

1-1. 序章

1-1-1. 道路交通における運転者の特徴と事故への関与

道路交通は、人-車-環境により構成されており、三者が一体となって巨大なシステムを構成している (Shinar, 1978)。このシステムは、果たす役割の大きさや、システムに異常が生じた場合の影響の大きさから見ると、他の巨大システムと呼ばれる航空機や原子力発電と比較をしても遜色のない規模をもつシステムであるといえる。事実、平成 16 年版の国土交通白書 (国土交通省, 2004) によれば、平成 14 年度の国内旅客輸送における総輸送人数のうち約 75% (654 億 8100 万人) が自動車 (バスを含む) によって輸送されている。また、貨物輸送の観点から見ても、平成 14 年度の総輸送トン数である 58 億 9433 万トンの約 90.6% を占める 53 億 3948 万トンを自動車が進んでいる。しかし、道路交通システムは

1 章

出合頭事故発生に関わる人的要因と

事故分析上の課題

システムの利用者としての「人」は自動車や自動二輪車の運転者だけでなく、運転免許保有者数は現在 7,700 万人に達している。これらの運転者が能動的に運転を行っている場合を除き、これら利用する場合はあくまでも受動的な利用であり、道路上を走行する運転者の人数は、実際に運転を行っている運転士やパイロットの人数と比較してはるかに多い。さらに、道路交通では歩行者であっても能動的な参加が可能であり、いずれもが自らの意思で行動を選択することができる。また、道路交通システムへは、自動車や自動二輪車の運転者、自転車運転者、歩行者のように多様な形態での参加が可能である。そして年齢や運転経験、技量、知識、利用目的等を見ても様々に異なっている。自動車や自動二輪車の運転者には運転免許という資格が必要であるが、原子力発電所のオペレータや航空機のパイロットとは異なり、取得のための教育の機会は数十時間程度と、ごくわずかに限られており、その後の再教育も行われていない。

運転行動は認知-判断-操作のフィードバックループであると言われている (Rockwell, 1972)。運転者は認知過程において外界における様々な情報を入手し、それに基づいて行動を選択し、実行することになる。しかし、人間の情報処理容量には限界があり (Wickens, 1992)、その信頼性はそれほど高くはなく、かつ可変であることが指摘されている (橋本, 1984)。航空機では 2 機の異常接近に対して警報を発する航空機衝突防止装置 (Traffic Alert and Collision Avoidance System; TCAS) が搭載されており、鉄道においても信号見落としに対して自動的に列車を停止させる自動列車停止装置 (Automatic Train Stop; ATS) が設置されている。これらは人間のエラーが発生した場合にバックアップとしてその機能を発揮する。道路交通においては、見落としや違反により望ましくない行動が行われたとしても、それを防止する技術的な手段は限定的にしか存在しておらず、運転者のエラーや違反は事

1-1. 序章

1-1-1. 道路交通における運転者の特徴と事故への関与

道路交通は、人—車—環境により構成されており、三者が一体となって巨大なシステムを構成している (Shinar, 1978)。このシステムは、果たす役割の大きさや、システムに異常が生じた場合の影響の大きさから見ると、他の巨大システムと呼ばれる航空機や原子力発電と比較をしても遜色のない規模をもつシステムであるといえる。事実、平成 16 年版の国土交通白書 (国土交通省, 2004) によれば、平成 14 年度の国内旅客輸送における総輸送人数のうち約 75% (654 億 8100 万人) が自動車 (バスを含む) によって輸送されている。また、貨物輸送の観点から見ても、平成 14 年度の総輸送トン数である 58 億 9433 万トンの約 90.6% を占める 53 億 3948 万トンを自動車が担っている。しかし、道路交通システムは他の巨大システムとは本質的に異なる特徴を有していることも事実である。

システムの利用者としての「人」を自動車や自動二輪車の運転者に限っても、運転免許保有者数は現在 7,700 万人に達している。そして、バスやタクシーを利用する場合を除き、これらの運転者が能動的に運転を行っている。鉄道や航空機の場合はいくまでも受動的な利用であり、道路上を走行する運転者の人数は、実際に運転を行っている運転士やパイロットの人数と比較してはるかに多い。さらに、道路交通では歩行者であっても能動的な参加が可能であり、いずれもが自らの意思で行動を選択することができる。

また、道路交通システムへは、自動車や自動二輪車の運転者、自転車運転者、歩行者のように多様な形態での参加が可能である。そして年齢や運転経験、技量、知識、利用目的等を見ても様々に異なっている。自動車や自動二輪車の運転者には運転免許という資格が必要であるが、原子力発電所のオペレータや航空機のパイロットとは異なり、取得のための教育の機会は数十時間程度と、ごくわずかに限られており、その後の再教育も行われていない。

運転行動は認知—判断—操作のフィードバックループであると言われている (Rockwell, 1972)。運転者は認知過程において外界における様々な情報を入手し、それに基づいて行動を選択し、実行することになる。しかし、人間の情報処理容量には限界があり (Wickens, 1992)、その信頼性はそれほど高くはなく、かつ可変であることが指摘されている (橋本, 1984)。航空機では 2 機の異常接近に対して警報を発する航空機衝突防止装置 (Traffic Alert and Collision Avoidance System; TCAS) が搭載されており、鉄道においても信号見落としに対して自動的に列車を停止させる自動列車停止装置 (Automatic Train Stop; ATS) が設置されている。これらは人間のエラーが発生した場合にバックアップとしてその機能を発揮する。道路交通においては、見落としや違反により望ましくない行動が行われたとしても、それを防止する技術的な手段は限定的にしか存在しておらず、運転者のエラーや違反は事

事故発生のリスクを高めることになる。シートベルトやエアバッグは衝突時における被害軽減には有効であるが、事故を未然に防止するアクティブセーフティ技術はこれらのパッシブセーフティと比べ普及は遅れている。

なお、道路交通システムにおける安全性の確保は、道路交通法によって定められる規則を守ることにより達成される。しかし、速度違反や駐車違反、歩行者による赤信号無視など、規則が守られないことが多い。規則が守られない理由としては、規則自体を十分に理解していないことが指摘できる (Yano & Mori, 2001)。上述の通り、免許取得後の再教育の機会が限られること、免許を所持していない利用者に対する教育が学校などの限られた場面のみである (小川, 2000) ことがこの理由として挙げられる。また、芳賀 (2001) は違反を行う理由を以下の5つの要因にまとめているが、いずれも道路交通場面にも適用可能であると考えられる。 (Rabinovich, 1997; Matthews & Moran, 1986)。

[1]ルールを知らない
[2]ルールを理解していない
[3]ルールに納得していない
[4]みんなも守っていない
[5]守らなくても注意を受けたり、罰せられたりしない

このただし、規則を順守しない理由には、規則を順守することの有効性の観点からも問題点を指摘することができる。例えば、込み合った商店街と閑散とした道路では、制限速度が同一であったとしても、同じように走行しているわけではない。運転者は処理すべき情報の量に応じて視覚探索の方略を変化させており (Miura, 1986; 1992)、処理すべき情報が多い場合には、走行速度を低下させている (Tijerina, et al., 1996)。また、制限速度の規定がなく、法定速度 (時速 60 キロ) が制限速度となっている道路では、現実的に時速 60 キロで走行することが困難な場合も多い。

運転者は、規則の順守を第一に考えて運転を行っているのではなく、規則を踏まえつつ状況に応じて行動を変化させていると考えられる。この際に影響をおよぼす要因として、知覚されたリスクが指摘されている。リスクとは「不運な結果の測度とそのような結果が発生しうる状況への曝露の測度の比率」と定義される (Brown & Groeger, 1988)。リスクは客観的に数値化できる指標であり、例えば井上 (1979) は喫煙による年間 1 人当たりの死亡リスクを 500×10^{-5} 、隕石による死亡リスクを 6×10^{-11} であると示している。一方で、主観的なリスクも存在する。我々は運転行動や喫煙のリスクを実際の数値として把握しているわけではなく、各事象がどの程度危険であるかを主観的に判断することになる。この心的過程をリスク知覚といい、「人が環境に潜在する危険性や危険度を主観的に評価する様式、あるいは評価値」 (深沢, 2001) と定義されている。そして、運転者は知覚されたリスク水準を自己の持つリスクの目標水準と比較し、両者の差を解消するような調整行動を実施していると考えられている (Wilde, 1982)。なお、調整行動を行うにあたり、自己の運転能力

の評価も影響していることが指摘されている (Deery, 1999)。Wilde (1982) の理論からは、対策を講じることで事故率が低下し、それに伴って知覚されるリスク水準が低下しても、リスクの目標水準が下がらない限り、事故率はしばらくするともとに戻ってしまうことになる。このためリスクホメオスタシス理論と呼ばれている。この理論には反論も多い (例えば O'Neil, et al., 1985, 詳細は芳賀, 1993 のレビュー参照) が、知覚されたリスク水準が低下することによる補償行動 (risk compensation) の存在は多くの研究者によって認められている (Evans, 1985)。また自己の運転能力評価に関して、多くの運転者は自分が他の人と比べて運転能力が高いと判断しており (Delhomme, 1991; McCormick, et al., 1986; McKenna, et al., 1991)、自分は事故に遭遇しにくいと判断する傾向があることが示されている (Dejoy, 1989)。そして、このような傾向は、特に若年男性に顕著であることが指摘されている (Finn & Bragg, 1986; Lerner & Rabinovich, 1997; Matthews & Moran, 1986)。

このように参加者の行動の自由度が高く、自己の判断に基づいて行動が選択可能できる道路交通は、我々にとって身近な移動の手段である。しかしその反面で、事故の脅威をもたらしていることも事実である。厚生労働省の主要死因統計によると、平成 15 年の死因別死者数は 1,014,951 人である。その内訳をみると悪性新生物が 309,465 人と最も多く、次いで心疾患 (高血圧性を除く) 159,406 人、脳血管疾患 132,044 人、肺炎 94,900 人と続く。この次に多いのが不慮の事故であり 38,688 人となっている。不慮の事故には転倒や転落、海洋や浴槽での溺水、火災による火傷や一酸化炭素中毒、誤飲による窒息等が含まれるが、最も多数を占めるのは道路交通事故である。

内閣府の交通安全白書 (内閣府, 2004) によれば、平成 15 年の道路交通事故による死者数 (事故発生から 24 時間以内に死亡した 24 時間死者を指す) は 7,702 人である。この人数はピークであった平成 4 年の 11,451 人と比較すれば約 67% に減少しており、平成 16 年にはさらに 7,358 人へと減少している。しかし、交通事故発生件数は 947,993 件、死傷者数は 1,189,133 人であり、平成 16 年においてもそれぞれ 951,371 件、1,181,585 件と微増傾向にある。死者数の減少は、政府の第 7 次交通安全基本計画 (平成 13 年度~17 年度) に基づき講じられた道路交通環境の整備、車両の安全性の確保、道路交通秩序の維持、救助・救急体制等の整備等に関わる諸施策によるところが大きいと考えられる。特に、平成 14 年 6 月に施行された改正道路交通法による飲酒運転に対する罰則強化や、平成 16 年 11 月に試行された運転中の携帯電話使用等に関する罰則の見直しはマスコミでも大きく取り上げられ記憶に新しい。持つ問題点を解決できるという点で、事故防止対策としての有効性をしかし、依然として事故発生件数や負傷者数に大幅な減少がみられないことを踏まえると、安心して利用することのできる交通社会が形成されているとは考えにくい。道路交通事故が発生した場合には、死亡にはいたらなくとも、後遺障害が残る場合や、社会的な責任が発生することがある。また、社会的、経済的な損失も、総務庁の試算によれば総計 4 兆 3,581 億円に達している (総務庁長官官房交通安全対策室, 1997)。したがって、交通事

故は個々人の問題を超え、社会全体の問題であり、事故防止のための一層の取り組みが必要であると考えられる。

それではなぜ事故が発生するのであろうか？ 道路交通は人—車—環境の3つの要素により構成されているのであるから、これらの要素の少なくともいずれかに問題があると考えられる。Treat, et al. (1977) が行った事故の詳細分析によれば、事故の要因として多数を占めるのは人的要因であり、特に車両の見落としや発見遅れに関わる知覚や認知のエラーが多いことが指摘されている (Hills, 1980; Rumar, 1990)。ただし、事故における人的要因の寄与の高さは道路交通に限った問題ではない。例えば航空分野においても、約90%の事故に人的要因が関与していることが指摘されている (National Transportation Safety Board, 2003)。近年では人的要因の事故への関与は80%から90%であることが多くの産業分野の共通認識となっている (Swain, 1990; Hollnagel, 1993)。しかし、原子力発電や航空のような巨大システムにおいては、かつては事故に占める人的要因の割合はそれほど高くなかったことも指摘されている。Hollnagel (1993) は1960年代では20%程度と見積もられていたと指摘している。このような人的要因の関与の程度の変化は、ハードウェアの信頼性の向上に伴う相対的な割合の増加や、人的要因の事故への影響に関する理解の高まりであるという好意的な解釈も可能である。しかし、技術的進歩が知覚されるリスクを減少させ許容される限界まで行為を近づける結果、安全余裕が実効的に切り詰められているという問題や、自動化に伴うスキルの劣化の問題なども指摘されている (Hollnagel, 1993)。一方で、道路交通に関しては1920年代に既に事故の90%は運転者および歩行者に原因があるという指摘がなされていたことが報告されている (エヒターホフ, 2000)。

事故防止対策を行う上では、Education (教育)、Enforcement (規制)、Engineering (工学的対策) といういわゆる3Eの観点から実施することが求められる。交通事故防止のための取り組みは様々に行われていることは事実であるが、事故が微増傾向にあることや人的要因が事故に占める割合が変化していないことを考えると、さらなる対策の実施の余地があるといわざるを得ない。安全の問題は、Reason (1997) が「最後の勝利なき長期のゲリラ戦である」と指摘するように、究極的な対策が存在するわけではない。近年では、情報通信技術の進歩に伴い、人と道路と車両とを情報でネットワーク化することにより交通事故や渋滞等の交通問題の解決を目指す高度道路交通システム (Intelligent Transport Systems; ITS) 等の技術が発展しており、安全性を運転者が自分自身で確保しなければならないという道路交通システムの持つ問題点を解決できるという点で、事故防止対策としての有効性を期待させる。しかし、新しい技術の導入は、航空機の自動化システムへの過信によって生じた事故 (Aeronautica Civil of the Republic of Colombia, 1996) のように、新しい形態の事故を招く可能性がある (神田・石田, 2000)。自動車にいくら高度な技術が導入されたとしても、それを利用するのは人間であることに変わりはなく、人間がどのように利用するのかを踏まえた上で、望ましい対策のあり方を検討する努力を絶やすことはできない。

