

ストライプの形と検査野の横幅がホワイト効果と逆転ホワイト効果に及ぼす影響

梅津幸子¹ 渡辺功 熊本大学

The effects of the shape of stripes and the length of target area on White's effect and inverted White's effect

Sachiko Umetsu and Isao Watanabe (Kumamoto University)

Two experiments were designed to differentiate White's effect and an inverted White's effect. In White's effect, a gray target bordered by black stripes longer than white stripes appears darker than a target of the same physical luminance bordered by white stripes longer than black stripes when the luminance of the target area lies between the minimum and maximum luminance values of the inducing stripes. In an inverted White's effect, the direction of the effect is reversed when the target is either lighter or darker than both inducing stripes (Spehar, Clifford, & Agostini, 2002). Twenty undergraduates were asked to rate the brightness of a target area using a Munsell scale on the display. The results showed that both White's effect and an inverted White's effect were reproduced in any condition of Experiment 1 and 2. Experiment 1 showed that an inverted White's effect was affected by the shape of stripes, while White's effect was not. Experiment 2 showed that an inverted White's effect was affected by the length of target area, while White's effect was not. The results support Spehar et al. (2002) that White's effect and an inverted White's effect are not mediated by the same mechanism.

Key words: brightness illusion, White's effect, inverted White's effect, shape.

The Japanese Journal of Psychology
2008, Vol. 79, No. 4, pp. 359-364

明灰色、暗灰色、黒色の3種類の明るさのストライプで構成された Figure 1 の内、左上の図形において、灰色のストライプから構成される左側の検査野は、右側の検査野より暗く見える。この現象は、暗いストライプとより多く接している左側の検査野の灰色が、明るいストライプとより多く接している右側の検査野の同じ灰色よりも暗く見えるという点において、対比現象で用いられる側抑制の考え方では説明できない。White (1979) によって報告されたこの現象をホワイト効果 (White's effect) という。また、Figure 1 の内、右上の図形において、灰色のストライプから構成される左側の検査野が、右側の検査野より明るく見える現象を逆転ホワイト効果 (inverted White's effect) という (Ripamonti & Gerbino, 1997; Spehar, Gilchrist, & Arend, 1995; Spehar & Zaidi, 1997)。Figure 1 の上部二つの刺激において分かるように、三つの明るさの内

で、検査野の灰色部分の輝度が中間にある場合にホワイト効果が生起し、検査野の輝度が最も明るい場合、暗い場合に逆転ホワイト効果が生起する。

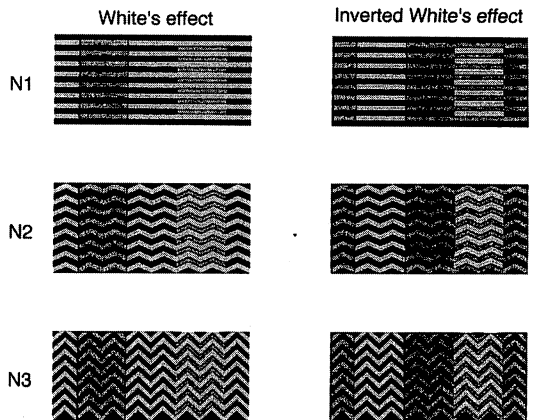


Figure 1. Illustration of the stimulus display used in Experiment 1. Rows: shape of stripes; N1, N2, and N3. Columns: test stimulus; White's effect and inverted White's effect.

Correspondence concerning this article should be sent to: Sachiko Umetsu, Kurokami Kumamoto 860-0862, Japan (e-mail: strawberryhappydays@hotmail.com)

¹ 本研究を行うにあたり、マンセル尺度刺激の作成にご教示を頂いた東京工業大学大学院総合理工学研究科内川恵二教授に感謝いたします。

ホワイト効果に関して、その形状から、同化や対比などの観点から幾つかの説明がなされている。

White (1981) は、検査野の灰色部分が上部のストライプと同化、横方向には対比が起こっているためにホワイト効果が生起するのだとした。Agostini & Proffitt (1993) は、所属性が明るさの対比に影響する (Benary, 1939) ことから、各検査野は中断しているストライプに属しているとみなされるため、明るいストライプ上の検査野はより暗く、暗いストライプ上の検査野より明るく見るとした。Taya, Ehrenstein, & Cavonius (1995) は、刺激図形が、連続した背景、検査野、ストライプの順で重なり合っている図として知覚されるとき、検査野と背景において対比が起こるとした。一方、2種類のストライプの上に検査野があると知覚されたときは、検査野と上下のストライプにおいて同化が起こるとした。検査野がその上部のストライプと共通の面にあると知覚される場合は、Zaidi, Spehar, & Shy (1997) によって、ホワイト効果は生起するという報告がある。また、T結合 (T-junction) はホワイト効果に大きな影響を与えてはいるが、T結合が全く存在しない場合でもホワイト効果が生起するという報告もある (Howe, 2005; Yazdanbakhsh, Arabzadeh, Babadi, & Fazl, 2002)。

