

フィールドにおける搾乳速度の構成要因*

遠藤雅之・光本孝次

(帯広畜産大学家畜育種学教室)

1977年5月16日受理

Structural Sources for Milking Rate on Field Data

Masayuki ENDO** and Takatsugu MITSUMOTO**

序 論

大型酪農の定着化傾向は選抜形質の多用化を伴い、経済的観点より選抜の対象形質とはならなかった間接的形質 (TOMASZEWSKI *et al.* 1975) にも関心が持たれるようになった。乳牛管理労働の中で一番大きい比率を占めている搾乳作業と関連する形質は、乳牛の生物学的側面、機械との適合性からも作業効率上重要となる間接的形質である。ミルカーが使いよく乳房炎罹患率の低い乳房や乳頭諸形質、そして搾乳速度が群全体で斉一となる場合単位時間当たり最大の仕事をうることも可能となる。

SCHMIDT and VAN VLECK (1973) は、搾乳速度を決定する乳牛の生理的要因として、乳頭括約筋によってコントロールされる乳頭孔サイズを取り上げている。ミルカー要因から、SCHMIDT and VAN VLECK (1969) は、真空圧、拍動数及び拍動比などの増加は後搾りまでの時間を短縮させ後搾り量を増加させると報告し、GREGOIRE *et al.* (1954) も搾乳速度の増加を真空圧の上昇と共に見出した。そして乳脂率は真空圧と関係ないとしている。真空圧が高くなると「這い上がり現象」が早期に起こり、結果として、搾乳速度は速くなるが後搾り量も増加するものと考えられる (FOLEY *et al.* 1973)。さらには、ティートカップ・ライナーの口径と吸い口形状は、搾乳速度及び乳房炎感染に影響しないとする報告もある (SCHMIDT *et al.* 1963)。

搾乳速度を表わす指標として、搾乳中1分間での最高乳量が多くの研究で取り上げられている。これは、平均搾乳速度、搾乳開始1分間、2分間乳量など他の指標よりも誤差変動が少なく、生物学的にも有意な値となるためである (DODD 1953, GRIFFIN and DODD 1962, SMITH *et al.* 1974)。しかし、広範なフィールドで最高搾乳速度を測定する場合、器具・コスト及び技術者の訓練等の面で大きな障害を含んでいる。GRIFFIN and DODD (1962) は、フィールドに

* 家畜育種学教室からの寄稿 No. 26.

** Laboratory of Animal Breeding, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro, Hokkaido, Japan.

においては、記録の蓄積、その解釈が最も大きい問題となるとし、TOMASZEWSKI *et al.* (1975) は、フィールドでの最高搾乳速度測定は不可能であるため、搾乳速度の簡便な他の測定が必要であると結論している。

この報告では、群全体として搾乳速度の斉一性が作業効率上最も強く要求される回転式パーラーで、最も簡便な測定法である機械後搾りも含む平均搾乳速度を取り上げ、この測定法の精度、測定時期、そして産次、分娩季節、泌乳ステージによる影響を乳量、搾乳時間と共に検討した。さらに、搾乳時間に影響する要因を考慮し、主要因から搾乳時間の推定をも試みた。

材料および方法

この報告で使用された搾乳速度データは、帯広畜産大学附属農場にけい養されているホルスタイン牛群より、昭和49年12月より51年9月までの22ヵ月間にわたり採取された。週一度朝・夕2回の搾乳で、回転式ミルクングパーラーで搾乳される全搾乳牛の搾乳時間をストップウォッチで測定し、記録された乳量より平均搾乳速度を算出した。

搾乳時間は、最初のティートカップが装着されてから熟練したオペレーターによって全てのティートカップが取り外されるまでの時間であり、機械後搾りもこの中に含まれている。回転式パーラーの特性上、乳房洗浄からティートカップ装着までの時間は短かく、しかも一定であった。ミルカー条件は、真空圧 33~38 cmHg, 拍動数 50 回/分, 拍動比 66:34 であった。測定した搾乳速度に関する形質は、朝・夕搾乳および両者の合計である一日の搾乳時間(秒)、乳量(kg)、平均搾乳速度(kg/分)である。

産次、ステージ(30日間隔)ごとに記録を採取した泌乳期数と、ステージごとの総搾乳数、泌乳期数と乳牛数を Table 1 に示した。測定は週一度なされたので1ヵ月平均搾乳数は 4

Table 1. Total number of milkings recorded for each month of lactation and number of lactations by calving number

