ETC2.0 ダンプトラックプローブデータを活用した旭川市における運搬排雪の効率化

鷲見　聡一朗[1]・岸　邦宏[2]・髙野　伸栄[3]

[1]学生会員　北海道大学　大学院工学院（〒060-8628 北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目）
E-mail:washimi.soichiro.h3@elms.hokudai.ac.jp

[2]正会員　北海道大学教授　大学院工学研究院（〒060-8628 北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目）
E-mail:kishi@eng.hokudai.ac.jp

[3]正会員　北海道大学教授　大学院工学研究院（〒060-8628 北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目）
E-mail:shey@eng.hokudai.ac.jp

積雪寒冷地域では雪対策事業は欠かせないものとなっているが，近年は人手不足の顕在化，コストの上昇に伴い，より効率的な体制の構築が求められている．特に雪対策事業の中でも運搬排雪は最もコストのかかる作業である一方で，ダンプトラックや作業員の確保が困難な状況が顕在化している．本研究は，ETC2.0 ダンプトラックプローブデータを活用し，旭川市における運搬排雪体制の効率化手法を構築することを目的とする．旭川市においては国土交通省北海道開発局，北海道庁，旭川市の 3 者で雪対策の連携協定を締結している．本研究では令和 5 年 1 月から 3 月に取得した旭川市内を走行する 62 台のダンプトラックの ETC2.0 プローブデータをもとに，運搬排雪作業におけるダンプトラックの動きを把握し，複数の運搬排雪作業現場へのダンプトラックの台数の配分，雪堆積場の選択の最適化を検討し，より少ないダンプトラックの台数で効率的に運搬排雪作業を行う体制を道路管理者間の連携も含めて検討する．

Key Words: *Asahikawa, snow hauling, dump truck, ETC2.0 probe data*

1.　本研究の背景と目的

積雪寒冷地域において冬場の道路交通の確保は道路管理者の大きな使命である．雪対策事業の中でも運搬排雪は道路状況の改善に大きな効果が認められるものの作業・雪堆積場管理コストが非常に大きく，より効率的な体制の構築が求められている．(図-1)

また，我が国では超少子高齢社会を迎え，様々な職種において人材不足が発生している．特に運送業界ではその労働環境の過酷なイメージも相まってドライバーに人材が集まらない傾向が続いており，運搬排雪事業にも大きく影響する．この状況にさらに拍車をかけるのは2024 年 4 月から始まる新たな「自動車運転業務に係る時間外労働の上限規制」の適用である．輸送能力の減少は確実であり，時間外労働時間の上限規制により収入が減少することとなれば，さらにドライバーの不足が加速すると予想される．「2024 年問題」と呼ばれるこれらの課題に向き合い限られたダンプトラック(以下 DT とする)をいかに効率よく振り分けるかが重要になってくる．

2022 年 1 月，旭川市は北海道開発局旭川開発建設部，北海道上川総合振興局と旭川市における道路除排雪に関する協定を締結し除排雪先進都市を目指すと宣言した．旭川市は道内各圏域からの交通におけるハブ機能を有した拠点都市であり，持続可能な除排雪体制を構築し冬の交通網を確保するべく，各事業者間の連携を試みている．

そこで本研究は，旭川市を対象として ETC2.0 ダンプトラックプローブデータを活用し，運搬排雪体制の効率化手法を構築することを目的とする．



図-1　運搬排雪作業の様子

2. ETC2.0 ダンプトラックプローブデータによる分析

(1)ETC2.0 ダンプトラックプローブデータの概要

本研究では，旭川市内で運搬排雪事業に参加する DT のうち，62 台に ETC2.0 車載器を設置した．また，旭川市内の 3 ヶ所の雪堆積場の出入口に可搬型 ITS スポットを設置し(図-2)，DT が通過する際に，特定プローブデータとして取得した．次に 2023 年 1 月～3 月の 21 時から翌朝 6 時のプローブデータを取り出し，対象雪堆積場に行っている DT のデータを抽出，運搬排雪に参加しているものとして分析した．

