

# DEVELOPPEMENT DE MACHINES POUR L'ELIMINATION DE LA NEIGE ET DU VERGLAS

Atsushi ICHIKAWA\*, Satoshi SETOYAMA\*\* et Susumu YAMADA\*\*\*

\*, \*\* Facilities Planning Division  
Facilities Department, Headquarters  
Japan Highway Public Corporation  
3-3-2, Kasumigaseki, Chiyoda-ku  
Tokyo, 100-8979, Japan  
TEL: +81-3-3506-0100  
FAX: +81-3-3506-0343

\*\*\* Facilities Technical Division  
Operation Department  
Hokkaido Branch  
Japan Highway Public Corporation  
5-12-30 Oyachi-Nishi, Atsubetsu-ku,  
Sapporo, Hokkaido, 004-8512 Japan  
TEL: +81-3-896-5896  
FAX: +81-3-896-5888

Adresse E-mail: [Atsushi-Ichikawa@gw.japan-highway.go.jp](mailto:Atsushi-Ichikawa@gw.japan-highway.go.jp)  
[Satoshi-Setoyama@gw.japan-highway.go.jp](mailto:Satoshi-Setoyama@gw.japan-highway.go.jp)  
[Susumu-Yamada@gw.japan-highway.go.jp](mailto:Susumu-Yamada@gw.japan-highway.go.jp)

## 1. Résumé

Japan Highway Public Corporation (JH) gère actuellement une longueur totale d'environ 6.900 kilomètres d'autoroutes interurbaines. Le climat en hiver au Japon se caractérise par des chutes de neige importantes, dues à la complexité des caractéristiques géographiques et aux vents saisonniers. Pour cette raison, JH essaie actuellement de développer les fonctions de ses équipements d'élimination de la neige et du verglas pour renforcer l'efficacité, la rapidité de la circulation et la sécurité sur les autoroutes. Actuellement, l'une des questions les plus importantes est le développement de différents équipements et machines efficaces.

Cette thèse présente quelques exemples d'essais représentatifs. Un système de collecte d'informations automatique sur l'état de la surface des routes est d'abord présenté. De telles informations sont fondamentales pour les opérations d'élimination de la neige et du verglas, une tâche pouvant être remplie seulement par un petit nombre d'experts capables de juger correctement de l'état de la surface. Le système automatique développé a été testé et des résultats raisonnables ont été obtenus jusqu'ici.

Les autres exemples sont un camion déneigeur opéré par un agent, un camion éliminateur de neige à moitié fondue et une déneigeuse pour environs des téléphones d'urgence. Cela pourrait réduire le temps requis pour l'élimination de la neige et du verglas, et assurer des conditions de conduite plus sûres et agréables sur les autoroutes.

## 2. Introduction

Le Japon est un pays étroit d'est en ouest qui s'étire tout en longueur du nord au sud. Il comprend en son centre de hautes chaînes de montagnes, qui en forment l'épine dorsale. En hiver, des vents violents traversent la Mer du Japon depuis le Continent Asiatique et frappent ces chaînes. Il en résulte des chutes de neige abondantes sur la face nord de ces montagnes. Ces zones de neige froides correspondent à environ 60 pour cent du territoire, et comprennent des villes d'environ 1 million d'habitants. Par contre, la face sud de ces montagnes donnant sur l'Océan Pacifique jouit de beaucoup de soleil, d'un temps plus stable et de moins de chutes de neige.

Japan Highway Public Corporation (JH) administre plus de 6851 km d'autoroutes nationales et

824 km de routes à péage ordinaires. Environ 50 pour cent des autoroutes et routes à péage traversent les zones de neige froides. Par ailleurs, environ 2700 km d'entre elles passent par des zones à chutes de neige abondantes d'un mètre ou plus. C'est pourquoi l'élimination de la neige et du verglas est l'une des opérations les plus importantes de JH, qui fait des efforts pour renforcer son efficacité.

Cette thèse présente quelques équipements et machines expérimentaux importants pour augmenter l'efficacité de l'élimination de la neige et du verglas. Le premier est une machine mobile collectant automatiquement des informations sur l'état de la surface de la route. De telles informations sont fondamentales pour chaque opération sur la route. Les autres machines éliminent efficacement la neige et empêchent le gel de la route sur la base d'informations sur l'état de la surface.

