

【論文】

肌理のレーシネスに及ぼす色相の効果

渡 辺 功・竹 下 健 太・野見山 ともこ

Effects of hues of textures and background on texture laciness

Isao WATANABE, Kenta TAKESHITA, and Tomoko NOMIYAMA

要旨

We performed two experiments to examine how the hue affects the occurrence of texture laciness, in which one of two textures is seen through the other in front of it for some arrangement. Nineteen undergraduates rated the texture laciness, and also estimated an apparent depth magnitude between the textures. We varied the hue of one of two textures keeping that of the other constant in Experiment 1. We varied the hue of background in orange, yellow, green, blue green, white and black, keeping the hues of the textures constant in Experiment 2. The texture laciness occurred more strongly with the decreasing similarity in hue between the textures, and also with the increasing difference in similarity of hue between the background and each of the textures. The results indicate that the occurrence of laciness is affected not by the local similarity of hue between the textures but the global similarity of hue among the textures and the background.

キーワード：visual perception, transparency, texture laciness, color, hue, apparent depth.

昨今の高品位テレビにおいては、画像の肌理が精細化されたため、見えの奥行き、材質感など以前のテレビ画像に比べてよりリアルに対象を見ることができるようになった。このように肌理は対象の視知覚に対してリアルな印象を付加する。これまで肌理に関する研究は肌理と分凝の関係に関して主として行われてきたが (Beck, 1966; Julesz, 1975)、Watanabe & Cavanagh (1992, 1996) は、新しい肌理の視覚現象を紹介した。Figure 1 の A のように垂直な線分を縦横に配置した 2 つの肌理を重ねて提示する時、B のように 2 つの L 字型とそれらに囲まれた正方形の 3 つの要素に分かれて見える場合と、C のように 2 つの正方形の一方が他方の前に一部が透けて見える場合がある。後者のように 2 つの肌理が前後に奥行きをもって見える現象を Watanabe & Cavanagh (1992, 1996) は texture laciness (以下、肌理のレーシネスと訳す) として紹介し、一連の実験的な研究を行った。一方の肌理図形を固定したまま、他方の肌理図形を構成する線分要素の幅、また、線分要素どうしの交わり方を実験変数とし、肌理のレーシネスの評価すなわち、2 つの肌理図形の透けて見える度合いの評価を実験参加者に求めた。Watanabe & Cavanagh (1996) はその実験結果に基づき、肌理のレーシネスの生起に及ぼす次の 3 つの規則性を提唱した。第 1 に、2 つの肌理の要素間の類似性が減少するとともに肌理のレーシネスは生起し易くなる。第 2 に、2 つの肌理がまったく同じであるときには、これらの肌理の

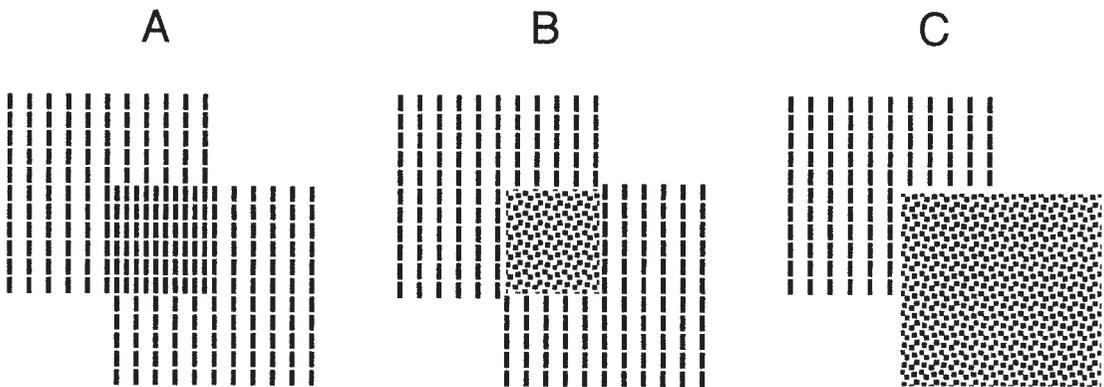


Figure 1 Example of arrangement of two texture squares (A) and illustration used to teach subjects how to differentiate between the arrangement with a low rating for texture laciness (B) and that with a high rating (C).

