

搾乳作業における労働負担の軽減に関する研究

—— 作業方法の改善による効果 ——

小宮 道士・川上 克己

Studies on the Reduction of Labor Burden in Milking Works
—— Effect of the improvement of milking procedures ——

Michio KOMIYA and Katsumi KAWAKAMI
(September 1999)

緒 論

農作業機械や施設の開発または改善において、作業能率の向上は重要な要因であるが、省力化を考えた場合には作業者の労働負担の軽減が評価の対象となるであろう。この労働負担の評価指標として従来から作業時の姿勢とともに心拍数は広く利用されてきた⁵⁾。同様に、酪農における労働負担の計測に関しては、これまで畜舎内での作業毎に心拍数の増加やエネルギー代謝率を求めたり、その作業姿勢を分類した報告^{1,2,10,11)} などがある。

最近では角度センサを使用し、姿勢を時系列の数値データとして解析する計測技術⁹⁾が確立してきた。一方、心拍数は個人差が大きく、作業者が異なると評価が難しくなることから、これを校正し、心拍数に代わる評価法の試み³⁾もなされている。

これらの計測技術と手法を応用して、本研究では、これまでに既存の搾乳システムにおける実搾乳作業の作業負担量と作業姿勢を詳細に計測して、作業負担量に影響する作業要因を調べた⁶⁾。また、実搾乳では作業内容やそれに関わる時間が乳牛によって異なる場合もあることから、実験室内のパイプラインミルクにより模擬搾乳試験を行ない、その結果、作業内容と負担量の関係において、つなぎ飼いの搾乳ではストール間のユニット運搬が負担増となること、搾乳前処理やユニットの取り付けの際に蹲踞から直立へと姿勢が大きく変化する際に心拍数も増大することが明らかとなった⁷⁾。

本報では、パーラ搾乳に比べ労働負担の大きいパイプライン搾乳での作業において、先に述べた試験結果から作業時の姿勢変化が少なくなるような作業方法を考え、それによって得られる労働負担量の軽

減効果について検証を行ったので、その結果について報告する。

方 法

試験は、実搾乳作業およびこれと同様の作業内容、手順で行った模擬搾乳作業において実施した。各試験においては、一般的なつなぎ飼いの牛舎での搾乳手順と、これに対し、ストリップカップ、ペーパータオル、ディッピング液を腰部に携帯し、搾乳前処理時の作業者の移動や姿勢の大きな変化が少なくなるように改善した搾乳手順の2通りの方法で計測を行った。搾乳時の労働負担は、ハートレートモニタ(キャノンレーディング)により5秒毎に得られた作業者の心拍数を基に算出した。また、同時に作業姿勢をマックオクト(VINE)を使用して計測した(サンプリング・レート0.5秒)。角度センサは右上腕部、右腋窩下部、右大腿外側、右下腿外側の4箇所に取り付けた。

Table 1には、模擬搾乳作業における改善前モデル(一般的なつなぎ飼いの牛舎での搾乳手順)と改善後モデルの作業内容、処理時間等について示した。2つの作業モデルの異なる点は、改善後のモデルにおいてストリップカップ、ペーパータオル、ディッピング液など必要な用具の携帯によって、前処理作業やユニット取り外し時での移動や姿勢の変化が減少したことである。この2つのモデルで既報⁷⁾と同様に実験室内のパイプラインミルクを使用して模擬搾乳の労働負担量を計測した。作業モデルは一頭分の作業サイクルを13頭分(13処理回)反復して行い、搾乳作業2時間で搾乳牛50~60頭規模(搾乳時2人)の作業能率を想定した。

実搾乳試験はつなぎ飼いの経産牛41頭の本学付属

Table 1 Working procedure and operation time in the milking simulation.

Model	Operation time (seconds)								Repetition (times)	Measurement time (minutes)	Efficiency (cow/hour·person)
	Pre-milking	Rinsing	Wiping	Attaching a unit	Rest	Removing a unit	Dipping	Carrying a unit※ ¹			
Conventional※ ²	18	18	18	23	27	24	15	28	13	32.78	23.0
Improved※ ³		29		23	27	24		18	13	24.28	32.1

※ 1 Carry a unit at every other repetition.

