

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K11503

研究課題名（和文）映像表示デバイスにおける観察者自身の立体感感受性を向上させる技術

研究課題名（英文）Technology to improve the observer's three-dimensional feeling in video display devices

研究代表者

長 篤志（Osa, Atsushi）

山口大学・大学院創成科学研究科・准教授

研究者番号：90294652

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究で開発した技術は、固視微動モデルによる動的視覚ノイズを重ね合わせることで、観察者が感じる立体感を向上させるものである。2種類の映像提示方法を実現し、それぞれにおいて効果を確認した。一つは通常のディスプレイモニタを使用して実現した。もう一つは、印刷された写真に対して動的視覚ノイズを含む照明光を照射する方法で実現した。画像認識や個人認識技術と組み合わせることによって応用が期待できる。また、脳における立体感認識に関するメカニズムの解明に向けての知見としても興味深い。

研究成果の学術的意義や社会的意義

映像提示装置開発の歴史は、観察者に与える臨場感の飽くなき向上の歴史だといってもよい。これまで、映像提示装置の解像度や色再現性の向上、両眼視の情報付加などの方法がとられてきた。一方で、本研究では、観察者自身の立体感に関する感受性を向上させる技術によって、映像表示装置における映像の臨場感を向上させたいと考えた。本研究で得られた知見により、解像度の増加やステレオ情報の付与がなくても画像の鑑賞者に対してより立体感を感じる事ができる映像提示方法がありえることがわかった。これは、新たな映像や写真、絵画などの鑑賞方法の提供につながる物である。

研究成果の概要（英文）：The technology developed in this study improves the three-dimensional feeling perceived by the observer by superimposing dynamic visual noises based on a model of involuntary eye movement during fixation. Two types of image presentation methods were implemented, and the effectiveness of each method was confirmed. One was realized using an ordinary display monitor. The other was realized by illuminating a printed photograph with illumination containing dynamic visual noise. The combination with image recognition and personal recognition technologies is expected to be applied. The results of this study are also interesting for elucidating the mechanism of stereoscopic perception in the brain.

研究分野：視覚工学

キーワード：立体感 確率共鳴現象 映像デバイス

## 1. 研究開始当初の背景

画像提示装置開発の歴史は、観察者に与える臨場感の飽くなき向上の歴史だといってもよい。その第 1 の方向性は時空間的なサイズと解像度に関する改良、第 2 の方向性は色の再現性とダイナミックレンジに関する改良、そして第 3 の方向性は視点の増加とインタラクティブ性による改良であると分類することができる。ただし、これらの方向性は装置や仕組みが複雑になるという弱点もある。

本研究では、それらの方向性とは独立な第 4 の方向性を示す。それは、臨場感につながる画像情報を増やすのではなく、観察者自身の立体感に関する感受性を向上させるというアイデアである。画像は 2 次元である。これは、ネッカーキューブと呼ばれる多義図形を観察すると顕著であるが、平面画像に立体感を感じるのは観察者の立体感に関する感受性の所以である。そして、この感受性をコントロールしたい。

非線形科学の分野で確率共鳴現象という用語がある。これは適切なノイズを付加することによって逆に信号検出精度が向上する現象である。一般的な工学的アプローチに反するこの信号検出戦略を、ヘラチョウザメは補食に使用しており、ザリガニや昆虫の感覚器官でも同様の機構が備わっている。確率共鳴は人の視覚系でも報告されており、脳の情報処理において重要な役割を果たしていると予想されている。

眼球は固視している間も絶えず振動している。この固視微動は、日常生活において意識されないように視覚体験としては抑制されている。しかし、オオウチ錯視のような運動錯視においてその揺れが顕在化されるように、視神経には絶えず動的ノイズが入力されている。また、このノイズは眼球の揺れに因る物であるから、観察対象の空間情報に係る。そのため、眼球の焦点深度を上回る風景を観察しているときには、奥行きとノイズ強度の間には、見ている風景の(主に)明度勾配を媒介に相関関係があることになる。つまり、焦点が合わずぼやけたところはノイズ強度が低い。一方で、画像を観察する際、空間解像度が足りなければ画面全体でこの固視微動によるノイズ強度が低下する事になる。

