

## 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\*——

盛 政 貞 人

(島根大学教育学部)

Sadato MORIMASA: A Study on the Draught-Mechanism of the Draught Animal... A Geometrical Analysis of Those Changes in the Attitude of the Goat in Draught Which Bring About Propulsion of the Trunk with the Hind Hoof as Its Axis and the Propulsion of the Hind Hoof Itself Which Works as the Fulcrum

ABSTRACT. 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 imposed upon 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 draught-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 imposed upon 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 certain rate on the photographic paper.

Through these observations, an examination was made of the periods of walking. In the meantime, the pictures were picked out which showed respectively the ending period of the duration of support by one hind limb (=Period es) and the ending period of the duration of support by the opposite limb (=Period es') in order to measure these three factors: the horizontal distance between the hind hoof and the assumed centre of movement of the hip joint (=H) ... (=D); the oblique distance between the hind hoof and H ... (=L); and the angle which the straight line between the hind hoof and H makes with the horizontal line forward... (=θ).

\* 昭和38年9月5日原稿受理

(1) The duration in which one hind limb works as a major fulcrum, which starts at the beginning period of the duration of non-support by the opposite hind limb and ends in Period es, is  $\frac{1}{3}$  length of the duration of one stride, that is to say, it is equal to the duration of one step.

(2) The horizontal propulsive distance of H (in its turn, the trunk) in one time Duration F coincides with the distance of one step.

(3) The propulsion of H is brought about through the extension of the hind limb which is in its bent state, and by inclining forward the direction of the hind limb (that is, straight line drawn between hip joint and the hind hoof.) The equations have been found by which to analyze the horizontal distance of H in one time Duration F (=D):

$$\begin{aligned} D_p &= Des - Des' \quad (\text{Formula 1}) \\ &= Les \cos\theta_{es} - Les' \cos\theta_{es'} \\ &= Les' \left( \frac{Les}{Les'} \cos\theta_{es} - \cos\theta_{es'} \right) \quad (\text{Formula 2}) \end{aligned}$$

Notes Des : D in Period es  
 Des' : D in Period es'  
 Les : L in Period es  
 Les' : L in Period es'  
 $\theta_{es}$  :  $\theta$  in Period es  
 $\theta_{es'}$  :  $\theta$  in Period es'

Accordingly, in regard to the draught which has these conditions in general:  $Les > Les'$ ,  $\theta_{es} < \theta_{es'}$ , the greater  $Les'$ ,  $\frac{Les}{Les'}$  and  $\theta_{es'}$  are, or conversely the smaller  $\theta_{es}$  is, the greater becomes  $D_p$ . This gives us the fundamental knowledge as to the conformation suitable for the draught animal.

(4) The means of the values actually measured were as follows:  $Des = 2.54\text{cm}$ ,  $Des' = -0.56\text{cm}$ ,  $Les = 5.46\text{cm}$ ,  $Les' = 5.07\text{cm}$ ,  $\cos\theta_{es} = 0.4586$  ( $\theta_{es} = 62.7^\circ$ ), and  $\cos\theta_{es'} = 0.1063$  ( $\theta_{es'} = 96.1^\circ$ ).

(5) When the values given in (4) above were properly applied to Formula 1 presented in (3), the value of  $D_p$  was 3.09cm; while the same steps taken properly with Formula 2 in (3) gave 3.05 cm as the value of  $D_p$

(6) (a) The proportion of the value of  $D_p$ , which was calculated with Formula 2 as above, to the means of  $Les'$  was 60.9%.

(b) The means of  $\frac{Les}{Les'}$  was 1.079%.

(c) Through the consideration of (a) and (b), it is clear that  $D_p$  has much more to do with inclining forward of the direction of the hind limb, or in its turn, with the extension of hip joint rather than with the extension of the hind limb.

(7) What is significant in the effect of the draught condition upon  $D_p$  is that  $Des'$  increases as the weight of the draught increases.

## I. 緒 論

役畜のけん引歩行は、荷物の静止しようとする力あるいは役畜とは反対の方向に移動しようとする力に対して、役畜が反対の力を発揮することによって行なわれる。そして、その力は「体のつりあいを保ちながらひいてゆく」という素朴な表現のうちにもあらわれるように、「役畜の体の平衡を保つこと」と、「荷物をひいて前進すること」との2つの面の力として働く。前者に関して、荷物の力が役畜の支点となる後蹄を外れて役畜にかかるために、回転力となって役畜の体に働くので、役畜はこれに対応して反対の回転力を生じて、体の平衡を得なければならない。そして、この「回転運動の平衡」に関しては、これまでの報告<sup>(5,6,7)</sup>において明らかにしてきた。

そこで、この度の研究においては、残された後者の面の力——並進運動——の発揮に関する形態的機構を究明しようとした。その結果、軀幹推進の基礎となる腕関節運動心の推進距離または1歩長と、これをもちた姿勢変化との間の解析幾何的な関係をあらわす方程式、 $Dp = Les' \left( \frac{Les}{Les'} \cos \theta es - \cos \theta es' \right)$ をみいだすとともに、その式中の要素をなす姿勢変化についてのけん引条件の影響などについて知ることができたので、ここに、報告いたしたい。

## II. 材料および方法

さきの報告<sup>(6)</sup>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（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）（以下、肩心と略称する）および腕関節運動中心<sup>(9)</sup>（以下、腕心と略称する）に、側望上、相当する部位に標点（図1参照）を付し、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ように保って、背景におき、

(3) 分速42.9mの treadmill 上を、

(4) 胴引によって、(a) けん引点、**The point of the attachment of the trace** を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、(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°、20°に、けん引量、**The weight of the draught** 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、

(5) 1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について、

(7) 肩心ならびに腕心については、(2)に述べたそれぞれの標点を位置とし、蹄について

は、蹄底の前端をその位置として測定した。

(8) 歩期に関する呼称は図1の如くした。なお、成績Aにおいて、若干の説明を付加した。

### Ⅲ. 成績および考察

役畜のけん引を問題にする場合、究竟、どれだけ重さの荷物をどれだけ距離運ぶかということにかかわってくるであろう。そして、荷物の運搬の距離は、結局、役畜自体の推進距離に等しい。さらに、役畜の推進については、その1歩1歩の推進がどのような機構で行なわれるかが問題になってくる。本研究では、その機構を、まず蹄を支点としての軀幹の推進距離、支点となる蹄自身の推進距離、ならびに、それとそれをもたらす姿勢変化の追求という形で進めたが、研究の進展過程において、蹄の推進距離と軀幹の推進距離とは一致することをつかみ、さらに、それらの推進距離と姿勢変化との関係を方程式の関係において解析することができたので、本報告では、まず、Aにおいてその方程式の提示を行ない、B以下においてその方程式の要素となる姿勢変化についての成績をとりあげて考察してゆくこととする。

A. 1後蹄を支点としての臍心の推進距離、または1歩長の推進をもたらす姿勢変化の幾何学的解析

1. 1後蹄が支点として働く期間にもとずいての歩期区分——1主支点期間と1歩期間との一致——

まず、けん引の際に、推進のための支点として働くのは前蹄であるか後蹄であるかということが問題になるであろう。このことに関しては、さきの研究<sup>(5,6)</sup>において、後蹄が回転運動についての回転軸として働くことが証明されたことから推して、支点としても、同様に後蹄が働くことが考えられる。因に、ずっと古く、colin が<sup>(4)</sup>「collar または breast-harness によるけん引は pulling ではなくて pushing の働作である」と説明している言葉はこのことを、間接に言っているように思われる。ついで、1後蹄が支点となつての軀幹の推進距離を問題にするためには、まず、その1後蹄が支点として働く始期ならびに終期を明らかにするとともに、その期間が1完歩期間中に占める割合を明らかにすることが必要であろう。

図1は、Ⅱにおいて述べた写真のうち、左後肢が負重を始める時期から、その脱重の終りの時期に及ぶ、後肢の1完歩期間の写真を取り出し、時期の早いものから順次に観察しながら、左右肢別に、写真1枚毎を、負重している肢は中心に黒点を入れた正方形1個、脱重している肢は黒点の入らない正方形1個でもって記録したものである。これによると、1完歩期間のうちを区切る時期として、その時期の早いものから——1方の後肢を、単に、後肢と呼び、他方の後肢を反対後肢と呼ぶこととし、この報告では、左後肢を単に後肢と呼び、右後肢を反対後肢と呼ぶこととする——後肢負重始期(以下、これを bs 期と略称する)、反対後肢負重終期、es' 期、反対後肢脱重始期、bn' 期、反対後肢脱重終期、en' 期、反対後肢負重始期、bs' 期、後肢

