

第14章

北海道における農場制型TMRセンターモデル

1 北海道農場制型TMRセンターにおける飼料生産の課題

北海道農場制型TMRセンターは構成員の酪農経営に対する飼料の共通化を通じて数百haから1,000ha以上におよぶ土地利用の一体化を達成し、土地生産力と飼料品質の向上を図るという点で革新的な飼料生産方式である。ただ、この方式では片道数kmの広い範囲に分布する数百ha規模の飼料作物を、一定の期間内に収穫し、通常1か所の飼料貯蔵拠点（TMRセンターのバンカーサイロ）に貯蔵することになる。そのため、飼料生産を個々の経営で行っていたときに比べて作業規模が数倍になるだけでなく、飼料貯蔵拠点への運搬距離も長くなり、大規模な作付面積に対する収穫適期内での作業遂行が課題となる。

また、TMRセンターでは、乳牛飼養管理との分業化を目的に、刈り取りやバンカーサイロへの貯蔵等のオペレーター作業と運搬作業を地元の建設業協会等へ委託しているため、委託費用を抑え、飼料生産の低コスト化によるTMR供給価格の低減を図ることも課題となる。

ところで、貯蔵拠点への多数回の往復運搬を伴う飼料作物の収穫作業では、圃場から飼料貯蔵拠点までの距離とトラック台数によって運搬時間に差が生じるため、総作業時間も異なってくる。作業委託料金は人員1人あたり作業時間や運搬トラック1台あたり作業時間で決められ、収穫適期の範囲内で作業人員や台数をできるだけ減らすか、あるいは逆に作業人員や台数を増やして作業実日数を短縮するかによって、適期内での作業完了と委託費用の低減を図ることが重要となる。

しかし、作業人員やトラック台数の削減はコストを低減させるが、作業の長時間化を招いてコストを上昇させる可能性もある。また、作業人員やトラック台数を増やす場合は作業時間が短縮しコストを低減させるが、作業人員やトラック台数に対するコストが上昇する。さらに、このような作業時間の長さやコストの関係は飼料作物の収量や委託費の大きさにも影響を受ける。適期内に作業を完了し、かつ委託費用を抑えるためには、各飼料作物を収穫適期の日数や収量、委託費の大きさ等に応じて広域に分散する各圃場へ適切に配置し、適切な作業人数とトラック台数を用いて作業を行うことが重要になる^{注1)}。

広範囲に分布する圃場での営農を行う大規模経営体を対象とした営農支援に関して、大土井ら⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾や大黒ら⁽⁷⁾は、水田作業を対象に、遺伝的アルゴリズムを用いて、圃場間の移動距離（時間）を最小化する作業計画を提示している。ただ、これらは作業コストの最小化を直接の目的としたものではなく、また、条件によっては作業時間を長くした方が低コストとなるような作業体系を対象とした分析ではない。

一方、作業の効率的管理を目的とするものとして、大塚⁽⁸⁾、三浦ら⁽²⁾、西村⁽³⁾がある。これらは地理情報をもとに圃場図を作成し、作業履歴の管理や日々の作業圃場の指示、労務管理等を行うものである。しかし、これらは対象となる作物の圃場配置や作業機台数等を前提に、作業管理の効率化を図るものであり、作業コストの最小化のために作物の立地配置や作業機等の台数を決定するものではない。

さらに、作物の立地配置に関する研究として、中野ら⁽⁷⁾⁽⁸⁾は日本全国を20の地域に分けて線形計画法による需給モデルを策定し、各地域の米と牛乳の生産と地域内市場および他地域の市場への流通を考慮した適正立地配置を明らかにしている。すなわち、米と牛乳について産地から市場までの流通経費を考慮して20地域すべてを合計した利益が最大となる産地と市場との組み合わせを明らかにしている。しかし、ここで構築されている線型計画モデルでは、ある特定の産地とある特定の市場との流通経費は当然であるが一定とされている。他方、飼料作物の収穫作業においては作業に用いるトラック台数を変化させることによって同じ圃場での作業時間や作業経費が変化する。各分散圃場の収穫費用をバンカーサイロからの距離に応じて固定する場合に比較して、トラック台数を制約台数の範囲内で変化させることによって収穫費用をより小さくする飼料作物の立地配置が明らかになる。

