

あえて、いわゆる voluntary vergence を解析する

植松淑子・山田徹人・鶴飼一彦

北里大学 医学部 眼科

〒228 相模原市北里1-15-1

1. はじめに

一眼をほぼ固定したままで、他眼を自由に動かすという眼球運動は、訓練すれば多くの人（おそらく数人に一人）が可能であると言われている。また、後述の Carpenter も記しているように、少数の人では手を動かすのと同じように自由に眼を動かすことができる。この動きは随意片眼眼球運動であり、両眼の非対称な動きを輻輳と考えれば voluntary vergence と呼ぶことができよう。この眼球運動が可能なのは、視標なしで随意に眼を寄せることも得意であることが多く、その意味でも、この呼び方は妥当であろう。

R. H. S. Carpenter はその著名な著書¹⁾の中で、voluntary vergence（彼の言葉では voluntary control of convergence）は研究してもあまり意味がないと述べている。これは、この眼球運動と同様な動きは適当な視標を提示すれば誰でも可能であること、また一部の人は実在の視標の代わりに自分の思い浮かべた視標のイメージを追従することによって voluntary vergence を可能としていることから、これは特別な眼球運動ではない、という考えによる。しかしながら、輻輳の制御機構に関しては最近になっても新しい知見が得られており、未知のことも多く残されている²⁾。また、眼球運動記録装置も Carpenter の時代よりも進歩している。したがって、この眼球運動が通常の輻輳と同様の動きかどうかを検証しておくことは意味がある。

Voluntary vergence という言葉は、反射としての輻輳運動と対の言葉として用いられることもあり、この場合には輻輳眼球運動を構成する一要素と考えられている³⁾。ただし、反射・随意要

素は混在しており区別は容易ではない。また、個人差も大きい。本稿で扱う voluntary vergence、すなわち片眼性の随意眼球運動が、もし通常の輻輳と基本的に同じ種類の眼球運動であるとするならば、輻輳の構成要素のうち、反射要素に対する随意要素の純化されたものであると考えられ、これを解析することは輻輳における反射・随意性を考えるためにも有益であろう。

2. 対象と方法

2名の正常被験者を対象に、4種類の装置を適宜組み合わせて眼球運動を記録・解析した。被験者は T U（29歳女性）と T K（35歳男性）で、軽い屈折異常以外の眼科的疾患は有していない。両者とも、voluntary vergence が可能である。また、他人に指摘されるまではそのことを特別なこととは考えていなかった。

使用した眼球運動記録装置は、サーチコイル法（演算子工業製の磁場発生・解析装置とスカラ社製のコイル入りコンタクトレンズ、NEC製 PC-9801 パーソナルコンピュータ）を主として用い、時間制限のないリンバストラッキング法（学内試作品）を補助的に使用した。また、赤外照明によるビデオ撮影装置として、ビデオレフラクトメーター（トプコン：PR1000、連続撮影可能なように改造済み）と両眼回旋撮影装置（日本光電試作品）を使用した。サーチコイル法による眼球運動の記録は、コンピュータにも入力・保存されているが、今回はレコーダー上での記録の定性的解析を主とし、速度と振幅解析によるサッカードか否かの判定のみにコンピュータを使用した。ビデオ撮影装置は、瞳孔を眼球運動と共に記録する目的で使用してお

