

蚯蚓の蠕動に就て¹⁾

島 孝 夫 TAKAO SHIMA

佐賀高等学校

緒 論

V. HOLST (1932) は蚯蚓の蠕動の機構を説明する爲に抑制中樞 (Hemmungszentrum) の假説を提出した。それによれば、各體節の神経節には、皮筋囊から刺戟を受けてゐる抑制中樞がある。前方の體節が伸長する時はその刺戟により生じた興奮が腹髄を通して次の體節に流れ、この體節の抑制中樞の機能を斷ち、従つてこの體節も伸長する。伸長波 (Verdünnungswelle) はかかる過程が後續する體節に順次に行はれることによつて進行するのである。この V. HOLST の考へは彼の “Dehnungsversuche” に基礎を置いてゐる。即ち蚯蚓の體の中央部に 2 本の針を刺してその間の部分を引伸ばす時は、針の後部の體節に伸長波が進行する。逆に蚯蚓が短縮した時の體の直徑と同じ内徑を持つ短い硝子管に體を通し、その兩端に於て針を刺し、硝子管内の部分の伸長を妨げるならば、前方から來た伸長波は硝子管の前方に於て中絶し、後方の體節には進行しない。かくて V. HOLST は伸長波は前節の伸長が後節の伸長を惹起する刺戟となることによつて、即ち所謂二節反射 (bisegmentaler Reflex) によつて生ずるものと考へたのである。然して伸長波について短縮波 (Verdickungswelle) が經過するのは、抑制中樞の機能が斷たれて各體節の伸長による伸長波が經過した後、それに次いで各神経節は一定の時間を置いて各體節を短縮させる爲と考へられた。即ち彼は一つの體節の短縮の過程はそれに先立つ伸長の過程と一続きのものであり、體節の伸縮は神経節に於けるリズムカルな現象に基因し、そのリズムが總べての神経節に於て同一である爲に伸長波の進行に續いて各節の短縮の運動も逐次後方に進行するものとした。V. HOLST は所謂 “抑壓” (Unterdrückung) の現象、即ち體の前端を牽引して伸ばし、其處に伸長波を生起させる時は、體の後方を進行中の先行の伸長波が “抑壓” されて消失すると云ふこと (従つて伸長波は體の 2 ケ所以上では同時に生起し得ない)²⁾ 運動中の蚯蚓の後端に機械的刺戟を與へる時は體の全長を蠕動波が一様に早く進行すること等の事實から、1 ケ所に於ける刺戟は腹髄全長に渡つて瞬間的に傳導し、且、一つの神経節のリズムカルな現象は他の總べての神経節のリズムカルな現象に影響すると考へ、腹髄の單一性 (Einheit) を主張した。之が彼が總べての神経節内に起る現象のリズムの同一なることを唱へる根柢となつてゐる。

1) 本研究は京都帝國大學理學部動物學教室に於て行つたものである。

2) 之に就いては私は若干の疑問を持つ。匍匐する蚯蚓に於て蠕動が非常に緩慢に進行する場合は、伸長波が未だ體の後端に達せず後端近くで尙進行中なるにも拘らず、前端より伸長波が開始するのを屢々認めた。この點に於て私は寧ろ JANZEN (1931) の觀察に與する。

抑制中枢が存在すると云ふ彼の假定の當否に就いては容易に論じ難い。唯彼の觀察と實驗から短縮波の進行は、之を伸長波の進行に結び付けて、各神経節内に於ける同一リズムの現象を考へることにより説明出来るかも知れない。¹⁾ 併し之が唯一可能な説明ではないであらう。即ち短縮波の進行に於ても、前後の體節に繼起する二つの短縮の過程の間に何等かの聯繫を考へることが出来るであらう。かゝる考へ方をした人は FRIEDLÄNDER (1894) と JANZEN (1931) である。FRIEDLÄNDER は短縮波の進行は前節の短縮により後節が牽引せられて受動的に伸長し、次にその結果として反射的にその體節が短縮することによつて生ずると考へた。併しかゝる所謂單節反射 (Unisegmentaler Reflex) の説の妥當でないことは V. HOLST が實驗的に證明した。實際又前節の短縮による後節の受動的伸長が起り得ない條件に於ても短縮波は進行する。例へば蚯蚓を水中に入れる時は腹面の磨擦はなく、従つて前節が短縮しても後節が受動的に伸長すると云ふことは考へられないにも拘らず、矢張り短縮の運動は前節から後節へと逐次進んで行く。この點からも吾々は短縮波の進行を FRIEDLÄNDER の云ふ如き單節反射の過程の進行としては考へ難いのである。JANZEN は各體節の運動はその前節の運動と繋つて居り、各體節間を腹髓を通して興奮が傳導すると考へた。確かに短縮波の進行に對してこの様な説明の途もあり得る譯であつて、唯 JANZEN は各體節の運動と云ふのみで、之を伸張と短縮とに分析して考察してゐない點に尙幾分の曖昧さを残してゐる。