### **3. Système mobile pour l'examen de l'état de la surface d'une route**

#### **3.1 Contexte et objectif**

Conscients de l'importance de l'état de la surface de la route sous des conditions météo en changement perpétuel, nous avons jusqu'à présent collecté des informations à ce sujet par téléphone sans fil en utilisant un petit nombre de patrouilleurs et/ou par surveillance d'images CCTV envoyées par des unités placées seulement à des points limités à changement de temps brutal. Le personnel chargé de l'élimination de la neige et du verglas au bureau de contrôle donne alors des ordres pour le déneigement et le répandage de matériaux antigel. Mais ces ordres n'ont pas toujours été efficaces parce qu'ils sont fondés sur des informations limitées. Depuis quelque temps, il est aussi devenu difficile de trouver du personnel qualifié. Le développement d'une machine, qui collecte des informations sur l'état de la surface et les envoie en continu au bureau de contrôle, est donc devenu une nécessité. Nous avons développé et testé un tel système, qui peut être installé sur un véhicule de patrouille pour surveiller l'état de la surface.

#### **3.2 Aperçu du système mobile de surveillance de l'état de la surface**

La Fig. 1 donne les grandes lignes de la configuration du système mobile de surveillance de l'état de la surface. Le système expérimental existant comprend deux types d'équipement principaux: l'un installé sur un véhicule de patrouille et l'autre au bureau de contrôle. Différents capteurs utilisés sur le premier collectent des informations sur l'état de la surface, qui sont envoyées à une unité de surveillance des données du bureau d'exploitation (flux de données 1) via une unité de communication. Dans l'avenir, nous prévoyons d'envoyer les données à la section d'exploitation supervisant certains bureaux, et les données d'informations sur une zone élargie traitée par le système de traitement d'informations météo central seront alors transmises aux bureaux d'exploitation locaux (flux de données 2).

##### **3.2.1 Équipement installé dans le véhicule de patrouille**

La Fig. 2 montre un véhicule de patrouille avec équipement de collecte d'informations. Ce véhicule est équipé de capteurs d'état de la surface de la route, d'un système de localisation par satellite différentiel (D-GPS), d'un indicateur de température de la route, d'un indicateur de concentration de sel et d'une unité de traitement de données. Les données sur l'état et la température obtenues sont envoyées au bureau d'exploitation à intervalles réguliers. Les principales caractéristiques de l'équipement sont comme suit:

Capteur d'état de la surface de la route: Pour déterminer si la surface de la route est sèche, mouillée, enneigée ou gelée tous les mètres en utilisant un rayon laser (avec informations éditées tous les 10 m) à une vitesse entre 5 et 100 km/h.

