

# 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 —

盛 政 貞 人

(昭和36年10月31日受理)

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

## I. 緒 論

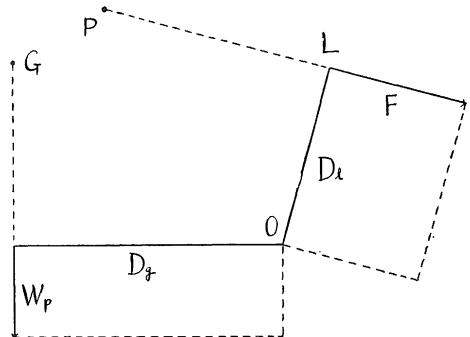
役畜のけん引機構の解明に資する目的をもって、さきに、駐立させたままの山羊に、力の3要素に相当する、

力の3要素	けん引条件の3要素
(1) 力の大きさ	…… (1) けん引量
(2) 力の作用線	…… (2) けん引線(けん引角度)
(3) 力の作用点	…… (3) けん引点

けん引条件の3要素を種々に変化させたけん引をかけた場合の研究を行ない、その場合の姿勢やけん引線(曳き綱)のとり位置の変化、ならびに前後肢別の負重量の変化などは、かけられたけん引によって生ずる回転能率に対して、役畜が、その体重の1部によって反対の回転能率を

Fig. 1. The condition of equilibrium of rotation of the draught animal in station with draught.

- Notes
- F : The weight of the draught
  - DI : The vertical distance between the axis of rotation of the hind hoofs and the trace
  - Wp : The partial body-weight which takes part in the moment of rotation
  - Dg : 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)



生じて、その体の平衡を保つためのものであり、その平衡条件は図1に示す如く、 $FD_1 = W_p D_g$ であることを明らかにした。(5)

この度は、上述の理論に基礎をおいて、山羊がけん引歩行する場合の  $D_1$  ならびに  $D'_g$  (後蹄の仮定の回転軸と仮定の重心との水平距離) を測定するとともに、 $\frac{D_1}{D_g}$ ,  $W_p$ ,  $\frac{W_p}{W}$ ... ( $W$ : 体重) ...など回転能率の平衡に関する事項についての考究を試みた。

## II. 材料および方法

(1) 山羊2頭を用い

(2) 予め、肩胛骨運動中心 (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す) および髖関節運動中心に<sup>(3)</sup>側望上、相当すると考えられる皮膚に、毛刈を行なった後に、1 cm 角の黒色紙によって標点 (図2参照) を付し (実際には運動機構の解釈上意義があると考えられる、その他の数個所にも標点を付したが、この論文の内容には関係がないので、ここには述べることを省略する)、また、測定の基準線とする目的で10cm方眼の白線を書き入れた黒板を、方眼の縦の線が鉛直になる様に保って、treadmill 上の背景においた後 (図2参照)

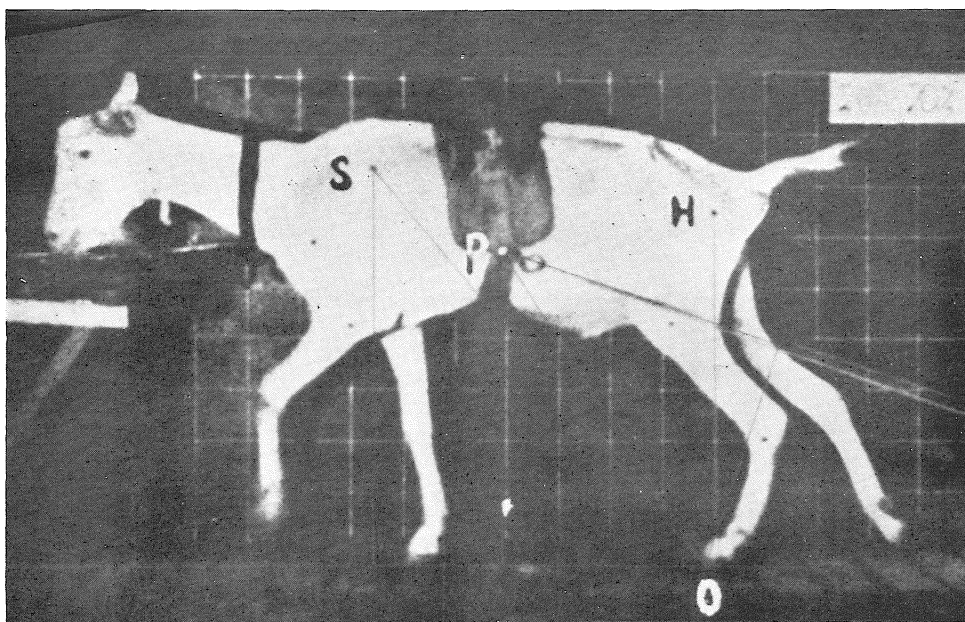


Fig. 2. A sample copy of the photographs in the researches

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 straight line between the cervical angle and the dorsal angle of the Scapula), respectively.

(3) (a) けん引点, The point of the attachment of the trace を胴引におけ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 (以下、この点をAで表わす)、背と肩端との中間の高さ (以下、この点をBで表わす)、肩端の高さ

(以下、この点をCで表わす)、腹帯の下端の高さ(以下、この点をDで表わす)に変化させ、(b) 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、 $10^{\circ}$ 、 $20^{\circ}$ に変化〔けん引点と荷物との間をつなぐけん引線(曳き綱)の中途、やや、荷物寄りに定滑車を介し、その定滑車の位置を上下することによって、けん引線の方向(けん引角度)を調節した。この場合、定滑車を経たけん引線は鉛直に荷物を吊る〕させ、(c) けん引量, The weight of the draught を体重の10%、20%に変化させたけん引をかけて、

(4) 分速42.9mのtreadmillの上を歩行させ、

(5) 一定の距離より、1秒当り24コマの16mm映画にとり、

(6) これを大体キャビネ大の印画紙に一定の率で引伸して焼きつけたもの(図2はその1枚を示す。ただし、倍率は異なる)のうちより、

(7) 後肢負重始期<sup>(2, 4)</sup>, The beginning period of the duration of support by one hind limb〔1後肢の負重が始まる時期で、着地(contact)<sup>(1)</sup>始期とは必ずしも一致しない。

何故ならば、着地が始まっても、未だあまり負重していると認められない時期があるからである〕、反対後肢脱重始期, The beginning period of the duration of non support by the opposite hind limb〔反対後肢の脱重が始まる時期で、挙揚(elevation)始期とは必ずしも一致しない。何故ならば、挙揚の直前に、着地していながら、すでに、殆んど負重していない時期が認められるからである。反対後肢脱重始期は、言いかえれば、1後肢のみの負重が始まる時期である。図2はこの時期の写真である〕、および後肢負重終期, The ending period of the duration of support by hind limb〔1後肢の負重が続く最終の時期で、着地終期とは必ずしも一致しない。何故ならば、着地終期に至る前に、すでに、殆んど負重の終る時期があることが認められるからである)のもの(以上の各時期は両後肢について求められるわけであるが、映画を一定して役畜の左側よりとったため、測定の便宜上より、左後肢についてのもののみ)を選び出し、

(8) それらの各々について、(左肢の)後蹄の仮定の回転軸(後肢負重終期の回転軸が、大体、蹄底の前端にあると考えられるので、この点を測定の原点とした。後肢負重始期および反対後肢脱重始期における測定においてもこれにならった)とけん引線との垂直距離を測定するとともに、(左肢の)後蹄の仮定の回転軸と腕関節運動中心ならびに肩胛骨運動中心との水平距離を測定し、後蹄の仮定の回転軸と仮定の重心との水平距離を算出(算出方法は後蹄の仮定の回転軸と仮定の重心との水平距離についての成績の項において述べる)した。

### III. 成績および考察

#### A. 測定値

1. 後蹄の仮定の回転軸とけん引線との垂直距離, The vertical distance between the assumed axis of rotation of the hind hoof and the trace...D<sub>1</sub>

