

リスクファイナンスを考慮した雪対策システムの構築に関する研究

東京大学大学院新領域創成科学研究科 学 生 員 ○塚原沙智子
 北海道大学大学院工学研究科 正 員 岸 邦宏
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 佐藤 馨一

1. はじめに

積雪寒冷地の自治体にとって、除雪事業は重要な公共事業の一つである。しかし、気象現象の不確実性から、毎年の事業費が変動しサービス水準の維持が困難となっている。

そこで本研究では、事業費の変動をリスクととらえ、リスクファイナンスの適用を検討する。すなわち、リスクを軽減するために除雪事業に対する負担額を平準化するシステムの構築を目的とする。

2. 札幌市の除雪事業

本研究の対象とする札幌市は、積雪寒冷地において、人口 180 万人を超える世界でも稀な大都市として発展してきた。その除雪予算も近年では約 110 億円にまで達している。

札幌市では事業費の予算超過に対して補正予算を組むなどの対応をしているが、事業拡大に応じて事業費の変動リスクも拡大しつつあるため、事態の根本的打開に迫られている。

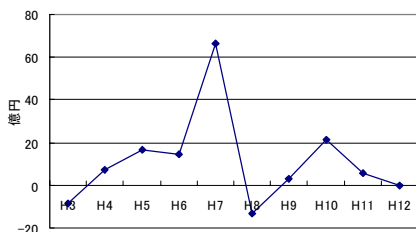


図 1. 除雪費の予算超過額（札幌市）

3. リスクファイナンスとリスクの定量化

3-1. リスクの保有と移転

リスクファイナンスには経済的損害の保有と他者への移転がある。リスクを保有するか移転するかの判断には、リスク移転時に必要なリスク移転費用(リスク移転先への契約料に当たる費用)に対してどれだけリスク軽減効果があるかということが重要になる。そこで、リスクファイナンス前後を比

較する指標として「負担増加額（負担額の期待値の増加率）」と「変動減少率（負担額の分散の減少率）」を評価に用いることにした。

3-2. リスクの定量化

リスクを定量化するためには、費用変動とその原因となる気象要因の変動とを結びつける必要がある。そこで、まずは重回帰分析を行い、主要リスク要因を年降雪量であると特定した。さらに、費用の年降雪量による感度分析より、平成 13 年度の排雪延長を 1555km と仮定して、平成 13 年度の予測式(1)を得た。

$$y=0.1492x+42.41 \quad (R=0.89) \quad (1)$$

y: 除雪費(億円)、x: 年降雪量(cm)

年降雪量は、過去 30 年間のデータに対するカイ二乗適合度検定を行った結果、 $\lambda=6.19$ 、 $\zeta=0.221$ である対数正規分布(式(2))を描くことが確かめられた。よって、除雪費も式(1)より計算して、 $\lambda'=4.75$ 、 $\zeta'=0.142$ の対数正規分布(図 2)であると言える。

$$f_x(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\zeta x}\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x-\lambda}{\zeta}\right)^2\right] \quad (0\leq x<\infty) \quad (2)$$

4. リスクファイナンス手法の導入

4-1. 本研究での適用手法

本研究において検討するのは以下の 3 手法である。

①保険：保険会社へのリスク移転

万が一の事態に備えて「大数の法則」によりリスクを分担するものではなく、毎年の負担額を時系列的に平準化する方法。

②天候デリバティブ：金融取引によるリスク移転

天候の変動リスクヘッジのために、気象データを指数化し、その程度に応じた金額を受け取る契約を結ぶ方法。補償は全て契約時の条件に基づいて行われ、損害の有無に関係ない。

③公社設立による複数年契約：積立によるリスク保有

雪対策事業を専門に行う公社を設立し、自治体が

キーワード：リスクファイナンス 費用平準化

連絡先：〒060-8628 札幌市北区北 13 条西 8 丁目 北海道大学大学院 TEL・FAX(011)706-6216

複数年契約を結ぶ方法。自治体では不可能な積立を行い、費用変動を軽減する。ただし、初期投資が必要であり資金調達が必要がある。

4-2. 保険、天候デリバティブの導入(リスク移転)

保険では下限 a 億円から上限 140 億円まで補償する契約を設定する。この時、 a をパラメータとして $a=100\sim 140$ に設定した際の 2 つの評価指標を比較する。デリバティブでは、式(1)より a に対応する A cm を下限とし、それ以上は降雪 10cm 毎に 1,500 万円(= $0,1492 \times 10$)支払う契約を行うとする。確率論からは、保険とデリバティブの評価指標の結果は等しくなるので、両者の相違点は契約方法にあると言える。

