

【論文】

肌理のレーシネスに及ぼす肌理と背景の輝度の効果

渡 辺 功・趙 大 鯤・野 村 舞

The effects of the luminances of texture and background on texture laciness

Isao WATANABE, Zhao DAKUN, and Mai NOMURA

要旨

Three experiments were designed to examine how the luminances of textures and their background affect the occurrence of texture laciness, in which one of two textures is seen through the other in front of it for some arrangement. Twenty-six subjects rated the texture laciness in the experiments, and 14 subjects also estimated the apparent depth magnitude between the textures in Experiment 3. Experiment 1 showed that the texture laciness occurred more strongly with the decreasing similarity in luminance between the textures. Experiments 2 and 3 showed that texture laciness occurred more strongly with the increasing difference in similarity of luminance between each texture and background. The results indicate that the occurrence of laciness is affected not by the local similarity of luminance between the textures but the global similarity of luminance among the textures and the background. A similarity in the results between the laciness and the apparent depth suggests some relationship between the laciness and the depth.

Key words : visual perception, transparency, texture laciness, luminance, apparent depth.

肌理は大きさ、形態、色彩や空間の位置の視覚的にリアルな印象を付加する (Bergen, 1991)。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行われてきたが (Beck, 1966; Julesz, 1975)、Watanabe & Cavanagh (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並べて作った正方形の 2 つの肌理図形を部分的に重ねて配置した刺激図形を観察すると

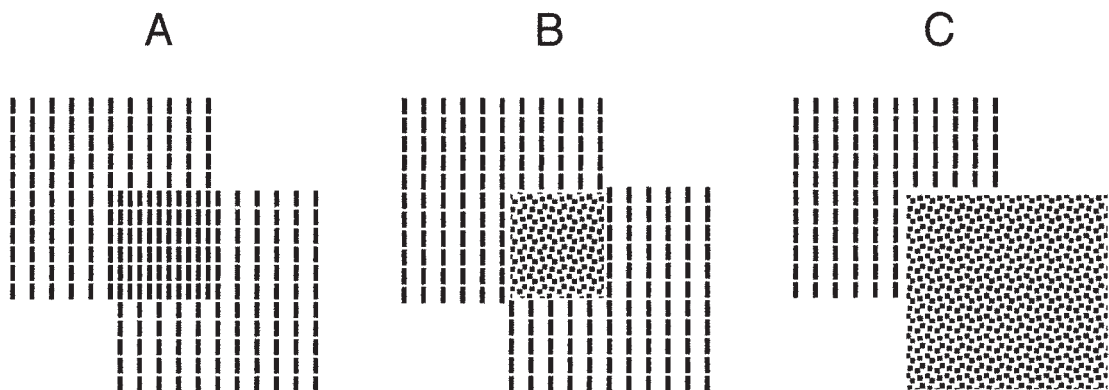


Figure 1. An example of arrangement of two texture squares (A) and illustration used to teach subjects how to differentiate between the arrangement with a low rating for texture laciness (B) and that with a high rating (C).

き、一方の正方形が他方の正方形の前に透けて見える。このように、2つの肌理が前後に奥行きをもって見える現象をWatanabe & Cavanagh (1996) はtexture laciness (以下、肌理のレーシネスと訳す) と名づけ、一連の実験的な研究を行った。すなわち、一方の肌理図形を一定にしたまま、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する実験を行った。そして、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。その実験結果に基づきWatanabe & Cavanagh (1996) は、肌理のレーシネスの生起に関して次の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。

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。Watanabe & Nakazato (2003) 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。

上述したように、肌理のレーシネスの生起に関わる要因を検討した研究は現時点では非常に少ない。そこで本研究では、肌理を構成する線分要素の輝度と背景の輝度を変化させた実験を行うことにより、レーシネスの生起に及ぼす新たな要因について検討する。

光刺激の検出に当たって、検出できないほどの弱い刺激であってもそのサイズを大きくすると検出できるなど、光刺激の強度、サイズは同じように機能し、これらの総体が刺激の検出閾に影響することが分かっている (Hood & Finkelstein, 1986)。Watanabe & Cavanagh (1996) は、一方の肌理の面積の変化によって生じる肌理の類似性の変化がレーシネスの生起に影響することを明らかにした。刺激の輝度と面積がその効果において類似しているとするなら、輝度の変化によって生じる肌理の類似性の変化もレーシネスの生起に影響することが予測できる。

以上のことを考慮して実験1では、Watanabe & Cavanagh (1996) と同様の刺激布置を用いて、一方の肌理の輝度を低輝度に固定したまま、他方の肌理の輝度を変化させることによって2つの肌理の輝度の類似性を操作し、レーシネスの評価を実験参加者に求める。もし、上記の第1の規則性が輝度の類似性においても成り立つならば肌理の輝度の類似性の減少するのに伴って評価値は高くなるであろう。

さて、Watanabe & Nakazato (2003) は全体的な要因として、肌理の各要素によって作られる全体的な形がレーシネスの生起に影響することを明らかにした。2つの肌理の輝度は固定したままであっても、これらの肌理の背景の輝度の変化を導入することによって生じる全体の要素間の新たな関係性の変化が全体的な要因として働きレーシネスの生起に影響することが考えられる。そこで実験2では、実験1と同様の刺激布置を用いて、2つの肌理を高輝度と低輝度に固定したまま背景の輝度だけを変化させ、実験1と同様のレーシネスの評価を実験参加者に求める。もし、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つの肌理の輝度を固定したままで局所的には一定であっても、背景の輝度を変化させることが刺激布置全体を変化させることとなり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それと同時に提示する円形の陰影刺激の配置と輝度を变化させた実験を行い、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。本研究の実験2と3では肌理の輝度は固定したまま背景の輝度を变化させる。そうすることにより、肌理と背景の間の輝度差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、これまでのきめのレーシネスの研究で使用された反応指標は、様々に变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った。本研究でも実験1と2で求める反応指標は実験参加者の報告する肌理のレーシネスの評価値である。そこで実験3では、実験2と同様の実験条件を用意し、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、肌理と背景の輝度が本現象の生起にどのような効果を持つのかを検討することによって、肌理のレーシネス現象を明らかにする。

