

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*

盛 政 貞 人

(島根大学教育学部)

Sadato MORIMASA : An Analytical Verification of the Condition of
Equilibrium of the Draught Animal in Station
with Draught

ABSTRACT. Aimed at elucidating the draught mechanism of the draught animal, the following experiments and research were conducted: we imposed on the goat in station the draughts having different draught conditions [1) the weight of the draught... F, 2) the direction of the trace (the draught angle), 3) the point of the attachment of the trace], which are equivalent respectively to the three elements of force [1) magnitude of force, 2) line of action, and 3) point of application] and thus we measured by the platform scale the weight borne by the fore-and hind-limbs, respectively. Meanwhile we measured by means of photography the changes in the attitude of the goat and in the position of the trace.

Through the mechanical analyses of the results of these experiments, it has been made clear that:

(1) the condition of equilibrium for the movement of rotation presents itself with the following formula: $FD_1 = W_p D_g$, if it is to be represented in absolute value; or it turns into $ED_1 + W_p D_g = 0$, if the direction of the moment of rotation is taken into consideration.

Notes W_p : the body-weight which takes part in the moment of rotation

D_1 : the vertical distance between the hind-hoof, which works as the axis of rotation, and the trace

D_g : the horizontal distance between the hind-hoof and the centre of gravity

(2) the body-weight of the goat with the imposed draught acts, dividing itself into two portions: W_p and W_{np} , or the body-weight which does not take part in the moment of rotation.

(3) W_p is put on the hind-hoofs which work as axes of rotation.

* 昭和37年9月5日原稿受理

(4) W_{np} is distributed upon the fore- and hind-hoofs, respectively, dividing itself into two portions inversely proportional to the ratio between D_g , that is to say, the horizontal distance from the hind-hoof to the centre of gravity, and the horizontal distance from the fore-hoof to the centre of gravity. [see (6), (a) and (b) below]

(5) F_t , the partial weight of the draught which is transferred into the whole weight borne by the four limbs, that is the vertical component force of the traction power, is put on the hind-hoofs.

(6) accordingly,

$$(a) \text{ the weight borne by the fore-limbs} = W_{np} \times \frac{D_g}{D_s}$$

$$(b) \text{ the weight borne by the hind-limbs} = W_{np} \left(1 - \frac{D_g}{D_s} \right) + W_p + F_t$$

Note D_s : the horizontal distance between the fore-limb and the hind-limb

(7) unlike in the case of a rigid body, in the goat, a quadruped, the distinctive characteristics in the equilibration regarding the movement of rotation, when it remains in station with the imposed draught, is found to lie in the fact that the body-weight of the goat is divided into two portions, as mentioned in (2) above: W_p and W_{np} .

I. 緒 論

役畜のけん引機構の解明に資する目的をもって、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、 $FD_1 = W_p D_g$ (但し、絶対値のみについて考慮する場合であって、回転能率の方向を考慮に入れる場合は $FD_1 + W_p D_g = 0$ となる) であろうことを、さきの報告⁽⁵⁾では、その条件と肢の負重量との相関によって推論したが、その後、その報告にも付記した如く、両者の関係を数学的に完全に解析することによって、その条件の成立を証明することができたので、ここに、それについての論述をいたしたい。

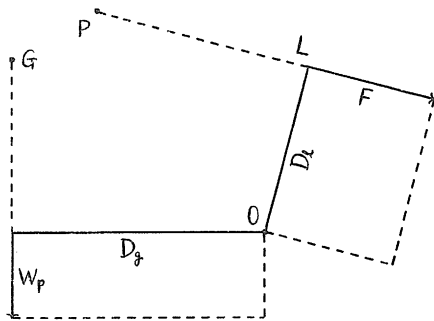


図 1. 回転運動の平衡条件, $FD_l = W_p D_g$ の説明図

- 註 F : けん引量
 D_l : 回転軸として働く後蹄 (O) とけん引線 (L) との垂直距離
 W_p : 体重の回転能率関与量
 D_g : 後蹄と重心 (G) との水平距離
 P : けん引点

II. 材料および方法

さきの報告 (3, 4および5) 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種類の実験を行なった。

- (1) 姿勢ならびにけん引線 (曳き綱) のとる位置の変化を写真にとって測定した。
- (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. 上記2種類の実験においてつぎの事項は同一にした。

- (1) 実験には同一の2頭の山羊を用いた。
- (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, A, 背と肩端との中間の高さ, B, 肩端の高さ, C, 腹帯の下部の高さ, D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 (鞍つきで、1号山羊 36.6kg, 2号山羊 47.9kg) の15% (1号山羊 5.25kg, 2号山羊 6.98kg), 25% (1号山羊 8.75kg, 2号山羊 11.63kg) および 35% (1号山羊 12.25kg, 2号山羊 16.28kg) 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

問題の回転運動についての平衡条件, $FD_l = W_p D_g$ が実際に働くことを証明するためには、けん引量 F, 後蹄～けん引線垂直距離 D_l , および後蹄～重心水平距離 D_g (重心の位置についての吟味が心要であるが) などの実測値を基礎にえられる理論値である、体重の回転能率関与量 W_p が実際に働くことを証明しなければならない。

しかし、 W_p を直接に測定する方法はない筈である。何故ならば、直接計器にかかるということは、回転能率には関与しなくなることを意味するからである。

そこで着目したのが、 W_p を肢の負重量の中から解析してとり出せないかということである

しかし、 W_p をこのような形でつかむことは、以下述べるように、四肢負重量と、その源泉となる体重およびけん引量との両面にわたって、 W_p を含む全要素の解析を行なうとともに、両者の諸要素の総合的關係を明らかにすることによってはじめて可能であった。

以下、それら諸要素の力学的・数学的解析と総合とを通して、 W_p ひいては、平衡条件 $FD_1 = W_p D_g$ が実際に成立することを証明することを求める。

表 1. 前肢負重量の実測値…… W_{fp} (kg)

けん引量	けん引点 けん引角度 個体	A				B				C				D																																																																																																																																																															
		0°	10°	20°	30°	0°	10°	20°	30°	0°	10°	20°	30°	0°	10°	20°	30°																																																																																																																																																												
		<table border="1"> <tr> <td rowspan="3">体重の15%</td> <td>1号山羊</td> <td>21.5</td><td>23.2</td><td>23.1</td><td>24.6</td> <td>22.9</td><td>22.6</td><td>23.8</td><td>25.0</td> <td>24.0</td><td>25.5</td><td>25.7</td><td>26.5</td> <td>24.4</td><td>25.4</td><td>25.5</td><td>26.0</td> </tr> <tr> <td>2号山羊</td> <td>26.7</td><td>26.3</td><td>28.3</td><td>28.7</td> <td>28.3</td><td>29.2</td><td>30.2</td><td>31.4</td> <td>30.8</td><td>31.0</td><td>32.4</td><td>32.4</td> <td>31.3</td><td>31.3</td><td>32.0</td><td>33.0</td> </tr> <tr> <td>平均</td> <td>24.1</td><td>24.8</td><td>25.7</td><td>26.7</td> <td>25.6</td><td>25.9</td><td>27.0</td><td>28.2</td> <td>27.4</td><td>28.3</td><td>29.1</td><td>29.5</td> <td>27.9</td><td>28.4</td><td>28.8</td><td>29.5</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">" 25 "</td> <td>1</td> <td>21.1</td><td>21.8</td><td>21.9</td><td>24.9</td> <td>21.6</td><td>22.7</td><td>23.0</td><td>24.7</td> <td>23.6</td><td>25.3</td><td>26.1</td><td>26.9</td> <td>24.1</td><td>25.9</td><td>26.4</td><td>26.8</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>23.9</td><td>26.1</td><td>26.1</td><td>28.7</td> <td>26.9</td><td>28.9</td><td>30.4</td><td>31.8</td> <td>31.1</td><td>31.7</td><td>33.2</td><td>34.0</td> <td>31.4</td><td>31.3</td><td>32.1</td><td>33.8</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>22.5</td><td>24.0</td><td>24.0</td><td>26.8</td> <td>24.3</td><td>25.8</td><td>26.7</td><td>28.3</td> <td>27.4</td><td>28.5</td><td>29.7</td><td>30.5</td> <td>27.8</td><td>28.6</td><td>29.3</td><td>30.3</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">" 35 "</td> <td>1</td> <td>19.8</td><td>20.7</td><td>21.7</td><td>24.4</td> <td>21.3</td><td>22.5</td><td>23.6</td><td>25.4</td> <td>22.9</td><td>24.6</td><td>26.1</td><td>27.6</td> <td>24.4</td><td>26.1</td><td>28.0</td><td>27.8</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>22.8</td><td>24.2</td><td>25.2</td><td>28.0</td> <td>25.7</td><td>28.4</td><td>30.2</td><td>32.2</td> <td>29.3</td><td>30.5</td><td>32.4</td><td>33.7</td> <td>31.2</td><td>32.1</td><td>31.7</td><td>34.4</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>21.3</td><td>22.5</td><td>23.5</td><td>26.2</td> <td>23.5</td><td>25.5</td><td>26.9</td><td>28.8</td> <td>26.1</td><td>27.6</td><td>29.3</td><td>30.7</td> <td>27.8</td><td>29.1</td><td>29.9</td><td>31.1</td> </tr> </table>																		体重の15%	1号山羊	21.5	23.2	23.1	24.6	22.9	22.6	23.8	25.0	24.0	25.5	25.7	26.5	24.4	25.4	25.5	26.0	2号山羊	26.7	26.3	28.3	28.7	28.3	29.2	30.2	31.4	30.8	31.0	32.4	32.4	31.3	31.3	32.0	33.0	平均	24.1	24.8	25.7	26.7	25.6	25.9	27.0	28.2	27.4	28.3	29.1	29.5	27.9	28.4	28.8	29.5	" 25 "	1	21.1	21.8	21.9	24.9	21.6	22.7	23.0	24.7	23.6	25.3	26.1	26.9	24.1	25.9	26.4	26.8	2	23.9	26.1	26.1	28.7	26.9	28.9	30.4	31.8	31.1	31.7	33.2	34.0	31.4	31.3	32.1	33.8	M	22.5	24.0	24.0	26.8	24.3	25.8	26.7	28.3	27.4	28.5	29.7	30.5	27.8	28.6	29.3	30.3	" 35 "	1	19.8	20.7	21.7	24.4	21.3	22.5	23.6	25.4	22.9	24.6	26.1	27.6	24.4	26.1	28.0	27.8	2	22.8	24.2	25.2	28.0	25.7	28.4	30.2	32.2	29.3	30.5	32.4	33.7	31.2	32.1	31.7	34.4	M	21.3	22.5	23.5	26.2	23.5	25.5	26.9	28.8	26.1	27.6	29.3	30.7	27.8	29.1
体重の15%	1号山羊	21.5	23.2	23.1	24.6	22.9	22.6	23.8	25.0	24.0	25.5	25.7	26.5	24.4	25.4	25.5	26.0																																																																																																																																																												
	2号山羊	26.7	26.3	28.3	28.7	28.3	29.2	30.2	31.4	30.8	31.0	32.4	32.4	31.3	31.3	32.0	33.0																																																																																																																																																												
	平均	24.1	24.8	25.7	26.7	25.6	25.9	27.0	28.2	27.4	28.3	29.1	29.5	27.9	28.4	28.8	29.5																																																																																																																																																												
" 25 "	1	21.1	21.8	21.9	24.9	21.6	22.7	23.0	24.7	23.6	25.3	26.1	26.9	24.1	25.9	26.4	26.8																																																																																																																																																												
	2	23.9	26.1	26.1	28.7	26.9	28.9	30.4	31.8	31.1	31.7	33.2	34.0	31.4	31.3	32.1	33.8																																																																																																																																																												
	M	22.5	24.0	24.0	26.8	24.3	25.8	26.7	28.3	27.4	28.5	29.7	30.5	27.8	28.6	29.3	30.3																																																																																																																																																												
" 35 "	1	19.8	20.7	21.7	24.4	21.3	22.5	23.6	25.4	22.9	24.6	26.1	27.6	24.4	26.1	28.0	27.8																																																																																																																																																												
	2	22.8	24.2	25.2	28.0	25.7	28.4	30.2	32.2	29.3	30.5	32.4	33.7	31.2	32.1	31.7	34.4																																																																																																																																																												
	M	21.3	22.5	23.5	26.2	23.5	25.5	26.9	28.8	26.1	27.6	29.3	30.7	27.8	29.1	29.9	31.1																																																																																																																																																												

