

# 道路交通の安全性向上を目指した交通政策を 支援するコンピュータシステムの開発

日本学術振興会日韓科学協力事業共同研究(2000～2002年)

## 研究成果報告書

2002年12月

日本側研究代表者 呉 大 学 教 授 今 田 寛 典  
韓国側研究代表者 圓光大學校教授 南 宮 垠

## はしがき

本報告書は、日本学術振興会日韓科学協力事業共同研究（2000～2002年）による研究成果である。

まずは、日韓共同研究実施の機会を与えていただいたことに謝意を表します。

研究代表者である今田と韓国側の研究代表者である南宮とは 1998 年より交通安全政策に関する方法論について緊密な研究連絡を取っている。研究成果として 1999 年に日本の学術雑誌に 2 編の論文を公表している。

今田は交通安全対策が必要とされる道路区間や地点を見つけ出し、どのような対策が望ましいかを立案するコンピュータ支援システムの必要性を指摘している。さらに実施した対策の効果を早い時期に評価するシステムを開発、提案もしている。

一方、南宮教授はドライバーの経路選択のモデル化と解析について精力的な研究をしている韓国の若手研究者の一人である。1997 年にはイリノイ大学に交換教授としてアメリカ留学の経験をしている。アメリカの最新のネットワーク研究を学んできており、経路選択を規定する要因として交通時間やその情報取得をモデルに組込む研究を行い、多くの成果を論文にまとめて発表している。

また、今田と南宮はドライバーの視覚情報認知が運転行動に及ぼす影響について共同研究を行った経験もある。

このような研究状況のもとで『道路交通の安全性向上を目指した交通政策を支援するコンピュータシステムの開発』について研究を進めてきた。

そこで、本研究成果を公表するため、報告書を作成した。

今後とも日韓で共同研究を進めていく予定である。

## 研究組織

### 日本側

研究代表者：今田寛典（呉大学大学院社会情報研究科教授）

研究分担者：市坪 誠（呉工業高等専門学校助教授）

研究分担者：小松孝二（香川大学工学部助手）

### 韓国側

研究代表者：南宮 埏（圓光大學校工科大学教授）

研究分担者：琴 基正（明知大學校工科大学教授）

研究分担者：李 炳柱（圓光大學校工科大学院）

研究分担者：Kim Wonchul (Hanyang University)

## 研究費用

日本側	1,480 千円
韓国側	8,000 千ウォン

## 公表した研究成果

- (1) 今田寛典, NAMGUNG Moon : 道路安全監査を支援するコンピュータシステムー英国の現状と我が国への適用について, 社会情報学研究 (呉大学社会情学部紀要), Vol. 6, pp. 101~111, 2000, 12月.
- (2) KIM Wonchul, LEE Soo Beom, NAMGUNG Moon, IMADA Hirofumi : Constructing Method of Traffic Accidents Prediction Model for Safety Evaluation at Intersections, 大韓土木學會論文集, Vol. 21, No. 4-D, pp. 427~435, 2001, July.
- (3) KIM Wonchul, LEE Soo Beom, NAMGUNG Moon, IMADA Hirofumi : Development of Safety Evaluation System at Intersection with Fuzzy Reasoning Theory, Journal of Korean Society of Transportation, Vol. 20, No. 1, pp. 55~63, 2002, Feb.
- (4) 桑田朋彦、今田寛典、MOON NAMGUNG : コンピュータグラフィックスによる都市交通計画案の再現に関する一考察, 呉大学ネットワーク研究センター研究年報, Vol. 2, pp. 91~99. 2002, 3月.
- (5) Byung Joo LEE, 今田寛典, Moon NAM GUNG : 交通 DATABASE 管理システムの開発に関する一考察, 呉大学ネットワーク研究センター研究年報, Vol. 2, pp. 75~88, 2002, 3月.
- (6) Makoto ICHITSUBO, Hirofumi IMADA, Moon NAMGUNG, Tatsuo NISHINO and Mitsuo NAGAMACHI : Development of the computer system of road safety audit in Kansei Engineering, Proceedings of the Sixth China-Japan International Conference on Industrial Management, pp. 663~668, 2002, June.
- (7) Kim Hong Sang, Kum Ki Jung, Kim Myong Soo, Park Young Jin : Analysis on Driver's Visual Behavior at the Curve Sections of a National Road for Enhancing Traffic Safety, Journal of Korean Society of Transportation, Vol. 20, No. 3, pp. 7~16, 2002, June.

## 目 次

はじめに

第1章 序論 .....	1
第2章 道路交通の安全評価法に関する社会情報学的考察 －交通流情報に基づく安全評価法－ .....	7
第3章 コンピュータグラフィックスによる都市交通計画案の 再現に関する一考察 .....	21
第4章 道路安全監査を支援するコンピュータシステム －英国の現状と我が国への適用－ .....	33
第5章 交通 DATABASE 管理システムの開発に関する一考察 .....	49
第6章 Development of the computer system of road safety audit in Kansen engineering .....	65
第7章 Constructing method of traffic accidents prediction model for safety evaluation at intersections .....	73
第8章 Development of traffic conflict technique with Fuzzy Reasoning Theory .....	83
第9章 The basic study on the form of road-traffic safety countermeasures considering road safety audit .....	93
第10章 Analysis on driver's visual behavior at the curve sections of a national road enhancing traffic safety .....	97

— 第 1 章 —

序論

Introduction

今田寛典

IMADA Hirofumi

## 序論

### 1. 共同研究の背景と目的

先進諸国の多くが交通事故を減少させている中、日本国や韓国の交通事故、特に事故件数や負傷者数は依然として増加傾向にある。従来の交通安全対策を実行するだけでは事故を減少させることは困難な状況である。新たな発想に基づいた交通安全対策が要求されている。

日韓共同研究では、従来の安全対策の一層の高度化と対策の立案および評価の科学化を目指す。また、安全性を重視した交通管理や道路造りを目指す。

道路工学や交通工学が交通安全に果たす役割はますます大きくなるが、より確実に道路の安全性を高めていくためには、多くの分野に渡る膨大なデータの迅速な収集と解析が要求され、交通安全政策立案、評価、実施に情報工学の知識や方法論を欠くことはできない。

そこで、本共同研究では、以下に示す研究を実施した。

- (1) 交通安全政策の立案時に要求されるデータベースの構築
- (2) 高度化した交通安全政策の立案や評価を支援するコンピュータシステムの開発
- (3) 交通需要管理が交通安全に及ぼす影響を計測するシステムの提案

### 2. 共同研究の方法

#### 2-1 2000年度

研究目的を達成するため、2000年度は以下のことについて研究を進めた。

(1) 日韓でのデータベースの構築と情報の共有化における問題点の把握と、交通事故を大幅に減少させている英国の交通安全政策立案で用いられるデータベースの現状について調査する。

(2) 道路計画や交通安全施設計画案を3次元グラフィックスで再現できるコンピュータシステムの開発を行う。政策立案者や決定者を支援するシステムの開発を目指す。

(3) ドライバー自身が情報提示の方法を評価する方法論を検討する。

(4) 交通安全政策案の評価モデルの効果を検討する。従来より多くのモデルが提案されてきているが、それらのモデル比較を行う。さらに Fuzzy 理論を用いた新たなモデルを提案し、その効果も検討する。

#### 2-2 2001年度

2001年度は2000年度の研究成果を踏まえて、システムの高度化を図るため、以下のことを中心に研究を進めた。

2000年度に提案したシステムの適用性について研究を進める。

- (1) データベースの構築を行う。特に、GISを基本としたデータベースを構築する。

(2) 各種の計画案をコンピュータ上に再現するシステムのプログラム化とその適用性を中心に検討する。若干のケーススタディによる事例研究も行う。

(3) ドライバーによる評価システムの構築とその適用性を調べる。

(4) 提案するモデルと従来のモデル間の感度分析を通して提案するモデルの適用性を検討する。前年調査したデータを用いてモデルの開発とその適用性を調べる。

## 2-3 2002年度

最終年度である2002年度は、これまでの研究結果の見直しと最終報告書の作成を目指す。

## 3. 共同研究の実施状況

### 3-1 2000年度

(1) 高度化された交通政策の立案に際して必要とされる情報は、基本的には日韓双方とも共通であると考えられる。しかし、現実には違いがあるので、日韓双方で必要と考えられる情報について調べ、情報の共有を目指したデータベースを目指す。

研究では、まず、英国の交通事故件数を大きく減少させた道路安全監査制度で用いられているデータベース、日本の旧建設省が主要国道に限って構築しているデータベースの実態について調査をし、問題点と解決策について提案した。結果を公表している。

(2) 専門家の知識を内在した交通政策を評価するエキスパートシステムの構築と、さまざまな情報を加工し、政策立案者や決定者を支援するシステムの開発を目指す。これらのシステムをインターネットを介して不特定多数の政策立案者や決定者に公開する。計画案をコンピュータグラフィックで再現するシステム構築を目指した。このグラフィックは3次元で動画とすることを目的として開発を進めている。結果を公表するまでには至っていない。

(3) 情報提示とドライバーの意思決定の関係を明らかにするために、シナリオ分析を念頭に置き、ドライバーを対象とした意識調査法について研究し、意識調査を実施する。これを基に交通安全政策評価に道路利用者が参加するコンピュータシステムの開発を目指す。

(4) 安全政策の評価モデルとして Fuzzy 理論の適用を目指す。その適用性が高いことが分かれば、この方法論をコンピュータシステムに組み込めことも可能である。これらについては現在進行中である。

(5) 2000年10月15～19日までの間、今田が韓国に出張。

15日午後ソウルに到着した後、高速バスでイクサンに向け高速バスで出発、イクサンに夜間に到着。16日圓光大学校南宮研究室を訪問し、共同研究の打ち合わせを行い、研究の方向性を決定した。午後、イクサン市内の交通事故多発交差点を視察した。17日午前全州市交通管理センターを視察した。午後からは、郡山市の大規模干拓建設地と国道建設現場を見学した。金融問題が表面化した韓国の建設業は表面上健全であるように思えた。

短期に決着をすべき課題と、1年間をかけて進める課題とを整理することができた。

なお、現在、韓国の国会で干拓事業の中止が議論されているようである。

### 3-2 2001年度

提案したシステムの適用性について検討してきた。

(1) GIS を基本としたデータベースを構築した。イクサン市の道路情報、交通情報、事故情報等を用いて構築したデータベースの適用性を検討した結果、実用性が高いことが分かった。改善点も明らかにされた。今後は、データベースの公開を目指して研究を進める。研究成果を公表した。

(2) 計画案をコンピュータグラフィックスで再現するシステムを開発し、現実の課題にも適用できることを確認した。研究成果を公表している。

なお、交通安全政策評価に道路利用者が参加できるコンピュータシステムとして適用もできることを確かめることが残された課題である。

(3) 提案した Fuzzy 理論を用いた安全政策の評価モデルの適合性の高いことを実際のデータを用いて確かめた。研究結果は2編の論文として公表されている。

(4) 2002年1月10日～17日までの間、今田と市坪が韓国に出張。

10日(木曜日)午後ソウルに到着した。11日(金曜日)午前中に鉄道でイクサン市に向け出発、午後到着した。到着後、圓光大学校を訪問し、夕刻研究成果報告と今後の研究打ち合わせを行った。12日(土曜日)午前中大学院の学生を対象に市坪が講演を行った。13日(日曜日)Chonju市都心部の自動車通行規制と歩行者天国について視察した。14日(月曜日)韓国の自動車道路とサービスエリアおよび長大コンクリート斜張橋の設計思想について視察をした。15日(火曜日)イクサン市からソウルへ鉄道で移動した。16日(水曜日)午前中 Department of Planning & Construction, The Korea Transportation Institute で交通計画について情報交換、午後 Advanced Highway System Research Group, Korea Institute of Construction Technology 出 ITS の実施状況と実験施設を見学、交通安全政策について意見交換をした。17日木曜日に帰国した。

2001年度終盤に訪問をしたため、お互いで公表済みおよび公表予定の研究成果について議論をすることができた。申請した共同研究の目的を達成することを確認した。

### 3-3 2002年度

(1) 交通安全政策評価に道路利用者が参加できるコンピュータシステムとして適用もできることを確かめた。研究成果を公表している。

(2) 共同研究で行ってきたコンピュータシステムも誰でもが扱えることが重要であると考え、我々が開発した GIS を基本としたデータベースも様々な情報を格納するためには誰でもが比較的容易に扱える Microsoft Access と併用することが望ましいと考えている。しかし、この Access はセキュリティーに問題もあるので、今後さらに研究を進める。

(3) 2002年9月17～24日の間、今田が韓国に出張。

17日午後ソウルに到着した。18日(水曜日)午前中に高速バスでイクサン市に向け出発し、午後到着した。すぐに、圓光大学校南宮研究室を訪問する。夕刻、大学院生を対象に

90分の講演を実施した。19日（木曜日）共同研究成果の報告会を開催した。日本及び韓国で公表した論文、報告書等は8編であった。2002年度内に最終報告書を作成することを決定した。20日（金曜日）半日間イクサン市の都市交通の現況を徒歩で視察した。21日（土曜日）イクサン市から高速バスでソウルに向かった。22日（日曜日）ソウルの地下鉄、道路網について視察をした。23日（月曜日）明知大學校工科大學交通工學專攻の琴研究室を訪問し、情報交換を行った。24日（火曜日）帰国した。

共同研究の最終段階で訪問し、研究期間中に公表した全研究成果について議論を進め、最終報告書の作成について打ち合わせを終えることができた。

#### 4. 共同研究成果

##### 4-1 データベース構築に関する研究成果

(1) 1992年、英国で道路安全監査制度が制定され、大きな効果が示された。この制度は、道路計画の段階から交通安全の専門家が計画や設計図を安全の面から監査し、安全性の高い道路を建設しようとするものである。以降、オーストラリア、ニュージーランドでも道路安全監査制度が導入され、効果が報告されている。

研究では、この制度を日本に導入するための問題点をコンピュータ支援システムの面から明らかにした。特に、英国の監査者に対するアンケート調査を通して考察した。

(2) 交通政策の立案や実施を支援する交通 DATABASE 管理システムを開発するために、地理情報システム(GIS)、交通施設情報、交通事故情報等の情報群を一つに統合して管理運営するシステムについて提案、考察した。

最初に、交通政策の立案現場、交通行政の現場等で利用されている交通施設および交通事故に関する情報管理の現状を調査して、交通 DATABASE 管理システム設計のための情報を入手した。収集された設計情報を基に、交通 DATABASE 管理システムのロジックを明確にしてシステムを構築した。最後に、事例研究を通してシステムの問題点を改善し、実効性の高い交通 DATABASE 管理システムの開発を行った。

今後、交通政策立案、評価、実行の科学化が重要となる。地形や空間情報、交通特性、都市計画、都市施設、自然環境、社会環境等の情報群をはじめとした大量の情報を迅速に処理することが求められる。本研究の技法が実効性の高い交通政策を可能にする。

(3) 交通事故が急激に減少傾向している先進国の場合、交通安全対策に対する考えが、事故発生可能性を最小化する対策に変化している。韓国も、交通事故多発地点に対する事後処理に汲々としているだけでなく、道路計画および基本設計段階から、専門家の診断による安全概念が導入された道路を造るべきである。

そこで、道路安全対策事業に対する調査をしたところ、韓国にも対策事業に診断と助言をする第三者機関はあるが、道路安全監査制度のような道路の計画、設計段階から安全概念を導入した監査はなされていなかった。道路交通安全対策事業を明確に把握して、道路安全監査を導入することが至急であると考え

#### 4-2 コンピュータシステム開発に関する研究成果

(1) 一般の人が都市交通計画案を評価するシステム開発について考察した。システムは、被験者が計画案をコンピュータグラフィックスで再現した仮想空間内を移動して、計画案を評価するものである。

開発するシステムは、安価で、動画であることを基本として、パーソナルコンピュータと OpenGL を用いてプログラム開発を目指した。研究結果として、OpenGL は計画の特殊性に合わせたソフト開発を可能にすること、都市空間再現手順を整理したことがあげられる。さらに、パーソナルコンピュータによるシステム開発であるため、住民説明会等でデモも実施でき、住民の計画に対する理解度を著しく高めることが可能になり、新しい住民参加の方式を提案することができた。

(2) 道路安全監査を支援するコンピュータシステムの開発を目指した。システムは、道路利用者の安全な行動を予測、管理する評価システムである。

道路利用者は快適な、安全な、危険な等と言った感情を持って交通行動をしているので、この感性をシステムに導入する。すなわち、感性工学の考え方を基本にしている。開発するシステムはドライバーの視覚情報の収集、分析、予測、評価の4つのサブシステムから構成されている。まず、さまざまな視覚情報に対する道路利用者の感性を明らかにした運転情報データベースを構築する。道路設計者が道路標識、勾配、線形などを設計するとき、交通の専門家はこのシステムを用いてより安全性の高い設計を可能にする。トンネル設計の事例研究でこのシステムの有効性を示した。

#### 4-3 安全政策案評価モデルの開発

(1) 交通事故は道路環境、人的および車の要因等の相互作用の結果発生することは知られている。特に、交差点が最も危険な場所であると認識されており、交差点の改善が政策課題の一つである。このためには、交差点の危険度を合理的に推計するモデルが求められる。これまで交差点の危険度評価モデルは多く提案されており、重回帰モデル、数量化理論等が多用されている。最近では、LISREL モデルや Fuzzy 推論等も提案されてきている。特に、Fuzzy 推論は著者等が提案してきているモデルである。これら4つのモデルの適合度を交差点事故を用いて調べた。その結果、Fuzzy 推論モデルの適合性が最も高いことが分かった。

(2) 交通コンフリクト分析は、事故多発地点や区間の安全度を診断する有効な方法として知られている。コンフリクト分析で用いられる資料は、調査員の個人の特性や知識によって左右される。本研究は、調査員個人の調査誤差を最小化する手法に関して研究を行った。Fuzzy 推論を既存の交通コンフリクトモデルに適用し、新しい交通コンフリクトモデルを開発した。Fuzzy 推論は人間の曖昧な認識により発生する曖昧性を近似推論構造を適用することによって計算を客観化することができ、調査員個人の曖昧性を最小化することができる。Fuzzy 推論を適用した交通コンフリクトモデルによる事例研究を実施した結果、調査されたコンフリクトデータは合理的に精製され、その分散が約53%程度減少し、既存の

コンフリクトモデルに比べて約2倍程度向上したことが転換係数の比較を通じて分かった。本研究で提示した方法論は道路および交差点の安全度評価、交通事故多発地点の改善事業の効果分析などに有効に使われる。

#### 4-4 ドライバーの視点で見た評価システムの検討

(1) ドライバーは情報の90%以上を視覚に依存している。特に、曲線部への円滑な運転、安全性の向上のため、視線誘導施設を設置し、ドライバーに前方の情報を提供している。研究では、交通事故の多発地点として指定されている国道を対象にしてドライバーの視覚行動と視線誘導施設の認知について明らかにし、視線誘導施設の整備の方向性を示した。

(2) 運転の安全性向上と道路施設の改善を目指してドライバーの視覚特性について考察した。曲線部におけるドライバーの目の動きと運転行動との関係について詳細な実験と分析を行った。得られた主要な知見は、ドライバーの視覚特性は速度の違いと側方位置の偏差に大きく影響している。道路施設整備をもっとシステムティックに行い、ヒューマンファクターを十分反映させるべきである。

#### 5. まとめ

新たに明らかにされた課題や、解決できなかった課題は多く残ったが、本共同研究の目的は達成されたと考えている。

今後は、解決しなければならない課題について日韓両国で一層の共同研究を進めていく。第2章以降に具体的な成果を示す。

—第2章—

道路交通の安全評価法に関する社会情報学的考察  
—交通流情報に基づく安全評価法—

Social Information Scientific Discussion on Methods for Evaluating  
Road Traffic Safety  
— Methods Based on the Information of Traffic Flow —

今田寛典・南宮 攄

IMADA Hirofumi and NAM GUNG Moon

# 道路交通の安全評価法に関する社会情報学的考察

## — 交通流情報に基づく安全評価法 —

### Social Information Scientific Discussion on Methods for Evaluating Road Traffic Safety

#### — Methods Based on the Information of Traffic Flow —

今田寛典\*・南宮塚\*\*

IMADA Hirofumi and NAM GUNG Moon

The purpose of this paper is to discuss the applicability of the method for evaluating road traffic safety based on not the number of traffic accidents but the information of traffic flow which we can easily obtain. Therefore, the process of the occurrence of road traffic accidents was made clear systematically. In particular the traffic safety at and near intersections is investigated.

We apply fault tree analysis for this investigation. Firstly, the top event, the occurrence of road traffic accidents divided into basic events. Secondly those basic events are quantified by means of simplified probability distribution. Finally, the occurrence probability of the top events are calculated, and the dominant basic events affecting on the top events are analyzed.

The obtained results from this study are summarized as follows. We find out the fault tree analysis is able to make clear the process of the occurrence of traffic accidents, and explain the relationship among the top events and basic events by means of calculating the occurrence probability of the top event based on the probability of basic events. Simultaneously, we can find out that fault tree analysis is the useful method for evaluating the road traffic safety.

キーワード：フォルトツリー分析，交通安全評価法，交通流，交差点事故

Keywords : Fault tree analysis, Methods for evaluating traffic safety, Traffic Flow, Traffic accidents at intersections

#### はじめに

1996年まで，年間10,000人を上回っていた交通事故死亡者数が，1997年に10,000人を下回った（総務庁編，1998）．しかし，事故件数や負傷者数は増加しており，交通事故は依然として大きな社会問題である．

従来の施設整備を主とした交通安全政策で

は大幅な事故減少を期待できない．実施した，またはこれから実施しようとする安全対策の効果の判断は発生した事故件数の増減を基に行われてきており，事故が発生しなければ，安全であるという考え方である．これは，道路管理者や交通管理者側に立った安全政策評価であり，必ずしもドライバーを考慮した評価とはなっていない．著者らは，安全性は，ドライバーの安全で快適な運転行動が保証されることであり，さらにドライバーの危険な行動の存在で評価されることも重要であると

\* 呉大学社会情報学部 (Kure University)

\*\* 圓光大学工科大学 (Wonkwang University)

考える。より質の高い道路交通の安全性と快適性を追求する必要がある。

本研究の目的は、発生する交通事故件数ではなく、日常の交通流に関する情報を基にした交通の安全性評価法を提案し、その適用性を考察することにある。前述したように交通事故は大きな社会問題であり、社会情報学が関心を持つべき研究分野の一つであると考えられる。ただし、社会情報学は新しい学問分野であるため、交通安全政策を社会情報学的見地から探求する研究方法は確立されていない。したがって、他の学問分野の方法論を借りてくることも必要であり、この積み重ねが社会情報学的見地からの交通安全政策研究が確立されてくると考えている。

## 1. 既往の研究と本研究の目的

### (1) 安全評価に関する既往の研究

交通安全政策の効果分析に関する研究は、交通心理学、法律、自動車、交通施設の面から行われてきており、多くの実績が蓄積されてきている。

特に、交通施設面からの研究（たとえば、岡本博，1994）は、発生した事故件数や事故率と道路特性や交通特性との相関を分析し、相関の高い要因を明らかにし、その要因を操作することにより道路交通の安全性を高めようとするものである。しかし、事故原因の多くはドライバー自身であることも衆知の事実であり、ドライバー自体も分析に組み込むことが必要になる。

また、事故の多くは交通流が乱れるところで発生しており、交通流の円滑化が求められている。元田ら（元田良孝他，1992）は、ドライバーが運転中に経験する単位時間当たりのコンフリクト数で道路交通の安全性を評価することを提案している。

さらに、交通流は各ドライバーの運転意識が現れたものであると位置づけられ、ドライ

バーの運転中の意識がアンケート調査を基に分析されている（清田勝他，1991）。

一方、ドライバーは情報の80%以上を視覚を通して得ており、著者の一人（今田寛典，1998）は、被験者に車を運転してもらい、視覚情報認知と運転行動の関係を分析し、ドライバーの情報認知の曖昧さが運転行動に現れることを示した。

このように、道路交通の安全性の評価尺度に発生事故件数だけでなく、コンフリクト数、ドライバーの意識等を用いることが提案され、その適用性が考察されている。

### (2) 本研究の目的と特徴

本研究は、前述したように交通流に関する情報を基にして道路交通の安全性を評価する方法を提案する。そのため、本研究では全事故の約60%（総務庁編，1998）を占め、さらに交通流がもっとも乱れる交差点および同付近における道路交通の安全性を研究対象とし、次の3つについて研究を進める。

(1) 事故が発生する過程をFTA (Fault tree analysis) 手法を用いて整理し、事故の発生メカニズムをドライバーの運転行動を基に明らかにする。

(2) ドライバーの危険な運転行動を確率表現し、どの行動が事故に大きく係わるかを数値的に示す。

(3) ドライバーの運転行動に基づいた道路交通の安全性を評価する手法を提案し、その適用性について若干の考察をする。

なお、交差点事故は、人対車両、車両相互、車両単独の事故に大別されるが、本研究は評価の方法論に関する研究であるため、3つの事故形態すべてを研究対象とせず、車両相互の事故を取り扱うこととする。

## 2. 交通安全に対する社会情報学的研究の意義

1987年イギリス交通省は、2000年までに交

通事故死傷者数を30%以上削減することを目標に設定し、1990年には道路安全監査（Road Safety Audit）制度を導入した（Kenneth W. Ogden, 1995）。これは道路を新設したり、改良を行う場合、道路管理者や交通管理者だけでなく、交通安全に対して幅広い知識を持った専門家による道路計画や設計、交通管理計画や実施等の段階でそれらを監査する制度である。道路計画が道路利用者に及ぼす潜在的な交通安全問題を明確にし、それらの問題を解決したり、取り除こうとするものである。今後の交通安全政策の大きな柱になるものと期待されている。この制度の考え方はオランダ、オーストラリア、ニュージーランド等でも導入されている。また、アメリカもこの制度の導入に関する研究（Martin E. Lipinski, et al, 1997）を始めている。

一方、我が国でもこの制度に関する調査研究が望まれている。著者らは、道路の新設や改良時だけでなく、既存道路の安全評価時にも道路安全監査が必要であると考えている。また、道路管理者や交通管理者等だけが交通安全に関する情報の収集、解析、立案、評価に従事するのではなく、一般の道路利用者もそれらに強い関心を持つことが重要であると考える。このためには、どのような根拠で情報の収集、解析、立案、評価が進められるのかを示すことが求められる。従来は道路特性、交通特性、事故件数等に関する情報を収集し、事故と道路や交通特性との直接的な関係はブラックボックスとして統計分析されているので、道路設計者や交通管理者はなぜ事故が発生するのかは分かっていても、それを道路設計や交通管理に直接的に反映できない場合が多い。もし、本研究の目的の一つである事故発生メカニズムが論理的に整理され、かつ事故発生の原因である個々の事象が交通事故に及ぼす影響を定量的に把握できていれば、道

路計画、設計や交通管理等の仕方も大きく異なってくる。また、道路計画、設計や交通管理に対する一般の道路利用者の考え方も変化し、道路計画や交通管理も実効のあるものになると考える。

適切な情報の収集、解析、結果等を多くの人が理解できる形で公開することは今後大変重要になるものと考えられる。

### 3. 評価モデルの概要

#### (1) FTAの適用について

FTAは好ましくない現象がどのような過程で発生し、どの過程が好ましくない現象に大きな影響を及ぼしているのかを探求する、いわゆる結果から原因を特定化しようとするシステム論的方法論である（井上威恭監修、総合安全工学研究所編、1979）。FTAを事故分析に適用した研究は多くみられる。たとえば、白石ら（白石成人他、1983）は、橋梁の事故解析にFTAを適用し、橋梁事故と事故原因との因果関係を定量的に把握できることを示した。しかし、交通問題に適用した研究事例はみられない。

本研究では、交通事故発生をトップ事象とし、この事象を引き起こす直接の原因を列挙する。次に、これらの原因、すなわち中間事象が引き起こされる直接の原因を列挙する。この手順を繰り返し、最終的な原因である基本事象を明らかにし、トップ事象から基本事象までを樹状に分解する。この樹状図に示される基本事象がトップ事象にどのような影響を及ぼすのかをシステム論的に議論をする。

以下に基本事象がトップ事象に及ぼす影響の度合いを定量的に評価する尺度について概説する。しかし、詳細な説明は他書（たとえば、井上威添監修、総合安全工学研究所編、1979）に譲る。

#### (a) 構造度重要度

基本事象  $j$  がトップ事象に及ぼす影響度を

構造重要度  $I_g(j)$  で表す.

$$I_g(j) = \frac{1}{2^{n-1}} n_{\phi}(j) \quad (1)$$

ただし,  $n_{\phi}(j)$  は基本事象  $j$  のクリティカルカットベクトル数,  $n$  は基本事象の数である. この重要度は FT 構造図から決定されるものであり, 基本事象  $j$  がトップ事象に及ぼす定性的影響を数量的に評価できる.

### (b) 確率重要度

確率重要度は, 各基本事象の生起確率がトップ事象の発生確率に及ぼす影響の度合いを示す尺度である. すなわち, 確率重要度の大きい基本事象の生起確率を小さくすることができれば, 頂上事象の発生確率を効率よく低減することができる. 基本事象  $j$  の確率重要度  $I_g(j)$  は,

$$I_g(j) = \frac{\partial g(q)}{\partial q_j} \quad (2)$$

$q_j$ : 基本事象  $j$  の生起確率

$g(q)$ : 各基本事象の生起確率が  $q (q_1, q_2, \dots, q_j, \dots, q_n)$  であるとき, トップ事象が発生する確率

で示され,  $0.0 < I_g(j) < 1.0$  である.

### (c) クリティカリティ重要度

生起確率が小さい基本事象を改善することは, 生起確率が大きい基本事象を改善することより困難である. したがって, 基本事象の生起確率の変化に対するトップ事象の発生確率の変化の比として基本事象の重要度を定義することが实际的である. 基本事象  $j$  のクリティカリティ重要度  $CI_g(j)$  は,

$$CI_g(j) = \frac{\partial \ln g(q)}{\partial \ln q_j} \quad (3)$$

で定義される.

### (2) F T A によるモデル構築

図 1 は交差点および同付近で発生した車両

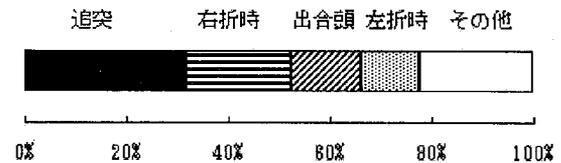


図 1 交差点・同付近における事故形態

相互事故を形態別に集計し, 示したものである (広島県警察本部, 1997). 追突, 右折時, 出合い頭, 左折時の事故形態が大半を占めており, これらの 4 形態が全体の 75% 以上を占める.

そこで, これらの 4 形態の交通事故の発生過程を研究対象とする. まず, トップ事象として車両相互事故を取り上げ, その交差点事故を 4 形態に分解する. さらに, それらの 4 形態の事故に直接的に係わる交通流に関する情報を用いてモデル構築を行う. ただし, 本研究は, 1 章の 2 節でも述べたように評価手法に関する方法論的研究であるため, まず, 4 形態のうち追突事故について議論をする. 本論文では詳述していないが, 他の 3 形態についても追突事故の場合と全く同様な議論が可能であることを付記しておく.

## 4. 事故発生過程のモデル化

### (1) 追突事故を事例としたモデル化

追突事故の場合, 直進車, 右折車, 左折車への追突に大別できる. 図 2 は, 追突事故に関する FT 図を示したものである. さらに, 図 2 を容易に観測できる基本事象まで分解したものが図 3 である.

一般に, 基本事象は, これ以上分解できない事象, または容易に定量化できる事象, さらに分析者がもっとも関心のある事象とされる. 本研究も, 容易に観測でき, 関心のある事象を基本事象としている.

まず, 直進車への追突は, 直前を走行する

直進車の存在と危険行動の両事象が同時に発生する AND ゲートに分解される。危険行動は前を走る直進車の危険行動と後続する車の危険行動との OR ゲートで定義される。前車の危険行動は、急ブレーキ、あるいは隣車線の前方を走行する車の急ハンドルによる無理な車線変更の OR ゲートで表される。また、後続する車の危険行動は十分な車間距離を保持せず、高速走行する AND ゲートで示される。

右折車、左折車への追突も同様な事故発生過程を結果から原因へと分解して図3に示されるFT図が構築された。

### (2) 交通流に関する情報の収集

交通流に関する情報として得られるものは走行速度、通行位置、車種、危険な行動等さまざまである。これらの情報は、交通事故と異なって、常に観測できるものである。

本研究では、図3に示される基本事象を確

率表現するため、ビデオカメラを用いて交差点内および同付近を通行する自動車を撮影し、再生したモニター画面上から信号現示、車一台一台の車種および単位時間毎の座標を求め、数値化およびカテゴリー化した。

### (3) 交通流に関する基本事象の確率表現

#### (a) 速度

前を走行する車が直進、右折、左折する場合、後続車の速度が異なることは容易に想像される。そこで、前車が直進、右折、左折する場合に分けて、後続車が交差点の停止線上を通過する時の速度を調べ、単純な確率分布形で近似する。ただし、停止線上および近傍で停止した車両のデータは削除している。

#### (b) 車両の減速度

交差点に進入する車両の速度を時間で微分した値のうち負になった速度変化を減速度と定義し、直進車、右折車、左折車別に単純な

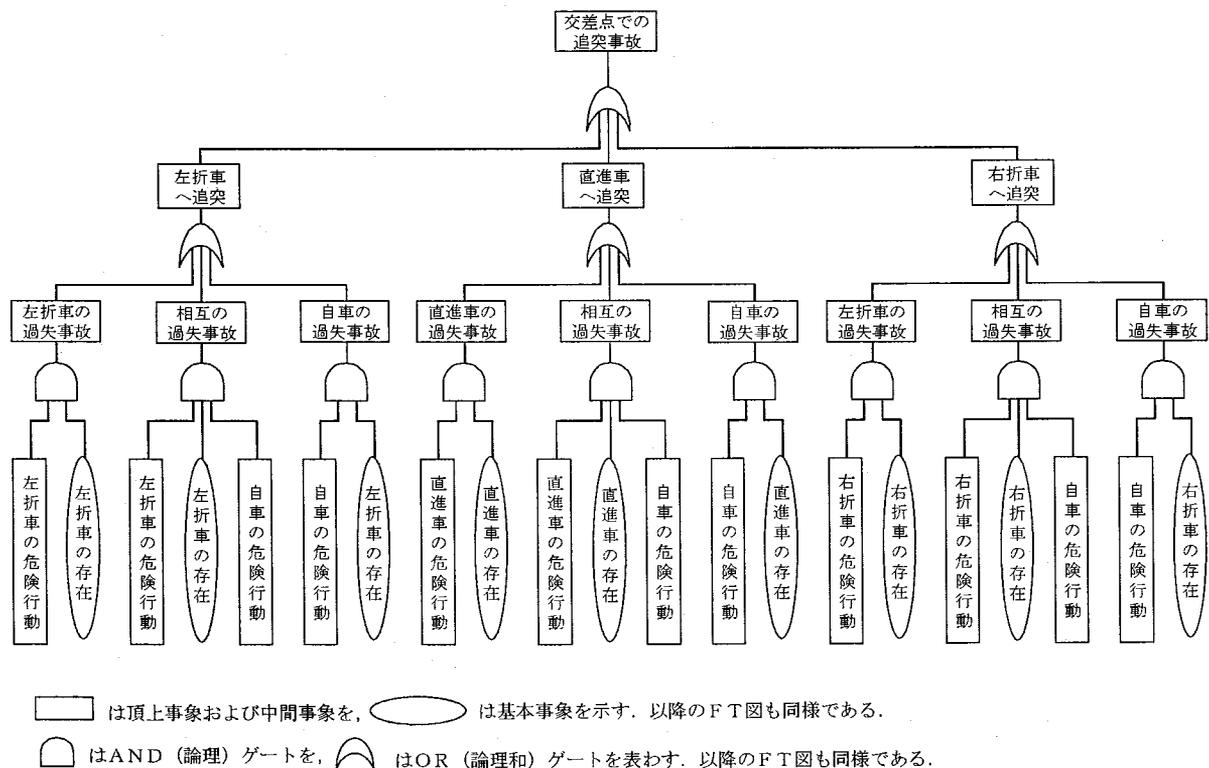


図2 交差点・同付近での追突事故発生過程のFT図

確率分布形に近似する。

(c) 車間距離比

走行時の車間距離は速度と密接な関係にある。そこで、両者間の関係を考慮した車間距離比  $C_d$  を定義する。

いま、速度  $v_i$  で走行している車  $i$  の制動距離  $d_i$  は、

$$d_i = \frac{v_i t}{3.6} + \frac{v_i^2}{2 \times 3.6^2 g f} \quad (4)$$

で示される。ただし、 $t$  はドライバーの反応時間、 $g$  は重力加速度、 $f$  は路面とタイヤとの

摩擦係数である。なお、 $t$  はドライバーによって、さらに  $f$  は路面の性状によって変化することは認識しておく必要がある。

すると、 $C_d$  は、

$$C_d = \frac{\text{車 } i \text{ の車間距離}}{d_i} \quad (5)$$

で示される。 $C_d$  が 1.0 より小さくなれば、危険な行動になる。

(d) 車頭時間間隔

車  $i$  と前を走る車  $i-1$  の間の車頭時間間隔  $h_i$  は、

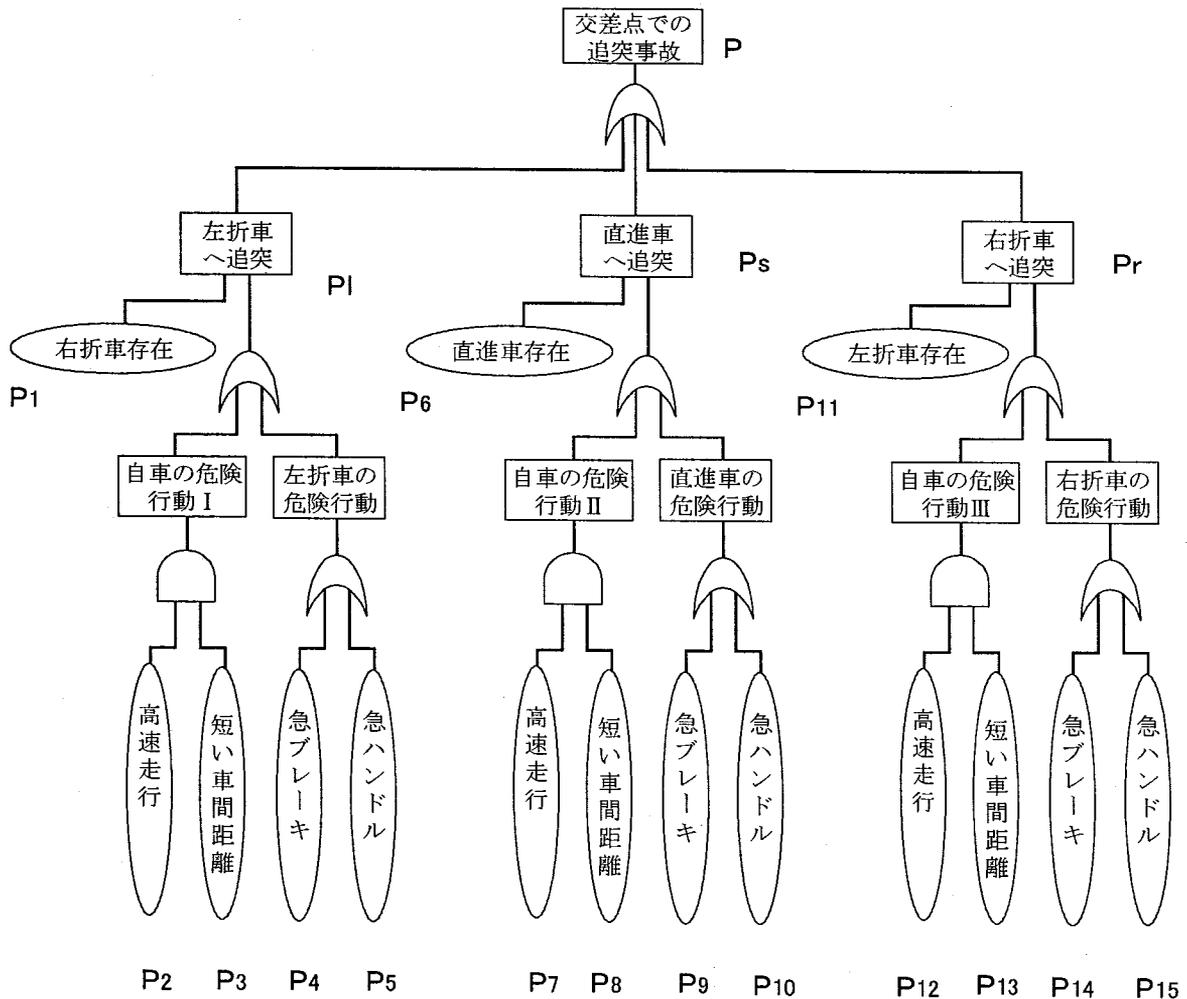


図3 観測可能、かつ具体的な交通流情報を基本事象にしたFT図

$$h_i = t_i - t_{i-1} \quad (6)$$

で示される。ただし、 $t_i$ は車 $i$ の先端が停止線上を通過したときの時間、 $t_{i-1}$ は車 $i-1$ の先端が停止線上を通過したときの時間である。この $h_i$ を直進車、右折車、左折車別に整理する。

#### (e) 車線変更比

いま、速度 $v_i$ で走行する車 $i$ が速度 $v_{i+1}$ で隣車線上を走行する車 $i+1$ の前に侵入角 $\theta_i$ で割り込み(急ハンドル)を行ったとすれば、車 $i+1$ の停止距離 $d_{i+1}$ は、

$$d_{i+1} = \frac{v_{i+1} t}{3.6} + \frac{v_{i+1}^2}{2 \times 3.6^2 g f} - v_i \cos \theta_i t \quad (7)$$

で求められる。そこで、式(8)で示す車線変更比 $C_b$ を、

$$C_b = \frac{d_{i+1}}{\text{車}_{i+1} \text{と車}_i \text{との車間距離}} \quad (8)$$

と定義する。もし、車 $i$ が、無理な割り込みをすれば、この $C_b$ は1.0より小さくなる。

#### (4) 確率表現の適合度検定

本事例では基本事象を簡単な確率分布形で表すことに努める。また、収集できる交通流の情報の数が多い場合から非常に少ない場合まであるので、観測値を近似しようとする確率分布形に適合できるかを検定する方法としてコルモゴロフ・スミノルフ検定を用いた。この検定方法は少ない観測値の場合でも適合度検定ができる特徴がある。

