

令和元年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 : 19401  
 研究開発課題名 : 国際共同研究プログラムに基づく日米連携による脳情報通信研究  
 副 題 : 霊長類の脳における形状・テクスチャ統合的処理の計算論的研究

(1) 研究開発の目的

多彩なテクスチャ画像の弁別と認識においてヒト視覚系が利用している高次の画像特徴およびその処理特性と内部表現を理解し、テクスチャ知覚の計算モデルを提案するとともに、外界の物体形状や質感の知覚、物体・材質カテゴリ認知においてそれらの情報がどのように利用されるかを明らかにする。

(2) 研究開発期間

平成 30 年度から令和 3 年度 (36 カ月)

(3) 実施機関

国立大学法人東京大学 <代表研究者>

(4) 研究開発予算 (契約額)

総額 30 百万円 (令和元年度 10 百万円)  
 ※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目 1 : ヒトにおける高次テクスチャ知覚のモデル

1. テクスチャ統計量の心理物理学的次元解析 (東京大学)
2. 統計量符号化の時間ダイナミクス解析 (東京大学)
3. 高次テクスチャ知覚モデルの構築 (東京大学)
4. 効率的心理物理学的測定法の開発 (東京大学)
5. テクスチャ画像データベースの構築 (東京大学)

研究開発項目 2 : 質感・物体認知における高次テクスチャ表現の利用

1. 物体・材質認知における輪郭・面情報の役割 (東京大学)
2. 三次元形状知覚を支えるテクスチャ情報の解析 (東京大学)
3. 物体・質感画像データベースの構築 (東京大学)

(6) 特許出願、外部発表等

|       |            | 累計 (件) | 当該年度 (件) |
|-------|------------|--------|----------|
| 特許出願  | 国内出願       | 0      | 0        |
|       | 外国出願       | 0      | 0        |
| 外部発表等 | 研究論文       | 3      | 1        |
|       | その他研究発表    | 15     | 10       |
|       | 標準化提案      | 0      | 0        |
|       | プレスリリース・報道 | 0      | 0        |
|       | 展示会        | 0      | 0        |
|       | 受賞・表彰      | 4      | 3        |

## (7) 具体的な実施内容と成果

### 研究開発項目1： ヒトにおける高次テクスチャ知覚のモデル

昨年度より続いて、様々な自然テクスチャ画像に対する視覚野誘発電位を計測し、電位やウェーブレット係数とテクスチャ画像に含まれる画像統計量との相関を分析した。その結果、異なるクラスおよび異なる周波数帯域の画像統計量が異なる時間ダイナミクスで符号化されることを明らかにした。さらに、この相関構造が非常に組織的であることを利用し、単純な線形回帰モデルに基づいて後頭葉電極の脳波波形からテクスチャ画像を復号化する技術を開発した。また、このデータに関して CRCNS ミーティングにて MIT の研究者と議論を行った。

昨年度に検討した画像統計量間の相関解析を発展させ、数学的に独立しており概念的にも異なると考えられてきた複数のクラスのテクスチャ統計量の間、非常に強い相関関係が存在することを発見した。これはテクスチャ画像に限らない広範囲の自然画像について認められた。この背後には、これら複数のクラスの統計量を共変させるような一つの未知の神経表現が存在すると考えられる。

動的なテクスチャ刺激の弁別判断を決定づける時空間的な特徴を、ロジスティック逆相関を駆使して分析した。その結果、視覚系は各時刻のテクスチャ刺激の空間的な統計量を非常に素早く符号化し、その統計量の信号を時間的に累積することにより、知覚的な意思決定に至ることが明らかになった。この枠組みに基づくハイブリッド計算モデルを提案した。さらに、同様の実験的・理論的検討を画像の観察中の動的な意思決定に適用した実験を複数実施した。

昨年度より進めているテクスチャ画像に対する視覚誘発電位の解析を拡張し、様々なテクスチャ画像に対する誘発電位とその主観的な情動的価値(心地よさや気持ち悪さ)の関係を解析した。その結果、後頭葉のみならず全部頭頂葉に、情動的価値と相関する電位成分が存在することを発見した。また、様々なノイズ画像に対する心地よさ・気持ち悪さの評価を心理物理学的に測定し、空間周波数スペクトルのみならず方位スペクトルが情動的価値に組織的な影響をもつことを見出した。

カナダ McGill 視覚研究ユニット訪問時に、McGill 大の研究者と昨年度明らかにした自然テクスチャ画像にしばしば観察される co-circularity という幾何学的構造についての知覚的な対立関係についての応用、および代替画像特徴に関する議論を行った。

### 研究開発項目2： 質感・物体認知における高次テクスチャ表現の利用

精密な心理物理学的マッチング実験により、光沢や凹凸などの物体表面の特性の知覚の変動を決定づける照明統計量を分析した。その結果、照明場のコントラストや歪度といった低次統計量のみならず、方位間相関などの高次統計量が、表面特性の知覚に大きな影響をもつことを明らかにした。

多様な照明条件における物体質感 CG 画像データベースを構築した。さらに、各物体画像の低次画像統計量、用いた照明場(lightfield)の低次画像統計量、および両者の相関行列のデータベースを構成した。

## (8) 外国の実施機関

ワシントン大学