

ペッパーズ・ゴーストによる3D映像:最新動向と歴史

桑山哲郎 (Tetsuro KUWAYAMA)

千葉大学工学部 画像科学科 非常勤講師 (画像技術史)

連絡先: tkuwa@ga.catv-yokohama.ne.jp

1. はじめに

2016年の初頭, “ペッパーズ・ゴースト”を用いたディスプレイをホログラフィと報道される事が頻発している。これは, ホログラフィについて正しい知識を持っている人にとっては戸惑う状況だろうが, 3D映像の関係者にとっては, 正しい知識の普及と3D映像の発展に役立てることができるチャンスと, 前向きに対処することも有益と思われる。これまで昔から報告は行われている^[1-9]が, 今回の報告では, “ペッパーズ・ゴースト”についていろいろな方角から捉え, 今後について考えてみたい。

2. 最新の“ペッパーズ・ゴースト”事例

ペッパーズ・ゴーストは英語で丁寧表記すると “Pepper’s Ghost Illusion” と記述される。2015年に横浜駅西口に開設された常設の上映館(図1)は, 看板を新たにして宣伝活動を行っている。また, CDあるいはDVDの透明プラスチックケースを素材とした「手作りホログラム」の記事も数多く見つけることができる(図2 US公開 2014 / 0133026)。また, 商品の宣伝として, 展示会の会場だけではなく公道の歩道に面したショーウィンドウでも, ハーフミラー合成の3D映像を見かける機会が増えている。

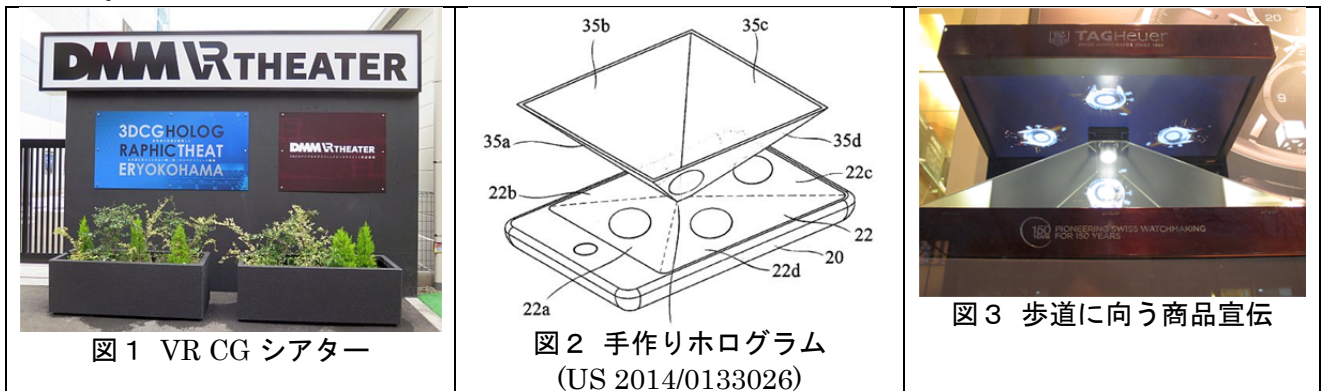


図1 VR CG シアター

図2 手作りホログラム (US 2014/0133026)

図3 歩道に向う商品宣伝

3. 「立体的に見える仕組み」と”ペッパーズ・ゴースト”の関係

歴史的な経緯の解説を始める前に, 3D映像技術の関係者が熟知している, 立体的に見える手がかりと, 一般社会人の知識・認識のギャップについて解説する。

表1 立体的に見える手がかり [10]

1.単眼視	A 調節* {水晶体調節,焦点深度}	<5m
	B 空気透視{コントラスト低下,青着色}	
	C 色{進出色←後退色}	
	D 網膜像の大きさ* {既知の物体}	<500m
	E 線透視(図法) {消点←平行線}	
	F 均一模様 of 密度勾配	
	G 不均整構図{対称性欠除}→立体反転図形	
	H 重なり合い	
	I 光と影の分布{照明条件の判断}	
	J 単眼運動視差{多方向観察}	<300m
	K 視野{画枠効果除去}→大画面表示	>50m
2.両眼視	L 両眼視差{前後弁別}→2眼式立体表示	<250m
3.同時視	プルプリッヒ効果【特殊な奥行効果】	
4.単一視	M 輻輳(ふくそう)* {眼球筋肉緊張}	<20m

