

令和2年6月5日

報道機関 各位

東北大学電気通信研究所

## 視野安定の謎に迫る よく見えるほど動きがわからない視覚の機能

### 【発表のポイント】

- ・視線を動かすたびに網膜に映る像は大きく変化しますが、私たちはその変化を感じることなく世界は止まって見えます。
- ・視線が移動する前と後で、見ているものが少し動いたときそれに気づかない「位置変化に対するサッカード抑制」と呼ばれる現象\*を調べることにより、この謎に迫ることができます。
- ・はっきり見える刺激に対して、より大きなサッカード抑制が生じるとの発見は、視野安定を実現のために脳が行う情報処理の理解を大きく進めることとなります。

\*参考動画:

[https://www.youtube.com/playlist?list=PL92PCV33qqw\\_vwHPiH1nqPbQu6j8AeVR](https://www.youtube.com/playlist?list=PL92PCV33qqw_vwHPiH1nqPbQu6j8AeVR)

### 【概要】

私たちは視線移動に伴う網膜像変化を感じることなく、静止した世界を見えています。これは視野安定の問題と言われ、視覚科学の長年の謎の一つです。東北大学電気通信研究所の塩入諭教授の研究グループは、視野安定をもたらす脳の情報処理機構について新たな事実を発見しました。視線移動の前後の視覚像の位置変化が見にくくなる現象、サッカード抑制が、視野安定の謎に迫る鍵となります(図1)。東北大学の研究グループは、見やすい視覚刺激ほど動きが見にくいという逆説的な結果を発見し、視野安定のための脳の情報処理の重要な特徴を明らかにしました。

今回発表の論文は2020年6月9日10時(英国時間)、オープンアクセス科学誌「*Scientific Reports*」に掲載されます。

### 【論文情報】

タイトル: Displacement detection is suppressed by the post-saccadic stimulus

雑誌名: *Scientific Reports*

[www.nature.com/articles/s41598-020-66216-1](http://www.nature.com/articles/s41598-020-66216-1)

## 視野安定

### 視線移動



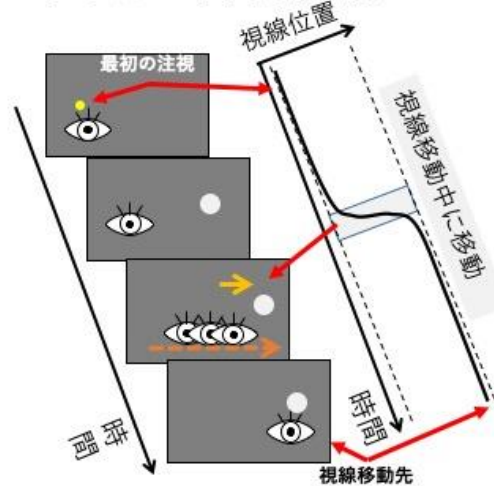
### 網膜像の変化



**安定した世界**  
動き知覚の抑制が鍵  
(位置変化のサッカード抑制)



## サッカード抑制実験



移動方向応答正答率から感度計測

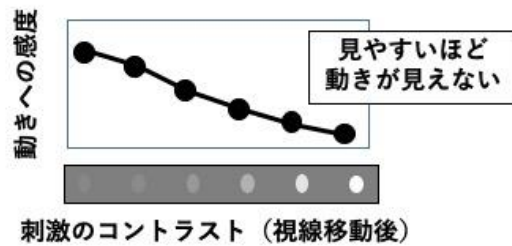


図1 視野安定(左)と視線移動中の動きに対する感度計測実験(右)。視線移動に伴う網膜像変化時の視野安定には、動きに対する抑制効果(サッカード抑制)が関連している。視線移動中に視覚刺激を移動することで、サッカード抑制を計測した結果、刺激強度が高い(よく見える)ほど、動きが見にくい(感度が低い)ことを明らかにした(右)。

### 【用語説明】

#### ○サッカード眼球

急速な眼球運動であり、視線を変えるために1秒間に数回程度生じます。

#### ○サッカード抑制

サッカード眼球運動中に生じた網膜像の変化が知覚されにくくなる現象です。サッカード中の網膜像はボケたものになり、有効に利用できないので、それを処理しないための機能と考えられています。神経系での抑制効果と前後の網膜像によるマスク効果によって説明されますが、具体的な処理メカニズムは十分理解されていません。