	Month of lactation												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12≤	
No. of milkings	300	397	384	373	395	411	395	384	303	216	130	133	3821
No. of lactations	100	114	106	108	105	106	103	99	88	67	38	28	152
No. of cows	74	80	84	85	81	83	81	78	68	57	35	24	88
Avg. no. of milkings	3.0	3.5	3.6	3.5	3.8	3.9	3.8	3.9	3.4	3.2	3.4	4.8	25.1
Calving number													
1	31	34	36	36	34	39	36	37	32	28	21	13	
2	27	28	25	26	28	30	30	26	26	17	6	6	
3	22	26	23	23	21	18	19	19	17	12	5	5	
4≤	20	26	22	23	22	19	18	17	13	10	6	4	
Pooled	100	114	106	108	105	106	103	99	88	67	38	28	

以上となるところであるが、泌乳期中より測定を開始したものあるいは測定失敗により、4よりも低い値となっている。結果的に88頭の152泌乳期より3.821の記録を分析に供した。

統計的方法:

測定法の精度に関し、一泌乳期連続して記録が取られた60頭の2,219記録を用い、下記のモデル(1)により個体間、個体内ステージ間、ステージ内記録間の分散成分を求め、TOUCHBERRY and LUSH (1950) が導いた(2)式から、測定ステージ、総観測数による信頼度を算出した。

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + c_{ij} + e_{ijk} \quad (1)$$

μ : 全体平均 c_{ij} : 個体 i , ステージ j の効果

a_i : 個体 i の効果 e_{ijk} : 個体 i , ステージ j , 記録 k の効果

$$\text{信頼度} = \frac{\sigma_e^2}{(\sigma_e^2 + \sigma_{s.c}^2 / NS + \sigma_w^2 / NT)} \quad (2)$$

σ_e^2 : 牛間分散成分 $\sigma_{s.c}^2$: 牛内ステージ間分散成分

σ_w^2 : ステージ内記録間分散成分 NS : 測定ステージ数

NT : 総観測数

乳量、搾乳時間、平均搾乳速度に影響する要因として分娩季節、産次、泌乳ステージを考え、2つのモデルによる最小二乗分散分析を行った。

$$Y_{ijkl} = \mu + Ci + Kj + Sk + e_{ijkl} \quad (3)$$

$$Y_{ijkl} = \mu + Ci + Kj + Sk + bX_{ijkl} + e_{ijkl} \quad (4)$$

μ : 全体平均 Ci : 産次による効果 ($i=1,4$) Kj : 分娩季節の効果 ($j=1,4$)

Sk : 泌乳ステージの効果 ($k=1,10$) b : 乳量 (X_{ijkl}) に対する従属変数の偏回帰係数

e_{ijkl} : 無作意変動

モデル(4)は、平均搾乳速度と搾乳時間に対する1次乳量の効果を除いた他の要因の影響を決定するため用いられた。分娩季節は12~2月をシーズン1とし、その後3カ月ごとに一年を4シーズンに、ステージは分娩後30日間隔で10ステージ、産次を1~4産にそれぞれ分類した。

搾乳時間推定のため、変数増加法による重回帰分析を行った。

結 果

泌乳ステージごとに朝・夕・一日の乳量、搾乳時間、平均搾乳速度の平均値と標準偏差をTable 2に示した。朝の搾乳開始が8時30分、夕方は4時30分と16時間、8時間の異なる搾乳間隔であるため、朝乳量は夕乳量の1.9倍となっている。同様に搾乳時間では1.4倍、平均搾乳速度は1.3倍と乳量ほどではないが、いずれも朝搾乳で大きくなっている。

Fig. 1に、異なる分娩季節と泌乳ステージでの朝平均搾乳速度を示した。分娩季節ごとに

Table 2. The means and standard deviations for milk yield, milking time and average rate of flow for each month of lactation

	Month of lactation												Avg.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12≤	
Morning													
Milk yield (Kg)	12.4	12.0	10.7	9.8	9.0	8.2	7.8	7.3	6.6	6.3	6.1	6.0	8.9
S. D.	2.5	2.2	2.1	1.9	1.7	1.7	1.6	1.8	1.7	1.5	1.4	1.6	2.8
Milking time (sec)	264	271	250	235	220	204	200	192	171	167	165	161	217
S. D.	78	81	76	73	70	66	64	67	55	52	57	51	77
Avg. rate (kg/min)	2.99	2.84	2.74	2.69	2.65	2.62	2.52	2.47	2.47	2.39	2.38	2.38	2.63
S. D.	0.84	0.82	0.79	0.82	0.82	0.84	0.78	0.85	0.78	0.66	0.67	0.77	0.82
Evening													
Milk yield (kg)	6.9	6.5	5.7	5.1	4.6	4.3	4.1	3.8	3.5	3.3	3.1	3.2	4.7
S. D.	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0	0.8	0.9	0.9	0.8	0.7	0.9	1.6
Milking time (sec)	186	182	175	163	158	146	145	138	129	126	125	124	154
S. D.	60	56	55	51	54	47	46	45	43	38	36	42	53
Avg. rate (kg/min)	2.43	2.30	2.11	2.06	1.97	1.93	1.86	1.83	1.82	1.72	1.62	1.69	1.98
S. D.	0.80	0.77	0.75	0.78	0.77	0.72	0.73	0.77	0.74	0.61	0.52	0.62	0.77
Day													
Milk yield (kg)	19.3	18.5	16.4	14.8	13.6	12.5	11.9	11.1	10.1	9.6	9.3	9.1	13.6
S. D.	3.5	3.3	3.2	2.9	2.5	2.4	2.3	2.5	2.4	2.1	2.0	2.4	4.2
Milking time (sec)	450	454	425	397	378	350	345	330	300	293	291	285	370
S. D.	122	123	116	113	113	104	99	100	88	79	81	82	119
Avg. rate (kg/min)	2.72	2.60	2.45	2.40	2.33	2.30	2.21	2.17	2.16	2.07	2.01	2.05	2.32
S. D.	0.72	0.73	0.70	0.74	0.74	0.71	0.71	0.74	0.69	0.55	0.52	0.63	0.73

