

補償光学系によるレーザ波面の遠隔制御

Remote control of laser wavefront using a coherent adaptive optical system

嶺 康晴、○杉井 正克、斉藤 英明

Y. Mine, M. Sugii, H. Saito

防衛庁技術研究本部 第2研究所

Second Research Center, Technical R&D Institute, Japan Defense Agency

Inhouse, remote control experiment for CO₂ laser wavefront was conducted with a multidither adaptive optical system. In the correction experiment for static wavefront distortion, the laser wavefront on the target located at a distance of 20 or 40 m from the laser transmitter was remotely corrected, detecting the laser intensity on the target by an optical receiver located nearby the transmitter.

1. はじめに

レーザ・ビームが大気中を伝搬すると、伝搬経路中での局所的な大気の空間的・時間的な屈折率変化によりビームの波面が乱され、ビームの集光性能の劣化が引き起こされる。筆者らは、このような波面の乱れを補正して集光性能の劣化を低下させる目的で、マルチディザー補償方式に基づく9分割型形状可変鏡を開発した。

本装置を用いた実験室内における、CO₂レーザ・ビーム（波長 $\lambda = 10.6 \mu\text{m}$ ）波面の乱れの補正実験については既に一部報告を行ったが、それは、伝搬ビームを検知器で直接検知し形状可変鏡を制御し波面の乱れを補正する、直接検知方式と呼ばれるものであった¹⁾。

今回筆者らは、実験室内を伝搬してターゲット上に集光したCO₂レーザ・ビームの反射光を検知して、形状可変鏡の制御を行い波面の乱れを補正する、間接検知方式について実験を行ったので報告する。

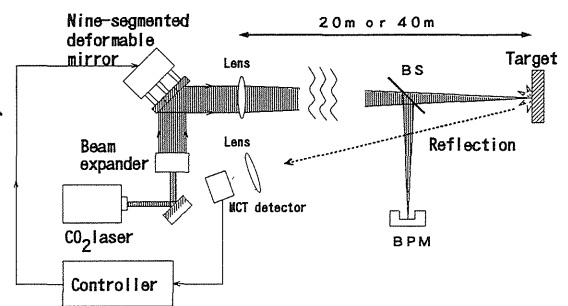


Fig.1 Schematic diagram of experimental set up.

2. 実験及び結果

2. 1 実験機器の配置

間接検知方式の実験は、Fig.1 に示す機器配置で行われた。最大出力2.5WのCW-CO₂レーザから出射されたビームは、ビーム拡大器で直径3.5mmから58mmへと拡大され、形状可変鏡へと導かれる。形状可変鏡で反射されたビームは焦点距離20mまたは40mのレーザ出射用レンズを通じて、焦点位置にあるターゲットへ向かって送出される。ターゲット上からの反射光は、レーザ出射用レンズ付近に置かれた直径90mm、焦点距離195mmの集光レンズを通じてMCT光検知器で検知される。この検知信号により形状可変鏡の制御が行われる。波面補正前後のビーム形状はビームプロファイル・モニタにて測定される。

2. 2 波面補正結果

間接検知方式による波面補正では、ターゲットからの反射光中のディザー成分（位相変動）を小さくするように制御を行うため、波面補正性能は検知器が受信するディザー信号のS/N比に依存す

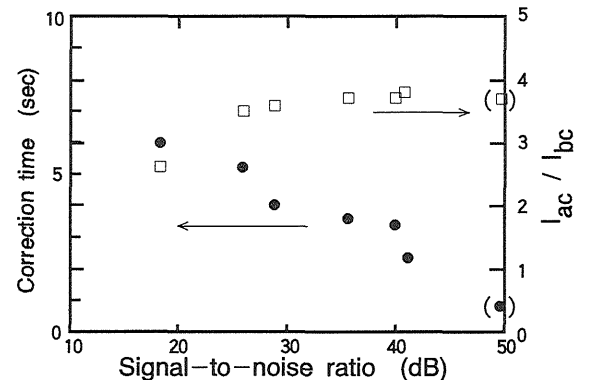


Fig.2 Performances of wavefront correction as a function of S/N ratio. I_{bc} and I_{ac} denote intensity before and after correction, respectively.