私はこの研究に於て、短縮波の進行の機構に關する上に述べた如き問題を明かにしようと試みた。尙伸長波に就いて V. HOLST の實驗に對する若干の補足をも行つた。實驗材料としては *Eisenia boetida* を用ひた。之は體形は小さいが、體節の識別がその爲に非常に容易であると云ふ點で有利であつた。

本文に入るに先立ち、本稿の綿密な校閲と種々適切な教示を賜はつた本城市次郎博士に對し衷心より感謝の意を表す。

I 伸 長 波

V. HOLST と全く同じ方法により、硝子管と針とを以て體の一部の伸長を妨げたが、結果は彼の觀察と一致した。

次に環帶直後の體節とそれより 20~25 節を距てた後方の體節とに側方より各 1 本の針を通す。蚯蚓を水で濡らした硝子板の上に置き静止した状態にある時、2 本の針を移動しない様にピンセットによつて保持する。伸長波は前方から起つて 2 本の針の間の部分にも引續いて進行するが、その結果その部分は針の間の間隔よりも長くなる爲に結局彎曲を起す。然して針の間の部分に於ては各體節の伸長の速度がやゝ緩慢であり、且伸長の程度もやゝ小である。(之はこの部分は伸長に當つて前方へも後方へも移動し得ない、即ちその伸長が器械的に妨げられるからであらう)。又同時に伸長波の進行速度も緩慢であるのが認められる。やがて第 2 の針より後方の部分に伸長波が進行するが、この部分は伸長と共に後尾が後退し、従つて 2 本の針の間に狹まれた部分に於ける如き伸長に對する妨害がないにも拘らず伸長の程度は依然として小

1) V. HOLST の説の中で「各神経節に各體節を伸縮させる一定のリズムを持つた現象が起る」と云ふのは蠕動の機構に直接に關係するものであり、抑制中枢に就いての假定は更にかゝる腹髓に於いて生起する現象に關係するものである。従つて後者がなければ前者が成立しないと云ふ譯のものでなくこの兩者は一應分離して考察することが出来る。本論文では抑制中枢の問題には全く觸れなかつた。

さい。若し最初に2本の針の間隔を前よりやゝ擴げて置く時は、伸長波の進行に當つてその部に於ける各體節の伸長の程度もやゝ大となり、それに應じて第2の針以後の各體節の伸長程度も大となる。又針の間の各體節の伸長程度を小ならしめる時は、第2の針以後の部分に於て伸長波が尾端迄達せず、中途に停止することが屢々である。この時針を保持する力を緩めると針の間の部分が能動的に伸長し、それに應じて第2の針以後の既に伸長波の進行し終つた體節の伸長程度も大になると共に、中途で停止してゐた伸長波が尾端に向つて更に進むのを見ること出来る。以上の如く前節の伸長程度が直接的に後節の伸長程度に影響すると云ふことは、伸長波は二節反射によつて起ると云ふ V. HOLST の考へを支持するものであると思はれる。

