

筑波大学でのホログラフィー研修

A Study and Training on Holography at University of Tsukuba

小林 亮介

Ryosuke Kobayashi

前書き

名古屋造形芸術大学では1990年の開学に際し、学内にホログラフィー施設を置き、美術学科II類の授業の一環としてホログラフィー教育を導入した。指導されたのは日本のホログラフィー技術の第一人者であった故鈴木正根先生であったが、先生は惜しくも1993年11月逝去された。

私は本学に赴任した1991年4月より名古屋ホログラフィック・ディスプレイ研究会に所属しホログラフィーの研究及び制作を行ってきたが、鈴木先生の逝去を受けて、ホログラフィー授業の継続性を保つため、筑波大学芸術学系の三田村峻右教授の下での研究を申請した。

三田村教授は日本に於けるホログラフィー芸術の先駆者であり、また、大学における芸術教育の専門家でもある。私はホログラフィー技術を基礎から学ぶ必要があると同時に、芸術系大学におけるホログラフィー教育のあり方についても教を請いたいと考えていたが、三田村教授は正にこの目的に相応しい指導教官であると考えた。

ホログラフィー研修の二つの目的

前書きでも少し触れたが、今回の私の研修目的は大きく分けて二つある。まず、ホログラフィーの基礎的技術の修得、それから、もう一つは具体的なホログラフィー授業の形態について学ぶことである。この第二の部分に関しては「大学における芸術教育」という更に大きな領域を踏まえなければならないと同時に、ホログラフィーという未だ技術的にも発展途上にあり芸術表現の可能性も定かではないメディアをしっかりと見据える必要がある。このことは今回の研修で結論が出るようなものではなく、継続して考察してゆくための起点とすることを考えた。

ここではまず今回の研修での基礎技術修得の具体的な内容を挙げ、最後に、この研修を通して得た、芸術表現メディアとしてのホログラフィーの可能性に関する種々の考察を述べたい。

ホログラフィー基礎技術の修得

I 反射型ホログラムの制作

ホログラフィーには基本的に反射型と透過型の二タイプが存在する。今回の研修では、まず、光路設計が最も簡単で、教育においても基本となりうる「リップマン・ホログラム（デニシュウク・タイプ）」の技術修得から始めた。以下、順を追って研修内容を述べる。

i 指導教官の三田村先生のアドヴァイスを受けながら、最初にリップマン・ホログラム（デニシュウクタイプ）の制作を行った。まず、反射型と透過型ではそれぞれ適合する被写体は異なるということを学び、反射型に適したモチーフの制作から始めた。

- ・被写体：材質感と色合いがどのように写るかということを確認するために四種類の異なる素材（①白色艶消し塗装の金属、②黒色艶消し塗装の金属、③鏡面仕上げのステンレス箔、④無色透明ガラス片）を用い制作した。また、被写界深度を探るため、最大50mm程度の奥行き範囲内に段階的に物体が配置される構造とした。

図1：モチーフは解像度の点から深度は乳剤面から最大でも10cm、できれば5cm以内が望ましい。

図2：デニシュウク・タイプの光路上の宿命としてフィルムや乾板のエッジの影がモチーフ上にできることが多いのだが（参照光が斜め方向から照射されるため避けられない）、これは大きめのフィルム、乾板を使用し、その中央部分を使用するなど工夫をするしかない。

図1

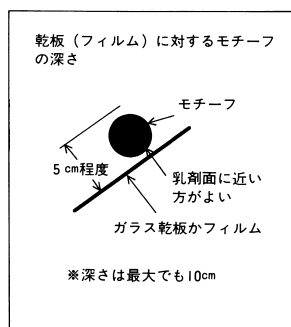
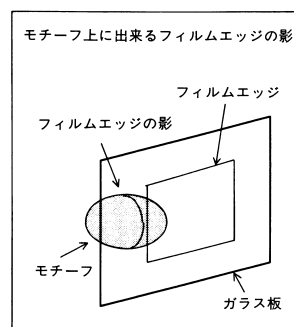
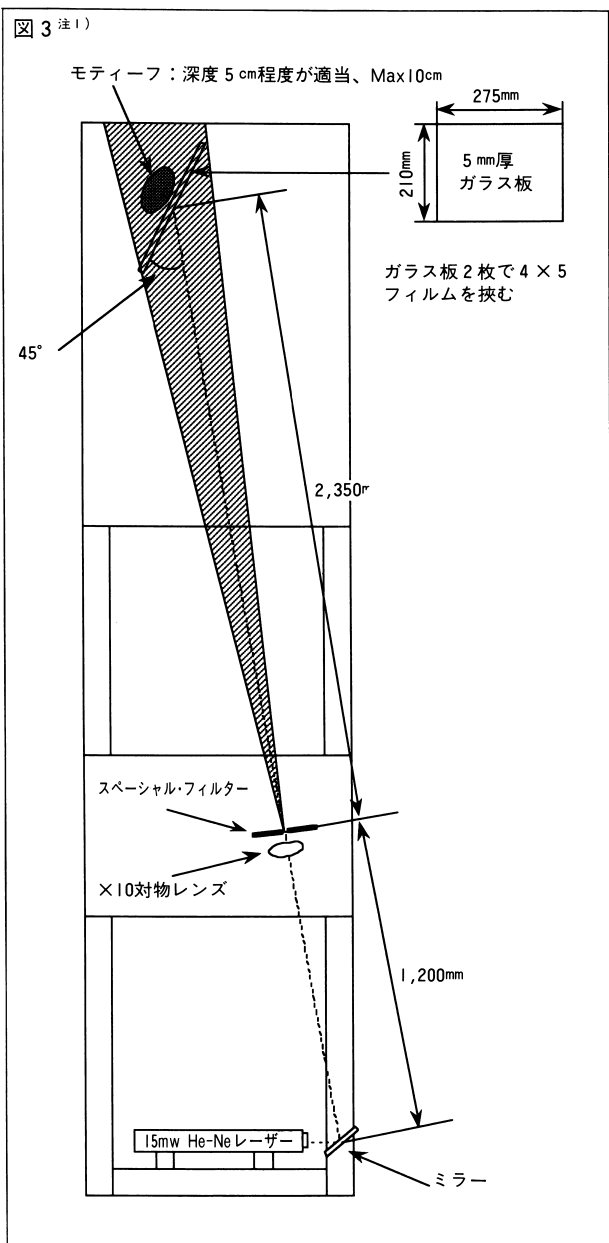


図2



- ・感材：Agfa 8E75 4×5フィルム
- ・処方：ピロクローム処方、濃度別に数種類の露光前膨潤（この感材の場合8%~12%程度が適当）を行った。
- ・以下、リップマントイプのホログラム制作に向いているといわれるピロクローム処方の内容を実際に行ったデータに基づき記述する。



