

2つの判断基準に基づいた透明視成立の色度・輝度条件

伊東 由紀・内川 恵二

東京工業大学工学部像情報工学研究施設 〒226-8503 横浜市緑区長津田 4259

Chromatic and Luminance Conditions for Transparency Based on Two Criteria

Yuki ITO and Keiji UCHIKAWA

Imaging Science and Engineering Laboratory, Tokyo Institute of Technology, 4259 Nagatsuda, Midori-ku, Yokohama 226-8503

When one surface can be perceived through another surface, the front surface is appeared as a transparent sheet. This perception is called transparency. It is known that transparency can be perceived even if the stimulus conditions are not consistent with physical conditions for a real transparent surface. When we perceived a transparency stimulus as two colored-layers overlapped, we noticed that there were two kinds of transparent appearances that were "chromatically-uniform transparency" and "chromatically-non-uniform transparency." In the former case, both transparent and opaque surfaces were appeared chromatically uniform. In the latter case, the subject could perceive the transparency even if the transparent surface or the opaque surface was not appeared chromatically uniform across the overlapping area. In this study, we measured the ranges of luminance and chromaticity for each appearance using a cross figure. As the results, the chromatic ranges for two appearances were different, although the luminance ranges were very close. Chromatically-non-uniform transparency could occur without chromatical restriction. This indicates that the perception of a transparent surface would be based on luminance.

1. はじめに

面知覚は輝度差, 色差, 両眼視差, 運動など多くの情報を手掛かりに背景から面が分離, 結合して達成されるものであり, 外界の解釈を助ける重要な役割を担っている. 面知覚は透明面と不透明面の知覚の2種類に分けられる. 特に透明面を知覚する現象を透明視という. ある特定の領域に同時に複数の異なる奥行き, 異なる色をもった面を知覚するとき透明視が成立する. 透明視が成立すると物理的に色や輝度が均一な領域が複数の色の面に分離して知覚されることから, 透明視は視覚系の高次レベルで獲得される知覚と考えられている. さらに透明視の研究は, 視覚系における面知覚メカニズムの解明につながると考えられる.

透明視に関する研究はこれまでもいくつか報告されている. Metelliら¹⁻³⁾は回転する扇動(episcotister)の観察から, 無彩色図形における幾何学的な透明視モデルを考案した. これは2つの面からの光が加法的に混色されるとき透明視が成立するという, 加法混色の立場に立つモデル

である. 一方, Beckら⁴⁻⁷⁾は物理的な透明物体に対する現象の記述から, 減法混色の立場をとるフィルターモデルを提案した. さらに, Masin⁸⁻¹²⁾は隣接する領域の輝度差をもとに重みづけ平均モデル(weighted average model)を提案している. これらのモデルは異なった原理を基にしているが, ほぼ同程度の結果を予測している. 現状では無彩色透明視を記述する決定的なモデル式はまだ確立していないといえる^{13,14)}.

過去の透明視の研究は無彩色図形に対する輝度条件に着目しているものが多かった. しかし, 網膜から得られる応答は輝度応答と色応答に分けられるため, 輝度応答だけでなく色応答もまた透明視において重要な役割を果たす可能性が考えられる. D'Zmuraら¹⁵⁾は色応答のみ得られる等輝度の図形においても透明視が成立することを報告した. これは, 過去の透明視モデルからは予測されない現象である. また, de Weert¹⁶⁾は異なる色の2つの文字が一部重なって呈示される場合, その重なり領域に2つの文字の色を加法混色した色を呈示すると個別な文字として読みやすいという結果を示した. これは, 透明視の成立によってそ

