

DEVELOPPEMENT DES INSTRUMENTS DE MESURE POUR LA PRECIPITATION NIVALE: FONDE SUR LA TECHNOLOGIE DE TRAITEMENT DES IMAGES

Nobuaki Miura and Yoshiyuki Ito

Systems & Electronics Division, Sumitomo Electric Industries, Ltd.
Shinmejiro Bldg., 1-43-5, Sekiguchi, Bunkyo-ku, Tokyo 112-0014
Tel: 03-5273-7570 / Fax: 03-5273-7574
E-mail: miura@sesys.co.jp ito-y@sesys.co.jp

1. Résumé

Les opérations de déblaiement de la neige dans la région de hautes précipitations nivales sont des travaux très importants pour assurer la sécurité des usagers des routes.

Le gestionnaire routier procédant à l'organisation du répartitionnement des véhicules au moment des opérations d'enlèvement de la neige, cette organisation est décidée par expérience de l'homme en observant visuellement l'état de précipitation nivale, et ce par manque de détecteurs appropriés qui permettent de mesurer, en temps réel, l'état de précipitation nivale.

Pour ce qui concerne des études d'application de la technologie de traitement des images par le développement de la technologie de télécommunication des informations d'une part, certains des ces systèmes sont maintenant mis en service. Le développement dit ITS (Systèmes Intelligents de Transport) visant à la réalisation de haut système trafic se déroule récemment dans le cadre du projet national d'autre part. Parmi ces systèmes, le développement de la technologie de mesure utilisant les caméras de surveillance vient de s'accélérer.

De plus, le Ministère des Trafic/Territoire mène l'aménagement des Ponts et Chaussées informatiques dans le but de construire l'infrastructure de télécommunication des informations. Au fur et à mesure de l'avancement d'aménagement de ladite infrastructure, la technologie de traitement des images de la surveillance des routes par caméras viendra, de plus en plus, être désormais importante.

A cet arrière-plan, nous avons étudié la mesure de précipitation nivale, et ce afin de traiter les images prises par caméras de surveillance et de saisir en temps réel l'état de précipitation nivale.

Les études d'essai de mesure de la précipitation nivale au moyen de la technologie de traitement des images sont déjà menées depuis: études des instruments de mesure de la densité et de le taux de chute des flacons de neige à l'aide du capteur des flacons de la chute libre de neige dans la tour de rupture du vent (2) (3) (4); études sur le système de détection de la précipitation nivale muni de la cible plate mise en place devant laquelle sont extraits les morceaux de neige en barre (5).

Bien que toute ces études emploient la mesure de précipitation nivale par détection des morceaux de neige au moyen du traitement micrographique des images, nous, les auteurs de la présente, inventé la méthode de saisir l'état de précipitation nivale par la mesure de changement de textures des images selon cette précipitation, et non par détection micrographique indépendante des morceaux de neige.

Bien qu'il soit nécessaire d'assurer le contraste et d'obtenir numériquement les deux valeurs exactes pour capter indépendamment les morceaux de neige, la présente méthode permet d'en mesurer dans un milieu à faible contraste.

Dans la présente étude, l'articles 2, 3 et 4 ci-après expliquent respectivement le résumé de la présente méthode et l'algorithme de mesure, les résultats expérimentaux obtenus à Naie, Hokkaido et les conclusions.

2. Méthode de mesure de la précipitation nivale par traitement des images

La figure 1 représente la structure du système. Entrer les images prises par caméra dit CCD (Eléments à charges accouplées) installé à l'extérieur dans le système de traitement des images, et sortir du collecteur de données les résultats obtenus par l'intermédiaire du logiciel procédant au traitement de mesure de la précipitation nivale sur la plaque réservée au traitement des images.

Le caméra CCD photographiera la plaque noire mise en place pour la détection de précipitation nivale. La distance horizontale entre le caméra et la plaque est fixée à 20 m.

Cette plaque noire sera employée comme fond pour détecter la neige, et sera revêtue d'une couche étanche contre adhésion de la neige. De plus, l'éclairage sera mis en place contre cette plaque pour permettre la détection pendant la nuit.

