

Gabor-Patch による CSF の測定

視覚正常者と低視力者の感度特性

川嶋英嗣*・小田浩一**・高橋尚子***・谷村 裕***

* 筑波大学大学院 心身障害学研究科

〒305 茨城県つくば市天王台 1-1-1

** 東京女子大学 現代文化学部

〒181 東京都三鷹市牟礼 4-3-1

*** 筑波大学 心身障害学系

〒305 茨城県つくば市天王台 1-1-1

1. はじめに

コントラスト感度 (CSF) の測定は、従来図 1 左のようなサイン波に方形の窓かけをした Square-Aperture を刺激として用いてきた。これに対して、最近の視覚研究ではガウシアン窓かけをおこなって図 1 右のような、いわば Gaussian-Aperture の刺激が使われることが多くなっている。この刺激は、窓の大きさを決めるガウシアン SD を刺激に用いられるサイン波の波長の定数倍とすることで、刺激全体の大きさが波長に依存して変化する一方で、窓内のサイン波のサイクル数を一定にし、空間周波数領域でのバンド幅を固定できるという利点がある。また、この Gabor-Patch と呼ばれる刺激は、一次視覚野の受容野の空間感度プロファイル近似 (DeValois & DeValois, 1988)¹⁾ しており、このような空間的に局在した空間周波数分析をするフィルタを使って処理をしている人間の視覚情報の初期過程を調べるのに適した刺激と考えられている。

このような Gabor-Patch を刺激として用いたときの CSF が、従来の Square-Aperture による CSF の結果とどのように異なるのかを比較した先行研究があり (Peli, et al, 1993)²⁾、感度の全体的な低下のみならずプロファイルの変化があ

ることが報告されているが、ここではこれを追試するとともに、さらに低視力者についても同様の比較を行い、視覚正常者と異なる知見が得られるか検討を行った。

2. 実験

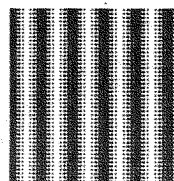
2.1 被験者

年齢 22 歳から 29 歳までの屈折矯正をした 4 名の視覚正常者と、5 名の低視力者。低視力の被験者のプロフィールについては、表 1 に示した。

2.2 刺激

Square-Aperture の刺激として視角 8 度の正方形の窓を、Gabor-Patch の刺激として 1 オクター

Square-Aperture



Gabor-Patch

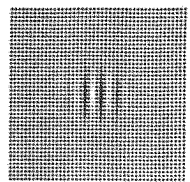
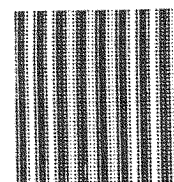
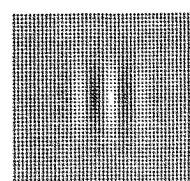


図 1 使用した刺激

表1 低視力者のプロフィール

被験者	年齢	視力 (右, 左, 両眼)	眼疾患名	視野
A	30	0.25, 0.25, 0.25	網膜色素変性症	求心性視野狭窄
B	21	0.05, 0.12, 0.16	網膜色素変性症	求心性視野狭窄
C	22	0.15, 光覚	未熟児網膜症	
D	21	0.03, 光覚	先天性白内障 (左眼無水晶体)	
E	21	0.25, 0.2, 0.25	原因不明	

ブのバンド幅になるものを用いた。両刺激とも、中心周波数は、0.76, 1.15, 3.18, 5.1, 6.4, 12.7 cycles/degree の6種類、提示時間は200 msであった。平均輝度は約 200 cd/m²、コントラストは、0.007 ~ 0.96 の間で、上下法の変化のステップは2倍であった。

刺激はコンピュータ (PC-9801RX) により制御し、フレームバッファ (デジタルアーツ社製, Hyperframe+) を介してラスタ・スキャン型ディスプレイ (PC-KD854) に提示した。

2.3 手続き

被験者はディスプレイから 114 cm のところで顎台で顔面を固定して刺激を観察した。刺激のオリエンテーションとして縦と横の2種類がランダムに提示され、被験者はマウスを使って刺激の方位を強制選択で答えた。

測定は各空間周波数ごとに上下法でおこない、2回連続正答するとコントラストを一段下げ、一度でも誤反応するとコントラストを一段

上げた。コントラストが20回変化したところで測定を終了して最初の5回をのぞいた残りの15回のコントラストを幾何平均してコントラスト閾を求め、その逆数をコントラスト感度とした。

3. 結果と考察

視覚正常者の被験者4名の測定結果が図2である。4名の測定結果は2つの群に分かれ、感度の高い群は Square-Aperture、低い群が Gabor-Patch であった。さらに Square-Aperture では従来からいわれているような3~5 c/d 付近にピークのあるバンドパス型のCSFとなり、一方 Gabor-Patch では3~5 c/d 付近にはピークのないローパス型のCSFとなった。これらの結果は先行研究 (Peli, et al, 1993) ²⁾ と一致していた。

