

## 愛媛あかね和牛（黒毛和種肥育牛）の発育、肥育に係る 体重、体高、胸囲の非線形成長曲線による推定

岡幸宏<sup>\*</sup>、峯森雄高<sup>\*\*</sup>、二宮友里絵

### 要約

愛媛あかね和牛は、2015年度に開発した赤身肉、増体性、早期肥育を重視した愛媛県のブランド肥育牛である。この愛媛あかね和牛の実績に基づいた発育、肥育の指標とするため、去勢牛89頭、雌牛23頭の実測データを基に、体重、体高および胸囲について4つの非線形成長曲線に当てはめ、成長曲線を推定した。体重については、1つの成長曲線では偏りや差異が見られたことから、日齢期間の異なる2つの成長曲線（0-300日齢および300日齢以降）により推定した。去勢牛、雌牛ともに0-300日齢ではゴンペルツモデル、300日齢以降はロジスティックモデル、体高および胸囲はブロディーモデルを採用し、成長曲線および日齢に応じた推定値を算定した。その結果、気高系および藤良系の血統構成が中心である愛媛あかね和牛は、発育スピードが速く、体格・骨格を含めて大型であると考えられ、褐毛和種、日本短角種並みの発育であった。また、体重について、「愛媛あかね和牛飼料給与マニュアル」の体重基準と比較したところ、成長曲線推定値がやや上回る傾向を示しており、愛媛あかね和牛開発以降の増体に関する改良や効果的な交配および飼養基準となっている「愛媛あかね和牛飼料給与マニュアル」が一定の効果をもたらしていることが示唆された。

キーワード：黒毛和種、肥育牛、体重、体高、胸囲、非線形成長曲線

### 緒言

愛媛あかね和牛は、“赤身と脂肪のバランスが良い牛肉”をコンセプトに、当センターにおいて2015年度に開発した愛媛県のブランド肥育牛である。脂肪交雑を特徴とする黒毛和種に、赤身肉の美味しさをうまく特徴付けしていくことで、新たな和牛肉を創出しようとするとともに、可能な限り低コストな和牛肥育を目指したものである。そのため、増体性、赤身肉に重点を置いた素牛の交配や飼養管理を実施している。牛肉の特徴づけとして、BMSNo3~9であることや、給与飼料に柑橘搾汁粕やアマニ脂肪酸カルシウムを添加することを要件とするとともに、効率的な生産を行うため、増体性の高い素牛生産や早期肥育も要件としている。そこで、愛媛あかね和牛生産者からは、正常な発育、増体を定期的に確認するため、愛媛あかね和牛の飼養管理方法や月齢に応じた成長の目安となる「愛

媛あかね和牛飼料給与マニュアル（以降飼料給与マニュアル）」が作成されているが、これに加えて実績に基づいた体重、体高、胸囲の指標が必要とされている。

一方、成長の目安となる肉用牛、乳用牛等の体重、体高、胸囲等について、4~5種類の非線形成長曲線モデルを当てはめ、そのうち、当てはまりの良い成長曲線モデルを採用し、推定や解析を行った事例や研究が多数報告されている<sup>1) 2) 3) 4) 5)</sup>。また、肉用牛については、特に(社)全国和牛登録協会が作成した「黒毛和種正常発育曲線」<sup>6)</sup>により、和牛の外貌審査や改良方向を考えるうえで大いに役立っているが、これも4つの非線型発育モデルを検討し、肉用牛の発育曲線を推定している。これら発育・成長曲線の推定は、和牛の改良状況の把握、定期的な発育状況を確認する指標として有効であると考えられる。

今回、これらの報告を参考にしながら、愛媛あかね和牛生産者および関係機関の発育、肥育状況の参考指標とすることを目的に、現時点での愛媛あかね和牛の体重、体高、胸囲について非線形成長曲線に当てはめ、近似式による推定を行った。

### 材料および方法

調査牛は、2015年4月～2020年10月までに愛媛県畜産研究センターで飼育、出荷され、現行要件で愛媛あかね和牛として認定された黒毛和種去勢牛89頭、雌牛23頭を対象とした。

各肥育牛の飼養管理は、当センターの慣行法及び飼料給与マニュアルによるものとし、概ね以下の飼育環境で実施した。出生後概ね4ヶ月齢までは、繁殖牛舎で母牛同居による管理を行い、母乳と定期的な人工乳増給および適量の乾草給与を行った。離乳後は、育成牛舎で2～4頭の群管理を行い、概ね8ヶ月齢まで育成配合飼料及び適量の良質乾草を給与した。8ヶ月齢以降は、2頭1群の肥育牛舎で、発育状況や飼料給与マニュアルに応じて適量の濃厚飼料（肥育前期、肥育後期）、乾草を給与し、加えて、愛媛あかね和牛の飼料要件である柑橘搾汁粕、アマニ脂肪酸カルシウムを飼料給与マニュアルに従って給与する飼養形態とし、28ヶ月齢までの出荷とした。

