

究極の3D画像を求めて

有限会社 石川光学造形研究所
石川 洵

2016年5月作成

3D画像は必要か？

ブームが去って、改めて3Dとはなに？

3Dイコール両眼視差ではない

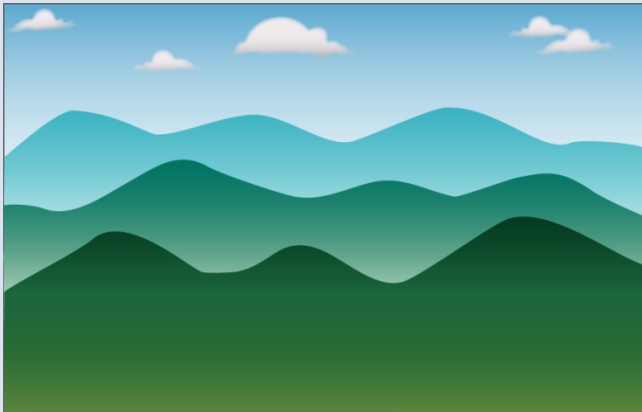
三次元の世界に住む我々に
三次元画像は不可欠

絵画における立体表現

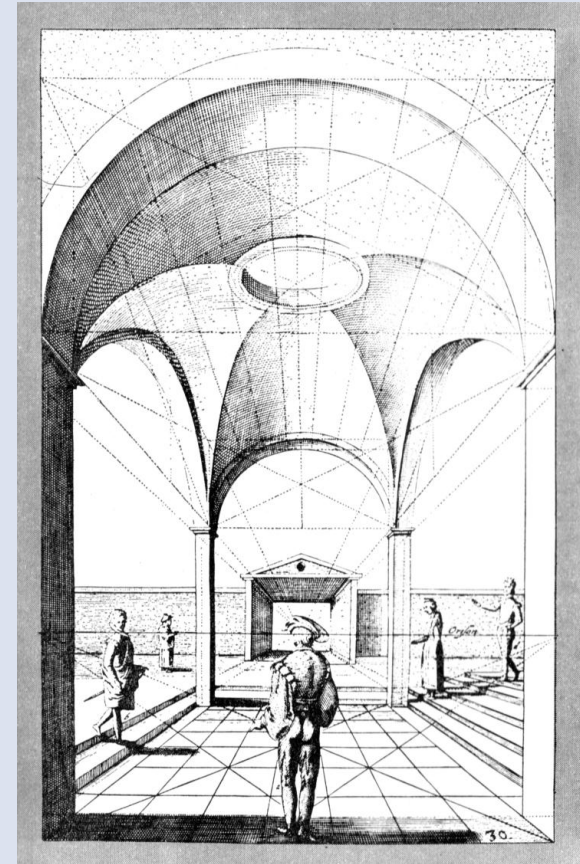
- 旧石器時代の洞窟画



- 空気遠近法



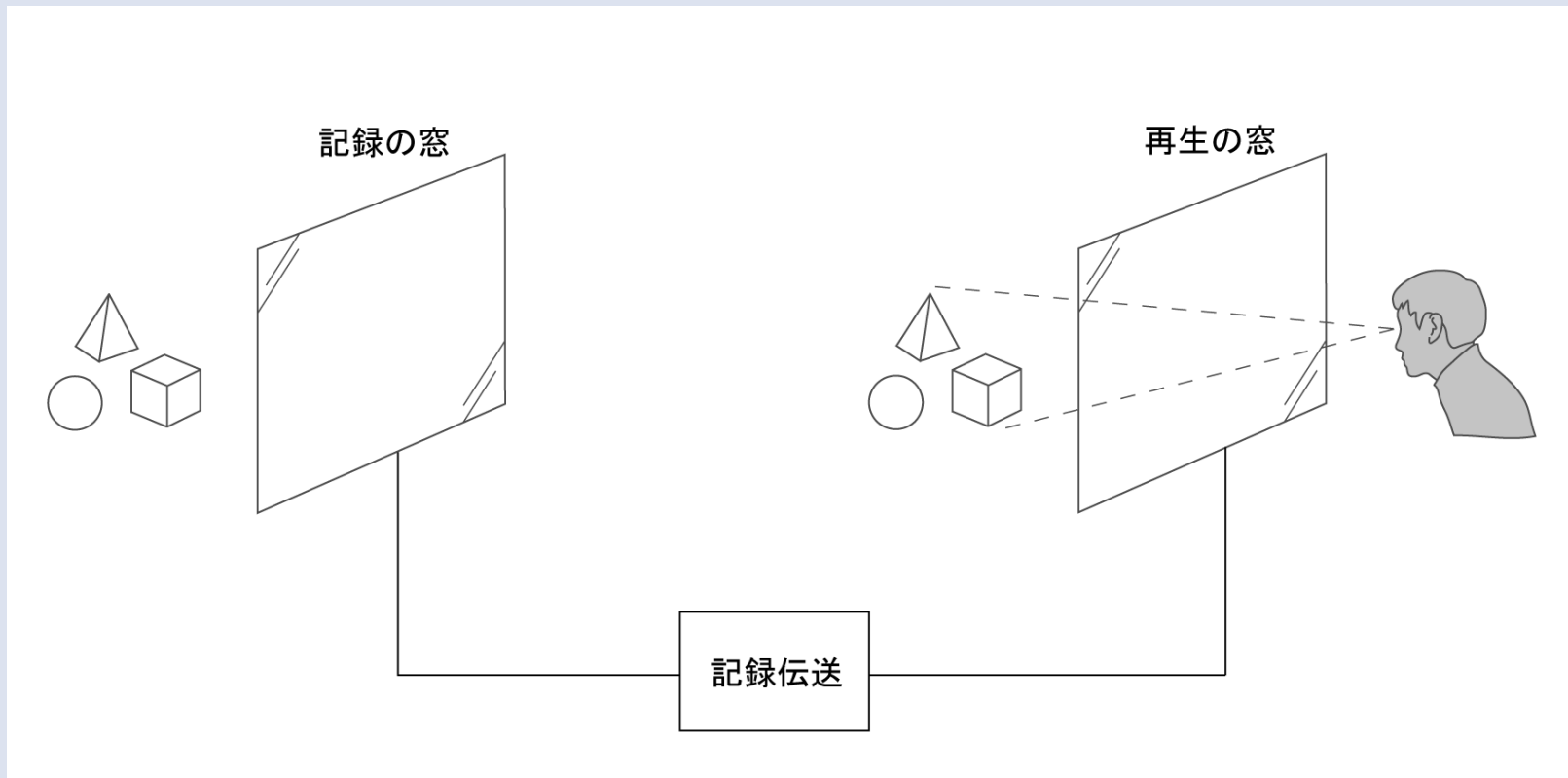
- 透視図法



立体視の要因 (人はなぜ立体が見えるか)

単・両眼	機構	要因	解説	有効範囲
単眼視	生理的	(ピント)調節	ピント調整する毛様体の緊張	3m以内(10m)
		単眼運動視差	観察者または物体が動いた時の対象の動きの差異	0～可視範囲
		視野の大きさ	大画面は没入感を生じる	—
		画枠の除去	画枠が無いと調整、輻輳が活性化	—
		進出色-後退色	暖色は手前に寒色は遠くに感じる	—
	学習的	線透視	線遠近法: 平行線は消失点に向かう	可視範囲
		テクスチャ勾配	模様の密度が奥に行くほど詰まって見える	—
		大きさの恒常性	既知物体の見える大きさ→距離判定	可視範囲
		空気透視	空気遠近法 遠くのもののはかすんで青い	100m～可視範囲
		重なり合い	隠している物は隠されている物の手前にある	—
		影の分布	影から凹凸を判断する	0～可視範囲
		図形のぼけ	ぼけた図形はピントが合った所の前か後にある	—
両眼視	主に生理的	両眼視差	左右の眼に映った網膜像の差異	100m以内
		輻輳(ふくそう)	寄り眼の度合いで距離を感じる	10m以内
		視覚の時間差	プルフリッヒの振り子	—

理想の立体映像



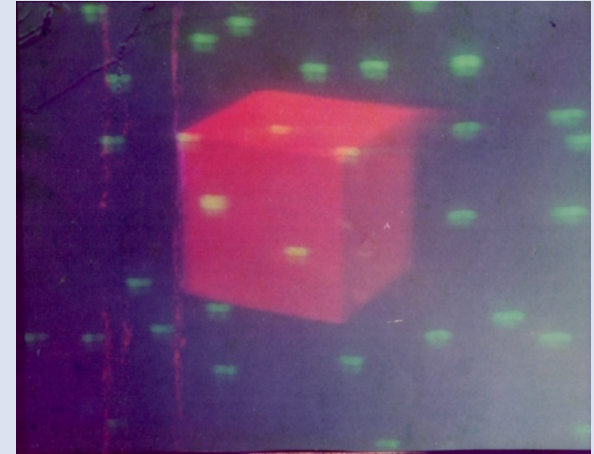
窓の範囲内どこで見ても奥に本物があるように見え、可能なら動きも再現される。
ホログラムは、この条件を満たしている。(動きは開発途上)

