

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—

盛 政 貞 人

(昭和35年11月15日受理)

Sadato MORIMASA : A Study on the Draught-Mechanism of the Draught Animal. —The Equilibration of the Draught Animal in Station with Draught.—

I. 緒 言

役畜のけん引機構は、歩行そのものと、けん引に対する適応との二面の機能を調和的に、かつ、満足に果させるものであろう。そして、けん引に対する適応の面に関する条件については、役畜を駐立させたままで、けん引をかけた場合の変化にみられる条件を追求することによつて、参考となる知識を得られるであらう。

このような観点に立つて、さきに、駐立させたままの山羊に、種々条件を異にしたけん引をかけた実験を行つて、その場合の姿勢ならびにけん引線(曳き綱)のとり位置の変化や、前後肢別負重量ならびに四肢負重総量の変化などについての測定分析を行つた^(6,7)が、この度は、これらの変化を総合的に考察して、それらの変化が、役畜がかけられたけん引によつて生ずる回転力に対して、その体の平衡を保つためのものであり、その平衡の条件は $FD_1 = W_p D_g$ (図15参照)であることを推論した。

なお、この研究は、昭和30年、京都大学農学部において上坂章次教授の御指導の下に、加藤正信助教授ならびに入谷明特別研究奨学生のご協力をいただいて実施したものであり、また、川島良治助手、大学院学生の方々ならびに研究生の方々の御助力をいただいた。ここに深く感謝の意を表したい。

II. 材料および方法

さきの報告^(6,7,8)において詳述しているが、要約すればつぎの如くである。

a. つぎの2種類の実験を行つた。

(1) 姿勢ならびにけん引線(曳き綱)のとり位置の変化を、図1に示した如き写真によつて測定した。

(2) 前肢負重量ならびに後肢負重量の変化を台秤で測定した。

b. つぎの事項は上記の2種類の実験において同一にした。

(1) 実験には同一の2頭の山羊を用いた。

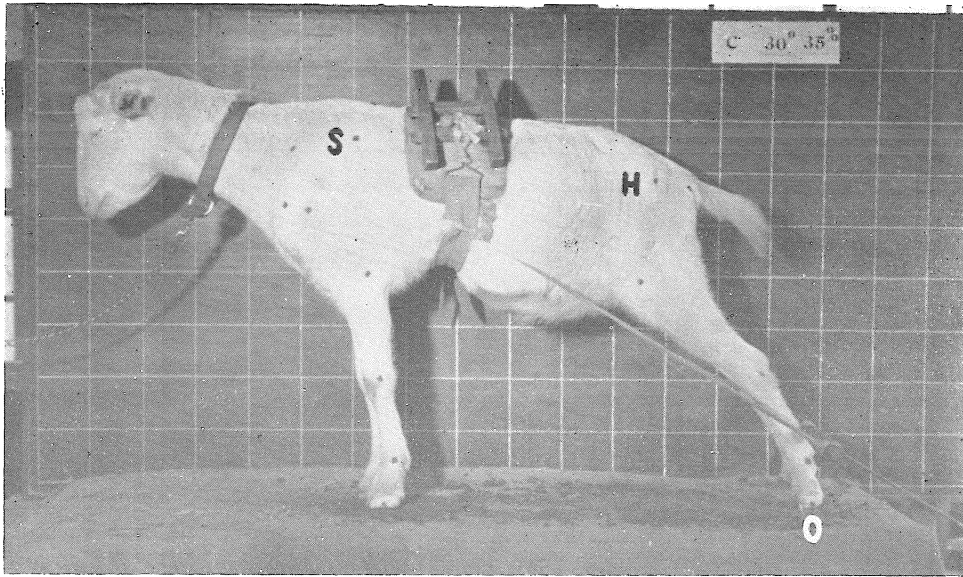


Fig 1. A sample copy of the photographs in the researches

In the photograph, the points O, H and S represent the assumed axis of rotation of the hind hoof, the assumed centre of movement of the hip joint, the assumed centre of movement of the scapula (the middle point on a straightline between the cervical angle and the dorsal angle of the scapula), respectively.

(2) けん引は、山羊を駐立させたままで歩行させないでかけた。

(3) けん引条件は、けん引点 The point of the attachment of the trace, or the point of application of traction-load (traction force) を腹帯の線の、背の高さ、背と肩端との中間の高さ、肩端の高さ、腹帯の下部の高さの4種に、けん引線の方向あるいはけん引角度 The direction of the trace, or the draught angle (which the trace makes with the horizontal line) を水平、 10° 、 20° および 30° の4種に、けん引量 The weight of the draught, or the magnitude of tractive-load (traction force) を体重の15%、25%および35%の3種にそれぞれ変化させ、それらの組合せによる48種とした。

Ⅲ. 成績および考察

A. 測定値

駐立させたままの山羊にけん引をかけた場合にみられる変化は、——さきに発表した報告^(6,7)において述べた如く——姿勢やけん引線のとる位置などの如き形態上の面、ならびに、肢の負重量の如き重量上の面にわたつて複雑に現れるが、この論文は、——緒言において述べた如く——“それらの変化が、役畜がかけられたけん引によつて生ずる回転力に対して、その体の平衡を保つためのものであり、その平衡の条件は $FD_1 = W_p D_g$ であること”を推論することを目的としているので、測定値も、主として、その推論に直接関係するもののみを掲げて論ずることとする。

1. 形態上の測定値

a. 後蹄とけん引線との垂直距離… D_1

Table 1. The vertical distance between the assumed axis of rotation of the hind hoof and the trace measured on photographs...D₁ (cm)

F...The weight of the draught	Goat No.	P...The point of the attachment of the trace	a...The direction of the trace	A					B					C					D					Mean according to a					Mean according to F
				0° = horizontal	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°		
15% of the body-weight	1	6.2	5.3	3.7	2.7	4.48	5.2	3.9	2.9	1.9	3.48	4.4	3.0	2.0	1.0	2.60	3.8	2.5	1.6	0.7	2.15	4.90	3.68	2.55	1.58	3.18			
	2	7.3	6.0	4.8	3.4	5.38	5.8	4.1	3.3	2.5	3.93	5.0	3.5	2.8	1.6	3.23	4.0	3.0	1.8	0.7	2.38	5.53	4.15	3.18	2.05	3.73			
	Mean	6.75	5.65	4.25	3.05	4.93	5.50	4.00	3.10	2.20	3.70	4.70	3.25	2.40	1.30	2.91	3.90	2.75	1.70	0.70	2.26	5.21	3.91	2.86	1.81	3.45			
25% "	1	6.2	4.8	3.8	2.8	4.40	5.2	3.9	3.1	1.7	3.48	4.5	3.0	2.1	1.4	2.75	3.9	2.5	1.6	0.7	2.18	4.95	3.55	2.65	1.65	3.20			
	2	7.4	5.9	4.9	3.4	5.40	5.8	4.1	3.6	1.8	3.83	4.7	3.4	2.5	1.7	3.08	4.0	2.8	2.0	0.6	2.35	5.48	4.05	3.25	1.88	3.66			
	Mean	6.80	5.35	4.35	3.10	4.90	5.50	4.00	3.35	1.75	3.65	4.60	3.20	2.30	1.55	2.91	3.95	2.65	1.80	0.65	2.26	5.21	3.80	2.95	1.76	3.43			
35% "	1	6.2	5.0	3.8	3.0	4.50	5.3	3.9	2.9	1.6	3.43	4.4	3.0	1.9	1.0	2.58	3.9	2.6	1.4	0.6	2.13	4.95	3.63	2.50	1.55	3.16			
	2	7.2	6.6	5.4	3.4	5.65	5.8	4.1	3.3	2.1	3.83	5.0	3.5	2.5	1.5	3.13	4.0	2.8	1.7	0.5	2.25	5.50	4.25	3.23	1.88	3.71			
	Mean	6.70	5.80	4.60	3.20	5.08	5.55	4.00	3.10	1.85	3.63	4.70	3.25	2.20	1.25	2.85	3.95	2.70	1.55	0.55	2.19	5.23	3.94	2.86	1.71	3.43			
Mean according to P	1	6.20	5.03	3.77	2.83	4.46	5.23	3.90	2.97	1.73	3.46	4.43	3.00	2.00	1.13	2.64	3.87	2.53	1.53	0.67	2.15	4.93	3.62	2.57	1.59	3.18			
	2	7.30	6.17	5.03	3.40	5.48	5.80	4.10	3.73	2.13	3.86	4.90	3.47	2.60	1.60	3.14	4.00	2.87	1.83	0.60	2.33	5.50	4.15	3.22	1.93	3.70			
	Mean	6.75	5.60	4.40	3.12	4.97	5.52	4.00	3.18	1.93	3.66	4.67	3.23	2.30	1.37	2.89	3.93	2.70	1.68	0.63	2.24	5.22	3.88	2.89	1.76	3.44			

Remark : In the column of the point of the attachment of the trace, the figures A, B, C and D are used to stand for the points at the height of the chine, at the height about the middle between the chine and the point of the shoulder, at the height of the point of the shoulder, and at the height of the lowest part of the breast-band, on the line of the breast-band, respectively.