II 短 縮 波

A. 蚯蚓の體の略々中央に側方より糸を通し、それに荷重として硝子管 (0.4 g) を附けて濡らした吸取紙の上を這はせる(第1圖)。伸長波が先づ頭端より始まり、それが環帶附近を通過したならば、ついで短縮波が頭端より進行して来る。その際は後方の體節が前方に牽引せられて前進しつつ、前方の短縮しつつある體節の方へ引き附けられて行く譯であるが、第1圖に於ける a の部分の短縮に當つては未だ c の部分は牽引せられない。短縮が進んで b の部分に迄及ぶと、始めて糸を通した體節が牽引の作用を受ける。併しこの體節は荷重による大きな磨擦力の働きにより前進が困難であり、結局 b の部分は強く伸ばされることになる。従つて短縮波に先立つて b の部分を進んでゐた伸長波は、此處を非常に早く通過して c の部分に移る。(受動的に體の一部が伸ばされる時は、この部分を伸長波が早く進行することは V. HOLST が既に觀察してゐる)。併し短縮波の進行速度は b の部分に於ては糸を通した體節の前進の緩慢なことに伴つて却つて遅くなる傾向を持つ。然して c の部分に於ける短縮波は必ず b の部分を通過し終つて始めて現れるのであり、その意味に於て短縮波はやはり b の部分より c の部分への一續きの進行として觀察される。c の部分に於ける短縮波の進行速度は再び正常に回復する。荷重を與へた場合に b の部分に於ける短縮波の進行速度がどの程度に遅くなり、従つて又 c の部分に於ける短縮波の開始期がどの程度におくれるか？これを見るには荷重を牽かせた場合と牽かせない場合に於て、頭端から短縮が開始してより、尾端でその短縮が完了する迄の時間を比較すればよい譯である。即ち先づ荷重を持ち上げ、糸を緊張させない様にして短縮波の進行時間を測定し、次に荷重を蚯蚓の後方の紙面に置いて這はせた場合の短縮波の進行時間を測定する。之を反復して第1表の結果が得られた。

Abb. 1.
Durch den Teil
c läuft die Verdickungswelle.

表に於て見る如く、短縮波が全體長を進行するに要する時間は荷重を與へた場合の方が一般に長く、極端な例では2倍近くを費してゐる(個體 2)。

荷重を牽かせた場合には b の部分に於て各體節の短縮する速度も遅くなり又屢々短縮の程度も少い。この二つの事は當然荷重による磨擦の大なるに歸すべきであらう。短縮波が c の部分に移れば、その部分では各體節の短縮速度も短縮程度も、硝子管を牽かせない時と變りがない。

第 1 表

個 體 1		個 體 2		個 體 3		個 體 4	
荷重を除いた場合	荷重を與へた場合	荷重を除いた場合	荷重を與へた場合	荷重を除いた場合	荷重を與へた場合	荷重を除いた場合	荷重を與へた場合
1.6 秒	2.8 秒	2.2 秒	3.2 秒	2.0 秒	2.2 秒	3.0 秒	3.0 秒
2.0	2.2	2.0	3.0	2.4	3.0	3.2	3.6
2.0	2.0	2.2	3.6	2.4	3.0	3.2	3.4
2.0	2.0	1.8	3.4	2.2	2.6	3.0	3.6
1.8	2.2	2.4	3.4	2.6	3.0	3.0	4.0

(第1圖)。若し弱い短縮波が**b**の部分を進捗しつつある時、又は此處を通過し終つて**c**の部分に丁度移つた時荷重を除くならば**b**の部分の各體節は普通の程度に迄かなり早く短縮し、又短縮波の進行速度も早くなる。併し短縮波が**c**の部分若干節既に進行し、第1圖の如き状態になつた時に荷重を除いても最早や**b**の部分の短縮は認められず、依然としてこの部分は普通よりやゝ伸びた儘の状態を保持する。即ち**b**の部分のやゝ伸びた儘の状態を保つ爲には荷重を除く時期が、**c**の部分の若干節が既に短縮した後でなければならない。(凡そ20節位短縮波が進行した後ならば、荷重を除いても**b**の部分の短縮は認められなかつた)。

B. 環帶直後の體節とそれより約20~25節を距てた後方の體節とに、伸長波の實驗で行つた様に針を通した蚯蚓を水で濡らした硝子板の上に置く。前方より來た伸長波が針の間の部分を進行して伸びきつた時、この針が移動しない様にピンセット又は指で以て保持する。次に短縮波が始まつて第1の針に達する時は、針の間の部分の短縮しようとする力が強く手に感じられるが、勿論短縮することは出来ない。この時は第2の針以後の部分にも亦短縮波は進行せず伸長した儘の状態を保持する。この時若し針の何れか一方を、又は兩方を同時にその保持より解放する時は、先づ針の間の部分が前端よりかなり速かに短縮し、¹⁾ 次で第2の針以後の部分へ通常通りの短縮波が進行する。これ迄の事實はAの實驗結果と一致する。即ち一つの體節の短縮はその前の體節が短縮して始めてそれに續いて起る譯である。然るに短縮波が第1の針迄到達してから暫時(普通3~5秒位)針の間の部分を伸長した儘の状態に置く時は、この部分に何等短縮が認められないに拘らず第2の針以後の部分に通常通りの短縮波が現はれる(第2圖)。之は先に述べた事實と矛盾する如く見える。吾々はかゝる二つの現象が相互に關係付けられるや否やを次に吟味する。

