

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 13 日現在

機関番号：27101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25420220

研究課題名(和文) 駆動部のない小型・高速・低消費電力のレーザ光走査装置

研究課題名(英文) A motor-less small, fast and low power laser scanner

## 研究代表者

岡田 伸廣 (OKADA, NOBUHIRO)

北九州市立大学・国際環境工学部・教授

研究者番号：80224020

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：DMD(Digital Micro mirror Device)素子と特殊形状ミラーとを組み合わせ、モータ等の駆動部を持たない小型・高速・低消費電力のレーザ光走査装置を開発し、またその性能評価システムを構築して性能評価を行った。  
その際、複数のミラー形状を考案し、いずれの形状についてもそれぞれの特徴を持った走査方式の基本的な機能を確認した。しかしながら、装置構築の困難さ、および市販DMD素子を用いる際の制約から、予定していた分解能での走査の実現には至らなかった。そこで、それらの制約を受けないミラー形状について新規な提案を行い、予備的なシミュレーションを行った。

研究成果の概要(英文)：We have developed a motor-less small, fast and low power laser scanner by using a DMD (Digital Micro mirror Device) and a special formed mirror. We also fabricated an estimation system for it, and did the estimations.  
Several special mirror types were come up with, and basic functions of each have been confirmed. Because of the hardness of constructing the experimental system and limits caused by using a commercial DMD, however, we could not achieve the expected resolutions. Therefore, we have proposed new types of special formed mirrors and done preparative simulations.

研究分野：ロボット工学

キーワード：レーザ光走査装置 DMD素子

### 1. 研究開始当初の背景

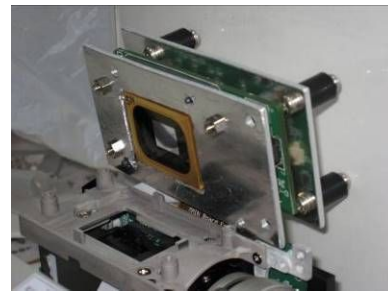
MMD (Micro Mirror Device) 素子は、既に市販のプロジェクタやレーザを使用する計測装置に広く応用されている。しかしながら、プロジェクタに使用されているものは、ミラーの方向を 2 値で変化させて光線を ON/OFF させるだけのものである。また計測装置等に应用されているものもあるが、それらは一定の周波数でミラーを振動させてそれに同期してレーザを ON/OFF するものである。ミラーの方向を任意に設定しようとする研究も国内外で行われているが、経時変化や外部からの振動の影響を抑えることが難しく、正確かつ高速に光線の方向を制御することができるものは実現されていない。レーザ光の方向を変える装置としては他に、結晶に印加する電圧を変化させることによって結晶中を通るレーザ光の方向を変化させる素子も開発されているが、制御のために数 100[V] の電圧を必要としており、また解像点数が少ない等の短所がある。

研究者はこれまでに、レーザスリット光源と新規に考案した撮像素子を組み合わせた小型高速の三次元距離測定装置 (レンジファインダ) の研究開発を行ってきた。その中で、モータ等の駆動装置なしにレーザスリット光を走査する機構として、プロジェクタ等に使用されている DMD (Digital Micro Mirror) 素子と特殊な構造のミラーとを組み合わせた装置の着想を得た。図 1 に、本着想に基づいて基礎的な実験を行った装置の概要を示す。通常のプロジェクタでは、大電力を消費して高温となるランプを使用するが、本装置では小型で低消費電力のレーザ光を操作しようとするものである。精度よく安定して動作する DMD 素子を使用するため、経時変化なしに精度よくレーザ光の照射方向を設定することができ、また DMD の動作速度である m 秒単位でその方向を切り替えることができると期待できた。

### 2. 研究の目的

様々な計測その他の目的にレーザ光を使用する際、その光線方向を正確に走査できることは非常に重要である。そのためには通常、モータ等の駆動部が必要だが、その場合には寸法、消費電力、走査速度や信頼性の点で問題がある。MMD (Micro Mirror Device) は超小型でモータ等を必要としないが、任意の方向に光線を固定することが困難であったり、その方向の精度が十分でなかったりなどの制限があった。

そこで本研究では、MMD の一種である DMD (Digital Micro Mirror) 素子と特殊な形状の鏡とを組み合わせたまったく新しい機構により、モータ等の駆動部なしに光線の方向を任意・正確・高速に設定することのできる超小型高性能なレーザ走査装置を開発することを目的とした。



