

家蠶繭形の數學的表示と營繭中に於ける蠶の運動 (IV)

柳 澤 延 房

Nobufusa YANAGISAWA:- On the mathematical expression of the forms of the cocoons and the motion of the silkworms during the cocooning.

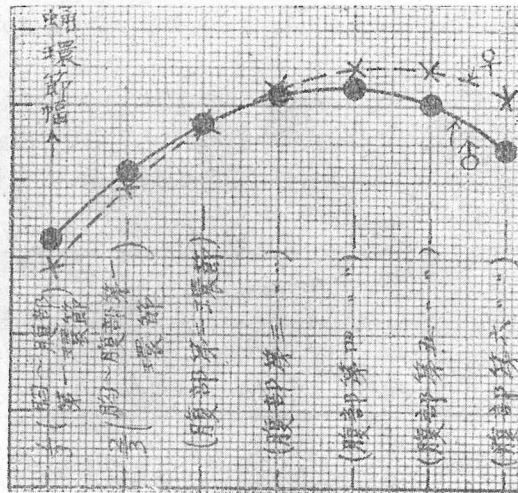
1. CASSINI 卵形線と蠶體及び蛹體との關係 (續)

(c) 蛹體常數 k の吟味

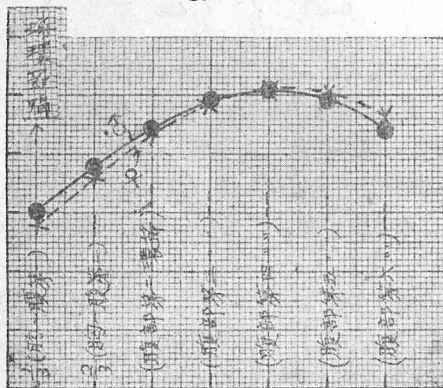
蠶は動的であり且つ伸縮性に富み、平常状態を何れに定むべきか、或は温度等の違ひによりても、蠶體の長さ、幅を決定するのが甚だ困難である。伸縮性については、極く粗雑な測定で

Fig. 9

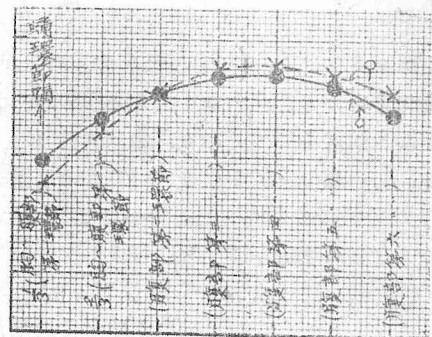
支 20 號



日112號×支110號



大 正 白



はあるが、方眼紙上に蠶を置き伸び切つた長さを求めるために、桑葉にて蠶を誘ひつゝ、伸びの部分が胸部、腹部、尾部に移動して、將に尾脚が前方に移らんとする時の長さを測り、次に蠶座に連続的小振動を與へて最も縮んだ長さを測つて、その伸縮度を檢べて見たのであるが、3品種共最大伸びの長さに対し4分ノ1乃至5分ノ1の伸縮度を示してゐる。

蠶の太さを各品種に就き比較する場合、蠶の正常状態が定まらなければ、非常に困難な問題である。蠶體の第4、第5環節の幅を測り、その蠶に依つて營繭せしめて、前述の力學公式を吟味することは、從つて容易なことでない。因つて筆者は止むなく蛹の寸法を選んだのである。先に記述せる如く常數 k の値は、總ての品種につき一定なることを望むのであるが、以上の結果より見て又止むを得ないのである。殊に支20號及び大正白の雌雄に相當の距たりを認めるのであるが、Fig.7の蛹の寸法を正確に測り、雌雄別に比較して見るにFig.9の如くなる。

何れも雌は雄に比し、前身部に於て細く、後部に至りて太く、その變化の狀態は支20號、大正白に於て類似し、日112號×支110號は多少前者と異なる。即ち蛹最大幅は何れも腹部第4環節なるも前者は雌は雄に比し相當大きく、後者に於ては略々等し。雌雄の k の値の相違は生理的に於ける形狀の相違から起るのではあるまいか。即ち $k = \frac{\int y = 0 - \frac{b}{2}}{b^2/12}$ に於て雌は雄に比し b に大き過ぎる値が與へられてゐる。從つて雌の k の値は前記載のものより小さくなくてはならぬ。又 k の値は支20號、日112號×支110號、大正白の順に繭形番號が小さい程小さくなつてゐる。

次に營繭の際の蠶の曲率半徑 $\rho' = \frac{EI}{M}$ に於て M (1次能率)を $b^2 l$ 即ち蠶乃至蛹の重さに比例せしめたのであるが、 M を一定させる時の K の値を k_2 とし、更に力學公式 $\rho' = \frac{EI}{f} \left(\frac{b}{2} \right)$ を使用した時の k の値を k_3 とす。爰で f は許容應力強度に當る。前述せる k の値を k_1 として是等を比較すれば、次の表の如くなる。

		k_1	k_2	k_3
支 20 號	雄	0.726	0.301	0.600
	雌	0.626	0.203	0.548
日112號×支110號	雄	0.637	0.256	0.510
	雌	0.629	0.197	0.507
大 正 白	雄	0.631	0.347	0.454
	雌	0.571	0.236	0.420

上のグラフは k_1 を採用したものであるが、繭の形番號大なる方、換言すれば太い蠶乃至太い蛹の方の k の値が大きく、大正白の如き繭の形番號小なるものを營む蠶乃至蛹の方の k の値は小なる傾向を持つてゐる。之は大體 E (2次能率)の値の相違によるのではないかと考へられる。即ち蠶の皮膚の厚さ、強韌性或は蠶體内部の繭絲腺の位置の相違或は筋肉の發達程度等から E の値に多少の補正を加へる必要があるのではあるまいか。尙雌雄に相當の距たりを認めねばならぬ理由等は今後に残された研究問題である。

又蛹の細い程その蠶の營む繭形の長軸兩端部分の曲率半徑 $\rho_{y=0}$ の小なることは明瞭なつたのであるが、繭形長軸の兩端附近を營む際の蠶體が完全に繭の内側に密着するか否きも考へねばならぬ。唯營繭中の寫眞から判斷して密着せるものとしたのであるが、果して完全に内接せるや否やも良く檢べて見る必要がある。

尙先述せる(b)に於て f は(蛹幅)÷(蛹長)即ち b/l に依つて定まり、從つて a/m も亦 b/l

に依つてのみ定まる故、 a/m の値を蛹から求むるのに一々複雑な方程式や力學公式を使用して計算するのを省き、數多くの品種に就き實驗して置けば、蛹の寸法さへ測れば容易に a/m 若しくは繭形を読み取るこゝが出来ゐる。

實驗した 3 品種雌雄別に $b/l \approx a/m$ 若しくは繭形番號との關係は次の如し。

	支 20 號		日 112 號 × 支 110 號		大 正 白	
	雄	雌	雄	雌	雄	雌
b/l	0.414	0.438	0.402	0.404	0.360	0.368
a/m	0.626	0.595	0.711	0.711	0.879	0.877
繭形番號	66.09	68.52	56.37	56.79	35.61	35.73

筆者は多くの品種につき實驗と計算から、上の如き表とグラフを細かに作成したい希望を持つてゐる。

2. 蠶體の重量分布、重心の位置

先に繭形と蛹形との關係を述べ、繭形より蛹形を、又蛹形より繭形を察知することが略々出来たのであるが、直接蠶の形狀からその蠶の營む繭形を豫知し度いのである。勿論幼蟲に於て長きものは蛹に於ても長く、幼蟲に於て太きものは蛹に於ても太いことは想像し得られるのであるが、筆者の最初の目論見はやはり繭形と蠶體の形狀との關係にあつた。前述せし如く蠶は動的であり、伸縮自在なるため、各蠶體の形狀の比較は給桑回数、溫度、濕度、齡等總て同一狀態のものに於てなされねばならぬ。かくして、その個々の蠶につき營繭せしめて蠶の形狀と繭形との關聯を持たせ度いのであるが、その第 1 着手として、繭形が品種別に或標準型繭形番號の附近に收斂せられ、(蠶絲學雜誌第 13 卷第 2 號、昭和 16 年 11 月 108 pp. 参照) 蠶の形狀も亦、品種別に或形狀に收斂せられるものと考え、前述同様、今までの實驗中繭形番號の最大なる支 20 號、繭形番號最小なる大正白、前 2 者の略々中間なる日 112 號 × 支 110 號に就き、雌雄同數品種毎に各 20 尾の蠶を -20°C の冷蔵庫中に凍結せしめ、I (頭部～第 3 環節)、II (第 4～第 5 環節)、III (第 6～第 7 環節) IV (第 8～第 9 環節)、V (第 10 環節以下) の 5 部分に切斷、夫々の重さを測りたり。

