

## 漂白ホログラフィ

内 田 直

(昭和57年9月30日受理)

### Bleached Holography

Sunao UCHIDA

(Received September 30, 1982)

#### 緒 言

振幅ホログラフィは現像処理により黒化された銀の干渉縞により回折波を生じ像を再生するもので、通常は透過光型であり再生像への回折波の寄与は低く暗い再生像となる。干渉縞が黒いため光を吸収し易く、反射光型として使われることも少ない。一方位相ホログラフィは回折効率も良く透過光型、反射光型双方に良く用いられている。位相ホログラフィは振幅ホログラフィを漂白して比較的簡単に得ることができる<sup>1)</sup>。ただ再生像に散乱光がかなり含まれることから、かえって像や背景の明るさが強すぎて見えにくい像となることがある。本報告は高解像力の649F乾板と高感度の131-02乾板を使ってまず振幅ホログラフィを作り、更に漂白処理を行なって漂白ホログラムを作成し、その再生像を調べたものである。

#### 実験方法

ホログラムの作成は光源に5mWのHe-Neガスレーザーを使用した。レーザービームはハーフミラー、ビームスリッター等を介して図1に示す顕微鏡対物レンズに導かれた。参照光は40倍(×40)対物レンズにより広げられ、物体照明光は20倍(×20)対物レンズにより広げられた。参照光と物体光の光路差は物体Aの拡がり直径6cm程であり、物体Bの撮影も考慮しておよそ10cm以内におさまるようにした。背景を含めると更に差が大きくなるがレーザーの可干渉距離内に収まっていた。物体照明光は直接物体を照明するのではなく、すりガラスを対物レンズの前に置いてこれを通して光で物

体を照明するようにした。これにより物体はレーザー光照射特有のギラギラした反射がなくなった。ホログラムは4インチ×5インチの写真乾板を使用した<sup>2)</sup>が、このホログラム面に入射する参照光と物体光とのなす角は記録される干渉縞の格子定数に影響してくる<sup>3)</sup>。ここではホログラム中央部で物体Aと参照光のなす角は47度程であり、ホログラムの左側で42度そして右側で50度程となり、格子定数は1000本/mm以上となる。ホログラム面と物体との距離が20cm弱であり、ホログラムの幅も12.5cm程あるため格子定数は一様にはなっていない。物体Bの場合はホログラム面の左側で68度、右側で75度程のひろがりを持ち格子定数も2000本/mmに近い値となり、撮影条件は悪くなった。

図2に撮影装置を示す。撮影物体は大小2つの人形であり、60cm×90cmの鉄製光学ベンチ上15cmの所に置かれて撮影するようになっている。He-Neレーザーはこの光学ベンチの向こう側に置いてあり、レーザーの前にはカメラのシャッターが置いてある。撮影する前はシ

