

学位論文題名

乳牛の行動動作の運動力学的分析による 牛舎の床条件改善のための基礎研究

学位論文内容の要旨

本論文は、総ページ数211ページで、6章からなる和文で構成されている。

本研究は、乳牛の飼養環境に関する研究について、乳牛の行動動作を運動力学的に分析して、飼養環境の改善に役立てようとする、新しい研究アプローチである。すなわち、乳牛の横臥、起立、歩行について、その特徴を運動力学的に分析し、家畜側からの床条件への要求を明らかにし、床条件の改善を提案した研究である。

緒論では本研究の背景や目的、および解析方法の意義、さらに既往の関連研究について概説している。

第Ⅰ章は、乳牛の行動動作に関する運動力学的分析で、「横臥・起立に関する運動力学的分析」と「歩行に関する運動力学的分析」の研究結果について記述している。すなわち、乳牛をストールに係留し横臥・起立動作を乳牛が床に与える荷重を中心に運動力学的に分析した結果、横臥・起立動作時に前膝による接地時間が長く、また体重の40%を負担していること、前肢は後方に最もすべりやすいことが判明した。さらに、後肢の左右分力は横臥・起立動作時に共通して、おもに体の外側に向かって作用することを明らかにした。これらの解析結果を基に、ストールの一般的な形状である前部から後部へ向かうような勾配は、両動作時の前膝のすべりを助長するため、ストールの前部を逆勾配にすべきであると提案している。さらに、後肢の左右分力は横臥・起立動作時に体の外側に向かって作用することから、ストールの一般的な形状である外側に向かった勾配より、内側に向かった勾配にすべきであると提案している。

また、乳牛の歩行実験を行い、運動力学的な分析によって、歩行時に乳牛が床に与える歩行荷重や最大蹄圧の特徴を明らかにした。すなわち、歩行時の鉛直分力は、前肢で体重の最大60%程度、後肢で体重の最大50%程度であった。これは前肢が重心に近いためである。前後分力については、前肢分力については、前肢と後肢間の差は小さく、制動力・駆動力は前後肢が同等に担っていた。左右分力は前後肢とも常に体の外側に向かって作用し、前肢では前後分力と近似の大き

さであった。歩行動作時の最大蹄圧は、蹄負面において 10kg f / cm^2 を越える数値だった。また、大きな圧力は蹄負面に集中し、蹄底にはほとんど圧力が発生しなかった。

これらの研究から、乳牛は左右に大きな重心の移動を行いながら歩行していることが特徴として明らかになり、この結果から次章で床条件の改善法を検討した。

第Ⅱ章は、異なる床条件における乳牛の歩行の研究結果について記述している。すなわち、床条件が乳牛の歩行動作にどのような影響をおよぼすかを知るために、コンクリート床とその上にモミガラを敷いた床との、2つの異なる条件における歩様の観察、および歩行荷重の測定を行っている。モミガラを敷くことによって、コンクリート床で発生する蹄接地時の衝撃的荷重がなくなり、さらに、左右方向の水平分力がコンクリート床に比べ小さくなった。乳牛の歩行動作中の左右方向の重心の変位を推定した結果、コンクリート床で $11\sim 14\text{cm}$ であるのに対し、モミガラを敷いた場合には $6\sim 10\text{cm}$ に減少した。モミガラを敷いた床条件の方が左右への重心移動の少ない歩き方をしていることが明らかになった。

したがって、モミガラを敷いた床では、歩行時の衝撃的な荷重がなくなり、左右への重心移動の少ない歩き方するため、床条件として望ましいとしている。

第Ⅲ章は、床の硬さおよびすべりやすさを測定し、これらの数値と乳牛のストール利用率について記述している。すなわち、重錘を自由落下させて衝撃荷重を測定するタイプの床硬度計を製作し床硬度を測定した。その結果、コンクリート、木材、硬質ゴムマットが同程度で最も硬度が大きく、軟質ゴムマットはコンクリートなどの数値の約 $1/2$ 程度であり、厚さ 80mm のモミガラは約 $1/4$ 程度で最も小さかった。すべりやすさに関しては JIS A 1407に規定された「床のすべり試験方法（振子型）」に基づき、床すべり抵抗係数を求めた。乾いた状態の床すべり抵抗係数を比較すると、軟質ゴムマットが最も大きく、硬質ゴムマットとコンクリートが同程度であり、木材のカンナ面が最も小さい値となった。乳牛のストール利用率と、この測定した床硬度、床すべり抵抗係数との関連を検討したところ、床硬度が小さく、床すべり抵抗係数の大きい材料の利用率が大きいという結果であった。

第Ⅳ章は、パドックの泥ねい化の発生原因と防止対策に関する研究結果について記述している。パドックの泥ねい化の発生原因は、蹄のこね返しによる土の細粒化やふん尿の土への混合、それらによる透水性の低下、牛の踏圧による高密度化、踏圧による土からの脱水、滞水状態でこね返しを受けることによる土の細粒化と軟化の進行、これらが繰り返されることによって泥ねい化が発生するものと推察した。

また、パドックの泥ねい化の防止対策については、パドックの地表面に展張したジオテキスタ

イルの泥ねい化防止効果について検討した。地表面に展張したジオテキスタイルには、蹄のこね返しの抑制による泥ねい化防止効果が認められた。しかし、ジオテキスタイルを展張した場合もジオテキスタイルを展張しない場合の1/2程度の深さが泥ねい化した。面剛性の大きい材料を、表面展張資材として用いることによって、さらに大きい泥ねい化防止効果が得られものと推察された。

