

天候デリバティブ

冷夏におけるビールの売り上げリスクの緩和

2005MM052 小川典子 2005MM092 山本雅人

指導教員：澤木勝茂

1 はじめに

天候デリバティブとは、気象リスクにさらされている事業体が保険会社や金融機関などの発行体に予め契約料金を支払い、一定の気象条件が満たされた場合に補償金を受け取る契約である。現在日本では、中小企業を中心に取引がおこなわれている。よって大企業で天候デリバティブの使用を考えた場合、中小企業よりも多額の売上リスクの緩和できると考え、本研究では、大手ビール会社であるアサヒビールの売上データをもとに、冷夏プットオプションの構築ならびに評価を目的とし研究をおこなう。

2 データについて

気象データは、気象庁ホームページより観測された過去の気温データを使用する。観測期間は平成11年から平成20年までの10年間で、観測地点は名古屋市千種区の名古屋地方気象台で観測された気温の、月ごとの平均気温データを用いる。売り上げデータは、アサヒのホームページからアサヒスーパードライの10年間の月次販売データを使用する。また名古屋市のホームページから名古屋市の月別人口データを、統計局ホームページから日本の人口の月別人口データを入手する。更に、名古屋市の人口と日本の人口のデータの比率から、名古屋市のアサヒスーパードライの売上をもとめデータとして用いる。

3 事例

日本で初めて「天候デリバティブ」の契約が成立した(株)ヒマラヤの事例を紹介する。(株)ヒマラヤは、スキー・ゴルフなどのスポーツ用品チェーン店である。契約は積雪量プットオプションと呼ばれるもので、積雪量が10cm以下の日を小雪日と定義し、その日数が一定以上を超えた場合はヒマラヤ社が補償を受け取れるというオプション取引である。ヒマラヤ社はプレミアム料を支払うことで、小雪日数が既定の水準を超えたとき、補償金を受け取る権利を手にすることができる。ヒマラヤ社は、スキー・スノーボード関連の売上が多く、冬季に当たる下期の売上が上期の3倍以上もあり、利益は下期で稼いでいた。そのため暖冬が売上に与える影響は大きい。よって、12月1日から31日までの1ヶ月間を観測期間とする。観測地点は、名古屋を中心とする中京地区であるため、大型スキー場に隣接した観測所(野沢、菅平、六既)を観測地点に選定した。また気象要素は、積雪量とする。この取引により、ヒマラヤ社は積雪量が10cm以下の小雪日数の3ヵ所合計が75日を超えると、越えた日数に応じて補償金を受け取ることができる。ヒマラヤ社は、こうして得た資金を減収補填の一部に当てることで、収益の安定を図ることができた。

4 リスク感応度分析

リスク感応度分析とは、気象変動が企業収益に与える影響度の分析である。気象要素の変化に対してどれだけのマイナス要因が働くのかを分析する。回帰分析を用いて、名古屋市の平均気温とアサヒスーパードライの売上との相関関係を調べ、図1に示す。図1は1月~12月の月ごとの平均気温と売上の相関関係を、散布図と直線近似をした回帰直線を用いて表したグラフである。近似の精度を表す決定係数 $R^2 = 0.2276$ となりデータに散らばりが見られるが、相関係数 $r = 0.4770$ となり相関関係はあるといえる。しかし、データを分析すると12月は忘年会シーズンということもあり、気温に関わらずビールの売上が上がるという傾向がある。そのため、12月を除外して1月~11月の相関関係を調べ、図2に表す。12月を除外すると決定係数 $R^2 = 0.471$ となり、12月含む場合と比較して近似の精度が高く、相関係数 $r = 0.6862$ となり名古屋市の平均気温とアサヒスーパードライの売上との間に高い相関関係があることがわかる。

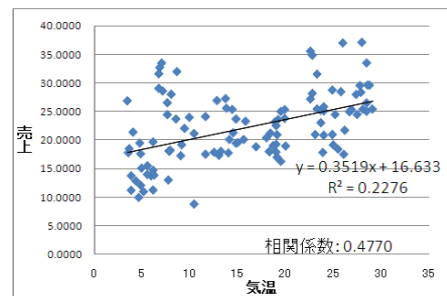


図1 名古屋市の平均気温とスーパードライの売上の相関関係

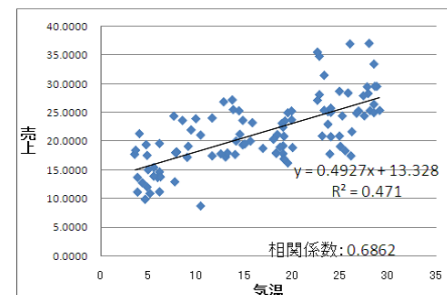


図2 名古屋市の平均気温とスーパードライの売上の相関関係(12月除外)

