

磁性体とホログラム

～磁気光学空間光変調器～

国立大学法人豊橋技術科学大学

電気・電子情報工学系

准教授 高木宏幸

私は幼い頃からものづくりに興味があり、中学校を卒業後、専門知識を学ぶことができ、実験科目の多い苫小牧高専で1995年から2000年の5年間、電気電子に関する勉強を行つてきました。入学時は、卒業後は就職し企業でのものづくりを希望していましたが、高専5年生時に行った材料開発に関する卒業研究が楽しく、それまでの就職希望を一転、大学での研究を選びました。中でも高専用にカリキュラムが作られている豊橋技術科学大学に魅力を感じ、進学を決めました。

(1ページにつづく)

目 次

1. 卷頭言：磁性体とホログラム ～磁気光学空間光変調器～	高木宏幸 表紙
2. 羽倉氏の思い出	中嶋正之 2
3. 3D 映像の生体への影響～両眼視差と輻輳眼球運動	奥山文雄 6
4. Microsoft HoloLens と VR	林田奈美 11
5. ヘッドマウントディスプレイの光学系	桑山哲郎 15
6. ヘッドマウントディスプレイにおけるトラッキング技術	桑山哲郎 23
7. 高臨場感メディアサービスに向けたイマーシブテレプレゼンス技術 Kirari!と臨場感評価	高田英明 25
8. ホログラフィ映画の役割、映画の明日（非圧縮4k）	檜山茂雄 30
9. ホログラフィ・アートグランプリと作品制作	石井勢津子 33
10. Emmett N. Leith Medal の受賞	辻内順平 40
11. アメリカにおける3次元	山口 健 42
12. 写真・美術愛好家のためのホログラフィ基礎講座の報告	石川 淳 44
13. 次回研究会のお知らせ	巻末

4年生研究室配属では、井上光輝教授（現同大学理事・副学長）のもとで、世界で一番早く動作する固体空間光変調器の開発を目標に研究を進めることになりました。当時、高速に光を制御できる固体材料として注目した材料が磁性体でした。黒い塊のイメージしかなかつた磁性体から2次元のページデータ光が再生された時は、興奮で鳥肌がたつとともに、その喜びが忘れられず、現在に至るまで様々な磁気光学空間光変調器を研究に携わってきました。

学部から博士課程まで学んできた井上光輝教授の研究室に教員として配属される際に、2次元ページデータ光だけでなく、3次元像を再生することが夢に変わっていきました。当時、ホログラムに関しては全くの素人だったため、多くの文献を読んで勉強することで、ホログラム用ディスプレイに重要なのはピクセルの大きさであり、±15度の視野角の3次元像を得るには、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下のピクセルが求められていることがわかりました。ここで改めて注目した材料が磁性体でした。磁性体はもともとハードディスクや光磁気記録で知られるように高密度の磁気データを記録できる材料であり、ホログラムメディアとして適している材料になります。学生と議論しながら研究を進め、初めて磁性体から3次元の立体像が表示された時は、学生と一緒に大喜びしたのを覚えています。

今後も、学生にものづくりの楽しさや魅了を伝えながら研究を進めると共にホログラフィの発展に貢献できるようがんばりたいと考えています。皆様方のご指導・ご鞭撻賜りますようよろしくお願ひいたします。

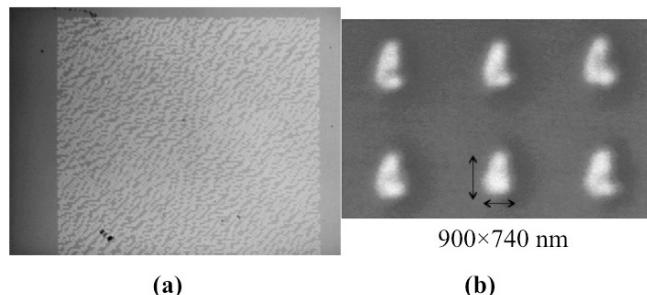


図1 磁性体に記録した磁気ピクセル像。(a)画素間隔が $1\text{ }\mu\text{m}$ で 256×256 画素の偏光分光顕微鏡像。(b) 3×2 画素、画素間隔 $2.5\text{ }\mu\text{m}$ の磁気力顕微鏡像。

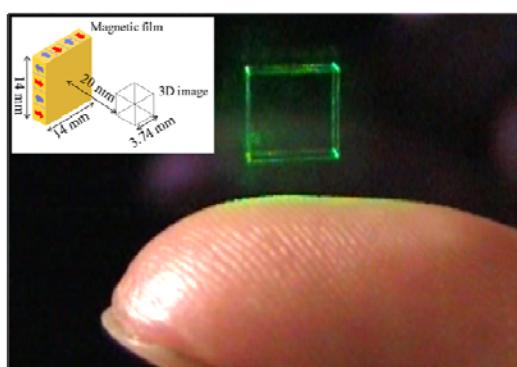


図2 磁性体から再生された立方体像

羽倉氏の思い出

中嶋 正之

所属：神奈川工科大学情報工学専攻客員教授

東京工業大学&ウプサラ大学名誉教授

1. はじめに

羽倉弘之さんの逝去を悼んで、その思い出を述べさせて頂く機会を頂きまして、僭越ながら、友人、研究仲間、そして東工大社会人博士課程の指導教官として、その思い出を述べることにした。

2. 東工大社会人博士課程在学中の 中嶋研究室での思い出

羽倉さんとの最大の思いでは、2003年4月から2006年3月まで、中嶋研究室において社会人博士課程の学生として在学した3年間の出来事である。研究内容は図1に全国大会への投稿論文を掲載するが、「3次元映像観察における眼精疲労」に関する研究であった。詳しい内容は、文献1を参照して欲しい。この研究を、さらに進展させ、IS&T/SPIE 18th Annual Symposium, Electronic Imaging SPIE に論文タイトル「Study of asthenopia caused by the viewing of stereoscopic images」としてプレゼンを行った。この論文は、現在、図2に示すようにSPIE Digital Libraryにからダウンロードできる。そしてありがたいことに、検索したところ、多くの3次元映像の疲

労に関する研究論文に引用されている。しかし本論文は、しかし研究は話題のテーマであったが、当時としては、先端過ぎてまとめあげるには困難を極め最終的には博士の取得までにはいたらなかった。博士取得までいたらず本当に残念であったと本人も思っているに相違ない。しかし研究成果はさることながら、羽倉さんが在学当時の中嶋研には角文雄先生（元埼玉工業大学教授）、斎藤豪先生（東工大准教授）、高橋裕樹先生（電通大准教授）、橋本直己先生（電通大准教授）、野地朱真先生（尚美学園准教授）、張英夏先生（東京都市大学准教授）らが在籍しており、大変アクティブな時代であり苦しくも楽しい大学生活を共に送れたのではないかと信じている。そして特に深い思い出というか感謝したいことは、2004年にロサンゼルスにおいてSIGGRAPHが開催された際であるが、開催期間中に偶然、中嶋の誕生日があった。その際にホテルにおいて、同行していた中嶋研の仲間にサプライズパーティを開催してもらったことである。これは全て羽倉さんの発案かつ推進のリーダーであったと聞き、中嶋誕生日を忘れず、海外においてこのような企画をして頂いたことは中嶋にとって忘れることができない思

い出となっている。

2. 著書：ステレオグラフィックス&ホログラフィ執筆の思い出

羽倉さんは、歩ライド在籍時代の多分1980年頃から、安居院研究室に頻繁に訪問していた。というのも像情報工学研究施設において、ホログラフィのエキスパートである辻内研究室とは、隣あわせともいえるポジションにあり、辻内研訪問の際に安居院研にも寄り道(?)をしていたとも思える。そして我々の研究室は、3次元CGを専門としていたので、3次元映像生成とその表示は、一体との関係にあり、その話題での懇談が頻繁に行われていた。そして、一緒に3次元関連の本を執筆することになり、その結果誕生したのが、図3に示す著書：ステレオグラフィックス&ホログラフィである。本書は、1985年に開催された科学万博において3次元映像が話題となっていたので、その紹介も兼ねていた。また本書は表紙に、石井勢津子さんのホログラムを飾ってくれたことも特筆すべきことであった。おかげ様で、本書の共同執筆以来、安居院・中嶋研究室においてもホログラフィなどの3次元画像が研究テーマとなった次第であり、石井勢津子さんを博士課程の学生としてきてもらえるきっかけとなったのではないかとも思える。

3. その他もうろの思い出。

羽倉さんとは、上記以外にも多くの思い出がある。例えば、ポラロイド退社後に、JCGLに勤務し、3次元アニメーションの仕事に従事する際に、関わったのが中嶋であったこと、また残念ながら会えなかった

が昨年に長野市の実家に訪問を試みたなど、多々あるが当日紹介したい。最後に、羽倉さんのご冥福を心よりお祈りしたい。長年、3次元の研究に従事されご苦労さまでした。

The screenshot shows the SPIE Digital Library homepage with a search bar and navigation links for HOME, PROCEEDINGS, JOURNALS, etc. Below the navigation is a breadcrumb trail: Proceedings Home > Browse Proceedings > by Conference > By Year > by Volume No. > b. The main content area displays a research article titled "Study of asthenopia caused by the viewing of stereoscopic images: measurement by MEG and other devices" by Hiroyuki Hagura and Masayuki Nakajima. The article is from the proceedings of SPIE 6057, Human Vision and Electronic Imaging XI, held in San Jose, CA, January 15, 2006. The abstract discusses the use of MEG and other devices to measure asthenopia caused by viewing stereoscopic images. The text size is set to A A A.

図2 SPIE掲載論文

A-14-5

2004年 電子情報通信学会総合大会

三次元映像観察による眼精疲労の基礎研究

THE FIRST STUDY OF ASTHENOPIA AFTER WATCHING STEREOSCOPIC IMAGES

羽倉弘之¹ 油井慶康¹ 中嶋正之¹ 大脇崇史² 武田常広²Hiroyuki Hagura¹ Yoshiyasu Yui¹ Masayuki Nakajima¹Takashi Owaki² Tsunehiro Takeda²東京工業大学 大学院 情報理工学研究科 計算工学専攻¹Graduate School of Information Science & Engineering, Tokyo Institute of Technology¹東京大学 大学院 新領域創成科学研究科 複雑理工学専攻²Dept. of Complexity Science and Engineering, Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo³

1.はじめに

今までに、様々な三次元映像表示方式が開発されてきた。特に最近では、メガネを使う煩わしさのない裸眼立体視の可能な表示装置が広く利用されるようになってきた。

しかし、裸眼立体視表示装置を用いても、長時間の観察による眼等に疲労を感じる人は少なくない。眼精疲労に関する研究は既に、様々な装置を利用して、検証実験が行われているが、決定的なものはまだない[1][3]。一般的に三次元映像を観察して眼精疲労が生じるのは、通常の観察と比べ、三次元映像を立体視するために眼の調節と輻輳の位置の差異により、不自然な見方をする必要があり、それに慣れていない人が疲労を感じることが多い。しかしながら、今まで行われて来た研究は、被験者の主観的、定性的な分析研究が主で、厳密な意味での定量的な分析はなされてこなかった。

そこで、本研究では実質的な眼精疲労が、眼および脳内において、如何に生じているかを検証するために、新たに開発された高性能の MEG(脳磁測定装置)を使用して、三次元映像を観察したときの脳内の反応を調べる予備実験を行う。

三次元映像観察によりある程度眼精疲労が生じるのは避けがたいと考えるが、それを軽減するための映像制作に対するある種の指針を示すことができれば有用である。本研究の最終目標は、その基礎となる他覚的な測定結果を得ることにより、そのガイドラインを提案することにある。

2. 眼精疲労の測定

一般に、眼精疲労判定の視機能検査には、視力、視野、近点距離、焦点調節、角膜知覚、フリッカ値等様々な値を求める方法があるが、その中で比較的良好に使用される検査手法は、フリッカ値による測定である。フリッカ値の低下が、眼精疲労の状況を示す指標になると考えられている。本研究では、MEG を使用すると同時にフリッカ値を三次元映像の観察前後に測定し、その眼精疲労の度合いを検証する。

3. フリッカ値測定と測定結果

フリッカ光の臨界融合頻度(CFF 値)を測定して、その値の

4. EEG (Electroencephalography) と

MEG (Magnetoecephalography)[4]

最近、CT(Computer Tomography)やMRI(Magnetic Resonance Imaging)の目覚しい発展に伴って、脳の形態的な情報を詳細に得ることができるようになり、また、fMRI や PET(Positron Emission Tomography)等により、脳の機能的な変化に関しても把握できるようになってきた。一方、脳波(EEG)や脳磁場(MEG)の計測による大脳の動的な測定が行われ、脳機能を別の側面から観察することができる。

5. MEG での手順と計測

実験の手順として、まず、MRI で、被験者の脳の詳細な形態情報を得る。次に MEG の計測データからある程度特定された、眼精疲労に関連する考えられる部位を確認し、MRI の三次元形態画像に同一被験者の MEG(下図左および中央)より得られた画像を重ね合わせることを試みる。(下図右: 模式図)



6. 実験結果

現在、その計測を進めている段階で、解析までには至っていないが、被験者に提示する画像および提示方法の工夫、反応測定法などの開発を行っている。

7. おわりに

フリッカ値によれば、三次元映像を観察後の眼精疲労はある程度確認できるが、脳内において疲労によりどのような変化が起きているかは、全く知見がない。まして眼精疲労に関連する脳内の部位を特定する研究は、今まで全く行われてこなかった。よって、三次元映像の観察による眼精疲労を MEG で他覚的計測を行うのは初の試みとなる。

図1 2004年の電子情報通信学会総合全国大会への投稿論文のコピー

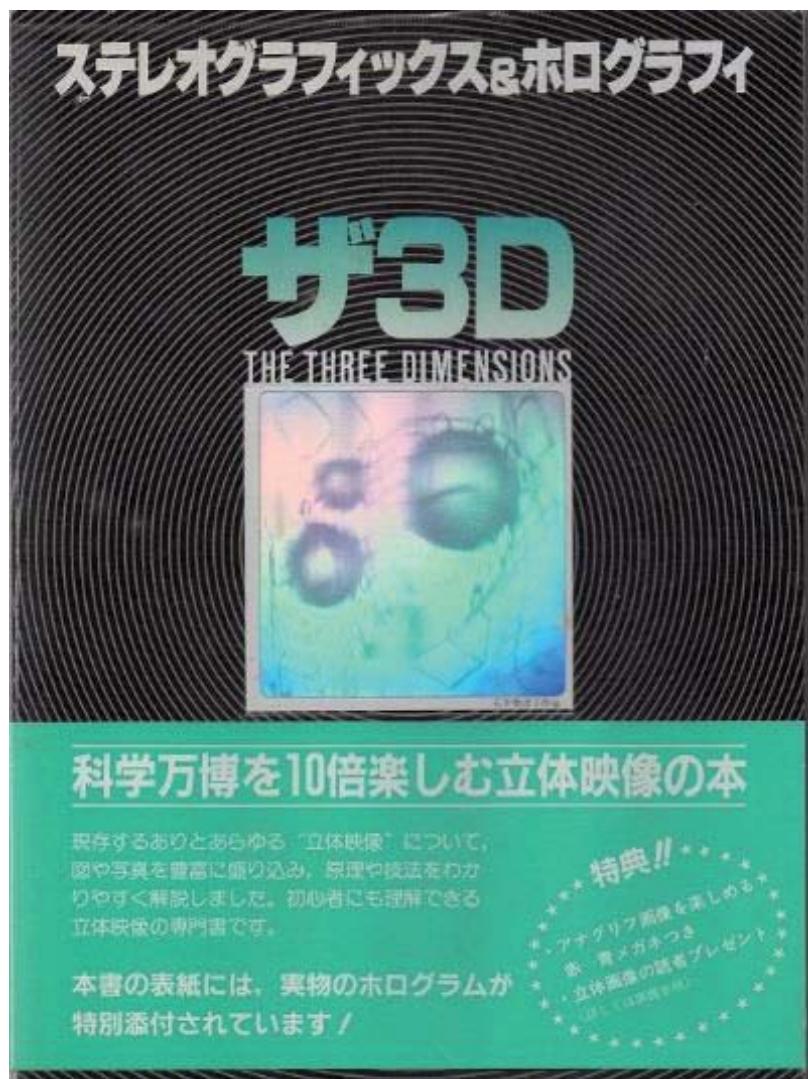


図3 著書：ステレオグラフィックス&ホログラフィの表紙

3D映像の生体への影響 ～両眼視差と輻湊眼球運動～

奥山文雄 鈴鹿医療科学大学

2017-3-28 10:50~11:10

第119回3Dフォーラム研究会

1

はじめに

人間の両眼視機能を利用して立体感を得る2眼式3D映像または多眼式3D映像は、調節刺激となる画面までの距離と輻湊点までの距離が一致しないため、調節と輻湊の矛盾が眼精疲労を生じると言う仮説が一般的である。

実物体の場合は、物体までの距離と輻湊距離が一致するため、正常眼では矛盾はないと考えられている。また、ホログラムのように、波面から3D映像を再構成する方法ではこの矛盾はないと考えられる。

そこで、3Dガイドラインでは3D映像コンテンツでは、視差角が1度以内が推薦され、視差量の分析も行われている。しかし、視差刺激(視差量)と輻湊の分析は少ない。本文では、市販の3D映像を視聴した際の輻湊を測定・分析してみた。

