HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	位相計測と光アナログ演算
Author(s)	岩井, 俊昭
Citation	電子科学研究, 1, 101-102
Issue Date	1993
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/24298
Type	departmental bulletin paper
File Information	1_P101-102.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

位相計測と光アナログ演算

電子計測開発施設　岩　井　俊　昭

光波干渉計測法は，レーザー応用計測において基礎となる計測手法である。本報告ではマイケルソン干渉計とランニングスペクトルの光演算とを結合したウィグナー分布関数法と干渉を用いずに物体からの回折強度のみを用いる反復位相回復法について報告する。

1．はじめに

レーザー光の高コヒーレンス性と波動性を利用した光波干渉法は，位相物体の形状や屈折率分布の情報を干渉縞強度分布なる可観測量に変換し，強度検出後の縞解析を行なうことで形状や分布を再構成する。本報告では，マイケルソン干渉計とランニングスペクトルの光演算を結合した干渉計による位相計測と位相物体の回折強度分布を既知情報とする逆問題として位相分布を推定する手法について報告する。ここでは，前者をウィグナー分布関数法とよび，後者を反復位相回復法とよぶことにする。

2．ウィグナー分布関数法

ウィグナー分布関数は，物体面上の位置 x と空間周波数 f を2変数とする関数であり，次式で定義される[1]。

$$W(f,x) = \int_{-\infty}^{\infty} J(x,y)\, e^{-j2\pi yf}\, dy \qquad (1)$$

ここで，物体を透過してきた光波の振幅を $E(x)$ とすると，

$$J(x,y) = E(x+y/2)\, E^*(x-y/2) \qquad (2)$$

である。サンプル物体として純位相物体

$$E(x) = e^{j\phi(x)} \qquad (3)$$

を考え，その位置の変化に対する位相変化が滑らかであるとすると，(3)式の位相物体のウィグナー分布関数は，次式で与えられる。

$$W(f,x) = \delta[f - 1/2\pi \cdot d\phi(x)/dx] \qquad (4)$$

(4)式は，1次元位相物体のウィグナー分布関数は空間周波数が位相の空間微分に等しくなるとき値をもつことを示す。したがって，光学的に位相物体のウィグナー分布関数を実現できれば，その空間周波数に対する分布を位置変数に関して単純に積分すると位相関数を再構成できる。

図1は，1次元位相物体のウィグナー分布関数を全光学的に演算する光学系を示す。図において，LCLVは反射型液晶空間光変調器であり，インコヒーレント像をコヒーレント像に変換する素子である[2]。LCLVの後方が(2)式の定義を実現する光学系であり，前方は図中の上下方向にのみ1次元フーリエ変換する光学系で(1)式を実現している。図2(a)は，スクリーン上に実現した位相物体のウィグナー分布関数を示し，これをカメラで検出しその水平方向の変数について積分して

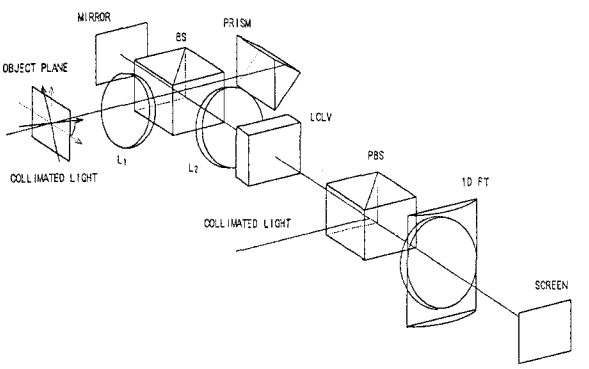
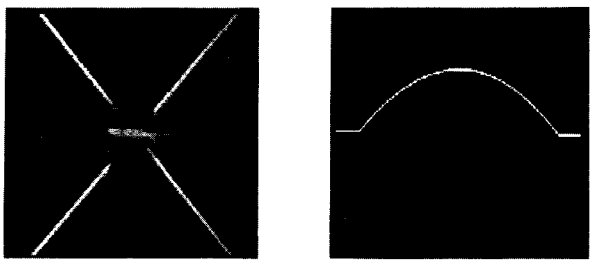