調査牛の各種測定値のうち欠測値や外れ値は除外し、去勢牛0～794日齢、雌牛0～827日齢で、去勢牛は、それぞれの実測値1,855～2,050点（1頭当り20.8～23.0点）、雌牛は525～590点（1頭当り22.8～25.7点）のデータを調査対象とした（表1）。

これらのデータを基に、畜産分野でよく利用されている以下の4つの非線形成長曲線モデルに当てはめた。体重、体高および胸囲について、調査牛の全データを個体毎にそれぞれブロディー（Brody）モデル、ベルタランフイー（Bertalanffy）モデル、ゴンペルツ（Gompertz）モデル、ロジスティック（Logistic）モデルに

表1 利用した各測定の実測点数

性別	供用頭数	実測値点数		
		体重	体高	胸囲
去勢牛	89	2,050	1,855	1,999
		23.0	20.8	22.5
雌牛	23	590	525	573
		25.7	22.8	24.9

※上段：欠測値、棄却値を除き推定に使用した全実測値点数  
下段：1成長曲線（1頭）に利用した平均実測値点数

表2 各成長曲線モデルの名称と数式

モデル名称	数式
ゴンペルツ (Gompertz)	$Y_t = A e^{(-Be)^{-kt}}$
ロジスティック (Logistic)	$Y_t = A / (1.0 - Be^{(-kt)})$
ブロディー (Brody)	$Y_t = A(1 - Be^{(-kt)})$
ベルタランフイー (Von Bertalanffy)	$Y_t = A(1.0 - Be^{(-kt)})^3$

※A: 成熟値、k: 成熟速度、B: 積分定数  
Yt: 日齢に対応した測定値、e: 自然対数

当てはめ、各推定式のパラメーターA（成熟値）、K（成熟速度）、B（積分定数）を推定し、各個体の日齢毎の推定値を算定した（表2）。

また、適合度判定のため、これらの推定式の赤池情報量基準（AIC）を算定し、これらの平均値を基に最適なモデルの選定及び成長曲線を推定した。

最適と考えられた成長曲線は、推定値と実測値の偏差と分布状況等を確認し、成長曲線の偏り具合や差異を検討した。数値の偏りや変動が大きい曲線については、推定値が近似ではないと考えられたため、その要因に応じて、対象とする日齢期間を変えるなど設定を変えて、再度計算を行った。

また、個体毎の成長曲線から算定した推定値を基に標準偏差を算定し、 $\pm 1.5\sigma$ （正規分布の概ね86%に含まれる範囲）の範囲に相当する成熟値（A）を推定した成長曲線の成熟値に代入して上限・下限曲線を算定した。これら成長曲線モデルの当てはめ及び推定には、統計ソフト“R”<sup>7)</sup>を使用した。

### 結果および考察

#### （1）成長曲線モデルの当てはめ

調査は去勢牛89頭及び雌23頭を供用した（表3）。愛媛あかね和牛は、増体重視とした肥育形態であるため、去勢牛で47頭/89頭（53%）、雌牛19頭/23頭（83%）が気高系種雄牛を父とする肥育牛であった。また、全体で103頭/112

表3 成長曲線に供試した系統別頭数

系統名	去勢肥育牛		雌肥育牛	
	系統別頭数	(種雄牛数)	系統別頭数	(種雄牛数)
気高系	47	(12)	19	(10)
藤良系	35	(4)	2	(2)
田尻系	7	(3)	2	(1)
合計	89	(19)	23	(13)

頭(92%)が気高系および藤良系の種雄牛を父とする肥育牛であった。

去勢牛および雌牛肥育牛の0日齢～出荷までの体重、体高および胸囲について、表2に示す4つの成長曲線モデルに当てはめ、AICの値が小さいものを最適なモデルとして選定した。その結果、去勢牛および雌牛ともに最適なモデルの傾向は一致しており、体重については、ベルタランフィーモデル、体高、胸囲では、ブロディーモデルが最適なモデルと考えられた。

全体的に各推定式に従って、反復計算による解は収束していたが、体重におけるブロディーモデルの当てはめは、収束しないものが多く、去勢牛は27%、雌牛22%程度で解が得られなかつ

表4 各成長曲線の赤池情報量基準(AIC)の比較

各成長曲線	0-810日齢 去勢			0-840日齢 雌		
	体重	体高	胸囲	体重	体高	胸囲
ゴンペルツ曲線	193.9	84.2	128.2	215.4	94.4	146.4
ロジスティック曲線	214.1	86.4	136.4	235.7	97.3	154.6
ブロディー曲線	-	83.9	120.4	-	93.2	137.8
ベルタランフィー曲線	183.9	84.0	125.4	206.7	93.8	143.4

※-: 収束解が得られない個体数が多かった(概ね20%以上)ことから、記載していない。

た。また、体重については、収束しない解が多かったブロディーモデルを除いて、ベルタランフィーモデル、ゴンペルツモデル、ロジスティックモデルの順に、体高および胸囲については、ブロディーモデル、ベルタランフィーモデル、ゴンペルツモデル、ロジスティックモデルの順に適合度(AIC)が良かった(表4)。