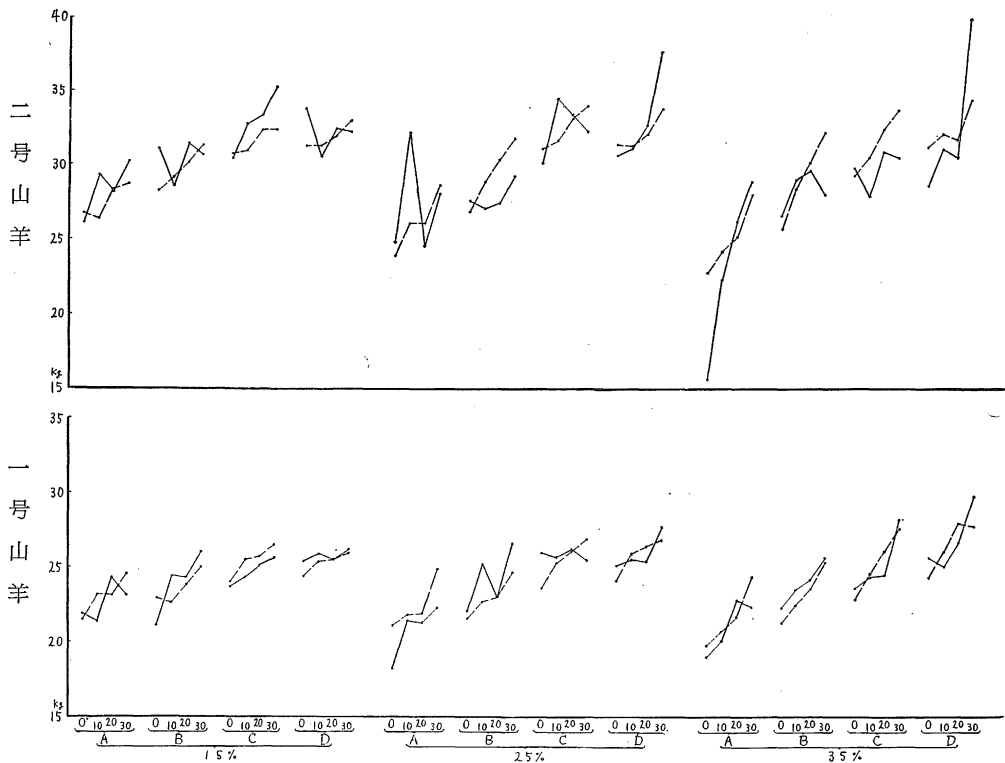


図 2. 前肢負重量の理論値…… W_{ft} と、実測値…… W_{fp}
 註 ——理論値, ———実測値

A. 肢の負重量の実測値

1. 前肢負重量 The weight borne by the fore-limbs, の実測値... W_{fp}

W_{fp} は表1 および図2 に示す如くである。

2. 後肢負重量, The weight borne by the hind-limbs, の実測値... W_{hp}

W_{hp} は表2 に示す如くである (文献2 および 3 に図を掲載)。

表 2. 後肢負重量の実測値... W_{hp} (kg)

けん引量		けん引点		A				B				C				D			
		けん引角度		0°	10°	20°	30°	0°	10°	20°	30°	0°	10°	20°	30°	0°	10°	20°	30°
体重の15%	1号山羊			15.3	14.7	15.6	15.2	14.0	14.9	14.7	14.6	12.7	12.3	12.8	12.9	12.2	12.4	13.0	13.7
	2号山羊			20.8	23.3	21.7	22.2	20.2	20.2	19.9	20.1	17.1	19.2	17.8	18.7	16.9	18.0	18.1	18.7
	平均			18.1	19.0	18.7	18.7	17.1	17.6	17.3	17.4	14.9	15.8	15.3	15.8	14.6	15.2	15.6	16.2
" 25 "	1			15.8	16.6	17.5	16.3	15.0	15.3	16.4	16.3	12.8	13.2	13.4	14.6	12.4	12.3	13.8	14.7
	2			23.8	23.5	25.2	24.3	21.3	21.5	21.3	20.5	16.8	18.7	17.9	18.7	17.4	18.6	19.6	19.6
	M			19.8	20.1	21.4	20.3	18.2	18.4	18.9	18.4	14.8	16.0	15.7	16.7	14.9	15.5	16.7	17.2
" 35 "	1			16.6	18.4	18.2	18.0	15.1	16.2	17.1	16.8	13.0	13.9	13.8	14.7	12.0	12.7	13.4	14.5
	2			23.7	25.8	25.6	26.0	22.9	22.2	22.8	21.5	18.5	20.5	19.9	21.1	17.0	18.4	20.9	21.5
	M			20.2	22.1	21.9	22.0	19.0	19.2	20.0	19.2	15.8	17.2	16.9	17.9	14.5	15.6	17.2	18.0

3. 四肢負重総量, The whol weight borne by the four limbs, の実測値... W_{f-hp}

W_{f-hp} は表1 の W_{fp} と, 表2 の W_{hp} との和であって, 表3 に示す如くである (文献2 に図を掲載)。

表 3. 四肢負重総量の実測値... W_{f-hp} (kg)

けん引量		けん引点		A				B				C				D			
		けん引角度		0°	10°	20°	30°	0°	10°	20°	30°	0°	10°	20°	30°	0°	10°	20°	30°
体重の15%	1号山羊			36.8	37.9	38.7	39.8	36.9	37.5	38.5	39.6	36.7	37.8	38.5	39.4	36.6	37.8	38.5	39.7
	2号山羊			47.5	49.6	50.0	50.9	48.5	49.4	50.1	51.5	47.9	50.2	51.1	51.1	48.2	49.3	50.1	51.7
	平均			42.2	43.8	44.4	45.4	42.7	43.5	44.3	45.6	42.3	44.0	44.4	45.3	42.4	43.6	44.3	45.7
" 25 "	1			36.9	38.4	39.4	41.2	36.6	38.0	39.4	41.0	36.4	38.5	39.5	41.5	36.5	38.2	40.2	41.5
	2			47.7	49.6	51.3	53.0	48.2	50.4	51.7	52.3	47.9	50.4	51.1	52.7	48.8	49.9	51.7	53.4
	M			42.3	44.0	45.4	47.1	42.4	44.2	45.6	46.7	42.2	44.5	45.3	47.1	42.7	44.1	46.0	47.5
" 35 "	1			36.4	39.1	39.9	42.4	36.4	38.7	40.7	42.2	35.9	38.5	39.9	42.3	36.4	38.8	41.4	42.3
	2			46.5	50.0	50.8	54.0	48.6	50.6	53.0	53.7	47.8	51.0	52.3	54.8	48.2	50.5	52.6	55.9
	M			41.5	44.6	45.4	48.2	42.5	44.7	46.9	48.0	41.9	44.8	46.1	48.6	42.3	44.7	47.0	49.1