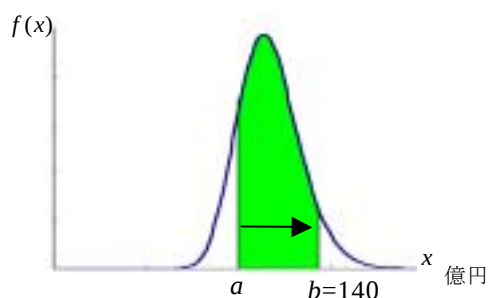


図 2. リスク移転前の確率分布と補償範囲

保険の基本原則である「収支相当の原則」に基づく、純保険料 I_p は補償される金額の期待値と考えられるので、式(3)となる。また、費用の確率密度関数は図 3 に示す $g(x)$ (式(5))へと変化する。付加保険料(リスク移転費用)率は $r=5\%$ とする。保険料 I は純保険料と付加保険料の合計である(式(4))。

$$I_p = \int_a^b (x-a) f(x) dx + \int_b^\infty (b-a) f(x) dx \quad (3)$$

$$I = I_p (1+r) \quad (4)$$

$$g(x) = g_1(x) + g_2(x) + g_3(x) \quad (5)$$

$$\begin{cases} g_1(x) = f(x-I) & (x < a+I) \\ g_2(x) = \delta(x-(a+I)) & (x = a+I) \\ g_3(x) = f(x+b-(a+I)) & (x > a+I) \end{cases}$$

$$\int_0^\infty \delta(x-(a+I)) dx = \int_a^b f(x) dx = p \quad (6)$$

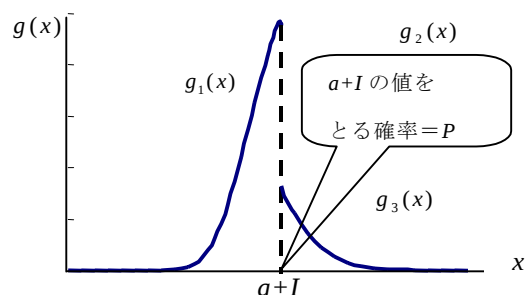


図 3. リスク移転後の確率分布

$g(x)$ の期待値と分散を計算することによって、評価指標を表すグラフは図 3, 4 のようになり最大で ($a=100$) 変動減少率 90%が見込める。この時、負担増加率は 0.74%である。

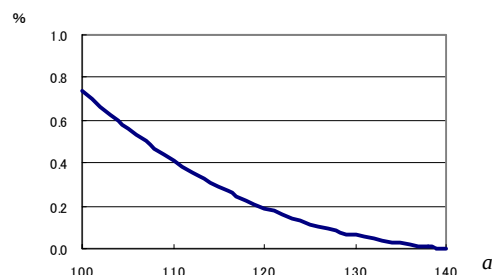


図 4. 負担増加率 (%)

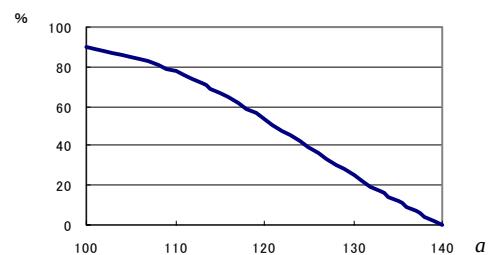


図 5. 変動減少率 (%)

4-3. 公社設立による複数年契約(リスク保有)

過去 30 年間の実データを元に、3 年契約と 5 年契約を設定し評価指標を計算した。この際、1 年当りの負担額は複数年決算額を契約年数で除したものと考えた。初期投資はかかるものの、負担増加率 0%でそれぞれ 73%、88%までの変動減少率を見込める。

5. 札幌市の除雪事業へのリスクファイナンス適用

リスクファイナンス適用により、除雪費の変動減少において高いリスク軽減効果が得られた。しかし、導入するには負担増加や初期投資が必要であるため、市民の理解を得なくてはならない。既存研究において、市民は除雪の水準維持に対して現状より 30 億円程度まで負担増加を受け入れるという結果がある。つまり、リスクファイナンスが除雪水準維持のための一方策となるならば、費用負担は受け入れる余地があると言えよう。

また、リスクファイナンス適用にあたって、事業費の収支の情報公開と除雪基準の明確化が必要である。事業を委託する業者との間に、完全出来高制を導入するなどして、事業を透明化する必要がある。このことが、PFI により除雪事業の事業主体を民間へ移転することへもつながると考える。