道路交通環境に着目した
交通事故発生リスクに関する研究

渡部 数樹

道路交通環境に着目した
交通事故発生リスクに関する研究

A study on traffic accident risk considering the road traffic environment

渡部 数樹

WATANABE, Kazuki

名古屋大学大学院環境学研究科 博士（工学）

2016 年

論 文 要 旨

本研究は，交通事故発生リスク要因を道路交通環境の観点から特定し，交通安全の改良効果を定量的に明らかにすることを目的として，マクロ統計分析による事故発生危険地域の推定，および，ミクロ挙動モデル分析による交差点構造の車両挙動への影響評価を行い，道路交通安全に関する分析を行ったものである．

本論文は以下の7章により構成される．

第1章は，交通事故発生概況を経年変化と国際比較から顧みた上で，事故発生要因の1つである道路の計画設計面での安全向上に資する成果の創出，対処療法的な安全対策施策の実施が課題であることを整理した．そして，“確率的な不確からしさを伴う交通事故発生事象の起こりやすさと被害の程度”として定義した交通事故発生リスクを減少させるための知見を，道路交通環境の側面から得るという本研究の目的を示した．

第2章では，事故発生頻度の高い箇所での共通環境条件の抽出，特定の環境条件と事故発生頻度の関係確認，交通事故をリスクの概念から捉えた分析，道路構造や交通条件が車両挙動へ与える影響，という4つの視点から既往研究を整理した．その結果，事故を希少事象として適切にとらえた分析や評価が不足していること，安全対策施策への具体的展開が不明瞭なこと，道路構造と交通安全の因果関係が明確に示されていない点が課題であることが明らかとなった．これらをふまえ，交通事故発生リスク評価を，事故発生頻度を評価するマクロ統計分析と危険な挙動や判断のばらつきを評価するミクロ挙動分析の双方から行い，事故発生リスクの高い地域を特定する手法の提案や，構造改良による安全性向上効果を定量的に提示するという，本研究の位置づけを明らかにした．

第3章では，交通事故発生の特徴を把握することを目的として，事故データを用いた集計分析を行なった．この結果，交差点部では単路部に比べて事故が多く，乗用車が当事者全体の約8割を占めるという一般的事項から，交差点において発生する事故類型が多様化すること，交差点の規模に応じて特徴的な事故類型が変化すること等が確認された．これらより，効率的な事故削減に向けて着目すべき事故事象が明らかになったと共に，道路交通環境を考慮することの必要性が再確認された．

第4章では，交通事故の発生頻度に影響を及ぼす道路交通環境要因を特定することを目的として，事故情報と道路交通環境データを結合したデータベースを構築し，マクロ統計分析により両者の関係を確認した．分析は，幹線道路と生活道路に大別した道路種別ごとに行い，幹線道路においては，事故が発生した道路区間における共通の道路交通環境要因を探るための因子分析と，事故発生頻度に対する要因の影響度合いを評価する回帰分析を行なった．幹線道路の分析結果からは，大規模な道路空間や，高い交差点密度，低い旅行速度といった要因が事故発生頻度を増加する要因として特定され，旅行速度向上や適切な交差点間隔の確保といった走行円滑性の向上が安全性向上にも寄与することが示された．生活道路についても，メッシュあたりの事故発生件数を被説明変数とした回帰分析を実施した結果，幅員別の道路延長総量や，工業・商業系の用途地域といった要因の影響が確認された．最後に，構築された道路種別ごとの事故発生頻度予測モデルを用いて，道路交通環境より予測される事故発生リスクの高い地域を選定する手法を提案し，ケーススタディ分析を行なった．その中で，幹線道路と生活道路の双方にて選定された地域では，一体的な安全対策の実施が望ましいという展望を述べた．

第5章では，事故発生割合が高く，幹線道路を対象とした統計分析結果からも重要度が示唆された交差点を対象として，交差点幾何構造と事故発生頻度の関係について分析した．分析に用いたデータは，同一県内の複数都市における主要交差点を対象として，インターネット上で公開されている航空写真からの計測により収集を行い，得られたデータより，基礎的な統計分析による交差点整備状況の把握と，多重比較検定による都市間での違いの有無の確認を行った．最後に，交差点の事故発生頻度を被説明変数とし，幾何構造要素を含めた道路交通条件を説明変数とした回帰モデルを推定した結果，停止線間距離や横断歩道セットバック量といった交差点特有の幾何構造要素が，事故発生頻度に対して統計的有意に作用していることが明らかとなった．

第6章は，信号交差点を対象として，事故発生時の被害の程度や判断挙動のばらつきといったリスクを評価するため，交差点構造や交通状況等の要因が車両判断・挙動に与える影響をモデル分析より評価した．対象挙動は信号交差点における事故発生割合が高く，事故発生時の被害の程度が高い右折車挙動とし，交差点進入時から通過に至るまでの一連の各挙動について分析を行なった．特に，ギャップアクセプタンス判断挙動の分析においては，ギャップを形成する対向直進車の配列に着目した挙動モデルを構築し，多車線構造がギャップの受容棄却判断のばらつきというリスクに繋がることを定量的に明らかにした．また，一連の判断挙動と交差点幾何構造要素との関係についての分析結果より，交差点交差角の直交化やコンパクト化が，安全性向上に寄与する対策であることを示した．最後に，交差点の安全性を定量的に評価するための代替性評価指標について，空間的なばらつきの概念を提案し，ケーススタディ分析結果により，交錯点座標の分散・共分散の絶対値が大きいほど，事故発生頻度が高くなる可能性を確認した．

最後に，**第7章**で本研究の成果，およびそれに基づく交通安全施策に対する提言を述べ，研究上の今後の課題を整理し，結論とした．

目　次

第 1 章 序論 1
1.1 研究背景 1
1.2 研究目的 5
1.3 論文構成 7
第 2 章 既往研究のレビューと本研究の位置づけ 9
2.1 既往研究のレビュー 9
2.1.1 事故発生頻度の高い箇所に共通する道路交通環境条件を抽出する研究 9
2.1.2 特定の道路交通環境条件と事故発生頻度との関係を確認した研究 10
2.1.3 交通事故発生をリスク事象としてとらえる観点での研究 11
2.1.4 道路構造や交通条件の変化による車両挙動の変化に着目した研究 12
2.2 本研究の位置づけ 14
第 3 章 道路交通事故の発生状況に関する整理 16
3.1 概要 16
3.2 分析使用事故データの概要 16
3.3 分析対象地域の事故発生状況に関する全国比較 17
3.4 事故発生状況に関わる集計分析 21
3.5 本章のまとめ 35
第 4 章 道路交通環境・社会環境条件と事故要因に関する分析 36
4.1 概要 36
4.2 道路交通環境と事故発生頻度の関係 37
4.2.1 事故データと道路交通環境データの結合 37
4.2.2 幹線道路における事故発生要因分析 38
4.2.3 生活道路における事故発生要因分析 66
4.3 道路交通環境からみた事故発生リスクの評価方法 76
4.3.1 リスク評価に基づく安全対策実施地域選定方法の提案 76
4.3.2 事故発生リスク評価のケーススタディ 79
4.4 本章のまとめ 86
第 5 章 交差点幾何構造と事故発生頻度の関係分析 88
5.1 概要 88
5.2 交差点幾何構造に関する統計分析 89
5.2.1 分析対象都市の選定とデータ収集 89
5.2.2 交差点幾何構造と事故発生状況の統計分析 94
5.3 交差点幾何構造が事故発生頻度に与える影響分析 100
5.3.1 分析方法 100
5.3.2 回帰分析に基づく交差点幾何構造の影響評価 100
5.4 本章のまとめ 110

第 6 章 交差点構造が車両挙動へ与える影響からみた安全性評価 112
6.1 概要 112
6.2 交差点における右折車両挙動のモデル分析 112
6.2.1 分析対象挙動の整理 112
6.2.2 右折時の通過停止判断挙動 113
6.2.3 右折時の発進反応時間 117
6.2.4 右折走行速度 123
6.2.5 右折走行軌跡 132
6.2.6 右折時のギャップアクセプタンス判断 138
6.3 交差点構造条件が右折車両挙動へ与える影響評価 149
6.4 交差点における安全性評価方法 151
6.4.1 道路交通の観点から見た交差点安全性評価方法 151
6.4.2 交差点構造改良対策実施時の事前評価ケーススタディ 161
6.5 本章のまとめ 165
第 7 章 結論 166
7.1 本研究の成果 166
7.2 研究成果に基づく今後の交通安全方策への提言 166
7.3 今後の課題 168

参考文献

謝辞

第1章 序論

1.1 研究背景

(1) 我が国の交通事故発生状況

近年の我が国の交通事故発生状況は減少状況にある．『平成27年版 交通安全白書』における事故発生件数や死者数，負傷者数の経年的変化を見ると，平成16年当時で交通事故発生件数が約95万件であったのに対し，平成26年には約57万件まで減少しており，これは交通事故死者数や負傷者数でみても同様の減少傾向が確認できる．しかし，過去の死者数や負傷者数，あるいは事故発生件数と平成26年の記録を比較してみると，事故発生件数や負傷者数は昭和60年代とほぼ同程度の値であり，劇的に減少してきたのは死者数のみであるとも読み取れる．また，死者数についても平成8年以降の状況を見ると，その減少率は緩やかになってきたようにも見える．勿論，現代と数十年前の社会環境は大きく異なり，移動手段の変化や自家用車両の利用頻度等が全く異なっていることは容易に想像される．しかし，長期の経年的変化の中で考えると，事故発生件数や負傷者数が過去と比べて劇的に改善しているとも言い難い状況にある．

注 1 警察庁資料による。
2 昭和41年以降の件数には，物損事故を含まない。また，昭和46年までは，沖縄県を含まない。
3 「死者数（24時間）」とは，交通事故によって，発生から24時間以内に死亡したものをいう。
4 「死者数（30日以内）」とは，交通事故によって，発生から30日以内（交通事故発生日を初日とする。）に死亡したものをいう。
5 「死者数（厚生統計）」は，警察庁が厚生労働省統計資料「人口動態統計」に基づき作成したものであり，当該年に死亡した者のうち原死因が交通事故によるもの（事故発生後1年を超えて死亡した者及び後遺症により死亡した者を除く。）をいう。なお，平成6年までは，自動車事故とされた者を，平成7年以降は，陸上の交通事故とされた者から道路上の交通事故ではないと判断される者を除いた数を計上している。

図 1.1.1 我が国における交通事故発生件数・死者数・負傷者数の経年変化
(出典：『平成 27 年版 交通安全白書（平成 26 年 6 月，内閣府）』)

このような我が国の事故発生状況を諸外国と比較してみると，IRTADにて集計された2013年の交通事故死者数では，日本は人口10万人あたりの交通事故死者数は17か国中で第8位に位置しているものの，走行台キロ当たりで比較すると第14位となっており，交通死亡事故発生リスクが低い水準にあるとは言い難い．他国と比較を行う場合，道路整備量やネットワークの形成状況，また車両利用率などの環境は大きく異なるため，走行台キロあたりで基準化された事故率は道路交通環境からみた安全性を評価する上で重要な指標であるといえる．このように，道路利用時の安全性向上は，他国との比較からみても我が国において改善の必要性が高い状況にあるといえる．

図 1.1.2　2013 年の交通事故死者数の諸外国との比較

データ出典：『Road Safety Annual Report 2015 (IRTAD)』

(http://internationaltransportforum.org/irtadpublic/index.html)

※上図は，レポートに記載されているデータの内，同条件で比較できる国のデータのみを記載している

(2) 交通事故の発生要因と改善に向けた取り組み

交通事故発生の要因となるものには様々な項目が考えられる．例えばHighway Safety Manual (2010)では，交通事故発生要因には人，車，道路があり，それぞれの寄与割合は93%，13%，34%であったというTreat et al. (1979)の研究成果を掲載している(図 1.1.3)．この寄与割合は当時の調査結果に基づく数値であり，現代においてもそのまま適用できる保証はない．しかし，主たる要因としてこの3つの要因が考えられるという点については大きな異論がないであろう．

図 1.1.3　車両事故発生要因と寄与割合(出典：HSM(2010))

これらの主要因に対し，交通事故削減のための対策をそれぞれ考えてみると，人のエラーをなくすためには，エラーを発生させないように交通ルール順守のための指導や啓蒙活動を行うこと，また重大な過失に対しては交通関連法規による罰則規定などにより対応している．車に関しては，

昨今における技術の進化は目覚ましく，衝突防止や車間距離確保といった運転支援技術が一般にも浸透し始めており，自動運転技術までもが将来的に導入されることが徐々に現実味を帯びてきている．このような中，人・車の移動の基盤となる道路については，技術的な向上，改良が行われてきたかというといささか疑問が残る．インフラ側での交通安全に向けた技術的進歩事例として，例えば(特非)ITS Japanの『ITS GREEN SAFETY SHOWCASE』では，インフラ側の協調型ITSの一つとして次世代DSSSによる交差点の安全運転支援・通過支援が紹介されており(図 1.1.4)，既に東京都や神奈川県で運用が開始されている．このような技術は，沿道状況も含めた道路環境における交通安全上の欠点を補うための“外付け”の技術であり，基本にある道路や交差点の設計・計画思想はこれまでと何ら変わりはない．つまり，人や車などの他の要因と比べて，道路計画や道路設計側は，安全性向上の観点からの技術進化や成果創出が，停滞している感が否めない状況にある．しかし，この背景にあるところは，安全性向上という誰もが期待する目的に対し，道路ネットワークや交差点構造，あるいは交通状況といった項目を，どのように改善するとどれだけ安全性が向上するのか，という評価が明確に示されていないことがその一因となっている可能性がある．

図 1.1.4　次世代 DSSS による交差点安全運転支援・通過支援システム
出典：ITS Japan Web サイト(http://www.its-jp.org/)

(3) 我が国で実施されている交通安全対策施策とその考え方

我が国で行われている交通安全や事故発生件数の削減を目的とした主な施策としては，事故発生頻度が高い箇所，区間，エリアを対象として，集中的に対策事業を行う施策が挙げられる．

具体的には，平成8年に『交通事故多発地点対策』『コミュニティ・ゾーン対策』という2つの施策が道路管理者と公安委員会と連携のもと推進していくことが公表されており，これらは現在の『事故危険箇所』の指定と事故危険区間に対する『事故ゼロプラン』，生活道路におけるゾーン対策である『ゾーン30』へと繋がっている．この内，『コミュニティ・ゾーン対策』については，平成15年に歩行者・自転車の安全確保を目的として『くらしのみちゾーン』や『あんしん歩行エリア』という施策名で展開されているが，基本的な考え方に大きな変更はない．

表 1.1.1　交通事故削減に関する我が国の主要な施策

年号	西暦	分類	道路管理者・交通管理者
平成8年6月	1996年	エリア対策	「コミュニティ・ゾーン」対策の推進
平成8年6月		幹線系道路対策	「交通事故多発地点」対策の推進
平成11年9月	1999年	協議フレーム	「道路交通環境安全推進会議」の設置
平成12年3月	2000年	協議フレーム	安全な道路交通環境の整備に関する推進方針
平成12年11月	2000年	協議フレーム	都道府県における安全な道路交通環境整備の推進
平成15年6月	2003年	エリア対策	「くらしのみちゾーン」に取り組む地区の登録
平成15年7月	2003年	エリア対策	「あんしん歩行エリア」の指定
平成15年7月	2003年	幹線系道路対策	「事故危険箇所」の指定
平成15年8月	2003年	協議フレーム	「まちづくり交通安全対策事業」に係る特別措置
平成17年11月	2005年	エリア対策	「生活道路事故抑止対策マニュアル」の策定
平成18年3月	2006年	協議フレーム	「まちづくり交通安全対策事業」に係る特別措置の全国的な実施
平成23年9月	2011年	エリア対策	「ゾーン３０」の推進
平成25年5月	2013年	幹線系道路・エリア対策	通学路の交通安全の確保に向けた対策の推進
平成25年12月	2013年	幹線系道路・エリア対策	通学路の交通安全の確保に向けた着実かつ効果的な取組の推進

現在の交通安全対策施策の実施時には，実際に交通事故として顕在化した事象発生の有無や，その発生件数の多い/少ないという点が判断材料にある．実際に我が国の交通安全対策の主要施策である「事故危険個所」や「あんしん歩行エリア」の指定は，基本的には事故率や事故件数による選定基準が定められている(表 1.1.2)．このように顕在化した事故発生件数が判断基準として考えられる理由として，事業実施理由の説明時においてわかりやすく明確な根拠となる点が挙げられ，このような意思決定方法は，限られた予算制約の中で，選択と集中により効率的に施策を実施していく時代には有効な考え方ではある．しかし，将来的に交通安全面で豊かな社会の実現を積極的に推進していく上では，事故発生後の対処療法的な対応ではなく，事故が発生する確率を予見してリスクを定量化し，発生リスクを最小化する方策へと転換していく必要があると考える．

表 1.1.2　事故危険箇所とあんしん歩行エリアの指定要件

事故危険個所	あんしん歩行エリア
①平成 19 年～平成 22 年における平均的な交通事故発生状況について以下の条件を全て満たす箇所 ・死傷事故率が 100 件/億台キロ以上 ・重大事故率が 10 件/億台キロ以上 ・死亡事故率が 1 件/億台キロ以上 ②地域の課題や特徴を踏まえ，特に緊急的，集中的な対策が必要な箇所	①人口集中地区であること ②歩行者・自転車関連事故件数が 12.65 件/km^2 年以上の箇所 ③平成 24 年度までに事業完了見込みの箇所

出典：国土交通省道路局 HP(http://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/sesaku/torikumi.html)

また，幹線道路と生活道路それぞれの施策における課題点もある．まず，幹線道路では，事故危険箇所や事故危険区間の指定が，事故率による抽出を基準としているため，短期的かつ広域的に成果を上げる上で有効な対策であるものの, PDCAマネジメントサイクルを継続的に実施していくためには多大な時間と労力を要する．今後より効率的に事業を実施していくためには，事故発生リスクの高い箇所を特定し，予防的対策の実施が可能となっていくことが望ましい．

また，生活道路を対象としたゾーン30は，従来のコミュニティ・ゾーン対策から対策実行を主眼として条件が緩和された改善策ではあるが，対象エリアが小規模エリアに限定されるため，そのエリアをとりまく周辺環境により左右されるという課題を持ち合わせている．これらの生活道路のゾーン対策の効果に着目した研究事例として，例えば稲垣ら(2014)は，バリケード設置による歩行者専用規制が実施される前と最中で，対象エリアの中で抜け道と想定されるルートを対象に平均走行速度の比較を行ったところ有意差が確認されなかったことが報告されている．また，松本ら(2008)が分析した『くらしのみちゾーン』対策の効果検証では，狭さく等による速度抑制効果は確認できたものの，通過交通の影響は排除できなかったという報告がなされている．これらの研究成果から，ゾーン対策実施効果の発現には，道路構造による対応の必要性や対象地域周辺部も含めた包括的な対策実施の必要性が示唆されているといえる．

1.2 研究目的

これまでの研究背景をふまえると，現状の交通安全対策は，実際に道路交通事故として顕在化した事故発生地点を対象として，事故発生後の事後対応として安全対策施策が取り組まれていること，また，法律や罰則規定などの整備やIT技術を駆使した注意喚起システムが進展している一方で，社会資本の基本となる道路交通環境面に関しては，定量的な評価をもとに安全性向上効果が明確に示されていないことが課題点であるといえる．これに対し，悲惨な交通事故が発生する前に，事故発生リスクの高い地域を，道路交通環境の側面から特定することができないか，また，安全性向上のための道路交通環境改良の必要性を，科学的な論拠に基づき定量的に提示できないか，というニーズは，今後の安心で安全な社会を実現していく上で必要とされている研究課題であるといえる．

そこで，本研究の目的は，交通事故の発生リスク要因を道路交通環境の観点から分析し，以下の内容について研究することを目的とする．

- 潜在的な意味を含む交通事故発生リスクを定量化し，危険な道路交通環境要因を特定すること
- 道路構造や交通規制といった道路交通条件が，車両走行の安全性に与える影響を明らかにすること
- 安全性の定量的評価のため，道路交通条件と連動したリスク評価指標を検討・提案すること

道路交通の安全性向上を考える上では，事故の発生頻度を少なくすることと，実際に事故に至った場合の被害を軽減することの2つの側面が求められる．また，実現象では，事故は一定の条件が揃った場合に確実に事故が発生するのではなく，確率的な変動をもって発生に至るものでもある．本研究では，このような事象発生の確率的変動をもった事故の発生頻度と事故被害の程度を“交通事故発生リスク”と呼ぶこととし，“確率的な不確からしさを伴う交通事故発生事象の起こりやすさと被害の程度”として定義する．

一般に，リスクという言葉については，分野によって様々な定義がなされているが，例えば，

ISO 31000:2009の日本工業規格であるJIS Q 31000:2010では“目的に対する不確かさの影響”とされている．また交通心理学の分野では“損害発生の可能性”を“リスク”，“損害発生の可能性を高める条件”を“ハザード”として区別して整理されている（例えば蓮花(2000)など）．交通工学の分野でいえば，鈴木ら(2005)が“リスク”を“利用者が被る損失”とし，交差点におけるリスク事象を“物的損失を表す交錯とその交錯を回避することにより被る時間的損失である遅れ”と定義しているし，亀井ら(2009)では，事故リスクを“潜在的な危険（事故）を発生させる確率”とし“発生した事故が事故当事者に与える被害の程度も含むものとする”と定義している．

本研究でも，確率的な事象であること，事故の発生頻度，事故発生時の被害の程度，という3つの要素は重要な項目であるととらえ，前述のとおり定義する．

1.3 論文構成

本論文の構成を図 1.3.1，および以下より示す．

第1章では，我が国の交通事故発生状況を振り返り，事故発生要因に対する考え方や具体的な施策の取り組み状況をふまえた上で，交通事故発生リスクを定量化して危険な道路交通環境要因を特定すること，道路交通条件が車両走行の安全性に与える影響とその評価方法を明らかにすること，という研究目的について述べた．

第2章では，事故発生頻度と道路交通環境条件との関係や交通事故のリスク評価を行った研究事例，道路交通条件が与える車両挙動への影響について評価した研究事例を振り返り，本研究の位置づけを明確にし，目指すべき方向性を明らかにする．

第3章では，交通事故発生時の情報をもとに，我が国の事故発生状況の概況やその特徴について整理する．特に，効果的な事故削減を目標とした場合に着目すべき道路形状・交通規制・事故類型について，集計分析結果より明らかにした上で，交通事故リスクを評価する上で道路交通環境を考慮することの必要性を再確認する．

第4章では，広域エリアを対象とした場合の道路交通環境あるいは社会環境条件と事故発生頻度の関係について，道路種別・事故類型別のマクロ統計分析より明らかにする．統計分析は事故発生事象の希少性を考慮するため，事故が発生した道路環境に共通した要因を探る因子分析や，個別要因の影響の有無および影響度合いを評価するための回帰分析などにより多面的な評価を行い，事故発生リスクにつながる道路交通環境条件を特定する。さらに，分析結果から導かれる事故発生頻度推定モデルを活用して，事故発生リスクの高い地域を抽出する手法について検討する．

第5章では，事故発生件数の割合が単路部に比べて高く，また，広域的な統計分析結果からでは詳細の把握が困難である交差点部に対象を限定し，事故発生頻度との関係について分析する．ここで，交差点構造については汎用的に整備されたデータベースがなく，一般的な幾何構造概要が把握されていないことにも着目し，複数都市においてデータ収集を行い，基礎的な構造概況や都市間での違いについても確認する．収集した幾何構造要素や交通状況等を説明変数とし，事故発生頻度を被説明変数とした回帰分析を実施することにより，事故発生リスクに対する交差点幾何構造の影響を確認する．

第6章では，さらに交差点の安全性についてミクロな車両挙動の面から分析と評価を行う．分析は，事故発生頻度が比較的高い割合にあり，また，事故発生時の被害の程度が大きい，信号交差点での右折挙動を対象とし，交差点進入時から通過時に至るまでの一連の挙動に対して，交差点構造や交通条件が与える影響をモデル分析により明らかにする．分析結果より得られた知見から，安全性の向上を目的とした場合のあるべき交差点構造について考察する．さらに，交差点における安全性を定量的に評価するための代替性安全評価指標について検討し，適用の可能性を論ずる．

最後に，**第7章**にて本研究の成果を整理し，成果に基づく交通安全施策への提言を述べ，研究上の今後の課題を示して結びとする．

第1章　序論
1.1 研究背景
1.2 研究目的
1.3 論文構成
第2章　既往研究のレビューと本研究の位置づけ
2.1 既往研究のレビュー
2.2 本研究の位置づけ
第3章　道路交通事故の発生状況に関する整理
3.1 概要
3.2 分析使用事故データの概要
3.3 分析対象地域の事故発生状況に関する全国比較
3.4 事故発生状況に関わる集計分析
3.5 本章のまとめ
第4章　道路交通環境・社会環境条件と事故要因に関する分析
4.1 概要
4.2 道路交通環境と事故発生頻度の関係
4.3 道路交通環境からみた事故発生危険度の評価方法
4.4 本章のまとめ
第5章　交差点幾何構造と事故発生頻度の関係分析
5.1 概要
5.2 交差点幾何構造に関する統計分析
5.3 交差点幾何構造が事故発生頻度に与える影響分析
5.4 本章のまとめ
第6章　交差点構造が車両挙動へ与える影響から見た安全性評価
6.1 概要
6.2 交差点における右折車両挙動のモデル分析
6.3 交差点構造条件が右折車両挙動へ与える影響評価
6.4 交差点における安全性評価方法
6.5 本章のまとめ
第7章　結論
7.1 本研究の成果
7.2 研究成果に基づく今後の交通安全方策への提言
7.3 今後の課題

図 1.3.1　本論文の構成

第2章 既往研究のレビューと本研究の位置づけ

本章では，道路構造や交通条件の変化が，車両挙動をはじめとした交通環境に対し，どのような変化を与えるかについて研究された事例をレビューする．安全性向上や事故削減のための既往研究のアプローチは様々であるが，本研究ではマクロとミクロの両面から確認を行うこととする．

まず，広域エリアを対象として，事故発生頻度と道路ネットワークや区間中の交通量といった道路交通環境条件との関係性について分析した研究事例をレビューする．このとき，各種の道路交通環境条件の中から主たる要因となるものを探索的に特定した事例と，ある仮説に基づく特定の道路交通条件が事故発生頻度に対し影響しているか否かを検証した事例を区別して整理する．さらに，事故の発生頻度や被害の程度といった事故リスクに関連する研究についても確認を行う．

その後，よりミクロな視点からの安全性評価を対象として，交差点における道路交通状況の変化が，個別の車両挙動に対してどのような影響を与えているかについての研究事例を振り返る．最後に，これらの既往の研究成果をふまえて，本研究の位置づけを明らかにする．

