

SNOWPLOW DEPLOYMENT MANAGEMENT METHOD CONSIDERING ATTRIBUTES OF REGION AND ROUTE

Tetsuya OGAMI, Masatoshi MAKINO, Yuji YANAGISAWA
Civil Engineering Research Institute for Cold Region, Sapporo, Hokkaido, Japan
oogami-t22aa.@ceri.go.jp, makino-m@ceri.go.jp, y-yanagi@ceri.go.jp

Kazuya YAMAGUCHI
Development Promotion Department, Hokkaido Regional Development Bureau, Ministry of
Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Sapporo, Hokkaido, Japan
yamaguchi-k22ac@hkd.mlit.go.jp

ABSTRACT

The purpose of this study was to establish a snowplow deployment management method considering the attributes of regions and routes (i.e., snow removal site conditions, including weather conditions, roadside conditions, road alignments, etc.).

More specifically, we analyzed road management databases and existing data obtained using recording devices on snowplows in order to track their operation status and determine standard snow removal speeds suitable for the attributes of particular regions and routes. These speeds will serve as the basis to realize efficient and economical snowplow deployment. This standardization will allow the provision of an equal snow removal service to road users and allow more efficient snow removal supervision.

As a result of this study, a method for determining standard snow removal speeds was established. The effectiveness of this determination was verified in efficiency evaluation of snow removal work using the standard, and case studies for an economical deployment plan were conducted.

KEYWORDS

SNOWPLOW / DEPLOYMENT PLAN / MANAGEMENT / SNOW REMOVAL SPEED /
ATTRIBUTES OF REGIONS / ATTRIBUTES OF ROUTES

1. INTRODUCTION

Snow removal as a means of securing winter traffic is a matter of great concern for people living in cold snowy regions, and is a very important task for road administrators.

While snowplow deployment plans have to date been developed based on past experience and knowledge, a snowplow deployment management method is necessary to improve accountability and develop deployment plans that are more efficient.

The purpose of this study was to determine standard snow removal speeds suitable for the attributes of particular regions and routes by extracting, analyzing and verifying factors that affect such speeds (e.g., attributes of regions and routes such as weather conditions, roadside conditions and road alignments). It also sought to establish a snowplow deployment management method for efficient and economical snowplow deployment.

This paper presents the results of the study.

2. DEFINITION OF A DEPLOYMENT PLAN

A deployment plan is an estimation of the number of snowplows needed to satisfy control levels (e.g., completion of snow removal within xx hours for xx cm of snow cover depth on roads).

It can be expressed by the concept equation “deployment plan (no. of snowplows) = control level /snow removal performance = control level /(mechanical performance x site conditions).”

To develop a deployment plan, it is necessary to clarify this snow removal performance based on the control level.

3. PURPOSE OF THIS STUDY

Snow removal performance is affected by mechanical performance (e.g., snow removal speeds and amounts), as well as site conditions (e.g., attributes of individual regions and routes such as weather conditions, roadside conditions and road alignments).

In the case of fresh snow, removal performance can be taken as the snow removal speed. However, published speeds vary, and are also given as uniform values without any consideration of differences in site conditions.

In this study, a number of factors (i.e., specific attributes of regions and routes) affecting as-yet unstandardized snow removal speeds were extracted, analyzed and verified to determine standard speeds suitable to the attributes of regions and routes.

The target of this study was a national highways under the management of the Asahikawa Development and Construction Department. The road is situated in central Hokkaido, and the attributes of the region and route are diverse. The removal speed of snowplows used for fresh snow was studied, as these represent the highest proportion of all such machines and serve as the basis for snowplow deployment.

4. STATUS OF THE ASAHIKAWA DEVELOPMENT AND CONSTRUCTION DEPARTMENT – AN OVERVIEW

4.1. Attributes of regions and routes

Although weather conditions vary in the area under the management of the Asahikawa Development and Construction Department (Fig. 1) as it stretches over a long and narrow tract from north to south, the region is almost entirely designated as a special heavy snow area (according to the Act on Special Measures concerning Countermeasures for Heavy Snowfall Areas). The maximum snow cover depth in a normal year is 182 cm, and the annual total snowfall can reach 1,372 cm (recorded in Otoineppu Village in the Bifuka district). The temperature difference between winter and summer is extreme. In one previous year, the temperature in the Asahikawa district’s Asahikawa City was -41.0°C at its lowest and 36.0°C at its highest. Table 1 shows the weather conditions of the area under the management of the Asahikawa Development and Construction Department.

Of the area’s population of approximately 540,000, 360,000 are concentrated in Asahikawa. While the city is an urban area with a large volume of traffic (approx. 25,000/12 hrs. on weekdays) and many buildings along roads, the adjoining Kamikawa district has mountain areas where some roads at an altitude of more than 1,000 m are managed. The area generally has a decentralized city structure, many suburbs are located far from each other, and districts with diverse characteristics are found adjacent to each other.

In the area under the management of the Asahikawa Development and Construction Department, fresh snow removal is conducted along 674 km of national highways with such varied attributes of regions and routes by dividing it into 26 sections.

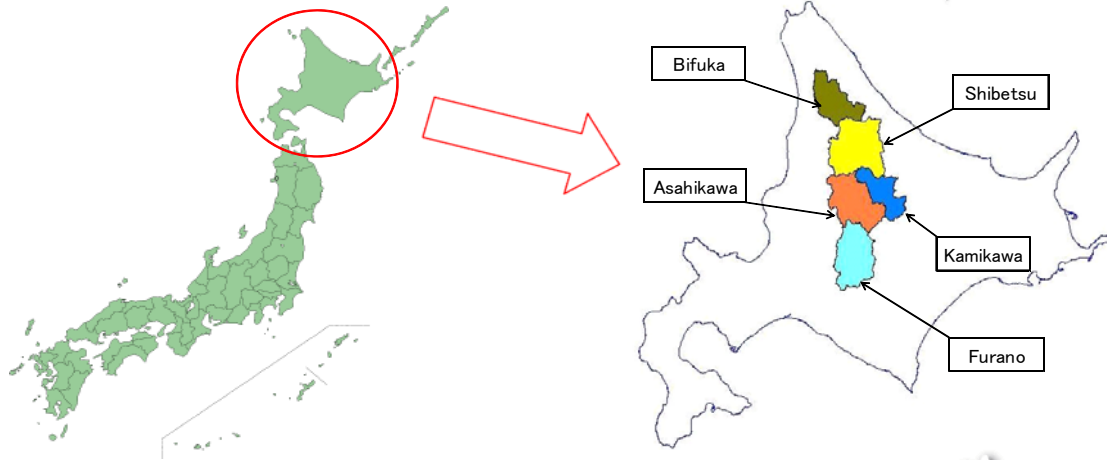


Fig. 1 Location map of the Asahikawa Development and Construction Department

Table 1 Weather conditions in the areas under the management of the Asahikawa Development and Construction Department (normal values) [1]

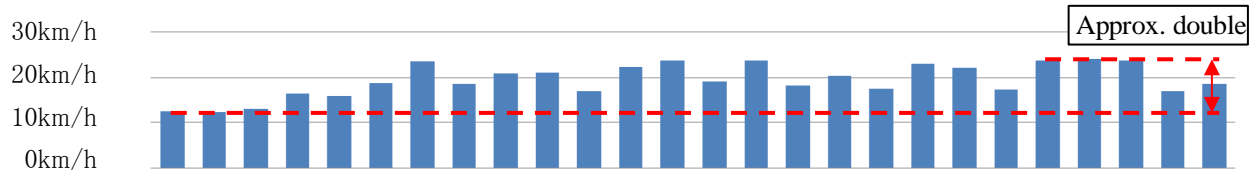
District	Observation site	Mean temperature (°C)				Mean snowfall depth (cm)				Mean snow cover depth (cm)			
		December	January	February	March	December	January	February	March	December	January	February	March
Asahikawa	Asahikawa City	-4.1	-7.8	-7.2	-2.4	191	174	131	116	57	80	90	86
Shibetsu	Nayoro City	-5.2	-9.7	-9.5	-4.2	220	207	148	137	65	92	99	98
Bifuka	Otoineppu Village	-4.5	-8.9	-8.9	-3.7	340	344	259	205	114	151	172	174
Furano	Furano City	-5.0	-9.0	-8.5	-3.2	164	166	137	126	37	60	69	65
Kamikawa	Kamikawa Town	-5.1	-8.6	-8.2	-3.9	236	219	171	160	60	82	86	79

4.2. Fresh-snow removal speeds

Table 2 shows the average snow removal speeds in each section measured using recording devices that track the operation status of snowplows. It shows that speeds in some sections are almost double those in others (e.g., 12.42 vs. 24.12 km/h), and it is very difficult to reflect the attributes of the various regions and routes with a uniform snow removal speed.

The average snow removal speed here was for 95% snowfall intensity (i.e., the intensity excluding the highest 5% of data for all days with snowfall), and speeds at times with higher snowfall were excluded.

