

# 鉤虫仔虫の行動に関する研究

## 1. 犬鉤虫 *Ancylostoma caninum* 感染仔虫の 温度に対する動性 kinesis について

安 羅 岡 一 男

国立予防衛生研究所寄生虫部

(昭和30年2月28日受領)

### 1. ま え が き

鉤虫仔虫の宿主皮膚への接近侵入機転の解明には仔虫の行動生理学的研究を必要とするのはいうまでもない。従来この方面の研究には Brumpt (1921), Khalil (1922), 小管 (1924), Chandler (1925) 及び Lane (1930) 等の断片的記載, そして Fülleborn (1924, 32), 平井 (1929), 分島 (1933), 北山 (1935) 及び原田 (1953~4) 等の系統的研究がある。これらの研究はようやく仔虫の行動を明らかにしつつあるけれども, 尙お幾多の知見の明らかでない, 或は不一致の点を残している。これを例えば仔虫の光に対する行動についても, Fülleborn, 平井は向光性があるとしてもそれは極めて微弱なものであるといふ, 分島はあきらかに陽性の向光性ありとし, 最近において原田はこれに陰性の向光性を認めている。これらの見解の相異はおそらく除去し得なかつた実験条件以外の他の要因 (例えば刺戟光の熱線除去がなされたか, この点に関して現在迄の研究者は一言も触れていない) によるものと考えられる。そこで筆者は鉤虫仔虫の行動に関して, これらの不明, 不一致の点を一掃すべく詳細な実験的研究を行いつつあるが, 先づ温度に対する仔虫の動性 kinesis について若干の知見を得たのでここに報告する。

### 2. 実験材料

本実験において用いた犬鉤虫仔虫は成熟仔虫 150 個体を経口感染せしめた生後 2 カ月の仔犬より得た犬鉤虫々卵を 28°C に瓦培養して得たものである。可及的正常の運動活潑な仔虫を得るために, 又仔虫水を清浄にするためにこれを再び瓦上にとり, 一昼夜経過後周囲の水中に游出した個体を用いた。実験は培養開始後 7~14 日間に

行つた。

### 3. 仔虫の運動の律動性

仔虫の動性を観察するには仔虫の運動量を定量的に表現することが必要である。水中における鉤虫仔虫は他の自由生活線虫類と同様に, 頭端と尾端を同時にしかも同じ側に交互に屈曲させる運動を示す。そこで筆者は仔虫の頭端の搏動を 10 回なすのに要する時間をストップウォッチで計測し, これを運動量としてあらわすことにした。長時間にわたつて観察を続けると仔虫のこの運動は次第に緩慢となり, やがて完全な伸展状となつて停止するので, 測定はすべて所定水温を有する容器中に投入後 2 分から 10 分の間に行つた。

鉤虫仔虫が水中で示すこの運動は一見しては律動的に行われていると思われるが, これを統計的に検討して果してその通りであるかどうかを確かめて見た。そのために先づ仔虫の運動量の分布を検査することにした。

培養開始後 8 日目の仔虫 1 個体について 31°C 恒温下に連続観察して 10 回搏動に要する時間を 80 回にわたつて測定した。この測定値を級間 0.2 秒として 9 階級に分類し度数分布表を作り, これに相当する正規分布の期待度数を算出して実測度数との適合度を検定した。その結果は第 1 表左のように平均所要時間  $\bar{x}$  は 3.6 秒で分布型は 5% 以下の危険率で正規型と見做すことが出来た。