DMD 素子



試験装置

図 1 基礎実験装置

### 3. 研究の方法

(1) 研究目的を達成するため、特殊形状ミラーを製作し、DMD 評価用キットと組み合わせで実際にレーザ光を任意の方向へ照射できる装置を試作する。その装置の試作と評価試験を通して提案する手法の有効性の検証を行う。装置をさらに小型化するためには特殊形状鏡をどのように設計すればよいかについて検討を行い、実際にその新規な設計手法に基づいて鏡を製作して評価を行う。また、レーザ光を二次元方向で走査する方法の考案と、実際に各分野で使用される様々なレーザ応用装置について調査および開発した走査装置を組み込む場合の問題点の洗い出しとその対策について検討についても計画する。具体的には、以下の各内容について研究を行う。

(2) レーザ光を任意の方向へ照射できる装置の試作。

図 1 の装置は市販のプロジェクタを改造したものであって、実際に任意の方向へレーザ光を照射するには、周辺部品の形状や DMD 素子の制御および動作速度の点で大きな困難があった。そこで、DMD 素子評価用の開発キットを導入して、これまで使用していた市販プロジェクタと置き換える。また、DMD 素子と組み合わせてレーザ光走査装置の中心部を構成する特殊形状鏡についても、より精度の高い形状のアルミ蒸着ミラーを新たに製作する。これらと可視半導体レーザおよびレーザ制御用部品とを光学実験台上で組み立てる。この装置を用いて、考案した手法で実際に二次元方向へのレーザ光の走査を行えることを検証する。その際、これまでに試作

した基礎実験装置では、レーザ照射方向の分解能を高めようとする特殊形状鏡が大型になるという問題点があった。平成 25 年度の試作では従来の着想に基づいて鏡の製作を行うが、特殊形状鏡の設計法についても検討を開始し、小型化する手法を考案する。

(3) 試作した装置の詳細な評価。

組み立てた装置の調整と詳細な評価のために、デジタルカメラを活用してレーザ光走査の様子を撮影し、画像処理プログラムで半自動的に実験結果の処理と評価を行う仕組みを構築する。評価は主に、レーザの照射方向について所望の分解能と精度を得られるかの確認について行い、さらには装置の組み立て精度が性能にどの程度影響するかについても検証する。これらの評価結果が不十分であった場合には、研究協力者の大学院生に装置のシミュレータを作成させ、それを用いて問題の解決を行う。

(4) 特殊形状鏡を小型化する設計手法の確立と実際の装置の小型化

平成 25 年度に考案する、特殊形状鏡を小型化する手法に基づいて、鏡の設計手法を確立させる。その際にはシミュレーションを行うことにより、効率よく開発を進める。さらに、実際にアルミ蒸着ミラーで小型化された特殊形状鏡を製作し、平成 25 年度に試作した装置の鏡と置き換える改造を施して、小型化と装置全体の性能の維持を両立できるかを検証する。この時点までに設計手法が確立できなかった場合も、小型化は本研究における重要な目的の 1 つなので、引き続き確立させるよう、研究を進める。

(5) 各レーザ応用機器へ提案装置を組み込む場合の問題点の洗い出しとその対策の検討

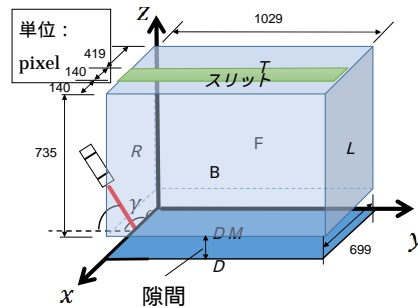
様々な分野で使用されているレーザ応用機器について調査を行い、本提案のレーザ光走査装置を組み込む場合に必要十分な能力を有しているかを確認する。問題点が認められた場合には、対応法について検討を行う。

(6) レーザ光を二次元方向に走査する手法の検討

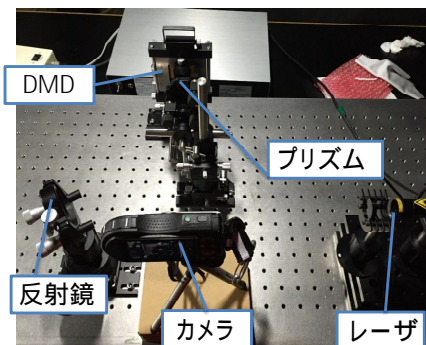
平成 26 年度までに試作する装置ではレーザ光の照射方向を一次元方向にしか走査できない。そこで、同じ原理に基づいて二次元方向にレーザ光を走査する機構を考案する。その際には、二次元走査用の特殊形状鏡の設計も行い、アルミ蒸着ミラーで試作する。