※ 2 Except the rest, include a walk for five seconds before and after working.

※ 3 Except the rest and before the carrying a unit, include a walk for five seconds before and after working.

農場第1牛舎において実施した。実搾乳の前処理作業は前搾りと乳房清拭で模擬搾乳に比べて1工程少なかったが、中央通路上の運搬車への移動などが少なくなるように改善後の作業手順として模擬搾乳作業と同様にストリップカップ、ペーパータオル、ディッピング液を携帯して行った。

被験者は模擬搾乳試験3名(A, B, C), 実搾乳試験2名(D, E)で、いずれも20才前後の酪農後継者または日常的に搾乳を行っている男子学生であった。また、ステップテスト³⁾を各被験者の試験の前に実施し、これを心拍数の個人差や日較差を補正する較正值の算出に利用した。

作業モデル間の評価には、心拍数、較正值をもとに平均値の差の検定および多重比較(Tukeyの方法)などの統計解析を用いた。

結果および考察

1. 模擬搾乳作業における労働負担

Fig.1, 2に模擬搾乳作業における被験者Bの心拍数(3処理回平均)および作業内容と姿勢モニタによる作業姿勢を示した。作業者の心拍数は模擬搾乳の各作業の際、蹲踞から起立へと大きく姿勢が変わ

るときに増加するなど、作業に応じて反復処理の間、同様の変化を繰り返した。Fig.1は7, 9, 11処理回目のユニット運搬のない作業サイクルの平均心拍数を示した。心拍数は前サイクル(6, 8, 10処理回目)のユニット運搬後に上昇した高い数値から始まっているが、作業方法改善後のモデルでは、前搾りから拭き取りまでの前処理作業間の姿勢変化がないため、心拍数は毎分100回以下と改善前のモデルと比較して低く、その後の作業においても全体に低い値で推移した。また、作業の最後にユニットの運搬がある8, 10, 12処理回目の平均心拍数(Fig.2)も同様に前処理作業およびその後の作業における心拍数は低い値を示した。

Table 2に模擬搾乳作業における被験者Bの結果をまとめた。心拍数増加率はユニットの運搬がない作業サイクルの場合、改善前モデルの1.35から改善後の1.26へと6%減少し、またエネルギー代謝率も4.4から3.3へと減少した。モデル間で平均値の差を検定した結果、両者間には有意な差(P<0.001)が認められた。ユニットの運搬がある場合も同様であった。ユニット運搬の有無で比較したとき、運搬を伴わない作業サイクルの心拍数が大きくなった

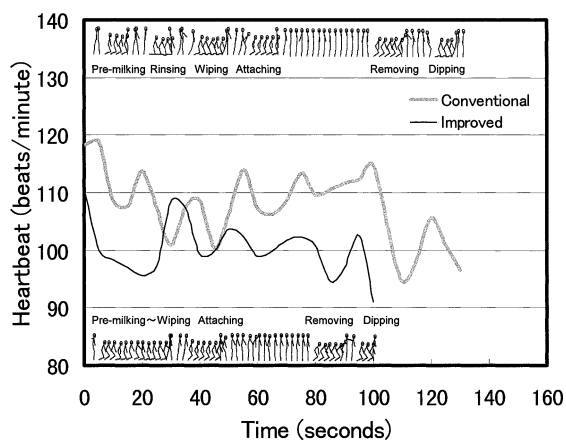


Fig. 1 Change of heartbeat in the milking simulation, when the subject did not carry a unit.

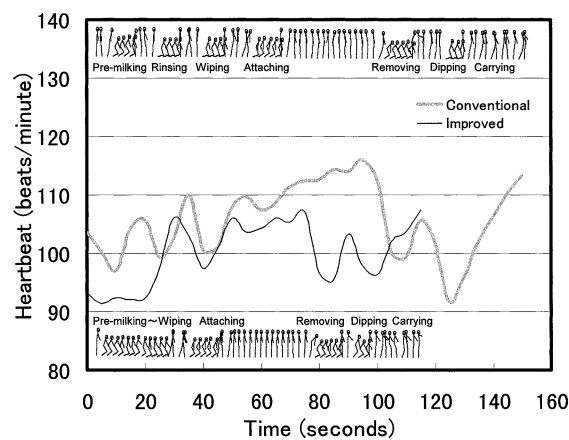


Fig. 2 Change of heartbeat in the milking simulation, when the subject carried a unit at the last procedure.

