

平成22年5月28日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007～2009

課題番号：19300059

研究課題名（和文） インターカラービジョンシステムと知的ユニバーサルデザイン支援に関する研究

研究課題名（英文） Inter-Color-Vision System and Intelligent Universal-Design Tool

研究代表者

岡嶋 克典 (OKAJIMA KATSUNORI)

横浜国立大学・大学院環境情報研究院・准教授

研究者番号：60377108

研究成果の概要（和文）：視覚の加齢変化と色覚異常のメカニズムを解明し、それらのモデル化・定式化を行い、世代や色覚特性が異なる人同士の視覚情報を高い精度で相互に接続・交換できる動画像変換システム「インターカラービジョンシステム」を開発した。また、画像認識の技術を統合することで、高齢者や色覚異常者にとって不適切なデザインとその改善策を色覚正常な若年デザイナーに教示する知的なユニバーサルデザイン支援ツールを開発した。

研究成果の概要（英文）：I clarified and formulated age-related changes and the mechanisms of dichromats so as to develop an Inter-Color-Vision System which is a dynamic image transformation system that enables the connection and exchange of visual information precisely between a young observer and an elderly or between a trichromat and a dichromat. In addition, by merging image processing technology, I developed intelligent assistant tools for Universal Design which can instruct young designers to recognize wrong designs and to help their improvement taking into account the elderly and dichromats necessities.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	8,500,000	2,550,000	11,050,000
2008年度	3,200,000	960,000	4,160,000
2009年度	2,800,000	840,000	3,640,000
年度			
年度			
総計	14,500,000	4,350,000	18,850,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理

キーワード：視覚情報処理、色彩工学、シミュレーション、加齢変化、空間周波数特性

1. 研究開始当初の背景

(1) 同じものを見ても、視覚特性が違えば脳内に生じる視覚イメージは異なる。加齢によっても視覚特性は系統的に変化するため、ある世代の人が見ている視覚情報と、それとは異なる世代の人が見ている視覚情報は異なる

っている。また、色覚異常者の色の見えも三色覚者と大きく異なる。そのため、若い三色覚者が見やすいと判断して設計したカラーデザインが高齢者や色覚異常者にとっては見えにくい配色になってしまうケースが多発していた。

(2) 高齢者の視覚特性に関する水晶体や瞳孔径等の眼光学レベルについては定式化が行なわれていたが、色の見えや閾上コントラスト知覚等の高次レベルの特性については定式化がなされておらず、高齢者の見えを忠実に再現する動画像シミュレーションシステムが存在していなかった。また、色覚異常も含めた総合的な視覚シミュレーションシステムや自動的にユニバーサルデザインを実現する知能的な支援ツールも存在していなかったため、社会におけるユニバーサルデザインの普及に困難が生じていた。

2. 研究の目的

(1) 視覚の年齢変化ならびに色覚異常の色知覚メカニズムを解明し、それらのモデル化・定式化を行い、世代や色覚特性が異なる人どうしの視覚情報を高い精度で相互に接続（交換）できる動画像変換システム「インターカラービジョンシステム」を提案・試作した。

(2) 提案システムの検証実験およびその実用化を推進するとともに、これらの知見と画像認識の技術を統合することで、高齢者や色覚異常者にとって不適切なデザインならびにその改善策を色覚正常な若年デザイナーに教示する知能的なユニバーサルデザイン支援ツールを提案・開発し、その有効性について検証した。

3. 研究の方法

(1) 単純色パターンならびに複雑な色背景上での色の見えを刺激サイズや背景の配色等を系統的に変えて、若年者と高齢者ならびに色覚異常者を被験者として測定できる実験システムとプログラムの開発および実験条件を決定するための視覚実験を若年者主体で実施した（図1）。

