

膜炎のように非外科的な一次性のもの、呼吸器感染からの蔓延による膿瘍³⁴⁾もあるが、大部分は外科的原因により、手術時の外来汚染によるのが多い。なかには胆汁による化学的刺激や機械的局所貧血腸の腸壁透過性の変化による腸内細菌の腹腔内侵入による感染⁶⁾の場合もある。

化学的刺激：腹膜炎がある場合には化学療法剤のなかで最も刺激性が少ないとされているペニシリンさえも腹膜炎を悪化させる⁶²⁾ごとく、各種の化学的刺激が腹膜炎から癒着生成に働く。MacCoy³²⁾は化学的腹膜炎の原因に胆汁・膵液・塩酸および尿を挙げ、Croweら⁶⁾は前述のタルク・デンプンのほかに胆汁・胃液・膵液・尿・抗生剤・抗細菌末・浣腸剤・硫酸バリウムなどを化学的腹膜炎原因とした。

その他：機械的腹膜炎は記述の腹膜炎の機械的損傷による炎症であり、その他には牛での white heifer disease⁵²⁾・猫伝染性腹膜炎¹⁴⁾・急性 Strongyls vulgaris³⁴⁾などの非外科的なものもある。

5) 大網癒着

大網は漿膜を持つヒダの一種であり、腹膜炎としての特性を持ち、可動性が大きく被覆性があることから早くから腹膜炎癒着防止法の一つとして利用する試みが成されている¹⁶⁾。しかしその性質から犬・猫では腹膜炎癒着には大網を含むのが一般的であり⁵⁾、意識的に大網を移植し

たりもする。これ等から大網は腹膜炎に損傷がある部位では癒着の原因となると指摘する研究報告もある⁹⁾。

6) 腹膜炎癒着原因に関する個体要因

腹膜炎癒着の生体側要因について述べた事項は同時に異常癒着の要因でもある。Hubbard¹⁹⁾は腹膜炎癒着はラット・兎・犬では類似するとしたが、Jubb²⁴⁾は腹膜炎の発生は大動物では普通にみられるが犬猫では少ないとし、性差はない⁹⁾が個体差が著しい¹²⁾、あるいは腹膜炎癒着の形やその分離能力には大きな変異があり、犬と猫の腹腔内には活発な線維素溶解機構を持つ⁶⁾などの報告がある。これらは動物実験での癒着実験における標準化が困難であることを示唆し、腹膜炎癒着の原因の一つに個体の要因が重要であることを示している。

個体の要因の一つが近年注目されている線溶系機能である。Croweら⁶⁾は腹膜炎の線維素溶解酵素の欠乏を提案し、Holtz (1984) は線溶系が癒着形成を緩和し癒着の範囲と程度は線維素付着と線溶系の均衡による⁴²⁾。更に術後癒着形成について佐藤ら⁴⁹⁾は腹部手術後に凝固・線溶系とくに血小板に変動があること、Parkerら⁴²⁾は腹膜炎癒着が外因性凝固系活性物質の組織トロンボプラスチンの遊離を促進し、血管の損傷は内因性凝固系も活性化し、これらが第X因子を活性化するとし、腹部手術が線溶系の機能に影響し、これらが腹膜炎癒着に関連する因子となることを示している。

【臨床】

工業用超音波探傷装置の獣医臨床への応用 — 牛および馬の蹄測定値について —

宮原 和郎, 吉田 千央, 佐藤 基佳, 広瀬 恒夫

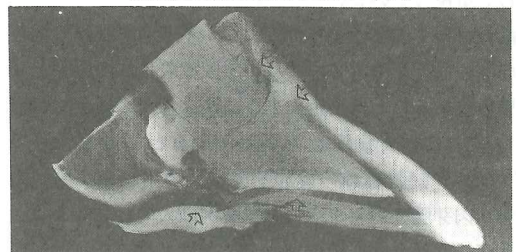
帯広畜産大学獣医臨床放射線学教室

I. はじめに

産業動物における運動器疾患は年々増加の傾向を示し、現在では牛の総疾病頭数の6%以上に達し、その約2/3は蹄病で、乳用牛では、繁殖障害、乳房炎、周産期疾患および消化器病に次ぐ疾患となっている^[5]。馬における蹄疾患は直接的な経済的損失を招くが、牛においても、跛行や疼痛を介しての乳量および産肉量の減少、育成途次における屠殺処分、繁殖能力の低下などの損害は予想以上に大きい。例えば、乳用牛では、蹄病における乳量の減少は日量3kgで、蹄病の経過中の体重減少は平均50kgであるとの報告^[6]や、跛行が発生した時から12時間以内に治療を受けた場合には、乳量の減少は1%以内に止める事が出来るが、2~3日治療が遅れると乳量の減少は20%に達し、しかも決して元の生産能力に回

復しないとの報告もある^[3]。更に Fig. 1 は、著者らが経験した6歳のホルスタイン種雌乳用牛の蹄のX線撮影像であるが、この症例は跛行等の運動器疾患に関する稟告・現症はなく、循環器障害により、殺処分された症例である。X線撮影所見では冠骨遠位背面に骨膜增生像が

Fig. 1 牛の蹄のX線撮影像
骨膜粗造像が認められる (↑)



認められ、いわゆる潜在病変を持ちながら臨床的には全く症状の認められなかった症例である。このように、臨床症状が認められない症例においても病変が存在していることを考慮すると、蹄疾患に覆患している症例は非常に多いことが推察され、蹄病に関しては、特に適確な早期診断、治療および予防が必要であることは言を持たない。