ホログラムの制作

1979年5月 初撮影(フレネル)



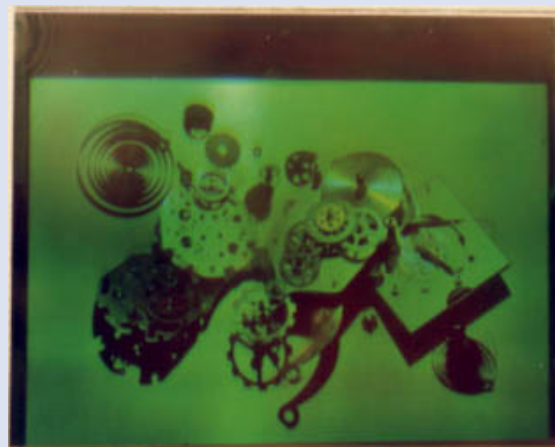
レインボー



レーザー光再生(フレネル)



白色光再生(リップマン)



1985年 マルチプレックス



ホログラフィを始めた時の希望

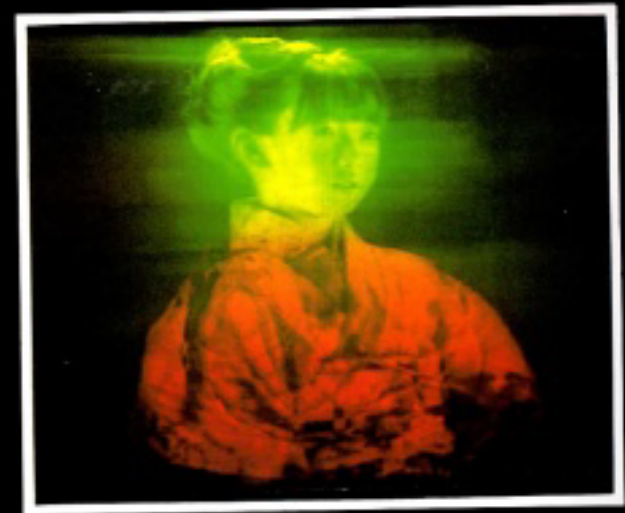
- フレネル、レインボー、リップマン、を撮る。
- 写真のように簡単に撮れるホロカメラを作る。
- マルチプレックス・ホログラムを作る。
- 動画ホログラムを作る。(フィルム方式)
- ◆ ポートレート、風景、等の実用化。

ホログラム(大型マルチプレックス)

マルチプレックス・ホログラム



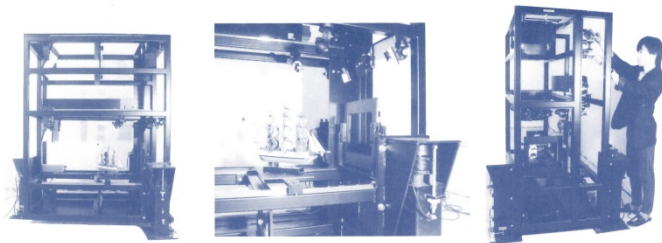
●つくばエキスポセンター 2000φ×1500H



●つくばエキスポセンター(部分)

ホログラフィカメラ(大型)

ホログラフィカメラ HOLOART RB810



HOLOART RB810は、ほとんどのディスプレイホログラムの撮影が可能で、研究や美術教育に手頃な8×10インチ判多機能ホログラフィカメラで、次の様な特色を持っています。

●立体構成により使い易く、省スペース

サーボ式空気ばね除振装置に支持された剛性の高い角形鋼管溶接構造フレームに、光学系を立体的に構成配置したことにより、操作性、安定性に優れ、設置面積も従来の定盤方式の $\frac{1}{2}$ 以下で、大幅な省スペースになります。

●自在かつ自然な作画、ライティング

被写体は正立のまま撮影でき、物体照明光も上方2方向から照射され、極めて自然な状態で写すことができます。後方からの照明もでき、すのでフィルム原稿等の透過物体も容易に撮ることができます。

●直動システムによるスムーズな操作

乾板ホルダー、物体ホルダー、配光ミラーなど、たびたび動かす素子は直動ベアリングに支持され、位置決めが容易かつ迅速に行なえ、再現性も抜群です。

●仕様

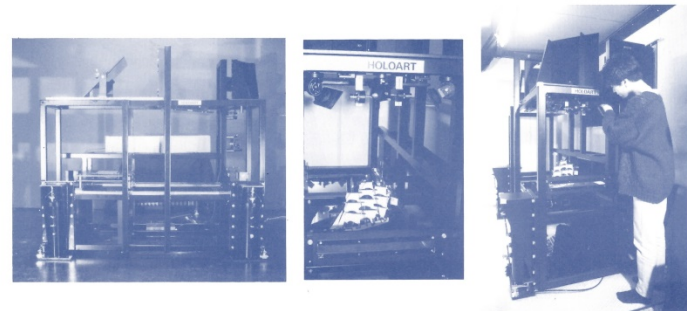
型 式	RB810-I
ホログラムサイズ	8×10インチ(20×25cm)、4×5インチ(10×12.5cm)
撮影可能なホログラム	フレネル(レーザー再生)、レインボー(2ステップ)、イメージ形(2ステップ)、リップマン(1ステップ及び2ステップ)、ホログラフィック回折格子 オプションにてホログラフィックステレオグラム撮影機能付加可能
搭載レーザー	He-Ne 25mW、オプションにて水冷アルゴンレーザー搭載可能
光学系	対称2系統平行光光学系、物体2方向照明光学系、各分岐調整光学系
装置フレーム	角形鋼管溶接構造
除振装置	サーボ式空気ばね、エアコンプレッサー付属
シャッター制御	0.1~1,000秒デジタル設定、待機時間タイマー付
本体寸法・重量	1,170(W)×1,350(L)×1,750(H)、350kg

HOLOART 有限会社 石川光学造形研究所

〒142 東京都品川区西中延2-15-14 ☎03(3785)6044

199106

ホログラフィカメラ HOLOART RB3040



HOLOART RB3040は、30×40cm判までのディスプレイホログラムのほとんどのタイプの撮影ができるスタジオ用多機能大型ホログラフィカメラで次の様な特色を持っています。

●立体構成により使い易く、省スペース

サーボ式空気ばね除振装置に支持された剛性の高い角形鋼管溶接構造フレームに、光学系を立体的に構成配置したことにより、操作性、安定性に優れ、設置面積も従来の定盤方式の $\frac{1}{2}$ 以下で、大幅な省スペースになります。

●自在かつ自然な作画、ライティング

被写体は正立のまま撮影でき、物体照明光も上方2方向から照射され、極めて自然な状態で写すことができます。後方からの照明もでき、すのでフィルム原稿等の透過物体も容易に撮ることができます。

●直動システムによるスムーズな操作

乾板ホルダー、物体ホルダー、配光ミラーなど、たびたび動かす素子は直動ベアリングに支持され、位置決めが容易かつ迅速に行なえ、再現性も抜群です。

●仕様

型 式	R B 3040
ホログラムサイズ	30×40cm、8×10インチ(20×25cm)、4×5インチ(10×12.5cm)
撮影可能なホログラム	フレネル(レーザー再生)、レインボー(2ステップ)、イメージ形(2ステップ)、リップマン(1ステップ及び2ステップ)、ホログラフィック回折格子 オプションにてホログラフィックステレオグラム撮影機能付加可能
搭載レーザー	He-Ne 35mW、オプションにて水冷アルゴンレーザー搭載可能
光学系	対称2系統平行光光学系、物体2方向照明光学系、各分岐調整光学系
装置フレーム	角形鋼管溶接構造
除振装置	サーボ式空気ばね、エアコンプレッサー付属
シャッター制御	0.1~1,000秒デジタル設定、待機時間タイマー付
本体寸法・重量	1,400(W)×1,900(L)×2,000(H)、500kg

HOLOART 有限会社 石川光学造形研究所

〒142 東京都品川区西中延2-15-14 ☎03(3785)6044

199106

ホログラフィカメラ(小型)

ホログラフィカメラ HOLOART EL45



●仕様

型 式	EL45-IV (標準タイプ)	(Sタイプ)
ホログラムサイズ	4×5インチ	
撮影可能なホログラム	レーザー再生、リップマン、レインボー	レインボーの
搭載レーザー	He-Ne 5mW	撮影機能なし
本体寸法・重量	185(W)×525(D)×350(H), 16kg	
シャッター	0.1秒-999.9秒デジタル設定、待時間タイマ付	
付属品	簡易除振ベース、キャリングケース	

