HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ホルスタイン種雌牛の体尺測定値の発育様相
Author(s)	久内, 英明; 清水, 弘; 上田, 純治; 八戸, 芳夫; 澤崎, 一幸; 福山, 見孝
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 14(3), 301-310
Issue Date	1985-03-18
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/12028
Type	bulletin (article)
File Information	14(3)_p301-310.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

ホルスタイン種雌牛の体尺測定値の発育様相

久内英明・清水　弘
上田純治・八戸芳夫
(北海道大学農学部家畜育種学講座)
澤崎一幸・福山見孝
(農林水産省，新冠種畜牧場)
(昭和59年11月5日受理)

Growth Pattern of Body Measurements in Holstein Cows

Hideaki HISAUCHI, Hiroshi SHIMIZU, Junji UEDA,
and Yoshio HACHINOHE
(Department of Animal Science, Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo 060, Japan)
Kazuyuki SAWAZAKI and Kenko FUKUYAMA
(Niikappu National Livestock Breeding Station, Shizunai,
Hokkaido 056-01, Japan)

緒　言

わが国乳牛の99.8%はホルスタイン種であり，毎年生産される50数万頭(昭和56年統計)の雄子牛の多くが肥育され，去勢肥育牛の60%がこれらホルスタイン種で占められている[9]。このようにホルスタイン種は牛乳生産のみでなく，その雄子牛および廃用牛は肥育されて重用な肉資源として利用されている。

北海道の酪農家は産乳能力よりも，体型評価値が高く大型の種雄牛を好んで使用する傾向が強いことが指摘されている[12]。この傾向の反映として一時期カナダから導入された種雄牛が交配に高い頻度で使用され[11]，北海道乳牛は大型化されてきている。産乳能力と体の大きさとの関連性については従来から論議されている。WELL[15]，MISNER[6]，GOWEN[3]は体の大きさと産乳能力との間に正の相関があることを示したが，その相関は小さく体型の改良にともなう産乳能力の大きな改良は期待できない。その後の研究でも同様の結果が報告され，この相関はむしろ大型化と産乳能力の独立した選抜の結果に因るものと考えられている。ホルスタイン種の体型の変動が小さい乳牛群では，これらの形質間の遺伝相関は負の値を示している[14]。しかし生涯乳量と体型との関係では体型審査の成績の秀れた乳牛ほどその能力は高いことが示され，体型審査の目的の1つである強健性，連産性，持久力の評価値は生涯乳量と関連性が強い。内藤元男[7]らは生産効率の観点からホルスタイン種の最適体型として成熟体重600 kg，体高140 cm前後，中後躯の発達がよく，尻長，腰角幅55 cm位と提案した。

体重および各部位の発育は類似した発育様相を示すが，筋肉の発育や性成熟等の影響を受けて部位相互の関連性は必ずしも一様でない[1,5]。非線型発育モデルを適用した牛の発育様相に関する研究は主に肉牛の体重を対象に，管理技術との関連や育種学的視点から行われ，さらに成熟に至るまでの発育様相を交配方法により変えようとする試みもなされている[2]。

乳牛の改良には産乳能力が最も主要な項目であるが，雌牛の個体販売に体型や体の大きさがその価格に大きく影響を及ぼしていること，さらに今日ではホルスタイン種の雄子牛が肉生産に利用され産肉能力もまた要求されていることから，体型や体の大きさも重要な項目の1つである。わが国のホルスタイン種の体型をいずれの方向に改良するにせよ，各部位の発育様相の特徴を正しく把握しておくこと，またわが国の乳牛改良の基幹牧場の1つである農林水産省新冠種畜牧場の牛群の発育様相の推

移を調査しておくことは，今後の乳牛改良に貴重な情報を提供することと考える。

このような観点から上記の新冠種畜牧場に累積されたホルスタイン種の体尺測定値にいくつかの非線型発育モデルの適用を試み，最適モデルを検索し，推定された母数から各体尺値の発育様相の特徴と，さらに当牛群の年次的推移を検討した。

材料および方法

分析に用いた記録は農林水産省新冠種畜牧場に収録されている体尺測定値記録のうち，昭和35年 (1960) から昭和54年 (1979) の間に生産されたホルスタイン種雌牛506頭についてのものである。測定部位は体重，体長，体高，十字部高，坐骨高，腰角幅，寛幅，坐骨幅，尻長，

Table 1. Number of animals included in this study by months of age in each birth year

