

搾乳ロボットが酪農経営の収益性向上と労働条件の改善に与える影響

国立大学法人帯広畜産大学 教授 仙北谷 康
国立大学法人帯広畜産大学 教授 金山 紀久

【要約】

搾乳ロボットは、酪農経営の長時間労働と搾乳時間の固定性を改善するシステムとして期待されているが、高額な投資が必要となり、かつ規模の経済性が得られにくい技術特性のため、所得は確保されるのか、また所得を確保するためにはどのような対策が可能なかを明らかにする必要がある。検討の結果、①所得の減少と搾乳労働時間の削減の比較において、後者をより高くする酪農家であれば搾乳ロボットは導入されやすいこと②削減された搾乳労働時間を外部化していた作業に充てる、搾乳ロボットから得られるデータを適切に活用し、個体販売などを増加させるなどにより酪農所得の減少は回避されること③データの活用は牛群改良にも活用可能であることが明らかになった。

1 背景と目的

一般的に酪農では他の畜種よりも一人当たり労働時間が長い傾向にあるが、近年ではさらに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・労働時間の削減が重要な課題となっている。労働時間の中で大きな割合を占めるのは搾乳作業である。北海道における搾乳牛1頭当たりの作業別労働時間をみると、搾乳作業は約46時間と全体の作業時間の約半分を占める。加えて、搾乳作業は、乳牛の泌乳のサイクルから1日の中で作業時間が固定されており、毎日決まった時間帯に長時間拘束されることになる。

搾乳ロボットはこの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。しかし、その経営評価については、わが国ではいまだ定まってはいないといえるであろう。その背景には、導入費用が高額であるため、減価償却費の増加による所得の減少、借入額の返済のためのキャッシュフローの減少に対する懸念があると考えられる。

本研究では、搾乳ロボット導入農場における成果に基づいて、労働時間と所得の変化など酪農経営に及ぼす影響に注目することにより、搾乳ロボット導入を容易にするための効果的な取り組みを明らかにする。

2 搾乳ロボット技術の概要

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。搾乳ロボットは複数の企業が異なる方式のシステムを提供している。主要な方式としては①ストール②搾乳ロボット飼槽間の移動をコントロールするかしないかで大きく分けられる。コントロールする場合はミルクファースト、またはフィードファーストの方式であり、いずれも乳牛が自発的に搾乳ロボットに進入する。その誘因は、飼槽の餌である。これに対してコントロールしないものはフリーアクセス方式と呼ばれ、この場合は搾乳時に給与される配合飼料が、搾乳ロボットに自発的に進入する誘因になる。そのため、両者では、飼槽で給与される飼料（PMR^(注)、Partly Mixed Ration)の栄養価に差があり、フリーアクセス方式のほうが栄養価は低い。

フリーアクセスの場合、乳牛は自由に搾乳ロボットに進入できるが、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。このとき、搾乳されるべき牛が進入の順番を待っているのであれば、ロボットは無駄な時間を費やしていることになり、システムとしては効率性の低下につながる。

近年の搾乳ロボットでは、搾乳時に体重や配合飼料給与量と残飼量、乳質データなどが蓄積されていく。これにより、産乳とエネルギー補給のバランス、乳脂肪・乳タンパク、ケトシス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すう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、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：TMR（混合飼料）から濃厚飼料を抜き取り栄養価を低くしたもの。抜き取った濃厚飼料を搾乳ロボットで給餌し、ロボットへの進入の誘因とする。濃厚飼料の給与量は乳牛個体ごとに管理されている。

3 所得と労働時間の評価の考え方

一般的に搾乳ロボットは、1台が数千万円と高額な機器である。同時にシステムとして自動搾乳に対応した牛舎レイアウトが必要であり、牛舎の建て直しが必要な場合が多い。併せて給餌などの自動化のための設備投資も必要である。そのため、費用計算上は減価償却費が増加し、またキャッシュフローの面ではキャッシュアウトが増加すると考えられている。しかも一度に1頭しか搾乳できないた

