

COLLECTE D'INFORMATIONS SUR LA NEIGE ET LE VERGLAS PAR CARTOGRAPHIE THERMIQUE

Hiroshi Sugano *, Yasuji Kyogoku **, Katsumi Kikuchi ***

- * Division 2 Maintenance, Département de Maintenance, Tohoku Branch, Japan Highway Public Corporation TEL 022-217-1839, FAX 022-711-6397
Adresse E-mail: Hitoshi-Sugano@gw.Japan-highway.go.jp
- ** Division Maintenance Planning, Département de Maintenance, Tohoku Branch, Japan Highway Public Corporation TEL 022-217-1839, FAX 022-711-6397
Adresse E-mail : Yasushi-Kyogoku@gw.Japan-highway.go.jp
- *** Division 2 Maintenance, Département de Maintenance, Tohoku Branch, Japan Highway Public Corporation TEL 022-217-1839, FAX 022-711-6397
Adresse E-mail : katsumi-Kikuchi@gw.Japan-highway.go.jp

1. Abrégé

Plus de 80% des autoroutes gérées par la Section Tohoku de Japan Highway Public Corporation se trouvent dans une zone enneigée froide où la couche de neige cumulée maximale atteint plus de 30 cm, et les mesures pour assurer la circulation par élimination de la neige et du verglas pendant la saison hivernale se concentrent sur une période de six mois environ à partir de la fin octobre. Les opérations antigel, qui constituent un des piliers de ces mesures, consistent à répandre préalablement des matériaux antigel pour éviter le gel de la surface. La collecte d'informations, comme la température de la surface, est indispensable pour effectuer le répandage au bon moment. Des patrouilles sont en permanence sur les routes pour collecter des informations, mais l'obtention en temps réel de données de toutes les autoroutes est impossible, et il est nécessaire de saisir précisément la température de la route qui varie selon les emplacements.

L'étude par cartographie thermique effectuée cette fois-ci a eu lieu sur des tronçons de l'autoroute de Tohoku et de l'autoroute de Hachinohe; les véhicules d'observation ont en continu relevé et collecté la température atmosphérique et la température de la surface. L'analyse statistique, menée sur la base de ces données, a permis l'extraction de la distribution longitudinale des températures et des zones à températures particulièrement basses, l'étude de la corrélation entre les températures observées aux stations d'observation météo locales et les températures relevées tous les 500 m sur le terrain, l'estimation de la plage d'application efficace de ces stations et de la position des nouvelles stations d'observation requises. Une carte des risques de gel a été établie pour les zones à risques de températures basses.

Cette étude a permis de quantifier les zones à risques de gel par saisie expérimentale. Les sections de route couvertes efficacement par chaque station d'observation météo capable de surveiller les informations thermiques en temps réel et les sections non couvertes ont aussi été mises au clair, et l'étendue des données lisibles des informations thermiques disponibles de ces stations d'observation météo a pu être extraite.

Les résultats de cette étude seront utilisés comme points d'observation principaux pour les emplacements à risques de gel lors des patrouilles, et la température de la surface sur cet intervalle sera estimée et utilisée comme donnée pour juger des opérations d'élimination de neige/verglas sur la base des données des stations d'observation météo placées à environ 10 km d'intervalle.

2. Introduction

La Section Tohoku gère un total d'environ 1.100 km d'autoroutes et routes à péage ordinaires,

