

多変量ロジスティック回帰分析による乳牛の肢蹄疾患の危険因子の抽出

北崎宏平*

福岡県の乳牛に多発する肢蹄疾患について、調査個体の罹患の有無を目的変数、調査項目である環境因子や生理因子を説明変数とする多変量ロジスティック回帰分析を行い、算出したオッズ比を比較することで関与の強い因子を抽出した。環境因子においては、タイストール牛舎は牛床に敷料がないことが蹄踵びらん、白帯病、蹄底出血・潰瘍および関節周囲炎の発生と関与し、また牛床がふん尿によって湿潤していることは蹄踵びらん、白帯病の発生と関与した。牛床が短く段差があること、およびネックレールや隔柵の位置が低いことは蹄底出血・潰瘍と関節周囲炎の発生と関与した。また、分娩室の利用がないことは白帯病の発生と関与した。フリーストール牛舎では、ふん尿によって床面が湿潤していることが蹄踵びらん、白帯病、蹄底出血・潰瘍の発生と関与した。また、生理因子においては、2産以上の泌乳中期は蹄底出血・潰瘍が、2産以上の泌乳後期では白帯病、関節周囲炎の発生と関与した。ボディコンディションスコアは3未満の牛において蹄踵びらん、蹄底出血・潰瘍、関節周囲炎の発生が関与した。

以上の結果から、肢蹄疾患の予防は関与した環境因子を優先的に改善するとともに、生理因子に該当する牛を重点的に観察することで早期発見することが重要であると考えられた。

[キーワード：乳牛、肢蹄疾患、ロジスティック回帰分析、オッズ比]

Factorial Analysis of Hoof and Leg Disease in Dairy Cow by Using a Multiple Logistic Regression Analysis. KITAZAKI Kouhei, (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikusino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 25:115-119(2006)

This study was conducted to clarify the factors contributing to hoof and leg disease in dairy cows by a Multiple Logistic Regression Analysis. The criterion variable was disease or normal, and explanatory variables were data on the feeding environment, reproduction and lactation. The factors were selected by comparing ratios. As a result of an analysis of the environmental factors in the tie stalls, such as having no material spread on the floor of the cubicle, the risk of heel horn erosions, white zoon lesions, sole hemorrhages/ulcers and peri-arthritis increased. The risk of heel horn erosions and white zoon lesions increased due to the wet floor in the cubicles attributable to feces and urine. Other factors that promoted the risk of sole hemorrhages/ulcers and peri-arthritis were brought about by the short cubicle floor and the small level difference between the floor and the ditch, the low position of the neck rail and low bottom rail of the cubicle. Additionally, lack of a delivery room increased the risk of white zoon lesions. An analysis of the environmental factors in the free stalls found that the risk of heel horn erosions and white zoon lesions and sole hemorrhages/ulcers increased due to the floor being made wet from feces and urine. An analysis of physiological factors indicated the risk of sole hemorrhages/ulcers increased in cows in a second or more parity and in the middle lactation stage. Also, cows in a second or more parity and in the later lactation stage had increased risk of white zoon lesions and peri-arthritis. Also, cows with a body condition score <3 had an increased risk of heel horn erosions, sole hemorrhages/ulcers and peri-arthritis. These results indicate that it is important to improve the environment and reduce risk factors for the prevention of hoof and leg disease. Furthermore, it is important to observe cows carefully for early detection of factors corresponding to physiological risks.

[key words : dairy cow, hoof and leg disease, multiple logistic regression analysis, odds ratio]

緒 言

近年の福岡県家畜共済における乳牛の死産事故原因で最も多いのは関節炎や蹄疾患等の運動器病で、全死産事故件数の24%を占めており⁶⁾、さらに県内乳牛の運動器病の死産率(病傷事故に対する死産事故の割合)は42%⁶⁾と非常に高い。このため、生産阻害要因である本疾患に対する予防技術の向上が強く望まれている。肢蹄疾患に罹患した乳牛は疼痛による歩行、起立困難の症状を呈し、採食量、乳量および受胎率の低下が認められる^{4,5,18)}。また、これらの症状は極めて慢性的に進行し、外見で診断することが困難なため管理者による早期発見が遅延しがちである。さらに本疾患は牛舎構造や飼育環境^{17,22)}、

