

## 視覚的課題を用いた周辺視野における 色度コントラスト感度の測定

松宮 一道・栗木 一郎・内川 恵二

東京工業大学工学部像情報工学研究施設

〒226 横浜市緑区長津田町4259

### 1. はじめに

我々は通常眼球運動を伴いながら外界を観察している。このときの動的有効視野については Saida and Ikeda<sup>1)</sup>, Shioiri and Ikeda<sup>2)</sup>の研究があるが、周辺視野の特性についてはまだ不明な点が多く残されている。眼球運動を伴いながらの観察では眼球運動そのものが周辺視に影響を与えている可能性もあるが、眼球運動はそもそも見たい部分に注意を向けるために起こる結果であり、この注意のかけ方が周辺視特性に影響していることが考えられる。

Ikeda and Takeuchi<sup>3)</sup>は、中心窩に与える負荷によって周辺視野におけるターゲットの検出可能範囲が変化することを報告している。これより、眼球運動時においても中心視負荷が周辺視特性に影響を与えていることが十分考えられる。

本研究では、自由眼球運動下で自然画像を観察させ、その画像理解の難易度により中心視負荷を変化させることを行った。この中心視負荷が眼球運動時の周辺視野における色度コントラスト感度にどのような影響を与えるかを調べた。

### 2. 実験方法

#### 2.1 装置

実験装置は、周辺視野に呈示される等輝度グレーティングが眼球運動に同期して動くように構成されている。この等輝度グレーティングの色度コントラストが変化する。装置

は、眼球運動検出器、コンピュータ、および刺激呈示用の CRT からなる。眼球運動はリンバストラッカー法によって検出され、その信号はAD変換ボードを介し、コンピュータ内に取り入れられる。眼球位置信号を用いて CRT 上に呈示される等輝度グレーティングが常に同じ網膜部位を刺激するように眼球運動に同期して動く。

#### 2.2 刺激

##### 2.2.1 周辺視野の刺激

周辺視野に呈示される等輝度グレーティン

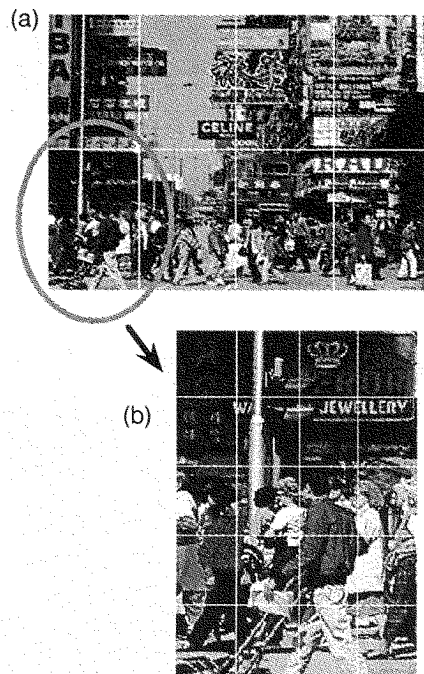


図1 中心視野の負荷。(a)自然画像を8分割し、その8分割したうちの一つをランダムに選べ出す。(b)それを20分割し、おのおののセルをランダムに並べ替える。

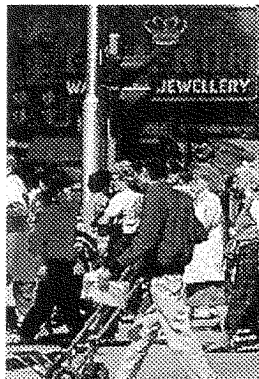
グは赤と緑の横縞で構成されている。刺激の空間周波数は、0.5 cpd と 1.5 cpd である。u'v' 色度空間上で赤 (0.276, 0.466), 緑 (0.145, 0.482) で示される色度点を色度コントラスト 100% と定義した。この 2つの色度点を結ぶ直線は第二色覚異常者の混同色線になっていて、等エネルギー白色点を通る。等輝度グレーティングの色度コントラストは等エネルギー白色点からの 2色の u'v' 色度空間上の距離の割合とした。

