

# EVALUATION DES BENEFICES PRODUITS PAR LE DENEIGEMENT DES ROUTES DANS LA REGION DU TOHOKU

Hisayoshi MORISUGI\*, Yasuhisa HAYASHIYAMA\*\*, Masaki SAITO\*\*\*,  
et Chikara SATO\*\*\*\*

\* Institut supérieur des sciences de l'information, Université de Tohoku

\*\* Institut supérieur d'économie et de gestion, Université de Tohoku

\*\*\* Institut supérieur d'économie et de gestion, Université de Tohoku

\*\*\*\* Département des routes, Direction régionale du Tohoku, Ministère de l'aménagement du territoire et des transports

## 1. Introduction

Durant l'hiver, la neige accumulée obstrue la circulation routière, perturbant ainsi sérieusement la vie quotidienne de la population ainsi que les diverses activités sociales et économiques. Afin de prévenir ces problèmes, le Ministère de l'aménagement du territoire et des transports ainsi que les différentes administrations régionales exécutent des opérations de déneigement afin d'assurer des conditions de circulation sûres, fluides et confortables durant chaque hiver. Mais dans le contexte de la situation financière particulièrement difficile que connaît le Japon, les opérations de déneigement doivent être exécutées de manière efficace et leur efficacité doit être clarifiée de manière quantitative.

Cette étude se place du point de vue que les effets de ces opérations de déneigement doivent être évalués au moyen d'une analyse du rapport coûts/bénéfices et les bénéfices doivent être évalués au moyen d'une analyse du surplus des consommateurs qui est utilisée par tous les manuels d'évaluation destinés aux projets de circulation. Cette position est justifiée par deux raisons principales. Premièrement, si on utilise une courbe de demande de trafic d'équilibre général, il est possible de mesurer les effets répercutés à travers les mécanismes du marché. Deuxièmement, en intégrant des éléments tels que la ponctualité, le confort de la conduite, etc. assurés par les opérations de déneigement au coût de déplacement généralisé, il est possible de représenter les avantages comme une réduction du coût de déplacement généralisé. De ce point de vue, on peut classer les précédentes recherches menées par Tanabe et coll.,<sup>1)</sup> dans les catégories suivantes. Les recherches menées en vue de mesurer les effets répercutés sur la base d'un modèle numérique telles que celles par Igarashi<sup>2)</sup>, par Chiba et coll.<sup>3)</sup> ainsi que par McBride et Joseph<sup>4)</sup>. Morohashi et Umemura<sup>5)</sup> ont mesuré les effets des opérations de déneigement en fonction du prix des terrains. Le problème posé par leurs recherches est le caractère arbitraire de ces modèles qui sont fixés sans aucun lien avec les principes de l'action individuelle. Les modèles liés au volume de circulation sont souhaitables. Les recherches qui tentent de représenter les effets des opérations de déneigement en tant qu'une économie des coûts de déplacement généralisée incluent celles menées par Sakai<sup>6)</sup>, Karl Moritz<sup>7)</sup>, le Bureau du Développement de Hokkaido<sup>8)</sup> et McBride et Joseph<sup>4)</sup>. Toutes ces recherches mesurent les pertes occasionnées par les retards, l'effet des opérations de déneigement sur la diminution des dégâts directs, etc. Mais elles n'ont pu parvenir à convertir l'effet des opérations de déneigement sur la ponctualité et

le confort de conduite en valeurs monétaires. Hayashiyama et coll. <sup>9)</sup> ont mesuré les bénéfices des opérations de déneigement en se basant sur des méthodes d'évaluation contingente (CMV) mais ils n'ont pu les relier aux activités de la circulation, ceci signifiant que la fiabilité et le degré de confiance que l'on peut accorder aux résultats obtenus sont limités. A la connaissance des auteurs de cette présente étude, aucune recherche menée jusqu'à présent n'a été capable de mesurer avec succès les bénéfices des opérations de déneigement en se basant sur l'analyse du surplus des consommateurs qui prenne en considération le confort de conduite et la ponctualité dans ce sens. Les problèmes à résoudre sont l'estimation du coût de déplacement généralisé et le changement du volume de circulation causés par les opérations de déneigement. Si on considère que le dernier point a peu d'élasticité et n'est modifié que légèrement, la présente étude se concentre sur le premier problème. Morikawa <sup>10)</sup> explique que les données concernant la préférence déclarée (SP) sont adéquates pour l'évaluation des attributs qualitatifs tels que le confort de la conduite et la sécurité, et ces recherches ont été menées au moyen de questionnaires d'enquête concernant la sélection de l'itinéraire par les automobilistes et en collectant des données concernant la préférence déclarée en vue de mesurer le coût de déplacement généralisé.

## 2. Concepts de la présente étude

### (1) Formulation des questions

On a adopté pour l'enquête un questionnaire de type à double comparaison comme indiqué à la Figure 1 avec un ensemble de conditions expliquées ci-dessous afin d'obtenir une fonction utilitaire des utilisateurs des véhicules et estimer leur sens de la valeur. La Figure 1 indique une question concernant le compromis entre la durée requise et les droits de péage, mais d'autres questions comparent la ponctualité et le confort de conduite pour chaque niveau de déneigement. L'enquête au moyen d'un questionnaire de type à double comparaison a été utilisée par Kono et coll. <sup>11)</sup> afin de mesurer l'incertitude concernant le temps requis sur le système d'autoroutes métropolitaines. Les avantages de ce type d'enquête sont les suivants : d'une part, il peut clairement rendre compte de la relation de compromis entre les deux éléments considérés et d'autre part les personnes interrogées peuvent répondre aisément à ce type de questionnaire. Un autre point fort de cette formule est la possibilité d'utiliser un profil partiel qui indique uniquement les attributs qui diffèrent et elle peut être utilisée pour évaluer un nombre relativement important d'attributs <sup>12)</sup>.

