

## サッケード前後における刺激のマスクング

内山祐司・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

人間は何度も注視とサッケード（跳躍眼球運動）を繰り返して外界を観察している。それに伴い、外界の網膜像は毎回大きく変化している。しかし、それにもかかわらず、外界は一つの安定した視覚像として捉えられている。この視野の安定のメカニズムについて、いろいろな考えが提案されているが、その中の一つとして網膜像を眼球運動した分だけずらして、足し合わせていくという考えがある。この足し合わせはサッケード前後の網膜像が視覚系に保存され比較されることではじめて可能となるわけだが、このような網膜像の足し合わせのメカニズムは実験的にはこれまでの研究では否定されている<sup>1)</sup>。しかし、どのくらい眼球運動が行なわれたかという情報は、単に視覚系中枢レベルでの眼球運動駆動情報だけではなく、サッケード前後の網膜像を比較し、網膜像の不変成分を抽出することからも得られるという結果も報告されている<sup>2)</sup>。

前回の発表（1991年夏期視覚研究会）では以上に述べた点に注目し、サッケードの前後に呈示する刺激に不変成分を与えれば網膜像の足し合わせが起こるのではないかと予測し、サッケードをはさんで変化するパターンの周囲に、刺激の不変成分としてサッケード前後も変化するランダムドットを加え、パターン刺激の足し合わせの実験を行なった。しかし、結果として、周囲に不変成分を与えるてもパターン刺激

の足し合わせへは生じないことがわかった。

前回の実験において必ずサッケード前後で一つづつ、計二つの刺激を呈示しているにもかかわらず、サッケード後の刺激しか被験者には見えないという現象が観察された。このような見えはちょうど二つの刺激がサッケードをはさんで呈示されている時だけに生じ、サッケードをはさまなければ二つとも刺激は見ることがわかった。また、刺激の呈示直後にサッケードをしても、サッケード後の刺激がなければはっきりとサッケード前の刺激は見えることも観察された。このことからサッケード後に刺激を呈示することで、サッケード前に呈示された刺激の見えが妨げられるマスクングのような現象が生じ、このためにサッケード前後での刺激の足し合わせが起こらないのではないかと考えられる。そこで、本実験ではこのマスクング効果を明らかにすることを目的とした。

### 2. 実験方法

#### 2.1 実験装置

図1に本研究で使った実験装置を示す。被験者は、暗いブースの中に座り、菌型を噛んで頭を固定し、眼球運動測定のためのリンバストラッカーのついた眼鏡をかける。リンバストラッカーの出力は差動増幅器とLPFを介して、12ビットのA/Dコンバータでデジタル信号に変換されて、コンピュータに取り込まれる。A/D変換のサンプリングレートは1kHzとした。

被験者のかけている眼鏡の左側はリンバストラッカーがついているため遮光板で覆われてい

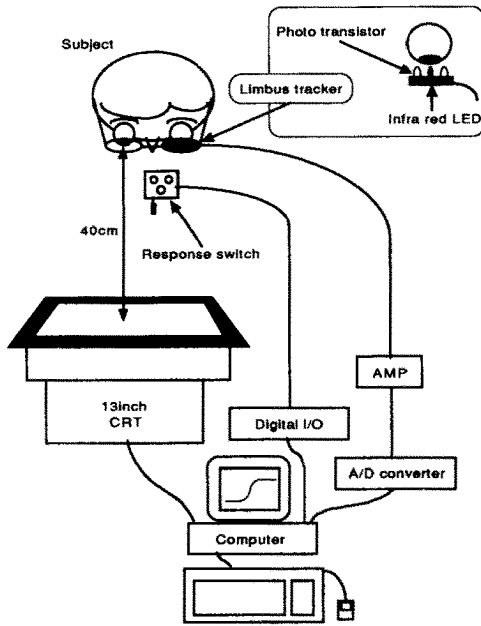


図1 実験装置の概略図

るので、被験者は右眼だけで刺激を見る。矯正が必要な被験者には右眼にレンズを入れて実験を行なった。被験者の眼から前方40cmのところに、刺激呈示用のCRTディスプレイが置かれている。