以上のことから、画像観察時においても固視微動を模したノイズを適切な強度で与えるなら立体感の感度向上に影響を及ぼしうると仮説を立てた。

## 2. 研究の目的

本研究では、提示された画像に固視微動を模した動的ノイズを付加することによって観察者の立体感の感受性を向上させる技術を開発することを目的とした。

## 3. 研究の方法

### (1) ディスプレイモニタを用いた画像提示

ディスプレイモニタに画像を提示すると同時に、その画像へ固視微動を模したノイズを付加した。そして、絵画的奥行き手掛かりと動的ノイズの時間周波数特性を独立変数にし、奥行き感を従属変数とした奥行き感評価実験をおこなった。奥行き手掛かりは、「線遠近法」、「大きさ」、「きめの勾配」とした。また、固視微動モデルにおける動的ノイズの時間周波数特性として、ホワイトノイズと  $1/f^n$  ノイズを用いた。この実験により、ノイズ付加による画像の奥行き感への影響を明らかにするとともに、その最適なノイズ強度と周波数特性に関する知見を得ることを目指した。

### (2) 印刷物(写真)を用いた画像提示

印刷した写真に対して、固視微動を模したノイズを照明として付加した。そして、奥行き感評価実験をおこなった。この実験により、実物の写真においても、ノイズ付加による画像の奥行き感への影響を明らかにするとともに、その最適なノイズ強度と周波数特性に関する知見を得ることを目指した。

## 4. 研究成果

(1) コンピュータグラフィックスを用いて奥行き手がかりが異なる画像 1~3 を生成し、固視微動の周波数特性に基づくノイズを付加し、奥行き感評価実験を行った。15 人(20 歳から 24 歳の男性)が参加した。ノイズ刺激は、固視微動の周波数特性を持つ M1 と、M1 の 1 の範囲の 1 様乱数として作成したホワイトノイズ M2 の 2 種類を用意した。図 1~3 に各画像に対する心理尺度値のグラフを示す。このグラフは、刺激動画像の選択率から、標準正規分布の逆関数を求めたものであり、値が大きいほど相対的に奥行き感があると評価された画像であることを意味する。この結果から、すべての画像において、元の画像よりある適切な強度のノイズを付加した画像で

奥行きをより感じたことがわかった。奥行き手がかり線遠近に対しては、ノイズ強度 15%が最も効果的であった。大きさ及び遮蔽関係、テクスチャ勾配に対しては、10%が最も効果的であった。

結果として、すべての奥行き手掛かり画像においてノイズ付加による奥行き感の向上が確認された。線遠近の画像においては、 $1/f^n$ の周波数特性であってもホワイトの周波数特性であっても、高ノイズ強度において奥行き感の向上が見られた。大きさおよび遮蔽関係、テクスチャ勾配の画像においては、主にホワイトの周波数特性を持つノイズでの奥行き感の向上効果が大きかった。

