

DETERMINATION DE L'EFFET DES MESURES D'AMELIORATION DE LA SECURITE ROUTIERE UTILISANT UN SYSTEME ITS

Keiichi Sasaki*, Tohru Tamura** et Kazuo Saito***

* Department of Civil Engineering
Hakodate National College of Technology
Tél/Fax +81-138-59-6498
E-mail : sasaki@hakodate-ct.ac.jp

** Civil Engineering and Architecture
Muroran Institute of Technology
Tél +81-143-46-5287
Fax +81-143-46-5288
E-mail : tamura@mmm.muroran-it.ac.jp

*** Civil Engineering and Architecture
Muroran Institute of Technology
Tél +81-143-46-5287
Fax +81-143-46-5245
E-mail : k-saito@mmm.muroran-it.ac.jp

1. Résumé

Les informations concernant la sécurité routière portent généralement sur les déclivités ou les points d'accidents fréquents, informations aujourd'hui présentées en temps réel par les systèmes d'aide à la navigation perfectionnés. L'objectif de la présente étude est de déterminer les différents types d'informations requis par les utilisateurs sur le plan de la sécurité routière. Dans le présent document, le terme 'informations ponctuelles' fait référence aux panneaux de signalisation classiques placés en bord de route tandis que 'informations linéaires' désigne les informations continues concernant le déroulement du parcours. En déterminant comment les mouvements des véhicules évoluent en fonction de la qualité et de la quantité des 'informations linéaires', la présente étude vise principalement à déterminer la valeur des 'informations linéaires'.

2. Introduction

Si les nouveaux logiciels font avancer les recherches sur l'évaluation des informations obtenues grâce à la technique ITS, l'utilisation pratique des informations en question pose un certain nombre de problèmes. Comme le rapport entre les informations et le comportement en déplacement des gens reste mal connu, le principal problème consiste à déterminer la quantité et la qualité des informations à fournir aux conducteurs car un excès d'informations peut affecter la vitesse de déplacement des véhicules et la fiabilité des informations, avec pour résultat une détérioration des conditions de circulation. En ce qui concerne les méthodes de fourniture d'informations, la FHWA américaine travaille actuellement sur un système de sécurité routière permettant de fournir des informations « sectionnelles » sur le trafic. Ce système, baptisé Interactive Highway Safety Design Model (IHSDM), indique les points d'accidents fréquents (ainsi que d'autres informations) sur un GIS destiné aux conducteurs. Son efficacité a déjà été étudiée au moyen d'expériences sociales.

En ce qui concerne les recherches sur la technique ITS, l'ITS régional est un domaine dans lequel le Japon est en retard sur d'autres pays. « Région » est un des éléments de l'ITS régional, en plus des éléments « conducteurs », « routes » et « véhicules » qui constituent l'ITS en général. Selon les prestataires, les informations sont soit les facteurs d'environnement de marche (tracé de la route, état du revêtement, embouteillage, etc.) fournis principalement par les « administrateurs des routes », soit les informations préparées et fournies par les autorités régionales (exemple : analyse régionale et compilation des informations routières avec comme

plate-forme les informations véhicules interactives).

L'objectif de cette étude était de mettre au point un simulateur permettant de comprendre comment les conducteurs évalueraient les informations sur le tracé de la route, l'état du revêtement, l'encombrement des routes, etc. fournies sous forme linéaire. Plus précisément, il s'agissait d'envisager l'élaboration d'un simulateur de trafic servant de plate-forme d'informations véhicules interactives afin de comprendre l'efficacité des informations linéaires, ainsi qu'une gestion régionale et la fourniture d'informations pendant une période de transition entre le moment présent et celui où des informations véhicules interactives seront effectivement disponibles (les effets d'un réseau ITS ne seront pas visibles tant que l'équipement n'aura pas atteint un certain niveau de diffusion). Dans notre étude, les informations linéaires (utilisation d'un simulateur NN-CA (Neural Network-Cellular Automata)) ont été préparées à partir des résultats d'une expérience sociale menée en 1999 au Col de Nakayama sur l'île d'Hokkaido. L'efficacité des informations linéaires a été évaluée au moyen d'une expérience sociale (Fig. 1).

