

デジタルホログラフィック分光立体映像法における 4次元インパルス応答関数の厳密解

Exact Solution of Four-dimensional Impulse Response Function in Digital Holographic Three-dimensional imaging spectrometry

○小原 正樹¹, 齊藤 崇浩², 澤田 圭菜², 吉森 久¹

Graduate School of Eng., Iwate Univ.¹, Iwate Univ.²

E-mail: masaki@ql.cis.iwate-u.ac.jp

1. はじめに

われわれは、干渉計測と計算処理のみによって多色物体の3次元空間情報とスペクトル情報を同時取得する研究を行ってきた¹⁻³。本研究では、 (x, y, z, k) 空間上で定義される4次元(4-D)インパルス応答関数の厳密解を解析的に求めた。この関数の性質について調べたので報告する。

2. デジタルホログラフィック分光立体映像法の4-Dインパルス応答関数

実験系である2光波折り畳み干渉計の概念を図1に示す。多色光源分布をSとし、S上のある波数 k の点 $\mathbf{r}_s = (x_s, y_s, z_s)$ を考える。この点は、奥行き $z = z_0 - z_s$ の位置にあるとする。このとき、再生距離 z' における4-Dインパルス応答関数 $h(x, y, z', k)$ は次のように表される；

$$h(x, y, z', k) = \frac{2\pi z' l^2}{k(z' - z)} \exp\left(i \frac{\pi}{2}\right) \int d^3 r_s S_k(\mathbf{r}_s) \times \exp\left[i \frac{z' z (\mathbf{k}_\perp - \mathbf{k}'_\perp)^2}{2k(z' - z)}\right] \text{sinc}\left[\frac{l}{2} (\mathbf{k}_\perp - \mathbf{k}'_\perp)\right] \times \left\{ F_{[\alpha^{(+)}]} - F_{[\alpha^{(-)}]} \right\} \left\{ F_{[\beta^{(+)}]} - F_{[\beta^{(-)}]} \right\} \quad (1)$$

ここで、

$$F(a) = \frac{1}{\sqrt{2}} \exp\left(-i \frac{\pi}{4}\right) \left\{ \frac{1}{2} + C(a) + i \left[\frac{1}{2} + S(a) \right] \right\} \quad (2)$$

$$\alpha^{(\pm)} = \sqrt{\frac{k(z' - z)}{\pi z' z}} \left[\pm \frac{l}{2} + \frac{z' z (k_x - k'_x)}{k(z' - z)} \right] \quad (3)$$

$$\beta^{(\pm)} = \sqrt{\frac{k(z' - z)}{\pi z' z}} \left[\pm \frac{l}{2} + \frac{z' z (k_y - k'_y)}{k(z' - z)} \right] \quad (4)$$

であり、 $C(a)$, $S(a)$ はフレネル積分である。また、 l は開口長であり、 $\mathbf{k}_\perp = (k_x, k_y)$, $\mathbf{k}'_\perp = (k'_x, k'_y)$ で、

$$k_x = -k x_s / z, \quad k_y = -k y_s / z \quad (5)$$

$$k'_x = -k x / z', \quad k'_y = -k y / z' \quad (6)$$

である。

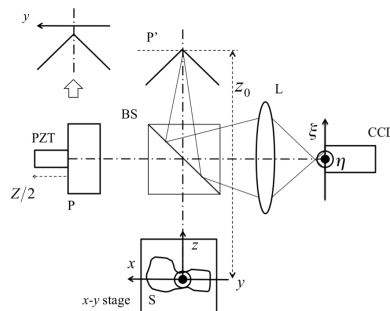


図1 2光波折り畳み干渉計

3. 解析結果

図2に4-Dインパルス応答関数に関する計算結果を示す。図2(a)は光源が近距離内、(b)は遠距離内の場合である。光源が近いほど奥行き分解能が向上することが分かる。

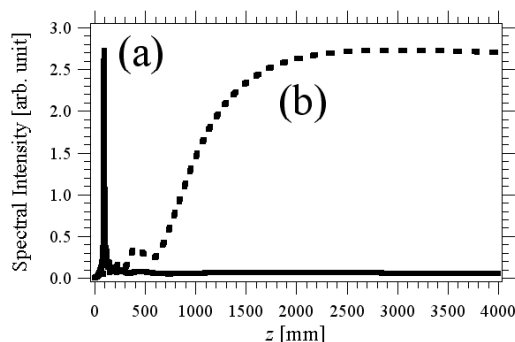


図2 4-Dインパルス応答関数の奥行き方向に関する形状 (a)近距離内 (b)遠距離内

4. まとめ

デジタルホログラフィック分光立体映像法における4-Dインパルス応答の厳密解を解析的に求めた。この関数は、 (x, y, z, k) 空間上で定義され、当該手法の3次元結像特性と分光特性を特徴づけるものである。

参考文献

- 1) K. Yoshimori: Proc. SPIE **6252** (2006) 625221.
- 2) M. Sasamoto and K. Yoshimori: Opt. Rev., **19** 1 (2012) 29.
- 3) 小原正樹, 吉森久: 日本光学会年次学術講演会 2012 講演予稿集, (2012) 23aD7.