

19世紀ドイツ語による瞬目研究論文の邦訳*

(A translation of a 19 century German study on blink
from German to Japanese)

Clemens Amann¹・田 多 英 興²

(ライプチッヒの生理学研究所より)

瞬目の時間過程について

Siegfried Garten, PhD.

瞬目 (Lidschlag) の時間過程についての文献的な情報・知見は皆無である。Exner¹⁾、Franck²⁾、そして最近のMayhew³⁾の瞬目に関する論文でも、まばたき (Blinzeln) の反射時間や反射性あるいは随意性瞬目にある一定の時間がかかるかどうかという問題にしか言及していない。そこで、比較的短い本稿では、瞬目の時間的な過程、特に瞳孔が眼瞼に覆い隠されている時間を測定することは、生理・光学的な問題 (瞬目と視覚器の疲労回復あるいは残像との関係^{a)}) と密接に関連すること、また瞬目と連動して動く筋肉が比較的少ないこと、から眼瞼の動きを見てその神経支配についてもより正確な理解ができるであろうことから、これらに関連する実験について報告する。

瞬目は、生起因の差によって生起の様式に差が出てくることから、まず最初にその主な分類をすることが便利だろう。

I. 随意的に、あるいは三叉神経または視神経を持続的に刺激する

¹ 白鷗大学経営学部

² 白鷗大学教育学部

ことで眼瞼を長時間閉じる瞬目

Ⅱ．随意的あるいは短時間の神経刺激による短時間の閉眼（瞬目、ウインク）

Ⅲ．持続的で弛緩した閉眼（睡眠と意志）

I とⅡの間には様々な中間段階があることは言うまでもない。さらに、これらの瞬目と別に、病理現象を除いても不完全な瞬目もある。そうした不完全の瞬目については、最初に観察したFick⁴⁾が不随意性と解釈した。この不完全な瞬目は、上眼瞼が瞳孔まで下降することなく、再開眼される。

以下、これらの様々な形式の瞬目の中で、特に随意性と反射性の瞬目の時間過程を中心に検討する。

Exner、続いて Franck (1. c.) が、反射時間測定のために採用した方法は、眼瞼の動きを記述するためには適しているとは言えない。Exnerは、上眼瞼につけた紐からテコを利用して眼瞼の動きを伝えた。そのテコは小さな刻み目のある板に支えられた台にあって容易に自転ができ、その台からテコの動きをカイモグラフ（円筒形の記録器）へ記録できた。こうした条件では、上眼瞼は無理に引っ張られたり、妨害されたりすることもあった。そのためMayhewは自分の実験の際にはExnerのこの機械的な記録法を避けた。彼は上眼瞼に、わずかな眼瞼の下降でも開く軽い電気接点を付けた。この瞬間をデスプレッツ型の電磁気によって回転するドラムに記録した。同様にして、この電磁気によって機械的に刺激時点を記録した。この二つの事象間の時間差によって反射時間が明らかになった^{b)}。このやり方による反射時間の測定は十分な精度であったが、しかし瞬目の時間的な過程を測定するのは無理があった。後述するような本研究の方法、つまり上眼瞼の動きを、感光性の紙を巻きつけたカイモグラフのドラムに撮影する方法をとると、それがうまくいく。この方法はBellarminoff⁵⁾ が最初に明所視の、そして私が暗所視、の瞳孔径を検討した研究で採用した方法と大体同じである。詳細は後者（の文献）を参照されたし⁶⁾。従来の実験（Gartenが瞳孔に関して行った実験）との大きな相違点は以下の通りである：眼瞼

の動きの方が瞳孔の動きより遥かに速いから、ドラムのもっと速い回転と同じ幅のスリットに当たっている部分はさらに短い露出時間を得ることが必要になった。例えば、ドラムの最速の回転時には(図3と4)、その紙の部分に眼瞼から放射され、レンズのスリットを通った光線が当たる時間は1/100秒以下の短い時間であった。したがって、照明のため1.5mにあるアーク灯を使用しなければならなくなった(図1と図2参照のこと)。その時、上眼瞼または上眼瞼と下眼瞼、それに頬に細くて白い紙テープを付ける工夫をした。こうした紙テープは、しばらく身につけて慣れると、瞬目はスムーズに行うことが出来るようになる。時間の記録は、1/5秒毎に動くスリットの前にあるJaquet型のクロノメーターのテコによって行った(図1-4のZ)。回転方向の異なったカイモグラフをつかわざるを得なかったので、カーブの上に矢印を書き入れてカーブの読み方向を表示した。

繰り返しにならないように、瞬目の時の上眼瞼の同一の点^{c)}の動きを記録する目的で採用したもう一つの、少し異なった方法、つまり高速の動きをカーブの各時点から読み取る方法について説明しよう。

