

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：32619

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2023

課題番号：19K20302

研究課題名（和文）異方向空間周波数ノイズを利用した角度・距離依存ハイブリッド画像の生成法の開発

研究課題名（英文）The synthesis method for viewing angle-based hybrid image by using angle-dependent frequency noises

研究代表者

SRIPIAN PEERAYA (Sripian, Peeraya)

芝浦工業大学・工学部・准教授

研究者番号：70822542

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）：この研究において、特定の距離から異なる画像が見える技術の改良が達成されました。まず、3枚の画像を重ね合わせて表示するハイブリッド画像の技術が開発され、これにより1枚の画像で複数の情報を効果的に表示できるようになりました。さらに、動画に対しても同様の効果が得られることが示され、動画における異なる距離からの画像知覚の実現が確認されました。これらの成果は、情報表示技術の新たな可能性を切り開き、今後の研究や技術の発展に寄与するものとして期待されます。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、特定の距離や角度から異なる画像が見える「ハイブリッド画像」技術を改良し、静止画や動画への応用を探求しました。3枚の画像を重ねることで、より多様な情報を1つの画像に集約でき、視覚的隠蔽技術や大規模な表示板での情報提供方法の改善が期待されます。また、教育やエンターテインメント分野での応用も可能で、視覚情報の安全性向上や新たなエンターテインメントの創出に貢献します。これにより、広告・マーケティング分野での革新的な手法としても期待されます。

研究成果の概要（英文）：We developed the technology to create the new hybrid image, which is the method to allow different images to be perceived from specific distances. Firstly, we developed a technique for displaying hybrid images composed of three layers, enabling the effective presentation of multiple pieces of information within a single image. This innovation holds promise for enhancing the safety of visual information and opens up new avenues for applications in advertising and education. Additionally, we conducted evaluation experiments applying this technology to hybrid videos, confirming that different images can be perceived depending on the viewing distance, similar to the effects observed with static images. These achievements expand the possibilities of information display technology and are expected to contribute to further research and technological developments in the future.

研究分野：画像処理、知覚、錯視

キーワード：画像処理 ビデオ処理 計算錯覚 錯視 知覚 距離 応用錯視 人間視覚

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

近年、様々な情報が溢れる社会において、必要な情報を必要な人だけに見せ、他の人には見せない技術が重要となってきています。画像や表示画面の世界でも、単純に画像そのものを加工するだけで情報の選択制を図ることが望まれています。例えば、昔からある隠し絵やだまし絵などのトリックアートは、画家の工夫と技術によって作られ、今日では美術や遊び目的以外にも心理学の分野で視覚実験の刺激として使われています（例えばルビンの壺）。このような部分と全体の関係を利用した多義図形は、異なる空間周波数帯を利用することで図形に多義性を埋め込んでいると考えられます。

ハイブリッド画像 (Oliva et al., 2006) は、空間周波数帯を用いた多義図形の一種で、観察者と画像との距離によって見え方が異なる画像です。ハイブリッド画像は主に視覚実験用の刺激やトリックアートとして使われていますが、最近では、距離に応じて見せる情報が異なる大きな表示板の情報提供 (Isenberg et al., 2013)、ATM で PIN コード入力を他者から隠すための応用などが提案されています (Papadopoulos et al., 2017)。

ハイブリッド画像は、2 枚の画像を空間周波数変換し、それぞれ低周波数成分と高周波数成分に分解し、それらを再合成することで作られます。近くで見ると高周波数成分が見え、遠く離れて見ると低周波数成分が見える仕組みです。観察距離によって異なって知覚される原理として、人間コントラスト感度関数 (Campbell, 1968) があり、これは人間の視覚特性における空間周波数による感度の違いを利用しています。すなわち、それぞれ提示距離によって感度が最大となる空間周波数を合わせて空間周波数フィルタを調整することで、ハイブリッド画像が生成できます。