表 1 および図 2 に示す如く、
 (a) けん引点が低くなるにつれて、大体、規則的に小となった。
 (b) けん引角度が大となるにつれて、著しく、かつ、ほとんど直線的に小となった。

(c) けん引量による影響は明瞭でなかつた。

b. 後蹄と仮定の重心との水平距離… D'_g

1号山羊では鞍付のみ行つた場合の前肢負重率が63.9%であつたので、その重心は腕関節運動中心と肩胛骨運動中心との間で、その水平距離の63.9%だけ肩胛骨運動中心寄りの点を通る鉛直線上にあると仮定し、2号山羊では、同様にして、その重心は腕関節運動中心と肩胛骨運動中心との間で62.0%だけ肩胛骨運動中心寄りの点を通る鉛直線上にあると仮定した。

(但し、計算には1号山羊、2号山羊とも、それらの平均の63.0%を用いた。)

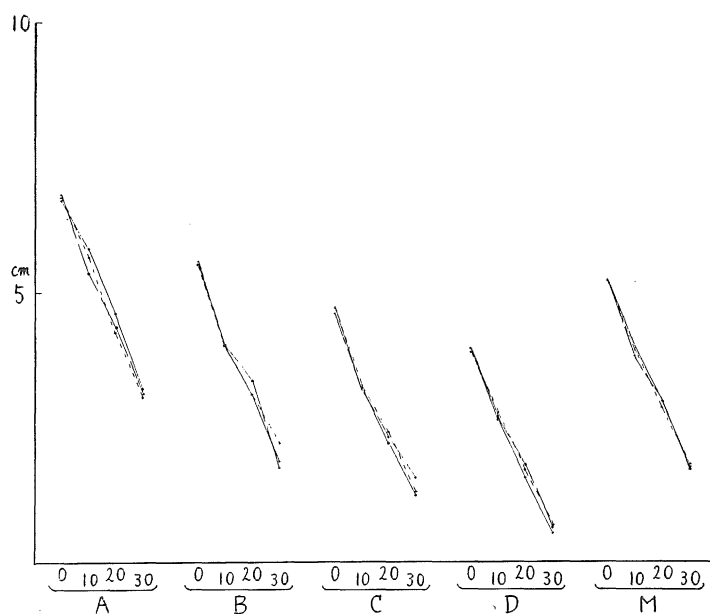


Fig. 2. The vertical distance between the assumed axis of rotation of the hind hoof and the trace (Mean of goat No. 1 and No. 2) The lines ---, — —, — represent the weight of draught of 15% of the body-weight, that of 25% of the body-weight, and that of 35% of the body-weight, respectively.

後蹄と腕関節運動中心との水平距離、後蹄と肩胛骨運動中心との水平距離、ならびに、後蹄と仮定の重心との水平距離はつぎのようである。

(1) 後蹄と腕関節運動中心との水平距離

表2および図3に示す如くである。

(2) 後蹄と肩胛骨運動中心との水平距離

表3および図3に示す如くである。

(3) 後蹄と仮定の重心との水平距離… D'_g

表4および図3に示す如くで、

(a) けん引点がB、Cにある場合に、他のA、Dにある場合に比べてやや大きくなる傾向がみられた。

(b) けん引角度による影響はけん引点ならびにけん引量の差異によつて趣を異にした。

(c) けん引量が大となるにつれて、総括的に言つて、相当大となつた。

即ち、前に述べた D_1 はけん引点ならびにけん引角度の変化によつて大きく影響をうけたが、この D_g はけん引量の変化によつて大きく影響をうける傾向がみられた。

2. 重量上の測定値

前肢負重量および後肢負重量について実測を行つた。けん引をかけた場合のこれらの負重量に

Table 2. The horizontal distance between the assumed axis of rotation of the hind hoof and the centre of movement of the hip joint measured on photographs (cm)

F. The weight of the draught	Goat No.	P. The point of the attachment of the trace	a. The direction of the trace	A					B					C					D					Mean according to a				Mean according to F																																																		
				O° = horizontal	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°																																																			
				15% of the body-weight	1	1.9	1.4	1.65	1.55	1.63	1.15	1.5	1.95	1.8	1.60	1.15	1.75	1.75	1.9	1.64	1.8	1.2	1.75	2.0	1.69	1.50	1.46		1.78	1.81	1.64	2	1.45	1.6	1.1	1.9	1.51	2.0	1.3	1.7	1.4	1.60	1.85	2.1	1.75	2.15	1.96	1.85	1.35	1.45	1.2	1.47	1.79	1.59	1.50	1.66	1.63	Mean	1.68	1.50	1.38	1.73	1.57	1.58	1.40	1.83	1.60	1.60	1.50	1.93	1.75	2.03	1.80	1.83	1.28	1.60	1.60	1.58
25%	1	1.5	1.8	1.6	1.7	1.65	2.2	2.2	2.15	2.1	2.16	2.3	2.3	1.8	1.7	2.03	2.25	1.4	1.9	2.1	1.91	2.06	1.93	1.86	1.90	1.94	2	2.2	2.8	1.6	2.0	2.15	2.1	1.8	1.5	1.85	1.81	2.6	2.3	1.95	1.6	2.11	2.4	2.15	1.7	1.7	1.99	2.33	2.26	1.69	1.79	2.02	Mean	1.85	2.30	1.60	1.85	1.90	2.15	2.00	1.83	1.98	1.99	2.45	2.30	1.88	1.65	2.07	2.33	1.78	1.8	1.9	1.95	2.15	2.09	1.78	1.84	1.98
35%	1	2.75	2.3	2.1	2.0	2.29	2.5	2.6	2.8	2.5	2.60	2.3	2.35	2.25	2.4	2.33	2.3	2.2	2.2	2.45	2.29	2.46	2.36	2.34	2.34	2.38	2	1.6	1.9	1.7	1.9	1.78	2.3	2.75	2.65	1.65	2.34	2.9	2.2	2.65	1.8	2.39	2.8	2.4	1.9	1.9	2.25	2.40	2.31	2.23	1.81	2.19	Mean	2.18	2.10	1.90	1.95	2.03	2.40	2.68	2.73	2.08	2.47	2.60	2.28	2.45	2.10	2.36	2.55	2.30	2.05	2.18	2.27	2.43	2.34	2.28	2.08	2.28
Mean according to P	1	2.05	1.83	1.78	1.75	1.85	1.95	2.10	2.30	2.13	2.12	1.92	2.13	1.93	2.00	2.00	2.12	1.60	1.95	2.18	1.96	2.01	1.92	1.99	2.02	1.98	2	1.75	1.77	1.47	1.93	1.73	2.13	1.95	1.95	1.63	1.92	2.45	2.20	2.12	1.85	2.15	2.35	1.97	1.68	1.60	1.90	2.17	2.05	1.80	1.79	1.93	Mean	1.90	1.80	1.63	1.84	1.79	2.04	2.03	2.13	1.88	2.02	2.18	2.17	2.03	1.93	2.08	2.23	1.78	1.82	1.89	1.93	2.09	1.94	1.90	1.89	1.95

Remark See H in Fig. 1

Table 3. The horizontal distance between the assumed axis of rotation of the hind hoof and the centre of movement of the scapula measured on photographs (cm)

F...The weight of the draught	Goat No.	P...The point of the attachment of the trace	α...The direction of the trace	A					B					C					D					Mean according to α				F...Mean according to F
				0° = horizontal	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	
				15% of the body-weight	1	6.55	6.3	6.3	6.1	6.31	5.8	6.15	6.8	6.5	6.31	5.9	6.35	6.5	6.75	6.38	6.55	5.95	6.6	6.75	6.46	6.20	6.19	
	2	6.4	6.85	6.15	7.3	6.58	7.15	6.5	6.95	6.45	6.76	7.5	7.2	7.1	7.65	7.36	6.9	6.4	6.5	6.35	6.54	6.99	6.74	6.68	6.94	6.83		
	Mean	6.48	6.58	6.23	6.70	6.49	6.48	6.33	6.88	6.48	6.54	6.70	6.78	6.80	7.20	6.87	6.73	6.18	6.55	6.55	6.50	6.59	6.46	6.61	6.73	6.60		
25% "	1	6.1	6.6	6.35	6.35	6.35	6.9	6.8	6.95	6.7	6.84	7.2	6.9	6.5	6.2	6.70	7.0	6.35	6.65	6.95	6.74	6.80	6.66	6.61	6.55	6.66		
	2	7.05	7.9	6.7	7.35	7.25	7.25	7.0	6.6	7.05	6.98	7.7	7.45	7.4	6.7	7.31	7.45	7.15	6.8	6.8	7.05	7.36	7.38	6.88	6.98	7.15		
	Mean	6.58	7.25	6.53	6.85	6.80	7.08	6.90	6.78	6.88	6.91	7.45	7.18	6.95	6.45	7.01	7.23	6.75	6.73	6.88	6.89	7.08	7.02	6.74	6.76	6.90		
35% "	1	7.3	6.85	6.95	6.8	6.98	7.2	7.15	7.45	7.15	7.24	7.2	6.9	6.9	7.0	7.00	7.15	7.0	7.05	7.2	7.10	7.21	6.98	7.09	7.04	7.08		
	2	6.6	6.9	7.3	7.2	7.00	7.35	7.85	7.8	6.75	7.44	8.0	7.4	7.8	6.95	7.54	7.9	7.45	7.1	7.2	7.41	7.46	7.40	7.50	7.03	7.35		
	Mean	6.95	6.88	7.13	7.00	6.99	7.28	7.50	7.63	6.95	7.34	7.60	7.15	7.35	6.98	7.27	7.53	7.23	7.08	7.20	7.26	7.34	7.19	7.29	7.03	7.21		
Mean according to P	1	6.66	6.58	6.53	6.42	6.55	6.63	6.70	7.07	6.78	6.80	6.77	6.72	6.63	6.65	6.69	6.90	6.43	6.77	6.97	6.77	6.74	6.61	6.75	6.70	6.70		
	2	6.68	7.22	6.72	7.28	6.98	7.25	7.12	7.12	6.75	7.06	7.73	7.33	7.43	7.10	7.40	7.42	7.00	6.80	6.78	7.00	7.27	7.17	7.02	6.98	7.11		
	Mean	6.67	6.90	6.63	6.85	6.76	6.94	6.91	7.09	6.77	6.93	7.25	7.03	7.03	6.88	7.05	7.16	6.72	6.78	6.88	6.88	7.00	6.89	6.88	6.84	6.90		