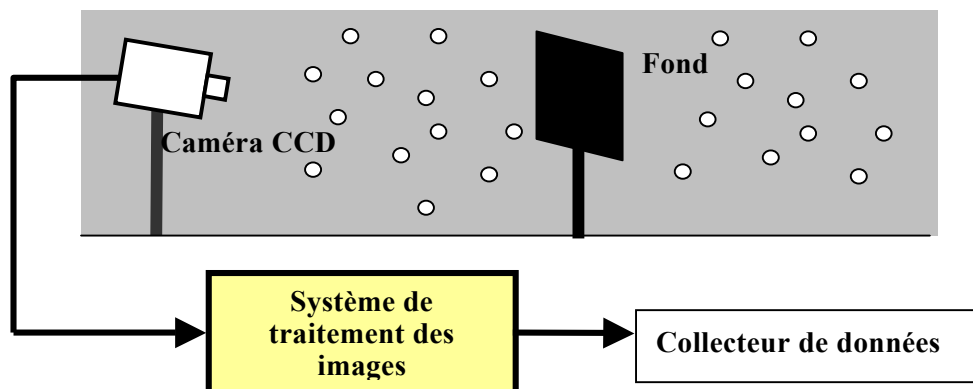


Figure 1: Plan de structure du système de traitement des images détectées de précipitation nivale

La méthode de mesure de la précipitation nivale par traitement des images est comme ce qui suit:

1) Etablissement de la zone à mesurer

Etablir la zone à mesurer prise dans l'image d'entrée à

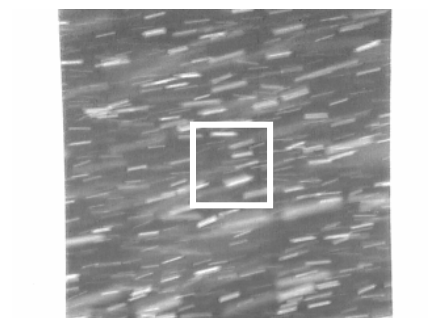


Figure 2: Etablissement de la zone à mesurer

l'intérieur de la plaque noire mise en place réservée à la détection de précipitation nivale. Cependant, sous réserve d'emploi de la Transformation Rapide de Fourier, le nombre de points d'échantillons dans la zone à mesurer sera déterminé pour qu'il soit une factorielle de 2.

「Nombre de pixels dans la zone à mesurer = 2^n 」

Les points peuvent être établis grossièrement ou finement selon visibilité de la Plaque (dimension sur l'écran).

2) Transformation des gradients

Obtenir le spectre de puissance d'image dans la zone à mesurer par l'équation suivante de Transformation de Fourier à deux dimensions. Transformer les signaux analogiques émanant du caméra de surveillance en signaux Numériques (transformation A/D), et entrer ceux-ci à une fréquence donnée dans la mémoire des images. Transformer les signaux d'images en 256 gradients à 8 bits (obscur [0]~clair [255]).

3) Calcul du spectre de puissance par la Transformation Rapide de Fourier à deux dimensions

Pour l'image de la zone à mesurer transformée en gradients, mesurer sa texture traitée par la Transformation de Fourier.

D'après le spectre de puissance obtenu par cette Transformation, les caractéristiques relatives à la grossièreté ou finesse de la texture, ou à l'orientation de cette texture seront déterminés. Les composantes de fréquence des signaux de nuance se distribueront vers le bas pour l'image d'une grosse texture. Par contre, pour l'image d'une texture d'autant plus fine, elle portera plus de composantes de haute fréquence. Le spectre de puissance portera sa fréquence d'origine au milieu où se distribueront les composantes de basse fréquence, et celles de haute fréquence se distribueront de plus en plus vers l'extérieur.

Le spectre de puissance d'une image dans la zone à mesurer sera obtenu par l'équation suivante de Transformation de Fourier à deux dimensions:

$$F(u, v) = \sum_{x=-\frac{M}{2}}^{\frac{M}{2}} \sum_{y=-\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2}} (x, y) \left[\cos 2\pi \left(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N} \right) - i \sin 2\pi \left(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N} \right) \right]$$

$$P(u, v) = \sqrt{R^2 + I^2}$$

$$PM = \sum_{u=-\frac{M}{2}}^{\frac{M}{2}} \sum_{v=-\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2}} P(u, v)$$

F (u, v): Valeur de coordonnées polaires du spectre de puissance ($-M/2 \leq u \leq M/2$)
($-N/2 \leq v \leq N/2$)

F (x, y): Valeur de luminance de la zone à mesurer ($-M/2 \leq u \leq M/2$) ($-N/2 \leq v \leq N/2$)

R: Partie réelle de F (u, v)

I: Partie imaginaire de F (u, v)

P: (u, v): Intensité de spectre de puissance

PM: Somme totale des spectres de puissance

La figure 3 et les figures 4~7 représentent respectivement la situation de précipitation nivale et les exemples de calcul du spectre de puissance dans la situation de précipitation nivale.

