

飛騨牛への電子タグ高度利活用技術に関する研究

飛騨牛研究部 傍島 英雄

1. はじめに

「電子タグ」とは、ICチップとアンテナを内蔵したタグ（荷札）である。その名のとおりモノに取り付けて使う荷札であり、タグの中には個別の識別情報等が格納されていて、電波を利用してデータの送受信を行う。紙に書かれたような従来のタグ（荷札）に比べ、はるかに正確に、そして瞬時に情報を管理することが出来る特性は、現在、物流の世界に革命を起こしている。

今回の実証実験では、飛騨牛の生産現場で「電子タグ」を利活用するため、名前や生年月日などに加え、重要な生体情報である体温をデータとして取り込むことを目指し、温度センサーの機能をもった「電子タグ」を飛騨牛の胃内に定着させ、胃の中の温度測定に取り組んだ。

牛の胃内にモノを定着させることは、国内で約50年前から（牧草と一緒に、誤って胃に入った針金などが、胃に接した肺や心臓を傷つけないように）チョーク大の磁石を飲ませるといった技術として存在していた。今回の「電子タグ」は形状・重量の点でチョーク大の磁石と似ており、牛の胃内に安定して留る。さらに磁石を内蔵しており、チョーク大磁石と同様の働きも期待できる。

黒毛和種の生体情報を遠隔や自動で測定する試みについては多くの報告があるが、センサーのバッテリー持続時間や、センサーを牛に装着する点での難しさが指摘されていた。我々も今回の実証実験以前のe!プロジェクトで、飛騨牛の体表に温度センサーを固定し、体温計測を試みたが、外気の影響を受けたり、他の牛の影響（舐めたり、嚙ったり）を受け、難点が確認された。

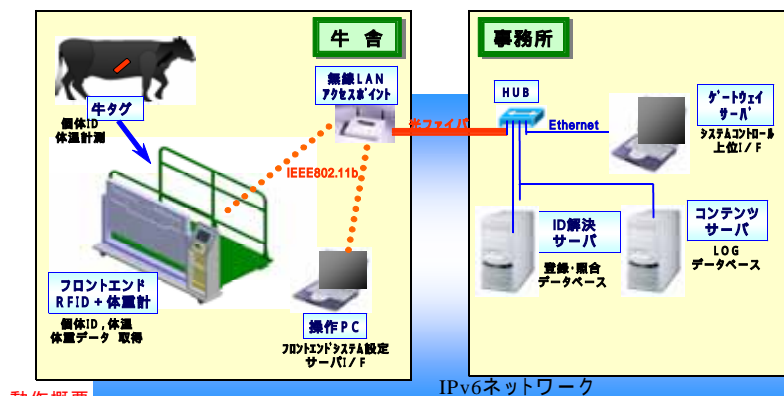
今回のシステムではそのような点が改善され、胃内の温度をデータとして取得できた。それらデータと従来の体温測定値との比較や、「電子タグ」を牛の胃内に定着させることの影響について調査したので報告する。

2. 材料および方法

1) 実験システムの概要

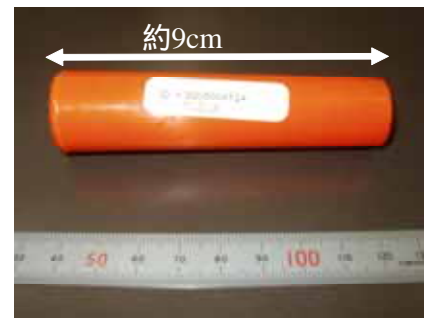
今回の「電子タグ」システムの概要を下に示す。

*以下の「牛タグ」とは、牛に投与する「電子タグ」のことを示す。



動作概要

書き換え不能な個体IDを持った温度センサー付き電子タグ(牛タグ)を牛の胃に投入する。牛を「RFID + 体温計」に乗せる。個体識別・体温計測・体重計測が行われ、画面に表示されると共にバックエンド側にデータが送信される。IDの解決・認証を行い、計測値をデータベースに登録すると共にフロントエンドに牛号名を返す。登録したデータは履歴として、別途参照することができる。



「牛タグ」本体

図1. 実証実験システム概要

2) 「電子タグ」システム試験期間

「電子タグ」システムのセットアップ、動作確認を平成17年2月1日～4日(2月2日牛タグ投入)、平成17年2月14日～16日、平成17年2月28日～3月1日の3回実施した。