Table 6 (單位元)

(a) 支 20 號 (5 齡 5 日間)

供試蠶番號	I	II	III	IV	V	計
1	0.420	0.550	0.645	0.587	0.310	2.512
2	0.430	0.510	0.640	0.587	0.350	2.517
3	0.474	0.505	0.745	0.677	0.365	2.766
4	0.450	0.520	0.620	0.587	0.317	2.494
5	0.550	0.585	0.770	0.748	0.394	3.047
6	0.561	0.580	0.830	0.642	0.383	2.996
7	0.526	0.503	0.800	0.580	0.323	2.732
8	0.414	0.384	0.550	0.454	0.258	2.060
9	0.587	0.607	0.795	0.677	0.370	3.036
10	0.468	0.658	0.776	0.603	0.390	2.904
11	0.660	0.640	0.918	0.790	0.525	3.533
12	0.680	0.637	0.863	0.804	0.463	3.447
13	0.535	0.570	0.894	0.775	0.424	3.198
14	0.520	0.670	0.827	0.820	0.460	3.297
15	0.460	0.606	0.800	0.710	0.480	3.056
16	0.624	0.837	0.970	0.780	0.469	3.680
17	0.580	0.777	0.800	0.695	0.419	2.971
18	0.565	0.594	0.839	0.855	0.514	3.367
19	0.550	0.685	0.814	0.786	0.434	3.269
20	0.505	0.564	0.727	0.680	0.394	2.870

(b) 日112號×支110號(5齡5日目)

供試蠶號	I	II	III	IV	V	計
1	0.438	0.600	0.820	0.670	0.278	2.806
2	0.477	0.620	0.810	0.685	0.308	2.900
3	0.458	0.527	0.869	0.735	0.320	2.929
4	0.435	0.516	0.746	0.710	0.280	2.687
5	0.420	0.590	0.760	0.690	0.308	2.768
6	0.438	0.520	0.834	0.701	0.330	2.823
7	0.465	0.620	0.950	0.770	0.350	3.155
8	0.424	0.494	0.678	0.597	0.250	2.443
9	0.520	0.590	0.837	0.810	0.355	3.112
10	0.456	0.624	0.875	0.707	0.324	2.986
11	0.480	0.790	1.100	0.980	0.362	3.712
12	0.440	0.780	1.050	0.850	0.390	3.520
13	0.458	0.630	0.850	0.735	0.290	2.973
14	0.480	0.617	0.950	0.760	0.422	3.229
15	0.468	0.550	0.828	0.643	0.310	2.799
16	0.505	0.588	0.930	0.790	0.340	3.153
17	0.530	0.760	1.020	1.010	0.430	3.750
18	0.490	0.624	0.940	0.850	0.380	3.297
19	0.460	0.680	0.987	0.864	0.344	3.335
20	0.488	0.634	0.895	0.760	0.360	3.137

(c) 大 正 白 (5齡7日目)

供試蠶號	I	II	III	IV	V	計
1	0.360	0.519	0.750	0.670	0.320	2.619
2	0.410	0.484	0.630	0.675	0.305	2.504
3	0.370	0.440	0.620	0.605	0.280	2.305
4	0.380	0.386	0.700	0.657	0.350	2.483
5	0.416	0.350	0.780	0.699	0.380	2.655
6	0.350	0.396	0.726	0.673	0.350	2.495
7	0.409	0.590	0.700	0.670	0.400	2.769
8	0.440	0.500	0.820	0.750	0.385	2.895
9	0.425	0.520	0.690	0.640	0.345	2.621
10	0.380	0.476	0.820	0.717	0.395	2.788
11	0.520	0.560	0.850	0.700	0.355	2.995
12	0.410	0.550	0.880	0.700	0.340	2.880
13	0.500	0.540	0.778	0.745	0.385	2.948
14	0.435	0.540	0.790	0.709	0.370	2.874
15	0.520	0.660	0.835	0.820	0.425	3.280
16	0.440	0.700	0.990	0.817	0.364	3.311
17	0.510	0.637	0.794	0.710	0.360	3.011
18	0.390	0.640	0.730	0.660	0.330	2.750
19	0.510	0.563	0.728	0.650	0.380	2.841
20	0.450	0.730	0.860	0.810	0.408	3.238

凍結した蠶を取扱ふのに操作が長曳けば解けて來るので、瓦以下第3位を正確に測り得なかつたものの相當あつたが、第2位までは可憐に測定した。

次に蠶の長さが非常に不揃ひであるから、3品種の蠶の長さを何れも同じ長さに擴大、若しくは縮小して比較するのが一番合理的である。爰では實驗した蠶の長さ何れも7糧以下なるより、何れも7糧に擴大し、従つて各切斷片の重量も擴大されるのであるが、各切斷片の擴大重量は(各切斷片重量) $\times\left(\frac{7}{\text{蠶長}}\right)^3$ に依つて換算すれば合理的である。その結果はTable 7の如くなる。

Table 7 (單位元)

(a) 支 20 號 (5 齡 5 日間)

供試蠶 番 號	$\left(\frac{7}{\text{全長}}\right)^3$	I	II	III	IV	V	計
1	2.0615	0.865	1.134	1.330	1.211	0.639	5.178
2	1.8523	0.796	0.945	1.185	1.087	0.648	4.652
3	1.6699	0.792	0.843	1.244	1.131	0.610	4.619
4	2.1783	0.980	1.133	1.351	1.279	0.691	5.433
5	1.5881	0.873	0.929	1.223	1.188	0.626	4.839
6	1.4391	0.807	0.835	1.194	0.924	0.551	4.312
7	1.6699	0.878	0.840	1.336	0.969	0.539	4.061
8	2.1041	0.954	0.885	1.257	1.045	0.594	4.746
9	1.5110	0.887	0.917	1.201	1.023	0.559	4.587
10	1.5881	0.743	1.061	1.232	0.958	0.619	4.612
11	1.6699	1.103	1.069	1.533	1.319	0.877	5.900
12	1.8523	1.230	1.180	1.784	1.489	0.858	6.385
13	1.6699	0.893	0.952	1.493	1.294	0.708	5.340
14	1.8323	0.868	1.119	1.381	1.369	0.768	5.506
15	1.8523	0.852	1.122	1.482	1.315	0.889	5.661
16	1.3717	0.856	1.148	1.331	1.070	0.643	5.048
17	1.9531	1.133	1.518	1.562	1.357	0.818	5.803
18	1.5110	0.854	0.898	1.268	1.292	0.777	5.088
19	1.6699	0.918	1.144	1.359	1.313	0.725	5.459
20	1.9531	0.986	1.102	1.420	1.328	0.770	5.605
平 均	—	0.915	1.039	1.359	1.198	0.696	5.142

(b) 日 112 號 × 110 號 (5 齡 5 日目)

供試蠶 番 號	$\left(\frac{7}{\text{全長}}\right)^3$	I	II	III	IV	V	計
1	1.2439	0.547	0.749	1.024	0.837	0.347	3.504
2	1.5110	0.721	0.937	1.224	1.035	0.465	4.382
3	1.3085	0.599	0.690	1.163	0.962	0.419	3.833
4	1.3085	0.569	0.675	0.976	0.929	0.366	3.516
5	1.2784	0.537	0.754	0.972	0.832	0.394	3.539
6	1.2784	0.560	0.665	1.066	0.896	0.422	3.609
7	1.2784	0.594	0.793	1.214	0.984	0.447	4.033
8	1.5110	0.641	0.745	1.024	0.902	0.378	3.691
9	1.4391	0.748	0.842	1.199	1.165	0.511	4.478
10	1.2206	0.557	0.762	1.068	0.853	0.395	3.645
11	1.1405	0.547	0.901	1.255	1.118	0.413	4.234
12	1.2489	0.550	0.974	1.311	1.074	0.487	4.396
13	1.5110	0.707	0.952	1.284	1.111	0.438	4.492
14	1.3717	0.658	0.845	1.303	1.042	0.579	4.429
15	1.3717	0.505	0.754	1.136	0.882	0.425	3.839
16	1.4391	0.727	0.815	1.338	1.137	0.487	4.537
17	1.0441	0.553	0.794	1.065	1.055	0.449	3.915
18	1.1930	0.585	0.744	1.121	1.026	0.433	3.933
19	1.1435	0.525	0.776	1.126	0.985	0.392	3.804
20	1.5110	0.737	0.958	1.352	1.148	0.544	4.740
平均	—	0.608	0.808	1.161	1.032	0.441	4.027