実 験 1

目的

2つの正方形の肌理の内、一方の肌理の輝度を固定したまま他方の肌理の輝度を变化させることによって作り出した2つの肌理の間の輝度の類似性が、レーシネスの生起に対して影響を与えるかどうかを調べることを目的とする。

方法

実験参加者 裸眼視力あるいは矯正視力が正常で本実験に関して未経験な男4名、女8名、計12名の大学生であった。

装置 コンピュータ（アップル社製 M6670J/A）で制御した17インチのカラーCRTディスプレイ（ソニー社製 CPD-G200J）上に刺激図形を提示した。

刺激図形 Figure 2に示すように、視角で高さが20′、幅が5′の垂直線分を水平方向に22′、垂直方向に5.5′の間隔をおいて縦横に配置した、外形の一边が視角で4.6°の正方形を用意した。このようにして作成した2つの正方形の肌理を同一対角線上に配置したものを刺激図形として用いた。2つの正方形の重なるの部分は一边が視角で2.6°の正方形であった。2つの正方形の肌理の内、左上の正方形の肌理の輝度を2cd/m²に固定したまま、右下の正方形の肌理の輝度を実験変数とし、2cd/m²、28cd/m²、68cd/m²、及び97cd/m²の4条件に変化させた。背景は白色で、輝度は常に116cd/m²であった。2つの正方形の肌理は輝度の違いを除いて、まったく同じであった。

手続き 約3分間の暗順応の後、CRTディスプレイ上に各条件の刺激図形を順に提示し、約57cmの距離から顔面固定した実験参加者に観察させた。まず、Figure 1を提示し、Aの刺激がBのように、

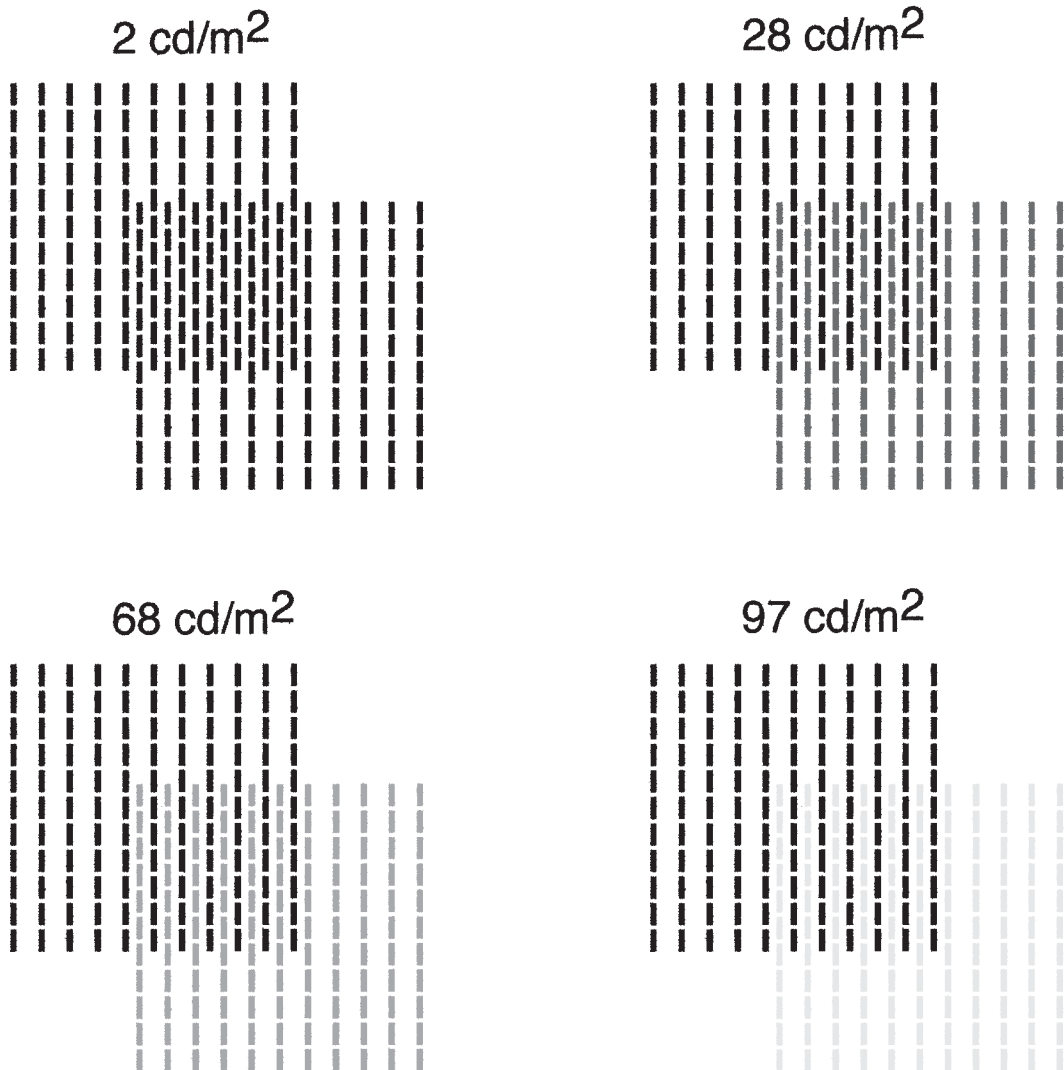


Figure 2. Illustration of stimulus displays used in Experiment 1. The luminance of line elements of the bottom square was varied in 2, 28, 68, and 97 cd/m^2 , keeping that of the top square constantly at 2 cd/m^2 .