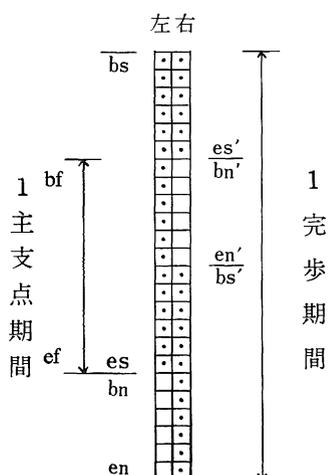


図 1. 歩期（後肢）

（1 秒間24コマ映画使用による歩期分析）  
 （例はN号山羊:A, 0°, 10%の場合）

- 註 □ : 負重期間の1コマ  
 □ : 脱重期間の1コマ  
 bs : 後肢負重始期  
 bs' : 反対後肢 "  
 es : 後肢負重終期  
 es' : 反対後肢 "  
 bn : 後肢脱重始期  
 bn' : 反対後肢 "  
 en : 後肢脱重終期  
 en' : 反対後肢 "  
 bf : 主支点期間始期  
 ef : 主支点期間終期

負重終期, es 期, 後肢脱重始期, bn 期, 後肢脱重終期, en 期などが挙げられる。ただし, 本論文で主としてとりあげるのは, 反対後肢負重終期, The ending period of the duration of support by the opposite hind limb, es', 反対後肢脱重始期, The beginning period of the duration of non-support of the opposite hind limb, bn', および後肢負重終期, The ending period of the duration of support by the one hind limb, es の3時期である。写真1は, 上より, bs期, es'期, bn'期, es 期の各期を示している。さて, 1 後蹄が支点として働く期間に問題を進めて考察するに, 1 後蹄は負重と同時にいくらかは支点としての働きを始めるかもしれないが, その蹄が主要な支点としての働きをするのは, その蹄の支点としての働きが1となり, 反対後肢の蹄の支点としての働きが0となる bn' 期に始まり, es 期に至る期間であると考えられる。この期間は, これまで推論<sup>(6)</sup>してきた1 後肢の蹄が主要な回転軸として働く期間に一致する。ところで, 図1にみられる如く, 1 完歩期間は, 両側後肢負重期間が2期, 1 側後肢負重期間が2期の4期からなるが, bn' 期~es 期間を1 主支点期間と呼ぶこととすると, この1 主支点期間は, 両側後肢負重期間1期と1 側負重期間1期とから構成されていて, 1 完歩期間の $\frac{1}{2}$ , すなわち, 1 歩期間に一致することがわかる。この関係を全測定値についての成績によっても, 表1の如く,  $\frac{1 \text{ 主支点期間コマ数}}{1 \text{ 完歩期間コマ数}} (\%)$  は51.6%であった。

2. 1 主支点期間の臍心の推進距離と1 歩長との一致

軀幹の推進距離を問題にする場合には, 後肢の働きをうけて軀幹推進の基礎となる臍心の推進に着目するのがよからう。

1 主支点期間, すなわち, bn' 期~es 期間の臍心水平推進距離 (以下, これを Dp で表わす) は, 計算としては, es 期の後蹄~臍心水平距離 (以下, これを Des で表わす) から, bn' 期の1コマ前の時期, すなわち, es' 期の後蹄~臍心に水平距離をひくこと (図2参照) によって得られる。

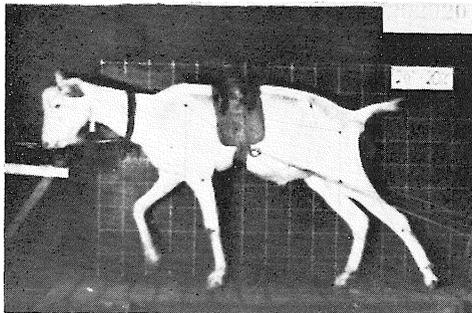
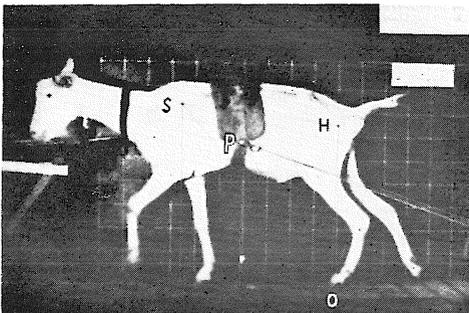
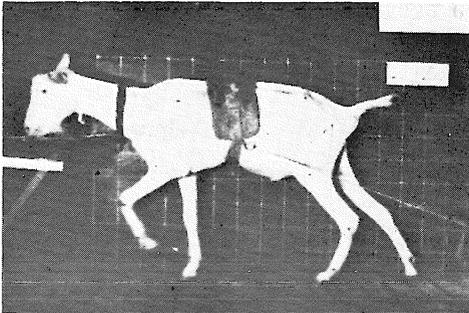
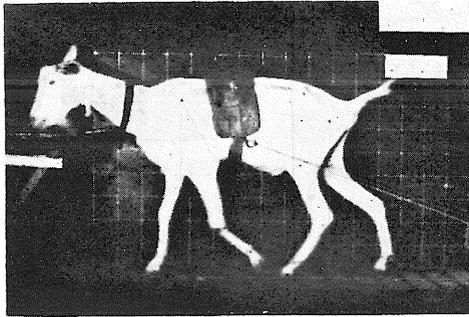


写真 1. 歩 期

註 上より bs 期, es' 期, bn' 期, es 期

角 (後蹄と臍心とを結ぶ線分が水平線との間に前方につくる角) (以下, この場合の角を  $\theta_{es}$  で表わす) の  $\cos$  の値を乗じ ( $Des = Les \cos\theta_{es}$ ), es' の後蹄～臍心斜距離 (以下, これを  $Les'$  で

$$Dp = Des - Des'$$

(この場合, es' 期の後蹄～臍心水平距離でなく, bn' 期の後蹄～臍心水平距離を用いれば, 1 コマ期間分短い距離が得られる誤りにおちいる。)

ところが, 写真 1 の es 期の写真についてみれば容易に理解されるように, この場合, 右後肢を主体としての立場から言えば, es' 期に当たっていることがわかる。しかも, この es 期における左後蹄と右後蹄との距離は 1 歩長をなしていることがわかる。

すなわち, 以上を総合してみれば, 1 主支点期間の水平推進距離,  $Dp$  と 1 歩長とは等しいことがわかる。

$$Dp = 1 \text{ 歩長}$$

実測値についてみても, 表 2 の 1 歩長の平均値は 3.17cm で, 表 5 の  $Dp$  の平均値は 3.09cm であって, ほぼ, 等しかった。

3. 1 主支点期間の臍心水平推進距離,  $Dp (= 1 \text{ 歩長})$  と姿勢変化との関係を解析する方程式,  $Les' \left( \frac{Les}{Les'} \cos\theta_{es} - \cos\theta_{es'} \right)$

前項において,  $Dp = 1 \text{ 歩長}$  の関係を明らかにしたが, さらに進んで,  $Dp$  とその推進をもたらす姿勢変化との関係を幾何学的に解析すれば, 図 2 に示す如くなる。

$Dp$  は, 前述の如く, es 期の後蹄～臍心水平距離,  $Des$  から es' 期の後蹄～臍心水平距離  $Des'$  をひいて得られる ( $Dp = Des - Des'$ ) が, さらに, これらの  $Des$  および  $Des'$  は, それぞれ, es 期の後蹄～臍心斜距離 (以下, これを  $Les$  で表わす) に es 期の後蹄と臍心とを結ぶ線分の傾

角 (後蹄と臍心とを結ぶ線分が水平線との間に前方につくる角) (以下, この場合の角を  $\theta_{es}$  で表わす) の  $\cos$  の値を乗じ ( $Des = Les \cos\theta_{es}$ ), es' の後蹄～臍心斜距離 (以下, これを  $Les'$  で

表 1. 1 完歩期間コマ数 (a), 反対後肢脱重始間～後肢負重終期間コマ数 (b), および  $\frac{b}{a}$  (%)