(c) 大正白 (5 齡 7 日目)

供試蠶 番 號	$\left(\frac{7}{全長}\right)^3$	I	II	III	IV	V	計
1	2.1783	0.566	1.131	1.634	1.459	0.697	5.705
2	2.1783	0.893	1.054	1.372	1.470	0.664	5.454
3	2.5855	0.957	1.112	1.603	1.564	0.724	5.960
4	2.1783	0.828	0.841	1.525	1.453	0.762	5.409
5	2.3041	0.959	0.876	1.797	1.611	0.876	6.119
6	1.9531	0.684	0.773	1.418	1.314	0.684	4.873
7	1.9531	0.799	0.977	1.484	1.309	0.781	5.408
8	1.8523	0.815	0.926	1.519	1.389	0.713	5.362
9	1.9531	0.830	1.016	1.348	1.250	0.676	5.119
10	1.9531	0.742	0.930	1.602	1.400	0.771	5.445
11	1.7580	0.914	0.984	1.512	1.231	0.624	5.265
12	1.7580	0.721	0.967	1.547	1.231	0.593	5.063
13	1.7580	0.879	0.949	1.368	1.310	0.677	5.183
14	2.0615	0.959	1.113	1.629	1.462	0.763	5.925
15	1.7580	0.914	1.160	1.503	1.442	0.747	5.766
16	1.6699	0.735	1.169	1.653	1.364	0.608	5.529
17	1.7580	0.897	1.120	1.396	1.248	0.633	5.293
18	1.9531	0.762	1.250	1.426	1.289	0.645	5.271
19	2.0615	1.051	1.161	1.501	1.361	0.783	5.857
20	1.6699	0.768	1.169	1.436	1.352	0.681	5.407
平均	—	0.834	1.034	1.514	1.376	0.705	5.471

此の結果は Fig. 10 の如くなる。

Fig. 10

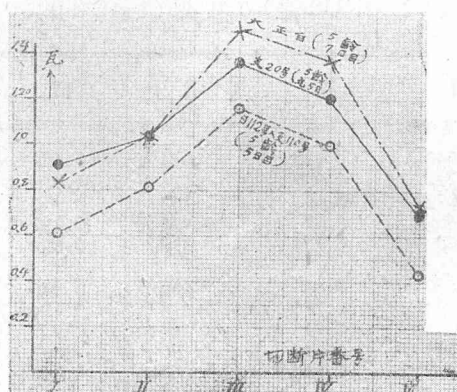
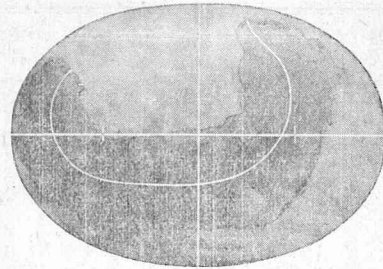


Fig. 10 の結果は拙著 III (63 pp.) Fig. 4 の蛹形と相反する如き結果を得たのであるが、之は 5 齡後の給桑回数の相違が、かゝる結果を招來したものと思考せられ、全く實驗の不注意に歸し度いのである。營繭中の蠶の形状は寧ろ蛹の形状に似るのが至當と考へられる。3 品種に就き繭の略々同一位相を営む蠶體の形状は Fig. 11 の如くなり、目測にて略々 Fig. 4 の蛹の形態と一致する。

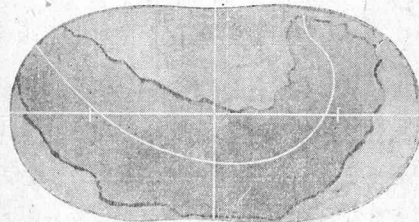
此の實驗は次の季節に於て上簇中の蠶を凍結せしめて詳に仕度い。尙 Fig. 10 の結果は、3 品種何れも各環節の長さを考慮せずに等長としたのであるが、之も品種別に相當の差異あるものと思へられる。又 5 齡後の給桑回数が多くなるに連れ、蠶體が一樣に肥大せず、局部的の發達をなすのではないかと思はれるのであるが、この結論は次に譲る。

次に營繭の際蠶體重心の位置の相違が繭形に差異をもたらす原因の一つになりはせぬか考へられる。實際、我々自身でも體を屈曲せしめる時重心の安定を得るやうにしか體を屈曲し得ないのである。重心の位置が營繭中の蠶體の形態に大きな關係を持つことは、必然のこゝながら、略々同形の蠶體であり、重心も略々同位相に位するを考へられるから、品種別に重心の位置の相違が繭形に及ぼす影響を比較するは甚だ困難の事である。その上筆者の不注意から5齡後の給桑回数を異にしたため、以上の3品種の比較は無意味に近いのであるが、唯實驗の儘を簡単に記載するに留めて置く。重心は供試蠶に就ては何れも第6環節乃至第7環節に存在するが、今第6及び第7環節間に於て長さ、太さ、重さ等總て一樣を假定して、第6節環節の始めより第7環節の終りまでの長さの幾割の位置にあるかを見る爲に、全重量をW、第5環節迄の重量を W_{05} 、第6、第7環節の重量を W_{07} として Table 6 を使用して重心の位置を求めれば、Table 8 の如くなる。但し、爰でいふ重心の位置とは、蠶體が一直線をなした時の重心位置であつて、營繭の際には蠶體を屈曲するので重心位置の移動することは勿論である。

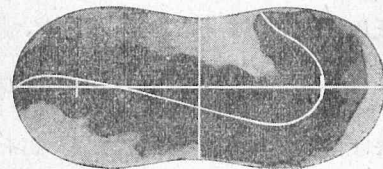
Fig. 11



支 20 號



日 112 號×支 110 號



大 正 白

Table 8

(a) 支 20 號

供試蠶 番 號	$\frac{W}{2}$	$\frac{W}{2}-W_{05}$	W_{07}	重心の 位 置
1	1.256	0.266	0.645	0.443
2	1.259	0.319	0.640	0.498
3	1.383	0.404	0.745	0.542
4	1.247	0.277	0.620	0.447
5	1.524	0.389	0.770	0.505
6	1.495	0.355	0.830	0.428
7	1.366	0.337	0.800	0.421
8	1.030	0.232	0.550	0.422
9	1.518	0.324	0.795	0.408
10	1.452	0.316	0.776	0.407
11	1.767	0.457	0.790	0.591
12	1.724	0.407	0.863	0.472
13	1.599	0.499	0.894	0.558
14	1.649	0.459	0.827	0.555
15	1.528	0.462	0.800	0.578
16	1.840	0.379	0.970	0.391
17	1.486	0.429	0.800	0.536
18	1.684	0.525	0.839	0.626
19	1.635	0.400	0.814	0.491
20	1.435	0.366	0.727	0.503
平均	—	—	—	0.491

(b) 日 112 號×支 110 號

供試蠶 番 號	$\frac{W}{2}$	$\frac{W}{2}-W_{05}$	W_{07}	重心の 位 置
1	1.403	0.365	0.820	0.445
2	1.450	0.353	0.810	0.436
3	1.465	0.480	0.889	0.540
4	1.344	0.393	0.746	0.528
5	1.384	0.374	0.760	0.492
6	1.412	0.454	0.834	0.544
7	1.578	0.493	0.950	0.519
8	1.222	0.304	0.678	0.448
9	1.556	0.446	0.837	0.533
10	1.493	0.413	0.875	0.472
11	1.856	0.586	1.100	0.533
12	1.760	0.540	1.050	0.514
13	1.487	0.389	0.850	0.458
14	1.615	0.518	0.950	0.545
15	1.400	0.382	0.828	0.461
16	1.577	0.484	0.930	0.500
17	1.875	0.595	1.020	0.583
18	1.649	0.535	0.940	0.569
19	1.668	0.528	0.987	0.535
20	1.569	0.447	0.895	0.499
平均	—	—	—	0.508

