

不同視の左右眼におけるサッケード時の 分光感度の時間変化の違い

佐藤 雅之・内川 恵二

東京工業大学大学院 総合理工学研究科
〒227 横浜市緑区長津田町4259

1. はじめに

サッケード時の分光感度関数および単色光テスト刺激のサッケードに伴う知覚確率の変化を1992年の日本視覚学会夏期研究会で報告した¹⁾。固視中の分光感度は $V(\lambda)$ 型、サッケード中は反対色型の特徴を示す。これはサッケード抑制が輝度チャンネルに選択的に強く働くことを示唆する^{2,3,4)}。また、抑制効果は、テスト刺激がサッケード中ないしサッケード終了付近に呈示されたときに最大になる。サッケード抑制がサッケード中の流れ像を知覚レベルに伝えないために合理的に機能していると考えられることができる。

ところが、別の被験者はこれと異なる実験結果を示した。右眼における抑制効果はサッケード終了後に起こり、左眼における抑制効果は他

の被験者と同様にサッケード中の刺激に対して起こることが明らかになった。また、このときの分光感度関数は反対色性を示した。彼は不同視(左右の眼の屈折力が著しく異なること)である。右眼は近視(-2.25 D)で、左眼は弱い遠視(+0.25 D)である。この被験者は近くを見るときと遠くを見るときで左右の眼を使い分けていると考えられる。この眼の切り替えとサッケード抑制の役割について実験結果をもとに考察する。

2. 実験1: テスト刺激の知覚確率のサッケードに伴う変化

2.1 実験装置および刺激

キセノンランプを光源とする3チャンネル光学系を用いた。図1に示すように、被験者の眼の前に白色のプラスチック板で作った透過式スクリーンを置き、2チャンネルの白色定常光を用いて照らす。もう一方の眼の前に眼球位置測定器をセットする。さらにその上に遮光板を置き視野を暗黒にする。被験者は全視野に一様な白色(62 cd/m²)を知覚する。干渉フィルターによる単色光テスト刺激は直径2.8 cm(視角100 deg以上)の円形であり、図の破線の位置に10ミリ秒間呈示される。テスト刺激の波長は444 nmおよび569 nmの2種類を用いた。強度は知覚確率が0から1の間で変化するように予備実験の結果にもとづいて適当な二つの値を選んだ。

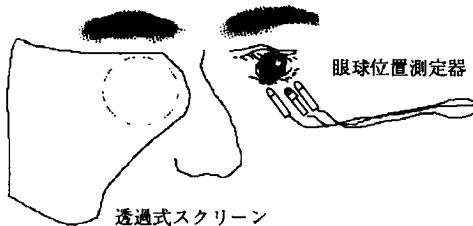


図1 実験装置。透過式スクリーンを定常光で照らし、全視野を一様な白色にする。眼球位置測定器の前には遮光板を置く。単色光テスト刺激は10ミリ秒間破線の位置に呈示される。

2.2 手続き

被験者はテスト刺激呈示ボタンを押し、10 deg のサッケードを行う。テスト刺激はボタンが押されてから約1秒後に10ミリ秒間呈示される。サッケードとテスト刺激呈示のタイミングをオシロスコープにより各試行毎に測定し、記録する。被験者はテスト刺激が見えたかどうかを二者択一的に応答する。

2.3 被験者

被験者は色覚正常の2名の男性である。HSは不同視(右眼-2.25 D, 左眼+0.25 D)である。ふだん眼鏡などを用いた視力の矯正はしていない。両眼視差図形に対する感度、視野、MTFは正常である。MSは近視である。

2.4 結果

図2に、被験者の右眼にテスト刺激を呈示し

て知覚確率を測定した結果を示す。横軸は時間を表す。サッケードの開始時刻を原点とする。シャドー部はサッケードの継続時間を表す。MSはサッケード中に感度が低下することがわかる。これは過去の研究^{5,6)}と同様の傾向である。ところが、HSではサッケード中よりもむしろサッケード後にテスト刺激の知覚確率が低下する。サッケード終了後50ないし100ミリ秒経過しても感度の回復がみられない。

3. 実験2：分光感度関数

3.1 方法

実験1の結果をもとに、サッケード中、サッケード後および固視中の分光感度関数を測定した。テスト刺激の呈示時刻を一定にするために、眼球位置測定器の出力をテスト刺激のトリ