Table 3. Components of variance in average rate of flow, milking time and milk yield by percent

Sources of variation	df	Morning			Evening			Day		
		Milk	Time	Rate	Milk	Time	Rate	Milk	Time	Rate
Cows	60	10.2	32.8	51.0	7.7	28.3	47.8	9.3	34.2	57.3
Stages/cow	492	78.6	41.9	11.7	75.4	38.7	12.6	82.1	46.5	14.4
Within stage	1728	11.2	25.3	37.3	16.9	33.0	40.6	8.6	19.3	28.3
Total variance		7.337	6106.0	0.574	2.107	2749.0	0.421	16.237	14601.8	0.403

Table 4. Reliability of various number of measurements of average rate of flow, milking time and milk yield

Stages of lactation	Observations	Morning Avg. rate of flow	Evening Avg. rate of flow	Day Avg. rate of flow	Day Milking time	Day Milking time
1	1	0.510	0.468	0.573	0.342	0.093
1	2	0.627	0.587	0.668	0.378	0.097
1	3	0.679	0.642	0.706	0.392	0.099
1	4	0.709	0.673	0.728	0.399	0.099
2	3	0.736	0.702	0.775	0.535	0.175
2	4	0.771	0.740	0.801	0.549	0.177
3	4	0.794	0.765	0.828	0.627	0.237
3	6	0.835	0.810	0.858	0.646	0.244
3	7	0.847	0.824	0.866	0.652	0.245
3	8	0.857	0.835	0.873	0.656	0.246
4	6	0.848	0.825	0.873	0.697	0.297
4	7	0.861	0.839	0.882	0.704	0.299
4	8	0.871	0.851	0.889	0.709	0.301
10	10	0.912	0.898	0.931	0.838	0.506

特徴ある推移を示し、ステージ進行に連れての定方向的搾乳速度の減少は見られない。

Table 3 に朝・夕・一日での乳量、搾乳時間、平均搾乳速度のパーセント分散成分を示している。朝・夕・一日とも平均搾乳速度の個体間分散成分 (48.7~57.3%) が最も大きく、乳量と搾乳時間では、ステージ間分散成分が大きく推定された。これら分散成分より算出した信頼度 (Table 4) において、平均搾乳速度は牛間差異の割合が他の変動要因より大きいため、単一測定信頼度は、一日乳量、一日搾乳時間より大きく (朝: 0.510, 夕: 0.468) なった。一日乳量は、ステージ間分散成分が 82% と大きいため、一回記録では極めて低い信頼度 (0.093) となった。これらの信頼度は、観測ステージ数、総観測数の増加に伴い全ての形質で増加しているが、その増加率は形質によって異なった。ステージ間分散成分が大きく個体間分散の小さな乳量は、ステージ内での測定数を増しても顕著な信頼度の増加が得られず、ステージ数を増すことによって大幅な増加が得られる。

Fig. 2 に朝平均搾乳速度の一泌乳期平均と各ステージ平均との相関 (A)、一泌乳期平均と泌乳開始からの累積ステージ平均 (B)、そして一泌乳期平均と泌乳期後方からの累積ステージ平均 (C)、これら 3 つの方法による相関を分娩季節ごとに示した。一泌乳期平均と各ステージ平均との相関 (A) では、分娩後 3 カ月目と 7 カ月目の相関が、どの分娩季節でも比較的高く ($r > 0.8$), しかも一致した。泌乳期平均と累積ステージ平均との相関 (B, C) では、どの分娩季節でも前方あるいは、後方から 3 ステージ累積で $r > 0.90$ と高く、この値からの泌乳期平均推定が可能であることを示した。