本章では、TMRセンターの圃場分布や収穫期間、委託費用等に応じて、収穫費用を最小化する牧草圃場とトウモロコシ圃場の立地配置およびトラック台数を求めるシミュレーションモデルを構築する。このモデルを事例とするTMRセンターに適用し、収穫期間や委託費の大きさ等の条件に応じた最適立地配置

等を提示する。

2 分析方法

第1に、十勝地域のN-TMRセンター（以下、Nセンターと記述）を事例に、牧草1番草、2番草、トウモロコシに関する収穫作業のタイムスタディおよび収穫委託コストに関する聞き取り調査を行い、モデル構築のためのデータを収集する。トウモロコシ収穫作業は2008年、牧草は2009年に、Nセンターの圃場において、自走式ハーベスタによる収穫、トラックへの移し替え作業をそれぞれ2日間実測した。また、運搬作業は圃場からバンカーサイロまで往復するトラックを追いかけて距離と時間を複数回実測した。同時に、バンカーサイロでのトラックの荷下ろし作業時間も実測した。委託費に関する聞き取り調査はNセンター構成員である酪農経営者に対して2008年から2010年にかけて実施した。

第2に、調査データに基づき、線形計画法を用いて飼料収穫作業低コスト化のためのモデルを構築する。構築したモデルをNセンターに適用し、収穫委託コストを最小化する作物立地配置と作業体系を提示する。

3 調査結果

図1に対象としたNセンターの組織および運営に関する模式図を示す。Nセンターは6戸の酪農経営で構成され、6戸合計で経産牛約440頭が飼養されている^{注2)}。圃場総面積は約300haで、牧草200ha、トウモロコシ100haを生産している。圃場はバンカーサイロから1kmの範囲内に100ha、1～3kmの範囲に75ha、3～5kmの範囲に90ha、7kmの範囲に35ha分布している^{注3)}。

地域の建設業協会との協力関係により、収穫作業時にハーベスタのオペレーター作業と、10トントラックを運転手含めて4～5台使用する収穫物運搬作業、バックホーとホイールローダーをオペレーターを含めて各1台使用するバンカーサイロへの飼料詰め込み作業をそれぞれ建設会社へ委託している。

図2はタイムスタディの結果をもとに、飼料貯蔵拠点から1kmの距離にある1筆5ha圃場でのトウモロコシ収穫作業時間をトラックの台数に応じて示したものである^{注4)}。

トラック台数が少ないときはハーベスタの待ち時間が生じるために、作業時間が長くなっている。トラック台数が3台以上になるとハーベスタは待ち時間のロスなく稼働を続ける。そして、トラック台数が4台や5台になってもトラックの待ち時間が増えるのみで、総作業時間は短縮化されない。

図3は、第2図におけるトウモロコシ収穫作業の委託コストを示したものである。トラック3台のときが最も低コストとなっており、トラックが4台以上では、作業時間は短縮化されず、コストが上昇している。

