
1200dpi/A3対応プラスチック走査レンズの開発

Development of Plastic $f\theta$ Lens for 1200dpi with A3 size.

小野 信昭*

Nobuaki ONO

要 旨

リコー初の書込密度1200dpi, 書込幅A3対応のプラスチック走査レンズを開発した。本プラスチック走査レンズは、湾曲軸型トロイダル面の採用により2群2枚構成(従来のプラスチック走査レンズは3群3枚構成)でありながら、ビームスポット径は従来の走査レンズに比べ主走査方向では28%, 副走査方向では23%の小径化を実現している。

ABSTRACT

A new plastic $f\theta$ lens for 1200dpi with A3 size Laser printer is developed for the first time in Ricoh. This plastic $f\theta$ lens unit comprising two elements of plastic elements (Up to this time A3 size printer $f\theta$ lens unit comprising three elements), we realize thinner of beam spot diameter 28% in main scanning direction and 23% in sub scanning one by adopting a curve axis toroidal surface.

* 画像技術開発本部 OE開発室
Opt-Electronics Development Department,
Imaging Technology Division

1. 背景と目的

近年、レーザプリンタをはじめとするレーザーラスタ書込方式を用いたデジタル出力機器は、A4機を中心とする低コスト化が市場の牽引役となり飛躍的な拡大がはかられた。また、同時に高画質化に対応する高密度化やプリント速度の高速化も進められてきた。

本報は、レーザプリンタやデジタル複写機に用いられるレーザーラスタ書込方式の書込密度1200dpi、A3書込光学系に用いるプラスチック走査レンズの紹介である。

2. 技術

2-1 走査レンズの材料選定

従来、走査レンズの材料には光学ガラスが広く使われてきた。優れた均質性と温湿度変動に対する線膨張係数と吸湿変形・屈折率変化が小さく安定しているというメリットがある反面、研磨加工による面形状の自由度が小さいことや材料コストが高価であるなどのデメリットがあった。

一方、プラスチック材料は、射出成形法などにより短時間で複雑な形状の光学部品が加工でき、材料コストも安く、低コスト化に有利な点が特長である。しかしながら、走査レンズの材料としてプラスチックは光学ガラスと比較して以下のようなデメリットがある。

- (1)温度の影響 : 線膨張係数、屈折率変化が結像位置を変動させ、ビームスポット径の変動量が増大する。
- (2)湿度の影響 : 吸水率による吸湿変形、屈折率変化が温度の影響と同様に結像位置を変動させ、ビームスポット径の変動量が増大する。
- (3)内部歪の影響 : 光弾性係数が大きいと光学特性に対する内部歪の影響が大きくなり、像面での強度分布が乱れてビームスポット径が増大する。

光学材料として使用できるプラスチック材料はPMMA(アクリル)、PC(ポリカーボネート)などが存在する。PMMAは吸湿率が高く、線膨張係数による変形と温湿度により屈折率が大きく変動する。PCは光弾性係数が大きく光学特性に対

する内部歪の影響が大きくなる。(Table 1参照)。本走査レンズでは内部歪と湿度の影響を低減するため光弾性係数と吸湿率の低いプラスチック材料として脂環式ポリオレフィン樹脂を採用した。

Table 1 Coefficient of linear expansion, water absorption and elastic coefficient of light^{1), 2)}.