## 2.2 実験手続

この実験で用いた刺激を図2に示す。刺激は最初に15msec間呈示されるテスト刺激(図2上)と、45msecのインターバルにおいて、次に15msec間呈示されるマスキング刺激(図2下)からなる。刺激の呈示にはCRTを用いたため、

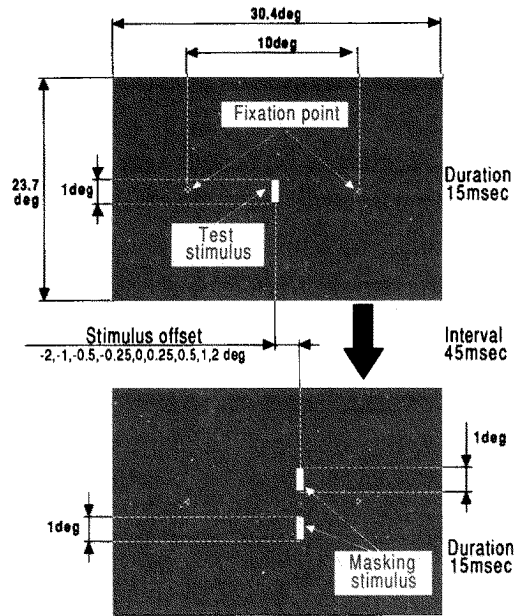


図2 サッケード前のテスト刺激(上)とサッケード後のマスキング刺激(下)

呈示時間はCRTの垂直同期信号に合わせた。テスト刺激の位置は常にCRTの中央であり、マスキング刺激の位置はテスト刺激の位置を $0^\circ$ 、左側を負として、 $-2^\circ$ 、 $-1^\circ$ 、 $-0.5^\circ$ 、 $-0.25^\circ$ 、 $0^\circ$ 、 $0.25^\circ$ 、 $0.5^\circ$ 、 $1^\circ$ 、 $2^\circ$ から試行毎にランダムに選ばれる。またコントロール実験としてテスト刺激のみが呈示され、マスキング刺激が呈示されない試行も含めた。固視点は刺激の観察の邪魔にならないように青色小円形のものを図のように表示した。

刺激の呈示タイミングを図3に示す。眼球運動

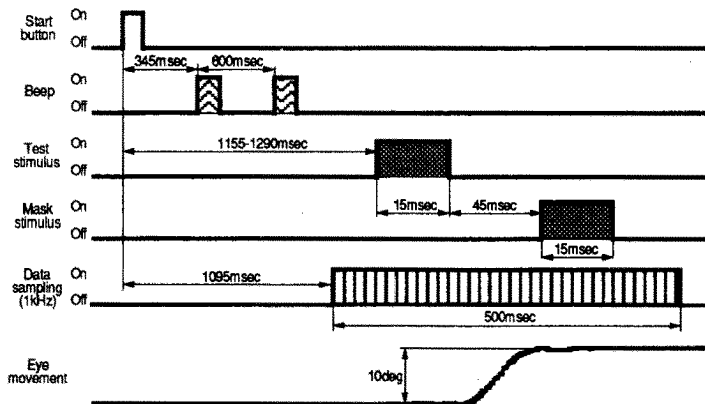


図3 刺激呈示のタイミング

の記録はスタートボタンが押されてから1095msec後に開始される。サッケードが始まるタイミングにはばらつきがあり、いつサッケードが起こるか正確に予測できないので、この眼球運動の記録、呈示した刺激のタイミング、被験者の応答を処理した後に実験結果を得る。