Remark : See S in Fig. 1

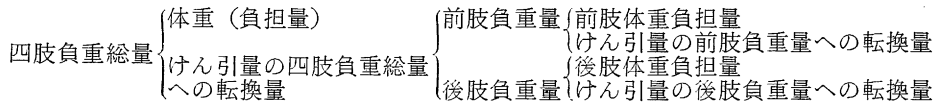
Table 4. The horizontal distance between the assumed axis of rotation of the hind hoof and the assumed centre of gravity...D'g (cm)

P...The point of the attachment of the trace	a...The direction of the trace	F...The weight of the draught	Goat No.	A					B					C					D					Mean according to a					Mean according to F
				horizontal	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	
				0° =																									
15% of the body-weight	1	4.83	4.49	4.58	4.42	4.58	4.08	4.43	5.01	4.76	4.57	4.14	4.65	4.74	4.96	4.62	4.79	4.19	4.81	4.99	4.70	4.46	4.44	4.79	4.78	4.62			
	2	4.57	4.91	4.28	5.30	4.77	5.24	4.58	5.01	4.58	4.85	5.41	5.31	5.12	5.62	5.37	5.03	4.53	4.63	4.44	4.66	5.06	4.83	4.76	4.99	4.91			
	Mean	4.70	4.70	4.43	4.86	4.67	4.66	4.51	5.01	4.67	4.71	4.78	4.98	4.93	5.29	4.99	4.91	4.36	4.72	4.72	4.68	4.76	4.64	4.77	4.88	4.76			
25% "	1	4.40	4.82	4.59	4.63	4.61	5.16	5.10	5.17	5.00	5.11	5.39	5.20	4.76	4.54	4.97	5.24	4.52	4.89	5.16	4.95	5.05	4.91	4.85	4.83	4.91			
	2	5.26	6.01	4.81	5.37	5.36	5.34	5.08	4.71	5.13	5.07	5.81	5.54	5.38	4.81	5.39	5.58	5.30	4.91	4.91	5.18	5.50	5.48	4.95	5.06	5.25			
	Mean	4.83	5.42	4.70	5.00	4.99	5.25	5.09	4.94	5.07	5.09	5.60	5.37	5.07	4.68	5.18	5.41	4.91	4.90	5.04	5.06	5.27	5.20	4.90	4.94	5.08			
35% "	1	5.62	5.17	5.16	5.02	5.24	5.46	5.47	5.73	5.43	5.52	5.39	5.22	5.18	5.30	5.27	5.36	5.22	5.26	5.44	5.32	5.46	5.27	5.33	5.30	5.34			
	2	4.75	5.05	5.23	5.24	5.07	5.48	5.96	5.89	4.86	5.55	6.11	5.48	5.89	5.04	5.63	6.01	5.58	5.18	5.24	5.50	5.59	5.52	5.55	5.10	5.44			
	Mean	5.19	5.11	5.20	5.13	5.16	5.47	5.72	5.81	5.15	5.54	5.75	5.35	5.54	5.17	5.45	5.69	5.40	5.22	5.34	5.41	5.52	5.39	5.44	5.20	5.39			
Mean according to P	1	4.95	4.83	4.78	4.69	4.81	4.90	5.00	5.30	5.06	5.07	4.97	5.03	4.89	4.93	4.96	5.13	4.64	4.99	5.20	4.99	4.99	4.87	4.99	4.97	4.96			
	2	4.86	5.32	4.77	5.30	5.07	5.35	5.21	5.20	4.86	5.16	5.78	5.44	5.46	5.16	5.46	5.54	5.14	4.91	4.86	5.11	5.38	5.28	5.09	5.05	5.20			
	Mean	4.91	5.08	4.78	5.00	4.94	5.13	5.10	5.25	4.96	5.11	5.38	5.23	5.18	5.05	5.21	5.34	4.89	4.95	5.03	5.05	5.19	5.08	5.04	5.01	5.08			

Remark : The data in the table were obtained from the following calculation.

The horizontal distance between the assumed axis of rotation of the hind hoof and the centre of movement of the hip joint + (The horizontal distance between the assumed axis of rotation of the hind hoof and the centre of movement of the scapula - The horizontal distance between the assumed axis of rotation of the hind hoof and the centre of movement of the hip joint) × $\frac{\text{The body-weight borne by the fore limbs}}{\text{The body-weight}}$

ついて考察する場合には、つぎに表示する如くに区別して論じなければならないであろう。



註: けん引量の四肢負重総量への転換量は、けん引に角度をつけた場合にその一部が四肢負重総量に加わる量で、その量はさきに発表した如く(7) けん引量、Fにけん引角度、 α の \sin の値をかけた大きさにあたる。(Fsin α) (図4参照)

そして、この実験が実施されたけん引条件の下では、けん引量の前肢負重量への転換量は0であると考えられるから、前肢負重量=前肢体重負担量となる。また、けん引量の後肢負担量への転換量はけん引量の四肢負重総量への転換量に等しいと考えられるから、後肢負重量=後肢体重

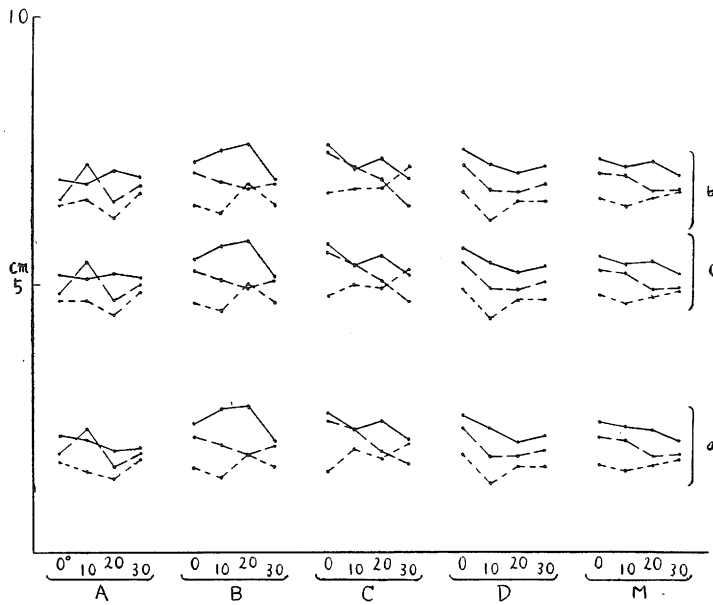


Fig 3. The horizontal distances: a, between the assumed axis of rotation of the hind hoof and the assumed centre of movement of the hip joint, b, between the assumed axis of rotation of the hind hoof and the assumed centre of movement of the scapula, and c, between the assumed axis of rotation of the hind hoof and the assumed centre of gravity (Mean of goat No.1 and No.2)

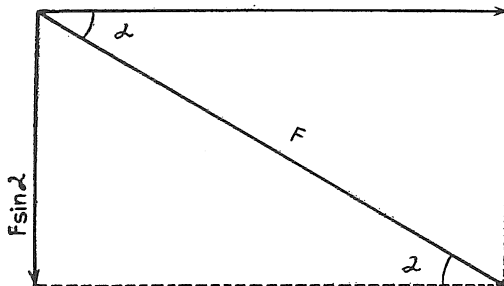


Fig 4. The partial weight of draught which is transformed into the whole weight borne by the hind hoofs...Fsin α

The figures F and α represent the weight of draught and the direction of the trace or draught angle, respectively.

負担量+けん引量の四肢負重総量への転換量=後肢体重負担量+ $F\sin\alpha$ となる。

前肢負重量, 後肢負重量ならびに後肢体重負担量はつぎのようである。

a. 前肢負重量

表5および図5に示す如くである。

b. 後肢負重量

表6および図6に示す如くである。

c. 後肢体重負担量(=後肢負重量- $F\sin\alpha$)

表7および図7に示す如くである。

この後肢体重負担量は, 前の報告⁽⁷⁾において言及していないし, また, 後で述べる如く, W_p と正の強い相関をもつていて, (けん引点ならびにけん引角度の変化による影響が, これら両者の場合よく似通っていることからそれがうかがわれよう) この実験の場合の力学上の働きに直接に, かつ, 大きい関係をもつていると考えられるので, その傾向について述べると,

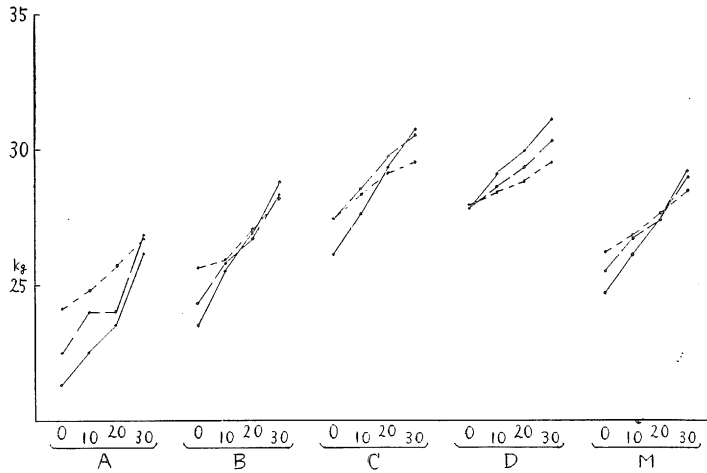


Fig 5. The weight borne by the fore limbs (Mean of goat No.1 and No.2)