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">Itinéraire A :</td> <td style="padding: 5px;">Pas de droit de péage perçu mais de la neige accumulée demeure sur le trajet et le conducteur ressent une certaine tension provoquée par la neige.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Itinéraire B :</td> <td style="padding: 5px;">Un droit de péage de 100 yen est perçu mais la surface de la chaussée est parfaitement dégagée comme lorsqu'il n'y pas eu de chutes de neige</td> </tr> </table> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">Lorsque vous avez le choix entre les deux itinéraires hypothétiques susmentionnés, quelle réponse choisissez-vous parmi les réponses 1 – 3 indiquées ci-dessous.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">1. Itinéraire A</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">2. Je suis indécis.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">3. Itinéraire B</td> </tr> </table>	Itinéraire A :	Pas de droit de péage perçu mais de la neige accumulée demeure sur le trajet et le conducteur ressent une certaine tension provoquée par la neige.	Itinéraire B :	Un droit de péage de 100 yen est perçu mais la surface de la chaussée est parfaitement dégagée comme lorsqu'il n'y pas eu de chutes de neige	1. Itinéraire A	2. Je suis indécis.	3. Itinéraire B
Itinéraire A :	Pas de droit de péage perçu mais de la neige accumulée demeure sur le trajet et le conducteur ressent une certaine tension provoquée par la neige.						
Itinéraire B :	Un droit de péage de 100 yen est perçu mais la surface de la chaussée est parfaitement dégagée comme lorsqu'il n'y pas eu de chutes de neige						
1. Itinéraire A							
2. Je suis indécis.							
3. Itinéraire B							

**Figure 1. Questionnaire du type à double comparaison**

(2) Conditions communes pour répondre au questionnaire

- [1] Le véhicule que la personne interrogée conduit est une voiture particulière équipée d'équipements destinés à garantir l'adhérence à la chaussée (pneus sans clou, chaînes).
- [2] La personne interrogée conduit lui-même son véhicule et ne transporte pas de passagers.
- [3] La route est à deux voies avec un voir dans chaque sens de circulation.
- [4] Les routes dans la région sont parfaitement plates.

(3) Types de conditions hypothétiques

On a préparé cinq groupes de questionnaires en fixant les ensembles de conditions comme indiqué sur le Tableau 1 concernant la période durant laquelle s'effectue le trajet, les conditions atmosphériques et la visibilité, le but du déplacement et la possibilité ou l'impossibilité d'un retard.

**Tableau 1 Conditions hypothétiques et types de questionnaires**

Catégorie	I	II	III	IV	V
Période durant laquelle s'effectue le trajet	Temps clair et bonne visibilité	Durant la nuit	Durant la journée	Durant la journée	Durant la journée
Conditions atmosphériques et visibilité	Temps clair et bonne visibilité	Temps clair et bonne visibilité	Pluie et mauvaise visibilité	Temps clair et bonne visibilité	Temps clair et bonne visibilité
But du déplacement	Déplacement professionnel	Déplacement professionnel	Déplacement professionnel	Voyage personnel	Voyage personnel
Possibilité ou impossibilité d'un retard	Retard impossible	Retard impossible	Retard impossible	Retard impossible	Retard possible

(4) Fixer le niveau du déneigement

Le niveau du déneigement a été réparti en six niveaux différents sur le Tableau 2. Mais l'état de la surface de la chaussée dans les conditions du présent niveau de déneigement a été fixé en hypothèse au niveau 3.

**Tableau 2. Niveaux de déneigement de la chaussée sélectionnés**

Niveau de déneigement	Conditions
1	La surface de la chaussée est totalement dégagée comme s'il n'y avait pas eu de chutes de neige (si la chaussée est revêtue d'asphalte, la surface de la chaussée est parfaitement noire).
2	Une très légère couche de neige demeure à la surface de la chaussée (si la chaussée est revêtue d'asphalte, la surface de la chaussée est grise).
3	De la neige accumulée demeure sur la chaussée mais de traces d'ornières.
4	Même conditions que pour les niveaux 2 et 3 indiqués ci-dessus lorsque la surface de la chaussée est gelée (chaussée verglacée).
5	La neige a été enlevée et la surface de la chaussée est visible mais celle-ci est verglacée.
6	On n'a procédé à aucune opération de déneigement ou de fonte de la neige.

(5) Sélection de la fonction utilitaire

Comme indiqué à l'équation (1), on a choisi une fonction utilitaire de type linéaire.

$$U = \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \alpha_3 X_3 + \beta_2 D_2 + \beta_3 D_3 + \beta_4 D_4 + \beta_5 D_5 + \beta_6 D_6 \quad (1)$$

$X_1$  : Droit de péage (yen)

$X_2$  : Durée requise (minutes)

$X_3$  : ponctualité (retard % $X_3$  à partir de la durée requise  $X_2$  avec un taux de probabilité de 50%)

- $D_i$  : Modèles symboliques simulés pour la surface de la chaussée pour le niveau  $i$  (si les niveaux de déneigement  $i$ ,  $D_i = 1$ , sinon 0)
- $\alpha, \beta$  : coefficients des attributs

Si on considère en hypothèse que les personnes interrogées sélectionneront un itinéraire en prenant en considération une différence de commodité (d'utilité) entre l'itinéraire A et l'itinéraire B, la variable  $z$  qui représente la différence de commodité est introduite pour tenir compte d'une erreur de jugement comme indiqué par l'équation 2 en vue de construire un modèle logit et estimer la pondération  $\alpha$ 's et  $\beta$ 's

$$z = U^A - U^B = \sum_{i=1}^3 \alpha_i (X_i^A - X_i^B) + \sum_{j=2}^6 \beta_j (D_j^A - D_j^B) + \varepsilon \quad (2)$$

- $U^A, U^B$  : commodité de l'itinéraire A et de l'itinéraire B.
- $\varepsilon$  : variable de probabilité avec la loi de doublement exponentielle