る。ここでは種々の受信ディザ信号のS/N比に対して、補償時間と波面補正前後のターゲット上でのビーム形状を測定した。各分割鏡のディザ周波数は2550~3350Hzまで100 Hz間隔、ディザ振幅はすべて $\lambda/20$ としている。

ここで補償時間とは、形状可変鏡にて波面を乱した状態から制御を始め、ターゲット上でのビーム強度が最大となるまでの時間である。また、S/N比は分割鏡のディザ周波数帯の雑音レベルとディザ信号レベルとの比である。

Fig.2 に結果を示す。図中、() で囲まれたデータはターゲットまでの距離20m、その他は40mの場合に得られた。S/N比が大きくなると補償時間は短縮されることがわかる。また、S/N比が30dB程度以上になると、波面補正後のビーム強度は補正前の約3.5倍で一定となる。そこでは、ビームはほぼ回折限界まで集光されている。

Fig.3 にS/N比40dBの場合に得られた波面補正前後のビーム形状を示す。ビーム径は回折限界値より約8%大きい程度まで集光されている。また、S/N比が50dBまで上がると補償時間は約0.8secまで短縮できた。この結果から、形状可変鏡が1Hz程度の揺らぎに対しては実時間で波面補正できることがわかる。

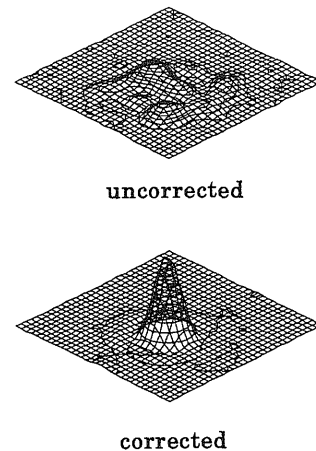


Fig.3 Beam profiles before and after wavefront correction.

2. 3 チルト補正機能

本形状可変鏡は前後にしか駆動し得ないため、波面チルトを完全に補正することはできない。しかし、3枚並ぶ分割鏡の一端が前方に、他端が後方に移動することで、階段状で不連続的ではあるが波面をチルトさせることができると思われる。そこで、どの程度の波面チルトまで補正できるか以下のような実験を行った。

ビームの回折限界スポット直径の2/3の直径をもつ反射率90%のアルミニウムの拡散板を、距離20mまたは40mの位置上でビーム軸の垂直方向に変位させ、波面補正後のビーム強度とピーク位置の変位を測定した。

Fig.4 に結果を示す。ターゲットが変位してビーム軸から離れていくにつれ、波面補正後のビーム強度は低下していく。しかし、ビーム中心付近の約250 μ radの範囲内では、ビーム強度は中心でのその80%程度以上あり、また、ビームのピーク位置はターゲットの変位に追従している。

この結果から、本形状可変鏡は、実大気揺らぎにより起こる程度の波面チルトは補正できることがわかる。

3. まとめ

実験室内において、9分割型形状可変鏡を用いた間接検知方式によりCO₂レーザビームの波面補正を行うことができた。また、制御速度を向上させることで、本形状可変鏡を用いた野外での実時間の波面補正も可能になることがわかった。

4. 参考文献

- 1) M. Sugii, H. Hara, Y. Ichinose, M. Kawabata, Y. Michiguchi, H. Kadoi, T. Kishi, " Wavefront correction using a nine-segmented deformable mirror in multidither adaptive optical system. ", CLEO'92, (1992)

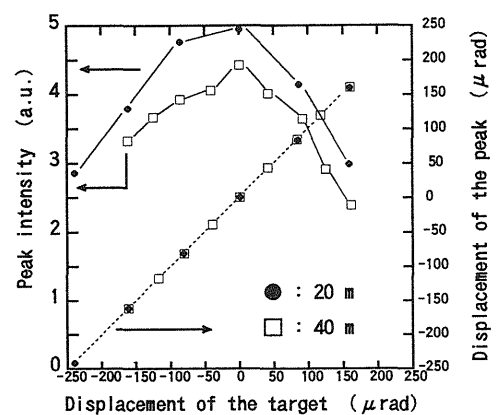


Fig.4 Tilt Correction