##### a. D<sub>1</sub>

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

The period of the gait	The weight of the draught	Goat	The point of the attachment of the trace			A			B			C			D																											
			The direction of the trace	horizontal	0°	10°	20°	0°	10°	20°	0°	10°	20°	0°	10°	20°																										
																	0°	10°	20°	0°	10°	20°	0°	10°	20°																	
Period a	10% of the body-weight	N	6.1	5.5	5.4	5.4	4.9	4.5	4.4	4.1	3.8	3.8	3.5	2.9	H	6.4	6.3	5.7	5.4	5.1	4.8	4.6	4.3	4.0	3.8	3.5	3.1	Mean	6.25	5.90	5.55	5.40	5.00	4.65	4.50	4.20	3.90	3.80	3.50	3.00		
		20% "	N	6.1	5.5	5.1	5.3	4.8	4.5	4.3	3.9	3.5	3.6	3.4	2.9	H	6.5	6.2	5.7	5.4	4.9	4.8	4.6	4.1	3.8	3.8	3.5	3.3	Mean	6.30	5.85	5.40	5.35	4.85	4.65	4.45	4.00	3.65	3.70	3.45	3.10	
			10% "	N	6.2	5.4	4.9	5.3	4.7	4.0	4.3	3.9	3.3	3.7	3.2	2.5	H	6.4	5.9	5.1	5.3	4.8	4.4	4.6	3.9	3.4	3.8	3.4	2.6	Mean	6.30	5.65	5.00	5.30	4.75	4.20	4.45	3.90	3.35	3.75	3.30	2.55
	20% "			N	6.1	5.3	4.7	5.3	4.7	4.0	4.3	3.7	3.2	3.7	3.2	2.3	H	6.4	5.8	5.2	5.4	4.7	4.3	4.7	3.9	3.3	3.8	3.3	2.8	Mean	6.25	5.55	4.95	5.35	4.70	4.15	4.50	3.80	3.25	3.75	3.25	2.55
		Period c		10% "	N	5.8	4.5	3.9	5.1	4.0	2.8	4.1	3.3	2.1	3.6	2.8	1.4	H	6.1	5.2	3.9	5.2	4.0	3.3	4.4	3.3	2.4	3.6	2.8	1.5	Mean	5.95	4.85	3.90	5.15	4.00	3.05	4.25	3.30	2.25	3.60	2.80
			20% "		N	6.0	5.0	3.8	5.0	4.0	2.9	4.1	3.1	2.2	3.6	2.7	1.3	H	6.2	5.2	4.1	5.1	4.1	3.3	4.4	3.3	2.2	3.7	2.7	1.7	Mean	6.10	5.10	3.95	5.05	4.05	3.10	4.25	3.20	2.20	3.65	2.70

- Remarks : (1) 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.
- (2) In the column of the period of the gait, Period a, b, and c are used to stand for the beginning period of the duration of support by one hind limb, the beginning period of the duration of non-support by the opposite hind limb, and the ending period of the duration of support by hind limb, respectively.

表1および図3に示す如く、後肢負重始期、反対後肢脱重始期、ならびに後肢負重終期の場合ともに、

- (a) けん引点が低くなるにつれて小となった。  
 (b) けん引角度が大となるにつれて、明らかに、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った。

Dl は、さきの報告<sup>(5)</sup>において述べた如く、つぎの式のように解析できる。

$$(D_{pp} - D_{ph} \tan \alpha) \sin (90^\circ - \alpha)$$

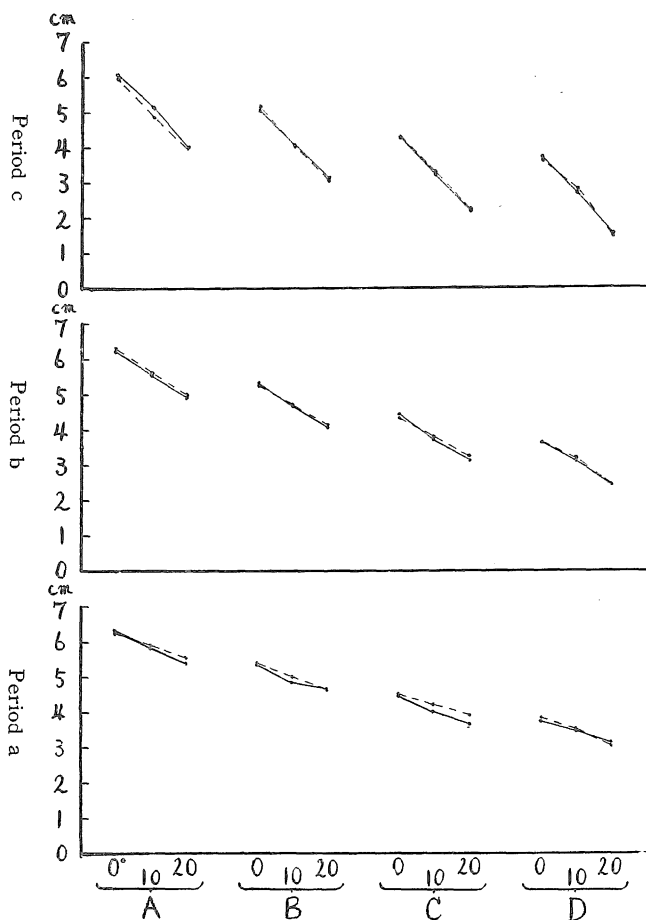


Fig. 3. The vertical distance between the assumed axis of rotation of the hind hoof and the trace .....  $D_l$  (Mean of goat N and H)

The lines ---, — represent the weight of draught of 10% of the body-weight, that of 20% of the body-weight, respectively.

註  $D_{pp}$  : 後蹄の回転軸とけん引点との鉛直距離

$D_{ph}$  : 後蹄の回転軸とけん引点との水平距離

$\alpha$  : けん引角度,

したがって、 $D_l$  は、けん引角度が一定であれば、 $D_{pp}$  が小である程、 $D_{ph}$  が大である程、小となる。 $D_{pp}$  ならびに  $D_{ph}$  の測定値はつぎの如くである。

b. 後蹄の仮定の回転軸とけん引点との鉛直距離、(=けん引点の高さ)、The perpendicular distance between the assumed axis of rotation of hind hoof and the attachment of the trace (=The height of the point of the attachment of the trace) ... $D_{pp}$

表 2 および図 4 に示す如く、後肢負重始期、反対後肢脱重始期、ならびに後肢負重終期の場合ともに、大体、同様の変化をなしている。

(a) けん引点が低くなるにつれて小となった。

(b) けん引角度による影響は明瞭でなかった。

(c) けん引量が大きくなると、総括的に言って、小となった。ただし、けん引点が低く D にあって、けん引角度が 20° の場合などには逆になった。

Table 2. The perpendicular distance between the assumed axis of rotation of hind hoof and the point of the attachment of the trace (=The height of the point of the attachment of the trace) measured on photographs

...Dpp (cm)

The period of the gait	The weight of the draught	Goat	The point of the attachment of the trace											
			A			B			C			D		
			0° = horizontal	10°	20°	0°	10°	20°	0°	10°	20°	0°	10°	20°
Period a	10% of the body-weight	N	6.2	5.9	6.0	5.4	5.4	5.4	4.5	4.5	4.5	3.8	3.7	3.7
		H	6.5	6.8	6.3	5.5	5.4	5.4	4.7	4.6	4.6	3.8	3.7	3.6
		Mean	6.35	6.35	6.15	5.45	5.40	5.40	4.60	4.55	4.55	3.80	3.70	3.65
	20% "	N	6.1	5.8	5.7	5.4	5.1	5.3	4.4	4.1	4.2	3.6	3.7	3.6
		H	6.6	6.4	6.3	5.5	5.3	5.4	4.6	4.5	4.5	3.8	3.7	3.9
		Mean	6.35	6.10	6.00	5.45	5.20	5.35	4.50	4.30	4.35	3.70	3.70	3.75
Period b	10% "	N	6.3	6.2	6.0	5.5	5.6	5.5	4.5	4.6	4.5	3.8	3.7	3.8
		H	6.6	6.7	6.4	5.4	5.5	5.5	4.7	4.6	4.6	3.8	3.9	3.7
		Mean	6.45	6.45	6.20	5.45	5.55	5.50	4.60	4.60	4.55	3.80	3.80	3.75
	20% "	N	6.2	5.9	5.9	5.4	5.4	5.4	4.4	4.2	4.3	3.7	3.7	3.7
		H	6.5	6.4	6.5	5.5	5.4	5.5	4.7	4.5	4.5	3.8	3.7	3.9
		Mean	6.35	6.15	6.20	5.45	5.40	5.45	4.55	4.35	4.40	3.75	3.70	3.80
Period c	10% "	N	6.2	5.9	5.9	5.4	5.2	5.3	4.5	4.3	4.3	3.9	3.7	3.6
		H	6.4	6.7	6.4	5.5	5.4	5.4	4.6	4.5	4.6	3.8	3.8	3.6
		Mean	6.30	6.30	6.15	5.45	5.30	5.35	4.55	4.40	4.45	3.85	3.75	3.60
	20% "	N	6.1	6.0	5.7	5.1	5.0	5.1	4.3	4.1	4.3	3.6	3.7	3.6
		H	6.4	6.3	6.3	5.2	5.3	5.4	4.5	4.4	4.4	3.7	3.6	3.8
		Mean	6.25	6.15	6.00	5.15	5.15	5.25	4.40	4.25	4.35	3.65	3.65	3.70