Birth year	Months of age													
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	24	36	48	60
1960	14	15	15	15	15	15	15	15	15	13	12	8	7	7
1961	21	23	24	24	24	24	24	24	23	23	21	14	18	8
1962	19	18	19	19	19	17	19	19	19	19	15	13	9	5
1963	25	25	26	26	25	25	25	25	25	26	21	18	16	5
1964	6	6	6	6	6	6	6	6	5	6	6	6	5	5
1965	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	13	14	15
1966	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
1967	6	10	10	10	10	10	10	10	10	9	8	10	10	10
1968	16	17	17	16	16	17	16	15	15	15	17	17	16	10
1969	14	23	22	23	20	24	24	14	24	24	23	23	17	11
1970	17	22	22	22	20	22	22	22	22	20	22	17	10	9
1971	32	35	35	35	37	37	37	36	32	37	37	23	13	14
1972	23	32	32	32	31	32	31	32	32	31	27	20	16	13
1973	16	31	31	31	31	30	31	31	24	31	24	21	16	14
1974	19	22	22	22	22	6	22	2	2	22	22	18	12	10
1975	29	37	37	37	37	2	35	1	1	37	31	24	19	16
1976	21	42	41	42	42	0	42	0	0	41	35	22	20	14
1977	18	30	31	30	30	0	30	0	0	31	24	20	10	0
1978	20	42	40	42	43	0	43	0	0	43	32	20	0	0
1979	20	35	35	37	38	0	38	0	0	35	12	0	0	0
Total	364	494	494	498	495	296	499	281	278	492	417	321	242	180

Table 2. Equations fitted to growth data and traits derived from their parameters

Model	Equation[a)]	Mature size	Rate of maturing	Point of inflection	Age at point of inflection
BRODY	$Yt=A(1-Be^{-kt})$	A	k		
GOMPERTZ	$Yt=Ae^{-Be^{-kt}}$	A	k	$e^{-1}A$	$\ln B/k$
LOGISTIC	$Yt=A/(1+Be^{-kt})$	A	k	$\frac{1}{2}A$	$\ln B/k$
BERTALANFFY	$Yt=A(1-Be^{-kt})^3$	A	k	$\frac{8}{27}A$	$\ln 3B/k$
RICHARDS	$Yt=A(1\mp Be^{-kt})^{\pm M}$	A	k	$\left(\frac{M-1}{M}\right)A$	$\ln(B/(1-M))/k$

a) Yt is size at t months of age and A, B, k and M are parameters.

Table 3. Estimated parameters for three growth models

Measurements	GOMPERTZ							BRODY					LOGISTIC						
	A	*B*	*k*	AIC[a]	S.E.[b]	POI[c] *Yt*	POI[c] *t*	*A*	*B*	*k*	AIC	S.E.	*A*	*B*	*k*	AIC	S.E.	POI *Yt*	POI *t*
Body weight	671.6	2.34	0.102	119.5	17.39	247.1	8.3	721.1	0.97	0.051	111.3	12.94	656.6	6.33	0.153	131.3	26.48	328.3	12.0
Body length	172.6	0.86	0.118	65.9	2.56	63.5	−1.3	174.3	0.59	0.092	52.7	1.60	171.5	1.26	0.145	74.9	3.53	85.8	1.6
Body height	143.2	0.62	0.124	50.2	1.46	52.7	−3.9	143.9	0.47	0.104	44.2	1.18	142.6	0.82	0.146	57.5	1.90	71.3	−1.4
Hip height	142.2	0.58	0.140	43.3	1.14	52.3	−3.9	142.8	0.45	0.119	40.8	1.05	141.8	0.76	0.163	49.7	1.43	70.9	−1.7
Pinbone height	139.6	0.59	0.139	43.4	1.15	51.4	−3.8	140.2	0.46	0.117	36.4	0.89	139.2	0.78	0.161	51.3	1.52	69.6	−1.5
Hip width	59.8	1.15	0.103	38.0	0.59	22.0	1.4	61.0	0.71	0.073	21.1	0.52	59.1	1.94	0.134	49.9	1.45	29.6	5.0
Thurl width	52.6	0.85	0.119	33.5	0.80	19.4	−1.4	53.1	0.59	0.093	20.9	0.51	52.2	1.26	0.146	42.2	1.10	26.1	1.6
Pinbone width	41.0	1.10	0.108	18.9	0.48	15.1	0.9	41.7	0.70	0.078	4.3	0.28	40.6	1.83	0.139	33.5	0.81	20.3	4.4
Rump length	56.4	0.85	0.118	33.9	0.82	20.7	−1.4	56.9	0.59	0.092	23.5	0.56	56.0	1.25	0.144	42.5	1.11	28.0	1.6
Chest width	53.2	1.09	0.120	36.6	0.90	19.6	0.7	53.9	0.69	0.088	23.9	0.57	52.7	1.77	0.153	46.9	1.30	26.4	3.7
Chest depth	76.5	0.92	0.115	49.2	1.41	28.1	−0.7	77.4	0.62	0.088	37.3	0.92	76.0	1.39	0.142	57.4	1.89	38.0	2.3
Cannon circum.	19.2	0.57	0.125	−11.9	0.16	7.1	−4.5	19.3	0.44	0.106	−7.2	0.19	19.1	0.75	0.145	−11.1	0.16	9.6	−2.0
Chest girth	204.5	0.90	0.115	73.2	33.3	75.2	−0.9	206.6	0.61	0.089	62.4	2.26	203.1	1.34	0.142	81.6	4.48	101.6	2.1

a) Akaike's information criterion.
b) Residual standard error.
c) *Yt* is estimated size at the point of inflection and *t* is age at the point of inflection.