3) 供試牛および管理方法

供試牛には当所で繋養する黒毛和種繁殖雌牛24頭(牛タグ投与区:育成牛6頭、経産牛6頭、牛タグ無投与区:育成牛6頭、経産牛6頭)をもちいた。供試牛は当所の通常飼育プログラムにより管理を行った。

4) 従来の直腸温測定との比較

従来の直腸温測定と比較するため、システム試験期間内に、体温計(マツダ体温計獣医用)を用いた計測を実施した。

5) 牛タグの影響評価方法

牛タグの投与前と投与後で、体測(経産牛は体重、体高、ボディコンディションスコア(以下BCSと表示)。育成牛は体重、体高、十字部高、体長、胸囲、腹囲、胸深、胸幅、尻長、腰角幅、かん幅、座骨幅、BCS。)と血液検査(赤血球、白血球、ヘマトクリット、ヘモグロビン、MCV、MCH、MCHC、血清蛋白、アルブミン、グロブリン、GPT、GOT、CPK、 γ -GTP、LDH、カルシウム、無機リン、ビルビリル、総コレステロール、尿素態窒素、クレアチニン、コルチゾル)を実施し、その推移から影響を評価した。

3. 結果および考察

1) 従来の直腸温測定との比較

「電子タグ」システム試験期間中に牛タグを投与した牛12頭について各3回づつ、直腸温と胃内温の比較を行った。

表1. 「電子タグ」システムによる胃内温計測結果と、従来法による直腸温計測結果の比較

牛	経産牛						育成牛						相関係数	
	1	2	3	4	5	6	13	14	15	16	17	18		
第1回計測 平成17年2月3日 ただし牛 5.6は2/4	胃内温(°C)	38.8	38.8	39.1	38.9	38.9	38.6	39.1	39.3	39.1	38.8	38.5	39.3	} 0.36
	直腸温(°C)	38.0	38.1	38.6	38.2	38.7	38.6	38.4	38.7	38.6	38.7	38.5	38.8	
	差(°C)	0.8	0.7	0.5	0.7	0.2	0.0	0.7	0.6	0.5	0.1	0.0	0.5	
	測定時刻	10:39	10:52	10:56	11:10	11:35	11:40	11:39	11:38	11:35	11:41	11:43	11:42	
	気温(°C)	2.2	2.8	3.3	3.9	3.3	3.3	3.9	3.9	4.4	2.8	2.8	2.8	
第2回計測 平成17年2月16日	胃内温(°C)	38.7	38.7	39.2	38.9	39.1	39.0	39.2	39.3	39.3	39.3	39.1	38.8	} 0.59
	直腸温(°C)	38.6	38.4	39.0	38.7	38.5	38.7	38.7	38.7	38.6	38.9	38.7	38.0	
	差(°C)	0.1	0.3	0.2	0.2	0.6	0.3	0.5	0.6	0.7	0.4	0.4	0.8	
	測定時刻	16:59	16:53	16:55	16:58	11:44	11:45	11:24	11:23	11:23	11:22	11:25	11:26	
	気温(°C)	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	
第3回計測 平成17年2月28日	胃内温(°C)	38.8	38.8	38.8	39.1	39.3	39.1	39.4	39.5	39.2	39.3	39.2	39.1	} 0.75
	直腸温(°C)	38.5	38.3	38.5	38.6	38.8	38.7	38.8	38.8	38.5	38.7	38.5	38.8	
	差(°C)	0.3	0.5	0.3	0.5	0.5	0.4	0.6	0.7	0.7	0.6	0.7	0.3	
	測定時刻	13:18	13:15	13:21	13:16	13:20	13:17	13:44	13:46	13:42	13:39	13:35	13:34	
	気温(°C)	18.3	18.9	18.3	18.9	18.3	18.9	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	
	平均差(°C)	0.40	0.50	0.33	0.47	0.43	0.23	0.60	0.63	0.63	0.37	0.37	0.53	