重なる領域がそれを取り囲む元の2つの肌理とはまったく別の肌理に見え、肌理のレーシネスは生起しにくい。第3に、2つの肌理を構成する個々の要素が物理的に重なる場合には、相対的な位置関係とは関係なく肌理の分離を妨げ、肌理のレーシネスは生起しにくい。

本研究では上記の規則性の内2つの肌理の要素間の類似性の要因について、色相の次元において検討する。まず実験1ではWatanabe & Cavanagh (1996)と同様の刺激布置を用いて、一方の肌理要素の色相を一定にしたまま、他方の肌理要素の色相を変化させ、レーシネスの評価を実験参加者に求める。もし、肌理の色相の次元の類似性に関して上記の規則性が成立するならば、肌理の色相が異なるのに伴って肌理のレーシネスの評価値は高くなると予測できる。

さて、Watanabe & Cavanagh (1996)が肌理を構成する刺激要素に関する局所的な要因を明らかにしてきたのに対し、Watanabe & Nakazato (2003)は空間的な刺激布置に関する全体的な要因を問題にした。彼らは2つの肌理の局所的な要素は固定したまま、2つの肌理図形の作り出す全体的な外形の形成する輪郭線を実験変数とし、Watanabe & Cavanagh (1996)と同様の方法で肌理のレーシネスの評価を実験参加者に求めた。そして、2つの肌理図形の作り出す全体的な外形がレーシネスの生起に影響する結果を得たためWatanabe & Nakazato (2003)は、知覚体制化という全体的な要因もレーシネスの生起に影響すると示唆した。

そこで実験2では、実験1と同様の刺激布置を用いて、2つの肌理の色相を固定したまま背景の色相を変化させ、実験1と同様のレーシネスの評価を実験参加者に求めた。Watanabe & Nakazato (2003)の主張するように、刺激全体の知覚体制化という全体的な要因がレーシネス生起の要因となるならば次のことが予想できる。2つの肌理の色相を固定したままで局所的には一定であっても、背景の色相を変化させ刺激布置全体を変化させて知覚体制化の変化を作り出すなら、レーシネスの評価値は変化するであろう。

ところで、色彩は対象までの見えの奥行きに影響することが、進出後退現象として古くから知られている(大山, 1958; 江草, 1977; Egusa, 1982; 塩入, 2000)。渡辺・劉 (2007)は、カラーモニター上に円形刺激と同時に提示する円形の陰影刺激の配置と色相と輝度を変化させた実験を行い、背

景の色相及び対象と背景の間の輝度差が2つの刺激間の見えの奥行きに影響することを明らかにした。したがって、本研究で操作する色相の変化が見えの奥行きを作り出し、その結果として見えのレーシネスに影響することが考えられる。元来、肌理のレーシネスの現象自体が2つの肌理の前後視に関わるため、見えの奥行きについて考える必要がある。しかし、これまでの肌理のレーシネスの研究で使用された反応指標は、様々に変化させた刺激図形に対して実験参加者の判断したレーシネスの評価値だけであり、2つの肌理の見えの奥行きについての評価値は使用されなかった。本研究では肌理のレーシネスとともに2つの肌理間の見えの奥行きを測定し、レーシネスと見えの奥行きとの関係を検討する。

以上の実験を通じて、肌理と背景の色相が肌理のレーシネスの生起にどのような効果を持つのかを検討し、肌理のレーシネス現象を明らかにする。

実験 1

2つの正方形の肌理の内、一方の肌理の色相を固定したまま他方の肌理の色相を変化させることによって作り出した2つの肌理の間の色相の類似性が、レーシネスの生起に対してどのように影響するのかを検討することを目的とする。

方法

装置 コンピュータ（アップル社製 Power Macintosh 7627J/A）で制御した19インチのカラーCRTディスプレイ（ナナオ社製 EIZO Flex Scan T765）上に刺激図形を提示した。実験参加者から画面までの距離は約57cmで、画面と実験参加者の目線の高さがほぼ等しくなるように、実験参加者の顔を固定するための器具を用いた。

