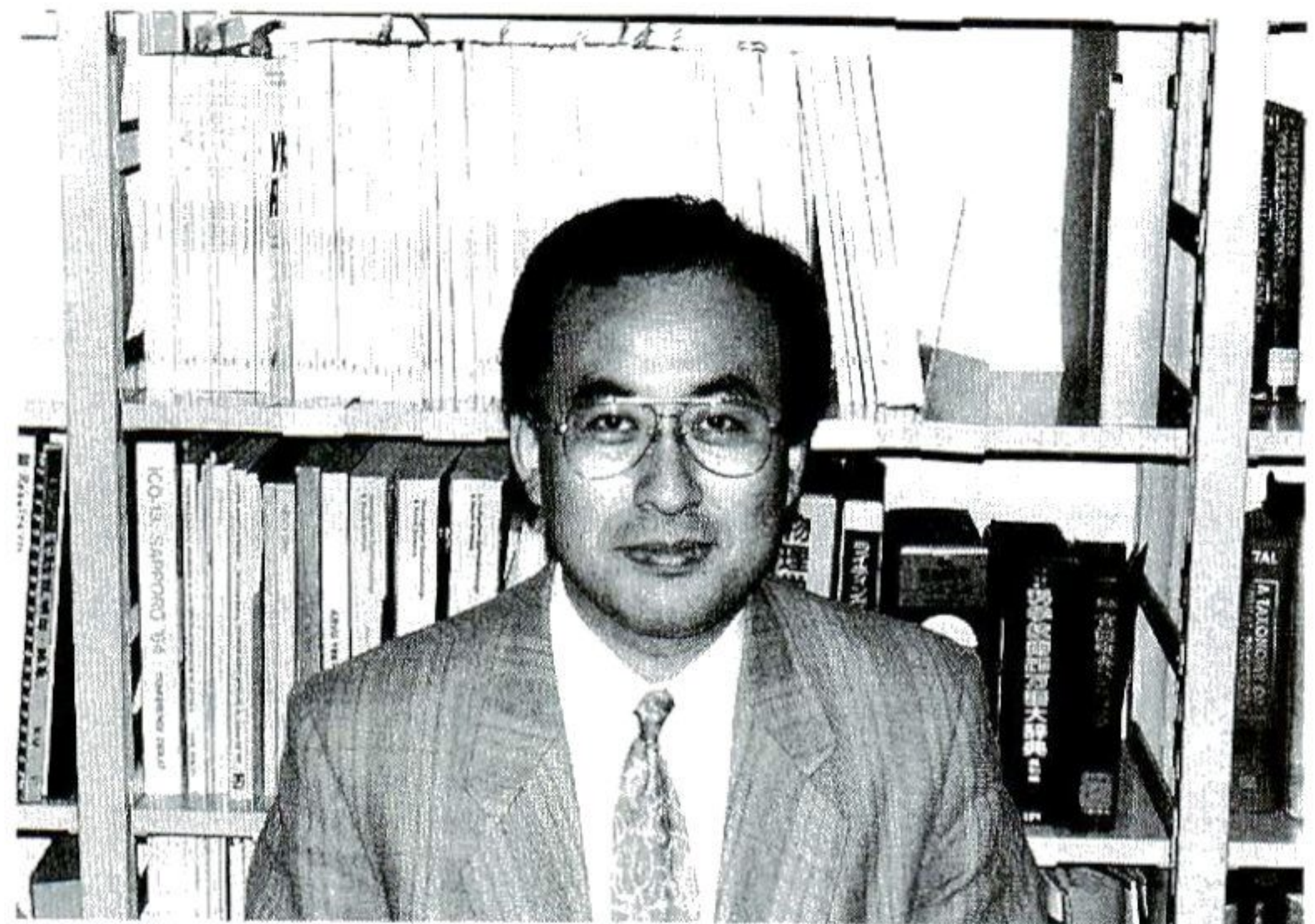


# あなたは真実を見ているか

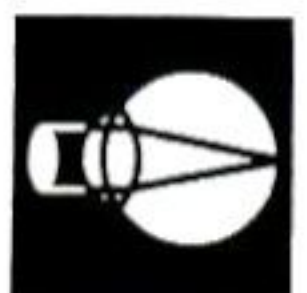
—— 内川研究室～像情報工学研究施設 ——

私たちの眼はよくカメラにたとえられる。眼の水晶体はカメラのレンズに当たる。フィルムに対応するものとして網膜がある。そしてカメラがレンズを通して外界の像をフィルムに写すように、人間の網膜にも像が写っているのである。