胸幅，胸深，管囲，胸囲で，これらの記録のうち出生時，2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 24, 36, 48, 60カ月齢時の測定値を分析の対象とした。昭和50年までの生産牛は60カ月齢までの記録のあるもので，昭和51年以降生産の雌牛は10, 14, 16カ月齢の記録を欠いており，さらに昭和52年生産のものは60カ月齢，昭和53年生産のものは48, 60カ月齢，昭和54年生産のものは36, 48, 60カ月齢の記録を欠いている。それぞれの生産年度の頭数は月齢別に Table 1 に示してある。

適用した非線型発育モデルは BRODY, GOMPERTZ, LOGISTIC, BERTALANFFY および RICHARDS の5つの関数式である (Table 2)。さらに母数から変曲点の位置 (月齢) と高さを算出した (Table 2)。

まずこれら5つの発育モデルの各測定値への適合度の比較と各部位の特徴を検討するために，全雌牛を含めた各月齢の平均値と標準偏差を算出し，これらを用いて各発育モデルに適用した (Table 3)。ついで，雌牛の出生年次を昭和35～54年に区分し各出生年次毎に各モデルを適用し，モデルの母数とこれらから得られる発育特性値について年次的推移を検討した。各モデル関数の推定は最小二乗法標準プログラム (SALS)[8] を用いて行った。年次的推移は母数および特性値の出生年次に対する回帰係数 (Table 4) として表わした。さらに部位相互間の相対発育様相を把握するために各部位の体高に対する相対発育係数を各出生年次毎に計算した (Table 6)。相対発育係数は HAXLEY の相対発育式を用いた：$Y=AX^b$, Y；各体尺測定値，X；体高，A, b；母数。母数 (A, b) は X, Y を対数に変換後，直線回帰分析により推定した。これらの計算はすべて北海道大学大型計算機センターを利用して行った。

結果および考察

全出生年次を合わせた各月齢平均値を5つのモデルに当てはめたときの母数の推定値，赤池の情報量規準 (AIC)，標準誤差 (S. E.) および母数から導かれる変曲点の月齢とそのときの大きさ (POI) を Table 3 に示した。BERTALANFFY と RICHARDS は収束が困難であったので除外した。各部位の発育様相の月齢にともなう推移を Fig. 1-3 に示した。発育モデルの適合度は残差に基づく統計的手法と生物学的な情報による2つの段階を必

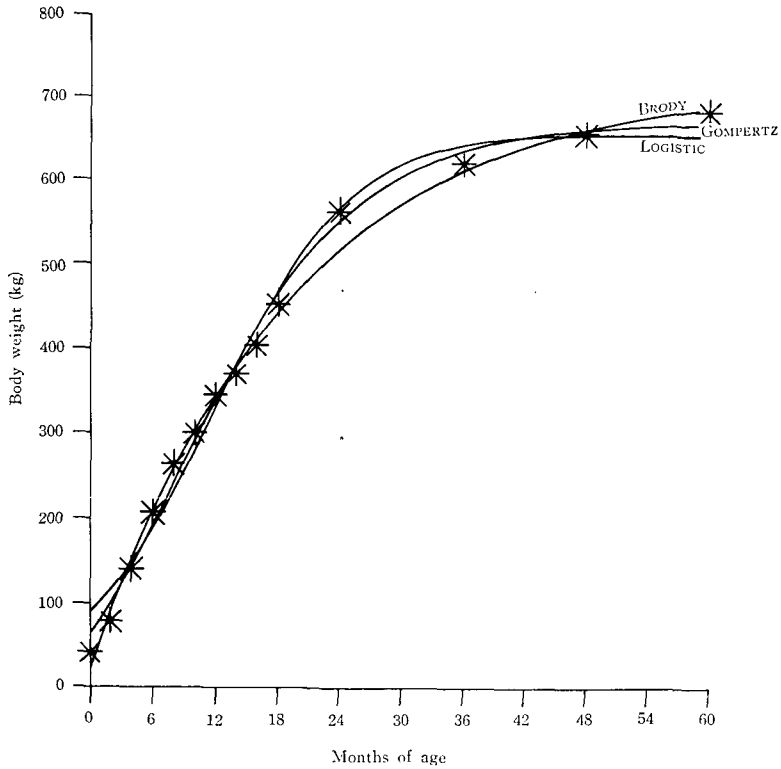

Fig. 1. Growth curves fitted to the growth models for body weight.

