

連携記事

馬と蹄と蹄鉄にまつわるエトセトラ

Epithodes of Horses, Hooves and Shoes Etc.

青木 修

Osamu Aoki

(公社) 日本装蹄協会
理事

1 ヒトはなぜ、馬に乗ったのか

家畜としての馬は、他の家畜とは一線を画した特別な存在である。たとえば、牛や羊、豚などの大型家畜は、肉や乳、羊毛や皮革などの畜産物を私たちに提供してくれるが、馬の家畜としての意義は、もっぱら運搬や使役などの労働力の提供にある。もちろん馬肉を食する文化、あるいは馬乳や馬乳酒を嗜む風習もあるにはあるが、それは世界的にもごく一部の地域や民族に限定されている。

馬以外の大型家畜を運搬や使役に活用しているケースもないわけではない。たとえば、インドやその近隣諸国では象を使役に利用しているし、アラブ諸国ではラクダを砂漠の移動手段に活用している。東南アジアでは水牛を運搬用や乗用として利用する文化が根付いている。日本でも古くは水田耕作に牛を使い、運搬や移動には牛車を利用するのが通例であった。しかし、それらの風習もやはり限定された地域に限られている。ところが馬は、世界的にみても地域を限定することなく、世界中のあらゆる国や地域で乗用や農耕、運搬に活躍しているのである。なぜ、それは牛や他の大型家畜ではなく、馬だったのか。

この素朴な疑問は、一般には愚問と思われるだろう。肉や乳の生産を目的とした和牛や乳牛の鈍重な姿と、走るために改良されてきたサラブレッド競走馬の流麗なシルエットを思い浮かべれば、馬の敏捷性や運動能力の高さに軍配を上げざるを得ないからだ。

ここで、牛や馬が家畜化された頃に時を戻そう。牛や馬が家畜化されたのは、5000～6000年ほど前のこととされている¹⁾。野生の牛や馬の仲間を捕らえて、食肉用に生きたまま保存したのである。その頃の牛や馬は、改良された現在の姿形とは大きく異なり、牛も馬も極めて荒削りで、精悍・敏捷な野生のままの体型だったはずである。野生の牛と馬の体型やサイズは、改良が進んだ現在の牛と馬ほどには違わな

かった。今でもアフリカの草原に暮らす牛カモシカ（ヌー）とシマウマを思い浮かべれば、判るだろう。

ここで、「なぜ馬なのか」の解を説明する前に、野生の牛と馬の仲間の運動能力を比較してみたい。

2 牛の仲間に比べて、残念な馬の仲間たち

野生の牛と馬の運動能力を比較すると、牛の仲間の運動能力は馬のそれよりもはるかに優れている。その理由の一つは、足先の構造の違いにある。牛と馬の四肢の構造は基本的に良く似ているが、両者の足先を比べると、その構造は大きく異なっている。牛の仲間は偶蹄目の双蹄類に属し、足先には二つの蹄が存在する。いっぽう馬の仲間は、奇蹄目のなかの単蹄類に分類され、足先に蹄は一つである。この足先の違いが、両者の生き残りに大きく関わっている（図1）。