E-mail: yuki@isl.titech.ac.jp

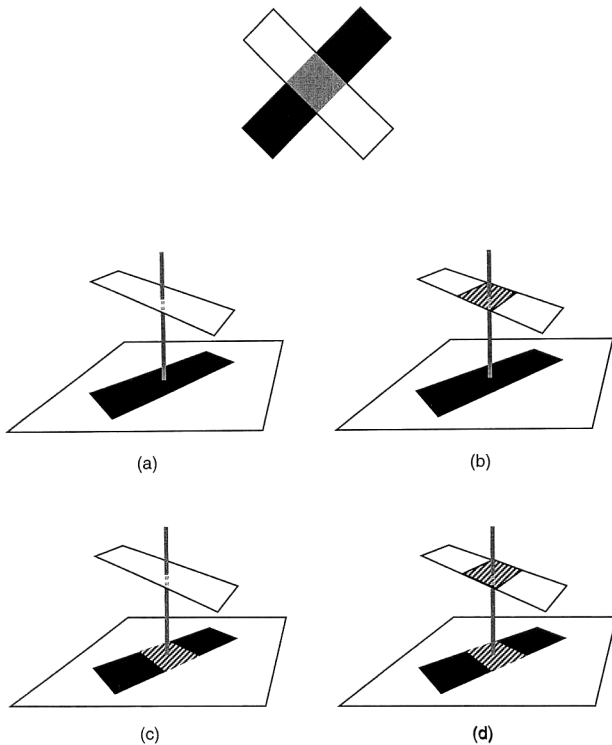


Fig. 1 Two kinds of appearances for transparency. (a) Chromatically-uniform transparency. (b)-(d) Chromatically-non-uniform transparency. Shaded areas are perceived as the area that does not have the same color with the inducing area.

それぞれの文字が分離して知覚された結果と考えられ、色応答も透明視において重要な要因であることを示している。

有彩色図形の透明視においても、通常2つの面が重なって透明に見える場合は、Fig. 1(a)のように重なった2面が均一な色（輝度）と知覚される。しかし、われわれはさまざまな色や輝度の組み合わせではFig. 1(b)~(d)のように必ずしも2つの面はそれぞれ均一の色には知覚されないが、透明な面を知覚し透明視が成立することを見出している¹⁷⁾。この場合、2つの面は重なり領域だけ異なる色（図中の斜線部）で塗られているように見える。このような2種類の異なる知覚に基づく透明視を、それぞれ色均一透明視、色不均一透明視とここでは呼ぶ。いずれも透明面が知覚されるという点で透明視であるといえるが、色均一透明視の場合は重なり領域の色、輝度の変化がすべて2つの面が重なった結果と知覚される意味では、完全な透明視ともいえる。

透明視を扱う先行研究では色の均一性に関する透明視の判断基準については言及されていないが、色均一透明視のみが判断基準として採用されていると推測している¹⁵⁾。著者らも色均一透明視が成立する色度、輝度条件を調べてきた¹⁷⁾。その結果、2つの面が重なっているような図形の場合、

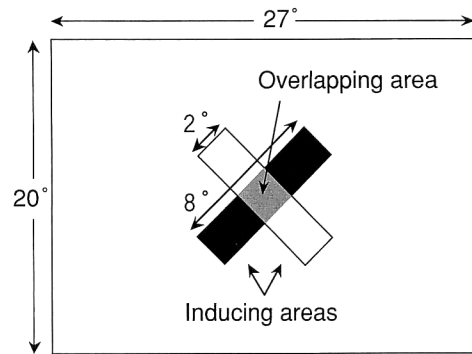


Fig. 2 The cross pattern used in this experiment. It appears that two rectangles are overlapped at the center of the cross pattern.

合、その重なり領域に2つの面の色の加法混色線上の色を呈示すると透明視が成立することが明らかにされた。また、重なり領域の輝度が2つの面の輝度より高いときと、低いときでは透明視図形の見えが変化した。この見えの変化を透明視と判断するかによって輝度条件には個人差が現れ、Metelli, Beckらのモデルで透明視が予測されない条件でも透明視が成立した。

しかし透明視判断基準に、色均一透明視と色不均一透明視の2種類が存在するという事は、色度に対する透明視条件と輝度に対する透明視条件がそれぞれ存在すると考えられる。そこで本研究では、上に述べた2つの判断基準を用いて透明視が成立する色度、輝度条件を測定した。さらに、透明視メカニズムにおいて色応答と輝度応答がどのような関係をもっているのかについて考察した。

2. 実験方法

2.1 刺激

実験刺激にはFig. 2に示されるような2つの長方形が斜めに交差している図形を用いた。実験刺激はCRT上に呈示される。2つの長方形が交差する刺激中央の領域を重なり領域、それ以外の長方形の領域を誘導領域と呼ぶ。2つの長方形はそれぞれ異なる色度で塗られ、重なり領域の色度は実験者が設定し、重なり領域の輝度は被験者が調整できるようになっている。

2つの長方形の色度点は赤 (R) ($x=0.367, y=0.303$) と緑 (G) ($x=0.249, y=0.359$) で、MacLeod and Boyntonの錐体応答色空間¹⁸⁾においてD₆₅白色をはさむ2点とした。誘導領域はすべて10 cd m⁻²である。背景には暗黒 (0.02 cd m⁻²) とD₆₅白色 ($x=0.313, y=0.329, 60$ cd m⁻²) の2条件を用いた。

