

## 役畜による合理的なけん引方法に関する内外の諸業績

盛 政 貞 人

Sadato MORIMASA : Researches at Home and Abroad on the  
Reasonable Way of Draught by the Draught Animal

**ABSTRACT.** The present writer has so far verified that “the condition for the equilibrium in the movement of rotation along the longitudinal section of the body of the draught animal in station with the imposed draught” is

$$F \cdot D_{lh} + W_p \cdot D_{gh} = 0 \dots \text{Formula 1}$$

[ F : the weight of the draught,  $D_{lh}$  : the vertical distance between the trace and the axis of rotation of the hind-hoof,  $W_p$  : the body-weight which participates in the moment of rotation ( $= \frac{F \cdot D_{lh}}{D_{gh}}$ ),  $D_{gh}$  : the horizontal distance between the centre of gravity and the axis of rotation of the hind-hoof ].

Based on the other experiments the following assumption is made : that when the draught animal walks in draught, “the condition for the equilibrium in the movement of rotation along the longitudinal section of the body of the draught animal in the beginning period of the duration of non-support by the opposite hind-limb (=the beginning period of the duration in which one hind-hoof works as the major axis of rotation)”

$$F \cdot D_{lh}^{bnh'} + W_p^{bnh'} \cdot D_{gh}^{bnh'} = 0 \dots \text{Formula 2}$$

is of essential importance. [  $D_{lh}^{bnh'}$  : the vertical distance between the trace and the axis of rotation of the hind-hoof in the beginning period of the duration of non-support by the opposite hind-limb ( $P_e^{bnh'}$ ),  $W_p^{bnh'}$  : the body-weight which participates in the moment of rotation in  $P_e^{bnh'}$ ,  $D_{gh}^{bnh'}$  : the horizontal distance between the centre of gravity and the axis of rotation of the hind-hoof in  $P_e^{bnh'}$  ], and that “the condition for enabling the animal to walk in relation to the equilibrium along the longitudinal section of the body of the draught animal in draught” consists of the two cases : one is the case of the complete fulfilment of the condition for the equilibrium, and the other is the one in which the moment of rotation by the body-weight which participates in the moment of rotation in  $P_e^{bnh'}$  ( $W_p^{bnh'} \cdot D_{gh}^{bnh'}$ ) is a little greater than the

moment of rotation by the weight of the draught ( $F \cdot D_{lh}^{bnh'}$ ). That is,

$$| F \cdot D_{lh}^{bnh'} | \leq | W_p^{bnh'} \cdot D_{gh}^{bnh'} |$$

With  $D_{lh}$ , which is a factor in Formula 1, as the basis of the factor in the posture of the draught animal, the geometrical analysis was made as follows ( $H_{ph}$ : the height between the point of the attachment of the trace and the axis of rotation of the hind-hoof,  $D_{ph}$ : the horizontal distance between the point of the attachment of the trace and the axis of rotation of the hind-hoof,  $\alpha$ : the angle which the line of direction of the trace makes with the horizontal line):

$$D_{lh} = (H_{ph} - D_{ph} \cdot \tan \alpha) \sin(90^\circ - \alpha) \dots \text{Formula 3}$$

$$= D_{ph} \left( \frac{H_{ph}}{D_{ph}} - \tan \alpha \right) \sin(90^\circ - \alpha) \dots \text{Formula 4}$$

$D_{lh}^{bnh'}$  can also be analysed in this way.

Based on these theories, "the way of draught favourable for the function of equilibrium" is assumed as follows:

- (1) To make  $D_{lh}$  or  $D_{lh}^{bnh'}$  small (based on Formulas 1 and 2). In this connection,
  - (a) Both in the horizontal traction ( $\alpha=0^\circ$ ) and in the non-horizontal traction, to make  $H_{ph}$  or  $H_{ph}^{bnh'}$  low. In other words, to make the point of the attachment of the trace low (based on Formula 3).
  - (b) In the non-horizontal traction to make  $D_{ph}$  or  $D_{ph}^{bnh'}$  great (based on Formula 3). In other words, the point of the attachment of the trace must be placed forward.
  - (c) To make the angle which the line of direction of the trace makes with the horizontal line ( $\alpha$ ) great (based on Formula 3).
- (2) To make  $W_p$  or  $W_p^{bnh'}$  great (based on Formulas 1 and 2). For example, to put the carter on the back of the horse.
- (3) To make  $D_{gh}$  or  $D_{gh}^{bnh'}$  great (based on Formulas 1 and 2). For example:
  - (a) It is assumed that when the point of the attachment of the trace is at the height of the point of the shoulder, the animal gets the condition of a long trunk, enabling  $D_{gh}^{bnh'}$  to be greater.
  - (b) To add weight to the fore part of the back or the neck. For instance, when the carter rides on the back or neck of the horse engaged in draught, he can contribute to make  $W_p$  or  $W_p^{bnh'}$  greater, and that the more forward he rides, the greater can  $D_{gh}$  or  $D_{gh}^{bnh'}$  become.