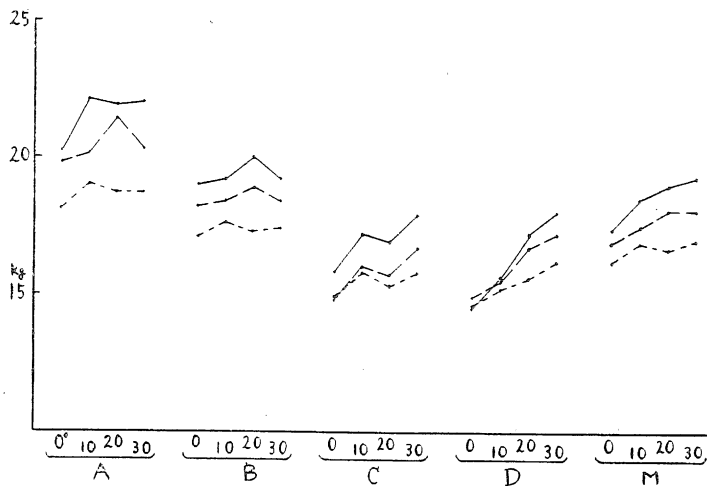


Fig 6. The whole weight borne by the hind limbs (Mean of goat No.1 and No.2)

Table 5. The weight borne by the fore limbs (kg)

F...The weight of the draught	Goat No.	P...The point of the attachment of the trace	α...The direction of the trace	A					B					C					D					Mean according to α					Mean according to F																																																	
				0° = horizontal	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean																																																		
				15% of the body-weight	1	21.5	23.2	23.1	24.6	23.1	22.9	22.6	23.8	25.0	23.6	24.0	25.5	25.7	26.5	25.4	24.4	25.4	25.5	26.0	25.3	23.2	24.2	24.5		25.5	24.4	2	26.7	26.3	28.3	28.7	27.5	28.3	29.2	30.2	31.4	30.8	30.8	31.0	32.4	32.4	31.7	31.3	31.3	32.0	33.0	31.9	29.3	29.5	30.7	31.4	30.2	Mean	24.1	24.8	25.7	26.7	25.3	25.6	25.9	27.0	28.2	26.7	27.4	28.3	29.1	29.5	28.5	27.9	28.4	28.8	29.5	28.6
25 %	1	21.1	21.8	21.9	21.9	22.4	21.6	22.7	23.0	24.7	23.0	23.6	25.3	26.1	26.9	25.5	24.1	25.9	26.4	26.8	25.8	22.6	23.9	24.4	25.8	24.2	2	23.9	26.1	26.1	28.7	26.2	26.9	28.9	30.4	31.8	29.5	31.1	31.7	33.2	34.0	32.5	31.4	31.3	32.1	33.8	32.2	28.3	29.5	30.5	32.1	30.1	Mean	22.5	24.0	24.0	26.8	24.3	24.3	25.8	26.7	28.3	26.3	27.4	28.5	29.7	30.5	29.0	27.8	28.6	29.3	30.3	29.0	25.5	26.7	27.4	29.0	27.1
35 %	1	19.8	20.7	21.7	24.4	21.7	21.3	22.5	23.6	25.4	23.2	22.9	24.6	26.1	27.6	25.3	24.4	26.1	28.0	27.8	26.6	22.1	23.5	24.9	26.3	24.2	2	22.8	24.2	25.2	28.0	25.1	25.7	28.4	30.2	32.2	29.1	29.3	30.5	32.4	33.7	31.5	31.2	32.1	31.7	34.4	32.4	27.3	28.8	29.9	32.1	29.5	Mean	21.3	22.5	23.5	26.2	23.4	23.5	25.5	26.9	28.8	26.2	26.1	27.6	29.3	30.7	28.4	27.8	29.1	29.9	31.1	29.5	24.7	26.1	27.4	29.2	26.8
Mean according to P	1	20.8	21.9	22.3	24.6	22.4	21.9	22.6	23.5	25.0	23.3	23.5	25.1	26.0	27.0	25.4	24.3	25.8	26.6	26.9	25.9	22.6	23.9	24.6	25.9	24.2	2	24.5	28.2	26.5	28.5	26.3	27.0	28.8	30.3	31.8	29.5	30.4	31.1	32.7	33.4	31.9	31.3	31.6	31.9	33.7	32.1	28.3	29.3	30.4	31.8	29.9	Mean	22.6	23.7	24.4	26.6	24.3	25.4	25.7	26.9	28.4	26.4	27.0	28.1	29.3	30.2	28.6	27.8	28.7	29.3	30.3	29.0	25.5	26.6	27.5	28.9	27.1

Table 6. The whole weight borne by the hind limbs (kg)

F...The weight of the draught	Goat No.	A					B					C					D					Mean according to <i>a</i>					Mean according to F
		0° = horizontal	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	
15% of the body-weight	1	15.3	14.7	15.6	15.2	15.2	14.0	14.9	14.7	14.6	14.6	12.7	12.3	12.8	12.9	12.7	12.2	12.4	13.0	13.7	12.8	13.6	13.6	14.0	14.1	13.8	
	2	20.8	23.3	21.7	22.2	22.0	20.2	20.2	19.9	20.1	20.1	17.1	19.2	17.8	18.7	18.2	16.9	18.0	18.1	18.7	17.9	18.8	20.2	19.4	19.9	19.6	
	Mean	18.1	19.0	18.7	18.7	18.6	17.1	17.6	17.3	17.4	17.3	14.9	15.8	15.3	15.8	15.4	14.6	15.2	15.6	16.2	15.4	16.2	16.9	16.7	17.0	16.7	
25% "	1	15.8	16.6	17.5	16.3	16.6	15.0	15.3	16.4	16.3	15.8	12.8	13.2	13.4	14.6	13.5	12.4	12.3	13.8	14.7	13.3	14.0	14.4	15.3	15.5	14.8	
	2	23.8	23.5	25.2	24.3	24.2	21.3	21.5	21.3	20.5	21.2	16.8	18.7	17.9	18.7	18.0	17.4	18.6	19.6	19.6	18.8	19.8	20.6	21.0	20.8	20.5	
	Mean	19.8	20.1	21.4	20.3	20.4	18.2	18.4	18.9	18.4	18.5	14.8	16.0	15.7	16.7	15.8	14.9	15.5	16.7	17.2	16.1	16.9	17.5	18.1	18.1	17.7	
35% "	1	16.6	18.4	18.2	18.0	17.8	15.1	16.2	17.1	16.8	16.3	13.0	13.9	13.8	14.7	13.9	12.0	12.7	13.4	14.5	13.2	14.2	15.3	15.6	16.0	15.3	
	2	23.7	25.8	25.6	26.0	25.3	22.9	22.2	22.8	21.5	22.4	18.5	20.5	19.9	21.1	20.0	17.0	18.4	20.9	21.5	19.5	20.5	21.7	22.3	22.5	21.8	
	Mean	20.2	22.1	21.9	22.0	21.5	19.0	19.2	20.0	19.2	19.3	15.8	17.2	16.9	17.9	16.9	14.5	15.6	17.2	18.0	16.3	17.4	18.5	19.0	19.3	18.5	
Mean according to P	1	15.9	16.6	17.1	16.5	16.5	14.7	15.5	16.1	15.9	15.5	12.8	13.1	13.3	14.1	13.3	12.2	12.5	13.4	14.3	13.1	13.9	14.4	15.0	15.2	14.6	
	2	22.8	24.2	24.2	24.2	23.8	21.5	21.3	21.3	20.7	21.2	17.5	19.5	15.2	19.5	18.7	17.1	18.3	19.5	19.9	18.7	19.7	20.8	20.9	21.1	20.6	
	Mean	19.3	20.4	20.6	20.3	20.2	18.1	18.4	18.7	18.3	18.4	15.2	16.3	15.9	16.8	16.0	14.7	15.4	16.5	17.1	15.9	16.8	17.6	17.9	18.1	17.6	

Table 7. The body-weight borne by the hind limbs (kg)

P...The point of the attachment of the trace	α...The direction of the trace	F...The weight of the draught	Goat No.	A					B					C					D					Mean according to α					Mean according to F																																																					
				0° = horizontal	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean																																																						
				15% of the body-weight					1	15.3	13.8	13.8	12.6	13.9	14.0	14.0	12.9	12.0	13.2	12.7	11.4	11.0	10.3	11.4	12.2	11.5	11.2	11.1		11.5	13.6	12.7	12.2	11.5	12.5	2	20.8	22.1	19.3	18.7	20.2	20.2	19.0	17.5	16.6	18.3	17.1	18.0	15.4	15.2	16.4	16.9	16.8	15.7	15.2	16.2	18.8	19.0	17.0	16.4	17.8	Mean	18.1	18.0	16.6	15.7	17.1	17.1	16.5	15.2	14.3	15.8	14.9	14.7	13.2	12.8	13.9	14.6	14.2	13.5	13.2	13.8
25% "					1	15.8	15.1	14.5	11.9	14.3	15.0	13.8	13.4	11.9	13.5	12.8	11.7	10.4	10.2	11.3	12.4	10.8	10.8	10.3	11.1	14.0	12.9	12.3	11.1	12.6	2	23.8	21.5	21.2	18.5	21.3	21.3	19.5	17.3	14.7	18.2	16.8	16.7	13.9	12.9	15.1	17.4	16.6	15.6	13.8	15.9	19.8	18.6	17.0	15.0	17.6	Mean	19.8	18.3	17.9	15.2	17.8	18.2	16.7	15.4	13.3	15.9	14.8	14.2	12.2	11.6	13.2	14.9	13.7	13.2	12.1	13.5	16.9	15.7	14.6	13.0	15.1
35% "					1	16.6	16.3	14.0	11.9	14.7	15.1	14.1	12.9	10.7	13.2	13.0	11.8	9.6	8.61	10.8	12.0	10.6	9.2	8.4	10.1	14.2	13.2	11.4	9.9	12.2	2	23.7	23.0	20.0	17.9	21.2	22.9	19.4	17.2	13.4	18.2	18.5	17.7	14.3	13.0	15.9	17.0	15.6	15.3	13.4	15.3	20.5	18.9	16.7	14.4	17.6	Mean	20.2	19.7	17.0	14.9	17.9	19.0	16.8	15.1	12.1	15.7	15.8	14.8	12.0	10.8	13.3	14.5	13.1	12.3	10.9	12.7	17.4	16.1	14.1	12.2	14.9
Mean according to P					1	15.9	15.1	14.1	12.1	14.3	14.7	14.0	13.1	11.5	13.3	12.8	11.6	10.3	9.0	11.1	12.2	11.0	10.4	9.9	10.9	13.9	12.9	12.0	10.8	12.4	2	22.8	22.2	20.2	18.4	20.9	21.5	19.3	17.3	14.9	18.3	17.5	17.5	14.5	13.7	15.8	17.1	16.3	15.5	14.1	15.8	19.7	18.8	16.9	15.3	17.7	Mean	19.3	18.6	17.1	15.3	17.6	18.1	16.6	15.2	13.2	15.8	15.2	14.6	12.4	11.7	13.5	14.7	13.7	13.0	12.0	13.3	16.8	15.9	14.4	13.1	15.0

Remark : The data in the table were obtained from the following calculation.