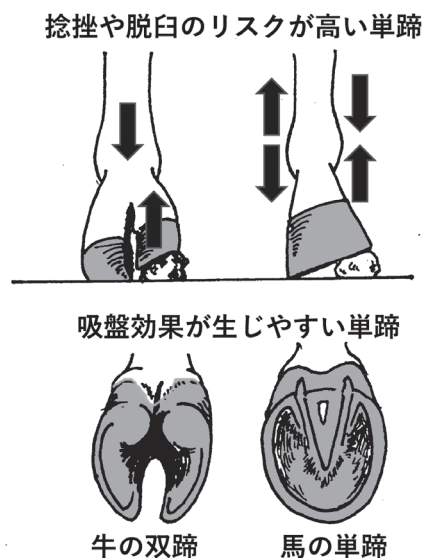


図1 双蹄と単蹄の相違

双蹄の仲間は、ヒトで言えば中指と薬指で接地して立ち、その二つの蹄がそれぞれ独立して身体を支えることができる。そのため、草原の窪地に足を取られることが少なく、また人跡未踏の山岳地帯や岩場でも、路面のギャップを吸収して、身軽に行動することが可能である。アンデス山脈やヒマラヤ地方などの高地に山羊の仲間が生息している事実は、双蹄の適応力の高さを証明している。いっぽう馬は、中指に該当する指一本で立っているの、窪地や石ころを踏むと、下肢部の関節が簡単に捻挫や脱臼、あるいは骨折を招いてしまう。つまりシマウマや野ロバなど、野生馬の仲間の生息域は、平坦な草原に限られるのである(図2)。走る速度にしても、シマウマは時速約40kmだが、双蹄類には時速80kmで走れる仲間もいる。

余談であるが、源平合戦の一つに「義経の鶴越(ひよどり越え)」という逸話が伝わっている。裏山の崖下に陣取った平家の陣を裏山から急襲する奇襲戦法を提案した義経に、「あの崖は鹿くらいしか通れない」と答えた地元の猟師に対して、義経は「鹿も四つ足、馬も四つ足、馬に通れないはずはない」と

と猟師の忠告を一蹴し、見事に奇襲戦法を成功させたという講話だが、双蹄と単蹄の機能の違いを理解していなかった講談作者の誤った作り話である。

ところで、馬の蹄はお碗を伏せたような形状をしていて、下面の中央部が凹んでいるため、水辺や湿地帯に足を踏み込むと、蹄が吸盤のように湿地に吸い付き、俊敏に足の上げ下ろしが難しくなる。いっぽう、牛は蹄が二つなので、馬の蹄のような吸盤効果は生じないことから、湿地帯でも軽快に足の抜き差しができる。水牛や水鹿(サイバー)と呼ばれる双蹄の仲間がいる事実は、双蹄が湿地帯にも適応していることを教えてくれる。本文の冒頭、一昔前までの日本では水田耕作に牛が多用されたことを記述したが、先人たちが早くから湿地に強い牛の特性を見抜いていた結果である。

とにかく、野生の牛の仲間は生息域を選ばずに、世界中の至る所で今も繁栄し、全世界には200種類を越える双蹄の仲間が生き残っている。いっぽう、馬の仲間である単蹄類は、野生ではほとんど絶滅し、シマウマや野生ロバ数種類が細々と生き残っているに過ぎない。つまり、野生界では単蹄類の



図2 草原に住むシマウマ、水中や水辺で生息する水牛、山岳地に暮らす山羊の仲間
(水牛 撮影者: Eleleleven from Bielefeld, Deutschland,
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wasserb%C3%BCffel_\(25787818312\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wasserb%C3%BCffel_(25787818312).jpg)
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/deed.ja>
山羊 撮影者: Kuribo,
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Barbary_Sheep_Tennoji.jpg
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.ja>)

馬の仲間は、絶滅が心配されている残念なタイプの動物なのである。

3 最初の命題に戻ろう

「ヒトはなぜ、馬に乗ったのか」、その理由について、一般的には、人を乗せるのに適した馬の身体の特徴が挙げられている。

- (1) 馬の背骨は、総体的に硬く、背中に人を乗せても、背骨がたわまず、馬に悪影響を与えない。
- (2) 鞍を用いずに馬に乗ってみると、馬の背中には、乗った人の太股、下肢部を受け入れるわずかな窪みがあり、乗った人を安定的に受け入れる。
- (3) 鞍を固定するには腹帯を馬の胸に回して用いるが、馬は腹式呼吸なので、腹帯を締めた胸の外周サイズが変化せず、腹帯による呼吸への悪影響がほとんどない。
- (4) 馬の口角、つまりハミを装着する部分には、歯が存在しない部分（歯槽間縁）があり、馬を制御する上で効果的なハミの発明に繋がった。ハミとは、馬の口内に横に通した円柱形の金属筒であり、その両端に手綱を付けて、乗った人が手綱を操作し、馬の動きを制御する馬具である。

