

平成30年6月25日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00278

研究課題名(和文) 高度環境調和型ディスプレイインタフェース構築のための視覚特性の理解とその応用

研究課題名(英文) Research on applied vision for developing new display interfaces highly integrated with natural visual environments

研究代表者

大塚 作一 (OHTSUKA, SAKUICHI)

鹿児島大学・理工学域工学系・教授

研究者番号：90452929

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：近年、表示機器の利用環境が多様化し、視覚特性を新視点で研究する必要性が生じた。心理物理実験の結果、(1) HDR (ハイダイナミックレンジ) 環境では弁別力が低下すること発見し、従来困難とされていた全体処理のみを用いてHDR画像からSDR (標準) 画像への変換方法を開発した、(2) 色対比の評価において2色覚と3色覚の構造が連続的に変化すること発見した、(3a) 曲面ディスプレイ利用時に個人差が大きい「曲面残効」と名付けた新たな錯視を発見した、(3b) 視覚と平衡感覚の統合能力が優れた人ほど本残効が起きやすい、(3c) 新しい視覚インタフェースの利用には慎重な検討が必要である、こと等の知見を得た。

研究成果の概要(英文)：Recently, ubiquitous display environments have been very popular. Therefore, we needed to research on human vision from the new aspects. Psychological experiments results suggest that (1) degradation in human discrimination sensitivity in High Dynamic Range (HDR) environments exists and our unique proposal demonstrates that the global tone mapping technique is quite effective for HDR-SDR (Standard Dynamic Range) conversion, (2) both chromatic perception of dichromatic observers and that of trichromatic ones have continuous distribution in color structure perception, (3a) new illusion, named “curved-surface-aftereffect (CS-AE)”, was found when viewing curved displays, (3b) subjects with a rigid perception of CS-AE can integrate visual and gravity sensory systems well, and (3c) therefore we should be very careful in applying cutting edge technologies to visual interfaces.

研究分野：視覚情報処理工学

キーワード：視覚 ディスプレイ 運動視 立体視 色知覚 ユニバーサルデザイン 感性 ハイダイナミックレンジ (HDR)

1. 研究開始当初の背景

近年の大型テレビ受像機の急速な普及と2020年開催の東京オリンピックに向けた次世代ハイビジョンシステム(4K/8K)の開発加速、スマートフォン・タブレット端末の急速な普及、また、TVゲーム機器の立体表示(3D)化など、我々を取り巻く視環境は急速に変貌している。しかし、技術進歩を一步誤れば、人間の視覚系に過度の負荷や適応不全を与える事態も予想された。

人間の視覚特性の把握は表示技術の開発にとって非常に重要であり、関連する視覚特性を可能な限り把握しておくべきである。周到な準備により視覚特性が有効利用されている有名な例としては、ハイビジョンのアスペクト比の決定を挙げることができる。一方で、不用意な取り扱いのために社会問題になった例としては、テレビアニメの『ポケットモンスター』の放映中に起きた光感受性発作を挙げることができる。

また、最近ではカラーの表示のみならず印刷も非常に簡便となり、多彩な表現が可能となった。しかし、色覚には個人差が大きいことが知られており、日本人の場合、2色覚(赤緑色覚異常)者は男子人口の約5%とされている。2色覚者も2色覚者と同様にカラフルな世界を感じているが、正常色覚(3色覚)者との間には色彩構造に関する知覚のずれが生じている。したがって、カラーの扱いにはカラー・ユニバーサルデザイン(CUD)の観点から十分な配慮が必要である。

我々は、このような状況を踏まえ、これまで、以下の3点について研究を推進してきた。

(1) 大型・高精細表示環境

日本においては、2011年7月のアナログ放送(SDTV)終了と地上波デジタル放送への完全移行に伴って、画面のアスペクト比が4:3から16:9へ変更となった。より横長の表示エリアが使用できるようになり、ディスプレイの大型化やハイビジョン放送(HDTV)の高精細化(2K/4K/8K)の進展とも関連して、観視条件のみならずコンテンツの作成方法も大きく変わろうとしている。