これら最適な成長曲線モデルの偏りについての目安とするため、各日齢毎の推定値と実測値の偏差及び分布状況を確認した(表5及び表6)。

体重では、概ね0～300日齢の期間で比較的大きな変動を示していた。去勢牛では、0日齢の実測値が39.7kgであるのに対し、推定値は51.3

表5 去勢牛における各実測値と成長曲線推定値の差異と分布(偏り)状況

区分	適応モデル	推定値と実測値の比較	実測値 分布日齢										
			0	1-60	61-120	121-180	181-240	241-300	301-420	421-540	541-660	661-	計
去勢牛 体重	ベルタランフィー曲線	差異(実測値-推定値) (kg)	-11.6	-9.9	-6.7	9.1	12.0	9.3	-1.2	-9.6	0.3	5.5	-
		推定値に対する差異の割合 (%)	-22.6	-13.3	-5.4	4.9	4.7	2.9	-0.3	-1.7	0.1	0.7	-
		推定値を上回る分布点	8	14	34	142	144	130	138	43	175	151	979
		推定値を下回る分布点	80	130	125	24	14	21	186	284	147	60	1,071
去勢牛 体高	ブロディー曲線	差異(実測値-推定値) (cm)	0.9	-0.4	-0.5	0.0	-0.1	0.7	0.1	-0.3	0.0	0.1	-
		推定値に対する差異の割合 (%)	1.2	-0.5	-0.5	0.0	-0.1	0.6	0.1	-0.2	0.0	0.1	-
		推定値を上回る分布点	60	50	55	73	75	95	160	125	133	90	916
		推定値を下回る分布点	23	86	98	85	83	47	135	158	142	82	939
去勢牛 胸囲	ブロディー曲線	差異(実測値-推定値) (cm)	-2.8	0.2	0.3	1.8	1.2	0.5	-0.6	-1.6	0.3	1.1	-
		推定値に対する差異の割合 (%)	-3.5	0.2	0.3	1.4	0.8	0.3	-0.3	-0.8	0.1	0.5	-
		推定値を上回る分布点	11	80	87	127	105	79	121	99	170	120	999
		推定値を下回る分布点	76	68	69	39	53	69	189	221	138	78	1,000

※差異(推定値-実測値): 各分布日齢の実測値と対する日齢の推定値の差異を示しており、それらの平均値を表記している。

表6 雌牛における各実測値と成長曲線推定値の差異と分布(偏り)状況

区分	適応モデル	推定値と実測値の比較	実測値 分布日齢										
			0.0	1-60	61-120	121-180	181-240	241-300	301-420	421-540	541-660	661-	計
雌牛 体重	ベルタランフィー曲線	差異(実測値-推定値) (kg)	-12.2	-11.5	-6.1	6.5	13.5	10.0	-2.7	-11.7	-0.1	-0.6	-
		推定値に対する差異の割合 (%)	-25.5	-17.5	-5.5	4.0	6.1	3.5	-0.7	-2.9	0.0	-0.1	-
		推定値を上回る分布点	1	2	9	35	40	33	39	8	45	56	268
		推定値を下回る分布点	22	38	32	8	5	7	48	73	40	49	322
雌牛 体高	ブロディー曲線	差異(実測値-推定値) (cm)	1.1	-0.8	-0.4	0.1	0.4	0.5	0.0	-0.1	-0.5	0.2	-
		推定値に対する差異の割合 (%)	1.5	-1.0	-0.4	0.1	0.4	0.4	0.0	0.0	-0.4	0.2	-
		推定値を上回る分布点	17	12	17	24	24	24	36	34	27	51	266
		推定値を下回る分布点	6	22	24	18	17	14	37	35	47	39	259
雌牛 胸囲	ブロディー曲線	差異(実測値-推定値) (cm)	-3.4	-0.7	1.2	2.5	1.6	1.0	-1.2	-1.9	0.7	0.4	-
		推定値に対する差異の割合 (%)	-4.4	-0.8	1.1	2.0	1.2	0.7	-0.7	-1.0	0.4	0.2	-
		推定値を上回る分布点	3	16	30	37	33	20	26	20	45	53	283
		推定値を下回る分布点	20	24	11	6	11	18	58	61	32	49	290

※差異(推定値-実測値): 各分布日齢の実測値と対する日齢の推定値の差異を示しており、それらの平均値を表記している。

愛媛あかね和牛（黒毛和種肥育牛）の発育、肥育に係る  
体重、体高、胸囲の非線形成長曲線による推定

表7 再計算した体重における各成長曲線の赤池情報量基準(AIC)の比較

各成長曲線	体重 去勢		体重 雌	
	0-300 日齢	300日齢 以降	0-300 日齢	300日齢 以降
ゴンペルツ曲線	65.2	95.4	65.6	119.0
ロジスティック曲線	66.8	94.6	65.8	116.7
プロディー曲線	-	-	-	-
ベルタランフィー曲線	67.0	96.2	67.3	119.9