D'après les résultats de ce traitement, il se traduit que les taux de précipitation nivale plus grands représentent les composantes de fréquence plus hautes.

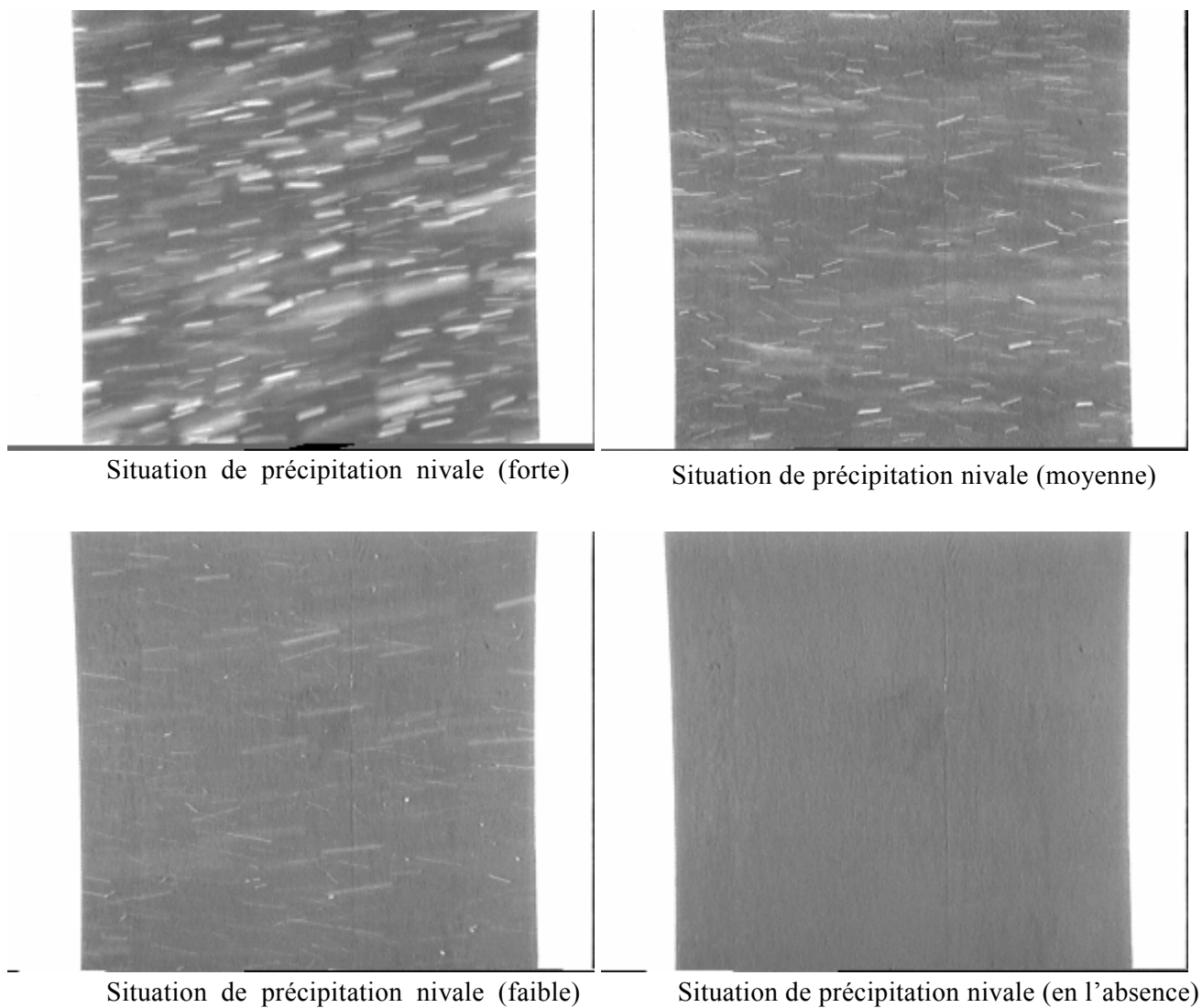


Figure 3: Schéma des situations de précipitation nivale

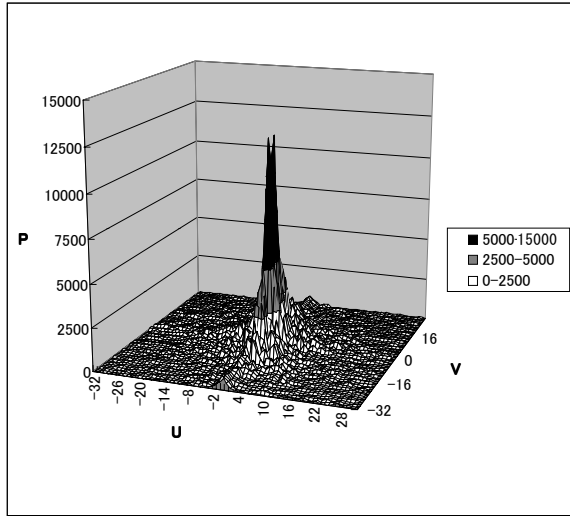


Figure 4: Spectre de puissance de la précipitation nivale (forte)

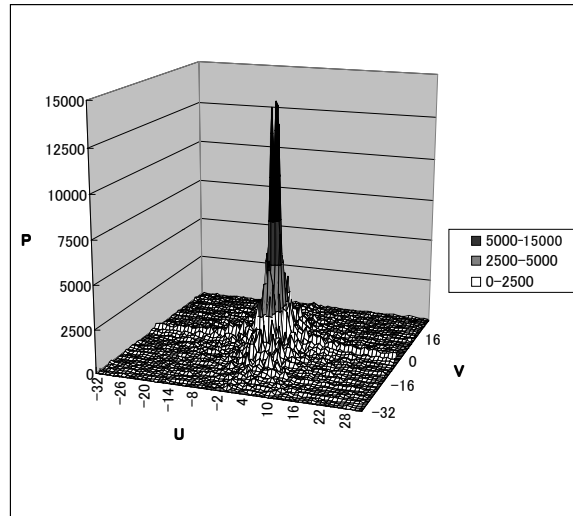


Figure 5: Spectre de puissance de la précipitation nivale (moyenne)