伸長波が2本の針の間に進んだ時、針をその間隔が前よりやゝ小なる様に保持する。従つてこの場合には針の間の伸びた體の部分、その長さは針の間隔よりもやゝ長くなる爲に多少彎曲する。前方より短縮波が進行して來ると針の間の部分の内前部の若干節のみ短縮し、後部は第2の針が前進出来ない爲に却つて引き伸ばされる。この状態を暫時保ち乍ら前の如く第2の針以後に短縮波が開始することもある。併し又時には第1の針直後の小部分に伸長が起ると共に先に短縮した部分が小さい瘤となつて緩慢に後方に移動して行くのが認められる(第3圖)。

1) この場合の短縮は次の如く経過する。即ち第1針に近い諸體節は同時に非常に速く短縮し、後方の諸體節では短縮波が幾分速い速度で進行するのが認められる。若し針を離した際に針の間の短縮する部分が短い時は(後出)、その部の諸體節の短縮は殆ど同時的である様に見える。

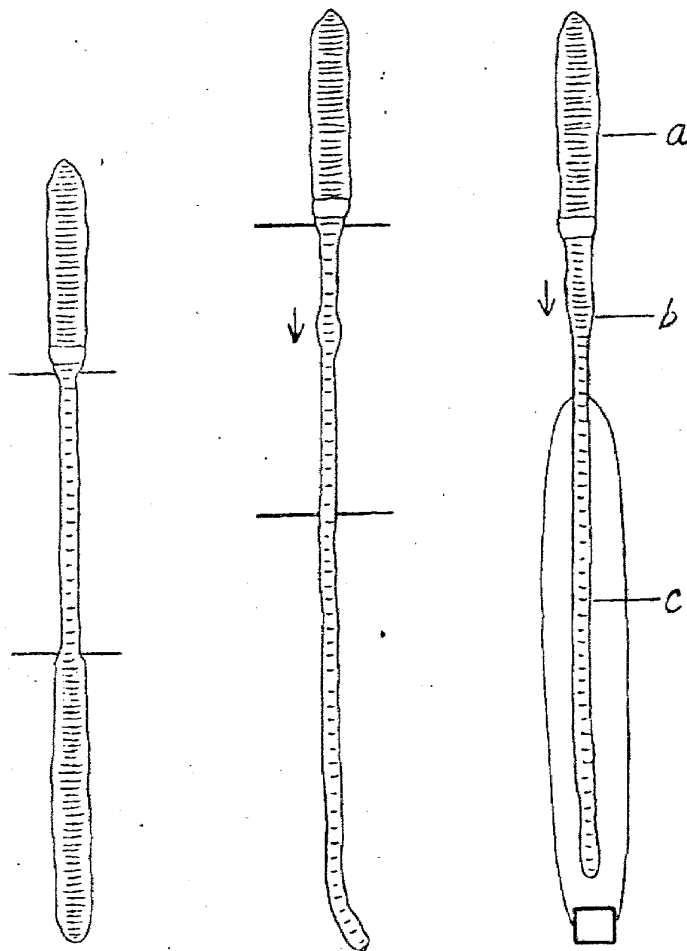


Abb. 2.

Abb. 3.

Abb. 4.

之は短縮を起させる興奮が各神経節を次々と進行して行く過程を示してゐるものと思はれる。¹⁾ そして通常の短縮波の進行は、かゝる各神経節の興奮過程の進行であると解してよい。何故ならば前述の瘤が第2の針に到達すると引續いて第2の針以後の部分に短縮波が進行する。又かゝる瘤の進行は先に述べた荷重實驗に於てもこの部分に時には見ることが出来る。然してこの場合の瘤はその前方の伸長した部分との區別がかなり不明瞭であり、その點この瘤の進行は普通の短縮波の進行と外觀上著しい相違が認められない(第4圖)。

第3圖と第4圖の瘤の形の相違は次の如く考察される。前者に於ては針は固定せられてゐるが、後者に於ては荷重の緩慢な移動によりこの部分は短縮し得る、²⁾ 即ち兩者の相違は單に體の部分の短縮に對抗する力の大小に基因する。従つて吾々は第4圖に於ける瘤の進行の型を正常の