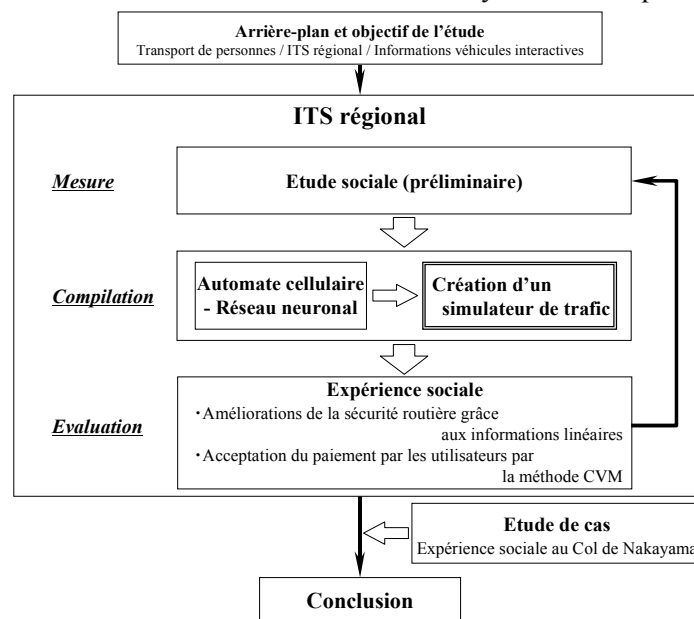


Fig. 1 Procédure d'étude

3. Informations véhicules interactives

Dans les réseaux de trafic actuels, les informations en temps réel peuvent être fournies en utilisant des capteurs ou des caméras disposés sur les routes. Toutefois, elles ne sont disponibles que pour des tronçons équipés de capteurs ou caméras et des restrictions spatiales persistent. Il se pose aussi un problème de gestion car le volume d'informations (lorsqu'elles sont disponibles) est énorme. C'est la raison pour laquelle il a été envisagé un échange d'informations entre des équipements montés sur chaque véhicule (système ci-après appelé informations véhicules interactives), cette méthode permettant d'élargir l'espace dans lequel les informations seraient gérées, de la collecte à la distribution. Ce système permet de créer des réseaux d'informations routières locales dynamiques grâce aux échanges répétés d'observations entre les appareils montés sur les véhicules circulant dans la zone en question.

Grâce à la simplicité de sa structure de réseau, la facilité de gestion et d'autres facteurs, le système d'informations véhicules interactives constitue une solution efficace de plate-forme pour l'ITS régional. Une étude de Kobayashi (Réf. 4) explique qu'un « réseau dense et complexe utilisant différents modes est nécessaire pour répondre à la demande complexe des gens (ITS

régional) dans une société de la connaissance ». Plusieurs problèmes restent cependant en suspens, notamment fait que les effets d'un réseau ITS ne seront pas visibles tant que l'équipement embarqué ne sera pas monté sur un nombre suffisant de véhicules.

4. ITS régional

Un système d'information routière utilisant un ITS régional peut être conçu en trois phases - (1) mesure, (2) compilation et (3) évaluation des informations routières. On estime qu'un ITS plus perfectionné peut être réalisé en cycles par répétition de ces phases (Fig. 1).

(1) Mesure des informations routières

Les informations routières classiques se composent de données provenant de la structure des routes, des comptages de véhicules et des études d'accidents. Lorsque les technologies d'acquisition d'informations de localisation sur les véhicules en déplacement seront au point, les véhicules eux-mêmes pourront servir d'appareils d'observation pour fournir des informations routières détaillées par l'intermédiaire d'un système d'informations véhicules interactives.

(2) Compilation des informations

Les informations routières mesurées seront compilées (analysées) pour permettre l'exécution d'un service d'information. Jusqu'à présent, les informations étaient fournies sous la forme d'informations ponctuelles grâce à des panneaux de signalisation placés aux endroits dangereux par les « administrateurs des routes ». Toutefois, l'évolution de la technique informatique permet désormais de fournir des informations linéaires comme le tracé des routes (Fig. 2), des informations bidimensionnelles avec expansion spatiale, ainsi que des informations multidimensionnelles (GIS par exemple). Dans le cadre d'une utilisation « ITS régional » de ces informations, il convient cependant (1) de mettre en oeuvre des compétences techniques flexibles pour suivre l'évolution de la technique afin de bien maîtriser les problèmes liés aux services d'information et d'améliorer le service en permanence et (2) d'assurer une prise en compte suffisante des utilisateurs, notamment des conducteurs, constamment exposés au risque d'accident de la circulation.

Dans le cadre de cette étude, les informations ont été compilées au moyen d'un simulateur de trafic NN-CA de type « automate cellulaire » décrit dans l'étude de Sasaki and al. (Réf. 1) et ayant un modèle de réseau neuronal comme règle interne. Le simulateur NN-CA a été jugé efficace pour la compilation d'ITS régional car (1) il s'agit d'un modèle simple qui peut être constamment mis à jour, (2) les informations peuvent être généralisées en éliminant les parasites (comme les « fous de vitesse ») grâce au modèle NN et (3) la règle locale par NN peut être étendue spatialement grâce à CA.

(3) Evaluation des informations

Les informations compilées ont été évaluées. On a supposé que les informations fournies seraient évaluées par le marché. Autrement dit, il se produirait un échange d'informations concernant le coût de l'équipement spécial pour obtenir des informations et la méthode d'obtention des informations contre paiement au sein du marché. Dans ce cas, le prix et la demande seraient élevés pour des informations requises ou jugées utiles par la population. Dans cette étude, le modèle NN-CA ci-dessus a été évalué par la méthode CVM (contingent valuation method).