### ○位置変化のサッカード抑制

サッカード抑制は多くの視覚刺激に対して研究されています。それらの中で、位置変化や動きの検出に関するサッカード抑制は、位置変化のサッカード抑制と呼ばれ視野安定と直接関連すると考えられています。

### ○位置変化のサッカード抑制の確認方法

位置変化に対して、サッカード抑制があることは、鏡を見ることで確認することができます。鏡の中の自分の右眼から左眼に視線を移してみましょ  
う。その眼の動きはわかりません。その様子を隣の誰かに見てもらうと、はっきり眼の動きがわかります。視線移動中の動きは知覚されないことがわかります。視線移動の同期している必要があることはスマホのカメラで撮った映像で同じことをやってみればわかります。この場合は眼の動きが見えるはず  
です。これはカメラで撮った映像を画面に提示するまでには数十ミリ秒程度の遅れがあるため、急速なサッカード眼球運動の終了後に画面上の映像が動くから  
です。つまり 0.1 秒に満たない遅れがあるだけで、抑制効果は失われます。動きを見にくくすることで網膜像変化がわかりにくくなり、視野安定を実現できると考えることができます。

### 【詳細な説明】

視線を動かすたびに、網膜に映る像は大きく変化します。でも私たちはその変化を感じることなく、世界は止まって見えます。どうしてそのようなことができるかは視覚処理の謎であり、視野安定の問題と言われます。視線を移動するためには脳から眼球運動の指令を出す必要があります、その指令信号を使えば網膜像がどのくらい変化するかわかるはずですが、それを考慮に入れて網膜像を処理すれば、実際の動きと視線の動きが区別できるとの仮説を立てることができます。しかし、実際の眼球運動はそれほど正確ではなく、眼球運動の指令信号と一致しません。そのずれをどう処理するかが視野安定の謎に迫る鍵の一つになります。視線が移動する前と後で、見ているものが動いたとき、その動きが小さい場合にそれに気づかない現象（位置変化に対するサッカード抑制）の問題として研究が続けられています（図1）。

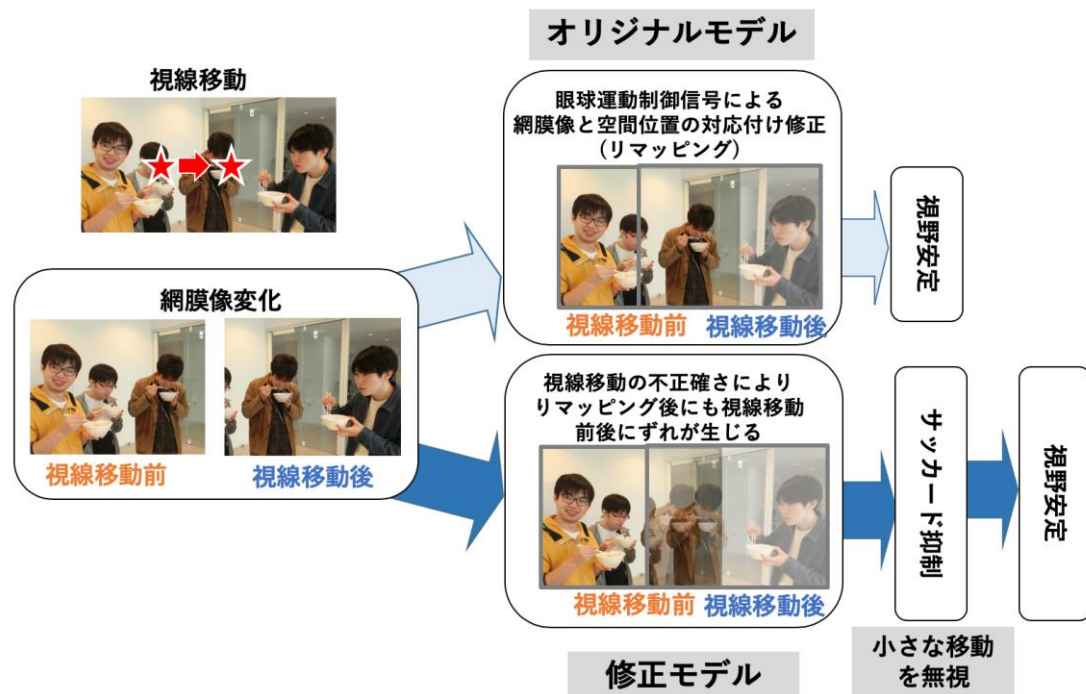


図1 視野安定の説明。視線移動に伴う網膜像の大きな変化時の視野安定の効果は、眼球運動制御の信号に基づく修正（リマッピング、remapping：オリジナルモデル）と、その上で視線移動の不正確さに対応するための抑制効果（サッカード抑制：修正モデルによる追加機能）で説明できる。