The whol weight borne by the hind limbs— $F \sin \alpha$...(See Fig. 4)

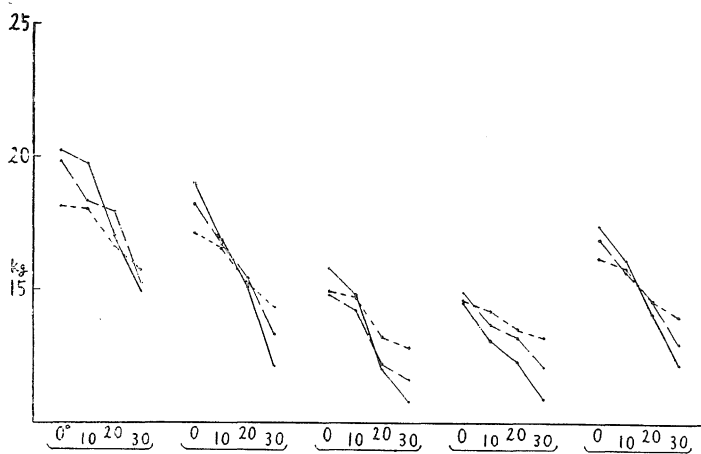


Fig 7. The body-weight borne by the hind limbs (Mean of goat No.1 and No.2)

(a) けん引点が A, B, C と低くなるにつれて小となつたが, C と D との場合ではあまり変らなかつた。

(b) けん引角度が大となるにつれてあきらかに小となつた。但し, その程度はけん引量が大の場合程著しかつた。また, けん引点が高い場合に著しい傾向がみられた。

(c) けん引量の変化による影響は, けん引点

の高低また, けん引角度の大小によつてやや趣を異にした。即ち, けん引点が高くてけん引角度が小さい場合にはけん引量が大となるにつれて大となつたが, けん引点が低くてけん引角度が大い場合には, 逆に, けん引量が大となるにつれて小となつた。

B. 回転力についての計算値

1. 外部からかけられたけん引による回転力… FD_1

けん引を役畜の後方からかけ, しかも, その力の作用線が後蹄を通らないで, それより上方を通るように——普通に役畜が輓曳を行う場合のように——かけた場合には, 後蹄は回転の軸, または支点として働き, けん引量, F と, 後蹄とけん引線との垂直距離, D_1 との積, FD_1 の回転力とその後蹄の回転軸のまわりに生ずると考えられよう。その計算値は表 8 および図 8 に示す如く,

(a) けん引点が低くなるにつれて小となつた。

(b) けん引角度が大となるにつれて小となつた。

(c) けん引量が大となるにつれて大となつたが, そのけん引量による差はけん引点が低くなるにつれて小となり, また, けん引角度が大となるにつれて小となつた。

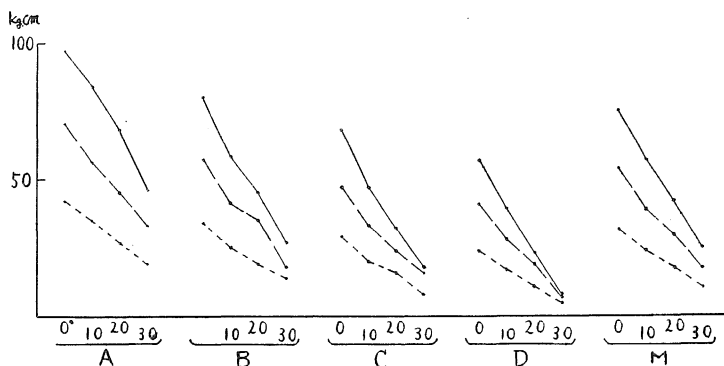


Fig 8. $FD_1 (=W_p D_g)$ (Mean of goat No.1 and No.2)

2. 体重の回転力関与量, およびそれによる回転力

a. 体重の回転力関与量による回転力… $W_p D_g$

Table 8. $FD_1 (=W_p D_g)$ (kg • cm)

P...The point of the attachment of the trace	a...The direction of the trace	F...The weight of the draught	Goat No.	A					B					C					D					Mean according to a				Mean according to F
				0° = horizontal	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	
				15% of the body-weight	1	33	28	19	14	24	27	20	15	10	18	23	16	11	5	14	20	13	8	4	11	26	19	
	2	51	42	34	24	38	40	29	23	17	27	35	24	20	11	23	28	21	13	5	17	39	29	23	14	26		
	Mean	42	35	27	19	31	34	25	19	14	23	29	20	16	8	18	24	17	11	5	14	32	24	18	11	21		
25% "	1	54	42	33	25	39	46	34	27	15	31	39	26	18	12	24	34	22	14	6	19	43	31	23	15	28		
	2	86	69	57	40	63	67	48	42	21	45	55	40	29	20	36	47	33	23	7	28	64	48	38	22	43		
	Mean	70	56	45	33	51	57	41	35	18	38	47	33	24	16	30	41	28	19	7	23	54	39	30	18	35		
35% "	1	76	61	47	37	55	65	48	36	20	42	54	37	23	12	32	48	32	17	7	26	61	45	31	19	39		
	2	117	107	88	55	92	94	67	54	34	62	81	57	41	24	51	65	46	28	8	37	89	69	53	30	60		
	Mean	97	84	68	46	74	80	58	45	27	52	68	47	32	18	41	57	39	23	8	31	75	57	42	25	50		
Mean according to P	1	54	44	33	25	39	46	34	26	15	30	39	26	17	10	23	34	22	13	6	19	43	32	22	14	28		
	2	85	73	60	40	64	67	48	40	24	45	57	40	30	18	36	47	33	21	7	27	64	49	38	22	43		
	Mean	70	58	46	33	52	57	41	33	20	38	48	33	24	14	30	40	28	17	6	23	54	40	30	18	35		

Remark : In the title of this table the figures F, D_1 stand for the weight of the draught, the vertical distance between the assumed axis of rotation of the hind hoof and the trace, respectively.

前述の外部からかけられたけん引によつて生ずる回転力に対して、役畜はそれとは逆まわりで、しかも、同じく後蹄を回転の軸とする同じ大きさの回転力を体重によつて生ずることによつて、体の平衡を保つものと考えられる。この際、体重の全部が働くのではなくて、後蹄と重心との水平距離、 D_g との積が FD_1 に等しくなるのに必要なだけの体重、 W_p が関与すると考えられる（以下、これを体重の回転力関与量と呼ぶ）。したがつて、体重の回転力関与量による回転力、 $W_p D_g$ は表 8 および図 8 に示した FD_1 に等しいはずである。

b. 体重の回転力関与量… W_p

$$(1) \frac{D_1}{D_g}$$

ついで、それでは、 W_p はどれだけの大きさをもつかということになるが、これは FD_1 を D_g

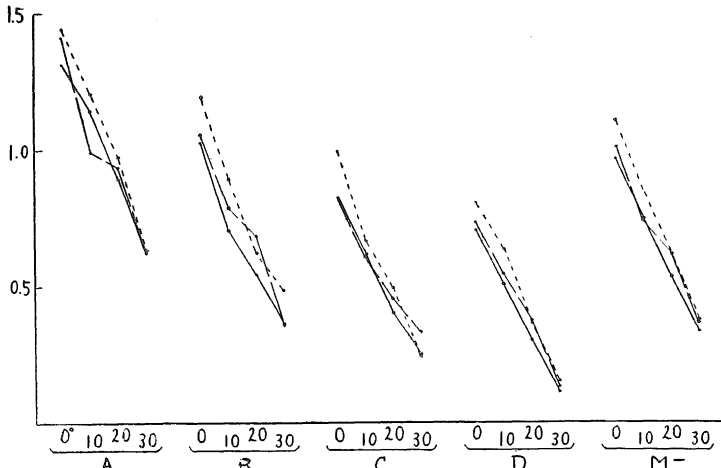


Fig. 9. $\frac{D_1}{D_g}$ (Mean of goat No.1 and No.2)

で割るか、あるいは、 F に $\frac{D_1}{D_g}$ をかければえられるわけである。そこで、まず、 $\frac{D_1}{D_g}$ について考察しておこう。 $\frac{D_1}{D_g}$ は表 9 および図 9 に示す如くであつて、 D_g がけん引量による影響のほかはあまり変化をうけなかつたことが関係して、けん引量が小さい場合にそうでない場合に比べて大であることが目立つことのほかは、

大体において、けん引点の高さならびにけん引角度によつて大きく影響をうけた D_1 そのものに近い傾向を示した。

(2) W_p

表 10 および図 10 に示す如くで、前述したように、 $\frac{D_1}{D_g}$ が D_1 そのものとあまりその傾向に差異がないために、 F に $\frac{D_1}{D_g}$ をかけてえられる W_p も、大雑把に言つて、 F に D_1 をかけてえられる FD_1 とあまりその傾向に差異が認められないものとなつた。

c. 計算値 W_p についての吟味、— $FD_1 = W_p D_g$ の理論の成立についての論証

役畜が、以上、仮設的に述べてきた、回転についての平衡の条件、 $FD_1 = W_p D_g$ によつて、実際に支配されるということを推論するためには、— F 、 D_1 および D_g は実際の測定値に基礎をおいているからよとして、—純然たる計算上の推定値である W_p については何等かの方法によつて、それが実際に働くであろうことを推論しなければならないであろう。