しかし、人間は網膜上の像をそのまま認識しているわけではない。像には眼から脳に至る道の中で、様々な処理が施される。そうして初めて外界の像を“見る”ことができるのだ。それでは、いったい像にはどのような処理が施されているのだろうか。そのしくみを探してみたい。



内川 恵二 教授



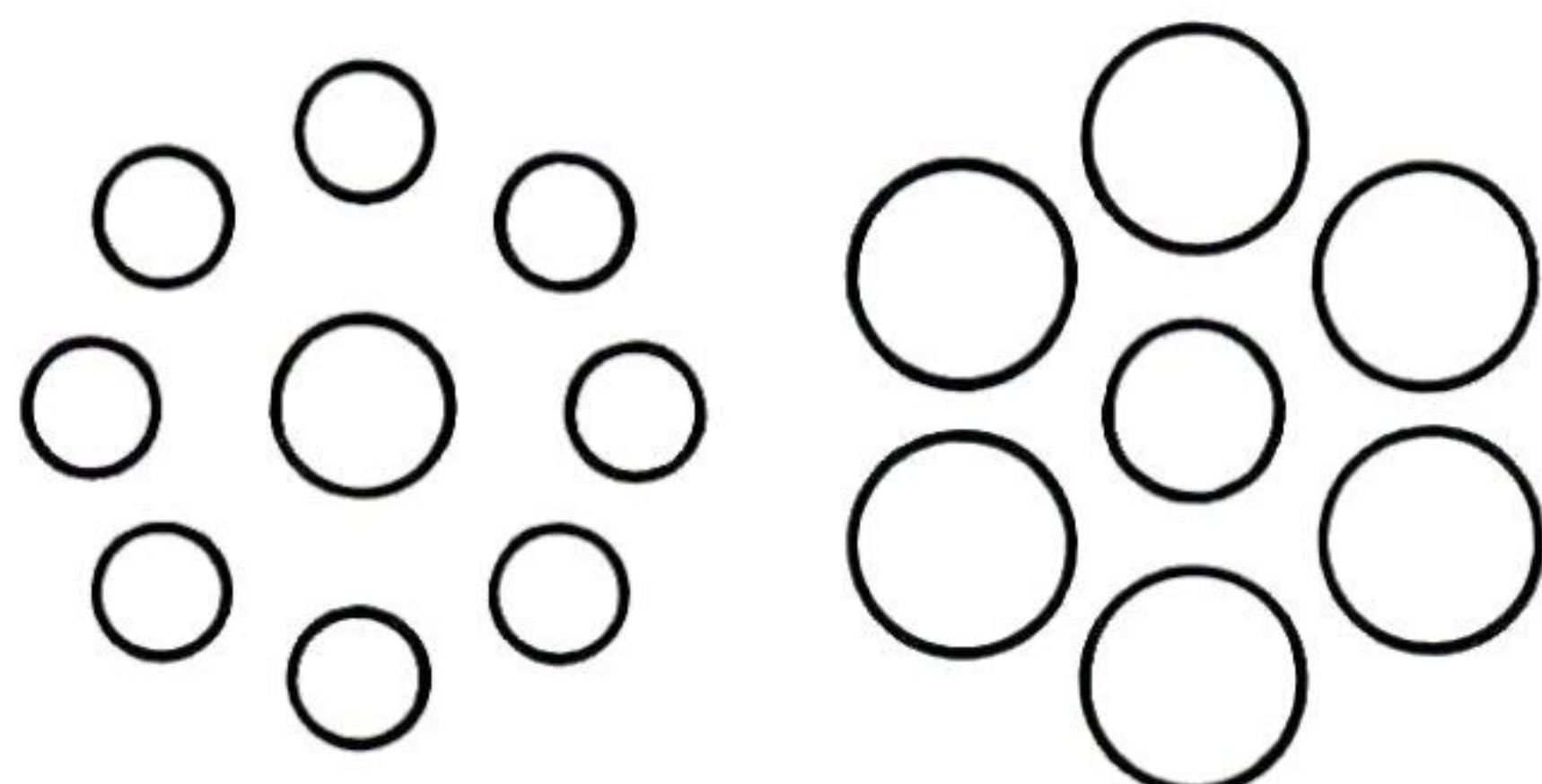
## あなたはきっと鏡を見たくなる

今、あなたはこの文章を読むために眼で文字を追っている。行の最後までくれば、次の行の先頭に視線を移し、また読むということを繰り返す。このときあなたは、文字を追っているときの眼が実になめらかに動いていると思っているだろう。だがそれは間違いである。一行という短い文字列を読む間でさえも、眼は止まっては動くということを繰り返しているのだ。この眼が止まっている状態を固視といい、眼がすばやく動いている状態のことをサッケードという。固視とサッケードの繰り返しは文章を読んでいるときばかりでなく、私たちが生活しているとき常に行われていることなのである。

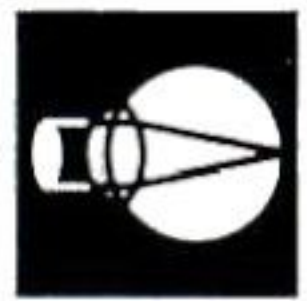
ところでサッケードをしているときには、網膜上の像もまた眼の動きにあわせて動いていること

になる。つまり網膜上の像がぶれた写真のように流れているのである。ところが私たちは、その流れている像を認識してはいない。鏡の前に立って眼を動かしてみしてほしい。眼を動かしているときの自分の姿を見ることができるだろうか。もし私たちが流れた像を認識したとしたら、目の前の景色が急速に流れては止まるといった経験をする事になり、気分が悪くてとても目を開けてはいられないだろう。それではいったい、サッケード中に見えているはずの像はどこへ消えてしまったのだろうか。

