

ヒューマンインフォメーションの研究動向

永井岳大^{†1}, 小濱 剛^{†2}, 荻谷光晴^{†3}

1. まえがき

ヒューマンインフォメーション(HI)研究会は、映像情報メディアにおける人間の視聴覚特性を明らかにすることを目的に活動を続けている。一方、近年では、本学会の他研究会でも人間の視聴覚特性をそれぞれ調べる研究が増えており、そのような研究の発表の場がHI研究会だけにはとどまらなくなっている。そこで、本研究会の特徴をより明確にするために、今年度から新しい幹事の方々にご参画いただき、従来から研究対象とされてきた視聴覚知覚特性のみならず、研究分野を脳機能計測やAR/VRなどの応用技術などへ拡大を進めている。

本稿では、ヒューマンインフォメーションに関連して、①脳機能計測、②眼球運動と視覚認知、③知覚心理物理学、④視覚情報呈示デバイス、について最近の動向を概観する。(永井)

2. 脳機能計測とその応用

近年、神経科学の知見に情報技術を組み合わせた新たなテクノロジーである「ブレインテック」が大きな注目を集めている。ブレインテックの世界市場は2025年には6兆円に迫るとの見積りもあり¹⁾、医療・ヘルスケア、ニューロマーケティング、BMI(Brain Machine Interface)やBCI(Brain Computer Interface)などの脳機能計測技術などの各領域で、研究開発競争が繰り広げられている。

最近では、Tesla社創設者の一人であるElon MuskがNeuralinkを設立してBMI研究を強力に推進している²⁾。Neuralink社は、1024本のBluetooth通信可能なワイヤレス電極アレイをマカクザルの運動野に埋め込み、神経活動をリアルタイムに計測するシステムを開発した。マカクザル

の運動パターンが符号(コード)化された神経活動をモデル化し、マカクザルの意思を復号(デコード)できるようにしたことで、四肢を使うことなくビデオゲームを操作させることに成功している³⁾。Facebook社もまた、この分野の支援に力を入れており、ハンズフリーでのタイピングを実現するためのBCIの開発を進めている。Makinら⁴⁾は、Facebook社の支援を受け、前頭葉と側頭葉の間にある環シルビウス溝言語領域付近から得られた硬膜下皮質表面電位(Electrocorticogram: ECoG)から言語情報を読み取るようなRNN(Recurrent Neural Network)を訓練し、エラー率3%で英単語の解読を実現したと報告している。

映像情報メディア分野との関わりとしては、BMI・BCIとAR(Augmented Reality)とを組み合わせた技術の提案が相次いでいる。特に、視覚刺激の提示に関連して大脳皮質視覚野で発生するSSVEP(Steady-State Visual Evoked Potential)とBMI・BCIとを組み合わせ、被験者の意図を読み取る技術であるSSVEP-BMI、あるいはSSVEP-BCIに対する関心が高まっている。

Chenら⁵⁾は、ARグラスを用いて現実世界の映像情報にSSVEPを誘発させる視覚刺激をスーパーインポーズし、同時に計測した脳波から被験者の意思をデコードすることでロボットアームの操作を行うSSVEP-BMIシステムを提案している。Zhaoら⁶⁾は、SSVEP-BCIを構築する際の、ARグラス内に提示された刺激の持続時間とレイアウトとの最適な条件について検討し、刺激時間が短い場合には刺激のレイアウトが推定精度に影響を及ぼすことを示唆している。Petersら⁷⁾は、筋萎縮性側索硬化症(ALS)末期患者に対するコミュニケーション手段の提供を目的として、SSVEP-BCIと視線計測技術とを組み合わせたタイピングシステムを開発し、市販のシステムよりも高い精度でのタイピングを可能にしたと報告している。

脳機能計測技術は、神経機構の損傷に対するリハビリテーションであるニューロリハビリテーションへの応用も進められている。外傷性脳損傷や脳卒中に起因する注意障害(注意の集中や選択に生じる障害)などの神経疾患を対象とするニューロリハビリテーションにおいて、代償機能の獲得を判断するために、バーチャルリアリティ(VR)と