Table 2 Average snow removal speeds by section (95% snowfall intensity)



District	Asahikawa					Shibetsu					Bifuka				Furano				Kamikawa							
Section	a	b	c	d	e	a	b	c	d	F'	e	a	b	c	d	a	b	c	d	a	F'	b	c	d	e	F'
Snow removal speed (km/h)	12.45	<u>12.42</u>	12.99	16.32	15.83	18.80	23.58	18.53	20.95	21.22	16.94	22.31	23.71	19.22	23.83	18.25	20.39	17.50	23.07	22.15	17.30	23.76	<u>24.12</u>	23.74	16.92	18.65

*F' = Freeway

4.3. Overview of the current status

In line with the above conditions, it is necessary to determine whether the difference in average snow removal speeds depends on the attributes of the region and route or the ingenuity of snow removal contractors and levels of experience among snowplow operators, or on both factors.

It is also necessary to develop a method to reflect the attributes of the region and route on the deployment plan – more specifically, a formula to calculate standard snow removal speeds suitable to such attributes is needed.

5. PLANNING AND IMPLEMENTATION OF THE STUDY

Figure 2 shows the flow of study planning.

Freeways that are exclusively for motor vehicles were excluded from the study target, since it was presumed that the factors affecting snow removal speeds on such roads differ significantly from those of ordinary national highways.

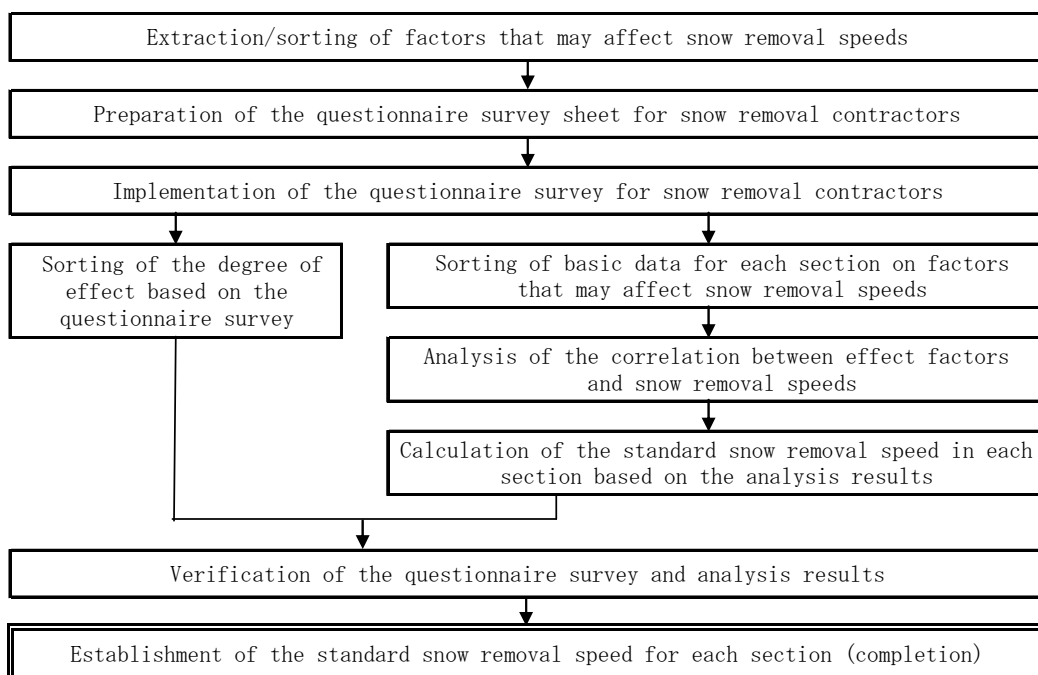


Fig. 2 Flow of study planning

5.1. Extraction of factors affecting snow removal speeds

To investigate the factors causing reduced snow removal speeds, possible variables were identified in a desk study, based on which a questionnaire survey was conducted among snow removal contractors in 11 sections of the area.

This was done to improve the accuracy of measuring possible variables, and an indicator of the degree of effect of each factor was established based on the questionnaire survey.

5.2. Examination of basic data on factors affecting snow removal speeds in each section

To clarify the attributes of regions and routes, the factors affecting snow removal speeds as extracted above were examined in detail for each section.

Considering the continuity of operations in the future, existing data that could be obtained easily and required minimal counting (e.g., information from road management databases and road traffic census results) were used, excluding the length of continuity of private houses. Table 3 shows the quantification principles.

Table 3 Quantification principles for factors affecting snow removal speeds

Factor affecting speed		Data used	Index
Weather	95% snowfall intensity	Telemeter	Depth
	Snow quality (dry snow)	Snow removal/protection handbook	Length
	Snow quality (sugar snow)	Snow removal/protection handbook	Length
Road structure	Double-lane length	Road traffic census	Length
	Multiple-lane length	Road traffic census	Length
	Added/climbing lane length	Road traffic census	Length
	No. of roadway width change points	Maintenance and management ledger	No. of locations
	Sharp curve R < 150	Road management database	No. of locations/length
	Length of slopes with a gradient of 5% or greater	Road management database	Length
	Median strip length	Road traffic census	Length
	Sidewalk length	Road traffic census	Length
	Bridges	Road management database	No. of locations/length
	LR (left-to-right) length of guard fences	Road management database	Length
Roadside conditions	LR (left-to-right) length of continuity of private houses	Road traffic census and topographic map	Length
	DID length	Road traffic census	Length
	Length of other urban areas	Road traffic census	Length
	Length of flat areas	Road traffic census	Length
	Length of mountainous areas	Road traffic census	Length
Traffic	Nighttime traffic volume	Road traffic census	No. of vehicles x length
	Snow-flowing gutter length *1	Maintenance and management ledger	Length
Specific factors	No. of roadside stations *1	Road network map	No. of locations
	No. of chain attachment/removal sites *1	Maintenance and management ledger	No. of locations
	No. of tunnels in the mountainous area	Maintenance and management ledger	No. of locations
	No. of unsignalized intersections	Road network map	No. of locations
	No. of return points	Map of snow removal sections	No. of locations

*1: Only sections affecting the fresh-snow removal time

5.3. Analysis of the correlation between snow removal speeds and factors affecting them

To verify the degree of effect of each factor on snow removal speeds, the extracted variables and snow removal speeds were analyzed to quantify the amount of effect resulting from the attributes of regions and routes.

5.3.1 Analysis method

In this method, multiple regression analysis (Fig. 1) of a log-linear model was used. Multiple regression analysis is a technique that focuses on one among multiple variables (snow removal speed in this case) to ascertain how it is affected by the other explanatory variables (factors affecting the snow removal speed), and is suitable for cases such as snow removal speeds that involve multiple factors.

■ Model equation for standard snow removal speeds (log-linear model)

$$y = \exp \left(\sum_i^n a_i x_i + b \right) \quad (\text{Eq. 1})$$

Specifically, the variables were sorted, and an optimal model was estimated by analyzing each factor and excluding those with an extremely low correlation to the snow removal speed as well as those with a strong correlation to each other.

5.3.2 Correlation among factors affecting snow removal speeds

Even if an effect factor is strongly correlated with the snow removal speed, simultaneous extraction of factors that are strongly correlated with each other may result in an erroneously high coefficient of determination for the model (known as multicollinearity). Simultaneous extraction of such factors was therefore avoided in the correlation analysis of factors. Figure 3 shows the results of sorting the correlation among effect factors.

As a characteristic of urban areas, the densely inhabited district (DID) length can be used to represent variables that include diverse factors. In suburbs, for example, the length of mountainous areas can be used as a representative value for guard fences.

While the traffic volume at night was thought to be strongly correlated with the DID length, it was included among the extracted factors since its value (VIF < 3) was found to be far smaller than the value for which multicollinearity usually occurs (VIF > 10) as a result of creating and evaluating multiple models, and the actual snow removal speed could be evaluated with high accuracy.

Sorting basic data on the continuity of private houses required very complex work including picking out private houses on maps, since its correlation with the characteristics of urban areas and other factors affecting snow removal speeds was unknown. However, since analysis revealed a strong correlation with the DID length, this variable can be excluded from basic data on factors affecting snow removal speeds in the future.