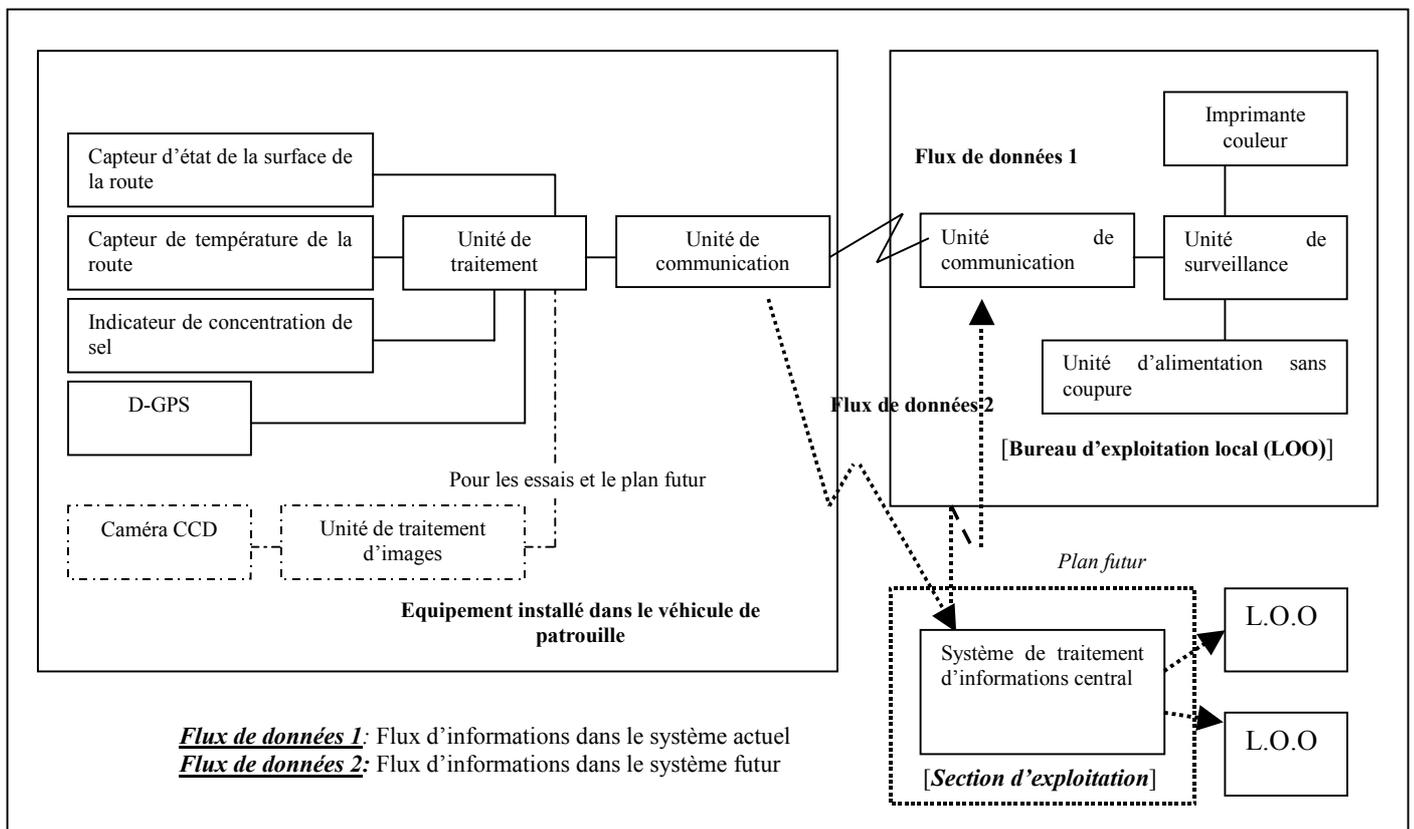
D-GPS: Précision de la détection = 1 m ou moins

Indicateur de température de la route: Type infrarouge à conversion thermoélectrique, plage de mesure de -18 à +30°C.

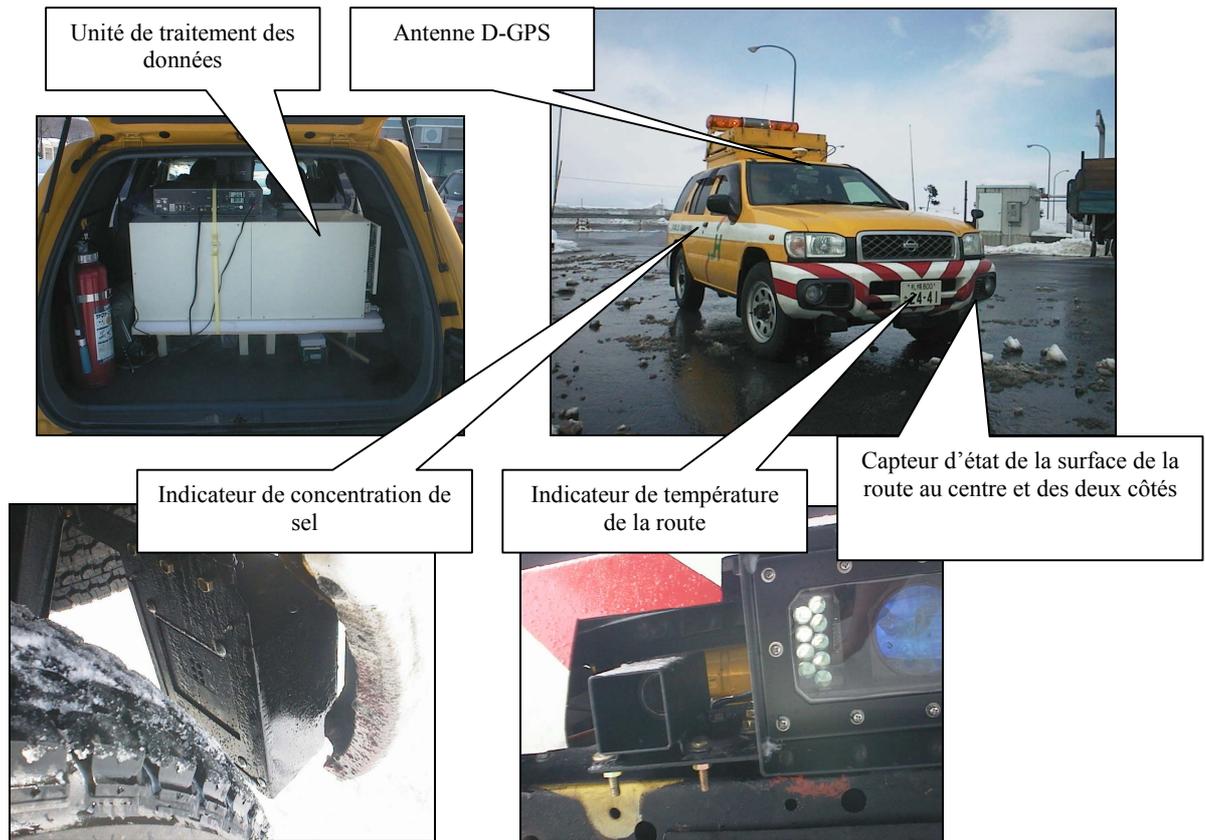
Indicateur de concentration de sel: Observation du taux réfracté optique, plage de mesure de 0 à 15% de concentration de solution aqueuse de chlorure de sodium.