実は眼から脳までを含めた視覚系の中で、この流れた像の情報がシャットアウトされているのである。とはいっても、情報が完全にゼロになるわけではない。はっきりとは見えないが感じられるといった程度に抑制されているのである。この抑制のことをサッケード抑制という。実際にサッケード中でもある程度強い光ならば見ることができる。ではこのサッケード抑制とはいったいどのように働いているのだろうか。内川研究室では、眼が動いているときの光の見え方を調べる実験を行って、そのしくみを解明しようとしている。







## 眼が動いたとき何かが起こる

内川研ではサッケード中の眼にいろいろな波長の光を当てて、それぞれの場合の感度がどうなっているかを調べている。そして、その感度が固視の場合とどう違うのかということから、サッケード抑制がどのようなものであるかを探っているのだ。では、そのためにはどんな実験装置を使えばよいのだろうか。ここで研究室で使われている実験装置について説明しよう(図1)。

実験装置は、眼が動いたことを検出し、その瞬間に強い光を眼に当てるしくみを持っていることが必要である。これを行うのが、眼球位置検出器である。この検出器は白目と黒目の境界に小さな光(赤外光)を当て、その反射光をたえず検出している。眼が動くとその反射光の強さが変わる。それを検出することによって、眼が動いたことを検出するのだ。

眼が動くとその強さが引き金となってシャッターが開き、スクリーン側に光源の光が通過するようになっている。シャッターの開く時間は約10ミリ秒に設定されている。というのはサッケードにかかる時間はおよそ40ミリ秒であり、こうしておけばサッケードをしている間にのみシャッターを開けることが可能になるからだ。

シャッターを通過した光は、四方八方に広がらないように、レンズによって平行光にされる。平行光は干渉フィルターを通ることで、一つの波長の光(単色光)となる。実験では14種の単色光が使われる。単色光はまっすぐ進み、白いスクリーンの裏側から投影される。スクリーンは被験者の眼

