

天候デリバティブを利用した 積雪リスクマネジメントの提唱

日本保険学会平成29年度大会

於 滋賀大学

2017年10月29日



伊藤晴祥 国際大学

概要

- 主な結果
- 雪リスクがスキー場入込数に与える影響の分析
- 積雪量が市役所の収益に与える影響の分析
- 天候デリバティブのデザイン
- シミュレーション
- 天候デリバティブの価値評価
- 今後の課題

主な結果

- 新潟県南魚沼市及び魚沼市のスキー場16か所中15か所のスキー場で積雪リスクとの相関係数の絶対値が0.4以上
- 経営者のリスク回避性が中程度であり、天候デリバティブの安全割増が10%~15%程度で提供可能であれば、スキー場の企業価値が高まる可能性がある。
- 人工降雪/造雪機を利用している場合、入込数と積雪リスクの相関係数は低いが、人工造雪にかかる費用と積雪リスクは高い相関がある。
- 人工降雪/造雪機でも天候リスクは減らせない？

積雪量がスキー場入込数に与える影響の 分析：変数

- 雪リスク
 - － 最深積雪
 - － 小雪日数
 - 積雪量がある閾値を下回った日数
 - － 観測所：湯沢及び小出アメダス
- 入り込み数
 - － 全南魚沼市スキー場：10か所
 - 期間：2000年～2015年
 - － 全魚沼市スキー場：6か所
 - 期間：2005年～2013年

積雪量 (cm)

2016年12月~2017年4月 湯沢アメダス



小雪日数に関する記述統計 湯沢及び小出アメダス

	湯沢					小出					相関係数
	最小	平均	中央値	最大	標準偏差	最小	平均	中央値	最大	標準偏差	
<=3 cm	10	40.8	34.5	88	22.6	13	41.4	30	81	26.1	0.9
5 cm	13	42.6	35.0	91	23.5	16	42.5	30	82	26.2	0.9
10 cm	14	45.2	37.5	96	25.1	16	45.5	31	87	29.0	0.9
20 cm	19	50.3	40.5	102	28.5	18	50.6	35	103	33.4	0.9
30 cm	22	55.3	45.0	120	32.3	21	56.2	37	122	38.0	0.9
40 cm	23	60.7	47.0	132	36.9	23	62.1	38	142	44.2	0.9
50 cm	25	65.5	50.0	141	38.8	24	68.1	40	149	48.3	0.9
60 cm	26	70.1	54.0	146	40.6	25	72.5	48	150	49.7	0.9
70 cm	28	74.3	57.0	149	41.7	28	75.7	50	150	49.8	0.9
80 cm	30	77.7	61.0	150	42.2	30	78.3	53	150	49.2	0.9
90 cm	31	80.8	64.5	151	42.7	32	80.7	55	150	48.8	0.9
100 cm	31	84.2	68.5	151	42.8	34	83.3	58	151	48.1	0.9
150 cm	45	103.3	103.0	151	36.0	53	100.5	74	151	40.5	0.9
200 cm	67	126.7	139.0	151	27.1	73	122.2	123	151	28.2	0.8
300 cm	118	147.2	150.0	151	9.3	146	149.5	150	151	1.6	0.3