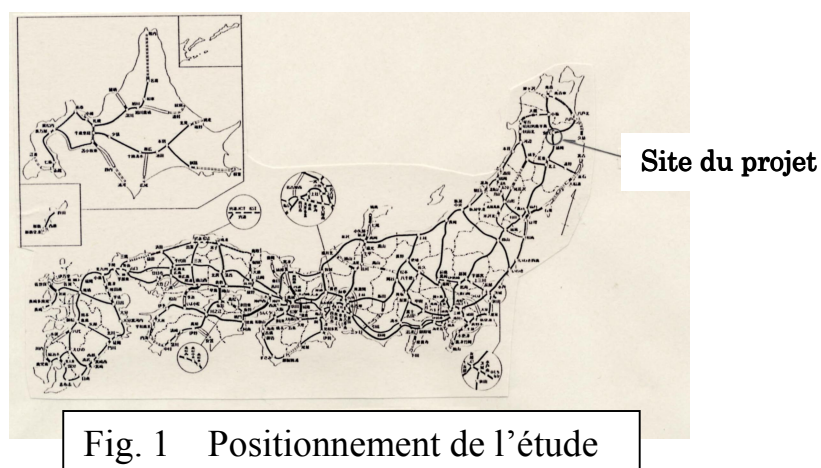
dont environ 80% se situent dans des régions de neige froides. Le thème principal de la Section pendant la période de mesures contre la neige/verglas d'environ six mois à partir de la fin octobre est le maintien de la circulation en hiver. Des mesures d'élimination de la neige et du verglas, comme des opérations de déneigement et des opérations antigel, sont réalisées de jour comme de nuit, et des ouvrages en vue d'améliorer la visibilité comme les pare-neige également aménagés dans ce but. Parmi les mesures contre la neige/verglas, les opérations antigel consistent à répandre préalablement des matériaux antigel pour éviter les accidents dus au dérapage en cas de gel, qui est la méthode la plus efficace. Avant le répandage, l'état des routes est saisi par surveillance préalable par patrouilles et par les données des stations d'observation météo locales, mais comme les patrouilles exigent de 2 à 3 heures environ, il est difficile de saisir en temps réel l'état de la surface de toutes les routes. L'étude par cartographie thermique réalisée cette fois-ci sur les autoroutes de Tohoku et de Hachinohe en vue de mesures contre la neige/verglas efficaces dans l'avenir a compris entre autres l'observation en continu en direction longitudinale des températures atmosphériques et de la route par véhicules d'observation, l'estimation des caractéristiques thermiques de toutes les routes observées par analyse statistique, l'extraction de la distribution longitudinale des températures et des zones à températures particulièrement basses, et l'estimation de la plage d'application efficace des stations, basée sur la corrélation entre les stations d'observation météo locales et chaque emplacement.

3. Etude par cartographie thermique

3.1 Emplacements

Cette étude a été réalisée sur les quelque 32 km entre les échangeurs de Nishine et d'Ashiro sur l'autoroute de Tohoku, dans le nord de la région de Tohoku, et les 15 km entre la jonction d'Ashiro et l'échangeur de Johoji sur l'autoroute, soit un total de 46 km (Fig. 1).

C'est la zone la plus élevée (475 m) sur les quelque 700 km de l'autoroute de Tohoku, où les conditions climatiques moyennes de ces cinq dernières années (centre d'observation de Ryugamori-Kita) ont été environ 140 jours d'hiver (jours à température minimale de 0°C ou moins), environ 50 jours de plein hiver (jours à température maximale de 0°C ou moins) et environ 120 jours de neige et des chutes de neiges cumulées d'environ 10 m.



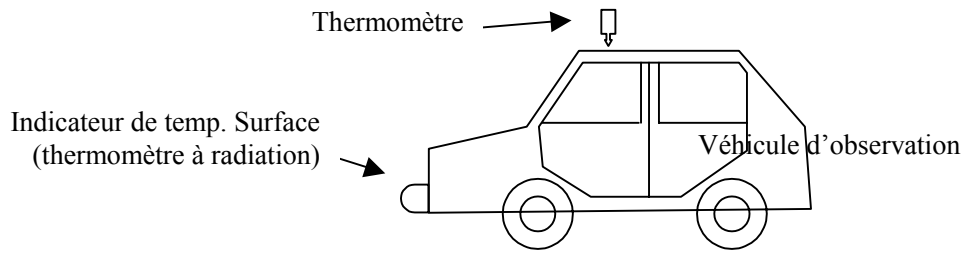
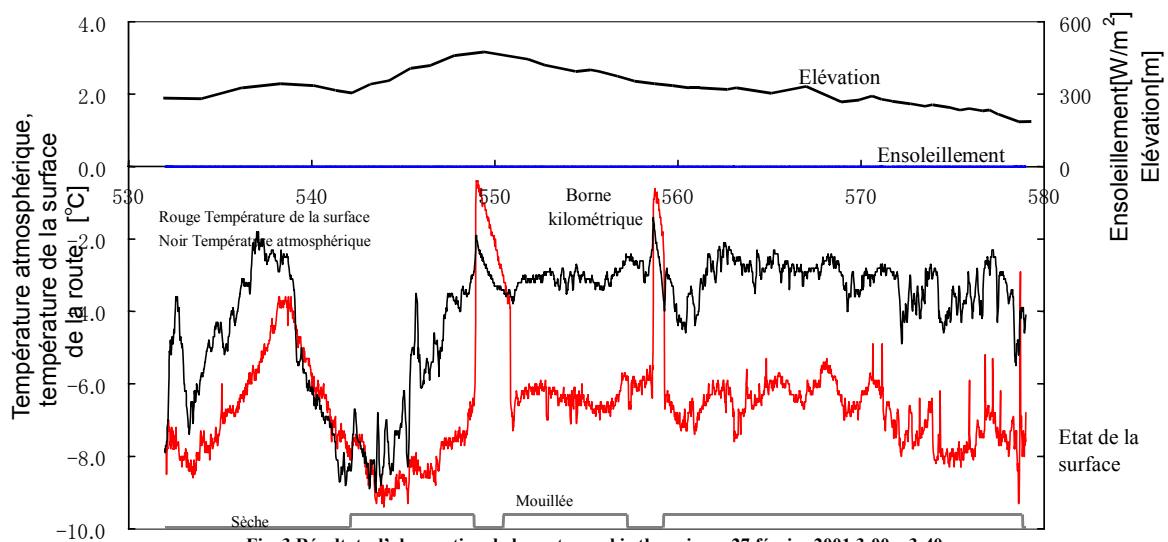