これらの環境変化の中で発生した面白い事例として、我々は、プロが制作して実際に商用放送されている天気予報図においても、見かけの華やかさ等に捕らわれて本来の視認性の良さに注意が行き届かない例が多数あることを突き止めた。また、最近では、大型ディスプレイの開発加速・一般家庭への急速な普及のみならず、曲面ディスプレイの開発も随所で行われていた。

したがって、使用される環境の多様化を踏まえたうえで、画面の大きさや形状、画像の精細度、そして、コンテンツの内容に踏み込んだ画像の評価手法の確立と評価結果の導出が喫緊の課題となっていた。

(2) 立体表示環境

近年、テレビジョンやゲーム機器と接する機会の多い若年層を中心に、立体視力の低下

が起こっているのではないかと懸念がある。しかし、これに関する具体的な研究発表は殆ど見られなかった。そこで、我々は両眼視差と絵画的手がかりの組み合わせに基づく立体感の個人差に関する検討を行った。その結果、立体視力検査では正常な両眼立体視能力があるにも拘らず、両眼視差(S3D)と他の奥行手掛かりが共存する場合には立体視が機能しない例を発見することができた。世代間の違いを含めた大規模な調査を実施した結果、立体感の判断特性が個人間のみならず世代間でも大きく異なっていることを見出した。

このように興味深い知見が得られつつあるが、ここに例示した特性以外にも複数の要素において立体視特性の個人差が大きいことが予備調査で明らかとなっており、その特性解明が今後の非常に重要な課題となっていた。

(3) ユニバーサルカラー表示環境

2色覚者のための補助ツールは従来から数多く考案されていたが、2色覚者に3色覚者の色対比の感覚を伝えることは困難であった。そこで、我々は2色覚者が「赤・緑」と「黄・青」の色対比を2枚の画像を比較しながら知覚できるように工夫した「色相ブレンド(Hue-Blending)法」を考案した。これまで、複数種類の携帯端末向けのアプリケーション開発を行ってきたが、今後、アプリケーションの実用化を行い、さらに効果の検証や標準化活動(国際照明委員会CIE TC1-89)等も継続して行ってゆく必要があると考えられた。

2. 研究の目的

そこで、このような事態を未然に防止し、より多くの人々が安全で快適な視環境を入手できるように、本課題においては、特徴的な視環境の変化に対応し、(1)大型・高精細表示環境、(2)立体表示環境、(3)2色覚者に配慮したユニバーサルカラー表示環境、における人間の視覚認知特性を理解し、併せて新しい表示機器の開発に資することを研究の目的とした。

3. 研究の方法

本研究においては、今後予想される主だった3種類の視環境の変化(大型・高精細表示、立体表示、ユニバーサルカラー表示)を想定した。未だ特徴的な事態を十分に把握できていない新しい環境については、まず、視覚心理実験をベースにして新しい知見の発見を目指す。つぎに、その知見に基づいた問題の解決策の提案や新しい表示手法の提案に進む。また、既にある程度知見を得ている場合には、後者のフェーズからスタートする。個々の具体的な計画については、各々フェーズが異なるので、以下の通り研究を遂行することとした。

(1) 大型・高精細表示環境

対角 90 インチ程度の大画面を模した高精度プリント表示環境の構築と各種高精細画像の撮影・蓄積により、画面の大きさや形状、画像の精細度、そして、コンテンツの内容に踏み込んだ画像の評価手法の確立と評価結果の導出を行う。

(2) 立体表示環境

立体視能力の個人・世代間における違いの広範囲にわたる把握と立体視能力向上のための訓練方法を提案する。

(3) ユニバーサルカラー表示環境

色覚補助装置の実用化推進とその評価を行い、国際標準化に寄与する。

4. 研究成果

その他を含めて 4 項目の研究概要について以下に述べる。

(1) 曲面残効の発見とその個人差の解析

海外を中心に新しく開発が進められている曲面ディスプレイの没入感などの視覚的効果を新たに製作した模擬実験装置を使用して検討した(図1)。その途上で、凹面ディスプレイを観視したあとに平面ディスプレイを観視するとあたかも凸面であるかのように感じられる錯覚(「曲面残効」と命名: 図2参照)を偶然発見した。また、この残効には、強い個人差があり、没入感についてはすべての被験者が平面よりも曲面を選択するにも拘らず、残効を常時知覚する被験者の割合は約 50%であった。この原因を詳細に検討した結果、曲面残効を知覚する被験者は、(1)重心動揺の測定から視覚と重力感覚の統合能力に優れていること、(2)アンケート調査の結果から、中学、高校、大学での運動経験が豊富である、などの特徴があること(研究期間終了後のSID Display week 2018において発表済み)、が明らかとなった。