〈ピロクローム処方〉

- 1) 露光前膨潤：膨潤液^{注2)}
 - a) Nitritoltrietanol (ニトリロトリエタノール=トリエタノールアミン) を水に溶かし (1%、2%、4%、6%、8%、10%、12%、16%、20%) 保存しておく。
 - b) 膨潤液に10分間浸す。
 - c) スクイジーで拭い、ヘアドライヤーで1.5分乾燥。
 - 2) 露光：50秒/lux
 - 3) 現像前処理：5-10分水洗
 - 4) 現像

現像液：

A；Pyrogallol (ピロガロール=焦性没食子酸) 10g/1ℓ水 (保存できないので、現像直前に混合する)

B；Sodium Carbonate, Anhydrous (炭酸ナトリウム<無水>) 60g/1ℓ水

A、Bを現像直前に1：1 (計2ℓ) 混合して使用。

・現像液温及び時間：

20℃で10分

24℃で6分
 - 5) 水洗：流水で1分
 - 6) 漂白：漂白液^{注3)}

A；Sulfuric Acid=O.S.N. H2SO4 (硫酸) 150m ml/1ℓ水

+Potassium Dichromate (重クロム酸カリウム) 4g/

B；Potassium Iodide=KI (ヨウ化カリウム) 1g/1ℓ水

A、B、水を1：1：3の割合で直前に混合し、透明になるまで漂白。
 - 7) 水洗：5分以上
 - 8) 乾燥：拭ってドライヤーで乾燥。
- Exposure Time (Te)=50seconds/lux
- 780lux=0.38mw
- 1 lux=0.00048mw=1/2000mw
- 0.38mw×2.63158=1mw
- 1 mw=2052.6324lux
- Agfa-Gevert社の8E75乾板を用いピロクローム処方で処理した場合の適正露光時間を次に記す。

また参考のため、0.05mwあたりの、D-19、Atomalを用いた場合の適正露光時間をそれぞれ記しておく、D-

19が40秒、Atomal が60秒である。

表1 注4)

1.0mW	1.2sec.	0.09	13.0
0.9	1.3	0.08	15.0
0.8	1.5	0.07	18.0
0.7	1.8	0.06	20.0
0.6	2.0	0.05	25.0
0.5	2.5	0.04	30.0
0.4	3.0	0.03	40.0
0.3	4.0	0.02	60.0
0.2	6.0	0.01	120.0
0.1	12.0		

Agfa-Gevert 8E75

以下に、今回の研修を通じ、制作時に注意を要すると
思われる点を幾つか挙げる。

実際のホログラム制作作業はかなり手作業に負うところ
が多く、技術的な熟練が要求される場面が多い。手先の
微妙な加減や、例えば、水洗の際の洗浄の徹底などが
作品のクォリティーに大きな影響を与えることとなり、
そのようなノウハウは書物等では殆ど紹介されておらず、
経験によって修得するか、熟練者から直接学ぶしかない。

①被写体設置、及び、フィルム、乾板設置：

ホログラムは多くの場合、上部からの45度～60度の角
度を持つ光によって再生される。しかし、制作は主に水
平面の定盤上で行われることが多く、従って、モチーフ
及びフィルム、乾板の位置は90度横に回転させた形とな
る。最終的に鑑賞される形態を常に念頭に置いて光路を
設定することが肝要である。



筑波大学のホログラフィー制作用定盤

②フィルム、乾板の表裏確認：

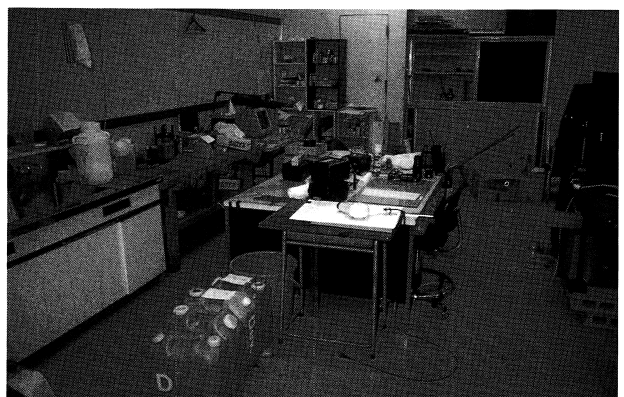
フィルム及び乾板は原則として乳剤面をモチーフ側
に向けて設置するが、暗所で乳剤面を確認することは慣れ
ないと非常に難しい。フィルムの場合は縦長の位置に持
ち、上辺の右寄りにノッチがある状態で乳剤面が顔に面
していることとなるが、ガラス乾板の場合は判別が困難
である。画面に比較的影響の少ない隅の部分で指で擦り、
多少の引っかかりを感じるのが乳剤面であることが多い
が、一概には言えないので、各メーカーの型番ごとのメ
モが必要である。^{注5)}

③感材を膨潤液に浸潤した後のスキージ作業：

膨潤後の膨潤液の拭い取りは、例えば、ターンテーブ
ルによる遠心力を用いた方法^{注6)}もあるが、筑波で行った
ものは最もシンプルなスキージによる拭い取りであった。
これは困難を極める作業で失敗も多い。

まず留意しなければならない点は、スキージのゴムの
質である。ゴムは堅すぎると乳剤面を傷つけることとな
り、また、柔らかすぎると十分に拭えず、むらができる
ことがあるので、適度な柔らかさを持ったものがよい。
例えば、写真のRCペーパー用のもの、また、ガラス掃
除用のもので適当なものを探すのがよいようである。シ
ルクスクリーン用のスキージを使うこともあるという話を
聞いたことがあるが、これは硬すぎて乳剤面を傷つける
危険性がある。^{注7)}また、ゴムが傷ついていると拭い残
しができ、その部分の色が周辺と変わってしまったり、
また、画像が完全に抜けた状態になることもあるので、
常に指先で触り、確認しておくことが必要である。

スキージを行った後、ドライヤーで温風乾燥させるが、
その前にセーフティーライトにかざし、拭いむらがない



現像作業用スペース

か確認することを怠ってはならない。とくに筋状の拭い残しが発生することが多いが、拭い残しがあった場合は迷わず、もう一度膨潤液に浸け直し、スキージのやり直しをする方がよい。また、スキージは常に一方向に用い、出来るだけ少ない回数で終えることが望ましい。

筑波大学での制作では、膨潤後の乾燥はドライヤーを用いて行ったが、その際にフィルムや乾板のエッジの部分から拭い残しの膨潤液が垂れることがあるので注意が必要である。また、フィルムや乾板が熱を帯びると、セットした後、温度の低下による収縮のせいで像が写らなかったり、また、放熱による空気の擾乱の影響が出るのが考えられるので、最後はドライヤーを送風にセットし放熱させるとよい。

