

ドライバーのストラテジーと車載情報システム

大門 樹

1. はじめに

近年、運転中の安全性や利便性、快適性の向上を目的として、電気通信技術や情報処理技術を利用したITS (Intelligent Transport Systems: 高度道路交通システム) の取り組みがなされている。このITSにより、従来では運転中に得ることができなかった様々な情報がインフラシステムや車載情報システムを通じてドライバーに提供可能となる。AHS (Advanced Cruise-Assist Highway Systems: 走行支援道路システム) やASV (Advanced Safety Vehicle: 先進安全自動車) などのITS機能による衝突回避や危険警告の情報提供は、現在のところ、研究開発段階であり、一般のドライバーが目にすることは少ない。一方、ここ数年来普及し続けている車載ナビゲーションシステムは、すでに利用されているITS関連の車載情報システムであり、その機能は現在位置に関する情報提供だけでなく、時々刻々と変化する交通状況に応じた経路誘導や渋滞情報などのより利便性の高いドライバー支援が行われているに至っている。ITSにおけるドライバーへの情報提供を効率よく安全に行うには、ドライバーとシステムの間で介在するヒューマンインタフェースが重要な役割を果たしており、もし、ドライバーに対して適切な情報提供が行われなければ、ITSの支援効果だけでなく、運転作業における安全性の低下を招く可能性もある。

本稿では、ITSの車載情報システムとして車載ナビゲーションシステムを取り上げ、その分析・評価事例を通じて、ドライバーが車載ナビゲーションシステムを利用する際のストラテジーや認知過程について紹介し、効果的な車載ナビゲーションシステムを実現するには、ドライバーのストラテジーや認知過程を考慮してヒューマンインタフェースを設計すること、国や

地域性に基づく要因がドライバーのストラテジーと車載ナビゲーションシステムの関わりに大きな影響を与えていることなどを概説する。

2. 車載ナビゲーションシステムの評価とドライバーのストラテジー

効果的な車載ナビゲーションシステムを実現するには、その開発段階でプロトタイプなどによる評価と改善が必要となる。車載ナビゲーションシステムに限らず、一般的にシステムのヒューマンインタフェースでは何らかの分析・評価が行われており、その多くは作業負担や作業成績の計測、眼球運動、主観的評価などの定量的な手法によるものである。車載ナビゲーションシステムにおいても同様であり、大門ら(1993)や麻生ら(2000 a)の研究に見られるように定量的な手法による評価が行われている。その結果は、車載ナビゲーションシステムは、ペーパーマップと比較すると、経路情報への注視回数がおおむね増加するが、経路選択に伴うドライバーの精神的な作業負担を低減させる効果があり、経路選択の誤りも減少させるというものである。この種の評価は重要ではあるが、車載ナビゲーションシステムをより適切で効果のあるものとして設計する手掛かりにしようとする、多少なりとも困難であるといえる。車載ナビゲーションシステムを改善するに当たっては、ドライバーが情報の抽出・処理・判断をどのように行っているかといったストラテジーや認知過程の抽出が必要となる。Akamatsuら(1997)は、車載ナビゲーションシステムを用いた経路選択においてドライバーが利用する情報の種類や存在場所をいくつかのカテゴリに分類した。その結果、ドライバーは車内および車外に存在する情報源から建造物や道路名、交差点名などの情報を抽出利用しており、さらに車内からは距離に関する情報も抽出利用していることを明らかにしている。また車載ナビゲーションシステムをより効果的なものにするにはこれらの情報や要素を車内外で明確に表示し、

だいもんたつる

慶應義塾大学理工学部管理工学科

〒223-8522 横浜市港北区日吉3-14-1

2000年7月号

©日本オペレーションズ・リサーチ学会。無断複写・複製・転載を禁ず。

(19) 319

一致できるようにすべきであると結論付けている。

以上のことから、ドライバーとシステム、これらを取り囲む環境の間の関わりを明らかにすることがより効果的な車載ナビゲーションシステムの設計につながると考えられる。大門ら(1996)は、認知地図の概念に基づいてドライバーのストラテジーを抽出し、車載ナビゲーションシステムを評価する上でこれらの関わりを明らかにしている。下記にそのストラテジー抽出の概要を紹介するが、ここでの車載ナビゲーションシステムは現在位置を車載ディスプレイ上に表示する機能のみを有した初期のシステムである。