	PMMA	PC	脂環式ポリオレフィン樹脂
線膨張係数(%)	8×10^{-5}	7×10^{-5}	7×10^{-5}
吸水率(%)	0.3	0.2	0.01
光弾性係数(cm^2/dyne)	3×10^{-13}	72×10^{-13}	6.5×10^{-13}

2-2 書込光学系と走査レンズ

書込光学系を構成する走査レンズには、以下の2つの特性が要求される³⁾。

- (1)平面走査するための像面湾曲の補正
- (2)等速走査のための $f\theta$ 特性の維持

ここで(1)は主走査方向、副走査方向ともにビームスポット径の走査位置に対する変動量を抑制するとともにビームスポット径の小径化に必要な特性である。(2)は主走査方向の走査位置制御のため、ポリゴンミラーの等速回転とLD駆動に関わるエレキ制御(クロックの一定化)に対し必要な特性である。

Fig.1に本走査レンズを搭載した書込光学系の構成例を示す。光源から放射されたレーザ光束は、カップリングレンズでほぼ平行化され、シリンダリカルレンズによりポリゴンミラーの偏向反射面近傍に主走査方向に長い線像を結像する。この線像がポリゴンミラーにより偏向され、走査レンズによって被走査面上に等速走査を行う光ビームスポットを形成する。

走査レンズの開発では、主走査方向、副走査方向ともにポリゴンミラーの動的特性を含めた光学設計が必要であり、前述の特性を具現化するため以下の3点を光学設計上の留意点として開発した。

- ・ポリゴンミラーの動的特性を含めた主走査方向、副走査方向の像面湾曲の補正
- ・ポリゴンミラー面数の最適化と等速走査維持のための f

θ 特性の維持

- ・面倒れ補正効果向上のために副走査像面湾曲を極力小さくする

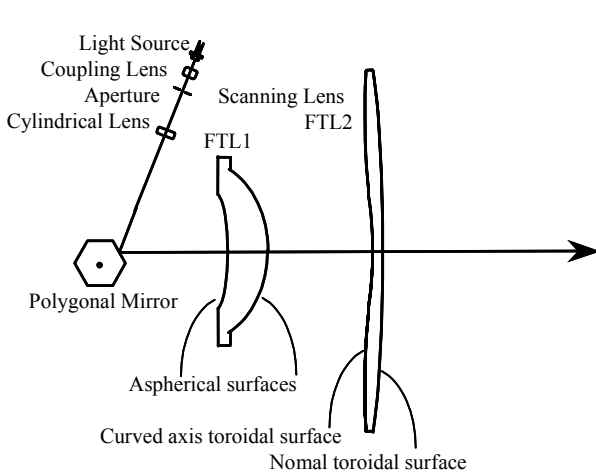


Fig.1 Layout of laser scanning system.

2-2-1 主走査方向の光学設計

- (1) 走査レンズの小型化と $f\theta$ 特性維持の両立

本走査レンズでは各レンズ面にFig.2に示すような断面を採用した。偏向器側のレンズ(以後、FTL1と呼ぶ)は大型化を防ぐ観点からなるべく偏向器に近付けて配置した。このような光学配置では、FTL1は偏向器側に凹面を向けたメニスカスレンズとするコンセントリックな形状にすることが収差補正上好ましく、偏向される光束がFTL1の第1面へ入射する角度が過大とならないようにするため周辺部ほど曲率半径が小さくなるように非円弧形状にした。

走査レンズは焦点距離 f 、偏向角 θ 、走査位置 h とした関係式

$$h=f\theta$$

を成立させる $f\theta$ レンズとして、 $f\theta$ 特性を良好に維持することが求められる。ところが前述した偏向器側に凹面を向けたメニスカスレンズとするコンセントリックな形状のFTL1では、透過した光束の走査面内における光軸側への光路屈曲をあまり大きくすることができず、 $f\theta$ 特性の維持ができなくなってくる。

そこで、被走査面側レンズ(以後、FTL2と呼ぶ)の第1面の主走査断面形状を光軸近傍では偏向器側に凹で、

光軸から離れた周辺部分に偏向器側に凸となる部分をもつ滑らかな非円弧とし、主走査方向の屈折作用を像高によって異ならせ、 $f\theta$ 特性の維持をはかった。

- (2) 温度の影響の低減

前述したように走査レンズに脂環式ポリオレフィン樹脂を使用すると、湿度の影響はほとんど無視できるが、温度の変動量の影響を受け主走査方向の結像位置が変動する。主走査方向の結像位置の変動量は一般的に焦点距離に比例する。本走査レンズでは前記 $h=f\theta$ の関係より偏向反射角 θ を 40° 以上に広角化することで、焦点距離を短くし、温度による結像位置の変動量を抑制した。