2017-3-28 10:50~11:10

第119回3Dフォーラム研究会

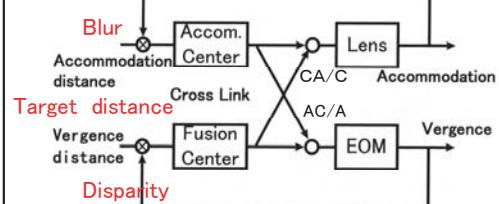
2

2眼式立体ディスプレイの調節・輻湊刺激

2017-3-28 10:50~11:10

第119回3Dフォーラム研究会

3



調節と輻湊のリンク

2017-3-28 10:50~11:10

第119回3Dフォーラム研究会

4

立体映像視標による調節と輻湊運動



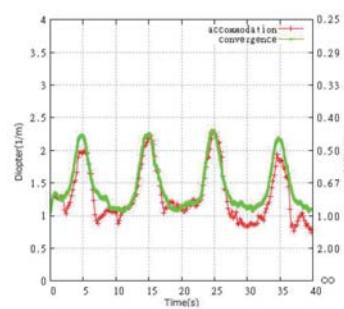
視標は10秒間で前後往復

堀 弘樹ら 2010年 9月

2017-3-28 10:50~11:10

第119回3Dフォーラム研究会

5



(堀 弘樹ら 2010年)

2017-3-28 10:50~11:10

第119回3Dフォーラム研究会

6

輻湊の精密測定方法

原理: 前眼部を赤外線LEDで照射し、両眼の瞳孔を赤外線カメラで撮影して瞳孔径と瞳孔中心位置を画像処理で求める。

光源: 近赤外LED 850nm

方法: 瞳孔一角膜反射法

瞳孔中心の追跡

解像度: 水平300TV

サンプリング周波数: 30Hz

測定項目:

瞳孔の中心位置 両眼

瞳孔径 両眼

2017-3-28 10:50~11:10

第119回3Dフォーラム研究会

7

輻湊の精密測定方法

光学的な測定精度の求め方

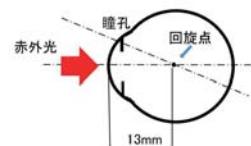
大人の標準眼 眼軸長 24mm

回旋点 角膜後面から約13mm

カメラの解像度から

$10\text{mm}/238\text{画素} = 0.0420168\text{mm}$

$$\Delta \theta = \tan^{-1}(0.042/13) = 0.1851\text{度}$$



2017-3-28 10:50~11:10

第119回3Dフォーラム研究会

8

両眼の水平眼球運動測定装置

製品名 立体視度計測システム ET-3D10
(株)ニューオプト

計測項目

瞳孔径、瞳孔位置、まばたき

瞳孔間距離

輻湊角

視差角

注視点位置

その他

サンプリング 30Hz

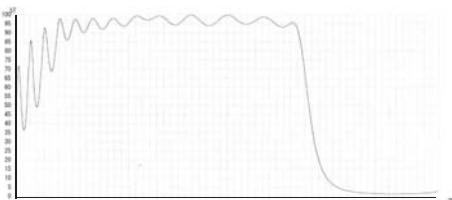
外部トリガー

2017-3-28 10:50~11:10

第119回3Dフォーラム研究会

9

眼前ダイクロイックミラーの透過特性

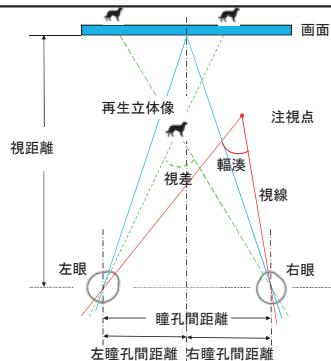


比視感度曲線との比較 : 色覚への影響

2017-3-28 10:50~11:10

第119回3Dフォーラム研究会

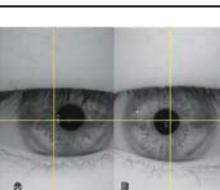
10



2017-3-28 10:50~11:10

第119回3Dフォーラム研究会

11



瞳孔部分を画像処理で2値化する

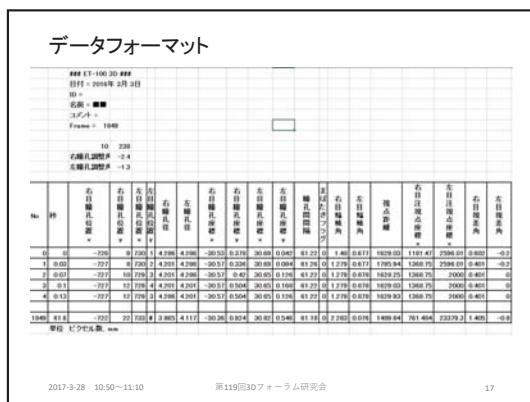
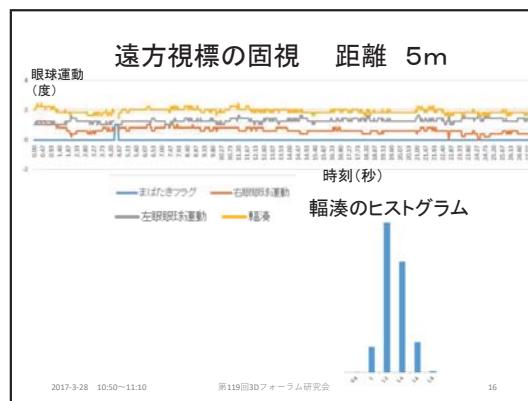
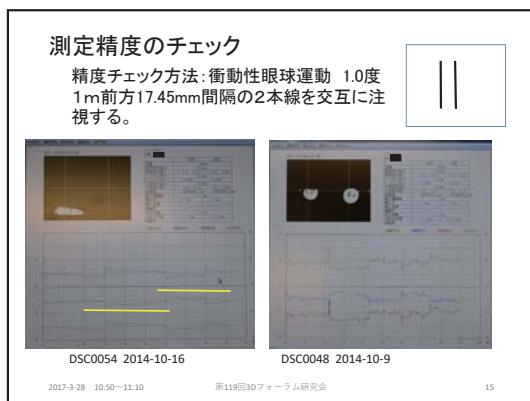
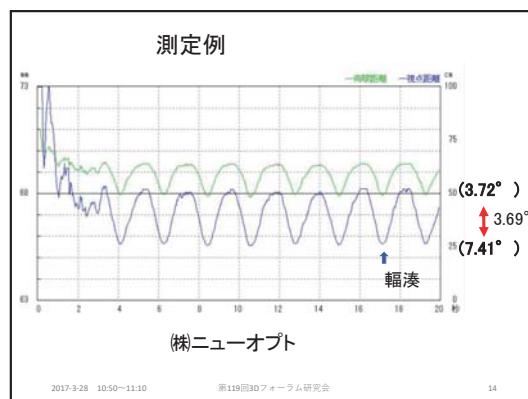
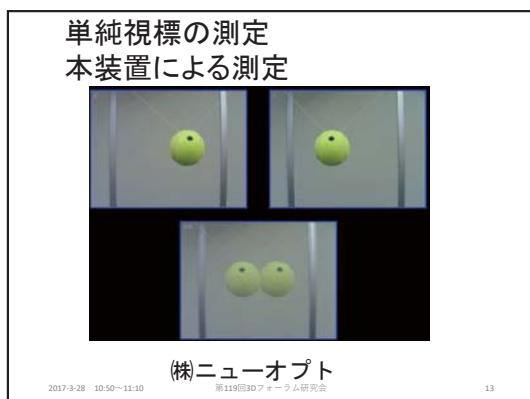
前眼部の撮影

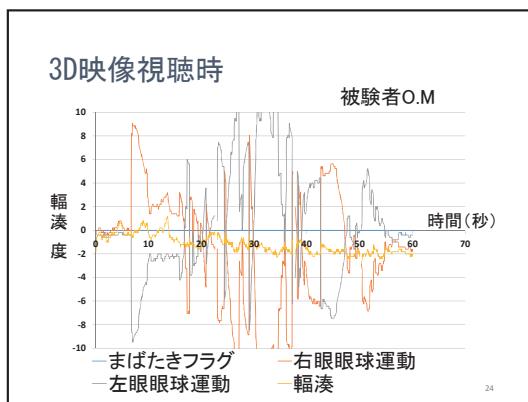
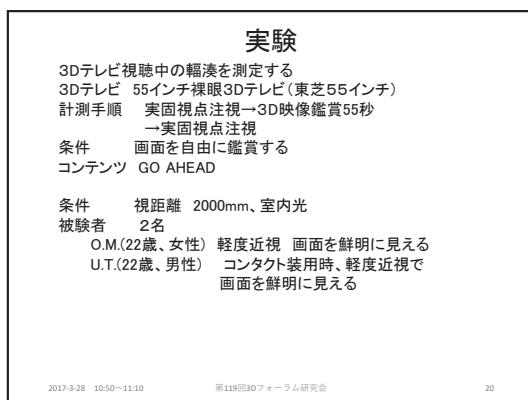
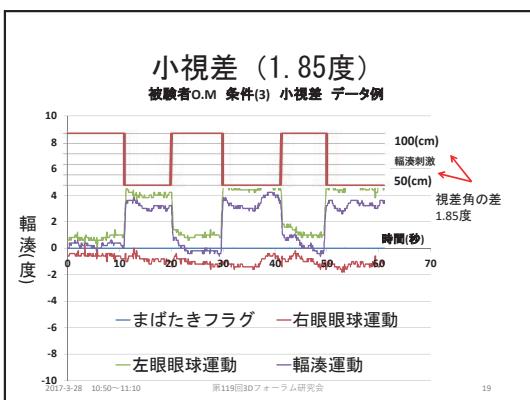
特徴
木製フレームで頭部に確実に固定

2017-3-28 10:50~11:10

第119回3Dフォーラム研究会

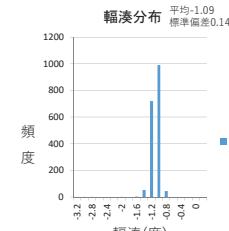
12



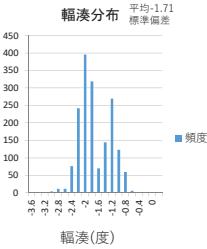


輻湊ヒストグラム -固視と自由視の比較-

被験者U.T 一点固視



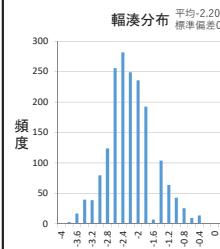
被験者U.T 3D自由視



25

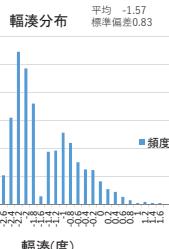
輻湊ヒストグラム -2D映像と3D映像の比較-

被験者O.M 2D映像

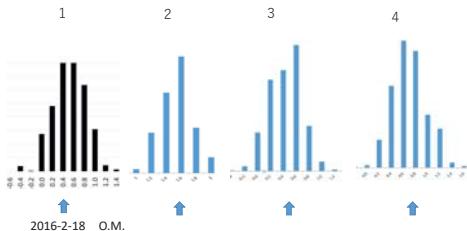


26

被験者O.M 3D映像



輻湊の変動



まとめ

- 裸眼式3Dテレビを視聴している際に、小さな輻湊眼球運動を安定して測定することができた。
- 輻湊の角度分布は同じ視聴条件でも異なり、最大頻度位置は画面位置と比較すると揺らいでいるような傾向があった。
- 約50秒間の視聴の前後で、固視点を注視した時の輻湊は変わらず、安定した輻湊運動が見られた。

今後の改善点

- 2D映像との比較
- 3D映像の視差刺激との輻湊の対応関係
- 屈折との関連性

本研究は、科学的研究費基盤研究(c)26420399の補助で行われた。

2017-3-28 10:50~11:10

第119回3Dフォーラム研究会

28

文献

- 堀 弘樹 他9名, 宮尾 克, “立体映像注視における調節と輻輳の同時計測”, 第15回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 2010年9月
- 奥山文雄, 野崎亜弥, 坂本雄児 : “3D映像を視聴時の眼の輻湊運動”, 映像情報メディア学会 2016年次大会, 津, 2016
- 3DC安全ガイドライン (2010年4月20日 3Dコンソーシアム)
- 中村芳知 他4名 : “3Dコンテンツの視差量の分析”, 映像情報メディア学会誌, 67, 11, pp. J400-J406 (2013)

2017-3-28 10:50~11:10

第119回3Dフォーラム研究会

29

raytrek

Microsoft HoloLensと「MR」

株式会社サードウェーブデジノス 林田奈美

Diginnos

Copyright © Thirdwave Diginnos Co., Ltd. All rights reserved.

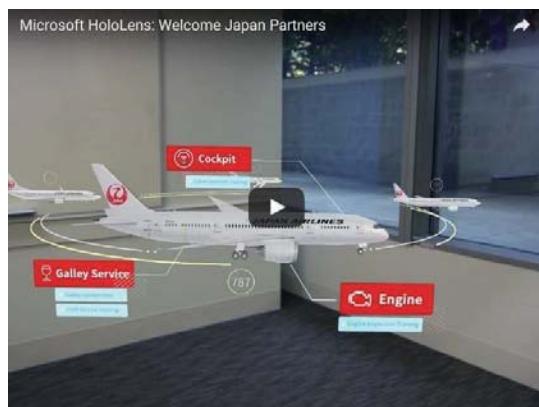
1

Microsoft HoloLensと「MR」

raytrek

動画のご紹介

URL: <https://youtu.be/KXkmyholcGQ>



Diginnos

Copyright © Thirdwave Diginnos Co., Ltd. All rights reserved.

2

Microsoft HoloLensと「MR」

raytrek

Microsoft HoloLensとは

「Microsoft Holographic」と呼ばれる
ホログラフィック技術を採用した
初の自己完結型
ホログラフィックコンピューター

Mixed Realityプラットフォーム用デバイス
(と、彼らは呼んでいる)



Diginnos

Copyright © Thirdwave Diginnos Co., Ltd. All rights reserved.

3

Microsoft HoloLensと「MR」

raytrek

Mixed Realityって何

VR（仮想現実）→ HMDで現実の視覚を隠蔽し、CG・実写
パノラマ映像などに置き換えることによって、ユーザーを別の
次元に配置するもの

AR（拡張現実）→現実の視覚情報に、GPS位置情報やマーカー
などでトリガされるデジタルコンテンツを重ね合わせたもの

MR（複合現実）→センサーによって現実の空間を把握し、
それを元にデジタルコンテンツを透過型ディスプレイ上に表示
することによって、デジタルコンテンツが現実世界に組み
込まれたような体感をもたらすもの
(Microsoftさんの見解です)



VRの例



ARの例（セカイカメラ）



MRの例（HoloLens）

Mixed Realityとは、既成技術によって実現していたこれまでのArgumented RealityをあえてARと再定義し、HoloLensによって実現されるArgumented Realityを「Mixed Reality」と新たに定義した、Microsoftのマーケティング戦略と言える。

Diginnos

Copyright © Thirdwave Diginnos Co., Ltd. All rights reserved.

4

Microsoft HoloLensと「MR」

raytrek

HoloLens スペック（本体）

項目	スペック
スピーカー	ビルトイン・スピーカー
無線LAN	Wi-Fi 802.11ac
Bluetooth	Bluetooth 4.0 LE
CPU	Intel 32 bit architecture
GPU	Custom built Microsoft Holographic Processing Unit (HPU 1.0)
メモリ	64GB Flash／2GB RAM
OS	Windows 10
バッテリー	2～3時間連続稼働 最大待機時間2週間 充電しながらの動作も可能 放熱ファンなし
電源	2.5A／5.2V
重量	579 g



ご覧のようにPCとしてのスペックは必ずしも高いわけではない。（1万円強で購入できる市販のスティックPCとほとんど変わらない）

出典：<http://www.buildinsider.net/small/hololens/001>

Diginnos

Copyright © Thirdwave Diginnos Co., Ltd. All rights reserved.

5

Microsoft HoloLensと「MR」

raytrek

HoloLens スペック（光学系）

項目	スペック
アスペクト比	16 : 9
解像度	1280×720
フレームレート	60fps (デバイスポートルートでキャプチャ時は30fps)
ホログラフ配置可能距離	0.5～5m
ホログラム配置最適距離	1.25～5m／映画などは2mが最適距離



全体を覆う1枚のホログラフィックレンズの中に2枚の透過型ディスプレイが配置されている
出典：<http://www.buildinsider.net/small/hololens/001>

Diginnos

Copyright © Thirdwave Diginnos Co., Ltd. All rights reserved.