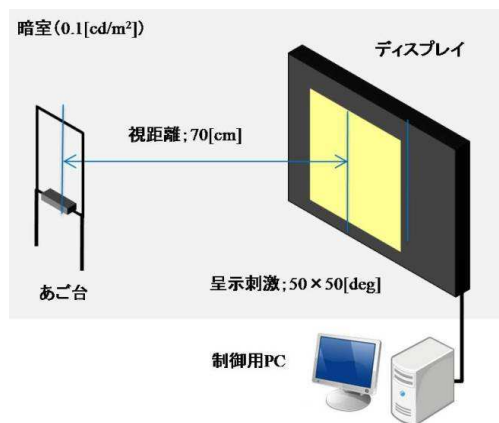


図1 色の見え測定実験の装置と条件

刺激の生成は、任意の光源の分光特性と物体の分光反射率から色度を自動的に計算し忠実な色再現が可能なプログラムを作成す

ることで実現した。色の見えの測定は、カラースケーリング法とカラーマッチング法を用いて行なった。その結果から、完全2色型の色覚異常者の色の見え特性を明らかにするとともに、刺激条件による色の見えの変化を定量的に測定できることを示す（図2）。

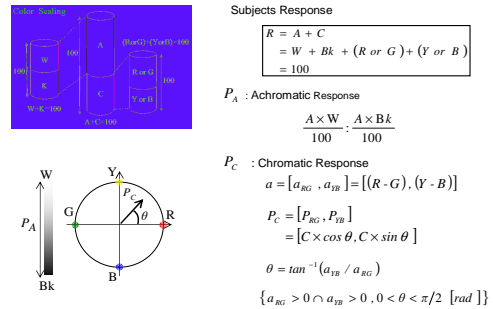


図2 色相角 θ と彩度 P_c の導出法

また、ガボールパターン（図3）を用いて視覚の空間周波数特性を若年者と高齢者で測定し、加齢効果の定式化も行なった。

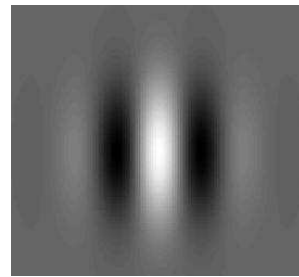


図3 ガボールパターン刺激

さらに、質感やテクスチャー情報をも含めた高次元の視覚情報を接続するために、様々な質感やテクスチャーを有する画像に対して様々な空間周波数フィルタリング等を実施した画像を生成するプログラムを作成し、質感知覚特性を測定した。

(2) 開発した実験システムを用いて、若年被験者で検討した実験条件を基に、高齢者も被験者に加えて実験を行い、測定データを収集した。それらの結果を用いて、世代内の分析を行うとともに、世代間の比較分析を行い、分析結果を基に年齢効果のモデル化・定式化ならびに年齢効果の生理的メカニズムの考察を行なった。並行して、色順応特性の加齢変化を実験室ならびに実空間の両方で実験を行うとともに、高次視覚特性（光沢や鮮度判定等）のシミュレーションを実現するための質感知覚特性に関する実験も開始した。さらに、画像認識技術を用いた知能的ユニバーサルデザイン支援システムの実現を目指し、その理論的な検討を行なった。

(3) 実験システムを用いてHMDによる携帯型システムを開発するとともに、リアルタイム処理が行えるよう様々な最適化チューニング手法を検討し、若年ならびに高齢の被験者による様々な視覚刺激(視環境)でのフィールドテストを繰り返すことで、本システムの実用性を検討した。また、フィールドで使いやすく実用的なシステムを実現するために、キャリブレーション手法や質感再現について検討するとともに、本システムを知的ユニバーサルデザインツールへと拡張した。

4. 研究成果

(1) 画像の明るさ感にコントラスト情報が影響することや、光沢感の定常知覚に必要な呈示時間等を明らかにした。以上の視覚実験と並行して、「インターエイジカラービジョン」画像処理システムを試作した(図4)。

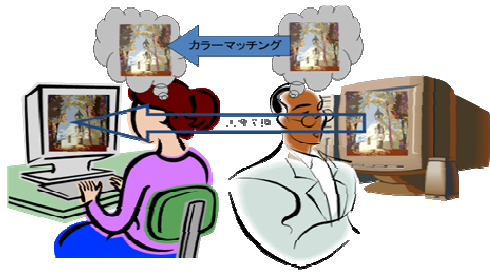


図4 インターエイジカラービジョンの概念図

研究協力者らとも検討を重ねながら、過去の知見を定式化した年齢変化モデルならびに色覚異常モデルを画像処理プログラムの中に組み込み、それらを並列的に表示可能なシステムを稼動させた(図5)。