B. 肢の負重量の理論値

1. 肢の負重量の理論値の構成要素と, それらについての力学的仮定

けん引をかけた役畜の肢の負重量の源泉となる体重(鞍つき) とけん引量とは, 力学的法則にしたがって分解されて, 肢の負重量の構成要素となるであろう。そして, それら肢の負重量の構成要素は, また, 力学的法則にしたがって前肢あるいは後肢に負重されるであろう。

a. 体重の回転能率関与量, The body-weight which takes part in the moment of rotation ... W_p

(1) 後蹄〜けん引線垂直距離, The vertical distance between the hind-hoof, which works as the axis of rotation, and the trace ... D_l

紙面の関係で、ここには掲載を省略する。

ただし、その値は表7の $\frac{D_l}{D_{gc}}$ に、表6の D_{gc} を乗ずればえられる (なお、文献3に掲載)。

(2) 後蹄〜重心水平距離, The horizontal distance between the hind-hoof and the centre of gravity ... D_g

重心は、正姿勢 (鞍付を行なって) で立たせた場合の前肢負重量と後肢負重量との比に逆比例して、肩胛骨運動中心⁽²⁾ (以下、肩心と略称) と腕関節運動中心 (以下、腕心と略称) との水平距離を配分する垂線上にある。即ち、腕心〜肩心水平距離に前肢負重率 (%)

($= \frac{\text{前肢負重量}}{\text{四肢負重総量}} \times 100$) を乗じてえられる距離だけ腕心を基点として肩心寄りを通る垂線上にありとする [以下、腕心〜重心線距離の、腕心〜肩心水平距離に対する割合

$$\left(= \frac{\text{腕心} \sim \text{重心線距離} (=b)}{\text{腕心} \sim \text{肩心水平距離} (=a)} \times 100 ; \quad \begin{array}{c} \text{腕心} \quad \text{重心線} \quad \text{肩心} \\ \longleftarrow b \quad \quad \quad \longleftarrow a \end{array} \quad \frac{b}{a} \right)$$

を重心線の腕心・肩心間内分後率 (%) と呼び、重心の位置を示すのに用いることとする。ここでは、前肢負重率はこの重心線の腕心・肩心間内分率に等しい]。これを重心の位置についての第1次仮定とし、以下、その位置を仮定重心と呼ぶこととする。したがって、後蹄〜仮定重心水平距離 D_{ga} は次式によって求められる。

$$\text{後蹄} \sim \text{腕心水平距離} + \text{腕心} \sim \text{肩心水平距離} \times \text{前肢負重率}$$

この実験において前肢負重率は、1号山羊 63.9%, 2号山羊 62.0%であった。

しかし、この後蹄〜仮定重心水平距離を用いて、後述する前肢負重量の理論値 [$(W - W_p) \times \frac{D_g}{D_s} \dots W$: 体重, W_p : 体重の回転能率関与量, D_g : 後蹄〜重心水平距離, D_s : 前蹄〜後蹄水平距離] を算出 (a) して、前肢負重量の実測値 (b) との差 (a-b) の平均を求めると、表4に示す如く、1号山羊は -0.56kg, 2号山羊は 0.94kg, その差の実測値に対する割合の平均は1号山羊は -2.32%, 2号山羊は 3.10% で極く小さくはあったが、いまだ、統計学的に無意であるとは認められなかった。

そこで、重心についての吟味を行なうこととし、重心線を腕心〜肩心水平距離の5%だけ前に移した場合 (+5%) と、5%だけ後に移した場合 (-5%) の、それぞれの後蹄〜重心水平距離を求め、それを用いて前肢負重量の理論値を求めると、表4および図3に示す如く、重心を前に移した場合には実測値との差は正 (+) の方向に大となり、後に移した場合にはその差は負 (-) の方向に大となることがわかった。したがって、重心線の位置をこれらの間の或るところに求めれば、差の平均を0に近づけることができる筈である。そして、その位置は表5に示す如くにして求められる。仮定重心の偏りについての計算を1号山羊について行なえばつぎの如くである。

$$1.42\text{kg} : 5\% = -0.56\text{kg} : x \quad \quad \quad x = -2.0\%$$

表 4 前肢負重量の理論値 (a) と実測値 (b) との差 (a-b) (kg) , ならびに、その差の実測値に対する割合 (%)

				A				B				C				D				平均	
				0°	10	20	30	0°	10	20	30	0°	10	20	30	0°	10	20	30		
仮定	1号山羊	体重の	差	-0.1	-2.3	-1.1	-2.0	-2.3	1.2	-0.2	0.5	-0.9	-1.7	-1.1	-1.5	0.6	0	-0.4	-0.2	63.9%	-0.56kg
		15%	%	-0.47	-9.91	-4.76	-8.13	-10.04	5.31	-0.84	2.00	-3.75	-6.67	-4.28	-5.66	2.46	0	-1.57	-0.77		
		25%	%	-3.4	-0.9	-1.2	-3.2	0	1.9	-0.5	1.3	1.7	0	-0.4	-1.8	0.4	-0.9	-1.7	0.4		
	2号山羊	25%	%	-16.11	-4.13	-5.48	-12.85	0	8.37	-2.17	5.26	7.20	0	-1.53	-6.69	1.66	-3.47	-6.44	1.49	62.0%	-2.32%
		35%	%	-1.4	-1.1	0.5	-2.5	0.4	0.6	0	0	0.1	-0.8	-1.9	0.1	0.6	-1.3	-1.8	1.4		
		差	%	-7.07	-5.31	2.30	-10.25	1.88	2.67	0	0	0.44	-3.25	-7.28	0.36	2.46	-4.98	-6.43	5.04		
重心	1号山羊	15%	差	0.2	4.0	0.9	2.5	3.7	0.3	2.3	0.3	0.8	2.7	2.0	4.0	3.5	0.4	1.4	0.4	68.9%	0.94kg
		25%	%	0.75	15.21	3.18	8.71	13.07	1.03	7.62	0.96	2.60	8.71	6.17	12.35	11.18	1.28	4.38	1.21		
		差	%	1.7	7.0	-0.6	0.6	1.7	-0.9	-1.8	-1.9	0	3.7	1.3	-0.7	0.2	0.9	1.4	4.8		
	2号山羊	25%	%	7.11	26.82	-2.30	2.09	6.32	-3.11	-5.92	-5.97	0	11.67	3.92	-2.06	0.64	2.88	4.36	14.20	62.0%	3.10%
		35%	%	-6.2	-1.0	2.2	1.7	1.9	1.7	0.1	-3.4	1.4	-1.8	-0.5	-2.4	-1.8	0.1	-0.4	6.7		
		差	%	-27.19	-4.13	8.73	6.07	7.39	5.99	0.33	-10.56	4.78	-5.90	-1.54	-7.12	-5.77	0.31	-1.26	19.48		
+5%	1号山羊	15%	差	1.5	-0.7	0.4	-0.4	-0.7	2.9	1.2	2.1	0.9	-0.1	0.6	0.2	2.1	1.9	1.1	1.3	68.9%	0.86kg
		25%	%	6.98	-3.02	1.73	-1.63	-3.06	12.83	5.04	8.40	3.75	-0.39	2.33	0.75	8.61	7.48	4.31	5.00		
		差	%	-1.8	0.6	0.2	-1.8	1.2	3.3	0.7	2.7	3.1	1.4	1.2	-0.6	1.7	0.7	-0.3	1.6		
	2号山羊	25%	%	-8.53	2.75	0.91	-7.23	5.56	14.54	3.04	10.93	13.14	5.53	4.60	-2.23	7.05	2.70	-1.14	5.97	67.0%	2.86kg
		35%	%	-0.1	0	1.8	-1.2	1.7	1.8	1.3	1.2	1.6	0.5	-0.9	1.3	2.0	0.1	-0.5	2.6		
		差	%	-0.51	0	8.29	-4.92	7.98	8.00	5.51	4.72	6.99	2.03	-3.45	4.71	8.20	0.38	-1.79	9.35		
-5%	1号山羊	15%	差	2.3	5.9	2.8	4.4	5.7	2.2	4.2	2.3	3.0	4.7	3.8	5.8	5.3	2.6	3.3	2.6	58.9%	-1.89kg
		25%	%	8.61	22.43	9.89	15.33	20.14	7.53	13.91	7.32	9.74	15.16	11.73	17.90	16.93	8.31	10.31	7.88		
		差	%	3.4	9.0	1.3	2.3	3.4	1.0	-0.1	-0.2	1.9	5.6	3.1	1.1	2.1	2.7	3.5	7.1		
	2号山羊	25%	%	14.23	34.48	4.98	8.01	12.64	3.46	-0.33	-0.63	6.11	17.67	9.34	3.24	6.69	8.63	10.90	21.01	57.0%	9.56%
		35%	%	-4.3	1.0	4.4	3.8	4.0	3.6	1.9	-1.3	3.3	0.1	1.0	-0.4	-0.1	2.0	1.2	8.8		
		差	%	-18.86	4.13	17.46	13.57	15.56	12.68	6.29	-4.04	11.26	0.33	3.09	-1.19	-0.32	6.23	3.79	25.58		
修正	1号山羊	15%	差	-1.4	-3.6	-2.2	-3.4	-3.7	0	-1.4	-0.9	-2.4	-3.0	-2.4	-2.7	-0.9	-1.8	-1.8	-1.3	65.9%	-0.002kg
		25%	%	-6.51	-15.52	-9.52	-13.82	-16.16	0	-5.88	-3.60	-10.00	-11.76	-9.34	-10.19	-3.69	-7.09	-7.06	-5.00		
		差	%	-4.7	-2.3	-2.4	-4.4	-1.3	1.1	-1.8	0.1	0.2	-1.5	-1.6	-3.2	-0.8	-2.6	-2.9	-1.0		
	2号山羊	25%	%	-22.27	-10.55	-10.96	-17.67	-6.02	4.85	-7.83	0.40	0.85	-5.93	-6.13	-11.90	-3.32	-10.04	-10.98	-3.73	57.0%	-0.91kg
		35%	%	-2.6	-2.5	-1.0	-3.8	-1.0	-0.8	-1.3	-1.1	-1.4	-2.1	-3.1	-1.3	-0.9	-2.8	-3.1	0.1		
		差	%	-13.13	-12.08	-4.61	-15.57	-4.69	-3.56	-5.51	-4.33	-6.11	-8.54	-11.88	-4.71	-3.69	-10.73	-11.07	0.36		
重心	1号山羊	15%	差	-1.9	2.0	-1.0	0.7	1.9	-1.6	0.3	-1.5	-1.3	0.8	0.1	2.4	1.5	-1.7	-0.5	-1.7	65.9%	0.014%
		25%	%	-7.12	7.60	-3.53	2.44	6.71	-5.48	0.99	-4.78	-4.22	2.58	0.31	7.41	4.79	-5.43	-1.56	-5.15		
		差	%	0	5.1	-2.5	-1.0	0	-2.7	-3.9	-3.5	-1.5	1.7	-0.7	-2.7	-1.3	-0.7	-0.4	2.9		
	2号山羊	25%	%	0	19.54	-9.58	-3.48	0	-9.34	-12.83	-11.01	-4.82	5.36	-2.11	-7.94	-4.14	-2.24	-1.25	8.58	59.5%	-0.120%
		35%	%	-8.2	-3.2	0	-0.1	-0.2	0.2	-1.5	-5.1	-0.5	-3.6	-1.9	-4.2	-3.5	-1.4	-2.2	4.5		
		差	%	-35.96	-13.22	0	-0.36	-0.78	0.70	-4.97	-15.84	-17.06	-11.80	-5.86	-12.46	-11.22	-4.36	-6.94	13.08		