以上はホワイト効果だけを説明する研究であるが、ホワイト効果と逆転ホワイト効果の両者を説明する研究もある。Ripamonti & Gerbino (2001) は、明るさの接近という要因を用いて、同化、対比の観点から、両効果を同時に説明している。Ripamonti & Gerbino (2001) は、T結合において、検査野と上部のストライプに同化が、検査野と検査野が中断するストライプに対比が起こっているとした。さらに、同化と対比は検査野とストライプの明るさが近接しているときのみ起こるとすることで、両効果の錯視の方向の違いを説明した。つまり、ホワイト効果においては、同化と対比が同時に起こり、逆転ホワイト効果においては、検査野と上部のストライプの明るさが近接しているときは同化が、検査野と検査野が中断するストライプの明るさが近接しているときは対比が起きていることになる。

一方、両効果を同時に説明した Ripamonti & Gerbino (2001) に対し、Spehar, Clifford, & Agostini (2002) は、両効果が異なるメカニズムによるものだとする説明を提唱した。通常、ホワイト効果、逆転ホワイト効果は、Figure 1 のように、両効果ともに縦の辺よりも横の辺の方が長い比率で作られている。そこで彼らは、上下の誘導野と接する長さを短く、左右の誘導野と接する長さを長く変化させて、ホワイト効果と逆転ホワイト効果を調べた。その結果、長さを変化させてもホワイト効果では検査野の明るさは変化しなかった。一方、逆転ホワイト効果においては、暗いストライプ上の検査野よりも、明るいストライプ上の検査野の方が暗く見えた。つまり、逆転ホワイト効果では検査野の辺の縦横比の変化によって、検査野の上下左右に隣接するストライプの影響が変化することとなり、錯視の方向が変化したのである。この結果に基づいて、Spehar et al. (2002) は、両現象が異なったシステムによるものであると結論づけた。

通常、ホワイト効果と逆転ホワイト効果を調べるために使用する刺激図形は、検査野が縦幅より横幅を大きく横長になるように作られている。しかし Spehar et al. (2002) の研究では、刺激全体の縦横の比率を変化させ、検査野の縦幅が横幅よりも大きく、検査野、刺激全体ともに縦長になるように作られていた。したがって、検査野の横幅を縦幅よりも大きくし、検査図形が横長の通常使用される刺激図形を用いて Spehar et al. (2002) と同様の効果が得られるかどうかを検討する必要がある。

そこで、本研究ではストライプの縦幅を固定し、検査野の左右の誘導野の影響を一定にしたまま、通常のホワイト効果、逆転ホワイト効果図形と同様の横長の図形を用いて検査野の形と長さを変化させた。以上のように検査野と誘導野が接する長さを操作することによって、両効果の錯視量に及ぼす効果を、マンセル尺度を用いて検討する。実験1ではストライプに刻み目を加えて、その角度を変え、検査野と上下に隣接する誘導野が接する長さを変化させた。これによって、検査野と上下の誘導野が接する長さが両効果の錯視量に与える影響を調べる。実験2では検査野の横幅を増減させて、上下の誘導野と接する長さを直接変化させ、両効果の錯視量に与える影響を調べる。

そこで、本研究ではストライプの縦幅を固定し、検査野の左右の誘導野の影響を一定にしたまま、通常のホワイト効果、逆転ホワイト効果図形と同様の横長の図形を用いて検査野の形と長さを変化させた。以上のように検査野と誘導野が接する長さを操作することによって、両効果の錯視量に及ぼす効果を、マンセル尺度を用いて検討する。実験1ではストライプに刻み目を加えて、その角度を変え、検査野と上下に隣接する誘導野が接する長さを変化させた。これによって、検査野と上下の誘導野が接する長さが両効果の錯視量に与える影響を調べる。実験2では検査野の横幅を増減させて、上下の誘導野と接する長さを直接変化させ、両効果の錯視量に与える影響を調べる。

