

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25年 5月 16日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22700218

研究課題名（和文）背景色と照明色の変化に伴う液体の色知覚変化についての包括的測定とモデル化

研究課題名（英文）Colour constancy of liquid materials under various chromatic illuminations

研究代表者

徳永 留美（TOKUNAGA RUMI）

東北大学・電気通信研究所・助教

研究者番号：80573914

研究成果の概要（和文）：照明光の透明物体への影響は物体表面への影響とは大きく異なるため、表面色への色恒常性の研究から液体などの色の見えについて理解することはできない。そこで、本研究では透明物体の色恒常性について、色みと透明度という指標により検討し、また、液体と物体表面への色知覚の違いについて検討した。結果から、液体の色知覚が、それが置かれた空間の照明の色や背景の色から影響を受けることが示唆された。このことは、視覚特性を考慮した透明物体に対する画像の再現や視環境の設定、また評価方法が必要なことを示唆している。

研究成果の概要（英文）： Illumination changes cause shift in spectrum of light reflected from object surfaces, while perception of surface colour tends to be constant because of colour constancy. Liquid colour, however, appears different under various chromatic lights. In order to reveal why there is much less effect of colour constancy on liquid colour, we investigated the colour appearance of liquids and object surfaces under various chromatic lights.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：液体の色知覚、透明感、色恒常性、カラーネーミング、心理物理実験

### 1. 研究開始当初の背景

私達が物を見るとき、物体の表面から様々な印象を受ける。物体の表面の光沢感、凹凸感、透明感などである。私達はさらに、これらの情報を元に物体の硬度や重量なども予測

している。このように物体の表面から受ける印象は、実生活でスムーズに行動するために重要な情報である。近年、3次元ディスプレイやコンピューターグラフィクス上において、実物に近い質感の再現についての研究が盛んに行われている。そこで本研究は、透明色知

覚の一つである液体の色知覚に着目する。

これまでに透明色知覚についての研究は数多くなされているものの、そのほとんどにおいて透明色の刺激をモニター上に再現して実験が行われている。しかし、このようなモニター画面上の刺激が、実物に対する見えと完全に等価であるとは言い難い。これまでに実空間において液体の色知覚、特にその背景の色や照明の色が様々と変化する場合の液体の色印象評価を包括的に定量化する研究は行われていない。その主な理由として、実験の条件統制が難しいことが考えられる。そこで申請者は本研究において、実際の透明物体である透明液体と乳濁液体を刺激とし、それが置かれた背景の色と照明の色を様々に変化させ、人の液体への色印象の包括的な定量化、すなわち背景や照明条件と液体の色の見えとの関係の定量化を行う。

## 2. 研究の目的

人間の色知覚の定量化が困難である原因の一つが、色知覚には物その物の見えだけではなく、それが置かれている周辺情報が大きく関わっている点である。当然、液体のような透明色の色知覚にも、それが置かれている背景の色、そして照明の色が関わってくる。本研究は実空間に置かれた液体の背景の色や照明の色を変えることで、人の液体の色知覚がどのように変化するのか、印象評価を心理物理学的手法により測定する。そこから 1) 液体の色み割合（カラフルネス）と透明感、物理特性の関係について、2) 液体と物体表面への色知覚の違いについて明らかにする。

## 3. 研究の方法

### 3. 1 実験装置とテスト刺激

本研究において、色のついた液体をテスト刺激とした。図 1 (a) に示すように、被験者の正面にテスト刺激である液体(T)が設置され、天井に置かれたスライドプロジェクタに (SP) より真上から照明された。被験者からは図 1 (b) に示すように、マンセルバリューN9である後ろの壁(BW)も照明されていることが分かる。

SPに設定した色フィルタにより、A光源とD光源を模した照明と、赤、黄、緑、青、紫の合計7色の照明光を設定した。テスト刺激となる液体は、水彩画用の液体絵の具を水で希釈し、濃度2%とした。液体の色は赤、橙、黄色、黄緑、緑、青の6色であった。図2にそれぞれの液体が7色の照明により照明された場合のxy色度図(CIE 1931)を示す。

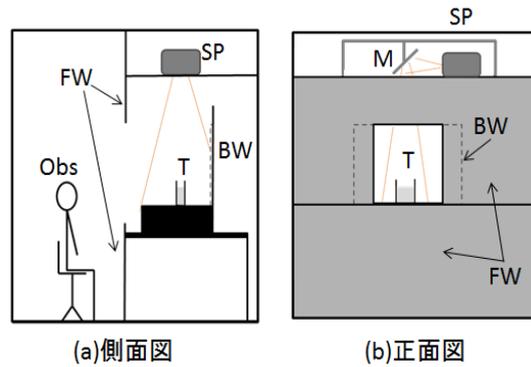


図 1 実験装置の模式図

Obs, 観察者; T, テスト刺激; SP, スライドプロジェクタ; FW, 正面の黒い壁; BW, テスト刺激背後の白い壁; M, 鏡.