細いシェラック(ラックカイガラムシの分泌物から得られる天然樹脂：訳者注)でできた皮膜で防護された上眼瞼に、薄い蠟の小(紙)テープに固定された二本の極細のアルミ箔の先端に、振動するシャッターを通してトランスから規則的に閃光を飛ばした。薄い蠟の小片の紙テープは従来の紙テープのよりは無理なく眼瞼に固定することができた。アルミ箔の先端は細くて薄いアルミ箔テープで電気と繋がれているから、眼瞼の動きはほとんど妨害を受けなかった。閃光は動いているドラムに細い破線を書き出した(図5~9のL)。その破線のそれぞれの点(ダッシュ)は電気閃光である。被験者の目を危険にさらさないように比較的弱い電流を使用した。それでもこれらのカーブは正確さを損なうことはなさそうである。この方法は、もっと強い閃光が使えるすべてのケースの、特に速度の測定で、望ましいであろう^{d)}。

このカーブで表示される時間は次のように記録された：被験者の脇に

Auerbrennerというバーナーの前に細長い隙間の入ったシェード(遮板)がある。そのシェードのすぐ前に1/5秒刻みを刻むテコがある。被験者の前に適当に固定された鏡を使って、写真のレンズを通してドラムに眼瞼の閃光が投影される。同時に、その閃光は図の垂直上に隙間とテコが明瞭にカイモグラフのドラムに写す。こうして得た時間のカーブにおける二つの信号間隔(カーブ1~4と同じように)は1/5secに当たる(図5~9)。

視覚刺激による反射時間を測定する際に、前述の実験装置に次の工夫が加えられた。眼前10cm程度のところにあるレンズの中心と上眼瞼の一番上の点を繋いでいる線の上に、(閃光が)飛んだ瞬間は隙間の上に同じ電流回路の、小さな閃光が閃いた図5のF1、F2、F3のところに、時間記録カーブの上にある白くて太いダッシュとして記録された。反射時点に当たっている上眼瞼と隙間の上に飛ばす閃光の間の時間軸での差を正確に測定するために、ドラムの動いていない時のカーブを一つ撮影した。その時も視覚刺激による一回の瞬目が行われた。(図5A参照のこと、図5のaの例はドラムが止まった時に記録した瞬目である)。

最初の写真(1~4)は半分に、閃光のカーブ(5~9)は元の大きさの2/3(元の大きさは真の大きさの2/3である)に縮尺された。その次のすべての測定に関しては、むしろ遥かに正確な結果を表す原画を元にして行われた。

I. 随意性瞬目

図1は最初に採用した方法による被験者Rの随意性瞬目の結果である。

図1aでは、図1b、図1cの種々の瞬目に随伴して動いたり動かなかったりする部分、つまり眉、下眼瞼に接している頬(W)の部分そして瞳孔(P)のちがいがはっきり分かる。大切なのは上眼瞼の動きに相当するストライプOの振る舞いである。上眼瞼の下降は急峻な動きで始まる。眼瞼

がまだ瞳孔に到達していない時に既に最高の速度に達している。その速度は眼瞼が完全に下降する直前まで変わらない。再開眼の場合、開瞼は全体として見ればやや緩徐な動きで、特に最後の動きは緩徐である。

説明を簡単にするために、図1（図1 a、1 b、1 c、はそれぞれ瞬目Ⅰ、Ⅱ、Ⅲを表す）の瞬目を右から左へ、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲと呼ぼう。被験者はできるだけ短い瞬目を行うように教示されていたのに、ⅡとⅢの間に相当な時間差がある。3つの瞬目（Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ）間での最も異なる部分は、それぞれのカーブの底の長さである。つまり、最大の差異はその閉瞼の間にある。それに対して、カーブの開始点と終了点ほぼ一致する^{e)}

上記の被験者Rの瞬目のうち、Ⅲ（図1 c）で示した著者自身の行った随意性瞬目の時間的な特徴とよく一致することから、最短の随意性瞬目の例として特定できるであろう。

下記の著者自身の瞬目（図2 bと3）と違って、被験者Rの方は、図1 bとcでは眉も歪めたことが分かるが、できるだけ短い随意性瞬目を行うようにと、補助の括約筋にも刺激を与えた。瞬目の主要な相（図1）に関して原画を2倍にして測定した時間の結果は次の通りである：

全瞬目持続時間（閉眼から再開眼までの瞬目の全時間）

| | | |
|------|-----------|---------|
| Ⅰの場合 | ・ ・ ・ ・ ・ | 0.44sec |
| Ⅱの場合 | ・ ・ ・ ・ ・ | 0.45sec |
| Ⅲの場合 | ・ ・ ・ ・ ・ | 0.36sec |

| | | |
|-----|-----------|---------|
| 平 均 | ・ ・ ・ ・ ・ | 0.42sec |
|-----|-----------|---------|

閉瞼時間（眼瞼の最初の動きから完全に眼瞼を閉じるまでの時間）

| | | |
|------|-----------|----------|
| Ⅰの場合 | ・ ・ ・ ・ ・ | 0.066sec |
| Ⅱの場合 | ・ ・ ・ ・ ・ | 0.086sec |
| Ⅲの場合 | ・ ・ ・ ・ ・ | 0.073sec |