事故要因の多数を占めるのは人間のエラーや違反行動であることは上述の通りであるが、運転者は事故を起こすために運転をしているわけではない。それゆえ、どのようなエラー、違反が多いのか、またなぜエラーや違反が生じてしまうのかを明らかにした上で、エラーの抑制やエラーの影響の緩和による対策を講じていく必要があると考えられる。本研究では、数ある事故類型の中でも発生件数が多く、かつ死亡事故件数の最も多い、無信号交差点における車両相互の出合頭事故に焦点をあて、人的要因の側面から事故発生のメカニズムを明らかにし、有効な対策の実施を目指す。

1-1-2. 無信号交差点における優先規則と交差点制御の基準

交差する交通流の処理方法には平面交差と立体交差がある。立体交差点は互いの交通流を乱すことがないため、交通容量の問題は緩和される場合が多い。ただし、建設費用の問題や日照など様々な問題（交通工学研究会, 2004a）や、立体交差では交差する道路を結ぶことができないという問題が生じる。一方、平面交差点は道路のネットワーク化が可能であるという利点がある（以下、特に注意書きなく利用する「交差点」は平面交差点を指すものとする）。しかし、平面交差点では交差する道路を走行する交通流の交錯する状況が発生する。衝突を防止するためには、どちらかの交通流に対して優先権を与える必要がある。このうち信号機の設置された交差点では、信号の現示にしたがって行動することが求められる（道路交通法第7条）。信号灯火の意味は道路交通法施行令第2条に定められている。一方で、信号機が設置されていない交差点における優先権は、道路交通法第36条および43条に定められており、これらを集約するとTable1-1-1に示す3つの優先規則があることになる。

Table1-1-1 無信号交差点における優先規則

	交通整理 有無	優先道路・交差道路の 幅員が明らかに広い	優先規則
規則1	なし	該当	優先道路もしくは交差道路の幅員が明らかに広い道路を進行する車両が優先（道路交通法第36条第2項）
規則2	なし	該当せず (幅員が同程度)	左方から進行してくる車両が優先（左方優先）（道路交通法第36条第1項）
規則3	あり [一時停止]		一時停止がない道路を進行する車両が優先（道路交通法第43条）

また道路交通法第36条第3項では、上記の規則1に該当する場合、非優先側車両は徐行しなければならないと定めている。さらに同第4項では、「車両等は、交差点に入ろうとし、及び交差点内を通行するときは、当該交差点の状況に応じ、交差道路を通行する車両等、反対方向から進行してきて右折する車両及び当該交差点又はその直近で道路を横断する歩行者に特に注意し、かつ、できる限り安全な速度と方法で進行しなければならない。」と定

めており、規則 2 に該当する非優先車両や、規則 1 から 3 によって優先権を与えられる車両においても交差道路への注意や減速等の措置を取ることを求めている。

交差点制御方式は信号、一時停止（二方向および全方向）、規制なし（幅員による優先関係もしくは左方優先の適用）の 3 種類となるが、これらの制御方式の使い分けに関して、例えば信号機の設置の基準はおおむね以下の通りとされている（交通工学研究会, 1984）。

- [1]主として、車両の交通整理のために交差点に設置する場合
- 12 時間交通量が 9,000 台以上、またはピーク 1 時間交通量が 1,000 台以上
- [2]主として歩行者の交通整理のための交差点以外の横断歩道に設置する場合
- 12 時間交通量が 6,000 台以上、またはピーク 1 時間交通量が 650 台以上で、かつ 1 時間の主道路横断歩行者が 200 人以上
- [3]車両および歩行者の双方の交通整理のために設置する場合
- 当該地点、またはその付近において過去に信号機の設置により防止できると考えられる交通事故があり、またはそのような交通事故の発生するおそれのある所で、一時停止等の交通規制措置では安全を図ることができない所
- ただし、これらの基準を満たさない場合には信号が設置できないわけではない。現在の道路交通事情は非常に複雑であり、単一の基準で全ての道路の制御方法を規定することは困難である。このため道路交通法では、Table1-1-2 に示すように行政機関に権限を与え、個別の対応を求める方法がとられている（道路交通法第 4 条第 1 項）。

Table1-1-2 道路交通法第 4 条第 1 項（公安委員会の交通規制）

都道府県公安委員会（以下「公安委員会」という。）は、道路における危険を防止し、その他交通の安全と円滑を図り、又は交通公害その他の道路の交通に起因する障害を防止するため必要があると認めるときは、政令で定めるところにより、信号機又は道路標識等を設置し、及び管理して、交通整理、歩行者又は車両等の通行の禁止その他の道路における交通の規制をすることができる。この場合において、緊急を要するため道路標識等を設置するいとまがないとき、その他道路標識等による交通の規制をすることが困難であると認めるときは、公安委員会は、その管理に属する都道府県警察の警察官の現場における指示により、道路標識等の設置及び管理による交通の規制に相当する交通の規制をすることができる。

なお、交通制御方式を選択する上での検討事項は下記の通りとされている（交通工学研究会, 2004a）。

- [1]交通容量：一般に信号制御の方が一時停止制御より交通容量が多い
- [2]安全性：信号制御の方が一時停止制御と比べ事故は減少するが、交差交通との事故が少ない場所では、信号制御による主道路の追突事故により事故が増大する
- [3]効率および快適性：制御による旅行時間や運転者のコスト、環境への影響を検討する
- [4]交通規則との関連：他の交通規制と組み合わせる場合、規制により禁止された交通がとるであろう代替経路への影響を検討する

[5]交差点構造との関連：車線数や交差角，中央分離帯の有無などを考慮する

[6]道路の性格，規格との関連

このように各制御方式の設置基準に関して，厳格な規定はないが，実際に行われている制御の方式に応じて運転者は行動を選択する必要がある。信号のない交差点における出合頭事故は Table1-1-1 に示すいずれかの優先規則が正しく適用されずに，非優先側道路を走行する運転者が，優先側道路を走行する車両が交差点内に存在しているもしくは接近しつつある状況で同交差点に進入することにより発生しているといえる。それに影響をおよぼす無信号交差点は，信号の現示によって行動が制御される信号交差点とは異なり，減速や一時停止，安全確認，交差点への進入のタイミングなどについて運転者が自らの判断で実施しなければならない。一時停止標識が設置されていても，停止をすれば安全なのではなく，停止後に発進をするためには左右の安全が確認されていなければならない。このため，無信号交差点では接近時や進入時に生じる運転者のエラーや違反行動が事故に結びつきやすい傾向にあると考えられる。1-2-1 節では，無信号交差点において発生しやすいエラーの特徴や，運転者の一般的な行動特性，そして進入行動と交通状況，および交差点の物理的な環境との関連などに関する過去の知見をまとめ，それらを踏まえて問題提起を行う。人間工学的なものを対象とし，交通工学的な研究は一部にとどめた。

Table1-2-1 自動車運転者の事故予防の観点から見た先行研究の位置づけ

研究の種類		事故予防のための研究課題
基礎的研究	交通事故調査研究	<ul style="list-style-type: none"> ● 出合頭事故の分析に関する研究（統計的分析） ● 出合頭事故の分析に関する研究（事例分析）
	その他の基礎的研究	<ul style="list-style-type: none"> ● 進入時の行動（一時停止の有無，安全確認有無，ギャップアクセプタンス）に関する研究 ● 接近時の行動（接近速度，優先関係の判断）に関する研究 ● 交差点環境と出合頭事故の関係に関する研究 ● 交差点制御方式と出合頭事故の関係に関する研究 ● 優先側運転者を対象とした研究
応用的研究		<ul style="list-style-type: none"> ● 非優先側運転者への対策に関する研究

1-2-1. 無信号交差点における出合頭事故の分析に関する研究

事故分析研究は，方法と目的から統計的分析と事例分析に大別できる。統計的分析は事故原系の分類や全事故件数に対する比率を求め，事故の傾向や趨勢を把握しようとするものや，統計データを統計的手法を用いて分析し，多くの変動変数の相関をあらわそうとするものがある。一方で事例分析は統計的分析にて指摘された問題点に対して焦点を絞り，

1-2. 無信号交差点における運転者の行動特性と出合頭事故の発生要因

交通事故に限らず、あらゆる事故を防止しようとする場合、何らかの対策が講じられるのが一般的である。交通事故の防止、軽減を目的とした研究は、総称して交通安全研究と呼ばれるが、対策へのアプローチ方法から見た場合、応用的研究と基礎的研究に分類することができる（後藤・岩元, 1984）。応用的研究は効果的な対策手段を開発し、実施して有効性を検証するものである。一方で基礎的研究は交通事故の発生とそれに影響をおよぼす要因の定義、およびその具体的な影響を重点的に研究するものである。なお基礎的研究はさらに2つに分類される。交通事故調査研究は交通事故調査データおよびその他の周辺資料の利用を中心とした研究を通し、対策を提案していくものであり、その他の基礎的研究は試験、実験解析または実態観測データに基づく分析を中心としたもので、交通事故調査だけからは得られない情報をもとに対策を提案していくものである。それぞれの研究課題は多数存在している。以下では、出合頭事故の現状および出合頭事故に関わる運転者、道路環境の諸特性について先行研究をまとめる。Table1-2-1 はこれらの先行研究の研究方法の違いをわかりやすくするために自動車運転者の事故予防の視点から見た位置づけを示したものである。なお、先行研究は主として心理学的、人間工学的なものを対象とし、交通工学的な研究は一部にとどめた。

Table1-2-1 自動車運転者の事故予防の観点から見た先行研究の位置づけ

研究の種類	事故予防のための研究課題
交通事故調査研究	<ul style="list-style-type: none"> ● 出合頭事故の分析に関する研究（統計的分析） ● 出合頭事故の分析に関する研究（事例分析）
基礎的研究 その他の基礎的研究	<ul style="list-style-type: none"> ● 進入時の行動（一時停止の有無、安全確認有無、ギャップアクセプタンス）に関する研究 ● 接近時の行動（接近速度、優先関係の判断）に関する研究 ● 交差点環境と出合頭事故の関係に関する研究 ● 交差点制御方式と出合頭事故の関係に関する研究 ● 優先側運転者を対象とした研究
応用的研究	<ul style="list-style-type: none"> ● 非優先側運転者への対策に関する研究

1-2-1. 無信号交差点における出合頭事故の分析に関する研究

事故分析研究は、方法と目的から統計的分析と事例分析に大別できる。統計的分析は事故原票の分類や全事故件数に対する比率を求め、事故の傾向や趨勢を把握しようとするものや、統計データを統計的手法を用いて分析し、多くの変動変数の相関をあらわそうとするものがある。一方で事例分析は統計的分析にて指摘された問題点に対して焦点を絞り、

比較的少ない事例データをもとに、事故の原因、要因や防止対策を検討していこうとするものである（後藤・岩元，1984）。ここでは統計的分析、事例分析の順に示す。

● 1億台マイル（1万台の車両が1万マイル走行した場合）あたりの発生件数は57.2件で

1) 統計的分析による出合頭事故の発生傾向

● 出合頭事故は平成15年には交通事故全体（947,993件）の25.8%を占める244,998件が発生している。死亡事故については全体（7,456件）の16.8%を占める1,252件が発生している。事故の発生件数だけを見ると、全体の31.1%（294,668件）を占める追突が最も発生件数の多い事故類型であるが、追突は死亡事故件に占める割合が5.8%（435件）と比較的低く、出合頭事故は死亡事故につながりやすい事故類型であるといえる（交通事故総合分析センター，2004）。なお、出合頭事故を無信号交差点に限定すると発生件数は172,924件で出合頭事故全体の58.7%であり、交通事故全体の18.2%を占めている。ただし、出合頭事故はカーブ等でも発生することから、交差点および交差点付近で発生した出合頭事故に限定すると、無信号交差点で発生したものは78.2%と非常に多いことがわかる。死亡事故に関しては724人であり、出合頭事故全体の57.8%、交通事故全体の9.7%、交差点および交差点付近における出合頭事故の63.3%を占めている（交通事故総合分析センター，2004）。保有者1,000人あたりの事故遭遇件数は若年者が多い

● また、平成14年のデータに基づく分析の結果からは下記の特徴が示されている（交通事故総合分析センター，2003）。(2001)は1998年のGESデータを基に、一時停止規制のある

● 進行方向別に見ると、最も多いのが事故の責任が重い第1当事者が直進で、第2当事者が左から直進（28.0%）の組み合わせであり、次いで第1当事者が直進、第2当事者が右からの直進（24.3%）の組み合わせが多い

● 交差点規模別では、幅員5.5m未満同士の小交差点（21.3%）、幅員5.5m未満と5.5m以上13m未満の交差点（28.3%）における発生割合が、同規模の信号交差点（それぞれ3.5%、14.6%）に比べて多い。幅員5.5m以上13m未満同士の交差点は38.1%と最も多いが、信号交差点も47.9%と高い割合となっている

● 天候別では、晴天時が65.4%で最も多く、曇が23.0%、雨が10.9%となっている

● 昼夜別では昼間が81.2%であり、夜間が18.8%となっている

● 法令違反別では、安全不確認（38.2%）、一時不停止（27.5%）が多い

● 出合頭事故の構成率が高いという事実は日本に限ったことではない。Wang & Knipling（1994）は、1991年の全体推計システム（General Estimates System; GES）の衝突データベースを基に出合頭事故の特徴を調べている。GESは米国全土の警察事故報告のサンプリング調査により全米の交通事故の全体的傾向を明らかにしようとするもので、市川（1992）にて詳しい説明が行われている。この結果として、Wang & Kniplingは下記に示すような様々な特徴を示している。

● 無信号交差点における出合頭事故は交通事故全体の10.2%を占める621,000件発生して

いるとアメリカのデータでは、出合頭事故の発生件数が多いことや、死亡率が高いこと、

- 同事故類型による負傷者数は 400,000 人であり、死者数は 8,300 人にいたる
- 1 億台マイル（1 万台の車両が 1 万マイル走行した場合）あたりの発生件数は 57.2 件である
- 車両寿命（13.13 年と定義）期間における遭遇確率は 0.0847 回である
- 登録車両 1,000 台あたりの件数は 6.45 件である
- 時間別では、日中（9:31 から 15:30）が 41.9%，夕方（15:31 から 18:30）が 27.1%であり、朝（6:31～9:30）の 13.8%よりも多い。夜間は比較的少ない
- 79.6%は中央分離帯のない道路で発生している
- 63.2%は 1 車線もしくは 2 車線の道路で発生している
- 73.2%は乾燥した路面で発生しており、湿潤路面での発生率は 21.8%と少ない
- 61.2%には一時停止規制があり、36.1%は規制なし交差点、譲れ規制は 2.3%である
- 法令違反別に見ると 70%は違反なし。最も多い違反は優先の失敗（Failure-to-Yield）で 16.2%である
- 優先の失敗は 65 歳以上の高齢者がその他の年代と比較して 2 倍程度発生している
- 免許保有者 1,000 人あたりの事故遭遇件数は若年者が多い
- 1 億台マイルあたりの発生件数は男性（46.4 件）よりも女性（74.1 件）の方が多い

