

|                |   |
|----------------|---|
| <b>氏 名</b>     | えんどう よしたか<br>遠藤 良峻  |
| 本籍（国籍）         | 宮 城 県   |
| 学位の種類          | 博士(工学)  |
| 学位記番号          | 理工博 第24号  |
| 学位授与年月日        | 令和6年 3月22日  |
| 学位授与の要件        | 学位規則第5条第1項該当 課程博士   |
| 研究科及び専攻        | 理工学研究科デザイン・メディア工学専攻   |
| <b>学位論文 題目</b> | <b>Study on Systematic Generation of<br/>Pareidolia-Inducing Stimuli using Deep Learning<br/>(深層学習を用いたパレイドリア誘発刺激の系統的な<br/>生成に関する研究)</b> |
| 学位審査委員         | 主査 准教授 明石 卓也<br>副査 教授 齊藤 貢<br>副査 教授 今野 晃市   |

## 論 文 内 容 の 要 旨

Pareidolia is one of the psychological tendencies that we might experience in our daily lives. Pareidolia is the perception of a specific object from other objects or patterns. This tendency is useful for diagnosis of the patients suffering from Lewy body dementia. This diagnosis method is referred to as the “Pareidolia test”. However, the visual stimuli cannot be distributed because of their copyright. Because collecting the pareidolia stimuli is only from the Internet or generation artificially, The pareidolia stimuli generation method is required. Also, these pareidolia stimuli are difficult to measure the pareidolia-inducing power. This is because the pareidolia stimuli are difficult to compare to the other stimuli.

I aim to generate from the real face structure and natural scene images. Face pareidolia is induced by face elements such as eyes and mouth. Therefore, I use such features using preprocessing, and the features are extracted.

The face data set extracted the pareidolia elements and natural scene image are used for training of cycle-consistent adversarial networks (CycleGAN). CycleGAN can translate the image styles between two data sets bidirectionally. Face pareidolia can be considered that consist of face pareidolia elements. In this thesis, I aim to generate pareidolia stimuli face structure and natural

scene style.

In addition, one of the CycleGAN characteristics is the cycle-consistency loss. The cycle-consistency loss learns the generators of CycleGAN to be consistent with both translations. The loss function can manipulate the effects of the generation results. In this thesis, the hypothesis is that the cycle-consistency loss can manipulate the pareidolia-inducing power. Also, the cycle-consistency loss in the objective function is added to its weighted loss value. Therefore, this thesis manipulates the weight value and aims to generate the pareidolia stimuli.

This thesis consists of two-phase experiments. The first one is the face pareidolia stimuli generation experiment. In this thesis, the weight value is set to 2, 10, and 20. As a result, I confirmed the pareidolia elements are retained.

The second one is the psychological experiment. This thesis enrolled some participants. The enrolled participants evaluate the generated stimuli. First, this thesis investigates whether the generated stimuli can induce pareidolia. Second, this thesis investigates the pareidolia-inducing power of the generated stimuli. The results of the evaluation experiment revealed a correlation between cycle-consistency loss and pareidolia-inducing power when the blurring process was applied excluding the pareidolia elements (the eyes and mouth) as preprocessing. In addition, this thesis confirmed that there is a significant difference (significant standard = 10%) between the weight value is set to 10 and 20 when the blurring process was applied. On the other hand, there is no correlation between cycle-consistency loss and pareidolia-inducing power when the blurring process was applied excluding the pareidolia elements (the eyes and mouth) as preprocessing.

Also, this thesis investigates what is the cause of the pareidolia in the experiment. The detected pareidolia in the experiment can be considered for two reasons. The first one is a cause of abnormal internal criteria. The second one is this task of the experiment is too difficult to discriminate the pareidolia stimuli and others. To reveal the cause, the result data is analyzed using signal detection theory (SDT). As a result of SDT analysis, the cause of face pareidolia might be abnormal internal criteria.

The experiments suggest the face attributes which relate to face pareidolia

can induce the face pareidolia although the eyes and mouth are only extracted using preprocessing. The cycle-consistency loss of CycleGAN can manipulate the pareidolia-inducing power when the blurring preprocessing is applied.

As the future work, there are many tasks to tackle. First, whether the tendency of the generated stimuli in this thesis is different from the other face pareidolia type. Most of the pareidolia stimuli are natural scene objects. In this thesis, the generated stimuli are artificial. Therefore, I need to investigate the tendencies such as perception, pareidolia-inducing power, and so on. In addition, Regarding the statistical significance test, the significant standard is set to 10%. In general, the significant standard of statistical significance test is set to 5%. Therefore, I aim to satisfy the standard from two approaches. The first one is the increase in the number of participants. One of the participants might affect the statistical testing because of few participants. In association with the previous sentence, the second one is the investigation of the pareidolia factor. The frequency of face pareidolia varies in some factors such as specific illness, gender, and so on. In this experiment, I did not investigate whether the participants have the factors related to the face pareidolia frequency, therefore, the experiment result might be affected. In the future, this experiment is required to investigate more factors of face pareidolia frequency. Finally, I will tackle manipulating pareidolia-inducing power for already existing stimuli. If the already existing stimuli can be manipulated by its pareidolia-inducing power, the research range will widen the recognition for the person, training for the artificial intelligence.