め、1日の搾乳回数にも上限がある。

その一方で搾乳作業は軽減され、労働時間の減少と労働スケジュールそのものの自由度が高まることから、収益・キャッシュフロー上のマイナス評価と、作業上のプラス評価の比較により経営者として、また酪農作業従事者としてどちらが大きいのが問題になる。

つまり減少する所得の評価と労働軽減の評価を天秤にかけ、どちらを重視するのかとい

うことである。これは所得を重視する酪農家、労働軽減を重視し生活の質を向上させようとする酪農家など、酪農家の考え方によって評価はさまざまであると考えられる。一定程度の所得の減少はあるとしても、労働軽減の満足度がそれを上回ると評価する酪農家は搾乳ロボットを導入するであろうし、所得確保を重視する酪農家は搾乳ロボットの導入には消極的になるであろう。

他方、近年の搾乳ロボットでは、付帯するソフトウェアとセンサーによって、乳牛に関するさまざまなデータが得られる。軽減された搾乳労働によって生まれた時間の余裕を、これらデータの解析に充てて、乳牛疾病の早

期発見早期治療に取り組むことで、損失を減らしたり、また発情の発見率を向上させ繁殖成績を向上させることで個体販売を増やすことなどによって所得を向上させたりすることも考えられる。このような場合は、労働時間の削減はやや減少するであろうが、所得の低下もある程度抑えられると考えられる。このような取り組みによって搾乳ロボット導入の評価は異なってくると考えられる。

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。

4 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北海道十勝地域の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おり、労働力は家族2名と月2回の酪農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、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クカーを用いてタイストール牛舎で飼養している。

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
うち預託	75	55	頭
飼料畑面積	60	46	ha
牛舎・頭数	FS(110頭)	FS(64頭)	
搾乳ロボット牛群		つなぎ(36頭)	
その他牛群			
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	PMR	PMR	
給与	—	TMR	

資料：聞き取り調査により筆者作成

表2は飼養管理に関わる労働時間を示したものである。両牧場ともに北海道平均と比較すると少なく、特に「搾乳および牛乳処理、運搬」が大きく削減されていることが分かる。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、労働時間の削減が大幅に進んでいる。A牧場では、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関わる作業を自らで行うようになった。このことによって労働時間の削減幅は減少すると考えられるが、コントラクターへの支出も削減するため、搾乳ロボット導入による経費の増加を抑制することに成功している。

次に繁殖成績について検討したい。事例牧場では搾乳ロボットに付帯するソフトウェアとセンサーによって発情などを的確に把握す

ることが可能になっている。表3は調査農家と十勝平均の繁殖成績を示している。この表で特徴的なのは、搾乳ロボットを活用している事例牧場における授精回数の少なさである。乳牛に装着されたタグ内のセンサーが、乳牛の動き・咀嚼などを認知し、発情を予測している。これを適切に活用して、受胎率の向上に役立てているということがうかがわれる。B牧場ではこれによって分娩間隔の短縮化に役立てているといえる。

A牧場と十勝平均の分娩間隔はほぼ等しいが、その内容は異なる。十勝平均では平均授精回数が多いことから、A牧場よりも初回授精日が早い。A牧場は十勝平均よりも初回授精日が遅い。しかし、少ない回数で受胎していることから、適切に発情時期を見極め、成功する確率が高い時を見極めて授精している

表2 導入農家の労働時間

(単位：時間/頭・年、%)

	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)
搾乳および牛乳処理、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、北海道平均は「畜産物生産費統計」（2014年、農林水産省）

注：（ ）内は、北海道の100頭以上飼養農家平均を100とした割合。

表3 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頭当たり乳量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、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）

注：牧場データは、2015年。

ということである。

これについてA牧場の実際の対応は、出産時期から逆算して、スケジュールなどの関係で適当ではない発情はあえて見送ることもあるということであった。搾乳ロボットから適切な情報を得られるために発情時期を見極めることが可能であり、受胎率を向上させることが可能になっていると考えられる。