これに加えて Najm, et al. (2001) は 1998 年の GES データを基に、一時停止規制のある交差点では直進車同士の衝突が多く、次いで左折時に左からの車両と衝突するケースが多いことを指摘している。また信号交差点よりも一時停止規制や規制なし交差点における出合頭事故の方が 1,000 台衝突あたりの死亡率が高いこと、視界の妨害（見通しの悪さ）や運転者の脇見による事故は、第 1 当事者が直進時よりも右左折を伴う場合に多く、直進の場合でも信号交差点と比較すれば多いことを示している。年齢と出合頭事故の関係についてはさらに多くの研究が行われている (McGwin, Jr. & Brown, 1999; Preusser, et al., 1998; Stamatiadis, et al., 1991; Viano & Ridella, 1996)。これらの研究からは、出合頭事故が交差点での事故に占める割合は年齢に増加に伴って増えることや、65 歳以上の高齢者は一時停止交差点における衝突死亡事故のリスクが高いこと、高齢者は他の年代に比べ交差点での事故で第 1 当事者になることが多く、特に女性でその傾向が顕著になることが明らかにされている。

日本でも、高齢運転者人口の増加に伴い、高齢者による交通事故は急増している。藤本、三井 (2002) は平成 11 年の交通事故統計データに基づき、65 歳以上の自動車運転者が第 1 当事者となった人身事故が 55,764 件発生していること、またそのうち 31.3% (17,464 件) が出合頭事故であることを示している。そして出合頭事故の 72.5% (12,659 件) は無信号交差点で発生しており、法令違反を見ると一時不停止の構成率が 32.0%と他の年代 (26.7%) と比較して高いことを指摘している。「交差車両の視界が遮られていた」(他の

日本とアメリカのデータでは、出合頭事故の発生件数が多いことや、死亡率が高いこと、時刻や天候などによる発生状況や、法令違反の内容が類似しているといえ、出合頭事故は日本に限らず、他国においても対策が急がれる事故類型であるといえる。

2) 事例分析による出合頭事故の特徴

事例分析は統計的な分析と比較して、取り扱う事例数は少なくなるが、より詳細な情報収集が可能であり、具体的な対策を検討していく上での役割は大きい。Chovan, et al. (1994) は一時停止規制のある交差点における出合頭事故 100 件の事例分析を行い、一時停止の有無別に事故要因を検討している。そして、視野の妨げは一時停止の有無に関わらず影響をおよぼすが、一時不停止の場合には、不注意による交差点または一時停止標識の見落としの影響が大きいことを示している。また、一時停止を行った場合には、確認を行ったが交差車両を発見できない、もしくは交差車両を発見したが距離と速度を誤って判断し、先に通過できると判断して交差点に進入するケースが多いと報告している。Stokes, et al. (2000) は 1994 から 1996 年にカンサス州で発生した出合頭事故 1,462 件の調査結果より、事故発生に関与した運転者の行動として、優先の失敗 (42.1%)、不注意 (32.8%) が多数を占めていることを確認し、同期間中に優先の失敗による事故が 1 件以上発生した 10 地点の一時停止規制のある交差点 (合計 21 件) および 10 件以上の事故が発生した 7 地点の事故多発交差点 (合計 84 件) における事故の詳細分析を実施した。その結果 10 地点の交差点で、一時停止を実施していないのは 2 件のみであり、60%は左折進入時 (日本の右折に相当) に発生しており、76%は優先道路を走行する車両が非優先道路から進入した車両に衝突していた。また 7 地点の事故多発交差点では、87%の事故が優先の失敗により発生しており、左折時の事故は 27%であり、88%は優先道路を走行する車両に衝突されていた。一時不停止は 11%のみであった。Stokes, et al. (2000) はこの結果を受け、優先の失敗は交差車両の見落とし、もしくは交差車両の距離と速度を誤って認知し、交差車両が到達する前に通過、右左折を完了できると判断した結果によるものであるとし、優先側運転者に対する減速の必要性を指摘している。また、Retting, et al. (2003) は、アメリカの 4 つの都市の警察事故報告データより抽出した、1996 年から 2000 年に発生した T 字もしくは十字交差点における事故 1,788 件の分析を行い、全体の 70%で優先の失敗があることを指摘した。このうち一時不停止であったのは 12%のみであり、48%は一時停止後に発進していた (残り 10%はその他もしくは不明であった)。なお、優先の失敗に関わる事故で、事前に一時停止を行っていた場合と行っていない場合では、人身事故が発生する割合がそれぞれ 30%、45%であり、一時不停止の場合に人身事故にいたりやすかった。また一時不停止は男性 (61%) および 21 歳以下 (33%) の運転者が占める割合が高かった。なお、最も割合の高い、一時停止後に発進して交差車両と衝突をしたケースにおける、発進の理由は、「他の車両が見えなかった」が 44%で最も多く、次いで、「交差車両の視界が遮られていた」(他の

車両や駐車車両、固定物、グレア) 16%、「他の車両の意図を誤って知覚した」7%、「他の車両を見た」6%であった。式の問題を検討する必要があるが、一時不停止がまれな事象であらう。これらの研究からは、交差点における一時不停止が事故の直接的な原因にはなっていないことがわかる。一時停止の有無はむしろ事故が発生した場合の被害の大きさに関与しているといえる。ただし、一時停止の有無別に見た場合には、交差点に進入した理由は異なっており、一時停止の場合には交差車両の見落としや、交差車両の距離の誤判断、見通しの悪さなどが影響をしており、一時不停止の場合には、交差点や一時停止の見落としが影響をしているというように背後にある要因は異なっているといえる。1989年のミシガン州で発生した無信号交差点における出合頭事故から、事故当事者の年齢や土地利用状況、明るさなどを考慮に入れてサンプリングを行い55件を抽出して詳細分析を実施した Massie, et al. (1993) によれば、高齢者は交差点に進入する前に一時停止をしているのに対して、若年者は一時停止せずに衝突しているケースが多く、Retting, et al. (2003) の一時不停止が男性や若年者に多いという指摘と一致する。これらの研究からは交差点や一時停止の見落としが単なる視機能の低下では説明ができないことが示唆される。が、存在しない場合には、なお、松浦 (1989) は衝突した2台の車両の進行方向に着目した分析を行っている。対象としたのは、1983年、1985年に東京都内の特定の警察署管内で発生した無信号交差点における出合頭事故のうち156件である。そして、非優先側が直進で、優先側車両が左から直進(58件; 以下「 \neg 型とする)と右から直進(42件; 以下「 Γ 型とする)の組み合わせで事故が多く、両パターンに統計的に有意な差が見られたのは、優先側道路側の車種と第1当事者の事故原因であると示している。「 \neg 型は貨物車の割合が多く、「 Γ 型は乗用車の割合が多かった。第1当事者の事故原因を見ると「車や歩行者がいなかった」がいずれも多いが、「 Γ 型では「急いでいた」という要因も多く見られた。「 \neg 型で「急いでいた」という要因が少ない理由として、松浦 (1989) は「 \neg 型では交差車両までの距離が若干遠いため同様のタイミングで双方の車両が接近しても回避できていたのではないかと解釈している。これらの研究は実際に発生した事故のデータに基づく検討であり、事故が発生した場合に警察官や専門の調査官が現場調査や追跡調査を行うことで収集したデータを利用している。しかし、近年では交差点上部に設置し、事故音の周波数成分が他の交通音と異なるという特徴を利用して、事故発生前後状況を自動的に記録することのできる交通事故自動記録装置 (Traffic Accident Auto Memory System ; TAAMS) (日本交通科学協議会, 1999) による事故発生メカニズムの検討も行われ、主に地点対策に有効活用されている (上山・小川, 1998; 堀野ら, 2004)。

1-2-2. 進入時の行動に関する研究

(実際に発生した事故の分析のみでは、事故に関与する行動や状況が現実的にどの程度発

生しているのかを把握することはできない。例えば、全ての運転者が一時停止を行わないのであれば、交差点制御方式の問題を検討する必要があるが、一時不停止がまれな事象であれば、停止させるための対策が重視されるというように、対策の方向性が変化することになる。

本節では、交差点進入直前の運転者の行動に焦点をあて、一時停止行動、安全確認行動、ギャップアクセプタンス行動の観点から運転者の一般傾向について述べる。

1) 一時停止行動に関する研究

一時停止規制のある交差点では、非優先道路を走行する車両は、優先側車両の有無に関わらず停止線での一時停止の実施が求められている。しかし、日常的な運転場面を考えてみても明らかなように、一時停止率はそれほど高くはない(小森ら, 1996)。ただし、常に停止しないわけではなく、運転者は一時停止の実施を交差車両の有無に応じて変化させていることが指摘されている。一時停止規制のある十字交差点3地点での観察を行った Feest (1968) は、交差車両が存在する場合には80%であった一時停止率が、存在しない場合には15%程度まで低下することを実証している。McKelvie (1986) が8つの交差点で895台の車両を対象に行った観察研究においても同様の傾向が確認されている。McKelvie (1986) はこのような進入行動の実態に対する運転者の認知の状況について、一般的な交差点における一般的な運転者の一時停止の実施状況という形式で質問紙法により調査を行っている。この結果として、交差車両が存在する場合の見積もりは実際と酷似している一方、交差車両が存在しない場合の一時停止率は実際よりも高く評価しており、意識と実行行動にギャップがあることを指摘している。

一時停止率には交差車両の有無のみでなく、運転者属性 (Feest, 1968) や車両属性 (Ugwuegbu, 1977)、時刻 (Feest, 1968; McKelvie & Shamer, 1988)、同乗者の有無 (Feest, 1968; McKelvie & Shamer, 1988) が影響するという指摘もある。これらの研究からは、男性が女性に比べて停止率が低いこと、車種別に見ると自家用車に比べ事業用車両の一時停止率が低いこと、夜間の交差車両が存在しない場合に、女性は同乗者の有無に関わらず一時停止率が高まるが、男性は同乗者がいない場合のみ等速進行率が増加することが示されている。また、一時停止の実施を標識の視認性や妥当性の観点から検討した研究もある。Ugwuegbu (1977) は一時停止を路面標示から視認性の高い路側の標識に変更することで、停止率の向上が期待できることを指摘している。また松浦 (1985) は一時停止標識のみを設置した場合の停止率 (23.9%) よりも、一時停止標識に加えて「止まれ」の路面標示を設置した場合の停止率 (40.2%) が高いことを実証している。その反面で、夜間における標識の視認性向上を目的に、太陽電池により日中に電気を蓄え、夜間に標識の枠に設置した赤色LEDを点滅させる自発光式の一時的停止標識設置による進入行動の変化を調べた中村・横井 (1995) は、自発的な停止率は通常の標識と比較して変化しないことを指摘している。

Hendrick (2000) は一時停止標識設置方針の妥当性について調べ、交通量が多い道路に一時停止を設置し、少ない道路を優先的に進行させた場合は、そうでない場合と比べて一時停止の履行率が低下することを明らかにしている。

一時停止率には年次推移があることを指摘する研究もある。同一交差点において、同一時期に9年間観察を行った Trinkaus (1988; 1993) は、一時停止率が減少傾向にあることを示している。Trinkaus の研究では交差車両の有無が示されていないが、同様に複数年継続して観察を行った McKelvie (1987) は、交差車両が存在しない場合のみ一時停止率の低下が見られることを確認している。ただし、停止率の年次的な減少の理由については明確な言及は行われていない。

これら一連の研究からは、一時不停止に影響をおよぼす要因は様々であることがわかる。しかし、観察からは明らかにすることが難しい、他の要因も存在することを田中 (2001)、松浦 (1983) は質問紙調査により明らかにしている。田中 (2001) は、一時停止を実施しない理由を21~23歳の男性50名にたずね、多数を占めたのは「自分が優先であると判断した時」(58.3%)、「見通しが良い時」(37.5%)であったとしている。優先であると判断した場合には、交差車両が自分に道を譲ると考え、交差車両を発見しても一時停止を実施しないことになる。また、松浦 (1983) は運転免許の30日停止処分を受けたもののうち、処分者講習を受講した76名と、一般運転者23名を対象に同様の調査を行っている。そして「見通しが良い」(53名)、「急いでいる」(36名)、「一時停止の標識を見落とす」(19名)の該当数が多く、次いで「車や人の通りが少ない」「いつも通っている慣れた道」「前の車の後ろにつく」などの回答が得られたことを示している。

2) 安全確認行動に関する研究

安全確認行動に関する研究は、一時停止行動と並んで数多く研究が行われている。一時停止をしても確認が十分でなければ交差車両を発見できないまま交差点に進入することがあるためである。

久家・市川 (1993) は、見通しの悪いT字交差点での定点観察を行い、一時停止規制のある道路から進入する乗用車運転者の左右確認有無と確認時の車両位置を調べている。そして、左折の際に左を確認しない運転者や、最終の確認位置が手前すぎ、死角が生じた状態で確認を終了している運転者が存在することを明らかにしている。木村ら (2003) は過去に出合頭事故が発生した一時停止規制の交差点7地点において、ミリ波レーダ、ビデオカメラにより、進入車両の速度と運転者の左右確認状況を調べ、見通しの良い交差点では減速の程度が低いこと、減速時の最低速度が時速10キロを上回ると、左右の首振り確認なく進入する運転者が増加することを指摘している。この傾向が個人差に起因するものか確認するため、木村ら (2003) は同一被験者を対象に時速5キロ~25キロの間の指定の速度で交差点を通過した際の確認行動の変化を実験的に検討している。これによると、時速10

キロ未満で走行する場合、交差点の手前で確認が終了する比率が 60%であるのに対して、時速 15 キロ以上になると 90%以上が交差点内に安全確認がずれ込む結果となった。

蓮花 (1993) は大阪府内の 14 地点の無信号交差点において、交差道路の見通しにあたる側方視距離、交差交通量、交差道路幅、自転車道路幅、一時停止有無、中央線有無を外的要因として、左右の確認回数との関係を調べている。そして一時停止標識の存在する無信号交差点での確認回数は、交差点の外的要因と以下の関係性を示すことを指摘している。