更に主走査方向の屈折力を、FTL1で正とし、FTL2で負とすることで、屈折力の組合せが「正・負」となり、温度変化による各レンズの焦点距離変動が互いに打ち消す作用となる構成とした。

- (3) 走査レンズの均肉化

本走査レンズは、主走査断面内での形状の少なくとも3面が非円弧形状であり、この非円弧形状を最適化することにより主走査方向の像面湾曲の補正や $f\theta$ 特性の維持が可能となった。更に、FTL2の第2面は主走査断面形状を円弧形状とし、成形加工性を向上した。

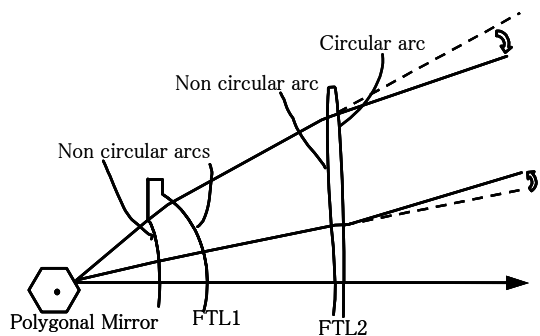


Fig.2 A sectional figure of scanning optical system in main scanning direction.

2-2-2 副走査方向の光学設計

Fig.3は本走査レンズの副走査断面を表す。

副走査方向の光学設計では、ポリゴンミラーの偏向反射面の面倒れによるピッチむらを低減するため偏向反射面と被

走査面とを共役な位置関係にする必要があるが、本開発では更に以下の2点を考慮した。

(1) 像面湾曲の補正

副走査ビームスポット径の走査位置による変動量を低減するため副走査方向の像面湾曲を良好に補正する。

(2) 横倍率偏差の低減

副走査横倍率($\beta = b/a$)の模式図(Fig.3)で表すように、どの走査位置においても副走査横倍率を一定($\beta_0 = \beta_1 = \beta_2 = \dots$)に保つことで、副走査ビームウエスト径の走査位置による変動を低減し、ビームスポット径の変動量を抑制する。

ここで、(2)はレンズ面形状に自由度がないと達成できない項目であり、本設計上の特長ともいえる。

FTL1は、主走査断面形状を第1面と第2面の両面で非円弧形状としたが、組付け時に発生する光軸を中心に回転する γ 偏心(Fig.3参照)による光学性能劣化の影響を受けにくくするために光軸を回転軸とした非円弧を回転して形成される共軸非球面を両面に採用した。FTL2の第1面には湾曲軸型トロイダル面を採用し、第2面にはノーマルなトロイダル面を採用した⁴⁾。

湾曲軸型トロイダル面は、主走査方向の各レンズ高さにおいて副走査方向の曲率半径の最適化が可能な特殊なトロイダル面である(Fig.4参照)⁹⁾。これにより本走査レンズは、上記(1)、(2)、(3)を良好に満足することができた。