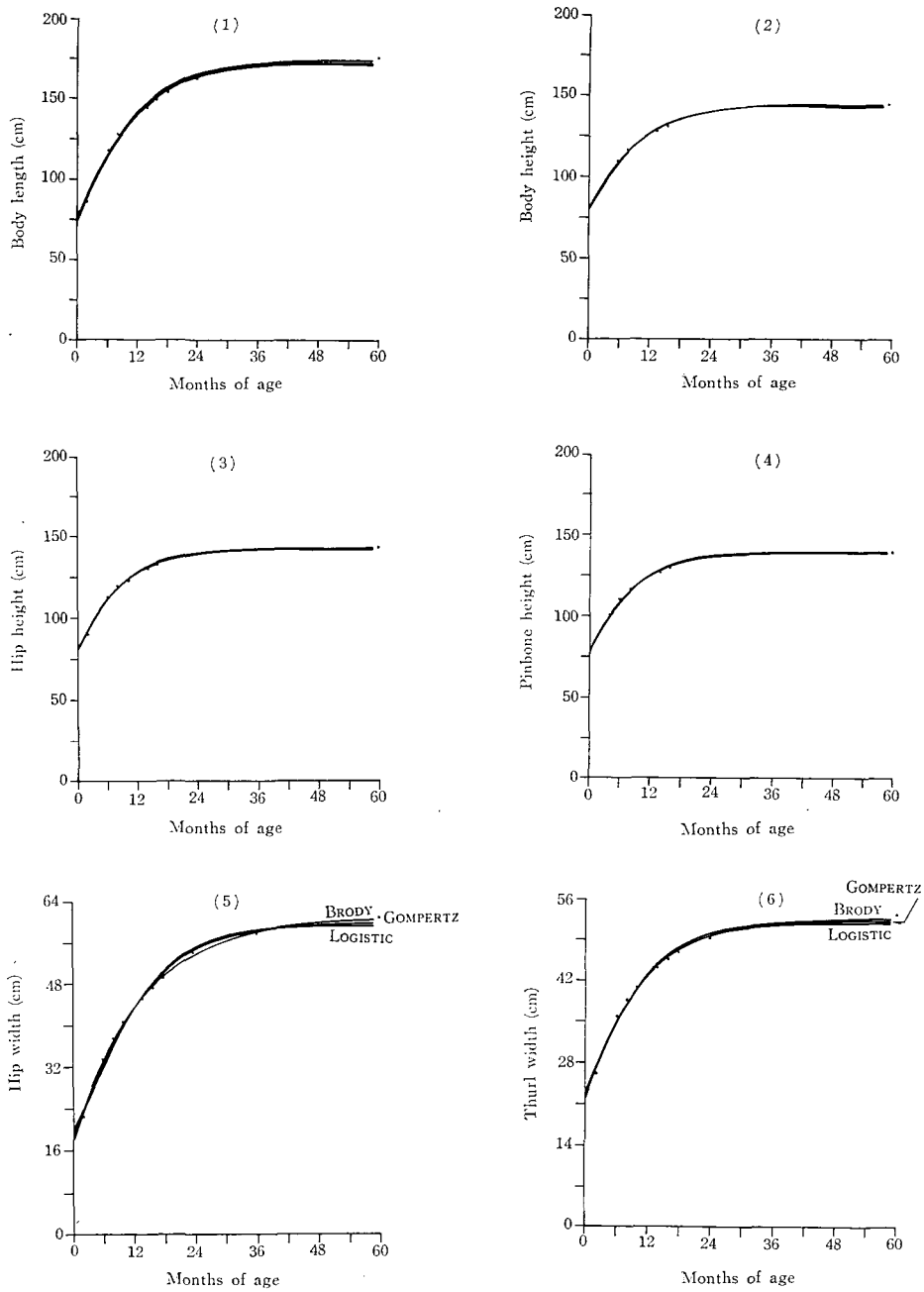

Fig. 2. Growth curves fitted to the growth models for 6 measurements.