(2) 搾乳ロボット導入の経済性の試算

A牧場の導入事例を想定して、搾乳牛頭数110頭の経営に搾乳ロボットを2台導入した前後の所得の変化を試算する。

一般的に搾乳ロボットでは一日の搾乳回数が増えることで乳量が増加すると考えられ、その増加分は導入前と比してプラス10%とした。これに伴い飼料給与量も変化する。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、バースクレーパーを必要な付帯施設として試算に入れた。搾乳ロボットの導入によって、自家労働時間が大幅に減少するが、これにより雇用労働力や外部組織に依存していた作業を自家労働で対応するとし

た。このほか搾乳ロボットの年間メンテナンス費用なども考慮している。

試算の結果を表4に示した。導入補助を利用しない場合は、搾乳ロボット導入による乳量増加により粗収益は増加するものの、それ以上に減価償却をはじめとした費用が増加する。両者の額はほぼ等しく、総計では若干の所得の減少となった。この結果について補足すると、搾乳ロボットの導入によって搾乳に関わる作業時間が大幅に削減された。その時間を活用し、外部に委託していた作業を自家労働で行うようになる。このような作業の外部委託などの変化がなく、単に搾乳ロボットなどの減価償却費が増加しただけであれば、年間の酪農所得はおよそ283万円の減少になる。しかし外部に支払っていた賃料などを削減することが可能になったため、所得の低下は軽微に抑えられたのである。

導入補助を利用して施設など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。搾乳ロボットは高価な搾乳設備であり減価償却費が高額であるが、搾乳労働をはじめとして作業体系が大きく変化する。われわれ

表4 搾乳ロボット導入前後における所得の変化（試算）

（単位：千円）

	導入前	導入後	
		導入補助あり	導入補助なし
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
うち賃借料および料金	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牧場乳検データおよび「畜産物生産費統計」（2014年）

の試算は、これにより、それまで外部に委託していた作業を内部化し、支出を抑えるなどすれば所得の減少を抑えることが可能であることを示している。

(3) 搾乳ロボットに付帯する情報の活用について

搾乳ロボットの導入によって発生した労働時間の余裕をいかに使うかが、搾乳ロボットを導入した酪農経営の経営成果を大きく左右する要因であると考えられる。新たな作業の一つが、搾乳ロボットに付帯するシステムから得られるデータを分析して、さまざまな経営改善を図ることである。

近年の搾乳ロボットではセンサー技術との組み合わせにより、乳牛の行動や健康状態に関するデータ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牧場では平成23年に搾乳ロボットを現在の機種に更新し、各種センサーによる情報を利用できるようになった。

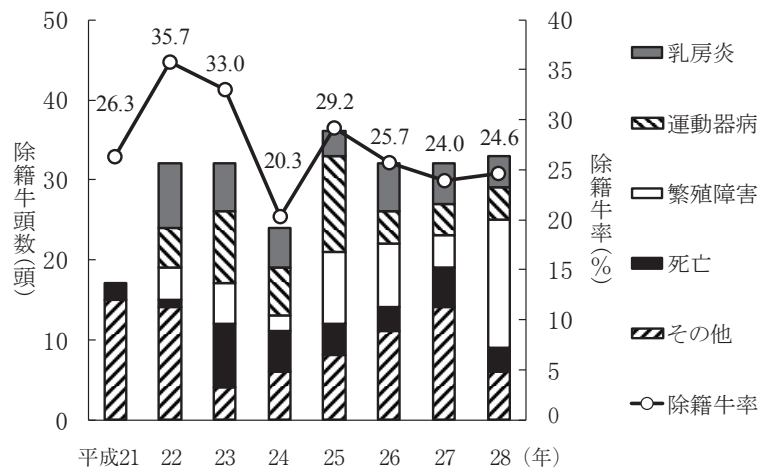
同牧場は、空胎日数、分娩間隔、初回受胎

率、平均授精回数などでみる限り、繁殖成績に大きな改善はみられていない。しかし除籍率は十勝平均やB牧場と比較すると低い水準にある。これは、高産次牛であっても受胎を成功させ、分娩と生乳生産を継続することで、生産した個体をより多く販売できることを意味している。