6

Microsoft HoloLensと「MR」

raytrek

HoloLens スペック (センサ系)

項目	スペック（個数）
慣性計測ユニット (IMU)	1個（加速度、ジャイロ、方位を測定）
環境認識カメラ	4個
depthセンサー	1個（ジェスチャー用）
RGBカメラ	2MP×1個
複合現実感キャップチャ	1個
マイク	4個（左右2個ずつ）
周辺光センサー	1個



これらのセンサによって視線トラッキングやジェスチャ入力、空間音響の作成などを実現している
出典：<http://www.buildinsider.net/small/hololens/001>

ヘッドマウントディスプレイ(HMD)の光学系－技術史研究家の視点から(補足資料 1)

【2017年3月28日 第119回3Dフォーラム研究会 補足資料-1】

桑山哲郎 Tetsuro KUWAYAMA

個人 / 3D フォーラム

E-mail: tkuwa@g.catv-yokohama.ne.jp

1 はじめに

ヘッドマウントディスプレイ (HMD, Head-Mounted Display) に対する注目は近年ますます高まっている。業務への利用という点では、 “いよいよ実現化する「スマートグラス」。ヘッドマウントディスプレイとの違いは?”¹⁾ とする解説が Web で公開され、また 9月 26 日に更新された “[主要 20 機種] VR ヘッドマウントディスプレイ (HMD)。HTC Vive Pre, Oculus Rift VR, PlayStation VR など”²⁾ の報告と、2016 年 5 月付の “[主要 30 機種] AR (仮想現実) ヘッドマウントディスプレイ (HMD)。Microsoft HoloLens, Magic Leap, SONY SmartEyeglass など。”³⁾ を読むことができる。また多くの報告・講演が行われているが、至近では 2016 年 10 月 21 日、日本光学会 光設計研究グループが「バーチャルリアリティとウェアラブル」をテーマにした研究会⁴⁾を開催している。

HMD に対しては「スマートフォンの次の発展形態」あるいは「眼鏡のインテリジェント化、高付加価値化」という見方からも広く注目が集まっていることと思われる。通常のディスプレイは、装置に視線を向けなければならぬのに、HMD ではいつでも目前に表示が行われる。また眼鏡や帽子に装着することで、日常行動の中でいつも利用できる特徴がある。小型軽量で遠方に大画面を表示できることでホームシアターの観賞用に注目されたこともあり、また利用者の姿勢や頭の位置をリアルタイムにディスプレイ内容に反映することができるため、VR, AR, MR（後述）での利用が盛んになった。

一方、技術史研究者の視点⁵⁾からは、「19世紀以来の光学技術の伝承」と、「注目の高まりと低下を繰り返してきた特殊な眼鏡を取り巻く環境変化」を指摘したい。日々状況が変化していく分野のため正しく全体像を把握し、将来を予測することは困難であるが、可能な限り全体像を展望したい。

HMD については、元の情報が大量であることから、解説する文献も多すぎ代表的な文献を

取り上げるのが困難であるが、学術雑誌の特集号⁶⁾と最近の総合報告⁷⁾をあげる。なお歴史的な経緯について英文でまとめた資料は Wikipedia “Optical head-mounted display”⁸⁾ が詳しく、また古くからの光学系と対比させた技術史解説⁹⁾もある。

2 HMD の用語、分類と用途

2.1 HMD の用語

HMD は新しい技術分野ではあるが、用語の定義や分類については比較的揃っている。一般的な用語の定義を以下に示す。

HMD ヘッドマウントディスプレイ 頭部に装着するディスプレイの総称。ディスプレイ部があるスマートグラスを含めることが多いが、はつきりと区別する人も居る。

HUD ヘルメットマウントディスプレイ (Helmet- Mounted Display) ヘリコプターの操縦士が使用するヘルメット装着するディスプレイとは表記が同じで注意を要する。

HUD ヘッドアップディスプレイ (Head-Up Display) 航空機や自動車などで、操縦者の前方視野に重ねて表示を行う装置。HMD と共に通する技術的が多い。

スマートグラス (Smart Glasses) 眼鏡と同様に頭部に装着して使用するウェアラブルデバイス。「スマート」は賢いあるいは知能を持ったという意味で、眼鏡の側からは、知能化・高付加価値化面での拡張と/orすることができる。

VR (Virtual Reality) 仮想現実、人工現実感 現実ではないが同等な環境を作り出す技術。HMD では没入感の強い密閉型のディスプレイに対して用いられることが多い。

AR (Augmented Reality) 拡張現実 人が知覚する現実環境をコンピュータにより拡張する技術で、HMD では前方の事物や風景に重ねて関連した意味のある情報の表示を行う。

MR (Mixed Reality) 複合現実 現実空間と仮想空間を混合して、現実の物体と仮想物体がリアルタイムで影響しあう新たな空間を構築

する技術。

2.2 HMD の分類

HMD を論ずる際に,ハードウェア構成や利用目的において大きく異なる機器が併存しているので分類を明確にすることが重要である。表 1, 表 2, 表 3 に分類を示す。

表 1 HMD の形状による分類

眼鏡型	眼鏡のレンズ面,眼球とレンズの間,あるいはレンズ面の外にディスプレイを配置する。
帽子型	帽子のツバからディスプレイ部が下がっている。ヘッドフォン付もあり,ヘルメットマウントディスプレイと呼ばれることがある。
(部分視野型)	非透過型の小型のディスプレイを頭部に装着する。

表 2 HMD のディスプレイ方式による分類

密閉型	完全に視野を覆うディスプレイで,外界が見えない。
ビデオシースルーワーク方式	装着したビデオカメラにより取り込まれた外界の様子に,コンピュータによる仮想物体が重なって表示される。
光学シースルーワーク方式	ハーフミラーなどを用い,外界に表示内容を重ねる。多種多様な光学技術が用いられ,また外光の光量を調節して表示を見易くする機器もある。

表 3 HMD の投影方式による分類

拡大遠方表示	小型のディスプレイを接眼レンズ遠方に拡大して表示する。
網膜走査型	レーザービームなど細い光線を 2 次元走査して網膜像に表示を行う。ヒトの瞳面の一部分を利用するためピント外れが無く視覚補助器具に向いている。

2.3 HMD の用途

HMD の用途は多様であり,いろいろな応用分野の境界は明確ではないが, 短くまとめると以下となる。

軍事・操縦 戦闘機やヘリコプターの操縦に使用され,歩兵の使用も考えられている。救助活動, 探検での民間利用も提案されている。撮影者から離れた場所でのビデオ撮影やドローンの操縦にも使用されている。

商品設計 自動車に始まり,多くの商品の外

形と外観を複数人で検討する用途に使用。

AV 機器 個人が大画面での映画鑑賞を行う。この用途の商品は 1996 年頃多くのメーカーから発売されたが,姿勢を変えても画像がいつも正面に表示される点で使用者にとって不快感があったが,ゲーム機ではこの点が改善されている。

コンピュータゲーム 密閉型のディスプレイを用い,広い表示視野,利用者が姿勢を変えると追従して表示内容を変えることで愛好者の支持が強い。

機器操作・組立シミュレーション 大規模な装置では設計段階での組立調整工程,サービスの訓練に HMD が利用されている。建築や家具などの設計と購入者へのプレゼンテーション芋利用されている。医用・手術 手術支援,手術ロボットの操作,医学教育,患者や家族への説明などに利用されている。

3 HMD の基本的な光学系と古くからの光学系との対比

3.1 仮想物体の表示と実物との重畳

光学技術を用いた「からくり」を用いて現実には存在しない光景を表示する技術は, 大変長い歴史を持っている。紀元前 2 世紀のヘロン(ギリシャ時代, 当時の活動の中心地はアレクサンドリア)は, 複数の平面鏡を組み合わせて用いることで, 空中に浮かぶ人物を観客に見せたと伝えられている。

一方, 実世界にコンピュータグラフィック(CG)による仮想物体を重ねる VR, AR の研究は, 1968 年 Sutherland から発表された¹⁰⁾。坂根巖夫氏は研究室を訪問, 「電子式起こし絵」として 1969 年朝日新聞紙面の連載記事中で伝え, 連載を単行本化した「美の座標」¹¹⁾が 1973 年刊行されると, 本の外箱に HMD を装着した人物の写真を掲載(写真 1)した。その後 HMD の研究は続けられたあまり注目されることが無く, ようやく 1990 年代になり多くの研究者が手掛けるようになった。

執筆時点(2016 年 10 月)でメディアへの登場が多い HMD は, 密閉型のビューアを用いた VR(バーチャルリアリティ)ゲームである。左右の目に別々な像を表示し, 両眼視差を用いて奥行きを持った像を表示する装置は, 立体鏡あるいはステレオビューアと呼ばれ, 1838 年に論文発表されているが, 一般消費者に向けて大量生

産・販売されるようになるのは、1849年発明の
画像が左右に並んだ立体鏡からである。



写真1 「美の座標」¹¹⁾ の外箱

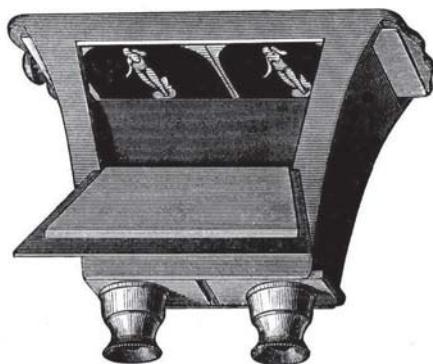


図1 立体鏡(ステレオスコープ, 1849年発明)

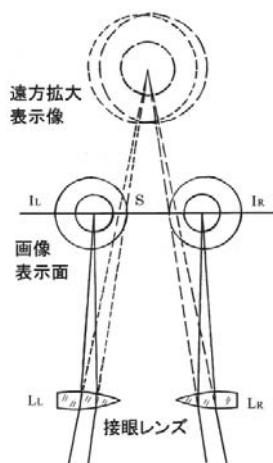


図 2 立体鏡による表示

図1は当時の製品の外観、図2はその光学原理の模式図⁵⁾である。図2で左右それぞれの画像は接眼レンズの働きにより遠方に拡大表示され、同時に、レンズ光軸と像間隔を適切に調節することで輻輳角を小さくして遠方を見るのと相似な状態が作り出される。現在多くのビューアでは、スマートフォンの表示画面を2分割して用いているが、これはダゲレオタイプ(銀板写真)あるいは湿板写真を用い商品化された時代と光学原理は全く同一である。

3. 2 瞳分割による像の合成

結像光学系において、像を合成する技術の一つに瞳（ひとみ）分割がある。図3は、19世紀の初頭、「カメラ・ルシダ」（明るい場所で使用する写生器具）として使用された光学系である⁹⁾。遠方の物体からの光は、プリズムの内部で2回全反射し、使用者の瞳の上半に入射して網膜に達する。一方紙の上に描かれているスケッチからの光は、瞳の下半分に入射し、網膜上では2つの像が重なって見える。図4は、カメラ・ルシダを使用している状態である。

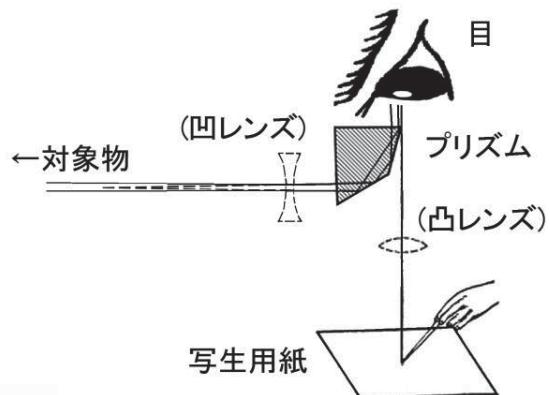


図 3 カメラ・ルシダの光学系

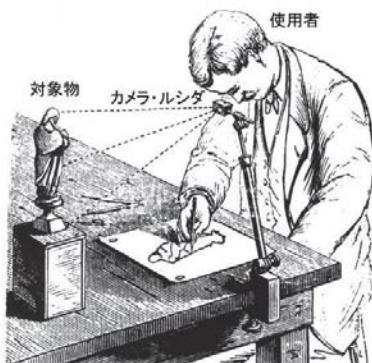


図 4 カメラ・ルシダの使用状態

現在の HMD の一部の機種では、使用者の角膜の直前に光路を折り曲げるプリズムを配置し、前方視野の一部だけを覆う小型の表示装置を実現している。図 5 はその例¹²⁾である。

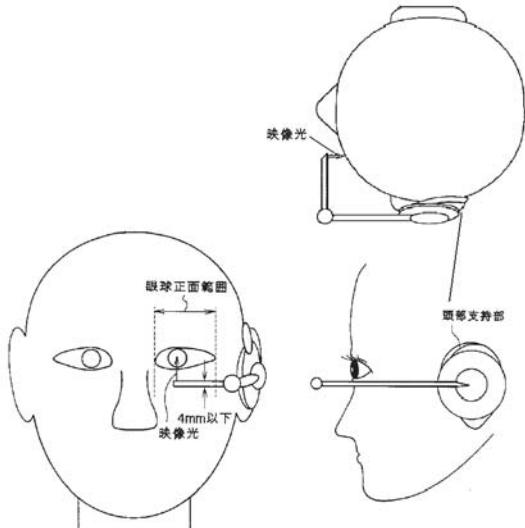


図 5 瞳分割方式の HMD¹²⁾

3.3 ハーフミラーによる像の合成

目の前に置かれた実物に、仮想的な像を重ねる欲求は古くからあるが、興行・ビジネスとして著名なのが、「ペッパーズ・ゴースト」である。図 6 は、1863 年からイギリスで始まった「幽霊舞台」の様子¹³⁾である。舞台の上の役者が剣を振り回しても、半透明の幽霊の体を通り抜けるだけである。図 7 は、その光学系のしかけを説明した図¹³⁾である。

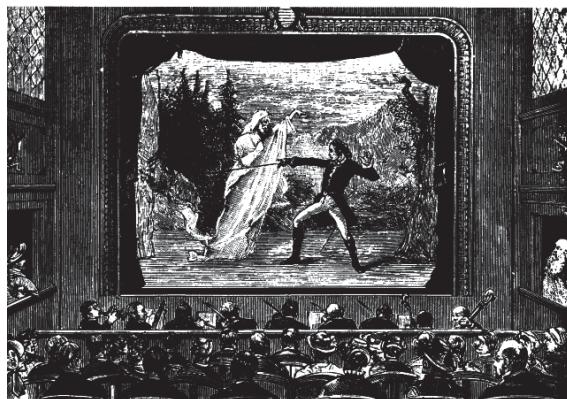


図 6 ペッパーズ・ゴースト
(ハーフミラー合成の舞台、1863 年)



図 7 ペッパーズ・ゴーストの仕掛け

HMDにおいては、使用者の前方の物体あるいは光景と表示を重ねるためにハーフミラーは多く用いられている。図 8¹⁴⁾で、表示器からの光束は凸レンズを通った後、ハーフミラーを透過し、凹面鏡で反射されて再度ハーフミラーに入射し、反射された光束は使用者の目に入射する。この光学系では、表示に用いる光束がハーフミラーによる透過と反射を経ることから利用できる光量が 1/4 以下となる欠点があるが、光軸上に配置された凹面鏡の働きで、高解像力の拡大遠方表示が達成される。また光学系を折り曲げていることで、小型軽量の表示光学系を実現している。

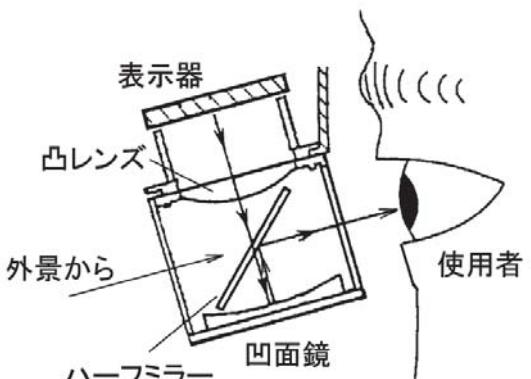


図 8 ハーフミラーを用いる HMD の光学系

3.4 ビデオシースルーハウジング方式の HMD

ビデオシースルーハウジング方式では、目前に置かれた物体に 3D-CG により描画する仮想物体を重ねる。CG 描画に際する基準点としては、物体上に描いたマーカーあるいは物体の像を用いる。ビデオ信号上で外景の像と仮想部隊を重ねるため、相互の 3 次元の位置関係がきちんと保た

れる、不透明の像を重ねることができるという利点がある。写真2は、ビデオシースルーワー方式のHMDを装着している状態、図9は、製品に使用されている光学系¹⁵⁾である。使用者の目の位置が移動しても物体と仮想物体の位置関係を正確に保つため、撮像光学系のレンズ位置は正確に、使用者の目と合わせて配置している。撮像素子からの像の信号には3D-CGによる像と重ねられ、表示される。図9では、表示器からの光束は自由曲面プリズムに入射し、遠方への拡大表示が行われる。



写真2 ビデオシースルーワー方式 HMD の使用状態（写真提供：キヤノン株式会社 2010年10月）

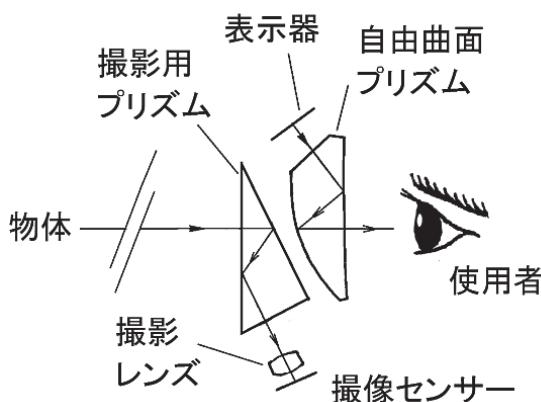


図9 ビデオシースルーワー方式 HMD の光学系

4 視覚光学系に関して注意が必要な事項

HMDの技術を正確に理解し、適切に使いこなすためには、レンズ、プリズムなどの結像光学と、特有の性質を持った視覚光学系に対する知識が不可欠である。ところが専門家でない方

にHMDの技術を説明して理解していただこうとすると、数々の困難に直面する。一般の方が手軽に知識を得ようとした際に、書店に並んでいる書物を頼ろうとするのは自然であるが、視覚光学系では、特定の技術要素について、間違った情報、あるいは不適切な方向に初学者を導く情報が大変多い。

間違い方は様々で、一つずつ取り上げるのは不適切であるので、まず正確な眼球光学系の結像の図を図10に示し、続いて代表的な不適切な例を図11に示す。図10は、1637年に出版されたデカルトの著書「屈折光学」に収められている図である。光軸上の点から発する光線は空気中を直進、角膜の第1面で屈折され、瞳を通って網膜上に結像する。一方光軸外に置かれた点（軸外物点）からの光線も同様に屈折率が異なる各境界面で屈折した後に網膜に到達する。この軸外物点の結像は、目の前に広がる光景を目にする場合にも、カメラにおいてある撮影画角を持った撮影レンズで撮影を行う場合にも同一の作図が行える。ところが多く多くの解説では物体を瞳と同じ大きさに描いている。ところが結像光学において光線の直進と屈折は「図式算法」になっているため、直径3mmの物体についての結像を説明する図となってしまっている。また眼球の水平断面図を、垂直に配置されているように間違って説明している例も多い。

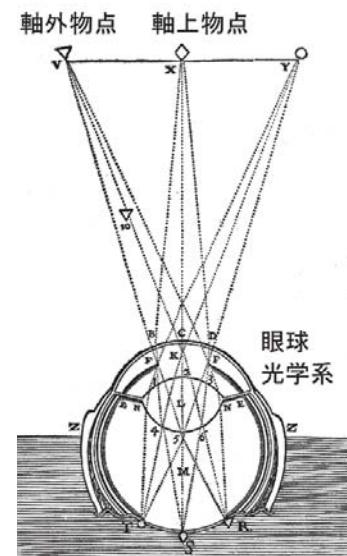


図10 眼球における結像の正確な図
(デカルト、1637年)