*全計測値での、胃内温と直腸温の相関係数は0.56

*全計測値での、胃内温と直腸温の平均差は0.46

システムのセットアップ、動作確認と平行して実施したため、測定時間は一定していない。すべての牛について直腸温を計測後すみやかに「電子タグ」システムで胃内温を測定した。胃内温は平均0.46 直腸温より高い値を示した。胃内温は、特に飲水の影響を強く受けることが報告されているので、すべての牛について直前1時間以上は飲水していないことを確認している。全計測値での胃内温と直腸温の相関は0.56であった。セットアップで手間取った1回目では0.36、2回目では0.59であったのに対し、12頭の測定

を約30分で終了できた3回目では0.75と比較的高い相関であった。

また、作業時間について牛タグを投与した牛12頭について各1回、直腸温と胃内温の比較を行った。すでに牛を繋いである状態から従来法では平均356秒（直腸への体温計挿入時間は5分を目安とした）、「電子タグ」システムでは平均21秒であった。「電子タグ」システムではアンテナと体重計が一体となっている。「電子タグ」システムでの体温測定に要する作業時間は、従来の電子式体重計での体重測定に要する作業時間と同等であった。

2) 牛タグの影響評価

(1) 体測値からの評価

経産牛、育成牛ともに、タグを投与した試験区と無投与の対照区とを比較したところ、タグを投与した影響による体測値の変化を示すような結果は得られなかった。

育成牛について、体測を開始した平成16年11月から平成17年3月にかけて4ヶ月間の体測値の伸びを、試験区と対照区で比較した。

ほぼ全ての体測値で、試験区は対照区と同等の伸びを示した。

表2. 体測値の増減の比較 (H16.11.18からH17.3.15)

*単位: 体重はkg, それ以外はcm, BCSはスコア値

	体重	体高	十字部高	体長	胸囲	腹囲	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	かん幅	座骨幅	BCS
試験区	44.3	5.5	4.3	3.8	8.4	4.7	2.7	1.7	2.4	2.9	1.9	1.8	0.3
対照区	37.3	4.4	4.3	6.0	5.8	4.5	2.6	0.5	2.4	2.6	2.3	1.9	0.2

(2) 血液検査からの評価

経産牛、育成牛ともに、牛タグを投与した試験区と無投与の対照区とを比較したところ、牛タグの影響と思われる健康状況の変化を示すような結果は得られなかった。得られた測定値は、それぞれの正常範囲内で推移しており、今回実験に用いた牛は、システム試験前、試験中、試験後をとおして健常な状態であることが示された。