(1) 認知地図の概念

人間は、自分の位置や移動方向を認識するために環境に関連した内的表象を参照しており、このような内的表象は構造的に形成されていると考えられている。この概念が認知地図と呼ばれており、例えば、ほとんど見渡すことができないような広大な環境であっても、人間は認知地図における内的表象の構造によって自分の位置やその他のものの位置を把握することができる。認知地図は空間に対して方位を定め、目標までの距離を推定するといった「空間における問題解決」に密接に関連している。ドライバーが目的地までの経路選択を行う場合に認知地図の概念を利用できると考えられることから、経路選択時の認知過程を分析するための枠組みとして、Lynch(1960)による認知地図の基本要素を用いている。認知地図の基本要素は図1に示されるような5つの要素から構成される。パスやノードはそれぞれ道路と交差点に相当するものである。ランドマークは空間を移動する際に目印となるような場所や物で必ずしもパスにつながっている必要はない。ディストリクトは独特の特徴がその中に共通して見られる2次元的な広がりを持つ領域であり、公園やダウンタウンなどが相当する。エッジは人間がその線を越え

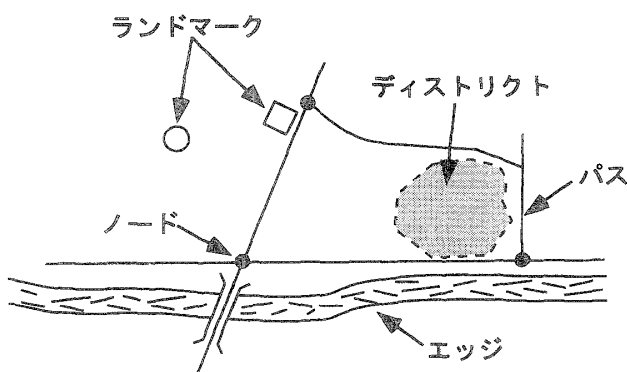


図1 認知地図の構成要素の概念図

て移動しないものであり、海岸線や壁などが該当する。

(2) 認知地図の構成要素に基づくドライバーのストラテジーの抽出

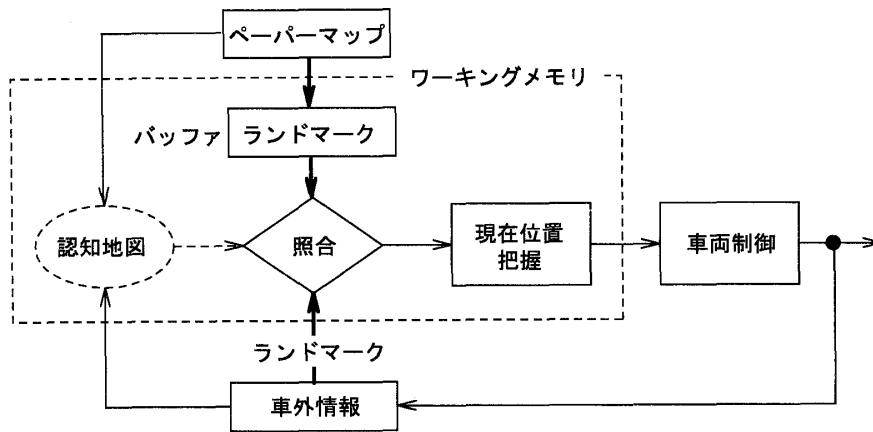
車載ナビゲーションシステム利用時およびペーパーマップ利用時のドライバーのストラテジーを「どのような種類の情報を利用するのか」および「どのように経路選択を行っているのか」に基づいて言語プロトコルデータ分析(Kinoe, 1989)により抽出し、認知地図の観点から検討を行っている。その結果に基づいてドライバーのストラテジーを表したモデルを図2に示す。ペーパーマップ利用時は、ドライバーはペーパーマップ上のランドマークと外界のランドマークを照合して現在位置を把握する。このとき、ドライバーはペーパーマップ上のランドマークをバッファに記憶している。場合によっては、車内情報、車外情報に基づいて簡単な認知地図を構成し、これと外界の情報を照合して現在位置を把握する。一方、車載ナビゲーションシステム利用時は、現在位置が常に車載ディスプレイ上に表示されていることから、現在位置把握に関わる情報はバッファ上には記憶されず、ペーパーマップ利用時のようなバッファへの記憶や認知地図の構成などワーキングメモリへの負担も少ない。