従って、自然環境と強いインタラクションがあることが残効の生起要件となっており、新しい視覚的インタフェースを導入するにあたっては様々な要因を考慮する必要があることが示唆された(雑誌論文 [3], [7], [15]他)。



図1 曲面ディスプレイの模擬実験装置

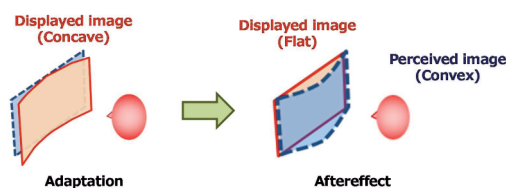


図2 曲面残効の模式図

(2) 運動と立体知覚の相互作用に関する個人差

2次元平面上(2D)で白黒のストライプ上を同様な組み合わせの2種類の矩形を等速運動させるとあたかも交互に進み歩いているかの如く見える「フットステップ錯視」が知られている。ステレオ立体視が可能な3次元(S3D)環境では、どのように知覚されるかを心理実験により検討した。

その結果、(1)立体環境において移動する物体を観視した際の奥行き知覚に大きなばらつきがあり、静止状態でのステレオ視力テストでは立体視能力が正常であると判定されたにも拘らず、動的な状態では奥行き知覚能力が不十分な被験者が多数存在すること、(2)動的な状態であっても十分な立体視能力を有する被験者では、S3D環境において、「フットステップ錯視」の生起が有意に遅れることが明らかとなった。

上述の実験結果から、十分な立体視能力を有する人(即ち自然環境で十分に原体験を積んだと推定される人)は、地表面を進む物体(2次元)と空中に浮かんで進む物体(3次元)に対する知覚状態が異なり、2次元では摩擦があること、3次元では摩擦がないこと、を各々仮説に組み込んだ認知処理を行っていると推定された。前項と同様に人間の視覚能力獲得において自然環境が如何に重要であることを示唆する好例である(雑誌論文 [3], [12]他)。

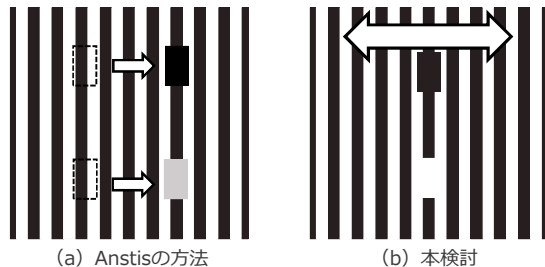


図3 フットステップ錯視の実験模式図

(3) 2色覚と3色覚の色知覚構造の連続性に関する研究

従来の通説では、2色覚(赤緑色覚異常)と3色覚では、色差成分に対する知覚構造が全く異なるとされてきた。一方で、(多次元尺度構成法の研究を専門とする)色覚の非専門家が測定したデータには通説に反する結果も公表されていたが、重要視されていなかった。

そこで、我々は何れの説が正しいのかを改めて心理実験により検証した。

その結果、色彩の知覚構造が2色覚から3色覚へと連続的に変化していることを発見した。今後、カラーユニバーサルデザインなどを推進するにあたり、非常に重要な知見が得られた(雑誌論文 [2])。