そのための 1 つの方法として、— W_p を直接に測定する方法はみつからないので、— W_p と前肢負重量、後肢負重量ならびに後肢体重負担量などとの間の相関々係をみることにしよう。そして、その目的に、力学的な意義に立つて十分にかなうためには、その相関は強いとともに、

Table 9 $\frac{Dl}{Dg}$

F...The weight of the draught	Goat No.	A					B					C					D					Mean according to α				Mean according to F
		P...The point of the attachment of the trace					a...The direction of the trace																			
		0° = horizontal	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	
15% of the bod-weight	1	1.28	1.18	0.81	0.61	0.97	1.27	0.88	0.58	0.40	0.78	1.06	0.65	0.42	0.20	0.58	0.79	0.60	0.33	0.14	0.47	1.10	0.83	0.54	0.34	0.70
	2	1.60	1.22	1.12	0.64	1.15	1.11	0.90	0.66	0.55	0.81	0.92	0.66	0.55	0.28	0.60	0.80	0.66	0.39	0.16	0.50	1.11	0.86	0.68	0.41	0.76
	Mean	1.44	1.20	0.97	0.63	1.06	1.19	0.89	0.62	0.48	0.79	0.99	0.66	0.49	0.24	0.59	0.80	0.63	0.36	0.15	0.48	1.10	0.84	0.61	0.37	0.73
25 %	1	1.41	1.00	0.83	0.60	0.96	1.01	0.76	0.60	0.34	0.68	0.83	0.58	0.44	0.31	0.54	0.74	0.55	0.33	0.14	0.44	1.00	0.72	0.55	0.35	0.65
	2	1.41	0.98	1.02	0.63	1.01	1.09	0.81	0.76	0.35	0.75	0.81	0.61	0.46	0.35	0.56	0.72	0.53	0.41	0.12	0.45	1.01	0.73	0.66	0.36	0.69
	Mean	1.41	0.99	0.93	0.62	0.99	1.05	0.78	0.68	0.35	0.72	0.82	0.60	0.45	0.33	0.55	0.73	0.54	0.37	0.13	0.44	1.00	0.73	0.61	0.36	0.67
35 %	1	1.10	0.97	0.74	0.60	0.85	0.97	0.71	0.51	0.29	0.62	0.82	0.57	0.37	0.19	0.49	0.73	0.50	0.27	0.11	0.40	0.91	0.69	0.47	0.30	0.59
	2	1.52	1.31	1.03	0.65	1.13	1.06	0.69	0.56	0.43	0.69	0.82	0.64	0.42	0.30	0.55	0.67	0.50	0.33	0.10	0.40	1.02	0.79	0.59	0.37	0.69
	Mean	1.31	1.14	0.89	0.63	0.99	1.02	0.70	0.54	0.36	0.65	0.82	0.61	0.40	0.25	0.52	0.70	0.50	0.30	0.11	0.40	0.96	0.74	0.53	0.33	0.64
Mean according to p	1	1.26	1.05	0.79	0.60	0.93	1.08	0.78	0.56	0.34	0.69	0.90	0.60	0.41	0.23	0.54	0.75	0.55	0.31	0.13	0.44	1.00	0.75	0.52	0.33	0.65
	2	1.51	1.17	1.06	0.64	1.09	1.09	0.80	0.66	0.44	0.75	0.85	0.64	0.48	0.31	0.57	0.73	0.56	0.38	0.13	0.45	1.04	0.79	0.64	0.38	0.71
	Mean	1.39	1.11	0.93	0.62	1.01	1.09	0.79	0.61	0.39	0.72	0.88	0.62	0.44	0.27	0.55	0.74	0.56	0.34	0.13	0.44	1.02	0.77	0.58	0.35	0.68

Remark ; In the title of this table the figures Dg, Dl stand for the horizontal distance between the assumed axis of rotation of the hind hoof and the assumed centre of gravity, the vertical distance between the assumed axis of rotation of the hind hoof and the trace, respectively.

Table 10. The partial body-weight which take part in the moment of rotation ... W_p (kg)

F...The weight of the draught	Goat No.	P...The point of the attachment of the trace	α ...The direction of the trace	A					B					C					D					Mean according to α					Mean according to F
				0° = horizontal	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	0°	10°	20°	30°	Mean	
				15% of the body-weight	1	6.8	6.2	4.1	3.2	5.1	6.6	4.5	3.0	2.1	4.1	5.6	3.4	2.3	1.0	3.1	4.2	3.1	1.7	0.8	2.5	5.8	4.3	2.8	
	2	11.2	8.6	7.9	4.5	8.1	7.6	6.3	4.6	3.7	5.6	6.5	4.5	3.9	2.0	4.2	5.6	4.6	2.8	1.1	3.5	7.7	6.0	4.8	2.8	5.3			
	Mean	9.0	7.4	6.0	3.9	6.6	7.1	5.4	3.8	2.9	4.8	6.1	4.0	3.1	1.5	3.7	4.9	3.9	2.3	1.0	3.0	6.8	5.2	3.8	2.3	4.5			
25% "	1	12.3	8.7	7.2	5.4	8.4	8.9	6.7	5.2	3.0	6.0	7.2	5.0	3.8	2.6	4.7	6.5	4.9	2.9	1.2	3.9	8.7	6.3	4.8	3.1	5.7			
	2	16.3	11.5	11.9	7.4	11.8	12.5	9.4	8.9	4.1	8.7	9.5	7.2	5.4	4.2	6.6	8.4	6.2	4.7	1.4	5.2	11.7	8.6	7.7	4.3	8.1			
	Mean	14.3	10.1	9.6	6.4	10.1	10.7	8.1	7.1	3.6	7.3	8.4	6.1	4.6	3.4	5.6	7.5	5.6	3.8	1.3	4.5	10.2	7.5	6.3	3.7	6.9			
35% "	1	13.5	11.8	9.1	7.4	10.5	11.9	8.8	6.3	3.7	7.7	10.0	7.1	4.4	2.3	6.0	9.0	6.1	3.2	1.3	4.9	11.1	8.5	5.8	3.7	7.2			
	2	24.6	21.2	16.8	10.5	18.3	17.2	11.2	9.2	7.0	11.2	13.3	10.4	7.0	4.8	8.9	10.8	8.2	5.4	1.5	6.5	16.5	12.8	9.6	6.0	11.2			
	Mean	19.1	16.5	13.0	9.0	14.4	14.6	10.0	7.8	5.4	9.4	11.7	8.8	5.7	3.6	7.4	9.9	7.2	4.3	1.4	5.7	13.8	10.6	7.7	4.8	9.2			
Mean according to P	1	10.9	8.9	6.8	5.3	8.0	9.5	6.7	4.8	3.9	5.9	7.6	5.3	3.5	2.0	4.6	6.6	4.7	3.6	1.1	3.7	8.5	6.4	4.4	2.8	5.5			
	2	17.4	13.8	12.2	7.5	12.7	12.4	9.0	7.6	4.9	8.5	9.8	7.4	5.4	3.7	6.6	8.3	6.3	4.3	1.3	5.1	12.0	9.1	7.4	4.4	8.2			
	Mean	14.1	11.3	9.5	6.4	10.3	10.8	7.8	6.2	3.9	7.2	8.7	6.3	4.5	2.8	5.6	7.4	5.5	3.5	1.2	4.4	10.3	7.7	5.9	3.6	6.9			

Remark : The data in the table were obtained from the following calculation. $\frac{FD_1}{D_g}$

正 (+) であることが要求されよう。

a. W_p と前肢負重量との相関

1号山羊では $r = -0.811 \pm 0.054$, 2号山羊では $r = -0.846 \pm 0.041$ の、ともに、負 (-) の相関に強い相関がみられた。

b. W_p と後肢負重量との相関

1号山羊では $r = 0.409 \pm 0.120$, 2号山羊では $r = 0.498 \pm 0.109$ の、ともに、正の中等程度の相関がみられた。

c. W_p と後肢体重負担量との相関

全実験の内容 48 種
(前述のけん引点 4 種、けん引角度 4 種およびけん引量 3 種の組合せによる) の成績についての相関は図11および図12にみられる如くで、1号山羊では $r = 0.758 \pm 0.061$, 2号山羊では $r = 0.799 \pm 0.052$ の、ともに、相関に強い相関がみられた。なお、これらの図をよくみると、けん引量が体重の15%の場合、 \bullet と、25%の場合、 \times と、ならびに35%の場合、 \square とでは

その分布にかたよがりがあることがわかるので、けん引量35%だけの場合についての相関をみると、図13および図14の如くで、1号山羊では $r = 0.940 \pm 0.029$, 2号山羊では $r = 0.954 \pm 0.023$ の、ともに、更に強い相関がみられた。なお、この場合、けん引点 A, B, C, D 別にみても比較的良好な傾斜をとつて分布していることがわかる。