色不均一透明判断を加えることで透明視が成立する重なり領域の色度が大きく異なるため、重なり領域に設定する

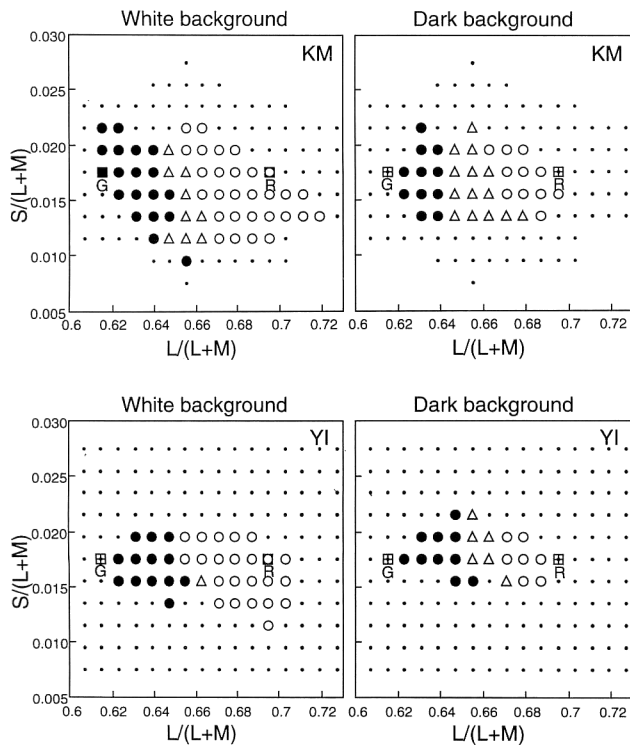


Fig. 3 Chromatic ranges for transparency perception and colors perceived in front for the chromatically-uniform transparency criterion. Left panels represent the results for the D_{65} white (60 cd m^{-2}) background, and right panels for dark background. The symbols denote the color of the rectangle perceived in front: ●, green; △, both; ○, red and ·, no. ■ indicates the chromaticity of the inducing area. The upper panels show results obtained for the subject KM, and the lower panels for the subject YI.

色度範囲を判断基準によって変化させた。色均一透明視を判断するときには、誘導領域の2つの色度点を結ぶ加法混色線上の11色度点とそれらを囲む色度を呈示し、透明視が成立する色度範囲を細かく求めるようにした。色不均一透明視を判断するときには、R、G蛍光体の色度を含むCRTの色再現域を網羅する28の色度を呈示した。

刺激はCRTに定常呈示された。被験者の観察距離は70 cmで、長方形の長さが 8° 、幅が 2° 、背景は横 27° 、縦 20° となる。被験者の暗順応を防ぐため、実験ブース内は D_{65} 蛍光灯で薄暗く照明されていた。CRTへの管面反射等の影響はないように工夫してある。

2.2 判断基準

本実験では以下に示す2種類の透明視判断基準を用いた。1つは各長方形面内の色のつながりを判断に加えた色均一透明判断基準で、もう1つは色のつながりを無視した色不均一透明判断基準である。色均一透明判断基準とは重なり領域に2つの長方形の色を同時に知覚し、透明な面の重なりを知覚するものである (Fig. 1(a))。この場合、2

つの面は重なり領域においてそれぞれ面の連続性と同時に色の連続性も知覚されることが判断基準となる。色不均一透明判断基準とは、重なり領域には2つの面が知覚されるが、この場合、2つの長方形の色はそれぞれ均一に塗られているのではなく、重なり領域のところだけ色が変わっているように知覚されるものである。このような長方形の色の変化には3通りが考えられるが (Fig. 1(b)~(d))、いずれの場合も2つの長方形が重なっていると知覚される。どちらの判断基準を用いた場合も、重なり領域に2つ面が知覚されなければ、透明視不成立となる。

2.3 実験手続き

被験者のタスクは、あらかじめ指定された一方の判断基準に従い、透明視が成立するように重なり領域の輝度を調節することである。実験開始直後に呈示される刺激は、重なり領域の輝度が暗黒または $25\sim 30 \text{ cd m}^{-2}$ となっている。被験者はマウスを使って重なり領域の輝度を上昇または減少させ、透明視が成立する輝度範囲の下限または上限を求める。ただし、どちらの限界を求める場合も輝度を変化させる方向は一定でなくてもよい。重なり領域の輝度をいくら変化させても透明視が成立しなかった場合には、透明視不成立と判断させた。