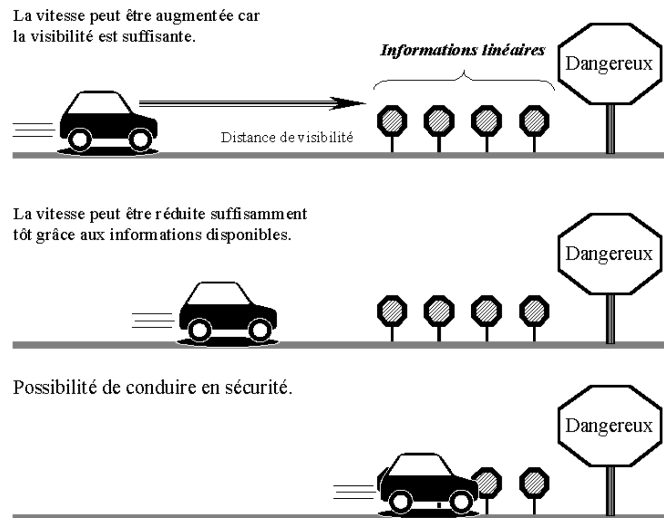


Fig. 2 Image d'informations linéaires

5. Simulateur de trafic utilisant CA

(1) Emplacement du simulateur

Les simulateurs de trafic ont été classés en trois types, dont les caractéristiques respectives ont été répertoriées (la figure 3 montre les trois concepts qui seront expliqués ci-dessous).

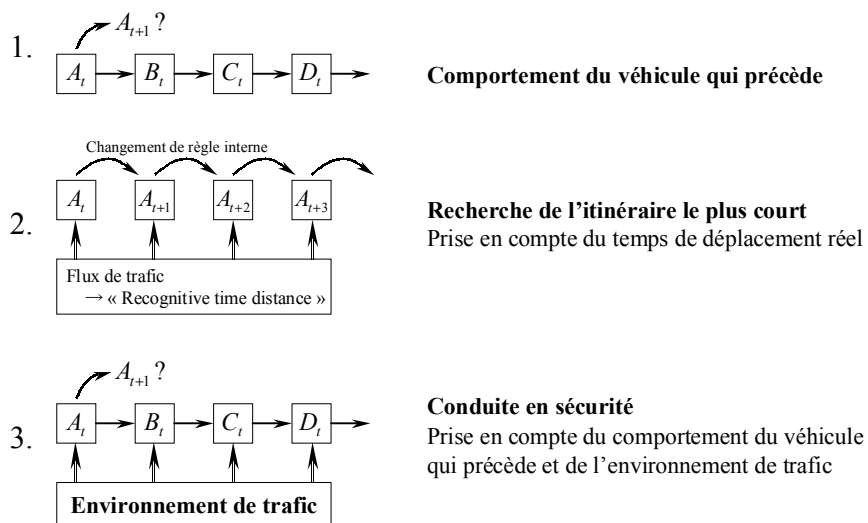


Fig. 3 Schéma conceptuel d'un simulateur de trafic

- 1 Dans le cas du type classique de simulateur, le comportement du véhicule A est déterminé par le flux de trafic de la période précédente, influencé par les véhicules B et C qui le précèdent.

$$A_{t+1} = f(A_t, B_t, C_t, \dots) \quad \dots (1)$$

Dans ce cas, les véhicules A, B et C ont une règle locale commune. Il s'agit d'un comportement visant à maintenir une distance définie entre les véhicules afin d'éviter une collision avec le véhicule qui précède. Si le conducteur du véhicule qui précède (B_t) freine, le conducteur du véhicule suivant (A_{t+1}) fait de même. Le flux de trafic représenté utilise ce concept.

- 2 Bien que l'étude de Fujii and al., qui est une étude avancée de systèmes complexes, avait pour objet d'étudier le choix d'itinéraire des conducteurs individuels, on peut l'utiliser, à condition de l'exprimer par le concept de CA, comme un moyen d'expérimenter et

d'apprendre la « cognitive time distance » (t_{ij}) à partir des modes de conduite du jour précédent, sur la base d'un intervalle de temps quotidien, pour changer la règle interne et passer à la zone de temps suivante.

$$A_{t+1} = f(A_t, t_{ij}) \quad \dots (2)$$

- 3 La CA proposée dans cette étude est l'analyse de l'évolution des comportements en fonction des modifications de l'environnement ambiant, dans une hypothèse de règle interne uniforme (commune à tous les conducteurs). L'environnement ambiant fait référence à des informations sur l'existence d'un véhicule qui précède (B_t, C_t, \dots), le tracé de la route, les points où se produisent fréquemment des accidents et d'autres éléments.

