

補償光学用一体型形状可変鏡の開発

Development of a deformable mirror for adaptive optics

一ノ瀬祐治, 土田健二

Yuji Ichinose, Kenji Tsuchita

(株)日立製作所 エネルギー研究所

Energy Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

A deformable mirror with a continuous surface has been developed for a CO<sub>2</sub> laser beam using a multidither adaptive optical system. The aluminum mirror surface has a circular active aperture of 90mm which is controlled by thirty-seven piezoelectric actuators. The maximum stroke of the mirror is 18μm and the frequency response is over 10kHz. The performance and major features of the mirror are described.

1. はじめに

当所ではレーザービームの波面補正を目的として、マルチディザ方式補償光学系を開発している<sup>1)</sup>。マルチディザ方式では送信するレーザービームを各領域毎に異なる周波数で位相変調し、その焦点での光強度に含まれる各位相変調信号より波面を検出する。このため形状可変鏡では、波面補正と位相変調を同時に行う。これまでアクチュエータ毎にミラーを取付た分割型形状可変鏡を開発し、実験により波面制御が可能なることを確認した<sup>2)</sup>。分割型に対し、一枚の薄いミラーを複数のアクチュエータで駆動する一体型は波面の補正効率と空間分解能の点で優れており、その開発に着手した。本報では、試作した一体型形状可変鏡の構造及びその変位特性を測定した結果について述べる。

2. 一体型形状可変鏡の構造

図1に一体型形状可変鏡の構造を示す。アルミミラー(φ90mm, 厚み1mm)に37個のアクチュエータを10mmピッチで取付け、形状を制御するものである。ミラー、ピン及び鏡筒の一部はアルミ材より一体物で製作し、ミラー面を基準として各アクチュエータを取付けている。寸法誤差及び組立てによる高さのバラツキは、台座底面を研磨することにより抑えている。アクチュエータは図(c)に示すように、一定電圧で正弦波駆動する位相変調用ピエゾと波面制御用ピエゾを直結した構造である。ピエゾは容量性負荷でその大きさは最大駆動量に比例するため、このように2つのピエゾで駆

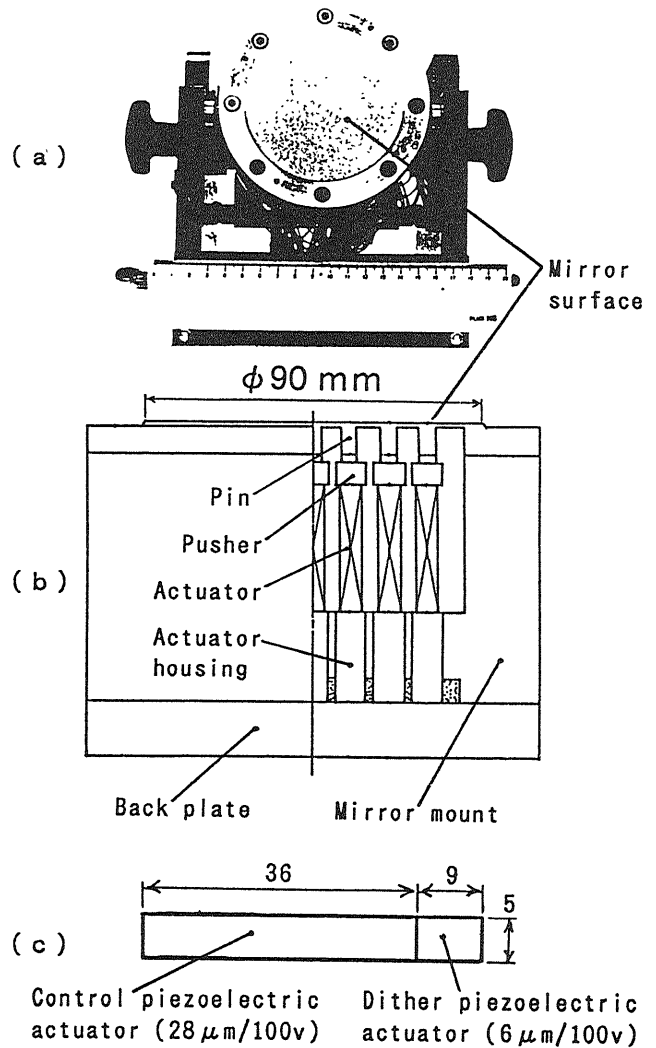


Fig.1 The deformable mirror with continuous surface. (a) Photograph. (b) Cross section. (c) Actuator of the mirror.