また、車載ナビゲーションシステムやペーパーマップの違いにかかわらず、ドライバーは目的地到達のために、基本的には次のようなプロセスを繰り返していることが抽出されている。

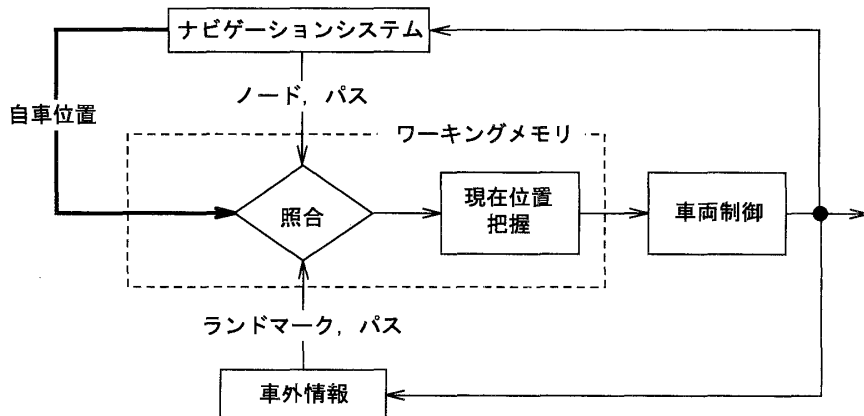
- 目的地までの経路上にサブゴールを設定する
- そのサブゴールに注目し到達する

ここで、サブゴールは主に曲がるべき交差点に設定されており、ドライバーは車内情報、車外情報を利用してサブゴールと現在位置との関係に注意を払いながら、そのサブゴールに到達するといったストラテジーをとっていることが抽出された。このストラテジーにおいては、現在位置を把握することがドライバーの経路選択において重要であると考えられる。

このようなドライバーのストラテジーを比較すると、ワーキングメモリに対して行っているドライバーの情報処理、特にバッファ上での情報の維持が車載ナビゲーションシステム利用時とペーパーマップ利用時では異なっていることから、このようなストラテジーの違いがドライバー行動や作業負担の違いをもたらしているものと考えられる。



(a) ペーパーマップ利用時



(b) 車載ナビゲーションシステム利用時

図2 経路選択時のドライバーのストラテジー (大門ほか, 1996)

3. ドライバーのストラテジーに基づく効果的な経路誘導の検討

車載ナビゲーションシステムにおいて、より効果的な経路誘導機能を検討するために、Daimonら(1997)は認知地図の構成要素に基づいて、経路選択時のドライバーが必要とする情報の種類や構成を抽出している。まず地域に全く知識のない人間を道案内するのに、その地域に詳しい人間が認知地図における内的表象をどのように表現するかを探ることにより、経路誘導機能に対する手がかりを検討している。マップスケッチ法と呼ばれる地図を描かせる方法で、出発地から目的地までの経路を描かせる実験を行った結果は、方位や距離については実際に比べて歪んでいるが、特徴的なランドマークを曲がるべき交差点付近に付加することで経路上での右左折をわかりやすく指示しているといった特徴を示した。またこの特徴はどの被験者にも見られた。被験者の中には方位や距離に関して実際の地図に近い正確な地図を描ける能力を持っている者もいたが、経路誘導を目的とした地図を描く場合に

は、正確な方位や距離に関する情報は必ずしも必要でないことが示唆された。認知地図の構成要素に基づいて手書き地図に含まれる情報を分類すると、ランドマークに関する要素が最も多く、パスやノードに関する要素がそれに続く。ディストリクト、エッジに関する要素はほとんど用いられていなかった。ここで得られた効果的であると考えられる経路誘導機能は、曲がるべき交差点付近に対して、主にランドマークに分類される情報あるいはパスやノードに分類される情報などで補足することであり、方位や距離については必ずしも厳密な正確さを表現する必要はないだろうと結論付けている。

ここ数年に市販されている車載ナビゲーションシステムの経路誘導情報には、曲がるべき交差点付近でランドマークの情報が付加されているものも多く、実際の経路選択において効果があるものと考えられる。一方で、村木ら(1999)によれば、道路線形や形状、信号機施設など道路環境要因の複雑性もドライバーの経路判断に大きく影響を与えたとの報告がある。道路環境要因の複雑さとドライバーのストラテジー、経路誘

