様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科研費
KAKENHI

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　５年　６月１２日現在

機関番号：１６１０１
研究種目：基盤研究(C)（一般）
研究期間：2020～2022
課題番号：２０Ｋ１１９１９

研究課題名（和文）運動視差と両眼視差の協調効果とその3D表示への応用に関する研究

研究課題名（英文）A study on the cooperative effect of motion parallax and binocular disparity and its application to 3D displays

研究代表者
水科　晴樹（MIZUSHINA, Haruki）

徳島大学・ポストLEDフォトニクス研究所・講師

研究者番号：２０３８９２２４

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　3,300,000円

研究成果の概要（和文）：従来の二眼式3Dディスプレイでは，立体形状の知覚に歪みが生じたり，左右眼の網膜像にミスマッチがある場合に奥行き知覚が困難になるなどの問題がある．本研究では運動視差をひとつの奥行き知覚手がかりとしてだけでなく，両眼視差と協調して機能し，両眼立体視を促進する効果を持つものとして考え，それを実証する実験を行った．
その結果，左右眼に呈示される像に垂直変位視差があったり，左右網膜像の大きさが異なる場合，両眼視差と一致した奥行きに対応する運動視差を付加することで，奥行き知覚の劣化が改善されることを明らかにした．また，両眼視差に運動視差を付加することで書き割り効果を改善できることが明らかになった．

研究成果の学術的意義や社会的意義
学術的意義としては，これまでにも両眼視差が大きすぎて知覚できないような大きな奥行きの知覚が運動視差によって促進されるなどの報告があったが，さらに本研究では両眼網膜像のミスマッチ（左右眼の像の垂直方向のずれや大きさの違い）によって引き起こされる奥行き知覚の劣化や書き割り効果などの空間知覚の歪みが，運動視差を付加することで改善されることを示し，奥行き知覚における運動視差の重要性をさらに明確にした．
社会的意義としては，3Dディスプレイにおいて所望の奥行きを安定して知覚させるための要件として，両眼視差に加えて適切な運動視差を提示する必要性を示し，今後の3D表示の普及をサポートするデータを提供した．

研究成果の概要（英文）：Conventional stereoscopic 3D displays have problems such as perceived distortion of 3D shapes and difficulty in depth perception when there is a mismatch between the retinal images of the left and right eyes. In this study, we considered motion parallax not only as a depth perception cue but also as an effect that works in cooperation with binocular disparity to promote binocular stereopsis, and conducted experiments to demonstrate this.
We found that when the images presented to the left and right eyes have vertical displacement disparity or the size of the left and right retinal images differed, adding motion parallax corresponding to the depth that matched binocular disparity improved the degradation and instability of depth perception. In addition, we found that the addition of motion parallax to binocular disparity can improve cardboard effect in stereoscopic 3D displays.

研究分野：視覚心理物理学

キーワード：運動視差　奥行き知覚　両眼視差　書き割り効果　両眼立体視　垂直変位視差　両眼融合　3D表示

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

１．研究開始当初の背景

網膜に映る像は 2 次元であるが，奥行き手がかりと呼ばれる付加的な情報を用いて，人間は空間の奥行きを知覚している．両眼視差は奥行き手がかりの一つであり，奥行きの異なる対象を見るときの，左右眼の網膜に映る像の違いのことを指す．左右の眼に異なる像を表示できれば両眼視差を提示できることから，現在入手可能な従来型の二眼式 3D ディスプレイは奥行き手がかかりとして主に両眼視差を利用している．しかし，他の奥行き手がかりが実際の 3 次元空間とは矛盾することから，違和感や視覚疲労，不正確な奥行き知覚を引き起こすことが指摘されている．また，左右眼の視力の差が大きい不同視の方も奥行きが知覚しづらい，あるいは，視力に問題がなくても書き割り効果などの空間的な歪みが知覚されるなどの問題もある．

一方，両眼視差以外の奥行き手がかりの一つに運動視差がある．運動視差は，奥行きが異なる 2 点があるとき，観察位置の移動もしくは対象の移動に伴って，2 点の網膜像の間に生じる相対的な動きを指す．例えば，車窓から景色を眺めるときに，近くのものは速く，遠くのものはゆっくり動くが，その速度差が運動視差に対応する．運動視差はそれ単体で奥行き知覚手がかりとなりうることが知られており，単眼でも奥行きが知覚できる．頭部追跡システムやヘッドマウントディスプレイ（HMD）を用いて観察者の頭部の動きと画面に表示された像の動きを同期させることで，運動視差をディスプレイに表示できるため，バーチャルリアリティ技術などに応用されている．

ところで，連続的な運動視差を持つ DFD（Depth-fused 3D）表示やアーク 3D 表示において，不同視の場合の両眼立体視による奥行き知覚の劣化の改善が報告されている．また，両眼視差に運動視差を適切に付加することで書き割り効果が改善されることが報告されている．このような，運動視差と両眼視差の協調による奥行き知覚の改善例は，両眼視差と運動視差の相互作用の機序を明らかにするとともに，両眼視差のみに依拠した従来型の 3D ディスプレイの短所を改善するためのヒントを与えてくれる．

一方，運動視差を付加すると言っても，両眼視差からの奥行き知覚を改善するのに適切な運動視差とは何か，ということについては明らかになっていない点が多い．3D ディスプレイへの応用を考えたときに，適切な運動視差に関する指針が必要になると考えられる．

２．研究の目的

本研究は「従来型の 3D ディスプレイにおける問題点は運動視差の欠如により生じており，実世界の 3 次元空間で不都合が生じないのは，運動視差が両眼視差と協調して機能するためである」という考え方に立脚している．そこから，両眼視差に運動視差を付加することによる両眼融合および奥行き知覚におけるメリットや，適切な運動視差の与え方を明らかにし，違和感や疲労感が少なく，正確で安定した奥行きを知覚可能な 3D 表示方式への道筋をつけることが本研究の目的である．

３．研究の方法

本研究では，従来型の二眼式 3D ディスプレイで奥行き知覚の問題が生じる状況として，（１）左右眼に提示される像に垂直方向のずれ（垂直変位視差）があって奥行き知覚が不安定もしくは劣化する場合，（２）左右眼に提示される像のサイズに違いがあって奥行き知覚が不安定もしくは劣化する場合，（３）3D 表示した物体が平べったく知覚される「書き割り効果」が生じる場合，の 3 つに着目し，それぞれの場合において，両眼視差に運動視差を付加することで奥行き知覚の問題が改善されるのか，また，適切な運動視差の与え方についても明らかにする．

