

2019 年度

グローバルプロジェクト（教育分野）実績報告書

別添資料⑥

（北海道農業の収益安定化を図る天候デリバティブの利用：和田良介）

国立大学法人 小樽商科大学

【本件に関するお問い合わせ先】

小樽商科大学教務課教務企画係

TEL: 0134-27-5236

E-Mail: k-kikaku@office.otaru-uc.ac.jp

2019年度グローバルプロジェクト(教育分野)実績報告書 別添資料⑥

No.	プロジェクト名	代表者
11	北海道農業の収益安定化を図る天候デリバティブの利用	和田 良介
	本研究は北海道の農業の収益の安定化を図るために、天候デリバティブの応用方法を考案しようとするものである。複数の金融商品を組み合わせること及び小口化して販売することも企画する。例として、メロンとリンゴの生産を対象とする。台風のような事象はもちろん、日照時間や気温の過不足によっても収穫量は減少する。災害には、農業共済がある。ここでは冷夏や日照不足など、必ずしも大災害とは呼ばれないような事象にも対応できる天候デリバティブの利用方法を考える。学部ゼミ生による理論の実践である。	
	(別添資料) 天候デリバティブを利用した農家所得安定化	

天候デリバティブを利用した農家所得安定化

学生番号	2015417
氏名	浅野桂太朗
提出年度	令和元年度

目次

第1章 はじめに	1P
第2章 天候デリバティブ概要	1P
2.1 天候デリバティブの歴史	1P
2.2 損害保険との違い	2P
2.3 事例	2P
第3章 酪農業における天候リスク	3P
3.1 不快指数THI	3P
3.2 十勝地方における暑熱リスク	3P
第4章 THI デリバティブの価格付け	4P
4.1 プレミアム算出概略	5P
4.2 権利行使日数とプレミアムの関係	6P
4.3 地球温暖化を考慮したプレミアム	6P
4.4 単位あたりのペイオフの設定	7P
4.4.1 【THI 上昇による損失額に基づく方法】	7P
4.4.2 【牛舎冷房コストに基づく方法】	9P
第5章 THI デリバティブのリスク管理とマーケティング	11P
5.1 リスク管理	11P
5.2 マーケティング	12P
第6章 まとめ 今後の課題とTHI デリバティブの意義	12P
6.1 今後の課題	12P
6.2 THI デリバティブの意義	13P
■ 参考文献	14P

第1章 はじめに

一般的に農業経営の安定を脅かすリスクは次の二点である。一点目は作物価格の変動リスクである。先物取引を利用すれば、将来の作物価格を現時点で確定させることができる。二点目は天候による収穫量の減少を通じ収益が落ち込むという天候リスクである。このリスクに対して、天候デリバティブを用いることができる。

天候デリバティブは、先物先渡・オプション・スワップ取引等の金融派生商品の一つに含まれる。その主たる目的は、天候不順による企業の収益減少を軽減することである。あるビアガーデン事業者を一例にあげると、この事業は、冷夏によって集客数が落ち込み、売上が当初の予定より減少するという懸念がある。事業者はこの天候リスクをカバーするために、天候デリバティブ契約を結び、予め取り決めた気温を下回ったときに、金銭を受け取ることで、売上の減少を抑えることができる。

本研究では、とりわけ十勝地方の酪農家を対象とした天候デリバティブの開発を行った。加工用乳については政府による保護事業（ALIC事業）として、加工原料乳生産者補給金制度が存在する。加工原料乳の買取価格に上乗せして、国が生産者に補助金を交付するというもので、先の価格変動リスクを抑えることができる。一方で、乳牛の暑熱を軽減するための対策は、酪農現場での飼育方法の改善や品種改良等が挙げられる。本研究では、金融面からの天候のリスクヘッジについて解決策を模索する。

第4章では、天候デリバティブのコール・オプションを考案したが、その価格付け手法として土方[1](2000)や、広瀬[2](2003)には、①保険的手法（期待値）②気象変動モデル③統計学的アプローチ④無裁定モデルが紹介されている。本研究ではこのうち、①を用いた価格付けを行った。

第2章 天候デリバティブ概要

2.1 天候デリバティブの歴史

1997年9月に総合エネルギー会社である Enron 社と Koch 社による、ミルウォーキー地域の気温を指標としたオプションの一種であるカラー取引が世界で最初の天候デリバティブ取引である[1][3]。その後、1999年9月22日に CME（シカゴ・マーカンタイル取引所）にて世界初となる CDD/HDD を指標とした天候先物等が上場された。CDD・HDD は気温の累積値を指標としたオプション取引であり、アメリカの天候デリバティブ取引量の 9 割に相当する。

日本では、1999年の三井海上保険と株式会社ヒマラヤとの「積雪量指数オプション」を皮切りに、レジャー、飲食、電力事業など、収益が天候に左右される企業との相対・店頭

