

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31日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500185

研究課題名（和文） 物体表面の質感が色知覚に及ぼす効果

研究課題名（英文） Effects of surface material perception on color appearance

研究代表者

内川 恵二（UCHIKAWA KEIJI）

東京工業大学・大学院総合理工学研究科・教授

研究者番号：00158776

研究成果の概要（和文）：

金銀銅色知覚の強さや色度範囲は光沢感の増加に伴い増加し、明度の増加に伴い減少することが分かった。これは視覚系が金銀銅色を知覚する際、光沢感や明度情報を利用していることを示している。また、金銀銅色知覚の強さは金属感と強い相関を持つこと、物体表面に金銀銅色知覚が存在する場合には必ず、金属感を同時に知覚されることより、金属感知覚が金銀銅色知覚の必要条件であることを確認した。さらに、以上の結果を説明する質感と色知覚相互関係メカニズムを考察した。

研究成果の概要（英文）：

We found that the degree of gold, silver and copper perception, and the size of chromaticity regions to yield gold, silver and copper increased with the perceived glossiness, but reduced with the lightness. These results indicate that the human visual system uses glossiness and lightness of the surface to perceive gold, silver or copper. We also found that gold, silver and copper perception strongly correlated with metallic perception. When gold, silver or copper was perceived, metallic perception was also obtained. These results confirmed that metallic perception is necessary for gold silver and copper perception. Furthermore, we discussed a mechanism of relationship between material and color perception that could explain the results.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			0
年度			0
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

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：感性情報処理 視覚感性学，色知覚，心理物理学，色彩工学

1. 研究開始当初の背景

物体表面には様々な質感があり、物体の材質の認識に重要な役割を果たしている。視覚的な質感は表面の局所的な光学反射分布から生まれるものだが、全体的な色の見えにも影響する。しかし、表面の色の見えはこれまで質感の無い均質な表面を対象に調べられており、そのため質感と色の見えの関係は、ほとんどわかっていない。たとえば、黄色の表面に金属光沢を与えると金色に変化するが、その変化条件はほとんど調べられていない。

質感と色の見えの関係がこれまでほとんど研究されてこなかった理由は、質感の研究そのものがまだ十分に進められていないため質感そのものの特性が明らかになっていないこと、色の見えの研究は均一視野で行われ、質感を生むような表面が不均一な刺激はむしろ避けられていたこと、つまり、質感研究と色の見えの研究はそれぞれ独立に進められたためである。

本研究では、このような背景を踏まえて、表面の質感と色の見えの相互関係を解明するという目標を掲げ、そのために光沢知覚を生む刺激条件とその条件下での色の見えの変化を調べ、質感が色の見えに及ぼす効果を心理物理実験により明らかにする。

2. 研究の目的

(1) 初年度は光沢感を持つサンプルとして金色実物体の表面を用い、それを参考にして作成する異なる色度と光沢を持つCG球に対して、金色知覚の色度範囲を測定すること、および金色と光沢感との関係を調べることを目的とした。

(2) 次年度は「金色」知覚に加えて「銀色」と「銅色」知覚について、その色度範囲を明らかにすること、光沢感との関係、および表面明度との関係を明らかにすることを目的とした。また前年度に用いたPhoneモデルで作成した刺激画像は、必ずしも実物に近い画像とは言えなかったため、より実物に近い画像を作成可能なCGソフトを用いて実験刺激を作成する。

(3) これまでの実験に用いた刺激は光沢感が増すと金属感も増すような刺激であったため、金銀銅色知覚に影響するのは光沢感か、金属感か、が明確に分離できていなかった。そこで最終年度では、光沢感があっても金属感が無い表面（プラスチックの見え）を刺激として追加し、光沢感と金属感の影響を分離して、調べることを目的とした。特に金属感知覚が金銀銅色知覚の必要条件となるかに注目する。