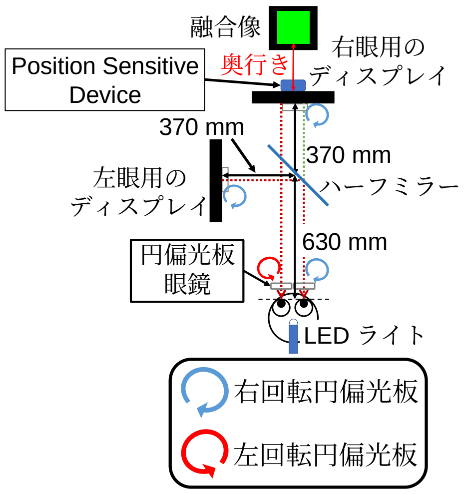


図１ 両眼視差と運動視差を提示可能な装置

被験者に，両眼視差と運動視差の両方を，それぞれ独立に変えながら提示するために，光学的な頭部追跡システムを用いた実験装置を構築した（図 1）．Position Sensitive Device を用いて被験者の頭部の位置を検出し，それに基づいて提示する画像を切り替えることで，頭部の動きに応じた運動視差の提示を実現した．また，偏光板を用いて 2 台の液晶ディスプレイの画像を左右眼に別々に表示することで両眼視差の提示を実現した．

また，（３）の書き割り効果については，撮影距離と観察距離が異なることが書き割り効果の原因であると考えられることから，撮影距離を変化させた視覚刺激を簡易に作成するために CG ソフト（Blender）を使用し，レンダリングした画像を実験刺激として用いた．

４．研究成果

前節で示した（１）～（３）の状況において，両眼視差による奥行き知覚の不安定性や劣化を，運動視差の付加により改善できるかどうかを心理物理実験により検証した．

（１）　左右眼に提示される像に垂直方向のずれ（垂直変位視差）がある場合

左右眼に提示される像の垂直方向のずれは，両眼融合や正しい奥行き知覚を阻害する要因となりうる．そこで，一定の奥行きに設定した両眼視差に対して，図 2（a）頭部を動かさない（両眼視差のみ），（b）両眼視差と同じ奥行き（+100 mm）の運動視差を付加，（c）ディスプレイ面と同じ奥行き（±0 mm）の運動視差を付加，（d）両眼視差と逆の奥行き（－100 mm）の運動視差を付加，の 4 条件で奥行き知覚を評価する実験を行った．垂直変位視差の量は 9.6 arcmin.，28.9 arcmin.，48.1 arcmin.の 3 種類とした．図 2 に代表的な 1 名の結果を示す．両眼視差で設定した奥行きは，ディスプレイの奥+100 mm である．垂直変位視差が大きくなるにつれて知覚される奥行き量が減少することから，奥行き知覚が劣化していることがわかる．一方で，両眼視差と同じ+100 mm に設定した運動視差を付加することで，垂直変位視差の大小に関わらず，安定して+100 mm 付近の奥行きを知覚できていることから，奥行き知覚の劣化を防ぐことができることが明らかになった．両眼融合のしやすさは，運動視差の有無に関わらず改善されなかった．