HOLOART EL45-IVは、だれにでも簡単に操作でき、高画質のホログラムが撮影できる4×5インチ判ポータブルホログラフィカメラです。

画質と使いやすさ重視の設計で、コンパクトなボディに余裕の出力5mWのレーザーを搭載し、また、被写体を2方向から照明する光学系や、参照光系のスペイシャルフィルタの採用、照光式液晶表示タイマー、等大型機並の充実した機能を備えています。

レーザー再生ホログラム(フレネルホログラム)、リップマンホログラム、レインボーホログラム、がこの1台で撮影できますので、ディ



レーザー再生ホログラム

リップマン・ホログラム

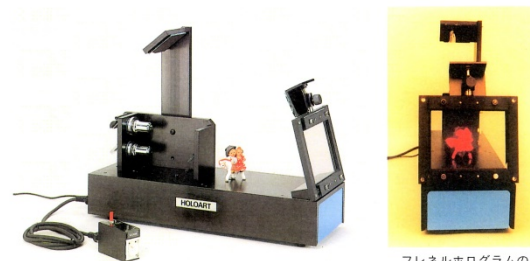
スプレイホログラムのベーシックカメラとして作品制作、美術教育、物理教育、研究開発、等に幅広くご利用いただけます。

尚、レインボーホログラム撮影機能を省いたSタイプもあります。

HOLOART 有限会社 石川光学造形研究所

〒142 東京都品川区西中延2-15-14 ☎03(3785)6044

ホログラフィカメラ HOLOART ES45



フレネルホログラムの再生画像

●仕様

型 式	ES45-I-A, ES45-I-B
ホログラムサイズ	4×5インチ (10.2×12.7cm)
撮影可能なホログラム	フレネル(レーザー再生)、リップマン(白色光再生)、回折格子(オプション)
搭載レーザー	He-Neレーザー type A: 2mW, type B: 5mW
本体寸法・重量	W150×L450×H185(撮影時 H355)・6kg
シャッター速度	1~30秒 連続可変
付属品	キャリングケース

HOLOART ES45は、小型ながら国際標準の4×5インチ判ホログラムを撮影できる最速のベーシックカメラです。

操作は簡単で、フレネルホログラム(レーザー再生)、リップマンホログラム(白色光再生)および回折格子(オプション部品付加による)が初めての人にもすぐに撮影できます。

光学系はホログラフィ撮影のしくみを理解しやすい様、立体的に構成されており、演示実験の場合でも説明が容易です。

撮影したレーザー再生ホログラムは、本機をビューアーとして用い、そのまま見ることがができます。

ES45は、高剛性フレームの採用により、ホログラフィの常識を覆し、除振装置の無い通常のデスクの上での撮影が可能になりました。

また、従来の定盤式光学実験装置に比べて、体積、重量とも20分の1以下で場所を取らず、低価格のため同じ予算で多数セット購入でき、密度の高い教育が実現します。撮影に必要な感材および現像キットも各種取揃えています。

オプション部品

●回折格子実験キット

●干涉計実験キット

●レインボー・ホログラム作製キット

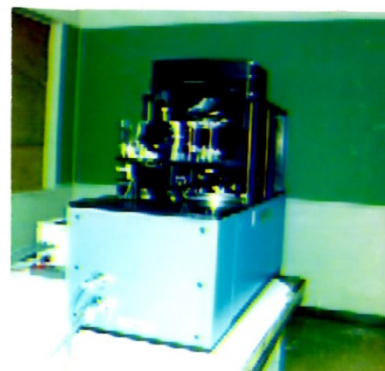
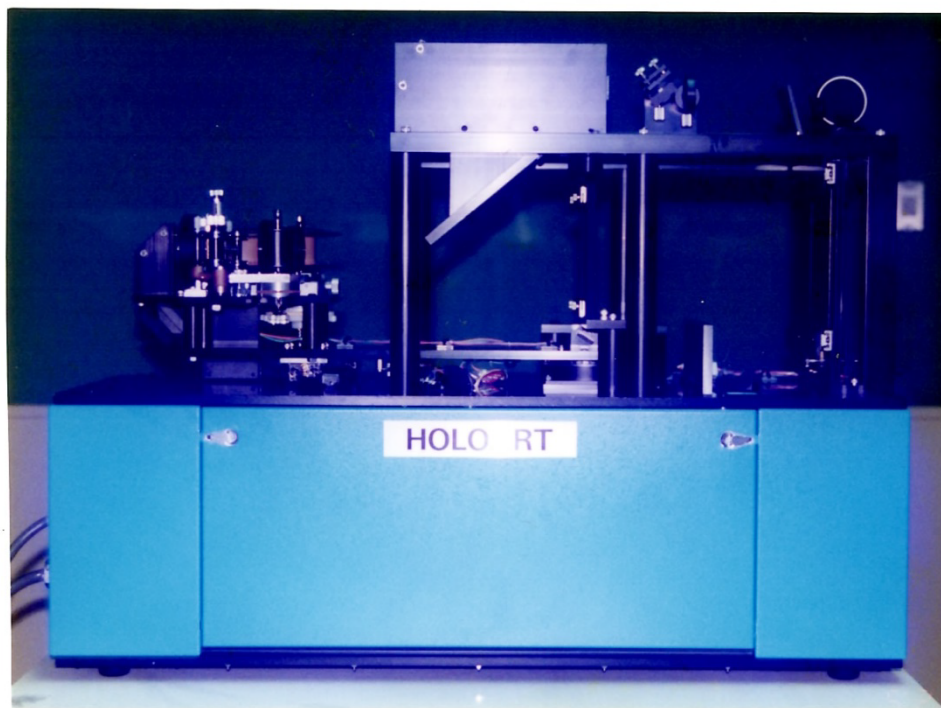
●空間フィルタ装置(スペイシャル・フィルタ)

HOLOART 有限会社 石川光学造形研究所

〒142 東京都品川区西中延2-15-14 ☎03(3785)6044

ホログラフィック・ステレオグラム(平面型)

H O L O A R T E L C 5 7

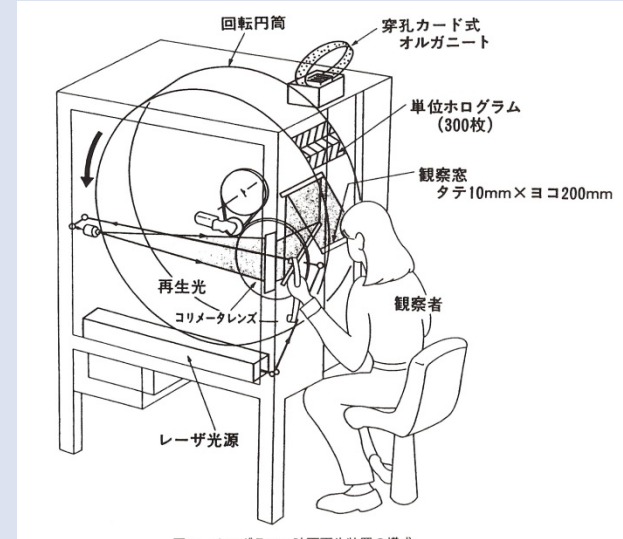
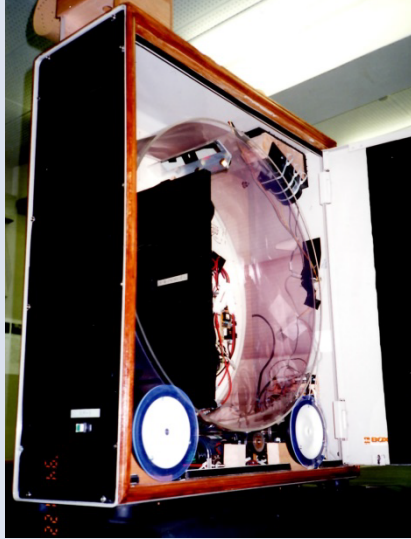


