

# レーザー走査式超小型プロジェクタ

Laser Scan Ultra Compact Projector

金野賢治\*

Kenji KONNO

久保直樹\*\*

Naoki KUBO

## 要旨

近年、超小型プロジェクタと呼ばれる製品が発売され市場の注目を集めており、市場からの期待も大きい。コニカミノルタでは、レーザー走査式超小型プロジェクタモジュールを開発している。レーザー走査式は、他方式と比べて、超小型、低消費電力、フォーカスフリー、色鮮やかな画像という特徴を有している。さらに、独自開発の圧電駆動の高速2次元走査MEMSミラーを用いることで、XGAの高解像力が達成できる。

本稿では、レーザー走査式プロジェクタを設計する際に必要な光学系やMEMSミラーに必要な仕様の考え方をまとめた。

## Abstract

Recently, several micro projectors had been launched and got attentions from the market. And, the expectation of the market is growing. Konica Minolta is developing a laser scan ultra compact projector module. Laser scan type has several advantages over other types; compact size, low power consumption, focus-free, and wide color gamut. By using Konica Minolta's unique high-speed piezo-electric 2D-MEMS scanner, the projector module can have very high resolution as XGA. In this paper, several important points in designing the optics of the laser scan projector are discussed.

## 1 はじめに

近年、「持ち運べる大画面」という新しい価値の提供を目指した超小型プロジェクタや超小型プロジェクタを組み込んだ製品が多く提案されており、2008年末から国内市場での発売も開始されている。

超小型プロジェクタは、携帯できる機器サイズながら大きな画面を投影できる点、低消費電力であるためバッテリー駆動でき、いつでも使える点等の魅力がある。今後、モバイルプロジェクタの普及、さらには携帯電話等への組み込みといった応用が期待され、新しい市場形成が期待されている。

超小型プロジェクタを実現する技術は各種存在する。従来のデータプロジェクタの光源であったランプをLEDにし、小型の2次元空間変調素子（液晶やDLP™）と小型の投影レンズを用いた「LED投影方式」、光源にレーザーを用い、レーザー光源をLCOS等の2次元空間変調素子に照射し、フーリエ像を投影する「フーリエ変換方式」、レーザー光をMEMSスキャナで走査することでスクリーン上に2次元像を得る「レーザー走査式」等があり、各方式とも長所、短所があり用途・仕様により使い分けされると考えられている。

## 2 レーザー走査式の基本原則

### 2.1 レーザー走査式の特徴

Fig.1 はレーザー走査式の動作原理を示している。RGBそれぞれのレーザー光源からの光をほぼコリメートし、色合成したビームをMEMSスキャナに入射させ2

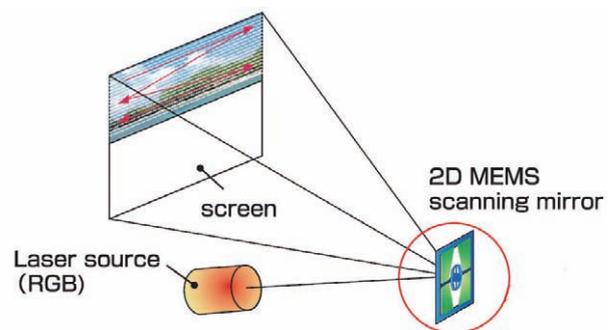


Fig.1 Operating principle of laser scan projector

\* コニカミノルタ光学(株) 技術開発本部 事業開発部  
\*\* コニカミノルタテクノロジーセンター(株)  
デバイス技術研究所 MEMSデバイス開発室

次的に走査し、レーザー変調を同期させることで、スクリーンに2次元像を形成する。

Fig.2 に、スキャンされたレーザースポットの動きを示している。水平走査1ラインごとに方向が変わるため、入力画像を1ラインごとに反転させた画像信号に応じたレーザー変調を行う必要がある。上下、左右とも往復走査のため、画面の左右端や、下端から上端に戻る間にブランキングと呼ばれるレーザーが発光しない時間がある。

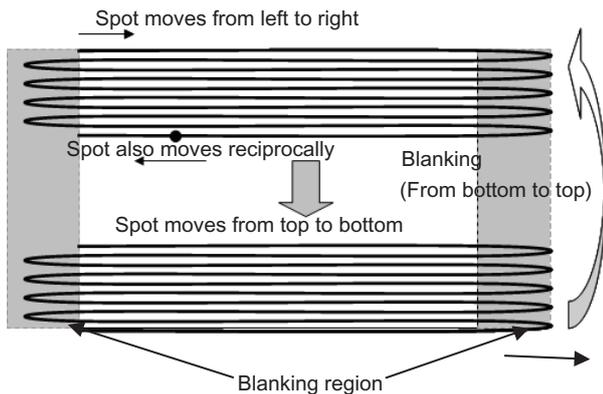


Fig.2 Laser spot movement locus

## 2.2 レーザー走査式の特徴

レーザー走査式の最大の特徴は、他方式と異なり投影レンズを必要としないため超小型である点である。また、解像度の向上という高スペック化に対しても、LED投影方式ではパネルや投影レンズの大型化が必須となるが、本方式の場合は基本的な部品構成や大きさはそのまま、各部品の性能向上で達成できるため、超小型を保ちながら高解像度の実現が可能である。