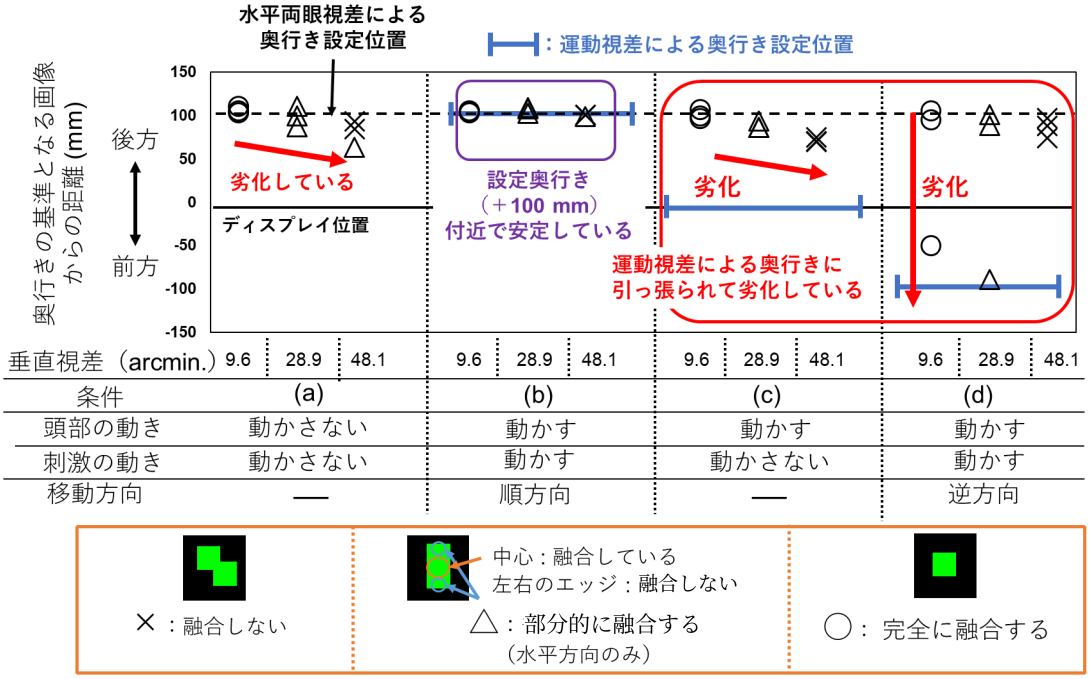


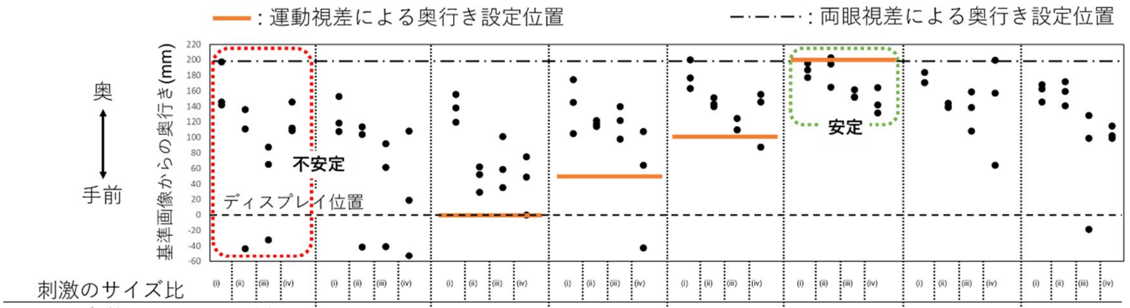
図 2 垂直変位視差がある場合の運動視差による奥行き知覚の改善

（２）左右眼に提示される像のサイズに違いがある場合

左右眼に提示される像のサイズに違いがある場合も，奥行き知覚が阻害される可能性がある．そこで，一定の奥行きに設定した両眼視差に対して，図 3（a）頭部を動かさない（両眼視差のみ），（b）両眼視差と逆のディスプレイ手前方向（－100 mm）の運動視差を付加，（c）ディスプレイ面と同じ奥行き（±0 mm）の運動視差を付加，ディスプレイの奥（d）+50 mm，（e）+100 mm，（f）+200 mm，（g）+300 mm，（h）+500 mm の奥行きの運動視差を付加する条件を設け，奥行き知覚の評価を行った．左右眼に提示される像のサイズの違いは（ｉ）1:1，（ii）0.9:1.1，（iii）0.8:1.2，（iv）0.7:1.3 の 4 条件とした．図 3 に代表的な 1 名の被験者の結果を示す．このときの，両眼視差と運動視差の奥行きが一致する条件は（f）+200 mm である．左右眼に提示される像のサイズの違いが大きくなるにつれて，奥行き知覚が不安定になることがわかる．また，両眼視差と同じ+200 mm の運動視差を付加した場合に，奥行き知覚が最も安定し，かつ，所望の奥行きに近い奥行きが知覚されたことがわかる．以上から，両眼視差と同じ奥行きの運動視差を付加することで，奥行き知覚の不安定性を改善できることが明らかになった．

（３）書き割り効果が発生する場合

3D ディスプレイにおいて立体が平べったく知覚される「書き割り効果」が，運動視差の付加によって改善されるかどうか，また，書き割り効果の生起には撮影距離と観察距離の矛盾が関係することが指摘されているため，撮影距離を変化させた場合の影響を調査した．観察距離を 1 m とし，撮影距離を 4 m，8 m，16 m，24 m の 4 条件設け，それぞれの場合において，両眼視差に頭部運動による運動視差を付加した条件（MOVE）と頭部を静止して運動視差のない条件（STATIC）での奥行き知覚（物体の厚みの知覚）を評価した．図 4 に代表的な 1 名の被験者の



条件	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
頭の動き	動かさない	動かす	動かす	動かす	動かす	動かす	動かす	動かす
刺激の動き	動かさない	動かす	動かさない	動かす	動かす	動かす	動かす	動かす
方向	—	逆方向	—	順方向	順方向	順方向	順方向	順方向
運動視差による奥行き設定値 (mm)	—	-100	0	+50	+100	+200	+300	+500

左右眼に提示する刺激の大きさの差, (i)1:1 (ii)0.9:1.1 (iii)0.8:1.2 (iv)0.7:1.3

図 3　左右の像のサイズに差がある場合の運動視差による奥行き知覚の改善

結果を示す．横軸が撮影距離，縦軸が知覚された奥行きを示す．奥行きは，CG ソフトで設定した奥行きが知覚された場合を 10 としており，それより値が小さいと物体の奥行きが過小評価されている（書き割り効果）ことを示す．運動視差がない条件（STATIC）においては，すべての撮影距離で書き割り効果に相当する奥行きの過小評価が起きている．一方，運動視差を付加する（MOVE）ことで，CG ソフトで設定した奥行き（10）に近づく傾向が見られることから，運動視差の付加によって書き割り効果による奥行き知覚の劣化が改善されることがわかる．またこの改善効果は，撮影距離によらないことが明らかになった．

一方，運動視差を付加するために，複数のカメラもしくは可動カメラを用いて特定のシーンを撮影する場合に，カメラがどこを注視すべきかが問題になる．これを明らかにするために，観察距離 1 m，撮影距離 2 m とした場合に，カメラの注視点の奥行きを物体（球）の位置，2 m 後方，4 m 後方，10 m 後方（背景）の 4 条件設け，両眼視差に運動視差を付加した場合の球の直径を評価した．図 5 に結果を示す．横軸がカメラの注視点の奥行き，縦軸が知覚された球の直径である．CG ソフトで設定した直径は 6.25 cm である．カメラの注視点を球の付近に設定した場合は，設定された 6.25 cm に近い直径の球に知覚されるが，球から大きく離れた奥行き位置にカメラの注視点を設けると，改善効果が得られないことが明らかになった．

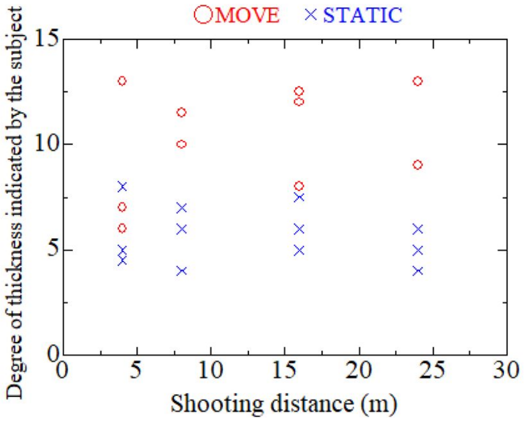


図 4　さまざまな撮影距離の画像に対する書き割り効果の運動視差の付加による改善

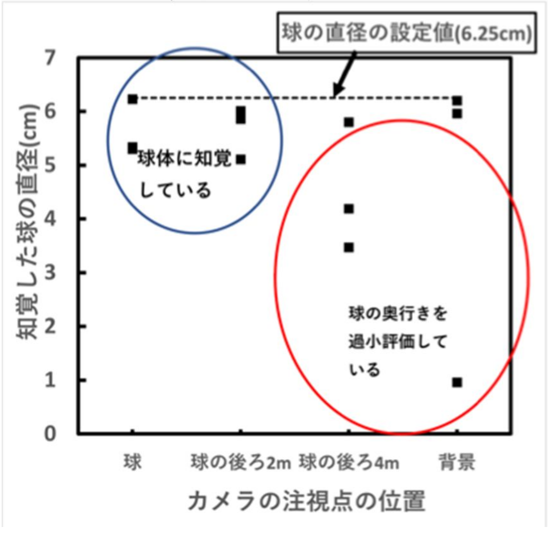


図 5　運動視差の付加による書き割り効果の改善効果におけるカメラの注視点の奥行きの影響

以上，本研究課題において（1）垂直変位視差や（2）左右眼の像のサイズの違いに起因する両眼視差による奥行き知覚の劣化および不安定性や，（3）書き割り効果のような空間知覚の歪みが，運動視差の付加により改善されることを明らかにした．この改善効果を得るための適切な運動視差として，両眼視差で設定している奥行きと同じ奥行きを示す運動視差とすること，そして，書き割り効果においては対象とする物体の奥行き付近にカメラの注視点を設けることが必要であることを示した．これらの知見は，3D ディスプレイからより正確な奥行きを安定して知覚させるための技術に応用できると考えられる．

