

非雪寒地域における降雪リスク対策

国 土 交 通 省 正会員 ○中前 茂之
(社) 北海道開発技術センター 大川戸 貴浩

1. はじめに

我が国の国土のうち、積雪寒冷特別地域（以下雪寒地域）は約60%を占める。残りの40%の非雪寒地域は、比較的わずかだが降雪や路面の凍結があり、降雪に慣れていない分むしろ脆弱である。

降雪への備えとして、例えば横浜市では、降雪が見込まれる場合に体制を敷くことや凍結防止剤を各土木事務所に常時置いているほか、除雪費としての予算を毎年留保している。この予算を留保するという方法は、降雪リスクへの対策の一つの有効な手段ではあるが、厳しい財政状況の下、留保の額を削減できれば、削減した分の予算を他の用途に活用することができ、予算の自由度や効果の向上が期待できる。しかしながら、単に留保予算を削減するだけでは降雪リスクに対しカバレッジが小さくなるばかりなので、例えば除雪デリバティブなどそれを補う方法が必要となる。

そこで、本研究では、留保予算に加え除雪デリバティブを組合わせて活用することにより、非積雪地域における降雪リスクへの対応方策について検討する。

2. 研究の手法

本研究では、横浜市の過去の除雪費実績データ及び横浜気象台のアメダスデータを用いることとした。

研究のプロセスは、①累加降雪深の確率分布、②降雪深と除雪費の関係を整理し、現在の留保予算によるカバレッジを求める。次に、留保予算を現在よりも縮減し、これと除雪デリバティブを組合わせることにより縮減前と同様もしくはそれ以上のカバレッジを確保することを検討する。

なお、金融商品の開発には統計的手法が用いられることが多く、「その事象が起こりうる確率を判断するのに最も確からしい分布」を推定し、その確率分布の形状にしたがって

表-1 累加降雪深

年度	累加降雪深 cm
H21	1
H20	0
H19	0
H18	0
H17	0
H16	0
H15	0
H14	3
H13	0
H12	29
H11	0
H10	0
H9	31.1
H8	0
H7	17
H6	4.1
H5	31
AVE	6.8
STD	11.8

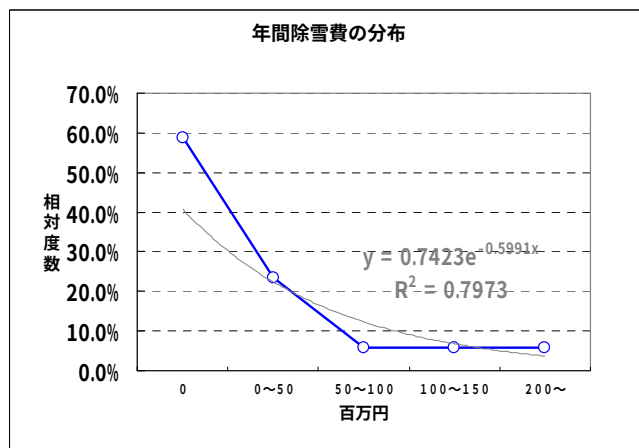


図-1 年間除雪費の分布

オプション料を算出することが一般的である¹⁾。雪に係わるデリバティブのプライシングには正規分布とは異なる分布を使用するケースが多い¹⁾が、今回は正規分布を用いることとする^{注1}。

3. 留保予算によるカバレッジ

研究に用いた平成5年度から平成21年度までの17年間の除雪費の分布を図-1に示す。1年あたり除雪費の平均額は約32百万円であった。また、表-1に横浜市が除雪を行った日の累加降雪深を示す。前述の通り、降雪深 X が正規分布 $N(m, \sigma^2)$ に従うと仮定すると、 $m=6.8$ cm、 $\sigma=11.8$ cmなので、

$$W = (X - 6.8) / 11.8 \quad \dots \textcircled{1}$$

は標準正規分布 $N(0,1)$ に従う。

$$N(0,1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} \quad \dots \textcircled{2}$$

次に、降雪深 X と除雪費 y の関係を求めると、図-2に示すとおり、

$$y = 4017.4 e^{0.1197X} \quad \dots \textcircled{3}$$

となる。

横浜市の留保予算は100百万円で、これに相当する降雪深は、③式により、 $X=26.9$ cmと求められる。これを①に代入すると $W=1.70$ となる。この時の確率は②式により0.455であることから、 $X < 26.9$ cmとなる確率 p は

$$p = 0.455 + 0.5 = 0.955 \quad \dots \textcircled{4}$$

注1：①自然界の事象が発生する確率はこの「正規分布」に従うことが多いことが知られていること、②金融商品の開発に関する統計的手法で最も頻繁に用いられるのが「正規分布」であること、③今回はプライシング手法の検討ではないことから、本研究では、降雪深が正規分布に従うと仮定して検討することとした。