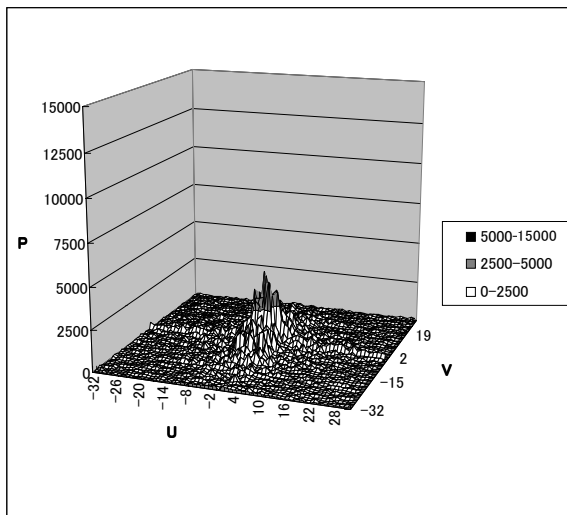


Figure 6: Spectre de puissance de la précipitation nivale (faible)

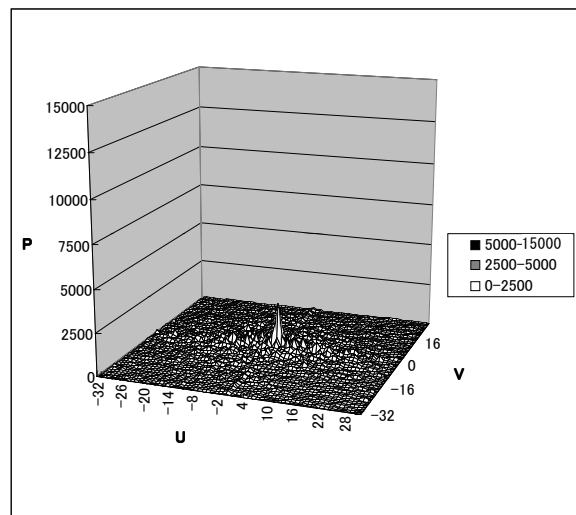


Figure 7: Spectre de puissance de la précipitation nivale (en l'absence)

4) Jugement sur un taux de précipitation nivale selon la somme totale des spectres de puissance calculés

La somme totale des spectres de puissance dans chaque situation de précipitation nivale est donnée dans la table 1 suivante.