- [1]側方視距離が大きくなるほど確認回数が増加する
- [2]交差交通量が増えるほど確認回数は増加する
- [3]自転車側道路の幅が大きいほど確認回数は減少する
- [4]交差道路に中央線が引いてあれば確認回数は減少する

このうち、特に確認回数への寄与の度合いが高いのは[1][2]であった。[1]は見通しが悪くなればなるほど確認を行わないことを意味し、交差車両が存在した場合には衝突の危険性が高い行動である。蓮花 (1993) は、踏切における運転者の左右確認行動の観察を行い同様の結果を得た Åberg (1988) により提案された、運転者の「努力」の観点から解釈を行っている。すなわち、視野が制限される見通しの悪い交差点では、運転者が左右を確認するためには十分に減速を行うか、停止して左右を覗き込む必要がある。これは左右に目を向ければ容易に確認が実施できる見通しの良い交差点とは異なり、安全確認の能動的な行為としての側面が強く、実施するためには努力を要するので実施しないというものである。このような努力を軽減する手段として、見通しの悪い交差点では道路反射鏡（カーブミラー）が設置されることが多いが、道路反射鏡を設置すると、非優先側車両による優先側車両の進行妨害の割合が低下することが知られている (Moukhwat, 1987)。

また、無信号交差点における出合頭事故が高齢者に多い事実を受け、高齢者の確認行動の特徴を調べた研究もある。藤本・三井 (2002) は、見通しの悪い交差点 36 地点において、路上観察により 65 歳以上の高齢者と、それ以下の非高齢者の進入行動を観察している。そして、年齢にかかわらず安全確認の実施割合は高く、一時停止規制の交差点で一時停止を行う運転者は左右両方向への安全確認も行う傾向にあることを実証した。しかし、一時停止規制があり、自転車側幅員が交差側よりも 1m 以上広い場合には、非高齢者の「両方向確認・一時停止」実施割合は 45%程度であり、交差側の幅員が広い場合 (68%) に比べて低下の度合いは低いが、高齢者では 85%から 32%に低下することを示した。これは高齢者の確認行動や一時停止行動は道路環境に依存する度合いが高く、これらが行われにくい交差点環境下において事故件数の増大が予測されることを示唆するものである。

3) ギャップアクセプタンスに関する研究

非優先側道路より進行する運転者は優先側道路の車両が接近している場合には通過を待ってから交差点に進入することになる。しかし、優先側道路の交通量が多い場合は、車

両通過後に次の車両が到達するまでの間隔を時間や距離の観点から評価し、後続車両が交差点に到達する前に通過や右左折が可能であると判断をした場合に進入を行うことになる。この間隔をギャップ (gap) という。なお、交差点に進入しようとする車両が停止線等に到達してから優先側道路を走行する最初の車両が到達するまでをラグ (lag) と呼ぶ場合もあるが、ギャップとラグをあわせてギャップとして扱う場合もある。通常、短いギャップは棄却 (reject) され、長いギャップが受容 (accept) される。しかし、場合によっては短いギャップが受容されることもあり、ギャップアクセプタンスと種々の要因の関連が検討されている。なお、優先側道路から右折 (右側通行では左折) をして非優先側道路に進入する場合にも、対向車両の接近のタイミングを計って進行する必要がある。非優先側道路からの進入時と同様にギャップアクセプタンスの問題が発生する。

交差点制御方式とギャップアクセプタンスの関係を調べたものとしては Polus (1983) の研究がある。対象としたのは一時停止制御と譲れ (Yield) 制御 (1.2.5 参照) が行われている T 字交差点であり、非優先側道路からの右折車両を対象に観察を行い、一時停止制御 (受容: 平均 8.77 秒, 棄却: 平均 4.82 秒) の方が譲れ制御 (受容: 平均 7.94 秒, 棄却: 平均 2.17 秒) よりも長いギャップを受容も棄却もしていることを指摘している。一時停止制御では進入前の停止が必要であるため、停止状態からの加速が必要であることが、これらの相違に関連があるといえる。また、Bottom & Ashworth (1978) は、交差車両の車種や速度とギャップアクセプタンスの関係を調べ、交差車両の速度が高い場合には受容するギャップも大きくなるが、個人内変動も大きいことを示している。日中と夜間でのギャップアクセプタンスの比較を行ったものとしては夜間、道路照明がない場合は日中と比較して受容されるギャップに差が見られないことを示した Darzentas & McDowell (1981)、Tsongos & Weiner (1969) の研究や、道路照明がある場合には、夜間は日中と比較して短いギャップを受容し、棄却するギャップも短いことを指摘した Darzentas, et al. (1980) の研究がある。Darzentas & McDowell (1981) は道路照明の有無による夜間の進入行動の差異に関して、照明による補償行動や事故率の高さの観点から説明している。

また、Ebbesen & Haney (1973) は心理的要因とギャップアクセプタンスの関係を調べている。そして、交差点に接近して最初の交差車両が到達する前に進入した場合と、通過待ち後に進入した場合では、後者のほうが短いギャップを受容する割合が高くなること、後続車両がいる場合にも短いギャップの受容が多くなるが、同乗者がいるときはこのような傾向が見られないことを示している。これは通過待ちのフラストレーションや後続車の圧力がある場合に、よりリスクの高い行動を選択することを意味する。

ギャップアクセプタンスと年齢の関係を調べた研究も多い。Parsonson, et al. (1999) は非優先側道路から T 字交差点へ右折進入する場面において、様々な年代の男女に右方より接近する車両に対して、先に進入することができないと判断したタイミングの評定を求め、この時の接近車両の交差点からの距離と速度を測定した。この結果として、接近速度が高

くなると受容したギャップを時間であらわした時間ギャップは小さくなるが、受容したギャップを距離で表現した距離ギャップには変化が見られず、運転者は距離に基づく判断をしていることを指摘した。また、若年者は一貫して短いギャップを受容しているが、高齢者は場合によって危険なギャップを受容することがあった。Keskinen, et al. (1998) は T 字交差点 3 地点において観察法により若年、中年、老年の男性運転者が優先側道路に右折進入した際の左右確認と受容したギャップを調べた。そして安全確認方法には年齢の差が見られないが、高齢者は右折を行うための所要時間が長いという特性が得られた。また優先側道路を左方から進行する右折進入車両の後続車に該当する車両が、自動二輪車の場合および運転者が若年者である場合は、右折中の車両の近くまで接近する傾向が見られ、これら 2 つの特性が高齢者の交差点での事故発生に関与していると指摘した。

木平ら (2000) や田中 (2001) は一時停止標識の優先判断への寄与が低いことを指摘しているが、歩行者通行帯において標識の目立ちやすさが低いため、経験を通して幅員を利用している場合もあると考えられる。標識の設置位置は、道路構造令により路側方式の場合

1-2-3. 接近時の行動に関する研究

は交差点への接近時に焦点をあてた研究は、優先関係の認知と接近速度に関するものが多い。一時不停止の理由として田中 (2001) が「自分が優先であると判断した」が多数を占めたことを指摘しているように、優先関係の認知は交差点での行動に直接的に関連する。接近速度に関しては、一時停止の有無の観察調査では不停止の運転者の多様性の表現が難しいのに対して、より情報量を増やすことができるという利点がある。

先側の車両が優先的に進行すると判断する場合があることを Rubin, et al. (1974) は実験的に検討している。

1) 優先関係の判断

無信号交差点通行時は Table1-1-1 に示すように、3 つの優先規則が定められている。それゆえ、この規則を知らない場合や、間違っ理解している場合には出合頭事故の危険性を増大させることになる (Montgomery & Carshtens, 1987)。また Verhaegen & Dewitte (1980) は法的な優先権と道路形状から喚起される心理的な優先権が異なる場所では出合頭事故が多く発生することを指摘している。では、優先関係を判断する上で運転者が用いる材料は何であろうか。

木平ら (2000) は交差する道路を走行する 2 台の車両が無信号交差点へ接近する場面の俯瞰図を 12 通り提示し、どちらの車両が優先的に通過できると判断をするか調査している。実験条件は一時停止標識の有無と、幅員の広狭であり、非優先側の幅員が広い場合も含まれている。被験者は 20 歳～75 歳以上の 50 名で、65 歳以上の高齢者が 27 名であった。この結果、幅員が交差側と同程度で自車側に一時停止がない場合、および自車側の幅員が広いが一時停止がある場合の優先関係の判断にばらつきがあることを示し、非高齢者の約 60% が自分に一時停止標識があることを優先判断の根拠にしていたのに対して、高齢者では自分の幅員が広いことを優先判断の根拠にしたのが約 40% であり、一時停止標識を根拠としたのは 25% 程度であったことを指摘した。なお、幅員の広狭が優先判断の根拠に用い

られるという特性は、高齢者に限らず、非高齢者においても観察されるという指摘もある(田中, 2001)。この結果、15m から 5m の平均速度は時速 21 キロであったが、5m から 0m へは、多くの運転者が優先判断の根拠とする幅員の広狭判断は不正確であることを田中(2001)は室内実験により指摘している。この実験で用いたのは、見通しの悪い 10 地点の小交差点を 2 方向から撮影したスライド計 20 枚であり、各 5 秒間提示をして「自車道路が明らかに広い」から「交差道路が明らかに広い」の 5 段階評価を求めている。被験者は 20 代を中心に 55 名であったが、幅員比が小さい、すなわち自車道路が広い場合には自分の方が明らかに広いと感じる割合が極めて多いが、幅員比が 1.5 になり、相手が 1.5 倍広い場合でも同程度と感じる割合が多く、自分の広いと感じる被験者も存在し、相手の方が広いと感じる割合はきわめて少ないことを明らかにした。

木平ら(2000)や田中(2001)は一時停止標識の優先判断への寄与が低いことを指摘しているが、実走行場面において標識の目立ちやすさが低いため、経験を通して幅員を利用している場合もあると考えられる。標識の設置位置は、道路構造令により路側方式の場合は 1.8m (歩道上では 2.5m 以上) が標準とされている(日本道路協会, 1983) が、現地の状況に応じて高い位置に設置される場合もある。田中・渡辺(2003)は、異なる位置に設置された一時停止標識をスライドにて対提示し、一対比較により目に入りやすい標識の選択を求め、標識設置位置が低い方が目に入りやすいことを指摘している。

なお、優先関係が正しく理解されている場合でも、状況次第で非優先側の車両が優先的に進行すると判断する場面があることを Rubin, et al. (1974) は実験的に検討している。この実験で用いられたのは、非優先側車両のサイズ、運転者の性別、運転者の視線の方向が異なる 12 枚の写真であり、優先側を走行するセダンタイプの車両と非優先側の車両が同時に交差点に到達した場合にどちらが先に進入をするか判断が求められた。この結果、非優先側運転者がこちらを見ている場合よりも、前方を見ている場合、男性よりも女性の場合、小型やトラックよりも中型のセダンである場合に、相手が先に交差点に進入すると判断される傾向にあることを示した。交差道路の運転者がこちらを見ているかどうかは、こちらに気づいていることをあらわし、通過を待っているという意味で受け取られていた。

2) 接近速度に関する研究

接近速度に関しては、他の交通参加者の影響を受けず、自発的な速度調整が行われた場合を対象に検討が行われている。Lovegrove (1978) は一時停止の設置がなく、右方優先が適用される見通しの悪い交差点において交差点端から 10.5m 地点の速度を調査した。実験条件は交差交通量であるが、実験期間中は交通規制を行い交差車両はないようにしている。しかし結果は、従来交差道路の交通量の多い交差点の接近速度は平均で時速 35 キロである反面、交差道路の交通量が少ない交差点では平均時速 50 キロとなり、交通量に関する過去の経験に基づいて接近速度を変化させていることが指摘された。松浦(1984)は一時停止

制御された十字交差点一地点での接近速度を、交差点手前 15m から 5m, 5m から 0m の 2 区間で計測した。この結果、15m から 5m の平均速度は時速 21 キロであったが、5m から 0m の平均速度は時速 10 キロに低下することを示している。また、両者の相関は $r=0.56$ であり、15m から 5m 区間で比較的高速で走行する車は次の区間でも比較的高い速度で走行する傾向があることを指摘している。Lovergrove (1978) と松浦 (1984) では接近速度の平均値が異なっているが、松浦 (1985) はこれを一時停止規制の効果の観点から説明している。松浦 (1985) が比較を行ったのは、住宅街に位置する左右の見通しが悪い無規制の小交差点において、一時停止標識を設置した場合、一時停止標識および「止まれ」の路面標示を設置した場合の接近速度である。測定区間は交差点手前 15m から停止線までであり、この間の走行時間より速度を算出している。そして、標識がない場合に最も速度が高く、ついで標識条件、標識・標示条件の順となることを実証している。これは、一時停止を設置することにより、運転者が安全な行動を行ったことを示唆する。しかし、Beaubien (1976) は、住宅街の道路を高い速度の車両が通行することを防ぐために一時停止標識が設置される実情が多いことに対して、4 地点の規制なし交差点を一時停止規制に変更して、設置前後の最高、最低、平均速度を調べている。そして平均速度は設置後の方が若干増加することを確認し、一時停止標識の設置には速度低減効果が無いことを指摘している。また Smith & Lovegrove (1983) は 200m 離れて隣接する規制なし交差点の一方を一時停止規制にした場合、一時停止交差点への接近速度は低下するが、その先にある規制なし交差点に関しては、まれにしか通行しない低頻度運転者において接近速度の上昇が見られることを指摘した。その横に並行する 2 つの規制なし交差点の 2 つ目の交差点では速度の変化はなく、200m 区間での加速は一時停止での遅れを取り戻すための行動としては区間が短いことから、手前の交差点に設置した一時停止という環境安全改善に伴い、運転者が安全手段に対する補償行動として次の交差点で行動を調整して道路安全を低下させたと解釈している。

1-2-4. 交差点環境と出合頭事故

出合頭事故は、見通しの悪い交差点において交差車両の存在に気づかないまま進入することで発生するように感じられるが、実際には見通しの良い交差点においても発生することが知られている (藤田ら, 1998)。特に耕地整理が進み、舗装された平坦な道路が直交する田園地帯の小規模交差点での事故が多い。内田ら (1999a) は見通しの良い交差点における出合頭死亡事故の特徴を、「見通しの良い交差点を、昼間その近隣に居住する運転者が生活道路として使用中に、交差点の存在を熟知しているにもかかわらず一時停止を怠って事故に遭遇する」と事故統計データの分析によりまとめている。田久保・杉山 (1998) は事故当事者への聞き取り調査において 60%以上が衝突するまで相手に気づいていなかったこ

