



Title	搾乳ロボットの導入による経営改善効果と酪農家の経営行動
Author(s)	松本, 匡祐; 仙北谷, 康; 金山, 紀久
Citation	フロンティア農業経済研究, 20(2), 132-138
Issue Date	2018-03-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/68777
Type	journal article
File Information	20-2_132-matsumoto.pdf



搾乳ロボットの導入による経営改善効果と酪農家の経営行動

帯広畜産大学大学院(現道総研中央農業試験場) 松 本 匡 祐
帯広畜産大学 仙北谷 康*
帯広畜産大学 金 山 紀 久

Effects of the Introduction of Automatic Milking Systems and
Dairy Farmers' Behavior

Kyosuke MATSUMOTO

Graduate School of Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine
(Present address) Hokkaido Research Organization Central Agricultural
Experimental Station

Yasushi SEMBOKUYA*, Toshihisa KANAYAMA
Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine

Summary

Automatic Milking Systems (AMS) are expected to reduce dairy working hours, however, they may increase production costs and reduce dairy incomes. In this paper revealed preference theory is used to confirm a farmer's decision whether or not to install an AMS. Data provided by a dairy farmer who is milking only by AMSs is used.

The reduction of dairy income could be recovered utilizing the information provided by the AMS to improve dairy feeding and herd management. It may be possible to introduce AMS to not only farmers with a strict preference for reducing work hours, but also to farmers with a strict preference for increasing or maintaining dairy income.

I 背景と目的

近年の酪農経営では飼養頭数の増加に伴い一人当たり労働時間が増加している。そのため、労働負荷の軽減が重要な課題となっている。

農林水産省営農類型別経営統計によると、北海道の酪農でも経営関与者一人あたり自家農業労働時間は、2004年が2,643時間であったものが2013年には2,733時間と年間およそ10時間ずつ増加している。搾乳牛一頭あたりの作業別労働時間を見ると搾乳作業は約46時間と約半分を占めており、2番目に多い飼料調製・給与作業の約28時間を大

きく上回っている。合わせて搾乳作業は1日のうちの作業時間がきわめて固定的である。搾乳作業の省力化が実現すれば経営全体の労働時間が大きく軽減できることになる。

搾乳ロボットは搾乳作業を自動化するシステムとして注目されており、累計導入戸数も徐々に増加している(図1)。搾乳ロボットの導入効果に関して、原 [1] や山田・岡田 [7] では搾乳ロボット単独での導入は労働時間の削減効果は大きい、減価償却費によって大きく経済性を低下させること、また、それを補う方法としては他の搾乳方式との併用を行い増頭することが示されてい

* Corresponding author : yasushi@obihiro.ac.jp

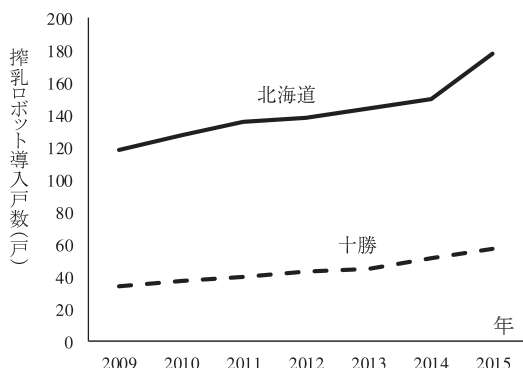


図1 北海道における搾乳ロボット累計導入戸数

資料：北海道農政部生産振興局畜産振興課調べ及び、「十勝畜産統計」より作成

る。しかし、その場合には労働時間の減少は限定的にならざるを得ないと考えられる。

近年の搾乳ロボット導入戸数の増加の要因としては畜産クラスター等の補助事業も考えられるが、それとは別に、乳牛の自発的な搾乳ロボットへの進入を促す給餌方法や、搾乳ロボットから得られる情報の増加により、以前よりも搾乳ロボットの経済性が向上していることが考えられる^{注1)}。

本論文では、搾乳ロボット導入農家におけるデータの精査を通して、その導入が酪農家に及ぼす影響を、主として労働時間と所得の変化に注目して整理し、搾乳ロボットがどのような経営改善効果をもたらしたのかを明らかにする。これらの分析を通して、酪農家がいかなる理由で搾乳ロボットを導入するのか、その根拠と、また搾乳ロボット導入のメリットを十分引き出すための、酪農家の取組について検討する。