註

(1) 重心の欄の値は重心を移動させた (+は前へ, -は後へ) 距離の, 腕心〜肩心水平距離に対する割合 (%)

(2) 個体の欄の値は重心の位置を示すもので, $\frac{\text{腕心} \sim \text{重心線距離}}{\text{腕心} \sim \text{肩心水平距離}} \times 100$

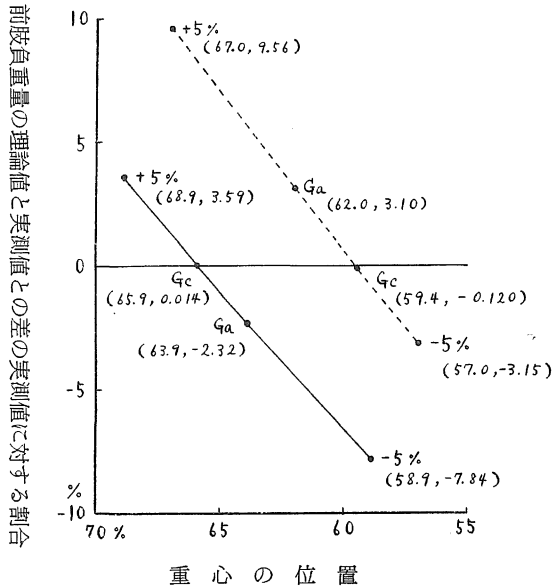


図 3. 重心の位置と、前肢負重量の理論値と実測値との差の実測値に対する割合との関係

註 (1) 重心の位置：

$$\frac{\text{臑心} \sim \text{重心線距離}}{\text{臑心} \sim \text{肩心水平距離}} \times 100$$

(2) 前肢負重量の理論値, W_{ft} と実測値, W_{fp} との差の実測値に対する割合：

$$\frac{W_{ft} - W_{fp}}{W_{fp}} \times 100$$

(3) — 1号山羊, --- 2号山羊,

G_a : 仮定重心, G_c : 修正重心

表 5. 仮定重心より修正重心の求め方

個体	重心	重心の開き	差の平均	差の平均の開き	仮定重心の場合の差の平均の偏り	仮定重心の偏り	仮定重心の偏りの修正値	修正重心
1号山羊	(仮定重心) 63.9%	5%	-0.56kg	1.42kg	-0.56kg	-2.0%	2.0%	65.9%
	(+5%) 68.9%		0.86kg					
2号山羊	(仮定重心) 62.0%	5%	0.94kg	1.85kg	0.94kg	2.5%	-2.5%	59.5%
	(-5%) 57.0%		-0.91kg					
註	(1) 仮定重心の偏りの求め方 … 差の平均の開き：重心の開き = 仮定重心の場合の差の平均の偏り：仮定重心の偏り (2) 修正重心の求め方 … 修正重心 = 仮定重心 + 仮定重心の偏りの修正値 (3) 重心の開きおよび仮定重心の偏りの欄の値は臑心～肩心水平距離に対する割合(%), また, 重心の欄の値については表4の註を参照							

ここで、重心がこの垂線上にあるとすることを、重心の位置についての第2次の仮定とし、以下、その位置を修正重心と呼ぶこととする。

後蹄～修正重心水平距離 D_{gc} は表6および図4に示す如くである。

(3) 回転臂率 … $\frac{D_1}{D_g}$

後蹄～けん引線垂直距離 D_1 の、後蹄～重心水平距離に対する割合を回転臂率と呼ぶこととする。

表 6. 後蹄～修正重心水平距離 … Dgc (cm)

けん引量	けん引点 けん引角度 個体	A				B				C				D																																						
		0°	10	20	30	0	10	20	30	0	10	20	30	0	10	20	30																																			
		体重の15%		1号山羊	4.96	4.63	4.71	4.55	4.21	4.56	5.15	4.90	4.28	4.78	4.88	5.10	4.93	4.33	4.95	5.13	2号山羊	4.40	4.72	4.10	5.11	5.06	4.39	4.82	4.40	5.21	5.13	4.93	5.42	4.85	4.35	4.45	4.26	平均	4.68	4.68	4.41	4.83	4.64	4.48	4.99	4.65	4.75	4.96	4.91	5.26	4.89	4.34
体重の25%		1	4.53	4.96	4.73	4.76	5.30	5.23	5.31	5.13	5.53	5.33	4.90	4.67	5.38	4.66	5.03	5.30	2	5.09	5.83	4.63	5.18	5.16	4.89	4.53	4.94	5.63	5.36	5.19	4.63	5.40	5.13	4.73	4.73	M	4.81	5.40	4.68	4.97	5.23	5.06	4.92	5.04	5.58	5.35	5.05	4.65	5.39	4.90	4.88	5.02
体重の35%		1	5.75	5.30	5.30	5.16	5.60	5.60	5.86	5.56	5.53	5.35	5.31	5.43	5.50	5.36	5.40	5.58	2	4.58	4.88	5.03	5.05	5.30	5.78	5.71	4.68	5.93	5.29	5.71	4.86	5.83	5.40	4.99	5.05	M	5.17	5.09	5.17	5.11	5.45	5.69	5.79	5.12	5.73	5.32	5.51	5.15	5.67	5.38	5.20	5.32

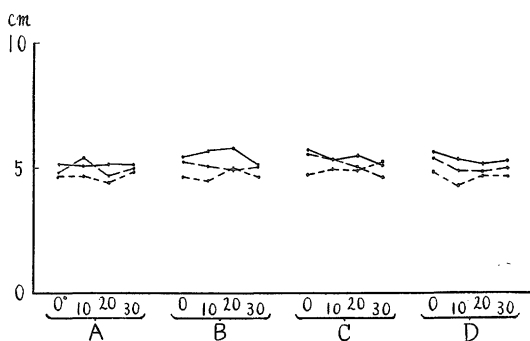


図 4. 後蹄～修正重心水平距離 … Dgc
 註 --- 体重の15%, — "25%,
 — "35%

$\frac{D_1}{D_g}$ は回転運動についての平衡条件, $FD_1 = W_p D_g$ において, W_p を求める ($W_p = F \times \frac{D_1}{D_g}$)
) 上において重要であるばかりでなく, けん引量 F の, 体重の回転能率関与量 W_p に対する比