とを指摘している。

これに対して、事故発生のメカニズムを検討したものとして Tokunaga ら (2000) や内田ら (1999a, b) の研究がある。Tokunaga ら (2000) は、田園地帯では道路形状や風景が単調であるため、運転者の注視点が道路の延長上付近に固定されがちになることに着目し、このような注視行動が交差点の見落としにどのように影響をおよぼすかを実験的に検討している。実験手順は、時速 50 キロ～60 キロで交差点に接近する映像が提示され、交差点を発見した際にボタン押しで反応するというもので、注視点固定の有無や副次課題の有無を操作した際の発見タイミングを比較している。その結果、注視点を道路延長上に固定した場合には視線を左右に動かした場合と比較して交差点発見距離は変化しないが、見落としは大幅に増加すること、副次課題として計算課題を実施した場合は、発見距離の減少と、見落とし回数の増加が認められることを明らかにした。なお、一時停止標識が設置されている交差点では見落としが見られず、多くは 100m 以上離れた地点で発見されたが、標識の設置のない優先道路からの発見は 50m におよばない場合があり、優先側にも道路標識や道路標示の必要性を示唆している。

ところで、交差点内で衝突しないタイミングで接近する場合、交差車両は周辺視野内で見かけの大きさを変化させながら横方向に移動するが、衝突するタイミングの場合には、視野内の一定位置にとどまり、見かけの大きさのみが変化する。内田ら (1999a) はこの特性が交差車両の見落としにおよぼす影響を調べるため、衝突条件と非衝突条件における交差車両の発見のしやすさを室内実験により検討した。被験者に求められたのは、正面から 30 度、45 度、60 度のいずれかの位置に提示され、衝突にいたる 20 秒間の変化を示す相手車両を、正面課題により視線を前方に固定した状態でできる限り早く発見するというものである。この結果、非衝突条件では提示位置にかかわらず一定の大きさになれば検出されるのに対して、衝突条件では視野の周辺ほど検出に必要な見えの大きさが増大した。動きがない対象物が発見しにくいという結果は、周辺視が視力よりも運動知覚に優れるという特徴を反映したもので、衝突の可能性が高いほど車両の発見が遅れることになり、現実場面に対応させると、60 度の場合には衝突まで 10m 以下になって初めて発見された。

内田ら (1999b) は、このような特性が視覚探索能力の低下した高齢者において顕著になると考え、上記と同一の実験手順により、65 歳以上の高齢者群と、20～50 歳の非高齢者群のパフォーマンスの差異を調べている。そして、衝突条件では視野の周辺になるにつれて低下の様子が変化し、高齢者は 30 度から 45 度にかけての低下が著しく、高齢者の 30 度、45 度はそれぞれ非高齢者の 45 度、60 度に相当することを明らかにした。なお、視線移動を伴った場合には、発見に必要な対象物のサイズ（視野角）は被験者群によって変化せず、中心視で探索する限り、年齢による探索能力の差は顕著ではなかった。これらのことから、見通しの良い交差点では、自発的な首振りによる安全確認を実施しないことが、事故発生のリスクを高めていると考えられる。

1-2-5. 交差点制御方式

交差点における交通の制御は、交錯する交通に対して優先関係を示すことで、事故が発生する可能性を減じようとするものである(斉藤・有菌, 1983)。交通制御方式は国外に目を向けると信号や一時停止規制以外にも、譲れ(Yield)標識が用いられることもある。アメリカの交通制御装置の設置マニュアルである Manual of Uniform Traffic Control Devices (MUTCD) では、譲れ標識を交差道路の通行の妨害を避けるために必要である場合のみ一時停止や減速を求めるもので、常に一時停止の実施を求めるものではないと定めている。なお一時停止は交差道路の視認距離が制限される場所に設置されるのが基準であるのに対して、譲れ標識は視認距離に制限のない場所への設置が基準とされている(Federal Highway Administration, 2003)。交通制御のレベルとしては、信号が最も高く、次いで全方向一時停止、二方向一時停止、譲れの順となる。全方向一時停止は全ての進入路に一時停止標識を設置するもので、日本でも利用されている。譲れ標識は国内では用いられていないが、「優先道路」標識を優先権のある道路に設置し、非優先側の道路に「徐行」標識を設置することで、同等の意味を持たせることはできる。ただし、設置されているのはまれである。安全上の観点からは、全ての交差点に信号や一時停止を設置することが望ましいように考えられる。しかし、信号待ちや一時停止による交通遅れの問題や、それに伴う単位時間当たりの通行可能な交通量の指標である交通容量の減少、燃料消費のコストや運転者の標識への不順守など様々な問題が生じうる。一時停止標識を過度に設置した場合の問題点を Carter & Malhotra (1984) は Table1-2-2 に示すようにまとめている。この表は全方向一時停止の問題点をまとめたものであるが、二方向一時停止にも適用可能であるといえる。

Table1-2-2 不当な全方向一時停止制御の影響 (Carter & Malhotra, 1984 を和訳)

A. 安全上の問題

- 全方向一時停止制御された交差点において運転者が優先規則を守らなくなる
- 運転者が完全一時停止を行わなくなる(不完全な瞬間的停止が増加)
- 特定交差点において一時停止が不必要と考える運転者による規制の無視と、それによる安全上の問題の発生。これはさらに交通制御手段に対する軽視や順守の低下をもたらし、一時停止標識がまさに防止しようとしている出合頭事故の潜在的な増加をもたらす
- 完全一時停止を行っている運転者が、全方向一時停止による時間の損失を埋め合わせるために交差点間での速度を増加させる傾向にある

B. 経済への影響

- 遅れの増加
- 燃料消費の増加
- 自動車運転コスト(燃料、オイル、メンテナンスコストを含む)の増加 (Hall, et al., 1978; Stockton, et al., 1981)

C. 運転への影響

- 一時停止回数の増加(と遅れ)
- 交差点での交通渋滞の増加
- 運転者の苦悩や不安
- 特定状況下における事故の増加

D. 環境への影響

- 騒音の増加
- 大気汚染の増加

このため、全ての交差点に対して厳しい制御を行うのではなく、交差点環境や交通状況に応じて使い分けをすることが望ましいといえ、各制御方式の有効利用は安全性の観点や経済的な観点、交通工学的な観点から検討されている。

(1993)の指摘にもあるように運転者のコストを増大させることから、事故件数、交通量、視距を基に、Table1-2-3に示す

1) 二方向一時停止，譲れ，規制なし

一時停止標識を設置する上では、交差道路の視認距離の不足が考慮される (Federal Highway Administration, 2003) が、必ずしも視認距離が不足する場所に一時停止標識は設置されていない (Lum & Stockton, 1982)。Lum & Parker, Jr. (1982) は、ミシガン州の 900 地点の交差点を対象に、一時停止規制のされた交差点と規制なし交差点における交差道路の視認距離を調べ、視認距離が基準値を満たさない場所 (基準値は運転者が交差道路上の対象車両を発見してからブレーキを踏むまでに進行する距離と、ブレーキ後の停止距離の総和により算出される値で、交差点への接近速度により異なる)、基準値プラス 61m 以内の場所、基準値プラス 61m 以上の場所に区分し、両規制方式の交差点の配分を調べ、いずれも均等に配分されていることを示している。視認距離の良否に関わらず一時停止規制の交差点が存在しているのは、過去の事故件数や危険な運転行動の抑制に関する住民からの要望により設置されることがあるためである。しかし、MUTCD によれば一時停止標識を速度制御のために使用することは禁止されており (Federal Highway Administration, 2003)、速度低減効果が無いことも確認されている (Beaubien, 1976)。

制御方式の有効性の指標として、事故発生件数が用いられることが多い。しかし、一時停止標識と譲れ標識では事故件数は変化しないことが指摘されている (Lum & Parker, Jr., 1982)。一時停止規制は規制なし交差点と比較しても事故件数は変化しない (Lum & Stockton, 1982)。ただし、一時停止標識が設置されているのはそもそも危険な交差点であることが多い (Lum & Stockton, 1982)。Chalupnik (1998) は優先非優先道路いずれも 1 日の交通量が 500 台以下で左右の見通しが良い交差点において、制御方式 (一時停止，譲れ，規制なし) と制限速度 (30 マイル，55 マイル) を組み合わせた 6 条件，各 25 地点における過去 5 年間の事故件数を調べた。そして制限速度が高い交差点では事故発生件数に差が見られないものの、制限速度が低い交差点では一時停止交差点の事故件数が最も少ないことを示した。ただし、譲れ，規制なし交差点も 25 地点中それぞれ 17 地点は無事故であり、制御方式としての有効性を確認している。

また、種々の制御方式の使い分け方法を検討した研究も行われている (Hall, et al., 1978; Mounce, 1981; Stockton, et al., 1981)。Stockton, et al. (1981) は、比較的交通量の少ない交差点 140 地点を対象とし、制御方式 (一時停止，譲れ，規制なし) や優先側道路の交通量，交差点での視距，交差点形状，地域条件を独立変数とした場合の、従属変数である運転者の進入行動や事故の件数，接近速度の変化を調べた。そして、全ての独立変数を要因とすると、制御方式による事故発生件数には差が見られず、接近速度は一時停止規制の場合に

有意に低下すること，一時停止規制により自発的な停止率が高まらないこと，事故発生件数は優先側道路の交通量により変化すること，視距の運転行動や事故への影響が認められないことを明らかにした．一方，一時停止制御は，Todd (1993) の指摘にもあるように運転者のコストを増大させることから，事故件数，交通量，視距を基に，Table1-2-3 に示す設置基準を示した．

Table1-2-3 推奨される制御方式の基準 (Stockton, et al., 1981 を和訳)

視距	3年間の 事故件数	優先側道路の交通量	
		1日 2000 台以下	1日 2000 台以上
良い	0 件	規制なし	
	2 件以下	譲れ	
	3 件	一時停止	
	4 件以上	一時停止	
悪い		一時停止	

また，実際に制御方式を変換する際の手順 (Carter & Malhotra, 1984) や，変更後の事故件数について検討した研究も多い．Frith & Harte (1986) は規制なし交差点を譲れ制御，一時停止制御に変更した場合の事故件数の変化について調べ，どちらも有意に減少することを示している．しかし Polus (1985) は規制なしから譲れ制御もしくは一時停止制御，譲れ制御から一時停止制御に変更した際の事故発生件数の変化を調べ，規制なし交差点に譲れ制御や一時停止制御を行うと歩行者の事故は減少するが，譲れ制御から一時停止制御へ変更すると自動車事故の件数が増加することを指摘した．すなわち譲れから一時停止へと制御レベルを高めることが事故の増加をまねくというものであった．これに対して Frith & Derby (1987) は Polus (1985) の研究では，制御方式変更前後の道路や交通量の変化についての検討が行われていないことを指摘し，これらを統制した場合には，譲れ制御から一時停止制御への変更により，統計的には有意ではないものの 14% の事故の減少が認められたことを指摘している．

なお，一時停止制御から譲れ制御へ制御レベルを下げると，適切な場所であれば燃料消費が減少し，交通遅れが減少し，大気汚染が減少し，事故が減少し，事故の重症度が低下するという指摘もある (Rosenbaum, 1983)．ただし，交通量の多い場所に譲れ標識を設置すると事故が増加することや，譲れ標識では追突が増加し，一時停止標識では出合頭事故が増加するというように各事故タイプの構成率の変化にも留意する必要がある (Rosenbaum, 1983)．

2) 全方向一時停止

全方向一時停止は全ての進入路に対して一時停止標識を設置するものである。MUTCDによれば、全方向一時停止は、信号機を設置すべき交差点に対する設置までの代替利用や、12ヶ月以内に5件以上の出合頭事故や右左折時の事故があり全方向一時停止の設置による効果が期待できる場所、優先側道路からの1時間あたりの交通量が少なくとも300台以上ある場所等に設置することが定められている (Federal Highway Administration, 2003)。

Ebbecke & Schuster (1977) は全方向一時停止制御が設置された交差点では二方向一時停止や信号制御に比べて、事故件数が少なく、人身事故が少なく、車両相互の事故が少ないことを指摘している。Persaud, et al. (1997) は交通量の少ない一方通行の道路が信号制御されている交差点を全方向一時停止へ変更した199地点のうち、隣接する変更が行われていない交差点との比較が可能な71地点のペアについて事故発生状況を調査した。そして、全方向一時停止への変更により24%事故が減少し、事故の重症度も低下したことを報告している。重症度の低下に関しては、信号交差点における赤信号への変化直前の加速行動が無くなったことが影響していると述べている。しかし Lovell & Hauer (1986) は全方向一時停止制御は事前の事故発生件数が多かった場所に設置されるのが通例であり、このような場所では偶然変動などによる平均への回帰 (Kulmala, 1994; 大蔵ら, 2000) が発生することを指摘し、事前事後の事故件数の比較ではなく、全方向一時停止制御に変更を行わなかった場合に発生したであろう件数との比較を行う必要性を指摘した。これをもとに既存の研究の再分析を行った結果、平均で47%の事故減少効果があることを示した。ただし、全方向一時停止制御の交差点数が増加した場合、二方向一時停止制御の交差点を全方向一時停止と錯覚し、交差車両が停止をすると誤解する可能性があることから、交差車両が停止しないことを示す補助標識の画一化が必要であるという指摘もある (Gattis, 1996)。また、全方向一時停止制御を設置しても一時停止率は高まらず、速度低下は期待できない反面で、過剰設置は自由な走行を制限してフラストレーションを高め、交通制御への不信感をつのらせるという指摘 (Chadda & Carter, 1983; Noyes, 1994) もある。Eck & Biega (1988) は通常は二方向一時停止制御で夏季のみ全方向一時停止制御が行われる交差点3地点 (交通量は1日約500台) において、制御方式による交通量、交通遅れ、速度を観測し、これを基に利用者のコストを算出した。この結果、交差点に到達してから進入するまでの遅れは0.4~5.0秒増加し、加減速や停止中のアイドリングによる燃料消費に関しては3地点の交差点平均で1地点1日あたり6.58ドル増加した。年間になおすと1交差点あたり約2400ドルのコスト増となった。したがって、全方向一時停止は事故の軽減効果は認めつつも、設置数が増加することによる負の効果があるために多用は避ける必要があるとしている。 & Goldblatt, 1975)。Neudorff (1978) も信号制御の交差点5地点を全方向一時停止もしくは二方向一時停止に変更し、事故件数が減少したことを報告している。したがって、信号制御が事故を防止する上での究極的な対策とはならないといえる。

3) ロータリー た点減制御が行われる場合もある。これは優先側に黄の点減表示、非優先側 ロータリー (Roundabout) は交差点内に円形もしくは楕円形の交通島を設置し、その周囲を時計回り (右側通行の場合は反時計回り) に進行して流出するものであり、交通量が少ない場合は通常の交差点と比較して停止による待ち時間が少なく、かつ構造上進入時に周回車両を確認するという特長を有している (喜多・谷本, 2000)。では、ロータリーは交通制御方式としてどのような特性を持っているのであろうか。

