

IATSS講演録

1999年12月10日(金)  
第5回 IATSSトーク  
経団連会館

## 走行支援システムの基本構想

- AHSリクワイアメントをめぐる -

保坂明夫氏

AHS研究組合企画調整部部长

交通事故は、その75%程度が認知、判断、操作等における運転者のミスに起因していると言われてい

ます。「走行支援システム」の目的の一つは、道路と車両が協調することにより、これらのミスを減少させ、安全で快適な走行を実現しようとするものです。

今回は、近い将来実用化される予定の「走行支援システム」の内容について、システムに必要なさまざまな技術の研究開発を担当している「走行支援道路システム開発機構」の企画調整部長でいらっしゃる、保坂明夫氏に解説していただきました。

### スマート・クルーズ・システム

ただいまご紹介いただきましたAHS研究組合の保坂でございます。

私はこの非常に長い名前の、技術研究組合走行支援道路システム開発機構の企画調整部で研究企画の立案や関係機関との調整などの仕事を担当しています。

私どもが開発します走行支援システムのインフラ部分について、第一段階のリクワイアメントというものを取りまとめました。それをもっとよいものにしていくために、いろいろな方にご相談申し上げているところです。本日はIATSSの皆様にご紹介してぜひご意見を伺いたいと思っております。

最初に私どもが考えております走行支援システムの概要をお話しします。続きまして、その中のインフラ部分であるAHSのリクワイアメントについてお話しいたします。次に、実際にそのリクワイアメントを実現する実験システムを用いて、来年度予定しております実証実験の計画について、最後に、今後の方向、課題についてお話しさせていただきます。

まず、走行支援システムですけれども、これは井口先生と越先生に連名で、それを実験するプロジェクトに「スマート・クルーズ21」という名前をつけ

ていただきました。したがって、それを実現するシステムとしては「スマート・クルーズ・システム」という名前がつくかと思えます。これは、スマート化、インテリジェント化された自動車とインテリジェント化された道路インフラが路車間通信を介してつながり、ドライバーの走行を支援するという基本的なコンセプトのものです。それぞれについて、建設省ではスマートウェイ、運輸省ではスマート・カー、郵政省ではスマート・ゲートウェイというような言葉を使い始めております。

さて、ITSの全体構想の中で、スマート・クルーズ・システムがどういう位置づけにあるかということですが、関連五省庁が定めたITSの研究開発分野が九分野あります。そのうちの安全運転の支援が中心になります。走行環境情報の提供、危険警告、運転補助、自動運転、道路管理の効率化の中の維持管理業務の効率化、あるいは商用車の効率化、商用車における連続自動運転等がその対象となる領域です。

今日お話ししますリクワイアメントは第一次と呼んでいますが、実は第0次というのがあります。第0次は、さまざまなニーズを分析して、どのようなユーザーサービスを実現すべきかについて、体系化を図ったものです。時間軸上では事故とか渋滞といった事象が起こる事前の行動の支援から、事後の行動の支援までというあたりを考えております。目的としては安全性の向上、効率、環境の向上等です。それを整理するに当たって、ドライバーあるいは車両がとっている挙動は、基本的に縦方向挙動、横方向の挙動、そして交差挙動の三つということで、この三つの挙動を支援する内容をまとめました。

基本的なユーザーサービスとして、安全車間保持、障害物衝突防止、車線保持、これには直線部分とカーブ部分とがありますが、それから、安全な車線変更、出会い頭の衝突防止、右折衝突防止、左折衝突防止、横断歩行者との衝突防止、踏切り等における

事故の防止という十の基本ユーザーサービスを体系化しました。同様に、効率と環境に関しても、例えば適正車間、車間の短縮、最適な速度での走行といった基本ユーザーサービスの体系を構築しました。