東北大学電気通信研究所の塩入諭教授の研究グループは、眼球運動中に移動する刺激（白い円）の移動方向を弁別するという課題（位置変化検出課題）を被験者に課し、その課題の正答率から視野安定の解決に迫る成果をあげました。刺激はサッカードと呼ばれる急速眼球運動（視線移動）中に左右いずれかに移動し、被験者はどちらに動いたかを応答しました（図2）。刺

激の明るさ（背景に対するコントラスト）を変えることで刺激の強度を変えて、刺激の移動方向の正答率を計測することで、刺激の強度（見やすさ）が、視野安定を実現する視覚処理に与える影響を調べました。コントラストに対する影響を調べることで、視覚機能の基礎にある神経系の特性を明らかにすることができます。

実験によって移動前の刺激コントラストを高くすると正答率の上昇が確認できました。これは、見やすくなることで位置変化検出も容易になったということで、通常感覚知覚処理の特性と言えます。しかし、視線移動後（サッカード後）の刺激コントラストを高くすると、課題の正答率は低下しました。つまり、見やすくなるほど位置変化の検出が難しくなったということです。これは、これまで知られていなかった現象です。研究グループは、この現象が、視野安定のメカニズムに深く関連することをモデルを使って示しました。

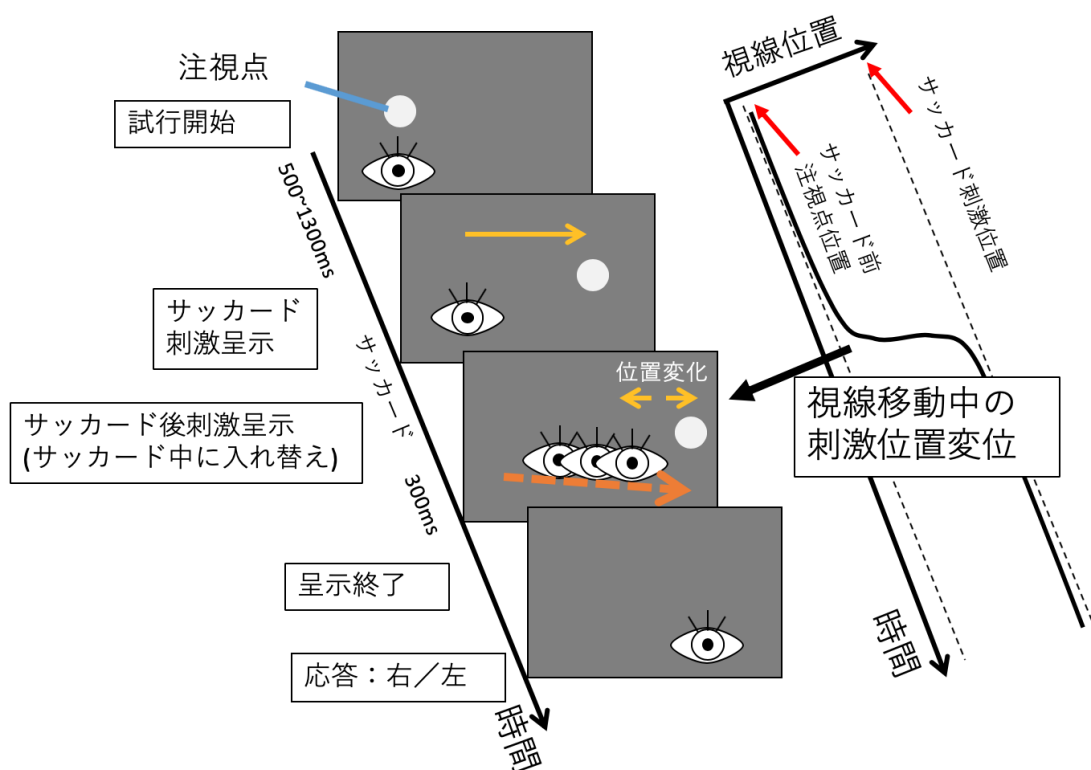


図2 被験者はサッカード刺激が提示され、そこに向かって視線移動をする。眼球運動を計測し、視線移動中に刺激を入れ替える（位置が変化）。被験者はその移動方向をボタン押しで答える。