Rutherford, et al. (1985) は過去 10 年間にロータリーもしくは譲れ制御に方式が変更された住宅街の十字交差点における事故件数を調べ、譲れ制御との比較を実施している。そして、交差点ごとの年間の事故件数は譲れ制御 0.8 件、ロータリー 0.1 件であり、制御方式変更の前後の変化率を調べると、譲れ制御、ロータリーいずれも 77% の減少となることを示し、譲れ標識と同程度に機能することを示している。Persaud, et al. (2001) はアメリカの 7 つの州の 23 地点の一時停止交差点 (19 地点)、信号交差点 (4 地点) をロータリーに変更し 40% の事故の減少と、80% の人身事故の減少が見られることを示した。また、市街地および郊外の 1 車線道路で、従来一時停止制御交差点であった場所、および信号交差点であった場所での効果が特に大きいことを指摘している。以下の場合には、二方向一時停止点減制御しかし、日本ではロータリーにおける特別の通行ルールが定められておらず、左方優先 (進入車両優先) となる規則を認識している人が少ない。喜多・谷本 (2000) は規則を知っている人と知らない人が混在する状況下での規則に関する学習の推移をシミュレーションにより調べ、放っておくと必ずしも望ましい状態には到達しないとの結果を指摘し、導入の場合には規制の制定やドライバー教育、交通安全キャンペーンなどの政策の必要性があることを示唆している。

4) 信号 標識の設置指針は国により異なっているが、このような規則の相違は他国を訪れる外国

信号機はその現示より、交差する交通流を交互に通行させるもので、進入の可否の判断が運転者によって行われる無信号交差点とは異なり、事故が発生しづらいと考えられる。Frith & Harte (1986) は一時停止制御、譲れ制御、規制なし交差点を信号制御に変更した際の事故件数について調べ、信号制御を行うことで十字交差点において全事故件数は減少し、死亡重症事故が減少することを示している。ただし、同時に追突事故の増加を指摘している。これに対して、信号機設置により多数を占める事故類型が出合頭事故から追突事故へと変化するものの、事故は必ずしも減少しないという指摘もある (King & Goldblatt, 1975)。特に、交通量の観点から信号機が必要とされないにもかかわらず設置されている交差点や、必要とされているのに設置されていない交差点で事故率が高いという (King & Goldblatt, 1975)。Neudorff (1978) も信号制御の交差点 5 地点を全方向一時停止もしくは二方向一時停止に変更し、事故件数が減少したことを報告している。したがって、信号制御が事故を防止する上での究極的な対策とはならないといえる。

信号機を用いた点滅制御が行われる場合もある。これは優先側に黄の点滅表示、非優先側に赤の点滅表示を示すもので、赤点滅側に一時停止規制を施す場合は二方向一時停止点滅制御という。斉藤・有菌（1983）は夜間における二方向一時停止点滅制御と二方向一時停止制御、定周期による信号制御の制御効果の違いや特質について、安全性、円滑性の観点から検討している。そして、優先側道路の1時間あたりの交通量が400台以下の場合には急ブレーキや急ハンドルなどの危険回避回数は同程度であるが、1,200台を超えると、二方向一時停止制御、二方向一時停止点滅制御の危険回避回数が信号制御の3倍以上に達すること、非優先側道路の1時間あたりの交通量が120台以下の場合には危険回避回数に差は見られないが、これを超えると二方向一時停止点滅制御の危険回避回数が最も多くなり、次いで二方向一時停止制御、信号制御の順となることを示した。ただし、違反率は二方向一時停止制御よりも二方向一時停止点滅制御の方が低く、交差点到達から進入までの遅れ時間も二方向一時停止制御より、二方向一時停止点滅制御の方が短いことを示した。なお、優先側道路の1時間あたりの交通量が700台までは非優先側道路の停止による遅れは3種の制御方式による差は見られなかった。これらを踏まえ、優先側道路交通量が1時間あたり700台以下、非優先側道路が1時間あたり120台以下の場合には、二方向一時停止点滅制御が他の制御方式と同程度に規制しうると結論づけている。Pant, et al. (1999) も同様に3種類の制御方式の比較を行い、二方向一時停止点滅制御は優先側道路の接近速度を低下させる効果があることを示した。ただし、非優先側道路における一時停止率の向上に対する効果は低く、一時不停止の軽減という観点からはそれほど効果的ではないとしている。

5) 標識設置のポリシー

標識の設置指針は国により異なっているが、このような規則の相違は他国を訪れる外国人にとって誤解を招きやすい。ヨーロッパとアメリカでは標識による交差点制御が行われない場合はいずれも右方優先が適用されるが、ヨーロッパではこの右方優先のルールが適用されることが多い。またヨーロッパでは優先関係を示す際、非優先の場合は譲れ標識を交差点に示し、優先側道路には交差点のすぐ後に優先道路標識を設置して示している。したがって、ヨーロッパでは譲れ標識がない場合には右方優先をあらわす。しかしアメリカでは標識が多用されることから、標識が設置されていないことは自分に優先権があることと判断されがちである。Summala (1998) はフィンランドを訪問したアメリカ人の運転行動について調査を行い、標識設置のない交差点においてそのまま進行して、右方から進行する車両と衝突しそうなケースが見られたことを報告している。右方優先は同一ルールであるが標識の設置のポリシーが異なることから、アメリカ人はヨーロッパでは右方優先を行わなかった。このため、外国の運転者に情報を伝えることや、国際的に同一な交通制御方式を採用する努力を指摘している。

1-2-6. 優先側運転者を対象とした研究

優先側運転者を対象とした研究は、非優先側運転者を対象とした研究と比較して、非常に数が限られている。このため以下では、研究の主目的が優先側運転者を対象としていない場合でも、結果的に優先側運転車が対象となっているものも含めてまとめることとする。

優先側道路走行車両の交差点進入時における減速の有無を観察により実証した研究としては、Chrissikopoulou (1983), Chrissikopoulou, et al. (1983)の研究がある。これらの研究では、T字交差点3地点において優先側道路を走行する車両の減速状況を a)交差点内に他車の存在しない場合、b)対向右折車が横断待ちをしている場合、c)対向右折車が実際に右折中の場合に分けて解析している。そして、ケース ab では減速の度合いは正規分布を示すこと、ケース c では切断正規分布により説明できることを示した。また、減速を実施したのはケース b では73~80%であり、ケース c では94%であった。なお、ケース c における減速度は接近速度、対向右折車が受容したギャップ、対向右折車の右折所要時間では説明することができないが、受容したギャップから右折所要時間を引いた値とは負の相関($r=-0.281\sim-0.593$)を示すことを指摘した。つまり、対向車が受容したギャップが同一であっても、右折所要時間が長い場合には減速度が大きく、右折所要時間が短い場合には小さくなることになる。ただし、この値の減速度に対する説明率は35%であり、他の要因も影響していることを指摘している。なお、交差点進入時における減速行動や安全確認には、個人内の一貫性が見られることを、吉川・蓮花(1995)は隣接する2つの交差点の観察を通して指摘している。

実際に発生した出合頭事故の分析を通して、優先側運転者の行動特性を調べた研究としては、松浦(1986)、平松ら(2002)の研究がある。松浦(1986)は優先側運転者の環境に調和しない高速走行を不安全行動と指摘している。また平松ら(2002)は優先側運転者の安全不確認による発見の遅れと、動静不注視による判断の誤りが多いことを指摘している。なお、後者は相手を認知していたが危険ではないと判断したものを指す。また Berthelon & Mestre (1993)は左カーブの途中にある交差点へ接近する際に、右方から進行する交差車両とどちらが先に進入すると判断をするか、CG映像を用いて実験的に検討している。そして、正答率が62.5%であること、カーブの曲率半径が小さい場合の方が正答率が低いこと、交差点の路側に標識を設置すると曲率半径の小さい交差点では正答率が向上することを報告している。

点内の十字のマークを立体的に見える路面標示とすることで、設置4ヵ月加齢に伴う運転行動の変容に関しては國分ら(2004)の研究がある。この研究ではドライビングシミュレータにより無信号交差点を優先側より進入する際の高齢者と非高齢者の行動の差異を実験的に検討しており、後期高齢運転者(75~79歳)では平均的な車速は低いものの、左右からの飛び出しや先行自転車のふら付き等の危険が予測される場面でも減速や減速の準備を行っていないことが明らかにされている。

1-2-7. 出合頭事故の対策に関する研究

無信号交差点における対策は、非優先側道路を走行する非優先側車両に焦点をあてて行われることが多い。対策は Education (教育による対策), Enforcement (規制による対策), Engineering (工学的対策) の 3E の観点から実施するのが通例であるが、交差点の環境改善や、近年の情報通信技術や車両技術の発展に伴う新しい技術を用いた対策といったいわゆる Engineering に関連する対策が多い。教育による対策としては、一時停止キャンペーン (長塚, 2002) やドライビングシミュレータを用いた一時停止方法の教育 (梅崎ら, 1999) 等が試みられており、参加者の運転行動の変容や事故件数の低減効果は示されているが、大規模な展開や、教育効果の持続性の問題があり、対策の効果評価を行う上で解決すべき問題は多い。また、規制による対策に関しては、1-2-6 にて述べた交差点制御方式の変更が関連する。罰則の強化も規制による対策に含まれるが、Retting, et al. (1999) は信号交差点における赤信号無視の対策として交差点にカメラを設置することで、カメラ設置交差点以外でも違反行動の減少が見られたことを報告している。また速度違反に対して一部の区域で適用される 2 倍の罰金を課すことによる速度低減への効果を電話調査により調べた Jones, et al. (2002) は、工事区間や通学路において 2 倍の罰金を示す標識に対する意識は高く、標識の有無が速度低下に有効であることを示しつつも、幹線道路での標識には関心が低いことを指摘した。無信号交差点への適用事例はないが、日本では飲酒運転に対する罰則強化の効果が見られていることを踏まえると、これらの指摘は規制による対策の可能性を示唆する。ただし、交差点の通過は飲酒運転と比較して日常的な行為としての側面が強く、交差点の数もきわめて多いことから、取締りの実現可能性に関しては検討の必要であろう。以下では、環境改善による対策と、通信技術、車両技術を用いた対策について述べる。

1) 環境改善による対策

環境改善による対策は、標識、標示の設置や視認性の改善、道路反射鏡の設置等がある。山中ら (1997) は生活道路として利用されている小交差点内部に赤色ニート舗装を施して交差点の明示化を行うことで、優先側と非優先側の関係が明確化され、非優先側では一時停止や減速を行う車両の割合が増加し、交差点手前での減速度が増加する反面、優先側では一時停止や減速車両割合の減少、減速度の低下が見られることを指摘している。長嶋 (1996) は交差点内の十字のマークを立体的に見える路面標示とすることで、設置 4 ヶ月後の走行速度において約 7.5 キロの減速効果があり、設置前よりも事故が約 45% 減少したと報告している。田中ら (2003) は交差点の隅角部を切り取ることで見通しの向上を図る隅切りによる対策の有効性について検討し、非優先車と優先車の少なくとも一方が相手視認後に交差点入口で停止できる、一時停止後発進した非優先車両を視認した優先車が交差点入口で停止できる、一時停止後発進した非優先車が優先車の到達前に交差点を通過でき

るという3つの想定において必要な切り取り長を算出している。また、豊田ら(1996)はSD法による交差点の評価を通して、景観性と安全性の評価、実際の事故件数とは相関があり、交差点の景観整備が安全性の向上に寄与する可能性を示唆している。新しい標識を考案し、設置の効果を調べた研究もある。Lyles(1980)は非市街地に位置する見通しが悪く、その存在に気づきにくい交差点において、前方に危険な交差点が存在することを示す標識の有効性を検討した。そして「減速せよ(Reduced Speed Ahead)」「十形道路交差点あり」「制限速度時速35マイル」の3つの標識を連続して設置した場合と、「車両進入あり」標識の上部に点滅光をつけたもので減速効果が高いことを示した。また、Van Houten & Retting(2001)は事故の多い一時停止制御交差点3地点の一時停止標識の下に目玉の形にLEDを配置し、運転者が交差点に接近すると黒目が左右に動く補助標識を設置した。この結果として、一時停止率が平均で55%から77%に向上し、安全確認の割合は79%から85%に向上、50台あたりの急ブレーキ等のコンフリクト台数は4.0台から1.4台に減少したことを報告している。また、Oya, et al.(2002)は1日1万台以上の交通量がある幹線道路に位置する交差点18地点において、夜間の交差点照明の照度レベルを高め、事故件数の変化を調べた。そして、路面照度が平均8.5ルクスから平均24.5ルクスになると1地点あたり年間0.8件の事故の減少が見られることを示した。これらの様々な対策を総合的に実施して事故軽減効果を調べた研究もある。酒井・立花(1994)は交通管理者と道路管理者の連携により裏通りの交通事故防止対策として、一時停止標識の設置や視認性の改善、「止まれ」路面標示の設置、横断歩道予告標示の設置、交差点流入部および交差点内の滑り止め舗装、交差点流入部ゼブラ帯の設置、車道中央線の消去および補修、道路反射鏡の設置、外側線の設置等の一連の対策を行い、一時停止率の増加や、優先側車両の自発的な制動(ブレーキ)率の増加が見られることを示し、対策前後で人身事故件数の8割減が見られたことを報告している。減速開始地点が早まり、交差点等通過後の速度が低下することを示して見通しの良い交差点における事故防止対策も検討されている。Charlton(2003)は見通しの良い交差点の手前125mから25mに高さ2.1mの粗い麻布のスクリーンを設置して見通しを悪くし、設置21週後に交差点から25m地点での接近速度を調べ、約23%低下することを示している。この効果は37週間後でも持続した。内田、藤田、片山、de Waard, & Brookhuis(2000)はシミュレータ実験により、見通しの良い交差点において交差道路にフェンスを設置し、45度に出現する衝突車両の周辺視での検出パフォーマンスを調べた。その結果、事前調査による各運転者の平均発見距離の2秒前もしくは3秒前にフェンスの背後から交差車両が出現させると、フェンスがない場合に比べ約10m手前の位置で発見が可能になることを指摘した。この実験では、フェンスの位置が被験者により異なるため、現実的な設置は困難であったが、さらに内田、藤田、片山(2000)は交差道路の交差点から50mの地点に高さ2m、横幅5mの遮蔽板を設置する効果を調べた。そして、交差車両を遮るものがない場合は、発見地点から交差点までの距離は幅広く分布しているが、遮蔽板を