まず被験者は実験ブース内に入り、CRT上の背景面に呈示される 30 cd m^{-2} の D_{65} 白色に数分間順応した。実験が開始されると実験刺激が画面中央に呈示され、被験者はあらかじめ指定された一方の判断基準に従い、透明視が成立するように重なり領域の輝度を調節した。その後、どちらの長方形が手前に知覚されたのかを応答した。1回の試行後、順応刺激が再び10秒間呈示され、次の試行へと移る。1セッション内で刺激背景は一定で、重なり領域の色度がランダムに変化する。順応の効果を防ぐため、実験刺激の2つの長方形の色は試行ごとに交互に入れ替えた。1実験条件に対し5回の試行を繰り返した。被験者はKM (男, 26), YI (女, 26) の色覚正常者2名である。

3. 実験結果

まず、各条件に対する5回の試行のうち4回以上「透明」と判断された条件を、透明視が成立する重なり領域の色度とした。ここで、「透明」という判断が4回しか得られなかった色度条件では再び実験を繰り返した。透明視成立の輝度値としては必ず5回の調節結果を平均して求めた。ここで再び「不透明」と判断された場合には、透明視成立条件から外したが、そのような応答はほとんど得られなかった。

Figs. 3, 4は色均一透明判断基準による結果である。

Fig. 3は透明視が成立する重なり領域の色度範囲を MacLeod と Boynton の色度図上に示したものである。上段は被験者 KM, 下段は被験者 YI の結果で, 左右のパネルは背景強度の違いを示している。シンボルは透明視が成立した色度点で, 手前に透明に知覚された長方形の色を表し, その他では透明視不成立を表している。また, 誘導領域の色度点も図中に示した。被験者が観察するときの注意のかけ方によって R と G のどちらの面も手前に知覚することができる場合には, 「両方」という応答を取ることにした。

この結果から, 透明視が成立する色度範囲は2つの長方形の色度点の加法混色線上を中心に広がっていることがわかる。この広がりを色弁別閾と比較するため, CRT 全面にここで用いた背景と同じ D_{65} 白色を呈示し, 重なり領域と同じ大きさの領域だけ D_{65} 白色から実験で用いた R, G と水平, 垂直な4方向に色度を変化させ, その変化に対する知覚確率曲線を求め色弁別閾を測定した。 D_{65} 白色から誘導領域の G 方向への広がりが被験者 KM は色弁別閾値の26.4倍, R 方向へ43.0倍であるのに対し, これに直交する $S/(L+M)$ 軸方向では上方向へ色弁別閾値の4.8倍, 下方向へ10.3倍の広がりがあった。被験者 YI では, 誘導領域の G 方向へ色弁別閾値の25.1倍, R 方向へ34.4倍広がっているのに対し, $S/(L+M)$ 軸方向では上方向へ3.2倍, 下方向へ9.1倍であり, 加法混色線上からの広がりは小さいことがわかる。また, 手前に知覚される長方形は, 重なり領域に呈示された色と近い色度をもつ長方形であることが示された。さらに, 白色背景における色度範囲のほうが暗黒背景の場合よりも広がる傾向が示された。

Fig. 4は重なり領域に R, G の加法混色線上の色度が呈示されているときの透明視が成立する輝度範囲である。横軸は重なり領域の色度 ($L/(L+M)$) を表し, 縦軸は輝度を表している。シンボルの ●, ○ は上限, ▲, △ は下限を示し, シンボルの色の違いは背景の違いを表している。輝度範囲は背景強度によって変化したことがわかる。白色背景下では, 誘導領域より低輝度, 暗黒背景下では誘導領域よりも高輝度側に透明視が成立する輝度範囲が広がった。重なり領域に R, G の加法混色線上以外の色度を呈示した場合の透明視が成立する輝度範囲は, Fig. 4に示された輝度範囲内に含まれた。特に暗黒背景では輝度範囲の上限が減少, 白色背景では下限が上昇する傾向がみられたが, 定性的にほぼ同様の結果が得られたのでここでは省略した。