ホログラフィ映画研究試作受託

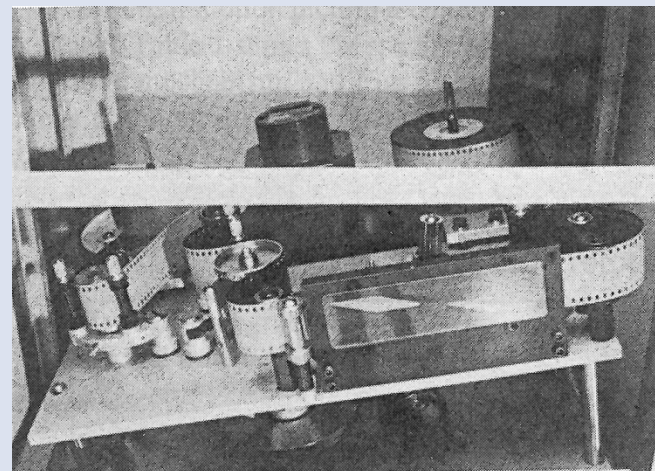
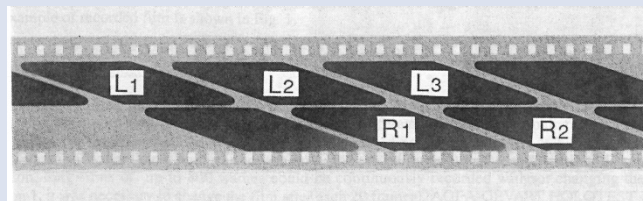
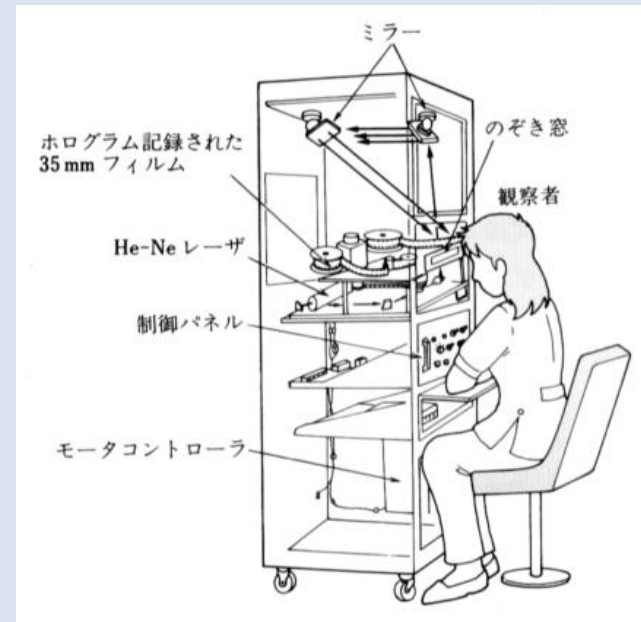
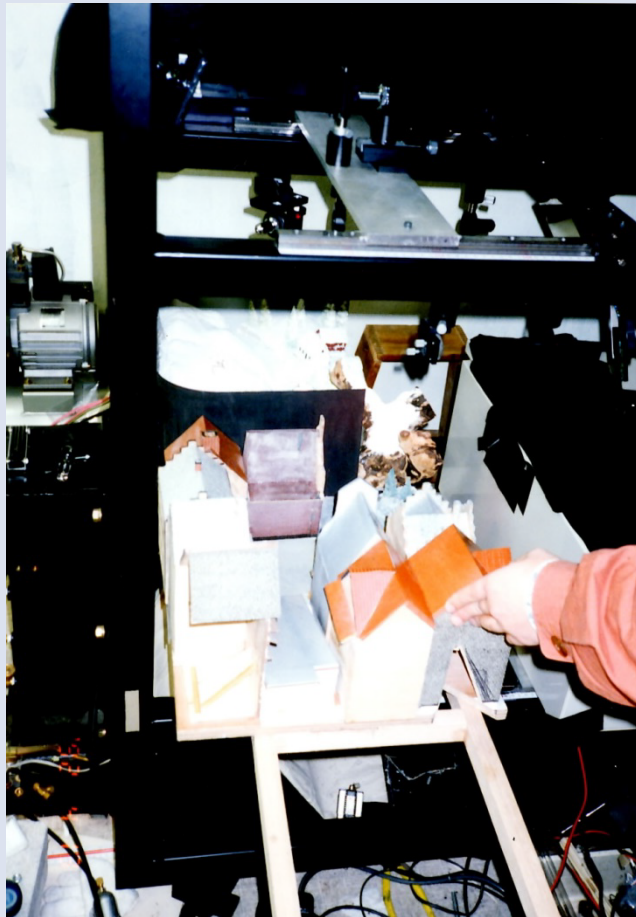
1. 横軸円筒(水車状)のぞき窓式 フォーマット:10H×200W 180コマ
記録および再生光源 He-Ne 立体模型アニメーション
2. 35mmエンドレスのぞき窓式 フォーマット:35mmツインダイア エンドレス
立体模型アニメーション 記録および再生光源 He-Ne
3. 35mmスクリーン投写 フォーマット:35mmツインダイア エンドレス
人物等実写 記録光源 YAGパルス 再生光源 YAG CW
4. 35mmスクリーン投写 フォーマット:35mmツインダイア エンドレス
立体模型カラーアニメーション 記録光源 He-Ne(R), Ar(GおよびB)
再生光源 He-Ne(R), YAG(G), Ar(B)

多摩美術大学檜山研究室の協力で完成。動画と映画の違いをしっかりと学んだ。

ホログラフィ映画研究(水平軸円筒)



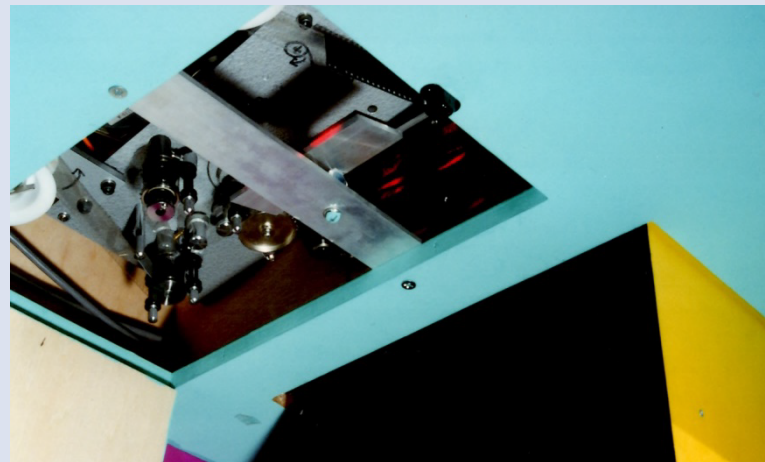
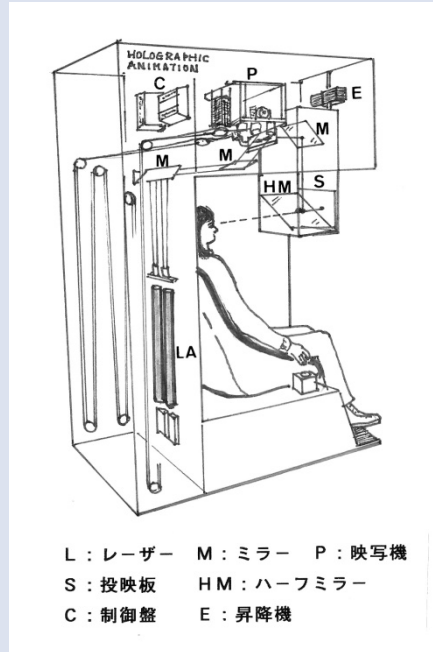
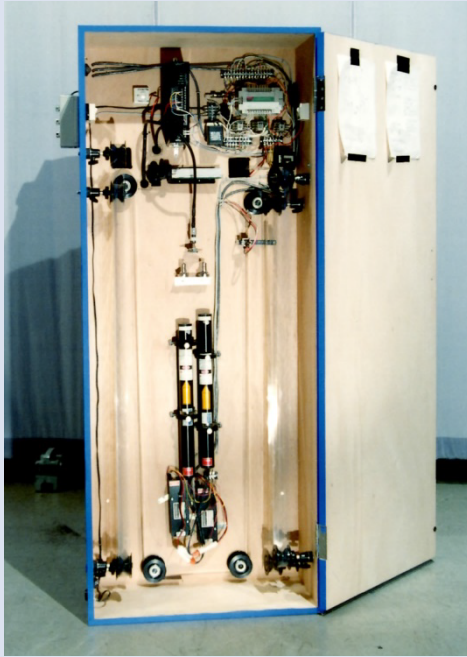
ホログラフィ映画研究 (35mmフォーマットのぞき窓)



ホログラフィ映画研究(パルスレーザー)



ホロ映画(多摩美バージョン映写機)



ホログラフィ映画の普及は可能か？

一度に見られる人数は、通常1人、

ホログラフィック・スクリーンを開発しても数十人。

コストを人数で割ると商業的には成立しにくい。

ホログラフィック・ステレオグラム(平面型)

