

役畜のけん引機構に関する研究

—けん引の場合の歩様について—

盛 政 貞 人

(島根大学教育学部)

Sadato MORIMASA : A Study on the Draft-Mechanism of the Draft
Animal — On the Gait in Draft

ABSTRACT. This investigation was carried out through three different experiments shown below. What was common in all three cases was that the animals were let to walk on the treadmill moving at the speed of 42.9 meters per minute.

a) Measurement by Movie and Photograph: (1) Two goats were used in the experiments, (2) previously a mark was put on the surface of the animal body at two points: one was at the point which corresponded in lateral view to the center of the movement of the scapula (which we regard to be located at the middle in the line between the cervical angle and the dorsal angle on the scapula)... (to be referred to as S); the other was at the point which corresponded in lateral view to the centre of the movement of the coxa... (to be referred to as C), (3) (a) by using the trace, with the point of the attachment of the draft on the line passing almost the middle of the breast-band, or in its extension line on the draft-saddle at the height of the chine... (to be referred to as Pa), at the height about the middle between the chine and the point of the shoulder (Pb), at the height of the point of the shoulder (Pc), at the height of the lowest part of the trunk (Pd); (b) with the draft angle which the trace makes with the horizontal line in three ways: horizontal, 10 degrees, and 20 degrees; and (c) with the weight of the draft imposed upon the animal in two ways: 10% and 20% of the animal body-weight. The animal was let to walk with these varied drafts imposed upon, (4) Taking pictures at a certain distance, the writer made 16 mm films of 24 frames per second of these experiments. (5) From among these films those frames which composed the duration of one stride between the beginning period of the duration of support by one hind-limb and the ending period of the duration of non-support by the same limb were taken out according to goats and conditions of the drafts, Each of these frames was enlarged at a certain rate (cabinet size) to get photographic prints by which analytical measurements were taken. (6) The station for the measurement of the hoof was set at the front tip of the sole of the supporting hoof.

b) Measurement by the Number of Stride: (1) Four goats other than those used in a) above were used, (2) by using the trace in horizontal direction, with the point of the attachment of the draft as the height about the middle between the chine and the point

of the shoulder on the breast-band, changing the weight of the draft imposed upon the animal in 4 ways : 3 kg, 5 kg, 8 kg, and 11 kg, and (3) first with each of these conditions the 5-minute experiment was conducted 4 times to calculate average number of stride per minute, by which the speed of the treadmill per minute (42.9 m) was divided to get the length of one stride.

c) Measurement by Footprint : (1) Four goats (the same ones as in b) above) were used, (2) imposing upon the animal the 4 different amounts of weight in draft as in b) above, (3) first, the goats were let to tread on the powdered briquet which was damp, thus applying the powder to the hoofs of the animals, and then (4) the goats were let to walk on the blank sheets put on the treadmill so that the footprints of the goats in walking might be measured.

1. The horizontal distance between C and the hind-hoof in the beginning period of the duration of non-support by the opposite hind-limb (the period at which the opposite hind-limb ceases to support the body-weight and one hind-limb only starts to function as the axis of rotation, or the fulcrum) . . . $D_c^{bnh'}$ (measured as positive while the hind-limb remained behind the foot of the perpendicular from C, and as negative while it remained before the foot of the perpendicular from C) became greater with the increase in weight of the draft. In other words, the hoof in question moved backward in relation to C. This is presumably carried out by the mechanical requirement that with the increase in weight of the draft, D_{gh} must become greater so as to meet the condition of equilibrium for the movement of rotation along the longitudinal section of the goat's body . . . $F \cdot D_{lh} + W_p \cdot D_{gh} = 0$ (F : the weight of the draft, D_{lh} : the vertical distance between the trace and the hind-hoof which functions as the axis of rotation, W_p : the partial body-weight which takes part in the moment of rotation, D_{gh} : the horizontal distance between the center of gravity and the hind-hoof which works as the axis of rotation).

2. The front part of the amplitude of the fore-limb (A_{ff}) (= the absolute value of the horizontal distance between S and the fore-hoof in the beginning period of the duration of support by the fore-hoof) and the hind part of the same amplitude (A_{hf}) (= the horizontal distance between S and the fore-hoof in the ending period of the duration of support by one fore-limb), and the front part of the amplitude of the hind-limb (A_{fh}) (= the absolute value of the horizontal distance between C and the hind-hoof in the beginning period of the duration of support by the hind-limb) and the hind part of the same amplitude (A_{hh}) (= the horizontal distance between C and the hind-hoof in the ending period of support by one hind-limb) were almost equal respectively when no draft was imposed upon the goats. When the draft was imposed on the animal, however, no conspicuous change was observed with the fore-limbs, while with the hind-limbs the fore part of the amplitude became noticeably small, but the hind part of the same amplitude grew remarkably great. The fact that the range of the amplitude as a whole, of the hind-limbs moved backward in relation to C which was the center of the movement for the amplitude was presumably due to the change, in relation to the draft, of $D_{ch}^{bnh'}$ mentioned in 1. above.

3. The length of one step (S_p) is equal to the value gained by subtracting the horizontal distance between C and the hind-hoof in the ending period of the duration of

support by the opposite hind-limb ($D_{ch}^{esh'}$) from the horizontal distance between C and the hind-hoof in the ending period of duration of support by the hind-limb (D_{ch}^{esh}), that is, $S_p = D_{ch}^{sh} - D_{ch}^{esh'}$. In some cases when the weight of the draft was small, S_p might become longer as compared with that when no draft was imposed upon the animal. It clearly became smaller as the weight of the draft became heavier. This is presumably due to the fact that the change of $D_{ch}^{esh'}$ in relation to the weight of the draft is almost equal to that in the case of $D_{ch}^{bnh'}$ (the periods of walking in both being quite close) mentioned in 1. above, and that D_{ch}^{esh} , when the weight is smaller in amount, becomes greater with the increase in weight of the draft, which, however, is limited by the limitation on the body conformation and stops becoming greater even when the weight of the draft is further increased.

4. The horizontal distance between the fore-hoof and the hind-hoof in the beginning period of the duration of support by the fore-limb (D_{fh}^{bsf}) is the sum of the horizontal distance between S and the fore-hoof in the beginning period of the duration of support by the fore-limb ($|D_{sf}^{bsf}|$) and the horizontal distance between S and C in the beginning period of the duration of support by the fore-limb (D_{sc}^{bsf}) and the horizontal distance between C and the hind-hoof in the beginning period of the duration of support by the fore-limb (D_{ch}^{bsf}), that is, $D_{fh}^{bsf} = |D_{sf}^{bsf}| + D_{sc}^{bsf} + D_{ch}^{bsf}$. D_{fh}^{bsf} becomes greater with the increase in weight of the draft. This is Presumably due to the fact that in contrast to the little influence on $|D_{sf}^{bsf}|$ and D_{sc}^{bsf} of the change in weight of the draft, D_{ch}^{bsf} , with the increase in weight of the draft, becomes greater, as in the case of $D_{ch}^{bnh'}$ (the periods of walking in both being quite close).

5. The space of the stepping over of the footprint of the hind-hoof beyond that of the fore-hoof (D_f) is equal to the value gained in the subtraction of D_{fh}^{bsf} from the length of one stride ($S_d (= S_p \times 2)$), that is, $D_f = S_d - D_{fh}^{bsf}$. D_f has the tendency to become smaller with the increase in weight of the draft and at last come to take the negative value. This is presumably due to the fact that S_d , with the increase in weight of the draft, makes a similar change as S_p , as is mentioned in 3. above, and that D_{fh}^{bsf} changes as is shown in 4. above.

I. 緒 論

さきに、役畜がけん引歩行する場合の、体の縦断面に沿う回転運動の平衡条件は、(3, 4, 5), $F \cdot D_{lh} + W_p \cdot D_{gh} = 0$, 絶対値で言って、 $|F \cdot D_{lh}| = |W_p \cdot D_{gh}|$, (F : けん引量, D_{lh} : けん引線と回転軸となる後蹄との垂直距離, W_p : 体重の回転能率関与量, D_{gh} : 重心と回転軸となる後蹄との水平距離)であることを解明し、ついで、この条件を踏まえながら、1主支点期間の股心の水平推進距離あるいは1歩長を推進するための姿勢的要素の変化⁽⁶⁾を、 $D_c^{mf} = L_{ch}^{esh'}$ ($\frac{L_{ch}^{esh}}{L_{ch}^{esh'}} \cos \theta_{ch}^{esh} - \cos \theta_{ch}^{esh'}$), [D_c^{mf} : 1主支点期間の股関節運動中心(股心と略称する)の水平推進距離=1歩長, L_{ch}^{esh} : 後肢負重終期の股心~後蹄斜距離, $L_{ch}^{esh'}$: 反対後肢負重終期の股心~後蹄斜距離, θ_{ch}^{esh} : 後肢負重終期の股心~後蹄傾角, $\theta_{ch}^{esh'}$: 反対後肢負重終期の股心~後蹄傾角]の如く解析したが、この度の研究においては、これらの条件に基礎をおきながら、けん引の場合の歩様の変化を構造的・関係的に解析した。

II. 材料および方法

本研究のために映画・写真測定法、完歩数測定法、蹄跡測定法の3種の実験を行なった。第1の方法は歩様一般の解析に、第2の方法は完歩長の測定に、第3の方法は踏越の測定・解析に、それぞれ、適しているからである。

3種の実験法ともに、共通に、山羊を用い、分速42.9mのTreadmill上でけん引歩行させ、けん引の荷物は定滑車を介して吊り下げて行なった。なお、これらの方法の特異な点を述べるとつぎのようである。

a. 映画・写真測定法

さきの報告⁽⁴⁾において詳述しているが、要点を述べればつぎの如くである。

(1) 山羊2頭を用い、(2) 予め、肩胛骨運動中心⁽¹⁾(肩胛骨の頸角と胸角とを結ぶ線分の中点を肩胛骨運動中心とみなし、肩心と略称する)、および股関節運動中心(股心と略称する)に側向上相当する体表の部位に標点を付し、(3) けん引点を胴引による、腹帯の大体中央を通る線上、あるいは鞍の上においての、その延長線上における、背の高さ(この点を P_a で表わす)、背と肩端との中間の高さ(P_b)、肩端の高さ(P_c)、腹帯の下端の高さ(P_d)に、けん引角度を水平、 10° 、 20° に、けん引量を体重の10%、20%に、それぞれ、変化させたけん引をかけて歩行させ、また、対照として、鞍づけだけ行なって、けん引をかけないで歩行させ、(4) 一定の距離より、1秒当り24コマの16m映画にとり、(5) そのフィルムの中から、個体別、けん引条件別に、それぞれ、左後肢負重始期から、同肢の脱重終期に至る1完歩期間をとり出し、それらの1コマ1コマを大体キャビネ大の印画紙に一定の率で引き伸ばして焼きつけ、歩様解析の資料に供した。(6) 蹄の測定点は、蹄底のうち、一番おそくまで負重して、回転軸あるいは支点としての働きをする点ということを考慮して、負重している蹄を