平 均 0.075sec

瞳孔が上眼瞼に完全に覆われている時間（瞳の直径は2.5mmくらい）

I の場合 0.16sec

II の場合 0.22sec

III の場合 0.13sec

平 均 0.17sec

被験者Rの随意性瞬目と比較できるように、著者自身の行った三つの随意性瞬目の時間的な結果を挙げよう¹⁾：この場合、閃光による方法を用いた。

全瞬目時間

I の場合 0.302sec

II の場合 0.337sec

III の場合 0.284sec

平 均 0.308sec

閃光の個数は次の通りである

I の場合 14

II の場合 15

III の場合 14

したがって、1回の閃光の時間間隔は下記の時間になる：

I の場合 $0.302 : 14 = 0.0216\text{sec}$

II の場合 $0.337 : 15 = 0.0225\text{sec}$

III の場合 $0.284 : 14 = 0.0203\text{sec}$

シャッターの振動時間は我々の目的にとっては十分に一定（=0.02sec）であった。

閉瞼時間

| | | | |
|---------|-------|---------|----------|
| I の場合 | ..... | 4 の時間間隔 | =0.08sec |
| II の場合 | ..... | 5 の時間間隔 | =0.10sec |
| III の場合 | ..... | 4 の時間間隔 | =0.08sec |

平 均 0.087sec

近似値でカーブの一番上と一番下の点の中点を瞳の中心部と見なすと、瞳孔が眼瞼に覆われていた時間は下記のように決定できる。

瞳孔が上眼瞼に完全に覆われている時間（瞳の直径は3mmくらい）

| | | | |
|---------|-------|-----------|----------|
| I の場合 | ..... | 6.5 の時間間隔 | =0.13sec |
| II の場合 | ..... | 7.5 の時間間隔 | =0.14sec |
| III の場合 | ..... | 6.5 の時間間隔 | =0.13sec |

平 均 =0.133sec

最後に眼瞼の下降の速度変化を見るために、眼瞼の動きを示す閃光が瞬目の開始から0.02secごとに垂直方向に移動する距離を示そう。

| | | 瞬目 I | 瞬目 II | 瞬目 III |
|---------------------|---|--------|--------|---------|
| 0.02sec後、眼瞼のマーク箇所は、 | | 1 mm | 1.5mm | 1.5mm |
| | | | | ずつ下がった。 |
| 0.04 | " | 5.2mm | 6.5mm | 6.2mm |
| 0.06 | " | 10.0mm | 11.5mm | 11.5mm |
| 0.08 | " | 12.0mm | 13.0mm | 12.8mm |
| 0.10 | " | — | 13.2mm | — |

この垂直方向の移動距離区間が示すように、最大速度は早期、つまり

0.04sec後に見られる。少なくとも、瞬目の始まった後の0.04secと0.06の間の速度増加はほんのわずかである。図1 bと1 cのカーブの曲がり方を見ても同じことが読み取れる。(眼瞼が)瞳孔の上に来た時既にカーブは急降下している。それは節収縮の開始から数えると0.03-0.04secに相当する^{g)}。

表Ⅲと図6～9には、種々の条件下で記録した被験者Rの随意性瞬目をさらに一つ付け加えた。それらのカーブは閃光法によって記録された。つまりL線は上眼瞼のマーク点の動きを示す。ドラムが動いていない時の撮影が示すように(A図6～9)こうしたマーク点は垂直に動かないで閉瞼あるいは開瞼のときに下部が上部より曲がったカーブをドラムに写すことになる。

図6はしばらく休んでいた被験者Rの随意性瞬目を示す。被験者はできるだけ短くて規則正しい瞬目を行うように言われていた。

カーブを見ると、条件によってはいかに規則正しく瞬目を行うことが可能であるかが分かる。

瞬目の個々の相(図6)の時間を秒単位で詳細に記述するには、カーブの複数の部分の閃光間の時間間隔(各閃光の中心から中心まで)を数えて、その(合計の)数に0,0177に掛けるだけで十分である。閃光間の時間間隔は上記の平均値からほとんどずれることはないからである。

下記のまとめでは、右から左への瞬目をI、II……と表すことにする。

全瞬目持続時間

| | | | |
|------------------|-----------|-------------|------------|
| I の場合 | ・ ・ ・ ・ ・ | 20の閃光間の時間間隔 | =0.354sec |
| II | ・ ・ ・ ・ ・ | 19 " | =0.336sec |
| III | ・ ・ ・ ・ ・ | 17 " | =0.301sec |
| IV | ・ ・ ・ ・ ・ | 20 " | = 0.354sec |
| V | ・ ・ ・ ・ ・ | 18 " | =0.319sec |
| VI ^{h)} | ・ ・ ・ ・ ・ | 21 " | =0.372sec |

| | | |
|----|-------|-----------|
| 平均 | | =0.339sec |
|----|-------|-----------|