レインボーホログラムベースで開発したので、カラー化に問題



あろうことか、20世紀末、ホログラフィ市場が衰退して行く。
要らなくなったわけではないのに。



写真
銀塩からデジタル写真への
スムーズなバトンタッチ。

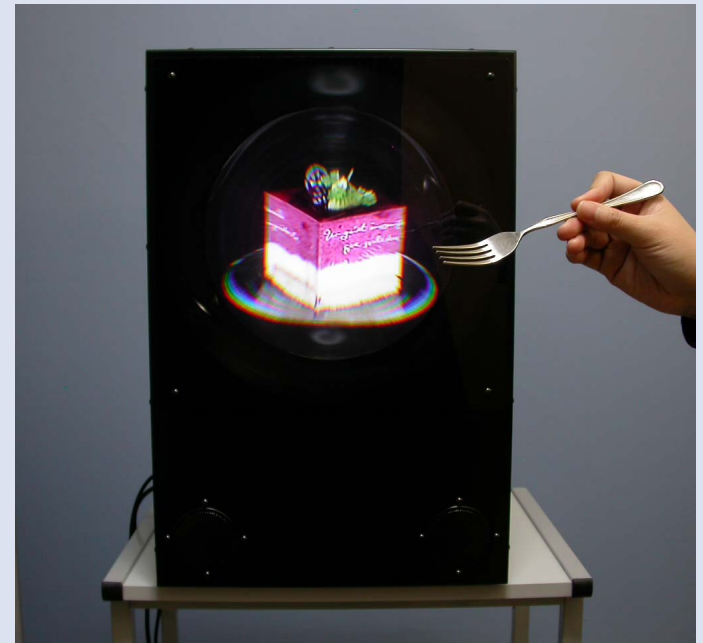
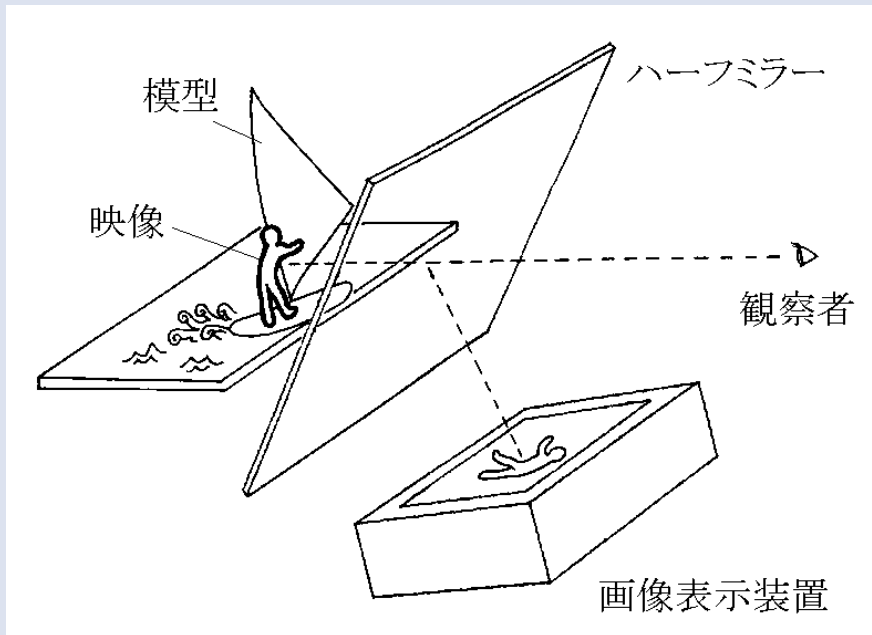
ホログラフィ
バトンを渡せるデジタルホログラフィ
のランナーが来ない。

どうやって仕事を続けるか・・・下記のように考えた。

- 空間に像があるホログラフィのテイストを生かす。
 - 空間映像の開発
(ただし、時代は逆風、文化施設予算は減少の一途)
- 光学つながりの仕事をする。
 - 教育機器、展示装置
 - 太陽エネルギー利用
- ホログラフィを続ける
 - 収益を目的とせず細々と

空間映像1(空中像系)

- ハーフミラーで奥に虚像を作る
実物との合成に特長
- 像を飛び出させる



手前に像が浮いている
「空間プロジェクター」

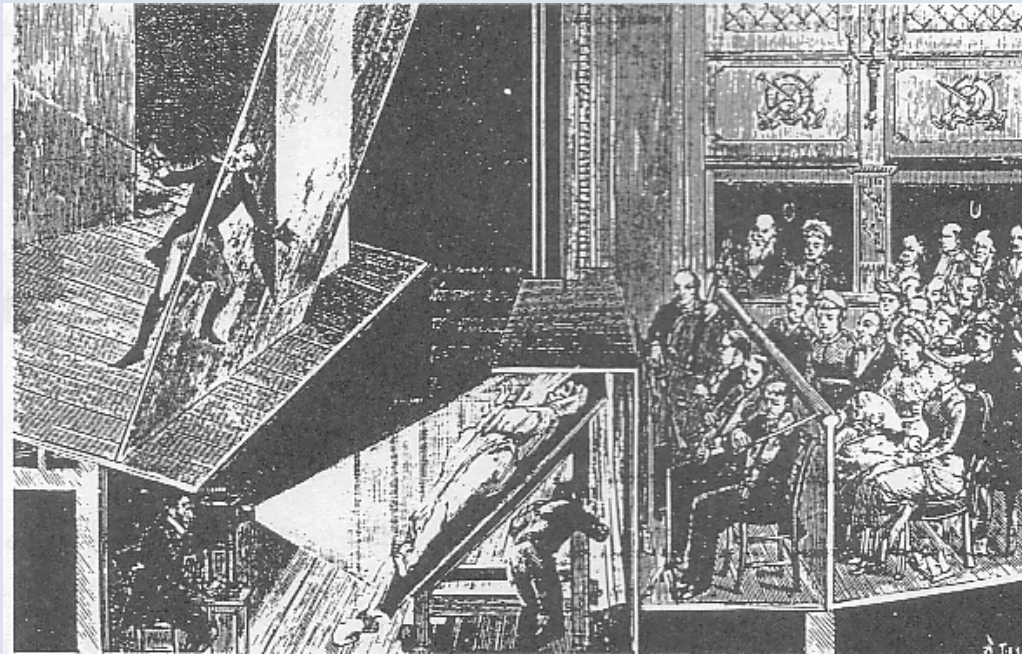
虚像系(歴史)

ハーフミラーの反射で得られる虚像を観察するもの。

視域が広く無収差で、見え方も極めて自然である。

下図は、19世紀の幽霊舞台の例。舞台手前下の幽霊役の出演者は、上の大ガラスに映り、舞台上に居るように見えるが、舞台の役者が剣を振り回しても空を切るばかりで、大変不思議がられた。

現代のテーマパークでは、下の役者を映像画面に代えている。その場合、虚像は2Dながら、空中を飛び回る自由な動きができる。

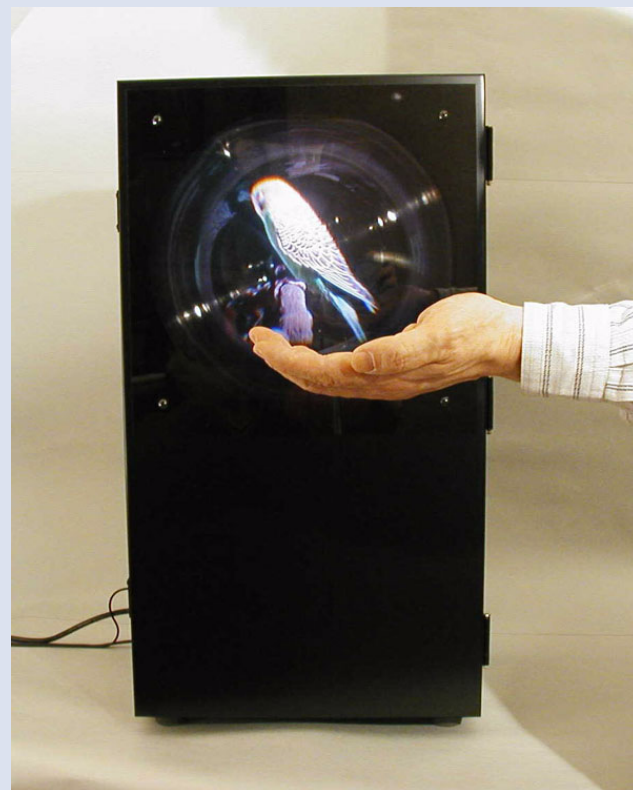


幽霊舞台の仕掛け

空間映像・人と映像の距離感を縮める



一般映像(窓向こうの世界)



空間映像(触れられそうな存在または
その中に入り込めるような映像)

◇空間映像は実空間と映像の融合を可能にする。

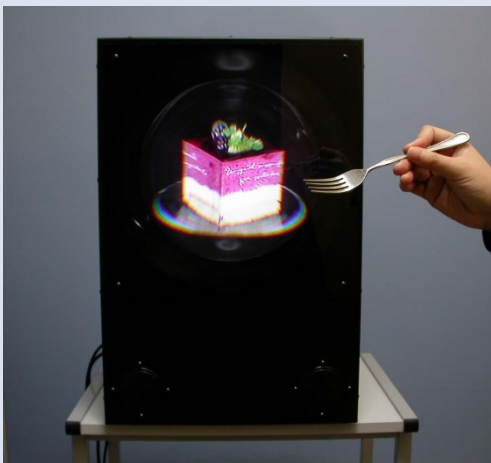
◇空間映像は現実空間にパーツ、あるいは有用なツールとして取り込み使える。

空間映像(インタラクティブ)