取引が進み、わずか2年で天候デリバティブ市場が拡大した[4]。

2.2 損害保険との相違

天候デリバティブは、天候リスクを回避することを目的としていることから、同様に気象を対象とする災害保険と比較される。一般的に災害保険における保険金発生の条件は、異常気象によって発生する実損害であるケースが多い。気象と損害の因果性を保険会社が認めた場合のみ保険金が支払われるため、保険金の発生に時間がかかり、不確実である。

一方で、天候デリバティブにおけるペイオフ発生の条件は、天候そのものの指標値であるため、予め取り決めた気象条件を満たした場合、ペイオフが確定し迅速な支払が行われる。従って企業収益と天候不順による因果性が不明確ではあるが、なんらかのマイナスをもたらすという意味での「天候リスク」を軽減することが可能である。

2.3 事例

天候デリバティブが日本で初めて取引されたのは、1999年に損害保険会社である三井海上保険とスキー用品販売大手の株式会社ヒマラヤとの「積雪量指数オプション」である[1]。消費者のスキー用品の購入意欲は積雪量によって、左右される。当時、ヒマラヤは12月期の売上が年間売上高の約23%を占めていたこと、なおかつスキー場事業とは異なり、「興業中止保険」を取り交わせないことから、天候デリバティブを用いて少雪リスクをカバーした。

日本農業法人協会では、協会員を対象とした農業法人向けの天候デリバティブ契約を含む『天候リスクヘッジ』制度 (http://hojin.or.jp/agri/safety_net/post_6.html) [10] が提供されている。保険会社（損害保険ジャパン日本興亜）が開発した定型商品を、日本農業法人が販売窓口となり、会員に対して商品の周知をすることで、成約の効率化を目指したものである。なお対象者は法人のみで、個人で営む農家は対象外である。

「法人向け浸水損害保険（損害保険ジャパン日本興亜）」は、ビルやマンションの運営を行う法人に対して、天候デリバティブと類似した保険商品を販売している[11]。これは建物内に予め設置したセンサーが浸水を検知した際に、保険金の受け払いが直ちに発生するものである。損害に関わらず浸水の有無をトリガーにすることで、保険金が迅速に確定するという点において、天候デリバティブと類似点をもつ。

第3章 酪農業における天候リスク

3.1 不快指数 THI

一般的に乳牛は暑熱に対して弱い動物であるといわれる。牛の第一胃で、飼料が消化し発酵分解される。その際に発生する熱量が大きい[5]。よって牛の体温は他の哺乳類と比べ高い。このため寒冷に強い一方、酷暑では後述する症状を引き起こす。

酪農現場において、乳牛ストレスを評価する指標として(1)式のTHI指数：Temperature Humidity Index が用いられる。[6][7]

$$\text{THI}(\%) = 0.81 * t + 0.01 * h * (T * 0.99 - 14.4) + 46.4 \quad (1)$$

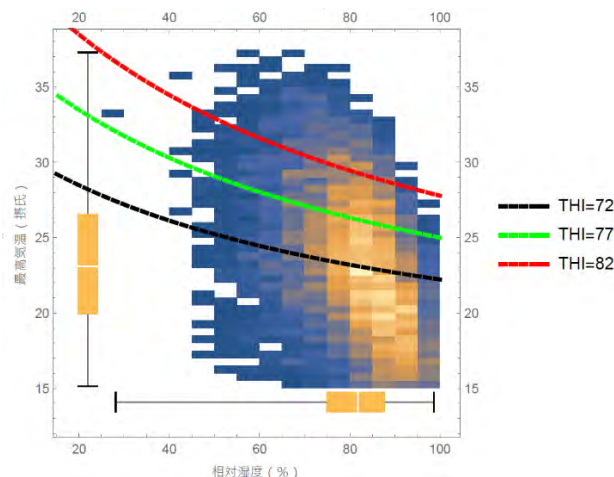
ただしt: 気温(℃) h: 相対湿度(%)

THIは気温と湿度から算出される。Armstrongの報告[6]では、THIが72以上を上回ったとき乳牛は暑熱ストレスを受け始めるとされるが、高橋ら[6]は乳牛の暑熱に対する閾値をそれよりも低いTHI:68を指摘している。いずれにしてもTHIの上昇に伴い、乳牛の泌乳量や繁殖性が低下し、より高いTHIでは死廃事故を引き起こす。

3.2 十勝地方における暑熱リスク

国内酪農業において、北海道はその冷涼な気候から一大産地となっている。平成30年度では全国の飼養乳牛頭数(1,328千頭)のうち、およそ6割(790千頭)が北海道で飼育される。なかでも十勝地方は全道飼育頭数のうち、約3割(231千頭)を占めている[8]。このことから、十勝地方が酪農業において占めるシェアが大きいことがわかり、当該地域を対象とした天候デリバティブを開発する意義は大きい。

THIは気象庁から公表されない。そこで相対湿度と最高気温を、気象庁のデータベースより(<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>)ダウンロード、日次THIを算出し、その発生頻度を調査した。帯広測候所で観測された1961年から2019年の6月から9月までの気象要素をダウンロードした。サンプルサイズ計7198日におけるTHI発生分布をグラフ1に示す。タイルの色がオレンジになる程、その発生頻度が高いことをあらわす。なお破線は特定THIに対する湿度と気温の組



