

液晶フィルタを用いたハイブリット光演算

7G-7

小針 満

青柳 宣生

大坪 紘一

東洋大学

1 はじめに

光演算はコヒーレント光やインコヒーレント光による回折・干渉・結像・相関・偏光など光の物理現象を利用したもので、並列で高速に演算を行うことができる。しかしアナログ計算方式による誤差や、柔軟さの欠如などの欠点も持っている。

コンピュータによる演算はプログラムすることで複雑な処理も精度よく柔軟に繰り返し実行できる。しかし画像のように2次元で大量なデータを処理する場合は、逐次処理を特徴としている計算機には適さず、その実行には膨大な計算時間を要する。

そこで本研究では、演算部分を光学系の装置にすることで並列高速演算を行い、その他の処理をコンピュータが行う。電光変換部には液晶フィルタ、光電変換部にはCCDカメラを用いてハイブリット光演算を行った。

2 光学処理と実験装置

コヒーレント光学処理は、光の干渉および回折を利用し、入力画像の振幅分布に対する処理で、その代数和が可能となる。図1はコヒーレントフィルタリングの光学系で、液晶パネル P_1 に入力画像として $g(x, y)$ を与え、レンズのフーリエ変換作用によりスペクトル面となる液晶パネル P_2 に振幅透過率分布が $T(\mu, \nu)$ の画像をフィルタとして与えると、衝立面に得られる像の振幅分布は

$$F[G(\mu, \nu)T(\mu, \nu)]$$

となる。そこで、適当な $T(\mu, \nu)$ を選択するすることで種々の演算が可能となる。

インコヒーレント光学処理は、光の干渉を使えないために、負の値をもたない光の強度分布に対する処理で、画像自身に対して直接演算処理を行わなければならない。

図2はインコヒーレント光を用いた相関器で、液晶パネル P_1, P_2 にそれぞれ $g(x, y), h(x, y)$ を与えると、衝立面では

$$[g(X, Y) \star h(X, Y)]$$

という相関像が得られる。そこで、コヒーレント光を用いたときより機能的には制限されるが、 $h(x, y)$ を選択することで、いくつかの演算を行うことができる。

3 フィルタリング

3.1 インコヒーレント

3.1.1 相関とコンボリューション

2つの関数が与えられたときにコンボリューションと相関は次式のように与えられる。

$$\begin{aligned} f_1(\xi, \eta) * f_2(\xi, \eta) \\ = \iint_{-\infty}^{+\infty} f_1(x, y) f_2(\xi - x, \eta - y) dx dy \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} f_1(\xi, \eta) \star f_2(\xi, \eta) \\ = \iint_{-\infty}^{+\infty} f_1(x, y) f_2^*(x - \xi, y - \eta) dx dy \end{aligned} \quad (2)$$

式(1)と式(2)の違いは、右辺 f_2 の項の複素共役部で、インコヒーレント光は正の強度分布に対する処理で、画像として与えるので虚数部が存在しないため、 $f_2 = f_2^*$ となる。さらに f_2 の画像の座標を反転すると両方の式は一致する。よって、図2で液晶フィルタ P_2 の画像データを光軸中心に座標反転することで、同一システム上で相関とコンボリューションを実現した。

3.1.2 ローパスフィルタ

インコヒーレント結像系では、強度分布 I が物体強度 g と点像分布関数 h のコンボリューションで与えられる。

Hybrid optical computing using liquid crystal filter

Mitsuru Kobari, Nobuo Aoyagi, Kohichi Otusbo

Toyo University

$$i(x, y) = g(x, y) * h(x, y)$$

$$I(\xi, \eta) = G(\xi, \eta)H(\xi, \eta)$$

また、周波数応答関数は、次のようになる。

$$\begin{aligned} H(\xi, \eta) &= F[h(x, y)] \\ &= f(\xi, \eta) * f^*(\xi, \eta) \end{aligned}$$

これは、瞳関数 f の自己相関関数となり、ローパスフィルタになる。よって図2の液晶フィルタ P_2 に瞳関数を与えることでローパスフィルタを実現した。

3.2 コヒーレント

3.2.1 相関とコンボリューション

式(1)、式(2)より、相関とコンボリューションはフーリエ変換面での乗算で表すことができる。よって図1の入力面 P_1 に $f_1(x, y)$ を与え、スペクトル面 P_2 に $f_2(x, y)$ のフーリエ変換像を与えるとコンボリューションが得られ、 P_2 に $f_2(x, y)$ のフーリエ変換の共役像を与えると相関が得られる。