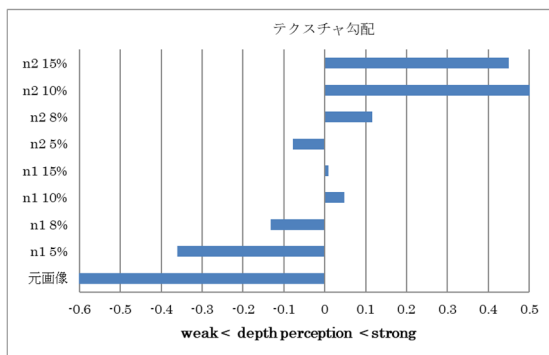
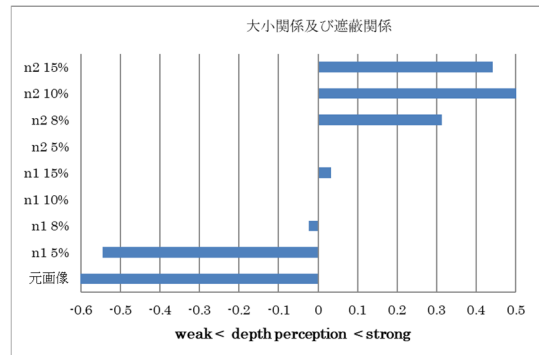
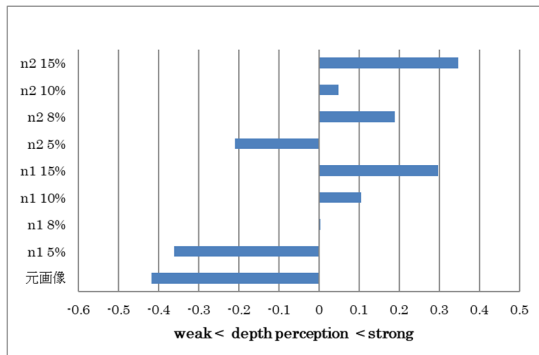


図 1(左上) 線遠近法を有する画像に対する立体感を感じる度合い

図 2(右上) 大きさ及び遮蔽関係を有する画像に対する立体感を感じる度合い

図 3(左) テクスチャ勾配を有する画像に対する立体感を感じる度合い

(n1:  $1/f^n$  ノイズ, n2: ホワイトノイズ)

(2) ノイズ刺激を照射した写真の大きさ感を明らかにする実験を行った。参加者は 10 人(矯正視力 1.0 以上の大学生 19 歳~24 歳)であった。石膏像を撮影した写真を評価対象として用いた。写真には、プロジェクター (VPL-VW255, SONY) を用いてパーソナルコンピュータの画像を投影し、それを写真の照明とした。濃淡値 127 のグレーを投影して写真中央の輝度を測定し、実物石膏像の同一位置の輝度に合わせてプロジェクターの輝度を調整した。投影面である写真はプロジェクターに対して正対しないが、PC で投影変換をすることによって補正した。

調整法を用いて最も立体感を感じるノイズ強度を求めた。参加者は複数回の練習をした後、乱数系列 M1, M2 それぞれにおいて、ノイズ強度が 0%から始める試行と、20%から始める試行を 5 回ずつ行い、それぞれ最も立体感のあるノイズ強度に調整し、平均値を算出した。参加者はマウスホイールによって 1%刻みで刺激強度を変化させた。

図 4 にノイズ系列 M1 と M2 の実験結果をそれぞれ示す。図を比較すると、各参加者が最適だと回答したノイズ強度の標準誤差や平均値が異なっていた。奥行き感を感じる最適ノイズ強度の最も小さい参加者は 3%，最も大きい参加者は 11%であり、強度に 3.7 倍の違いがあった。t 検定の結果、5%の有意水準ですべての平均値はノイズ強度 0%の間に有意差が認められた。適切なノイズ強度が参加者によって異なることが確認された。M1 と M2 の最適ノイズ強度に対して相関を調べたところ、相関は有意であり相関係数は 0.84 であった。

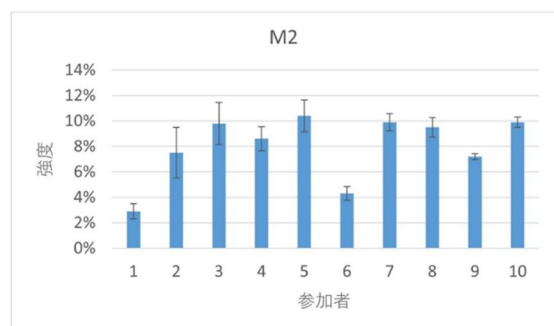
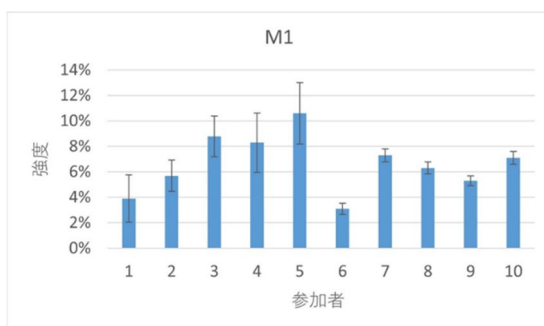