### 2.2.2 中心視野の負荷

中心視野に呈示される刺激は、図 1 に示すようにある自然画像を 8 分割し、そのうちの 1 箇所をランダムに選んだものである。さらに、その画像を 20 分割し、20 個のおおのこの 6 個のセルを

並べ替えない

並べ替える



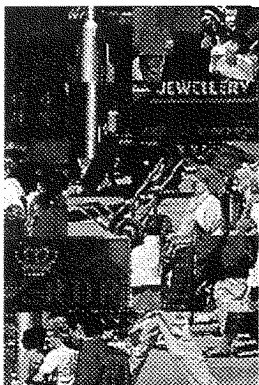
レベル 1

12個のセルを  
並べ替える



レベル 2

18個のセルを  
並べ替える



レベル 3



レベル 4

図 2 負荷レベルの定義

セルをランダムに並べ替える。図 2 に示すようにセルを並べ替えないときを負荷レベル 1, 6 個のセルを並べ替えたときを負荷レベル 2, 12 個のセルをランダムに並べ替えたときを負荷レベル 3, 18 個のセルをランダムに並べ替えたときを負荷レベル 4 と定義する。図 2 から明らかなように負荷レベルが上昇するとともに画像の理解が困難になっていくことが予想される。こうすることによって中心視野にかかる負荷の度合いを段階的に変化させた。

### 2.2.3 被験者が観察する刺激

被験者が観察する刺激の構成を図 3 に示す。中心視野の領域には 13.5 deg × 9 deg の大きさの負荷レベル 1 ~ 4 までの画像がランダムに呈示される。周辺視野の領域には 27 deg × 5 deg の大きさの等輝度グレーティングが呈示され、被験者の眼の動きに同期して動く。これにより、等輝度グレーティングが刺激する網膜部位は常に一定になるようになっており、本研究では周辺視野刺激の偏位角に 10 deg と 20 deg を用いた。また、被験者は単眼で観察し、視距離は 60 cm である。被験者は KM (25 歳), TN (24 歳) の男性 2 名である。KM, TN はともに色覚正常である。

### 2.3 実験手続き

中心視野に呈示される刺激は、1 枚の自然画像を 8 分割したうちの 1 つであるので、被

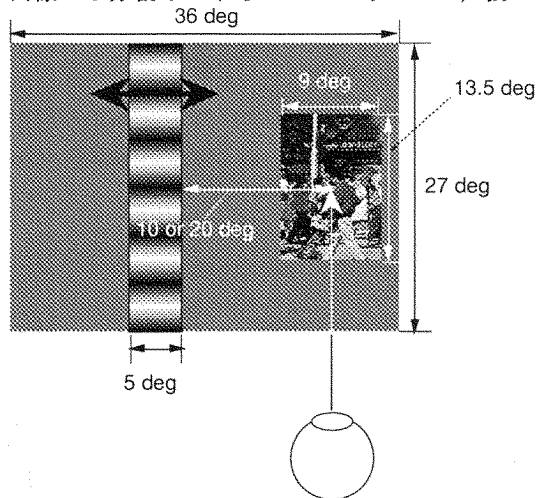


図 3 被験者が観察する刺激

験者に“中心視野に呈示される自然画像は8分割されたうちのどの部分か”という課題を与えた。被験者は常にこの課題を行う。

被験者は実験を始める前に交照法により等輝度点を測定する。この等輝度点を用いて周辺視野に呈示する等輝度グレーティングを作成する。

交照法を終えた後に、眼球運動検出器のキャリブレーションを行う。その後、以下のような順序で実験を進める。

1. 一様なグレーの刺激が呈示される。
2. スペースキーを押すと刺激が4秒間呈示される（第1呈示）。
3. 4秒後、一様なグレーの刺激が呈示され、被験者は中心視野の課題に対して応答する。
4. 2と同様（第2呈示）。
5. 3と同様。
6. 被験者は第1と第2呈示のどちらで周辺視野にグレーティングが呈示されていたかを答える。
7. 1～6を80回繰り返す。