空間映像楽器 : 空間に浮いたアイコン(葉っぱ)に触れると音が出ます

飛び出し映像系空間映像(正面表示)



手前に像が浮いている
「空間プロジェクター」



浮いている空間映像が
前後に移動する「来るくる」

空間映像装置・透明ボックス型

透明ガラスケースの中に4方向から異なった空間映像が見える。(上方にモニター不要、純粋なピラミッド)



小さな博物館 petit musée (プチミュゼ)

立ち上がり映像型

テーブルのガラス面上に飛び出す映像が2方向から見える。



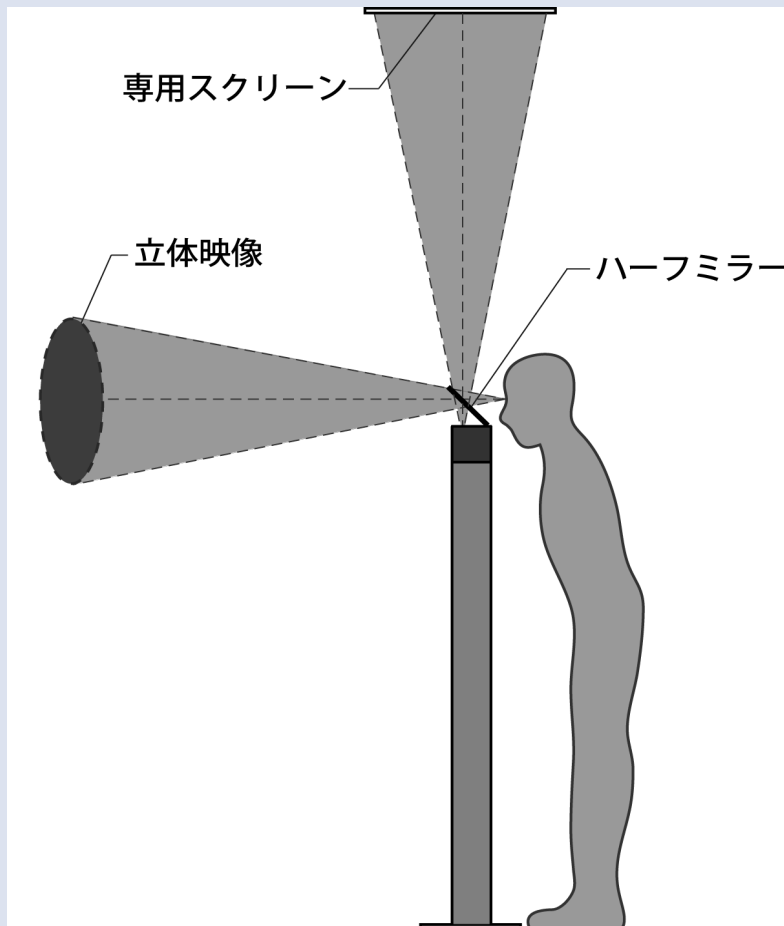
pop * pix (ポップピクス)

多方向表示空間映像



魔法球ディスプレイ：透明中空球内に最小36度ピッチで複数方向の映像を表示し、最大10方向から異なった画像を見ることができる。

両眼視差をあわせ持つ虚像系空間映像



眼鏡なし立体映像3D・B-Vision : 専用眼鏡なしで見られ、多視点も容易。

空間映像 2（特殊スクリーン系）

主に2つのタイプがある

① 暗い部屋で紗幕や霧など、存在の見えにくい物体をスクリーンに用いて映像を投影するもの。

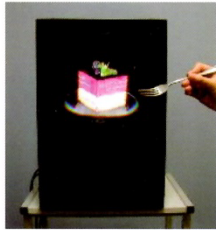
② 表示する映像の実際の形とスクリーンの形状を一致させたもの。

写真は、球面スクリーンに地球映像を投映した例



VISCULA-G

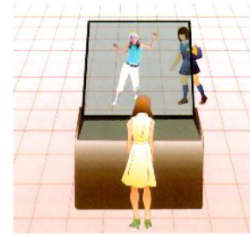
空間映像のラインナップ(ホログラフィを除く)



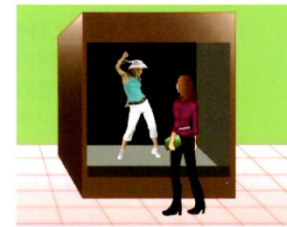
空間プロジェクター



ILLUSION THEATER type A



ILLUSION THEATER type B



ILLUSION THEATER type C



小さな博物館 petit musée



3D・B-Vision (スタンドタイプ)



空間プロジェクター 来るくる



pop*pix (空間映像テーブル)



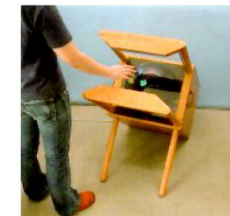
ミニライブシアター



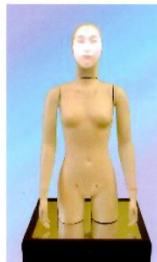
魔法球ディスプレイ



水晶球ディスプレイ



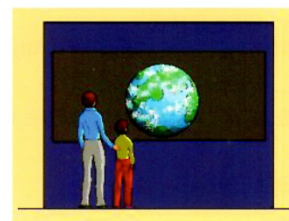
空間映像楽器



Chatty (話すマネキン)



VISCULA (話す立体像)

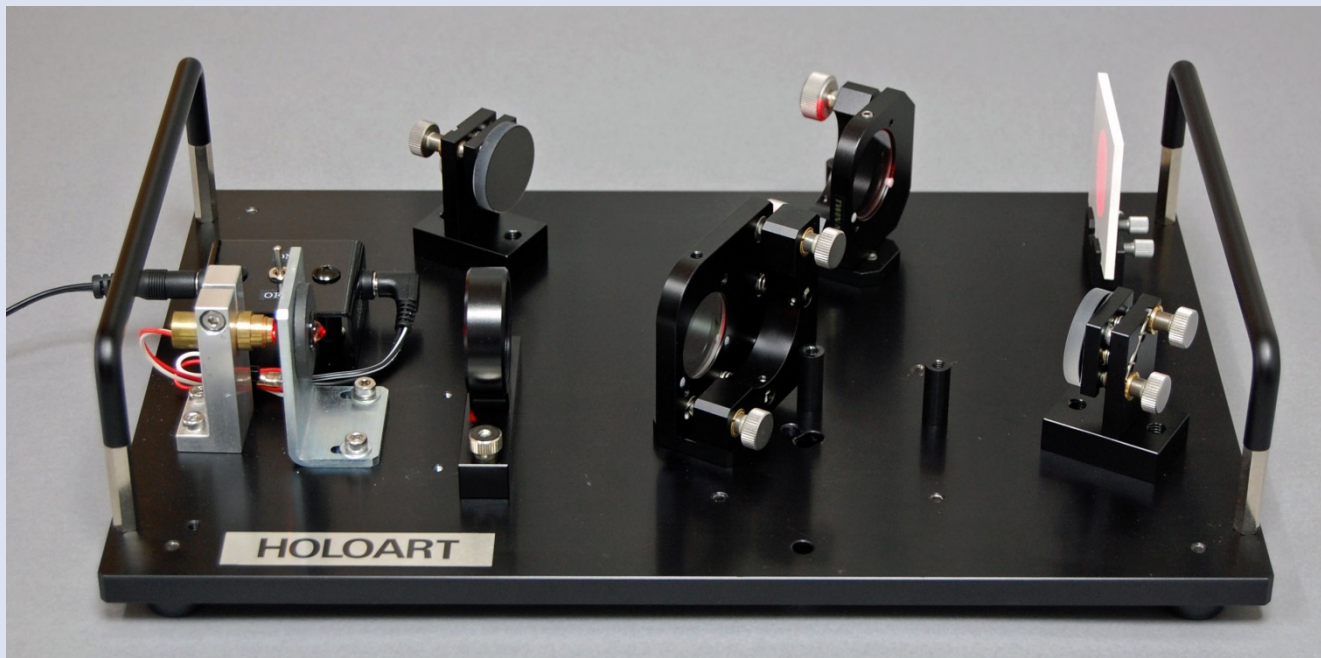


VISCULA-G (地球映像)