Table 1: Table de changement des spectres de puissance dans différente situation

Situation de précipitation nivale	Somme totale des spectres de puissance
Forte	1181291.1
Moyenne	1015720.0
Faible	885125.7
En l'absence	399316.7

Cette table nous montre qu'il est possible, d'après la somme totale des spectres de puissance, de juger le taux de précipitation nivale.

De plus, il se peut qu'il est possible en effet de transformer la valeur de sortie de traitement des images en taux de précipitation nivale, et ce à l'aide de la corrélation entre le taux de précipitation nivale (cm/h) et les résultats de sortie de traitement des images.

Le taux de précipitation nivale est une valeur représentée par une hauteur de la colonne d'eau, lorsque les flacons de neige tombés, dans un temps unitaire, dans le récipient mis sur le sol sont dégelés, et qu'ils sont transformés en phase aqueuse.

3. Essais de mesure de précipitation nivale

Les essais sur place ont été menés en employant les équipements réels dans le but de rechercher effectivement la corrélation entre les résultats de mesure de la précipitation nivale par traitement des images et le taux de précipitation nivale. Ils ont été menés à Naie, Sorachi-gun, Hokkaido, de 20 à 25 janvier et de 22 à 25 février 2000.

Les résultats de traitement en temps réel des données récoltées ont été accumulés dans l'ordinateur personnel, et en même temps, le volume de précipitation nivale effectivement mesuré a été évalué.

Pour la mesure d'un volume de précipitation nivale, la neige tombée a été récoltée pendant 5 minutes au moyen du récipient mesurant une superficie de la base de l'instrument de mesure, et elle a été pesée en phase aqueuse. Ce poids pesé a été transformé en superficie de base du récipient et taux de précipitation nivale à l'aide du poids spécifique de l'eau (volume de tombée de la pluie sur la superficie unitaire par heure [cm/h]).



Figure 8: Caméra CCD et plaque de fond

3.1 Méthode d'évaluation expérimentale

L'évaluation a été faite par comparaison entre l'indice de précipitation nivale que l'algorithme de traitement des images fait sortir et les données de taux de précipitation nivale mesurées manuellement dans l'intervalle de 5 minutes.

La table 2 représente le relevé des résultats expérimentaux d'après l'évaluation analytique détaillée des données d'essais récoltées.

Table 2: Relevé des données d'essais évaluées

	Date de mesure	Plage horaire	Remarques
1	2000/1/25	9:30~10:30	au jour, au jour
2	2000/1/25	12:00~14:00	au jour, au jour
3	2000/2/25	8:15~9:40	à la nuit

3.2 Résultats de mesure au jour

Le plan de corrélation des données lors de la précipitation nivale (1) et (2) ont été produit dans le but d'évaluer la corrélation entre les résultats de sortie de traitement des images et les taux de précipitation nivale[cm/h] (Figure 9). L'équation approximative à polynôme a été établie pour représenter la relation corrélatrice entre ces deux valeurs.