しかし、このような構造上の特性は、改良前の牛にも当てはまるので、これらの特性はあくまでも「後付け」の理由であり、それを理由に馬が乗用として育まれてきたと説明するのは、今ひとつ納得できない。馬に勝るとも劣らない優れた運動能力をもつ牛ではなく、あえてヒトが馬を乗用として選んだもっとも重要な理由があったはずである。

筆者は、その理由の一つとして、牛と馬のプロポーションの違いを指摘したい。このことを理解するためには、まず動物の体重心と歩行運動との深い関係を知っておかなければならない。

4 歩行と身体の重心移動

二足歩行である私たちが歩くとき、単純に左右の足を交互に踏み出せばよい、という訳ではない。左右どちらかの足を踏み出して、その足を着地させたと同時に、体重をその足に掛けなければ、次の歩が踏み出せない。つまり、歩行運動では、「踏み出した足に体重を移動」しなければならないのである²⁾。この原則は、牛や馬などの四足歩行の動物にも当てはまる。

牛や馬など四足動物が歩くとき、足を踏み出す順番は、たとえば左後肢が最初に踏み出したとすれば、次は左前肢、その後で右後肢、最後に右前肢が踏み出して、歩行の1サイクルが完結²⁾。このサイクルを繰り返すことで、歩き続けるこ

とができる。この四肢の着地の順序に応じて、踏み出した足に体重を移動しなければ効率よく歩くことはできない。二足歩行の私たちとは違って、歩いたり走ったりするとき、安定感に優れた四足動物では、体重心の移動はそれほど簡単ではない。そこで彼らは頭頸部の位置を変えて、体重心を移動させているのである（図3）。つまり、頭頸部の位置を人が合理的に制御することができれば、比較的容易にその動物の動きを制することができるのである。

食料としての牛や馬を生きたまま貯蓄することで始まった家畜化であるが、当時の人たちはいずれ、それら家畜の優れたパワーを労働力として利用することに気づいたはずである。それには大型家畜の行動を自在に制御しなければならない。牛や馬の頭部にロープなどを巻き、それを使って動物を自在に動かそうとしたはずである。このとき、おそらく牛に比べて馬の方が扱い易いことに気がついたのではないだろうか。なぜなら身体のプロポーションからみて、頸（首）の短い牛よりも、頸が長い馬の方が扱い易いからである。頸が長い動物にはラクダやリャマがいるが、長すぎる頸では、頭頸部の制御が大変だし、その効果も半減する。「過ぎたるは及ばざるがごとし」の一例である。つまり、この馬の絶妙なプロポーションこそが、馬が使役用あるいは乗用の動物として活用されるようになったもっとも重大な理由だと筆者は考えている。ちなみにサラブレッド競走馬の頭頸部の重さは、馬体総重量の約11%である³⁾。サラブレッドの平均体重は、およそ500kgだから、頭頸部の重さは約55kgということになる。頭頸部の位置や動きを手綱を用いて自在に制御し、加えて乗っている人の体重を合理的に利用すれば、馬を意のままに操れることに先人たちは気がついたのであろう。