現在、これらの産業動物の運動器疾患に対して応用されている客観的診断方法には、X線撮影検査法並びに超音波検査法があり、数多くの報告がなされている[4]。しかしながら、蹄疾患に対しては医療用超音波診断装置を応用することはできず、唯一、X線撮影検査のみが応用されているが、適確な臨床診断が可能なX線撮影検査であっても、先に述べた早期診断、すなわち、多頭数を対象とする集団検診やスクリーニング検査として応用することは物理的にも困難であり、新しい検査方法の開発が望まれている。

今回著者は、金属板の欠陥や損傷を検査する目的で開発された工業用超音波探傷装置を蹄疾患の診断に応用することが可能ではないかとの発想から、この工業用超音波探傷装置を、新鮮組織材料として得た牛馬の蹄角質壁外層並びに中層、骨および皮膚の音速測定に応用し、基礎的検討を加え(検索I)、更に、この結果をもとに、蹄疾患例に対して本装置を応用する場合の指標となる測定部位別超音波波形について検討した(検索II)。

II. 工業用超音波探傷装置を用いた牛馬の骨、皮膚および蹄における音速について—検索I

工業用超音波探傷装置は簡便に金属板の欠陥や損傷を検査する目的で開発された装置であり、金属板に対して欠陥や損傷の程度および測定部位からの深さなどを検査することが可能である。しかし、金属板においては、その音速を含めた材質および形状が厳密に既知の値として理解されており、尚且つその材質が均一であることから諸性状を入力することによって簡便に検査し得るが、同様に、この装置を生体に应用するためには、最低限、正確に関心領域の音速を入力することが必要となる。しかしながら、牛馬の蹄については、音速に関する報告が無いことから、検索Iとして、まず、本装置によって一部報告のある骨並びに皮膚の音速について測定すると共に、更に、この結果を基に牛馬の蹄の音速測定を行い、比較検討した。

A. 材 料

1. 材 料

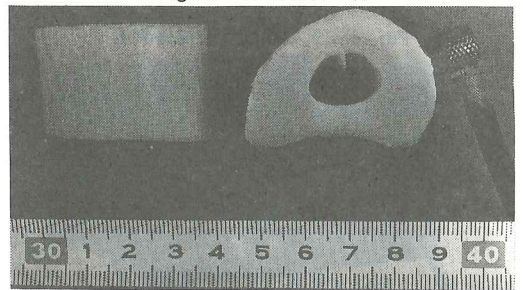
検索に供した材料は、1989年5月から6月までに十勝総合食肉流通センターに搬入されたホルスタイン種乳用

牛のうち、運動器疾患の見られないもの(No. 1, No. 2, No. 3)、並びに1989年5月から9月までに本学附属家畜病院に来院し、運動器以外の疾患で予後不良のため放血殺処分されたホルスタイン種乳用牛(No. 4, No. 5, No. 6)の前肢および後肢と、1989年9月に早来町食肉センターにおいて、運動器以外の疾患で予後不良のため殺処分されたアラブ種馬(No. 1)並びに1989年5月に本学附属家畜病院に来院し、同様に殺処分されたサラブレッド種馬(No. 2)の前肢および後肢である。全例共に放血殺後直ちに手根関節(腕関節)または足根関節(飛節)で切断し、部位毎に以下のように調整し、可及的速やかに測定を行った。年齢は、牛については、No. 1が4歳、No. 2が5歳、No. 3が8歳、No. 4が9歳、No. 5が3歳、No. 6が6歳であり、馬はNo. 1が2歳、No. 2が当歳であった。

a. 骨

使用した骨は、中手骨および中足骨であり、共に皮膚、腱および筋肉等の周囲組織をすべて除去した後に、骨幹のほぼ中央を3~5cmの長さに切断した。この切断した骨組織からさらに骨髓を除去し、骨質と骨膜のみにして、再度肉眼的に異常の認められなかったもの(牛：中手骨—No. 1, No. 4, 中足骨—No. 2, No. 5の4症例、延べ4検体、馬：中手骨—No. 1, No. 2, 中足骨—No. 1の2症例、延べ3検体)を骨の音速測定材料とした(Fig. 2)。

Fig. 2 測定材料 骨



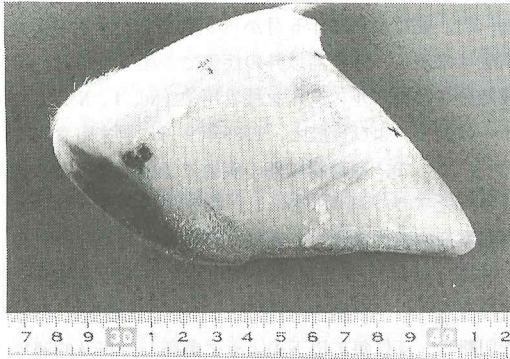
b. 皮膚

測定材料とした皮膚は、中手骨および中足骨の骨幹部ほぼ中央から採材した肉眼的に異常の認められない皮膚(牛：前肢—No. 1, No. 4, No. 6, 後肢—No. 5, No. 6の4症例、延べ5検体、馬：前肢—No. 1, 後肢—No. 2の1症例、延べ2検体)を、皮下組織を除去した後に表面を剪毛、剃毛、清拭して測定材料とした。

c. 蹄角質壁

使用した蹄は、肉眼的に護蹄衛生が良好な蹄(牛：前肢蹄壁—No. 1, No. 4, No. 6, 後肢蹄壁—No. 5, No. 6の4症例、延べ5検体、馬：No. 1の1症例、延べ2

Fig. 3 測定材料 蹄



検体)であり、Fig. 3のように趾間面に平行に、最大縦径が得られるように切断し、角質壁外層並びに中層以外の内部組織をすべて除去して測定材料とした。

d. 蹄角質球

蹄角質壁の測定に使用した蹄と同様の蹄(牛:前肢蹄球-No. 1, 後肢蹄球-No. 5, No. 6の3症例, 延べ3検体, 馬:No. 1の1症例, 延べ2検体)を使用した。