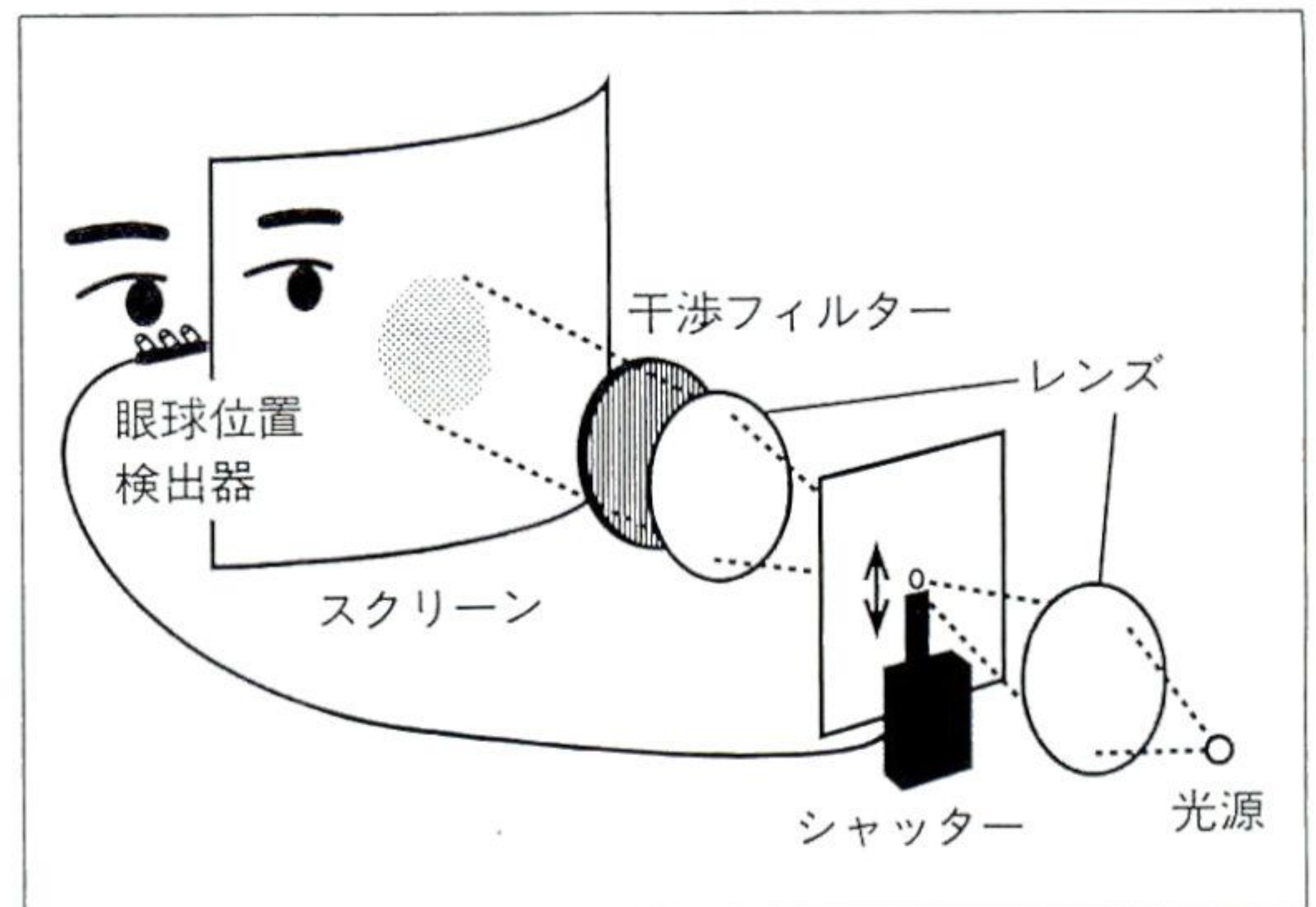


図1 実験装置の概略図

の前にあるので、シャッターが閉まっているときには、視野のすべてが真っ白になっている。これによって、視界中に単色光が投影される以外に変化が起こらないのだ。

具体的には光の強さを認識できないような弱いものからだんだんと強くしていき、ちょうど見えるようになったときの光の強さを測定する。これを14種の波長の光すべてについて行う。また、固視の状態のときにシャッターを手動にして同様の実験を行う。このときも、シャッターが開いている時間は約10ミリ秒である。