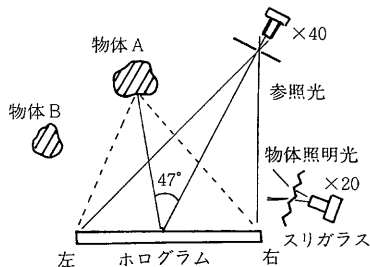


図1 ホログラムの作成

参照光と物体照明光を示している。He-Neガスレーザーからそれぞれの対物レンズ(×40および×20)までの光路は省略してある。

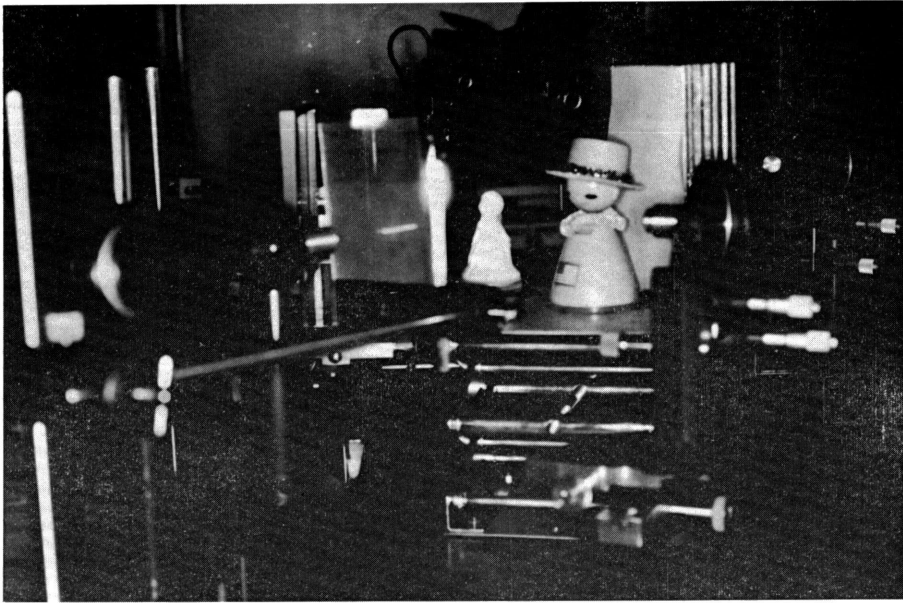


図2 ホログラフィ撮影装置

中央右側の大きい方の人形が物体Aで高さ12 cm程である。ホログラム面は中央より左側にある。

ャッターを閉じ、レーザービームは外にもれないようになっている。レーザービームは鏡、ビームスプリッターおよび対物レンズの乗った光学ベンチへは高さ 20 cm 程の所を通過して入射してくる。これら撮影装置の乗った光学ベンチとレーザーは一つの机に乗せられており、その脚は箱に入れられた砂の中にうめられたコンクリートブロックに乗っている。脚とコンクリートブロックの間にはゴム板が挟まれている。更にこの砂の入った箱の下に古雑誌とゴム板を挟んで床に設置されている。光学台が鉄製で 60 kg 程あり、この重みとゴム板や砂等により外部からの振動はほとんど除去できるようになっている。空気のゆらぎに対しては光学台全体がビニールカバーで囲めるようになっていて、レーザービームはビニールカバーに開けられた小さな窓を通して入射するようにしてある。

使用した写真乾板はゴダック 131-02 とゴダック 649 F である。131-02はハレーション防止層のないタイプである。乳剤面の厚さは649Fが  $15\ \mu\text{m}$  と一般のフィルムよりもかなり厚いのに対し、131-02は  $9\ \mu\text{m}$  である。He-Ne レーザーの  $632.8\ \text{nm}$  の波長に対する感度は、131-02 が 649 F の 100 倍もあり、露光時間の設定にあたり 131-02 が 1 秒として、649 F は 1 分以上を要することと

なった。そのため露光中の装置の振動に注意を払わなければならなかった。解像力は 649 F が 2000本/mm以上であるのに対し、131-02 は1500本/mm と低いので特に物体Bの像の再生に影響がでてくるものと思われた。

現像は SH-5 により硬膜処理した後 D-19 で  $24^{\circ}\text{C}$ 、6 分を標準に SB 1a で停止をし、スーパーフジフィックスで定着をした。振幅ホログラムと位相ホログラムの比較のため、各乾板とも同一露光したものを数種類用意した。位相ホログラムにする乾板は75%のアルコールでそ

表1 ハロゲン化第二銅の漂白液 (EB-2)

A液: 1.	水	750 cc
2.	硫酸第二銅 ( $\text{CuSO}_4$ )	120 g
3.	くえん酸一水化物( $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{—H}_2\text{O}$ )	150 g
4.	臭化カリ (KBr)	7.5 g
5.	水を加えて	全量 1000 cc
B液: 1.	水	900 cc
2.	30%過酸化水素水 ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )	100cc

処理方法は使用直前にA液: B液= 1 : 1 の割合で混合しておき、現像処理後の乾板を10分程水洗した後この液に入れて像が明確になるまで処理する。更に2分程攪拌してから水洗を5分程行なう

そぎ処理し、染料を除去した後、再び水になじませてから、一つは重クロム酸アンモニウムを主成分とする漂白法を行なった<sup>2)</sup>。もう一方は表1に示すハロゲン化第2銅 (EB-2 処方) の漂白法を行なった。

### 結果と考察

図3に写真乾板上における撮影時の参照光の強度比を示す。数字はその点における強度の比を示している。測定値はおよその値を示すものであるが、中央部と周辺部との強度の差がかなりあることがわかる。参照光の強度はホログラム面の周辺部が中央部の3分の1以下である。物体光の強度は参照光の中央部強度の3分の1であり、周辺部では物体光と参照光の強度が逆転している所があり、像再生に悪い影響をおよぼしている。図4は131-02の振幅ホログラムを印画紙に焼付けた写真である。図3と比較すると図4の方は物体光も加わった写真であり、図3の数値にそれぞれ0.9を加えると対応できる。この場合中央部と周辺部との強度の比は2:1程になる。

表2は物体Aの再生像撮影位置における回折光の強度の比をあらわしている。131-02乾板については重クロム酸アンモニウムによる位相ホログラムの回折効率が振幅ホログラムに比較すると非常に高く、数倍以上になっている。しかし649F乾板についてはあまり良い結果が得られなかった。これは649F乾板の露光時間が1分～2分と長かったため外部からの振動の影響が出たものと思われる。それでも振幅ホログラムとしてはほとんど再生像ができなくても、位相ホログラムとしては肉眼で見られる程の再生像が得られた。EB-2処方については131-02乾板の処理が適当でなかったためか全体に強度が低くなっている。像の再生も不十分で薄いものとなった。これに対し649F乾板の方はEB-2処分の方が重クロム酸アンモニウム処方よりも良い結果を得ることができた。

左		右		
1.6		2.7		1.1
	2.2	2.6	3.2	
1.8	2.5	3.0	2.4	1.3
	2.4	2.2	2.2	
0.7		1.3		0.8