閉瞼時間：

| | | | |
|-------|-------|-------------|-----------|
| I の場合 | ..... | 5 の閃光間の時間間隔 | =0.089sec |
| II | ..... | 6 " | =0.106sec |
| III | ..... | 4 " | =0.071sec |
| IV | ..... | 6 " | =0.106sec |
| V | ..... | 4 " | =0.071sec |
| VI | ..... | 6 " | =0.106sec |

| | | |
|----|-------|-----------|
| 平均 | | =0.091sec |
|----|-------|-----------|

再開眼は最も時間がかかる。再開眼時間は8と10の閃光間の時間間隔、つまり0.142secと0.177secの間の付近を前後する。

近似値でカーブの一番上と一番下の点の中心を瞳孔（直径約3mm）の最下部の部分と見なすと、瞳孔が完全に上眼瞼に覆われていた時間は以下のようになる。

| | | | |
|-------|-------|---------------|-----------|
| I の場合 | ..... | 12.5の閃光間の時間間隔 | =0.222sec |
| II | ..... | 10.5 " | =0.186sec |
| III | ..... | 10.5 " | =0.186sec |
| IV | ..... | 11.5 " | =0.204sec |
| V | ..... | 11.0 " | =0.195sec |
| VI | ..... | 12.0 " | =0.212sec |

| | | |
|----|-------|-----------|
| 平均 | | =0.201sec |
|----|-------|-----------|

閉瞼時の速度は著者のそれとまったく同じである。（484頁）

実験者ができるだけ短くて規則正しい瞬目をしようとしても、多くの場合、同じ人の複数の瞬目でもその形が異なる。特に閉瞼時間はしばしば非常に長い。こうした瞬目を図8に示す。Aから数えると、最初の瞬目と3番目の瞬目ではこうした閉眼の延長が伺える。それに対して、この最初と3番の間には、(図6と同様に)短くて普通の瞬目が挟まれている。最初の瞬目と3番目の瞬目は閉瞼時間が開瞼時間より長い。また、眼球の中心にある点の速度は上昇時よりも下降時の方が速い(関連の閃光間間隔を参照のこと)。連続して出現する閃光の中心間の距離はこの場合も0.017secであるから、閃光の数を数えることだけで簡単にすべての値を得ることができる。実験者に連続して何回もの瞬目を行わせることで、この種の眼瞼の動きまたは他の様式の眼瞼の動きを測定できる。非常に遅いドラム速度でのこの種の実験を図7に示す。(時間を示す破線カーブZの二つの白いスペース間の間隔は1/5secになる。)被験者Rは、カーブの記録以前に(図の右側)既に何秒間か瞬目を行った。そうすると、3回から6回の大きい規則正しい瞬目は、不規則な小さい瞬目を多く誘発することが分かる。などなど。

図7のカーブの一番不規則的な部分にE 1～E 6を付けた。カーブの終わりの方(E 5とE 6)は特にこうした不規則的なところがよく見える。E 5によく似ているところはドラムのさらに速い速度の時に写された図9にある。大きくて強い瞬目が行われてから眼瞼の活動はさらに弱くなって、眼瞼自体は低くて下がったままである。閃光間のスペースを数えることからわかるように、カーブの終わりの方に表れる非常に小さな動きは、各眼瞼の下降にかかる時間が(最初の完全なたっぷりした眼瞼の下がりと同じように)同じであることは特徴であろう。ここで記載しなかった二つの長い連続瞬目にも起った上記の不規則な動きは、連続する多数回生じる疲労現象であろう¹⁾。

反射性瞬目

角膜に吹きかけられた結果右目が起こした瞬目を図2 bに示してある。それに加えてカーブの始まりそして反射性の瞬目の次に一つずつの短い不全形の瞬目が見える。吹きかけることによる刺激には時間がかかることから、第二番目の不全形の瞬目も、吹きかけることによる反射によって生じたかもしれない。吹きかけることによる反射性の瞬目は、前述の随意性瞬目と同様に速度が急に上がることがわかる。

0.03sec後、瞳孔の中心で既に最高速度になる。眼瞼の下降の時間は0.089secであった。したがってテコの場合も随意性瞬目とよく一致していることが分かる。刺激から閉瞼開始までの時間を測定するのは省略した。角膜に風が吹きかけられる時間が測定できないからである。吹きかける目の刺激を検討したFranck (1.c.) は、刺激された側も刺激されなかった側も1/10secという反射時間を報告している。

図4は、電気刺激による片側の三叉神経の刺激が起こした瞬目を示す。刺激から数えて、テコの下がりR、収縮の始まりsまでは、0.041secがかかった。ここで示さなかった別のカーブも同様に0.041secという結果になった。この数値が、Exner (1.c.) が弱い刺激の場合0.0662sec、強い刺激の場合0.0578secである、とした値より小さいことは、私が使っている記録方法の場合の眼瞼の動きを妨げることは一切ないという記録の精密さに由来するであろう^{j)}。Mayhew (1.c.) も、皮膚刺激による反射時間に関する実験における複数回の測定によってもほぼ同じ値を報告している。彼の場合、接触から眼瞼が動き始めるまでの時間は平均して0.041secであった。最短時間は0.035sec、最長時間は0.0492secであった。