Figs. 5, 6は色不均一透明判断基準における結果である。Fig. 5は透明視が成立する重なり領域の色度範囲を Mac-

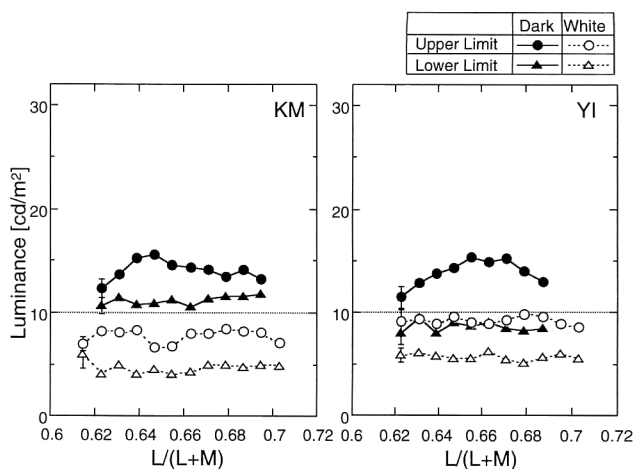


Fig. 4 Luminance ranges of the overlapping area for chromatically-uniform transparency criterion when the chromaticity of the overlapping area was on the additive color mixture line between R and G. Black and open symbols denote results for the dark background and the white background, respectively. Circle and triangle symbols represent the upper and the lower limits of the luminance range. Two panels show results obtained for two subjects, YI and KM.

Leod と Boynton の色度図上に示しており, シンボルやパネルの違いは Fig. 3と同様である。ここで, Fig. 3とは縦横の軸のスケールが異なっていることに注意されたい。図中の直線で囲まれた領域は CRT の色再現域を表している。色不均一透明判断基準による色度範囲は CRT の色再現域の全域に広がることがわかった。また, この判断基準でも手前に知覚される長方形の色は「両方」とであるという応答が得られた。しかし被験者の内感報告によると, ここでの「両方」は Fig. 1(d) の見えを意味する場合に用いられることが多かった。この場合, 誘導領域の色 R と G の両方が重なり領域の色とまったく同じではないように知覚されるため, どちらの面も手前の透明な面に見えやすかった。知覚される2つの色はどちらも誘導領域の色と一致しないが, 重なり領域に透明面とその背景が知覚されるため, 透明視成立と判断した。

Fig. 6は色不均一透明判断基準による輝度範囲を示している。横軸と縦軸は Fig. 4と同様にそれぞれ重なり領域の色度点の $L/(L+M)$, 輝度を示している。丸印は上限, 三角印は下限を表しているが, シンボルの模様の違いは Fig. 5に示す重なり領域に呈示された色度の線分を表している。Line-3の左から3つの色度点, 2つの長方形の色度点の加法混色線上である。

Fig. 6の被験者 YI の結果は, 重なり領域に呈示される色度が異なっても, 色不均一透明視が成立する輝度範囲はほぼ一定に保たれることを示している。被験者 KM は,

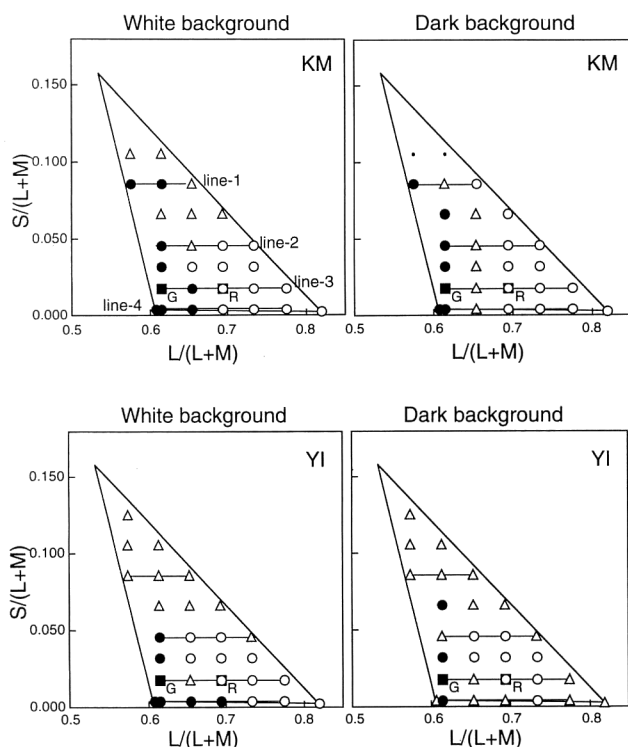


Fig. 5 Chromatic ranges and colors perceived in front for chromatically-non-uniform transparency. The color gamut of the CRT is represented in each panel. Details were the same as Fig. 3.