C. 後蹄の仮定の回転軸とけん引点との水平距離, The horizontal distance between the assumed axis of rotation of the hind hoof and the point of the attachment of the trace ...D<sub>ph</sub>

表3および図5の如く, 後肢負重始期では多少趣を異にするようであるが, 反対後肢脱重始期ならびに後肢負重終期の場合では, 大体, つぎの如き変化をなしている。

(a) けん引点がB, Cにある場合には, 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。これはけん引点がAならびにDにある場合には鞍のそれらの側が引かれて後にさがること, 体がやや, その側にねじられることなどが, その理由の一部になっているものと思われる。

(b) けん引角度による影響は明瞭でなかった。

(c) けん引量が大きくなるにつれて, 総括的に言って, 大となった。ただし, けん引点

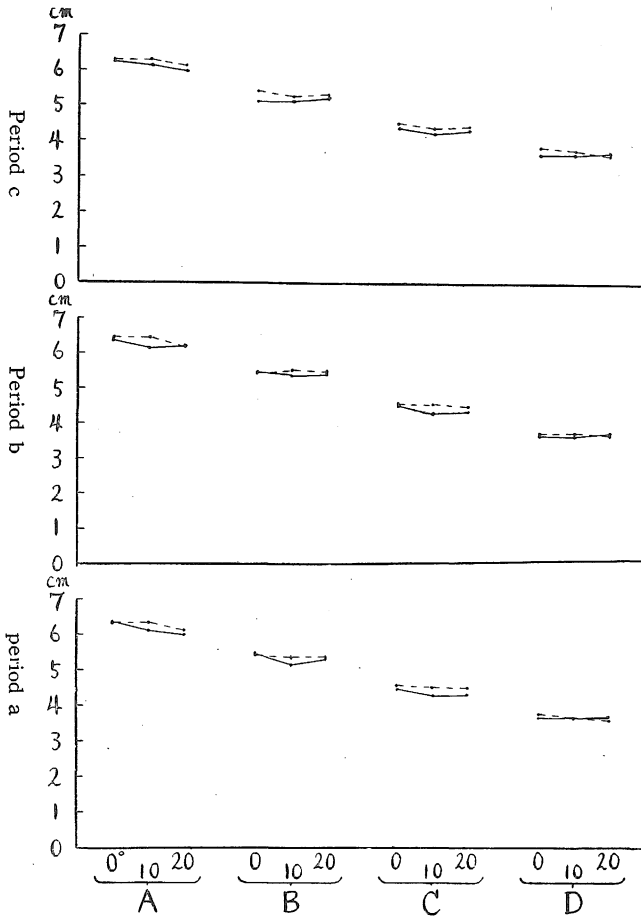


Fig. 4. The Perpendicular distance between the assumed axis of rotation of hind hoof and the point of the attachment of the trace ....  $D_{pp}$  (Mean of goat N and H)

が高く A にあって、けん引角度が  $10^\circ$  の場合などには、逆になった。

$D_{ph}$  の変化は、後蹄の仮定の回転軸と腕関節運動中心との水平距離、後蹄の仮定の回転軸と肩胛骨運動中心との水平距離、ならびに後蹄の仮定の回転軸と仮定の重心との水平距離などの変化とは、やや、趣を異にしている。 $D_{ph}$  の場合には鞍の移動が加わることもその理由の1つであろう。

$D_l$ 、 $D_{pp}$ 、および  $D_{ph}$  の3者の測定成績を総合して考察すれば、つぎのように言えよう。

(a) けん引点が低くなれば——言い換えれば  $D_{pp}$  が小となれば—— $D_l$  が小となっている。これは、主として、これら2者間の直接の関係によるものと考えられる。

(b) けん引角度が大となれば  $D_l$  が小となっている。これも、主として、これら2者間の直接の関係によるものと考えられる。

(c) けん引量が大となれば、総括的に言って、 $D_{pp}$  が小となり、 $D_{ph}$  が大となっている。即ち、ともに  $D_l$  が小となる筈の変化をなしている。それにもかかわらず、 $D_l$  の測定値が、けん引量が大となるにつれて、明瞭に小となっていることが認められないのは、実験の際、けん引線（曳き綱）を導いていた定滑車の位置が固定されていて、精細な適合がなされていないか

Table 3. The horizontal distance between the assumed axis of rotation of the hind hoof and the point of the attachment of the trace measured on photographs  
 .... Dph (cm)

The period of the gait		The weight of the draught		Goat		The point of the attachment of the trace																
						The direction of the trace																
						A			B			C			D							
						horizontal																
						10°		20°		0°		10°		20°		0°		10°		20°		
Period a	10% of the body-weight	N	1.3	1.3	0.7	1.2	1.7	1.3	1.3	1.6	1.1	0.9	1.1	1.3	1.1	1.3	0.9	1.1	1.3	1.1	1.3	
		H	0.9	1.3	0.4	1.0	1.1	1.0	1.0	1.2	0.8	0.8	0.9	0.8	0.9	0.8	0.8	0.9	0.8	0.9	0.8	0.8
		Mean	1.10	1.30	0.55	1.10	1.40	1.15	1.15	1.40	0.95	0.85	1.00	1.05	1.00	1.05	1.00	1.05	1.00	1.05	1.00	1.05
	20% "	N	1.5	1.0	0.9	1.5	1.2	1.4	1.6	1.2	1.3	1.7	1.5	1.4	1.5	1.4	1.5	1.4	1.5	1.4	1.5	1.4
		H	1.0	0.3	0.7	1.1	1.1	0.9	1.2	1.3	1.0	1.2	1.3	0.9	1.2	1.3	1.0	1.2	1.3	0.9	1.2	1.3
		Mean	1.25	0.65	0.80	1.30	1.15	1.15	1.40	1.25	1.15	1.45	1.40	1.15	1.40	1.15	1.45	1.40	1.15	1.40	1.15	1.40
Period b	10% "	N	3.0	2.7	2.4	2.9	3.2	2.7	2.3	2.4	2.8	2.5	2.4	2.9	2.7	2.3	2.6	2.9	2.7	2.3	2.6	
		H	2.6	3.2	2.3	2.8	2.3	2.4	2.5	2.9	2.7	2.3	2.6	2.6	2.9	2.7	2.3	2.6	2.6	2.9	2.7	2.3
		Mean	2.80	2.95	2.35	2.85	2.75	2.55	2.40	2.65	2.75	2.40	2.50	2.75	2.40	2.50	2.75	2.40	2.50	2.75	2.40	2.50
	20% "	N	3.0	2.4	2.4	3.1	2.8	2.8	3.1	2.7	2.7	2.8	2.6	2.9	2.7	2.7	2.8	2.6	2.9	2.7	2.7	2.8
		H	2.8	2.1	2.6	2.5	2.8	2.9	2.9	3.1	2.9	2.5	2.4	2.6	2.9	2.9	2.5	2.4	2.6	2.9	2.9	2.9
		Mean	2.90	2.25	2.50	2.80	2.80	2.85	3.00	2.90	2.80	2.65	2.50	2.75	2.80	2.65	2.50	2.75	2.80	2.65	2.50	2.75
Period c	10% "	N	5.7	5.6	5.0	5.6	5.8	5.7	5.1	5.3	5.6	4.9	5.0	5.5	5.3	5.6	4.9	5.0	5.5	5.3	5.6	
		H	5.9	5.9	5.6	5.6	5.6	5.8	5.5	5.8	5.4	5.0	5.4	5.3	5.9	5.4	5.0	5.4	5.3	5.9	5.4	
		Mean	5.80	5.75	5.30	5.60	5.70	5.75	5.30	5.55	5.50	4.95	5.20	5.40	5.80	5.55	5.20	5.40	5.80	5.55	5.40	5.60
	20% "	N	5.5	4.8	5.1	5.8	5.7	5.6	5.5	5.3	5.5	5.4	5.4	5.5	5.5	5.4	5.4	5.5	5.5	5.4	5.4	5.5
		H	5.6	5.1	5.6	5.6	5.9	5.8	5.8	6.1	5.9	5.4	5.7	5.7	5.6	5.4	5.7	5.7	5.6	5.4	5.7	5.7
		Mean	5.55	4.95	5.35	5.70	5.80	5.70	5.65	5.70	5.70	5.40	5.55	5.60	5.80	5.65	5.55	5.60	5.80	5.65	5.55	5.60

ったことによるものと思われる。即ち、 $D_{pp}$  が小となり、 $D_{ph}$  が大となるにもかかわらず、定滑車の位置が変わらないためにけん引角度がやや小となって、全体として、 $D_l$  を小としなかったことがうかがわれる。

2. 後蹄の仮定の回転軸と仮定の重心との水平距離, The horizontal distance between the assumed axis of rotation of the hind hoof and the assumed centre of gravity ...