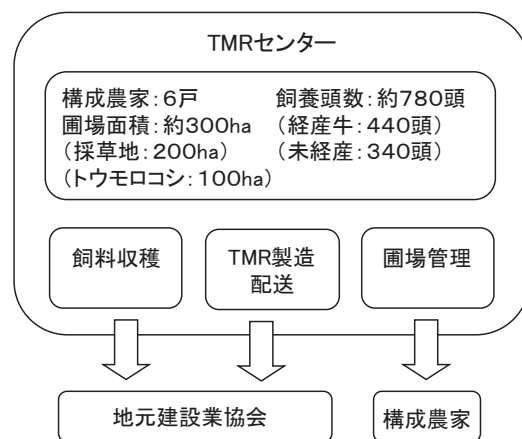


図1 N-TMRセンター模式図

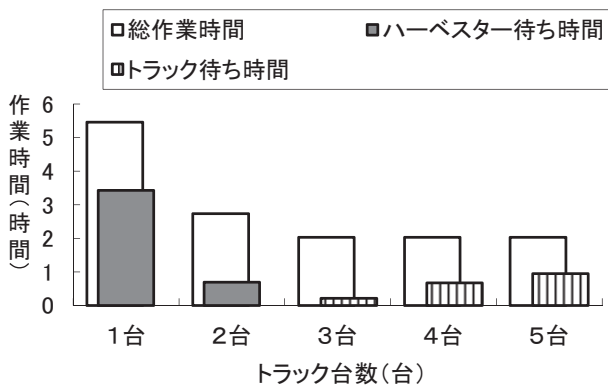


図2 距離1km圃場におけるトウモロコシ5ha作業時間

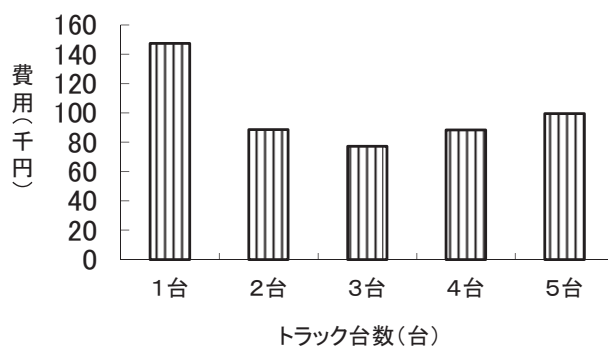


図3 距離1km圃場のトウモロコシ5ha収穫コスト

表1 シミュレーションのための単体表 (抜粋)

			1番草				2番草		トウモロコシ		1番草		2番草		1番草		2番草		トウモロコシ		他の委託作業費用		
			距離1km	3km	1km	...	7km	距離1km	...	距離1km	...	1台	...	5台	1台	...	1台	...	1台	...		1台	...
			トラック1台	1台	2台		5台	トラック1台		トラック1台		選択		選択	選択	費用		費用		費用			
労働制約(分)	1番草	4800	≥	221	393	113		156															
	2番草	4800	≥					83															
	トウモロコシ	4800	≥						233														
作付面積制約(ha)	1番草	200	≥	5	5	5		5															
	トウモロコシ	100	≥						5														
団地面積制約(ha)	1km	100	≥	5		5		5	5														
	3km	75	≥		5																		
	5km	90	≥																				
	7km	35	≥					5															
各団地1番草=2番草	1km		=	-1		-1		1															
	3km		=		-1																		
	5km		=																				
	7km		=																				
トラック台数統一	1番草1台面積		≥	5	5					-200													
	...		≥																				
	1番草5台面積		≥				5				-200												
	1番草台数選択	1	≥							1	1												
	2番草1台面積		≥					5				-200											
...		≥																					
トラック費用計算	1番草1台		≥	221	393									-60									
	...		≥																				
他の委託費計算		≥												1		1		1		-1			

4 モデル構築とシミュレーション

1) モデルの構造とシミュレーションのシナリオ

表1にNセンターの実態に基づき策定した線形計画モデルの単体表を示す。単体表は作物ごと・圃場距離ごと・トラック台数ごとの1筆5haを単位とした、作業プロセス、トラック台数統一プロセス、費用プロセスから構成される。TMRセンターの必要面積と収穫期間の制約の下で、圃場までの距離によって異なる費用プロセスの利益係数として設定される収穫委託費用合計が最小化されるように作物ごとに特定距離の圃場が選択される。また、各作物について、圃場ごとに選択されるプロセスは、トラック台数が同じになるように制約されている^{注5)}。

このモデルを用いて、表2に示すシナリオにしたがって、シミュレーションを行う。

まず、「初期」として、事例TMRセンターの実態に基づいて、牧草作業トラック台数を3~4台、トウモロコシ作業トラック台数を3台、ハーベスタ収穫とバンカーサイロへの詰め込み作業も委託する条件での試算を行う。

次に、運搬作業の効率化のためにトラック台数の上限を5台まで増加させた場合の試算を行う。続いて、対象地域の過去3カ年の事例地域のアメダスデータを見ると、トウモロコシ収穫期間である10月上中旬の降水確率が5% (2008年)、20% (2009年)、30% (2010年)と変動が大きいので、対応として収穫期間を1日短縮させた場合の試算を行う。最後に、より低コスト化を図るために、ハーベスタ収穫とバンカーサイロへの詰め込み作業を構成員の出役で実施し、委託費を削減した場合の試算を行う。