実験 1

本実験では、刺激全体のストライプに刻み目を付けることにより、検査野と上下のストライプが接する長さを変化させ、上下の誘導野からの影響を変化させた。この変化が、ホワイト効果と逆転ホワイト効果の錯視量に及ぼす影響を検討した。

方法

実験計画 ホワイト効果図形と逆転ホワイト効果図形の2種類の検査刺激図形を用意した。各図形ごとに、ストライプの形を実験変数とし、ストライプに付ける刻み目を変化させることにより、N1 (notch 1), N2 (notch 2), N3 (notch 3) の三つの条件を用意した。以上の組み合わせによってできる6条件の下で、左右の検査野の見えの明るさをマンセル尺度を用いて測定した。

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)

上に刺激を提示した。

刺激図形 Figure 1 に示すような刺激を CRT ディスプレイ上に提示した。刺激全体のサイズは視角で縦 6.8°, 横 14°, 各ストライプの縦幅は約 0.4° であった。ホワイト効果図形を次のように作成した。左端から約 1.5° の位置から右方向に約 3° の幅で輝度値が 16.7 cd/m² (マンセル尺度値 4) の灰色の検査野を, 約 73 cd/m² (マンセル尺度値 7.5) の灰色のストライプ上に提示した。また, 右端から約 1.5° の位置から左方向に約 3° の幅で 16.7 cd/m² (マンセル尺度値 4) の灰色の検査野を, 約 0.07 cd/m² の黒色のストライプ上に提示した。この 2 種類のストライプを交互に並べ, さらに最上部と最下部に黒色のストライプを配置した。逆転ホワイト効果図形は, 上述のホワイト効果図形の内, 左右の検査野の輝度を 73 cd/m² (マンセル尺度値 7.5), 左側の検査野の左右のストライプを 16.7 cd/m² とした以外は, ホワイト効果図形と全く同じであった。

ストライプの形の各条件を次のように作成した。ストライプの縦幅を約 0.4°, 検査野の水平方向の幅を約 3° にそれぞれ保ったまま, ストライプに付ける山形の山の角度を 180°, 125°, 及び 90° に変化させ, それぞれ N1, N2, N3 の条件とした。

また, マンセル尺度の比較刺激を次のように用意した。縦 1.6° × 横 1.6° の正方形, 合計 16 個を 92.2 cd/m² (マンセル尺度値 8.2) の背景上に 8 列 2 行に配置した。マンセル尺度値は 2 から 9.5 まで 0.5 のステップで変化させた。また, これらの比較刺激を実験参加者に実際に提示するにあたって, マンセル尺度値を 2 倍した数値を各尺度値の刺激上部にラベルとしてそれぞれ提示した。

手続き 暗室内で, 約 5 分間の暗順応の後, 各刺激を CRT ディスプレイ上にランダムな順序で提示し,

Table 1

Mean matched Munsell values (standard deviations in parentheses) for the left and right target areas, for each condition of the shape of stripes for each test stimulus (N1 = notch 1; N2 = notch 2; N3 = notch 3) in Experiment 1

	White's effect		Inverted White's effect	
	Left	Right	Left	Right
N1	8.53 (1.35)	12.62 (1.07)	17.31 (0.95)	15.98 (1.31)
N2	9.39 (1.40)	12.95 (1.51)	17.40 (1.05)	16.06 (1.22)
N3	9.11 (1.18)	13.00 (1.30)	17.71 (0.74)	15.90 (1.15)

約 57 cm 離れた距離から顔面固定した実験参加者に観察させた。刺激全体を眺め, 検査野の明るさを, それに続いて提示される比較刺激に照らして数値で答えるよう実験参加者に求めた。検査刺激を 5 秒間提示した後, マンセル尺度に基づく比較図形を提示した。比較刺激を参考にして, 左右の検査野の見えの明るさをそれぞれ口頭で報告するよう求めた。このとき, 提示したマンセル尺度の間の値に見える場合は小数点第一位までの数値で報告するように求めた。報告の終了とともに比較刺激を画面から消し, 次の検査刺激を提示した。比較刺激を提示した後であっても実験参加者が求めた場合は, 再度検査刺激を 5 秒間提示した後, 比較刺激を提示した。

数回の練習試行の後, 6 条件の検査試行を 1 試行ずつ含む 1 ブロックを 8 ブロック, 合計 48 回の検査試行を実験参加者に求めた。また, 第 4, 第 5 ブロックの間に 5 分間の休憩を挿入した。各条件の試行順序の効果は, 実験参加者間及びブロック間でカウンターバランスした。