側望しての蹄底前端とした。

b. 完歩数測定法

(1) 映画・写真測定法に用いた山羊とは別の4頭を用い、(2) 胴引による、けん引点を大背と肩端との中間の高さとする水平けん引により、けん引量を3kg(体重に対する割合、A号山羊12.2%、B号山羊10.2%、C号山羊7.1%、D号山羊6.6%)、5kg(A20.0%、B17.0%、C11.8%、D10.9%)、8kg(A32.7%、B27.2%、C19.0%、D17.5%)、11kg〔A44.9% (実験不能)、B37.4% (実験不能)、C26.1%、D24.0%〕の4種に変化させたけん引をかけた。対照として空身の場合を加えた。(3) まず、完歩数をつぎの如くして測定した。すなわち、5分間の歩行中の左前肢の踏着回数を測定し、同様の実験を4回繰返して、計20分間の成績から平均1分間当りの完歩数を求めた。実験の繰返しにあたっては、できるだけ各個体間の労働条件を斉一にし、疲労の影響を除く配慮をもって、実験1回を終る毎に個体を交替させ、また、第1日にはけん引量がO(空身)の場合から順次最大の場合に及び、第2日にはこの逆の順序で行ない、第3日には第1日にならぬ、第4日には第2日にならぬで行ない、4日間で実験を終了した。ついで、平均1分間当りの速度(42.9m)を、平均1分間当りの完歩数で割って、平均完歩長を求めた。

c. 蹄跡測定法

(1) 実験山羊およびけん引条件は、完歩数測定法と同一とした。(2) まず、山羊に水でぬらした煉炭の粉を踏ませて、その粉を蹄に付着させた後、Treadmill上に約5完歩の蹄跡のとれる程度の長さの白紙を流しながら、その上を歩行させて蹄跡をとった。ついで、その蹄跡中、蹄跡が明瞭で、極端な歩様の乱れが認められない部分から、四肢の1完歩を構成する8個の蹄跡を選び、まず、各1個毎の蹄跡の中心を求めて、それを基礎にとって前方4個の蹄跡間の中心、および後方4個の蹄跡間の中心を求め、この前後両中心を通る直線を引いて山羊の進行方向とみなした。ついで、各蹄の内、外の蹄尖を結ぶ線分の midpoint よりこの進行線に垂線を引いて8個の交点を求め、それらの交点間の距離を左右肢別に測定して、2個の前蹄についての距離を前肢の完歩長、2個の後蹄についての距離を後肢の完歩長、前方に相隣れる前蹄と後蹄、ならびに後方に相隣れる前蹄と後蹄についての距離を、それぞれ踏越、2個の前蹄の中の前方の蹄と、2個の後蹄の中の後方の蹄との距離を、1側肢体の伸展時の前肢の蹄跡と後肢の蹄跡との距離として測定した。

Ⅲ. 成績および考察

映画・写真測定法による成績の場合とはくにその実験法をことわらないで、完歩数測定法、および蹄跡測定法などによる場合のみ、それをことわることとする。

A. 前肢ならびに後肢の振巾

まず、けん引の場合の歩様の変化を、肢の振巾によって概観しよう。すなわち、前肢では肩

心を中心として前蹄が負重しながら前後に動く巾を、後肢では股心を中心として後蹄が前後に動く巾をみることにする。

前肢では、前肢負重始期（写真1参照）の肩心～前蹄水平距離〔前蹄が肩心より前方にある

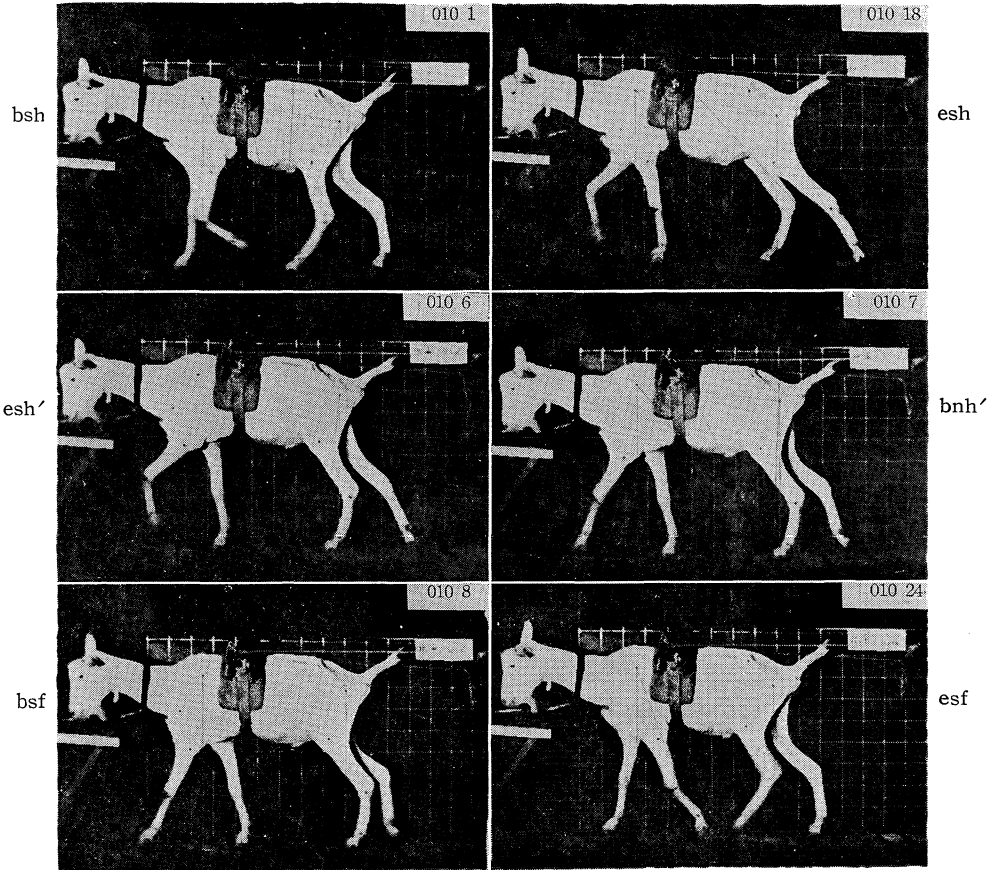


写真 1. けん引の場合の歩期 (N号山羊, Pa, 0°, 10%)
 bsh ; 後肢負重始期, esh ; 後肢負重終期 esh' ; 反対後肢負重終期,
 bnh' ; 反対後肢脱重始期 bsf ; 前肢負重始期, esf ; 前肢負重終期

ので負 (-) として測定) の絶対値を前肢の前方振巾と呼び、前肢負重終期の肩心～前蹄水平距離 (前蹄が肩心より後方にあるので正として測定) を前肢の後方振巾と呼び、両者の和を前肢の全振巾と呼び、後肢では、後肢負重始期の股心～後蹄水平距離 (後蹄が股心より前方にあるので負として測定) の絶対値を後肢の前方振巾と呼び、後肢負重終期の股心～後蹄水平距離 (後蹄が股心より後方にあるので正として測定) を後肢の後方振巾と呼び、両者の和を後肢の全振巾と呼ぶことにする。

1. 前肢の振巾表 1 a および図 1 に示した如くである。

a. 前肢の前方振巾… A_{ff} , (=前肢負重始期の肩心～前蹄水平距離の絶対値… $|D_{sf}^{bsf}|$)

表 1 a. 前肢の前方振巾…Aff, 前肢の後方振巾…Ahf, 前肢の全振巾…Atfおよび前肢の後方振巾率… $\frac{Ahf}{Atf}$

振巾	けん引点			Pa				Pb				Pc				Pd				けん引角度別平均			けん引 量平 均	載づけ だけ	
	けん引 量	個 体	けん引 角度	水平	10°	20	平均	0	10	20	M	0	10	20	M	0	10	20	M	0	10	20			
																									0
Aff (cm)	体重の 10 %	N H M	羊 山 羊 均	2.1 2.1 2.10	2.0 2.2 2.10	1.8 2.2 2.00	1.97 2.17 2.07	2.1 2.1 2.10	1.8 2.5 2.15	2.2 2.2 2.20	2.03 2.27 2.15	1.8 2.0 1.90	1.8 2.0 1.90	2.0 2.0 2.00	1.87 2.00 1.93	1.8 1.3 1.55	1.8 2.0 1.90	1.7 2.2 1.95	1.77 1.83 1.80	1.95 1.88 1.91	1.85 2.18 2.01	1.93 2.15 2.04	1.91 2.07 1.99	N:1.7	
	20 "	N H M		1.5 1.6 1.55	1.7 2.6 2.15	1.8 1.8 1.80	1.67 2.00 1.83	1.7 2.1 1.90	1.9 2.4 2.15	1.9 2.0 1.95	1.83 2.17 2.00	1.5 1.8 1.65	1.7 1.9 1.80	1.8 2.2 2.00	1.67 1.97 1.82	1.9 2.3 2.10	1.8 1.8 1.80	1.9 2.0 1.95	1.87 2.03 1.95	1.65 1.95 1.80	1.78 2.18 1.98	1.85 2.00 1.93	1.76 2.04 1.90	H:2.2	
	けん引点 別平均	N H M		1.80 1.85 1.83	1.85 2.40 2.13	1.80 2.00 1.90	1.82 2.08 1.95	1.90 2.10 2.00	1.85 2.15 2.08	2.05 2.10 2.08	1.93 2.22 2.08	1.65 1.90 1.78	1.75 1.95 1.85	1.90 2.20 2.05	1.77 2.02 1.89	1.85 1.80 1.83	1.80 1.90 1.85	1.80 2.00 1.95	1.82 2.03 1.88	1.80 1.91 1.86	1.81 2.18 1.99	1.89 2.10 1.99	1.83 2.06 1.95	M:1.95	
Ahf (cm)	体重の 10 %	N H M		1.9 2.1 2.00	2.0 2.1 2.05	2.0 2.0 2.00	1.97 2.07 2.02	1.7 2.3 2.00	1.5 2.1 1.80	1.6 2.2 1.90	1.60 2.20 1.90	1.8 2.2 2.00	1.7 2.5 2.10	1.7 2.2 1.95	1.73 2.30 2.02	1.9 2.5 2.20	1.6 2.3 1.95	1.6 2.3 1.65	1.70 2.17 1.93	1.83 2.28 2.05	1.70 2.25 1.98	1.73 2.03 1.88	1.75 2.18 1.97	N:1.8	
	20 "	N H M		1.9 2.3 2.10	2.2 1.9 2.05	2.1 2.3 2.20	2.07 2.17 2.12	1.8 2.2 2.00	2.2 2.2 2.20	1.8 2.0 1.90	1.93 2.13 2.03	2.1 2.4 2.25	2.0 2.8 2.40	2.1 2.2 2.15	2.07 2.47 2.27	2.1 2.2 2.15	1.9 2.3 2.10	2.1 2.3 2.25	2.03 2.28 2.17	1.98 2.28 2.13	2.08 2.30 2.19	2.03 2.23 2.13	2.03 2.27 2.15	H:2.1	
	けん引点 別平均	N H M		1.90 2.20 2.05	2.10 2.00 2.05	2.05 2.15 2.10	2.02 2.12 2.07	1.75 2.25 2.00	1.85 2.15 2.00	1.70 2.10 1.90	1.77 2.17 1.97	1.95 2.30 2.13	1.85 2.62 2.25	1.90 2.20 2.05	1.90 2.38 2.14	2.00 2.35 2.18	1.75 2.30 2.03	1.85 2.05 1.95	1.87 2.23 2.05	1.90 2.28 2.09	1.89 2.28 2.08	1.88 2.13 2.00	1.89 2.23 2.06	M:1.95	
Atf (cm)	体重の 10 %	N H M		4.0 4.2 4.10	4.0 4.3 4.15	3.8 4.2 4.00	3.94 4.24 4.09	3.8 4.4 4.10	3.3 4.6 3.95	3.8 4.4 4.10	3.63 4.47 4.05	3.6 4.2 3.90	3.5 4.5 4.00	3.7 4.2 3.95	3.60 4.30 3.95	3.7 3.8 3.75	3.4 4.3 3.85	3.3 3.9 3.60	3.47 4.00 3.73	3.78 4.16 3.96	3.55 4.43 3.99	3.66 4.18 3.92	3.66 4.25 4.36	N:3.5	
	20 "	N H M		3.4 3.9 3.65	3.9 4.5 4.20	3.9 4.1 4.00	3.74 4.17 3.95	3.5 4.3 3.90	4.1 4.6 4.35	3.7 4.0 3.85	3.76 4.30 4.03	3.6 4.2 3.90	3.7 4.7 4.20	3.9 4.4 4.15	3.74 4.44 4.09	4.0 4.5 4.25	3.7 4.1 3.90	4.0 4.4 4.20	3.90 4.33 4.12	3.63 4.23 3.93	3.86 4.48 4.17	3.88 4.23 4.06	3.79 4.31 4.05	H:4.3	
	けん引点 別平均	N H M		3.70 4.05 3.88	3.95 4.40 4.18	3.85 4.15 4.00	3.84 4.20 4.02	3.65 4.35 4.00	3.70 4.60 4.15	3.75 4.20 3.98	3.70 4.39 4.05	3.60 4.20 3.91	3.60 4.57 4.10	3.80 4.40 4.10	3.67 4.40 4.03	3.85 4.15 4.01	3.55 4.20 3.88	3.65 4.15 3.90	3.69 4.16 3.93	3.70 4.19 3.95	3.70 4.46 4.07	3.77 4.23 3.99	3.72 4.29 4.01	M:3.90	
$\frac{Ahf}{Atf}$ (%)	体重の 10 %	N H M		47.5 50.0 48.8	50.0 48.8 49.4	52.6 47.6 50.0	50.0 48.8 49.4	44.7 52.3 48.8	45.5 45.7 45.6	42.1 50.0 46.3	44.1 49.2 46.9	50.0 52.4 51.3	48.6 55.6 52.5	45.9 52.4 49.4	48.1 53.5 51.1	51.4 65.8 58.7	47.1 53.5 50.6	48.5 43.6 45.8	49.0 54.3 51.7	48.4 51.8 51.8	47.9 50.8 49.6	47.3 48.6 48.0	47.8 51.3 49.7	N:51.4	
	20 "	N H M		55.9 59.0 57.5	56.4 42.2 48.8	53.8 56.1 55.0	55.3 52.0 53.7	51.4 51.2 51.3	53.7 47.8 50.6	48.6 50.0 49.4	51.3 49.5 50.4	58.3 57.1 57.7	54.1 59.6 57.1	53.8 55.6 55.5	55.3 55.6 55.5	52.5 48.9 50.6	51.4 56.1 53.8	52.5 53.1 53.6	51.4 54.5 53.8	52.1 53.9 52.7	54.5 54.2 54.2	53.9 51.3 52.5	52.3 52.7 52.5	53.6 52.7 53.1	H:48.8
	けん引点 別平均	N H M		51.4 54.3 52.8	53.2 45.5 49.0	53.2 51.8 52.5	52.6 50.5 51.5	47.9 51.7 50.0	50.0 46.7 48.2	45.3 50.0 47.7	47.8 49.4 48.6	54.2 54.8 54.5	51.4 57.3 54.9	50.0 50.0 50.0	51.8 54.1 53.1	51.9 56.6 54.4	49.3 54.8 52.3	50.7 49.4 50.0	50.7 53.6 52.2	51.4 54.4 52.9	51.1 51.1 51.1	49.9 54.4 50.1	50.8 54.4 51.4	50.8 52.7 51.4	M:50.0
備 考	(1)前肢の前方振巾=前肢負重始期の肩心~前蹄水平距離絶対値 (2)前肢の後方振巾=前肢負重終期の肩心~前蹄水平距離																								