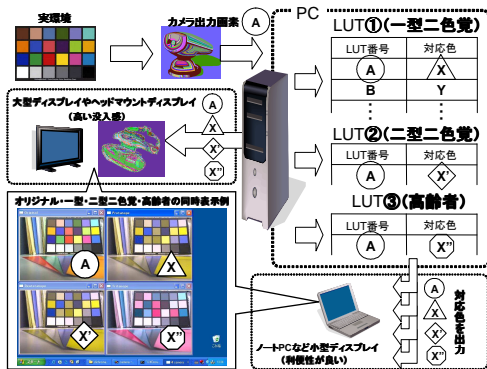


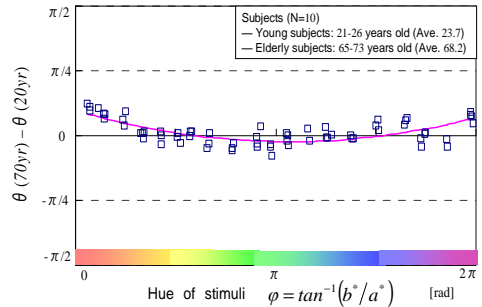
図5 並列処理型色覚シミュレータ

また、色覚異常者の絶対分光感度を実際に測定し、その結果をシステムに反映させることで、これまでになく精度の高い色覚異常のシミュレーションが可能となった。

(2) 高齢者の色の見えは色相・彩度において系統的な加齢変化が存在することを明らか

にするとともに、その色変換を定式化し、高齢者と若年者で同じ色の見えを生じさせる等価色変換技術を確認した(図6~8)。

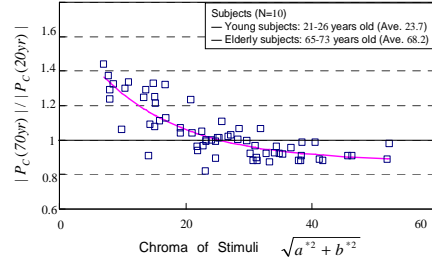
Result: Defference of the Hue between elderly and young subjects



$$\theta(70\text{yr}) - \theta(20\text{yr}) = 4.5 \times \cos\left(2\pi \frac{(\varphi - 28.8)}{50.9}\right) + 4.4$$

図6 高齢者と若年者の色相角差の定式化

Result: Ratio of the chroma between elderly and young subjects



$$\frac{|P_c(70\text{yr})|}{|P_c(20\text{yr})|} = 0.83 \text{Exp}\left[\frac{-\sqrt{a^0 + b^0}}{13.3}\right] - \frac{1}{8} \text{Exp}\left[\frac{-(\sqrt{a^0 + b^0} - 50)}{3000^2}\right] + 1$$

図7 高齢者と若年者の彩度比の定式化



図8 若年者(左)と高齢者(右)の色の見え

次に、試作を開始していた画像処理システム「インターカラービジョン」の実用化に向けて、本格的な開発に着手した。具体的には、小型カメラとHMD(ヘッドマウントディスプレイ)を用いて、リアルタイムに実在の視環境の高齢者ならびに色覚異常者の見えを評価可能なシステムを開発した(図9)。そのシステムに、これまでの当研究において得られた年代間色接続変換式ならびに色覚異常者の色変換式をソフトウェアで組み込む

ことで、高齢者ならびに色覚異常者の色の見えをリアルタイムシミュレーション可能でポータブルな視覚変換システムを開発した。



図9 カメラ装着型のHMDシミュレータ

また、健常高齢者(図10)の空間特性の加齢変化と白内障の特性(図11)を関数化してシミュレータに組み込み、より忠実な高齢者視覚シミュレーションを実現した。

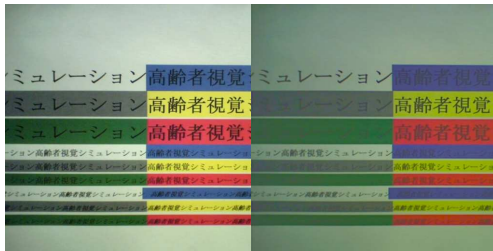


図10 空間特性を考慮した高齢者視覚シミュレーションの表示例(左:若年者、右:高齢者)