$D_g'$

$D_g'$  はつぎの式により算出した。

後蹄の仮定の回転軸と腕関節運動中心との水平距離 + 腕関節運動中心と肩胛骨運動中心との水平距離 × 前肢負重率

註. ◦ 腕関節運動中心と肩胛骨運動中心との水平距離は「後蹄の仮定の回転軸と肩胛骨運動中心との水平距離 - 後蹄の仮定の回転軸と腕関節運動中心との水平距離」によって求めた。

◦ 前肢負重率 (%) は  $\frac{\text{前肢負重量}}{\text{体重}} \times 100$  である。

◦ ここでは、前肢負重率は63%とした。



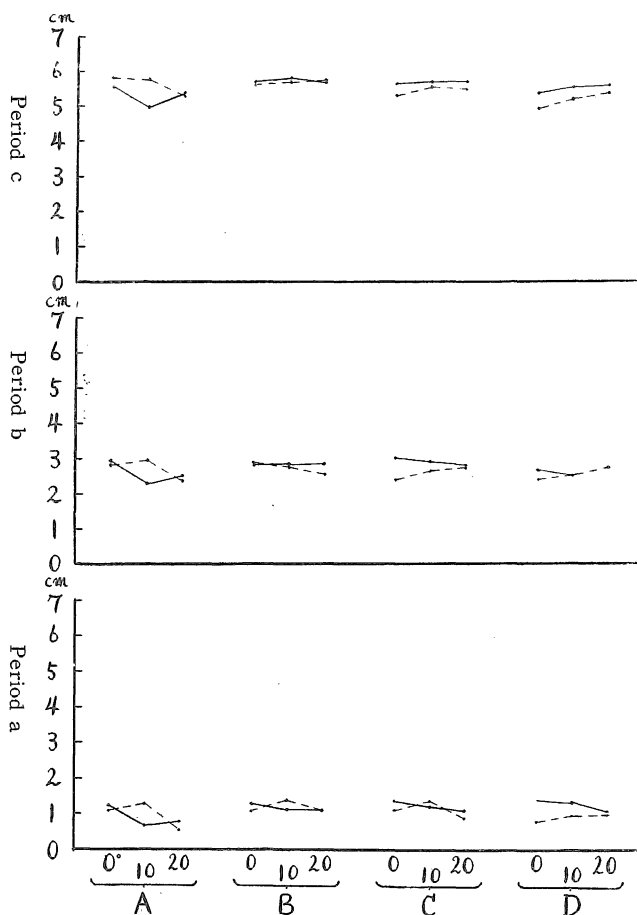


Fig. 5. The horizontal distance between the assumed axis of rotation of the hind hoof and the point of the attachment of the trace ..... Dph (Mean of goat N and H)

後蹄の仮定の回転軸と腕関節運動中心との水平距離，後蹄の仮定の回転軸と肩胛骨運動中心との水平距離，ならびに  $D_{g'}$  はつぎのようである。

a. 後蹄の仮定の回転軸と腕関節運動中心との水平距離，The horizontal distance between the assumed axis of rotation of the hind hoof and the centre of movement of the hip joint ...  $D_{ch}$

表4および図6のaに示す如くである。

b. 後蹄の仮定の回転軸と肩胛骨運動中心との水平距離，The horizontal distance between the assumed axis of rotation of the hind hoof and the centre of movement of the scapula ...  $D_{cs}$

表5および図6のbに示す如くである。

c.  $D_{g'}$

表6および図6のcに示す如くで，後肢負重初期では多少趣を異にするようであるが，反対後肢脱重初期ならびに後肢負重終期の場合では，大体，つぎのような変化をなしている。

(a) けん引点による影響は明瞭でなかった。

Table 4. 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 ..... Dch (cm)

			A			B			C			D		
			0° = horizontal	10°	20°	0°	10°	20°	0°	10°	20°	0°	10°	20°
Period a	10% of the body-weight	N	-1.8	-1.5	-1.8	-1.9	-1.1	-1.7	-1.6	-1.3	-1.8	-1.9	-1.8	-1.5
		H	-2.1	-2.0	-2.4	-2.1	-2.1	-2.1	-2.2	-1.9	-2.3	-2.1	-2.1	-2.1
		Mean	-1.95	-1.75	-2.10	-2.00	-1.60	-1.90	-1.90	-1.60	-2.05	-2.00	-1.95	-1.80
	20% "	N	-1.3	-1.5	-1.5	-1.4	-1.5	-1.5	-1.1	-1.6	-1.4	-1.0	-1.2	-1.3
		H	-1.6	-2.5	-2.1	-1.8	-1.9	-2.1	-1.8	-1.7	-2.0	-1.5	-1.4	-1.8
		Mean	-1.45	-2.00	-1.80	-1.60	-1.70	-1.80	-1.45	-1.65	-1.70	-1.25	-1.30	-1.55
Period b	10% "	N	-0.3	-0.2	-0.2	-0.4	0.2	-0.4	-0.6	-0.5	-0.2	-0.4	-0.5	-0.1
		H	-0.5	-0.3	-0.6	-0.5	-0.9	-0.9	-0.9	-0.4	-0.5	-0.7	-0.4	-0.4
		Mean	-0.40	-0.25	-0.40	-0.45	-0.35	-0.65	-0.75	-0.45	-0.35	-0.55	-0.45	-0.25
	20% "	N	0.1	-0.1	0	0	0	-0.2	0.3	-0.1	-0.2	0.1	-0.2	0.2
		H	0.2	-0.9	-0.2	-0.5	-0.2	-0.2	-0.3	-0.1	-0.2	-0.2	-0.3	-0.2
		Mean	0.15	-0.50	-0.10	-0.25	-0.10	-0.20	0	-0.10	-0.20	-0.05	-0.25	0
Period c	10% "	N	2.4	2.7	2.5	2.4	2.7	2.5	2.0	2.4	2.6	1.9	2.1	2.5
		H	2.8	2.6	2.7	2.3	2.4	2.5	2.3	2.5	2.2	2.1	2.4	2.3
		Mean	2.60	2.65	2.60	2.35	2.55	2.50	2.15	2.45	2.40	2.00	2.25	2.40
	20% "	N	2.6	2.3	2.6	2.7	2.8	2.6	2.5	2.6	2.6	2.6	2.5	2.7
		H	2.9	2.4	2.8	2.6	2.9	2.6	2.6	2.9	2.8	2.6	2.9	2.8
		Mean	2.75	2.35	2.70	2.65	2.85	2.60	2.55	2.75	2.70	2.60	2.70	2.75

Remark : See H in Fig. 2

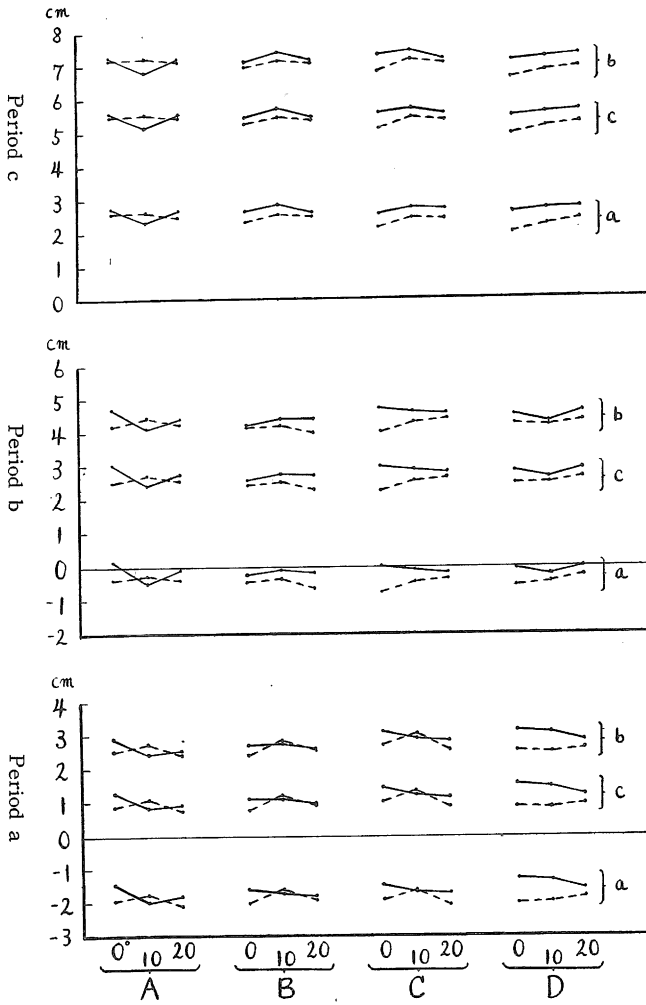


Fig. 6. The horizontal distances : a, between the assumed axis of rotation of the hind hoof and the assumed centre of movement of the hip joint ... Dch, b, between the assumed axis of rotation of the hind hoof and the assumed centre of movement of the scapula ..... Dcs, and c, between the assumed axis of rotation of the hind hoof and the assumed centre of gravity ..... Dg' (Mean of goat N and H)