中央の重なった領域がそれを取り囲むL字型及び逆L字型の2つの領域とは別の領域に見えるときには評価値“0”を報告するように教示した。同じAの刺激がCのように、左上と右下の正方形の肌理がそれぞれ中央の重なった領域の中にまで連続しており、それらの正方形が前後に重なって一方が他方の後にはっきりと透けて見えるときには評価値“10”を報告するように求めた。これらの見え方を両極として、各条件の刺激図形について肌理のレーシネスに関する評価値を0から10までの整数値で口頭報告するよう求めた。

練習課題と検査課題に分けて実験を行った。練習課題においては、実験参加者にレーシネスの評価の基準ができるまで時間制限せずに4条件の刺激図形を1つずつ自由に観察させた。検査課題においては、各条件1試行ずつの4試行から成るブロック、6つにおいてレーシネスの評価を求めた。した

がって、各実験参加者に各条件とも6試行、合計24試行の評価を求めたことになる。ブロックごと、実験参加者ごとに各条件の試行順序を変えることにより、試行順序による効果をカウンターバランスした。実験は暗室で個別に行った。

結果と考察

各条件とも6試行のレーシネスの評価値の平均値を実験参加者ごとに求め、データ解析の単位とした。各条件の12名の実験参加者の評価値の平均値をFigure 3に示す。図より、 2 cd/m^2 、 28 cd/m^2 、 68 cd/m^2 、 97 cd/m^2 と、右下の肌理を構成する線分の輝度が大きくなるのに伴って、すなわち、2つの肌理の輝度の類似性の減少するのに伴って評価値は高くなるのが分かる。レーシネスの評価値に対して対応のある1要因の分散分析を行ったところ、主効果が有意であった ($F(3, 33) = 179.36, p < .01$)。続いて、線分の輝度の各条件対間の違いをLSD法による下位検定によって調べたところ、いずれの条件対間にも有意な差が見られた ($LSD = 0.962, p < .01$)。以上の結果は、右下の正方形の肌理の輝度を変化させることによって作り出した2つの肌理の間の輝度の類似性の減少するほど、レーシネスが生じ易くなることを示す。

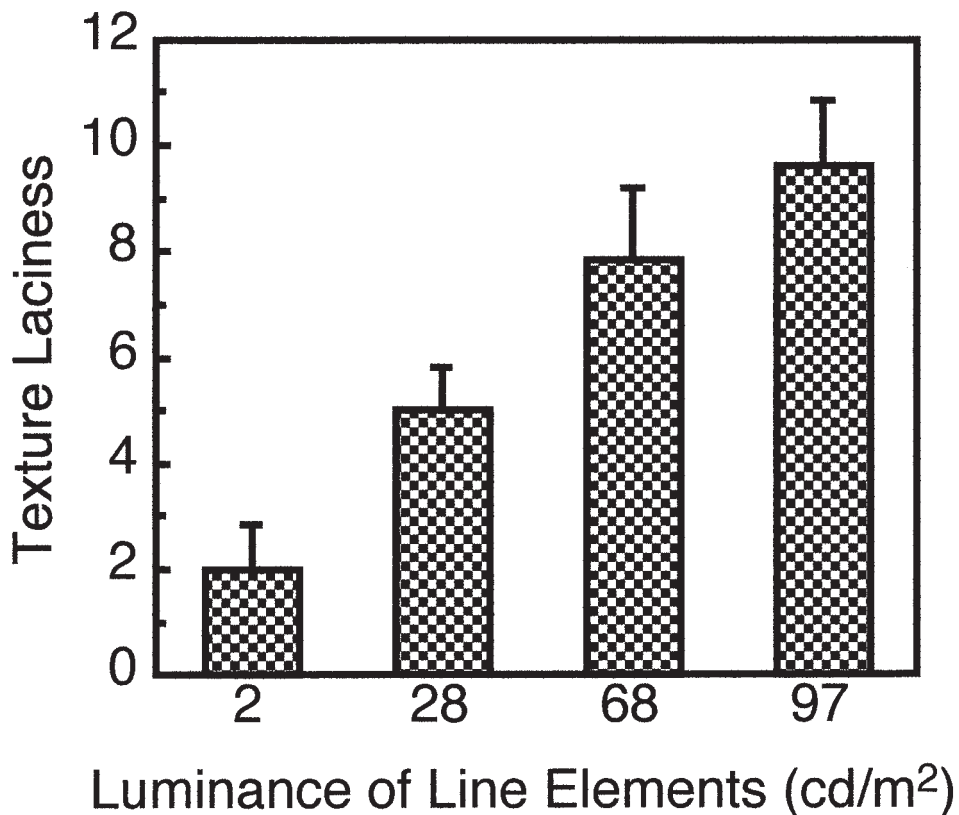


Figure 3. Mean ratings of texture laciness as a function of the luminance of line elements of the bottom square. The vertical lines indicate their standard deviations (Experiment 1).

