

令和2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2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	7	4
	その他研究発表	21	6
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	0	0
	受賞・表彰	5	1

## (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

テクスチャ知覚は、多次数のスペクトル解析により決定されるとする計算理論を提案した。これにより過去の理論は統一され、かつ単純化された。また、理論に基づき、多彩なテクスチャ画像を以前よりも圧倒的に単純な計算で合成する画像技術を開発した。この成果を国内学会で発表し、ベスト・プレゼンテーション賞を受賞、次年度開催の国際会議に採択された。

昨年度より検討を続けている自然テクスチャ画像に対する視覚野誘発電位の解析において、誘発電位がおよそ2つの主成分画像統計量により記述されうることを見出した。また、比較的初期の時間帯において画像統計量以上の高次情報も符号化されていることを見出した。以上を含めたこれまでの成果を国際会議で口頭発表し、国際学術誌に投稿した。

昨年度に開発した線形回帰モデルに基づく脳波からのテクスチャ画像合成技術を発展させ、深層学習ネットワークを用いた新たな画像合成技術を開発した。この技術を用い、脳波のみから写真のようにリアルなテクスチャ画像を合成することに成功した。

任意の画像が「テクスチャ」として知覚されるかどうかを、少数の画像統計量から予測する単純な線形モデルを提案し、SVMを用いてそれが非常に高い判別性能を示すことを見出した。

適応的比較行列法に関する論文が国際誌に公開された。加えて、手法を2つの点で改良した。

(1) 比較行列の期待値の算出法を変更して刺激選択の点で効率化を試み、コントラスト弁別課題でその効果を実証した。(2) 実験にかかる時間や被験者の心理的負担も考慮したプロトコルを提案し、計算と実験で検証したが、目立った改善は認められなかった。

ドイツの Giesen 大学における著名な知覚研究グループのセミナーに招待され、視覚テクスチャ処理に関する講演をおこない(参加者30名ほど)、現状の問題点と今後の展望について教授陣や若手研究者と長い議論をした。

高解像度および高ダイナミックレンジの様々なテクスチャ画像データベースの構築を進めた。

### 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

視覚野のある後頭葉ではなく前部頭頂葉に短い潜時でテクスチャ画像に対する主観的な情動的価値と関連する脳波成分が現れることを発見し、国際会議で発表するとともに、情動関連脳波成分と関連する画像統計量の分析を進めた。また、同じスキームを適用して、様々な表面画像および様々な情景画像に対する脳波、画像特徴量、様々な心理属性(材質、光沢、開放性など)の関係を解析する研究を開始した。

静止ノイズ(昨年度)のみならず動的ノイズ刺激に対する心地よさ・気持ち悪さの評価を心理物理学的に測定し、時空間周波数、方位スペクトル、運動方向の分散などの統計量が、情動的価値に組織的な影響をもつことを見出した。静止ノイズについての成果は国際誌に公開し、動的ノイズについての成果も国際会議および国際誌に投稿し、ともに採択された。

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変動を決定づける照明統計量を分析した成果を国際会議で発表した。

物体残効に関する組織的な心理物理実験を大幅に進めた。また物体や質感の知覚における新たな錯視を発見し、その解析のための予備実験を進めた。

系列的な観察に基づく物体・質感認知の仕組みを検討するための実験の枠組みを得るため、知覚的意思決定機構の解析技術の開発を進めた。(1) 動的なノイズ中に重畳されたターゲットの検出課題において、観察者の反応時刻にロックした新しい逆相関解析法を考案し、実験的検証を行った。(2) 実験手法の開発途上で、意思決定モデルの数理的な解析から、Peak-at-End 則が導かれることを見出し、原著論文として公開した。

多様な照明条件における物体質感 CG 画像データベースの構築を続けた。

## (8) 今後の研究開発計画

上記の研究群に関する原著論文の投稿と公開。

多次数スペクトル理論のもとでの自然テクスチャ画像の解析と、それに基づくコンパクトなテクスチャ空間の提案。

画像特徴・脳波・主観評価の三者関係の解析プラットフォームの構築。構造方程式モデリングなどを活用。

現状は、本委託研究では、主に人間の自然なテクスチャ知覚とそれを説明する計算モデルの研究を進めており、一方、ワシントン大学では、サルV4野ニューロンにおける形状符号化機構の研究を進めており、今後、ヒトの視覚系全体について得られた特性やモデルとV4野における神経表現およびそのモデルの照合により、両者の整合性を確認していく予定である。

(9) 外国の実施機関

ワシントン大学（アメリカ）〈代表研究者〉