設置すると交差点手前 30m から 40m での反応頻度が高く、横幅 5m の遮蔽板であってもその背後を通過する際に生じる消失と出現といった見かけの変化により、衝突車両の発見が容易になる可能性を示唆した。なお、見かけの変化を生じさせるために、遮蔽物として 8m 間隔で 5 個の鉢植え樹木（高さ 2m）を設置しても事故の低減に有効であることが実証されている（福山ら，2003）。また、橋本ら（1998; 1999ab）は運転者の周辺視機能を補うシステムとして、車載のデジタルビデオカメラで撮影した映像を、パソコンを使った二値化画像処理によってリアルタイム処理をして相手車両を発見し、警報を発するシステムを構築している。

2) 通信技術、車両技術を用いた対策

近年では最先端の情報通信技術を用いて、人と道路と車両とを情報でネットワークすることにより、安全で円滑な道路交通の構築を目的とする高度道路交通システム（Intelligent Transport System; ITS）や、予防安全技術、事故回避技術、全自動運転技術等により事故の未然防止や衝突による被害軽減を目指す先進安全自動車（Advanced Safety Vehicle; ASV）が推進されており、道路上の情報をセンサーにより収集し警告を発したり、ハンドルやブレーキ制御等を行ったりする走行支援道路システム（Advanced Cruise-Assist Highway Systems; AHS）の研究開発も進められている。

広嶋（1996）は非優先側道路側の車両接近を感知して優先側道路に表示する、交差車両接近表示装置を設置し、優先側道路の車両の一時停止率や平均安全確認時間がやや増加することを示している。Colling, et al.（1999）は速度計の右隣に設置したディスプレイに規制標識や案内標識のシンボルを標示する In-Vehicle Signing and Information System (ISIS) を設置した車両による実路運転を行い、一時停止等の標識が視認できる 5 秒前に ISIS 情報を提示することで、減速開始地点が早まり、交差点等通過後の速度が低下することを示している。宇野・平松（2001）は見通しの悪い交差点における交差車両の飛び出しに対する緊急回避場面における、直前の事前警報提示の効果を調べ、交差点進入 3 秒前に警報を提示すれば、操舵能力の低い高齢運転者であっても衝突を回避することができることを報告している。岩男ら（2000）も同様に見通しの悪い交差点において交差車両が飛び出す場面における情報提示タイミングの効果を検討し、高齢者も含めて余裕を持って回避できるよう 2.5 秒から 3.0 秒の反応時間を想定した情報提供をおこなう必要があることを指摘している。また、これらの警報の実現方法として、高精度 DGPS (Differential Global Positioning System) から得られる車両位置情報や速度情報を車車間通信により相互通信を行うシステムの開発が行われている（入谷ら，1999; 楊ら，1999; 環ら，2000）。

1-3. 事故の人的要因分析

事故要因の多数を占めるのは人的要因であるといわれている。それゆえに、事故の発生に人間がどのように関与したのかを検討する事故の人的要因分析は、問題となる人間の行動や判断、人間を取り巻く周囲の環境に関する問題点を直接的に把握することが可能であるという利点がある。

1-2-2でも述べたように、事故分析は方法や目的から統計的分析と事例分析に大別される。統計的な分析が注目しているのは、誰が(Who)、いつ(When)、どこで(Where)、どのような(What)事故を起こすのかを明らかにすることである。これにより重視すべき運転者層や、時間帯、場所などを明らかにすることが可能となる。統計的分析から導き出される対策は、例えば「高齢者事故の削減」のように道路交通システム全体を視野に入れ重点を置くべき対象を定めるといった大きなものとなる。統計的分析において、事故が発生した理由(Why)を扱うこともあるが、法令違反の件数を調べることが主である。一方で、事例分析は事故がどのようにして(How)発生したのかを明らかにすることに主眼が置かれる。事例分析では一時不停止のような法令違反のみでなく、違反が発生した経緯を明らかにしようとする。この際には事故にいたる一連の行動に焦点があてられるのみでなく、運転者の心身状態や運転の目的など、かなり時間をさかのぼった詳細な調査が行われる。事例分析が対象とする事例数は1件から数百件と幅があるが、件数が少なければ少ないほど詳細な分析が行われ、件数が多くなると詳細さのレベルは低くなる傾向にある。クレベルスベルク(1990)によれば、このような個々の事例分析が、事故の原因である人間のエラーがどのようにして発生したのか、つまりどのような要因が原因を引き起こしたのかを追究できる唯一の手段であるという。

統計的分析と事例分析は対で行うことが望ましいといえる。すなわち、統計的分析により重視すべき運転者層や事故類型を特定し、それについて事例分析により詳細な分析を実施して具体的な対策を検討するというものである。しかし、単純集計や多変量解析など、方法論が確立している統計的分析に対して、事例分析には一般的な実施方法といったものは存在していない。また実施する上での労力が大きいこともあり、研究数は統計的な分析と比較してきわめて少なくなっている。本節では、まず事例分析において人的要因を取り扱う際に問題となる、原因と要因の考え方について述べ、これらが事故発生にどのように関与するのかについていくつかのモデルを概説する。その上で、事例分析において事故の人的要因分析を行う上での課題についてまとめ、本論文の目的および構成を示す。

1-3-1. 事故の原因と要因 人間による事故の原因の分類 (Treat, et al., 1977)

事故分析を行う上では、「原因」と「要因」という用語を用いることが多いが、これらは異なるものである。事故の詳細分析を行った Treat, et al. (1977) らは、原因を「その事故の発生に対する必要条件もしくは十分条件を満たす要因。すなわち事故のシーケンスの中でその要因が存在していなければ、事故は発生していなかったもの」と定義している (p.16)。しかし、人間を対象とする場合、同一の状況下にあっても事故は発生しない場合があることから、事故を決定論的にとらえることはできない。したがって、ここで言う原因と事故の関係は、論理学における必要条件の定義、すなわち事故の発生に原因が存在しているとするならば、あらゆる事故にその原因が存在していなければならない、とは異なってくる (Shinar, 1978)。なお Treat, et al. (1977) が原因の定義の中で「十分条件」をあげているのは、多重原因を考慮に入れてのことである。一方、「要因」は事故の発生に影響をおよぼしているが、事故の十分条件ではないという点において「原因」とは異なっている。Treat, et al. (1977) によれば、要因は「運転課題を安全に遂行するのに必要な情報処理機能を行う能力を低下させるような運転者の条件および状態である」と定義されている (p.212)。要因は「誘因」や「間接原因」「2次原因」と呼ばれることもあるが、これらの用語の使い分けに明確な区別はなく同義であると考えてよい。Table1-3-1, Table1-3-2には Treat, et al. (1977) が示した人間による事故の原因と要因のリストである。疲労や急ぎの気持ちといった生理的、心理的な状態それ自体は事故を直接引き起こすわけではないことから、要因として区分されていることがわかる。事故の原因となるのは、運転者の認知の誤り (認知エラー) や意思決定の誤り (判断エラー)、操作の誤り (操作エラー) であり、疲労や急ぎといった要因はこれらのエラーの発生を促進するものである。

なお、近年では原因と要因をあえて分類せず、全てを総称して要因と呼ぶ場合もある。例えば、赤信号無視により交差点内で発生した事故について考えてみよう。信号無視が赤信号の見落としにより発生した場合には、これが原因となる。しかし、運転者が急いでいて木立に遮られた信号を見落としたのであれば、見落とした運転者に対する教育や処罰を行うよりも、信号の視認性を向上させることが対策となるべきである。なお、信号の視認性が高ければ信号を見落とさなかったかどうかは検証できないため、信号が木立に遮られていたことは原因とはなりづらい。しかし、原因と要因というように区分が行われると、原因に対して目が向きやすくなり、このような区分は、事故の本質から目をそらすことになる。また、様々な要因が影響をおよぼしたかどうかという分析者の評価自体も曖昧であるとの視点から、事故発生に影響をおよぼした要因を探すのではなく、通常からの逸脱を探すという方法もある (Kjellen, 1984; 1987)。いつもは成功していたものが、時として失敗した場合、必ずいつもとは異なる状況が存在しているはずであり、これらが事故発生に関与したと考え、要因であるとするものである。

Table1-3-1 人間による事故の原因の分類 (Treat, et al., 1977)

	事故の直接原因
臨界的非動作 非事故	<ul style="list-style-type: none"> ● 意識喪失 ● 自殺 ● 故意の事故
認知の誤り	<ul style="list-style-type: none"> ● 認知の遅れ <ul style="list-style-type: none"> ● 不注意 ● 内的注意散漫 ● 外的注意散漫 ● 不適切な注視 ● 認知遅れ (他の理由または理由不明)
意思決定の誤り	<ul style="list-style-type: none"> ● 誤判断 ● 誤った仮定 ● 不適切なマヌーバー ● 不適切な運転技術 ● 不適切な防衛運転 ● 過度のスピード ● 異常接近運転 ● 不適切なシグナル ● ヘッドライトの無点灯 ● 過度のアクセル操作 ● 歩行者の飛び出し ● 不適切な回避 ● その他
操作 (行為) の誤り	<ul style="list-style-type: none"> ● 不適切な方向コントロール ● パニック (硬直状態) ● 過補償 ● その他

Table1-3-2 人間による事故の要因 (間接的原因) の分類 (Treat, et al., 1977)

	事故の要因
身体的 生理的	<ul style="list-style-type: none"> ● アルコールによる機能低下 ● 他の薬物による機能低下 ● 疲労 ● 疾病 ● 身体的ハンディキャップ ● 視力低下
精神的 情緒的	<ul style="list-style-type: none"> ● 情緒的混乱 ● 他の運転者からの圧力 ● 急ぎの気持ち ● 精神的欠陥
経験 危険を受ける度合	<ul style="list-style-type: none"> ● 運転者の経験の浅さ ● 車に不慣れ ● 道への慣れすぎ ● 道に不案内

1-3-2. 事故発生モデル

人間が発生に関与した事故を分析する場合、原因は認知の誤りや判断の誤りといった、いわゆるヒューマンエラーに帰結される。しかし、上述した赤信号の見落としの例のように、人間のエラーが原因となって事故が発生したと考えるよりはむしろ、人間のエラーが事故が発生すると考える (International Civil Aviation Organization, 1984)。このモデルでは、

何らかの要因が作用した結果として発生したと考えた方が多い。このような視点を提供するのが事故発生モデルであり、実際に発生した事故を解釈する上でも指針となる。以下では代表的な事故発生モデルについて概説する (Brown, 1990; Leveson, 1995)。

1) 事故偶然論

この理論では、誰もが同じ客観的リスクにさらされており、事故に遭遇したのは偶然であると考えられる。しかし、客観的なリスクが同一である大規模な作業人口のサンプルを見つけることは困難であり、事実上この理論を検証することは不可能である。ただし、事故発生を偶然性で片付けた場合には、対策が実施されないか、教条主義的な対策になりやすく事故の再発防止は難しい。

2) ドミノ理論

Heinrich (1936) により提唱された古典的な理論であり、人間が事故の原因になると仮定した最初の理論である。Heinrich は事故発生の流れを5つのドミノに例え、最初のドミノが倒れると連鎖的に隣のドミノも倒れ傷害が発生すると提唱している。5つのドミノは [1]家庭および社会環境, [2]人間の欠陥, [3]不安全行動や状態, [4]事故, [5]傷害であり、どれか1つのドミノを除外すれば事故は発生せず、特に3番目の不安全行動や不安全状態を除去するのが最も容易かつ効果的であると指摘している。しかし、このモデルでは、不安全行動や不安全状態を1つしか想定していない点で問題がある。道路反射鏡が傾いており利用できないため、交差点に進入してから確認をしようとしたところ、進入直後に交差車両と衝突した事故を考えてみる。この場合、道路反射鏡が使用できないという不安全状態が発生しており、道路反射鏡を正しく設置することが、このドミノを除去することになる。しかし、道路反射鏡が傾いたまま放置されていたという問題に対しては改善がなされない。このような管理レベルでの問題が、不安全状態や当事者のエラーの発生に関与することは明らか (Reason, 1997) であるが、Heinrich の5つのドミノではこうした管理要因をとりあげることが出来ない。また、2番目のドミノとして人間の欠陥が示されており、欠陥のある人間が事故を起こすという事故傾性の問題との関連で論じられることが多かった。Bird, Jr. & Loftus (1976) は Heinrich のドミノ理論を拡張し、[1]管理による制御の不足, [2]基本原因, [3]直接原因, [4]事故もしくはインシデント, [5]傷害や損失というシーケンスを提案し、人間による事故の要因や管理要因を考慮に入れることを可能としている。

Fig.1-3-1 衝突例における先行事象の図式的表現 (Wagenaar & Reason, 1990 を和訳)

3) 事象のチェーン

ドミノ理論が、事故発生に際して一つの不安全行動や不安全状態を想定していたのに対し、事象のチェーンでは、複数の不安全状態や不安全行動が連鎖的に作用した結果として事故が発生すると考える (International Civil Aviation Organization, 1984)。このモデルでは、

連鎖を構成する事象のいずれかを除去すれば、事故は発生しないことになる。しかし実際には、事故は単純な直列の事象の連鎖ではなく、複数の要素が複雑に絡み合っていることが多い(西島, 1990)。また、事象のチェーンをさかのぼって、より前段階にある事象を追求する場合、明確なストップ・ルールが存在していないことがしばしば問題となる(Rasmussen, 1990)。情報が不足しており、それ以上のさかのぼった追求が困難となった時点や、筋の通った説明を行うための正常から外れた事象が発見された時点、対策が可能な範囲等が典型的なストップ・ルールとなる(Rasmussen, 1990)。しかし、これらの判断は主観的であり、分析者によって結論が異なる可能性もあり、分析の目的により定められるべきであるとされている。このような問題を解決するために、事象を時系列で並べる際に、管理の意思決定、失敗のタイプ、心理的前兆、不安全行動、防御の失敗、事故のようにラベルづけを行うことも多い(Wagennar & Reason, 1990; Wagenaar, et al., 1990)。ここで、失敗のタイプとは設計や機器、手順の問題等、事故が発生する前から潜在的に存在している事象であり、その場で発生する即発的なエラーである不安全行動と対比される。なお、Wagennar & Reason (1990) は2台の車が交差点内で衝突した事例を用い上述の5つのステップで説明している (Fig.1-3-1)。