観測数を増やすことは今後の大きな課題であるが、表1は基本事象別の検定結果を示している。

前節の(a)から(e)までの基本事象は概ね正規分布、対数正規分布で近似できることが分かった。

表1 交通流の情報を簡単な確率分布への近似可能性の検定(コルモゴロフ・スミノルフ検定)

#### (a) 速度(m/sec)の分布

交差点 No.	車の属性	確率分布	データ数	平均 $\mu$	標準偏差 $\sigma$	Dmax
No.1	直進	正規分布	326	6.73	2.62	0.065*
No.2	"	"	309	10.29	4.05	0.064*
No.3	"	"	372	10.39	4.23	0.055*
No.1	右折	正規分布	48	4.32	2.82	0.141*
No.2	"	"	106	5.41	2.97	0.135**
No.3	"	"	60	5.51	3.11	0.124*
No.1	左折	正規分布	134	5.59	1.99	0.038*

#### (b) 減速度(m/sec<sup>2</sup>)分布

交差点 No.	車の属性	確率分布	データ数	平均	標準偏差	Dmax
No.1	直進	対数正規	67	0.94	0.98	0.155*
No.2	"	"	41	0.5	0.83	0.154*
No.3	"	"	122	1.15	1.56	0.175+
No.1	右折	対数正規	34	0.93	0.63	0.083*
No.2	"	"	59	0.98	0.71	0.101*
No.3	"	"	50	1.53	1.02	0.100*
No.1	左折	対数正規	64	0.84	0.86	0.079*

#### (c) 車間距離比の分布

交差点 No.	車の属性	確率分布	データ数	平均	標準偏差	Dmax
No.1	直進	対数正規	234	0.56	0.58	0.087*
No.2	"	"	205	0.64	0.58	0.108**
No.3	"	"	194	0.86	0.73	0.097*
No.1	右折	対数正規	32	3.64	8.53	0.149*
No.2	"	"	59	1.32	2.81	0.125*
No.3	"	"	19	3.43	4.15	0.213*
No.1	左折	対数正規	102	0.94	1.31	0.122*

#### (d) 車頭時間(sec)の分布

交差点 No.	車の属性	確率分布	データ数	平均	標準偏差	Dmax
No.1	直進	対数正規	251	2.84	4.11	0.287+
No.2	"	"	225	3.76	5.2	0.180+
No.3	"	"	240	6.51	7.84	0.130+
No.1	右折	対数正規	33	9.65	10.34	0.199*
No.2	"	"	67	5.18	6.62	0.133*
No.3	"	"	20	9.98	8.43	0.156*
No.1	左折	対数正規	105	3.88	3.88	0.109*

#### (e) 車線変更比分布

交差点 No.	車の属性	確率分布	データ数	平均	標準偏差	Dmax
No.1	直進	対数正規	35	0.21	0.14	0.090*
No.1	左折	"	8	0.2	0.11	0.202*
No.2	直進	"	4	—	—	—
No.3	"	"	5	0.36	0.08	0.234*

\* : 5%, \*\* : 1%で有意差が認められる。

+ : 10%で有意差が認められる。

## 5. 安全性評価への適用事例

### (1) 研究対象交差点における基本事象の確率計算

図3に示されるFT図の基本事象が生起す

表2 追突事故発生の危険度に関する計算結果

交差点 No.	事故 形態	基本事象	基本事象 生起確率	構造重要度	確率重要度	クリティカリ ティ重要度	トップ事象 発生確率	追突事故の 発生危険度
No. 1	左折	P1	0.266D00	0.813D00 (1)	0.148D-1 (4)	0.990D00 (1)	0.396D-2	
		P2	0.277D-2	0.625D-1 (4)	0.143D00 (3)	0.100D00 (3)		
		P3	0.539D00	0.625D-1 (4)	0.735D-3 (5)	0.100D00 (3)		
		P4	0.139D-1	0.188D00 (2)	0.266D00 (1)	0.834D00 (2)		
		P5	0.142D-4	0.188D00 (2)	0.265D00 (2)	0.952D-3 (5)		
	直進	P6	0.636D00	0.813D00 (1)	0.378D-1 (4)	0.998D00 (1)	0.241D-1	
		P7	0.477D-1	0.625D-1 (4)	0.394D00 (3)	0.781D00 (2)		
		P8	0.623D00	0.625D-1 (4)	0.302D-1 (5)	0.781D00 (2)		
		P9	0.809D-2	0.188D00 (2)	0.624D00 (1)	0.210D00 (4)		
		P10	0.300D-3	0.188D00 (2)	0.621D00 (2)	0.566D-2 (5)		
	右折	P11	0.980D-1	0.813D00 (1)	0.118D-1 (4)	0.999D00 (1)	0.116D-2	
		P12	0.778D-2	0.625D-1 (4)	0.250D-1 (3)	0.167D00 (3)		
		P13	0.254D00	0.625D-1 (4)	0.762D-3 (5)	0.167D00 (3)		
		P14	0.985D-2	0.188D00 (2)	0.980D-1 (1)	0.833D00 (2)		
		P15	—	0.188D00 (2)	0.979D-1 (2)	0.000D00 (5)		
No. 2	直進	P6	0.604D00	0.813D00 (1)	0.234D00 (5)	0.999D00 (1)	0.142D00	
		P7	0.421D00	0.625D-1 (4)	0.333D00 (3)	0.990D00 (2)		
		P8	0.553D00	0.625D-1 (4)	0.254D00 (4)	0.990D00 (2)		
		P9	0.227D-2	0.188D00 (2)	0.519D00 (1)	0.833D-2 (4)		
		P10	0.271D-8	0.188D00 (2)	0.516D00 (2)	0.992D-8 (5)		
	右折	P11	0.209D00	0.813D00 (1)	0.229D-1 (4)	0.996D00 (1)	0.477D-2	
		P12	0.274D-1	0.625D-1 (4)	0.771D-1 (3)	0.452D00 (3)		
		P13	0.389D00	0.625D-1 (4)	0.572D-2 (5)	0.452D00 (3)		
		P14	0.129D-1	0.188D00 (2)	0.209D00 (1)	0.547D00 (2)		
		P15	—	0.188D00 (2)	0.208D00 (2)	0.000D00 (5)		
No. 3	直進	P6	0.807D00	0.813D00 (1)	0.172D00 (5)	0.996D00 (1)	0.139D00	
		P7	0.419D00	0.625D-1 (4)	0.286D00 (4)	0.860D00 (2)		
		P8	0.361D00	0.625D-1 (4)	0.331D00 (3)	0.860D00 (2)		
		P9	0.243D-1	0.188D00 (2)	0.709D00 (1)	0.123D00 (4)		
		P10	0.272D-8	0.188D00 (2)	0.695D00 (2)	0.136D-7 (5)		
	右折	P11	0.134D00	0.813D00 (1)	0.673D-1 (3)	0.998D00 (2)	0.904D-2	
		P12	0.335D-1	0.625D-1 (4)	0.803D-2 (4)	0.300D-1 (3)		
		P13	0.603D-1	0.625D-1 (4)	0.444D-2 (5)	0.300D-1 (3)		
		P14	0.654D-1	0.188D00 (2)	0.184D00 (1)	0.970D00 (1)		
		P15	—	0.188D00 (2)	0.183D00 (2)	0.000D00 (5)		

0. XXXD±Yは0. XXX×10<sup>±Y</sup>を意味する。以降の表中の0. XXXD±Yも同様である。

( ) の数値は順位を示す。

る確率P<sub>1</sub>～P<sub>15</sub>について概説する。

(a) 直進車, 右折車, 左折車の存在 (P<sub>1</sub>, P<sub>6</sub>, P<sub>11</sub>)

P<sub>1</sub>, P<sub>6</sub>, P<sub>11</sub>は二項分布に従うものと仮定できる。P<sub>1</sub>, P<sub>6</sub>, P<sub>11</sub>のパラメータは直進車, 右折車, 左折車の混入率である。

(b) 高速走行 (P<sub>2</sub>, P<sub>7</sub>, P<sub>12</sub>)

P<sub>2</sub>は

$$P_2 = \int_{v_s}^{\infty} N(\mu, \sigma) dx \quad (9)$$

で求められる。P<sub>7</sub>, P<sub>12</sub>も同様である。ただし、v<sub>s</sub>は制限速度とした。また、N(μ, σ)は平均値μ, 標準偏差σの正規分布の確率密度関数を意味する。

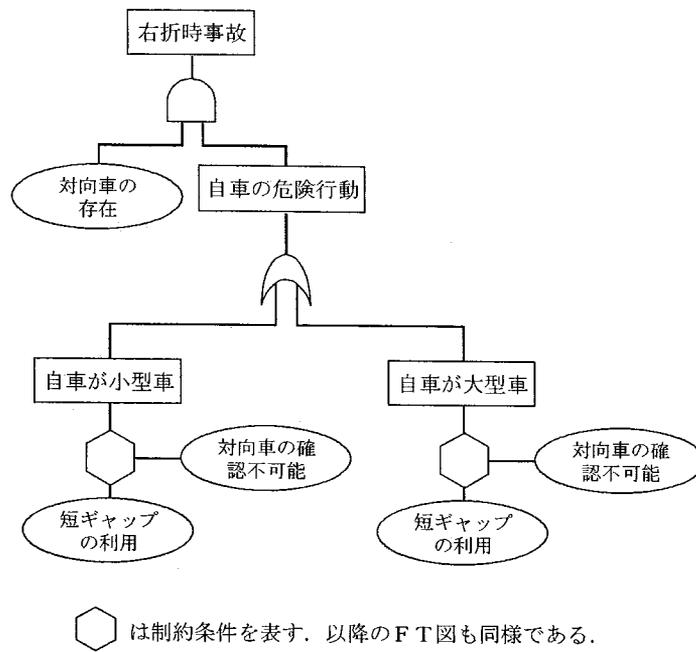


図4 右折時における事故発生過程のF T図

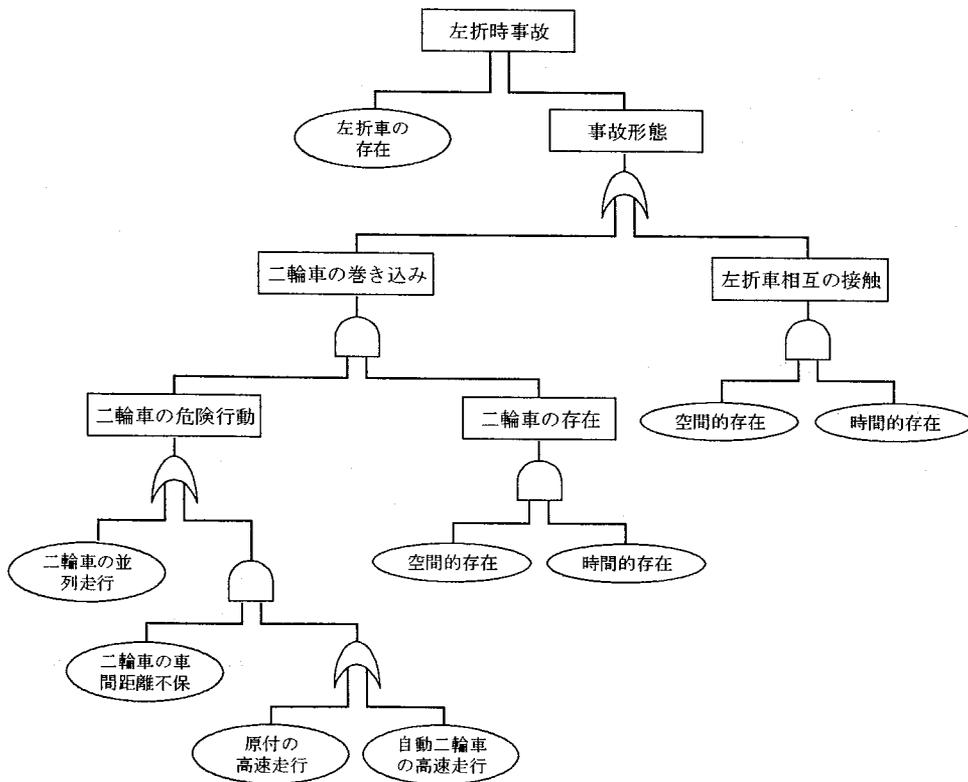


図5 左折時における事故発生過程のF T図

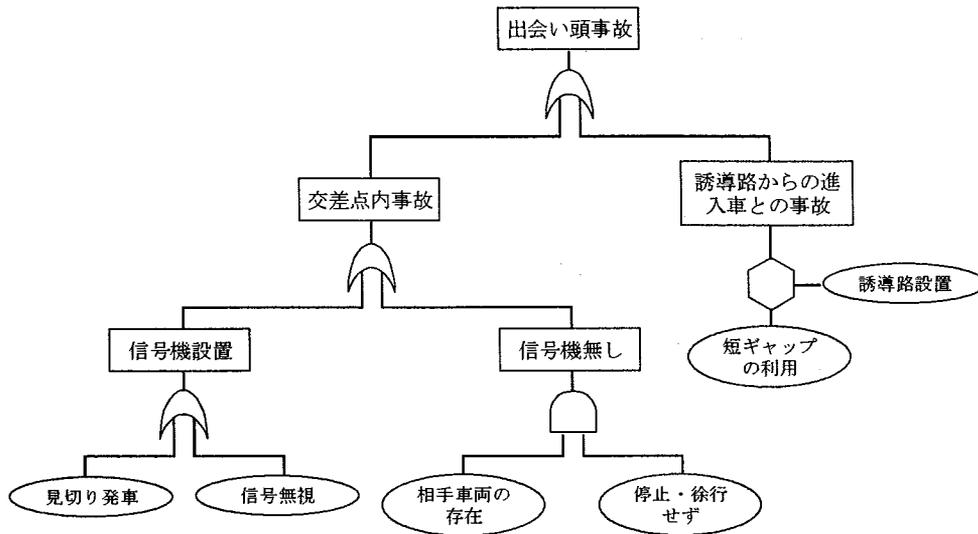


図6 出会頭の事故発生過程のFT図

(c) 車間距離不保持 (P<sub>3</sub>, P<sub>8</sub>, P<sub>13</sub>) (P<sub>5</sub>, P<sub>10</sub>, P<sub>15</sub>)

車間距離不保持は、車間距離比で定義され、P<sub>5</sub>は、

P<sub>3</sub>は、

$$P_3 = \int_{0.0}^{1.0} \text{LN}(\lambda, \zeta) dx \quad (10)$$

$$P_5 = \int_{0.0}^{1.0} \text{LN}(\lambda, \zeta) dx \quad (12)$$

で求められる。P<sub>8</sub>, P<sub>13</sub>も同様である。ただし、LN(λ, ζ)は、λ = ln μ - 0.5ζ<sup>2</sup>, ζ = ln(1.0 + σ<sup>2</sup>/μ<sup>2</sup>)のパラメーターを持つ対数正規分布の確率密度関数を意味する。

(d) 急ブレーキ (P<sub>4</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>14</sub>)

一般に、急ブレーキは-0.3g (景山克三, 1979) よりも大とされている。したがって、P<sub>4</sub>は、

$$P_4 = \int_{0.3}^{\infty} \text{LN}(\lambda, \zeta) dx \quad (11)$$

で算出される。ただし、確率は常に正であるため、減速度-0.3を正に変換して積分を行う。

(e) 急ハンドルによる無理な車線変更

で算出される。P<sub>10</sub>, P<sub>15</sub>も同様である。

(2) 事故発生危険度の数値計算

トップ事象が発生する確率Pは、

$$P = 1.0 - (1.0 - P_1)(1.0 - P_s)(1.0 - P_r) \quad (13)$$

で算出される。さらに、P<sub>1</sub>, P<sub>s</sub>, P<sub>r</sub>はそれぞれ、

$$P_1 = P_1 \{1.0 - (1.0 - P_2 P_3)(1.0 - P_4)(1.0 - P_5)\}$$

$$P_s = P_6 \{1.0 - (1.0 - P_7 P_8)(1.0 - P_9)(1.0 - P_{10})\}$$

$$P_r = P_{11} \{1.0 - (1.0 - P_{12} P_{13})(1.0 - P_{14})(1.0 - P_{15})\} \quad (14)$$

で算出される。

表3 交差点・同付近における形態別事故発生危険度

事故形態 交差点	追突時	右折時	左折時	出合頭
No. 1	0.564D-4	0.396D-3	0.155D-4	0.565D-7
No. 2	0.352D-3	0.932D-3	—	0.177D-5
No. 3	0.330D-3	0.735D-3	—	0.187D-5

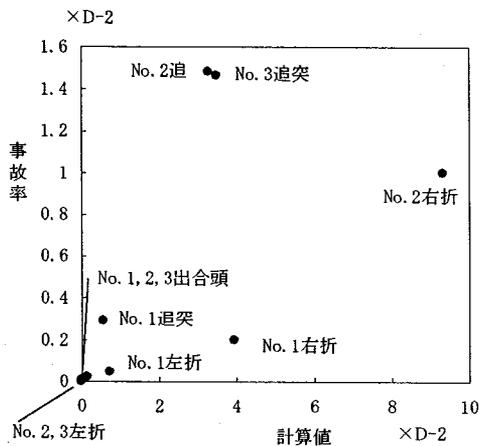


図-7 実測値と計算値との比較

表2は実測データを基に算出された追突事故発生の危険度を示している。

(3) その他の事故形態のモデル化

なお、右折時事故、左折時事故および出合頭時事故のモデル化については本論文では記述していないが、追突事故と全く同じ方法論でモデル化を行うことができる。図4～6は右折時事故、左折時事故、出合頭事故の発生過程を観測可能で具体的な交通流情報を基本事象にしたFT図である。基本事象の観測、確率表現を行った後、トップ事象が生起する確率を算出できる。

(4) モデルの検証

本研究で提案する方法で算出される形態別の生起確率は、ドライバーの危険な行動が生起する確率を基本に算出された道路交通の危険度指標であり、実際に発生した事故件数や事故率とは一致しない。しかし、算出される

危険度指標が発生した事故による評価との乖離も把握する必要がある。そこで、交通流に関する情報を観測した3交差点で過去3年間に発生した形態別事故件数を交差点に流入する交通量で基準化した事故率を算出し、表3に示す。

件数が非常に少ない事故形態もあり、絶対的な比較は困難であるが、図7は算出された危険度指数と実測の事故率の関係を示したものである。両者間の相関係数は0.671であった。決して高い相関係数ではないが、本研究の方法論は妥当なものである。

(4) 交差点の安全性に関する考察

表4は、構造重要度  $I_{\phi}$ 、確率重要度  $I_g$ 、クリティカリティ重要度  $CI_g$  の高い基本事象を事故形態別に示している。なお、追突事故に関しては各重要度の計算結果が表2に示されている。その他の事故形態に関しては、計算結果そのものは示されておらず、計算した結果重要度が高かった基本事象だけを表4に示している。

まず、表2と4より追突事故に関して考察をする。構造重要度をみると、右折車 ( $P_{11}$ )、直進車 ( $P_6$ )、左折車の存在 ( $P_1$ ) が追突事故の発生に大きく影響している。しかし、構造重要度はFT図の構造のみに依存して決まるものであり、FT図が同一であれば、どのような地点においても構造重要度は全く同じ値になる。

次に、確率重要度を検討する。急ブレーキ ( $P_4, P_9, P_{14}$ )、急ハンドルによる無理な車線変更 ( $P_5, P_{10}, P_{15}$ ) が追突事故発生に大きな影響を及ぼしていることがわかる。

一方、クリティカリティ重要度を検討する。右左折車への追突には右左折車の存在 ( $P_{11}, P_1$ ) と急ブレーキ ( $P_4, P_{14}$ ) が大きく影響しており、直進車への追突事故には直進車の存在 ( $P_6$ )、高速走行 ( $P_7$ )、不十分な車間距離 ( $P_8$ ) が大きく影響している。

表4 重要度評価値の大きい基本事象

事故形態 重要度	追 突	右 折 時	左 折 時	出 会 頭
構造重要度	・右折車の存在 ・直進車の存在 ・左折車の存在	・対向車の存在	・左折車の存在 ・空間的存在 ・時間的存在	・見切り発射 ・信号無視
確率重要度	・急ブレーキ ・無理な車線変更（急ハンドル）	・短ギャップの利用 ・対向車の確認不能	・左折車の存在 ・空間的存在 ・時間的存在	・短ギャップの利用 ・見切り発車 ・信号無視
クリティカリティ重要度	・高速走行 ・不十分な車間距離 ・右折車の存在 ・直進車の存在 ・左折車の存在	・短ギャップの利用 ・対向車の確認不能	・左折車の存在 ・空間的存在 ・時間的存在	・見切り発車

これらのことを考察すると、まず、右折車、直進車、左折車が存在する確率を下げることが必要である。さらに、右折車や左折車が多く存在する交差点では急ブレーキや交差点内および同付近での車線変更の生起確率を下げることで追突事故防止に大きな効果を示すことになる。また、直進車が卓越する交差点では速度の低下、十分な車間距離の保持が安全性向上に大きな効果を示す。

最後に、表4より右折事故、左折事故、出会頭事故の場合も追突事故の場合と同様な考察が可能であり、どの基本事象が交通の危険性に直接的な影響を及ぼすかを数量的に知ることができる。

このように日常的に観測できる現象を調べることによってその交差点の安全性や危険度を評価することが可能になる。

## 結論

本研究では、道路管理者や交通管理者だけが道路の安全政策の策定や評価を行うのではなく、交通安全に関する知識を持った多くの分野の専門家も安全政策の策定や評価に参加する必要性を述べた。さらに、一般の道路利用者也交通安全政策に強い関心を持つことの

必要性について考察も行った。

このように、素人から専門家までが安全政策に携わるためには、一般の道路利用者でも安全政策の策定や評価のために情報収集、分析、評価等が理解できることが望まれる。

このため本研究では、稀現象である交通事故発生件数を基本にした道路の安全性を評価する手法ではなく、日常の交通流情報を用いた道路の安全性を評価する方法論の提案とその適用性について考察したものである。特に、交差点の道路の安全性について研究を進めた。以下に、本研究で得られた知見をまとめる。

(1) FT図は望ましくない現象の発生過程を適切に示すことができる。従来ブラックボックスとして分析されてきた事故発生過程を日常の交通流の情報をもとに定量的に明示し、交通の危険性を論理的に説明することができた。

(2) FTAにより交通事故発生過程のメカニズムを解明するとともに、事故発生に大きく寄与する根本的な原因を数量的に明らかにすることができる。

(3) 本研究で算出した危険度指標は、実際の事故率の大小を相対的に説明できることが

わかり，交差点の道路交通の安全性を計測できる。

(4) FT図をもとに危険度指標を算出する方法を用いれば，基本事象の生起確率の低下がトップ事象に及ぼす影響を数量的に把握できる。特に，構造重要度，確率重要度，クリティカリティ重要度の算出は有効な手段である。

本研究は，方法論に関する研究であるため，今後実用化を図るためには多くの課題がある。まず，急を要する課題は以下の通りである。

(1) FT図作成を論理的に行う手法の提案が重要である。たとえば，多人数による事故発生過程について議論し，KJ法で議論を整理し，FT図を提案することが考えられる。

(2) 大量かつ信頼度の高い基本事象に関する情報収集方法の開発が必要になる。情報入手の自動化には今後の研究を待たねばならないが，基本的には実用化される技術は蓄積されている。

(3) 交通安全対策を実施する前後の情報収集とそのデータベース化に関する研究(今田寛典，1997)が必要である。このことが，今後の交通安全計画立案に有力な情報を提供できる。

本研究をまとめるにあたり，丁寧で貴重なご助言をいただいたレフェリーおよび編集委員会の方々に深く謝意を表します。また，本研究は日韓科学協力事業共同研究の一環として行ったものである。

## 参考文献

井上威恭監修，総合安全工学研究所編(1979) : 『FTA 安全工学』日刊工業新聞社，pp. 87-100.

今田寛典(1997) : 「パーソナルコンピュータを用いた幹線道路の交通安全管理システムの提案」社会情報学研究，No. 1，pp. 89-99.

今田寛典(1998) : 「ドライバーの交通状況の変化に対する情報認知と運転行動に関する調査分析」社会情報学研究(呉大学紀要)，Vol. 4，pp. 19-33.

岡本博(1994) : 「偶然誤差を考慮した事故率分析の区間設定方法」土木学会論文集，No. 550/IV-25，pp. 59-68.

景山克三(1979) : 『自動車の性能と試験』山海堂，pp. 49-50.

清田勝，角知憲，沖本洋人，田上博(1997) : 「低速走行を強いられる一般ドライバーの追い越し行動」土木学会論文集，No. 569/IV-36，pp. 43-51.

白石成人，古田均，川村幸男(1983) : 「事故解析へのファジィ積分の応用」土木学会論文報告集，No. 339，pp. 33-40.

総務庁編(1998) : 『平成10年版交通安全白書』.

広島県警察本部(1997) : 『平成8年版広島県の交通統計』.

元田良孝，河島正治，酒井洋一，小橋秀俊(1992) : 「道路管理への錯綜手法の適用について」土木学会論文集，No. 440/IV-16，pp. 101-108.

Martin E. Lipinski and Eugene M. Wilson(1997) : Road Safety Audits- A Summary of Current Practice Traffic Congestion and Traffic Safety in the 21st Century，pp. 111-117.

Kenneth W. Ogden(1995) : Road safety audits, Institute of Transportation Engineering, February，pp. 1-16.

—第3章—

コンピュータグラフィックスによる都市  
交通計画案の再現に関する一考察

A STUDY ON COMPUTER SYSTEM FOR REPRODUCING URBAN  
TRANSPORTATION PLANNING WITH COMPUTER GRAPHICS

桑田朋彦・今田寛典・市坪誠・南宮 紋

Tomohiko KUWADA, Hirofumi IMADA,  
Makoto ICHITSUBO and Moon NAM GUNG

# コンピュータグラフィックスによる都市

## 交通計画案の再現に関する一考察

### A STUDY ON COMPUTER SYSTEM FOR REPRODUCING URBAN TRANSPORTATION PLANNING WITH COMPUTER GRAPHICS

桑田朋彦\*・今田寛典\*\*・市坪誠\*\*\*・南宮 埜\*\*\*\*

Tomohiko KUWADA\*, Hirofumi IMADA\*\*,  
Makoto ICHITSUBO\*\*\* and Moon NAM GUNG\*\*\*\*

要約：本研究の目的は、一般の人が都市交通計画案を評価するシステム開発について考察することである。システムは計画案をコンピュータグラフィックスで再現した仮想空間内を移動して、被験者自らが計画案を評価するものである。

開発するシステムは、安価で、動画であることを基本として、パーソナルコンピュータと OpenGL を用いてプログラム開発を目指す。

OpenGL を用いると、計画の特殊性に合わせたソフト開発であること、都市空間再現手順を整理したことを明らかにした。さらに、パーソナルコンピュータによるシステム開発であるため、住民説明会等でデモも実施でき、住民の計画に対する理解度を著しく高めることが可能になり、新しい住民参加の方式を提案することができた。

キーワード：都市景観，コンピュータグラフィックス，アニメーション，住民参加，シークエンス景観，OpenGL，OpenGLUT

#### 1. はじめに

著者らは、これまで、都市交通計画には大きな転機が二回あったと考える。

一つは、戦後アメリカで始まった計画の科学化である。

そして、他の一つが計画立案への住民参加である。

特に、昨今のコンピュータグラフィックスの技術革新は住民参加の方式を大きく変えたと考える。従来、都市交通計画の立案や評価は専門家によってなされてきたが、実

---

\* (株)アーバントラフィックエンジニアリング (t.kuwada@utef.co.jp)

\*\* 呉大学社会情報学部／大学院社会情報研究科 (imada@ondo.kure-u.ac.jp)

\*\*\* 呉工業高等専門学校環境都市工学科 (ichitubo.kure-nct.ac.jp)

\*\*\*\* 圓光大學校工科大学 (ngmoon@wonkwang.ac.kr)

際に交通施設利用者の評価と専門家の評価が一致するとは限らない。しかし、利用するのは専門家ではない。

長町（長町，2001）は行政が住民に対して情報の提供と住民との情報共有，さらに住民の計画内容に対する十分な理解が重要であると指摘している。たとえば道路計画の場合，道路線形，沿道環境および既存道路の改良等の計画案がコンピュータで再現され，その仮想道路を交通参加者が移動し，計画案を評価できれば，計画を供用前に利用者の目で評価できる。このことは，これまでの計画立案への住民参加の形式を大きく変えることになる。

本研究は，都市交通計画案をコンピュータグラフィックスで再現し，再現された仮想都市空間内を自由に移動でき，都市交通計画案を評価するためのシステム開発とその手順の整理を目的とする。

## 2. 従来の研究と本研究の意義

### 2.1 住民による計画案評価に関する従来の研究

従来より都市計画立案において住民参加は，住民の代表者による意見陳述，計画説明会での意見陳述，計画案の閲覧等の形で実施されてきた。システム上住民の意見を計画にフィードバックするようになっているが，ほとんどの住民は計画に対する専門的知識がない，計画立案者や事業実施者は地域住民ではないので，地域の事情には精通していない。あくまでも行政から住民側への一方向であった。

しかし，一方では，住民が自主的，積極的にまちづくりを行い，成果が認められたため，行政が事業を行う例（今田，1992）もみられる。数年以上まちづくりが実践され，まちの姿が見えるようになってそのまちづくりが評価される場合が多い。

また，社会実験を行って，住民や利用者が納得した後に，事業を進めることが行われてきている。たとえば，旭川市駅前の買い物公園の実験（Brambilla et al, 1979），様々な交通実験（伊豆原ら，1999，藤岡ら，1999，川浦ら，1999），コミュニティ道路の評価実験（久保田ら，1992）等は大きな成果を示している。しかし，実験の準備と実施にはかなりの時間と労力を要する。また，大規模な実験を要する場合，新たな施設を建設するといった場合には実験を行うことは非常に困難である。

コンピュータグラフィック技術が非常に発展してきた現在，社会実験ではなく，コンピュータ上で仮想空間を再現し，その中で実験が行われてきている。

加賀（加賀，2001）は街路事業を進める際の地元説明時に3DCGの導入を提案し，住民と行政間のコミュニケーションをスムーズなものとしている。また，岩崎（岩崎，2000）はドライビングシミュレータを利用することで，計画・設計段階にある道路線形，沿道環境および既存道路の改善案等の安全性を事前に検証することが可能であるとしている。そして，3次元画像を利用したドライビングシミュレータの開発が重要であり，3次元画像の重要性が大きくなるとしている。

そこで本研究は3次元画像システム開発を研究目的とした。

仮想世界を描くためにはグラフィックスを作成しなければならない。また作成するグラフィックスは3次元でないとならない。現在さまざまなコンピュータグラフィックスを作成するためソフトが市販されているが、価格は高いものばかりである。また、コンピュータで仮想世界を作る場合、大きなコンピュータであったり、高速処理のできるコンピュータであったりなど、専用のコンピュータを必要とする。また、研究の世界では絶えず新しさを求めているいろいろな活動が行われるため、特殊目的のプログラムは商品化されにくいことがいえる。

そこで、本研究はパーソナルコンピュータを用いて、また比較的安価で、入手が容易なソフトを利用して仮想空間を再現するプログラムを開発し、都市交通計画・設計案を評価するシステム開発を研究目的とした。

## 2.2 本研究の意義

1992年英国で Road Safety Audit System が制定された。道路計画の段階から安全性の側面から計画案を評価し、交通事故の大幅な減少を果たした。その制度はオーストラリア、ニュージーランド、オランダでも法律化されており、効果が認められている。最近では、タイ、フィリピン、韓国でも議論されている。(今田, 2000)

この道路安全監査制度は、交通安全の専門家が計画や設計をチェックし、その結果を計画や設計にフィードバックする制度である。この場合にも、交通参加者の直接的な評価結果が計画や設計に反映されることが求められる。新設道路の場合、一般の交通参加者が計画案や設計案を理解することは困難である。また、道路改良計画の場合にも、多くの交通が流れている中での社会実験は困難である。

本研究が提案するシステムを用いれば、道路計画や改良計画の段階で一般の交通参加者意見を計画案に反映できることが期待できる。また、さまざまな都市計画の説明に本システムを活用すれば、住民の都市計画に対する理解を大きく促進することが期待される。

## 3. システム開発の考え方

### 3.1 基本的な考え方

本研究の主要な目的は、交通計画、都市計画、都市景観などの計画案および代替案の評価を支援するシステムの開発である。特に、システムを計画説明会に持ち込み、計画案のデモを実行し、住民の計画案に対する理解を深めようとするものである。

従来、計画の意思決定には、専門家の意見、客観的な情報が用いられてきているが、利用者の視点に立った情報は軽視されてきた。

本研究では、利用者がコンピュータで再現される都市の中、道路上を歩き、利用者自らが計画案を評価できるバーチャルリアリティシステムの開発を目指す。すなわち、コンピュータで都市を再現、描画するだけではなく、ドライバーや歩行者の視点からみえる都市の風景、構造物の表現を体験できるシステムの設計である。

システム開発の基本的な考え方は以下の通りである。

- ①空間の中に道路，構造物などの都市空間を表現するオブジェクトを作成し，3次元で描画すること。
- ②太陽の明かりを表現する照明の設定
- ③視点や注視点の変換によるアニメーションの作成
- ④速度の設定

### 3.2 システム構成

システムを説明会会場に持ち込むことを前提にしているので，パーソナルコンピュータによるシステム構築をする。

コンピュータは，一般に広く用いられているパーソナルコンピュータであり，CPU；800MHz，グラフィックスボード；Ge-Force2Mx，メモリ；786MB，ハードディスク；30GBである。また，15インチ液晶モニターを用いている。

### 3.3 使用言語

OSとしてはWindows2000を用いる。プログラム作成には，MicrosoftのVisual C++の基でグラフィックスを描くライブラリーとしてOpenGLとOpenGLUTを使用している。後述するが，OpenGLやOpenGLUTはワークステーションやMac上でも稼働するので，他のコンピュータシステムへの移転も可能であるという特徴ももっている。

### 3.4 OpenGLとOpenGLUT

OpenGL (Graphics Library) はコンピュータでグラフィックスやアニメーションを作成するソフトインターフェースで，2次元と3次元表現が可能である。また，OpenGLはウィンドウシステムに関係なく利用できるのも，ワークステーションに用いられるXウィンドウやMicrosoft Windows, Mac等の異なったウィンドウ上でも起動する。

OpenGLの基本機能は対象物を画面上に描写することにあるが，そのための多数のコマンド群からなるのがOpenGLである。さらに，OpenGLはソフトウェアが別のシステムにも移植可能で，低コストでプログラミングが可能である(Woo et al, 1997, OpenGL Architecture Review Board, 1999, )。

また，OpenGLのための補助ライブラリーとしてOpenGLUT (Graphics Library Utility Toolkit) を利用する。このライブラリーはSGI社 (Silicon Graphics Institute) のホームページ (<http://reality.sgi.com/opengl/glut3/>) から無償でダウンロードできる。GLUTは，ウィンドウとイベント管理を標準化，簡略化するポピュラーなライブラリーであり，Xウィンドウ，Microsoft Windows, Macなど，各種のOpenGLの環境で作動する。

## 4. プログラム作成

### 4.1 作成までの準備

OpenGLはVisual C++に用意されているが，OpenGLUTはSGI社のホームページから取得する。glut32.dllをWinnt/system32に，glut.hはVc/Include/glに，glut32.libファイルはVc/libに置く(三浦憲二郎，2000)。これでGLUTを含むOpenGLのアプリケーションを起動することができる。

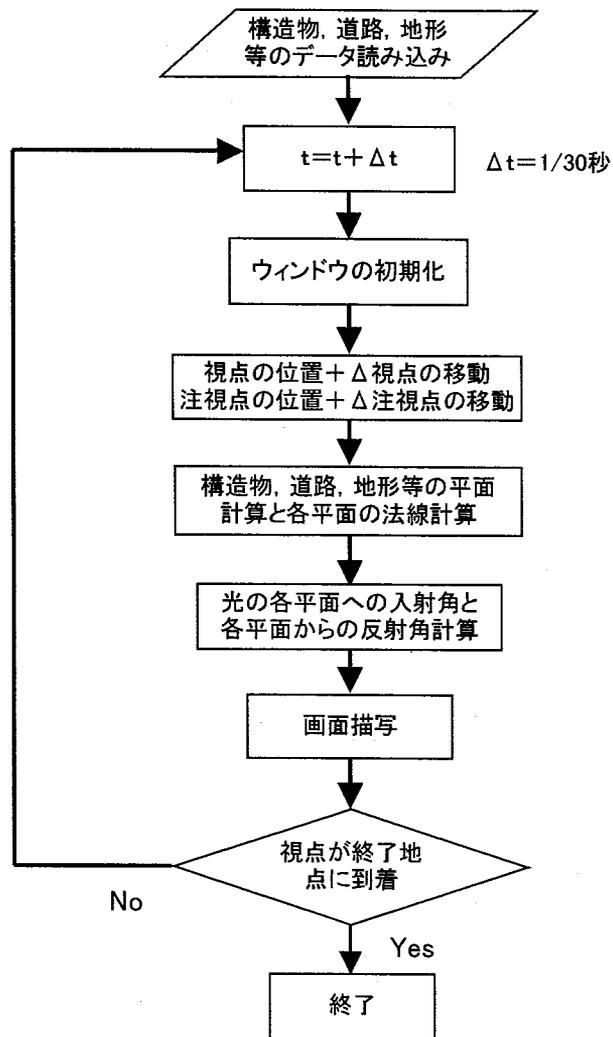


図-1 プログラムフロー

#### 4.2 プログラム設計

システム開発の主目的は、仮想空間内を被験者が移動したときの、景観をコンピュータグラフィックで再現することにある。図-1 は、本研究の基本的考え方を実現するプログラム作成のフローを示す。

#### 4.3 プログラム作成

##### (1) コンソールアプリケーションの作成

まず、Visual C++上にプロジェクトを新規作成する。Win32 Console Application を選択する。

図-2 はワークスペースウィンドウに作成されたプロジェクト情報を示している。ここでは、プロジェクト名は `straight`、プロジェクトが作成されている位置は `C:\straight` であると設定されている。

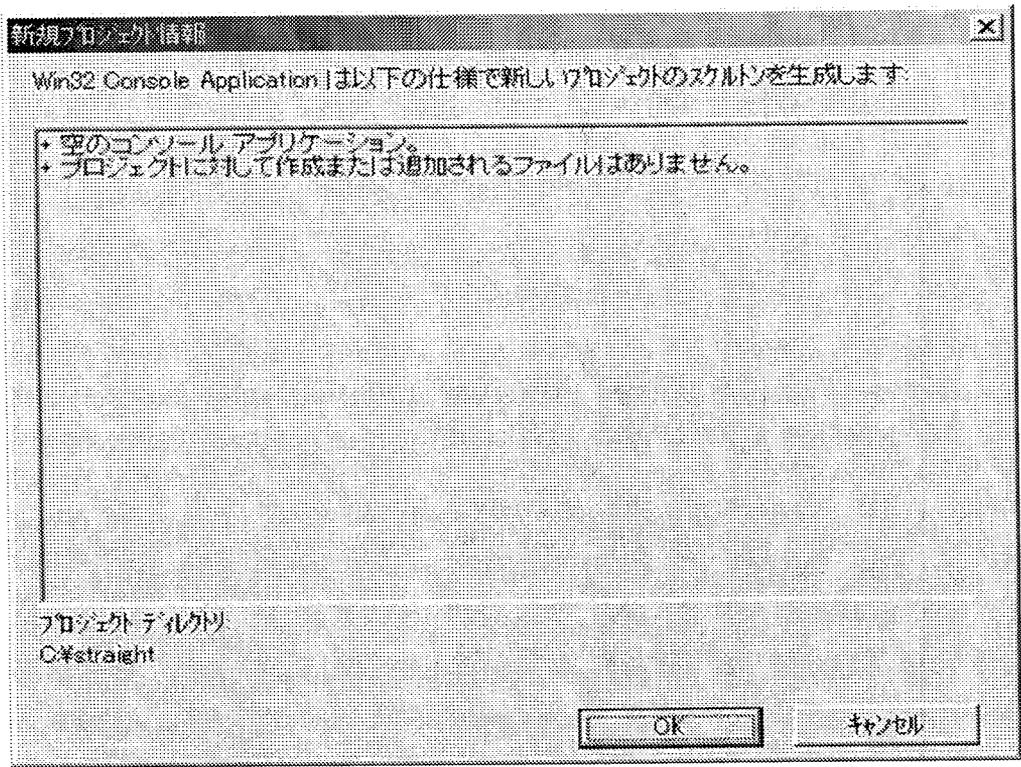


図-2 新規プロジェクト情報

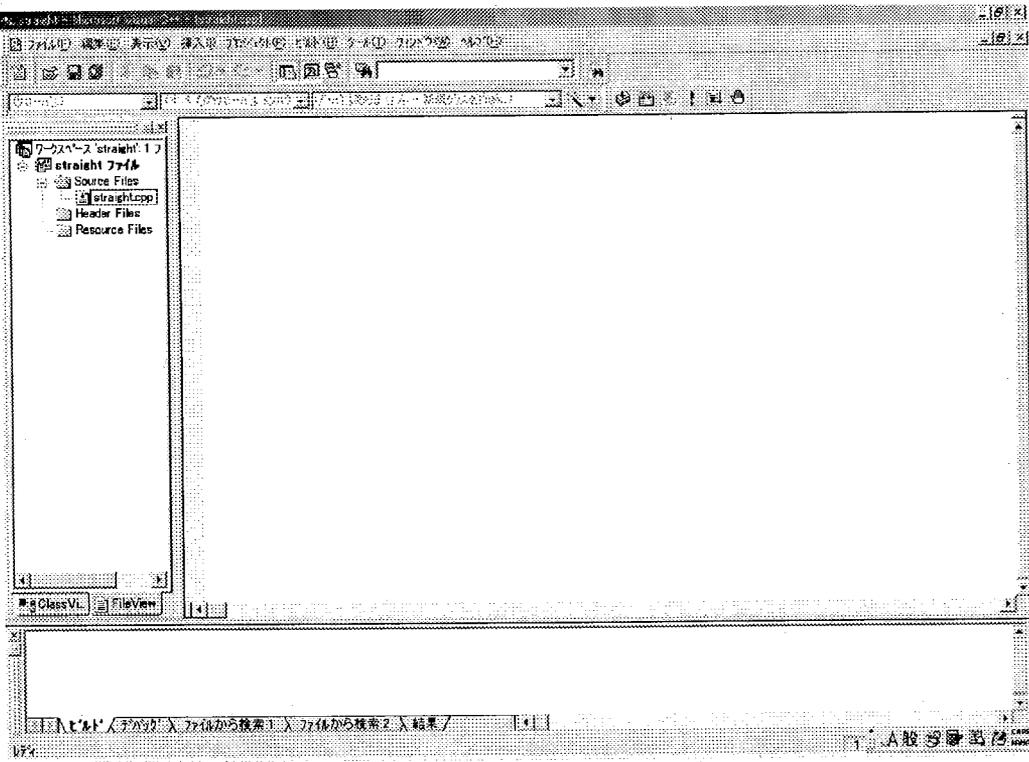


図-3 エディタ画面

## (2) ソースファイルの作成

C++ソースファイルを選択し、エディタ画面(図-3 参照)にプログラムを入力する。上図のコンソールファイルに、以下の項(3)～(9)で作成するプログラムを入力していく。プログラム作成について以下順に主要な点について説明する。