しかし、写っている物体の輪郭が異なる 2 枚の画像からなるハイブリッド画像を用いると、同時に両方の画像が見えてしまう問題がありました。また、視覚系の実験において、一方の画像のみ知覚したのか、あるいは両方の画像が同時に知覚したのかを適切に扱う方法がありませんでした。我々のこれまでの研究では、輪郭線を合わせる必要のないハイブリッド画像の作成方法と、どちらの周波数画像が知覚されているかを統計的に確認する方法を明らかにしました。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ハイブリッド画像技術を改良し、任意の距離と角度に応じて異なる画像を提示する技術を開発することです。特に、フィルタリング技術を活用して、輪郭を合わせる必要のないハイブリッド画像を作成し、視覚実験において適切に知覚される方法を確立することを目指します。これにより、簡便な印刷技術で多様な情報提示が可能となり、広告や掲示板などの応用が期待されます。

3. 研究の方法

- **人間視覚特性についての調査**：人間の視覚特性、特に空間周波数による感度の違いについて文献調査を行い、基本的な知見を収集しました。
- **従来のハイブリッド画像合成方法の開発**：従来のハイブリッド画像合成方法を改良し、複数の画像を異なる空間周波数帯域に分解して合成する技術を開発しました。特に、3 枚の画像を重ねる技術に重点を置きました。
- **フィルタリング技術の開発**：空間周波数フィルタを改良し、異なる距離から異なる画像が見えるように調整しました。これにより、3 枚の画像を重ねて表示するハイブリッド画像を作成しました。
- **ハイブリッド画像およびビデオのシステム開発**：ハイブリッド画像およびハイブリッドビデオを生成するためのシステムを開発しました。これには、画像と動画の合成技術を実装し、適切な視覚効果が得られるようにシステム全体を調整しました。
- **ハイブリッドビデオの評価実験は以下の手順です**：
 1. 被写体の形状や動きが異なる 2 つの合成元動画のペアを 8 種準備しました。
 2. 合成元動画のペアごとに、静止画・動画種別の 4 種 (「HF: 静・LF: 静」、「HF: 動・LF: 静」、「HF: 静・LF: 動」、「HF: 動・LF: 動」) と合成手法 (Oliva らの手法と Sripian らのノイズ付加法) が異なる 3 秒間の合成動画を 8 個、計 $8 \times 4 \times 2=64$ 個作成しました。
 3. 顎台を用いて 27 インチのモニタと被験者の両目との距離を 50cm に固定し、各合成動画 (64 個) を 10 段階のサイズに変更した動画 (640 個) をモニタに順に表示し、仮想的な視認距離を 10 段階に変更しました。
 4. 各サイズに変更した動画ごとに、「HF 画像のみ」、「LF 画像のみ」、「HF 画像と LF 画像の両方」のうち何が視認できるかを記録しました。被験者ごとに、各合成動画の HF 画像のみが認識された距離 (HF 視認距離) と LF 画像のみが認識された距離 (LF 視認距離) を求めました。

4. 研究成果

● 3枚重ねるハイブリッド静止画

ハイブリッド画像の生成において、我々は新たなフィルタリング技術を開発し、その有効性を実証しました。特に、我々の研究では、3枚の画像を重ね合わせる際に、中間周波数成分の抽出において革新的な手法を提案しました。この手法では、特殊なフィルターの設計が中心となります。

中間周波数成分の抽出において、従来の手法では十分な精度と効果が得られない課題がありました。そこで、我々は新たなフィルターの設計（以下特殊なバンドパスフィルタリング）を行い、これまでの課題を克服しました。提案されたフィルターは、高周波数成分と低周波数成分からの情報を的確に組み合わせ、輪郭を合わせる必要のないハイブリッド画像の生成に成功しました。提案したアルゴリズムは図1（左）に表しています。また、中間周波数画像の抽出のためには、図1（右上）に示すように設計された。パラメータ調整実験の結果は図1（右下）に述べました。