表 1 [10]は、1975 年以来 3D 映像技術の関係者がスタンダードとして用いている、立体的に見える手がかりの要因である。A から M までの 13 の項目の中で、2 つの目を必要とする項目はわずか 2 つである。20 世紀後半からのペッパーズ・ゴーストでは、映像送出に用いる表示デバイスは CRT あるいは平面上の表示（液晶ディスプレイや平面スクリーンに映写した像）である。元の表示自体は平面であるが、表 1 の単眼視の要因を適切に利用することで、奥行きと厚みを持った像として観賞者に知覚させている訳である。

一方、一般の方たちは、以下の様な「間違っただ」認識を持つことが多いと思われる。

- ・私が両方の目でしっかり見て、立体的に見えるのだから本当の 3D 映像に違いない
- ・平面のディスプレイの像が 3D に見える訳がない

1982 年に始まったディズニーワールド” EPCOT センター” のコンピュータールームのディスプレイを見た報告は、「見事に騙された」状況を見事に伝えている。

【以下、森谷正規著：“遊ビジネスの時代先端技術と遊びの世界”より「ホログラフィーの立体像が動き回る」[11]より】

「中でも圧巻は、スペリー社の提供するホログラフィーだ。このエプコット・センターを動かしているコンピュータ・ルームの紹介で、その舞台裏を見せてくれるのだが、案内役にホログラフィーの立体像が登場する。（中略）テレビ画面でコンピュータの説明をしてくれた若い女性が、40センチほどの小人の像となってコンピュータ・ルームに浮かび出てくるのだ。そして、コンピュータ・システムの操作パネルの上をその小人が手を振って説明しながら歩き回るのだが、じつに見事な立体像だ。その証拠に、ちょっと動いた時、背中が見えることもある。3次元映画のように偏光眼鏡をかけることもしないので、間違いなくホログラフィーなのだろう。その立体像が、手足を動かし、動き回るのである。（中略）現実の空間の適当な位置に、立体像を浮かび上がらせる技術なのである。また、システムのそれぞれの機器を説明する際には、その機器の前面に赤や緑のキラキラした光が現れる。それも、観客からの距離のそれぞれ違う機器にぴったりと合った位置が光る。おそらく他では見ることもない技術だ。」

【引用終わり】

この報告では主題としないが、S3D（ステレオ）画像表示で、左右の目に同一の画像を表示した際に「立体的に見える」と主張し、左右で異なった、視差を持った像との区別がつかない人は極めて多数いる。「立体的に見える手がかり、映像装置の仕組み」と観賞者が「立体的に見える手がかり」について誤った知識・認識を持っている場合が多い事が、3D 映像技術の迷走(?)を作り出す一因になっているのではないかと考える。

現代の”ペッパーズ・ゴースト”では、空中に現れたキャラクターの 3D CG 画像は厚みを持った物体として見える。これは「立体物がある場所に置かれ、上から自然な照明が当てられたら、このような陰影で見えるだろう」と感じるように 3D CG を描画しているためである。

また、表示装置のガラス面、スクリーン面の存在を感じさせない様、像表示の周囲を十分暗くする。また、表示面に余計な映り込み、ホコリやゴミが無い様に表面を保つなどの細かい配慮で、観客が満足する 3D 映像表示が作り出されているのである（推定）が、この種の技法がうまく伝承されない恐れもあるのではないかと考えている。図 4 は、1980 年代に電通映画社が”マジックビジョン”という商品名でビジネス展開していた装置の典型的な例である。

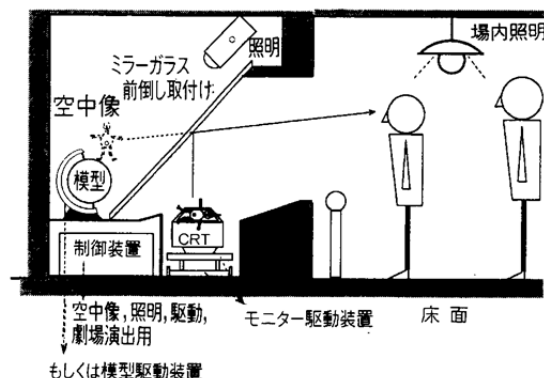


図4 マジックビジョンの装置構成 [8](杉浦, 1993)