3. 研究の方法

(1) 金色に見える実物サンプル（金色球）を用意して、それをデジタルカメラにより撮影し、サンプル表面の撮影画像を作製した。実物サンプル表面を縦横40x40の1600等分して、その各点における輝度と色度を分光放射輝度計により測光した。次に、高輝度液晶ディスプレイ上に表面の撮影画像を呈示し、その各点の輝度と色度を実物サンプル表面の測光値に合わせるように調整して「参照画像」を作製した。その参照画像の見えと視覚マッチングしたCG画像をPhongモデルにより作製した。CG画像の表面の平均色度（65色度点）を変化させ、さらにそれぞれの平均色度画像上で鏡面反射強度を4段階に変化させ、平均色度と光沢レベルの異なる「実験画像群」を作製した。この実験画像群を刺激として被験者に呈示して、光沢感と色の見えのマグニチュード評価を行った。光沢感のマグニチュード評価では、全く光沢感を感じない場合を0、参照画像の光沢感を10とした。色の見えのマグニチュード評価では、被験者は最も金色だとイメージする表面の金色を10、全く金色に見えなければ0とした。

(2) 実験刺激としては、表面の光沢、明度、色度の異なる球をCGにより作成し、表面の拡散反射強度は一定で鏡面反射強度を6段階に変化させ光沢感の異なる画像、拡散反射強度を3段階に変化させ表面の明度の異なる画像、また、表面色度の異なる画像（拡散反射色度36点）を作成した。被験者は①金銀銅色の色度範囲を求めるためのカテゴリカルカラーネーミング、②刺激の光沢感のマグニチュード評価、③金銀銅色の見えのマグニチュード評価を行った。

(3) 実験刺激としては、金属レベル5段階（プラスチックから金属に見える表面を含む）と表面の色度を36点選択し変化させた表面を用いた。また一部の色度においては、輝度レベルも5段階に変化させた刺激も用いた。被験者はこれらの刺激に対して金、銀、銅色と金属感のマグニチュード評価を行った。金属感評価の判断基準は、全く金属に見えない場合を金属感0とし、完全に金属に見える場合を10とした。

4. 研究成果

(1) 刺激に光沢感がない場合、金色とは知覚されないが、光沢感の増加に伴い、金色と知覚される色度点が現れ、さらに光沢感が増加すると、金色の色度範囲はそれに伴い拡大することが分かった。また、光沢感増加に伴い、金色の強さはある色度範囲内で増加するが、その増加比は色度点により異なることが

分かった (図1) . 金色は彩度が高い色度領域において最も高い増加比を示した. 本実験より, 光沢感が同一色度点での色の見えに強く影響していることが明らかとなった.

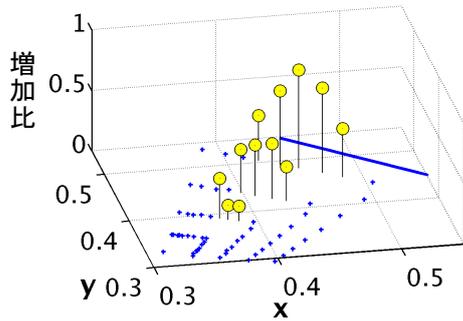
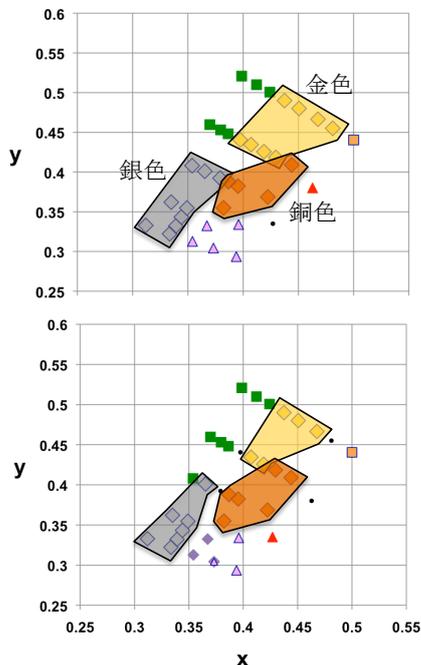