上記の1～7を1セットとし、一つの偏位角、一つの空間周波数に対して3セット行う。

### 3. 実験結果

#### 3.1 負荷の評価

まず、本実験で用いた中心視野の負荷が妥当であったかどうかを眼球運動のデータと課題の正解率から評価する。

図4は負荷レベル1から4の画像に対する(被験者KM)

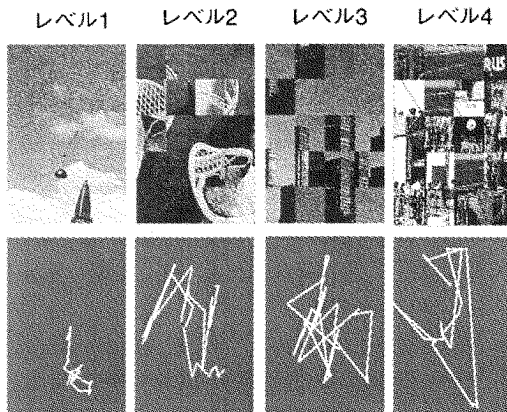


図4 眼球運動の軌跡の一例

眼球運動の軌跡の一例を示している。被験者の眼球運動は負荷レベルの上昇に伴い複雑になっていることがわかる。さらに、本実験で用いたすべての画像に対する負荷レベルごとの平均注視時間の結果を図5に示す。負荷レベルの上昇に伴い、注視時間が短くなっていることがわかる。したがって、負荷レベルが

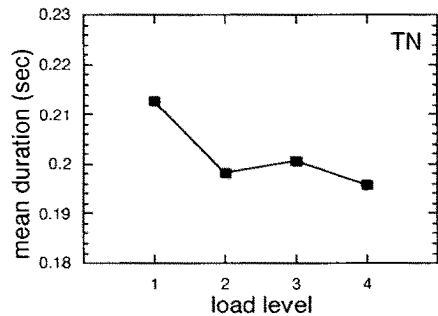
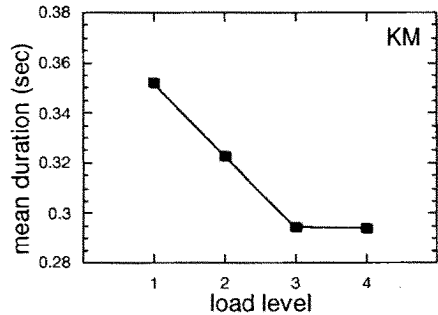


図5 負荷レベルと注視時間の関係

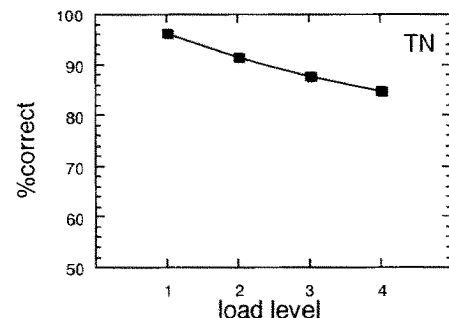
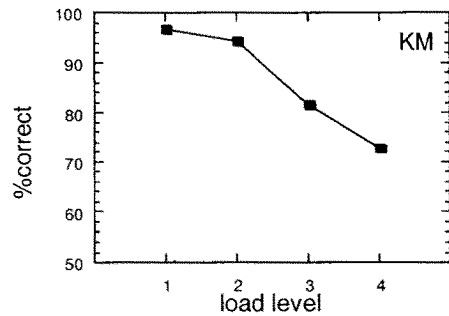