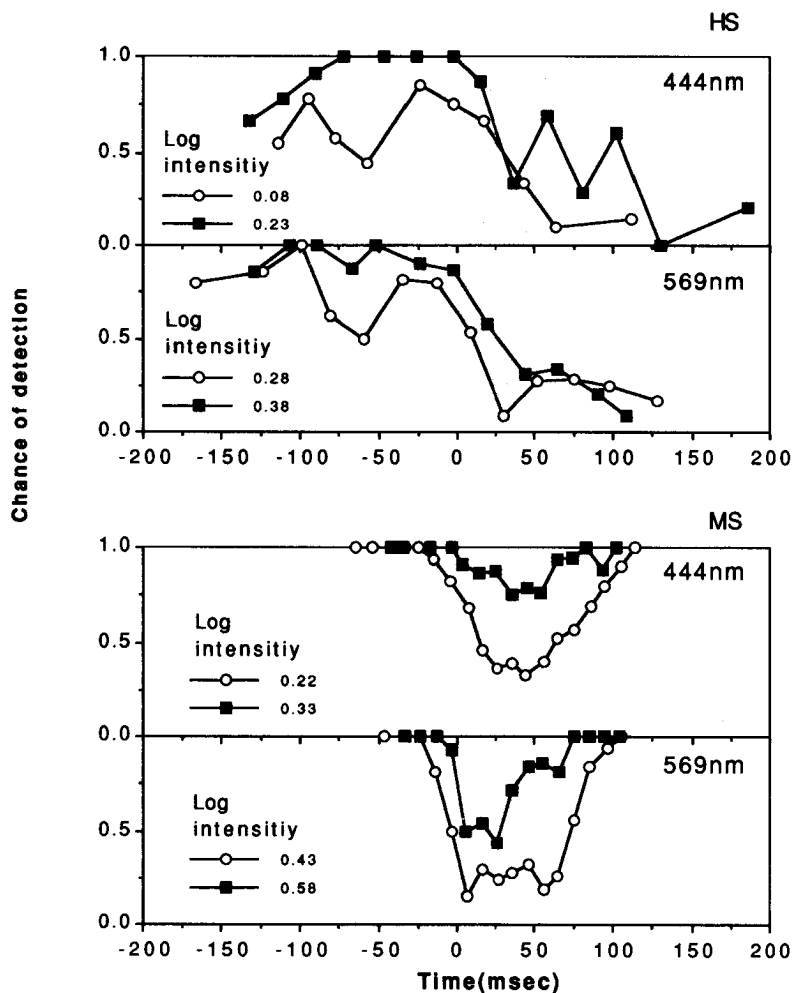


図2 テスト刺激の知覚確率の変化。時間軸の原点はサッケードの開始時刻。シャドー部はサッケードの継続時間を表す。上は不同視の被験者HSの近視眼の実験結果。下は被験者MS。テスト刺激の強度は実験2で決定した固視時の閾値を基準とした対数値。

ガーとして用いた。極限法により閾値強度を決定し、その逆数を感度値とした。実験1の2名の被験者の他に1名の被験者SNで実験を行った。SNは色覚正常、近視の男性である。

3.2 結果

図3に分光感度関数を示す。固視時の分光感度曲線(○)はどの被験者でも同様の傾向である。短波長側は青錐体、中・長波長領域は $V(\lambda)$ でおおよそ説明できる形状である。HSの非近視眼、MS、SNのサッケード中(■, テスト刺激の立ち上がり)がサッケード開始時刻の10ミリ秒後)の分光感度曲線はいずれも570nm付近にくぼみを持つ。これはサッケード抑制が輝度チャンネルに強く働き、色チャンネルの感度が相対的に高くなったためであると考えられる。また、MSではサッケード終了直後($t=50$ ミリ秒)には感度が回復する傾向を示す。HSの近視眼ではサッケード中($t=10$ ミリ秒)の分光感度は輝度型である。 $t=100$ ミリ秒でさらに感度が低下し、反対色型の特徴を示

す。 $t=200$ ミリ秒では感度が回復する傾向がみられる。

4. 考察

HSの近視眼の感度がサッケード後に低下することを示した。このときの分光感度は色型である。一方の眼では他の被験者と同様にサッケード中に感度低下が起こり、分光感度曲線が色型に変化することが明らかになった。