Here in this review, researches and explanations made both at home and abroad are collected according to the construction of the theory of this writer with a view to contributing to the theorization or systematization of those achievements, and at the same time to the backing of the theory of this writer.

On the other hand, the present writer has got the following findings regarding the ways of draught favourable for the function of propulsion:

(1) The ways of draught favourable for lengthening one step ( $S_p$ ):

(a) In the experiment in which a comparatively light draught was imposed upon the animal  $S_p$  became greater when the point of the attachment of the trace was located at the height about the middle between the chine and the point of the shoulder on the extension of the belly-band on the saddle than when it was located at the height of the shoulder on the belly-band, or at the height of the lowest part of the body on the belly-band.

(b)  $S_p$  in the experiments became, on the whole, greater when the draught angle was  $10^\circ$  than when it was  $0^\circ$ , or  $20^\circ$ . Of course, more detailed researches will have to be carried out on this point, considering the unevenness of the road, gradient, the division of dynamic force, and so forth.

(2) The ways of draught favourable for fixing the hoof: The weight of the draught which is transferred into the total weight borne by the four limbs ( $F_t$ ) becomes greater as the draught angle becomes greater. This presumably works favourably for fixing the hind-hoofs.

著者は、さきに、京都大学農学部上坂章次教授の指導をうけ、加藤正信助教授（現島根大学農学部教授）ほか多くの方々の協力を得て、「役畜のけん引機構に関する研究」を行ない、その機構を解明し、けん引に適した役畜の生体条件ならびに役畜による合理的なけん引方法に関する基礎理論を明らかにすることができた。

そして、この基礎理論に照して、役畜のけん引に関する内外の成績、説明を分類して収録し、それらの理論づけ、大系づけに資するとともに、併せて、著者の理論の裏づけにしたいと思い、すでに、「けん引用役畜に適する生体条件（とくに、体型・体重）に関する内外の諸業績」を（文献1・頁57）（2・38）本紀要第1巻および第2巻に掲載してきたが、それにひきつづき、同様の目的と方法とによりここには、「役畜による合理的なけん引方法に関する内外の諸業績」について述べたい。

役畜のけん引は、その動物体に働く回転運動に対する平衡機能が保たれながら、推進機能が果されることによって行なわれる。したがって、合理的なけん引方法は、これらの平衡と推進との両面から論ぜられなければならない。しかし、この総説では、主として、「**回転運動の平衡機能上有利なけん引方法**」に関して述べることにする。

著者は、さきに、（3-96）,（4-47）「**駐立した役畜にけん引をかけた場合の動物体の縦断面に沿う回転運動の平衡条件**」は、

$$F \cdot D_{lh} + W_p \cdot D_{gh} = 0 \cdots \text{式1}$$

であることを証明し〔 $F$ :けん引量,  $D_{lh}$ :けん引線～後蹄（回転軸として働く）垂直距離,  $W_p$ :体重の回転能率関与量,  $D_{gh}$ :重心～後蹄水平距離〕, また、役畜がけん引歩行する場合には、（5-55）「**反対後肢脱重始期（＝後肢の主回転軸期間始期）の動物体の縦断面に沿う回転運動の平衡条件**」

$$F \cdot D_{lh}^{b_{nh}'} + W_p^{b_{nh}'} \cdot D_{gh}^{b_{nh}'} = 0 \cdots \text{式2}$$