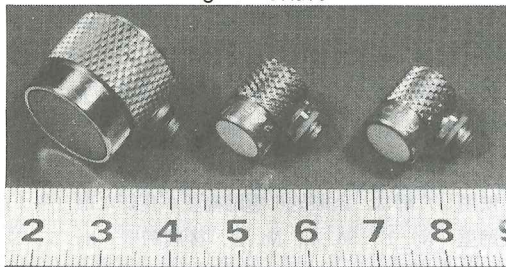
2. 使用機器

使用した超音波装置は、工業用超音波探傷装置(DT-2000, 日立建機株式会社製, 以下DT-2000と略す)であり、総重量3kgの可搬型である(Fig. 4)。探触子は、2.0 MHz (2.25 C 6.4 N, 日立建機株式会社製)および5.0 MHz (5 C 6.4 N, 日立建機株式会社製)を使用した(Fig. 5)。測定部位には、超音波診断用ゼリー(Aguasonic, アロカ社製)を塗布して、探触子と被

Fig. 4 工業用超音波探傷装置



Fig. 5 探触子



検体を密着させた。

測定結果は、DT-2000内蔵の縦10cm横5cmの液晶画面に描出させて観察すると共に、内蔵のプリント機能により記録用紙(感熱紙 TP 50 KS-A, 日立建機株式会社製)に記録して、後日の検索に用いた。

B. 方 法

1. 超音波装置の測定条件の設定

DT-2000を用いて測定する際には、初期設定が必要であることから、DT-2000のMENU画面(Fig. 8)に沿って、以下のように初期設定を行った。

- 測定法:探触子接触面に対し、ビームを垂直に入射させることによって測定する「垂直一般探傷法」で行った。
- リードアウト:リードアウトとは、カーソル内のエコーピーク値とそのビーム路程を波形画面上に表示する機能(リードアウト)であり、これを使用した。
- 探触子:1つの探触子で送受信を行う1探触子法で行った。
- 音速:初期音速設定はBaroneとSeafati [1]が、馬の骨で3700 m/sec., 脚部の皮膚で1621 m/sec.と報告していることから、骨の測定では3700 m/sec., 皮膚では1500 m/sec., 蹄では2000 m/sec.に設定した。
- 基準感度:基準感度は20.0 dBに設定した。
- ゲート範囲:ゲート範囲とは測定を行う範囲を意味し、本研究では0-40mmに設定した。

2. 骨の音速測定法

調整した骨の測定部位に超音波診断用ゼリーを塗布し、測定面に対して垂直に探触子を当て、DT-2000の液晶画面に超音波波形(以下、波形と略す。)を描出した。次に、DT-2000内蔵機能により被検体の厚さと底面エコーのビーム路程から音速を算出した。すなわち、まず被検体の厚さをノギスで実測し、この測定値をDT-2000の音速測定MENUの板厚入力部に入力した。次に、Fig. 9のように描出された波形に対して、超音波が密度の異なる物質の境界面、すなわち、骨質と除去した骨髓との境界面で反射して最初に探触子まで戻ってきたことにより得られるエコーピーク(以下、第1底面エコーという。)と、この第1底面エコーが再び探触子から物質内へ発し、第1底面エコーを形成した同一の物質境界面で再び反射して探触子へ戻って来ることによって得られるエコーピーク(以下、第2底面エコーと言う。)をDT-2000の画面上で設定した。これらの設定により、DT-2000の画面上に自動的に被検体の音速が算出表示された。

3. 皮膚の音速測定法

骨の音速測定と同様に、調整した皮膚の測定部位に超音波診断用ゼリーを塗布し、測定面に対して垂直に探触子を当て、次に、DT-2000内蔵機能によって測定部位の厚さと底面エコーのビーム路程から音速を算出した。皮膚の音速測定では測定部位を湾曲させず、かつ、測定中に除去した皮下組織側に他の物質が接触しないよう特に注意して行った。

4. 蹄角質壁の音速測定法

骨の音速測定と同様に、調整した蹄角質壁外層並びに中層の蹄冠縁から2cm蹄尖側の蹄壁背面を測定部位として超音波診断用ゼリーを塗布し、測定面に対して垂直に探触子を当て、次に、DT-2000内蔵機能によって測定部位の厚さと底面エコーのビーム路程から音速を算出した (Fig. 6)。

Fig. 6 蹄音速測定部位—蹄壁



5. 蹄角質球の音速測定法

測定部位を蹄球底の中央部 (Fig. 7) とし、蹄角質壁と同様に測定を行った。

Fig. 7 蹄音速測定部位—蹄球

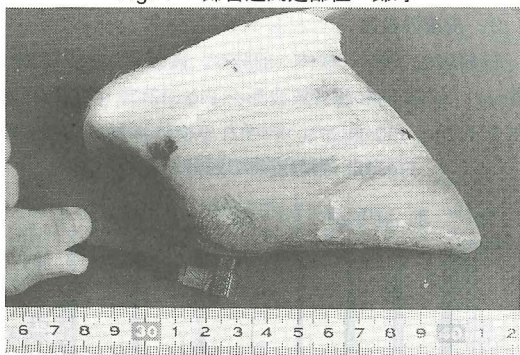


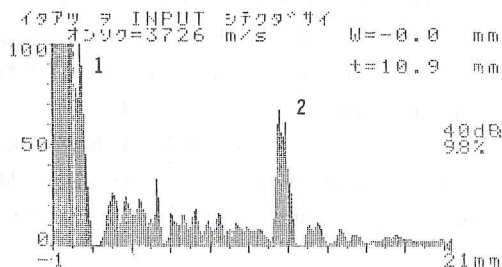
Fig. 8 MENU画面

- 1. スイッチ イオン カンショウホウ
- 2. ヒツケ : 01-05-30

- 3. リードアウト : ON
- 4. カンショウ : 1 ON
- 5. オンボウ = 2500 m/s
- 6. キョウコンカウント = 20.0 dB (100%)
- 7. カンテン = 2.52 us
- 8. ショウスイ = 5.00 MHz