なお、プログラムの詳細は紙面の都合上省略する。詳細は2001年度呉大学大学院修士論文(桑田朋彦, 2002)を参照されたい。

## (3) ウィンドウの作成

まず、

- (1) void glutInit(引数 1, 引数 2, ...); OpenGL および OpenGLUT の初期化,
- (2) int glutCreateWindow("名前"); ウィンドウを開く,
- (3) void glutDisplayFunc(関数 1, 関数 2, ...); ウィンドウ上に描画しようとする関数を実行し、図形が表示される,
- (4) void glutMainLoop(); 実行ループ

の順にプログラムを作成している。

なお、本研究では、ウィンドウの大きさを glutInitWindowSize(400,400)で、ウィンドウの位置を glutInitWindowPosition(100,100)と指定している。

## (4) 背景の作成

ウィンドウの背景色を以下の要領で行う。

- (1) glClear(GL\_COLOR\_BUFFER\_BIT); ウィンドウを着色する色指定
- (2) glutInitDisplayMode(GLUT\_RGBA); GLUT\_RGBA を指定すると、色指定は赤緑青の3原色で行われる。

## (5) 道路の作成

本研究では、道路面は四角形に分割され、その四角形が連なった面としてプログラムが作成されている。路面が大きく変化している場合、たとえば、クレスト部、サグ部、凹凸のある路面を3次元描写するためには、三角形に分割することが求められるが、この点については今後プログラムを改良していく予定である。

さて、3次元で面を描写する場合、その面がどの方向に向かっているのかを正確に知る必要がある。その面は、どの程度傾斜しているのか、表面か、裏面か、現れる面か、隠れる面かなどグラフィック表現上、面の向きを知ることは必要条件である。この向きを表すものとして法線ベクトルを定義する。

glNormal3f(法線ベクトルの x 座標, y 座標, z 座標)

OpenGL ではこの法線ベクトルを基にして面に入射する光の入射角や反射角、さらには拡散反射等が計算される。

## (6) 構造物の作成

構造物は、多面体で構成されるとして個々の構造物を四角形の平面で分割し、その平面を組み合わせたて描写することとした。プログラム上では、個々の構造物をそれぞれ独立に描き、それらを空間に配置する様式としている。データとしては、個々の

構造物の分割した4点をそれぞれ  $x$   $y$   $z$  座標値である。路面と同様に各面の法線ベクトルも計算される。

#### (7) 色と照明

光には、環境光、拡散光、鏡面光、放射光がある。OpenGL では、

GLfloat light0\_position[ ] : 光源の位置

GLfloat light0\_diffuse[ ] : 拡散光成分

GLfloat light\_specular[ ] : 鏡面光成分

GLfloat light\_ambient[ ] : 環境光

で定義される。

#### (8) 視点と注視点

計画案を評価する被験者が仮想空間内を移動し、景観を目にする際、被験者の目の位置と被験者がどの地点を見ているのか、視点と注視点の座標を設定することが必要である。また、アニメーションにするためには、視点と注視点が移動しなければならない。一般に、ビデオでは1秒間に30画面が描写される。本研究でも30画面/秒の描写とする。

static GLdouble pos[視点の移動終了位置][1/30秒の移動量] : 視点の位置 ( $xyz$  座標)  
移動量は速度の関数で示される。

static GL double tar[注視点の移動終了位置][1/30秒の移動量] : 注視点の位置 ( $xyz$  座標), 移動量は視点と平行移動するとしている。

gluLookAt( $x_1, y_1, z_1, x_2, y_2, z_2, x_3, y_3, z_3$ ) : 視点の位置と注視点の位置を指定

( $x_1, y_1, z_1$ ) ; 視点の位置, ( $x_2, y_2, z_2$ ) ; 注視点の位置, ( $x_3, y_3, z_3$ ) ; 上の方向

#### (9) 構造物、道路データファイル

システムには、道路や構造物のデータは四角形で分割された平面として入力されるので、各四角形の頂点の座標 ( $x, y, z$ ) がデータファイルとして作成された。

## 5. システムのテストラン

システムの作動を検討するため、500メートルの直線区間を視点1.2mの高さ、注視点を視点から30m先の道路面と設定してテストランを実行した。

非常にスムーズなアニメーションを実行することができた。図-4はテストランの結果である。

## 6. 結論

著者らは都市交通計画の立案段階から一般の人の意識を計画に反映させようとする住民参加の方法論を研究してきている。特に、計画案をコンピュータグラフィックスで再現した仮想空間内を住民が移動し、計画案を評価するシステムの開発を目指している。この中で、システム開発手順の整理、簡単に入手できるソフトの汎用性等について考察をした。以下に本研究で得られて知見を述べる。

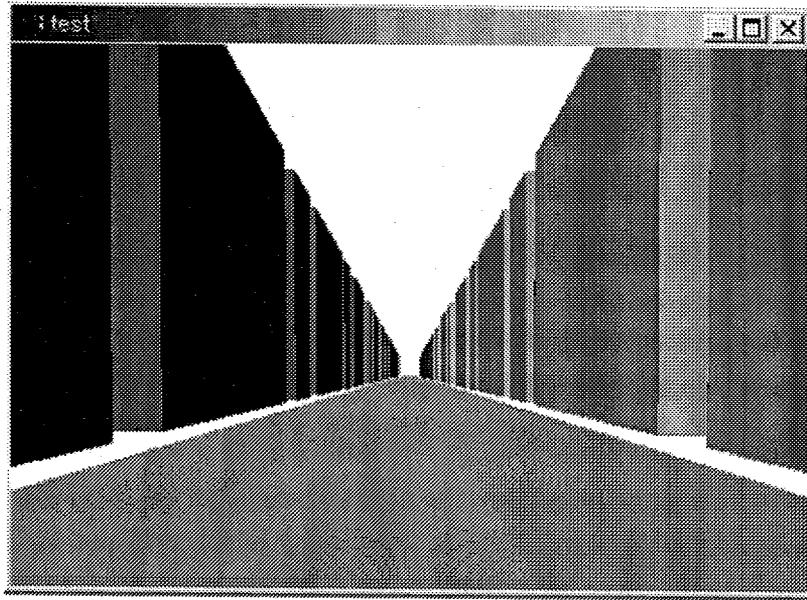


図-4 テストランの一場面

(1) システムは、動画であることが基本であり、入手が容易で、かつプログラム開発が容易である OpenGL と OpenGLUT を用いて開発することができた。

(2) OpenGL と OpenGLUT を用いることによって計画の特殊性に合わせたソフト開発が可能であること、パーソナルコンピュータで比較的簡単に都市空間の再現を可能にした。また、汎用性の高いシステム開発を行うことができた。

(3) パーソナルコンピュータをベースとしたシステムは持ち運びが容易であるため、住民説明会等でデモを行い、住民の計画に対する理解度を著しく高めることが可能である。新しい住民参加の方式を提案することができた。

コンピュータグラフィックスで都市交通計画案を評価するシステムの開発を行ってきたが、今後に残された多くの課題も明らかにされた。今後著者らが取り組む課題を整理しておく。

(1) 画像の質の向上を目指す。

(2) 実際の計画評価への適用について研究をする。

(3) 現実味の高い画像、大規模な計画案、複雑な地形等をアニメーションとして再現するためには、またグラスを用いた立体画像として再現するためには短時間に膨大な計算が必要とされる。このため、複数のパーソナルコンピュータを用いた並列処理について研究する。

**謝辞：**本研究は平成 13 年度日本学術振興会日韓共同科学事業共同研究の助成を受けている。また、プログラム開発においては(有)スフィア・ラボ代表取締役坂田祐司氏に多大な指導を受けた。謝意を表します。

## 参考文献

- 長町三生(2001), 住民参加の人間工学, 土木学会誌, Vol.86, No.12, pp.67-70.
- 伊豆原浩二, 川本義海(1999), 我が国の社会実験の動向, 交通工学, Vol.34, No.5, pp.43-50.
- 今田寛典(1992), 商店街の活性化を期待した地元住民主導のまちづくり, 日本都市計画学会都市計画論文集, No.27, pp.475-480.
- 今田寛典 (2001), 道路安全監査を支援するコンピュータシステム—データベースとソフトウェア—, 土木計画学ワンデーセミナーシリーズ 24 交通安全対策のフロンティア—道路安全監査システム, pp.93-104, 119-122, 133-134.
- 岩崎征人(2001), 道路安全監査へのドライビングシミュレータの利用, 土木計画学ワンデーセミナーシリーズ第24回交通安全対策のフロンティア—道路安全監査システム, pp.53-58.
- 加賀有津子(2001), 3DCG を用いた合意形成, 土木計画学ワンデーセミナーシリーズ第27回参加型計画への集団意志決定手法の応用, pp.66-76.
- 川浦雅彦, 松澤秀夫, 吉田信博(1999), 滋賀県大津市中心地区におけるパークアンドバスライド交通実験について, 交通工学, Vol.34, No.5, pp56-61.
- 久保田尚, 窪田陽一, 林博基(1992), 歩車共存道路の供用後評価, 土木学会論文集, No.449/IV-17, pp165-173.
- 桑田朋彦 (2002), 3DCG を用いた都市空間・景観評価のためのシステム設計, 呉大学大学院修士論文.
- 藤岡啓太郎, 吉田信博(1999), 奈良市三条通りにおける中心市街地活性化を目指した交通実験, 交通工学, Vol.34, No.5, pp.51-55.
- 三浦憲二郎 (2000), OpenGL 3D グラフィックス入門第2版, 朝倉書店, pp.6-7.
- Manson Woo, Jackie Neider, Tom Davis (1997), OpenGL プログラミングガイド, アジソン・ウェスレイ・パブリッシャーズ・ジャパン株式会社.
- OpenGL Architecture Review Board (1999), OpenGL リファレンスマニュアル, アピソン・エデュケーション.
- Roberto Brambilla, Gianni Longo (1979), Pedestrian area; Notes on their successes and failures, New Transport system in the world, pp.25-28.

# A STUDY ON COMPUTER SYSTEM FOR REPRODUCING URBAN TRANSPORTATION PLANNING WITH COMPUTER GRAPHICS

Tomohiko KUWADA\*, Hirofumi IMADA\*\*,  
Makoto ICHITSUBO\*\*\* and Moon NAM GUNG\*\*\*\*

\* Urban Traffic Engineering, \*\* Kure University,  
\*\*\* Kure National College of Technology, \*\*\*\*Wonkwang University

**Summary;** The purpose of this study is to examine the development of computer system which participants in experiments can move around virtual urban space reproduced with computer graphics and evaluate an urban planning. The basic matters, which the proposed system requires, are cheapness and animation. We have aimed at developing a program with personal computer and OpenGL language.

As results of this research, (1) we could arrange the procedure of reproducing urban space with personal computer, (2) it is easy to develop a program by OpenGL language in corresponding to peculiarities of planning. Moreover, (3) we could propose new method of public involvement, which make residents understand city planning drastically, because we can carry easily the system with a personal computer at any planning explanation meeting.

**Keywords;** urban landscape, computer graphics, animation, public involvement, sequence landscape, Open graphics library, Open graphics library utility toolkit.

—第4章—

道路安全監査を支援するコンピュータシステム  
—英国の現状と我が国への適用—

Some Problems of Computer Support Systems for Road Safety Audit  
-The Present Situation of Great Britain and Introduction into Japan-

今田寛典\*・南宮 埜\*\*

Hirofumi IMADA and Moon NAM GUNG

# 道路安全監査を支援するコンピュータシステム

## —英国の現状と我が国への適用—

Some Problems of Computer Support Systems for Road Safety Audit  
-The Present Situation of Great Britain and Introduction into Japan-

今田寛典\*・南宮 均\*\*

Hirofumi IMADA and Moon NAM GUNG

### Summary:

In 1992 road safety audit system was established in Great Britain, this system is a formal procedure for assessing accident potential and safety performance in the provision of new road schemes, and schemes for the improvement and maintenance of existing roads. These audits are carried out by specialists with appropriate experience and training, and who are independent, these results must be reflected in those schemes and transportation must be tried to improve safer. In order to be effective auditors may refer to a lot of past case studies of safety audit and information from a wide area of related to planning safety measures. At that time computers will play an important role in auditing road safety, because a lot of time, works, and cost are spent. Therefore, the objectives of this study are to examine and discuss computer system for safety audit in Great Britain and the introduction of it into Japan. Obtained major results are as follow; In Great Britain (1) Word and Excel are usually used for documents of road safety audit, (2) computer software for road safety audit are on sale, some of auditors use them, (3) there are few databases which are widely opened for auditors. In Japan (4) computer system for supporting safety audit must be developed from now. Finally, the computer system, which we can hold jointly various information among auditors and organization, have to constructed as soon as possible.

### Keyword (キーワード):

road safety audit system (道路安全監査制度), computer support systems (コンピュータ支援システム), computer software (コンピュータソフト), database (データベース), joint ownership of information (情報の共有), internet (インターネット)

---

呉大学社会情報学部 (Faculty of Social Information Science, Kure University)

圓光大學校工科大学 (Faculty of Engineering, Wonkwang University)

## 1. はじめに

1990年以降、ヨーロッパ諸国の交通安全対策に対する考え方が、交通事故多発道路における事故を減少する対策から事故発生の可能性を最小化する予防対策へと変わってきている。

1987年、英国は2000年までに道路交通事故死傷者数を1981～1985年の平均年間事故死傷者数の1/3まで減少させる目標を設定した<sup>1)</sup>。オーストラリアは1992年に同様な目標を設定した<sup>2)</sup>。また、ニュージーランドは2001年には1991年時の、オランダは2010年には1986年時の死亡者数や死傷者数の半減を目標としている<sup>3)</sup>。このため、新設道路の場合、計画段階から安全性の高い道路を目指し、計画、設計、建設、管理の各段階で安全性の評価を実行し、さらに、既存道路については事故発生の可能性を最大限小さくするような対策を講ずる交通政策に重点がおかれてきている。EUでは道路交通の安全性を最大限確保するために道路安全監査(Road Safety Audit)や安全影響評価(Safety Impact Assessment)が制度化されようとしている<sup>4)</sup>。

このような状況の中で、英国は道路安全監査を1990年に制度化して多くの実績を蓄積してきている。交通安全の専門家が道路計画や設計をチェックし、問題点があれば、道路計画者や設計者に改善を勧告することができるようになり、幹線道路と高速道路の建設には安全監査が義務づけられた<sup>5)</sup>。この制度は、上述したオーストラリアやニュージーランドにも導入され、大きな効果が報告されている<sup>6)</sup>。また、デンマーク<sup>7)</sup>においても1992年には安全監査制度が導入されている。

アメリカ<sup>8), 9)</sup>では1997年道路安全監査に関する調査研究が行われ、監査制度の導入について検討が進められている。一方、東南アジア諸国の多くも交通安全対策として道路安全監査制度を導入しようとしている。タイ<sup>10)</sup>やフィリピン<sup>11)</sup>での実施例が報告されている。特に、既存道路の安全対策立案に監査制度を導入している。

我が国では、これまで瀬尾ら<sup>12)</sup>や西村<sup>13)</sup>が代表的な英国における道路安全監査制度を紹介しているが、我が国への適用に関する本格的な調査研究<sup>14)</sup>は、土木学会道路安全監査研究分科会によるものが最初であろう。

では、道路安全監査とはどのようなものであろうか。上述したように専門家が交通安全の視点から道路計画や設計案をチェックし、安全性の高い道路交通システムを目指すものである<sup>15), 16)</sup>。もちろん専門家は、計画者や設計者から独立した第三者の個人もしくはチームである。このように道路の計画、設計段階、供用前、供用後または既存道路に関しても安全性がチェックされる。道路安全監査研究分科会<sup>14)</sup>が英国の監査者を対象に調査した監査事例によれば、道路安全監査は比較的短時間(2, 3時間)に終了できる監査から、長い時間を要する監査まで幅広いようである。監査内容もマニュアルが用意されており、事務的に進められる場合から相当の議論が求められる場合まで多岐にわたる。たとえば、Oxfordshireの安全監査ガイドライン<sup>17)</sup>によると構想計画・予備設計(Stage1)、詳細設計(Stage2)、供用前の現地監査(Stage3)、供用後の現地監査(Stage4)の各段階で監査を受けることが求められている。また、監査者養成

のための講習会テキスト<sup>18)</sup>には監査者がチェックしなければならない項目を整理したチェックリストの事例が示され、段階毎に詳細な解説がされている。項目も多岐にわたり、詳細な監査が要求されている。監査に要求される労力と時間は多大であると思われる。したがって、監査にコンピュータの支援があれば、労力と時間は大幅に削減され、コスト削減、さらに、より多くの道路計画の監査が可能になる。英国では、監査を支援するコンピュータシステム開発も報告されている。なお、安全監査は当該道路のみを監査するものであり、安全影響評価は、当該道路はもちろん当該道路が影響を及ぼす範囲内の他の道路の安全性をも監査するものである。都市計画上の考察も要求される。

そこで、本研究は、英国の道路安全監査者に対して行った調査結果を基に英国におけるコンピュータシステムの現状を明らかにする。また、我が国の交通安全対策の立案や対策評価へのコンピュータ利用の現況についても調べることにする。

最後に、我が国への道路安全監査制度の導入に関する課題をコンピュータシステムの面から考察する。

## 2. 英国の道路安全監査におけるコンピュータ利用の事例

監査制度が進んでいるイギリスでは、監査業務にコンピュータが利用されている。たとえば、過去の交通事故の情報収集、監査結果の文書化と記録等にはコンピュータの検索やワープロ機能が利用されている。現在それ以外のコンピュータ化も議論されている。

わが国では事故分析者や安全対策立案者等が詳細な事故情報源にアクセスできないのが現状であり、迅速な事故分析や安全対策立案に支障をきたしている。さらに、安全監査自体が制度化されていない。この章では、英国のコンピュータ利用実態を研究し、我が国への適用性について考察する。

### (1) コンピュータ利用実態調査

1999年、英国の203のCouncilを中心とした自治体に道路安全監査に関するアンケート調査を郵送により実施した。回収できたのは49自治体の監査者からであった。49の内4が自治体から監査を受託しているコンサルタントの技術者からであった。

監査になんらかのコンピュータシステムを導入していると回答があったのは、表-1に示されるようにDatabaseの利用が17、ソフトウェア利用が12であった<sup>14)</sup>。回収率が低いので、英国全体の実態を理解することは困難であるが、英国での道路安全監査時におけるコンピュータ利用の傾向を把握することはできると考える。

さらに、49の回答の中でEmailアドレスの記入があった12人の監査者に対してDatabaseと監査に用いる特別のソフトの具体的な内容についてEmailによる調査を再度行った。12人中8人から回答を得ることができた。以下の節ではEmailによる調査結果を主体に英国の現状の一端について述べる。したがって、ここで述べることは監査にコンピュータを積極的に取り入れている監査者の動向であると思われる。

表-1 英国におけるコンピュータ支援の事例

Computer Support System例	回答数	主なDatabase名・ソフト名
監査者	49	
(1)Database利用	17	
事故地図情報管理	1	AccsMap
事故図面管理	1	AccidentDB+AutoCAD
事故履歴管理	8	KEY Accident Database
監査記録管理	7	MS-Access, MS-Excel
監査効果モニター	2	Oracle Relational Database
(2)ソフトウェア利用	12	
専用ソフト	2	BUCHANAN SAFETY AUDITOR
GIS	2	SMALLWORLD, AccsMAP
事故Database	4	SafeNet, KEYAccident, ACCSSTATS;
	1	(London Accident Analysis Unit)
一般ソフト	5	MS Excel, MS Office

表-2 Database の内容

1. Council内にある記憶装置とMicrosoftのAccessによる検索システム
2. 州議会の道路交通事故Databaseを参照する.
3. すべての監査に関するデータが文書で保存されている.
4. 実施された道路安全監査を一覧表にするためMicrosoftのExcelを使用
5. 事後の事故を分析したり, 監視するためのUnixシステムを用いた Oracle Relational Database
6. Buchananコンサルタントが開発したAccs Mapコンピュータプログラムを用いて全事故を表にし, 常に5年間の事故履歴について調査をしている.
7. 事故のDatabase
8. Autocadによる事故Database.
9. MicrosoftのExcelとAccess.
10. 実施された監査や実施されている監査の状況を監視する.
11. Humberside警察によって維持管理されている交通事故データシステム
12. 州が使っているKEY ACCIDENTソフトウェアの形で提供されるデータ. 人身事故一件一件の詳細が分かる.
13. S.Thompsonによって開発されたCouncil内のAccess Database
14. London 事故分析部からのSTATS19データ
15. 道路交通事故Database (South Wales警察から提供される道路交通事故の概要)
16. 警察の事故データを用いるKEY ACCIDENT Database
17. 人身事故Database (1981年1月1日より)
18. KEY ACCIDENT Database
19. GIS事故分析Database
20. 進展状況の監視を支援するDatabaseの使用
21. 道路安全について公表されている研究報告書や安全工学計画の成功例に関するDatabaseをコンパイルしている

## (2) Database

表-2 は監査で用いている Database の具体的な内容を整理したものである.

表-1, 2 によると英国では事故に関する Database と監査結果を管理する Database が



供を受けている場合が多い。また、データを公表する際に警察の許可を要する場合も多いようである。

このソフトには、検索基準の自由な設定、特定事故の容易な抽出、抽出した事故のファイル作成、棒グラフの作成と作図、頻度分布の作成と作図、パイチャートの作成と作図、結果のテキスト作成と印刷が自動的に実行される機能を備えている。また、数値地図上で検討地域の選択と調査、データの数値地図画面上への表示等が自動的に実行される。

(b) AccsMap (Oxfordshire Council)

AccsMap は道路交通事故に関するデータを管理するための MapInfo プログラムを使っている。MapInfo は GIS をベースとしたプログラムである。利用者は事故の位置を数値地図上で見ることができ、データの広範な分析が可能である。

AccsMap に保存されている情報の種類は、主に事故の環境に関する情報（たとえば、日時、場所、道路のタイプ、速度制限、気象条件等）、自動車に関する情報（自動車の種類、運転者の年齢と性別、走行状況等）、事故当事者に関する情報（年齢、性別、運転者の損傷程度）である。

表-3 は AccsMap により整理された出力例である。

(c) GIS 事故分析 Database (The City of Edinburgh Council)

表-3 AccsMap による事故集計の一例 (Oxfordshire Council 資料)

TRAFFMAP CASUALTY ANALYSIS 03/03					
AccsMap - Accident Analysis					
Accidents between dates 01/01 31/12 (36months)					
Select Road class = Within Polygon 675					
All Road Users					
Age Group	Sex	Fatal	Serious	Slight	Total
0 ~ 4	Male	0	0	0	0
	Female	1	0	3	4
	All	1	0	3	4
5 ~ 9	Male	0	2	7	9
	Female	0	0	5	5
	All	0	2	12	14
10 ~ 14	Male	0	1	10	11
	Female	0	1	5	6
	All	0	2	15	17
15 ~ 19	Male	2	5	13	20
	Female	1	2	10	13
	All	3	7	23	33
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.

表-4 英国で道路安全監査に使用されているソフト例

SafeNet: 運輸研究所が開発した事故推計プログラム
Microsoft Word: 報告書の概要作成
Microsoft Excel, Microsoft Word: 監査計画記録の保存, 報告書の作成, チェックリストの作成, 監査の書類作成
SAFETY AUDITOR(Buchanan Computing): SAFETY AUDITOR(I.H.T.のガイドラインに沿う)
KEYACCIDENT: 道路や交差点改良前に現在の事故を分析するためのKey ACCIDENT
SAFETY AUDITOR(Buchanan Computing): 監査の支援と自動的監査結果の報告書作成
ACCSTATS (by LAU) ACCSMAP (Buchanan Computing) ; GIS based application: ACCSTATS, ACCSMAP, GIS
London Accident Analysis Unit: モデムを介してLondon Accident Analysis Unitの事故情報にアクセス, この情報は安全監査に用いられる.
SMALLWORLD, GIS: SMALLWORLD人身事故システム (GISによる)

GIS 事故分析 Database は Smallworld GIS を適用したものである。

Database に保存されている情報は警察によって記録された全人身事故の詳細にわたり、50以上の項目が記録されている。知りたい項目に従って検索すれば容易に情報をテキスト形式、または数値地図上に出力することができる。

## (2) 使用ソフト

表-4 はソフトを対象に調査結果を整理したものである。監査チェックリストや監査報告書の作成にマイクロソフトの Word を使用している。監査の記録や進展状況等は Excel で保存されている。Access Database も同様に利用されている。

次に、安全監査を支援するコンピュータ支援ソフトとして開発された SAFETY AUDITOR (資料-2) の特徴について紹介する。

このソフトは、監査を支援するために構築されたコンピュータシステムである。SAFETYAUDITOR のソフトを立ち上げれば、図-2 に示されるようにチェックリストがコンピュータ画面上に表示されるので、監査者は画面上の指示に従って監査を行い、指定場所にチェックやコメントを入力する。ソフトを終了すれば、監査結果が自動的にコンピュータに保存される。新たな監査を行う際、SAFETYAUDITOR に保存されている過去の監査例を検索することも可能である。また、監査結果を報告書にすることもこのソフトが自動的に行うようプログラムされている。英国の監査者がこのソフトを利用しているようである。

## DEFINING THE STAGES OF SAFETY AUDIT REQUIRED FOR DIFFERENT SCHEMES

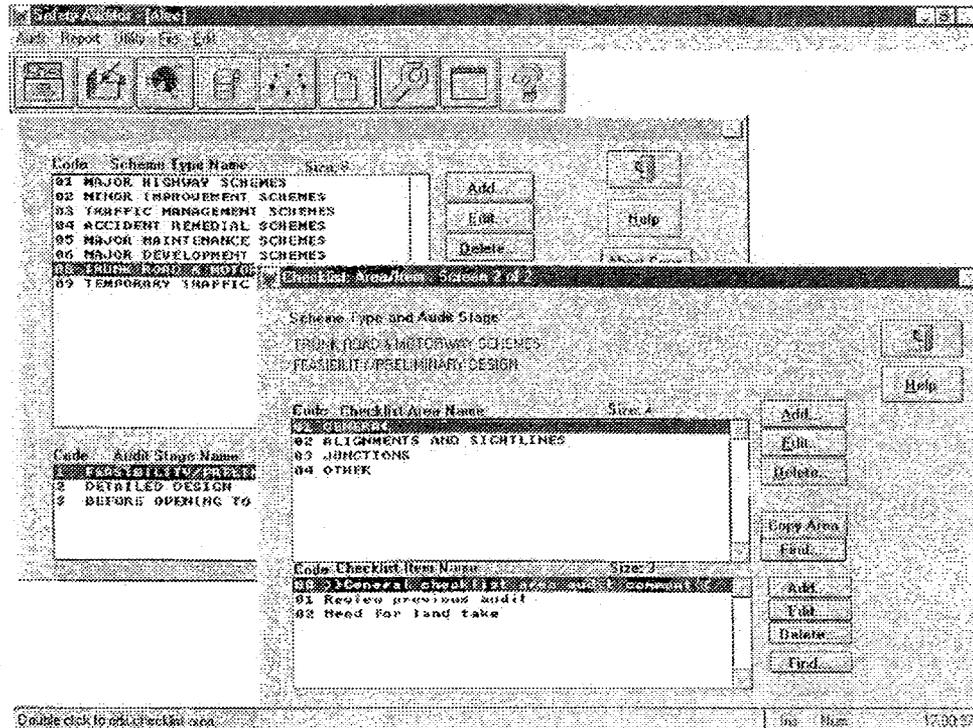


図-2 SAFETY AUDITOR の概要

### 3. 日本における交通安全対策および政策を支援する既存の Database

#### (1) 道路に関する Database

建設省が道路を管理するための Database MICHl (Ministry Construction Highway Information database system, 資料-3) を構築し、道路管理に必要な施設に関する膨大な情報を管理している。表-5 は MICHl で扱われているデータの主な内容を示している。データは、数値情報ばかりではなく、テキスト情報、イメージ情報等の形式で保存されている。この Database は常に更新されており、古いデータも同じ Database 内に保存されているため、道路の維持管理の履歴に関する情報も容易に入手できる。

しかしながら、このような Database は建設省が直轄している国道に限られており、我が国の道路総延長のほとんどを占める建設省直轄以外の国道、主要地方道、一般県道、市町村道等の維持管理、改良、新設、安全対策等に関する情報は文書、紙上の図面等の形で保管されており、年数が経ると不明になる場合が多い。コンピュータによる Database の構築が早急に望まれる。

#### (2) 交通特性に関するデータ

交通量データは感知器による自動計測データ、人手で計測されるデータ等がある。

感知器で計測される交通量は、感知器からコンピュータに送信され、単位時間毎の

表-5 Database MICHI で扱われている内容

大区分	中 区 分*
周辺状況	管轄, 敷地, 地名, 用途地域, 騒音環境基準地域, DID区域, 通学路指定区域
道路状況	交通規制, 交通現況, 規制区間, 被災歴
道路構造	路線, 縦断勾配, 平面線形, 幅員構成, 舗装, 道路交差点, 鉄道交差, 歩道・自転車歩行者道, 独立専用自転車道, 中央帯, 環境施設帯
道路構造物	橋梁, 橋側歩道橋, 横断歩道橋, トンネル, 洞門, スノーシェッド, 地下横断歩道, 道路ボックス, 横断ボックス, パイカルバート, のり面・斜面, 擁壁
付属物および付帯施設	防護柵, 道路照明, 視線誘導標(反射式), 視線誘導標(自光式), 道路標識, 道路情報板, 交通遮断機, I T V, 車両感知器, 車両諸元計測施設, 気象観測施設, 災害予知装置, 自動車駐車場, 自転車駐車場, 雪崩防止施設, 落石防止施設, 消雪パイプ, ロードヒーティング, 除雪ステーション, 防災備蓄倉庫, 共同溝, C A B 電線共同溝, 植栽, 遮音施設, 遮光フェンス, 距離標, 流雪溝

\*: 中区分の個々は数値, 文字, 図, 写真等で記録されている。また, 完成時期, 補修歴等も記録されている。

集計値が保存される場合が多いようである。特に, 都市部においてはこのような情報が公開されれば, 監査時の情報収集は非常に容易になる。

また, 市町村が独自に行う交通量調査や建設省が3年毎に全国一斉に実施する交通量調査結果は報告書として整理されている。近年は, CDに記録されるようになり, 真に知りたい地点の交通量情報を容易に検索することが可能になる。

### (3) 交通事故に関する Database

交通事故に関するデータは都道府県の各警察によって事故調査, 記録, 保存されてきている。データはコンピュータに保存, 管理されている。都道府県によって異なるが, 事故発生場所を CAD(Computer Aided Design, 資料-4)や数値地図上に記録されている場合も多い。また, 近年, 交通事故総合分析センターが設立され, 全国の事故データを一括管理している。

しかしながら, 道路設計, 交通事故防止対策立案, 交通安全に関する研究時等, 詳細な交通事故情報にアクセスすることが非常に困難な状況である。道路設計者, 安全対策計画者, 交通安全研究者等が一定の制限の中で事故 Database に容易にアクセスできることが望まれる。また, 公開できる事故の項目だけを対象とした Database を構築することも考えられる。

### (4) その他の Database

事故分析に要するデータは, 気象, 土地利用, 交通規制, 交通参加者が指摘する危

危険箇所、交通に関連する企業等に関するものがあげられる。これらのデータも、それぞれの組織が収集、集計、管理している。これらの一部については Database が構築されている。監査者がこれらの Database にアクセスできることが望まれる。

#### (5) 過去の対策事例とその効果および交通安全研究文献

安全対策を立案する際、危険箇所の発見とその問題点の探求および対策立案が重要であることは言うまでもない。対策立案時、どの対策が効果的であるかを予測することが必要である。特に、本当に効果のある対策を重点的に実施することが求められており、過去に実施された対策とその効果を知ることが重要である。

また、全く新たな発想に基づいた対策を研究、実施することも重要である。交通安全研究、また、交通安全に関連したさまざまな分野の研究成果を知ることが必要不可欠である。

今後、このような対策事例、研究報告等の Database の構築とそれへのアクセスが望まれる。

### 4. 日本における交通安全対策立案・評価および事故分析時のコンピュータ利用

従来の安全対策の一層の高度化と対策の立案および評価の科学化が急務とされている。交通事故対策の原点に戻り、事故発生地点の現地調査に基づいて適切な対策の決定、効果の計測等が客観的なデータを基になされることが求められる。多くの分野に渡る膨大なデータの迅速な収集と解析が要求され、コンピュータの支援が必要とされる。

この章では、交通安全対策の立案、評価にコンピュータが用いられたり、提案されている事例を整理する。

#### (1) 事故発生過程をコンピュータで再現するシステム

事故の発生過程をコンピュータの中で再現し、事故発生の原因を探る研究<sup>19)</sup>も多くあり、最近では、事故分析用の事故再現ソフトも市販されている。

#### (2) ドライビングシミュレーター

今日、道路設計図面を3次元空間上にCG表現することは容易にできる。特に、景観評価に用いられている。これはドライバーの目から見た道路計画や設計案の安全性評価にも適用できる。特に、視点を様々な速度で移動させることによってより現実的な評価が可能になる。

飯田ら<sup>20)</sup>は道路設計案の安全性を事前に評価するためにバーチャル・リアリティ技術を用いたドライビングシミュレータを提案している。運転者の挙動に応じた運転者の視覚イメージをスクリーンに投影し、心理実験をするものである。飯田らは、このシミュレータの再現性が高いことを確認している。

#### (4) CAD および GIS の利用

安全対策の評価では、安全性がどれだけ向上するかを予測することが重要である。実施した対策によって事故が増加することがあってはならない。このためには過去の

事故地点に関する詳細な情報を把握しておく必要がある。森地ら<sup>21)</sup>は事故分析の際、発生地点の特性を調べるため、たとえば道路構造、周囲の土地利用、交通量、都市計画に関する情報等を GIS を用いてデータ化することを提案している。英国では事故データの管理に GIS が用いられており、我が国でも GIS が安全対策の立案、評価に大きな役割を果たすことが期待されている。

#### (5) 交通事故危険地点の発見から安全対策の立案から評価までのシステム化

著者<sup>22), 23)</sup>は、事故分析に係わる Database の構築・更新から安全対策案の立案、評価までをパーソナルコンピュータで行うシステムを提案している。提案した事例は初歩的なものであり、今後改良を進める予定である。

#### (6) 事故分析ツール

分析するソフトは多様であり、容易に入手できる。たとえば、Excel, Access, SPSS, SAS 等は代表的なものである。

### 5. 道路安全監査を支援するコンピュータシステム

提案するコンピュータシステム<sup>22)</sup>は、チェックリストを用いることを念頭に置き、監査者支援システム、情報加工システム、エキスパートシステム、効果評価システム、Database 等から構成されている。

監査者支援システムは、図-3 に示されるように単独で用いる場合、情報加工システムと併用する場合、さらにエキスパートシステムと併用する場合がある。ただし、いずれの場合も Database は重要な役割を果たす。

#### (1) 監査者支援システム

構想段階で用いる監査支援システムは、これまで実施された監査結果を監査者に提示するものである。監査結果は文章や図面で記録される場合が多く、キーワードや分類コードで整理され、監査者が必要な情報をすばやく引き出せることが重要である。

構想以外の段階では、これまでに行われた実例を参照しながら、チェックリストを基に監査を進める。チェックリストは、概略設計、詳細設計、供用前、供用後の各段階で異なるが、基本的なシステムはいずれの段階とも同じものである。

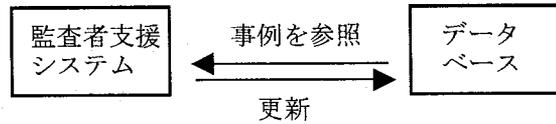
#### (2) 情報加工システム

上述の監査者支援システムは、過去の事例やチェックリストを監査者に示し、監査を支援するものである。しかし、各段階において与えられる情報を加工して監査者に示すことも必要とされる。たとえば、監査を要する部分と要しない部分の判別、その部分の改善策の提示、設計案のグラフィック表示、設計案を基にした交通流シミュレーションの実行等であり、それらの結果を監査者に提示する。

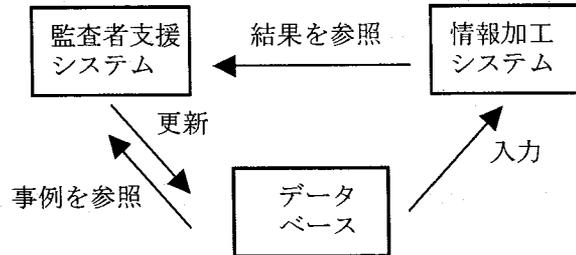
#### (3) エキスパートシステム

監査者や道路利用者の知識に関する Database を基にして道路計画や設計案を監査するエキスパートシステムである。監査者はエキスパートシステムが監査した結果を参考にしながら、詳細な監査を行うことができる。

a) 単独で用いる場合



b) 情報加工システムと併用して用いる場合



c) エキスパートシステムと併用して用いる場合

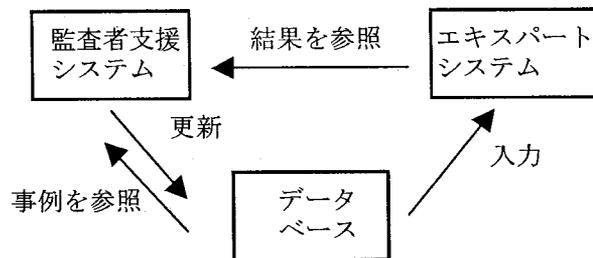


図-3 道路安全監査支援のコンピュータシステムの構成

#### (4) 効果評価システム

供用後の安全性の監視も監査の重要な任務である。効果評価システムは、(2)の情報加工システムと重複する部分が多いが、Database を基にして事故分析、効果分析、費用便益分析等を支援する。

#### (5) Database

Database の構築はコンピュータシステムのもっとも重要な部分である。

Database は、①これまでの監査結果、②監査者の知識、③道路利用者の知識、④道路構造と交通事故の関係、⑤安全対策と交通事故の関係、⑥数値地図情報、⑦安全対策の履歴、⑧交通事故、⑨費用等を記録する。

## 6. まとめ

道路安全監査を支援するコンピュータシステムについて考察した。特に、英国の実状を郵便と Email によって調査し、日本への適用について考察した。得られた知見を以下に示す。

英国では；

(1) 監査結果を Microsoft Word, Excel により記録している。多くの監査者がそれらを利用していると思われる。

(2) 監査専用のソフト SAFETY AUDITOR が開発され、多くの監査者が利用している。

(3) 事故データは GIS を基本とした Database に記録され、事故分析に積極的に利用している監査者も多い。

(4) Database は監査者個人や監査チームによって管理されている場合がほとんどであり、他の監査者や監査チームには公開されていない。

次に、日本では；

(5) 道路管理者による Database の管理はみられるが、規格の低いレベルの道路に関する Database はみられない。

(6) 事故に関する Database は都道府県警察本部が管理しているが、交通安全対策立案者や研究者が容易にアクセスできない。

(7) 安全対策代替案策定を支援するコンピュータシステムは多く提案されている。今後実用化が望まれる。

(8) 本研究では監査を支援するコンピュータシステムを提案した。このシステムの適用性に関する一部は社会情報学研究<sup>23)</sup>で発表済みである。

## 7. 今後の課題

### (1) Database へのアクセス

英国においても監査を実施する Council は交通事故に関する情報を警察から受けている。ある Council は、警察から入手した事故データを公開するためには警察の許可を要するとしている。日本においては事故に関する情報入手は困難な場合が多いことは事実である。

公開できる詳細な事故情報に関する Database の構築と公開が必要である。

建設省は MICHIDatabase を運用しているが、一般道においてもそのような Database の構築が望まれる。道路計画者、安全対策計画者、研究者等が構築される Database へアクセスできるようなシステムが必要である。交通量、気象、土地利用等の Database へのアクセスも同様である。

### (2) 他組織との情報共有

交通安全政策立案時と同様に安全監査時も多様な分野のデータ収集や分析がなされ、政策立案や監査が問題点の明確化、具体的な対策の立案・評価、実行等の手順で実施される。このためには、監査者は多くの分野の Database、たとえば、気象に関するデータ、地域計画や都市計画に関するデータ、さらには ITS 等との情報の共有が必要になる。

さらに、実施された政策や対策の効果を常に計測し、Database 上に記録することが

重要である。

(3) コンピュータシステムの適用性の検討

提案したコンピュータシステムを実際の場合に適用し、その適用性を検討する。

参考文献

- 1)Department of Transport: Road safety-Next steps(an inter-departmental review of road safety), London, 1987.
- 2)Phillip Wjordan : Road Safety Audit- The Australian Approach, Routes Roads, No.288/September, pp.77-85, 1995.
- 3)ITE Technical Council committee 4S-7: Road safety audit-New tool for accident prevention, ITE Journal, February, pp.15-22, 1995
- 4)European Transport Safety Council: Road safety audit and safety impact assessment, 1997
- 5)Stephen Proctor, Martin Belcher : The use of road safety audits in Great Britain, Traffic Engineering and Control, February, pp.61-65, 1993
- 6)Kenneth W.Ogden: Road Safety Audits, Institute of Transportation Engineering, February, pp.1-16, 1995.
- 7)Lene Herrstedt: Road safety audit, Routes Roads, No.294/April, pp.39-46, 1997
- 8)Martin E.Lipinski and Eugene M.Wilson : Road Safety Audits - A Summary of Current Practice, Traffic Congestion and Traffic Safety in the 21st Century, ASCE, pp.111-117, 1997.
- 9)Michael F.Trentacoste : Road Safety Audits, Public Roads, September/October, pp.42-46, 1997.
- 10)Pichai Taneerananon, Weeradej Cheewapattananuwong, Kittipol Asaporn: Development of road safety audit in Thailand, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.3, No.1, September, pp.175-186, 1999
- 11)Luz V.Lagunaad: Introducing road safety audit in the Philippines, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.3, No.1, September, pp.197-208, 1999
- 12)瀬尾卓也, 山川俊幸, 田中直樹 : Road Safety Audit について, 交通工学, Vol.32, No.2, pp.97-107, 1997.
- 13)西村昂 : 道路安全監査の思想, 交通科学, Vol.26, No.1, pp.59-63, 1997
- 14)今田寛典, 岩崎征人, 奥村誠, 鹿島茂, 高井広行, 田中聖人, 西村昂, 舟渡悦夫 : 道路安全監査を考える, 土木計画学研究・講演集, No.22(1), pp.679-686, 1999.
- 15)The institute of highways and transportation: Guidelines for the safety audit of highways, IHT, pp.55, 1996.
- 16)Austroads : Road Safety Audit, 1993
- 17)Oxfordshire County Council: Oxfordshire Safety Audit Guidelines, Oxford, April, 1998.
- 18)Barbara E Sabey : Review of guidelines for safety audit, Safety Audit Course Note, pp.1-10, 1995.

