

# 視覚探索における偏心度効果とその特性

白間 綾

お茶の水女子大学大学院人間文化研究科, 日本学術振興会 shirama@jcom.home.ne.jp

石口 彰

お茶の水女子大学文教育学部人間社会科学科

In visual search, It is termed an eccentricity effect that detection of both feature and conjunction targets becomes less efficient with increasing eccentricity. Because the eccentricity effect were neutralized by compensating for the loss of visual acuity in peripheral vision (M-scaling), Carrasco & Frieder (1997) assumed that visual factors like spatial resolution are the major determinant of the eccentricity effect. In contrast, Wolfe, O'Neill, & Bennet (1998) pointed out that the eccentricity effect represents a foveal bias in the allocation of attention. Lately, new aspects of the effect emerged by the method which presents the maximum size stimulus in M-scaling across all eccentric positions (D-scaling). In easy search, observers could discriminate a target efficiently under the M and D-scaled conditions. In hard search, M-scaling yielded an inaccurate performance regardless of eccentricity. However, the eccentricity effect appeared again in D-scaling. How should we explain these phenomena by using conventional models of visual attention?

Keywords: eccentricity effect, visual search, spatial resolution gradient, visual sampling

## 問題・目的

ターゲットが提示される偏心度の増加に伴い、視覚探索効率が低下する現象は、偏心度効果とよばれる。偏心度効果は直線から斜線を探す特徴探索や、これに色の弁別を追加した結合探索でみられる。偏心度効果研究では、眼球運動の影響を抑制するため、刺激を短時間提示(200ms未満)する手法をとる。このような瞬間視はサッカード間の注視に近似している。そのため偏心度効果研究は、一回の注視中にどのような情報がサンプリングされるかを明らかにする試みといえる。

これまで偏心度効果は視野の空間解像度勾配(空間解像度が高偏心度ほど低下する視野構造)を考慮した刺激サイズの調整(M-scaling, Rovamo&Virsu, 1979)によって緩和できるため(Carrasco&Frieder, 1979)、高偏心度の空間解像度の低下が決定因と捉えられてきた(空間解像度劣化説)。これに対しWolfe, O'Neill, & Bennett (1998)は、偏心度効果の注意バイアス説を主張した。注意バイアス説はセットサイズが1の場合や、刺激が同偏心度に提示されると偏心度効果が現れないことを論拠とする。

白間・石口(心理学研究, 印刷中)は、これらの仮説の妥当性を①空間解像度の適切性, ②ターゲットの弁別性, の観点から再検討した。以降ではこの研究で新たに明らかになった偏心度効果の特性を紹介し、従来の注意モデルとの対応を検討する。

## 基本的な方法

課題は瞬間提示(180ms)された四角形の刺激群から欠損部分のある四角形をターゲットとして探索するものだった(実験2の課題ではターゲットとデストラクターを逆転した)。観察者はターゲットの有無をイエス・ノーで判断し、判断までの反応時間と反応カテゴリーを記録した。セットサイズは2, 8, 14の3通りで、観察者が図形の一部に注目するのを防ぐため、ランダムに選択した刺激を180°回転し提示した。刺激は6×6の仮想格子の交点に配置し、格子の中央部を固視点

とした。刺激提示位置は、固視点からの偏心度で3.4°, 7.6°, 10.2°, 12.2°, 14.0°, 17.0°の6水準だった。ターゲットは各偏心度に等確率で出現し、デストラクターはそれ以外の場所にランダムに配置した。そして視野の空間解像度勾配が視覚探索に及ぼす影響を調べるため、以下の3つの刺激サイズ調整条件を用いた。

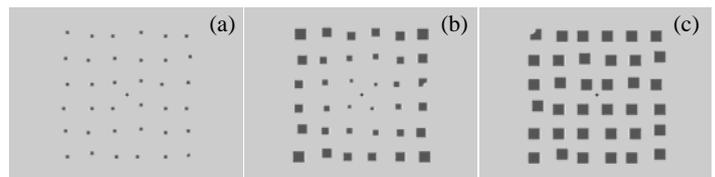


Figure 1. Examples of target-present displays under the unscaled (a), M-scaled (b), D-scaled (c), and B-scaled conditions.