測定事項	けん引量	けん引角度 個体	A				B				C				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	
a	体重の 10%	N号山羊	24	27	26	25.7	27	26	28	27.0	24	22	29	25.0	26	23	25	24.7	25.3	24.5	27.0	25.6
		H号山羊	26	25	25	25.3	27	28	28	27.7	24	25	26	25.0	25	27	25	25.7	25.5	26.3	26.0	25.9
		平均	25.0	26.0	25.5	25.5	27.0	27.0	28.0	27.3	24.0	23.5	27.5	25.0	25.5	25.0	25.0	25.2	25.4	25.4	26.5	25.8
	" 20 "	N	22	23	24	23.0	26	28	26	26.7	24	24	26	24.7	22	24	25	23.7	23.5	24.8	25.3	24.5
		H	23	25	25	24.3	26	27	26	26.3	25	25	26	25.3	27	25	27	26.3	25.3	25.5	26.0	25.6
		M	22.5	24.0	24.5	23.7	26.0	27.5	26.0	26.5	24.5	24.5	26.0	25.0	24.5	24.5	26.0	25.0	24.4	25.1	25.6	25.0
	けん引点別 平均	N	23.0	25.0	25.0	24.3	26.5	27.0	27.0	26.8	24.0	23.0	27.5	24.8	24.0	23.5	25.0	24.2	24.4	24.6	26.1	25.0
		H	24.5	25.0	25.0	24.8	26.5	27.5	27.0	27.0	24.5	25.0	26.0	25.2	26.0	26.0	26.0	26.0	25.4	25.9	26.0	25.8
		M	23.8	25.0	25.0	24.6	26.5	27.3	27.0	26.9	24.3	24.0	26.8	25.0	25.0	24.8	25.5	25.1	24.9	25.3	26.1	25.4
b	体重の 10%	N	12	14	13	13.0	13	12	14	13.0	13	13	14	13.3	13	12	13	12.7	12.8	12.8	13.5	13.0
		H	14	13	13	13.3	14	16	16	15.3	14	13	13	13.3	13	13	12	12.7	13.8	13.8	13.5	13.7
		M	13.0	13.5	13.0	13.2	13.5	14.0	15.0	14.2	13.5	13.0	13.5	13.3	13.0	12.5	12.5	12.7	13.3	13.3	13.5	13.3
	" 20 "	N	11	10	12	11.0	13	14	14	13.7	12	12	14	12.7	12	14	12	12.7	12.0	12.5	13.0	12.5
		H	12	13	13	12.7	15	14	13	14.0	13	13	13	13.0	13	13	14	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3
		M	11.5	11.5	12.5	11.8	14	14	13.5	13.8	12.5	12.5	13.5	12.8	12.5	13.5	13.0	13.0	12.6	12.9	13.1	12.9
	けん引点別 平均	N	11.5	12.0	12.5	12.0	13.0	13.0	14.0	13.3	12.5	12.5	14.0	13.0	12.5	13.0	12.5	12.7	12.4	12.6	13.3	12.8
		H	13.0	13.0	13.0	13.0	14.5	15.0	14.5	14.7	13.5	13.0	13.0	13.2	13.0	13.0	13.0	13.0	13.5	13.5	13.4	13.5
		M	12.3	12.5	12.8	12.5	13.8	14.0	14.3	14.0	13.0	12.8	13.5	13.1	12.8	13.0	12.8	12.8	12.9	13.1	13.3	13.1
$\frac{b}{a}$ (%)	体重の 10%	N	50.0	51.9	50.0	50.6	48.1	46.2	50.0	48.1	54.2	59.1	48.3	53.8	50.0	52.2	52.0	51.4	50.6	52.3	50.1	50.8
		H	53.8	52.0	52.0	52.6	51.9	57.1	57.1	55.4	58.3	52.0	50.0	53.4	52.0	48.1	48.0	49.4	54.0	52.3	51.8	52.7
		M	52.0	51.9	51.0	51.6	50.0	51.9	53.6	51.8	56.3	55.3	49.1	53.6	51.0	50.0	50.0	50.3	52.3	52.3	50.9	51.8
	" 20 "	N	50.0	43.5	50.0	47.8	50.0	50.0	53.8	51.3	50.0	50.0	53.5	51.3	54.5	58.3	48.0	53.6	51.1	50.5	51.4	51.0
		H	52.2	52.0	52.0	52.1	57.7	51.9	50.0	53.2	52.0	52.0	50.0	51.3	48.1	52.0	51.9	50.7	52.5	52.0	51.0	51.8
		M	51.1	47.9	51.0	50.1	53.8	50.9	51.9	52.2	51.0	51.0	51.9	51.3	51.0	55.1	50.0	52.0	51.7	51.2	51.2	51.4
	けん引点別 平均	N	50.0	47.7	50.0	49.2	49.1	48.1	51.9	49.7	52.1	54.5	51.1	52.6	52.3	55.3	50.0	52.5	50.9	51.4	50.7	51.0
		H	53.0	52.0	52.0	52.3	54.7	54.5	53.6	54.3	55.2	52.0	50.0	52.4	50.1	50.1	49.9	50.0	53.2	52.1	51.4	52.3
		M	51.6	49.9	51.0	50.8	51.9	51.4	52.7	52.0	53.6	53.2	50.5	52.4	51.0	52.6	50.0	51.2	52.0	51.8	51.1	51.6

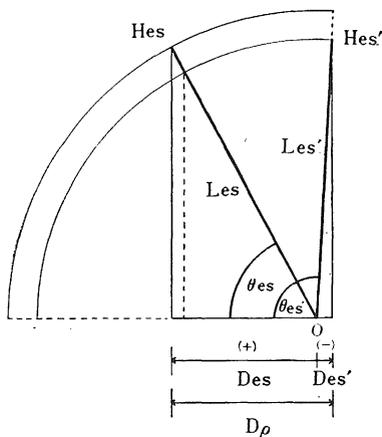
表2. 1歩長 (=左後肢負重終期の左後蹄~右後蹄水平距離 (cm))

けん引量	けん引点 個体	A			B			C			D			総平均
		水平	10°	20	0	10	20	0	10	20	0	10	20	
		けん引角度												
体重の 10%	N号山羊	3.1	3.4	2.8	3.4	3.6	3.4	2.6	3.0	3.5	2.6	2.3	3.1	3.17
	H号山羊	3.9	3.4	3.6	3.0	3.0	3.3	3.3	3.4	3.2	3.1	3.3	3.1	
	平均	3.50	3.40	3.20	3.20	3.30	3.35	2.95	3.20	3.35	2.85	2.80	3.10	
" " 20 "	N	2.7	2.5	3.0	3.0	3.4	3.0	2.9	3.0	2.8	3.0	2.7	3.3	
	H	3.4	3.3	3.5	3.0	3.4	2.8	3.3	3.5	3.4	3.6	4.0	3.4	
	M	3.05	2.90	3.25	3.00	3.40	2.90	3.10	3.25	3.10	3.30	3.35	3.35	

表わす)に  $es'$  期の後蹄と臍心とを結ぶ線分の傾角(以下、これを  $\theta es'$  で表わす)の  $\cos$  の値を乗ずる ( $Des' = Les' \cos \theta es'$ ) ことによって得られる。そして、以上はつぎの如くして、 $Dp = Les' \left( \frac{Les}{Les'} \cos \theta es - \cos \theta es' \right)$  の方程式に導かれる。

$$\begin{aligned} Dp &= Des - Des' \\ &= Les \cos \theta es - Les' \cos \theta es' \\ &= Les' \left( \frac{Les}{Les'} \cos \theta es - \cos \theta es' \right) \end{aligned}$$

そして、 $\cos \theta es$  および  $\cos \theta es'$  は、それぞれ、 $\theta es$ 、 $\theta es'$  によってきまるのであるから、結局、 $Dp$  の大きさは、 $Les'$ 、 $\frac{Les}{Les'}$ 、 $\theta es$ 、および  $\theta es'$  の4つの姿勢的要素の大きさによってき

図2. 1主支点期間の臍心の推進距離,  $Dp$  の解析

$$\begin{aligned} Dp &= Des - Des' \\ &= Les \cos \theta es - Les' \cos \theta es' \\ &= Les' \left( \frac{Les}{Les'} \cos \theta es - \cos \theta es' \right) \end{aligned}$$

- 註 O : 支点あるいは回転軸として働く後蹄  
Hes : es期の臍心  
Hes' : es'期の "  
Les : es期の後蹄~臍心斜距離  
Les' : es'期の "  
 $\theta es$  : es期の後蹄と臍心とを結ぶ線分の傾角  
 $\theta es'$  : es'期の "  
Des : es期の後蹄~臍心水平距離  
Des' : es'期の "

まる。普通けん引が行なわれる状態は、 $Les > Les'$ 、 $\theta es < \theta es'$  の関係にあるから、 $Les'$ 、 $\frac{Les}{Les'}$ 、および  $\theta es'$  がより大であり、 $\theta es$  がより小である程、 $Dp$  は大となることがわかる。

以上、 $Dp$  に関する姿勢的要素として、 $Les'$ 、 $\frac{Les}{Les'}$ 、 $\theta es$ 、および  $\theta es'$  をとり出すとともに、これら各要素の大きさの変化がもつ基本的な意義を明らかにすることができたが、つぎの節以下において、順次、これら各要素の測定値をとりあげて、考察してゆきたい。