$$A_{t+1} = f(A_t, B_t, C_t, \dots, I) \quad \dots (3)$$

(2) Méthode d'entrée des informations sur le trafic

Les informations sur le trafic présentées ici se caractérisent par le fait qu'il s'agit d'informations linéaires concernant le tronçon parcouru. On a analysé les variations dans la vitesse d'avancement du véhicule lorsque l'on fournit à l'avance ces informations au conducteur. Les points intéressants concernant cette méthode de fourniture d'information sont (1) comment les gens prennent connaissance des informations continues et y réagissent et (2) l'étude de solutions permettant de fournir des informations sectionnelles continues. Le simulateur de trafic envisagé sera configuré pour analyser ces deux points. Plus précisément, on tentera de construire un modèle permettant de reproduire les conditions de flux de trafic dans différents environnements de trafic routier en divisant chaque environnement de trafic en « existence de véhicules devant (volume de flux de trafic) » et « méthode de fourniture d'informations sur le trafic (y compris l'existence de telles informations) ». Bien que cette idée ait déjà été présentée par la FHWA, la mise en œuvre de la modélisation est spécifique à la présente étude.

6. Etude de cas (expérience sociale au Col de Nakayama)

(1) Etude sociale préliminaire

Sur la base des données de mesure obtenues dans l'étude de Iimura and al. (Réf. 2) menée au Col de Nakayama en 1999, on a utilisé deux échantillons (avec ou sans informations) dans les mêmes conditions de marche.

(2) Construction d'un simulateur de trafic

En utilisant les deux types de données ci-dessus, un simulateur NN-CA a été élaboré. Comme illustré dans la Fig. 4, les variables explicatrices du modèle NN étaient la vitesse, les facteurs routiers et la distance de visibilité, la variable cible étant la variation de la vitesse.

Dans le cas en question, la quantité d'informations obtenues par les conducteurs était la visibilité. Cette donnée a été entrée dans le modèle. Par exemple, si une distance de visibilité jusqu'à 100 mètres est assurée, 1 a été entré pour les neurones jusqu'à 100 m et 0 pour les sections au-delà. Ceci a permis d'utiliser le modèle pour déterminer le moment approprié pour fournir des information au conducteurs.

Comme illustré en Fig. 5, la structure du simulateur de trafic CA est telle que la vitesse (position) à l'instant $t+1$, déterminée par les facteurs d'environnement de marche, les facteurs de réciprocité entre les véhicules et ITS et d'autres facteurs informatiques à l'instant t , est représentée dans un espace et de nouveau représentée dans le rapport entre conducteurs. Autrement dit, le modèle NN ci-dessus fonctionne sur le CA qui inclut l'environnement de la route. Ce concept décrit l'efficacité des informations linéaires. La figure 6 montre les résultats

d'un simulateur NN-CA qui utilise ce concept. On utilise aussi un moniteur vidéo pour tracer les résultats horaires de simulation NN-CA sur une carte et fournir des informations linéaires.