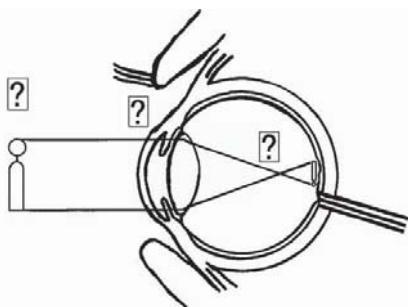


図 11 間違がある眼の図の例

表 4 視覚光学系に関する間違ったあるいは不適切な記述と正しい記述

間違ったあるいは不適切な記述	正しい記述
水晶体はカメラのレンズに対応する。	結像レンズとしての屈折力（レンズとしての働き）の70%は角膜第1面が分担、残りを水晶体が分担している。
瞳の大きさの変化で光量調節が行われる。	物が見える明るさの範囲は1:1,000,000に及び、瞳による光量調節の寄与は1:10以下である。
眼球光学系は垂直断面で表される。	通常見かける断面図は眼球の水平断面図で左右方向の座標として「鼻側」と「耳側」となり、右眼と左眼は左右対称である。
2次元の範囲の視野が一度に見える。	視力が良いのは視野中心部の狭い範囲だけで、周辺は脳内情報処理で補完されている。
視野全体がフルカラーで見える	視野の周辺では明暗しか分からず、RGBの3色が見えるのは視野の中心だけである。
網膜は撮像素子に対応する。	対応は正しいが、光検知部は眼球の外側を向いていて血管や神経の影が網膜に映っている。
眼球光学系には色収差が無く、色滲みが見えない。	眼球光学系は色収差が補正されておらず、色の像のボケは脳内情報処理で補正されている。
物体を瞳と同じ大きさに描く。	レンズの結像の図は正確な図式算法なので瞳と同じ大きさの物体は直径7mm以下の物体に相当する。物体からの光束のほとんどは、目に大きな角度で入射する。

日常目にする、眼球光学系と結像に関する間違ったあるいは不適切な記述を表4に示す。

5 種々のHMDの光学系との対比

5.1 ライトフィールド技術を用いるHMD

HMDの光学系として提案され、使用されている技術は多岐に及び、限定されたスペースではとても全部説明しつくすことは不可能である。以下では、特異な光学系を取り上げる。

図12は、ライトフィールド技術を用いて、薄型ながら大画面で目の焦点調節も満足させるHMDを構成している例^{1,6)}である。マイクロレンズアレイと、その背後に配置された表示器により、多くの進行方向と強度・色を持った光線束が作り出され、使用者の目に入射する。

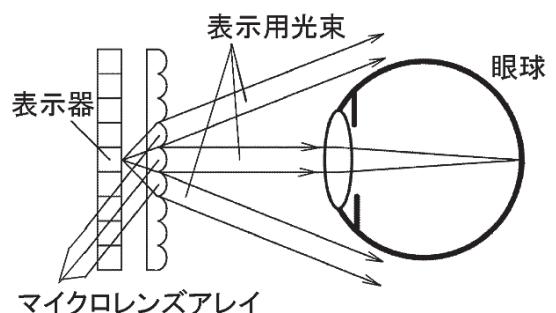


図12 ライトフィールド技術を用いるHMDの光学系

5.2 プリズムブロックを用いるHMD

HMDでは、プリズムブロックとハーフミラーを用いる光学系においても、技巧的な光学設計が採用されている。図13では、平行平板のブロックの中を、ほぼ平行な光束が表裏面で全反射を繰り返して伝送され、薄型の光学系を構成している⁷⁾。この図で、右側の視野では7回反射の光学系となっているが、左側は5回反射となっていて、レンズの口径を小型化し、光学系を薄型化している。

5.3 ホログラム光学素子を用いるHMD

これまでに取り上げた光学素子の範疇に入らないものとしてホログラム光学素子がある。図14は、使用者の目の直前に拡大レンズの効果を持つホログラム光学素子（ホログラムレンズ）を配置したHMDの製品例である（コニカミノルタ（株）カタログより）。ここでは、体積位相型で反射型のホログラムレンズをR,G,Bの3本の単色光に対応して作成、配置している。

液晶パネルのバックライト照明光は高い利用効率で使用者の目に到達し、一方外光の損失は、狭い波長領域に限られるので明るさを損ねることが少ない。

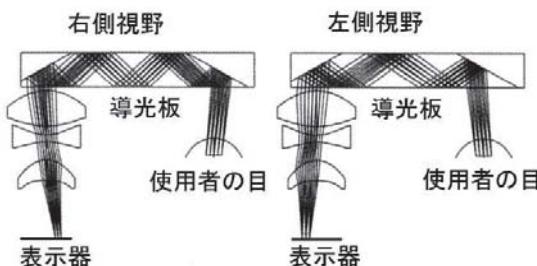


図 13 プリズムブロックで構成された HMD 光学系

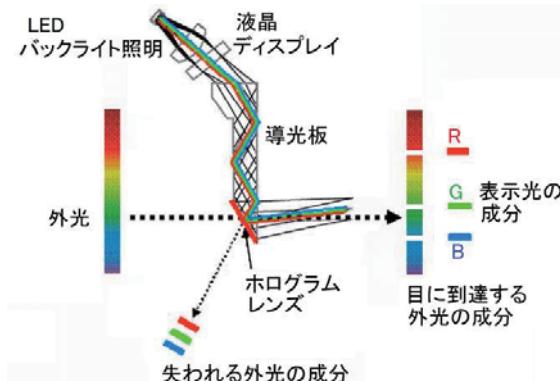


図 14 ホログラム光学素子(ホログラムレンズ)を用いる HMD の光学特性の説明図

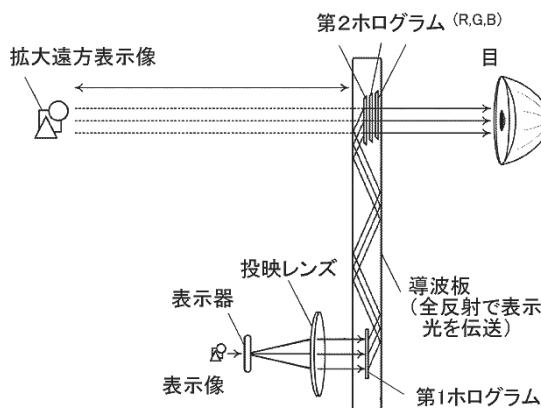


図 15 直線ホログラム回折格子を用いる HMD の光学系

5.4 直線ホログラム格子を用いる HMD

ホログラム光学素子の使いこなしとして、直線ホログラム格子を用いる HMD が各種制作されている。図 15¹⁷⁾で、表示器からの光束は第一のホログラムにより回折されて平行平板の導光板に入射して伝搬し、第2のホログラム格子により回折されて空気中に射出し、使用者の目に入射する。この光学系では、これまでに上げたハーフミラーあるいはホログラム光学素子を用いる場合と異なり、光軸に対して斜設した面が不要であり、生産上の利点がある。

5.5 網膜走査方式の HMD

2 次元の像を結像する以外の方式を用いる HMD も製品化されている¹⁸⁾。図 16 で、強度変調された半導体レーザからの光は、光ファイバーを介して HMD 装置に導かれる。光ファイバー端面から射出する光束は、集光光学系と走査ミラーを介して使用者の瞳上に入射し、網膜上に作り出された光スポットは 2 次元に走査される。ここでは網膜の残像効果により、2 次元像の表示が実現される。ここで用いるレーザ光は細い光束のため、使用者が近視あるいは遠視であってもピンボケを生じない。また白内障などの使用者でも、水晶体の一部分が障害を生じていない場合には、十分な視力を与える像の表示が可能となるという利点を持っている。

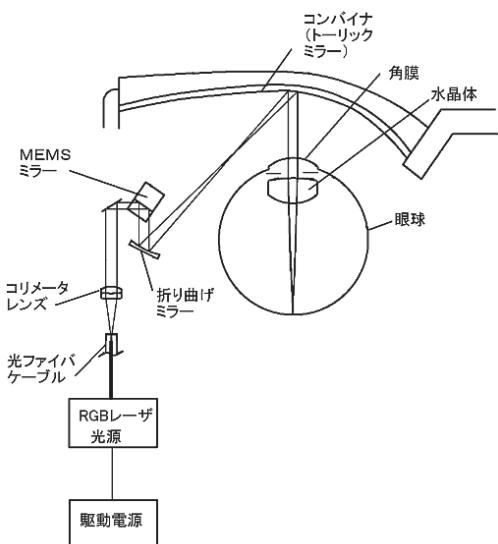


図 16 網膜走査方式 HMD の光学系

6まとめ

HMDについて、用語と分類を解説し、基本的な光学系、構成を歴史的な光学系と対比させて解説した。また、結像光学系と視覚光学系に関する知識として注意すべき事柄を指摘し、HMD特有の特異な光学系を解説した。

HMDに関する情報は大量に流通しているが、本報告で触れた歴史的な光学系に対する知識と、結像光学系と視覚光学系に関する注意すべき項目を元に、正しい理解を深めていただければ幸いである。

文 献

- 1) KDDI ICT 用語辞典 ,
<http://time-space.kddi.com/ict-keywords/kaisetsu/20160421/index.html> (2016年4月21日更新)
 - 2) DRONE DIY,
<http://www.dronediy.jp/2016/01/2016-vr-htc-oculus-razer.html> (2016年9月26日更新)
 - 3) DRONE DIY,
<http://www.dronediy.jp/2016/05/ar-hmd-holoLens-magic leap.html> (2016年5月5日更新)
 - 4) 日本光学会 光設計研究グループ第60回研究会、「バーチャルリアリティとウェアラブル」,(2016年10月21日)
 - 5) 桑山哲郎：覗き眼鏡方式(HMDを含む)；「3次元映像ハンドブック」,朝倉書店 pp.175 – 183 (2006).
 - 6) 特集「ウェアラブル機器の現状と将来」,光技術コンタクト, (一社)日本オプトメカトロニクス協会 (2015年5月)
 - 7) 小松朗：スマートグラスの開発, オプトロニクス, pp.93 – 98 (2016年No. 4)
 - 8) Wikipedia: “Optical head-mounted display”
 - 9) 鏡惟史: ヘッドマウントディスプレイ (HMD) 光学系の技術史; O plus E, Vol.37 (No.12), pp.990-998 (2015)
 - 10) Ivan E. Sutherland, A Head Mounted Three Dimensional Display, Proceeding AFIPS'68 (Fall Part I), pp. 757-764 (1968)
 - 11) 坂根巖夫, 「美の座標」,みすず書房(1973).
 - 12) 特許 第4766913号 (2005年5月10日出願).
 - 13) L. de Vries 著: 本田 成親 訳, 「ヴィクトリアン・インベンション — 19世紀の発明家たち」, シグマ (1977)
 - 14) U.S. Patent 5,844,530, (優先権主張日, 1994年12月9日, 日本)
 - 15) キヤノン㈱編：“The Canon Frontier 2016”, pp. 28 (キヤノン株式会社)
 - 16) U.S. Patent 公開 US 2013/0285885 A1 (2012年12月19日出願)
 - 17) U.S. Patent 公開 US 2013/0285885 A1 (2012年12月19日出願).
 - 18) 特許出願公開, 特開 2015-111231 (P2015-111231), (優先権主張日 2013年5月31日, 日本)
- 【2016年11月1日 CAVE研究会資料 日本眼鏡学会年次大会（2016年5月25日）講演資料に加筆】

ヘッドマウントディスプレイ(HMD)におけるヘッドトラッキング技術(補足資料2)

【2017年3月28日 第119回3Dフォーラム研究会 補足配布資料-2】

桑山 哲郎 Tetsuro KUWAYAMA

個人 / 3D フォーラム E-mail: tkuwa@g.a.catv-yokohama.ne.jp

1.はじめに

ヘッドマウントディスプレイ (HMD, Head-Mounted Display) の技術分野では、新規で複合的な技術分野のために概念、用語とも十分には統一・整理されている状況ではない。本稿では、ヘッドトラッキング技術に関し、キーワードを中心に補足解説を行う。本稿は、ヘッドマウントディスプレイ (HMD, Head-Mounted Display) におけるヘッドトラッキング技術を理解する補助資料として作成している。HMD の分野では、独特な用語が登場し、その定義の整理・統一もまだ十分とはいえない。以下ではキーワードを中心に解説を行う。

2. ヘッドトラッキング技術とは

「頭を回転しても、表示されていた像が元の場所に（ほぼ）留まっていることを実現する表示技術」である。最小限度の簡便な技術としては、頭が向かっている方向、方位角を検出して表示装置にフィードバックすれば実現できる。メガネ形をしていて遠方に大画面の像（2D像と3D像両方の場合がある）表示装置はAV観賞用器具として以前から製品が開発・発売されてきている。ヘッドトラッキングを行わない場合、上を見ても、左右に頭の方向を変えても、表示像はいつも顔の正面に生じる。

ヘッドトラッキング技術は、頭の向いている方向（加えて3次元空間内での位置移動）を検出する技術と、表示像を変更、あるいは3D CGにより描画する技術から成り立っているが、本稿では前者についてのみ解説する。

全体像を把握するには、VR, AR, MR の分類と、表示が密閉型、光学シースルーライ型、部分遮蔽型という表示方式との関連を理解する必要がある。以下組合せを簡略に示す。

表1 VR/AR/MR と光学系の関係

AV 観賞	・密閉型	・光学シースルーライ方式
VR (Virtual Reality, 仮想現実)		
・密閉型		
AR (Augmented Reality, 拡張現実)		
・独立画面（たとえばスマートフォン画面）		
・部分遮蔽型		
・（小画面の）光学シースルーライ方式		
MR (Mixed Reality, 複合現実)		
・密閉型（ビデオシースルーライ方式の MR）		
・光学シースルーライ方式の MR		

3. 各種のヘッドトラッキング（検出）方式

1. 自律（自立）方式

- ・姿勢センサー（重力方向センサー）
- ・加速度センサー、角加速度センサー
- ・方位角センサー（GPS ほか）
- *多くのスマートフォンは上記を備えている。

2. 機械的方式

- ・HMDを部屋や装置と機械的なリンクで繋ぎ、頭の位置、方向を検出する。1969年以来の方式

3. 音波あるいは電波の利用

- ・空間中に4つの発信源あるいは発信源/受信部を配置、対象物との距離を測定することで xyz 座標（位置）が検出できる
- ・また、HMDから複数の腕を出し、その先端の検出部を利用して右目・左目の位置を検出できる

4. 外部よりステレオ写真計測で位置検出

- ・ステレオ写真計測装置を HMD 装着者の正面に配置、HMD 上のマーカーを検出することで、ゲームスタート時からの左右眼の空間位置変化を検出する→ プレイステーション VR などで採用されている

5. 3D マップを HMD 自身で作成

- ・HMD 機器に搭載された検出器（2D の画面と奥行）で対象物との相対位置を検出する。赤外パターを対象物に投射して距離検出を行う他、多種類（たとえば TOF (Time of Flight) センサー）を搭載して奥行を持った像を検出する

6. 3D マップとの照合

- ・HMD 機器搭載の 2D カメラの像と 3D マップあるいは既知のデータ・知識との照合を行い描画に反映させる

4. 最初の HMD(機械的検出)

世界初の HMD の研究は、1968 年、米国 Utah 大学の研究者、Sutherland による。CRT の上に単純な線画（ベクトル描画）を行うやり方であったが当初から、仮想的な物体を空間中の特定の位置に配置、人物がその中を通り抜けるといった、MR を構想していた。[文献] Ivan E. Sutherland, A Head Mounted Three Dimensional Display, Proceeding AFIPS'68 (Fall Part I), pp. 757-764 (1968).