(c) 大 正 白

供試蠶 番 號	$\frac{w}{2}$	$\frac{w}{2} - W_{05}$	W_{07}	重心の 位 置	供試蠶 番 號	$\frac{w}{2}$	$\frac{w}{2} - W_{05}$	W_{07}	重心の 位 置
1	1.310	0.431	0.750	0.575	12	1.440	0.460	0.880	0.545
2	1.252	0.458	0.630	0.727	13	1.474	0.434	0.778	0.578
3	1.153	0.253	0.620	0.478	14	1.437	0.432	0.790	0.547
4	1.242	0.476	0.700	0.680	15	1.640	0.460	0.855	0.538
5	1.323	0.527	0.760	0.676	16	1.656	0.516	0.990	0.521
6	1.248	0.502	0.726	0.691	17	1.506	0.359	0.794	0.453
7	1.385	0.386	0.670	0.576	18	1.375	0.345	0.730	0.473
8	1.448	0.508	0.820	0.620	19	1.421	0.348	0.728	0.478
9	1.311	0.365	0.690	0.530	20	1.619	0.459	0.860	0.534
10	1.394	0.538	0.820	0.656					
11	1.498	0.418	0.860	0.486	平均	—	—	—	0.564

上の結果から見れば重心の位置は支20號が最も前方にあり、日112號×支110號之に次ぎ、大正白最も後方にある。そして支20號は第6環節の終りに、他の2者は第7環節の初めに重心があることになる。即ち全體として重心は第1腹脚と第2腹脚との中間第1腹脚の近くにあることになる。尙この結果を正しきものとすれば、支20號の如く形番號大なる繭形を營む蠶は前身部太く、又大正白の如く形番號小なる繭形を營む蠶は前身部細く、前述の如く力學的考察の正しいことを裏附けるのであるが、給桑回数の相違から斷定は出来ない。

3. 「∞」字形吐絲の力學的考察

筆者は先に CASSINI 卵形線を表す式 $(x^2 + y^2 + a^2)^2 - 4a^2 x^2 = m^4$ に於て2つのパラメータ m, a が等しい時、CASSINI 卵形線は所謂雙葉曲線なる事を述べ、尙或熟蠶に就きては吐絲の際雙葉曲線即ち「∞」字形を連續せる如く之をなし、この運動が機構學的に連桿の運動機構の如く取扱ふべきか、或は力學的に有心力の作用による運動として取扱ふべきかに就き述べたのであるが、CASSINI 卵形線の特殊な形をなす如く吐絲されるのは極めて興味ある事である。

幾つかの熟蠶の吐絲運動を目撃すれば「∞」字形の各部の吐絲速度が變化し、中央結節點附近の速度最大なる如く吐絲をなす。

そこで吐絲の際絲に或張力が加はり、その張力の方向が常に一定點を通過する如き有心力であり、「∞」字形がその有心軌道ではないかといふ想像が持たれるのである。(蠶絲學雜誌第13卷第3號 昭和17年3月166 pp. 参照) 若しその質點速度が力心からの距離の3乗に逆比例するならば、その有心軌道は雙葉曲線なるのである。

筆者は熟蠶(昭和17年上田蠶絲専門學校産夏蠶)日115號×支108號に就き C32° に於て直立せるセロファン紙上に吐絲せしめ16耗の活動寫眞撮影機にて撮影、之を再び映寫し、15分ノ1秒毎の吐絲口の位置を追跡して Fig. 12 を得たり。映寫圖は實物の5.4倍の大きさにして15分ノ1秒毎の吐絲口の位置に1~46迄番號を附せり。即ち3秒間の吐絲狀況である。又 Fig. 13 はフィルムの一部である。

Fig. 12

日115號×支108號 (C32°)

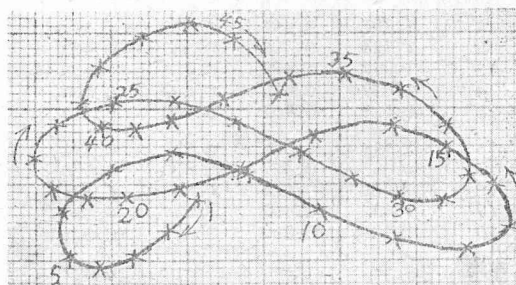
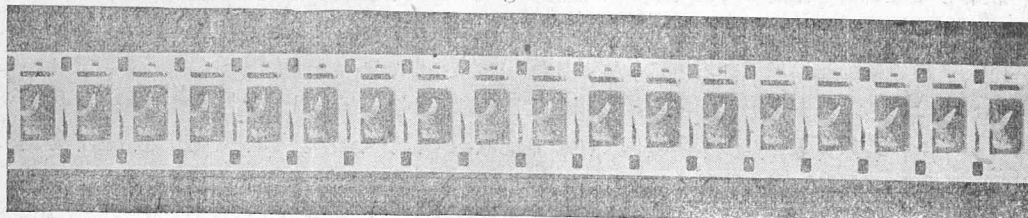


Fig 13



同溫度にても蠶體の位置、足場等の關係で吐絲速度がまちまちであり、吐絲速度の速い程雙葉曲線に近い形になるやうであるが、Fig.12 は一番長い時間中略々「 ∞ 」字形に吐絲してゐたので、それを採用したのである。

次に各 15 分ノ 1 秒毎に於ける吐絲速度を 厘/秒 に換算して見るに Table 9 の如くなる。

表中第 1 行は、Fig.12 に於て 15 分ノ 1 秒毎の吐絲口の位置番號、第 2 行は映寫の儘の寸法、第 3 行は、15 分ノ 1 秒間に吐絲口の移動した實長、第 4 行は 1 秒毎の吐絲速度。寸法は何れも 厘にして、第 2、第 3、第 4 行の各寸法は第 1 行の自身の番號と次の番號との時間中に於ける吐絲口の移動長さ及び速度を記入したものである。

Table 9

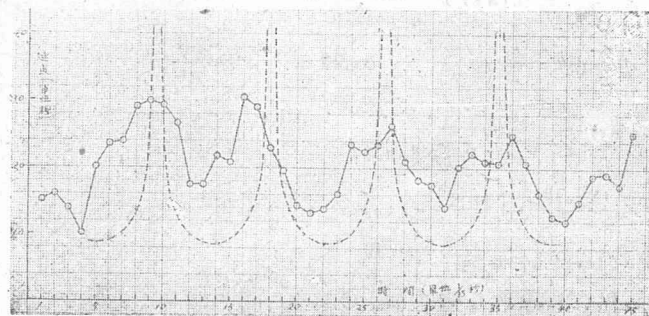
番 號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
映射寸法	0.57	0.58	0.50	0.42	0.73	0.85	0.86	1.05	1.08	1.06	0.96	0.63	0.63	0.78	0.75
實 長	0.106	0.107	0.093	0.078	0.135	0.157	0.159	0.195	0.200	0.196	0.178	0.117	0.117	0.145	0.139
速 度	1.58	1.61	1.39	1.17	2.03	2.36	2.39	2.92	3.00	2.94	2.67	1.75	1.75	2.17	2.08

番 號	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
映射寸法	1.10	1.04	0.83	0.71	0.52	0.48	0.50	0.53	0.85	0.81	0.85	0.95	0.76	0.66	0.63
實 長	0.204	0.193	0.154	0.132	0.096	0.089	0.093	0.107	0.157	0.150	0.157	0.176	0.141	0.122	0.117
速 度	3.06	2.89	2.31	1.97	1.44	1.33	1.39	1.61	2.36	2.25	2.36	2.64	2.11	1.83	1.75

番 號	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
映射寸法	0.51	0.73	0.80	0.76	0.75	0.90	0.75	0.51	0.46	0.45	0.54	0.68	0.69	0.63	0.91
實 長	0.095	0.135	0.148	0.141	0.139	0.167	0.139	0.095	0.085	0.083	0.100	0.126	0.128	0.117	0.169
速 度	1.42	2.03	2.22	2.11	2.08	2.50	2.08	1.42	1.28	1.25	1.50	1.89	1.92	1.75	2.53

之をグラフにして見れば Fig.14 の實線の如くなる。

Fig. 14



映寫して吐絲口を追跡する際吐絲口の位置不分明にして、頭部、胸部の位置から吐絲口の位置を判断せしもの相當ありたるため、各點の嚴密なる速度は得られないにしても、Fig.12 に比べ「∞」字形の結節點に於て速度大にして、兩端の速度小なる事は充分判断せられる處である。尙面白いことは「∞」字形の兩端に於て如何なる場合も下方から、上方に向つて吐絲する事である。Fig.12 に於て矢印にてその方向を示せり。貝殻の渦卷の方向や朝顔の鬚の巻き方の方向一定なるに比べ面白い現象である。