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計6件（うち査読付論文　6件／うち国際共著　0件／うちオープンアクセス　0件）

１．著者名 Shiro Suyama, Haruki Mizushina, Hirotsugu Yamamoto	４．巻 27
２．論文標題 Theoretical and Experimental Perceived Depths in Arc 3D Display and Its On/Off Switching Using Liquid-Crystal Active Devices	５．発行年 2020年
３．雑誌名 IEEE Industry Applications Magazine, 2019-ILDC-0651	６．最初と最後の頁 69-81
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/MIAS.2020.3024451	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

１．著者名 Shiro Suyama, Hirotsugu Yamamoto, Haruki Mizushina, Kuribayashi Hidenori	４．巻 56
２．論文標題 Edge-Based DFD (Depth-Fused 3D) Display with Enlarged Viewing Angle & Maximum Perceived Depth	５．発行年 2020年
３．雑誌名 IEEE Transaction on Industry Applications, 2019-ILDC-0674	６．最初と最後の頁 7193-7201
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TIA.2020.3025264	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

１．著者名 Haruki Mizushina, Ippei Kanayama, Yuki Masuda, Shiro Suyama	４．巻 56
２．論文標題 Importance of visual information at change in motion direction on depth perception from monocular motion parallax	５．発行年 2020年
３．雑誌名 IEEE Transactions on Industry Applications	６．最初と最後の頁 5637-5644
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TIA.2020.3000135	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

１．著者名 Kawakami Akua、Mizushina Haruki、Suyama Shiro、Yamamoto Kenji	４．巻 30
２．論文標題 Analysis and fabrication for the dimensional expansion of arc 3D display to cone-shaped display	５．発行年 2022年
３．雑誌名 Optical Review	６．最初と最後の頁 93～99
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10043-022-00772-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

１．著者名 Mizushina Haruki、Negishi Ippei、Nakamura Junya、Takaki Yasuhiro、Ando Hiroshi、Masaki Shinobu	４．巻 58
２．論文標題 Accommodation and Vergence Responses to Electronic Holographic Displays and Super Multiview Holographic Stereograms	５．発行年 2022年
３．雑誌名 IEEE Transactions on Industry Applications	６．最初と最後の頁 7978～7987
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TIA.2022.3192739	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

１．著者名 Mizushina Haruki、Yamamoto Kohei、Suyama Shiro	４．巻 58
２．論文標題 Unstable Depth Perception of Aerial Images in Crossed Mirror Array Can Be Controlled by Changing Fixation Distance	５．発行年 2022年
３．雑誌名 IEEE Transactions on Industry Applications	６．最初と最後の頁 6793～6800
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TIA.2022.3189971	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

〔学会発表〕　計93件（うち招待講演　6件／うち国際学会　37件）

１．発表者名 中山 尚人，水科 晴樹，山本 健詞
２．発表標題 左右で画質差をつけた高圧縮なステレオ画像の見え方の評価
３．学会等名 第21回関西学生研究論文講演会
４．発表年 2023年

１．発表者名 梅本 真己，水科 晴樹，陶山 史朗，山本 健詞
２．発表標題 投影角度可変式平面フォグスクリーンに2次元画像を投影した際に生じる奥行き知覚の評価
３．学会等名 映像情報メディア学会技術報告
４．発表年 2023年

１．発表者名
高橋 宏輔，水科 晴樹，陶山 史朗，山本 健詞

２．発表標題
奥行の推定が困難な物体での運動視差と書き割り効果の関係

３．学会等名
映像情報メディア学会技術報告

４．発表年
2023年

１．発表者名
川上 亜玖吾，水科 晴樹，陶山 史朗，山本 健詞

２．発表標題
アーク3D表示における観察位置に依存しない像の表示方法の提案とその解析

３．学会等名
映像情報メディア学会技術報告

４．発表年
2023年

１．発表者名
中川 友莉恵，水科 晴樹，山本 健詞

２．発表標題
2つの顔映像を組み合わせた簡易的視線表示方式における表示可能な視線方向の検証

３．学会等名
HODIC学生シンポジウム

４．発表年
2023年

１．発表者名
安井 猛，水科 晴樹，陶山 史朗，山本 健詞

２．発表標題
アーク3D表示方式における，視点移動及び3D像移動による10m程度の距離にある3D像の奥行き知覚改善

３．学会等名
HODIC学生シンポジウム

４．発表年
2023年

１．発表者名
森下 雄登，伊達 宗和，水科 晴樹，陶山 史朗，山本 健詞

２．発表標題
ステレオ DFD(Depth-fused-3D)表示における奥行き知覚の基礎評価

３．学会等名
HODIC学生シンポジウム

４．発表年
2023年

１．発表者名
藤川 和也，水科 晴樹，陶山 史朗，山本 健詞

２．発表標題
高セキュリティディスプレイ(HiViS 3D)で使用されるドットサイズと見やすさ，視域の関係

３．学会等名
映像情報メディア学会技術報告

４．発表年
2023年

１．発表者名
寺尾 保範，水科 晴樹，山本 健詞

２．発表標題
視覚・触覚・聴覚が及ぼす空中ディスプレイの操作性に関する基礎的評価

３．学会等名
映像情報メディア学会技術報告

４．発表年
2023年

１．発表者名
Kosuke Takahashi, Haruki Mizushina, Shiro Suyama, Kenji Yamamoto

２．発表標題
Evaluation of Motion Parallax to Reduce Cardboard Effect when Stimulus of Stereo Images Are Natural Scene

３．学会等名
The 29th International Display Workshops（国際学会）

４．発表年
2022年

１．発表者名 Masaki Umemoto, Haruki Mizushina, Shiro Suyama, Kenji Yamamoto
２．発表標題 Depth Perception Characteristics in Plane Fog Screen
３．学会等名 The 29th International Display Workshops（国際学会）
４．発表年 2022年