実 験 2

目的

実験1と同様に配置した2つの正方形の肌理の輝度をそれぞれ低輝度と高輝度に固定したまま、背景の輝度を変化させる。これにより生じた、2つの肌理のそれぞれと背景との輝度の類似性がレーシネスの生起に対して影響を与えるかどうかを調べることを目的とする。

方法

実験参加者 既に実験1に参加した12名の大学生であった。

装置 実験1と同様の装置を用いた。

刺激図形 使用した刺激図形をFigure 4に示す。実験1と同様の正方形の肌理の内、左上の正方形の肌理の輝度を 6 cd/m^2 に、右下の正方形の肌理の輝度を 97 cd/m^2 にそれぞれ固定したまま、背景の輝度を変化させた。背景の輝度には 2 cd/m^2 、 28 cd/m^2 、 53 cd/m^2 、 78 cd/m^2 、及び 116 cd/m^2 の5条件を用意した。2つの正方形の肌理と外形の大きさ、及び配置の仕方は実験1と同じであった。

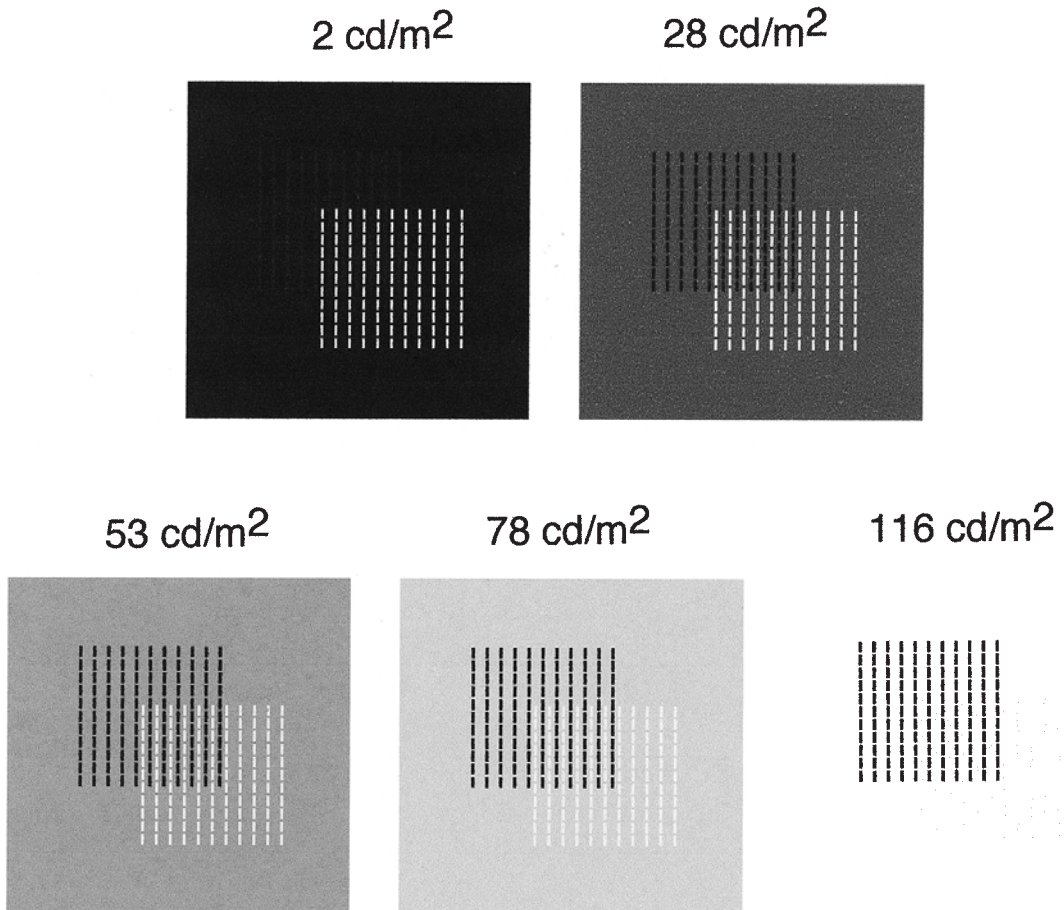


Figure 4. Illustration of stimulus displays used in Experiment 2. The luminance of the background was varied in 2, 28, 53, 78, and 116 cd/m^2 , keeping those of the line elements of the top and bottom squares constantly at 6 and 97 cd/m^2 , respectively.

手続き 練習課題と検査課題に分けて実験を行った。レーシネスの評価のための基準を作るための練習課題に続いて、各条件とも1試行ずつ5試行から成るブロック、6つから成る検査課題を実験参加者に求めた。したがって、実験参加者に各条件とも6試行、合計30試行の評価を求めたことになる。試行順序による効果は、実験1と同様に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。以上の他の手続きは実験1と同様であった。

結果と考察

各条件とも6試行のレーシネスの評価値の平均値を実験参加者ごとに求め、データ解析の単位とした。各条件の12名の実験参加者のレーシネスの評価値の平均値をFigure 5に示す。図より、背景の輝度が2 cd/m²、78cd/m²、及び116cd/m²の評価値は等しく高いこと、また、これらの条件に比べて28cd/m²と53cd/m²の評価値は等しく低いことが分かる。