B. Les, Les', および  $\frac{Les}{Les'}$

1. es 期の後蹄～臑心斜距離あるいは後肢長, The oblique distance between the hind hoof which works as a fulcrum and the assumed centre of movement of the hip joint at the ending period of the duration of support by one hind limb... Les, および es' 期の後蹄～臑心斜距離あるいは後肢長, The oblique distance between the hind hoof which works as a fulcrum and the assumed centre of movement of the hip joint at the ending period of the duration of support by opposite hind limb... Les'

a. Les

Les の測定値は表 3 および図 3 に示す如くである。

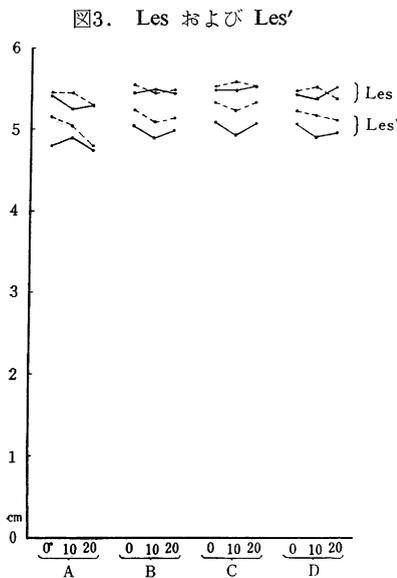


図3. Les および Les'

Les の総平均値 : 5.46cm

Les の個体別の平均値 : N 号山羊は 5.28cm, H 号山羊は 5.65cm であった。

Les に及ぼすけん引条件の影響 : 表 6 (この表では, 各種測定値に対するけん引条件の影響の差異を明らかにするために, けん引条件別の平均値の差を, 関係する総平均値に対する割合 (%) で示している。)にもみられるように, けん引点が C にある場合の平均値が, A にある場合の平均値より, やや, 大となった場合は, 影響が明らかでなかった。

b. Les'

Les' の測定値は表 3 および図 3 に示す如くである。

Les' の総平均値 : 5.07cm

(注) .....体重の10%, ———体重の20% Les' の個体別の平均値 : N 号山羊は 4.94cm, H 号山羊は 5.20cm で, 後者が大であった。Les' に及ぼすけん引条件の影響 : 測定値は表 3 および図 3 にみられるように, けん引量が 20% の場合 10% の場合に比べて, 規則正しく小となった。その他, 表 6 にみられるように, けん引点が C にある場合の平均値は A にある場合の平均値より 5% 以上大となったことが目立った。一般に, けん引点が A よりも低い場合には平均値は大となった。

2. 後肢の伸長比, The ratio of the value of Les to the value of Les'...  $\frac{Les}{Les'}$

$\frac{Les}{Les'}$  は表 3 および図 4 に示す如くである。

$\frac{Les}{Les'}$  の最小, 最大, および総平均値 : それぞれ, 1.019, 1.143, 1.079 であった。すなわち, 測定 of のすべての場合に Les は Les' より大となった。これは写真 1 に見られるように, es' 期

表3. Les' Les' (cm) および  $\frac{Les}{Les'}$

測定事項	けん引量	けん引点 けん引角度 個体	A				B				C				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			
																								けん引点別 平均
Les	体重の 10%	N号山羊	5.3	5.2	5.1	5.20	5.4	5.3	5.3	5.33	5.3	5.3	5.4	5.33	5.4	5.4	5.4	5.40	5.35	5.30	5.30	5.32		
		H号山羊	5.6	5.7	5.5	5.60	5.7	5.6	5.7	5.67	5.8	5.9	5.7	5.80	5.6	5.7	5.4	5.57	5.68	5.73	5.58	5.66		
		平均	5.45	5.45	5.30	5.40	5.55	5.45	5.50	5.50	5.55	5.60	5.55	5.57	5.50	5.55	5.40	5.48	5.51	5.51	5.44	5.49		
	" " " " " "	N	5.2	5.0	5.0	5.07	5.3	5.3	5.2	5.27	5.3	5.3	5.3	5.30	5.3	5.3	5.3	5.30	5.28	5.23	5.20	5.23		
		H	5.6	5.5	5.6	5.57	5.6	5.7	5.7	5.67	5.7	5.7	5.8	5.73	5.6	5.5	5.8	5.63	5.63	5.60	5.73	5.65		
		M	5.40	5.25	5.30	5.32	5.45	5.50	5.45	5.47	5.50	5.50	5.55	5.52	5.45	5.40	5.55	5.47	5.45	5.41	5.46	5.44		
	けん引点別 平均	N	5.25	5.10	5.05	5.13	5.35	5.30	5.25	5.30	5.30	5.30	5.35	5.32	5.35	5.35	5.35	5.35	5.31	5.26	5.25	5.28		
		H	5.60	5.60	5.55	5.58	5.65	5.65	5.70	5.67	5.75	5.80	5.75	5.77	5.60	5.60	5.60	5.60	5.65	5.66	5.65	5.65		
		M	5.43	5.35	5.30	5.36	5.50	5.48	5.48	5.48	5.53	5.55	5.55	5.54	5.48	5.48	5.48	5.48	5.48	5.46	5.45	5.46		
	Les'	体重の 10%	N	5.1	4.8	4.7	4.87	5.2	4.9	5.1	5.07	5.2	5.1	5.2	5.17	5.2	5.1	5.1	5.13	5.18	4.98	5.03	5.06	
			H	5.2	5.3	4.9	5.13	5.3	5.3	5.2	5.27	5.5	5.4	5.5	5.47	5.3	5.3	5.2	5.27	5.33	5.33	5.20	5.28	
			M	5.15	5.05	4.80	5.00	5.25	5.10	5.15	5.17	5.35	5.25	5.35	5.32	5.25	5.20	5.15	5.20	5.25	5.15	5.11	5.17	
" " " " " "		N	4.7	4.6	4.5	4.60	5.0	4.8	4.9	4.90	4.9	4.8	4.9	4.87	5.0	4.9	4.9	4.93	4.90	4.78	4.80	4.83		
		H	4.9	5.2	5.0	5.03	5.1	5.0	5.1	5.07	5.3	5.1	5.3	5.23	5.2	5.0	5.1	5.10	5.13	5.08	5.13	5.11		
		M	4.80	4.90	4.75	4.82	5.05	4.90	5.00	4.98	5.10	4.95	5.10	5.05	5.10	4.95	5.00	5.02	5.01	4.93	4.96	4.97		
けん引点別 平均		N	4.90	4.70	4.60	4.73	5.10	4.85	5.00	4.98	5.05	4.95	5.05	5.02	5.10	5.00	5.00	5.03	5.04	4.88	4.91	4.94		
		H	5.05	5.25	4.95	5.08	5.20	5.15	5.15	5.17	5.40	5.25	5.40	5.35	5.25	5.15	5.15	5.18	5.23	5.20	5.16	5.20		
		M	4.98	4.98	4.78	4.91	5.15	5.00	5.08	5.08	5.23	5.10	5.23	5.18	5.18	5.08	5.08	5.11	5.13	5.04	5.04	5.07		
$\frac{Les}{Les'}$		体重の 10%	N	1.039	1.083	1.085	1.069	1.038	1.082	1.039	1.053	1.019	1.039	1.038	1.032	1.038	1.059	1.059	1.052	1.034	1.066	1.055	1.052	
			H	1.077	1.075	1.122	1.092	1.075	1.057	1.096	1.076	1.055	1.093	1.036	1.061	1.057	1.075	1.038	1.057	1.066	1.075	1.073	1.071	
			M	1.058	1.079	1.104	1.080	1.057	1.069	1.068	1.065	1.037	1.066	1.037	1.047	1.048	1.067	1.049	1.054	1.050	1.070	1.064	1.062	
	" " " " " "	N	1.106	1.087	1.111	1.101	1.060	1.104	1.061	1.075	1.082	1.104	1.082	1.089	1.060	1.082	1.082	1.074	1.077	1.094	1.084	1.085		
		H	1.143	1.058	1.120	1.107	1.098	1.140	1.118	1.119	1.075	1.118	1.094	1.096	1.077	1.100	1.137	1.105	1.098	1.104	1.117	1.106		
		M	1.125	1.072	1.116	1.104	1.079	1.122	1.089	1.097	1.079	1.111	1.088	1.092	1.068	1.091	1.109	1.090	1.088	1.099	1.101	1.096		
	けん引点別 平均	N	1.073	1.085	1.098	1.085	1.049	1.093	1.050	1.064	1.050	1.072	1.060	1.061	1.049	1.070	1.070	1.063	1.055	1.080	1.070	1.068		
		H	1.110	1.067	1.121	1.099	1.087	1.098	1.107	1.097	1.065	1.105	1.065	1.078	1.067	1.088	1.088	1.081	1.082	1.089	1.095	1.089		
		M	1.091	1.076	1.110	1.092	1.068	1.096	1.079	1.081	1.058	1.088	1.063	1.070	1.058	1.079	1.079	1.072	1.069	1.085	1.082	1.079		

に屈曲している後肢が es 期に伸展することによる。

$\frac{Les}{Les'}$  の個体別の最小, 最大, および平均値 : N 号山羊では, それぞれ, 1.019, 1.111, 1.068, H 号山羊では, それぞれ, 1.036, 1.143, 1.089 であった。すなわち, N 号山羊の場合より, H 号山羊の場合が大であった。

$\frac{Les}{Les'}$  に及ぼすけん引条件の影響 : けん引量が20%の場合, 10%の場合より大となった。

C.  $\theta es$ ,  $\cos \theta es$ ,  $\theta es'$ , および  $\cos \theta es'$

1. es 期の後蹄と臍心とを結ぶ線分の傾角あるいは

は後肢の傾角, The angle which the straight line between the hind hoof, which works as a fulcrum, and the assumed centre of movement of the hip joint make in the fore part with horizontal line at the ending period of the duration of support by one hind limb...