り、定量的な解析は行なっていない。また、回旋撮影装置でも回旋の解析は行なっていない。

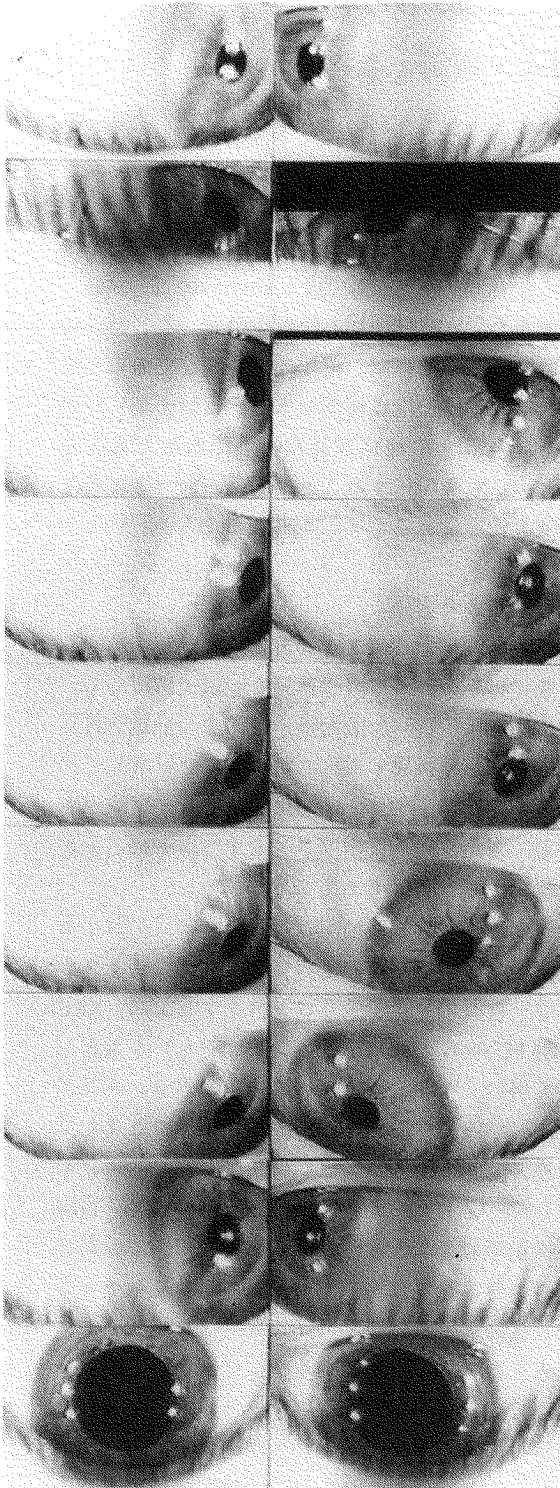


図1 両眼回旋撮影装置による記録。被験者TK。

現時点で、TUに対しサーチコイル、リンバストラッキング、ビデオレフラクトメーターを、TKに対し回旋撮影装置を使用した。

3. 結果

被験者TKの両眼回旋撮影装置による記録を、図1に示す。左右の眼の同時撮影されたものが一枚の画像に記録される。記録は連続であるが、ここではコマ撮りしたものを縦に並べた。一番上は遠方正面視、二段目は強い輻輳眼位(対称性輻輳)、三段目以降、右眼はほぼ静止しているのに対し、左眼はゆっくりと時計まわりに左方視から左上、上、右上、右方視を行ない、下方視を経て左方視へもどる。このとき右眼は左眼と共に上下運動を行ない、上下は共同性運動であることがわかる。また、瞳孔は左眼が左方視している状態でも縮瞳しており、その状態で静止しても散瞳しない。被験者TUのビデオレフラクトメーターによる映像も、同様の特徴を示していた。

サーチコイル法により得られた被験者TUの眼球運動記録を図2に示す。図2(a)は通常のサッカードによる左右30度のキャリブレーション、(b) voluntary vergenceを開始した直後、ゆっくり動かす。静止しているはずの眼は輻輳および輻輳とは逆向きのサッカードの繰り返しを示す。完全に静止してはいない。動いている方の眼は、輻輳および輻輳と同じ向きのサッカードの繰り返しを示す。(c) 最初遠方正面視、まず輻輳、次に輻輳を緩める。左眼は正面から内方約45度、外方へ12度動いている。このとき、右眼は内方へ約45度向いたまま、したがって左眼が外方へ向いたときも、眼位としては輻輳眼位である。大きなサッカードが増加している。(d) 非対称のサッカード(数倍の振幅)。他の図にも見られる。(e) ときに眼振様(小振幅、高頻度のback-to-backのサッカード)の眼球運動⁴⁾。(f) 短間隔(60ms)連続サッカード。