すると実験結果は図2のようになった。横軸は光の波長、縦軸は感度である。感度はちょうど見えるようになったときの光の強さの逆数で表す。こうすれば、弱い光で見えるときほど感度が高いということになる。ここではグラフにするために縦軸を対数でとっている。

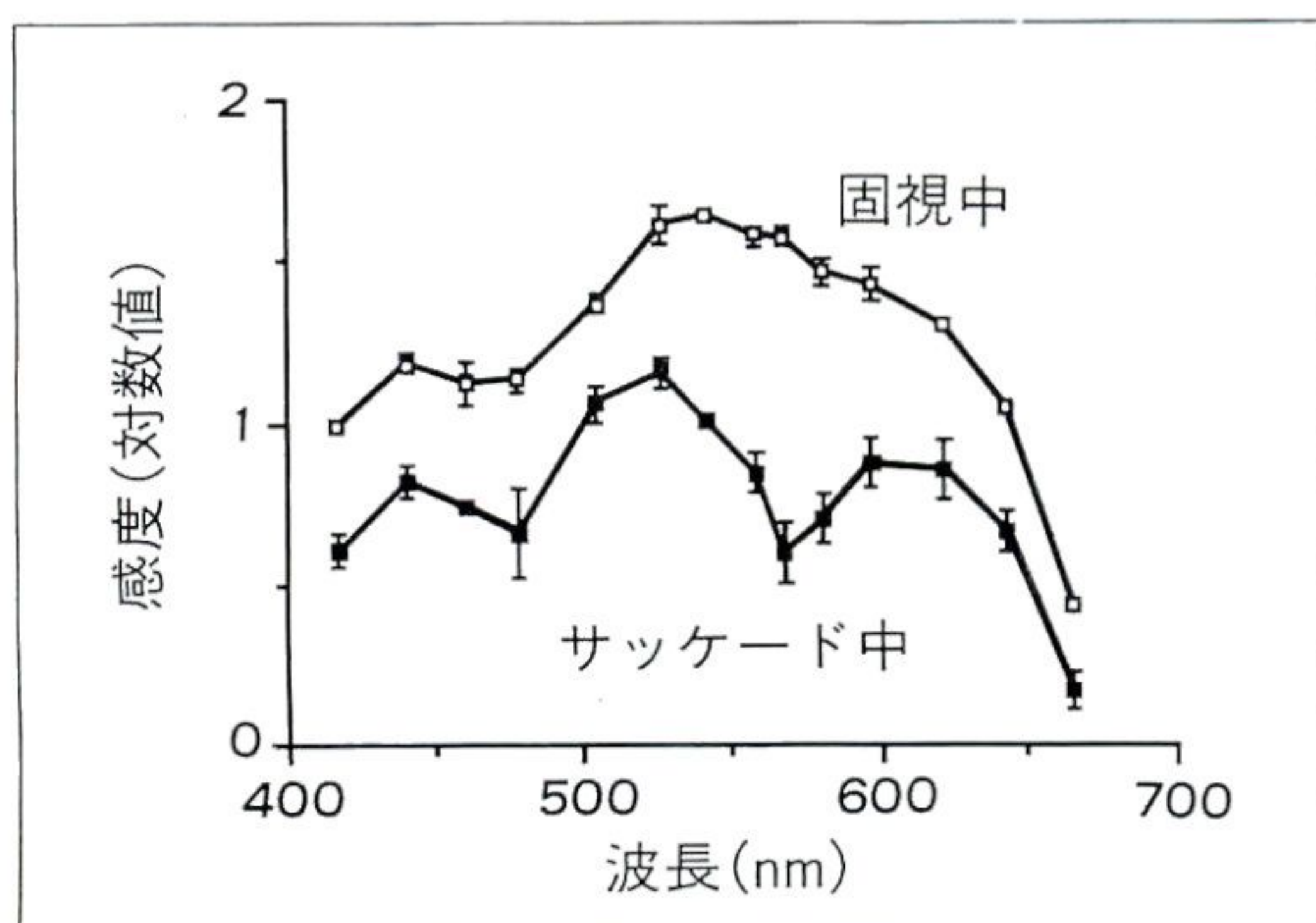


図2 固視とサッケードの実験結果