表 7. 回 転 臂 率 … $\frac{D_1}{D_g}$

けん引量	けん引点 けん引角度 個体	A				B				C				D																																						
		0°	10	20	30	0	10	20	30	0	10	20	30	0	10	20	30																																			
		体重の15%		1号山羊	1.25	1.14	0.79	0.59	1.24	0.86	0.56	0.38	1.03	0.63	0.41	0.20	0.77	0.58	0.32	0.14	2号山羊	1.66	1.27	1.17	0.66	1.15	0.93	0.68	0.57	0.96	0.68	0.57	0.30	0.82	0.69	0.40	0.16	平均	1.46	1.21	0.98	0.63	1.20	0.90	0.62	0.48	1.00	0.66	0.49	0.25	0.80	0.64
体重の25%		1	1.37	0.97	0.80	0.59	0.98	0.75	0.58	0.33	0.81	0.56	0.43	0.30	0.72	0.54	0.32	0.13	2	1.45	1.01	1.06	0.66	1.12	0.84	0.79	0.36	0.83	0.63	0.48	0.37	0.74	0.55	0.42	0.13	M	1.41	0.99	0.93	0.63	1.05	0.80	0.69	0.35	0.82	0.60	0.46	0.34	0.73	0.55	0.37	0.13
体重の35%		1	1.08	0.94	0.72	0.58	0.95	0.70	0.49	0.29	0.80	0.56	0.36	0.18	0.71	0.49	0.26	0.11	2	1.57	1.35	1.07	0.67	1.09	0.71	0.58	0.45	0.84	0.66	0.44	0.31	0.69	0.52	0.34	0.10	M	1.33	1.15	0.90	0.63	1.02	0.71	0.54	0.37	0.82	0.61	0.40	0.25	0.70	0.51	0.30	0.11
註		回転臂率 = $\frac{\text{後蹄～けん引線垂直距離}}{\text{後蹄～重心水平距離}}$, ただしここでは $\frac{\text{後蹄～けん引線垂直距離}}{\text{後蹄～修正重心水平距離}}$																																																		

($\frac{F}{W_p}$) に等しい関係にあり、ひいては、けん引量の体重 W に対する比 ($\frac{F}{W}$) に密接な関係を有し、けん引に関する力学上重要な意義をもっている。しかも、回転臂率は2つの長さの比であるから、撮影によって測定を行なう場合、撮影距離の差異によって、影響をうけることが少なく、信頼のおける値がえられる。

$\frac{D_1}{D_{gc}}$ は表7および図5に示す如くである。

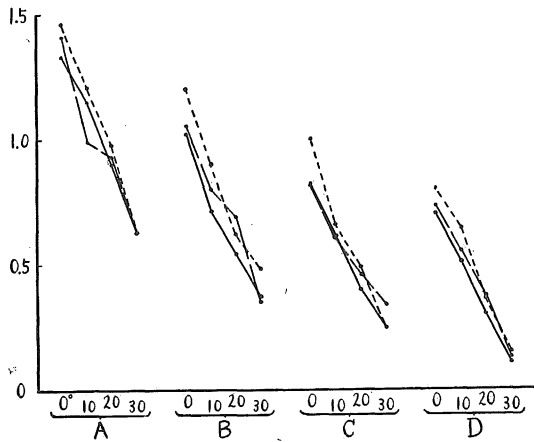


図 5. 回転臂率 $\frac{D_1}{D_{gc}}$
 註 --- 体重の15%
 --- " 25%
 — " 35%

(4) 体重の回転能率関与量 $\dots W_p$

$FD_1 = W_p D_g, W_p = F \times \frac{D_1}{D_g}$ の関係にある。

けん引量 F (材料および方法の項にその実量を記載) に、表7の $\frac{D_1}{D_{gc}}$ を乗じて得た W_p は、表8および図6に示す如くである。

表 8. 体重の回転能率関与量 $\dots W_p$ (kg)

		けん引点				A				B				C				D			
		けん引角度		個体		0°	10	20	30	0	10	20	30	0	10	20	30	0	10	20	30
体重の15%	1号山羊	6.6	6.0	4.1	3.1	6.5	4.5	2.9	2.0	5.4	3.3	2.2	1.1	4.0	3.0	1.7	0.7				
	2号山羊	11.6	8.9	8.2	4.6	8.2	6.5	4.7	4.0	6.7	4.7	4.0	2.1	5.7	4.8	2.8	1.1				
	平均	9.1	7.5	6.2	3.9	7.4	5.5	3.8	3.0	6.1	4.0	3.1	1.6	4.9	3.9	2.3	0.9				
体重の25%	1	12.0	8.5	7.0	5.2	8.6	6.6	5.1	2.9	7.1	4.9	3.8	2.6	6.3	4.7	2.8	1.1				
	2	16.9	11.7	12.3	7.7	13.0	9.8	9.2	4.2	9.7	7.3	5.6	4.3	8.6	6.4	4.9	1.5				
	M	14.5	10.1	9.7	6.5	10.8	8.2	7.2	3.6	8.4	6.1	4.7	3.5	7.5	5.6	3.9	1.3				
体重の35%	1	13.2	11.5	8.8	7.1	11.6	8.6	6.0	3.6	9.8	6.9	4.4	2.2	8.7	6.0	3.2	1.3				
	2	25.6	22.0	17.4	10.9	17.7	11.6	9.4	7.3	13.7	10.7	7.2	5.0	11.2	8.5	5.5	1.6				
	M	19.4	16.8	13.1	9.0	14.7	10.1	7.7	5.5	11.8	8.8	5.8	3.6	10.0	7.3	4.4	1.5				

W_p は回転軸となる後蹄に負重される状態にあってこそ、その働きをなすであろうこと、そして、 $FD_1 = W_p D_g$ の条件下、即ち、平衡する場合には、 W_p の全量がそのまま後蹄に負重され

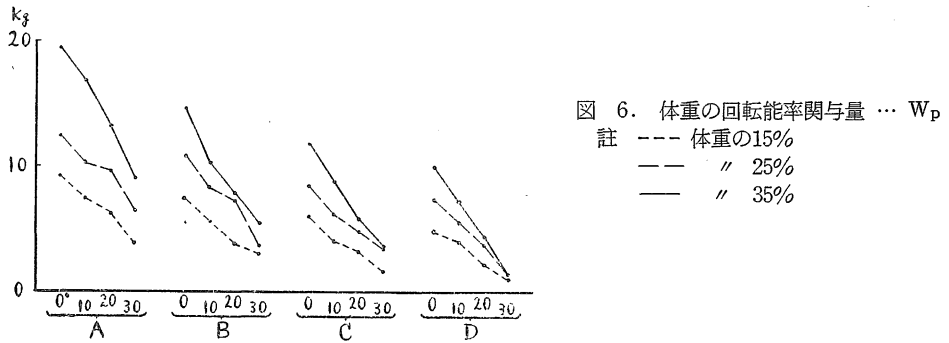


図 6. 体重の回転能率関与量 ... W_p
 註 --- 体重の15%
 - - - " 25%
 — " 35%

るであろうことが推測される。

W_p は後蹄に負重されるであろうことを, W_p の負重についての仮定とする。

b. 体重の回転能率非関与量と, その前肢配分量ならびに後肢配分量

(1) 体重の回転能率非関与量, The body-weight which does not take part in the moment of rotation ... W_{np}

体重から W_p を減じた残りの重量は回転能率には関与しない。これを体重の回転能率非関与量 W_{np} と呼ぶこととする。体重(材料および方法の項に記載)から表8の W_p を減じてえられた W_{np} は表9および図7に示す如くである。

表 9. 体重の回転能率非関与量 ... W_{np} (kg)

けん引量	けん引点 けん引角度 個体	A				B				C				D			
		0°	10	20	30	0	10	20	30	0	10	20	30	0	10	20	30
		体重の15%	1号山羊	30.0	30.6	32.5	33.5	30.1	32.1	33.7	34.6	31.2	33.3	34.4	35.5	32.6	33.6
	2号山羊	36.3	39.0	39.7	43.3	39.9	41.4	43.2	43.9	41.2	43.2	43.9	45.8	42.2	43.1	45.1	46.8
	平均	33.2	34.8	36.1	38.4	35.0	36.8	38.5	39.3	36.2	38.3	39.2	40.7	37.4	38.4	40.0	41.4
体重の25%	1	24.6	28.1	29.6	31.4	28.0	30.0	31.5	33.7	29.5	31.7	32.8	34.0	30.3	31.9	33.8	35.5
	2	31.0	36.2	35.6	40.2	34.9	38.1	38.7	43.7	38.2	40.6	42.3	43.6	39.3	41.5	43.0	46.4
	M	27.8	32.2	32.6	35.8	31.5	34.1	35.1	38.7	33.9	36.2	37.6	38.8	34.8	36.7	38.4	41.0
体重の35%	1	23.4	25.1	27.8	29.5	25.0	28.0	30.6	33.0	26.8	29.7	32.2	34.4	27.9	30.6	33.4	35.3
	2	22.3	25.9	30.5	37.0	30.2	36.3	38.5	40.6	34.2	37.2	40.7	42.9	36.7	39.4	42.4	46.3
	M	22.9	25.5	29.2	33.3	27.6	32.2	34.6	36.8	30.5	33.5	36.5	38.7	32.3	35.0	37.9	40.8

W_{np} は, —— (剛体についての力学上の理論より推測されるところより) —— 前蹄~重心水平距離と, 後蹄~重心水平距離との比に逆比例して配分されて, 前蹄と後蹄とに負重されるであろうことを, W_{np} の配分についての仮定とする。