実験参加者 裸眼視力あるいは矯正視力が正常で本

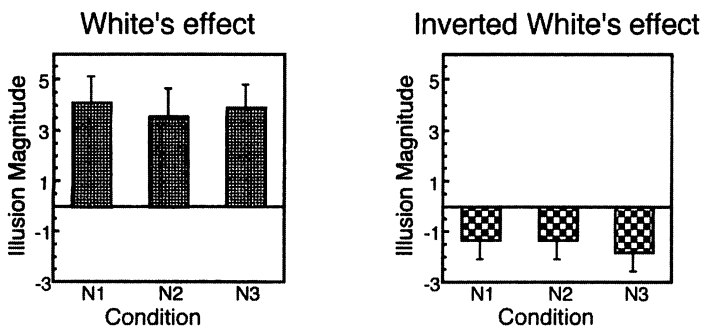


Figure 2. Mean illusion magnitude and standard deviation for each condition of the shape of stripes: N1, N2, and N3; for each test stimulus: White's effect (left) and inverted White's effect (right). The illusion magnitude was calculated by subtracting the Munsell value for the left target area from that for the right.

Table 2
Mean matched Munsell values (standard deviations in parentheses) for the left and right target areas, for each condition of the length of target area for each test stimulus (L1 = length 1; L2 = length 2; L3 = length 3) in Experiment 2

	White's effect		Inverted White's effect	
	Left	Right	Left	Right
L1	9.55(1.36)	13.79(0.81)	16.86(2.63)	15.42(3.30)
L2	9.46(0.99)	14.26(1.07)	17.35(0.93)	15.19(1.87)
L3	9.45(0.99)	14.18(0.88)	17.48(0.72)	15.44(1.25)

実験に関して未経験な男 2 名, 女 8 名, 計 10 名であった。

結果

各条件とも全検査試行の測定値の平均値をデータとして用いた。各条件ごとに, 両効果の左側と右側の検査野の測定値を Table 1 に示す。表より, ホワイト効果図形では右側の検査野の測定値が大きく, 逆転ホワイト効果図形では左側の測定値が大きいことが分かる。

ホワイト効果において 2 要因の分散分析を行ったところ, 左右の検査野間で有意な差が見られた ($F(1, 9) = 191.94, p < .001$)。また, 逆転ホワイト効果においても, 左右の検査野間で有意な差が見られた ($F(1, 9) = 25.7, p < .001$)。以上の結果は, 本実験で扱ったすべての条件においてホワイト効果と逆転ホワイト効果を作り出したことを示す。

次に, 両効果の各条件ごとに右の検査野の測定値から左の検査野の測定値を引いて得た値を各実験参加者ごとに求め, 錯視量の実験データとした。両効果の刺激ごとに, 各条件の錯視量の平均値を, Figure 2 に示す。図より, ホワイト効果の検査図形では条件間に違いはないが, 逆転ホワイト効果の検査図形では N3 条件の錯視量が N1 条件と N2 条件より大きいこと, そしてこれら 2 条件間に違いがないことが分かる。ホワイト効果図形においてストライプの形に関して分散分析を行ったところ, 有意な差は見られなかった ($F(2, 18) = 2.02, p > .05$)。逆転ホワイト効果図形において分散分析を行った結果, 有意な差が見られた ($F(2, 18) = 6.00, p < .05$) ので, 続いて LSD 検定を行ったところ, N1 と N3 の条件対間及び, N2 と N3 の条件対間でそれぞれ有意な差が見られた ($LSD = 0.330, p < .05$)。以上の結果より, ホワイト効果は検査野の形に影響されないが, 逆転ホワイト効果は影響されることが分かった。

実験 2

実験 1 では, 誘導野と上下のストライプが接する長

さを変化させるために, ストライプの形に角度を付けて傾斜させた。そこで, 実験 2 では, ストライプの形を変えずに, 検査野の横幅のみを変え, 上下の誘導野からの影響を変化させた。以上の操作により, ホワイト効果と逆転ホワイト効果がどのような影響を受けるのかを明らかにすることを目的とする。

方法

実験計画 ホワイト効果図形と逆転ホワイト効果図形の 2 種類の検査刺激図形を用意した。各図形ごとに, 検査野の横幅を実験変数とし, L1 (length 1), L2 (length 2), L3 (length 3) の三つの条件を用意した。以上の組み合わせによってできる 6 条件の下で左右の検査野の見えの明るさをマンセル尺度を用いて測定した。