Alors la probabilité  $P_A$  de sélectionner l'itinéraire A peut être exprimée par la formule suivante

$$P_A = \frac{1}{1 + \exp(U_B - U_A)} \quad (3)$$

### 3. Grandes lignes et résultats de l'enquête

#### (1) Régions étudiées

**Tableau 3. Régions où l'enquête a été menée**

Localisation des études de cas			Durée du trajet	Volume moyen de la circulation (véhicules/jour)
No.	Désignation de la route	Tronçon entre les villes suivantes	Vitesse moyenne	
[1]	Route nationale N° 7	Ville de Hirosaki – Ville d'Aomori	57 min.	22.205
		38,1 km	40,1 km/h	
[2]	Route nationale N° 13	Ville de Yamagata – Ville de Shinjo	84 min.	30.564
		61,2 km	43,7 km/h	
[3]	Route nationale N° 13	Ville de Yuzawa – Ville de Yokote	28 min.	15.742
		17,5 km	37,5 km/h	
[4]	Route nationale N° 49	Ville de Koriyama – Ville de Aizuwakamatsu	76 min.	14.686
		60,6 km	47,8 km/h	
[5]	Route nationale N° 113	Ville de Oguni – Ville de Nanyo	55 min.	8.209
		43,2 km	47,1 km/h	

Les cinq secteurs de la région du Tokoku indiquées sur le Tableau 3 ont été sélectionnés pour l'enquête. Ils ont été sélectionnés car ils se trouvent dans des secteurs connaissant d'importantes chutes de neige et qu'ils n'incluent pas de cols et également en fonction de la distance séparant lesdites villes. Les durées du trajet et les vitesses de déplacement indiquées sur le Tableau sont celles observées durant les saisons autres que l'hiver.

#### (2) Résultats des estimations des paramètres

Le Tableau 4 indique les résultats des estimations des paramètres pour les fonctions utilitaires linéaires.

**Tableau 4. Résultats des estimations des paramètres**

No.	Type	Localisation	Caractéristique	$\alpha_1$		$\alpha_2$		$\alpha_3$		$\beta_2$		$\beta_3$		$\beta_4$		$\beta_5$		$\beta_6$		Valeur corrigée pour probabilité	Exactitude (%)
				Valeur estimée	Valeur t	Valeur estimée	Valeur t	Valeur estimée	Valeur t	Valeur estimée	Valeur t	Valeur estimée	Valeur t	Valeur estimée	Valeur t	Valeur estimée	Valeur t	Valeur estimée	Valeur t		
1	I	①R7	46	-0,003	-28,00	-0,118	-9,53	-9,049	-44,83	-0,013	-0,09	-1,229	-9,95	-3,119	-24,24	-3,451	-23,03	-5,037	-29,87	0,3889	81,84%
2	II	Hirosaki	65	-0,003	-33,67	-0,060	-5,87	-6,651	-44,59	-0,229	-1,88	-1,352	-12,90	-3,094	-28,18	3,157	-25,54	-4,727	-35,51	0,3927	80,98%
3	III	~	55	-0,003	-31,58	-0,042	-3,81	-6,433	-37,52	-0,198	-1,51	-1,526	-13,26	-3,715	-30,88	-3,503	-25,37	-5,155	-34,48	0,3910	82,32%
4	IV	Aomori	50	-0,002	-27,96	-0,007	-0,59	-3,697	-22,78	-0,235	-1,77	-1,075	-9,68	-2,647	-22,61	-2,979	-22,20	-3,977	-27,47	0,3438	79,06%
5	V		78	-0,002	-35,30	-0,022	-2,48	-3,277	-23,97	-0,255	-2,40	-1,238	-13,67	-3,114	-32,69	-3,313	-29,93	-4,518	-37,50	0,3520	80,26%
6	I	②R13	54	-0,002	-34,21	-0,084	-18,18	-4,004	-38,26	-0,114	-0,95	-1,830	-17,46	-3,821	-34,82	-4,241	-31,41	-5,811	-46,23	0,4740	85,72%
7	II	Yamagata	67	-0,002	-32,51	-0,064	-16,68	-4,144	-37,54	-0,134	-1,16	-1,885	-18,28	-4,226	-39,40	-4,058	-32,15	-6,120	-45,77	0,4667	85,92%
8	III	~	68	-0,002	-34,88	-0,049	-14,64	-3,055	-37,38	-0,061	-0,59	-1,379	-16,00	-3,362	-36,82	-3,247	-31,46	-4,475	-43,34	0,3779	82,92%
9	IV	Shinjo	73	-0,002	-31,79	-0,046	-14,14	-2,412	-32,15	-0,113	-1,13	-1,226	-14,75	-2,870	-32,36	-3,033	-30,06	-3,907	-39,12	0,3215	80,43%
10	V		73	-0,003	-39,05	-0,062	-17,01	-4,111	-44,42	-0,561	-4,90	-2,234	-22,13	-4,616	-43,84	-4,993	-42,21	-6,323	-35,28	0,4936	86,51%
11	I	③R13	69	-0,003	-34,18	-0,052	-7,68	-3,125	-31,46	-0,253	-2,27	-1,020	-11,58	-2,599	-27,73	-2,553	-25,14	-4,881	-46,54	0,4012	82,50%
12	II	Yuzawa	73	-0,003	-34,94	-0,069	-10,25	-4,142	-41,41	-0,076	-0,70	-0,955	-11,01	-2,556	-27,73	-2,641	-26,50	-4,139	-40,57	0,4117	83,19%
13	III	~	72	-0,004	-36,84	-0,097	-13,56	-5,457	-49,99	-0,113	-1,00	-1,470	-15,42	-3,432	-34,17	-3,425	-31,38	-5,464	-48,62	0,4619	84,23%
14	IV	Yokote	68	-0,003	-36,38	-0,070	-10,15	-4,199	-40,23	-0,274	-2,45	-1,473	-15,80	-3,424	-34,70	-3,697	-34,44	-5,187	-47,23	0,4371	84,60%
15	V		53	-0,003	-28,69	-0,036	-4,71	-2,973	-26,70	-0,168	-1,31	-0,789	-7,94	-2,215	-20,86	-2,366	-20,60	-3,732	-32,00	0,3730	81,69%
16	I	④R49	53	-0,002	-31,36	-0,069	-15,77	-3,572	-33,80	-0,225	-1,80	-1,941	-17,40	-4,489	-38,66	-4,732	-34,46	-6,325	-44,54	0,4812	86,83%
17	II	Koriyama	60	-0,002	-32,05	-0,072	-17,11	-3,754	-34,87	-0,203	-1,67	-2,126	-19,45	-4,775	-41,90	-4,653	-34,72	-5,887	-43,25	0,4805	86,24%
18	III	~	57	-0,002	-27,74	-0,069	-15,92	-3,171	-29,72	-0,371	-2,92	-2,039	-17,88	-4,271	-35,87	-4,538	-32,27	-5,813	-40,38	0,4471	84,68%
19	IV	Aizu	56	-0,002	-28,38	-0,066	-16,12	-3,488	-32,28	-0,144	-1,16	-1,900	-17,09	-4,566	-39,53	-4,359	-31,42	-6,164	-42,50	0,4745	85,85%
20	V		43	-0,001	-24,27	-0,063	-14,01	-3,091	-25,73	-0,364	-2,70	-1,795	-15,11	-4,039	-32,46	-3,719	-25,35	-5,446	-35,98	0,4070	83,31%
21	I	⑤R113	80	-0,002	-33,37	-0,056	-6,28	-5,102	-36,76	-0,190	-1,80	-1,038	-11,59	-2,414	-25,67	-2,613	-24,29	-3,981	-33,89	0,3033	77,77%
22	II	Oguni	77	-0,002	-31,88	-0,018	-1,91	-5,701	-34,75	-0,293	-2,62	-1,287	-13,33	-3,192	-31,62	-3,103	-25,99	-5,152	-38,75	0,3494	81,44%
23	III	~	77	-0,002	-34,05	-0,051	-5,40	-5,943	-39,87	-0,110	-1,00	-1,277	-13,47	-3,024	-30,39	-2,802	-24,32	-4,854	-38,65	0,3433	79,94%
24	IV	Nanyo	82	-0,002	-35,89	-0,059	-6,40	-8,403	-54,89	-0,281	-2,54	-1,320	-13,72	-3,170	-31,62	-3,164	-27,22	-5,186	-40,37	0,3710	81,82%
25	V		72	-0,003	-33,95	-0,055	-5,39	-4,112	-27,17	-0,282	-2,36	-1,475	-14,24	-3,464	-31,91	-3,230	-26,25	-5,580	-41,84	0,3951	81,44%