Table 2 The rate of heartbeat increase and the relative metabolic rate (RMR) in the milking simulation (subject B).

Carrying a unit	Model	Heartbeat (beats/minute)			Rate of increase	RMR
		Average	Max.	Rest		
NC	Conventional	108 ^a	119	80	1.35	4.4
	Improved	101 ^b	111	80	1.26	3.3
C	Conventional	106 ^c	117	80	1.33	4.1
	Improved	100 ^d	109	80	1.25	3.2

NC: No carrying a unit, C: Carrying a unit a, c: P<0.001, b, d: P<0.001

が、これはユニット運搬による心拍数の上昇が次の運搬の伴わない作業サイクルの最初に生じたため (Fig.1, 2) であり、実際にはユニットの運搬により労働負担は増加する。

被験者Bと同様に模擬搾乳作業を行った被験者A, Cの心拍数増加率も改善前モデルのユニット運搬なし、運搬あり、改善後モデルのユニット運搬なし、運搬ありの順に値が低くなる傾向にあり、いずれの被験者も改善後の作業モデルにおいて労働負担が減少した (Fig.3)。また、作業中に変化する心拍数増加率の変動幅は、被験者Aの5%減であったユニット運搬なしの場合を除き、改善後のモデルにおいて22~33%減少した。

Table 3には、安静時からステップテスト時に増加した心拍数をもとに搾乳作業時に増加した心拍数を百分率で表し、ステップ較正值として示した。ユニット運搬のない場合、被験者B, Cの較正值平均は作業方法改善前モデルの55.5, 64.0から改善後モデルでは41.6, 47.9と約25%減少した。被験者Aのユニットの運搬がある作業モデルでは、さらに較正值が改善前と比べて49.4%と、作業時の心拍数増加が半分になった。被験者Cは姿勢の変化により増減する心拍数の変動が大きいため、改善による効果は明確でなかったが、被験者A, Bの各作業モデルの較正值間には有意な差 (P<0.01) が認められた。

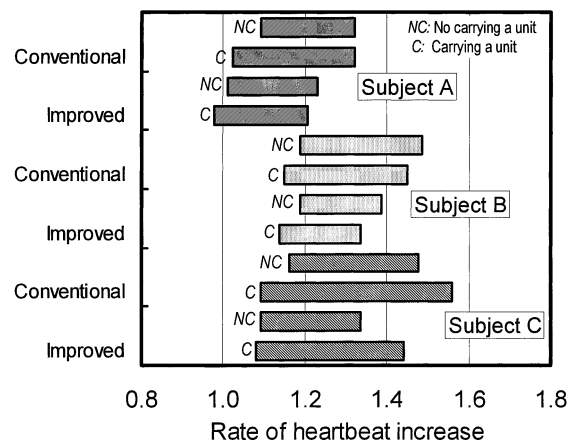


Fig. 3 Variation in the rate of heartbeat increase.

2. 実搾乳作業における労働負担

実搾乳試験は付属農場において従来実施している搾乳手順と、搾乳用具を携帯し姿勢の変化や中央通路までの移動を少なくした手順による搾乳を、同一被験者が夕方の搾乳時に2日間に亘って試験を行った。したがって被験者の身体的な日変動も考えられることから、搾乳手順による労働負担量の違いをステップ較正值で比較した。Fig 4, 5は被験者D, Eによる作業時のステップ較正值の変化を、Table 4には較正值平均、心拍数増加率 (作業時平均)などを示した。被験者Dの作業方法改善前の較正值は、最大88.6, 平均44.3であったが、改善後の最大は82.8, 平均34.0と較正值平均で23%減少し、これは

Table 3 The step calibration value of all subjects in the milking simulation.

