

## 第11回 IATSSセミナー (2005年9月9日、経団連会館)

呉 景龍氏 (香川大学工学部教授)

春日伸予氏 (芝浦工業大学工学部助教授)

福山 敬氏 (東北大学大学院助教授)

中村英樹氏 (名古屋大学大学院助教授)

シンポジウム委員会では2004年度の新会員を講師とするIATSSセミナーを3回にわたり開催しました。前号掲載の第1回に引き続き、第2回は4名の方にご登壇いただき、専門分野についてのお話提供をお願いしました。

呉 景龍

### 人間の認知・行動特性と交通安全



#### 視・聴覚、同時刺激で、脳はどう働くか

ご紹介いただきました香川大学の呉です。本日は新会員として、我々の研究室の研究内容をご報告させていただきます。

私は人間の認知と行動をテーマに研究をしています。「認知」という観点で、日本に来てからテニスとゴルフを勉強中です。というのは、人間はスポーツでも車の運転でも物を認知して行動するからです。そこで、趣味と研究をかねて、テニスがうまくなるように、ゴルフがうまくなるようにといるいる頑張っております。本日は、「人間の認知・行動特性と交通安全」についてお話しします。今、二つのテーマで研究が進行中でして、一つは人間の視覚と聴覚における注意、もう一つは能動運転と受動運転に関する行動特性です。この二つの研究テーマについて具体的に紹介をして、皆様からコメントをいただければと思います。

携帯電話が10年前くらいから急速に普及しました。携帯電話を使うとなぜ交通事故が増えるのでしょうか。その疑問が出発点です。

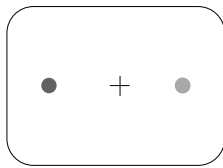
人間に視覚と聴覚の情報が同時に入力されたとき、

その二重の情報を人間の脳は同時には処

理しきれないのか、どう処理しているのか、なかなかわかりません。だったら視覚と聴覚の相関を調べようということで、山口大学にいた1997年からこのテーマで研究をスタートさせました。視覚と聴覚は注意の問題なので、要するに目で何かを見ているときに電話がかかってきたらどちらに注意をするのかという研究です。

まず、注意とは何でしょう。「注意」という言葉で辞書を調べたら、情報を選択する役割を担当しているもの、くらいの意味になると思います。注意に関しては、認知心理学、生体計測などの方法を用いたさまざまな研究が進行しています。特に最近、ファンクションMRIとPETを用いた視覚における空間と時間の注意に関するさまざまな研究があります。しかしこれらは視覚注意が研究のほとんどを占めていて、聴覚または視・聴覚相関に関する研究があまり行われていません。私たちの研究は、その点に焦点を当てています。

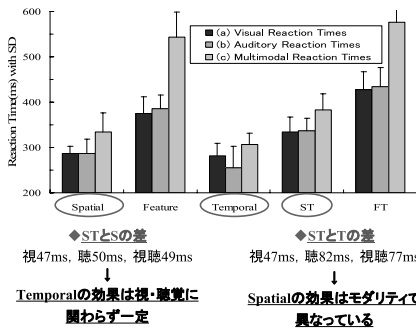
具体的には、被験者の視聴覚に違う情報を同時に出したとき、被験者の注意はどちらに向くのか、注



- (a) 視覚にのみ刺激が出現
- (b) 聴覚にのみ刺激が出現
- (c) 視聴覚どちらにも出現する可能性

Fig.1 反応時間計測実験

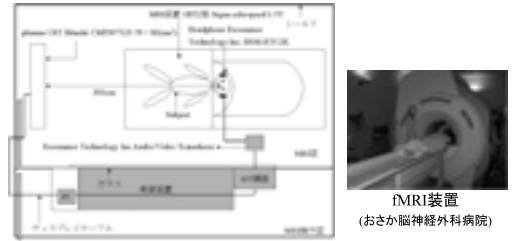
- (1) Spatial (S: Where?)  
左右/左右耳 弁別
- (2) Feature (F: What?)  
視覚:色(赤or緑) 弁別  
聴覚:周波数  
(1000 or 2000Hz) 弁別
- (3) Temporal (T: When?)  
刺激間隔ISI (Inter Stimulus Interval)が変化(2000~6000ms)
- (4) Spatial and Temporal (ST: Where and When?)
- (5) Feature and Temporal (FT: What and When?)



注) 被験者10名。  
Fig.2 実験結果と考察

意に関して視覚、聴覚、視・触覚の空間はどこにあるか、どんな特徴があるかなどを調べます。複合の課題を与えて、各課題に対する反応時間を計測する実験、つまり純粋な認知心理学実験をしたり、さらに磁気共鳴画像を使って脳の活動部位を調べ、それを合わせて視覚、聴覚と視・触覚に注意して検討を行います。それによって、人間の注意のメカニズムがわかり、結果的に交通安全の役に立つであろうと思われます。要するに携帯電話を使うと何で事故が増えるのか、なぜ危険なのか、それをその裏のサイエンスのところで調べていきたいわけです。

ではどんな実験をするかということ、非常にシンプルに考えて、まず空間、スペーシャルはどこにあるかというのを見ます(Fig.1)。人間がディスプレイの真ん中、固視点にいて、まず視覚のほうは、左か右か、ランダムに丸が出ます。それから、空間は気にせず、ある場所を固定して、何色(赤か緑)が出るかを見ます。これは出現する丸の特徴について注意を払う実験ですね。聴覚のほうは左耳と右耳で出します。音に関しては、1キロヘルツと2キロヘルツと音の高さが違います。どちらの高さが区別してもらおうというものです。刺激間隔 ISI がいろいろと変わったときにどうするか。さらに複合課題として、



実験装置概略図

刺激表示方法  
視覚刺激: 被験者足元方向のディスプレイを鏡に写して観察  
聴覚刺激: fMRI装置に付随のヘッドフォン

Fig.3 ファンクションMRI (fMRI) 実験

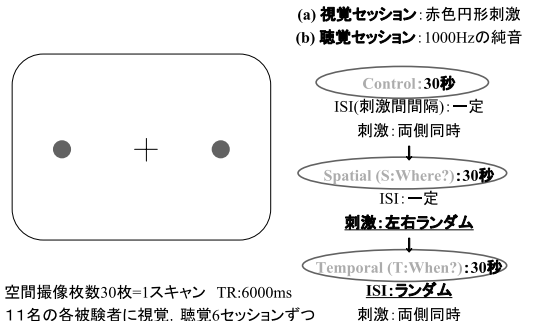


Fig.4 ファンクションMRI実験の視覚刺激と聴覚刺激

空間と時間で何がどこに、いつ出るかという複合課題があります。そして、何色が、音が高いか低いかという特徴。加えて、視覚のみの刺激が出る場合と聴覚のみが出る場合、どちらも出る可能性の組み合わせがある。結局、五つの実験になります。

早速、反応実験の特性を調べます(Fig.2)。例えば空間だと、視覚の反応時間と聴覚の反応時間と、その両方が出たときの反応時間で、視・聴覚は時間があまり変わりませんが、複合課題になると反応時間が長くなります。これは空間、つまり左に出るか、右に出るかに対する反応です。次に、何色が、聴覚に対しては音の高さ、両方出たときに反応時間が一気に長くなります。

ここでわかるのは、視・聴覚が同時に出ると反応時間が長くなるということです。さらにその差をとれば、例えば空間と時間をSにとれば、時間の効果は視・触覚に関係なく一定する。ただし、空間については、複合に依存しているという結果が出ています。

次がファンクションMRI実験です(Fig.3)。人間がこのトンネルの中に入って、足元のディスプレイとヘッドフォンを使って同じ実験をする。これもやり方としては両方に刺激が出ます。次はどこに出るか、

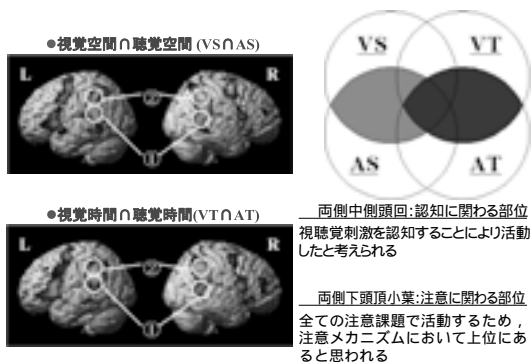


Fig.5 実験結果1：視覚 聴覚

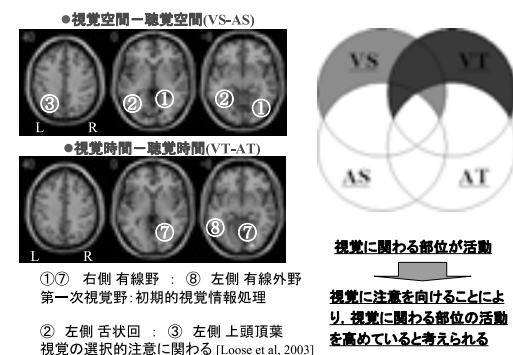


Fig.6 実験結果2：視覚 - 聴覚

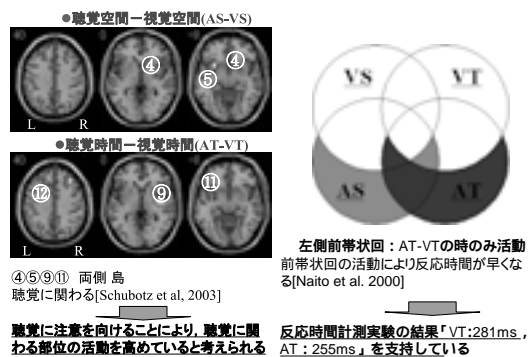


Fig.7 実験結果3：聴覚 - 視覚

いつ出るかを30秒ずつやる。要するにこの三種類で、30秒ずつスキャンして、後でその差をとれば、空間のどこにあるか、あるいは時間の注意に関して何か特徴が出るのではないのでしょうか (Fig.4)。その解析のための専用のソフトがあります。差とは要するに空間からコントロールを引いたもののデータです。

次は聴覚の空間と聴覚の時間です。単純に見る、あるいは聞くことによってだけでも脳は活動しますから、その注意の分だけを見たいときには、コントロールから引いてデータを出します。

例えば視覚の空間特性、聴覚の空間の両方を見たとき、両側の側頭回 (認知に関わる部位) が刺激を認知する活動をしたと考えられます (Fig.5)。両側の下頭頂小葉は注意に関わる部位で、これはすべての注意課題で活動するために、注意メカニズムに関して上位にあると考えられるというデータが得られています。さらにもう少し視覚と聴覚で分析すると、視覚空間課題から聴覚空間課題を引く、あるいは視覚時間課題から聴覚時間課題を引くと、とが有線野で、のほうは左側の有線外野、いわゆる第一視覚野で初期的な視覚情報を処理していることがわかります (Fig.6)。さらにこのと のほうが視覚の選択、注意に関わる分野で脳が復活しています。要するに視覚に関わる部位の活動が視覚に注意を向けることにより、視覚に関わる部位の活動を高めていると考えられます。また聴覚に注意を向けることにより、聴覚に関わる部位の活動が高まっていると考えられます。こういうことを反応時間の計算結果がうまく支持しています。要するに聴覚の時間特性から視覚の時間特性を引いたときのみ活動の部位が前帯状回 (のところ) で、活動によってわかっています (Fig.7)。

まとめますと、視覚・聴覚共通で、注意に関わる部位とされる両側の下頭頂小葉が活動しています。注意は視覚と聴覚関係なく両方行います。視覚注意においては視覚に関わる部位、聴覚の注意は聴覚に関わる部位の活動が促進されている。注意共通のところは頭頂小葉で、視覚に行くか聴覚に行くかが分かれます。頭頂小葉には視覚と聴覚という違うモダリティにおもりをつける、制御をする役割が与えられているのではないのでしょうか。視覚と聴覚は入力チャンネルが違うのですが、注意というレベルでスイッチングされます。視覚に注意が行くか、聴覚に注意が行くか。多分両方は難しいでしょう。それは認知の実験の結果にうまく一致しています。両方でやると反応時間が長くなり、難しいという感じがします。データによってそのような特性が見られると思います。