表1.b 後肢の前方振り巾…Afh, 後肢の後方振り巾…Ahh, 後肢の全振り巾…Athおよび後肢の後方振り巾率… $\frac{Ahh}{Ath}$

振り巾	個 けん引量	けん引点 角度	Pa				Pb				Pc				Pd				けん引角度別平均			けん引 量平 均	膝づけ だけ
			水平	10°	20	平均	0	10	20	M	0	10	20	M	0	10	20	M	0	10	20		
Afh (cm)	体重の10%	N H M	1.8 2.1 1.95	1.5 2.0 1.75	1.8 2.4 2.10	1.70 2.17 1.93	1.9 2.1 2.00	1.1 2.1 1.60	1.7 2.1 1.90	1.57 2.10 1.83	1.6 2.2 1.90	1.3 1.9 1.60	1.8 2.3 2.05	1.57 2.13 1.85	1.9 2.1 2.00	1.8 2.1 1.95	1.5 2.1 1.80	1.73 2.10 1.92	1.80 2.13 1.96	1.43 2.03 1.73	1.70 2.23 1.96	1.64 2.13 1.88	N:1.9
	20"	N H M	1.3 1.45	1.5 2.0	1.5 2.1 1.80	1.43 2.07 1.75	1.4 1.8 1.60	1.5 1.9 1.70	1.5 2.1 1.80	1.47 1.93 1.70	1.1 1.8 1.45	1.6 1.7 1.65	1.4 2.0 1.70	1.37 1.83 1.60	1.0 1.5 1.25	1.2 1.4 1.30	1.3 1.8 1.55	1.17 1.57 1.37	1.20 1.68 1.44	1.45 1.88 1.66	1.43 2.00 1.71	1.36 1.85 1.60	H:2.4
	けん引点 別平均	N H M	1.55 1.85 1.70	1.50 2.25 1.88	1.65 2.25 1.95	1.57 2.12 1.84	1.65 1.95 1.80	1.30 2.00 1.65	1.60 2.10 1.85	1.52 2.02 1.77	1.35 2.00 1.68	1.45 1.80 1.63	1.60 2.15 1.88	1.47 1.98 1.73	1.45 1.80 1.63	1.50 1.75 1.68	1.40 1.95 1.68	1.45 1.83 1.64	1.50 1.90 1.70	1.44 1.95 1.69	1.56 2.11 1.84	1.50 1.99 1.74	M:2.15
Ahh (cm)	体重の10%	N H M	2.4 2.8 2.60	2.7 2.6 2.65	2.5 2.7 2.60	2.53 2.70 2.62	2.4 2.3 2.35	2.7 2.4 2.55	2.5 2.5 2.50	2.53 2.40 2.47	2.0 2.3 2.15	2.4 2.5 2.45	2.6 2.2 2.2	2.33 2.33 2.40	1.9 2.1 2.00	2.1 2.4 2.25	2.5 2.3 2.40	2.17 2.27 2.22	2.18 2.38 2.28	2.48 2.48 2.48	2.53 2.43 2.48	2.39 2.43 2.41	N:2.2
	20"	N H M	2.6 2.9 2.75	2.3 2.4 2.35	2.6 2.8 2.70	2.50 2.70 2.60	2.7 2.6 2.65	2.8 2.9 2.85	2.6 2.6 2.60	2.70 2.70 2.70	2.5 2.6 2.55	2.6 2.9 2.75	2.6 2.8 2.70	2.6 2.7 2.67	2.6 2.9 2.70	2.5 2.8 2.75	2.7 2.8 2.75	2.60 2.77 2.68	2.60 2.68 2.64	2.55 2.78 2.66	2.63 2.75 2.69	2.59 2.73 2.66	H:1.9
	けん引点 別平均	N H M	2.50 2.85 2.68	2.50 2.50 2.50	2.55 2.75 2.65	2.52 2.70 2.61	2.55 2.45 2.50	2.75 2.65 2.70	2.55 2.65 2.55	2.62 2.55 2.58	2.25 2.45 2.35	2.50 2.70 2.60	2.60 2.50 2.55	2.45 2.55 2.50	2.25 2.35 2.30	2.30 2.65 2.48	2.60 2.55 2.58	2.38 2.52 2.45	2.39 2.53 2.46	2.51 2.63 2.57	2.58 2.63 2.58	2.49 2.58 2.54	M:2.05
Ath (cm)	体重の10%	N H M	4.2 4.9 4.55	4.2 4.6 4.40	4.3 5.1 4.70	4.23 4.87 4.55	4.3 4.4 4.35	3.8 4.5 4.15	4.2 4.6 4.40	4.10 4.50 4.30	3.6 4.5 4.05	3.7 4.4 4.05	4.4 4.5 4.45	3.90 4.46 4.18	3.8 4.2 4.00	3.9 4.5 4.20	4.0 4.4 4.20	3.90 4.37 4.14	3.98 4.51 4.24	3.91 4.51 4.21	4.23 4.66 4.44	4.03 4.56 4.29	N:4.1
	20"	N H M	3.9 4.5 4.20	3.8 4.9 4.35	4.1 4.9 4.50	3.93 4.77 4.35	4.1 4.4 4.25	4.3 4.8 4.55	4.1 4.7 4.40	4.17 4.63 4.40	3.6 4.4 4.00	4.2 4.6 4.40	4.0 4.8 4.40	3.94 4.60 4.27	3.6 4.1 3.85	3.7 4.3 4.00	4.0 4.6 4.30	3.77 4.34 4.05	3.80 4.36 4.08	4.00 4.66 4.32	4.06 4.75 4.40	3.95 4.58 4.26	H:4.3
	けん引点 別平均	N H M	4.05 4.70 4.38	4.00 4.75 4.38	4.20 5.00 4.60	4.09 4.82 4.45	4.20 4.40 4.30	4.05 4.65 4.35	4.15 4.65 4.40	4.14 4.57 4.35	3.60 4.45 4.03	3.95 4.50 4.23	4.20 4.65 4.43	3.92 4.53 4.23	3.70 4.15 3.93	3.80 4.40 4.11	4.00 4.50 4.26	2.83 4.35 4.09	3.89 4.43 4.16	3.95 4.43 4.26	4.14 4.70 4.42	3.99 4.57 4.28	M:4.20
$\frac{Ahh}{Ath}$ (%)	体重の10%	N H M	57.1 57.1 57.1	64.3 56.5 60.2	58.1 52.9 55.3	59.8 55.4 57.6	55.8 52.3 54.0	71.1 53.3 61.4	59.5 54.3 56.8	61.7 53.3 57.4	55.6 51.1 53.1	64.9 56.8 60.5	59.1 48.9 53.9	59.7 52.2 55.7	50.0 50.0 50.0	53.8 53.3 53.6	62.5 51.9 53.6	55.6 51.9 53.6	54.8 52.8 53.8	63.4 55.0 58.9	59.8 52.1 55.9	59.3 53.3 56.2	N:53.7
	20"	N H M	66.7 64.4 65.5	60.5 49.0 54.0	63.4 57.1 60.0	63.6 56.6 59.8	65.9 59.1 62.4	65.1 60.4 62.6	63.4 55.3 59.1	64.7 58.3 59.1	69.4 59.1 63.8	61.9 58.3 62.5	65.0 58.3 61.4	65.2 60.2 62.5	72.2 63.4 67.5	67.6 67.4 67.5	67.5 60.9 64.0	69.0 63.8 66.2	68.4 61.5 64.7	63.8 59.7 61.6	64.8 57.9 61.1	65.6 59.6 62.4	H:44.2
	けん引点 別平均	N H M	61.7 60.6 61.2	62.5 52.6 57.1	60.7 55.0 57.6	61.6 56.0 58.7	60.7 55.7 58.1	67.9 57.0 62.1	61.4 54.8 58.0	63.3 55.8 59.3	62.5 55.1 58.3	63.3 60.0 61.5	61.9 53.8 57.6	62.5 56.3 59.1	60.8 56.6 58.5	60.5 60.2 60.3	65.0 56.7 60.6	62.1 57.9 59.9	61.4 57.1 59.1	63.5 57.4 60.3	62.3 55.1 58.4	62.4 56.5 59.3	M:48.8
備	考	(1)後肢の前方振り巾=後肢負重初期の股心~後蹄水平距離の絶対値 (2)後肢の後方振り巾=後肢負重終期の股心~後蹄水平距離																					