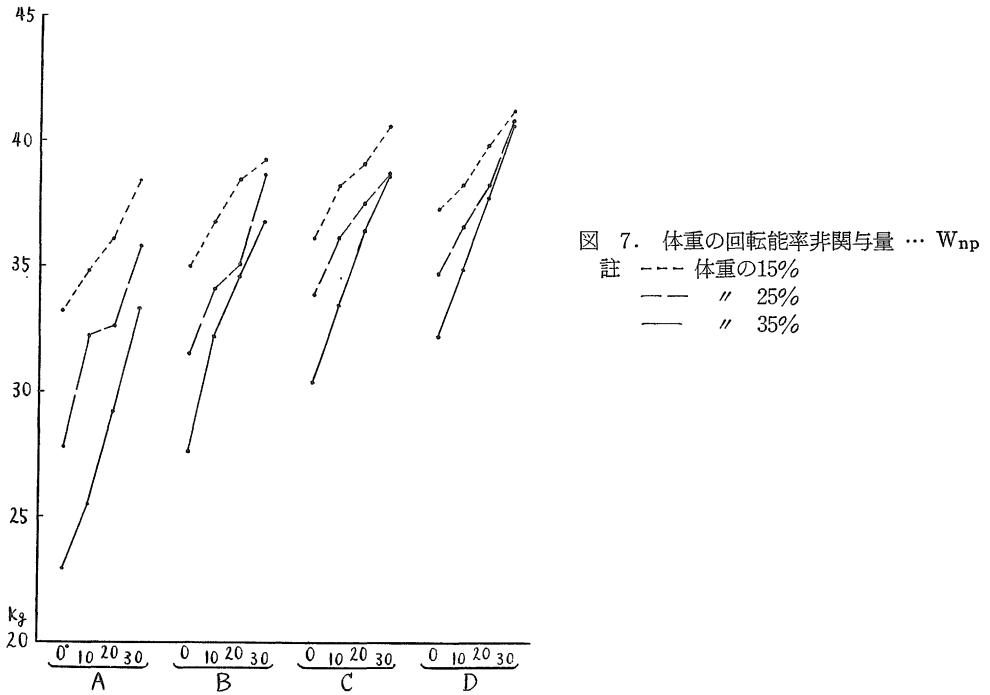


図 7. 体重の回転能率非関与量 ... W_{np}
 註 --- 体重の15%
 - - - " 25%
 — " 35%

(2) 前蹄～後蹄水平距離, The horizontal distance between the fore-limb and the hind-limb ... D_s

D_s は表 10 および図 8 に示す如くである。

表 10 前蹄～後蹄水平距離 ... D_s (cm)

けん引量	けん引点 けん引角度 個体	A				B				C				D			
		0°	10	20	30	0	10	20	30	0	10	20	30	0	10	20	30
		体重の15%	1号山羊	6.80	6.60	6.80	6.60	6.00	6.00	7.20	6.50	5.65	6.55	6.70	7.10	6.30	5.60
	2号山羊	6.15	6.30	5.80	7.30	6.50	6.35	6.60	6.30	7.00	6.75	6.50	7.00	6.05	6.10	6.20	6.15
	平均	6.48	6.45	6.30	6.95	6.25	6.18	6.90	6.40	6.33	6.65	6.60	7.05	6.18	5.85	6.48	6.58
体重の25%	1	6.10	6.50	6.60	6.75	6.70	6.25	7.30	6.50	6.30	6.55	6.10	6.20	6.50	5.80	6.75	6.80
	2	6.40	6.55	6.70	7.35	6.50	6.90	6.35	7.40	7.10	6.30	6.55	6.25	6.90	6.80	6.25	5.85
	M	6.25	6.53	6.65	7.05	6.60	6.58	6.83	6.95	6.70	6.43	6.33	6.23	6.70	6.30	6.50	6.33
体重の35%	1	7.10	6.60	6.50	6.80	6.30	6.65	7.45	7.10	6.30	6.55	6.95	6.60	6.00	6.50	6.75	6.65
	2	6.50	5.70	5.85	6.50	6.00	7.20	7.45	6.80	6.80	7.05	7.50	6.85	7.50	6.80	6.95	5.85
	M	6.80	6.15	6.18	6.65	6.15	6.93	7.45	6.95	6.55	6.80	7.23	6.73	6.75	6.65	6.85	6.25

(3) 後蹄～重心水平距離の前蹄～後蹄水平距離に対する比 ... $\frac{D_g}{D_s}$

表 6 の後蹄～修正重心水平距離 D_{gc} の, 表 10 の前蹄～後蹄水平距離 D_s に対する比, $\frac{D_{gc}}{D_s}$ は表 11 および図 9 に示す如くである。

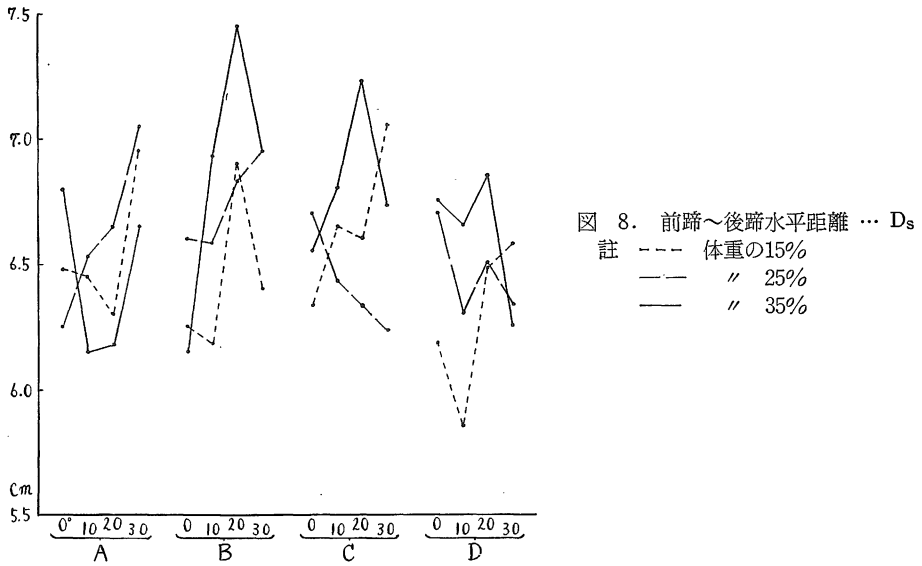
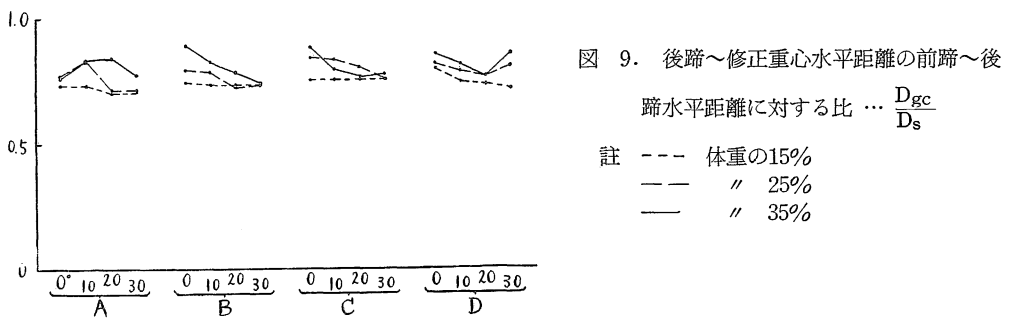


表 11 後蹄～修正重心水平距離の前蹄～後蹄水平距離に対する比 … $\frac{D_{gc}}{D_s}$

けん引点 けん引量		A				B				C				D			
		0°	10	20	30	0	10	20	30	0	10	20	30	0	10	20	30
体重の15%	1号山羊	0.73	0.70	0.69	0.69	0.70	0.76	0.72	0.75	0.76	0.73	0.73	0.72	0.78	0.77	0.73	0.73
	2号山羊	0.72	0.75	0.71	0.70	0.78	0.69	0.73	0.70	0.74	0.76	0.76	0.77	0.80	0.71	0.72	0.69
	平均	0.73	0.73	0.70	0.70	0.74	0.73	0.73	0.73	0.75	0.75	0.75	0.75	0.79	0.74	0.73	0.71
体重の25%	1	0.74	0.76	0.72	0.71	0.79	0.84	0.73	0.79	0.88	0.81	0.80	0.75	0.83	0.80	0.75	0.78
	2	0.80	0.89	0.69	0.70	0.79	0.71	0.71	0.67	0.79	0.85	0.79	0.74	0.78	0.75	0.76	0.81
	M	0.77	0.83	0.71	0.71	0.79	0.78	0.72	0.73	0.84	0.83	0.80	0.75	0.81	0.78	0.76	0.80
体重の35%	1	0.81	0.80	0.82	0.76	0.89	0.84	0.79	0.78	0.88	0.82	0.76	0.82	0.92	0.82	0.80	0.84
	2	0.70	0.86	0.86	0.78	0.88	0.80	0.77	0.69	0.87	0.75	0.76	0.71	0.78	0.79	0.72	0.86
	M	0.76	0.83	0.84	0.77	0.89	0.82	0.78	0.74	0.88	0.79	0.76	0.77	0.85	0.81	0.76	0.85



$\frac{D_g}{D_s}$ は、体重の回転能率非関与量 W_{np} の前肢配分量 W_{npf} の算出に用いられる。即ち $W_{np} \times \frac{D_g}{D_s}$ によって W_{npf} がえられる。また、前蹄～重心水平距離は $D_s - D_g$ であるから、 W_{np} の後肢配分量 W_{nph} は、 $W_{np} \times \frac{D_s - D_g}{D_s}$ 、あるいは $W_{np} (1 - \frac{D_g}{D_s})$ によってえられる。