このことを示しているのが図1である。A牧場では、搾乳ロボットを更新した23年以降に除籍牛率が低下していることが分かる。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。それは、単に受胎するまで何度も人工授精を試みるのではなく、少ない回数で確実に受胎させているのである。

除籍される乳牛の人工授精回数はその経営の平均人工授精回数には算入されない。また受胎しにくい乳牛の除籍は空胎日数や平均分娩間隔の数値にも影響を与えるため、これらの数値については除籍率と合わせて判断することが重要であるといえる。何度も人工授精を試みても受胎せず、その結果「繁殖障害」

図1 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

として淘汰される場合、その数値はその酪農家の平均授精回数、平均分娩間隔には反映されない。

その評価であるが、A牧場では経産牛を134頭飼養しているが、図1のように除籍率が約10ポイント低下した場合、売却可能頭数は14.9頭増加する。ホクレン家畜市場のデータによると、25年度における初妊牛の平均価格63万円から生産費を差し引くと、1頭当たり約25万円の所得になる。これによって合計約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。

以上のように、A牧場の場合は搾乳ロボットに付帯する情報を分析し、人工授精を適切に行うという追加的な労働によって、個体販売を増加させ、減価償却費のねね増加による所得の低下を補っていた。しかしこれは除籍率を向上させることによって得られたものであり、もともと除籍率が十分低い牧場の場合は、このような所得の確保は限定的にならざるを得ないであろう。

5 搾乳ロボットのログデータ解析による個体改良の方向

先に繁殖管理の改善について述べたが、ここでは個体の淘汰による牛群構成の改良の可能性について考察したい。搾乳ロボットは1日に搾乳できる回数が限られているため、搾乳ロボット当たり搾乳量を増加させるためには、できるだけ効率的な稼働が求められる。効率性の目安として、1日に1台当たり2トンの生乳生産を目標にすべきであるといわれているが、利用効率を下げる要因はいくつか考えられる。

一つは搾乳ロボットによるリフューズである。これはフリーアクセス方式のシステムに固有の動作であるが、搾乳時間に到達していない乳牛が搾乳ロボット内に進入した場合は、搾乳されずにすぐ出口のゲートが開かれ、乳牛は退出するよう促される(リフューズされる)のである。この場合は、本来搾乳されるべき乳牛がロボットに進入できず搾乳されない。これによってロボットの稼働の効率性が低下すると考えられるのである。

次に、泌乳速度(milking speed) であるが、これは乳汁が搾乳される際の流出速度で

ある。流出速度が遅ければ同じ搾乳量でも搾乳時間は長く、搾乳ロボットの利用効率は低下する。この点からできるだけ泌乳速度の高い個体が望ましいことになる。無論あまりに早い場合は乳頭口が損傷することも考えられる。

これらのことから、リフューズの多い個体、泌乳速度の遅い個体を淘汰することで、搾乳ロボットの効率が向上すると考えられる。その場合の推定結果を表5に示した。四つの牛群改良のケースが示されている。乳牛の淘汰は全体のおよそ10%を入れ替えるとして各ケースとも11頭を淘汰し、新たに同数の乳牛を導入することとした。データに基づき淘汰するため、淘汰される乳牛の能力・特質はさまざまであるが、新たに導入される乳牛の能力・特質は平均的であるとした。

このうちケース1は、リフューズ回数が上位の個体を淘汰するというものであり、ケース2はリフューズが上位かつ日乳量が平均以下の個体を淘汰するというものである。一方、ケース3は泌乳速度が下位の個体を淘汰

