

バイオメカニクスからみた良い蹄とは

日本装蹄師会 研究部長 青木 修

はじめに一言

まずは“Biomechanics”を理解することから始めよう。“Bio”と“mechanics”に分解すれば、その意味を理解することもそれほど難しくはないだろう。前者は「生物」や「生体」などを表す接頭語。後者は「工学」。だから日本語に直せば「生体工学」となる。

「バイオメカニクス（以下バイメカ）」とは、生体を機械的な構造物と見なして、その機械的な効率を検証・評価し、その特性を理解しようとする学問である。ウマは走り能力を我々に提供することで、人と共生関係を維持してきた動物だ。だとすれば、骨格と筋肉とが作り出すウマの走りをバイメカ的な視点から捉えて正しく理解することで、より効率的な騎乗方法や管理方法のあり方が見えてくる。そんな視点をもって、愛馬の蹄を改めて眺めてみよう。きっとそこには、アスリートとしてのウマの蹄のあり方が浮かび上がってくるはずだ。

立ち方が決める蹄のカタチ

歩行運動は、「蹄と地面との間でやり取りされる力が作り出す動作」である。広い意味では「立つ」ことですから、歩行運動の一コマと言える。だから蹄の機能を正しく理解するには、立っているときや走っているときの動作に応じて発生する蹄と地面との間の力の実態を知ることだ。

ウマが立っているとき、蹄にはどんな力がかかっているのだろう。その大部分は体重である。体重の

約60%を前肢、約40%を後肢が負担していると言われているが、ことはそれほど単純ではない。教科書に見る標準肢勢—前肢も後肢も直立した状態—で立ち、頭頸部も自然体で構えていれば、この数値はほぼ当てはまる。ところが、本物のウマたちが、標準肢勢の自然体で立つことはまずありえない。四肢を広く踏んだり、前や後ろに踏んだり、さらには頭頸部を上下左右に動かしながら立っている。その結果、前肢と後肢の体重負担率は常に変動する。体重の負担率だけではない。蹄のどの部分に、その負重がかかっているのか。それがむしろ重要である。

たとえば狭く立つウマは、負重が蹄の外側に片寄るし、広く踏むウマは、それが内側にかかる。その結果、前者は外側の蹄壁が峻立ちし、蹄壁は凹湾を伴って内側に広く張り出してくる。後者では反対に、内側の蹄壁が立ち、外側はなだらかに張り出す。また、後ろに踏んで立つウマは蹄の角度が立ち、前踏のウマでは蹄角度が低くなりやすい。体重の負担率が高い前肢の蹄では、なおさら負重の影響を受けて蹄形が変化しやすいのである。つまり、このような蹄の変化は、立っているときの立ち方—肢勢—に影響されやすいのだ。極論を承知で言えば、だからそんな変形は、馬房内で休んでいるときに作られるとも言える。

走りが作る蹄のカタチ

走っているとき、一歩ごとに一つの蹄には体重を越えた大きな荷重がかかっている。しかし、それらの荷重は、立っているときの負重とは違い、瞬間的

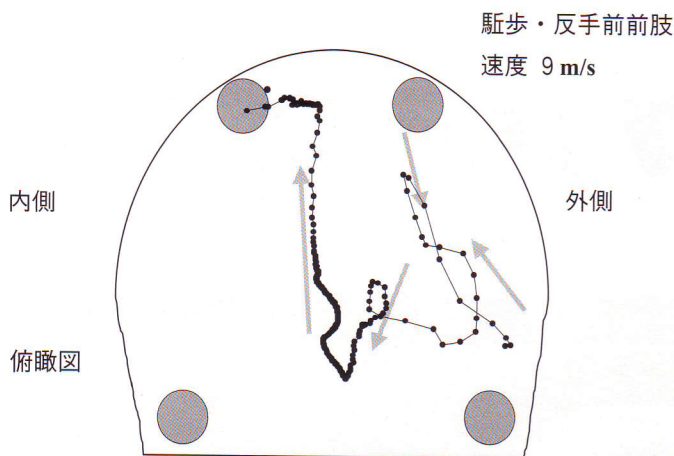
に繰り返し作用し、また蹄が負重しているときには、常に荷重の中心が蹄の水平面内を大きく移動している（図を参照）。だから立っているときとは異なる影響を蹄に与えている。たとえば走行中の最大荷重はカカトに近い部分にかかるので、カカトを押し下げ、ときにはカカトが蹄の下部に巻き込んで、弱踵蹄—underrun heel—と呼ばれる蹄を作出する。また、蹄が前方に返ろうとする瞬間は、ツマ先の負面を支点にしてカカトが浮き上がる。このとき、ツマ先には「反り返らせる力」が働くので、ツマ先の蹄壁は凹湾しやすくなる。さらにまた、速く走るほど、前肢の蹄は内方に向けて着地するので、内側のカカトからの踏着力が繰り返されて、内側の蹄球が高く突き上がり、拳踵と呼ばれる変形蹄が産み出されることになる。荷重圧はまた、蹄の接地面の摩耗も促進する。裸足の蹄であればなおさら、着地の際にはカカトの、離地の瞬間にはツマ先の過剰摩耗を引き起こすことになる。