表2 大型の鏡を用いたディスプレイの年表

年	事柄
前2世紀	アレクサンドリアのヘロン, 2枚の平面鏡を組合せ, 飛行する人間を見せる
1410年ごろ	ブルネレスキ(1377~1446)線透視図法で作図する際に, 平面鏡を用いる
1858年	ヘンリー・ダークス(1806~1873)英国学術協会に「目をあざむいて幽霊を見させる」装置を届け出る。巨大なハーフミラーを使用(上下方向分離)
1862年12月24日	ジョン・ヘンリー・ペッパー, ダークスの技術協力により, チャールズ・ディケンズの『幽霊に憑かれた男』公演(イギリス)
1863年4月8日	ルイス・キャロル, ペッパーの“幽霊舞台”を見る→“不思議の国のアリス”に「空中に消えていくチェシャ猫」が書き加えられる(イギリス)
1879年	ペッパー, ハーフミラーを垂直に配置するハーフミラー舞台の特許を取得(U.S. Patent 22,165ほか)反射率を連続的に変化させた鏡をスライドすることで, 3D映像と実物が“オーバーラップ”の手法で切り替わる
19世紀末	ヨーロッパ各地で, “幽霊舞台”を模倣したショー
19世紀末	ペッパー人間が骸骨に変わるショーを上演
1967年	ハーフミラーを用いたバーチャル試着装置“アリスのミラー”(商品名)の発明, フランスで出願 →商品化, 日本国内でもセールスプロモーションに利用される
1969年	ディズニーランドに新規アトラクションとして, “ホーンテッド・マンション”公開される。ハーフミラー合成を多用
1971年	ウォルト・ディズニー・ワールド(フロリダ)開園
1982年10月1日	ディズニー・ワールドに EPCOT センター開園, コンピュータ・ルームの中を前後左右に飛び回る小人によるガイドのディスプレイが話題になる。→日本から EPCOT を続々と見学
1983年4月15日	東京ディズニーランド開園, “ホーンテッド・マンション”日本版開設
1985年3月17日	科学万博 つくば'85開催され, 多数の“マジックビジョン”【電通映画社の商品名】が用いられる
1989年(横浜博)まで	地方博ブームに伴い, 多数の“マジックビジョン”が用いられる。また各地の博物館に“マジックビジョン”が増える
2000年以降	ハーフミラーを隠さない配置のハーフミラー合成が増加。液晶あるいは DLP (Digital Light Processing) 方式のプロジェクタと組み合わせることで, 空中に表示する像の明るさを増すことができる。ステージだけではなく, ファッションショーのステージ全長にわたる空中像表示も行われる
2009年	下向きに配置した1枚のフラットパネルディスプレイと, ピラミッド型(手前の半分)のハーフミラーを組み合わせた空中像表示が注目を集める http://www.realfiction.com/
2015年	大面積の LED ディスプレイとハーフミラーを組み合わせた舞台上演の常設館が横浜に登場

4. ”ペッパーズ・ゴースト”に関連する歴史

説明が前後するが、大型の平面鏡を用いたディスプレイの歴史を、年表（表2）を中心に簡単に解説する。

●紀元前：

ギリシャ時代、アレクサンドリアのヘロンは、空中を飛ぶ人の姿を表示する装置の発明を記述している。図5は、後世の研究者がヘロンの記述に従って描いた想像図であるが[12]、2枚の平面鏡を組み合わせ、床面に立っている人物の姿が、空中高く水平になって表示できる仕掛けになっている。またヘロンは空中に像を表示する発明も記述している[12]（図6）。この仕掛けでは、床面に立っている人物がほぼそのままの姿勢で空中に表示される。