１．発表者名 Naoto Nakayama, Haruki Mizushina, Kenji Yamamoto
２．発表標題 Experimental Evaluation of Stereo Still Image with Image Quality Difference Using the Blur Filter
３．学会等名 The 13th International Conference on 3D Systems and Applications（国際学会）
４．発表年 2022年

１．発表者名 Yurie Nakagawa, Haruki Mizushina, Shiro Suyama, Kenji Yamamoto
２．発表標題 Pseudo Gaze Direction Change Method with Wide Gaze Direction Range by Spatial Blending of 2D Face Videos with Different Gaze Direction
３．学会等名 The 13th International Conference on 3D Systems and Applications（国際学会）
４．発表年 2022年

１．発表者名 Kazuya Fujikawa, Haruki Mizushina, Shiro Suyama, Kenji Yamamoto
２．発表標題 Evaluation of Dot Size for Readability of Information Used in Highly-Visually-Secured Depth-Fused 3D (HiViS 3D)
３．学会等名 The 13th International Conference on 3D Systems and Applications（国際学会）
４．発表年 2022年

１．発表者名
水科 晴樹，根岸 一平，中村 淳也，高木 康博，安藤 広志，正木 信夫

２．発表標題
電子ホログラムに対する調節・輻輳応答

３．学会等名
Optics & Photonics Japan 2022（招待講演）

４．発表年
2022年

１．発表者名
梅本 真己，水科 晴樹，陶山 史朗，山本 健詞

２．発表標題
回転式平面フォグスクリーンに投影した2次元画像の奥行き知覚

３．学会等名
Optics & Photonics Japan 2022

４．発表年
2022年

１．発表者名
川上 亜玖吾，水科 晴樹，陶山 史朗，山本 健詞

２．発表標題
円柱形アーク3D表示における知覚される像点の位置の解析

３．学会等名
Optics & Photonics Japan 2022

４．発表年
2022年

１．発表者名
田口 遼斗，水科 晴樹，陶山 史朗，山本 健詞

２．発表標題
フレネル型線刻を用いたアーク3D表示方式の提案と基礎検討

３．学会等名
信学技報

４．発表年
2022年

1．発表者名 高橋 宏輔, 水科 晴樹, 陶山 史朗, 山本 健詞
2．発表標題 日常的なシーンのステレオ画像で発生した書き割り効果における運動視差の付加による改善効果の評価
3．学会等名 信学技報
4．発表年 2022年

1．発表者名 Haruki Mizushina, Yusuke Fukuta, Shiro Suyama, Kenji Yamamoto
2．発表標題 Improvement of perceived depth instability by motion parallax in binocular stereopsis with left-right retinal image mismatch
3．学会等名 2022 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting（国際学会）
4．発表年 2022年

1．発表者名 梅本 真己, 水科 晴樹, 陶山 史朗, 山本 健詞
2．発表標題 平面フォグスクリーンに二次元画像を投影した際に生じる奥行き知覚の評価
3．学会等名 映像情報メディア学会技術報告
4．発表年 2022年

1．発表者名 森下 雄登, 水科 晴樹, 陶山 史朗, 伊達 宗和, 山本 健詞
2．発表標題 VELF3Dディスプレイにおける輝度分布の理論値と測定値の比較
3．学会等名 第22回情報フォトニクス研究グループ研究会
4．発表年 2022年

１．発表者名 寺尾 保範，水科 晴樹，山本 健詞
２．発表標題 空中タッチディスプレイにおける足裏への振動によるタッチ感の提示
３．学会等名 第22回情報フォトニクス研究グループ研究会
４．発表年 2022年

１．発表者名 中西 康介，水科 晴樹，山本 健詞
２．発表標題 映像の変形によるベクションの強度増大の試み
３．学会等名 第22回情報フォトニクス研究グループ研究会
４．発表年 2022年

１．発表者名 Kosuke Takahashi, Haruki Mizushina, Shiro Suyama, Kenji Yamamoto
２．発表標題 Effects of motion parallax and shooting distance for reducing cardboard effect in stereo images
３．学会等名 The 22nd International Meeting on Information Display（国際学会）
４．発表年 2022年

１．発表者名 Akua Kawakami, Haruki Mizushina, Shiro Suyama, Kenji Yamamoto
２．発表標題 Relationship between cone shape and perceived image in cone-shaped arc 3D display
３．学会等名 The 22nd International Meeting on Information Display（国際学会）
４．発表年 2022年

１．発表者名 Masaki Umemoto, Haruki Mizushina, Shiro Suyama, Kenji Yamamoto
２．発表標題 Evaluation of depth perception characteristics in plane fog screen
３．学会等名 The 22nd International Meeting on Information Display（国際学会）
４．発表年 2022年

１．発表者名 Akua Kawakami, Haruki Mizushina, Shiro Suyama, Kenji Yamamoto
２．発表標題 Expansion of arc 3D display to cone-shaped display
３．学会等名 OPTICAL & PHOTONICS International Conference（国際学会）
４．発表年 2022年

１．発表者名 梅本 真己，水科 晴樹，陶山 史朗，山本 健詞
２．発表標題 平面フォグスクリーンに画像を投影した際に知覚される奥行きに関する評価
３．学会等名 第20回関西学生研究論文講演会
４．発表年 2022年

１．発表者名 高橋 宏輔，水科 晴樹，陶山 史朗，山本 健詞
２．発表標題 ステレオ画像における書き割り効果低減のための運動視差の付加に関する検討
３．学会等名 第20回関西学生研究論文講演会
４．発表年 2022年

１．発表者名
鎌田 廉，水科 晴樹，山本 健詞，陶山 史朗，伊達 宗和

２．発表標題
VELF3D(Visually Equivalent Light Field 3D)ディスプレイに表示した文字の読みやすさの評価

３．学会等名
映像情報メディア学会技術報告

４．発表年
2022年

１．発表者名
田村 豊貴，水科 晴樹，山本 健詞，陶山 史朗

２．発表標題
プロジェクタを用いたパースペクティブを利用した疑似3D表示方式における刺激条件の奥行き知覚への影響

３．学会等名
映像情報メディア学会技術報告

４．発表年
2022年

１．発表者名
安井 猛，中野 綺砂，水科 晴樹，陶山 史朗，山本 健詞

２．発表標題
滑らかな運動視差を有するアーク3D表示方式による遠距離3D像の奥行き知覚の実物体への貼り付き問題の改善

３．学会等名
映像情報メディア学会技術報告

４．発表年
2022年

１．発表者名
福田 優介，山本 健詞，陶山 史朗，水科 晴樹

２．発表標題
両眼立体視において左右眼の網膜像サイズに差異が生じている際に発生する奥行き知覚の不安定性の運動視差による改善効果

３．学会等名
映像情報メディア学会技術報告

４．発表年
2022年

１．発表者名
清原 稜，水科 晴樹，山本 健詞，陶山 史朗

２．発表標題
奥行きが異なる2つの空中像を重畳表示した際にテクスチャが奥行き知覚に与える影響について

３．学会等名
映像情報メディア学会技術報告

４．発表年
2022年

１．発表者名
Shiro Suyama, Hirotsugu Yamamoto, Haruki Mizushina

２．発表標題
3D image and real object have differences? ~ Enhancing or fooling image reconstruction in brain ~