図1. 光沢感に対する金色強さの増加比

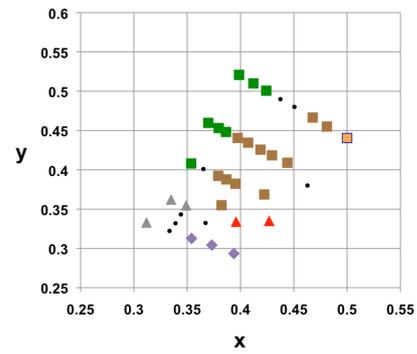
(2) 刺激の光沢感が増加すると金銀銅色と知覚される色度範囲はそれぞれ拡大し, 金銀銅色の強さも増加することが分かった (図2). この結果は, 人が金銀銅色を知覚する時, 光沢感を与える視覚情報の一部または全体を利用している事を示唆し, さらにそのような視覚情報を処理するメカニズムが金銀銅色知覚のメカニズムに含まれるということを示唆する. 一方表面の明度が増加すると金銀銅色の色度範囲は縮小し, 金銀銅色の強さも減少した. 解析の結果, 同程度の光沢感と評価された表面であっても表面明度が増加するに従い, 金銀銅色の強さは減少することが分かった (図2). この結果は, 人が金銀銅色知覚に表面の明度情報も利用していることを示唆する.

(a) 明度レベル 1



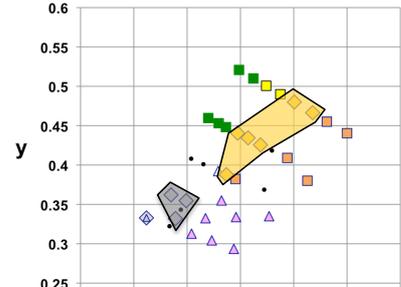
光沢レベル 6

光沢レベル 4

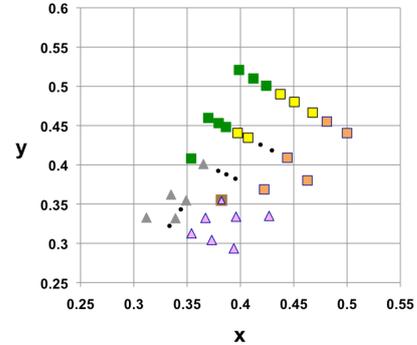


光沢レベル 2

(b) 明度レベル 2

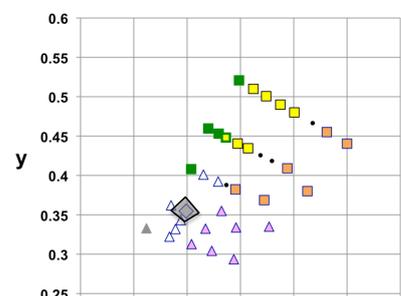


光沢レベル 4

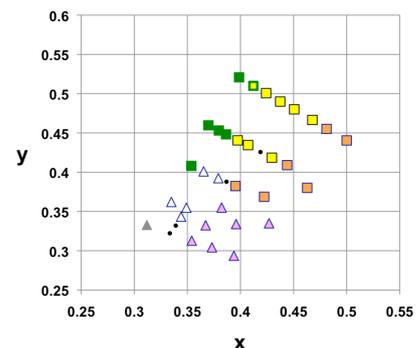


光沢レベル 2

(c) 明度レベル 3



光沢レベル 4



光沢レベル 2

図2. 全明度レベル, 光沢レベル2, 4, 6におけるカテゴリカルカラーネーミングの結果. 全被験者の応答の内, 50%以上で用いられた色名でシンボルの色をプロット. (a)明度レベル1, (b) 明度レベル2, (c)明度レベル3.

(3) ①金, 銀, 銅色知覚の強さは金属感と強い相関を持つ(図3), ②金銀銅色知覚の強さは輝度を増大させると増大するが, その場合金属感は増大しない場合がある, ③金銀銅色知覚がある場合には必ず, 金属感をもある(図4), ということが明らかとなった. これより, 金銀銅色知覚は金属感を持つことが必要条件とはなるが, 金銀銅色知覚の強さは必ずしも金属感だけでは決まらず, 照明光強度にも依存することが示された.

さらに, 以上の結果を説明する質感・色知覚相互関係メカニズムを考察した. そのモデルでは, 第一段階として, 表面の空間的な輝度分布から光沢と明度の応答が生まれ, その両者の応答を統合して第2段階の金属感知覚が生じる. 次に, 空間的な色度分布と第2段階の金属感知覚を基にして, 第3段階としての金, 銀, 銅色知覚が形成される(図5).