## 論文審査結果の要旨

本論文は、深層学習を用いたパレイドリア誘発刺激の系統的な生成手法を提案している。パレイドリアとは、心理的傾向の一種であり、不規則な模様の中から特定の形状を有する物体を想起することである。その中でも、顔パレイドリアはアース付コンセントや車の前面を見た際に顔のように知覚することであり、日常生活を送る上でも経験していることがある。様々な論文において顔パレイドリアの認知に関する研究が活発に行われており、特定の病気や性格によって認識する頻度が変わる。そのため、顔パレイドリア刺激を顔として知覚する強度といった尺度があれば研究や治療に活用できると思われる。しかし、研究で用いられている顔パレイドリア画像刺激は、収集した画像、自身で生成した画像のように、尺度を図ることが難しい。また、データセットが統一されていないため、刺激間の

差異により異なる研究間の比較が難しい。加えて、顔パレイドリア刺激を系統的に生成する手法は存在しない。そこで、人間の顔の要素を用いて顔パレイドリアを誘発する刺激を生成する手法を提案した。具体的には、顔の要素を自然風景の様式にテクスチャを変換することで顔パレイドリア刺激を生成する方法である。変換手法として、cycle-consistent adversarial networks (CycleGAN) を用いて、異なるデータセット間のテクスチャを変換した。また、顔パレイドリアを引き起こす要素として目と口を残し、その他の領域は前処理を施すことにより、変換後に残る違和感を減らした。さらに、パレイドリア誘発力の調整に損失関数のひとつである cycle-consistency loss の重みパラメータが利用可能か確認するため、その値を変更して学習し、画像を生成した。刺激の評価実験の結果、前処理にぼかし処理を付加した場合に cycle-consistency loss の重みパラメータの値と顔パレイドリア誘発力に関して相関があり、顔パレイドリア刺激を系統的に生成できていることを確認した。また、目と口を使用した変換方法により、顔パレイドリアを誘発できることも確認した。

本論文の構成は以下の通りである。

第 1 章は序論であり、この研究の背景や問題点、目的、提案手法の概略を記述している。

第 2 章では、パレイドリアについて説明しており、パレイドリアの概要、顔パレイドリアについて説明している。また、顔パレイドリア刺激、脳との関係、病気との関係、脳神経科学分野以外の関連研究について説明している。

第 3 章では、人工知能について説明しており、パーセプトロン、ニューラルネットワーク、深層学習、敵対的生成ネットワークに関する概要を説明している。

第 4 章は本論文における提案手法を説明しており、根幹となるアイデア、生成手法、評価方法について述べている。提案手法では、顔データセットから顔パレイドリアを引き起こす可能性が高い要素を前処理によって抽出し、CycleGAN を用いて自然風景のテクスチャに変換することによって顔パレイドリア画像刺激を生成する。また、生成画像のパフォーマンスに影響する損失関数の重みパラメータが顔パレイドリアの誘発力に関係していると考えたため、3 種類の値によって生成している。さらに、誘発力を測定する目的に関する実験方法は確立されていないため、ノイズパレイドリアテストの手順を基に新たに評価実験の手順を提案している。

第 5 章は結果を示すための実験についての詳細を説明している。論文内では 2 種類の実験を実施している。最初に、CycleGAN を用いた生成実験を実施し、次に、生成した画像が被験者によって評価されている。また、実験手順や被験者、データ分析手法について述べている。

第 6 章はそれぞれの実験結果および分析について説明している。生成した画像の結果、評価実験の結果、Receiver operating characteristic curve (ROC 曲線) を用いた分析、統計的有意差検定を用いた結果の分析について述べている。評価

実験の結果により，cycle-consistency loss における重みパラメータの値が顔パレイドリア誘発力と相関があることが示されている．

第 7 章では，研究の結論について述べている．研究および研究成果の概略及び結果の有効性と有用性について述べている．

第 8 章は今後の課題について述べている．実験の改善案，実験の計画といった様々な観点から今後の研究の課題について説明している．

以上，本論文は人間の顔の要素を用いた顔パレイドリア生成手法および cycle-consistency loss の重みがパレイドリアの誘発力に影響することを明らかにした点において新規性および独創性が高く，メディア工学分野やコンピュータビジョンの発展に寄与するところが大きい．

よって，本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める．

### **原著論文名（1編を記載）**

Systematic Face Pareidolia Generation Method using Cycle-Consistent Adversarial Networks, Yoshitaka Endo, Rinka Asanuma, Shinsuke Shimojo, Takuya Akashi, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering (Vol. 19, No. 4), 2024年4月（掲載予定）