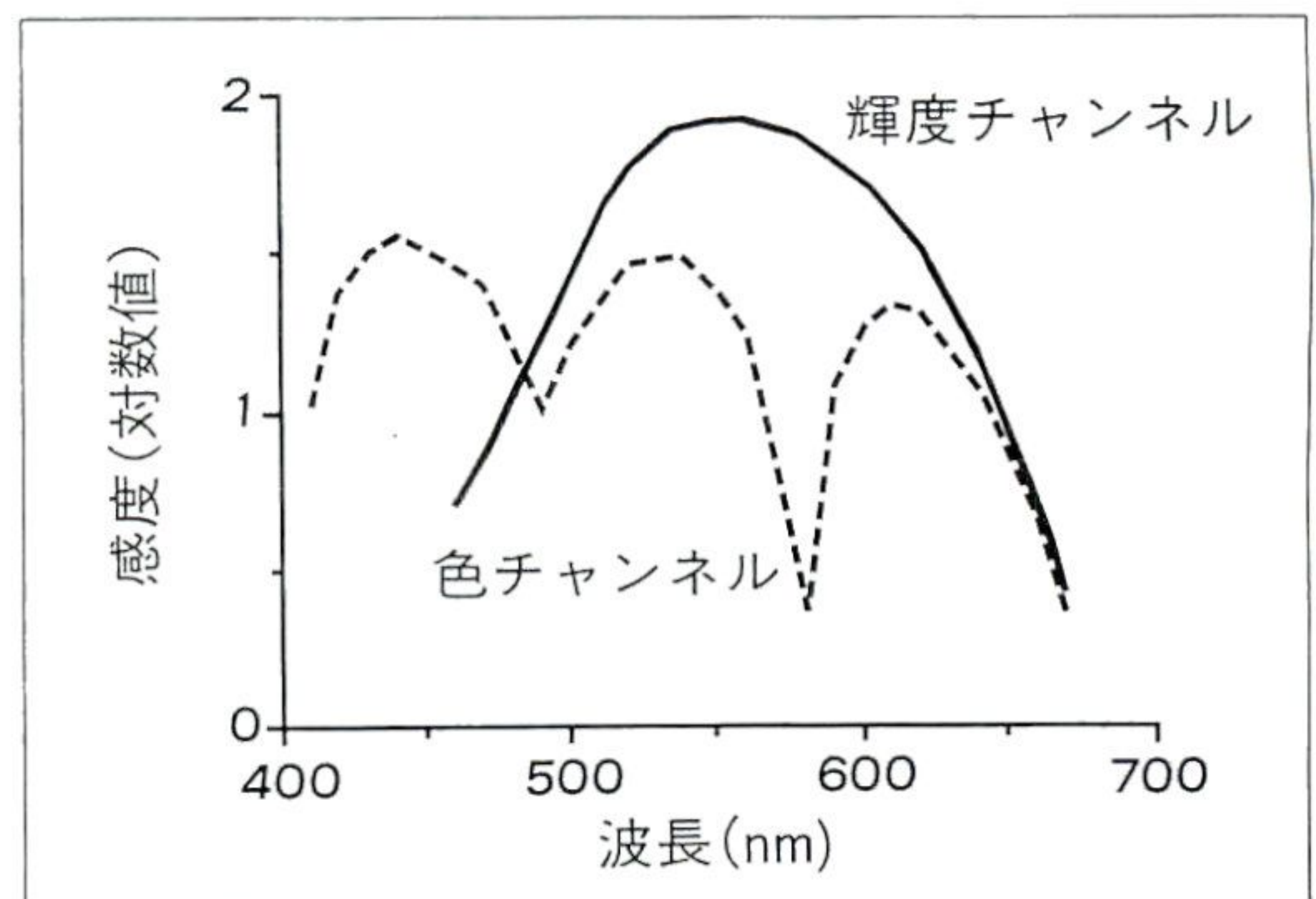


図3 各チャンネルの理論値



次に図2の2つのグラフを見比べて欲しい。固視中よりもサッケード中の方が全体的に感度が下がっている。対数をとっているため、感度の値が1違うと光の強さに10倍の差があることになる。このことからサッケードをしているときは相当見えにくくなっていることがわかる。