グラフ1 夏季帯広市における暑熱リスク

み合わせを結ぶ曲線である(＝無差別曲線に相当)。

全体の49%に相当する3377日において $THI \geq 72$ となる。このことから、冷涼な北海道でも酪農における暑熱リスクが存在しているといえる。

第4章 THI デリバティブの価格付け

本研究で考案した商品例として以下のものがある。これは、「不快指数オプション」といい原資産は高温多湿の累積日数であり、日数を X で表した。 X は $THI \geq 72$ となる日の累積日数である。その概要を表1に挿入した。

表1 十勝地方酪農向けデリバティブ例(コール・オプション)

銘柄	$THI \geq 72$
原資産(X)	$THI \geq 72$ となる累積日数 (ただし $0 \leq X \leq 122$)
権利行使日数(K)	60(日)
単位あたりペイオフ	80(千円)
観測地点	帯広測候所(気象庁)
観測期間	6/1～9/30までの計122日間
気象要素	日別最高気温と日別相対湿度を基に(1)式から算出される THI
ペイオフの支払者	A社(保険会社等)
ペイオフの受取者	B社(酪農業者)

ただし、権利行使日数と単位あたりにおけるペイオフについてはひとまず所与としてプレミアムを算出しており、これらの値に関して、それぞれ第3・第4節にて議論する。

この契約は、原資産日数が権利行使日数を上回った際にペイオフが確定するというもので、ペイオフは原資産日数と権利行使日数の差と、単位あたりペイオフの積にあたる。(2)式にペイオフを表現した数式を記載する。

$$\text{ペイオフ} = \text{Max}[X - K, 0] * A \quad (2)$$

ただし、 X : 原資産日数(日)

K : 権利行使日数(日)

A : 1単位あたりのペイオフ(円)

4.1 プレミアム算出概略

プレミアムは、ペイオフの期待値とする『保険的手法[1][2]』を用いて導出した。言い換えると、デリバティブを長期運用した際の、ペイオフの平均値がプレミアムに相当する。従って、契約時点においてデリバティブの価値は 0 である。

以下のステップを通じプレミアムを算出した。

Step I. データが入手可能である 1961 年 6 月 1 日から 2019 年 9 月 30 日まで、THI を計算して求めた。

Step II. サンプルサイズ…7198 のうち、THI $\geq$ 72 である日数は 3377 であった。初夏と盛夏では確率が異なると考えられるが、簡略化のために次のようにして、一日における THI $\geq$ 72 となる確率 p を求めた。 $p = 3377/7198 = 0.4907$

Step III. 夏季 122 日間に、それぞれの日に THI $\geq$ 72 になる累積日数 X となる確率 $P[X=xi]$ を以下の (4) 式で求めた。ただし $0 \leq xi \leq 122$ 、 xi は整数。ただし、それぞれの日で THI $\geq$ 72 となる事象は独立と仮定する。つまり自己相関は簡略化のため考慮しない。

$$P(X = xi) = \binom{122}{xi} p^{xi} * (1 - p)^{122 - xi} \quad (4)$$

Step IV. Step III にて導出した $P[X]$ を基に、受取額の期待値を算出し、これをプレミアムとする。期待値の計算は、次式 (5) で示す。

$$C = \sum_{i=0}^{122} \text{Max}[xi - K, 0] * P[xi] * A \quad (5)$$

ただし C :コール・オプションのプレミアム(円)

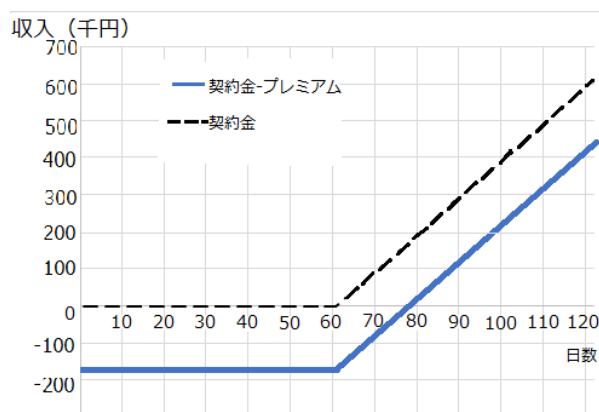
Xi :原資産となる累積日数(日) K :権利行使日数(日)

A :単位あたりペイオフ(円)

表 1 より $K=60$ 、 $A=80,000$ とし、(5) 式に代入すると

$$\sum_{i=0}^{122} \text{Max}[xi - 60, 0] * P[xi] * 80000 = 170489.9 \quad (5.1)$$