使い勝手という点では、レーザー走査式はフォーカスフリーという特徴があり、どこに投影しても常にピントが合っている。これは、ガウシアンビームであるレーザーの直進性による。

さらに、光源にレーザーを使用していることによる、広い色再現性により、色鮮やかな映像投影が実現できる。

最後に低消費電力という特徴がある。電気光変換効率が高いレーザーを光源に用いている点と光利用効率が高いためレーザー光源からの光をロスなくスクリーンに届けることができる点に加えて、実際の映像表示の際の平均消費電力が小さい点がある。仮に白画像と黒画像を表示する際に、LED投影方式はLEDの消費電力、発光量は違わないが、レーザー走査式は黒画像ではレーザーは発光しないため、通常の画像投影時の消費電力はさらに小さい。

Table 1 にレーザー走査式の特徴をまとめた。

Table 1 Features of laser scan projector

Features	Reasons
Ultra compact size	No need for projection lens
Focus free	Beam property of laser
Wide color gamut	Use of laser sources
Low power consumption	Laser off when "Black"

## 3 レーザー走査式の光設計

上述は大まかな動作原理であったが、実際の製品にするためには、各部品の仕様を決める為の光設計が必要となる。ここでは、MEMSやレーザーに求められる仕様を決める考え方について説明する。

### 3.1 MEMSスキャナの選定

プロジェクタの重要な仕様として解像度と投射角度がある。これらを満たすMEMSの必要仕様の選定方法について説明する。投射角度 $\phi$  (全幅) はMEMSの機械走査角度を $\pm\theta$  度、ブランキングを考慮した有効利用角度割合を $K_H$  とすると $\phi_H = 4K_H \cdot \theta_H$  である。解像度は画面表示領域中にいくつのスポットを並べることができるかで決まるため、スキャナのミラー面の必要最小直径 $D$  と機械走査角度 $\theta$  の積 $\theta \cdot D$  と、解像を決める係数 $\alpha$  を用いて、以下の関係式が一般に用いられている。

$$\text{画素数} = \alpha \cdot \theta_H \cdot D$$

最後に、MEMSスキャナの水平走査周波数 $f_H$  を決める。垂直走査周波数 $f_V$  は画像のフリッカーが目立たないように通常60Hz等の鋸歯状駆動されるため、水平往復走査利用時の1フレーム中の水平走査線の本数は、垂直走査の利用時間係数を $K_V$  とすると、以下のようにあらわされる。

$$\text{垂直走査線数} = 2 K_V \cdot f_H / f_V$$

Table 2 は、プロジェクタの解像度と投射角度を決める際の、MEMSとレーザーに必要な仕様をまとめたものである。要求性能やMEMS仕様によって変動する $\alpha$  や $K_H$ 、 $K_V$  は参考値である。

要求解像度や投射角度が向上するにつれ、MEMSに求められる駆動周波数 (駆動速度) とMEMSミラーの径が大きくなるため、高性能のMEMSミラーが必要になることがわかる。そのため、MEMSミラーの性能指標は $\theta \cdot D$  と $f_H$  で表されることが一般的である。

MEMSミラーには1枚で2次元走査する方式と、垂直走査と水平走査MEMSミラーを組み合わせる方式の2つが考えられるが、小型化の達成のためには2次元走査タイプの利用が好ましい。

Table 2 Examples of projector specifications and MEMS-laser specifications

Projector specification	Resolution		HVGA	VGA	XGA
	Horizontal pixel		480	640	1024
	Vertical pixel		320	480	768
	Throw angle (degree)	$\phi_H$	30	30	30
	Frame rate (Hz)	$f_V$	60	60	60
Design parameter	Horizontal scan ratio		$K_H$	0.9	0.9
	Vertical scan ratio		$K_V$	0.8	0.8
	Resolution coefficient		$\alpha$	100	100
	Blanking time ratio		$B_T$	0.5	0.5
MEMS	Horizontal scan angle (degree)		$\pm \theta_H$	8.33	8.33
	Vertical scan angle (degree)		$\pm \theta_V$	5.00	5.63
	Minimum mirror diameter (mm)		$D$	0.58	0.77
	Horizontal resonance frequency (KHz)		$f_H$	12.00	18.00
Laser	Modulation frequency (MHz)		$f_L$	18.4	36.9
				94.4	