(b) けん引角度による影響は、歩期、けん引点、ならびにけん引量などの差異によって趣を異にした。

(c) けん引量が大となると、けん引点が B, C, D にある場合には、一般に相当大となった。

即ち、けん引歩行させた場合においても、駐立させたままでけん引をかけた場合の成績におけると同様に、D<sub>1</sub> はけん引点ならびにけん引角度の変化によって大きく影響をうけたが、D<sub>g'</sub> はけん引量の変化によって大きく影響をうける傾向がみられた。

Table 5. The horizontal distance between the assumed axis of rotation of the hind hoof and the centre of movement of the scapula measured on photographs ..... Dcs (cm)

The period of the gait	The weight of the draught	Goat	The point of the attachment of the trace			A			B			C			D		
			The direction of the trace			0° = horizontal	10°	20°	0°	10°	20°	0°	10°	20°	0°	10°	20°
Period a	10% of the body-weight	N	2.6	2.9	2.7	2.5	3.2	2.7	2.9	3.2	2.7	2.5	2.5	2.8			
		H	2.4	2.6	2.1	2.3	2.5	2.4	2.5	2.9	2.4	2.6	2.5	2.4			
		Mean	2.50	2.75	2.40	2.40	2.85	2.55	2.70	3.05	2.55	2.55	2.50	2.60			
	20% "	N	3.1	2.9	2.8	2.9	2.9	2.8	3.3	2.8	3.0	3.3	3.1	3.0			
		H	2.7	2.0	2.3	2.5	2.6	2.4	2.9	3.0	2.7	3.0	3.1	2.7			
		Mean	2.90	2.45	2.55	2.70	2.75	2.60	3.10	2.90	2.85	3.15	3.10	2.85			
Period b	10% "	N	4.3	4.4	4.4	4.1	4.7	4.1	4.0	4.0	4.4	4.3	4.0	4.3			
		H	4.1	4.5	4.1	4.2	3.7	3.9	4.0	4.6	4.4	4.2	4.4	4.4			
		Mean	4.20	4.45	4.25	4.15	4.20	4.00	4.00	4.30	4.40	4.25	4.20	4.35			
	20% "	N	4.7	4.4	4.5	4.4	4.5	4.3	4.8	4.4	4.5	4.5	4.2	4.6			
		H	4.7	3.8	4.3	4.0	4.3	4.5	4.6	4.8	4.6	4.5	4.4	4.6			
		Mean	4.70	4.10	4.40	4.20	4.40	4.40	4.70	4.60	4.55	4.50	4.30	4.60			
Period c	10% "	N	6.9	7.2	7.0	6.9	7.3	6.9	6.6	6.9	7.1	6.5	6.5	6.9			
		H	7.5	7.3	7.3	7.0	7.0	7.2	7.0	7.4	7.0	6.7	7.1	6.9			
		Mean	7.20	7.25	7.15	6.95	7.15	7.05	6.80	7.15	7.05	6.60	6.80	6.90			
	20% "	N	7.1	6.7	7.1	7.1	7.4	7.0	7.1	7.1	7.2	7.0	6.9	7.1			
		H	7.4	6.9	7.3	7.1	7.4	7.3	7.5	7.7	7.1	7.2	7.5	7.5			
		Mean	7.25	6.80	7.20	7.10	7.40	7.15	7.30	7.40	7.15	7.10	7.20	7.30			

Remark : See S in Fig. 2

Table 6. The horizontal distance between the assumed axis of rotation of the hind hoof and the assumed centre of gravity ..... Dg' (cm)

The period of the gait	The weight of the draught	Goat	The point of the attachment of the trace											
			The direction of the trace											
			A			B			C			D		
0° = horizontal														
			10°	20°	0°	10°	20°	0°	10°	20°	0°	10°	20°	
Period a	10% of the body-weight	N	0.97	1.27	1.04	0.87	1.61	1.07	1.24	1.54	1.04	0.87	0.91	1.21
		H	0.74	0.90	0.44	0.67	0.80	0.74	0.76	1.12	0.66	0.86	0.80	0.74
		Mean	0.86	1.09	0.74	0.77	1.21	0.91	1.00	1.33	0.85	0.87	0.86	0.98
	20% "	N	1.47	1.27	1.21	1.31	1.27	1.21	1.67	1.17	1.37	1.71	1.51	1.41
		H	1.11	0.34	0.67	0.91	0.94	0.74	1.16	1.26	0.96	1.34	1.44	1.04
		Mean	1.29	0.81	0.94	1.11	1.11	0.98	1.42	1.22	1.17	1.53	1.48	1.23
Period b	10% "	N	2.60	2.70	2.70	2.44	3.04	2.44	2.30	2.34	2.70	2.56	2.34	2.67
		H	2.40	2.72	2.36	2.46	2.00	2.12	2.19	2.75	2.59	2.39	2.62	2.62
		Mean	2.50	2.71	2.53	2.45	2.52	2.28	2.25	2.55	2.65	2.48	2.48	2.65
	20% "	N	3.00	2.74	2.84	2.77	2.84	2.64	3.14	2.74	2.76	2.87	2.57	2.97
		H	3.04	2.06	2.64	2.34	2.64	2.76	2.79	2.99	2.82	2.76	2.66	2.82
		Mean	3.02	2.40	2.74	2.56	2.74	2.70	2.97	2.87	2.79	2.82	2.62	2.90
Period c	10% "	N	5.24	5.54	5.34	5.24	5.60	5.27	4.90	5.24	5.44	4.80	4.87	5.27
		H	5.76	5.56	5.60	5.26	5.30	5.46	5.26	5.59	5.22	5.00	5.36	5.20
		Mean	5.50	5.55	5.47	5.25	5.45	5.37	5.08	5.42	5.33	4.90	5.12	5.24
	20% "	N	5.44	5.07	5.44	5.47	5.70	5.37	5.40	5.44	5.50	5.37	5.27	5.47
		H	5.74	5.24	5.64	5.44	5.74	5.56	5.69	5.92	5.51	5.50	5.80	5.76
		Mean	5.59	5.16	5.54	5.46	5.72	5.47	5.55	5.68	5.51	5.44	5.54	5.62

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) ×  $\frac{\text{The body-weight borne by the fore limbs}}{\text{The body-weight}}$

B. 回転能率に関する計算値

1. FD<sub>1</sub> ならびに W<sub>p</sub> D<sub>g</sub>

a. FD<sub>1</sub>

けん引量による回転能率が後蹄を回転軸として生じるであろうことは、駐立した役畜にけん引をかけた場合の平衡についての研究結果<sup>(5)</sup>に徴して、まず、間違いないであろう。

ただし、その回転能率が後の2肢によって、どのように分担されるかということが問題になるであろう。しかし、1後肢のみでの負重が始まる時期、即ち、反対後肢脱重始期に限ってみれば、その問題は残らない。しかも、負重肢の蹄の回転軸としての働きは、脱重した反対後肢

Table 7: FDI (kg · cm)

The period of the gait	The weight of the draught	Goat	The point of the attachment of the trace											
			A			B			C			D		
			horizontal	10°	20°	horizontal	10°	20°	horizontal	10°	20°	horizontal	10°	20°
Period b	10% of the body-weight	N	32	28	25	28	24	21	22	20	17	19	17	13
		H	38	35	30	31	28	26	27	23	20	22	20	15
		Mean	35	32	28	30	26	24	25	22	19	21	19	14
	20% "	N	63	55	49	55	49	42	45	38	33	38	33	24
		H	76	68	61	64	55	51	55	46	39	45	39	33
		Mean	70	62	55	60	52	47	50	42	36	42	36	29
Period c	10% "	N	30	23	20	27	21	15	21	17	11	19	15	7
		H	36	31	23	31	24	19	26	19	14	21	17	9
		Mean	33	27	22	29	23	17	24	18	13	20	16	8
	20% "	N	62	52	40	52	42	30	43	32	23	37	28	14
		H	73	61	48	60	48	39	52	39	26	44	32	20
		Mean	68	57	44	56	45	35	48	36	25	41	30	17