また、副走査方向の温度の影響は横倍率 β を小さく抑えることで無視できる。

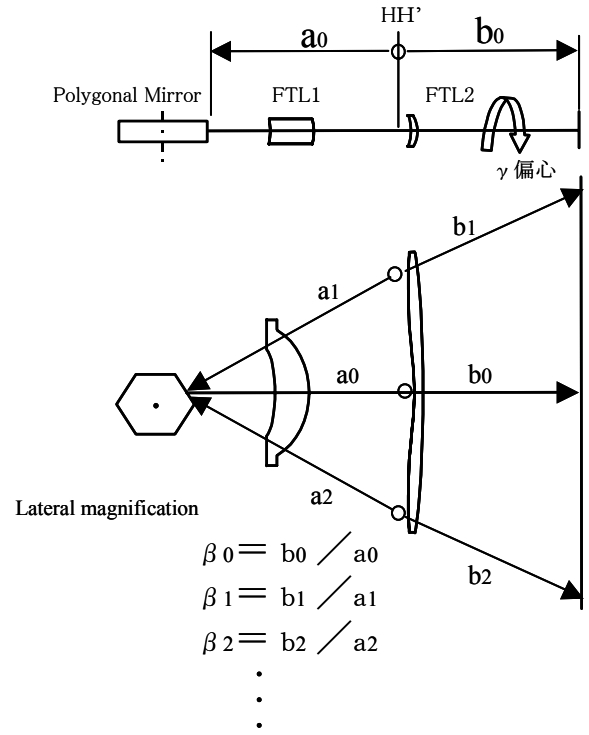


Fig.3 Lateral magnification in sub scanning direction.

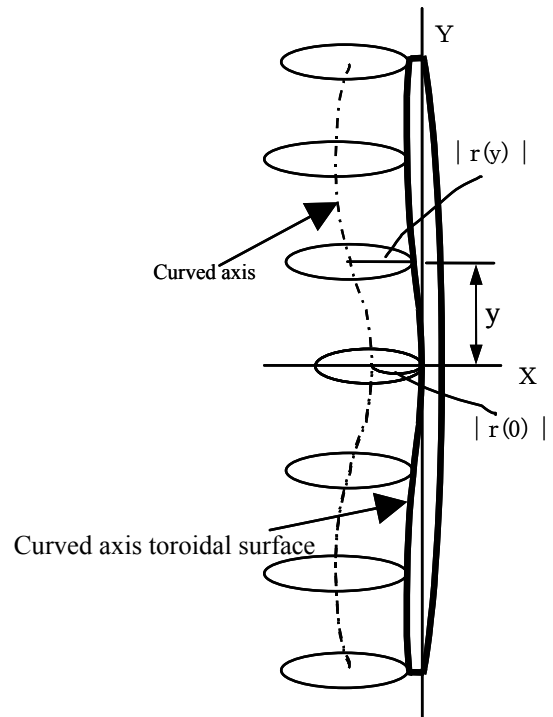


Fig.4 Curved axis toroidal surface.