なお、標準化活動(国際照明委員会 CIE TC1-89)については、全体として取りまとめの段階に達している。

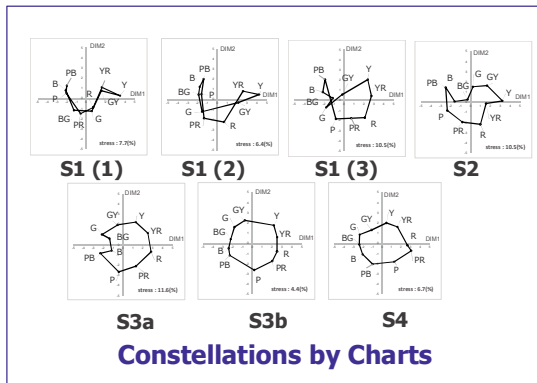


図4 色覚の連続性を示す実験結果 (S1~S4 は2色覚から3色覚に至る連続したステージを表し、色差の構造は2色覚においても2次元の直線上に布置することはない)

(4) その他

計画当初には十分想定されてなかった、スマートフォンやタブレットなどの携帯画像端末の普及に伴う急激な視覚環境の変化によって、人々は従来の人間の成長過程とは異なる体験に日々遭遇する状態となった。これに伴い、視覚刺激や触覚刺激など、人間の五感の使い方が好ましくない状況に変化しつつあることが実証され始めた。

この状態を食い止めるためには、ノートを取り振り返りを十分に行うことが一つの解決法であることを提案した (雑誌論文 [1], [4], [6]他)。

また、ハイダイナミックレンジ (HDR) 環境における人間の知覚特性を実測し、明るさの弁別能力が低下することを明らかにした。この知見を応用して通常 (SDR) の環境においても知覚的に忠実な HDR 画像を表示可能な新しい HDR-SDR 変換手法の提案を行った (雑誌論文 [4], [5]他)。

さらに、良く知られた色の錯視であるベンハムのコマに関連し、(1) 反対色機構の関与に関する詳細な検討を行うと同時に、(2) 新たに、色知覚メカニズムとは独立して明るさのメカニズムが関与した線長錯視を発見した (雑誌論文 [9], [13]他)。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計16件)

- 1) Sakuichi Ohtsuka, (Invited) Enhancing Both Logical and Emotional Abilities with Information and VR/AR Technologies Suitable for Infant Development, Proceedings of the International Display Workshops, vol. 24, pp. 1172-1175, 2017 (査読なし) .
- 2) Shoko Hira, Mana Nakamichi, Kota Kanari, Yuki Karakama, Hikaru Fukuda,

Miyoshi Ayama, Sakuichi Ohtsuka, Individual Differences in Chromatic Perception: Continuous Variation from Dichromacy to Trichromacy, Proceedings of the International Display Workshops, vol. 24, pp. 992-995, 2017 (査読あり) .

- 3) 大塚作一, [招待講演] 環境からの感覚情報統合の多様性と錯視の個人差 : 大画面ディスプレイの曲面残効などを例として, 映像情報メディア学会技術報告, vol. 41, no. 41, pp. 9-15, 2017 (査読なし) .
- 4) 大塚作一, [招待講演] 言語および非言語視覚情報統合の重要性 ~ 両者を活用したノート記録と振り返り ~, 映像情報メディア学会技術報告, vol.41, no. 33, pp. 93-99, 2017 (査読なし) .
- 5) Saki Iwaida, Yoshitaka Fukaya, Eri Irieda, Tomomi Yamasaki, Anis Ur Rehman, Ken Kihara, Toshiki Iso, Sakuichi Ohtsuka, Reproduction of Perceptual Reality in Standard-Dynamic-Range (SDR) Environments Using High-Dynamic-Range (HDR) Images Compressed by Global Tone Mapping, SID Display Week Symposium Digest of Technical Papers, vol. 48, pp. 1379-1382, 2017 (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/sdtp.11762>) (査読あり) .
- 6) Sakuichi Ohtsuka, Anis Ur Rehman, Saki Iwaida, Shoko Hira, Enhancing Note-Taking and Review Processes Using an Interactive Dual-input and Dual-display Interface, SID Display Week Symposium Digest of Technical Papers, vol. 48, pp. 868-871, 2017, (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/sdtp.11762>) (査読あり) .
- 7) Sakuichi Ohtsuka, (Invited) Visual Effects of Concave Curved Displays in Large and Wide-Angle Environment: Immersion and Aftereffect, Proceedings of the International Display Workshops, vol. 23, pp. 961-964, 2016 (査読なし) .
- 8) Anis Ur Rehman, Yuji Nosaki, Ken Kihara, Sakuichi Ohtsuka, Attentive Tracking of Moving Objects in Stereoscopic Viewing, Proceedings of the International Display Workshops, vol. 23, pp. 1549-1552, 2016 (査読あり) .
- 9) 小路香織, 宮田千恵美, 木原健, 磯俊樹, 大塚作一, Hiroshi Ono, ベンハムのコマで生じる長さの錯視 ~ 白黒変