- 19)たとえば, 澤石正道, 白川部秀基, 加来照俊, 交通事故の再現に関する研究, 土木学会第48回年次学術講演概要集第4部門, pp.546-547, 1993
- 20)飯田克弘, 森康男: ドライビングシミュレータを用いた室内実験システムによる運転者行動分析, 土木計画学研究・論文集17, pp.105-116, 1999
- 21)森地茂, 兵藤哲朗, 浜岡秀勝: 地理情報システムを用いた交通事故分析に関する研究, 土木計画学研究・講演集, No.16(1), pp.61-68, 1993
- 22)大阪交通科学研究会編: 交通安全学-新しい交通安全の理論と実践, 企業開発センター, pp.130-142, 2000
- 23)今田寛典: 幹線道路の安全性を評価するコンピュータシステムの提案, 社会情報学研究, No.1, pp.56-66, 1998

#### 参考資料

- 1)Key Traffic Systems : KeyACCIDENT, 資料
- 2)Buchanan Computing : Safety Auditor, 資料
- 3)MICHI 代表担当者会議事務局 : Michi 道路管理 Database システム, 1997.
- 4)福山西警察署 : 平成11年度交通安全白書, 1999

— 第 5 章 —

交通 DATABASE 管理システムの開発に関する一考察

A STUDY ON DEVELOPMENT OF TRAFFIC DATABASE  
MANAGEMENT SYSTEM

李 炳柱・今田寛典・南宮 攄

Byung Joo LEE, Hirofumi IMADA and Moon NAM GUNG

# 交通 DATABASE 管理システムの開発に関する一考察

## A STUDY ON DEVELOPMENT OF TRAFFIC DATABASE MANAGEMENT SYSTEM

李 炳柱\*・今田寛典\*\*・南宮 埜\*\*

BYUNG JOO LEE, HIROFUMI IMADA and MOON NAM GUNG

要約：本研究は、交通政策の立案と評価を支援する交通 DATABASE 管理システムを開発するために、地理情報システム(GIS)、交通施設情報、交通事故情報等の情報群を一つに統合して管理運営するシステムについて考察した。

最初に、交通政策の立案現場、交通行政の現場等で利用されている交通施設および交通事故に関する情報管理の現状を調査して、交通 DATABASE 管理システム設計のための情報を入手した。収集された設計情報を基に、交通 DATABASE 管理システムのロジックを明確にしてシステムを構築した。最後に、事例研究を通してシステムの問題点を改善し、実効性の高い交通 DATABASE 管理システムの開発を目指した。

今後、交通政策立案、評価、実行の科学化が重要となる。地形や空間情報、交通特性、都市計画、都市施設、自然環境、社会環境等の情報群をはじめとした大量の情報を迅速に処理することが求められる。著者らは、本研究の技法が実効性の高い交通政策を可能にすると考えられる。

キーワード：地理情報システム、交通施設、交通管理、交通事故、データベース

### 1. 序論

#### 1.1 研究の背景および目的

20 世紀は開発の世紀、21 世紀は環境の世紀であるといわれている。しかしながら、欧米に比較すると、日本や韓国など東アジアの社会基盤施設整備は依然として不十分である。しかし、一方では、都市部において新たな施設を建設できる空間とコストに大きな制約があることも事実である。現在の施設を有効に利用することが最善であることも多い。現在の機能を保持、改善することが社会基盤施設計画において大きな課題である。

従来、施設の維持管理や改善計画等においては、各種の情報と同時に施設の図面や位置

---

\* 圓光大学校土木環境工学科 (juno@wonkwang.ac.kr)

\*\* 呉大学社会情報学部 (imada@ondo.kure-u.ac.jp)

\*\*\*圓光大学校工科大学 (ngmoon@wonkwang.ac.kr)

に関する空間情報が計画の都度、人力で収集、分析され、解決策が提案されてきた。計画の結果は文書、図面、表等の形式で保管されている。新たな維持管理計画や改善計画の立案や評価時、改めて情報が収集され、保管されている資料が検索されることは少ない。

情報化社会が進展した今日、特に、コンピュータのハードとソフトの発達で、さまざまな情報の管理や処理がコンピュータ化され、空間情報処理をシステム化した地理情報システム(GIS; Geographic Information Systems)は都市行政、国土管理、水資源管理、環境評価など、多くの分野で活用されている(Wing, M, 1999)。さまざまな方式で獲得された各種の情報や空間情報を蓄積したシステムは、検索、選択、分析を通して、さまざまな目的達成に寄与している。

しかしながら、依然として施設に関する資料は、行政を担当する機関の間で統一されておらず、各機関がそれぞれ任意の形式で保管、管理しており、情報の共有も不十分である。資料収集に必要とされる時間、経費、労力が多く費やされている。基盤施設に対する国民のさまざまな要求への対応、災害に対する迅速な対処、部署間で重複する情報の取得や工事時に要求される資料の取得など混乱を防ぐために、GIS を利用した都市基盤の効率的な管理が必要になった (Faber, B. G, 1998)。

さらに、本研究の主題である交通施設に関する情報の管理も、各部署ごとに異なり、交通施設管理に多くの労力、資源、時間が費やされている (車星烈, 1994)。交通施設を効率的に管理するために、資料の DATABASE 化を基にして効率的に管理する (建設交通部, 1999) ことができるシステムが要求されている。また、日常的な交通渋滞や交通事故に関する問題が、社会問題として台頭してきている。交通事故防止対策の立案、評価において、事故の要因を分析する手法が数多く提案、適用されてきているが、既存の分析法は、事故の原因を地点や区間的な視点に立ったのものが多く、都市計画の視点に立った代替案提示が困難であった。また、分析者が詳細な交通事故の資料にアクセスすることが困難である。同時に、道路、交通、都市、気象等の情報を管轄している機関間に連携体系が整備されていないので、正確な資料が敏速に提供されていないのも実状である。

このような中、GIS の交通部門への導入法案 (Kim Si Gon, 1994) の提案と適用に関する研究 (道路交通安全協会, 1997)、交通情報システムの確立と活用技術の開発 (Bae Sang Hun, 1998)、航空部門における交通統計 DATABASE 構築のための調査法と改善 (Kang Seng Pil, 1994)、交通技術 DATABASE の構築のための情報分類の標準化に関する研究 (Jeong Dae Hun, 2000) など、交通に関する DATABASE 構築と情報蓄積に関する研究が数多く行われている。しかし、蓄積された情報と DATABASE の活用に関する研究は少ない。

本研究では、交通施設あるいは交通事故に関する資料のコンピュータ処理を可能にすることにより、効率的に活用できる手法を提案する。特に、NGIS 数値地図を活用して、交通施設整備、維持管理などの履歴資料を分析および更新できること、いろいろな部署に散在している交通や施設関連業務で用いられる資料を一つに統合して、交通事故と関連した資料を地点的な概念ではなく面的次元で、かつ、時間的、空間的に管理利用できるコンピュータシステムを開発することを目的とする。

## 1.2 研究の位置付けと方法

交通に関する資料は無数に存在する。すべての資料が DATABASE 化され、情報の共有化が進めば、実効性の高い交通需要管理(TDM; Traffic Demand Management)が可能になる。

本研究では交通施設および交通事故に関する情報を DATABASE 化して、分析、活用できるシステムの構築を目指している。

交通 DATABASE 管理システムを開発するため、(1)システムの全体的計画、次に(2)交通現況の分析とシステム設計、最後に、(3)プログラム作成とそのプログラムの適用性の評価という手順で研究を進める (Fig.1 参照)。

(1)各種の情報を空間情報として、さらにその経年変化も処理できることが重要であり、NGIS 数値地図を用いて GIS DATABASE を構築する。

(2)交通施設や交通事故に関する資料の利用実態を明らかにして効果的なシステム運営に要求される項目を選択した。研究事例地域を対象に選択された項目に基づいて交通施設に関する DATABASE を構築する。交通事故データは Iksan 市 Iksan 警察署の事故データを用いている。交通施設データは道路標識、路面標示、交差点、バス路線とバス運行などの公共交通等で構築された。システムの設計は、交通施設管理業務と交通事故管理業務を分析した結果、機能別メニューを画面に表示する方式とした。

(3)設計されたシステムを基にプログラムを作成して、プログラムの適用性を試験する統合試験を試みた。

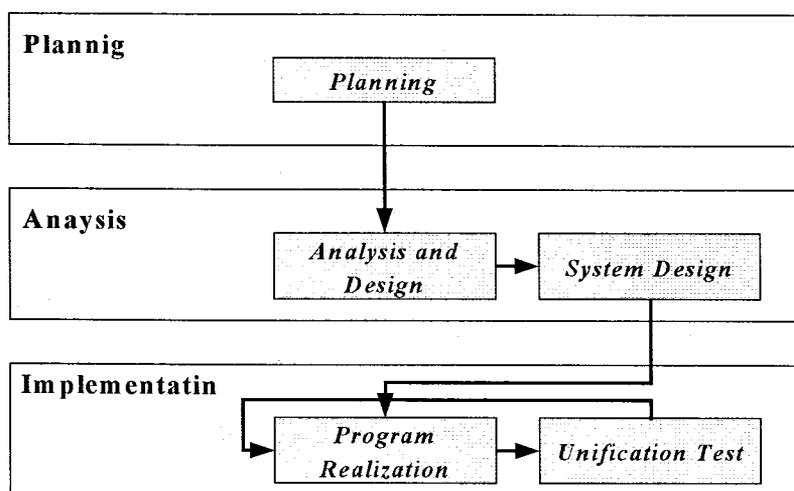


Fig.1 Research flow

## 2. 開発環境および研究方法

### 2.1 開発環境

開発環境としては、広く用いられているパーソナルコンピュータ(CPU:233MHz 以上, RAM : 64MB 以上, グラフィックカード : 1204×768 以上)と 1204×768 解像度を持つモニ

ターを用いた。システム構築に用いた言語は Microsoft Visual Basic 6.0 であり、各項目ごとの資料に関しては ArcView3.2 を使用して DATABASE に構築された。構築された項目資料を地形資料と関連させて表記するために、GIS 開発ツール MapObject を使用した。MapObject は Visual 開発ツールで使用される GIS コンポーネントであり、GIS の全機能(資料構築、検索、分析など)を持った GIS ツールとは違い、開発者中心のアプリケーション拡張ツールである。これは単純な画面照会と属性管理および簡単な重畳分析などで資料管理を主とした業務に適切なツールである(ESRI, 1996)。本研究では多くの分析機能を要求しない業務において使用者に最適な機能と利便性を提供するため MapObject を用いた。

## 2.2 研究方法

要求分析を通して概略設計を行う段階で、各実務部署の担当者と個別にインタビューを実施し、現行制度の問題点を把握し、設計指針を作成した。さらに、現行業務処理体系図を作成して問題点を解決するための新しい論理モデルを作成した。

本研究では最終目標である交通 DATABASE 管理システムを開発するために、①地理情報 (GIS)、②交通施設情報、③公共交通機関情報、④交通事故情報を一つに統合して運営管理するシステムを構成している。Fig.2 はシステムの細部構成内容を示している。

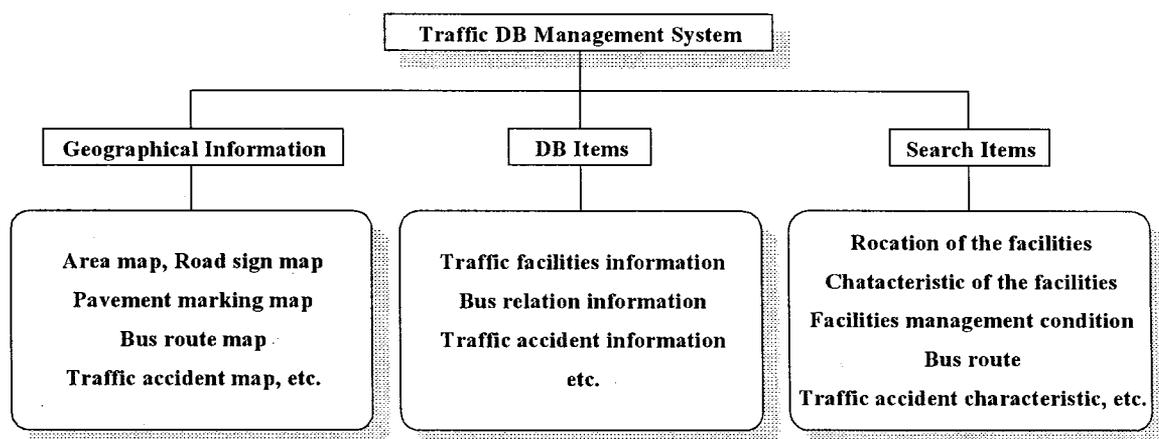


Fig.2 System contents and it's characteristics

構築するシステムは、(1)交通施設情報の提供および管理、(2)交通事故情報の管理の二つのシステムに大別できる。具体的には以下に示す。

(1)管理体制および管理業務を分析し、問題点を明らかにして交通施設管理システムの設計要因を把握する。また、現在利用している交通の管理と事故防止対策実行過程を分析して、具体的な機能を設計するために国内外の交通事故管理および事故防止対策に関する資料調査を実施し、これをもとに交通事故管理システム設計のための設計要因を推定する。

(2)交通 DATABASE 管理システムのロジックを構築するため、交通施設および交通事故に

関する情報を入手して、さらに、これを分析、活用できるシステムを構築するために、情報提供のロジックを設計した。本システムの情報提供のロジックは、Fig.3 のようになる。

(3)GIS の構築に必要な項目情報として交通標識の情報、路面表示の情報、交通信号の情報、交差点情報、バスに関する情報、交通事故の情報などの DATABASE を構築し、この DATABASE に基づいて分析、モデル化するシステムを開発した。

(4)設計されたシステムを交通 DATABASE 管理システムとして表現するために、画面の設計および作成、GIS 情報の構築、情報提供および情報の出力機能を具体化した。

(5)交通 DATABASE 管理システムを統合、活用するシステムを構築して統合実験をした。

本研究で開発を試みる交通 DATABASE 管理システムの特徴は以下の通りである。

- ①GIS を利用した地理情報と交通施設情報および交通事故情報との統合管理
- ②システムに基づいた DATABASE 管理の操作性向上
- ③各種検索メニューを通して交通施設および交通事故管理の利便性向上
- ④環境変化による DATABASE および必要機能の変更と拡張の容易化
- ⑤コンピュータによる情報管理を通じた資料の統合管理機能

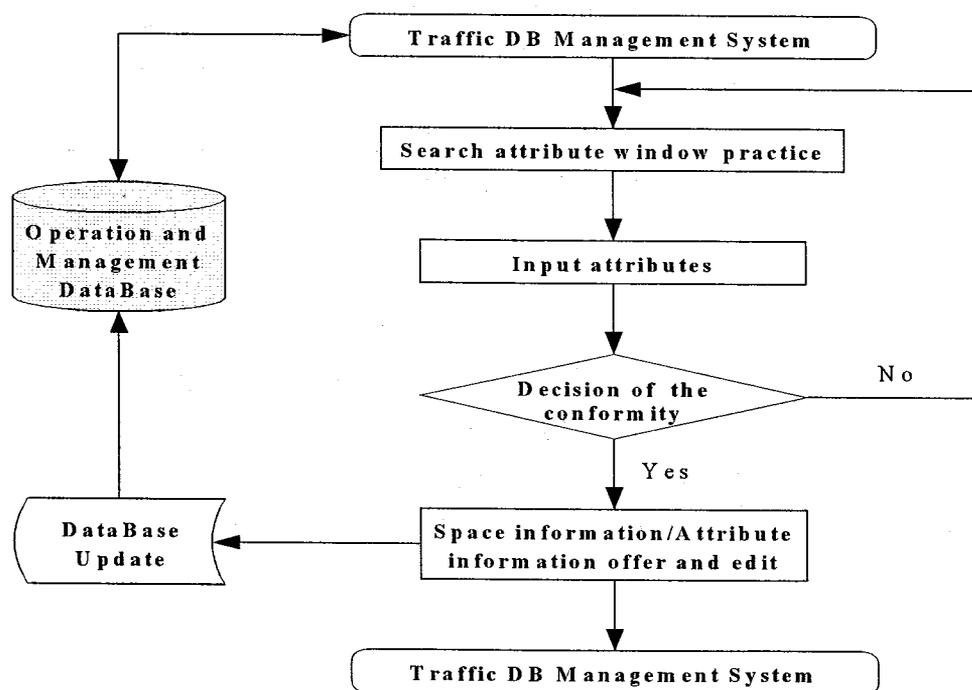


Fig.3 Information proving logic design of Traffic Database Management System

### 3. DATABASE の構築

#### 3.1 DATABASE の設計

交通 DATABASE 管理システムは空間図面資料、項目別管理テーブルで区分されており、

それぞれに関する資料と MDB DATABASE で構成されている。

Table 1 は、交通 DATABASE 管理システムのデータベース構成を表す。図面資料は、システム作成を行う前にテーブル設計によってあらかじめ作成する必要がある。項目テーブルは、要求分析段階で引き出された基本項目と交通施設管理および交通事故管理業務に必要な情報を管理するためのテーブルである。

Table 1 Composition of traffic database system

Division of data	Contents	Form
Space information	Basic road map	Line
	Road sign map	Point
	Road marking map	Point
	Traffic light map	Point
	Bus route map	Line
	Traffic accident map	Point
Attitude information	Information of road sign	Table
	Information of road marking	Table
	Information of traffic light	Table
	Information of bus route	Table
	Information of traffic accident	Table

### 3.2 空間データの作成

交通 DATABASE 管理システムでは道路網、道路標識、路面標示、信号施設、バス路線、交通事故現況が地図上で表示されるよう構築されている。この中で基本道路網は NGIS 事業の一環として作成された数値地図を用いる。道路標識、路面標示、信号施設、バス路線、交通事故の現況は直接入力した。直接入力は空間情報(Point, Line, Polygon)を ArcView で表現した。

#### 3.2.1 基本道路網図

基本道路網図は、まず、NGIS 数値地図(1:1000)から本研究がケーススタディとして対象とした地域の道路網を抽出して、さらに、簡単な地形、地物を追加して GIS 地形資料として構築した(Fig.4)。

#### 3.2.2 交通施設図

交通施設図は道路標識、路面標示、信号施設で構成されている。各図面に対する地形資料は現地への直接訪問あるいは実測を通じて入手した。基本道路網図上に実測値を入力して、GIS 地形資料として構築し、各主題図と重ねて表した (Fig.5)。

#### 3.2.3 バス路線図

バス路線図は Iksan 市の市内バスの路線の中から対象区域を通過するバス路線を抽出し

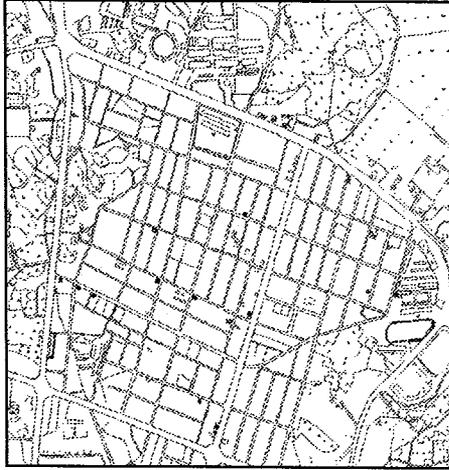


Fig.4 Basic road network map

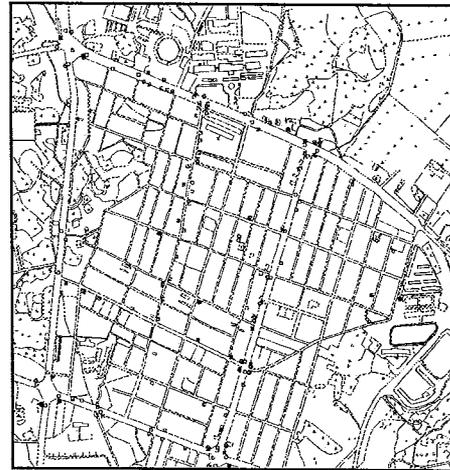


Fig.5 Traffic facilities map

て、基本道路網をもとに入力し、GIS 地形資料として構築し、各バス路線図を重ねて表した (Fig.6).

### 3.2.4 交通事故図

交通事故図に関しては、1997 年から 1999 年の間に対象地域で発生した交通事故の現況を調査した。Iksan 市警察署の資料を用いて、基本道路網図をもとに各事故の地点資料を入力して GIS 地形資料として構築した (Fig.7).

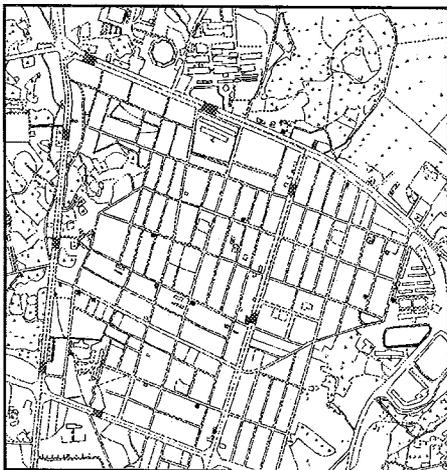


Fig.6 Bus route map

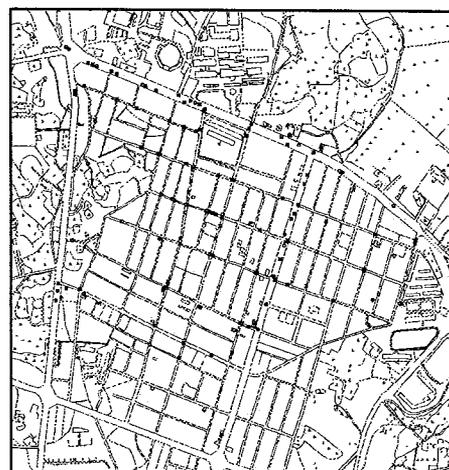


Fig.7 Traffic accidents map

### 3.3 属性データ作成

交通施設関連属性として道路標識属性と路面表示属性として標識や標示の種類、状態、概略図等、交差点に関する属性として交差点名、交差点の位置、交差形態、信号の位置、信号の設置時期、信号現示、信号の状態、その他、交通事故属性として発生地点名称、事

事故類型，事故発生要因，事故の状態，死傷状態，事故発生時間帯，人身事故の程度等を調査し，DATABASE を構築した。

道路標識属性，路面表示属性，信号施設特性，交差点特性などは予め作成した調査表を持って該当地域の訪問調査を通して各属性資料を獲得した。

バス路線属性は Iksan 市バス運行組合のバス時刻表や Iksan 市の市内バス現況表で対象地域に該当するバス路線だけを抽出して属性資料を構築した。

交通事故属性資料は，Iksan 市警察署の事故データから 1997 年から 1999 年までの 3 年間の事故データを抽出した。

#### 4. 交通 DATABASE 管理システム

##### 4.1 システム構成

提案するシステムの主要な目的は，交通施設および交通事故に関する各種の情報を収集，分析し，交通政策の意思決定を支援することにある。したがって，システムは交通施設管理機能，交通事故管理機能，DATABASE の更新，検索および分析機能に大別される。

交通施設管理は施設供給分析と施設管理，交通事故管理は交通事故類型分析と事故データ管理，DATABASE 検索および分析は交通施設情報，バス路線情報，交通事故情報に細分化される。

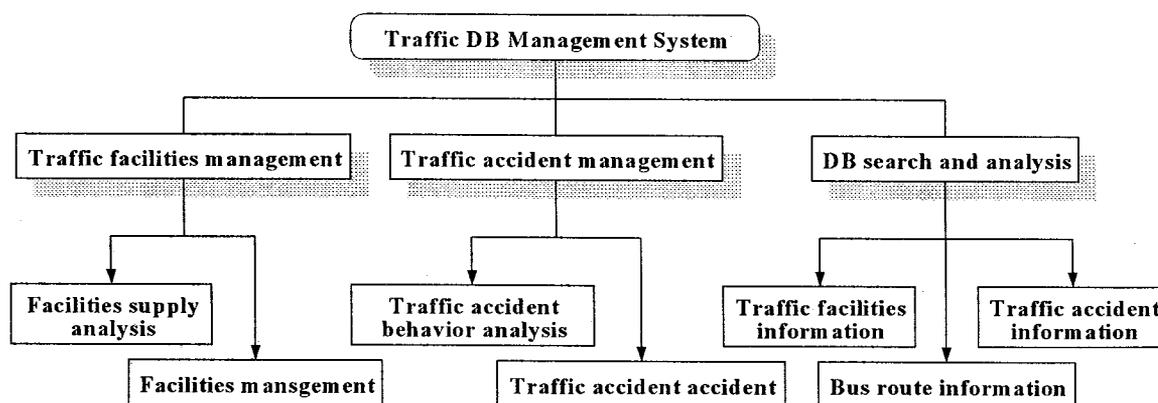


Fig.8 Composition of the traffic database management system

##### 4.2 システム機能

システムの主要機能は，ファイル，検索，事例提示，属性情報，図面管理である。これらの主要機能はそのハブ機能と他の機能をリンクさせて一貫した運営体系内で，全体的な機能を実行できるように，システムの一貫性を確保する。同時に他の機能も参照，使用，実行できるようにすることで機能相互間の重複を最小化し，システムの簡略化と効率性を維持するようにした。Fig.9 は交通 DATABASE 管理システムのメイン画面を示している。

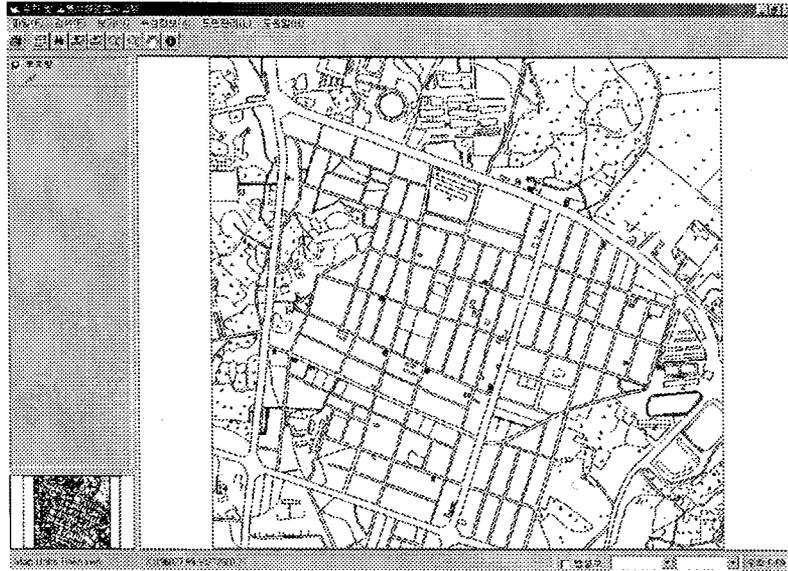


Fig.9 Main picture of the traffic database management system

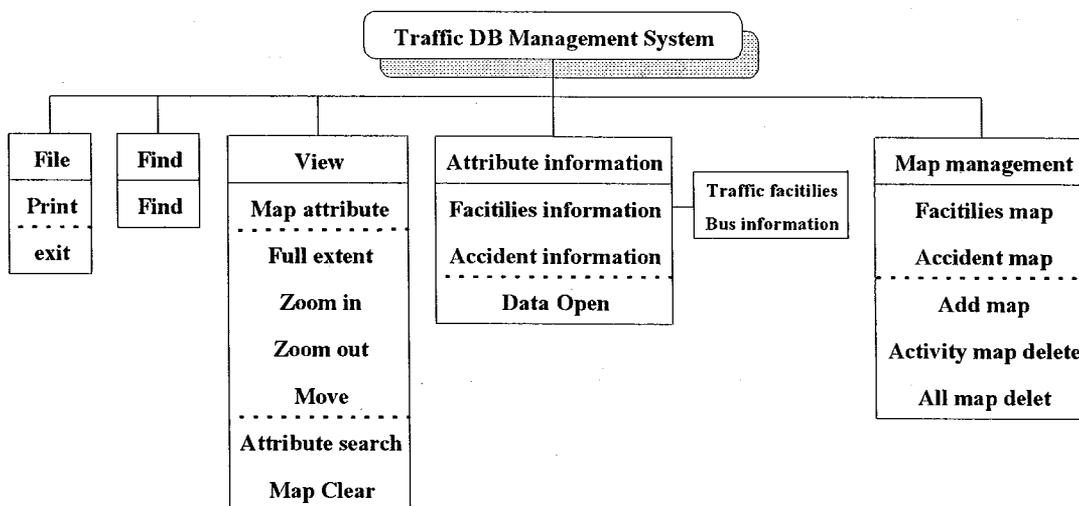


Fig.10 Main function of traffic database management system

メイン画面はメニューバー，ツールバー，View，状態バーで構成されている。メニューは Fig.10 の機能構成図に示されている全ての機能を含んでいる。

ツールバーは主に使用される機能を簡単に処理できるように設定されている。

View は Content テーブルと地図画面に区分される。Content テーブルは各 Theme を表しており，Theme は実世界の物をそれらの属性により地図形式で表した。そして全体 View を設定して現在の位置を把握できるように構成した。地図画面は MapObject コンポーネントで地形資料を表示するようにした。

状態バーは View に表す地形資料の実際の縮尺とマウスが位置する座標を表すようにし

て、マウスの指定位置によって View の属性に対するラベリングの可否を設定するようにした。

#### 4.2.1 ファイル

ファイルメニューは、画面表示されたものをプリンターに出力する機能と実行プログラムを終了させる機能で構成されている。

#### 4.2.2 検索

検索機能（ツールバー：）は Fig.11 に示されるように検索する Layer に View の地図画面に表された一つ、あるいはそれ以上の主題図を選択して、検索する内容を入力し、検索することにより View に表現されるすべての内容を探せるよう検索機能を持たせている。また、検索された対象物を図面で拡大したり、対象物を中心に移動させたり、対象物を区分、表記して、検索された内容に対応した空間情報を簡単に確認できるようにした。

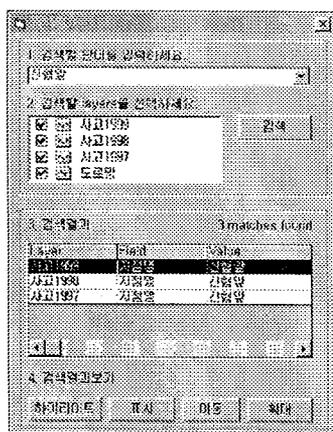


Fig.11 Search function

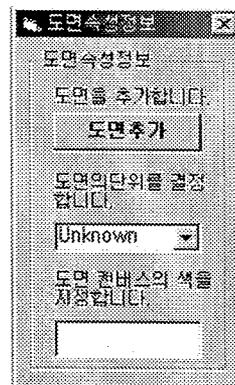


Fig.12 Function of map attributes information

#### 4.2.3 プレビュー

プレビューメニューは、図面属性、全体プレビュー、拡大、縮小、移動、属性検索、図面消去等の機能で構成されている。図面属性（ツールバー：）機能は Fig.12 に示されるように新たな図面の追加、図面単位の設定、図面背景画面の色指定で構成されている。図面追加機能は ArcView の Shape ファイル、ArcInfo の Coverage ファイル、CAD ファイルフォーマットなどを View に追加させることができる。図面単位設定機能は、View 上の図面を希望の単位で表現することが出来る。

拡大と縮小機能は View でマウスを使って指定した範囲で画面を拡大したり縮小したりするもので、移動は View で指定されている範囲と同じ大きさで移動する機能である。

#### 4.2.4 属性情報

属性情報メニューは、交通施設情報、交通事故情報、属性テーブルを確認できる機能で構成されている。交通施設情報は、交通標識、交差点や信号、バス関連情報は、需要と供給の分析、関連情報の提供、管理して活用できるように構成されている。交通事故情報は、





事故データの分析を通して、今後の対策樹立による意思決定を支援できるように構築した。これによる交通事故の特性は、事故の類型別、事故の要因別、事故の状態別、気象状態別、事故時間帯別、人身事故被害程度などに分類、分析できるように構築した (Fig.17 参照)。

交通事故は他の情報とは異なり、発生する形態や特性が地域によって異なるので、分析対象地域によって異なる分析が可能になる。本研究の事例研究対象地域である Iksan 市の大学路周辺の交通事故分析について考察する。

自動車相互、自動車対歩行者の事故発生の現況を Fig.18 と 19 に示す。特に、歩行者が関わった事故は、大学路周辺や住宅地区内で多く発生している。これは歩車分離が不十分であるため、車と歩行者との事故発生確率が高くなっている。

昼夜別交通事故発生の現況を Fig.20 と 21 に示す。昼間事故と夜間事故は全地域に分布している。特に、夜間の事故は学生たちが集まる大学路繁華街周辺で多発している。

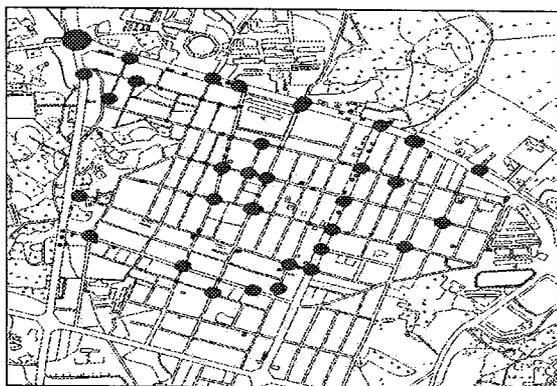


Fig.18 Accident situation of vehicle vs vehicle

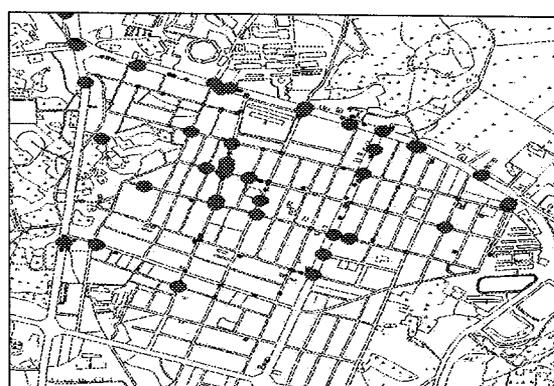


Fig.19 Accident situation of vehicle vs pedestrian

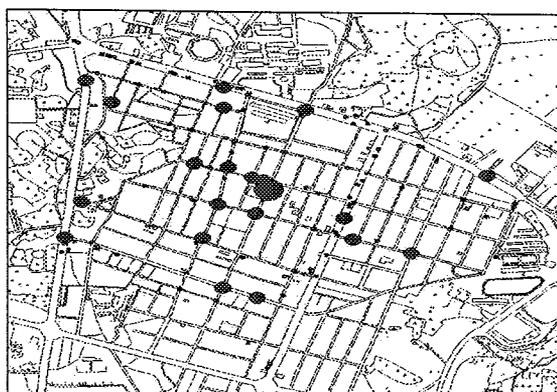


Fig.20 Accident situation at day

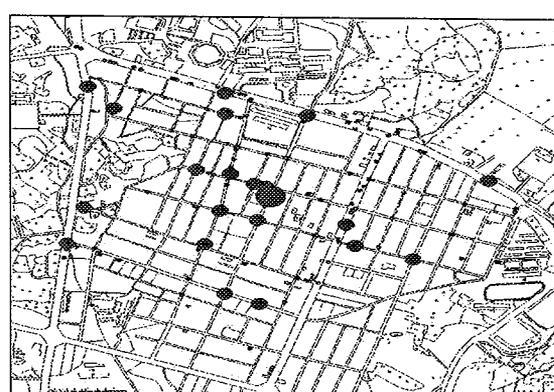


Fig.21 Accident situation at night

#### 4.2.3 図面管理

図面管理メニューは、システム内で管理されている主題図を各属性別に View に表示で

きるように構成されている。また、保存されている主題図以外にも新たな図面を追加できる。また View 上で活用された図面の一部削除、あるいは全体図面を削除できる機能も組み込んでいる。

## 5. 結論

交通安全対策の実施、交通施設の維持管理は各管轄部署の担当現場が独自に行っている。これらの業務に関わる情報は、管轄部署ごとに文章や図面形態で管理され、一貫性がない。さらに、施設の維持管理も個別になされており、総合的な施設管理はなされていない。そこで、本研究は、交通政策を実行するさまざまな部署がお互いの情報を共有することができるシステムの構築を目指した。

(1) Windows を基本とした交通 DATABASE 管理システムを開発した。

(2) 地形情報を効果的に利用するため、GIS を用いてシステムを構築した。システムには、検索、プレビュー、属性情報、図面管理等の機能が組み込まれている。また、簡単にシステムを利用できるようにメニュー形式で開発されている。

(3) 交通施設に関する情報が DATABASE 化され、統合管理されるので、情報の共有、活用効率も大きく増大することが期待される。また、各種の情報がリアルタイムで照会、更新されるので、最新情報に基づいた業務が展開できる。

(4) 数値地図を用いて交通事故状況を分析できるので、周辺の土地利用状況が事故発生に及ぼす影響を視覚情報として出力できる。都市形態の影響も事故発生要因として加えた分析を行うことができる。また、得られた結果から事故の発生状況、再現性の確認、危険箇所の抽出などをシステム上で検討でき、分析の再検討や地点別の特性の検討が体系的になされることが期待できる。

(5) DATABASE から情報の履歴も引き出すことができるので、過去に実施された安全対策の効果等も参照しながら、安全対策の立案をすることができる。

謝辞：本研究は日本学術振興会日韓科学協力事業共同研究および韓日共同研究（課題番号：20006-313-01-2）の支援を受けている。

## 参考文献

建設交通部[編], (1999), 道路安全施設設置および管理指針, 建設交通部.

道路交通安全協会交通科学研究院[編], (1997), 交通安全施設および交通事故発生地点情報化(GIS)構築法案の研究, 道路交通安全協会交通科学研究院.

車星烈(1994), 地形空間情報体系を利用した都市基盤施設管理に関する研究, 東亞大學校大学院博士學位論文

Bae Sang Hun, (1998), Korea Transport Institute research papers. <http://www.koti.re.kr>

ESRI, (1996), Building Applications with MapObjects, ESRI.

- Faber, B.G., (1998), Active Response GIS; For Resource Management Spatial Decision Support System. <http://www.dlibrary.go.kr>.
- Jeong Dae Hun, (2000), Analysis of knowledge information DATABASE construction, The National Digital Library. <http://www.dlibrary.go.kr>
- Kang Seng Pil, (1994), Korea Transport Institute research papers. <http://www.koit.re.kr>
- Kim Si Gon, (1994), Korea Transport Institute research papers. <http://www.koti.re.kr>
- Wing, M., (1999), Using GIS to Integrate Information on forest Recreation, Journal of forestry, Vol.97, No.1. <http://www.dlibrary.go.kr>.

## A STUDY ON DEVELOPMENT OF TRAFFIC DATABASE MANAGEMENT SYSTEM

Byung Joo LEE\*, Hirofumi IMADA\*\*, Moon NAM GUNG\*

\* Wonkwang Univesity, \*\* Kure University

Summary; In this paper, System that unifies and operates at one by 1) GIS, 2) Traffic Facility Information and 3) Traffic Accident Information, was realized for develop Traffic DATABASE Management System as a final object. For that, It was analyzed management states of Traffic Facility Information and Traffic Accident Information through field survey, and get informations for design a Traffic DATABASE Management System. We have designed Traffic DATABASE Management System's Logic that being based design information, realized each Traffic Facility System and Traffic Accident Management System based on Logic, and constructed a Traffic DATABASE Management System as unifying a realized system. Not developed promoted Traffic DATABASE Management system as grasping problems of system. The result of unification test, demands rapid processing of vast information emanating from the topography of land, its geo-spatial and facilities concerned, and calls for plan alteration and the maintenance, repairs and administration of the facilities. The GIS approach used in this study will greatly contribute in the improvement of planning and decision-marking processes.

Keywords; geographic information system, traffic facility, transportation system, traffic accident, database

—第6章—

DEVELOPMENT OF THE COMPUTER SYSTEM OF ROAD SAFETY  
AUDIT IN KANSEI ENGINEERING

Makoto Ichitsubo

Kure National Institute of Technology, Hiroshima, Japan

Hirofumi Imada

Kure University, Hiroshima, Japan

Moon Namgung

Wonkwang University, Chollabuk-do, Korea

Tatsuo Nishino and Mitsuo Nagamachi

Hiroshima International University, Hiroshima, Japan

# **ICIM' 2002**

**PROCEEDINGS OF THE SIXTH CHINA-JAPAN  
INTERNATIONAL CONFERENCE ON**

# **INDUSTRIAL MANAGEMENT**

**SEPTEMBER 16 – 18, 2002, X'PAN, CHINA**

**Edited by**

**Xia Guoping**

**Hirokazu Osaki**

**Sponsored by**

**Beijing University of Aeronautics and Astronautics (BUAA)**

**Japan Industrial Management Association Chugoku-Shikoku Branch (JIMA)**

**CHINA AVIATION INDUSTRY PRESS**

## **DEVELOPMENT OF THE COMPUTER SYSTEM OF ROAD SAFETY AUDIT IN KANSEI ENGINEERING**

Makoto Ichitsubo

Kure National Institute of Technology, Hiroshima, Japan, 7378506

Hirofumi Imada

Kure University, Hiroshima, Japan, 7370182

Moon Namgung

Wonkwang University, Chollabuk-do, Korea, 570749

Tatsuo Nishino and Mitsuo Nagamachi

Hiroshima International University, Hiroshima, Japan, 7240695

### **Abstract**

The road safety audit is to check out safety problems of new traffic schemes and to ensure a high level of safety for all users. The safety audit should be systematic operation of roadway to reduce future problems, including modifications of existing plan. There are few data and useful system for supporting road safety audit in Japan.

