

原 著

ばんえい競馬における第2障害の登坂運動の画像解析と
競走成績に影響を及ぼす要因について山口 諭・鈴木 三義・口田 圭吾・瀬尾 哲也・古村 圭子・柏村 文郎
帯広畜産大学, 帯広市 080-8555Image Analysis of Climbing-up Locomotion on the Second
Bank in Banei Draft Racehorse and
Factors Affecting to the Racing PerformanceSatoshi YAMAGUCHI, Mitsuyoshi SUZUKI, Keigo KUCHIDA, Tetsuya SEO,
Keiko FURUMURA and Fumiro KASHIWAMURAObihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine,
Obihiro-shi, Hokkaido 080-8555

キーワード: ばんえい競走馬, 登坂運動, 軛系馬, 画像解析

Key words: Banei draft racehorse, climbing-up locomotion, draft horse, image analysis

要 約

ばんえい競馬において、第2障害越えの成否は競走結果に大きな影響を及ぼす。本研究では、ばんえい競走馬が第2障害を登坂するときの運動の特徴を数値化し、それらの値と競走結果との関係を検討した。延べ37頭の競走馬について登坂運動時のフォームをデジタルビデオカメラで録画した。画像解析プログラムを用い馬体水平線と胴引との角度を求め(胴引き角度)、その角度から馬の腰の上下運動を数値化した。競走結果(競走タイム, 着順, 登坂時間, 登坂順位)に影響を及ぼす要因として、登坂時の停止の有無, 歩法(常歩: 駆歩), および胴引き角度(18.3度以上: 以下)と年齢(2歳: 3歳以上)の交互作用について分析した。その結果、登坂時に停止しない馬の競走結果が良く、また2歳馬においては胴引き角度の大きい(腰の高い)馬が、一方、3歳以上の馬においては胴引き角度の小さい(腰の低い)馬の競走結果が良い傾向が示された。2歳馬と3歳以上の馬で異なる結果が示されたのは、ばんえい重量が登坂運動時のフォームに影響を及ぼし、さらにそれが競走結果にも影響するためではないかと推察した。

緒 言

ばんえい競馬とは、北海道の旭川, 北見, 岩見沢,

帯広の4市の競馬場で行なわれている世界でも例のない重種馬(重軛馬, heavy draft horse)による競馬である。体重700~1100kgの大型馬が、総重量500~1000kgの鉄そりを引き、直線200mのダート(砂)コースでタイムを競う競馬である。競馬場により多少コースの構造は違うが、いずれもコースの途中に2つの盛り土による障害が設置されている。コースは10頭立てのセパレートコースで、出走馬は、専用のスターティングゲートからスタートし、馬そりの後端がゴールラインを通過した時点をもってフィニッシュとされる。ばんえい競馬では、馬がしばしばコース途中で止まることがあるが、ルールでは、第1障害と第2障害の間以外は、騎手が馬を意図的に止めることは禁じられている。競走タイムは、馬場状態(特に水分含量)に大きく左右されるため、開催日の定められた時間にコースの水分含量が計測され、主催者から発表される。ばんえい競馬に出走できる馬は、2~9歳(去勢馬は10歳)までの軽種および軽半血種以外の国産馬と決められており、ベルシュロン, プルトン, ベルジアンなどの軛系馬の交雑育種によって生産された半血種(軛系)がその大半を占めている(KASHIWAMURA *et al.*, 2001)。また、所定の能力検査に合格した馬でなければ出走できない。

ばんえい競走馬の競走能力は、平地でのスピード、第2障害を越えるためのパワー、およびゴール前の持久力という3要素が重要であるといわれている。中でも、第2障害はかなり大きく、それをいかに越えるか

が競走結果に決定的な影響を及ぼすことが多い。この第2障害越えの成否に影響する要因は、騎手側の要因と馬側の要因に分けられるが、馬側の要因としては、障害前の余力、重いそりを引き上げるパワー、効率良くそりを引き上げる登坂技術が重要だといわれる。そりを引き上げるパワーは、最大軌曳力と関係が深く、それは体重と密接な関係があるとされる(石崎ら, 1954)。