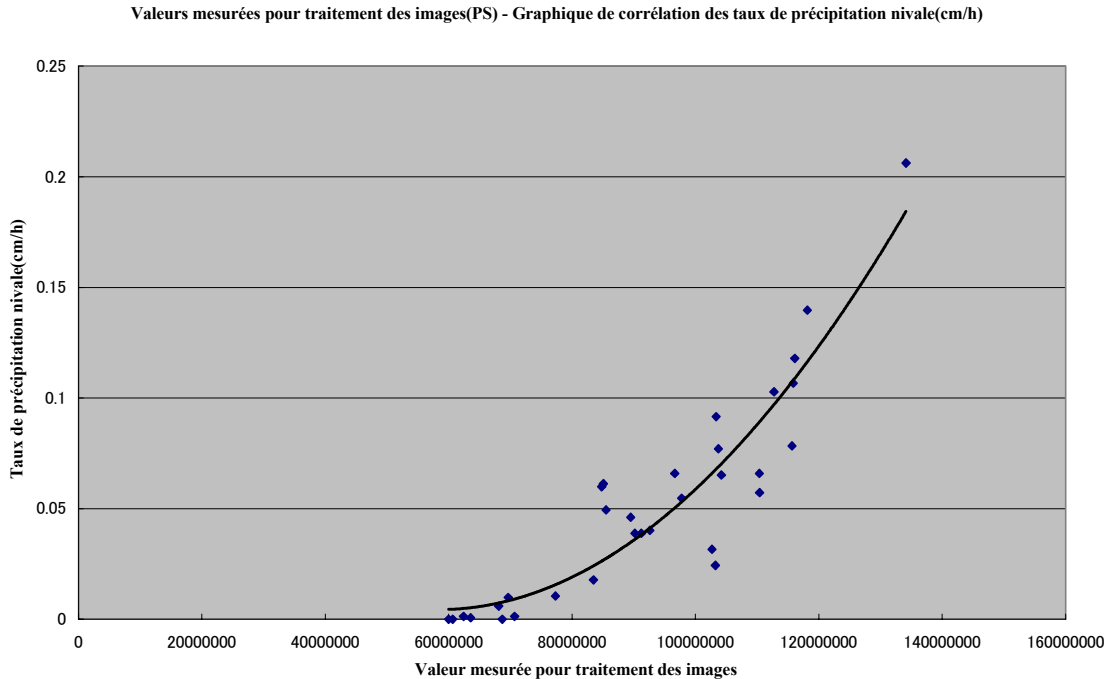


Figure 9: Plan de corrélation entre les valeurs mesurées pour traitement des images et les taux de précipitation nivale; au jour

En employant cette relation corrélatrice, il est possible de transformer les valeurs de sortie de traitement des images en taux de précipitation nivale. La figure 10 représente la comparaison entre les valeurs mesurées pour traitement des images produites par l'équation approximative suscitée transformées en taux de précipitation nivale et celles mesurées manuellement (étant les valeurs réelles).

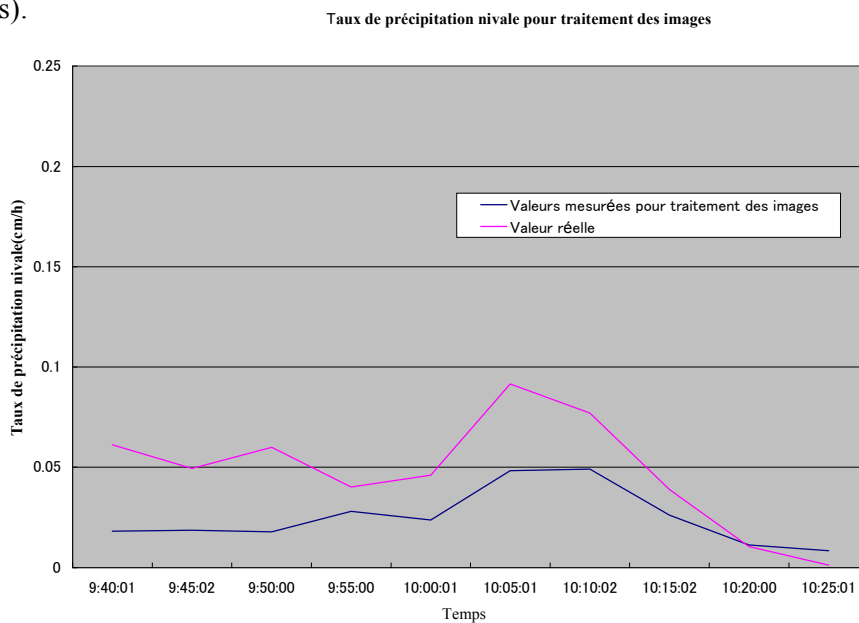


Figure 10: Données lors de la précipitation nivale; au jour (1)

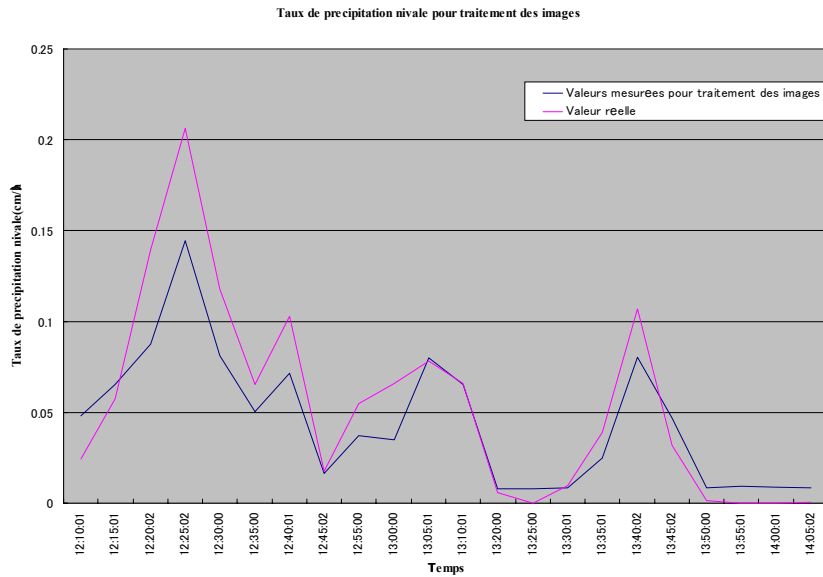


Figure 11: Données lors de la précipitation nivale; au jour (2)