Subject	Carrying a unit	Max.		Average		Significance
		Conventional	Improved	Conventional	Improved	
A	NC	74	53 (71.6)	44.4	23.6 (53.2)	**
	C	74	47 (63.5)	39.7	19.6 (49.4)	**
B	NC	78	62 (79.5)	55.5	41.6 (75.0)	**
	C	72	54 (75.0)	51.4	39.3 (76.5)	**
C	NC	103	73 (70.9)	64.0	47.9 (74.8)	*
	C	120	95 (79.2)	62.4	48.9 (78.4)	

** : P<0.01, * : P<0.05

(%) : The reduction

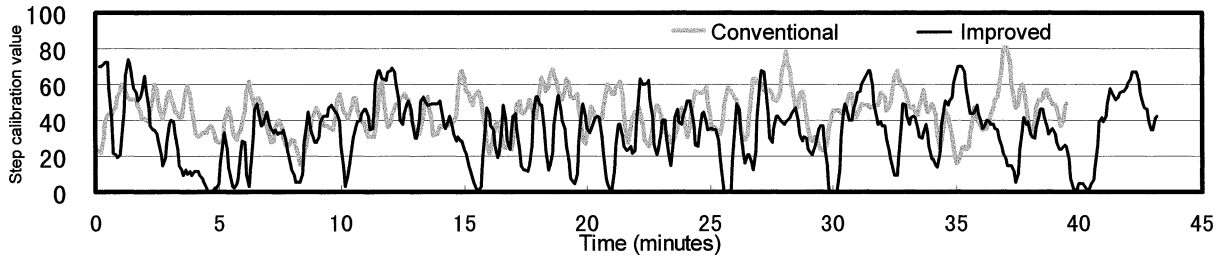


Fig. 4 Change of the step calibration value during actual milking (subject D).

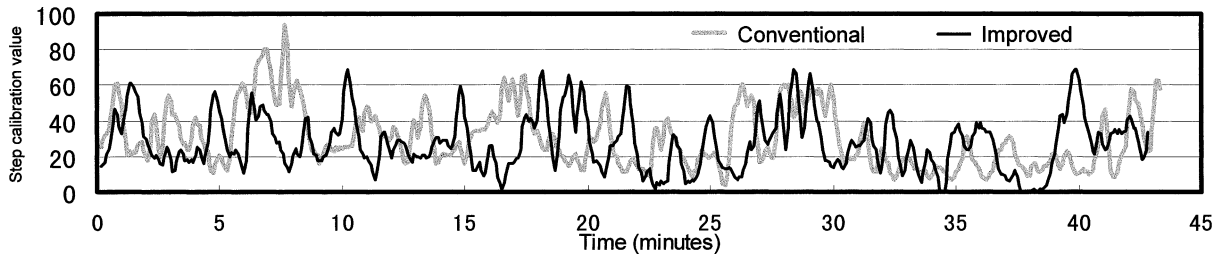


Fig. 5 Change of the step calibration value during actual milking (subject E).

Table 4 The step calibration value and the relative metabolic rate (RMR) during actual milking.

Subject	Model	Step calibration value		Rate of increase	RMR
		Average	Max.		
D	Conventional	44.3 ^a	(100.0)	1.20	2.4
	Improved	34.0 ^b	(76.6)	1.11	1.5
E	Conventional	30.4 ^c	(100.0)	1.19	2.5
	Improved	27.6 ^d	(90.8)	1.18	2.5

a, b: P<0.001, c, d: P<0.01

(%): The reduction

模擬搾乳試験の被験者B, Cの結果とほぼ同じであった。しかし、被験者Eの場合、較正值平均は30.4から27.6と、被験者Dよりは減少が少なかったが、平均値の差は有意(P<0.01)であった。また、これら2名の被験者の平均では16%の減少を示し、搾乳手順の改善による効果が認められた。

実搾乳時の心拍数増加率は、被験者Dの場合1.20から1.11へと7.5%減少した。しかし、被験者Eの場合ほとんど差は認められなかった。作業時における心拍数増加率の平均から作業強度を分類¹¹⁾すると、軽作業となったが、作業中は一時的に心拍数が大きく増加し、中作業から重作業まで作業強度は変化した。試験を実施した付属農場よりも作業者が少ない実際の酪農家での労働負担はさらに増し、模擬搾乳試験の結果に近い値になるものと考えられる。