後肢のけん引機構に関する研究

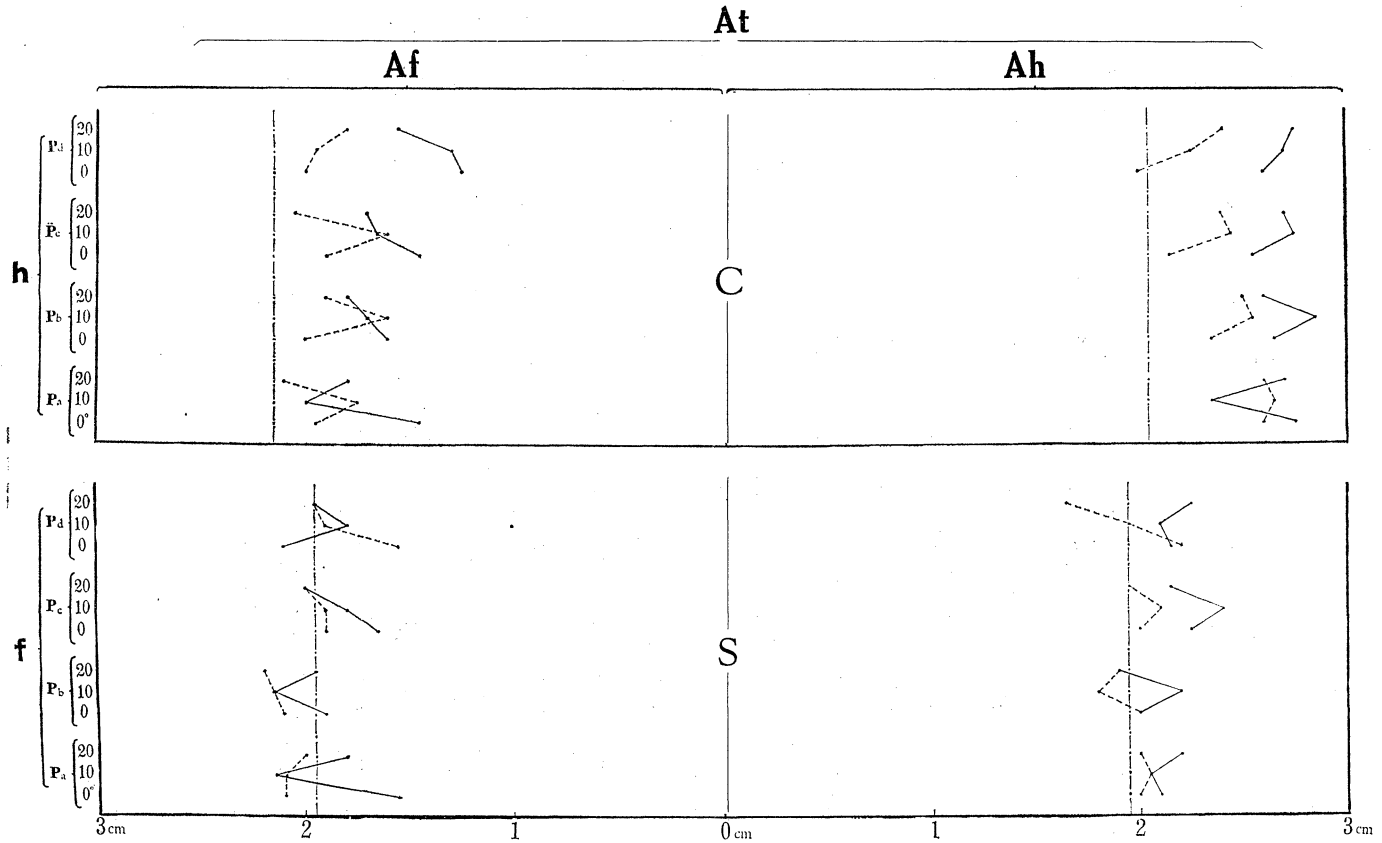


図 1. 肢 の 振 巾
 At ; 全振巾, Af ; 前方振巾, Ah ; 後方振巾, f ; 前肢,
 h ; 後肢 S ; 肩心 C ; 股心
 体重の10%, —— " 20%.
 鞍づけだけの場合

鞍づけだけして歩行させた場合（以下、鞍づけだけの場合、と略記）：N号山羊（以下、Nと略記）1.7cm，H号山羊（以下、Hと略記）2.2cm，平均1.95cm

けん引をかけた場合の平均：N1.83cm，H2.06cm，総平均1.95cm，すなわち、けん引をかけた場合の前方振巾は、鞍づけだけの場合に比べてNの場合はやや大となり、Hの場合はやや小となり、平均では等しくなっており、殆んど変りがないとみてよからう。

けん引条件別変化：(a) けん引点が P_b にある場合やや大となった。(b) けん引角度が 0° の場合やや小となる傾向がみられた。(c) けん引量が大きくなると僅かに小となる傾向がみられた。

b. 前肢の後方振巾… A_{hf} ，（＝前肢負重終期の肩心～前蹄水平距離… D_{sf}^{esf} ）

鞍づけだけの場合：N1.8cm，H2.1cm，平均1.95cm

けん引をかけた場合の平均：N1.89cm，H2.23cm，総平均2.06cm。すなわち、けん引をかけた場合の前肢の後方振巾は、鞍づけだけの場合に比べてやや大となった。

けん引条件別変化：(a) けん引点が P_b にある場合やや小となり、 P_c にある場合やや大となった。(b) けん引角度による変化は明瞭でなかった。(c) けん引量が大きくなるとやや大となった。

c. 前肢の全振巾… A_{tf} ，（＝ $A_{ff} + A_{hf} = |D_{sf}^{bsf}| + D_{sf}^{esf}$ ）

鞍づけだけの場合：N3.5cm，H4.3cm，平均3.90cm

けん引をかけた場合の平均：N3.72cm，H4.29cm，総平均4.01cm，すなわち、前肢の全振巾は、けん引をかけた場合には鞍づけだけの場合に比べて、Nの場合はやや大となり、Hの場合は殆んど変りがなく、平均ではやや大となった。

けん引条件別変化：(a) けん引点が P_a にある場合やや小となった。(b) けん引角度が 10° の場合には 0° の場合に比べてやや大となった。(c) けん引量が20%の場合には10%の場合に比べてやや大となった。これには、けん引量が大きくなると後方振巾がやや大となったことが関係している。

2. 後肢の振巾

表1bおよび図1に示した如くである。

a. 後肢の前方振巾… A_{fh} （＝後肢負重始期の股心～後蹄水平距離の絶対値… $|D_{ch}^{bsh}|$ ）

鞍づけだけの場合：N1.9cm，H2.4cm，平均2.15cm

けん引をかけた場合の平均：N1.50cm，H1.99cm，総平均1.74cm，すなわち、けん引をかけた場合の後肢の前方振巾は、鞍づけだけの場合に比べて相当に小となった。

けん引条件別変化：(a) けん引点が低くなるにつれて、けん引量が20%の場合には著しく小となった。(b) けん引角度が 20° の場合やや大となる傾向がみられた。(c) けん引量が大きくなると、けん引点が低くなるにつれて著しく小となった。

b. 後肢の後方振巾… A_{hh} ，（＝後肢負重終期の股心～後蹄水平距離… D_{ch}^{esh} ）

鞍づけだけの場合：N2.2cmH1.9cm，平均2.05cm

けん引をかけた場合の平均：N2.49cmH2.58cm，総平均2.54cm。すなわち、けん引をかけ

た場合の後肢の後方振巾は、鞍づけだけの場合に比べて著しく大となった。

けん引条件別変化：(a) けん引点が低くなるにつれて、けん引量が10%の場合には著しく小となった。(b) けん引角度が0°の場合には概して小となった。(c) けん引量が大きくなると大となった。そして、これはけん引点が低くなるにつれて著しかった。

c. 後肢の全振巾… A_{th} , ($=A_{fh}+A_{hh} = |D_{ch}^{bsh}| + D_{ch}^{esh}$)

鞍づけだけの場合：N4.1cm, H4.3cm, 平均4.20cm

けん引をかけた場合の平均：N3.99cm, H4.57cm, 総平均4.28cm, すなわち、後肢の全振巾は、けん引をかけた場合には、鞍づけだけの場合に比べて、Nの場合は殆んど変りがなく、Hの場合やや大となり、平均はやや大となった。

けん引条件別変化：(a) けん引点が低くなるにつれて小となった。(b) けん引角度が大なるにつれて大となった。(c) けん引量が大きくなると僅かに小となった。

以上、肢の振巾のけん引をかけない場合に比べて、けん引をかけた場合あるいはけん引量が大きくなった場合の変化の特徴的なことは、前肢では前方振巾は殆んど変りがなく、また、後方振巾もやや大となったに過ぎないのに対し、後肢では前方振巾が相当に小となり、後方振巾が著しく大となったことである。この関係をさらに明らかに把握するために、つぎに、後方振巾率によって検討してみよう。

3. 肢の振巾の後方振巾率… $\frac{A_h}{A_t}$

肢の振巾の、前方振巾と後方振巾との変化の相対的な関係を知るために、後方振巾率(%)、($=\frac{\text{後方振巾}}{\text{全振巾}} \times 100$)を算出すると表1 a, bおよび図2に示した如くである。

鞍づけだけの場合：前肢はN51.4%, H 48.8%, 平均50.0%, 後肢はN53.7%, H 44.2%, 平均48.8%, すなわち、前肢、後肢ともにその後方振巾率は大体50%に近かった。

けん引をかけた場合の平均：前肢はN 50.8%, H52.0%, 平均51.4%, 後肢はN 62.4%, H56.5%, 平均59.3%。すなわち、前肢の後方振巾率は50%を僅かに1~2%程度上回ったのに対し、後肢の後方振巾率は50%を大きく10%近く上回って、60%近くになった。

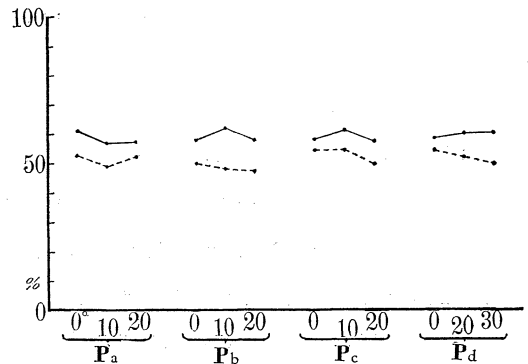


図 2. 前肢の後方振巾率… $\frac{A_{hf}}{A_{tf}}$ ……
および後肢の後方振巾率… $\frac{A_{hh}}{A_{th}}$ ——

けん引量別変化：前肢の後方振巾率は、けん引量10%の場合、鞍づけだけの場合同様50%程度であったが、20%の場合には約3%と、やや小さく増大して、約53%となった。これに対して、後肢の後方振巾率は、けん引量10%の場合すでに56%に増大し、20%の場合には、それよ

りさらに6%と、大きく増大して、約62%となった。このように、けん引量が大きくなるにつれて、後肢の後方振巾率が著しく大となることは、つぎの項において詳細に考察するように、体の縦断面に沿う回転運動の平衡を保つために、けん引量が大きくなるにつれて、反対後肢脱重始期の重心～後蹄水平距離を大としなければならない力学上の要求にもとづくものと思われる。

B. 反対後肢脱重始期の股心～後蹄水平距離

反対後肢脱重始期とは、1後肢が負重している、反対後肢が脱重し始める時期(写真1参照)をいう、この時期は1後肢の蹄の回転軸、あるいは支点としての働きが1となり、反対後肢の蹄のその働きが0となる時期であって、けん引機構上最も重要な歩期にあたる。この時期を、また、主支点期間始期^⑥とも呼ぶこととしている。

ここでは、後述するように、けん引の場合の反対後肢脱重始期の股心～後蹄水平距離の変化は、この時期の重心～後蹄水平距離の大きさに対する力学上の要求にもとづくものと思われるので、仮定重心～後蹄水平距離、および、股心～後蹄水平距離とともに、その算出に係る肩心～後蹄水平距離についても触れておくこととする。

1. 反対後肢脱重始期の股心～後蹄水平距離… $D_{ch}^{bnh'}$

負重している後蹄が、股心より前方にあれば負(-)、後方にあれば正(+)として測定した成績は表2ならびに図3に示した如くである。

鞍づけだけの場合：N-0.5cm, H-1.1cm, 平均-0.8cm

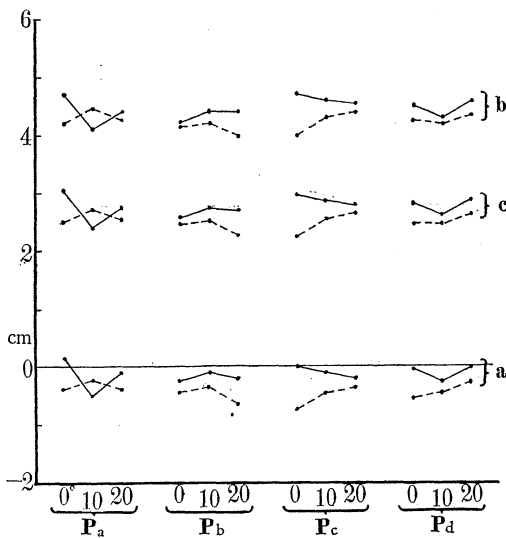


図 3. a ; 反対後肢脱重始期の股心～後蹄水平距離… $D_{ch}^{bnh'}$,

b ; // 肩心～後蹄水平距離… $D_{sh}^{bnh'}$, および

c ; // 仮定重心～後蹄水平距離… $D_g^{bnh'}$
 …… 体重の10%, ——— // 20%

けん引をかけた場合の平均：N-0.15cm, H-0.42cm, 総平均-0.29cm。すなわち、けん引をかけた場合には、鞍づけだけの場合に比べて相当大となった。