この研究をまとめますと、空間、特徴、あるいは時間の注意、課題を視・聴覚に与え、その反応時間特性を検討して、さらにMRI計測をしました。その結果、時間の効果は視・聴覚にかかわらず同じです。ただし、空間に関してはモダリティによって異なります。視覚では方向性があるが、聴覚は空間である程度後ろでも聞こえる、そういう違いです。

fMRIの結果によると、先ほど言った頭頂小葉の部分は、注意を振り分ける制御の機能を担っていると考えられます。視聴覚に関わる部位に注意に向けることにより、活動が高まっています。現在まだ研究中ですので、さらに詳細が明らかになったときにご報告できればと思います。

### 能動・受動運転から視認性、行動特性をさぐる

脳だけで言ってもわかりづらいので、運転するときの視認性と行動特性で説明します。

我々は、先進安全自動車に関わるマツダとの3年間くらいの共同研究を今年で一応終了しました。開発された車は全部センサーをつけて運転者はほとんどブレーキとアクセル操作なしで運転できます。ハンドルだけ握っていればよくて、前方に障害物があれば自動的にブレーキをかけますし、移動しようとするれば自動で走り出します。この車はどういう問題があるかといいますと、操作が自動化されると、疲労が軽減される反面、能動が受動に変わってしまいます。我々は現在普通の車を運転することを能動運転として定義しています。要するに自分の意識でアクセルを踏めば前に進み、ブレーキを踏んだら止まるわけです。ところが自動運転では、結局助手席に座ると同じ感じで、自動的に前に進んで自動的に止まるので、自分が運転しているにもかかわらず自動的に運転されているという感じです。

従来の能動運転では、人間は認知、判断、行動を繰り返し行います。外部の情報を見て、それを判断して、ハンドル、アクセル、ブレーキを操作して運転します。これがリアルタイムでぐるぐる回っていくわけです。一方、受動運転のときにはアクセル、ブレーキの操作はコンピュータで制御されるので、自分の意識と関係なく自動車が動作します。運転者はハンドルしか操作をしていません。

操作が人間ではなくて車が自動的に行うわけで、人間と車の関係はちょっと変わってきます。我々は実車実験を使って、自動車運転時に最も重要な行動である緊急回避行動における能動運転時と受動運転時の行動特性の違いを調べました。ブレーキ圧とか、急に停止できる距離とか、いろいろデータを計測しました。Fig.8は香川免許センターです。ここに信号機があって、ここに信号制御ユニットがあります。前方車両がこの地点で実験車両を追従させます。前の車が急ブレーキをかけたとき、あるいは急に信号

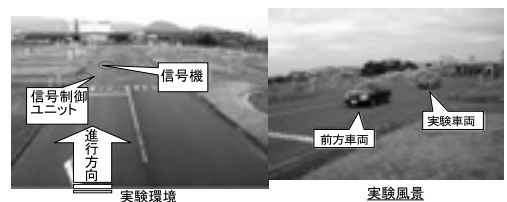
が変ったとき、後ろの車の行動特性を、自分で運

転する従来の運転と、自動化された運転とでその差を比較します。  
このようなコースで、前方車両がいて信号がランダムに変ったときに急ブレーキをかけます(Fig.9)。コースは免許センターで速度は20~30kmとわりと低速です。車間距離は10m、15m、20mの三種類、これに車速を組み合わせ、全部で六種類の条件を設定しました。15分間の試運転の後、実験を開始します。試行は全5回をランダムに行います。全部で10周して一つプログラムを終了します。

データ解析ですが、ブレーキ圧が急に变化した時刻と赤信号の点灯時刻から反応時間を算出しました。また停車までの走行距離は実験車両の速度から計算できます。もう一つは、これは実はメジャーで測るのですが、停止線からバンパーまでの距離です。それから停車までのブレーキ圧変化、この四つのデータを計測して、人間みずから運転したときの五つのデータと、自動化されたときのデータとを比較します。

その結果、能動運転時は、全部30km車速で同じときには、車間距離が長くなるほど、反応時間が長くなっています。要するに急ブレーキを踏んだときの反応時間が長くなっているということです。同じ車間距離の場合は、車の速度が速いほど反応時間は短い、このような反応特性がわかりました。

受動運転時はどうかというと、自動化された車は



- ・被験者: 年齢21歳から24歳までの健康男性3名 (全員自動車免許保有)
- ・実施場所: 香川県警察本部運転免許センター内
- ・実験車両にASVを用いることにより、能動・受動双方の実験を実施

Fig.8 能動・受動運転時の行動特性実験: 概要

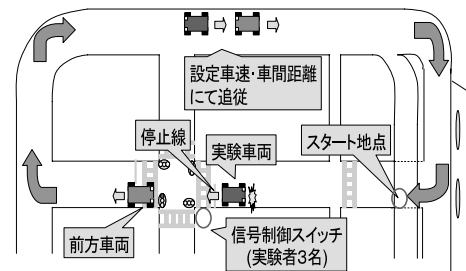


Fig.9 能動・受動運転時の行動特性実験: コース設定

反応時間の車速および車間距離依存性は特に顕著ではありませんでした。ほとんどフラットです。結果として、能動運転と受動運転では異なる特性が示されていることがわかります。

次は停止距離です。どのくらいの距離で止まるのかということです。結論を言うと、あまり差がありません。車間距離が長くなれば停止距離が長く、停止距離が車速に依存しないという、二つの共通の特性が見られます。

他方、バンパーと停止線の距離にはかなり個人差が見られました。

ブレーキ圧については、受動運転時にブレーキ圧の立ち上がり方が急で振幅が大きいという結果が得られました。これは、本当に自動的に止めてくれるかどうかという不安があって、強く踏むからだと思

われます。能動運転時はわりとスムーズという特性が得られました。

まとめますと、緊急時反応時間は、能動時では、車速、車間距離に依存した変動が見られ、受動時は、車速、車間距離に依存しません。また能動時、受動時の反応時間の大小は、車速、車間距離に依存しません。停止距離ということでは、能動時、受動時とも同じ傾向で車速、車間距離に依存しました。また、受動時にはブレーキ操作が急激で大きなものになりました。

これで今日の報告は終わりです。人間の、認知・判断・行動については、その研究はまだ緒に就いたばかりです。私たちの研究もまだまだ続きます。今後、さらに詳細が明らかになったときにご報告できればと思います。ご清聴、ありがとうございました。

春日伸予

## 安全運転の自己管理における重要点



### ストレスマネジメントは「気づき」から始まる

今ご紹介いただきました春日です。心身医学を研究している者が工学部にいることを不思議に思われるかもしれませんが、私は心身医学の中でもストレスマネジメントを専門に研究しており、特にコンピュータによるストレスのマネジメントをしています。その分野で個人によるストレスの自己管理において、ある程度成果を上げることができました。しかし機械と人間が関わることで受けるストレスというのは、人間側だけの管理では不完全だ、やはり機械による支援が必要だと感じて、それがきっかけで工学の世界に足を踏み入れました。コンピュータをつくっていらっしゃる方々にぜひともこういうことを理解していただいて、機械づくりをしていただきたいという希望を持って工学の世界に入ったわけです。ありがたいことに、理解してくださる先生方

もいらして、電子情報通信学会や、感性

工学会といったところでコンピュータの専門の先生方と一緒に研究をしています。

そういうときにひょんなことから自動車の世界に足を踏み入れ、自動車の世界では、コンピュータ以上に支援という分野のレベルが高いと感じたので、自動車の世界での研究も始めたわけです。専門が専門ですので、今はドライバー心理を中心にヒューマンファクターの分野に非常に興味を持って研究をしているという具合です。

今日は私が医学の世界でストレスマネジメントをしてきたなかで、私自身が気づいたことと、交通安全における教育、自己管理、あるいは支援を考えることに共通するものがあると強く感じたので、それを中心にお話をさせていただきます。

まず「ストレスマネジメント」ですが、ストレ

スのマネージメントというのは、まず自分のストレス状態に気づくことからスタートすると言われていいます。その「気づき」がないと、マネージメントは始まらないのです。私が専門でやっていたテクノストレスのマネージメントの例を挙げますと、自分ほどのくらいストレス状態があるのかということをお本人にわからせることからスタートします。それによってはじめて、本人の中で、精神状態の危機というものが自分のものとしてわかるようになり、それが大きな動機づけになるのです。

では、どういうふうな気づきを与えるかということですが、問診でやるなどという悠長なことはできませんから、私たちは心理テストを使います。心理テストは、私が長年の研究の中で1,000人以上の対象者を2回にわたって調査して、妥当性、信頼性をきちんと出して確認してつくりあげたものです( Table 1 )。このような質問項目への答えからあなたはこんな結果でしたよということを知らせて、本人のストレス傾向をフィードバックします。そして自分はテクノ依存が高いのだ、といったような気づきを起こさせるわけです。そこからマネージメントが始まります。

マネージメントの流れですけれども、対象者はテクノ依存の傾向が高いグループとそうでないグループに分かれます。傾向が高いグループに関しては、私たちが指導して軽減法を実施してもらいます。約2か月間、軽減法の実施をしてもらい、その後に再検査をすると、9割くらいの非常に高い確率でストレス状態が軽減されました。さらに、今後も高くないように予防するため、マネージメントを継続してもらいます。一方、最初から依存傾向が高くない人たちには、やはり予防のためのマネージメントを実施してもらいます。つまり、予防マネージメントというのはずっと続けてもらうこととなります。私が行ってきたストレスのマネージメントの大体の流れは以上のような形になります。

#### 「気づき」で7割、改善されることも

軽減法や予防法には例えばTable 2のようなものがあります。これを見ると、なんだこんなことで軽くなるのか、これなら日常誰だってできるではないかと思ってしまう。しかし依存傾向が高い人や不安傾向が高い人は、ここに示したことができないのです。こういうことが普段軽くできるのであれば傾向は高くないのです。この、普通の人にはなんでもないことができていない、していないから、テ

Table 1 テクノストレス傾向質問項目

1. コンピュータは好きである
2. コンピュータ作業に没頭して時間を忘れて他のもので作業を忘れたりすることがある
3. コンピュータの前に座るとほっとする
4. 職場で同僚と会話することはあまりない
5. 仕事に独り言を言うことが多い(と人に言われる)
6. コンピュータ以外の話にはあまり興味を感じない
7. コンピュータ作業での疲れは少々寝ただけではとれない
8. 自分の要求が機械化優先によって妨げられることが多い
9. コンピュータの無機質な感じがいやになるときがある
10. いつも時間に追われている気がする
11. イエスカノーカをはっきり言わない人にはいらす
12. 長時間コンピュータ作業をした後は、周囲の状況をすぐに把握できない
13. コンピュータ作業の後もなかなかコンピュータのことが頭から離れない
14. 今の職場は協調性がなくてもやっていける
15. たまに肉体労働のような、実際に仕事の成果を手で確かめられる仕事をしたくなることもある
16. 職場にもっと話し合いを増やしてほしい
17. コンピュータ作業を長時間すると、人とおしゃべりをしたくなる
18. コンピュータや人の反応が遅いといらいらする
19. 話をするときは、結論を早く言ってほしい
20. 人と協力してする仕事より、自分のペースでする仕事のほうが好きである
21. 無駄なことにエネルギーを使いたくない
22. 自分の立場がとても不安定だと感じる
23. 人間としての能力を発揮できる場がないような気がする
24. コンピュータ作業をしている間、わけもなく暴れたくなったり大声を出したくなることもある
25. コンピュータ作業中に話しかけられたりすると腹が立つ
26. 自分は歩くのが速いと思う

クノ依存になってしまうのだということを教えてマネージメントを進めていきます。

ここで、テクノ依存傾向の高い症例の一つ、ご紹介しましょう。仮にAさんとししますと、Aさんは自分がテクノ依存傾向が高かったという結果をフィードバックされて、たいへんショックを受けました。家庭に帰って奥さんと二人でテストの結果を眺めて、普段の生活を内省したらしいのです。奥さんに「実はあなたに黙っていたけれども、私はそうではないかなと思っていたのよ」と言われて、本人はますますショックを受けました。それで二人で協力して、こういうことに注意して頑張って傾向を下げましょうねということで、私たちが示したものを参考に約2か月間自己管理したのです。

テクノ依存の高い人は、まず百パーセント、コンピュータ作業中に休憩をとっていません。Aさんは定期的に休憩をして気分転換をはかるということをまずやってくれました。それから体を動かすこと、これもテクノ依存傾向の強い人はやりません。頭の

