

## Q 固視微動とは何ですか？

A

固視微動とは

眼球運動にはいろいろな種類がありますが、そのうち、静止物体をじっと見つめているつもりでも不随意的に常に起こっている細かな眼の揺れのことを、「固視微動」といいます。例えていえば、ビデオカメラを支える手が揺れ動くと同様に、私たちの眼の網膜に映る投影像も、眼の固視微動のせいで常にゆらゆらしています。いわば、画像に「眼ぶれ」が乗っているわけです。

眼ぶれのいい点、悪い点

私たちがわざわざ固視微動を起こすような眼を持っているのは訳があります。投影像を網膜の上で細かく震わせていないと、私たちにはものが一切見えなくなってしまうのです。特殊な実験装置を用いて、物体の像が網膜上のまったく同じ位置に映り続けるようにしておくと、数秒から十数秒でその物体は視野から消失してしまうといわれています。言い換えれば、視覚の情報処理回路は時間的に変化する信号を敏感に検出する反面、眼球内にある血管の影などの定常的な入力信号にはすぐに感度を失うわけです。固視微動とは、私たちの視覚を維持するために必要不可欠な、末梢で起こる優れた生理的機能といえます。

そうはいつでも、網膜投影像に眼ぶれが乗ってしまうの

は問題です。固視微動は  $1/f$  揺らぎで近似されるランダムな運動で、振幅の回転角は約0.25度、瞬間角速度は1度/秒になることもあり、私たちの検出能力限界よりはるかに大きく像が揺れていることとなります。もしも私たちが網膜に映る像をそのまま見ていたとしたら、視野が常にぶるぶる振動してしまうことになるでしょう。けれども実際は、私たちの眼前の世界は、悠然平らかに静止しているように見えているはずで、それは、私たちの脳で何らかの補正回路が常に働いているからです。事実、この補正がうまく機能しなくなると、視野が動揺して日常生活に困るというような視覚障害が生じます。

脳は、いわば、このような「眼ぶれ補正回路」の技術をはるか有史以前から発明、実用化し、利用し続けてきたといえます。その脳型情報処理の仕組みを解明してうまく模倣できれば、多様な工業分野への応用が見込めるということから、その第一歩として生体工学分野での基礎研究が進捗することが望まれます。NTTでは、視覚実験データの積み重ねによりこの生体機能の解明に取り組んできました。

補正の仕組み

そもそも、眼の動きに伴って動いてしまう網膜投影像から安定した視覚世界をつくり出すという課題は、固視微動に限らずあらゆる眼球運動についてまわる問題です。例えば、走る自動車を眼で追いかけている場合などは、網膜上