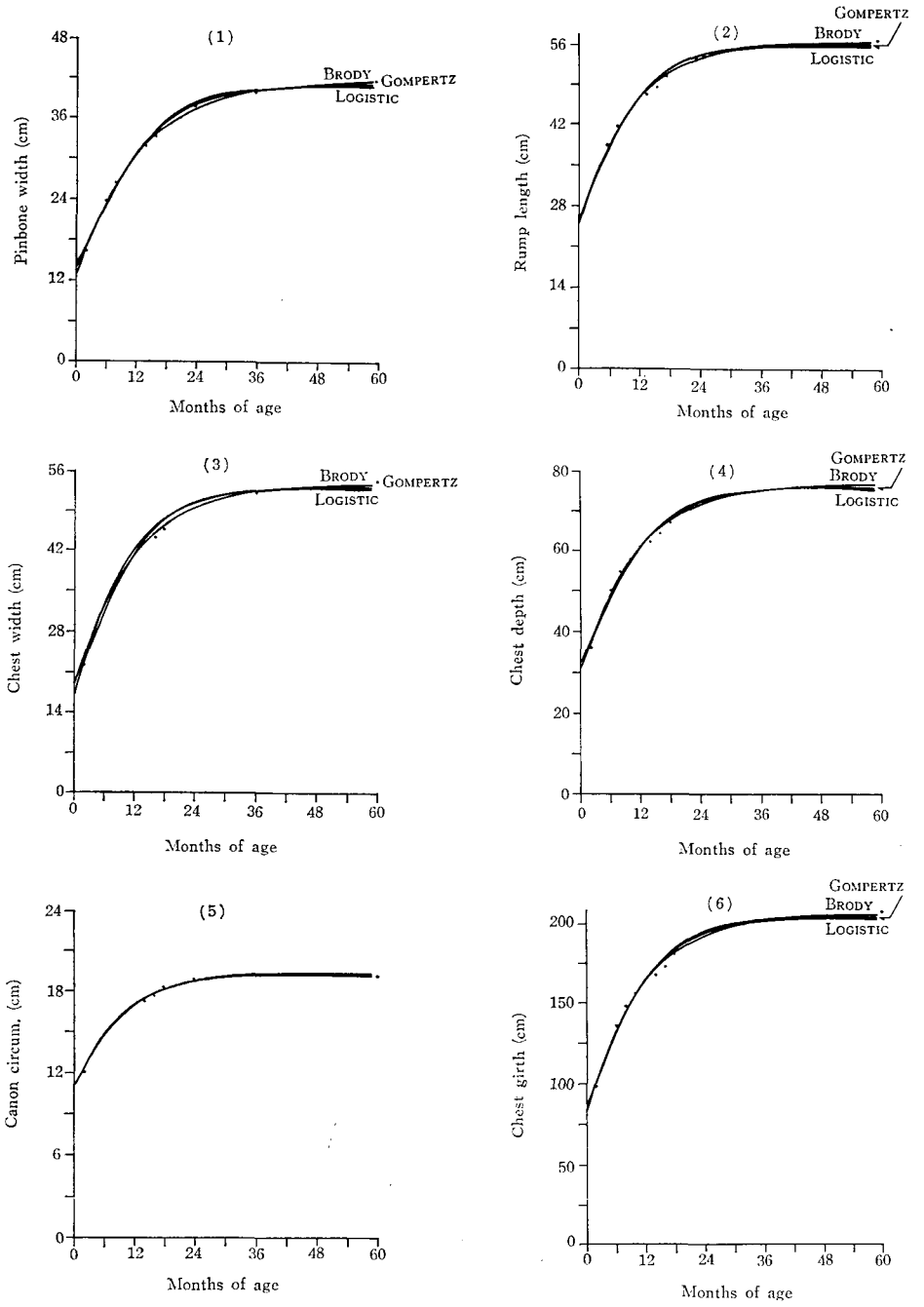

Fig. 3. Growth curves fitted to the growth models for 6 measurements.

要とする。本研究では統計的手法として赤池の情報量規準(AIC)を用いた。AICは真の分布密度と推定した分布密度とのずれを表わす量で客観的なモデル選択の指標となる。Fig. 1-3 から明らかなように体重の各発育モデル間の差は大きく，他の部位ではその差は小さい。特に体高，十字部高，坐骨高，管囲においてはモデル間にほとんど差はなくよく一致している。体重は生理的条件により変化しやすく，たとえば24カ月齢では妊娠の影響が大きく，モデル間に大きな差がある。これらのモデルは妊娠等による影響を平滑化しているため，24カ月齢ではむしろ測定値よりも低い値をとる方が適切であると思われる。また出生時，60カ月齢での適合度，AIC，標準誤差(S.E.)の値から体重についてはBRODYモデルが最も適合している。骨格の発育を示す体長，尻長，体高，十字部高，坐骨高，腰角幅，寛幅，坐骨幅についてもFig. 2-3やAIC, S.E.の比較からBRODYモデルが優れている。同様に胸幅，胸深，胸囲等の筋肉，脂肪組織，内臓の発育を示す部位でも妊娠等の影響を考慮すれば，BRODYモデルが最も適合している。管囲についてはFig. 3, AIC, S.E.の比較ではほとんど差がなかった。