重なり領域の色度によって輝度範囲の上限，下限とも変動しているが，特に line-2~4 の結果の差は小さく，全体に重なり領域の色の変化の影響は小さかった。また，左右のパネルの結果からわかるように，背景強度の変化に依存して輝度範囲は誘導領域の輝度をはさんで逆転し，Fig. 4 と同様の傾向を示した。

4. 考 察

4.1 色均一透明判断基準における透明視成立条件

Fig. 3 より透明視が成立する重なり領域の色度範囲は2つの長方形の色度の加法混色線上付近に存在することが示された。加法混色された色とは，2つの色光が同一網膜部位を照射するとき知覚される色である。色均一透明視の判断基準が，重なり領域に誘導領域の2色の面を知覚することとしていた。このことから，色均一透明において，加法混色された色が再び2つの色に分離されて知覚している可能性が示された。

しかし，得られた結果の色度範囲は加法混色線から多少広がっている。この広がりは色均一透明視知覚における色弁別閾領域に対応していると考えられる。つまり，この領域内の色は色均一透明視下では加法混色線上の色とほぼ同じ色として知覚されているのだろう。背景の影響として，

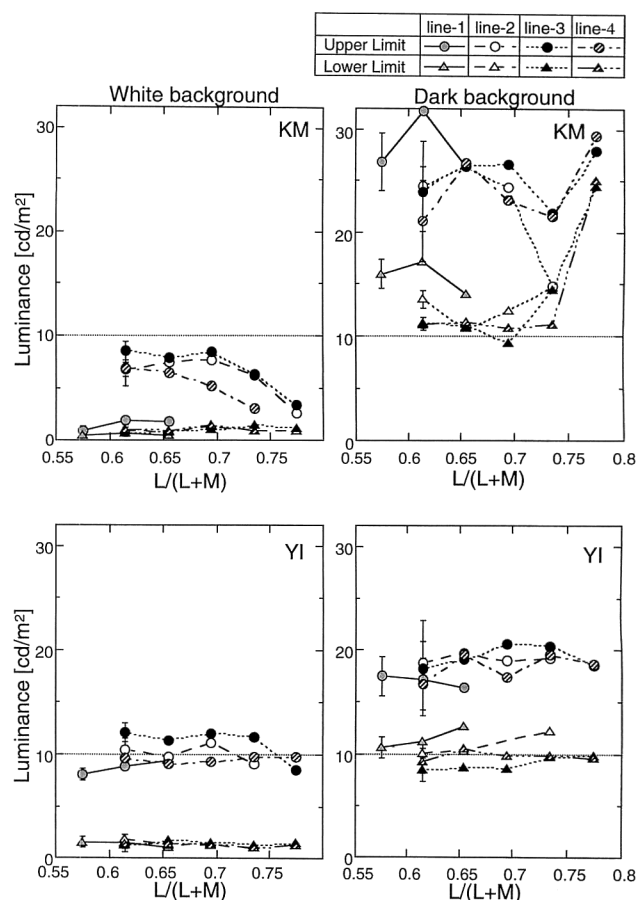


Fig. 6 Luminance ranges of the overlapping area for chromatically-non-uniform transparency criterion. Circle and triangle symbols represent the upper and the lower limits of the luminance range. Each pattern inside the symbols represent each line of the chromaticities of the overlapping area denoted in Fig. 5.

白色背景のほうが色度範囲の広がりが大きかった。これは白色背景の場合，透明視が成立する重なり領域の輝度は低いので，色弁別閾が広がったといえよう。

透明視が成立する輝度条件は背景強度によって変化した。Fig. 4 に示されたように，白色背景下では誘導領域よりも低輝度側，暗黒背景下では誘導領域よりも高輝度側に輝度範囲が広がった。これは，刺激全体の見え方が背景によって異なるためと考えられる。白色背景下では，刺激はライトボックスの上に色のついた透明なシートが重ねられているように知覚される。後ろから光が透明シートを透過してくると考えると，重なり領域には減法混色された色光，つまり誘導領域よりも低い輝度の色光が呈示されると自然な見えになる。このような見えでは2つの面が両方とも透明に知覚されることになる。透明視の判断には特に制約は与えなかったため，2つの面が透明に知覚される場合と手前の面だけが透明に知覚される場合が含まれていた。一方，暗黒背景下では長方形の2つの色光が黒い面上に照