次に 1 質點の速度が力心からの距離の 3 乗に逆比例する有心軌道即ち雙葉曲線の各位置の運動速度を検べて見る。

Fig. 15

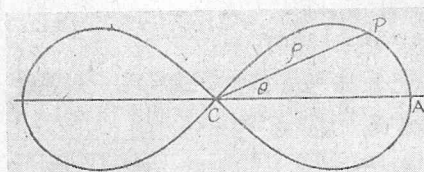


Fig.15 は雙葉曲線にして $(x^2 + y^2 + a^2)^2 - 4a^2x^2 = m^4$ の $m = a$ と置いた特別の場合を極座標にした式が(2)式で、(1)式は P 點の速度 V と P 點が力心 C までの距離 ρ の關係式、(3)式は $\rho^2 \frac{d\theta}{dt}$ が面積速度の 2 倍 h なることを示す。尙式中 k は常數、 a は力心と吐絲口の最大距離 CA を示す。

さて上式の(2)を(3)へ代入して、

$$a^2 \cos 2\theta \frac{d\theta}{dt} = h$$

$$\therefore t = \int_0^\theta \frac{a^2}{h} \cos 2\theta d\theta = \frac{a^2}{2h} \sin 2\theta \dots \dots (4)$$

P 點が有心軌道上を一巡するに要する時間即ち週期を T とすれば(4)式から、

$$T = \frac{2a^2}{h}$$

一方實際吐絲の場合は Fig. 12 の 4~41 間を採用して、 $T = \frac{1}{2} \times (41 - 4) \times \frac{1}{15} = 1.2$ (秒)

又 Fig.15 から a を求むるにその平均値を求むるに $a = 0.538$ (種) となる。

$$\therefore h = \frac{2a^2}{T} = 0.482$$

A 點の初速度を v_0 とすれば、

$$v_0 a = h \text{ より } v_0 = \frac{h}{a} = \frac{0.482}{0.538} = 0.896$$

又 $\rho = a$ の時 $V = v_0$ であるから、(1)式より

$$k = v_0 a^3 = 0.896 \times 0.538^3 = 0.1395$$

$$\therefore V = 0.1395 \times \frac{1}{\rho^3} = 0.1395 \times \frac{1}{a^3 \cos^{\frac{3}{2}} 2\theta}$$

$$\text{然るに(4)式から、} \sin 2\theta = \frac{2h}{a^2} t \quad \therefore \cos 2\theta = \sqrt{1 - \frac{4h^2}{a^4} t^2}$$

$$\therefore V = 0.1395 \times \frac{1}{a^3 \left(1 - \frac{4h^2}{a^4} t^2\right)^{\frac{3}{2}}}$$

先に求めた a, h の値を代入すれば、

$$V = 0.896 \times \frac{1}{(1 - 11.067 t^2)^{\frac{3}{2}}} \dots \dots (5)$$

質點の運動が A 點を出發 P を経て力心 C に至る迄の時間は上式にて $V \rightarrow \infty$ 即ち $(1 -$

$11.067 t^2) = 0$ より $t = \frac{4.5}{15}$ (秒) である。

(5) 式の $t = 0, 1/15, 2/15, \dots, 4.5/15$ を代入して その時の速度 V を求むれば Table 10 の如くなる。

Table 10

t (秒)	0	1/15	2/15	3/15	4/15	4.1/15	4.2/15	4.3/15	4.4/15	4.5/15
t^2	0	0.0044	0.0178	0.0400	0.0711	0.0747	0.0784	0.0822	0.0860	0.0900
$(1 - 11.067 t^2) \frac{1}{2}$	1	0.9629	0.8483	0.6450	0.3138	0.2685	0.2190	0.1627	0.1000	0
V (厘/秒)	0.896	0.931	1.056	1.389	2.776	3.337	4.091	5.507	8.960	∞

此の結果をグラフにて記せば Fig. 14 の點線の如くなり、實際の吐絲速度 (Fig. 14 實線) と比較して相當の距たりを認めるのである。

熟蠶が「 ∞ 」字形に吐絲する場合力心の位置が胸脚の位置移動や腹脚が、次の瞬間には他の位置に移り、従つて力心が時々刻々移動し實驗結果の如くなるのではあるまいか。何れにせよ吐絲口の位置の移動により速度の大きさが變化し、力心の位置と思はれる附近に於て速さの最大となることから、力學的吐絲をなすものと見て差支へない様に思はれる。

次に熟蠶が吐絲の際果して名の如く自ら絲を吐き出すものなりや、或はセリシンが空氣に觸れる瞬間、座に固着され、或る程度の張力に依り吐絲口より張力により引き出されるものなりやの問題に就きて、上述の如く吐絲が力學的になされるものならば、後者が正しいと言ひ得るのである。即ち單位質量に就きての有心力の大きさを F とすれば、

$$\rho \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2 - \frac{d^2 \rho}{dt^2} = F \text{ となる。}$$

爰で左邊は力心 C と質點 P とを結ぶ動徑の方向の加速度即ち徑加速度である。

又力が常に動徑の方向と一致する場合、横加速度は零となる故 $\rho^2 \frac{d\theta}{dt} = h$ (一定) である。

$$\text{依つて } F = h^2 \rho^{-3} - \frac{d^2 \rho}{dt^2}$$

$$\therefore 2F \frac{d\rho}{dt} = \frac{d}{dt} \left\{ -h^2 \rho^{-2} - \left(\frac{d\rho}{dt} \right)^2 \right\}$$

$$\text{然るに } V^2 = \left(\frac{d\rho}{dt} \right)^2 + \left(\rho \frac{d\theta}{dt} \right)^2 = \left(\frac{d\rho}{dt} \right)^2 + h^2 \rho^{-2} \text{ なるより}$$

$$2F \frac{d\rho}{dt} = \frac{d}{dt} (-V^2)$$

$$\therefore F = -\frac{d}{d\rho} \left(\frac{1}{2} V^2 \right)$$

$$\text{然るに前述せる如く } V = 0.1395 \frac{1}{\rho^3}$$

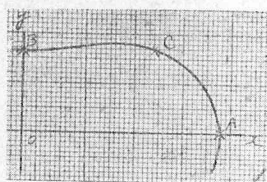
$$\therefore F = (0.1395)^2 \times \frac{1}{2} \times 6 \times \frac{1}{\rho^7} = 0.0584 \rho^{-7}$$

これで單位質量に對する張力が得られるのである。「 ∞ 」字形吐絲の各位置に於ける張力の比較はこの式から得られるのであるが、雙葉曲線の軌道上を運動する質點の質量を如何なるものに選ぶかは、相當六ヶ敷の問題である。蠶の頭部が伸縮自在な胸部と連絡されてゐるので、質點の質量を頭部の質量とするのは、少々無理ではないかと思はれる。又上式に見る如く張力は力心からの距離の 7 乗に逆比例するのであるが、實際力心は胸腹脚等の移動により相當に廣い範圍を移動し、張力も又式に現れたよりずつ狭い範圍の變化あるものと想像せられるの

であるが、張力の相違が「 ∞ 」字形各點に起り、その兩端に於て張力最小、結節點附近に於て張力最大なりとすれば、吐絲の太さ即ちデニールに相當の差異あるものと考へられるのであつて、之が顯微鏡實驗は次の期節に譲ることとする。尙上述「 ∞ 」字形吐絲の力心が蠶體の胸脚若しくは第1腹脚の附近にあるものとすれば、その補正をせねばならぬ。力學的に相當面倒ではあるが、その補正に依つて或は面白い結果が得られるかも知れぬ。

4. 繭形曲面の觀察

繭形曲面が等ポテンシャル面になつてゐるのではないかといふ力學的考察を試みる積りであつたが、之が單なる萬有重力の法則として、質點間の引力に依る等ポテンシャル面として取扱ふべきか、或は營繭中の蠶體の伸縮に依る張力、壓力の力場内に於ける保存力問題として取扱ふべきかに就き行き悩み、此處に發表出来る迄に至らなかつた事を遺憾に思ふ。前述の「 ∞ 」字形吐絲から想像して寧ろ後者に屬する考への方が正しいと思はれるに至つたので、問題は相當面倒ではないかと思はれる。尙又子孫存續上、歐洲種、支那種、日本種が、人工的に改良されて來たさはいへ、夫々の土地々々で或環境が繭形の上に相當力強く働いてゐるのではないかと思はれる。筆者はその環境の一つと考へられる風の抵抗につき、繭形のモデルを作り研究しようと思案中であるので出来るなら、等ポテンシャル面の問題もその節研究して一緒に發表し度いと思へてゐる。唯爰では繭形曲面の場所々々で繭層の厚みを異にしてゐるのが蠶體さ如何なる關係を持つかを考へて見度い。



