

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 27 日現在

機関番号：32702

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K12125

研究課題名(和文)金色知覚の脳内処理経路における特異性の心理物理学・脳機能イメージング法による解明

研究課題名(英文)Particular characteristic of gold perception in cortical processing pathway revealed by psychophysical and cortical functional imaging methods

研究代表者

内川 恵二(UCHIKAWA, Keiji)

神奈川大学・付置研究所・プロジェクト研究員

研究者番号：00158776

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、金色知覚の特異性の有無の解明のために、光沢弁別と視覚探索の心理物理実験および脳波計測実験を行った。光沢弁別実験では、刺激の光沢度レベルにかかわらず、金色刺激の光沢度閾値には他の色に比べて特異性は見られなかった。視覚探索実験では、目標刺激の結合探索を行い、検出するまでの応答時間を測定したが、金色刺激が他の色度刺激に比べて、応答時間に差があることは認められなかった。脳波計測実験では、オドボール課題を用いて脳波パターンを計測した。その結果、金色刺激と赤色刺激間に差が見られた。結果を総合して、金色知覚には、視覚系初期過程では特異性はないが、高次中枢レベルでは特異性があることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：We carried out psychophysical experiments of gloss discrimination and visual search, and ERP measurements in order to see whether gold perception was different from other gloss perceptions with different colors. It was obtained in the psychophysical experiments that thresholds for gloss discrimination were not different across four colors, including gold, at any gloss level, and that response times for gold did not show particular difference in detecting a target in a conjunction visual search paradigm. In the ERP measurements, it was shown that ERP responses for gold seemed different from that for glossy red. These results suggest that particular characteristic of gold perception might be caused in a higher level of the visual system.

研究分野：情報学

キーワード：金色知覚 質感知覚 感性心理学 感性情報学 人間情報学

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 光沢知覚については、これまで心理物理学、生理学、脳イメージングの各分野で数多くの研究があり、その特性もかなり明らかとなってきた。これまでの光沢などの質感の研究は、その質感知覚のメカニズムを調べることを目的とし、刺激の色の見えには注目しない場合がほとんどである。「金色」で代表されるような、光沢によって生まれる色感覚に注目した研究は最近始まったばかりであり今後の展開が期待されている。

(2) 「金色」は光沢の付いた表面色（ここでは光沢色と呼ぶ）の中でも独特であり、光沢が付くことで色名が黄色（あるいはオレンジ色）から金色へと変化する。しかも金色はカテゴリー的な基本色であり、このような特徴を持つ色は金色と銀色以外にはない。サルを用いた生理学実験からカテゴリー基本色には脳内に特別な処理経路があることが示されていることなどから、金色知覚は他の光沢色とは異なった処理経路が存在することが予想できる。

### 2. 研究の目的

(1) 「金色」は美術工芸品などに多く用いられ、見る人に優雅さや豊かさ、あるいは際立ちといった独特な感覚を与え、古今東西、特別に尊重されている色である。このような感覚は他の光沢面では生じないものである。このような金色知覚の特性は、色覚や光沢感処理といった低次視覚系経路あるいは高次脳内処理経路で生まれる可能性がある。

(2) 低次視覚系経路に関しては、金色表面では光沢の僅かな変化が分かり、他の光沢色では分からないという金色表面の光沢弁別の高感性、また、金色表面が他の光沢色に比べて目立ちやすいという顕著性の有無を心理物理学実験により明らかにする。高次脳内処理経路に関しては、脳波(ERP: 事象関連電位)によって金色表面刺激に対する脳活動を計測して、金色表面知覚に特化した脳内処理経路の有無を明らかにする。

### 3. 研究の方法

#### (1) 実験刺激

呈示する光沢表面色刺激は 3D-CG を用いて作成された。形状は 3 種類(星, 皿, カップ) (図 1), 色度は 4 種類(赤, 黄, 緑, 青) (図 2), 光沢度は 5 レベル(0 から 10 までから) (図 3) 選んだ。光沢度 0 は、鏡面反射率 = 0, 拡散反射率 = 1 の全く光沢ない表面であり、光沢度 10 は鏡面反射率 = 1, 拡散反射率 = 0 の鏡面光沢面である。色度は均等色度図 ( $u', v'$ ) 上の同彩度で異なった色相を選んだ。