2-3 2波長対応の設計

本走査レンズの基本設計は、LD光源の発振波長が655nmであるが、以下を実施することで780nmにも対応できている。

(1) 波長に応じた共役関係の最適化

波長の違いにより走査レンズの焦点位置差が生じるが、偏向反射点と被走査面の位置関係を変更し、共役関係を保つ。

(1) 波長に応じた像面湾曲の補正

FTL1とFTL2を走査面内において偏心(α チルト, Yシフト)し、全書込幅において良好な像面湾曲とする。

更に、上記(1), (2)に基づいて、偏向器前のシリンドリカルレンズ, アパーチャ, カップリングレンズ, 光源の各位置の最適配置を設計した。

その結果、本走査レンズでは、LD光源の発振波長が655nmと780nmの2波長において、従来の走査レンズよりもビームスポット径の小径化を実現した。

なお、ビームスポット径はLD光源の発振波長に比例するので、655nmでは780nmより約16%のビームスポット径の小径化がはかれる。

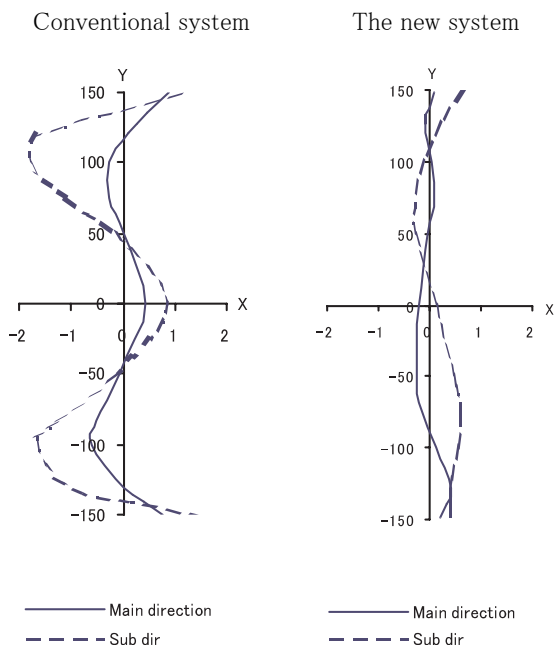


Fig.5 Result of field curvature

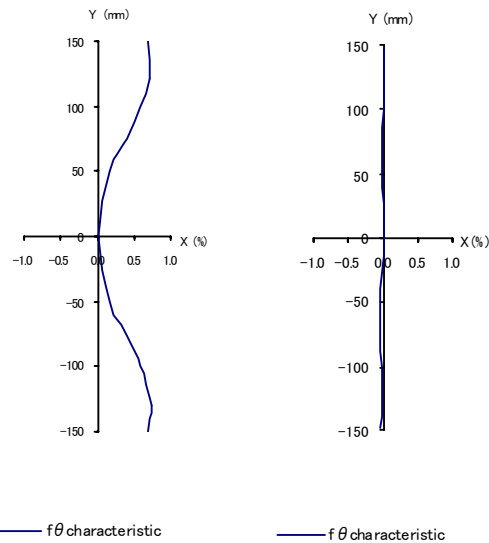


Fig.6 Result of $f\theta$ characteristic.

2-4 仕様・性能

本走査レンズの主な光学特性の従来機比をTable 2に示す。

Table 2 Result for specifications.

Item of specification		Development result	
Wavelength of Light Source		655nm	780nm
Write density		1200dpi	←
Availability write width		323mm	301mm
Beam spot diameter	Main scanning	72% *	80% *
	Sub scanning	77% *	82% *
Field curvature	Main scanning	45% *	15% *
	Sub scanning	29% *	33% *
fθ characteristic		8% *	9% *

*: The ratio for a conventional optical system

3. 成果

我々は、1200dpi, A3対応プラスチック走査レンズを開発した。特長をまとめると以下のとおりである。

- (1) レンズ材料として脂環式ポリオレフィン樹脂の採用とレンズ面形状として湾曲軸型トロイダル面の採用により、2群2枚構成で良好な性能が得られた。
- (2) LD光源の発振波長は655nmと780nmの2波長が使用可能であり、従来の走査レンズに比べてビームスポット径は主走査方向では28%、副走査方向では23%の小径化

(655nm時)が達成できた。

- (3) 本走査レンズは、リコーのA3カラーレーザープリンタ「IPSiO Color 8000」、A3モノクロプリンタ「IPSiO NX720N」「同NX620N」「同NX620」に搭載されており、プリンタの高密度化、低コスト化を実現している。

謝辞

本走査レンズの開発にあたり、生産技術研究所ならびに光学ユニット事業推進センターをはじめとする関係者の方々に、ご指導、ご協力いただきました。ここに深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 河合宏政：プラスチックレンズ用材料の種類と特性，電子材料，2，35(1996)，pp.56-61，
- 2) 大島正義：光学材料用ポリオレフィン系樹脂，化学工業，2，492(1991)，pp.112-118，
- 3) 小団扇平，高梨健一：レーザープリンタにみる最近の光学設計，光アライアンス，4，7(1993)，pp.37-41，
- 4) 小野：特開2000-47133
- 5) 佐久間伸夫：レーザー光学系と非球面，OPTICS DESIGN光設計研究グループ機関誌，17，2(1999)，pp.9-15，