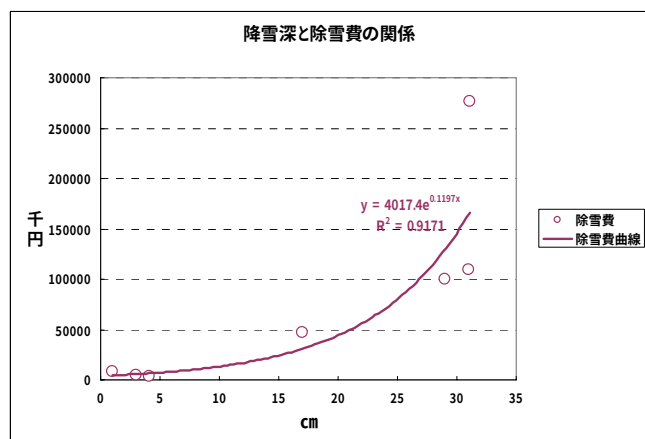


図-2 降雪深と除雪費の関係

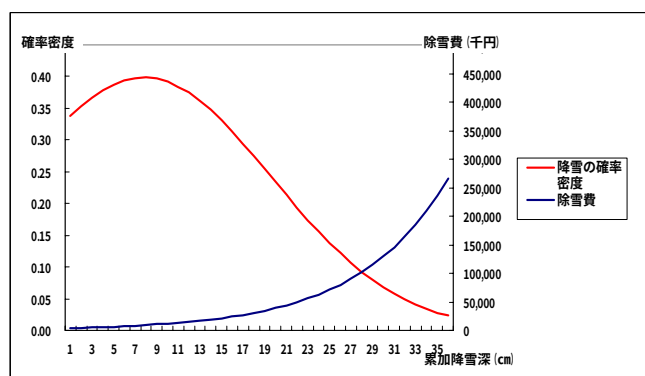


図-3 降雪深の確率密度分布と除雪費

である。つまり、毎年の留保予算1億円により95.5%の降雪リスクをカバーしており、極端な降雪を除けば留保予算の範囲内で除雪費を賄えるような安全側での予算措置をしているといえる。

4. 留保予算とデリバティブを組み合わせたカバレッジの最適化問題

現在、横浜市では除雪予算として100百万円を留保しているが、これを縮減し、除雪デリバティブと組合わせて除雪実際に執行される除雪費の期待値を制約条件とし、留保予算と除雪デリバティブによるカバレッジの最大化問題を解くことと同じと考えられる。ここで、留保予算とデリバティブの役割分担について検討すると、例えば、自動車の任意保険のように、免責額を設けることにより保険料を低く抑えることがある。つまり、リスクのうち、発生頻度が高く損失が少額である部分を保険でカバーしない、言い換えればリスクを自ら負う方が経済的であると言える。横浜市の過去17年間の年間除雪費の分布(図-1)を見ると、除雪費が0円である年が約6割、0～50百万円未満の年が

四半分を占める。こうしたリスクは小さく発生確率は大きい部分は留保予算で賄うほうが経済的であるといえる。

次に、留保予算 s とデリバティブ購入額 t によりカバーされる除雪費をそれぞれ $C(s)$ 、 $C(t)$ とすると、現在の留保予算が100百万円、除雪費執行額の期待値は約32百万円であるから、

$$\begin{cases} C = C(s) + C(t) \rightarrow \max & \cdots \textcircled{5} \\ s + t = 32 & \cdots \textcircled{6} \end{cases}$$

の最適化問題を解くこととなる。

この場合、デリバティブによるカバレッジ $C(t)$ はオプション料や支払い条件などデリバティブの設計に依存する。例えば、オプション料を10%と仮定し、10cmを超える降雪があった場合に、③式に応じた額が支払われるデリバティブ契約を結び、そのオプション料が2千万円であった場合、③式より、降雪10cmの場合の除雪費の推計額は、約13百万円であることから、 $s + t = 32$ と概ね⑥式を満たし、留保予算よりも少ない年度支出で、留保予算を100百万円確保した場合と同等以上のカバレッジを確保することとなる。

5. まとめ

本研究では、非雪寒地域における降雪リスクに対し、横浜市を事例に留保予算によるカバレッジを試算した。また、デリバティブを導入することにより、留保予算を削減しつつも同程度のカバレッジを確保する手法を示した。

6. 謝辞

本研究の実施にあたり、横浜市道路局維持課長の長瀬満氏を始め横浜市の方々にご協力を頂いた。ここに感謝の意を表する。

7. 参考文献

- 1) 中前、新村：除雪事業におけるリスクヘッジとデリバティブの活用に関する検討，雪センター機関紙「ゆき」46号，2002
- 2) 中前等：除雪単価逓減則を考慮した場合の降雪リスク評価，第25回寒地シンポジウム，2009
- 3) Nakamae, S., et al.: Development of a Cost Management Method for Road Snow Removal in Cold, Snowy Regions, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.8, 2010

キーワード 降雪リスク，除雪，除雪デリバティブ，非雪寒地域

連絡先 〒066-0073 北海道千歳市北斗六丁目 国土交通省千歳道路事務所 TEL0123-23-2191