表3. 経産牛の血液検査結果

検査項目	単位	正常範囲	経産牛試験区			経産牛対照区		
			システム試験前 (2005/01/27)	システム試験中 (2005/02/14)	システム試験後 (2005/03/02)	システム試験前 (2005/01/27)	システム試験中 (2005/02/14)	システム試験後 (2005/03/02)
赤血球	$\times 10^4$ 個/ μ l	500 ~ 1000	644 ± 39	655 ± 106	602 ± 63	649 ± 69	585 ± 71	656 ± 113
白血球	個/ μ l	4000 ~ 1万2千	6133 ± 1784	6200 ± 1696	5917 ± 1522	5583 ± 1102	5767 ± 631	5350 ± 831
桿状核好中球	%	0 ~ 2	2.7 ± 1.5	4.0 ± 2.4	2.7 ± 1.6	1.8 ± 0.8	2.0 ± 0.9	2.0 ± 1.5
分葉核好中球	%	15 ~ 45	29.3 ± 7.8	35.8 ± 10.4	25.7 ± 6.9	27.2 ± 7.7	21.7 ± 5.7	15.5 ± 7.6
好酸球	%	2 ~ 20	4.7 ± 2.0	5.7 ± 2.5	6.7 ± 2.0	3.3 ± 2.6	5.8 ± 3.1	6.5 ± 3.3
好塩基球	%	0 ~ 2	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.2 ± 0.4
リンパ球	%	45 ~ 75	55.0 ± 7.7	47.8 ± 12.0	61.7 ± 8.4	62.8 ± 8.2	67.8 ± 8.2	73.2 ± 10.1
単球	%	2 ~ 7	8.3 ± 2.9	6.7 ± 1.2	3.3 ± 2.0	4.8 ± 2.6	2.7 ± 0.8	2.7 ± 1.8
ヘマトクリット	%	24 ~ 46	36.1 ± 2.1	38.6 ± 7.4	34.8 ± 3.0	36.5 ± 3.2	33.2 ± 3.6	37.9 ± 6.1
ヘモグロビン	g/dl	8 ~ 15	12.8 ± 0.7	12.1 ± 1.0	12.1 ± 0.9	12.9 ± 1.3	11.6 ± 1.2	11.3 ± 0.9
M C V	fl	40 ~ 60	56.2 ± 3.9	59.0 ± 3.3	58.0 ± 2.2	56.5 ± 4.5	56.8 ± 3.9	57.8 ± 4.2
M C H	pg	11 ~ 17	19.9 ± 1.2	18.8 ± 1.9	20.2 ± 1.8	19.9 ± 1.6	20.0 ± 1.3	17.6 ± 2.7
M C H C	g/dl	30 ~ 36	35.4 ± 1.0	32.0 ± 3.6	34.7 ± 2.4	35.3 ± 0.8	35.1 ± 2.1	30.4 ± 4.4
血清蛋白	g/dl	6.2 ~ 8.2	7.1 ± 0.3	6.9 ± 0.3	6.8 ± 0.5	7.1 ± 0.5	6.8 ± 0.4	6.6 ± 0.3
アルブミン	g/dl	2.8 ~ 3.9	3.6 ± 0.2	3.5 ± 0.2	3.4 ± 0.3	3.6 ± 0.3	3.5 ± 0.3	3.4 ± 0.2
グロブリン	g/dl	2.9 ~ 4.9	3.5 ± 0.4	3.4 ± 0.3	3.4 ± 0.4	3.5 ± 0.5	3.4 ± 0.4	3.3 ± 0.5
A / G		0.6 ~ 1.3	1.1 ± 0.1	1.0 ± 0.1	1.0 ± 0.1	1.0 ± 0.2	1.0 ± 0.2	1.0 ± 0.2
ALT(GPT)	IU	6.9 ~ 35.3	11.3 ± 2.4	11.3 ± 2.8	13.3 ± 3.9	11.3 ± 2.2	11.8 ± 2.0	14.2 ± 3.8
AST(GOT)	IU	45.3 ~ 110	39.8 ± 4.8	37.2 ± 2.9	39.8 ± 3.5	53.0 ± 12.3	43.7 ± 9.6	51.2 ± 9.4
C P K	IU	14.4 ~ 107	30.7 ± 64.4	15.0 ± 26.6	8.7 ± 11.6	25.0 ± 33.9	19.7 ± 25.3	19.5 ± 29.6
-GTP	IU	9.8 ~ 51.4	25.2 ± 4.9	25.8 ± 4.1	24.5 ± 4.0	28.7 ± 7.2	28.2 ± 9.7	27.8 ± 10.6
L D H	IU	617 ~ 1876	1276 ± 238	1306 ± 104	1275 ± 156	1748 ± 199	1428 ± 193	1453 ± 169
カルシウム	mg/dl	8.4 ~ 11.0	10.3 ± 0.5	11.2 ± 0.5	10.9 ± 0.4	10.8 ± 0.5	11.3 ± 0.9	11.2 ± 0.7
リン	mg/dl	4.3 ~ 7.8	5.1 ± 1.0	4.9 ± 0.6	5.6 ± 0.8	5.2 ± 0.5	6.1 ± 0.2	5.4 ± 0.5
Ca/IP		2	2.1 ± 0.4	2.3 ± 0.3	2.0 ± 0.3	2.1 ± 0.3	1.8 ± 0.1	2.1 ± 0.1
ビルビリル	mg/dl	0.1 ~ 0.8	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.5 ± 0.0	0.4 ± 0.1
コレステロール	mg/dl	62.1 ~ 192	107 ± 15	101 ± 14	100 ± 12	116 ± 22	104 ± 23	99 ± 16
尿素窒素	mg/dl	7.8 ~ 24.6	10.7 ± 1.9	13.5 ± 1.9	10.7 ± 1.9	9.7 ± 1.0	11.5 ± 2.3	9.5 ± 2.2
クレアチニン	mg/dl	0.6 ~ 1.8	1.5 ± 0.2	1.7 ± 0.2	1.4 ± 0.2	1.6 ± 0.1	1.7 ± 0.2	1.4 ± 0.1
コルチゾル	μ g/dl	0.2 ~ 1.5	1.4 ± 0.5	1.4 ± 0.3	1.6 ± 0.4	1.3 ± 0.2	1.6 ± 0.3	1.3 ± 0.3