射されている、あるいは黒い面上に交差型の開口があり、後ろから2つの色光が照射されてできた面のように知覚される。この場合、重なり領域で2つの色光が加法混色され、誘導領域よりも高い輝度が呈示されると自然な見えになる。このように、輝度範囲の全体としての上下の移動は刺激の見え方を反映していると考えられる。

また、先行研究における Metelli の透明視モデルから予測される重なり領域の輝度範囲は、暗黒背景で 10 cd m^{-2} より大きく 20 cd m^{-2} 未満、白色背景で 1.67 cd m^{-2} より大きく 10 cd m^{-2} 未満と計算される。被験者 KM の結果はすべてこの予測範囲内に含まれるが、被験者 YI の暗黒背景の結果は一部逸脱している。過去の研究によると、重なり領域の輝度が誘導領域の輝度よりも低いときと高いときでは、透明視としての刺激の見えが変化することが報告されている¹⁷⁾。暗黒背景で重なり領域が誘導領域の輝度よりも高いときには透明面を通して下の面の色を見ているように知覚されるが、重なり領域が誘導領域より低い輝度のときには、透明面を通して下の面と同時に透明面の影も見えているように知覚される。重なり領域の輝度変化に伴って生じるこのような2つの見えを、被験者 YI は透明視の判断基準に含んでいたことになる。よって Metelli の透明視条件にはこの影のような透明視が含まれていないと考えられる。ただし被験者 KM は、Metelli の透明視条件内で透明視が成立していた。

D'Zmura ら¹⁵⁾ は等輝度の色刺激でも透明視が成立すると報告した。被験者 YI は重なり領域と誘導領域が等輝度のときにも透明視が成立しているのに対し、被験者 KM では成立していない (Fig. 4)。D'Zmura の用いた刺激は刺激全体が等輝度であったのに対し、本研究で使用した刺激は背景刺激と誘導領域に輝度差があり、等輝度にはなっていない。このような刺激条件の違いが異なった結果を生んだ原因かもしれない。

4.2 色不均一透明判断基準における透明視成立条件

色不均一透明判断基準における透明視が成立する色度範囲は CRT の色再現域のほぼ全域に広がった (Fig. 5)。ただし、被験者 KM の暗黒背景下では透明視が不成立という領域もあったが、これは本研究で使用した実験装置では被験者 KM が要求した高い輝度を呈示することができなかったためである。これらの結果は透明面の知覚に色応答がほとんど寄与していないことを示している。

Fig. 6 に示された色均一透明判断基準の輝度条件も、Fig. 4 に示された色均一透明判断基準の輝度条件と類似した傾向を示している。背景強度によって透明視が成立する輝度範囲が異なり、白色背景下では誘導領域よりも低輝

度側、暗黒背景下では誘導領域よりも高輝度側に広がった。この原因は色均一透明視と同様であろう。

被験者 YI は重なり領域の色度に関係なく、透明視が成立する輝度範囲はほぼ一定であった。被験者 KM も、全体として重なり領域の色度の変化の影響は小さく、line-2~4 の結果にみられるように、透明視が成立する輝度範囲は大きく変化しなかった。また、色均一透明判断基準の結果と比較すると、色不均一透明判断基準では両被験者とも白色背景下で輝度範囲の下限が低下し、暗黒背景下では上限下限とも高輝度を示した。これは、色均一判断基準で得られた結果の傾向がより強調されたと考えられる。これらのことは、透明面の知覚と色応答がまったく独立ではないことを示している。また被験者の内感によると、重なり領域が少し明るい透明面が知覚されるという報告もあり、輝度次元における不均一な見えが色不均一判断基準に含まれていたことも示している。

4.3 透明視における色・輝度応答

本研究結果より色均一透明判断基準と色不均一透明判断基準の2つの判断基準を用いると、透明視成立の色度、輝度条件が明らかに異なることがわかった。色不均一透明判断基準において、重なり領域の色度に関係なく輝度条件によってのみ透明視が成立した。このことから、透明視における重なり領域の面の分離は基本的に輝度応答によって決定されることがわかった。色均一透明視は重なり領域と誘導領域が等輝度の場合でも成立するが、輝度条件が破綻している場合には成立しない。色応答は透明面の知覚に絶対的な影響を与えないが、色度条件を満たしていれば輝度応答がなくても透明視は成立することになる。しかし、被験者からの報告によると色均一透明視における色度条件が満たされた刺激のほうが強い透明感を得ていた。色度条件が満たされると重なり領域の色は誘導領域の2色に分離し、その結果、色応答が面の連続性を助ける働きをされると考えられる。