刺激 Figure 2に示すように、視角で縦 0.3° 、横 $5.6'$ の垂直な線分を水平方向に 0.15° の間隔をおいて並べて作った2つの正方形の肌理を、重なる部分が横 $2.63^\circ \times$ 縦 2.65° （正方形の面積の約32%）になるように重ね合わせて刺激図形を作成した。見えの奥行き判断のための基準刺激として刺激図形の右上に、視角で幅 $1.2'$ 、高さが 1° の垂直線分を配置した。2つの正方形の肌理の内、左上の正方形の肌理の色相を赤色一定にしたまま、右下の正方形の肌理の色相を実験変数とし、赤、橙、緑、青緑、青の5条件に変化させた。背景は輝度 0.58cd/m^2 の黒色とし、肌理図形の輝度は各色相とも約 40cd/m^2 一定にした。色相の各条件における色度値は赤で $x = .613$ 、 $y = .360$ 、橙で $x = .574$ 、 $y = .392$ 、緑で $x = .298$ 、 $y = .610$ 、青緑で $x = .244$ 、 $y = .424$ 、青で $x = .204$ 、 $y = .276$ であった。2つの正方形の肌理は色相の違いを除いて、各条件ともまったく同じであった。

手続き まず、実験参加者にFigure 1を見せ、肌理のレーシネスの現象の説明とその評価方法について教示した。実験参加者はFigure 1-Bのように、中央の領域が、外側のL字型及び逆L字型の領域とは別領域に分離して見える時を“0”、Figure 1-Cのように、2つの正方形の肌理図形がはっきりと前後に離れ、一方の図形が他方の図形の後ろに透けて見える時を“10”とする、0から10のいずれかの整数で評価するよう求めた。見えの奥行きの評価に関しては次のように教示した。左上と右下の肌理図形のどちらが手前に見えるか、更に、基準図形の垂直方向の長さを“10”とした時の見えの奥行きをマグニチュード推定法で求めた。そして、実験参加者ペースで5条件の刺激を用いて十分練習試行を行った後、どの条件からも1試行ずつの5試行から成るブロックを6ブロック、合計30回の本

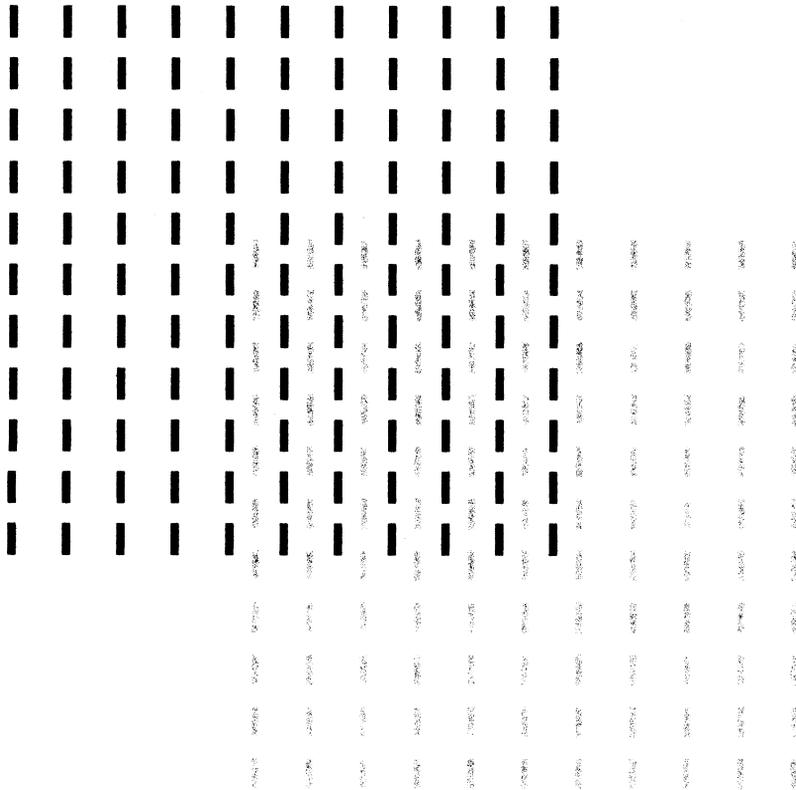


Figure 2 Illustration of stimulus displays used in Experiment 1. The hue of line elements of the bottom square was varied in red, orange, green, blue green, and blue, keeping that of the top square constantly red.