膨潤液の濃度の違いにより完成したホログラムの色が変わることは承知していたが、今回、初めて膨潤を行って分かったことは、まず、膨潤により感材の感度に著しい変化が現れることである。膨潤しないものに比較して、膨潤したものは露光時間にして1/2か1/3で済むことが多かった。これは膨潤液の濃度によっても変化する。

一般的に緑色に対して人間の視覚は最も敏感であり明るく感じる。したがって、膨潤の度合いは、像が緑色に見える程度がよいということを知っていたが、実際に緑から青緑あたりの色が最も明るく感じられた。膨潤しない場合は赤みがかった色合いとなり、膨潤濃度が増すにしたがって緑から青へと変化するが、制作した時期が梅雨時であったため、空気の湿度によって乳剤が大きく影響を受けてしまった。最初は、膨潤濃度と色合いのデータを取り、それにしたがって制作を進めていたが、天候の具合によって全くデータが通用しなくなってしまい、結局、肌で感じる湿気の感触により濃度を定めることとなった。湿度も取り入れたデータを作成すればよかったのだが、その時間的余裕がなかった。一度、感材の種類別にデータを作ってみたが、経年変化による乳剤の膨潤の度合いの違いもある。結果としては、経験による「勘」が最も実際的ということかもしれない。

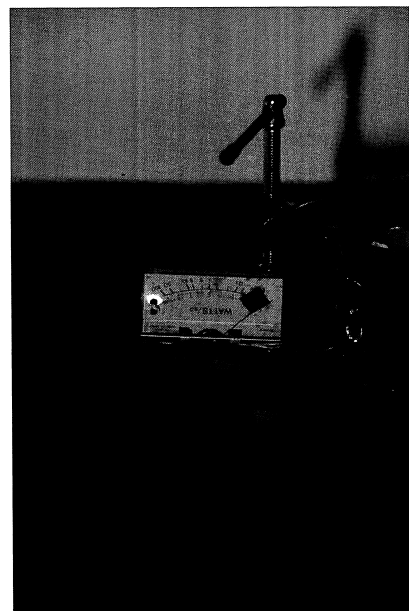
④待機：

ホログラフィー撮影時に特に注意すべきことは空気の擾乱と床を伝ってくる振動であるが、露光時間が長くなるにつれ、これらの影響が出る可能性が増してくる。フィルムや乾板が振動した場合はその部分が全く写っていないという結果になる。

フィルムはガラス板に挟んで、また、ガラス乾板はそのままホルダーにネジ付きの金具で圧着するが多いが、設置して暫くの間は部分的にかかっている圧により動く場合が多い、少なくとも10分間は静かに待機し、安定してから露光する必要がある。¹⁸⁾また、同室内で待機する場合は空気の擾乱を避けるため、動かないことが肝要である。露光時間が数十秒以上となるような場合は更に長く待機時間をとる方がよいようである。

⑤露光：

露光はシャッターの開閉によって行うが、シャッターの振動にも十分に注意を払わなければならない。一般的に大判写真機用の機械シャッターが用いられることが多いが、シャッターを定盤上に直接置かず、床面から脚を用いてセットする方がよい。また、カセットデッキ等のVUメーターを用い、1.5Vの乾電池駆動の無振動シャッターを作ることができる。これは、筑波大学に現在留学している英国人ホログラフィック・アーティストであるパトリック・ボイド氏 (Patrick Boyd) に教わったのであるが、非常に安価で高性能である。実際の使用時にはスイッチのオン・オフは手動で行ったが、タイマー駆動すれば更に完全なものとなる。また、「待機」の項で説明したが、振動と空気の擾乱を避けるため、できれば室外で待機し、ケーブルを用いた遠隔操作でシャッターを切



VUメーターを用いた無振動シャッター
(パトリック・ボイド氏製作)

ることが望ましい。

⑥現像：

現像は前述のA、B剤を混合して使用するが、混合してから時間をおくと現像能力が無くなってしまいます。経験的には1時間置くと極端に能力が下がり、使いものにならない。現像剤はできるだけ使う直前に混合しなければならない。

フィルム及び乾板を現像液に浸潤すると黒変が始まるが、この黒変の適度な度合いが今回の研修で初めて分かった。これも書物では分からないことの一つであるが、ほぼ純黒の状態にまでしなければならない。ただし、過現像の状態を避けるため目安が必要であるが、大体、セーフライトにかざし、ライトの最も明るい部分がうっすらと視認できる程度が良いようである。

⑦水洗：

現像後の水洗は漂白液の疲労を軽減するために必要であるが、水洗中の現像の進行を避けるため、1分程度とした。

⑧漂白：

漂白液も現像液と同じように使用直前に混合しなければならない。^{*)}漂白時間は現像の進み具合によってかなり差があるので、過漂白にならないよう注意が必要である。私の場合、黒変部分が透明となった後、大体1分程度経ってから上げるようにした。

⑨水洗：

水洗の際に注意しなければならないことは、かなり念入りに洗わなければならないということである。水洗が疎かになると完成時に白い粉のような物が画面上に付着して非常に目立つようになる。スポンジを用いて乳剤面を傷つけない程度に念入りに擦り、流水によって洗う必要がある。経験的には、かなりの力で擦り取るくらいの洗い方で、画面上まんべんなく洗わなければならない。

⑩乾燥：

乾燥は水切り剤や無水エタノールを用いることもあるが、この処理の場合はスキージで拭い、乾燥するだけでよいということであった。実際に、水切り剤やエタノールによる処理も行って見たが、あまり、目立った効果は

なかった。

以上、実際にデニシュウク・タイプのリップマン・ホログラムを制作する過程で修得した事柄について述べた。これらの事柄は、手作業的なものであるが、実際にはホログラムの出来具合に直接影響を及ぼす重要な事柄である。

ii 前の i の段階では三田村教授からホログラフィーの基礎技術への導入として、まず、デニシュウク・タイプ・リップマンホログラム制作の指導を受けたが、次の段階として、修得した技術を用いて作品表現を念頭に置いた制作を行うよう指示を受けた。それは、今回の研修が、ただ単にホログラフィーの技術的側面の修得のみが目的ではなく、芸術表現の媒体としてのホログラフィーの研究もその重要課題の一つであるからであろう。