飼料内容^{2,7,21)}などの複数の因子が複雑に絡む多因子性疾患である。このため、農場現場においては、経験談等の必ずしも科学的根拠に基づかない対応が少なくないのが現状である。一方、ヒト医学領域においては、糖尿病、高血圧等の生活習慣病、あるいは精神疾患等の多因子性疾患に対し、多変量解析によって関与する因子を抽出した報告^{1,11,14,20)}が見られる。中でも多変量ロジスティック回帰分析は、目的変数としての疾病の有無を「ある」「なし」の2値変数で表し、危険因子の「ある」「なし」など名義尺度変数を説明変数とすることができるため、必ずしも精密な測定値が得られない場合であっても因果関係の分析が可能^{20,24)}とされている。このため、農場での現地調査などにおける疾病因子の抽出に最適であると考えられるが、獣医学領域においてはそのような報告はほとんど見られない。

*連絡責任者(家畜部)

第1表 調査項目

環境因子	畜舎構造: TS牛舎, FS牛舎
	牛床構造: 長軸長, マット・段差・縁石の有無, 隔柵・ネックレールの高さ
	牛床衛生: 敷料, ふん尿による汚染状況
	分娩環境: 分娩室の利用の有無
生理因子	繁殖関係: 産次数, ボディコンディションスコア(BCS)
	泌乳関係: 乳期(初期0~49日), 最盛期(50~109日), 中期(110~219日), 後期(220~乾乳)

著者は平成12年7月~13年2月に県内の主要酪農地帯の肢蹄疾患を調査することで県内における発生状況を明らかにした¹⁰⁾。また、同時に畜舎構造や飼育環境、生体情報等についても調査した。そこで、本報告では乳牛肢蹄疾患をより科学的かつ効率的に予防することを目的として、上記の調査結果を多変量ロジスティック回帰分析し、肢蹄疾患の発生と関連の強い因子を抽出した。

材料および方法

1 調査内容

県内の主要酪農地帯である福岡、甘木、筑後の3地域の定期削蹄に立ち会うことでタイストール牛舎(TS)19戸・320頭、フリーストール牛舎(FS)4戸・171頭の泌乳牛の肢蹄疾患を調査した¹⁰⁾。さらに、既往の報告^{2,9,16)}を参考に肢蹄疾患に関与すると考えられる環境因子として畜舎構造、牛床構造、牛床衛生、分娩環境を、また、生理因子として繁殖および泌乳に関する情報を調査した(第1表)。これらの調査項目はいずれも現地での観察や巻き尺を用いた簡易な測定、あるいは農家からの聞き取りや乳牛の管理台帳の記録から得られた情報である。

2 統計学的解析

県内で多発していることが明らかになった「蹄踵びらん」、「白帯病」、「蹄底出血・潰瘍」、「関節周囲炎」の4疾患各々に対し、調査個体ごとの罹患の有無を目的変数、環境因子および生理因子を説明変数とする単変量または多変量ロジスティック回帰分析によってオッズ比(OR)を算出した。ORは1より大きい数値であるほど肢蹄疾患の関与が強いことを意味する。また、多変量ロジスティック回帰分析で抽出された因子のORは、単変量ロジスティック回帰分析で算出したORの交絡因子としての影響を調整した数値であるため値の大小が関与の強弱を示している^{20,24)}。まず、環境因子では、牛を繋留するか、繋留しないかでTSとFSの2項目に大別し、いずれかを基準とする単変量ロジスティック回帰分析を行いORを比較した。その他の環境因子では、TSとFSでは調査内容が異なるため、それぞれ別々に単変量ロジスティック回帰分析を行いORを比較した。さらにORが大きく、危険率(P値)がより小さい項目を優先的に抽出し、各個体の疾病の有無を目的変数、抽出因子を説明変数とする多変量ロジスティック回帰分析によって因子を取捨選択し、より関与の強い因子を抽出した。一方、生理因子についても単変量ロジスティック回帰分析のORおよびP値を比

第2表 畜舎構造の違いによる肢蹄疾患のオッズ比

病名	因子	OR	95% CI
蹄踵びらん	TS牛舎	1.00	
	FS牛舎	1.57 *	1.08, 2.28
白帯病	TS牛舎	1.00	
	FS牛舎	1.74 **	1.20, 2.52
蹄底出血・潰瘍	TS牛舎	1.67 **	1.15, 2.43
	FS牛舎	1.00	
関節周囲炎	TS牛舎	12.07 **	5.96, 24.4
	FS牛舎	1.00	