Fig. 2 Schéma du véhicule d'observation

3.2 Teneur de l'étude

L'étude par cartographie thermique a été faite, comme le montre la Fig. 2, par des véhicules d'observation équipés d'un thermomètre à radiation (indicateur de température de la surface infrarouge), d'un indicateur de température atmosphérique (thermocouple) etc. roulant à vitesse fixe (60 km/h), échantillonnant des données par unité de seconde et les stockant dans l'ordinateur du véhicule. Les informations de position des stations d'observation météo, des ponts etc. sur le chemin et l'état de la surface ont été entrées manuellement pendant le déplacement. L'étude a été effectuée sur trois jours, du 20 au 22 janvier et les 26-27 février 2001, en choisissant des jours où la vague de froid était relativement installée, et 18 parcours ont été réalisés. La Fig. 3 donne des exemples de résultats d'observation.



**Fig. 3 Résultats d'observation de la cartographie thermique: 27 février 2001 3:00 – 3:40
Nishine, autoroute de Tohoku – Johoji, route de Hachinohe: voies montantes)**

4. Collecte de données d'observation

Les données d'observation ont été classées selon l'organigramme de la Fig. 4. Comme le montre le Tableau 1, les bornes kilométriques (KP) et les noms des ponts ont été ajoutés aux données relevées toutes les secondes, et les valeurs de température atmosphérique relevées tous les 500 m sont des valeurs représentatives à temps réel. Les relevés étant faits toutes les 4 heures, le calcul de la température atmosphérique etc. à un même moment pour tous les points de mesure a été fait par le biais d'une ligne reliant les différentes valeurs d'observation, comme le montre la Fig. 5.