が基本的に重要であり〔 $D_{lh}^{bnh'}$  : 反対後肢脱重始期 ( $Pe^{bnh'}$ ) のけん引線～後蹄垂直距離,  $W_p^{bnh'}$  :  $Pe^{bnh'}$  の体重の回転能率関与量,  $D_{gh}^{bnh'}$  :  $Pe^{bnh'}$  の重心～後蹄水平距離〕, そして, 「役畜がけん引歩行できるための動物体の縦断面に沿う回転運動の平衡上の許容条件」は, この平衡条件が完全にみたされるか, あるいは,  $Pe^{bnh'}$  の体重の回転能率関与量による回転能率 ( $W_p^{bnh'} \cdot D_{gh}^{bnh'}$ ) が, けん引量による回転能率 ( $F \cdot D_{lh}^{bnh'}$ ) よりいくぶん優勢であることを実験上から推論した。

$$|F \cdot D_{lh}^{bnh'}| \leq |W_p^{bnh'} \cdot D_{gh}^{bnh'}|$$

なお, 式1中の1要素である「 $D_{lh}$  の, 役畜の姿勢的要素に基盤をおいての, 幾何学的解析」をつぎの如く行なった ( $H_{ph}$  : けん引点～後蹄間高,  $D_{ph}$  : けん引点～後蹄水平距離,  $\alpha$  : けん引角度)。

$$D_{lh} = (H_{ph} - D_{ph} \cdot \tan \alpha) \sin (90^\circ - \alpha) \dots \text{式3}$$

$$= D_{ph} \left( \frac{H_{ph}}{D_{ph}} - \tan \alpha \right) \sin (90^\circ - \alpha) \dots \text{式4}$$

なお,  $D_{lh}^{bnh'}$  も, これにならって解析できる。そして, これらの理論をよりどころとして, 「けん引量をより小なる回転能率として働かせるけん引のかけ方」, あるいは, 「けん引量のより大きい量による回転能率に平衡しうるようにするけん引方法」はつぎのように推論できる。

1.  $D_{lh}$  あるいは  $D_{lh}^{bnh'}$  を小さくすること (式1および2による)。このことに関係して,

a. 水平けん引 ( $\alpha=0^\circ$ ) の場合および角度けん引の場合, ともに,  $H_{ph}$  あるいは  $H_{ph}^{bnh'}$  を低くすること。すなわち, けん引点を低くすること (式3および4による)。

けん引点の高さに関係した報告として, つぎの如きものがある。羽部 (1946) は「牛を用いて実験を行ない, けん引高98 cm, 全抵抗100 kg の場合には, 頭を下げ尾を挙げ非常の努力を示し, けん引高88 cm, 全抵抗115 kg の場合には尾を挙げることに少なく, 比較的楽にけん引し, けん引高80 cm, 全抵抗125 kg の場合には楽そうに悠然とけん引した。そして, この実験における80 cm の高さは試験牛の肩端高に一致した。」と述べている。すなわち, けん引点が肩端に至るまで低くなるにしたがって, けん引が楽に行なわれる成績を得ている。(ただし, <sup>(6-35)</sup>羽部は最も牽き易い高さが肩端高にあることは, 肩端と同高の帯径部附近に牛の動的重心があり, けん引線が牛体重心を通過する場合は moment を生じないため, けん引力を減殺することなくけん引ができるためとしている。) <sup>(6-35~37), (7-779)</sup>吉田, 野附, 大久保, 加藤, 瀬島ら (1960) は <sup>(8-470)</sup>「けん引角度を一定にし, けん引点の高さを低 (肩端辺), 中 (胸深の中央よりやや上), 高 (背線よりやや下) の3段階にして, そのエネルギー代謝を測定した結果, けん引点は高いものより低い方がエネルギー消費量が少なくすみ, 肩端辺の高さで引かせるのが最も効率がよかった。」と述べている。 <sup>(9-39)</sup>その他, ZÜRN (1897) は「Die Höhe des Deichselvorderendes

muß mit der Bugspitze des Pferdes in einer Höhe stehen.』と、CRONACHER (1922)<sup>(10-306)</sup>は「Die Deichsel hat die rechte Stellung, wenn ihr vorderes Ende in der Höhe des Schultergelenkes steht;」と、上坂 (1947)<sup>(11-17), (12-72)</sup>は『前肢を抜いて挙げる動作をし易くする為には、態とけん引線をして重心の少し上を通る様にし、上方への廻転力を少し生ぜしめるとよい。これは一部の農家が「しる田」で牛を使う場合に実際にやっていることで、腹帯に於て肩端より少し上の所で引綱を結付けてけん引させているのは丁度この理窟に合ったやり方である。』と、高増 (1955)<sup>(13-1133)</sup>は「地方によっては、引綱を鞍から直接とっているが、このように高いところで引かすと、牛の前肢は浮き上り気味になり、ふんばりがきかないことになって、折角出る力も出なくなる。ただ、足がぬかるような水田作業のような場合には、肩端の高さよりもけん引点をやや高めにして、この前肢の浮き上り気味な力を利用したほうが、前肢を抜き上げるのに楽である。」と、藤村 (1956)<sup>(14-475)</sup>は「理想的けん引高は重心高より胸深の中央附近までが良い。」と、新関 (1957)<sup>(15-302)</sup>は「くび木は力点の位置が高いからけん引線が重心の上を通るようになるので前軀を上方に回さんとするモーメントが働く。これに対して牛が前傾姿勢となって屈とうして引く。」と述べている。