Table 2 テクノ依存、テクノ不安傾向を軽減するには

<p><b>テクノ依存傾向の軽減</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンピュータ作業中には頻繁に（できれば規則性をもって）休憩をとる</li> <li>・余暇には、スポーツなどを動かす趣味や、日曜大工など実際に手で物を作る趣味、あるいは音楽鑑賞や絵画観賞など、感性を刺激する趣味をもつ</li> <li>・家族や友人と過ごす時間を大切に、人との会話を楽しむようにする</li> </ul> <p><b>テクノ不安傾向の軽減</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンピュータの苦手な人は、セミナーを受けたり、得意な人に習うなどして対策を練る</li> <li>・コンピュータ作業中に精神的に不安定になったら、すぐに休憩し、気分転換をはかる</li> <li>・余暇には、自分を自由に発現できる趣味をもつ</li> </ul>
--

中のものづくりだけをするのです。しかもそのものづくりにしても、2次元の世界だけのものづくりになります。それがすべてテクノ依存につながるということで、時間のない彼が何をしたかという、社内のラジオ体操に毎日参加するようになりました。また、家族とともにする夕食の時間にも彼はずっと物事を考えながら食事をしていらしいのですが、会話をするようにしました。それからスポーツにもいそむようになり、キャッチボールくらいは息子とするようになりました。この程度のことを2か月間続けただけで、彼の中の意識そのものも変わり、再検査ではかなり軽減された結果が出て、奥さんと二人で非常に喜んだということです。

この例にみるように、本人の中の気づきがマネジメントへの動機づけにもものすごく大きく影響するのです。私は持論として、自分の中のそういう状態に気づいた時点でマネジメントは7割近くできていると考えています。授業でも学生にそう言っています。授業の中で、まず自分自身の内面に気づきなさい、それがマネジメントのすべてだと教えているのです。私は気づきというのはそのくらい大きいものだと考えています。

こういった気づきが、交通安全の教育においても非常に重要だと思うのです。自分にどんな運転特性があるのか、自分の精神的なもの、心理的なものがどういうふうな運転に反映されてしまっているのか、それと危険な事故パターンとどう関係するのか。自分の運転特性がこうだからこういう事故を起こしやすいという結びつきがわかって初めてドライバーは本当に危険を自分のものとして感じられると私は思います。ただの道徳心だとか倫理観といったものに訴えかけるような教育では、私はあまり効果がないと思うのです。ですからまず危険を自分のものとし

て受け取れるような気づきを与えること、これが特に安全教育にも必要だと私は思っています。

同時に、そういうことがわかってくると、運転支援に必要なことというのも徐々に明らかになってくるのではないかと私は思っています。

### ドライバーに必要な「気づき」

ではドライバーに必要な気づきとはなんだろうと考え、私は大きく四つに分けられると思います。

①、自分の心理状態、行動特性がどのようにドライブングに現れているのか、自分はどんなドライブング特性があるのか、それに気づかせる

②、交通事故が起こる危険なパターンを、素人がはつきりと認識できるようにパターン化して教える

③、①と②を関係づけて、どのようなドライブング特性と危険パターンが関係するのか。自分はこんな特性があるからこんな危険なパターンと関係しているのだという結びつきを教える

④、対処法のパターンを教える

この四つが気づきと認識で非常に重要ではないかと思えます。これを図で表すとFig.1のようになります。大体、体験や教習でインプットします。「安全運転に対する気づき」と書いてありますが、これは自分に対する気づきということになります。そしてアウトプットは行動として現れます。しかし、人間というのは必ずしも百パーセントこういくわけではなくて、不注意とか判断ミス、心身の状態といったものによってどうしても危ない運転をしてしまって、それが事故につながってしまうものです。そういう部分があるから、私は自己管理だけでは不十分だ、この部分があるからこそ支援が必要だと思うわけです。

テクノストレスの自己管理も、かなりいい効果が出ました。それによって論文も書きましたし、研究

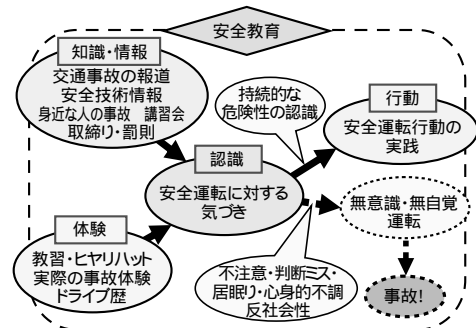


Fig.1 安全運転行動を可能にする因子とは

発表もして認められたのですが、私の中でこれでは不十分だという考えがぬぐいきれませんでした。やはりコンピュータ自体に人間のマネージメントを支えるような機能をつけてやらないと、人間だけではだめなのです。自動車も同じで、人間が一人で安全運転を頑張ろうとしても困難な場合がたくさんあります。だから支援していかなければいけないのです。

ここで注意しなければいけないのは、自己管理と支援はセットだということです。先ほど呉先生が言われた能動的なものを受動的なもの、私はまさにそれだと思うのです。能動的な運転を遮断してしまうような、完全受動的な運転にしてしまうような支援、それはあってはならないと私は思うのです。教育というのはあくまでもドライバーの機能を高め、集中力を高めて、ドライバーの持つ能力を発揮できるようにすることを目指しているはずです。こういう気持ちで運転しなさいと教育をしておいて、その一方で、支援ができあがると、そんなに注意をしなくても大丈夫ですといったような、あるいは、自分が危険な運転をしていることに気づかせないままに支援をするようなことは、人間の能力を退化させてしまいます。それは教育とは相反するものであって、意味がないと思うのです。両方そろって相乗効果があるわけで、相反する内容であってはならないと、私はそう思います。

私は、人間中心の運転支援とは何かと改めて考えてみました。これは勝手に私が考えたのですけれども、運転支援というのは二つあると思います。一つは、人間がどうあがいても人間の能力では及ばない部分をカバーする支援。例えば人間は夜になると夜間視力はある程度は昼間よりは下がるわけで、見えない部分が多くなる、そういう部分を助けるような支援、これはもう人間の能力の及ばない部分を支援しているわけです。もう一つは、人間の能力をカバーする支援で、人間が百パーセント能力を発揮していれば大丈夫だけれども、それができないところをカバーします。そのカバーする支援にも、人間の能力を高める、あるいは気づかせて、改めてその集中力を高めさせるような支援と、全くそういうことを無視して、眠らせてしまうような支援があると思います。私は眠らせて退化する支援、これは好ましくないと思います。よく車づくりをする人は、人間が楽に運転できるような車と言われますが、人間は集中力と緊張感を持たなければドライバーとしての能力はゼロになってしまいます。ですから人間中心

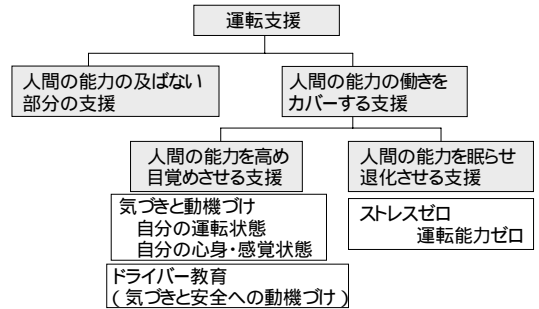


Fig.2 人間中心の運転支援とは

の運転というのは、機械の能力をどんどん高めていくことだけを考えるのではなく、人間とはどういうものなのか、人間はどのような能力を利用して運転しているのかということをかきんと知った上で、支援をしなければならないと思っています(Fig.2)。

私は自動車の支援とドライバーは、親子関係と似ているなと思います。子どもに何も考えさせないで、はいこれをやりなさい、こう言いなさい、ここへ行きなさい、あそこへ行きなさいというような親に育てられると、自立性のない、自分の能力が発揮できない子どもになってしまいます。支援も同じで、ドライバーの自覚と能力を退化させてしまうような支援はあってはならないと思うわけです。

運転支援の持つ課題として一番大きなものは、人間のリスク補償行為、これではないかと思っています。人間の能力には限界があって、ヒューマンエラーが起こります。それを支援によってカバーしようというわけですが、人間には常にリスク補償行為というものがあって、この機械がついているから、少しくらい危険な運転をしても大丈夫だろうという慢心が出るのです。そのために、期待していたほどにはヒューマンエラーが減らないということになってしまいます。これは開発する自動車会社の方たちにとっても非常に大きな問題であり、こういうところを我々のような専門の人間が少しでも解き明かすことができればと思っています。

### 「気づき」を改善に結びつけるために

私は機械づくりの人と一緒に研究会をしています。これから先は横断的な研究が必要だということを感じています。機械専門の方は、機械の性能を100%高めていくことで社会に貢献する、それが可能な分野だと思います。しかし、私たち人間の心や



行動を扱う分野では100%の結果を求めるというのは不可能なのです。個別性などさまざまな条件が関与するので、100%の人が当てはまるという結果を求めるのは不可能なのです。それでは私たちはどういふふうに研究を進めていくかという、最大公約数を求めるという形で研究を進めます。そういう考え方はなかなか機械専門の方には理解してもらえません。

そこで、お互いが歩み寄りということが必要になります。歩み寄るために私たちの分野で何が必要かを考えたとき、私たちのような分野の人間は頭で考えた理論や、理屈ですべてを語ろうとするところがあり、それでは工学の世界では通用しないところがあります。すべてのものをできるだけ定量的に表すような努力を私たちもする必要があるだろう、と思うわけです。人間の心は数値で表せないけれど、傾向だけでもできるだけ定量的に表していこうと私は自戒しています。今後、そういう形で工学の世界の人と協力して研究していきたいと思っています。

さて、気づきが必要だと言いましたけれども、何度気づきを与えても事故を再発するドライバーがいます。テクノストレスのマネジメントもそうです。ほんのわずかですけれども、どんなに「こういう生活でやっていたら奥さんと離婚することになりますよ」と言ってもマネジメントできない人がいます。何度気づきを与えても事故を再発するドライバーは、一体なぜそうなのかを考えてみた結果、大体七つくらいの要因が考えられました( Table 3 )

#### ae,気づきの段階が十分でない

まず一つは気づきの段階が十分でない場合です。先ほど言いましたように、気づきが自分の心理、行動特性や事故のパターンで終わってはいない完全な気づきとは言えないのです。これらの関係がきちんと理解できていて、その後の処理の仕方までわかっていないという意味がないのです。

#### ae,基本的な身体機能レベルが低い

それからももとの身体機能レベルが低くて、ドライバーに必要なベーシックな能力がない場合です。動体視力がない人は運転ができません。また、夜間

Table 3 気づきを与えても事故を再発するドライバーの要因

- |   |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 気づきの段階が十分でない場合</li> <li>2. 基本的な身体機能レベルが低い</li> <li>3. 環境要因や背景要因が影響している</li> <li>4. 性格特性、人生観などが影響している</li> <li>5. 安全に対する意識が低い</li> <li>6. 経験と自分の技能の過信</li> <li>7. 運転能力を低下させる原因を自らつくっている</li> </ol> |
|---|

近視に悩む人は多いのですが、そういうことに気づかないまま運転していたら、その人は夜間だけ危険ドライバーになるわけです。さらに、視線の配分スタイルが場依存的ということも関係します。場依存的というのは、初心者ドライバーに多い視線スタイルで、目標物がとらえ難い一点注視型のスタイルです。お酒を飲んだときとか疲れているときにもなるのですけれども、そういうものにとらえ方しかできないような人は、訓練をしないと何度気づきを与えてもだめなのです。

#### ae,環境要因や背景要因が影響

ドライバーを取り囲む環境要因ですが、いろいろ調べたのですが日本はデータがありません。こうしたデータの収集は難しいとは思いますが、重要なので、今後データを集めようかと思っています。ドライバーやドライバーを管理する人たちに環境要因の話をする、ものすごく納得します。失恋したときは事故を起こしやすいというアメリカでの調査結果があると話すと、たしかにそうだということです。心理的な動揺と危険はとても強く結びついているのですが、これが日本ではなかなか定量的に表されていません。今後日本でもこういうことをきちんと調べていかなければいけないのではないかと思います。ちなみに失恋したりして、心理的な問題を抱えると、死亡事故率が3~6倍に上がります。これはアメリカのデータですが、離婚したときには離婚届を出した直後の3か月内に事故がものすごく集中するといったことがあります。そういうデータを日本でもとっていききたいと思います。