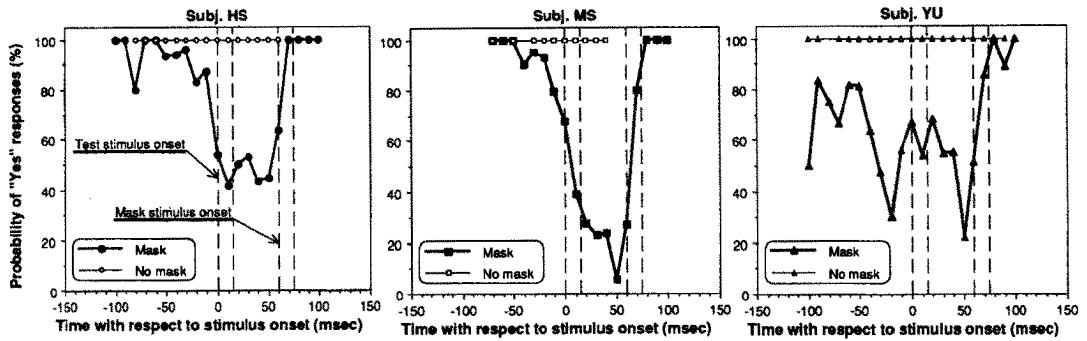


図4 テスト刺激が呈示される時刻を0としたサッケードが始まる時刻毎のテスト刺激の知覚確率

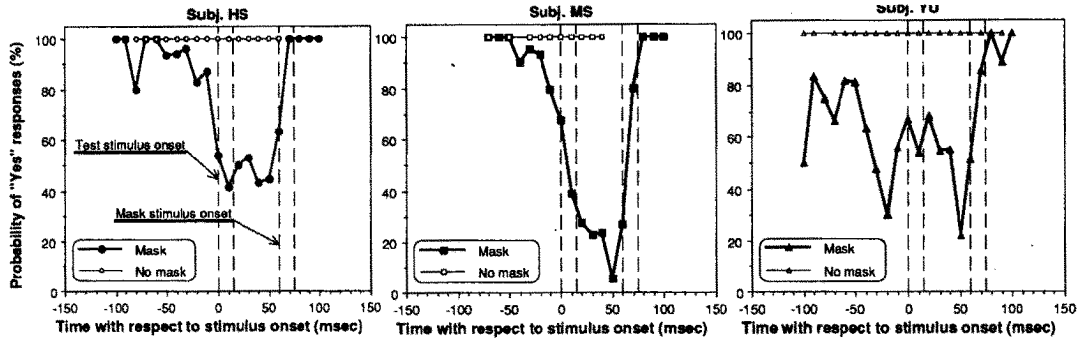


図5 サッケードがテスト刺激とマスクング刺激の呈示間に行なわれた時のマスクング刺激の位置に対するテスト刺激の知覚確率

被験者は、スタートボタンを押して合図のビープ音に合わせて左から右の固視点にサッケードする。その後、被験者はその時の刺激の見えを次の6つ応答の中から1つを選ぶ。

1. 何も見えなかった。
2. テスト刺激しか見えなかった。
3. マスキング刺激しか見えなかった。
4. テスト刺激がマスクング刺激の右に見えた。
5. テスト刺激がマスクング刺激の左に見えた。
6. テスト刺激とマスクング刺激が直線になって見えた。

1試行には20秒から30秒かかり、1セッションを60試行としたので、1セッションは約20分から30分で終了した。被験者1人につき1日2セッションづつ約1時間の実験を行なった。セッション中ではマスクング刺激の位置を変えた試行とマスクング刺激を呈示しないコントロール試行をランダムに混ぜて行なった。実験の終了条件はテスト刺激とマスクング刺激の間にサッケードをした試行数がそれぞれ

のマスクング刺激の位置で10回以上になるまでとした。マスクング刺激を呈示しない場合もマスクング刺激があるものと考えてマスクング刺激がある場合と同様に処理した。

被験者は男性3名HS, MS, YUである。HS, MSは近視のため視力の矯正をして実験を行なった。

### 3. 実験結果

図4にサッケードが始まる時刻毎のテスト刺激の知覚確率を示す。縦軸はテスト刺激が見えたという知覚確率で、被験者の応答の2, 4, 5, 6をテスト刺激が見えたものとし、1, 3を見えなかったものとした。横軸はテスト刺激が呈示された時刻を0とした時間軸である。横軸がマイナス側ではサッケードはテスト刺激呈示前に行なわれていて、20から50msecのところでテスト刺激とマスクング刺激の呈示の間でサッケードが始まり、80msec以降ではマスクング刺激の呈示後にサッケードが始まっていることになる。図4はマスクングのすべての位置での結果をまとめたものである。上から順に被験