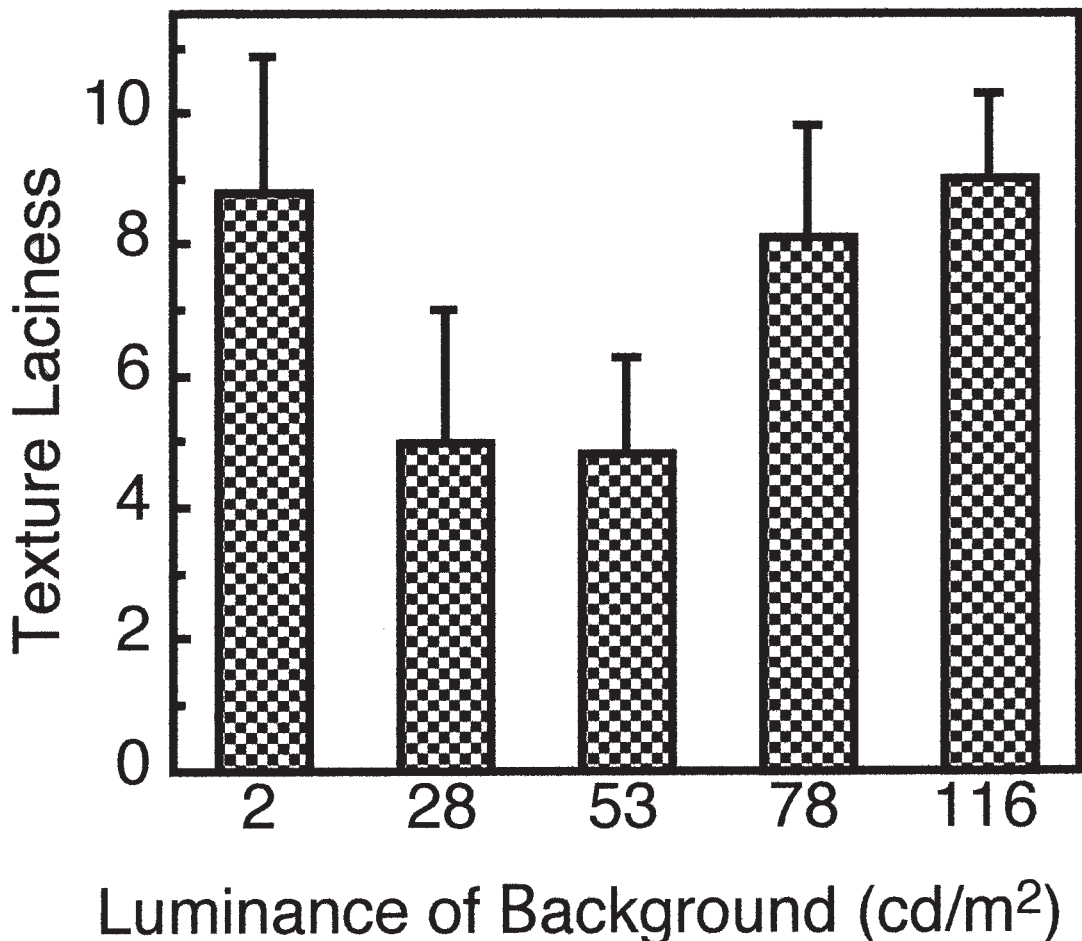


Figure 5. Mean ratings of texture laciness as a function of the luminance of the background. The vertical lines indicate their standard deviations (Experiment 2).

レーシネスの評価値に対して対応のある1要因の分散分析を行ったところ、主効果が有意であった ($F(4, 44) = 25.29, p < .01$)。続いて、背景の輝度の各条件対間の違いをLSD法による下位検定によって調べたところ、2 cd/m²と78cd/m²の条件対間、2 cd/m²と116cd/m²の条件対間、78cd/m²と116cd/m²

の条件対間、及び28cd/m²と53cd/m²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 ($LSD=1.574$, $p<.01$)。以上の結果は、2つの正方形の肌理の輝度をそれぞれ低輝度と高輝度に固定したままであっても、背景の輝度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輝度の類似性の違いがレーシネスの生起に影響することを示す。

ここで、Figure 4 の刺激を眺めると、色の進出後退現象が生起していること、つまり背景の輝度を変化させることによって2つの肌理の見えの奥行きが異なっていることに気づく。低輝度の背景においては、左上の暗い低輝度の肌理は遠くに見え右下の明るい高輝度の肌理は近くに見える。逆に、高輝度の背景においては、左上の低輝度肌理は近くに見え右下の高輝度の肌理は遠くに見える。その結果、低輝度あるいは高輝度の背景下では、2つの肌理間の見えの奥行きが大きくなるため、レーシネスが生起しやすくなったと考えられる。一方、中間の輝度の背景においては、どちらの肌理もほぼ同じ奥行きに見え、2つの肌理間の見えの奥行きが小さくなるため、レーシネスが生起しにくくなったことが考えられる。そこで実験3では、実験2と類似した実験条件の下で肌理のレーシネスとともに2つの肌理の間の見えの奥行きを測定し上記の考えを検証する。

実 験 3

目的

実験2と同様に配置した2つの正方形の肌理の輝度をそれぞれ低輝度と高輝度に固定したまま、背景の輝度を3通りに変化させた。反応として、レーシネスの評価値に加えて2つの肌理の間の見えの奥行きの評価値も求めた。実験2で見られた背景の輝度の効果を見えの奥行き観点からも検討することを目的とする。

方法

実験参加者 裸眼視力あるいは矯正視力が正常で本実験に関して未経験な男6名、女8名、計14名の大学生であった。

装置 コンピュータ (アップル社製 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。

刺激図形 実験1と同様の正方形の肌理の内、左上の正方形の肌理を0.9cd/m²、右下の正方形の肌理を115cd/m²にそれぞれ固定したまま、背景の輝度を0.3cd/m²、46cd/m²、及び146cd/m²の3条件に変化させた。2つの正方形の肌理と外形の大きさ、及び配置の仕方は実験1と同じであった。本実験ではこれに加えて、見えの奥行き判断のための基準刺激として2つの肌理から成る刺激図形の右上に、視角で幅1.2°、高さが1°の垂直線分を配置した。

手続き 同じ刺激を用いて、レーシネスの評価のセッション、見えの奥行きの評価のセッションの順で測定を行った。いずれのセッションにおいても、評価の基準を作るための練習課題に続いて、各条件とも1試行ずつの3試行から成るブロック、6つから成る検査課題を実験参加者に求めた。したがって、各条件とも6試行、合計18試行の評価をセッションごとに求めたことになる。見えの奥行きの評価に当たっては、左上と右下の肌理のどちらが手前に見えるかを求めるとともに、刺激図形の右上に提示した奥行き判断の基準刺激の垂直方向の長さを10と見立てたときの2つの肌理の間の見えの奥行き大きさをマグニチュード推定法にて求めた。試行順序による効果は、実験1と同様にプロッ