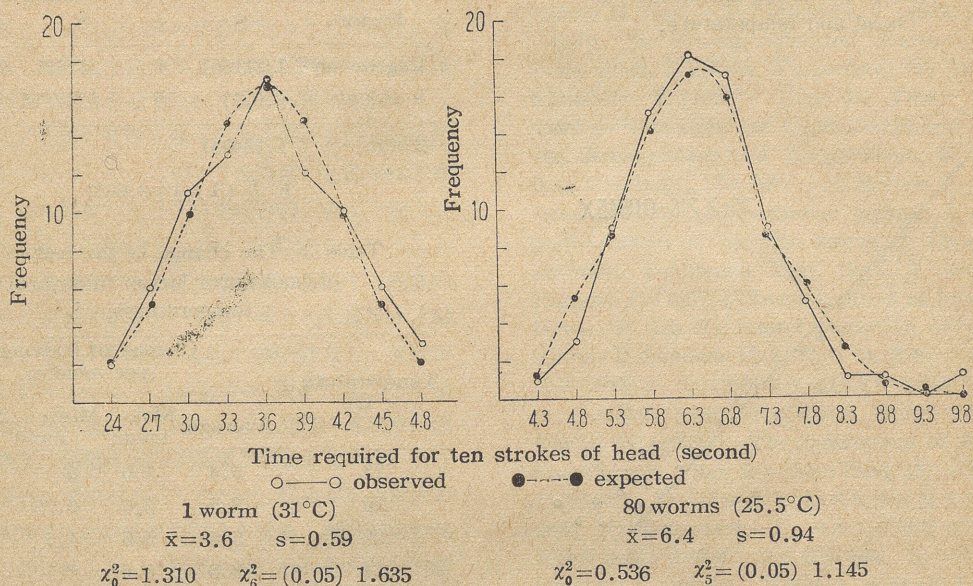
又, 培養後 10 日目の仔虫の集団としての度数分布を 25.5°C 恒温下で仔虫 80 個体について検査したのが第 1 表右である。この場合にはそれぞれの仔虫について at random に一回だけ所要時間の測定を行つた。この測定値を級間 0.4 秒とし 12 階級に分けて度数分布表を作り適合度を検定すると矢張り 5% 以下の危険率で正規型を示した。平均所要時間  $\bar{x}$  は 6.4 秒であつた。

以上の結果からして鉤虫仔虫の運動の周期は個体においても集団においても正規分布に収れんするので, この運動は安定した律動性のあるものと見做すことが出来

Behaviour of Hookworm Larvae. I. Thermokinesis of infective larvae of *Ancylostoma caninum* in water. Kazuo Yasuraoka (Parasitology division, National Institute of Health)



Fig. 1. Frequency distribution showing the fluctuation of the time required for ten strokes of head calculated by Kenney's mathematics of statistics.



る。

#### 4. 種々の温度における仔虫の動性

鉤虫仔虫の温度に対する態度について筒井(1924), 小泉(1925)らの報告があるが, これらは予防撲滅という立場から主として 40°C 以上の高温においてなされた研究であり, しかも温度が高くなると仔虫の運動が旺盛になることを述べているが, これも主観的記載に過ぎない。

上述のように仔虫の動性は律動性を有するものであることが分つたが, 更にこの運動が種々の水中でどのような変化を示すかについて前章の場合と同様に仔虫頭端の 10 回搏動に要する時間を測定した。1°C 間隔の所定の温度を示す水中に仔虫約 50 個体を投入し, これを顕微鏡用恒温装置中で低倍率の拡大下にその運動量を集団として測定し, その平均値及び標準偏差を算出した (第 1 表)。仔虫の実験前の適応温度はすべてで 20°C, 一回実験に用いたものはすべて, 各温度において常に新しい材料が用いられた。