それを受けて、私はホログラフィーを特別な表現メディアとして捉えるのではなく、今までインスタレーション表現、身体表現、写真表現等で行ってきた表現行為の延長上で捉えようと考えた。そこで、手の動きのダイレクトな記録としてのドローイングをホログラフィー上で試してみることを考えた。

a) レーザー・ポインターを用い直接フィルム上に軌跡を残すことが可能かどうかを試してみたが、やはり、原理的に無理であることが分かった。そこで、b) 鏡、鏡面の金属板などに黒色塗装し、それをニードルではぎ取ることにより、手の動きの痕跡を光を反射する線に置き換えることにした。しかし、これもレーザー光が金属面から感材面に直接反射される結果となり無理であることが分かった。残念ながらドローイング作品としてのホログラムは断念せざるを得なかった。

- ・被写体： a) レーザーポインターの直接照射、 b) 塗装鏡面の塗装をニードルで剥ぎ取ったもの。
- ・感材： Agfa 8E75 4×5インチフィルム
- ・処方： ピロクローム処方
- ・結果： a)、 b) とともに失敗であったが、これを行うことにより、リップマン・ホログラム（デニシュウクタイプ）の特性とそれに相応しい被写体についての理解が深まった。

iii 次の段階として、更に具体的な目標を置いて作品とし

でのホログラムを制作するよう三田村教授から指示があった。それは新宿NSビルで開催されるフランス・ホログラフィー美術館展への出品を前提としての制作であった。前段階では作品表現を目指しながらも、ホログラフィーの原理からあまりにもかけ離れたものを求めすぎて失敗してしまった。その経験を踏まえて、実際に試行を重ね修得した技術の範囲内での制作に絞ってみた。結果的に、この方が表現内容そのものに考えを集中できることとなった。

- ・被写体：a) 様々な地面（タイル貼り面、マンホール蓋、アスファルト舗装面、鉄板面等）の形状を石膏取りしたものt b) ペーター・ブリューゲルの作品のコピーを用いた（裏表反転させて作品とするため、左右反転コピーを行った）。このコピーはくしゃくしゃになった紙の質感を出したかった。しかし、そのような状態では振動して写らないため、厚めのアルミ板を無造作に折り曲げその上にコピーを貼って用いた。^{#10)}
b) は乾板（4×5）のベース面を被写体側（乳剤面はモチーフと反対側）向きにセットし、露光、処理を行った。これは展示時には裏返して展示されることとなり、乳剤面より手前に像が浮かび上がるリップマン・ホログラムとなった。a) のガラス面上にb) を重ねて貼り、作品とした。また、a) は8～10%の範囲で膨潤を行い緑色に仕上げ、b) は膨潤をせず、赤みがかかった色合いに仕上げた。
- ・感材：Agfa 8E75 8×10乾板、Agfa 8E75 4×5乾板
- ・処方：ピロクローム処方、a) 露光前膨潤（8～10%）及びb) 膨潤なし。
- ・結果：作品の形態としては（当時の段階では）満足できるものであったが、質的にはまだまだ作品と呼べる域には達していなかった。その最も大きな理由は明るさが足りないことであり、次に、膨潤時の処理、特にスキージ処理にまだまだ未熟さがあるということであった。
- ・発表：この作品は三点を一組とし、「道の暗喩」と題し、1994年7月に新宿NSビルで行われたフランス・ホログラフィー美術館展に出品した（次頁写真）。作品の質的問題はあるにしても、ホログラフィーとしての表現内容は満足のゆくものであったと思っている。

II 透過型ホログラムの制作

透過型のホログラムとしては、先ずイメージタイプのホログラムに興味があり、最初はこれを制作すべく準備をしたが、マスター撮りの段階で幾つかの困難が生じたため、予定を変更し、レインボウ・ホログラムとして制作することとした。

- ・被写体：市販の頭骨プラスチック・モデルに粘土で肉付けしたもの。これはアメリカ製のもので人間の頭骨を型取りしたものからできている。

次頁、次々頁とマスターホログラム撮影の際の光路図を示す。なお、図5に表した光路図は適切でなく図6の光路を採用した。^{#11)}

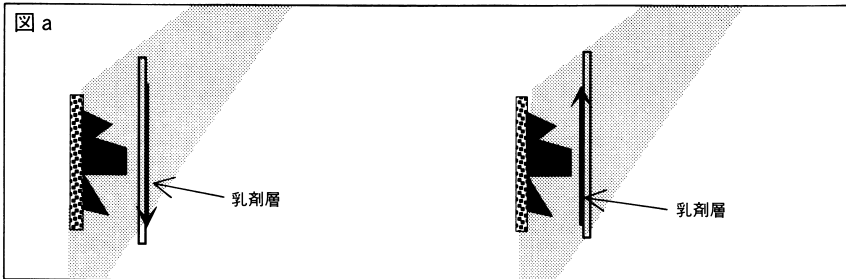
被写体選択の動機：

この被写体を選んだ理由は、先ず、ある特定の人物の頭骨の複製品がこうしてプラスチック・モデルとして世界中で売られていることに興味を覚えたからである。これに肉付けし再生することによって元の人物のイメージが少しでも浮かび上がれば面白いと考えた。つまり、頭骨という全く個人的な物、しかも、その人物の肉体の一部が「モデル」という形でいわば「標準化」されたように製品化されている。しかも、大量に生産され世界中で売られている。その途方もないギャップに興味を持ったからである。私はそこに、何もかも、時には「個人」までも商品化してしまう「消費社会」の奇妙さを感じたのであるが、もちろん、それは簡単に表現されるものにはあり得ない。しかしながら、この作品でギャップの一端でも表すことが出来ればと考えた。

また、複製はあくまで近似値を求めるものでしかないが、明らかに白人の特徴を備えたものであった。

- ・感材：メーカー不詳ロールフィルム（マスター用）、Agfa 8E75 8×10乾板（作品）
- ・処方：ピロクローム処方（マスター）膨潤なし、D-19処方（レインボウ・ホログラム作品）膨潤なし。
- ・結果：セカンドステップのレインボウ・ホログラム制作においては、三田村先生の研究室の定盤を使用させていただいた上に、先生の徹底したご指導を仰ぐことが出来、マスターの質的限界まで迫るものとなり得たが、残念ながら、マスター・ホログラムの出来に問題があり、今後に課題を残すこととなった。