Pour la notation de  $\alpha$  et  $\beta$ , voir équation (1).

**Tableau 5. Résultats des estimations des paramètres (variable symbolique simulé pour niveau 2 exclue)**

No.	Type	Localisation	Caractéristique	$\alpha_1$		$\alpha_2$		$\alpha_3$		$\beta_3$		$\beta_4$		$\beta_5$		$\beta_6$		Valeur corrigée pour probabilité	Exactitude (%)
				Valeur estimée	Valeur t	Valeur estimée	Valeur t	Valeur estimée	Valeur t	Valeur estimée	Valeur t	Valeur estimée	Valeur t	Valeur estimée	Valeur t	Valeur estimée	Valeur t		
1	I	①R7	46	-0,002	-27,80	-0,113	-9,06	-8,729	-65,93	-1,170	-13,26	-3,003	-39,98	-3,323	-35,88	-4,848	-52,74	0,389	0,822
2	II	Hirosaki	65	-0,003	-33,45	-0,054	-5,37	-6,279	-64,14	-1,060	-14,85	-2,738	-43,85	-2,781	-36,77	-4,275	-62,96	0,380	0,808
3	III	~	55	-0,002	-30,82	-0,037	-3,36	-6,050	-54,60	-1,258	-15,88	-3,359	-50,77	-3,141	-37,55	-4,704	-59,36	0,377	0,819
4	IV	Aomori	50	-0,002	-27,57	0,003	-0,23	-3,449	-30,80	-0,790	-10,14	-2,314	-31,94	-2,607	-31,40	-3,568	-46,50	0,336	0,790
5	V		78	-0,002	-34,58	-0,018	-2,00	-3,047	-32,56	-0,925	-14,58	-2,740	-47,29	-2,894	-42,98	-4,063	-61,00	0,345	0,805
6	I	②R13	54	-0,002	-33,10	-0,080	-17,83	-3,814	-44,74	-1,634	-23,02	-3,551	-59,06	-3,918	-52,18	-5,422	-67,39	0,472	0,856
7	II	Yamagata	67	-0,002	-30,87	-0,061	-16,23	-3,965	-45,15	-1,665	-24,04	-3,925	-70,07	-3,726	-51,17	-5,722	-61,91	0,469	0,859
8	III	~	68	-0,002	-33,43	-0,047	-14,17	-2,936	-42,63	-1,255	-20,94	-3,172	-55,87	-3,027	-47,25	-4,225	-59,46	0,376	0,829
9	IV	Shinjo	73	-0,002	-30,20	-0,044	-13,68	-2,326	-35,51	-1,057	-18,34	-2,651	-46,57	-2,779	-44,73	-3,642	-51,63	0,319	0,799
10	V		73	-0,002	-37,92	-0,060	-16,66	-3,959	-51,16	-1,615	-24,22	-3,940	-70,12	-4,258	-60,70	-5,549	-72,60	0,489	0,861
11	I	③R13	69	-0,003	-33,13	-0,047	-7,03	-2,937	-37,87	-0,692	-10,78	-2,193	-33,56	-2,117	-30,54	-4,311	-62,65	0,389	0,823
12	II	Yuzawa	73	-0,003	-34,60	-0,064	-9,71	-3,963	-51,47	-0,814	-13,11	-2,356	-39,25	-2,403	-35,91	-3,850	-64,17	0,402	0,828
13	III	~	72	-0,003	-36,62	-0,092	-13,04	-5,216	-63,44	-1,281	-19,08	-3,178	-52,98	-3,131	-43,63	-5,078	-76,21	0,454	0,839
14	IV	Yokote	68	-0,003	-35,78	-0,065	-9,60	-3,999	-48,96	-1,124	-17,24	-3,002	-50,00	-3,226	-46,10	-4,644	-71,97	0,426	0,846
15	V		53	-0,003	-28,03	-0,032	-4,22	-2,811	-31,76	-0,558	-7,80	-1,922	-26,23	-2,032	-26,16	-3,348	-46,37	0,359	0,803
16	I	④R49	53	-0,002	-29,69	-0,065	-15,35	-3,399	-37,89	-1,627	-21,55	-4,077	-66,08	-4,266	-53,68	-5,809	-59,16	0,481	0,865
17	II	Koriyama	60	-0,002	-30,57	-0,069	-16,69	-3,595	-40,02	-1,838	-25,06	-4,398	-77,25	-4,241	-54,95	-5,440	-59,52	0,478	0,858
18	III	~	57	-0,002	-26,32	-0,067	-15,55	-3,054	-33,32	-1,596	-21,12	-3,762	-61,19	-3,980	-49,88	-5,232	-52,79	0,445	0,846
19	IV	Aizu	56	-0,001	-27,00	-0,062	-15,61	-3,306	-36,39	-1,654	-21,91	-4,206	-70,05	-3,966	-50,02	-5,703	-54,66	0,474	0,857
20	V		43	-0,001	-23,07	-0,060	-13,61	-2,965	-30,05	-1,355	-16,99	-3,516	-50,50	-3,173	-37,56	-4,856	-44,61	0,405	0,833
21	I	⑤R113	80	-0,002	-32,22	-0,050	-5,65	-4,736	-52,13	-0,782	-12,62	-2,091	-35,96	-2,268	-34,46	-3,575	-53,96	0,290	0,777
22	II	Oguni	77	-0,002	-30,56	-0,013	-1,39	-5,351	-52,25	-0,933	-13,55	-2,767	-44,49	-2,657	-36,65	4,623	-57,35	0,343	0,808
23	III	~	77	-0,002	-33,19	-0,045	-4,84	-5,555	-59,17	-1,098	-16,44	-2,776	-47,49	-2,539	-35,88	-4,490	-62,03	0,331	0,799
24	IV	Nanyo	82	-0,002	-35,84	-0,056	-6,15	-8,180	-85,54	-1,010	-15,21	-2,836	-48,39	-2,813	-40,32	-4,782	-66,91	0,372	0,823
25	V		72	-0,003	-33,20	-0,050	-4,94	-3,812	-39,02	-1,134	-15,74	-3,059	-49,74	-2,811	-36,88	-5,041	-70,19	0,385	0,810