図6 中心視課題の正解率

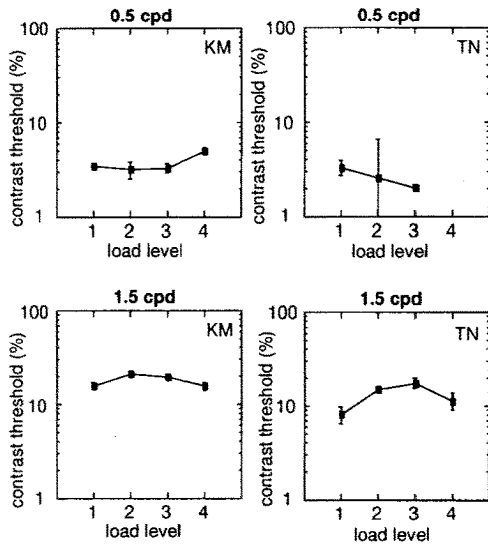


図7 偏位角 10 度の色度コントラスト検出閾値。  
上図：0.5 cpd，下図：1.5 cpd。

上昇すると、被験者は頻繁に眼を動かしていたことがわかる。

中心視野の課題の正解率の結果を図6に示す。グラフの横軸は負荷レベルを、縦軸は正解率を示す。図6より、負荷レベルの上昇に伴い、正解率が低下していることがわかる。したがって、負荷レベルが上昇すると、画像を理解することが困難になっていたことがわかる。

以上、眼球運動のデータと課題の正解率の結果から、負荷レベルが上昇すると画像の理解は困難になるが、被験者は頻繁に眼を動かしてランダムに並べ替えられた個々のセルを観察することによって、中心視野に呈示された画像を理解しようとしていたことが伺える。したがって、負荷レベルの上昇に伴い、被験者に対する中心視野の負荷として大きくなっていると評価できる。

### 3.2 周辺視野における色度コントラスト検出閾値

図7、図8に周辺視野の色度コントラスト検出閾値の結果を示す。グラフの横軸は負荷レベルを、縦軸は色度コントラスト検出閾値を表している。偏位角が10度および20度的时候、さらに空間周波数が0.5 cpd および 1.5 cpd のとき、中心視野の負荷レベルが上昇し

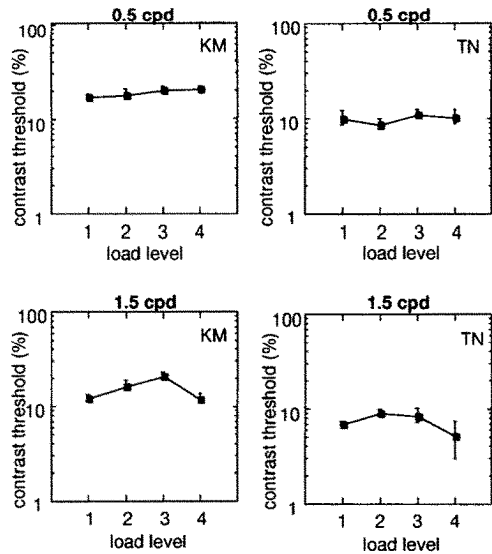


図8 偏位角 20 度の色度コントラスト検出閾値。  
上図：0.5 cpd，下図：1.5 cpd。

ても周辺視野における色度コントラスト検出閾値はほとんど変化しない。自由眼球運動下では中心視野の負荷の変化が周辺視野の色度コントラスト検出閾値に影響を与えないことがわかる。

### 4. 考察

自由眼球運動下では、中心視野の負荷が周辺視野における色度コントラスト感度に影響を与えないことがわかった。ただし、中心課題の正解率が負荷レベルの増加に伴い減少しているため、被験者は注意を中心課題に等しく向けていなかった可能性も考えられる。今後は眼球運動と中心視負荷の関係について、さらに検討していく必要があると考えている。

### 文献

- 1) S. Saida and M. Ikeda: Useful visual field size for pattern perception. *Perception and Psychophysics*, 25, 119-125, 1979.
- 2) S. Shioiri and M. Ikeda: Useful resolution for picture perception as a function of eccentricity. *Perception*, 18, 347-361, 1989.
- 3) M. Ikeda and T. Takeuchi: Influence of foveal load on the functional visual field. *Perception and Psychophysics*, 18, 255-260, 1975.