注1) 千田 [4] は搾乳ロボットの導入の効果は顕著に現れているとしている。

II 搾乳ロボット技術の概要

搾乳ロボットとは、1990年ごろにオランダで実用機が市販され始めた無人で搾乳を行うための装置である。搾乳ロボット導入による主なメリットとしては、①搾乳の自動化による労働時間の削減、②頻回搾乳による個体乳量の増加がある（野附 [6]）。搾乳ロボットは24時間稼働させ、そこへ乳牛を自発的に進入させて搾乳を行うが、効率的な搾乳のためには乳房内に一定量の乳汁が蓄積されていなければならない。このため、ロボットへの進入・搾乳は適切にコントロールされる必要がある。

ほとんどの装置では乳牛の首輪に装着されたタグにより乳牛個体を識別している。前回搾乳からの時間が短く十分な搾乳量が見込まれない乳牛の進入に対しては、搾乳を行わないよう直ちに出口ゲートが開き、乳牛は放出される（リフューズされる）。逆に自発的進入を促進するために、PMR（Partly Mixed Ration）と配合飼料が別々に給与されている。PMRとはTMRから配合飼料を取り除き栄養価を低下させた混合飼料である。乳牛に対して飼槽でPMRを給与し搾乳ロボットで搾乳時に配合飼料を給与する。このため乳牛にとっては搾乳ロボットで与えられる高栄養価の配合飼料が魅力的となり乳牛の自発的な進入が促進される（小池 [2]、高橋ら [5]）^{注2)}。

近年の搾乳ロボットでは、搾乳時に体重や濃厚飼料給与量と残飼量、乳質データ等が蓄積されていく。これにより牛群の泌乳曲線のグラフ表示のほか、産乳とエネルギー補給のバランス、乳脂肪・乳タンパク、ケトosisなどの代謝病発症の危険性が表示され、疾病の早期発見・早期治療につながる。また個体管理のためのタグに内蔵させたセンサーによる活動量や、反芻時間のデータを搾乳ロボットのデータと照らし合わせることで、発情や最適な授精タイミングの情報を得ることも

可能となっている。

注2) かつて、乳牛が自発的に搾乳ロボットに進入するのは、乳房に一定の乳汁が蓄積されたため、搾乳されることが目的と理解されていたが、現在は、PMRの普及もあり、濃厚飼料摂取が目的であるとの理解が一般的である。

Ⅲ 搾乳ロボット導入に関わる作業仮説

分析にあたり、搾乳ロボット導入に関わる酪農家の行動の作業仮説を図2に示した。搾乳ロボットは労働時間の削減をもたらすが、その反面、導入費用が高額であるため減価償却費の増加により酪農所得が低下する可能性がある。このため導入の可否は、酪農家の、労働時間削減に対する選好と所得に対する選好の強さのバランスによって異なると考えられる。

搾乳ロボット導入以前の酪農家の労働時間と酪農所得の組合せをSとすると、これを通る無差別曲線は、酪農家の特性によって異なる。労働時間の削減を好む酪農家の無差別曲線は傾斜がきつく（図中では実践で示されている）、また所得増加を好む酪農家の無差別曲線は傾斜が緩やかである

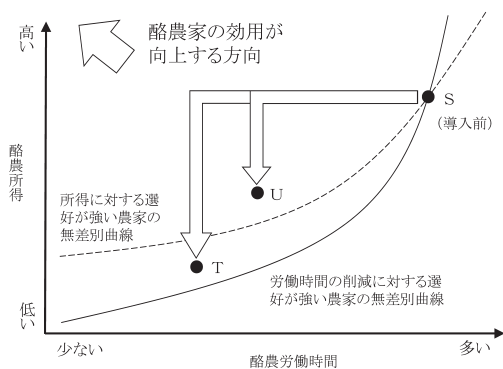


図2 搾乳ロボット導入にかかわる農家の選択行動の仮説

資料：筆者ら作成。

（図中では破線で示されている）。

搾乳ロボットの導入の結果、酪農労働時間と所得の組合せがTになると、労働時間の減少を好む酪農家では搾乳ロボットは導入されるが、所得の増加を好む酪農家では導入されないことになる。しかし削減された労働時間で搾乳ロボットによって収集可能な情報を分析することで疾病率低下・繁殖成績増加を実現し、酪農所得の減少が抑えられ、新たな所得と労働時間の組み合わせがUになるならば、所得の増加を好む酪農家であっても導入される可能性がある。