2.1 既往研究のレビュー

2.1.1 事故発生頻度の高い箇所に共通する道路交通環境条件を抽出する研究

佐々木(1980, 1981)の研究では，交通事故発生リスクの高い危険個所を合理的に抽出することを目的として，事故密度と交通量や道路幅員等との相関を確認した上で，重回帰モデルによる事故予測式を作成し，対象箇所の抽出方法を提案している．また，この研究では幹線道路と交差点で区別して構築したデータベースを用いて分析を行っており，当時の研究成果の中では最も豊富に整備された道路交通環境データを用いた分析となっている．マクロ統計分析による事故発生要因の特定という点では大きな功績を残しているものの，モデル式の再現性に関する統計的な確認がされていない点などに課題がある．

森地ら(1993)の研究では，交通事故分析におけるツールとして地理情報システム(GIS)を導入して集計分析を行い，GISによって構築されたデータベースをもとに統計モデル分析を行っている．モデル分析においては，当時主流であった重回帰モデルによる分析に留まらず，事故の希少性を考慮したポアソン回帰分析や，特定の要因間での相互作用効果検証など，新たな分析方法の導入を，実データを用いて実証的に提案している．この研究では，事故発生頻度評価のための新たなモデル分析手法の提案に主眼が置かれており，評価結果をもって，安全性向上のためにどのような評価していくかという点については述べられていない．

これに関連し，橋本ら(2013)の研究においても，森地ら(1993)の研究と同様にGISを用いており，交通事故発生確率推定のモデル分析が行われている．説明変数には『e-stat 統計GIS』『国土数値情報』等よりGISデータとして容易に入手可能な項目を用いてモデル推定を行っているが，推定されたモデルの他地域への適用性に関する検証が研究の主目的であり，特定された説明変数が事故発生とどのような関係にあるかという点までは述べられていない．

以上の研究事例は，国内における一定の広域エリアを対象として，交通量や道路種別，道路幅員といった一般的な道路交通環境条件と事故発生頻度との関係を回帰分析結果から評価するアプローチであり，いずれも豊富な事故データと道路交通環境変数に基づく研究となっている．最近では山田ら(2014)により，発生位置情報をもつ事故データからDRMデータへのマッチングに関する検証も行われており，車両急制動データやGISデータといった各種の道路交通情報のデータ整備が一層進んできていることをふまえると，十分な統計的信頼度を確保した上で，より精度の高い事故発生要因分析が実施可能となりつつある．しかし，社会的な交通安全に資する研究成果を目

指す上では，事故発生頻度と道路交通環境条件との関係を単一の回帰モデル推定結果から評価するのみでは不十分であり，多面的な分析手法によって希少事象の評価を適切に行うことや，分析結果を用いてどのように施策へ展開できるのかを明確に示す必要があるといえる．

2.1.2 特定の道路交通環境条件と事故発生頻度との関係を確認した研究

前述の分析アプローチは多様な道路交通環境変数を用いた回帰分析結果より，事故発生頻度に影響を与える要因を選定することを主眼としているが，国外の研究においては，事故発生に影響を与える道路ネットワーク，道路幾何構造，交通混雑等の各種要因について仮説を設定し，それを検証することで評価を行った事例がいくつか見られる．

(a) 道路ネットワーク

Dijkstra (2011)は，持続的な安全性を担保するための道路ネットワークについて検討しており，ネットワークそのものの形状や接続形態，各道路が有すべき機能，ネットワーク内での経路選択行動などの要因を考慮した上で，ネットワークの安全性評価方法について研究を行っている．

また分析対象が生活道路に限定されるが，豊田都市交通研究所(2014)は，生活道路のゾーン30対策箇所を選定することを目的として，生活道路のネットワーク構造と交通事故の関係について分析を行なっている．分析ではネットワーク構造を『形状指数』という指標値にて代替し，これと事故発生件数との統計的分析結果から，グリッド上の街路構造であるほど事故が多発する傾向を実証している．

また，岡本ら(2014)では，安全性や円滑性に関連する「抜け道」に着目した研究が行われている．この研究では，街路の接続角度に着目したSegment Angular Analysisという手法が適用されており，この手法を用いて算出される近接性と媒介性という2種類のネットワーク特性指標値と，実際に抜け道として使われている街路とでは因果関係があることを示している．

(b) 道路構造

Chengye and Ranjitkar（2013）では，道路幾何構造が高速道路での事故発生頻度に与える影響について分析しており，車線数で基準化された年平均日交通量と評価区間長が事故発生頻度に対して主たる要因として影響している他，オンランプやオフランプの有無別に事故予測モデルを構築することで，予測精度が向上することを示している．

Anderson et al. (1999)は，道路曲線部の幾何構造と事故発生件数の関係に着目し，郊外2車線の幹線道路291路線，5,287区間のカーブを対象に，モデル分析を行った．分析結果より，平均曲線半径，平均縦断曲率，曲線半径と平均曲線半径の比といった幾何構造値が事故発生件数と有意な関係にあることを明らかにしている．この分析は，平面・縦断曲線と事故発生件数との関係のみに着目することで単純明確な結論が出ており，道路設計思想にも活用可能な幾何構造と安全性の関係に関する知見が得られているといえる．

(c) 交通混雑

Noland and Quddus (2005)は，混雑が交通安全に与える影響について分析するため，事故発生件数を被説明変数とした負の二項分布回帰モデルを用いて，混雑時・非混雑時別やロンドンの内外別に分析している．分析結果から，ロンドン内外での空間的違いによる差異は小さく，混雑時と非混雑時の時間帯別の違いについても明確な結論は得られなかったことなどが報告されている．

(d) 交通信号

Datta (1991)では，交差点での交通信号導入前後における左折対直進事故の発生頻度の変化について，t検定により有意差の有無を分析している．分析結果からは，導入前に左折専用車線がある箇所についてのみ有意差が認められ，交通信号の導入と同時に左折専用車線を設置した個所では

58%事故率が増加したのに対して，導入信号導入前より左折専用車線がある交差点では事故が80%増加したことが報告されている．考察として左折専用車線による左折需要増加などが挙げられているが，当時と現在とでは道路交通環境が格段に変化していると考えられることから，現代においてもそのまま適用できる知見とは言い難い．

(e) 沿道状況

竹本・大石(1981)の研究では，道路の機能分類や沿道土地利用と事故の関係に着目し，道路機能と沿道地域に関するクラスター分析を実施後，それぞれのクラスターにより道路機能と沿道地域の2軸で分類した上で，その分類ごとに道路構造・交通規制と事故密度との相関について確認している．事故発生要因と沿道環境の関係に着目している点が特徴的ではあるが，その後の道路構造や交通規制との明確な因果関係までは特定できていない．

川上ら(1991)の研究では竹本・大石(1981)の研究と同様に，道路の機能の他に沿道の土地利用に着目しているが，この機能と土地利用のミスマッチが事故発生要因に繋がっているとの仮説を検証する形で分析が行われている．具体的には，それぞれ道路の機能別あるいは沿道土地利用パターン別に事故密度との分散分析を行った上で，道路の機能と沿道の土地利用パターン間の分類別に算出した平均事故密度をもとに，多機能化した道路・土地利用の環境下においては事故が多発傾向にあると結論付けている．

2.1.3 交通事故発生をリスク事象としてとらえる観点での研究

交通事故発生の危険性は，事故発生の頻度に関する評価と，事故被害の程度の両面から評価すべきである点は第1章にて述べた通りであるが，個別の構成要素である頻度と被害の程度について特に着目して分析が行われている研究事例も見受けられる．

(a) ヒヤリハット事象

近年では，潜在的危険性の評価として，プローブデータの急制動データを活用した研究が盛んである．例えば岡田ら(2011)や菊地ら(2012)では，民間プローブより得られた0.3G以上を記録した急減速挙動の回数をヒヤリハット事象の代替指標として定義し，観測された回数と死傷事故発生件数との間には非常に強い相関関係があることが報告されている．一方，寺田ら(2008)の研究では，名古屋市周辺を対象地域としたタクシープローブデータを用いて分析を行なった結果，交通事故と急減速データでは異なる傾向を持つ側面もあったことが報告されている．

これらの分析アプローチは，交通事故発生の希少性やデータ収集の効率性などの点からは有効な手段であると考えられるが，一方で，事故類型ごとに相関の大きさに違いがある点や，GPS精度に関する車線単位でのマップマッチングの課題など，未だ明確になっていない点も多くあり，今後さらなる精査が必要である．

(b) 事故被害の程度(severity)

交通事故を評価する上では，死亡事故と軽傷事故の違いといった，その事故被害の程度(severity)を評価することも必要な視点の一つである．

例えば，Patwary et al. (2009)の研究では，日本における国道の交差点を対象として，事故類型と事故被害の程度の別を考慮した2変量プロビットモデルにより分析を試みている．分析結果より，死亡事故につながる主たる要因として，衝突前の車両速度や，飲酒運転，歩行者の信号無視といった要因が確認されている．Bajracharya (2013)では，タイにおける交差点事故を対象として，交通事故の種類別にオーダードプロビットモデルを用いてモデル分析を行なった結果，事故被害の程度に対して強く影響を与えている要因として，交通ルールに従わない飛び出しや，道路街灯が無い箇所での夜間における視認性不良などを特定している．

一方で，Das and Sun (2015)は，ルイジアナ州での幹線道路における交通事故を対象として，Fatal/Injury/Property Damage Onlyの種類別に回帰分析を行なっており，事故データの希少性を考慮して，ゼロ過剰モデルを適用したポアソン回帰分析や負の二項分布回帰を適用しているが，最終的なモデル推定結果において，事故被害の程度に関する明確な傾向は確認されていない．

このように，事故に至った場合の被害の程度に影響する環境条件の評価は重要な視点である一方，マクロ統計分析上でのアプローチから，道路交通条件と明確な因果関係の有無が確認できるか否かについては未だ課題点が多いと考えられる．

2.1.4 道路構造や交通条件の変化による車両挙動の変化に着目した研究

前述までの研究事例は，主として広域的なエリアを対象として，道路交通環境が事故発生頻度に対して与える影響を統計モデルから評価するものであったが，ここでは，より詳細に，各種道路交通条件がミクロな車両挙動の変化に与える影響について研究した事例をレビューする．尚，ここでは，事故削減に対する寄与が大きいと考えられる交差点での車両挙動に限定し，さらに各種の対象判断挙動ごとに既往研究を整理する．

(1) 通過/停止判断に関する既往研究

交差点に進入する時のドライバーの通過/停止判断は，これまでに多くの研究事例がある．

大蔵ら(1989)では実際の交差点での観測調査結果から，停止確率を推定するロジスティックモデルを構築し，走行速度，相対クリアランス時間，停止線間距離が停止しやすさに影響しており，判断のばらつきは車間距離によって表現されるという考察を述べている．

片岡ら(2005)では，二項ロジットモデルによる通過停止判断モデルの推定結果から，黄開始時の停止線到達時間のほかに，前方・後方車両の有無が停止判断に影響を与える可能性を示唆している．吉井・山内(2010)の研究でも片岡ら(2005)と同様の手法により分析を行い，旅行速度が低い地域や郊外部といった地域的特色が通過判断に影響を与えている可能性があることを述べている．

後藤ら(2010)の研究では，右折専用現示を有する信号交差点を対象として，右折矢前の全赤灯火時における直進車の停止通過判断について評価を行っている．分析結果より，全赤時間が長いほど通過傾向にあったことを確認している．

また，信号現示に対する停止/通過の判断に関連して，国内では導入が少ないものの，諸外国では青灯火時の発進遅れと赤時間中の違法通過の抑制を目的としたカウントダウン式の信号制御が多く導入されており，これに関する研究事例も多い．

例えば，Lum and Halim (2006)では，green signal countdown device (; GSCD)の導入前後の赤時間中の通過/停止回数を比較し，重交通下での停止選択に対しては効果があることを述べている．

黄(2015)では，中国の8箇所の交差点での観測結果をもとに，ロジスティック回帰による停止挙動モデルを構築して分析を行ない，カウントダウン式信号の効果を検証しているが，カウントダウン式信号の効果の他，監視カメラの有無が判断に大きく影響している結果が示唆されている．

Fujita et al. (2007)では，トルコの2箇所の信号交差点における挙動データをもとに，カウントダウン式信号有りダミーを説明変数として投入した通過選択モデルを2項ロジットにて表現しており，モデル推定結果から，カウントダウン信号の存在が交差点への駆け込み進入・通過の削減に寄与することを結論づけている．

いずれの研究でも，道路構造や交通条件を説明変数とした停止通過判断モデルを構築し，モデル推定結果から判断挙動への影響要因を特定するアプローチは同一であるといえる．しかしながら，対象車両が直進車両に限定される事例が多いことや，明らかとなった説明要因の多くが個々

のドライバーの交通状態要因であるがため，どのように交差点安全性向上に展開するかが課題点として挙げられる．また，信号制御に関する反応についても，特に国内での実観測データに基づき分析を行なった上で有益な知見が得られている事例は少なく，さらには右折矢現示の切り替わりと右折車の判断に着目した事例は見られない．

(2) 発進挙動に関する既往研究

信号交差点における車両の発進挙動に着目した研究事例はあまり見受けられない．これには，信号切り替わり時の発進挙動の方が，信号現示終了時における無理な交差点進入挙動に比べて危険性が低いと考えられていることが一つの要因であると考えられる．しかし，交通信号による規制を想定した場合，信号現示の切り替わり時の挙動は，現示の提示方法や順序，インターグリーン時間長の設定に直接的に影響するため，停止側と発進側の双方に着目する必要があるといえる．

小川ら(2008)の研究では，潜在的危険性の定量化を視野に入れ，信号交差点における信号切り替わり時のフライングや無理な進入挙動について分析しており，実観測データに基づき交差点内の平面的位置における車両存在確率を算出した上で，接触確率を算出し，安全性評価を行うことを試みている．しかし，算出された接触確率と走行挙動の関係や，それらと交差点での道路交通条件との因果関係の特定までには至っておらず，定性的な考察にとどまっている．

鈴木・中村(2011)では，過度に長い全赤時間設定は車両発進時や交差点進入時の危険挙動に繋がることに問題意識を持ち，信号切り替わり時の直進車の発進反応時間を対象として，右折クリアランス車両との交錯を考慮した発進反応時間推定モデルの構築を試みている．具体的には，発進反応時間(Start-up Response Time; SRT)分布を推定するモデルを構築し，クリアランス車両の残留時間が交差側直進車両の発進に影響を及ぼしていていることや，右折車と直進車により決定される交錯点までの距離の影響度等を明らかにしている．

本研究では，特に右折車の発進反応時間について着目し，鈴木・中村(2011)のアプローチと同様，発進反応時間がどのような道路交通条件の影響を受けているのかを定量的に評価することを分析することとする．

(3) 走行速度と走行軌跡に関する既往研究

交差点の走行速度と走行軌跡は，走行時の危険性評価に直結する挙動であり，これらについて評価することは意義があるといえるが，交差点構造や交通条件との関係を詳細に分析している研究事例は少ない．また，右折走行車両と対向直進車の関係のように，交差点空間内でばらつきが大きい車両を対象とする上では，交差点内での挙動を進入時から流出時まで連続的に評価する必要があると考えられる．

Wolfermann et al. (2011)の研究では，交差点における右左折時の速度変化を速度プロファイル曲線として3次関数曲線に近似し，それを交差点構造や進入速度等から説明する走行速度モデルを構築している．分析結果からは，右左折の角度や進入時速度の他，中央分離帯からの距離といった空間的条件が右左折速度に影響していることを明らかにしている．

また走行軌跡については，鈴木ら(2009)やAlhajyaseen et al. (2011)が，比較的大規模な信号交差点での走行軌跡の観測結果に基づき，複数の線形要素に分割して表現された走行軌跡を各種の交差点構造や走行状況によって推定するモデルを提案している．

本研究では特に右折車挙動を対象とし，従来の研究で得られている知見を活用しながらも，現示方式の違いなども影響を考慮した走行速度と走行軌跡の分析を行うこととする．

(4) ギャップアクセプタンス挙動に関する既往研究

交差点における右折車特有の車両挙動として，対向直進車の間隙をぬって右折走行を行うギャップアクセプタンス挙動が挙げられる．右折車のギャップアクセプタンス挙動に関する研究は古くより行われているが，これは交差点容量を明らかにするニーズが高かったためと考えられる．

例えば，片岡・吉井(2004)の研究では，右折車の滞留により後続直進車が交差点を通過できない状況を考慮した交通容量の推計方法について検討がなされている．この研究においては対向直進交通が途切れるまで右折車は交差点で待機することを仮定しており，右折時のギャップアクセプタンス挙動そのものを分析対象としているわけではない．

右折時のギャップアクセプタンスアクセプタンス挙動を精緻かつ詳細に取り上げている研究事例としては，森・齋藤(1992)，森ら(1994, 1996)の研究がある．これらの研究は，都内10箇所の右折事故多発交差点において観測した調査データから，観測されたギャップ時間の基礎的な分析をはじめとして，ギャップアクセプタンス判断に影響を与える交通条件をモデル分析結果から考察している．

また，右折ギャップアクセプタンス挙動の研究には，ドライビングシミュレータを用いた分析が数多くなされており，西田(2006)，木村ら(1999)，矢野(2006)などの研究が挙げられる．ドライビングシミュレータを用いることで，ギャップアクセプタンス挙動という希少事象の分析データを効率的に収集した研究事例といえるが，やはり実際の状況下における判断との乖離の問題については課題があると考えられ，分析結果に関する十分な検証が必要であるといえる．

このような数多くの研究事例が多くある中，多車線交差点におけるギャップアクセプタンス判断について評価している事例は見られない．しかし，もし，ドライバーの判断が交差点構造により異なるのであれば，判断のばらつきを分析することは安全性評価の上で必要不可欠である．

例えば，アメリカのHCM2000においては，車線の増減によるクリティカルギャップの変化については述べられていないし，AASHTO (2011)においても車線数が増加するごとに0.5秒ずつ加算していくという指針が示されている程度である．

Hagring (2000)の研究では，ラウンドアバウトを対象として，環道2車線への合流時のギャップアクセプタンス判断をモデル化して分析を行っており，分析結果から，環道外側への合流時のクリティカルギャップの方が0.2～0.3秒程度短かったことなどが報告されている．一方で，分析サンプルが非常に少ない中での評価であることや，この知見が既往研究成果とは異なる傾向であることといった課題点についても示されている．

以上の既往研究結果をふまえると，交差点構造の観点から見た右折時のギャップアクセプタンス挙動に関する研究は，未だ定量的には明らかにされておらず，交差点右折走行時の安全性を評価する上で重要な研究対象であるといえる．

2.2 本研究の位置づけ

これまでの既往研究成果により残されている課題をふまえ，本研究の位置づけについて述べる．

道路交通環境の側面から交通事故発生リスクの低減を目指す上では，事故の発生頻度と事故に至った場合の被害の程度の双方を減少させる必要がある．

前者に関しては，広域的なエリアを対象として，事故発生頻度につながる要因を回帰モデルから導く研究が数多く見られる．しかし，国内の研究成果においては事故の希少性を考慮し，精緻に分析されている事例は意外に少なく，単一の分析手法や事故類型によらない全事故発生件数の評価などの点で課題があることが理解された．さらには，その分析結果を用いてどのように評価を行っていくかについて述べられている研究事例はほとんど見当たらず，このことこそが，研究

によって得られた知見が安全対策施策への展開されていかない要因の1つとも考えられる．

後者については，まず，マクロなスケールでのヒヤリハット事象の評価や事故被害の程度の評価を行った場合には，信頼性の検証や明確な傾向の確認に至っていない既往事例もふまえると，事故発生時の被害程度の評価はミクロな挙動評価から行われることが望ましいと考えられる．さらに，ミクロ挙動に与える影響要因特定に関する既往研究においても，その多くは，その時のドライバーの交通状況から説明されるという研究成果がほとんどであるがため，安全性向上に対してどのような道路構造面での対策を講じることが妥当であるかを定量的に提示することが困難となっている．逆に言えば，交通状況に依存せず，またそこで実現する交通状況を形成する可能性の高い，道路構造面から見た安全性に関する挙動の評価を行う研究が必要であると考えられる．

以上の既往研究成果における課題点をふまえつつ，本研究の位置づけを以下とする．

- ✓ 交通事故発生リスクの評価を，事故発生頻度を評価するマクロ統計分析と，重傷事故に至る危険な挙動や判断のばらつきを評価するミクロ挙動分析の双方により行うこと
- ✓ 事故発生頻度の評価においては，交通事故が希少事象である特徴をとらえた上で，事故発生につながる道路交通環境要因を特定し，その結果をもとに事故発生リスクの高い地域を特定する手法を提案すること
- ✓ 危険挙動や判断のばらつきの評価においては，事故削減への寄与度の高い交差点を対象とし，特に構造面との因果関係を明らかにし，構造的改良による安全性向上の効果を定量的に示すこと

第3章 道路交通事故の発生状況に関する整理

3.1 概要

本章では，道路交通事故を対象として，単純集計及びクロス集計分析により，事故発生状況に関する特徴的事項の抽出を行う．

3.2 分析使用事故データの概要

個別詳細が記録された交通事故データは交通管理者によって管理されており，一般的には情報を入手することができない．しかし，一定の傾向を確認するような分析の際には，国土交通省道路局で公開されている『交通事故データ集』や，公益財団法人交通事故分析センター（Institute for Traffic Accident Research and Data Analysis; ITARDA）が警察庁より提供されたデータをもとに作成している『交通統計』が活用できる．

本研究においては，一般的に公開されている上記データ類のほか，愛知県警より提供頂いた平成20年～平成24年度の人身事故に関するデータ（以下，愛知県警提供事故データ）と，警察庁の交通事故統計データと国土交通省の道路交通センサスデータをマッチングして作成されたITARDAの『交通事故・道路統合データベース』を使用する．愛知県警提供事故データは，1件の人身事故データごとに，事故類型や当事者種別などの情報が整理されており，事故発生地点の緯度経度情報も付与されている．ITARDAの『交通事故・道路統合データベース』では，デジタル道路地図(DRM)に基づいて，『道路交通センサス（全国道路・街路交通情勢調査）』データ（以下，道路交通センサスデータ）と交通事故統計データのマッチング作業が行われており，事故データに道路交通センサスデータとマッチングデータが付与されている．尚，愛知県警提供事故データは，道路の種別に関わらず愛知県内で発生した人身事故全てを対象としているのに対し，ITARDAの『交通事故・道路統合データベース』は道路交通センサス調査対象路線にて発生した事故データのみが対象となっている．

図 3.2.1　国土交通省道路局 交通事故データ集ダウンロードサイト
<http://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/sesaku/data.html>(アクセス日：2015/9/30)

図 3.2.2　ITARDA 交通統計ダウンロードサイト
<https://www.itarda.or.jp/materials/publications_free.php?page=4> (アクセス日：2015/9/30)

3.3 分析対象地域の事故発生状況に関する全国比較

本研究では，緯度経度情報をもつ愛知県の人身事故データを主に取り扱うが，まず，愛知県の事故発生状況を全国の状況と比較し，確認しておく．集計分析には，国土交通省道路局『交通事故データ集』とITARDA『交通統計』の事故データを使用した．交通事故による死者数，死傷者数，死傷事故発生件数の比較を図 3.3.1～図 3.3.3に，状態別や道路種類別の死傷事故発生件数の比較を図 3.3.4～図 3.3.7に示す．

まず，図 3.3.1～図 3.3.3を見ると，最近の5年間では愛知県，全国共に交通事故により死者数・死傷者数・事故発生件数が減少傾向にあることが確認できる．愛知県は交通事故死者数ワースト１であることが良く知られているが，図 3.3.1の交通事故死者数を見ると，人口あたりや自動車台数あたりの死者数は概ね全国平均と等しい，もしくはやや少ない傾向にあることがわかる．これに対して，死傷者数(図 3.3.2)や事故発生件数(図 3.3.3)は，人口あたりや自動車台数あたりで換算した数値が全国平均より高く，減少率が低いことも特徴的と言える．

次に状態別の死者数(図 3.3.4)と死傷者数(図 3.3.5)の比較を見てみると，死者数と死傷者数のいずれについても，自転車乗車中の割合が全国よりもやや高いことがわかる．また，死傷者数の比較では，全国と比べて自動車と自転車の割合がやや多く，二輪車と歩行者の割合がやや少ないことが読み取れる．

最後に，図 3.3.6，図 3.3.7の道路種類別死傷事故件数の比較結果を見てみると，愛知県では一般国道での事故発生割合が低く，反対に一般都道府県道及び市町村道その他の割合が高い傾向にあることがわかる．

図 3.3.1　交通事故死者数の比較(左: 愛知県，右: 全国)

図 3.3.2　交通事故死傷者数の比較(左: 愛知県，右: 全国)

図 3.3.3　交通死傷事故発生件数の比較(左: 愛知県，右: 全国)

図 3.3.4　状態別交通事故死者数の比較(上: 愛知県, 下: 全国)

図 3.3.5　状態別交通事故死傷者数の比較(上: 愛知県, 下: 全国)

図 3.3.6　道路種類別死傷事故件数の比較(上: 愛知県, 下: 全国)

図 3.3.7　道路種類別人口 10 万人あたり死傷事故件数の比較(上: 愛知県, 下: 全国)

3.4 事故発生状況に関わる集計分析

(1) 事故発生状況に関する単純集計

前節の全国との比較結果から，状態別や道路種別ごとの傾向には若干の差が見られるものの，概ね全国と愛知県の事故発生概況は類似していることが確認された．そこで，以降では，より詳細な事故発生時の情報を有する愛知県警提供事故データを用いて，集計分析を行う．

まず，交通事故内容種別ごとの件数と事故被害者数の経年変化を図 3.4.1～図 3.4.4に示す．どの種別においても微減傾向にあるといえるが，特に重傷事故件数と重傷者数は2012年に入ってからの減少度合いが大きい．

図 3.4.1　死亡事故件数と死者数

図 3.4.2　重傷事故件数と重傷者数

図 3.4.3　軽傷事故件数と軽傷者数

図 3.4.4　交通事故件数と事故被害者数

道路形状に関する集計結果を表 3.4.1と図 3.4.5に示す．全体的傾向として，単路部では年間約20,000件発生しているのに対し，交差点部は25,000～30000件程度となっており，交差点部の方がやや多い．また，交差点部の事故発生件数のみに着目すると，経年的に減少傾向にあることも確認できる．尚，『交通統計(ITARDA)』に基づき集計した全国との比較でみると，交差点部での事故が減少傾向にあることは全国においても同様である．

表 3.4.1　道路形状別事故発生件数(件/年)

道路形状種別	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年
交差点	25,513	24,437	23,932	23,039	22,191
交差点付近	5,787	5,399	5,224	4,877	5,411
単路(トンネル)	18	17	13	13	12
単路(橋)	110	115	101	100	99
単路(カーブ・屈折)	600	525	522	407	386
単路(その他)	19,338	19,032	19,819	19,998	19,721
踏切(第一種)	5	4	6	8	10
踏切(第三種)	0	0	0	0	0
踏切(第四種)	0	0	0	0	1
一般交通の場所	1,583	1,601	1,674	1,675	1,820