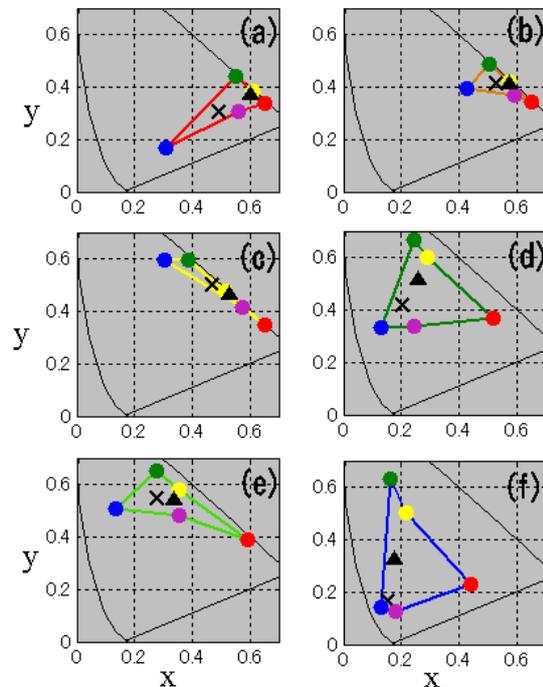


図 2 各液体の照明光色の違いによる xy 色度図 (a), 赤色液体; (b), 橙色液体; (c), 黄色液体; (d), 黄緑液体; (e), 緑色液体; (f), 青色液体. 各図の丸印(●)の色は赤、黄、緑、青、紫の照明光の色を、バツ印(x)は D 光源を、三角印(▲)は A 光源下の色度を示す。

### 3. 2 被験者の課題

本研究では、物理的色刺激に対する被験者の色知覚を定量化する為に、知覚色をスケールリングで定量化するエレメンタリーカラーネーミング法を用いた。被験者は、実験の前にマンセル色票を用いてその手法を練習し、その後、液体において練習試行を実施した。

その際、液体を通して後ろ壁が見える透明な液体の場合と、液体を通して後ろ壁が見えない液体の場合の条件も含めた。

実験開始前に 10 分間の暗順応を行い、照明色の条件が変わる度に 5 分の暗順応時間を設定した。

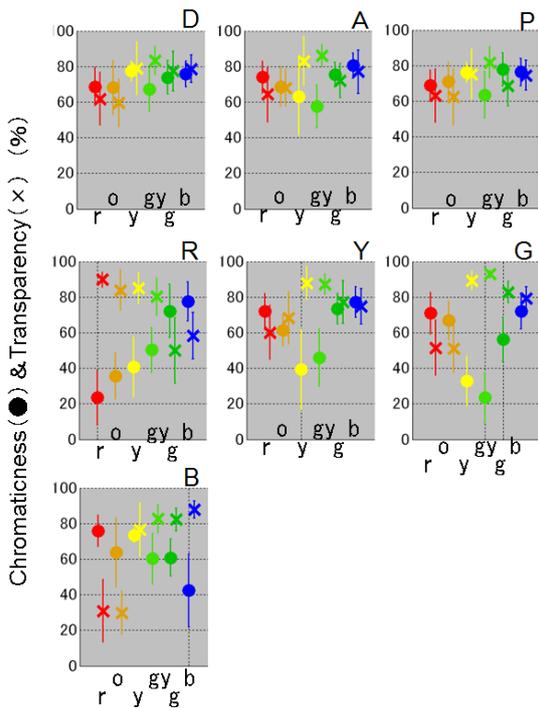
被験者の課題は、まず、液体が透明に見えるかについてであり、透明と応答した場合は、透明度をパーセンテージで応答した。次に、エレメンタリーカラーネーミングを行った。ここでは、色みの割合と各コンポーネント色である赤、黄、緑、青の割合を応答した。一回のセッションでは、全ての組合せについて応答し、異なる日時において、合計 6 回ずつの判定を実施した。