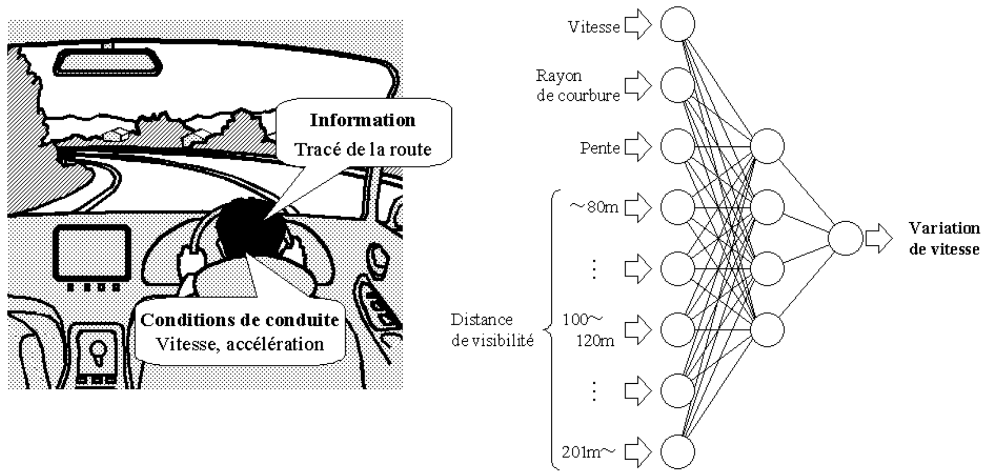


Fig. 4 Modèle NN

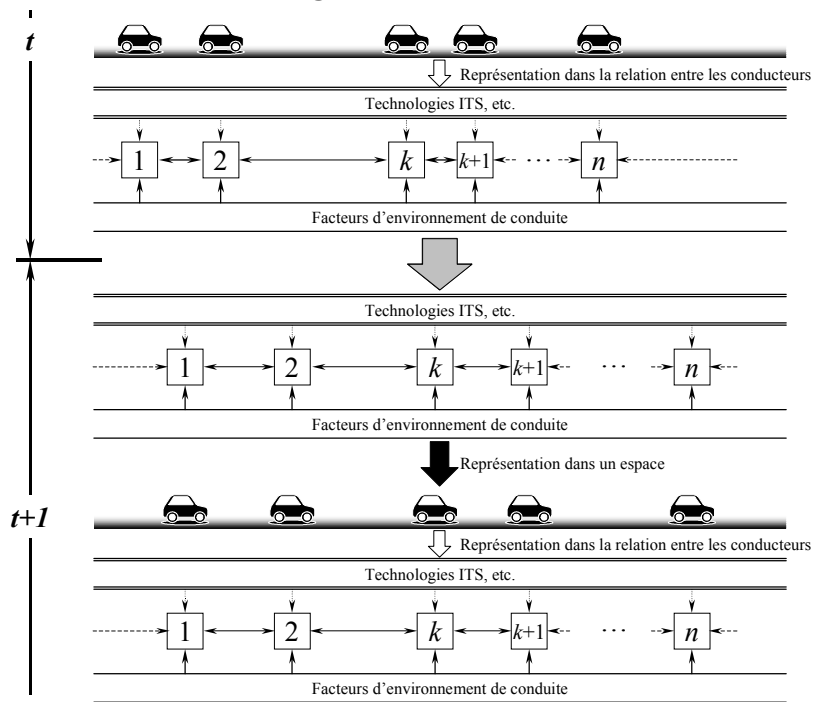


Fig. 5 Schéma de principe du simulateur de trafic CA

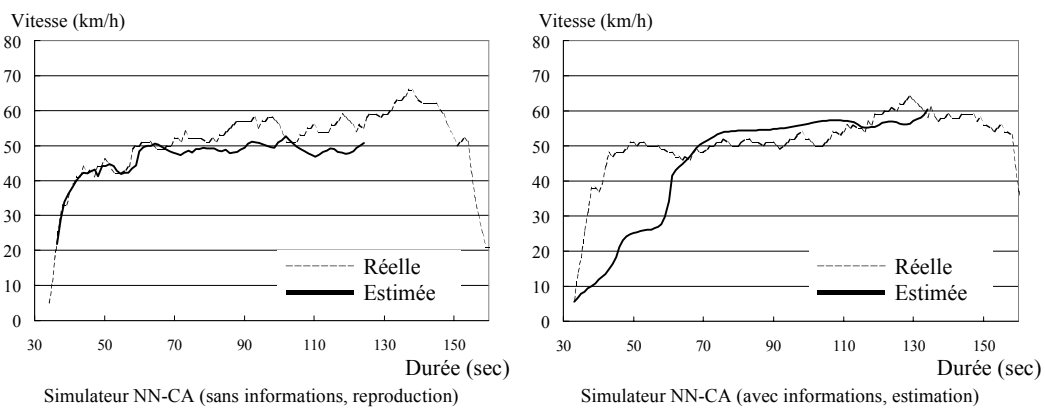


Fig. 6 Résultats de la simulation NN-CA

Tandis que les résultats du parcours effectif et du simulateur étaient homogènes dans le cas

« avec informations », des divergences ont été constatées dans le cas « sans informations », comme illustré dans les figure 6. On pense que ceci est dû à la reproduction d'informations par le modèle NN sur l'hypothèse que les conducteurs disposaient déjà d'informations sur le tronçon complet (12 km) dans les résultats avec le simulateur. Autrement dit, les conducteurs réels conduisent en utilisant des informations sur des parties limitées. L'autre raison est qu'ils ne conduisent qu'avec des informations sur une distance de visibilité de 100 mètres ou moins lorsqu'ils reçoivent des informations.

(3) Expérience sociale

L'expérience sociale a eu lieu entre le 30 octobre et le 2 novembre 2000. Le site de recherche était un tronçon d'environ 12 km de la route nationale 230 entre le Michinoeki au sommet du col de Nakayama et la ville de Kimobetsu. Les sujets de la recherche étaient des conducteurs ordinaires qui avaient visité le Michinoeki. Un enregistreur de sécurité a été utilisé pour mesurer le comportement de conduite. La recherche a été effectuée selon la méthode face à face. « Une carte de la route sur laquelle les conducteurs allaient circuler (Fig. 7) », « une explication orale des informations sur des sections dangereuses » et « un écran vidéo du simulateur de trafic préparé en (2) » ont été fournis en tant qu'« informations linéaires » au Michinoeki. Suite à cela, on a demandé aux conducteurs de parcourir le tronçon cible. Un sondage d'opinion concernant les informations routières et un questionnaire CVM étaient réalisés au point de collecte.