第V章は総合論議で、I章およびII章で述べた乳牛の行動動作の運動力学的特徴を総合的に論議している。また、III章およびIV章における検討結果を踏まえ、牛舎床条件の改善方策は、牛の要求による評価および床自体の保全による評価の両者に適合するべきであると論述している。

第VI章は総括および結論である。I章からV章までの内容を総括するとともに、結論として、行動動作の運動力学的分析結果から明らかになった床条件に対する牛の要求と、床条件の改善方策を挙げるとともに、畜産施設研究における運動力学的分析手法の有効性について述べている。

学位論文審査の要旨

主査	教授	堀口郁夫
副査	教授	前田隆
副査	教授	朝日田康司
副査	教授	寺尾日出男

本論文は、総ページ数211ページで、6章からなる和文で構成されている。

本研究は、乳牛の飼養環境に関する研究について、乳牛の行動動作を運動力学的に分析して、飼養環境の改善に役立てようとする、新しい研究アプローチである。すなわち、乳牛の横臥、起立、歩行について、その特徴を運動力学的に分析し、家畜側からの床条件への要求を明らかにするとともに、床条件の改善を提案した研究である。

緒論では本研究の背景や目的、および解析方法の意義、さらに既往の関連研究について概説している。

第I章は、乳牛の行動動作に関する運動力学的分析で、「横臥・起立に関する運動力学的分析」と「歩行に関する運動力学的分析」の研究結果について記述している。すなわち、乳牛をストールに係留し横臥・起立動作を乳牛が床に与える荷重を中心に運動力学的に分析した結果、横臥・

起立動作時に前膝による接地時間が長く、また体重の40%を負担していること、前肢は後方に最もすべりやすいことが判明した。さらに、後肢の左右分力は横臥・起立動作に共通して、おもに体の外側に向かって作用することを明らかにした。これらの解析結果を基に、ストールの改善案を提案している。

また、乳牛の歩行実験を行い、運動力学的な分析によって、歩行時に乳牛が床に与える歩行荷重や最大蹄圧の特徴を明らかにした。すなわち、鉛直分力は、前肢の方が大きく、前後分力については、前肢と後肢間の差は小さく、制動力・駆動力は前後肢が同等に担っていた。左右分力は前後肢ともに常に体の外側に向かって作用し、前肢では前後分力と近似の大きさであった。これらの研究から、乳牛は左右に大きな重心の移動を行いながら歩行していることが特徴として明らかになった。

第Ⅱ章は、異なる床条件における乳牛の歩行の研究結果について記述している。すなわち、コンクリート床と、その上にモミガラを敷いた床との、2つの異なる条件における歩様の観察、および歩行荷重の測定を行っている。モミガラを敷くことによって、コンクリート床で発生する蹄接地時の衝撃的な荷重がなくなり、さらに、左右方向の水平分力がコンクリート床に比べ小さくなった。したがって、モミガラを敷いた床は、歩行時の衝撃的な荷重がなくなり、左右への重心移動の少ない歩き方するため、床条件として望ましいとしている。

第Ⅲ章は、床の硬さおよびすべりやすさを測定し、これらの数値と乳牛のストール利用率について記述している。すなわち、重錘を自由落下させて衝撃荷重を測定するタイプの床硬度計を製作し床硬度を測定した。その結果、コンクリート、木材、硬質ゴムマットが同程度で最も硬度が大きく、軟質ゴムマットはコンクリートなどの数値の約1/2程度であり、厚さ80mmのモミガラは約1/4程度で最も小さかった。すべりやすさに関してはJISの「床のすべり試験方法（振子型）」に基づき、床すべり抵抗係数を求めた。乾いた状態の床すべり抵抗係数を比較すると、軟質ゴムマットが最も大きく、硬質ゴムマットとコンクリートが同程度であり、木材のカンナ面が最も小さい値となった。牛のストール利用率と、この測定した床硬度、床すべり抵抗係数との関連を検討したところ、床硬度が小さく、床すべり抵抗係数の大きい材料の利用率が大きいという結果であった。

第Ⅳ章は、パドックの泥ねい化の発生原因と防止対策に関する研究結果について記述している。パドックの泥ねい化の発生原因は、蹄のこね返しによる土の細粒化やふん尿の土への混合と、それらによる透水性の低下、牛の踏圧による高密度化、踏圧による土からの脱水、滞水状態でこね返しを受けることによる土の細粒化と軟化の進行、これらが繰り返行われることによって泥ね

い化が発生するものと推察した。また、パドックの泥ねい化の防止対策については、パドックの地表面に展張したジオテキスタイルの泥ねい化防止効果について検討した。地表面に展張したジオテキスタイルには、蹄によるねり返し抑制による泥ねい化防止効果が認められた。

第Ⅴ章は総合論議で、第Ⅳ章は総括および結論である。

これらの研究結果は、乳牛が接する床条件を乳牛の行動動作の運動力学的分析によって検討する新しい研究アプローチであり、この結果や方法は、実用的にも学問的にも高く評価される。

よって審査員一同は、別に行った学力確認試験の結果と合わせて、本論文の提出者 佐藤義和は博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格があるものと認定した。