

除雪—南国育ち、雪に惑う—

前田英次郎

1. 南国生まれ

青森大学の教員になって8年になる。

私は高知県高知市生まれで、高校までは高知で暮らした。NHKのラジオ時代の名アナウンサー高橋圭三が、冬で一番寒かったのは高知だ、と言ったことがある。何せ南国上佐だということで、泊まった宿にろくな暖房がなかったようだ。高知でも雪は降るが、積もることは珍しい。木堀の上に残った雪を集めてお盆の上に兎を作ったことはあるが、雪だるまを作った記憶はない。冬の寒さの記憶は霜柱だった。小学校の校舎の日陰側にできた霜柱をわざと踏みつけながら歩いた。ザクザクと砕ける感触が楽しかった。青森では霜柱を見ていない。あっても雪の下になって見えないのだろう。

大学に入って東京に出た。以来40年東京が仕事場だった。その間住所は、東京都区内で4か所の下宿、都下武蔵野市に下宿、埼玉県与野市の社員寮、千葉県千葉市の団地、神奈川県横浜市のマンションと移った。次に山梨県に行けば、東京を完全に包囲することになるな、などと考えていたのだが、声をかけてくれる人がいて、青森にやって来た。

2. 雪国青森

青森市は30万都市としては降雪量が世界一だそう。青森県でも、今年のRAMPの会場である弘前大学のあるリンゴ栽培の盛んな弘前市は雪は少ない。弘前は内陸だが、青森市は前に青森湾、後ろに八甲田山という地形で、海から運んできた水分の落とし所なのだろう。

青森の冬は、一に除雪、二に除雪である。個人は自宅前の雪、屋根の雪、駐車場の雪の処理に追われ、自治体は道路等の除雪に追まられる。



図1 除雪車

歩道のある道路に面している家では、道路まで車を出す道を確保するために、芝刈り機の兄貴のようなエンジン付きの除雪装置で、雪を吸い込んで吹き飛ばしている姿をよく見かける。撒き散らすのではない。飛ばした雪は狙ったところにきれいに積み上がるのである。私は単身赴任のアパート暮らしなので、軽自動車一台分のスペースを確保するだけだが、結構苦勞している。肉体労働には向いていないのだ。

大学でも除雪車を持っていて、職員が駐車場と通路の除雪をしている。これは雪を押しつけて駐車場や通路の脇に押しけるタイプのものである。除雪に雇われるのか、この種の車が道路を走るのをよく見かける(図1参照)。

雪は交通の大敵である。吹雪になれば運転は命がけだし、普通の降雪でも視界が悪くなってスピードが落ち、移動時間が倍増する。降り止んでも雪の積もった路面は走りにくい。車が踏み固めると白く固い雪で舗装したようになる。滑りやすく、ブレーキを踏んでも止まらずに尻を振ったりする。

3. 除雪

市は道路の除雪を行っている。大型の除雪車で路面の雪を道路脇に積み上げるのである。除雪車には押しけるものと路面の雪を吸い込んで吹き飛ばすものが

まえだ えいじろう
青森大学 ソフトウェア情報学部
〒030-0943 青森市幸畑2-3-1

ある。どちらも道路脇に積み上げることになる。道路幅は狭くなるが仕方がない。積み上げた雪が融けてくれないければ、これを削って吹き飛ばすタイプの除雪車でダンプカーに積み、海に運んで捨てる。相当な費用になっているはずである。大雪の年に、県が予算を使い果たして悲鳴を上げていると新聞で見たことがある。今年の1月にNHKアーカイブスというテレビ番組で、20年ほど前の青森市除雪大作戦を見せてくれた。その中である大雪の年に29億円かかったと言っていた。

久保幹雄，松井知己著『組合せ最適化「短編集」』，朝倉書店（1999）に公園の除雪を扱った章がある。除雪車を動かして，公園内の通路を除雪するとき，走行距離が最短になるルートを求めるというものだった。除雪車は格納庫から出て全部の通路を通過して格納庫に戻るのだから，ルートは一筆書きになる。道路網が一筆書きできなければ，どこかを2度通って一筆書きにするのだが，その無駄な走行を最短にしようというのである。同僚の李助教が一般道路にしたものを紹介してくれたことがあった。

この記事に依頼されたときに，これを青森市の除雪に応用できないかと考えた。単身赴任ではあるが，車を買ったときに車両登録のために青森市民になっている。何かのお役に立ちたいという気持ちもある。