^{†1} 東京工業大学

^{†2} 近畿大学 生物理工学部

^{†3} 神奈川大学 工学部 経営工学科

"Human Information" by Takehiro Nagai (Tokyo Institute of Technology, Yokohama), Takeshi Kohama (Faculty of Biology-Oriented Science and Technology, Kindai University, Osaka) and Mitsuharu Ogiya (Department of Industrial Engineering and Management, Faculty of Engineering, Kanagawa University, Yokohama)

fMRI (磁気共鳴機能画像法, functional Magnetic Resonance Imaging), fNIRS (機能的近赤外分光分析法, functional Near-Infrared Spectroscopy), 脳波などの脳機能計測技術との組み合わせが有効であるとされる⁸⁾。

ヒューマンインフォメーション研究会においても、少数ながらニューロリハビリテーション分野への脳機能計測技術の応用を目指した研究成果が報告されている。

松本ら⁹⁾は、身体拘束性の小さいfNIRS計測に基づいた注意維持に関する脳領域の推定手法を提案し、注意機能に対するニューロリハビリテーションへの応用の可能性を示唆した。松本らは、注意を統制するための課題として2種類の手がかり刺激を用いた視覚課題を提案し、注意維持課題と注意割込課題の2条件を設けて、課題遂行中の脳活動をfNIRSを用いて計測した。両課題において、被験者に与えられた視覚刺激はまったく同一であり、注意の状態だけが異なることから、課題間のfNIRS信号の差分情報には、課題遂行に寄与した注意の統制を司る脳領域が含まれていると考えられた。解析結果には個人差が大きいものの、注意の維持に関する大脳皮質背側部の視覚関連領域(背側視覚経路)における賦活が共通することが確認され、注意機能に対するニューロリハビリテーション効果を評価する手段としてのfNIRS計測の有用性を示している。

3. 眼球運動と視覚認知

眼球運動研究の応用として、視線を予測する技術への関心が強まっている。どこに注意を向けられやすいのかが理解できれば、ヒトの興味対象を推定し、行動を予測する手がかりが得られるが、近年、これを商業的に利用しようとする試みが増加しつつある。例えば、Tupikovskaja-Omovieら¹⁰⁾は、Googleアナリティクスと視線計測データを用いて小売店サイトにおける顧客の「ショッピング・ジャーニー」(購買行動)を分析した結果、視線計測データの方がユーザの購買行動を分析するための多くの要因が含まれていたことを報告しており、こうした情報が、マーケティングにおける意思決定過程に寄与するであろうことを示唆している。

このような視線計測データに基づく分析は、実験実施に際しての人的、あるいは時間的コストが大きく、また再現性の担保も困難となることが多いことから、モデルシミュレーションによる視線予測技術に期待が寄せられている。

Sunら¹¹⁾は、視覚的注意や視覚的探索アルゴリズムの説明を目的として、自然画像を観察する際の視線の軌跡(スキャンパス)を生成するための深層学習モデルを提案している。Sunらの視線予測モデルは、復帰抑制(視線が向けられた領域や対象に対する抑制効果)をLSTM(Long Short-Term Memory)ユニットにより構成されるRNN(Recurrent Neural Network)でモデル化し、CNN(Convolution Neural Network)によって画像特徴量を抽出

した情報と統合することで、視覚ワーキングメモリーをネットワーク内部に表現するものである。これにより注視の維持や移動が算出され、実測データとの類似性の高いスキャンパスが生成可能であるとされる。

ヒューマンインフォメーション研究会においても、視線予測モデルの構築を試みた成果が報告されている。橋詰ら¹²⁾は、新たに注視点が定められた後、短時間で注視点の移動方向を推定するためのニューラルネットワークモデルを構築し、注視点とその周辺領域のみを鮮明に描画することで演算量を低減する画像処理手法である中心窩レンダリングへの応用を提案している。EML-Net¹³⁾により得られた顕著性マップ(視覚的な目立ちやすさの強度分布)に対して、現在の注視領域とサッカーボール(注視点を移動させる際に生じる急速眼球運動)後の注視領域の代表点を結ぶ直線の傾きを学習することで、サッカーボールの初期運動からサッカーボールの終着点を予測した。その結果、モデルは次の注視領域を約90%の精度で推定可能であり、従来手法より最大0.4秒程度早く次の注視領域を予測可能であることが示された。藤田ら¹⁴⁾は、視線分布(fixation map)とスキャンパスを高精度に予測する技術の確立を目的に、顕著性マップを確率分布と見做し、サッカーボールの振幅および相続くサッカーボールが成す角度に関する統計学的性質を考慮して確率分布を更新する数理モデルを提案した。モデルによって生成された視線分布は、従来モデルよりも実測データとの類似度が高く、予測されたスキャンパスも実測データに近い性質を示したことが報告されている。