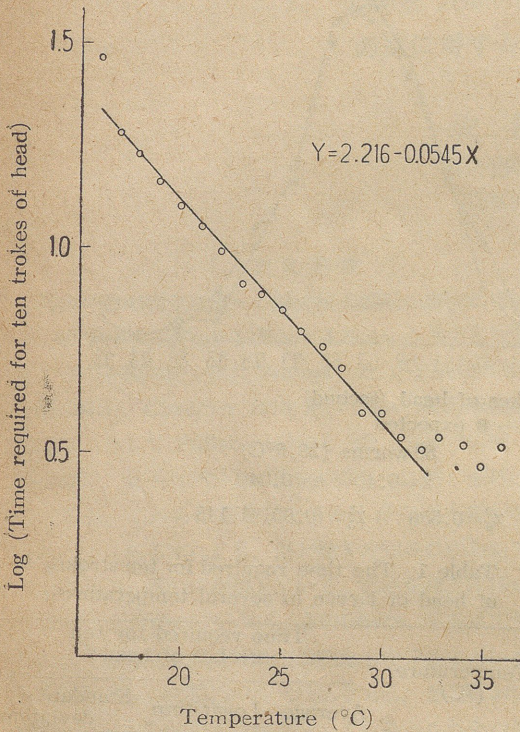
仔虫は 10°C 以下では全く運動せず, 12°C~14°C 附近からかすかな頭端の振動を見せるが極めて不活潑である。16°C 附近から正常の運動を見せ始めるが, 10 回搏動に要する時間は平均 29.0 秒で非常に緩徐であり, 値のばらつきも大きく標準偏差は 10.4 を示す。しかしようやく温度の上昇と共にその運動も活潑, 律動的となり, 標準偏差も小さくなっていく。しかし 33°C 以上に

Table 1 The time required for ten strokes of head of larvae in several temperatures.

Temperature (°C)	Time required for ten strokes of head		
	Average	Logarithm	Standard deviation
15	—	—	—
16	29.0	1.46	10.41
17	19.1	1.28	4.97
18	16.6	1.22	4.16
19	14.7	1.16	2.52
20	12.5	1.10	2.92
21	11.3	1.05	2.33
22	9.9	0.99	1.12
23	8.2	0.91	1.67
24	7.7	0.89	1.72
25	7.0	0.85	1.43
26	6.3	0.80	1.83
27	5.8	0.76	0.89
28	5.1	0.71	1.54
29	4.0	0.60	0.93
30	4.1	0.60	0.88
31	3.5	0.54	0.42
32	3.2	0.51	0.51
33	3.5	0.54	0.89
34	3.3	0.52	0.51
35	3.0	0.48	0.48
36	3.3	0.52	0.62
37	—	—	—



Fig. 2 Correlation between the logarithm of time required for ten strokes of head and temperature.



なると運動量は温度に無関係で、その値はほぼ一定となり、37°C以上ではそれまでに見られた律動的な運動が消失し、けいれん的な不規則運動が見られた。以上の結果から16°C~32°Cの範囲内では温度と運動量の間に関係が認められ、10回搏動に要する時間(秒)の対数を縦軸(Y)にとり、温度を横軸(X)にとつて作図すると両者の間に直線関係が認められた(Fig. 2)。最小自乗法によりこの直線の実験式を求めると次のようになった。

$$Y = 2.2166 - 0.0545X$$

この式の相関分析表は第2表の通りで、1%以下の危険率で回帰の有意であることが分つた。

次に仔虫は前述のような律動的運動と共に、しばしば体軸の方向変換を見せる。この運動は尾端を器底に固着しこれを中心として一挙に180°近くの角度を回転することもあれば、僅かの角度を徐々に回転することもある。1分間における体軸の回転度を種々の温度下で、変換角度360°を1として観察したのが第3表である。すなわち温度16°C~30°Cの範囲内では温度の上昇と共にその方向変換角度の増加する傾向が明瞭に認められた。

Table 2 Analysis of regression table.

Factor	S	f	V	F
Regression	1.211651	1	1.211651	800.65**
Residual	0.0227	15	0.0227/15	
Total	1.234351			
				$F_{15} (1\%) = 8.6831$

Table 3 The change of the body-axis of hookworm larvae in several temperatures.