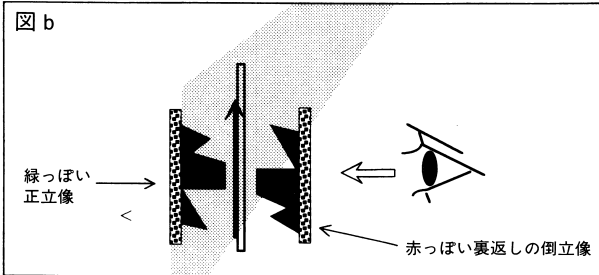
図 4



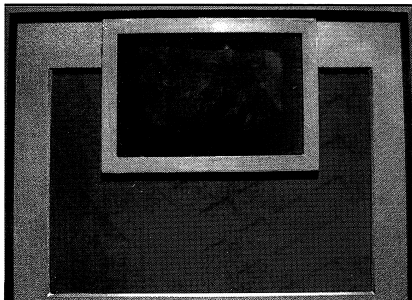
第一露光：膨潤なし、乳剤面は物体と反対側

→膨潤処理→

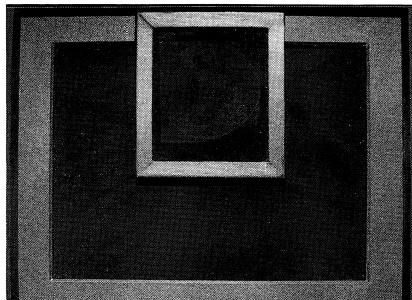
第二露光：膨潤処理後、乳剤面を物体側にし、上下を逆にして露光



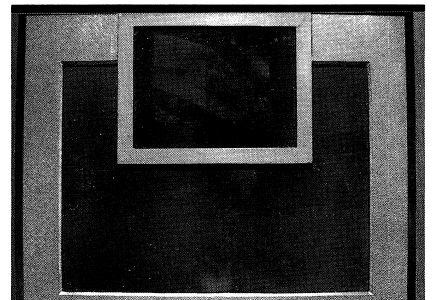
デニシュウク・タイプのホログラムで簡単な2重像を作り出すことができる。例えば左図 a のように第一露光を膨潤なしで行い、それを露光後に膨潤し反転して第二露光を行う。そうすると図 b のように第一露光の像が赤っぽい色で逆転裏返しの像として手前に浮き出て見え第二露光の像が膨潤処理により緑っぽい色で成立像として奥に見える。露光時間は適正露光時間の約1.5倍を設定し、第一露光の時間より第二露光の時を若干長くする。ただし、この場合第二露光は膨潤処理を行っているので逆に少し短めに設定する。この方法で95年の卒業生の卒業制作作品が作られたが、簡単で非常に面白い効果が出る方法である。



道の暗喩 #1

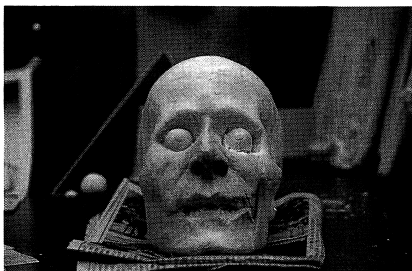


道の暗喩 #2

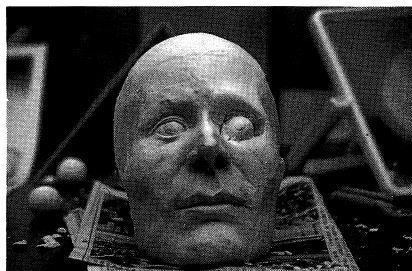


道の暗喩 #3

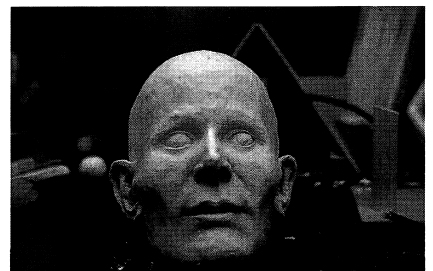
レインボウ・ホログラム用モチーフ制作過程



制作過程 1



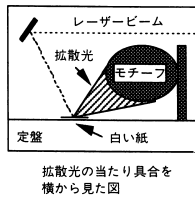
制作過程 2



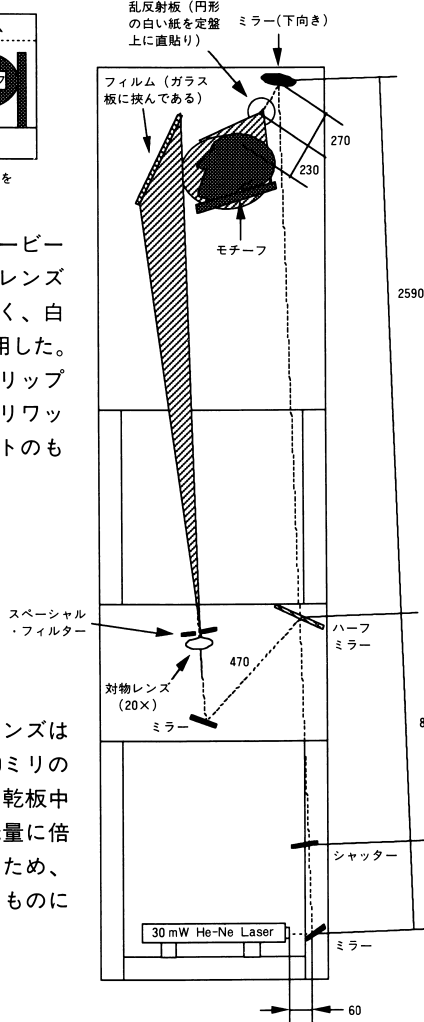
制作過程 3

図 5

レインボウホログラム用マスター
(フレネルホログラム)制作光路図(1)



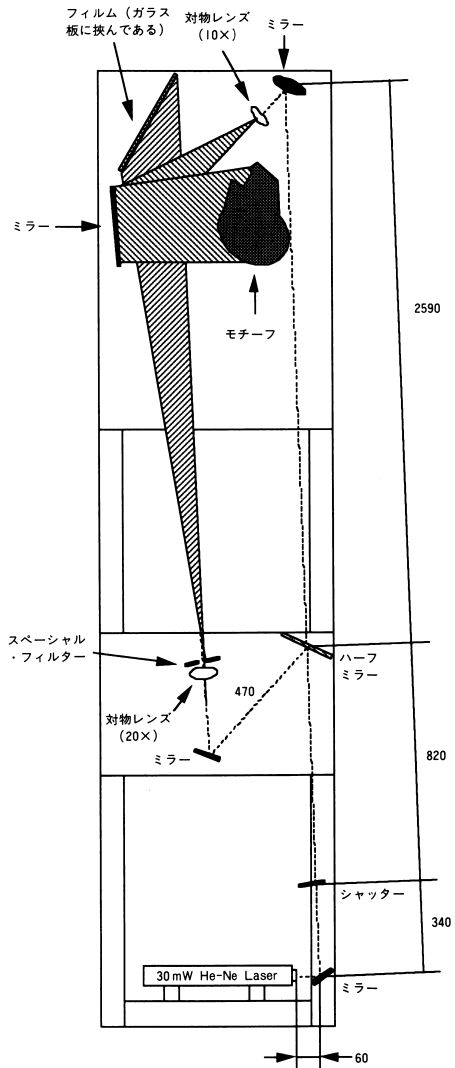
物体光側のレーザービームは一般的な対物レンズによる拡散ではなく、白色紙の乱反射を利用した。また、レーザーはリップマン制作時の15ミリワットから30ミリワットのものに変更した。