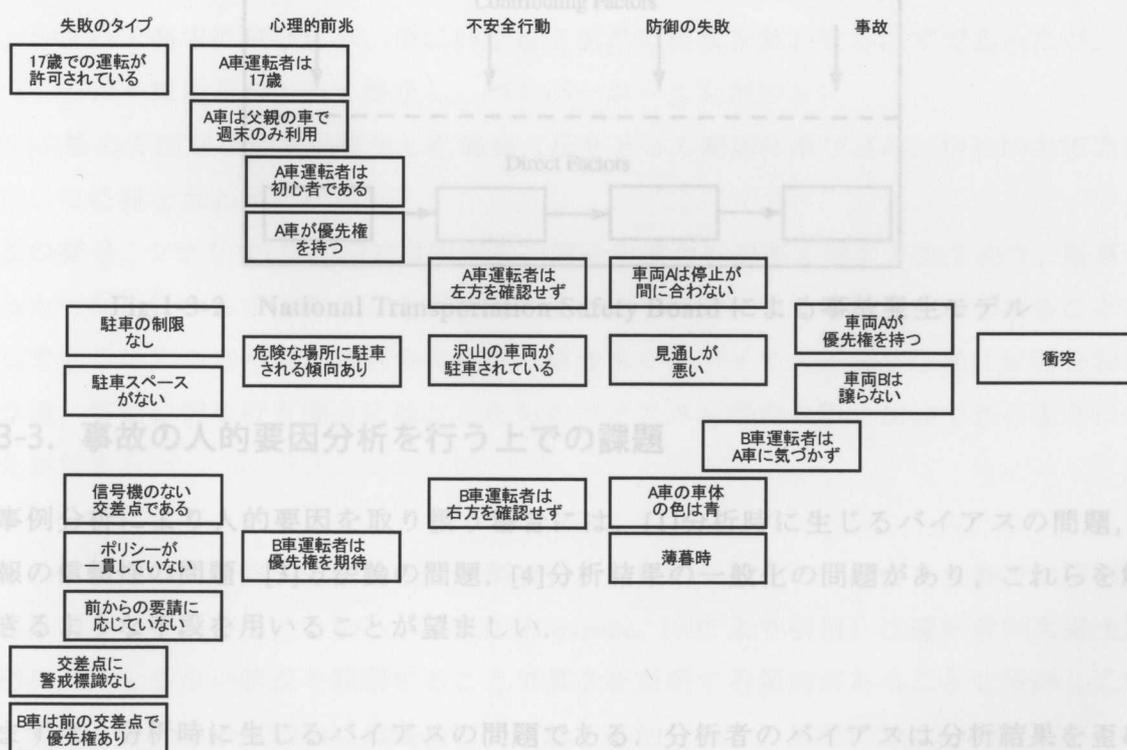


Fig.1-3-1 衝突例における先行事象の図式的表現 (Wagennar & Reason, 1990 を和訳)

ここでは、優先関係の規定方法や駐車車両に対する対応がなされないことを問題として指摘している。しかし、現実的な交通事故の分析において、ここまでさかのぼった分析が行われている例はまれである。また、1件の事故の社会的な影響が大きい航空機事故とは

異なり、道路交通事故の場合には、1件の事故から優先関係の規定方法の変更を行うことは難しい場合が多い。側面に構結される傾向があることが指摘されている (Kjellen, 1982)。

一方、Wagenaar & Reason (1990) のようなラベルづけを行う代わりに、発生した不安全状態や不安全行動をチェーンとして連鎖的にならべ、発生に作用した人的要因や管理的な要因を階層的に表現するような方法も取られている。Fig.1-3-2 は National Transportation Safety Board における事故発生モデルであり、航空機事故のように複数のエラーが連鎖的に発生した結果として事故が生じる場合に適用しやすいという利点がある (Leveson, 1995)。なお、発生に関与した要因を整理していく上では、マニュアルや文書などのソフトウェア (Software)、機械の表示や操作系などのハードウェア (Hardware)、物理的環境 (Environment)、チームワークなどの人間関係 (Liveware) の観点から分類を行う SHEL モデル (Edwards, 1981; ホーキンス, 1992) が利用されることが多い。

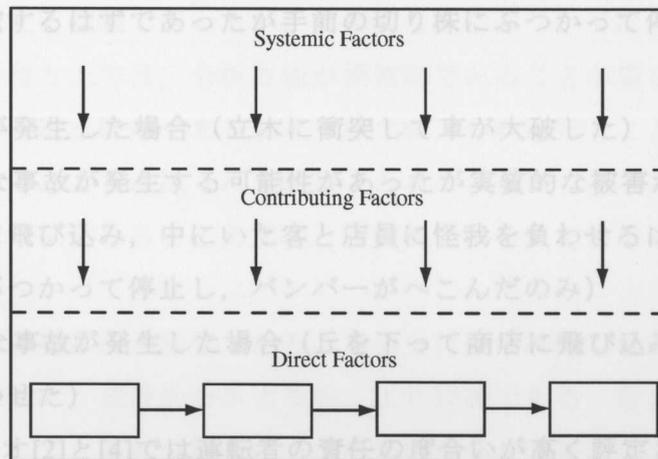


Fig.1-3-2 National Transportation Safety Board による事故発生モデル

1-3-3. 事故の人的要因分析を行う上での課題

事例分析により人的要因を取り扱う場合には、[1]分析時に生じるバイアスの問題、[2]情報の信頼性の問題、[3]方法論の問題、[4]分析結果の一般化の問題があり、これらを解決できるような手段を用いることが望ましい。Leveson, 1995 より引用) は運転者が真実性にあう過失が最も少ない状況を説明することで事故を説明する傾向があることを指摘している。まずは、分析時に生じるバイアスの問題である。分析者のバイアスは分析結果を歪める可能性がある。しかし、調査者の立場により何を原因として見るかが異なることや (Leplat, 1987a)、原因が発見されると、それ以外は原因に影響をおよぼした要因であると考えられる傾向がある (Lewycky, 1987) ことが指摘されている。また特定の事象に重きを置くと、それ以外の情報が抜けがちになることも指摘されている (Kjellen, 1987)。これは、事象の因果連鎖を考える場合に、分析者のメンタルモデルにあう情報だけを選択してしまうため

である (Leplat, 1987b)。さらに、軽微な事故や、事故にいたらないヒヤリハットのケースでは原因が技術的な側面に帰結される傾向があることが指摘されている (Kjellen, 1982)。また、Fischhoff (1975) はあまり知られていない歴史的な事実等を題材にして、発生する4つの結末についての主観的な起こりやすさの評価を求め、事前に結末を知っている場合には知らない場合と比較して実際に起こった結末に対する発生確率を高く評価することを指摘した。これは事後に得た情報が事故を理解する上で意図せず影響をおよぼしてしまうこと、つまり事故の結果に関する知識が事故を決定論的にとらえることに加担してしまうことを意味する。

Walster (1966) は、丘の頂上に駐車をして車を離れた後で、その車が動き出したことにより発生した事故の責任について、4つのシナリオを提示した場合の評価の変化を調べている。シナリオは下記の通りである。

[1] 深刻な事故が発生する可能性があったが実質的な被害が無かった場合 (立木に衝突しないして車が大破するはずであったが手前の切り株にぶつかって停止し、バンパーがへこんだのみ)

[2] 深刻な事故が発生した場合 (立木に衝突して車が大破した)

[3] 極めて深刻な事故が発生する可能性があったが実質的な被害が無かった場合 (丘をさがが下って商店に飛び込み、中にいた客と店員に怪我を負わせるはずであったが、手前の切り株にぶつかって停止し、バンパーがへこんだのみ)

[4] 極めて深刻な事故が発生した場合 (丘を下って商店に飛び込み、中にいた客と店員に怪我を負わせた)

この結果、シナリオ[2]と[4]では運転者の責任の度合いが高く評定されており、当事者が行った行動に関わらず、発生した事故の結果によって責任追及の度合いが異なることを報告している。このように、事故分析を行う場合多くのバイアスが分析結果に影響をおよぼしうる。事故分析を行う場合には、これらのバイアスを可能な限り排除できるようにすることが望ましい。人間のエラーの表現方法としては、情報処理過程におけるエラーの発生段階より、認知エラー、判断エラー、操作エラーのように区分をする方次に、情報の信頼性の問題がある。事故の人的要因分析を行う場合、当事者や関係者の供述に頼ることが多い。しかし、Arnoff (Leveson, 1995 より引用) は運転者が真実性にある過失が最も少ない状況を説明することで事故を説明する傾向があることを指摘している。また Loftus & Palmer (1974) は事後に得られる外的情報と、実際に起こった出来事を時間の経過とともに統合し、細部の出来事は筋の通った1つの記憶として報告する傾向があることを指摘している。このため、事故分析を行う場合には当事者の供述の信頼性を検証できることが望ましい。

第3の問題は、事故を分析する上での方法論の問題である。現時点では、事故の事例分

析を行う上での画一的な方法は存在していない。事故が複数の要因の連鎖の結果として発生することを踏まえ、道路交通を構成する3要素である運転者—道路環境—自動車それぞれの事象の連鎖により記述した研究はある (Fell, 1976) が、事故の分析に結びつける方法は示されていない。事象のチェーンという観点からは、事故分析により、運転者の情報処理過程におけるエラーを連鎖で記述した研究もある (Malaterre, 1990) が、このような適用例はきわめてまれである。結果的に、分析者が独自に行った分析の結果を文章で記述する場合 (H288 プロジェクト, 1991; 森, 1982) や、分析者が独自に定めたシンボルを用い、フロー状に事故を再構築して分析を行う研究 (田久保・杉山, 1998) が多い。

どのような分析方法を用いるかを選択する上では、分析者のバイアスのかかりにくさを検討する必要がある。しかし、文章によって分析結果を記載する場合には文章の構成や表現方法により、読み手によって特定の要因への重み付けや責任追及が意図せず行われる可能性がある。この点で、Chovan, et al. (1994) は事例分析を行うにあたりバイアスがかけられない方法を採用したと記載しているが、具体的な方法については示されていない。

また、事故分析を行う上では、分析方法が探索的であることが望ましい。分析を行う上ではじめから全ての要因が既知であるわけではない。分析を行うことで疑問が生じ、その疑問を解決することで、より洗練された結果となるのが通常である。このため、バイアスがかかりにくい分析方法であることに加え、探索的であることが求められる。これにより、仮にバイアスがかかった分析であったとしても、記載方法が誰にでもわかるような単純第4の問題は、分析結果の一般化である。事例分析が最終的な目的とするのは、個別の事故の再発防止ではなく、統計的分析よりも、より詳細である一般化された形での対策の提案になる。したがって、事例分析を行った場合には多くの事故に共通する問題点を明らかにする必要がある。しかし、全く同一の事故は少ない (稲葉, 1988) ことから、個別の事故の発生経緯を明らかにして、それをそのまま集計することはあまり意味が無い。集計を行うためには、事故の発生に関与した運転者のエラーや心身状態などをある程度一般化した形で表現することが必要になる。人間のエラーの表現方法としては、情報処理過程におけるエラーの発生段階より、認知エラー、判断エラー、操作エラーのように区分をする方法がある。また、行為の結果の観点から実施忘れをオMISSIONエラー、実施間違いをCOMMISSIONエラーと区分する方法や、意図は正しかったが実施した行為が誤っていたスリップ、意図自体が誤っていたミステイクに分類する方法もある (Norman, 1981; 1988)。ただし、これらは非常に抽象的な概念であり、例えば、出合頭事故の60%はミステイクが関連していたというような結果が導かれても、具体的にどのような対策を実施すればよいのかわかりづらい。このようなエラーの区分は、道路上での運転者の事故に結びつく不安全な行動がエラーと違反行動に区分できることを示し、年齢や性別、性格特性によって不安全行動の内容が異なることを示した数多くの研究 (Reason, et al., 1990; Blockey & Hartley, 1995; Parker, et al., 1995; Åberg & Rimmo, 1998; Kontogiannis, et al., 2002) のように、

道路上における運転者の一般的な振る舞いを記述する上では極めて有効である。しかし、実際に事故の分析を行う上では、抽象度のレベルが高く利用は難しい。ヒューマンエラーの事例分析の結果を示す上では、個別の事例に対する深い分析であることと同時に、結果に関しては集計をして取り扱うことができ、かつ集計結果が対策を検討する上で有益な情報を提供することが求められる。

これらを踏まえると、事例分析により人的要因を取り扱う場合に求められる要件は下記のとおりとなる。

- [1]分析段階でのバイアスがかかりにくい方法であること
- [2]当事者の供述の信頼性を検証できること
- [3]分析途上での探索性に優れていること
- [4]分析結果の一般化に対する方向づけがなされていること

これらを解決するための方法として、事故分析手法の適用が考えられる。事故分析手法は事故の全体像を図式的に示すものであり、図式的な表現を行うことにより、文章の表現方法によるバイアスを減少させることが可能であると考えられる（行待, 2004）。また図式的な記述は、事故をどのようにとらえたのかを客観的に示すことを可能とする。これにより、仮にバイアスがかかった分析であったとしても、記載方法が誰にでもわかるような単純なものであれば、多くの意見を得ることが可能となり、バイアスの排除が可能である。

本論文では、事故分析手法として、近年幅広く利用されつつある、事象のチェーンに基づく手法であるバリエーションツリーアナリシス（Variation Tree Analysis; VTA）を取り上げ、実際に無信号交差点における出合頭事故を分析して、人間のエラーの観点から事故発生メカニズムを明らかにする。その上で、エラーを防止するための対策を試行し、その効果を調べる。

第2章では、VTA分析法についての説明を行い、この手法により当事者の供述の信頼性の検証が可能であること、分析途上での不足情報の指摘が行えることについて述べる。

第3章では、VTAを用いて非優先側運転者を対象に人的要因分析を行う。この際に、上述した4番目の要件である分析結果の一般化に対する方向づけの問題に対処する。

第4章では、優先側運転者を対象に、同様にVTAによる人的要因分析を実施する。出合頭事故の発生は、一般に優先関係を守らずに交差点に進入した非優先側運転者の問題ととらえられ、優先側運転者を対象とした研究は限られている。しかし、衝突するタイミングで優先側車両が進行していなければ事故は発生しなかったわけであるから事故とは無関係であるとは言えず、非優先側運転者の進入行動と対比させて検討する。

第5章は、対策の試行である。非優先側運転者の分析を通して導かれた事故発生パターンを防止する手立てとして、欧州を中心に実施されている昼間点灯を提案し、実際に試行

し有効性について検討する。

第6章では上記の結果を再検討するとともに、道路交通分野でのヒューマンエラーのとりえ方を含めた総合的な議論を行う。

2章

事故分析手法を用いた 人的要因分析



図2-1 事故分析の人的要因分析のフローチャート

この図は、事故分析の人的要因分析のフローチャートを示している。この図は、事故分析の人的要因分析のフローチャートを示している。この図は、事故分析の人的要因分析のフローチャートを示している。