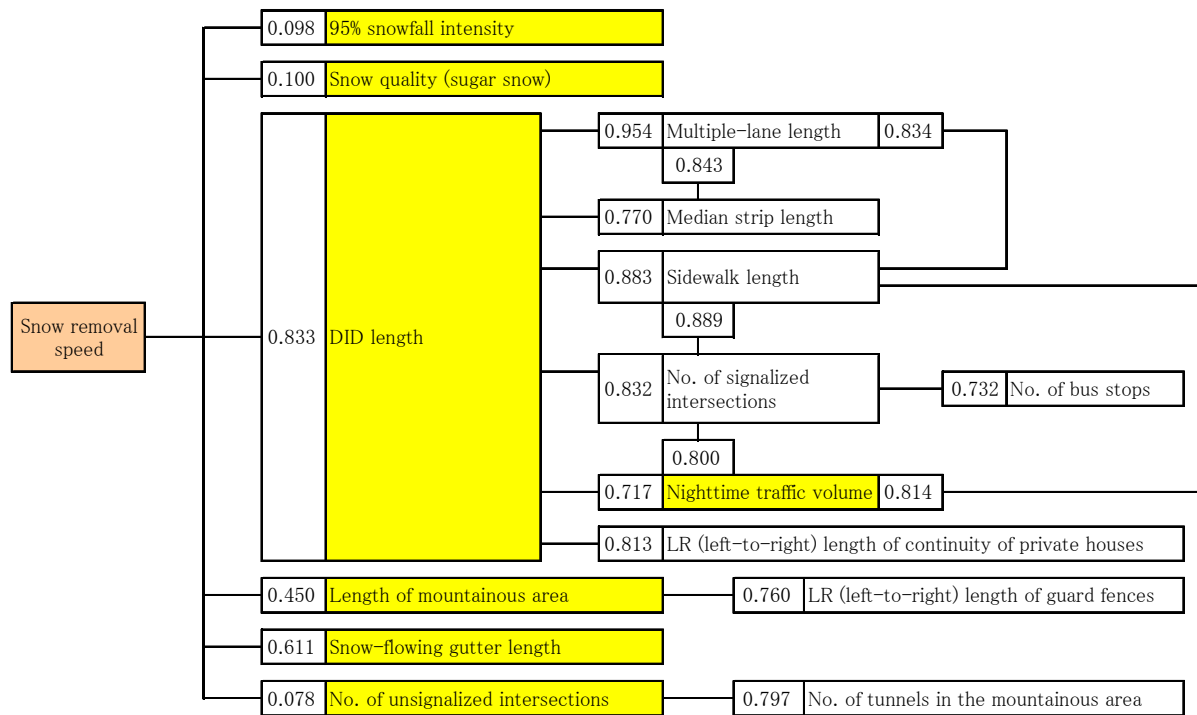


Fig. 3 Correlation among factors affecting snow removal speeds

5.3.3 Analysis results

As a result of the analysis, snowfall intensity, snow quality (sugar snow), DID length, nighttime traffic volume, snow-flowing gutter length and the number of unsignalized intersections were chosen as negative effect factors, and the length of mountainous areas was identified as a positive effect factor. Table 4 shows the analysis results.

Table 4 Analysis results

Aggregate model			
Correlation coefficient R	Multiple correlation coefficient R ²	Adjusted R ²	Standard error of designated values
0.930 ^a	0.865	0.802	0.9717

Analysis of variance ^b					
	Sum of squares	Degree of freedom	Mean square	F value	Significance probability
Regression	0.905	7	0.129	13.698	0.00 ^a
Residual	0.142	15	0.009		
Total	1.047	22			

Coefficients ^a							
	Non-standardized coefficient		Standardized coefficient	t	Significance probability	Collinearity statistics	
	B	Standard error	β			Allowance	VIF
(Invariable)	3.128	0.063		49.929	0.000		
95% snowfall intensity	-0.009	0.005	-0.195	-1.897	0.077	0.851	1.175
Snow quality (sugar snow)	-0.214	0.143	-0.146	-1.502	0.154	0.949	1.054
DID length	-0.704	0.223	-0.475	-3.152	0.007	0.398	2.514
Length of mountainous area	0.162	0.086	0.231	1.876	0.080	0.595	1.680
Nighttime traffic volume	-2.047	1.069	-0.296	-1.916	0.075	0.378	2.645
Snow-flowing gutter length	-0.110	0.065	-0.208	-1.689	0.112	0.593	1.685
No. of unsignalized intersections	-0.158	0.084	-0.208	-1.882	0.079	0.738	1.355

The model analysis results revealed that the multiple correlation coefficient R^2 was 0.865 – far larger than the $R^2 > 0.49$ value (Table 5) that is supposed to be strongly correlated. It was therefore considered that the accuracy of the analysis results was sufficient for a calculation formula regarding standard snow removal speeds in areas under the management of the Asahikawa Development and Construction Department.

Table 5 Absolute values of correlation coefficients and their relationships

Correlation coefficient R	Multiple correlation coefficient R ²	Interpretation of the coefficient
Between 0.0 and 0.2	Between 0.00 and 0.04	Almost no correlation
Between 0.2 and 0.4	Between 0.04 and 0.16	Slight correlation
Between 0.4 and 0.7	Between 0.16 and 0.49	Relatively strong correlation
Between 0.7 and 1.0	Between 0.49 and 1.00	Strong correlation

5.4. Calculation formula for standard snow removal speeds in areas under the management of the Asahikawa Development and Construction Department

As a result of the analysis, standard snow removal speeds in the areas under the management of the Asahikawa Development and Construction Department can be found using the equation below (Eq. 2).

$$y = \exp (-0.009x_1 - 0.214x_2 - 0.704x_3 + 0.162x_4 - 2.047x_5 - 0.110x_6 - 0.158x_7 + 3.128) \text{ (Eq. 2)}$$

- y: standard snow removal speed (km/h)
- x_1 : snowfall intensity (cm)
- x_2 : snow quality (sugar snow) (percentage)
- x_3 : DID length (percentage)
- x_4 : length of mountainous area (percentage)
- x_5 : nighttime traffic volume (no. of vehicles/section)
- x_6 : snow-flowing gutter length (km)
- x_7 : no. of unsignalized intersections

5.5. Standard snow removal speeds in the areas under the management of the Asahikawa Development and Construction Department

Table 6 shows the standard snow removal speeds established from the analysis results and the results of comparison with actual snow removal speeds measured using recording devices. Examining the ratio of the analysis results to standard speeds within a range of plus or minus 10% revealed that the sections where relatively efficient snow removal operations are conducted and those with possibly inefficient operations can be divided as shown in the table below.

Table 6 Comparison of standard and actual snow removal speeds (reference values)

District	Section	Actual snow removal speed (km/h)	Standard snow removal speed (km/h)	Difference (km/h)	Percentage (%)
Asahikawa	a	12.45	12.33	-0.12	101
	b	12.42	12.79	0.37	97
	c	12.99	12.83	-0.16	101
	d	16.32	15.27	-1.05	107
	e	15.83	17.95	2.12	88
Shibetsu	a	18.80	19.75	0.95	95
	b	23.58	22.10	-1.48	107
	c	18.53	17.79	-0.74	104
	d	20.95	19.25	-1.70	109
	e	16.94	18.75	1.81	90
Bifuka	a	22.31	21.70	-0.61	103
	b	23.71	24.14	0.43	98
	c	19.22	21.45	2.23	90
	d	23.83	24.00	0.17	99
Furano	a	18.25	18.74	0.49	97
	b	20.39	21.65	1.26	94
	c	17.50	17.42	-0.08	100
	d	23.07	22.76	-0.31	101
Kamikawa	a	22.15	19.80	-2.35	112
	b	23.76	22.34	-1.42	106
	c	24.12	20.87	-3.25	116
	d	23.74	25.18	1.44	94
	e	16.92	19.58	2.66	86

Actual snow removal speed/standard snow removal speed > 1.1 = Section where efficient snow removal is conducted

Actual snow removal speed/standard snow removal speed < 0.9 = Section where inefficient snow removal is conducted

5.6. Verification of the questionnaire survey and analysis results

The validity of the analysis results was verified through comparison with the results of the questionnaire survey for snowplow operators.

The analysis results were considered valid, since the strong effect of urban factors and other points of the questionnaire survey and analysis results mostly corresponded with each other.

The actual feelings of operators regarding bridges and other structures differed from the analysis results. This was probably because, although bridges and other structures were likely to attract the attention of operators, their target length was short and did not greatly affect the snow removal speed.

6. AN EXAMPLE OF USING THE ANALYSIS RESULTS (CASE STUDY)

A case study of a snowplow deployment plan was conducted using the standard snow removal speed of each section determined based on the analysis results and calculating the optimal section length.

The control level as a precondition was the allowable maximum snowfall depth (10 cm) as per current practice, and geographical conditions (e.g., the boundaries of the areas managed by the office, the location of snow removal stations and snowplow depots) were not taken into consideration.

Specifically, the allowable snow removal time that satisfied the allowable maximum snowfall depth as a control level was found from the 95% snowfall intensity value in each section (Eq. 3).

In addition, by identifying the permissible limit length from the standard snow removal speed found using Eq. 2, the optimal section length based on the standard snow removal speed depending on the attributes of the region and route can be found (Eq. 4).

$$\Sigma s = Cl / Si \quad (\text{Eq. 3})$$

Σs : allowable snow removal time
 Cl : allowable maximum snowfall depth
 Si : snowfall intensity

$$\Sigma e = \Sigma s \times y \quad (\text{Eq. 4})$$

Σe : permissible limit length
 Σs : allowable snow removal time
 y : standard snow removal speed

The standard snow removal speed found using Eq. 2 was applied to the current snow removal sections a, b1 and b2 (Fig. 4) to find the permissible limit length to satisfy the allowable maximum snowfall depth from Eqs. 3 and 4, based on which a section reorganization plan (Fig. 5) was produced.

Since the snowfall intensity is 2.5 cm/h and the standard snow removal speed is 18.74 km/h in Section A of the reorganization plan (as shown in Table 7), the allowable snow removal time is 10 cm/2.5 cm/h = 4.0 h, and the permissible limit length is 18.74 km/h x 4.0 h = 74.96 km. In this case, Section A of the reorganization plan can supplement not only the current Section a, but also approximately 28 km of Section b1. Similarly, the permissible limit length of Section B in the reorganization plan is 61.92 km. Since the total length of the current Sections b1 and b2 is reduced to 61.868 km because of Section A, it becomes shorter than the permissible limit length of Section B, resulting in the elimination of one snow removal section.