1) **: P<0.01, *: P<0.05, +: P<0.1, 95%CI: 95%信頼区間

較し、多変量ロジスティック回帰分析によってより関与の強い因子を抽出した。

結果および考察

畜舎構造(TSかFSか)の違いと肢蹄疾患との関連性を第2表に示した。蹄踵びらん及び白帯病はTSに対するFSのORが1.57 (P<0.05)と1.74 (P<0.01)であり、蹄底出血・潰瘍ではFSに対するTSのORは1.67 (P<0.01)、関節周囲炎においては12.07 (P<0.01)に達した。これら4疾患は、いずれも畜舎構造の違いがもたらす影響を受け、TSでは蹄底出血と関節周囲炎、FSでは蹄踵びらんと白帯病の危険性が高いことを示している。また代謝障害の要因が大きいとされる蹄底出血・潰瘍^{2,7)}は、TSでのORがFSよりも大きいことから、TSの環境因子が強く関与していると考えられる。関節周囲炎のORからは、本疾患はTSの疾病であり、FSに対する予防の優先順位は低いと言える。

第3表はTSにおける環境因子の抽出結果を疾患別に示したものである。蹄踵びらんのORは「牛床に敷料がない」が2.03 (P<0.05)と最も大きく、次いで「ふん尿による牛床の湿潤」が1.55 (P<0.1)であった。白帯病では「牛床に敷料がない」のORが2.04 (P<0.01)、「ふん尿による牛床湿潤」が2.01 (P<0.01)、「分娩室の利用がない」が2.14 (P<0.05)であった。蹄底出血・潰瘍のORは「牛床に敷料がない」が4.31 (P<0.01)、次いで「牛床-隔柵間が30cm以下」が3.36 (P<0.01)、「牛床長165cm以下・段差がある」が1.95 (P<0.05)と大きな値を示し、また「ネックレールの高さが110cm以下」のORが1.62 (P<0.1)であった。関節周囲炎は「牛床長165cm以下・段差がある」のORが1.99 (P<0.05)と最も大きく、その他「牛床-隔柵間が30cm以下」が1.92 (P<0.1)、「牛床に敷料がない」が1.72 (P<0.1)であった。その他、蹄踵びらんは「牛床長165cm以下・段差がある」、「分娩室の利用がない」、蹄底潰瘍・出血は「ネックレールの高さが110cm以下」、「分娩室の利用がない」、関節周囲炎では「ネックレールの高さが110cm以下」について、有意性はないもののORは1より大きい値を示した。

第4表はFSにおいて抽出された環境因子を疾患別に示したものである。FSは酪農家による構造の違いが少ないため、抽出されたのは2因子であった。「ふん尿による牛舎内の湿潤」のORは蹄踵びらん5.11 (P<0.01)、

第3表 TS牛舎における肢蹄疾患に関与する環境因子とそのオッズ比

病名	因子	OR	95% CI
蹄踵びらん	牛床に敷料が無い	2.03 *	1.18, 3.51
	ふん尿による牛床の湿潤	1.55 +	0.94, 2.56
	牛床長165cm以下・段差がある	1.51	0.89, 2.56
	分娩室の利用が無い	1.26	0.65, 2.45
白帯病	牛床に敷料が無い	2.04 **	1.21, 3.42
	ふん尿による牛床の湿潤	2.01 **	1.21, 3.33
	分娩室の利用が無い	2.14 *	1.02, 4.50
蹄底出血・潰瘍	牛床に敷料が無い	4.31 **	2.19, 8.49
	牛床長165cm以下・段差がある	1.95 *	1.10, 3.80
	牛床-隔柵間の高さが30cm以下	3.36 **	1.43, 7.89
	ネックレールの高さが110cm以下	1.62 +	0.90, 2.91
	分娩室の利用が無い	1.39	0.73, 2.66
関節周囲炎	牛床に敷料が無い	1.72 +	0.96, 3.07
	牛床長165cm以下・段差がある	1.99 *	1.11, 3.55
	牛床-隔柵間の高さが30cm以下	1.92 +	0.93, 3.97
	ネックレールの高さが110cm以下	1.46	0.86, 2.47

1) ** : P<0.01, * : P<0.05, + : P<0.1, 95%CI : 95%信頼区間

白帯病2.02 (P<0.01), 蹄底出血・潰瘍では2.83 (P<0.05) といずれも大きな値を示した。また, 白帯病では「分娩室の利用がない」のORが1.81 (P<0.1)であった。なお, FSでは関節周囲炎の発生がほとんど見られなかったため因子の抽出は行わなかった。