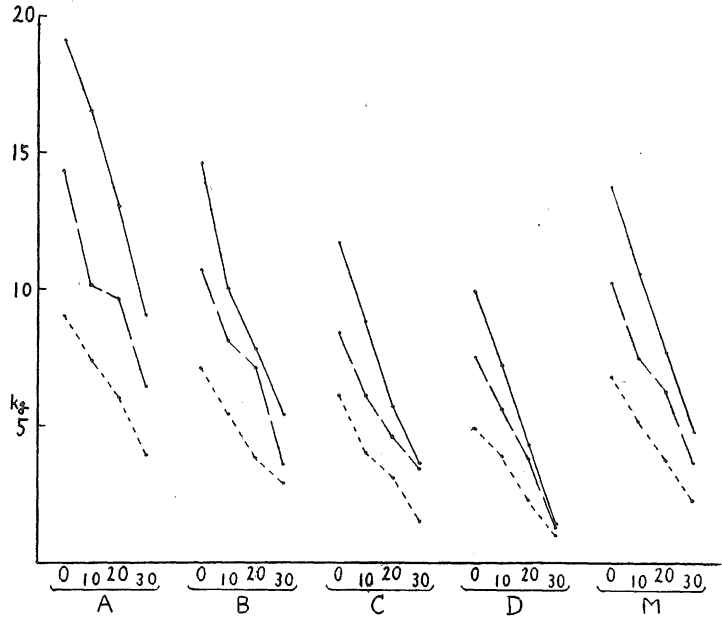


Fig 10. W_p (Mean of goat No.1 and No.2)

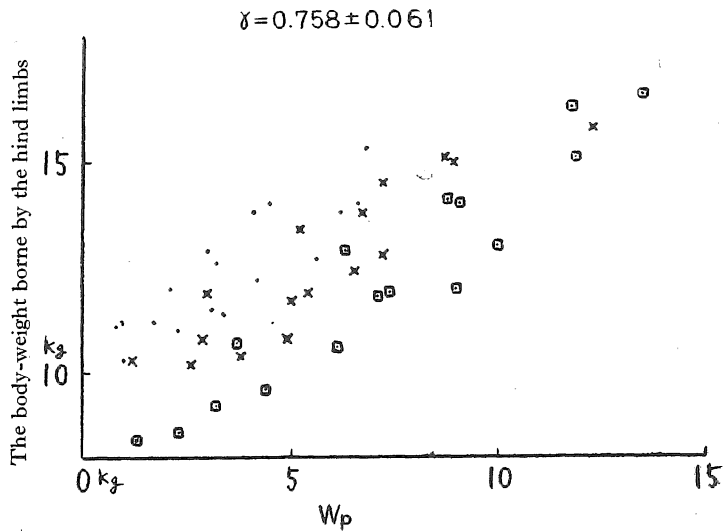


Fig 11. The correlation between W_p and the body-weight borne by the hind limbs (goat No.1)

The marks \bullet , \times , \square , represent the weight of draught of 15% of the body-weight, that of 25% of the body-weight, that of 35% of the body-weight, respectively.

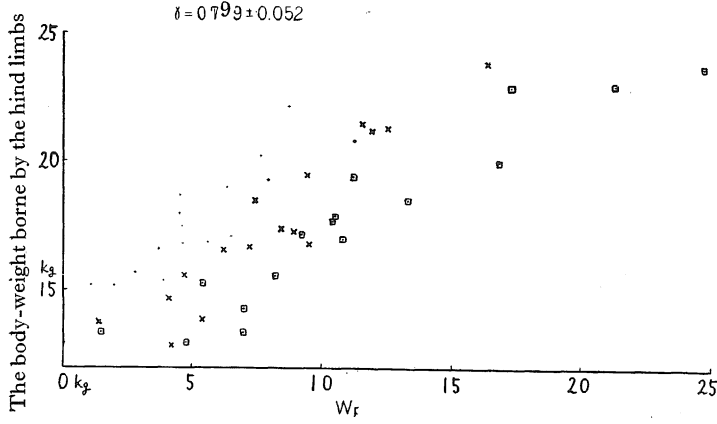


Fig 12. The correlation between W_p and the body-weight borne by the hind limbs (goat No. 2)

Fig 13. The correlation between W_p and the body-weight borne by the hind limbs (in the case when the draught is 35% of body-weight ; goat No. 1)

The figures A, B, C, D represent the points of the attachment of the trace.

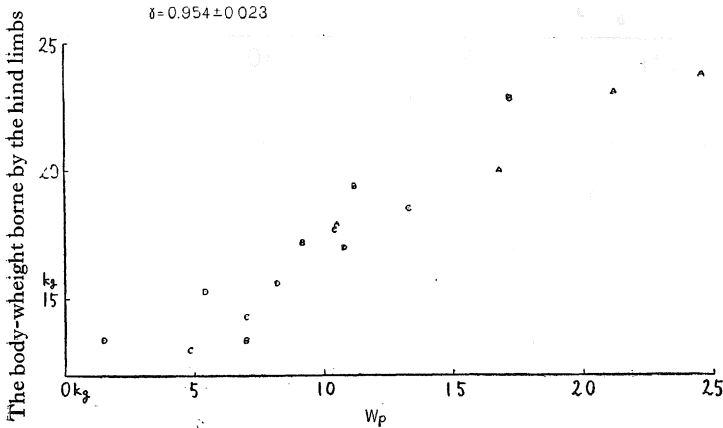
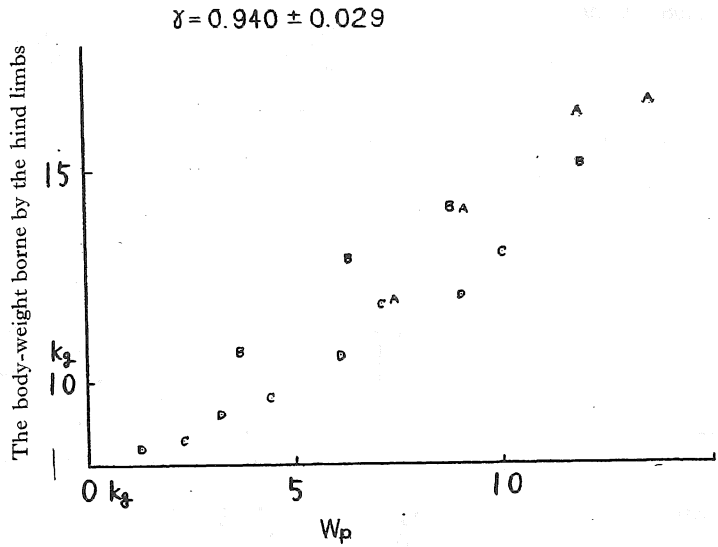


Fig 14. The correlation between W_p and the body-weight borne by the hind limbs (in the case when the draught is 35% of body-weight : goat No.2)

後肢体重負担量には回転力に関与しない部分もあるので、“ W_p = 後肢体重負担量”ということ
は成立しないが、上述の如き、この両者の間の正の強い相関の存在は、 W_p が単なる計算上の推
定ではなくて、実際に働くものとして推論してよい根拠を提供するものであると考えてよからう。
また、加わうに、 W_p は、本実験の条件下では、力学上、後肢体重負担量の中に含まれてゆく
性質のものであることを実証するものとしてうけとつてよいであろう。

そして、これらの推論が認められるならば、ひいて、回転についての平衡の条件、 $FD_1 = W_p D_g$
の理論が成立するものと、推論してよいことになるであろう。なお、この研究では、けん引時の
重心の移動を——軀幹中におけるその移動を、一応、無視して——仮設的に、後蹄（回転軸とし
て働く）との相対的な位置の変化の關係に限つて取り上げたのであるが、このような取上げ方が
大きな誤りでなかつたことをも、上述の研究成績は傍証するものといつてよからう。

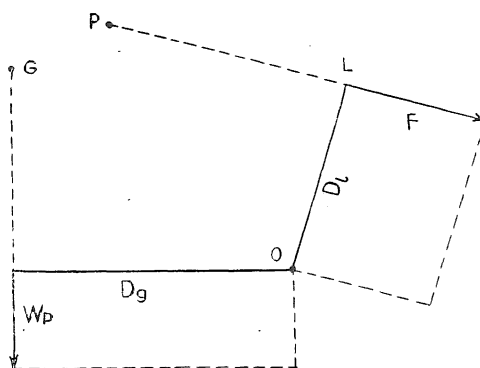
D. 駐立させたままの役畜にけん引をかけた場合の平衡に関する理論

1. 回転運動についての平衡

駐立させたままの役畜に、けん引線（曳き綱）が後蹄を通らないで、それより上方を通るよう

Fig 15. The condition of equilibrium of rotation of the draught animal in station with draught

- Notes F: The weight of the draught
 D_1 : The vertical distance between the axis of rotation of the hind hoofs and the trace
 W_p : The partial body-weight which takes part in the moment of rotation
 D_g : The horizontal distance between the axis of rotation of the hind hoofs and the centre of gravity
O: The axis of rotation of hind hoofs
P: The point of the attachment of the traces
G: The centre of gravity
L: The direction of the trace, or the line of action of draught (traction force)



に——普通の轆曳の場合の如く——けん引をかけた場合には、図15に示す如く、後蹄を回転の軸
または支点として、けん引量、 F と、後蹄とけん引線との垂直距離、 D_1 との積の大きさの回転
力、 FD_1 が役畜の体にかかる。これに対して、役畜は後蹄と重心との水平距離、 D_g との積が
 FD_1 の大きさに等しくなるに要する体重、 W_p を関与せしめて、逆まわりの回転力、 $W_p D_g$ を生じ、体
の平衡を保つ。

この理論には、“1 剛体が平面運動において回転運動について平衡にあるための条件”がその
まま取り入れられているから、第1の批判として、微視的にみれば、そのように単純な平面運動
として取扱つてよいかということが問題となるであろう。しかし、巨視的にみる場合には、これ
まで、実験成績にもとづいて推論して来たところの如くであつて、そう割切つて考えて差支ない
ものと思われる。第2の批判としては、剛体と同様に扱つてよいかということが問題となるであ
らう。この点については、役畜の場合には、その可動性な関節を固定することなどに特別な努力
を要するであろうが、その固定された部分の平衡の条件という限りにおいては、剛体における条