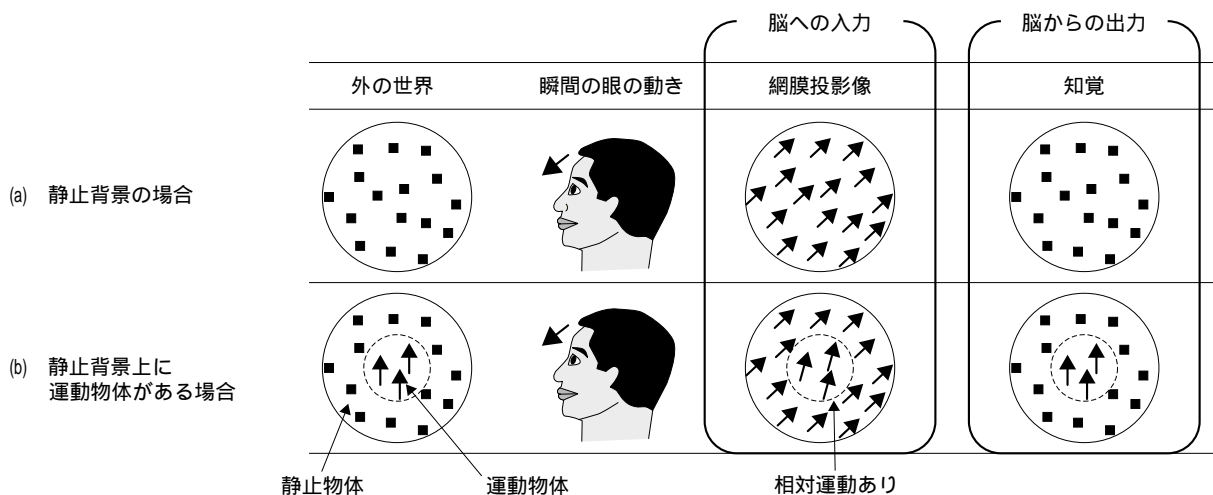


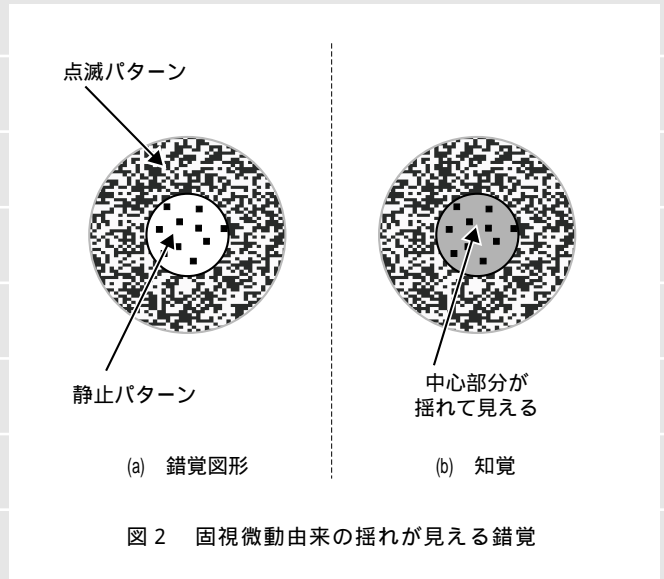
図1 固視微動に伴う像の揺れを補正する仕組み

では自動車以外の風景すべてが眼の動きと反対方向に流れていきます。このときは、自分で眼をどのくらい動かしているかということを脳は知っていますから、自分の発した運動指令を計算に入れて画像から差し引きすれば、安定視野を得ることができるでしょう。ところが、固視微動は末梢性の運動ですから、眼の動きの細かな様子までも脳がすべて把握しているということではできません。固視微動による像の揺れを補正するためには、入力画像そのものの持つ性質を用いるしかないこととなります。

NTTコミュニケーション科学基礎研究所が新しく提案したモデルによれば、画像中に相対運動があるかないかが、揺れ補正のキーポイントになります。まず、図1(a)のように外の世界が静止しているとします。眼が瞬間的に左下に動けば像は右上に動きますが、静止物体の像はどこでも同じ方向に同じだけ動くので、相対運動は発生しません。次に、図1(b)のように静止背景上に運動物体があるとします。それを観察しているときに眼の動きによって像が全体的に動いても、背景と運動物体との間には一定の相対運動があります。このような単純な関係があることを脳は知っていて、それを逆に利用することで外界の様子を正しく推定している、という考え方です。固視微動によって網膜投影像がいくら動いていても、相対運動がないかぎり「眼が揺れているせいなのだろう、本当は外界は静止しているはずだ」と脳は解釈し続け、相対運動があるところだけ「そこに運動物体があるはずだ」と解釈する、というわけです。

このような脳内の補正メカニズムを実験的にだましてしまうと、固視微動に伴う像の揺れが意識にのぼってしまう、ということも新たに分かりました<sup>(1)</sup>。図2(a)のように同心円状の領域を設け、中心部分には静止パターン、周辺部分には点滅パターンを出します。固視微動している眼の網膜にはこの図形は常に揺れながら映っていますが、点滅パターンは運動検出回路を狂わせる作用があるので、脳にはこの部分が網膜上で揺れていることが分からなくなります。その結果、図2(b)に示すように、中心部分だけが相対的に揺れているかのように脳は感じるため、揺れの実際の原因が固視微動であるにもかかわらず、中心部分がゆらゆら揺れているように知覚されてしまうのです。しかし逆にいえば、こうでもしなければ通常はそのような眼ぶれがまったく意識されないということですから、脳の情報処理がいかに優れているかが分かります。

脳内の眼ぶれ補正の仕組みを解明することは、第一義的には科学的進歩ですが、同時に情報産業への将来的貢献を



目指すものであり、大きく3方向のロードマップを示すことができます。

#### 人工センシング・システムへの実装

従来型のビデオカメラの手ぶれ補正テクノロジーから数歩飛躍して、前述したような脳型の画像解釈と画像再合成の機能を完全に解明して実装できれば、高品質の揺れ補正を持つ映像機器や人工視覚機器が作れます。

#### ヒューマン・インタフェースの革新

没入型ディスプレイなどで人工的視覚情報を表示するにあたっては、脳のメカニズムが混乱して乗り物酔いのような不快感が生じることを避けなければなりません。揺れ補正メカニズムの動作特性が分かれば、インタフェースの設計基準も定まります。

#### 臨床応用

視野の動揺を訴える視覚障害者に対して、揺れが見えてしまう神経病理メカニズムを解明し、異常な揺れを抑制したり相殺したりする仕組みを外から与えてやることができれば、症状を軽減するハイテク・メガネを患者に処方することができます。

これらを目標に据えながら、NTTでは固視微動に関する生体情報処理の解明に取り組んでいます。

#### 参考文献

(1) <http://www.brl.ntt.co.jp/people/ikuya/demo/onlinejitter/OnlineJitter-j.html>

このコーナーで取り上げて欲しい質問をE-mailで編集部までお寄せください。  
(社)電気通信協会内 NTT技術誌事務局 E-mail jrr@tta.or.jp