#### ae,性格特性、人生観の影響

それから四番目は性格特性です。特にアメリカでは事故を繰り返すドライバーというのは保険会社とか裁判所といったところの手をわずらわせるドライバーが多いことがわかっています。犯罪の多いアメリカ特有かとは思いますが、生活がそのままドライビングに現れているという典型的な例だと思います。そういうバックグラウンドもこれからは調べていきたいと思っています。

#### ae,安全に対する意識の低さ

それから安全に対する意識がもともと非常に低い。これは組織ぐるみで取り組みをやらないからだと思うのです。私はトラック会社と関わることがありますが、どういうところが一番成果を上げているかというと、諮問委員会というのがきちんとできあがっていて、しかもその諮問委員会にきちんとした権

限がある、そういうところです。最初はトップダウンで教育するけれども、やがてボトムアップの情報が入ってきて、それを処理する組織ぐるみの体制ができあがっている、そういうところは非常に安全運転効果があがっています。組織ぐるみでしないと、ドライバー一人ひとりの意識は高まらないのです。

#### ae 経験と技能の過信

次に経験と自分の技能の過信。いくら経験があっても、それを過信すると猿も木から落ちるんだということも知っておかなければいけません。ドライバーが熟練するということは、技術が上がるということではなくて、安全運転ができるような予測、見込みがうまくできるということなんだという教育ができるようなマネージメントリーダーをきちんと育成

していかなければいけません。特に自分のドライビングがいいと自負しているようなドライバーの持論を論破できるくらいの経験豊かなマネージメントリーダーをこれから育成していくことが重要です。

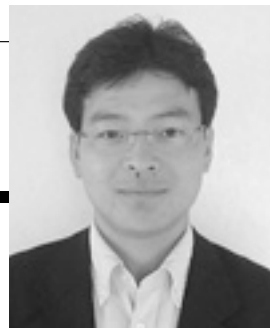
#### ae 運転能力を低下させる原因を自らつくる

最後は運転能力低下の原因を自ら作っている場合です。疲れていたり、飲酒していたり、それからこれは自分の責任ではないのですけれども、加齢によってどんどん衰えていく。そういったこともきちんと自覚しなければいけないと思うのです。

以上、私が研究を進めているストレスマネジメントとヒューマンファクターについて、駆け足でお話させていただきました。ご清聴ありがとうございました。

福山 敬

## 地域間交通インフラの分権的整備に関する理論的検討



### 地方による都市間道路の主体的な整備

福山です。情報科学研究科という東北大学にありますが非常に学際的な大学院組織で、地域経済学、土木・交通計画学などを専門とする先生方とともに研究活動を行っています。出身が社会システム工学であることもあり、社会制度のパフォーマンスを理論モデルを通じて分析するというのが私のこれまでの研究のスタイルです。特に、人や組織の間の利害対立・コンフリクトが社会制度によりどのように解消可能かということに関心があります。交通問題に關してもこのような視点からアプローチしてきました。ここでお話しする地方都市間幹線道路のような地域間交通インフラの分権的整備の問題も、まさにそういった私の研究テーマの一つとして最近取り組んできているものです。

ご承知のように、高速道路の整備をはじめわが国の道路行政に関して近年国民の関心が高まり、特にその整備決定のありかたについて、さまざまな議論

がなされてきました。

さらに最近になり、

地方分権の議論とあいまって地域交通政策に関する意思決定の地方分権化の議論が活発になされています。この地域交通に関する中央から地方への意思決定権限と財源の移譲によって、地域による、より地域住民のニーズに合った地域交通サービスの供給が期待されています。

一方、これら地域交通の地方分権化の議論においては、ほとんどの場合、唯一の決定主体（地方自治体）を想定していることが多いように思われます。しかしながら、交通は本源的にその効果が広域にわたる地域社会資本であり、特に都市間・地域間道路のように地域を跨いだ広域にわたる地域交通政策の策定には、その影響を強く受けるであろう複数の地域間の連携が必要です。実際、ご存じのようにわが国の都道府県を10前後の「州」に再編し、この州に国の多くの仕事を移譲しようという「道州制」の議論も活発になされていますが、これを検討している

首相諮問機関・地方制度調査会でも、都道府県の区域を越える交通基盤の整備がその重要課題の一つとして挙げられています。また道州制に関してもっとも先駆的に検討を行っている地域の一つに、青森・秋田・岩手の北東北があり、平成9年の3県知事サミット以降、他地域に先んじて積極的に行政サービスの連携推進・道州制の検討を行っていますが、広域交流圏の形成に関する検討のうち、観光・物流の活性化を目指した国道454号をはじめ県境をまたがる3道路に関する連携整備が3知事間で既に合意されています。

さらに、近年経済統合が急速に進むEUでも国を越えた交通インフラの整備制度の設計は重要な課題でありますし、連邦国家としての歴史を持つ北米の2国でも、州を繋ぐ交通網の整備は必ずしもうまく行っているとはいえません。

一方、道路や交通を扱う経済その他の政策科学における理論研究におきましても、道路の整備がどう行われるべきであるか、という規範的議論はなされてきましたが、「どのような整備が政府によってなされるか」という議論はほとんどなされてきませんでした。地域間交通インフラの整備水準は外生的に扱われ、「もしこの程度の整備が行われれば、このようになる」といった形での分析が行われてきました。したがって、ここでお話しします「地域間の交通基盤施設（以下「交通インフラ」）の整備水準を内生的に決定する理論モデルの構築」とその分析は、地域経済学の理論研究的にも新しいアプローチであるといえます。

以降では、このような「交通インフラが地方政府によって分権的に整備されるという制度を考えた場合、その整備決定はどのような構造を持っているのか」について、地域経済モデルに準拠して理論的に検討していきます。

### 地域経済モデル

まず、最小限の複数地域として隣接する二つの地域（および地方政府）からなる経済圏を考えます。これら2地域の間には唯一の交通インフラがあり、両地域はこの交通インフラを用いて財・サービスの取引を行うと考えます。したがって、この交通インフラがよく整備されていれば取引がより容易となるわけです。統合的かつシンプルな経済システムモデルを作るため設定する仮定の主要なものは以下のとおりです。

- ・地域 ( $i=1,2$ ) の住民は (労働力としても消費者としても) 同質で地域間を移住しない。
- ・各地域の生産活動を1産業で表現し、各企業は資本と労働を投入してその地域特有の財を生産する。資本は地域を通じて共通の完全競争市場があり、労働は地域に閉じた完全競争市場を仮定する。
- ・資本は全住民が均等に保有する。
- ・各地域の住民は、両地域でそれぞれ生産される二つの (必要) 財の消費によって効用を得る。
- ・各地域の住民は、労働と資本貸与による収入を得る。
- ・自地域で消費される財はf.o.b.価格 (生産地価格)

<p><b>生産</b></p> <p>生産関数(地域/産業集計): <math>y_i = a(L_i)(K_i)^{\alpha}</math></p> <p><math>y_i</math>; 生産量  <math>L_i</math>; 労働投入量  <math>K_i</math>; 資本投入量  <math>\alpha</math>; パラメータ</p> <p><b>家計 (消費者・労働者・資本家)</b></p> <p>効用関数: <math>u_i = (x_i^1)(x_i^2)^{\beta}</math></p> <p>予算制約: <math>w_i + r(K_i N_i + N_2) + s_i = p_i^m x_i^m + t_i</math></p> <p><math>x_i^m</math>; 地域<i>m</i>生産財の消費量  <math>w_i</math>; 賃金収入  <math>r</math>; 資本レント  <math>K_i</math>; 総資本賦存量  <math>N_i</math>; 地域人口  <math>P_i^m</math>; 地域<i>m</i>生産財の消費地(c.i.f.)価格  <math>t_i</math>; 地域<i>i</i>のインフラ整備への個人負担額(目的・人頭税)  <math>s_i</math>; 中央政府からの所得移転  <math>\beta</math>; パラメータ</p> <p><b>財価格体系</b></p> <p><math>P_i^m = \begin{cases} q_i &amp; \text{if } i=m \\ 1 + \frac{q_i}{m} &amp; \text{if } i \neq m \end{cases}</math></p> <p><math>q_i</math>; 地域<i>i</i>生産財の生産地(f.o.b.)価格  <math>m</math>; パラメータ</p> <p><b>交通インフラ整備</b></p> <p>整備水準: <math>= (i, 2)</math></p> <p>地域整備水準: <math>i = i(K_i^T)</math></p> <p>目的税による整備: <math>rK_i N_i = N_i t_i</math></p> <p>; 交通インフラ整備水準 (低値ほど高水準を示す)  <math>i</math>; (地域別整備を行うときの) 地域<i>i</i>の交通インフラ整備水準 (低値ほど高水準を示す)  <math>K_i N_i</math>; 交通インフラ整備への資本投入</p> <p><b>均衡条件</b></p> <p>財市場均衡: <math>y_1 = L_1 x_1^1 + L_2 x_1^2 (1 + \frac{1}{m})</math>  <math>y_2 = L_1 x_2^1 (1 + \frac{1}{m}) + L_2 x_2^2</math></p> <p>資本市場均衡: <math>\sum_{k=1}^2 K_k + \sum_{k=1}^2 K_k^T = K</math></p> <p>労働市場均衡: <math>L_i = N_i</math></p> <p><b>中央政府</b></p> <p>地域間所得移転の収支均衡: <math>N_1 s_1 + N_2 s_2 = 0</math></p>
---

Fig.1 交通インフラ整備を含んだ2地域経済システム体系

で、他地域から移入する財はこれに輸送費用を上乗せしたc.i.f.価格でそれぞれ販売される。この輸送費用の多寡が地域間インフラの整備水準によって決定される。

- ・交通インフラ整備は地方政府が市場から購入した資本を投入することによって行う。
- ・各地方政府は、自地域住民の効用を最大化するよう交通インフラへの投資額を決定する。

なお、具体的な関数の特定化はFig.1を、また地域間交通インフラの整備に関する定式化はFig.2を参照ください。

この経済システムは、 $L_i, K_i, K_i^T, x_i^T, w_i, q_i, p_i^T, y_i, r_i$  の24個の内生変数を持ち、また需要関数、供給関数など24本の式が導き出せます。このシステムにおいてワルラス法則が成立することが確かめられ、よって本経済システムは一般均衡体系として整合的に構築されていることが確認できます。

以降、この経済システムモデルを用いて分析を進めるわけですが、解析的に求めることが困難な非線形連立方程式システム体系であるため、分析には数値計算を用います。なお、そのためのパラメータ値設定などの詳細は省略します。

**地域別の道路整備**

さて、地域間交通インフラの整備決定の権限を中央政府から当該地域へ移譲する方法は、複数考えられます。もっとも極端な方法は、各地域にその地域内にあるインフラの整備の権限と負担のすべてを持たせるというものです。言い換えると、地域間交通インフラのうちその地域内の部分に関して、完全な自己負担により当該地域が整備水準を決定するというある意味完全な整備の地方分権化です。これをここでは仮に「地域別整備制度」と呼ぶことにします。

地域別整備制度

$$i = \left( \frac{K_i^T}{d_i} \right) = \left( \frac{K_i^T}{d_i} \right), \quad i \geq 0$$

単純化のため  $= 1$

$$= (1, 2) \left( d_1 (K_1^T) + d_2 (K_2^T) \right) \left( \left( \frac{d_1}{K_1^T} \right) + \left( \frac{d_2}{K_2^T} \right) \right)$$

ただし  $d_i$  整備範囲 (道路距離) (外生)

合同整備制度

$$= (1, 2) = \left( \frac{K_1^T + K_2^T}{d_1 + d_2} \right), \quad i > 0$$

より一般的な整備制度関数

$$= (1 (K_1^T) + 2 (K_2^T)), \quad i > 0$$

Fig.2 各整備制度とそれを表す関数

「地域別整備制度」の下では、合理的な各地方政府は自地域の住民厚生の上を求めてその整備水準を決定することになるでしょう。ここでの経済モデルの枠組みで言えば、先に与えた一般均衡体系の下で、自地域住民の効用が最大となるような整備水準 (言い換えれば、整備のための住民負担額) を決定することになります。当然、交通インフラ全体の整備水準は両地域の整備水準により決定されるので、両地域で生産される財を消費する各地域住民の効用は、自地域の整備水準のみならず他地域の整備水準にも影響を受けることになります。よって、他地域の整備水準を意識した各地域の整備に関する意思決定は相互依存的となります。

