

ホログラム栽培の2波長化

Holographic Plant Growing System Using Two Laser Diodes with Different Wavelengths

○今村 俊貴, 高木 康博 (農工大院工)

○Toshiki Imamura, Yasuhiro Takaki (Institute of Engineering, Tokyo Univ. of Agri. and Tech.)

E-mail: s176176q@st.go.tuat.ac.jp

1. はじめに

植物工場は、食の安定供給や安全保障といったグローバルな課題を解決する可能性を有している。われわれは、以前に、半導体レーザーとホログラムを用いたホログラム栽培システムを提案している[1]。以前のシステムでは、光合成の効率が最も高い赤色レーザー光を用いていた。一方で、植物の成長においては青色光も重要な役割をもつことが知られている[2,3]。

本研究では、赤色と青色の半導体レーザーを用いたホログラム栽培システムの実現を試みた。

2. レーザー光を用いたホログラム栽培

Fig.1に、本研究で提案するホログラム栽培システムを示す。カメラで撮影した植物の画像から、照明する部分を画像処理で抽出する。抽出画像を再生像とする位相型ホログラムを計算で求め、これを位相型空間光変調器(SLM)に表示する。半導体レーザー光で位相型SLMを照明すると、ホログラムの再生像が植物の照明部分と一致する。半導体レーザーは電気光変換効率が高く、位相型ホログラムは理論的には光の吸収がないため、高効率な配光が実現できる。さらに、画像処理を高度化することで、植物の成長点への配光、植物の屈光性の誘起といった高機能化が可能である。

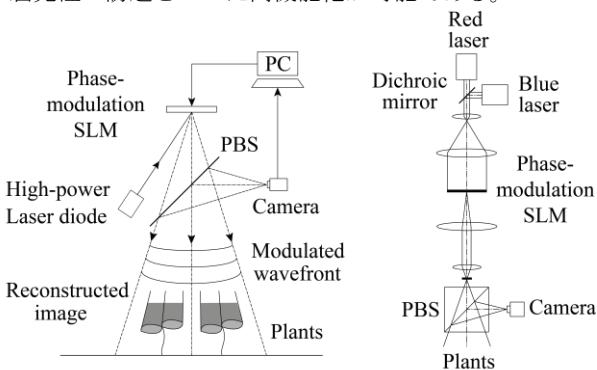


Fig. 1 Holographic plant growing system Fig. 2 Proposed system

3. 2波長化の原理

本研究で提案する赤色と青色の半導体レーザーを用いたホログラム栽培システムの光学系を Fig.2 に示す。赤色を透過し青色を反射するダイクロイックミラーを用いて、赤色レーザー光と青色レーザー光の光軸を一致させる。赤色と青色に対応するホログラムを位相型SLMに時分割表示し、対応した半導体レーザーを発光させる。

今回は、植物の同一部分を赤色と青色のレーザー光で照明するとして、赤色と青色の再生像は同一とした。ただし、波長に比例して再生像が大きくなる問題がある。そこで、方法1では、それぞれの波長で、再生像の大きさを変えて位相型ホログラムを計算する。方法2では、最初に青色の波長で位相型ホログラムを計算

し、波長比に応じて拡大して赤色の波長の位相型ホログラムとして用いる。なお、最初に赤色用ホログラムを計算して縮小して青色用ホログラムを求める方法は、サンプリング定理を満たさない。

4. 実験

実験に用いた位相型SLMの解像度は $1,440 \times 1,050$ で、ピクセルピッチは $10.0 \mu\text{m}$ である。赤色レーザーの波長は 637 nm で出力 80 mW で、青色レーザーの波長は 445 nm で出力は 140 mW である。

Fig. 3(a)に植物の撮影画像を、同図(b)に抽出画像を示す。同図(c)に赤色の再生像を、同図(d)に青色の再生像を示す。方法1と方法2で得られた再生像にほとんど差がなかったため、方法2の結果のみを示した。赤色と青色の再生像の大きさがほぼ一致していることがわかる。計算時間は、方法1が 3.88 秒で、方法2は 2.21 秒であった。ホログラム計算が1回の方法2の方が、計算時間が短いことがわかる。

なお、赤色と青色のレーザー光の光軸を調整により完全に一致させることは難しかったため、最終的に、位相型ホログラムに傾いた平面波の位相分布を加えることで、赤色と青色の再生像を一致させる補正を行った。補正の効果を Fig.4 に示す。

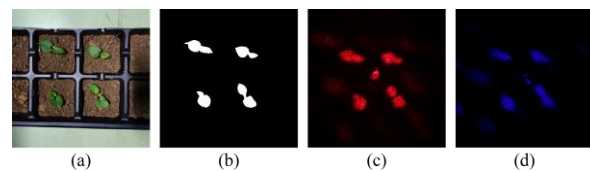


Fig. 3 Experimental results: (a) captured image, (b) extracted image, (c) red reconstructed image, (d) blue reconstructed image

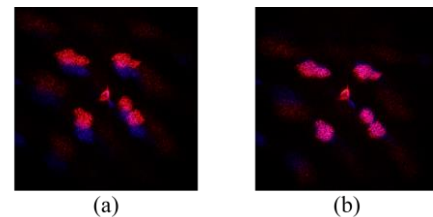


Fig. 4 Correction of positions of reconstructed images: (a) without correction, (b) with correction

5. まとめ

半導体レーザーと位相型ホログラムを用いた植物栽培用ホログラム配光システムにおいて、赤色と青色のレーザー光による照明を可能にした。

参考文献

- [1] 井上ら：第63回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集 21a-S224-1 (2016)
- [2] 海老澤ら：植物環境工学, **20**, 158-164 (2008)
- [3] 森康裕ら：レーザー研究, **33**, 537-541 (2005)