そのほかに、利便性とか快適性も将来の実用化を視野に入れながら今後研究開発をしていくことを、第0次リクワイアメントでまとめました。

今回はその中の安全性の向上を優先して検討すべきだということで、安全にかかわる部分について取りまとめました。

### 走行支援システムの i と c

リクワイアメントの話に行く前に、走行支援システムについてお話しします。走行支援システムの支援レベルには i と c と a という三つの段階があります。i というのはインフォメーションの i で情報的な支援を行うものです。c はコントロールの c で、ドライバーの運転操作部分を支援すること、a はオートメイトの a で、自動走行の支援ということです。AHSという言葉は、アメリカが唱え始めた言葉で、オートメイトド・ハイウェイ・システムの略として使われておりまして、AHSという自動走行という印象が強いかと思います。私どもの考えにはこの i、c、a という三つの段階があり、今それに沿って研究開発を進めているわけです。今日は、この中の i と c についてお話しします。

i というのは、ドライバーによる情報の入手に関する部分をシステムが一部支援するところです。c は、操作の部分についても一部分支援するといった世界です。さらに将来、最終的な一つの姿としてはすべてをシステムが支援してしまう完全自動というものもあるかと思いますが、これについては課題も多いので、時間的には少し先の視点と位置付けて開発を行っております。

次に、路車協調システムについてお話しします。現在の自動車は非常に高性能、高知能になってきていますが、これからのいろいろなニーズを考えていくと、インフラとの協調が必要だということを申し上げたいのです。ヨーロッパにプロメテウスというプロジェクトがありました。1994年にドイツのベンツ、現在のダイムラー・クライスラーが、そのなかで開発した高知能自動車で VITA - という名前の車両があります。この車は、前に4台のカメラがつ

いています。後ろに2台、さらに右側に6台、左側に6台と合計18台のカメラを使って車の全周囲をくまなく見ながら走行します。高速道路で白線と先行車を検知しながら、衝突しないように自動追従したり、道路の標識から速度制限、追越禁止などを認識して、レーンチェンジして自動追越まで行うような、非常に高機能な車です。

なぜこのような例を挙げるかということ、もし車だけでいろいろなことをやろうとすると、こういった非常に重たい装備を積みなればいけないわけです。これでもまだ十分ではありません。もっと本質的な問題があります。半径100mのカーブを走っているとします。3mくらいの道路幅で、1m内側に壁などがあるというのを仮定してみてください。この道路の中央を走っている車が道路の中央どのくらい遠くまで見えるかというのを計算してみると、視程が約50mです。時速50kmで走行する場合、3.5秒先までが見えている状態になります。その3.5秒というのを安全という面で考えたときにどうかということについて、私どもAHS研究組合で、事故に関する統計データとか、ドライビング・シミュレータを用いた人間の反応時間、挙動などを調べてその結果をまとめました。障害物までの時間、タイム・トゥ・オブスタクルでどのくらい事故が回避できるかということですが、先ほどの3.5秒まで見えたこととすると、70%くらいは回避できます。さっきのようなカーブでレーダー等できちんと停止している障害物が見えたこととすると、70%くらいの確率で事故は回避できます。それを例えば1.5秒早くすることができたとすると、回避の確率は99%くらいになります。車だけでは3.5秒より先は見えないわけですから、その先あと1.5秒くらいをインフラが支援して、見えるようにしてあげたら、事故の起こる確率はかなり低くなるわけです。これはもちろんシミュレーションの話ですので、このとおり本当に物事が行くかどうかは、これから検証していく必要があります。

車載機器だけの場合とインフラが支援する場合の特質を比較してみます。車の周辺の情報を入手するのは車がやるのが一番いいでしょう。遠方とか死角の情報を入手するのは車では不可能ですが、インフラではそういうことが可能です。車両単独のシステムには限界があると思います。カーブとか交差点における、車から直接見通すことができないところの

障害物は検出困難ですし、悪天候の場合には障害物や車線の認識が困難です。それから路面状態の急変、例えばトンネルの出口が凍っているというようなことに対しては車本体からの検出は困難だと思われます。そういったことで、自動車のスマート化というのはインフラとの協調によってよりよくなっていきます。