ク間及び実験参加者間でカウンターバランスした。以上の他の手続きは実験1と同様であった。

結果と考察

本実験で新たに採集した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、左上の低輝度の肌理が手前に見えている場合には正の数値で、右下の高輝度の肌理が手前に見えている場合には負の数値で表したものを見えの奥行きの評価値のデータとした。各条件とも6試行のレーシネスの評価値の平均値及び、見えの奥行きの評価値の平均値を実験参加者ごとに求め、データ解析の単位とした。各条件における14名の実験参加者のレーシネスの評価値の平均値及び、見えの奥行きの評価値の平均値をそれぞれFigure 6 A, Bに示す。

Figure 6 Aより、レーシネスの評価値は、背景の輝度が 0.3cd/m^2 で最高、 46cd/m^2 で最低であり、 146cd/m^2 でそれらの中間であることが分かる。レーシネスの評価値に対して、対応のある1要因の分散分析を行ったところ、主効果が有意であった ($F(2, 26) = 73.77, p < .01$)。続いて、背景の輝度の各条件対間の違いをLSD法による下位検定によって調べたところ、いずれの条件対間にも有意な差が見られた ($LSD = 1.256, p < .01$)。

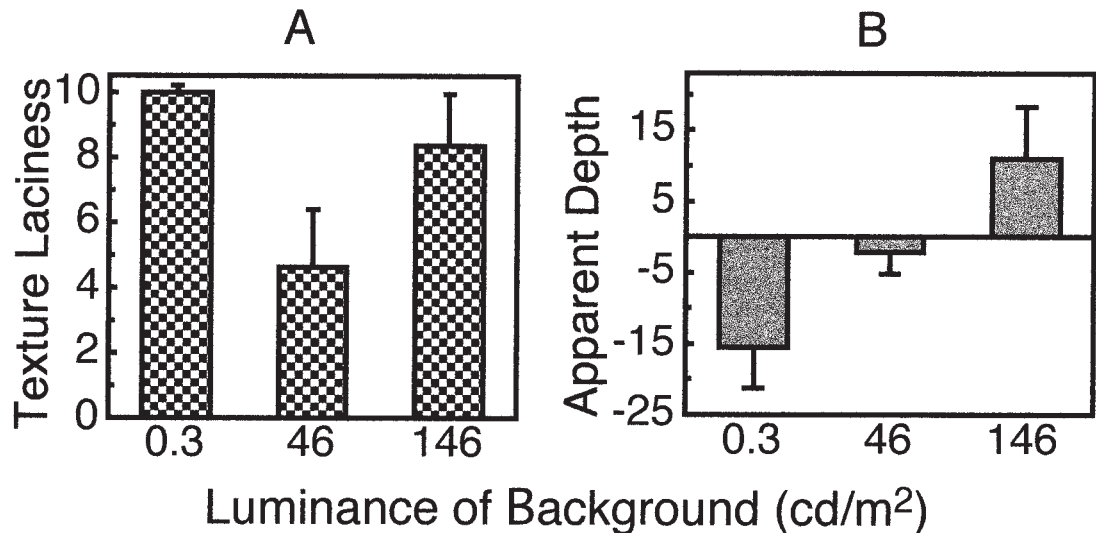


Figure 6 . Mean ratings of texture laciness (A) and Mean apparent depth magnitudes (B) as a function of the luminance of the background. The vertical lines indicate their standard deviations (Experiment 3).

Figure 6 Bより、背景の輝度が 0.3cd/m^2 では高輝度の右下の肌理図形が、 146cd/m^2 では低輝度の左上図形が、それぞれ手前に大きな奥行きを持って見えているのに対して、中間の輝度の 46cd/m^2 ではほとんど0に近く、2つの肌理の間に奥行きが見えにくいことが分かる。統計処理を行うに当たって、前後関係の情報は無視して各条件の見えの奥行きの評価値の絶対値を各実験参加者ごとに求めた。背景の各輝度条件におけるその平均値はそれぞれ、 0.3cd/m^2 条件で15.6、 46cd/m^2 条件で2.9、 146cd/m^2 条件で11.0であった。見えの奥行きの評価値の絶対値に対して対応のある1要因の分散分析を行ったところ、主効果が有意であった ($F(2, 26) = 27.11, p < .01$)。続いて、背景の輝度の各条件対間の違いをLSD法による下位検定によって調べたところ、いずれの条件対間にも有意な差が見られた ($LSD = 4.859, p < .01$)。

以上の結果は、背景の輝度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輝度の類似性がレーシネスの生起に影響するという実験2の結果を再現するとともに、レーシネスが生起しやすいときには2つの肌理の間の見えの奥行きも大きいことを示す。

総 合 考 察

実験1では2つの正方形の肌理の内一方を低輝度に固定したまま、他方の輝度を4通りに変化させた。実験結果より、2つの肌理間の輝度差が大きくなるに伴って、つまり2つの肌理の輝度の類似性が減少するとともに肌理のレーシネスの評価値は高くなることが分かった。以上の結果は、Watanabe & Cavanagh (1996) が類似性に関して提唱した第1の規則性が、2つの肌理の構成要素である線分の輝度の類似性の次元に関しても成り立つことを証明した。

実験2では2つの正方形の肌理をそれぞれ高低異なる輝度に固定したまま、背景の輝度を5通りに変化させた。実験結果より、2つの肌理の輝度をそれぞれ固定したままであっても、背景の輝度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、背景の輝度が2つの肌理の一方に近づくときに等しく高かった。一方、背景の輝度が2つの肌理のどちらとも離れているときに評価値は低かった。2つの正方形の肌理をそれぞれ高低異なる輝度に固定したまま、背景の輝度を3通りに変化させた実験3のレーシネスの評価値の結果も同様であった。