非調整では、偏心度横断的に一辺が0.56°の刺激を提示した。次にM調整では、Rovamo&Virsu(1979)の計算式に基づき、刺激図形の一辺を0.56°~1.91°に調整した。そしてD調整では、M調整における最大の刺激サイズ(1.91°)を偏心度横断的に提示することで、視野の空間的不均一性を維持したまま、各刺激に対する空間解像度を向上させた。これら3種の刺激サイズ調整条件の比較を通じ、空間解像度の適切性の問題を分離し偏心度効果を検討することを試みた。刺激はPowerMacG4(使用ソフト/Matlab, Psychtoolbox)により制御し、21インチの高解像度CRTモニタに提示した。

## 実験1 効率的探索にみられる偏心度効果

実験1ではまず比較的ターゲット弁別性の高い課題について、3種の刺激サイズ調整条件の効果を比較する。各刺激サイズ調整条件における、ターゲット偏心度とセットサイズの効果をFigure2に示す(上段: 誤反応率(%), 下段: RT(ms))。図から明らかのように、非調整では偏心度の増加に伴いセットサイズ効果が大きくなり、探索効率が低下する現象がみられた。しかしこのような偏心度効果は、M, D調整ではみられなかった。つまり空間解像度の適切性が考慮されれば、視野が空間的に不均一であっても偏心度効果は生じない。

このことは非調整時の偏心度効果が、空間解像度の不適切性により引き起こされたことを示唆している。

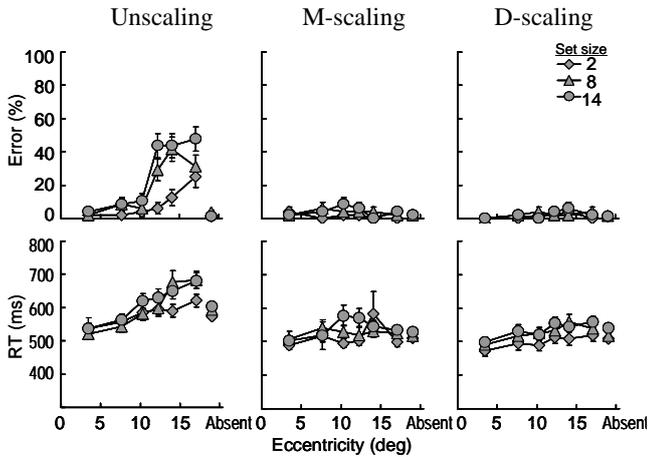


Figure 2. Observers mean percentage of errors and reaction times (ms) as a function of both target eccentricity and set size under the unscaled, M-scaled, and D-scaled conditions (Experiment 1). Error bars represent  $\pm 1$  SE.

### 実験2 非効率的探索にみられる偏心度効果

続いてターゲット弁別性が比較的低い課題について、3種の刺激サイズ調整の効果を比較する。実験2では、探索の非対称性を利用してターゲット弁別性の低い課題を設定した。実験2の結果をFigure3に示す。

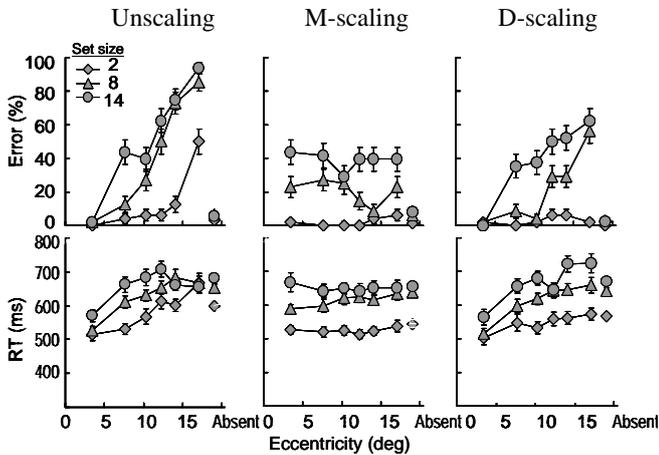


Figure 3. Observers mean percentage of errors and reaction times (ms) as a function of both target eccentricity and set size under the unscaled, M-scaled, and D-scaled conditions (Experiment 2). Error bars represent  $\pm 1$  SE.