馬の運動を分析する方法としては、身体の物理的な動きを画像などを用いて分析するキネマティックな分析方法がある(徳力, 1991)。最近ではコンピュータを使った画像解析が比較的容易に出来るようになったため、多くの研究が発表されている。しかし、そのほとんどはサラブレッドの駆歩競馬や Trotter の速歩競馬、または競技用の乗用馬の研究である。重量物を牽引する軌曳運動に関しては、古くは岡部ら(1954 A, 1954 B)の研究が見られるが、その試験条件は現在のばんえい競走で求められている状況とはかなり異なる。

本研究の目的は、第2障害におけるばんえい競走馬の登坂運動の特徴をコンピュータによる画像解析によって数値化し、その画像解析値と競走結果との関係を検討することである。

材料および方法

1) ビデオ撮影の方法

ビデオ撮影は、1999年11~12月に帯広競馬場で開催されたばんえい競馬の実際のレースで行った。撮影には、デジタルビデオカメラ3台(SONY:DCR-VX1000, SONY:DCR-PC1, SONY:DCR-TRV900)を使用した。ビデオカメラの設置場所は、第2障害の隣にある練習用コース(スタンドと反対側)の障害の下に1台、障害の途中に1台、障害の頂上に1台を設置した。第2障害の高さは、1.6m、傾斜角度は15度、斜面の長さは6.3mであった。撮影した馬は、他の馬の陰に隠れることのない1枠1番のコースを走る馬とした。しかし、それらの馬もコース整備員や伴走する厩務員の陰に隠れることもあったため、実際に画像解析に利用できた馬は37頭であった。

2) 画像解析

画像解析のために、Visual Basic 5.0 (Microsoft) を用いて Windows 上で作動可能な画像解析プログラムを作成した(林, 1977)。ビデオ画像のコンピュータへの取り込みは、ビデオカメラから出力されるデジタル信号(1コマ1/30秒)をDV静止画キャプチャーボード(SONY: DVBK-1000)により640×480画素の静止画として取り込んだ。画像の取り込み間隔は約1/10秒とした。取り込んだ画像はビットマップ形式に変換し、画像解析データとした(口田, 1996)。分析に用いた画像は延べ7497枚であった。



図1 馬体水平線と胴引き方向線とのなす角度より求めた胴引き角度。馬体水平線は、頸環と胴引き端との交点(A)と股関節(B)とを結ぶ線。

3) 胴引き角度

馬の登坂運動をビデオ画像から観察したところ、馬は飛節を深く曲げ、後躯(腰)を低くすることによってそりを引き上げる力を生み出しているようであった。そこで、馬が後躯(腰)を低くする姿勢を表す変数として、馬とそりをつなぐ胴引と馬体水平線とのなす角度(本論文では胴引き角度と呼ぶ)を用いることにした(図1)。ここで、馬体水平線とは、胴引の端(よびだし)を馬の頸環(わらび型がら)に取り付けた点(A点)と馬の股関節(B点)とを結ぶ線である(内田, 1978)。また、A点から胴引とそりの結合部(どっこい:C点)を結ぶ線を胴引き方向線とし、その線と馬体水平線とのなす角度(A点における角度)を胴引き角度とした。なお、胴引き角度はビットマップ画像の3点(A, B, C)の座標から計算によって求めた。

4) 統計分析

分析データとして、馬の年齢、ばんえい重量、馬体重、競走タイム、着順、第2障害を登りきった時点での順位(登坂順位)を北海道市営競馬組合発行の出走表および成績表より得た。また、撮影した画像から、第2障害の登坂途中で停止した回数、および第2障害を登るのに要した時間(登坂時間)を得た。さらに、画像より1回の登坂における胴引き角度の平均値(胴引き角度)、1回の登坂における胴引き角度の変化の大きさを表す胴引き角度の標準偏差(胴引き角度偏差)を求めた。なお、本論文ではこれら2つを画像解析値と呼ぶ。1回の登坂で用いた画像は、馬が坂を登り始めそりが上昇し始めてから馬が坂の頂上に達するまでとした。ただし、馬が登坂途中で停止した場合は、馬が1回目に停止するまでの画像を用いた。

統計分析は、次のモデルを立て、SASのGLMで分析した(竹内ら, 1990)。

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + F_j + (BA)_k + e_{ijk}$$

ここで、

Y_{ijk} ; 競走結果(競走タイム, 着順, 登坂時間, 登坂順位)