3.3 Résultats de mesure à la nuit

La figure 12 représente également le plan de corrélation d'après l'analyse de la corrélation relative à la nuit.

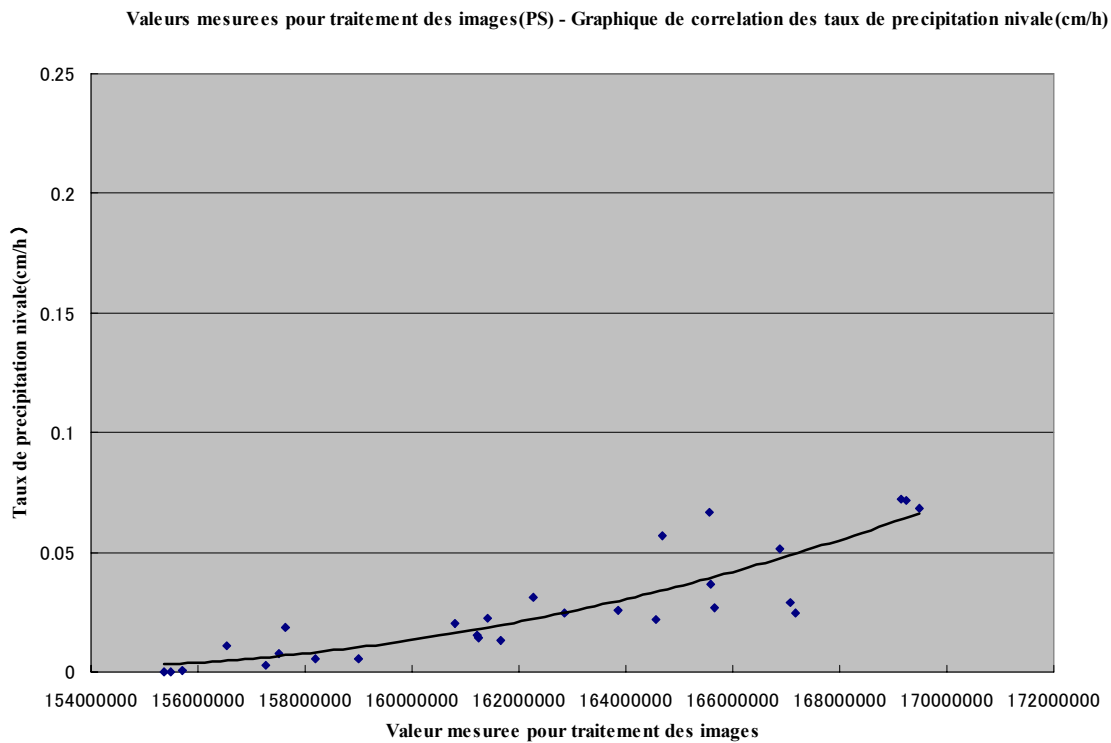


Figure 12: Plan de corrélation entre les valeurs mesurées pour traitement des images et les taux de précipitation nivale; à la nuit

La figure 13 représente le graphique d'évaluation par comparaison entre les valeurs mesurées transformées en taux de précipitation nivale par l'équation approximative suscitée et celles mesurées manuellement (étant les valeurs réelles).