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

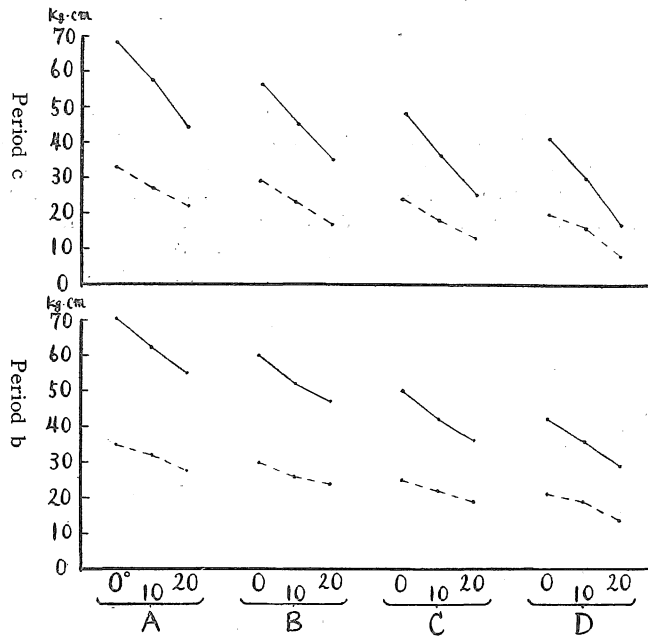


Fig. 7. FDI (Mean of goat N and H)

の回転軸としての働きと交替して、急に備わるもののように思われる。そこで、ここでは、反対後肢脱重始期および後肢負重終期における  $FD_1$  に限ってとりあげれば、表7および図7に示す如くである。

(a) けん引点が低くなるにつれて小となった。

(b) けん引角度が大となるにつれて小となった。

(c) けん引量が大となると大となったが、そのけん引量による影響の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った。

b.  $W_p D_g$

駐立した役畜にけん引をかけた場合の平衡条件は、さきに述べた如く、 $W_p D_g = FD_1$ であることを明らかにしたが、役畜がけん引歩行する場合には、一般の場合、 $W_p D_g$  は  $FD_1$  より大 ( $W_p D_g > FD_1$ ) でなければならぬであろうと推察される。しかし、その差 ( $W_p D_g - FD_1$ ) はあまり大であってもいけないであろう。つまり、この場合にも、ある程度、平衡に近い条件が必要であって、余り極端に平衡が破れても不合理であろうと思推される。

そして、瞬間的には  $W_p D_g = FD_1$  の条件下にあることも可能であるかもしれない。しかし、 $W_p D_g$  が  $FD_1$  より小 ( $W_p D_g < FD_1$ ) であれば、もはやけん引歩行は行ないえないであろう。

本論文においては、 $W_p D_g = FD_1$  を、一応、けん引歩行が可能な条件の限界とみなして、 $W_p$  および  $\frac{W_p}{W}$  などについて、後程、考察を進めてゆくことにしたい。

2.  $\frac{D_1}{D_g}$

前項において述べたところより、一応、 $FD_1 \approx W_p D_g = F \times \frac{D_1}{D_g} \approx W_p$ 、または  $\frac{D_1}{D_g} \approx \frac{W_p}{F}$  がけん引歩行の可能な条件とすれば、 $\frac{D_1}{D_g}$  は重要な意義をもつことがわかる。しかも、2つの長さの比であるから、1つの長さの測定値とは異って、役畜と写真機との距離の大小に影響されることが殆んどないといってよいので、その資料を得ることが容易であり、かつその値の信頼度が高く、活用の面からいってもとりあげる意義がある。

$\frac{D_1}{D_g} \approx \frac{W_p}{F}$  の式によって示される如く、 $\frac{D_1}{D_g}$  の値がより小となれば、 $\frac{W_p}{F}$  の値もより小となる。

$\frac{W_p}{F}$  の値がより小であれば、一定の体重の役畜によってけん引歩行しうるけん引量はより大となるであろう。

反対後肢脱重始期ならびに後肢負重終期の場合における  $\frac{D_1}{D_g}$  は表8および図8に示す如くで、

(a) けん引点が低くなるにつれて小となった。

(b) けん引角度が大となるにつれて小となった。

(c) けん引量が大となると、反対後肢脱重始期のけん引点が B, C, D にある場合には、明らかに小となったが、後肢負重終期のけん引点が B, C, D にある場合には、そのけん引量による影響の差は小となった。

Table 8.  $\frac{Dl}{D'g}$

The period of the gait	The weight of the draught	Goat	The point of the attachment of the trace		A		B		C		D			
			The direction of the trace		horizontal	10°	20°	0°	10°	20°	0°	10°	20°	
			Goat											
Period b	10% of the body-weight	N	2.38	2.00	1.81	2.17	1.55	1.64	1.87	1.67	1.22	1.45	1.37	0.94
		H	2.67	2.17	2.16	2.15	2.40	2.08	2.10	1.42	1.31	1.59	1.30	0.99
		Mean	2.53	2.09	1.99	2.16	1.98	1.86	1.99	1.55	1.27	1.52	1.34	0.97
	20% "	N	2.03	1.93	1.65	1.91	1.65	1.52	1.37	1.35	1.16	1.29	1.25	0.77
		H	2.11	2.82	1.97	2.31	1.78	1.56	1.68	1.30	1.17	1.38	1.24	0.99
		Mean	2.07	2.38	1.81	2.11	1.72	1.54	1.53	1.33	1.17	1.34	1.25	0.88
Period c	10% "	N	1.11	0.81	0.73	0.97	0.71	0.53	0.84	0.63	0.39	0.75	0.57	0.27
		H	1.06	0.94	0.70	0.99	0.75	0.60	0.84	0.59	0.46	0.72	0.52	0.29
		Mean	1.09	0.88	0.72	0.98	0.73	0.57	0.84	0.61	0.43	0.74	0.55	0.28
	20% "	N	1.10	0.99	0.70	0.91	0.70	0.54	0.76	0.57	0.40	0.67	0.51	0.24
		H	1.08	0.99	0.73	0.94	0.71	0.59	0.77	0.56	0.40	0.67	0.47	0.30
		Mean	1.09	0.99	0.72	0.93	0.71	0.57	0.77	0.57	0.40	0.67	0.49	0.27

Remarks : 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.

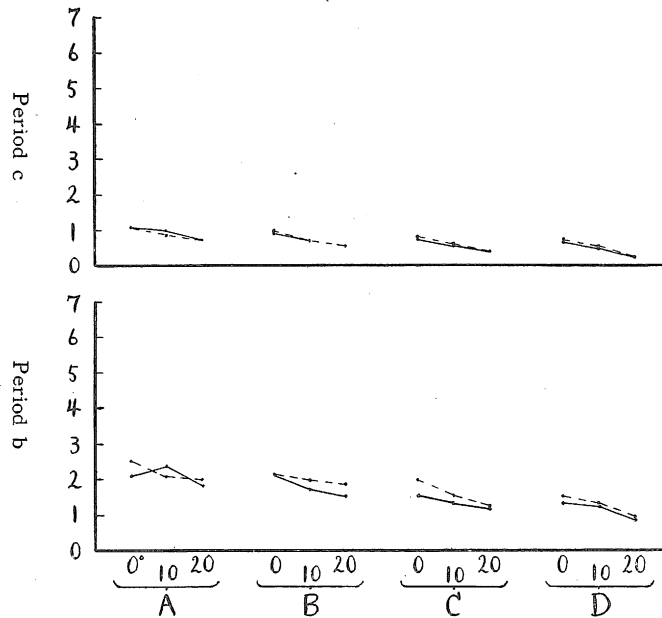


Fig. 8.  $\frac{Dl}{D'g'}$  (Mean of goat N and H)



Table 9. The partial body-weight which take part in the moment of rotation ..... Wp (kg)