HSの近視眼の遠点は44.4cmである。HSは屈折異常を矯正しないで生活している。視対象の距離に応じて左右の眼を使い分けられていると考えることができる。本を読むときは無意識のうちに近視の眼を使っているという本人の報告もある。1秒あたり3回サッケードを行っているとするれば、1回の固視時間は300ミリ秒程度である。このうち100ミリ秒あるいはそれ以上の期間抑制が働いているならば、ものを見るうえで妨げとなるであろう。この抑制効果は遠くを見るとときに近視の眼を抑制するためのものである

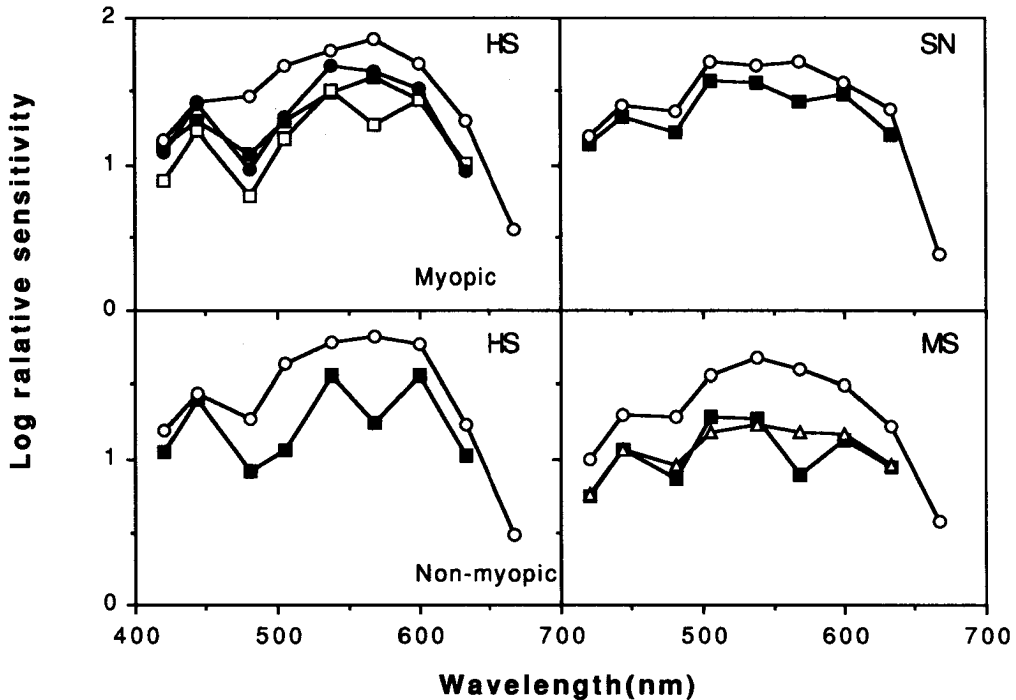


図3 分光感度関数。シンボルはテスト刺激の呈示時刻の違いを表す。
○, 固視; ■, $t=10$ ミリ秒; △, $t=50$ ミリ秒; □, $t=100$ ミリ秒; ●, $t=200$ ミリ秒。

ると考えたかどうか。被験者の調節および輻輳はガンツフェルトの条件下にあるので、遠くを見るときのための機構が機能したと考えることができる。今後さらに、近視の眼を使って近くにあるものを見る条件におけるサッケード抑制の特性を測定する必要があると考えられる。

謝辞 この研究は日本学術振興会特別研究員制度の援助を受けて行っている。

文 献

- 1) 佐藤雅之, 内川恵二: 一様全視野中のサッケード時の増分閾分光感度. *Vision*, 4, 165-166, 1992.
- 2) P. E. King-Smith and D. Carden: Luminance and opponent-color contributions to visual detection and adaptation and to temporal and spatial integration. *Journal of the Optical Society of America*, 66, 709-717, 1976.
- 3) 佐藤雅之, 内川恵二: サッケードに伴う増分閾分光感度の変化. *光学*, 21, 477-480, 1992.
- 4) K. Uchikawa and M. Sato: Saccadic suppression to achromatic and chromatic responses determined by increment-threshold spectral sensitivity. *Vision Research*, submitted.
- 5) P. L. Latour: Visual threshold during eye movements. *Vision Research*, 2, 261-262, 1962.
- 6) F. C. Volkman, A. M. L. Schick and L. A. Riggs: Time course of visual inhibition during voluntary saccades. *Journal of the Optical Society of America*, 58, 562-569, 1968.