BRODYモデルは変曲点をもたないので，GOMPERTZとLOGISTICモデルの変曲点について比較してみる。GOMPERTZモデルでは体重で約8カ月齢，他の部位では−4.5から1.4カ月齢に変曲点があり，LOGISTICモデルでは全部位でGOMPERTZモデルよりも平均2.9カ月後に変曲点がある。全部位においてLOGISTICモデルはGOMPERTZモデルよりも適合度が劣るが，変曲点の月齢でともに負の値を示す体高，十字部高，坐骨高および管囲では各モデルの適合度の差は小さい。すなわちホルスタイン種のこれらの部位の発育は変曲点を出生以前かその直後にもち，原点を出生時にとった本研究では初期月齢においてもBRODYモデルで十分に説明できる。他の研究者の報告では，黒毛和種雌牛を用いた和田[13]らはBERTALANFFYモデルが，小畑[10]らはRICHARDSモデルがそれぞれ最も適合度に優れているとし，またジャージー種についてはBROWN[2]らは全月齢においてRICHARDSモデルが適合度に優れるが，BRODYモデルでも6カ月齢以降ではよく適合すると報告した。これらと本研究の最適モデル関数の相違は品種や分析方法の違いにもよるだろうが，主に測定月齢と回数によるものと思われる。本研究では測定回数の多いもので14回であり，このことがBERTALANFFY, RICHARDSモデルの収束を困難にしたと思われる。

Table 3のBRODYモデルの成熟速度kについて各部位の発育速度を比較する。体重は成熟速度(k)が小さく晩熟を示し，逆に体高，十字部高，坐骨高および管囲ではkの値は大きく早熟である。また興味あることに積分定数(B)と成熟速度(k)は体長，寛幅，尻長の3部位

Table 4. Regression of growth parameters on birth year by measurements (excluding 1978 and 1979 year data)

Measurement	A (%)[a]	B	k
Body weight	4.93** (0.68)	0.0011*	0.00005
Body length	0.43** (0.25)	0.0006	−0.00019
Body height	0.29** (0.20)	0.0003	−0.00016
Hip height	0.14* (0.10)	0.0005	0.00014
Pinbone height	0.19** (0.14)	0.0000	−0.00010
Hip width	0.13** (0.21)	0.0014**	0.00004
Thurl width	0.05 (0.09)	0.0003	−0.00013
Pinbone width	0.16** (0.38)	0.0069*	−0.00013
Rump length	0.21** (0.37)	0.0017**	−0.00043
Chest width	0.17* (0.32)	0.0017	−0.00033
Chest depth	0.25** (0.32)	0.0019*	−0.00026
Cannon circum.	0.0076 (0.04)	0.0012	0.00064*
Chest girth	0.61** (0.30)	0.0011*	0.00020

a) The value in parentheses is the propotion of the regression coefficient to the asymptotic value for size of measurement.
* $P<0.05$, ** $P<0.01$.

間でほとんど差がなく発育様相は同じである。

各部位の発育様相の出生年次に伴う推移をBRODYモデルの母数について出生年次に対する回帰係数で表わしTable 4に示した。同表中で回帰係数の成熟値 (A) に対する比率を（　）に示した。昭和53, 54年出生の雌牛は48カ月齢以降の測定記録を欠いていて，BRODYモデルの成熟値がかなり過大に評価されているため回帰係数の計算からこれらの記録は除いた。寛幅と管囲を除いて成熟値の出生年次に対する回帰係数は有意な正の値で年々大型化の傾向を示している。体重を除いて成熟値に対する比率で比較的大きな増加傾向をした部位は坐骨幅，尻長，胸幅，胸深，胸囲である。体長と尻長はいずれも有意な増加傾向を示すが後躯尻長の増加が顕著である。同じ高さに関係する体高，十字部高，坐骨高の3部位の比較では逆に前躯での高さの増加が大きい。寛幅と管囲は有意な変化がなく遺伝的変化が認められない。成熟速度 (k) は管囲にだけ有意であり年次的に早熟になる傾向がみられるが，他の部位では成熟速度に有意な年次的傾向がみられないことから，成熟値は大きくなったが発育様相そのものには年次的変化がなかったことを示している。積分定数 (B) は成熟値に対する出生時から成熟に至る増加量の比率である。すなわち積分定数が大きいことは成熟値に比べて出生時の推定値が小さいことを示す。Table 4から体重，腰角幅，坐骨幅，尻長，胸深および胸囲に年次的に有意な増加傾向がみられ，これらの部位は成熟値に対する出生時の値の比率が年々減少している。このことは，これらの部位の成熟値の年次的な増大傾向が出生後の増加量の増大によることを示している。