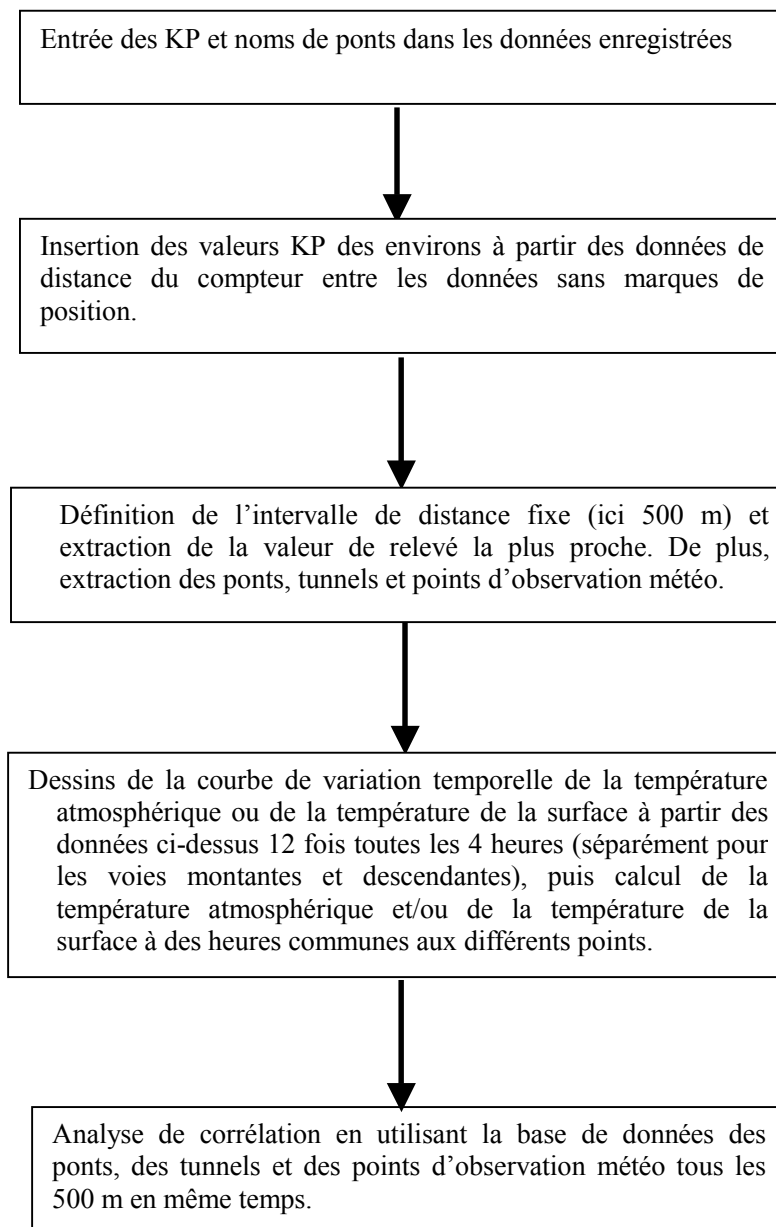


Fig. 4 Flux de classement des données d'observation

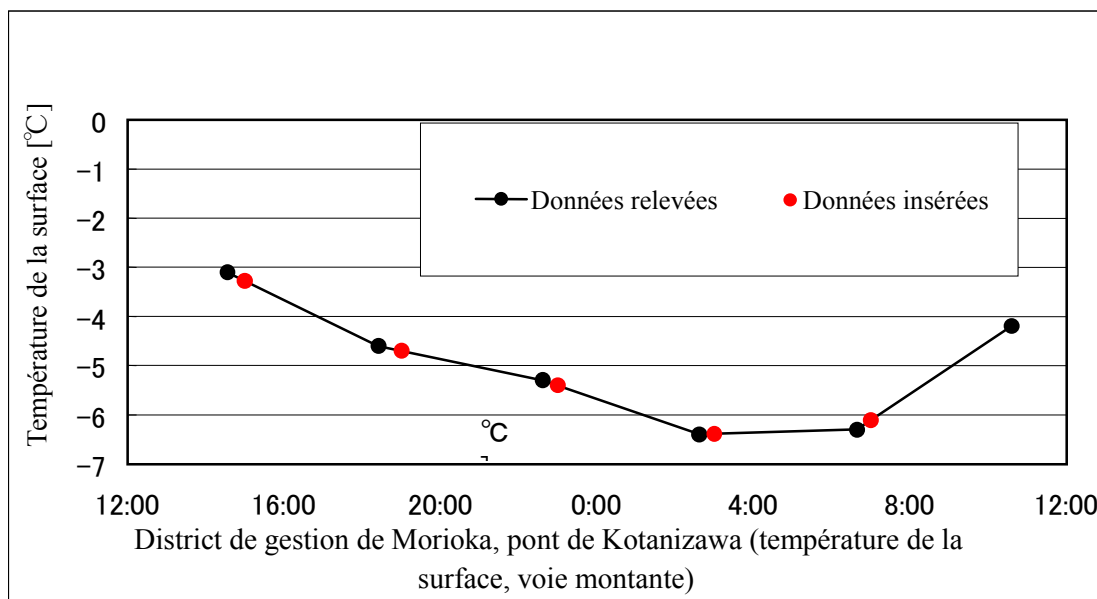


Fig. 5 Exemple de calcul de la température de la surface à une heure donnée à partir des données d'observation

5. Extraction des zones à températures particulièrement basses

Les zones à températures particulièrement basses sont définies comme indiqué ci-dessous en s'appuyant sur la condition générale que la température baisse avec l'augmentation de l'élévation.

- (1) Zone à température inférieure de plus d'1°C à celle des environs (température atmosphérique, température de la surface)
- (2) Zone à basses températures bien que l'élévation soit faible.

L'extraction des zones à températures particulièrement basses a été faite à 22 h, 2 h et 6 h, heures où la température baisse. La Fig. 6 montre la température de la surface, les emplacements indiquant les zones à températures particulièrement basses. Les particularités des zones extraites sont comme suit.

Zone (KP)	Particularités
Échangeur de Nishine – Echangeur de Matsuo, Autoroute de Tohoku (525 KP – 535 KP)	Cuvette s'étendant au pied du Mt. Iwate, relief où se rassemblent facilement les vents soufflant du haut des montagnes
Échangeur de Nishine – Echangeur d'Ashiro (536 KP – 548 KP)	Relief où se rassemblent les vents soufflant du haut du Mt. Iwate et du Mt. Hachimantai
Jonction d'Ashiro – Echangeur d'Ichinohe, route de Hachinohe (572 KP – 579 KP)	La route de Hachinohe est enserrée entre des montagnes, en direction Nord-ouest, et l'air froid de type hivernal s'y engouffre facilement; son élévation étant plus faible que les environs, le froid y stagne facilement.