試行を実験参加者に求めた。試行順序による効果は、ブロック間及び実験参加者間でカウンターバランスした。暗室で個別に実験を行った。

実験参加者 裸眼視力あるいは矯正視力が正常でかつ色覚正常な本実験に関して未経験な男1名、女11名、計12名の大学生であった。

結果

1. レーシネスの評価値 6回の本試行のレーシネスの評価値の平均値を各条件、各被験者ごとに求めデータとして使用した。色相の各条件における12名の実験参加者のレーシネスの評価値の平均値をFigure 3左図に示す。図より、赤と橙の条件の評価値はほぼ等しく低いこと、これらの条件より、緑、青緑、青の条件の評価値はほぼ等しく高いことが分かる。

レーシネスの評定値を用いて1要因の分散分析を行ったところ、色相の主効果が有意であった ($F(4, 44) = 41.51, p < .01$)。続いて、LSD法を用いて下位検定を行ったところ、赤と緑、赤と青緑、赤と青、橙と緑、橙と青緑及び、橙と青の各条件対間で有意な差が見られた ($LSD = 2.5618, p < .05$)。

2. 見えの奥行きの評価値 見えの奥行きの評価値については以下のように取り扱った。すなわち、左上の赤色の肌理が手前に見えている場合には正の数値で、右下の肌理が手前に見えている場合には負の数値で表すこととした。6回の本試行の見えの奥行きの評価値の平均値を各条件、各実験参加者

ごとに求めデータとして使用した。色相の各条件における12名の実験参加者の評価値の平均値を Figure 3右図に示す。図より、赤、橙、緑、青緑の条件で右下の肌理図形がわずかに手前に見えており、青条件のみで左上の赤色の肌理図形が手前にしかも奥行きの評価値が最も高いことが分かる。奥行きの評定値を用いて1要因の分散分析を行ったところ、色相の主効果に関して有意差の傾向があった ($F(4, 44) = 2.18, .10 < p < .05$)。続いて、LSD法を用いて下位検定を行ったところ、赤と青、緑と青及び、青緑と青の各条件対間で有意な差が見られた ($LSD = 3.1726, p < .05$)。