Table 5 に示した乳量の補正 (モデル 4) でのそれぞれ従属変数に対する偏回帰係数は、

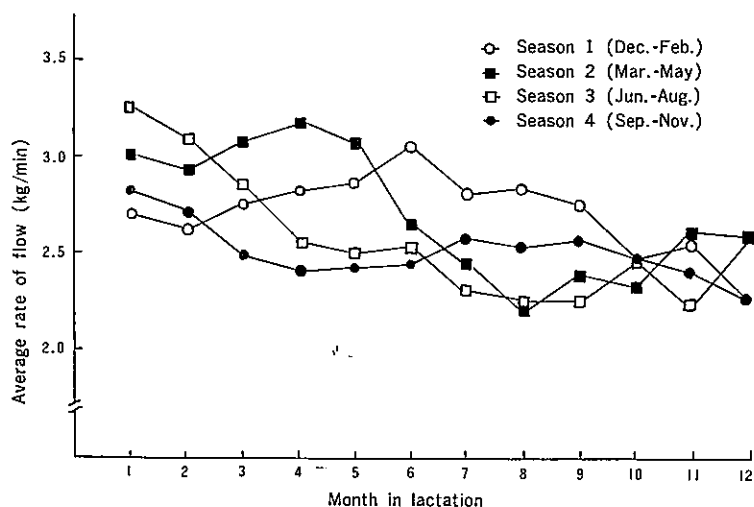


Fig. 1. The means of the average rate of flow at morning milking for four calving seasons and stages of lactation.

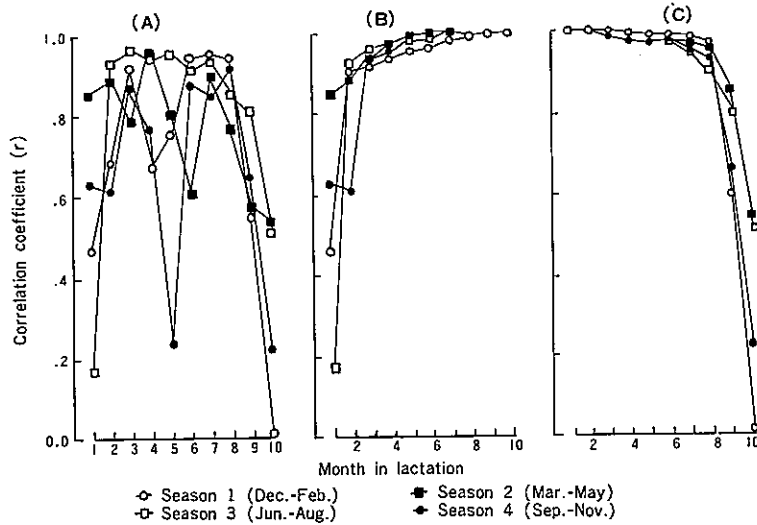


Fig. 2. The correlations on average rate of flow at morning milking between the average of lactation and averages of each month in lactation (A), cumulative months forwardly (B) and backwardly (C) in four calving seasons.

全て有意 ($P < 0.01$) であった。

分散分析の結果を乳量の補正, 非補正の場合に分け, 産次, 分娩季節, 泌乳ステージの順に最小二乗定数を Table 6 から Table 8 に示した。

産次の効果 (Table 6) おいて, 乳量で補正された朝と一日搾乳時間を除く他の形質で有意な差が存在した。乳量は, 1産目が少なく3産目で高い生産となっており, その差は1.82 kg/日に達している。乳量で補正された朝と一日搾乳時間において, 有意な差が存在しなかったということは, 乳量以外の特定な効果がそれぞれの産次で存在していないことを示している。平均搾乳速度でも有意ではあるが, 補正すると小さな差となり, 1及び3産目が2及び4産目よりも速い搾乳速度と産次との直線的関係は認められなかった。

分娩季節間の差異は (Table 7), 全ての形質で有意 ($P < 0.01$) となった。乳量において, シーズン4 (9~11月) と他のシーズンとの間に有意な差はあるが, シーズン1~3の間に有意な差は認められない。搾乳時間と平均搾乳速度は, 乳量の補正, 非補正とも産次の場合と異なり, 同様の値となり, 乳量以外の要因により分娩季節間に差の生ずることが示唆された。

ステージの効果 (Table 8) は, 他の2つの要因に比べ大きい変動性を示し, かつ3形質とも前期ステージから後期ステージへと一定の傾向を示した。乳量非補正の場合, 平均搾乳速度と搾乳時間は, ステージの進行に連れて減少している乳量と同様な推移を示した。これに対し乳量補正を行うと, 搾乳時間では非補正の場合と同一のパターンではあるがステージ間変動の

Table 5. Linear regression of milking time and average rate of flow on milk yield

Trait	Regression coefficient
Milking time (sec)	
Morning	13.88**
Evening	6.18**
Day	10.77**
Average rate of flow (kg/min)	
Morning	0.166**
Evening	0.308**
Day	0.095**