以上のことから、搾乳ロボット導入の前後における、酪農所得、労働の実態、搾乳ロボットに付帯して得られたデータの活用とその成果、といった点に焦点を当てつつ分析を進める。

Ⅳ 搾乳ロボットの導入効果

1. 調査対象農家の概要

以下では、搾乳ロボット利用形態が異なる2戸の酪農家を比較する。概要を表1に示したが、A牧場は、搾乳を搾乳ロボットのみで行っている農家で、2003年に搾乳ロボットを2台導入し、2011年に後継機種に更新した。労働力は家族2名と月2回のヘルパー利用である。飼養頭数は経産牛134頭、このうち搾乳牛はフリーストール牛舎で110頭を飼養している。B牧場は他の搾乳方式と併用して行っている農家で、2005年に搾乳ロボットを1台導入した。労働力は家族2名と雇用労働力1名である。飼養頭数は経産牛120頭で搾乳牛は100頭であるが、搾乳ロボット牛群として64頭をフリーストール牛舎で飼養し、搾乳ロボット不適合牛を含む36頭についてはパイプラインミルカーを用いてつなぎ牛舎で飼養している。

表2で2牧場の搾乳ロボット牛群の成績を検討すると、平均日乳量については、両牧場ともに十勝

表1 調査対象農家概要(2016年)

	A牧場	B牧場	単位
家族労働力	2	2	人
雇用労働力	0	1	人
ヘルパー利用回数	2	0	回/月
コントラクター利用状況	なし	牧草収穫	
経産牛頭数	134	120	頭
育成牛頭数	112	110	頭
内預託	75	55	頭
飼料畑面積	60	46	ha
牛舎・搾乳ロボット牛群	FS(110頭)	FS(64頭)	
頭数	—	つなぎ(36頭)	
搾乳ロボット台数	2	1	台
その他搾乳方式	—	パイプライン	
粗飼料	搾乳ロボット牛群	PMR	PMR
給与	その他牛群	—	TMR

資料) 聞き取り調査から。

表2 事例牧場における搾乳ロボット牛群の成績

	A牧場	B牧場	単位
ロボット搾乳頭数	55	64	頭/台
平均日乳量	34.8	38.3	kg/日・頭
平均搾乳回数	3.3	2.8	回/日・頭
平均リフューズ回数	2.8	0.7	回/日・頭
失敗回数	4.8	2.4	回/日・台

資料: 聞き取り調査より。

注) 2016年の実績。

平均である31.0kgを上回っている。これは頻回搾乳による個体乳量の増加効果も影響していると考えられる。さらにB牧場は低泌乳牛や、搾乳ロボット不適合牛はミルカーで搾乳しているため、平均日乳量や、失敗回数の値はA牧場より優れている。逆にA牧場は乳牛が自発的に搾乳ロボットに進入する程度を示す指標と考えられる平均搾乳回数や平均リフューズ回数の値が高く、牛群全体が搾乳ロボットに馴致されており、労働の省力化がかなりの程度実現していることがうかがえる。

表3は飼養管理にかかわる労働時間を示しているが、両牧場ともに北海道平均と比較すると少なく、特に「搾乳及び牛乳処理、運搬」が大きく削減されていることがわかる。搾乳ロボット導入の効果が顕著に確認されるのであるが、特にA牧場はすべての乳牛の搾乳をロボットが行うため、労働時間及の削減が進み、また通常の朝夕の搾乳作業が必要ないため、時間の拘束性も相当緩和され

ているといえる。さらには、削減された労働時間を活用して、それまでコントラクターに委託していた自給飼料にかかわる作業を自らで行うようになった。これにたいしてB牧場は朝夕の2名での搾乳作業は必須であり、搾乳作業の時間的制約の緩和は限定的である。

表4は繁殖成績を示している。この表で特徴的なことは、B牧場の平均分娩間隔、空胎日数が短いことと、両牧場とも平均授精回数が少ないがA牧場の方がやや値が小さいこと、さらにA牧場の除籍牛率が低いことである。