(a)愛知県　　(b)全国

図 3.4.5　道路形状別事故発生件数

年間の事故発生件数を信号機種別ごとに整理した結果を図 3.4.6に示す．尚，分析データ上，単路部における事故約20,000件は全て「施設無し」に分類されていることから，交差点での事故のみに着目すると通常の3灯式信号交差点での発生件数が10,000件強程度，無信号交差点での事故が20,000件弱程度となり，無信号交差点の方が多く事故が発生している状況と理解できる．

図 3.4.6　信号機種別ごとの事故発生件数

事故類型別の集計について，図 3.4.7および表 3.4.2に示す．まず，図 3.4.7より，車両相互事故が約45,000件となっており，人対車両や車両単独事故と比べて，大部分を占めていることがわかる．さらに車両相互事故の中での分類を見てみると，追突事故が約17,000件と最も多く，次いで出会い頭事故も14,000件程度と多い．さらに沿道出入りなどを示す車両相互その他事故も多く，年間7,000件程度発生している．また，右折直進，左折時，右折時その他といった交差点に代表される事故類型も年間1,000～2,000件程度と比較的多数の事故が発生しているといえる．さらに，人対車両事故における歩行者の横断中の事故も1,800件程度となっており，交差点特有の車両相互の事故類型と同数程度に多い発生件数となっていることが読み取れる．

図 3.4.7　事故類型別の事故発生件数(大分類)

表 3.4.2　事故類型別の事故発生件数(中分類)

	事故類型	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年
人対車両	対面通行中	130	121	116	118	124
	背面通行中	205	170	193	158	180
	横断中	1,958	1,937	1,834	1,797	1,837
	路上・その他	1,401	1,440	1,516	1,491	1,466
車両相互	正面衝突	701	610	594	591	586
	追突	17,114	16,820	17,600	17,726	18,550
	出会い頭	15,096	14,337	13,991	13,321	13,682
	追越追抜時	363	425	434	418	457
	すれ違い時	231	227	225	224	240
	左折時	1,914	1,893	1,887	1,858	1,723
	右折直進	2,478	2,253	2,126	2,025	2,203
	右折時その他	1,218	1,202	1,226	1,141	1,116
	車両相互その他	7,817	7,589	7,653	7,511	6,014
車両単独	工作物衝突	959	840	704	594	511
	駐車車両衝突	88	70	66	61	57
	路外逸脱	58	50	48	56	50
	転倒	522	516	430	413	341
	その他	696	626	642	606	503
列車		5	4	6	8	11
合計		52,954	51,130	51,291	50,117	49,651

第1および第2当事者の年齢層別の集計結果を図 3.4.8に示す．第1当事者は20代の年齢層が最も多く，次いで30代の層が多い．第2当事者も同様に20代と30代の層が多い傾向があり，これらの層は第1・第2当事者ともに全体の約20%程度を占めている．

続いて，第1および第2当事者の種別について見てみると，第1当事者では乗用車が40,000件程度で約80%を占めており，第2当事者では30,000件弱で約55%を占めている．第2当事者では，軽車両や一般歩行者などのいわゆる交通弱者，二輪車や原付1種なども割合が第1当事者と比べてやや増える傾向にあり，1当の乗用車との間で事故が発生していることが示唆される．

(a)第 1 当事者の年齢

(b)第 2 当事者の年齢

図 3.4.8　当事者別の年齢層

(a)第 1 当事者の種別

(a)第 2 当事者の種別

図 3.4.9　当事者種別

以上，単純集計分析の結果を各事故データの項目ごとに整理し，考察した．考察結果について表 3.4.3に整理する．

表 3.4.3　各事故データ項目に関する単純集計分析結果

集計項目	分析結果	対応図表
事故内容と 事故被害者数	・傾向的には微減傾向 ・重傷事故と重傷者数は減少度合いが大きい	図3.4.1 ～図3.4.4
道路形状	・単路部よりも交差点部の方がやや多く事故が発生 ・交差点部の事故は経年的にはやや減少傾向	表3.4.1, 図3.4.5
信号機	・信号施設なしの事故が多いが，単路部事故もこれに該当する ・無信号交差点は信号交差点の倍程度の事故発生件数	図3.4.6
事故類型	・全体に占める割合として車両相互事故が大部分を占める ・車両相互の中でも追突事故と出会い頭事故の発生件数が多い ・車両相互事故における交差点特有の右左折事故，人対車両事故における横断中の歩行者事故も，比較的多く発生	図3.4.7, 表3.4.2
年齢	・1当と2当ともに，20代および30代の事故が多く，それぞれ全体の約20%を占める	図3.4.8
当事者種別	・乗用車が全体の80%程度を占め，最も多い ・第2当事者でも乗用車割合は高いが，自転車歩行者や二輪車の割合が増加する	図3.4.9

(2) 事故発生状況に関するクロス集計

続いてクロス集計分析より詳細を確認する．本分析も愛知県警提供事故データを用いるが，前節の分析結果から経年的変化が小さいことをふまえ，2012年の事故データを利用して分析を行う．

まず，事故種別と事故発生場所ごとの事故内容や事故被害者数について集計した結果を表 3.4.4に示す．全体的な事故の被害の程度は場所ごとに概ね同一であるが，単路に比べて交差点の方が死亡事故・死者数や重傷事故・重症者数の割合が若干高いことが確認できる．通常，単路部は同一方向の交通流動となるのに対し，交差点は交差方向の交通流との交錯が発生することから，事故発生時の被害の程度が大きくなることが要因と考えられる．

表 3.4.4　事故種別と事故発生場所ごとの事故発生状況

(a)事故発生件数(件/年)

	交差点	交差点付近	交差点＋付近	単路部
死亡事故（件）	101 (0.46%)	31 (0.57%)	132 (0.48%)	86 (0.43%)
重傷事故（件）	854 (3.85%)	71 (1.31%)	925 (3.35%)	434 (2.15%)
軽傷事故（件）	21,236 (95.7%)	5,309 (98.1%)	26,545 (96.2%)	19,698 (97.4%)
合計件数（件）	22,191	5,411	27,602	20,218

(b)事故被害者数(人/年)

	交差点	交差点付近	交差点＋付近	単路部
死者数（人）	102 (0.39%)	31 (0.45%)	133 (0.40%)	87 (0.33%)
重傷者数（人）	870 (3.30%)	76 (1.10%)	946 (2.84%)	448 (1.70%)
軽傷者数（人）	25,357 (96.3%)	6,816 (98.5%)	32,173 (96.8%)	25,890 (98.0%)
合計人数（人）	26,329	6,923	33,252	26,425

次に，事故の被害の程度を事故類型ごとに見た結果を表 3.4.5に示す．事故被害の程度ごとにどのような事故類型の割合が多いかを確認してみると，死亡事故においては人対車両事故の道路横断中の歩行者事故や，交差方向の交通が衝突する出会い頭事故の割合が高いのに対し，軽傷事故では追突事故の割合が非常に高くなっている．また，軽傷事故では死亡事故と同様に出会い頭事故の割合も高いが，沿道への出入りなどに代表される車両相互その他の事故も比率が高くなっている．これらの結果より，事故類型によって事故発生時に重大な事故に繋がる可能性が具体的な事故発生件数の数値にも現れているといえる．

表 3.4.5　事故種別と事故類型ごとの事故発生件数(件/年)

	事故類型	死亡事故	重傷事故	軽傷事故	合計
人対車両	対面通行中	3 1.3%	9 0.6%	112 0.2%	124 0.2%
	背面通行中	1 0.4%	12 0.9%	167 0.3%	180 0.4%
	横断中	55 23.6%	197 14.0%	1,585 3.3%	1,837 3.7%
	路上・その他	22 9.4%	101 7.2%	1,343 2.8%	1,466 3.0%
車両相互	正面衝突	10 4.3%	46 3.3%	530 1.1%	586 1.2%
	追突	14 6.0%	99 7.1%	18,437 38.4%	18,550 37.4%
	出会い頭	47 20.2%	478 34.0%	13,157 27.4%	13,682 27.6%
	追越追抜時	1 0.4%	11 0.8%	445 0.9%	457 0.9%
	すれ違い時	0 0.0%	2 0.1%	238 0.5%	240 0.5%
	左折時	2 0.9%	51 3.6%	1,670 3.5%	1,723 3.5%
	右折直進	10 4.3%	106 7.5%	2,087 4.3%	2,203 4.4%
	右折時その他	2 0.9%	57 4.1%	1,057 2.2%	1,116 2.2%
	車両相互その他	9 3.9%	151 10.8%	5,854 12.2%	6,014 12.1%
車両単独	工作物衝突	23 9.9%	36 2.6%	452 0.9%	511 1.0%
	駐車車両衝突	4 1.7%	3 0.2%	50 0.1%	57 0.1%
	路外逸脱	12 5.2%	1 0.1%	37 0.1%	50 0.1%
	転倒	5 2.1%	19 1.4%	317 0.7%	341 0.7%
	その他	5 2.1%	25 1.8%	473 1.0%	503 1.0%
	列車	8 3.4%	0 0.0%	3 0.0%	11 0.0%
	合計	233	1,404	48,014	49,651

さらに，事故被害の程度を当事者の年齢層ごとに集計を行った結果を図 3.4.10に示す．第1当事者側の死亡事故に着目すると，年齢層ごとのばらつきはなく，概ね同程度の数になっていることがわかる．一方，第1当事者側の軽傷事故は20代や30代といった比較的若年層の割合が大きくなっていると読み取れる．第2当事者側では，世代間のばらつき具合や事故被害の程度に伴う変化という点では，第1当事者とおおむね傾向は変わらないが，死亡事故については，第1当事者による単独事故の分の減少幅を加味すると，いわゆる高齢者といわれる70代以上の年齢層の割合が高い状況にある．つまり，交通事故の第2当事者側の交通事故では，高齢者ほど死亡事故となるケースが高まっていると解釈できる．

(a)第 1 当事者

(a)第 2 当事者

図 3.4.10　事故種別ごとの当事者の年齢層

図 3.4.11は交差点および交差点付近の事故に着目し，信号の有無別に事故発生件数を集計したものである．集計結果を見ると，一般的な信号交差点である3灯式の信号交差点での事故発生件数が約7,000件であるのに対し，無信号交差点では約14,000件とおおむね2倍程度となっていることがわかる．しかし，交差点付近になるとこの差はなくなり，むしろ信号交差点の方が若干数，無信号交差点よりも事故発生件数が多い状況となっている．交差点内では信号機による交通規制が交差点通行時の事故発生リスクを低減しているものの，信号による停止・発進の発生に伴い，その周辺部では事故発生のリスクが高まっていると解釈できる．

図 3.4.11　交差点部における交通信号の有無別の事故発生件数

事故発生場所と事故類型の関係について集計した結果を表 3.4.6に示す．単路部では追突事故や車両相互その他といった事故件数が大多数を占めているが，交差点では出会い頭事故や右左折事故といった事故類型が多い割合を示していることがわかる．つまり，対象とする箇所に応じて着目すべき事故類型が異なることが，事故発生件数の集計結果より明らかになった結果といえる．

表 3.4.6　事故発生場所と事故類型

	事故類型	交差点	交差点付近	交差点+ 交差点付近	単路
人対車両	対面通行中	11 0.0%	9 0.2%	20 0.1%	90 0.4%
	背面通行中	10 0.0%	10 0.2%	20 0.1%	132 0.7%
	横断中	1,356 6.1%	90 1.7%	1,446 5.2%	391 1.9%
	路上・その他	339 1.5%	84 1.6%	423 1.5%	560 2.8%
車両相互	正面衝突	34 0.2%	51 0.9%	85 0.3%	500 2.5%
	追突	1,284 5.8%	4,139 76.5%	5,423 19.6%	13,090 64.7%
	出会い頭	13,080 58.9%	119 2.2%	13,199 47.8%	483 2.4%
	追越追抜時	63 0.3%	62 1.1%	125 0.5%	331 1.6%
	すれ違い時	21 0.1%	20 0.4%	41 0.1%	198 1.0%
	左折時	1,558 7.0%	81 1.5%	1,639 5.9%	84 0.4%
	右折直進	2,127 9.6%	30 0.6%	2,157 7.8%	46 0.2%
	右折時その他	1,047 4.7%	33 0.6%	1,080 3.9%	36 0.2%
	車両相互その他	1,055 4.8%	575 10.6%	1,630 5.9%	3,243 16.0%
車両単独	工作物衝突	64 0.3%	35 0.6%	99 0.4%	382 1.9%
	駐車車両衝突	0 0.0%	5 0.1%	5 0.0%	35 0.2%
	路外逸脱	3 0.0%	3 0.1%	6 0.0%	42 0.2%
	転倒	59 0.3%	33 0.6%	92 0.3%	242 1.2%
	その他	80 0.4%	32 0.6%	112 0.4%	333 1.6%
	列車	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%
	合計	22,191	5,411	27,602	20,218

さらに事故発生場所と年齢層との関係についてみたものが図 3.4.12である．明確な傾向は確認できないが，70歳以上の高齢者は，それぞれの箇所での事故発生件数全体に占める割合が，単路部よりも交差点部の方で大きくなっているものと考えられる．

同様にして，事故発生場所と当事者種別の関係についてみたものが図 3.4.13である．第1当事者

側でみると70%以上を乗用車が占めており，貨物車の割合も15～20%程度と高い．また交差点では単路と比べて，自転車などの軽車両の割合が高くなっていることがわかる．第2当事者側を見ると，特に軽車両の割合が非常に高くなっており，第1当事者では7%程度であったものが，第2当事者では30%程度まで増加している．さらに，第2当事者では歩行者割合も増加している傾向にあり，交差点における乗用車と自転車・歩行者との交錯についての対策が重要であるといえる．

(a)第 1 当事者

(b)第 2 当事者

図 3.4.12　単路/交差点の別と当事者の年齢属性

(a)第 1 当事者

(b)第 2 当事者

図 3.4.13　単路/交差点の別と当事者種別

続いて，交差点での事故発生状況に着目して，クロス集計分析を行う．

まず，交差点での事故類型について信号の有無別に集計を行った結果を表 3.4.7に示す．無信号交差点ではその多くが出会い頭事故であるのに対し，信号交差点では出会い頭事故の他にも，右折直進，左折時など他の事故類型の割合も高くなっている．信号交差点では人対車両事故，車両相互の右左折や追突など，多種に渡る利用者主体と方向間での接触が課題になっているといえる．交差点付近での事故は，信号・無信号交差点共通で追突事故の割合が高くなっているが，無信号交差点では車両相互その他の割合も比較的多くなっている．

表 3.4.7　信号交差点/無信号交差点の別と事故類型

	事故類型	交差点・ 信号交差点(3灯式)	交差点・ 信号施設無し	交差点付近・ 信号交差点(3灯式)	交差点付近・ 信号施設無し
人対車両	対面通行中	0 0.0%	11 0.1%	1 0.0%	8 0.3%
	背面通行中	1 0.0%	9 0.1%	3 0.1%	7 0.3%
	横断中	742 10.2%	595 4.1%	14 0.5%	73 3.0%
	路上・その他	82 1.1%	251 1.7%	17 0.6%	65 2.7%
車両相互	正面衝突	20 0.3%	13 0.1%	12 0.4%	39 1.6%
	追突	886 12.2%	381 2.6%	2,554 86.8%	1,545 64.1%
	出会い頭	1,724 23.7%	11,015 76.0%	20 0.7%	96 4.0%
	追越追抜時	42 0.6%	21 0.1%	37 1.3%	25 1.0%
	すれ違い時	7 0.1%	14 0.1%	3 0.1%	17 0.7%
	左折時	975 13.4%	563 3.9%	21 0.7%	59 2.4%
	右折直進	1,541 21.2%	569 3.9%	7 0.2%	23 1.0%
	右折時その他	744 10.2%	297 2.1%	9 0.3%	24 1.0%
	車両相互その他	387 5.3%	655 4.5%	204 6.9%	366 15.2%
車両単独	工作物衝突	39 0.5%	25 0.2%	14 0.5%	20 0.8%
	駐車車両衝突	0 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	4 0.2%
	路外逸脱	0 0.0%	3 0.0%	0 0.0%	3 0.1%
	転倒	25 0.3%	32 0.2%	15 0.5%	18 0.7%
	その他	48 0.7%	31 0.2%	12 0.4%	18 0.7%
	合計	7,263	14,485	2,944	2,410

信号の有無別に危険認知速度について集計した結果を図 3.4.14に示す．明確な傾向は確認できないものの，第1当事者側では信号交差点の方が無信号交差点よりも高い危険認知速度の割合が多いように見てとれる．第2当事者側については，信号交差点では速度帯が分散傾向にあるのに対し，無信号交差点は30km/h以下と40km/hにやや多く分布している．これらより，交差点かつ信号機による交通規制がありながらも，十分な速度低下がなされていない事故ドライバーが比較的多い可能性が考えられる．

(a)第 1 当事者

(b)第 2 当事者

図 3.4.14　交差点における信号/無信号の別と危険認知速度

さらに，交差点規模によって着目すべき事故類型が変化する可能性について確認するため，交差点規模ごとに集計を行った(図 3.4.15). 結果を見ると，小～中規模交差点では出会い頭がほとんどを占めているが，中～大規模になるにつれ右左折による事故が大きく増加していることがわかる．交差点空間が広くなることにより，右左折時の事故リスクが高くなる可能性が示唆される．

図 3.4.15　交差点規模と事故類型のクロス集計

最後に，各事故類型においてどのような当事者種類が多いのかを確認するため，事故類型と当事者種別によるクロス集計を行った．

第1当事者側の当事者種別(表 3.4.8(a))を見ると，転倒，列車，その他を除く事故類型においては多くを乗用車が占めている．その他には歩行者対面通行中事故，出会い頭，すれ違い時，路外逸脱といった一部の事故類型においては軽車両も比較的割合が高い．

第2当事者側(表 3.4.8(b))では，まず，人対車両事故で一般歩行者の割合が高くなっている．車両相互事故においては，正面衝突や追突事故では依然として乗用車割合が高いものの，左折時や右折その他事故では軽車両の割合の方が高くなっている．さらに車両相互事故では二輪車や原付一種も比較的高い割合となっていることから，第1当事者が乗用車や貨物車で，第2当事者側は事故類型に応じて，人・二輪車・自転車・車両と変化している状況にあるといえる．

表 3.4.8　事故類型と当事者種別のクロス集計表

(a)第 1 当事者

	乗用車	貨物車	ミニカー	特殊車	二輪車	原付一種	軽車両	一般歩行者	その他	合計
対面通行中	80	12	0	0	1	4	17	3	7	124
	64.5%	9.7%	0.0%	0.0%	0.8%	3.2%	13.7%	2.4%	5.6%	100.0%
背面通行中	114	22	0	0	4	7	10	2	21	180
	63.3%	12.2%	0.0%	0.0%	2.2%	3.9%	5.6%	1.1%	11.7%	100.0%
横断中	1,339	228	0	0	31	39	9	131	60	1,837
	72.9%	12.4%	0.0%	0.0%	1.7%	2.1%	0.5%	7.1%	3.3%	100.0%
路上・その他	1,016	182	0	0	11	24	51	99	79	1,462
	69.5%	12.4%	0.0%	0.0%	0.8%	1.6%	3.5%	6.8%	5.4%	100.0%
正面衝突	415	77	0	0	26	25	31	0	12	586
	70.8%	13.1%	0.0%	0.0%	4.4%	4.3%	5.3%	0.0%	2.0%	100.0%
追突	14,561	3,575	0	4	92	107	5	0	206	18,550
	78.5%	19.3%	0.0%	0.0%	0.5%	0.6%	0.0%	0.0%	1.1%	100.0%
出会い頭	9,666	1,759	2	5	79	465	1,450	0	255	13,681
	70.7%	12.9%	0.0%	0.0%	0.6%	3.4%	10.6%	0.0%	1.9%	100.0%
追越追抜時	284	98	0	0	8	13	18	0	36	457
	62.1%	21.4%	0.0%	0.0%	1.8%	2.8%	3.9%	0.0%	7.9%	100.0%
すれ違い時	150	36	0	0	2	5	25	0	22	240
	62.5%	15.0%	0.0%	0.0%	0.8%	2.1%	10.4%	0.0%	9.2%	100.0%
左折時	1,357	311	0	0	5	12	5	0	33	1,723
	78.8%	18.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.7%	0.3%	0.0%	1.9%	100.0%
右折直進	1,775	286	1	0	34	66	7	0	34	2,203
	80.6%	13.0%	0.0%	0.0%	1.5%	3.0%	0.3%	0.0%	1.5%	100.0%
右折時その他	884	140	0	0	25	24	29	0	14	1,116
	79.2%	12.5%	0.0%	0.0%	2.2%	2.2%	2.6%	0.0%	1.3%	100.0%
車両相互その他	4,329	1,042	0	2	70	124	254	0	191	6,012
	72.0%	17.3%	0.0%	0.0%	1.2%	2.1%	4.2%	0.0%	3.2%	100.0%
工作物衝突	381	57	1	0	24	32	16	0	0	511
	74.6%	11.2%	0.2%	0.0%	4.7%	6.3%	3.1%	0.0%	0.0%	100.0%
駐車車両衝突	34	12	1	0	1	7	2	0	0	57
	59.6%	21.1%	1.8%	0.0%	1.8%	12.3%	3.5%	0.0%	0.0%	100.0%
路外逸脱	26	7	0	0	3	4	10	0	0	50
	52.0%	14.0%	0.0%	0.0%	6.0%	8.0%	20.0%	0.0%	0.0%	100.0%
転倒	1	0	0	0	166	112	62	0	0	341
	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	48.7%	32.8%	18.2%	0.0%	0.0%	100.0%
その他	1	2	0	0	0	1	0	6	1	11
	9.1%	18.2%	0.0%	0.0%	0.0%	9.1%	0.0%	54.5%	9.1%	100.0%
列車	1	2	0	0	0	1	0	6	1	11
	9.1%	18.2%	0.0%	0.0%	0.0%	9.1%	0.0%	54.5%	9.1%	100.0%
合計	36,414	7,848	5	11	582	1,072	2,001	247	972	49,152
	74.1%	16.0%	0.0%	0.0%	1.2%	2.2%	4.1%	0.5%	2.0%	100.0%

(b)第 2 当事者

	乗用車	貨物車	ミニカー	特殊車	二輪車	原付一種	路面電車・列車	軽車両	一般歩行者	その他	物件等	相手なし	合計
対面通行中	3	0	0	0	0	0	0	0	119	2	0	0	124
	2.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	96.0%	1.6%	0.0%	0.0%	100.0%
背面通行中	1	1	0	0	0	0	0	0	172	6	0	0	180
	0.6%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	95.6%	3.3%	0.0%	0.0%	100.0%
横断中	104	21	0	0	4	5	0	1	1,666	36	0	0	1,837
	5.7%	1.1%	0.0%	0.0%	0.2%	0.3%	0.0%	0.1%	90.7%	2.0%	0.0%	0.0%	100.0%
路上・その他	80	14	0	0	1	5	0	4	1,303	59	0	0	1,466
	5.5%	1.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.3%	0.0%	0.3%	88.9%	4.0%	0.0%	0.0%	100.0%
正面衝突	363	90	0	0	22	34	0	77	0	0	0	0	586
	61.9%	15.4%	0.0%	0.0%	3.8%	5.8%	0.0%	13.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
追突	15,403	2,721	0	5	187	177	0	57	0	0	0	0	18,550
	83.0%	14.7%	0.0%	0.0%	1.0%	1.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
出会い頭	6,783	1,141	2	0	543	849	0	4,364	0	0	0	0	13,682
	49.6%	8.3%	0.0%	0.0%	4.0%	6.2%	0.0%	31.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
追越追抜時	217	47	0	1	49	61	0	82	0	0	0	0	457
	47.5%	10.3%	0.0%	0.2%	10.7%	13.3%	0.0%	17.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
すれ違い時	113	24	0	0	10	14	0	79	0	0	0	0	240
	47.1%	10.0%	0.0%	0.0%	4.2%	5.8%	0.0%	32.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
左折時	55	9	0	0	114	247	0	1,298	0	0	0	0	1,723
	3.2%	0.5%	0.0%	0.0%	6.6%	14.3%	0.0%	75.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
右折直進	907	148	0	0	329	351	0	468	0	0	0	0	2,203
	41.2%	6.7%	0.0%	0.0%	14.9%	15.9%	0.0%	21.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
右折時その他	200	45	0	0	79	91	0	701	0	0	0	0	1,116
	17.9%	4.0%	0.0%	0.0%	7.1%	8.2%	0.0%	62.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
車両相互その他	2,851	512	2	1	467	554	1	1,626	0	0	0	0	6,014
	47.4%	8.5%	0.0%	0.0%	7.8%	9.2%	0.0%	27.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
工作物衝突	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	511	0	511
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
駐車車両衝突	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	0	57
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
路外逸脱	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	50
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%
転倒	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	341	341
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%
その他	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	11
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
列車	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	11
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
合計	27,080	4,773	4	7	1,805	2,388	23	8,757	3,260	103	568	391	49,159
	55.1%	9.7%	0.0%	0.0%	3.7%	4.9%	0.0%	17.8%	6.6%	0.2%	1.2%	0.8%	100.0%

以上の通り，単純集計分析よりもより詳細に事故発生状況について確認するため，クロス集計分析を実施し，事故発生状況に関する概要について分析した．分析結果より明らかになった事項について表 3.4.9に整理する．

表 3.4.9　各事故データ項目に関するクロス集計分析結果

集計項目	分析結果	対応図表
事故種別 ×道路形状	・単路に比べて交差点の方が死亡・重傷事故につながる可能性が若干高い	表3.4.4
事故種別 ×事故類型	・死亡事故には歩行者横断中の事故や出会い頭事故が多く，軽傷事故には出会い頭事故の他，車両相互その他事故も多い	表3.4.5
事故種別 ×年齢層	・第1当事者側では，軽傷事故において20代・30代の若年層の割合が多い ・第2当事者側では，事故被害の程度が上がるにつれて70代・80代の高齢者割合が増加する	図3.4.10
道路形状 ×信号機	・無信号交差点は信号交差点の約2倍程度の事故発生件数 ・交差点付近の位置になると，信号交差点の方がやや事故発生件数が多い傾向	図3.4.11
道路形状 ×事故類型	・単路部では追突事故や車両相互その他事故が大多数を占めるが，交差点では出会い頭事故や右左折事故の割合が大きくなる	表3.4.6
道路形状 ×年齢層	・高齢者の事故発生件数全体に占める割合は，単路部よりも交差点部の方で大きくなっている可能性がある．	図3.4.12
道路形状 ×当事者種別	・第1当事者側は単路・交差点共に乗用車と貨物車の割合が高い ・第2当事者になると，交差点部における軽車両と一般歩行者の割合が増加する．特に軽車両は顕著である．	図3.4.13
信号/無信号 ×事故類型	・無信号交差点の事故のほとんどは出会い頭事故 ・信号交差点では，出会い頭事故の他に，歩行者横断中，追突，右左折などが増加し，分散傾向となる	表3.4.7
信号/無信号 ×危険認知速度	・第1当事者では，信号交差点の方が高い危険認知速度の割合が多い傾向 ・第2当事者側は，信号交差点では速度帯が分散傾向にあるのに対して，無信号交差点は中速度(30km/h以下，40km/h以下)にやや多く分布している．	図3.4.14
交差点規模 ×事故類型	・小～中規模交差点では出会い頭がほとんどを占めているが，中～大規模になるにつれ右左折による事故が大きく増加する	図3.4.15
事故類型 ×当事者種別	・第1当事者側でみるとほとんどの事故類型で乗用車割合が高い ・第2当事者側では，事故類型に応じて変化する ；人対車両事故では一般歩行者 ；車両相互事故では，正面衝突や追突事故では乗用車割合が高く，左折時や右折その他事故では軽車両割合が高い ；車両相互事故は全体的に二輪車や原付一種も高い割合となる	表3.4.8

3.5 本章のまとめ

本章は道路交通事故データを用いた集計分析により，交通事故発生状況に関する整理を行った．

まず，分析対象データとして用いる愛知県の交通事故データについて，全国の交通事故発生状況との比較を行い，自転車乗車中の事故割合がやや高く，一般国道での事故発生割合がやや低いといった特徴が見られるものの，概ね傾向が同一であることを確認した．

続いて，愛知県における人身事故データを用いた集計分析により，交通事故の特徴について整理した．

単純集計分析の結果からは，単路部よりも交差点部での事故がやや多いこと，人身事故全体での件数に対して車両相互事故が大半を占めることなど，一般的な知見が確認された．また，当事者種別について，第一当事者側はほぼ乗用車であるが，第二当事者側になると歩行者・自転車・二輪車の割合が多くなることも確認された．

続いて行ったクロス集計分析の結果からは，単路部に比べて交差点部での事故の方が重傷事故につながる可能性があることや，交差点部では無信号交差点の事故が信号交差点の2倍程度と多いが，交差点付近位置では信号交差点の方が無信交差点よりも事故発生件数が多いことが明らかとなった．また，第一当事者側の危険認知速度は無信号交差点よりも信号交差点の方が高い傾向にあること，交差点規模が小さい場合には出会い頭事故が多いが，規模が大きくなると右左折事故が増加する傾向なども確認された．

これらの整理結果から，事故発生に至る状況は，単路であるか交差点であるかという道路形状の違いや，交差点においても無信号と信号による違い，また，事故類型ごとの違い等により異なることが明確となった．交通事故発生リスクを評価する上では，このような道路交通環境を考慮して評価することの必要性が再確認された一方，事故データのみからの要因分析やリスク評価には限界があることも明らかとなった．そこで，本研究では事故発生箇所の道路交通環境を示す詳細情報と事故データを結合したデータベースを構築し，直接的な因果について次章にて評価する．

第4章 道路交通環境・社会環境条件と事故要因に関する分析

4.1 概要

本章では, 道路交通環境の事故発生要因との関係について, マクロ統計分析により明らかにし, 事故発生リスクにつながる道路交通環境要因の特定と，それの結果をふまえたリスク評価方法について提案する.