(4) 体重の回転能率非関与量の前肢配分量 … W_{npf}

表9の W_{np} に、表11の $\frac{D_{gc}}{D_s}$ を乗じてえられた W_{npf} は表12および図10に示す如くである。

表 12. 体重の回転能率非関与量の前肢配分量… W_{npf} = 前肢負重量の理論値… W_{ft} (kg)

けん引量	けん引点 けん引角度 個体	A				B				C				D			
		0°	10	20	30	0	10	20	30	0	10	20	30	0	10	20	30
		体重の15%		21.9	21.4	24.3	23.1	21.1	24.4	24.3	26.0	23.7	24.3	25.1	25.6	25.4	25.9
2号山羊		26.1	29.3	28.2	30.3	31.1	28.6	31.5	30.7	30.5	32.8	33.4	35.3	33.8	30.6	32.5	32.3
平均		24.0	25.4	26.3	26.7	26.1	26.5	27.9	28.4	27.1	28.6	29.3	30.5	29.6	28.3	29.0	29.3
体重の25%		18.2	21.4	21.3	22.3	22.1	25.2	23.0	26.6	26.0	25.7	26.2	25.5	25.1	25.5	25.4	27.7
2		24.8	32.2	24.6	28.1	27.6	27.1	27.5	29.3	30.2	23.4	33.4	32.3	30.7	31.1	32.7	37.6
M		21.5	26.8	23.0	25.2	24.9	26.2	25.3	28.0	28.1	30.1	29.8	28.9	27.9	28.3	29.1	32.7
体重の35%		19.0	20.1	22.8	22.4	22.3	23.5	24.2	25.7	23.6	24.4	24.5	28.2	25.7	25.1	26.7	29.8
2		15.6	22.3	26.2	28.9	26.6	29.0	29.6	28.0	29.8	27.9	30.9	30.5	28.6	31.1	30.5	39.8
M		17.3	21.2	24.5	25.7	24.5	26.3	26.9	26.9	26.7	26.2	27.7	29.4	27.2	28.1	28.6	34.8

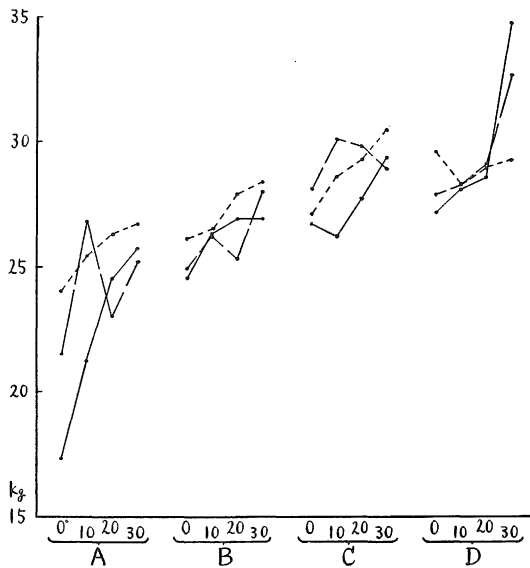


図 10. 体重の回転能率非関与量の前肢配分量… W_{npf} = 前肢負重量の理論値… W_{ft}

註 --- 体重の15%
 — 25%
 — 35%

(5) 体重の回転能率非関与量の後肢配分量 … W_{nph}

表9の W_{np} から、表12の W_{npf} を減じてえられた W_{nph} は、表13および図11に示す如くである。

表 13. 体重の回転率非関与量の後肢配分量 ... W_{nph} (kg)

けん引量		けん引点		A				B				C				D			
		けん引角度		0°	10	20	30	0	10	20	30	0	10	20	30	0	10	20	30
		個体																	
体重の15%	1号山羊	8.1	9.2	8.2	10.4	9.0	7.7	9.4	8.6	7.5	9.0	9.3	9.9	7.2	7.7	9.4	9.7		
	2号山羊	10.2	9.7	11.5	13.0	8.8	12.8	11.7	13.2	10.7	10.4	10.5	10.5	8.4	12.5	12.6	14.5		
	平均	9.2	9.5	9.9	11.7	8.9	10.3	10.6	10.9	9.1	9.7	9.9	10.2	7.8	10.1	11.0	12.1		
体重の25%	1	6.4	6.7	8.3	9.1	5.9	4.8	8.5	7.1	3.5	6.0	6.6	8.5	5.2	6.4	8.4	7.8		
	2	6.2	4.0	11.0	12.1	7.3	11.0	11.2	14.4	8.0	6.1	8.9	11.3	8.6	10.4	10.3	8.8		
	M	6.3	5.4	9.7	10.6	6.6	7.9	9.9	10.8	5.8	6.1	7.8	9.9	6.9	8.4	9.4	8.3		
体重の35%	1	4.4	5.0	5.0	7.1	2.7	4.5	6.4	7.3	3.2	5.3	7.7	6.2	2.2	5.5	6.7	5.6		
	2	6.7	3.6	4.3	8.1	3.6	7.3	8.9	12.6	4.4	9.3	9.8	12.4	8.1	8.3	11.9	6.5		
	M	5.6	4.3	4.7	7.6	3.2	5.9	7.7	10.0	3.8	7.3	8.8	9.3	5.2	6.9	9.3	6.1		

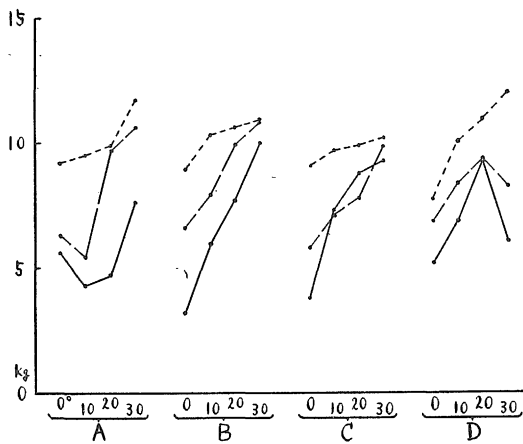


図 11. 体重の回転率非関与量の後肢配分量 ... W_{nph}
 註 --- 体重の15%
 -.- 25%
 — 35%

c. けん引量の四肢負重総量への転換量, The partial weight of the draught which is transferred into the whole weight borne by the four limbs ... F_t

さきの報告⁽⁴⁾において述べた如く, けん引量 F の垂直分力に相当する重量が四肢負重総量に加わる。これをけん引量の四肢負重総量への転換量 F_t と呼ぶ。

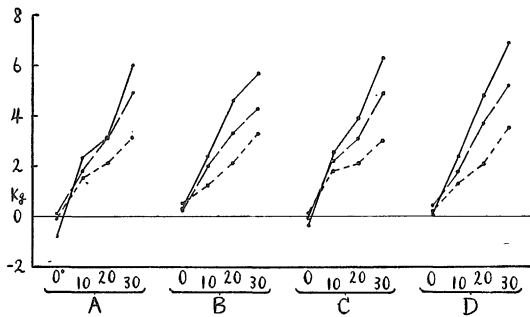


図 12. けん引量の四肢負重総量への転換量 ... F_t
 註 --- 体重の15%
 -.- 25%
 — 35%

F_t の大きさは、 F とけん引角度 (α) によってきまる。即ち、 $F_t = F \times \sin \alpha$ の関係にある。あるいは、また、 F_t は四肢負重総量から体重(鞍付)を減じてもらえる。

表3の四肢負重総量から、体重(材料および方法の項に記載)を減じてえられた F_t は表14および図12に示す如くである。

表 14. けん引量の四肢負重総量への転換量 ... F_t (kg)

けん引量 個体	けん引点 けん引角度	A				B				C				D			
		0°	10	20	30	0	10	20	30	0	10	20	30	0	10	20	30
体重の 15 %	1号山羊	0.2	1.3	2.1	3.2	0.3	0.9	1.9	3.0	0.1	1.2	1.9	2.8	0	1.2	1.9	3.1
	2号山羊	-0.4	1.7	2.1	3.0	0.6	1.5	2.2	3.6	0	2.3	2.3	3.2	0.3	1.4	2.2	3.8
	平均	-0.1	1.5	2.1	3.1	0.5	1.2	2.1	3.3	0.1	1.8	2.1	3.0	0.2	1.3	2.1	3.5
体重の 25 %	1	0.3	1.8	2.8	4.6	0	1.4	2.8	4.1	-0.2	1.9	2.9	4.9	-0.1	1.6	3.6	4.9
	2	-0.2	1.7	3.4	5.1	0.3	2.5	3.8	4.4	0	2.5	3.2	4.8	0.9	2.0	3.8	5.5
	M	0.1	1.8	3.1	4.9	0.2	2.0	3.3	4.3	-0.1	2.2	3.1	4.9	0.4	1.8	3.7	5.2
体重の 35 %	1	-0.2	2.5	3.3	5.8	-0.2	2.1	4.1	5.6	-0.7	1.9	3.3	5.7	-0.2	2.2	4.8	5.7
	2	-1.4	2.1	2.9	6.1	0.7	2.7	5.1	5.8	-0.1	3.1	4.4	6.9	0.3	2.6	4.7	8.0
	M	-0.8	2.3	3.1	6.0	0.3	2.4	4.6	5.7	-0.4	2.5	3.9	6.3	0.1	2.4	4.8	6.9