- 9. ショウウシ(α) = 6.4 mm
- 1.6xα = 32.8 mm
- シコウカク = 5.5 deg
- 10. リンクウシ(β) = 0 %
- 11. ケートンイ = 0 → 40 mm
- 12. アラ-4 レベル = 88 %
- 13. マーク 1: 2: 3: 4: 5:
- 14. コント :

Fig. 9 骨の超音波波形

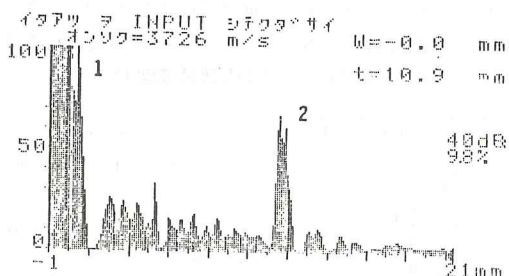


C. 成績

1. 骨の音速

牛4症例、延べ4検体(中手骨2, 中足骨2)の骨膜および骨質から得られた代表的な超音波波形(以下、波形と略す。)を Fig. 10に、得られた音速を Table 1に示した。いずれの検体においても明瞭に第1底面エコーおよび第2底面エコーが描出された。しかし、骨膜と骨質の境界を示す底面エコーは判別できなかった。

Fig. 10 牛の骨の超音波波形



中手骨については、牛No. 1におけるノギスを用いた実測値では、最大6.5mm, 最小4.5mmであり、この測定結

Table 1 牛の骨の音速

	試行回数	実測値(mm)		音速(m/sec.)		
		最大値	最小値	最大値	最小値	平均値±S.D.
No.1	3	6.5	4.5	3,700	3,576	3,659±71.59
中手骨 No.4	10	10.0	6.9	3,859	3,136	3,517±232.81
全体	13	10.0	4.5	3,859	3,136	3,550±212.96
No.2	4	6.5	3.9	3,714	3,250	3,468±214.42
中足骨 No.5	10	11.0	9.3	4,088	3,667	3,849±141.65
全体	14	11.0	3.9	4,088	3,250	3,740±237.23
脚部の骨	27	11.0	3.9	4,088	3,136	3,648±241.73

果と、第1並びに第2底面エコーの設定により得られた骨膜および骨質(以下、骨と略す。)の音速は、最大3700m/sec., 最小3576m/sec.であり、平均値±標準偏差は3658.67±71.59m/sec. (試行回数: n=3)であった。

牛No.4における実測値では、最大10.0mm, 最小6.9mmであり、骨の音速は、最大3859m/sec., 最小3136m/sec., 平均3517.20±232.81m/sec. (n=10)であった。

牛No.1とNo.4との成績から求めた中手骨としての音速は、最大3859m/sec., 最小3136m/sec., 平均3549.85±212.96m/sec. (n=13)であった。

中足骨については、牛No.2の実測値では、最大6.5mm, 最小3.9mmであり、骨の音速は、最大3714m/sec., 最小3250m/sec., 平均3468.25±214.42m/sec. (n=4)であった。

牛No.5の実測値では、最大11.0mm, 最小9.3mmであり、骨の音速は、最大4088m/sec., 最小3667m/sec., 平均3848.50±141.65m/sec. (n=10)であった。

牛No.2とNo.5との成績から求めた中足骨としての音速は、最大4088m/sec., 最小3250m/sec., 平均3739.86±237.23m/sec. (n=14)であった。

中手骨と中足骨との成績から、中手骨と中足骨すなわち乳牛の脚部の骨の音速は、最大4088m/sec., 最小3136m/sec., 平均3648.37±241.73m/sec. (n=27)であった。

同様に馬2症例、延べ3検体(中手骨1, 中足骨)の骨膜および骨質から得られた代表的な超音波波形をFig

Fig. 11 馬の骨の超音波波形

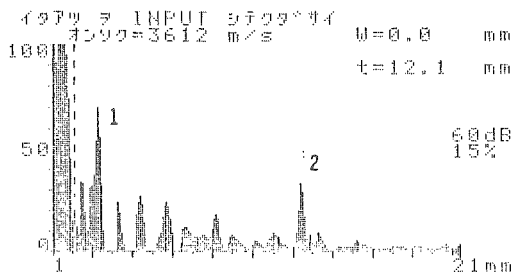


Table 2 馬の骨の音速

	試行回数	実測値(mm)		音速(m/sec.)		
		最大値	最小値	最大値	最小値	平均値±S.D.
中手骨	10	13.6	11.2	3,754	3,048	3,465±207.40
No.1	10	16.9	11.9	4,403	3,521	3,785±309.19
中足骨 No.2	21	18.7	6.5	4,162	3,395	3,772±163.81
全体	31	18.7	6.5	4,403	3,395	3,776±215.88
脚部の骨	41	18.7	6.5	4,403	3,048	3,700±250.75