※-: 収束解が得られない個体数が多かったことから、記載していない。

いたが、顕著な違いではないと考えた。また、それ以降は、大きな偏りは見られなかったことから、プロディーモデルについては、全体的に適合していると考えた。

体重については、概ね0~300日齢で実測値と

表8 去勢牛及び雌牛の再試行による実測体重と成長曲線推定体重の差異と分布(偏り)状況

区分	推定値と実測値の比較	実測値 分布日齢											
		ゴンペルツ曲線						ロジスティック曲線					計
		0.0	1-	61-	121-	181-	241-	301-	421-540	541-660	661-		
去勢牛	差異(実測値-推定値) (kg)	1.3	1.3	-2.8	2.0	-0.4	-0.2	0.8	-1.8	1.7	-1.1	-	
	推定値に対する差異の割合 (%)	3.4	2.0	-2.3	1.0	-0.2	-0.1	0.2	-0.3	0.3	-0.2	-	
体重	推定値を上回る分布点	54	87	46	105	84	77	191	128	194	95	1,061	
	推定値を下回る分布点	34	57	113	61	74	74	133	199	128	116	989	
雌牛	差異(実測値-推定値) (kg)	1.2	0.8	-1.6	1.0	1.2	0.4	2.3	-3.0	3.4	-2.2	-	
	推定値に対する差異の割合 (%)	3.4	1.5	-1.6	0.6	0.5	0.1	0.6	-0.6	0.6	-0.3	-	
体重	推定値を上回る分布点	13	22	17	24	30	20	56	18	61	42	303	
	推定値を下回る分布点	10	18	24	19	15	20	31	63	24	63	287	

※差異(推定値-実測値): 各分布日齢の実測値と対する日齢の推定値の差異を示しており、それらの平均値を表記している。

表9 利用した各成長曲線のモデルとパラメータ

性別	測定項目	推定日齢	適応モデル	A	k	B
				(成熟値)	(成熟速度)	(積分定数)
去勢牛	体重	0-300日齢	ゴンペルツ曲線	531.4	0.006220	0.072533
		300-810日齢	ロジスティック曲線	1,037.5	0.003999	6.215697
	体高	0-810日齢	プロディー曲線	149.0	0.003220	0.505085
		0-810日齢	プロディー曲線	298.7	0.001680	0.734690
雌牛	体重	0-300日齢	ゴンペルツ曲線	486.3	0.006158	0.070903
		300-840日齢	ロジスティック曲線	939.0	0.004212	6.982937
	体高	0-840日齢	プロディー曲線	137.7	0.003524	0.474713
		0-840日齢	プロディー曲線	293.6	0.001601	0.735224

推定値の偏りや差異が大きく、1本の成長曲線では近似式は得られないと考えた。これは発育性の違いや給与飼料、飼養環境の違いによる影響により、変曲点が2つ以上存在し、成長時期により増体の傾向が異なるものと推測し、成長環境が異なる時期の区分が必要と

kgと推定値に比べ実測値は 11.6 kg低い値であり、体重比で 22.6%の違いが見られた。また、推定値を上回る分布が 8 点/88 点 (9%)、下回る分布が 80 点/88 点 (91%) と偏りも大きい傾向であった。分布はその後、実測値が推定値を 120 日齢あたりまで下回り、それ以降 300 日齢まで上回る分布が見られ、実測値と体重比で 2.9~13.3%の違いが見られた。また、300 日齢以降も比較的偏って推移していることから、ベルタランフィーモデルは、4 つの成長曲線の中で当てはまりが良いものの、日齢毎の近似の平均推定値を考えるうえでは、適していないと考えられた。このことは、雌牛でも同様な傾向が認められた。

一方、体高は、去勢牛、雌牛ともに日齢毎の大きな変動は見られず、胸囲については、0 日齢の実測値が 76.3 cm に対し、推定値 79.1 cm と 2.8 cm の差異が見られやや偏った分布となって

考えた。

そこで、表 5 および表 6 に示した推定値と実測値の関係から、概ね 300 日齢までの差異が大きいと考えられたため、再度、去勢牛、雌牛ともに 0~300 日齢、300 日齢以降の 2 つの発育期間に区分し、再度 4 つの成長曲線モデルに当てはめ最適な成長曲線を検討した。その結果、去勢牛、雌牛ともに 0~300 日齢ではゴンペルツ曲線、300 日齢以降ではロジスティック曲線が最適な AIC を示した (表 7)。

また、再度、成長曲線モデルの偏りを検討するため、各日齢毎の推定値と実測値の偏差及び分布状況を調査した (表 8)。去勢牛、雌牛ともに、多少の偏りや差異は見られるが、推定値に対し概ね 3.5%以内の差異に収まっており、適当な曲線であると判断した。但し、2 つの成長曲線の重なる 300 日齢の体重は、去勢牛 7.1 kg、雌牛 4.7 kg の差異が発生した。