Unité de traitement de données: PC d'observation de la route avec Pentium MMX 200 MHz, HDD 2 Go, port de communication RS232C et moniteur TFT 15" sous Windows NT4.0.

Le capteur d'état de la surface de la route travaille conjointement avec une application de détection de modèles de surface utilisant un filtre spatial. Le capteur reçoit la lumière, émise unidirectionnellement et réfléctée par la surface de la route, pour détecter les modifications de luminance et inégalités de modèle et de niveau. L'application combine ces éléments d'information pour déterminer si la surface de la route est sèche, mouillée, enneigée ou gelée.



**Fig. 1** Aperçu du système mobile de surveillance de l'état de la surface de la route



**Fig. 2 Véhicule de patrouille avec équipement de collecte d'informations diverses sur l'état de la route**

### 3.2.2 Equipement installé au bureau d'exploitation

Le bureau d'exploitation est équipé d'une unité de surveillance de données, d'une imprimante couleur, d'une alimentation sans coupure (ASC) et d'un modem. L'unité de surveillance comprend un PC avec unité centrale (CPU) 450 MHz avec Pentium III, HDD 46,4 Go sous Windows NT4.0, un moniteur 21" et une imprimante couleur. L'ASC est une alimentation à onduleur continue à puissance de 1 kVA/700 W pour 5 minutes. Le modem duplex intégral de type asynchrone fonctionne à 9600 bkps.

L'unité de surveillance reçoit des données d'observation de l'unité de communication des véhicules de patrouille pour afficher en couleur l'emplacement et l'heure de chaque véhicule avec un identifiant (ID) et l'état déterminé (sec, mouillé, enneigé ou gelé) tous les km (sur la base de 10 déterminations tous les 100 m). L'unité affiche un graphe de température de la route avec plage de mesure allant de  $-15$  à  $+15^{\circ}\text{C}$ . Si nécessaire, à un emplacement où le gel est possible, par exemple un pont, elle affiche des données similaires tous les 100 m (sur la base de 10 déterminations tous les 10 m), comme le montre la Fig. 3.