まず，交通事故発生には道路交通状況が深く関わっていることを考慮し，緯度経度情報を有する事故データを対象として，地理情報システム上で道路交通環境や社会環境条件に関するデータと結合したデータベースを作成し，それらの変数間での因果関係について分析を行なう．分析を行なう上では，入手が可能な道路交通情報の制約や事故の特色をふまえ，幹線の道路と生活道路で分割した上で検討する.

幹線道路では，道路の区間を評価単位として，その区間における道路交通状況が事故発生頻度とどのような関係にあるのかを分析する．具体的には，実際に事故が発生した区間の道路交通環境変数を観測変数とみなした因子分析を各事故類型別に行い，事故発生の背後にある共通要因を探索する．さらに，事故発生頻度を被説明変数，道路交通環境変数を説明変数とした回帰分析を行ない，事故発生に対して影響度の高い道路交通要因の特定と，それぞれの寄与度合いについて明らかにする．生活道路の分析では，道路交通環境に加えて，人口や土地利用，公共施設数などの社会環境条件も加味し，幹線道路よりもより広域的な観点から分析を行なう．生活道路でも，事故発生位置情報に基づき事故データと各種変数を結合したデータベースを作成することは同様であるが，分析の評価単位は単位面積あたりの事故発生件数とする．分析は事故類型別の回帰分析により行ない，事故類型間での主たる要因の違いを特定することによりマクロな観点からの交通安全施策の実施について考察する.

これらの分析結果をふまえ，道路交通環境面から見た場合の交通事故発生リスクを評価する手法について検討する．具体的には，幹線道路や生活道路の分析結果より構築された事故発生頻度推定モデルを用いて，それぞれの区間・地区ごとの事故発生頻度を評価し，その推定結果を用いて広域的なエリアの中からリスクの高い地域を抽出するという，実際に顕在化した交通事故発生件数による対処療法的手段によらない方法を提案し，その有用性について論じる.

4.2 道路交通環境と事故発生頻度の関係

4.2.1 事故データと道路交通環境データの結合

広域エリアを対象とした道路交通環境に関わるデータとして最も一般的なものに，道路交通センサスデータがある．このデータは，4年に一度道路管理者により実施された調査結果が整理されており，調査区間単位ごとに道路構造や交通状況が整理されたデータ集である．特に，交通量や旅行速度といった交通状況が広域的に整理されており，汎用的に使用できるデータ集としては，現状では道路交通センサスデータ以外には存在しておらず重要なデータとなる．尚，この調査における対象道路は高規格幹線道路や主要地方道，都道府県道等となっており，いわゆる生活道路といった比較的小規模な道路についての情報は得られていない．

また，近年では，「国土に関する様々な情報を整備，数値化したデータ」として『国土数値情報』が国土交通省国土政策局によって公開されている．このデータでは地形や土地利用などの国土に関わる情報の他，メッシュ単位での道路密度・道路延長量，バス停留所数といった道路交通に関わる情報も含まれており，地理情報システム(GIS)を用いて活用が可能である．

図 4.2.1 『国土数値情報』ダウンロードサイト
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>(アクセス日：2015/9/30)

さらに，緯度経度情報が付与された事故データと各種の道路交通情報を対応づけするために，基盤となる道路情報データが必要となる．これにはデジタル道路地図データベース(以下，DRMデータベース)の活用が有効であり，本研究でもこれを使用する．DRMデータベースとしては『一般財団法人 日本デジタル道路地図協会』が提供しているDRMデータが一般的であり，ITARDAの交通事故・道路統合データベースや，道路交通センサスデータなどへ提供，活用されている．しかし，(一財)日本デジタル道路地図協会提供のDRMデータを利用するためには費用や利用地域等の制限があることから，本研究では，DRMデータをもとに加工されている市販のGISデータである『ArcGISデータコレクション 道路網2014(ESRIジャパン株式会社)』を利用することとした．

4.2.2 幹線道路における事故発生要因分析

事故詳細データの集計分析結果より，事故発生情報に関わる概ねの傾向を把握できたが，実際に発生した交通事故には，判断ミスなどの人的要因の他に，道路交通環境要因が深く関わっていることが想定される．本項では，顕在化した事故事象の特徴だけなく，道路交通環境を含めた評価，およびそれらの詳細な因果関係を分析するため，道路交通環境要因を表すデータと事故データとの対応づけを図った上で，統計分析により因果関係を定量的に明らかにする．まず，道路交通環境に関わる各種データが比較的整備されている，幹線道路を対象にした分析を行う．

(1) 分析用データベースの構築

統計分析を行うにあたり，事故データと道路交通環境データの関連付けを行った分析用データベースを構築する．データの構築にあたっては，事故データに付与されている緯度経度情報をもとに, GISソフトウェアを用いて事故データと道路交通環境に関わるデータを結合することによりデータベースを構築した.

このとき，道路交通センサスの調査対象路線となっているような幹線道路については，事故データの緯度経度に対して最も近い道路リンクデータを対応付けることとし，この際には事故データと道路リンクデータそれぞれの道路種別によりマッチングさせることとした．さらに，これらの道路リンクデータと道路交通センサスデータの「交通調査基本区間番号」を対応させることで，道路交通センサスデータに含まれる道路交通情報を対応させた.

図 4.2.2　幹線道路分析用データベースの構築方法

また，道路交通センサスデータで得られている道路交通情報は，事故データのようなある特定の1地点の情報ではなく，評価区間全体での情報である．そのため，データ結合後の評価においても区間による評価単位を基本とする．本分析では，道路交通センサスデータの調査基本区間を評価基本単位とし，その区間中の事故発生件数について分析することとする．もちろん，この評価区間は各区間で延長や交通量も異なっており，統計分析にあたってはこれらの事故発生件数の増減に影響する要因も考慮した上で分析を行う.

また，前述の集計分析結果でも明確な傾向が確認された通り，信号の有無や交差点/単路の別，交差点規模などの道路交通環境条件により，事故類型が大きく異なっていることが明らかとなっている．そのため，本分析では事故類型ごとに事故発生件数を区分した上で分析を行うことを基本とした．同様の主旨から，当事者種別における「自転車」は，乗用車等とは異なる特徴を有していたことから，当事者が自転車の場合には「自転車事故」として新たな事故類型を設定した．尚，本分析では，高速自動車国道と都市高速道路の事故については対象外としている．

以上をふまえ，マッチング処理を行った結果得られた事故件数に関する整理結果を表 4.2.1に，作成した分析用事故データベースのデータ内容を表 4.2.2に示す．尚，マッチング処理時に緯度経度情報の不適合が生じた場合やマッチング後に道路交通環境データの欠損などがある場合にはデータセットより除去している．

表 4.2.1　幹線系道路分析用の事故データにおける事故発生件数

事故類型等	事故件数	（割合）
歩行者	4,980件	4.3%
正面衝突	1,230件	1.1%
追突	58,554件	50.7%
出会い頭	8,923件	7.7%
右左折	7,339件	6.4%
車両相互その他	10,392件	9.0%
車両単独	3,207件	2.8%
列車	2件	0.0%
自転車	20,732件	18.0%
全事故件数	115,359件	100.0%
対象区間数	3,781区間	-

表 4.2.2　幹線道路分析のための事故データベース項目

分類	項目	備考
事故	事故件数(件/5年または件/年) ※以下，全て全事故，事故類型別（歩行者/正面衝突/追突/出会い頭/右左折/車両相互その他/車両単独/列車/自転車）に整理	・2008年～2012年に発生した5年間の愛知県内の人身事故データを使用 ・歩行者事故は「人対車両事故」に該当する全て ・追突事故は「進行中追突」と「その他追突」の合計 ・右左折事故は「左折時」「右折直進」「右折時その他」を足し合わせたもの ・自転車事故は第1当事者または第2当事者が「自転車」に該当する事故
	事故密度(件/km)	事故件数[件/年]÷区間延長[km]
	事故率(件/km)	事故件数[件/年]÷(24時間自動車類交通量[台/日]×区間長[km]×365[日])×100,000,000
道路種別	一般国道ダミー (主)県道ダミー (主)指定市市道ダミー 一般県道ダミー 指定市の市道ダミー	
区間長	区間長(km)	
交通状況	昼間12時間自動車類交通量(台)	・昼間12時間は「午前7時～午後7時」 ・上下線の合計値
	昼間12時間大型車混入率(%)	
	混雑時平均旅行速度(km/h)	上下線別の混雑時旅行速度の平均値を算出
道路構造	車道幅員(m)	
	歩道幅員(m)	
	車線数	
	バス路線延長率(%)	
	バス優先レーンダミー	「バス優先レーン」または「バス専用レーン」がある場合に1とする
	信号交差点密度(箇所/km)	
	無信号交差点密度(箇所/km)	
	代表信号交差点右折専用車線設置ダミー	道路交通センサスにおける定義を適用
交通規制	指定最高速度(km/h)	道路交通センサスにおける定義を適用
沿道状況	DIDかつ商業地域ダミー 商業地域を除くDIDダミー DID以外の市街部ダミー 平地部ダミー 山地部ダミー	道路交通センサスにおける沿道状況の定義を適用
構造対策	剛性中央分離帯設置ダミー	道路交通センサスにおいて，「中央分離帯の設置状況」が「区間全体に設置」または「一部区間に設置（区間の概ね3分の2以上）」に該当し，かつ，「中央分離帯の種類」が「物理的分離」に該当する場合を1とする
	出入制限ダミー	「アクセスコントロール」が「完全出入制限」または「部分出入制限」の場合を1とする

(2) 基本統計量の整理

作成された事故データセットに関する基本統計量を整理する．

まず，事故データについて，表 4.2.3に基礎統計量の一覧を，図 4.2.3および図 4.2.4に区間あたりの事故発生件数の分布を示す．事故類型の内，正面衝突，車両単独，列車の3つの類型については全体件数に占める割合が3%以下と非常に少なく，また，特定の道路交通環境要因以外の要素も大きく影響していると想定されることから，以降の分析では対象外として位置づける．追突事故に着目すると，事故発生件数が非常に多い一方で，事故件数が0件である区間数は少なく，分散は大きい．よって評価区間の間で件数に大きな差がある状況と言える．他の類型に関しては，概ね同様の分布傾向であり，発生件数が少数の区間ほど区間数が集中している．

ただし, 先に述べたとおり, これらの評価区間は区間長や交通量条件が異なっていることから，事故密度や事故率についても確認が必要となる．そこで，事故密度や事故率についても事故件数と同様に基礎統計量と分布についてもあわせて確認した．結果を表 4.2.4，表 4.2.5，図 4.2.5～図 4.2.8に示す．事故件数の場合と比較して，区間長で基準化された事故密度，区間長と交通量で基準化された事故率の順に尖度の値が大きくなり, 分布形状が数値の小さい側(図上の左側)に集中する．極端に事故率が大きな値を示している箇所について確認してみると，一定量の事故発生件数に対し，区間長が短く交通量が少ないことによる影響が大きいことが要因となっている(図 4.2.9参照)．また，右左折事故についてのみ分布形状にあまり変化が見られないが，これは，右左折事故は交差点数の影響が大きく，区間長や交通量の影響が事故発生頻度に対して影響度が小さいことなどが理由として想定される．

表 4.2.3　事故発生件数の基礎統計量(評価区間単位)

事故類型	事故件数（件/5年）	（割合）	事故件数0の区間数	最大	最小	平均	分散	尖度	歪度
全事故	115,359	100.0%	0	436	1	30.5	1,495.7	15.61	3.07
歩行者	4,980	4.3%	1,924	19	0	1.3	4.54	10.41	2.75
正面衝突	1,230	1.1%	2,987	10	0	0.3	0.66	26.50	4.19
追突	58,554	50.7%	511	263	0	15.5	494.82	17.15	3.26
出会い頭	8,923	7.7%	1,359	34	0	2.4	12.15	11.49	2.82
右左折	7,339	6.4%	1,690	49	0	1.9	10.51	27.05	3.84
車両相互その他	10,392	9.0%	1,372	67	0	2.7	20.69	27.37	4.01
車両単独	3,207	2.8%	2,109	17	0	0.8	2.07	21.01	3.55
列車	2	0.0%	3,779	1	0	0.0	0	1888	43.46
自転車	20,732	18.0%	1,063	110	0	5.5	74.74	16.56	3.28

図 4.2.3　区間あたり事故発生件数の分布(全事故)

(a)歩行者

(b)追突

(c)出会い頭

(d)右左折

(e)車両相互その他

(f)自転車

図 4.2.4　区間あたり事故発生件数の分布(左：車両相互その他，右：自転車)

図 4.2.5　事故密度の分布(全事故)

(a)歩行者

(b)追突

(c)出会い頭

(d)右左折

(e)車両相互その他

(f)自転車

図 4.2.6　事故密度の分布

図 4.2.7　事故率の分布(全事故)

(a)歩行者

(b)追突

(c)出会い頭

(d)右左折

(e)車両相互その他

(f)自転車

図 4.2.8　事故率の分布

表 4.2.4　事故密度(件/km)の基礎統計量(評価区間単位)

事故類型	最大	最小	平均	標準偏差	尖度	歪度
全事故	105	0.01	7.9	10.46	16.03	3.22
歩行者	10	0	0.3	0.67	42.23	5.00
追突	60	0	4.1	6.05	15.79	3.27
出会い頭	16	0	0.5	0.84	50.95	5.01
右左折	20	0	0.5	1.04	65.52	6.11
車両相互その他	16.67	0	0.7	1.35	29.33	4.46
自転車	44	0	1.5	2.81	46.79	5.33

表 4.2.5　事故率(件/億台キロ)の基礎統計量(評価区間単位)

事故類型	最大	最小	平均	標準偏差	尖度	歪度
全事故	12,439.8	1.1	122.4	236.96	1,937.80	38.06
歩行者	592.4	0	6.0	16.12	494.50	16.38
追突	5,331.4	0	54.5	106.21	1,617.77	33.40
出会い頭	1,385.4	0	13.4	36.08	591.69	18.31
右左折	220	0	7.7	15.06	51.95	5.70
車両相互その他	4,146.6	0	11.3	70.08	3,209.53	54.59
自転車	1,777.1	0	23.1	46.4	562.73	17.05

交通調査基本区間番号：23302470970

交通調査基本区間番号：23603720010

交通調査基本区間番号：23603730040

交通調査基本区間番号：23603730070

交通調査基本区間番号：23301530650

—

図 4.2.9　事故率・事故密度が大きな値となる区間詳細

続いて，道路交通環境に関するデータの統計量について表 4.2.6，表 4.2.7，および図 4.2.10～図 4.2.12に示す．

まず，各種ダミー変数で設定した変数について見てみると，道路種別に関しては，指定市の市道に関するサンプル数が約100区間前後とやや少ない．沿道状況に関しては，平地部に該当する道路が1,374区間(36.3%)とやや多いが，その他の沿道状況を見ても概ね分散傾向にあるといえる．また，固有の道路構造面に関するデータとしては，バスレーン優先ダミーに該当するが93区間(2.5%)，出入制限ダミーに該当する区間が184区間(4.9%)と全サンプルに対しては割合が少ない．反対に，代表信号交差点で右折専用車線が設置されている区間は1,639区間(43.3%)，剛性中央分離帯が設置されている区間は1,038区間(27.5%)と非常に多くの区間で整備されている状況にある．

表 4.2.7のダミー変数ではない道路交通環境の変数について見てみると，まず，区間長については，最大15.6km，最小で0.1kmと幾分幅のある数値となっているが，分布状況を見ると概ね1.0km程度の区間に比較的集中している状況にある．市街地と山地部では同様の道路交通状態が続く区間長が異なることも想定すると，評価を行う上では許容される範疇にあると考えられる．また，車道幅員や歩道幅員，車線数の最大値が大きく，大都市特有の状況にある．バス路線整備率については，図 4.2.11の左図からもわかるとおり，0%または100%となっている分布状況にある．そこで，統計分析を行う上では，バス路線整備率が50%以上の場合はバス路線とするダミー変数として取り扱うこととする．交差点密度に関しては，信号交差点で20箇所/km，無信号交差点で25箇所/kmと非常に大きな値となっているが，実際の区間を道路地図上で確認したところ，短い区間長内，またはその区間長の両端部に交差道路が接続しているケースなどが該当しており，データとしては妥当な数値であった．

また，交差点密度に関する分布状況については，信号交差点・無信号交差点共に，1kmあたりで3箇所程度となっている区間が全体の6割以上を占めている．区間長は，平均値が1.3km，頻度分布は概ね1kmの周辺部に集中していたことをふまえると，分析対象データは，信号・無信号交差点を約3箇所程度有している約1kmの道路区間が多くを占めている状況にあるといえる．

表 4.2.6　ダミー変数に該当する区間の全体に占める割合

分類	項目	区間数（区間）	全区間数に占める割合
道路種別	一般国道ダミー	980	25.9%
	(主)県道ダミー	1,069	28.3%
	(主)指定市市道ダミー	95	2.5%
	一般県道ダミー	1,523	40.3%
	指定市の市道ダミー	114	3.0%
道路構造	バス優先レーンダミー	93	2.5%
	代表信号交差点右折専用車線設置ダミー	1,639	43.3%
沿道状況	DIDかつ商業地域ダミー	610	16.1%
	商業地域を除くDIDダミー	588	15.6%
	DID以外の市街部ダミー	656	17.4%
	平地部ダミー	1,374	36.3%
	山地部ダミー	553	14.6%
構造対策	剛性中央分離帯設置ダミー	1,038	27.5%
	出入制限ダミー	184	4.9%

表 4.2.7　道路交通環境変数の最大・最小・平均値

分類	項目	最大	最小	平均
区間長	区間長(km)	15.6	0.1	1.3
交通状況	昼間12時間自動車類交通量(台/12h)	91,736	41	12831.7
	昼間12時間大型車混入率(%)	66.5	0.0	12.2
	混雑時平均旅行速度(km/h)	89.6	27.6	2.1
道路構造	車道幅員(m)	35.5	2.0	9.3
	歩道幅員(m)	28.2	0.0	4.8
	車線数	10	1	2.8
	バス路線延長率(%)	100	0	49.2
	信号交差点密度(箇所/km)	20	0	2.9
	無信号交差点密度(箇所/km)	25	0	3.1
交通規制	指定最高速度(km/h)	80	20	46.8

図 4.2.10　区間長の分布

図 4.2.11　バス路線整備率と指定最高速度の分布

図 4.2.12　交差点密度の分布状況

最後に，交通量や区間長と事故発生件数との関係を散布図上で示したものを図 4.2.13，図 4.2.14 に示す．全体的傾向として，交通量や区間長の増加に応じて事故発生件数も増加する傾向にあると読み取れるが，一部区間では，交通量や区間長が大きいものの事故発生件数は少ない，あるいはその逆，といった状況にあることがわかる．分析対象データは愛知県全域の幹線道路を対象としており，多様な道路種別や交通状況の道路を扱っているため，交通量や区間長といった事故件数に対する単一要因の影響は，明確な傾向として確認できない．また，本結果より，その他の道路交通環境要因を考慮することの必要性も示唆されるといえる．

図 4.2.13　交通量と事故発生件数の関係

図 4.2.14　区間長と事故発生件数の関係

(3) 因子分析

構築されたデータベースをもとに，交通事故発生に影響する道路交通環境要因について分析を行う．本研究ではまず，事故類型ごとに，特定の共通した道路交通環境要因が存在しているかを確認するため，事故類型ごとに因子分析を行う．

対象とする事故類型の事故が発生している区間の道路交通環境要因について共通した特性を探し出すため，何らかの人身事故が発生した全3,781区間の内，対象とする事故類型の事故件数が0となる区間は除外して分析を行う．このような処理をした結果，事故類型ごとの分析対象区間数は表 4.2.8の通りとなった．

表 4.2.8　因子分析の分析対象区間数

事故類型等	該当区間数	人身事故発生区間数に対する割合
全人身事故	3,781区間	100.0%
歩行者	1,857区間	49.1%
追突	3,270区間	86.5%
出会い頭	2,422区間	64.1%
右左折	2,091区間	55.3%
車両相互その他	2,409区間	63.7%
自転車	2,718区間	71.9%

また，因子分析を行う上では，観測変数間の相関についても留意する必要がある．そこで本分析では，全3,781区間の道路交通環境を示す変数間での相関について確認した．結果を表 4.2.9に示す．極めて強い相関が確認された変数には，車線数と車道幅員があり，有意水準1%で相関係数0.967となっている．その他，剛性中央分離帯設置ダミーは，道路幅員と相関係数0.780，車線数と相関係数0.778となっており，正の相関関係にある．車線数が多く道路幅員が広くなれば，上下線を構造的に分離していることが表現されている．さらに，昼間12時間自動車類交通量も道路幅員との相関係数が0.740，車線数との相関係数が0.735となっており，交通需要に応じて道路幅が広くなっている傾向が示されている．これらの相関係数の確認結果をふまえ，強い相関が確認された車線数と車道幅員の関係について，車線数は車道幅員にて代替されるものと解釈し，以後の分析では車線数を変数から除外することとする．

相関関係の確認結果をふまえた上で，事故類型ごとに因子分析を行った．分析は最尤法にて行い，1以上の固有値となるものを因子として抽出した．また，因子軸の回転方法はプロマックス斜交回転としたが，因子寄与率．尚，多くの変数を投入して計算した結果，計算中に共通性が1を超えてしまう“不適解”が得られたため，変数の取捨選択を行った上で最終的な観測変数群を選出している．また，全ての分析において，Kaiser-Meyer-Olkinの標本妥当性の測度は0.7以上を示しており，Bartlettの球面性検定では，有意水準5%の確率で変数間が無相関の関係にある仮説は棄却されていることから，因子分析実施の妥当性も確保されている．

各事故類型における分析結果を表 4.2.10から表 4.2.15に，個別の分析結果に基づき，因子負荷量が0.4以上となる観測変数に着目して横並びで整理した結果を表 4.2.16に示す．

まず，表 4.2.10の歩行者事故に着目すると，第1因子は，「交通量」が多く，「車道・歩道幅員」が広く，「代表的な交差点においては右折専用車線が設置されている」区間であり，さらに「指

定最高速度」も高く，「山地部」に位置しており，「剛性中央分離帯も設置されている」区間といえる．これらの特徴を考慮し，この因子を“山地部大規模重交通高機能型幹線道路”と命名した．同様に，第2因子は「区間長」が短く「混雑時平均旅行速度」が低く「信号交差点密度」が高い区間であるため“ネットワーク集中混雑度”，第3因子は「山地部」ではなく「DIDかつ商業地域」であることから“都市内人口商業地域”，第4因子は「一般国道」であり「交通量」が多く「山地部」に該当しないことから“平地部重交通国道”と，それぞれ命名した．因子相関行列を見ると，第1因子，第2因子，第3因子は互いにやや強い正の相関があるが，第4因子だけは他の因子との相関がほぼないことがわかる．

同様に，各事故類型においても抽出因子に対して因子負荷量が大きい項目を加味した上で因子名を命名し，表 4.2.10から表 4.2.15に示す通り設定した．抽出された因子の寄与率に着目すると，全ての事故類型に共通して，第1因子が約30%弱の寄与率を占めており，主たる要因となっている他，第2因子も約10%程度の寄与率を持っていることがわかる．

各事故類型間で抽出した因子を並列で比較した表 4.2.16を見ると，まず，出会い頭事故以外の第1因子は全て“山地部大規模重交通高機能型幹線道路”となっており，この要因が事故類型によらず事故発生に共通した要因であることがわかる．出会い頭事故の第1因子は“通過交通型大規模幹線道路”であるが，他の事故類型の第1因子である“山地部大規模重交通高機能型幹線道路”と比べると，大規模幹線道路である点は共通であり，これらの結果から，大規模な道路空間が事故発生に影響している可能性が考えられる．

また，“ネットワーク集中混雑度”の因子は，全ての事故類型に共通して抽出されており，さらに，追突事故と出会い頭事故が第3因子であることを除けば，その他は全て第2因子として抽出されている．信号交差点が密に配置され混雑している区間も，事故発生を誘発する要因となっていることが伺える．尚，追突事故と出会い頭事故の第2因子は，それぞれ“出入制限重交通国道”“平地部物流国道”であり，共に一般国道ダミーが寄与している共通性があるが，追突事故では重交通状態で出入制限された交通機能優先の道路が特徴と言えるのに対し，出会い頭事故は大型車混入率の高い一般国道で山地部ほど少ないという特徴は異なるものと言える．