Les paramètres estimés indiquent qu'aucun des signes n'est contraire au bon sens et que les valeurs t de tous les paramètres, excepté pour le modèle simulé du niveau 2, sont bons. Un examen des réponses individuelles indique qu'à cause que les réponses pour le niveau 2 de déneigement (très légère couche de neige) et pour le niveau 1 de déneigement (neige complètement éliminée) tendent fréquemment à être similaires, la valeur t pour le niveau 2 de déneigement (très légère couche de neige) est faible. Ceci est interprété comme exprimant le fait que lorsque le niveau de déneigement est le niveau 2 (la surface de la chaussée et la ligne médiane sont visibles sous une très fine couche de neige), les usagers portent un jugement de valeur identique à celui pour le niveau "1", c'est-à-dire que la neige est éliminée jusqu'à ce que la surface de la chaussée soit complètement visible. Parce que la valeur t de la variable simulée du niveau de déneigement 2 est faible et n'est pas significative comme nous l'avons expliqué ci-dessus, on a éliminé celle-ci pour fixer les paramètres une seconde fois. Les résultats sont indiqués sur le Tableau 5.

### (3) Coefficients du coût de déplacement généralisé selon les tronçons de route.

Le coût de déplacement généralisé pour les usagers de la route calculé en yen comme unité est obtenu en divisant les paramètres ( $\alpha_2, \alpha_3, \beta_2 - \beta_6$ ) qui ont été fixés par le paramètre pour le droit de péage ( $\alpha_1$ ). L'équation (3) indique le coût de déplacement généralisé d'ensemble C.

$$C = \frac{U}{\alpha_1} = X_1 + \gamma_2 X_2 + \gamma_3 X_3 + \delta_2 D_2 + \delta_3 D_3 + \delta_4 D_4 + \delta_5 D_5 + \delta_6 D_6 \quad (4)$$

Lorsque

$$\gamma_i = \alpha_i / \alpha_1, \quad \delta_i = \beta_i / \alpha_1$$

$\gamma_2$ : valeur de la durée (yen/minutes)

$\gamma_3$ : valeur de la ponctualité (yen/%)

$\delta_i$ : coût du niveau d'enneigement i relatif au niveau 1 (yen), ( $i = 2 - 6$ )

Le Tableau 6 indique les résultats de l'organisation des termes dans l'équation (3).

Si on se concentre sur le Questionnaire N°1 indiqué sur le tableau 6, on constate que le coût de déplacement généralisé est réduit de  $2005,65 - 484,08 = 1521,57$  (Yen/véhicule-déplacement) si le niveau est relevé de "pas de déneigement" (niveau 6) au niveau de déneigement actuel (niveau 3). Ceci est l'avantage apporté par l'amélioration du confort par véhicule et par déplacement dans le secteur ayant fait l'objet de l'enquête (1) (de Hirosaki à Aomori) dans les conditions hypothétiques I (trajet de jour, temps clair et bonne visibilité, déplacement professionnel/voyage d'affaires, retard impossible). La valeur monétaire par unité de temps requis est une valeur moyenne de 29 yen/minute, et une comparaison effectuée avec la valeur temps (voiture particulière : 55,82 yen) indiquée dans le Manuel du Département des routes, Ministère de l'aménagement du territoire et des transports, révèle que même si on tient compte des différences concernant le nombre de passagers dans le manuel et de l'hypothèse utilisée pour cette étude (1 personne dans la présente étude, 1,44 personne dans le manuel en question), la valeur dans cette étude tendre à être inférieure. On considère qu'il s'agit du résultat des effets du fait que le niveau requis dans la Région du Tohoku se situe à environ 80% de la moyenne nationale.