b. 角度けん引の場合には  $D_{ph}$  あるいは  $D_{ph}^{bnh'}$  を大とすること (式3および4による)。すなわち、けん引点を前方に位置せしめること (水平けん引の場合の  $D_{h}$  を計算すれば、 $D_{h} = (H_{ph} - D_{ph} \cdot \tan \alpha) \sin (90^\circ - \alpha) = (H_{ph} - 0) \times 1 = H_{ph}$  となるから、 $D_{ph}$  の大きさは  $D_{h}$  の大きさに関係しない)。

けん引点の前後的位置に関係する報告として、つぎの如きものがある。DUERST (1931)<sup>(16-64)</sup>は「DE AZARA (1802) behauptet wird, daß bei allen Konkurrenzen von den gleichen Tieren bei Hornjochanspannung größere Lasten veil leichter bewegt werden als mit Halsjoch oder Kummetspannung.』と、広部 (1929)<sup>(17-22)</sup>は「肩引は胴引よりもそのけん引力が多い。」と、森 (1948)<sup>(18-36~38)</sup>は「首引法はけん引点が他の方法よりも前方にあるから出力が大きく、牛車などの輓引作業に最も適している。肩引法はけん引点割合に前方にあるため、出力が大きく速度も早めることができるから、輓引作業に適している。」と、石原および吉田 (1951)<sup>(19-544)</sup>は「最大けん引力は胴肩併用引が胴引よりやや大きい。」と、吉田 (1955)<sup>(20-137)</sup>は「首引、肩引は重心より前にけん引点があるために、力が多く前肢にかかってきて、ふんばりがよくきき力は出やすいが、その代り前肢はあげにくく、歩きにくい。特に首引はそうである。」と述べている。

c.  $\alpha$  を大とすること (式3による)。従来、けん引角度に関しては、つぎの如き報告がある。ただし、著者がここにとりあげた回転運動の平衡の観点からではなくて、水平分力と垂直分力との力の分解の観点から述べられているものが多い。そして、路面の凹凸などの関係から抵抗の大なる場合には、 $\alpha$  を大とした方がよいと述べているものが多い。 $\alpha$  を大とすることには、そのような意義も認められるが、同時に、抵抗が大となれば、けん引物による回転能率が大きくなるので、その大となることを抑制するためにも、 $\alpha$  を大とすることが重要な意味をも