The goal of this paper is to develop the computer system of road safety audit, which is the effective monitoring and the evaluation system to estimate road safety activities for road users. This system is based on Kansei Engineering since the road users have such kinds of human feelings (Kansei) of "comfortable, safety and dangerous". Kansei Engineering is able to transfer these "Kansei" to the field of visual design. This system for safety audit is constructed by four sub-systems: visual information, evaluation, estimation and assessment sub-system. And we could obtain the databases of driving information to identify the relationship between traffic information and estimation of general users. The traffic specialists are able to ensure high safety using this system when road designers plan a road sign, cross slope and so on. We showed the case of the tunnel landscape on this system.

### **Introduction**

The road safety is a number of most important problems of a national plan because every year more than 1.17 million people die in road crashes around the world. The losses of road accidents undoubtedly inhibit the economic and social prosperity of countries. At that time we need to plan the road safety from the beginning and to reduce future accidents. The road safety audit system, which was established in U.K. in 1992, is a formal procedure for assessing accident potential and safety performance in the provision of new road schemes. This system is to ensure a high level of safety for all

users, and schemes for the improvement and maintenance of existing roads. As specialists with appropriate experience and training carry out the audit, results are reflected in new schemes and transport situation. It is important that this system should be systematic operation of roadway to reduce future problems. There are few database and computer system for supporting safety audit in Japan. In order for auditors to apply various information and situations, we need to develop the computer supporting system for safety audit.

Improving road safety requires investigating both the road designing and the human activities. The road users have such kinds of human feelings (Japanese; Kansei) of "comfortable, safety and dangerous". The sophisticated users desire intelligent traffic systems that match their own feelings of safety requirements.

We have Kansei Engineering (KE) that is an ergonomic technology of user-oriented product development[1] [2] [3] [4] [5] [6]. Kansei Engineering that was founded by M. Nagamachi in Japan aims to produce a new product based on the user's feeling and demand[7] [8]. And then we can easily use KE for application of the information system.

Accordingly, the goal of this paper is to develop the computer system of road safety audit, which is the effective monitoring and the evaluation system to estimate road safety activities for road users. This system for safety audit is constructed by four sub-systems: visual information, evaluation, estimation and assessment sub-system. And we could obtain the databases of driving information to identify the relationship between traffic information and estimation of general users. We showed the case of the tunnel landscape on this system. The experiments based on the semantic differential method (SD) are conducted to observe individual difference of the road views stimulated by the photographs. The data is obtained in this way provide us with a great deal of information concerning the emotional structure of view through the factor analysis, and the correlation between road elements and Kansei through the quantification theory type 2.

### Scheme of system of road safety audit

A schematic demonstration of road safety audit is showed in Fig.1.

First of all, the road project is designed based on traffic planning. The design elements of road are lane number, lane width, cant, vertical alignment, traffic sign and so on. Secondly, the effective monitoring is required to track progress of road safety activities and to estimate the safety efforts.

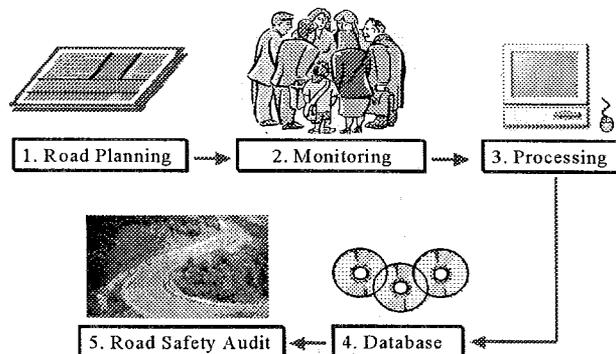


Fig.1 A schematic demonstration of road safety audit

Information including both physical and psychological data is the cornerstone of all road safety and is essential for the diagnosis of the traffic problem. Thirdly, we processed these data by computer in order to focus on road safety. Next, we have many databases for diagnosis, planning and evaluation. Finally, specialists of road safety audit use these databases for the improvement and the maintenance of a road.

A scheme of computer system of road safety audit is showed in Fig.2.

This system that mainly consists of Kansei Engineering expert system is the communication system based on collaborative work of designing through Internet. This system supports many users such as inhabit, designers and specialists with Internet. This

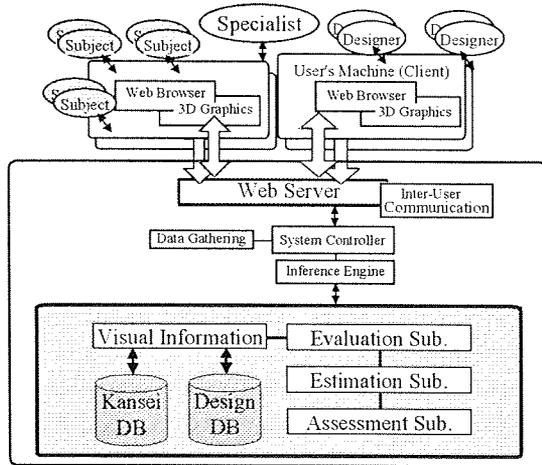


Fig.2 A scheme of computer system of road safety audit

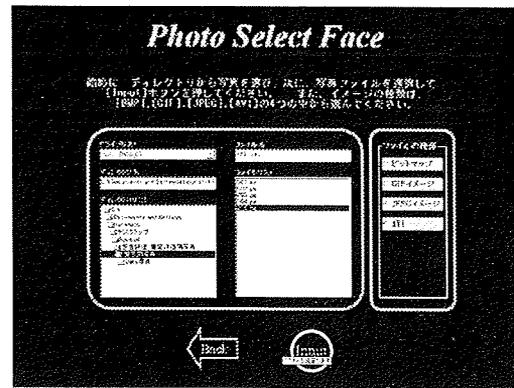


Fig.3 Visual information sub-system

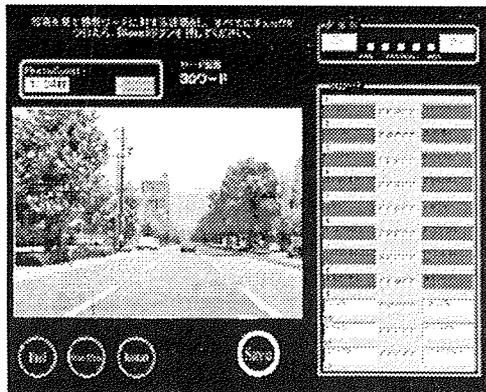


Fig.4 Evaluation sub-system

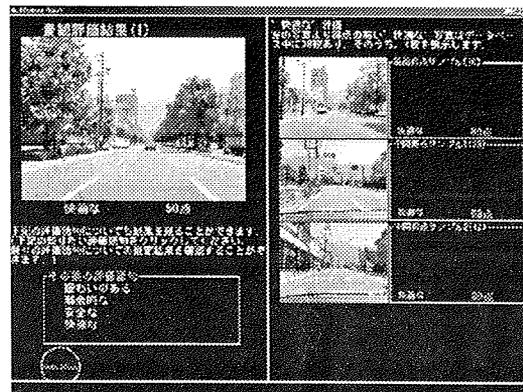


Fig.5 Assessment sub-system

meant that users who input Kansei into this system are able to see photos and video corresponding to each part of feeling. This system consisted of four sub-systems; visual information, evaluation, estimation and assessment sub-system.

Visual information sub-system has two databases; Kansei and design database. Kansei database consists of approximately 1,800 Japanese adjectives. Design database consists of some images such as photos, graphics, video image and animation. This sub-system represents both the Kansei and design image based each databases when users image the road condition (Fig.3). Those databases are very important in the improvement of the road.

Evaluation sub-system is prepared both Kansei and images. These images are displayed on the computer and the subjects evaluate each image on the scale of some adjectives pairs (Kansei), using this sub-system (Fig.4).

Estimation sub-system is analysis system. The obtained data provide us with a great deal of information concerning the emotional structure through the multivariate analysis, and the correlation between design elements and Kansei words.

Assessment sub-system shows information of road safety audit based on estimation. The new image could be offered safety score on this sub-system when you input the image and design elements corresponding to this (Fig.5). This system indicates more three images of the similar score of safety based on design database.

We can look at these system based on KE more closely in next section.

## Experimental procedures of tunnel landscape

We showed the experiment of safe audit of the tunnel landscape using this system (Fig.6).

Since we intended to investigate the improvement of tunnel entrance, the field of vision of sampling was reviewed in 60 degrees of driver. This is the most important vision from the front and is called the glare zone. Twenty-seven photographs (scenes) that had noticeable constituents of image were selected among 75 scenes of driver's views on highway, Japan. The constituents of road safety were 12 items; feeling of the speed, entrance design, occupation area of shadow into tunnel, occupation area of soiling on entrance, pictograph, green, entrance color, driver's age, driver's sex, driver's occupation, the use frequency of the highway and driver's career.

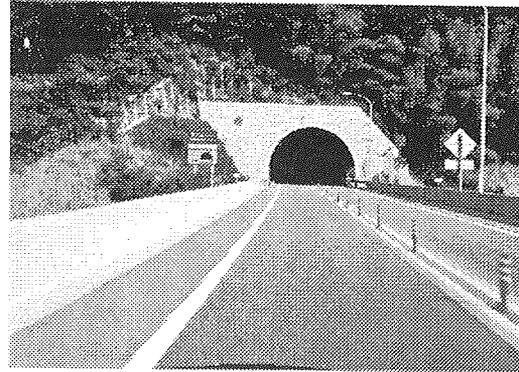


Fig.6 Tunnel landscape on highway

About 400 adjectives for the evaluation of driving was sampled from a number of past studies, we selected 8 pair adjectives to make the form using the semantic differential method. Eight feelings were "easy to drive", "easy to go into the tunnel", "easy to see inside the tunnel", "harmonious", "easy to see the tunnel entrance", "open", "Anxious about the entrance" and "Anxious about the brake".

The subjects were 27 adults (men and women from 20 to 50 years old having driver's licenses) living in Hiroshima Prefecture. The subjects evaluated each photo with semantic differential scale of each Kansei word.

## Results and discussion of tunnel landscape

By the results of the factor analysis (accumulated proportion 78.4%), the evaluation of individual tunnel was consisted of two emotional axes: anxiety and recognition. We paid attention especially in the road maintenance due to improve road safety. One result "Anxious about the entrance" of eight feelings was shown in the following.

The top five constituents of road safety were shown in adjective "Anxious" since the partial correlation coefficient was used to determine the rank.

The items felt "Anxious about the entrance" were as follows.

- 1) There was pictograph on all entrance area.
- 2) Driver's career was more than 10 years.
- 3) Entrance color was red and yellow.
- 4) Occupation area of soiling was more than 60%.
- 5) There was no feeling of the speed.

First and foremost, when there is pictograph on all entrance area, we felt it to be "Anxious about the entrance". In other words, when there is no pictograph on entrance area, we felt it to be "Safety". Secondly, when driver's career is more than 10 years, we felt it to be "Anxious about the entrance". We are anxious about the entrance when it gets accustomed to the driving. Next, when entrance color is red and yellow, we felt it to be "Anxious about the entrance". When there is no color on entrance area, we felt it to be "Safety". Next, soiling area and feeling of the speed are important element of safety audit.

In the other emotions (Table 1), we realized that “pictograph”, “driver’s career” and “entrance color” were important elements. Accordingly, we understood that these items were key factors to assess safety score on computer system, were critical points to improve road planning for road specialists.

The new photo of tunnel entrance was offered safety assessment on this system (Fig.7). The safety score of this tunnel landscape was shown 50 point on this system since there was colorful pictograph on all tunnel entrance.

As mentioned above, in considering the road safety audit, design elements of tunnel landscape and driver’s career were important. Thus, these results led to the conclusion that the road evaluation (safety audit) was influenced by compound interactions between road design elements and driver’s characteristics.

Table 1. Rank of Constituents

Rank (R2)	Anxious about the entrance (0.222)	Anxious about the brake (0.268)	easy to go into the tunnel (0.291)	harmonious (0.271)	easy to drive (0.288)	open (0.246)	easy to see the tunnel entrance (0.219)	easy to see inside the tunnel (0.239)
1	pictograph	pictograph	entrance color	entrance color	driver’s career	entrance design	driver’s career	shadow occupation
2	driver’s career	driver’s career	speed	entrance design	entrance color	entrance color	shadow occupation	speed
3	entrance color	entrance color	driver’s career	pictograph	pictograph	pictograph	use frequency	pictograph
4	soiling occupation	speed	pictograph	driver’s career	speed	driver’s career	entrance design	entrance color
5	speed	entrance design	use frequency	occupation	soiling occupation	shadow occupation	entrance color	soiling occupation

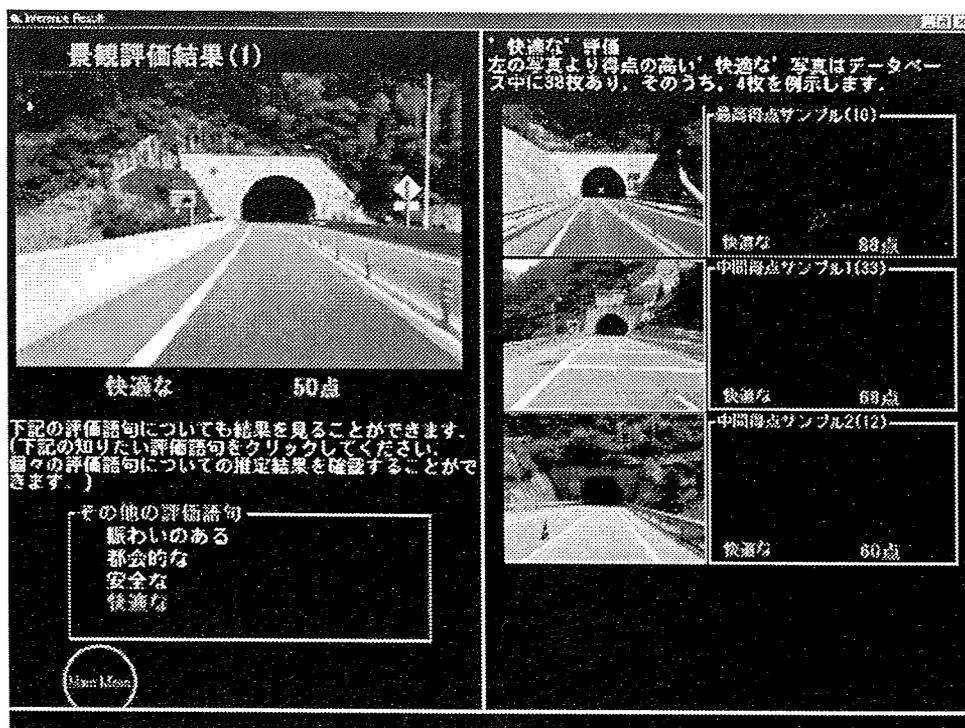


Fig.7 Safety audit of tunnel landscape on highway

## Conclusions

Conclusions were summarized as follows within the scope of this work.

We could develop the computer system of road safety audit in Kansei Engineering. We constructed Kansei and design database as one of the road safety databases. This system offered safety score in considering road safety. We understood that “pictograph”, “driver’s career” and “entrance color” were important elements in the experiment of the tunnel landscape.

We understood that the road safety audit was influenced by compound interactions between road design elements and driver’s characteristics.

## Acknowledgment

This work was supported by grant No. 20006-313-01-2 from the Japan-Korea joint research program. The authors wish to convey their gratitude to graduated student Yasuo Tanimoto and Hiroaki Maruoka of Kure National Institute of Technology for their support.

## References

1. Makoto Ichitsubo, Tatsuo Nishino and Mitsuo Nagamachi. An Application of Kansei Engineering to Public Works, *Journal of Design and Manufacturing Automation*, CRC-Press Inc. (2001). 846-851
2. Makoto Ichitsubo, Koji Komatsu, Shigekazu Ishihara, Tatsuo Nishino and Mitsuo Nagamachi. A Kansei Engineering Analysis on Bridge Landscape of the District Landmark, *Proceeding of The International Conference on Affective Human Factors Design*, Asean Academic Press, London (2001). 116-123
3. Makoto Ichitsubo, Koji Komatsu, Kazuo Takemura, Mitsuo Nagamachi, Yasuo Tanimoto, Shigekazu Ishihara and Tatsuo Nishino. A Study on Designing for finding The Shape Beauty of a Bridge, *The Fifth China-Japan International Symposium on Industrial Management* (2000). 228-233
4. Hirofumi Imada and Moon Namgung. Some Problems of Computer Support Systems for Road Safety Audit –The Present Situation of Great Britain and Introduction into Japan-, *Journal of the Faculty of Social Information Science*, Kure University 6(2000). 99–111 (in Japanese)
5. Makoto Ichitsubo, Koji Komatsu, Kazuo Takemura, Tatsuo Nishino and Mitsuo Nagamachi. Fundamental Study on Design Characteristics of Arched Bridge, *Kansei Engineering II* (1999). 95–102
6. Makoto Ichitsubo, Mitsuo Nagamachi, Kenji Kawai and Ei-ichi Tazawa. A Study on the application of Kansei Ergonomics to Concrete Maintenance, *Proceedings of the fourth China-Japan International Symposium on Industrial Management* (1998). 67–70
7. Mitsuo Nagamachi (Ed.),. *Kansei Products Engineering*, Kaibundo Publisher (1996). (in Japanese)
8. Mitsuo Nagamachi: *Kansei Engineering Story*, Japan Standard Association (1995).

— 第 7 章 —

Construction Method of Traffic Accidents Prediction Model  
for Safety Evaluation at Intersections

Kim Won Chul, Lee Soon Beom, Namgung Moon and Hirofumi Imada

## 교차로 안전진단을 위한 교통사고건수에측모델화 수법에 관한 연구

Constructing Method of Traffic Accidents Prediction Model for  
Safety Evaluation at Intersections

김원철\* · 이수범\*\* · 남궁문\*\*\* · 今田寬典\*\*\*\*

Kim, Won Chul · Lee, Soo Beom · Namgung, Moon · Hirofumi Imada

## Abstract

Traffic accidents are occurred by interaction of road environmental factors, human and vehicle factors. Especially, it is known that intersections are the most dangerous section on road and the predictions of traffic accident at these sections are needed. As an approach to solve these problems, to estimate the number of traffic accidents that used for evaluating the safety and selecting the improvement business ranking of intersections. In these case, the most important thing is that constructing the prediction model of number of accidents which has highly hit-ratio. This paper, to evaluate the safety of intersections, makes four prediction models to estimate the number of traffic accidents with Multiple Regression Theory, Quantification Theory, LISREL Theory and Fuzzy Reasoning Theory. As applied the constructed prediction model to four intersections, prediction model with Fuzzy Reasoning Theory is the most appropriate than others which have been used to evaluate the safety and to select the alternatives for implement business of intersections.

*Keywords* : traffic accidents, multiple regression theory, quantification theory, LISREL theory, fuzzy reasoning theory

## 요 지

교통사고는 도로 환경적 요인, 인적 요인, 차량적 요인의 상호작용으로 발생되며, 교차로에서 발생하는 교통사고는 그 발생빈도가 높아 이에 대한 적절한 대비가 요구되고 있는 실정이다. 이러한 문제를 해결하기 위한 하나의 수단으로써, 교통사고건수를 예측하여 교통사고 발생의 잠재성을 갖는 교차로에 대한 시설투자 우선 순위 선정 및 안전진단에 활용한다. 여기서 중요한 것은 정도높은 교통사고 예측모형을 구축하는데 있다. 이에 본 연구에서는 전주시 백제로축상의 교통사고 잦은 교차로를 연구지로 선정하여 다중회귀이론, 수량화이론, 구조방정식이론, 퍼지추론이론 등을 통하여 이론의 적용성을 평가하고 교통사고건수에측모델을 구축한 후 사례분석을 통하여 각각 모델간의 재현성을 확인하였다. 사례분석 결과, 퍼지추론에 의한 교통사고건수에측모델의 재현성이 다른 교통사고건수에측모델에 의한 결과보다 정도가 높은 것으로 분석되었다.

**핵심용어** : 교통사고, 다중회귀이론, 수량화이론, 구조방정식이론, 퍼지추론이론

\*정회원 · 한양대학교 첨단도로연구센터 연구원(E-mail: wc76@hosanna.net)

\*\*정회원 · 교통개발연구원 교통계획연구부 도로교통연구팀장(E-mail: sblee@koti.re.kr)

\*\*\*정회원 · 원광대학교 토목환경공학과 부교수(E-mail: ngmoon@wonkwang.ac.kr)

\*\*\*\*日本 吳大學社會情報學部 社會情報學科 教授(E-mail: imada@ondo.kure-u.ac.kr)

# 1. 서 론

## 1.1 연구의 배경 및 목적

자동차는 우리에게 편리함과 경제적 이득을 주지만 교통사고, 교통체증, 대기오염, 주차문제 등과 같은 부정적인 측면의 교통문제를 유발하기도 한다. 이중에서, 교통사고는 보행자와 차량간의 상충 기회가 잦고 교통류의 흐름이 교차하는 교차로에서 많이 발생되며, 사고로 인한 손실은 사고당사자는 물론 국가 경제에도 많은 영향을 미친다. 이러한 교차로에서 발생하는 교통사고를 줄이기 위한 방안으로 교차로안전진단을 실시하고, 시설투자 우선순위의 대안제시를 합리적이고 체계적인 방법으로 할 수 있는 기준이 필요한 것이 현실의 과제일 것이다.

사고발생요인과 교통사고와의 관계를 규명하기 위한 연구로서는 도로환경적 요인으로 바람의 속도와 Visibility Level의 변화가 차량속도에 미치는 영향에 관한 Wei Lien Liang 등(1998)의 연구가 있으며, 공간자기회귀모형을 이용하여 고속도로 교통사고 분석에 관한 강 경우(1997)의 연구가 있다. 또한, 이산적으로 분포되어있는 사고요인의 특성을 고려하여 교차점에서의 사람대차량사고대책에 관한 연구를 수행한 門田博知 등(1976)의 연구가 있다. 교통사고의 잠재적 요인을 규명하기 위한 연구로는 운전자가 느끼는 도로의 이미지적 항목들에 대한 구조방정식 적용에 관한 清水哲夫 등(1993)의 연구가 있다.

지식공학의 적용에 관하여 살펴보면 1980년대 이후 인공지능 분야 중에서 조사분석 과정시에 의사결정을 지원하기 위한 CBR(Case-Based Reasoning)의 연구가 진행되어 왔다. CBR은 지식베이스 시스템(Knowledge-Based Systems) 또는 전문가 시스템(Expert System)으로 알려져 있으며 과거의 경험을 추론함으로써 현재의 어떤 문제를 해결하는데 사용되는 방법이다. 교통분야에서는 ITS(Intelligent Transportation System) 분야에 이용되고 있지만, 이러한 접근이 아직까지 교통안전분야에서는 크게 활용되지 않고 있는 실정이다.

또한, 도로안전분석을 행할 때 과거의 사례를 활용함으로써 어떤 문제를 쉽게 해결할 경우도 있지만, 교통사고 발생시에 조사원에 의해 데이터가 수집되기 때문에 신뢰도가 낮아지는 경우가 발생하곤 한다. 이러한 경우에는 교통사고의 주원인을 명확히 찾아내기

가 어렵기 때문에 데이터의 불확실한 상태를 인정하면서 기록된 데이터를 활용할 수 있는 분석법이 필요하다.

이러한 상황하에, 본 연구에서는 전주시 교통사고다발지점 교차로를 대상으로 교통사고의 원인이 되는 다양한 요인들이 교통사고에 어느 정도 영향을 미치고 있는지에 대하여 교통안전분야에서 자주 사용되어 오던 다중회귀이론, 수량화이론 적용하여 교통사고건수 예측모델을 구축하였다. 또한, 교통사고의 잠재적 요인의 규명을 위해 구조방정식모델(LISREL이론)을 적용하여 교통사고건수예측모델을 구축하였고 데이터의 불확실성 상태를 합리적으로 처리할 수 있는 퍼지추론이론을 적용한 후 교통사고건수예측모델을 구축하였으며, 사례연구를 통하여 구축된 교통사고건수예측모델의 재현성을 확인하였다.

## 1.2 연구방법 및 연구대상 교차로 특성

그림 1은 본 연구를 수행하기 위한 공간적 범위이며, 전주시 백제로축상에 위치한 7지점 4지 신호교차로와 주요 도로망을 나타낸 것이다. 특히, 이들 7지점 교차로들은 교통규제적 특성과 교통시설적 특성(신호현시, 횡단보도 유무, 중앙선 시선 유지봉, 보차 보도 시설, 교통류 특성의 변화와 시설 설치 유무)이 거의 유사한 지역으로 구성되었기 때문에 본 연구에서는 교차로의 형태적 특성에 분석의 초점을 둔 것이 아니라, 백제로축상 7지점 교차로에서 발생한 교통사고의

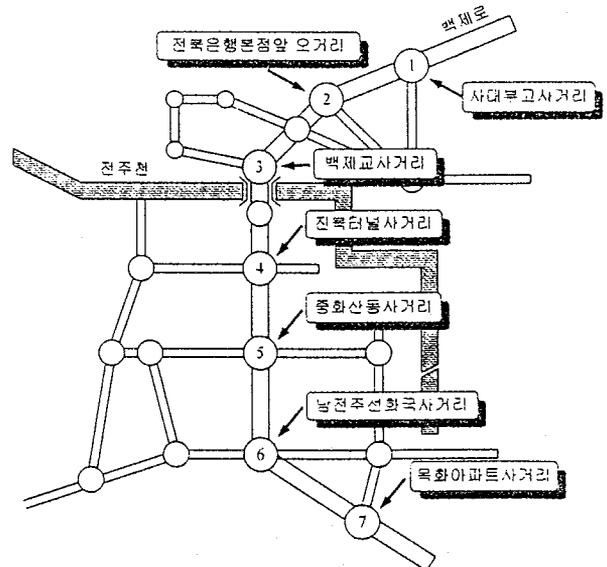


그림 1 연구 대상지역 교차로

특성에 중점을 두어 연구를 수행하였다.

## 2. 기본이론

본 장에서는 교통사고예측모형화에 사용된 이론의 기본개념을 개략적으로 기술한다.

### 2.1 다중회귀이론

다중회귀분석법은 독립변수와 종속변수의 선형 (Linearity) 관계를 파악하는 분석기법으로써 독립변수와 종속변수의 관련성의 강도와 독립변수 값의 변화에 따른 종속변수 값의 변화를 예측하는데 사용되는 분석수법이다. 다중회귀분석의 목적은 선형회귀방정식을 도출하여 종속변수를 예측하는데 있으며 결정계수  $R^2$ 을 통하여 구축된 모형의 적합도를 검토할 수 있다.

### 2.2 수량화이론

외측기준  $Y$ 의 발생을 예측하기 위해서 그 현상에 관련된  $m$ 개의 항목(Item)을 몇 개의 카테고리(Category)로 구분한다. 이에 해당하는 설명특성( $X_1, X_2, \dots, X_m$ )들이 측정될 때, 이 설명특성  $X_j$ 에 기초하여 목적의 특성 수량  $Y$ 를 예측하거나, Item·Category의 요인분석을 행하기 위한 방법으로 이산적 데이터를 활용한 분석방법이 수량화이론 제 I류이다. 이 분석방법은 설명특성  $X_j$ 가 수량 즉, 연속적인 값을 취할 때의 중회귀분석과 호응된다고 말할 수 있다. 이를 식으로 표현하면, 교차점  $i$ 의 외생변수  $y_i$ 를 사고건수, 설명변수(요인)을 교차로의 특성  $x_{jki}$ 라 가정하면,

$$y_i = \sum \sum a_{jk} x_{jki} + \varepsilon_i \quad (1)$$

의 선형관계가 성립된다.

- $x_{jk}$ : 1:  $j$ 의  $k$  카테고리에 반응하는 경우
- $x_{jk}$ : 0:  $j$ 의  $k$  카테고리에 반응하지 않는 경우
- $\varepsilon$ : 오차(Error)

### 2.3 구조방정식(LISREL) 이론

구조방정식모델(LISREL)은 최근 인간행동과학(Human Behavioral Science)이나 사회과학(Social Science)의 사회과학분야에서 유용하게 응용되고 있다.

구조방정식모델 기법의 특징으로는 여러개의 방정식을 동시에 추계할 수 있기 때문에 다양한 분석이 가

능하므로 선형인과분석, 경로해석, 구조방정식모델, 의존분석, Cross-Log-Panel 상관기법 등이 가능하는 점이다.

구조방정식 모델은 추측되는 원인과 결과를 나타내는 지표에 대하여 그것들을 포괄한 현상을 특정화하는 것에 있으며, LISREL(LInear Structural RELationship)의 전체모델은 다음 세가지 식으로 나타낼 수 있다.

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta \quad (2)$$

여기서,  $\eta$ 는 잠재내생변수 벡터,  $\xi$ 는 잠재외생변수 벡터이다.  $B, \Gamma$ 는 계수 행렬,  $\zeta$ 는 우연오차를 표시하는 벡터이다.  $\eta$ 와  $\xi$ 는 실제로 관측되지 않는 변수로서, 관측되는 변수 벡터  $y$ 와  $x$ 에 의해서 다음 식으로 표시된다.

$$y = \Lambda\eta + \varepsilon \quad (3)$$

$$x = \Lambda\xi + \delta \quad (4)$$

여기서,  $\Lambda$ 는 계수 벡터,  $\varepsilon, \delta$ 는 오차항이다.

### 2.4 퍼지추론이론

퍼지이론은 1965년 미국 버클리 대학의 자데(Lofti A. Zadeh) 교수에 의해 처음 소개되었으며 일본 및 유럽에서 활발하게 연구되어 응용되고 있는 학문이다.

확실한 경계가 규정되지 않은 개념의 불확실성(Vagueness)을 다루는 퍼지추론은 몇가지 퍼지명제로부터 어느 한가지 명제를 끌어내는 추론법이고 인간이 행하고 있는 추론과 상당히 비슷하다는 점에서 많은 관심을 받아왔다. 또한, 퍼지제어, 엑스퍼트시스템, 의사결정 등의 분야에서도 중요한 역할을 하고 있다. 퍼지추론의 개념은 그림 2와 같이 표현할 수 있고 퍼지추론을 위한 일반적인 규칙의 형식은 "IF  $A_i$  THEN  $B_i$ "으로 구성되며 전건부의  $A_i$ 를 가지고 있는 모든 규칙  $i$ 와 입력값  $A^*$ 와 합치하는 부분을 통하여 결과인  $B^*$ 로 나타난다. 추론구조는 각 규칙에 대해 현재의 입력값이 규칙에서 요구하는 표준 입력값과 정확하게 맞지 않더라도 이 입력값을 적용할 수 있도록 도와주고 근사적인 결과를 유도하게 된다. 여기에서 결과값은 모든  $B^*$ 의 조합에 의하여 만들어지며 최종적으로 모든 규칙의 결과값은 비퍼지화(Defuzzification) 되어 하나의 실수(Real Value)로 최종적인 의사결정이 도출된다.

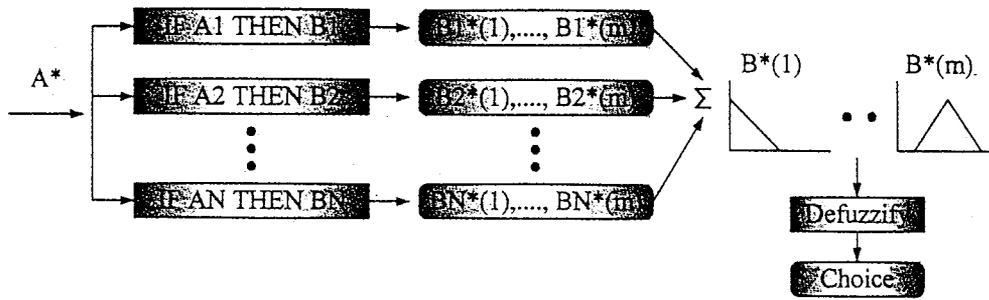


그림 2 퍼지추론에 의한 의사결정 과정

### 3. 교통사고요인 설명

#### 3.1 교통사고요인 정의

연구 대상지에서 발생한 교통사고의 요인으로써 교통량, 주행차량 속도, 종단구배, 교통섬 유무 등을 고려하여 분석을 행하였으며, 이러한 사고요인들을 선정하기 위해서는 교통사고발생에 가장 많은 영향을 주는 요인순으로 사고요인을 구분한 뒤, 요인간의 상관관계를 고려하여 상관성이 큰 변수들에 대해서는 상호간의 값을 비교하여 그 값이 큰 변수를 요인으로 채택하였다. 또한, 기존 문헌과 자료를 통하여 연구대상지에서 고려될 수 있는 교차로의 기하학적 구조, 교통규제시설 등의 요인들도 함께 고려하였다.

##### 3.1.1 교통량

교통량은 도시의 발전경향과 시가화의 상황, 토지 이용과 교통량 증감에 따라 교통밀도, 주행속도에 밀접한 관련을 맺고 있기 때문에 운전자의 심리에 영향을 주는 요소라 할 수 있다. 또한, 교통량이 증가하여 교통상황이 복잡하게 되면 운전자 상호간의 의사소통에 무리가 따르게 되고, 운전자의 감정을 자극하여 공격적 감정표출 및 공격적 행동으로 인한 사고를 유도하는 유발요인이 되기도 한다.(이순철, 2000) 따라서, 본 연구에서는 사고요인인 교통량에 대해 년평균 일교통량(AADT : Annual Average Daily Traffic)을 이용하였다.

##### 3.1.2 주행차량 속도

차량의 속도는 교통량, 차선 수, 도로 폭원, 대형차량 혼입률, 시거, 종단구배, 횡단구배 등에 따라 달라지게 되며, 속도가 증감함에 따라 운전자의 지각시간, 인지시간, 판단시간, 운동반응시간 등이 줄어들게 되어 위급한 상황이나 돌발 상황에서 운전자는 올바른 대처를 하지 못할 때 사고의 위험은 높아진다.

#### 3.1.3 도로의 종단구배

종단노선은 도로의 경사나 Vertical Curve를 포함하는데, 특히 Roy Jorgensen 등(1978)과 Organisation for Economic Cooperation and Development(1976)에 의하면 Upgrade나 Downgrade를 포함한 경사지에서 사고율이나 심각도가 증가한다고 보고하였다. 또한, Transportation Research Board(1987a)의 보고에 의하면, 종단구배(Crest, Sag, Grade)에 의한 시거확보의 부족으로써 발생한 사고가 경사가 고려되지 않는 지역에서보다 52% 정도 높게 발생했다고 보고 하였다. 이렇듯, 사고에 많은 영향을 미치는 요인으로써 도로의 종단구배를 분석에서 고려하기 위해서는, 도로의 경사도나 Curve를 동시에 고려하는 방안이 강구되어야 할 것이다.

#### 3.1.4 교통섬 유무

교통섬을 이용한 도류화 설계는 교차로에서 우회전, 좌회전 및 직진 차량을 그 통행하는 차로에 따른 일정한 통로로 통과하도록 유도하여 차량이 차도 가득히 무질서하게 움직이는 것을 방지하여 차량을 안전하고 원활하게 통행할 수 있도록 통행을 확보하기 위해 설치되며, 보행자에게 안전한 도로횡단과 보도횡단의 기회를 부여하기 위해 설치되는 교통안전 시설물이다.

### 3.2 설명변수 분류 및 설정

사고데이터를 분석하기 위해서, 설명변수(사고요인)들이 사고발생시 사고에 영향을 주는 상황을 동시적으로 고려하여 요인들에 대하여 각각의 경우를 조합하여 표 1과 같이 각 Item별로 Category화한 후, 데이터 Set을 만들었다. 그 후, 각각의 Set화에 대한 빈도분석을 실시하여 Category화에 해당하는 빈도수와 유효 퍼센트(%)양을 수록하였다.

표 1 설명변수의 속성별 분석표

속성 Item (번호)	설명변수(이산적 데이터)										목적변수 사고건수
	교통량 (1)			차량속도 (2)		종단구배 (3)			교통섬유무 (4)		
Category	1	2	3	1	2	1	2	3	1	2	00 건
범위	130000 이하	130000 ~ 148000	148000 이상	40km 이하	40km 이상	Grade	Crest	Sag	무	유	
set 수	7	4	4	7	8	7	2	6	6	9	
퍼센트(%)	46.7	26.7	26.7	46.7	53.3	46.7	13.3	40.0	40.0	60.0	
set 1	√			√			√			√	00
set 2			√		√			√	√		00
set 3		√		√			√		√		00
⋮		⋯			⋯		⋯			⋯	⋮
set n		√		√		√				√	00

#### 4. 교통사고건수예측모델 개발

##### 4.1 다중회귀이론에 의한 교통사고건수예측모델

교통량, 차량속도, 종단구배, 교통섬유무 등과 같은 요인들이 교차로 교통사고에 대하여 어느정도 관련이 있는지를 알아보기 위해 다중회귀이론을 통하여 모형을 구축하였다. 모델 구축 결과, 분석하고자 하는 설명변수들이 주어진 가정사항을 잘 만족하고 있는지를 검증하기 위한 방법인 적합도 검정(Goodness of Fit)에는 결정계수( $R^2$ ) 값과 분산분석의 검정통계량  $F$  값을 사용하였는데, 결정계수는 모델을 설명하는 설명변수의 수가 많을수록 자연스럽게 증가하는 성질이 있으므로 본 연구에서는 이러한 경향을 수정하기 위한 방법으로 수정결정계수(Adjusted  $R^2$ ) 값을 모델 검정계수로 사용하였다.

분산분석의 검정통계량  $F$  값은 위험을 10%에서 유효한 것으로 분석되었으며, 종속변수와 설명변수간에 선형관계가 있는지 여부를 판단하기 위하여  $t$  값을 이용하였다. 모든 설명요인들과 종속변수와의 관계를 분석하기 위한 방법과 수량화이론 제 I류와의 결과를 비교하기 위한 방법으로 Enter법을 이용하여 교통사고건수예측모델구축 결과 차량속도 변수만 위험률 5%에서 유의한 것으로 분석되었다. 또한, 모델을 설명하는 수정결정계수( $R^2$ ) 값이 29.9%인 것으로 분석되었다.

또한, 교통량이 많을수록, 차량의 속도가 40 km 이상일 때, 종단구배가 Grade보다 Crest Curve나 Sag Curve일 경우, 교통섬이 설치되지 않은 경우에 사고가

일어날 가능성이 높다는 것을 알 수 있었다.

##### 4.2 수량화이론에 의한 교통사고건수예측모델

다중회귀이론을 이용하여 교통사고건수예측모델을 분석한 것과 같이 동일한 4개의 설명요인을 대상으로 수량화이론 제 I류를 이용하여 교통사고건수예측모델을 구축하였다. 사고건수를 외측기준으로 하여 분석을 행한 결과 각각 요인들의 상대적 중요도, Item과 Category의 수량, Item의 범위, 중상관계수, 평균예측오차 등의 평가지수를 구할 수 있었다. 분석결과, 각각 Item별 항목에 대하여 Category화가 제대로 되어 있는지를 확인하기 위해 Akaike Information Criterion (AIC)에 의한 독립성 검증을 실시하였다.

###### 4.2.1 AIC에 의한 Item별 독립성 검증

교통사고예측모형 추정을 위해, 사고건수를 대상으로 하여 독립성 AIC에 의한 독립성 검증을 실행한 결과,  $AIC(M1)-AIC(M0)$ 의 결과값이 0보다 크다는 분석결과를 얻었다. 이러한 결과를 통하여, 각각 Item별 항목에 대한 Category화는 합리적으로 되어 있다고 판단할 수 있다.

###### 4.2.2 교통사고건수예측모델 구축

수량화이론 제 I류에 의해 교통사고건수예측모델을 구축한 결과, 사고요인들이 분석된 모델을 얼마나 잘 설명하는지의 여부를 판단할 수 있는 계수인 결정계수를 구할 수 있었다. 모델의 분석결과에서 Item의 범위(Range)의 값이 크면 클수록 요인의 중요도는 높아지게 된다.

표 2 Enter법을 이용한 교통사고건수예측모델의 분산분석표

속 성	잔차제곱합	자유도	평균제곱	분산비	유의도
선형회귀	443.676	4	110.919	2.491	0.101
잔차	445.257	10	44.526		
합계	888.933	14			

표 3 Enter법을 이용한 교통사고건수예측모델 분석 결과

속 성	계수	표준오차	베타	t	유의도
상수	-5.415	9.557		-0.567	.583
교통량	2.369	2.128		1.113	.292
차량속도	9.535	3.474	.256	2.7453	.021
종단구배	2.366	1.928	.618	1.227	.248
교통섬유무	-2.069	3.715	.285	-0.557	.590
설명력	0.499(0.299)				

(\*은 수정결정계수 값임.)

표 4 AIC에 의한 Item별 독립성 검증표

AKAIKE INFORMATION CRITERION (AIC)					
ITEM NO.	AIC (M1) - (M0)	INDEP. OR DEP.	CHI SQUARE	FREEDOM	SIGNI. LEVEL
0 1AND 2	3.923	IND.	0.7653E-01	2	0.962
0 1AND 3	4.471	IND.	2.755	4	0.600
0 1AND 4	3.276	IND.	0.7143	2	0.700
0 2AND 3	3.923	IND.	0.7653E-01	2	0.962
0 2AND 4	1.955	IND.	0.4464E-01	1	0.833
0 3AND 4	1.009	IND.	2.302	2	0.316

표 5 수량화이론 제 1 류를 이용한 교통사고건수예측모델 구축 결과

순위	Item	Category	Parameter	범위
1	차량속도	40km/h 미만	-5.27273	9.88636
		40km/h 이상	4.61364	
2	종단구배	Grade	-2.98258	8.64773
		Crest	5.66515	
		Sag	1.59129	
3	교통량	13만대이하	-3.43939	6.94886
		13만대~14.8만대	3.50947	
		14.8만대이상	2.50947	
4	교통섬유무	무	1.69432	2.82386
		유	-1.12955	

Correlation Coefficient : 0.76910

외적기준: 교통사고건수

사고건수를 외적기준으로 하여 교통사고건수예측모델을 구축한 결과, 종속변수와 설명변수간의 Correlation Coefficient는 76.910%였으며, Estimation Error는 4.92016으로 분석되었다. 또한, Item의 범위

는 차량속도, 종단구배, 교통량, 교통섬유무 순으로 나열되었다. 특히, 차량속도 40 km이상인 경우, 종단구배가 Crest Curve인 경우, 교통량이 130000~148000대인 경우, 교통섬이 설치되지 않을 경우에 교

통사고가 많이 발생하며, 차량속도 40 km이하, 도로의 종단구배가 Crest Curve나 Sag Curve가 아닌 Grade 한 경우, 교통량이 130000이하인 경우, 교통섬이 설치되어 있는 경우 사고가 적게 발생하는 것을 분석된 내용으로 보아 판단할 수 있다.