以上のことから, 畜舎環境についてはTSの牛床に敷料が無いことはいずれの肢蹄疾患に対しても強い関与が認められた。乳牛は1日のうち12~14時間程度を横臥して過ごすのが理想⁸⁾とされており, 長時間の起立は蹄角質に物理的な損傷や蹄真皮の血流を悪化させ, 蹄疾患の誘因となること^{2,13)}が指摘されている。一方, Colm-Ainsworthら³⁾は十分な敷料を与えられた牛群は横臥時間が長く, 蹄底出血・潰瘍と白帯病の発生が低下したことを報告している。また関節周囲炎は, 材質の硬い牛床による持続的で反復性の物理的刺戟が主因である^{9,16)}と報告されている。これらのことから, 牛床に敷料を十分にを入れることは, 乳牛の横臥時間が適切に保たれることで蹄角質の物理的損傷と蹄真皮の血液循環不全を予防すること, および関節周囲組織の物理的刺戟を軽減する上で極めて重要であると考えられた。また, ふん尿によって牛床が湿潤することは, TS, FSの両方の蹄踵びらんと白帯病に強く関与していた。蹄が持続的に湿潤すると, 蹄角質の水分含量が2倍以上となり脆弱化すること²⁾や, 蹄角質の形成に悪影響を及ぼす *Bacteroides nodosus* が感染しやすいこと²⁰⁾が報告されている。これらのことから, 牛床を乾燥させることは, 構造が脆弱な蹄踵と白帯の角質²³⁾を保護し, 蹄踵びらんと白帯病を予防するために重要であると考えられた。牛床が短く段差があること, 牛床-隔柵間が狭いこと, ネックレールの位置が低いことなどはいずれもTSの牛床周辺の構造上の問題である。実際の観察においては, 牛床が短いTSの牛は後肢がふん尿溝内に落ち込むことで蹄が湿潤していた。また, ふん尿溝に鉄製スノコが設置している牛舎では, 起立時に後肢蹄が硬いスノコにはみ出しており, 横臥時では足根関節が段差の直角部やスノコで圧迫されていた。これらのことから, 短い牛床は蹄が湿潤することによ

第4表 FS牛舎における肢蹄疾患に関与する環境因子とそのオッズ比

病名	因子	OR	95% CI
蹄踵びらん	ふん尿によるFS牛舎内の湿潤	5.11 **	2.52, 10.37
白帯病	ふん尿によるFS牛舎内の湿潤	2.02 **	1.05, 3.88
	分娩室の利用が無い	1.81 +	0.95, 3.48
蹄底出血・潰瘍	ふん尿によるFS牛舎内の湿潤	2.83 *	1.47, 5.45
	分娩室の利用が無い	1.71	0.87, 3.33

1) ** : P<0.01, * : P<0.05, + : P<0.1, 95%CI : 95%信頼区間

第5表 肢蹄疾患に関与する繁殖・泌乳因子とそのオッズ比

病名	因子	OR	95% CI
蹄踵びらん	BCS<3	1.54 +	0.94, 2.52
	BCS≥4	1.89	0.58, 6.15
	泌乳後期	1.25	0.83, 1.90
白帯病	2産以上	2.83 *	1.06, 7.56
	泌乳後期	1.73	0.81, 3.66
蹄底出血・潰瘍	2産以上	1.95 **	1.30, 2.95
	BCS<3	2.11 **	1.31, 3.42
	泌乳中期	1.87 **	1.22, 2.85
関節周囲炎	2産以上	1.92 +	0.89, 4.16
	BCS<3	1.98 +	0.96, 4.07
	泌乳後期	1.57	0.81, 3.03

1) ** : P<0.01, * : P<0.05, + : P<0.1, 95%CI : 95%信頼区間

て蹄踵びらんと, また, 鉄製スノコや段差による物理的刺戟が蹄底出血・潰瘍と関節周囲炎を誘発すると考えられた。さらに, Toussaint Raven²¹⁾は牛が起立するときの体重負荷の不均衡によって後肢の蹄底真皮が挫傷し蹄底出血・潰瘍を誘発すること, Blowey²⁾は標準的な牛床-隔柵間は40cmとし, これよりも低い場合は後肢飛節を傷つけて関節周囲炎を誘発すると述べている。これらのことから, 牛床-隔柵間およびネックレールの位置が低いと牛が起立する時に蹄の負担が増加することや, 後肢の位置関係に不都合をもたらすことで, 蹄底潰瘍・出血および関節周囲炎を誘発したと推察された。また, 分娩後に乳房炎や子宮炎に罹患した牛や分娩前後の起立時間が長い牛は蹄真皮の血流障害によって, やがて蹄疾患になりやすいことが報告されている^{2,21)}。TS, FSともに分娩室を利用しないことは上記の感染症や起立時間を増加させ, 結果的に3疾患の発生に関与したものと推察された。