つことが考慮されなければならない。

高亀 (1933) は「砲兵馭法草案に記された、輓角の傾度と一馬の輓曳量との関係についての  
 実験成績では、強馬では  $0^\circ$  が 389 kg,  $6\sim 7^\circ$  が 424 kg,  $10\sim 12^\circ$  が 444 kg,  $13\sim 16^\circ$  が 397 kg,  
 中等馬では  $0^\circ$  が 368 kg,  $6\sim 7^\circ$  が 400 kg,  $10\sim 12^\circ$  が 422 kg,  $13\sim 16^\circ$  が 382 kg, 弱馬では  
 $0^\circ$  が 346 kg,  $6\sim 7^\circ$  が 376 kg,  $10\sim 12^\circ$  が 407 kg,  $13\sim 16^\circ$  が 366 kg であった。」と述べてい  
 る。すなわち、 $\alpha$  が  $10\sim 12^\circ$  までは  $\alpha$  が大となるほど、輓曳量が大となる成績を得ている。  
 吉田, 野附, 大久保, 加藤, 瀬島ら (1960) は「けん引角度が大きいほど、エネルギー代謝上  
 からみて有利であり、抵抗が軽い場合より重い場合がより顕著であるということが出来る。」  
 と、藤村 (1956) は「水平輓曳の能力は理論上前肢体重負担の大小即ち体重の如何に関係し、  
 真の能力判定には応用出来ないことが明らかとなった。体は小さくとも真の力のあるものに最  
 大能力を発揮せしめるには、角度を附した輓曳が最適であり、これを能力検定に採用すべきで  
 ある。」と述べている。その他、YOUATT (1885) は「There is also a time, when inclining  
 the traces downward is almost indispensable; it is when dragging a four-wheeled  
 waggon over a rough broken road.」と、ZÜRN (1897) は「Wenn es nun kein unebenes  
 Terrain und keine vermehrte Bodenreibung der Räder des Last wagens auf solchem  
 gäbe, so könnte ja die fast horizontale Richtung der Zugstränge als die einzig richtige  
 angesehen werden. Allein gerade die Unebenheit des Bodens verlangt, daß der durch  
 solche bedingte Widerstand überwältigt werde. Das Zugpferd hat Wagen und darauf  
 befindliche Last nicht allein fortzuziehen, sondern auch zu heben, wenn solches erforder-  
 lich ist. Mit vollem Recht sagt deshalb REINHARDT : „Eine Neigung der Zugstränge  
 (von hinten und unten, nach vorn und oben) nach aufwärts ist unter allen Umständen  
 empfehlenswerth. Ihre Nothwendigkeit tritt auf schlechten Wagen, Acker u. s. w.  
 stärker hervor, als auf fester, glatter Bahn.“」と、WRANGEL (1902) は「Die Zugstränge  
 müssen, vorausgesetzt, daß die Fahrbahn vollkommen eben ist, so horizontal wie mög-  
 lich liegen.」と、また、WRANGEL (1902) は「Ein Teil der Pferdekraft zieht und ein  
 anderer hebt die Last über die Hindernisse, die sich dem Fuhrweke entgegenstellen.  
 Dies wird dadurch ermöglicht, daß man der Zuglinie eine entsprechende Stellung  
 giebt」<sup>(24-617)</sup>と、NATHUSIUS (1910) は「Die Richtung der Zugstränge ist auf ebenem Wege  
 am zweckmässigsten die horizontale, auf holprigen und unebenen Wegen jedoch eine  
 nach den Zugtieren hin aufwärts gerichtete, um die Last gleichsam über die Terrain-  
 hindernisse hinwegzuheben.」<sup>(25-206)</sup>と、BORN および MÖLLER (1921) は「Endlich kommt in  
 Betracht, daß kurze Zugstränge das Ziehen erleichtern; auf ebenem Boden sollten sie  
 womöglich wagerecht verlaufen; auf holperigem nach vorn aufsteigen, um die Räder  
 leichter über die Unebenheiten des Bodens hinwegzubringen.」<sup>(10-306)</sup>と、KRONACHER (1922)  
 は「Zwecks tunlichst voller Ausnutzung der Zugkraft soll diese nicht in einem Winkel,  
 sondern horizontal auf die Last einwirken.」<sup>(26-54)</sup>と、HAYES (1930) は「We find that a well-  
 marked acceleration of speed on American trotting tracks has been obtained by discard-  
 ing high sulkies for low ones, and increasing the shortness of the “hitch”.」<sup>(26-54)</sup>と、高亀