眼球運動は注視とサッカーボールに大別される。注視中に生じる微小な眼球運動を固視微動といい、視覚的注意のような高次脳機能や覚醒水準を反映したバイオマーカーとしての活用が検討されている。特に、振幅1度以下、持続時間25ms程度の微小なジャンプ運動として計測されるマイクロサッカーボールは、注意の集中や視知覚の有無などを反映している可能性が示されている。

Alexanderら¹⁵⁾によると、注視の持続により低コントラストな視覚対象の視知覚が消失する「トロクスラー効果」の成立や強度と、マイクロサッカーボール発生頻度との間に相関があることが示されている。マイクロサッカーボール発生頻度は、視対象の視認性が高まる時に上昇し、視認性の低下や色コントラストの低下を感じたときに下降したことが報告されている。このことは、錯視パターンとして意図的に作図されたものだけではなく、モネの作品のような淡い色調の芸術作品を鑑賞しているときも同様であり、これが印象派の作風を印象付けることに貢献していると述べている。Nanjappaら¹⁶⁾は、ターゲットに照準を合わせて攻撃する射撃課題におけるマイクロサッカーボール発生頻度を分析している。視線を自由に移動させることができる条件と、注視を維持しつつ注視点から5度離れた周辺視野で課題を遂行する条件とを比較した結果、いずれの条件においても、

課題終了時にマイクロサッカード発生頻度が低下した。このことは、課題の遂行に視線移動が生じるか否かに関係なく、マイクロサッカードの発生が抑制されることを示しており、マイクロサッカードが周辺視野を含めた空間認知プロセスの影響を受けている可能性が示された。

マイクロサッカードの方向については、能動的に向けられた注意の方向と一致することが比較的古くから知られているが、受動的な注意による効果については十分な知見が示されていない。Wangら¹⁷⁾によると、色コントラストにより pop-out (あたかも飛び出しているかのように見える現象)するドットパターンによって受動的に誘導された注意は、マイクロサッカードの方向に影響を及ぼさないことが示されている。野口ら¹⁸⁾は、突発的に現れる光刺激に対して受動的に注意が誘導される場合のマイクロサッカード方向を解析した。その結果、マイクロサッカード発生頻度は、光刺激の提示直後に抑制され、その後リバウンドすることが示されたが、マイクロサッカード方向と注意の方向の間には関連性が見出されなかった。すなわち、受動的注意はマイクロサッカード発生頻度には影響を及ぼすが、マイクロサッカードの方向とは無関係であることが示唆される。

ヒューマンインフォメーション研究会では、マイクロサッカード検出のための時系列学習モデルを構築した成果¹⁹⁾や、固視微動の動的特徴から覚醒水準(覚醒の程度)の推定を試みた成果²⁰⁾なども報告されている。このように、眼球運動と視覚認知に関する研究は活発であり、多角的観点や独創的手法による研究成果が相次いでいることから、今後さらなる発展が期待される分野である。(小濱)

4. 知覚心理物理学

ヒトの知覚に関しては、未だ解明されていない点も多い。ヒトの知覚に関する基礎的な研究は、応用技術の発展に必要不可欠である。ユーザに寄り添ったシステム開発や商品開発を考える場合、ヒトの知覚特性を知っているかどうかで、生み出されるものの結果が大きく変わる。これからの科学技術は、ユーザがシステムや商品に合わせるのではなく、システムがユーザに合わせて作られるという基本的方針が大切になる。この意味で、ヒトの特性を理解するのは非常に重要である。また、近年、パーソナルコンピュータの計算能力の向上やディープラーニングの流行などにより、機械学習への注目度が再度高まってきている。機械学習に用いるデータとしての心理物理学的知見というものの需要も高くなってきていると言える。