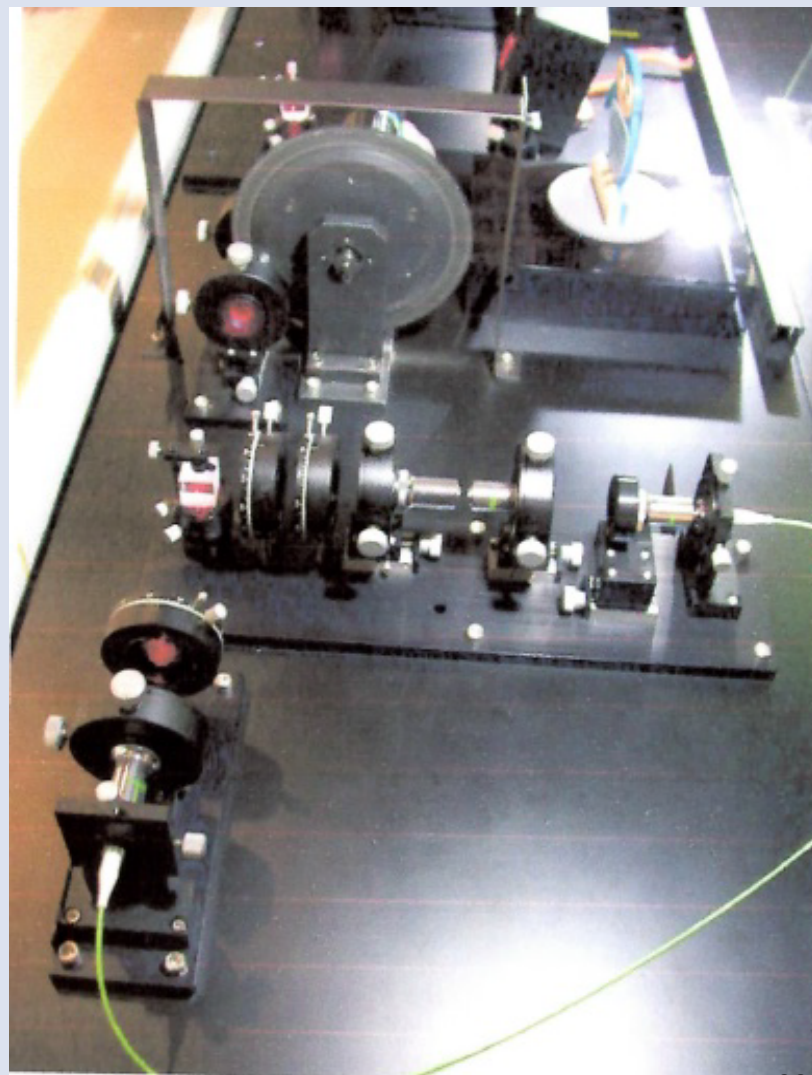
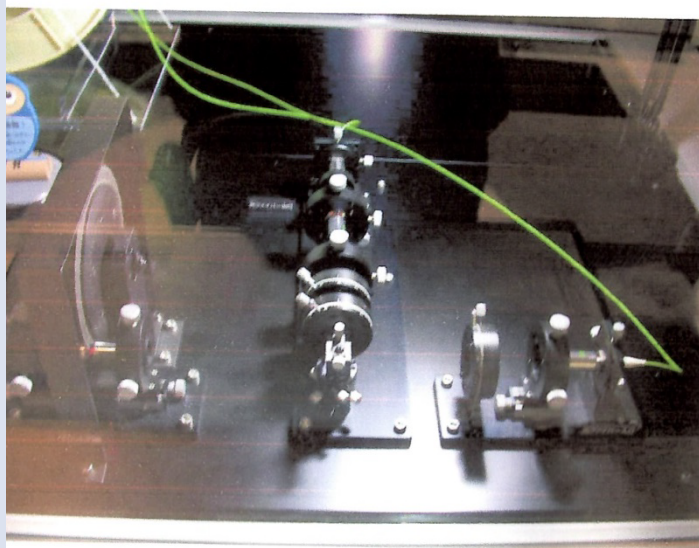
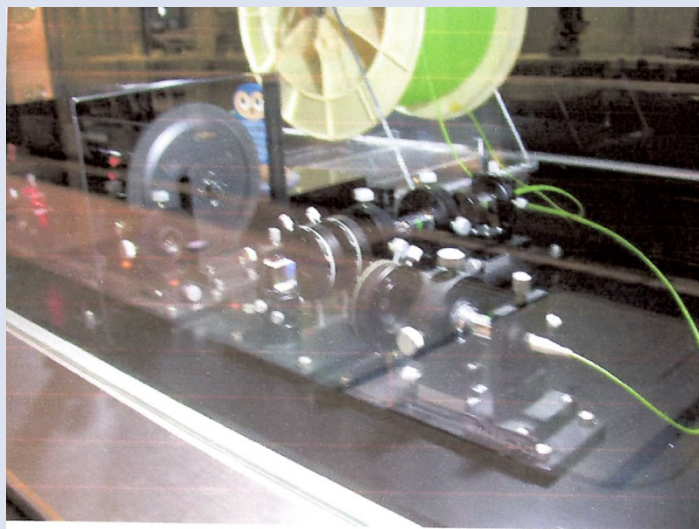


太陽光照明ウィンドウ

教育機器(レーザー干渉計)

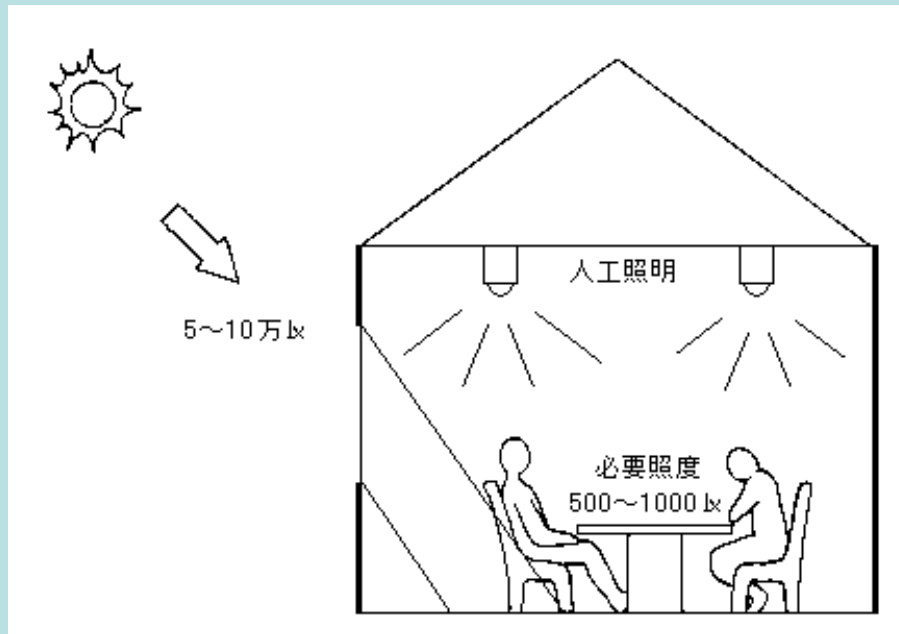


科学館展示装置(フィゾー光速測定実験)



ホログラフィの生活応用

ホログラムの光を曲げる性質を照明に利用



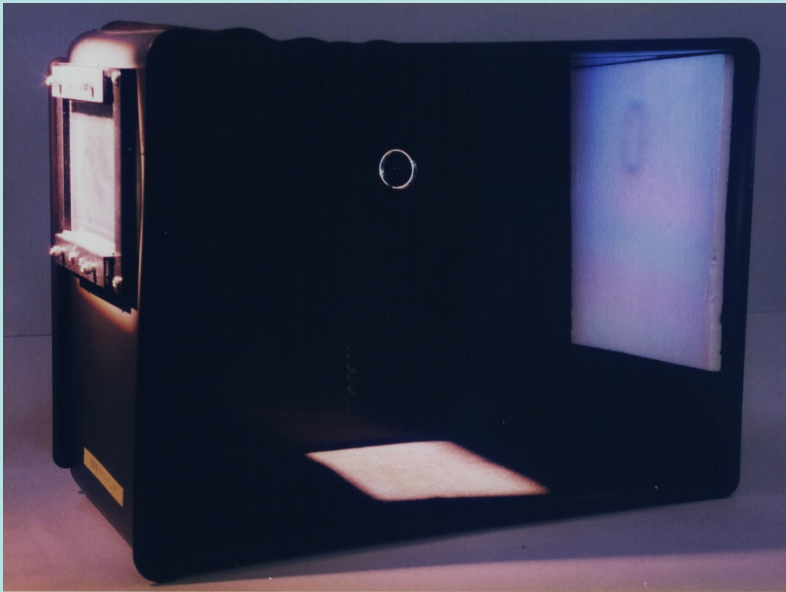
昼間、窓から入る太陽光を天井に送ると
天井の反射で部屋が明るくなるはず。

ホログラム照明利用の問題点



単純回折格子では、
白色光が虹色に分散
する。

問題の解決



出てくる色が
白色光のままの
ホログラムを開発。
(試作はハガキ大)