Fig.3は、2地域を完全に対称な設定としたときの各地方政府*i*にとって最も好ましい整備負担額*t<sub>i</sub>*を表しています。この整備負担額は、他地域*j*がどれくらい整備するか、つまり他地域の負担額*t<sub>j</sub>*に依存することになるため、関数*t<sub>i</sub>(t<sub>j</sub>)*となります。図から明らかのように、この関数 (最適反応関数) は増加関数となることが確かめられます。他者の整備水準の増加とともに自身も整備水準を増加させるこのような反応は「戦略的補完性」を持つといえます。戦略的補完性や後出の戦略的代替性といった意思決定の戦略的性質は、その意思決定に影響を与える政策・制度の設計にきわめて重要な影響を与えます。両地方政府の意思決定・最適反応の交点が両地域が最終的に決定する「(ナッシュ)均衡点」、つまり両地域の費用負担水準 ( $t_1^*, t_2^*$ ) となります。均衡点での各内生変数の値を順次求めることができます。この値を用いて、さらに、各パラメータの変化が各内生変数に与える影響 (たとえば各地域の生産性の向上が道路整備水準に与える影響など) について分析ができ

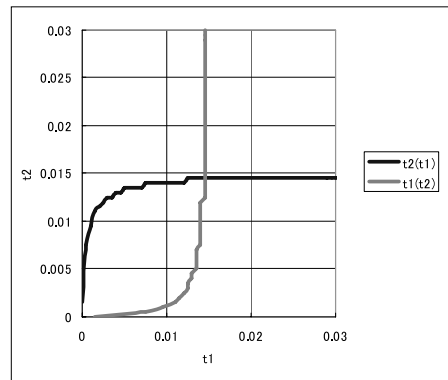


Fig.3 地域別整備制度下の最適反応 (整備負担) とナッシュ均衡 (交点)

ますが、ここではそれらの詳細は省略します。

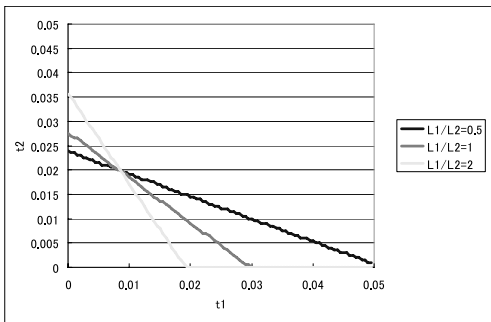
**地域間の共同整備**

「地域別整備制度」は費用負担から整備意思決定にいたるまですべて各地域に完全に分権化された最も極端な分権化整備制度といえます。このほかにさまざまな制度が考えられると思いますが、それらは分権化された整備に何らかの制約がかかるものとなります。ここでは、「整備費用負担は完全に該当地域が行うが、整備に関しては該当地域共同で全線同水準の整備を行わなければならない」という制度を仮に考えましょう。このような制度を「合同整備制度」と呼ぶことにします。合同整備制度は、整備方法に「同一水準で」という縛りがかかったものといえます。定式化としては、Fig.2中の定式化に表れるように、2地域がそれぞれいくら出資するかを個別に決定し、その集計された出資額に見合った施設整備が交通基盤施設全域に対して行われるということになります。

先の地域別整備と同様に地方政府2の最適反応を求めると、Fig.4 のようになります。関数は右下がりとなり、先ほどとは異なり「他地域が整備への投資

をあげれば自地域のそれを下げる」という「戦略的代替性」の性質を持つことがわかります。言い換えると、他地域の努力に便乗する構造が潜在的に存在することになります。両地域の非対称が増すときこの性質は陽表面化します。Fig.5は地域間の人口比が(地域1人口):(地域2人口)=1:2の場合のそれぞれの地域の最適反応を示しています。二つの最適反応の交点が均衡点となるわけですが、この場合、均衡点は縦軸上となり、人口小の地域がもう一方の地域の整備努力に完全にただ乗りすることがわかります。完全な分権制度である「地域別整備制度」に比べ、一見より地域連携的な整備である「合同整備制度」の方が、地域間の搾取とも呼ぶべき行動が現れることがわかります。

ちなみに、地域間交通インフラ整備の分権化のうち特に二つの制度を見てきましたが、地方政府による交通インフラの整備の有効性を決定付ける重要な性質の一つは、各制度の下で現れる各政府の意思決定の戦略的性質(特に、戦略的代替性・補完性)です。この性質はより一般的な関数(Fig.2中)で表現でき、特に関数中のパラメータ(特に )の値の違いで先の二つの制度を含めさまざまな制度を表現で



注) 2地域間の人口比が異なる3ケースを図示。人口が少ないほど急勾配。

Fig.4 最適反応 (合同整備制度)

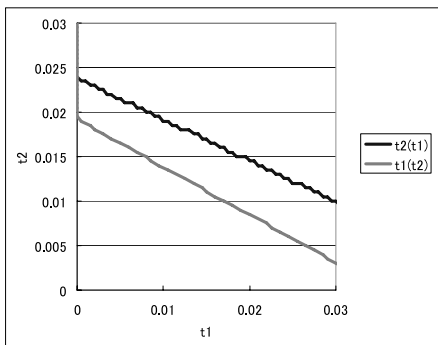
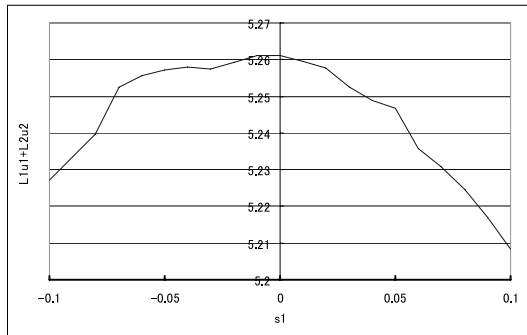


Fig.5 均衡点 (地域間人口比1:2)

[ 地域別整備制度 ]



[ 合同整備制度 ]

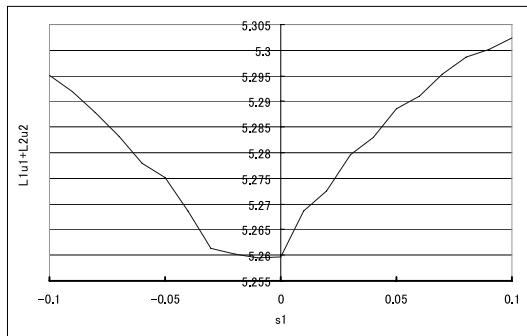


Fig.6 社会厚生と所得移転

きます。この関数を使った詳細な分析は省略します。

### 制度の違いと分権的整備の効果

これら分権的整備の制度の違いとともに、中央政府が行うことのできる政策として、地域間の所得移転が考えられます。この所得移転が地域の整備決定に与える影響について、これまで見てきた二つの制度「地域別整備制度」「合同整備制度」での違いが最も現れた結果を一つ取り上げましょう。それは、地域住民の効用の和である社会的厚生についてです。Fig.6は、地域人口比を2:3としたもとの地域間所得移転（地域2から地域1への移転）と社会的厚生の関係を表した図です。地域別整備制度下では地域間で経済格差をもたらしている人口差を修正するような若干の所得移転が社会全体の厚生を高めることがわかりますが、一方で、合同整備制度の下では、より多くの所得移転により地域間に大きな非対称性を実現することにより社会的厚生が高まることがわかります。そこでは、所得移転により強化された財政基盤を持つ地域が全インフラの整備を行うこととなります。もちろんこの場合、社会厚生関数が常に仮定するような地域間の事後的補償が行わなければ、社会厚生は増加しても地域間の厚生格差が広がっていることとなります。

最後に、これらの理論モデルから得られた主な結論をまとめると以下ようになります。まず、分権的整備制度の構造の如何が分権制度下での交通インフラ整備が有効となるか否かにとって決定的に重要であるということです。財政、権限、地域間の連携の仕方などからなる「整備制度」がどんなものかによって、各地域の整備に関する意思決定にまったく異なった効果をもたらす可能性があります。たとえば、比較対称的な地域間の交通インフラ整備は地域個別な整備制度で比較的良好な整備が行われることが期待でき、若干の非対称性は中央政府による介入（所得移転）が効果的といえます。一方、都市規模や経済基盤が大きく異なる地域同士がその間の交通基盤施設の共同整備を行うような状況では、所得補正のような介入はかえって改悪をもたらす可能性があります。このような場合、中央政府からプロジェクトへの直接補助などの施策がより望ましい可能性があります。連携する地域の実情に見合ったより個別詳細な整備制度設計の知見を蓄積していくことが今後重要であるといえます。

以上、専門に偏った話題提供で恐縮でしたが、IATSSという学際的な学会に参加でき、これから知的交流ができますことを楽しみにしております。ご清聴ありがとうございました。

中村英樹

## 道路機能に対応した性能照査型道路設計と交通運用



### 日本の交通の「質」の問題点

ご紹介ありがとうございます。名古屋大学の中村です。私の専門は、交通工学、交通計画ですが、最近では道路の計画設計論、サービスの質の定量化、交通流解析、都市内駐車管理といった分野を中心に研究しています。国際交通安全学会は幅広い分野の専門家の方々がいらっしゃいますので、これらの

方々との情報交換をしながら社会に対し

て広く情報発信をして、政策を実現に結びつけて行くための研究をしていければと考えております。どうぞよろしくお願いいたします。

今日は「道路機能に対応した性能照査型道路設計と交通運用」ということで、日本の道路計画・設計および交通運用にかかわる問題意識と、我々が現在

行っていることやこれから取り組んでいかなければいけないことについてお話をさせていただきたいと思えます。

初めに道路交通の現状認識ですが、戦後の日本の道路整備というのはほとんどゼロに近いような状態から、諸先輩方のご尽力によって今日のネットワークに至っています。高度成長期の爆発的なモータリゼーションに伴って、量の充足が至上命題であり、そのために道路整備5ヵ年計画や有料道路などのいろいろな制度や全国一律の道路構造基準を導入することによって、道路整備が進んできました。その結果、量的なストックは、世界屈指の道路建設技術によって装備の充実した道路が建設され、かなりのレベルに整備されてきています。また、ITSインフラ環境についても全国レベルのETCやVICSなどが世界に先駆けて整備されている状況にあります。

そんな中で、日本の交通の「質」は先進国としてふさわしいものとなっているのでしょうか。

私は欧米の道路を利用する機会が比較的多いのですが、日本において道路の整備が進み、技術水準も十分に高い今日であるからこそ、日頃このような疑問を感じてなりません。日常的な交通渋滞は依然として緩和されないままですし、交通渋滞が起らないまでも、旅行速度のレベルが先進国として本当にこれでいいのだろうかと思えるほど低いことが少なくありません。都市内の街路に至っては、路地裏の道路に通過交通が入り込んだり、あるいは街路上で路上駐車、歩行者、自転車といったものが入り混じった混沌とした状態になっているという現状があるわけです。私は、道路整備の量の充足が成果であったという時代はもう終わり、先進国として質の充実をやっつけていかなければならない時代になっていると思えます。日本の場合は国土事情が特殊なので無理だと言う方がよくいらっしゃるのですが、私は確かに困難なことは多々あるけれども、必ずしも無理であるとは考えておりません。道路構造や交通運用に工夫を施すことによって、安全性を損なわずに円滑性を向上し、環境負荷を削減できる余地がかなりあると考えています。

このような問題点がなぜ生じ、なかなか改善されないのかについて考えてみます。問題点の一つに挙げた交通渋滞の原因はきわめて単純で、いわゆる交通容量の不連続性にあります。これは道路設計の段階で、例えば高速道路のサグですとか一般道路の交差点部などにおいて、交通容量が部分的に小さくな

るところができてしまう、あるいは道路の設計はきちんとできているけれども、交通容量を管理することが必ずしも上手にできていない、また、利用の時間的、空間的偏りが放置されていることによって起こっているわけです。

交通容量の連続性を確保するための道路の計画設計について、最近大学の研究者グループで議論することが多く、目下いくつかの関連研究に取り組んでいます。これまでは道路の単路部といわれるリンクの部分の先に設計しているのですが、実際に渋滞の先頭となるのは交差点等のいわゆるボトルネックです。したがって、道路の計画設計はそもそもボトルネックを基本として設計すべきで、ボトルネックの部分できちんと交通が処理されていれば渋滞は生じないはずですから、それ以外の部分はその道路の所要の性能を確保できるように設計すべきであると考えています。

