研究速報

視覚における充填に及ぼすランダムドット背景の効果

横井 健司*・内川 恵二**・氏家 弘裕***・中野 靖久**

*, ** 東京工業大学大学院総合理工学研究科 〒226 横浜市緑区長津田町 4259
*** ヨーク大学心理学科 4700 Keele Street, North York, Ontario M3J 1P3, Canada

(1994年4月14日受付, 1994年10月12日受理)

Effects of Random Dot Backgrounds on Perceptual Filling-in

Kenji YOKOI,* Keiji UCHIKAWA,** Hiroyasu UJIKE*** and Yasuhisa NAKANO**

*, ** Tokyo Institute of Technology Graduate School, 4259, Nagatsuta, Midori-ku, Yokohama 227
*** Department of Psychology, York University, 4700 Keele Street, North York, Ontario M3J 1P3, Canada

(Received April 14, 1994; Accepted October 12, 1994)

A small low-contrast target, presented on a uniform background with strict fixation, tends to fade out and be filled in by the background. It has been known that, for this phenomenon, the luminance difference between the target and the background prevents fading. However, it was also reported that dynamic noise backgrounds facilitated target fading. To investigate the effects of backgrounds on target fading, we measured time required for a target to fade out as a function of the luminance difference using various random dot backgrounds and a uniform background as a control. We found that fading occurred independently of the luminance difference and more easily with dynamic backgrounds than with static or coherent motion backgrounds. These results suggest that random dot backgrounds inhibit the luminance edge not by local (pixel level) adaptation but by global adaptation.

1. はじめに

視覚的な充填 (filling-in) に関して Troxler は，コントラストの低い小さなターゲットは，十分な固視のもとでは消えてしまい，背景によって充填されてしまうことを報告している[1]．しかし，眼球の動きやまばたき，刺激の急激な運動などによって，再びターゲットが知覚される[2]ことから，動いたり点滅しているターゲットや背景では，充填は生じないと考えられていた．ところが，最近 Spillmann らや Ramachandran らは，動的ランダムドット背景上に呈示されたターゲットが容易に充填され，消滅してしまうことを報告している[3,4]．動的ランダムドット背景では，ターゲットの境界部分の輝度差は常に変化しているために充填が生じにくくなるはずだが，逆に充填が容易に生じるという点で，このような現象は充填メカニズムを探る上で大変興味深い．

この動的ランダムドット背景による充填については，充填が生じるまでの時間を用いて，Spillmann らは動的ランダムドットの時間周波数と充填の生じやすさとの関係や静的ランダムドット背景，コヒーレント運動背景との比較を行い，Ramachandran らはターゲットの大きさの呈示部位との関係などを調べている．ここで Spillmann らの実験ではターゲット (20 cd/m^2) と背景 (86 cd/m^2) の間に輝度差があり，Ramachandran らの実験では等輝度 (60 cd/m^2) であることから，ターゲットと背景の輝度差によらず充填が生じるということは明らかだが，輝度差の大小に全く関係なく容易に充填が生じるのか，あるいは輝度差が大きくなればやはり充填が生じ

* 現在：東京工業大学大学院情報理工学研究科 〒152 東京都目黒区大岡山 2-12-1
Present address: Tokyo Institute of Technology Graduate School, 2-12-1, O-okayama, Meguro-ku, Tokyo 152

にくくなるのか，といった，輝度差に依存して充塡効果がどう変化するのかという特性の詳細は不明である．この輝度差に対する特性を定量的に調べることは，動的ランダムドット背景による充塡のメカニズムを探る上で極めて重要であると思われる．

そこで本研究は，ターゲットと背景の輝度差を変数として，一様背景，動的ランダムドット背景，静的ランダムドット背景，コヒーレント運動背景による充塡を，充塡が生じるまでの時間により定量的に比較し，輝度差に対する特性を調べ，充塡に及ぼすランダムドット背景の効果要因を明らかにすることを目的とした．