短縮波の進行の型と第3圖に於ける瘤の進行の型との中間型として考へることが出来るであらう。かくて瘤の進行は短縮波の進行と本質的に異なるものではないと思はれる。

さて瘤が第2の針に到達し、それ以後約20節位短縮波が進行した後、針の保持を離しても、針の間の部分は短縮せず伸びた儘の状態を維持する。瘤が第2の針に到達した時、或はそれ以後に短縮波が丁度開始した時に針を離せば瘤とその前の若干節のみが短縮し、それより前方は短縮しない。又瘤が針の間の部分を尙進行しつつある時針を離せば瘤の若干節前方より第2の針迄の間が短縮し(勿論それに續いて第2の針以後にも短縮が起る)第1の針に近い前方の部分は短縮しない(第5圖)。かくて此處に於ても實驗A.に述べたのと同じ事實、即ち短縮が若干節進行した後では、それより前方の部分は短縮を阻害する力を除いても伸びた儘の状態を保持すると云ふ事實が見られるのであり、この點からも瘤の進行は短縮波の進行と本質的には

1) 各體節の神経節が短縮及び伸長の運動の中樞であることは JANZEN 及び V. HOLST の業績から明かである。

2) 荷重を牽かせた場合に第4圖の如く瘤が出来るのは短縮波の進行速度が比較的大なる場合であると思はれる。即ち短縮波のかなり速い進行に、糸を通した體節の緩慢な前進、従つて又この部分全長の緩慢な短縮が伴ひ得ない時瘤が出来るのであらう。實際荷重實驗に於て見られる瘤の進行速度は著しく緩慢ではなく、正常な短縮波のそれと餘り相違がない。

同じ現象であると解される。

さて針の間の部分に瘤が見られない時にも同じ現象が認められる。即ち第2の針以後の部分の20節位が短縮した後に針を離しても針の間の部分は短縮しない。第2の針以後に短縮波が丁度現れた時に針を離せば、針の間の部分の中で第1の針に近い部分のみが短縮し、それより前方は短縮しない。又第2の針に短縮が到達してから暫時の後、併し未だ第2の針以後に短縮波が現れない内に針を離せば第1の針に近い部分は伸びた儘であり、それより後方が短縮し、次いで短縮が第2の針以後の部分に移る(第5圖)。かくて吾々は針の間の部分に全然短縮が見られない時にも尙この部分の神経節には逐次に興奮が生起して行くのであり、第2の針以後の短縮波は針の間の部分の腹髄を進行する興奮の續きとして現れるのであると見做すべきである。

固定せられてゐた針を離した時針の間の短縮する速度がかなり速いことを先に述べた。この反應が前方の腹髄を進行しつつある興奮と如何に關係するかを次の如き實驗によつて検討して見た。¹⁾ 前と同じ様に2本の針を蚯蚓に通し濡らした吸取紙の上を這はせる。短縮波が第1の針の少し前方迄進んで來た時第2の針を前進しない様にピンセットにて保持する。然る時は短縮波は停止して第一の針の少し前方より第2の針迄の間の部分が伸ばされると共に第2の針の前進せんとする力が手に強く感ぜられる。この時第1の針を別のピンセットにて保持し、第2の針を離す。然る時は第1の針以後の部分は伸びた儘である。此の部の短縮は暫時の後に於て始めて現れ、然も若干節が短縮した後に於ては第1の針を離しても、それより前方は伸びた儘の状態を保つことは既に述べた實驗で得た結果と同様である。この事實から體の一部が牽引されて伸ばされ、次に牽引力が解かれても、この部分は前方から興奮が進行して來ることによつてのみ短縮を起すのであると考へねばならない。然して第1の針以後に短縮が起る前に第1の針を離せば、常にそれより前方が速かに短縮すると共にそれ以後にも短縮が進む。従つてこの實驗に於て、もし最初に第2の針を固定してそれより前の部分を伸ばし、次に第1の針を固定することなしに第2の針を離せば、第2の針より前方の伸ばされた部分全體の短縮は勿論急速に行はれるが、之は第1の針より前方の神経節の興奮しつつある體節が第2の針の解放により速かに短縮することに伴つて起るのであり、結局この部分の急速な短縮と共に此處に於ける興奮が速かに第1の針以後の部分へ進行する爲であると考へられる。

かくて先に體の一部が針の固定により伸ばされてゐる場合に於て云つたと同様に、針を離すことにより急速な短縮を起す場合に於ても、腹髄に於ける短縮を起す興奮の進行は一續きであると云ふことが出来る。

論 議

吾々は短縮波が進行する際に體の一部に短縮を妨げる力を働かせる時は最後部(實驗Aに

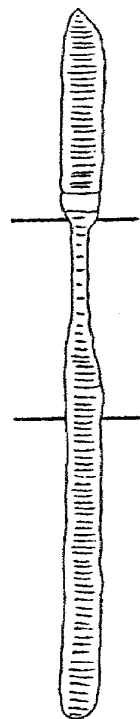


Abb. 5.