5 馬の改良と蹄鉄

馬が家畜化され、労働力として最初に使われたのは、荷物を引くことだったという。そこから発展して馬車が生まれた。次いで馬の背に荷物を載せて運ぶようになり、そしてつ

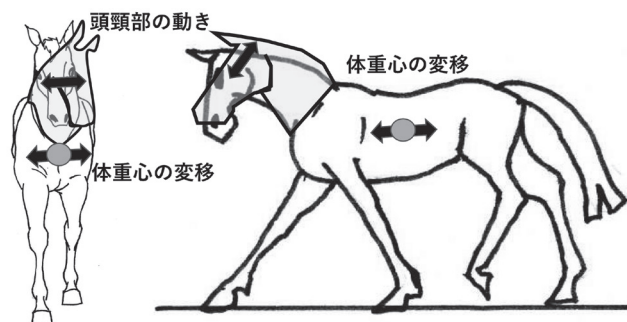


図3 頭頸部の動きと馬の体重心の変移

いに人が乗るようになった。家畜化された頃の馬は、おそらく背の高さが142cm以下のポニーのような小型馬だったであろう。馬の使役への有用性が高まると、より力強く、速く走れる馬を求め、品種改良が進み、馬の大型化が図られるにつれて、その運動量が飛躍的に増大したのである。そこで厄介な問題が発生した。野性時代の生活に比べて、はるかに運動量が増し、蹄が過剰に摩滅して、歩行が困難になるケースも多発するようになったのである。そこで登場したのが、蹄鉄である。

釘で蹄に固定する蹄鉄が、いつ、どこで、誰によって考案されたのか、実はまだ確実なことは判っていない。現在のところ、考古学的に最も古い蹄鉄は、紀元前600年頃のケルト人の墳墓から発見されている⁴⁾。それは青銅製の小さな金属具として見つかった。これが最古の蹄鉄だとすれば、馬の家畜化の歴史のほぼ半分の年月を費やして、蹄鉄と装蹄という技術が産み出されたことになる。ほかにも古代ゲルマン人や古代アラビア人、あるいは古代中国人説などがあるが、その由来は未だに明らかではない。その後、蹄鉄は、その名のとおり、鉄製のものが主流となり、少なくとも2000年以上もの長い年月、馬の蹄を守り続け、中世から近世にかけて、次第に科学的な理論に基づく必須の技能や技術として体系化され、現在の装蹄へと引き継がれてきた。

馬の利活用においては、鞍とハミが二大発明として高く評価されているが、人類と馬の共存の歴史を考えると、蹄鉄もまた鞍とハミに並ぶ偉大な発明であったことを忘れてはならないだろう。

6 天然の靴「蹄」と人造の靴「蹄鉄」

爬虫類や哺乳類の指先には、角質と呼ばれる構造物が存在し、一般的には「爪」と呼ばれている。爪は大きく三種類に分けられる。犬や猫の指先の鉤爪(カギヅメ)、ヒトや霊長類の指先に存在する扁爪(ヒラヅメ)、そして牛や馬の指先の蹄(皮爪: ヒヅメ)である⁵⁾。爪は、脊椎動物の進化の過程で、爬虫類になってから誕生したので、原則として両生類や魚類には爪は存在しない。

馬は、ヒトの中指に相当する第三指だけを接地させた「爪先立ち」で歩行している。第三指以外の指は、ほとんど退化している。このような爪先立ち歩行は、なぜ生まれたのだろう。動物の歩行速度は、歩幅(ストライド)と単位時間当たりの歩数(ピッチまたはカダンス)の積で表される²⁾。四足歩行の動物が疾走するとき、着地した左右の後肢で地面を強く蹴り、その直後に背骨を十分に伸ばして左右の前肢をなるべく前方に着地させることで、大きな歩幅を得ることができる。その代表的な走りが、チーターの弾む様な走りである。

ところが、草食獣である牛や馬は、消化器の構造が複雑で、腹部が重いため、背骨の連結を硬くして、その腹部の重さを支えている。この背骨の硬さは、大きな歩幅を得るには不利な構造である。この不利を補うため、牛や馬などの大型草食獣は、爪先立ち歩行を採用して、足の長さを増し、歩幅の拡大を図って、肉食獣たちの襲撃から逃れようとしているのである。

爪先立ちによって、指先の接地面積は極端に小さくなり、走っているときに足にかかる大きな荷重が狭い指先に集中する。この指先にかかる大きな荷重から指先を守るため、彼らは指先をすべて硬い角質組織で包み込んで、蹄と呼ばれる特殊形態の爪を獲得した。言い換えれば、それはまさに指先を守る天然自然の靴のような構造物なのである。