μ ; 全体平均

T_i ; 登坂時の停止の有無 ($i=1, 2$)

F_j ; 歩法 ($j=1, 2$)

BA_k ; 胴引き角度と年齢との交互作用 ($k=1, 2, 3, 4$)

e_{ijk} ; 残差効果

競走結果として、競走タイム, 着順, 登坂タイム, 登坂順位を分析した。また、登坂時の停止の有無は、坂下から坂の頂上まで停止することなく登りきった馬(停止なし:18頭)と、坂の途中で1回から数回停止した馬(停止あり:19頭)にクラス分けした。歩法は、後肢による推進(地面に対してふんばること)が片肢ずつ交互である場合を常歩とし、両肢がほぼ同時に地面をける場合を駈歩とした。なお、なお常歩は31頭、駈歩は6頭であった。胴引き角度は年齢による違いが観察されたので、2歳馬と3歳以上の馬に分けて交互作用として分析した。胴引き角度のクラス分けは、2クラス間ではほぼ同数に分かれるように18.3度で区分した。その結果、胴引き角度が大きい(腰が高い)馬が18頭、胴引き角度が小さい(腰が低い)馬が19頭となった。年齢は2歳馬が12頭で、3歳以上(3歳~9歳)の馬が25頭であった。なお、2歳馬と3歳以上の馬の2クラスに分けた理由は、次のように条件がかなり異なることによる。①ばんえい競馬の番組構成において2歳馬と3歳以上の馬では同じレースで出走することはない。②ばんえい競馬では馬体重の大きな馬の方が有利であるといわれている(KASHIWAMURA *et al.*, 2001)。③本研究における2歳馬の平均体重は915 kg, 3歳以上の馬の平均体重が1035 kgであり、その間に有意差($P<0.01$)が認められた。④ばんえい重量(そり+重り+騎手の合計重量)は、2歳馬が 550 ± 14 kg(M \pm SD)であったのに対し、3歳以上の馬は 701 ± 48 kgであり、その間に有意差($P<0.01$)が認められた。

結果および考察

統計分析の結果、競走タイムに関しては、登坂時の停止の有無($P<0.01$)、胴引き角度と年齢の交互作用($P<0.01$)に有意差が認められた。また、着順に関しては、登坂時の停止の有無($P<0.01$)、歩法($P<0.05$)、胴引き角度と年齢の交互作用($P<0.05$)に有意差が認められた。さらに、登坂時間と登坂順位に関しては、登坂の停止の有無($P<0.01$)に有意差が認められた。これらの分析結果について、以下に考察を加えて詳述する。

1) 登坂時の停止の影響

登坂時の停止の有無で分けたときの競走結果を表1

に示した。登坂時の停止の有無は、競走タイム, 着順, 登坂時間, 登坂順位のすべてにおいて有意差が認められた($P<0.01$)。このことは、第2障害を停止することなく登坂した馬は、停止した馬より競走結果が良いことを示している。

2) 胴引き角度の影響

胴引き角度と年齢の交互作用が競走結果に及ぼす影響を表2に示した。2歳馬においては、胴引き角度の大きい(腰の高い)馬の競走結果が良く、一方、3歳以上の馬においては、胴引き角度の小さい(腰の低い)馬の競走結果が良かった。

さらに、2歳馬では登坂時に停止することなく登った馬が多かったため、それらの馬における着順および登坂順位と胴引き角度との関係を図2に示した。図2の回帰直線より、2歳馬では、着順および登坂順位が大きい馬(競走結果が悪い馬)の胴引き角度が小さく(腰が低く)なる傾向が認められた。一方、3歳以上の馬では、登坂時に停止する馬が多く、また常歩で登る馬が多かった。そこで、3歳以上の常歩で登坂し、途中で停止した馬における着順および登坂順位と胴引き角度との関係を図3に示した。図3の回帰直線より、3歳以上の馬では2歳馬の結果とは逆に、着順および登坂順位の大きい馬(競走結果が悪い馬)の胴引き角度が大きく(腰が低く)なる傾向が示された。さらに、3歳以上の停止せずに登坂した馬について、年齢と胴