表10 畜産研究センター飼養における愛媛あかね和牛(去勢肥育牛および雌肥育牛)の30日毎の各測定推定値

去勢牛 体重				去勢牛 体高				去勢牛 胸囲			
0-300日齢 ギンペルツ曲線		300~810日齢 ロジスティック曲線		0-810日齢 プロディー曲線		0-810日齢 プロディー曲線		0-810日齢 プロディー曲線		0-810日齢 プロディー曲線	
(月齢)	日齢	推定 平均値	発育範囲目安 (±1.5σ:86% 範囲内)	(月齢)	日齢	推定 平均値	発育範囲目安 (±1.5σ:86% 範囲内)	(月齢)	日齢	推定 平均値	発育範囲目安 (±1.5σ:86% 範囲内)
0	0	38.5	30.7 - 46.4	0	0	73.7	71.0 - 76.4	0	0	79.2	76.1 - 82.4
1	30	60.2	48.0 - 72.4	1	30	80.6	77.7 - 83.6	1	30	90.0	86.4 - 93.6
2	60	87.3	69.6 - 105.0	2	60	86.9	83.7 - 90.1	2	60	100.3	96.3 - 104.3
3	90	118.7	94.6 - 142.7	3	90	92.6	89.2 - 96.1	3	90	110.0	105.7 - 114.4
4	120	153.2	122.1 - 184.2	4	120	97.8	94.2 - 101.4	4	120	119.3	114.6 - 124.1
5	150	189.3	151.0 - 227.7	5	150	102.5	98.8 - 106.3	5	150	128.1	123.0 - 133.2
6	180	225.7	179.9 - 271.4	6	180	106.8	102.9 - 110.7	6	180	136.5	131.1 - 142.0
7	210	261.1	208.2 - 314.0	7	210	110.7	106.6 - 114.8	7	210	144.5	138.7 - 150.2
8	240	294.7	235.0 - 354.4	8	240	114.2	110.0 - 118.4	8	240	152.1	146.0 - 158.1
9	270	325.8	259.8 - 391.8	9	270	117.4	113.1 - 121.7	9	270	159.3	152.9 - 165.6
10	300	354.1	282.3 - 425.8	10	300	120.3	115.9 - 124.7	10	300	166.1	159.5 - 172.8
10	300	361.2	318.3 - 404.1	11	330	123.0	118.4 - 127.5	11	330	172.6	165.8 - 179.5
11	330	389.9	343.6 - 436.3	12	360	125.3	120.7 - 130.0	12	360	178.8	171.7 - 186.0
12	360	416.5	369.7 - 469.4	13	390	127.5	122.8 - 132.2	13	390	184.7	177.4 - 192.1
13	390	449.8	396.4 - 503.3	14	420	129.5	124.7 - 134.3	14	420	190.3	182.7 - 197.9
14	420	480.6	423.5 - 537.7	15	450	131.3	126.5 - 136.1	15	450	195.7	187.9 - 203.5
15	450	511.6	450.8 - 572.4	16	480	132.9	128.0 - 137.8	16	480	200.7	192.7 - 208.7
16	480	542.7	478.2 - 607.2	17	510	134.4	129.4 - 139.3	17	510	205.5	197.3 - 213.7
17	510	573.7	505.5 - 641.8	18	540	135.7	130.7 - 140.7	18	540	210.1	201.7 - 218.5
18	540	604.2	532.4 - 676.0	19	570	136.9	131.9 - 142.0	19	570	214.5	205.9 - 223.0
19	570	634.2	558.8 - 709.5	20	600	138.1	133.0 - 143.1	20	600	218.6	209.9 - 227.3
20	600	663.3	584.5 - 742.1	21	630	139.1	133.9 - 144.2	21	630	222.5	213.7 - 231.4
21	630	691.5	609.3 - 773.7	22	660	140.0	134.8 - 145.1	22	660	226.3	217.3 - 253.3
22	660	718.6	633.2 - 804.0	23	690	140.8	135.6 - 146.0	23	690	229.8	220.7 - 239.0
23	690	744.5	656.0 - 833.0	24	720	141.5	136.3 - 146.8	24	720	233.2	223.9 - 242.5
24	720	769.0	677.7 - 860.4	25	750	142.2	137.0 - 147.5	25	750	236.4	227.0 - 245.9
25	750	792.2	698.1 - 886.4	26	780	142.8	137.6 - 148.1	26	780	239.5	230.0 - 249.1
26	780	814.0	717.2 - 910.7	27	810	143.4	138.1 - 148.7	27	810	242.4	232.8 - 252.1
27	810	834.3	735.2 - 933.4								