蹄の外観を眺めてみよう。まず足先の側面をぐるりと一周するように、比較的硬い角質が取り巻いている。この側面の角質部分を蹄壁という。蹄壁は、ヒトの爪に該当する。蹄の裏側は、まさに馬蹄形と呼ばれるU字の形をしており、最外周を蹄壁の下面が取り巻いている。カカトの部分には、二等辺三角形をした比較的柔らかい角質が底辺を後ろ、頂点を爪先に向けて鎮座している。蹄叉(ていさ)と呼ばれるこの軟角質は、ヒトの指紋がある部分が角質化した構造物である。この蹄叉と外周の蹄壁との間は、わずかに窪んでいて蹄底(ていてい)と呼ばれている。ここはヒトの指先の爪垢が貯まる部分が角質化した構造物である。

次に蹄が荷重を支える仕組みについて考えてみよう。蹄の内部には、その中心部に蹄骨と呼ばれる指先の骨が存在する。荷重はこの蹄骨を介して蹄に伝わるのだが、ここに絶妙な仕組みが存在している。単純に考えれば、蹄骨にかかった大きな荷重は蹄骨の真下の蹄底が支えているように思われがちであるが、実は荷重は蹄の外周の蹄壁部分に分配されて、支えられている。つまり蹄骨は、蹄底の上に乗っているとい

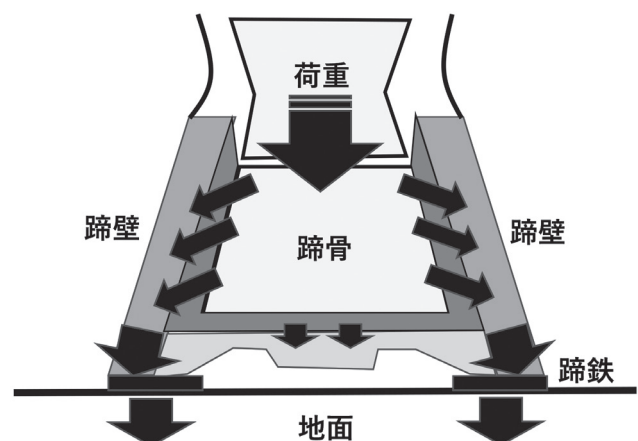


図4 蹄内部の骨は、蹄壁から吊り下げられている

うよりは、蹄壁から吊り下げられているのである(図4)。その仕組みは、お菓子のプッチンプリンを逆さまにしても、容器にプリンが張り付いて簡単には出てこない状況と似ている。プリンは容器の内部が陰圧だからであるが、蹄骨と蹄壁は両者の間が特殊な構造で密着し、蹄壁に強固に張り付いている。そのため、蹄鉄の基本形は、蹄の外周部分の蹄壁下面のみを覆うように馬蹄形にデザインされているのである。

蹄が着地しているとき、荷重は主にカカトの部分に集中する。このとき軟らかい角質である蹄叉がクッションとなって荷重圧を和らげている。蹄叉への荷重圧は、垂直方向に働き、地面との間で擦れることは少ないので、蹄叉の部分は蹄鉄で覆うことなく、通常タイプの蹄鉄ではカカト部分は開放されたままになっている。

蹄叉が荷重を受け止めると、蹄の後半部の蹄壁は横方向に開張する。蹄が地面から離れると、このカカトの開張は元の位置に戻る。このようなカカトの開張と収縮は、衝撃緩和と

同時に、蹄内部の圧力を調整し、蹄内の血液循環を促進している。この第二の心臓ともいえる機能を蹄機作用(図5)と呼び、蹄鉄を装着するときは、この作用を阻害しないように、釘を蹄壁の前半部分に限定して打ち込むと同時に、蹄鉄の後半部は、この開張幅に備えて、蹄壁の外周よりも約5mm大きく合わせる必要がある。