それから、特に最近話題となっているコンパクトシティとか、持続可能な都市活動といった意味において、これまでの需要追従型で行われてきた道路の計画設計から、都市として受け入れる需要をコントロールする、いわゆる需要調整型の道路計画設計に発想を変える必要があると考えられます。また、都市内街路というのは、必ずしも通行することだけではなくて、さまざまな都市活動を維持するための沿道アクセスとか、滞留といった機能を確保しなければなりません。これらの意味において、都市間の道路に準じた考え方で設計するのには無理があるのではないかと思われれます。

また旅行速度の低さに関してですが、わが国の状況を見ますと、走行の妨害要因として交通信号機が多く、かつ信号サイクル長が先進国としてはかなり長いことが大きな理由でしょう。さらに沿道の出入りについては制限されることがほとんどなくあらゆる場所で行われているし、交通流に影響する箇所での悪質な路上駐車も後をたないという状況があります。これはもう一つの課題として挙げた都市内交通の混沌にもつながっています。都市内街路においては、迷惑駐車が横行する一方で、都市活動の維持に必要な路上での積み下ろしなど短時間の路上駐車スペースが不足しています。また、自動車、自転車、歩行者といった、各利用主体者別の走行・滞留空間が必ずしも整理されていないという状況があります。

これらの問題に共通する根幹部分は、道路の階層

的な機能分担が不明確であるところにあると思います。Fig.1をごらんください。縦方向は拠点間の連絡スケールで、上のほうの長距離連絡を担う高速道路から下の方の生活道路になりまして、移動距離が短くなり、一番下は生活道路になります。横方向は通行(トラフィック)とアクセスといった道路の機能分担を表しています。上位の長距離連絡の道路であるほど通行機能が重視され、逆に下位の街路や生活道路ではそれと背反の関係にであるアクセスや滞留機能が重視されることを示したもので、この考え方は古くから道路計画・設計の基本として示されているものです。

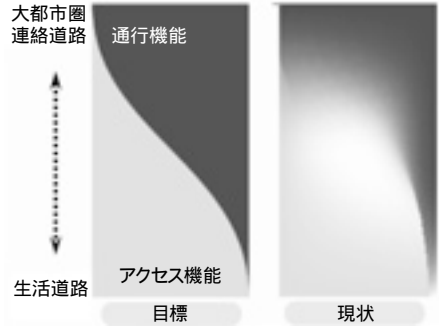


Fig.1 道路の階層的機能分担

ところがわが国の道路では、この階層区分が必ずしもはっきりしていません。現状では、いわゆる多目的道路という考え方で設計された道路が多く、この図の特に真ん中辺りのところの機能がぼんやりとしている右の図のような状況にあります。また、道路構造としては十分な性能を発揮できるものとしてつくられているけれども、交通運用のほうが必ずしもそれにうまく合っていない場合も見受けられます。

交通機能	通行(トラフィック)		アクセス				
	"highway"または「街道」		"street/avenue"または「街路」				
	A	B	C	D	E	滞留	
	A <sub>M</sub> (自動車)						
	各区分の機能に応じたサービス水準の設定・階層的ネットワークの構成						
大都市圏連絡	都市間高速 (非自専)						
地域間連絡	都市間高速 (非自専)	-					
市町村間連絡	都市間高速 (非自専)	主要道					
u 日常生活圏	都市内高速 (非自専)	都道府県道	***				
毎日の買物圏	-	集落間道路	買物圏内道路	地先道路 (街路/補助幹線)			
生活道路	-	市町村道	主要街路幹線	細街路	地先小径 (コミュニティ道路)		
	A <sub>M</sub>	A	B	C	D	E	

Fig.2 機能に対応した道路階層区分試案

このような各道路の機能に応じて、利用者に提供すべきサービスの性能目標というものをしっかりと与え、それが確保できるかどうかをチェックしていかなければいけないのですけれども、従来はこれが必ずしも行われていませんでした。特に道路の計画設計段階に関しては、渋滞度とか、交差点ですと容量に対して需要が何倍であるかという、いわゆる飽和度による評価にとどまってきたわけです。

**性能照査型道路設計の観点から見ると**

以上のような問題点に対処し、交通の「質」についてもきちんと考えるということになると、やらねばならない課題が山積しているというのが我々の認識です。

まず第一に、先ほど申し上げたような道路の階層区分による機能分担を今まで以上にはっきりさせることです。走行を重視する道路と、逆に人間の空間を重要視する道路に至るまでの区別をより明確にして、それに対応した道路構造と交通運用を取り入れる必要があります。これについてはヨーロッパの道路の例を思い浮かべていただければわかりやすいかと思えます。

二番目には、その機能に応じた性能をチェックする、いわゆる性能照査型の道路設計・交通運用を適用することです。このためには道路の機能に対応し

た性能、すなわちサービス水準を設定する必要があります。トラフィック機能、アクセス機能に対してそれぞれのサービス水準が定義できるはずで、これが道路の階層区分に応じて段階的に変わっていくような設定が必要です。そして、道路構造と交通運用とこれらを導入したときに実現する交通運用状態、すなわちサービス水準の関係を示さねばなりません。

さらに第三の課題として、性能目標を達成するためには、より利用者の行動原理に立脚した合理的な道路構造を導入し、これに対応した交通運用を柔軟に組み合わせるといったことが必要だと感じています。これには、街路構造に応じた路上駐車へのメリハリのある管理とか、必要に応じて高速道路の車線配分を路肩まで含めて動的に変更するだとか、あるいは柔軟な交差点構造と信号現示の運用の組み合わせなどが例として挙げられます。

まず第一の機能に対応した道路階層区分についてですが、理想的な階層区分というのはどのようなものなのかについて、我々の研究グループで、試案を作成してみました(Fig.2)。横軸が先ほど申し上げた交通の機能で、左側が通行(トラフィック)機能、右側に



いくにしたがってアクセス機能が重視されてきます。左側の通行機能が重視されるのは主として都市間の道路で、いわゆるハイウェイです。縦軸は拠点間、空間の連絡スケール、すなわち長距離から短距離までの階層を表しています。理想像としてはこういった形になるだろうと思うのですが、現状はどうかといえますと、いわゆるグレーゾーンの区分になっている道路が多く、都市間の幹線道路であっても都市内街路であっても似たような構造になっている場合が少なくありません。これらをよりトラフィック重視のもの、アクセス重視のものに振り分けていく必要があります。自宅の前の道から目的地に至るまで、それぞれの階層の道路を階層的ネットワークとして組んでいくことを少しずつ始めていかないと、いつまでたっても状況は変わりません。

また、各階層区分の道路がどの道路と連結するのかという、接続のルールを設ける必要があります。これは、階層順位の大きく異なる二つの道路が直接接続することがあってはならないからで、サービスの質を確保するために必要なルールです。

以上のネットワーク特性に応じた道路階層区分の設定は、性能照査型の道路計画設計における最上位の部分に相当します。これらの各階層区分に応じてあらかじめ性能目標値を決めておきます。その一方で、想定する道路構造や地形・沿道状況などに応じて、評価対象の交通需要量がその区間を通ったときにどのような交通状況になるのかを表す性能曲線を用意しておき、計画道路で想定される交通状況をア

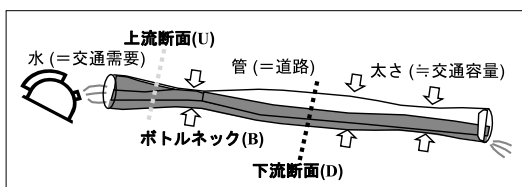


Fig.3 ボトルネック周辺の交通現象

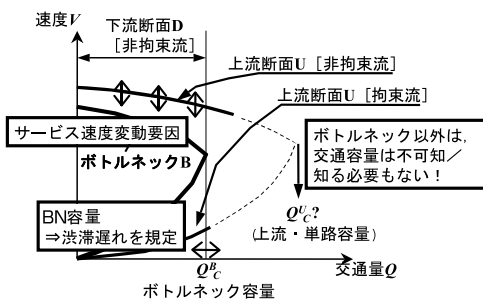


Fig.4 サービス速度の意義

ウトプットとして計算します。そして、それがその階層区分の道路の性能目標を満足するかどうかをチェックして、もし満足しないようであれば道路構造や想定する信号制御などの交通運用を見直すというフィードバックをかけることによって、所要の性能水準を確保するというのが性能照査型の道路計画設計になります。

このとき、交通需要変動の推定およびその評価方法と、各種条件に応じた性能曲線の設定が必須になりますが、これらのうち特に後者については、今年からIATSSの「性能照査型道路設計のための交通容量・サービス水準に関する研究」というプロジェクトで取り組んでいます。

以上のような道路の性能は、区間全体にわたってできるだけ一様に、連続的になることが望ましいのですが、なかには合流部など、ボトルネックになる可能性のある部分がでてきます。このようなボトルネックになる可能性の高い部分については、交通容量を注意深くチェックする必要があります。Fig.3はパイプを道路に見立てたもので、パイプの径が交通容量に相当し、その中を流れる水が交通流です。交通容量の不連続性というのは、この太さが区間によって異なることに対応するわけです。ボトルネックの交通容量よりも大きな交通需要が上流から到着して渋滞する場合、交通運用状態はこのボトルネックの部分で決められてしまうので、上流部の交通状態は超過需要の多寡にかかわらず同じになりますし、また下流側をいくら広くしても、くびれたところから下流はこの量しか流れません。

上流側の断面UとボトルネックB、下流断面Dにおける交通量と速度の関係を模式的に示すと、Fig.4のようになります。今お話しした理由から、ボトルネックでない区間では交通容量は観測できないし、必ずしも知る必要がないことになります。

したがって、これらの非ボトルネック区間においては、交通容量よりもむしろ道路構造に応じた速度などの性能がどうなるのかを知って、それが確保できるように設計する、すなわち車線数や幅員などの幾何構造を決定することになるわけです。

#### 柔軟で合理的な道路構造と交通運用のために

以上、性能照査型設計のアプローチについて簡単にご紹介しました。

次に、性能目標を達成するためには、柔軟な発想による、合理的な道路構造と交通運用を今後一層取

り入れていかなければいけないということで、いくつか例を用意しましたので紹介したいと思います。

一つ目の例は多車線の自動車専用道路横断面の再配分です。これは車線数を増やすことによってボトルネックの交通容量を上げたり、サービス水準を向上することが目的です。最近日本でも東名高速上りの綾瀬バス停付近のボトルネックで車線増が実施されて、効果が認められています。交通渋滞時による事故のリスクも減ったという報告もあります。

ただ、こういった拡幅というのは実際には非常に大きな費用がかかりますし、構造上拡幅できないところも多いのが実情です。そこで既存の路肩を活用することの意義が出てくるわけで、特に最近欧州の自動車専用道路で積極的に実施されています。Fig.5はアウトバーンでの路肩の活用の例で、路肩幅員が不十分などころでは、他の車線のマーキングを引き直すことによって、路肩を走行空間としてつくり出しています。これによって、拡幅の10分の1のコストでこの区間では3車線化ができ、人身事故が大幅に減少したということです。

では、日本でこういったことをやる際にはどのような課題があるのでしょうか。果たして車線幅員を狭めて大丈夫なのかということが問題になるでしょう。車線幅員を狭めたときにどの程度の速度で走ることができるのか、安全性はどうか。この意味においても、先ほどの交通量と速度の関係を道路構造と関連づけながらきちんと把握しておくことの意義が出てくることになります。

それから、一般道路、街路系でいいますと、最初に少し申し上げましたが、交通流の攪乱要因として

#### 路肩幅員の十分な箇所

- 標識指定区間で利用可に（道路交通法改正、2002.1）
- ・ 可変標識とすることで時間帯や混雑状況に応じた動的な運用も可能

#### 路肩幅員の不十分な箇所

- 車線幅員を狭め、マーキング引き直して車線増
- ・ 例えば3.50+3.50+3.75+路肩3.00+3.50+3.50+3.75
- ・ 拡幅の1/10のコスト
- ・ 重大な人身事故が減少