刺激図形 Figure 3 に示すような刺激を CRT ディスプレイ上に提示した。検査野の縦幅を約 0.4° に固定したまま, 横幅を L1 条件で 0.4° , L2 条件で 2.5° , L3 条件で 5° と変化させた。刺激全体のサイズ, 輝度等, 以上の他は実験 1 と同様であった。

手続き 練習試行を 1 回に減らした以外の手続は実験 1 と同様であった。

実験参加者 本実験に関して未経験な男 2 名, 女 5 名, 及び実験 1 に参加した女 3 名の計 10 名であった。裸眼あるいは矯正視力がいずれも正常であった。

結果

各条件とも全検査試行の測定値の平均値をデータとして用いた。各条件ごとに, 両効果の左右の検査野の測定値を Table 2 に示す。表より, ホワイト効果図形

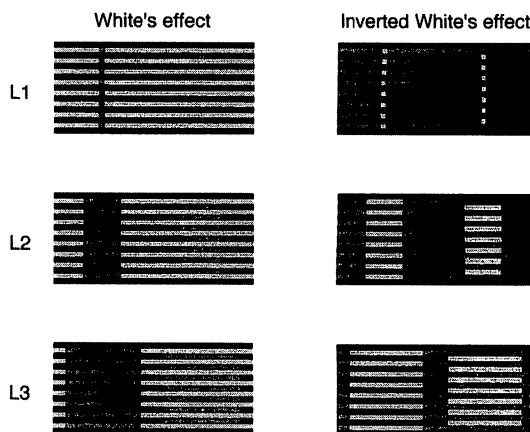


Figure 3. Illustration of the stimulus display used in Experiment 2. Rows: length of target area; L1, 2, and L3. Columns: test stimulus; White's effect and inverted White's effect.

では右側の検査野の測定値が大きく、逆転ホワイト効果図形では左側の測定値が大きいくことが分かる。ホワイト効果において2要因の分散分析を行ったところ、左右の検査野間で有意な差が見られた ($F(1, 9) = 134.84, p < .001$)。また、逆転ホワイト効果においても、左右の検査野間で有意な差が見られた ($F(1, 9) = 23.57, p < .001$)。以上の結果は、本実験で扱ったすべての条件においてホワイト効果と逆転ホワイト効果を作り出したことを示す。

次に、両効果の各条件ごとに実験1と同様のやり方で錯視量の実験データを求めた。両効果の刺激ごとに各条件の錯視量の平均値を、Figure 4に示す。図より、ホワイト効果の検査図形では条件間に大きな違いは見られないが、逆転ホワイト効果の検査図形はL1条件の錯視量がL2条件とL3条件より小さいこと、そしてこれら2条件間に違いがないことが分かる。ホワイト効果図形において検査野の横幅に関して分散分析を行ったところ、有意な差は見られなかった ($F(2, 18) = 1.95, p > .05$)。逆転ホワイト効果図形において分散分析を行った結果、有意な差が見られた ($F(2, 18) = 17.67, p < .01$) ので、続いてLSD法による下位検定を行ったところ、L1とL2の条件対間及び、L1とL3の条件対間でそれぞれ有意な差が見られた ($LSD = 0.379, p < .05$)。以上の結果より、ホワイト効果の検査図形は検査野の横幅に影響されないが、逆転ホワイト効果は影響されることが分かった。

考 察

本研究は、ホワイト効果と逆転ホワイト効果は異なるメカニズムによるものとするSpehar et al. (2002)の提唱した仮説を、横長の検査野を持つ刺激図形を用いて検討した。ストライプの形と検査野の横幅を実験変数とし、検査野の見える明さをマンセル尺度値を用いて測定した。

実験1より、ホワイト効果では、ストライプの角度

を変えることにより、上下に隣接する誘導野と検査野が接する長さを増加させ、誘導野の影響を大きくしても、錯視量に変化は見られなかった。しかし、逆転ホワイト効果では、上下の誘導野の影響が増加した条件において錯視量が増加した。実験2では、ストライプと検査野の形を変えずに、検査野の横幅だけを変化させた。実験2より、ホワイト効果では、検査野の横幅を増加させ、検査野と上下に隣接する誘導野が接する長さを直接増加させて、誘導野の影響を大きくしても錯視量に変化は見られなかった。しかし、逆転ホワイト効果において、誘導野の影響が増加した条件において錯視量が増加した。