【Current status Office】

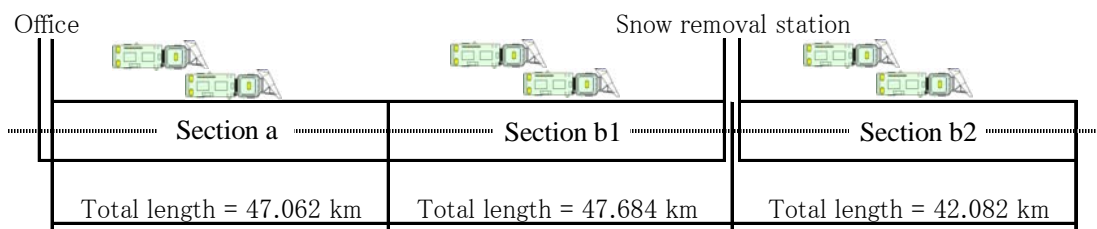


Fig. 4 Case study (current snow removal sections)

【Reorganization plan】

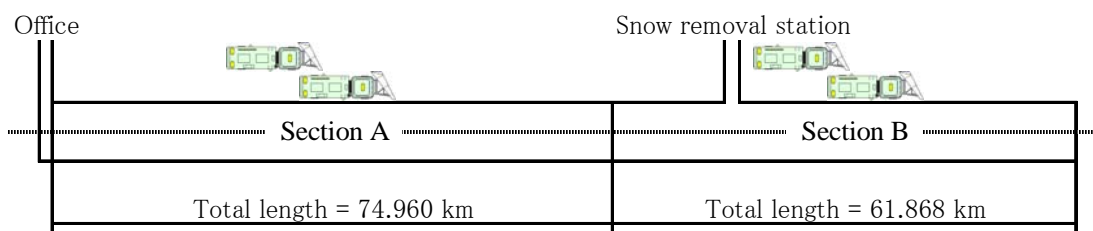


Fig. 5 Case study (snow removal section reorganization plan)

Table 7 Case study (examples of calculating the permissible limit length)

	Allowable maximum snowfall depth (h)	95% snowfall intensity (cm/h)	Allowable snow removal time (h)	Standard snow removal speed (km/h)	Permissible limit length (km)
Section A	10.00	2.50	4.00	18.74	74.96
Section B	10.00	3.50	2.86	21.65	61.92

Similar case studies were conducted for the entire area under the management of the Asahikawa Development and Construction Department (23 sections). The results indicated that, although five sections in the area were short of snowplows (i.e., work could not be completed within the allowable snow removal time), the time in all five of these sections could be brought to within the allowable removal time. In addition, it became possible to eliminate three sections in total, resulting in an overall saving of 230 million yen for the purchase and maintenance of six snow removal trucks used in these sections. Assuming that equipment is renewed every 15 years, purchase and maintenance costs can be reduced by 15 million yen/year.

The above estimation indicated that both an improvement in the service level for road users and cost reduction can be achieved by reconsidering the setting of snow removal sections.

7. CONCLUSION

This study was conducted for the purpose of determining standard snow removal speeds suitable to the attributes of particular regions and routes to serve as a basis for developing snowplow deployment plans that are efficient (equalization of snow removal service levels) and economical (enabling cost reductions). The results achieved from the study were as follows:

7.1. Determination of standard snow removal speeds

Factors involving site conditions and the degree of their effect on snow removal speeds were measured quantitatively, and a method for determining standard snow removal speeds suitable to the attributes of regions and routes was established.

7.2. Development of snowplow deployment plans

The validity of the established standard snow removal speeds was confirmed, as it was possible to use them to conduct case studies for efficient and economical deployment plans involving the evaluation of work efficiency and the equalization of service levels.

The establishment of standard snow removal speeds also enables the development of snowplow deployment plans in line with changes in control levels.

7.3. Improvements in snow removal supervision

Identifying the factors affecting the efficiency/inefficiency of snow removal work based on the established snow removal speeds indicated the possibility of continuous improvements in snow removal efficiency.

8. AFTERWORD

Future tasks and prospects resulting from the outcomes of this study are as follows:

8.1. Future tasks

It will be necessary to improve the accuracy and validity of the calculation formula for standard snow removal speeds by conducting similar surveys in districts/sections that were not analyzed in this study to increase the sample number and extract target variables that are more peculiar to each region.

Databases of actual snow removal speeds, factors affecting them and other information should be established in consideration of the point correction of various factors and future prospects.

It will also be necessary to measure and evaluate mechanical performance, which is an element of snow removal performance (mechanical performance x site conditions), to verify the excess or deficiency of mechanical performance as part of site conditions.

8.2. Future prospects

Application of the method of determining standard snow removal speeds (an objective variable) depending on the attributes of regions and routes as implemented in this study can be expanded by using different objective variables, such as the spots and amounts of antifreeze agents applied.

REFERENCES

[1] Japan Meteorological Agency: Weather statistics information

<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/>

[2] Tetsuya OGAMI, Katsufumi IZUMISAWA, Yuta KOIWA: Establishment of a snowplow deployment management method considering the attributes of regions and routes, National Institute for Land and Infrastructure Management, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, October 2008.

MÉTHODE DE GESTION DU POSITIONNEMENT DES CHASSE-NEIGE EN TENANT COMPTE DES CARACTÉRISTIQUES DU TERRITOIRE ET DES ROUTES

Tetsuya OGAMI, Masatoshi MAKINO, Yuji YANAGISAWA
Institut de recherche en génie civil en régions froides, Sapporo, Hokkaido, Japon
oogami-t22aa.@ceri.go.jp, makino-m@ceri.go.jp, y-yanagi@ceri.go.jp

Kazuya YAMAGUCHI
Bureau de développement régional de Hokkaido ; Ministère de l'Aménagement du Territoire, des Infrastructures, des Transports et du Tourisme ; Sapporo, Hokkaido, Japon
yamaguchi-k22ac@hkd.mlit.go.jp

RÉSUMÉ

La présente étude s'attache à établir une méthode de gestion du positionnement des chasse-neige en tenant compte des caractéristiques du territoire et des routes (conditions des sites de déneigement, c'est-à-dire conditions climatiques, bords de route, topographie des routes, etc.)

Concrètement, nous avons analysé la base de données de l'administration routière et les autres données existantes, notamment celles sur les interventions des chasse-neige obtenues par des équipements d'enregistrement, puis déterminé une vitesse standard de déneigement qui tienne compte des caractéristiques du territoire et des routes. A partir de cette vitesse, il est possible de planifier le positionnement des chasse-neige de manière plus efficace et économique. Ceci permettra d'offrir des services de déneigement uniformes aux usagers de la route et d'améliorer la supervision du déneigement.

Cette étude nous a permis de mettre en place une méthode de calcul de la vitesse standard de déneigement. Nous avons pu montrer l'utilité de cette détermination en évaluant l'efficacité des travaux de déneigement, et en réalisant des études de cas pour un programme de positionnement efficace et économique.

MOTS CLÉS

CHASSE-NEIGE / PROGRAMME DE POSITIONNEMENT / GESTION / VITESSE DE DÉNEIGEMENT / CARACTÉRISTIQUES DU TERRITOIRE / CARACTÉRISTIQUES DES ROUTES

1. INTRODUCTION

Dans les régions froides où les précipitations de neige sont très importantes, le déblaiement de la neige qui permet de maintenir les réseaux de communication en service durant l'hiver est une des préoccupations majeures des habitants. C'est également un sujet de travail très important pour l'administration routière.

Jusqu'à présent, des programmes de positionnement des chasse-neige avaient été établis sur la base des expériences et connaissances acquises auparavant, mais afin de renforcer la reddition des comptes et développer des programmes de positionnement plus efficaces, il est devenu nécessaire de mettre en place une méthode de gestion du positionnement des chasse-neige.

L'objet de cette étude étant de déterminer la vitesse standard de déneigement, nous avons extrait les facteurs qui influent sur cette vitesse (conditions climatiques, bords de route, topographie des routes, etc.), puis vérifié la validité de notre analyse. Nous avons

également cherché à mettre en place une méthode de gestion du positionnement des chasse-neige plus efficace et plus économique.
Nous rapportons ici les résultats de cette analyse.

2. DEFINITION D'UN PROGRAMME DE POSITIONNEMENT

Il s'agit de déterminer le nombre de chasse-neige nécessaires pour atteindre les niveaux de contrôle (par exemple, terminer les opérations de déneigement en x h pour un enneigement des routes de x cm).

En conceptualisant ceci, nous obtenons la formule suivante :

programme de positionnement (nombre de véhicules) = niveaux de contrôle/performance du déneigement = niveaux de contrôle/(performance des véhicules × conditions du terrain)

Il est donc nécessaire de définir la performance du déneigement en tenant compte des niveaux de contrôle.

3. OBJET DE L'ETUDE

La performance du déneigement est influencée d'une part par la performance des machines (vitesse et capacité de déneigement, etc.) mais également par les conditions du terrain (c'est-à-dire les caractéristiques du territoire et des routes : conditions climatiques, bords de route, topographie des routes, etc.).