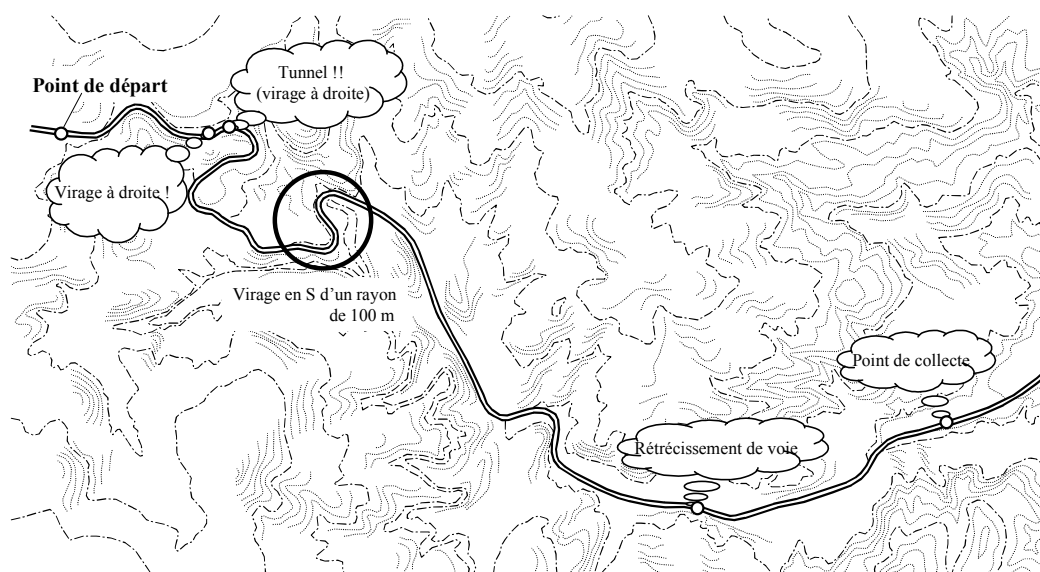


Fig. 7 Carte d'informations linéaires

Pour mesurer l'effet des « informations linéaires » sur les conducteurs, on a mesuré le comportement des sujets de cette étude (cas avec et sans fourniture d'informations).

Les informations suivantes ont été données aux sujets :

1. Le tracé est accidenté dans la première moitié du tronçon.
2. Après le panneau signalant un virage au point a, il y a un virage à droite serré immédiatement suivi d'un tunnel. Le virage prononcé à droite se poursuit dans le tunnel.
3. Il y un virage en S avec un rayon de courbure de 100 mètres au point b.
4. Les virages sont relativement ouverts après le point b.
5. Comme il y a un chantier sur la voie opposée, la voie au point c a été légèrement rétrécie.
6. Les conducteurs avec informations (fournies par animation) ont augmenté leur vitesse dans la deuxième moitié du tronçon.

(4) Résultats de recherche

Les données recueillies sur 52 sujets en trois jours ont été totalisées pour chaque question et représentées dans un graphique (Fig. 8). La ligne verticale de la figure indique le nombre total de personnes pour chaque point. La figure 7 indique le sexe, l'âge, le nombre d'années de pratique de la conduite, la fréquence de conduite, le nombre de fois que le conducteur a passé le Col de Nakayama et l'utilisation d'un système de navigation, d'un terminal d'informations ou d'autres systèmes, du côté supérieur gauche à la base. Même si le taux d'utilisation de systèmes de navigation et autres est relativement faible, aucun conducteur n'a eu des problèmes de conduite. Ceci est probablement dû au fait que beaucoup de sujets étaient des conducteurs fréquents en raison du niveau élevé de dépendance de l'automobile des habitants d'Hokkaido et parce que les utilisateurs fréquents de la route nationale 230 n'ont pas besoin de systèmes qui ne fournissent que des informations de routine. On a ainsi pensé que la quantité d'informations fournies était faible et que les systèmes de navigation n'étaient pas suffisamment utilisés sur les routes fréquemment parcourues dans les zones rurales.

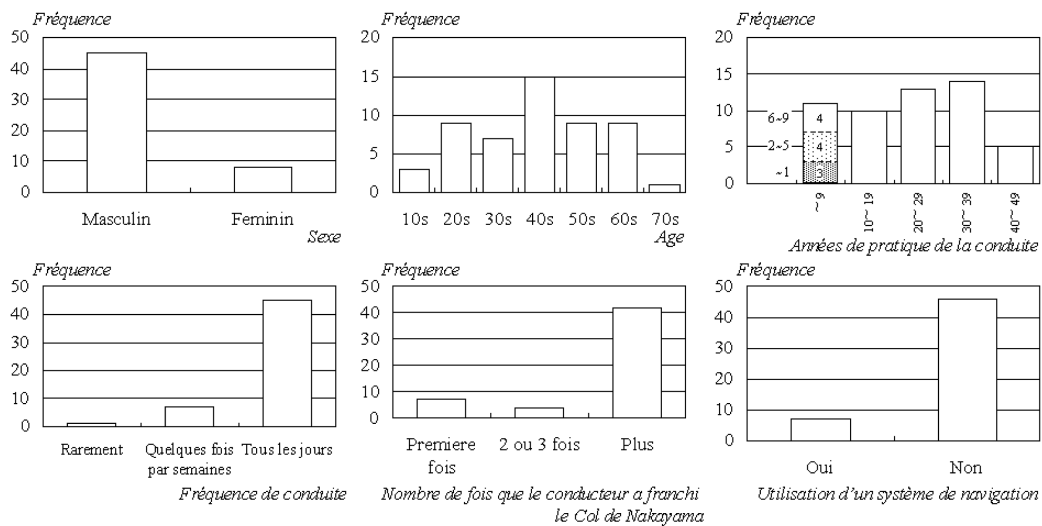


Fig. 8 Résultats du questionnaire

(5) Résultats CVM

Le questionnaire CVM suivant a été soumis dans le cadre de cette étude :