図13に示す如く、 $F (=P\alpha)$ は、回転軸となる後蹄0へ方向に対する分力としては $P\beta$ の大きさとしてかかる。そして、この $P\beta$ は垂直分力 P_r の大きさに等しい重量となって回転軸となる後蹄にかかることが推測される。

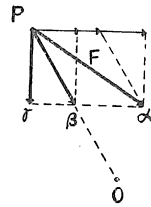


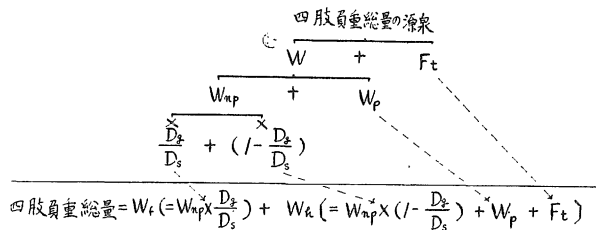
図 13. F_t が後蹄にかかる説明図
 註 F : けん引量
 P : けん引点
 O : 回転軸となる後蹄

F_t は回転軸となる後蹄に負担されるであろうことを、 F_t の負担についての仮定とする。

2. 肢の負重量の理論値

前項において、四肢負重総量の源泉を分析してえられた肢の負重量の構成要素は、それらについての力学的仮定にしたがえば、図14に示す如く、総合されて四肢負重総量となる。

図 14. 四肢負重総量の源泉と四肢負重総量との関係の解析



- 註 W : 体重(鞍付)
 $W_p (=F \times \frac{D_l}{D_g})$: 体重の回転能率関与量
 W_{np} : 体重の回転能率非関与量
 W_f : 前肢負重量
 W_h : 後肢負重量
 F : けん引量
 $F_t (=F \times \sin \alpha)$: けん引量の四肢負重総量への転換量
 D_l : 後蹄～けん引線垂直距離
 D_g : 後蹄～重心水平距離
 D_s : 前蹄～後蹄水平距離
 α : けん引角度

a. 前肢負重量の理論値 … W_{ft}

$$W_{ft} = W_{npf} = W_{np} \times \frac{D_g}{D_s} = \frac{D_g}{D_s} (W - W_p) \text{ の関係にある。}$$

W_{ft} は表 12 および図 10 に示す如くである。

b. 後肢負重量の理論値 … W_{ht}

$$W_{ht} = W_{nph} + W_p + F_t = W_{np} \times \frac{D_s - D_g}{D_s} + W_p + F_t = W_{np} \left(1 - \frac{D_g}{D_s}\right) + W_p + F_t$$

$$= (W - W_p) \left(1 - \frac{D_g}{D_s}\right) + W_p + F_t \text{ の関係にある。}$$

表 8 の W_p , 表 13 の W_{nph} および表 14 の F_t の和によってえられた W_{ht} は表 15 および図 15 に示す如くである。

表 15. 後肢負重量の理論値 … W_{ht}

けん引量	けん引点 けん引角度 個体	A				B				C				D				
		0°	10	20	30	0	10	20	30	0	10	20	30	0	10	20	30	
		体重の15%		1号山羊	14.9	16.5	14.4	16.7	15.8	13.1	14.2	13.6	13.0	13.5	13.4	13.8	11.2	11.9
		2号山羊	21.4	20.3	21.8	20.6	17.4	20.8	18.6	20.8	17.4	17.4	16.8	15.8	14.4	18.7	17.6	19.4
		平均	18.2	18.4	18.1	18.7	16.6	17.0	16.4	17.2	15.2	15.5	15.1	14.8	12.8	15.3	15.3	16.5
体重の25%		1	18.7	17.0	18.1	18.9	14.5	12.8	16.4	14.4	10.4	12.8	13.3	16.0	11.4	12.7	14.8	13.8
		2	22.9	17.4	26.7	24.9	20.6	23.3	24.2	23.0	17.7	15.9	17.7	20.4	18.1	18.8	19.0	15.8
		M	20.8	17.2	22.4	21.9	17.6	18.1	15.3	18.7	14.1	14.4	15.5	18.2	14.8	15.8	16.9	14.8
体重の35%		1	17.4	19.0	17.1	20.0	14.1	15.2	16.5	16.5	12.3	14.1	15.4	14.1	10.7	13.7	14.7	12.6
		2	30.9	27.7	24.6	25.1	22.0	21.6	23.4	25.7	18.0	23.1	21.4	24.3	19.6	19.4	22.1	16.1
		M	24.2	23.4	20.9	22.6	18.1	18.4	20.0	21.1	15.2	18.6	18.4	19.2	15.2	16.6	18.4	14.4

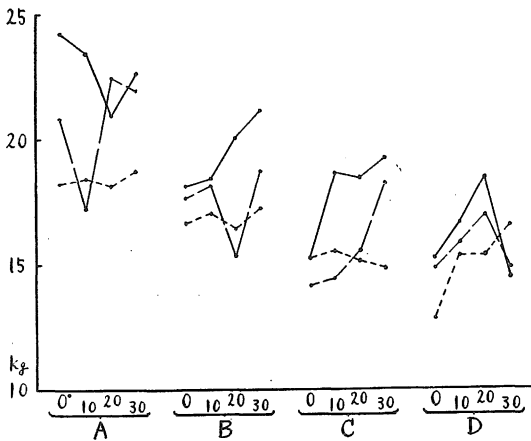


図 15. 後肢負重量の理論値 … W_{ht}

註 --- 体重の15%
 — 25%
 — 35%

c. 肢の負重量の理論値と実測値との比較…両者の一致の検討

1. 前肢負重量の理論値と実測値との比較

a. 前肢負重量の理論値 (a) と実測値 (b) との差 (a-b)

修正重心による場合の成績である表 12 の W_{ft} から、表 1 の W_{fp} を減じてえられた差は表 4 および図 2 に示した如くであり、重心がその他にある場合の成績についての差は表 4 に示した如くである。

b. 前肢負重量の理論値と実測値との差の検定

表 4 に示した差についての t の値を求めれば表 16 および図 16 に示す如くである。即ち、修

表 16. t

重心	個体	t
仮定重心	1号山羊 (63.9%)	3.146
	2号山羊 (62.0%)	2.513
+ 5 %	1号山羊 (68.9%)	4.716
	2号山羊 (67.0%)	8.068
- 5 %	1号山羊 (58.9%)	10.559
	2号山羊 (57.0%)	2.647
修正重心	1号山羊 (65.9%)	0.0114
	2号山羊 (59.5%)	0.0428
註	重心の欄および、 個体の欄の値については表 4 の註を 参照	

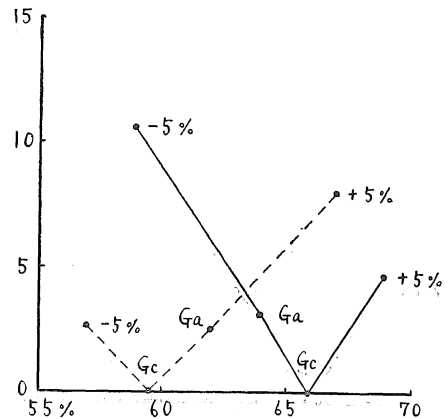


図 16. 前肢負重量の理論値と実測値との差についての t

註 (1) 重心の位置：

$$\frac{\text{臑心} \sim \text{重心線距離}}{\text{臑心} \sim \text{肩心水平距離}} \times 100$$

(2) — 1号山羊, ---- 2号山羊

Ga : 仮定重心

Gc : 修正重心

正重心による場合には、1号山羊 0.0114、2号山羊 0.0428 であって、これを t 分布の確率表の値に照合して、前肢負重量の理論値と実測値との間には殆んど差がないことが認められた。換言すれば前肢の理論値と実測値とは殆んど一致することが認められた。

2. 後肢負重量の理論値と実測値との比較

後肢負重量の理論値 (a) と実測値 (b) との差 (a-b) は、前肢負重量の理論値と実測値との差との間に正負逆の違いがあるのみで、その絶対値は等しかった。即ち、後肢負重量の理論値と実測値とは、前肢の場合同様、殆んど一致することが認められた。

D. 結論

前項において述べた如く、肢の負重量の理論値と実測値とは殆んど一致することが認められることによって、肢の負重量の理論値の構成に関して行なった、重心の位置についての第 2 次の仮定、 W_p の重負についての仮定、 W_{np} の配分についての仮定、および F_t の負担についての仮定などが、すべて正しかったことが証明できたとともに、回転運動についての平衡条件、

$FD_1 = W_p D_g$ (絶対値についてのみ考慮する場合), あるいは, $FD_1 + W_p D_g = 0$ (回転能率の方向を考慮に入れる場合) の成立を証明できたものと認める。

なお, 四足獣である役畜に, 駐立させたままで, けん引をかけた場合の回転運動の平衡についての, 剛体の場合とは異なる特質は, 体重が回転能率関与量と回転能率非関与量との2つに分れることであった。そして, その個々の, W_p の作用, W_{np} の前蹄と後蹄 (両支点) とに対する配分などについては, 剛体と同一の力学的法則に従うことが認められた。

なお, 本研究は昭和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, 当時の, 加藤正信助教授ならびに入谷明特別研究奨学生 の御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。

参 考 文 献

- (1) 一瀬正己 (1948) : 物理学要説 18版
- (2) 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
- (3) 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 (教育科学) 6 ; 29
- (4) 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
- (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 ; 96