$\theta es$ , および  $\cos \theta es$

a.  $\theta es$

$\theta es$  の測定値は表4および図5に示す如くである。

$\theta es$  の最小, 最大, および総平均値 : それぞれ58°, 69°, 62.7°であった。

$\theta es$  の個体別の最小, 最大, および平均値 : N 号山羊は, それぞれ, 58°, 69°, 62.0°, H 号山羊は, それぞれ, 60°, 69°, 63.3° であった。すなわち, H 号山羊の場合は N 号山羊の場合より大であった。

$\theta es$  に及ぼすけん引条件の影響 : けん引量が20%の場合には10%の場合に比べて小となった。そして, その差は, けん引量が10%の場合がけん引点が低くなるにつれて相当大となったことに関係して, けん引点が低くなるにつれて大となった。

b.  $\cos \theta es$

$\cos \theta es$  の値は表4および図6に示す如くである。

$\cos \theta es$  の最小, 最大および総平均値 : それぞれ, 0.3584, 0.5299, 0.4586であった。

$\cos \theta es$  の個体別の最小, 最大, および平均値 :

N 号山羊は, それぞれ, 0.3584, 0.5299, 0.4695. H 号山羊は, それぞれ, 0.3584, 0.5000, 0.4493であった。

図4.  $\frac{Les}{Les'}$

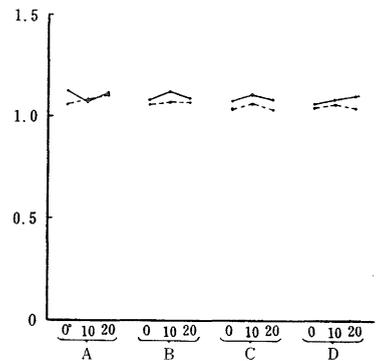


図5.  $\theta es$  および  $\theta es'$

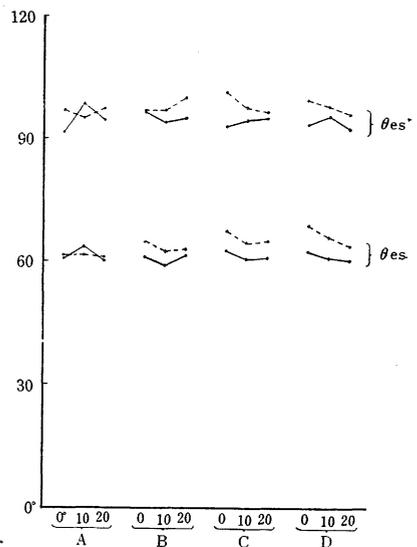
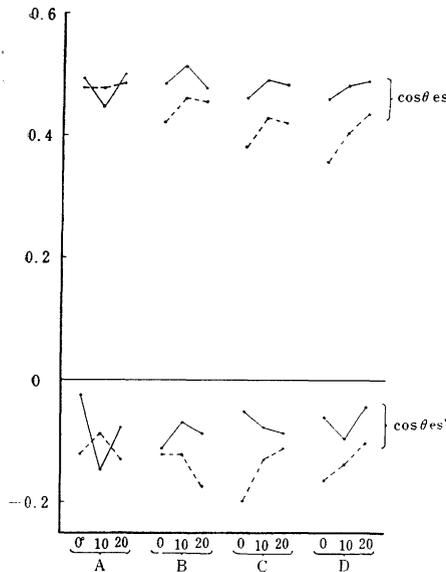


図6.  $\cos \theta_{es}$  および  $\cos \theta_{es}'$ 

$\cos \theta_{es}$  に及ぼすけん引条件の影響： $\theta_{es}$  の場合とは逆に、けん引量が20%の場合には10%の場合より大となった。そして、その差は、けん引量が10%の場合の、けん引点が、B, C, Dと次第に低くなるにつれて、Aの場合に比べて  $\cos \theta_{es}$  の平均値が、7.81%, -15.78%, -17.99%と小となっていったことと関係して、けん引点が低くなるにつれて相当開いていった。けん引点がDにある場合には、けん引角度が大きい場合に、 $\cos \theta_{es}$  は大であった。

2. es期の後蹄と臍心とを結ぶ線分の傾角あるいは後肢の傾角, The angle which the straight line between the hind hoof, which works as a fulcrum, and the assumed centre of movement of the hip joint make in the fore part with horizontal line

at the ending period of the duration of support by opposite hind limb...  $\theta_{es}'$ , および  $\cos \theta_{es}'$

#### a. $\theta_{es}'$

$\theta_{es}'$  は表4および図5に示す如くであった。

$\theta_{es}'$  の最小, 最大, および総平均値：それぞれ,  $90^\circ$ ,  $103^\circ$ ,  $96.1^\circ$  であった。そして、この総平均値は、 $\theta_{es}$  の総平均値より  $33.4^\circ$  大であった。すなわち、後肢の方向は1主支点期間に蹄を中心として  $33.4^\circ$  前方に回転する。

$\theta_{es}'$  の個体別の最小, 最大, および平均値：N号山羊は、それぞれ,  $90^\circ$ ,  $101^\circ$ ,  $94.8^\circ$ , H号山羊は、それぞれ,  $92^\circ$ ,  $103^\circ$ ,  $97.4^\circ$  であった。すなわち、H号山羊の場合はN号山羊の場合より大であった。

$\theta_{es}'$  に及ぼすけん引条件の影響：けん引量が20%の場合は、10%の場合に比べて小となった。

#### b. $\cos \theta_{es}'$

$\cos \theta_{es}'$  の値は表4および図6に示す如くである。

$\cos \theta_{es}'$  の最小, 最大, および総平均値：それぞれ,  $-0.2250$ ,  $0$ ,  $-0.1063$  であった。

$\cos \theta_{es}'$  の個体別の最小, 最大, および平均値：N号山羊は、それぞれ,  $-0.1908$ ,  $0$ ,  $-0.0837$ , H号山羊は、それぞれ,  $-0.2250$ ,  $-0.0349$ ,  $-0.1288$  であった。すなわち、H号山羊はN号山羊より小であった。

$\cos \theta_{es}'$  に及ぼすけん引条件の影響： $\theta_{es}'$  の場合とは、逆で、けん引量が20%の場合には、10%の場合に比べて相当大となった。

#### D. $Des$ , $Des'$ , および $Dp$

表4.  $\theta_{es}$ ,  $\cos \theta_{es}$ ,  $\theta_{es}'$ ,  $\cos \theta_{es}'$ , および  $\cos \theta_{es} - \cos \theta_{es}'$