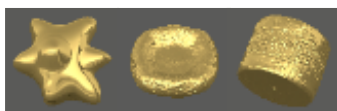


図 1. 刺激の 3 種類の形状



図 2. 刺激の 4 種類の色



図 3. 刺激の 5 レベルの光沢度

(2) 光沢弁別閾値測定実験では、被験者は 4 個の呈示刺激の中で他とは違う刺激を 1 個弁別するという 4AFC (four alternative forced choice) 法を用いた。刺激は視角  $52 \times 32.5 \text{deg}$ , 輝度  $6.5 \text{cd/m}^2$  の黒背景上の中央に呈示される。縦横  $5.2 \text{deg}$  の範囲内に 4 個呈示される。刺激 1 個のサイズは形状により多少異なり、 $2.1 \sim 2.5 \text{deg}$  である。刺激輝度はピクセルで異なるが  $14 \sim 42 \text{cd/m}^2$  である。4 個の刺激が同色の条件と全て異なっている条件を設定した (図 4)。

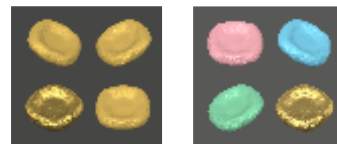


図 4. 刺激の 1 色呈示 (左) と 4 色呈示 (右)

(3) 顕著性測定実験では、光沢と色との視覚結合探索を行う。目標刺激は妨害刺激と光沢度と色度が異なる 1 種類の組み合わせの刺激となる。被験者は呈示された刺激の中から目標刺激を検出する (図 5)。刺激呈示から検出までの応答時間を測定する。1 試行の呈示画面の中の複数刺激の色度は 4 種類, 光沢度は 2 種類, 形状は 1 種類である。試行毎に刺激形状はランダムに 3 種類から選択される。パラメータとして光沢度の差は 4 条件に設定された。呈示刺激の個数は縦横 16 個の 64 個である。刺激は視角  $52 \times 32.5 \text{deg}$ , 輝度  $6.5 \text{cd/m}^2$  の黒背景上に縦横  $22 \text{deg}$  の大きさの画面内に呈示される。1 個の刺激の大きさは形状により多少異なるが、 $1.8 \sim 2.2 \text{deg}$  である。



図 5. 目標刺激 (左) と刺激配置 (右)

(4) 脳波計測実験

脳波の計測には AP1524 (デジテックス社製) を用いた (図 6)。サンプリングレートは 1000Hz, 電極配置は国際 10-20 法である。刺激の色は 4 種類, 光沢度は 2 種類 (0 と 10), 形状は 3 種類を使った。実験手続きとしてはオドボール課題を行なった。刺激は黒色背景 (52 x 32.5deg) の中央に 10.8~12.3deg の大きさで, 3 秒呈示され, ISI は 2 秒である。光沢度 0 (マット刺激) と 10 (光沢刺激) の刺激がそれぞれ, 80% と 20% の頻度で呈示される。被験者は画面中央を固視する。刺激呈示から脳波計測を始める。