被験者は 5 名で、いずれもパネル D-15 により色覚正常者であった。4 名は、実験の目的等を知らないナイーブな被験者であった。

#### 4. 研究成果

##### 4. 1 照明光の色の変化に伴う液体の色みの量と透明感について

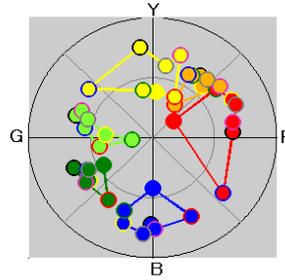
5 名の被験者の色みの割合と透明度の結果を図 3 に示す。照明光の色と液体の色が同じ場合、色みが低く透明度が高く判断された。



**図 3 色みの割合と透明度** 各図の右上の大文字は 7 色の照明の色を示す。横軸の小文字は、6 色の液体の色である。丸印 (●) は色みの割合を、バツ印 (×) は透明度を示す。各シンボルの縦棒は 5 名の被験者の標準偏差である。

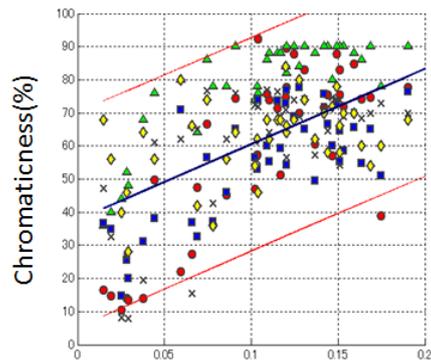
被験者全員のエレメンタリーカラーネーミングの平均値を極座標に示した結果を図 4 に示す。シンボルの色は液体の色を、シンボルの輪郭の色は照明光の色を示している。中心が色みの割合が 0 の場合で、外周が色みの割合が 100 である。

結果から、同じ液体のシンボルは群を成している。図 2 において、例えば、赤色照明の下の青色液体と青色照明の下での赤色液体とは座標上では交差し混在している。しかし、図 4 から、照明光の色が変化しても知覚的には液体の色で分類されることが示された。



**図 4 エレメンタリーカラーネーミングの結果**

液体の色と背景の色との色差と、判定された色みの割合の相関を図 5 に示す。全ての被験者において色差の増大に伴い、色みが增大することが示された。同様に、液体の輝度と背景の輝度によるウェーバー比と色みの割合との相関を求めた場合、輝度の差の増大に伴い、色みが增大することが示された。



CIE 1976u'v'における液体と背景の色差

**図 5 液体の色と背景色の色差と色みの相関** 異なる 5 つのプロットは 5 名の被験者を示し、各被験者における 42 点のプロットは、42 のテスト刺激に対応している。青色の実線は、5 名の被験者に対する相関を示しており、相関係数は  $R=0.58$  であった。

#### 4. 2 液体と物体表面への色知覚の違い

液体と物体表面への色知覚の変化を比較する為に、液体と同じ輝度と xy 色度図を持つ 19 のマンセル色票のエレメンタリーカラーネーミングを行った。

実験では、物体表面の見えに対して透明に見えるか否かの問いを行ったが、いずれの色票に対しても全ての被験者において、透明ではないという応答を得た。

Schultz らの先行研究を元に、(1) 式により、色恒常性指数 (Constancy Index, CI) を求めた (Schultz, S. *et. al.* (2006))。d1 は、ある照明光色の下でのテスト刺激と D 光源下に置かれたテスト刺激の  $u'$   $v'$  色空間 (CIE 1976) に置ける距離である。d2 は、被験者のカラーネーミングの応答をアフィン変換により  $u'$   $v'$  色空間座標に変換し、それと D 光源下に置かれたテスト刺激の  $u'$   $v'$  色空間における距離である。

$$CI=1-d2/d1 \quad \dots (1)$$

図 6 に(1)式で求めた被験者 4 名の CI の平均値を示す。(a)はマンセル色票に対する、(b)は液体に対する結果である。物体表面であるマンセル色票に対しては、全ての結果が 0 から 1 を示した。(b)の液体においては、負の色恒常性指数を含む為、正と負の CI を分けて平均値を図示した。負の CI を示した割合は、被験者 1 においては 19(%)、被験者 2 が 5(%)、被験者 3 が 21(%)、被験者 4 が 18(%)であった。

図 7 に、4 人の被験者の液体の刺激に対する透明度の判定と CI の相関図を示す。シンボルの色は液体の色を示し、シンボルの輪郭の色は照明光の色を示している。結果から、液体の透明度が高く判断される場合は、CI が負の色恒常性指数をとることが示された。液体とその背景の輝度や色の差と透明度との