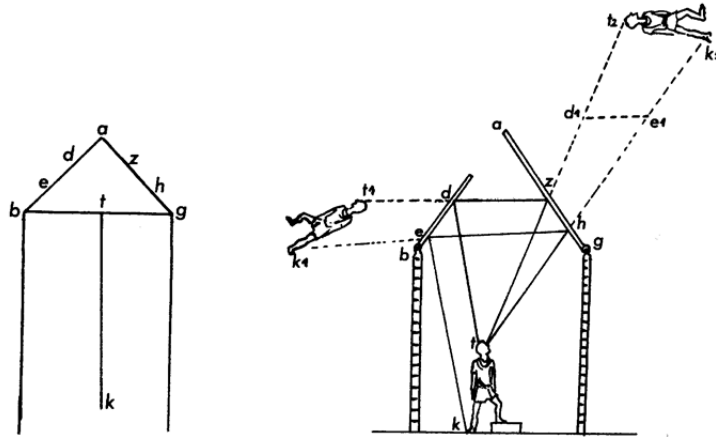


図5 空中に飛ぶ人物の像を表示する[12]（ヘロン，紀元前2世紀）

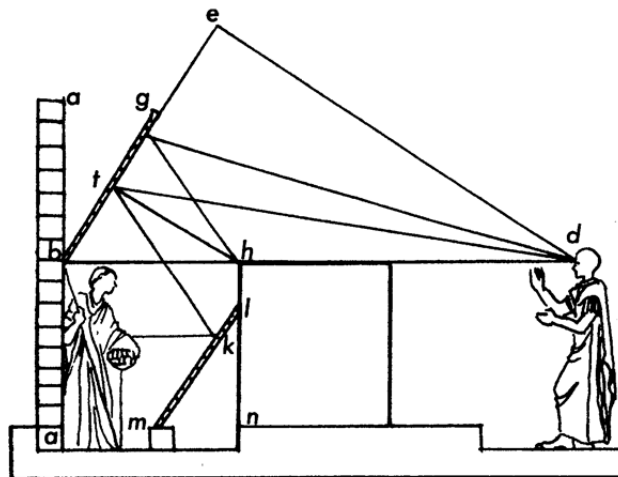


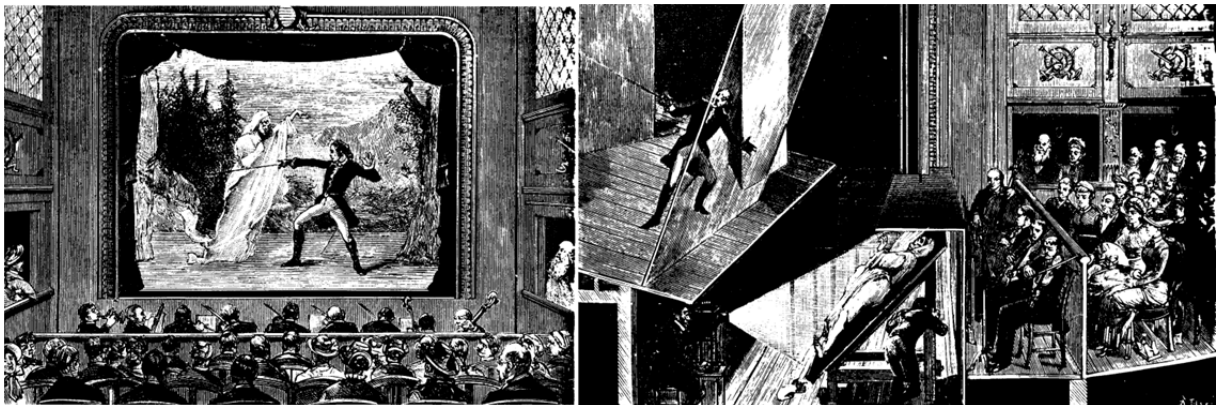
図6 空中に隠れた像を表示する[12]（ヘロン，紀元前2世紀）

●19世紀後半に始まる”ペッパーズ・ゴースト”