けん引条件別変化：(a) けん引点による変化は殆んど認められなかった。(b) けん引角度による変化は明瞭でなかった。(c) けん引量が大きくなると、著しく大となった。ただし、けん引点が P_a にあって、けん引角度が 10° の場合のみは例外を示した。

以上、総括して顕著な点を述べると、反対後肢脱重始期の股心～後蹄水平距離はけん引量が大きくなると大となった。このことは、体の縦断面に沿う回転運動の平衡条件^(3,4,5), $F \cdot D_{th} + W_p \cdot$

表 2. 股心～後蹄水平距離… $D_{ch}^{bnh'}$, 仮定重心～後蹄水平距離… $aD_{gh}^{bnh'}$, 肩心～後蹄水平距離… $D_{sh}^{bnh'}$, (反対後肢脱重始期) (cm)

測事 定項	けん引点 けん引 角度 個体		Pa				Pb				Pc				Pd				けん引角度別平均			けん引 量 別 平均	載づけ だ け
	けん引 量	個体	水平	10°	20	平均	0	10	20	M	0	10	20	M	0	10	20	M	0	10	20		
			0	10	20	M	0	10	20	M	0	10	20	M	0	10	20	M					
$D_{ch}^{bnh'}$	体重の 10 %	N号山羊	-0.3	-0.2	-0.2	-0.23	-0.4	0.2	-0.4	-0.20	-0.6	-0.5	-0.2	-0.43	-0.4	-0.5	-0.1	-0.33	-0.43	-0.25	-0.23	-0.30	N:-0.5 H:-1.1 M:-0.8
		H号山羊	-0.5	-0.3	-0.6	-0.47	-0.5	-0.9	-0.9	-0.77	-0.9	-0.4	-0.5	-0.60	-0.7	-0.4	-0.4	-0.50	-0.65	-0.50	-0.60	-0.58	
		平均	-0.40	-0.25	-0.40	-0.35	-0.45	-0.35	-0.65	-0.48	-0.75	-0.45	-0.35	-0.52	-0.55	-0.45	-0.25	-0.42	-0.54	-0.38	-0.41	-0.44	
	" 20 "	N	0.1	-0.1	0	0	0	0	-0.2	-0.07	0.3	-0.1	-0.2	0	0.1	-0.2	0.2	0.03	0.13	-0.10	-0.05	-0.01	
		H	0.2	-0.9	-0.2	-0.30	-0.5	-0.2	-0.2	-0.30	-0.3	-0.1	-0.2	-0.20	-0.2	-0.3	-0.2	-0.23	-0.20	-0.38	-0.20	-0.26	
		M	0.15	-0.50	-0.10	-0.15	-0.25	-0.10	-0.20	-0.18	0	-0.10	-0.20	-0.10	-0.05	-0.25	0	-0.10	-0.04	-0.24	-0.13	-0.13	
	けん引点 別 平均	N	-0.10	-0.15	-0.10	-0.12	-0.20	0.10	-0.30	-0.13	-0.15	-0.30	-0.20	-0.22	-0.15	-0.35	0.05	-0.15	-0.15	-0.18	-0.14	-0.15	
		H	-0.15	-0.60	-0.40	-0.38	-0.50	-0.55	-0.55	-0.53	-0.60	-0.25	-0.35	-0.40	-0.45	-0.35	-0.30	-0.37	-0.43	-0.44	-0.40	-0.42	
		M	-0.13	-0.38	-0.25	-0.25	-0.35	-0.23	-0.43	-0.33	-0.38	-0.28	-0.28	-0.31	-0.30	-0.35	-0.13	-0.26	-0.29	-0.31	-0.27	-0.29	
$aD_{gh}^{bnh'}$	体重の 10 %	N	2.60	2.70	2.70	2.67	2.44	3.04	2.44	2.64	2.30	2.34	2.70	2.45	2.56	2.34	2.67	2.52	2.48	2.61	2.63	2.57	N:2.46 H:1.92 M:2.19
		H	2.40	2.72	2.36	2.49	2.46	2.00	2.12	2.19	2.19	2.75	2.59	2.51	2.39	2.62	2.62	2.54	2.36	2.52	2.42	2.44	
		M	2.50	2.71	2.53	2.58	2.45	2.52	2.28	2.42	2.25	2.55	2.65	2.48	2.48	2.48	2.65	2.53	2.42	2.56	2.53	2.50	
	" 20 "	N	3.00	2.74	2.84	2.86	2.77	2.84	2.64	2.75	3.14	2.74	2.76	2.88	2.87	2.57	2.97	2.80	2.95	2.72	2.80	2.82	
		H	3.04	2.06	2.64	2.58	2.34	2.64	2.76	2.58	2.79	2.99	2.82	2.87	2.76	2.66	2.82	2.75	2.73	2.59	2.76	2.69	
		M	3.02	2.40	2.74	2.72	2.56	2.74	2.70	2.67	2.97	2.87	2.79	2.87	2.82	2.62	2.90	2.78	2.84	2.66	2.78	2.76	
	けん引点 別 平均	N	2.80	2.72	2.77	2.76	2.61	2.94	2.54	2.70	2.72	2.54	2.73	2.66	2.72	2.46	2.82	2.66	2.71	2.66	2.72	2.70	
		H	2.72	2.39	2.50	2.54	2.40	2.32	2.44	2.39	2.49	2.87	2.71	2.69	2.58	2.64	2.72	2.65	2.55	2.56	2.59	2.50	
		M	2.76	2.56	2.64	2.65	2.50	2.63	2.49	2.54	2.61	2.71	2.72	2.68	2.65	2.55	2.77	2.65	2.63	2.61	2.65	2.63	
$D_{sh}^{bnh'}$	体重の 10 %	N	4.3	4.4	4.4	4.37	4.1	4.7	4.1	4.30	4.0	4.0	4.4	4.13	4.3	4.0	4.3	4.20	4.18	4.28	4.30	4.25	N:42 H:3.7 M:3.95
		H	4.1	4.5	4.1	4.23	4.2	3.7	3.9	3.93	4.0	4.6	4.4	4.33	4.2	4.4	4.4	4.33	4.13	4.30	4.20	4.21	
		M	4.20	4.45	4.25	4.30	4.15	4.20	4.00	4.12	4.00	4.30	4.40	4.23	4.25	4.20	4.35	4.27	4.15	4.29	4.25	4.23	
	" 20 "	N	4.7	4.4	4.5	4.53	4.4	4.5	4.3	4.40	4.8	4.4	4.5	4.57	4.5	4.2	4.6	4.43	4.60	4.38	4.48	4.48	
		H	4.7	3.8	4.3	4.27	4.0	4.3	4.5	4.27	4.6	4.8	4.6	4.67	4.5	4.4	4.6	4.50	4.45	4.33	4.50	4.43	
		M	4.70	4.10	4.40	4.40	4.20	4.40	4.40	4.33	4.70	4.60	4.55	4.62	4.50	4.30	4.60	4.47	4.53	4.35	4.49	4.45	
	けん引点 別 平均	N	4.50	4.40	4.45	4.45	4.25	4.60	4.20	4.35	4.40	4.20	4.45	4.35	4.40	4.10	4.45	4.32	4.39	4.33	4.39	4.37	
		H	4.40	4.15	4.20	4.25	4.10	4.00	4.20	4.10	4.30	4.70	4.50	4.50	4.35	4.40	4.50	4.42	4.29	4.31	4.35	4.32	
		M	4.45	4.28	4.33	4.35	4.18	4.30	4.20	4.23	4.35	4.45	4.48	4.43	4.38	4.25	4.48	4.37	4.34	4.32	4.37	4.34	

$D_{gh} = 0$ に関して、けん引量 F が大となれば、 F による回転能率、すなわち、けん引量 F と、けん引線と後蹄との垂直距離 D_{lh} との積、 $F \cdot D_{lh}$ が大となるので、これに対応して、体重の回転能率関与量 W_p による回転能率 $W_p \cdot D_{gh}$ を大とするため、重心～後蹄水平距離 D_{gh} を大としなければならないことによると推定される。

2. 反対後肢脱重始期の肩心～後蹄水平距離… $D_{sh}^{bnh'}$

股心～後蹄水平距離+肩心～股心水平距離×正姿勢の場合の前肢負重率、によって求めた仮定重心～後蹄水平距離の計算値は表2および図3に示した如くである。ただし、その前肢負重率 $(= \frac{\text{前肢負重量}}{\text{体重 (鞍つき)}} \times 100)$ は63%とした。

この仮定重心～後蹄水平距離も、けん引条件の変化によって、股心～後蹄水平距離と殆んど同様の变化を示している。そして、その顕著な点として、けん引量が大となると大となった。

C. 1歩長および1完歩長

1. 1歩長… S_p , または1主支点期間の股心水平推進距離… D_c^{mf}

1歩長 S_p は、さきに⁽⁶⁾明らかにした如く、1主支点期間の股心水平推進距離 D_c^{mf} に等しい。そこで、ここでは D_c^{mf} の成績について考察することとする。

D_c^{mf} は内容としては反対後肢脱重始期～後肢負重終期の間股心が推進した水平距離に相当するが、計算としては、後肢負重終期の股心～後蹄水平距離 D_{ch}^{esh} から、反対後肢負重終期(映画のフィルムの上で、反対後肢脱重始期の1コマ前)の股心～後蹄水平距離 $D_{ch}^{esh'}$ をひくことによって得られる。すなわち、 $D_c^{mf} = D_{ch}^{esh} - D_{ch}^{esh'}$

a. 後肢負重終期の股心～後蹄水平距離… D_{ch}^{esh}

図4に示した如くである。

その値は、さきに述べた後肢の後方振巾(表1b参照)と同一であって、鞍づけだけの場合に比べて、けん引をかけた場合が、また、けん引量10%の場合より、20%の場合が著しく大となった。

b. 反対後肢負重終期の股心～後蹄水平距離… $D_{ch}^{esh'}$

図4に示した如くである。

この $D_{ch}^{esh'}$ の値はさきの報告⁽⁶⁾に掲載してあり、また、表1bの後肢の後方振巾 A_{hh} 、(=後肢負重終期の股心～後蹄水平距離 D_{ch}^{esh}) の値より、表3の D_c^{mf} の値をひいて ($D_{ch}^{esh'} = D_{ch}^{esh} - D_c^{mf}$) も得られるのでここには掲載を省略する。

$D_{ch}^{esh'}$ に対するけん引の影響は、—— 反対後肢負重終期が、反対後肢脱重始期に隣接した歩期⁽⁷⁾であるため、—— さきに述べた反対後肢脱重始期の股心～後蹄水平距離(表2および図3参照)の場合と殆んど変りがない。すなわち、顕著な変化としては、けん引量が大となる大となった。

c. 1主支点期間の股心の水平推進距離… D_c^{mf} (= 1歩長)

表 3. 1 主支点期間の股心水平推進距離 $\dots D_c^{mf}$

(cm)