以上の二つの実験から、縦幅より横幅が大きくなるように作った検査野を使用した場合であっても、Spehar et al. (2002)と同様の結果が得られた。すなわち、検査野と上下の誘導野が接する長さを変え、上下の誘導野の影響を変化させることは逆転ホワイト効果に影響を与えるが、ホワイト効果には影響を与えなかった。以上より、検査野の形が横長、縦長のいずれであっても、ホワイト効果と逆転ホワイト効果に異なる効果を与える実験変数があることを確認することができた。

本研究の結果はホワイト効果と逆転ホワイト効果は異なるメカニズムによるものとするSpehar et al. (2002)の仮説を支持する。Spehar et al. (2002)や本研究の結果が示すように、逆転ホワイト効果に大きく影響を与えている要因はホワイト効果には影響しておらず、単純に両効果を同一のメカニズムから説明することはできない。しかし、逆転ホワイト効果の特性や、ホワイト効果との比較についての研究は非常に少ない。そのため、逆転ホワイト効果のメカニズムに関して、いまだ十分な説明がなされていない。よって、今後の研究において逆転ホワイト効果の特性について、さらに検討する必要がある。

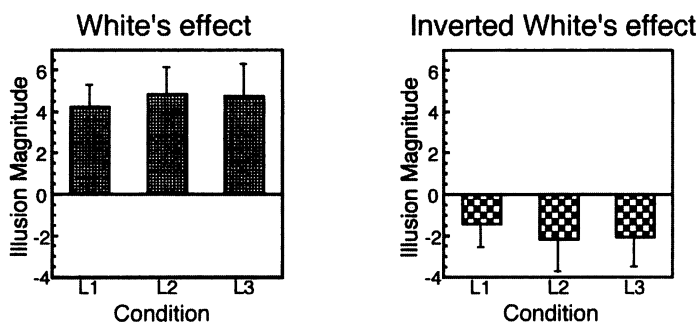


Figure 4. Mean illusion magnitude and standard deviation for each condition of the length of target area: L1, L2, and L3; for each test stimulus: White's effect (left) and inverted White's effect (right). The illusion magnitude was calculated in the same way as in Experiment 1.

引用文献

- Agostini, T., & Proffitt, D. R. (1993). Perceptual organization evokes simultaneous lightness contrast. *Perception*, *22*, 263-272.
- Benary, W. (1939). The influence of form on brightness contrast. (Trs. & Ed. by W. D. Ellis) *A Source Book of Gestalt Psychology*. London: Routledge and Kegan Paul. pp. 104-108. (Beobachtungen zu einem Experiment über Helligkeitskontrast. *Psychologische Forschung*, 1924, *5*, 131-142.)
- Howe, P. D. L. (2005). White's effect: Removing the junctions but preserving the strength of the illusion. *Perception*, *34*, 557-564.
- Ripamonti, C., & Gerbino, W. (1997). Inversion of White's effect. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, *38*, 4, S895, ARVO poster 4183.
- Ripamonti, C., & Gerbino, W. (2001). Classical and inverted White's effects. *Perception*, *30*, 467-488.
- Spehar, B., Clifford, C. W. G., & Agostini, T. (2002). Induction in variants of White's Effect: Common or separate mechanisms? *Perception*, *31*, 189-196.
- Spehar, B., Gilchrist, A., & Arend, L. (1995). The critical role of relative luminance relations in White's effect and grating induction. *Vision Research*, *35*, 2603-2614.
- Spehar, B., & Zaidi, Q. (1997). New configurational effects on perceived contrast and brightness: Second-order White's effects. *Perception*, *26*, 409-418.
- Taya, R., Ehrenstein, W. H., & Cavonius, R. C. (1995). Varying the strength of the Munker-White effect by stereoscopic viewing. *Perception*, *24*, 685-694.
- White, M. (1979). A new effect of pattern on perceived lightness. *Perception*, *8*, 413-416.
- White, M. (1981). The effect of the nature of the surround on the perceived lightness of grey bars within square-wave test gratings. *Perception*, *10*, 251-230.
- Yazdanbakhsh, A., Arabzadeh, E., Babadi, B., & Fazl, A. (2002). Munker-White-like illusions without T-junctions. *Perception*, *31*, 711-715.
- Zaidi, Q., Spehar, B., & Shy, M. (1997). Induced effects of backgrounds and foregrounds in three-dimensional configurations: The role of T-junctions. *Perception*, *26*, 395-408.

—2007. 2. 26 受稿, 2008. 3. 1 受理—