また，各事故類型での因子間の相関について確認すると，第1因子と第2因子の相関は0.3から0.5程度となっており，相関がある，もしくは相関が弱い，という関係性にある．よってこれらの要因は独立にまでは至らないものの，事故の発生に対しては配慮すべき別々の要因であると考えることが望ましい．

以上，事故類型ごとの因子分析結果から，事故が発生している区間に共通の要因について分析を行った．分析結果より，事故が発生しやすい要因として，大規模空間を有していたり，ネットワーク的に混雑したりといった特徴が示唆された．さらに，出会い頭事故や追突事故など，事故類型ごとに異なる共通要因が存在している可能性が明らかとなった．

表 4.2.9　道路交通環境に関する変数間の相関

			X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25	X26
X1	一般国道ダミー	Pearson の相関係数	1																									
		有意確率(両側)																										
X2	(主)県道ダミー	Pearson の相関係数	-.371**	1																								
		有意確率(両側)	.000																									
X3	(主)指定市市道ダミー	Pearson の相関係数	-.095**	-.101**	1																							
		有意確率(両側)	.000	.000																								
X4	一般県道ダミー	Pearson の相関係数	-.486**	-.516**	-.132**	1																						
		有意確率(両側)	.000	.000	.000																							
X5	指定市の市道ダミー	Pearson の相関係数	-.104**	-.111**	-.028	-.145**	1																					
		有意確率(両側)	.000	.000	.082	.000																						
X6	区間長	Pearson の相関係数	-.016	.003	-.070**	.062**	-.080**	1																				
		有意確率(両側)	.340	.865	.000	.000	.000																					
X7	昼間12時間自動車類交通量	Pearson の相関係数	.386**	-.029	.190**	-.419**	.116**	-.277**	1																			
		有意確率(両側)	.000	.078	.000	.000	.000	.000																				
X8	昼間12時間大型車混入率	Pearson の相関係数	.289**	.050**	-.017	-.261**	-.107**	-.049**	.291**	1																		
		有意確率(両側)	.000	.002	.283	.000	.000	.003	.000																			
X9	混雑時平均旅行速度	Pearson の相関係数	.133**	-.028	-.105**	-.017	-.123**	.388**	-.146**	.116**	1																	
		有意確率(両側)	.000	.086	.000	.308	.000	.000	.000	.000																		
X10	車道幅員	Pearson の相関係数	.225**	-.050**	.294**	-.363**	.329**	-.258**	.740**	.120**	-.196**	1																
		有意確率(両側)	.000	.002	.000	.000	.000	.000	0.000	.000	.000																	
X11	歩道幅員	Pearson の相関係数	.034*	.031	.261**	-.243**	.291**	-.275**	.469**	.045**	-.344**	.632**	1															
		有意確率(両側)	.038	.060	.000	.000	.000	.000	.000	.005	.000	0.000																
X12	歩道なしダミー	Pearson の相関係数	-.075**	-.088**	-.082**	.206**	-.090**	.222**	-.284**	-.118**	.217**	-.316**	-.656**	1														
		有意確率(両側)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	0.000															
X13	車線数	Pearson の相関係数	.221**	-.071**	.290**	-.341**	.333**	-.242**	.735**	.098**	-.180**	.967**	.601**	-.293**	1													
		有意確率(両側)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	0.000	.000	.000	0.000	0.000	.000														
X14	バス路線ダミー	Pearson の相関係数	.052**	.034*	.137**	-.170**	.140**	-.064**	.127**	-.119**	-.147**	.196**	.201**	-.140**	.197**	1												
		有意確率(両側)	.001	.035	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000													
X15	バス優先レーンダミー	Pearson の相関係数	-.035*	-.024	.149**	-.043**	.142**	-.059**	.203**	-.040*	-.111**	.231**	.176**	-.081**	.243**	.162**	1											
		有意確率(両側)	.029	.142	.000	.008	.000	.000	.000	.013	.000	.000	.000	.000	.000	.000												
X16	信号交差点密度	Pearson の相関係数	-.109**	.031	.114**	-.038*	.200**	-.386**	.152**	-.121**	-.513**	.293**	.381**	-.242**	.257**	.193**	.107**	1										
		有意確率(両側)	.000	.055	.000	.020	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000											
X17	無信号交差点密度	Pearson の相関係数	-.128**	-.015	.264**	-.043**	.249**	-.207**	.125**	-.140**	-.296**	.255**	.325**	-.161**	.255**	.162**	.147**	.246**	1									
		有意確率(両側)	.000	.349	.000	.009	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000										
X18	代表信号交差点 右折専用車線設置ダミー	Pearson の相関係数	.111**	.091**	.166**	-.293**	.164**	-.160**	.424**	.104**	-.178**	.475**	.424**	-.278**	.479**	.167**	.161**	.169**	.182**	1								
		有意確率(両側)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000									
X19	指定最高速度	Pearson の相関係数	.305**	.015	.249**	-.432**	.192**	-.170**	.601**	.311**	.013	.644**	.453**	-.259**	.619**	.099**	.142**	.095**	.125**	.364**	1							
		有意確率(両側)	.000	.370	.000	.000	.000	.000	0.000	.000	.435	0.000	.000	.000	0.000	.000	.000	.000	.000	.000								
X20	DIDかつ商業地域ダミー	Pearson の相関係数	.001	-.052**	.297**	-.161**	.322**	-.182**	.329**	-.154**	-.291**	.499**	.433**	-.160**	.505**	.273**	.292**	.331**	.403**	.288**	.290**	1						
		有意確率(両側)	.928	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000							
X21	商業地域を除くDIDダミー	Pearson の相関係数	.119**	.011	.001	-.119**	.005	-.086**	.196**	.089**	-.116**	.131**	.075**	-.089**	.120**	.018	.003	.022	.083**	.108**	.051**	-.188**	1					
		有意確率(両側)	.000	.501	.948	.000	.739	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.264	.876	.186	.000	.000	.002	.000						
X22	DID以外の市街部ダミー	Pearson の相関係数	.019	.092**	-.074**	-.050**	-.081**	-.040*	-.043**	-.018	-.013	-.091**	-.050**	-.008	-.096**	.007	-.073**	-.004	-.094**	-.008	-.071**	-.201**	-.197**	1				
		有意確率(両側)	.241	.000	.000	.002	.000	.013	.009	.277	.430	.000	.002	.633	.000	.655	.000	.818	.000	.642	.000	.000	.000					
X23	平地部ダミー	Pearson の相関係数	-.045**	.045**	-.121**	.085**	-.133**	.018	-.155**	.166**	.122**	-.241**	-.181**	.053**	-.237**	-.166**	-.120**	-.133**	-.179**	-.137**	-.075**	-.331**	-.324**	-.346**	1			
		有意確率(両側)	.005	.006	.000	.000	.000	.266	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000				
X24	山地部ダミー	Pearson の相関係数	-.083**	-.117**	-.066**	.228**	-.073**	.296**	-.288**	-.139**	.270**	-.229**	-.228**	.194**	-.223**	-.084**	-.066**	-.181**	-.160**	-.216**	-.177**	-.182**	-.178**	-.190**	-.313**	1		
		有意確率(両側)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000			
X25	剛性中央分離帯設置ダミー	Pearson の相関係数	.238**	-.040*	.261**	-.355**	.276**	-.204**	.669**	.164**	-.128**	.780**	.533**	-.271**	.778**	.132**	.228**	.214**	.209**	.470**	.625**	.421**	.125**	-.092**	-.194**	-.204**	1	
		有意確率(両側)	.000	.014	.000	.000	.000	.000	0.000	.000	.000	0.000	.000	.000	0.000	.000	.000	.000	.000	.000	0.000	.000	.000	.000	.000	.000		
X26	出入制限ダミー	Pearson の相関係数	.312**	-.090**	-.036*	-.171**	-.040*	-.047**	.315**	.236**	.194**	.178**	-.043**	.049**	.145**	-.128**	-.012	-.142**	-.156**	-.007	.292**	-.079**	.184**	-.052**	.013	-.069**	.205**	1
		有意確率(両側)	.000	.000	.026	.000	.014	.004	.000	.000	.000	.000	.008	.003	.000	.000	.457	.000	.000	.674	.000	.000	.000	.001	.420	.000	.000	

**: 1%有意水準(両側)，*: 5%有意水準(両側)

表 4.2.10　歩行者事故発生区間の因子分析結果

	第 1 因子	第 2 因子	第 3 因子	第 4 因子
	山地部大規模重交通 高機能型幹線道路	ネットワーク集中混雑度	都市内人口商業地域	平地部重交通国道
剛性中央分離帯設置ダミー	0.858*	-0.068	0.020	0.039
車道幅員	0.849*	-0.001	0.104	0.048
指定最高速度	0.835*	-0.077	-0.098	0.065
歩道幅員	0.696*	0.156	-0.024	-0.161
昼間 12 時間自動車類交通量	0.605*	0.109	0.087	0.451*
山地部ダミー	0.511*	-0.092	-0.002	-0.432*
代表信号交差点右折専用車線設置ダミー	0.509*	0.005	0.049	0.031
混雑時平均旅行速度	0.145	-0.809*	-0.067	0.004
区間長	-0.057	-0.655*	0.084	-0.077
信号交差点密度	0.096	0.547*	0.070	-0.165
DID かつ商業地域ダミー	0.219	-0.011	0.645*	-0.018
平地部ダミー	-0.001	-0.001	-0.506*	-0.106
昼間 12 時間大型車混入率	0.233	0.028	-0.384	0.301
バス路線ダミー	0.035	0.032	0.325	-0.018
無信号交差点密度	0.195	0.037	0.301	-0.271
一般国道ダミー	-0.049	-0.079	0.196	0.615*
出入制限ダミー	0.128	0.030	-0.121	0.333
回転前の因子寄与率[%]	28.252	10.824	4.303	2.056
因子相関行列　第 1 因子	1.000			
第 2 因子	0.420	1.000		
第 3 因子	0.565	0.553	1.000	
第 4 因子	0.233	-0.184	-0.259	1.000

*: 因子負荷量の絶対値が 0.4 以上

表 4.2.11　追突事故発生区間の因子分析結果

	第 1 因子	第 2 因子	第 3 因子	第 4 因子
	山地部大規模重交通 高機能型幹線道路	出入制限重交通国道	ネットワーク集中混雑度	乗用車主体中心市街地道路
車道幅員	0.804*	0.159	-0.002	0.126
指定最高速度	0.796*	0.133	-0.103	-0.192
剛性中央分離帯設置ダミー	0.793*	0.136	-0.062	0.029
歩道幅員	0.734*	-0.228	0.170	-0.085
山地部ダミー	0.529*	-0.362	-0.122	0.052
代表信号交差点右折専用車線設置ダミー	0.516*	-0.013	-0.004	0.010
無信号交差点密度	0.288	-0.269	0.099	0.191
一般国道ダミー	-0.081	0.656*	0.003	0.118
昼間 12 時間自動車類交通量	0.410*	0.610*	0.122	0.138
出入制限ダミー	0.003	0.509*	-0.062	-0.028
混雑時平均旅行速度	0.158	0.038	-0.779*	-0.064
区間長	0.005	-0.161	-0.657*	0.113
信号交差点密度	0.123	-0.175	0.565*	0.023
平地部ダミー	0.052	-0.193	0.037	-0.619*
昼間 12 時間大型車混入率	0.202	0.274	0.086	-0.499*
DID かつ商業地域ダミー	0.363	-0.055	0.034	0.458*
バス路線ダミー	0.048	-0.010	0.016	0.344
回転前の因子寄与率[%]	25.473	13.082	4.275	2.360
因子相関行列　第 1 因子	1.000			
第 2 因子	0.345	1.000		
第 3 因子	0.430	-0.202	1.000	
第 4 因子	0.426	-0.341	0.494	1.000

*: 因子負荷量の絶対値が 0.4 以上

表 4.2.12　出会い頭事故発生区間の因子分析結果

	第 1 因子	第 2 因子	第 3 因子	第 4 因子
	通過交通型大規模幹線道路	平地部物流国道	ネットワーク集中混雑度	乗用車主体道路
剛性中央分離帯設置ダミー	0.793*	0.164	-0.085	-0.002
車道幅員	0.793*	0.165	-0.025	0.106
指定最高速度	0.691*	0.238	-0.063	-0.193
山地部ダミー	0.646*	-0.400*	-0.071	-0.011
歩道幅員	0.619*	-0.036	0.190	-0.003
DID かつ商業地域ダミー	0.422*	-0.112	0.024	0.399
代表信号交差点右折専用車線設置ダミー	0.346	0.173	-0.008	0.103
無信号交差点密度	0.313	-0.271	0.120	0.189
一般国道ダミー	-0.166	0.640*	-0.082	0.138
昼間 12 時間自動車類交通量	0.304	0.633*	0.114	0.178
出入制限ダミー	0.029	0.338	-0.031	-0.130
混雑時平均旅行速度	0.210	-0.040	-0.812*	-0.109
区間長	-0.008	-0.040	-0.605*	0.133
信号交差点密度	0.220	-0.196	0.576*	-0.020
平地部ダミー	-0.016	-0.061	0.041	-0.506*
昼間 12 時間大型車混入率	0.078	0.386	0.129	-0.454*
バス路線ダミー	0.022	0.025	0.017	0.346
回転前の因子寄与率[%]	26.618	10.165	4.176	2.318
因子相関行列　第 1 因子	1.000			
第 2 因子	0.503	1.000		
第 3 因子	0.483	0.057	1.000	
第 4 因子	0.507	-0.033	0.476	1.000

*: 因子負荷量の絶対値が 0.4 以上

表 4.2.13　右左折事故発生区間の因子分析結果

	第 1 因子	第 2 因子	第 3 因子	第 4 因子
	山地部大規模重交通 高機能型幹線道路	ネットワーク集中混雑度	乗用車・バス主体中心市街地道路	平地部重交通国道
剛性中央分離帯設置ダミー	0.864*	-0.048	-0.025	0.028
車道幅員	0.858*	0.009	0.102	0.045
指定最高速度	0.847*	-0.070	-0.185	0.028
昼間 12 時間自動車類交通量	0.660*	0.107	0.099	0.430*
歩道幅員	0.656*	0.146	-0.017	-0.212
代表信号交差点右折専用車線設置ダミー	0.493*	-0.051	0.054	0.045
山地部ダミー	0.422*	-0.096	0.030	-0.421*
混雑時平均旅行速度	0.188	-0.800*	-0.088	-0.018
区間長	-0.078	-0.630*	0.119	-0.048
信号交差点密度	0.094	0.531*	0.048	-0.195
平地部ダミー	0.000	0.002	-0.579*	-0.170
DID かつ商業地域ダミー	0.303	0.011	0.540*	-0.049
昼間 12 時間大型車混入率	0.280	0.081	-0.534*	0.188
バス路線ダミー	-0.011	0.022	0.404*	0.020
無信号交差点密度	0.189	0.023	0.309	-0.235
一般国道ダミー	0.106	-0.071	0.129	0.606*
出入制限ダミー	0.163	0.000	-0.114	0.304
回転前の因子寄与率[%]	26.466	11.795	4.093	2.365
因子相関行列　第 1 因子	1.000			
第 2 因子	0.419	1.000		
第 3 因子	0.449	0.542	1.000	
第 4 因子	0.134	-0.258	-0.434	1.000

*: 因子負荷量の絶対値が 0.4 以上

表 4.2.14　車両相互その他事故発生区間の因子分析結果

	第 1 因子	第 2 因子	第 3 因子	第 4 因子
	山地部大規模重交通 高機能型幹線道路	ネットワーク集中混雑度	出入制限重交通国道	乗用車主体中心市街地道路
指定最高速度	0.862*	-0.089	0.077	-0.195
車道幅員	0.824*	-0.008	0.133	0.122
剛性中央分離帯設置ダミー	0.820*	-0.068	0.133	0.030
歩道幅員	0.726*	0.162	0.229	-0.061
代表信号交差点右折専用車線設置ダミー	0.540*	0.020	-0.013	-0.003
山地部ダミー	0.476*	-0.126	-0.367	0.049
混雑時平均旅行速度	0.178	-0.821*	0.042	-0.054
区間長	-0.051	-0.688*	-0.155	0.115
信号交差点密度	0.130	0.555*	-0.191	0.038
一般国道ダミー	-0.005	-0.026	0.618*	0.126
昼間 12 時間自動車類交通量	0.498*	0.128	0.577*	0.118
出入制限ダミー	0.023	-0.022	0.504*	0.011
無信号交差点密度	0.287	0.077	-0.308	0.194
平地部ダミー	0.087	0.036	-0.228	-0.691*
DID かつ商業地域ダミー	0.344	0.026	-0.082	0.480*
昼間 12 時間大型車混入率	0.240	0.043	0.281	-0.462*
バス路線ダミー	0.077	0.003	-0.083	0.306
回転前の因子寄与率[%]	27.004	13.433	4.246	2.329
因子相関行列　第 1 因子	1.000			
第 2 因子	0.462	1.000		
第 3 因子	0.232	-0.261	1.000	
第 4 因子	0.476	0.536	-0.397	1.000

*: 因子負荷量の絶対値が 0.4 以上

表 4.2.15　自転車事故発生区間の因子分析結果

	第 1 因子	第 2 因子	第 3 因子	第 4 因子
	山地部大規模重交通 高機能型幹線道路	ネットワーク集中混雑度	平地部重交通国道	乗用車主体中心市街地道路
指定最高速度	0.836*	-0.063	0.102	-0.172
車道幅員	0.822*	0.004	0.094	0.105
剛性中央分離帯設置ダミー	0.821*	-0.066	0.098	0.025
歩道幅員	0.704*	0.160	-0.153	-0.032
山地部ダミー	0.541*	-0.091	-0.418*	0.011
代表信号交差点右折専用車線設置ダミー	0.478*	-0.031	0.084	0.075
混雑時平均旅行速度	0.184	-0.779*	-0.009	-0.095
区間長	-0.031	-0.625*	-0.077	0.100
信号交差点密度	0.160	0.548*	-0.191	0.012
一般国道ダミー	-0.015	-0.044	0.626*	0.120
昼間 12 時間自動車類交通量	0.492*	0.091	0.534*	0.148
出入制限ダミー	0.089	-0.036	0.372	-0.076
平地部ダミー	0.040	0.027	-0.134	-0.582*
DID かつ商業地域ダミー	0.276	0.023	-0.073	0.537*
昼間 12 時間大型車混入率	0.218	0.090	0.304	-0.449*
バス路線ダミー	0.040	0.052	-0.019	0.328
無信号交差点密度	0.233	0.025	-0.268	0.293
回転前の因子寄与率[%]	27.177	11.280	4.174	2.257
因子相関行列　第 1 因子	1.000			
第 2 因子	0.428	1.000		
第 3 因子	0.318	-0.129	1.000	
第 4 因子	0.547	0.521	-0.198	1.000

*: 因子負荷量の絶対値が 0.4 以上

表 4.2.16　因子負荷量 0.4 以上の変数に関する事故類型間での比較

因子名	山地部大規模重交通高機能型幹線道路	通過交通型大規模幹線道路	ネットワーク集中混雑度	出入制限重交通国道	平地部物流国道	平地部重交通国道	都市内人口商業地域	乗用車・バス主体中心市街地道路	乗用車主体中心市街地道路	乗用車主体道路
事故類型 / 道路交通環境変数	歩行者(1) 追突(1) 右左折(1) 車両相互 その他(1) 自転車(1)	出会い頭(1)	歩行者(2) 追突(3) 出会い頭(3) 右左折(2) 車両相互 その他(2) 自転車(2)	追突(2) 車両相互 その他(3)	出会い頭(2)	自転車(3) 歩行者(4) 右左折(4)	歩行者(3)	右左折(3)	追突(4) 車両相互 その他(4) 自転車(4)	出会い頭(4)
一般国道ダミー				+	+	+				
区間長			−							
昼間 12 時間 自動車類交通量	+			+		+				
昼間 12 時間大型車混入率					+			−	−	−
混雑時平均旅行速度			−							
車道幅員	+	+								
歩道幅員	+	+								
バス路線ダミー								+		
信号交差点密度			+							
無信号交差点密度										
代表信号交差点 右折専用車線設置ダミー	+									
指定最高速度	+	+								
DID かつ商業地域ダミー		+					+	+	+	
平地部ダミー								−	−	−
山地部ダミー	+	+			−	−	−			
剛性中央分離帯設置ダミー	+	+								
出入制限ダミー				+						

※図中の符号は因子負荷量の符号を示しており，空欄部は因子負荷量の絶対値が 0.4 未満であることを示す.

※事故類型とその後にある(　)内の数字は，その事故類型の中で何番目の因子であるかを示す　例）歩行者(1)；歩行者事故の第 1 因子

(4) 回帰分析

交通事故が発生している道路区間を対象とした因子分析結果より，各事故類型における道路交通環境の共通要因について分析し，各事故類型に共通する要因や異なる要因等が存在していることが明らかとなった．しかし，事故削減を目的とした道路交通環境の改善を行う場合には，各道路交通環境変数を，どの程度改良するとどの程度の効果が見込めるかという，直接的かつ定量的な関係について明らかになることが望ましい．また，因子分析では，事故発生の有無についてのみが分析対象であったが，例えば年間の事故発生件数が1件と10件とでは対策の重要度が異なることが自明であるように，事故発生頻度についても評価できることが望ましい．そこで，本節ではこれらの道路交通環境変数を説明変数とし，被説明変数を事故発生件数や事故率などの事故発生頻度とした回帰分析を行い，これらの関係を明らかにする．

評価単位は，因子分析と同様に交差点部を含めた道路交通センサスデータの「交通調査基本区間」とした．また，交差点や単路といった事故発生場所の別に限らず，全てこの区間内で生じた事故件数を評価することとした．本分析は，広域エリアを対象とした場合の事故発生頻度へ影響する要因を特定することを主目的としており，道路種別や沿道状況といった事故発生場所の周辺部を含めた道路交通環境の評価を行うこととしている．このような意味で，交差点を含めた1つの区間という，やや大きめのスケールにて事故発生頻度を評価することとした．実際の事故データの区分上についても，交差点およびその付近で発生した事故が近傍交差点に起因しているのか，周辺を含む道路区間内での影響が含まれているかについては，判断や区別が難しいと考えられることから，本評価方法も一定の妥当性は有していると考える．

事故発生件数のような希少事象の計数データの回帰分析モデルとしては，ポアソン回帰モデルや負の二項分布モデルが一般的に適用されている．ポアソン回帰の場合は平均と分散が同一であるという強い仮定がおかれるモデルとなっており，分散の方が平均よりも大きい，いわゆる過分散状態である場合には負の二項分布の方が適用される．本分析でも，事故発生件数の分散が平均よりも大きいことから(表 4.2.3参照)，事故発生件数の回帰モデルには負の二項分布回帰モデルを適用する(式(4.1)～(4.3)).

$$\Pr(y_i = k|x_i) = \frac{\Gamma(\alpha^{-1}+k)}{k!\,\Gamma(\alpha^{-1})}\left(\frac{\alpha^{-1}}{\alpha^{-1}+\mu_i}\right)^{\alpha^{-1}}\left(\frac{\mu_i}{\mu_i+\alpha^{-1}}\right)^{k} \quad (k=1,2,\ldots) \tag{4.1}$$

$$\log(\mu_i) = x_i\beta \tag{4.2}$$

$$E(y_i = k|x_i) = \mu_i,\ Var(y_i = k|x_i) = \mu_i + \alpha\mu_i^{\,2} \tag{4.3}$$

ここに，$\Pr(y_i=k|x_i)$: 説明変数x_iのもとで事故発生件数y_iがk件となる確率，$\Gamma(\,)$: ガンマ関数，α^{-1} : サイズパラメータ，μ_i : 平均，β : 推定回帰係数である．

一方，区間長と交通量にて基準化された“事故率(件/億台キロ)”を評価する場合は，計数データのような離散型の確率分布ではなく連続型となる．事故率に関する実際の分布(図 4.2.7～図 4.2.8)を確認してみると，事故件数がゼロである区間を除けば，ガンマ分布や指数分布型の形状に近いと考えられる．そこで，本分析では，各説明変数と事故率との関係を確認するための重回帰モデルと，事故率の分布にガンマ分布を仮定し，リンク関数として対数関数を設定した一般化線形モデル(式(4.4)～(4.6))による評価を行うこととする．

$$y_i \sim Gamma(\alpha, s_i) \tag{4.4}$$

$$E(y_i) = \alpha s_i,\ Var(y_i) = \alpha s_i^{\,2} \tag{4.5}$$

$$g(E(y_i)) = \log(E(y_i)) = x_i\beta \tag{4.6}$$

ここに，α：形状パラメータ，s_i：尺度パラメータ，$g(\ )$：リンク関数，β：推定回帰係数である．

尚，本分析では，事故発生頻度の評価単位として，事故発生件数(件)とそれを交通量と区間長で基準化した事故率(件/億台キロ)のみを分析しており，例えば区間長のみで基準化した事故密度(件/km)は評価していない．交通量や区間長が事故発生件数に与える影響は従来から指摘されており，例えばHighway Safety Manual (2010)では，事故発生件数を年平均日交通量，評価セグメント長とeを底とした指数を乗じることに算出されるSafety Performance Functionを基本とし，Crash Modification Factor(; CMF)を乗じすることによって評価することとしている．先述の事故発生件数と交通量・区間長との関係(図 4.2.13, 図 4.2.14)の結果から，それぞれが単独で作用する明確な変化の傾向が確認されなかったこともふまえ，本分析においては，それぞれを説明変数として投入する事故件数の評価と，2つの要因による影響度が高いことをあらかじめ想定した上で，それぞれの影響度を基準化して評価する事故率の2つを被説明変数として設定し，分析することとした．

また，本分析で対象とした事故データベースでは，実際に事故が発生した区間を分析対象として抽出し，その後，各事故類型に応じて細分化している．このため，全人身事故を被説明変数として設定する場合には，事故件数ゼロとなる区間は全て除外されていることとなる．反対に，各事故類型についての分析データとしては，対象とする事故件数がゼロであるにもかかわらず，その他の類型の事故が発生している場合のデータも含まれることとなり，結果的に着目する事故類型の事故発生件数がゼロであるデータが過剰に含まれていることとなる．現実的にも，例えば山地部においては歩行者や自転車交通量が少なく，また沿道への出入り施設が少ないため，歩行者・自転車・車両相互その他事故といった事故類型は発生件数がゼロとなることが容易に想定され，事故発生頻度に対する影響要因を評価する上では，これらの影響を考慮して評価することが望ましい．そのため，前者の全人身事故を対象として負の二項分布回帰を行う場合には，ゼロ切断モデル(式(4.7))(Grogger and Carson(1991))を適用し，各事故類型を対象とした負の二項分布回帰を行う場合にはゼロ過剰モデル(式(4.8), (4.9))(Hall(2000))を適用することとした．ゼロ過剰モデルは，事故発生件数ゼロの状態を完全状態と，事故発生件数が仮定する分布に従う場合の非完全状態の2つを想定しておき，いずれの状態となるのかをロジスティック回帰にてモデル化して，事故件数ゼロのバイアス影響を評価するモデルとなっている．