### 3.2 レーザーの選定

次に、レーザーの仕様選定について説明する。フォーカスフリー特性を得るためにはガウシアンビームの直進性が必要なため、本方式のレーザーは横モードが単モードであることが望ましい。

レーザーの波長は色再現範囲とレーザーパワーによって決められる。大きな色域を確保するために赤の波長を長く、青を短くすると、被視感度が低下するため必要なレーザーパワーが大きくなってしまう。Table 3 は、白色10ルーメンを達成するためのレーザーの波長と平均出力の関係を示している。色域を広げるためにDVDで用いられている波長域（660nm）のレーザーを使用した場合、大きな出力が必要になることがわかる。また、実際のレーザーに必要なピークパワーはTable 3 の値をブランキング時間割合 $B_T$ で割ったものになるため、レーザーはTable 3 の倍程度のピークパワーを必要とする。

Table 3 Two examples of laser wavelength and power

Example 1	R	G	B
Wavelength(nm)	660	530	440
Power(mW)	57.6	12.7	8.6
Example 2	R	G	B
Wavelength(nm)	630	530	470
Power(mW)	16.4	10.7	11.3

最後に、高解像度なプロジェクタほど、レーザーを高速変調する必要がある。レーザーの変調速度は以下の式で求められる。前述のTable 2 にレーザーに必要な駆動周波数についても記述してある。

$$(\text{必要変調周波数: } f_L) = (\text{画素数}) \times (\text{フレームレート: } f_V) \div (\text{ブランキング時間割合: } B_T)$$

### 4 高速圧電走査MEMSミラーを用いたレーザー走査式超小型プロジェクタ

ここでは、コニカミノルタが開発しているレーザー走査式の超小型プロジェクタモジュールについて、特徴や構成について紹介する。Fig.3 はコニカミノルタの試作品の写真である。3色のレーザー、光学素子、MEMSミラーを含む光学エンジンの大きさが $40 \times 20 \times 7$  (mm) という超小型を実現している。



Fig.3 Prototype of ultra compact projector module

上記モジュールを組み込んだ応用製品例を紹介する。Fig.4 はモジュールを上部に組み込んだスタンドアロンの超小型プロジェクタのコンセプトモデルである。



Fig.4 Concept model of ultra compact projector

高解像度のプロジェクタモジュールを達成するためには、MEMSミラーの特性（ $\theta \cdot D$ と水平駆動速度 $f_H$ ）の向上が必要である。

MEMSミラーの駆動方法には大別して3つあり、静電方式、電磁方式、圧電方式がある。我々は高解像度を達成するために、高速化に有利な圧電方式を採用した。圧電方式の弱点といわれていた変位量の拡大については、MEMSの構造シミュレーション技術を駆使して最適化し、XGAに対応する $\theta \cdot D$ を有する2次元走査MEMSミラーの開発に成功した。水平方向の共振周波数 $f_H$ は30KHzである。Fig.5に構造を示す。

水平に高速走査するミラーの保持枠が垂直に走査することで1つの素子で2次元走査を実現している。保持枠の周りに配置された4つの圧電素子にそれぞれ独立した電圧を加えることで、水平、垂直駆動を制御している。

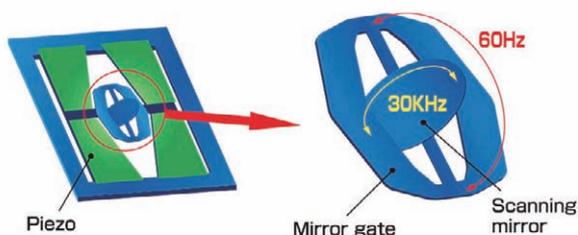


Fig.5 2D-MEMS scanning mirror

## 5 課題と今後

超小型、フォーカスフリー、高解像度、低消費電力といった魅力のあるレーザー走査式プロジェクタではあるが、実用化までには解決すべきいくつかの課題がある。

1つ目が、レーザーを光源に用いることによって発生するスペックルノイズによる画像品質の劣化である。各種スペックル低減手法の検討・開発が進められている。

2つ目が、レーザー安全性による明るさの制限である。レーザー機器のため、レーザーパワーを無制限に大きくすることはできない。安全基準に準拠した出力での応用製品検討が進められている。

近い将来、上述の検討が進み、携帯電話やその他機器に組み込まれる超小型レーザー走査式プロジェクタ市場の形成が期待されている。

### ●参考文献

- 1) H. Uray, et. al., Proc SPIE Vol. 4178 (2000)
- 2) H. Uray, Proc SPIE Vol. 4773 (2002)
- 3) 特開2009-2978
- 4) O Plus E Vol. 31, No. 5 (2009)

### ●出典

本稿は、日本光学会（応用物理学会）第4回レーザーディスプレイ技術研究会（2009）予稿集からの転載である。