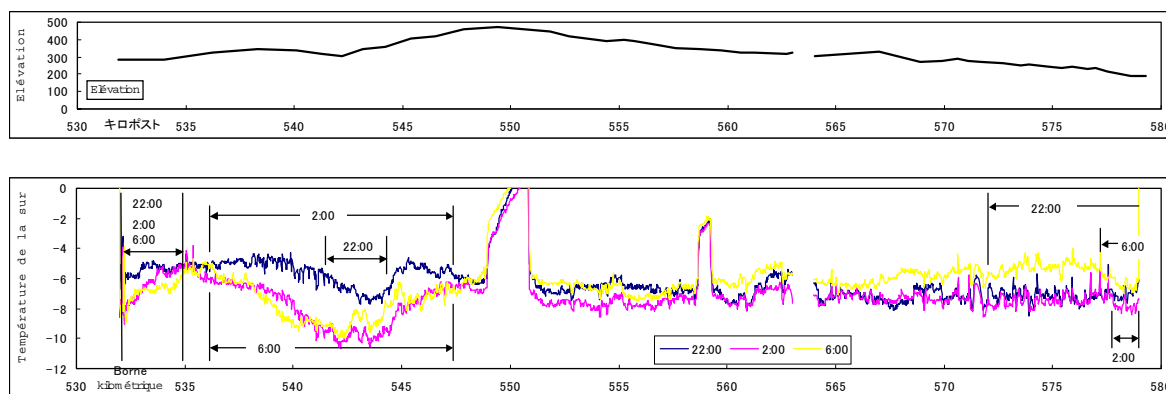


Fig. 6 Exemple de calcul d'un point à températures particulièrement basses (Autoroute de Tohoku, Nishine – Hachinohe, Shohoji: voie descendante) Température de la surface

6. Evaluation des stations d'observation météo existantes et du risque de gel par analyse de corrélation

6.1 Analyse de corrélation entre les stations d'observation météo existantes et les routes

Des observations ponctuelles ont été faites aux stations d'observation météo existantes, et non pas en continu comme sur les routes. L'analyse de corrélation des valeurs d'observation aux stations et des valeurs mesurées tous les 500 m a été faite pour voir sur quelle zone spatiale les températures mesurées cette fois-ci aux stations d'observation météo existantes peuvent être appliquées comme points représentatifs des variations de température atmosphérique et de température de la surface. La Fig. 7 a été obtenue sur la base de 4 points d'observation de la température atmosphérique et du calcul du coefficient de corrélation tous les 500 m; les parties sombres ont un coefficient de corrélation supérieur à 0,98, les parties claires un coefficient de corrélation supérieur à 0,95. La Fig. 8 indique sous forme de graphe le coefficient de la station d'observation météo TN de Hodozaka. Ces résultats montrent que la station d'observation météo ne se situe pas toujours au centre de la zone, et n'est pas toujours représentative de ses environs. Comme le montre la Fig. 8, la corrélation est bonne du côté point de départ de la station (sens où les KP deviennent moins nombreux) et devient brutalement mauvaise au point final à la station d'observation météo TN de Hodozaka. Ce fait révèle que la station elle-même se trouve à un emplacement où le climat a tendance à changer facilement, et que son installation à cet emplacement est correcte.

Pour les zones à coefficient de corrélation supérieur à 0,98, l'écart de température calculé est d'environ 1°C, et d'environ 2°C pour un coefficient supérieur à 0,95, ce qui montre que les stations sont utilisables, même avec un coefficient supérieur à 0,95.