表4. 育成牛の血液検査結果

検査項目	単位	正常範囲	育成牛試験区			育成牛対照区		
			システム試験前 (2005/01/27)	システム試験中 (2005/02/14)	システム試験後 (2005/03/02)	システム試験前 (2005/01/27)	システム試験中 (2005/02/14)	システム試験後 (2005/03/02)
赤血球	× 10 ⁴ 個/μl	500 ~ 1000	727 ± 88	704 ± 89	695 ± 57	747 ± 62	702 ± 70	707 ± 62
白血球	個/μl	4000 ~ 1万2千	6167 ± 301	6350 ± 750	6200 ± 970	7400 ± 1688	7650 ± 1524	7550 ± 1078
桿状核好中球	%	0 ~ 2	3.2 ± 1.2	2.5 ± 1.2	2.0 ± 1.8	3.5 ± 1.5	3.2 ± 1.3	1.5 ± 1.0
分葉核好中球	%	15 ~ 45	26.8 ± 8.3	22.3 ± 4.9	23.3 ± 4.5	16.8 ± 5.3	19.7 ± 4.5	21.2 ± 5.9
好酸球	%	2 ~ 20	5.0 ± 3.7	3.8 ± 2.8	6.5 ± 5.4	3.7 ± 2.2	5.0 ± 2.0	3.2 ± 2.9
好塩基球	%	0 ~ 2	0.0 ± 0.0	0.2 ± 0.4	0.2 ± 0.4	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.7 ± 0.8
リンパ球	%	45 ~ 75	61.0 ± 10.6	68.7 ± 9.3	61.8 ± 8.6	73.7 ± 4.3	68.2 ± 7.5	67.7 ± 7.4
単球	%	2 ~ 7	4.0 ± 2.9	2.5 ± 1.6	6.2 ± 1.8	2.3 ± 1.9	4.0 ± 3.0	5.8 ± 2.0
ヘマトクリット	%	24 ~ 46	36.8 ± 3.6	36.1 ± 4.5	34.9 ± 2.7	35.4 ± 0.8	33.1 ± 1.8	33.1 ± 3.1
ヘモグロビン	g/dl	8 ~ 15	12.6 ± 1.1	12.7 ± 1.3	12.2 ± 0.8	12.0 ± 0.4	11.8 ± 0.4	11.5 ± 0.9
M C V	fl	40 ~ 60	50.8 ± 3.7	51.2 ± 2.1	50.3 ± 1.9	47.5 ± 3.1	47.3 ± 3.1	46.8 ± 2.5
M C H	pg	11 ~ 17	17.4 ± 1.1	18.0 ± 0.6	17.5 ± 0.7	16.1 ± 1.4	16.9 ± 1.4	16.3 ± 1.3
M C H C	g/dl	30 ~ 36	34.2 ± 1.0	35.2 ± 1.3	34.8 ± 1.4	33.9 ± 1.3	35.7 ± 1.0	34.8 ± 2.6
血清蛋白	g/dl	6.2 ~ 8.2	5.8 ± 0.3	5.7 ± 0.2	5.4 ± 0.1	5.5 ± 0.2	5.4 ± 0.2	5.3 ± 0.4
アルブミン	g/dl	2.8 ~ 3.9	3.4 ± 0.2	3.5 ± 0.1	3.5 ± 0.2	3.2 ± 0.1	3.2 ± 0.2	3.1 ± 0.2
グロブリン	g/dl	2.9 ~ 4.9	2.4 ± 0.2	2.2 ± 0.3	2.0 ± 0.3	2.3 ± 0.3	2.2 ± 0.2	2.2 ± 0.2
A / G		0.6 ~ 1.3	1.4 ± 0.1	1.6 ± 0.3	1.8 ± 0.4	1.4 ± 0.2	1.5 ± 0.1	1.4 ± 0.1
ALT(GPT)	IU	6.9 ~ 35.3	15.2 ± 8.2	14.3 ± 7.0	15.7 ± 7.4	14.3 ± 5.2	16.0 ± 7.6	15.5 ± 8.3
AST(GOT)	IU	45.3 ~ 110	35.8 ± 14.9	34.2 ± 15.4	35.5 ± 9.8	33.3 ± 9.9	37.8 ± 11.5	34.2 ± 10.8
C P K	IU	14.4 ~ 107	45.5 ± 55.7	21.8 ± 22.9	35.8 ± 23.6	9.3 ± 11.2	46.0 ± 32.8	51.8 ± 61.8
-GTP	IU	9.8 ~ 51.4	21.3 ± 4.2	22.2 ± 5.3	20.7 ± 5.6	20.3 ± 2.6	21.3 ± 2.7	21.7 ± 3.4
L D H	IU	617 ~ 1876	1845 ± 308	1925 ± 266	1952 ± 166	1797 ± 724	1792 ± 472	1597 ± 422
カルシウム	mg/dl	8.4 ~ 11.0	12.3 ± 1.0	12.3 ± 0.7	12.5 ± 0.5	11.8 ± 0.9	12.4 ± 0.2	12.2 ± 0.7
リン	mg/dl	4.3 ~ 7.8	8.6 ± 0.7	8.3 ± 0.8	7.5 ± 0.8	8.4 ± 0.7	7.7 ± 0.6	7.1 ± 1.1
Ca/IP		2	1.4 ± 0.1	1.5 ± 0.1	1.7 ± 0.2	1.4 ± 0.2	1.6 ± 0.1	1.8 ± 0.3
ビルビリル	mg/dl	0.1 ~ 0.8	0.4 ± 0.0	0.5 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.0	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.1
コレステロール	mg/dl	62.1 ~ 192	119 ± 14	112 ± 20	115 ± 15	131 ± 26	131 ± 27	132 ± 29
尿素窒素	mg/dl	7.8 ~ 24.6	6.7 ± 2.0	5.5 ± 0.8	6.2 ± 1.8	5.7 ± 1.6	5.7 ± 1.0	6.0 ± 1.5
クレアチニン	mg/dl	0.6 ~ 1.8	1.4 ± 0.1	1.5 ± 0.1	1.4 ± 0.1	1.3 ± 0.1	1.4 ± 0.1	1.3 ± 0.1
コルチゾル	μg/dl	0.2 ~ 1.5	1.9 ± 0.7	1.5 ± 0.3	1.5 ± 0.7	1.3 ± 0.3	1.9 ± 0.4	1.5 ± 0.5