現在の映像技術の発展に伴い、擬似体験可能なエンタテインメントも増えてきている。VR技術は、ヒトの視野全体に対しての映像を制御できるため、擬似的な移動感覚や立体知覚などを呈示することが可能である。ヒトの知覚特性を理解した上で刺激呈示をすることで、現実に近い体験を提供することができる。映画館などでは、臨場感を向上

させるために、映像だけではなく、座席の動きや風、香りや水しぶきなど、さまざまな感覚を刺激する4Dシアターが普及してきている。このようにさまざまな分野において、ヒトの知覚特性が用いられてきている。以下に、ヒトの知覚心理物理学に関する知見をまとめる。

4.1 視覚的誘導性自己運動感覚(ベクシオン)

視覚誘導性の自己運動感覚(ベクシオン:vection)とは、自身が静止しているにも関わらず、自身が移動している感覚が生じる現象のことである。ベクシオンは、ヒトの視野の広範囲に対して、一様な運動情報を呈示し続けた後に、呈示した運動方向と反対方向の移動感覚を生じさせる。従来研究²¹⁾において、ベクシオンの強さは、観測者の認知により変化することが示唆されている。ベクシオン強度は、観測者が周囲の視覚情報を、意識的に環境移動知覚であると認知した場合、物体運動知覚と認知した場合より強くなる。ここで環境移動知覚とは、例えば、移動中の自動車の中から見える景色全体が、自己の移動方向とは反対方向に移動して見える知覚のことである。一方、物体運動知覚とは、自身が静止した状態で移動する自動車を見ると、自動車だけが周囲の背景に対して移動してみえる知覚のことである。

姜ら²²⁾は、呈示される情報が意識せずとも積極的に物体運動知覚であると解釈できる場合と、環境移動知覚と解釈できる場合とで、ベクシオン強度が変化するかどうか検討した。実験では、物体運動知覚として解釈されやすい自動車を呈示刺激として用いた。呈示する自動車を上下反転することで、環境移動知覚と物体運動知覚の解釈が生じやすいように統制した。その結果、積極的に物体運動知覚として解釈できる場合、ベクシオン強度が弱くなり、刺激呈示からベクシオンを感じるまでの時間である潜時が長く、継続時間も短くなることを明らかにした。Luら²³⁾は、主観的にカラフルである色によるベクシオンの影響について検討した。実験では、複数の色で描かれた同心円状の刺激を呈示してベクシオンの強度を測定した。その結果、主観的にカラフルな色により生じたベクシオンは、抑制される場合と、促進される場合があることを示した。このことから、色とベクシオンの関係を処理する過程において、少なくとも2つの段階があることを示唆した。飯田ら²⁴⁾は、ベクシオンの強度を測定する指標である潜時、持続時間、主観的強度の3指標項目に加え、フレームレートを物理量として考えることで、数理モデル化することを検討した。その結果、3指標とフレームレートの関係簡単な数式で記述することができることを示唆した。

ベクシオンは、自己移動に伴って生じる現象であり、3D映像やVR映像酔いにも関係がある。ベクシオンを抑えることができるようになれば、VR技術などの映像酔いが抑制されることに繋がり、より多くの人達により良い映像コンテンツを提供することが可能になるため、今後のさらな

る研究の発展を期待する。

4.2 皮膚感覚

ヒトは、移動する際に皮膚で風を感じ取り、臨場感や移動の速さを実感することができる。皮膚感覚から風の向きを知覚に関する研究として、小松ら²⁵⁾は、実際の風向きをヒトがどの程度正確に知覚できるのかを検討している。実験では、8方向から吹いてくる風に対して、方向判別を行ったところ、前方0°から90°間隔の前後左右からの風向きについては、ほぼズレなく知覚できることを明らかにしている。また、斜め方向からの風については、ズレが生じることがあり、ズレの方向は観測者の後方になる傾向があることを示唆した。村田ら²⁶⁾は、自己運動時に生じる風による皮膚感覚とベクションの関係に注目した。自己運動は視覚情報だけではなく、皮膚感覚も含む多感覚情報の統合により生じる現象であることから、皮膚感覚から誘導されるベクションと、自己運動の加速などの知覚に関係する前庭感覚システムとの関係について検討した。その結果、前庭感覚システムへの強い刺激と皮膚感覚が同時に呈示された場合、それらが一致するときはベクションの潜時が短くなることを報告した。また、能動運動などが加わると潜時が長くなることを示した。

