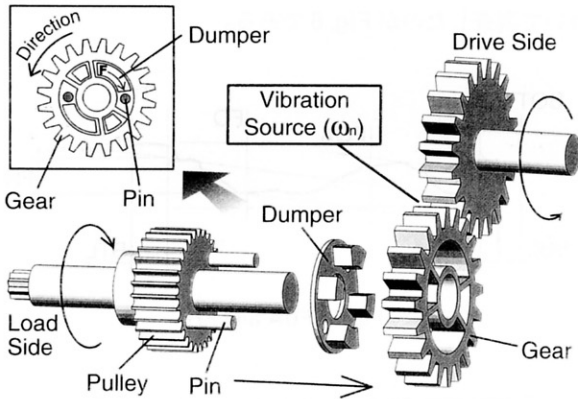


Fig. 7 Bayonet Gear

### 3.3.3 材料最適化の考え方

このバヨネット歯車は2種類の機能を同時に満足する必要がある。

- (1) 定速回転時の振動を低減する
- (2) 立ち上がり、立ち下がり時に瞬間的な振動を抑え、またオーバーシュートと応答時間を低減する

これを1自由度の減衰振動として考えると上記2つの内容は以下ようになる。

- (1) 1歯の強制振動による応答振幅が小さい
- (2) ステップ応答時の最大振幅が小さく、また減衰比ζが小さすぎない

このような現象を減衰振動問題としてとらえ、その周波数応答特性に着目すれば、固有振動数  $f$  と減衰比  $\zeta$  を最適化することによってバヨネット歯車の弾性部材の最適化ができることになる。

### 3.3.4 材料の選定

単体試験装置を用い、各材料について対数減衰率より  $f$  と  $\zeta$  を求め、そのうち振動数比と振幅倍率の関係を計算した。その結果を Fig. 8 に示す。<sup>6)</sup>

このバヨネット部の使用トルク範囲は0～1.5 kg-cmであり、図中の太線がそれぞれの材料で、トルクをこの範囲でふった時の特性変化を示している。

弾性部材を使わない剛的保持ではトルクの変化に伴って共振周波数と強制振動の周波数が一致する点がある。また、弾性部材Bでは無負荷条件は良好であるが、トルクによる特性の変化が大きく、トルクが大きくなると共振周波数と強制振動の周波数が一致する点がある。弾性

部材Aはこのトルク範囲では共振周波数が常に強制振動の周波数より低いので良好である。

実際の機械での振動測定でもBはAに比べて高トルク時の定速性で劣り、周波数応答特性との結果の一致が見られた。この結果より、バヨネット歯車の弾性体の材料が適正化できたことが確認された。

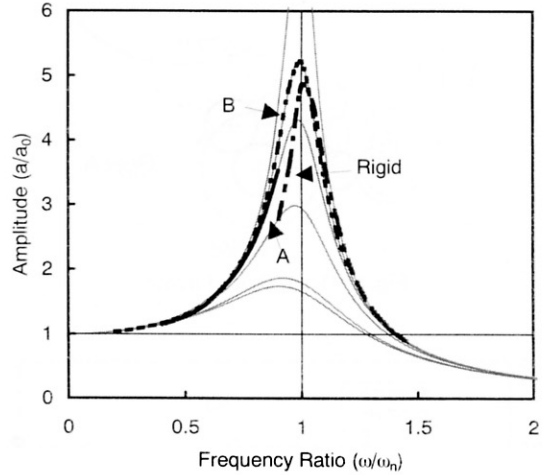


Fig. 8 Frequency Ratio and Amplitude

## 4 まとめ

以上の駆動系高精度化研究結果により、低画像ノイズのカラープリンターを開発することができた。

ここでのアプローチ方法のポイントについてまとめてみると以下ようになる。

- (1) 起こっている現象を物理モデル化してとらえる。
- (2) 評価は要因を分離して単純な形で行う。
- (3) その要因の寄与度を考慮し、最適化を行う。

今後もこのような形の解析を進めて市場での高画質の要求に応えていきたいと考えている。

### ●参考文献

- 1) 高山誠一、他：“デジタルフルカラー商品技術”，富士ゼロックステクニカルレポート VOL.7 (1992) 53-55
- 2) 三輪正、他：“複写機における駆動の高精度化”，KONICA TECHNICAL REPORT VOL.6 (1993) 29-33
- 3) 瓶雅夫、他：“エアベアリング搭載高速ポリゴンユニットの開発”，KONICA TECHNICAL REPORT VOL.9 (1996) 43-46
- 4) 福井清重、他：“Dual Spotレーザ走査光学系技術～”，富士ゼロックステクニカルレポート VOL.10 (1995) 132-137
- 5) 市原美幸、他：“2ビームレーザ光学系の開発”，KONICA TECHNICAL REPORT VOL.9 (1996) 47-52
- 6) 高橋康英、他：“実用振動解析入門”，日刊工業新聞社，1984