#### 分流部で流出交通流の路肩利用実験

- 本線が混雑する時間帯に限って利用

#### 日本での幅員狭小化区間導入のための課題

- 車線幅員と速度などサービス水準、安全性との関係の把握が必要 性能照査



Fig.5 アウトバーンでの路肩の活用

手を打つべきものがいくつかあります。旅行速度の低下という観点からプローブカーを使って走行プロファイルを観測してみると、旅行速度低下要因の8割くらいは、当然のことかもしれませんが信号制御によるという実態があります。信号制御は安全性と交通容量の確保から必要なことですが、性能照査型の交差点設計・制御の導入にあたっては、交差点の飽和度のみならず遅れの性能目標値をきちんと持った上で評価をするというスタンスが重要になってきます。その際にどうやったら信号交差点における遅れを削減できるのかということ、サイクル長そのものを短くすること、あるいはサイクル長を短くできるような道路の構造、交差点構造を取り入れていくことが重要になってきます。交差点改良の一つの例として、導流化（チャンネルリゼーション）の例をFig.6に示します。わが国の交差点は広大であると外国人研究者にもよく言われますが、これは典型的な四枝交差点の例です。停止線がかなり上流にセットバックされていて、隅角部も大きく設計されている例です。これだけの大きさの交差点ですと、交通島等を設けて導流化することによって、かなり交差点のスペースを小さくすることができます。こういうきめ細かな処置を積極的に取り入れることによって、信号制御もかなり影響されることとなります。

さらには信号交差点そのものを増やさないような平面交差の方式として、欧米各国で近年特に積極的に導入されているラウンドアバウトがあります。無信号交差点からの改築とか、最近の例ですと信号を取り払ってラウンドアバウトにして、遅れを小さくするように改良するという例も報告されています。これは流入車両が優先権を持つ交差部の方式で、欧米では流入部において主として「ゆずれ」制御というものが行われています。いろいろな大きさのものがあありますが、あまり大きなものを作って本来の趣

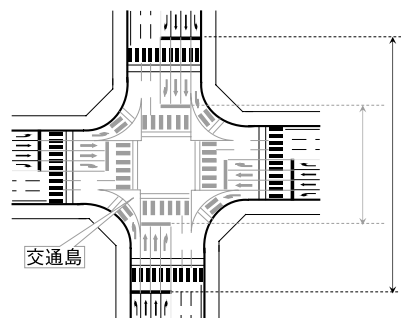
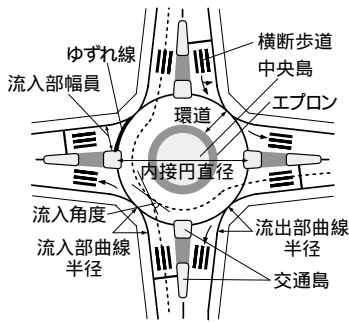


Fig.6 導流化：channelization



交通量が少ない場合、遅れが小さい

- 信号制御されない

欧米では通常の交差点よりも低い事故率

- 各方向流出部へ向かう交通を環道交通流という一方の交通流で捌く

- 事故が生じても接触程度

直進車両の速度抑制効果

- 重大事故件数の削減

流入部交通島による整流

- 流入車と流出車の分離、歩行者保護

複雑な信号制御の必要なし

- 多枝交差点や変形交差点

流入部に右折、左折車線不要

- 流入部スペース節約

ただし、交通容量が低い

Fig.7 ラウンドアバウト (Roundabout) の特徴

旨に反してしまいますので、小さなタイプものが一般的で普及が進んでいます。安全性の向上、遅れの削減をはじめとして利点はたくさんありますが、信

号制御に比べて交通容量が低いという欠点がありません (Fig.7)

日本でも、例えば交通静穏化をねらった住宅地の中とか、交通需要が少ない地方部などで場所を選んでやれば、信号制御することなく安全性を向上し遅れを小さくするという意味において、導入する意義が十分にあると思います。導入に際しては、交通容量だとか安全性の検証、設計諸元について明らかにしておく必要がありますので、ラウンドアバウトと似た形式の日本の交差点などでデータの収集、分析を行って、ラウンドアバウトの適用性を明示するための研究を現在行っています。

最後にもう一つ、路上駐車マネジメントの話題を用意したのですが、時間になりましたので、これについては割愛させていただきます。道路交通の質の改善のために必要な道路構造上・交通運用上の課題として大きく三点にまとめてお話ししましたが、それらの実現に向けて我々が取り組んでゆかねばならない研究課題が如何に多いのかということを感じています。

今後、このIATSSの場をお借りして、諸先輩からいろいろなご意見をいただきながらこれらの研究を進めていく所存です。成果についてはまた別の機会にご報告させていただきたいと思っております。

# 第7回 IATSS トーク

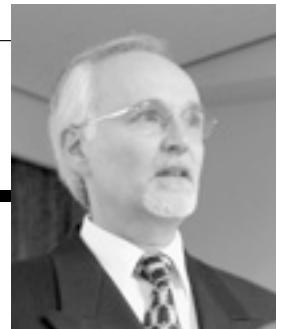
## (2005年10月26日 東京・パレスビル)

デニス・ユグナン氏(スイス事故防止協会副会長)

当学会海外特別顧問のデニス・ユグナン博士が来日されました。氏はご専門の交通心理学の視点から交通事故の防止について国際的にも積極的に提言しておられます。この機会に、スイスの交通安全政策についてご講演いただきました。

デニス・ユグナン

## 「ビジョン・ゼロ」に基づいた スイスの交通安全政策



### 「ビジョン・ゼロ」導入の経緯とスイスの現状

ご紹介ありがとうございました。このような機会をいただき大変光栄です。

私はスイス事故防止協会という民間の組織で、主に交通安全、スポーツ、家庭という三つの分野で仕事をしています。なかでも重要なのは交通安全で、これについては政府と緊密に協力し合い、「スイスをより安全な国にするためのコンセプトとプログラムを開発してほしい」との委託が交通大臣よりありました。スウェーデンから導入した「ビジョン・ゼロ」を大臣が高く評価したこともあって、我々はこのコンセプトを基本にして作業をすすめることになりました。まず我々は、交通事故を大幅に減少させる必要性を大臣に説明し納得してもらいました。そして他のEU諸国と同じように、スイスでも死者数と重傷者数を50%減少させようということになったわけです。

スイスは非常に小さな国なので、他国に比べて「ビジョン・ゼロ」を達成できる可能性が高いと言えます。しかしスイスには固有の社会構造があります。四つの言語と三つのメンタリティーがあり、フランス語を話す地域があればドイツ語の地域もある。地域によって思考方法も異なります。また、インフラストラクチャーに関しては日本と同じような問題が

あります。つまり、山が多いために、エンジニアの目から見て安全といえる道路をつくるスペースが十分でないのです。

現状はどうかというと、単位人口あたりの交通事故死者数(2003年)を他国と比較すると、我々は低いほうから6番目で、日本と接近しています。年度によっては日本と順番が入れ替わることもあります。逆に高いのはポルトガルとギリシャで、次がアメリカです。スイスの現状は決して悪いわけではありませんが、もっと改善したいのです。

そこで交通安全に関する新しいコンセプトが必要になるのです。本日は基本となる「ビジョン・ゼロ」についてお話しし、続いて道路交通の安全性を高めるためにスイスが実施した公衆衛生政策についてその成立の過程を含めてお話しします。

### 「ビジョン・ゼロ」とは何か

「ビジョン・ゼロ」にはいろいろな意味がありますが、基本は道路交通において一人の死者も出さず、また重傷者も出さないという考え方であり目標であります。それは将来への展望を意味しますが、幻想に過ぎないと言う人もいます。

考え方自体は新しいものではありません。道路交通に関する「ビジョン・ゼロ」はスウェーデンで始

まりましたが、もともと鉄道や航空は同様の考え方を持っていました。日本の航空会社でも毎年6,000人から7,000人ものが航空機事故で死亡するなどとても容認できないでしょう。そのような事態になったら会社は破産してしまいます。ところがご存じのように、世界中で毎年100万人以上の人々が交通事故で死亡しています。

「ビジョン・ゼロ」とはもう一つの哲学であり安全哲学の修正ともいえます。人は過ちを犯すものだという認識がその背景にあります。人は過ちを犯すものだから「人がシステムに合わせるのではなく、人に合うようなシステムをつくるべきだ」と考えるわけです。交通事故をゼロにすることは不可能なので、緊急時の救助システムを整備して可能な限り死者や重傷者を出さないようにするというのもその基本的な考え方です。

システムのほうを人間の行動に適應させるという考え方がなぜ重要なのかをもう少し詳しく説明します。

人間には長所と短所があります。安全の向上という観点からは、人間の持つ柔軟性と問題の予知能力は長所ですし、これは柔軟性に含まれますが多面性も長所です。これらの長所があるので、「人間というのは自らの行動を修正できるものだ」と言いたくなってしまう。実際、行動の修正はできるのですが、ただしそれは条件つきです。心的、身体的な不安定さや感情の起伏など短所もあります。これは道路交通の場合、問題になることがあります。また、人間は暗示をうけやすく信頼性にも問題があります。そこで機械を使えば解決できるかもしれないと考えるわけですが、機械にも長所と短所があります。安定性、信頼性、スピードは機械の長所ですが、一方で限界もあります。機械はプログラムどおりに動くので柔軟性に欠けますし、エラーの検出もできません。人間のような多面性もなく、配慮もしません。そこで機械の利点をうまく生かして人間の弱点を補うような最適な妥協点を見出すことが求められます。

私がここでいう機械とは特殊なものではなく、技術的なシステム全般を広く指しています。我々は安全なシステムをつくって人間のエラーを防がなければなりません。手持ちの対策だけではなく、新たな対策を見出さなければなりません。

安全には客観的安全と主観的安全があります。車に高性能ブレーキを装着すれば客観的安全は増えますが、その一方で主観的安全、つまり安全に感じて

しまうという心理的な側面があって、これが問題になることがあります。性能のよいブレーキは確かに安全を向上させますが、安全だという思い込みが強くなり過ぎないように注意しなければいけません。なぜなら、現実以上に安全だと思い込んでしまうと安全性を減らす傾向性に入ってしまうからです。これは避けなければなりません。人間が持つこのような適応特性は、せっかく向上した安全性を台無しにしてしまうと言う人もいますがそれは正しくありません。このような適応特性があったとしても安全を向上させることはできるのです。

アクティブセーフティ（予防安全）の問題として、例えば方向転換やカーブでの安定性に優れた車に乗っているドライバーが安全を過信してより危険な行動を取るかもしれないことが挙げられます。しかしシートベルト着用の義務化などパッシブセーフティ（衝突安全）に関してはすべての結果においてプラスの効果が出ています。

シートベルトを例にとりて、スイスにおける我々の経験についてお話しします。Fig.1はパッシブセーフティの例です。上の折れ線グラフは車を運転して死亡したドライバーの数、下はシートベルト着用率で、1962年からの推移を示しています。74年、75年、76年はシートベルト着用の義務化について議論を交わっていた時期です。図の円で囲んだ部分に注目して下さい。シートベルト着用を義務化したことでドライバーの死亡が減少しました。スイスは大変民主的な国なので何かの決議事項を国民投票で決めることがあります。スイス国民は、ある重要な自動車クラブの後押しによってシートベルト着用の義務化法案を受け入れるか否かについての国民投票を行い、受け入れを決定しました。法律は一度廃止され再び導入されました。初導入時と再導入時の両

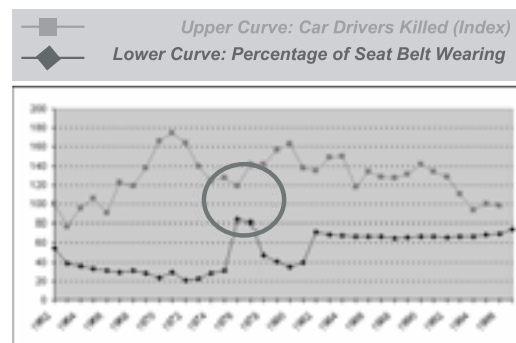


Fig.1 An example regarding passive safety

方で死者数が目立って減少していることから、「安全の過信」などといった適応は見られなかったことがわかると思います。このようにして効果的な対策を見出すのです。

### 「ビジョン・ゼロ」をどう実現するか

「ビジョン・ゼロ」はどのようにすれば実現できるのでしょうか。

通常のアプローチは「人・車・道路」のシステムに介入することですが、技術、人間工学、法律、教育などの要素をすべて考慮に入れたアプローチであっても、その効果は往々にして限定的です。死者数は減少したといってもまだまだ高い水準にあるわけで、これでは十分ではありません。そこでアプローチを変えて、今度は達成目標モデルをつくってはどうか。目標は人々に安全な行動を取らせることですが、これが難しいことは我々も承知しています。そこで、誤った行動をとっても、その人が死亡したり重傷を負ったりしないようにするのです。これは道路利用者に直接的、間接的に影響を与えることによって実現しますが、そのためにはもちろん十分な道具が必要です。直接的な影響というのは、従来からの教育、コミュニケーション、運転者の選抜、療法などを用いて、できるだけ人々を適応させることです。しかし先ほど申しあげたようにこれには限界がありますので、他の側面を強調することも必要になります。