天然の靴でもある蹄の摩耗防止だけでなく、その機能を守るための蹄鉄は、見方によってはオーバースューズのような人造の靴ともいえるのである。

7 装蹄用の釘に秘められた先人の知恵

蹄釘と呼ばれる装蹄専用の釘は、木工製品に使われる丸釘ではなく、長軸に対する割断面が矩形の角釘である。蹄釘を打込む蹄壁の微細な構造は、植物の竹の幹に良く似ている。竹の幹には、縦方向に細い繊維が多数走っており、幹にしなやかさを与えているが、蹄壁にも縦方向に角細管とよばれる構造物が配列され、竹の幹に似たしなやかさを保っている。竹の幹に丸釘を打込むと、繊維の方向にひび割れが生じるが、蹄壁も丸釘では同じようなひび割れが生じやすい。丸釘は、それらの繊維を横方向に押し広げるように組織内に侵入するが、角釘はそれらの繊維を切断しながら進むので、繊維の方向へのひび割れが起こらない。また、釘先が斜めにカットされ、蹄壁に打込まれた釘は、その刃の傾斜に沿って湾曲しながら蹄壁の表面に向かって進むので、いずれは蹄壁の中程の高さに先端が突出する(図6)。この突出部を切断して、断端を下方に曲げることで、蹄鉄はしっかりと蹄壁に固定されるのである。

蹄釘のもう一つの利点は蹄機作用の保護にある。蹄後半部は、蹄機作用による開張と収縮を繰り返しているので、この特殊な角釘を、通常は一蹄当たり六本用いて、蹄機作用のほとんどみられない蹄の前半部分の蹄壁に打ち込み、蹄鉄を固

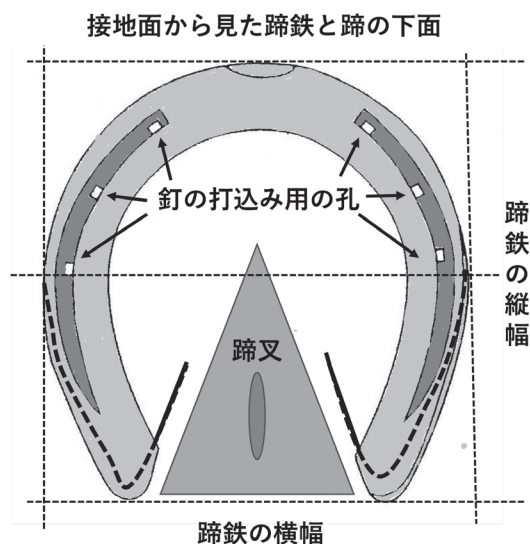


図5 蹄機作用に備えた蹄鉄後半部のやや大きめの適合

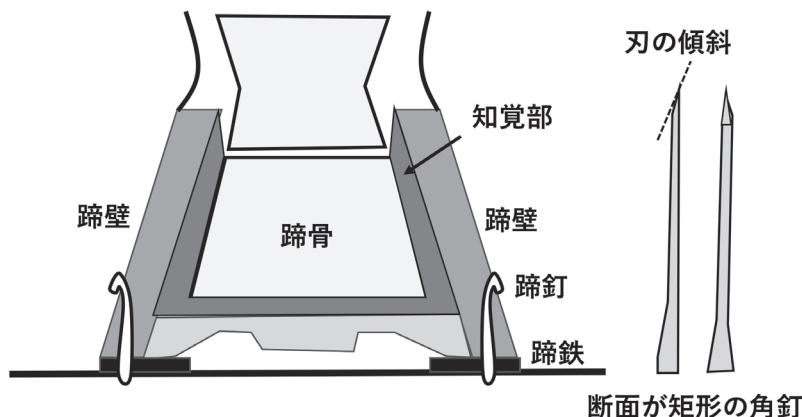


図6 蹄壁に打込まれた矩形の蹄釘

定する。それでも多少は蹄機作用を阻害するが、軟鋼製の釘の靱性（粘り強さ）によって、蹄機作用の阻害は最小限に抑えられてもいるのである。これらの特性を備えた蹄釘が装蹄の登場初期から用いられていたことを知るにつけ、今更ながら先人の知恵の素晴らしさに驚かされる。

