

北海道大学 正員 小川 博 三
 北海道大学 正員 五十嵐 日出夫
 北海道開発局 正員 宮本 義寛

1. まえがき

北海道のような積雪寒冷地では冬期の道路交通を夏期と変わりなく確保するために除雪作業が行なわれる。除雪作業には i) 新雪除雪 ii) 残雪除雪 iii) 路面整正 iv) 運搬排雪 v) 付帯工事等がある。

このうち交通確保の上で最も重要なのは降雪のたびに行なわれる新雪除雪である。新雪除雪の主力となる機械は除雪トラックと除雪グレーダで高速性が要求される。これはとにかく積雪による交通の途絶だけは防ぐ事と路面上の積雪深が小さいうちに除雪する方が能率的だからである。

本研究では北海道全域の各除雪ステーションを対象としてこれらの新雪除雪車をどのステーションに何台配置すれば北海道全体としての国道における交通障害を最小にできるかという事を問題とした。

すなわち、除雪ステーションの除雪車配置を定式化して、ステーションの最適配置台数を算出する事を目的としている。

2. 問題の定式化

図1は通常、除雪作業が行なわれる5時から8時までの各時間内における交通量の日交通量に対する割合を代表パターンについて表わしたものである。

今、除雪車が午前5時に出勤して午前8時に作業を完了したと仮定する。

除雪作業中は交通が遮断されるものと考えると午前5時から午前6時の間に発生した交通量 v_1 は右時間、同様に v_2 は t_2 、 v_3 は t_3 時間待たされる。

この時の全交通量待時間は $\sum v_i \times t_i = v_1 t_1 + v_2 t_2 + v_3 t_3$ である。

これに1時間1台あたりの交通便益 e_i を乗じてこれを交通障害費用と呼ぶことにする。さて、除雪時間と交通障害費用の関係は図2のようである。本研究では、全国道の各路線ごとにこの交通障害費用を算出し、その総和を最小にするような各除雪ステーションの除雪車配置台数を最適配置台数であるとすると、この問題は次のように定式化できる。

制約条件

$$\sum_{i=1}^n x_i = N$$

$$x_i \geq 1$$

x_i : i ステーションの除雪車配置台数

n : 除雪ステーションの総数

N : 全所有除雪車台数

目的関数

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n f(x_i) \times e_i = \sum_{i=1}^n \left\{ a \times \left(\frac{A_i \times t_i}{d \times v_i \times x_i} \right)^b \times e_i \right\}$$

$f(x_i)$: 障害交通量・時間(台・時) e_i : 交通便益(円/台・時)

A_i : 除雪面積(KM²) t_i : 除雪回数 d : フラウ中(m)

v_i : 除雪作業速度(KM/h) a, b : 係数

目的関数が配置台数 x_i に関して非線形であるが、目的関数式を折れ線で近似することにより線形計画問題に変換して解くことにする。

これはこの問題の性質から言って線形近似を適用しても十分であることと、解が整数値で求まるので便利であるからである。しかしながら変数の数は数倍に増加する。

図 1

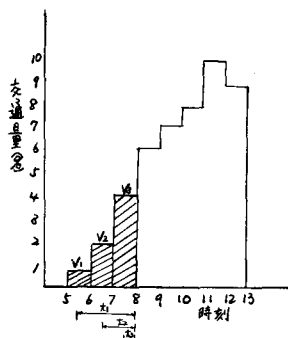
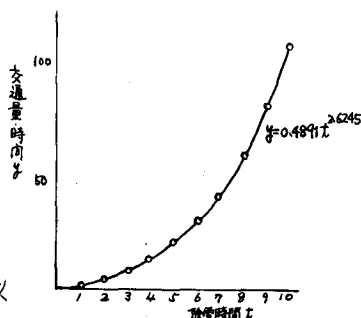


図 2



この時、目的関数式は次のような形となる。

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m f(x_{ij}) \times c_{ij}$$
$$f(x_{ij}) = b_0 + p_1 x_{i1} + p_2 x_{i2} + \dots + p_k x_{ik} \quad \text{ただし } 0 \leq x_{ij} \leq 1$$
$$p_1 \geq p_2 \geq \dots \geq p_k$$
$$f(x_{ij}) : \text{近似直線式}, \quad p_k : \text{直線の傾き}$$

3. 計算結果

北海道において、国道の除雪を担当する北海道開発局所有の全除雪車を例にとり、上述の方法により各ステーションごとの最適配置台数を算出した結果、ほとんどのステーションについて、経験によって定めた開発局の配置台数と一致した。これは経験の正当性が客観的な理論によっても証明されたと同時に、定式化したことにより種々の条件の変化にも迅速に対応できることになり、除雪車配置に1つの意味を与えたことになる。

一方、配置台数の除雪能力を知るために除雪サービス水準という考え方を提案する。すなわち、1シーズン(12月、1月、2月)のうちに一定の除雪時間内に処理できない降雪量のある日、換言すれば超過日数(雪害日数)を何日とするかによって3段階の除雪サービス水準が設定できる。

- 除雪サービス水準1.....超過日数が5日以内
- 除雪サービス水準2.....超過日数が10日以内
- 除雪サービス水準3.....超過日数が10日以上

このランクの除雪サービス水準をとるかはその除雪ステーションが担当する路線の重要度によって決まる。

この場合、路線の重要度を表わすのは主に交通量であるが、たとえ交通量の少ない路線であってもその交通確保が地域の生活にかけがえのない場合には、それなりの重みかけられるべきであろう。

札幌ステーションを例にとってこの除雪車配置台数と超過日数の関係を調べてみる。

図3にその結果を示す。

札幌ステーションの計算配置台数46台に対応する超過日数は3.2となり約3日である。

従って46台という配置台数は除雪サービス水準1を保持する除雪能力を有していると考えられる。

表1に札幌以外のいくつかの除雪ステーションについても同様に配置台数の除雪能力を算出した結果である。

これによれば、小樽、網走、函館の各ステーションでは計算配置台数でも開発局の計画配置台数でも除雪サービス水準1を満足していない。

この場合、サービス水準1を満足する台数を増配台数として算出した。

4. あとがき

新雪除雪車の配置台数を数学的に定式化して算出した訳であるが、これは基本的な配置台数である。

更に種々の制約条件を加える事によってより現実に即した配置台数を求める事が可能である。例えば、豪雪時を見込んだ場合とか、除雪サービス水準を最初から制約条件に組み入れるとかである。

参考文献(資料)

- 北海道開発局官房機械課：昭和45年度除雪実態調査報告書(昭和47年)
- 山野耕二他：道路除雪車の所要台数算出について 第9回日本道路会議特定課題論文集(昭和44年)日本道路協会

図 3

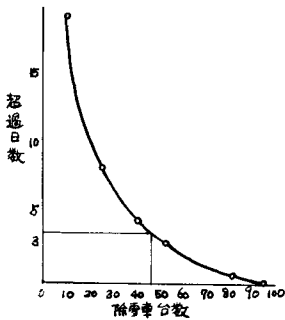


表 1

除雪ステーション	計画配置台数	計算台数	超過日数	サービス水準	増配台数
旭川	18	23	5	1	-
札幌	45	46	3	1	-
小樽	11	10	13	3	13
網走	8	7	13	3	13
釧路	5	5	5	1	-
帯広	8	13	2	1	-
室蘭	6	11	7	2	13
函館	12	10	10	2	15
稚内	10	5	10	2	10
留萌	10	5	11	3	7