よって、プレミアムは 170,498.9 円である。算出したプレミアムに基づく酪農家の損益図をグラフ 2 に示す。

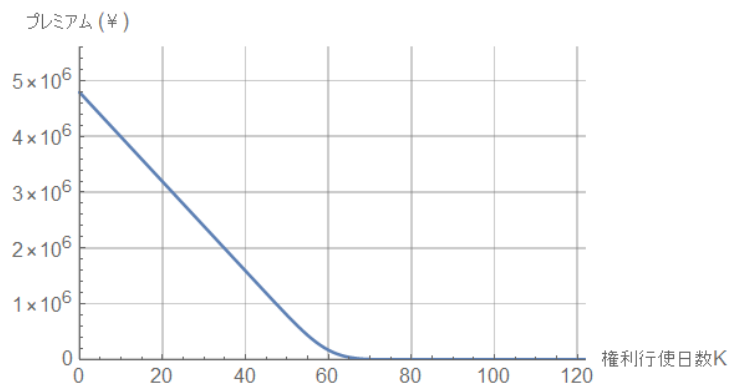


グラフ2 酪農家の損益図

4.2 権利行使日数とプレミアムの関係

権利行使日数とプレミアムの関係(グラフ3)を述べる。デリバティブ販売元のA社からみて、権利行使日数の引き下げは、ペイオフ支払のリスクの増加を意味する。逆に、権利行使日数の引き上げによってプレミアムは減少する。権利行使日数 K が 122 に近づくほど、プレミアムは 0 に近づく。 $K=122$ では、観測期間の全日数であり、ペイオフが発生しないことからプレミアムは 0 である。

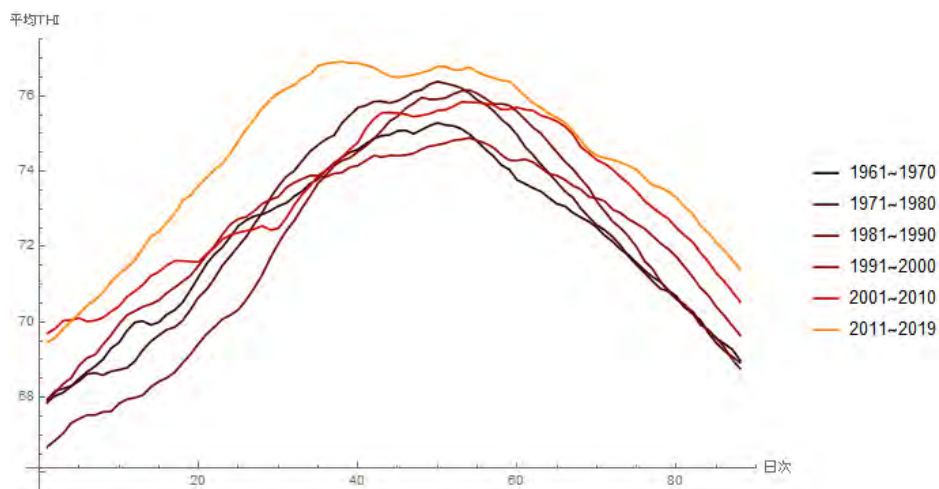
したがって、酪農家の財務状況に応じた権利行使日数の設定を行う必要がある。例えば、 $K=20$ のときプレミアムが 3 百万円を超えることから、この値を権利行使日数に設定する妥当性は低い。



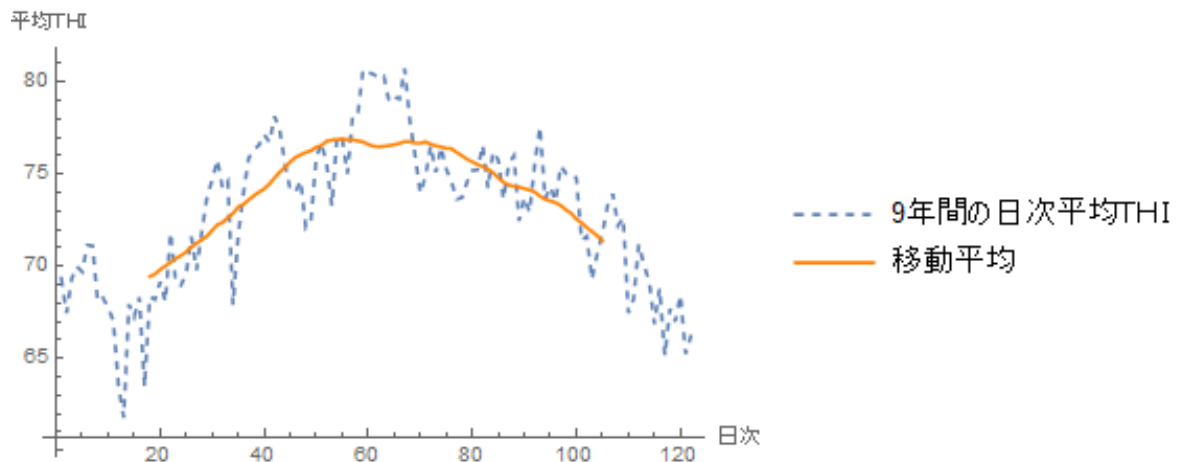
グラフ3 権利行使日数とプレミアム

4.3 地球温暖化を考慮したプレミアム

昨今では、地球温暖化の世界的な影響が懸念されて久しいが、十勝地方ではどうであろうか。日次THIの10年ごとの平均値を算出し、さらに日次におけるトレンドを除去した移動平均(37日間)を求め、その推移をグラフ4, 5で示す。