2. 実　　験

2.1 刺　　激

Fig. 1 に，本実験で用いた充塡刺激を示す．刺激はCRT上に作られ，ターゲット（直径視角 0.5 deg）は固視点から視角 4.4 deg の視野の4か所のうちいずれか1か所に呈示された．呈示される位置は毎試行ランダムに選択されるが，連続する試行において同じ位置が選択されることはない．背景（10.5 deg×14.1 deg）は，一様背景，動的ランダムドット背景，静的ランダムドット背景，コヒーレント運動背景の4種類を用いた．一様背景以外の刺激は，輝度の異なる2種類のドット（0.11 deg×0.11 deg，コントラスト 40%）からなるランダムドットのフレームにより作られた．動的ランダムドット背景は，10 Hz の時間周波数ごとに新たなランダムドットのフレームを呈示することにより生成され，コヒーレント運動背景は 10 Hz で上下方向にランダムドットフレームをドット（0.11 deg）単位でスクロールさせることにより生成された．したがって，この二つの背景では局所的（ドットレベル）には，同じ時間周波数で変化している．なお，この 10 Hz の時間周波数は充塡が起こりやすい条件として採用した[3]．また，コヒーレント運動背景では，被験者の眼球が背景につられて動き，固視がくずれるのを防ぐために，固視点の周囲に直径 1 deg の一様円盤を呈示し，背景を左右に分割しそれぞれ上下逆方向にスクロールさせた．

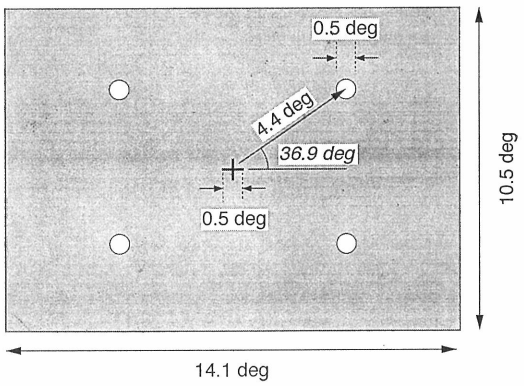

Fig. 1 Stimulus configuration. A target, a uniform gray-disk of 0.5 deg, was presented randomly in one of the four locations on either a dynamic, static, coherent motion or uniform green-background.

全実験を通して，背景色は緑（$x=0.27$, $y=0.61$），ターゲット色は白（$x=0.29$, $y=0.28$）である．背景とターゲットの色を変えることにより，充塡が生じたという被験者の応答を，容易かつ確実にしている．背景輝度（ランダムドットでは平均輝度）は 16.0 cd/m^2，ターゲットは 3.2, 6.4, 9.6, 12.8, 16.0, 19.2, 22.4, 25.6, 28.8, 32.0 cd/m^2 の10条件である．

2.2 装　　置

刺激の呈示，反応時間の測定などは，コンピュータ（Apple；Macintosh Ⅱ）および CRT（Apple；13" Color Monitor）により行われた．被験者は，右眼に眼帯をし左眼単眼で，1.0 m 離れた CRT 上の刺激を固視した．ただし歯型・顎あてなどは使用していない．被験者の応答はマウスによってコンピュータに取り込まれた．

2.3 被 験 者

色覚正常，視力正常または矯正済みの男性2名 KY（22歳），HU（31歳）を採用した．共に著者であり，被験者 HU は心理物理学実験に熟練している．

2.4 手 続 き

セッションの最初に背景輝度と同じ 16.0 cd/m^2 の一様白色背景で3分間の順応が行われ，その後各試行に移る．被験者は常時呈示されている固視点を固視し，準備が整った時点でマウスボタンを押す．これにより CRT 上に刺激が呈示される．被験者は固視を続け，ターゲットが背景の色とテクスチャにより充塡され，知覚されなくなると同時に再びマウスボタンを押す．したがって，刺激が呈示されてからマウスが押されるまでの時間が，充塡が起こるまでの時間となる．刺激呈示中に眼球が動いたり，まばたきや視野闘争が生じた場合，視覚系の順応状態が変化してしまうので[2]，その試行は被験者によりキャンセルされる．また，刺激呈示から 40 秒経過しても充塡が生じない場合，自動的にその試行は終了し，「40 秒以内には充塡が生じなかった」として，記録される．各試行終了ごとに 20 秒間一様白色背景への順応が行われる．