1) GRAY 及び LISSMANN (1938) は蚯蚓の體節が短縮しつつある時、又は完全に伸長し切つた時に之を牽引して伸ばし、次にその牽引力を解けば短縮が急速に起るのを見た。唯彼等は此の反應を短縮波の進行と關係してではなく、實驗に用ひた體の一部の全長の短縮運動としてのみ觀察してゐるのである。

於ては c の部分、實驗 B では第 2 の針以後の部分) の短縮波の開始がおくれるのを見た。V. HOLST の云ふ如く體節の伸縮を起させるところの神経節に於ける興奮のリズムが、各神経節に於て同一であるならば、上の實驗に於て、最後部の短縮波の開始はおくれることなく通常通りに見られるべきであらう。然るに私の實驗では最後部に於ける伸長と短縮の間の時間が最前部(實驗 A では a の部分、實驗 B では第 1 の針より前方の部分) に於けるよりも長い、即ち最後部の神経節の興奮のリズムは最前部の神経節の興奮リズムよりも遅いと云ふ結果を見たのであつて、この點に於て、V. HOLST の各神経節の興奮のリズムの同一性と云ふ考へは妥當でない。然して最後部の短縮波は中間の部分を進化する興奮の續きとして開始するのであるから、短縮波の進行に於ては一つの體節の神経節の興奮はその前の體節の神経節の興奮に續いて起るものと考へなければならぬ。従つてある體節が伸長に次いで短縮を引起す迄の時間は全くそれより前方の部分の腹髄を興奮が進行する速度に依存する。それ故に普通の状態に於て匍匐する蚯蚓の各體節の伸縮のリズムが全體節に於て同一であると云ふこと(尤も V. HOLST の論文ではこのリズムが同一であると云ふことが、明瞭に事實として示されてゐる譯ではない) は、伸長を起す神経節の興奮の進行速度と短縮を起す神経節の興奮の進行速度が、全腹髄に渡つて同一であることの結果でなければならぬ。

さて A の實驗に於て短縮波が b の部分を通過し終つても、c の部分にそれが丁度移つた時に荷重を除くならば b の部分は更に短縮した。又 B の實驗に於ては針の間の部分を瘤が進行する際針を離せば、瘤の前方の若干節も瘤以後の部分と共に短縮した。故に b の部分は既に短縮の運動を停止し、又瘤の前方の若干節は伸長してゐるけれども、その神経節には尙短縮を生起する興奮が潜在してゐると考へられる。この興奮は、逐次後方の神経節に興奮が起つて行くにつれて漸次弱くなり、遂には消失してしまふのであらう。A の實驗に於て c の部分を 20 節程短縮波が進行した後の b の部分の體節、或は B の實驗に於て第一の針より瘤の若干節前方迄の體節は、この様にその神経節の興奮が既に消失してゐる爲に荷重を持ち上げて、針を離しても短縮が起らないのであると考へることが出来る。上と同じことが針の間の部分を瘤が進行しない時にも云ひ得る。かくて短縮波の進行に當つては若干の神経節が一團となつて興奮し、之が逐次後方に移つて行くものと思はれる。

短縮波に於ける興奮の進行機構と伸長波に於けるそれとは非常に違つたものであらう。即ち伸長波の経過に就ては次の諸點が注目に値する。1) 體の一部の伸長を不可能にするとそれより後方へは伸長波は進行しない。2) ある體節の伸長の程度は前節の伸長程度に直接的に關係する。3) 體の中央部の 2 個所に針を通して針の位置を固定すれば第 1 の針迄伸長波は通常の伸長度を以て進行するが針の間の部分の伸長度は少い。然る時は尾端迄伸長波が進行した後に於ても針を離せば針の間の部分は能動的に更に伸長する。以上の事實は V. HOLST の如く前節の伸長が後節の伸長を引起す刺激となつてゐると考へることにより説明可能である。然るに之に反して短縮波に於ては、1) 體の一部の短縮が全然なくても神経節の興奮は進行し、2) 前節の短縮度を小にしても、又は全然短縮を妨けても後節の短縮度には影響なく、3) 短縮を起す神経節の興奮が若干節進行した時には前方の神経節の興奮は消失してゐるのである。従つて短縮波の進行を伸長波に於ける如く二節反射の系列によつて説明することは出来ない。然し乍ら、之と類似の機構を短縮波に就ても考へることが出来ると思はれる。即ち一つの神経節の短