このように、皮膚感覚から得られるヒトの体感について、少しずつ解明されてきている。映像技術の発展に伴い、視覚情報だけではなく、さまざまな観点からの情報提示が進むであろう。現在、4Dシアターのような技術が普及してきている中、この分野のさらなる発展は応用技術への貢献が期待される。

4.3 奥行き知覚

立体視の研究は、VR技術において重要な役割を持つ。ヒトの眼は左右に6cm程度ズレており、2つの眼の網膜に投影される平面情報は異なることになる。この異なる平面情報から立体視を生成する。また自然環境には、近くのもの大きく見え、遠くのものは小さく見えるという絵画的手法がかりの奥行き知覚も存在する。そのため、両眼網膜像差が生じていなくても、奥行き感は知覚される。

佐藤ら²⁷⁾は、両眼網膜像差の奥行き知覚が、自然画像のもつ絵画的手法がかりに対してどのような影響を及ぼすか検討した。実験では、自然画像に両眼網膜像差による奥行き知覚を付加して呈示した。その結果、網膜像差がない2D条件と、網膜像差がある3D条件の双方において自然な奥行き知覚と認識されることを報告した。宮下ら²⁸⁾は、凹面鏡を通して反射像を観測したときの見かけの奥行きが変化するかどうか、知覚距離、印象評価、客観評価を行って検討した。その結果、凹面鏡を通して観測すると、主観的印象として現実感、臨場感、奥行き感が増加すること、客観評価により、両眼で一点を注視するときに両視線が交わる角度となる輻輳角が、現実に近い輻輳変動を示していると報告している。

奥行き知覚は、臨場感や現実感を生じさせる大きな要因である。2D映像から3D映像を違和感なく生じさせることができれば、エンタテインメントの分野だけでなく、遠隔手術などを行う医療現場においても大きな貢献が期待されるため、今後のさらなる研究発展が期待される。

4.4 色知覚

ヒトの色知覚には恒常性があり、環境光が変化した場合であっても色の同定が可能な頑健なシステムが備わっている。例えば、赤色の物体が環境光の影響を受けて、物理的には灰色として視覚系に入力された場合でも、環境光を考慮し赤であると同定することができる。森本ら²⁹⁾は、ヒトが色恒常性を獲得した過程を解明するために、機械学習を用いて検討した。実験では、機械学習の分類器に、さまざまな照明下における色の分類を学習させた。学習条件として、分類対象だけを学習させる周辺色なし条件と、同一照明下の分類対象以外の色についても学習させる周辺刺激あり条件の2種類で比較を行った。その結果、周辺色なし条件で学習した場合、未知の照明下における色の分類精度は極めて低いこと、周辺刺激が存在する場合は大幅に向上することを報告している。このことから、色恒常性の獲得には、相対的な色の観測が必要であることを示唆した。また伊藤ら³⁰⁾は、色相変化に対して、色弁別と閾上色差の知覚感度に違いがあるかどうかについて検討した。実験では、色差の小さい刺激だけを対象とした小色差条件と、すべての刺激を対象とした大色差条件に分けて、色弁別と閾上色差の感度を測定した。その結果、色相に対する感度特性の変化は類似しているが、色差が大きくなる条件では感度変化に違いがみられたことを報告している。

色知覚は、われわれの外界に対する印象に大きく影響を与えている。今後、映像やVR環境において、色知覚の知見が技術革新に貢献することを期待する。

5. 視覚情報提示デバイス

VR技術の発展に伴い、視覚情報提示デバイスの臨場感も向上してきている。ヒトは、視覚情報から身体感覚を補正している。例えば、片足でバランスを取りながら立つ場合、視覚系からの情報を用いて体性感覚を安定させている。そのため、眼を閉じてしまうと急にバランスを取るのが難しくなる。このように、視覚系と身体感覚には密接なつながりがある。VR技術では、1人称視点での映像を呈示することが多い。この場合、擬似的に自己の身体が視覚映像として呈示されることになる。擬似的な身体が、あたかも自分の身体であるかのように錯覚させることができれば、VR空間における没入感をより向上させることが可能であり、研究成果にさらなる発展が期待される。