4. 考察

サーチコイルおよび瞳孔の記録結果から、この眼球運動は常に輻輳眼位を示し、遠方視より

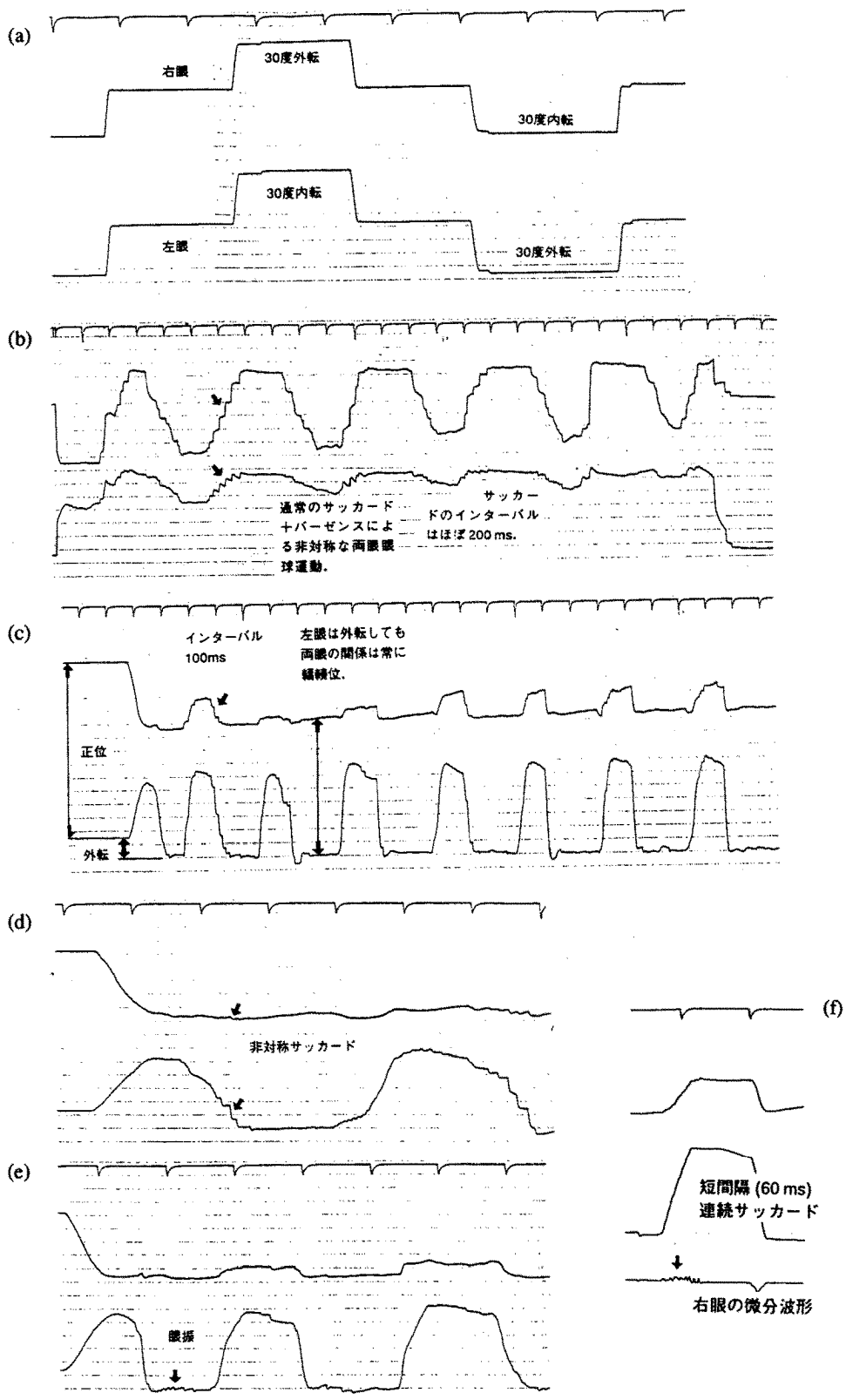


図2 サーチコイル法によりえられた随意片眼輻轉中の両眼眼球運動記録。被験者TU.

