



Title	ガウス型シェルモデル光源場の非整数次フーリエ面における諸特性
Author(s)	吉村, 博幸
Citation	電子科学研究, 4, 131-133
Issue Date	1997-02
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/24398
Type	departmental bulletin paper
File Information	4_P131-133.pdf



ガウス型シェルモデル光源場の非整数次フーリエ面における諸特性

附属電子計測開発施設 吉村博幸

近年、フーリエ変換の一般化した概念である非整数次フーリエ変換を光情報処理へ応用する研究が盛んである。本研究では、部分的コヒーレントな光の場であるガウス型シェルモデル光源場の非整数次フーリエ面における特性を解析する。具体的には、非整数次フーリエ場の平均強度の広がり、波面の曲率半径、及びスペクトル偏移について、フーリエ変換次数、光源の規格化空間的コヒーレンス長、及びフレネル数依存性を明らかにする。

1. 非整数次フーリエ変換とは

フーリエ変換を一般化した概念として、1980年、Namiasにより非整数次フーリエ変換が導入された^[1]。近年、これを光情報処理に応用する研究が盛んである。

一般に、波長 λ の光の場 $\mu_0(\xi; \lambda)$ に対する非整数次フーリエ変換は次式にて定義される。

$$\begin{aligned} \mu_p(x; \lambda) = & \frac{1}{\sqrt{i\lambda f_1 \sin\phi}} \int \mu_0(\xi; \lambda) \\ & \times \exp\left[\frac{i\pi(x^2 + \xi^2)}{\lambda f_1 \tan\phi}\right] \\ & \times \exp\left(-\frac{2\pi i x \xi}{\lambda f_1 \sin\phi}\right) d\xi \end{aligned} \quad (1)$$

ここで f_1 は使用するレンズの任意の焦点距離を、また $\phi = p\pi/2$ であり、 p はフーリエ変換の次数を表わしている。特に $p=4n-3$ (n は正の整数)のとき、式(1)は通常のフーリエ変換となる。

2. 非整数次相互スペクトル密度

非整数次フーリエ面における部分的コヒーレント場を記述するため、非整数次相互スペクトル密度 $W_p(x, \Delta x; \omega)$ を導入し、次式にて定義する。

$$\begin{aligned} W_p(x, \Delta x; \omega) = & \langle \mu_p(x + \Delta x/2; \omega) \\ & \times \mu_p^*(x - \Delta x/2; \omega) \rangle \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、 $\langle \rangle$ は統計平均を表す。本研究では、部分的コヒーレントな光の場として、その強度分布及びコヒーレンス度がガウス型の、いわゆるガウス型シェルモデル光源場を考え、その光源場の非整数次フーリエ面における特性について解析する。

3. ガウス型シェルモデル光源場の非整数次フーリエ面における特性

3.1 平均強度の広がり

図1において、非整数次フーリエ場の平均強度の広がり a_p (光源の広がり a にて規格化)のフーリエ変換次数 p 依存性が示されている。図1(a), (b), (c)は、それぞれフレネル数 $N_a (= a^2/\lambda a f_1)$ が0.1, 1.0, 10の場合の結果に相当する。また、図の実線、破線、及び点線は、それぞれ光源の規格化空間的コヒーレンス長 σ が0.01, 1.0, 及び100の場合の結果である。結果として、 N_a あるいは σ が1.0より十分に小さいとき、 a_p は p の増加に従い増加する。一方、 N_a 及び σ が1.0より十分に大きいとき、 a_p は p の増加に従い減少する。

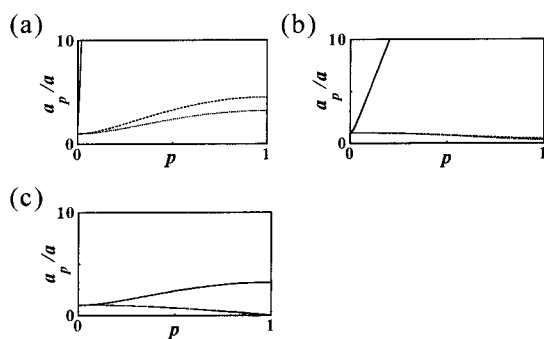


図1 a_p の p 依存性

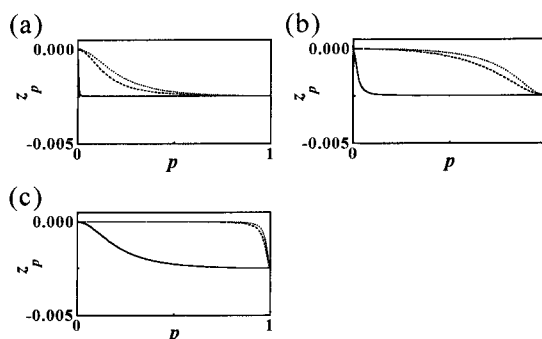


図3 Z_p の p 依存性 ($x=0$)