Temperature (°C)	Change of body-axis (per minute)			
	Average	Maximum	Minimum	Standard deviation
18	0.4	1.0	0	0.10
20	2.5	5.0	0.75	1.23
22	3.4	5.5	1.5	1.59
24	3.8	5.5	2.5	0.93
26	4.8	6.5	2.75	1.51
28	5.9	10.25	3.0	4.35
30	9.1	13.5	6.5	3.82
32	7.8	13.0	6.5	6.88
34	6.5	12.25	4.25	5.98

## 5. 論 議

従来鉤虫仔虫の運動については、常に主観的記述すなわち極めて活潑であるとか、緩徐な運動であるとかいうような表現が用いられて来た。この場合仔虫の運動を量的にあらわして種々の比較論議することが望ましい。又刺戟に対して明瞭な定位運動、いゝかえれば走性を示さない動物の刺戟に対する集合や逃避という現象の機構について説明するには、何らかの基準においてその運動を量的にあらわすことが必要である。筆者はこれらの観点から鉤虫仔虫が見せる線虫類特有の運動を、頭端の搏動数において把握し、推計学的に検討してその値が個体においても集団においても正規分布を示し、したがってこれが安定した律動性のある運動であることを明らかにした。したがって種々の実験的環境条件下での仔虫の運動状態の変化、すなわち運動の活潑さ、或は律動性の消失等については、正常の環境下での対称と常に量的に比較論議することが可能である。

すなわち次いで行われた各種温度における仔虫の動性の観察で、温度16°C~32°Cの範囲内では、温度と頭端搏動数の対数値の間に明瞭な直線関係の存在することが



分つた。水中における仔虫の頭端の搏動はそれ自身顕著な体の移動運動とはならないが、寒天板上で観察するとこの搏動によって仔虫が体の移動を行うことが明瞭に認められる。したがって温度の上昇は単位時間における仔虫の移動距離を増大させるということが出来る。

又、仔虫の体軸の変換角度も温度上昇にしたがつて増加することが分つたが、このような温度の上昇が体頭端の搏動数、体の移動速度及び体軸の方向変換度を増大させる、いゝかえれば動性 kinesis が高まるということは、仔虫が定温動物である宿主の皮膚に接近する機構の説明に極めて重要であるといえる。すなわち温度が比較的低い環境下ではその附近に宿主の接近はなく、温度が高くなるということは仔虫が宿主に接近したことを示し、この時仔虫の運動が活潑になり、頭端の搏動数、体の移動速度及び体軸の方向変換度が増加して 30°C 附近でそれが最高に達するという事は、仔虫が宿主皮膚の存在方向を知るのに非常に好都合となる。勿論仔虫の宿主皮膚への接近侵入という現象には、他の物理化学的要因も大いに関与していることと思われるが、温度も重要な要因の一つとして大きな役割を演じているものと考えられる。

## 6. 要 約

犬鉤虫感染仔虫の水中における運動を観察して次のような結果を得た。

- 1) 水中における鉤虫仔虫の頭端搏動 10 回に要する時間を測定し、推計学的に検討してその値が正規分布をなすことを証明した。この事実は仔虫のこの運動が安定した律動性のあることを示すもので、したがって頭端の搏動を運動量として表現することが可能である。
- 2) 頭端搏動数と温度との間には相関が証明され、搏動 10 回に要する時間の対数を Y、温度を X とすれば、 $Y = 2.2166 - 0.0545X$  の実験式であらわされる。
- 3) 仔虫の体軸方向変換の度合は温度上昇と共に増加する。
- 4) 温度に対する仔虫の動性 kinesis から仔虫の宿主皮膚接近機構を考察した。

稿を終るに当り、種々御指導を賜わり、且つ御校閲下さった部長小宮義孝博士に深く感謝の意を表す。

## 文 献

- 1) Brumpt, E. (1921): Mode de penetration des nematodes dans l'organisme des mammiferes, histotropisme et histodiagnostic. *Compt. rend.*