(2)車両に注目した分析

62 台の DT のうち車両コード AT01 を例として表-1 に示す．平均速度，平均走行距離，使用した雪堆積場，運搬回数を日付毎に集計した．この車両の場合，合計 9 回運搬排雪に参加し，旭西橋堆積場を 8 日，西部融雪槽を 1 日使用している．1 日の平均速度は 23.97km/h，平均走行距離 93.44km，平均運搬回数は 11.11 回であった．多い時には運搬排雪は 16～18 回の日もあった．

(3)雪堆積場に着目した分析

続いて対象としている 3 ヶ所の雪堆積場毎に参加した DT の台数，平均速度，平均走行距離，平均運搬回数を日付毎に集計した（表-2，表-3，表-4）．



図-2　本研究対象の雪堆積場の位置

表-1　車両毎の集計

AT01	平均速度(km/h)	走行距離(km)	西部融雪槽	旭西橋	平成大橋	運搬回数(回)
平均	23.97	93.44				11.11
合計		840.92				100
2023年2月6日	28.68	77.55		○		6
2023年2月8日	19.38	86.77		○		17
2023年2月9日	18.13	94.54		○		18
2023年2月10日	18.86	97.15		○		16
2023年2月11日	22.00	88.66		○		9
2023年2月14日	30.22	93.08	○			9
2023年2月21日	25.09	77.82		○		7
2023年2月22日	25.16	108.67		○		10
2023年2月23日	28.24	116.69		○		8

2 月上旬の運搬排雪のピーク時には，1 日の運搬回数が最高で平均 35 回，走行距離も 150～200km 走ることもあることが分かった．

表-2　西部融雪槽運搬排雪 DT のデータ

西部融雪槽	台数	平均速度(km/h)	平均走行距離(km)	平均運搬回数(回)
合計	70			
2023年2月2日	2	35.2	131.7	1.0
2023年2月3日	7	31.0	162.4	11.0
2023年2月7日	4	25.7	144.4	24.0
2023年2月8日	8	29.0	156.7	17.5
2023年2月9日	2	36.6	136.7	8.0
2023年2月10日	2	33.1	169.7	35.0
2023年2月11日	1	35.7	137.4	2.0
2023年2月13日	1	35.5	134.0	2.0
2023年2月14日	8	30.3	126.6	12.0
2023年2月15日	2	27.4	106.6	2.0
2023年2月16日	7	30.8	118.9	13.0
2023年2月17日	8	34.2	172.2	16.6
2023年2月21日	2	26.9	145.2	1.0
2023年2月22日	1	35.7	128.8	2.0
2023年2月23日	3	31.7	136.3	16.0
2023年2月24日	3	34.1	193.2	23.0
2023年2月25日	6	34.7	57.2	4.5
2023年3月2日	1	30.6	53.3	6.0
2023年3月3日	1	43.9	125.2	4.0
2023年3月4日	1	42.9	116.5	1.0

表-3　旭西橋堆積場運搬排雪 DT のデータ

旭西橋	台数	平均速度(km/h)	平均走行距離(km)	平均運搬回数(回)
合計	112			
2023年2月6日	8	23.6	89.6	12.8
2023年2月7日	6	21.0	98.7	16.2
2023年2月8日	13	19.8	96.4	15.5
2023年2月9日	13	19.4	98.3	16.2
2023年2月10日	12	22.0	100.3	13.5
2023年2月11日	8	22.5	103.0	10.9
2023年2月13日	1	28.0	160.4	15.0
2023年2月14日	2	21.3	107.3	20.5
2023年2月15日	2	21.5	74.5	15.0
2023年2月16日	1	15.7	89.2	25.0
2023年2月17日	7	23.0	57.9	7.9
2023年2月18日	3	22.8	106.8	12
2023年2月20日	9	25.8	78.3	5.8
2023年2月21日	10	26.9	125.9	8.5
2023年2月22日	9	26.1	118.3	9.3
2023年2月23日	6	25.4	77.1	5.6
2023年2月28日	1	22.9	92.7	13
2023年3月1日	1	21.0	74.2	10