“Si des informations comme le tracé de la route, les points dangereux ou autres informations sur le trafic en temps réel devenaient disponibles dans le futur par le biais d'un système de navigation ou d'un autre système comme dans cette expérience, seriez-vous prêt à utiliser un tel service d'information ?

“Quel prix maximum seriez-vous prêt à payer pour un tel service d'information ? (Réf : le coût d'un service d'information pour des terminaux portables est de 100 à 200 yens par mois).”

Résultat : la disposition à payer estimée est indiquée dans la Fig. 9 (total cumulé). Cinquante pour cent se sont déclarés prêts à payer 270 yens, soit plus que le montant de référence.

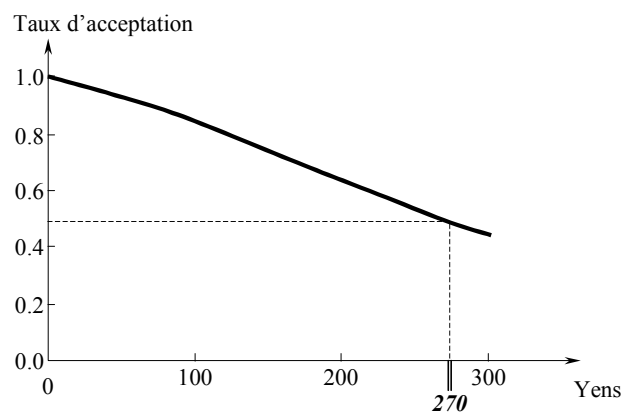


Fig. 9 Tableau cumulé de disposition à payer

7. Analyse de l'étude

Cette étude a été menée en partant de l'hypothèse que les informations étaient échangées sous forme d'informations véhicules interactives et les conditions d'échange d'informations entre les véhicules (fourniture d'informations routières aux véhicules qui suivent) ont été simulées sous forme de fourniture d'informations linéaires. Les changements de comportement de conduite dans le cas d'une fourniture d'informations ont par conséquent été clarifiés par une analyse comparative avec le comportement de conduite d'usagers sans information au moyen d'un modèle NN. La vitesse idéale a été déterminée en utilisant la classification régionale, le rayon de courbure, la distance de visibilité, les coefficients d'adhérence en virage et la dénivellation d'après les explications et la gestion de la Route Structure Ordinance pour sélectionner de manière aléatoire parmi les 52 échantillons des échantillons significativement influencés par l'existence d'informations, à l'exception des échantillons inutilisables du fait de leur état ou d'erreurs de mesure. Premièrement, la vitesse pour chaque élément à un point donné a été déterminée. Ensuite, la vitesse a été calculée en tenant compte de la manière dont la vitesse pour chaque élément posait une restriction sur les autres, comme illustré en Fig. 10.