測定事項	けん引量	けん引点 けん引角度 個体	A				B				C				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		
$\theta_{es}$ (上欄), $\cos \theta_{es}$ (下欄)	体重の 10%	N号山羊	63	59	61	61.0	64	60	62	62.0	68	64	62	64.7	69	67	62	66.0	66.0	62.5	61.8	63.4	
			0.4540	0.5150	0.4848	0.4848	0.4384	0.5000	0.4695	0.4695	0.3746	0.4384	0.4695	0.4274	0.3584	0.3907	0.4695	0.4067	0.4067	0.4617	0.4726	0.4478	
		H号山羊	60	64	61	61.7	66	65	64	65.0	67	65	68	66.7	69	65	66	66.7	65.5	64.8	64.8	65.0	
			0.5000	0.4384	0.4848	0.4741	0.4067	0.4226	0.4384	0.4226	0.3907	0.4226	0.3746	0.3955	0.3584	0.4226	0.4067	0.3955	0.4147	0.4258	0.4258	0.4226	
		平均	61.5	61.5	61.0	61.3	65.0	62.5	63.0	63.5	67.5	64.5	65.0	65.7	69.0	66.0	64.0	66.3	65.8	63.6	63.3	64.2	
			0.4772	0.4772	0.4848	0.4802	0.4226	0.4617	0.4550	0.4462	0.3827	0.4305	0.4226	0.4115	0.3584	0.4067	0.4384	0.4019	0.4099	0.4446	0.4493	0.4352	
	"	N	61	63	59	61.0	60	58	60	59.3	61	61	61	61.0	61	62	60	61.0	60.8	61.0	60.0	60.6	
			0.4848	0.4540	0.5150	0.4848	0.5000	0.5299	0.5000	0.5105	0.4848	0.4848	0.4848	0.4848	0.4848	0.4695	0.5000	0.4848	0.4879	0.4848	0.5000	0.4909	
		H	60	64	61	61.7	62	60	63	61.7	64	60	61	61.7	64	60	61	61.7	62.5	61.0	61.5	61.7	
			0.5000	0.4384	0.4848	0.4741	0.4695	0.5000	0.4540	0.4741	0.4384	0.5000	0.4848	0.4741	0.4384	0.5000	0.4848	0.4741	0.4617	0.4848	0.4772	0.4741	
		M	60.5	63.5	60.0	61.3	61.0	59.0	61.5	60.5	62.5	60.5	61.0	61.3	62.5	61.0	60.5	61.3	61.6	61.0	60.8	61.1	
			0.4924	0.4462	0.5000	0.4802	0.4848	0.5150	0.4772	0.4924	0.4617	0.4924	0.4848	0.4802	0.4617	0.4848	0.4924	0.4802	0.4756	0.4848	0.4879	0.4833	
けん引点別 平均	N	62.0	61.0	60.0	61.0	62.0	59.0	61.0	60.7	64.5	62.5	61.5	62.8	65.0	64.5	61.0	63.5	63.4	61.8	60.9	62.0		
		0.4695	0.4848	0.5000	0.4848	0.4695	0.5150	0.4848	0.4894	0.4035	0.4617	0.4772	0.4571	0.4226	0.4305	0.4848	0.4462	0.4478	0.4726	0.4863	0.4695		
	H	60.0	64.0	61.0	61.7	64.0	62.5	63.5	63.3	65.5	62.5	64.5	64.2	66.5	62.5	63.5	64.2	64.0	62.9	63.1	63.3		
		0.5000	0.4384	0.4848	0.4741	0.4384	0.4617	0.4462	0.4493	0.4147	0.4617	0.4305	0.4352	0.3987	0.4617	0.4462	0.4352	0.4384	0.4555	0.4524	0.4493		
	M	61.0	62.5	60.5	61.3	63.0	60.8	62.3	62.0	65.0	62.5	63.0	63.5	65.8	63.5	62.3	63.8	63.7	62.3	62.0	62.7		
		0.4848	0.4617	0.4924	0.4802	0.4540	0.4879	0.4648	0.4695	0.4226	0.4617	0.4540	0.4462	0.4099	0.4462	0.4648	0.4415	0.4431	0.4648	0.4695	0.4586		
$\theta_{es}$ (上欄), $\cos \theta_{es}$ (下欄)	体重の 10%	N	96	94	95	95.0	96	91	98	95.0	101	98	95	98.0	98	99	95	97.3	98.8	95.5	96.3	96.3	
			-0.1045	-0.0698	-0.0872	-0.0872	-0.1045	-0.0175	-0.1392	-0.0872	-0.1908	-0.1392	-0.0872	-0.1392	-0.1392	-0.1564	-0.0872	-0.1271	-0.1530	-0.0958	-0.1097	-0.1097	
		H	98	96	100	98.0	98	103	102	101.0	102	97	98	99.0	101	97	97	98.3	99.8	98.3	99.3	99.1	
			-0.1392	-0.1045	-0.1736	-0.1392	-0.1392	-0.2250	-0.2079	-0.1908	-0.2079	-0.1219	-0.1392	-0.1564	-0.1908	-0.1219	-0.1219	-0.1444	-0.1702	-0.1444	-0.1616	-0.1582	
		M	97.0	95.0	97.5	96.5	97.0	97.0	100.0	98.0	101.5	97.5	96.5	98.5	99.5	98.0	96.0	97.8	98.8	96.9	97.5	97.7	
			-0.1219	-0.0872	-0.1305	-0.1132	-0.1219	-0.1219	-0.1736	-0.1392	-0.1994	-0.1305	-0.1132	-0.1478	-0.1650	-0.1392	-0.1045	-0.1357	-0.1530	-0.1201	-0.1305	-0.1340	
	"	N	91	95	94	93.3	94	93	95	94.0	90	95	95	93.3	92	95	90	92.3	91.9	94.5	93.5	93.3	
			-0.0175	-0.0872	-0.0698	-0.0576	-0.0698	-0.0523	-0.0872	-0.0698	0	-0.0872	-0.0872	-0.0576	-0.0349	-0.0872	0	-0.0401	-0.0314	-0.0785	-0.0610	-0.0576	
		H	92	102	95	96.3	99	95	95	96.3	96	94	95	95.0	95	96	95	95.3	95.5	96.8	95.0	95.8	
			-0.0349	-0.2079	-0.0872	-0.1097	-0.1564	-0.0872	-0.0872	-0.1097	-0.1045	-0.0698	-0.0872	-0.0872	-0.0872	-0.1045	-0.0872	-0.0924	-0.0958	-0.1184	-0.0872	-0.1011	
		M	91.5	98.5	94.5	94.8	96.5	94.0	95.0	95.2	93.0	94.5	95.0	94.2	93.5	95.5	92.5	93.8	93.6	95.6	94.3	94.5	
			-0.0262	-0.1478	-0.0785	-0.0837	-0.1132	-0.0698	-0.0872	-0.0906	-0.0523	-0.0785	-0.0872	-0.0732	-0.0610	-0.0958	-0.0436	-0.0663	-0.0628	-0.0976	-0.0750	-0.0785	
けん引点別 平均	N	93.5	94.5	94.5	94.2	95.0	92.0	96.5	94.5	95.5	96.5	95.0	95.7	95.0	97.0	92.5	94.8	94.8	95.0	94.6	94.8		
		-0.0610	-0.0785	-0.0785	-0.0732	-0.0872	-0.0349	-0.1132	-0.0785	-0.0958	-0.1132	-0.0872	-0.0993	-0.0872	-0.1219	-0.0436	-0.0837	-0.0837	-0.0872	-0.0802	-0.0837		
	H	95.0	99.0	97.5	97.2	98.5	99.0	98.5	98.7	99.0	95.5	96.5	97.0	98.0	96.5	96.0	96.8	97.6	97.5	97.1	97.4		
		-0.0872	-0.1564	-0.1305	-0.1253	-0.1478	-0.1564	-0.1478	-0.1513	-0.1564	-0.0958	-0.1132	-0.1219	-0.1392	-0.1132	-0.1045	-0.1184	-0.1323	-0.1305	-0.1236	-0.1288		
	M	94.3	96.8	96.0	95.7	96.8	95.5	97.5	96.6	97.3	96.0	95.8	96.3	96.5	96.8	94.3	95.8	96.2	96.3	95.9	96.1		
		-0.0750	-0.1184	-0.1045	-0.1011	-0.1184	-0.0958	-0.1305	-0.1149	-0.1271	-0.1045	-0.1011	-0.1097	-0.1132	-0.1184	-0.0750	-0.1011	-0.1080	-0.1097	-0.1028	-0.1063		

1. es 期の後蹄～臍心水平距離, The horizontal distance between the hind hoof which works as a fulcrum and the assumed centre of movement of the hip joint at the ending period of the duration of support by one hind limb... Des, および es' 期の後蹄～臍心水平距離, The horizontal distance between the hind hoof which works as a fulcrum and the assumed centre of movement of the hip joint at the ending period of the duration of support by opposite hind limb... Des'

後蹄～臍心水平距離は、臍心が後蹄より前方にある場合は正(+)とし、後方にあれば負(-)とした。

#### a. Des

Des は表5および図7に示す如くである。

Des の最小, 最大, および総平均値 : それぞれ, 1.9cm, 2.8cm, 2.54cmであった。

Des の個体別の最小, 最大, および平均値 : N号山羊は, それぞれ, 1.9cm, 2.8cm, 2.49cm, H号山羊は, それぞれ, 2.1cm, 2.9cm, 2.58cmであった。すなわち, H号山羊の場合は, N号山羊の場合より大であった。

Des に及ぼすけん引条件の影響 :  $\cos \theta_{es}$  に似通った変化を示し, けん引量が20%の場合には, 10%の場合より大となった。そして, その差は, けん引量が10%の場合に, けん引点が, B, C, Dと次第に低くなるにつれて, Aの場合に比べて Des の平均値が-6.22%, -12.03%, -16.59%と小となっていったことに関係して, けん引点が低くなるにつれて, 相当開いていった。けん引点がDにある場合には, けん引角度が大となるにつれて Des も大となった。

#### b. Des'

Des' は表5および図7に示す如くであった。

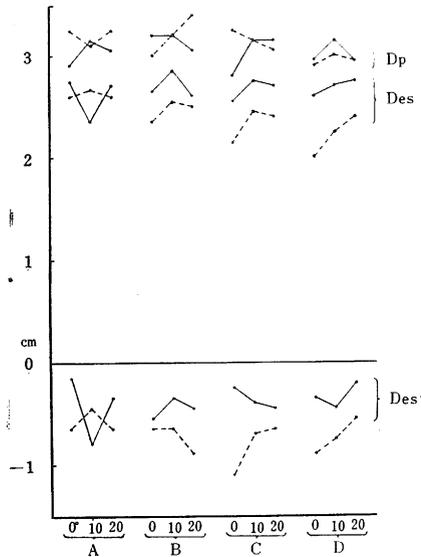
Des' の最小, 最大, および総平均値 : それぞれ, -1.2cm, 0, -0.56cmであった。