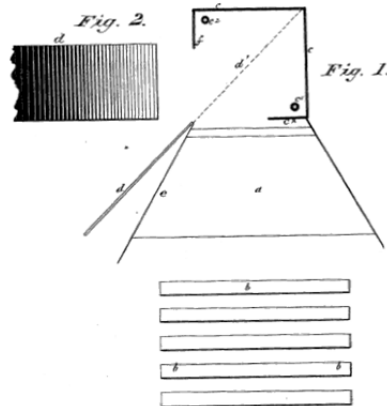
19世紀後半には、舞台全体を覆うハーフミラーを用いて、実際に舞台上に立っている役者と、観客からは見えない場所で演じている幽霊役の役者の半透明像を重ね合わせる公演が大変話題になった。図7がこのハーフミラー舞台の代表的な図である。ハーフミラーが手前に傾けてあるために、舞台の手前の下の空間で演じる幽霊の役者の姿の反射像（半透明の像）が、舞台の上の役者と重なることとなる。幽霊役の体の厚みがそのまま反射像に反映され、3次元映像の表示が実現する。また、幽霊役は黒く塗った斜面に体を乗せているため、空中に浮き上がり、そのまま止まっていることも可能となっている。スポット照明で幽霊役に照明が当たっているため、必要な部分しか半透明な像として表示されず、また照明を絞ることで幽霊が空中に消えていく演出が行えるようになっている。この舞台の仕掛けは、1858年にヘンリー・ダークス（1806～1873）が発明し、公演を始めたが、ペッパーによる公演が有名になり”ペッパーズ・ゴースト”という名前が広まった。なお模倣者による公演を特許では排除できず、イギリス、フランスをはじめとしてヨーロッパ各地に多数の公演者が現れたと記録されている。

更に、1879年にはハーフミラーあるいは反射率を連続的に変化させた鏡を可動式にした別な形式の”ペッパーズ・ゴースト”（図8）がペッパーにより発明され、公演が行われた。この新方式では、舞台

は間口の狭い小さな部屋であるが、幽霊役の役者も同一の床面で演技するので劇場の改造が最小限となり、また効果的な演出が行い易いという利点があると思われる。



(a) 観客席から見た様子 (b) 仕掛けの断面図
 図7 大型ハーフミラーを用いるペッパーズ・ゴーストの舞台(1863)[9]



US Patent 221,605 “Apparatus for Producing Optical Illusions”, Patented Nov. 11, 1879

図8 スライド式ミラーを用いるペッパーズ・ゴースト舞台

●20世紀：

ハーフミラーを用いる舞台の仕掛けは、映画の上演が始まると下火になるが連綿と伝えられ、1969年、ディズニーランドに開設された“ホーンテッド・マンション”における巧みな使いこなしで、知名度が再び高まった。1982年からの“EPCOTセンター”のコンピュータ・ルームでは、空間を縦横に飛び回る小人の姿が注目されたが、1993年に名古屋の科学館に設置されたマジックビジョン（電通映画社の商品名）は、当時世界最大の仕掛けであった。（図9）

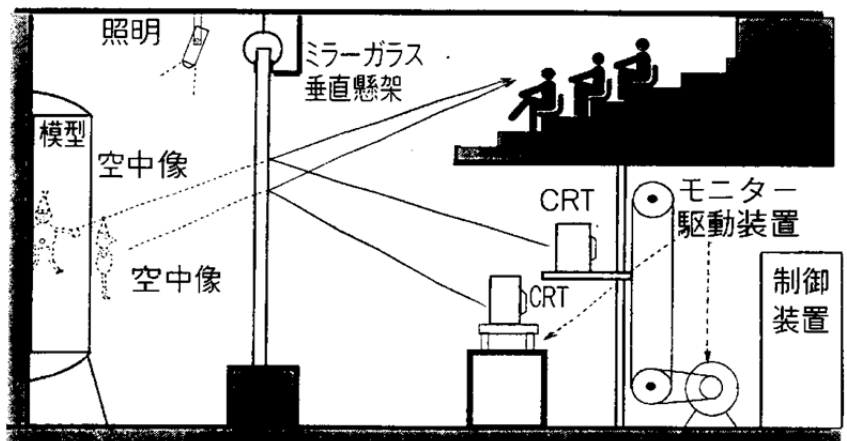


図9 CRTを移動するマジックビジョン [8] (杉浦)

●興味深い仕掛け

ペッパーズ・ゴーストのバリエーションの中には、興味深い興業の形態がある。図10は、遊園地などで行われたと思われる「人物が骸骨に代わる」見世物で、観客の一人が空の棺桶に入ると、その姿が骸骨に代わる。この変化は照明光源の光量を変えることで実現される。