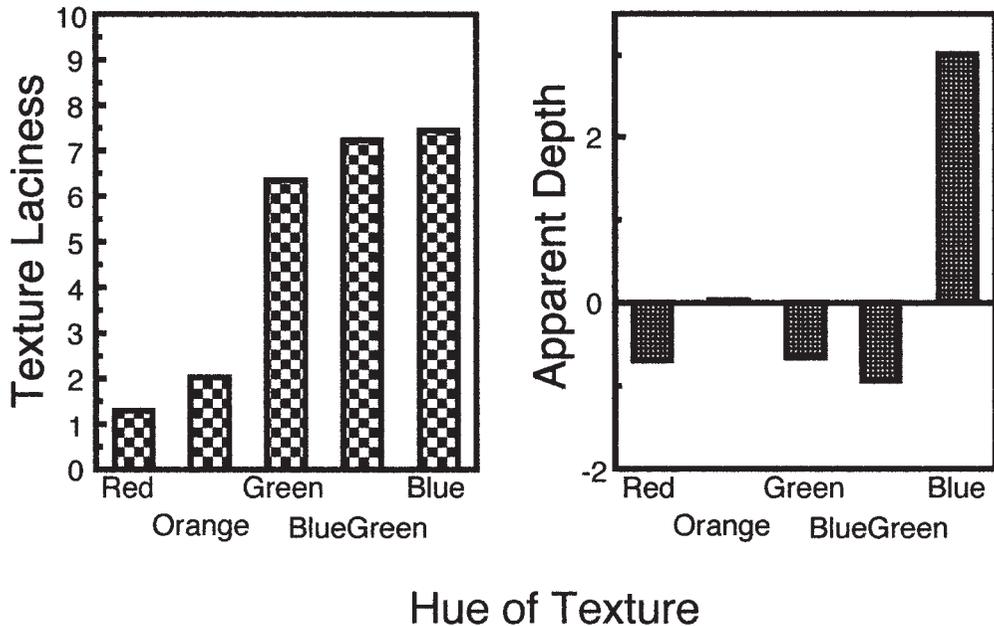


Figure 3 Mean ratings of texture laciness (left) and apparent depth (right) as a function of the hue of the bottom square (Experiment 1).

3. 見えの奥行きの評価の絶対値 前後関係の情報は無視して、各条件における6回の本試行を通じた見えの奥行きの評価の平均値の絶対値を各実験参加者ごとに求めデータとして使用した。評価の絶対値は赤条件で0.9 ($SD = 1.70$)、橙条件で0.9 ($SD = 0.81$)、緑条件で3.2 ($SD = 1.63$)、青緑条件で4.2 ($SD = 2.41$)、青条件6.2 ($SD = 4.77$)であった。つまり、評価の絶対値は赤と橙の条件で等しく小さく、緑、青緑の条件で順に高くなり、青条件で最も高いことが分かる。見えの奥行きの評価の絶対値を用いて1要因の分散分析を行ったところ、色相の主効果が有意であった ($F(4, 44) = 9.47, p < .01$)。続いてLSD法を用いて下位検定を行ったところ、赤と橙、緑と青緑及び、青緑と青の条件対間を除くすべての条件対間で有意な差が見られた ($LSD = 2.0944, p < .05$)。

以上の結果は、右下の正方形の肌理の色相を変化させることによって作り出した2つの肌理の間の色相の類似性の減少するほど、レーシネスが生起し易くなることを示す。また、見えの奥行きの評価の絶対値が大きい場合にレーシネスが生起しやすく、小さい場合に生起しにくいことを示す。

実験 2

実験1で用いた色相の組み合わせの中で最も強くレーシネスの生起した赤と青の組み合わせの肌理に固定したまま、その背景色を変化させることで、背景の条件がレイシネスの生起に対してどのように影響するのかを検討することを目的とする。

方法

装置 実験1と同様の装置を用いた。

刺激 実験1と同様の方法で作成した2つの肌理の内、左上の色相を赤色、右下の色相を青色に固定したまま、背景色だけを橙、黄、緑、青緑、白、黒の6種類に変化させることにより6種類の刺激を用意した。赤、橙、黄、緑、青緑、青の各色の色度値及び輝度は実験1と全く同じであった。本実験で新たに加えた黄の色度値は $x = .412$ 、 $y = .520$ 、輝度は他の色相と同様、約40cd/m²であった。また、白色の輝度は155cd/m²、黒色は実験1の背景に使用したのと同じであった。

手続き 本試行では6条件の刺激を用いてどの条件も1試行ずつ、計6試行から成るブロックを6ブロック、合計36試行としたこと以外は、実験1と同様の手続であった。

実験参加者 裸眼視力あるいは矯正視力が正常でかつ色覚正常な本実験に関して未経験な男1名、女6名及び、実験1に参加した女5名の計12名の大学生であった。

結果

1. レーシネスの評価値 6回の本試行のレーシネスの評価値の平均値を各条件、各被験者ごとに求めデータとして使用した。背景色の各条件における12名の実験参加者のレーシネスの評価値の平均値をFigure 4左図に示す。図より、有彩色の背景どうしを比べると、評価値は黄条件において最も低く、これより緑条件で高く、更に橙と青緑の条件ではほぼ等しくしかも最も高いことが分かる。無彩色の白と黒の条件の評価値はほぼ等しく、有彩色のどの条件よりも低いことが分かる。