３．学会等名
The 28th International Display Workshops (IDW '21)（招待講演）（国際学会）

４．発表年
2021年

１．発表者名
Yurie Nakagawa, Haruki Mizushina, Shiro Suyama, Kenji Yamamoto

２．発表標題
Pseudo gaze direction change for 2D communications by spatial blending and boundary blending of luminance of 2D face images with different gaze directions

３．学会等名
The 28th International Display Workshops (IDW '21)（国際学会）

４．発表年
2021年

１．発表者名
Kazuya Fujikawa, Haruki Mizushina, Kenji Yamamoto, Shiro Suyama

２．発表標題
Advanced Secure Display Using DFD Display with Fuzzy Perceived Depth Images and Dummy Information

３．学会等名
The 28th International Display Workshops (IDW '21)（国際学会）

４．発表年
2021年

１．発表者名
Naoki Kiyose, Kenji Yamamoto, Haruki Mizushina, Shiro Suyama

２．発表標題
Reduction of Perceived Depth Instability in Aerial Image by Using Hand or Tools to Aerial Image Position

３．学会等名
The 28th International Display Workshops (IDW '21)（国際学会）

４．発表年
2021年

１．発表者名
Haruto Taguchi, Haruki Mizushina, Kenji Yamamoto, Shiro Suyama

２．発表標題
Fresnel Arc 3D display for rewriting 3D image with high-pixel-density arrangement and automatic arc-scratch generation

３．学会等名
The 28th International Display Workshops (IDW '21)（国際学会）

４．発表年
2021年

１．発表者名
Yuto Mori, Haruki Mizushina, Kenji Yamamoto, Shiro Suyama

２．発表標題
Proposal of a method to reduce visual discomfort of head-mounted displays by moving the lens in accordance with eye movements

３．学会等名
The 12th International Conference on 3D Systems and Applications（国際学会）

４．発表年
2021年

１．発表者名
Takeshi Yasui, Kisa Nakano, Haruki Mizushina, Shiro Suyama, Kenji Yamamoto

２．発表標題
Improvement on sticking depth issue of 3D image by Arc 3D display with moving head or moving Arc 3D display

３．学会等名
The 12th International Conference on 3D Systems and Applications（国際学会）

４．発表年
2021年

１．発表者名
藤川 和也，水科 晴樹，山本 健詞，陶山 史朗

２．発表標題
DFD表示による奥行き分布のばらつきを持つランダムドットとダミー情報による高度な視覚的セキュリティ

３．学会等名
Optics & Photonics Japan 2021

４．発表年
2021年

１．発表者名
田村 豊貴，水科 晴樹，山本 健詞，陶山 史朗

２．発表標題
プロジェクタを用いたパースペクティブによる擬似3D表示方式における観察条件の奥行き知覚への影響

３．学会等名
Optics & Photonics Japan 2021

４．発表年
2021年

１．発表者名
福田 優介，山本 健詞，陶山 史朗，水科 晴樹

２．発表標題
左右の網膜像の大きさが異なる場合における両眼立体視の不安定な奥行き知覚に対する運動視差による改善効果

３．学会等名
信学技報

４．発表年
2021年

１．発表者名
中川 友莉恵，陶山 史朗，山本 健詞，水科 晴樹

２．発表標題
2D顔画像を組み合わせた脳内補完による空間ブレンディングと画像の境界ブレンディングによる簡易的視線表示システムにおける顔画像の向きと組み合わせ比率の影響

３．学会等名
映像情報メディア学会技術報告

４．発表年
2021年

１．発表者名 森 勇登，山本 健詞，水科 晴樹，陶山 史朗
２．発表標題 ヘッドマウントディスプレイ観察時の視覚的違和感に対する視線の移動と短焦点レンズによる像の歪みの影響
３．学会等名 映像情報メディア学会技術報告
４．発表年 2021年

１．発表者名 田口 逵斗，水科 晴樹，山本 健詞，陶山 史朗
２．発表標題 フレネルアーク3D表示における画像書き換え方法と画素配置方法の提案
３．学会等名 映像情報メディア学会技術報告
４．発表年 2021年

１．発表者名 清瀬 直樹，山本 健詞，水科 晴樹，陶山 史朗
２．発表標題 手や道具を用いたハンドリーチング法による空中像の奥行き知覚おける不安定の軽減
３．学会等名 映像情報メディア学会技術報告
４．発表年 2021年

１．発表者名 Haruki Mizushina, Ippei Negishi, Junya Nakamura, Yasuhiro Takaki, Hiroshi Ando, Shinobu Masaki
２．発表標題 Accommodation and Vergence Responses to Electronic Holographic Displays Compared with Those to Stereoscopic Displays
３．学会等名 2021 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting（国際学会）
４．発表年 2021年

１．発表者名 Haruki Mizushina, Kohei Yamamoto, Shiro Suyama
２．発表標題 Unstable Depth Perception of Aerial Image in Crossed Mirror Array Can Be Controlled by Changing Fixation Distance
３．学会等名 2021 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting（国際学会）
４．発表年 2021年

１．発表者名 川上 亜玖吾，水科 晴樹，陶山 史朗，山本 健詞
２．発表標題 円錐面上の線刻によるアーク3D 表示における光線解析と可視化
３．学会等名 第21回情報フォトニクス研究グループ研究会(オンライン合宿)講演予稿集
４．発表年 2021年

１．発表者名 Yurie Nakagawa, Haruki Mizushina, Kenji Yamamoto, Shiro Suyama
２．発表標題 Pseudo face-orientation change for 2D communications by spatial blending of 2D face images with different face orientations
３．学会等名 The 21st International Meeting on Information Display（国際学会）
４．発表年 2021年

１．発表者名 Kazuya Fujikawa, Haruki Mizushina, Kenji Yamamoto, Shiro Suyama
２．発表標題 Advanced secure display using DFD display with fuzzy perceived depth images by combining random dot configuration and fuzzy luminance distribution
３．学会等名 The 21st International Meeting on Information Display（国際学会）
４．発表年 2021年