(1933) は<sup>(21-133)</sup>「ダウッドソン、チェーズ氏共著「アニマルモーター」と題せる書に曰く、挽索の方向は路面堅固にして水平の時に荷馬車を輓くに最も力を要せざるけん引の方向は殆ど水平に近き場合にして軸摩擦は重さの一部を受くるのみなり。路面傾斜したる場合は最少のけん引力の方向は地面に平行す。最少けん引力の方向（重量の方向と大きさと、摩擦抵抗の方向と大きさととの合力なる線に直角な方向）よりも挽索の方向が上方に傾く場合は荷は引き上げる傾向となり、反対に下方に傾けば荷を地面に押し付くる傾向となる。かつ、また、荷馬車の通路は障碍物あるいは傾斜にしばしば遭遇する故に挽索の角度は平坦なる場合より大ならざるべからず。」と、羽部<sup>(6-38)</sup> (1946) は「重量物をけん引する場合や、前肢の滑る場合においては、けん引角度を直角（重力の方向に対する）より小とするがよろしく、軽量物をけん引する場合や速度を要求する場合には水平けん引がよろしいということになる。」と、また、羽部 (1946) は同氏らが研究案出した「牛の農用けん引能力検定法」においては<sup>(6-46)</sup>「けん引角度は和種及びこれに準ずるものに対しては23度とし、乳用種及びこれに準ずるものに対しては25度とす。」と述べている。農機具の取扱並に修理の手引<sup>(27-117)</sup>（久保田編輯）には「犁耕の場合、理論上、けん引抵抗力最も小さいけん引角度は土質によって決ってくる。乾燥した土壌ではけん引角度は20~24度である。従って役畜の体格に応じて曳綱を加減して凡そこの角度になるようにけん引角を与える必要がある。」と述べられている。田垣<sup>(28-204)</sup> (1950) は「挽曳角度は馬の体高、荷重物の高さ、挽索の構造によって支配される。水平けん引が望ましい関係をもつが、荷重の抵抗を減ずるためと、馬自身がけん引の際に前懸りとなって幾分低下するので、実験上最良の角度は10~12度とされる。道路の不良または耕耘の際などには、抵抗を減ずるため、これより角度を大にする方が効果的である。」と、庄司<sup>(29-148~149)</sup> (1954) は「犁をけん引する場合のけん引角は、田村教授の研究によれば、けん引角の正切が摩擦係数に等しくなる時において理論上けん引力は最小となる。乾いた圃地で和犁の場合、従来のけん引角度20°~24°は大体適当といえるし、粘湿土は進行安定の許す範囲で、これより急角度にとればけん引は軽いことになる。」と、また、庄司<sup>(29-149)</sup> (1954) は「プラウにおける適度なけん引角に就いては KÜHNE は20°~24°といい、WROBEL は<sup>(14-462)</sup>18°~24°と指摘し、我国では18°~20°位とされている。」と、藤村 (1956) は「沢山 (1930: 軍馬運動生理学、陸軍獣医団報第250号) は11°の角度を以って挽索が重心を通過する挽曳が、<sup>(14-475)</sup>最大能力の発揮が出来ると述べている。」と、また、藤村 (1956) は「けん引角度は農耕用では21°を標準とするが、被けん引物体の摩擦係数少き場合は更にけん引角度を減ずることにより、<sup>(30-75)</sup>最小のけん引力で最大の効果を発揮することが出来る。」と、新関 (1956) は「体重の小さい小格の馬は肩引、胴引を併用してけん引角を大きくしてけん引力の垂直分力を増して体重の増加を図れば蹄の接地圧が増加するので接地面の摩擦が大きくなる。この摩擦力は体重の小さい馬には有効である。」と、新関<sup>(30-14)</sup> (1956) は「最大けん引力は体重とけん引角に正比例し、推進角〔推進力（後肢の支持面とけん引点を結ぶ直線の方向）と地面とのなす角〕に反比例する。けん引角大きく推進角小さければ最大けん引力は大きくなる。」と、新関 (1956) は「力点を<sup>(30-14)</sup>

前に移動すればけん引力の水平成分は増加することができる。」と、また、新関 (1956) は<sup>(30・15)</sup>「けん引角が推進角に限りなく近づいて、けん引角=推進角に近い状態のときに理論上けん引力の値が最大になるが、けん引力の上方分力が増すので有効けん引力は小さい。このようなけん引方式は凝集力強く抵抗の重い土壌の犁耕の如き特殊な場合を除けば一般の挽引作業には適さない。」と、なお、新関 (1957) は<sup>(15・513)</sup>「けん引線が水平線となす角をけん引角またはけん引仰角という。犁耕の場合、普通けん引角は20~25度で、これは役畜の体格に応じて引綱の長さを加減して、およそこの角にする必要があって、けん引角を小さくすれば耕深は深く、これを大きくすれば浅くなる。」と、岡部 (1959) は<sup>(31・40)</sup>「肩びきはけん引角が小さい(約18°)から出力が大きい。胴びきは肩びきに比較すると、けん引角が大きい(約27°)から出力には不利である。しかし、けん引点が馬体の重心近くになるので動揺も少なく、また引綱も肩びきの場合より短かくなるから、回転の場合は半径が小さく動作が簡便になる。」と、上坂 (1965) は<sup>(32・103)</sup>「けん引角度が大きいほど垂直の分力が大となり、水平の分力は小となる。この場合は前肢の摩擦抵抗は大となるが、後肢のそれは小となり、役畜は推進しやすいことになる。重いものをけん引する場合にけん引線の角度を急にするゆえんである。けん引角度が小さいほど垂直の分力は小となり、前肢は上げやすい。早く歩けることになる。そのかわり後肢の摩擦抵抗は大となるから絶対量が軽い場合でないと、推進力が出ない。軽いものをけん引させて、早く歩かす場合には引綱を長くしてけん引線の角度を小にするが、そのゆえんはここにある。」と述べている。