表5 A牧場における乳牛入れ替え後の乳量の変化

	ケース1 リフューズ上位	ケース2 リフューズ上位かつ 日乳量平均以下	ケース3 泌乳速度下位	ケース4 泌乳速度下位かつ 日乳量平均以下
余裕時間の増加 (分/日) (A)	10.9	7.1	80.3	16.8
搾乳回数の増加 (回/日) (B)	1.6	1.1	12.4	2.6
余裕時間の増加による 乳量の増加 (kg/日) (C)	17.3	11.4	129.9	26.8
乳牛入替のみによる 乳量の増加 (kg/日) (D)	0.6	77.2	3.4	51.9
乳量の増加合計(C+D) (kg/日) (E)	17.9	88.6	133.3	78.7
乳牛入替後の1日当たり 総乳量 (kg/日) (F)	3,759.9	3,830.6	3,875.2	3,820.7

注1:「余裕時間の増加(A)」は、ケース1、2の場合「(現状のリフューズ回数) - (乳牛入替後のリフューズ回数)」で、減少したリフューズ回数を求め、リフューズ1回でロボットを10秒間占有すると仮定して求めた。3、4の場合「(現状の搾乳時間) - (淘汰・導入後の搾乳時間)」で時間を求めた。
 2:「搾乳回数の増加(B)」は、「余裕時間の増加÷((トリートメント時間2分) + (各ケースの1回搾乳当たり搾乳時間))」で求めた。
 3:「余裕時間の増加による乳量の増加(C)」は、「(搾乳回数の増加) × (各ケースの1回搾乳当たり乳量)」で求めた。
 4:「乳牛の入替のみによる乳量の増加(D)」は入れ替わった乳牛個体の産乳能力の変化による乳量の増加分、搾乳回数などの変化は考慮していない。

する、ケース4は泌乳速度が下位でかつ日乳量が下位の個体を淘汰するというものである。

リフューズについて比較した場合はケース2の乳牛入れ替えによる増加乳量(1日当たり77.2キログラム)のほうが、ケース1の余裕時間による効果(同17.3キログラム)より大きいのに対して、泌乳速度については、ケース3の余裕時間による効果(同129.9キログラム)のほうが、ケース4の入れ替えに

よる増加乳量(同51.9キログラム)よりも大きい。これはリフューズによる乳牛の更新を考えるよりも、泌乳成績を重視するほうが望ましいこと、しかし泌乳成績よりも泌乳速度を重視するほうが、乳量増加により貢献することを示している。乳価を1キログラム当たり87.1円とし、乳量の増加量を金額で表すと、それぞれケース1が1日当たり1560円、ケース2が同7720円、ケース3が同1万1606円、ケース4が同6857円となる。

6 結論と今後の展望

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時間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酪農家よりも、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。ただし、搾乳作業がほぼなくなり、大幅に軽減さ

れた労働時間を、他の作業に割り振ることで費用、所得が変化する可能性はある。

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が、その場合、不適合牛への対応が課題となる。しかしセンサー技術の向上によって、搾乳機を乳頭に装着する際の成功

率はかつてよりは改善しており、実際、搾乳ロボットだけの酪農家が増加している。

乳牛が搾乳ロボットシステムに馴致することも含めて、泌乳速度やリフューズなど、搾乳ロボットシステムに適合的な素質を持った乳牛で牛群を構成することが望ましいことはいうまでもない。現在、欧米では種雄牛選択の指標として、搾乳ロボットへの適応性も参照することができるようになっている。今後

はこのような検討も必要になるであろう。

多くのメーカーで搾乳ロボットから得られたデータをインターネット上のクラウドシステムに蓄積させ、さまざまな活用を試みている。一部では特定の獣医師にデータへのアクセスを認め、リモートで乳牛の健康状態、発情状態などを管理し、早期発見・早期治療や繁殖管理に活用している。さらなるデータ活用の方策として注目されるといえる。

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] 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.
- [3] 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