- 化の白領域に存在する黒線分の特異的伸長の知覚 ～, 映情学技報, vol. 40, no. 37, HI2016-75, pp. 41-44, 2016 (査読なし) .
- 10) Sakuichi Ohtsuka, Yohei Kumagai, Sayako Yonemoto, Ken Kihara, Aftereffect of Viewing Concave Curved Displays in Large and Wide - angle Environment: Assessment of Individual Differences, SID Display Week Symposium Digest of Technical Papers, vol. 47, pp. 907-910, 2016 (DOI: 10.1002/sdtp.10843) (査読あり) .
 - 11) 宮路佳奈, 木原健, 大塚作一, 視覚的注意に対する刺激の奥行き差の影響ーオブジェクト置き換えマスキング手法を用いてー, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, vol. 21, no. 1, pp. 63-71, 2016 (査読あり) .
 - 12) 隈崎慶子, 木原健, 大塚作一, 立体視環境におけるフットステップ錯視の知覚と個人差に関する検討, 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 115, no. 216, pp. 33-36, 2015 (査読なし) .
 - 13) 小路香織, 木原健, 大塚作一, Hiroshi Ono, ベンハムのコマに青もしくは黄色領域を設けた場合の誘導色の変化～着色部分の明度と彩度を変化させた場合～, 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 115, no. 216, pp. 27-32, 2015 (査読なし) .
 - 14) 永田晃生, 熊谷洋平, 木原健, 大塚作一, 大型ディスプレイの普及とニュース映像のキャスターサイズの変化に関する検討, 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 115, no. 216, pp. 21-26, 2015 (査読なし) .
 - 15) Sakuichi Ohtsuka, Chihiro Imabayashi, Youhei Kumagai, Kohki Nagata, Ken Kihara, Late-News Poster: Subjective Assessment of Simulated Curved Displays for Ultra - High - Definition TV in a Large Size and Wide Viewing Angle Environment, SID Display Week Symposium Digest of Technical Papers, vol. 46, pp. 1274-1277, 2015 (DOI: 10.1002/sdtp.10089) (査読あり) .
 - 16) Youhei Kumagai, Kohki Nagata, Ken Kihara, Sakuichi Ohtsuka, Subjective Size of News Presenter Shrinking with Recent Enlargement of Display Size in Japan, SID Display Week Symposium Digest of Technical Papers, vol. 46, pp. 1270-1273, 2015 (DOI: 10.1002/sdtp.10087) (査読あり) .
- [学会発表] (計19件)
- 1) 大塚作一, 環境からの感覚情報統合の多様性と錯視の個人差 : 大画面ディスプレイの曲面残効などを例として, 映像情報メディア学会メディア工学研究会, 2017.
 - 2) 大塚作一, 言語および非言語視覚情報統合の重要性 ～ 両者を活用したノート記録と振り返り ～, 映像情報メディア学会メディア工学研究会, 2017.
 - 3) Sakuichi Ohtsuka, Enhancing Both Logical and Emotional Abilities with Information and VR/AR Technologies Suitable for Infant Development, IDW (International Display Workshops) 2017, 2017.
 - 4) Shoko Hira, Individual Differences in Chromatic Perception: Continuous Variation from Dichromacy to Trichromacy, IDW (International Display Workshops) 2017, 2017.
 - 5) Saki Iwaida, Reproduction of Perceptual Reality in Standard-Dynamic-Range (SDR) Environments Using High-Dynamic-Range (HDR) Images Compressed by Global Tone Mapping, SID Display Week 2017 Symposium, 2017.
 - 6) Sakuichi Ohtsuka, Enhancing Note-Taking and Review Processes Using an Interactive Dual-input and Dual-display Interface, SID Display Week 2017 Symposium, 2017.
 - 7) 野崎裕嗣, 視覚的注意が中心視刺激の両眼単一視に与える影響 - 注意の瞬き課題を用いた場合 -, 日本視覚学会 2017 年冬季大会, 2017.
 - 8) Sakuichi Ohtsuka, Visual Effects of Concave Curved Displays in Large and Wide-Angle Environment: Immersion and Aftereffect, 23rd International Display Workshops in conjunction with Asia Display 2016 (IDW/AD '16), 2016.
 - 9) Anis Ur Rehman, Attentive Tracking of Moving Objects in Stereoscopic Viewing, 23rd International Display Workshops in conjunction with Asia Display 2016 (IDW/AD '16), 2016.
 - 10) 小路香織, ベンハムのコマで生じる長さの錯視 ～ 白黒変化の白領域に存在する黒線分の特異的伸長の知覚 ～, 映像情報メディア学会ヒューマンインフォメーション研究会, 2016.
 - 11) Yuji Nosaki, Visual attention affects the fusional limit of a centrally located object when using an attentional blink task, 31st International Congress of Psychology (ICP2016), 2016.
 - 12) Hijiri Kodama, Role of the locus coeruleus-noradrenaline system in attention direction for visual