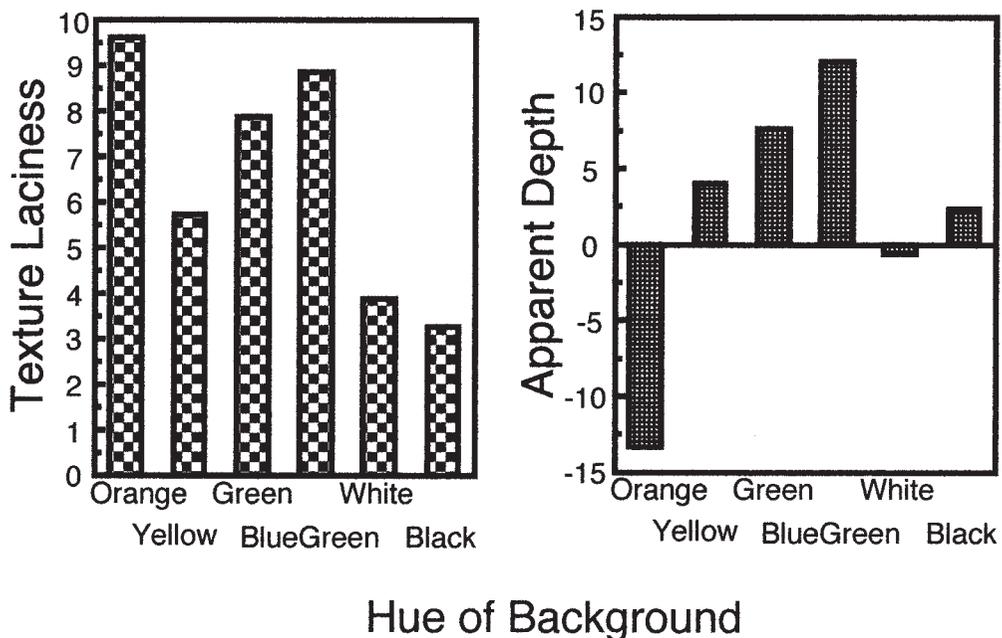


Figure 4 Mean ratings of texture laciness (left) and apparent depth (right) as a function of the hue of the background (Experiment 2).

レーシネスの評価値を用いて分散分析を行ったところ、背景色の主効果が有意であった ($F(5, 55) = 70.94, p < .01$)。続いて、*LSD*法を用いて下位検定を行ったところ、橙と青緑及び、白と黒の条件対間を除くすべての条件対間で有意な差が見られた ($LSD = 1.4417, p < .05$)。

2. 見えの奥行きの評価値 見えの奥行きの評価値については以下のように取り扱った。すなわち、左上の赤色の肌理が手前に見えている場合には正の数値で、右下の青色の肌理が手前に見えている場合には負の数値で表すこととした。6回の本試行の見えの奥行きの評価値の平均値を各条件、各実験参加者ごとに求めデータとして使用した。背景色の各条件における12名の実験参加者の見えの奥行きの評価値の平均値をFigure 4右図に示す。6回の本試行の見えの奥行きの評価値の平均値を各条件、各被験者ごとに求めデータとして使用した。図より、背景色が橙条件で右下の青色の肌理図形がかなり手前に見え、黄、緑、青緑と変化するにつれ赤色の肌理図形が手前に見えやすくなるのが分かる。白と黒の条件ではともに見えの奥行きの評価値は低いことが分かる。

見えの奥行きの評価値を用いて1要因の分散分析を行ったところ、背景色の主効果が有意であった ($F(5, 55) = 68.70, p < .01$)。続いて、*LSD*法を用いて下位検定を行ったところ、黄と黒の条件対間を除くすべての条件対間で有意な差が見られた ($LSD = 2.9977, p < .05$)。