** P < 0.01

Table 6. Least-squares constants for calving number

Calving number	(1) No adjustment for milk yield			Milking time (sec)			Avg. rate of flow (kg/min)		
	Milk yield (kg)			Morning	Evening	Day	Morning	Evening	Day
	**	**	**	**	**	**	**	**	**
1	-0.79	-0.44	-1.23	-12.24	-3.87	-16.10	-0.065	-0.106	-0.089
2	0.03	0.06	0.09	3.15	1.74	4.90	-0.057	-0.029	-0.043
3	0.32	0.27	0.59	3.97	-3.69	0.28	-0.084	0.163	0.118
4	0.44	0.11	0.55	5.12	5.82	10.92	0.206	-0.028	-0.014
(2) Adjusted for milk yield									
				n. s.	**	n. s.	*	**	**
1				-1.24	-1.14	-2.81	0.027	0.029	0.028
2				2.68	1.40	3.93	-0.061	-0.046	-0.052
3				-0.45	-5.35	-6.04	0.048	0.081	0.062
4				-0.99	5.09	4.92	-0.014	-0.064	-0.038

n. s. no significance

* P < 0.05

** P < 0.01

Table 7. Least-squares constants for calving season

Calving season	(1) No adjustment for milk yield			Milking time (sec)			Avg. rate of flow (kg/min)		
	Milk yield (kg)			Morning	Evening	Day	Morning	Evening	Day
	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Season 1	0.01	0.06	0.05	-7.54	-11.50	-19.04	0.138	0.198	0.172
Season 2	0.14	0.10	0.24	-7.59	1.95	-5.64	0.073	0.001	0.032
Season 3	0.11	0.08	0.19	7.94	3.74	11.70	-0.056	-0.049	-0.051
Season 4	-0.26	-0.24	-0.48	7.19	5.81	12.98	-0.155	-0.150	-0.153
(2) Adjusted for milk yield									
				**	**	**	**	**	**
Season 1				-7.37	-11.85	-19.54	0.138	0.180	0.167
Season 2				-9.50	1.33	-8.20	0.058	-0.029	0.009
Season 3				6.39	3.27	9.67	-0.069	-0.072	-0.068
Season 4				10.45	7.25	18.07	-0.127	-0.079	-0.108

** P < 0.01

Season 1 (December-February)

Season 2 (March-May)

Season 3 (June-August)

Season 4 (September-November)

Table 8. Least-squares constants for stage of lactation

(1) No adjustment for milk yield									
Stage of lactation (Days)	Milk yield (kg)			Milking time (sec)			Avg. rate of flow (kg/min)		
	Morning	Evening	Day	Morning	Evening	Day	Morning	Evening	Day
	**	**	**	**	**	**	**	**	**
0- 30	3.21	2.06	5.27	45.27	30.36	75.62	0.325	0.403	0.354
31- 60	2.85	1.60	4.45	51.76	26.38	78.14	0.189	0.276	0.239
61- 90	1.53	0.83	2.36	30.96	18.66	49.63	0.079	0.109	0.095
91-120	0.65	0.21	0.86	15.97	6.68	22.70	0.037	0.033	0.047
121-150	-0.11	-0.19	-0.30	0.33	1.09	1.32	0.015	-0.035	-0.003
151-180	-0.87	-0.54	-1.41	-15.97	-9.70	-25.60	-0.008	-0.070	-0.035
181-210	-0.18	-0.13	-0.32	-0.82	0.06	-0.76	-0.043	-0.052	-0.046
211-240	-1.79	-1.02	-2.81	-28.01	-18.56	-46.57	-0.165	-0.160	-0.164
241-270	-2.49	-1.28	-3.77	-48.69	-26.13	-74.81	-0.159	-0.182	-0.183
271 ≤	-2.80	-1.54	-4.33	-50.85	-28.84	-79.67	-0.270	-0.322	-0.304
(2) Adjusted for milk yield									
	**	**	**	**	**	**	**	**	**
0- 30				0.74	17.63	18.88	-0.048	-0.231	-0.144
31- 60				12.13	16.51	30.20	-0.142	-0.215	-0.182
61- 90				9.72	13.53	24.19	-0.099	-0.147	-0.129
91-120				6.95	5.37	13.42	-0.038	-0.032	-0.034
121-150				1.87	2.27	4.59	0.027	0.025	0.026
151-180				-3.88	-6.36	-10.42	0.093	0.097	0.098
181-210				1.68	0.90	2.64	-0.022	-0.010	-0.016
211-240				-3.12	-12.29	-16.33	0.043	0.153	0.102
241-270				-14.16	-18.23	-34.25	0.130	0.211	0.174
271 ≤				-11.93	-19.33	-32.92	0.056	0.147	0.105