図 4 ノイズ照明を照射した写真に対して最も立体感を感じたノイズ強度の平均値 (M1:  $1/f^n$  ノイズ, M2: ホワイトノイズ)

(3) 各参加者の最適なノイズ強度を用いてマグニチュード推定法により立体感の測定を行った。実験に参加した参加者は 10 名（矯正視力 1.0 以上の大学生 19 歳～24 歳）であった。

写真には、プロジェクター（VPL-VW255, SONY）を用いてパーソナルコンピュータの画像を投影し、それを写真の照明とした。表 1 に M0（ノイズ無し条件）、M1、M2 の各条件における評定値、ならびに、ノイズ無し条件に対する立体感向上率を示す。すべての参加者において、M1 と M2 の両条件は、ノイズ無し条件と比べて有意に立体感評定値が高かった。また、M2 条件の評定値は、M1 条件の評定値よりも有意に立体感評定値が高かった。ノイズ照明を照射した方が立体感が高く評価され、さらに M1 よりも M2 の周波数特性を持つノイズの方が石膏像の写真においてはより高く立体感が評価されたと言える。

結果として、ノイズの種類に寄らず参加者が写真に対して感じる立体感が実物である石膏像に近づくことがわかった。また、陰影によって輪郭線が強調される写真を対象としたとき、高周波数成分を多く含むホワイトノイズ M2 の方が効果的であることがわかった。

以上より、固視微動を由来とした視覚ノイズをプロジェクターによって写真に対して照射することにより、参加者が感じる立体感を向上させる効果があることが示された。

図 1 マグニチュード推定法による立体感評定  
(M0：ノイズ無し, M1： $1/f^n$  ノイズ, M2：ホワイトノイズ)

	M0	M1	M2	立体感向上率	立体感向上率
				(M1)	(M2)
<b>S1</b>	50	65	75	30%	50%
<b>S2</b>	35	65	75	85%	114%
<b>S3</b>	10	40	60	300%	500%
<b>S4</b>	10	50	65	400%	550%
<b>S5</b>	40	62	75	55%	88%
<b>S6</b>	25	31	65	24%	160%
<b>S7</b>	30	74	65	146%	117%
<b>S8</b>	40	70	65	75%	63%
<b>S9</b>	50	70	65	40%	30%
<b>S10</b>	55	60	75	9%	36%
<b>平均値</b>	35	59	69	70%	99%

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1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 大高 洸輝, 長 篤志, 長峯 祐子, 西川 潤, 坂井田 功	4. 巻 74
2. 論文標題 視覚の時間応答特性を基にした画像強調手法における画像品質の改善	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 映像情報メディア学会誌	6. 最初と最後の頁 215-221
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3169/itej.74.215	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5件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 末吉 正和, 長 篤志
2. 発表標題 実空間における視覚印象を再現するための実写画像の加工手法
3. 学会等名 第16回日本感性工学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松永 大季, 長 篤志
2. 発表標題 画像投影を応用した動的な刺激が写真の立体感に与える影響
3. 学会等名 第16回日本感性工学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Atsushi Osa
2. 発表標題 Depth perception shown in an angle illusion and controlled by visual noise
3. 学会等名 錯視に関する国際ワークショップ (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naoki Kawaguchi, Atsushi Osa
2. 発表標題 Simulation of image enhancement by stochastic resonance in the human vision system
3. 学会等名 2019 Joint International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT) and International Forum on Medical Imaging in Asia (IFMIA), 2019, Singapore, Singapore (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kouta Kaneko, Koki Otaka, Atsushi Osa
2. 発表標題 A Computer Simulation Method for the Motion Sharpening Phenomenon in Human Vision System
3. 学会等名 International Workshop on Advanced Image Technology 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------