大島⁹⁾は作業限界時間(T)とエネルギー代謝率(RMR)を、

$$\log(T) = a \times \log(RMR) + b$$

の一般式で表すことができるとした。それによれば作業方法の改善によってRMRが4から3へ減少した場合、限界時間は60分から150分へと延びる。言い換えれば飼養頭数が増し、搾乳作業時間が増えるような場合には労働負担の軽減が必須であると言える。

心拍数の変動は運動や作業の負荷に応じて筋への酸素補給を行うために生じる。青年では負荷に対して心拍数の増加が顕著に現れるが、高齢者の場合、循環機能の低下により心拍数の応答が緩慢で回復にも時間がかかり、また負荷に対し心拍数の増加より最高血圧の増加が主体として行われ、心臓への負担が大きいと言われている⁸⁾。したがって、本研究で実施した比較的簡単な作業方法の改善により、心拍数増加率の変動幅の減少が示されたことから、作業による負担が軽減され、作業者が特に高齢者である場

合には改善による効果も大きいと考える。

要 約

本研究では、搾乳前処理時の作業者の移動や姿勢の大きな変化が少なくなるように改善した作業方法による労働負担量の軽減について調べた。

実験結果を要約すると以下の通りである。

1. 模擬搾乳試験では、改善後モデルにおいて被験者のステップ較正值平均は約25～50%減少し、作業モデル間には有意な差 ($P < 0.01$) が認められた。また、心拍数増加率の変動も改善後のモデルでは22～33%減少した。

2. 実搾乳試験の改善後の作業において、2被験者の較正值平均は16%減少し、搾乳手順の改善による効果が認められた。

文 献

- 1) 新井澄男, 金子七五三, 瀬川 敬, 酒井 学, 1969. 畜舎における作業姿勢(第1報), 農作業研究, 8: 4-9.
- 2) 新井澄男, 瀬川 敬, 塩谷哲夫, 今泉七郎, 1971. 畜舎における作業姿勢(第2報), 農作業研究, 13: 60-64.
- 3) 金 浩春, 林 尚孝, 森泉昭治, 1998. ステップテストにおけるステップ高さと昇降速度が心拍数に及ぼす影響, 農作業研究, 33(3): 147-153.
- 4) 小林 恭, 1994. 作業姿勢のセンシングと計測技術, 農作業研究, 29(3): 249-251.
- 5) 小堀 乃, 倉田久治, 坂上 修, 古谷 正, 山川 勇, 安部勇徹, 1980. 脈はく数による農作業労働の評価について, 農作業研究, 40: 1-8.
- 6) 小宮道士, 川上克己, 1996. 搾乳時の作業姿勢と労働負担に関する研究. 農作業研究, 31(4): 249-256.
- 7) 小宮道士, 川上克己, 1997. 搾乳作業における労働負担に関する研究—シミュレーションによる負担量の計測—, 農業機械学会北海道支部会報, 37: 23-28.
- 8) 長町三生, 1989. 生活科学のための人間工学, pp.154-160, 朝倉書店, 東京.
- 9) 大島正光, 1979. 疲労の研究, pp. 82-92, 同文書院, 東京.
- 10) 佐原伝三, 1973. 乳牛舎における作業姿勢と作業強度の分析, 農業機械学会誌, 35(3): 299-302.
- 11) 酒井 学, 塩谷哲夫, 瀬川 敬, 金子七五三, 1969. 心拍数からみた牛舎作業の強度, 農作業研究, 8: 1-8.

Summary

The reduction of labor burden was examined for a procedure that decreases movements and changes in posture of a worker during milking. The results can be summarized as follows:

1. In the milking simulation, the step calibration value decreased by 25 to 50% in the improved model, and significant differences ($P < 0.01$) were recognized between work models. Variations in the rate of heartbeat increase were also reduced by 22 to 33% in the improved model.

2. During actual milking, the average step calibration value of subjects decreased by 16% in the improved model, and the effect of the improved milking procedure was recognized.