** P < 0.01

Table 9. The simple correlation coefficients between variables

Variables	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Morning milk yield (1)	0.561	0.329	0.866	0.382	0.374	0.982	0.534	0.397	-0.703
Morning milking time (2)		-0.528	0.416	0.669	-0.247	0.525	0.942	-0.423	-0.445
Morning avg. rate of flow (3)			0.363	-0.374	0.686	0.350	-0.508	0.928	-0.186
Evening milk yield (4)				0.356	0.497	0.944	0.429	0.459	-0.685
Evening milking time (5)					-0.511	0.385	0.880	-0.501	-0.372
Evening avg. rate of flow (6)						0.430	-0.407	0.900	-0.247
Day milk yield (7)							0.508	0.429	-0.718
Day milking time (8)								-0.497	-0.453
Day avg. rate of flow (9)									-0.240
Stage of lactation (days) (10)									-

All correlations are significant at 0.01 level of probability.

Table 10. Partial regressions of milking time (sec) on the first two powers of milk yield (X_1) and stage of lactation in days (X_2) and on the first power of average rate of flow (X_3)

	Partial regressions on the independent variables					Value of	
	X_1	X_1^2	X_2	X_2^2	X_3	R	R ²
Morning	15.6					0.561	0.315
	22.9				-75.2	0.941	0.885
	35.0	-0.632			-75.8	0.944	0.892
	34.6	-0.621	-0.012		-75.7	0.944	0.892
	34.7	-0.640	-0.040	0.00007	-75.7	0.944	0.892
Evening					-38.7	0.553	0.306
	28.1				-67.0	0.914	0.835
	41.9	-1.29			-67.7	0.918	0.842
	39.3	-1.17	-0.029		-67.2	0.919	0.844
	39.3	-1.18	-0.039	-0.00002	-67.2	0.919	0.844
Day	14.5					0.511	0.261
	25.2				-143.9	0.945	0.892
	40.2	-0.506			-145.3	0.949	0.901
	39.1	-0.489	-0.035		-144.9	0.950	0.902
	39.1	-0.491	-0.041	0.00002	-144.9	0.950	0.902

All R and R² are significant at 0.01 level of probability.

幅が小さくなり、平均搾乳速度においては、初期ステージから末期へと漸増する逆のパターンを示した。

搾乳時間に影響を与えている要因を検討するため朝・夕・一日の乳量、搾乳時間、平均搾乳速度及び分娩からの日数を加えた10形質間の単相関を算出し Table 9 に示した。この中で、朝では乳量との相関 (0.561) が平均搾乳速度 (-0.528) との相関よりも大きいですが、夕において、この関係は逆転している。分娩からの日数との相関は、朝 (-0.445)、夕 (-0.372) と比較的大きな値となった。

そこで次の形質を独立変数として、搾乳時間推定のため変数増加法による重回帰分析を行い、結果を Table 10 に示した。

(独立変数) X_1 : 乳量 X_1^2 : 乳量の二乗

X_2 : 分娩からの日数 X_2^2 : 分娩からの日数の二乗

X_3 : 平均搾乳速度

Table 10 の R および R² は重回帰式の説明度を示す重相関係数と決定係数であり、全て有意 ($P < 0.01$) である。朝・夕の搾乳時間とも X_1 と X_3 の2個の独立変数によって、朝では全変動の89%、夕においても84%が説明され、これら2つの独立変数に他の変数を加えても有意な決定係数の増加は認められず、搾乳時間については乳量と平均搾乳速度から統計的に

精度の高い推定値が得られる。

実験式は次のようになる。

朝の搾乳時間

$$Y = 209.4 + 22.9X_1 - 75.2X_3 \quad R = 0.941$$

夕の搾乳時間

$$Y = 154.6 + 28.1X_1 - 67.0X_3 \quad R = 0.914$$

一日の搾乳時間

$$Y = 361.9 + 25.2X_1 - 147.9X_3 \quad R = 0.945$$

Y : 搾乳時間 (秒) X_1 : 乳量 (kg)

X_3 : 平均搾乳速度 (kg/分)

搾乳時間は、乳量 1 kg 増加当たり朝では 22.9 秒、夕では 28.1 秒増加し、平均搾乳速度が 1 Kg/分速まると朝では 75.2 秒、夕においては 67 秒それぞれ減少する。

考 察

Table 2 に示した平均値は、ホルスタイン種を用いた TOMASZEWSKI *et al.* (1975) の報告、分娩後 30~60 日での平均搾乳速度 3.0 kg/分、搾乳時間 264 秒と良く一致したが、SMITH *et al.* (1974) の平均搾乳速度 1.85 kg/分、MILLER *et al.* (1976) の 2.07 kg/分よりもかなり速い搾乳速度となった。これらの差異は、交雑種を対象 (SMITH *et al.* 1974) としたり長期にわたる記録収集 (MILLER *et al.* 1976) で、遺伝と環境要因の変化が反映しているとも考えられる。また、この研究での記録は回転パーラーより得られたものであるためその特性上、搾乳性への心理的圧力が加わっているかもしれない。