激しい運動やストレスによって増加するといわれる白血球についても、基準値内での推移であった。また、ストレス指標として用いられるコルチゾルについても対照区との差はみられなかった。

4. おわりに

今回の「電子タグ」で計測した胃内温度と直腸温との相関(0.56)は必ずしも高いものではなかった。これは「電子タグ」システムのセットアップと平行して実施したため、複数の条件下での影響を受けたものと考えられる。今後、条件をそろえてデータ数を増やし、健康管理等への利活用を図りたい。黒毛和種において分娩前や発情時に体温が変化することが報告¹⁾²⁾³⁾されているので、胃内温でもそれらの変化を捉えることが可能かどうかは、今後の課題である。

牛タグの影響評価については、牛の飼養管理技術として、採食時に誤飲するクギなどの異物を胃底にとどめるための磁石の投与の実績があったが、念のために実施し悪影響のないことを確認した。今回の牛タグは磁石の機能も持ち合わせているので、「電子タグ」システムの実用性や低コスト化によっては、牛タグを投与することが全国で標準技術となることが期待される。

今後、さらに生産・流通現場での「電子タグ」利活用研究を推進し、消費者への「安全」・「安心」な飛騨牛の供給に利することを目指す。

なお、この研究は総務省の公募研究「電子タグの高度利活用技術に関する研究開発」を受託している日本電気株式会社(NEC)と共同で実施したものであり、ここに感謝の意を表す。

- 1) 津田敏ら。(1995) 黒毛和種の運動量及び体温の変化による発情推定。富山県畜産試験場研究報告, 12:1-8
- 2) 栗原昭広ら。(1998) 黒毛和種の分娩前体温低下による分娩時刻予測(環境要因との解析)。鳥取県畜産試験場研究報告, 27:12-15
- 3) 塚本章夫ら。(1991) 肉用牛の制限哺乳が繁殖機能に及ぼす影響。岡山県総合畜産センター研究報告, 2:23-26