参照光側の対物レンズは最初は焦点距離20ミリのものを用いたが、乾板中心部と周縁部の光量に倍以上の差が生じたため、焦点距離40ミリのものに変更し撮影した。

図 6

レインボウホログラム用マスター
(フレネルホログラム)制作光路図(2)



最初のモチーフ・セッティング状態



セッティングし直されたモチーフ



A Reconstructed American in Tsukuba

- ・発表：この作品は展示という形態での発表は未だなされていないが、HODIC（ホログラフィック・ディスプレイ研究会）の講演会及びシンポジウムの案内状とポスターに使用された。作品タイトルは「A Reconstructed American in Tsukuba 筑波の（複製された）アメリカ人」とした。

この研修開始以降に名古屋造形芸術大学において可能となったホログラフィー制作法を以下に記す。

1994年9月

デニシュウク・タイプ・リップマンホログラム
(ピロクローム処方)

1994年10月

2ステップ・レインボウ・ホログラム
(D-19処方)

1995年3月

ホログラフィック・ステレオグラム^{※12)}
(パトリック・ボイド氏独自の処方)

1995年5月

1ステップ及び2ステップ・シャドウグラム
(D-19処方)

1995年12月

1ステップ・レインボウ・ホログラム
(CWC1-鉄 EDTA 処方)^{※13)}

アートのメディアとしてのホログラフィーの可能性

1 テクノロジカル・アートとしての考察

i メディアの旬

ホログラフィー(holography)とはギリシャ語の holos (英語では whole となった語で「完全な」あるいは「全体」という語と photography (写真) から作られた言葉だといわれている (hologram の gram は「情報」あるいは「メッセージ」)。この原理はもともと電子顕微鏡の電子レンズの収差を解消するため、ハンガリー人のノーベル賞物理学者デニシュ・ガボール (1900-1979) によって1948年に発明されたが、その技術の本格的な応用は1960年のレーザー光線の開発を待たなければならなかった。

アートとしてのホログラフィーは1968年ごろから様々な形で登場してくるが、1969年、英国のマーガレット・ベニヨンによる個展が本格的なホログラフィック・アートの始まりといわれている。

前述のように完全なる画像などという名称を持っているホログラフィーではあるが、将来の「完全」を求める方向性とその可能性はあるにせよ、現在のところ残念ながら「完全」と言えるまでには随分と距離があると言わざるを得ない。ホログラフィーはいわば発展途上のメディアである。

ハイテク・アートという言葉は既に使い古された感があるが、同じような表現にテクノロジカル・アート、ニューテクノロジカル・アートなど、様々な呼称がある。これら新しく開発された技術によって可能となった芸術表現は枚挙に暇がないが、ホログラフィーもそれらの仲間として世の中の認知を受けているようである。実際には、この報告書でも言及したとおり、勤や手先の技術が必要とされるタイプのアートであり、「ハイテク」の名に値するかどうか疑問である。しかしながら、技術的には発展し続けており、芸術表現メディアとしての新しい可能性は生まれ続けているわけであるから、その意味では間違いなく「新しい」アートであると言える。また、その技術は未だ発展途上にあり、一般的なものとなっていない特殊な技術と設備を要するものであるから「テクノロジカル・アート」の名称も誤りではない。

考えてみると、原始美術の時代から芸術表現の進歩はテクノロジーの発見・発達とともにあり、例えば、絵画

について考察してみると、ラスコーやアルタミラの洞窟画にしても、顔料や描画用具の発見・発明によってもたらされたものである。

現在、絵の具はチューブを買ってきてそのまま使えるようになっているが、これも近代以降のことで、それ以前の画家は顔料とメディウムを調合しつつ制作しており、その技法（秘法）が芸術表現に直接関わっていただけに、かつては画家も科学者の側面を持つことが要求されていた。ルネッサンス期の画家の絵具やニス調合の秘法についてはよく話題になるが、例えば、レオナルド・ダ・ヴィンチが科学者としての側面を持っていたり、また、絵画や彫刻の技術に関しても常に新しい試みを行っていたことから当時の（テクノ）アーティストの姿が想像できる。

芸術は常に新しいテクノロジーを求め、新しいテクノロジーは常に新しいアートの出現を促すわけだが、私はこの表現とテクノロジーが密接に結びついている時期がアートの最も良い時期、つまり、アートの旬だと思っている。絵画や彫刻などの伝統的なメディアは既にその時期を過ぎ、メディアとして円熟の境地に入っているのかもしれないが、それだけに新たな技術の開発による画期的な表現技術の進歩が現れることもなく、それに伴ったスリリングな表現も望みにくい。もちろん、これらのメディアの芸術的表現は普遍性を備えており、決して狭い範疇でのみ語られるべきものではないが、既に芸術メディアとして「晩年」を迎えているという感は拭えない。このことは、当然、他の伝統的メディアにも言えることである。

筑波大学での研修期間中には総合造形の学群生、MC生達とよく話をしたが、あるMC生が自らの芸術表現への興味の持ち方について語った言葉が強く印象に残っている。

ii テクノロジーに密着した快感

彼女は作品制作にあたって造形的な興味など殆ど持たないという。むしろ先端的技術を用いて誰もやることがない表現を行いたいという。そして、そのために技術的な困難をクリアしてゆくことに快感を感じ、それを求めて作品を作っているというのだ。彼女は元々理科系の出身であり、これを理科系的と言ってしまうのは簡単なのだが、私はむしろ彼女の言を聞いて、アートの原型がここにあるのではないかと思った。アートの語源は古