第5表は繁殖, 泌乳等の生理因子の抽出結果を示したものである。蹄踵びらんとは, 「BCSが3.0未満」のORが1.54 (P<0.1), また白帯病では「産次数2以上」のORが2.83 (P<0.05)であった。蹄底出血・潰瘍のORは「BCSが3.0未満」が2.11 (P<0.01), 「産次数2以上」では1.95 (P<0.01), 「泌乳中期」が1.87 (P<0.01)であった。関節周囲炎のORは「産次数2以上」が1.92 (P<0.1), 「BCSが3.0未満」では1.98 (P<0.1)であった。その他, ORに有意性はないものの, 蹄踵びらんとは「BCSが4.0以上」および「泌乳後期」が, 白帯病と関節周囲炎では「泌乳後期」において1より大きい値を示した。

以上のことから、生理因子では、2産以上であることが蹄踵びらん、白帯病、蹄底出血・潰瘍に最も強く関与していた。分娩は蹄真皮の循環不全や蹄底の脆弱化を誘発する重要な因子^{2,12,21)}で、特に分娩後は反軸側蹄壁が過剰成長しやすく、次第に蹄疾患になりやすくなること¹⁹⁾が指摘されている。このことから、初産時以降の蹄真皮や蹄底の異常に、その後の環境因子の暴露が加わった結果、2産以上の牛に肢蹄疾患になりやすい条件が蓄積したものと推察された。また、BCSが3未満であることは蹄踵びらん、蹄底出血・潰瘍および関節周囲炎と関与していた。一般的に乾乳期が過肥であった乳牛は、泌乳初期の食欲低下やルーメン発酵異常によって削痩し、その後、蹄疾患になりやすい傾向がある^{2,21)}と報告されている。特に蹄底潰瘍・出血は、分娩およびBCSと強く関与しており、本疾患が分娩やルーメン発酵異常による代謝障害によって誘発されること^{15,23)}を裏付けたものと考えられた。また、BCSが4以上の過肥牛に蹄踵びらんととの関係が認められた。これは、実際の観察において過肥牛は後肢の蹄底が摩耗し、蹄踵がふん尿で湿潤していたことによるものと考えられた。乳期においては、蹄底出血・潰瘍が泌乳中期と強く関与し、その他の肢蹄疾患では泌乳後期が関与していた。これは分娩以降の蹄内部の異常に加えて乳期が長くなるほど環境因子に長く暴露されたことによると考えられた。

今回は、肢蹄疾患の発生状況を調査すると同時にその飼養状態を調査することで肢蹄疾患の発生に関与する因子を抽出した。一般的に、因子は疾病の発生よりも先に存在する時間的な前後関係が必要である²⁴⁾。環境因子は牛が分娩し、泌乳を開始した時点で畜舎環境内に存在した因子であり、疾病の発生よりも先に存在した因子であると考えられる。その一方で、生理因子は今回の調査からは必ずしも疾病の発生よりも先の現象であるとは断定できない。従って今回抽出された環境因子は肢蹄疾患の予防となる因子であり、生理因子は、すでに潜在的に罹患している牛を早期発見するための因子と捉えるのが妥当である。予防のための優先順位としては、牛床には十分な敷料を入れ、かつ乾燥させることが最も重要であろう。そのうえで牛床長は最低170cm以上、牛床-隔柵間は40cm、ネックレールの高さは120cmとし、さらに分娩室を利用することが予防につながると考えられる。また、肢蹄疾患の早期発見のためには、2産以上の泌乳中期以降の乳牛で、BCSが3未満の痩せた牛やBCS4以上の過肥牛の起立様式、姿勢に異常がないかを重点的に観察することが重要と考えられる。