グラフ4 日次平均THIの移動平均の推移



グラフ5 2010年から2019年までの日次平均THIとその移動平均

グラフ4より、十勝地方において直近9年間で、THIの上昇が確認でき、温暖化が確認できる。このことを考慮したプレミアム算出を行った。2010年から2019年までの9年間*122日=1098日のデータに限定し、一日における $THI \geq 72$ となる確率を求めた。 $P=0.570128$ 。表1と同様の商品($K=60$, 単位あたりのペイオフ=80千円)における、新しいプレミアムは771,689円となり、(5.1)式と比較して、およそ4.53倍の上昇となった。

ここで単位あたりのペイオフと、プレミアムの関係を明示する。(5)式より C/A (プレミアム÷単位あたりのペイオフ)は定数であるが、使用するデータで導出される確率によって、その値が変化する。

全データを用いた場合 $\frac{C}{A} \cong 2.13$

2011年から2019年のデータを用いた場合 $\frac{C}{A} \cong 9.64$ (5.2)

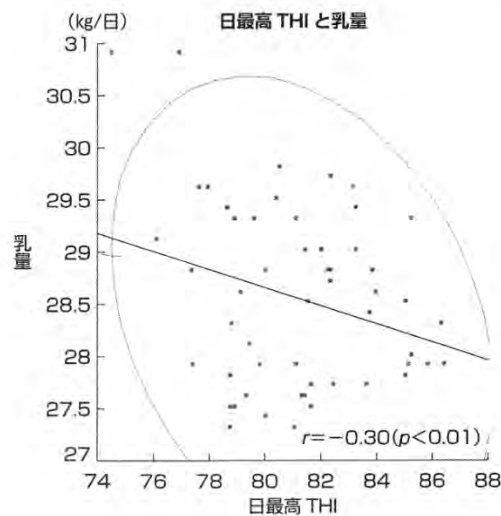
である。

4.4 単位あたりのペイオフについて

表1より所与としていた単位あたりペイオフを設定する。酪農家にとって適切なリスクヘッジを実現するペイオフを以下に記す。

4.4.1 【THI 上昇による損失額に基づく方法】

THI 上昇によって、乳牛の搾乳量が減少する。従ってTHIと搾乳量のデータから、THI 上昇に伴う損失額の期待値とデリバティブのプレミアムを一致させ、ペイオフを導出する方法である。THI に伴う搾乳量の減少量を、グラフ6を参考に、ペイオフの一例とした。



グラフ 6 乳牛 1 頭あたりの日最高 THI と乳量の関係 ([6]より抜粋)

グラフ 6 は、日最高 THI を説明変数、乳量を被説明変数としたときの、回帰式を高橋ら [6] (2017) が求めたものである。その日の最高 THI と乳量の関係だがこのデータを利用する。回帰式の傾きを 0.25 kg/THI と近似した。酪農家と卸先企業との、生乳取引価格を 101.5 円/kg とすると、THI=72 を上回り、1 上昇した際に発生する損失額は 25.375 円となる。これを B、また THI≥72 となる THI を T_i とすると、 T_i に対する損失額は $B * (T_i - 71)$ となる。

THI≥72 となる確率を P_k とし、1 日の THI≥72 期待損失の内訳を条件付確率で評価した。

$$el(\text{円}) = \sum_{i=1}^{29} B * (T_i - 71) * P_i / P_k \quad (6)$$

ただし、B:THI の 1 単位上昇における損失額 T_i : 特定 THI. $72 \leq T_i \leq 100$

P_i : T_i に対応する発生確率

なお、確率 P_i については、地球温暖化の影響が認められる 2011 年～2019 年までのデータを用いて導出した ($el=182.53$)。表 2 は 1 日における個別 THI の発生確率と、損失額の対応表である。

THI	確率 P_i	損失額: $B * (T_i - 71)$
72	0.04827	25.375
73	0.044627	50.75
74	0.044627	76.125
88	0.006375	431.375
89	0.006375	456.75
90 以上	0.000911	482.125