表-4　平成大橋堆積場運搬排雪 DT のデータ

平成大橋	台数	平均速度(km/h)	平均走行距離(km)	平均運搬回数(回)
合計	40			
2023年2月9日	3	30.2	102.1	1
2023年2月13日	1	25.1	147.0	24
2023年2月14日	1	26.4	160.9	24
2023年2月15日	5	25.8	73.8	10.2
2023年2月16日	5	25.8	138.5	22.6
2023年2月17日	5	26.0	122.3	22.6
2023年2月18日	1	26.4	185.1	22
2023年2月23日	5	21.9	119.8	26
2023年2月24日	8	31.9	115.7	12.9
2023年2月25日	6	36.5	178.3	7

3. 運搬排雪作業時間の推定

(1)DT 台数による運搬排雪作業時間推定モデル

作業現場が 1 か所である場合，運搬排雪作業に要する時間は以下のモデル式で表す．

$$T = N \times (t_0 + B_i) + \sum_{i=1}^{N_1-1}(S_i)$$

$$S_i = \frac{z \pm (D \times i - (D-1))l}{v} + \frac{z' \pm D \times i \times l}{v'} + t_d - (D-1)t_0 \quad (1)$$

ここに，

T（min）:排雪作業時間
S_i（min）:i ターン目のロータリー車の待機時間
B_i（min）:DT 交代によるロータリー車の待機時間
D（台）:ダンプ台数
i（回）:ターン回数
l（km）:14 ㎥分の雪載荷による単位進行距離
L（km）:排雪距離
N＝L/l（回）:総運搬回数
N_1（回）:1 台目のダンプの運搬回数
t_0（min）:ダンプ 1 台あたりの雪載荷時間
t_d（min）:雪堆積場滞在時間
v，v’（km/min）:走行速度（行き/帰り）
z，z’（km）:作業始発点から雪堆積場までの距離（行き/帰り）

作業地点が雪堆積場に近づく場合は符号を正に，遠ざかる場合は負にとる．

図-3 に D=2 の時の DT とロータリー車の時系列図を示す．**図-3** のロータリー車の時系列に注目すると，ダンプ 1 台あたりの雪載荷時間と DT の台数の積(t_0×D)と DT が雪堆積場を往復している間のロータリー車の待機時間(S_i)がターンごとに繰り返されている．
v=v’，z=z’とすると，式(1)は以下のように変形できる．

$$Si = \left(\frac{2z \pm l}{v} + t_0 + t_d - \left(\frac{l \mp 2il}{v} + t_0\right)D\right)$$

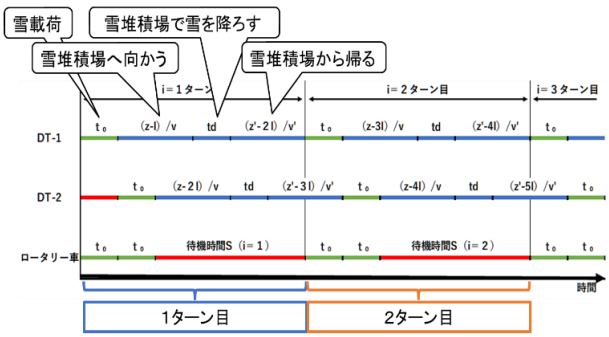


図-3 D=2 の時の運搬排雪作業時系列図

ここで，L，N，N_1，z=z’は作業区間・運ぶ雪堆積場ごとに決まった値であるため，B_i，l，t_0，t_d，v=v’を定数と仮定すると排雪作業時間 T に影響を与えるのはダンプ台数 D のみとなる．