代ギリシャの医療技術を指す言葉だといわれているが、そういう意味では手法など実践的な色彩がある「テクノロジー」という言葉の前段階の、もっと基本的な「技術」を表す言葉だったのかもしれない。前述のように、原始の昔からアートはテクノロジーとともに発展してきたのだが、そういう意味では「テクノロジーに密着した快感」は常にアート表現に即してあったのではないかと思う。つまりアートが技術的な困難を克服しながら発達してきた段階で、この「快感」はまさにその原動力となっていたと言えるのではないか。言い換えればメディアが一般的なものとなり「解放」されるまでの技術的に完成途上にある時期はまさに「テクノロジーに密着した快感」を伴う時期であったのだ。

iii 教育現場でのコラボレーション

こう考えると、ホログラフィーは今まさにそのような位置にあるメディアではないかと思う。もちろん、レオナルドの時代と異なり、現代では、ハードの専門家がソフトの専門家でもあるということは非常に難しい。そのことを考えると、ホログラフィ芸術が本当に更に良い時期を迎えるためには、技術の専門家と芸術家のコラボレーションのような形が必須ではないかと考える。また、それを教育現場に当てはめると、理科系の大学と芸術系の大学の交流を更に深め、共同作業の可能性を探ることが必要だということである。私は、現在、ホログラフィック・ディスプレイ研究会（HODIC）に属しているが、この組織は、理論・技術系と芸術系の大学・企業が同居する珍しい形態を有している。私は今回筑波大学で学んだことを基礎に、ここでの新しい共同作業の可能性を探ってゆきたいと考えている。

また、私はこの研修期間中に筑波大学での「第2回大学ホログラフィー展」に関わり、95年11月には名古屋造形芸術大学において「第3回大学ホログラフィー展ホログラフィー」の企画・開催に携わった。この展覧会は全国のディスプレイ・ホログラフィーに関わっている大学の学生と教員の作品を集めて行うものだが、私はその準備・開催を通じて理科系・芸術系を越えた大学間の交流を図ろうと考えてきた。ホログラフィーが表現メディアとして更に発展するためには大学間の人と情報の行き来がもっと行われなければならないと感じたからである。幸いなことに、いま、微かに「草の根的」な動きが開始しているが、このようなネットが恒常的なものとなりホ

ログラフィーがメディアとして活気づくことによって初めて次代を担う人材が集まってくるのではないかと思う。わたしはそのために尽力したいと考えている。

III 3Dアートとしての考察

i 連綿と続く3Dへの欲求

3Dというとディズニーランドの3Dムービー「Captain EO」やランダムドットによる3D本など最近のブームと思われがちだが、写真技術が発明されて間もない1850年代に既にステレオ写真が誕生し、その後、アナグリフ式の3Dムービー、偏光グラス式の3Dムービーとたびたび大流行しているのである。また、更に遡れば18世紀末に疑似3Dである「ファンタスマゴリア」公演がブームを呼んでいる。このように「立体像の記録・再生技術」への強い欲求は最近に始まったものではなく、人類は新しい技術を得るたびに新たな3Dアートを登場させているのである。

だが、視点を変えてみると3Dへの欲求はなにもこのような近代の「際物」の中だけではなく、多くの視覚芸術の中に見られる。我々が知る限りその最も古いものは旧石器時代の「ラスコー洞窟画」である。岩の凹凸を利用した動物画の描法や洞窟全体のパノラマ的捉え方に3Dの意識を読みとるのは困難なことではない。その後もレリーフや彫刻の技術を獲得することで立体を立体として捉える方法を確立したわけだが、平面芸術の中でも3Dの努力は連綿と続けられ、パースペクティブの確立、カメラオブスクーラ、カメラルシーダの発明、写真技術の発明、ホログラフィー技術の発明と続いて行く。絵画の歴史を振り返ってもマルティーニ、フラ・アンジェリコ、ウッチェロ、ヴァン・デル・ウェイデン、マサッチョ、マンテーニャ、ギランダイヨ、ペルジーノ、ボッシュ、レオナルド、ラファエロ、ホルバイン、ペーター・ブリューゲル、ジョルジュ・ド・ラトゥール、カラヴァッジョ、雪舟、等伯、レンブラント、フェルメール、カナレット、シャルダン、北斎等々、多くの3D（の意識を強く持った）アーティストを思い浮かべることができる。こうして挙げてみるとルネッサンス期以降の画家はほぼ3Dアーティストと言えるようだが、19世紀以降、3D記録の役割が写真にとって代わられてからは、むしろ、写真的役割から解放され、定点的ではない視点から捉えた（つまり、時間性を内包するわけだが）キュービズムのアーティストが新たなタイプの3Dアーティスト

として登場する。下って現代のホックニーの写真作品もこの延長上にあるが、彼の作品のヒントとなったと思われる60年代後半のNASAの月面探査機による写真は定点から視線を多方向へ向けながら探査している。ここに、我々が日常行っている「探査→知覚→認知」活動の仕方が顕著になっている。空間の中で周囲を測ることによって自らの視座を確認し、それを起点に再び測定する。このことは生物としての本能に根ざした行為なのではないだろうか。

ii 現在のホログラフィの不完全性

外部を知覚するために殆どの生物において眼は1対以上備わっている。眼が退化した生物はその代わりとなる器官が普通1対以上備わっている（そうならない生物がいたのかも知れないが当然淘汰されているだろう）。つまり、対象を捉えようとすると必然的に3Dになるのである。ただ、そのイメージを定着する手段がほとんどの場合2D化されており、人間はそれを脳で補正し、再3D化して認知しているのである。そして、そのコードは「透明なブラックボックス」の中に入っていて全く意識されることがない。我々は（想像力によって）小さな写真に写ったピラミッドのスケールも感じることができるのである。

ホログラフィーは人類が手にした初めての「完全なる立体」記録・再生の方法であるが、残念ながらその不完全さに直面することが多い。条件に合った対象を限られた条件の下で記録・再生するにはほぼ完全なる再生像が得られるが、記録媒体としては未だ「完全」には程遠いものと言わざるを得ないだろう。我々がピラミッドを原寸で完全に3D記録再生することは現在のところ夢のまた夢である。小さな1切れの写真にホログラフィーは到底及ばないのである。つまり、人間の補正機能（想像力）を肩代わりすることは途方もないことなのである。

iii ホロデッキへの流れ

TVの人気番組「スタートレック」にホロデッキというものが出てくる。これはときどき故障するものの完全なる3D再生メディアである。さらに単なる再生メディアなのではなく「体験」する事ができるインタラクティブ・メディアでもある。もちろんこれは人間の知覚システムに直接働きかけるような構造であろうと思われ、現在のホログラフィーの直系の子孫ではないかも知れない

2) 膨潤はパーセンテージが上がるほど色合いが赤から青へ、つまり短波長方向へと変化してゆく。但し、ゼラチン乳剤を用いている宿命とも言えるが、温度、湿度の影響、また、経年変化を受けやすい。研修中でも梅雨時の温度湿度が高い時期にはそれだけで膨潤した状態になってしまい困ってしまった。また、膨潤すると感度も変化してくるため、露光量のデータが普遍性を持たない。もちろん、温度、湿度を徹底管理し、乾板・フィルムの製造時期毎にデータを採れば別だが、それでも感材の保管中、運送中の条件により全く異なった感度となってしまう。出来るだけ箱単位でデータを採り、間髪を置かず作品制作に入るようにしているが、メーカーによっては同じ箱でも一枚一枚異なる特性になっているという。そうなると同じ乾板・フィルムを一部カットしてデータを採り、残りの部分を用いて制作するしかない。途方に暮れる作業である。