雌牛 体重				雌牛 体高				雌牛 胸囲			
0-300日齢 ギンペルツ曲線		300~840日齢 ロジスティック曲線		0-840日齢 プロディー曲線		0-840日齢 プロディー曲線		0-840日齢 プロディー曲線		0-840日齢 プロディー曲線	
(月齢)	日齢	推定 平均値	発育範囲目安 (±1.5σ:86% 範囲内)	(月齢)	日齢	推定 平均値	発育範囲目安 (±1.5σ:86% 範囲内)	(月齢)	日齢	推定 平均値	発育範囲目安 (±1.5σ:86% 範囲内)
0	0	34.5	29.5 - 39.2	0	0	72.3	69.6 - 75.0	0	0	77.7	74.8 - 80.7
1	30	53.9	46.2 - 61.3	1	30	78.9	76.0 - 81.8	1	30	87.9	84.6 - 91.2
2	60	78.1	66.9 - 88.9	2	60	84.8	81.6 - 88.0	2	60	97.5	93.9 - 101.2
3	90	106.3	91.1 - 121.0	3	90	90.1	86.8 - 93.5	3	90	106.7	102.7 - 110.7
4	120	137.4	117.7 - 156.3	4	120	94.9	91.3 - 98.4	4	120	115.5	111.1 - 119.8
5	150	170.1	145.7 - 193.5	5	150	99.2	95.5 - 102.9	5	150	123.8	119.2 - 128.5
6	180	203.0	173.9 - 231.0	6	180	103.0	99.2 - 106.9	6	180	131.8	126.9 - 136.7
7	210	235.3	201.5 - 267.7	7	210	106.5	102.6 - 110.5	7	210	139.4	134.2 - 144.6
8	240	265.9	227.8 - 302.6	8	240	109.7	105.6 - 113.7	8	240	146.6	141.1 - 152.1
9	270	294.4	252.2 - 335.0	9	270	112.5	108.3 - 116.7	9	270	153.5	147.8 - 159.3
10	300	320.5	274.5 - 364.6	10	300	115.0	110.7 - 119.3	10	300	160.1	154.1 - 166.1
10	300	315.8	276.6 - 354.6	11	330	117.3	112.9 - 121.6	11	330	166.3	160.1 - 172.6
11	330	342.8	300.3 - 384.9	12	360	119.3	114.9 - 123.8	12	360	172.3	165.9 - 178.8
12	360	370.7	324.8 - 416.3	13	390	121.2	116.7 - 125.7	13	390	178.0	171.3 - 184.7
13	390	399.4	349.9 - 448.5	14	420	122.8	118.3 - 127.4	14	420	183.4	176.5 - 190.3
14	420	428.7	375.5 - 481.3	15	450	124.3	119.7 - 129.0	15	450	188.6	181.5 - 195.7
15	450	458.2	401.4 - 514.5	16	480	125.7	121.0 - 130.3	16	480	193.5	186.3 - 200.8
16	480	487.9	427.4 - 547.8	17	510	126.9	122.2 - 131.6	17	510	198.2	190.8 - 205.6
17	510	517.4	453.2 - 581.0	18	540	128.0	123.2 - 132.7	18	540	202.7	195.1 - 210.3
18	540	546.5	478.7 - 613.7	19	570	128.9	124.1 - 133.7	19	570	207.0	199.2 - 214.7
19	570	575.0	503.7 - 645.7	20	600	129.8	125.0 - 134.7	20	600	211.0	203.1 - 218.9
20	600	602.8	528.0 - 676.9	21	630	130.6	125.7 - 135.5	21	630	214.9	206.8 - 222.9
21	630	629.5	551.5 - 706.9	22	660	131.3	126.4 - 136.2	22	660	218.6	210.4 - 226.8
22	660	655.2	573.9 - 735.7	23	690	132.0	127.1 - 136.9	23	690	222.1	213.8 - 230.4
23	690	679.5	595.3 - 763.1	24	720	132.5	127.6 - 137.5	24	720	225.5	217.0 - 233.9
24	720	702.6	615.5 - 788.9	25	750	133.1	128.1 - 138.0	25	750	228.7	220.1 - 237.2
25	750	724.2	634.4 - 813.2	26	780	133.5	128.6 - 138.5	26	780	231.7	223.0 - 240.4
26	780	744.4	652.1 - 835.9	27	810	133.9	129.0 - 138.9	27	810	234.6	225.8 - 243.4
27	810	763.2	668.6 - 857.0	28	840	134.3	129.3 - 139.3	28	840	237.4	228.5 - 246.3
28	840	780.5	683.8 - 876.5								

※ 体重については、2つの曲線を当てはめていることから、10ヶ月齢(300日齢)が重複している。

このように、体重は成長期間を変えた2つの曲線、体高、胸囲はそれぞれ1つの曲線によって対応していることから、表9にそれぞれの発育曲線のパラメーター値を示した。また、30日齢毎の体重、体高及び胸囲の平均推定値と±1.5σ内（概ね86%に含まれる分布）の範囲推定値を表10に示した。

(2) 愛媛あかね和牛の肥育状況について

血統構成や飼養管理方法、肥育年度等が異なることから、比較検討することは難しいものの推定した愛媛あかね和牛の体重および体高を日本飼養標準肉用牛の和牛の発育値<sup>8)</sup>と比較した(図1および図2)。