Des' の個体別の最小, 最大, および平均値 : N号山羊は, それぞれ, -1.0cm, 0, -0.41cm, H号山羊は, それぞれ, -1.2cm, -0.2cm, -0.70cmであった。すなわち, H号山羊の場合はN号山羊の場合より小であった。

Des' に及ぼすけん引条件の影響 :  $\cos \theta_{es'}$  に似通った変化を示し, けん引量が20%の場合には, 10%の場合に比べて相当大となった。Des' が大となったということは, いいかえると, 後蹄が後方へ寄ったということを示す。そして, けん引量が大きくなると, 後蹄が後方に寄ることに関して, さきの研究<sup>(6,7)</sup>において, けん引量が大きくなれば, 回転運動の平衡条件,  $FDI = WpDg$  (Fはけん引量, DIは回転軸となる後蹄とけん引線との垂直距離, Wpは体重の回転能率関与量, Dgは後蹄と重心との水平距離)に関する FDI が大となるので, これに対応して WpDg を大とするため, 重心～後蹄水平距離, Dg を大とすることが要求される。すなわち, 後蹄が後方へ寄ることが要求されることを明らかにした。

2. 1 主支点期間の臍心水平推進距離, The horizontal propulsive distance of the assumed

図7. Des, Des', および Dp



centre of movement of the hip joint in the one time of the duration in which one hind hoof works as a major fulcrum... Dp (= 1 歩長)

Des の測定値から Des' の測定値をひいてえられた Dp の値は表 5 および図 7 に示す如くであった。

Dp の総平均値 : 3.09cm であった。

Dp の個体別の平均値 : N 号山羊は 2.90cm, H 号山羊は 3.28cm であって, H 号山羊の場合が N 号山羊の場合より大であった。

Dp に及ぼすけん引条件の影響 : けん引量 20% の場合に 10% の場合に比べて, Des も大となり, Des' も大となったので, 両者が相殺されて Dp にはけん引量の影響があまり明瞭にあらわれなかった。平均値を比較してみると, 表 6 に示すように,

20% の場合がわずか 2.26% 小であった。しかし, けん引量がさらに大となっていく場合には, それにともなって Des' は, その項において述べた如く, 回転能率の平衡上の要求から次第に大とならざるをえないのかかわらず, 一方, Des はけん引量が適度な場合にはけん引歩行に対する適応として増大するが, 後肢の伸展と前傾とによってもたらされる Des の増大には限界があるので, さらにけん引量が増大してしても Des の増大はみられなくなる。したがって, 或る程度以上にけん引量が大きくなると, それにつれて Dp は次第に小となってゆく。このことは, けん引量をもっと大きくした実験<sup>(4)</sup>において明らかになった。その他, けん引量が 10% の場合のけん引点が D にある場合に, けん引点が他にある場合に比べて Dp が小となったことが目立った。

Dp の肩心～臍心距離に対する割合 : Dp の相対的な大きさを知るために, Dp の肩心～臍心距離に対する割合 (%) を求めると, 表 5 および図 8 に示した如くなる (ただし, ここに用いた肩心～臍心距離は, es, es' 両期の肩心～臍心距離の平均値である)。すなわち, その総平均値は 66.6% であった。N 号山羊では 64.2%, H 号山羊では 69.6% であった。また, けん引点が C や D にある場合には, A や D にある場合に比べてやや小となった。因みに, 肩心～臍心距離は表 7 に示した如くである。

#### E. 総括

Dp を解析した方程式に, 上述してきた各要素の総平均値をあてえて, 計算するとつぎのようになる。

表 5. Des, Des', Dp (cm), および  $\frac{Dp}{\text{肩心} \sim \text{臍心距離}} (\%)$

測定事項	けん引量	けん引点 個	けん引角度 度	A				B				C				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	
Des	体重の 10%	N号山羊		2.4	2.7	2.5	2.53	2.4	2.7	2.5	2.53	2.0	2.4	2.6	2.33	1.9	2.1	2.5	2.17	2.18	2.48	2.53	2.39
		H号山羊		2.8	2.6	2.7	2.70	2.3	2.4	2.5	2.40	2.3	2.5	2.2	2.33	2.1	2.4	2.3	2.27	2.38	2.48	2.43	2.43
		平均		2.60	2.65	2.60	2.62	2.35	2.55	2.50	2.47	2.15	2.45	2.40	2.33	2.00	2.25	2.40	2.22	2.28	2.48	2.48	2.41
	" 20"	N		2.6	2.3	2.6	2.50	2.7	2.8	2.6	2.70	2.5	2.6	2.6	2.57	2.6	2.5	2.7	2.60	2.60	2.55	2.63	2.59
		H		2.9	2.4	2.8	2.70	2.6	2.9	2.6	2.70	2.6	2.9	2.8	2.77	2.6	2.9	2.8	2.77	2.68	2.78	2.75	2.73
		M		2.75	2.35	2.70	2.60	2.65	2.85	2.60	2.70	2.55	2.75	2.70	2.67	2.60	2.70	2.75	2.68	2.64	2.66	2.69	2.66
	けん引点別 平均	N		2.50	2.50	2.55	2.52	2.55	2.75	2.55	2.62	2.25	2.50	2.60	2.45	2.25	2.30	2.60	2.38	2.39	2.51	2.58	2.49
		H		2.85	2.50	2.75	2.70	2.45	2.65	2.55	2.55	2.45	2.70	2.50	2.55	2.35	2.65	2.55	2.52	2.53	2.63	2.59	2.58
		M		2.68	2.50	2.65	2.61	2.50	2.70	2.55	2.58	2.35	2.60	2.55	2.50	2.30	2.48	2.58	2.45	2.46	2.57	2.58	2.54
Des'	体重の 10%	N		-0.5	-0.3	-0.4	-0.40	-0.6	-0.1	-0.7	-0.47	-1.0	-0.7	-0.5	-0.73	-0.8	-0.8	-0.4	-0.67	-0.73	-0.48	-0.50	-0.57
		H		-0.8	-0.6	-0.9	-0.77	-0.7	-1.2	-1.1	-1.00	-1.2	-0.7	-0.8	-0.90	-1.0	-0.7	-0.7	-0.80	-0.93	-0.80	-0.88	-0.87
		M		-0.65	-0.45	-0.65	-0.58	-0.65	-0.65	-0.90	-0.73	-1.10	-0.70	-0.65	-0.82	-0.90	-0.75	-0.55	-0.73	-0.83	-0.64	-0.69	-0.72
	" 20"	N		-0.1	-0.4	-0.3	-0.27	-0.3	-0.2	-0.4	-0.30	0	-0.4	-0.4	-0.27	-0.2	-0.4	0	-0.2	-0.15	-0.35	-0.28	-0.26
		H		-0.2	-1.2	-0.4	-0.60	-0.8	-0.5	-0.5	-0.60	-0.5	-0.4	-0.5	-0.47	-0.5	-0.5	-0.4	-0.47	-0.50	-0.65	-0.45	-0.53
		M		-0.15	-0.80	-0.35	-0.43	-0.55	-0.35	-0.45	-0.45	-0.25	-0.40	-0.45	-0.37	-0.35	-0.45	-0.20	-0.33	-0.33	-0.50	-0.36	-0.40
	けん引点別 平均	N		-0.30	-0.35	-0.35	-0.33	-0.45	-0.15	-0.55	-0.38	-0.50	-0.55	-0.45	-0.50	-0.50	-0.60	-0.20	-0.43	-0.44	-0.41	-0.39	-0.41
		H		-0.50	-0.90	-0.65	-0.68	-0.75	-0.85	-0.80	-0.80	-0.85	-0.55	-0.65	-0.68	-0.75	-0.60	-0.55	-0.63	-0.71	-0.73	-0.66	-0.70
		M		-0.40	-0.63	-0.50	-0.51	-0.60	-0.50	-0.68	-0.59	-0.68	-0.55	-0.55	-0.59	-0.63	-0.60	-0.38	-0.53	-0.58	-0.57	-0.53	-0.56
Dp	体重の 10%	N		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	2.95	3.03	2.96
		H		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
		M		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
	" 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		2.90	3.15	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
Dp 肩心~臍心距離	体重の 10%	N		63.7	65.9	63.7	64.5	66.7	60.9	71.1	66.2	64.5	68.9	67.4	66.9	58.1	65.2	65.2	62.8	63.2	65.2	66.8	65.2
		H		77.4	66.0	76.6	73.3	63.8	76.6	76.6	72.3	72.2	64.6	61.9	66.2	96.0	65.3	63.8	65.0	69.8	68.1	69.7	69.2
		M		70.7	66.0	70.3	69.0	65.2	68.8	73.9	69.3	68.4	66.7	64.6	66.5	62.0	65.2	64.5	63.9	66.6	66.7	68.3	67.2
	" 20"	N		58.7	60.0	63.7	60.8	68.2	65.2	67.4	66.9	54.3	66.7	65.2	62.1	63.6	65.9	60.7	63.4	61.2	64.4	64.3	63.3
		H		68.1	78.3	71.1	72.5	74.7	73.9	66.0	71.5	62.5	68.0	69.5	66.7	66.0	73.1	67.4	68.8	67.9	73.3	68.5	69.9
		M		63.4	69.2	67.4	66.7	64.3	69.6	66.7	66.8	58.6	67.4	67.4	64.5	64.8	69.6	64.1	66.2	62.8	68.9	66.4	66.0
	けん引点別 平均	N		61.2	63.0	63.7	62.6	67.4	63.0	69.3	66.6	59.4	67.8	66.3	64.5	60.8	65.5	62.9	63.1	62.2	64.8	65.6	64.2
		H		72.8	72.1	73.9	72.9	69.3	75.3	71.3	71.9	67.4	66.3	65.7	66.5	66.0	69.2	65.6	66.9	68.8	70.7	69.1	69.6
		M		67.0	67.6	68.8	67.8	64.8	69.2	70.3	68.1	63.5	67.0	66.0	65.5	63.4	67.4	64.3	65.0	64.7	67.8	67.3	66.6
備考	肩心~臍心距離はes期とes'期との平均値.																						