3. 見えの奥行きの評価の絶対値 各条件における見えの奥行きの評価の絶対値を実験1と同様のやり方で各実験参加者ごとに求めデータとして使用した。背景色の各条件における12名の実験参加者の見えの奥行きの評価の絶対値の平均値は、橙条件で13.3 ($SD = 5.30$)、黄条件で4.0 ($SD = 2.32$)、緑条件で7.6 ($SD = 2.26$)、青緑条件で12.0 ($SD = 4.13$)、白条件で1.3 ($SD = 1.67$)、黒条件で2.4 ($SD = 2.70$)であった。すなわち、評価の絶対値は背景色が白と黒の条件で等しく最も小さく、黄条件、更に緑条件で大きくなり、橙と青緑の条件で等しく最も大きいことが分かる。

見えの奥行きの評価の絶対値を用いて1要因の分散分析を行ったところ、背景色の主効果が有意であった ($F(5, 55) = 40.22, p < .01$)。続いて、*LSD*法を用いて下位検定を行ったところ、橙と青緑、黄と黒及び、白と黒の条件対間を除くすべての条件対間で有意な差が見られた ($LSD = 2.2826, p < .05$)。

以上の結果は、背景の色相を変化させることによって作り出した、2つの肌理のそれぞれと背景との色相の類似性がレーシネスの生起に影響することを示す。また、実験1同様、見えの奥行きの評価の絶対値が大きい場合にレーシネスが生起しやすく、小さい場合に生起しにくいことを示す。

考 察

実験1では、Watanabe & Cavanagh (1996)の提唱したレーシネスの生起に関わる規則性の内、類似性の要因の効果が色相の次元においても成立するのかどうかを検討した。実験1では、2つの正方形の肌理の内、輝度をほぼ一定とし一方の色相を赤色に固定したまま、他方の肌理の色相を赤、橙、緑、青緑、青の5条件に変化させた。実験結果から、2つの肌理の色相の類似度が減じるにつれて肌理のレーシネスの強度は増加することが分かった。以上の結果は、輝度が一定であっても色相の類似性がレーシネスの生起に影響することを示す。しかも、その効果はWatanabe & Cavanagh (1996)の提唱した規則性に従うことが分かった。

実験2では、Watanabe & Nakazato (2003)の提唱した空間的な刺激布置に関する全体的な要因が

色相の次元においても成立するのかどうかを検討した。2つの正方形の肌理の色相を赤色と青色に固定したまま、背景の色を橙、黄、緑、青緑、白、黒に変化させた。橙、黄、緑、青緑の輝度をほぼ一定とした。実験結果より、2つの肌理の色相をそれぞれ固定したままであっても、背景の色相の変化がレーシネスの生起に影響することが分かった。すなわち肌理のレーシネスの評価値は、背景の色相が一方の肌理の色相に近い橙条件と青緑条件で等しく高かった。一方、背景の色相が2つの肌理のどちらとも離れている黄条件と緑条件において評価値は低かった。背景が無彩色である白条件と黒条件においては有彩色のどの条件よりも評価値は低かった。

背景の橙条件においては、背景との色相の類似性は左上の赤色の肌理との間で大きく、右下の青色の肌理との間で小さい。逆に背景が青緑条件においては、背景との色相の類似性は青色の肌理との間で大きく、赤色の肌理との間で小さい。背景とそれぞれの肌理との間に、このような色相の類似性に大きな違いのあったことが、橙あるいは青緑の条件下でレーシネスを生起し易くしたと考えられる。一方、赤色と青色の中間の色相となる黄と緑の背景下では、背景との色相の類似性はどちらの肌理ともほぼ同程度で小さかったことがレーシネスを生起しにくくしたと考えられる。無彩色の白と黒の背景条件において最もレーシネスの評価値が低い結果も、背景の色が2つの肌理のいずれとも類同性が小さかったことがレーシネスの生起を弱めたものと考えられる。

いずれにせよ、上述した実験2の結果は、Watanabe & Nakazato (2003) の提唱した空間的な刺激布置に関する全体的な要因が色相の次元においても成立することを示す。そしてWatanabe & Cavanagh (1996) の提唱したように肌理のレーシネスの生起が2つの肌理の局所的な類似性のみに基づくのではなく、刺激布置全体に基づく類似性を前提とすることを示唆する。