各コントラスト条件における被験者の位置変化検出感度を  $d'$  という指標を用いて表しています（図3、 $d'$  が大きいほど感度が高く、良く検出でき

ている)。眼球運動前でのコントラストを増加させるほどより良く位置変化を検出できている（図3左）のに対して、眼球運動後でのコントラストを増加させると位置変化検出が低下することがわかります（図2右）。これは、脳が眼球運動時には、眼球運動後の視覚情報を用いて積極的に位置変化の検出を抑制していることを示しています。

コントラストに対する感度の変化を調べることで、視覚神経系の特性と関連づけることができますが、その関係を利用することで、この抑制効果が初期視覚処理の2つの経路のうち一方の信号に依存するとのモデルで説明可能であることも示されました。視野安定という神秘的な現象を、脳の情報処理過程として解き明かすことは、将来、人と同じ視野安定機能を持ち、人が見る世界をより忠実に理解できるAIの実現にもつながるかもしれません。

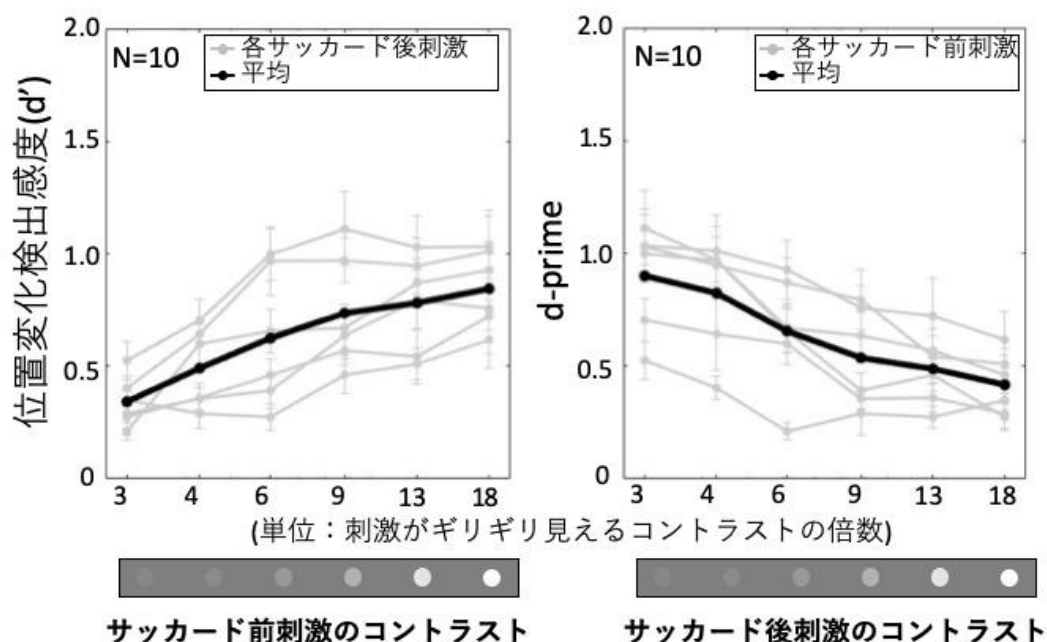


図3 刺激コントラストによる位置変化検出感度の変化。感度は刺激コントラスト増加に伴い上昇する（左図）が、サッカード眼球運動の後の刺激に対しては、むしろ低下している（右図）。

【付記】

本研究は、JSPS 科研費 19H01111、東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究プログラムの支援を受けました。

【論文情報】

タイトル： Displacement detection is suppressed by the post-saccadic stimulus

雑誌名： *Scientific Reports*

著者： Shuhei Takano, Kazumichi Matsumiya, Chia-huei Tseng, Ichiro Kuriki,

Heiner Deubel and Satoshi Shioiri

DOI： 10.1038/s41598-020-66216-1

URL： [www.nature.com/articles/s41598-020-66216-1](https://www.nature.com/articles/s41598-020-66216-1)

【お問い合わせ先】

（研究に関すること）

東北大学電気通信研究所 教授 塩入 諭

TEL:022-217-5468

E-mail: shioiri@riec.tohoku.ac.jp

（報道に関すること）

東北大学電気通信研究所 総務係

TEL：022-217-5420

E-mail: somu@riec.tohoku.ac.jp