kp	Emplacement	Station d'observation de Maemorivama	Station d'observation de Ryugamori-kita	Station d'observation TN de Hodosaka	Station d'observation d'Inababashi	kp	Emplacement	Station d'observation de Maemorivama	Station d'observation de Ryugamori-kita	Station d'observation TN de Hodosaka	Station d'observation d'Inababashi
532.00	Péage de Nishine	0.91	0.76	0.75	0.82	557.35	Pont de Niita	0.71	0.96	0.99	0.95
532.40	Sortie ligne principale	0.87	0.81	0.82	0.86	557.50		0.70	0.96	0.99	0.94
532.50		0.87	0.80	0.82	0.86	558.00		0.73	0.95	0.98	0.93
533.00		0.88	0.78	0.80	0.84	558.50	Pont de Hodosaka	0.72	0.96	0.99	0.95
533.50		0.89	0.77	0.79	0.83	558.55	Station d'observation TN de	0.71	0.96	0.99	0.96
534.00		0.88	0.81	0.83	0.87	558.60		0.72	0.96	1.00	0.96
534.50		0.87	0.86	0.87	0.91	558.95	Tunnel de Hodosaka	0.71	0.93	0.96	0.93
535.00		0.85	0.87	0.89	0.91	559.00		0.71	0.93	0.96	0.93
535.50		0.87	0.92	0.93	0.95	559.50		0.76	0.96	0.97	0.95
536.00		0.82	0.94	0.95	0.96	560.00		0.82	0.95	0.94	0.94
536.50		0.79	0.96	0.97	0.97	560.50		0.79	0.95	0.90	0.88
537.00		0.76	0.94	0.96	0.96	561.00		0.79	0.95	0.90	0.89
537.50		0.81	0.90	0.91	0.93	561.50	Pont de Karuzawa	0.72	0.97	0.95	0.93
537.95	Pont d'Iwate Matsukawa	0.78	0.87	0.90	0.91	562.00		0.77	0.96	0.94	0.93
538.00		0.78	0.87	0.89	0.90	562.50		0.75	0.96	0.95	0.96
538.50		0.77	0.86	0.89	0.90	562.58	Pont de Nikaruzawa	0.75	0.95	0.96	0.96
539.00		0.81	0.86	0.88	0.90	563.00		0.75	0.97	0.97	0.96
539.50		0.85	0.81	0.83	0.87	563.19	Pont de	0.75	0.96	0.97	0.96
540.00		0.87	0.79	0.80	0.85	563.50		0.79	0.97	0.96	0.96
540.50		0.88	0.78	0.80	0.85	564.00		0.78	0.97	0.96	0.96
541.00		0.92	0.75	0.76	0.82	564.50		0.82	0.96	0.96	0.95
541.11	Pont d'Akagawa	0.92	0.76	0.77	0.83	565.00		0.78	0.97	0.97	0.97
541.50		0.96	0.70	0.68	0.77	565.15	Pont de	0.79	0.96	0.96	0.96
542.00		0.96	0.74	0.73	0.80	565.50		0.79	0.97	0.96	0.96
542.50		0.96	0.76	0.74	0.82	566.00		0.78	0.97	0.96	0.96
543.00		0.99	0.75	0.72	0.80	566.50		0.77	0.97	0.94	0.95
543.50		0.99	0.74	0.71	0.79	567.00		0.79	0.98	0.96	0.96
544.00		0.97	0.84	0.80	0.87	567.50		0.79	0.97	0.95	0.96
544.50	Station d'observation de	1.00	0.75	0.72	0.78	568.00		0.78	0.97	0.97	0.97
545.00		0.93	0.91	0.88	0.92	568.50		0.78	0.96	0.96	0.97
545.50		0.87	0.95	0.91	0.95	569.00		0.80	0.96	0.96	0.98
546.00		0.87	0.94	0.92	0.95	569.05	Pont de Nagamaesawa	0.82	0.95	0.95	0.97
546.50		0.86	0.94	0.92	0.95	569.50		0.80	0.95	0.95	0.98
546.74	Pont de Koyanosawa	0.84	0.95	0.93	0.94	570.00		0.81	0.95	0.96	0.97
547.00		0.86	0.95	0.92	0.94	570.50		0.80	0.95	0.95	0.97
547.50		0.79	0.96	0.94	0.93	571.00		0.77	0.94	0.95	0.98
548.00		0.80	0.97	0.94	0.94	571.28	Pont d'Uruhata	0.77	0.95	0.96	0.98
548.50		0.79	0.98	0.95	0.94	571.50		0.77	0.95	0.96	0.98
549.00		0.73	0.96	0.90	0.87	571.84	Pont de Komagatake	0.78	0.95	0.96	0.98
549.50		0.75	0.98	0.92	0.90	572.00		0.78	0.94	0.96	0.98
549.90	Tunnel de Ryugamori	0.75	0.99	0.95	0.91	572.50		0.84	0.93	0.94	0.97
550.00		0.75	0.99	0.94	0.91	573.00		0.84	0.93	0.95	0.97
550.50		0.75	0.99	0.96	0.92	573.34	Pont de Kajou	0.82	0.94	0.95	0.98
551.00		0.76	0.99	0.96	0.92	573.50		0.81	0.95	0.96	0.98
551.30	Station d'observation de	0.75	1.00	0.96	0.95	573.80	Station d'observation du	0.78	0.95	0.96	1.00
551.50		0.74	0.98	0.96	0.90	574.00		0.79	0.95	0.97	0.98
552.00		0.74	0.99	0.96	0.92	574.07	Pont d'Inaniwa	0.78	0.95	0.97	0.98
552.50		0.73	0.98	0.97	0.91	574.50		0.86	0.93	0.94	0.97
552.87	Pont de	0.73	0.98	0.97	0.91	575.00		0.84	0.93	0.95	0.97
553.00		0.74	0.97	0.96	0.91	575.38	Pont de Bajou	0.83	0.94	0.96	0.98
553.50		0.77	0.98	0.96	0.91	575.50		0.85	0.93	0.95	0.97
554.00		0.77	0.98	0.97	0.93	576.00		0.85	0.93	0.95	0.96
554.13	Pont de kurosawa	0.75	0.98	0.97	0.93						