表 2 個別 THI の確率と損失額

一日における期待損失と帯広市気象データの確率に基づき、夏季 122 日間で権利行使日数

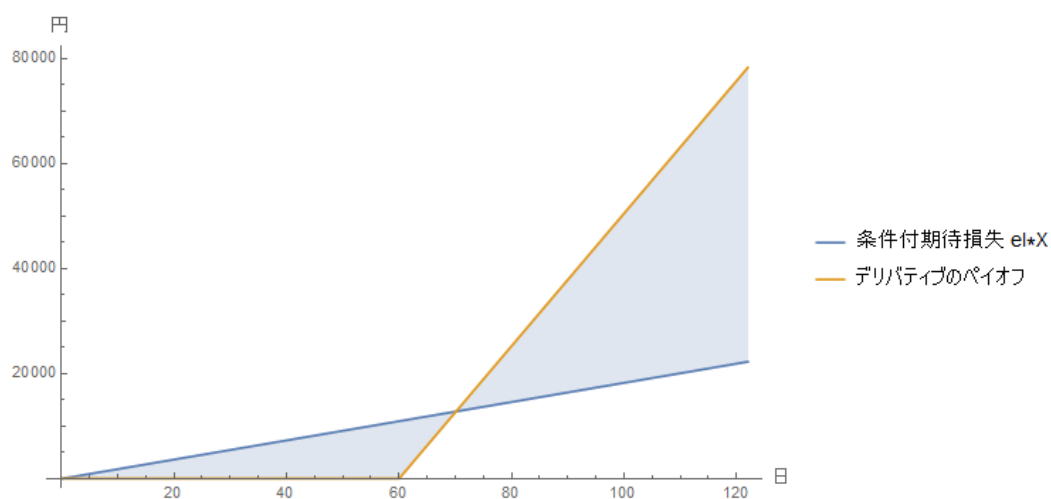
を超過した場合の期待損失額 EL を算出する。すなわち (7) 式。

$$EL = \sum_{i=61}^{122} \binom{122}{i} * Pk^i * (1 - Pk)^{122-i} * i * el \quad (7)$$

EL=12,171 (円:小数点以下切り捨て)となる。ELとペイオフの期待値(プレミアム)を一致させ、前項(5.2)式より、単位当たりペイオフは1,262.6円である。グラフ7にデリバティブのペイオフ図と、原資産日数に応じた期待損失のグラフを示すことで、酪農家のヘッジ効果を示す。

酪農家の損失は、THI発生がそれぞれの日において独立と仮定しているので、条件付期待損失 el と原資産日数の積である。すなわち el*X。

なお、期待損失額は乳牛一頭における額であることに留意すべきである。すなわち、酪農家の所有する乳牛の頭数に応じて、期待損失額も倍加する。そのため頭数分だけ、デリバティブの口数を契約することが望ましい。この方法の長所は、THI デリバティブの小口化が実現されている点であり、その詳細を第5章で後述する。



グラフ7 期待損失額(≠実際の損失額)とデリバティブのペイオフ

4.4.2 【牛舎冷房コストに基づく方法】

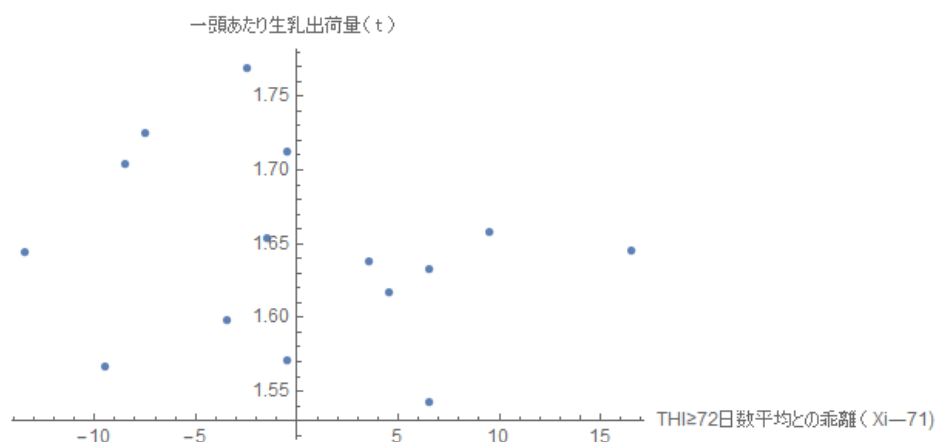
『十勝畜産統計;2004年～2018年,十勝農業協同組合連合会[8]』より、十勝地方の酪農現場における夏季の生乳出荷量のデータ入手が可能である。それに基づきグラフ6のような最高THIと乳量の変化を示す回帰式を算出した。しかし決定係数が0.022と有意な結果を得られなかった。これは、酪農家は猛暑日が連続した場合、牛舎の冷房を通じ、乳牛ストレスを緩和し、搾乳量を安定させている為と考えられる。(表3、グラフ8参照)

年度	生乳出荷量(t)	頭数 (匹)	一頭当たり生乳出 荷量(Kg)	thi≥72 日 数	THI 日数平均と の乖離
2004	330695.2481	214319	1543.004811	77	6.533333333
2005	339643.0128	216231	1570.741535	70	-0.466666667

2006	329586.2971	210304	1567.189864	61	-9.466666667
2007	332449.7701	208024	1598.131803	67	-3.466666667
2008	347098.1683	209881	1653.785566	69	-1.466666667
2009	355931.4261	216481	1644.169355	57	-13.46666667
2010	358157.3727	217670	1645.414493	87	16.53333333
2011	354738.4217	217203	1633.211428	77	6.533333333
2012	360183.6001	217249	1657.929841	80	9.533333333
2013	360363.6284	219944	1638.433549	74	3.533333333
2014	362729.6256	224335	1616.910538	75	4.533333333
2015	380938.089	222482	1712.219816	70	-0.466666667
2016	391651.9295	221364	1769.26659	68	-2.466666667
2017	385152.5158	226058	1703.777419	62	-8.466666667
2018	399586.9706	231625	1725.146122	63	-7.466666667