導情報との関わりを詳細に検討した上で、今後の車載ナビゲーションシステムの経路誘導機能に対応することが必要となるだろう。

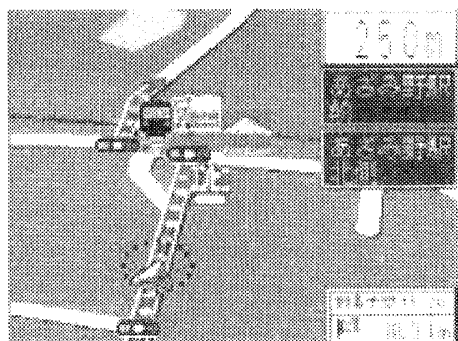
4. 国や地域性に基づくドライバーのストラテジーと経路誘導

車載ナビゲーションシステムにおいて、現在、日本や欧米で利用されている経路誘導情報の例を図3に示す。日本の経路誘導情報では、おおむね簡略化されたマップ型情報に現在位置やランドマークの情報、信号機の位置などが表示されている。一方、欧米の経路誘導情報では、曲がるべき地点までの距離とその曲がるべき方向、選択すべき道路名あるいは道路番号などが表示されている、いわゆる、ターン・バイ・ターン型情報が提供されている。Hamahataら(1995)によれば、これらの違いは文化やインフラ面から生じる車載ナビゲーションシステムのコンセプトの差であると分析している。

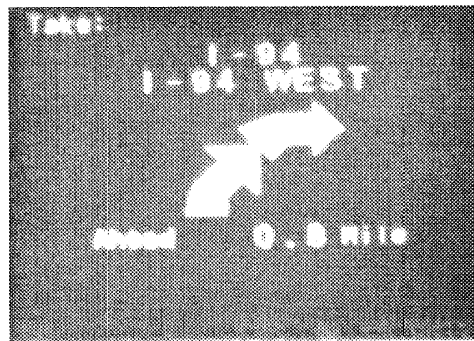
Daimonら(2000)は、国や地域性に基づいてドライバーのストラテジーがどのように異なっているのかを、スウェーデン在住のスウェーデン人、日本在住の日本人、スウェーデンに移住した日本人、日本に移住したスウェーデン人を対象として、日常的に利用している経路をその地域に知識を持たない人間に示す場合の内的表象および経路選択時にドライバーが必要とする情報内容を調査している。その結果は、どのグループの場合も、パスやノード、ランドマークに分類される情報を利用しているが、それぞれの利用割合がグループ間で異なっているというものであった。ある交差点を曲がり終えて次の交差点を曲がり終えるまで、つまり、右左折1回当たりに利用される認知地図の基本要素の出現頻度を集計し、それぞれのストラテジーの特徴を抽出してみると、スウェーデン在住のスウェー

デン人はパスを最も多く利用しており、ランドマークの利用はノードの利用よりも少なかった。それに対して、日本在住の日本人はランドマークを多く利用しており、次にパス、ノードの順で利用していた。国や地域が異なるとドライバーを取り囲む道路環境や都市環境も異なることから、ドライバーが経路選択に対して注目する情報も異なることがうかがえる。一方、スウェーデン在住の日本人はどのようなストラテジーをとるのだろうか。ランドマークを多く利用するといった日本在住の日本人が持つストラテジーが国や地域性といった要因に対してどのように変化するのであるか。結果によると、スウェーデン在住の日本人は、日本在住の日本人と比べてパスやノードの利用が多くなり、スウェーデン在住のスウェーデン人が利用している情報の構成に近くなったが、ランドマークの利用は3つの要素の中で最も多い状態であった。同様に日本在住のスウェーデン人は、スウェーデン在住のスウェーデン人と比べるとランドマークの利用が多くなり、日本在住の日本人が利用している情報の構成に近くなったが、パスの利用は3つの要素の中で最も多い状態であった。このことから、移住しているドライバーのストラテジーは、そのドライバーの母国で利用されているストラテジーが変容し、移住先の国のドライバーに近づくのであろうと結論付けている。

欧米における経路誘導では、前述の通り、次に曲がるべき方向とその曲がるべき地点までの距離に関する情報のみを提供するターン・バイ・ターン型情報と呼ばれる経路誘導が推奨されている。一方、日本における経路誘導では、ランドマークを付加した地図型情報の経路誘導が広く利用されている。麻生ら(2000b)は、ターン・バイ・ターン型情報と地図型情報によるドライバーの経路選択の比較検討を行っており、これによると、ターン・バイ・ターン型は音声誘導がない