#### 4. 研究成果

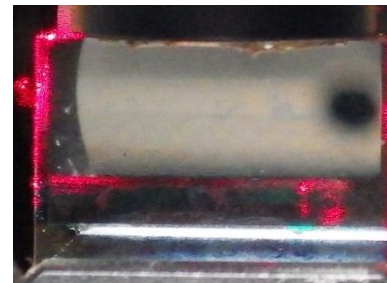
DMD 素子と組み合わせる特殊形状鏡について検討を行ったところ、装置の組み立て精度が装置全体の性能に非常に大きな影響を与えることを確認した。その検討の中で、当初予定していた階段状ミラーによる特殊形状鏡ではない、スリット部を持つ矩形プリズムによるレーザ光走査装置の着想を得た。そこでそのプリズムを設計製作し、レーザ光走査装置を組み立ててその有用性を検証した。考



スリット部を持つ矩形プリズム



矩形プリズムを用いた試験装置



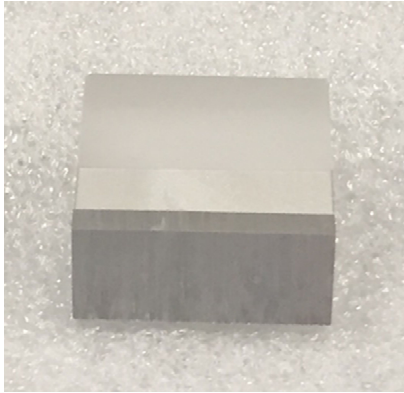
スリット部からのレーザ光出力

図 2 スリット部を持つ矩形プリズムを用いたレーザ光走査装置

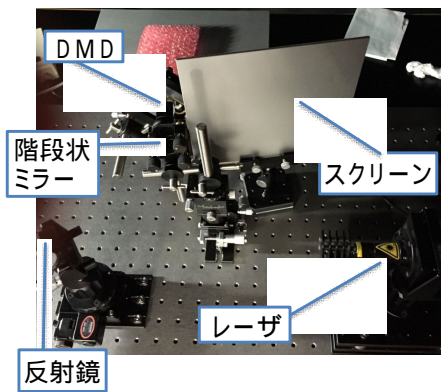
案した矩形プリズム、それを用いて組み立てたレーザ光走査装置、およびそのレーザ光出力の様子を図 2 に示す。本装置を用いた実験により、矩形プリズムを用いても簡易なレーザ光走査が可能なのは示せたが、射出方向の制御が難しいことも確認した。これについての成果は、T. Ito et al. MSC2015 で発表を行った。

次に、当初の計画に基づいて階段状ミラーを設計・試作し、それと DMD とを組み合わせたレーザ光走査装置の組み立てを行った。試作した階段状ミラー、組み立てたレーザ光走査装置、および装置を用いてレーザ光走査実

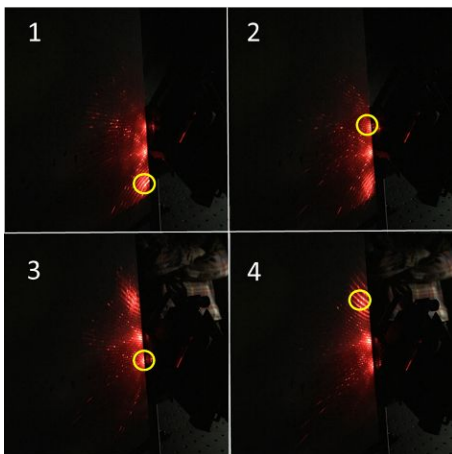




試作した階段状ミラー



階段状ミラーを用いた試験装置



スクリーン上のレーザースポット

図3 階段状ミラーを用いたレーザー光走査装置

験を行った結果を図3に示す。原理的に走査が可能であることは示すことができたが、実用的な精度での実験装置を製作するには至

らなかった。それにより、どのような部分が精度に重要な影響を与えるかの課題を明確にした。また、図3の様に所望のレーザースポット光以外にもスポットが出力されることを発見し、DMDの制御における問題点とその解決法の考察を行った。

以上のように精度の高い実験装置の構築が非常に困難であったため、研究計画における(5)各レーザー応用機器へ提案装置を組み込むための検討、および(6)レーザー光を二次元方向に操作する手法の検討、については実施することができなかった。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 2件)

Shoma Matsunaga, Takaaki Itoh, Nobuhiro Okada, "Development of the discrete laser beam scanning device which combined a step formed mirror with DMD," Proceedings of the 21st International Symposium on Artificial Life and Robotics 2016 (AROB 21st 2016), pp.268-273, Jan. 20th 2016, B-Con プラザ(大分県・別府市)。

Takaaki Itoh, Shoma Matsunaga, Nobuhiro Okada, "Development of the laser beam scanner which uses the prism cube mirror with DMD," Proceedings of the 2015 IEEE Conference on Control Applications (CCA), Part of 2015 IEEE Multi-Conference on Systems and Control, pp.288-293, Sep. 21st 2015, Sydney (Australia)。

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計 0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計 0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：

番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡田 伸廣 (OKADA, Nobuhiro)  
北九州市立大学・国際環境工学部・教授  
研究者番号：80224020