次の課題

大面積のホログラムを作る設備がない
作るには多額の投資が必要
やむなく一旦お蔵入り



《10年後解決》
プリズム方式にて再出発

太陽光配光プリズム

室内に自然光を

SOLBENE (有)石川光学造形研究所

プリズム方式の新製品



透明板加工により、プリズム機能を持ちながらシースルー。
窓の機能を損ないません。

特長：室内は明るく窓際は快適



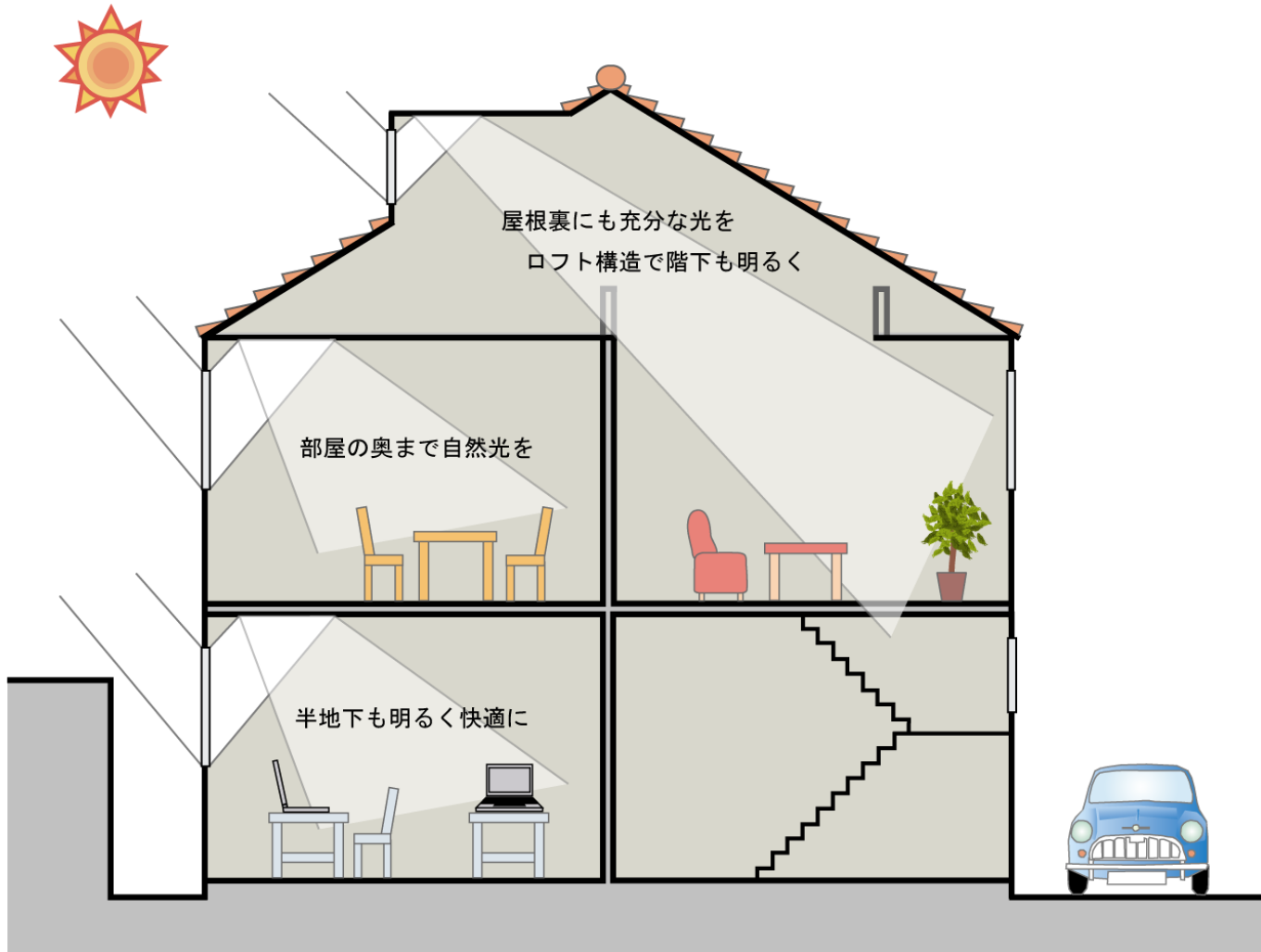
従来の窓



太陽光配光プリズムを取り付けた部屋

- 天井反射で室内が明るくなります。
- 直射光が減光され窓際も快適になります。

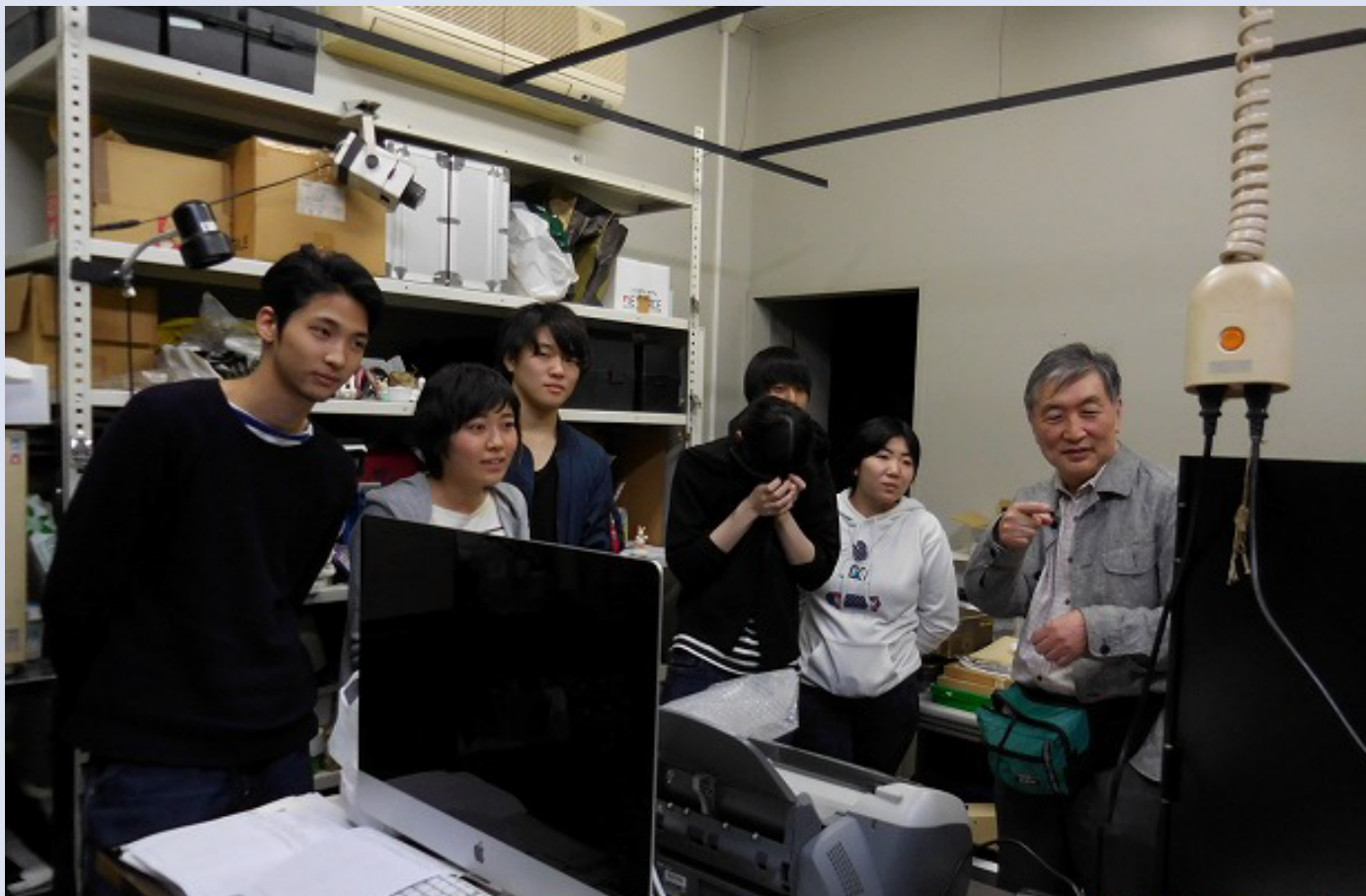
太陽光配光プリズム 使用例



少しでもホログラフィを続ける

No profit の選択

ホログラフィ檜山ゼミでのご参考説明 2016年度で映像コースが無くなりこの授業も終了



ミュージアム構想 町おこしのテーマとして。



まとめ

情報通信技術は発展したが、映像そのものを楽しむ文化はかえって薄れつつあるように感じられる。

ここは、映像・3D技術者のがんばり所ではないか。

ホログラフィ関係者の一人としては、ホログラフィ技術を、
伝承して保存発展させたい。

ご清聴ありがとうございました

参考文献

多摩芸術学園紀要

石川光学造形研究所カタログ

筆者作成の記録写真およびイラスト

Popular science February 1990