● ハイブリッドビデオの評価実験

ハイブリッドビデオは、ハイブリッド静止画の特性を保持しつつ、知覚範囲（距離）に顕著な変化が見られました（図2左）。動きのある画像と静止画を組み合わせると、静止画同士を組み合わせただけの場合に比べて視認性が向上しました。特に、異なる形状の画像を組み合わせただけの場合にその効果が顕著でした。また、動く LF 画像の最短視認距離は静止画よりも近くなり、動く HF 画像はより遠くから視認されやすくなりました。二つの動く画像を合成した場合、HF 画像と LF 画像の知覚範囲が縮小し、HF 画像を視認するためにはより近づく必要があります。さらに、動きの速度が速いほど、HF 画像と LF 画像の両方を視認するのが容易であり、Sripian と Yamaguchi の合成方法では動く HF 画像の視認が特に容易でした（図2右）。

これらの結果は、動きが視覚的認識に与える影響を理解するための重要な知見を提供し、広告や情報表示の分野での新しい応用が期待されます。ハイブリッド画像技術を動画に適用することで、動きの要素が視覚的認識に与える影響を詳細に理解するための基礎を提供します。特に、動きのある要素が知覚距離や視認性にどのように影響するかについての新たな知見を示しています。これにより、より効果的な情報提示方法の開発が期待されます。

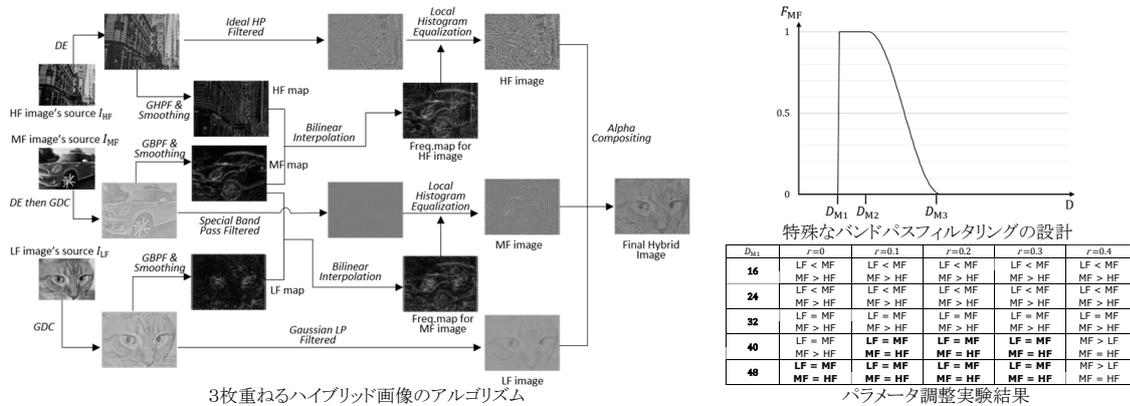


図1（左）3枚重ねるハイブリッド画像のアルゴリズム。（右上）特殊なバンドパスフィルタリングの設計。（右下）特殊なバンドパスフィルタリングのパラメータ調整の実験結果。