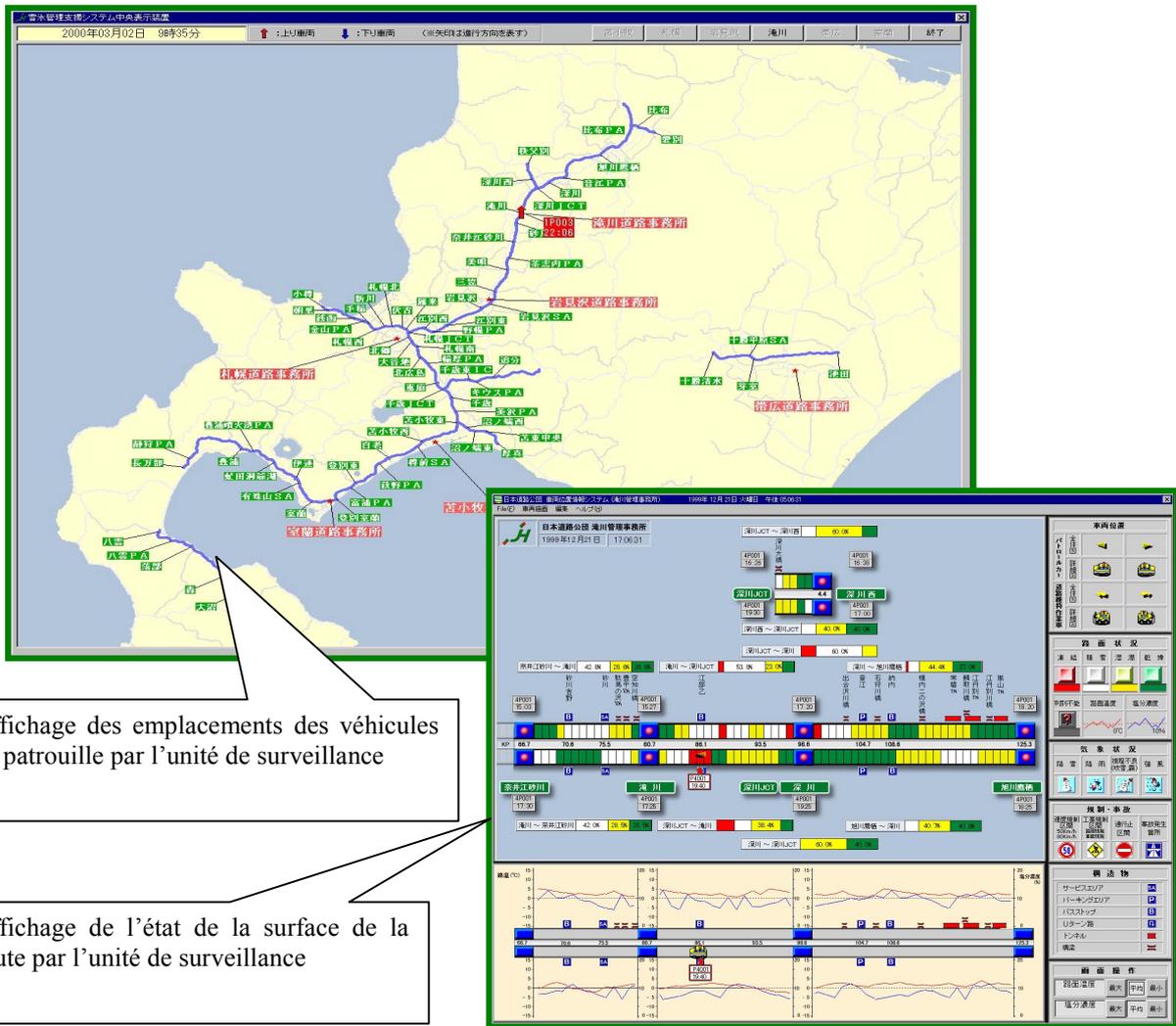


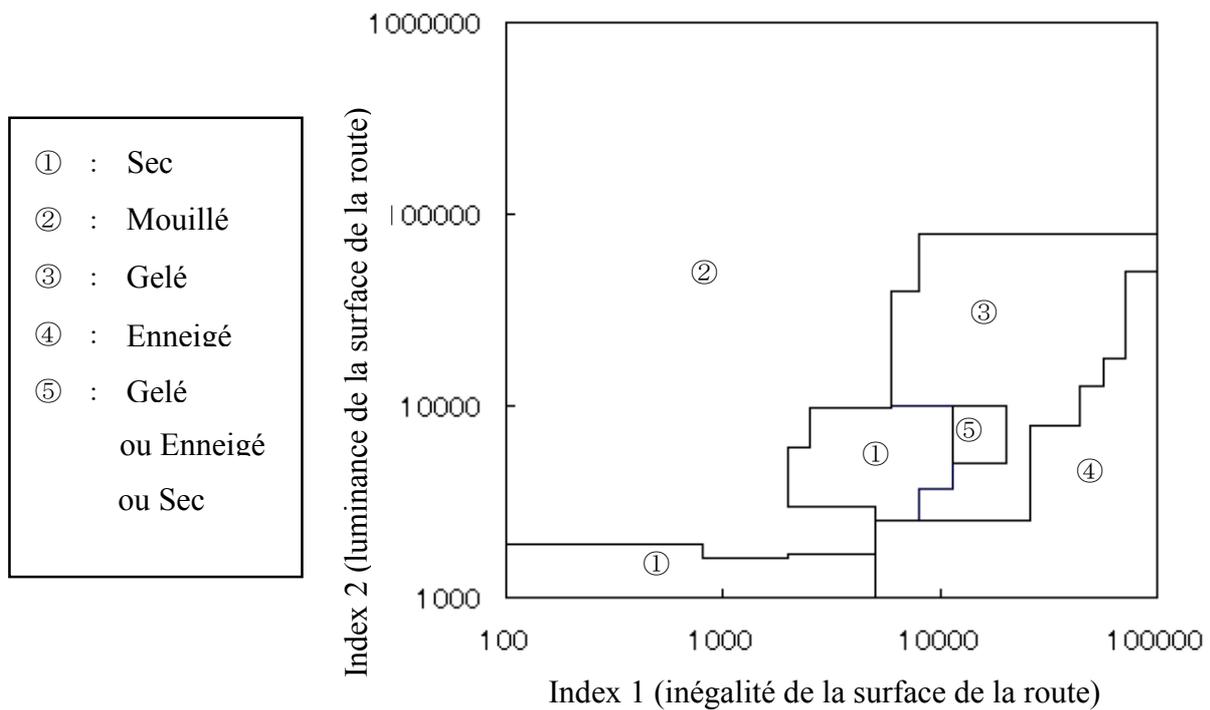
Fig. 3 Affichage de l'unité de surveillance du bureau d'exploitation

### 3.2.3 Résultats abrégés des essais du système d'observation de la route

Les essais du système d'observation de la route ont confirmé qu'il pouvait être à un niveau de posant pas de problèmes généraux pour l'exploitation pratique. Les résultats des essais effectués jusqu'ici sont résumés ci-dessous.

#### (1) Capteur d'état de la surface de la route

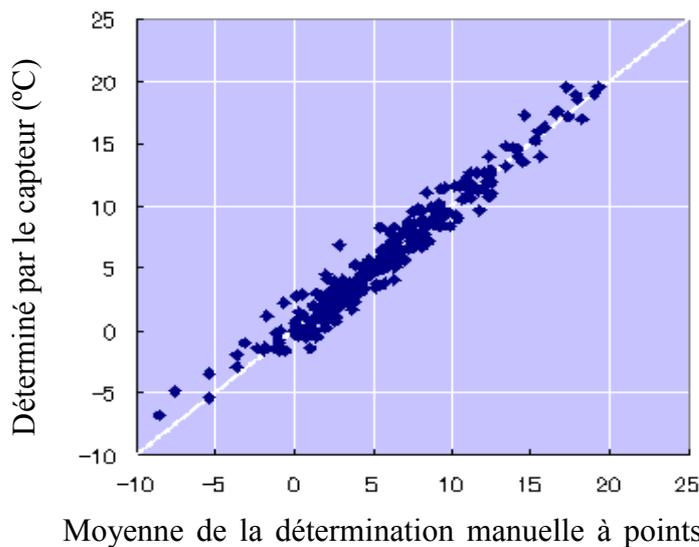
Dans un cas, le répandage de matériaux antigel sur une route sèche s'est traduit par une détermination erronée de surface enneigée, à cause de la blancheur des matériaux. Mais l'introduction d'une carte critère s'appuyant sur des index corrects a amélioré la détermination à un niveau généralement acceptable, comme le montre la Fig. 4.



**Fig. 4 Carte de détermination de l'état de la surface de la route**

(2) Indicateur de température de la route

La Fig. 5 indique la corrélation entre la détermination par le capteur actuel et la détermination manuelle à des points fixés. L'axe horizontal indique la moyenne des déterminations manuelles. L'axe vertical indique la détermination par le capteur. La différence moyenne entre les deux déterminations est d'environ 1,1°C, ce qui est dans les limites de tolérance acceptables.