以上の結果は、2つの肌理の相互の輝度を固定し局所的要因を固定したままであっても、背景の輝度を変化させることによって生じる刺激布置の変化という全体的な要因がレーシネスの生起に影響することを示した。低輝度の背景下においては、背景との輝度差は低輝度の肌理との間で小さく、高輝度の肌理との間で大きい。逆に高輝度の背景下においては、背景との輝度差は高輝度の肌理との間で小さく、低輝度の肌理との間で大きい。背景とそれぞれの肌理との間に、このような輝度の類似性に大きな違いのあったことが、低輝度あるいは高輝度の背景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、中間の輝度の背景下では、背景との輝度差は高低どちらの肌理とも同程度となり、背景とそれぞれの肌理との間の輝度の類似性の違いが減少したことがレーシネスを生起しにくくしたと考えられる。

さて、実験2、3において背景の輝度を変化させたことによって2つの肌理のそれぞれと背景間の輝度コントラストという局所的な変化が起こり、上記の結果をもたらしたと考えられないだろうか。O'Shea, Blackburn, & Ono (1994) は、2刺激間の輝度コントラストの違いが奥行き（前後視）の手がかりとなることを実験的に明らかにした。彼らは肌理のレーシネス現象とは異なる刺激布置において、すなわち、輝度の異なる2つの正方形を並置し、一方の正方形（比較刺激）の輝度あるいは背景の輝度を変化させた。2つの正方形のいずれが手前に見えるかを実験参加者に求めたところ、変化刺激の背景に対する輝度コントラスト値が大きくなるほど、その変化刺激が手前に見えることを明らかにした。すなわち、低輝度の背景下においては高輝度の正方形が手前見え、高輝度の背景下においては低輝度の正方形が手前見え。彼らはこの結果に基づき、2つの刺激の輝度コントラストの違いが見えの奥行きに関わると考えた。

それでは、本研究で得られた結果を2つの肌理の輝度コントラストによって説明できるのか検討してみる。実験1、2、3で使用した刺激と背景の輝度値に基づき算出した、背景に対する2つの肌理

の輝度コントラスト値をTable 1 に示す。実験 1 では左上肌理の輝度を 2 cd/m^2 に固定したまま右下の肌理の輝度を 2 cd/m^2 、 28 cd/m^2 、 68 cd/m^2 、 97 cd/m^2 と変化するのに伴って、肌理のレーシネスの評価値は大きくなった。そのとき、左上の肌理の輝度コントラスト値は 0.97 一定のまま、右下の肌理の輝度のコントラスト値は、その輝度の変化に伴って小さくなって行くこととなるので、結局 2 つの肌理の輝度コントラスト値の違いが大きくなって行く。したがって、実験 1 の結果は輝度コントラストの違いによってうまく説明できる。

Table 1 Contrast values for top and bottom textures to the background in each conditions of experiments 1, 2, and 3

Experiment 1

Texture	Luminances of Bottom texture in cd/m^2			
	2	28	68	97
Top	0.97	0.97	0.97	0.97
Bottom	0.97	0.61	0.26	0.09

Experiment 2

Texture	Luminances of Background texture in cd/m^2				
	2	28	53	78	116
Top	0.50	0.65	0.80	0.86	0.90
Bottom	0.96	0.55	0.29	0.11	0.09

Experiment 3

Texture	Luminances of Background texture in cd/m^2		
	0.3	46	146
Top	0.50	0.96	0.99
Bottom	0.99	0.43	0.12

しかし、実験 2 と 3 の結果は輝度コントラストの違いによって十分説明できない。すなわち、実験 2 において肌理のレーシネスの評価値は背景の輝度が 2 cd/m^2 、 78 cd/m^2 、及び 116 cd/m^2 の条件で等しく、これらの条件に比べて 28 cd/m^2 と 53 cd/m^2 の条件で等しく低かった。しかし Table 1 より、2 つの肌理の輝度コントラスト値の違いが大きいのは 53 cd/m^2 、 78 cd/m^2 、及び 116 cd/m^2 の 3 条件である。したがって、輝度コントラスト値の違いの小さい 2 cd/m^2 条件でレーシネスの評価値が高く、コントラスト値の違いの大きい 53 cd/m^2 条件でレーシネスの評価値は低くなっており、輝度コントラストの違いとレーシネスの評価値が対応していなかった。実験 3 において肌理のレーシネスの評価値は、背景の輝度が 0.3 cd/m^2 条件で最高、 46 cd/m^2 条件で最低、 146 cd/m^2 でそれらの中間であった。Table 1 より左上と右上の輝度コントラスト値の違いは 146 cd/m^2 条件で最大、 0.3 cd/m^2 条件と 40 cd/m^2 、条件間で大きく異なることはない。ここでも輝度コントラストの違いとレーシネスの評価値が対応していなかった。確かに、レーシネスの生起は肌理のそれぞれと背景間の輝度コントラストという局所的要因によって

始まるが、この局所的要因のみによって決定されるのではなく、2つの肌理及び、その背景を含む全体的要因によって決定されるのであろう。また、2つの肌理の類似性を人がどのように捕らえているのかについて本研究では明らかにしていないが、今後検討すべき問題となろう。

Kawabe & Miura (2006) はガボア関数によって人工的に作られた垂直縞と水平縞の長方形を中央部で十字形に交差させた刺激図形を用意し、垂直縞の輝度コントラストを固定したまま水平縞の輝度コントラストを変化させることにより、輝度コントラストが2つの長方形の縞の前後視に影響するかどうかを実験的に調べた。結果によると、中央の交差部の水平縞の輝度コントラストを変化させた場合には2つの長方形の間に前後視が生じるが、水平縞の長方形全体の輝度コントラストを変化させた場合には前後視は生じなかった。Kawabe & Miura (2006) は、人に見えるであろうと検出器理論によって予測される人工的な刺激を用いて実験を行っているが、本現象のように実験データの不十分な時点で人工的に簡略化された刺激を用いた結果に基づいて結論するのは問題である。したがって、その結果を本研究に即適用するという訳にはいかないものの、肌理のレーシネス現象の生起に影響する要因の複雑性を改めて示唆する。O'Shea, Blackburn, & Ono (1994) は前述した研究において、2つの検査刺激の輝度を変化させるだけでなく背景の輝度も様々に変化させた実験を行っており、刺激と背景との輝度コントラストという局所的特性だけでなく刺激布置全体の輝度コントラストの関係性が、2刺激の前後視に及ぼす輝度コントラストの効果に大きく影響することを意識しているものと考えられる。つまり本現象には刺激の肌理と背景の輝度コントラストの違いという局所的要因ではなく、刺激全体の布置に基づく複雑な要因の関与する可能性がある。