縮を起す興奮は次の神経節の同じ興奮を引起す衝動 (Impuls) を與へるのであり、かゝる過程の系列を考へることにより説明出来るであらう。然して既に述べた事實から明かな様に腹髄に於ける短縮を起すところの興奮の傳搬は JANZEN も強調した如く皮筋囊の状態から獨立して行はれるものではない。

摘 要

1) 蚯蚓 (*Eisenia foetida*) の伸長波の進行に際して體の一部の伸長度を小にすれば、それより後部の伸長度も小になる。之により伸長波は二節反射により進行すると云ふ V. HOLST の説が支持される。

2) 短縮波の進行に際して體の一部の短縮を妨けても、この部分を興奮は進行する。然してその進行速度は遅くなるが、之の一續きとして後部の短縮波は現れる。之によつて V. HOLST の全神経節に於ける伸縮を起す興奮のリズムの同一性の考へが否定されると共に、短縮を起す神経節の興奮は一體節より次の體節へ逐次傳搬するものであることが解る。

3) 體が一部の短縮度を小にし、又は全然短縮が起らない様にしても、それより後部には通常の短縮波が現れる。従つて短縮波の進行は伸長波の如き二節反射によるものではないことを知る。

文 献

- BIEDERMANN, W. 1904. Studien zur vergleichenden Physiologie der peristaltischen Bewegungen. Pflügers Arch. Bd. 102. BOVARD, J. F. 1918. The transmission of nervous impulses in relation to locomotion in the earthworm. Univ. Calif. Publ. in Zool. Vol. 18. COLLIER, H. O. J. 1939. Central nervous activity in the earthworm. I. Responses to tension and to tactile stimulation. II. Properties of the tension reflex. J. exp. Biol. Vol. 16. FRIEDLAENDER, B. 1894. Beiträge zur Physiologie des Zentralnervensystems und des Bewegungsmechanismus der Regenwürmer. Pflügers Arch. Bd. 58. GARREY, E. W. and A. R. MOORE. 1916. Peristalsis and coordination in the earthworm. Amer. J. Physiol. Vol. 39. GRAY, J. and H. W. LISSMANN. 1938. Studies in animal locomotion, VII. Locomotory reflexes in the earthworm. J. exp. Biol. Vol. 15. V. HOLST, E. 1932. Untersuchungen über die Funktionen des Zentralnervensystems beim Regenwurm. Zool. Jahrb. Abt. Physiol. Bd. 51. ———— 1933. Weitere Versuche zum nervösen Mechanismus der Bewegung beim Regenwurm. Zool. Jahrb. Abt. Physiol. Bd. 53. JANZEN, R. 1931. Beiträge zur Nervenphysiologie der Oligochaeten. Zool. Jahrb. Abt. Physiol. Bd. 50. MOORE, A. R. 1923. Muscle tension and reflexes in the earthworm. J. gen. physiol. Vol. 5. ———— 1923. Galvanotropism in the earthworm. J. gen. physiol. Vol. 5.

Résumé

Über die Peristaltik des Regenwurms

TAKAO SHIMA

Saga Kōtōgakkō

I. Die Verdünnungswelle. Der Regenwurm (*Eisenia foetida*) wurde in seiner mittleren Partie im Abstand von 20–25 Segmenten von 2 Nadeln seitlich durchstochen und auf einer feuchten Glasplatte kriechen gelassen. Wenn man 2 Nadeln im Verlauf der Verdünnungswelle unbeweglich bleiben liess, so dehnte sich der Mittelteil, d. h. der zwischen den beiden Nadeln liegende Wurmteil, nicht so stark wie normal, demgemäss war der Dehnungsgrad des Hinterteils auch gering. Diese Tatsache unterstützt wohl die Auffassung von V. HOLST, dass es sich bei der Verdünnungswelle um eine bisegmentale Reflexreihe handelt.