## 2. $W_p$ あるいは $W_p^{bnh'}$ を大とすること (式1および2による)。

これに関係する報告には、つぎの如きものがある。HAYES (1930) は<sup>(26・59)</sup>「The gain in power from increased weight on the fore-hand is well illustrated by the practice, which I have seen, of the driver of a one-horse cart mounting his animal and getting well forward on its back, when he finds that it is unable to pull its load up a hill.」と、久合田(1934) は<sup>(33・115~116)</sup>「輓曳は馬が頸環に対して突き進むによりて行なわれるのである。突き進む力は、主として後肢の推進力によるのである。したがって、その力の方向は、後蹄と頸環とを結んだ直線に大略一致せねばならぬ。この力は曳綱の方向への力と、垂直の方向への力との二分力に分けて考えることができる。曳綱の方向への力は真の輓曳力であって、垂直の方向への力は体を上方へ持ち上げんとする力である。したがって、体を上方へ持ち上げんとする分力が前肢の負担する重量よりも小さいときは輓曳は行なわれ得るも、その重量を超過するときは、前軀が上方に持ち上げられる故に、最早輓曳作用は行なわれ得ないのである。斯様な際に御者が馬の頸部に跨るときは、前軀は重量を増して再び輓曳力を回復することができるのである。」と述べている。

## 3. $D_{gh}$ あるいは $D_{gh}^{bnh'}$ を大とすること (式1および2による)

a. さきに行なった<sup>(34・145)</sup>「けん引歩行する場合の姿勢について」の研究において、けん引点が胴引による、肩端の高さ( $P_c$ )にある場合に、けん引点が高く背の高さ( $P_a$ )にある場合、背と肩端との中央の高さ( $P_b$ )にある場合、あるいはけん引点が低く胴下の高さ( $P_c$ )にある場合に

比べて、反対後肢脱重始期 ( $Pe^{bnh'}$ ) の肩心～後蹄水平距離 ( $D_{sh}^{bnh'}$ ) が大となった。そして、このことは、主として、 $Pe^{bnh'}$  の肩心～股心水平距離 ( $D_{sc}^{bnh'}$ ) が大となることによることがみいだされた。したがって、けん引点が胴引による肩端の高さにある場合には長軀の状態となり、 $D_{gh}^{bnh'}$  を大とすることができるものと推定される。

けん引点の高さが、肩端の高さにあるのがけん引上有利であるとした報告には、さきに、 $H_{ph}$  あるいは  $H_{ph}^{bnh'}$  の項において述べた如く、羽部ほか数氏のものがある。

#### b. 背の前方あるいは頸に重量を加えること。

2の  $W_p$  あるいは  $W_p^{bnh'}$  を大とすることに関して、<sup>(26・59)</sup> HAYES および<sup>(33・115~116)</sup> 久合田の報告について述べたが、御者がけん引を行なう馬の背あるいは頸に乗る場合には、 $W_p$  あるいは  $W_p^{bnh'}$  を大とするばかりでなく、その位置が前方にあるほど、 $D_{gh}$  あるいは  $D_{gh}^{bnh'}$  を大とすることができる利点があるであろう。

一方、「推進に有利なけん引方法」に関して、著者は、さきの研究により、つぎに述べるような成績を得た。

### 1. 歩長 ( $S_p$ ) を大とするために有利なけん引方法

a. 比較的軽いけん引の実験において、<sup>(35・143)</sup>  $S_p$  はけん引点が胴引による背と肩端との中央の高さにある場合に、肩端の高さあるいは胴下の高さにある場合に比べて大となった。

b. <sup>(35・143)</sup>  $S_p$  は実験上、総括的にいって、けん引角度が $10^\circ$ の場合に、 $0^\circ$ あるいは $20^\circ$ の場合に比べて大となった。勿論、この問題については、路面の凹凸・摩擦・傾斜、力学上の力の分解などを考慮に入れて、さらに詳細な研究が行なわれなければならないであろう。

### 2. 蹄の固定上有利なけん引方法

けん引角度が大となるにつれて、<sup>(36・1)</sup> けん引量の四肢負重総量への転換量 ( $F_t$ ) が大となる。このことは、後蹄の固定上有利に働くものと推定される。