8 鉄は今後も装蹄の主役の座を譲らない

馬の使役時間や運動量の増加に伴って、蹄を摩滅から守るため、おそらく最初は植物の芦やワラ、あるいは人の髪の毛を編んだ草履タイプの履物が考案され、さらに金属のプレートをヒモで蹄に括り付ける方法へと進んだ。ついには馬蹄形の蹄鉄を専用の釘で蹄壁に打ち付ける装蹄が開発された³⁾。当初の装蹄は、「運を天に任せる」稚拙な技術であったことだろう。そして釘を用いた装蹄法が編み出されてすでに2600年以上の長い年数が経過した。この間、蹄鉄や装蹄の技術は、中世期から近世にかけて、欧州の列強諸国を中心に、軍事的な国策を背景に、ゆっくりとではあるが着実に、獣医学的知識に裏付けられてそれは体系化されてきた。その頃の軍用蹄鉄は、堅牢で頑丈かつ耐久性に富んだ太くて重い鉄製の蹄鉄が主流であった。現在では、馬の用途は、競走馬や馬術競技馬などのスポーツ用馬が主体となり、ヒトのスポーツシューズと同じように、馬のパフォーマンスを高めるためのスポーツ装蹄が求められつつある。競走馬では、アルミ合金製の細身の軽量蹄鉄が使用され、また馬術競技用馬では、依然として軟鋼製の蹄鉄が用いられ、そこに滑り止めのスパイクを設置し、グリップ力を高め、無駄な滑りを防止すると共に、蹄鉄のつま先部分にロールをつけて、足の運びを軽快にするなど、様々な工夫が取り入れられている。また特殊な蹄鉄を用

いて、四肢の疾病や故障を改善する装蹄療法と呼ばれる治療への貢献も果たしている。

最近では、鉄に代わる素材として、合成樹脂製品の蹄鉄やスニーカーのような履物も開発されつつあるが、蹄鉄としての耐久性、耐摩耗性、価格面などの条件に加え、個々の馬の蹄の形やサイズに合わせて微妙な調整が可能な加工性の高さを考慮すると、鉄を越える蹄鉄の素材は今のところ見当たらない。また接着剤を用いて蹄鉄を固定する新技術も開発されているが、作業の煩雑さや作業時間の長さ、一步ごとに蹄の後半部が開張・収縮する蹄機作用の保護などの観点から、蹄鉄の全周に渡って接着剤を塗り込める蹄鉄装着法が、従来の軟鋼製の釘を用いた装着法に取って代わることは難しい。

今後も蹄鉄や装蹄資材については、新素材の開発競争が進展すると思うが、蹄の生理的な特性を踏まえ、蹄鉄素材に求められる特性を考慮すると、従来の鉄資材を利用した装蹄は、これからも実用的な装蹄の主役の座を保ち続けることは間違いがないだろう。

参考文献

- 1) F.E. ゴイナー, 翻訳 国分直一他: 家畜の歴史, 法政大学出版局, (1983) 353.
- 2) 競走馬ハンドブック, 日本ウマ科学会編, 丸善出版, (2013), 25.
- 3) K.Kubo, T.Sakai, H.Sakuraoka and K.Ishii: Jpn. J. Equine Sci., 3 (1992) 2, 149.
- 4) 青木修 監修: 新・装蹄学, 日本装蹄協会, (2020), 1.
- 5) 加藤嘉太郎, 山内昭二: 家畜比較解剖図説下巻, 養賢堂, (2003), 316.

(2020年12月8日受付)