搾乳ロボットに付帯するソフトウェアと乳牛のタグに内蔵されたセンサーによって、発情を的確に把握し人工受精の成功率を上げ、その結果、分娩間隔と空胎日数を短縮化することができると考えられる。この点について、両牧場とも平均授精回数は少ないことから、人工受精の成功確率は高

表3 導入農家の労働時間

	A牧場	B牧場	北海道平均	
			全農家	100頭以上飼養農家
飼料の調理、給与、給水	6.6 (56.1)	8.5 (72.2)	17.6 (149.9)	11.8 (100.0)
敷料の搬入、厩肥の搬出	8.3 (128.7)	8.5 (131.8)	9.6 (149.0)	6.5 (100.0)
搾乳及び牛乳処理、運搬	8.3 (21.6)	20.1 (52.2)	46.5 (120.6)	38.5 (100.0)
合計	23.2 (40.9)	37.0 (65.2)	73.7 (129.9)	56.7 (100.0)

資料) A牧場、B牧場は聞き取り調査から。北海道平均は、「畜産物生産費統計」(2014年、農林水産省)から。

注1) () 内は、北海道の100頭以上飼養農家平均を100とした割合。

2) 単位: 時間/頭・年、%

表4 調査対象農家繁殖成績

	A牧場	B牧場	十勝平均		単位
			検定実頭数100～149頭規模	1頭あたり乳量11kg以上	
平均分娩間隔	423	411	427	423	日
平均授精回数	1.9	2.1	2.3	2.3	回
空胎日数	152	132	152	146	日
除籍牛率	24	32	29	29	%

資料) 牧場データは聞き取り調査より。十勝平均は「牛群検定成績集計結果」(2015年、北海道酪農検定検査協会)より

注) 牧場データは2015年。

いと言えるが、しかしB牧場は分娩間隔と空胎日数が短いものの、A牧場はそれらが十勝平均と同程度に過ぎない。

これについてA牧場の経営主によると、販売できる個体を確保するために除籍率をおさえる必要があるため、分娩間隔が長くなっても人工受精により妊娠させることを目指すということであった。この点についてくわしくは後に検討したい。

2. 搾乳ロボット導入の経済性の試算

A牧場の導入事例をもとにした、搾乳牛頭数110頭の経営における搾乳ロボット2台導入前後の所得の変化を試算する。試算の基本的な考え方を以下に示す。

搾乳ロボット導入前の乳量は、導入前よりも10%少なかったとした。導入前の購入飼料費については、NRC乳牛飼養標準を用いて算出した。減価償却費については搾乳ロボットに加え、餌寄せロボット、バーンスクレーパーを必要な付帯施設として試算に組み入れた。フリーストール牛舎等施設に関しては、頭数や経営者の意向によって費用が大きく変化するため既存の牛舎を利用したものとして、試算には加えなかった。

搾乳ロボットおよび関連施設などの導入費用は、近年の動向を反映させるため新規に搾乳ロボットを導入する農家への聞き取り調査を元に算出した（表5）。畜産・酪農収益力強化整備等特別対策事業（以下畜産クラスター事業）を利用することで半額補助となる施設も存在するため、これを利用した場合の試算も行った^{注3)}。

搾乳ロボット導入によって、表3に示したように労働時間が大幅に減少するものと考えられる。これにより雇用労働力に依存せず、家族労働力で対応するとしたため、労働費が比例的に減少しているわけではない。メンテナンス費はメーカー代理店の聞き取り調査から1台当たり年間135万円とし、支払利子については取得価額の2%とした。

表5 畜産クラスター事業を利用した搾乳ロボットの導入費用

機械・施設・資材	導入費用	耐用年数	年償却費	導入規模
搾乳ロボット	23,750	7	3,393	2台
バルクタンク	5,500	7	786	5t×2基
餌寄せロボット	1,200	7	171	1台
牛舎・処理室・事務室	76,680	20	3,834	155頭規模
牛床マット	4,600	10	460	155床
通路マット	9,300	10	930	一式
バーンスクレーパー	6,000	5	1,200	2基
計	127,030		10,774	
(単位)	千円	年	千円/年	