### 4.3 LISREL 이론에 의한 교통사고건수예측모델

#### 4.3.1 경로도형의 구성개념과 구조방정식

교통사고예측모델의 기본적인 개념을 파악하기 위한 경로도형을 설정하기 위해서 먼저 식(5~7)과 같이 방정식을 구축하고 방정식에 표시된 대로 가정 모형에 대한 경로도형을 그린 것이 그림 3이다.

$$\eta = \begin{pmatrix} \gamma_1 \\ \gamma_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \end{pmatrix} + \zeta \quad (5)$$

$$y = \eta + \varepsilon \quad (6)$$

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda_{11} & 0 \\ \lambda_{21} & 0 \\ 0 & \lambda_{32} \\ 0 & \lambda_{42} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \\ \delta_4 \end{pmatrix} \quad (7)$$

그림 3의 경로도형을 하부구조부터 차례로 설명해 보면,  $X_1$ 과  $X_2$ 는 외생변수로서 교통량과 차량속도를 나타내고  $X_3$ 과  $X_4$ 는 종단구배와 교통섬의 유무를 나타낸다.  $\xi_1$ ,  $\xi_2$ 는 잠재변수로서 각각 교통현황과 도로의 기하구조를 나타내고,  $\delta$ 는 관측치와 잠재치의 측

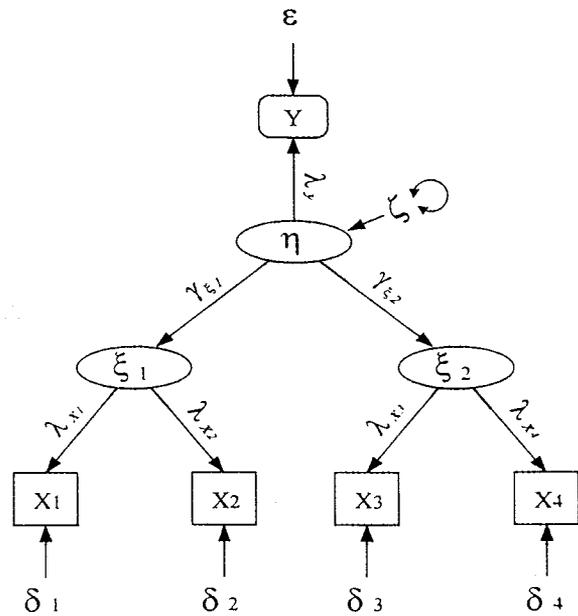


그림 3 가정 모델의 경로도형

정오차를 나타낸다. 그리고 이러한 요인들에 의해 결정되어지는 것이 사고 위험성이며 이들은 내생변수 Y에 영향을 미친다. ε은 δ와 같이 측정오차를 나타낸다. 가정 모형에 대한 경로도형의 결과를 바탕으로 모델을 추정한 결과를 표 6에 나타내었다. 모델의 적합도를 종합적으로 고려해볼 때, 추정된 모형은 적절한 모델이라고 할 수 있다. 모델 추정 결과, 교통사고에 미치는 영향은 도로의 기하구조적 측면보다 교통현황 측면이 더 높은 것으로 분석되었다.

표 6 교통사고건수예측 LISREL 모형의 추정계수

계수	추정치(t값)	표준화 추정치	계수	추정치(t값)	표준화 추정치
$\lambda_y$	0.563 (1.311)	1.000	$\Phi_2$	0.420 (0.604)	
$\chi_{\xi_1}$	2.098 (4.800)	0.967	$\Psi$	0.000 (0.000)	0.000
$\chi_{\xi_2}$	0.706 (0.496)	0.256	$\varepsilon$	0.000 (0.000)	0.000
$\lambda_{x_1}$	0.305 (0.823)	0.251	$\delta_1$	0.937 (2.664)	0.968
$\lambda_{x_2}$	0.739 (1.272)	0.609	$\delta_2$	0.630 (1.181)	0.793
$\lambda_{x_3}$	1.543 (1.292)	1.000	$\delta_3$	0.000 (0.000)	0.000
$\lambda_{x_4}$	0.362 (0.386)	0.235	$\delta_4$	0.945 (2.449)	0.972
$\Phi_1$	0.678 (1.458)				
$\chi^2$				2.4559 (0.1171)	
GFI				0.9303	
AGFI				0.9101	
RMR				0.0892	

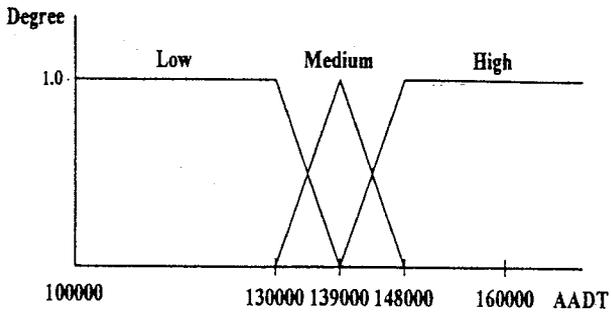


그림 4 교통량 멤버십 함수

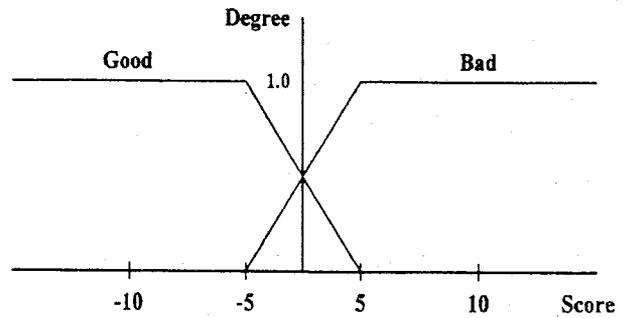


그림 6 교차로 부대상황 멤버십 함수

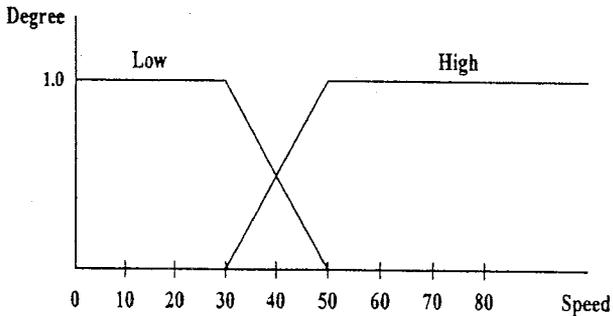


그림 5 차량속도 멤버십 함수

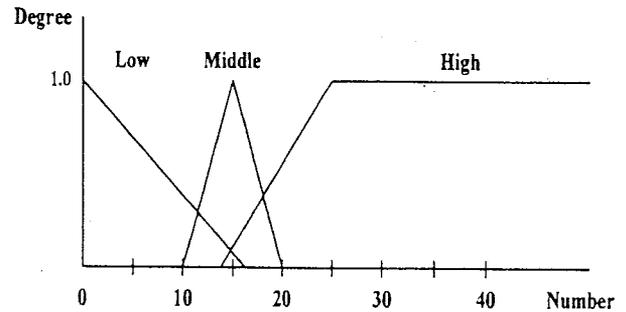


그림 7 사고건수 멤버십 함수

#### 4.4 퍼지추론이론에 의한 교통사고건수예측모델

##### 4.4.1 퍼지적용을 위한 멤버십 함수 작성

퍼지추론을 적용하기 위해서 입력변수로는 교통량, 차량속도, 교차로의 부대상황을 출력변수로는 교통사고 건수를 이용하여 멤버십 함수를 작성하였다. 그림 4~6은 교통량, 차량속도, 교차로의 부대상황을 나타내는 멤버십 함수이고 그림 7은 교통사고건수의 멤버십 함수를 나타낸 그림이다. 교통량은 년평균일교통량(AADT)를 이용하여 {Low, Medium, High}인 3개의 멤버십 함수로, 차량속도는 사고발생 당시 사고 당사자가 주행하였던 주행속도를 {Low, High}인 2개의 멤버십 함수로 작성하였다. 교차로의 부대상황은 중단

구배와 교통섬 유무의 변수를 이용하여 {Good, Bad}로 작성하였는데, 이를 위해 수량화 분석 결과 각 카테고리 점수를 조사결과에 곱하여 각 항목을 더함으로 교차로 부대상황 변수를 계산하였다

##### 4.4.2 연산방법

표 7은 퍼지추론의 연산을 위해 작성된 12가지의 IF-THEN 규칙을 나타낸 것이다. 퍼지규칙은 단순하고, 간단하며 일반적인 상식에 대응되는 규칙을 사용하였다. 즉, “교통량이 많고 차량속도가 빠르고 교차로 부대상황이 좋지 않으면 교통사고발생건수는 높아진다.” “교통량이 적고 차량속도가 트리고 교차로 부대상황이 좋으면 교통사고발생건수는 낮아진다.” 등에

표 7 퍼지추론을 위한 IF-THEN 규칙(Rules)의 표현

If (volumn is low) and (speed is low) and (situation is Good) then (accidents is low)
If (volumn is low) and (speed is high) and (situation is Good) then (accidents is low)
If (volumn is low) and (speed is low) and (situation is Bad) then (accidents is low)
If (volumn is low) and (speed is high) and (situation is Bad) then (accidents is high)
If (volumn is medium) and (speed is low) and (situation is Good) then (accidents is low)
If (volumn is medium) and (speed is low) and (situation is Bad) then (accidents is middle)
If (volumn is medium) and (speed is high) and (situation is Good) then (accidents is middle)
If (volumn is medium) and (speed is high) and (situation is Bad) then (accidents is high)
If (volumn is high) and (speed is low) and (situation is Good) then (accidents is low)
If (volumn is high) and (speed is low) and (situation is Bad) then (accidents is high)
If (volumn is high) and (speed is high) and (situation is Good) then (accidents is high)
If (volumn is high) and (speed is high) and (situation is Bad) then (accidents is high)

표 8 교차로별 실제 사고건수와 사고건수 예측 결과

지 점	실제사고건수	다중회귀모델	수량화모델	LISREL모델	퍼지추론모델
A	15	27	12	9	13
B	22	28	13	24	24
C	17	23	12	8	23
D	24	27	27	25	24

※A: 황실아파트 사거리, B: 사대부고사거리, C: 진북터널 사거리, D: 백제교 사거리

대한 퍼지추론 규칙을 작성하였으며, 추론을 위해서는 Mamdani의 Min-Max법을, 비퍼지화(Defuzzification)는 중심법(Centroid)을 이용하여 계산하였다.

### 5. 사례분석

III장에서 구축된 교통사고건수예측모델을 이용하여 사례분석을 하기 위해서, 1999년도에 보고된 전주시의 교통사고장은 4지점의 교차로를 선정하였다. 실제사고건수와 각 예측모델별 추론결과를 표 8과 그림 8에 나타내었다.

실제사고건수와 4가지 이론에 의해 구축된 예측모델의 구현 결과를 통해서, 퍼지추론에 의해 구축된 사고건수예측모델이 사고 재현성면에서 기존에 사용되어 온 다중회귀이론과 수량화이론에 의해 구축된 예측모델보다 그 적용성이 유용하다는 것으로 판단할 수 있다. 또한, LISREL에 의해 구축된 예측모델은 지점 B와 지점 D에서는 어느 정도 정확성을 갖지만 다른 지역에서는 큰 오차가 발생함을 볼 수 있는데, 본 연구에서 사용된 데이터의 수가 너무적기 때문에 LISREL 적용시에 큰 오차가 발생하였다 판단된다. 향후, 도로환경적 요인 및 이미지 변수를 고려하여 LISREL 이론을 적용한다면 보다 정도 높은 재현을 구현할 수 있으리라 판단된다.

### 6. 결 론

교통사고는 도로 환경적 요인, 인적요인, 차량적 요인의 상호작용으로 발생되며, 보행자와 차량간의 상충 기회가 잦고 교통류의 흐름이 교차하는 교차로에서 많이 발생되며, 사고로 인한 손실은 사고당사자는 물론 국가 경제에 많은 영향을 미치고 있음이 주지의 사실이다. 본 연구에서는 이러한 교차로에서 발생하는 교통사고를 줄이기 위한 방안으로 교차로안전진단을

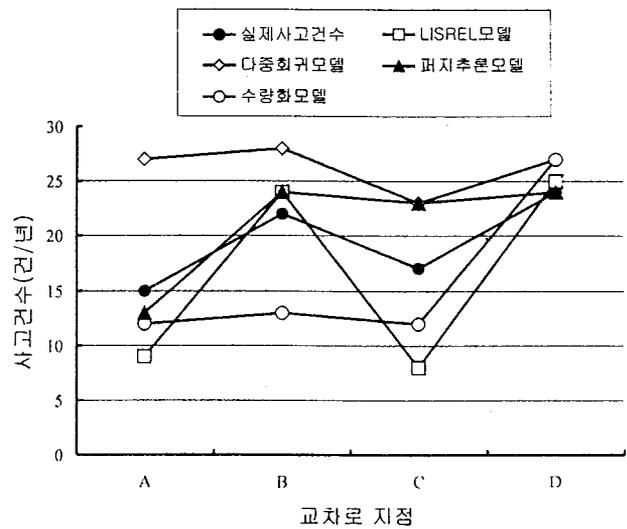


그림 8 실제 사고건수와 추론결과의 비교

실시하고, 안전시설투자 우선순위의 대안제시를 합리적이고 체계적인 방법으로 할 수 있는 기준을 교통사고건수를 예측함으로써 해결하려는 노력의 일환으로 4가지의 분석이론을 적용한 후 사례분석을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

본 논문에서는 교통사고발생 요인들이 이산적인 특성을 갖는다는 점에 착안하여 다중회귀이론, 수량화이론을 적용하여 그 유효성을 알아보았다. 또한, 사고요인이 갖는 잠재적 요인들의 관계를 찾아보기 위해 LISREL을 적용하였으며, 도로의 종단구배와 교통섬의 유무를 이용하여 도로부대상황변수를 만들어 퍼지추론이론에 적용하여 사고예측모델을 구축하였다. 4개 사고다발지점에 대한 사례분석 결과, 기존에 행해져 오던 다중회귀이론과 수량화 이론보다 퍼지추론이론을 적용하여 구축한 예측모델이 사고재현성 측면에서 매우 유용하다는 것을 알았으며, LISREL 이론을 적용하면 사고발생요인들의 잠재적 변수와의 관련성에 대하여도 분석 할 수 있음을 알았다.

본 논문에 있어 향후에 이루어져야 할 과제를 정리

하면 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서 모델을 구축하기 위해 사용되었던 사고요인 이외의, 도로구조적 측면의 요인, 환경적 측면의 요인 등을 고려한 모델화가 이루어져야 할 것이다.

둘째, 도로이용자가 느끼는 사고발생지점의 도로이미지적 변수를 설문조사를 통하여 획득하여 각 도로이미지 변수가 갖는 잠재적 요인들에 관한 연구가 진행되어야 할 것이다.

셋째, 퍼지추론모델화에 있어 사고발생 재현성의 정도를 높이기 위한 방안으로 민감도 분석을 행한다면 보다 정도높은 모델 구현을 행할 수 있으리라 판단된다.

넷째, 본 연구에서처럼 개발된 교통사고건수예측모델을 GIS와 접목하여, 과거와 현재 그리고 미래의 사고경향을 공간적으로 분석하고, 이에 대한 적절한 대안제시가 필요할 것이다.

### 감사의 글

본 논문은 한국과학기술부, 한국과학재단에서 지원한 첨단도로연구센터의 연구수행 결과임과 동시에 한국과학재단이 지원한 한·일 국제공동연구(과제번호:

20006-313-01-2)의 연구성과임에 감사 드립니다.

### 참고문헌

1. 강경우(1997) 공간자기회귀모형을 이용한 고속도로 교통사고 분석, 대한교통학회, 제15권, 제1호.
2. 도로교통안전협회(1997~1999) 전라북도 교통사고 잦은곳 기본개선계획, 도로교통안전협회.
3. 이순철(2000) 교통심리학, 학지사.
4. 門田博知, 今田寛典(1976. 5) 交叉點の人對車兩事故對策に關する基礎研究.
5. 清水哲夫, 森地 茂, 兵・哲朗(1993) 住民意識から見た細街路の安全性に關する分析. 土木學會 第48回年次學術講演會講演概要集, 48. pp. 492;493. 1993.
6. K.W. OGDEN (1996) Safer Roads : A Guide to Road Safety Engineering, Avebury Technical.
7. Laurence Capus and Nicole Tourigny (1998) Road Safety Analysis: A Case-Based Reasoning Approach, *Transportation Research Board*, January.
8. Marir F and I. Watson, Case-based Reasoning (1994) A Categorised Bibliography, *The Knowledge Engineering Review*, Vol. 9, No. 3.
9. Wei Lien Liang, Fred Kitchener, Michael Kyte, Patrick Shannon (1998) The Effect of Environmental Factors on Driver Speed : A Case Study, *Transportation Research Board*, January.

(접수일: 2001.2.24/ 심사일: 2001.3.29/ 심사완료일: 2001.3.29)

— 第 8 章 —

Development of Traffic Conflict Technique with Fuzzy Reasoning Theory

KIM Wonchul, LEE Soo Beom, NAMGUNG Moon and IMADA Hirofumi

■ 論 文 ■

# 퍼지추론을 적용한 교통상충기법(TCT) 개발

Development of Traffic Conflict Technique with Fuzzy Reasoning Theory

**김 원 철**

(한양대학교 첨단도로연구센터 연구원)

**이 수 범**

(교통개발연구원 연구위원)

**남궁 문**

(원광대학교 건축·도시·토목환경공학부 부교수)

**今田寬典**

(日本 吳大學社會情報學部 社會情報學科 教授)

## 목 차

- I. 서론
- II. TCT 연구고찰
- III. 퍼지추론을 적용한 TCT모형
  - 1. 적용방법론 선정배경
  - 2. 적용방법론 정립
  - 3. 퍼지추론 결과분포
- IV. 사례연구
  - 1. 조사 개요
  - 2. 기존의 상충기법을 이용한 교통상충모형
  - 3. 퍼지추론을 적용한 교통상충모형
- V. 결론 및 향후 연구과제
- 참고문헌

Key Words : 교통상충기법, 인지오차량, 퍼지추론이론, 근사추론구조, 전환계수

## 요 약

교통상충기법 Traffic Conflict Technique(TCT)은 사고자료가 부족한 경우나 단기간내에 교차로의 안전도를 진단해야 할 경우에 유용하게 사용되는 방법으로 알려져 있다. 상충기법에 사용되는 자료는 조사원에 의해 수집되기 때문에 조사원의 개인적 특성과 지식(Knowledge)정도에 따라 다르게 나타난다. 이와 같은 조사원의 개인적 오차는 그 양이 최소화되어 상충분석 계산과정에서 다루어져야 하지만, 이를 명백하게 최소화하는 방안 에 대한 연구는 활발히 진행되고 있지 못한 실정이다.

이에 본 연구에서는 이러한 조사원 개인의 오차를 최소화하는 방안 에 대해 연구를 진행하였다. 이를 위해 퍼지추론이론을 기존의 교통상충모형에 적용하여, 새로운 교통상충모형을 개발하였다. 퍼지추론은 사물에 대한 인간의 인식이 정확하지 않아 발생하는 불확실성을 근사추론구조를 적용함으로써 계산을 객관화할 수 있기 때문에 조사원 개인의 인지 오차량을 최소화 할 수 있는 방법으로 적합하다.

퍼지추론을 적용한 교통상충모형을 개발한 후, 사례연구를 실시한 결과 조사된 상충데이터가 합리적으로 정제되고 그 분산영역이 전체적으로 약 53% 정도 줄었음을 확인할 수 있었으며, 기존의 교통상충모형에 비하여 정도가 약 2배 정도 향상되었음을 전환계수의 비교를 통해 알 수 있었다.

본 연구에서 제시한 방법론은 도로 및 교차로의 안전도 평가, 교통사고 잦은 지점 개선사업 전·후의 효과분석 등에 유용하게 이용될 수 있다.

본 논문은 한국과학기술부, 한국과학재단에서 지원한 첨단도로연구센터의 연구수행 결과이며, 동시에 한국과학재단에 지원한 한·일 국제공동연구(과제번호:20006-313-01-2)의 연구성과임.

## I. 서론

교통사고자료가 부족한 경우 도로 및 교차로의 안전도를 평가할 수 있는 방법으로는 교통상충기법(Traffic Conflict Technique)이 있으며, 이는 1970년대부터 선진국에서 연구되어 왔다.

상충(Conflict)이란, "둘 또는 그 이상의 도로이용자들 사이에서 발생하는 상호작용으로써, 사고가 발생하기 전 사고를 피하기 위해 임박해진 상황을 피하기 위한 회피행동"으로 정의된다(Christer Hydén, 1987). 또한, 이러한 사고발생지점에 대하여 안전도를 평가하고 진단하는 기법을 교통상충기법(TCT)이라 한다.

국내에서는 최근에 이르러서야 교통사고 및 교통상충에 대한 관심이 생겨나게 되었으며, 가장 최근에 "상충기법을 이용한 교차로 안전진단에 관한 연구"가 진행된 바 있다.

상충기법에 이용되는 데이터는 조사원들이 직접 현장조사를 실시하여 수집하기 때문에, 이러한 수집과정에서 조사원 개인의 인지차이로 인해 오차가 발생할 수 있다. 현재 상충기법의 실제 적용상에 이러한 조사원 개인의 오차를 최소화하려는 연구가 부각되고 있으나 이를 명백히 최소화할 수 있는 방법론은 아직까지 제시되고 않은 실정이다.

이에, 본 연구에서는 상충조사시 문제가 되는 조사원 개인의 인지 오차량을 최소화하기 위해 최근 국내에서 개발된 상충기법에 퍼지추론이론을 적용하여 새로운 상충기법을 개발하였다. 본 연구에서 제시한 방법론을 이용하면 조사된 상충데이터를 보다 합리적으로 정제할 수 있기 때문에 조사원 개인의 인지량을 최소화할 수 있다. 또한, 사례연구를 통하여 새롭게 개발된 상충기법과 기존의 상충기법을 통해 산출된 전환계수(Conversion Factor)의 비교를 통하여 새 모델의 유용성을 입증하였다.

본 연구에서 개발된 퍼지추론을 적용한 상충기법은 교차로의 안전도 평가 및 교통사고 잦은 지점에 대한 개선사업 전·후의 효과분석 등에 적용할 수 있다.

## II. TCT 연구의 고찰

교통상충기법 Traffic Conflict Technique(TCT)에 관한 국외의 연구를 살펴보면, S. R. Perkins &

J. I. Harris는 상업지역내 도로의 접근제어기법(Access Control Technique)을 효과적으로 평가하기 위한 방법으로 TCT 연구를 수행한 바 있고, 영국의 GM에서는 TCT를 적용하여 교차로의 안전도 평가를 실시하였는데 교통사고분석보다 상충분석이 교차로 개선대안 제시에 더 효과적이라는 결론을 도출하였다.

元田良孝 et al.은 도로관리에 있어 TCT의 적용성에 관한 연구를 수행하였는데, 2차선 간선도로에 TCT를 적용한 결과 재현성, 신뢰성, 실용성 등 실용화에 효과가 있다는 것과 단기간내에 도로의 안전도를 평가할 수 있다는 결론을 얻었다. 또한, 牧野 英幸 et al.은 福井市環狀線에 상충기법을 이용하여 상충기법의 유효성을 확인함과 동시에 안전성 향상에 필요한 대책을 제시한 바 있다.

국내의 연구를 살펴보면, 이수범(1999)은 "상충기법을 이용한 교차로 안전진단에 관한 연구"에서 스웨덴의 상충분석기법을 기반으로 국내에 적용할 수 있도록 상충모형을 개발하였다. 개발된 모형을 상충의 심각한 정도에 따라 그 분포를 4개의 준으로 분류하고 위험순위를 분석하여 교차로의 안전도 평가에 이용할 수 있다는 결론을 도출하였다.

## III. 퍼지추론을 적용한 TCT 모형

### 1. 적용방법론 선정배경

도로 및 교차로의 안전도는 사고자료(Historical Data)를 이용하여 손실정도, 사고율, 사고유형 등을 검토하여 평가할 수 있다. 하지만, 데이터 안정성 문제를 고려한다면 적어도 3년 이상의 축적된 사고자료가 마련되어야 하며, 자료가 충분하지 못한 경우에는 신뢰성이 높지 못한 문제점이 발생한다. 이러한 기간상의 문제점과 신뢰도에 관한 문제를 해결하고 보완할 수 있는 안전도 평가 방법으로는 교통상충기법(Traffic Conflict Technique)이 있다. 이는 교통사고의 발생할 가능성을 분석하는 것으로써, 교통사고 자료가 충분치 못한 경우 및 안전도 평가를 단기간 내에 수행해야 할 경우에 유용하게 사용될 수 있는 방법이다.

상충기법의 적용상에 가장 큰 문제점은 현장 조사시 발생하는 조사원의 개인적 오차이다. 국내·외적으로 이러한 문제를 해결하기 위한 연구가 진행되고는 있

으나, 아직까지 명백한 방법론이 구체화되어 있지 않다.

퍼지추론이론은 사물에 대한 인간의 인식이 애매한 경우, 이를 인정하고 근사추론을 통하여 계산과정에 유연성을 두어 최종적으로 합리적인 결과를 도출해내는 방법이다.

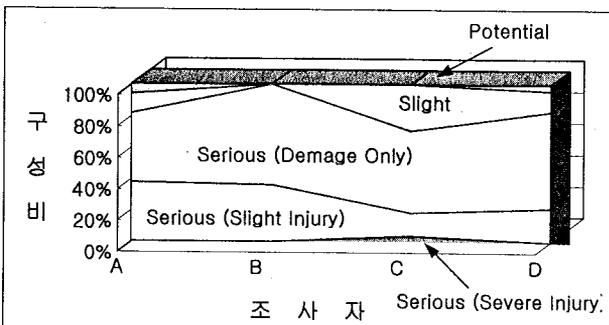
이에 본 연구에서는 국내에서 최근 개발된 상충모형을 기반으로 하여 상충조사시에 발생하는 조사원의 개인적 오차를 최소로 줄일 수 있는 방법으로 퍼지추론을 적용한 상충모형을 개발한다.

## 2. 적용방법론 정립

### 1) 퍼지추론이론의 필요성

상충이론에 의해 교통사고건수를 예측하여 도로 및 교차로의 안전도로 평가할 때 사용되는 변수는 차량간 거리(Gap)와 속도(Speed)라는 것을 기존의 연구(이수범, 1999)를 통해서 파악할 수 있다. 이러한 변수들은 조사자들이 상충 상황을 목격할 당시 측정되는 값(Severity 결정)으로써 <그림 1>과 같이 조사자들이 인식한 거리나 속도에 대한 인지분포가 다르기 때문에 동일한 사건을 목격하여도 기록되는 결과값에는 어느 정도 차이가 발생하게 된다.

또한, 상충이 발생하는 현장에는 도로이용자 사이에 존재하는 공간적 요인들이 조사자가 관측하는 속도나 거리에 영향을 미치기 때문에 이러한 요소들까지 고려할 필요가 있다. 모호성에 의하여 발생하는 불확실성은 조사자가 관심대상에 대해 정보가 부족한 상태에서 발생한다. 이러한 불확실성과 관련되는 조사자 개인의 인지척도의 차이, 경험 부족 등은 퍼지 집합을 통하여 표현 가능하다. 따라서, 본 연구에서는 조사자의 인지 오차량을 최소화하는 방법으로 퍼지추론이론을 적용하였다.



<그림 1> Severity에 대한 조사자의 인지분포 비교

### 2) 퍼지추론모델의 구성

#### (1) 변수설명

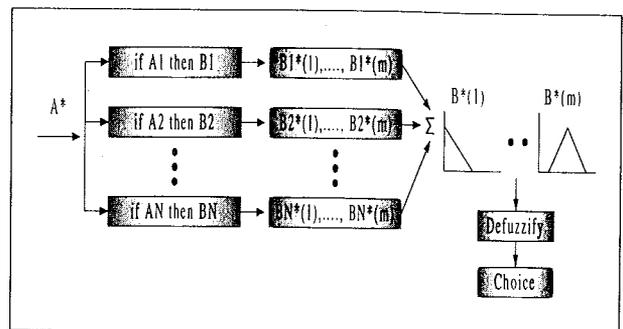
인간은 어떤 대상물에 대해서 각기 다른 감각치를 가지고 있다. 이것은 인간의 지식은 무의식적으로 어떤 대상물에 대해서 학습된 지식척도를 갖고 사고한다는 것을 의미한다. 인간은 이 지식척도에 의해서 판단하게 되며, 행동을 실행에 옮긴다. 본 연구에서는 조사자가 교차로에서 발생하는 상충상황을 조사할 때 직접적으로 받아들이는 정보 즉, 차량간 거리와 차량속도 그리고 현장에 대한 조사자의 판단 결과인 Severity 결정 계산과정에서 합리적인 결과를 유도하기 위해서 퍼지추론이론을 적용한다.

차량간 거리는 조사자의 조사위치, 날씨, 조사자 개인의 인식척도, 조사자의 공간적 범위 등에 따라 달라지게 되며, 차량속도는 교통량, 밀도, 교통상황, 교통조건, 운전자의 심리상태, 거리에 대한 조사자의 개인 인지량, 조사자의 공간적 범위 등에 따라 변화되는 변수라 할 수 있다. 특히, 이 두 변수에 의해 좌우되는 Severity는 조사자의 지식척도에 의해 조사자마다 다르게 발생한다고 말할 수 있다.

#### (2) 의사결정과정(Decision Making Process)

<그림 2>는 의사결정과정 추론에 대한 퍼지모델의 구성요소를 도표화한 것이다. 보편적으로 이용되는 퍼지 규칙은 다음과 같이 "IF  $A_i$ , THEN  $B_i$ ,"로 구성되며 전건부의  $A_i$ 를 가지고 있는 모든 규칙  $i$ 는 입력값  $A^*$ 와 합치하는 부분이 있고 이것을 이용한 결과로  $B^*$ 의 결과가 계산되는 근사추론구조로 구성된다.

근사추론구조는 각 규칙에 대해 현재의 입력값이 규칙에서 요구하는 표준 입력값과 정확하게 맞지 않더라도 이 입력값이 계산되도록 도와주고 근사적인 결과를 유도하게 된다. 여기에서 결과값은 모든  $B_i^*$ 의



<그림 2> 퍼지추론에 의한 의사결정과정

조합에 의하여 만들어지며 최종적으로 모든 규칙의 결과값은 비퍼지화 되어 최종적인 의사결정이 도출된다.

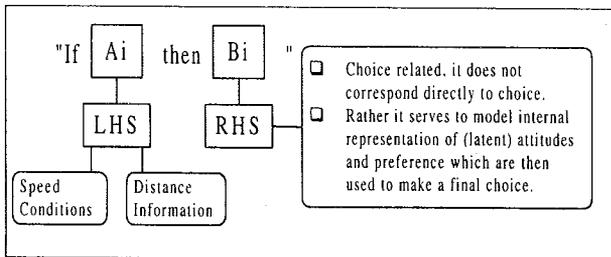
**(3) 멤버쉽함수(Membership Function) 작성**

의사결정과정의 모델화를 위해 일반적으로 사용되는 규칙인 "IF  $A_i$ ; THEN  $B_i$ ;"를 <그림 3>과 같이 설정하였다.

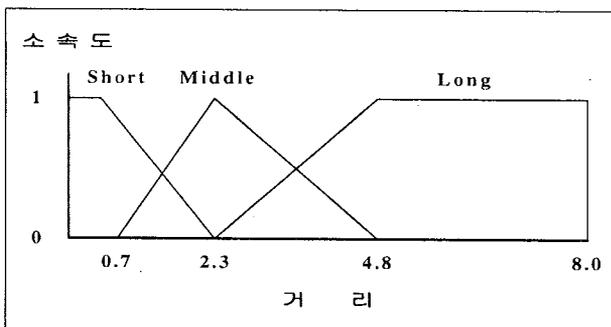
$s$ 개의 언어적 상태(예, Short, Middle, Long)와  $n$ 개의 언어적 상태(Slow, Average, Fast)에 대한 문제에서 조합에 따른 전체 추론규칙의 수는  $s^n$  이 된다. 여기에서 규칙의 왼쪽(Left Hand Side:LHS)은  $A_i$ 에 의해 정의되고 규칙의 오른쪽(Right Hand Side:RHS)은  $B_i$ 에 의해 정의된다.

모든 입력값과 결과값이 각각 서로 다른 대안  $m$ 사이에 관계가 있을 수 있다는 사실을 고려하기 위해서 다차원의 LHS와 RHS를 사용된다. 하지만  $A_i$ 와  $B_i$ 의 모든 요소  $m$ 이 모든 규칙  $i$ 에 대하여 모두 적용된다고는 판단하지는 않는다. 그 이유는 조사자들이 Severity를 결정할 때 그러한 다차원적인 사상을 고려한다고 생각되지 않기 때문이다.

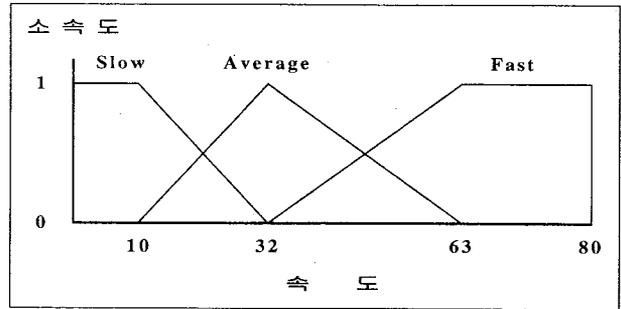
이에 본 연구에서는 규칙의 전진부에 대하여 자동차의 차간거리를 <그림 4>와 같이  $A_1 = \{Short, Middle, Long\}$ 으로 구성하였고, 자동차의 속도에 대해서는 <그림 5>와 같이  $A_2 = \{Slow, Average, Fast\}$  세 가



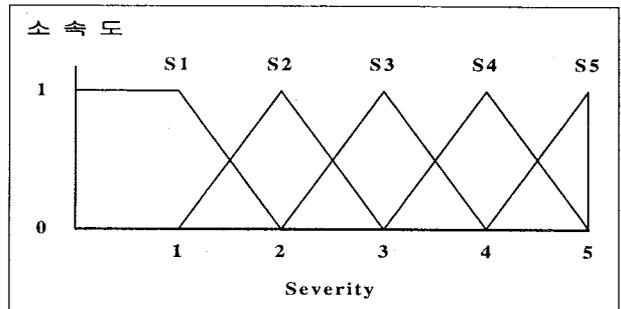
<그림 3> 일반적인 규칙 형태



<그림 4> 차간거리에 대한 멤버쉽 함수



<그림 5> 자동차 속도에 대한 멤버쉽 함수



<그림 6> 조사자의 Severity 선택

지의 퍼지집합으로 구성하였다.

또한, 후건부( $B_i$ )는 <그림 6>에 나타난 것처럼 다섯 가지의 퍼지집합으로 구분하였으며, 선택치 1에서 5까지의 범위로 측정되며 선택치 1은 상충상황의 Severity가 아주 높은 상태를 의미하고 S1에서 S5쪽으로 이동할수록 상충상황의 Severity가 낮아지는 경우를 의미한다.

또한, 상충데이터 조사시 상충상황에 따른 Severity를 아래와 같이 정의하였으며, 이러한 정의는 상충이론에서 도로이용자들 사이에서 발생할 수 있는 여러 가지 Severity를 나타내는 상충상황에 기초한 내용이다. 각 Severity에 대한 Conflict 상황을 구분하면 다음과 같다.

- Severity S1 : Very High Serious Conflict
- Severity S2 : High Serious Conflict
- Severity S3 : Serious Conflict
- Severity S4 : Slight Conflict
- Severity S5 : Potential Conflict

**(4) 퍼지규칙(Rules)의 표현**

본 연구에서는 단순하고 간단하며 일반적인 상식에 대응되는 규칙을 사용하였다. 즉, "차간거리가 짧고 자동차의 속도가 높으면, Severity는 매우 심각하다(S1)", "자동차의 차간거리가 중간이고 자동차의 속도가 보통이면, Severity는 조금 심각하다(S3)" 등의

〈표 1〉 Severity 선택을 위한 규칙 Matrix 표현

거리 \ 속도	Fast	Average	Slow
Short	S1	S2	S3
Middle	S2	S3	S4
Long	S3	S4	S5

Severity 선택에 대한 모델의 규칙(Rules)을 〈표 1〉과 같이 작성하였다.

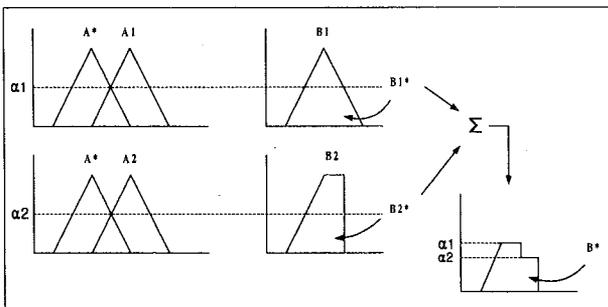
(5) 규칙의 조합(Aggregation)

N개의 규칙을 가진 퍼지집합에서 일반적으로 A\*는 전제조건 A<sub>i</sub>와 α 만큼 겹치는 부분이 있고 그 결과 B<sub>i</sub>\* 값이 도출된다. 또한, 최종값 B\*는 모든 B<sub>i</sub>\*의 조합에 의해 만들어지는데 B<sub>i</sub>\* 조합은 고려하는 문제의 성질과 해석을 반영할 수 있어야 한다. 또한, 모든 규칙들은 가중치 없이 적용되며 입력변수의 값에 의하여 규칙은 하나이나 그 이상으로 적용된다.

본 연구에서 B\*의 소속함수는 아래의 식(1)과 같이 주어지며 〈그림 7〉에는 2가지 규칙에 대하여 적용한 예를 나타내었다.

$$\mu_{B^*}(y) = \max_{1 \leq i \leq N} \mu_{B_i^*}(y), \quad \forall y \quad (1)$$

〈그림 7〉에서 B\*의 소속함수는 모든 μ<sub>B<sub>i</sub>\*</sub> 합의 바깥쪽 외곽선에 의해 나타나 있다.



〈그림 7〉 2개의 규칙을 적용한 퍼지추론의 예

(6) 비퍼지화(Defuzzification)

초기에 언어적으로 표현되었던 퍼지항목에 대한 결론은 실수(Real Value)로 표현되는 결과값으로 비퍼지화된다. 퍼지집합 B\*의 비퍼지화를 위해 가장 빈번히 사용되는 비퍼지화 방법은 중심법(Center of Area Method)이며 식(2)와 같고 본 연구의 비퍼지화 방법으로 사용하였다.

$$Z_0 = \frac{\int y \mu_{B^*}(y) dy}{\int \mu_{B^*}(y) dy} \quad (2)$$

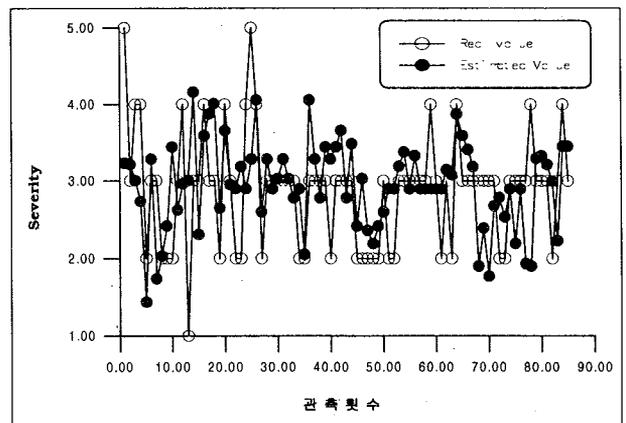
이외에도 멤버쉽 값이 가장 높은 점들의 중간값을 취하는 방법(Mean of Maximum Method), 가능성 분포가 가장 높은 점을 찾는 방법(Max Criterion Method) 등이 있다.

3. 퍼지추론 결과분포

퍼지추론을 이용하여 모델의 분석을 행한 결과, 실제 데이터와 추론에 의한 결과 데이터의 분산정도는 〈그림 8〉과 같다.

〈그림 8〉에서 관측횟수는 조사대상 7개 교차로에서 조사된 상충건수 전체를 의미한다.

Real Value는 조사자들이 현장에서 상충을 목격할 당시 기록한 Severity의 값이고, Estimated Value는 입력항으로는 차간거리와 차량속도, 출력항으로는 Severity로 구성된 퍼지추론의 추론결과를 의미한다. 추론 결과를 도출하기 위해 Mamdani의 Min-Max-중심법을 이용하였으며, 각 변수에 대한 멤버쉽함수의 범위와 중복도는 각 데이터의 평균값과 50% 중복도를 사용하였다.



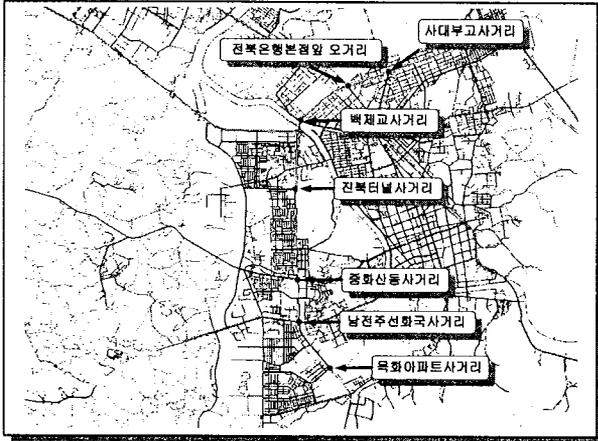
〈그림 8〉 퍼지추론 결과분포

IV. 사례연구

1. 조사 개요

1) 조사범위 및 방법

사례연구를 위한 연구대상지로는 전주시 백제로 축



〈그림 9〉 연구대상 지역도와 연구대상 교차로

상에 위치한 7지점 신호교차로를 분석대상으로 삼았으며, 연구대상 지역도와 연구대상 교차로를 〈그림 9〉에 나타내었다. 특히, 이들 교차로는 기하구조나 차선수, 신호주기율, 교통운영 방식, 규제속도 등이 비슷한 교차로로 구성되었다.

상충조사는 2000년 3월 27~31일 총 5일 동안 오전첨두시(07:00~10:00) 3시간과 오후첨두시(17:00~20:00) 3시간으로 일일 총 6시간 동안 조사를 실시하였다. 조사방법은 훈련받은 조사원들이 조사대상 교차로 현장에서 상충이 발생하는 차량에 대하여 차량거리와 차량속도를 직접 조사하였으며 한 교차로에 4명씩의 조사원을 배치하였다.