3) 重クロム酸カリウムを用いた漂白法については1995年3月にパトリック・ボイド氏が来学された際、これと異なる処方を受講された。それは下記のものであるが、この処方で十分な漂白能力を示し、しかも、黄変が少ないので、以降、ピロクロム処方での漂白にはこれを用いている。

水1ℓあたり

Potassium Dichromate (重クロム酸カリウム) 4-10g
Sulfuric Acid=O.S.N. H₂SO₄ (硫酸) 10ml

4) このデータは筑波大学のホログラフィー・ラボに掲示されていたもので、その出自は不明だが、以前の大学院生によって作られたのではないかと思う。ただ、実際のホログラム制作においては注2で述べたように様々な外的条件の影響を受けるので、このデータは単なる参考資料として考えるしかない。しかし、このようなデータがあらかじめあるのとないのでは仕事の量と時間に大きな差が出ることは明らかである。

5) 暗室での乳剤面の判別法はパトリック・ボイド氏がユニークであるが非常に有効な方法を行っていた。それは唇をほんの少し湿らせた状態で乾板またはフィルムを上下の唇で軽く挟み、乾板・フィルムを前方に少し引っ張る。そのやり方を見ていて実際にやってみたのだが、乳剤面に接している唇は軽く引っ張られるのですぐ分か

る。勿論、薬剤処理したものには使えない方法だが、このような「秘法」は経験豊富な先達の仕事に立ち会わなければ習い覚えることが出来ないということを痛感した。

6) この方法は千葉大学工学部画像工学科で行っており、実際に機材を見てみた。専用の高価な機械もあるが、4×5サイズ用のものは手製の簡便なものが使われていた。

7) パトリック・ボイド氏は車のワイパー・ゴムを使い、自分用のものを自作していた。また、石井勢津子氏は常にゴムを湿らせて使用していたが、これは乳剤面を傷つけない為と拭いむらが起こらないように行っているということであった。このような細かな工夫の上にはじめてクオリティーの高いホログラムが生まれるということである。

8) 現在の名古屋造形芸術大学での制作時にはセッティング後最初の露光時には30分、次回からは10~20分間静置することにしている。テンションがかかっている部分の力の解放が最も肝要である。

9) その後の経験ではこの漂白液は混合してからかなり効力が持続し、繰り返し使用できることが分かった。ただし、漂白時間が最初の倍程度かかるようになったら廃棄する方がよいようである。

10) 1995年5月にパトリックボイド氏が名古屋造形芸術大学に来学された際に1ステップ及び2ステップのシャドウグラムの製作法を指導していただいたが、シャドウグラムを用いれば、このような平面をモチーフとしたホログラムの場合、もっと簡単に明るいものを作ることができる。たとえこの場合のようなくしゃくしゃになった紙のようなものでも、OHPフィルムに複写するカリスフィルムに撮ったものを用いると十分可能である。

11) レインボーホログラム用のマスターホログラム(フレネルホログラム)は最初、図5のような光路で撮影した。

物体光を拡散させるのにレンズを用いず、白色の紙にビームを反射させることによって拡散させるという試みをした。しかし、第2ステップを撮影した三田村先生の研究室の光路では参照光の方向が逆となり、このま

ま第2ステップを完成させると下方より再生光を当てないと再生されないレインボーホログラムとなることが明らかとなった。そのため、図5のような光路に組み替え撮影した。

これにより、適切なマスターホログラムが完成した。

12) 筑波大学では英国のホログラフィー・アーティストで世界的に評価の高いパトリック・ボイド氏と知り合った。彼は人物をパルス・レーザーで撮影し、驚異的な空間的広がりを感じさせるホログラファーとして有名であるが、ここ数年は主にホログラフィック・ステレオグラムを作り続けている。私がかねがね彼の高度な技術に支えられた芸術性の高い作品に感心していたのだが、たまたま、私の研修期間中DC生として留学しており、彼の豊富なノウハウから直接学ぶことができた。

私は研修期間終了後の95年3月にボイド氏を本学に招き、1週間ほど滞在していただきながらステレオグラムの制作をしていただいた。私は学生とともに制作に立ち会ったが、この機会にホログラフィック・ステレオグラムのノウハウを修得することができた。彼にはその後も美術学科II類のホログラフィー授業で特別招聘講師としてシャドウグラム（1ステップ及び2ステップ）の指導をしていただいたが、彼から学んだ技術は本学に寄贈された作品とともに貴重な財産となっている。

13) ホログラフィー・アーティストの石井勢津子氏には鈴木正根先生がご存命中からたびたび特別招聘講師として来ていただいているが、95年12月には初めて本学に滞在しながら制作していただく機会を得た。1ステップのレインボー・ホログラムの制作を行ったが、これは今までに制作経験のないものであり、しかも非常に広視域で高画質のホログラムを作ることができる技術である。技術的なサポートは千葉大学の技官である酒井朋子氏にお願いした。酒井氏はホログラフィー感材、現像処方の専門家であり、また、優れた作品を発表されているアーティストでもある。酒井氏には日常的に電話やファックスを通して教えを受けているが、この時にもCWC1現像と鉄EDTA漂白のご指導を得た。この1ステップ・レインボーとCWC1-鉄EDTA 処方是非常に明るく視域の広いホログラムの制作が可能で、この制作法を得たことは本学のホログラフィーにとって画期的なことである。

回折効率の高いホログラムを得ることが出来る処理法

としてCWC2現像とPBQ2漂白が知られているが、PBQ2は毒性のある薬品を含んでいるので取り扱いが危険である。京都工芸繊維大学の久保田敏弘先生によればCWC1と鉄EDTAの組み合わせで同等かそれ以上の効果が得られるということである。今回は酒井氏のご指導でその効果が確認された。この処理法については久保田先生の「ホログラフィー入門・原理と実際」の中に詳しく説明されている。

なお、この機会に石井氏から優れたホログラム2点が本学に寄贈された。

参考文献

美術からアートへ

三田村峻右 1992 鳳山社

実践ホログラフィー技術

鈴木正根 1986 オプトロニクス社

造形芸術家のためのホログラフィーディスプレイ入門

鈴木正根 1994

ホログラフィー入門・原理と実際

久保田敏弘 1995 朝倉書店

ホログラフィックディスプレイ

辻内順平編 1990 産業図書

モノ・カオ・反物語

1995 東京都写真美術館