- Soc. de Biol. 85. — 2) Chandler, A. C. (1925): The migration of hookworm larvae in soil. *Indian M. Gaz.* — 3) Fülleborn, F. (1924): Über "taxis" bei Strongyloides- und Ancylostomenlarven. *Arch. Schiffs- u. Tropenhyg.*, 28, 144. — 4) Fülleborn, F. (1932): Über die Taxen und das sonstige Verhalten der infektionsfähigen Larven von Strongyloides und Ancylostoma. II. Mitteilung. *Zbl. Bakt.*, 126, 161. — 5) Harada, F. (1952): Investigations of hookworm larvae. I. On the phototropism of infective larvae of *Ancylostoma caninum*. *Yokohama Med. Bull.* 3, 34. — 6) Harada, F. (1953): Investigations of hookworm larvae. II. On the lateral migration of infective larvae. *Yokohama Med. Bull.* 4, 228. — 7) 平井成就 (1929): 十二指腸虫被包仔虫の向性に就ての研究、並に其他の生物学的知見補遺, 慶応医学 9. — 8) Khalil, M. (1922): Thermotropism of Ancylostome larvae. *Proc. Roy. Soc. Med.* 15. — 9) 北山博 (1935): 十二指腸虫(鉤虫)の向性に関する実験的研究, (1) 鉤虫の向性一般, 就中向化性並にそれと固有宿主血清との関係, 大阪高医専雑, 3, 169. — 10) Kosuge, I. (1924): Wieweit wirken bei dem Eindringen von Strongyloides larven und anderen parasitischen Nematoden in das Gewebe spezifische Reize.? *Arch. f. Schiffs u. Trop. Hyg.* 28. — 11) Lane, C. (1930): Behavior of hookworm larvae. *Ann. Trop. Med. & Parasit.* 24. — 12) 小泉誠治 (1925): 十二指腸虫の予防撲滅に関する研究, (2) 十二指腸虫仔虫の温度に対する態度, 大阪医雑 24, 1435. — 13) 筒井剛一郎 (1923): 十二指腸虫卵及同幼虫の温熱に対する抵抗試験, 台湾医雑. — 14) 分島整 (1933): 鉤虫科 Ancylostomidae の成熟仔虫の趨向性 Tropism に関する実験的研究, (1) 鉤虫科 Ancylostomidae の向触性 Thigmotropism, 台湾医雑, 32, 1127. — 15) 分島整 (1933): 鉤虫科 Ancylostomidae の成熟仔虫の趨向性 Tropism に関する実験的研究, (2) 向水性 Hydrotropism, 台湾医雑, 32, 1274. — 16) 分島整 (1933): 鉤虫科 Ancylostomidae の成熟仔虫の趨向性 Tropism に関する実験的研究, (3) 向化性 Chemotropism, 台湾医雑, 32, 1345. — 17) 分島整 (1933): 鉤虫科 Ancylostomidae の成熟仔虫の趨向性 Tropism に関する実験的研究, (4) 向光性, 向温性並に向地性, 台湾医雑, 32, 1533.

## Summary

The behaviour of infective larvae of *Ancylostoma caninum* in water was observed. The results obtained were as follows:

- 1) The quantity of the movement of larvae was



measured by recording the time required for ten strokes of head with a stop watch. The frequency distribution showing the fluctuation of the time required was made by measurements of the time required 80 times in one worm. In a like manner 80 worms were taken and the frequency distribution of the time was measured once at random in each. As the results of such procedures it was found that they belong consistently to the "normal type" which indicates the stable nature of the movement.

2) The relation between the time required for ten strokes of head and the temperature was able to manifest as the equation of the first degree:  $Y=2.2166-0.0545 X$  in which Y logarithm of the required, and X the temperature.

3) The increase of temperature resulted an increase in the change of the body-axis.

4) The fact that the larvae have such a thermokinesis is considered to play an important role on getting in contact with their host.