Dans le cas du déneigement de la neige fraîche, la performance du déneigement peut être substituée par la vitesse de déneigement. Cependant, alors que de nombreux écrits la concernant sont publiés, la vitesse de déneigement diffère selon les articles, et ses valeurs sont toujours uniques, ne tenant pas compte des conditions du terrain.

Cette étude a donc pour but de standardiser cette vitesse, en extrayant les facteurs de conditions du terrain (caractéristiques du territoire et des routes) qui influent dessus.

Nous avons choisi comme sujet d'étude la circonscription du Département d'aménagement et de construction d'Asahikawa, située au centre de Hokkaido, pour la diversité de ses territoires et de ses routes. De là, nous avons étudié la vitesse d'opération des véhicules chargés du déblaiement de la neige fraîche, les plus nombreux parmi les chasse-neige utilisés.

4. PRESENTATION DU DEPARTEMENT D'AMENAGEMENT ET DE CONSTRUCTION D'ASAHIKAWA

4.1. Caractéristiques du territoire et des routes

La circonscription du Département d'aménagement et de construction d'Asahikawa (figure 1) étant étendue du nord au sud, les conditions climatiques peuvent varier dans la région, mais la plupart de la circonscription est désignée zone de particulièrement fort enneigement (d'après la Loi sur les mesures spéciales concernant les contre-mesures pour les zones de fort enneigement). La hauteur maximale d'enneigement est de 182 cm pour une année ordinaire, et à Otoineppu (district de Bifuka) la hauteur totale des précipitations annuelles a été enregistrée à 1 372 cm. En outre, les différences de températures entre l'été et l'hiver sont particulièrement importantes ; dans le passé, on a ainsi enregistré dans la ville de Asahikawa les températures minimale de -41°C et maximale de 36°C. Le tableau 1 présente le climat dans la circonscription du Département d'aménagement et de construction d'Asahikawa.

La population de la circonscription est de 540 000 habitants dont 360 000 se concentrent sur la ville de Asahikawa. Le trafic est très important à Asahikawa (environ 25 000 voitures

par 12 heures en jours de semaine) qui est une zone urbaine où les bâtiments en bord de routes sont contigus, alors que dans le district adjacent de Kamikawa, on trouve des routes de montagne à plus de 1 000 m d'altitude. Par ailleurs, le territoire est une vaste étendue où l'habitat est généralement dispersé et la distance entre les villes est très importante. Tout ceci contribue à en faire une région aux multiples caractéristiques.

Les 674 km de route nationale de la circonscription du Département d'aménagement et de construction d'Asahikawa, caractérisée par la variété de ses régions et de ses routes, sont partagés en 26 secteurs où l'on opère l'enlèvement de la neige fraîche.

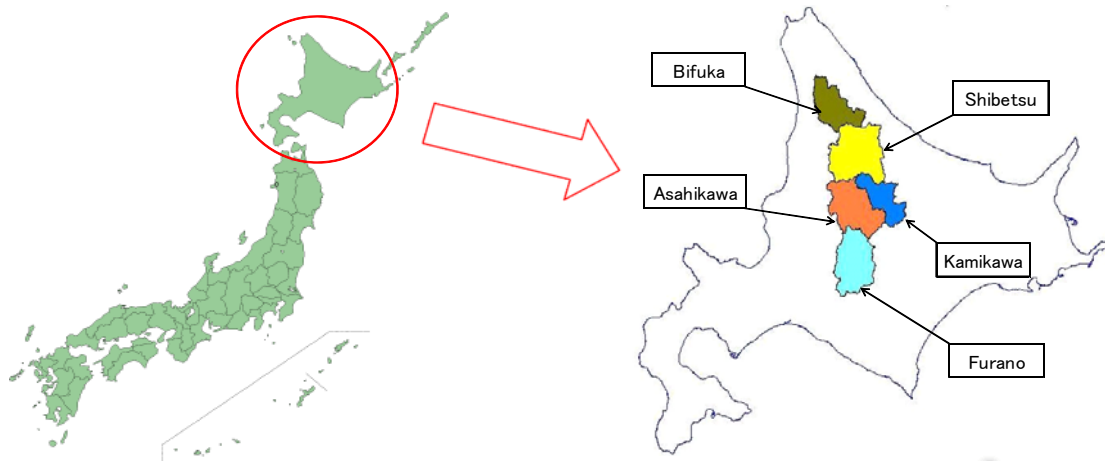


Figure 1 : Carte de la circonscription du Département d'aménagement et de construction d'Asahikawa

Tableau 1: Climat dans la circonscription du Département d'aménagement et de construction d'Asahikawa [1]

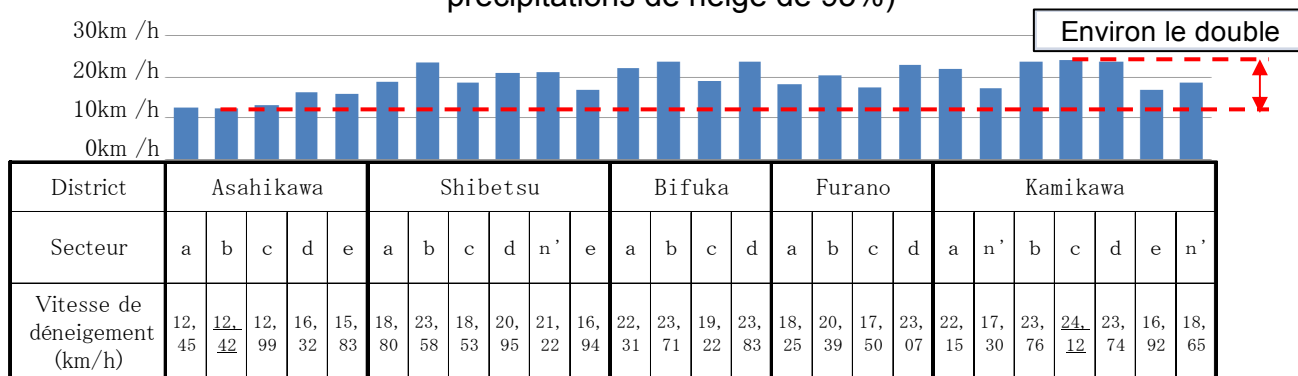
District	Point d'observation	Température moyenne (°C)				Précipitations moyennes de neige (cm)				Hauteur moyenne de l'enneigement (cm)			
		Décembre	Janvier	Février	Mars	Décembre	Janvier	Février	Mars	Décembre	Janvier	Février	Mars
Asahikawa	Asahikawa	-4,1	-7,8	-7,2	-2,4	191	174	131	116	57	80	90	86
Shibetsu	Nayoro	-5,2	-9,7	-9,5	-4,2	220	207	148	137	65	92	99	98
Bifuka	Otoineppu	-4,5	-8,9	-8,9	-3,7	340	344	259	205	114	151	172	174
Furano	Furano	-5,0	-9,0	-8,5	-3,2	164	166	137	126	37	60	69	65
Kamikawa	Kamikawa	-5,1	-8,6	-8,2	-3,9	236	219	171	160	60	82	86	79

4.2. Vitesse d'enlèvement de la neige fraîche

Le tableau 2 présente la vitesse moyenne de déneigement obtenue grâce aux enregistrements effectués sur les interventions des chasse-neige dans chaque secteur. Nous observons ainsi des différences de vitesse qui peuvent aller jusqu'au double entre certains secteurs (vitesse la plus petite de 12,42 km/h et la plus grande de 24,12 km/h). Cela démontre les difficultés de la prise en compte d'une vitesse de déneigement unique pour refléter les caractéristiques du territoire et des routes.

Nous avons pris les vitesses pour une intensité des précipitations de neige de 95% (intensité des précipitations qui exclut les 5% de données supérieures pour tous les jours avec précipitations nivales), en laissant de côté les vitesses enregistrées en temps de précipitations plus élevées.

Tableau 2 : Vitesse moyenne de déneigement dans les secteurs (intensité des précipitations de neige de 95%)



*n' = normes supérieures

4.3. Premières constatations

Ayant obtenu les résultats ci-dessus, il paraît nécessaire de déterminer si les différences de vitesses de déneigement observées sont liées aux caractéristiques du territoire et des routes, ou bien aux méthodes ingénieuses déployées par les sous-traitants et à la dextérité des opérateurs des chasse-neige, ou bien encore à l'ensemble de ces facteurs. En outre, il faut établir une formule de calcul de la vitesse standard de déneigement en rapport avec les caractéristiques du territoire et des routes, qui permettra de refléter ces caractéristiques sur le programme de positionnement des chasse-neige.

5. PLANIFICATION ET REALISATION DE L'ETUDE

La figure 2 présente les étapes de la réalisation de l'étude.

Il est à noter que l'enquête ne tient pas compte des autoroutes répondant à des normes supérieures et à l'usage exclusif des véhicules motorisés, pour lesquelles on peut supposer que les facteurs d'influences sur la vitesse de déneigement diffèrent considérablement de ceux des routes nationales traditionnelles.