前述の3品種即ち繭形番號大なる支20號、繭形番號小なる大正白、及びその略々中間なる日112號×支110號とにつき、繭の長軸の端A、短軸の端B、その中間Cの厚みをミクロメータにて測り、短軸の端Bの厚さに對する長軸の端Aの厚さ及びCの厚さの割合を検べるに次の様になる。ミクロメータの使用法は次の5節の場合と同様である。

Table 11

a. 支20號

供試繭 番 號	A點の 厚さ (mm)	B點の 厚さ (mm)	C點の 厚さ (mm)	A點の 厚さ B點の 厚さ	B點の 厚さ C點の 厚さ
1	0.36	0.33	0.39	0.92	0.85
2	0.50	0.65	0.62	0.81	1.05
3	0.48	0.42	0.54	0.89	0.78
4	0.45	0.54	0.53	0.81	1.02
5	0.37	0.47	0.59	0.63	0.80
6	0.37	0.55	0.60	0.62	0.92
7	0.36	0.45	0.67	0.54	0.67
8	0.20	0.21	0.31	0.65	0.68
9	0.39	0.39	0.44	0.89	0.89
10	0.49	0.42	0.50	0.98	0.84
11	0.40	0.38	0.43	0.93	0.88
12	0.35	0.41	0.54	0.65	0.77
13	0.34	0.43	0.45	0.76	0.96
14	0.33	0.38	0.46	0.72	0.83
15	0.31	0.36	0.37	0.84	0.97
16	0.26	0.29	0.39	0.67	0.74
17	0.29	0.39	0.60	0.48	0.65
18	0.31	0.42	0.65	0.47	0.64
19	0.30	0.39	0.44	0.68	0.89
20	0.28	0.35	0.43	0.65	0.81
平均	0.357	0.412	0.498	0.730	0.832

b. 日112×支110號

供試繭 番 號	A點の 厚さ (mm)	B點の 厚さ (mm)	C點の 厚さ (mm)	A點の 厚さ B點の 厚さ	B點の 厚さ C點の 厚さ
1	0.25	0.33	0.45	0.56	0.73
2	0.26	0.37	0.45	0.58	0.82
3	0.23	0.30	0.40	0.58	0.75
4	0.17	0.22	0.40	0.43	0.55
5	0.25	0.27	0.33	0.76	0.82
6	0.22	0.32	0.34	0.65	0.94
7	0.27	0.33	0.38	0.71	0.87
8	0.21	0.24	0.32	0.66	0.75
9	0.16	0.25	0.32	0.50	0.78
10	0.22	0.29	0.42	0.52	0.69
11	0.25	0.28	0.34	0.74	0.83
12	0.29	0.36	0.41	0.71	0.88
13	0.22	0.25	0.40	0.55	0.63
14	0.22	0.33	0.42	0.52	0.78
15	0.28	0.34	0.37	0.78	0.92
16	0.25	0.33	0.36	0.69	0.92
17	0.29	0.31	0.40	0.73	0.78
18	0.18	0.26	0.31	0.58	0.84
19	0.23	0.24	0.32	0.72	0.75
20	0.30	0.32	0.32	0.94	1.00
平均	0.238	0.297	0.373	0.646	0.752

c. 大 正 白

供試繭 番 號	A 點の 厚 さ (mm)	B 點の 厚 さ (mm)	C 點の 厚 さ (mm)	A 點の 厚 さ B 點の 厚 さ	C 點の 厚 さ B 點の 厚 さ
1	0.25	0.24	0.18	1.39	1.33
2	0.30	0.23	0.26	1.15	0.88
3	0.19	0.21	0.22	0.54	0.95
4	0.22	0.19	0.25	0.88	0.76
5	0.29	0.25	0.21	1.38	1.19
6	0.21	0.23	0.23	0.91	1.00
7	0.22	0.24	0.21	1.05	1.14
8	0.18	0.16	0.14	1.29	1.14
9	0.20	0.24	0.21	0.95	1.14
10	0.20	0.19	0.23	0.87	0.88
11	0.23	0.21	0.23	1.00	0.91
12	0.24	0.21	0.20	1.20	1.05
13	0.21	0.23	0.22	0.95	1.05
14	0.28	0.27	0.25	1.12	1.08
15	0.20	0.17	0.15	1.33	1.13
16	0.28	0.20	0.19	1.47	1.05
17	0.24	0.23	0.25	0.96	0.92
18	0.17	0.20	0.21	0.81	0.95
19	0.26	0.26	0.22	1.18	1.18
20	0.21	0.22	0.20	1.05	1.10
均 平	0.229	0.219	0.213	1.089	1.039

の中央部に於て蠶體との距離が遠くなり、却つて逆に吐絲口を繭の中央部に運ぶに困難を供ふ結果ではあるまいか。活動寫真に依つて營繭中の蠶體の状況を思察することから大體以上の事が述べられる様に思はれる。(Fig. 11 参照)

5. 繭、蛹の體積と繭層とに就きて

日 115 號 × 支 108 號及び日 112 號 × 支 110 號 (共に昭和 17 年上田蠶専産夏秋繭) に就き繭體積、蛹體積、繭絲量及び繭層容積を測つて比較を試みた。繭體積は繭層外圍までの體積で、繭形番號と繭長とを測り、前記載のグラフから求め、蛹體積は水中の浮力を利用して、アルキメデスの原理から算出せり。蛹は油のため水中にて表面に氣泡を生じ誤差を生ずる心配から、石鹼水にて洗つた上、水中に入れ測定せり。又繭層容積は、前 4 節に於ける如く、マイクロメータにより繭の A 部、B 部、C 部を測定平均値を以て繭層の厚みとし、前記載グラフにより繭形曲面積を求めその 2 者の乗積を以て繭層容積と名付けたり。但しマイクロメータにて繭層の厚みの一定するまで靜かにマイクロメータの廻轉を續け、その結果を読んで繭層の厚さとしり。

Table 12

a. 日 115 號 × 支 108 號

供試繭 番 號	繭體積 (cm ³)	蛹體積 (cm ³)	雄			雌				
			繭體積 蛹體積	繭絲量 (gr)	繭層容積 (cm ³)	繭體積 (cm ³)	蛹體積 (cm ³)	繭體積 蛹體積	繭絲量 (gr)	繭層容積 (cm ³)
1	7.60	1.18	6.44	0.34	0.89	7.15	1.49	4.80	0.31	0.73
2	6.95	1.35	5.15	0.31	0.72	7.15	1.36	5.26	0.28	0.61
3	6.85	1.14	6.01	0.35	0.81	6.50	1.38	4.71	0.31	0.84
4	7.65	1.02	7.50	0.28	0.80	7.05	1.46	4.83	0.34	0.80
5	6.80	1.19	5.71	0.34	0.76	6.50	1.44	3.50	0.34	0.82
6	6.35	1.08	5.88	0.29	0.63	6.65	1.33	5.00	0.31	0.74
7	5.40	1.20	4.50	0.31	0.66	6.90	1.34	5.15	0.27	0.57
8	7.65	1.14	6.71	0.32	0.90	8.90	1.43	6.22	0.32	0.71
9	6.30	1.11	5.68	0.29	0.63	8.00	1.45	5.48	0.29	0.74
10	6.85	1.18	5.81	0.29	0.70	7.15	1.43	5.00	0.34	0.86

この結果を見れば、繭の短軸の端 B 點の繭層の厚さに對し、長軸の端 A 點の厚さの割合は、大正白最も大にして支 20 號之に次ぎ、日 112 號 × 支 110 號最も小なり。即ち大正白に於ては繭長の兩端の厚みは中央部より稍々厚く、他の 2 品種は之に反す。之を營繭中の蠶體と關係付けて判斷すれば、支 20 號及び日 112 號 × 支 110 號の如く蠶體太く營繭中一様な曲率を持つ如く體を曲げるものは、繭の一方を營み、次に體の向きを變へて他の方を營む場合共に繭の中央部へ比較的容易に吐絲口を運び得るし、大正白の如く蠶體細く胸腹部にて急激に體を曲げて營繭するものにありては繭の中央部へ吐絲口を運ぶのに相當の勞苦を供ふ結果ではあるまいか。そして又支 20 號と日 112 號 × 支 110 號とを比較すれば、後者の繭の中央部が繭長の端より割合ひが厚くなつてゐるのは、繭形番號の大なるもの程繭