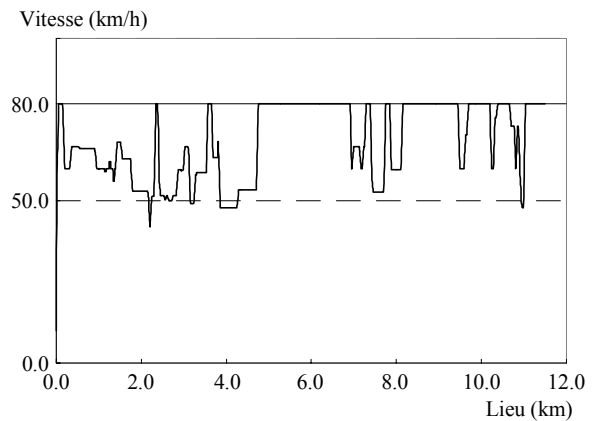


Fig. 10 Vitesse idéale

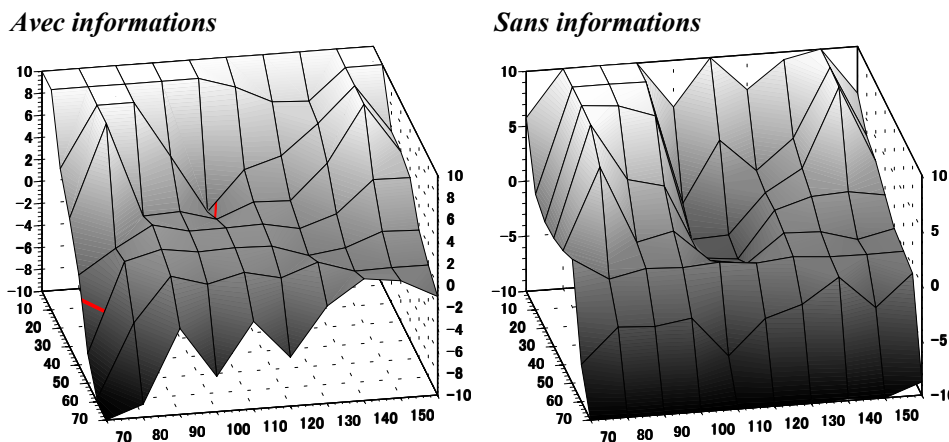


Fig. 11 Différence d'accélération par distance de visibilité et vitesse

Axe horizontal : distance de visibilité (m), axe vertical : changement de vitesse (km/h), axe de profondeur : vitesse (km/h), haut : avec informations, bas : sans informations

Les graphiques de la Fig. 11 montrent les résultats de mise en œuvre du réseau neuronal en utilisant des exemples représentatifs avec ou sans fourniture d'informations sur la base de la vitesse idéale. Sur le graphique « avec informations », on peut voir une ligne en légère pente entre la condition haute vitesse/longue distance de visibilité et la condition basse vitesse/courte distance de visibilité. On a supposé que les sujets pouvaient s'assurer un certain volume d'informations indifféremment de la distance de visibilité dans certaines conditions de conduite et montraient des réactions appropriées aux changements de tracé à ce point car le tracé de la route leur avait été indiqué. Sur le graphique « sans informations », toutefois, la ligne chute au centre, même si les sujets conduisaient tous les jours et avaient franchi de nombreuses fois le Col de Nakayama. Ils n'ont probablement pas accru leur vitesse car ils étaient préoccupés des

changements dans la distance de visibilité et de la perte de visibilité à certains endroits en raison du manque d'informations précises sur le tracé de la route et l'impossibilité d'obtenir un certain volume d'informations nécessaire pour une conduite en sécurité. On estime que c'était le cas lorsque la distance de visibilité se situait entre 100 et 120 mètres et la vitesse entre 30 et 50 km/h au Col de Nakayama.

8. Conclusion

Cette étude a permis d'obtenir les trois résultats suivants :

- (1) Le concept d'informations véhicules interactives a été établi comme plate-forme ITS.
- (2) La méthode de fourniture d'informations véhicules interactives dans ITS a été examinée.
- (3) Sur la base des données obtenues par expérience sociale, un simulateur de conduite tenant compte des informations véhicules interactives a été mis au point.

L'expérience sociale a permis de prouver que l'application d'informations linéaires par NN-CA sur les marchés des terminaux portables et d'autres services d'informations était possible. L'analyse comparative des résultats des essais a également montré que la fourniture d'informations influençait profondément le comportement de conduite.

Elle a aussi permis d'identifier les quatre défis pour l'avenir suivants :

- (1) Poursuivre les expériences de fourniture d'informations sur la base des résultats de l'expérience sociale effectuée dans le cadre de cette étude en utilisant un cycle d'information d'ITS régional pour attendre un ITS régional plus perfectionné.
- (2) Sélectionner les données disponibles par une méthode statistique (même si des données aléatoires ont été utilisées pour cette étude).
- (3) Mesurer les changements dans le comportement de conduite et évaluation CVM en fournissant différents types d'informations linéaires sous forme de scénario.
- (4) Améliorer les technologies comme l'utilisation de téléphones portables ou de systèmes de navigation embarqués pour fournir davantage d'informations en temps réel.

Cette étude a été menée avec le soutien du Ministère de la construction.

Références

- Iimura, H., Miyanishi, K., Sasaki, K., Tamura, T. and Masaoka, H. (1999), A Study on the Driver's Behaviour in Relation to Road Safety Information (in Japanese), **Proceeding of Hokkaido Chapter of the Japan Society of Civil Engineers, No. 56(B)**, p554-557
- Kobayashi, K. (1995), Traffic Behaviour in Knowledge Society : Research Issue and Perspectives. (in Japanese), **Proceedings of Infrastructure Planning No. 17**, Invitation Paper, pp. 1-12
- Oh-i, S., Miyanishi, K., Sasaki, K., Tamura, T. and Masaoka, H. (1999), Development of the Transportation Simulator for Evaluation of ITS (in Japanese), **Proceeding of Hokkaido Chapter of the Japan Society of Civil Engineers, No. 56(B)**, p558-561
- Sasaki, K., Miyanishi, K., Sasaki, K., Tamura, T. and Saito, K. (2000), Development of the Transportation Simulator using Cellular Automata (in Japanese), **Proceedings of Infrastructure Planning No. 23(1)**, p411-414
- Explanation and management of the Road Structure Ordinance. (1985), Japan Road Association