■ゼロ切断モデル

$$\Pr(y_i = k | y_i > 0) = \frac{\Gamma(\alpha^{-1}+k)}{k!\Gamma(\alpha^{-1})}\left(\frac{\alpha^{-1}}{\alpha^{-1}+\mu_i}\right)^{\alpha^{-1}}\left(\frac{\mu_i}{\mu_i+\alpha^{-1}}\right)^{k}(1-\Pr(0))^{-1} \quad (k = 1,2,\ldots) \tag{4.7}$$

■ゼロ過剰モデル

$$\Pr(y_i = 0 | x_i, z_i) = \Pr(always_0) + \Pr(0_by_chance) = \psi_i + (1-\psi_i)\left(\frac{\alpha^{-1}}{\alpha^{-1}+\mu_i}\right)^{\alpha^{-1}} \tag{4.8}$$

$$\Pr(y_i = k | x_i) = (1-\psi_i)\frac{\Gamma(\alpha^{-1}+k)}{k!\Gamma(\alpha^{-1})}\left(\frac{\alpha^{-1}}{\alpha^{-1}+\mu_i}\right)^{\alpha^{-1}}\left(\frac{\mu_i}{\mu_i+\alpha^{-1}}\right)^{k} \quad k > 0 \tag{4.9}$$

分析においては，ゼロ過剰モデルの適用の妥当性をVuong検定量より行う．尚，重回帰モデルと一般化線形モデルの分析時には，事故率ゼロのサンプルデータを除外した上でモデル推定を行なうこととした．

具体的な説明変数の選定およびモデル計算は，統計ソフトSTATA version 12.1を使用した．負の二項分布回帰分析における説明変数の選定は，ステップワイズ法のような計算手法が適用できないことから，始めに全説明変数を投入した分析を行い，統計的有意性の低い説明変数を取り除いていくこととした．重回帰分析はステップワイズ法にて説明変数の選出を行い，多重共線性の問題を解決するために，モデル推定後の説明変数についてVIF値が2.0程度以下になることを確認して最終的な推定モデルとした．一般化線形モデルも同様にステップワイズ法にて説明変数の選出を行った．

最終的に推定された二項分布回帰モデル推定結果と重回帰モデル，一般化線形モデルによる推定結果を表 4.2.17～表 4.2.19に示す．

まず，モデル適合度について確認すると，負の二項分布モデルでは，各事故類型のモデル推定結果におけるVuong検定統計量が有意な大きな正の値を示しており，ゼロ過剰モデル適用の妥当性が示されているといえる．重回帰分析結果について，モデル適合度を示す自由度調整済み決定係数を見てみると，最も高いものでも歩行者事故の0.210，最も低いものでは車両相互その他事故で0.0601と非常に小さい．重回帰分析における線形性，正規性，等分散性といった仮定に対して，実際の事故データセットが適合していないことが主たる要因と考えられる．また，一般化線形モデルの推定結果を負の二項分布モデルと比較してみると，いずれの事故類型でも対数尤度は負の二項分布モデルの方が大きくなっている．以上をふまえると，負の二項分布回帰モデルが実際の事故発生頻度に対して最も適合しているが，各説明変数の値の増減と事故率の増減の関係確認には，一般化線形モデルの推定結果による解釈も可能と考えられる．そこで，本研究では，一般化線形モデルを負の二項分布モデルの解釈を補足するものとして位置づけ，考察する．

負の二項分布回帰分析結果を見ると，区間長と昼間12時間自動車類交通量はどの事故類型においても有意な正の係数にて推定結果を得ており，このことは，事故発生頻度を評価する上で区間長と交通量による影響を無視できない結果であることを裏付けているといえる．一方，各事故類型での係数の値の大きさに着目すると，その影響度は事故類型ごとに異なるといえ，特に直接的に自動車交通量に依存しないと考えられる歩行者事故や，交差側道路条件との関係も考慮すべきである出会い頭事故などでは，係数の絶対値が小さいことがわかる．このことからも，事故発生頻度を事故類型ごとに評価することの重要性が示唆される．

次に，各変数が事故発生頻度に与える影響の詳細についてみていく．全事故の負の二項分布回帰分析結果に着目すると，一般化線形モデルの推定結果と共通かつ同一の符号にて抽出されている説明変数には，指定市の市道ダミー，大型車混入率，混雑時平均旅行速度，バス路線ダミーおよび山地部ダミーが挙げられる．これらは，バス路線ダミーを除けばいずれもマイナスの符号にて抽出されていることから，指定市の市道であり，大型車混入率が高く，山地部の区間においては，事故発生件数が統計的に少ないということが理解される．一方，各事故類型別の推定結果についても，一般化線形モデルの推定結果と共通かつ同一の符号にて抽出されている変数のみに着目してみると下記のとおりとなっており，全事故での評価結果と同一の変数となるモデルは存在しない．この結果は事故類型別に検討することの必要性を示す結果といえる．

- 歩行者；大型車混入率(-)，混雑時平均旅行速度(-)，信号交差点密度(+)
- 追突；一般国道(+)，混雑時平均旅行速度(-)，歩道なしダミー(-)，バス路線ダミー(+)，信号交差点密度(+)，山地部ダミー(-)
- 出会い頭；一般県道 (+)，混雑時平均旅行速度(-)，剛性中央分離帯設置ダミー(-)
- 右左折；指定市市道 (-)，混雑時平均旅行速度(-)，信号交差点密度(+)
- 車両相互その他；混雑時平均旅行速度(-)，車道幅員(+)，信号交差点密度(+)

- 自転車；一般国道(+)，指定市市道(-)，大型車混入率(-)，混雑時平均旅行速度(-)，無信号交差点密度(+)，山地部ダミー(-)

※（ ）内は推定された係数の符号を示す

また，各事故類型での推定結果において同一の符号かつ多く抽出されている変数として，混雑時平均旅行速度(-)，信号(自転車の場合のみ無信号)交差点密度(-)が挙げられる．特に混雑時平均旅行速度と交差点密度については，交通円滑性についても深く関連している変数であるが，道路交通センサスの調査対象路線であるような代表的な幹線道路においては，旅行速度向上および適切な交差点間隔の確保が，円滑性と安全性の向上に寄与することが統計的に支持されたと解釈することができる．また，道路種別ダミーについては，追突事故では一般国道ダミーが，出会い頭事故では一般県道ダミーがそれぞれ正の符号にて，指定市道ダミーが右左折事故と自転車事故で負の符号にて抽出されており，交通安全上着目すべき事故類型が管理道路ごとに異なることが示されたといえる．

以上の分析結果より，幹線道路では，事故類型ごとに影響要因が異なることが明らかとなり，また，旅行速度向上や適切な交差点間隔といった一部の道路交通環境要因の改善が，走行円滑性の向上のみならず安全性向上にも寄与するということが定量的に示されたといえる．

表 4.2.17　区間あたり事故発生件数(件/5 年)の負の二項分布回帰モデル推定結果

説明変数	全人身	IRR	歩行者	IRR	追突	IRR	出会い頭	IRR	右左折	IRR	車両相互その他	IRR	自転車	IRR
一般国道ダミー	-		-		0.191**	1.21	-		-		-		-0.205**	0.81
(主)県道ダミー	-		-		0.187**	1.21	0.318**	1.37	-		-		-	
一般県道ダミー	-		-		-		0.474**	1.61	-		-		-	
指定市市道ダミー	-0.350**	0.70	-		-		-		-0.414**	0.66	-		-0.504**	0.60
区間長(km)	0.540**	1.72	0.340**	1.41	0.630**	1.88	0.349**	1.42	0.429**	1.54	0.433**	1.54	0.562**	1.75
昼間 12 時間自動車類交通量(台)	5.50×10^{-5}**	1.00	2.27×10^{-5}**	1.00	5.73×10^{-5}**	1.00	1.94×10^{-5}**	1.00	3.42×10^{-5}**	1.00	3.36×10^{-5}**	1.00	4.86×10^{-5}**	1.00
大型車混入率(%)	-0.0102**	0.99	-0.0137**	0.99	-		-		-		-		-0.00609*	0.99
混雑時平均旅行速度(km/h)	-0.0299**	0.97	-0.00683**	0.99	-0.0299**	0.97	-0.0110**	0.99	-0.0134**	0.99	-0.0139**	0.99	-0.0132**	0.99
車道幅員(m)	-0.0197**	0.98	-		-0.216**	0.98	-		-		0.0242**	1.02	-	
歩道幅員(m)	-		-		-		-		-		-		0.0812**	1.08
歩道なしダミー	-0.263**	0.77	-		-0.376**	0.69	-		-		-0.146**	0.86	-	
バス路線ダミー	0.409**	1.51	0.305**	1.36	0.297**	1.35	-		0.182**	1.20	0.274**	1.32	0.448**	1.57
バス優先レーンダミー	-		-		-		-		-		0.249**	1.28	-	
信号交差点密度(箇所/km)	-		0.0891**	1.09	0.0661**	1.07	-		0.0892**	1.09	0.0751**	1.08	-	
無信号交差点密度(箇所/km)	-		-		-		-		-		-		0.0524**	1.05
代表信号交差点右折専用車線設置ダミー	0.134**	1.14	-		0.106**	1.11	-		0.114**	1.12	-		-	
指定最高速度(km/h)	0.059**	1.06	-		0.0333**	1.03	0.0156**	1.02	-		-		-	
DID 以外の市街部ダミー	-		-		-		-		-		-		0.118**	1.12
平地部ダミー	-0.113**	0.89	-0.101*	0.90	-0.0942**	0.91	-0.0891*	0.91	-		-0.113**	0.89	-	
山地部ダミー	-0.520**	0.59	-0.337**	0.71	-0.303**	0.74	-0.291**	0.75	-0.192**	0.83	-0.348**	0.71	-0.194**	0.82
剛性中央分離帯設置ダミー	-		-		-		-0.536**	0.58	-		-		-	
出入制限ダミー	-0.657**	0.52	-		-		-		-0.204*	0.82	-0.213**	0.81	-0.315**	0.73
サンプル数	3,781													
対数尤度	-15,449.40		-3,508.43		-11,459.35		-5,556.72		-4,509.82		-5,456.77		-7,744.18	
Vuong 検定統計量	-		52.05**		18.59**		54.46**		56.83**		45.63**		28.71**	

*5%有意，**1%有意

表 4.2.18　区間あたり事故発生密度(件/億台キロ)の重回帰モデル推定結果

説明変数	全人身	標準化係数	歩行者	標準化係数	追突	標準化係数	出会い頭	標準化係数	右左折	標準化係数	車両相互その他	標準化係数	自転車	標準化係数
一般国道ダミー	27.6**	0.0511	-		22.7**	0.0909	-		-		12.7**	0.0666	-	
(主)県道ダミー	-		-		-		-		-2.11**	-0.0542	-		-	
一般県道ダミー	-		-		-		7.75**	0.0887	-		-		-	
指定市市道ダミー	-52.3*	-0.0377	-		-35.6**	-0.0583	-		-6.04**	-0.0677	-		-22.4**	-0.0852
大型車混入率(%)	-2.21**	-0.0724	-0.291**	-0.0910	-0.637*	-0.0445	-0.425**	-0.0711	-		-		-0.710**	-0.0951
混雑時平均旅行速度(km/h)	-1.52**	-0.0754	-		-1.00**	-0.0990	-		-0.111*	-0.0568	-		-0.523**	-0.0918
車道幅員(m)	-		-		1.25**	0.0606	-		-		-		-	
歩道幅員(m)	-		-0.849**	-0.153	-		-1.09**	-0.0900	-		-		-	
歩道なしダミー	-		-		-		-		-		10.4*	0.0416	-	
バス路線ダミー	-		-		-		-7.16**	-0.0826	-1.87*	-0.0515	-		-	
信号交差点密度(箇所/km)	25.2**	0.261	4.31**	0.451	13.6**	0.283	4.60**	0.222	2.79**	0.335	10.5**	0.265	7.44**	0.314
無信号交差点密度(箇所/km)	-		-		-		-		0.213*	0.0442	-		1.11**	0.0784
代表信号交差点右折専用車線設置ダミー	-21.7**	-0.0454	-3.56**	-0.0835	-8.37*	-0.0374	-6.14**	-0.0704	-		-7.86*	-0.0451	-5.86**	-0.0563
指定最高速度(km/h)	-		-		-		-0.592**	-0.110	-0.189**	-0.0877	-		-	
DID かつ商業地域ダミー	-		-		-		-		-		-		8.51**	0.0668
DID 以外の市街部ダミー	-31.6**	-0.0505	-		-		-		-		-		-	
平地部ダミー	-28.7**	-0.0582	-		-		4.41*	0.0494	-		-		-	
山地部ダミー	-40.5**	-0.0605	-		-		-		-		-		-	
剛性中央分離帯設置ダミー	-		-3.56**	-0.0795	-		-		-3.40**	-0.0910	-10.6*	-0.0583	-6.49**	-0.0583
定数項	145**		9.01**		43.0**		46.4**		19.1**		-12.0**		29.9**	
サンプル数	3,781		1,857		3,270		2,422		2,091		2,409		2,718	
自由度調整済み決定係数	0.109		0.210		0.126		0.113		0.135		0.0601		0.178	

*5%有意，**1%有意

表 4.2.19　区間あたり事故発生密度(件/億台キロ)の一般化線形回帰モデル推定結果

説明変数	全人身	exp(b)	歩行者	exp(b)	追突	exp(b)	出会い頭	exp(b)	右左折	exp(b)	車両相互その他	exp(b)	自転車	exp(b)
一般国道ダミー	-		-		0.215**	1.24	-0.152*	0.859	-0.193**	0.824	-		-0.227**	0.797
(主)県道ダミー	-		-		-		-		-0.203**	0.816	-		-	
一般県道ダミー	-		-		-		0.303**	1.35	-		-		0.135*	1.14
指定市市道ダミー	-0.338**	0.712	-		-0.351**	0.704	-		-0.406**	0.666	-		-0.479**	0.619
大型車混入率(%)	-0.0173**	0.983	-0.0328**	0.968	-0.0120**	0.988	-0.0126**	0.987	-		-0.0237**	0.977	-0.0229**	0.977
混雑時平均旅行速度(km/h)	-0.239**	0.976	-0.0161**	0.984	-0.0293**	0.971	-0.00586*	0.994	-0.0155**	0.985	-0.0136**	0.987	-0.0273**	0.973
車道幅員(m)	0.0111*	1.01	-0.0159*	0.984	0.0157**	1.02	-		-		0.0246**	1.02	0.0149*	1.01
歩道幅員(m)	0.0148*	1.01	-		-		-0.0318**	0.969	-		-		-	
歩道なしダミー	-		0.293**	1.34	-0.246**	0.782	-		-		0.347**	1.42	-	
バス路線ダミー	0.0991**	1.10	-		0.0885*	1.09	-0.271**	0.839	-		-		-	
バス優先レーンダミー	-		-		-		-		-		-		-	
信号交差点密度(箇所/km)	0.0883**	1.09	0.128**	1.14	0.0940**	1.10	0.121**	1.13	0.101**	1.10	0.128**	1.14	0.116**	1.12
無信号交差点密度(箇所/km)	0.0107*	1.01	0.0162*	1.02	-		0.0176*	1.02	-		-		0.0320**	1.03
代表信号交差点右折専用車線設置ダミー	-0.102**	0.903	-0.227**	0.797	-		-0.271**	0.763	-		-0.215**	0.806	-0.151**	0.806
指定最高速度(km/h)	-		-		-		-0.0211**	0.979	-0.00994*	0.990	-		-	
DID かつ商業地域ダミー	0.163**	1.18	0.244**	1.28	-		-		0.201**	1.22	-		0.326**	1.39
DID 以外の市街部ダミー	-		-		-		-		-		-0.156*	0.856	-	
平地部ダミー	-		-		-		0.156**	1.17	-		-		-	
山地部ダミー	-0.191**	0.826	-		-0.206**	0.814	-		-		-		-0.248**	0.780
剛性中央分離帯設置ダミー	-0.156**	0.856	-0.376**	0.687	-		-0.609**	0.544	-0.263**	0.768	-0.248**	0.780	-0.246**	0.782
出入制限ダミー	-		-		-		0.386*	1.47	-		-		-	
定数項	5.11**	164	2.90**	18.17	4.44**	84.7	4.02**	55.9	3.27**	26.2	2.86**	17.4	3.71**	41.0
サンプル数	3,781		1,857		3,270		2,422		2,091		2,409		2,718	
対数尤度	-21,349.93		-6,176.61		-16,292.53		-9,226.36		-7,417.07		-8,875.97		-11,611.43	

*5%有意，**1%有意

4.2.3 生活道路における事故発生要因分析

前節での幹線道路と同様に，道路交通センサスでは調査対象外となっているような比較的規模の小さい生活道路における事故データについても，道路交通環境要因に関する統計分析により因果関係を定量的に明らかにする．

(1) データベースの構築方法

生活道路などの幹線以外の道路で発生した事故についても，幹線道路で行った分析と同様に，事故データと道路交通環境に関するデータをマッチングさせてデータベースを構築する．この種の道路の分析における一番の課題点は，各道路に対応した道路交通環境に関する詳細なデータが得られていない点にある．特に，交通量をはじめとした交通状況に関する情報が，広範囲にわたって一定量得られているようなケースは至極稀である．さらに高規格な道路とは異なり，低規格な道路になるほど道路延長は増大し，これら小規模道路を区間や路線などで評価することは困難となる．そこで，本研究では，道路交通環境に関する情報は広範囲にわたってデータ情報が整理されている『国土数値情報』のデータを使用することとし，分析を行う評価単位として，ある地区内での事故発生頻度を評価するメッシュ単位での評価を行うこととした．ここで，評価単位メッシュの大きさは1辺の大きさが約500m程度である「2分の1地域メッシュ(4次メッシュ)」とした．

また，生活道路における事故発生は，より道路の交通機能が卓越する幹線道路と比較して，道路交通状況以外の社会環境条件による影響も受けやすいものと考えられる．そこで，人口や用途地域などの社会環境条件に関する情報についてもマッチング処理を行いデータベースに組み込み，因果関係の分析を行うこととする．

マッチング処理を行った結果得られた事故件数に関する整理結果を表 4.2.20に，作成した分析用事故データベースのデータ内容を表 4.2.21に示す．

図 4.2.15　生活道路の分析用データベースの構築方法

表 4.2.20　生活道路分析用の事故データにおける事故発生件数

事故類型等	事故件数	（割合）
歩行者	10,183件	8.1%
正面衝突	1,214件	0.9%
追突	25,414件	20.2%
出会い頭	31,838件	25.3%
右左折	5,655件	4.5%
車両相互その他	10,433件	8.3%
車両単独	4,214件	3.3%
列車	27件	0.0%
自転車	37,029件	29.4%
全事故件数	126,007件	100.0%
対象区間数	13,851メッシュ	-

表 4.2.21　生活道路分析のための事故データベース項目

分類	項目	備考
事故	事故件数(件/5年) ※全て全事故，事故類型別（歩行者/正面衝突/追突/出会い頭/右左折/車両相互その他/車両単独/列車/自転車）に整理	・2008年～2012年に発生した5年間の愛知県内の人身事故データを使用 ・歩行者事故は「人対車両事故」に該当する全て ・追突事故は「進行中追突」と「その他追突」の合計 ・右左折事故は「左折時」「右折直進」「右折時その他」を足し合わせたもの ・自転車事故は第1当事者または第2当事者が「自転車」に該当する事故
道路延長	幅員別道路延長(km) 13.0m以上／5.5～13.0m／3.0～5.5m／3.0m未満	
交通規制	一方通行規制道路の延長割合(%)	・メッシュ内の全道路延長に対する一方通行規制道路の延長割合
人口	人口(人)	
交通施設	バス停数 鉄道駅数	
一般施設	国・地方公共団体施設数 学校施設数 病院施設数 福祉施設数	
用途地域	住居系地域割合(%) 商業系地域割合(%) 工業系地域割合(%)	・各メッシュにおいて用途地域指定が占める面積割合 ・住居系地域は，住居地域と住居専用地域 ・工業系地域は，工業地域と工業専用地域
	住居・商業・工業混在ダミー 住居・商業混在ダミー 住居・工業混在ダミー	・メッシュ内に複数の用途地域指定面積が存在する場合に1とするダミー変数
地形	平均標高(m) 平均傾斜度(degree)	

(2) 基本統計量の整理

幹線道路と同様に，作成された事故データセットに関する基本統計量および各変数間の相関関係について確認する．

まず，事故データについて，表 4.2.22に基礎統計量の一覧を，図 4.2.16．図 4.2.17にメッシュあたりの事故発生件数の分布を示す．事故類型の内，正面衝突，車両単独，列車の3つの類型については全体件数に占める割合が非常に少ないことから分析対象外としている．

事故発生が多い類型としては出会い頭事故と自転車事故が挙げられ，これらは事故発生メッシュ数，メッシュあたり事故件数の最大値・平均値が大きい．この2つを比較してみると自転車事故は最大値および分散の値が大きいことから，出会い頭事故よりも特定の地区に集中して発生している傾向が伺える．また，追突事故は事故発生メッシュ数および平均値が次いで大きな値となっており，幹線道路と同様に事故発生件数が多い傾向にあると考えられる．

表 4.2.22　事故発生件数の基礎統計量(評価メッシュ単位)

事故類型	事故件数 (件/5年)	事故発生 メッシュ数	事故件数0の メッシュ数	最大	最小	平均	分散	尖度	歪度
全事故	126,007	9,001	4,850	229	0	9.1	239.4	15.94	3.11
歩行者	10,183	4,000	9,851	44	0	0.7	3.12	69.72	5.68
正面衝突	1,214	1,076	12,775	5	0	0.1	0.1	23.91	4.32
追突	25,414	5,346	8,505	46	0	1.8	15.91	19.31	3.77
出会い頭	31,838	6,360	7,491	50	0	2.3	18.53	14.99	3.23
右左折	5,655	2,594	11,257	37	0	0.4	1.61	97.86	7.07
車両相互 その他	10,433	4,477	9,374	37	0	0.8	2.76	52.84	5.12
車両単独	4,214	3,136	10,715	7	0	0.3	0.43	10.79	2.8
列車	27	26	13,825	2	0	0	0	670.71	24.81
自転車	37,029	6,072	7,779	94	0	2.7	31.22	25.75	3.98

※データ全体での全体メッシュ数：13,851 メッシュ

図 4.2.16　メッシュあたり事故発生件数の分布(全事故)

(a)歩行者　(b)追突　(c)出会い頭　(d)右左折　(e)車両相互その他　(f)自転車

図 4.2.17　メッシュあたり事故発生件数の分布

次に，説明変数側となる道路交通および社会環境変数のデータに関する基礎統計量を表 4.2.23，図 4.2.18，図 4.2.19に示す．メッシュ内の道路延長割合を見てみると，3.0mから5.5mの区分の道路延長が合計，平均，最大のいずれの値も最も大きく，検討対象地域の中で多くの割合を占めている．交通施設や一般施設の数については，最大値として5から10個程度まで複数の施設数が計上されているが，地域全体で平均するとほぼ0に近い値となり，立地場所が集積していることが要因といえる．また，地形部分の標高や傾斜度についても，山地部における最大値の影響が大きいものを考えられる．図 4.2.18は一方通行規制がおかれている道路がメッシュ内の全道路延長割合に対してどの程度あるかの分布を確認したものであるが，5%程度までが全データの約80%を占めており，それ以上の延長割合を示すものが残り20%の中に分布している形となっている．そこで，その後の回帰分析においては，全延長に対して5%以上の一方通行道路延長を有するメッシュを「一方通行規制道路ありダミー」としてダミー変数化して扱うこととする．また，図 4.2.19の用途地域に関する分布を見ると，いずれの分類でも面積割合がほぼ0%近いメッシュも多いが，商業地域を除いて，メッシュ内での割合は比較的分散傾向にあることがわかる．

表 4.2.23　道路交通・社会環境変数の最大・最小・平均値

分類	項目	合計	最大	最小	平均
道路延長	13.0m以上(km)	649.046	3.496	0	0.047
	5.5～13.0m(km)	13,087.380	7.822	0	0.945
	3.0～5.5m(km)	24,913.184	10.757	0	1.799
	3.0m未満(km)	375.033	7.874	0	0.027
	全道路	39,024.643	11.796	0.003	2.817
交通規制	一方通行規制道路の延長割合(%)	-	100	0	5.088
人口	人口(人)	7,387,004	5,812	0	533.3
交通施設	バス停数	7,874	16	0	0.6
	鉄道駅数	545	9	0	0.0
用途地域	住居系地域割合(%)	-	100.0	0.0	38.0
	商業系地域割合(%)	-	100.0	0.0	5.7
	工業系地域割合(%)	-	100.0	0.0	19.3
一般施設	国・地方公共団体施設数	385	17	0	0.0
	学校施設数	2,393	9	0	0.2
	病院施設数	365	4	0	0.0
	福祉施設数	1,921	6	0	0.1
地形	平均標高(m)	-	1,276.6	-3.0	105.9
	平均傾斜度(度(degree))	-	26.1	0.0	2.5

図 4.2.18　一歩通行規制道路延長のメッシュ内道路延長に対する割合の分布

(a)住居系地域

(b)商業系地域

(c)工業系地域

(d)用途地域指定なし

図 4.2.19　用途地域指定のメッシュ内に占める面積割合の分布

道路交通および社会環境変数間の相関関係について確認した結果を表 4.2.24に示す．高い相関が確認された変数組は，道路幅員3.0～5.5mの道路延長とメッシュ内の全道路延長が0.888，メッシュ内の全道路延長と人口が0.759である．また，メッシュ内人口と住居系地域割合との関係についても0.741と高い相関を示している．道路延長相互の関係については，全道路延長に占める道路幅員3.0～5.5mの道路延長の割合が高いことが要因であり，全道路延長は回帰分析においては説明変数より除外する．一方，人口と道路延長の関係については，生活道路の道路整備量が多いところに居住人口が集中していることが要因の1つとも考えられるが，相互が代替できる指標値の関係にあるとは考えがたいことから，回帰分析上の説明変数候補としてはいずれも取り扱うこととする．人口と住居系地域指定の面積割合についても，用途地域指定の割合が高くになるにつれ，そこに住まう人口が増加している関係を意味していると考えられるが，用途地域間での比較評価を行うことも目的の1つとなるため，いずれの変数選択が妥当かを確認することを前提に説明変数候補として取り扱うこととした．