(a) 日本の経路誘導情報



(b) 欧米の経路誘導情報

図3 車載ナビゲーションシステムの経路誘導情報の比較

場合に、走行中の安心感や交差点確認のしやすさなどの主観評価において最も評価が悪かったと報告している。このようなターン・バイ・ターン型情報を日本で利用する場合には、現在位置の検出精度の変化や比較的短い交差点間隔のために、車内情報と車外情報を照合しても曲がるべき交差点が特定しにくいといった問題が生じる。一方、米国の場合は都市の区画整備が日本に比べて行き届いており、基本的に道路網は東西南北に直交し、およそ碁盤の目を形成していることが多い。各交差点において交差点名はなく、交差する道路名が掲示されており、道路環境の点で大きく異なっている。米国でターン・バイ・ターン型情報を利用する場合、日本と比べると交差点間隔が比較的長いことから、現在位置の検出精度が低い状況でも視界に複数の交差点が入ることは少ないために曲がるべき交差点を特定しやすいといった点が、ターン・バイ・ターン型情報の推奨される要因になっていると考えられる。

5. おわりに

効果的な車載ナビゲーションシステムを実現するには、経路選択時および車載ナビゲーションシステム利用時において、ドライバーのストラテジーが道路環境やシステムの情報とどのような関わりを持っているのかを検討することが重要であり、また、そのドライバーのストラテジーに大きく影響を与える要因としては、国や地域性に基づく要因が主要なものであることを述べてきた。一方、車載ナビゲーションシステムにおける様々な標準化の動きがあるが、本稿で述べたような国や地域性に基づく要因は十分考慮されるべきものである。

今後、ITS 機能の拡充に伴って複数情報による情報提示や双方向のコミュニケーション、また高齢ドライバーへの対応など、ITS の車載情報システムを検討していく上で様々な課題が存在しているが、車載ナビゲーションシステムの事例で挙げたように、その状況やその事象に対するドライバーのストラテジーに情報提供を調和させていくことが、ドライバーの作業負担を低減させ、より安全性の高い、より効果的な機能をもたらすものと考えられる。

参考文献

- Akamatsu, M., Yoshioka, M. Imacho, N., Daimon, T. and Kawashima, H. (1997), Analysis of Driving a Car With a Navigation System in an Urban Area, In: Ergonomics and Safety of Intelligent Driver Interfaces, Noy, Y. I. (Ed), 85-95, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey
- 麻生勤, 村木俊彦, 伊藤敏行 (2000 a), 車載ナビゲーションシステムの有効性および運転負担の調査, 自動車研究, 22, 1, 26-29
- 麻生勤, 村木俊彦, 伊藤敏行 (2000 b), 地図ナビと TBT ナビの有効性比較研究, 自動車研究, 22, 1, 22-25
- 大門樹, 川嶋弘尚 (1996), 車載情報システムのヒューマンインタフェースにおける分析・評価手法の検討, 自動車技術会論文集, 27, 3, 113-118
- Daimon, T., Kawashima, H. and Akamatsu, M. (1997), Drivers' Cognitive Process and Route Guidance, In: Ergonomics and Safety of Intelligent Driver Interfaces, Noy, Y. I., (Ed), 273-286, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey
- Daimon, T., Nishimura, M. and Kawashima, H. (2000), Study of Drivers' Behavioral Characteristics for Designing Interfaces of In-Vehicle Navigation Systems Based on National and Regional Factors, JSAE Review, 21, 3
- Hamahata, T and Liaw J., A Case Study Comparison of North American and Japanese In-Vehicle Navigation Systems, Proceeding of the second World Congress on Intelligent Transport Systems, 2, 580-584
- Lynch, K. (1960), The Image of the City, MIT Press, Cambridge, Mass.
- Kinoe, Y. (1989), The VPA Method: A Method for Formal Verbal Protocol Analysis, In: Designing and Using Human-Computer Interfaces and Knowledge Based Systems, Salvendy, G. and Smith, M. J. (Eds.), 735-742, Elsevier Science Publishers, Amsterdam
- 村木俊彦, 宇野宏, 麻生勤 (1999), 経路判断に及ぼす道路環境要因の影響, 自動車研究, 21, 10, 590-593
- Obata, T., Daimon, T. and Kawashima, H. (1993), A Cognitive Study of In-Vehicle Navigation Systems: Applying Verbal Protocol Analysis to Usability Evaluation, Proceeding of 4th Vehicle Navigation and Information Systems Conference, 232-237