愛媛あかね和牛の推定値は、体重において20ヶ月齢付近を経過してもほぼ直線的な推移であり、褐毛和種や日本短角種並みの体重を示して

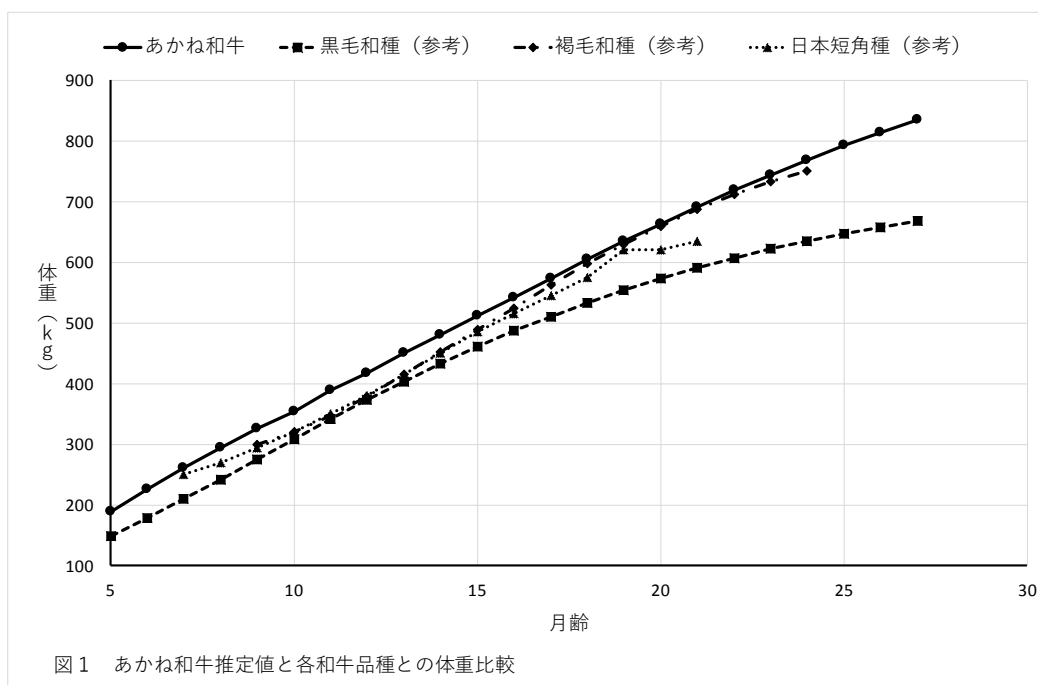


図1 あかね和牛推定値と各和牛品種との体重比較

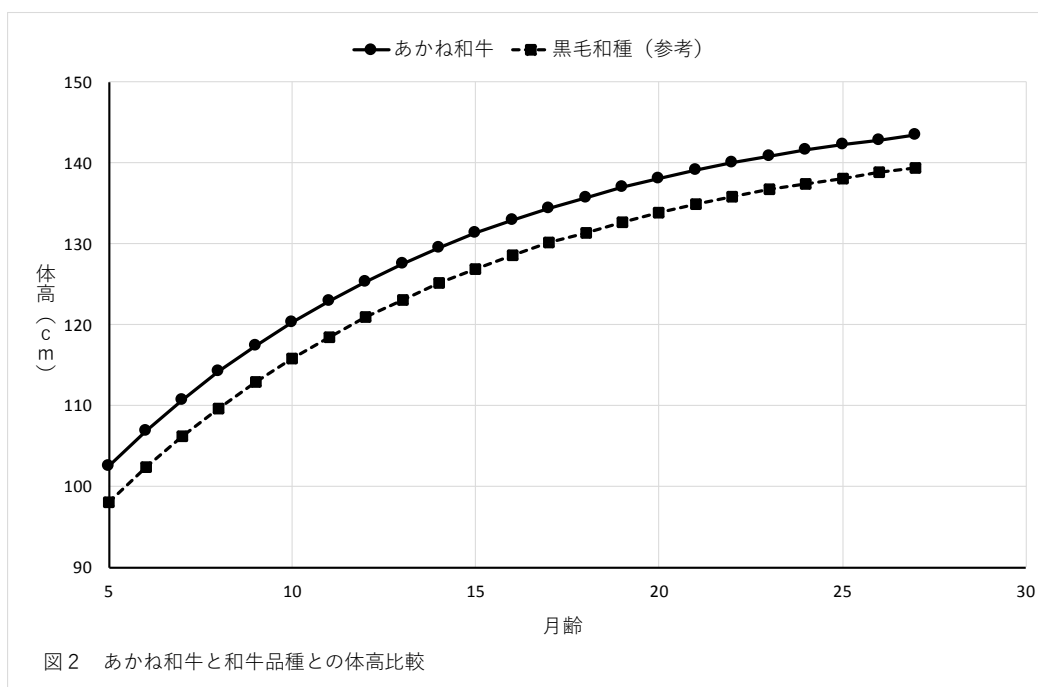


図2 あかね和牛と和牛品種との体高比較

いた。また、体高においては、各月齢で常に4～5 cm程度高い発育を示しており、気高系および藤良系の血統構成が中心である愛媛あかね和牛は、発育スピードが速い傾向であり、体格・骨格を含めて大型であると考えられた。