5 気温分布予測

天候デリバティブを設計をする条件として、気温予測をおこなう必要がある。よって、気温予測モデルである Dischel D-1 モデル [5] を用いて、気温予測をおこなう。

5.1 Dischel D-1 モデルの定式化 [5]

$T_{l,m,n}$: l 年 m 月 n 日目の気温
 $\Theta_{l,m,n}$: l 年 m 月 n 日目に当たる過去の平均気温
 $\Delta T_{l,m,n}$: l 年 m 月 n 日目の前日との温度差
 α, β, γ : モデルパラメータ

過去の気温から特定日付の気温を求める式は次のようになる

$$T_{l,m,n} = \alpha \cdot \Theta_{l,m,n} + \beta \cdot T_{l,m,n-1} + \gamma \cdot \Delta T_{l,m,n-1}$$

$$\Theta_{l,m,n} = \frac{\sum_{i=1}^{l-1} T_{i,m,n}}{l-1} \quad (i = 1 \cdots l-1) \quad l \geq 2$$

$$\Delta T_{l,m,n-1} = T_{l,m,n-1} - T_{l,m,n-2}$$

$$\alpha = 1 - \beta$$

(1)

5.2 モデルパラメータの推定

過去の実測データを用いて推定する。過去の日々気温実測データ $T_{l,m,n}$ が $n = 1 \sim N$ 個まで用意されている場合には、次のような式になる

$$\hat{T}_{l,m,n} = \hat{\alpha} \cdot \Theta_{l,m,n} + \hat{\beta} \cdot T_{l,m,n-1} + \hat{\gamma} \cdot \Delta T_{l,m,n-1}$$

$$e_{l,m,n} = T_{l,m,n} - \hat{T}_{l,m,n}$$

(2)

ただし $\hat{\alpha}, \hat{\beta}, \hat{\gamma}$ は、 $\sum_{l,m,n=1}^N e_{l,m,n}$ を最小とする

Dischel モデル過去の実測気温データ $T_{l,m,n}, \Theta_{l,m,n}$ から予測される予測気温データ $\hat{T}_{l,m,n}$ と、実測気温データ $T_{l,m,n}$ との差の総和 $\sum e_{l,m,n}$ を最小とするモデルパラメータを推定した。すると、 $\alpha = 0.3708, \beta = 0.6291, \gamma = 0.9900$ と推定された。また、過去 10 年間の予測気温の誤差の和は、 -2.086 となった。この結果から、過去の日付の平均気温よりも前日の気温の方が影響度が高いこと、前日誤差は、気温予測に大きく反映されていることがわかった。

6 温暖化傾向の除去

6.1 トレンド分析

時系列データには、「季節変動」「長期変動」「誤差変動」などの特有の要素が含まれる。これを取り除くことができれば、これらに影響されない「主変動」が残るが、これを「トレンド」と呼び、時系列データからトレンドを求める分析を「トレンド分析」という。

6.2 売上のトレンド分析

アサヒスーパードライの過去 10 年間の売上データから、売上を時系列でグラフに表すと図 3 のようになる。図 3

を見ると、売上が年々減少してきている。また、トレンドを除去した売上データを時系列でグラフで表すと図 4 のようになる。よって 2 つの図から、温暖化現象にかかわらず発泡酒の進出や不景気が、アサヒスーパードライの売上減少に大きな影響を及ぼしていることがわかる。

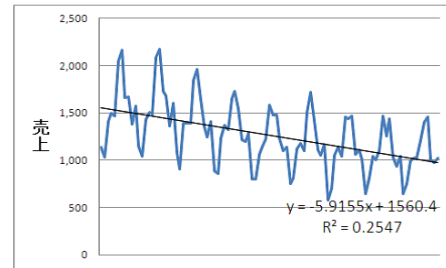


図 3 トレンド除去前の売上

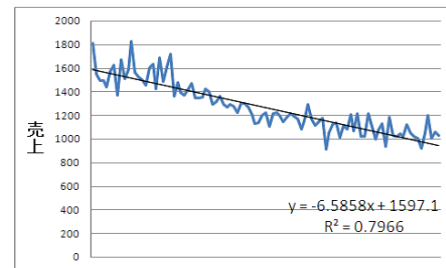


図 4 トレンド除去後の売上

6.3 気温のトレンド分析

過去 40 年間の 7 月の平均気温を時系列でグラフに表すと、図 5 のようになる。回帰直線の傾きから、温暖化の影響を受けて気温が上昇していることがわかる。また、7 月における過去 40 年間の温暖化傾向を除去した平均気温のグラフは図 6 のようになる。回帰直線の切片から、7 月の平均気温が約 27 度になる傾向がある。