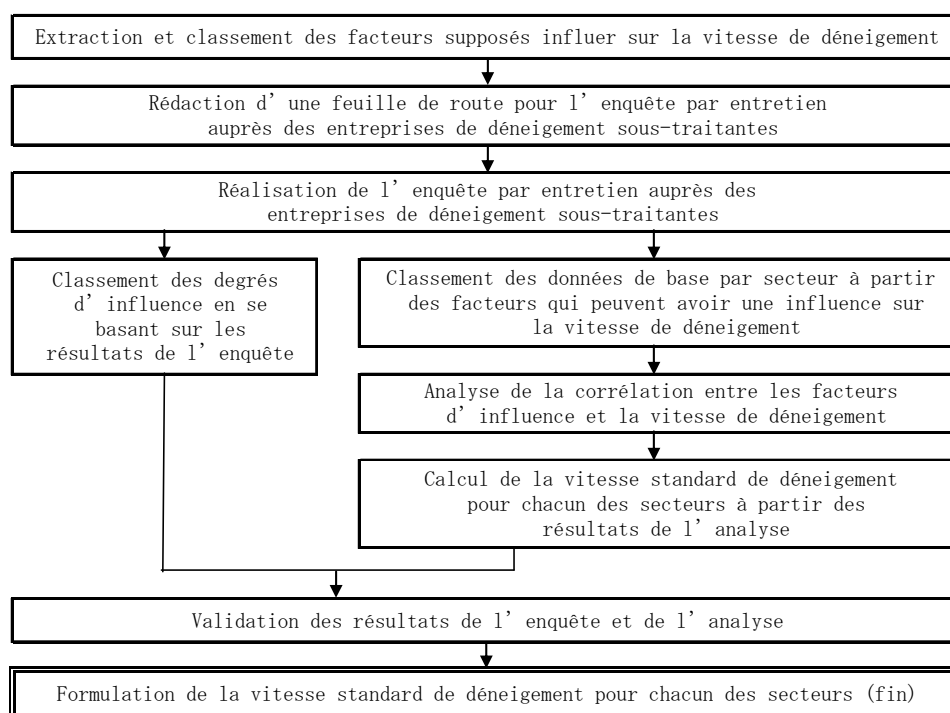


Figure 2 : Les étapes de la réalisation de l'étude

5.1. Extraction des facteurs d'influence sur la vitesse de déneigement

Pour l'étude des facteurs d'influence sur le ralentissement de la vitesse de déneigement, nous avons commencé par un travail de bureau en identifiant les facteurs d'influence qui nous semblaient les plus pertinents, puis nous avons réalisé une enquête par entretien auprès des entreprises sous-traitantes qui opèrent dans 11 secteurs de la circonscription. Nous avons ainsi pu améliorer la précision des facteurs d'influence sélectionnés, et définir des degrés d'influence pour chacun des facteurs.

5.2. Traitement des données de base concernant les facteurs d'influence sur la vitesse de déneigement par secteur

Nous avons ensuite traité en détail les facteurs d'influence extraits ci-dessus pour chaque secteur afin de mieux comprendre les caractéristiques du territoire et des routes.

Pour la classification des facteurs, en prenant en compte la continuité des travaux dans le futur, nous avons choisi des données déjà existantes, qui, mis à part celles sur la longueur des zones de maisons privées contigües, sont facilement accessibles et calculables (base de données des autorités routières, recensement de la circulation, etc.). Le tableau 3 montre la quantification des facteurs.

Tableau 3 : Quantification des facteurs d'influence sur la vitesse de déneigement

Facteurs d'influence sur la vitesse de déneigement		Données utilisées	Indices
Climat	Intensité des précipitations de neige (à 95%)	Télémétrie	Hauteur
	Qualité de la neige (neige sèche)	Manuel de déneigement et de protection contre la neige	Longueur
	Qualité de la neige (neige coulante)	Manuel de déneigement et de protection contre la neige	Longueur
Structure de la route	Longueur des tronçons à deux fois une voie	Recensement de la circulation	Longueur
	Longueur des tronçons à plusieurs voies	Recensement de la circulation	Longueur
	Longueur des voies additionnelles, voies de détresse	Recensement de la circulation	Longueur
	Nombre de points de changement de la largeur de la chaussée	Registre sur l'entretien des routes	Section
	Courbe raide, rayon inf. à 150	Base de données de l'administration routière	Section/longueur
	Longueur des pentes de 5% et plus	Base de données de l'administration routière	Longueur
	Longueur du terre-plein central	Recensement de la circulation	Longueur
	Longueur du trottoir	Recensement de la circulation	Longueur
	Ponts	Base de données de l'administration routière	Section/longueur
	Longueur (gauche + droite) des barrières de protection	Base de données de l'administration routière	Longueur
	Nombre d'arrêts de bus	Recensement de la circulation	Section
	Nombre de carrefours avec feux de circulation	Recensement de la circulation	Section
Bords de route	Longueur des secteurs densément peuplés	Recensement de la circulation	Longueur
	Longueur des autres espaces urbains	Recensement de la circulation	Longueur
	Longueur des terrains plats	Recensement de la circulation	Longueur
	Longueur des régions montagneuses	Recensement de la circulation	Longueur
	Longueur (gauche + droite) des zones de maisons privées contigües	Recensement de la circulation et cartes topographiques	Longueur
Trafic	Volume de trafic nocturne	Recensement de la circulation	Nombre de véhicules × longueur
Facteurs spécifiques	Longueur des fossés d'écoulement des eaux nivales*	Registre sur l'entretien des routes	Longueur
	Nombre d'aires de repos*	Carte du réseau routier	Section
	Nombre d'endroits pour placer/enlever les chaînes*	Registre sur l'entretien des routes	Section
	Nombre de tunnels dans les régions montagneuses	Registre sur l'entretien des routes	Section
	Nombre de carrefours sans feux de circulation	Carte du réseau routier	Section
Nombre d'endroits pour faire demi-tour	Carte des secteurs de déneigement	Section	

* : Uniquement les sections influant sur le temps de déblaiement de la neige fraîche

5.3. Analyse de corrélation entre les facteurs d'influence sur la vitesse de déneigement et la vitesse de déneigement

Afin de vérifier de quelle manière chaque facteur influe sur la vitesse de déneigement, nous avons analysé les facteurs d'influence et la vitesse de déneigement, puis quantifié le degré d'influence des caractéristiques du territoire et des routes sur la vitesse de déneigement.

5.3.1 Méthode d'analyse

Nous avons appliqué l'analyse de régression linéaire multiple d'un modèle log-linéaire (formule 1). Cette analyse permet de déterminer comment, parmi une série de variables, l'une d'elles, ici la vitesse de déneigement, peut être modifiée par les autres variables explicatives, ici les facteurs d'influence sur la vitesse de déneigement.

Modélisation de la vitesse standard de déneigement (modèle log-linéaire)

$$y = \exp \left[\sum_i^n a_i x_i + b \right] \quad \text{– Formule 1 –}$$

Concrètement, en éliminant les facteurs d'influence dont la corrélation avec la vitesse de déneigement est particulièrement faible et ceux dont la corrélation croisée est forte, nous avons isolé ceux à prendre en compte et déduit un modèle optimal.

5.3.2 Corrélation croisée entre les facteurs d'influence sur le déneigement

Même dans le cas où il existe une forte corrélation entre la vitesse de déneigement et les facteurs d'influence, si l'on extrait simultanément des facteurs dont la corrélation croisée est forte, il se peut que le coefficient de détermination du modèle prenne des grandes valeurs erronées (problème de multicolinéarité). Pour éviter ceci, nous avons effectué une analyse de corrélation pour chacun des facteurs.

La figure 3 présente les résultats de l'analyse de corrélation appliquée à chacun des facteurs d'influence.

La longueur des secteurs densément peuplés, particulières aux aires urbaines, peut être utilisée comme représentative des variables à nombreuses composantes. De même, les régions montagneuses, particulières aux zones rurales, peuvent être utilisées comme valeurs représentatives des barrières de protection.

Le volume de trafic nocturne était au départ considéré comme ayant une forte corrélation avec les secteurs densément peuplés, mais après avoir travaillé sur plusieurs modèles, nous nous sommes aperçus que la valeur du facteur d'inflation de la variance (VIF), qui, si elle est supérieure à 10 indique l'existence de multicolinéarité, était largement plus petite dans notre analyse (VIF < 3). Nous avons donc finalement extrait ce facteur et pu évaluer avec grande précision la vitesse réelle de déneigement.

Par ailleurs, la corrélation entre la contiguïté des maisons privées, comme facteur d'influence sur la vitesse de déneigement, et les caractéristiques des espaces urbains étant inconnue, nous avons entrepris un travail complexe, notamment en choisissant des maisons à partir de cartes. Cependant, suite à notre analyse, il est apparu que la contiguïté des maisons privées avait une corrélation particulièrement forte avec les secteurs densément peuplés, ce qui rend possible, dans le futur, l'élimination de ce facteur des données de base.