.11に、得られた音速をTable 2に示した。牛と同様に、明瞭に第1および第2底面エコーは描出されたが、骨膜と骨質の境界を示す底面エコーは判別できなかった。

中手骨については、馬No.1の実測値では、最大13.6mm, 最小11.2mmであり、この測定結果と、第1並びに第2底面エコーの設定により得られた骨膜および骨質(以下、骨と略す。)の音速は、最大3754m/sec., 最小3048m/sec., 平均3465.2±207.4m/sec. (n=10)であった。

中足骨については、馬No.1の実測値では、最大16.9mm, 最小11.9mmであり、骨の音速は、最大4403m/sec., 最小3521m/sec., 平均3784.70±309.19m/sec. (n=10)であった。

馬No.2の実測値では、最大18.7mm, 最小6.5mmであり、骨の音速は、最大4162m/sec., 最小3395m/sec., 平均3771.66±163.81m/sec. (n=21)であった。

馬No.1とNo.2との成績から求めた中足骨としての音速は、最大4403m/sec., 最小3395m/sec., 平均3775.87±215.88m/sec. (n=31)であった。

中手骨と中足骨との成績から求めた馬の脚部の骨の音速は、最大4403m/sec., 最小3048m/sec., 平均3700.1±250.75m/sec. (n=41)であった。

2. 皮膚の音速

牛4症例、延べ5検体(前肢3, 後肢2)の皮膚から得られた代表的な超音波波形をFig.12に、得られた音速をTable 3に示した。いずれの検体においても明瞭

Fig. 12 牛の皮膚の超音波波形

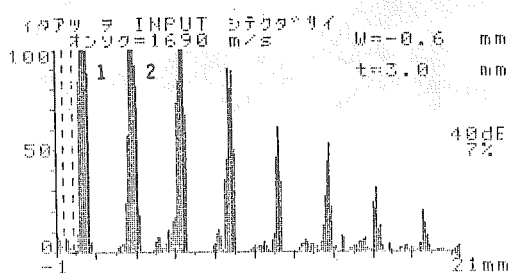


Table 3 牛の皮膚の音速

	試行回数	実測値(mm)		音速(m/sec.)		
		最大値	最小値	最大値	最小値	平均値±S.D.
前肢	Na 1	3	6.1	3.5	1,781	1,346 1,508±237.56
	Na 4	9	3.5	2.0	1,690	946 1,373±235.26
	Na 6	8	4.0	3.8	1,310	1,056 1,261±85.10
	全体	20	6.1	2.0	1,781	946 1,327±210.26
後肢	Na 5	10	5.4	2.4	1,532	1,079 1,348±165.99
	Na 6	10	6.1	3.6	1,891	1,119 1,424±234.50
	全体	20	6.1	2.4	1,891	1,079 1,386±201.46
脚部の皮膚	40	6.1	2.0	1,891	946	1,356±205.44

に第1底面エコーおよび第2底面エコーが描出され、さらに、記録紙上第2底面エコーの右側に第3底面エコー以下の波形も順次明瞭に描出された。

前肢の皮膚については、牛No. 1の実測値では、最大6.1mm、最小3.5mmであり、この測定結果と、第1並びに第2底面エコーの設定により得られた皮膚の音速は、Table. 3に示すように最大1781m/sec.、最小1346m/sec.、平均1508.33±237.56m/sec. (n=3)であった。

牛No. 4の皮膚の音速は、最大1690m/sec.、最小946m/sec.、平均1373.33±235.26m/sec. (n=9)であり、牛No. 6の皮膚の音速は、最大1310m/sec.、最小1056m/sec.、平均1206.75±85.10m/sec. (n=8)であった。

これら牛No. 1, No. 4およびNo. 6の成績から、前肢の皮膚としての音速は、最大1781m/sec.、最小1056m/sec.、平均1326.95±210.26m/sec. (n=20)であった。

後肢の皮膚については、牛No. 5の皮膚の音速は、最大1532m/sec.、最小1079m/sec.、平均1348.40±165.99m/sec. (n=10)であり、牛No. 6の皮膚の音速は、最大1891m/sec.、最小1119m/sec.、平均1423.60±234.50m/sec. (n=10)であった。

牛No. 5とNo. 6との成績から後肢の皮膚としての音速は、最大1891m/sec.、最小1079m/sec.、平均1386.00±201.46m/sec. (n=20)であった。

更に、前肢と後肢との成績から求めた脚部の皮膚としての音速は、最大1891m/sec.、最小946m/sec.、平均1356.48±205.44m/sec. (n=40)であった。

Fig. 13 馬の皮膚の超音波波形

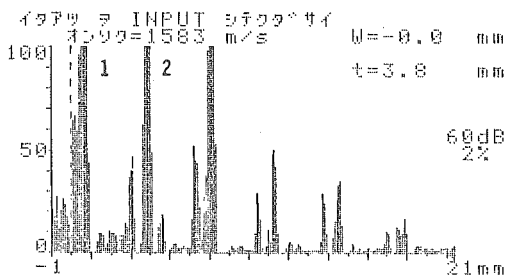


Table 4 馬の皮膚の音速

	試行回数	実測値(mm)		音速(m/sec.)		
		最大値	最小値	最大値	最小値	平均値±S.D.
前肢	10	3.0	1.3	1,651	703	1,020±281.60
後肢	10	3.8	2.2	1,583	989	1,250±176.54
脚部の皮膚	20	3.8	1.3	1,651	703	1,135±257.50

同様に軽種馬1症例、延べ2検体(前肢1, 後肢1)の皮膚から得られた代表的な超音波波形を Fig. 13に、得られた音速を Table 4に示した。牛と同様に、いずれの検体においても明瞭に第1および第2底面エコーが描出され、第3底面エコー以下の波形も順次明瞭に描出された。