II. Die Verdickungswelle.

A. Man durchstach den Wurm mit einem Faden, welchem ein dünnes Glasrohrstück (0.4 g) als Belastung angehängen war, und liess ihn auf einem feuchten Papier kriechen. Beim Durchgehen der Verdickungswelle verkürzte sich der Teil *b* oft nur in geringerem Grade als der Teil *a* und *c* (Abb. 1). Wenn die Verdickungswelle im Laufen durch den Teil *b* begriffen war, oder wenn sie gerade in den Teil *c* hinüberging, wurde die Belastung abgenommen, indem man das Glasrohrstück aufhob und die Fadenspannung ablöste; hierbei verkürzte sich der Teil *b* bis zu demselben Grade wie die anderen Wurmteile (*a* und *c*). Wenn man dagegen die Belastung erst dann abnahm, nachdem die Verdickungswelle etwa 20 Segmente des Teils *c* durchlaufen hatte, so blieb der Teil *b* immer im bisherigen Dehnungszustand.

B. Dasselbe Verfahren wie I. Nachdem die Verdünnungswelle den Mittelteil durchlaufen hatte, wurden 2 Nadeln festgehalten, damit der Mittelteil im Verlauf der darauffolgenden Verdickungswelle gespannt wurde. So konnte sich der Mittelteil nicht mehr verkürzen und der Hinterteil blieb sich auch dehnen. Nach etwa 3-5 Sek. — d. h. später als normal — begann aber die Verdickungswelle am Vorderende des Hinterteils, trotzdem der Mittelteil immer noch im Dehnungszustand war (Abb. 2). Unter Umständen wurde beobachtet, dass sich einige vordere Segmente des Mittelteils doch verkürzten, wenn die Verdickungswelle bis zur ersten Nadel gelangte, und dass sich ein somit entstandener „Wulst“ nach dem Schwanzende hin langsam fortpflanzte (Abb. 3). Erreichte der Wulst die zweite Nadel, so kam die Verdickungswelle wie immer im Hinterteil zum Vorschein. Beim Versuche A) wurde auch bisweilen ein Wulst beobachtet, welcher jedoch, wegen der schwachen Dehnung der davorliegenden Segmente, nicht deutlich von der normalen Verdickungswelle zu unterscheiden, infolgedessen als ein Übergangsform zu erfassen war (Abb. 4). Man kann also wohl sagen, dass der Verlauf des Wulstes wesentlich nichts anderes als derjenige der normalen Verdickungswelle ist.

Nachdem die Verdickungswelle die ersten Nadel erreicht hatte, liess man die beiden Nadeln zu folgenden 4 Zeiten loss: 1) Sogleich nachdem die Verdickungswelle bis zur ersten Nadel gelangt war, 2) wenn der Wulst im Durchgehen begriffen war, 3) gerade wenn die Verdickungswelle am Hinterteil begann, 4) nachdem die Verdickungswelle etwa 20 Segmente des Hinterteils durchlaufen hatte. Die Ergebnisse: 1) Die Verkürzung verlief mit grosser Geschwindigkeit durch den ganzen Mittelteil, gleich darauf bildete sich die Verdickungswelle im Hinterteil, 2) der vordere Mittelteil blieb sich dehnen; die Verkürzung erstreckte sich von einer um einige Segmente vor dem Wulst befindlichen Stelle ab nach hinten (Abb. 5), 3) der Mittelteil verkürzte sich nur dicht vor der zweiten Nadel, und war grösstenteils im Dehnungszustand, 4) der ganze Mittelteil blieb sich dehnen. Diese Ergebnisse stimmen vollkommen mit des Versuchs A) überein und bestärken uns weiter in der Auffassung, dass das Durchgehen des Wulstes dem Verlauf der normalen Verdickungswelle zu entsprechen ist. Man bekam die gleichen Ergebnisse durch das Loslassen der Nadeln, auch wenn kein Wulst auf dem gespannten Mittelteil gebildet wurde.

Also: Die Verkürzungserregung fliesst — unabhängig von Dasein des Wulstes — durch den Bauchmark des gespannten Mittelteils langsam und ruft wieder die normale Verdickungswelle im Hinterteil hervor. Diese Auffassung stellt sich der Behauptung von V. HOLST gegenüber, dass sich „ein und derselbe rhythmische Vorgang“, der zuerst zur Dehnung, nach einer Weile zur Verkürzung führt, „in jedem Ganglion“ spielt. Andererseits ist die Verdickungswelle offenbar keine bisegmentale Reflexreihe, da der Verkürzungsgrad des hinteren Wurmteils von demselben des davorliegenden unabhängig ist (Abb. 1-5). Die Verdickungswelle würde vielmehr als eine Reihe folgendes Prozesses betrachtet: Die Verkürzungserregung eines Ganglions — sie erlischt nach einer Weile (S. A u. die Versuchsergebnisse 2) — 4) in B) — ruft dieselbe des dahinterliegenden hervor.