図3 写真乾板上の強度比

参照光の強度の比を表わしている。各数値の場所が対応する点となっている。物体光を含めると全体の値が0.9だけ増加する。

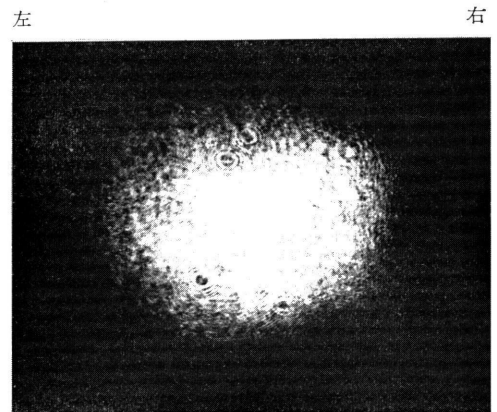


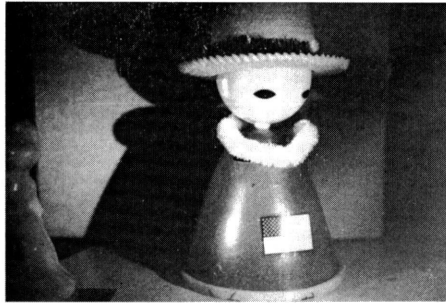
図4 振幅ホログラム

振幅ホログラムを直接焼付けたものである。大きさは4×5版乾板に対応しており、中央部と周辺部の明るさの差が際立っている。

図5、図6は表2のうちから4つを選んだ再生像の写真である。図5の(a)は131-02乾板による振幅ホログラム

表2 再生時回折光強度比

	乾 板		131—02				694F	
	露	光	1 秒	2 秒	4 秒	8 秒	1 分	2 分
振幅ホログラム								
D-19現像処理			0.7	0.8	—	—	—	—
位相ホログラム								
重クロム酸アンモニウム処方			2.0	7.5	11.0	12.0	—	0.5
EB-2 処方			0.3	1.0	0.5	0.5	0.7	0.9



(a) 振幅ホログラム 131-02



(b) 位相ホログラム 649 F

図5 再生像 (1)

(a)は131-02乾板による振幅ホログラムの再生像で(b)は649 F乾板による位相ホログラムのEB-2処方による再生像である

の1秒の露光のものからの再生像であり、(b)は649 F 乾板による位相ホログラムのEB-2処方の2分露光のものからの再生像である。(b)の649 F 乾板の再生像は露光量が不足していることもあるが、位相ホログラムからのものとしては(a)の振幅ホログラムからものよりハレーションが少なくすんでいる。図6は131-02乾板を使い露光量を変えて作った重クロム酸アンモニウム処方による位相ホログラムの再生像である。乾板の違いはあるが、図5(b)のEB-2処方の方が図6の重クロム酸アンモニウム処方よりもよい散乱光が生じないで済んでいる。図6の(a)、(b)を比較すると露光量を増加させることにより、再生回折光は表からも知られるように増加するがそれとともに散乱光も増加して全体がかすんでくる。

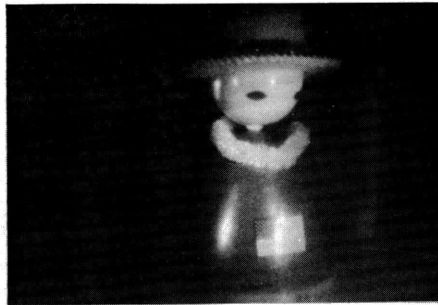
## 要 約

装置については通常の人の歩行はさしつかえないようにするため、床にゴム板を置きその上に砂の入った箱を置いて、この砂の中に実験台の脚を置くようにしてあるが、この装置を組み立ててかなり日が経たつことから砂

が固定化されて振動の除去が不完全であったものと思われる。一方レーザーについてはその出力を測定した所数%の変動があり、露光量に微妙に影響していると思われる。

重クロム酸アンモニウム処方とEB-2処方による位相ホログラムを131-02および649 F 乾板のそれぞれについて調べた。その結果649 F 乾板はEB-2処方によりかなり良い位相ホログラムが作られることがわかった。一方131-02乾板は649 F 乾板より感度が非常に高く解像力は劣るが、重クロム酸アンモニウム処方の位相ホログラムを作る時は露光量を極力押さえることにより、よい散乱光を減らすことができることがわかった。

参照光については対物レンズにより拡げたが、ホログラム面への一様な露光を考える場合、平行光とするかあるいはホログラム面を湾曲させる方法をとる必要がある。



(a) 露光 1 秒



(b) 露光 8 秒

図 6 再 生 像 (2)

131—02 乾板による 位相ホログラムの重クロム酸アンモニウム処方からの再生像で(a)は露光 1 秒を与えたホログラムからで、(b)は露光 8 秒のホログラムからである。

文 献

- 85 (1969)
- 2) 内田 直：東京家政大学研究紀要 21(2), 3 (1981)
- 1) J. Upatnieks and C. Leonard : *Appl. Optics*, 8,