図3は低視力者5名の測定結果であり、被験者別にプロットした。低視力者のCSFは一人一人異なる³⁾ ため、この結果から低視力者全体に

一般化することはできないが、今回測定をおこなった5名に限っては、どの被験者の測定結果も視覚正常者のように Gabor-Patch の方が感度が低く、Square-Aperture もピークのないローパス型のCSFとなった。

さて、たとえば視覚正常者の結果でみられたように Square-Aperture では3~5 c/d 付近にピークのあるバ

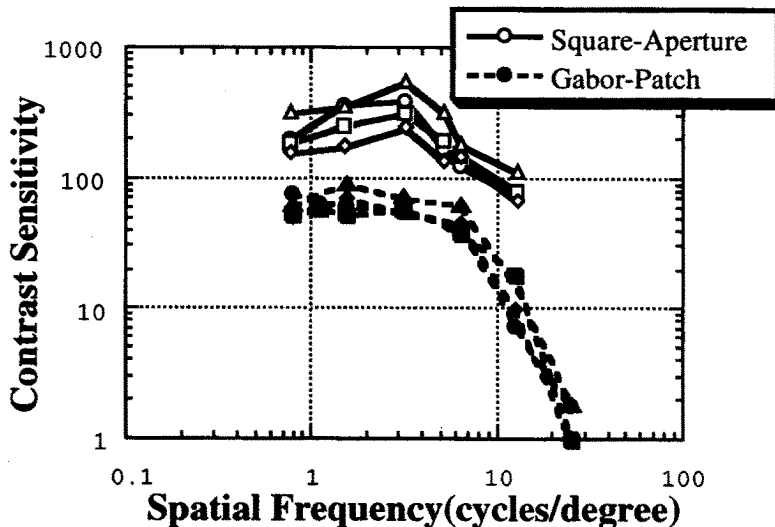


図2 視覚正常者のCSF

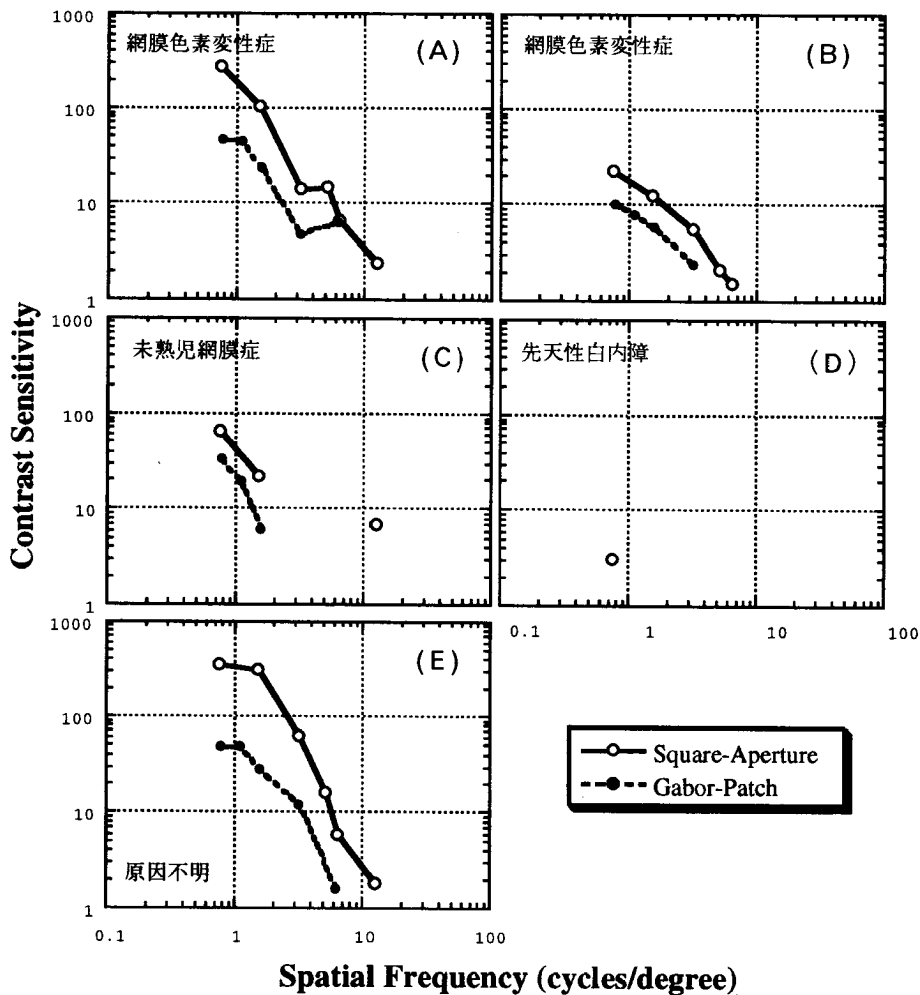


図3 低視力者のCSF

ンドパス型のCSFとなり、Square-Apertureの感度がGabor-Patchの感度よりも高く出たのはなぜであろうか？ここでは空間加算によるものではないかという仮説をたててみた。空間加算がある場合、Square-Aperture条件では高周波になるほど窓に表示されるサイクル数が多くなるために感度が良くなる。この空間加算の右上がりの直線とGabor-Patchの結果を掛け合わせたのがSquare-Apertureになると考えると、中間周波数帯域にピークが出る曲線になる(図4)。