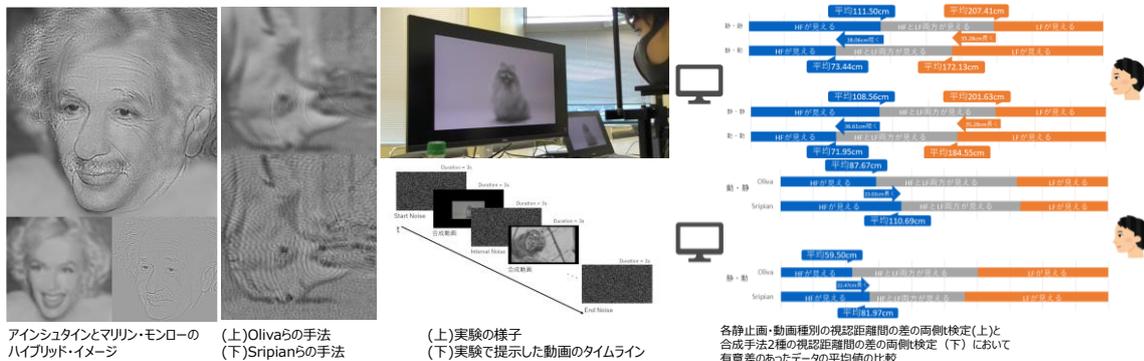


図2（左）ハイブリッドイメージ静止画像の例。（中央）ハイブリッドビデオの実験方法。被験者は50cmの距離で動画を視認。（右）評価実験の結果。動く LF 画像は近く、HF 画像は遠くから視認しやすい。ハイブリッドビデオの評価実験の研究成果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Sripiyan Peeraya, Anuardi Muhammad Nur Adilin Mohd, Yu Jiawei, Sugaya Midori	4. 巻 21
2. 論文標題 The Implementation and Evaluation of Individual Preference in Robot Facial Expression Based on Emotion Estimation Using Biological Signals	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 6322 ~ 6322
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/s21186322	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Sripiyan Peeraya, Anuardi Muhammad Nur Adilin Mohd, Ito Teppei, Tobe Yoshito, Sugaya Midori	4. 巻 13
2. 論文標題 Emotion-sensitive voice-casting care robot in rehabilitation using real-time sensing and analysis of biometric information	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments	6. 最初と最後の頁 413 ~ 431
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3233/AIS-210614	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Sripiyan Peeraya, Mohd Anuardi Muhammad Nur Adilin, Kajihara Yushun, Sugaya Midori	4. 巻 26
2. 論文標題 Empathetic robot evaluation through emotion estimation analysis and facial expression synchronization from biological information	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Artificial Life and Robotics	6. 最初と最後の頁 379 ~ 389
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10015-021-00696-w	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Peeraya Sripiyan, Yasushi Yamaguchi	4. 巻 3
2. 論文標題 Hybrid image of three contents	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Visual Computing for Industry, Biomedicine, and Art	6. 最初と最後の頁 1,8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s42492-019-0036-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 奥村 秀岳（高知工科大），Sripian Peeraya（芝浦工大），西野 裕樹（高知工科大）
2. 発表標題 ハイブリッド・イメージ手法による動画合成
3. 学会等名 Interaction 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hidetaka OKUMURA, Peeraya SRIPIAN, and Hiroki NISHINO
2. 発表標題 Preliminary Experiments in Hybrid Moving Images
3. 学会等名 HCI INTERNATIONAL 2023（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Peeraya Sripian, Takashi Ijiri, Yasushi Yamaguchi
2. 発表標題 BINOCULARS' ILLUSION - LINEAR PERSPECTIVE PERCEPTION IN BINOCULARS ON GROUND
3. 学会等名 Asian Forum on Graphic Science 2021（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 スリーピアン ピーラヤー、山口泰
2. 発表標題 双眼鏡錯視について
3. 学会等名 第16回錯覚ワークショップ（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sayyedjavad Ziaratnia, Peeraya Sripiyan, Kazuo Ohzeki, Midori Sugaya
2. 発表標題 End-to-End Deep Learning for pNN50 Estimation Using a Spatiotemporal Representation
3. 学会等名 クラウドネットワークロボット研究会 (CNR)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sayyedjavad Ziaratnia ¹ , Peeraya Sripiyan, Tipporn Laohakangvalvit, Kazuo Ohzeki and Midori Sugaya
2. 発表標題 End-to-End Deep Learning for Remote pNN50 Estimation Using a Spatiotemporal Representation
3. 学会等名 HCI International 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sayyedjavad Ziaratnia, Peeraya Sripiyan, Kazuo Ohzeki, Midori Sugaya
2. 発表標題 End-to-End Deep Learning for pNN50 Estimation Using a Spatiotemporal Representation
3. 学会等名 The 35th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence (JSAI2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Peeraya Sripiyan
2. 発表標題 Hybrid Image of Three Contents
3. 学会等名 Cumulus Rovaniemi 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Peeraya Sripiyan
2. 発表標題 Hybrid Image of Three Contents
3. 学会等名 Asian Forum on Graphic Science 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019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
---------	---------