11	6.60	1.15	5.74	0.33	0.67	8.05	1.28	5.83	0.31	0.65
12	6.85	1.15	5.96	0.29	0.63	7.40	1.38	5.36	0.30	0.74
13	6.65	1.05	6.33	0.28	0.61	8.00	1.52	5.26	0.32	0.80
14	6.45	1.09	5.92	0.29	0.70	6.25	1.48	4.22	0.31	0.67
15	6.70	1.20	5.58	0.33	0.76	7.20	1.50	4.80	0.35	0.81
16	6.10	0.99	6.16	0.29	0.74	7.95	1.51	5.26	0.28	0.77
17	6.95	1.07	6.50	0.29	0.71	6.75	1.44	4.69	0.30	0.73
18	7.60	1.14	6.40	0.30	0.90	6.50	1.45	4.48	0.32	0.76
19	6.15	1.15	5.35	0.32	0.71	6.70	1.41	4.75	0.30	0.76
20	6.55	1.14	5.75	0.31	0.67	6.70	1.36	4.93	0.20	0.80
21	6.65	1.14	5.83	0.31	0.81	7.20	1.63	4.42	0.32	0.79
22	7.00	1.16	6.03	0.31	0.75	7.25	1.52	4.77	0.33	0.84
23	7.20	1.27	5.67	0.31	0.58	6.00	1.44	4.17	0.29	0.68
24	6.85	1.09	6.28	0.32	0.79	8.30	1.42	5.85	0.32	0.82
25	7.60	1.14	6.67	0.31	0.76	7.95	1.57	5.06	0.34	0.78
26	6.60	0.94	7.02	0.26	0.64	7.45	1.35	5.52	0.32	0.73
27	6.50	1.13	5.75	0.30	0.67	8.00	1.57	5.10	0.32	0.78
28	6.60	1.25	5.28	0.29	0.69	7.35	1.46	5.03	0.31	0.71
29	8.00	1.07	7.48	0.28	0.61	7.80	1.45	5.38	0.33	0.75
30	6.40	1.18	5.42	0.33	0.77	8.00	1.52	5.26	0.31	0.68
31	6.50	1.03	6.31	0.31	0.73	6.30	1.02	6.18	0.28	0.67
32	6.45	1.10	5.86	0.29	0.70	7.60	1.41	5.39	0.31	0.75
33	7.45	1.20	6.21	0.32	0.89	7.55	1.45	5.21	0.34	0.90
34	5.90	1.09	5.41	0.31	0.66	6.70	1.44	4.65	0.32	0.68
35	7.10	1.21	5.87	0.29	0.61	6.20	1.24	5.00	0.26	0.75
36	6.00	1.22	4.92	0.31	0.77	8.20	1.48	5.54	0.34	0.78
37	7.55	1.16	6.51	0.31	0.69	8.75	1.54	5.68	0.31	0.69
38	6.35	1.11	5.72	0.33	0.77	7.25	1.51	4.80	0.31	0.57
39	6.80	1.17	5.81	0.34	0.72	7.00	1.41	4.96	0.29	0.56
40	6.10	1.06	5.75	0.31	0.88	6.75	1.97	3.43	0.31	0.59
41	6.80	1.02	6.67	0.30	0.62	6.75	1.24	5.44	0.29	0.65
42	7.10	1.07	6.64	0.30	0.68	6.50	1.33	4.89	0.29	0.74
43	6.80	1.17	5.38	0.30	0.70	7.70	1.58	4.87	0.30	0.70
44	6.80	1.14	5.96	0.32	0.78	5.75	1.22	4.71	0.26	0.68
45	7.35	1.21	6.07	0.31	0.73	6.60	1.44	4.58	0.31	0.62
46	6.70	1.18	5.68	0.30	0.72	7.45	1.51	4.93	0.33	0.75
47	7.05	1.10	6.41	0.31	0.62	8.60	1.56	5.51	0.34	0.86
48	6.75	1.13	5.97	0.29	0.78	7.75	1.55	5.00	0.35	0.88
49	8.30	1.22	6.80	0.32	0.61	5.90	1.28	4.61	0.29	0.54
50	6.80	1.04	6.54	0.28	0.66	8.10	1.64	4.94	0.31	0.80
平均	6.805	1.134	6.020	0.306	0.740	7.243	1.446	5.008	0.309	0.734

b. 日 112 號×支 110 號

供試 番 號	雄					雌				
	繭體積 (cm ³)	蛹體積 (cm ³)	繭體積 繭體積	繭絲量 (gr)	繭層容積 (cm ³)	繭體積 (cm ³)	蛹體積 (cm ³)	繭體積 繭體積	繭絲量 (gr)	繭層容積 (cm ³)
1	8.70	1.05	8.29	0.34	0.79	7.85	1.49	5.27	0.35	0.74
2	8.30	1.29	6.43	0.32	0.64	6.25	1.18	5.30	0.23	0.59
3	5.60	0.94	5.56	0.24	0.75	6.50	1.19	5.46	0.25	0.48
4	7.80	1.15	6.78	0.30	0.73	8.90	1.48	6.01	0.36	0.90
5	7.50	0.98	7.65	0.26	0.74	6.50	1.67	3.89	0.21	0.47
6	7.75	1.19	6.51	0.36	0.73	6.85	1.12	6.12	0.24	0.60
7	6.75	1.00	6.75	0.26	0.48	7.85	1.32	5.95	0.27	0.70
8	5.95	0.89	6.69	0.21	0.54	8.30	1.31	6.34	0.33	0.65
9	5.90	0.92	6.41	0.24	0.57	6.90	1.20	5.75	0.24	0.58
10	7.20	1.06	6.79	0.28	0.66	7.20	1.14	6.32	0.27	0.60
11	6.75	0.95	7.11	0.24	0.57	9.35	1.35	6.93	0.32	0.68
12	7.25	0.76	9.54	0.28	0.68	6.25	0.99	6.31	0.26	0.48
13	7.25	0.91	7.97	0.24	0.70	6.85	1.18	5.81	0.28	0.73
14	5.85	1.01	5.79	0.28	0.58	7.35	1.36	5.40	0.24	0.46
15	7.75	1.45	5.34	0.20	0.79	8.90	1.06	8.40	0.34	0.74
16	8.40	1.14	7.37	0.29	0.77	11.05	1.59	6.95	0.40	1.08
17	5.50	0.90	6.11	0.24	0.51	6.35	1.39	4.57	0.29	0.74
18	6.30	0.91	6.92	0.17	0.68	10.00	1.65	6.06	0.38	0.73
19	6.60	1.05	6.29	0.25	0.74	10.00	1.65	6.06	0.41	0.99
20	8.80	1.08	8.15	0.33	0.76	8.50	1.59	5.36	0.38	0.85

21	7.80	0.96	8.13	0.26	0.78	6.90	1.10	6.27	0.22	0.46
22	8.60	1.06	8.11	0.28	0.81	7.60	1.34	5.67	0.32	0.62
23	5.00	0.94	5.32	0.18	0.62	8.30	1.56	5.32	0.37	0.91
24	7.25	0.96	7.55	0.24	0.60	7.25	1.23	5.69	0.26	0.63
25	6.35	0.82	7.74	0.23	0.62	6.40	1.08	5.93	0.27	0.52
26	6.85	0.89	7.70	0.23	0.59	8.00	1.33	6.02	0.33	0.38
27	6.90	0.94	7.34	0.27	0.72	9.10	1.37	6.64	0.36	0.48
28	9.85	1.25	7.88	0.39	0.82	7.10	1.20	5.92	0.27	0.44
29	8.35	1.12	7.46	0.33	0.66	9.20	1.39	6.62	0.34	0.45
30	7.90	1.22	6.48	0.31	0.61	8.40	1.82	4.62	0.32	0.52
31	7.35	1.00	7.35	0.29	0.62	7.40	1.27	5.83	0.26	0.42
32	7.40	1.04	7.12	0.30	0.75	9.05	1.46	6.20	0.25	0.29
33	8.30	1.07	7.76	0.31	0.77	7.85	1.30	6.04	0.28	0.44
34	7.25	1.09	6.65	0.33	0.65	8.40	1.53	5.49	0.14	0.42
35	7.20	1.14	6.32	0.27	0.60	5.25	1.12	4.69	0.24	0.47
36	9.35	1.15	8.13	0.37	0.81	8.50	1.42	5.99	0.34	0.45
37	8.15	1.12	7.28	0.36	0.64	9.65	1.30	7.42	0.32	0.49
38	9.20	1.14	8.07	0.36	0.67	8.85	1.44	6.15	0.32	0.39
39	6.75	1.19	5.67	0.34	0.56	4.85	1.05	4.62	0.21	0.50
40	6.20	0.95	6.53	0.21	0.54	8.25	1.26	6.55	0.27	0.47
41	5.65	0.93	6.08	0.26	0.53	10.00	1.57	6.37	0.38	0.46
42	7.10	1.09	6.51	0.31	0.74	6.15	1.17	5.26	0.26	0.45
43	8.15	1.16	7.03	0.35	0.66	10.00	1.49	6.71	0.38	0.49
44	9.05	1.21	7.48	0.25	0.98	5.70	1.02	5.59	0.21	0.44
45	6.25	0.95	6.58	0.25	0.57	9.30	1.48	6.28	0.34	0.46
46	6.90	0.93	7.42	0.26	0.70	5.45	1.14	4.78	0.24	0.40
47	6.60	1.00	6.60	0.24	0.62	8.40	1.35	6.22	0.32	0.43
48	8.70	1.20	7.25	0.34	0.84	5.80	1.07	5.42	0.22	0.39
49	6.95	1.22	5.70	0.31	0.59	9.95	1.28	7.77	0.28	0.37
50	8.80	1.21	7.27	0.38	0.83	8.20	1.27	6.45	0.28	0.44
平均	7.361	1.052	7.027	0.284	0.674	7.859	1.326	5.940	0.297	0.678