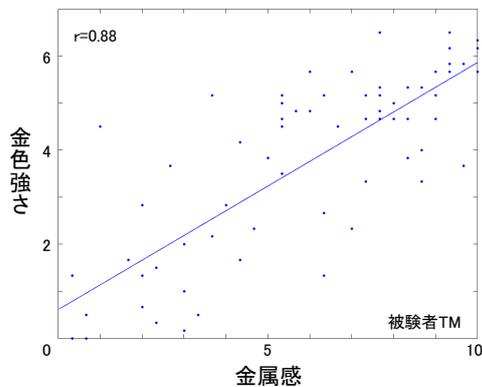


図3. 金属感に対する金色強さ. 被験者1名の結果.

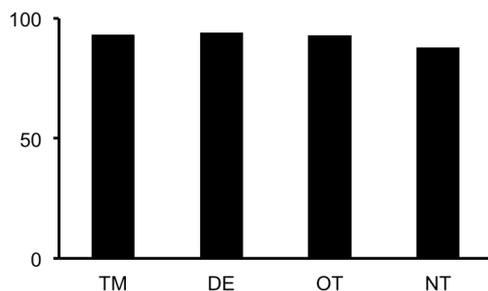


図4. 少しでも金色と知覚された表面に対して, 金属感が少しでもあると知覚された表面の割合(%). 被験者4人の結果.

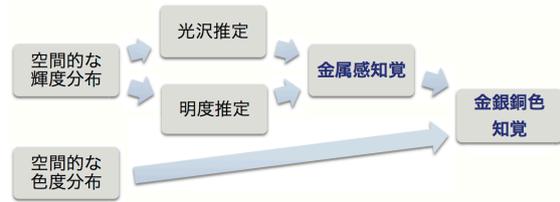


図5. 質感・色知覚相互関係メカニズムモデル.

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)

[学会発表](計9件)

- ① 松本知久 福田一帆 内川惠二, 光沢を持つ表面におけるカテゴリカル色名領域と連続的な色み変化の関係, 日本視覚学会2013年冬季大会, 1月23日~25日, 工学院大学.
- ② 松本知久 福田一帆 内川惠二, 金色知覚と金属知覚の関係, 平成24年度照明学全国大会, 2012年9月6日~8日, 山口大学
- ③ Tomohisa Matsumoto, Kazuho Fukuda, Keiji Uchikawa, The correlation in appearance between gold and metallic gloss, 2012年7月13日~15日, Korea Incheon.
- ④ 松本知久, 福田一帆, 内川惠二, 金銀銅色の色度範囲と金属感, 日本視覚学会2012年冬季大会, 1月19日~21日, 工学院大学
- ⑤ Tomohisa Matsumoto, Kazuho Fukuda, Keiji Uchikawa, Effects of lightness on chromaticity regions to yield gold, silver and bronze colors, OSA Fall vision meeting 2011, 9月16日~18日, Washington University, Seattle, USA
- ⑥ 松本知久, 福田一帆, 内川惠二, 物体表面の光沢感変化に伴う金銀銅色の色度範囲の変化, 第13回(2011年)日本感性工学会大会, 9月3日~5日, 工学院大学
- ⑦ Tomohisa Matsumoto, Kazuho Fukuda, Keiji Uchikawa, Chromaticity and glossiness of gold, silver, and bronze colors, Asia-Pacific conference on vision 2011, 7月15日~18日, 香港大学
- ⑧ 松本知久, 福田一帆, 内川惠二, 金銀銅色知覚を生起する刺激の色度範囲と光沢感, 日本視覚学会2011年冬季大会, 1月19日~21日, 工学院大学
- ⑨ 松本知久, 福田一帆, 内川惠二, 金色知覚に必要な色度範囲と光沢感の程度, 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, 2010年10月14日,
東北大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

内川 恵二 (UCHIKAWA KEIJI)
東京工業大学・大学院総合理工学研究科・
教授
研究者番号: 00158776

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし