

## 論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名 スリーピアン ピーラー

本論文は観察者と画像との距離によって見え方の異なるハイブリッド画像を扱ったものである。ハイブリッド画像は、2枚の原画像から異なる空間周波数を抽出して、それらを合成することによって作成される。具体的には、画像  $I_1$  から高周波数成分、画像  $I_2$  から低周波数成分をそれぞれ取り出して、2つの情報を合成すると、近くから観察する場合には画像  $I_1$ 、遠くから観察する場合には画像  $I_2$  が見えるようになる。ハイブリッド画像は、ヒトの視覚系における各周波数成分の影響を研究するためのツールとして開発された。しかし、単純な周波数成分の抽出と合成では、2枚の原画像に写っているものの形状が大きく異なると、近くで観察する際に両方の画像がともに見えてしまうという問題があった。そのため従来は、原画像を注意深く選択して微妙な位置合わせをした上で、ハイブリット画像を作らなくてはならなかった。本論文は、2枚の画像の形状や輪郭を合わせることなくハイブリッド画像を作る手法ならびに、1枚のハイブリッド画像が距離に応じて2種類の異なった画像として見えることを確認する手法を研究したものである。

本論文は全6章から構成されている。まず、第1章ならびに第2章では、上に述べた問題点を整理している。ヒトの視覚系において画像中の周波数成分が如何に認知に影響するかという課題に関して、これまでになされてきた研究を概観し、ハイブリッド画像の意義について述べている。しかし、従来の単純な作成法では、2枚の画像に写っているものが類似していないと、近い距離で2種類の画像が同時に見えてしまい適切な実験を行えない場合がある。そこで、この問題を解決するものとして、位置合わせ不要なハイブリッド画像の作成法と、ハイブリッド画像において2種類の画像が認知される状況を計量化する評価法の必要性を明らかにしている。

第3章では、位置合わせ不要なハイブリッド画像の作成法として、ノイズを利用する方法を提案している。これは高周波数のノイズを付加することで、近くから観察する際に低周波数の画像を見えにくくしようというもので、基本的なアイデアは先行研究で提案されている。しかし、先行研究ではノイズが画像全体で均等に付加されるため、高周波数の画像も見えにくくなるなどの問題点があった。そこで、2枚の画像からノイズを付加すべき領域を検出して、必要な部分にのみノイズを加える方法など複数の改善法を提案している。

第4章では、近くから観察する際に、高周波数の画像が強調されるようにするために、ハイブリッド画像に色を用いる手法を示している。従来の手法が、原画像の色を利用することを前提としたのに対して、本論文では原画像の色とは無関係な補色対の縞模様利用を提案している。すなわち、高周波数の画像の背景部分に補色対からなる縞模様を付加することで、近くで観察する際には高周波数の画像に意識が向くようになる一方で、遠くで観察する際には補色が混ざり合っただ様な灰色に見えるというものである。第3章では既存手法の問題点を解析して適切な改良を加えているのに対して、第4章ではこれまでにない新しいアイデアで高周波数画像の強調を試みており、それぞれ高く評価される。

第5章では、ハイブリッド画像の性質を検証する評価法について提案するとともに、実際に本論文で提案した作成法の評価を試みている。ここでは距離によって2枚の画像の見え方が切り替わる状況を数値化する方法として、2枚の画像が同時に見える確率、いずれか一方

だけが見える確率，どちらも見えない確率を求めることを提案している。この確率を求めるための実験形態として，画像中の高周波数と低周波数の2種類の情報の回答を参加者に強制する強制選択方式と，認知できなかった情報については回答を留保できる非強制選択方式とについて検討し，バイアスの生じにくい後者の手法の優位性を説明している。さらに，この枠組みを用いて，第3章ならびに第4章で提案したハイブリッド画像作成法の有効性を示している。この評価法はハイブリッド画像という特殊な刺激を利用するがゆえに必要となるもので，新しい実験手法を構築し，実際に適用している点で，新規性の高い研究となっている。最後に第6章において，本論文の結論を述べている。

以上のように本論文は，位置合わせ不要なハイブリッド画像の作成や評価に関する問題点を整理し，新たな作成法と評価法を開発することに成功している。単に新しいハイブリッド画像作成の手法を提案するだけでなく，その有効性を検証するための評価法までも含めて研究を展開していることは，本論文の独創性ならびに有用性を示すものであり，博士学位論文として高く評価される。したがって，本審査委員会は博士(学術)の学位を授与するにふさわしいものと認定する。