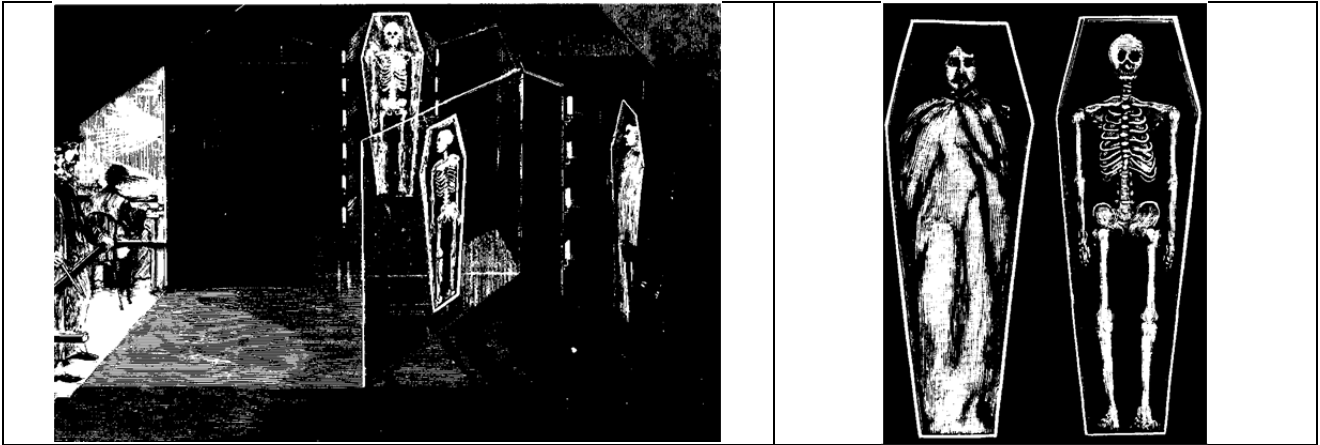


図10 人物が骸骨に代わる仕掛け [13]

●ペッパーズ・ゴーストの拡大

1990年頃からは、横浜博などの地方博覧会が頻繁に開催され、また各地の科学館・博物館に多数のペッパーズ・ゴーストが並ぶようになった。なかでも人気が高かったのが図11の“ディービジョン（商品名）”である。空中に浮かぶ像に前方の風景が重なるのは、演出として非常に優れていて、現代にも通じている。

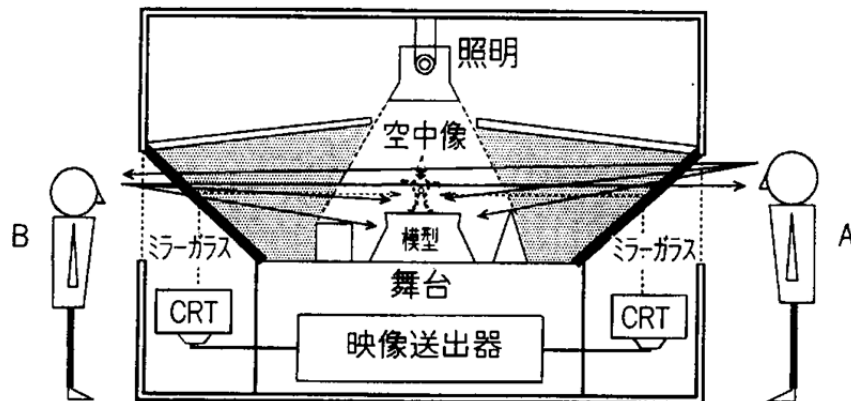


図11 “ディービジョン”の光学系[8] (1990)

1990年代の間に人気が落ち着いたペッパーズ・ゴーストであるが、2000年台から、ファッションショーのランウェイの左右にハーフミラーを配置、モデルの姿と3D映像を重ねるなどの演出が目立つようになってきた。一方、タブレットPCの画像表示をピラミッド形のハーフミラーで反射して上記の“ディービジョン”をコンパクト化したディスプレイも人気を高めている。

●特許から入手できる情報

現代では、動画共有サイト“YouTube”で魅力的な映像を検索して見るができることと、特許情報の検索が容易になったことで多様な情報が得られるようになった。CRTの時代とスマートフォンの画面利用の例を図12、図13に示す。

5. まとめとして

“ペッパーズ・ゴースト”について、最新の状況と、体的に見える手がかりと、一般の人の理解・知識との食い違い、ペッパーズ・ゴーストの歴史について報告した。現在はこの技術がいろいろな形で急速に社会に広まり、また入手できる情報が飛躍的に増大しているため、全体像が極めて把握しにくくなっている。