### AHSリクワイアメントとは

私どもで考えている路車協調の走行支援システムについては、実際に車両と協力して研究開発する予定ですが、その技術開発を行うときに基になるリクワイアメントについてご説明します。我々がリクワイアメントといっているのは、社会および個人のニーズを技術開発に結びつけるために、基本的に果たすべき要件を記述したもので、ニーズを技術開発に翻訳するものだというふうにとらえております。路車の分担等にかかわらず、そもそも走行支援システムはこういうことを果たさなければいけない、という基本的な要求事項があると思います。実際にものとして作っていく上では、道路インフラと車両とが役割分担を決めて、それぞれの要件を設定して、開発していくこととなります。

リクワイアメント第0次において、ニーズの分析と基本ユーザーサービスの体系化を行いました。しかし、すべてを一律に同時に開発するのは大変ですので、優先度の高いサービスをまず選定しました。その選定されたサービスに関しての要件について定量化を行ったのが第一次です。

実用につなげていくためには、我々が定めたリクワイアメントが妥当かどうかを実験の実験システムをつくって、実験評価していくのと同時に、第二次リクワイアメントで扱おうと思っている実用的な要件、例えば法律、制度、あるいはPL面からの検討などを配慮することも必要です。実験で得られた結果、実用面の検討、その他のサービスに関する検討などを追加して最終的に実用的なリクワイアメントということで、三次になるのか四次になるのかわかりませんが、まとめていきたいと考えています。

### 四つの原則

今回のリクワイアメントを定めるに当たって、四つ

の点を主な原則と考えて進めました。一番目は走行支援システムとは、世の中に広く受け入れられていて効果を発揮する必要があるということです。非常に効果は高いけれども範囲が狭くてはだめで、なるべく広く受け入れられることを原則にしましょう、という点です。二番目はユーザーが受け入れてくれないければ普及は望めないということから、現状の多くのドライバーが、このくらいだったらシステムに任せられるという機能の範囲でいいのではないかと、という点です。まずドライバーに対して簡単な情報提供をしてドライバーが自分の判断で利用するようにするか、現状のドライバーが違和感なく受け入れられるような範囲からまず始めましょう、ということ。三番目は同様に広く普及させるという観点から、社会的な受容という面から妥当なレベルの技術やコストで実現できて広範囲に適用できることです。あまりにも理想像を追いかけて実際には実現困難、あるいは実現できてコストが高いとか、あまりまだ使い切れていない技術を無理して使わなくてはいけないということがないようにしましょう、ということ。最後は、実際にこれからいろいろと進めていく中で、どういう根拠でやったか、あるいは状況が変わったらどういふふうに変えたいかということ、明確にわかりやすくするために、きちんと統計とかデータを使った数式に基づいた設定を基本にしました。

具体的数値などの設定は以下のような基本的な考え方を適用しました。第一は「安全運転を心がけるドライバーの事故発生防止支援」を行うということです。例えば、適正速度を大幅に上回って走るような人を完全に救おうという仕様にはしません。そういう人に何も効果がないというわけではありませんが、無理に適用速度を広げると過大で高価なシステムになってしまいます。そういう考え方がいいのかどうかは、ぜひご議論いただきたいところです。第二はドライバーの運転動作に対して、過剰な介入にならないようにすることです。100%事故を避けようとすると、ほんのちょっとドライバーがミスしても、すぐにそこに介入して、「止める、戻せ」みたいなことを言わなければいけない。そうすると、ドライバーにとってはうとうしい、過剰な介入になってしまいます。どの辺が適切かということはない

なか難しいところですが、そのような配慮をしながらやっていこうということです。環境についても、もちろん雨とか霧の中で使えるくらいの条件は必要ですが、1年に1回あるかないかというようなものすごい濃い霧の状態までカバーしようとは考えません。