## 参 考 文 献

- (1) 盛政貞人 (1967) : けん引用役畜に適する生体条件 (とくに、体型・体重) に関する内外の諸業績 I. 回転運動の平衡機能上有利な生体条件. 島根大学教育学部紀要 (自然科学) 第一巻
- (2) 盛政貞人 (1968) : けん引用役畜に適する生体条件 (とくに、体型・体重) に関する内外の諸業績 II. 推進機能上有利な生体条件. 島根大学教育学部紀要 (自然科学) 2
- (3) 盛政貞人 (1961) : 役畜のけん引機構に関する研究—駐立した役畜にけん引をかけた場合の平衡—島根大学論集 (自然科学) (第10号)
- (4) 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)
- (5) 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)
- (6) 羽部義孝 (1946) : 牛の役利用に関する研究. 東京, 畜産技術協会
- (7) 羽部義孝 (1943) : 牛の牽引力測定並に牽引能力検定に就いて [3]. 植物及動物11 (10)

- (8) 吉田武紀, 野附巖, 大久保忠旦, 加藤国雄, 頼島功 (1960) : 和牛のガス代謝に関する研究第3報 牽引時のエネルギー代謝に影響を及ぼす諸要因について. 中国農業試験場報告 4 (2)
- (9) ZÜRN, F. A. (1897) : *Geschirrkunde oder Beschirrungslehre*. Leipzig : Verlag von S. Hirgel
- (10) KRONACHER, C. (1922) : *Allgemeine Tierzucht*. Berlin : Verlagsbuchhandlung Paul Parey
- (11) 上坂章次 (1947) : 畜力利用の理論と実際. 東京, 農業技術協会
- (12) 上坂章次 (1949) : 和牛の乳利用と乳牛の役利用. 大阪, 東京 : 富民社
- (13) 高増克三 (1955) : 牛を上手に使役するには. 畜産の研究 9 (11)
- (14) 藤村忠明 (1956) : 家畜の輓曳理論に関する研究. 山口大学農学部学術報告 (7)
- (15) 新関三郎 (1957) : 畜力. 二瓶貞一他 : 農業機械ハンドブック. 東京, コロナ社
- (16) DUERST, J. U. (1931) : *Grundlagen der Rinderzucht*. Berlin : Verlag von Julius Springer
- (17) 広部達三 (1929) : 農用機具 農業動力篇. 東京, 西ヶ原刊行会
- (18) 森周六 (1948) : 畜力用農機具. 東京, 産業図書株式会社
- (19) 石原盛衛, 吉田武紀 (1951) : 牛の牽引方法について. 畜産の研究 5 (9)
- (20) 吉田武紀 (1955) : 牛の調教から使役まで. 畜産の研究 9 (2)
- (21) 高亀広 (1933) : 軍馬の輓曳力検定試験成績. 陸軍獣医団報 (291)
- (22) YOUATT, W. (1885) : *The Horse*. London : Longmans, Green, and Co.
- (23) WRANGEL, G. C. G. (1902) : *Das Buch vom Pferde*. Stuttgart : Verlag von Schickhardt & Ebner
- (24) NATHUSIUS, S. (1910) : *Schwarzneckers Pferdezucht*. Berlin : Verlagsbuchhandlung Paul Parey
- (25) BORN, L., und MÖLLER, H. (1921) : *Handbuch der Pferdekunde*. Berlin : Verlagsbuchhandlung Paul Parey
- (26) HAYES, M. H. (1930) : *Points of the Horse*. London : Hurst & Blackett Limited
- (27) 大日本農会 (1948) : 農機具の取扱並に修理の手引. 東京, 大日本農会
- (28) 田垣住雄 (1950) : 実験馬学総説. 東京, 養賢堂
- (29) 庄司英信 (1954) : 農業機械学概論. 東京, 養賢堂
- (30) 新関三郎 (1956) : 装具の構造と装着理論に関する研究. 農林省農業改良局研究部
- (31) 岡部利雄 (1959) : 馬の畜力利用. 畜産大系第27編 東京, 養賢堂
- (32) 上坂章次他7氏 (1965) : 畜産学. 東京, 朝倉書店
- (33) 久合田勉 (1946) : 馬学外貌篇. 東京, 養賢堂
- (34) 盛政貞人 (1966) : 役畜のけん引機構に関する研究—けん引歩行する場合の姿勢(とくに, 前傾姿勢)について—. 島根大学論集(自然科学) (16)
- (35) 盛政貞人 (1965) : 役畜のけん引機構に関する研究—けん引の場合の歩様について—. 島根大学論集(自然科学) (15)
- (36) 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)