各背景について，10種類のターゲット輝度条件が用い

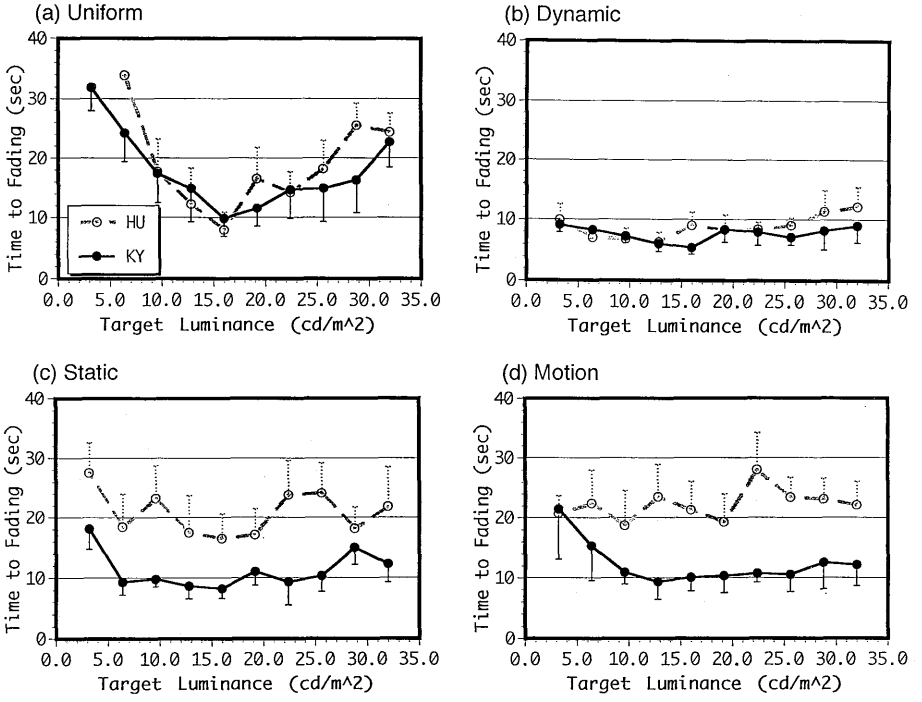

Fig. 2 Time to fading of the target, presented on (a) uniform, (b) dynamic, (c) static or (d) coherent motion background, plotted as a function of the target luminance. The mean luminance of backgrounds is 16.0 cd/m². The vertical bars placed at each point represent a half value of standard deviation. Open circle : observer HU, closed circle : observer KY.

られ，各ターゲット輝度について，6試行が行われる．したがって，各背景について計 60 試行が行われ，これを1セッションとした．セッション内でのターゲット輝度の呈示順序はランダムである．

3. 結果と考察

Fig. 2(a)～(d)に各背景における充塡生起時間を被験者別に示す．グラフの横軸はターゲットの輝度，縦軸は充塡生起時間の平均値を示している．ただし，40 秒以内に充塡が生じなかった試行のデータは含まれていない．

Fig. 2(a)の一様背景では，ターゲットと背景が等輝度の点を最小として，輝度差が大きくなるほど充塡が生じるまでの時間は増加している．これに対し，Fig. 2(b)の動的ランダムドット背景では，ターゲットと背景の輝度差が大きな部分では，輝度差が小さな部分に比べ若干充塡生起時間は増加しているものの，全体的には横軸に水平になっている．また，一様背景では等輝度の点で各被験者とも約 10 秒で充塡が生じているが，動的ランダムドット背景では輝度差があっても 5～10 秒でほとんど充塡が生じており，動的ランダムドットによる充塡が一様背景よりも短時間で生じるということを定量的に示している．

Fig. 2(c)，(d)の静的ランダムドット背景，コヒーレント運動背景においても，被験者 KY では充塡生起時間は動的ランダムドット背景よりも全体的に5秒ほど増加しているが，その形状はほぼ水平である．被験者 HU についても，充塡生起時間は動的ランダムドット背景よりも全体的に約 10 秒増加しているが，グラフの形状はほぼ水平に近い．静的ランダムドット背景とコヒーレント運動背景については，被験者間では傾向が異なるものの，被験者内での傾向はよく一致している．

以上の結果をまとめると，一様背景ではターゲットと背景の輝度差により充塡が生じにくくなるのに対し，静的ランダムドット背景，コヒーレント運動背景では，ほぼ同じ時間で充塡が生じ，また輝度差の影響も少なかった．輝度差の影響が少なくなるという傾向は，動的ランダムドット背景において最も顕著に現れた．