図1　全光学的にウィグナー分布関数を実現するための光学系。



(a) ウィグナー分布関数　　(b) 位相形状関数

図2 シリンドリカルレンズのウィグナー分布関数と再構成されたレンズ形状。

再構成した位相関数の形状を図2(b)に示す。

3. 反復位相回復法[3,4]

反復位相回復法[3,4]は，位相物体を透過してきた回折強度分布をカメラで検出しコンピューターのメモリに転送した後は，すべて数値的に位相関数を回復する手法であり，まったく干渉を用いない。図3は，反復位相回復法のアルゴリズムを示す。ここで，GIファイバーに矩形開口を密着させ，物体関数 $|\tilde{f}(x,y)|e^{j\phi(x,y)}$ を形成する。この物体からのフラウンホーファー回折強度分布を測定し，その平方根をとると物体関数のフーリエスペクトル振幅 $|\tilde{F}(u,v)|$ を得る。ここで，既知情報は，物体に密着させた矩形開口の開口幅と測定したフーリエスペクトル振幅であり，回復すべき量は物体位相関数 $\phi(x,y)$ である。このアルゴリズムは，観測されたスペクトル振幅に対して，フーリエ変換と逆フーリエ変換を繰り返しながら，物体面では開口関数の広がりによる推定信号の打ちきりを，フーリエ面では観測されたスペクトル振幅による帯域内の推定スペクトルに対する置換を行なっていくことにより，帯域内情報を回復していく手法である。

図4に回復された光ファイバーの位相関数形状を示す。この関数を逆アーベル変換すると屈折率分布を再構成できる。

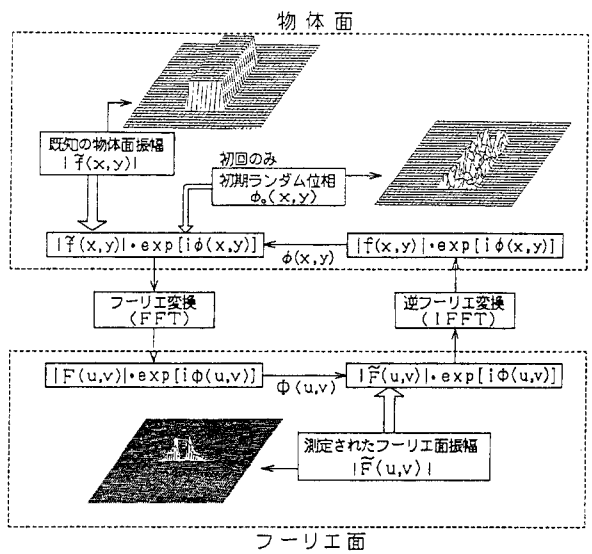


図3 反復位相回復法のアルゴリズムと各ステージの振幅分布。

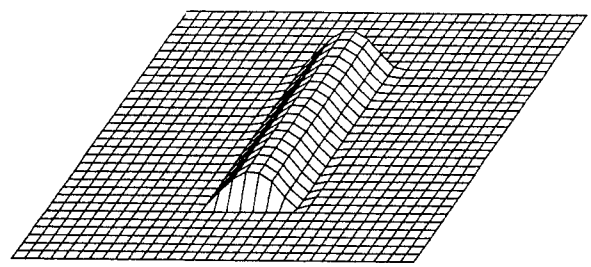


図4 回復された光ファイバーの位相関数。

4. 結　論

本報告では，位相形状計測において単純な積分操作のみで形状を再構成できるウィグナー分布関数法とまったく干渉法を用いずにコンピューター内の数値演算のみで位相を再構成する反復位相回復法について報告した。

【参考文献】

[1] T. Iwai, A.K. Gupta, and T. Asakura: Opt. Commun. Vol.58, No.1, pp.15−19 (1986).

[2] 河村直樹，岩井俊昭，竹森民樹：光学，Vol.22, No.5, pp. 281—288 (1993).

[3] T. Iwai and H. Masui: Opt. Commun. Vol.72, No.3/4, pp. 195−201 (1989).

[4] T. Iwai, H. Masui, K. Kiyono: SPIE Proc. of ICO-15, Vol.1319, pp.502 (1990).