出典:伊藤(2017)、1シーズン:1月~翌4月

相関分析

小雪日数と南魚沼市スキー場入込数

● 全て人工造雪機がないスキー場

	石打丸山	石打花岡	Mt.	舞子	上越国際	塩沢	六日町八海山	ムイカ	五日町	八海山麓
湯沢										
<=3 cm	-0.454	-0.321	-0.182	-0.498	-0.344	-0.660	-0.444	0.106	-0.268	-0.827
5 cm	-0.433	-0.312	-0.173	-0.494	-0.349	-0.636	-0.450	0.118	-0.242	-0.832
10 cm	-0.445	-0.331	-0.176	-0.518	-0.374	-0.637	-0.474	0.100	-0.226	-0.858
20 cm	-0.408	-0.311	-0.131	-0.530	-0.451	-0.606	-0.478	0.103	-0.160	-0.877
30 cm	-0.392	-0.307	-0.105	-0.530	-0.482	-0.584	-0.465	0.093	-0.138	-0.886
40 cm	-0.410	-0.321	-0.107	-0.495	-0.441	-0.578	-0.450	0.113	-0.180	-0.882
50 cm	-0.415	-0.333	-0.117	-0.481	-0.421	-0.577	-0.446	0.125	-0.194	-0.868
60 cm	-0.402	-0.332	-0.141	-0.495	-0.400	-0.561	-0.461	0.113	-0.185	-0.854
70 cm	-0.373	-0.310	-0.146	-0.495	-0.382	-0.543	-0.464	0.120	-0.159	-0.839
80 cm	-0.338	-0.292	-0.139	-0.503	-0.382	-0.520	-0.460	0.118	-0.118	-0.831
90 cm	-0.315	-0.275	-0.141	-0.486	-0.358	-0.503	-0.460	0.130	-0.102	-0.809
100 cm	-0.291	-0.253	-0.138	-0.503	-0.358	-0.502	-0.450	0.116	-0.068	-0.803
150 cm	-0.360	-0.346	-0.282	-0.606	-0.308	-0.576	-0.531	-0.006	-0.063	-0.746
200 cm	-0.466	-0.474	-0.486	-0.694	-0.172	-0.616	-0.605	-0.262	-0.147	-0.563
300 cm	-0.517	-0.445	-0.525	-0.439	0.153	-0.410	-0.558	-0.336	-0.417	-0.159

- 出典:伊藤(2017)
- 灰色:相関係数の絶対値が4以上、太字:最も相関係数の絶対値が高かった場合

相関分析

小雪日数と魚沼市スキー場入込数

	奥只見 丸山	大湯 温泉	薬師	小出	須原	大原
小出						
<=3 cm	-0.601	-0.579	-0.586	-0.595	-0.641	-0.578
5 cm	-0.623	-0.604	-0.611	-0.619	-0.664	-0.602
10 cm	-0.635	-0.615	-0.622	-0.630	-0.674	-0.613
20 cm	-0.653	-0.616	-0.623	-0.632	-0.670	-0.615
30 cm	-0.681	-0.634	-0.642	-0.650	-0.683	-0.634
40 cm	-0.688	-0.640	-0.648	-0.656	-0.690	-0.641
50 cm	-0.678	-0.635	-0.643	-0.651	-0.687	-0.635
60 cm	-0.662	-0.625	-0.633	-0.641	-0.681	-0.625
70 cm	-0.659	-0.627	-0.634	-0.643	-0.684	-0.626
80 cm	-0.654	-0.626	-0.633	-0.642	-0.684	-0.625
90 cm	-0.656	-0.631	-0.638	-0.647	-0.689	-0.630
100 cm	-0.653	-0.632	-0.639	-0.646	-0.690	-0.630
150 cm	-0.574	-0.569	-0.575	-0.579	-0.625	-0.566
200 cm	-0.293	-0.287	-0.293	-0.297	-0.350	-0.282
300 cm	-0.283	-0.313	-0.313	-0.310	-0.323	-0.309

出典:伊藤(2017)

灰色:相関係数の絶対値が4以上、太字:最も相関係数の絶対値が高かった場合

小雪日数と南魚沼市のスキー場入込数との回帰分析

	石打丸山	石打花岡	Mt.	舞子	上越国際	塩沢	六日町八海山	ムイカ	五日町	八海山麓
閾値	300cm	300cm	300cm	200cm	30cm	3cm	200cm	300cm	300cm	30cm
観測地	湯沢	小出	湯沢	湯沢	湯沢	湯沢	湯沢	湯沢	湯沢	湯沢
係数	-1,682	-237	1	-941***	-1,031	-193**	-179**	-245	-188	-70***
標準偏差	1,227	140	38	294	285	69	74	225	151	10
切片	527,954**	38,800*	6,065	394,316***	442,138**	74,464***	70,659***	86,380**	55,719**	17,552***
標準偏差	181,875	20,982	6,400	39,198	36,629	3,211	9,614	33,482	23,229	756
推計	GLS	GLS	GLS	GLS	GLS	OLS	OLS	GLS	GLS	GLS
AIC	294.9	181.3	217.6	285.7	291.0			255.4	248.8	206.7
Adj. R ²						37.98%	30.22%			
DW (OLS)	1.15**	1.32*	1.15**	1.21*	0.66***	1.51	1.81	0.82***	0.60***	0.95**