ディスプレイ装置を組み立て、公演する側と消費者あるいは報道の間で、大きな食い違いが存在することが懸念される。バランスの取れた情報・知識の普及を痛感している。

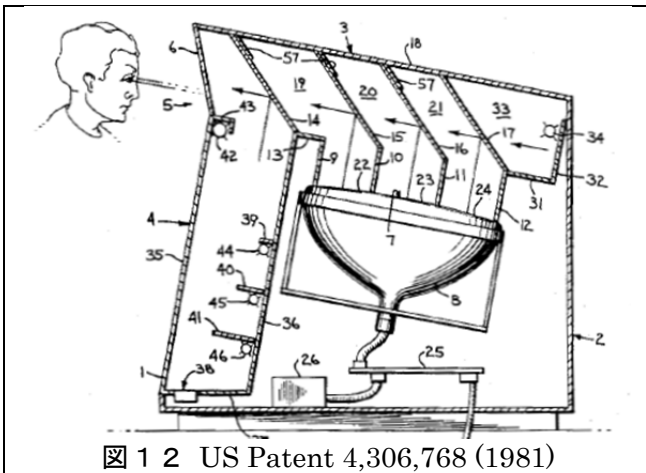


図 1 2 US Patent 4,306,768 (1981)

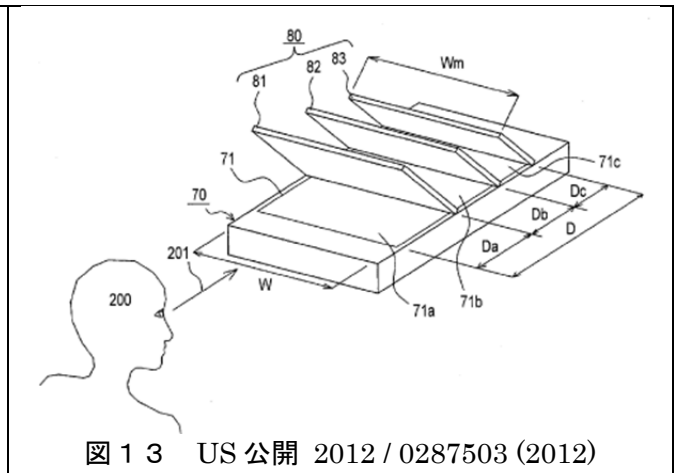


図 1 3 US 公開 2012 / 0287503 (2012)

参考文献

- [1] 鏡惟史:おぼけやしきの光学, O plus E, No.47(1983年10月), 123 - 125
- [2] 鏡惟史:マジックビジョン, O plus E, No.63(1985年2月), 93 - 95
- [3] 鏡惟史:シンデレラ体験はいかが?, O plus E, No.82 (1986年9月), 112 - 114
- [4] 鏡惟史:ハーフミラーの応用その後, O plus E, No.101(1988年4月), 128 - 130
- [5] 鏡惟史:街の中のホログラム(7)…名古屋, O plus E, No.119(1989年10月), 147 - 149
- [6] 鏡惟史:鏡の話題その2—ルイス・キャロルとディケンズ, O plus E, No.197 (1996年4月), 123 - 126
- [7] 鏡惟史:『鏡の問題』と3D映像, 3D映像, Vol. 11, No. 3(1997年9月), 4 - 14
- [8] 杉浦勉:疑似立体映像展示装置…マジックビジョンとデルビジョン, O plus E, No.168 (1993n年11月), 88 - 92
- [9] L. de Vries:“ヴィクトリアン・インベンション—19世紀の発明家たち”, 本田成親訳, シグマ(1977)
- [10] 畑田豊彦ほか:「視覚の科学」, 写真工業出版社 (1975) p.151 掲載の表より抜粋
- [11] 森谷正規:“遊ビジネスの時代先端技術と遊びの世界”, 朝日文庫, 朝日新聞社 (1994) 102
【原文は1984年発表】
- [12] バルトルシャイテス:“バルトルシャイテス著作集4『鏡—科学的伝説についての試論, 啓示・SF・まやかし』”, 谷川渥訳:国書刊行会 (1994, 原著は1978年刊行)
- [13] エリック・バーナウ:著, 山本浩:訳, “魔術師と映画”, ありな書房 (1987)