1．発表者名
Yuto Mori, Haruki Mizushina, Kenji Yamamoto, Shiro Suyama

2．発表標題
Visual discomfort reduction in head mounted display by moving the lens according to the gaze-point motion

3．学会等名
The 21st International Meeting on Information Display（国際学会）

4．発表年
2021年

1．発表者名
Takeshi Yasui, Kisa Nakano, Haruki Mizushina, Kenji Yamamoto, Shiro Suyama

2．発表標題
Depth Perception of Distant 3D Image Displayed Behind a Real Object by Arc 3D Display

3．学会等名
The 21st International Meeting on Information Display（国際学会）

4．発表年
2021年

1．発表者名
Naoki Kiyose, Haruki Mizushina, Kenji Yamamoto, Shiro Suyama

2．発表標題
Reduction of Perceived Depth Instability in Aerial Image by Reaching Hand for Aerial image Position

3．学会等名
The 21st International Meeting on Information Display（国際学会）

4．発表年
2021年

1．発表者名
Haruto Taguchi, Haruki Mizushina, Kenji Yamamoto, Shiro Suyama

2．発表標題
Proposes and developments of a new Arc-3D-image rewriting method in Fresnel Arc 3D display

3．学会等名
The 21st International Meeting on Information Display（国際学会）

4．発表年
2021年

１．発表者名
水科 晴樹，陶山 史朗

２．発表標題
DFD 表示およびアーク 3D 表示の実世界への拡張

３．学会等名
ホログラフィック・ディスプレイ研究会会報（招待講演）

４．発表年
2021年

１．発表者名
藤川 和也，水科 晴樹，陶山 史朗

２．発表標題
ランダムドット画像によるDFD表示を用いたセキュリティ表示におけるドット配置と輝度分布の組み合わせによるセキュリティの高度化

３．学会等名
第19回関西学生研究論文講演会

４．発表年
2021年

１．発表者名
森 勇登，水科 晴樹，陶山 史朗

２．発表標題
Head Mounted Display観察時に生じる不快感における観察者の視線の動きとレンズによる注視点の歪みの影響

３．学会等名
第19回関西学生研究論文講演会

４．発表年
2021年

１．発表者名
安井 猛，中野 綺砂，水科 晴樹，陶山 史朗

２．発表標題
アーク3D表示により物体の奥に遠方3D像を表示した場合における奥行き知覚距離評価

３．学会等名
第19回関西学生研究論文講演会

４．発表年
2021年

１．発表者名
田口 遼斗，水科 晴樹，陶山 史朗

２．発表標題
フレネルアーク3D像の新たな書き換え方法およびフレネルアーク線刻群の自動描画方法の提案

３．学会等名
映像情報メディア学会技術報告

４．発表年
2021年

１．発表者名
小林 大悟，陶山 史朗，水科 晴樹

２．発表標題
複数の2Dディスプレイとその呈示された画像を能動的に動かす際に生じるオクルージョンによる擬似的な奥行き知覚の提案

３．学会等名
映像情報メディア学会技術報告

４．発表年
2021年

１．発表者名
中野 綺砂，吉田 貴彦，水科 晴樹，陶山 史朗

２．発表標題
アーク3D表示を用いることにより,実物体の後方にめり込んで空中像を提示できる方式とその改善方法

３．学会等名
映像情報メディア学会技術報告

４．発表年
2021年

１．発表者名
瀬古 一樹，水科 晴樹，陶山 史朗

２．発表標題
照明角度の異なるプロジェクタ群と円弧状線刻の格子状配列によるアーク3D表示の新たな画像書き換え方式

３．学会等名
映像情報メディア学会技術報告

４．発表年
2021年

１．発表者名
山本 航平，水科 晴樹，陶山 史朗

２．発表標題
直交ミラーアレイによる空中像の知覚位置の不安定性における空中像注視下での刺激輝度の影響

３．学会等名
映像情報メディア学会技術報告

４．発表年
2021年

１．発表者名
大山 瑠音，水科 晴樹，陶山 史朗

２．発表標題
複数の2Dディスプレイの枠や間隙によるオクルージョン効果と水平方向に動く運動刺激を利用した新たな3D表示方式

３．学会等名
映像情報メディア学会技術報告

４．発表年
2021年

１．発表者名
岩本 生宮，水科 晴樹，陶山 史朗

２．発表標題
見た目の明るさを変えることなく実物体の奥行き知覚を高い自由度で変化可能な実物DFD表示

３．学会等名
映像情報メディア学会技術報告

４．発表年
2021年

１．発表者名
松原 秀人，水科 晴樹，陶山 史朗

２．発表標題
大画面Edge-based DFD(Depth-fused 3D)表示において遠距離観察とエッジ画像をぼかすことによる3D像の奥行き拡大

３．学会等名
映像情報メディア学会技術報告

４．発表年
2021年

1．発表者名 丹後 和也，水科 晴樹，陶山 史朗
2．発表標題 アーク3D表示による単眼運動視差での知覚される奥行きの改善および頭部の運動周期と運動幅の影響
3．学会等名 映像情報メディア学会技術報告
4．発表年 2021年

1．発表者名 Ryo Kiyohara, Haruki Mizushina, Shiro Suyama
2．発表標題 Viewing Distance Limitation for the Sticking Perceived Depth of Floating Image to Real Object
3．学会等名 IDW '20（国際学会）
4．発表年 2020年

1．発表者名 Yusuke Fukuta, Haruki Mizushina, Shiro Suyama
2．発表標題 Improvement of Perceived Depth in Binocular Stereopsis with Different Size of Stereoscopic Images by Using Motion Parallax
3．学会等名 IDW '20（国際学会）
4．発表年 2020年

1．発表者名 Toyotaka Tamura, Haruki Mizushina, Shiro Suyama
2．発表標題 Perceived Inclined Angle Change in Our Proposed Pseudo 3D Display by Using Perspective Effect by Changing Observation Angle and Viewing Distance
3．学会等名 IDW '20（国際学会）
4．発表年 2020年

１．発表者名 Ren Kamada, Haruki Mizushina, Munekazu Date, Shinya Shimizu, Susumu Yamamoto, Shiro Suyama
２．発表標題 Evaluation of Linear Blending between view images and Depth Perception by Monocular Motion Parallax in Visually Equivalent Light Field 3D display
３．学会等名 IDW '20（国際学会）
４．発表年 2020年