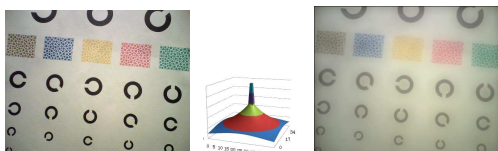


図11 白内障シミュレーション(右)の表示例(左:元画像、中央:点拡がり関数)

(3) インターカラービジョンシステムの計算エンジンを用いてオリジナル画像から高齢者または色覚異常者の見えをシミュレートする変換画像を生成し、このコントラスト情報等から視認性マップをそれぞれ作成し、両者のカラーマップおよび視認性マップ値を比較することで、変換したことによって色が大きく変換した箇所や視認性が低下した画像部位を抽出し、変換画像に抽出部をマーキングできるシステムを開発した(図12)。また、問題箇所を抽出するだけでなく、変換画像において問題箇所の修正方法を示唆する機能を付加するとともに、色覚正常者のカテゴリカル色認識特性を考慮することで

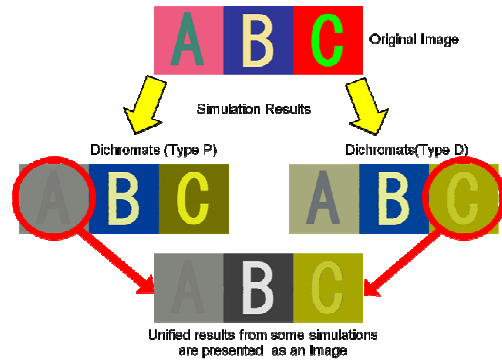


図12 問題箇所可視化システムの概要

色覚正常者にも違和感のない配色を実現するアルゴリズムを考案し、デザイナーに改善策を教示する知的ユニバーサルデザイン支援システムを開発した(図13~14)。

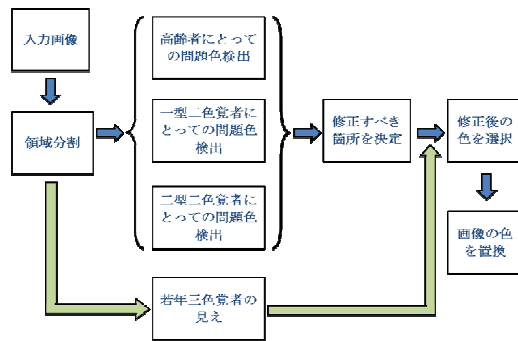


図13 知的ユニバーサルデザイン支援システムの画像処理過程

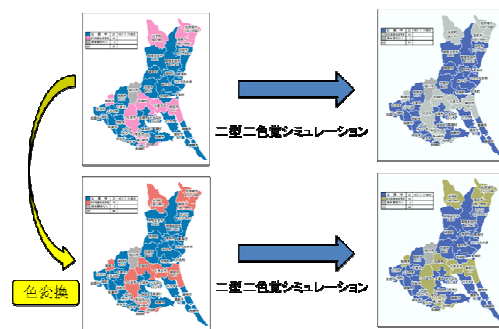


図14 カテゴリカル色認識特性を考慮したユニバーサルデザイン自動色変換結果の例

さらに、変換画像ならびに視認性マップを作成する際、色変換だけでなく、空間周波数特性の加齢変化等も考慮することで、精度の高いユニバーサルデザインツールを実現するとともに、高齢者や色覚異常者に対して、視覚だけでなく聴覚や触覚によって情報補償するマルチモーダルシステムを提案し、その基礎特性についても実験的に検討した。

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13件)