各部位の成熟速度は発育モデルの母数 k でも検討したが，さらに各部位の体高に対する相対発育係数を Table

Table 5. Growth coefficients to body height

Birth year	B.W.[a)]	B.L.	H.H.	P.H.	H.W.	T.W.	P.W.	R.L.	C.W.	C.D.	C.C.	C.G.
1960	4.06	1.36	0.95	0.97	1.86	1.40	1.77	1.35	1.68	1.47	0.88	1.42
1961	4.17	1.42	0.94	0.97	1.90	1.43	1.88	1.37	1.79	1.48	0.92	1.47
1962	4.09	1.40	0.94	0.95	1.86	1.39	1.77	1.34	1.76	1.51	0.89	1.47
1963	4.12	1.39	0.93	0.96	1.82	1.41	1.68	1.34	1.72	1.54	0.89	1.43
1964	4.24	1.40	0.94	0.99	1.87	1.39	1.64	1.35	1.77	1.46	0.92	1.47
1965	4.16	1.36	0.92	0.93	1.83	1.34	1.66	1.30	1.74	1.44	0.84	1.43
1966	4.23	1.36	0.93	0.94	1.81	1.33	1.66	1.30	1.67	1.43	0.88	1.43
1967	4.14	1.37	0.88	0.93	1.82	1.34	1.64	1.31	1.67	1.39	0.92	1.42
1968	4.40	1.47	0.94	0.97	1.98	1.47	1.90	1.47	1.83	1.54	0.93	1.50
1969	4.36	1.46	0.92	0.94	1.94	1.43	1.86	1.42	1.93	1.53	0.94	1.48
1970	4.25	1.42	0.94	0.95	1.94	1.40	1.87	1.40	1.69	1.50	0.93	1.46
1971	4.32	1.42	0.93	0.93	1.94	1.41	1.90	1.44	1.85	1.56	0.90	1.52
1972	4.23	1.38	0.95	0.94	1.87	1.36	1.86	1.39	1.74	1.50	0.86	1.46
1973	4.33	1.38	0.97	0.95	1.91	1.40	1.81	1.40	1.74	1.54	0.90	1.46
1974	4.30	1.39	0.94	0.94	1.94	1.36	1.78	1.43	1.75	1.56	0.88	1.44
1975	4.30	1.39	0.93	0.94	1.92	1.39	1.87	1.40	1.79	1.55	0.97	1.47
1976	4.35	1.42	0.92	0.94	1.93	1.40	1.91	1.42	1.82	1.56	0.99	1.51
1977	4.32	1.39	0.94	0.96	1.91	1.39	1.87	1.37	1.94	1.53	0.89	1.50
1978	4.21	1.36	0.94	0.96	1.83	1.37	1.69	1.37	1.83	1.46	0.93	1.47
1979	4.14	1.33	0.95	0.95	1.77	1.34	1.73	1.37	1.81	1.47	0.94	1.44
Average	4.25	1.40	0.93	0.95	1.90	1.40	1.81	1.39	1.79	1.52	0.92	1.47

HAXLEY's allometric equation: $y=Ax^b$, y; body measurements, x; body height, A; constant, b; growth coefficients.

a) B.W.; body weight, B.L.; body length, B.H.; body height, H.H.; hip height, P.H.; pinbone height, H.W.; hip width, T.W.; thurl width, P.W.; pinbone width, R.L.; rump length, C.W.; chest width, C.D.; chest depth, C.C.; cannon circum., C.G.; chest girth.

5に示した。十字部高，坐骨高および管囲では1.0よりやや小さく体高に比べ早熟または同程度の発育速度であった。他の部位では1.0より大きく腰角幅，坐骨幅，胸幅で1.8前後，体重ではさらに顕著であり晩熟を示した。これら各部位の発育速度の傾向は Table 3 の BRODY モデルから推定された母数 k の傾向とよく一致していた。