資料) 聞き取り調査より。

注1) 表のうち、事業の対象となるのは、搾乳ロボット、バルクタンク、餌寄せロボット、である。

注2) 導入費用は、事業補助を受けた実費用である。

このほかの数値は2014年の農林水産省「畜産物生産費統計」の北海道地域における100頭以上規模の搾乳牛換算一頭当たり牛乳生産費をもちいた。

試算の結果を表6に示した。畜産クラスター事業を利用しなければ粗収益は増加するもののそれ以上に費用が増加するため、所得は約283万円減少する結果となった。しかし事業を利用して施設等を導入した場合には、主として減価償却費が大きく圧縮されることにより、所得は増加する結果となった。

3. 搾乳ロボットに付帯する情報の活用について

近年の搾乳ロボットではセンサー技術との組み

表6 搾乳ロボット導入前後における所得の変化

	導入前	導入後	
		畜産クラスター利用せず	畜産クラスター利用
粗収益	109,815	120,679	120,679
うち生乳	97,783	108,648	108,648
物財費	70,112	82,855	79,325
うち飼料費	39,367	42,541	42,541
うち流通飼料費	28,780	31,954	31,954
うち賃借料及び料金	1,841	4,541	4,541
うち農機具費	3,317	10,186	6,656
うち償却費	1,509	8,377	5,039
労働費	11,307	4,043	4,043
うち支払労賃	2,002	0	0
費用合計	81,419	86,899	83,368
支払利子	896	1,853	1,385
所得	35,638	34,734	38,732

資料) A牧場乳検データ及び、「畜産物生産費統計」（2014年）より。

単位) 千円

合わせにより、飼養管理の向上につながる情報が得られるようになった。ここではA牧場における飼養管理情報の活用と収益性の改善について検討する。A牧場では2011年に搾乳ロボットシステムを後継機種に更新し、各種センサーによる情報を利用できるようになった。

同牧場では、空胎日数、分娩間隔、初回受胎率、平均授精回数等でみるかぎり、繁殖成績に大きな改善は見られていない。しかし、図3に示した除籍牛率では2011年以降低下していることがわかる。その理由としてA牧場では、以前までであれば淘汰対象となっていた乳牛でも、搾乳ロボットから得られる発情情報を活用し、適切な人工授精により除籍牛を減らしているのである。しかしそれは表4で示したように、単に受胎するまで何度も人工受精を試みるのではなく、少ない回数で的確に受胎させているのである^{注4)}。

除籍牛率の改善は、牛群の更新に必要な後継牛頭数を減少させ、売却可能頭数の増加につながる。A牧場では経産牛134頭を飼養しているが、図3のように除籍率が約10%低下した場合、売却可能頭数は14.9頭増加する。ホクレン家畜市場集計表によると2015年度における初妊牛の平均価格は約63万円であり、子牛1頭あたりの生産費の約38万円（平成27年畜産物生産費統計による）を差し引くと、子牛一頭当たりの所得は約25万円となる。よって、A牧場の例では約380万円の所得増加につながると推計される。これにより搾乳ロボット導入による約100万円の所得の減少を差し引いても、合計で約280万円の所得の増加となる。

A牧場の事例は、搾乳ロボットに付帯する情報を分析するという追加的な労働によって、所得の減少を回避することができる可能性を示すものであるといえる。しかしこれは除籍率を低下させるという、飼養管理の改善によってもたらされるものであり、データ分析以前にすでに十分な飼養管

理水準にある酪農家にとっては、所得の改善は限定的にならざるを得ないであろう。

注3) 畜産クラスター事業は、地域ぐるみで行われる事業ではあるが、畜産クラスター計画に位置づけられた中心的な経営体であれば個人でも補助を受けることが可能である。

注4) 図3では、2016年に繁殖障害が増加し除籍牛率がやや増加している。これについては、高産次牛が増加し、乳牛を更新する必要があったため、繁殖障害として淘汰した結果である。