カーブ3はテコRが下がりながら電気刺激によって眼輪筋に通じる顔面神経にも同じ側の三叉神経にも刺激を与えたことを示す。刺激後s 1 0.006secで既に筋肉の収縮が始まり、最初からほぼまっすぐに走っている。刺激後0.04sec (s 2 図3) のカーブに明らかな屈曲が生じる。直接的な刺

激に加えて反射による刺激が加わるからである。このカーブの正確な意味づけは、反射性の瞬目（図4）でも0.04secという反射時間であるという時間的な一致があることから可能性は高いのである。

視神経¹⁾刺激を使って反射時間を確定するため、目から10センチ離れたところから強い電気閃光を飛ばした。被験者の居る部屋をととても暗くしたから、閃光刺激が起こした瞬目を意識的に抑制することは不可能であった。図5はこの実験結果を示す。F1 F2 F3と書いてある時間を示すカーブの上にある白いダッシュは視覚刺激のフラッシュ光に相当し、L1 L2 L3の時点が反射性瞬目の開始点である。反射時間を示すためには、眼瞼の閃光（開瞼時）と刺激を示して（刺激に記号をつけて）、閃光間の横座標時間を計算することになる。横座標差はドラムが動いていない時の図（A図5）を見れば分かる。（a図5はドラムを止めた時の開瞼の記録）完全な瞬目（閉瞼と開瞼の全体の瞬目）の時間は、視覚刺激の場合、被験者Rの行った随意性瞬目より少し短いことが多い（図5で示した瞬目もそうである）。

電気閃光が光ってから眼瞼が動き始めるまでの時間は、図5の

L_1 の場合 0.107sec

L_2 の場合 0.082sec

L_3 の場合 0.080secであった。

ここで触れなかった別のカーブの場合の時間的な値は次の通りである：0.061sec、0.070sec、0.100sec、0.115sec、0.122sec、0.132sec。

同じ視覚刺激によるものなのに反射時間は著しく異なるが、これは実験の記録のエラーによるものではない。なぜならば、刺激は閃光で直接的に生起させ、瞬目の運動の始まりは正確に記録されたからである。

視覚刺激の場合、反射時間は大きく変動する。しかも、Mayhew（上記参照）が接触による三叉神経の刺激を確定したより遥かに変動が大きいことは確かなのである。それに視覚反射はまた別の意味で三叉神経反射とは異なっている。上記の数字が示すように、どんな場合でも視神経刺激による反射時間は、三叉神経の刺激（機械的な刺激でも電氣的な刺激でも）によ

る反射時間より長い。これは視覚刺激による反射経路が三叉神経の刺激による瞬目よりはるかに複雑で、中枢組織の各組織のその時々状態によって反射時間が左右されることを物語っているであろう。

引用文献

(原文では各ページ毎に文献が引用されているが、本稿では現在の習慣に従って、最後にまとめた。なお、原文では書誌項目の詳細がないので、それが判明した分だけ追加して記述した)

- 1) S. Exner, Experimentelle Untersuchung der einfachsten psychischen Prozesse, 2. Abhandlung: Über Reflexzeit und Rückenmarksleitung, *Pflüger's Archiv* Bd. 8, Pp. 581-603, 1874.
- 2) C. Franck, Über die zeitlichen Verhältnisse des reflectorischen und willkürlichen Lidschlusses. *Inauguraldissertation*. Königsberg 1889.
- 3) David P. Mayhew, On the time of reflex winking, *Journal of exp. Med.* Vol. II S. Pp. 35-47, 1897.
- 4) Fick and Gürber, v. *Graefe's Archiv* Bd. 34 H. 4 S. 257 und 20. Vers. der ophth. Gesellsch. zu Heidelberg S. 57.
- 5) L. Bellarminoff, Anwendung der graphischen Methode bei Untersuchung der Pupillenbewegung, *Pflüger's Archiv* Bd. 37. 1885.
- 6) S. Garten, Beiträge zur Kenntniss des zeitlichen Ablaufes der Pupillarreaction nach Verdunklung, *Pflüger's Archiv* Bd. 58 S. 75 f. 1897, *E. Pflüger's Archiv für Physiologie*. Bd. 71, Pp. 68-94, 33.