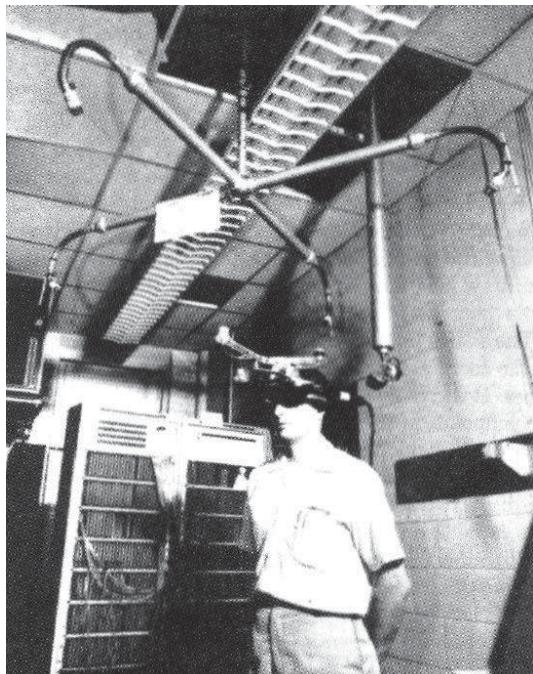


図1 HMD 保持・位置検出機構(1968 年)

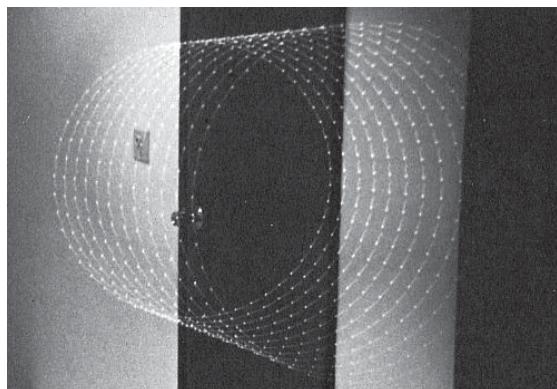


図2 空中への描画の例(1968 年)

5. HMD 解説に接する際の注記事項: 一人称視点の画像と三人称視点の画像および掩蔽

HMD を解説する文書や動画に接する際に注意すべき事柄がある。HMD を装着している人の目に見える（事を想定した）像は「一人称視点の画像」と呼ばれる。光学シースルー方式では、対象物からの光に表示器からの光が加わり、目に入射するので、表示像が対象物を覆い隠すことは無く、必ず光量の「足し算」になる。

一方、「この様な機能が発揮すると素晴らしい」というイメージを画像にした解説が、光学シースルー方式の MR システムでは多い、これについては「三人称視点の画像」として注意して扱う必要がある。また、表示している像、特に像の黒い領域が背景となる物体を掩蔽している解説の図や動画も多い。掩蔽を反映した像表示は、ビデオシースルー方式の MR でなければ実現困難で、注意を要する。

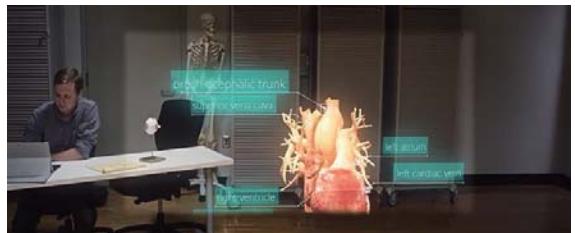


図3 一人称視点の画像(HoloLens 紹介動画より)

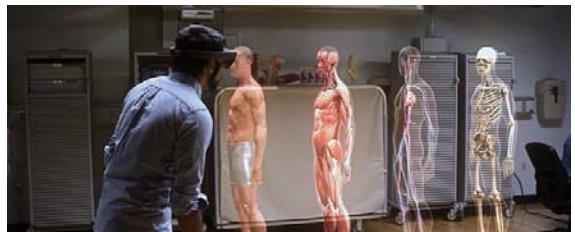


図4 三人称視点の画像(HoloLens 紹介動画より)

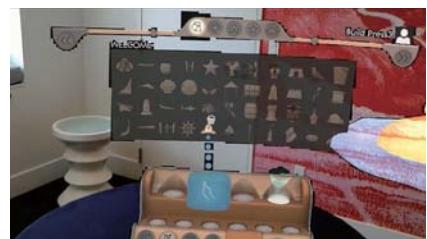


図5 「黒」の表示が現れる図

<https://www.youtube.com/watch?v=SKpKh1-en0>

■以上

高臨場感メディアサービスに向けた イマーシブテレプレゼンス技術 Kirari! と臨場感評価

高田 英明

日本電信電話株式会社 NTT サービスエボリューション研究所

E-mail: takada.hideaki@lab.ntt.co.jp

これまで、臨場感の高いコンテンツ視聴環境として、高精細プロジェクトと高度なサラウンドを用いた 4K デジタルシネマ、更にはメガネ式 3D 映像を用いた 3D デジタルシネマが広く一般化し、ビジネス的にも定着してきた。それに伴い、近年、これまで以上に臨場感の高いコンテンツや体験を提供する取り組みが始まりつつある。我々はこれまでに、あたかもその場にいるかのような超高臨場感をリアルタイムに世界へ配信するイマーシブテレプレゼンス技術“Kirari!”のコンセプトを打ち出し、高臨場映像音響系提示技術と共にリアルタイムに世界にメディア配信する取り組みを始めている。ここでは、Kirari! の概要と共に、精細度や精度など物理的スペックを中心とした従来の臨場感の比較・評価指標の枠を超えた、人の感覚や感性にも踏み込んだ臨場感評価の取り組みについても述べる。

Immersive Telepresence Technology and Evaluation Approach

Hideaki Takada

NTT Service Evolution Laboratories, NTT Corporation

E-mail: takada.hideaki@lab.ntt.co.jp

To achieve natural telecommunication, we have been researching an immersive live experience system using several technologies. It reproduces a variety of events with an ultra-high realistic sensation modality using real-size image, high fidelity audio and media transport technology. Our research results enabled us to propose an immersive telepresence concept “Kirari!” for providing immersive live experiences and develop a life-size “Kirari!” prototype system. Experiments were conducted to evaluate the influence of content expression from reality and experience in a platform for the “Kirari!” system. This result indicated that “Kirari” is suitable for large-scale public viewing.

1. はじめに

臨場感の高いコンテンツ視聴環境として、映画館を中心としたデジタルシネマの普及が進んできた。特に高精細プロジェクトと高度なサラウンドを用いた 4K デジタルシネマ、更にはメガネ式 3D 映像を用いた 3D デジタルシネマが広く一般化し、ビジネス的にも定着してきた。それに伴い、近年、これまで以上に臨場感の高いコンテンツや体験を提供する取り組みが始まりつつある。

その 1 つとして、これまでの映像と音響による視聴覚だけでなく、力触覚や嗅覚までも積極的に活用していくアトラクション型 4D シアターが徐々に広まりつつある。例えば、4DX¹⁾や MX4D²⁾など従来の映画館とは大きく異なり体全体でコンテンツを体感するものや、4D 王³⁾のような比較的小規模で 360 度のメガネ式 3D 映像により高い臨場感を空間的に再現するものもある。

一方、コンサートやイベント会場などで、実在する人物と CG によるバーチャル映像とがあたかも同じ空間に共存しコラボレーションする提示手法も多々使われ始めている。ステージ上に透過率の高い透明拡散フィルムや紗幕を設置して映像を投影したり、ステージの前にハーフミラーフィルムを斜めに設置することで別の場所に表示された 2D 映像をステージ上の人物と同じ空間に虚像として重ね合わせる演出⁴⁾(本稿では便宜上擬似 3D 表示と呼ぶ)など、大画面に加えてインパクトのある演出をシンプルな構成で実現している。近年では、常設型 VR シアター⁵⁾なども開設され、数多くのコンテンツがこれから上映されていくだろう。

我々はこれまでに、あたかもその場にいるかのような超高臨場感をリアルタイムに世界へ配信するイマーシブテレプレゼンス技術“Kirari!”⁶⁾⁷⁾のコンセプトを打ち出し、高臨場映像音響系提示技術

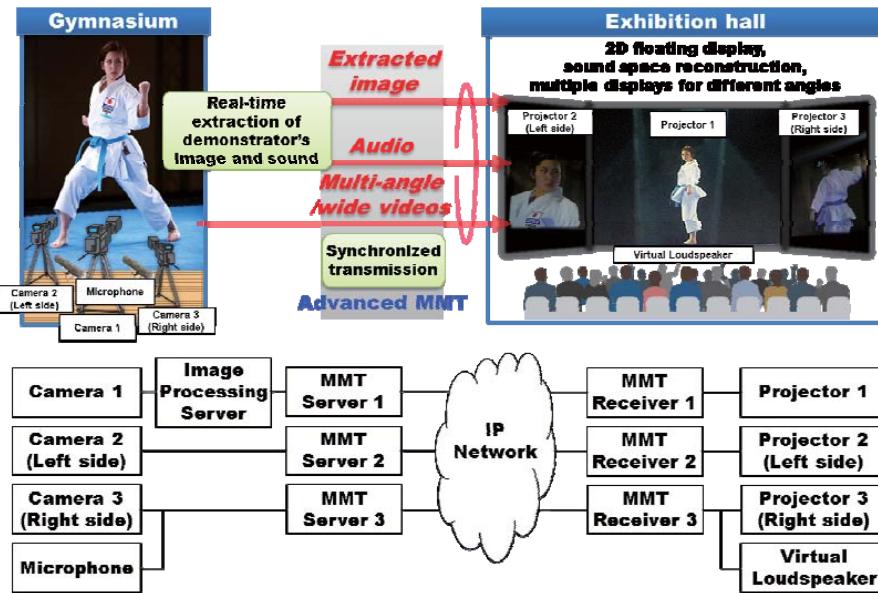


図1 イマーシブテレプレゼンス技術”Kirari!”によるライブビューリング

と共にリアルタイムに世界にメディア配信する取り組みを始めている。

2. イマーシブテレプレゼンス技術”Kirari!”

世界中の遠く離れた場所で大規模かつ盛大に行われている各種イベントを、あたかもその場にいるかのような超高臨場な体験としてリアルタイムに伝送するイマーシブテレプレゼンス技術”Kirari!”の研究開発が進んでいる。イベントの主体となる演者や選手等を忠実に抽出して同期伝送し、伝送先の環境や状況に合わせて整合させることで、あたかも相手が目の前の同じ空間に共存するかのような体験を臨場感高く再現するものである(図1)。また、2D映像をステージ上の人物と同じ空間にハーフミラーフィルムを用いて等身大の虚像として重ね合わせる提示構成で、高い存在感を実現している(図2)。図3に実際の大規模ホールで実施したイベントでの適用事例を示した。

Kirari!では、映像音響符号化技術だけでなく、次世代メディア伝送技術 MMT を用いた高臨場メディア同期技術 Advanced MMT など高度なメディア系伝送技術を適用しつつ、臨場感の向上に寄与する以下のような研究開発にも取り組んでいる。

① 被写体抽出技術

被写体の背景に特別な加工を施すことなく、自然体の映像から被写体部分のみリアルタイムかつ

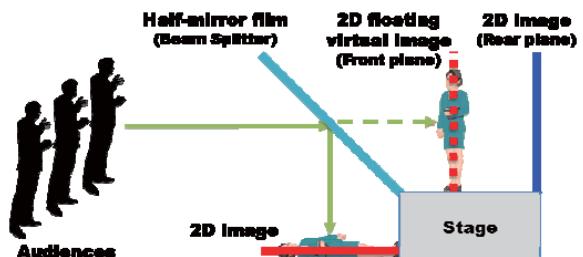


図2 ハーフミラーフィルムを用いた2D虚像提示



図3 大規模ホールで実施したイベントでの適用事例

精緻に抽出する技術⁸⁾である。抽出した映像を、被写体が演じている場所とは異なる場所に擬似3D表示等を用いてあたかも立体的に見せることが

できる。従来実現し得なかつた遠隔地に居るリアルな演者や選手との共演を実現している。

② 音像定位技術

スピーカーを配置できない映像中の被写体そのものに音像を定位させるとともに、被写体の左右移動に追従して音像位置を制御する技術⁹⁾である。映像中の演者や選手の口元から声が観客へ直接届くような存在感の高い音響演出を実現している。

また、サラウンド音響では困難であった空間の中や視聴者の目の前にリアルに飛び出し定位させる波面合成音響技術¹⁰⁾についても適用を開始した。

これらの技術を取り入れた Kirari!の実現によって、遠隔の複数の会場において行われるイベント空間をまるごと伝送し再現することで、遠隔地にいる世界中の観戦者の目の前であたかもイベントが繰り広げられるような体験を広く提供できる日も遠くないと考えている。

3. 臨場感の評価

一般的に人の感性に密接に関わる臨場感を広く平等な指標で測るのは難しい。また、感性は普遍的なものではなく、人の嗜好によっても大きく左右され、かつ、利用シーン(コンテンツ)による差異も非常に大きい。

我々は、まずは、Kirari!の活用シーンの 1 つである「スポーツ競技」に限定して臨場感を計測することを試みた。

最初に、臨場感の「感」を分類することを試み、図 4 に示す 7 種類を定義¹¹⁾した。

① 現場感 (Reality)

- 実際にそこにいるかのような臨場感、解放感、スピード、盛り上がりを感じる
- 会場で起きている様々なものを見ることができる

② 共鳴感 (Compathy)

- 会場で皆で盛り上がれる、皆で選手を応援できる
- 選手と観客のコミュニケーションを感じられる

③ 連続感 (Sequentiality)

- 競技の流れが伝わる
- 複数の競技が並列しても、競技の流れがわかる

④ 理解感 (Understanding)

- スポーツの勝ち負け、途中経過を知る事ができる
- 選手やチームのプロフィール/ルールを理解できる

⑤ 感動感 (Sensation)

- コンテンツを見ることで、感動できる
- 選手や監督、チームのドラマ、物語が伝わる

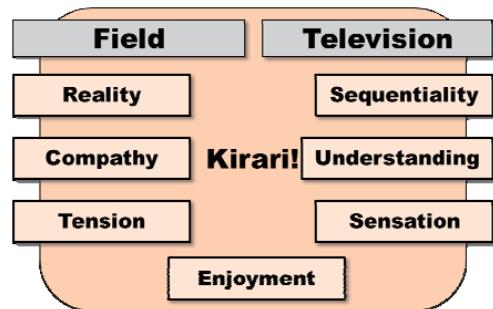


図 4 Kirari!による臨場感の 7 つの分類

⑥ 緊張感 (Tension)

- 選手の緊張感、達成感が伝わる
- 監督やコーチの緊張、興奮が伝わる

⑦ 悅楽感 (Enjoyment)

- 楽しい、ワクワクする、あつと驚く
- 想定していないことが起きる

また、Kirari!のコンセプトから、今後、伸ばすべき重要な方向性を、「現場感」と「悦楽感」の 2 種類に仮定して評価を実施した。

本評価では、バレエを題材に撮影した素材を無加工で表示した場合と加工した場合の印象の変化を図 5 の環境で比較した。評価に用いた形容詞対は、特段ネガティブな印象を持たない語彙¹²⁾¹³⁾を 20 組抽出して用いた。例えば「現場感」は没入的、生き生きしたなどの形容詞対、「悦楽感」は派手な、活気あるなどの形容詞対としている。

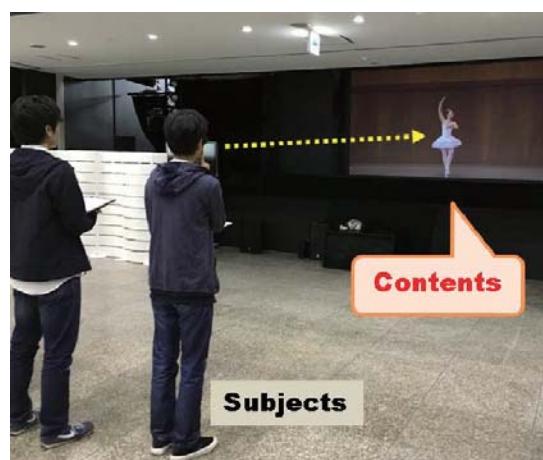


図 5 評価環境

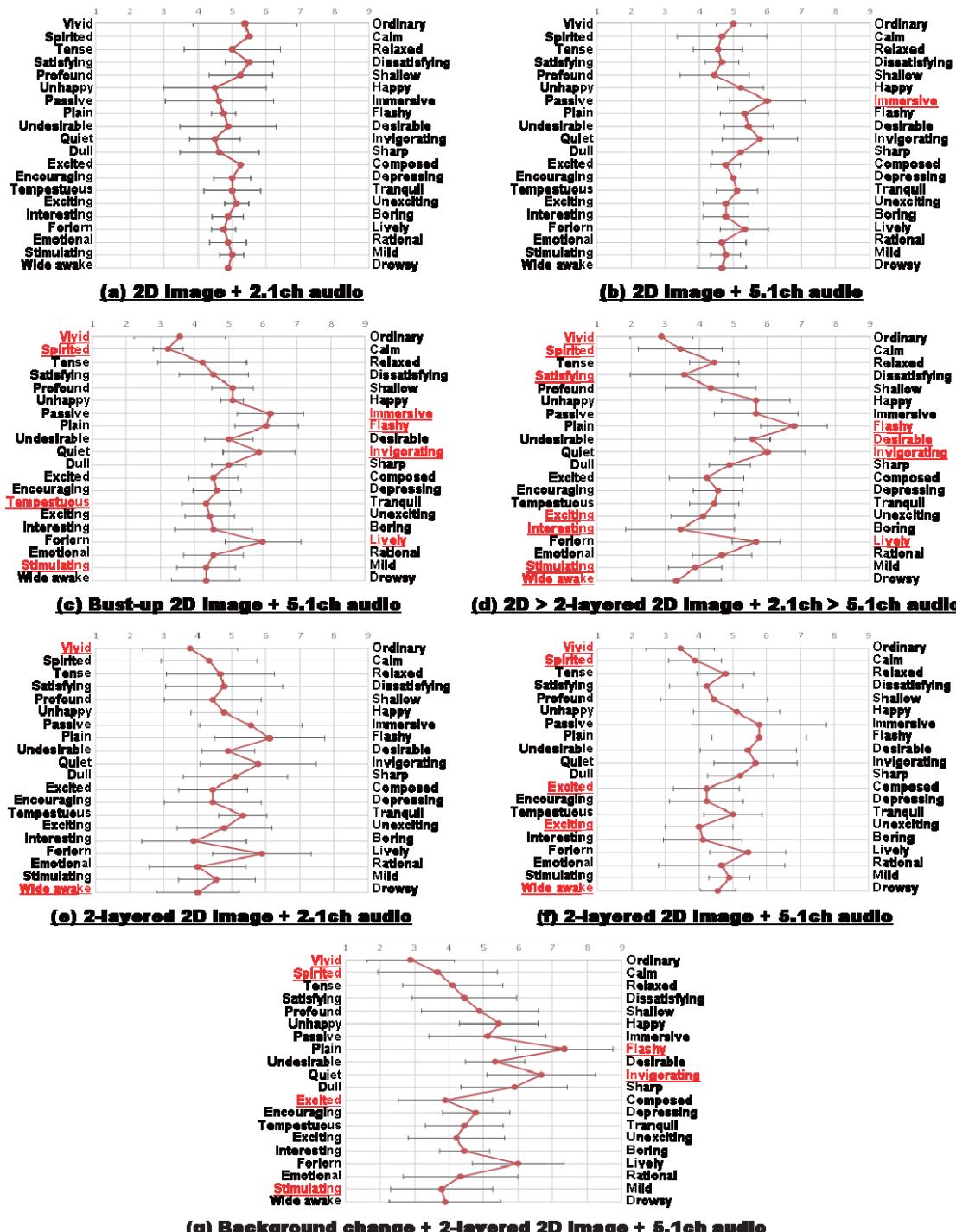


図 6 評価に用いた形容詞対と評価結果

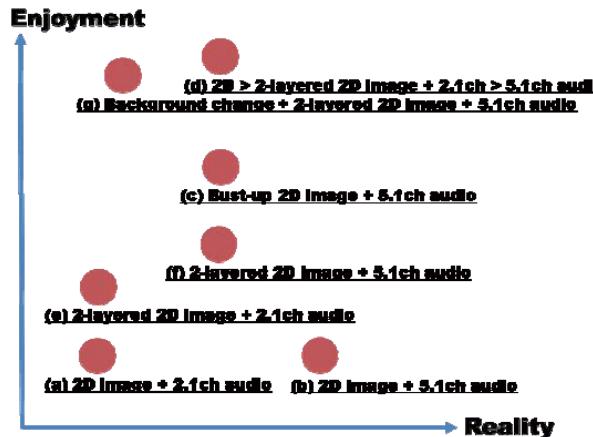


図 7 評価結果の模式図

被験者は、基準映像と比較映像を交互に比較し9段階で評点した。形容詞対の具体的な項目と7種類の異なる映像を評価した結果評価結果を図6に示す。

また、これらの結果から「現場感」と「悦楽感」の関係について、模式図として図7に示した。

「現場感」を向上させる主要因は音(5.1ch)であり、擬似3Dによる映像は「現場感」の向上には大きく寄与していない。また、「悦楽感」を向上させる主要因はバストアップ、擬似3Dへの切替、背景変化であることがわかる。ただし、背景変化は状況によっては不自然な場合もあり、没入感的な要素は減少するという結果も見受けられた。