表 4.2.24　道路交通および社会環境に関する変数間の相関

			X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21
X1	道路幅員13.0m以上道路延長[km]	Pearson の相関係数	1																				
		有意確率（両側）																					
X2	道路幅員5.5～13.0m道路延長[km]	Pearson の相関係数	.184**	1																			
		有意確率（両側）	.000																				
X3	道路幅員3.0～5.5m道路延長[km]	Pearson の相関係数	.087**	.268**	1																		
		有意確率（両側）	.000	.000																			
X4	道路幅員3.0m未満道路延長[km]	Pearson の相関係数	-.026**	-.080**	-.092**	1																	
		有意確率（両側）	.003	.000	.000																		
X5	全道路延長[km]	Pearson の相関係数	.229**	.667**	.888**	-.029**	1																
		有意確率（両側）	.000	0.000	0.000	.001																	
X6	一方通行規制道路ありダミー[%]	Pearson の相関係数	.130**	.449**	.186**	-.036**	.354**	1															
		有意確率（両側）	.000	0.000	.000	.000	0.000																
X7	人口[人]	Pearson の相関係数	.248**	.624**	.601**	-.065**	.759**	.255**	1														
		有意確率（両側）	.000	0.000	0.000	.000	0.000	.000															
X8	バス停数	Pearson の相関係数	.209**	.372**	.286**	-.059**	.400**	.161**	.449**	1													
		有意確率（両側）	.000	0.000	.000	.000	0.000	.000	0.000														
X9	鉄道駅数	Pearson の相関係数	.099**	.207**	.097**	-.016	.175**	.121**	.210**	.237**	1												
		有意確率（両側）	.000	.000	.000	.057	.000	.000	.000	.000													
X10	住居系地域割合[%]	Pearson の相関係数	.144**	.411**	.523**	-.053**	.595**	.154**	.741**	.360**	.111**	1											
		有意確率（両側）	.000	0.000	0.000	.000	0.000	.000	0.000	0.000	.000												
X11	商業系地域割合[%]	Pearson の相関係数	.348**	.459**	.179**	-.031**	.371**	.271**	.451**	.330**	.386**	.122**	1										
		有意確率（両側）	0.000	0.000	.000	.000	0.000	.000	0.000	0.000	0.000	.000											
X12	工業系地域割合[%]	Pearson の相関係数	.189**	.196**	.084**	-.042**	.165**	.244**	.137**	.058**	.032**	-.041**	.034**	1									
		有意確率（両側）	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000										
X13	住居・商業・工業混在ダミー	Pearson の相関係数	.137**	.272**	.207**	-.029**	.291**	.189**	.353**	.196**	.171**	.196**	.328**	.238**	1								
		有意確率（両側）	.000	.000	.000	.001	.000	.000	0.000	.000	.000	.000	0.000	.000									
X14	住居・商業混在ダミー	Pearson の相関係数	.201**	.424**	.312**	-.042**	.444**	.234**	.551**	.320**	.258**	.426**	.513**	.098**	.676**	1							
		有意確率（両側）	.000	0.000	0.000	.000	0.000	.000	0.000	0.000	.000	0.000	0.000	.000	0.000								
X15	住居・工業混在ダミー	Pearson の相関係数	.124**	.261**	.292**	-.040**	.349**	.201**	.383**	.184**	.100**	.314**	.145**	.418**	.577**	.337**	1						
		有意確率（両側）	.000	.000	.000	.000	0.000	.000	0.000	.000	.000	0.000	.000	0.000	0.000	0.000							
X16	平均標高[m]	Pearson の相関係数	-.115**	-.262**	-.262**	.066**	-.324**	-.202**	-.310**	-.152**	-.077**	-.252**	-.120**	-.193**	-.120**	-.170**	-.196**	1					
		有意確率（両側）	.000	.000	.000	.000	0.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000						
X17	平均傾斜度[度]	Pearson の相関係数	-.138**	-.279**	-.319**	.084**	-.376**	-.217**	-.346**	-.174**	-.082**	-.270**	-.140**	-.226**	-.134**	-.185**	-.220**	.689**	1				
		有意確率（両側）	.000	.000	0.000	.000	0.000	.000	0.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	0.000					
X18	国・地方公共団体施設数	Pearson の相関係数	.139**	.107**	.017*	-.008	.072**	.077**	.076**	.099**	.094**	.064**	.185**	.022**	.064**	.124**	.039**	-.038**	-.045**	1			
		有意確率（両側）	.000	.000	.044	.356	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.008	.000	.000	.000	.000	.000				
X19	学校施設数	Pearson の相関係数	.106**	.264**	.191**	-.030**	.273**	.099**	.347**	.199**	.072**	.315**	.183**	-.004	.115**	.237**	.104**	-.125**	-.138**	.060**	1		
		有意確率（両側）	.000	.000	.000	.000	.000	.000	0.000	.000	.000	0.000	.000	.642	.000	.000	.000	.000	.000	.000			
X20	病院施設数	Pearson の相関係数	.129**	.183**	.102**	-.012	.171**	.107**	.238**	.148**	.126**	.116**	.282**	.010	.100**	.191**	.065**	-.065**	-.071**	.117**	.097**	1	
		有意確率（両側）	.000	.000	.000	.158	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.244	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		
X21	福祉施設数	Pearson の相関係数	.039**	.106**	.151**	-.017*	.166**	.029**	.194**	.163**	.055**	.159**	.113**	.023**	.093**	.136**	.111**	-.103**	-.107**	.034**	.105**	.115**	1
		有意確率（両側）	.000	.000	.000	.044	.000	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.008	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	

**: 1%有意水準(両側)，*: 5%有意水準(両側)

(3) 回帰分析

生活道路についても幹線道路と同様に，メッシュあたりの事故発生件数を被説明変数として，負の二項回分布回帰分析を行った．モデルにはゼロ過剰モデル(Hall(2000))を適用し，Vuong検定量よりその妥当性確認を行うことも幹線道路と同様である．

分析結果を表 4.2.25に示す．各類型におけるVuong検定統計量は有意な大きな正の値を示していることからゼロ過剰モデルの適用の妥当性は確認されている．

全人身事故も含めた全ての事故類型に共通して選定されている説明変数として，幅員5.5m以上13.0m未満の道路延長があげられ，いずれも係数は正の値を示している．幅員13.0m以上の道路延長についても右左折を除きすべての類型にて選定されていることもふまえると，大規模幅員の道路があることにより交通が集中する結果，事故発生にも繋がっているものと考えられる．また，人口と住居系地域割合についても，相関関係にて互いを代替する関係が確認されていることをふまえると，居住者が多い地区において事故が多発する傾向にあることが全ての類型に共通して示されているといえる．

また，その他の説明変数について，多くのモデルにて抽出されている変数を見てみると，バス停数，用途地域における工業系地域割合があげられる．バス停数が多い地区では，バス路線という地域内での幹線的位置づけの道路が存在しており，同時に利用者交通も発生するため，交通集積地域における事故多発傾向の1つであると考えられる．工業系地域割合については，工業施設の存在による車両交通の卓越状況が想定されるものの，車両のみならず，歩行者や自転車事故も多く発生している傾向が確認されていることをふまえると，より留意して安全対策に取り組むべき地区であると考えられる．

各説明変数の項目ごとに事故類型間で比較してみると，道路延長に関しては，多くの事故類型で大規模幅員道路の延長に関する係数及びIRR値が大きい傾向が確認されているが，出会い頭事故は3.0m未満の道路延長が最も影響度が大きく，小規模幅員道路における視認性不良などが事故発生につながっていることなどが理由として考えられる．また，右左折事故については，幅員13.0m以上の広幅員道路，幅員3.0m未満の狭幅員道路では有意な影響は確認されておらず，幅員5.5m以上13.0m未満の中規模幅員道路のみが抽出されている．大規模幅員の道路が交通機能をメインとした通過交通の道路，小規模幅員道路が地域利用の生活道路と考えると，右左折需要が中規模幅員道路にて高い頻度で発生していることが考えられる．

用途地域ダミーについては，工業系地域割合が多く抽出されている傾向は前述のとおりであるが，歩行者・右左折・車両相互その他・自転車事故では商業系地域割合が有意な説明変数として抽出されており，かつ，工業系地域よりも大きな係数の値となっている．商業系地域は他の地域に比べ，人と車両の混在，右左折・車両出入り・駐停車などの錯綜が多発する地域であることがこの要因であると考えられる．また，出会い頭事故については，住居工業混在ダミーが正の有意な変数として選定されていることから，居住者の域内交通と工業利用者の物流や運搬などの交通との混在が課題となっている可能性が考えられる．

一方通行規制道路ありダミーに関しては，追突・右左折・車両相互その他事故といった車両事故に関する事故類型において正の係数にて選定された結果となった．本分析で設定したダミー変数はメッシュ内道路総量に対する一方通行規制の道路延長割合で設定しているため，事故発生件数に対する直接的影響は判定できないが，一方通行規制により車両側の認知や判断に対して負の効果をもたらしていることが想定される．

以上の分析結果から，生活道路においてもマクロな道路交通や社会環境条件と事故発生との因果関係が統計的有意に確認されたとともに，事故類型ごとに影響要因や影響の程度が異なること

が確認されたといえる．特に，道路幅員別の延長や用途地域指定などの条件は，広範囲にわたり交通安全対策を検討する上で有効に活用できる知見であるといえる．

表 4.2.25　メッシュあたり事故発生件数(件/5 年)の負の二項分布回帰分析モデル推定結果

説明変数	全人身	IRR	歩行者	IRR	追突	IRR	出会い頭	IRR	右左折	IRR	車両相互その他	IRR	自転車	IRR
幅員13.0m以上の道路延長(km)	0.785**	2.19	0.163**	1.18	0.605**	1.83	0.510**	1.67	-		0.175**	1.19	0.474**	1.61
幅員5.5m以上13.0m未満の道路延長(km)	0.537**	1.71	0.0701**	1.07	0.269**	1.31	0.327**	1.39	0.122**	1.13	0.110**	1.12	0.215**	1.24
幅員3.0m以上5.5m未満の道路延長(km)	0.326**	1.39	-		0.116**	1.12	0.238**	1.27	-		0.0292**	1.03	0.155**	1.17
幅員3.0m未満の道路延長(km)	1.04**	2.83	-		-		0.920**	2.51	-		-		-	
一方通行規制道路ありダミー	0.178**	1.19	-		0.244**	1.28	-		0.332**	1.39	0.0782**	1.08	-	
人口(人)	-		3.24×10^{-4}**	1.00	-		-		-		-		4.63×10^{-4}**	1.00
バス停数	0.140**	1.15	0.112**	1.12	0.102**	1.11	-		0.0401**	1.04	0.0786**	1.08	0.0843**	1.09
鉄道駅数	-		0.121**	1.13	-		-		-		-		-	
住居系地域割合[%]	0.00867**	1.01	-		0.00491**	1.00	0.00345**	1.00	0.00317**	1.00	0.00507**	1.01	-	
商業系地域割合[%]	-		0.00591**	1.01	-		-		0.00575**	1.01	0.00888**	1.01	0.00575**	1.01
工業系地域割合[%]	0.00901**	1.01	0.00133**	1.00	0.00660**	1.01	-		0.00376**	1.00	0.00515**	1.01	0.00442**	1.00
住居工業混在ﾀﾞﾐｰ	0.125**	1.13	-		-		0.189**	1.21	-		-		-	
平均標高(m)	8.73×10^{-4}**	1.00	-		0.00386**	1.00	-		-		-		-	
平均傾斜度(degree)	-		-		-		-		-		-		-0.0825**	0.921
国・地方公共団体施設数	0.114**	1.12	-		0.0945**	1.10	-		-		0.0471**	1.05	0.113**	1.12
学校施設数	-		-		-		-		-		-		-	
病院施設数	0.155**	1.17	0.0934**	1.10	-		-		-		-		-	
福祉施設数	-		-		-		-		-		-		-	
サンプル数	13,851													
対数尤度	-30,476.25		-6,983.33		-13,426.53		-16,516.23		-4,450.11		-7,724.32		-14,893.99	
Vuong検定統計量	46.77**		93.12**		108.99**		163.46**		67.78**		85.33**		82.32**	

*5%有意，**1%有意

4.3 道路交通環境からみた事故発生リスクの評価方法

4.3.1 リスク評価に基づく安全対策実施地域選定方法の提案

現在，広域的なエリアを対象とした交通安全評価に関する道路管理者および交通管理者の主要な施策には「事故危険個所の指定」や「事故ゼロプラン」等がある．これらは，一定期間内での事故発生件数の集計結果をもとに事故多発区間を算出し，その割合が多い順に対策必要箇所として選定していくという，単純で明快な選定方法であるが，いくつかの課題もあると考えられる．

まず，第一に実際に発生した事故件数のみが事業実施の主たる理由となってしまうがために，“事故がたまたま多く発生した箇所”が優先され “危険であろう個所”に対する安全対策は実施されにくいことである．これは，交通事故発生の危険性について論理的評価が行われていないともいえる．例えば，ほぼ同じような道路交通環境をもつ箇所Aと箇所Bが存在し，箇所Aでは実際に発生した事故が多く，もう一方の箇所Bでは事故が1件も生じていなかったとすると，箇所Aのみが安全対策事業個所として選定されることとなる．箇所Aでは偶然運転マナーの悪いドライバーが事故を起こしたのかもしれないし，箇所Bでは事故には至らなかったものの，その一歩手前であるヒヤリハット事象が数回発生しているかもしれない．もし，交通事故発生要因を道路交通環境や社会環境条件のみから考えた場合，これら2箇所は，事故発生件数は違ってはいるものの，事故発生のリスクという観点からは同等であると評価すべきであり，そのリスク改善の必要性は同等であると考えられる．

図 4.3.1　同一の道路交通環境条件下での事故発生リスク

また，別のケースでは，道路線形が悪く見通しが非常に悪い区間があった場合，一般的にはこの区間ではドライバーは最新の注意を払って速度を落として走行するであろう．結果的には，道路交通環境から見た事故発生リスクは高いものの，道路利用者側の努力や協力によって事故が発生しない状況を作り出せているのかもしれない．

図 4.3.2　道路線形が悪い区間でのドライバーの走行

このように，交通事故として顕在化した事象の頻度のみで対処療法的な安全対策事業を行う手法の場合，安全面からみた道路交通環境の評価が適切になされず，事故発生の危険性が高い個所は一向に改善がなされないこととなる．

そこで，本研究では図 4.3.3に示す広域エリアでの交通安全対策実施地域の選定方法を提案する．

選定にあたっては，まず，事故発生位置と種別が判断可能な事故データと，それと関連付けられた道路交通環境要因に関するデータベースを用いて，事故発生頻度推定モデルを特定することが必要となる．事故発生現象が希少事象であることを考慮した場合，十分長い期間中に観測された事故発生件数によりモデル推定を行うことが望ましい一方，説明変数となる道路交通環境データは，年数の経過とともにその特性が変化する可能性がある．幹線道路の道路交通環境に用いた道路交通センサスが4年に一度の調査結果であることや，生活道路の評価で用いる国土数値情報の整備状況等を勘案すると，この期間としては4,5年程度が妥当であると考えらえる．

これらのデータを基にして，前節に示した通り事故発生頻度を被説明変数とした回帰モデルを推定する．モデルは，幹線道路と生活道路をそれぞれ独立に構築し，幹線道路では道路区間を，生活道路では1/2地域メッシュを評価単位としたモデルとする．このとき，事故類型別に発生要因となる道路交通環境条件が異なることをふまえ，事故類型別で評価しておくことが望ましい．

そして推定されたモデルを用いて，道路交通環境条件を考慮した“事故発生リスクの高い地域”の推定を行う．リスクの推定は，幹線道路の区間，生活道路の地区(1/2地域メッシュ)ごとに事故発生頻度を算出し，その結果を安全対策施策に利用可能な予算制約をふまえた一定の閾値設定や，評価単位ごとの順序づけを行い上位から選定していくような評価方法によりリスクの大小を評価する．このようなリスク評価を行うことにより，潜在的な危険性を加味した，安全対策事業の優先的整備箇所を選定することが可能となる．

図 4.3.3　広域エリアにおける交通安全対策実施地域の選定方法

さらに，本手法の発展的な利用法として，幹線道路と生活道路とのリスク評価値を合成して総合評価を行い，優先的な対策地域を検討する手法が考えられる．従来，幹線道路と生活道路の道路管理者が，各々の管理道路において重点的対策実施箇所を設定し，安全対策に取り組んでいるが，例えば幹線道路の抜け道交通による生活道路での事故等，生活道路と幹線道路相互の関係を考慮した交通事故対策も重要な視点といえる．本研究の分析結果からは，相互の因果関係までは明確になっていないもの，例えば，幹線道路区間と生活道路地区の両方でリスクが高い地域を，最も事故発生リスクが高い地域とみなすといった単純な手法を適用することも考えらえる．このような一体的な安全対策を実施することにより，幹線道路と生活道路の双方にとって効率的かつ効果的な安全性向上に寄与できる可能性がある(図 4.3.4)．今後，このような幹線道路の区間と生活道路の地区を一体的にとらえ，地域として見た時のリスク評価から安全対策実施地域を選定する手法についても検討していく必要がある．

図 4.3.4　幹線道路と生活道路の一体的な安全対策実施のイメージ例

4.3.2 事故発生リスク評価のケーススタディ

(1) 事故発生頻度推定モデルに基づく区間・地区ごとの事故発生件数推定値の算出

ケーススタディに使用したデータは，事故発生要因分析に使用したデータベースを使用することとし，愛知県内全域を対象として道路区間数3,781区間，地域情報として13,851メッシュを分析対象とした．事故発生頻度推定モデルは前述の幹線道路と生活道路の分析で推定されたモデルを用い，幹線道路については，表 4.2.17に示す負の二項分布回帰モデル式を用いることとした．

回帰モデル式より，各区間・メッシュにおける事故発生件数の推定値は，下記の計算によって算出可能であり，これを区間ごと，メッシュごとに計算して期待値を算出する．さらに，道路交通環境が事故発生頻度に与える影響は事故類型間で異なっていたことから，この計算を事故類型ごとに実施する．推定された事故発生件数は値そのものをもって評価することも可能であるが，実際には対策事業を実施する上での予算制約や政策的な目標値とのバランスを勘案して決定される．本ケースタディにおいては，上位から何番目に該当するかという順位データとして表現することとした．勿論，対策実施にあたり“事故発生件数10件/年以上を候補とする”といった明確な政策目標がある場合には，それを閾値として該当地域を選定すれば良いが，効果が発現しやすい地域や優先的整備地域を検討する上でも，これらの順位付けは有益な情報となる．

例1）センサス区間番号23400480130に対する全事故の推定値算出

種別	説明変数	推定係数	対象区間のデータ
道路種別	指定市道ダミー	-0.350	0
区間長	区間長[km]	0.540	0.5
交通状況	昼間 12 時間自動車類交通量[台]	5.50×10^{-5}	17,087
	大型車混入率[%]	-0.0102	13.0
	混雑時平均旅行速度[km/h]	-0.0299	15.3
道路構造	車道幅員[m]	-0.0197	5.0
	歩道なしダミー	-0.263	0
	バス路線ダミー	0.409	0
	代表信号交差点右折専用車線設置ダミー	0.134	0
交通規制	指定最高速度[km/h]	0.0590	50
沿道状況	平地部ダミー	-0.113	0
	山地部ダミー	-0.520	0
構造対策	出入制限ダミー	-0.657	0

センサス区間番号23400480130の全事故の事故発生件数の推定期待値

$=\exp(0.540*0.5+5.50*10^{-5}*17{,}087-0.0102*13.0-0.0299*15.3-0.0197*5.0+0.0590*50)$

≒<u>56.1</u>[件]　⇒　**<u>960位／3,781区間</u>**　　(…上位10％以下)

例2）メッシュ番号523676784に対する全事故の推定値算出

種別	説明変数	推定係数	対象区間のデータ
道路延長	幅員 13.0m 以上の道路延長[km]	0.785	0
	幅員 5.5m 以上 13.0m 未満の道路延長[km]	0.537	1.147
	幅員 3.0m 以上 5.5m 未満の道路延長[km]	0.326	6.081
	幅員 3.0m 未満の道路延長[km]	1.04	0
交通規制	一方通行規制道路ありダミー	0.178	0
交通施設	バス停数	0.140	0
用途地域	住居系地域割合[%]	0.00867	0
	工業系地域割合[%]	0.00901	0
	住居工業混合ダミー	0.125	0
地形	平均標高[m]	0.000873	13.6
一般施設	国・地方公共団体施設数	0.114	0
	病院施設数	0.155	0

メッシュ番号523676784の全事故の事故発生件数の推定期待値

＝exp(0.537*1.147+0.326*6.081+0.000873*13.6)

≒15.60[件]　⇒　**3,000位／13,851メッシュ**　　(…上位10％以下)

(2) 交通事故事故発生リスクの高い地域の選定

区間及びメッシュ単位での事故発生件数の推定値が算出された後，その結果をもって対策候補地域を選定する．前項でも記載した通り，幹線道路と生活道路の総合的評価による地域選定方法は今後の課題であるが，本ケーススタディにおいては，幹線・生活両方の評価結果を視覚的に確認できることを考慮し，双方でリスク評価値が高い地域に着目することとした．

まず，全事故に関して算出した結果を図 4.3.5および図 4.3.6に示す．全体的な傾向として，生活道路のメッシュ評価では，大規模な都市である名古屋市およびその周辺，一宮市，春日井市，豊田市，岡崎市，豊橋市などに広く分布しているが，幹線道路側のリスクも高い地域として名古屋市，一宮市，春日井市，豊田市の一部が挙げられ，これらの地域では双方において安全対策の実施が期待される地域であるといえる．

次に，事故類型別での評価結果について，図 4.3.7および図 4.3.8に県全域での結果を，図 4.3.9および図 4.3.10に名古屋市近郊の拡大図を示す．まず，県全域での分布状況を見ると，追突事故のみメッシュ単位での評価結果が山地部の地域に分布しているが，これは地形に関する説明変数である標高の影響が大きく出ている結果といえる．名古屋近郊で着目すると，歩行者および自転車事故については比較的中心都市部に集中している一方で他の類型では環状線側まで広く分布している．歩行者や自転車事故は，商業系の用途地域やバス路線・鉄道駅数といった公共交通利用が多い地域において多く発生している影響が評価されている．また，全事故ではリスクが高く評価されなかった岡崎市周辺部では，追突および出会い頭事故以外の累計において国道248号の一部区間が比較的上位のリスクと評価されていることも特徴的である．

また，名古屋市近郊での拡大図である図 4.3.9と図 4.3.10の結果について確認すると，全事故においては抽出されなかった地域が複数抽出されている．このことからも，個別の事故類型に対する安全対策を見据えて広域エリアからリスクの高い地域を選定する上では，全事故の総数のみで評価するのではなく，事故類型別で詳細に確認しておくことが重要であるといえる．

図 4.3.5　事故発生件数推定結果に基づくリスク評価マップ(全事故)

図 4.3.6　事故発生件数推定結果に基づくリスク評価マップ(名古屋市周辺，全事故)

(a)歩行者

(b)追突

(c)出会い頭

図 4.3.7　事故発生件数推定結果に基づく事故類型別リスク評価マップ(その 1)

(d)右左折

(e)車両相互その他

(f)自転車

図 4.3.8　事故発生件数推定結果に基づく事故類型別リスク評価マップ(その 2)

(a)歩行者

(b)追突

(c)出会い頭

図 4.3.9　事故発生件数推定結果に基づく事故類型別リスク評価マップ(名古屋市周辺その 1)

(d)右左折

(e)車両相互その他

(f)自転車

図 4.3.10　事故発生件数推定結果に基づく事故類型別リスク評価マップ(名古屋市周辺その 2)

4.4 本章のまとめ

本章では，広域エリアを対象とした場合に，交通事故発生リスクの高い地域を，道路交通環境要因の側面から特定することを目的として，事故発生につながる道路交通要因を特定し，その結果をもとに事故発生リスクの高い地域を特定する手法について提案した．

まず，交通事故発生要因となる道路交通環境の特定を行うため，幹線道路と生活道路という大きく異なる道路種別を区別した上で，因子分析と回帰分析のアプローチから，事故発生要因につながる環境条件を特定した．また，これらは，事故発生メカニズムが異なる事故類型別に分析を行った上で，事故発生リスクにつながる共通要因と個別類型ごとの要因が明らかとなった．

分析結果より，大規模な道路空間や高い交差点密度，車両交通の集中する工業系用途地域といった条件は，事故類型によらず高い事故発生頻度と密接な関係にあることが確認された．また，幹線道路の分析結果からは，混雑時平均旅行速度や交差点密度といった要因が特定され，幹線道路の本来有すべき円滑性の機能向上が，安全性向上にも寄与できることが確認された．

続いて，これらの分析結果より得られた事故発生頻度推定モデルを活用し，広域的なエリアから事故発生リスクの高い地域を選定する手法について提案した．本手法は，同様の道路交通環境下では，同様の事故発生リスクを有するという仮定の下，従来の事故発生後に安全対策を施すという対処療法的な手法に変わり，リスクの高い地域をあらかじめ評価して対策を講じるという新たなアプローチ方法である．また，その後の発展的手法として，効率的効果的に安全性向上を目的として幹線道路と生活道路を総合的に評価することの必要性について述べた上で，最後に愛知県内全域を対象としたケーススタディ分析事例を示した．

今後の課題として，まず，事故発生の有無に関するさらなる追求が挙げられる．特に幹線道路の区間単位での評価においては，複数年間の観測の中でも事故が発生しなかった道路区間と，事故が発生した道路区間との違いについても評価することが考えられる．本分析とは別途で実施した事故未発生区間における因子分析の結果では，抽出された第1因子の因子寄与率も低く，特徴的要素は検出されなかった．また，ゼロ過剰モデル内での不完全状態部分を示すロジットモデル部分の評価において，全てのモデル推定結果において係数が非負となっていたことをふまえると，推定したモデルの分布上，事故未発生区間は少ないものと評価されている．今後は，事故発生が0件となる区間と1件以上事故が発生している区間を初期段階で判別するHurdleモデル(例えばWelsh et al. (1996)など)の適用などにより，より詳細な要因分析を行なうことが考えられる．

また，幹線道路の分析におけるその他の内容として，本分析内では評価できなかった他の道路交通環境要因に関する検討が挙げられる．具体的には，歩行者自転車交通量，車両出入りや建物立地状況といった対象区間の沿道環境に関する評価，サイクル長をはじめとする信号規制の影響，道路管理者による違いではなく実際の利用状況に基づく道路の機能的な分類ごとの評価等が考えられ，これらをどのように定量的に表現し，データベースを構築していくかは課題といえる．

生活道路に関しては，本研究では広範囲に渡る道路交通及び社会環境条件を代替する説明変数として入手可能なデータをもとに分析を行なったが，特に社会環境条件を代替する説明変数については，沿道の建物立地状況や地域の特性など，より多様なデータをもとに分析を行なうことが課題である．

また，本研究では統計分析に使用可能な各種変数の制約も加味した上で，幹線道路と生活道路をそれぞれ分離して分析を行なったが，今後は双方の関係性やそれらを包括した道路ネットワークレベルでの分析および評価を行うことが課題点である．特に，幹線道路の因子分析及び回帰分析結果においては，平均旅行速度や信号交差点密度といった要因が事故発生に有意な影響を及ぼすことが明らかとなっており，これら結果もふまえ，円滑性と安全性の双方の向上に寄与できる