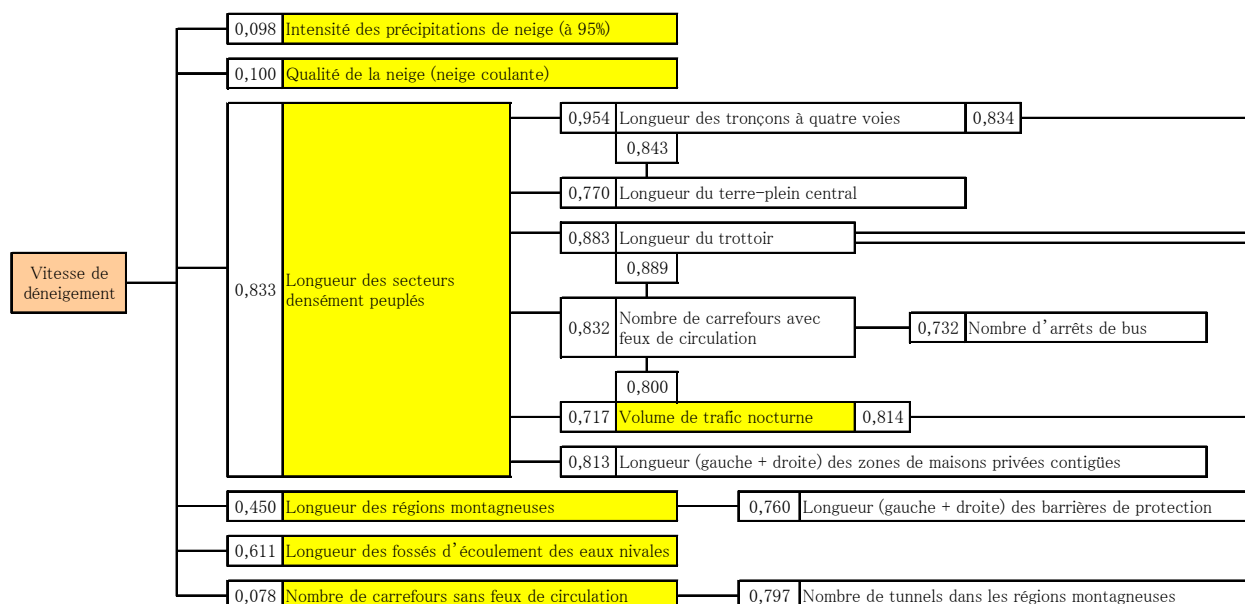


Figure 3 : Corrélation entre chacun des facteurs d'influence et la vitesse de déneigement

5.3.3 Résultats de l'analyse

Les résultats de l'analyse nous ont permis d'arrêter notre choix sur l'intensité des précipitations de neige, la qualité de la neige (neige coulante), les secteurs densément peuplés, le volume de trafic nocturne, la longueur des fossés d'écoulement des eaux nivales et le nombre de carrefours sans feux de circulation en tant que facteurs d'influence négative sur le déneigement, et les régions montagneuses en tant qu'influence positive. Ces résultats sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4: Résultats de l'analyse

Récapitulatif du modèle			
Coefficient de corrélation R	Coefficient de corrélation multiple R ²	R ² ajusté	Erreur type de la valeur actuelle
0,930 ^a	0,865	0,802	0,9717

Analyse de la variance ^b					
	Somme des carrés	Degrés de libertés	Carrés moyens	Valeur de F	Seuil de probabilité
Régression	0,905	7	0,129	13,698	0,00 ^a
Résidu	0,142	15	0,009		
Total	1,047	22			

Coefficients ^a							
	Coefficient non standardisé		Coefficient standardisé	t	Seuil de probabilité	Colinéarité statistique	
	B	Erreur type	β			Tolérance	VIF
(Constante)	3,128	0,063		49,929	0,000		
Intensité des précipitations de neige	-0,009	0,005	-0,195	-1,897	0,077	0,851	1,175
Qualité de la neige (neige coulante)	-0,214	0,143	-0,146	-1,502	0,154	0,949	1,054
Longueur des secteurs densément peuplés	-0,704	0,223	-0,475	-3,152	0,007	0,398	2,514
Longueur des régions montagneuses	0,162	0,086	0,231	1,876	0,080	0,595	1,680
Volume de trafic nocturne	-2,047	1,069	-0,296	-1,916	0,075	0,378	2,645
Longueur des fossés d'écoulement des eaux nivales	-0,110	0,065	-0,208	-1,689	0,112	0,593	1,685
Nombre de carrefours sans feux de circulation	-0,158	0,084	-0,208	-1,882	0,079	0,738	1,355

Le coefficient de corrélation multiple R^2 obtenu par l'analyse du modèle est de 0,865, valeur largement supérieure à la valeur de 0,49, significative d'une très forte corrélation (cf. tableau 5). La précision de notre modèle de calcul de la vitesse standard de déneigement dans la circonscription du Département d'aménagement et de construction d'Asahikawa est ainsi démontrée.

Tableau 5 : Valeurs absolues du coefficient de corrélation et leurs relations

Coefficient de corrélation R	Coefficient de corrélation multiple R^2	Interprétation des coefficients
entre 0,0 et 0,2	entre 0,00 et 0,04	Corrélation faible
entre 0,2 et 0,4	entre 0,04 et 0,16	Corrélation d'intensité moyenne
entre 0,4 et 0,7	entre 0,16 et 0,49	Corrélation forte
entre 0,7 et 1,0	entre 0,49 et 1,00	Corrélation très forte

5.4. Calcul de la vitesse standard de déneigement dans la circonscription du Département d'aménagement et de construction d'Asahikawa

La formule 2 permet le calcul de la vitesse standard de déneigement dans la circonscription d'Asahikawa.

$$y = \exp(-0.009x_1 - 0.214x_2 - 0.704x_3 + 0.162x_4 - 2.047x_5 - 0.110x_6 - 0.158x_7 + 3.128)$$

– Formule 2 –

- y : vitesse standard de déneigement (km/h)
- x_1 : intensité des précipitations de neige (cm)
- x_2 : qualité de la neige (neige coulante) (pourcentage)
- x_3 : secteurs densément peuplés (pourcentage)
- x_4 : régions montagneuses (pourcentage)
- x_5 : volume de trafic nocturne (nombre de véhicules par secteur)
- x_6 : longueur des fossés d'écoulement des eaux nivales (km)
- x_7 : nombre de carrefours sans feux de circulation

5.5. Vitesse standard de déneigement dans la circonscription du Département d'aménagement et de construction d'Asahikawa

Le tableau 6 représente les résultats de la comparaison entre la vitesse standard de déneigement obtenue d'après notre analyse et la vitesse réelle enregistrée sur les chasse-neige. Dans ce même tableau, en classant les pourcentages de la vitesse standard de déneigement situés dans un écart de plus ou moins 10%, nous avons également fait le tri entre les secteurs où les opérations de déneigement semblent relativement efficaces, et ceux où elles paraissent inefficaces.

Tableau 6 : Comparaison entre la vitesse standard de déneigement et la vitesse réelle (valeurs de référence)

District	Secteur	Vitesse réelle de déneigement (km/h)	Vitesse standard de déneigement (km/h)	Différence (km/h)	Pourcentage (%)
Asahikawa	a	12,45	12,33	-0,12	101
	b	12,42	12,79	0,37	97
	c	12,99	12,83	-0,16	101
	d	16,32	15,27	-1,05	107
	e	15,83	17,95	2,12	88
Shibetsu	a	18,80	19,75	0,95	95
	b	23,58	22,10	-1,48	107
	c	18,53	17,79	-0,74	104
	d	20,95	19,25	-1,70	109
	e	16,94	18,75	1,81	90
Bifuka	a	22,31	21,70	-0,61	103
	b	23,71	24,14	0,43	98
	c	19,22	21,45	2,23	90
	d	23,83	24,00	0,17	99
Furano	a	18,25	18,74	0,49	97
	b	20,39	21,65	1,26	94
	c	17,50	17,42	-0,08	100
	d	23,07	22,76	-0,31	101
Kamikawa	a	22,15	19,80	-2,35	112
	b	23,76	22,34	-1,42	106
	c	24,12	20,87	-3,25	116
	d	23,74	25,18	1,44	94
	e	16,92	19,58	2,66	86

Vitesse réelle de déneigement / Vitesse standard de déneigement > 1,1 = Secteur où les opérations de déneigement sont efficaces

Vitesse réelle de déneigement / Vitesse standard de déneigement < 0,9 = Secteur où les opérations de déneigement ne sont inefficaces

5.6. Vérification des résultats de l'enquête par entretien et de l'analyse

En comparant les résultats de l'enquête adressée aux opérateurs de chasse-neige aux résultats de l'analyse, nous avons pu vérifier la validité des résultats de l'analyse. En effet, la force du degré d'influence des éléments urbains, ainsi que d'autres points de l'étude, correspondent la plupart du temps dans les deux cas.

Il faut cependant noter l'existence de divergences entre les impressions ressenties par les opérateurs de véhicules et les résultats de l'analyse concernant certaines constructions, notamment les ponts. Pour les opérateurs, ce sont en effet des passages qui réclament toute leur attention, mais, en fait, il ne s'agit que de portions courtes qui n'ont pas de réelle influence sur la vitesse de déneigement.

6. EXEMPLE D'APPLICATION DES RESULTATS DE L'ANALYSE (ETUDES DE CAS)

En utilisant la vitesse standard de déneigement pour chaque secteur obtenue lors de notre analyse et en calculant les longueurs de secteurs optimales, nous avons réalisé une étude de cas sur la programmation du positionnement des chasse-neige.