要　約

ホルスタイン種雌牛の体型を遺伝的改良するための基礎的資料を得る目的で，経時的に測定された13部位の体尺測定値に GOMPERTZ, BRODY, LOGISTIC, BERTALANFFY および RICHARDS の発育モデルに当てはめ，発育様相に最も適合するモデルを検索し，さらに最適モデルを用い各部位の年次的な改良傾向を検討した。また部位相互間の相対発育様相を把握するために，各部位の体高に対する相対発育係数を計算した。材料は農林水産省新冠種畜牧場で，昭和35年から昭和54年の間に生産されたホルスタイン種雌牛506頭で，出生時から60カ月齢までの体重および12部位の記録を用いた。最適モデルの検索では全生産年次を合わせた平均値を，他の計算では各生産年次群での平均値を用いた。発育モデルの当てはめで BERTALANFFY, RICHARDS は収束が困難であったので以降の計算から除外した。各モデルの適合度を図，赤池の情報量規準および標準誤差で比較すると，管囲では GOMPERTZ, BRODY, LOGISTIC に差はなく，他の部位では BRODY が優れていた。BRODY から推定された母数について，年次的推移から寛幅と管囲を除く部位で年次的に有意な大型化傾向があり，また管囲は早熟になる傾向が認められる。各部位の体高に対する相対発育係数から，十字部高，坐骨高，管囲は比較的早熟であり，他の部位は晩熟であった。これらの傾向は BRODY から推定された母数 k の評価とよく一致していた。

引 用 文 献

1. BERG, R. T., ANDERSON, B. B. and LIBORIUSSEN, T.: Growth of bovine tissue, 4. Genetic influences on patterns of bone growth and distribution in young bulls, Anim. Prod., **27**: 71–77. 1978
2. BROWN, J. E., FITZHUGH, H. A. Jr. and CARTWRITE, T. C.: A comparison of nonlinear models for describing weight-age relationships in cattle, J. Anim. Sci., **42**: 810–818. 1976
3. GOWEN, J. W.: Conformation and its relation to milk-producing capacity in Jersey cattle, J. Dairy Sci., **3**: 1–32. 1920
4. FITZHUGH, H. A. Jr.: Analysis of growth curves and strategies for altering their shape, J. Anim. Sci., **42**: 1036–1051. 1976
5. LONES, S. D. M., PRICE, M. A. and BERG, R. T.: Effect of breed and sex on the relative growth and distribution of bone in cattle, Can. J. Anim. Sci., **58**: 157–165. 1978
6. MISNER, E. G.: Relation of size of cow to production and cost of production of milk, Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Bull, p. 719. 1939
7. 内藤元男監修： 畜産大事典, 1069–1070. 養賢堂, 1978
8. 中川　徹・小柳義夫： 最小二乗法による実験データ解析，プログラム SALS, 95–196. 東京大学出版会，東京. 1982
9. 農林水産省： 家畜改良関係資料. 1984
10. 小畑太郎・向井文雄： 黒毛和種雌牛の発育様相と生産能力の関係，日本畜産学会報，**53**: 605–611. 1982
11. 清水　弘・寺見　裕・上田純治・八戸芳夫： 北海道乳牛群父牛の年齢構成，第75回日本畜産学会大会講演要旨，p. 29. 1984.
12. 鈴木三義・光本孝次： 北海道のホルスタイン集団における種雄牛評価値からみた育種傾向，日本畜産学会報，**53**: 338–343. 1982
13. 和田康彦・佐々木義之・向井文雄・松本　豊： 非線型発育モデルの当てはめによる黒毛和種雌牛の体重の発育様相の把握，日本畜産学会報，**54**: 46–51. 1983
14. WASWICK, E. J. and LEGATES, J. E.: Breeding and improvement of farm animals, 346–393. McGraw-Hill Book Company, New-York. 1979
15. WELL, F. W.: Studies in dairy production, Univ. Wisconsin Agr. Exp. Sta. Res. Bull., p. 26. 1912

Summary

Five nonlinear models were used in analysis of longitudinal data investigating the growth patterns of 13 body measurements of dairy cows. Source data used in this study was collected from 506 Holstein cows which were born between 1960 and 1979 at Niikappu National Livestock Breeding Station, Shizunai, Hokkaido. These cattle were measured from birth to 60 months of age. Comparisons were made among these models for goodness of fit on each measurement. Yearly trends in the growth of body sites were estimated

from the regression of the estimated parameters on the birth year of cows. The relationship of relative body growth to increasing body height was examined using the growth coefficient of HAXLEY's equation. BERTALANFFY's and RICHARDS' models were unsuccesful in computing these data. Generally, the data fitted the BRODY model better than others, though there were no significant differences among the BRODY, GOMPERTZ and LOGISTIC models in accommodating of data on cannon circumference. Regression of asymptotic values (size at maturity) of BRODY model according to birth year were significantly positive except for thurl width and cannon circumference, indicating that general body size tended to increase year after year in this group of cows. However, other parameters showed no consistent trend accooding to year, demonstrating that the growth of each body site followed the same pattern among all years of birth, except for cannon circumference, which showed a significantly positive acceleration of rate of maturity. A comparison of the relative growth coefficients of body height to various body measurements showed hip height, pinbone height and cannon circumference to have ratios slightly smaller than 1.0 and to be relatively early maturing, whereas other sites had ratios greater than 1.0 and were late maturing. These facts were in agreement with the evidence for the rate of maturing from BRODY model.