この予測を確かめるために、2つの刺激の感度の比をとってみた。図5は視覚正常者について感度の比をとったグラフである。被験者間で多少バラツキが存在するが、低周波数から高周波数にかけてどの被験者も右上がりの傾向が見

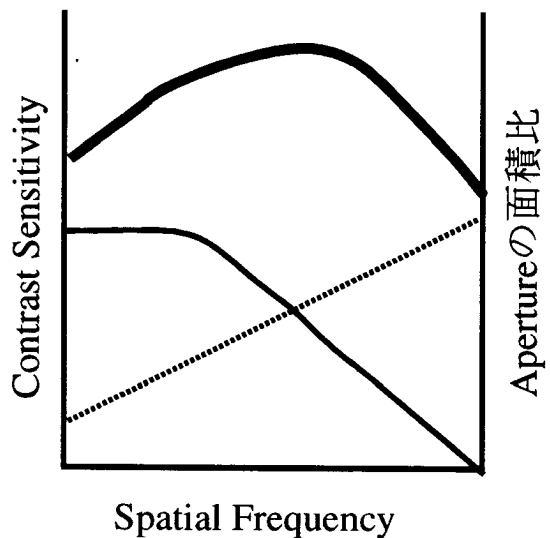


図4 Square-ApertureのCSFのモデル

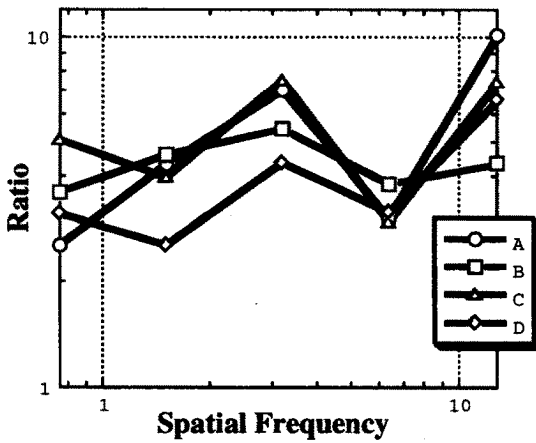


図5 視覚正常者の感度の比

られた。これは、高周波数になるほど空間加算的に有利になる予測と一致する。すなわち、空間加算仮説が視覚正常者では成り立つことを定性的に示している。

一方で、低視力者については空間加算の効果はどのように Square-Aperture の感度に影響しているのだろうか？ 視覚正常者の場合と同様に、Square-Aperture と Gabor-Patch の感度の比をとって見たのが図6である。この図で注目したいのは被験者AとEのグラフである。この2つのグラフは視覚正常者の場合とは異なり、右下がりの傾向を示している。低視力者全てが右下がりの傾向を示すとは言えないが、この結果は低視力者の中には空間加算の仕方が視覚正常者とは違う者がいることを示していると考えられる。この結果が、単純な視野障害で説明がつかないことは容易にわかる。視野障害が空間周波数に依存せずに一定ならば、同じ視野内に提示されたサイクル数はやはり高周波数ほど多いので、空間加算の効果が視覚正常者と同じ傾向になるはずである。そうならなかったのは、つまり、低視力者の空間加算の仕方が視覚正常者と異なるということを意味している。その仕方を測定することで、低視力者の視機能の低下の新たな局面を調べることができるのではないかと考えられる。

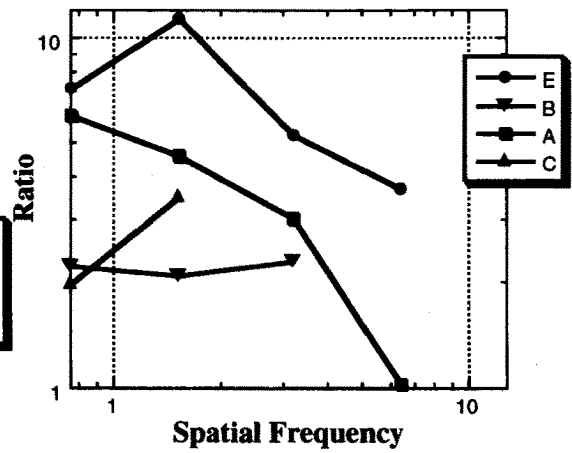


図6 低視力者の感度の比

文献

- 1) R. L. De Valois and K. K. De Valois: Spatial vision. Oxford Psychology Series 14. 1988.
- 2) E. Peli, L. E. Arend, G. M. Young and R. B. Goldstein: Contrast sensitivity to patch stimuli: Effect of spatial bandwidth and temporal presentation. *Spatial Vision*, 7, 1-14, 1993.
- 3) 小田浩一, 橋本千賀子, 池谷尚剛, 谷村 裕: 低視力者のコントラスト感度 (CSF) の測定. 第17回感覚代行シンポジウム発表論文集, 71-74, 1991.