モデル1 無向グラフ

久保，松井の公園モデルでは道路網は無向グラフである。連結な無向グラフで，頂点に集まる枝の数が偶数であれば一筆書きできる。

道路網を $G(N, E)$

交差点を $N = \{1, \dots, m\}$

道路を， $E = \{e_1, \dots, e_n\}$, $e_j = (n_j^1, n_j^2)$, $j = 1, \dots, n$

と表すと，

$$\min \sum_{j=1}^n d_j x_j$$

条件

$$\sum_{j \in E_i} x_j \text{ は偶数}$$

$$x_j \geq 1, x_j \text{ は整数 } j = 1, \dots, n$$

d_j は枝 e_j の長さ， $E_i = \{j | n_j^1 = i \text{ or } n_j^2 = i\}$

x_j は枝 e_j を通る回数である。

あるいは，

$$\min \sum_{j=1}^n d_j y_j$$

条件

$$|E_i| + \sum_{j \in E_i} y_j \text{ は偶数}$$

$$y_j = 0 \text{ or } 1 \quad j = 1, \dots, n$$

y_j は枝 e_j を2回通るかどうかを表す。

の方が分かりやすいだろうか。

次数が奇数の頂点全体を *Odd* で表しておいて，

$$\min \sum_{j, k \in \text{Odd}} d(j, k) z_{jk}$$

条件

$$\sum_{j \in \text{Odd}} z_{jk} = 1 \quad k \in \text{Odd}$$

$$z_{jk} = 0 \text{ or } 1$$

$d(j, k)$ は頂点 j と k の間の最短距離

z_{jk} は頂点 j と k の間の最短経路をもう一度通るかどうかを表す。

最短経路と $d(j, k)$ はあらかじめ求めておく。

であれば割当問題なので簡単に解ける。

モデル2 有向グラフ

公園の道は歩道なので通行の向きはないが，一般の車道では片側1車線や2車線である。一方通行の道路もある。有向グラフを扱わなければならない。

有向グラフが連結で，各頂点で入る枝の数と出る枝の数が一致していれば一筆書きできる。

F : 有向枝の集合

$$e_j = (p_j, q_j) \in F \quad \text{枝 } p_j \rightarrow q_j$$

P : 入る枝が多い頂点の集合

Q : 出る枝が多い頂点の集合

として

$$\min \sum_{j \in P, k \in Q} d(j, k) z_{jk}$$

条件

$$\sum_{j \in P} z_{jk} = \text{in}_k - \text{out}_k \quad k \in Q$$

$$\sum_{k \in Q} z_{jk} = \text{out}_j - \text{in}_j \quad j \in P$$

$$z_{jk} \geq 0, z_{jk} \text{ は整数}$$

$\text{in}_k, \text{out}_k$ は頂点 k に入る枝の数と出る枝の数である。これは輸送問題である。 z_{jk} の上限を1にはできない。頂点が a, b の二つ，枝が

$$e_1 = (a, b)$$

$$e_2 = (a, b)$$

$$e_3 = (a, b)$$

$$e_4 = (b, a)$$

の四つであるグラフでは (b, a) の枝を二つ追加する必要がある。

モデル3 混合モデル

実際の道路網には中央線のない小さい道路もある。このような無向の道路をどの向きに通るかを決めなくてはいけない。このために問題が整数計画になってし

まい、解くのが簡単ではなくなる。

$$\min \sum_{e_j \in F} d_j x_j + \sum_{e_j \in E} d_j (y_j^1 + y_j^2)$$

条件

$$\sum_{p_j=i} x_j + \sum_{j \in E_i} y_j^1 = \sum_{q_j=i} x_j + \sum_{j \in E_i} y_j^2 \quad i=1, \dots, m$$

$$x_j \geq 1, y_j^1 + y_j^2 \geq 1, x_j, y_j^1, y_j^2 \text{ は整数} \quad j=1, \dots, n$$

x_j は有向枝 $e_j=(p_j, q_j)$ を通る回数

y_j^1 は無向枝 $e_j=(p_j, q_j)$ を $p_j \rightarrow q_j$ の向きに移動する回数

y_j^2 は無向枝 $e_j=(p_j, q_j)$ を $q_j \rightarrow p_j$ の向きに移動する回数

4. 青森市

除雪の実際を知るために市役所にお邪魔した。都市整備部道路維持課雪対策チームリーダーの小野さんにお時間をいただいて、お話を伺った。

言われてみれば当然だが、国道は国が、県道は県が除雪をする。国道、県道は幹線道路で車線数も多いが全体から見れば距離は短い。市の受け持ちは私道を除く残り全部で総延長は1,100 kmにもなる。

除雪作業は市の職員ではなく除雪業者が請負っている。市全体を149の工区に分け107社が請負っているので、大半は一つの区を受け持っていることになる。除雪の期間は通常11月中旬～3月中旬である。11月の除雪はあまりないが、中旬に40 cmの大雪が降ったこともあった。山間部では4月末まで除雪が必要である。業者との契約は11月1日から3月31日としている。

除雪作業は一般の交通を妨げないように、夜間に行う。一つの工区を大学のものよりさらに大型の除雪車2,3台で5,6時間かけている。7時までには終了することになっている。