Garten の原文の脚注

(引用文献の場合と同様、原文ではページごとに脚注があるが、本稿では番号は通し番号にして最後にまとめた。したがって、本稿での番号は新たに訳者たちが付け直したものである)

- a) Aubert und Helmholtz による古典的な瞬目と残像の関係に関する業績を除けば、最近の Fick と Gürber (Heidelberg市の第20回眼科学会の発表、1889, p.54 f.; 網膜の疲労回復について、v. *Graefe's Archiv*, 第36巻 H. 4, p.244と第38巻 H.1 p.118) によって、瞬目は眼瞼の圧迫によって網膜静脈の排泄をもたらすことで、網膜の休養をもたらす、という説が主張されている。それに対して Hering (「視覚の疲労と休養について」、v. *Graefe's Archiv*, 第37巻 H.3 p.1) は、瞬目が休養をもたらすことは確かにあるが、周期的な瞬目の時間だけ周期的に暗やみを招来する(休養の)影響に過ぎないと主張している。
- b) 神経伝導の時間と筋肉の動きの潜時を含める
- c) 最初の実験の際、紙に写されたカーブは上眼瞼の1点の動きを忠実に表すわけではない。つまりスリットに写されるのは動いている上眼瞼のそれぞれの位置だけである。眼瞼は弓形の動きをするから、もし眼瞼の1点だけを続けて写すなら、眼瞼の1点の写す曲線はスリットとレンズの中心と同一平面にある。それ故紙に写されたカーブを判断する際、特に速度変化に関しては、下記の「1点マーク・カーブ」と比べるのが適切である。

- d) この方法はある意味で間欠的な閃光の残像が網膜に残ることによる目の動きを測定する方法を思い出させる (Helmholtz, *Physiol. Optik*, 2. Aufl. p. 487. 1896参照のこと)。
- e) ここでの図では示さなかった被験者 R の別の瞬目の場合も同じことがあった。
- f) 閃光があまりにも繊細過ぎて、このカーブは図に再現できなかった。
- g) Kronecker と Stanley Hall (随意の筋肉活動 Du Bois's Archiv 1879) によると、指の最短の屈曲は元の安静位に戻るまで 0.32sec - 0.30sec くらい時間がかかるという。しかも、その安静位への復帰は拮抗筋によるのではなく、弱くて弾力のある働きによって生じさせる場合だけである。この時間は随意性瞬目の最短時間 (0.308sec) と一致する。無論、この二つの例で時間的な合致があるからといって、直ちに瞬目の筋肉活動 (挙筋の収縮あるいは弛緩による閉開眼) の推論ができるとは限らない。Kronecker と Stanley Hall の実験的研究によると、拮抗筋の働きが全くなかったかどうかは疑わしいことから、こうした推論は適切ではないとしている。(v. Kries, *Du Bois's Archiv* 1886 Suppl. p.11 見よ)。
- h) 図 6 には示さなかった。
- i) Lombard は、持続的な随意性の筋肉活動 (指の活動) について、これとよく似たカーブ (随意の筋肉収縮の周期的な減少) をエルゴグラフ上に示した (疲労の随意性筋肉収縮に与える効果, *Archives Ital. de Biologie* XIII p.371 1890)。彼がこうした現象を観察したのは自分以外何人かの被験者に過ぎない。しかし、つい最近の報告では、彼は他の被験者で実験を追加した結果、同じような疲労を表すカーブが得られたのである。
- j) 前述の彼のやり方の場合も眼瞼の動きを機械的に妨げることはなかった
- k) ここでの「反射時間」には神経伝導の時間と筋肉の動きの潜時が含まれている。
- l) Eckhard によると (*Centralblatt für Physiologie*, 10. August 1895 H.10)、つい最近まで、光刺激によるまばたき (Blinzeln) を三叉神経による反射と見なすことが多かった、という。Eckhard は、ウサギの目を使った実験で、視神経を切断しても光刺激に伴う反射が起らないこと、逆に視神経を保持して三叉神経を切断しても反射が存続すること、を示した。

図の説明

図 1 - 4 に示した瞬目は、元々はほぼ原寸大で撮影されたが、ここでは半分のサイズに縮尺されている。図の o (oben, 上) というのは、上眼瞼につけられた細い紙テープが写したカーブを示す。(このカーブの幅は種々の距離からの投影によって増減する。図の P (Pupille 瞳孔) は、瞳孔が写したカーブで、u (unten 下) は下眼瞼につけられた紙が写したカーブ、そして W (Wange 頬) は頬が写したカーブのことを示す。Z は 1/5 秒を刻むテコのカーブに相当する。図 3 と 4 の H (Hebel) はテコのこと、R (Reizung 刺激) は電気刺激を与える時のテコの落下点を示す。

- 図 1. 被験者 R の随意性瞬目。1 a で上眼瞼と下眼瞼の軌跡が、1 b と 1 c では瞳孔と眉毛の軌跡が、容易に理解出来る。瞳孔を通るスリットの S (図 1 a) は、上記の目の各部 (瞳孔・頬・上眼瞼など) のどの部分がどのような軌跡をたどったかということを示す。図 1 b と 1 c の読み方は右から左へである。
- 図 2. (読み方は左から右へ) 著者の右目の角膜への風の吹きかけによって起こった反射性瞬目を示す。カーブ 2 b の始まりと終わりは不完全瞬目を示している。
- 図 3. 電気刺激による著者の右目の瞬目を示す。電極は右目から外側へ 1 センチ離れた側頭部に固定された。R = 刺激の瞬間、s 1 = 眼輪筋への刺激から顔面神経に通じる眼瞼運動の開始点、s 2 = 眼瞼下降の速度増進 (図 4 三叉神経による反射参照のこと)