もう1つ、グラフの形が違うことに注目して欲しい。固視中のグラフは比較的なめらかな形をしているが、サッケード中の方は山と谷ができていく。この結果を踏まえて、サッケード抑制のしくみについて明らかにしていこう。

サッケード抑制のしくみを理解するためには、視覚系のメカニズムについて知っておく必要がある。網膜上に写った外界の像は、光の強さの情報と波長の情報に分離される。一方、網膜からは輝度チャンネルと色チャンネルという2つの伝達経路が出ている。光の強さの情報は輝度チャンネルを、波長の情報は色チャンネルをそれぞれ通って大脳に送り込まれる。そこで情報が統合され、外界の像を認識することができるのだ。図3はこの2つのチャンネルの光に対する感度の理論値をグラフ化したものである。

人間が瞬間的に単色光を見たときには、2つのチャンネルのうち、その波長において感度の高い方の影響を強く受ける。とくに今回の実験では、ちょうど見えるようになったときの光の強さを測定しているため、ほとんど感度が高い方の特性しか出ない。そこで、まず図2の固視中のグラフを図3と見比べてみよう。480nm以上では輝度チャ

ネルの感度のグラフに似ていることがわかる。今度はサッケード中のグラフを図3と見比べて欲しい。これは色チャンネルの感度のグラフによく似ている。この事実はいったい何を意味するのだろうか。サッケード中に色チャンネルの特性が出ているということは、固視中に高かった輝度チャンネルの感度が色チャンネルの感度よりも低くなったということである。つまり、サッケード中の抑制が色チャンネルにあまりかからずに、輝度チャンネルの方に強く働いているのだ。

なぜ輝度チャンネルの方に選択的に強い抑制がかかるのだろうか。内川研では次のような仮説を立てている。輝度チャンネルは外界の像の形や動きあるいは奥行きの情報を伝送しているとされ、外界の像を認識するのにとくに用いられる。輝度チャンネルが抑制されれば、網膜上の像がほとんど大脳に送られない。したがって、サッケード中の抑制が輝度チャンネルの方に強くかかれば、流れた像の情報が抑えられ、それを認識しないですむ。このように考えれば選択的に輝度チャンネルに抑制がかかる理由がわかるだろう。

内川研究室での実験が行われる以前まで、サッケード抑制は輝度と色両方のチャンネルに働くと考えられていた。それまでの実験では、白い光だけを扱っていて細かいところまでは調べられていなかったのである。ところが実際、今回の実験を試みると、意外にも輝度チャンネルが強く抑制されるという結果が出た。これには先生も驚いたそうである。

これまでサッケード抑制の話をしてきたが、内川研究室ではこの他に、視覚の他の機能や色覚についても広く研究を行っている。

人は光に色がついていると思いがちだが、それは間違いである。色というのは、人間が頭の中で作り上げて感じているものである。光はそのきっかけにすぎない。同じように人間がものを見るということは、自分だけの視覚の世界を頭の中に作り上げていることに他ならない。網膜上に写った像から実際の物理的な世界に対応した世界を作り上げているのだ。したがって、ときには物理的な世界と視覚の世界が違ってしまうこともある。結局、視覚にしろ色覚にしろ、私たちは感覚を通し

てしか外界を感じることはできないのである。

今までは、人間の感性や感覚を科学的な視点から研究することがあまり重要視されなかった。ところが最近になって、感性工学や感覚工学といった言葉が使われるようになってきた。人間がどう感じるのかという判定基準で世の中を判断していくという動きが起こっているのだ。この分野が発展すれば、人間にとってさらに快適な世界を形成することができるだろう。内川研究室での研究はその一端を担っているのである。

最後に、親切に教えてくださった内川先生、研究室のみなさんに心から感謝いたします。

(村社 裕之)