表2 シミュレーションの内容と条件

		初期	トラック増加	トウモロコシ 収穫期間短縮	委託費用低減
内容		牧草作業トラック 3-4台 トウモロコシ トラック3台	トラック台数上限を 5台	近年、収穫期間の降 水確率が上昇してお り、収穫計画期間を 短縮化する。	低コスト化のために トラック運搬以外の 委託作業を出役によ り行う。
条件	トウモロコシ収穫期間	7日 (56時間)	7日 (56時間)	6日 (48時間)	6日 (48時間)
	ハーベスター収穫委託	○	○	○	×
	飼料詰め込み委託	○	○	○	×
	トラック運搬委託	○	○	○	○

注：1) ○は委託、×は出役。

2) 「初期」、「トラック増加」、「トウモロコシ収穫期間短縮」の場合のハーベスター作業と飼料詰め込み作業の委託経費は21.5千円/時間。トラックは1台当たり5.5千円/時間。

表3 事例TMRセンターでの牧草とトウモロコシの立地配置

(単位：ha)

	1km 団地 100ha		3km 団地 75ha		5km 団地 90ha		7km 団地 35ha	
	牧草	トウモロコシ	牧草	トウモロコシ	牧草	トウモロコシ	牧草	トウモロコシ
初期	95	5	0	75	70	20	35	0
トラック増加	100	0	75	0	25	65	0	35
トウモロコシ 期間短縮	100	0	25	50	75	15	0	35
委託費用削減	100	0	15	60	50	40	35	0

注：団地内の各圃場は1筆5haである。

2) シミュレーション結果と考察

立地配置に関するシミュレーションの結果を表3に示す。まず、初期の条件では、トウモロコシは1km 団地、3km 団地、5km 団地に立地する。Nセンターにおいても、試算結果と同様に、トウモロコシはTMRセンターの近くにも遠方にも作付されている。このことから、本モデルはTMRセンターの圃場の立地配置の実態を反映し、シミュレーションのための計画モデルとしての妥当性が高いと判断できる。

次に、トラック台数を5台まで増加させると、センターに近い団地は牧草になり、トウモロコシは遠い団地に立地する。図4に、「トラック増加」のシミュレーション結果を説明するためのコストの最小化のメカニズムを示す。これによれば、1km 圃場と5km 圃場のいずれにおいても牧草の総収穫コストがトウモロコシよりも高い。しかし、1kmの牧草と5kmのトウモロコシを組み合わせると、5kmの牧草と1kmのトウモロコシを組み合わせるよりも総収穫コストは低減される。

次に、トウモロコシの収穫期間を6日に短縮化すると、期間内に収穫作業を終わらせるために、トウモロコシの一部が作業時間の短くなる距離3kmの圃場に立地する。

さらに、ハーベスター収穫と牧草詰め込み作業を出役で行うと、時間当たり委託費用が低減する。そのため、全体的にトラック台数を減らして作業時間を延ばしても低コストとなる。少ないトラック台数で適期内に収穫作業を終わらせるために、トウモロコシはより近隣の3km 圃場と5km 圃場に立地し、7km 圃場は牧草となる。

図5に、委託費削減の場合の費用を第3図と対比して示している。図2と図3ではトラック3台の場合に作業時間が最も短く、かつ、費用も最も低かった。しかし、図2と図5では作業時間の長いトラック2台の場合に費用は最も低くなっている。このような理由からトラック台数を減少させ、作業時間を長期化す