ので、左右肢の負重圧の差は比較的少ない。だから、後肢の蹄には、左右の形状の違いが生まれにくい。いっぽう前肢では、立つときも両前肢が常に負重しており、立ち方に応じた変形を起こしやすい。走るときには、左右肢の動きのずれをなるべく大きくして、1つの蹄で馬体を支える時間を増やし、大きな歩幅を稼ごうとする。そのため、立つときには広く踏んでいる馬も、走るときには、前肢を馬体の真下に運び、左右の蹄跡が一直線上に並ぶ。これが競走馬の古馬の前肢に多く見られる後天的な内向肢勢や仮性内向蹄を作る要因だ。

走りやすいカタチ

蹄の外見的なカタチは、蹄壁の形状で決まると言ってもよい。この蹄壁は、本来は蹄骨の側壁に平行に密着して固定され、上から下に伸びてくる。だから蹄壁の外観は、蹄骨の側壁のカタチとほぼ相似形であるべきだ。立ち方や走り方の影響は、長い間には蹄骨自体のカタチも変化させるが、その外壁である蹄壁にくらべれば、その変形はごくわずかである。したがって、すでに説明した蹄の変形は、負重や衝撃の片寄りによって、蹄骨側壁と蹄壁との平行性が失われたり、蹄骨自体が内外いずれかに傾斜したりして生じていることになる。このような変形があっても、即座に大きなトラブルにはつながらないが、バイメカの視点からは決して効率が良いとはいえない。

たとえば蹄の内外の幅が異なれば、蹄が接地したときに路面の凹凸を拾いやすく、また蹄への負重中心も片寄るので、蹄骨や関節にかかる負荷にも狂いが生じて、ミスステップを招きやすい。蹄骨のカタチとの相似性を失った蹄は、蹄自体の重心の位置も狂っているので、アシが前方に振り出されるときにも蹄の動きが内外方向におれて、対側のアシに衝突し、あるいはミスステップを招く要因にもなりかねない。蹄が離地するときは、ツマ先の1点で負重しながらカカトが浮上し、最後にツマ先が地を離れるが、このときツマ先に凹湾があって、ツマ先が前方



図：蹄の荷重中心の一覧

カタチのトラブルは前蹄に多い

後肢は休んで立つとき、左右のアシを交互に浮かせて、負重圧を調整することができる。走っているときも、大きな推進力を発揮するため、左右の後肢は歩幅をそれほど広げずに、左右肢の負重期間をオーバーラップさせて、動きのズレを少なくしている

に伸びすぎていると、蹄の返り―反回―を阻害する。さらにツマ先の弧形が一定でなく、蹄の中心から蹄尖の辺縁までの距離が部分的に異なると、その距離が短い方向へと蹄の返りが強制的に誘導されるので、このときにも下肢部の関節には捻れが生じる。蹄がねすぎている、立ちすぎている、蹄の反回や衝撃の緩和には不都合である。

生まれたばかりの子馬の蹄を見てみよう。前後肢いずれも左右のカタチにはほとんど差がないことがわかる。前肢と後肢の間にも、成馬にみられるほどの違いはない。基本的には蹄のど真ん中を境に、内外側が対称的な弧形である。「母なる自然」は、走るための道具として、内外対称形で、左右の違いがない合理的なカタチに蹄を設計したとはいえないだろうか？子馬の蹄は成馬のそれよりも立っているが、体重の増加につれて次第に潰れてくる。ただし、その角度は直上の繋の傾斜と一致することが力学的には合理的であろう。

おわりに一言

蹄の良いカタチを維持するには、定期的に適切な装蹄蹄を行う必要がある。しかし、それだけでは、「母なる自然」が設計した蹄のカタチを維持することは難しい。正しい立ち方ができる環境を整備すること。たとえば馬房の床面に大きな凹凸ができないように定期的に保全する。あるいは舟揺すり―熊癖―を防止する。日常の運動では、左右の回転運動を均等に取り入れる。蹄の一部に過剰摩滅を見つけたら、直ちに装蹄師の保護修正を依頼する。加えて湿潤度の高い蹄は変形しやすいので、蹄の様子を見ながら、蹄壁への蹄油の塗布を控え目にして、蹄の水分含量を調整することも大切であろう。いずれにせよ、蹄も生きていることを忘れずに、装蹄師との連携を密にして、それぞれの個体に応じた日常の管理のなかで「良いカタチ」を維持することに心掛けて欲しい。その努力の成果は目には見えにくい、長い目でみれば必ずや愛馬の競走能力にも反映されることだろう。