Fig. 1 の分娩季節とステージによる平均値の変化により、シーズン 1 (12~2 月分娩) では 6~8 月に当たる分娩後 6 カ月目にピーク (3.05 kg/分) が存在し、シーズン 2 (3~5 月分娩) でのピーク (3.19 kg/分) も 7~9 月と夏季に当たっている。これらの時期はいずれも乳量下降期にあり、搾乳時間の減少が乳量減少を上回っていることを示す。さらに、これらの時期は 6~9 月と夏季であることを考慮すると、飼料の変化あるいは搾乳に対する乳牛の慣れもあろうが、「温かい」という外気温が搾乳速度に対して有意な作用をもたらすと考えられる。この夏季間での増加とは逆にシーズン 3 と 4 で最も落ち込んだ 4 カ月目 (シーズン 3; 2.54 kg/分、シーズン 4; 2.40 kg/分) は、10~3 月と気温の低い月に相当し、夏とは逆方向に外気温が影響しているものと推察される。

Table 4 の信頼度は、SMITH *et al.* (1974) と TOUCHBERRY and MARKOS (1970) と同様の傾向にあるが、測定数増加による信頼度の上昇は、SMITH *et al.* (1974) より劣り、TOUCHBERRY and MARKOS (1970) の報告と類似した。SMITH *et al.* (1974) が基準とした信頼度 0.85 を Table

4の平均搾乳速度から得るためには8回前後の測定を異なるステージで実行する必要がある。

最小二乗定数において、乳量補正では、産次と平均搾乳速度の直線的関係は認められなかった (Table 6)。産次が増加するにしたがい事故・疾病の確率が高まりその影響も考慮される。この結果では、3産目が速い搾乳速度となっていて、一概に結論は出し得ない。分娩季節間 (Table 7) の差異は、乳量補正後も変わらず、Fig. 1での考察と同様、気温の影響が推測され、また、分娩季節とステージ間の交互作用も考えられる。Table 8で、乳量補正の搾乳速度は初期ステージから末期へと漸増するパターンとなったが、この現象は乳頭括約筋の弛緩蓄積の効果 (SMITH *et al.* 1974) と考えられる。

Table 10の重回帰式において分娩からの日数 ($X_2 \cdot X_3$) は、有意に搾乳時間に関与しなかった。これはTable 9の単相関より、分娩からの日数と搾乳時間の相関よりも、搾乳時間と乳量及び平均搾乳速度との相関が大きく、乳量と分娩からの日数との相関が大きいため (朝: -0.703, 夕: -0.685) ため、分娩からの日数 (X_2) の径路が十分に説明されたと考えられる。ここで算出された搾乳時間実験式は、TOUCHEBERRY and MARKOS (1970) が推定した乳量と最高搾乳速度からの下記式と良く一致した。

$$Y = 225 + 30.4 X_1 - 73.4 X_2$$

Y: 搾乳時間 (秒) X_1 : 乳量 (kg)

X_2 : 最高搾乳速度 (kg/分)

要 約

昭和49年12月より51年9月まで、帯広畜産大学附属農場にけい養されていたホルスタイン牛群から、機械後搾りを含む平均搾乳速度を測定し、フィールドにおける搾乳速度の測定法、影響要因を検討した。

測定は、朝・夕2回の搾乳で週一度なされ、延べ88頭の152泌乳期より3,821記録を採取、分析し次の結果を得た。

1) 朝・夕搾乳での乳量は、16時間、8時間という搾乳間隔であるため、朝乳量は夕乳量の1.9倍であったが朝平均搾乳速度は、夕搾乳の1.3倍であった。

2) 平均搾乳速度は、ステージ進行に従って直線的に推移せず、分娩季節によっても推移パターンは異なった。

3) 分散成分を個体間、ステージ間、ステージ内記録間に分割した場合、平均搾乳速度では個体間分散が最も大きく (48~57%) 個体の特徴を反映しているものと推測される。

4) 測定数の違いによる信頼度を前述3)の分散成分から推定すると、平均搾乳速度の信頼ある値をうるためには、異なるステージで8回程の測定が必要となる。

5) 一泌乳期平均を個体の代表値とすると、平均搾乳速度は分娩季節に関係なく、泌乳開

始からの3カ月間あるいは泌乳終了前3カ月平均値から高い信頼度 ($r > 0.90$) で推定される。

6) 搾乳時間は、乳量と平均搾乳速度から高い決定係数 ($R^2 > 0.84$) で推定される。

7) 産次、分娩季節、泌乳ステージを要因とした分散分析より、これらの要因はいずれも有意に搾乳速度に影響しており、分娩季節間での差異は乳量以外の気温等の影響によるものと推測された。乳量の影響を除いた泌乳ステージの効果から、平均搾乳速度は泌乳ステージ進行に伴って速くなっており、乳頭括約筋の弛緩などの乳牛の生理面とステージ進行との関連性が観察された。