5.1 擬似体験から生じるヒトの反応特性

従来研究^{31) 32)}において、片手を鏡で隠し、他方の手を鏡に映した上で、両手の人差し指を同期させて机の上でタッ

ピングを行わせると、鏡に映された手が隠された手であるように錯覚し、手の位置が実際の位置から鏡で見えている位置にずれて知覚する（偏移する）ミラー錯覚が報告されている。寺本ら³³⁾は、ミラー錯覚により生じる錯覚が、手と足などの部位による違いがあるかどうか検討した。実験では、参加者全員で手足の偏移が生じたことを報告した。また、約2/3の参加者は、手足の偏移が時間とともに減少し、手の偏移量が足の偏移量よりも大きいことを報告した。残りの1/3の参加者では、手足の偏移量が少なくとも90秒間維持されるかまたは増加すること、かつ手足の偏移量に違いがないことも報告した。

自発的な身体運動と音の関係も、視覚情報に影響していることが明らかになっている。Haggardら³⁴⁾は、Intentional Bindingと呼ばれる現象を報告している。これは、ボタンを押した後に遅れて音が聞こえるという行為随伴刺激において、自分の意思で指を動かしてボタンを押した場合は、機械などで非自発的にボタンを押した場合に比べて、音が早く聞こえるという時間短縮の知覚が生じる現象である。藤井ら³⁵⁾は、Intentional Bindingが複数の刺激を呈示した場合に、どのような影響が起きるのか検討した。実験では、ボタン押しから250 ms遅れて音刺激を呈示する条件と、ボタン押しと同時に音も呈示した後で250 ms遅れて音を呈示する条件で比較を行った。その結果、前者の条件では、遅延した音刺激において時間短縮が生じたが、後者のボタン押しと同時に音刺激も呈示した条件では、遅延した音刺激の時間短縮が大きく減少したことを報告している。

VR環境は擬似体験を行うことから、実際のスポーツ環境と同様に情動の変化が起こり、その結果として自律神経応答に変化を引き起こすと考えられる。実際の陸上競技などにおいて、競争相手を抜いた場合に喜びのような快情動を感じやすく、抜かれた場合には不安や焦りなどの不快情動を感じやすい。香月ら³⁶⁾は、VR空間において、自転車レースを模した実験を行い、競争相手を抜く条件と抜かれる条件とを比較して、情動変化が運動パフォーマンスへ影響を及ぼすかどうか検討した。実験では、参加者に自転車を一定速度で走らせるように教示した。VR空間では、一定速度で走る競争他者が一定間隔で呈示された。実験の結果、参加者の主観的評価において、前方の競争他者を抜く、または抜かれる場合、実際の運動と同様に快情動と不快情動を感じることを示した。また、競争他者を抜く数秒前において、ペダルを回転させる運動、呼吸数などが高くなることを示し、情動変化が運動パフォーマンスに影響を及ぼすことを示唆した。

以上、VR装置から得られる視覚情報について、ヒトがどのような影響があるのか、研究知見をまとめた。これらことから、視覚系は擬似的な情報であっても、現実と変わらない反応を示すことが報告されている。今後、VR技術の発展により、さまざまな情報提示方法が考案されてい

く中で、ヒトの知覚特性を心理物理学的に解明することは、非常に重要であると言える。

5.2 遠隔映像

近年、covid-19の影響により、われわれの取り巻く環境は激変している。これまで対面で行われてきた会議や講義などが、オンラインの遠隔によるものに置き換わったのである。今後、この環境の変化には、誰もが対応する必要が出てくると考えられる。そのため、リアルタイムやオンデマンドのような、遠隔での会議や授業などが、対面と同様に行うことができるかどうかを検討することは重要である。