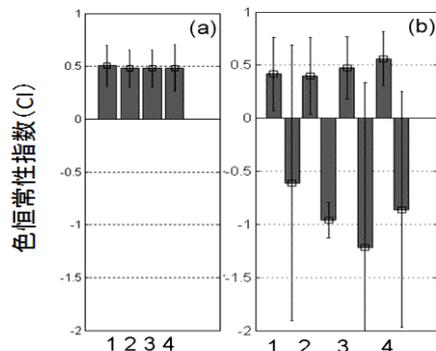


図 6 (a)マンセル色票と(b)液体のテスト刺激に対する色恒常性指数 (CI) の平均値と標準偏差 横軸の番号は、被験者 4 名に対応している。

相関があることから、透明物体の色の一部が背景色の属性として知覚されている可能性があり、物体表面の場合とは異なる結果を示した。

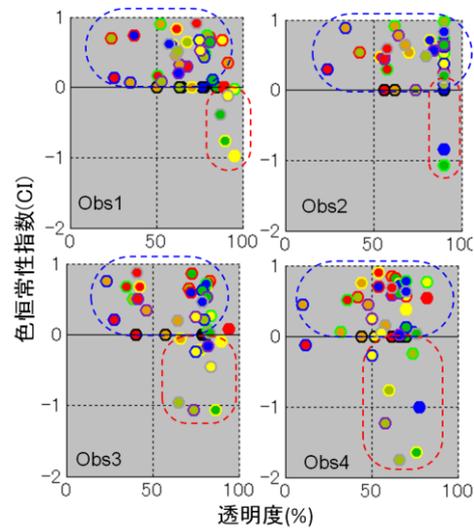


図 7 透明度と色恒常性指数の相関図

#### 4. 3 成果のまとめ

本研究は、透明物体として実際の液体を用いて、照明光の色を変化させ、その色知覚の変化について、液体の色みの量と透明感、物理特性の関係について、そして、液体と物体表面への色知覚の違いについて明らかにすることを目的としている。下記に、本研究から得られた結果と特色を挙げる。

- ・照明光の変化により液体の測色値は変化し混在するが、知覚的には液体の色で分類されることが示された。
- ・液体が同じ色の照明により照明される場合、透明度は高く、色みは低く判断されることが示された。
- ・透明度が高い状況で色みの割合が低下する傾向が示され、これは液体とその背景の輝度や色の差と透明度との相関があることを考慮すると、透明物体の色の一部が背景色の属性として知覚されること原因であることが示唆された。
- ・本解析で用いた色恒常性指数において、液体と色票と異なる傾向を示した。照明光と液体の色度(スペクトル)に差があり、液体の透明度が低い場合においては、色票と同様に色恒常性が成立し、差が小さく、透明度が高い場合は、色恒常性が成立しないことを示唆している。

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 6 件)

- ① Alexander D Logvinenko and Rumi Tokunaga, "Colour Constancy as Measured by Least Dissimilar Matching", Seeing and Perceiving, vol.24 (2011) pp.407-452. 査読有  
DOI: 10.1163/187847511X588746
- ② Alexander D Logvinenko and Rumi Tokunaga, "Lightness constancy and illumination discounting", ATTENTION, PERCEPTION & PSYCHOPHYSICS, vol.73 (2011) pp.1886-1902. 査読有  
DOI: 10.3758/s13414-011-0154-2
- ③ Rumi Tokunaga and Alexander D Logvinenko, "Material and lighting dimensions of object colour", Vision Research, vol.50 (2010) pp.1710-1747. 査読有  
DOI: 10.1016/j.visres.2010.05.030

[学会発表] (計 11 件)

- ① 徳永留美、栗木一郎、塩入 諭：照明光色の違いによる透明物体の色知覚と透明度、日本視覚学会夏季大会、2012年8月7日、山形
- ② Tokunaga R., Kuriki I., Shioiri S, "Colour constancy of liquid materials under various chromatic illuminations", Vision Science Society 12th Annual Meeting, 11 May 2012, USA
- ③ Rumi Tokunaga, Shoichi Shinoda, Keizo Shinomori, "Is there any rule for the recognition of shadows?", International Colour Vision Society, 2-4 July 2011, Norway
- ④ Koji Horiuchi, Ichiro Kuriki, Rumi Tokunaga, Kazumichi Matsumiya and Satoshi Shioiri, "The effect of Color-Luminance correlations in surrounding stimuli on color constancy under interocular suppression", Vision Science Society 11th Annual Meeting, 7 May 2011, USA
- ⑤ 堀内孝治、栗木一郎、徳永留美、松宮一道、塩入諭：知覚抑制下の色周辺刺激の色輝度相関が色の見えに及ぼす効果、日

本視覚学会冬季大会、2011年1月21日、東京

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]  
○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]  
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

徳永 留美 (TOKUNAGA RUMI)

東北大学・電気通信研究所・助教

研究者番号：80573914

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし