

夜間馬房内の木曾馬の姿勢と体温変化について

松井寛二・森岡弥生・竹田謙一

信州大学農学部食料生産科学科

要 約

4頭の木曾馬の馬房内の夜間の姿勢と体温変化の特徴を明らかにし、姿勢および体温変化と睡眠の関連を考察した。姿勢と行動はビデオカメラを用いて、体温（腔温）はデータロガを用いて記録した。姿勢は、1）立位（歩行・摂食）、2）立位（休息）、3）伏臥および4）横臥の4型に区分して記録した。伏臥および横臥の出現パターンには個体差が認められた。4頭平均の伏臥持続時間は16.4分、横臥持続時間は4.2分、夜間11.5時間の横臥回数は6.1回であった。体温は17時の38.1～38.6°Cから早朝の37.6°C前後まで漸減した。伏臥から横臥の姿勢変化時にノンレム睡眠からレム睡眠に移行し、横臥時にレム睡眠であることが推察された。

キーワード：木曾馬，伏臥，横臥，体温，睡眠，姿勢

緒 言

木曾馬は、日本在来馬の1馬種で古くは農耕馬として親しまれたが、戦後軍馬としての需要がなくなり、また農用馬としての利用もなくなり頭数が激減した。しかし木曾馬保存会を中心とした保存活動の成果により、現在では生きた文化遺産として長野県を中心に約150頭飼育されている。体型は中型で調教すると性格は温厚で懐きやすく、おとなしい気質を示すものが多く、子供やお年寄り、初心者乗馬用として、また障害者のための乗用馬として利活用されている⁷⁾。

家畜の睡眠には、覚醒、まどろみ、徐波睡眠、逆説睡眠の4つの段階がある。逆説睡眠時には急速な眼球運動（rapid eye movements, REM）が起こるため、逆説睡眠はレム睡眠とも呼ばれ、それ以外の睡眠をノンレム睡眠と呼ばれている。レム睡眠時、脳波は覚醒時と類似した低電位の速波を示し、筋肉は脱力状態で頻脈となり、四肢の骨格筋の緊張は消失し、また体温および血圧は変動し、呼吸数は増加する^{9,11,13)}。

夜間の休息時の姿勢は家畜種によって異なっており、馬は休息時もほとんど立位姿勢で過ごし、豚はほとんどの時間を伏臥や横臥姿勢で過ごす¹¹⁾。家畜の睡眠の研究は主に1970年代に行われ、脳波、筋電図、心電図および眼電図の解析により睡眠段階の解析や夜間のノンレム睡眠とレム睡眠の時間配分など

のデータが家畜種毎に報告されている^{9,11)}。馬の睡眠は平均6.4分のノンレム睡眠期、ノンレム睡眠からレム睡眠期への移行期、平均4.2分のレム睡眠期でなる1セットのサイクルが繰り返され、30分から40分継続する⁵⁾。馬のノンレム睡眠は一晩で9%、レム睡眠は3%であると報告されており¹⁾、ノンレム睡眠は立位及び伏臥姿勢で起こり、レム睡眠は横臥または稀に伏臥姿勢で起こる^{5,9,13)}。

上記のように馬の夜間の伏臥と横臥姿勢はそれぞれノンレム睡眠とレム睡眠に密接に関係するものと報告されているが、夜間の姿勢（立位、伏臥および横臥）がどのように推移するかについて個体毎に観察した報告はない。また木曾馬において周年放牧時の休息行動の季節変化について報告されている¹²⁾が、舎飼いの夜間の姿勢（休息行動）あるいは睡眠についての報告はない。一方、牛の体温は日内変動を示し、体温変動と行動および姿勢変化の間には関連性が認められ、横臥開始後に上昇し起立開始後に低下する^{3,4)}。しかし馬について夜間の姿勢変化と体温変化の関連を調べた報告もない。

そこで本研究では、ビデオ撮影により木曾馬の夜間の姿勢と小型データロガにより体温（腔温）を同時記録し、個体毎の夜間の姿勢変化の特徴を明らかにし、姿勢と体温変化、およびこれらの変化と睡眠の関連性について検討したので報告する。

材料および方法

1. 供試馬と飼育方法

本実験は、信州大学農学部アルプス圏フィールド科

受領日 2005年1月31日

採択日 2005年2月14日

学教育研究センター附属農場繋養の木曾系種雌馬4頭(雪山18歳;470kg, 暁光17歳;425kg, 宝花12歳;375kg, 幸藤11歳;454kg, 全頭空胎)を用いて, 2001年8月6日~10月30日の期間に実施した。供試馬は附属農場放牧地(オーチャドグラス主体の人工草地)に8:30~15:30まで時間制限放牧し, 15:30に放牧地からパドックに戻し, 馬体の手入れ後, 1頭毎に馬房(3.6×3.5m)に収容し翌日の8:30まで飼養管理した。放牧不可能な天候の場合のみ, 昼間も馬房内で飼育したが, 実験はすべて放牧した日の夜間のみ実施した。朝の放牧前(8:30)に少量の乾草を給与した後に放牧地に放牧し食草させた。16:00に馬房に収容し, 馬の体重に合わせて乾草, ヘイキューブおよびフスマを給与した。実験は, 各馬とも放牧可能な3日間(連続または隔日)で実施し, データの記録は実験日の17:00から翌日の8:30まで行った。また実験に際して夜間に休息できるように馬房には, 十分におがくずを敷いた。

2. 実験方法

1) 姿勢および行動記録

各馬房の天井にビデオカメラを設置し, 姿勢と行動が記録できる位置から馬房全体を撮影し, タイムラプスビデオを用いて, 17:00~翌日の8:30まで録画した。通常の飼育条件では使用していないが, 実験時にはビデオ撮影のために馬房内の照明として, 20ワットの白熱電球を使用した。録画した映像を再生し, 馬の行動型を下記に示す4つの姿勢型に分類し, 各型を17:00~翌日の8:30まで11.5時間連続観察し分単位で記録した。

1. 立位(歩行・摂食): 起立した姿勢で, 摂食・探査・歩行している状態
2. 立位(休息): 起立した姿勢で静止している状態
3. 伏臥: 四肢を折り曲げて伏せている状態
4. 横臥: 四肢を伸ばして腹側と頭部を地面につけている状態

各姿勢型の時間配分, 伏臥持続時間, 横臥持続時間および横臥回数は記録した3日間のデータを平均して算出した。また各姿勢型の出現パターンを図式化し実験日間で比較した。

2) 体温記録

体温(腔温)の記録は, 動物装着型データロガー(Thermo Recorder TR-52, ティアンドディ製, 松本市)を用いて, 計測間隔を2頭(雪山と暁光)は30秒に, 他の2頭(幸藤と宝花)は10分に設定し, 17:00~翌日の8:30まで連続記録した。安全のため

めにテープで巻いた針金(長さ20cm, 直径4mm)に温度センサーを取り付け, 姿勢の変化によってセンサー部分が外に押し出されないように, 松井の方法⁹⁾に従って, センサーの先端(温度計測部)が供試馬の腔内に約15cm挿入した状態になるように装着した。データロガーは布製の袋に入れ, 供試馬の胸部に取り付けた腹帯の背部に固定した。記録終了後にデータロガーを取り外し, パソコンと接続し記録データをパソコン内に取り込み, 表計算ソフトを用いて解析した。また計測間隔を30秒に設定した2頭(雪山と暁光)について, 姿勢変化と体温変化の関連性を調べた。

結 果

1) 姿勢の変化

4頭の平均的な夜間の姿勢の変化を図1に示した。また各姿勢型の時間配分を表1に, 伏臥持続時間, 横臥持続時間および横臥回数を表2に示した。他の3頭に比べて雪山の立位(休息)時間配分が62.0%

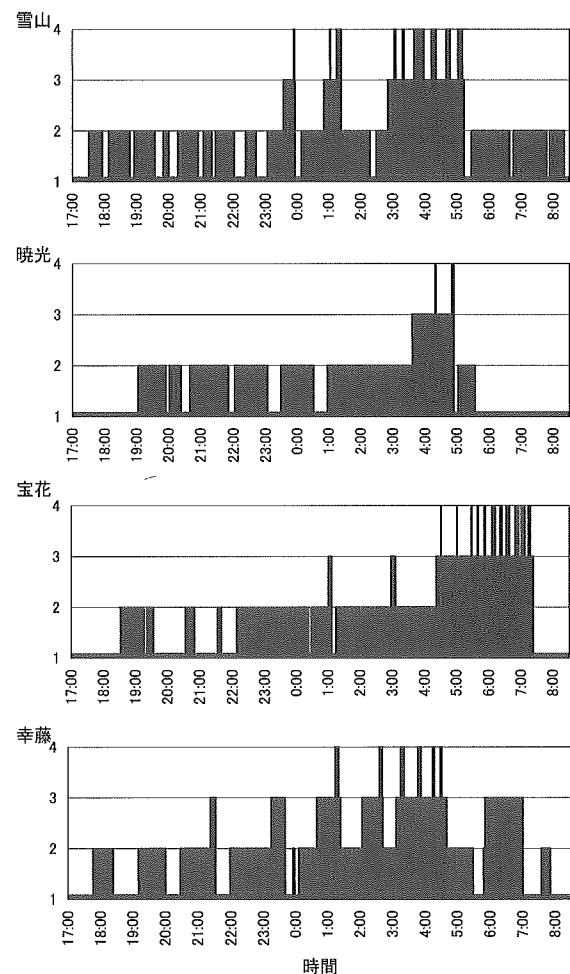


図1 夜間の4頭の姿勢型の変化

- 1: 立位(歩行・摂食), 2: 立位(休息),
3: 伏臥, 4: 横臥

表1 夜間（11.5時間）の各姿勢型の時間配分（％）

	雪山	暁光	宝花	幸藤	4頭平均±SD
立位（歩行・摂食）	24.7	41.4	38.5	36.0	35.2±7.3
立位（休息）	62.0	49.6	42.8	34.2	47.2±11.7
伏臥	10.2	8.2	15.3	25.9	14.9±7.9
横臥	3.1	0.8	3.4	3.9	2.8±1.4

表2 夜間（11.5時間）の伏臥持続時間（分）、横臥持続時間（分）および横臥回数

	雪山	暁光	宝花	幸藤	4頭平均±SD
伏臥持続時間	13.73	21.37	11.63	18.80	16.4±4.5
横臥持続時間	3.83	4.33	3.33	5.20	4.2±0.8
横臥回数	5.67	1.67	10.33	6.67	6.1±3.6

と大きく、また暁光の横臥時間配分が0.8%と小さいものの、4頭の平均の時間配分では、立位（歩行・摂食）が35.2%、立位（休息）が47.2%、伏臥が14.9%および横臥が2.8%となった（表1）。

図1に示したように夜間の姿勢変化の出現パターン、とくに伏臥および横臥の出現パターンにおいて、4頭で明らかな差異が認められた。1頭当たり3日間観察したが、実験日による差異は明らかでなかったため、平均的な1日を図1に示してある。横臥は必ず伏臥状態の後に出現すること、さらに伏臥から横臥に移行しないで立位（歩行・摂食）あるいは立位（休息）を示す場合もあることが観察された。

雪山は、17:30～23:30まで立位（休息）状態にあり、その後1:30までに伏臥から横臥の姿勢変化（伏臥→横臥と表す）が3回、さらに3:00～5:00に伏臥→横臥が6回観察された。伏臥持続時間は13.73分、横臥持続時間は3.83分、横臥回数は5.67回であった（表2）。

暁光は、19:00から立位（休息）が観察され、3:30まで立位（休息）あるいは立位（歩行・摂食）が持続し、その後1.5時間伏臥がみられ、その間に数分間の伏臥→横臥が2回観察された。伏臥持続時間は21.37分、横臥持続時間は4.33分、横臥回数は他の3頭に比べて少なく1.67回であった（表2）。

宝花は、夕方の摂食後、18:30から立位（休息）と立位（歩行・摂食）が観察され、1:00頃から2回短時間の伏臥がみられ、4:30～7:00まで伏臥で、その間に10回の伏臥→横臥が周期的に出現した。伏臥持続時間は11.63分、横臥持続時間は3.33分、横臥回数は10.33回であった（表2）。

幸藤は、17:00から立位（歩行・摂食）および立位（休息）が観察され、21:30～22:30に2回伏臥

が、1:00～4:30に立位（休息）および伏臥が繰り返され、その間に6回の伏臥→横臥が繰り返し観察された。また伏臥持続時間は18.8分、横臥持続時間は5.2分、横臥回数は6.67回であった（表2）。

このように伏臥持続時間と横臥回数は個体間で差異が認められたが、横臥持続時間は3.33～5.20分の範囲にあり、ほぼ同様の数値を示した。4頭の平均では、伏臥持続時間は16.4分、横臥持続時間は4.2分、横臥回数は6.1回となった（表2）。

2) 体温変化および姿勢と体温変化の関係

10分毎に計測した2頭（宝花と幸藤）のセンサーの排出もなく記録できた体温変化を図2に、30秒毎に計測した2頭（雪山と暁光）をそれぞれ図3と図4に示した。図3、4には、同時に記録した姿勢変化を示してある。宝花は17:00の38.4°Cから7:00の37.6°Cまで0.8°C漸減した。幸藤は17:00の38.6°Cから0.2°C程度増減しながら漸減し7:00の37.6°Cまで、1.0°C減少した。雪山は38.6°Cから5:00の37.6°Cまで1.0°C漸減し、暁光は38.2°Cから5:00に37.1°Cまで1.0°C漸減し、その後やや増加して、8:00には37.6°Cを示した。4頭の成績か

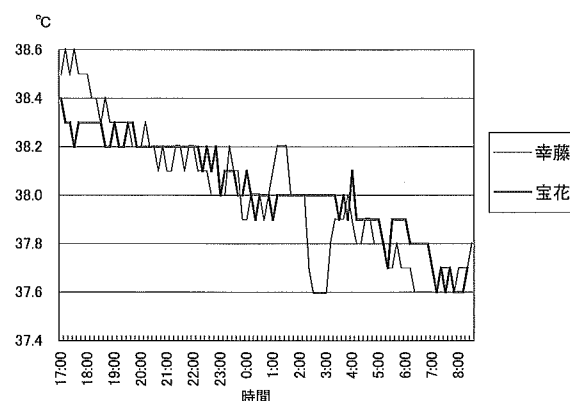


図2 夜間の2頭（宝花、幸藤）の体温変化

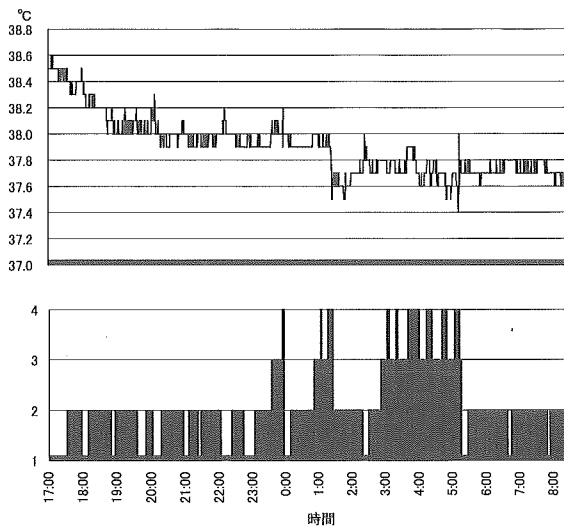


図3 夜間の姿勢型の変化と体温変化(雪山)
1:立位(歩行・摂食), 2:立位(休息),
3:伏臥, 4:横臥

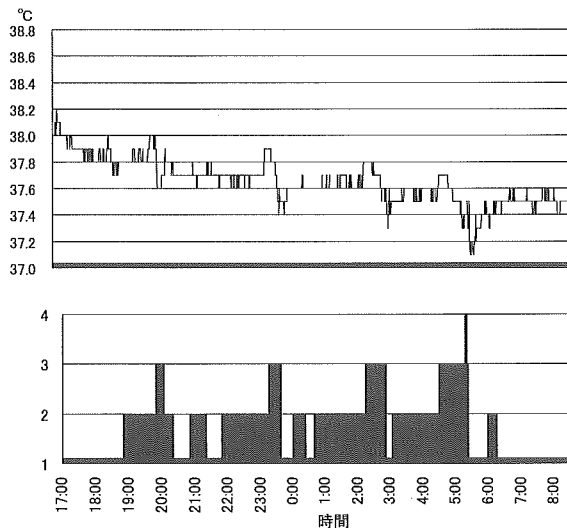


図4 夜間の姿勢型の変化と体温変化(暁光)
1:立位(歩行・摂食), 2:立位(休息),
3:伏臥, 4:横臥

ら、体温は17:00の38.1~38.6°Cの範囲から早朝までに0.7~1.0°C漸減し、37.6°C前後になることが示された。

図3, 4から、体温は立位(休息)姿勢を維持している時においても、約0.1°Cの範囲で増減を繰り返しながら早朝に向け漸減することが示された。図4から、立位(休息)から伏臥時に0.2°C増加し、伏臥から立位(休息)あるいは伏臥から立位(歩行・摂食)開始時に一過性に0.4°C程度減少した。また図3から伏臥→横臥を6回繰り返す3:00~5:00には、0.1~0.4°Cの範囲の頻回な増減がみられた。0:00の横臥から立位(歩行・摂食)の姿勢変化時には一過性に0.1°C減少した後、0.3°C増

加した。1:30の伏臥から立位(休息)の変化では0.5°C急激に減少した。6回の伏臥→横臥の姿勢変化後の5:00の横臥から立位(歩行・摂食)の変化では一過性に0.2°C低下し、直後に0.6°C増加した。また行動の観察から図3の20:00と2:30の30秒~1分間の0.2°Cの増加は排尿に起因するものであった。

考 察

1) 姿勢変化

4頭の夜間15.5時間における4つの姿勢型の時間配分は立位(歩行・摂食)が35.2%, 立位(休息)が47.2%, 伏臥が14.9%および横臥が2.8%であった。すなわち立位(歩行・摂食+休息)が82.4%, 伏臥+横臥が17.6%となった。Ruckebush⁹⁾は馬は夜間10時間のうち80.1%が立位し、19.9%が伏臥+横臥していると報告している。本実験で得られたこれらの数値はこの報告とほぼ同様であった。このことから、本実験ではビデオ撮影のために夜間に点灯し、また体温の測定のためセンサーを陰に挿入し腹帯を装着したが、夜間の姿勢に及ぼすこれらの影響は少ないものと推察された。ただし、宝花は伏臥および横臥持続時間が他の3頭に比べて短く、横臥回数が多かったが、この馬は普段から内気で神経質な性格であるので、この実験環境が影響した可能性も考えられた。同様に暁光は伏臥および横臥時間配分が少なく、横臥回数が極端に少なかったが、この馬も神経質で、落ち着くがなくしかも我慢できない性格であるので、この実験環境が影響した可能性も示唆された。

2) 姿勢と体温変化

家畜の体温は臨床的には直腸で計測される。Matsui⁶⁾は放牧牛の直腸温と陰温を長時間同時に記録し、直腸温が陰温に比べ0~0.5°C高いことを明らかにしている。放牧牛の便は軟便であるので、便による温度センサーの排出がなく、直腸温も記録できる。馬の糞は放牧時も硬い糞であるので、放牧牛と同様の方法で直腸温を計測することができない。そこで本実験では、牝馬であったので陰温を記録することにした。今回使用した方法で、センサーの脱落もなく長時間記録することができた。馬においても牛と同様に陰温は直腸温よりもやや低い可能性が考えられた。

木曾馬の体温は夕方摂食後の38.1~38.6°Cから漸減し早朝までに0.7~1.0°C減少した。また夜間の体温が漸減する過程において、伏臥から横臥、横臥か

ら伏臥する姿勢変化に伴い体温は一過性に0.2~0.3°C増減した。柏村ら^{3,4)}は乳牛において起立開始直後に約0.5°C体温(陰温)が低下し、横臥開始直後に約0.5°C上昇すると報告している。本実験においても、伏臥および横臥から起立時において体温は一過性に減少し、直後に増加しており、乳牛と同様の現象が観察された。木曾馬の体温は乳牛に比べて1°C前後低いので、乳牛の起立、横臥の姿勢変化時の体温の変化幅よりも木曾馬の変化幅が小さかったと推察された。また立位(休息)状態において体温は0.1°C程度の幅で頻回に増減した(図3, 4)が、この現象は体温調節のフィードバック機構¹⁰⁾に関係するものと考えられるが、体温調節に睡眠状態も深く関係しているため、馬について生理学的な詳しい実験が必要である。

3) 姿勢および体温変化と睡眠

睡眠-覚醒パターンの日周リズムは、体温の周期的な変化に影響されている。ノンレム睡眠の特徴は、入眠時に放熱して深部体温を低下させ、その結果、エネルギー消費を抑えることにあり、また、レム睡眠の特徴は、入眠後の体温低下に対し、加温を促すことであると説明されている²⁾。本実験において、夕方から早朝にかけて体温が0.7~1.0°C漸減した。これは、体温変動の日周リズムによるものであるが、その漸減過程で、伏臥から横臥の姿勢変化時およびそれ以外の時においても体温は頻回に増減した。この増減は単なる姿勢変化のみに起因するものではなく、ノンレム睡眠とレム睡眠時の体温調節機構と深く関連しているものと思われる。

馬の睡眠は平均6.4分のノンレム睡眠、ノンレム睡眠からレム睡眠への移行期、平均4.2分のレム睡眠でなる1サイクルが数回繰り返され、30~40分継続する。この1セットの眠りが主に夜間、5~7回みられる⁵⁾。ノンレム睡眠は立位および伏臥で、レム睡眠は横臥とまれに伏臥でみられる^{5,9,13)}。本成績から、木曾馬の横臥持続時間が4.2±0.8分であったが、この数値は馬のレム睡眠が平均4.2分であるとするこれまでの報告^{5,9)}の数値とほぼ一致している。これらの馬の睡眠と姿勢に関する記述から判断して、図1において伏臥から横臥の姿勢変化時はノンレム睡眠からレム睡眠に、横臥から伏臥の変化時にはレム睡眠からノンレム睡眠に移行する過程、横臥時はレム睡眠であることが推察された。すなわち、4頭ともに休息状態が最も深くなる2:00~5:00に起こる伏臥と横臥を繰り返す時間帯に、ノンレム睡眠とレム睡眠を繰り返していると推察された。

また図3から伏臥から6回の横臥変化時の体温変化が他の時間帯に比べて変化幅が大きかった。この体温変化は、ノンレム睡眠時に深部体温が低下し、レム睡眠時に加温される²⁾とする現象に相当するものと考えられた。また全頭で、横臥姿勢から突然立ち上がり、馬房内を一周する行動が観察された。この行動は、ノンレム睡眠とレム睡眠からなる1セットの睡眠サイクルの終了を示しているものと推察された。

本成績から木曾馬の夜間の姿勢変化から推測した睡眠サイクルには個体差があるものの、個体毎に決まった特徴が存在していることが明らかにされた。本実験で木曾馬から得られた成績は、馬一般で報告されている夜間の姿勢の時間配分と睡眠に関する数値とほぼ一致していた。木曾馬を保存し、利活用する方策の1つとして、初心者の乗馬、トレッキングおよび障害者乗馬活動に利用されようとしている⁷⁾。その中で、Okamotoら⁸⁾は、障害者乗馬が本実験で使用した2頭の馬(宝花と幸藤)にストレスを与え、夜間の姿勢や行動に影響を及ぼすことを報告している。本実験の成績が馬の夜間の休息状態(QOL, 生活の質)の指標の1つとして、また今後この種の研究の一助になれば幸いである。

謝 辞

最後に、信州大学農学部の木曾馬を導入した平成10年4月以来、木曾馬の飼育管理に携わって頂いた動物行動管理学研究室の学生、院生および内蒙古農業大学からの留学生 敖日格樂博士に、また多大な飼育管理上の援助を頂いた濱野光一教授および齋藤治技官に深謝いたします。

引用文献

- 1) Hendricks. J. C., and A. Morrison (1981). Normal and abnormal sleep in mammals. *J. Am. Vet. Med. Ass.* 178: 121-126.
- 2) 井上昌次郎 (1989). 脳と睡眠「第7章 睡眠調節の脳内複合機構とその進化を考える」. 185. 共立出版
- 3) 柏村文朗, 新出陽三 (1989). 生体情報ロガーを用いた牛の体温測定と時系列分析. *日畜会報.* 61: 869-875.
- 4) 柏村文朗, Matias. J. M., 新出陽三 (1992). 恒常環境下にある乳牛の体温変動と行動との関係について. *日畜会報.* 63: 638-644.
- 5) 楠瀬 良 (1991). 家畜行動学「第8章 馬の行動」. 157-159. 養賢堂.

- 6) Matsui K (1995). Polygraphic recording of body temperature, heart rate, respiratory rate and grazing and rumination behavior of cattle by an ambulatory data-logger method. *Anim. Sci. Technol.* 66 : 114-121.
- 7) 六浦一浩 (1997). 木曾馬と共に生きる. *J. Equine Sci.* 8 (特別号) : S13-S17.
- 8) Okamoto, K., Matsui, K. and Takeda, K. (2002). Case report-effect of therapeutic riding by handicapped persons on the behaviour of Kiso horses. *Proc. 36th International Congress of the ISAE.* 207.
- 9) Ruckebusch. Y. (1972). The relevance of drowsiness in the circadian cycle of farm animals. *Anim. Behav.* 20 : 637-643.
- 10) 津田恒之 (1994). 家畜の生理学「第11章 体温調節および適応 VI 体温調節作用」. 245-251. 養賢堂.
- 11) 田中智夫 (1991). 家畜行動学「第3章 個体維持行動 第3節 休息・睡眠行動と排泄行動」. 40-47. 養賢堂.
- 12) 辻井弘忠 (1987). 木曾馬における休息行動について. *信大農学部紀要.* 24 : 103-110.
- 13) Waring, G. H (1983). *Horse Behavior.* 70-75. Noyes Publications.

Changes of attitudes and body temperature in Kiso horses in the stall at night

Kanji MATSUI, Yayoi MORIOKA and Ken-ichi TAKEDA

Department of Food Production Science, Faculty of Agriculture, Shinshu University

Summary

Changes of night time attitudes and body temperature in four Kiso horses in the stall were clarified, and the relation between the changes of attitudes and body temperature and sleep was discussed. Attitudes and behaviours were recorded using a video camera, and body temperature (vaginal temperature) was measured using an ambulatory data logger. Four types of attitudes were measured : 1) standing (walking or eating), 2) standing (resting), 3) sternal recumbency and 4) lateral recumbency. Individual differences were indicated in the appearance patterns of sternal recumbency and lateral recumbency. From the average reading of the four horses, bout times of sternal recumbency and lateral recumbency were 16.38 min and 4.17 min, respectively, and bout number of lateral recumbency was 6.09 bouts during the 11.5 hour night time period. Body temperature gradually decreased from 38.1-38.6°C at 17:00 to around 37.6°C in the early morning. It was suggested that the transition from sternal recumbency to lateral recumbency corresponded to the transition from non-REM sleep to REM sleep, and that during lateral recumbency the horses fell into REM sleep.

Key word : Kiso horse, sternal recumbency, lateral recumbency, body temperature, sleep, attitude