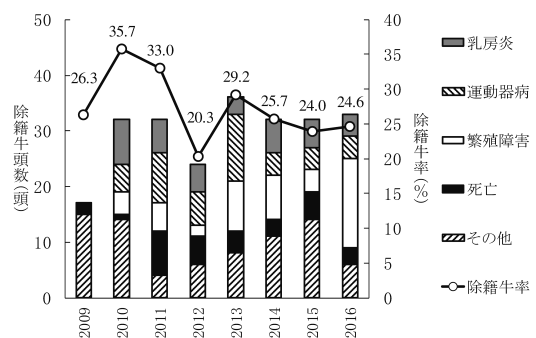


図3 A牧場における除籍牛の推移（経産牛）

資料：A牧場乳検資料より

V 結論と提言

図2で示した作業仮説をもとに分析結果について整理すると以下ようになる。

搾乳ロボットシステムは、搾乳作業をはじめとして酪農への投下労働を削減することが可能であるが、同時に減価償却費の大幅な増加などによって所得の減少も伴う技術であるといえる。相対的に所得に対する選好が強い農家よりも、労働削減に対する選好が強い酪農家で導入される可能性が高い。

しかし近年の搾乳ロボットでは高度なセンサーを活用したシステムが付帯しており、これから得

られる情報を適切に活用し、繁殖成績を改善するなどできれば、個体販売の増加などにより所得の減少は抑えることが可能である。このため以前では導入の可能性が低かった所得の選好が強い酪農家においても導入が行われるようになっていいると考えられる。さらに補助事業により減価償却費が圧縮可能であれば、所得が向上する可能性もある。

近年の酪農経営においては、規模拡大とともに労働力不足が顕著になっており、今後、労働時間の削減に対する期待がますます強くなっていくと考えられる。この点において搾乳ロボットシステムは有用な技術であり、今後も導入が進んでいくと考えられる。酪農所得の試算では、搾乳ロボットシステム導入に伴い雇用労働力が排除されると仮定したのは、この点を踏まえたものである。

労働時間の削減に関して、搾乳ロボットシステムのメリットを十分に引き出すためには、搾乳ロボットだけの搾乳システムへの移行が望ましい。しかしそのためには複数台導入が前提となるため投資額が増加することと、不適合牛への対応が課題となる。しかし本稿で紹介したA牧場の事例では、付帯するシステムからのデータを適切に活用することで個体販売を増加させ、増加する減価償却費等を十分まかなえること、また、搾乳ロボットだけの搾乳システムにより雇用労働が不要となり、支払賃金の削減が可能となること、以上により、所得の確保は相当程度可能であることが明らかになった。搾乳ロボットを導入する際には、そのメリットを十分引き出すような利用方法が重要であろう。

酪農頭数規模拡大に伴い、大規模パーラーを導入するのか、搾乳ロボットを複数台導入するのかの選択において、賃金水準が影響しているという指摘がある。安価な雇用労働力を確保できるのであればパーラー導入が選択されるが、賃金水準が高ければ搾乳ロボットシステムが選択されるとい

うものである。本研究の結果もその指摘の妥当性を示唆するものであるが、詳細な検討は今後の課題としたい。

なお、本研究は必要に応じて統計等のデータを活用しつつ分析したものであるため、今後さらにデータを精査し、検討を行う必要がある。また、導入後の所得については導入前の技術水準の影響を強く受けることが予測されるため、現状の技術水準についても十分に整理した上で検討を行うことが重要である。これらに対する検討が今後の課題である。

引用参考文献

- [1] 原仁「北海道における搾乳ロボットの導入実態と経営評価」『農業機械学会誌』第68巻第1号、2006
- [2] 小池美登里「ロボット導入効果を最大とする給餌方法論」『北海道家畜管理研究会報』、第45号、2010、pp.18-22
- [3] 岡田耕平「搾乳ロボットは儲かるか?-自動搾乳システム採算性の検討-」岡山畜産便り10月号、2010
- [4] 千田雅之「ロボット・IT活用による省力化と個体管理を実現できる酪農モデル」『中央農業総合研究センター研究資料』第11号、2015、pp.34-43.
- [5] 高橋圭二・森田茂・平山秀介・時田正彦『牛・人にやさしい搾乳ロボットの活用』酪農総合研究所、2001
- [6] 野附巖「最近の研究課題ー 搾乳ロボットについて」、
<<http://lin.alic.go.jp/alic/month/dome/2002/jan/chousa-1.htm>> 2017年2月28日アクセス.
- [7] 山田輝也・岡田直樹「搾乳ロボットを導入した酪農経営モデル」『北海道農業研究成果情報』、2011

(2017年8月13日受理)