**Fig. 5 Corrélation entre la détermination par capteur et la détermination manuelle à des points fixes**

### (3) Indicateur de concentration de sel

L'indicateur de concentration de sel actuel mesure l'indice de réfraction de l'eau projetée par un pneu pour déterminer la concentration de sel. Les mesures répétées provoquent l'adhérence de boue et de sel à la surface de collecte d'échantillons, exigeant un dispositif pour le nettoyage périodique.

### (4) Système de localisation par satellite (GPS)

En cas de grand obstacle tel que tunnel, aucune communication GPS n'est possible. Bien qu'un système de navigation automatique soit installé pour résoudre ce problème, trois pour cent des emplacements ne sont toujours pas saisis précisément.

### (5) Moyens de communication

Des téléphones cellulaires disponibles dans le commerce sont utilisés dans les véhicules de patrouille pour communiquer avec le bureau d'exploitation. Mais il y a des zones où une telle communication téléphonique est impossible. Un système de communication sans fil numérique réservé serait nécessaire pour résoudre ce type de problème.

## **4. Machines d'élimination de la neige et du verglas**

JH possède plus de 1400 machines d'élimination de la neige et du verglas, qui se classent en deux types principaux: celles pour le contrôle des routes verglacées et celles pour le déneigement. Récemment, certaines d'entre elles ont été équipées de systèmes de navigation GPS à titre d'essai pour renforcer l'efficacité.

Pour le contrôle des routes verglacées, nous avons antérieurement appliqué une solution antigel (solution aqueuse de chlorure de sodium) ou des particules antigel (chlorure de sodium) selon l'état de la route. Actuellement, nous mélangeons de telles particules avec une solution aqueuse de chlorure de sodium immédiatement avant le répandage du mélange sur la route, ce qui renforce l'efficacité de l'opération.

Différents types de machines de déneigement sont actuellement en cours de développement, à l'essai ou en utilisation pratique. Ce rapport donne une brève description de trois types: camion déneigeur opéré par un agent, camion éliminateur de neige à moitié fondue et camion déneigeur compacteur rotatif avec dispositif de déneigement des environs des téléphones d'urgence.

### **4.1 Camion déneigeur opéré par un agent**

#### **4.1.1 Contexte et objectifs**

L'élimination de la neige et du verglas se fait sous des conditions climatiques sévères qui peuvent changer brutalement. Un niveau de contrôle élevé de la surface de la route est requis, mais peut constituer une charge considérable pour les opérateurs parce qu'il est difficile. Nous sommes par ailleurs confrontés au double problème de manque de personnel qualifié et de réduction du nombre d'ouvriers disponible pour le déneigement. Pour résoudre ces problèmes, nous avons développé un camion déneigeur opéré par un agent n'exigeant pas la présence d'un assistant.

#### **4.1.2 Brève description du camion déneigeur opéré par un agent**

La Fig. 6 montre la photo du chasse-neige opéré par un agent. Cette machine a les caractéristiques majeures suivantes: fonctionnement automatisé de la niveleuse, boîte de vitesses automatique et vidéocaméra pour vérifier derrière la déneigeuse pendant son recul. Ces dispositifs ont amélioré l'opérabilité du chasse-neige, facilitant ainsi l'égalisation de la surface de la route.



**Fig. 6 Camion déneigeur opéré par un agent (vues externe et interne)**

## **4.2 Camion éliminateur de neige à moitié fondue**

### **4.2.1 Contexte et objectifs**

L'élimination de la neige à moitié fondue est sans doute l'une des tâches les plus difficiles et importantes de l'élimination de la neige et du verglas. Elle se fait dans beaucoup de régions, dont certaines régions de neige dans la partie centre-nord (région du Hokuriku) et dans les villes donnant sur l'Océan Pacifique, comme Tokyo et Osaka, dans les régions peu enneigées. Les accidents de la circulation dus à la neige à moitié fondue représentent 50 pour cent de tous les accidents survenant en hiver dans la zone gérée par la section Hokuriku de JH. Nous avons développé un camion éliminateur de neige à moitié fondue avec brosse pour assurer une circulation efficace sur les routes couvertes de neige à moitié fondue même avec de petites ornières.