表3 十勝管内生乳出荷量とTHI日数

出典・出所:『十勝畜産統計;平成 16～30 年度版,十勝農業協同組合連合会』
並びに、気象庁データベース(2004 年～2018 年)より作成



グラフ 8 十勝地方THI≥72 累積日数と生乳生産量(2004 年～2018 年の平均累積日数は 71 日) 71 日を超えた年度では出荷量が安定している

ただし冷房の実施は、搾乳量の安定と引き換えに冷房コストの増加を意味するため、依然として酪農業における天候リスクが金融面にて存在する。従って、原資産日数の上昇に伴う冷房コストをカバーできるようなペイオフを一定にし、契約単位数を牛舎規模に応じて変化させる。牛舎設備は、酪農家ごとに異なる。よってデリバティブ契約にあたり、個別に酪農家の冷房設備を調査し、ペイオフと権利行使日数の組合せを提案する必要があるだろう。

第5章 THI デリバティブのリスク管理とマーケティング

THI デリバティブを開発したが、もしこのデリバティブを契約した場合、販売会社（A社）は、プレミアムを対価に酪農家から天候リスクを引き受けることになる。販売会社からみた天候リスクの軽減について次節で議論する。また第2節では、THI デリバティブのマーケティング手法について提案する。

5.1 リスク管理

リスク管理として三通りの方法が考えられる。**【最大支払額設定】** 契約時点でペイオフの最大支払額を設定すれば、例年から著しく乖離した猛暑日の連続が観測された場合でも、ペイオフによる損失額を限定することができる。ただし元々、THI デリバティブは期間を夏季 122 日間に限定しており、効果が薄いだらう。また、契約の複雑化と受取金の限定は、酪農家のデリバティブの購買意欲の低下につながりかねない。

【契約転売】 販売会社が完全にリスクヘッジするために、販売会社の保有する天候リスクを投資家に移転すればよい。具体的には、販売会社が仲介となり、THI デリバティブのショートポジションを、投資家に募る方法である。気温や湿度といった天候の変化は、株価や利子率といった金融市場の変動との相関が薄いと考えられることから、THI デリバティブをポートフォリオに組み込むことで、投資リスクの分散化が期待できる。しかしながら、投資家のデフォルトリスクは存在する。

【変動利回り割引債発行】 投資家のペイオフ事由の不履行を防ぐことを目的に、次の割引債を販売会社が発行すればよい。これは元本償還時の金額と、THI デリバティブのペイオフと連動するものである。元本を受け取った販売会社はTHI デリバティブの満期まで、その額を資金運用する。

満期日にTHI デリバティブのペイオフが発生しない場合（冷夏）、割引債の償還時には元本と利息に、デリバティブのプレミアムを上乗せした額を、投資家は受け取る。一方酪農家にペイオフが発生した場合、元本と利息の合計分からペイオフ分を差し引いた額を、投資家に支払う。この割引債を活用すれば、販売会社はデリバティブ契約開始前に、ペイオフ時の資金を用意することができ、また投資家のデフォルトリスクにも問題なく支払に対応できる。

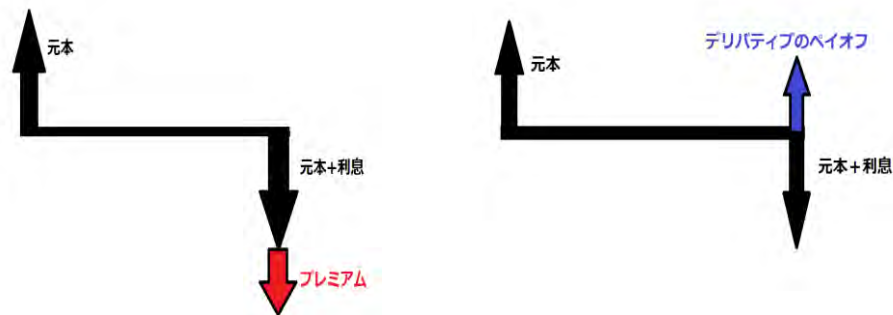


図1 割引債の投資家からみたキャッシュフロー 左が冷夏時、右がデリバティブのペイオフが発生時 矢印の上向きは支出を、下向きは収入を意味する。

5.2 THI デリバティブのマーケティング

デリバティブを販売するにあたり、直接販売会社が酪農家と契約を交わすのではなく、仲介として当該地域の農業協同組合（JA）に販売窓口を委託することを提案する。従来からのJAと酪農家間の関係を活用することで、成約・PRの効率化を図るためである。