- change detection: a pupillometric study, 31st International Congress of Psychology (ICP2016), 2016.
- 13) Kaori Shoji, Length illusion on Benham's top, 31st International Congress of Psychology (ICP2016), 2016.
 - 14) Sakuichi Ohtsuka, Aftereffect of Viewing Concave Curved Displays in Large and Wide-angle Environment: Assessment of Individual Differences, SID Display Week 2016, 2016.
 - 15) 隈崎慶子, 立体視環境におけるフットステップ錯視の知覚と個人差に関する検討, 電子情報通信学会イメージ・メディア・クオリティ研究会, 2015.
 - 16) 小路香織, ベンハムのコマに青もしくは黄色領域を設けた場合の誘導色の変化～着色部分の明度と彩度を変化させた場合～, 電子情報通信学会イメージ・メディア・クオリティ研究会, 2015.
 - 17) 永田晃生, 大型ディスプレイの普及とニュース映像のキャスターサイズの変化に関する検討, 電子情報通信学会イメージ・メディア・クオリティ研究会, 2015.
 - 18) Sakuichi Ohtsuka, Subjective Assessment of Simulated Curved Displays for Ultra-High-Definition TV in a Large Size and Wide Viewing Angle Environment, SID Display Week 2015, 2015.
 - 19) Youhei Kumagai, Subjective Size of News Presenter Shrinking with Recent Enlargement of Display Size in Japan, SID Display Week 2015, 2015.

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 3件)

名称：画像調整装置、画像調整方法及びプログラム

発明者：大塚作一

権利者：国立大学法人 鹿児島大学

種類：特許

番号：特願 2017-099165

出願年月日：平成 29 年 5 月 18 日

国内外の別：国内

名称：携帯情報端末

発明者：大塚作一, 比良祥子, 岩井田早紀,
アニス・ウル・レーマン

権利者：国立大学法人 鹿児島大学

種類：特許

番号：特願 2016-255743

出願年月日：平成 28 年 12 月 28 日

国内外の別：国内

名称：コミュニケーション能力評価支援装置、
コミュニケーション能力評価支援システム、
コミュニケーション能力評価支援方法及び
プログラム

発明者：大塚作一

権利者：国立大学法人 鹿児島大学

種類：特許

番号：特願 2016-080402

出願年月日：平成 28 年 4 月 13 日

国内外の別：国内

○取得状況 (計 0件)

〔その他〕

現在の研究室のホームページは以下の通りである。

<http://www.ibe.kagoshima-u.ac.jp/~vhi/lab/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大塚 作一 (OHTSUKA, SAKUICHI)

鹿児島大学・理工学域工学系・教授

研究者番号：90452929