### 優先サービスの決定

次に基本ユーザーサービスの中から、優先的なサービスを定めたわけですが、それを検討したデータを示したいと思います。縦軸に、先ほどご紹介した十の基本ユーザーサービス、安全車間保持とか障害物衝突防止という項目を並べ、横軸にそれによって亡くなっている方の数を示しますと、これは確か平成9年のデータですが、例えば、障害物衝突で合計822人の方が亡くなっています。そのうち、発見の遅れ、発見の誤り、いわゆる認知ミスで亡くなっている方が564人。障害物等は見えているけれどまだ大丈夫だろうとか、そのような不適切な判断で59人。操作上の誤りで68人の方が亡くなっています。操作の誤りというのは、例えばブレーキを踏まなければいけないのはわかっていたけれども、踏み方が弱かったというようなことです。残りはその他で、例えば酒を飲んでいて運転者の能力が不適切だったというようなことです。そういった分析をして、今回は全体事故の90%をカバーするというのを、一つの考え方にしようということで、障害物衝突防止、直線とカーブの車線保持、出会い頭の衝突防止、横断歩行者との衝突防止などが非常に重要であるという判断を行いました。

言い忘れましたが、死亡者の数だけではなくて、人身事故の数とか、あるいはそれをある比率按配で足した総損害みたいな考え方とか、いろいろな観点から比較検討しました。損害の約90%くらいを対象とすると、自動車専用道路については四つのサービス、つまり障害物衝突防止、車間保持、車線保持、直線とカーブの車線保持が大事だという結論になりました。同様に一般道については、障害物衝突防止、直線とカーブの車線保持支援、出会い頭衝突防止、右折衝突防止、横断歩行者衝突防止、の六つのサービスが重要であるという結論になりました。これらをマージすると合計七つになります。つまり一般道の六つの優先サービスに車間保持を追加した七つを

重要な優先的サービスというふうに我々は結論づけました。

事故の人的要因を見ると発見の遅れが約50%、判断の誤りが約16%、操作の誤りが約9%です。その他が約25%ありますが、これは急な飛び出しとか、暴走行為とか飲酒運転といったもので、この25%は簡単な対策では何ともしがたい領域です。ですから、事故の75%くらいをカバーする人的要因について対策しようということになります。

ドライバーの行動モデルというのは、もっと複雑なモデルがたくさんあると思いますが、基本的には認知、判断、操作という三つの段階で行動しています。それに対する支援を行うという対策モデルを考えました。危険が発生しても、それに対する認知、判断、操作が適切に行われたときには回避できます。もしドライバーに発見あるいは認知のミスがあった場合には、危険なほうに来るわけですけど、それに対してシステムが情報提供を行います。情報提供をドライバーが適切に理解して、それに応じた反応を示してくれば、正常なルートに戻っていきます。

判断の誤りがあった場合、あるいはドライバーが情報提供に対して適切な反応を示さなかった場合は、次に警報という支援を行います。これも同様に、ドライバーがそれに対して適切な反応を示してくれば正規なほうに行きます。操作が不適切な場合には、今度は操作支援を行います。操作支援をそのまま受け入れる、あるいはそれを助長するような反応をドライバーがすればよいのですが、そうでない逆操作みたいなことをやった場合には、操作支援したからといって救えるわけではありません。そういう場合には事故に至ってしまいます。あるいは、軽減くらいの効果はあるかもしれませんが。このようなモデルを考えてそれぞれの要件を明らかにしたり、それによってどのくらい事故が減らせる見通しがあるかを分析しました。

これは障害物衝突防止というのを考えた場合の基本的な要件です。三段階の支援をすることを考えると、ドライバーの反応時間を含め、通常の減速度で減速して、障害物に衝突することなく停止できる位置において、ドライバーに対して情報提供を行うことが一つの基本的な要件になります。同様に警報については、ドライバーの反応時間を含めて、緊急減速度で減速して障害物に衝突することなく停止でき