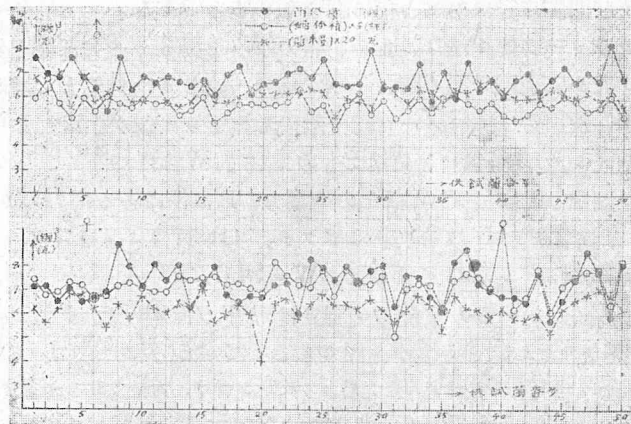
表中繭體積、蛹體積及び繭絲量をグラフにして見ればFig. 16の如くなる。圖面の都合上蛹體積は實際の5倍、繭絲量は實際の20倍とせり。

Fig. 16に見る如く繭體積、蛹體積及び繭絲量は大体平行的であるが、蛹體積と繭絲量はより平行的であるやうに思はれる。即ち同一品種にては大きな蠶は大巢の繭を営み、繭絲量も亦多いと云ふ常識的の判斷が正しい譯である。

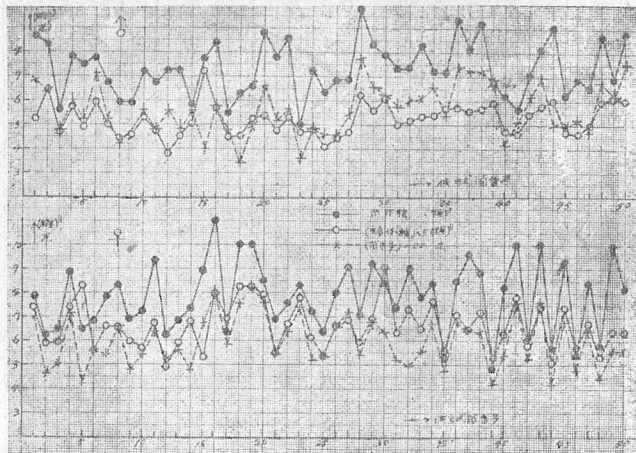
さて前表中殊に繭層容積といふ言葉を使用したのは、CASSINI 卵形線から計算せるグラフ

Fig. 16

a. 日115號×支108號



b. 日112號×支110號



を用ひ、繭表面積を求め、繭層平均厚さを知るこゝから、その兩者の積を繭纖維容積及び空隙の和と考へ、之を取て繭層容積といふたのであつて、煮繭等に必要な通氣度測定に新しくこのCASSINI 卵形線のグラフが役立てば幸である。前表により兩品種に就き繭纖維容積と繭層間隙容積との割合を計算したが、爰には一々記載するを省き平均結果のみを記すこゝにする。CASSINI 卵形線のグラフを用ひて繭層容積を求むる場合、繭層の厚さの中央を通る曲面積に繭層厚さを掛けるのが正しく、繭長、繭形番號を補正したのでTable 11の繭層容積より多少小さくなつてゐる。又繭纖維容積を求むるには、田所哲太郎氏による纖維比重1.446を使用せり。單位はC.G.S.制。

Table 12

		供試繭 類 數	繭 長	繭 形 番 號	繭 層 厚 度	繭 層 容 積	繭絲量	繭纖維 容 積	繭纖維 歩合%	間 隙 歩合%
日115號×支108號	雄	50	3.322	56.13	0.039	0.726	0.306	0.212	29.2	70.8
	雌	50	3.390	54.43	0.031	0.725	0.309	0.214	29.5	70.5
日112號×支110號	雄	50	3.401	55.01	0.035	0.674	0.284	0.196	29.1	70.9
	雌	50	3.498	53.94	0.033	0.668	0.297	0.205	30.7	69.3

表中繭纖維歩合及び間隙歩合は勿論容積に就きての歩合である。

尙本實驗中、マイクロメータ使用法は、金屬材料の厚みを測るのこ大部趣を異にし、繭層厚みを測るのに不慣れのため、前述の如く繭層厚みが略々一定して落付くまで靜かにネズの廻轉を繼續したのであるが、使用のマイクロメータは一般のものより摩擦が相當大きなこゝに氣付いたのでネズが固體摩擦 (dry friction) を受けたものとして $W = P \times \frac{\pi d - p/\mu}{\pi d + p}$ の式で繭層の厚さを測る際の壓力を測定した。爰でWはその全壓力、Pは手による偶力のかゝる時ネズの間で釣合ふべき力、dは雄ネズの有效徑、pはピッチ、 μ は固體摩擦係數とす。P = 1076.2 g, d = 0.56 cm, p = 0.1 cm, $\mu = 0.25$ とするこゝ、W = 3457.2 g

Wが直徑0.45 ㎝の面にかゝるので壓力の強さは 毎平方 ㎝ 21.7 ㏾ となる。本實驗に於ては大體 21.7 kg/cm² の壓力の元に繭層の厚みを測つたこゝとなるので一言付け加へて置き度い。

註 本研究に際し昭和17年度文部省科學研究獎勵金の交付を受け、尙多方面の先輩諸賢の御援助を受けたことを深謝す。

(於上田蠶絲專門學校)

引用文獻

- 田所哲太郎 (1942) 纖維型蛋白質の化學 pp. 19
横山忠雄 (1940) 日本蠶絲學雜誌 Vol. 11 pp. 108~110
畑村又好 (1942) 日本蠶絲學雜誌 Vol. 13 pp. 15~29 pp. 95~105

受理 昭昭18年2月28日

On the mathematical expression of the forms of the cocoons
and the motion of the silkworms during the cocooning.

Nobufusa YANAGISAWA

(Received November 10, 1942)

Résumé

Every shape of the cocoons of the silkworms designated by the government is signified by giving the various values of two parameters m and a in the equation of

$$(x^2 + y^2 + a^2)^3 - 4a^2 x^2 = m^4.$$

It is the object of this research to study in what relation these two parameters m and a are with the silkworms.

M , one of the parameters, has been discovered theoretically to be half the minimum length of the silkworm or half the length of the chrysalis by its sexual instinct, and the other a to be the function of the ratio minimum length to breadth due to the bending of the cocooning body dynamically.

Reversely, investigating the form of the silkworm body, we can judge the shape of the cocoon built by it.

It has been proved experimentally also that the "8"-shaped spinning speed from the spinneret should be different every instant dynamically, and "8"-shape should be the orbit due to the central force in the field of the conservative force produced by the elasticity of the silkworm's muscle.

It is very convenient to use the graphs of the volume and the surface area calculated from the mathematical formula in order to obtain the density and the weight of a cocoon's silk-case.

(The Imperial College of Sericulture and Silk-industry, Ueda Japan)