１．発表者名 Shiro Suyama, Haruki Mizushina
２．発表標題 Recent developments in our 3D displays~ Non-overlapped DFD display & Arc 3D display ~
３．学会等名 Proc. ISOM '20（招待講演）（国際学会）
４．発表年 2020年

１．発表者名 Haruki Mizushina, Youkou Awata, Yusuke Fukuta, Shiro Suyama
２．発表標題 Improvement of binocular depth perception in 3D displays by motion parallax
３．学会等名 Proc. ISOM '20（招待講演）（国際学会）
４．発表年 2020年

１．発表者名 清原 稜，水科 晴樹，陶山 史朗
２．発表標題 実物体への重畳表示により浮遊像の知覚される奥行きを操作可能な奥行き貼り付き効果における視距離の影響
３．学会等名 映像情報メディア学会技術報告
４．発表年 2020年

１．発表者名
田村 豊貴，水科 晴樹，陶山 史朗

２．発表標題
プロジェクタを用いたパースペクティブを利用した擬似3D表示方式における観察距離/角度の奥行き知覚への影響

３．学会等名
映像情報メディア学会技術報告

４．発表年
2020年

１．発表者名
松原 秀人，水科 晴樹，陶山 史朗

２．発表標題
大画面Edge-based DFD(Depth-fused 3D)表示の遠距離観察時においてエッジ画像をぼかすことによる3D像の奥行き拡大

３．学会等名
映像情報メディア学会技術報告

４．発表年
2020年

１．発表者名
瀬古 一樹，水科 晴樹，陶山 史朗

２．発表標題
円弧状線刻の格子状配列と照明角度の異なるプロジェクタ群によるアーク3D表示の新たな画像書き換え方式

３．学会等名
映像情報メディア学会技術報告

４．発表年
2020年

１．発表者名
鎌田 廉，水科 晴樹，伊達 宗和，志水 信哉，陶山 史朗

２．発表標題
滑らかな運動視差を表現可能なリニアブレンディング技術を用いたVisually Equivalent Light Field 3D ディスプレイにおける単眼観察時の運動視差による奥行き知覚

３．学会等名
映像情報メディア学会技術報告

４．発表年
2020年

１．発表者名 大山 瑠音，水科 晴樹，陶山 史朗
２．発表標題 複数の2Dディスプレイにおけるディスプレイの枠や間隙によるオクルージョン効果と運動刺激を利用した新たな3D表示方式
３．学会等名 映像情報メディア学会技術報告
４．発表年 2020年

１．発表者名 岩本 生宮，水科 晴樹，陶山 史朗
２．発表標題 実物体の知覚される奥行を高い自由度で可変な実物DFD(Depth-fused 3D)表示
３．学会等名 映像情報メディア学会技術報告
４．発表年 2020年

１．発表者名 丹後 和也，水科 晴樹，陶山 史朗
２．発表標題 アーク3D表示による単眼運動視差での知覚される奥行きの改善および頭部の運動周期の影響
３．学会等名 映像情報メディア学会技術報告
４．発表年 2020年

１．発表者名 福田 優介，水科 晴樹，陶山 史朗
２．発表標題 垂直視差を有する両眼立体視における奥行き知覚と両眼融合の運動視差による改善
３．学会等名 映像情報メディア学会技術報告
４．発表年 2020年

１．発表者名 山本 航平，水科 晴樹，陶山 史朗
２．発表標題 直交ミラーアレイによる空中像の知覚位置の不安定性における刺激輝度の影響
３．学会等名 信学技報
４．発表年 2020年

１．発表者名 Ryo Kiyohara, Haruki Mizushina, Shiro Suyama
２．発表標題 Perceived Depth Manipulation of Floating Images by Using Sticking Effect to Real Objects with Various Viewing Distances
３．学会等名 The 20th International Meeting on Information Display（国際学会）
４．発表年 2020年

１．発表者名 Yusuke Fukuta, Haruki Mizushina, Shiro Suyama
２．発表標題 Effects of Motion Parallax on Perceived Depth and Binocular Stereopsis with Vertical Disparity
３．学会等名 The 20th International Meeting on Information Display（国際学会）
４．発表年 2020年

１．発表者名 Toyotaka Tamura, Haruki Mizushina, Shiro Suyama
２．発表標題 Propose of Pseudo 3D Display by Using Perspective Effect and Perceived Depth Change by Observation Angles
３．学会等名 The 20th International Meeting on Information Display（国際学会）
４．発表年 2020年

１．発表者名
Ren Kamada, Haruki Mizushina, Munekazu Date, Shinya Shimizu, Shiro Suyama

２．発表標題
Luminance Distribution and Monocular Depth Perception by Smooth Motion Parallax in Visually Equivalent Light Field 3D Display Using Optical Linear Blending Technology

３．学会等名
The 20th International Meeting on Information Display（国際学会）

４．発表年
2020年

１．発表者名
Haruki Mizushina, Kazuya Oko, Yuki Masuda, Shiro Suyama

２．発表標題
Effective displaying methods of monocular motion parallax for more realistic depth perception

３．学会等名
Proceedings of SPIE（国際学会）

４．発表年
2020年

１．発表者名
Shiro Suyama, Haruki Mizushina

２．発表標題
Large and Long-Viewing Distance DFD (Depth-Fused 3D) Display by using Transparent Polyethylene Screens and Short-Focus Projectors

３．学会等名
Proc. LDC2020, LDC10-01（招待講演）（国際学会）

４．発表年
2020年

〔図書〕　計2件

１．著者名 飯島淳彦，木村英司，福田一帆，辻村誠一，富松江梨佳，塩入 諭，増田 修，光藤宏行，久方瑠美，鯉田孝和，溝上陽子，栗木一郎，山内泰樹，永井岳大，須長正治，眞田尚久，熊野弘紀，松下戦具，佐々木耕太，坂野雄一，繁桝博昭，草野 勉，下野孝一，一川 誠，水科晴樹，他	４．発行年 2022年
２．出版社 朝倉書店	５．総ページ数 360
３．書名 図説　視覚の事典	

1．著者名 陶山 史朗，水科 晴樹，山本 裕紹	4．発行年 2020年
2．出版社 技術情報協会	5．総ページ数 13
3．書名 次世代ディスプレイ	

〔産業財産権〕

〔その他〕

－

6．研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
研究分担者	陶山　史朗 (SUYAMA Shiro) (70457331)	宇都宮大学・オプティクス教育研究センター・特任教授 (12201)	

7．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕　計0件

8．本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関