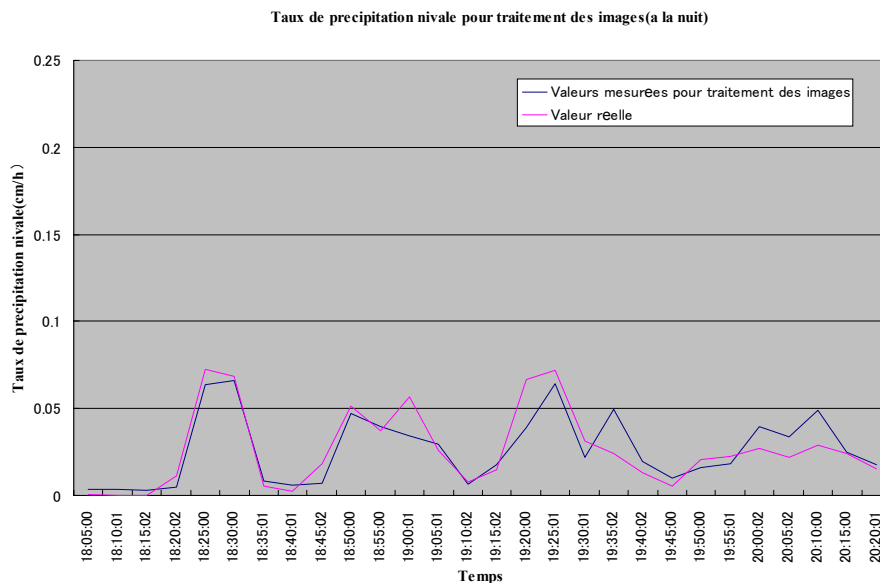


Figure 13: Données de mesure; à la nuit

4. Conclusions

Les présents essais effectués ont confirmé ce qui suit:

- (1) Au jour et également à la nuit, les résultats de mesure des images traitées (Spectre de Puissance) sont en relation avec les taux de précipitation nivale, et ils peuvent être transformés en taux de précipitation nivale par une transformation des résultats de mesure d'après l'équation approximative à polynôme.

- (2) Il est possible, en temps réel, de mesurer les taux de précipitation nivale.

La mesure de précipitation nivale par traitement des images nous permet donc de saisir la situation de précipitation nivale en temps réel. Ceci se traduit qu'elle est utile pour les mesures à prendre immédiatement lors des opérations d'enlèvement de la neige ainsi que la gestion de neige et glace par le gestionnaire routier.

Les essais effectués nous laissent également les thèmes suivants:

- (1) Effets du vent

Il a été confirmé que le vent fort fait baisser le niveau de mesure par traitement des images.

A cet effet, il est nécessaire d'étudier la méthodologie pour éliminer les effets du vent, et contre lesquels peuvent être citées les mesures suivantes:

- a) Emploi de l'obturateur électronique

Déclencher l'obturateur électronique armé sur la caméra CCD, détecter assurément la neige, et protéger sa visibilité contre le courant d'air et la détérioration du niveau de mesure des valeurs.

- b) Mesures fondées sur les conditions physiques de mise en place

Éliminer les effets du vent par les conditions physiques de mise en place, à savoir une enceinte, ou une distance entre la plaque de fond et la caméra, etc.

- (2) Calcul d'une profondeur de neige

Bien que son évaluation aux présents essais ait été faite par le taux de précipitation nivale (précipitation en phase aqueuse), il serait nécessaire, dans le but de la gestion, de mesurer une profondeur de neige à l'aide de la plaque de neige, etc. qui deviendra des données importantes, d'évaluer les mesures de profondeur de neige et d'établir une équation approximative de transformation en profondeur de neige.

Literature

- (1) Yoshiharu Takata : "About Trend of Snow and Ice Information Collection", Snow Reserch Center Yuki no25 pp.22-32 (1996)
- (2) Kenichiro MURAMOTO • Toru SHIINA : "Measurement of Snowflake Size and Falling Velocity by Image Processing", The Transactions of The Institute of Electronics Information and Communication Engineers of Japan D- II Vol.J72-D- II No9 pp.1382-1387 (1989)
- (3) Kenichiro MURAMOTO • Kohki MATSUURA • Toru SHIINA : "Analysis of Snowflake Shape by a Region and Contour Approach", The Transactions of The Institute of Electronics Information and Communication Engineers of Japan D- II Vol.J76-D- II No5 pp.949-958 (1993)
- (4) Kenichiro MURAMOTO • Kohki MATSUURA • Toru SHIINA : "Measurement of Density of Snow Particles and Snowfall Rate", The Transactions of The Institute of Electronics Information and Communication Engineers of Japan D- II Vol.J77-D- II No12 pp.2353-2360 (1994)
- (5) Hiroyasu Taniguchi • Takahiro Nakamura • Haruki Furusawa • Shinji Ozawa : "A Method of Snowfall Detection using Spatio-Temporal Data", The Transactions of The Institute of Electrical Engineers of Japan AUGUST/SEPTEMBER 2000 Volume 120-D Number 8/9 pp.1037-1045