### **4.2.2 Brève description du camion éliminateur de neige à moitié fondue**

La Fig. 7 montre des photos du camion éliminateur de neige à moitié fondue, équipé d'une brosse (largeur d'élimination: 4,2 m environ) ou d'un chasse-neige frontal (largeur d'élimination: 3,5 m environ). La brosse et le chasse-neige sont facilement interchangeables selon l'état de la route enneigée. La vitesse de rotation de la brosse est d'environ 700 tr/min. Un camion à brosse en polyester peut se déplacer à une vitesse de 30 à 40 km/h. Les essais ont montré que le système fonctionne bien, mais le bruit produit est inacceptable pour les résidents aux environs des autoroutes. Dans l'avenir, pour améliorer l'efficacité, il sera nécessaire de développer une méthode permettant de remplacer la brosse par une niveleuse.



**Fig. 7 Camion éliminateur de neige à moitié fondue et brosse frontale**

### 4.3 Déneigeuse pour environs des téléphones d'urgence

#### 4.3.1 Contexte et objectifs

Des téléphones d'urgence sont placés environ tous les kilomètres le long de l'autoroute. Ils servent à la communication avec JH en cas d'accident, de panne ou d'autres problèmes d'urgence sur l'autoroute. De tels téléphones doivent toujours être utilisables. Mais dans les zones froides et enneigées, un téléphone d'urgence peut ne pas être accessible quand il neige en continu. Dans le passé, les ouvriers éliminaient manuellement la neige autour des téléphones comme le montre la Fig. 8. Un tel travail n'est ni efficace ni sûr, c'est pourquoi nous avons développé la machine ci-dessous.

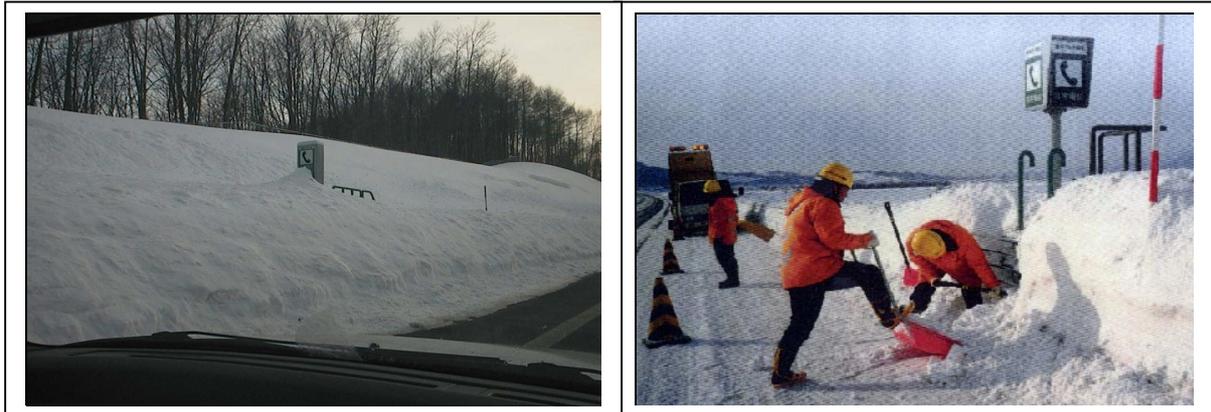


Fig. 8 Neige aux environs d'un téléphone d'urgence et élimination manuelle

#### 4.3.2 Brève description de la déneigeuse

La Fig. 9 montre des photos de la déneigeuse. C'est un camion déneigeur compacteur rotatif avec bras de déneigeuse et courroie transporteuse placé au-dessus d'une petite trémie, contrôlée hydrauliquement par le moteur du camion. L'emploi de cette machine réduit le temps de l'opération à environ 7 minutes, alors que l'opération manuelle exige environ 30 minutes. Cela constitue une amélioration remarquable de l'efficacité et de la sécurité du travail.



Fig. 9 Elimination de la neige autour d'un téléphone d'urgence avec une déneigeuse

## **5. Conclusions**

Japan Highway Public Corporation s'efforce de créer un espace d'autoroute de haute qualité. L'amélioration des systèmes d'élimination de la neige et du verglas devrait aider à assurer une distribution physique plus sûre, régulière et fiable en hiver. Ces équipements permettent de réduire le coût du travail tout en assurant un service plus satisfaisant. De plus, vu le vieillissement des ouvriers et le manque de personnel qualifié, JH juge nécessaire d'améliorer encore l'efficacité des machines d'élimination de la neige et du verglas, et continuera donc d'améliorer l'efficacité des machines et équipements et de faire d'autres progrès similaires à ceux indiqués dans cette thèse.