図 6. 脳波計測の様子

#### 4. 研究成果

##### (1) 光沢弁別閾値測定

図 7 に 1 色呈示条件での光沢弁別閾値の測定結果を示す。被験者 3 名に結果である。1 色呈示条件では、刺激の色度による光沢弁別閾値に差はなかった。

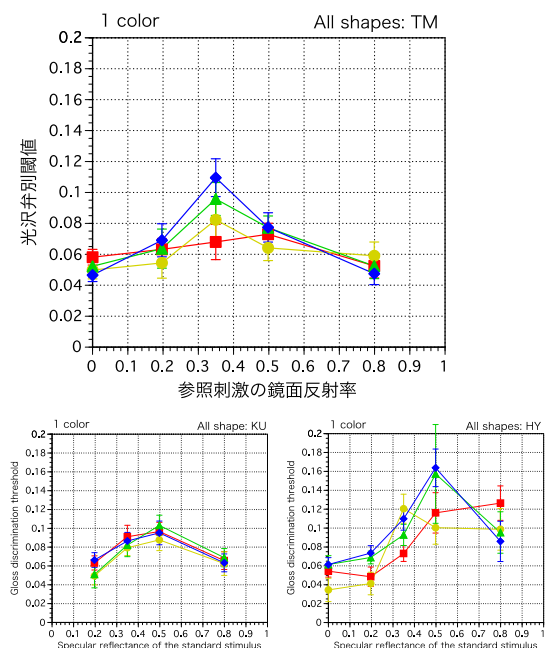


図 7. 1 色呈示条件での光沢弁別閾値。

図 8 に 4 色呈示条件の結果を示す。刺激の色度による閾値の違いはあったが、金色における閾値が他の色に比べて異なる特性を示してはいないことがわかった。これらの結果から、光沢弁別において金色の特異性あるとは認められなかった。

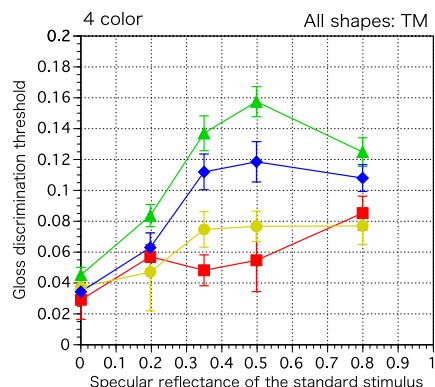


図 8. 4 色呈示条件での光沢弁別閾値。

##### (2) 顕著性測定実験

図 9 上図に 3 種類の目標刺激と某ガキ刺激の光沢度の組み合わせにおける目標刺激の検出反応時間結果を示す。被験者は 1 名である。他の被験者もほぼ同様な結果を示した。この結果から、特に金色の反応時間が他の色の反応時間と異なるということは認められなかった。

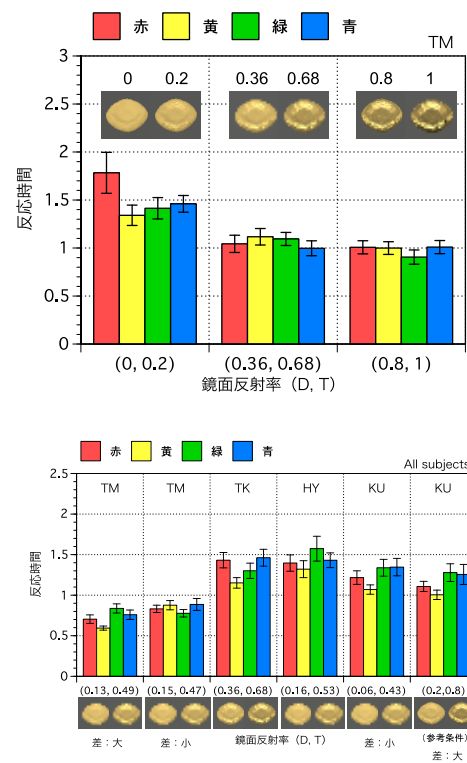


図 9. 目標刺激の検出反応時間。(上) 目標刺激と妨害刺激の光沢度の 3 種類の組み合わせの結果が目標刺激色別に示されている。(下) 光沢度の組み合わせが黄色と金色の境界をまたぐ条件。

図 9 下図は光沢度の組み合わせが黄色と金色を跨ぐ条件での結果である。被験者 4 名の結果である。この結果は全ての被験者において金色の反応時間が他の 3 色よりも小さい条件があることを示している。

以上の実験結果から、金色の明確な特異性

は認められなかったが、黄色と金色に適切な光沢差をつけることで、ここでは金色に有意差がなかった被験者でも有意差が生まれる可能性が示唆された。

### (3) 脳波計測実験

図10に脳波測定実験の結果を示す。刺激の呈示後150, 200, 250, 300msで測定した脳波パターンの変化が黄色刺激と金色刺激とで示されている。被験者は1名である。黄色刺激と金色刺激の脳波パターンを比較すると、明らかに違いが見られた。ただし、この差が有意かどうか、また、どのような意味があるか、金色だけの特徴であるかどうかについては今後の課題として残された。