Fig7 Stations d'observation existantes et coefficient de corrélation entre les différents indicateurs (température)

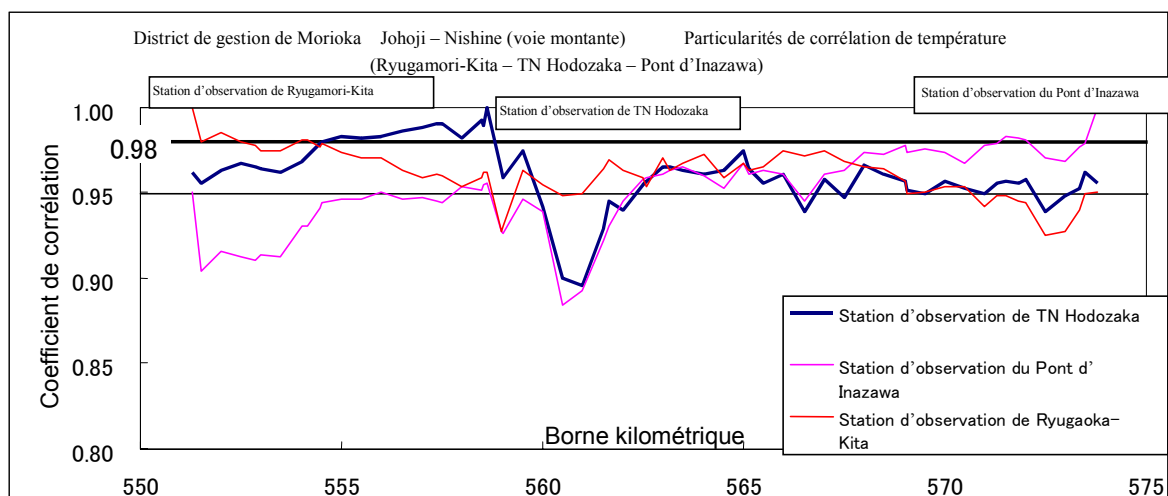


Fig. 8 Schéma de corrélation avec les stations d'observation existantes (température)

6.2 Evaluation des risques de gel

La saisie préalable des zones à augmentation des risques de gel, des zones pour lesquelles il est risqué de se baser seulement sur les données d'observation parce que la corrélation avec les stations d'observation météo existantes est faible, permettra d'organiser des patrouilles plus ciblées sur les routes sur place. Pour cette raison, l'analyse des risques de gel a été faite sur la base de l'analyse de corrélation effectuée jusqu'ici.

6.2.1 Classement et évaluation des risques de gel

Les risques de gel sur les routes ont été classés en 4 niveaux comme indiqué ci-dessous sur la base des zones à températures particulièrement basses extraites au paragraphe 5.

		Tendance à des températures basses par rapport aux points d'observation météo	
		Faible	Elevée
Corrélation avec les points d'observation météo	Faible	A	C
	Elevée	B	D

Où:

- A: Corrélation faible parmi les zones à températures particulièrement basses, tendance à des basses températures par rapport aux points d'observation météo les plus proches
- B: Corrélation élevée parmi les zones à températures particulièrement basses, tendance à des basses températures par rapport aux points d'observation météo les plus proches
- C: Corrélation faible parmi les zones à températures particulièrement basses, tendance à des températures élevées par rapport aux points d'observation météo les plus proches
- D: Corrélation élevée parmi les zones à températures particulièrement basses, tendance à des températures élevées par rapport aux points d'observation météo les plus proches

6.2.2 Etablissement d'une carte des risques de gel

La Fig. 9 est une carte des risques de gel affichée sur la carte des routes, avec classement conforme à la division précitée des températures de surface. Ici, les voies montantes et descendantes au Nord de la station d'observation météo de Ryugamori-kita sont les zones A et B, et ont tendance à des températures plus basses que les stations d'observation météo les plus proches, la corrélation est particulièrement faible pour la zone A, et l'estimation est difficile à partir des données de la station. Au Sud du tunnel de Ryugamori, la zone A apparaît alternativement pour les voies montantes et descendantes, ce qui est sans doute en relation avec la direction facilement frappée par les vents. Ainsi, conventionnellement, les zones gelant facilement étaient connues par expérience, mais l'analyse de corrélation permettra de mettre au clair la relation avec les stations d'observation météo les plus proches et d'employer une carte des risques de gel indiquant les points à surveiller pendant les patrouilles.