- ① 岡嶋克典:「色覚特性と画像における色彩表現」、日本色彩学会誌、査読無、Vol. 34、No. 1、67-72 (2010)
- ② 岡嶋克典:「視覚の加齢変化 —基礎と応用—」、照明学会誌、査読無、Vol. 94、No. 3、171-175 (2010)
- ③ Yuji Wada, Carlos Arce-Lopera, Tomohiro Masuda, Atsushi Kimura, Ippeita Dan, Shouichi Goto, Daisuke Tsuzuki, Katsunori Okajima, "Influence of luminance distribution on the appetizingly fresh appearance of cabbage," *Appetite*, 査読有, Vol. 54, No. 2, 363-368 (2010)
- ④ 原直也、神農悠聖、岡嶋克典:「有彩色と白色の照明光間の色変化時における定常順応のための所要時間」、照明学会誌、査読有、Vol. 93、No. 2、86-91 (2010)
- ⑤ Takeshi Haraguchi, Taka-aki Suzuki and Katsunori Okajima, "Quantitative Analysis of Inhomogeneous Luminance Effect on Visibility of Text," *Optical Review*, 査読有, Vol. 16, No. 6, 627-635 (2009)
- ⑥ 荒井観、岡嶋克典:「粗さ触知覚における両側刺激の影響」、映像情報メディア学会誌、査読有、Vol. 63、No. 12、1800-1806 (2009)
- ⑦ 荒井観、岡嶋克典:「断続的振動呈示による文字表現手法」、ヒューマンインタフェース学会誌、査読有、Vol. 11、No. 4、331-338 (2009)
- ⑧ Kan Arai, Katsunori Okajima, "Tactile Force Perception Depends on the Visual Speed of the Collision Object," *Journal of Vision*, 査読有, 9(11):19, 1-9 (2009)
- ⑨ 原口健、岡嶋克典、鈴木敬明:「有彩色背景上に表示された有彩色文章の可読性の定量化」、映像情報メディア学会誌、査読有、Vol. 63、No. 3、323-330 (2009)
- ⑩ 岡嶋克典:「高齢者・色覚異常者の色の見えシミュレーションシステム」、眼鏡学ジャーナル、査読有、Vol. 12、No. 2、19-24 (2009)
- ⑪ 岡嶋克典:「高齢者色覚シミュレーションの基礎と応用」、日本色彩学会誌、査読無、Vol. 32、No. 1、44-48 (2008)
- ⑫ 岡嶋克典、藤本新之助:「光環境の明るさ感における空間周波数分布の影響」、照明学会誌、査読有、Vol. 92、No. 2、77-82 (2008)

- ⑬ Masahito Nagata, Katsunori Okajima, and Masayuki Osumi, "Quantification of Gloss Perception as a Function of Stimulus Duration," *Optical Review*, 査読有, Vol. 14, No. 6, 406-410 (2007)

[学会発表] (計39件)

- ① 石田康裕、岡嶋克典:「カテゴリカル色知覚を考慮した知能的カラーユニバーサルデザイン支援ツール」、日本色彩学会誌 Vol. 34, Suppl., 22-23 (2010. 5. 15), 岐阜
- ② 岡嶋克典、徐爽、岩元健治:「コントラスト弁別感度の加齢変化を考慮した高齢者視覚シミュレーション」、電子情報通信学会技術研究報告 (HI 研究会), Vol. 109, No. 414, 35-39 (2010. 2. 15), 札幌
- ③ 岡嶋克典:「色覚メカニズムとその加齢変化 ~ネットワークモデルとシミュレーションシステム~」、電子情報通信学会技術研究報告 (PRMU 研究会) Vol. 109, No. 249, 43-48 (2009. 10. 15), 広島
- ④ Katsunori Okajima and Masafumi Oda, "Quantification and Formulation of Age-Related Changes in Color Appearance," *Perception* 38 Suppl., 36 (2009. 8. 25), Germany
- ⑤ 小田将史、岡嶋克典:「高齢者の色恒常性を考慮した演色性の可視化」、Color Forum Japan'08 Proceedings, 87-90 (2008. 11. 26), 東京
- ⑥ 岡嶋克典、神戸秀、村上和也、荒井観、小田将史:「カラーユニバーサルデザインのためのヒューマンインタフェース評価システム」、ヒューマンインタフェースシンポジウム 2008, 941-944 (2008. 9. 1), 大阪
- ⑦ T. Suzuki, Y. Okada, Q. Yi, S. Sakuragawa, K. Takayama, and K. Okajima, "Simple Estimation Method for Age-Related Change of Spectral Luminous Efficiency using LEDs," *Proceedings of Interium Meeting of the International Colour Association (AIC)*, #38 (2008. 6. 17), Sweden

[その他]

ホームページ等

<http://www.okajima-lab.ynu.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡嶋 克典 (OKAJIMA KATSUNORI)

横浜国立大学・大学院環境情報研究院・

准教授

研究者番号: 60377108