ここで第一に重要なことは，背景としてランダムドットパターンを用いた場合，その時空間的変化にかかわら

ず，ターゲットと背景の輝度差の影響が少なくなっているということである．このことから，ランダムドットという空間的パターンが，充塡へのターゲットと背景の輝度差の影響を抑制しているということが考えられる．また，充塡生起時間のグラフの形状がターゲットと背景の等輝度の点を中心として，かなり緩やかではあるがV字型をしていることから，ランダムドットによる抑制は輝度差と完全に独立ではなく，やはり輝度差に依存するようなメカニズムであるということが考えられる．

ここで，被験者 KY の静的ランダムドット背景，コヒーレント運動背景では，ターゲット輝度の低い部分で，ターゲットと背景の輝度差の増加に伴い充塡生起時間も増加している．これは，ターゲットと背景の輝度差ではなく，両者の間の輝度コントラストが充塡に影響していると考えると説明できるかもしれない．充塡においてはターゲット境界のコントラストのもつ影響が大きい[5,6]．絶対的な輝度差は同じでも，ターゲット輝度の低い方はコントラストがかなり高くなってしまうために，充塡が生じにくくなったと思われる．しかし，被験者 HU ではこのような傾向は出ておらず，コントラストによる解釈だけでは十分には説明できない．

第二に，静的ランダムドット背景とコヒーレント運動背景では充塡生起時間特性に差が見られなかったのに対し，コヒーレント運動背景と動的ランダムドット背景では時間特性に差が見られたということが重要である．ここで，各背景とターゲットの境界部分の局所（画素レベル）的な時空間変化について考えてみよう．静的ランダムドット背景とコヒーレント運動背景では，局所的な時空間変化は全く異なっている．それにもかかわらず時間特性に差が見られなかった．一方，コヒーレント運動背景と動的ランダムドット背景では，局所的な時空間変化は同じであるのに，特性に差が見られた．以上のことから，局所的な時空間変化はランダムドット背景による充塡に対しては影響を与えていないか，あるいはかなり弱いということが示唆される．コヒーレント運動背景と動的ランダムドット背景の大きな違いは，全体的な時空間変化である．したがって，ランダムドットパターンによる充塡に対しては，全体的な時空間変化が関与していることになる．ただ本実験では，静的ランダムドット背景とコヒーレント運動背景においても全体的な時空間変化は異なっているが，特性に差が見られなかった．これに対し Spillmann らの実験では，静的ランダムドット背景とコヒーレント運動背景において特性に差が見られ，静的ランダムドット背景の方が充塡に時間がかかると報告されている[3]．これには，われわれの実験で用いたターゲットが Spillmann らのものに比べると小さかったために充塡が生じやすく，全体的な時空間変化による差が現れにくかった可能性があろう．

4. おわりに

本研究では，ランダムドットを用いた背景による充塡について，ターゲットと背景の輝度差を変数として，充塡が生じるまでの時間を調べた．その結果，動的ランダムドット背景では，その他の背景に比べて，輝度差によらず最も充塡が生じやすいという定量的な結果が得られた．これは，充塡メカニズムに対して，背景の全体的な時空間特性が影響を及ぼしているということを示唆している．

文　献

1) D. Troxler: "Uber Das Verschwinden gegenbener Gegenstande innerhalb Unseres Gesichtskreises," *Opthalm Bibiothek*, ed. Himlyk and Schmidt (Springer-Verlag, Jena, 1804) pp. 431-573.
2) E. Aulhorn and H. Harms: "Local adaptation," *Visual Psychophysics, Handbook of Sensory Physiology* (Vol. Ⅶ/4), ed. D. Jameson and L.M. Hurvich (Springer-Verlag, Berlin, 1972) pp. 128-129.
3) L. Spillmann and A. Kurtenbach: "Dynamic noise backgrounds facilitate target fading," Vision Res., **32** (1992) 1941-1946.
4) V.S. Ramachandran, R.L. Gregory and W. Aiken: "Perceptual fading of visual texture borders," Vision Res., **33** (1993) 717-721.
5) S. Grossberg and E. Mingolla: "Neural dynamics of perceptual grouping: Textures, boundaries and emergent segmentations," Percept. Psychophys., **38** (2) (1985) 141-171.
6) M. A. Paradiso and K. Nakayama: "Brightness perception and filling-in," Vision Res., **31** (1991) 1221-1236.