表1 停止の有無による競走結果の最小2乗平均値

	停止なし	停止あり	有意性
個体数	18	19	
競走結果			
競走タイム(1/10秒)	1098	1317	**
着順(位)	3.1	6.0	**
登坂時間(フレーム#)	228	630	**
登坂順位(位)	2.6	6.2	**

** : 停止の有無の間に有意差あり ($P<0.01$)。

: フレームの単位は、1秒間に約10フレーム。

表2 胴引き角度と年齢との交互作用による競走結果の最小2乗平均値

年齢クラス	2歳		3歳以上	
	大	小	大	小
個体数	7	5	11	14
競走結果				
競走タイム(1/10秒)	1065 ^a	1160 ^{ab}	1310 ^b	1296 ^b
着順(位)	4.3 ^{ab}	5.3 ^{ab}	5.4 ^a	3.2 ^b
登坂時間(フレーム#)	357	370	559	430
登坂順位(位)	3.9	4.3	5.7	3.9

^{ab} : 競走結果の各項目において、異なる肩文字間に有意差あり ($P<0.05$)。

: フレームの単位は表1と同じ。

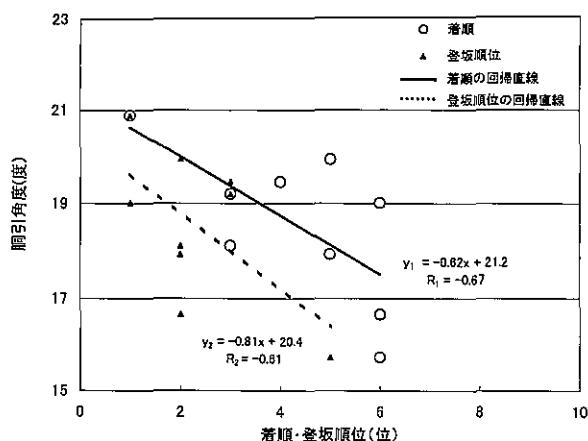


図2 停止せずに登坂した2歳馬における胸引き角度と着順・登坂順位との関係。図中の R_1 , R_2 は着順, 登坂順位における相関係数。

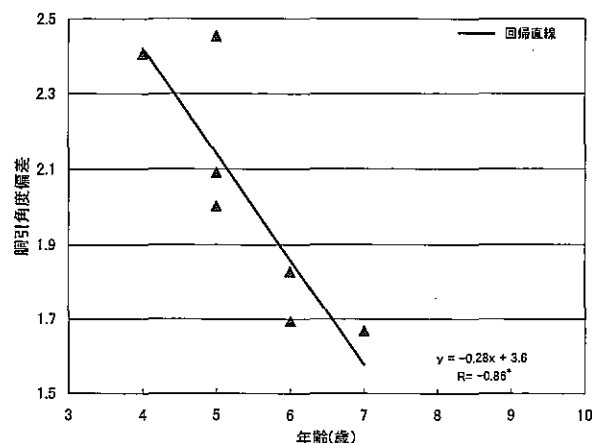


図4 停止せずに登坂した3歳以上の常歩馬における年齢と胸引角度偏差との関係。図中の R は相関係数 (*; $P < 0.05$)。

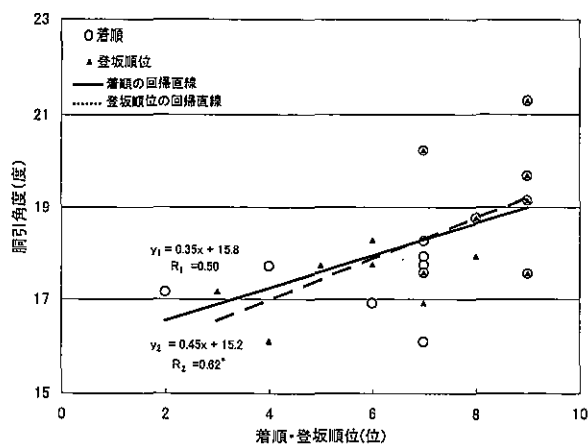


図3 停止した3歳以上の常歩馬における胸引角度と着順・登坂順位との関係。図中の R_1 , R_2 は着順, 登坂順位における相関係数 (*; $P < 0.05$)。