稿を終るにあたり、肢蹄疾患の調査にご協力いただいた酪農家および(社)福岡県装蹄師会の削蹄師の皆さまに深謝する。

引用文献

- 1) Baggio, B., Budakovic, A. and Perissinotto, E. (2005) Atherosclerotic risk factors and renal function in the elderly: the role of hyperfibrinogenemia and smoking. Result from the Italian Longitudinal Study on Ageing. *Nephrol Dial Transplant* 20 (1) : 114-123.
- 2) Blowey, R. (1997) 牛のフットケアガイド. 幡谷正明 監訳. 東京. チクサン出版 : 62-75.
- 3) Colam-Ainsworth, P., Lunn, G. A. and Thomas, R. C. (1989) Behaviour of cows in cubicles and its possible relationship with laminitis in replacement dairy heifers. *Vet. Rec.* 2. 125 (23) : 573-575.
- 4) Coulon, J. B., Lescourret, F. and Fonty, A. (1996) Effect of foot lesions on milk production by dairy cows. *J. Dairy. Science* 79 (1) : 44-49.
- 5) Deluyker, H. A., Gay, J. M., Wever, L. D. and Azari, A. S. (1991) Change of milk yield with clinical disease for a high producing dairy herd. *J. Dairy. Science* 74 (2) : 436-445.
- 6) 福岡県農業共済組合連合会 (2004) 家畜共済事業実績. 福岡県獣医師会報第32号 : 5-8.
- 7) Greenough, P. R. and Vermunt, J. J. (1991) Evaluation of subclinical laminitis in a dairy herd and observations on associated nutritional and management factors. *Vet. Rec.* 128 (1) : 11-17.
- 8) Hedlund, L. and Ross, J. (1977) Behavior of lactating dairy cows during total confinement. *J. Dairy Sci.* 60 (11) : 1807-12.
- 9) 籠田勝基・多賀信夫・他 (1990) 乳牛の関節周囲炎の臨床的および病理学的所見. 日本獣医師会雑誌 43 (12) : 874-879.
- 10) 北崎宏平 (2002) 畜舎構造別に見た乳牛肢蹄疾患の疫学的分析. 福岡農総試研報 21 : 62-66.
- 11) Kuo, C. J., Tsai, S. Y. and Lo, C. H. (2005) Risk factor for completed suicide in schizophrenia. *J. Clin. Psychiatry* 66 (5) : 579-585.
- 12) Leach, K. A., Logue, D. N. and Kempson, S. A. (1997) Claw lesion in dairy cattle: development of sole and white line haemorrhages during the first lactation. *Vet. J.* 154 (3) : 215-225.
- 13) Leonard, F. C., O'Connell, J. M. and O'Farrell, K. J. (1996) Effect of overcrowding on claw health in first-calved Friesian heifers. *Br. Vet. J.* 152 (4) : 459-472.
- 14) Muller, L. M., Gorter, K. J. and Hak, E. (2005) Increased risk of common infections in patients with type 1 and type 2 diabetes mellitus. *Clin. Infect. Dis.* 41 (3) : 281-288.
- 15) Nagaraja, T. G., Bertley, E. E., Fina, L. R. and Anthony, H. D. (1978) Relationship of rumen gram-negative bacteria and free endotoxin to lactic acidosis in cattle. *J. Anim. Sci.* 47 (6) : 1329-1337.
- 16) 大竹修 (1993) 乳牛における飛節周囲炎の病態調査と対応策. 家畜診療 359 (5) : 13-18
- 17) Philipot, J. M., Pluvinage, P., Cimarosti, I., Sulpice, P. and Bugnard, F. (1994) Risk factors of dairy cow lameness associated with housing conditions.

- ns.Vet. Res. **25** (2-3) : 244-248.
- 18) Rajala-Scultz, P. J., Gröhn, Y. T. and McCulloch, C. E. (1999) Effect of milk fever, ketosis, and laminitis on milk yield in dairy cows J. Dairy Science **82** (2) : 288-294.
 - 19) 田口清・山下真彦・山岸則夫・大谷昌之・池滝孝・山田明夫 (1999) フリーストール牛舎飼養乳牛における削蹄後の後肢蹄形状変化と蹄底潜在病変. 日本獣医師会雑誌**52** : 421-426.
 - 20) 高橋善弥太 (1995) 医者のためのロジスティック・Cox回帰入門. 東京. 日本医学館 : 19-23.
 - 21) Toussaint Raven, E. (1990) 牛のフットケアと削蹄. 幡谷正明 監訳. 東京. チクサン出版社 : 38-42, 53-60, 114-116.
 - 22) Vermunt, J. J. and Greenough, P. R. (1996) Sole haemorrhages in dairy heifers managed under different underfoot and enviromental conditions. Br. Vet. J. **152** (1) : 57-73.
 - 23) Wever, A. D. (1991) 牛の蹄跛行. 幡谷正明・佐々木伸雄訳. 東京. 日本装蹄師会 : 5-8, 24-37.
 - 24) 山根逸朗 (2005) 獣医疫学実用ハンドブック. 東京. 緑書房 : 76-77, 80-85.