**Tableau 6. Coefficients de coût généralisé par tronçon de route**

No.	Type	Localisation	$\gamma_2$	$\gamma_3$	$\delta_3$	$\delta_4$	$\delta_5$	$\delta_6$
1	I	①R7	46,94	36,11	484,08	1.242,43	1.374,78	2.005,65
2	II	Hirosaki	19,13	22,22	375,04	968,82	984,23	1.512,85
3	III	~	15,77	25,74	535,21	1.428,92	1.335,89	2.000,80
4	IV	Aomori	1,18	15,51	355,18	1.040,76	1.172,73	1.605,25
5	V		8,18	13,93	422,77	1.252,93	1.323,32	1.857,95
6	I	②R13	38,10	18,12	776,47	1.686,92	1.861,27	2.576,09
7	II	Yamagata	35,21	22,72	953,78	2.247,91	2.134,22	3.277,06
8	III	~	26,55	16,53	706,40	1.785,79	1.703,79	2.378,53
9	IV	Shinjo	28,77	15,06	684,39	1.716,69	1.799,20	2.358,14
10	V		25,09	16,50	672,97	1.642,25	1.774,70	2.312,97
11	I	③R13	15,23	9,56	225,28	714,14	689,41	1.404,12
12	II	Yuzawa	20,19	12,43	255,31	739,34	753,84	1.207,87
13	III	~	26,60	15,14	371,84	922,22	908,51	1.473,58
14	IV	Yokote	20,78	12,78	359,48	959,76	1.031,32	1.484,74
15	V		11,83	10,51	208,63	718,39	759,50	1.251,58
16	I	④R49	36,20	18,86	903,04	2.262,19	2.366,96	3.223,46
17	II	Koriyama	38,58	20,21	1.032,86	2.472,04	2.383,53	3.057,94
18	III	~	43,32	19,88	1.039,29	2.449,45	2.591,48	3.406,80
19	IV	Aizu	43,17	22,94	1.147,58	2.918,33	2.751,28	3.956,69
20	V		44,32	21,81	996,53	2.585,72	2.333,70	3.571,24
21	I	⑤R113	26,56	25,32	418,10	1.118,08	1.212,81	1.911,39
22	II	Ogumi	7,04	28,83	502,97	1.490,74	1.431,64	2.491,09
23	III	~	21,12	26,05	514,79	1.302,18	1.190,60	2.105,78
24	IV	Nanyo	24,43	35,40	437,05	1.227,27	1.216,98	2.069,05
25	V		18,08	13,73	408,32	1.101,87	1.012,45	1.815,74

(3) Coefficient du coût généralisé par véhicule/km

Le Tableau 7 indique le coefficient de déplacement généralisé par véhicule/km au moyen de  $\delta$  's par la distance pour chaque tronçon faisant l'objet de l'enquête. Le coefficient de déplacement généralisé par véhicule/km indiqué sur le Tableau 7 est la valeur obtenue pour une minute de durée de trajet, 1% de ponctualité et par kilomètre de déneigement de la chaussée. Dans ce cas, on a posé en hypothèse que l'avantage critique pour la longueur du tronçon demeure constante.

On peut ainsi observer que le coefficient de déplacement généralisé par véhicule/km des niveaux de déneigement tend à être légèrement supérieur lorsque l'on a fixé pour les conditions qu'il y a des chutes de la neige plutôt qu'un temps clair, et encore légèrement supérieur lorsque l'on suppose que le trajet s'effectue durant la nuit plutôt que durant la journée. Le taux des avantages des niveaux du déneigement est légèrement supérieur lorsqu'il s'agit d'un déplacement à titre privé (avec impossibilité d'arriver en retard) que pour un déplacement professionnel (voyage d'affaires), et le taux de ponctualité a tendance à être plus faible dans le cas d'un voyage privé lorsqu'il est possible d'avoir du retard que dans le cas d'un voyage privé où il est impossible d'avoir du retard.

**Tableau 7. Coefficient de déplacement généralisé par véhicule/km**

No.	Type	Localisation	Valeur de la durée du trajet (yen/minute)	Valeur de la ponctualité (yen/%)	Variable simulé niveau 3	Variable simulé niveau 4	Variable simulé niveau 5	Variable simulé niveau 6
1	I	①R7	46,94	36,11	12,10	31,06	34,37	50,14
2	II	Hirosaki	19,13	22,22	9,38	24,22	24,61	37,82
3	III	~	15,77	25,74	13,38	35,72	33,40	50,02
4	IV	Aomori	1,18	15,51	8,88	26,02	29,32	40,13
5	V		8,18	13,93	10,57	31,32	33,08	46,45
6	I	②R13	38,10	18,12	12,94	28,12	31,02	42,93
7	II	Yamagata	35,21	22,72	15,90	37,47	35,57	54,62
8	III	~	26,55	16,53	11,77	29,76	28,40	39,64
9	IV	Shinjo	28,77	15,06	11,41	28,61	29,99	39,30
10	V		25,09	16,50	11,22	27,37	29,58	38,55
11	I	③R13	15,23	9,56	11,26	35,71	34,47	70,21
12	II	Yuzawa	20,19	12,43	12,77	36,97	37,69	60,39
13	III	~	26,60	15,14	18,59	46,11	45,43	73,68
14	IV	Yokote	20,78	12,78	17,97	47,99	51,57	74,24
15	V		11,83	10,51	10,43	35,92	37,98	62,58
16	I	④R49	36,20	18,86	15,05	37,70	39,45	53,72
17	II	Koriyama	38,58	20,21	17,21	41,20	39,73	50,97
18	III	~	43,32	19,88	17,32	40,82	43,19	56,78
19	IV	Aizu	43,17	22,94	19,13	48,64	45,85	65,94
20	V		44,32	21,81	16,61	43,10	38,90	59,52
21	I	⑤R113	26,56	25,32	10,45	27,95	30,32	47,78
22	II	Oguni	7,04	28,83	12,57	37,27	35,79	62,28
23	III	~	21,12	26,05	12,87	32,55	29,77	52,64
24	IV	Nanyo	24,43	35,40	10,93	30,68	30,42	51,73
25	V		18,08	13,73	10,21	27,55	25,31	45,39

Il y avait peu de différence entre les résultats pour le niveau de déneigement 4 (route verglacée avec traces de neige) et le niveau de déneigement 5 (route verglacée mais sans traces de neige). Dans l'ensemble, on ne peut déceler de nettes différences entre les résultats de l'estimation dépendant des différences dans des conditions hypothétiques, et si le niveau de déneigement (conditions de la surface de la chaussée) est constant, il est possible de conclure qu'il existe peu de différence qui dépendent des conditions hypothétiques. Il est indéniable qu'il soit possible que les personnes interrogées n'étaient pas clairement au fait des différences concernant les conditions hypothétiques. Bien qu'il existe des différences du coefficient de déplacement généralisé par véhicule/km dans différentes régions, on n'a pu mettre en évidence de manière claire des différences.