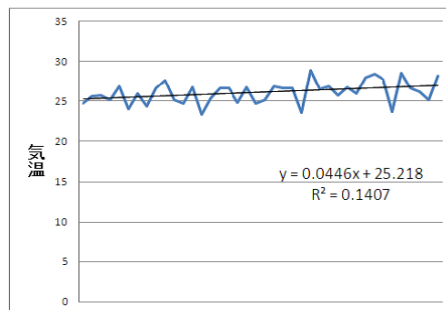


図 5 トレンド除去前の平均気温

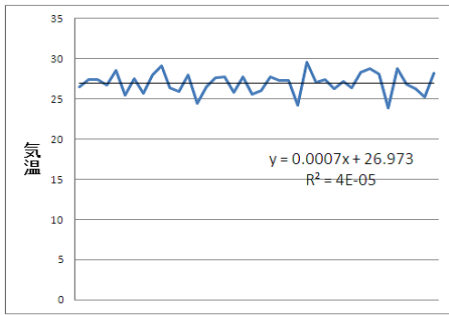


図 6 トレンド除去後の平均気温

7 天候デリバティブの定義

7.1 気象要素などの選定

天候デリバティブを定義するにあたって、観測期間・観測地点・観測指標を決定する。観測期間は平成 11 年から平成 20 年までの 10 年間とし、観測地点を名古屋市千種区の名古屋地方気象台とする。また観測指標は、平均気温と日数と定義する。

7.2 モデルの定式化

7.2.1 記号の定義

プットオプション記号を以下のように定義する

W : 観測指標

K : 行使値 (ストライクプライス)

C : ティック値

M : 最大支払額

S : 基準温度

7.2.2 観測指標が気温の場合

プットオプションの補償金額を求める式は次のようになる

$$P = \min(C \cdot \max(K - W, 0), M) \quad (3)$$

W が K を下回った場合、補償金を受け取ることができる。また、下回った温度が大きいほど多くの補償金を得られる。さらに、 K と W の差に C をかけた値が、最大支払額 M の値を超えた場合、 M が補償金額 P の値となる。ただし、 W が K を上回った場合、 P の値は 0 となり、補償金を受け取ることができない。

7.2.3 観測指標が日数の場合

基準温度 S より気温 $T_{l,m,n}$ が下回った日数をストライクプライス K とすると、 W を数えるために 0-1 整数変数を用いて、関数 f_k を用いて以下のように表現する

$$f_{l,m,n} = \begin{cases} 1 & S \geq T_{l,m,n} \\ 0 & S < T_{l,m,n} \end{cases}$$

$$W = \sum_{g=0}^{G-1} \sum_{n=1}^N f_{l,m+g,n} \quad (4)$$

観測指標を日数とした場合の補償金額を求める式は次のようになる

$$P = \min(C \cdot \max(W - K, 0), M) \quad (5)$$

W が K を上回った場合、補償金を受け取ることができる。また、上回った日数が多いほど多くの補償金を得られる。さらに気温の場合と同様に、 K と W の差に C をかけた値が、 M の値を超えた場合、最大支払額 M の値が P の値となる。ただし、 W が K を下回った場合、 P の値は 0 となり、補償金を受け取ることができない。

8 オプションの構築

8.1 観測指標 W が平均気温の場合

ストライクプライスの気温 K を決めるにあたり 7 月の月間平均気温を算出する。過去 10 年間の 7 月の月間平均気温は 26.73 度であり、7 月の 1000 パターン予測の月間平均気温は 26.58 度であった。この値から、ストライクプライス K を 26 とおく。また、ティック値 C を決めるにあたり、ストライクプライスから予測気温を引いた値をそれぞれ 1000 パターン計算する。負の値の場合は支払いがおこなわれないため、0 として考え期待値をもとめる。さらに、回帰分析の結果からティック値 C と契約料金を決定する。まず、 C を 1000 万、契約料金を 100 万とおき、実際にデリバティブを作成すると表 1 のようになる。

表 1 気温における支払条件

	条件
観測地点	愛知県名古屋市千種区名古屋地方気象台
観測期間	7月1日~7月31日の1ヶ月間
観測指標	平均気温
取引形態	平均気温プット
K	26
C	10,000,000
最大支払額	なし
支払条件	平均気温がストライクプライスを 0.1 度下回るごとに 1,000,000 円支払う

また、平均気温の温度におけるアサヒ側の損益を図で表すと、図 7 のようになる。基準利益をストライクプライスの 26 度とし、デリバティブを使用した場合の利益額を実線、デリバティブを使用しなかった場合の利益額を点線であらわした。実際にこのデリバティブを過去の売上データに適用した場合、冷夏となった 2003 年 7 月の平均気温は 23.7 度であり、ストライクプライス K から 2.3 度下回っているため 2300 万円の補償金が支払われることになる。結果として 2003 年の場合、売上が減少したにもかかわらず記録的な冷夏になったことにより、猛暑時の利益に近い利益を得ることができた。