(2)現地調査の概要

2023 年 2 月 18 日，23 日の 2 日間で株式会社只石組，株式会社丸善建設協力のもと旭川市内の国道(18 日：一般国道 39 号旭川市 4 条通，23 日：一般国道 237 号旭川市神楽 4 条)にて運搬排雪作業の現地調査を実施した．運搬排雪作業時間の推定に用いるデータを取得することを目的に，各日 31 台分の運搬排雪データをレーザーとストップウォッチを用いて計測した．**表-5** に計測した項目とそれらの平均値を示す．

(3)運搬排雪作業時間の推定

現地調査と DT プローブデータをもとに，**表-6** の通りモデル式への入力値を設定する．そして 2023 年 2 月 23 日の運搬排雪の作業時間を推定する．作業区間の概要と位置図を**表-7**，**図-5** に示す．これらよりモデル式から得られた DT 台数による運搬排雪作業時間を**図-6** に示す．

表-5 現地調査にて取得したデータの平均値

	2月18日	2月23日	2日間全体
ロータリー車の進行距離(m)	11.2	10.8	11.0
雪載荷時間(s)	37.1	30.7	34.1
トラック入れ替え時間(s)	27.2	23.2	25.1
雪堆積場滞在時間(s)	172.5	106.5	139.5

表-6 推定手法に用いる値

B_i(min)	現場でのDT移動による ロータリー車の待機時間	0.387
v, v'(km/min)	DT走行速度	0.342
l(km)	14㎥分の雪載荷による 単位進行距離	0.0108
t_0(min)	ダンプ1台あたりの雪載荷時間	0.512
t_d(min)	雪堆積場滞在時間	1.775
z, z'(km)	作業始発点から雪堆積場までの 距離(行き/帰り)	2.2
L(km)	排雪距離	2.7

表-7 作業区間の概要

作業区域	一般国道 237 号 旭川市神楽 4 条
作業距離	2.7km
作業時間	2100~翌 0600
雪堆積場	平成大橋堆積場
DT 台数	15 台



図-5　対象区間地図

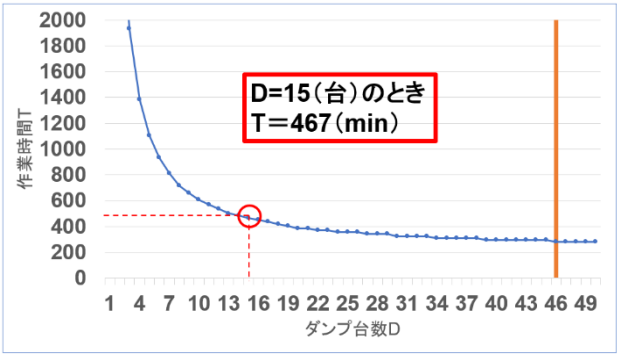


図-6　DT 台数による運搬排雪作業時間の推定

DT 台数が 15 台のとき，作業時間 T＝467min と，推定された．実際の作業時間は 21 時～翌 6 時（休憩 1 時間）であることから 480min であり，13 分の違いであった．その他の日についても作業時間を推定した．再現性の精度については課題もあるが，適用可能なレベルと考えている．

4. 運搬排雪作業の効率化に向けて

DT 台数により，運搬排雪作業時間の推定をモデル式によって行うことで以下のような作業効率化の検討が出来ると考えている．

①DT 削減可能台数の検討

DT 台数が多いほど，作業時間は短くなるが，作業時間制限まで台数を減らすことの可能性の検討が出来る．

②複数作業箇所への DT の配置

現状の運搬排雪は，請負業者が工区毎に別々に DT を確保している．将来，DT 全体の台数が減少した時には工区毎に DT の取り合いをするのではなく作業区間長，運搬距離に応じて全体の作業時間が最小となるような DT の配置の検討が必要であると考える．