以上の結果より、機械後搾りを含む平均搾乳速度を指標とする場合、異なるステージで8回程程度の測定が必要である。さらにこの搾乳速度は乳量の影響を除いても異なる分娩季節、ステージ間に有意な差が存在し、育種価推定のためには、これらの変動要因に対し考慮を払わねばならない。

謝 辞

記録収集に際しては、帯広畜産大学附属農場職員の皆様に御協力願いました。深く感謝いたします。

文 献

- 1) DODD, F. H. (1953): Normal variation in the rate of machine milking. *J. Dairy Res.*, 20: 301-318.
- 2) FOLEY, R. C., D. L. BATH, F. N. DICKINSON and H. A. TUCKER (1973): *Dairy Cattle*: 390-407. LEA and FEBIGER, PHILA.
- 3) GREGOIRE, A. T., R. D. MOCHRIE, F. L. ELLIOTT, H. D. EATON and A. A. SPIELMAN. (1954): Effects of vacuum level and milking duration on milk production, milking time and rate of milk flow in mastitis-free first calf heifers. *J. Dairy Sci.*, 37: 276-283.
- 4) GRIFFIN, T. K. and F. H. DODD (1962): A note an indirect measure of machine milking rate. *J. Dairy Res.*, 29: 207-210.
- 5) MILLER, R. H., R. E. PEARSON, B. T. WEINLAND and L. A. FULTON (1976): Genetic parameters of several measures of milk flow rate and milking time. *J. Dairy Sci.*, 59: 957-964.
- 6) SCHMIDT, G. H., R. S. GUTHRIE and R. W. GUEST (1963): Effect of teat cup liner diameter and mouthpiece on the milking rate, machine stripping and mastitis of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 46: 1064-1068.
- 7) SCHMIDT, G. H. and L. D. VAN VLECK (1969): Measuring milk flow of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 52: 639-645.
- 8) SCHMIDT, G. H. and L. D. VAN VLECK (1973): *Principles of Dairy Science*: 99-117. W. H. FREEMAN and Co., SAN FRANCISCO.
- 9) SMITH, J. W., R. H. MILLER, M. W. HOOVEN, JR. and E. D. MOORE (1974): Sources of variations in milk flow characteristics. *J. Dairy Sci.*, 57: 1355-1363.
- 10) TOMASZEWSKI, M. A., G. L. HARGROVE and J. E. LEGATES (1975): An assessment of field measures of milking rate. *J. Dairy Sci.*, 58: 545-550.
- 11) TOUCHBERRY, R. W. and J. L. LUSH (1950): The accuracy of linear body measurements of dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 33: 72-80.
- 12) TOUCHBERRY, R. W. and H. G. MARKOS (1970): Variations in the time required to milk cows. *J. Dairy Sci.*, 53: 176-187.

Summary

This study was carried out to examine the milking rate in the field and also to investigate the sources of effects on the milking rate and the number of measurements required for a reliable estimate.

The average rate of flow including the machine stripping was calculated from the milk yield and milking time which were measured weekly at morning and evening milkings on the Holstein herd of the University Farm. Three thousand eight hundred twenty-one milking rate data obtained from 88 cows within a period of 22 months from December of 1974 to September of 1976 were used for this analysis.

The results obtained are summarized as follows :

1) The average morning milk yield was 1.9 times greater than the evening milk yield because of different milking intervals (16 hr. and 8 hr. respectively). The average rate of flow at morning was only 1.3 times faster than at evening.

2) The average rate of flow showed specific shifting patterns at the stage of lactation for calving seasons.

3) Partitioning the total variance into component of cow, stage within cow and measurement within stage, the largest component in the average rate of flow was estimated for cow (48-57%) reflecting the characteristic of each cow.

4) By the reliability on the different number of measurements with variance component analysis, it was indicated that about 8 measurements are required to sample from different stage of lactation for obtaining a reliable estimate.

5) The average rate of flow in a lactation could be estimated from the average of 3 cumulative months in the early and later stages of lactation regardless of calving seasons.

6) The milking time was precisely estimated by milk yield and average rate of flow by the multiple regression equation.

7) The average rate of flow was significantly associated with calving numbers, calving seasons and stage of lactation by the least-squares analysis. The differences among calving seasons were supposed to be affected by factors other than milk yield. From the effects of the stages on the average rate of flow corrected by milk yield, it was noted that the physiological change of the teat sphincter state were associated with the progression of lactation.

It was concluded that 8 measurements in different stages of lactation were sufficient to estimate milking rate of a cow when average rate of flow including machine stripping would be considered as an indicator of milking rate. Since the milking rate was affected by calving seasons and stages of lactation, it should be taken into account of these variable sources for estimating the breeding value of each cow in the present position.