実験1とは異なり、実験2ではM、D調整でも顕著なセットサイズ効果が生じた。しかしM調整では、偏心度横断的に一定のセットサイズ効果がみられたのに対し、D調整では高偏心度ほどセットサイズ効果が強まった。この結果から、ターゲット弁別性が低い課題では、空間解像度の適切性を考慮しても、視野中心部への注意バイアスが生じることが明らかになった。

## 2つの視覚サンプリング方略

実験1, 2の結果から、視覚科学の分野で提唱されてきた2つの視覚サンプリング方略の存在が伺える。第一に広域・同時サンプリングがあげられる。視覚系は、広域視野上にちらばった複数の刺激を同時に処理することが可能であり (e.g., Treisman&Gelade, 1980), 視野の空間解像度勾配は必ずしもこれを阻害しない。さらにターゲット弁別性が低い状況では、中心視への注意バイアスが形成される。しかし高空間解像度領域が視野上で固定されているため、このような注意バイアスはサッカード等の眼球運動と協調している可能性がある (overt attention, e.g., Findlay&Gilchrist, 2003)。空間的に不均一な視野は、これら2つの視覚サンプリング方略を両立しうる構造と推測される。

### 従来の注意モデルとの対応

これまでの実験から、ターゲット弁別性が低い視覚探索課題では、偏心度が大きくなるほどセットサイズ効果が強まり、低偏心度の刺激が優先して処理されることが示唆された。このような注意配分の優先性は、ターゲット出現位置への先行手がかりが、特徴、結合探索の両方で偏心度効果を低減する潜在的注意の効果 (Carrasco&Yeshurun, 1998) とも共通点がある。どちらも特定の視野位置に注意配分を優先し、限定的にターゲットの弁別性を向上させている。

その一方で、刺激サイズは課題とは関連のない情報であった。そのため偏心度依存性の注意バイアスは、刺激駆動型注意の一種という可能性もある。いくつかの刺激駆動型注意の研究では、明るさやサイズ等の特徴は、ターゲットの探索に関連のない情報であっても、注意配分の優先順位の決定に影響し、探索成績を変化させることが知られる (Proulx&Egeth, 2008; Theeuwes, 1991)。あるいは網膜部位再現的な2次元空間に刺激の目立ちやすさを符号化する、顕著性マップのアイデアに組み込むことを想定した場合、低偏心度ほど重み付けを大きくした特徴マップの情報、顕著性マップに伝達されるという可能性も考えられる。

しかし実験1, 2の結果では、偏心度依存性の注意バイアスは、ターゲット弁別性の高低によってその影響が変化した。つまり非効率的探索が起きる状況でのみ、視野中心部に弁別性の高い場所が作りだされたといえる。だが従来モデルでは、このような適応的性質を自明なものとして説明するのは難しいと思われる。さらに実験2のM調整で偏心度効果が生じなかったことから、視野の空間解像度勾配が、偏心度依存性の注意バイアスとなんらかの関連がある可能性が考えられる。ところで横澤 (1994) の多解像度モデルやDeco&Shurman (2000) の注意モデルでは、視覚的注意を移動するズームレンズとして捉えている。この中で注意は、色や明るさ等の特徴情報をもとに視野上を移動し、選択領域の空間解像度を高めオブジェクト認知過程に送る。このように空間解像度を高次視覚過程の駆動性に関わる要因と捉えるモデルもあることから、視野の空間解像度勾配と偏心度依存性の注意バイアスとの関連は、慎重に検討していく必要がある。