#### 4. Analyse Coût/avantages

La valeur des avantages pour le niveau présent de déneigement (niveau 3) sur le niveau de déneigement nul (niveau de déneigement 6) a été calculée pour la région (1) (itinéraire allant de la ville de Hirosaki à la ville d'Aomori). Le Tableau 8 indique la vitesse du véhicule selon le type de surface de la chaussée dans la région (1).

Le Tableau 9 indique les résultats du coût de déplacement généralisé pour chaque niveau de déneigement en se basant sur l'équation (3), les Tableaux 6., 7. et 8. Le coût de déplacement généralisé pour un déneigement nul (niveau 6) et le niveau de déneigement actuel (niveau 3) par véhicule sont obtenus au moyen de l'équation (3) et du Tableau 9 et le total des avantages est calculé comme indiqué ci-dessous en tenant compte du nombre de jours pour laquelle chaque condition est évidente et la moyenne du volume de circulation sur le Tableau 9.



$$\{(C_{\text{niveau1}} \times 294 + C_{\text{niveau3}} \times 1 + C_{\text{niveau4}} \times 26 + C_{\text{niveau6}} \times 44) - (C_{\text{niveau1}} \times 297 + C_{\text{niveau3}} \times 53 + C_{\text{niveau4}} \times 15)\} \times 22205 = 9.23 \text{ (milliards de yen/an)}$$

Toutefois,

$$C_{\text{niveau1}} = 1320, C_{\text{niveau3}} = 1837.2, C_{\text{niveau4}} = 4781.7, C_{\text{niveau6}} = 5689$$

**Tableau 8. Fixer la vitesse du véhicule et la durée requise en fonctions de l'état de la surface de la chaussée (De Hirosaki à Aomori)**

Niveau de déneigement	Vitesse fixée (km/h)	Remarques
Niveau 1	40	Sèche/mouillée
Niveau 3	36	Neige accumulée
Niveau 4, 5	32	Verglacée
Niveau 6	28	Pas de déneigement

Source: Annuaire routier 1999

**Tableau 9. Coût de déplacement généralisé pour les niveaux de déneigement (yen/véhicule)**

	Niveau de déneigement	Durée requise	Ponctualité	Total	Différence (comparée avec 3)
Niveau 1	0,0	1320,0	0,0	1320,0	-617,2
Niveau 3	370,5	1466,7	0,0	1837,2	0,0
Niveau 4, 5	1019,0	1650,0	2112,7	4781,7	2944,5
Niveau 6	1690,6	1885,8	2112,7	5689,0	3851,8

**Tableau 10. Nombre de jours durant lesquels chaque condition de la surface de la chaussée est évidente selon les différents niveaux de déneigement (De Hirosaki à Aomori)**

Etat de la chaussée / Niveau de déneigement	Niveau 1	Niveau 3	Niveau 4	Niveau 6	Total
Niveau 1	365	0	0	0	365
Niveau 3	297	53	15	0	365
Niveau 4, 5	294	1	70	0	365
Niveau 6	294	1	26	44	365

**Tableau 11. Résultats de l'analyse coût/avantages du niveau présent de déneigement (niveau 3)**

No.	Secteur	Avantages (milliards de yen/an)	Coût des opérations de déneigement (milliards de yen/an)	Rapport coût/avantages (bénéfices)	Bénéfices nets (milliards de yen/an)
[1]	Ville de Hirosaki – Ville d'Aomori	9,23	0,16	58	9,08
[2]	Ville de Yamagata – Ville de Shinjo	10,78	0,16	69,5	10,63
[3]	Ville de Yuzawa – Ville de Yokote	1,38	0,07	19,3	1,31
[4]	Ville de Koriyama – Ville d'Aizuwakamatsu	5,10	0,11	47,4	4,99
[5]	Ville d'Oguni – Ville de Nanyo	2,22	0,2	11,1	2,02

**Tableau 12. Résultats de l'analyse coût/avantages du niveau de déneigement total de la chaussée (niveau 1)**

No.	Region	Avantages (milliards de yen/an)	Coût des opérations de déneigement (milliards de yen/an)	Rapport coût/avantages (bénéfices)	Bénéfices nets (milliards de yen/an)
[1]	Ville de Hirosaki – Ville d'Aomori	12,85	0,16	9,2	11,45
[2]	Ville de Yamagata – Ville de Shinjo	13,47	0,16	5,4	10,96
[3]	Ville de Yuzawa – Ville de Yokote	1,92	0,07	2,8	1,24
[4]	Ville de Koriyama – Ville d'Aizuwakamatsu	6,41	0,11	3,2	4,38
[5]	Ville d'Oguni – Ville de Nanyo	2,70	0,20	1,3	0,58

Parce que le coût des opérations de déneigement dans le secteur (1) est d'environ 0,16 milliard de yen, le montant des bénéfices nets s'élève à 9,08 milliards de yen/an et le rapport coût/bénéfices est de 58,0, démontrant que les standards d'efficacité sont satisfaits.

Le Tableau 11 indique les résultats d'un calcul similaire des bénéfices occasionnés par le présent niveau des opérations de déneigement (niveau 3) opposé au déneigement nul (niveau 6) dans les quatre autres secteurs en vue de réaliser une analyse du coût/bénéfices. Le Tableau 12. indique les résultats d'une analyse du coût/bénéfices dans le cas d'un déneigement total de la chaussée (niveau 1).