また、推定した体重を飼料給与マニュアルの体重基準（7～27ヶ月齢）と比較したところ、期間平均で去勢牛24 kg、雌牛18 kg程度高い推移となっていた（表11参照）。

今回作成した成長曲線は、2015年4月～2020年10月の5年7カ月にあかね和牛として出荷したものを対象としている。この期間も体重の推移は、徐々に向上する傾向が見られ、増体に関する牛群改良や効果的な交配が進んだものと考えられた。同時に、あかね和牛生産が始まり6

年を経過するが、飼料給与マニュアルに基づく飼料給与方法が一定以上の増体成果をあげてきたことも証明されたと考えている。今回作成した成長曲線は、体重については2つの曲線で検討したことから300日齢推定値に差異が生じ多少不明瞭となったことや、胸囲については、0日齢で実測値よりも推定値の方が高い傾向にあるなど、利用しにくいところはあるが、愛媛あかね和牛生産にあたり、生産している肥育牛が各日齢において、上位あるいは下位のどのあたりに位置しているのか、また、日齢変化の中で急激な変化は見られないかといった異常等を確認できる指標として対応してもらえればと考えている。また、和牛の改良は進行していることから、定期的な成長曲線の更新が必要である。

表11 作成した推定体重値と愛媛あかね和牛飼料給与マニュアル体重基準との比較

去勢牛 体重					雌牛 体重				
0-300日齢 ゴンベルツ曲線					0-300日齢 ゴンベルツ曲線				
300~810日齢 ロジスティック曲線					300~840日齢 ロジスティック曲線				
月齢	日齢	体重(kg)		差異(kg)	月齢	日齢	体重(kg)		差異(kg)
		飼料給与マニュアル	本報推定値				飼料給与マニュアル	本報推定値	
0	0	-	38.5	-	0	0	-	34.5	-
1	30	-	60.2	-	1	30	-	53.9	-
2	60	-	87.3	-	2	60	-	78.1	-
3	90	-	118.7	-	3	90	-	106.3	-
4	120	-	153.2	-	4	120	-	137.4	-
5	150	-	189.3	-	5	150	-	170.1	-
6	180	-	225.7	-	6	180	-	203.0	-
7	210	240	261.1	21.1	7	210	210	235.3	25.3
8	240	270	294.7	24.7	8	240	240	265.9	25.9
9	270	300	325.8	25.8	9	270	270	294.4	24.4
10	300	330	354.1	24.1	10	300	300	320.5	20.5
11	330	365	389.9	24.9	11	330	330	342.8	12.8
12	360	400	416.5	16.5	12	360	360	370.7	10.7
13	390	435	449.8	14.8	13	390	390	399.4	9.4
14	420	470	480.6	10.6	14	420	420	428.7	8.7
15	450	500	511.6	11.6	15	450	450	458.2	8.2
16	480	535	542.7	7.7	16	480	480	487.9	7.9
17	510	565	573.7	8.7	17	510	510	517.4	7.4
18	540	595	604.2	9.2	18	540	540	546.5	6.5
19	570	620	634.2	14.2	19	570	565	575.0	10.0
20	600	645	663.3	18.3	20	600	590	602.8	12.8
21	630	665	691.5	26.5	21	630	615	629.5	14.5
22	660	685	718.6	33.6	22	660	635	655.2	20.2
23	690	705	744.5	39.5	23	690	655	679.5	24.5
24	720	730	769.0	39.0	24	720	675	702.6	27.6
25	750	750	792.2	42.2	25	750	693	724.2	31.2
26	780	770	814.0	44.0	26	780	710	744.4	34.4
27	810	785	834.3	49.3	27	810	728	763.2	35.2
(期間平均値) 24.1					(期間平均値) 18.0				

※10ヶ月齢(300日齢)の作成推定値は、0-300日齢で推定した体重値を表記。

#### 参考文献

- 1) 一般社団法人日本ホルスタイン登録協会:ホルスタイン種雄牛の推奨発育値令和2年3月(2020)
- 2) 寺脇良悟, 新納正之, 山口斉, 熊田善一郎, 福井豊:ホルスタイン種雄牛の個体成長記録に対する非線形成長モデルの当てはめ, 北畜会報, 38, 35-38 (1996)
- 3) 師守埜, 平方健, 鈴木三義, 三好俊三, 光本孝次: 非線形成長曲線モデルを用いたホルスタイン雌牛の成長に関する研究, 帯大研報, 14, 163-173 (1985)
- 4) 住尾善彦, 守田智, 松本道夫, 木場俊太郎: 褐毛和種去勢牛の肥育期間における増体曲線の作成, 西日本畜産学会報, 35, 39-41 (1992)
- 5) 吉村文孝, 安藤洋: 口之島牛(Bos Taurus)の成長曲線の作成とその特徴, 平成26年度第10回名古屋大学技術研修会報告(2015)
- 6) 社団法人全国和牛登録協会: 黒毛和種正常発育曲線(2004)
- 7) R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- 8) 中央畜産会: 日本飼養標準肉用牛(2008年版), 和牛の発育, 198-199 (2008)