さらに本研究結果は、透明視判断基準にかかわらず輝度条件が満たされなければ色条件が満たされていても透明視は成立しないことも示している。これは、2つの色が知覚される過程は、輝度条件が満たされたことが引き金となって起こる過程であることを予想させる。

これらのことから、透明視を決定するメカニズムは輝度応答と色応答の2つの入力を受け取っているが、輝度条件さえ満たされると透明視成立の応答を返す過程であることが推測できる。ただし、等輝度刺激などの輝度応答の入力がない場合には、色応答のみで透明視を判断することができるメカニズムといえる。

Figs. 3, 5 に示されているように重なり領域と近い色度をもつ長方形が手前の透明面として知覚される。これは、重なり領域と誘導領域の色応答の類似性が面の前後関係を明確にすることを示している。面分離は輝度応答によって決まるので、等輝度の誘導領域をもった刺激ではどちらの誘導領域が手前の透明面として知覚されるかは決まらないことになる。そのため、色不均一透明視判断基準では手前に知覚される長方形が明確ではなく「両方」という応答が多かったといえる。

5. おわりに

色均一透明判断基準と色不均一透明判断基準という2つの判断基準によって透明視が成立するための色度、輝度条件を求めた。その結果、色不均一透明視には色応答の寄与はほとんどなく、輝度応答のみによって決定されることがわかった。これは、輝度応答が基本的な面知覚を担っていることを示している。また、色均一透明視を満足する重なり領域の色度条件は加法混色線付近の色度であった。これは、色分離機構は加法混色された色を2つのものと色に分けるようなメカニズムであることを示している。今後、この色分離メカニズムを解明していく必要があると考えている。

文 献

- 1) F. Metelli: "The perception of transparency," *Sci. Am.*, **230** (1974) 90-98.
- 2) F. Metelli: "Stimulation and perception of transparency," *Psychol. Res.*, **47** (1985) 185-202.
- 3) F. Metelli, O. Da Pos and A. Cavedon: "Balanced and unbalanced, complete and partial transparency," *Percept. Psychophys.*, **38** (1985) 354-366.

- 4) J. Beck: "Additive and subtractive color mixture in color transparency," *Percept. Psychophys.*, **23** (1978) 265-267.
- 5) J. Beck: "Perception of transparency in man and machine," *Comput. Vision Graphics Image Process.*, **31** (1985) 127-138.
- 6) J. Beck and R. Ivry: "On the role of figural organization in perceptual transparency," *Percept. Psychophys.*, **44** (1988) 585-594.
- 7) J. Beck, K. Prazny and R. Ivry: "The perception of transparency with achromatic colors," *Percept. Psychophys.*, **35** (1984) 407-422.
- 8) S. C. Masin: "An experimental comparison of three- versus four-surface phenomenal transparency," *Percept. Psychophys.*, **35** (1984) 325-332.
- 9) S. C. Masin: "The valuation of the apparent density of a filter on a bicolored background," *Percept. Psychophys.*, **37** (1985) 103-108.
- 10) S. C. Masin: "A weighted-average model of achromatic transparency," *Percept. Psychophys.*, **49** (1991) 563-571.
- 11) S. C. Masin: "Transparent surfaces and illuminated holes," *Perception* **24** (1995) 761-770.
- 12) S. C. Masin: "The luminance condition of transparency," *Perception*, **26** (1997) 39-50.
- 13) M. Fukuda and S. C. Masin: "Test of balanced transparency," *Perception*, **23** (1994) 37-43.
- 14) W. Gerbino: "Transparent layer constancy," *J. Exp. Psychol.: Hum. Percept. Perform.*, **16** (1990) 3-20.
- 15) M. D'Zmura, P. Colantoni, K. Knoblauch and B. Laget: "Color transparency," *Perception*, **26** (1997) 471-492.
- 16) C. M. M. de Weert: "Superimposition of color information," *Color Res. Appl.*, **11** (1986) 21-26.
- 17) Y. Tsukada and K. Uchikawa: "Luminance and chromaticity conditions of a bichromatic cross pattern for chromatically-uniform transparency," *Opt. Rev.* (submitted).
- 18) D. I. A. MacLeod and R. M. Boynton: "Chromaticity diagram showing cone excitation by stimuli of equal luminance," *J. Opt. Soc. Am.*, **69** (1979) 1183-1186.