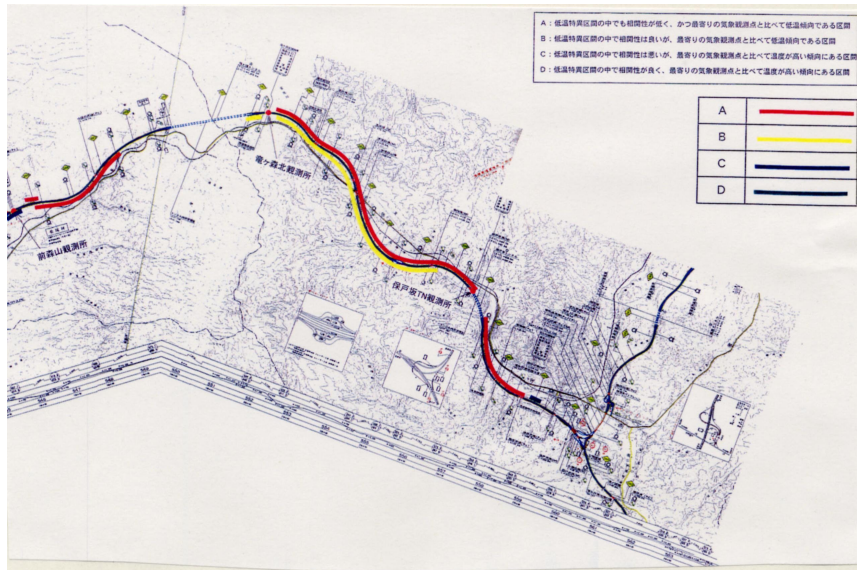


Fig 9 Carte des risques de gel

Température de la route Voie montante

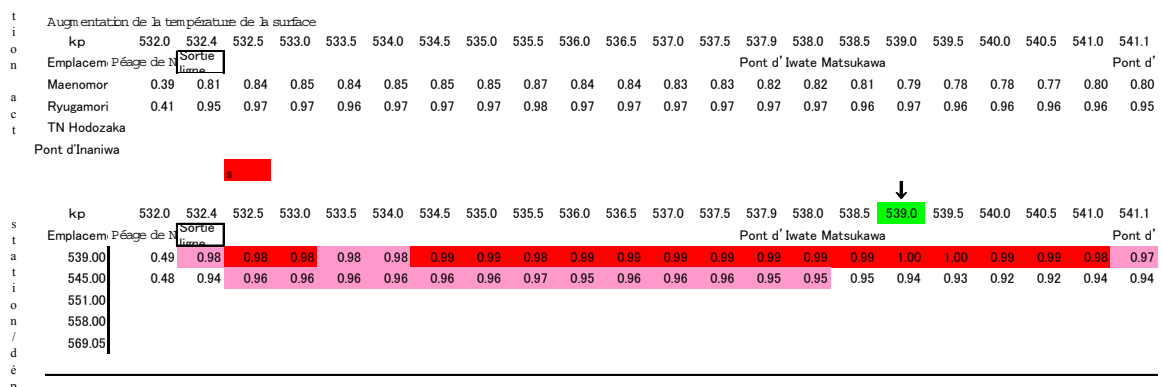


Fig. 10 Corrélation aux emplacements des stations d'observation météo actuels et corrélation aux stations d'observation météo déplacés

7. Etude du repositionnement des stations d'observation météo existantes

Des points de changement météo sont principalement placés à l'entrée/sortie des tunnels et sur les ponts afin de saisir le plus tôt possible des brutaux changements de température aux stations d'observation météo existantes. Dans ce sens, on peut dire que ce choix est évident, mais la saisie de l'état de la route en continu est difficile. C'est pourquoi nous avons étudié dans quelle mesure la plage d'indication serait élargie si les stations d'observation météo étaient déplacées sur la base de l'analyse de corrélation par intervalles de 500 m.

La Fig. 10 montre l'indication si quatre stations d'observation météo existantes (points jaunes) sont déplacées aux points verts et qu'une station additionnelle est placée aux environs de 539KP. Cette modification a permis d'obtenir une corrélation élevée sur presque toute la longueur de la route et d'estimer la température sur toute sa longueur.

8. Conclusion

La présente étude a permis de mettre au clair les zones à surveiller pour le gel, comme les zones à températures particulièrement basses, et l'observation de la carte des risques de gel a permis d'extraire les emplacements à surveiller au moment des patrouilles. Par ailleurs, l'analyse de corrélation a permis de connaître la plage d'application efficace des stations d'observation météo existantes, et lors de la surveillance au bureau, il est devenu possible de tenir compte de zones particulières. L'analyse de corrélation a aussi permis d'effectuer une simulation pour savoir où déplacer les stations d'observation météo existantes et où en ajouter des nouvelles; le repositionnement des stations permettra d'obtenir en temps réel une image de la répartition des températures sur toute la longueur de la route à partir des données des stations, et laisse espérer le renforcement de l'efficacité des opérations d'élimination de la neige et du verglas.