La Figure 11 révèle que dans tous les secteurs le rapport coût/bénéfices est supérieur à 1 et que le présent niveau de déneigement satisfait les standards d'efficacité. Pour éliminer totalement la neige, des équipements de chauffage de la chaussée doivent être installés à grands frais. Le Tableau 12. indique toutefois que le rapport coût/bénéfices dépasse 1 et que les standards d'efficacité sont satisfaits même lorsque une élimination totale de la neige de ce type est exécutée.

## 5. Conclusion

Cette étude est parvenue à obtenir les valeurs estimées du coût de déplacement généralisé y compris le confort et la ponctualité assurés par les opérations de déneigement en utilisant les données de la préférence déclarée (SP data) en vue d'appliquer un modèle logit avec une fonction utilitaire linéaire. Cette étude met l'accent en particulier sur les effets psychologiques de la dépendance de niveau habituel concernant le niveau d'enneigement des routes sur les conducteurs, un facteur qui avait été rarement pris en considération par le passé. La valeur temps était légèrement inférieure que celle utilisée par le présent manuel. Toutefois, les résultats ont démontré que l'évaluation de la ponctualité est élevée et lorsque de la neige s'est accumulée, il existe une conscience plus rigide de garantir la ponctualité que des effets de réduction de la durée. Les résultats ont également indiqué que plus sévère et difficile est l'environnement, par exemple lorsqu'il neige plutôt que par beau temps, plus élevé le rapport des bénéfices concernant le confort.

L'enquête au moyen du questionnaire a été menée en assumant que les trajets seraient définitivement faits mais il est nécessaire cependant de prendre en compte les mesures des bénéfices dans le cas où le volume de circulation est élastique en fonction des conditions et de l'état de la route.

Un autre challenge qui demeure est de mesurer les bénéfices de manière plus précise au moyen d'une mesure exacte de la vitesse de conduite en fonction des conditions et de l'état de la route (en utilisant une voiture d'enquête).

## Sources et ouvrages de référence

- 1) S. Tanabe, F. Hara, A. Shimojo, H. Takagi, *A study on Cost Benefit Analysis for Snow Removal and Ice Control, Proceeding of the 13<sup>th</sup> Cold Region Conference (Une étude portant sur l'analyse des coûts/avantages appliquée aux opérations de déneigement et de lutte contre le verglas, Annales de la 13<sup>ème</sup> Conférence des régions froides)*, Vol. 13, pp. 644 – 649, 1997.
- 2) H. Igarashi, *Tentative Essay in the Economic Effect of Snow Removal of the Street Network, Proceedings of Japan Society of Civil Engineers (Essai provisoire concernant les effets économiques des opérations de déneigement du réseau routier en milieu urbain, Annales de l'Association des ingénieurs en génie civil du Japon)*, N° 1996, pp. 87 – 93, 1071.

- 3) H. Chiba, K. Sato, K. Taniguchi, H. Igarashi, *Effects on Industry of the winter Traffic Environment – The Example of Sapporo City, Proceedings of the Third Cold Region Technology Conference (Effets sur l'industrie de l'environnement de la circulation routière durant la saison hivernale, Annales de la 3<sup>ème</sup> Conférence technique concernant les régions froides)*, pp. 113 – 118, 1987.
- 4) McBride et Joseph, *Economic Impact of Highway Snow and Ice Control, C Utoh DOT (Impact économique des opérations de déneigement et de lutte contre le verglas sur les autoroutes)*, TRR674, pp. 58 – 63, 1995.
- 5) K. Morohashi, A. Umemura, *Economic Evaluation of Snow Removal Systems in an Urban Region with Heavy Snowfall, Journal of The Japan Society of Snow and Ice (Évaluation économique des systèmes de déneigement dans une région urbaine soumise à d'importantes chutes de neige, Journal de l'Association japonaise de la neige et du verglas)*, Volume 57, N°1, pp. 3 – 10, 1995.
- 6) T. Sakai, *Methods of evaluating the Costs of Snow Removal from Roads, 10<sup>th</sup> PIARC Technical Report Vol. 1 (Méthodes d'évaluation des opérations de déneigement des routes, 10<sup>ème</sup> Rapport technique de l'Association internationale permanente des congrès de la route)*, Volume 1, pp. 119 – 129, 1998.
- 7) Karl Moritz, *Effectiveness and Economy of De-icing Agent Spraying Systems, 10<sup>th</sup> PIARC Technical Report Vol. 1 (Efficacité et économie des systèmes de distribution d'agent de dégivrage, 10<sup>ème</sup> Rapport technique de l'Association internationale permanente des congrès de la route)*, Volume 2, pp. 297 – 306, 1998.
- 8) Bureau du Développement de Hokkaido, *Roads in Snowy Regions, Survey of Snow Removal Effects on Roads in Snowy Regions (Routes dans les régions enneigées, Enquête sur les effets des opérations de déneigement sur les routes dans les régions enneigées)*, Bureau du développement de Hokkaido, Secrétariat du Directeur, Section de la planification du développement.
- 9) S. Tanabe, Y. Hayashiyama, F. Hara, *Measuring the Option Price of Snow Removal Projects in the Winter Urban Environment by the Contingent Valuation Methods (Mesure du prix optionnel des projets de déneigement en milieu urbain Durant la saison hivernale au moyen des méthodes d'évaluation contingente)*, Recherche sur les systèmes d'environnement, Volume 27, pp. 45 – 56, 1999.
- 10) T. Morikawa, *Review and perspective of incorporating stated preference data in travel demand analysis (Revue et perspective concernant l'intégration des données de la préférence déclarée dans l'analyse de la demande en déplacement)*, Journal of Infrastructure Planning and Management (Journal de la planification et de la gestion des infrastructures), N° 413/IV – 12, pp. 9 – 18, 1990.
- 11) T. Kono, T. Arai, T. Ito, S. Kashima, *The Measurement of Road-User Cost due to Traffic Congestion considering Travel Time Variability (Mesure du coût pour les usagers de la route des encombrements de circulation prenant en considération la variabilité du temps de déplacement)*, Infrastructure Planning Review (Revue de la planification des infrastructures), N°13, pp. 121 – 128, 1996.
- 12) E. Ono, *Practical Environmental Economic Evaluations (Évaluations économiques pratiques concernant l'environnement)*, Editions Keiso-Shobo, 2000.