けん引量	けん引点 けん引角度 個 体	P _a				P _b				P _c				P _d				けん引角度別平均			けん引量 別 平均
		水平	10°	20	平均	0	10	20	M	0	10	20	M	0	10	20	M	0	10	20	
		体重の10%	N号山羊	2.9	3.0	2.9	2.93	3.0	2.8	3.2	3.00	3.0	3.1	3.1	3.07	2.7	2.9	2.9	2.83	2.90	
	H号山羊	3.6	3.2	3.6	3.47	3.0	3.6	3.6	3.40	3.5	3.2	3.0	3.23	3.1	3.1	3.0	3.07	3.30	3.28	3.30	3.29
	平均	3.25	3.10	3.25	3.20	3.00	3.20	3.40	3.20	3.25	3.15	3.05	3.15	2.90	3.00	2.95	2.95	3.10	3.11	3.16	3.13
体重の20%	N	2.7	2.7	2.9	2.77	3.0	3.0	3.0	3.00	2.5	3.0	3.0	2.83	2.8	2.9	2.7	2.80	2.75	2.90	2.90	2.85
	H	3.1	3.6	3.2	3.30	3.4	3.4	3.1	3.30	3.1	3.3	3.3	3.23	3.1	3.4	3.2	3.23	3.18	3.43	3.20	3.27
	M	2.	.15	3.05	3.03	3.20	3.20	3.05	3.15	2.80	3.15	3.15	3.03	2.95	3.15	2.95	3.02	2.96	3.16	3.05	3.06
けん引点別平均	N	2.80	2.85	2.90	2.85	3.00	2.90	3.10	3.00	2.75	3.05	3.05	2.95	2.75	2.90	2.80	2.82	2.83	2.93	2.96	2.90
	H	3.35	3.40	3.40	3.38	3.20	3.50	3.35	3.35	3.30	3.25	3.15	3.23	3.10	3.25	3.10	3.15	3.24	3.35	3.25	3.28
	M	3.08	3.13	3.15	3.12	3.10	3.20	3.23	3.18	3.03	3.15	3.10	3.09	2.93	3.08	2.95	2.98	3.03	3.14	3.11	3.09
備 考		鞍づけだけの場合:N号山羊3・1, H号山羊3・2, 平均3・15																			

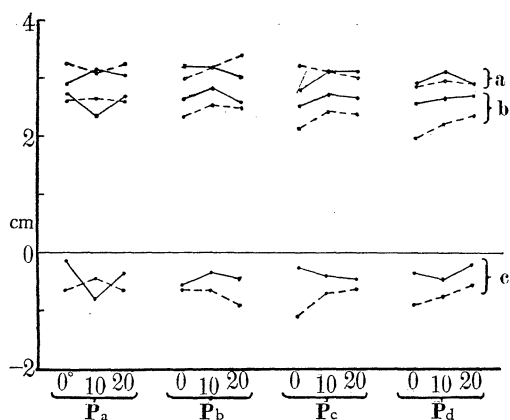


図 4. a ; 1 主支点期間の股心水平推進距離… D_c^{mf}
 b ; 後肢負重終期の股心～後蹄水平距離…
 D_{ch}^{esh} , および反対後肢負重終期の股心～
 後蹄水平距離… $D_{ch}^{esh'}$ 。
 ……体重の10%, — // 20%.

$D_{ch}^{esh} - D_{ch}^{esh'}$ によって得られた D_c^{mf} の成績は表 3 および図 4 に示した如くである。

鞍づけだけの場合：N3.1cm, H3.2cm,
 平均3.15cm

けん引をかけた場合の平均：N2.90cm,
 H3.28cm, 総平均3.09cm。すなわち、けん引をかけた場合には、鞍づけだけの場合に比べて、Nではやや小に、Hでは僅かに大に、平均では僅かに小となった。

けん引条件別変化：(a) けん引点が P_b にある場合やや大に、 P_d にある場合やや小となった。(b) けん引角度が 10° の場合が 0° の場合に比べてやや大となる傾向がみられた。(c) けん引量が大となれば、平均では僅かに小となった。

しかし、ここで考慮しなければならないことは、—以上の成績では、けん引量10%の場合に比べて20%の場合には、 D_{ch}^{esh} も $D_{ch}^{esh'}$ も著しく大となったが、これら両者が差引きされて、 D_c^{mf} は平均において僅かに小となる程度の変化にとどまったが、—もっとけん引量が大となればどうなるかということである。

まず、理論上からして、 $D_{ch}^{esh'}$ はさきに述べた如く、けん引量が大となるにつれて、体の縦断面に沿う回転運動の平衡条件 (3, 4, 5) をみとすために、次第に、どこまでも大となることを要求されるのに対し、他方、 D_{ch}^{esh} はけん引歩行の適応として、けん引量が適度な場合にはけん引量が大となると大となるが、—さきの報告⁽⁶⁾ において明らかにした 1 主支点期間の股心の水平推進距離の解析、 $D_c^{mf} = D_{ch}^{esh} - D_{ch}^{esh'} = L_{ch}^{esh} \cdot \cos \theta_{ch}^{esh} - L_{ch}^{esh'} \cdot \cos \theta_{ch}^{esh'} = L_{ch}^{esh'} \left(\frac{L_{ch}^{esh}}{L_{ch}^{esh'}} \cdot \cos \theta_{ch}^{esh} - \cos \theta_{ch}^{esh'} \right)$, (L_{ch}^{esh} : 後肢負重終期の股心～後蹄斜距離, $L_{ch}^{esh'}$: 反対後肢負重終期の股心～後蹄斜距離, θ_{ch}^{esh} : 後肢負重終期の股心～後蹄傾角, $\theta_{ch}^{esh'}$: 反対後肢負重終期の股心～後蹄傾角) によってわかるように、もともと、後肢の伸展と前傾とによってもたらされる D_{ch}^{esh} の増大には限界があるので、—さらに、けん引量が増大する場合には、ついには増大がみられなくなる。したがって、この D_{ch}^{esh} と $D_{ch}^{esh'}$ との両者の関係からして、 D_c^{mf} は、けん引量がある程度以上に大となると、けん引量が大となるにつれて次第に小となる筈である。そして、このことは、つぎの項において述べるけん引量をもつと大きくした場合の 1 完歩長 (= 1 歩長 × 2) の実験成績において実証されている。

2. 1 完歩長… S_d

表 4. 1 完歩長…Sd (cm) (完歩数測定法)

けん引量 個体	0 kg	3	5	8	11
A 号 山 羊	72.8 (58.9)	71.9 (59.7)	68.6 (62.5)	64.0 (67.0)	—
B 号 山 羊	83.6 (51.3)	85.0 (50.5)	82.7 (51.9)	77.6 (55.3)	—
C 号 山 羊	84.3 (50.9)	84.1 (51.0)	85.1 (50.4)	84.3 (50.9)	83.1 (51.6)
D 号 山 羊	90.1 (47.6)	89.0 (48.2)	86.8 (49.4)	83.6 (51.3)	83.1 (51.6)
備 考	(1) () 内は 1 分間の平均完歩数		(2) 分速;42.9m		

1 完歩長は、1 歩長または 1 主支点期間の股心水平推進距離の 2 倍にあたる。

完歩数測定法によって測定した 1 完歩長は表 4 および図 5 に示した如くである。

すなわち、けん引量が大きくなるにつれて、 S_d が次第に小となった個体と、けん引量が小さい場合には、空身の場合よりも、却って、やや S_d が大となり、けん引量がさらに大となるに及んで次第に小となってゆく個体とがみられた。

D. 前肢負重始期の前蹄～後蹄水平距離、または 1 側肢体の伸展時の前肢の蹄跡と後肢の蹄跡との距離

前肢の蹄跡と後肢の蹄跡との距離には、1 側肢体の伸展時の距離と、1 側肢体の屈曲時の距離との 2 種がある (図 6 参照)。

1 側肢体の伸展時の前肢の蹄跡と後肢の蹄跡との距離とは、後肢の蹄が負重している、同側の前肢が前方に伸びて負重を始める際に出来る、両者の蹄跡の距離をいうこととする。そして、これは前肢負重始期の前蹄～後蹄水平距離に相当する。

1. 前肢負重始期の前蹄～後蹄水平距離、およびその構成部分

前肢負重始期の前蹄～後蹄水平距離 (D_{fh}^{bsf}) は、同期の、肩心～前蹄水平距離の絶対値 ($|D_{sf}^{bsf}|$) (D_{sf}^{bsf} は前蹄が肩心より前方にあるため負(-)の値として測定しているため、とくにその絶対値を用いる) と肩心～股心水平距離 (D_{sc}^{bsf}) と、股心～後蹄水平距離 (D_{ch}^{bsf})

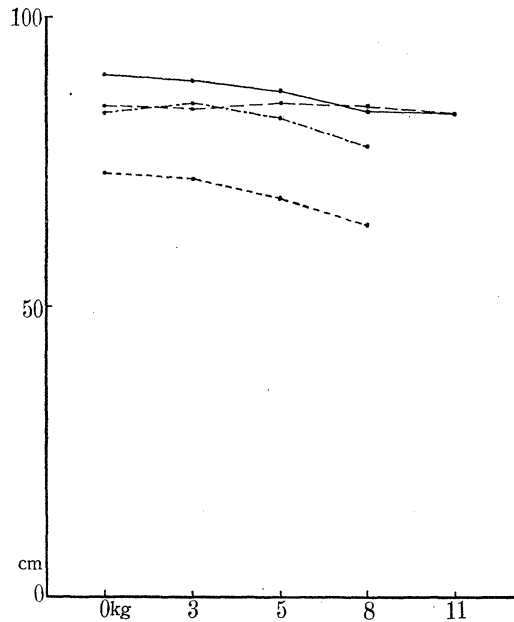


図 5. 1 完歩長…Sd. …… A号山羊,
- - - B号山羊, — C号山羊,
—— D号山羊,

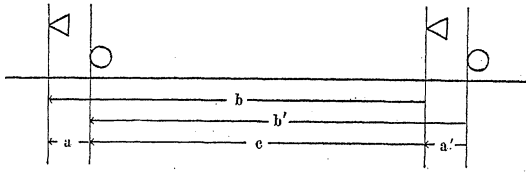


図 6. 完歩長... Sd. 1側肢体の伸展時の前肢の蹄跡と後肢の蹄跡との距離... ${}^{ip}D_{fh}^{ex}$, 踏越... D_f の3者の関係
 D_f (= 1側肢体の屈曲時の前肢の蹄跡と後肢の蹄跡との距離... ${}^{ip}D_{fh}^{lo}$) ... (aまたはa') = Sd ...
 (bまたはb') - ${}^{ip}D_{fh}^{ex}$ (= 前肢負重始期の 前蹄 ~ 後蹄水平距離... D_{fh}^{bsf}) ... (C)
 ○前蹄, △後蹄

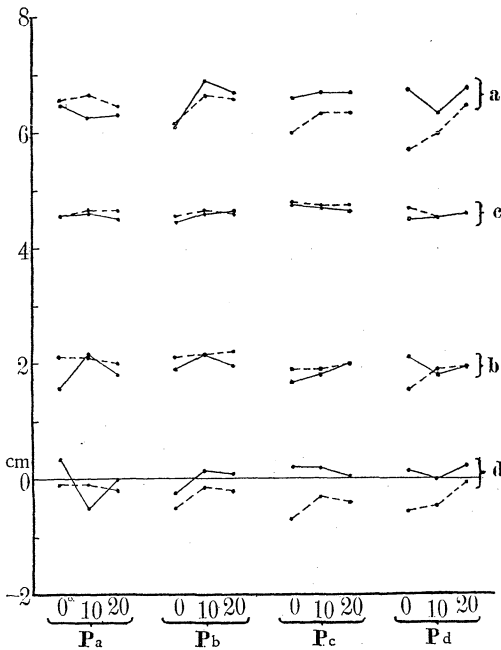


図 7. a ; 前肢負重始期の 前蹄~後蹄水平距離... D_{fh}^{bsf} ,
 b ; // 肩心~前蹄水平距離の絶対値... $|D_{sf}^{bsf}|$,
 c ; // 肩心~股心水平距離... D_{sc}^{bsf} ,
 d ; // 股心~後蹄水平距離... D_{ch}^{bss}

c. 前肢負重始期の 肩心~股心水平距離... D_{sc}^{bsf}

表 5 および図 7 に示した如くであって、けん条件による変化があまり大きく認められなかつ

との和に相当する。すなわち、

$$D_{fh}^{bsf} = |D_{sf}^{bsf}| + D_{sc}^{bsf} + D_{ch}^{bsf}$$

a. 前肢負重始期の 前蹄~後蹄
 水平距離... D_{fh}^{bsf}

表 5 および図 7 に示した如くである。

鞍づけだけの場合 : N5.3cm, H 5.7cm, 平均5.5cm

けん引をかけた場合の平均 : N 6.37cm, H6.51cm, 総平均6.44cm。

すなわち、けん引をかけた場合には、鞍づけだけの場合に比べて、著しく大となった。

けん引条件別変化 : (a)けん引点が P_b にある場合 僅かに大となり、 P_a にある場合やや小となった。(b)けん引角度が大となるにつれて、けん引点が P_b (P_c , P_d などにある場合には、やや大となる傾向がみられた。(c)けん引量が大となると、けん引点が P_b , P_c , P_d などにある場合には相当に大となった。

b. 前肢負重始期の 肩心~前蹄
 水平距離の 絶対値... $|D_{sf}^{bsf}|$

$|D_{sf}^{bsf}|$ は表 1 a に掲載した前肢の前方振り中の値に等しい。なお、図 7 に示した如くである。すなわち、けん引条件による変化はけん引点が P_a にあってけん引角度が 0° の場合、 P_d にあって 0° の場合などの他、概して小であった。