引き角度偏差の関係を調べたところ, 有意な負の相関が認められた(図4, $P < 0.05$)。このことは, 年齢の増加にともなって胸引き角度偏差, すなわち馬の腰が上下する変動が小さくなっていくことを示している。このことより, 重い重量のそりを引く3歳以上の馬では, 競走経験や調教の積み重ねにより, 腰の上下運動の少ない登坂技術を身に付けていくのではないかと推察される。

3) 常歩と駈歩の画像解析値の比較

常歩と駈歩の画像解析値の比較では, 胸引き角度および胸引き角度偏差において有意差が認められた(表3)。表3より駈歩は, 常歩に比べ腰の上下運動が大きく(胸引き角度偏差が大きく), さらに腰が高く(胸引き角度が大きく)なるといえる。駈歩の特徴としては, 両後肢をそろえて踏ん張るためより大きな推進力が出る一方, 腰の上下運動が大きいためエネルギーの消耗も大きいのではないかと推察される。

表3 歩法による画像解析値の最小2乗平均値

	常歩	駈歩	有意性
個体数	31	6	
画像解析値			
胸引き角度(度)	18.2	20.6	**
胸引き角度偏差	2.1	3.2	**

** : 歩法間に有意差あり ($P < 0.01$)。

4) まとめ

以上の結果より, 2歳馬においては胸引き角度が大きい方が, また駈歩の方が, 競走結果が良いことが分かった。一方, 3歳以上の馬においては, 常歩, 駈歩ともに胸引き角度が大きいほど競走結果が悪くなることを示された。このことは, 2歳馬ではばんえい重量が軽いため, 腰が高くてもそりを引き上げることができるが, 3歳以上の馬では, ばんえい重量が重くなるため, 腰を低くしてそりを引き上げなければならないことを示すものと推察する。腰を低くすることにより, 後軀から生み出される推進力を効率良くそりを引く力として利用できるということは, 過去の書籍からも伺える(久合田, 1943; 田垣, 1950)。

今後は, さらに例数を増やして今回の結果の信頼性を確認することと, ばんえい競走馬が最高1トンという重いばんえい重量のそりを引いて, 第2障害を登るようになるまでの調教過程の研究が有効だと考える。

文 献

- 林晴比古(1997) 新 Visual Basic 入門シニア編。第2版。SOFTBANK。東京。
 石崎三郎・本沢昌一・篠原旭男・小山錦也(1954) 馬の体重と役力との関係—馬の大きさとの関係 IV。日本畜産学会報, 25: 168-173。
 KASHIWAMURA, F., A. AVGAANDORJ and K. FURU-MURA (2001) Relationships among body size, con-

- formation, and racing performance in Banei draft racehorses. *J. Equine Sci.*, **12**: 1-7.
- 口田圭吾・鈴木三義・三好俊三 (1996) ビデオカメラを用いたコンピュータ画像解析による牛体尺測定法の開発. *畜産の研究*, **50**: 1207-1211.
- 久合田勉 (1943) 馬学・繁殖育成編, 209-210. 養賢堂. 東京.
- 岡部俊男・瀬戸善夫・三浦高義・野村晋一・沢崎 担・稲田七郎 (1954 A) 家畜の役力単位決定に関する研究—牛馬の輓曳常歩運動の分析. I 体各部の上下運動について. *日本畜産学会報*, **25**: 174-178.
- 岡部俊男・瀬戸善夫・三浦高義・野村晋一・沢崎 担・稲田七郎 (1954 B) 家畜の役力単位決定に関する研究—牛馬の輓曳常歩運動の分析. II 関節変化について. *日本畜産学会報*, **25**: 179-184.
- 田垣住雄 (1950) 馬学総説. 201-208. 養賢堂. 東京.
- 竹内 啓・高橋行雄・大橋靖雄・芳賀敏郎 (1990) SASによる実験データの解析. 第2版. 3-13. 東京大学出版会. 東京.
- 徳力幹彦 (1991) 馬の歩行運動の分析. *Japanese Journal of Equine Science*, **2**: 1-10.
- 内田晴夫 (1978) ばんえいまんがどくほん. 131-134. 北海道市営競馬協議会. 札幌.