The period of the gait	The point of the attachment of the trace		A			B			C			D		
	The weight of the draught	Goat	The direction of the trace		0° = horizontal	10°	20°	0°	10°	20°	0°	10°	20°	
			0°	10°										20°
Period b	10% of the body-weight	N	12.4	10.4	9.4	11.3	8.1	8.5	9.7	8.7	6.3	7.5	7.1	4.9
		H	15.8	12.8	12.7	12.7	14.2	12.3	12.4	8.4	7.7	9.4	7.7	5.8
		Mean	14.10	11.60	11.05	12.00	11.15	10.40	11.05	8.55	7.00	8.45	7.40	5.35
	20% "	N	21.1	20.1	17.2	19.9	17.2	15.8	14.2	14.0	12.1	13.4	13.0	8.0
		H	24.9	33.3	23.2	27.3	21.0	18.4	19.8	15.3	13.8	16.3	14.6	11.7
		Mean	23.00	26.70	20.20	23.60	19.10	17.10	17.00	14.65	12.95	14.85	13.80	9.85
Period c	10% "	N	5.8	4.2	3.8	5.0	3.7	2.8	4.4	3.3	2.0	3.9	3.0	1.4
		H	6.3	5.5	4.1	5.8	4.4	3.5	5.0	3.5	2.7	4.2	3.1	1.7
		Mean	6.05	4.85	3.95	5.40	4.05	3.15	4.70	3.40	2.35	4.05	3.05	1.55
	20% "	N	11.4	10.3	7.3	9.5	7.3	5.6	7.9	5.9	4.2	7.0	5.3	2.5
		H	12.7	11.7	8.6	11.1	8.4	7.0	9.1	6.6	4.7	7.9	5.5	3.5
		Mean	12.05	11.00	7.95	10.30	7.85	6.30	8.50	6.25	4.45	7.45	5.40	3.00

Remarks : The data in the table were obtained from the following calculation. ...  $F \times \frac{Dl}{Dg'} = Wp$

$\frac{D_1}{D_g}$  は、反対後肢脱重始期において、けん引量が体重の10%の場合、最大2.53、最小0.97、けん引量が20%の場合、最大2.38、最小0.88、後肢負重終期の場合において、けん引量が体重の10%の場合、最大1.09、最小0.28、けん引量が体重の20%の場合、最大1.09、最小0.27であった。

3.  $FD_1 = W_p D_g$  の場合の  $W_p$  ならびに  $\frac{W_p}{W}$

a.  $FD_1 = W_p D_g$  の場合の体重の回転力関与量、 $W_p \dots$  (役畜がけん引歩行する場合の $W_p$ の最小値)

表9および図9の如くで、反対後肢脱重始期ならびに後肢負重終期の場合ともに、

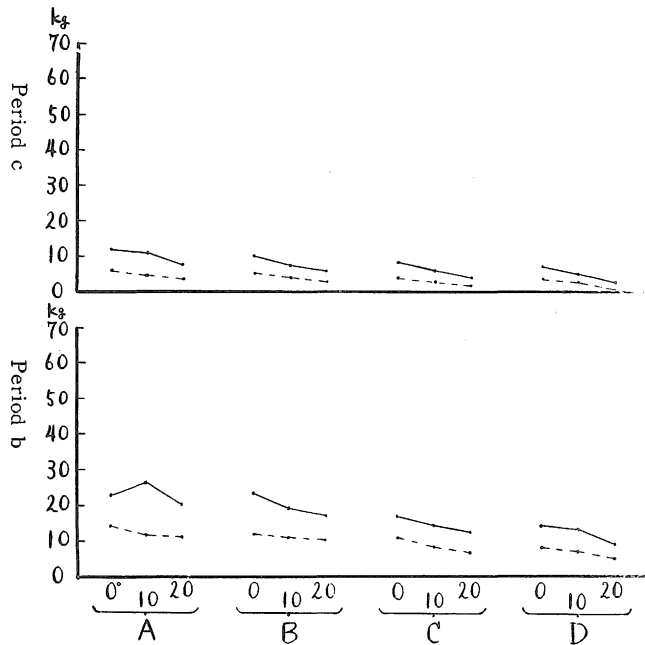


Fig. 9.  $W_p$  (Mean of goat N and H)

- (a) けん引点が低くなるにつれて小となった。
- (b) けん引角度が大となるにつれて小となった。
- (c) けん引量が大きくなると大となった。

b.  $FD_1 = W_p D_g$  の場合の  $\frac{W_p}{W}$

$W_p$  の値を問題にする場合には、その絶対値については当然のことながら、一方、その値の体重に対する割合が重要な意義をもってくる。

$W_p$  の大きさが、体重の範囲内で、どの程度まで大となっても、けん引歩行が可能であるか、 $\frac{W_p}{W}$  の適度な大きさはどの位であるか、などが問題になるであろう。

$\frac{W_p}{W}$  の値 (%) は表10および図10に示す如くであった。

Table 10.  $\frac{W_p}{W}$  (%)

The period of the gait	The point of the attachment of the trace The direction of the trace Goat		A		B		C			D				
			horizontal 0°	10°	20°	0°	10°	20°	0°	10°	20°	0°	10°	20°
Period b	10% of the body-weight	N	23.8	20.0	18.1	21.7	15.5	16.4	18.7	16.7	12.2	14.5	13.7	9.4
		H	26.7	21.7	21.6	21.5	24.0	20.8	21.0	14.2	13.1	15.9	13.0	9.9
		Mean	25.3	20.9	19.9	21.6	19.8	18.6	19.9	15.5	12.7	15.2	13.4	9.7
	20% "	N	40.6	38.6	33.0	38.2	33.0	30.4	27.4	27.0	23.2	25.8	25.0	15.4
		H	42.2	56.4	39.4	46.2	35.6	31.2	33.6	26.0	23.4	27.6	24.8	19.8
		Mean	41.4	47.5	36.2	42.2	34.3	30.8	30.5	26.5	23.3	26.7	24.9	17.6
Period c	10% "	N	11.1	8.1	7.3	9.7	7.1	5.3	8.4	6.3	3.9	7.5	5.7	2.7
		H	10.6	9.4	7.0	9.9	7.5	6.0	8.4	5.9	4.6	7.2	5.2	2.9
		Mean	10.9	8.8	7.2	9.8	7.3	5.7	8.4	6.1	4.3	7.4	5.5	2.8
	20% "	N	22.0	19.8	14.0	18.2	14.0	10.8	15.2	11.4	8.0	13.4	10.2	4.8
		H	21.6	19.8	14.6	18.8	14.2	11.8	15.4	11.2	8.0	13.4	9.4	6.0
		Mean	21.8	19.8	14.3	18.5	14.1	11.3	15.3	11.3	8.0	13.4	9.8	5.4

Remark : W ... body-weight

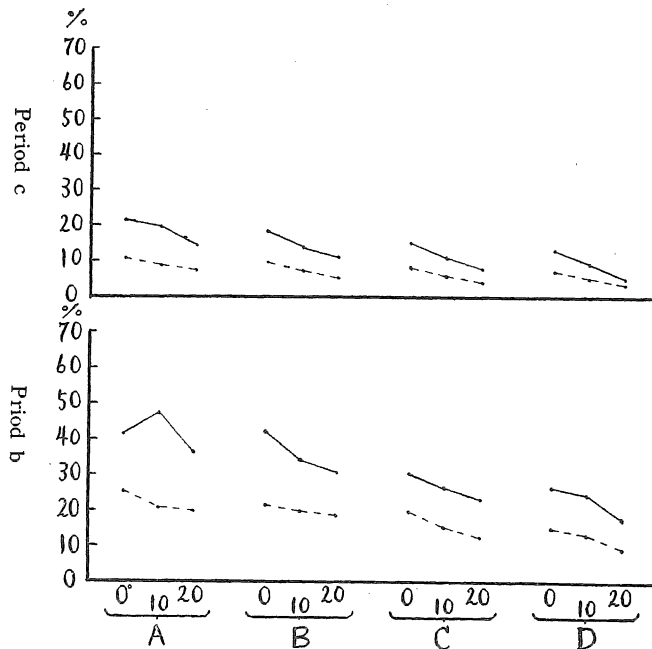


Fig. 10.  $\frac{W_p}{W}$  (Mean of goat N and H)

$\frac{W_p}{W}$  は、反対後肢脱重始期において、けん引量が体重の10%の場合、最大25.3%、最小9.7%、けん引量が体重の20%の場合、最大47.5%、最小17.6%、後肢負重終期において、けん引量が体重の10%の場合、最大10.9%、最小2.8%、けん引量が体重の20%の場合、最大21.8%、最小5.4%であった。

因に、さきに行なった「駐立した役畜にけん引をかけた場合の平衡」に関する研究においてえられた資料<sup>(5)</sup>により算出した  $\frac{W_p}{W}$  の値は、表11および図11の如くで、

Table 11.  $\frac{W_p}{W}$  (%) (in the case of station)