## 2) 데이터 분석

본 연구에서는 데이터 분석을 위해서, 1998년과 1999년인 2년 동안에 상충조사지점과 동일한 7개 교차로에서 발생한 교통사고자료와 2000년 3월에 조사된 상충자료를 이용하였다. 상충과 사고에 영향을 미치는 다양한 요인들 중에서 단계별 변수추출법(Stepwise Method)을 통하여 다음과 같은 발생위치와 도로이용자변수를 주요변수로 추출하였다.

전체 238건의 사고데이터와 85건의 상충데이터가 분석되었고 상충과 사고의 발생위치에 따라, 사고데이터에 대해서는 교차로내의 경우가 107건, 그외(유입부, 유출부, 기타지역)에 대한 경우가 131건이었으며, 상충데이터에 대해서는 교차로내의 경우가 12건, 그외의 경우가 73건으로 분석되었다. 또한, 도로이용

자변수에 있어서, 사고데이터에 대해서는 자동차-자동차의 경우가 210건, 자동차-보행자에 대한 사고건수가 28건이었고, 상충데이터에 대해서는 자동차-자동차의 경우가 78건, 자동차-보행자에 대한 상충건수가 7건으로 분석되었다.

## 2. 기존의 상충기법을 이용한 교통상충모형

### 1) 기존의 상충기법을 이용한 교통상충모형

본 연구에서 제안한 퍼지추론을 적용한 교통상충모형의 유용성을 비교하기 위해, 국내에서 가장 진보적으로 연구된(이수범, 1999) 상충기법을 이용하여 교통사고건수에측모형을 구축하고 전환계수( $\pi$ )를 구하였다.

실제 사고로 연결되는 상충은 심각한 상충의 일부 분이며, 분석에 필요한 상충은 그 심각도가 높은 것들이기 때문에 조사된 상충을 심각도에 따라 분류할 필요가 있다. 이러한 상충의 분류방법은 식(3)을 이용하여 각각의 상충상황에 따른 TA 값을 구한후, 그 계산된 결과를 이용하여  $TA_{min}$  모형에 적용함으로써 그 분포를 파악할 수 있다.

$$TA = \frac{s}{v} \quad (3)$$

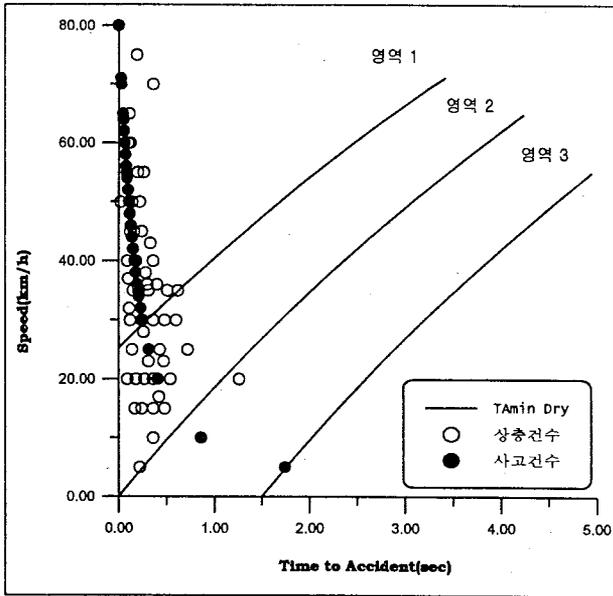
여기서,

s : 사고를 피하기 위한 행동을 취하는 지점에서 상충지점까지의 거리(m)

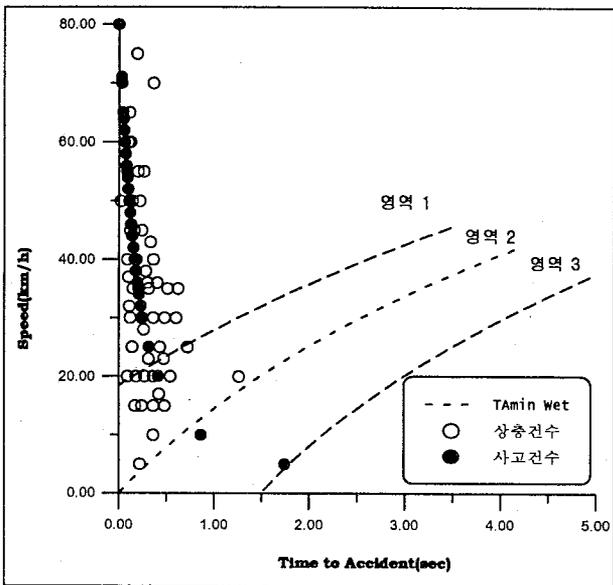
v : 사고를 피하기 위한 행동을 취한 지점에서의 차량속도(km/h)

위험한 상황하에서 운전자가 위험을 피하기 위한 행동을 취할 후 있는 최소시간인  $TA_{min}$ <sup>1)</sup>만을 이용하여 상충의 심각도를 결정할 때에는 그 범위가 너무 커서 오차가 크게 발생할 수 있다. 이와 같은 문제를 해결하고 실제 현장에서 사용할 수 있는 교통상충모형을 만들기 위해서 Johansson & Rumar가 연구한 운전자들이 정상적인 상태에서 1.5초 정도의 인지-반응시간을 나타낸다는 연구결과를 토대로 상충권역을

1) 심각한 상충과 심각하지 않은 상충을 구분할 수 있는 기준값을 의미하며, 이는 운전자가 사고를 일으키지 않기 위해서 회피하기 위한 최소한의 시간을 고려한 값으로 정의된다(Christer Hydén, 1987).



〈그림 10〉 기존의 교통상충모형(도로표면:건조)



〈그림 11〉 기존의 교통상충모형(도로표면:습윤)

〈그림 10〉, 〈그림 11〉과 같이 영역 I, 영역 II, 영역 III으로 세분화하여 총괄적인 모형을 구축하였다.

이러한 영역별 분류는 교차로상의 위험순위를 결정할 수 있는 하나의 평가법으로 활용될 수 있으며, 교통사고는 도로표면 상태와 높은 상관성이 있기 때문에 모델 구축시 〈그림 10〉과 〈그림 11〉과 같이 영역별·노면상태별로 분류하였다.

2) 전환계수(Conversion Factor:  $\pi$ ) 산출

〈표 2〉는 연구 대상지역에 대하여 Severity Zone

〈표 2〉 기존의 교통상충모형의 전환계수 산출 결과

	건조시	습윤시
영역 I	0.001325	0.001240
영역 II	0.000240	0.000254
영역 III	0.002740	-

별에 따른 전환계수를 산출한 결과이며 결과적으로 영역 I > 영역 II, 영역 III이 산출되었는데, 이는 영역 I에 존재하는 상충과 사고의 관련성이 그 외의 영역보다 높다는 것을 의미한다.

$$AN = CN \times \frac{24}{H} \times 365 \times 2 \times \pi \quad (4)$$

$$\pi = \frac{AN}{CN} \times \frac{H}{24} \times \frac{1}{365 \times 2} \quad (5)$$

여기서,

AN : 사고건수(Number/Year)

CN : 상충건수(Number/Time)

H : 총 상충 조사시간(Time)

$\pi$  : 전환계수(Conversion Factor)

2 : 사고데이터의 기록기간(Year)

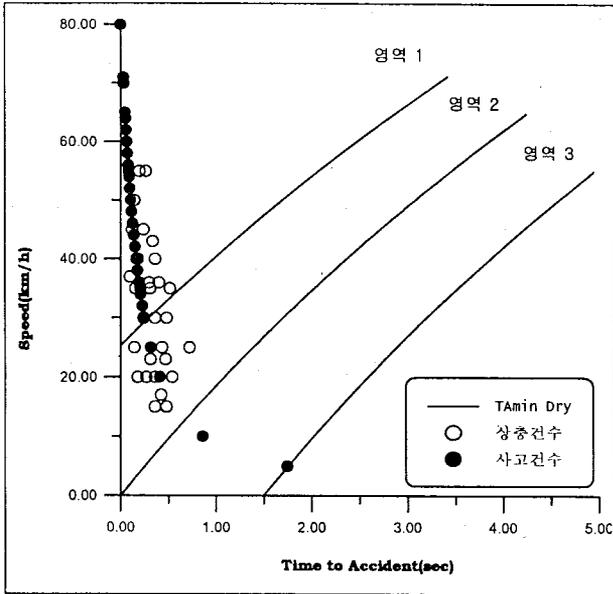
3. 퍼지추론을 적용한 교통상충모형

1) 퍼지추론을 적용한 교통상충모형

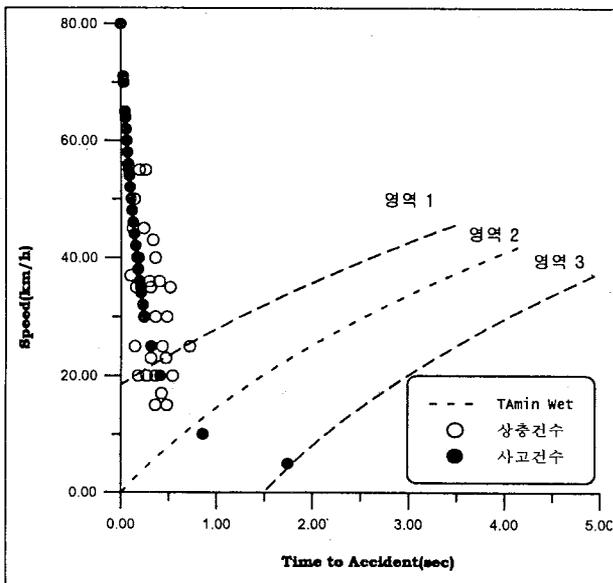
퍼지추론의 적용은 상충조사시 발생하는 조사원 개인의 인지량을 최소화하기 위함에 있다. 〈그림 12〉와 〈그림 13〉은 퍼지추론을 적용하여 교통사고건수예측을 위한 교통상충모형을 구축한 것이다.

이를 위해 기존의 사고데이터와 상충데이터를 비교하기 위한 영역을 준별로 설정하여 분석대상으로 삼았다.

조사자들간의 인지분포량 차이를 줄이기 위하여 퍼지추론이론을 적용하여 조사된 상충데이터를 정제한 결과를 영역별로 살펴보면 〈표 3〉과 같다. 전체적으로는 상충건수의 개수가 85개에서 45개로 감소되어 조사된 상충데이터의 분산도가 약 53%정도 감소되었음을 〈그림 12〉와 〈그림 13〉을 통해 알 수 있다.



〈그림 12〉 퍼지추론을 적용한 교통상충모형(도로표면:건조)



〈그림 13〉 퍼지추론을 적용한 교통상충모형(도로표면:습윤)

〈표 3〉 퍼지추론적용에 따른 상충건수의 감소율(영역별 비교)

	건조시		습윤시	
	상충건수	감소율	상충건수	감소율
영역 I	45(전)~15(후)	67%	61(전)~29(후)	53%
영역 II	39(전)~30(후)	23%	24(전)~16(후)	33%
영역 III	1(전)~0(후)	100%	0(전)~0(후)	0

주) (전):퍼지추론이론 적용 전, (후):퍼지추론이론 적용 후

2) 전환계수(Conversion Factor:  $\pi$ ) 산출

구축된 모형에서 사고건수와 상충건수의 분포 및

〈표 4〉 퍼지추론을 적용한 교통상충모형의 전환계수 산출 결과

	건조시	습윤시
영역 I	0.003038	0.002320
영역 II	0.000327	0.000489

비교를 통하여 각 영역별에 해당하는 새로운 전환계수(Conversion Factor) 값을 산출하였다.

〈표 4〉는 퍼지추론을 적용하여 조사된 상충데이터를 정제한 후 식(4)와 식(5)를 이용하여 전환계수를 산출한 것이다.

기존의 교통상충모형에 비해 퍼지추론을 적용한 결과 기존의 상충모형에 비해 그 정도가 약 2배 정도 증가하였음을 알 수 있다.

이와 같이 기존의 교통상충모형에 퍼지추론이론을 적용한 결과는 조사된 상충 데이터가 합리적으로 정제되었다는 것을 의미함과 동시에 퍼지이론의 적용이 유용하다는 것을 의미하는 것으로 판단된다.

V. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 도로의 안전도 평가를 위해 사용되는 상충기법의 문제점인 조사자의 오차를 최소화하는 방법을 체계화하기 위해서, 최근 국내에서 개발된 교통상충기법에 퍼지추론이론을 적용하여 조사자의 오차 영역을 감소시키고, 퍼지추론이론을 적용한 새로운 상충모형을 구축하였다.

기존의 교통상충모형에 퍼지추론이론을 적용하기 위해서 상충의 심각도를 1~5의 범위로 구분하여 현장 조사를 수행하였고, 이때 획득된 상충데이터를 사고데이터와 비교함으로써 사고건수와 상충건수의 상관성을 전환계수(Conversion Factor) 값으로 도출하였다.

본 연구를 통하여 고찰된 연구결과와 향후 연구과제는 다음과 같다.

1. 퍼지추론이론을 적용할 경우에는 조사된 상충데이터를 보다 체계적이고 합리적으로 정제할 수 있기 때문에 조사된 상충데이터 집합을 새롭게 정의할 수 있고 조사자들의 인지량 오차 범위를 줄일 수 있음을 알 수 있었다.

2. 퍼지추론이론을 적용하여 교통사고건수예측모형을 구축한 결과, 영역별로 구해진 모형의 전환계수값은 상충이론에 의해 도출된 값과 상대적으로 차이는 있지만, 상충이론에 의한 방법에서 보았던 것처럼 영역 I > 영역 II와 같은 결과를 얻었다. 이와 같은 결과는 영역 I이 영역 II보다는 사고와 상충의 연관성이 크다는 것을 보여주며, 이러한 영역별 분류법은 교차로의 위험순위를 결정할 수 있는 하나의 수단으로 이용될 수 있다.
3. 퍼지추론이론을 적용한 교통상충모형을 실제 도로 및 교차로 안전도 평가에 활용한다면, 조사원마다의 개인차를 줄일 수 있기 때문에 훈련받은 조사원이면 누구나 상충조사와 실제 적용에 활용이 가능하다.

향후에는, 구축된 모형을 범용적으로 활용할 수 있도록 하기 위하여 다음과 같은 조건에 대하여 검정과 연구가 필요하다.

1. 다양한 조사지점에 대한 상충조사 및 사고자료 확보를 통한 모형의 활용성 점정
2. 도로구간에 대한 적용성 검토
3. 조사자의 주관적 인지를 최소화하는 방안으로써 뉴럴네트워크의 적용성 검토
4. 주간 및 야간 조사시 계측 자동화에 대한 검토

## 참고문헌

1. 김원철(2001), "교차로안전진단수법에 관한 연구", 원광대학교 석사학위논문.
2. 남궁문(1991), "都市幹線道路の交通流特性解析へのフアジイ理論と知識工學の適用に関する研究", Hiroshima University.
3. 이수범, 강인숙(1999), "상충기법을 이용한 교차로 안전진단에 관한 연구", 대한교통학회지, 제17권 제4호, pp.9~17.
4. Christer Hydén(1987), "The development of a method for traffic safety evaluation : The Swedish Traffic Conflicts Technique," SWEDEN.
5. Papacostas(1987), "C. S. Fundamentals of Transportation Engineering," Prentice Hall, Inc.
6. S. R. Rerkins and J. I. Harris(1986), "Traffic Conflict Characteristics Accident Potential at Intersections," HIGHWAY RESEARCH RECORD Number 225, Traffic Safety and Accident Research 6 Reports.
7. 牧野 英幸 他2名(平成 3年 9月), "福井市環狀線における交通錯綜分析", 土木學會第46回年次學術講演會.
8. 元田 良孝 他3名(1992), "道路管理への錯綜手法の適用について", 土木學會論文集, No. 440/IV-16, pp.101~108.

✉ 주 작 성 자 : 김원철

✉ 논문투고일 : 2001. 2. 23

논문심사일 : 2001. 5. 25 (1차)

2001. 7. 3 (2차)

2001. 10. 4 (3차)

2002. 1. 14 (4차)

심사판정일 : 2002. 1. 14

— 第 9 章 —

The Basic Study on the Form of Road-Traffic Safety  
Countermeasures Considering Road Safety Audit

KIM Wonchul, LEE Soo Beom, NAMGUNG Moon and IMADA Hirofumi

# Road Safety Audit 도입에 따른 도로교통안전대책사업의 형태 파악에 관한 기초연구

## The Basic Study on the form of Road-Traffic Safety Countermeasures considering Road Safety Audit

김정일\* · 이수범\*\* · 今田 寬典\*\*\* · 남궁문\*\*\*\*

Kim, Choung Il · Lee, Soo Beam · Hirofumi Imada · Namgung, Moon

### 1. 서 론

1990년 이후, 유럽 각 국의 교통안전대책에 대한 생각이 사고다발도로에 대한 사고감소대책에서 사고발생 가능성을 최소화하는 예방대책으로 변하고 있다. 이 때문에, 신설도로의 경우 계획단계에서 안전성이 높은 도로를 목표로 하고, 계획, 설계, 건설, 관리의 각 단계에서 안전성의 평가를 실행하고, 또한 기존도로에 관하여 사고발생의 가능성을 최대한 줄이는 대책을 구축하는 교통정책에 중점이 맞춰지고 있다. EU에서는 도로 교통의 안전성을 최대한 확보하기 위하여 도로안전진단(Road Safety Audit)과 안전영향평가(Safety Impact Assessment)가 제도화되고 있다. 이와 같은 상황에서 영국은 도로안전진단을 1990년에 제도화하여 많은 실적을 축적하고 있으며, 현재 영국의 간선도로와 고속도로의 건설에는 안전진단이 의무화되어 있다. 이 제도는 오스트레일리아와 뉴질랜드에도 도입되어 큰 효과를 보고 있다. 또한, 덴마크에서도 1992년에 이 제도가 도입되었다. 미국에는 1997년 도로안전진단에 관한 조사연구를 수행하고, 진단제도의 도입에 관하여 검토가 진행되고 있다. 선진국에서는 이러한 제도를 통하여 교통사고사망자수가 급격한 감소추세를 보이고 있는 반면, 우리나라는 올림픽이 있던 1988년 7만 명에서 11만 명으로 갑자기 증가한 이후 지금까지 증감을 반복하고 있을 뿐 별 감소효과가 없는 실정이다. 이에 본 연구는 선진국에서 시작되어 교통사고감소에 많은 일익을 담당하고 있는 도로안전진단제도(Road Safety Audit)의 도입에 관한 기초적인 연구로서, 이 제도가 도입되었을 경우 제도적인 차이로 발생할 수 있는 문제점을 파악하기 위해 먼저 우리나라의 도로교통안전대책 사업의 형태를 파악하는데 있으며, 아울러 도로교통관리자와 타 기관(제3자 기관)과의 관계 등에 대해서 알아보았다. 본 조사는 2001년 4월 한 달동안 전국의 도로교통관리자에게 우편 설문 조사법을 이용하였다.

### 2. 도로안전진단

도로안전진단은 “도로건설단계부터 교통사고가 발생할 수 있는 요소를 찾아내 미리 개선하여 추후 개선 비용을 줄이고, 도로가 건설된 후에도 도로구조나 안전시설이 사고방지에 적절한가를 평가해 도로를 안전위주로 개선하는 제도”로서 일반적으로 ‘기본설계 후’, ‘실시설계 후’, ‘도로 완공 후 개통 전’, ‘개통 후 사후관리’의 네 단계에서 진단자에 의해 실시 할 것이 권장되고 있으며, 이 때 진단자는 도로안전공학, 사고조사 및 예방·교통 공학 등의 전문지식과 도로안전진단의 경험이 있어야 하며 계획자, 설계자와는 독립된 제3자의 개인 또는 팀으로 구성된다. 진단 시에는 단계별로 체크리스트를 통해 도로의 안전성을 점검한다.

---

\* 정회원 · 원광대학교 대학원 토목환경공학과 석사과정 · 063-850-6722(E-mail:self1695@gaebyok.wonkwang.ac.kr)  
\*\* 정회원 · 교통개발연구원 책임연구원 · 031-910-3035(E-mail:sblee@koti.re.kr)  
\*\*\* 비회원 · Kureuniversity Japan · professor · (E-mail:imada@ondo.kure-u.ac.jp)  
\*\*\*\* 정회원 · 원광대학교 건축·도시·토목환경공학부 부교수 · 063-850-6722(E-mail:ngmoon@wonkwang.ac.kr)

### 3. 도로교통안전대책사업에 관한 분석

본 조사는 2001년 4월 한 달 동안 전국의 도로교통관리자와 도로교통안전관리공단을 대상으로 하였으며 회수된 설문지의 구성비율은 <그림1>과 같다. 본 설문지는 각 기관에서 지난 5년 간 실시한 도로교통안전대책사업 중에 가장 효과가 있었던 사업에 대해 답하는 형식으로 되어있다. <그림2>

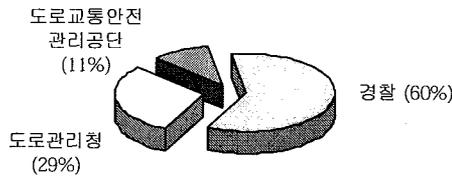


그림 1. 설문지 기관별 비율

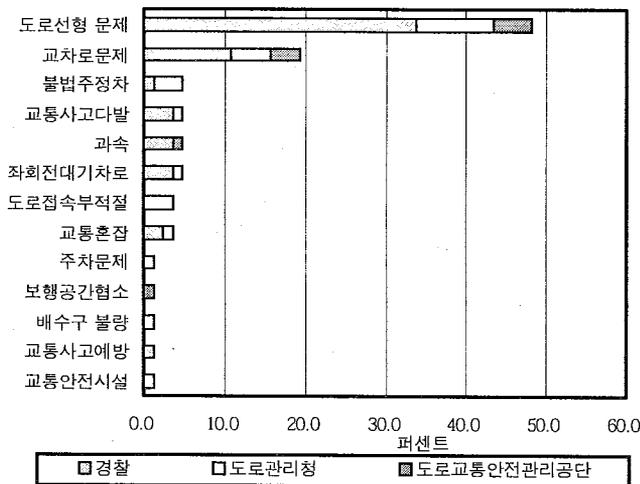


그림 2. 도로교통안전대책사업 실시지점의 문제점

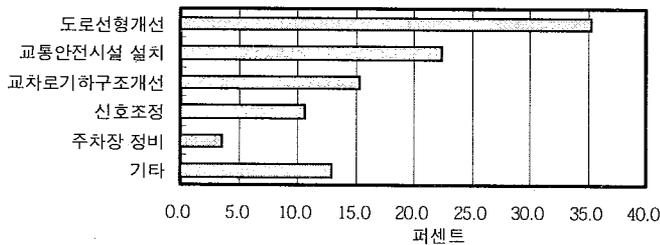


그림 3. 대책사업실시지점의 문제점에 대한 해결방안

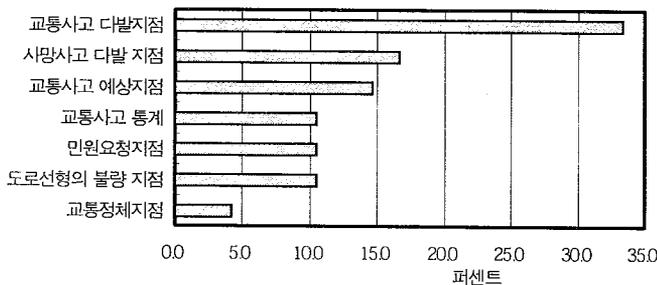


그림 4. 사업지 선정시 귀 기관의 선정기준

는 안전대책사업을 실시한 사업지의 문제점이며, 결과로서는 세 기관 모두 '도로선형 문제', '교차로 문제'순으로 응답했다.

<그림3>은 도로교통안전대책사업을 실시한 지점에 대한 해결방안을 나타내고 있다. 해결방안으로는 '도로선형개선', '교통안전시설설치', '교차로기하구조개선', '신호조정'순으로 응답했다. 그리고 <그림2>와 <그림3>의 교차분석결과 문제점이 '도로선형'인 경우 해결방안으로는 '도로선형개선(60%)', '교통안전시설설치(30%)'로 가장 많았으며, 문제점이 '교차로 문제'인 경우에는 해결방안으로 '교차로기하구조개선(56%)', '신호조정(25%)'을 한다고 응답했다. <그림4>의 사업지 선정에 있어 각 기관의 선정기준에 대한 질문에 대해서는 '교통사고다발지점', '사망사고 다발지점', '교통사고 예상지점'순으로 전체 중 75%가 교통사고와 관련이 있다. 선정기준에 맞추어 도로교통안전대책의 사업지를 선정하므로 <그림2>와 <그림4>를 비교하여 볼 때 교통사고다발지점(사망사고 다발지점, 교통사고예상지점)은 대부분 도로선형과 교차로기하구조의 문제가 있음을 알 수 있다. 이를 통해 교통사고를 줄이기 위해서는 도로와 교차로의 기하구조와 선형의 문제점을 개선해야 함을 알 수 있다. 이러한 도로선형의 문제점은 도로의 계획단계부터 잠재되었던 문제들이다. 그러나 이것을 여러 안전측면에서 바라보지 못하고 도로구조령에만 맞추다 보니 안전성이 무시된 경우 사고를 유발하는 도로로 전락하지 않았나 생각된다. 그러므로 도로의 계획단계부터 도로안전개념이 충분히 반영되어야 하겠다.

도로안전진단은 설계자나 계획자와는 독립된 제3자에 의해 실시될 것이 권장되고 있다. 영국에서는 'RoSPA'란 '제3자 기관'의 처방에 따라 500여 곳의 도로를 안

전위주로 개선하여 사망자수가 1990년 5217명에서 1994년 3650명으로 사망자수가 약 30%나 감소하였다고 한다. 도로안전진단은 이러한 계획자나 설계자가 간과할 수 있는 고령자, 어린이, 신체장애자의 관점에서 안전을 생각할 수 있는, 경험과 지식이 풍부한 진단자(그룹)가 필요하다. 우리나라에서는 어떠한 기관이 이러한 '제3자 기관'의 역할을 하는지 또한 도로안전대책사업에 어떠한 영향을 미치는지 알아볼 필요가 있다. <그림 5>는 사업지 선정에 참여하는 '제3자 기관'에 대한 질문으로 약 71%가 '없다'라고 응답했으며 '있다'라는 응답 가운데 '도로교통안전관리공단'이 가장 많았다. 기타 '제3자 기관'으로는 구의원, 교육청, 아파트 주민, 학교 등이 있었다.

'제3자 기관'이 사업지 선정에 참여한다고 응답한 설문자에게 '제3자 기관'의 의견이 받아들여졌는가 라는 물음에는 86%가 받아들여졌다고 응답했으며, 받아들여지지 않았다는 응답에는 '예산부족', '현실감 결여', '객관적인 타당성의 결여'가 가장 많았다.

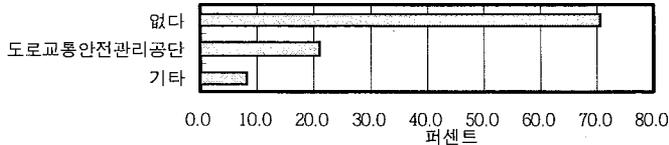


그림 5. 사업지 선정에 참여한 제3자 기관

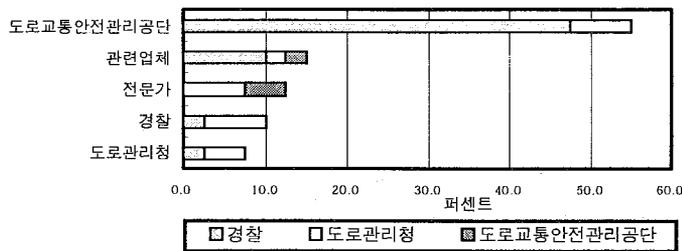


그림 6. 설계시 기관별 자문을 구한 곳

고다발지점을 관리하고 이와 관련된 전문가들이 있기 때문인 것으로 생각된다.

<그림 7>의 '제3자 기관'의 현장답사 참여여부에 대한 질문에는 경찰이 다른 기관에 비해 가장 많이 참여한다고 응답하였다. 이는 경찰이 전문성이 떨어짐을 자각하기 때문이라 생각된다. 또한 도로교통안전관리공단의 경우 '제3자 기관'의 참여가 가장 적은 이유는 경찰과 반대로 도로교통안전에 대한 전문성이 타 기관에 비해 뛰어나기 때문이라 여겨진다. <그림 7>에서 '예'라고 응답한 설문자들이 말한 '제3자 기관'으로는 도로교통안전관리공단이 81%로 가장 많았으며, 이 외에 측량업체, 지역주민, 보수업체, 설계회사가 있었다.

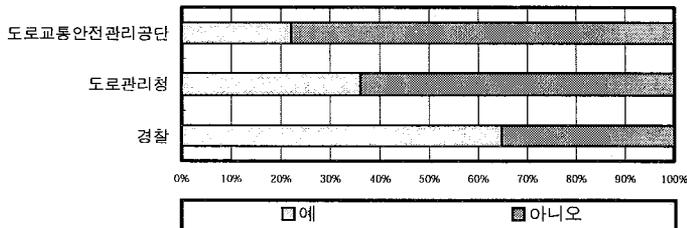


그림 7. 기관별 현장답사에 '제3자 기관'의 참여 여부

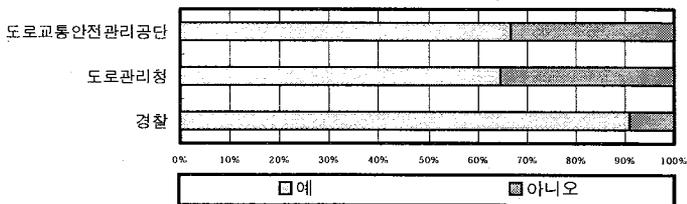


그림 8. 제3자 기관의 참여조직에 의한 대책안의 검토 가능 여부

<그림 6>의 설계 시 자문을 구한 곳에 관한 질문에는 경찰의 경우는 도로교통안전관리공단에 대부분의 자문을 구하고 있었고, 도로관리청의 경우는 도로교통안전관리공단, 전문가, 경찰 등에 비슷하게 자문을 구하고 있었다. 도로교통안전관리공단의 경우는 전문가와 관련업체에게 자문을 구하고 있었다. 특히 경찰이 도로교통안전관리공단에 대부분의 자문을 구하는 이유는 같은 경찰청 산하 기관이기도 하겠지만 도로교통안전관리공단에서 교통사

<그림 8>의 '제3자 기관'이 참여한 조직에 의해 대책안을 검토하는 것이 가능한 가라는 질문에 78%가 '예'라고 응답하였고, 기관별 비교에서는 경찰이 타 기관에 비해 '예'의 비율이 91%로 다른 기관(약 65%)에 비해 상당히 높게 나왔다. 이는 경찰이 <그림 7>에서와 같이 전문성이 없음을 인식하기 때문이라 생각된다. 그리고 '아니오'라고 답한 의견으로는 '현장감이 적으므로', '공사의 기초지식이 없이는 자문 및 검토가 불가능하므로', '기술적인 문제로서 관리자와 설계회사의 판단', '책임사유가 없음', '적절한 '제3자 기관'이 없고 전문인력이 부족하므로' 등의 의견이 있었다.

점검 및 보수, 정비를 할 경우 '제3자

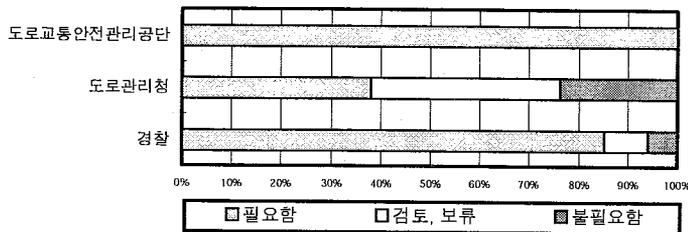


그림 9. 점검, 보수, 정비에 제3자 기관의 참여 필요성

기관'의 참여에 대한 질문에는 다른 기관에 비해 도로관리청이 부정적이었다. 그 이유로서는 '점검, 보수, 정비는 업무 효율성과 일치감을 주기 위해 담당기관에서 실시해야 함', '법, 제도, 예산 등이 미비', '가능하나 차후 사고발생에 따른 책임 한계가 분명하지 않음', '필요성은 있으나 소액사업의 경우 현실적으로 불합리' 등과 같은 의견이 있었다.

#### 4. 결론

<그림2>를 통하여 사고다발 지점의 가장 큰 문제점은 도로의 선형과 교차로기하구조의 문제점이라는 걸 알았다. 교통사고가 급격한 감소추세로 가고있는 선진국의 경우 교통안전대책에 대한 생각이 사고다발도로에 대한 사고감소대책에서 근본적인 사고발생 가능성을 최소화하는 예방대책으로 변하고 있다. 그래서 교통사고 다발지점의 경우 기하구조의 문제점을 파악해 개선하고 이와 같은 기하구조를 가진 도로나 교차로는 사고발생 이전에 미리 개선을 한다고 한다. 우리나라의 경우도 교통사고다발지점에 대한 후처리에 급급할 것이 아니라 도로의 계획과 기본 설계 단계부터 전문가의 진단아래 안전개념이 도입된 도로를 만들어야겠다. 이를 통해 도로유지보수공사가 적어져 도로 및 시설물의 라이프사이클 비용을 감소시킬 수 있으며, 교통사고 비용을 줄일 수 있다. 그리고 위 조사를 통하여 교통관리자인 경찰은 도로관리자나 도로교통안전관리공단과는 달리 갖은 인사이동으로 교통안전시설에 대한 전문성이 많이 부족함을 인식하고 있었으며, 이 때문에 '제3자 기관'이 사업을 검토하는 것과 점검·보수·정비 시 '제3자 기관'의 참여에 대해 상당히 긍정적이었다. 또한 자문기관으로는 도로교통안전관리공단을 주로 이용하고 있었다. 도로관리자의 경우는 경찰에 비해서는 전문성이 있음을 알 수 있었다. 하지만 1~2년마다 같은 토목직에서도 자리이동이 있으므로 도로나 교통안전시설물의 설계를 할 경우 여러 도로이용자의 편에서 안전까지 고려할 정도의 전문성을 갖추지는 못한 것 같다. 도로교통안전관리공단의 경우는 대부분의 자문을 경찰로부터 받고 있었다. 이는 '교통사고 많은 지점 개선사업'을 경찰로부터 위탁받아 하고, 또한 안전에 관한 전문가가 있기 때문일 것이다. 하지만 경찰에 비해 도로관리자로부터의 자문은 적은 형편이었다. 그리고 이 기관에서 '제3자 기관'으로서의 일을 어느 정도 하고 있지만 도로안전진단의 진단자(그룹)와 비교했을 때는 체계적인 시스템 안에서 진단이나 자문이 이루어지지 않고 있고, 책임소재가 불분명하며, 도로안전진단의 진단자와 같이 전문성이 검증됐다고 할 수 없다는 것이다. 지금까지 우리나라의 도로교통안전대책사업의 형태에 대해서 알아보았다. 대책사업에 진단과 조언을 하는 '제3자 기관'은 우리나라에 있지만 도로안전진단처럼 도로의 계획단계부터 안전개념이 도입되어 진단이 이루어지지 않고 있었다. 선진국의 교통사고감소의 사례를 볼 때 계획초기부터 안전개념이 도입된 도로를 건설할 필요가 있으므로, 우리나라의 도로교통안전대책사업을 명확히 파악하여 도로안전진단제도를 적소에 도입하는 일은 시급하다고 생각된다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단에서 한·일 국제공동연구(과제번호: 20006-313-01-2)의 지원으로 수행되었음.

#### 참고문헌

1. Austroads: Road Safety Audit
2. 道路安全監査研究分科會：道路安全監査を考える，土木計劃學研究・講演習22(1)，1999.
3. 이환승, 도로 안전진단 제도의 진단항목 및 판정기준 개발에 관한 연구, 교통안전공단, 1998
4. 今田 寛典·남궁 문, 道路安全監査をるコンピュータシステム -英國の現状と我が國への適用- Journal of the Faculty of Social Information Science, Kure University Vol.6, November 2000

—第 1 0 章—

Analysis on Driver's Visual Behavior at the Curve Sections of  
a National Road for Enhancing Traffic Safety

Kim Hong-sang (Prof. Dept. of Transportation Eng, Myongji Univ, KOREA)

Kum Ki-Jung (Prof. Dept. of Transportation Eng, Myongji Univ, KOREA)

Kim Myong-Soo (Prof. of Urban Planning Eng, Hanbat National Univ, KOREA)

Park Young-Jin (Ph.D, Transportation research Group, Waterloo Univ, CANADA)

■ 論 文 ■

# 교통안전 증진을 위한 국도 곡선부에서의 운전자 시각행태 분석

Analysis on driver's visual behaviour at the curve sections  
of a national road for enhancing traffic safety

**김 흥 상**

(명지대학교 교통공학과 부교수)

**금 기 정**

(명지대학교 교통공학과 부교수)

**김 명 수**

(한밭대학교 토목환경도시공학부 부교수)

**박 영 진**

((주)유신코퍼레이션 도로부 과장)

## 목 차

- I. 서론
- II. 국도상의 교통사고 특성과 조사
  - 1. 국도상의 교통사고 현황
  - 2. 현장조사
  - 3. 시선유도시설의 설치기준
- III. 운전자 시각행태 특성
  - 1. 지점1에서의 시각행태 특성
  - 2. 지점2에서의 시각행태 특성
- IV. 동체속도를 이용한 운전자 시각행태 특성
  - 1. 지점1에서의 동체속도 변화
  - 2. 지점2에서의 동체속도 변화
  - 3. 주시공간비
  - 4. 대향차량 유무에 따른 시각특성
- V. 결론 및 향후 연구과제
- 참고문헌

Key Words : 국도곡선부, 교통안전, 운전자, 시각행태, 시선유도시설

## 요 약

운전에 필요한 외부 정보는 90% 이상을 운전자의 시각에 의존하고 운전자의 시각활동과 이에 따른 인지, 판단, 행동에 이르는 일련의 과정을 통하여 이루어짐으로 운전자의 시각활동 특성을 파악하는 것은 중요한 의미를 갖는다. 특히 곡선부에서는 원활한 운전성을 확보하고 운전중의 교통안전 증진을 위하여 시선유도 시설을 설치하고 운전자에게 전방의 상황을 사전에 제공하고 있다. 따라서 시선유도시설은 무엇보다도 운전자의 시각특성이 반영된 관점에서 시선유도 시설의 설치기준, 효용 등이 재검토되어야 할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 위와 같은 배경을 바탕으로 교통사고 다발지점으로 지정되어 있는 국도 34호선(진천 IC, 벽암리~입장면 구간, 편도1차로)을 대상으로 운전자의 시각행태와 시선유도 시설을 확인하는 시각적 일련의 과정을 파악하는데 주 목적을 두었다. 그리고 이 결과를 바탕으로 곡선부 교통사고 다발지점에서의 교통안전 증진을 위하여 시선유도시설에 관한 운전자 시각행태를 파악하고 향후 정비되어야 할 방향 검토에 목적을 두었다.

## 1. 서론

국도 곡선부에 설치되어 있는 시선유도시설(시선유도 표지, 표지병, 갈매기표지 등)은 곡선부 진입전에 운전자에게 전방의 도로교통 조건을 사전에 알려 주의를 환기시키고 안전운전에 필요한 사전정보를 시각을 통하여 제공함으로써 안전한 주행환경을 제공하는데 설치 목적이 있다. 기존의 교통사고 통계에 따르면 곡선부는 비곡선부에 비해 치사율이 약 2배 이상 높은 것으로 나타나 교통안전에 관한 대응과 확보가 무엇보다 중요한 구간으로 교통안전 증진을 위한 시설과 기능 강화가 필요하다.

한편 원활한 운전성과 안전운전에 필요한 운전중의 외부 정보는 90% 이상을 운전자의 시각과 그 활동에 의존하고 이에 따른 인지, 판단, 행동에 이르는 일련의 과정을 통하여 형성됨으로서 운전자의 시각활동 특성을 파악하는 것은 중요한 의미를 갖는다. 특히 곡선부에서 운전중의 안전증진을 위한 시선유도 시설의 기능을 강화하기 위한 중요한 관점으로는 운전자의 시각활동 특성이 반영된 관점에서 시선유도 시설의 설치기준, 효용 등이 재검토되어야 할 필요가 있다.

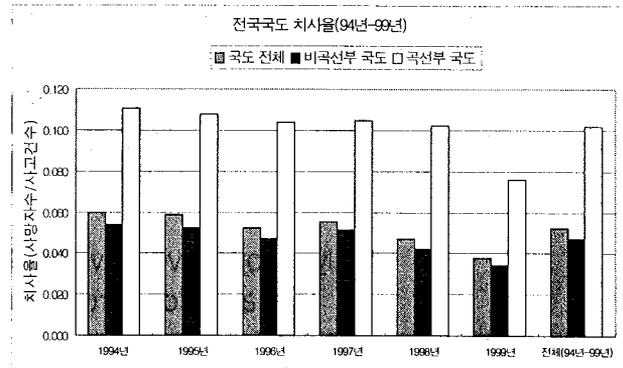
따라서 본 연구에서는 위와 같은 배경을 인식하고 교통사고 다발지점으로 지정되어 있는 국도 34호선(진천IC, 벽암리~입장면 구간, 편도1차로)을 대상으로 초점기록계를 이용한 운전자 시각행태를 조사, 그 특성을 파악하는데 일차적인 목적을 두었다. 그리고 이 결과를 바탕으로 현재 규정되어 있는 시선유도 시설의 설치기준을 재검토 할 수 있는 시각행태 측면에서의 근간을 마련하는데 필요한 기초적 자료를 확보하는데 주 목적을 두었다.

이를 위하여 실험구간내 지점별로 피실험자의 주·야간별 시각특성을 곡선부 진입전과 곡선부내, 곡선부 통과후로 각각 구분하여 각 지점에서의 시각행태를 파악하여 운전자의 시각행태 특성과 향후 고려되어야 할 사항에 관하여 검토하였다.