表 5. 前蹄～後蹄水平距離...^{bsf}Dfh, 肩心～股心水平距離...^{bsf}Dsc, 股心～後蹄水平距離...^{bsf}Dch, (前肢負重始期) (cm)

測事 定項	けん引点		Pa				Pb				Pc				Pd				けん引角度別平均			けん引 量別 平均	鞍づけ だけ	
	けん引 引量	けん引 角度 個体	水平	10°	20	平均	0	10	20	M	0	10	20	M	0	10	20	M	0	10	20			
bsf Dfh	体重の 10 %	N号山羊	6.6	6.6	6.0	6.40	6.3	6.8	6.7	6.60	6.0	6.1	6.6	6.23	6.0	5.7	6.4	6.03	6.23	6.30	6.43	6.32	N:5.3	
		H号山羊	6.5	6.7	6.9	6.70	6.0	6.5	6.5	6.33	6.0	6.6	6.1	6.23	5.4	6.3	6.6	6.10	5.98	6.53	6.53	6.34		
		平均	6.55	6.65	6.45	6.55	6.15	6.65	6.60	6.47	6.00	6.35	6.35	6.23	5.70	6.00	6.50	6.07	6.10	6.41	6.48	6.33		
	" 20 "	N	6.6	6.1	6.3	6.33	6.1	6.8	6.7	6.53	6.4	6.5	6.6	6.50	6.3	6.0	6.7	6.33	6.35	6.35	6.58	6.43		H:5.7
		H	6.3	6.4	6.3	6.33	6.1	7.0	6.7	6.60	6.8	6.9	6.8	6.83	7.2	6.7	6.9	6.93	6.60	6.75	6.68	6.68		
		M	6.45	6.25	6.30	6.33	6.10	6.90	6.70	6.57	6.60	6.70	6.67	6.75	6.35	6.80	6.63	6.48	6.55	6.63	6.55	6.55		
	けん引点 別平均	N	6.60	6.35	6.15	6.37	6.20	6.80	6.70	6.57	6.20	6.30	6.60	6.37	6.15	5.85	6.55	6.18	6.29	6.33	6.50	6.37		M:5.50
		H	6.40	6.55	6.60	6.52	6.05	6.75	6.60	6.47	6.40	6.75	6.45	6.53	6.30	6.50	6.75	6.52	6.29	6.64	6.60	6.51		
		M	6.50	6.45	6.38	6.44	6.13	6.78	6.65	6.52	6.30	6.53	6.53	6.45	6.23	6.18	6.65	6.35	6.29	6.48	6.55	6.44		
bsf Dsc	体重の 10 %	N	4.5	4.5	4.6	4.53	4.5	4.6	4.5	4.53	4.7	4.5	4.6	4.60	4.6	4.4	4.4	4.47	4.58	4.50	4.53	4.53	N:4.7	
		H	4.6	4.8	4.7	4.70	4.6	4.7	4.7	4.67	4.9	5.0	4.9	4.93	4.8	4.7	4.8	4.77	4.73	4.80	4.78	4.77		
		M	4.55	4.65	4.65	4.62	4.55	4.65	4.60	4.60	4.80	4.75	4.75	4.77	4.70	4.55	4.60	4.62	4.65	4.65	4.65	4.65		
	" 20 "	N	4.6	4.5	4.5	4.53	4.4	4.6	4.5	4.50	4.5	4.5	4.5	4.50	4.3	4.4	4.4	4.37	4.45	4.50	4.48	4.48		N:4.7
		H	4.5	4.7	4.5	4.57	4.5	4.6	4.8	4.63	5.0	4.9	4.8	4.90	4.7	4.7	4.8	4.73	4.68	4.73	4.73	4.71		
		M	4.55	4.60	4.50	4.55	4.45	4.60	4.65	4.57	4.75	4.70	4.65	4.70	4.50	4.55	4.60	4.55	4.56	4.61	4.60	4.59		
	けん引点 別平均	N	4.55	4.50	4.55	4.53	4.45	4.60	4.50	4.52	4.60	4.50	4.55	4.55	4.45	4.40	4.40	4.42	4.51	4.50	4.50	4.50		M:4.70
		H	4.55	4.75	4.60	4.63	4.55	4.65	4.75	4.65	4.95	4.95	4.85	4.92	4.75	4.70	4.80	4.75	4.70	4.76	4.75	4.74		
		M	4.55	4.63	4.58	4.58	4.50	4.63	4.63	4.58	4.78	4.73	4.70	4.73	4.60	4.55	4.60	4.58	4.61	4.63	4.63	4.62		
bsf Dch	体重の 10 %	N	0	0.1	-0.4	-0.10	-0.3	0.4	0	0.03	-0.5	-0.2	0	-0.23	-0.4	-0.5	0.3	-0.20	-0.30	-0.05	-0.03	-0.13	N:-1.1	
		H	-0.2	-0.3	0	-0.17	-0.7	-0.7	-0.4	-0.60	-0.9	-0.4	-0.8	-0.7	-0.4	-0.4	-0.50	-0.63	-0.45	-0.40	-0.49	-0.49		
		M	-0.10	-0.10	-0.20	-0.13	-0.50	-0.15	-0.20	-0.28	-0.70	-0.30	-0.40	-0.47	-0.55	-0.45	-0.05	-0.35	-0.46	-0.25	-0.21	-0.31		
	" 20 "	N	0.5	-0.1	0	0.13	0	0.3	0.3	0.20	0.4	0.3	0.3	0.33	0.1	-0.2	0.4	0.10	0.25	0.08	0.25	0.19		H:-1.1
		H	0.2	-0.9	0	-0.23	-0.5	0	-0.1	-0.20	0	0.1	-0.2	-0.03	0.2	0.2	0.1	0.17	-0.03	-0.15	-0.05	-0.08		
		M	0.35	-0.50	0	-0.05	-0.25	0.15	0.10	0	0.20	0.20	0.05	0.15	0.15	0	0.25	0.13	0.11	-0.04	0.10	0.06		
	けん引点 別平均	N	0.25	0	-0.20	0.02	-0.15	0.35	0.15	0.12	-0.05	0.05	0.15	0.05	-0.15	-0.35	0.35	-0.05	-0.03	0.01	0.11	0.03		M:-1.10
		H	0	-0.60	0	-0.20	-0.60	-0.35	-0.25	-0.40	-0.45	-0.15	-0.50	-0.37	-0.25	-0.10	-0.15	-0.17	-0.33	-0.30	-0.23	-0.28		
		M	0.1	-0.30	-0.10	-0.09	-0.38	0	-0.05	-0.14	-0.25	-0.05	-0.18	-0.16	-0.20	-0.23	0.10	-0.11	-0.18	-0.14	-0.06	-0.13		

た。

d. 前肢負重始期の股心～後蹄水平距離… D_{ch}^{bsf}

表5および図7に示した如くである。

鞍づけだけの場合：N-1.1cm, H-1.1cm, 平均-1.1cm

けん引をかけた場合の平均：N0.03cm, H-0.28cm, 総平均-0.13cm。すなわち、けん引をかけた場合には、鞍づけだけの場合に比べて著しく大となった。

けん引条件別変化：(a)けん引点による変化は明瞭でなかった。(b)けん引角度による変化も明瞭でなかった。(c)けん引量が大きくなると著しく大となった。

すなわち、さきの報告⁽⁷⁾において述べたところから明らかな如く、前肢負重始期が、反対後肢脱重始期より僅か（映画のコマの総平均で0.14コマ、脱重期間進行率の総平均で1.8%）遅

表 6. 完歩長… S_d , 一側肢体の伸展時の前肢の蹄跡と後肢の蹄跡との距離… $D_{fh}^{fp, ex}$

(=前肢負重始期の前蹄～後蹄水平距離… D_{fh}^{bsf}) , および踏越… D_f

(=一側肢体の屈曲時の前肢の蹄跡と後肢の蹄跡との距離… $D_{fh}^{fp, lo}$) (cm) (蹄跡測定法)

個 体	けん引量	0 kg	3	5	8	11
	測定事項					
A 号 山 羊	S_d	72.0	69.4	67.9	62.9	—
	$D_{fh}^{fp, ex}$	63.2	70.3	71.8	69.7	—
	D_f	8.8	- 0.9	- 3.9	- 6.8	—
B 号 山 羊	S_d	82.4	79.0	81.8	77.3	—
	$D_{fh}^{fp, ex}$	76.4	71.8	71.3	73.5	—
	D_f	5.9	7.2	10.6	3.8	—
C 号 山 羊	S_d	80.3	85.6	85.4	81.9	80.5
	$D_{fh}^{fp, ex}$	67.7	75.0	73.0	82.2	80.3
	D_f	12.6	10.7	12.4	- 0.3	0.2
D 号 山 羊	S_d	86.3	87.7	86.8	84.6	85.8
	$D_{fh}^{fp, ex}$	82.7	82.1	83.0	80.5	86.7
	D_f	3.6	5.6	3.9	4.2	- 0.9

れて現れる極めて接近した時期であり、そのため、この D_{ch}^{bsf} は、さきに述べた 反対後肢脱重 始期の股心～後蹄水平距離 $D_{ch}^{bnh'}$ に比べて僅かにその測定値が大であるだけで、けん引条件による変化は殆んど変りがない。したがって、 D_{ch}^{bsf} がけん引が大となるにつれて大となることは、 $D_{ch}^{bnh'}$ がけん引量が大きくなるにつれて大となるのと同様に、体の縦断面に沿う回転運動の平衡条件をみたすために、けん引量が大きくなるにつれて、重心～後蹄水平距離が次第に大となつてゆかねばならないことによるものと推定される。

2. 1 側肢体の伸展時の前肢の蹄跡と後肢の蹄跡との距離… ${}^1P D_{fh}^{ex}$

蹄跡測定法によって測定した成績は表 6 および図 8 に示した如くである。

すなわち、 ${}^1P D_{fh}^{ex}$ は個体によって多少趣を異にしているが、一般には、けん引量が大きくなると、次第に大となった。

E. 踏越… D_f 、または、1 側肢体の屈曲時の前肢の蹄跡と後肢の蹄跡との距離… ${}^1P D_{fh}^{lo}$

踏越は、1 側肢体の屈曲時の前肢の蹄跡と後肢の蹄跡との距離に相当するもので、大体前肢の蹄の脱重直前～直後の間に、その蹄跡と、それに近づいて、同側の後肢の蹄が負重を始めることによってつくられる蹄跡との距離である。空身の歩行の場合、あるいは軽いけん引の場合などには、後肢の蹄跡が前肢の蹄跡を越えて前方につくられるのが普通であるため、この名がついたのであろう。そして、そのような場合を踏越があるといい、その逆の場合を踏越がないといわれている。

蹄跡測定法によって、踏越のある場合を正(+), ない場合を負(-)として測定した成績は表 6 および図 8 に示した如くである。

すなわち、踏越はけん引量が小さい場合、けん引量のより小さい場合あるいは空身の場合に比べて、却って、大となる個体もみられたが、けん引量がさらに大となるにつれて、何れの個体においても次第に小となり、ついには負の値をとるにいたる傾向がみられた。

そして、このようなけん引量の変化に伴う踏越の変化は、完

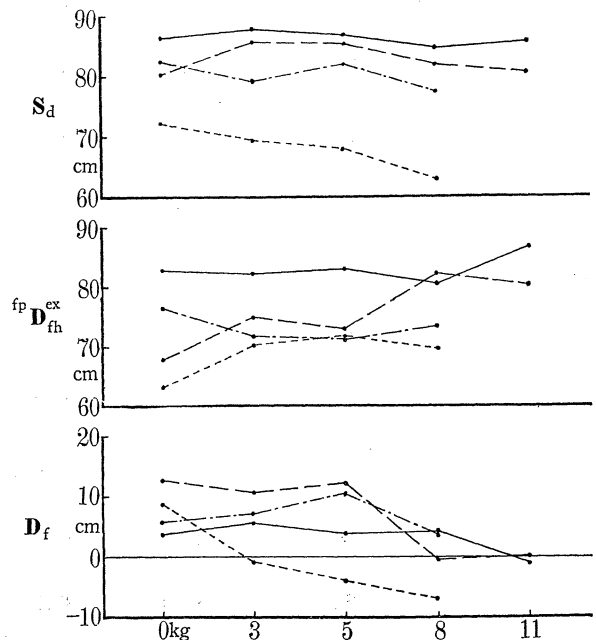


図 8. 1 完歩長… S_a , 1 側肢体の 伸展時の前肢の蹄跡と後肢の蹄跡との距離… ${}^1P D_{fh}^{ex}$, および踏越… D_f .