図4. 電気刺激による左側の三叉神経刺激が起こした著者の右目の反射性瞬目。R = 刺激提示点、s 2 = 眼瞼下降開始点。

図5-9に示した瞬目は、本稿で記述した閃光法を使って、オリジナルの2/3の大きさになっている。さらに、この雑誌に載せるためにさらに1/3程度に縮尺する必要があった。図のLは上眼瞼の一点が写したカーブを、Z（明るい地色に写した黒っぽい線）は時間の軌跡を示す。今までの図と同様に、Z線の2箇所の上がりの間の透き間は1/5秒に相当する。軌跡のAはそれぞれドラムが動いていない時に行った瞬目を示す。

図5. 視覚刺激による反射性瞬目（L₁、L₂、L₃）。時間の目印の上にある白いダッシュ（F₁、F₂、F₃）は、視覚刺激の際にスリット上の大きい刺激閃光と同時に飛んだ小さい閃光を示す。Aの時点ではドラムが動いていない時に閃光が飛んで、一回の瞬目が行われた。ドラムが止められたときに行われたので、図5のaが示す眼瞼の上昇は考慮に入れられなかった。反射時間を測定するためには、後者の撮影（後者の図）から明らかになる刺激閃光と眼瞼閃光（眼瞼の上がった時の）の間の構座標の差を考慮に入れなければならない。

図6. 被験者Rが暫く休憩を取った後で行った随意性瞬目を示す。瞬目は非常に規則正しい。
図7. ドラムの回転は遅い。（時間の目印参照のこと、つまりZ線の二つの白色のスリットの間隔が1/5秒である）被験者は続けてできるだけに随意性瞬目を行うように言われた。E 1 - E 6は規則的な瞬目を行った後、たびたび生起する不規則的な瞬目のことを表す。（眼瞼がしばらく上がったままだったり、途中で止まったり、あるいは半開きだったり、微小な不規則運動をしたり、である。）

図8. 被験者Rのゆっくりした随意性瞬目。（右から）最初と三番目の瞬目の場合、閉瞼（眼瞼下降）の方が開瞼（眼瞼上昇）よりも時間がかかっている。

図9. 多数回の随意性瞬目の後に眼瞼の動きの幅は小さくなる。この軌跡は、より速い速度のドラムで記録された時のみだが、図7のE 5の様に似ている。

*注

*本稿は、Siegfried Garten、Zur Kenntnis des zeitlichen Ablaufes der Lidschläge. *Archiv fuer die gesammte Physiologie des Menschen und Tiere*. 1898、71、Pp. 477-491（加えて、巻末に図9枚が2頁にわたる）の全訳である。論文中で使用されている記号は現在の習慣とかなり異なるので、非常に理解しにくい部分だけ現代風に直して訳したが、理解しやすい部分は原文を生かしてある。

他の研究領域の例に漏れず、瞬目研究の論文の多くも英語である。また、ドイツ語を除くフランス語その他のヨーロッパの言語による瞬目に関する論文は、訳者のひとり（田多）の知る限り、多分皆無と思われる。少なくとも研究の世界的動向を左右するほどの論文の例は知らない。しかし、ドイツ語による論文にはいくつか貴重な、看過できない論文がある。本稿は19世紀ドイツにおける瞬目研究の貴重な論文の一つで、その研究動向を知る手がかりが得られる論文の一つである。しかし、100年以上も前の論文のため、記録方法その他多くの面で類推する手がかりさえなく、正確な記述を期することが出来なかったために、また、力不足と情報不足のために、かなりの誤解と誤訳も含まれているかも知れない。当時の大方の研究動向や手法と問題意識、それに当時の水準のデータの紹介をすることで、理解の一助になれば幸いである。誤解や誤訳は読者のご叱正を仰いで、以後またこれを基礎にして出来る限り修正をしていく

い。

本論文の貴重な点は、第1は、瞬目の分類法が現在と大きく異なること、第2が反射性と随意性瞬目の時間特性の記述が主題である、ことである。前者については長くなるから省略するが、後者については、文章を読むと、恐らく当時としては、反射は瞬時であって、時間がかかっているかどうかさえ、はっきりしなかったのではないかと類推できて、興味深い。その原因は記録する道具がなかった事ではないかと思われる。その辺を反映して、随分と大がかりな記録装置であるが、なお現在から見ると、記録もやや正確さを欠く面があると思われる、ところが興味深い。