前肢の皮膚の音速は、最大1651m/sec.、最小703m/sec.、平均1019.90±281.60m/sec. (n=10)であり、後肢の皮膚の音速は、最大1583m/sec.、最小989m/sec.、平均1250.40±176.54m/sec. (n=10)であった。

これら前肢と後肢との成績から求めた脚部の皮膚としての音速は、最大1651m/sec.、最小703m/sec.、平均1135.15±257.50m/sec. (n=20)であった。

3. 蹄角質壁の音速

牛4症例、延べ4検体(前蹄2, 後蹄2)の蹄壁背面における角質壁外層並びに中層から得られた代表的な超音波波形を Fig. 14に、得られた音速を Table 5に示した。骨や皮膚と異なり、全体の厚さを示す中層由来の第1底面エコーは明瞭に描出されたが、第2底面エコー以下の波形は描出されなかったため、探触子接触面である外層表面のエコーを第1底面エコー、中層由来の第1底面エコーを第2底面エコーと設定して音速を算出した。また、いずれの測定においても外層と中層の境界に起因する波形は判別されなかった。

前肢の蹄壁背面については、牛No. 1の実測値では、

Fig. 14 牛の蹄角質壁外層と中層の超音波波形

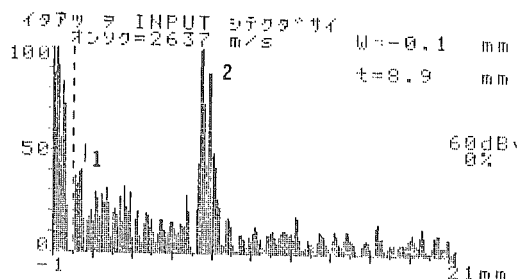


Table 5 牛の蹄角壁外層と中層の音速

	試行回数	実測値(mm)		音速(m/sec.)		
		最大値	最小値	最大値	最小値	平均値±S.D.
Na1	8	9.0	9.0	2,880	2,416	2,595±150.38
前肢 Na4	10	11.1	7.6	2,444	1,970	2,204±150.63
全体	18	11.1	7.6	2,880	1,970	2,378±247.66
Na5	10	9.7	8.5	2,820	2,435	2,645±144.90
後肢 Na6	5	11.1	7.5	3,918	2,113	2,688±720.47
全体	15	11.1	7.5	3,918	2,113	2,659±402.80
角質壁	33	11.1	7.5	3,918	1,970	2,506±351.98

いずれも9.0mmであり、この測定結果と、第1並びに第2底面エコーの設定により得られた蹄の音速は、最大2880m/sec., 最小2416m/sec., 平均2595.00±150.38m/sec. (n=8) であった。

牛No. 4の実測値では、最大11.1mm, 最小7.6mmであり、蹄の音速は、最大2444m/sec., 最小1970m/sec., 平均2203.80±150.63m/sec. (n=10) であった。

牛No. 1とNo. 4との成績から前肢蹄壁背面の音速は、最大2880m/s, 最小1970m/s, 平均2377.67±247.66m/s (n=18) であった。

後肢の蹄壁背面については、牛No. 5の蹄の音速は、最大2820m/s, 最小2435m/s, 平均2645.10±144.90m/s (n=10) であり、牛No. 6の蹄の音速は、最大3918m/s, 最小2113m/s, 平均2688.20±720.47m/s (n=5) であった。

これら牛No. 5とNo. 6の成績から後肢蹄壁背面の音速は、最大3918m/s, 最小2113m/s, 平均2659.47±402.80m/s (n=15) であった。

更に、前肢と後肢との成績から牛の角質壁外層並びに中層としての音速は、最大3918m/s, 最小1970m/s, 平均2505.76±351.98m/s (n=33) であった。

同様に馬1症例、延べ2検体(前蹄1, 後蹄1)の蹄壁背面の外層並びに中層から得られた代表的な超音波波形をFig. 16に、得られた音速をTable 7に示した。牛と同様に、全体の厚さを表す中層由来の第1底面エコーは明瞭に描出されたが、第2底面エコー以下の波形は描

Fig. 16 馬の蹄角質壁の外層と中層の超音波波形

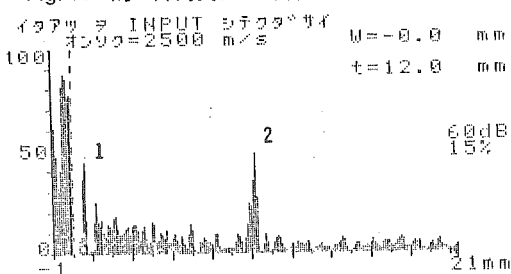


Table 7 馬の蹄角質壁外層と中層の音速

	試行回数	実測値(mm)		音速(m/sec.)		
		最大値	最小値	最大値	最小値	平均値±S.D.
前肢	10	12.1	9.1	2,487	1,991	2,230±187.79
後肢	10	12.0	10.5	2,620	2,278	2,467±113.29
角質壁	20	12.1	9.1	2,620	1,991	2,348±193.94

出されなかったため、探触子接触面である外層表面のエコーを第1底面エコー、中層由来の第1底面エコーを第2底面エコーとして音速を算出した。また、馬においても外層と中層の境界に起因する波形は判別されなかった。

前肢の蹄壁背面については、実測値では、最大12.1mm, 最小9.1mmであり、蹄の音速は、最大2487m/sec., 最小1991m/sec., 平均2229.60±187.79m/sec. (n=10) であった。

後肢の蹄壁背面については、実測値では、最大12.0mm, 最小10.5mmであり、蹄の音速は、最大2620m/sec., 最小2278m/sec., 平均2467.00±113.29m/sec. (n=10) であった。

前肢と後肢との成績から馬の角質壁外層並びに中層としての音速は、最大2620m/sec., 最小1991m/sec., 平均2348.30±193.94m/sec. (n=20) であった。