渡邊ら³⁷⁾は、リアルタイム型講義における学習者のノートテイング動作について検討した。ビデオ講義を視聴時の学習者の顔画像を処理することで、講師の板書や説明と学習者の顔の動作の動きに相関があることを報告している。また、学習者の動作の時系列モデルに基づいて学習者間の類似度について検討した結果、学習者の動作はいくつかのグループに分けることができることを報告している。

今後、さまざまな世界情勢の変化の中で、遠隔映像による情報のやり取りが、一般的に行われていくと考えられる。今後もこの分野の研究発展が期待される。

(荻谷)

6. むすび

映像情報メディアと人間の視聴覚特性は切っても切り離せない深い関係がある。近年では脳機能計測技術や深層学習の進展も相まって、人間の視聴覚特性を受け取る仕組みが従来よりもさらに深く理解されるようになってきた。また、単なる知覚特性だけではなく、好みや審美性などの感性的要因の理解も重要な課題となっている。ヒューマンインフォメーション研究会では、研究分野の拡大を契機にして、人間の知覚認知特性の理解をさらに深めるとともに、応用技術への適用を目指していきたい。

(永井)

(2021年7月5日受付)

〔文 献〕

- 1) <https://www.globenewswire.com/news-release/2017/09/25/1131914/0/en/Global-Neuroscience-Market-To-Reach-US-520-8-Million-by-2025-Persistence-Market-Research.html>
- 2) <https://neuralink.com/>
- 3) <https://neuralink.com/blog/>
- 4) J.G. Makin, et al: "Machine translation of cortical activity to text with an encoder-decoder framework", *Nature Neuroscience*, 23, pp.575-582e (2020)
- 5) X. Chen, et al: "Combination of Augmented Reality Based Brain-Computer Interface and Computer Vision for High-Level Control of a Robotic Arm", *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 28, 12, pp.3140-3147 (2020)
- 6) X. Zhao, et al: "SSVEP Stimulus Layout Effect on Accuracy of Brain-Computer Interfaces in Augmented Reality Glasses", *IEEE Engineering in Medicine and Biology Society Section*, 8, pp.5990-5998 (2020)
- 7) B. Peters, et al: "SSVEP BCI and eye tracking use by individuals with late-stage ALS and visual impairments", *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, 595890 (2020)
- 8) J. Ansado: "How brain imaging provides predictive biomarkers for therapeutic success in the context of virtual reality cognitive training",

- Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 120, pp.583-594 (2021)
- 9) 松本ほか：“fNIRS計測に基づいた注意維持に寄与する脳領域の推定”，映情学技報，45，7，pp.9-13 (2021)
 - 10) Tupikovskaja-Omovie, et al.: "Eye tracking technology to audit google analytics: Analysing digital consumer shopping journey in fashion m-retail", International Journal of Information Management, 59, 102294 (2021)
 - 11) W. Sun, et al.: "Visual scanpath prediction using IOR-ROI recurrent mixture density Network". IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 43, 6, pp.2101-2118 (2021)
 - 12) 橋詰ほか：“ニューラルネットワークを利用した視点移動先推定に関する研究”，映情学技報，45，7，pp.21-24 (2021)
 - 13) S. Jia, et al.: "Eml-net: An expandable multi-layer network for saliency prediction", Image and Vision Computing, 103887 (2020)
 - 14) 藤田ほか：“サッカードの振幅および方向特性を再現する確率的顕著性マップに基づく視線予測モデル”，映情学技報，44，31，pp.37-40 (2020)
 - 15) R.G. Alexander, et al.: "Microsaccades mediate perceptual alternations in Monet's "Impression, sunrise"", Scientific Reports, 11, 3612 (2021)
 - 16) T. Nanjappa, et al.: "Microsaccades and attention in a high-acuity visual alignment task", Journal of Vision, 21, 2, pp.1-15 (2021)
 - 17) C. Wang, et al.: "Saliency and priority modulation in a pop-out paradigm: Pupil size and microsaccades", Biological Psychology, 153, 107901 (2020)
 - 18) 野口ほか：“ボトムアップ注意によって誘発されるマイクロサッカード諸特性の解析”，映情学技報，45，7，pp.13-16 (2021)
 - 19) 森本ほか：“マイクロサッカード抽出のための時系列学習モデルにおける精度向上に寄与する特徴量の検討”，映情学技報，44，31，pp.41-44 (2020)
 - 20) 中垣ほか：“固視微動および瞳孔径変動の動的特徴を指標とする覚醒水準の定量的評価”，映情学技報，44，31，pp.49-52 (2020)
 - 21) Sato, H. et al.: "Vection can be modified by the viewing attitude of the observers", the 3rd International Five-Sense Symposium (5-SENSE 2018) (20th Sep. 2018)
 - 22) 姜ほか：“刺激の物的な意味がベクションに及ぼす効果についての検討”，映情学技報，44，31，pp.9-12 (2020)
 - 23) Lu Yu, et al.: "Subjective colorfulness affects vection strength", 映情学技報，44，31，pp.17-20 (2020)
 - 24) 飯田ほか：“ベクション強度の数理モデル化—フレームレートとベクション強度の関係性について—”，映情学技報，44，31，pp.21-24 (2020)
 - 25) 小松ほか：“皮膚感覚における風向きの知覚”，映情学技報，44，31，pp.29-31 (2020)
 - 26) 村田ほか：“移動知覚の皮膚感覚系と前提感覚系の役割”，映情学技報，44，31，pp.61-64 (2020)
 - 27) 佐藤ほか：“両眼網膜像差が自然画像における大きな奥行き知覚に及ぼす効果”，映情学技報，44，31，pp.65-68 (2020)
 - 28) 宮下ほか：“凹面鏡反射像における見かけの奥行き定量的解析”，映情学技報，45，7，pp.1-4 (2021)
 - 29) 森本ほか：“機械学習による色恒常性の成立に必要な学習条件”，映情学技報，44，31，pp.45-48 (2020)
 - 30) 伊藤ほか：“色相変化に対する弁別感度と閾値上色差知覚感度の違い”，映情学技報，44，31，pp.75-78 (2020)
 - 31) V.S. Ramachandran, et al.: "Touching the phantom limb", Nature, 377, 6549, pp.489-490 (1995)
 - 32) N.P. Holmes, et al.: "Visual bias of unseen hand position with a mirror: spatial and temporal factors", Experimental Brain Research, 166, 3-4, pp.489-497 (2005)
 - 33) 寺岡ほか：“身体位置知覚における視覚情報の影響の時間特性”，映情学技報，44，31，pp.13-16 (2020)
 - 34) P. Haggard, et al.: "Voluntary action and conscious awareness", Nature Neuroscience, 5, pp.382-385 (2002)
 - 35) 藤井ほか：“2つの行為随伴刺激がIntentional Bindingに与える影響”，映情学技報，44，31，pp.25-28 (2020)
 - 36) 香月ほか：“VRサイクリング運動時の競争他者によって誘発される情動変化が運動パフォーマンスおよび自律神経応答に及ぼす影響”，44，31，pp.57-60 (2020)
 - 37) 渡邊ほか：“ビデオ講義を対象とした学習者のノーティング動作の分析(第4報)”，映情学技報，44，31，pp.33-36 (2020)



永井 岳大 (ながい たけひろ) 2007年，東京工業大学大学院総合理工学研究科物理情報システム創造専攻博士後期課程修了。カリフォルニア大学サンディエゴ校博士研究員，豊橋技術科学大学助教，山形大学准教授を経て，2018年より，東京工業大学。色覚や質感知覚等に関する心理物理学的研究に従事。博士(工学)。



小濱 剛 (こはま たけし) 1997年，豊橋技術科学大学大学院システム情報工学専攻修了。愛知県立大学情報科学部を経て，2005年より，近畿大学生物理工学部。現在，同大学准教授。眼球運動生成メカニズムにおける視覚的注意機構の機能など，視覚認知に関する大脳皮質の情報処理システムに関する研究に従事。2011年，当会論文賞受賞。博士(工学)。正会員。



荻谷 光晴 (おぎや みつはる) 2008年，筑波大学大学院システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻一貫制博士課程修了。同年，東北大学電気通信研究所産学官連携研究員。東京工科大学助教を経て，2016年より，神奈川大学工学部経営工学科特別助教。視覚情報処理，ユーザビリティの研究に従事。博士(工学)。正会員。