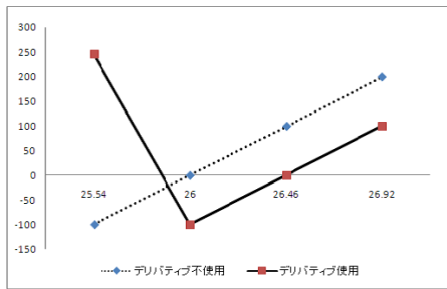


図 7 平均気温による損益図

8.2 観測指標 W が日数の場合

8.1 節では 1ヶ月間の平均気温を基準値とし、基準値と平均気温との差を利用して受取金額の期待値をもとめた。本節では、観測指標を日数として、1ヶ月間に基準気温を下回った日数が基準値をこえたときに支払いが発生するようなデリバティブを作成し、表 2 に示す。観測地点、観測場所、観測期間ならびに予測気温データは前章の平均気温と同じデータを使用する。契約料金は 100 万円、基準気温は 26 度とした。さらに基準日数であるストライクプライス K を 15 日とし、26 度を下回った日数が 15 日を超えた場合、日ごとに 100 万円受け取ることができるデリバティブを作成する。例えば、20 日の場合はストライクプライスを 5 日超えたことになるので、受取金額が 500 万円となる。

表 2 日数における支払条件

	条件
観測地点	愛知県名古屋市千種区名古屋地方気象台
観測期間	7月1日～7月31日の1ヶ月間
観測指標	日数
取引形態	冷夏日数コール
K	15
C	1,000,000
最大支払額	なし
支払条件	基準気温 26 度を下回った日数が 15 日を超える日数につき 1,000,000 円支払う

9 考察

実際に 2 種類の観測指標を用いて、天候デリバティブの商品を作成し、予測気温と過去の実測気温、さらに温暖化傾向を除去した気温データを価格にあてはめ、それぞれの期待値を算出したところ、プライシングの手法によって、期待値の差が出ることがわかった。

本研究では、観測指標が気温の場合、ストライクプライスを 26 度、ティック値を 1000 万円、契約料金を 100 万円としたとき、最もアサヒ側と発行体からみて双方が納得のいく中立的なプライスであると考えた。なぜなら、ストライクプライスを 26 度より上げた場合はアサヒ側が有利となり、26 度より下げた場合は発行体が有利とな

ることが予測気温の期待値からわかった。実際に 26 度にした場合、アサヒ側の正味の期待値はマイナスとなるが、リスク量の上乗せ分であり保険では安全率と呼ばれているリスクバッファを、通常発行体側は付加する。期待値の約 20%～30% を付加することから、26 度の時の期待値に約 25% を付加した値が契約料金の 100 万円になることから、中立的な支払条件であることがわかる。また、日数の場合では、ストライクプライスの日数を 15 日ティック値を 100 万円、契約料金を 100 万円としたときが最も中立的であった。期待値に約 30% 付加した値が契約料金の 100 万円になり、気温の時よりも多くのリスクバッファを乗せている。

観測指標が気温と日数の場合での、双方の中立条件の値を選定できる。さらに、観測指標が気温の場合は日数より期待値が高いことから、アサヒ側は気温を観測指標として、発行体側は日数を観測指標として契約することが有利であるといえる。

10 おわりに

本研究では、天候デリバティブを用いて、冷夏におけるビールの売上リスク緩和を目的としたデリバティブを作成する研究をおこなった。デリバティブを作成するために、商品の売上分析や予測、気温予測の手段や実行結果を示した。また、実際に作成したデリバティブの価格にあてはめて期待値を算出した。さらに、平均気温と日数の場合の商品を作成して期待値の表や損益図のグラフを利用し考察をおこなった。この先、天候デリバティブのプライシングの精度や気温予測の精度が上がり、デリバティブの導入による効果が証明されれば、中小企業だけでなく、大企業も積極的に天候デリバティブを利用し、日本の天候デリバティブ市場が拡大していくであろう。

参考文献

- [1] アサヒビール月次データ
<http://www.asahibeer.co.jp/ir/monthlydata/>
- [2] 気象庁ホームページ
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- [3] 名古屋市ホームページ
<http://www.city.nagoya.jp/shisei/toukei/web/jinkou/suikei01/nagoya00012659.html>
- [4] 統計局ホームページ
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/OtherList.do?bid=000001007603,cycode=1>
- [5] 土方 薫：『総論 天候デリバティブ - 天候リスクマネジメントのすべて -』シグマベイスキャピタル出版、東京、2003。
- [6] 広瀬 尚志：『天候デリバティブのすべて - 金融工学の応用と実践 -』東京電機大学出版局、東京、2003。