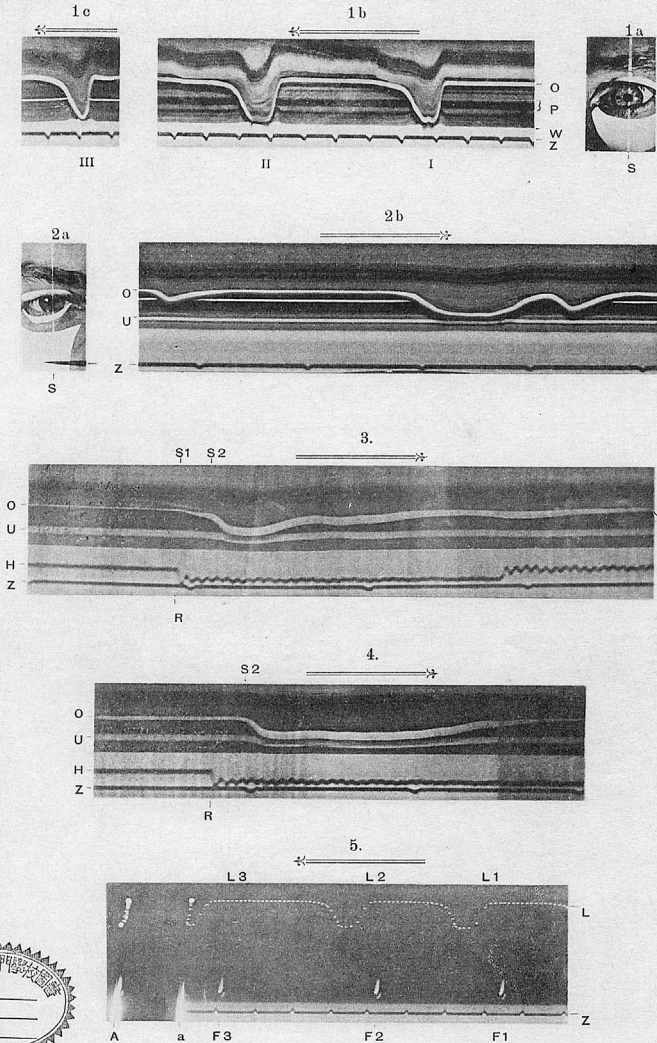
なお、当時の記録器の様子を類推する方法の一つが、上記引用文献の中の3) David P. Mayhew, On the time of reflex winking, *Journal of exp. Med.* Vol. II S. 35 f. (Pp. 35-47), 1897. である。この論文は、現在PDFで供給されていて、記録器のかなり鮮明な写真が3葉と図が3枚提供されているので、非常に参考になる。3枚目の写真は懐かしいカイモグラフである。さらに、これらの諸研究の先鞭を付けた論文がやはりドイツ語による上記引用文献中の1)の論文である (S. Exner, Experimentelle Untersuchung der einfachsten psychischen Prozesse, 2. Abhandlung: Über Reflexzeit und Rückenmarksleitung, *Pflüger's Archiv* Bd. 8, 581-603, 1874.) らしいことも付記しておこう。

謝辞

原論文は19世紀のもので、引用文献などを追跡するには、書誌項目さえ不足していて、手加かりが少なかったのが、非常に苦勞したが、本学図書館の司書安部久美子・田口香織さんの多大な援助があって、ここまで来た。特に、田口さんの援助に感謝します。

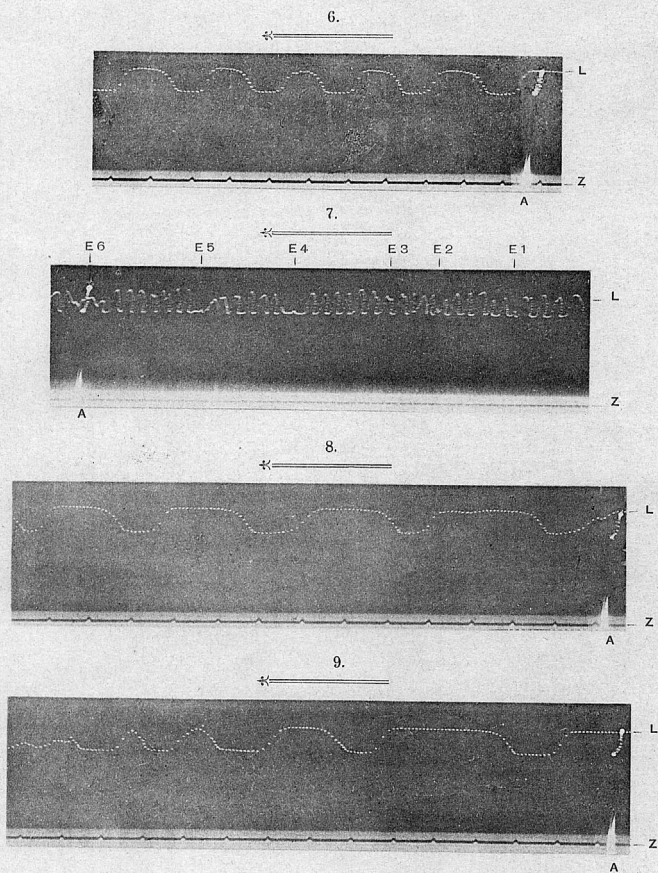
Archiv f. d. ges. Physiologie. Bd. 71.

Tafel II.



Lichtdruck von Kuhl & Co., Frankfurt a. M.

Verlag von Emil Strauss, Bonn.



Lichtdruck von Kühl & Co., Frankfurt a. M.

Verlag von Emil Strauss, Bonn.