

日本住宅公団 正員 長 瀬 靖
 苫小牧高専 “ 柳 谷 有 三
 北工工学部 “ 加 東 照 俊

1. まえがき

積雪寒冷地において道路除雪は、冬期間の道路交通の確保、すなわち冬期の産業・経済・社会活動を停滞させることなく遂行するための必須の政策となる。この問題に対して従来から種々の面からの研究がなされてきた。しかし、除雪対象地域の特性及び降雪特性等の要因をも考慮した道路除雪の運用・管理という面についてはあまり研究がなされてこなかった。そこで、本稿では除雪の運用・管理と除雪事業費用等とを考慮し、必要計画除雪量について考察した。この計画除雪量算定にあたっては、まず積雪-除雪の関係と2D的にとらえ降・積雪により生じる社会的費用を仮定した。そして、この費用と除雪費用との和が最小となる総費用を最小にするような計画除雪量をORにおける在庫管理理論より考察した。

2. 積雪-除雪モデルと基本式について

積雪-除雪モデルとは、図-1に示されるように縦軸に積雪量、横軸に時間(期間)をとったとき、時間の経過とともに降雪が生じ積雪量が0から漸次増大してある計画除雪量に達すると除雪が行われ積雪量が0に戻る。そして、再びある計画除雪量まで降雪があると除雪が行われ積雪量が0になるという事がくり返されて鋸歯状の積雪-除雪の関係となる。この時、形成される三角形の面積は降・積雪により生じる社会的費用と考える。この社会的費用とは直接費用である交通損失費用(交通利用者費用の増大)を計上した。すなわち、この交通損失費用と除雪に要する費用との和である総期待費用を最小にするような計画除雪量を算定する。モデル設定において入力データである降雪現象に対しては図-2に示されるように平均的降雪と一時的な大雪に分けた。そして、前者に対しては堆雪を生じる交通損失を解消するため堆中除雪の体制をとり、後者によって生じる交通損失に対しては新雪除雪の体制をとるという2段階の管理計画を考察した。そして、これとこれの降雪現象に対する計画除雪量を堆中除雪量 x 、新雪除雪量 y とする。さらに、この降雪現象を表わす一日降雪量の頻度分布 $P(r)$ は(1)式で示されるように一般にポアソン分布と仮定される。

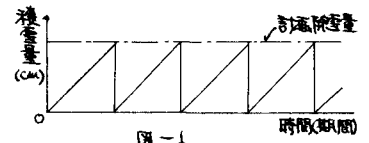


図-1

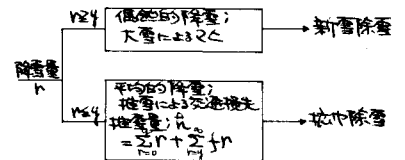


図-2

$$P(r) = e^{-\mu_0} \cdot \mu_0^r / r! \quad (\mu_0: \text{日降雪量の平均値}) \quad (1)$$

次に、総期待費用を構成する各費用は(2)~(5)式で示される平均的降雪による交通損失費用 $C_1(x)$ 、一時的な大雪による交通損失費用 $C_2(y)$ 、堆中除雪費用 $C_3(x, y)$ 、新雪除雪費用 $C_4(y)$ からなる。なお、 $C_1(x)$ は新雪計画除雪量 y 未満の平均的降雪による堆雪と新雪除雪と側方堆雪とをた和

$$C_1(x) = C_1 \cdot T_0 \cdot \frac{x}{2} \quad (2) \quad C_2(y) = C_2 \cdot \sum r \cdot P(r) \quad (3) \quad C_4(y) = C_4 \cdot T_0 \cdot \sum P(r) \quad (5)$$

$$C_3(x, y) = C_3 [H_0 - T_0 \cdot (1-f) \sum r \cdot P(r)] / x \quad (4)$$

ここで C_1 : 平均的降雪による単位交通損失費用 (円/day·cm)

T_0 : 計画期間(日)

C_2 : 一時的な大雪による “ “ (円/cm)

H_0 : 年間降雪量 (cm)

C_3 : 堆中除雪費用 (円) C_4 : 新雪除雪費用 (円)

f : 側方堆雪係数

により生ずる交通損失費用であり、 $T_0 \cdot x/2$ は全堆雪量である。一方、 $C_2(y)$ は新雪除雪を行なうことにより交通損失が回避された費用として考えた。とすると、(6)式で表わされる総期待費用 $Z(x, y)$ を最小にするような x, y を同時に求める問題となる。従って、この問題を解くには $\Delta Z / \Delta x = 0, \Delta Z / \Delta y = 0$ 、なる関係が得られ

ある(7), (8)式を同時に満足する x, y を求めることになる。さらに、年間の雪中除雪の為の出働回数 M_x 、新雪除雪の為の出働回数 M_y および全出働回数 M はとれ(9)~(11)式で与えられる。

$$Z(x, y) = C_1(x) - C_2(y) + C_3(x, y) + C_4(y) \quad (6) \quad \frac{C_3(y-1)}{C_4 - C_2(y-1)} < x < \frac{C_3 y}{C_4 - C_2 y} \quad (8)$$

$$x = \sqrt{\frac{2C_3}{T_0 \cdot C_1} \{H_0 - T_0 \cdot (1-f) \cdot \sum_{r=y}^{\infty} p(r)\}} \quad (7)$$

$$M_x = \{H_0 - T_0 \cdot (1-f) \cdot \sum_{r=y}^{\infty} r \cdot p(r)\} / x \quad (9) \quad M_y = T_0 \cdot \sum_{r=y}^{\infty} p(r) \quad (10) \quad M = M_x + M_y \quad (11)$$

3. 各費用について

あるリンク i を走行する自動車の一日当りの利用者費用 U_i は(12)式で表わすと、平均的降雪による単位交通損失費用 C_{1i} は(13)式で示される。ここで、 a_0 (1/cu)は交通損失係数であり冬期利用者費用と夏期利用者費用を比較し、夏期に対する冬期の利用者費用の増分を示す。同様に、一時的大雪による単位交通損失費用 C_{2i} は大雪があった前後の利用者費用の比較から得られる交通損失係数 b_0 (日/cu)を用いると(14)式となる。さらに、雪中除雪費用 C_3 、新雪除雪費用 C_4 はとれ(15), (16)式となる。

$$U_i = R \cdot A \cdot Q_i \cdot L_i \quad (12) \quad C_{1i} = a_0 \cdot U_i \quad (13) \quad C_{2i} = b_0 \cdot U_i \quad (14)$$

$$C_{3i} = M' \cdot L_i \quad (15) \quad C_{4i} = g \cdot M' \cdot L_i \quad (16)$$

ここで、 A : 単位距離・1台当りの利用者費用(円/km・台)

Q_i : リンク i の時間交通量(台/時間)

R : 時間係数

L_i : リンク i の距離

M' : 単位距離当りの車線の雪中除雪費用(万円/km)

M : 単位距離当りの新雪除雪費用(万円/km)

g : 雪中除雪費用と新雪除雪費用との比

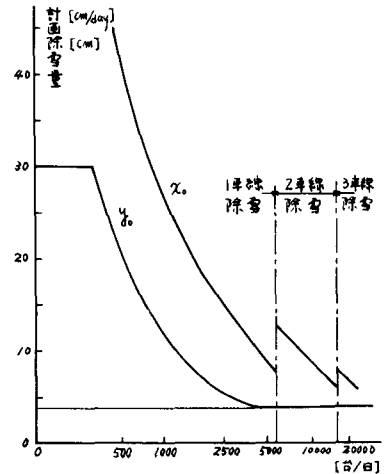


図-3

4. 計算結果

以上求めた(1)~(16)式を用いるとリンク交通量 Q_i に対応した計画除雪量と与えることが出来る。いま、各費用・係数の値としてとれ $a_0 = 0.003$, $b_0 = 0.015$, $f = 0.2$, $g = 0.75$, $M' = 2.0$, $R = 13.33$, $T_0 = 120$, $M_0 = 3.7$ を用いて計算した結果、図-3に示されるリンク交通量と雪中の為の計画除雪量 x_0 、新雪の為の計画除雪量 y_0 との関係を得た。さらに、図-4にはリンク交通量と各除雪回数 M, M_x, M_y との関係を示した。図-3より、日交通量が300~4000(台/日)あるリンクにおいては道路に相当する降雪量があるにすぎ、302以下 Q ときは30cm、さらに4000以上の Q ときには4cm程度の降雪量があるときに新雪除雪を行わなければならないと考えられる。また、図-4より交通量が増大するにつれて M_x が増加するが、1000(台/日)では M_x と M_y とはほぼ同回数、さらに1000以上のリンクでは新雪除雪に力を入れるべきことがわかる。

5. あとがき

本稿では、降雪と平均的降雪と一時的大雪とに分けておられるに対応した計画除雪量を考えた。さらに、この計画除雪量と除雪回数はリンク交通量との関係において求めた。従って、より実際の除雪問題へも適用しうる除雪管理計画と与えることが出来る。なお、札幌市を対象とした計算結果については当日発表する。

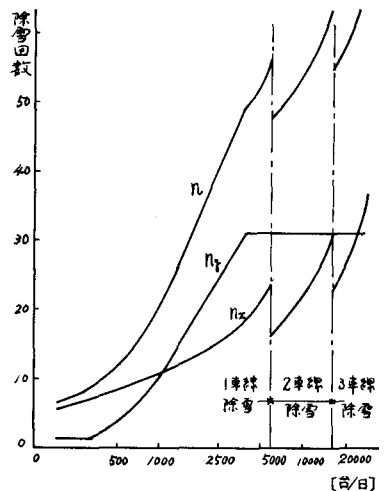


図-4