出典:伊藤(2017)

***、**、*は1%、5%、10%有意水準を示す。

4スキー場で5%有意以上

小雪日数が1日増加するごとに、70~1,031人入込数が減少

小雪日数と魚沼市のスキー場入込数との回帰分析

	奥只見丸山	大湯温泉	薬師	小出	須原	大原
閾値	40cm	40cm	40cm	40cm	100cm	40cm
観測地	小出	小出	小出	小出	小出	小出
係数	-339*	-354	-337	-357	-370	-337
標準偏差	150	284	253	258	221	262
切片	90,829*	75,671*	79,741*	81,963*	105,960***	77,995*
標準偏差	27,864	37,888	34,304	32,612	23,187	35,713
推計	GLS	GLS	GLS	GLS	GLS	GLS
AIC	189.8	198.9	197.1	197.1	192.3	197.7
DW (OLS)	0.79**	1.18*	1.16*	1.20*	1.25*	1.15*

出典:伊藤(2017)

***、**、*は1%、5%、10%有意水準を示す。

1スキー場で5%有意以上

小雪日数が1日増加するごとに、339人入込数が減少

シミュレーション 事例：シャトー塩沢

$$NCF_{without_SD} = \tilde{n} \times \text{sales per customer} - \text{cost}$$

$$\tilde{n} = 74,464 - 179 \times \tilde{x}_3 + \tilde{\varepsilon}$$

小雪日数の従う分布

閾値：積雪量が3cm以下

- 1987年度から2015年度の小雪日数
- 湯沢アメダス
- 平均43日、標準偏差：18.5日の正規分布

シミュレーションの結果

シャトー塩沢

平均	80,395
中央値	80,431
標準偏差	16,739
最小値	15,972
最大値	136,496

出典:伊藤(2017)

天候デリバティブ契約

- スキー場
 - ある程度の降雪までは収益が増加(最深積雪)
 - 小雪日数が増えるほど収益が減少

天候デリバティブデザイン シャトー塩沢

$$483,300\text{JPY} \times \text{Max}[x_3 - 41, 0]$$

- 積雪量3cm以下の日数が1日増える毎に、179人の入込数が減少
- 客単価: 2,700円
- 積雪量3cm以下の日数が1日増える毎に、収益は483,300円減少

天候デリバティブの価値

$$E^Q(NCF_{without\ hedge}) = \sum_{i=1}^I NCF_{without_hedge,i} f^Q(NCF_{without_hedge,i})$$

$$f^Q(NCF_{without_hedge,i}) = F^Q(NCF_{without_hedge,i}) - F^Q(NCF_{without_hedge,i-1})$$