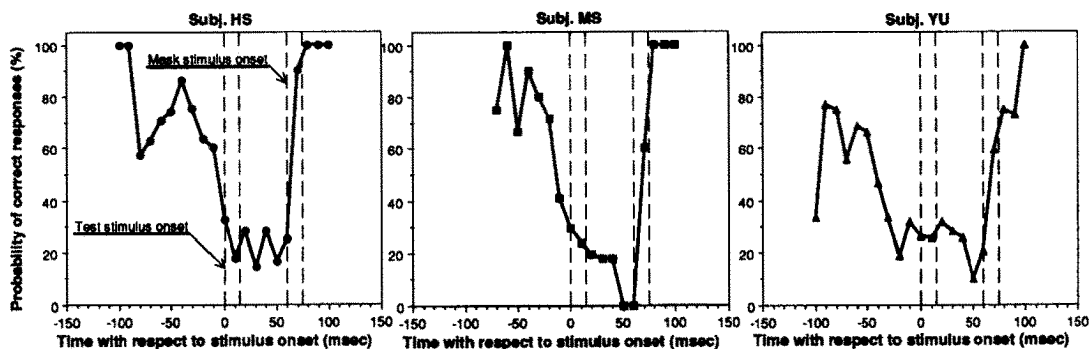


図6 テスト刺激が呈示される時刻を0としたサックードが始まる時刻毎の刺激の位置関係の正答率

者HS, MS, YUの結果である。太線はマスク刺激が呈示される場合、細線はマスク刺激が呈示されないコントロール実験の条件を示す。サックードにかかる時間はどの被験者でも全試行の平均が約35msecであった。この結果からマスク刺激が呈示されない場合は、サックード中にテスト刺激が呈示されているときでも、テスト刺激は見えるのに対して、サックードの直後や、サックード中にマスク刺激が呈示されると、テスト刺激の知覚確率が下がり、テスト刺激は見えにくくなっていることがわかる。

サックードが二つの刺激の間に行なわれた試行のみの結果を取り出し、マスク刺激の呈示位置の関数として、テスト刺激の知覚確率を表わしたものが図5である。上から順に被験者HS, MS, YUの結果である。この結果から実験で行なったマスク刺激の範囲では、マスク刺激の位置が右側になるほど、つまりサックードを行なう方向に行くほどテスト刺激の知覚確率が低下していることがわかる。また、マスク刺激が $0^{\circ}$ のあたりで、どの被験者もテスト刺激の知覚確率が下がっている。マスク刺激を呈示しないコントロール実験の場合についても同様のデータの処理をしたが、どの被験者もテスト刺激の知覚確率は100%であった。

サックードが始まった時刻毎の刺激の位置関係の正答率を示したのが図6である。マスク刺激を出さない場合も含めて、物理的に呈示

した刺激の位置関係とレスポンスで答えた位置関係が同じであった場合を正答とした。サックードがテスト刺激とマスク刺激の間で行なわれた場合には、チャンスレベル付近まで正答率が下がっていて、被験者は二つの刺激の正しい位置関係を把握できなくなっていることがわかる。

これらの実験結果より、サックード前後では明らかにサックードに特有なバックワードマスクが存在することが明らかとなった。また、たとえ視覚系にサックード前後での足し合わせの機構が存在しても、このマスクによってその機構は妨げられてしまうことが示唆される。

#### 4. まとめ

(1) サックードの直後に刺激を呈示すると、サックードの直前に呈示された刺激の見えが妨げられる。

(2) 本実験におけるマスク刺激の空間範囲ではテスト刺激の知覚確率はマスク刺激との位置に近いほど大きくなる。

#### 文献

- 1) J. K. O'Regan and A. Levy-Schoen: Integrating visual information from successive fixations: Does trans-saccadic fusion exist? *Vision Research*, 23, 765-768, 1983.
- 2) 後藤敏行, 池田光男: 跳躍眼球運動時の視野安定機構. *光学*, 10, 35-40, 1980.