件と同じであることが当然であるといつてよからう。しかし、1剛体とは異つて、1個体中において固定されないで残る部分のあることや、また、けん引のかけ方によつて関節の固定に難易があろうことなど、生物的な特質として認められる面もある。即ち、前肢にかかる体重は固定されないで残っている部分であらうし、また、けん引点を低くする程、回転力の上から言えば有利であらうが、関節の固定という点では、けん引点と後蹄との間を支える体の彎曲が深くなるため不利を伴つてくるであらうことなどが考慮される。

2. 後蹄とけん引線との垂直距離, D_1 の解析

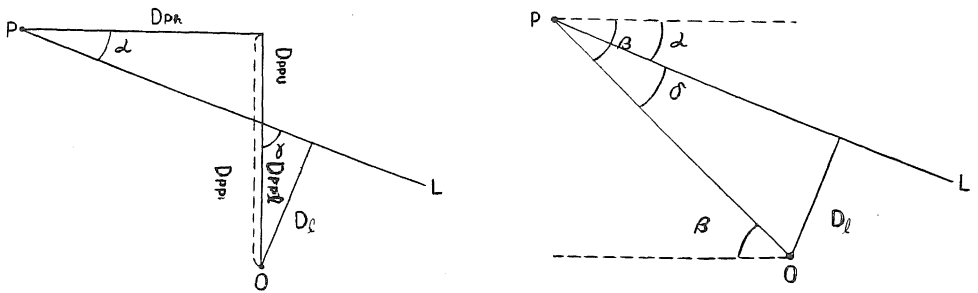


Fig 16. The analysis of D_1

$$\begin{aligned} \text{(a) } D_1 &= D_{pp1} \sin \gamma \\ &= (D_{pp} - D_{pp0}) \sin \gamma \\ &= (D_{pp} - D_{ph} \tan \alpha) \sin \gamma \\ &= D_{pp} - D_{ph} \tan \alpha \sin (90^\circ - \alpha) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(b) } D_1 &= \overline{OP} \sin \delta \\ &= \overline{OP} \sin (\beta - \alpha) \end{aligned}$$

- Notes: O: The axis of rotation of hind hoof
 P: The point of the attachment of the trace
 L: The direction of the trace, or the line of action of the draught (traction force)
 D_{pp} : The perpendicular distance between O and P
 D_{pp0} : The upper part of D_{pp}
 D_{pp1} : The lower part of D_{pp}
 D_{ph} : The horizontal distance between O and P
 \overline{OP} : The distance between O and P (or, the straight line between O and P)
 α : The direction of the trace, or the draught angle (which the trace makes with the horizontal line)
 β : The inclination of the \overline{OP}
 $\gamma = 90^\circ - \alpha$ $\delta = \beta - \alpha$

D_1 は図16 a, b の如く解析できる。即ち、a にしたがえば、 D_1 は後蹄とけん引点との鉛直距離、 D_{pp} が小である程、また、後蹄とけん引点との水平距離、 D_{ph} ならびにけん引角度、 α が大である程小となる。また、b にしたがえば、後蹄とけん引点との距離、 \overline{OP} ならびにその傾角、 β が小である程、また、けん引角度、 α が大である程小となる。

E. 回転についての平衡条件, $FD_1 = W_p D_g$ の理論的意義の適用

1. けん引量のより大なる量に平衡しうる役畜の体型

$FD_1 = W_p D_g$ の式において、F が大でありうるためには W_p 、 D_g などが大であるか、 D_1 が、逆に、小であることが要求される。これを役畜の体型に適用していえば、“けん引量のより大きい重量に平衡しうる体型” はつぎのようである。

- (a) 体体重の回転力関与量, W_p が大であること, ひいては, 体重そのものが大であること。
- (b) 後蹄と重心との水平距離, D_g が大であること, 即ち, 胴が長くて強く, 重心が前寄りにあるような体型で, かつ, 後肢を後方へ伸展する力が大であること。

(c) 後蹄とけん引線との垂直距離, D_1 が小でありうるような体型であること。即ち, 前述の D_1 の解析にしたがっていえば,

(1) 後蹄とけん引点との鉛直距離, D_{pp} が小であること, 即ち低身であること。

(2) 後蹄とけん引点との水平距離, D_{ph} が大であること, 即ち, 胴が長くて強く, かつ, 後肢を後方へ伸展する力が大であること。

2. けん引量をより小さい回転力として働かせるけん引のかけ方

$FD_1 = W_p D_g$ の式において, F が一定であつて, その回転力が小であるためには, D_1 が小であることが要求される。これをけん引のかけ方に適用していえば, “けん引量をより小さい回転力として働かせるけん引のかけ方” はつぎのようである。— D_1 の解析にしたがっていえば,—

(a) 後蹄とけん引点との鉛直距離, D_{pp} が小であること, 即ち, けん引点を低くすること。

(b) 後蹄とけん引点との水平距離, D_{ph} が大であること, 即ち, けん引点をより前方に位置せしめること。

(c) けん引角度, α を大とすること。

なお, 本理論は, 役畜がけん引歩行する場合の機構を解明する上に重要な参考となるであろう。その場合の条件は $FD_1 = W_p D_g$ ではなくて, $FD_1 < W_p D_g$ であろうことが推察される。

IV. Summary

(1) This is a synthetic research of the results of the measurements by photography of the changes in attitude of the goats and in the position of the line of action of the draught (the trace) on them, and of the results of the measurements taken through platform scales of the changes between the weight borne by the fore limbs and the weight borne by the hind limbs of the same goats. In both measurements, the changes are caused with the same conditions under which the goats are kept in station with the draughts imposed on them in the 48 modified ways through manifold combinations of the three elements as in the following : a) [with the point of the attachment of the trace of the draught on the line of the breast-band in the four different ways — at the height of the chine, at the height about the middle between the chine and the point of the shoulder, at the height of the point of shoulder, and at the height of the lowest part of the breast-band; b) with the direction of the trace or the draught angle (which the trace makes with the horizontal line) in the four different ways— horizontal, 10 degrees, 20 degrees, and 30 degrees; and c) with the weight of the draught in the three different ways—15%, 25%, and 35% of the goat's body-weight.

(2) From this the present writer may certainly infer that those changes in attitudes of a goat and in the position of the trace, and changes in the weight borne by the fore and the hind limbs which are mentioned above are produced to equilibrate the body by causing a reverse-rotation through letting part of the body-weight take part in the moment of rotation against the moment of rotation which is brought about by the draught imposed on the body.

He also draws this inference. The condition of equilibrium presents itself with this formula:

$$FD_1 = W_p D_g$$

F : the weight of draught, or the magnitude of traction force

D_t : the vertical distance between the axis of rotation of the hind hoofs and the trace

W_p : the partial body-weight that takes part in the moment of rotation

D_g : the horizontal distance between the axis of rotation of the hind hoofs and the centre of gravity

(3) D_t in the formula presented above has been analyzed as follows:

$$D_t = (D_{pp} - D_{pn} \tan \alpha) \sin(90^\circ - \alpha)$$

D_{pp} : the perpendicular distance between the axis of rotation of the hind hoofs and the point of the attachment of the trace

D_{pn} : the horizontal distance between the axis of rotation of the hind hoofs and the point of the attachment of the trace

α : the direction of the trace, or the draught angle

or

$$D_t = \overline{OP} \sin(\beta - \alpha)$$

\overline{OP} : the length of the straight line between the axis of rotation of the hind hoofs and the point of the attachment of the trace

β : the inclination of the line of \overline{OP}

(4) Based on the statements (2) and (3) above, this writer has made it clear

a) that the conformation of the draught animal which can equilibrate itself to the greater weight of the draught imposed on it is that which is marked by greater body-weight, the centre of gravity drawn forward, relatively low-set, longer of trunk, greater backward expanding power of the hind feet.

b) that in order to let the weight of the draught act as a smaller moment of rotation, it is required to impose the draught in such a way as this: with the point of the attachment of the trace low and drawn forward, the draught angle greater.

(5) The present study has been carried out with a view to gaining information which is reliable enough to explain the mechanism of the draught animal in walking with draught imposed upon it. This writer would propose from this that the condition of the moment of rotation in the state mentioned here will be $FD_t < W_p D_g$, instead of $FD_t = W_p D_g$.

参 考 文 献

- (1) Goubaux, A., and Barrier, G. (1892): The Exterior of the Horse. Translated and edited by S.J.J. Harger. 2nd Ed.
- (2) Hayes, C. (1930): Points of the Horse.
- (3) 久合田勉 (1934): 馬学外貌篇
- (4) 一瀬正巳 (1948): 物理学要説 18版
- (5) 盛政貞人 (1952): 和牛の四肢骨の運動軸に関する研究, 第I報. 島根大学論集(自然科学) 2; 29
- (6) 盛政貞人 (1956): けん引点の高さ, けん引角度およびけん引量の変化が役畜の静姿勢に及ぼす影響について. 島根大学論集(教育学) 6; 29
- (7) 盛政貞人 (1959): けん引点の高さ, けん引角度およびけん引量の変化が静止時の役畜の四肢の負重量に及ぼす影響について. 島根大学論集(教育科学) 9; 8
- (8) 盛政貞人 (1960): 役畜の歩様の解析に関する研究. 島根大学開学記念論文集(自然科学); 138

附記

その後、 $(W - W_p) \times \frac{D_g}{D_s} = W_{np} \times \frac{D_g}{D_s} = W_f$ ならびに、 $(W - W_p) \times \frac{D_s - D_g}{D_s} + W_p + F_t = W_{np} \times (1 - \frac{D_g}{D_s}) + W_p + F_t = W_{np} - W_{np} \times \frac{D_g}{D_s} + W_p + F_t = W_h$ の関係があることをみだし、 $FD_1 = W_p D_g$ の条件の成立を証明することができた。

註 D_s : 前蹄と後蹄との水平距離

W : 体重

W_{np} ($=W - W_p$): 体重の回転力に関与しない量

W_f : 前肢負重量

W_h : 後肢負重量

F_t ($=F_{\sin\alpha}$): けん引量の四肢負重総量への転換量