4. 蹄角質球の音速

牛3症例、延べ3検体(前蹄1, 後蹄2)の蹄球部における角質球外層並びに中層から得られた代表的な超音波波形をFig. 15に、得られた音速をTable 6に示した。蹄角質壁と同様に、全体の厚さを表す中層由来の第1底面エコーは明瞭に描出されたが、第2底面エコー以下の波形は描出されなかったため、探触子接触面である外層表面のエコーを第1底面エコー、中層由来の第1底面エコーを第2底面エコーと設定して音速を算出した。また、

Fig. 15 牛の蹄角質球外層と中層の超音波波形

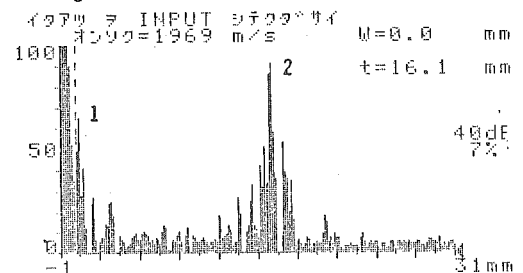


Table 6 牛の蹄角質球外層と中層の音速

	試行回数	実測値(mm)		音速(m/sec.)			
		最大値	最小値	最大値	最小値	平均値±S.D.	
前肢	8	17.0	17.0	2,464	2,088	2,309±118.44	
No.5	10	16.2	14.8	2,115	1,671	1,939±176.61	
後肢	No.6	10	25.1	18.9	2,455	1,565	1,928±275.41
全体	20	25.1	14.8	2,455	1,565	1,934±225.24	
角質球	28	25.1	14.8	2,464	1,565	2,041±263.07	

いずれの測定においても外層と中層の境界に起因する波形は判別されなかった。

前肢の蹄球については、牛No. 1の実測値では、いずれも17.0mmであり、この測定結果と、第1並びに第2底面エコーの設定により得られた蹄の音速は、最大2464m/sec.、最小2088m/sec.、平均2309.38±118.44m/sec.(n=8)であった。

後肢の蹄球については、牛No. 5の実測値では、最大16.2mm、最小14.8mmであり、蹄の音速は、最大2115m/sec.、最小1671m/sec.、平均1939.10±176.61m/sec.(n=10)であり、牛No. 6の蹄の音速は、最大2455m/sec.、最小1565m/sec.、平均1928.30±275.41m/sec.(n=10)であった。

これらの牛No. 5とNo. 6との成績から後肢蹄球としての音速は、最大2455m/sec.、最小1565m/sec.、平均1933.70±225.24m/sec.(n=20)であった。

更に、前肢と後肢との成績から牛の蹄角質球壁外層並びに中層としての音速は、最大2464m/sec.、最小1565m/sec.、平均2041.04±263.07m/sec.(n=28)であった。

同様に馬1症例、延べ2検体(前蹄1、後蹄1)の蹄球部の蹄角質球外層並びに中層から得られた代表的な超音波波形をFig. 17に、得られた音速をTable 8に示した。牛と同様に、全体の厚さを表す中層由来の第1底面エコーは明瞭に描出されたが、第2底面エコー以下の波形は描出されなかったため、探触子接触面である外層表面のエコーを第1底面エコー、中層由来の第1底面エコーを第2底面エコーとして音速を算出した。また、馬においても外層と中層の境界に起因する波形は判別されなかった。

前肢の蹄球については、蹄の音速は、最大2332m/sec.、最小1458m/sec.、平均1707.30±310.69m/sec.(n=10)であり、後肢の蹄球については、蹄の音速は、最大2082m/sec.、最小1438m/sec.、平均1821.50±177.20m/sec.(n=10)であった。

これら前肢と後肢との成績から、馬の角質球外層並び

Fig. 17 馬の蹄角質球の外層と中層の超音波波形

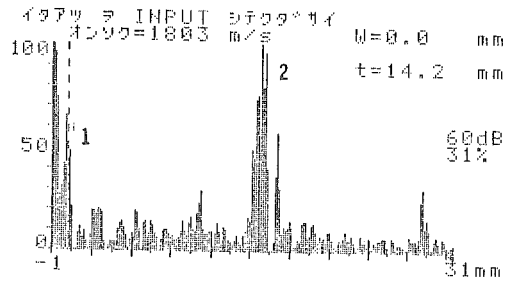


Table 8 馬の蹄角質球外層と中層の音速

	試行回数	実測値(mm)		音速(m/sec.)		
		最大値	最小値	最大値	最小値	平均値±S.D.
前肢	10	22.8	9.5	2,332	1,458	1,707±310.69
後肢	10	18.4	13.8	2,082	1,438	1,822±177.20
角質球	20	22.8	9.5	2,332	1,438	1,764±253.04

に中層としての音速は、最大2332m/sec.、最小1438m/sec.、平均1764.40±253.04m/sec.(n=20)であった。

D. 考 察

1. 骨と皮膚の音速について

一般に、物質の音速は気体で200~400m/sec.、液体で800~2000m/sec.、金属などの硬い固体で2000~6000m/sec.であり、生体は水に似て1500m/sec.程度であると言われている[9]。BaroneとSeafati[1]は、馬の固定した上肢骨や肋骨の音速が3700m/sであると報告し、TheismannとPfander[10]はヒト新鮮頭蓋骨の音速が3360m/sec.であると報告している。今回、著者が工業用超音波探傷装置を用いて測定した馬の中手骨および中足骨の音速は、それぞれ、3465.20±207.4m/sec.(n=10)、中足骨で3775.87±215.88m/sec.(n=31)、脚部(前肢と後肢)の骨では3700.10±250.75m/sec.(n=41)であった。