「ビジョン・ゼロ」の実現がまだはるか先のことであることは私も承知しています。しかし、実現に近づくためには新たな対策を見つけて投資しなければなりません。行政から資金を獲得するだけでなく、今日以上に行政と協力して基礎的な条件を整備することが求められます。またそれだけでなく、技術領域に関する品質保証対策も必要です。

それでは、「ビジョン・ゼロ」という新しい概念を実現するための方策にどのようなものが考えられる

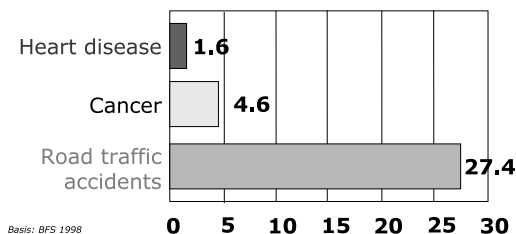


Fig.2 Life years lost (saved) according to cause of death

か具体的に考えていきたいと思います。まず、リスクについて考えなければいけません。リスクがどこにあるのかを見極めることは問題の所在を明らかにすることになります。道路交通のリスクは心臓病や癌などと比べても大変大きいことがわかります。Fig.2は死因別の早世による生命損失年数の比較です。病気は治療されているのに、もっと重大な道路交通のリスクは野放し状態といってもいいのではないでしょうか。Fig.3は1億人・キロあたりの死者数を航空や鉄道など他の交通システムと比較したもので、これでも道路交通のリスクの高さがわかります。その他の比較においても、例えば危険な職業より40倍、家庭内の行動より12倍も死亡のリスクが高いことが知られています。

では、最善の対策を見出すために、我々はどのような問いかけをすべきなのでしょう。それは、「どのような事態が起きるか」「事故が起きる原因は何か」「どのような対策が有効か」「どのような代案があるか」などです。重要なことは、リスクの検出、対策の効力、費用対効果などの要素を考慮に入れることです。そのようにして我々は2000年の状況に基づいて国としての政策を立案し、目標と行動計画を設定しました。これについてお話しします。

我々の目標は、国が道路交通安全政策を策定するにあたっての基本方針を定めることでした。まず基本的な問題を分析して、今までになかった対策をできるだけ見つけ出す努力をしました。その際、交通安全対策が政治的なレベルで実施されるように基本的な対策を重視しました。また実施した対策の品質をチェックする機能を設けて、高い品質を確保しました。もちろん問題を解決するための対策を見つけることが最終的な目的です。その結果、安全対策は最終的には新規のものを含めて100件となりました。Fig.4はスイスにおける死者数の推移を表わしています。死者数は年々減っていますが、このような傾向を知ってしまうと政治家は新しい政策の必要性をなかなか認識しなくなります。政治が関係すると仕事を進めるのが難しくなります。厳密に調査の結果だけに基づいて仕事を進めるほうが簡単です。結果が

• Road traffic	1.10
• Air (public transport only)	0.08
• Bus/coach	0.08
• Rail	0.04

Fig.3 Fatalities per 100 million people-kilometres' exposure

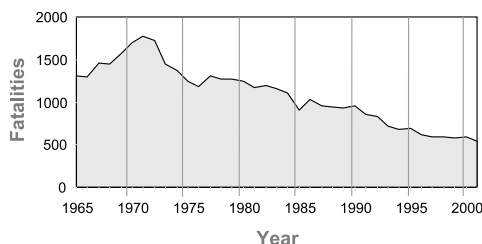


Fig.4 General trend regarding fatalities

よいと大方の政治家は新たな行動を起こす必要性を認めないため、国レベルでのサポートがなかなか得られません。有効な対策があってもその必要性を理解してもらえないのです。このような状況下ではどうしたらよいでしょうか。努力して前進するしかありませんが、その際具体的な数値目標を挙げるのが重要です。2000年に関しては死者を約600人と予想していました。そこで我々は「死者を10年後に300人に、さらにその10年後に200人にすることが可能である。重傷者についても同じ割合で減らすことが可能である」と具体的な数値を掲げたのです。

#### 安全対策とその効果

交通安全対策の効果をどのように分析するかについて、シートベルト・イグニッション・インターロック・システムを例にお話しします。ご存じのように、これは車内の乗員全員がシートベルトを着用していないと車のエンジンがかからないシステムです。ではどのように効果を計算するのでしょうか。まず、スイスのある年のシートベルトを着用していなかった死者数136という潜在的な数をベースにします。つまり、シートベルトを着用していれば死亡を防ぐことができたと考えられる数です。誰もシートベルトを着用していなかったので、この場合、対策は100%適用可能と考えます。過去のさまざまな研究から、シートベルト着用効果は約45%であることが知られています。現実的には特例や破壊行為などで5%が着用しないものと考え、実際の着用率は95%程度と予想されます。これら一連の数字をかけ合わせると、シートベルト・イグニッション・インターロック・システムによって136人のうち58人の死亡を防ぐことができたという結果が得られます。このような計算を約100の対策について行いました。アルコール、テレマティクス、シートベルト、速度等のそれぞれにまた特別の要素がありますが、時間の関係で個々の事例については省略します。

Example: Speed limits 50/30 in built-up areas  
(30 kph in residential areas and 50 kph on main roads)

Research and development	EUR 0.005m
□ Technical equipment	EUR 7.1m
□ Maintenance, repairs	EUR 4.1m
□ Evaluation	EUR 0.02m
□ Average annual costs (10 years)	EUR 11m

Fig.5 Determination of the costs

ところが、我々には対策を実施するだけの資金が十分になく、どの対策を実行するか選ばなければなりません。費用対効果を基準に選択作業をした結果、昼間点灯のほうが5年毎の運転技能テストより上位にくるなど、対策の優先順位が入れ替わりました。Fig.5は速度対策におけるコストの例です。市街地での速度を50km（主要道路）と30km（住宅地）に制限するというのが対策で、そのための調査、設備等に10年間にわたって年間1,100万ユーロを獲得しました。効果についても、死亡や重傷の発生を防止できた分を金額に換算しました。この速度対策の例でいうと、発生を防止できたのは死者数で38人、重傷者数で234人、軽傷者数で4,500人です。社会的コストとしての効果は、死者一人当たり130万ユーロと計算しました。日本ではどのような数字を出しているか知りませんが、どの国でもこのような計算をしています。重傷者と軽傷者についても同様の数値を出しています。この対策を導入することによる最終的な効果は年間平均で1億200万ユーロという結果になりました。

これが最終的な結論と考えていたのですが、自らの意思で取るリスクとそうでないリスクとを区別する必要があるのではないかと指摘がありました。例えば、二輪車に乗っている人は自らの意思でリスクを取っているのに対して、子どもを車に乗せて運転した場合、子どもは自らの意思でリスクを取っているわけではありません。そこでわれわれは、自らの意思で取るリスクとそうでないリスクの重みづけを行いました。重みづけの因子には、多少主観的な要素が入ってはいますが、この分野の研究成果を用いました。これでようやく貸借対照表ができました（Fig.6）。重みづけのあるものとそうでないものとの間には数値の差があります。どちらを取るか判断しなければなりません。対策毎に費用対効果が異なっ

Example: Speed limits of 50/30 in built-up areas				
		Unweighted	Weighted	
□ Total average cost	EUR	11m	11m	
□ Total average benefits	EUR	102m	203m	
□ Cost-outcome ratio (benefit-cost ratio)		9,0	18,0	
□ Benefit-cost difference	EUR	91m	192m	

Fig.6 Balance sheet

ていますので注意が必要です。我々のまとめでは、効果のみの対策が5件（6%）、効果が費用を上回る対策が56件（73%）、効果が費用を下回る対策が16件（21%）となりました。

### 安全対策の種類と人々の反応

我々の対策は大きく三つに分かれます。基本対策、品質保証対策、そして個別対策です。基本対策としては5項目あります。これらは、政治家が政治を通して交通安全を推進する上で行動のよりどころとなるものです。基本対策のいくつかをご紹介します。

一つは燃料税の一部を道路交通の安全対策に充当するというものです。新しい法律をつくって交通安全の財源を増やさなければなりません。これについては現在議論しているところですが、すぐに新たな立法というわけにはなかなか行かないのが実情です。もう一つは、全国道路交通委員会を組織することです。スイスには700万の人口と26の州があり、連邦制度の中にたくさんの委員会が存在します。その存在は、今必要とされる指導的な役割を果たす全国道路交通委員会の実現を難しいものになっています。品質対策については、現在の品質評価および品質管理システムを強化する必要があります。最後に個別対策については、約70の対策が実施時期別にプログラムされています。即座に実施する対策が64件、2010年までに実施する対策が13件、そして2010年以降に実施するものについては結果をみて再評価することになっています。

これらの対策が実現されたらどのような効果が得られるのでしょうか。2000年に600人だった死者数は2005年には500人に減少するでしょう。昨年および今年導入された対策によって、我々はこの中間目標を達成できると考えています。しかし2010年に280人にするという目標については、政府が積極的な行動をとることが前提なので楽観はしていません。最後に、

これらのプロセスから我々は何を学んだのでしょうか。全国規模の安全対策対個別対策、政治の関わりあい、国の安全政策における研究の役割などがその主なものです。

これらの対策を提案した我々の報告書に対する反応についてお話しします。我々の提案の中には運転者にとってやっかいな対策がありましたので、マスメディアから厳しい批判がありました。「ビジョン・ゼロ」と「達成目標（ターゲット）」との違いについて混乱が生じました。「ビジョン」を「目的」と捉えた人もいますが、この場合それは誤りです。スウェーデンも同じ経験をしました。政党や特定の利益団体からも評価をもらいましたが、例えば自動車クラブと政党では意見がかなり異なっていました。対策そのものについての理解にも混乱が見られました。我々の報告書は対策の提案なのですが、そうではなくそれらの対策が速やかに施行されるものと思いつつケースも見られました。「ビジョン・ゼロ」の個々の対策に対する容認の度合いについても測って見ましたが、異論が多いだけに、容認率は2002年からの3年で大幅に下がってしまいました。2002年から2005年の間に、自動緊急コールが69%から55%に、シートベルト・イグニッション・インターロックが63%から46%に、監視システムが67%から42%に下がってしまいました。高速で飛ばす二輪車はリスクが高いので特に厳しい対策が盛り込まれましたが、ライダーたちは反発し道路をふさいだり首都ベルンで抗議デモを行ったりしました。結局、政府は提案を即実行する代わりに、いくつかのグループを入れて民主的に議論を行いました。

2004年末に我々の報告と調査に基づいた新しいアクションプログラムが提示されました。この新しいプログラムは今年導入されるはずですが、予算上の問題なのかそれとも所轄官庁の勇気が足りないのかわかりませんが、いずれにしても政治的な理由からまだ決定にいたっていません。我々の計算では目標達成のためにはもっと多くの対策が必要なのですが、このプログラムに含まれるのは分野の異なる対策56件だけです。

### おわりに

今までの話をまとめますと、まず目標を定め、それを達成するための対策にどれくらいの投資が必要かを見極めます。それから「エラーを許容する道路」という考えに基づいて、先ほどお話しした三種類の



対策を盛り込んだ政策が必要になります。「エラーを許容する道路」とは人がエラーをして衝突事故を起こしても死亡や重傷に至らない道路のことです。人間の過ちに順応するこのようなシステムは、欧州では「寛容なシステム」というふうによく説明されます。目標達成のためには安全対策は明確でかつ事実に基づいたものでなければなりません。また、マスメディアと一般の人々に対しては誤解される恐れがありますので個別の対策をすべて説明する必要はあ

りません。安全対策に関しては政治家と我々が同じ立場を取って一緒になって活動を推進していくことが重要だということもわかりました。それと、対策の効果を分析するのに学際的な取り組みや研究も欠かせません。

これでスイスの「ビジョン・ゼロ」の取り組みについての私の話を終わります。ご清聴ありがとうございました。