## II. 국도상의 교통사고 현황과 조사

### 1. 국도상의 교통사고 현황

도로연장 100km당·자동차 1만 대당 발생건수에서는 시·도에서 0.46, 일반국도에서는 0.43으로 나



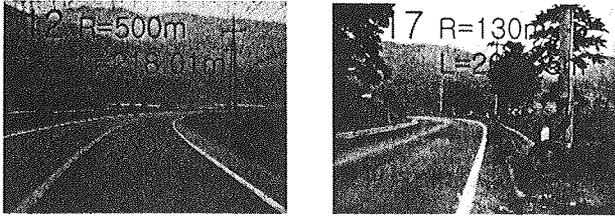
〈그림 1〉 국도 곡선부와 비곡선부에서의 치사율 (전국자료, 1994-1999년)

타나 일반국도의 교통위험성이 높음을 알 수 있다(고속국도 0.33, 각 도로별 전체 평균 0.24). 또 국도 곡선부와 비곡선부에서 발생한 교통사고 발생건수 비율은 각각 9.2%와 90.8%(1994-1999년까지의 5개년간 자료, 곡선부와 비곡선부를 구분한 교통사고 통계 인용)로 집계되었으나 곡선부의 연장이 직선구간에 비해 절대적으로 짧은 조건을 고려하면 적지 않은 교통사고가 곡선부에서 발생하고 있음을 알 수 있다. 그리고 교통사고의 위험 수준을 나타내는 사망사고 비율(치사율)에서는 곡선부와 비곡선부에서 〈그림 1〉과 같이 곡선부 국도에서 매우 높게 나타나 사고의 치명도 측면에서 매우 위험하고 교통안전을 위한 대비가 더욱 필요한 구간임을 알 수 있다.

### 2. 현장조사

이러한 배경에서 본 연구에서 선정한 조사지점으로는 매년 교통사고가 빈번히 발생하고 있고 또 현재 교통사고 다발지점으로 지정되어 있는 국도 34호선(진천IC, 벽암리~입장면 구간)을 대상으로 이 구간내의 곡선부 중 아래의 조건(①-③)을 만족하고 곡선반경에 따른 차를 추출하기 위하여 곡선반경이 가장 크고 작은 2개지점(지점1 R=500m, 지점2 R=130m)을 선정하여 두 지점에서의 운전자 시각행태와 그 특성을 각각 조사하였다.

- ① 운전자가 전방의 곡선선형 등 도로조건을 시선유도시설로부터 얻기 위해서는 전방의 곡선부가 진입전 직선부에서 가능한한 직접 확인되지 않은 구간을 선정
- ② 곡선부에서의 운전자 시각행태를 파악하기 위하여



〈그림 2〉 본 연구에서 선정한 조사지점 곡선부의 전경  
(좌:지점1, 우:지점2)

곡선장이 일정수준 이상의 길이를 갖고 있는 곳

- ③ 곡선에 의한 시각행태 특성을 파악하기 위하여 기타의 시각장애 요인이 적은 곳

실험에 참여한 피실험자는 시각활동에 지장이 없는 운전경력 3년 이상의 운전자(현재 자가용승용차를 직접 운전하는 자, 4인)를 대상으로 하였다. 실험차량은 국도를 이용하는 차량이 화물차와 자가용승용차가 혼재되어 있는 상황을 고려하여 두 차종간의 차고 높이가 중간형으로 판단되는 승합차(트라제XG, 최저 지상고 160cm)로 하였다. 그리고 피실험자의 시각활동을 직접 측정하기 위하여 사용한 초점기록계는 자료 수집에 있어서 무선통신이 가능한 Takei사 제품을 사용하였다.

시각행태를 직접 측정하기 위한 지표로는 초점활동을 X와 Y좌표로 각각 구분하여 관측하고(주시영역) 이 영역을 주·야간별로 측정함으로써 다양한 관점의 판단이 가능하도록 하였다. 이 외에도 동공의 동체속도와 주시공간비와 같은 다양한 지표를 이용함으로써 시각특성을 직접 파악할 수 있도록 하였다.

### 3. 시선유도시설의 설치기준

현재 우리나라에서 규정된 시선유도 시설물의 설치 기준인 건설교통부 지침(건설교통부 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙해설 및 지침)에 따르면, 곡선부에서 운전자의 안전 등을 확보하기 위한 시설물로는 시선유도표지, 갈매기표지, 표지병으로 구분되어 있다.

설치장소는 선형이 급격히 변화하는 구간 등으로 되어 있고 설치위치 및 높이에 관한 규정이 현장조건에 따라 탄력적으로 설치할 수 있도록 규정되어 있다. 그러나 이 시설은 운전자의 시각에 의존하는 시설로서, 이 시설의 효과를 더욱 증진할 수 있도록 운전자의 시각행태가 고려되어야 할 필요가 있다.

〈표 1〉 시선유도 표지의 설치 기준

구분	세부내용	
시선유도표지의 정의	· 시선유도표지(Delineator)는 도로부속시설물 중 하나로서 야간운전자에게 전방의 도로선형이나 기하조건이 변화되는 상황을 안내해 줌으로써 안전하고 원활하게 차량을 유도하는 시설	
설치장소	· 설계속도가 50km/h 이상인 구간 · 도로의 선형이 급격하게 변하는 구간 · 차선수나 차도폭이 급격하게 변하는 구간(도로조명시설이 있는 경우 생략)	
설치	위치	· 차도 시설한계의 바깥쪽 가장 가까운 곳에 설치하며, 일반적으로 길어깨 가장자리로부터 0~200cm 되는 곳에 지형에 맞게 설치 · 표준설치 위치는 길어깨 가장자리로부터 0.5m를 제한하며, 부득이한 경우 설치위치를 점진적으로 0.5m에 가깝게 설치
	높이	· 노면으로부터 반사체의 중심까지를 90cm로 하여 설치하는 것을 원칙

〈표 2〉 지점1(R=500m)에서의 시선유도 시설물 설치 현황

시설물 종류	설치 현황	시설물 지침	
시선유도표지	곡선내측	없음	R=500 22.5m. 등간격. 반사체 중심까지 0.9m
	곡선외측	백색 신형 9개, 비등간격 1.2m 높이로 일정	
갈매기표지	곡선내측	없음	R=500에서 35m. 등간격. 표지하단까지 1.2m
	곡선외측	4개, 비 등간격 1.2m 높이로 일정	
표지병	설치되었으나 포장 덧씌우기로 묻힘		
기타표지	주의표지 1개소, 2m 높이로 설치		

〈표 3〉 지점2(R=130m)에서의 시선유도 시설물 설치 현황

시설물 종류	설치 현황	시설물 지침	
시선유도표지	곡선내측	백색 신형 14개, 비등간격 1.15m 높이로 일정	12.5m. 등간격. 반사체 중심까지 0.9m
	곡선외측	백색 신형 16개, 16m 등간격 1.10m 높이로 일정	
갈매기표지	곡선내측	없음	20m 등간격. 표지하단까지 1.2m
	곡선외측	9개, 비 등간격 1.2m 높이로 일정	
표지병	설치되었으나 포장 덧씌우기로 묻힘		
기타표지	주의표지 2개소, 2m 높이로 설치		

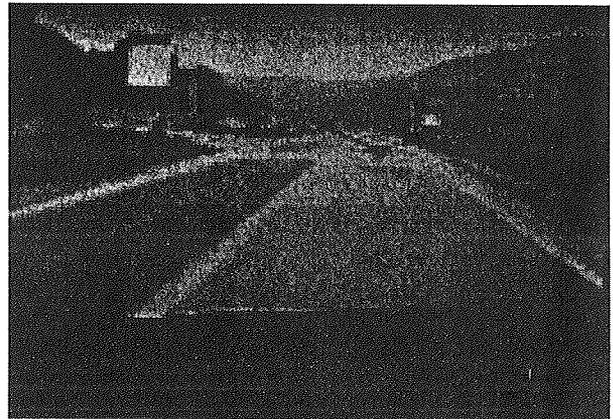
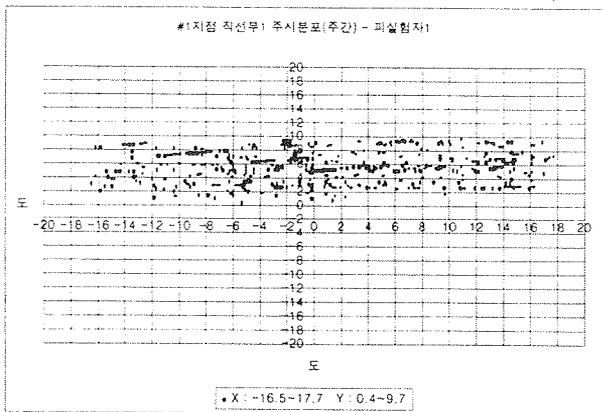
### III. 운전자의 시각행태 특성

#### 1. 지점1(R=500m)에서의 시각행태 특성

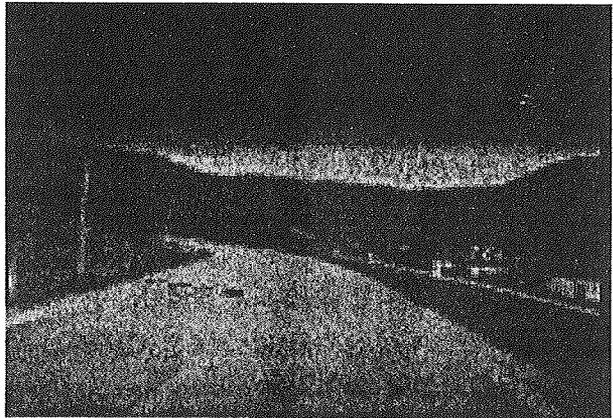
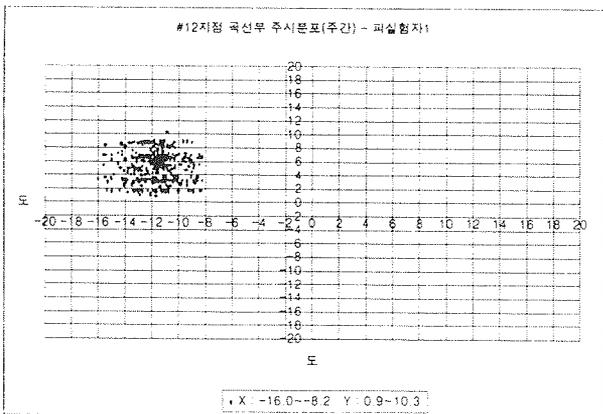
##### 1) 주간시 주시영역

교통사고 다발지점으로 지정되어 있는 조사지점을 대상으로 시각활동에 지장이 없는 운전경력 3년 이상의 운전자(현재 자가용승용차를 이용하고 있는 자, 4인)

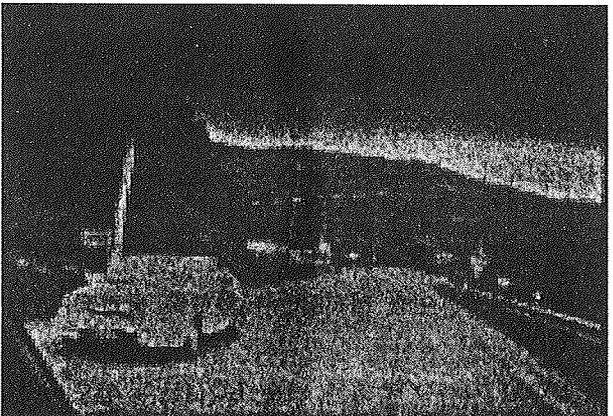
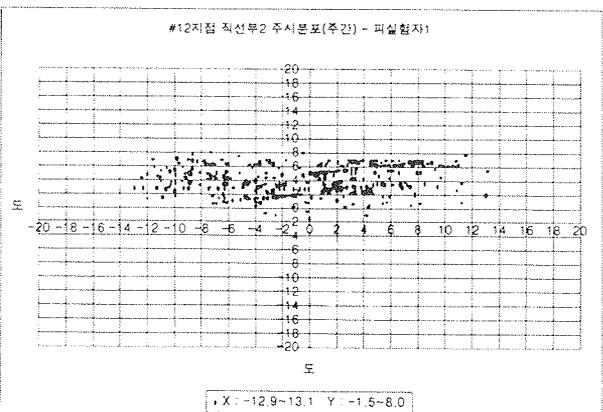
를 대상으로 한 실험 결과, 조사지점 1(R=500m, L=218m)에서 곡선부 진입전 직선구간에서는 좌우 방향으로 중앙값(0°)을 기준으로 각 개인별로 차이는 있으나 최대범위값이 -19.8° ~ 19.0°, 최소 -15.9° ~ 14.8°를 나타내 전반적으로 매우 활발한 전방주시 특성을 나타내고 있다. 또 상하주시영역에서는 최대범위 -6.8° ~ 12.4°, 최소범위 -0.8° ~ 12.1°로 관측되어 전방의 상황을 폭넓게 주시하고 시거 측



〈그림 3〉 직선구간에서의 운전자 시각 행태(지점1, 피실험자 1의 경우)



〈그림 4〉 곡선구간에서의 운전자 시각 행태(지점1, 피실험자 1의 경우)



〈그림 5〉 곡선통과후의 직선구간에서의 시각 행태(지점1, 피실험자 1의 경우)

〈표 4〉 지점1(R=500m)에서 각 구간별 주시영역 분포

#1지점(주간) R=500m, L=218.01m		좌우주시영역폭 (도)	상하주시영역폭 (도)
피실험자 1	직선부 1	-19.8~19.0	-0.8~12.1
	곡선부	-16.5~-9.3	-1.6~11.0
	직선부 2	-15.1~14.7	-4.6~10.3
피실험자 2	직선부 1	-17.6~17.3	-3.2~13.4
	곡선부	-16.3~-2.7	-6.8~10.9
	직선부 2	-15.3~13.3	-2.3~11.9
피실험자 3	직선부 1	-15.9~14.8	-6.8~12.4
	곡선부	-13.7~-4.8	-5.4~11.4
	직선부 2	-15.3~17.3	-10.7~8.4
피실험자 4	직선부 1	-18.8~17.5	-0.1~17.3
	곡선부	-18.4~-7.0	4.4~12.3
	직선부 2	-15.1~12.5	-9.6~8.7

면에서도 충분한 원거리를 유지하는 것으로 파악되었다.

그러나 곡선부 진입과 함께 운전자 시각행태는 중앙점을 기준으로 최대범위 16.3°~-2.7°로(최소범위 -16.5°~-9.3°) 직선구간에서의 시각 행태와 비교해 시각행태가 축소·위축되고 전체적인 시점도 곡선부의 내측(구심측)에 집중되는 것을 확인하였다. 이 결과를 바탕으로 직선부에서의 시각활동폭을 1.0으로 하였을 때 곡선부에서의 비율은 피실험자에 따라 차이는 있으나 0.54~0.69 수준을 나타내 시각활동이 곡선부에서 저하됨을 알 수 있다.

또 이 지점에서의 시각특성은 시점이 곡선부의 내측에 집중되어 있는 반면 시선유도시설 등은 현재의 설치기준에 따라 주행방향의 외측에 설치되어 있어 운전자의 주시선활동 범위(Sight Line)<sup>9)</sup>를 벗어나 본 시설의 효과를 증진하기 위한 고찰이 필요하다.

한편 곡선부 통과후의 시각행태는 곡선부 진입전의 직선구간에서와 같이 좌우, 상하방향으로 활발한 시각행태를 나타내고 있고 이와 같은 시각특성은 피실험자 모두에게 나타나는 공통적인 특성임을 확인하였다.

2) 야간시 주시영역

한편 지점1에서 야간시 운전자 시각행태(피실험자 3인 대상) 분석에서는, 직선구간에 비해 전체적으로

〈표 5〉 각 구간별 주시영역 (단위:도)

#1지점(야간) R=500m, L=218m		좌우주시영역폭	상하주시영역폭
피실험자 1	직선부 1	-12.8~10.0	-8.5~0.3
	곡선부	-11.6~-1.2	-0.7~11.6
	직선부 2	-13.0~7.7	-13.7~4.0
피실험자 2	직선부 1	-13.3~5.3	-8.7~9.3
	곡선부	-13.0~-2.1	-2.6~10.4
	직선부 2	-9.8~10.0	-10.4~6.6
피실험자 3	직선부 1	-10.7~7.2	-8.9~5.8
	곡선부	-12.4~-0.9	-3.7~9.1
	직선부 2	-11.5~9.1	-7.4~3.4

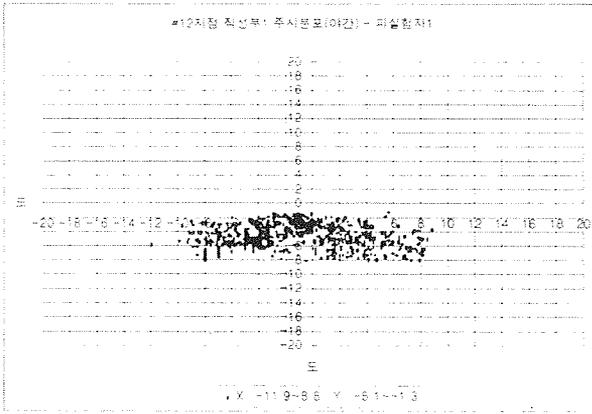
좌우, 상하방향으로 시점의 행태특성이 축소된 경향을 나타내고 있음을 확인할 수 있다. 좌우방향으로는 중앙을 기준으로 최대범위가 직선부에서 -12.8°~10.0°의 범위를 나타낸 반면 곡선부에서는 최대영역이 -13.0°~-2.1°의 범위를 나타내 직선부에 비해 곡선부에서 시각활동이 위축되고 또 주간시와의 비교에서도 활동성이 저하된 시각 특성을 나타내고 있음을 알 수 있다.

한편 주시영역간의 차(평균)를 직선부 기준(1.0)으로 평가하면, 곡선부에서는 좌우방향으로 0.34, 상하방향으로 0.73을 나타내 도로의 노측에 설치되어 있는 시선유도시설을 효과적으로 인지할 수 있는 신체적 기능이 특히 낮아짐을 알 수 있다. 이러한 경향은 지점2에서도 직선부에 비해 좌우, 상하방향으로 각각 0.52, 0.63을 나타내 공통적인 현상으로 파악되었다(〈그림 6, 7, 8〉, 〈표 8〉).

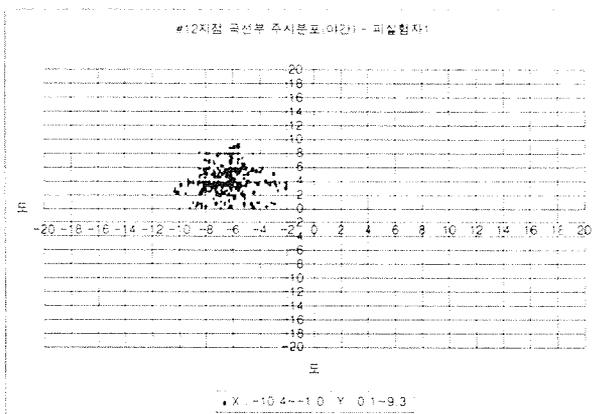
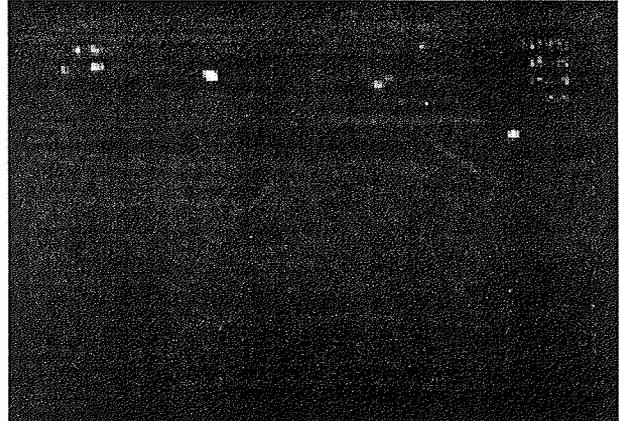
2. 지점2(R=130m)에서의 시각행태 특성

1) 주간시 주시영역

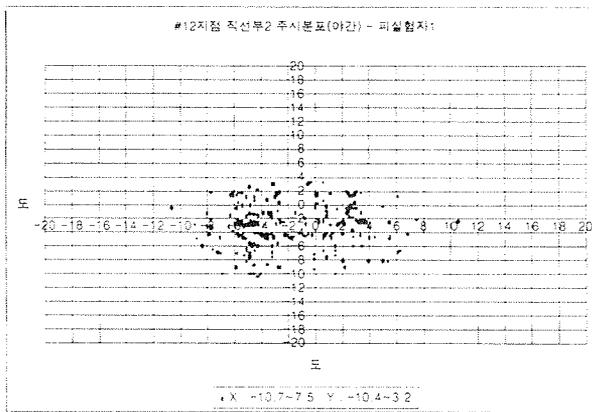
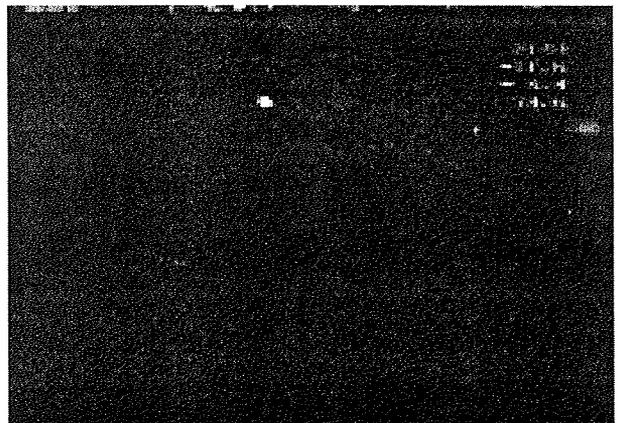
조사노선 중에서 곡선반경이 가장 작은 조사지점 2(R=130m, L=207m)에서도 직선부와 곡선부 그리고 곡선부 통과후의 시각행태간에도 지점1에서와 같이 특히 곡선부에서 진행방향의 내측에 시점이 집중되는 현상을 확인할 수 있다. 특히 곡선반경이 큰 지점1 보다 곡선반경이 작고 전방의 도로조건이 전혀 확인되지 않는 상태로서 곡선부에서의 시각행태가 지점1 보다 활발한 활동특성을 나타내고 있다. 이는 전방 상황이 급한 곡선반경으로 직접 확인되지 않는 상황



<그림 6> 직선구간에서의 운전자 시각행태(지점1, 피실험자 1의 경우, 야간시)



<그림 7> 곡선구간에서의 운전자 시각행태(지점1, 피실험자 1의 경우, 야간시)



<그림 8> 곡선구간 통과후 직선구간에서의 운전자 시각행태(지점1, 피실험자 1의 경우, 야간시)



에서 운전자는 안전에 필요한 정보를 취하려 하는 적극적인 행태로 판단된다.

또 곡선부 통과후의 직선부에서는 조사지점1에서와 같이 곡선부 진입전 직선부에서와 같이 유사한 활발한 행태를 나타내고 있음을 알 수 있어, 곡선부에서는 곡선의 내측에 운전자의 시점이 집중되는 현상은 운전자의 곡선부 통행시 이루어지는 일반적인 시각특성이라 할 수 있다.

## 2) 야간시 주시영역

동일한 지점에서 주간시와 야간시의 비교에서도 지점1에서와 같이 전체적으로 운전자의 시각활동이 위축되는 현상을 파악할 수 있고 그 정도는 개략적으로 좌우방향으로 직선부를 기준으로 곡선부에서는 약 36%, 상하방향으로는 46% 수준으로 나타나 지점1에서와 같이 상하방향 보다 좌우방향의 활동이 보다 위축됨을 확인할 수 있다(<표 10>).

〈표 6〉 지점2에서의 각 구간별 주시영역 (주간시, 단위:도)

#2지점(주간) R=130m, L=207m		좌우주시영역폭	상하주시영역폭
피실험자 1	직선부 1	-12.4~11.1	-7.4~11.4
	곡선부	-0.9~14.9	-2.1~16.0
	직선부 2	-14.9~14.4	-11.8~12.4
피실험자 2	직선부 1	-14.2~14.3	0.7~11.5
	곡선부	-1.5~14.6	-2.3~10.6
	직선부 2	-13.3~16.1	-8.4~11.7
피실험자 3	직선부 1	-10.8~11.8	-2.2~8.8
	곡선부	2.2~15.9	-0.8~8.2
피실험자 4	직선부 1	-13.0~18.4	-2.3~9.8
	곡선부	0.5~17.8	-7.9~4.5
	직선부 2	-16.8~14.8	-3.4~15.3

〈표 9〉 지점1과 지점2에서의 야간시 평균 주시범위 (단위:도)

구분		좌우측		상하측	
		주시영역	비율	주시영역	비율
#1지점 R=500m L=218m	직선부 1	-10.6~7.2	1.0	-3.8~11.6	1.0
	곡선부	-10.9~-3.3	0.43	-0.8~10.4	0.91
	직선부 2	-9.6~8.8	1.03	-5.0~8.1	0.89
#2지점 R=130m L=207m	직선부 1	-6.4~9.3	1.0	-5.7~7.5	1.0
	곡선부	4.2~9.8	0.36	0.9~7.0	0.46
	직선부 2	-6.7~4.3	0.70	-3.8~7.3	0.84

〈표 7〉 지점2에서의 각 구간별 주시영역 (야간시, 단위:도)

#2지점(야간) R=130m, L=207m		좌우주시영역폭	상하주시영역폭
피실험자 1	직선부 1	-9.4~8.7	-5.3~9.0
	곡선부	1.0~8.6	-1.2~7.0
	직선부 2	-10.4~3.0	-4.4~8.9
피실험자 2	직선부 1	-8.2~8.4	-1.3~9.9
	곡선부	0.6~9.8	2.0~9.5
피실험자 3	직선부 1	-9.5~7.2	-6.5~8.6
	곡선부	6.0~14.5	-3.7~7.9
	직선부 2	-7.8~8.3	-7.4~10.7

#### IV. 동체속도를 이용한 운전자 시각행태 특성

##### 1. 지점1에서의 동체속도 변화

한편 운전중 운전자의 시각 동체속도는, 운전자의 시각활동 정도를 나타내는 지표(degree/초)로서 동체속도가 빠를수록 적극적인 활동성을 의미하고 이 활동에 따라 상대적으로 주변의 도로교통 조건을 인지하는데 유리한 상황을 의미한다. 이러한 의미에서 조사지점1에서의 동체속도는 곡선부 진입전 직선구간의 속도는 각 피실험자에 따라 개인적인 차는 있으나 69.3~91.2degree/초의 범위를 나타내고, 곡선부에서는 18.8~23.3degree/초의 범위를, 그리고 곡선부 통과후의 구간에서는 54.8~78.1degree/초의 범위를 나타내는 것으로 파악되어 곡선부의 시각활동성은 직선부에 비해 약 1/3 수준으로 파악되었다. 따라서 곡선부에서는 시각활동 범위의 위축과 함께 시각의 활동성도 동시에 저하되어 안전운전에 충분히 대응할 수 있는 능력이 현저히 낮아짐을 확인하였다.

특히 이러한 특성은 교통사고로 인한 치사율 등 교통사고의 피해가 큰 곡선부에서 운전자의 시각행태와 동체속도의 움직임이 저하되는 상황을 고려하면 곡선부에서 운전자의 시각활동을 향상과 시각적 특성이 저하되는 상황을 극복하고 보완할 수 있는 시설측면에서의 보완이 필요함을 시사하고 있다(4인의 평균 동체속도 직선구간 81.2degree/초, 곡선구간 21.5degree/초). 또 야간시에는 직선부에서 63.2~69.5degree/초의

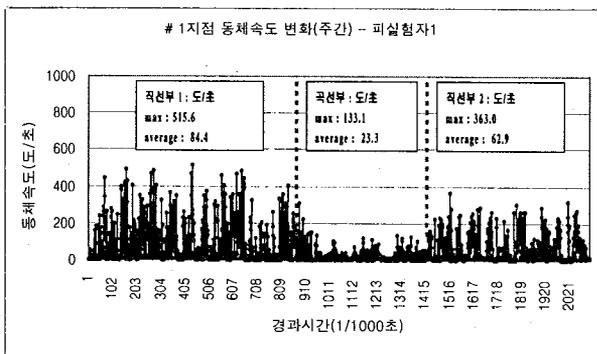
〈표 8〉 지점1과 지점2에서의 주간시 평균 주시범위 (단위:도)

구분		좌우측		상하측	
		주시영역	비율	주시영역	비율
#1지점 R=500m L=218m	직선부 1	-15.0~15.0	1.0	-3.8~11.6	1.0
	곡선부	-14.7~-4.4	0.34	-0.8~10.4	0.73
	직선부 2	-13.0~12.5	0.85	-5.0~8.1	0.85
#2지점 R=130m L=207m	직선부 1	-11.1~12.6	1.0	-3.9~11.4	1.0
	곡선부	-1.2~14.0	0.52	-1.3~8.4	0.63
	직선부 2	-11.6~11.4	0.93	-5.0~9.4	0.94

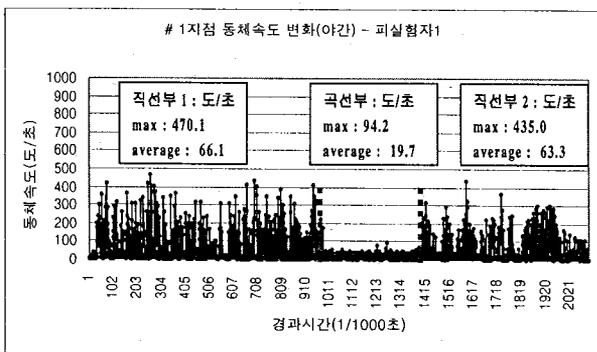
범위를, 곡선부에서는 19.7~25.5degree/초를 나타내고 있다(피실험자 3인의 평균 동체속도, 직선부

<표 10> 지점1에서의 운전자 동체속도 변화

#1 지점 R=500m, L=218m		평균 동체속도(도/초)			
		주간 평균	야간 평균	주간 최대	야간 최대
피실험자 1	직선부 1	84.4	66.1	515.6	470.1
	곡선부	23.3	16.7	133.1	94.2
	직선부 2	62.9	63.3	363.0	435.0
피실험자 2	직선부 1	79.7	69.5	455.5	447.0
	곡선부	22.0	25.5	134.3	139.0
	직선부 2	78.1	69.5	459.0	420.4
피실험자 3	직선부 1	69.3	63.2	412.0	422.0
	곡선부	18.8	19.9	130.1	153.6
	직선부 2	54.8	57.0	435.0	288.0
피실험자 4	직선부 1	91.2	-	546.0	-
	곡선부	21.9	-	143.1	-
	직선부 2	66.7	-	313.0	-
평균	직선부 1	81.1	66.3	482.3	446.3
	곡선부	21.5	20.7	135.2	128.9
	직선부 2	65.6	63.3	392.5	381.0



<그림 9-1> 지점1에서의 동체속도 변화 (피실험자1의 경우, 주간시)



<그림 9-2> 지점1에서의 동체속도 변화 (피실험자1의 경우, 야간시)

66.3degree/초, 곡선부 21.7degree/초).

주·야간별 직선, 곡선간의 평균 동체속도 비교에서는 야간시가 주간시의 3/4수준을 나타내고 있는 반면 야간시에는 큰 차이가 없는 것으로 나타나 곡선부 야간시의 동체속도가 운전자의 최저활동 수준의 속도임을 알 수 있다.

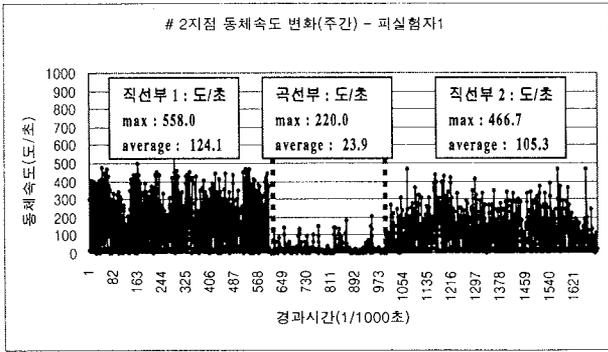
2. 지점2에서의 동체속도 변화

지점 2에서의 운전자의 동체속도에서도 지점 1과 유사한 결과를 나타내 주간시 피실험자 4인의 평균 동체속도는 약 111.6degree/초, 곡선부에서는 21.5degree/초로 나타나 약 1/4 수준을 나타내고 있다. 또 야간시의 동체속도는 직선부에서 평균 77.5degree/초, 곡선부에서 17.1degree/초로 관측되어 약 1/5 수준에 머무르고 있음을 알 수 있다.

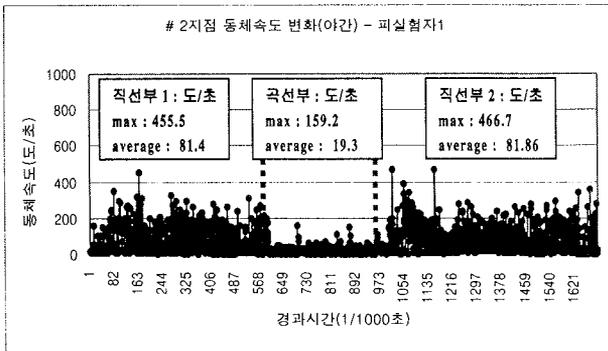
이와 같은 실험결과에서 운전자 시각행태는 곡선부 진입 직전에서 활발한 주시활동을 나타내고 곡선부에서는 시각활동이 둔화되고 곡선부 내측으로 집중되는 특성을 나타내고 있다. 특히 야간시에는 대향차량의 전조등 영향과 이에 따른 증발현상, 시각활동이 현저히 저하되는 종합적인 상황을 고려할 때 시선유도시설의 설치 기준에 야간시의 운전자 시각행태가 반영되어야 할 필요가 있다.

<표 11> 지점2에서 구간별 동체속도 변화

#2 지점 R=130m, L=207m		주간 동체속도 변화(도/초)			
		주간 평균	야간 평균	주간 최대	야간 최대
피실험자 1	직선부 1	124.1	81.4	558.0	455.5
	곡선부	23.9	19.3	220.0	159.2
	직선부 2	105.3	81.9	466.7	466.7
피실험자 2	직선부 1	120.0	72.7	469.4	435.0
	곡선부	24.5	13.1	121.5	104.6
	직선부 2	102.0	70.4	337.9	362.0
피실험자 3	직선부 1	105.5	78.5	549.0	364.0
	곡선부	19.3	18.9	193.0	143.0
	직선부 2	101.5	75.5	466.7	485.0
피실험자 4	직선부 1	96.7	-	524.9	-
	곡선부	18.4	-	125.6	-
	직선부 2	104.6	-	524.9	-
평균	직선부 1	111.6	77.5	525.1	418.2
	곡선부	21.5	17.1	165.0	135.6
	직선부 2	103.4	75.9	449.1	437.9



〈그림 10-1〉 지점2에서의 동체속도 (피실험자1의 경우, 주간시)



〈그림 10-2〉 지점2에서의 동체속도 변화 (피실험자1의 경우, 야간시)

### 3. 주시공간비

주시공간비란, 본 실험에서 사용한 초점기록계로 측정할 수 있는 관측공간(좌우,상하 각각 40도) 중 운전자가 실제로 주행중에 주시한 공간의 비율로서 주시공간비가 높을수록 시각활동의 활동성이 높음을 의미한다.

이러한 의미에서 지점1에서의(R=500m) 주시공간비는 직선부에서 피실험자 평균이 전체 공간의 20.8%를 차지한 반면 곡선부에서는 5.2%에 불과해 약 1/4수준에 머물러 곡선부에서의 시각활동이 매우 협소적이고 부분적임을 알 수 있다. 또 곡선부 통과후의 주시공간비는 17.5%로 증가하여 전체적으로 곡선부에서는 특히 주시영역의 축소, 동체속도의 감소, 주시공간비 저하

〈표 12〉 조사지점별 주시공간비의 변화

구분		직선부 1	곡선부	직선부 2
# 1 지점	주간	20.8%	5.2%	17.5%
	야간	10.6%	4.4%	11.3%
# 2 지점	주간	11.7%	7.4%	18.8%
	야간	8.0%	2.7%	7.3%

가 동시에 변화하여 직선부에 비해 시각에 의한 원활한 교통정보의 인지가 어려운 상황을 시사하고 있다.

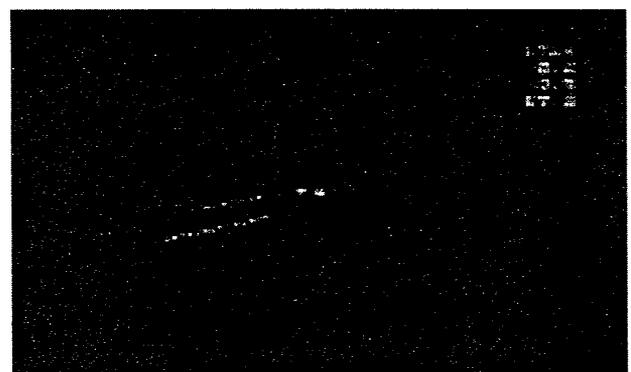
특히 야간시의 경우에는 주시공간비가 직선부에서 10.6%, 곡선부에서 4.4%, 곡선부 통과후의 직선부에서는 11.3%로 확인되어 주간시에 비해 현저히 낮은 비율로 나타나 시각활동 저하와 이에 따른 안전운전 환경이 매우 열악함을 알 수 있다.

이와 같은 현상은 지점2(R=130m)에서도 직선부와 곡선부에서 주간시에 각각 11.7%와 7.4%를 나타내 곡선반경이 작을수록 시각활동이 상대적으로 저하됨을 알 수 있다.

### 4. 대향차량 유무에 따른 시각특성

본 실험의 조사지점에서 야간주행 중 곡선부에서 대향차량이 있는 경우에는 지금까지의 실험결과와 같이 도로 내측을 주시하는 일반적인 현상과는 달리 일시적으로 대향차량의 전조등을 지속적으로 주시함으로써 곡선부 내측의 보행자나 차선확인 등 안전운전에 직접적으로 관련되어 있는 사항의 시각적 인지가 생략되는 행태를 공통적으로 나타내고 있다.

이러한 문제를 개선하기 위해서는 부분적으로 대향차량의 불빛을 제한하는 등의 시설이 필요할 것으로 판단되고, 보다 운전자의 시지각 활동을 고려한 시선안내 시설의 설치 기준에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.



〈그림 11〉 대향차량의 전조등에 운전자 시각행태가 집중되는 현상(지점1, 우커브구간)

### V. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 교통사고 발생율과 치사율이 비곡선부에 비해 높은 곡선부에서 교통안전 증진을 위하여 설치된 시선유도 시설을 효과적으로 이용하기 위한

기반작업으로 직선부와 곡선부를 대상으로 운전자의 시각행태 특성을 현재 교통사고 다발지점으로 지정되어 있는 국도 34호선 진천구간을 대상으로 검토하였다.

교통사고 다발지점으로 선정되어 있는 국도 2개 지점을 대상으로 한 운전자의 시각행태에서는 중앙 원점을 기준으로 좌우 및 상하방향으로 원활하고 활발한 전방의 주시행태를 나타내고 있음을 확인하였다. 그러나 곡선구간에서는 주된 시각행태가 진행방향의 내측에 집중되고 동체속도와 주시영역 등 시각활동이 직선구간에 비해 위축되어 시선유도시설의 효과 증진을 위해서는 이러한 운전자 시각활동을 반영한 향후 검토가 필요하다.

한편 야간시의 전반적인 시각행태는 주간시와 유사하나 좌우, 상하방향의 활동이 상대적으로 더욱 위축되고 특히 상하방향으로는 차량의 전조등이 도달하는 전방영역내로 시각활동이 제한되어 시선유도 시설의 확인이 더욱 어려운 상황임을 확인하였다.

전방의 운전자 주시활동 특성 뿐만 아니라 운전자의 시각활동 민첩성을 나타내는 동체속도 특성에서는 평균적으로 곡선부에서의 활동이 직선부에 비해 약 1/4~1/5 수준에 그치는 것으로 확인되었다. 또 야간시에는 전반적인 동체속도가 낮아 곡선부의 경우 직선부에 비해 1/3~1/4 수준에 불과해 주시영역의 위축과 함께 동일한 시간내에 전방의 도로조건 등 안전운전에 필요한 관련 상황을 충분히 파악하기에는 운전자의 시각행태 측면에서 보완이 필요하다.

또 전방의 주시영역 가운데 운전자가 실제로 주시한 영역을 나타내는 주시공간비는 직선구간의 지점1,2에서 각각 20.8%, 11.7%(주간)를 나타낸 반면 곡선부에서는 각각 5.2%와 7.4%로 감소하고, 야간시에도 1/2~1/3 수준으로 감소함을 확인하였다.

이러한 시각특성을 바탕으로 곡선부에서 교통안전을 증진하고 실질적인 효과를 높이기 위해서는 운전자의 시각활동이 내측에 집중되고 활동범위, 동체속도, 주시영역 등 시각활동을 나타내는 관련 지표에서 위축되는 상황을 고려할 때, 시선유도시설의 효과 증진을 위한 향후 검토가 필요하다.

특히 야간시 대향차량이 있는 경우에는 대향차량의 전조등을 주로 주시하는 행태를 나타내 전방의 주시활동이 극히 제한되어 교통안전 증진을 위한 보완적 대응이 필요하다.

그러나 본 연구에서는 편도 1차로를 기준으로 실험한 결과로서 최근에 국도확장 추세에 적극적으로

대응하기 위해서는 다양한 차선과 곡선부의 형태, 반경 등을 고려한 다양한 범위의 연구가 필요하다.

## 참고문헌

1. 김호영 외(2000), "고속도로 터널구간에서의 운전자 시각행태 변화에 관한 연구", 대한토목학회 논문집, 제20권 제3-D호, 대한토목학회, pp.273~282.
2. 노관섭(1997), "도로의 시선유도시설 형태에 따른 운전자의 시인성 분석 연구", 서울시립대학교 박사논문.
3. The study on Analysis of Driver's visual behavior at a Tunnel section in freeway (2001), WCTR, July 2001, Paper No.3225.
4. Optimization of Post Delineator Placement from a Visibility Point of View, TRR 1172.
5. Use of Signs and Symbols to Increase the Efficacy of Pedestrian-Activated Flashing Beacons at Crosswalks, TRR 1636.
6. Development of Bilingual Freeway Exit Sequence Sign, TRR 1456.
7. Evaluation of A16 Motorway Fog-Signaling System with Respect to Driving Behavior, TRR 1573.
8. Horizontal Sight Distance Consideration in Freeway and Interchange Reconstruction, TRR 1208.
9. Curves and hills(2001), Placement of chevron signs on curves, Iowa.
10. 佐藤外(1997), 人間工學基準數値數式便覽, 技報堂, pp.147~163.
11. 大島外(1988), 交通事故と人間工學, コロナ, pp. 87~91.
12. 正田(1997), 人間工學, 恒星社, pp.101~142

✉ 주 작 성 자 : 김홍상

✉ 논문투고일 : 2002. 2. 17

논문심사일 : 2002. 3. 12 (1차)

2002. 4. 1 (2차)

2002. 5. 16 (3차)

2002. 6. 3 (4차)

심사판정일 : 2002. 6. 3

✉ 반론접수기간 : 2002. 10. 30