表 6. 測定値のけん引条件別平均値の差の総平均値に対する割合(%)

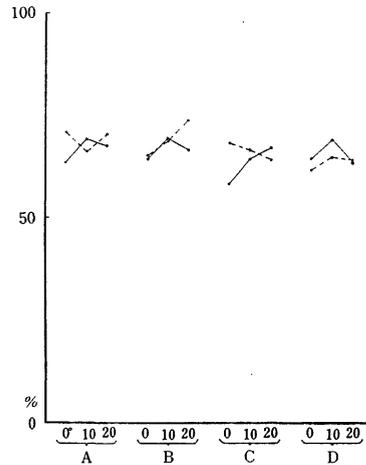
測定事項	けん引条件 差の割合 の種別 けん 引量別	F	P			$\alpha$	
		20%M— 10%M	BM—AM	CM—AM	DM—AM	10°M—0°M	20°M—0°M
		TM	TM	TM	TM	TM	TM
Les	体重の10%		1.82	3.09	1.45	0	-1.27
	" 20 "		2.75	3.67	2.75	-0.73	0.18
	平均	-0.91	2.19	3.29	2.19	-0.36	-0.54
Les'	10		3.28	6.18	3.86	-1.93	-2.70
	20		3.21	4.55	4.02	-1.60	-1.00
	M	-3.94	3.35	5.32	3.94	-1.77	-1.77
Les Les'	10		-1.41	-3.10	-2.44	1.88	1.31
	20		-0.63	-1.09	-1.27	1.00	1.18
	M	3.15	-1.01	-2.03	-1.85	1.48	1.20
$\theta$ es	10		3.42	6.85	7.78	-3.42	-3.89
	20		-1.30	0	0	-0.98	-1.30
	M	-4.94	1.11	3.50	3.98	-2.23	-2.71
$\theta$ es'	10		1.53	2.04	1.33	-1.94	-1.33
	20		0.42	-0.63	-1.05	2.11	0.74
	M	-3.32	0.93	0.62	0.10	0.10	-0.31
cos $\theta$ es	10		-7.81	-15.78	-17.99	7.97	9.05
	20		2.52	0	0	1.90	2.54
	M	10.48	-2.33	-7.41	-8.43	4.73	5.75
cos $\theta$ es'	10		-19.40	-25.82	-16.79	24.55	16.79
	20		-8.78	13.37	22.16	-44.33	-15.54
	M	52.21	-12.98	-8.09	0	-1.59	4.89
Des	10		-6.22	-12.03	-16.59	8.29	8.29
	20		3.75	2.63	3.00	0.75	1.87
	M	9.84	-1.18	-4.33	-5.90	4.33	4.72
Des'	10		-20.83	-33.33	-20.83	26.38	19.44
	20		-5.00	15.00	25.00	-42.50	-7.50
	M	57.14	-14.28	-14.28	-3.57	1.78	8.92
DP	10		0	-1.59	-7.98	0.31	1.91
	20		3.92	0	-0.32	6.53	2.94
	M	-2.26	1.94	-0.97	-4.53	3.55	2.58
備 考		Fはけん引量. Pはけん引点. $\alpha$ はけん引角度. 10%Mおよび20%Mは, それぞれ, けん引量10%の場合および20%の測定値の平均値. AM, BM, CM, およびDMは, それぞれ, けん引点がA, B, C, およびDにある場合の測定値の平均値. 0°M, 10°M, および20°Mは, それぞれ, けん引角度が0°, 10°, および20°の場合の測定値の平均値. TMはけん引量別総平均値.					

表7. 肩心～臍心距離 (cm)

けん引量 個 体		けん引点		A				B				C			
		けん引角度	水平	10°	20	平均	0	10	20	M	0	10	20	M	
体 重 の 10 %	N 号 山 羊	4.55	4.55	4.55	4.55	4.50	4.60	4.50	4.53	4.65	4.50	4.60	4.58		
	H 号 山 羊	4.65	4.85	4.70	4.73	4.70	4.70	4.70	4.70	4.85	4.95	4.85	4.88		
	平 均	4.60	4.70	4.63	4.64	4.60	4.65	4.60	4.62	4.75	4.73	4.73	4.73		
" 20 "	N	4.60	4.50	4.55	4.55	4.40	4.60	4.45	4.48	4.60	4.50	4.60	4.57		
	H	4.55	4.60	4.50	4.55	4.55	4.60	4.70	4.62	4.95	4.85	4.75	4.85		
	M	4.58	4.55	4.53	4.55	4.48	4.60	4.58	4.55	4.78	4.68	4.68	4.71		
けん引点別 平 均	N	4.58	4.53	4.55	4.55	4.45	4.60	4.48	4.51	4.63	4.50	4.60	4.58		
	H	4.60	4.73	4.60	4.64	4.63	4.65	4.70	4.66	4.90	4.90	4.80	4.87		
	M	4.59	4.63	4.58	4.60	4.54	4.63	4.59	4.58	4.76	4.70	4.70	4.72		
備 考		肩心～臍心距離はes期とes'期との平均値.													

D				けん引角度別平均			けん引量 別 平均
0	10	20	M	0	10	20	
4.65	4.45	4.45	4.52	4.59	4.53	4.53	4.55
4.70	4.75	4.70	4.72	4.73	4.81	4.74	4.76
4.68	4.60	4.58	4.62	4.66	4.67	4.63	4.65
4.40	4.40	4.45	4.42	4.50	4.50	4.51	4.50
4.70	4.65	4.75	4.70	4.69	4.68	4.68	4.68
4.55	4.53	4.60	4.56	4.59	4.59	4.59	4.59
4.43	4.43	4.45	4.47	4.54	4.51	4.52	4.53
4.70	4.70	4.73	4.71	4.71	4.74	4.71	4.72
4.61	4.56	4.59	4.59	4.63	4.63	4.61	4.62

図8.  $D_p$  肩心～臍心距離



$$D_p = Les' \left( \frac{Les}{Les'} \cos \theta_{es} - \cos \theta_{es'} \right)$$

$$= 5.07 \text{ cm} [1.079 \times 0.4586 - (-0.1063)] = 3.05 \text{ cm}$$

これによってえられた3.05cmを,  $Des - Des'$  によってえられた  $D_p$  の総平均値3.09cm, ならびに es 期の左後蹄～右後蹄水平距離, すなわち, 1歩長の平均値 3.17cm に比べて, ほぼ, 一致することが認められる。

$D_p$  の総平均値 3.09cmの,  $Les'$  の総平均値 5.07 cm に対する割合は 60.9%であった。この割合は, N号山羊では58.5%, H号山羊では61.3%であった。

以上, 考察してきたところから言って, 軀幹の推進距離あるいは1歩長は, 後肢の長い程, いいかえれば体格が大である程, 後肢の伸展による伸長比が大である程, 後肢の踏込みが大である程(そのためには, 回転運動の平衡の関係からして胴の長い体型であって, 体重が大であ

ること),後肢の後方への送りが大である程(そのためには、臑関節が十分に開張しうること),大となる。そして、そのためには、骨格、とくに、四肢骨の運動軸<sup>(3)</sup>の構成がよいこと、筋力の大であることが伴わなければならないであろう。

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、京都大学農学部の川島良治助教授、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、深く感謝の意を表する。

#### 文献参考

- (1) Hayes, C. (1930) : Points of the Horse.
- (2) 久合田勉(1934) : 馬学外貌篇
- (3) 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
- (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)
- (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
- (6) 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
- (7) 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