The point of the attachment of the trace		A				B				C				D			
		The direction of the trace				The direction of the trace				The direction of the trace				The direction of the trace			
The weight of the draught	Goat No.	horizontal	10°	20°	30°	horizontal	10°	20°	30°	horizontal	10°	20°	30°	horizontal	10°	20°	30°
		15% of the body-weight	1	19.2	17.7	12.2	9.2	19.1	13.2	8.7	6.0	15.9	9.8	6.3	3.0	11.9	9.0
2	24.0		18.3	16.8	9.6	16.7	13.5	9.9	8.3	13.8	9.9	8.3	4.2	12.0	9.9	5.9	2.4
Mean	21.6		18.0	14.5	9.4	17.9	13.4	9.3	7.2	14.9	9.9	7.3	3.6	12.0	9.5	5.5	2.3
25% "	1	35.3	25.0	20.8	15.0	25.3	19.0	15.0	8.5	20.8	14.5	11.0	7.8	18.5	13.8	8.3	3.5
	2	35.3	24.5	25.5	15.8	27.3	20.3	19.0	8.8	20.3	15.3	11.5	8.8	18.0	13.3	10.3	3.0
	Mean	35.3	24.8	23.2	15.4	26.3	19.7	17.0	8.7	20.6	14.9	11.3	8.3	18.3	13.6	9.3	3.3
35% "	1	38.5	34.0	25.9	21.0	34.0	24.9	17.9	10.2	28.7	20.0	13.0	6.7	25.6	17.5	9.5	3.9
	2	53.2	45.9	36.1	22.8	37.1	24.2	19.6	15.1	28.7	22.4	14.7	10.5	23.5	17.5	11.6	3.5
	Mean	45.9	40.0	31.0	21.9	35.6	24.6	18.8	12.7	28.7	21.2	13.9	8.6	24.6	17.5	10.6	3.7

Remark : The figures were given in the table 11 were obtained by calculation of the data in the book of reference No. 5

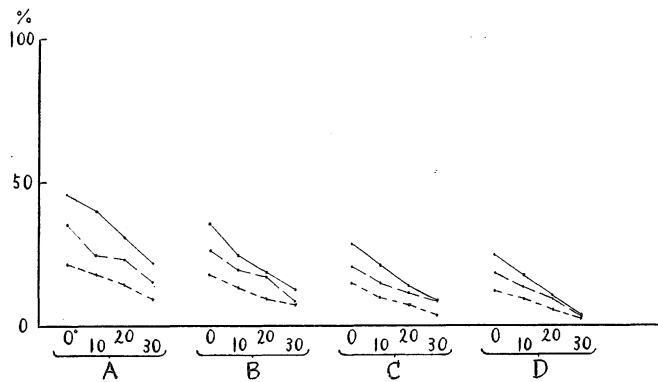


Fig. 11.  $\frac{W_p}{W}$  (Man of goat No. 1 and No. 2 in the case of station)

その値の最大は、けん引点A、けん引角度0°、けん引量体重の35%のけん引をかけた場合の45.9%であった。

即ち、両研究の場合とも、 $\frac{W_p}{W}$  の最大は、大体、50%程度であった。

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、京都大学農学部の川島良治助教授、入谷明助手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、深く感謝の意を表する。

#### IV. Summary

This writer explained in the former study that the condition of equilibrium in the rotation of the draught animal in station with draught was to be represented by the formula :

$$FD_1 = W_p D_g$$

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

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

$D_1$  : the vertical distance between the axis of rotation of the hind hoofs and the trace

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

In the present study, the results of the following experiments are presented.

The goat was let to walk, on the treadmill moving at the speed of 42.9 meter per minute, with the draught in these varied ways : (a) with the point of the attachment of the trace of the draught along the middle line of the breast-band and its extension line on the draughting-saddle in the four different ways : at the height of the chine (=A) ; at the height about the middle between the chine and the point of the shoulder (=B) ; at the height of the point of the shoulder (=C) ; at the height of the lowest part of the breast-band (=D) ; (b) with the direction of the trace or the draught angle (which the trace makes with the horizontal line) in the three different ways : horizontal, 10 degrees, and 20 degrees ; and (c) with the weight of the draught in the two different ways : 10% and 20 % of the goat's body-weight.

This writer made a 16 mm film of 24 frames per minute of these experiments, and then had its prints, at various stages, made by enlarging it at a certain rate on the photographic paper. Out of these prints, this writer picked out those showing the goat at the beginning period of the duration of support by one hind limb (=Period a), at the beginning period of the duration of non-support by the opposite hind limb (the period at which the support by only one of the hind limbs starts) (=Period b), and at the ending period of the duration of support by one hind limb (=Period c), and he measured  $D_1$  and  $D_g'$  (the horizontal distance between the hind hoof and the assumed

centre of gravity— since the ratio of the support by the fore limbs —  
 $\frac{\text{the body-weight borne by the fore limbs}}{\text{the body-weight}}$  — was 63% of the body-weight, the assumed  
 centre of gravity was taken to be somewhere on the perpendicular line passing a point  
 nearer to the centre of the movement of the scapula by 63% of the horizontal distance  
 between the centre of the movement of the hip joint and the centre of the movement of  
 the scapula).

Since it is at Period b that the one hind limb actually starts to work as an axis of  
 rotation, continuing to work as such till Period c, this writer made a further examination  
 of  $\frac{D_1}{D_g}$ , both at Period b and at Period c. Then he inquired into  $W_p$  and  $\frac{W_p}{W}$  in  
 $FD_1 = W_p D_g$  — [When the goat walks with draught,  $W_p D_g$  must certainly be somewhat  
 greater than  $FD_1$  — ( $FD_1 < W_p D_g$ ). At a certain moment, however, a condition  
 which has  $FD_1 = W_p D_g$  may be admitted. Anyhow when the draught animal walks  
 with draught, significance will be found in obtaining the knowledge of  $W_p$  under the  
 condition of  $FD_1 = W_p D_g$ , or the condition under which to equilibrate the movement of  
 rotation, in order that we may surmise the general minimum limit of  $W_p$ .]

(1)  $\frac{D_1}{D_g} : \frac{D_1}{D_g}$  is, as seen in the following formula, an important factor in deciding  
 the relation between F and  $W_p$  :

$$F \times \frac{D_1}{D_g} \approx W_p$$

The smaller is  $\frac{D_1}{D_g}$ , the smaller is the ratio of  $W_p$  to F — ( $\frac{W_p}{F}$ ).

The values of  $\frac{D_1}{D_g}$  changed like this : (a) It decreased, both at Period b and at  
 Period c, with the lowering of the point of the attachment of the trace ; (b) it decreased,  
 both at Period b and at Period c, as the draught angle became greater ; and (c)  
 it showed a distinct decrease with the increase in weight of the draught, in the case of  
 having the point of the attachment of the trace B, C, and D, at Period b, but difference  
 caused by the effect of the weight of the draught was small in the case of having the  
 point of the attachment of the trace at B, C, and D, at Period c.

The following were the values of  $\frac{D_1}{D_g}$  shown, at Period b : with the weight of the  
 draught at 10% of the goat's body-weight (=BW-10%), the maximum 2.53, and the  
 minimum 0.97 ; with the weight of the draught at 20% of the goat's body-weight  
 (=BW-20%), the maximum 2.38, and the minimum 0.88 ; and at Period c : with  
 BW-10%, the maximum 1.09, and the minimum 0.28 ; with BW-20%, the maximum  
 1.09, and the minimum 0.27.

(2)  $W_p$  in the case of  $FD_1 = W_p D_g$  : both at Period b and at Period c ; (a) it  
 decreased with the lowering of the point of the attachment of the trace, (b) it decreased  
 as the draught angle became greater, and (c) it increased with the increase in weight of  
 the draught.

(3)  $\frac{W_p}{W}$  in the case of  $FD_1 = W_p D_g$  : N. B. W : the body-weight

The relation between  $\frac{W_p}{W}$  and  $\frac{F}{W}$  is as follows :

$$\frac{F}{W} \times \frac{D_1}{D_g} = \frac{W_p}{W}$$

And these were the values of  $\frac{W_p}{W}$  : at period b, with BW-10%, the maximum 20.3%, the minimum 9.7% ; and with BW-20%, the maximum 47.5%, the minimum 17.6% ; at Period c, with BW-10% the maximum 10.9%, the minimum 2.8% ; and with BW-20%, the maximum 21.8%, and the minimum 5.4%.

### 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. : 476
- (2) 久合田勉 (1934) : 馬学外貌篇 ; 116
- (3) 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 ; 30
- (4) 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) ; 132
- (5) 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 ; 112