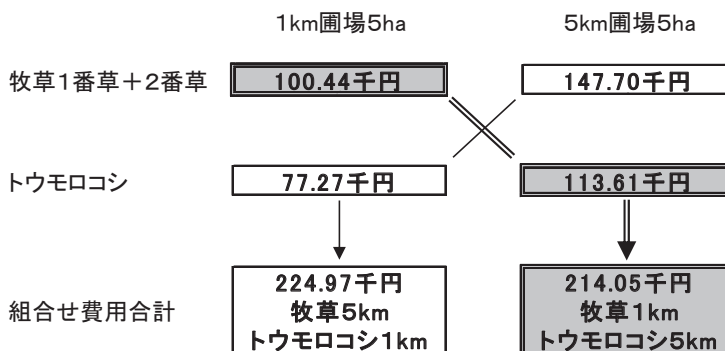


図4 収穫委託コストの組み合わせ

る選択が行われる。

図6に委託コストの変化を示す。現状の台数のトラックを利用する場合、総委託費は750万円になる。トラック台数を5台まで増加できる条件下では、総委託費は698万円に低下する。次に、トウモロコシの収穫期間が縮小すると、トウモロコシの適期内収穫のために牧草が遠い圃場に立地し、収穫時間が長期化するため、全体の委託費用は717万円に増加する。さらに、運搬以外の委託作業をTMRセンターの構成員による出役にするると委託費は429万円に低下する。この場合、出役に伴う機械装備の償却費123万円を含めてもコストは552万円に低下する。

圃場が広範囲に分布する大規模な飼料生産における作業では、収穫期間や作業の委託状況に応じて、飼料作物の立地配置やトラック台数を調整することで収穫コストを低減できる。TMRの低コスト化のためには、各飼料作物単独での作業計画立案ではなく、相互に関連を持たせた年間計画を立案することが重要になる。また、このような年間計画を委託先の建設関連企業等へ十分に説明することによって作業の進行管理も図ることができる。

5 おわりに

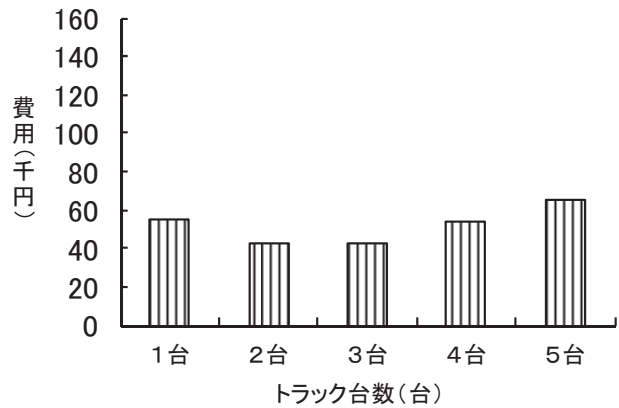
農場制型TMRセンターにおける大規模飼料生産を対象に、収穫作業の委託コストを最小化するモデルを構築し、事例としたTMRセンターに適用した。その結果、飼料作物の収穫期間や委託状況に応じて、飼料作物の立地配置やトラック台数を組み合わせて調整することでコスト低減が可能になることが示された。

TMRセンターの規模が大きくなるほど、低コスト化の可能性は大きくなると考えられ、飼料生産計画の立案が重要になる。また、将来の機械更新の円滑化のためにも、低コスト化は重要となる。

今後は、収穫以外の作業への対応や、酪農経営における飼養管理と飼料生産への出役との関連性の考慮、TMRの外部販売等の事業多角化への対応等、モデルの拡充も重要になるとと思われる。