る位置において、ドライバーに対して警報を発生する、それから操作支援については、システムの反応時間を含めて、緊急の減速度で減速して障害物に衝突することなく停止できる位置において、緊急減速度で減速制御を行う、こういうことを基本的な要件と考えております。ではそのために必要な情報は何かというと、可変情報、その地点に固有な情報、車両の特性情報、ドライバー情報といったものです。地点に固有な情報とかその環境に応じて変化する情報を、車と道路とが協調して検出したり情報提供をすることになります。

### 定量化の考え方

実際に定量化していく上で共通の考え方、あるいは適用範囲について整理を行いました。まず、走行支援の方法については先ほど申しあげました情報提供、警報、操作支援を行います。サービスが対象とする適用速度は、著しい速度超過は対象としないということで、具体的には死亡事故における危険認知速度の90%をカバーすることを原則にしました。サービスの運用気象条件は、これも一般的に通行可能な気象条件ということで、道路公団等が運用の基準にしている視程50メートル以上、時間雨量が50mm以下、風速は25m以下としました。これを超えると、道路が通行止めになります。この辺までは少なくともカバーしようという考え方です。サービスを適用する路面条件としては、乾燥、湿潤、積雪、凍結をカバーすることになっていますが、その後いろいろな関係の方と相談している中で、最終的には水膜というのも入れる予定です。それからサービスの対象車両は、自動二輪を含む自動車ですが、操作支援については四輪以上の自動車です。自動二輪については、情報提供、警報までを行います。サービスの提供時間は昼夜24時間です。

定量化を図った内容について簡単にご説明したいと思います。今、ある速度で走行して来て、障害物があって、止まるということを考えます。そうすると情報提供はどこで行われなければならないかという、通常減速では0.3Gぐらいで減速できます。その前に、情報提供に対する反応時間があって、それからブレーキを踏んで、ブレーキの油圧が立ち上がったたりする時間があるでしょう。同様に、警報に対しては、今度は緊急的な減速で減速するとすると、

警報に対する反応時間と同じくブレーキの立ち上がる時間みたいなものを考慮した、少なくともここでは警報を発生していないといけないというタイミングが決ります。

速度と減速度、反応時間を定量化すれば、情報提供しなければいけない場所とタイミングが決ります。そこから、その情報提供を行うためのインフラの測定エリア、通信エリアなどが決まります。これらを決めの中で、いくつかのパラメーターを決めなければいけないのですが、これは代表条件ということで、以下の値を使っています。通常減速度は0.3G、緊急減速は0.5G、ドライバーの情報提供に対する反応時間は2.65秒、警報に対しては1秒、システムの反応時間は0.3秒、ドライバーがブレーキを踏んで制動力が立ち上がるのには0.5秒、システムが緊急減速を立ち上げるためには0.3秒、というような値で、これを代表値とします。これはそれぞれ自動車の特性値、ドライビング・シミュレータを使ったドライバーの反応時間、文献等から調べて、一応こういう値にしております。

ただしこれについては、まだ意見がいろいろとありまして、例えば「通常減速度が0.3Gというのはちょっと大き過ぎる、0.2Gぐらいではないか」との意見もあります。全部安全サイドに設定するというのは一つの考え方ですけれども、それをやるとシステムのカバーすべき領域がどんどん広がってしまします。ある程度のところで、線を引かざるを得ません。これらについて、とりあえずこういう仮置きをして、それで実験システムを構築し、実証実験をやって、その中で仮定が正しかったかどうかを、実験評価していく予定です。

### 路車の機能分担

次に、路車の機能分担については、次のように考えました。第一は基本的にドライバーに対する支援であり、最終的な判断なり動作はドライバーが行う、それが優先するということです。第二はインフラからの情報を用いて支援内容は車両側で判断するというです。インフラは、カーブとか交差点などにおける障害物や遠方の路面状態など、車両から認識困難な情報を検出して提供することを基本とします。