見えの奥行きの結果は以下のものであった。2つの肌理のいずれが手前に見えたかの前後視の情報を含む見えの奥行きの評価値及び、前後視の情報を無視して2つの肌理の間の見えの奥行き情報のみを含む見えの奥行きの評価の絶対値の2つに分けて分析した。実験1の見えの奥行きの評価値の結果より、右下の肌理が青色である条件において左上の赤色の肌理が手前に見えやすいことが分かった。見えの奥行きの評価の絶対値の結果より、赤、橙、緑、青緑、青条件と色相の類似性が小さくなるにつれて見えの奥行きの評価の絶対値は大きくなることが分かった。

実験2の見えの奥行きの評価値の結果より、背景の橙条件において右下の青色の肌理が手前に見え、黄、緑、青緑条件において赤色の肌理が手前に見えやすいことが分かった。背景が無彩色である場合、黒条件では赤色が手前に見えやすいが、白条件ではいずれが手前に見えるか明瞭ではなかった。見えの奥行きの評価の絶対値は、背景の色相が2つの肌理のいずれかと類似している橙条件と青緑条件において等しく最も大きく、緑条件、黄条件と小さくなった。無彩色の白、黒の両条件とも見えの奥行きの評価の絶対値は小さかった。

以上の実験結果を踏まえて、2つの肌理の色相の類似性がレーシネスの生起と見えの奥行きの関係について検討する。実験1、2の両結果とも、レーシネスの評価値の高い条件において2つの肌理間の見えの奥行き絶対値も大きいことが分かった。この事実から、肌理のレーシネスと見えの奥行きの現象は深く関わる現象であると考えられる。しかし同じ現象ではないことを示す結果も得られた。元来、背景と対象の間に色の違いがない場合、これらの間に見えの奥行きは見えようがない。本研究でも、実験1において2つの肌理が同じ赤色である条件において見えの奥行きの評価の絶対値は統計的に“0”と見なすことができた ($t(11) = 1.27, p > .05$)。しかし、この条件の肌理のレーシネス

の評価値は低いものの、決して“0”とは見なせなかった ($t(11) = 2.98, p < .05$)。恐らく、2つの肌理の間に見える奥行きがない場合であっても、2つの肌理の模様、肌理全体の形態などの他の様々な要因が肌理のレーシネスを生起させるのに貢献するのであろう。

上述したように、本研究は局所的な要因に加えて刺激布置全体の知覚体制化が肌理のレーシネスの生起に大きく影響することを明らかにした。刺激布置全体のいかなる特性がレーシネスの生起に影響するのか、またそのメカニズムを明らかにするために、今後さらに実験的な検討を必要とする。

引用文献

- Beck, J. (1966). Perceptual grouping produced by changes in orientation and shape. *Science*, **154**, 538-540.
- 江草浩幸 (1977). 色の進出後退現象について 心理学評論, **20**, 369-386.
- Egusa, H. (1982). Effects of brightness on perceived distance as a figure-ground phenomenon. *Perception*, **11**, 671-676.
- Julesz, B. (1975). Experiments in the visual perception of texture. *Scientific American*, **232**, 34-43.
- 大山 正 (1958). 色彩面の進出・後退現象の測定 照明学会誌, **42**, 526-531.
- 塩入 論 (2000). 単眼性・画像的手がかり 日本視覚学会 (編) 視覚情報処理ハンドブック 朝倉書店 Pp. 310-317.
- Watanabe, T., & Cavanagh, P. (1992). Texture laciness: the texture equivalent of transparency. *Perception*, **21**, Supplement, 2, 53-54.
- Watanabe, T. & Cavanagh, P. (1996). Texture laciness: the texture equivalent of transparency? *Perception*, **25**, 293-303.
- Watanabe, I., & Nakazato, Y. (2003). The effects of an area of an overlapping region of two textures and their compound outline on texture laciness. *Psychologia*, **46**, 190-198.
- 渡辺 功・劉 欧 (2007). 対象と陰影間の見えの奥行きに及ぼす陰影の色と位置の効果 文学部論叢 (熊本大学文学部研究紀要, 総合人間学科編), **92**, 39-51.