4. まとめ

臨場感は人の感性と密接に関わるものであり、それを測る指標を定めるのは非常に困難である。今回、我々は人の感性の観点から要素を細分化し、かつ、利用シーンを絞ることで臨場感を主観的に比較する切り口を提案し、定性的ではあるが程度の臨場感を測る方向性を掴む取り組みを進めているところである。

このような臨場感をより客観的かつ定量的に測るには、より精度の高い印象評価に加え、人の視聴覚や認識/認知などに踏み込んだ知覚メカニズム、更には各種生体情報も含めた総合的な特性の把握と分析が今後特に重要になると考える。それらの結果をフィードバックすることが、魅力あるメディア系サービスの実現に繋がるのだろう。

参考文献

- 1) CJ 4PLEX Co., Ltd. 4DX <http://www.cj4dx.com/>
- 2) MediaMation, Inc. MX4D <http://mx-4d.com/>
- 3) PBsystems, Inc. 4D王 <https://www.pbsystems.co.jp/>
- 4) studio TED Eyeliner <http://studioted.jp/>
- 5) DMM VR THEATER <http://www.dmm.com/theater/>
- 6) A. Akutsu, A. Ono, H. Takada, Y. Tonomura, M. Imoto, "2020 Public Viewing - Kirari! Immersive Telepresence Technology," NTT Technical Review, Vol. 14, No. 12, pp. 1-6, 2016.
- 7) H. Nagata, D. Mikami, H. Miyashita, K. Wakayama, H. Takada, "Virtual Reality Technologies in Telecommunication Services," Journal of Information Processing, Vol. 25, pp. 142-152, 2017.
- 8) 宮下広夢, 竹内広太, 山口真理子, 長田秀信, 小野朗, "センサとカメラを活用した高速・高精度な被写体抽出," 電子情報通信学会技術報告, Vol. 116, No. 73, pp. 17-22, 2016.
- 9) 若山圭吾, 高田英明, 岡本学, "超指向性・一般的なスピーカの併用による複数人同時受聴のための音響システムの提案," 日本バーチャルリアリティ学会 第20回大会論文集, pp. 197-200, 2015.
- 10) 堤公孝, 高田英明, "補助アレイを用いた波面合成法による焦点音源の受聴エリア拡大," 日本音響学会2017年春季研究発表会講演論文集, 2-1-4, pp. 433-436, 2017.
- 11) 高田英明, 井元麻衣子, 内田聰一郎, 小野朗, 阿久津明人, "高臨場感メディアサービスに向けたイマーシブテレプレゼンス技術と臨場感評価の課題," 電子情報通信学会2016年ソサイエティ大会講演論文集, BI-4-1, pp. SS75-SS76, 2016.
- 12) 井上正明, 小林利宣, "日本におけるSD法による研究分野とその形容詞対尺度構成の概観," 教育心理学研究, Vol. 33, No. 3, pp. 253-260, 1985.
- 13) 関根雅人, 小川克彦, "オプティカルフロー解析によるモーショングラフィックス映像の覚醒度評価手法の検討," 映像情報メディア学会論文誌, Vol. 67, No. 12, pp. 463-471, 2013.

「ホログラフィ映画の役割、映画の明日（非圧縮4k）」

檜山茂雄 (hiyama shigeo) ・(多摩美術大学)

09061784016 hiyama-s@mba.ocn.ne.jp

あらまし

前世紀の目覚ましい事象として、動く画・映画が取り上げられます。科学技術の発達によって、発声映画/トーキー・テレビ・色彩/カラー・大型映像へと発展し、映像文化をつくりました。コンピュータ発達による情報化時代にあっても、

映像世界はさらなる創作世界を拡げ、擬似立体映像・仮想空間を示すに至りました。究極の映像は立体表示・映像である。という考えに立てば、擬似立体は入り口であり、ヒントであり、希望であった。銀塩からデジタルになろうとも、今後、ホログラフィが先導役となり、さらなる情報・映像の方法と技術の模索を進め、私達はその可能性実現してゆくでしょう。

ホログラフィ映画の生き立ち

1990年予備実験から96年の終了まで、長期にわたるホログラフィ動画(映画)研究が横須賀NTT通信研究所で行なわれました。テーマは三次元電送における情報量と表示研究でありました。この研究はホログラフィ映画のスタートでもありました。NTT主任研究員樋口和人、委嘱研究員石川洵・檜山茂雄の他、村穂秀児・大原共子ほか数名のメンバーが参加した。92~95の各年度の発表はSPIEで行なわれた。

ホログラフィ映画の方法は撮影ではアニメーション・コマ撮り記録、連続パルスレーザー記録、カラー記録、再生機は覗き式再生、スクリーン式、立体音響、編集、長尺化、被写体素材、分光照明、再生スピード(8から10枚/秒)、三次元における立体量表現、二次元表示表現との異なり、表示と誘導・想像など、三次元情報ならではの視覚・動画・映画研究に及びました。

ホログラフィ映画の役割・今後

三次元動画・ホログラフィ映画情報は記憶・概念・学習など個人の脳内に直接関係する要素をもっているメディアといえる。理由は具象表現・抽象表現。脳内空間の縮小・拡大。臨場感。視覚をとおしての脳内刷り込みが強いからといえる。技術的な記録再生のみならず、未知の表現の領域にわたる研究成果をもたらした。映画の表現方法を引き合いに説明しても、二次元表示の手段と方法は発明と工夫であり、三次元動画・ホログラフィ映画情報は別の領域をもっていて、説明では苦慮する。やがて体験されるだろう世界観をもっている、可能性のつまった世界空間であることを伝えたい。装置をとおして多くの人に体験

の機会を提供しなければとおもっています。

● ホログラフィ映画から見えてくる今日メディアについて

ホログラフィ映画がこれまでに登場してこないのはホログラフィのもつ技術的な困難さがあるとしても、興味も含めて、時折不気味ですらあると思うことがある。ホログラフィ映画制作中によく論議されたことに、ホログラフィ映画とはどんなものなのであろうか。などなど、がありました。

不可思議なホログラフィ映画機会を通して、今を見直すことに触れたいと思うことから、非圧縮4K映画研究について述べさせていただきます。

二次元映画環境をホログラフィ的に見直すならば、その仕組みを知り、時代のニーズにこたえるならば、一

つの提案を上げたい、デジタル時代の文化技術の成果として、「非圧縮4K映画研究」を紹介したい。「2020年映画館は非圧縮4Kになる。」、新しい映画領域「健康映画」。

前世紀の時代文化の視点表現から全体要素のホログラフィ的多視点表現はかけがえの無い方法であることを伝えたい。

やがて登場するホログラフィ映画・映像文化に向けてやるべきことに向けていきたい。

* Sound expression

The original music for holographic movies I and II was reproduced in stereo sound from mini-disc.

* Development process

This process is an important factor for expressional quality, tone and current of story. This time we made 1,000 feet 35mm film and development was done by movie developing laboratories exchanging test samples. As a result of discussions with two laboratories, the communication was made by measuring the tone of the products by densitometer. We used Agfa film type 8E56 (we used 800 feet for the movie) and 10E76 (we used 200 feet for the movie), and after testing the film was processed with density 0.5-0.6, base density below 0.05.

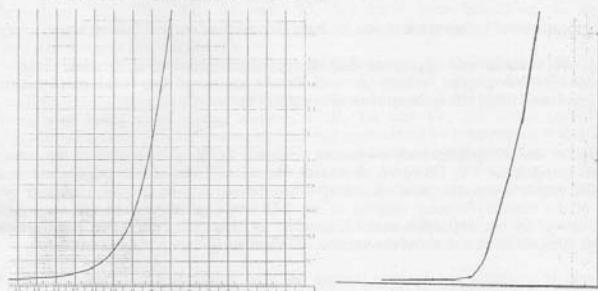


Figure 1
Sensitometric curve of Agfa 10E75 (left) and 8E56 (right)



Figure 2
Scene of taking pictures using
YAG Pulse Laser Camera



Version IV reproduction device

表 1 Holographic Display Artists and Engineers Club

コーデック	容量 レート	品質 変更	再生 可否	所見
DPX	73.31GB 6792Mbps	x	x	QuickTimePlayer非対応であり再生不可能。PhotoShopCCにて表示している。 Cineon 10bitlogに準拠した元データであり本テストの基準となっている。視感で見ると臨場感はないが、ともすると肉眼世界より素晴らしい世界となっている。

非圧縮グループ

TIFF	55.32GB (DPX比 75%) 5144Mbps	○	x	QuickTimeコーデックとして対応しているもののデータが大きくリアルタイム再生は不可能。非圧縮としてよく使われる画像データ保存形式の代表格。DPXから連番画像として変換した際は色が変化しなかったが、QuickTimeコーデック用に変換すると、色が明るくDPXよりローコンになってしまった。
非圧縮 RGB8bit	54.97GB (74%) 5112Mbps	x	x	容量が大きくリアルタイム再生は不可能。やや赤味を帯びながらDPXに忠実な色味となった。
非圧縮 YUV10bit	49.24GB (67%) 4576Mbps	x	x	容量が大きくリアルタイム再生は不可能。YUV (Y'CbCr) 出力を行ったためかやや赤味を帯び、DPXに忠実な色味となった。
非圧縮 YUV8bit	36.85GB (50%) 3424Mbps	x	x	非圧縮YUV10bitと同様にやや赤味を帯びた忠実な色味となった。容量は抑えられているが画質の劣化は殆ど感じられない。再生は出来ない。
Animation	48.25GB (65%) 4488Mbps	○	x	再生は出来ない。明るくなりローコントラストになったためか、データ量ほどの解像感は感じられない。Animationコーデックはアルファチャンネルを持つため容量は肥大化する。別途の使い道を持つ可能性がある。

コーデックグループ (容量大)

PNG	20.8GB (28%) 2440Mbps	○	x	変換に異常な時間を要した点や、満足に再生できない点を踏まえると動画向きのコーデックではないのではないか。PNGはアルファチャンネルを持つ。
AppleProRes 4444	11.13GB (15%) 1032Mbps	x	x	QuickTimePlayer7ではほとんど動かないが、QuickTimePlayerXを用いると、コマ飛びするものの動いた。より高性能な機種であれば現行でも動く可能性がある。なおAppleProRes4444はアルファチャンネルを持つ。
AppleProRes 422HQ	7.32GB (9.9%) 680Mbps	x	△	QuickTimePlayerXを用いると、処理速度に余裕がある時はリアルタイム再生することができた。もう少しカスタムした5KiMacならより安定した再生が可能だと思われる。
JPEG 2000	6.36GB (8%) 584Mbps	○	x	DigitalCinemaPackage(DCP)においても使われているコーデック。圧縮率が高い割には正常に再生されなかった。再生には特殊な環境や、特殊なソフトウェアを要する。
Motion JPEG	5.73GB (7%) 528Mbps	○	△	若干のコマ飛びが感じられる。品質を50%以下まで下げることでスムーズな再生が可能になった。

コーデックグループ (容量小)

AppleProRes 422 (Standard)	4.55GB (6%) 432Mbps	x	○	安定して再生される。高画質で色の深みがあり、下記LTと比較して1コマ1コマが主張しているようを感じられた。
AppleProRes 422LT	3.39GB (4%) 312Mbps	x	○	422無印よりわずかに明るく見える。動きは無印より滑らかに感じる。圧縮によって動きが繋がっているのか無印のコマ落ちかは判別ができない。
Apple InterMediate	3.31GB (4%) 304Mbps	○	○	滑らかに再生されているがノイズの動きも目立つ。
H.264 (mp4)	2.84GB (3%) 264Mbps	○	○	ローコン寄りではあるが自然な色。 QuickTime(.mov)フォーマットのMPEG-4コーデックでは再生がうまくいかなかったが、mp4フォーマットでは問題なく再生された。
AppleProRes 422Proxy	1.52GB (2%) 136Mbps	x	○	LTよりノイズが多い。再生は問題ない。

ホログラフィ・アートグラン트と作品制作

石井勢津子

美術家

〒112-0006 文京区小日向 1-2-3-513

Artworks by holography art grant

Setsuko Ishii

Independent artist

1-2-3-513 Kohinata Bunkyou Tokyo 112-0006 Japan

E-mail: gp5s-isi@asahi-net.or.jp

Abstract

It is not easy for the artists, who want to use holography as an art media, to make holograms. I applied many art grants up to now for my artistic activities. Fortunately I received several grants. I report how these grants, which I received, were managed and supported the artist.

1. はじめに

ホログラムの制作には、周知のとおり特別な撮影機材が必要である。この撮影設備が実はホログラフィーを表現メディアとして使おうとするアーティストにとって、なかなか手ごわいツールである。写真家がカメラを手に入れて撮影するとか、絵描きが絵具とキャンバスを手に入れて絵を描くというようなわけにはいかない。自己資金を頼りに作品を具現化することは設備の特殊性（高価）のためなかなか難しいし、さらにディスプレイホログラムの撮影が可能なラボは海外も含めて数えるほどしかない。ホログラムのアート作品を制作できる状況は、たとえば彫刻家が大きな作品を具現化するにはクライアントが必要であり、建築家はクライアントがいてはじめて設計図が具現化されることと似ている。ディスプレイホログラムは一般社会にいまだ広く認知されていない現在、クライアント探しもままならない。

このような状況下にあって、アートグラントはアーティストがホログラム作品を制作できる可能性を広げてくれる貴重な存在である。筆者がこれまでの活動を通して授与されたグラントについて、それらの背景や個々の内容について述べる。

2. アートグラントの形態

ホログラム作品が制作可能なグラントにはふたとおりのシステムがある。アーティスト・レジデンシープログラムではラボの使用と材料費、技術アシスタントが与えられる。もう一つは制作費を授与されるものでどこで制作してもよいという条件である。このようなグラントは残念

ながらいざれも日本にはない。日本国内では作品を制作できるグラントはなく、展覧会などの発表や紹介を目的とするものばかりで、アート振興という視点では片手落ちである。

これまでの筆者の体験を例に、時系列で述べる。1980年, 82年, 85年 3回にわたってニューヨークのホログラフィーミュージアムでアーティスト・イン・レジデンスとしてホログラムを制作した。2000年、ホロセンター（ニューヨーク）アウオードではパルスレーザーのラボのアーティスト・イン・レジデンスとして制作。その後この撮影装置はレーザーとともにニューヨークからオハイオ州立大学に移設され、2013年のホロセンターアウオードのアーティスト・レジデンシープログラムではオハイオ州立大学にて制作した。これまで授与されたグラントはすべて、撮影できる設備の整ったスタジオの使用権利が提供され、材料や技術アシスタントも含めて一定期間自由にそこで制作できるという形態である。しかし、昨年2016年のフランスのホログラフィアンデーションによるグラントは、それまでの携帯とは違った制作費が授与されるというものであった。

3. ホログラフィーミュージアム (NY) 、アーティスト・イン・レジデンス

ホログラフィーミュージアム (1976~1992) はマンハッタン、ソーホーの一角にあった。ミュージアムのビルの地下1Fには光学機材の整ったホログラムの撮影装置が整備され、そこでアーティスト・レジデンシープログラムが企画され毎年4~5名のアーティストを選び受け入れていた。1ヶ月間、材料費と技術助手が与えられ、1日24時間、自由にラボの使用が許された。技術助手の仕事はもちろんオフィスアワー内だけであるが。

光学系を組み立て始めるといろいろな部材の加工が必要になるが、その時はすぐ隣に設備の整った作業場が使える。筆者がホログラフィーの分野に足を踏み入れて間もない1980年、2スリット(2色)のレインボウホログラム(図1)を制作したが、マスターfilmのホルダーフレームはこの作業場で手作りした。H2は30cm x 40cmのガラス乾板で撮影、2バリエーションのイメージを制作した。最終的にインスタレーションとして作品を完成するためトータルで10枚以上のコピーを制作した。1982年には3スリットのマルチカラーホログラム(図2)、イメージは2バリエーションを制作。被写体は外側が研磨されたオーム貝で、物体光としての照明には拡散光ではなくレーザーのビームを直接貝の内部に照射、その反射光が被写体の内部全体を輝かせ、薄い貝殻を通して外側にも光が回ってきた。内部の輝点は直接見えないように工夫した。3スリットは再生像がR・G・Bになるよう設定したため、赤と緑のオーム貝が重なった部分では光の加色混色効果の黄色が現れることが確認できる。これもインスタレーション作品として完成するため20コピーほど制作している。85年には3スリットのマルチカラーホログラム(図3)、4バリエーションのイメージを制作した。この時も複数のコピーを制作。アーティストがミュージアムに負う義務は1つのイメージにコピーを1枚置いていくことである。3回のグラントによって、計8枚のホログラムがミュージアムに収蔵される

こととなった。このようにしてアーティスト・レジデンシープログラムによって制作された多くのアート作品はホログラフィーミュージアムのコレクションに加わっていった。

1992年ミュージアムは経営難によって閉鎖され、ミュージアムのコレクションがオークションにかけられたが、関係者たちの“収蔵作品がバラバラに四散することは避けたい”との意向とMITのスチーブ・ベントンらの努力で、最終的にMITミュージアムに落札されて現在に至っている。展示の模様替えの時、ホログラフィーコーナーにこれらのコレクションの一部が時々展示されている。



図1. Work N 1980 インスタレーション展示

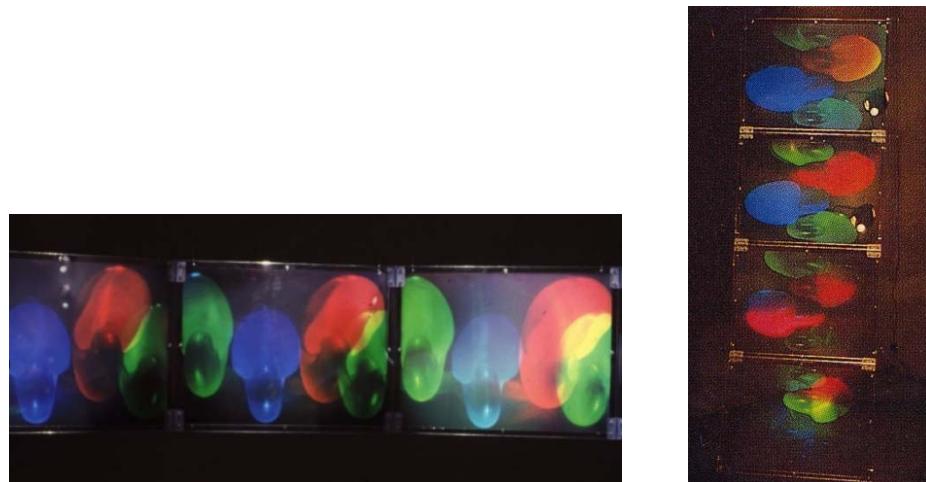


図2 す・ら・めーる 1982 縦と横に連結したインスタレーション

被写体はオーム貝である。物体光の照明は拡散光ではなく、薄く磨き上げた貝殻の内側にビームをあて（照射された輝点は画面上には見えないように工夫し）、内側が輝く貝を撮影している。

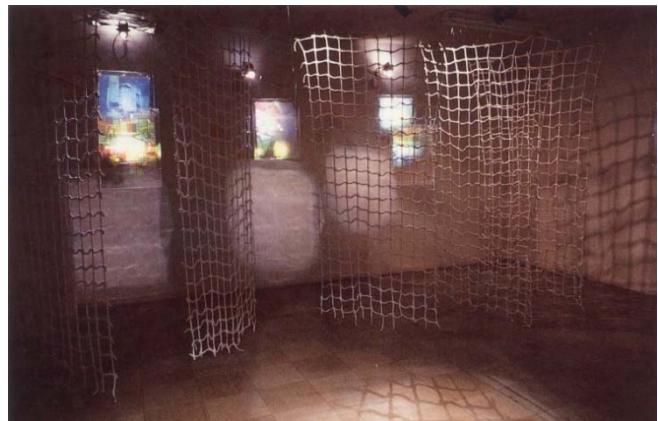
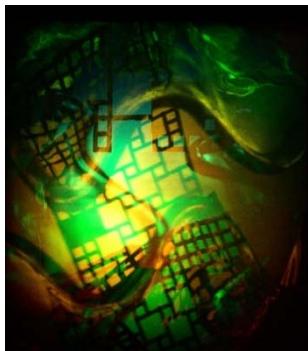


図3. *Sequential blank* 1985 左イメージの一つ、右インスタレーション展示風景
イメージはシャドウグラムである。拡散板を背景に逆光の透明素材や金属ネットを被写体に撮影した。

4. ホロセンター・オード 2000 (ニューヨーク)、2013 (オハイオ州立大学)

ホロセンター (ニューヨーク) は1998年にアナ・マリア・ニコルソンとダン・シュヴァイツァーによってニューヨークに設立されたパルスレーザーのラボである。のちにラボの設備はオハイオ州立大学に移設され現在に至る。

ここでのアーティスト・レジデンシープログラムはポートレートが撮影できる設備を備えたラボを1週間、感光材料とともに提供されるというものである。パルスレーザーの利便性は除震装置が必要ないこと、動きを心配して被写体の選択に神経質になる必要がないことである。2000年、2013年いずれもマルチカラーレインボウホログラムのためのマスター・ホログラムを中心に制作した。すでに組み立てられている光学装置によって撮影される最大のサイズは50cm x 60cm、参照光は上方向から照射し、ポートレート撮影ではセッティングした感光材料の前に人が座るだけよい。細長いマスター・フィルムは水平方向に長く固定する。大型 (110cm x 130cm) H2 のためのマスター・ホログラムとしては150cmの長さがほしい。しかしパルスレーザーの光学系の組み替えはなかなか面倒なため、この光学系を大きく変えない工夫としてマスター・フィルムを3分割して撮影することとした。実際にはフィルムホルダーと参照光の位置関係は変えず、被写体と物体光だけを図4のように移動させて右部分左部分を撮影した。さらにマルチカラーにするためには、このような3枚1セットのマスター・フィルムを、さらにRGB用に3セット撮影する必要がある。これによってH2はマルチカラーマルチチャンネルホログラムとなる。1枚のホログラムに10画像以上の画像を記録した。イメージはパルスレーザーでしか撮影できない特別な情景を念頭に選んだ。人体と布、空中に飛散するポップコーンや羽毛、シャボン玉、真綿などの繊維、液体が落下する瞬間 (図5)などを試みた。多くのマスター・フィルムを組み合わせ、H2にする作業は大型のホログラム撮影が可能なホログラフィックス・ノース (バーリントン、VT) にて最終的

ホログラムに変換した（図 6, 7, 8, 9）。この費用はグラントには含まれていないため自己資金調達には大変苦労した。このプログラムでは制作したホログラムはすべてアーティストに帰属する。

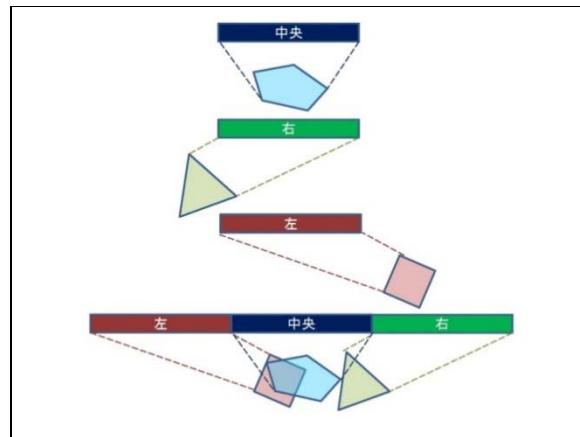


図 4 長いマスターを得るために3分割しフィルムと参照光の位置関係は変えず、被写体と物体光だけを変えて撮影する。中央、右、左の被写体は異なる。これによってH 2はマルチカラーマルチチャンネルホログラムとなる。



図 5. 落下する水(50cm x60cm)
(レーザー再生ホログラム)

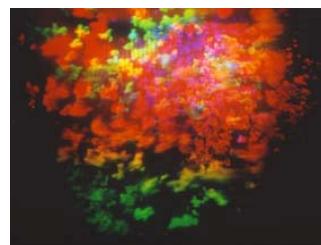


図 6. (ポップコーン) 80cm x100cm

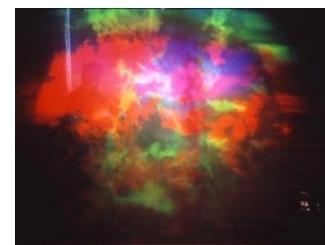


図 7. 飛翔(羽毛) 80cm x100cm



図 8. Body with fabric 1 (110cm x 130cm)

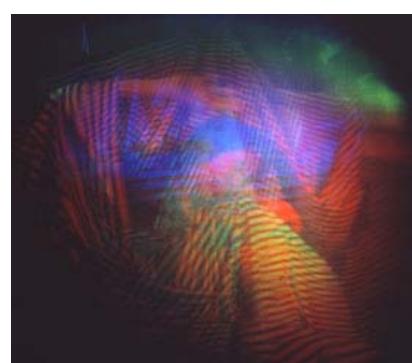


図 9. Body with fabric (110cm x 130cm)
マルチカラーマルチチャンネルホログラム

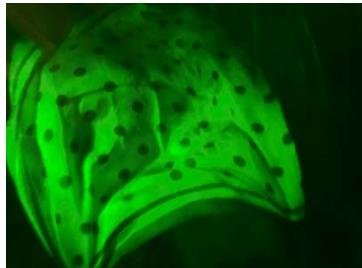


図 10 空中に舞うスカーフ
マスターイメージ、レーザー再生ホログラム



図 11 浮かぶ風船



図 12 飛散する紙吹雪 1



図13. 布と羽毛

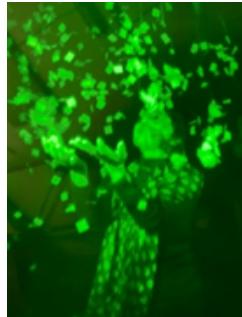


図 14. 四散する紙吹雪



図 15 2013 最終の H2 イメージ (85 cm x95 cm)

図 10～14 は 2013 年オハイオ州立大学で制作したマスター ホログラムのイメージの一部である。これらを組み合わせ最終 H2 (図 15) は前回と同様バーリントンのホログラフィックス・ノースで制作した。この場合もグラントはマスター ホログラムの制作のみで、H2 の制作は自前のため大変苦労した。

5. フレンチホログラムファンデーションのアートグラント (2016)

これまでに述べたものはすべてラボの設備が自由に使えるという形をとっていたが、次に述べるグラントは計画と予算を申請し、受理されると制作費が授与され、完成作品のコピー数の 50 パーセントをファンデーションに手渡すというものである。例えば 4 枚制作した場合 2 枚を渡す。サイズは日常の室内に展示しやすい 50 cm x60 cm 以内という条件である。このファンデーションはホログラフィービジネスで成功したフランスの会社 SURYS によって、2016 年に立ち上げられたものである。利益の社会還元の意味を込めてホログラフィーアートを一般家庭に広く浸透するよう支援することを理念にスタートしたものと聞く。第 1 回は 6 人が選ばれ国別にはアメリカ 2 人、イギリス、ドイツ、フランス、それに日本 (筆者) 各 1 人。イメージも、

技術も、感材などの素材も、おそらく制作されたコピー数も多種多様で変化に富んだ人選である。集められた作品は販売され、それが次のグラントの運営資金とするとのことである。大きな制約も取り扱いやすいためなのであろう。

レインボウホログラムは視点の移動に連れ色彩が変化する。風景を連想するようなイメージであれば、真っ赤な夕焼け空や薄暮のたそがれ、あるいは落ち葉の紅葉シーンや冬景色のようにも見える。昨年制作した作品は、絵や版画のように家の壁にかけられ、風景を連想できるようなイメージを考えながら制作をした。被写体の一部には草のシルエット、そして筆のタッチが残る抽象的なドローイングパターンによるシャドウグラムである。H1(マスターホログラム)、H2ともにホログラフィックス・ノースでの制作である。

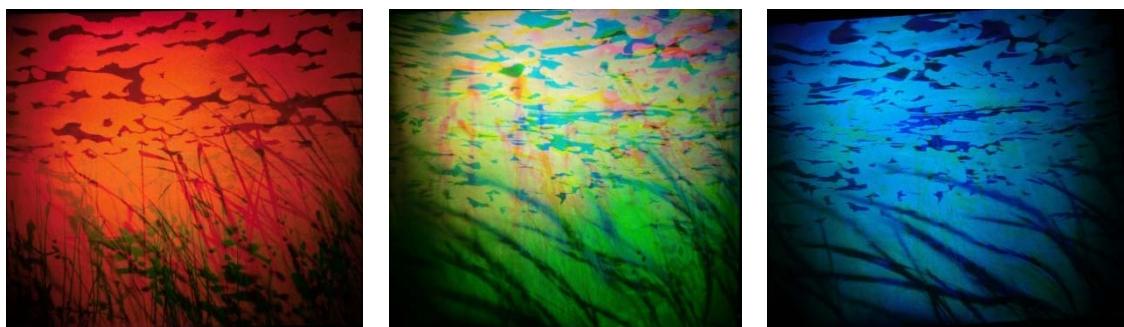


図 16 2016 マルチカラーレインボーシャドウグラム 視点の変化による色彩イメージの変化

撮影時のホログラムは銀塩フィルムであるが、湿度、紫外線などから感材を保存と保護のためガラスにラミネートした。フィルムサイズは硝子サイズより周囲10mmづつ小さい。またレインボウは本来透過型であるが日常空間に展示するには、背後に光源が必要なためスペースをひろく占めて利便性に欠ける。そのためホログラム背面に表面鏡をあわせ、反射型の壁掛けタイプとした。

本年5月下旬から3週間パリのギャラリーでグラントを受けた6人の作品が展示される予定である。

6. 終わりに

以上のいずれも海外のグラントである。選ばれ授与されたアーティストたちはグラント主催の国に限らず多様な国からの出身であることがわかる。筆者のアート活動にとってこれらのグラントに負うところは多大であり、改めて感謝の念に堪えない。今後日本国内にもこのような文化支援の発想が育まれていくことを願っている。

Emmett N. Leith Medal の受賞

辻 内 順 平

東京工業大学名誉教授

tsujiuch@r07.itscom.net*

本年2月11日の早朝、Optical Society of America (OSA)の会長から”2017年のEmmett N. Leith Medal の受賞者に選ばれた”という趣旨のE-mailを受信しました。実はこの賞の候補者として昨年度から筆者の名前が挙がっていて、業績では自信があったのに受賞できず、残念な思いをしていました。OSAの規定では、3年間再審査を受けることができ、また新しい資料も追加できるので、今回は業績資料を一部補強して再申請し、「まな板上の鯉」の気持ちで結果を待っていました。このような経緯がありましたので、このMailは待ち焦がれたうれしい知らせとなりました。

この賞は、光情報処理の研究を推薦・奨励するためにOSAが2006年に創設し、レーダーデータの光学処理やホログラフィーの実験技術の先駆者であるEmmett N. Leithの名を冠したもので、光情報処理やホログラフィーの研究者の一人であった筆者にとっては憧れの賞でした。授賞の決定を通知する書面にある公式の授賞理由は
«for early pioneering work in optical information processing, holography and optical metrology, including the first demonstration of coherent optical processing for image restoration»

となっています。この文章で、”including”以下の記述は、筆者が1958-1960にParisのInstitut d'Optiqueに滞在中に行ったimage restorationの研究¹⁾²⁾で、これが筆者の研究の原点であり、今回の自信の根拠でした。また、これらの研究の延長上で行った種々の成果でもある程度の自信を持っていました。

この賞のOSAへの提案は、Prof. G. W. Goodman (Stanford Univ.)のご厚意によるものであって、彼は以前から上記のimage restorationの研究を高く評価しておられました。いずれにしても50年以上も前の研究がこの賞で評価されたことは大きな喜びです。もちろんそれ以後の研究成果も評価の対象となっていますので、多くの共同研究者や、東工大・千葉大における筆者の研究室の学生諸君の尽力にも深く感謝しています。

別表は、この賞の創設以来今年までの受賞者のリストです。昔からの友人や、懐かしい名前の方が何人も含まれています。今回このリストに加わることができたのは非常に幸せであり、長生きした甲斐があったと思っています。

このたび本賞の候補者としての登録につきましては谷田貝豊彦（宇都宮大学）、武田光夫（宇都宮大学）両教授、並びに清原元輔氏（清原光学会長）から種々の助言・ご協力を

頂きました。厚く御礼申し上げます。

- 1) J. Tsujiuchi: Restitution des images aberrantes par le filtrages des fréquences spatiales,
Opt. Act. **7** (1960) 243
- 2) J. Tsujiuchi: Restitution des images aberrantes par le filtrages des fréquences spatiales –
Restitution de l'image dont le spectre comprend une partie négative, Opt. Act. **7** (1960)
385

*著者の E-mail Address は近く変更の予定ですが、少し遅れています。その間
tsujiuch@gmail.com をお使いください。

Emmett N. Leith Medal 受賞者

2008	Adolf W. Lohmann
2009	Joseph W. Goodman
2010	Juris Upatnieks
2011	Jean-Pierre Huignard
2012	Demitri Psaltis
2013	James E. Finup
2014	Adam Kozma
2015	Yeshaihu Fainman
2016	Francis T. S. Yu
2017	Jumpei Tsujiuchi

アメリカにおける 3 次元

山口 健

日本大学 理工学部 応用情報工学科 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1

E-mail: yamaguchi.takeshi89@nihon-u.ac.jp

あらまし 2016 年度に大学の海外派遣研究員（長期）制度によりボストンの MIT に滞在する機会を得ました。1 年弱米国で生活をした中で、触れることのできた 3 次元に関する事柄について簡単に紹介します。

キーワード アメリカ, ボストン, 3 次元技術, ホログラフィ

3 dimensional technology in USA

Takeshi YAMAGUCHI

Department of Computer Engineering College of Science and Technology, Nihon University

7-24-1 Narashinodai, Funabashi, Chiba, 274-8501 Japan

E-mail: yamaguchi.takeshi89@nihon-u.ac.jp

Abstract In 2016, I had an opportunity to visit to Boston for a year as a sabbatical. This paper introduces 3 dimensional technologies which I was able to expose in Boston.

The printer demagnifies the fringe pattern displayed on liquid crystal display panel.