動することで最大電源容量の低減を図れた。

### 3. 実験結果及び検討

図2にミラー面の測定結果を示す。測定はザイグ社の干渉計で実施し、面精度は $0.4\mu\text{m}$ であった。面粗さは最大 $0.07\mu\text{m}$ であり、本可変鏡は $\text{CO}_2$ レーザ( $10.6\mu\text{m}$ )の波面補正を目的に開発しており、十分な面精度が得られた。

図3は各アクチュエータの位相変調用と波面制御用ピエゾの最大駆動量(100V印加)分布を示す。ピエゾ単体では位相変調用で $6\mu\text{m}$ 、波面制御用で $28\mu\text{m}$ の駆動量に対し、形状可変鏡に組込むと図3に示すように最大でも位相変調用で $3.8\mu\text{m}$ 、波面制御用で $17.7\mu\text{m}$ に減少している。この原因はミラー部の弾性の他、アクチュエータとプッシャー及び台座との接続部にある。その接続には、アクチュエータ端面だけでなく側面の一部も利用しているために、駆動量が減少している。

図4にミラー変位の伝達特性を示す。ミラー中心位置に設置されたNo.19のアクチュエータに100Hzの変位を与え、ミラーの各位置で変位量を測定した。ピンの直径は5mmであるため、 $y=0$ のデータでは中心部で変位量が一定となっている。アクチュエータは10mmピッチで配列されており、その変位は隣接するアクチュエータまでは伝達するが、それ以降は2%以下であり無視しても問題はない。

図5に駆動電圧に対する変位の周波数特性を示す。位相変調用ピエゾを駆動し測定しており、図ではNo.19を基準に-3dB毎移動させて表示している。アクチュエータ単体の共振周波数は30kHzであるが、可変鏡では2.5及び6.5kHz付近に共振点が存在している。各アクチュエータの応答周波数は、それぞれ10kHz以上の応答を示している。

### 4. まとめ

光波面の歪を補正する補償光学系の重要な構成要素である一体型形状可変鏡を試作し、その変位特性等を測定した結果、 $\text{CO}_2$ レーザ等の長波長帯用の補償光学系に使用できることを確認した。

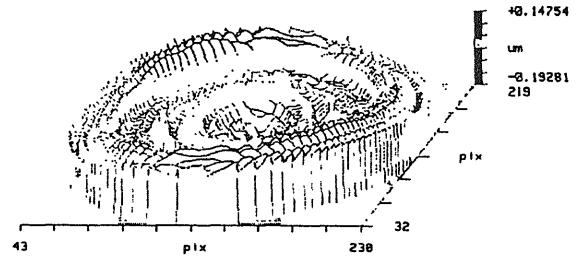


Fig.2 Mirror surface profile.

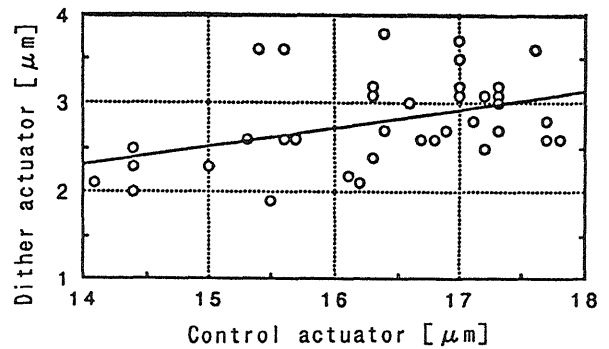


Fig.3 Distribution of actuator stroke.

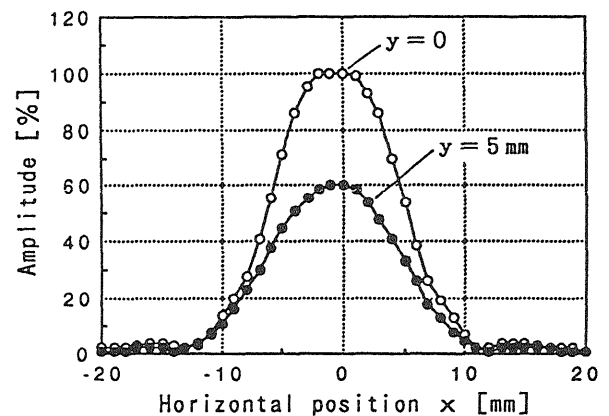


Fig.4 Actuator/mirror coupling measurements.

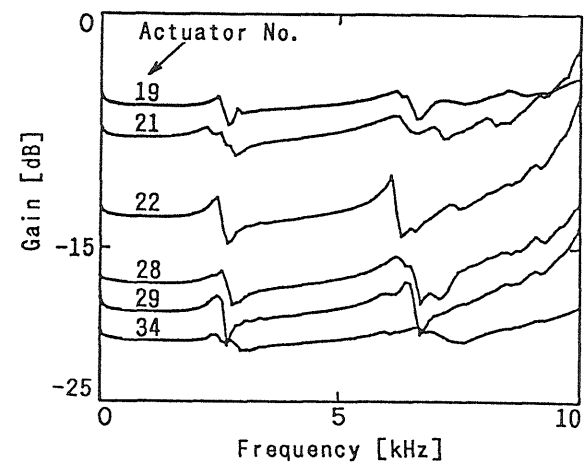


Fig.5 Gain response of mirror/actuator system.

### 参考文献

- 1) 一ノ瀬祐治、川端正弘、道口由博：「光学」，21，No10，p714-719（1992）
- 2) M.Sugii, H.Hara, Y.Ichinose, M.Kawabata, Y.Michiguchi, H.Kadoi, T.Kishi :  
The Conference on Laser and Electro-Optics, Anaheim, California, OSA, 1992