ですから、車両みずから見える範囲は車両自身で情報を取るのを原則にしております。そういったこ

とで役割分担とか機能配分を車両のASVのプロジェクトチームとも相談して、道路側には、レーンメーカー、それから路面情報センサー、車両等の検出センサー、あと路側の処理装置、路車間通信装置が配置されることになっています。

では実際得られたリクワイアメントの検討結果を紹介します。例えば障害物衝突防止支援のサービスの対象上限速度は、一般道では70km、自動車専用道路では120kmです。これは第二東名名神とかもっと規制速度の高い道路ができてくれば当然それに伴って変えていかなければならないのですが、事故の危険認知速度を90%カバーするという考え方から設定すると、こうなります。検出対象車両は四輪以上です。では障害物として二輪車や歩行者は検出しなくていいのかという意見があるかと思います。この辺はまたご意見を伺いながらやっていかなければいけないところです。我々が調べたデータによると、カーブ等で二輪車に衝突する事故は非常に数が少ないのです。理想的には二輪車も落下物も含めて、すべて検出するべきということになります。9割以上をカバーする。それでやっていく、と割り切ると、四輪車以上でかなりの部分がカバーできます。

どのくらいの範囲で計測するか、どのくらいの範囲で情報提供するかというのを、自動車専用道路と一般道とで、それぞれ数値を出しております。こういったことに基づいて、インフラ側の機器の要求性能をまとめています。それから、ある種のシステム・アーキテクチャーを想定して、現状の技術でできるかどうかを想定しながら、性能割付を行っております。例えば情報収集センサーの車両検出の範囲は160m以上で、対象速度は0から70kmとかです。以上のような内容でインフラに対するリクワイアメントを設定しました。

そういったことを踏まえて、2000年に実証実験を行います。2000年の10月から筑波の土木研究所のテストコースにおいてスマート・クルーズ21という名称で行います。それに向けて、私どもAHS研究組合、運輸省が進めておりますASVの自動車会社の皆さんで連携を取っております。AHS研究組合とASVのさまざまな分科会の代表が集まって合同作業部会をつくり、いろいろなことを調整しながら進めています。

## 今後の課題

次に、今後の展開と課題ですけれども、建設省がスマート・ウェイ推進委員会から提言を受け、スマート・ウェイを推進しています。2000年に実証実験を行い、2001年から制度基準類の整備策定を行って、2003年には第二東名名神へ先駆的な導入を図り、以降2015年ころを最終ターゲットにして、主要な幹線道路にインフラを設置していこうという計画です。

今後は、第二次リクワイアメントに向けて、関係の機関と連携協議して改良していきます。それから展開シナリオ、制度基準類、こういったものを検討してそれを反映します。

将来に向けての課題というのはたくさんあると思います。自然環境の、しかも雨霧なども含めた中で使うための技術などです。それから、人に関する課題もあります。人によって警報の必要なタイミングなどは大きく違うでしょうし、そういった個人差をどうするかとか、ちゃんと信用してもらえるのかなどということを含めて、信頼性も大きな課題です。

技術以外の課題についてもたくさんあります。例えば交差点に近づいて来る車に、交差車両が近づいていますよ、ということを知らせると、その情報が来なければ、安全を確認しないで通ってしまってもいいというように悪用することも考えられます。

そういうことも含めて、ドライバーと社会がどう受け入れていくか、ということが非常に大事だと思います。ドライバーがそれを過信したり、緊張低下したりしたらかえってまずいのではないかと、システムの責任、国際的な標準化など多くの課題があります。日本だけで先走りしてもまずいでしょうし、世界と協調していくことも必要でしょう。技術的な面で見れば車両技術、エレクトロニクス技術、コミュニケーションの技術、そういった技術が連携していくわけです。そのために今回我々が提供したこういうリクワイアメントがあれば、それを一つのたたき台として、みんながある程度共通な土俵に立って議論したり、考えられるだろうと思います。まとまりがなかったかと思いますが、以上で終わりにさせていただきます。どうもありがとうございました。