..... A号山羊, - - - B号山羊,
- - - C号山羊, ——— D号山羊

歩長 S_d と、1側肢体の伸展時の前肢の蹄跡と後肢の蹄跡との距離 ${}^fP D_{fh}^{ex}$ (=前肢負重始期の前蹄～後蹄水平距離 D_{fh}^{bsf}) と、 D_f (= ${}^fP D_{fh}^{lo}$) との3者が、図6の蹄跡の模式図によって明らかな如く、つぎのような関係にあり、

$$D_f = S_d - D_{fh}^{bsh}$$

そして、さきに述べた成績にみられる如く、 S_d はけん引量が小さい場合には、けん引量がより小さい場合あるいは空身の場合に比べて、却って、大となることがあるが、さらにけん引量が大きくなるにつれて次第に小となり、一方、 D_{fh}^{bsh} がけん引量が大きくなるにつれて次第に大となることによることがわかる。

以上の成績ならびに考察からして、けん引の場合の歩様の特徴を構造的・関係的に要約して(図9参照)述べるとつぎのようである。すなわち、けん引をかけること、あるいはけん引量が大きくなるにつれて、

(1) まず、体の縦断面に沿う回転運動の平衡を保つために、重心と回転軸として働く後蹄との水平距離 D_{gh} が次第に大となることが要求される。

(2) そして、そのために、反対後肢が脱重を始め、1後肢のみで回転軸あるいは支点としての働きを果す時期が始まる重要歩期である反対後肢脱重始期(または、主支点期間始期)の股心～後蹄水平距離 $D_{ch}^{bsh'}$ が次第に大となる。言いかえると、その時期の後蹄の股心に対する相対的位置が後方に寄る。

(3) そして、このことは、歩様を概観する場合に、前肢の振巾の肩心に対する相対的位置があまり変わらないのに反し、後肢の振巾の股心に対する相対的位置が後方に寄る原因となる。

つぎに、歩様を部分的にみてゆく場合、

(4) まず、歩長 S_p は1主支点期間の股心の水平推進距離に等しく、したがって、後肢負重終期の股心～後蹄水平距離 D_{ch}^{esh} から反対後肢負重終期の股心～後蹄水平距離 $D_{ch}^{esh'}$ をひいたもの ($S_p = D_{ch}^{esh} - D_{ch}^{esh'}$) に相当するが、その $D_{ch}^{esh'}$ は、反対後肢負重終期が反対後肢脱重始期に隣接しているために、 $D_{ch}^{bsh'}$ と同様、回転運動の平衡上、けん引量が大きくなるにつれてどこまでも大とならなければならない性質のものであるのに対し、他方、 D_{ch}^{esh} はけん引歩行の適応として、けん引量が大きくなるにつれて或る程度まで大となってゆくが、1主支点期間の股心の水平推進距離の解析、——推進の条件——によって明らかな如く、もともと、後肢の伸展と前傾とによってもたらされるその増大には限界があるため、これら両者の関係から、 S_p はけん引量が比較的小さい場合には、却って大となる場合もあるが、けん引量がさらに大となってゆく場合には次第に小となってゆく。

(5) ついで、前肢負重始期の前蹄～後蹄水平距離 D_{fh}^{bsf} は、その構成部分である同期の肩心～前蹄水平距離の絶対値 $|D_{sf}^{bsf}|$ と、肩心～股心水平距離 D_{sc}^{bsf} と、股心～後蹄水平距離 D_{ch}^{bsf}

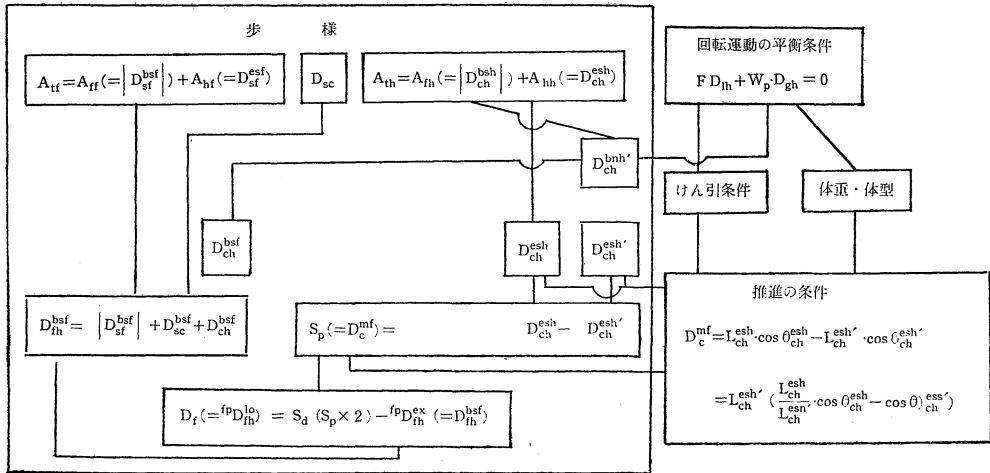


図 9. けん引の場合の歩様の解析

- | | |
|---|---|
| F ; けん引量 | D _{lh} ; けん引線と回転軸とに働く後蹄との垂直距離 |
| W _p ; 体重の回転能率関与量 | D _{gh} ; 重心と回転軸として働く後蹄との水平距離 |
| D _c ^{mf} ; 1 主支点期間の股心の水平推進距離 | L _{ch} ^{esh} ; 後肢負重終期の肢心～後蹄斜距離 |
| L _{ch} ^{esh'} ; 反対後肢負重終期の後蹄斜距離 | θ _{ch} ^{esh} ; 後肢負重終期の股心～後蹄傾角 |
| θ _{ch} ^{esh'} ; 反対後肢負期の股心～後蹄傾角 | A _{tf} ; 前肢の全振り |
| A _{tf} ; 後肢の全振り | A _{ff} ; 前肢の前方振り |
| A _{fh} ; 後肢の前方振り | A _{hf} ; 前肢の後方振り |
| A _{hh} ; 後肢の後方振り | D _{sf} ^{bsf} ; 前肢負重始期の肩心～前蹄水平距離の絶対値 |
| D _{sf} ^{bsf} ; 前肢負重終期の肩心～前蹄水平距離 | D _{ch} ^{dsh} ; 後肢負重始期の股心～後前水平距離の絶対値 |
| D _{ch} ^{esh} ; 後肢負重終期の股心～後蹄水平距離 | D _{sc} ; 肩心～股心水平距離 |
| D _{ch} ^{bnh'} ; 反対後肢脱重始期の股心～後蹄水平距離 | D _{ch} ^{esh'} ; 反対後肢負重終期の股心～後蹄水平距離 |
| D _{ch} ^{bsf} ; 前肢負重始期の股心～後蹄水平距離 | D _{fh} ^{bsf} ; 前肢負重始期の前蹄～後蹄水平距離 |
| D _{sc} ^{bsf} ; 前肢負重始期の肩心～股心水平距離 | S _p ; 1 歩長 |
| S _d ; 1 完歩長 | D _f ; 踏越 |
| ^{fp} D _{fh} ^{lo} ; 1 側肢体の屈曲時の前肢の蹄跡と後肢の蹄跡との距離 | |
| ^{fp} D _{fh} ^{ex} ; 1 側肢体の伸展時の前肢の蹄跡と後肢の蹄跡との距離 | |

との和からなる ($D_{fh}^{bsf} = |D_{sf}^{bsf}| + D_{sc}^{bsf} + D_{ch}^{bsf}$) が、 $|D_{sf}^{bsf}|$ および D_{sc}^{bsf} のけん引量による変化が比較的小さいのに反し、 D_{ch}^{bsf} が、——前肢負重始期が、反対後肢脱重始期より、僅かに遅れて現れる、極めて接近した時期であるため、—— $D_{ch}^{bnh'}$ と殆んど同様の変化をして、けん引量が大となるにつれて著しく大となることからして、全体の D_{fh}^{bsf} もけん引量が大となるにつれて次第に大となる。

(6) さらに、踏越 D_f は、完歩長 S_d ($=S_p \times 2$) から D_{fh}^{bsf} をひいたもの ($D_f = S_d - D_{fh}^{bsf}$) に相当するが、上述の如く、 S_d が S_p と同様けん引量が比較的小なる場合には、けん引量がより小さい場合あるいは空身の場合に比べて、却って、大となることもあるが、けん引量がさらに大となれば次第に小となり、他方、 D_{fh}^{bsf} がけん引量が大となるにつれて次第に大となるので、これら両者の関係から、 D_f はけん引量が大となるにつれて小となり、ついには負 (-) の値をとるにいたる。

以上、総括して、けん引の場合の歩様の変化は主に体の縦断面に沿う回転運動の平衡条件、ならびに、後蹄を支点としての股心ひいては軀幹の推進条件によって支配され、主として反対後肢脱重始期の股心～後蹄水平距離 $D_{ch}^{bnh'}$ ならびに 後肢負重終期の股心～後蹄水平距離 D_{ch}^{esh} の著しい変化を通じてもたらされるものであることが明らかにされたと思う。

なお、本研究は昭和33年度文部省科学研究費交付金(各個研究)をうけて行なった研究の一部であり、京都大学農学部上坂章次教授よりは御懇切な御指導をいただき、島根農科大学加藤正信教授、青木晋平助教授よりは研究協力者としての御協力をいただき、京都大学農学部川島良治助教授、入谷明講師はじめ研究室関係の方々、島根農科大学の、さきの助手田畑一良氏、現在の助手春本直氏らの諸氏よりは種々御援助をいただいた。ここに記して、深く感謝の意を表したい。

参 考 文 献

- (1) 盛政貞人(1952)：和牛四肢骨の運動軸に関する研究，第1報。島根大学論集(自然科学) 2
- (2) 盛政貞人(1960)：役畜の歩様の解析に関する研究。島根大学開学十周年記念論文集(自然科学)
- (3) 盛政貞人(1961)：役畜のけん引機構に関する研究——駐立した役畜にけん引をかけた場合の平衡——。島根大学論集(自然科学) 10
- (4) 盛政貞人(1962)：役畜のけん引機構に関する研究——役畜がけん引歩行する場合の、平衡上の問題——。島根大学論集(自然科学) 11
- (5) 盛政貞人(1962) 駐立した役畜にけん引をかけた場合の平衡条件についての解析的証明。島根大学論集(自然科学) 12
- (6) 盛政貞人(1964)：役畜のけん引機構に関する研究——後蹄を支点としての軀幹の推進および支点となる後蹄自身の推進をもたらす姿勢変化についての幾何学的解析——。島根大学論集(自然科学) 13
- (7) 盛政貞人(1965)：役畜のけん引機構に関する研究——けん引の場合の歩期について——。島根大学論集(自然科学) 14