$$F^Q(x) = \Phi(\Phi^{-1}(F^P(x)) + \lambda)$$

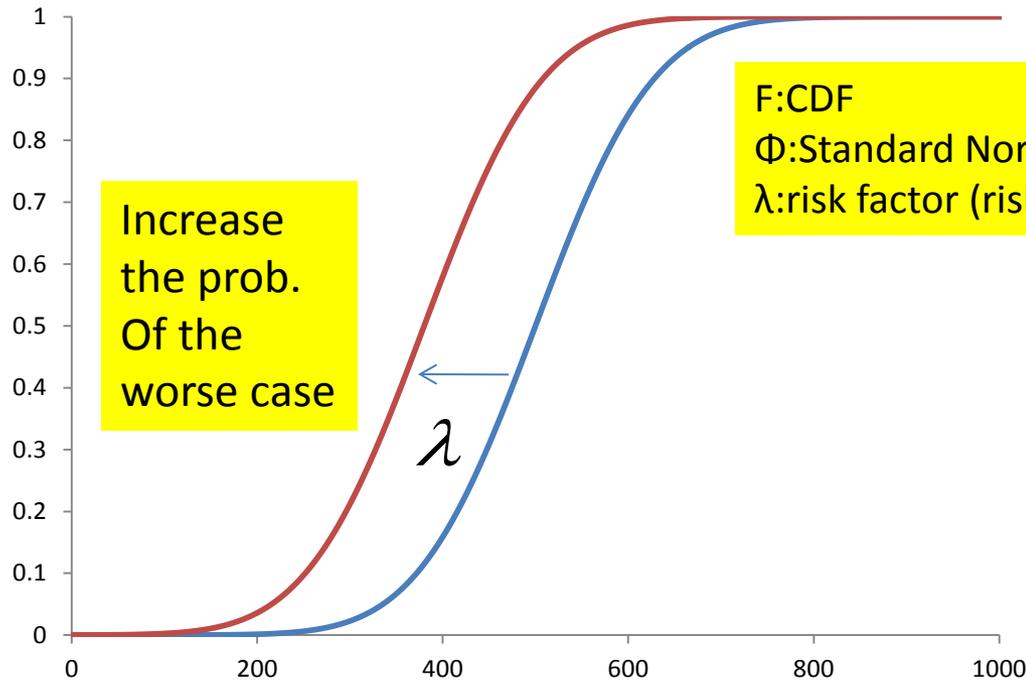
Wang Transform

$$V = E^Q(NCF_{with_hedge}) - E^Q(NCF_{without_hedge})$$

Wang Transforms (Wang 2000)

- Shifting CDF (Distortion, tilting)

$$F^Q(x) = \Phi(\Phi^{-1}(F^P(x)) + \lambda)$$



天候デリバティブの価値 シヤトー塩沢にとって

λ	安全割増					
	0%	5%	10%	15%	20%	60%
0	0	-200,756	-401,513	-602,269	-803,025	-2,409,077
0.1	184,012	-16,745	-217,501	-418,257	-619,014	-2,225,065
0.2	371,971	171,215	-29,542	-230,298	-431,054	-2,037,106
0.25	467,382	266,625	65,869	-134,887	-335,644	-1,941,695
0.3	563,722	362,965	162,209	-38,548	-239,304	-1,845,355
0.4	759,115	558,359	357,603	156,846	-43,910	-1,649,961
0.5	958,021	757,265	556,509	355,752	154,996	-1,451,055
0.52	998,214	797,458	596,701	395,945	195,188	-1,410,863
0.6	1,160,330	959,573	758,817	558,060	357,304	-1,248,747
0.7	1,365,955	1,165,198	964,442	763,685	562,929	-1,043,122
0.8	1,574,841	1,374,085	1,173,328	972,572	771,815	-834,236
0.9	1,786,967	1,586,210	1,385,454	1,184,697	983,941	-622,110
1.0	2,002,345	1,801,588	1,600,832	1,400,076	1,199,319	-406,732

人工造雪によるリスクマネジメント

- 苗場スキー場のデータ
- 収益(入込数)は平滑化
- 費用(人工造雪にかかる変動費用)は、積雪量と相関がある(10%有意)
- 天候デリバティブを利用することによる価値があるか？
- 人工造雪を利用することの意義？

今後の課題

- コントロール変数の導入
- 長期データの分析
- 収益に関するデータ収集
 - スキー場
 - 市役所
- 降雪変数分布設定の最適化
- 人工降雪、人工造雪を利用した際のリアルオプション価値分析
- 人工降雪と天候デリバティブの両方を利用した際の価値分析

Q&A

- ご清聴ありがとうございました。

参考文献

- 伊藤晴祥(2015)「積雪リスクマネジメントにおける一考察:新潟県のスキー場における事例研究」『リアルオプションと戦略、日本リアルオプション学会機関紙』、第7巻3号、pp. 32-39.
- 伊藤晴祥(2017)「天候デリバティブを利用した積雪リスクマネジメント:新潟県南魚沼市及び魚沼市のスキー場における実現可能性の検証」『損害保険研究』第79巻第2号、pp. 101-127。
- Ito, Haruyoshi, Jing Ai, and Akihiko Ozawa (2016), "Manging Weather Risks: The Case of J. League Soccer Teams in Japan," *Journal of Risk and Insurance*, 83(4), 877-912.
- Wang, Shaun S. (2002), "A Universal Framework for Pricing Financial and Insurance Risks," *ASTIN Bulletin*, 32(2), 213-234.