5,6時間かかるとなると、除雪しているうちにまた降ってきてしまうこともあって悩ましい。雪が市内全域に降ることは珍しいが、どこに降るかの予測は非常に難しい。気象庁に訊いたが、難しいという返事が返って来ただけだそう。

除雪の予算は18億円程度だが、実際の出費は降雪量によって変動する。平成12年度には29億円もかかった。費用は降雪量に比例するわけではない。たくさん降っても間に晴れの日が入って融けてくれれば楽だが、融けずに降り続けると厄介なことになる。12年よりも総降雪量が多い年でも24億円で済んだこともある。全く天候次第である。

消防車、救急車などの緊急車両が通れないようでは困るので、気を遣う。中央卸売市場は生鮮食料品を扱っていて新鮮さが命なので、いつでも使えるように頻りに除雪をしている。

工区は1 km四方以下のものから4~5 km四方のものまである。広くても道路が少ないのだ。業者は自分のいるところの除雪は受けたがらないようだ。除雪車のパワーで押すと大抵のものが壊れてしまう。道路脇の雪の土手の中につぶれた自転車が入っていることはよくある。ついやり損なって被害が出たときにそれがご近所さんだと後々まで辛い。だから担当の工区まで移動して作業を始めることになる。どこから工区に入ってどこから出るかも重要な問題だ。

市の雪対策チームにはシーズン中2,000件ほども苦情が来るといふ。無茶な苦情も少なくないようだが、日々苦情処理に追われているらしい。夜中に来ることもあるから、楽ではない。ご苦労様です。

5. モデルの実用性

5~6時間かかると聞いたときはこれが1時間縮むと作業が大分楽になるだろうな、と実用性があるような気がした。夜間の除雪作業を実際に見ていないが、大学の除雪作業を見ていると、除雪には時間がかかるが、単なる移動であれば大してかかりはしない。乗用車よりは遅いけれど、時速30~40 km程度では走れる。手間をかけて計算しても短縮できる時間はさほどないのではなかろうかと思えてきた。工区ごとに最適ルートを求めておいたとしても道路の状況は常に同じというわけではないので、そのときの状況に合わせて最適を求めようとすれば、現場で計算しなければならない。除雪は毎日決まって仕事があるわけではない。おそらく別の仕事を持っていて指令が来れば深夜に除雪をするという形だろう。降雪の具合を見ながら、出動するかどうかを判断しているときに、これはかなり無理がある。

書店で買える地図は15,000分の1で、細かい道路は載っていない。またどの道路が一方通行かも分からない。詳細な地図を入手して計算してみる気にはなっているが、実用性には自信がない。自分だけの楽しみに終わるだろうと思っている。

6. 困ったこと

私のアパートの前の道路は袋小路だが、1シーズンに何度か除雪に来てくれる。4時ごろに目を覚ますと

アパートの前でゴトゴトと力強い音がしていたことがある。ただ押していただけならたいした時間はかからないと思うが、数十分は音が消えない。ただ通過すればいいというものではないらしい。ある日10時過ぎに帰ったところ、アパートへの道が除雪中で車が入れない。聞いてみると2時間はかかるというので、近くの空き地に車を置いて歩いて帰ったことがあった。数日降り積もった雪を車で踏み固めて数cm高くなった道路を掘り起こして、本来の道路が見えるようにしていた。掘り起こされた雪の塊というか氷の塊というべきかものは道路脇に積み上がることになる。アパートの駐車場と道路の間にこれの土手ができてしまう。降った雪をショベルですくうのとは訳がちがって、この塊をどかすのはくたびれる。除雪はありがたいが、こちらの作業も発生するのである。朝早く出なければいけない日にこれがあると、運の悪さを嘆くことになる。

7. 雪に関する雑談

雪の季節になると、大学から空港に行く道が田畑の

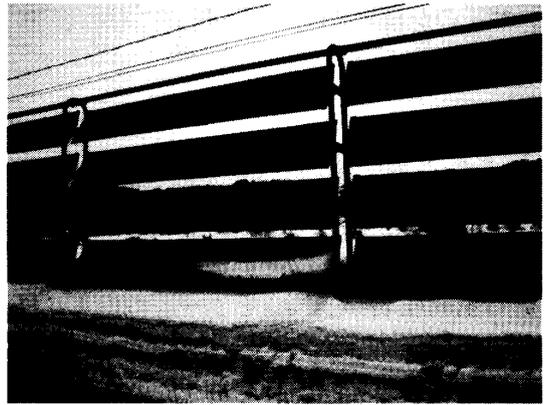


図2 防雪柵

中を通っている所の道路脇に奇妙なものが立ち上がる。防雪柵という。3~4メートルの高さで斜めの板を取り付けてある(図2参照)。

田畑を守るためかと思ったが、この季節には田畑は雪に埋もれていて端の方を守る意味はない。道路に横から吹き付ける風の上を上げて、雪が道路に落ちないようにするのだそうだ。知恵者はいるものだ。