この成績は、BaroneとSeafatiが報告した成績に非常に近似した値であった。また、牛の中手骨で3549.85±212.96m/sec.(n=13)、中足骨で3739.86±237.23m/sec.(n=14)、中手骨と中足骨、すなわち脚部の骨では3648.37±241.73m/sec.(n=27)という音速が得られたことから、今回のように牛馬から可及的速やかに採材し、調整した骨を工業用超音波探傷装置で測定することは可能であると判断された。

牛ではホルスタイン種雌乳牛3~9歳の中手骨および

中足骨を使用した。成乳牛の骨の音速に関して年齢による差異は認められなかった。馬では、今回著者らが検索に用いた症例が、当歳と2歳の軽種馬2例のみであったことを考えると、更に、3歳以上の馬について検討する必要があるが、BaroneとSeafatiが、馬の固定した骨の音速が3700m/sec.であると報告していることから、3歳以上の馬においても今回の馬の測定結果に近い値が得られると考えられた。

皮膚の音速については、BaroneとSeafatiは、馬の脚部の皮膚の音速が1620m/sec.であると報告しており、今回著者らが測定した牛および馬の脚部の皮膚の音速は、牛の前肢では1326.95±210.26m/sec. (n=20)、後肢では1386.00±201.46m/sec. (n=20)、前肢と後肢すなわち脚部の皮膚では1356.48±205.44m/sec.、馬の前肢では1019.90±281.60m/sec. (n=10)、後肢では1250.40±176.54m/sec. (n=10)、脚部(前肢と後肢)の皮膚では1135.15±257.50m/sec. (n=20)であった。

これらの成績はBaroneとSeafatiが報告した成績と比較してやや低い傾向が認められたが、骨同様に採材・調整した皮膚を工業用超音波探傷装置で測定することは可能であると判断された。

これらの成績と前肢と後肢との間に明らかな差が認められなかったことから、牛の骨の音速は3648.37±241.73m/sec.、皮膚の音速は1356.48±205.44m/sec.、馬の骨の音速は3700.10±250.75m/sec.、皮膚の音速は1135.15±257.50m/sec.であると判断された。

2. 蹄角質壁並びに角質球の音速について

工業用超音波探傷装置を牛馬の蹄疾患に応用するためには、最低限、蹄を覆う蹄壁の音速を入力することが必要である。

近年、Finlayら[2]は、ヒトの爪に対して指端から更に伸びた爪を超音波厚さ計で測定し、ヒトの爪の音速は1600～2800m/sec.の範囲で得られ、平均2470m/sec.であると報告したが、牛馬の蹄に関する報告はない。牛馬においては常に蹄で着地しており、したがって、先に述べた骨並びに皮膚と同様に、殺処分された牛馬の肢端から蹄の角質壁並びに角質球の外層と中層のみを採材し、音速測定を行った。牛馬の蹄壁は解剖学的に表層から外層、中層、内層の3層から成るが、内層は柔らかく、蹄壁真皮の乳頭葉と絡み合うようになっているため、肉眼的に内層と蹄壁真皮とを分離することが困難であったため、角化の明らかな外層並びに中層について測定を行った。

Finlayら[2]の報告と著者らが行った骨と皮膚の音速

測定結果から蹄の音速は2000～3000m/sec.であろうと推察し、音速測定を行ったところ、蹄壁背面については牛で2505.76±351.95m/sec. (n=33)であり、牛ではホルスタイン種雌乳牛3～9歳の蹄を使用した。年齢による差異は認められず、少なくとも3歳以上のホルスタイン種雌乳牛の蹄の音速が得られたものと考えられる。

馬では2348.30±193.94m/sec. (n=20)という結果が得られたが、検索に用いた症例が、当歳と2歳の軽種馬2例であったことから、更に3歳以上の馬についても検討すべきであろう。しかし、今回得られた馬の蹄の音速は、牛の蹄の音速に近似し、明らかに皮膚や骨の音速と異なることから、馬の蹄の音速として充分応用可能な値が得られたものと考えられた。

蹄球部の音速は、牛で2041.04±263.07m/sec. (n=28)、馬で1764.40±253.04m/sec. (n=20)の結果が得られた。

蹄球部は解剖学的にみても、蹄壁背面に比べ蹄質が柔らかく弾力に富んでいるため、音速は蹄壁背面より皮膚の音速に近くなることが推察され、今回の測定結果はこの蹄質の違いが反映されたものと考えられた。

E. 小 括

工業用超音波探傷装置を用いて、放血殺後可及的速やかに採材・調整した牛馬の骨、皮膚および蹄角質壁並びに中層の音速を測定し、以下の所見を得た。

1. 馬の脚部の骨と皮膚の音速は、それぞれ、3700.10±250.75m/sec. (n=41)、1135.15±257.50m/sec. (n=20)であった。
2. 今回測定した馬の骨および皮膚の音速は、BaroneとSeafatiの報告と近似しており、工業用超音波探傷装置を牛馬の骨、皮膚および蹄角質壁並びに角質球の外層並びに中層の音速測定に応用することは可能と考えられた。
3. 牛の脚部の骨と皮膚の音速は、それぞれ、3648.37±241.73m/sec. (n=27)、1313.12±255.49m/sec. (n=40)であった。
4. 馬の角質壁および角質球外層並びに中層の音速は2348.30±193.94m/sec. (n=20)、1764.40±253.04m/sec. (n=20)であった。
5. 牛の角質壁および角質球外層並びに中層の音速は2505.76±351.95m/sec. (n=33)、2041.04±263.07m/sec. (n=28)であった。

(次号につづく)