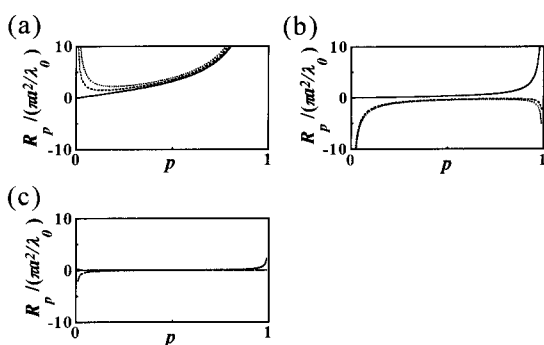


図2 R_p の p 依存性

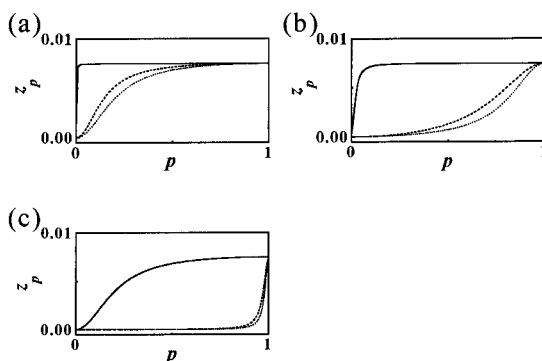


図4 Z_p の p 依存性 ($x=a_p(\omega=\omega_0)$)

3.2 波面の曲率半径

図2において、非整数次フーリエ場の波面の曲率半径 R_p の p 依存性が示されている。図2(a), (b), (c)はそれぞれ $N_a=0.1, 1.0, 10$ の場合の結果に相当し、図の実線、破線、点線はそれぞれ $\sigma=0.01, 1.0, 100$ の場合の結果に相当する。結果として、 N_a あるいは σ が1.0より十分に小さいとき、 p が増加するに従って、 R_p は減少し、極小値をとり、そして増加する。一方、 N_a 及び σ が1.0より十分に大きいとき、 R_p は負の値をとる。また、 p が増加するに従って、 R_p は増加し、極大値をとり、そして減少する。

3.3 スペクトル偏移

非整数次フーリエ場のスペクトル $S_p(x; \omega)$ の光源スペクトル $S_0(\omega)$ からの偏移を、以下に示す相対スペクトル偏移量 Z_p を用いて解析する。

$$Z_p = (\omega_0 - \omega_p) / \omega_p \quad (3)$$

この式において ω_0 及び ω_p は、それぞれ光源及び非整数次フーリエ場のピーク周波数を表す。

光源スペクトル幅 Γ_0 が $0.05\omega_0$ の場合、非整数次フーリエ場の光軸 ($x=0$) におけるスペクトル偏移を解析した結果を図3に示す。これより、スペクトルは、 p が増加するに従って、高周波数側に偏移(ブルーシフト)し、通常のフーリエ面 ($p=1$) において偏移量は最大となることがわかった。また、 N_a 及び σ が減少するに従って、スペクトルは急激に偏移する。

一方、図4に、光軸から $x=a_p(\omega=\omega_0)$ だけ離れた点におけるスペクトル偏移を解析した結果を示す。これより、スペクトルは、 p が増加するに従って低周波数側に偏移(レッドシフト)することがわかった。また、 N_a 及び σ が減少するに従って、急激に偏移する。

4. 結論

部分的コヒーレントな光の場であるガウス型シエルモデル光源場の非整数次フーリエ面における諸特性について解析した。今後は、この諸特性を利用した光情報処理システムの構築が課題である。

【参考文献】

- [1] V. Namias, "The fractional Fourier transform and its application in quantum mechanics," J. Inst. Math. Its Appl. 25, 241-265 (1980).