も開散方向への眼球運動は見られなかった。この点については、今回の2名の被験者には共通であったが、一般的な特徴であるかどうかは不明である。記録はしていないが一部の人（もともと外斜位があると推測される）では輻輳眼位をとらなくとも片眼を自由に動かす（動きは小さい）ことが可能のようである。また、Carpenterの、彼自身「一眼を固定したまま他眼を外方へ約25度、内方へは8度動かせる」という記述からは、固定された眼の向き方向が確認ができないが、これも輻輳眼位をとっていない可能性がある。さらに、間欠性外斜視を持つ人のなかには、正位を保つことと一眼を固視眼にし他眼を外方偏位させることを意識的に交代できる人がいる。このときの眼球運動は遠方正面視を越えて開散している。これらの眼球運動がvoluntary vergenceと同様の運動であるといえれば、voluntary vergenceは輻輳眼位の時のみに可能であるとはいえなくなる。今後、検証する必要がある。

次にサッカードの振幅の左右差に着目すると、図2(d)のように時には10倍以上の差がみられる。これは従来報告されている3倍程度の差よりも大きく、Heringの法則に合致しない点が注目される。ただし、一眼のみのサッカードや逆向きサッカードが存在するとの報告もあり、詳細は不明だが事実とすれば興味深い。

このような眼球運動を神経制御系の面から考えると、バーストニューロンが、左向き・右向きの対に加えて、左眼用・右眼用と別々にある、あるいはどこかにマルチプレクサーがあって、左右の眼にバースト信号を非対称に配分している、という可能性が示唆される。さらに、最近話題になっているパーゼンスバーストからの信号が、サッカードバーストニューロンやポーズセルに影響を与えていると考え、非対称サッカードや短間隔連続サッカード・眼振が輻輳時に起きやすいことの説明が容易となる。

眼球運動の記録を開始した直後は、個々の動きとしては比較的Heringの法則に則った輻輳+

サッカードで全体の非対称な動きを構成していたのが、徐々に非対称なサッカードに変化していくことは学習効果であろうか。また、2度目の記録時には輻輳かサッカードか区別のつきにくい速度領域の眼球運動も頻発した。このように波形の変化していくことも、今後の解析対象として興味深い。

5. むすび

Voluntary vergenceには、種々の興味深い眼球運動成分が含まれていることが判明した。これらの運動の解析によって、サッカードと輻輳の制御系およびそれらの相互作用について、いくつかの可能性が示唆された。今後、さらに検討を加えていきたい。

今回の記録から計算すると、実際に視標を用いてこのような大きな輻輳眼球運動を誘発しようとするれば近方側の視標は眼前3cmに置かねばならず、現実には困難であり、実現しても調節の要素を制御できない。大きな輻輳が数々の興味深い眼球運動を表面化したとすれば、voluntary vergenceを眼球運動の研究対象とすることはけっして意味がないわけではない。

文 献

- 1) R. H. S. Carpenter: Movement of the eyes. Pion, London, 1977, p. 79.
- 2) R. J. Leigh and D. S. Zee: The neurology of eye movements (2nd ed). F. A. Davis Company, Philadelphia, 1991.
- 3) C. M. Schor and K. J. Ciuffreda (eds): Vergence eye movements: Basic and clinical aspects. Butterworths, Boston, 1983.
- 4) R. D. Yee, P. H. Spiegel, T. Yamada, L. A. Abel, D. A. Suzuki and D. S. Zee: Voluntary saccadic oscillations, resembling ocular flutter and opsoclonus. *Journal of Neuro-Ophthalmology*, 14, 95-101, 1994.
- 5) 中溝幸夫: 両眼運動とヘリング理論. 李阪良二, 中溝幸夫, 古賀一男(編): 眼球運動の実験心理学. 名古屋大学出版会, 1993, pp. 59-78.
- 6) L. Levi, D. S. Zee and T. C. Hain: Disjunctive and disconjugate saccades during symmetrical vergence. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 28 (ARVO Supplement), 332, 1987.