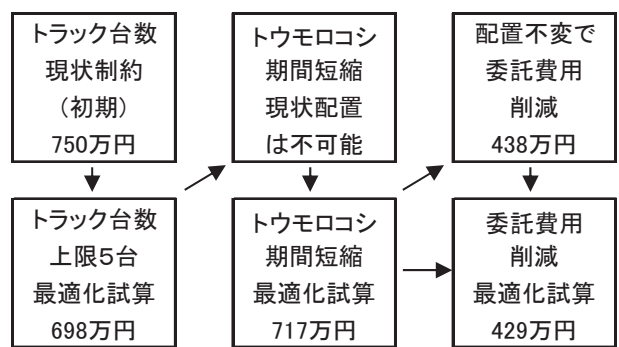
注

- 1) 委託や出役に関する費用を時間当たりで集計する場合に有効となる。面積当たりで費用を集計するTMRセンターもある。
- 2) 北海道においては、2004年までは構成酪農家戸数10戸未満のTMRセンターがほとんどであったが、2005年以降設立されるTMRセンターには構成酪農家戸数が10戸を超えるものも多く、飼料生産面積も1000haを超える等、TMRセンターの大規模化も進んでいる。久保田⁽⁵⁾参照。
- 3) JA提供の航空写真による圃場図をもとに推定した。
- 4) 収量は10トントラック台数で1番草40台/10a、2番草14台/10a、トウモロコシ38台/10aである。なお、現地調査ではトウモロコシのトラック1台分の原物重量は約6トンだったため、約4.8トン/10aである。牧草は作業の進み具合に応じて半日~1日程度予乾されるため、重量はトウモロコシよりも軽くなると考えられる。
- 5) 各飼料作物の収穫において、団地ごとにトラック台数を変更するような委託契約は一般的ではないため、このような制約を設定した。団地ごとにトラック台数を変更できる場合についてもこの制約を無効にすることによって試算可能である。



注: 出役コストは1,500円/時間である。

図5 距離1km圃場のトウモロコシ5ha収穫コスト (出役の場合)



注: 委託費用削減の場合には、機械装備による償却費が約123万円必要となる。

図6 シミュレーションによる委託費用の変化

引用文献

1. 荒木和秋 (2005)「農場制型TMRセンターによる営農システムの革新」『日本の農業 あすへの歩み 233』財団法人 農政調査委員会.
2. 北海道農政部農業改良課 (1999)『北海道における農作業支援組織 (コントラクター, 農業機械銀行等)』
3. 北海道農政部農業経営局農業経営課 (2012)『北海道内における農作業支援 (コントラクター) 組織の現状と課題』
4. 北海道TMRセンター連絡協議会 (2012)『北海道におけるTMRセンターの取り組みと連絡協議会の役割』
5. 久保田哲史 (2010)「酪農の将来像と技術開発の方向」,『北海道農業研究センター農業経営研究』, 特別号, pp.44 - 55.
6. 三浦修平・小林一 (2004)「一筆圃場カルテに基づく経営支援システムの開発－水田農業の大規模経営体のためのパソコン用ソフトウェア－」,『システム農学』, 20 (1), pp.16 - 22.
7. 中野正雄研究代表 (1969)「地域農業の動向予測と農業経営の対応に関する研究」農林水産技術会議事務局研究成果37
8. 中野正雄研究代表 (1970)「主要作目の立地配置に関する研究－地域農業の動向予測と農業経営の対応に関する研究－」農林水産技術会議事務局研究成果43
9. 西村和志 (2009)「GISを用いた飼料生産支援システムの運営・管理と展望－自給飼料活用型TMRセンターにおける試験運用事例－」,『農業経営研究』, 47 (2), pp.45 - 50.
10. 農林水産省生産局畜産部 (2012)『自給飼料をめぐる情勢』
11. 岡田直樹 (2012)「TMRセンター下における酪農経営間経済性格差の形成要因－北海道における事例分析－」『2012年度日本農業経済学会論文集』, pp45 - 52.
12. 大土井克明・笈田昭・山崎稔・山下道弘 (1999)「農作業の最適化に関する研究 (第1報)」,『農業機械学会誌』, 61 (1), pp.91 - 97.
13. 大土井克明・笈田昭 (2001)「農作業の最適化に関する研究 (第2報)」,『農業機械学会誌』, 63 (2), pp.100 - 108.
14. 大土井克明・笈田昭 (2001)「GAによる農作業計画における適応度について」,『農業機械学会誌』, 63 (3), pp.84 - 89.
15. 大黒正道・高橋英博・寺元郁博 (2004)「GISを用いた水稻作春作業計画支援システムの開発」,『システム農学』, 20 (1), pp.23 - 31.
16. 大塚彰 (2005)「圃場分散と営農情報管理ツールに関する考察」,『農作業研究』, 40 (3), pp.163 - 167.
17. 谷口信和他 (2013)『日本農業年報59 動き出した「人・農地プラン」－政策と地域からみた実態と課題－』農林統計協会.

(北海道農業研究センター・久保田 哲史)