Keyword United States of America, Boston, 3 dimensional technology, Holography

1. ボストンでの生活

今回利用した海外派遣研究員（長期）制度は、日本大学内の各学科に毎年割り当てられるもので、長期（1 年）、中期（3 ヶ月）、短期（1 ヶ月）の 3 種類があります。今回の出張は最初 3 ヶ月という予定でしたが、大学の方針により 3 ヶ月が廃止となり出発の 6 ヶ月ほど前に急遽 1 年間へと変更になりました。もともと計画しているものであったため、受け入れ先が柔軟に対応してくれたため手続きなどは比較的スムーズに進みました。今回受け入れてくれた研究室は、MIT (Massachusetts Institute of Technology) の機械工学科の George Barbastathis 教授です。著者はこれまで計算機合成ホログラムの研究をしていましたが、近年盛んに研究の行われている DH (Digital Holography) の研究を勉強してみたく思い、こちらの研究室にコンタクトをとることにしました。こちらで行った研究に関しては、5 月に行われる OSA の Digital Holography & 3-D Imaging[1]にて発表を行うのでそちらを参照していただきたいと思います。

2. 米国で見つけた 3 次元

実は米国で 3 次元映像などの技術に触れるることはほとんどありませんでした。このお話をいただいた際にも、最初はお断りをしたのですが再度依頼を受け、書いている次第であり

ます。そのため、あまり目新しい情報がないことをご容赦ください。

まず、米国の普段の生活で 3 次元映像に触れる機会は日本よりも少ないように思います。日本であれば、駅や電車内でレンティキュラを用いた立体広告を見かけることが頻繁にあります。こちらではそのようなものはありませんでした。それに対して、映像コンテンツとしてはコンピュータグラフィックスを用いた CM を多く見かけましたし、アニメーション映画としてアカデミー賞を受賞した「ズートピア」や「モアナと伝説の海」、「SING～シング～」「The Boss Baby」などこれまで通り日本よりも盛んに作品が作られている印象です。また、市販品においては 2016 年に Zebra Imaging 社より Star Wars のホログラムが 4 種類発売されました。こちらに関しては Star Wars 人気と相まって現在すでに売り切れています。私も購入した方のものを見せていただきましたが、ホログラフィックステレオグラムとしてサイズも大きく、光源も装置も別売りではありますが用意されており良いコンテンツだと思いました。また、ホログラムを見る機会としては、MIT ミュージアムがあります。MIT ミュージアムの展示内容は時期によって入れ替わいますが、そのテーマの 1 つにホログラムがあり

ます。さらに関西大学の松島教授が提供された計算機合成ホログラムも保管されており、時期によっては見られるかもしれないとのことでした。私が来館した際には残念ながら展示されていませんでしたが、MITで研究されたホログラムの歴史を見ることができました。

MITで見つけた3次元関連の技術としては、3Dプリンタがいくつかの作業スペースに導入されているのを見つけることができました。3Dプリンタが話題になってから数年が立ちますが、近年では比較的安価で実用的に使えるようなものもだいぶ出てきました。MITでは、Form2と呼ばれる光造形式の3Dプリンタが学生の使えるスペースにおいてあり(図1)、日ごろから使われているようでした。

2016年は日本ではVR元年と呼ばれた年で、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)の製品が複数発売されニュースなどでも数多く取り扱っていました。その中で、Oculus RiftはOculus社の開発しているHMDであり[2]、開発キットを提供していたおかげで研究者や企業など様々なところで有用性などが検証されています。Oculus Riftのコンシューマ版に先立って発売されたVive(HTC社)[3]や昨年10月に発売されたPlayStation VR(Sony社)[4]など昨年は多くのHMDが発表されました。あまりこちらでは見かけることがありませんでした。HMDを用いたVRとしては、デモンストレーションに使われている様子がMITのニュースとして挙げられています(図2)[5]。また、シースルー型のHMDとして知られるHoloLens(Microsoft社)[6]も昨年3月に発売され、日本でも12月より提供が開始されました。HoloLensに関する情報は、今年1月に行われたSPIE(Practical Holography)のテクニカルイベントにおいても技術が紹介されていました。HoloLensの実機に関しては見る機会がなかったのですが、日本のHoloEyes社[7]が医療現場に導入している様子が公開されていました[8]。

3.まとめ

本稿では約1年間米国で過ごした著者が米国で触ることのできた3次元技術について紹介をしました。

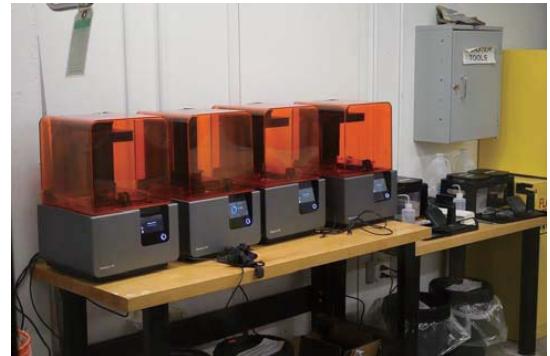


図1 MITにおいて3Dプリンタが使われている様子



図2 HMDを用いたデモンストレーション
(MITニュースより)

文 献

- [1] OSA：“Digital Holography & 3-D Imaging,”
http://www.osa.org/en-us/meetings/topical_meetings/digital_holography_3d_imaging/
- [2] Oculus Rift Webサイト:
<https://www.oculus.com/>
- [3] VIVE Webサイト:
<https://www.vive.com/jp/>
- [4] PlayStation VR Webサイト:
<http://www.jp.playstation.com/psvr/>
- [5] MIT News：“Making energy storage so simple it's ‘boring’,”
<http://news.mit.edu/2017/annual-mit-energy-conference-0307>
- [6] HoloLens Webサイト:
<https://www.microsoft.com/microsoft-hololens/en-us>
- [7] HoloEyes社 Webサイト:
<http://holoeyes.jp/>
- [8] 杉本真樹：“HoloLens Mixed Reality Surgery: holographic augmented mixed reality navigation (HoloEyes VR 2016)”,
<https://www.youtube.com/watch?v=qLGD570IIOE>

1

写真・美術 愛好家のための
ホログラフィ基礎講座

アジア美術文化協会のギャラリー明日夢アートスペース

講師:石川 浩 およびゲスト講師

2

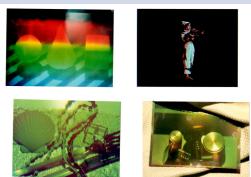
講座の目的

写真、美術、デザイン、に関わる人達に、ホログラフィの素晴らしさを知ってもらい、その担い手になってもらいたい。そんな気持ちで始める講座です。

科学の普及や技術を目的とした従来の講座と異なり、
◆ 自分でホログラムを作る方法を学ぶ
◆ ホログラフィの表現の可能性を探求する
といった課題に取り組みます。

3

ホログラフィって何？



COPYRIGHT 2017 石川 浩

今まで、ホログラフィの講座は、お子様向けの科学教育や、技術者向けの工学的なものが多く、写真家やアーティスト、デザイナー、には向きませんでした。

ホログラフィを継承して行くには写真、アート、デザイン、といった方々への普及努力が必要と考えます。

4

講座の構成

定期開催 ホログラフィって何？（入門講座）（無料）
第1回 2017.3.18 実施（8名）

計画中 レーザー光再生ホログラムの実習（有料）

計画中 リップマンホログラムの実習（有料）

計画中 レインボーホログラムの実習（有料）

* 実習は入門講座受講者対象。

この講座では、原理からではなく、ホログラフィとはどんなもの、というポイントから始めます。

とりあえず、入門講座から始めますが、なるべく早い時期に実習（4×5回以内ですが）に入り、月イチ位のペースでガヤガヤやって行きたいと思います。

5

運営スタッフ

- ギャラリーオーナー
- 講師：講座、資料作成、実験準備
- ゲスト講師(来られる人があるとき)：ゲスト講座
- ギャラリーホログラフィサークル兼サポートスタッフ：

若い人を中心に、堅苦しくない雰囲気で運営できればと思います。

6

入門講座プログラム

- ◆ ホログラフィという名前の由来
- ◆ ホログラフィの発明者たち
- ◆ ホログラムの種類(实物を見る)
- ◆ ホログラムを撮る仕掛け
- ◆ 撮影プロセス(ビデオによる紹介)
- ◆ ホログラフィの簡単な原理
- ◆ 三次元画像とホログラフィ
- ◆ 有ったらいな・ホログラフィミュージアム

第1回 2017.3.18 入門講座はこんな内容で行いました。

7

アジア美術文化協会
ギャラリー明日夢アートスペース

アジア文化協会ギャラリー明日夢アートスペースというのが、世田谷区経堂にある、会場となるこのギャラリーの正式名称になります。ギャラリーオーナーがホログラフィに大変理解のある方です。

ホログラフィ関連情報

Information Photonics 2017

4月19日から21日まで、パシフィコ横浜にてOPIC (Optics & Photonics International Congress)内の12の会議のひとつとして、IP 2017が開催されます。ホログラフィ関連の発表も含まれています。

<http://opicon.jp/conferences/ip17/>

ふるさと探検隊 2017長和子ども自然科学教室第4回開催

イベントの趣旨、目的：子ども達に自然、科学、エネルギー、環境問題
公共交通に興味を持って貰う事

イベント参加者：長和町の小学生、保護者

イベントの内容：ホログラムの展示、ソーラーLRTの乗車体験
偏光フィルム利用の万華鏡制作

開催予定日：2017年5月13日（土曜日）

開催場所：長野県小県郡長和町で開催

開催時間：AM10:00～12:00

視察、見学者の方は下記のメールアドレスまでご連絡ください。

教室開催責任者 竜野英則 E-mail: nagawa.holo@gmail.com

Digital Holography & 3-D Imaging (DH) 2017

5月29日から6月1日まで、韓国の済州島にてOSAのTopical Meetingとして開催されます。ホログラフィおよび3次元画像関連の発表がメインです。

http://www.osa.org/ja-jp/meetings/topical_meetings/digital_holography_3-d_imaging/

The 24th Congress of the International Commission for Optics (ICO)

8月21日から25日まで、京王プラザホテルにて開催されます。スコープは光学全般で、ホログラフィも含まれます。

<http://ico24.org/>

3D Systems and Applications

8月29日から31日まで、韓国の釜山にてIMID内の会議のひとつとして開催されます。3次元画像関連の発表がメインで、ホログラフィもスコープに含まれます。

<http://www.3dsaa.kr/>

平成 29 年第 1 回 ホログラフィック・ディスプレイ研究会のお知らせ

- 日 時： 2017年3月28日（火）10:00～17:30（9:30 受付開始）
- 場 所： 東京工業大学 大岡山キャンパス・西9号館3F W933 講義室
〒152-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1 東急大井町線・目黒線 大岡山駅 徒歩1分
- テーマ ホログラフィと3次元映像のこれまでとこれから
— 羽倉弘之 氏のご逝去を悼んで
- 共 催 3D フォーラム（三次元映像のフォーラム）

■プログラム

- 10:00～10:10 開会 佐藤誠 三次元映像のフォーラム代表幹事（東京工業大学名誉教授）
黙祷 羽倉弘之 氏の逝去を悼んで（司会：桑山哲郎）
- 10:10～10:50 【特別プログラム 羽倉弘之 氏を偲んで】
「羽倉氏の思い出」中嶋正之（東京工業大学名誉教授）
・羽倉様に対する言葉（出席者より）
- 10:50～11:30 講演 1 「3SD 映像の生体への影響～両眼視差と輻輳眼球運動」
奥山文雄（鈴鹿医療科学大学）
- 11:30～12:20 講演 2 「Microsoft HoloLens と VR」
林田奈美（サードウェーブデジノス）
補足：「HMDにおけるヘッドトラッキング技術の変遷」桑山哲郎（3D フォーラム）
- 12:20～13:30 昼食休憩
【HODIC アニュアル展示、羽倉様関連の品、百年記念館展示見学】
- 13:30～14:10 講演 3 「高臨場感メディアサービスに向けたイマーシブテレプレゼンス
技術 Kirari!と臨場感評価」
高田英明（NTT サービスエボリューション研、NTT メディアインテリジェンス研）
- 14:10～14:50 講演 4 「ホログラフィ映画の役割、映画の明日（非圧縮4k）」
檜山茂雄（多摩美術大学）
- 14:50～15:00 休憩
- 15:00～16:00 講演 5 「ホログラフィ・アートグラントと作品制作」
石井勢津子（作家）
- 16:00～17:25 ホログラフィ関連の活動報告
「Emmett N. Leith Medal の受賞」 辻内順平（東京工業大学名誉教授）
「アメリカにおける3次元」 山口健（日本大学）
「ホログラフィ・ワークショップ実施の報告」石川洵（石川光学造形）
その他の報告
- 17:25～17:30 終りの挨拶 橋本信幸 HODIC 会長（シチズンホールディングス）
- 懇親会（会場準備中 会費は未定）
 - 研究会参加申込 当日受付（事前の申込は不要です）
 - 参加費 会員 無料、非会員 2,000円、学生で会報不要の場合は無料
 - 問合せ先

HODIC 事務局 日本大学 理工学部 応用情報工学科 吉川・山口研究室 気付
E-mail: office@hodic.org

平成 29 年第 2 回 ホログラフィック・ディスプレイ研究会のお知らせ

■日時：2017 年 5 月 19 日（金）13:00～17:30

■場 所：東京農工大学 科学博物館 3 F 講堂
〒184-0012 東京都小金井市中町 2 丁目 2-4-16
JR 中央線「東小金井駅南口」NONOWA 口より徒歩 10 分
<http://web.tuat.ac.jp/~museum/information/guide.html>

■テーマ：最近のホログラムの材料技術からディスプレイ技術まで

■プログラム

1. HODIC 鈴木岡田記念賞授賞式及び記念講演 13:00～14:00
— 休憩 — 14:00～14:30
2. 講演会 14:30～17:30
 - (1) 次世代ホログラム技術：Egarim & Holo-Window～フォトポリマーFIGURA
FILM が開く高度ホログラム技術の応用Ⅱ 加瀬澤 寿宏（株式会社エガリム）
 - (2) 有機フォトリフラクティブ材料の研究動向 荻野 賢司（東京農工大学）
 - (3) ウェアラブルディスプレイ向けホログラフィック光学素子
稻垣義弘・田村 希志臣（コニカミノルタ(株)）
 - (4) 投影型ホログラフィック 3D ディスプレイ
涌波光喜（情報通信研究機構（NICT））
 - (5) 水平走査型ホログラフィックディスプレイ 高木康博（東京農工大学）
 - (6) 情報コーナー

*講演会終了後に、東京農工大学 高木研究室の見学を予定しています。

■研究会参加申込 当日受付（事前の申込は不要です）

■参加費 会員 無料、非会員 2,000 円、学生は会報不要の場合は無料

■研究会終了後、懇親会を予定しています。（当日申し込み受付）

■問合せ先 HODIC 事務局

日本大学 理工学部 応用情報工学科 吉川・山口研究室 気付

E-mail: office@hodic.org

ホログラフィック・ディスプレイ研究会役員（敬称略）

名 誉 会 長	辻 内 順平	会 長	橋 本 信 幸 (シズソンホールディングス)
副 会 長	伊 藤 智 義 (千葉大学)	国 際 担 当	岩 田 藤 郎
企画委員長	山 口 雅 浩 (東京工業大学)	会 計 幹 事	山 内 豪 (大日本印刷)
事 務 局 長	岸 本 康 (凸版印刷)	編 集 長	吉 川 浩 (日本大学)

幹 事 (50音順)

石井勢津子 (美術家)	石川 淳 (石川光学造形研究所)	植田 健治 (大日本印刷)
太田 和哉 (トリマティス)	勝間ひでとし (多摩美術大学)	鎌田 康昌 (凸版印刷)
久保田敏弘 (久保田和ガム工房)	酒井 朋子 (千葉大学)	坂本 雄児 (北海道大学)
佐藤 甲癸 (早稲田大学)	佐藤 俊一 (シャープ)	下馬場朋禄 (千葉大学)
白倉 明 (アーティエス・ラボ)	高木 康博 (農工大)	高橋 進 (凸版印刷)
田中 賢一 (長崎総合科学大)	谷口 幸夫 (大日本印刷)	福田 隆史 (産総研)
本田 捷夫 (本田ひかり技研)	松島 恭治 (関西大学)	三科 智之 (日本放送協会)
森田 正紀 (アルファバグ)	山口 健 (日本大学)	山本 健詞 (情報通信研究機構)
渡邊恵理子 (電気通信大学)		

相 談 役 (50音順)

上田 裕昭 (コニミルタブ・ラネタリウム)	小野 雄三 (立命館大学)	桑山 哲郎 (キャノン)
永田 忠昭 (ライトディメンション)	三田村駿右	堀内 道夫 (光と風の研究所)

編集部よりのお知らせ

編集部では皆様からの情報を募集いたしております。ホログラフィ関連のお知らせや報告などがございましたら、下記編集部連絡先までお送り下さいますようお願い申し上げます。

なお、次号会報に掲載するためには研究会開催日の1ヶ月前が締切となります。

HODIC Circular, Vol. 37, No. 1 (Mar. 2017)

2017年3月28日発行

編 集 日本光学会 ホログラフィック・ディスプレイ研究グループ

編 集 長 吉川 浩(日本大学)

HODIC 事務局 (入会・連絡先変更・各種問合せ等)

日本大学 理工学部 応用情報工学科 吉川・山口研究室 気付 (担当: 吉川 浩)

〒274-8501 船橋市習志野台 7-24-1

TEL/FAX 047-469-5391 E-mail: office@hodic.org

WEB: <http://www.hodic.org/>

ご連絡はなるべく電子メールまたはFAXにてお願ひいたします。

For foreign members, any corresponding to

Hiroshi Yoshikawa, Dept. Computer Engineering, Nihon University

7-24-1 Narashino-dai, Funabashi, Chiba 2748501 JAPAN

E-mail: yoshikawa.hiroshi@nihon-u.ac.jp

HODIC