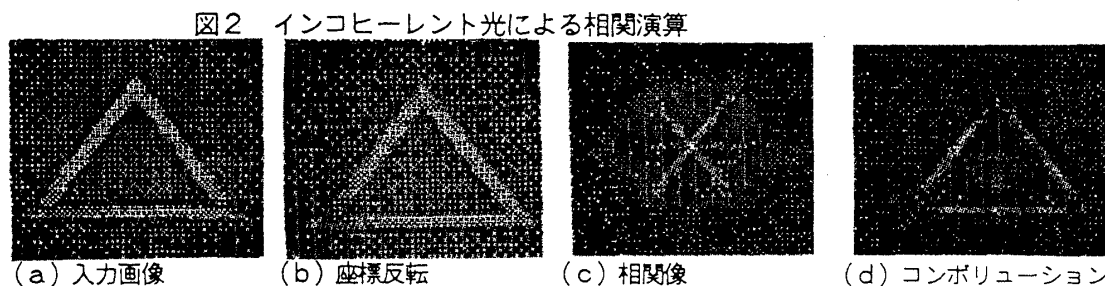
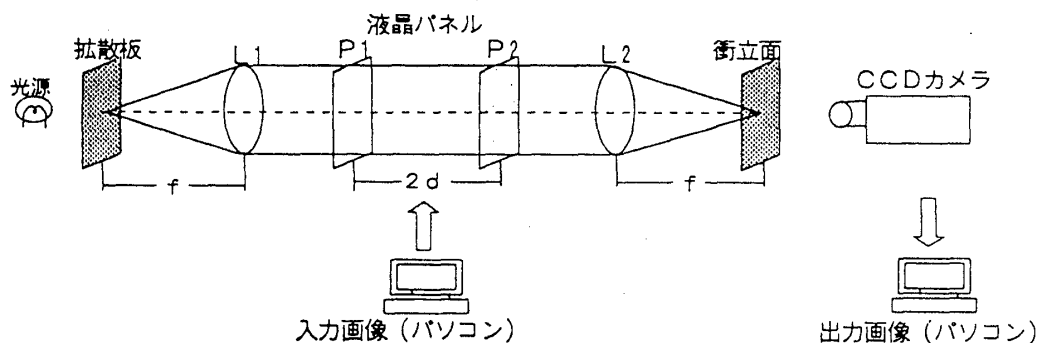
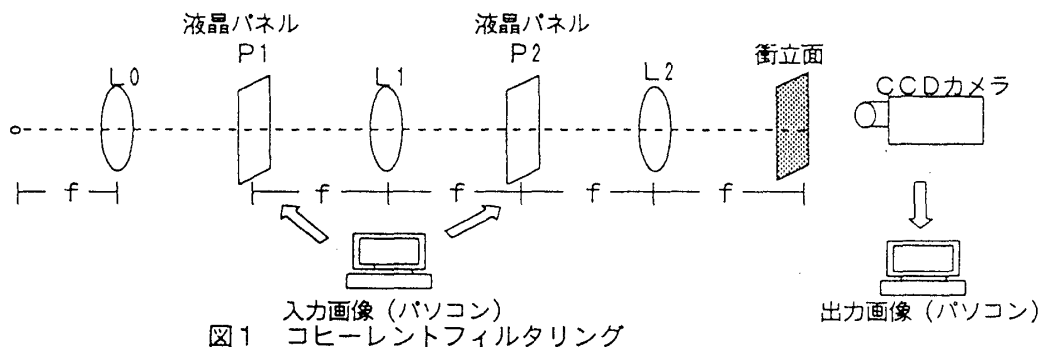


図3 相関とコンボリューション

3.2.2 ハイパスフィルタとローパスフィルタ

ハイパスフィルタは、図1において空間周波数スペクトル面である液晶パネル P_2 に中心（低周波）部を遮へいするような画像データ $T(\mu, \nu)$ を与えることで実現した。

ローパスフィルタは、液晶パネル P_2 にハイパスフィルタとは逆に中心（低周波）部を透過させるような画像データ $T(\mu, \nu)$ を与えることで実現した。

4 結言

3.1.1のインコヒーレント光による相関とコンボリューションの結果を図3に示す。(a)は入力画像、(b)は(a)の座標反転像、(c)は相関像を、(d)はコンボリューションを表す。他の演算の結果については、当日発表する。