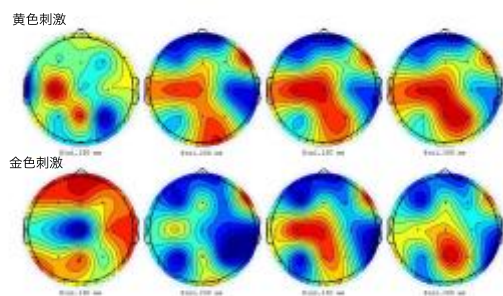


図10. 黄色刺激と金色刺激に対する脳波パターン。金色刺激がオドボール刺激として呈示される。

## 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4件)

① Keiji Uchikawa, Takuma Morimoto, Tomohisa Matsumoto, Understanding individual differences in color appearance of "#TheDress" based on the optimal color hypothesis, Journal of Vision, 査読有, 2017 (accepted).

② Hyejin Han, Keiji Uchikawa, Ranges of Animation Skin Color, International Journal of Affective Engineering, 査読有, 16巻, 2016. doi: 10.5057/ijae.IJAE-D-16-00031.

③ Tomohisa Matsumoto, Kazuho Fukuda, Keiji Uchikawa, Appearance of gold, silver and copper colors of glossy object surface, International Journal of Affective Engineering, 査読有, 15巻, 2016, 239-247.

④ 松本 知久, 福田 一帆, 内川 恵二, 金, 銀, 銅色知覚を生起するための要因の解明, 日本感性工学会論文誌, 査読有, 15巻,

2016, 387-397.

[学会発表] (計7件)

① Tatsuya Yoshizawa, Tomohisa Matsumoto, Masayuki Sato, Keiji Uchikawa, Haruyuki Kojima, Uniqueness of gold color perception compared with other glossy colors, ICVS2017, 2017.8.18, Erlangen, Germany (accepted).

② 松本 知久, 佐藤 雅之, 吉澤 達也, 内川 恵二, 金色と他の光沢色の知覚特性の比較による金色知覚の特異性の解明, 日本視覚学会 2017年冬季大会, 2017.1.19, NHK 技研, 東京.

③ 吉澤 達也, 伊田 雅一, 金箔知覚を生起する色度範囲, 日本感性工学会大会, 2016.9.9, 日本女子大学, 東京.

④ 松本 知久, 森本 拓馬, 内川 恵二, 白金, 青黒ドレス画像における照明推定の個人差, 第18回日本感性工学会大会, 2016.9.9, 日本女子大学, 東京.

⑤ Takuma Morimoto, Takahiro Kusuyama, Kazuho Fukuda, Tomohisa Matsumoto, Keiji Uchikawa, Estimating illuminant by optimal color hypothesis model for scenes with various chromaticity-luminance distributions, VSS2016, 2016.5.14, St. Pete Beach, Florida, USA.

⑥ Tomohisa Matsumoto, Takuma Morimoto, Keiji Uchikawa, Estimation of illuminant in the white/gold and blue/black "dress" image, VSS2016, 2016.5.14, St. Pete Beach, Florida, USA.

⑦ Keiji Uchikawa, Takuma Morimoto, Tomohisa Matsumoto, Prediction for individual differences in appearance of the dress by the optimal color hypothesis. Journal of Vision, VSS2016, 2016.5.13, St. Pete Beach, Florida, USA.

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

内川 恵二 (UCHIKAWA, Keiji)

神奈川大学・付置研究所・プロジェクト研究員

研究者番号: 00158776

(2)研究分担者

佐藤 雅之 (SATO, Masayuki)

北九州市立大学・国際環境工学部・教授

研究者番号: 40336938

(2)研究分担者

吉澤 達也 (YOSHIZAWA, Tatsuya)

金沢工業大学・情報フロンティア学部・教授  
研究者番号：90267724