En tant que postulat de départ, nous avons fixé, comme niveau de contrôle, la hauteur maximale des précipitations de neige tolérée à 10 cm, comme c'est le cas dans la réalité, et nous n'avons pas tenu compte des conditions géographiques (limites des circonscriptions du bureau, emplacement des stations de déneigement, points de retournement des chasse-neige, etc.).

Concrètement, nous pouvons calculer le temps de déneigement toléré, qui permet d'atteindre la hauteur maximale des précipitations de neige tolérée, à partir des valeurs de l'intensité des précipitations de neige de 95% pour chaque secteur (formule 3).

En outre, en déterminant la longueur limite d'intervention à partir de la vitesse standard de déneigement calculée d'après la formule 2, nous pouvons obtenir les longueurs de secteurs optimales, suivant la vitesse standard de déneigement qui répond aux caractéristiques du territoire et des routes (formule 4).

$$\Sigma s = Cl / Si \quad \text{– Formule 3 –}$$

Σs : temps de déneigement toléré
 Cl : hauteur maximale des précipitations de neige tolérée
 Si : intensité des précipitations de neige

$$\Sigma e = \Sigma s \times y \quad \text{– Formule 4 –}$$

Σe : longueur limite d'intervention
 Σs : temps de déneigement toléré
 y : vitesse standard de déneigement

A partir des secteurs actuels (figure 4) a, b1 et b2, nous avons utilisé la vitesse standard de déneigement calculée avec la formule 2 pour déterminer des longueurs limites d'intervention qui atteignent la hauteur maximale des précipitations de neige tolérée (formules 3 et 4). Ceci nous a permis de proposer la réorganisation des secteurs présentée par la figure 5.

Dans le secteur A, obtenu après réorganisation (cf. tableau 7), l'intensité des précipitations de neige est de 2,5 cm/h et la vitesse standard de déneigement de 18,74 km/h. A partir de ces chiffres, nous obtenons une hauteur maximale des précipitations de neige tolérée de 10 cm/2,5 cm/h = 4,0 h et une longueur limite d'intervention de 18,74 km/h × 4,0 h = 74,96 km. Ainsi, il est possible de réorganiser le secteur A tel qu'il comprenne le secteur a actuel, ainsi que 28 km du secteur b1.

De la même façon, la longueur limite d'intervention du secteur B réorganisé est de 61,92 km. La longueur totale du reste du secteur b1 et du secteur b2 actuels étant de 61,868 km, elle est inférieure à la longueur limite d'intervention du secteur B, il est devenu possible d'éliminer un des secteurs de déneigement.

【Situation actuelle】

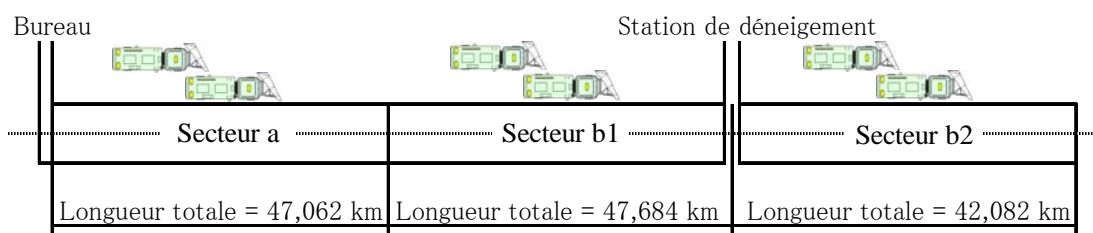


Figure 4 : Etude de cas (secteurs de déneigement actuels)

【Plan de réorganisation】

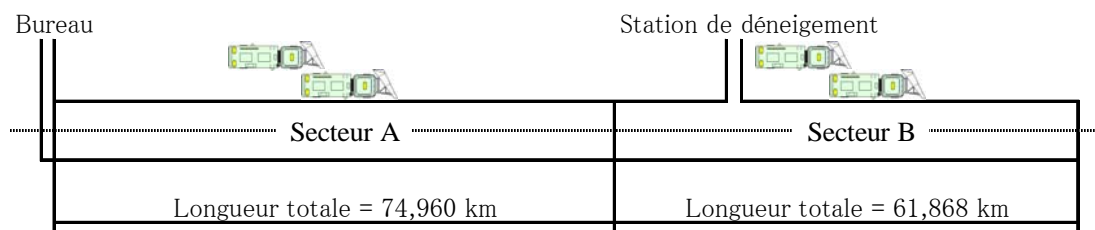


Figure 5 : Etude de cas (plan de réorganisation des secteurs de déneigement)

Tableau 7: Etude de cas (exemple de calcul de la longueur limite d'intervention)

	Hauteur maximale des précipitations de neige tolérée (h)	Intensité des précipitations de neige (cm/h)	Temps de déneigement toléré (h)	Vitesse standard de déneigement (km/h)	Longueur limite d'intervention (km)
Secteur A	10,00	2,50	4,00	18,74	74,96
Secteur B	10,00	3,50	2,86	21,65	61,92

Nous avons repris la même étude de cas pour l'ensemble de la circonscription du Département d'aménagement et de construction d'Asahikawa (23 secteurs). Dans cinq secteurs où les chasse-neige n'étaient pas en nombre suffisant (le travail n'était pas achevé dans le temps de déneigement toléré), le travail a pu être terminé dans les temps. Ensuite, il a été possible d'éliminer trois secteurs, ce qui a permis l'économie de 230 millions de yens correspondant à l'achat et aux frais d'entretien de six chasse-neige. Si l'on suppose qu'il faille changer les véhicules tous les 15 ans, cela permet de réduire de 15 millions de yens par an les frais d'acquisition et d'entretien.

Les résultats ci-dessus montrent qu'il est possible à la fois d'améliorer la qualité du service offert usagers de la route et de réduire les coûts, en réorganisant les secteurs de déneigement.

7. CONCLUSION

L'objet de cette étude était, en tenant compte des caractéristiques du territoire et des routes, de formuler la vitesse standard de déneigement à partir de laquelle il serait possible d'établir un programme de positionnement des chasse-neige efficace (uniformisation des services de déneigement) et économique (réduction des coûts). Nous avons obtenu les résultats suivants.

7.1. Calcul de la vitesse standard de déneigement

Nous avons établi une méthode permettant de calculer la vitesse standard de déneigement dépendante des caractéristiques du territoire et des routes, en appréhendant quantitativement les facteurs créés par les conditions du terrain et leur degré d'influence sur la vitesse de déneigement.

7.2. Développement de programmes de positionnement des chasse-neige

La réalisation d'études de cas pour des programmes efficaces et économiques de positionnement des chasse-neige permettant l'évaluation de l'efficacité des opérations de déneigement et l'uniformisation des services offerts aux usagers de la route, nous a permis de vérifier la validité de notre calcul de la vitesse standard de déneigement.

En outre, à partir du calcul de cette vitesse standard, il est possible d'établir des programmes de positionnement des chasse-neige adaptés aux changements des niveaux

de contrôle.

7.3. Amélioration du contrôle des opérations de déneigement

La détermination de la vitesse standard de déneigement permet d'appréhender les effets de certains facteurs sur l'efficacité et l'inefficacité des opérations de déneigement, ce qui laisse entrevoir la possibilité d'améliorations constantes de l'efficacité des opérations de déneigement.

8. POSTFACE

Les problèmes restés en suspens et les futurs développements liés à notre étude sont les suivants.

8.1. Problèmes en suspens

Il est nécessaire d'améliorer la précision et la pertinence de la formule de calcul de la vitesse standard de déneigement, en réalisant la même étude sur d'autres districts et secteurs, pour augmenter le nombre d'échantillons et extraire des facteurs d'influence sur la vitesse de déneigement qui prennent en compte davantage de caractéristiques territoriales.

Il faudrait également établir des bases de données sur la vitesse réelle de déneigement et sur ses facteurs d'influence, qui tiennent compte des corrections périodiques de divers facteurs et des développements futurs.

Enfin, il est nécessaire d'appréhender et d'estimer la performance des équipements de déneigement, qui est un élément de la performance des opérations de déneigement (performance des équipements de déneigement × conditions du terrain) pour étudier les excès et les insuffisances des performances des chasse-neige par rapports aux conditions du terrain.

8.2. Futurs développements

La méthode, que nous avons développée dans cette étude pour le calcul de la vitesse standard de déneigement (variable endogène) déterminée par les caractéristiques du territoire et des routes, pourrait être appliquée à d'autres variables endogènes, telles que les lieux ou les quantités de pulvérisation de produit antigel.

RÉFÉRENCES (EN JAPONAIS)

[1] Agence de la météorologie nationale : statistiques sur le climat
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/>

[2] OGAMI Tetsuya, IZUMISAWA Katsufumi, KOIWA Yuta : *Elaboration d'une méthode de gestion du positionnement des chasse-neige en tenant compte des caractéristiques du territoire et des routes (Chiiki, rosen tokusei wo kōryo shita josetsukikai haichi ni kansuru manejimento shuhō no kakuritsu)*, Institut National pour la Gestion du Territoire et des Infrastructures ; Ministère de l'Aménagement du Territoire, des Infrastructures, des Transports et du Tourisme, octobre 2008