理由は、十勝酪農業構造が背景にある。平成29年での酪農経営体のうち、法人経営の戸数が23戸に対し、個人経営の戸数が118戸と、全体の8割超を占める[8]。すなわち多くの酪農経営者は会計・財務処理などの経営だけでなく、日々の現場作業に従事していることを意味しているため、デリバティブの導入を思案するには時間的制限があり、これが農業分野での天候デリバティブ活用事例が少ないことの大きな要因の一つと考えられる。従って、取引先農家の情報を多く持つJAが、経営体の財務状況や、日々の業務で培われた信頼関係を利用することで、THI デリバティブの周知と取引量増加が期待できる。

また、4.4.1のようなデリバティブの小口販売を通じ、経営規模に応じたデリバティブの販売が可能になることで、小規模酪農家でも参入しやすい。

第6章 まとめ～今後の課題とTHI デリバティブの意義

6.1 今後の課題

4章では、高温多湿の発生を、それぞれの日において独立と仮定したが、実際にはそうではないだろう。なぜなら、気温やTHIには、日次の系列相関が存在すると考えられるためである。例えば、猛暑日が前日、前々日と続いた場合、その次の日も猛暑日である可能性が高い。

従って、今後は、発生するTHIの自己回帰モデルを用いて考察を行う[9]。以下に概略を述べる。時点 t でのTHIを、 $X(t)$ とする。また時点 t と、その前日である時点 $t-1$ では、以下の関係式が成り立つとする。

$$X(t) = a * X(t-1) + b + u(t) \quad (9)$$

ただし a, b ともに定数

$u(t)$ は誤差項である。この誤差項を

$$u(t) = \varphi * u(t-1) + \varepsilon(t) \quad (10)$$

と定義する。 φ は自己回帰係数として知られる。また、 $\varepsilon(t)$ はショックといわれる確率変数であり、ある時点におけるショックと、他時点におけるはそれぞれ独立である。時点 t の誤差項が、前期によって一部決定され、残りをショックによって決定される。

十勝地方 THI の自己回帰モデルを(9) (10)式で推定する。その後プログラムにて、推定式に基づく THI の発生のシミュレーションを通じ、発生確率を導出することが今後の課題である。

また、デリバティブの運用に際して、長期気象予報を活用する方法も検討する[7]。

6.2 THI デリバティブの意義

十勝酪農向け天候デリバティブを開発したが、最後にその意義について論じる。

まず、従来の天候デリバティブと異なり、指標として THI を用いたことである。THI は酪農現場で、暑熱リスクを評価する際に利用されることから、酪農家にとってこの指標はなじみ深い。このことは、THI デリバティブの概略の酪農家の理解を、容易にするだろう。デリバティブを導入した場合、個人酪農家は、猛暑日が連続した場合において冷房コストや損失額の増加による所得の低下の軽減に寄与できる。

THI デリバティブによって、暑熱のリスクヘッジを行い収益の安定化に努めることは、長期的な事業計画の見通しを立てやすくする。近年ではTPP合意による各種乳製品の関税撤廃は、十勝やオホーツク沿岸など、酪農が主産業である地域への影響が懸念されることから、今後は国内酪農業の更なる競争力向上のために、事業体は大規模化と設備投資に注力すると考えられる。もし外部からの資金調達を行う場合、財務諸表の安定化が重要となるが、このとき酪農 THI デリバティブを通じ、天候のリスクヘッジに積極的であるという評価を受けることができれば、酪農事業に対する投融資が期待できる。従って、天候デリバティブの導入は、農家所得の安定化だけでなく、産業活性化・地域発展につながるだろう。

またこの商品を導入した場合、酪農家は天候不良を所与とし、酪農家の努力によって収入の増加が見込まれるため、事業を疎かにするといったモラルハザードの恐れがない。

《参考文献》

- [1] 土方薫、伊藤裕二、前田史朗、椎名五郎、天崎祐介、『天候デリバティブ』,(シグマキャピタル,2000)
- [2] 広瀬尚志、天崎祐介、岡本均、椎原浩輔、新村直弘、『天候デリバティブのすべて』,(東京電機大学出版局,2003)
- [3] Erik Banks,『WEATHER RISK MANAGEMENT』,(Element Re Capital Products Inc.,2002)
- [4] 木島正明、鈴木輝好、後藤充、『ファイナンス理論入門』,(朝倉書店,2012)
- [5] 阿部亮、『【農学基礎セミナー】新版 家畜飼育の基礎』,(農文協,2008)
- [6] 高橋俊彦、中辻浩喜、森田茂、『ライフステージでみる牛の管理 〈栄養・行動・衛生・疾病〉』,(緑舎房,2017)
- [7] 岩谷忠幸、『プロが教える気象・天気図のすべてがわかる本』,(ナツメ社,2017)
- [8] 十勝農業協同組合連合会、『十勝畜産統計』,(2005～2018)
- [9] 森棟公夫、『計量経済学』,(新世社,2005)
- [10] 日本農業法人協会 「『天候リスク』ヘッジ制度」:
http://hojin.or.jp/agri/safety_net/post_6.html (2019年11月28日閲覧)
- [11] 日本経済新聞朝刊 2019年11月1日発行 「浸水時に即日補償 損保ジャパン最短で、企業向け」 (2019年11月5日閲覧)