さて、透明視現象が部分的に交差する2領域間に生起するためには、領域間の輝度に関して満たすべき条件の一つであることが分かっている。すなわち、輝度の異なる2つの長方形を十字形に交差させるとき透明視が生起するのは、交差領域の輝度が2つの長方形の非交差領域の輝度の中間にあるという条件を満たす場合であり、この条件を満たさない場合には透明視は生起しない (Adelson & Anandan, 1990; Metelli, 1974)。しかし、肌理のレーシネス現象は一種の透明視現象ではあるが、上記の条件を満たさない場合にも生起することをWatanabe & Cavanagh (1996) は明らかにした。すなわち、白色と黒色の2つの肌理から成る肌理をうまく配置することにより、2つの肌理の重なる領域(交差領域)及び重ならない領域(非交差領域)の、背景の輝度を含む平均輝度値をほぼ等しくした場合にも肌理のレーシネスが生起した。

Watanabe & Cavanagh (1996) は2つの肌理の構成要素である線分の幅の違いを大きくするにつれて肌理のレーシネスの評価値が高くなる結果を得たことから、2つの肌理の類似性が減少するにつれてレーシネスが起り易くなるとの規則性を提唱した。しかし、輝度の類似性を操作した本実験の結果を考慮すると、レーシネスの生起にとって局所的な刺激特性だけが重要ではないことが分かった。既にWatanabe & Nakazato (2003) が指摘したように、重要なのは、空間的な刺激布置全体に基づく知覚体制化なのである。したがって、肌理のレーシネスが、知覚体制化を体現化するダイナミックな知覚現象であると考えられる。

実験3では反応指標としてレーシネスの評価値に加えて2つの肌理の間の見えの奥行きの評価値も測定した。肌理のレーシネスの評価の高い条件において2つの肌理の間の見えの奥行きの評価も大きかった事実から、2つの肌理の間で見られるレーシネスと見えの奥行きとの2つの現象間に関係性があるものと考えられる。しかし、2つの評価値間に若干ズレがあった。すなわち、中間輝度の背景の条

件において2つの肌理の間に見えるの奥行きの評価値はゼロに近く、これに合わせてレーシネスの評価値は他条件に比べて極度に小さくなるもののゼロに近づくことはなかった。また、実験1においても2つの評価値間にズレを示す結果が得られた。2つの対象間に見えるの奥行きを作り出すには、まず2対象間に何らかの色の違いがあることを前提とする。もし、2つの肌理が同じ輝度であればそれぞれの肌理と背景との輝度の違いが等しくなるため、2つの肌理の間に見えるの奥行きは生じない。したがって実験1において、2つの肌理の輝度の等しくなる2 cd/m²条件では2つの肌理の間に見えるの奥行きは見られない。もし見えるの奥行きだけがレーシネスを作り出すのであれば、ここでレーシネスの評価値はゼロとなることが予想されるが、実際に得られた実験結果によると、その評価値は低くなるもののゼロに近づくことはなかった。恐らく、2つの肌理の間に見えるの奥行きがない場合でも、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。

以上のように本研究は局所的要因に加えて刺激布置の全体的要因が肌理のレーシネスの生起に大きく影響する可能性を示した。局所的要因と全体的要因がいかにレーシネスの生起に影響するのかわかりかにするためには、今後さらに実験的な検討を必要とする。

引用文献

- Adelson, E.H., & Anandan, P. (1990). Ordinal characteristics of transparency. *AAAI-90 Workshop on Qualitative Vision*, July 20, Boston, MA.
- Beck, J. (1966). Perceptual grouping produced by changes in orientation and shape. *Science*, **154**, 538-540.
- Bergen, J. R. (1991). Theories of visual texture perception. In D. Regan (Ed.), *Vision and Visual Dysfunction*. Vol. **10**, Spatial Vision. Boca Raton, FL; CRC Press. Pp. 114-134.
- 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. (1977). On the color stereoscopic phenomenon. *Japanese Psychological Review*, **20**, 369-386.)
- Egusa, H. (1982). Effects of brightness on perceived distance as a figure-ground phenomenon. *Perception*, **11**, 671-676.
- Hood, D.C., & Finkelstein, M.A. (1986). Sensitivity to light. In K.R. Boff, L. Kaufman, & J.P. Thomas (Eds.), *Handbook of perception and performance*. Vol. **1**. Sensory processes and perception. New York: Wiley & Sons. Pp. 5-1-5-66.
- Julesz, B. (1975). Experiments in the visual perception of texture. *Scientific American*, **232**, 34-43.
- Kawabe, T., & Miura, K. (2006). Recovering depth-order from orientation-defined junctions. *Psychological Research*, **70**, 375-383.
- 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. (Oyama, T. (1958). A measurement of advancement and recession of colored surfaces. *Journal of Light & Visual Environment*, **42**, 526-531.)
- Metelli, F. (1974). The perception of transparency. *Scientific American*, **230**, 90-98.
- O'Shea, R.P., Blackburn, G.B., & Ono, H. (1994). Contrast as a depth cue. *Vision Research*, **34**, 1595-1604.
- 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. (Shioiri, S.)
- 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. (Watanabe, I., & Riu, O. (2007). The effect of color and location of a shading on apparent depth between a circle and a shading. *Kumamoto Journal of Culture and Humanities*, **92**, 39-51.)