道路ネットワークのあり方について今後検討することが望ましい．さらには，一体的に対策を実施した場合の安全性向上効果についても，具体的な改良事例に基づき，事故発生頻度等の評価指標値を用いて，定量的に説明されることが必要といえる．

第5章 交差点幾何構造と事故発生頻度の関係分析

5.1 概要

交差点は多様な道路利用者が異なる進行方向にて交錯する道路空間であり，単路部とは大きく異なる交通環境にあるといえる．第3章の集計分析においても確認した通り，交差点部での事故発生件数は単路部よりも多く，また，複数類型の事故が発生することなどを考えると，交差点での事故発生要因の特定は道路交通安全を実現する上で必要不可欠である．そこで，本章では，交通事故全体で半数以上を占める交差点部での事故に焦点を絞り，交差点構造条件からその発生要因について分析を行なう．

分析にあたっては，まず交差点部における道路構造データの収集作業を行う．『道路交通センサス』などの整備された道路交通情報は主として単路部におけるデータであり，交差点部でこれらに該当するデータは一般的には存在しない．本分析では，インターネットを活用して航空写真上で計測作業を行うことにより，交差点幾何構造等のデータを収集する．収集したデータは，GIS上で位置情報をもつ事故データと空間的に結合することにより，事故データと関連付けられたデータベースを構築する．

次に，収集したデータに基づき，分析対象エリアにおける交差点幾何構造や附属物，沿道状況などの状況について統計分析を行なう．このような交差点の幾何構造その他について広くデータ収集を行い，統計的アプローチから調査・研究されている事例は少ないが，現状で整備されている交差点構造の把握やそれらの課題点抽出，都市間での差異の比較といった分析は，非常に重要な基礎資料と成り得るものである．

最後に，これらのデータベースを用いた回帰分析を行い，交差点部での事故発生頻度に与えている道路交通環境要因を特定するが，本分析ではこれを交差点の幾何構造条件に着目して分析する．交差点の計画・設計を検討する上で，一般的に安全上望ましいとされる構造要件が，『道路構造令の解説と運用(日本道路協会)』や『改訂 平面交差の計画と設計(交通工学研究会)』といった各種のマニュアル等で示されている．これらのマニュアルで示されている計画・設計指針は，直感的には“安全性向上に対して一定の寄与があるであろう”という理解は可能なものの，事故発生頻度に対してどの程度影響があるかについてまでは述べられておらず，定量的数値を持って具体的に検証を行う必要がある．本分析では，複数年で交差点において発生した事故件数を被説明変数，交差点構造条件を説明変数とした回帰分析を行なうことにより，各種の幾何構造条件と実際に発生した事故件数との関係の有無およびその影響度合いを確認する．

5.2 交差点幾何構造に関する統計分析

5.2.1 分析対象都市の選定とデータ収集

(1) 分析対象都市の選定

統計分析を実施するにあたっては，事故データと交差点幾何構造データの双方が得られていることが必要条件であり，また，分析実施が可能となるために相応のデータ数が必要となる．先に述べている通り，事故データについては愛知県警提供事故データが活用可能であるため，同県内の交差点を分析対象とするが，交差点の幾何構造データは汎用的に整備されたデータはないため，独自に収集を行うことが必要となる．

同県における交差点を対象とした場合，全ての交差点幾何構造のデータ化は作業効率上困難であるため，特定の対象都市を選定した上でその都市内の交差点を分析対象とする．ここで，対象とする都市は，一定量の交通事故が発生しており，かつ，国内の他県にも適用可能となるよう，特異な道路交通環境でないことを条件として選定しておく必要がある．これらを考慮の上，分析対象都市を愛知県内の中核市および施行時特定市の中から選定することとした．

対象となる候補都市の概要を表 5.2.1および表 5.2.2に示す．また，平成26年中に各都市で発生した事故発生件数とそれを人口や面積等で基準化して算出した値を表 5.2.3に示す．尚，表中には参考として政令指定都市である名古屋市についても記載している．表より，人口あたりや自動車あたりの事故発生件数としては豊橋市が多いことがわかる．また，面積あたりや道路延長あたりでは春日井市での事故発生割合が高い．その他の都市の中では，岡崎市がいずれの指標値においても3番目あるいは4番目の順位となっており，これらの都市の中で中位にある都市と考えられる．また，国土交通省の『事故危険個所の指定』の該当箇所の内，交差点に着目してみると，一宮や豊橋が多く，次いで岡崎，春日井市，豊田といった順となっている(表 5.2.4)．豊田市は各種の社会環境条件で基準化した事故発生についても値が小さく，これらの中では安全度の高い都市であるといえる．さらに，各都市の交差点数を確認するため，交通量情報を有する路線で構成される交差点数についてGISを用いて算出した(図 5.2.1)．具体的には，DRMデータの道路種別コードが一般国道・主要地方道・一般都道府県道に該当する路線は，概ねH22センサスでの調査対象路線と合致していることをふまえ，これらの道路が交差している箇所数を交差点数とみなして集計を行った．表 5.2.4に集計結果を示しているが，面積が大きく山地部地形を一部で含む豊田や岡崎などは交差点数が多い状況にある．

以上の整理結果をふまえ，本分析では，事故発生割合が他と比べて比較的高い豊橋市および春日井市を，さらに発生割合がこれらの都市の中で中位的な状況にある岡崎市を分析対象都市として選定することとした．

表 5.2.1　分析対象候補都市の人口および面積

都市名	分類	人口[人]	総面積[km^2]	人口密度[人/km^2]
豊田	中核市	421,487	918.47	458.9
豊橋	中核市	376,665	261.35	1,441.2
岡崎	中核市	372,357	387.24	961.6
一宮	施工時特例市	378,566	113.91	3,3234
春日井	施工時特例市	305,569	92.71	3,296.0
(参考)名古屋	政令指定都市	2,263,894	326.43	6,935.3

データ出典：『平成 22 年国勢調査人口等基本集計（総務省統計局）』※

※『e-Stat 政府統計の総合窓口』(http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/eStatTopPortal.do)よりダウンロード

表 5.2.2　分析対象候補都市の自動車台数と道路延長

都市名	分類	保有自動車台数[台]※1	道路延長[km]※2
豊田	中核市	333,021	3,373.5
豊橋	中核市	273,097	3,684.8
岡崎	中核市	263,820	2,464.9
一宮	施工時特例市	237,049	2,558.9
春日井	施工時特例市	189,831	1,377.9
(参考)名古屋	政令指定都市	1,242,416	6,442.8

※1：『陸上交通に関する統計（愛知県，平成 23 年 3 月 31 日）』より
※2：『平成 26 年度刊愛知県統計年鑑（愛知県，平成 26 年 4 月 1 日）』より

表 5.2.3　分析対象候補都市の人身事故発生状況

都市名	平成 26 年中				
	人身事故件数 [件]	人口あたり [件/人]	面積あたり [件/km^2]	自動車台数あたり [件/台]	道路延長あたり [件/km]
豊田	1,857	0.0044	2.02	0.0056	0.551
豊橋	3,115	0.0083	11.92	0.0114	0.845
岡崎	2,317	0.0062	5.98	0.0088	0.940
一宮	2,537	0.0067	22.27	0.0107	0.991
春日井	2,069	0.0068	22.32	0.0109	1.502
(参考)名古屋	14,691	0.0065	45.01	0.0118	2.280

※事故件数データ出典：『平成 26 年中 愛知県の交通事故発生状況（愛知県警察本部交通部）』

表 5.2.4　『事故危険個所の指定』該当交差点数とセンサス対象道路相互の交差点数

都市名	『事故危険個所の指定』交差点数	センサス対象道路相互の交差点数※
豊田	6	134
豊橋	20	43
岡崎	17	96
一宮	23	68
春日井	14	35

※GIS を用いて対象都市内で独自に計測

(a)豊田市　134 箇所

(b)豊橋市　43 箇所

(c)岡崎市　96 箇所

(d)一宮市　68 箇所

(e)春日井市　35 箇所

図 5.2.1　対象候補都市における主要道路の交差箇所数

(2) 事故データと対象交差点の関連付け

主要道路相互の交差箇所における事故データを整理する．まず，愛知県警提供事故データの内，正確な緯度経度情報が得られている2008年から2011年の人身事故データを利用する．このデータの中から，“発生市区町村”が豊橋市・岡崎市・春日井市に該当する事故で，かつ，“道路形状”が“交差点”または“交差点付近”のもののみを基本事故データとして使用する．さらに，表 5.2.4および図 5.2.1に示す交差箇所の位置座標をインターネット地図『Googleマップ』より取得しておく．これらのデータに対し，DRMデータベースにおける“交差点ノード”を介してGIS上で結合させる．各事故データの位置座標と対象交差箇所の位置座標がもっとも近接する交差点ノードと

関連付け，この交差点ノードに付与されている交差点名やコード番号を介して事故データと対象交差点箇所を関連付ける．大規模交差点では1つの交差点に対して複数のノードが存在するが，交差点名で関連付けを行うことにより，同一交差点での事故を特定できる．また，名称の無い交差点については，ノード番号と接続するリンク番号をもとに1つずつ特定を行った．

(a)交差点ノードと事故データ　　(b)交差点ノードと対象交差点

図 5.2.2　GIS 上での事故データと対象交差点との関連付け

(3) 交差点幾何構造データの収集

交差点幾何構造のデータ収集にあたっては，当該交差点の設計図や竣工図を用いて計測することがもっとも正確といえるが，これらの設計図面を大量に収集することは困難である．そこで，本分析では，インターネット地図『Google Earth』を用いて，航空写真上での計測を行うことにより，これに代えることとした（図 5.2.3）．『Google Earth』では，任意の2点を航空写真上で選択することによって，その距離および機首方位を計測可能となっている．このツールを活用し，停止線間距離や交差角度などを交差点ごとに計測した．

交差点構造に関するデータ収集項目を表 5.2.5に示す．交差点の幾何構造として一般的な停止線間距離や交差角度の他，横断歩道長や自転車横断帯の有無などの横断歩道に関する情報，交差点内路面標示に関する情報，交通信号や交差点角地の立地施設に対する車両の出入りについても情報を収集してデータ化した．尚，上空からの航空写真のみでは判断できない，信号施設の有無や交差点隅角部の構造等は，『Google Earth』での『ストリートビュー』機能を使い確認することとした．尚，航空写真画像が不鮮明で各種計測が不可能なものや，改良工事等の実施により，明らかに形状等の改変などが確認された場合には，この作業の段階で分析対象交差点から除外した．

図 5.2.3 『Google Earth』を用いた航空写真上での計測

表 5.2.5 航空写真を活用した交差点幾何構造等情報の収集

種別	項目	備考
交差点構造	枝数	
	停止線間距離	各方向の交差点中心から停止線までの距離を計測し，同一方向を足し合わせて算出
	交差角度	各方向の機首方位を測定して算出
	右折レーンの有無	
	左折フリーの導流路の有無	
	隅角部でのガードレール・縁石の有無	
横断歩道	横断歩道のセットバック量	横断歩道が無い場合は停止線位置までの距離にて計測
	横断歩道長	
	自転車横断帯の有無	
	歩道橋の有無	
	二段階横断の可否	広幅員の中央分離帯の存在等により，横断歩道が 2 つに分割されており，たまり空間がある場合
路面標示	『右左折の方法』の有無	
	右折指導線の有無	
	右折停止線の有無	
	左直分離ゼブラの有無	
交通信号	交通信号の有無	信号交差点か否かの判断
	右折矢信号の有無	
沿道施設	駐車場の有無	交差点隅角部のみを対象
	ガソリンスタンドの有無	交差点隅角部のみを対象

5.2.2 交差点幾何構造と事故発生状況の統計分析

(1) 各都市における分析対象交差点での事故発生状況

分析対象交差点の枝数に着目すると表 5.2.6に示す通り，豊橋市では3枝交差点が多いのに対し，春日井市では多くが4枝交差点となっている．本分析で対象とした交差点は一般県道以上の管理種別となっている幹線道路を対象としており，本結果から，幹線道路間での接続数は，都市間で異なっていることが理解できる．

さらに各交差点で4年間に発生した人身事故発生件数の平均値，最大値，分散を，交差点枝数ごとに集計した表 5.2.7をみると，3枝と4枝の違いについて各都市間で統一的な傾向はみられない．枝数の違いについては，より多くの交差点サンプル数を確保した上で，各交差点の利用交通量などの違いにも着目して分析する必要があるといえる．尚，以降の分析においては，4枝交差点を対象として分析を行なうこととする．

表 5.2.6　枝数ごとの対象交差点数

	豊橋市	岡崎市	春日井市
3 枝交差点数	21	28	5
4 枝交差点数	22	57	25
5 枝交差点数	0	1	0
交差点数合計数	43	86	30

表 5.2.7　交差点枝数の違いと事故発生件数

交差点枝数		豊橋市	岡崎市	春日井市
3 枝交差点	平均	3.6	0.9	6.2
	最大	9	12	19
	分散	9.4	6.1	43.8
4 枝交差点	平均	9.1	7.5	9.0
	最大	27	20	31
	分散	39.4	28.3	52.8

次に，4枝交差点における事故発生件数の分布状況を図 5.2.4に示す．累積頻度からは各都市における分布状況が概ね類似傾向にあるとも読み取れるが，春日井市では他と比べて極端に件数が多い交差点が複数存在していることにより，全体として若干異なる累積分布形状となっている．

また，各都市の分析対象交差点の全交差点で集計した事故類型割合の比較を図 5.2.5に示す．図より，いずれの都市においても追突事故の割合が最も大きいことがわかる，また，豊橋市では右左折事故の割合が高いが，春日井市では自転車事故の割合が高く，この関係は都市間で逆の傾向になっているといえる．

図 5.2.4　交差点ごとの事故発生件数の分布状況

図 5.2.5　分析対象交差点における事故類型別割合の都市間比較(※表中の数値は事故発生件数を示す)

(2) 交差点幾何構造の概要と都市間比較

(a) 交差点幾何構造一般

まず，交差点の主たる幾何構造として，停止線間距離，交差角度，横断歩道セットバック量について，各都市内での基本統計量及び分布状況を確認する．

ここで，停止線間距離は，交差点で東西方向と南北方向の値を算出し，いずれか大きい方を代表値とした．また，交差角度については，隣接する方向間での角度θを算出した上で，90度からどの程度乖離しているかを示す$\sin\theta$を算出してその最小値を代表値とした．横断歩道セットバック量については，各方向の流入部および流出部での計測値の平均値を算出した上で，それらの全方向の値における最大値をその交差点の値として設定した．

平均や分散等の基本統計量を表 5.2.8に，各項目の都市ごとの分布状況を図 5.2.6から図 5.2.8に示す．

基本統計量における平均値に着目して全体的な傾向を見てみると，停止線間距離は概ね40m～50m程度，交差角度は概ね直交に近く，横断歩道のセットバック距離は概ね10m前後となっている．停止線間距離は交差側道路の幅員や横断歩道幅員や有無によって変化するため，平均値からの詳細評価は困難であるが，全体的に停止線間距離が大きく，その要因として横断歩道のセットバッ

ク距離が大きいことが想定される．

各都市間での違いに着目してみると，まず，停止線間距離については，累積分布は概ね各都市間に大きな差異はないが，岡崎市のばらつきが小さいのに対して春日井市はやや大きい状況にあるように見える．次に，交差角度を見てみると，どの都市においても直交に近い交差点が多いことは共通であるが，90度と大きく乖離している箇所の箇所数により，累積分布形状が変化している．最後に，横断歩道のセットバック距離では，岡崎市と春日井市で比較した場合に，春日井市の方が短いセットバック距離にあるようにも読み取れる．

表 5.2.8　交差点幾何構造値の基本統計量

項目		豊橋市	岡崎市	春日井市
停止線間距離[m]	平均	44.7	46.7	46.6
	最大	69.1	78.0	72.0
	分散	100.3	87.9	153.6
交差角度 [sin θ]	平均	0.92	0.93	0.93
	最小	0.68	0.41	0.56
	分散	0.009	0.012	0.010
横断歩道セットバック量[m]	平均	10.4	10.6	8.6
	最大	26.5	22.0	22.6
	分散	38.0	10.7	15.2

図 5.2.6　停止線間距離の分布状況

図 5.2.7　交差角度(sinθ)の分布状況

図 5.2.8　横断歩道セットバック距離の分布状況

停止線間距離，交差角度，横断歩道セットバック距離の3つの項目について，各都市間での違いの有無を統計的検定により確認する．尚，以下の検定の実施にあたっては，統計ソフト『IBM SPSS Statistics Version22』を使用した．

検定手法を選択するにあたり，まず正規性と等分散性の確認を行う．

正規性の確認については，『Shapiro-Wilkの正規性の検定』により行った．結果を表 5.2.9に示す．検定結果より，5%有意水準にて，停止線間距離と横断歩道セットバック距離は正規分布を否定できないが，交差角度は正規分布を否定する結果となった．

表 5.2.9　Shapiro-Wilk の正規性検定結果

項目	豊橋市(n=22)	岡崎市(n=57)	春日井市(n=25)
停止線間距離[m]	0.981(0.929)	0.975(0.278)	0.936(0.123)
交差角度[sin θ]	0.820(0.001)	0.552(0.000)	0.689(0.000)
横断歩道セットバック量[m]	0.938(0.184)	0.977(0.349)	0.854(0.002)

※表中の数値はShapiro-Wilkの統計量を，(　)内数値は，有意確率を示す

次に，等分散の確認を『Leveneの検定』により行った(表 5.2.10)．結果より，停止線間距離と交差角度は等分散が仮定できるが，横断歩道セットバック距離については等分散性が否定された．

表 5.2.10　Levene の等分散性検定結果

項目	Levene 統計量	自由度（都市数）	自由度（サンプル数）	有意確率
停止線間距離[m]	1.835	2	101	0.165
交差角度[sin θ]	0.327	2	101	0.722
横断歩道セットバック量[m]	4.091	2	101	0.020

以上の結果をふまえ，表 5.2.11に示すとおり各項目に対して適切な検定方法を選定して検定を行った．検定結果の表 5.2.12～表 5.2.14を見ると，いずれの項目においても5%水準での有意差は認められず，分析対象とした都市間には統計的な幾何構造の違いは確認されなかった．

表 5.2.11　各評価項目に対する検定方法の選定

項目	正規性	等分散性	検定方法
停止線間距離[m]	○	○	Turkey-Kramer
交差角度[sin θ]	×	○	Kruskal-Wallis
横断歩道セットバック量[m]	○	×	Tamhane の T2

表 5.2.12　停止線間距離の Turkey-Kramer 検定結果

比較対象	平均差	有意確率	判定
豊橋 － 岡崎	-2.06	0.714	有意差なし
豊橋 － 春日井	-1.95	0.799	有意差なし
岡崎 － 春日井	0.105	0.999	有意差なし

表 5.2.13　交差角度の Kruskal-Wallis 検定結果

検定量(カイ 2 乗値)	自由度	有意確率	判定
0.731	2	0.694	有意差なし

表 5.2.14　横断歩道セットバック量の Tamhane の T2 検定結果

比較対象	平均差	有意確率	判定
豊橋 － 岡崎	-0.210	0.998	有意差なし
豊橋 － 春日井	1.76	0.606	有意差なし
岡崎 － 春日井	1.97	0.103	有意差なし

(b) 交差点内路面標示の有無

交差点内の路面標示の整備状況について図 5.2.9に示す．交差点中心部に標示する『右左折の方法』は，各都市に共通してほとんどの交差点において設置されている．一方，右折指導線や右折停止線は，設置のない交差点の割合が高い．これら路面標示は，交差点規模や右折専用車線の整備状況によっても設置の可否が異なるため一概に評価はできないが，右折対直進の事故などに対して，安全対策を講じる余地があるといえる．

※図中の数値は該当交差点数を示す

図 5.2.9　交差点内路面標示の設置状況

(c) 交差点角地での施設立地

最後に交差点角地における車両の出入りを伴う施設立地状況について確認してみると図 5.2.10の通りであり，いずれの都市においても7割程度以上の交差点で，交差点の角地に車両が出入り可能な施設が立地していることが確認された．交差点は異なる方向へ進行する道路が接続する箇所であり，道路利用車両が錯綜する箇所であるため，一般的には，道路空間外への車両の出入りは抑制されるべき箇所であるといえる．一方，店舗経営者側にとっては幹線道路相互が接続する集客力の高い空間と成り得ることから，交差点近傍において車両出入りが可能な施設が多く立地する状況になっていることが伺える．

※図中の数値は該当交差点数を示す

図 5.2.10　交差点角地における車両出入り施設の立地状況

5.3 交差点幾何構造が事故発生頻度に与える影響分析

5.3.1 分析方法

収集した交差点幾何構造に関するデータの確認結果より，4枝交差点における交差点幾何構造は，交差角が90度に近い交差点が多いものの，鋭角または鈍角の交差角となっている交差点が複数存在していることや，停止線間距離あるいは横断歩道セットバック距離が全体的にやや長めと感じられる傾向が確認された．これらの影響が事故発生頻度に対してどのように影響しているかを定量的に確認するため，事故発生件数を被説明変数とした回帰分析の実施により明らかにする．尚，分析対象都市間での構造諸元値の比較結果からは，都市間で統計的有意な差は確認されなかったため，これらのデータを結合した1つのデータセットとして分析を行なうこととする．さらに，これらの交差点構造が事故発生に与える影響度は交差点利用者種別や車両進行方向などによっても異なると考えられることから，第4章での分析と同様，事故類型別にこれらを詳細に分析する．

5.3.2 回帰分析に基づく交差点幾何構造の影響評価

(1) 事故発生頻度の分布確認

まず，各交差点において4年間で発生した人身事故の発生件数の頻度分布を確認する．図 5.3.1に全事故での分布を，図 5.3.2～図 5.3.4に事故類型別の事故発生件数の頻度分布を示す．全人身事故では，事故発生件数が0件の箇所も多いが，概ね発生件数が4件から6件程度の交差点数が最も多い．一方，事故類型別の分布をみると，事故発生件数が少ないほど交差点数が多い傾向にある．この中で，歩行者と車両相互その他の事故類型については，事故件数0件となる交差点がほとんどであることから，以降の回帰分析においては対象外とする．

図 5.3.1　事故発生件数の分布(全事故)

図 5.3.2　事故発生件数の分布(左：歩行者，右：追突)

図 5.3.3　事故発生件数の分布(左：出会い頭，右：右左折)

図 5.3.4　事故発生件数の分布(左：車両相互その他，右：自転車)

(2) 回帰分析に用いる説明変数の設定

回帰分析に用いる説明変数は，5.2.1において示した交差点幾何構造に関するデータを基本として用いることとし，表 5.3.1に示す説明変数の候補群を準備した．

表 5.3.1　回帰分析にて検討した説明変数

種別	項目	備考
交差点構造	停止線間距離[m] or 停止線間距離(基準化)[m]	・東西方向又は南北方向の停止線間距離の内，いずれか長い方 ・(基準化)は，交差側道路の車線数による基準化したものを意味する
	停止線間距離差[m] or 停止線間距離差(基準化) [m]	・東西方向又は南北方向の停止線間距離の差
	交差角度(sinθ)	・最小値を採用
	右折専用車線ダミー	右折専用車線がある場合 1
	隅角部防護施設ダミー	交差点隅角部に縁石やガードレールなどの防護施設がある場合 1
	横断歩道セットバック量[m]	各方向の流入部と流出部の平均値を算出した上での最大値
横断歩道	横断歩道長[m] or 横断歩道長(基準化) [m]	(基準化)は，交差側道路の車線数による基準化したものを意味する
	自転車横断帯ダミー	自転車横断帯がある場合 1
	立体横断施設ダミー	横断歩道橋または地下横断歩道がある場合 1
路面標示	『右左折の方法』ダミー	路面標示『右左折の方法』がある場合 1
	右折指導線ダミー	右折指導線がある場合 1
	左直分離ゼブラダミー	左直分離ゼブラがある場合 1
交通量	交通量和[台/12 時間]	・主方向と従方向の昼間 12 時間交通量の和 ・東と西や南と北で交通量が異なる場合には，両者の平均値を適用
	交通量差[台/12 時間]	主方向と従方向の昼間 12 時間交通量の差
交通信号	右折矢信号ダミー	右折矢信号がある場合 1
沿道状況	角地車両出入りダミー	角地に駐車場やガソリンスタンドなどの車両出入りが可能な施設がある場合 1
	沿道状況ダミー ；DID かつ商業地域ダミー ；商業地域を除く DID ダミー ；市街地部ダミー	・各沿道状況に該当する場合 1 ・分類は道路交通センサスを適用 ・各方向で異なる場合には，都市化が進行している方を採用(DID かつ商業＞DID＞市街地)

ここで，交通量や沿道状況に関する情報を付加しているが，一般的に交通量が多くなれば事故発生機会が増加し，事故発生頻度が増加することは既往研究においても示されている通りであり，また，道路沿道状況の違いは運転者の挙動に大きく影響すると考えられる．本分析では，これらの交通量と沿道状況に関する情報を『道路交通センサスデータ』から入手することとし，対象交

差点における接続道路のすべてに対し，地図上で道路交通センサスの交通調査基本区間番号を調査して記録することとした．道路交通センサスデータには，交通量や沿道状況の他にも，車線数や道路幅員といった基礎的情報も有しているが，本分析は交差点を対象としており，これらの単路部での道路交通状況が交差点部に対してどの程度まで影響が及ぶのかまでは把握が困難である．そのため，分析において直接的に用いるデータは交通量や沿道状況の2つのみに限定した．尚，停止線間距離や横断歩道長を評価する上では，交差側の道路規模が大きくなるほど延長が長くなることを考慮し，単路部における車線数によって基準化した説明変数も候補群として準備した．

図 5.3.5　交通量・沿道状況情報の調査(道路交通センサス『交通量図ビューアー』画面)

図 5.3.6　停止線間距離の採用値

図 5.3.7　横断歩道セットバック量の採用値

尚，表 5.3.1に示した各説明変数候補群について集計したところ，「隅角部防護施設ダミー」および「『右左折の方法』ダミー」については，全サンプル104交差点中に該当する交差点数がそれぞれ101箇所，100個所とほぼ全ての交差点となっていたことから，最終的には説明変数候補群から除外することとした．

また，これらの説明変数間での相関を確認したが，沿道状況ダミー変数以外については，相関係数が0.7以上となるような強い相関を有する変数間の組み合わせはなかった．

(3) 回帰分析結果

以上の説明変数の候補群に基づき，事故類型ごとの事故発生件数[/4年間]を被説明変数とした回帰分析を実施した．第4章での分析時と同様，被説明変数である事故発生件数については過分散状態が確認されたことから，負の二項分布回帰分析を適用している．説明変数の選定にはステップワイズ法を適用し，有意水準が5%以上となる説明変数組を採用することとした．さらに，事故発生件数が0である交差点の割合が多く存在することもふまえ，推定されたモデルの説明変数組を基本としてゼロ過剰モデル適用による推定も行った．また，車線数により基準化を行った説明変数である停止線間距離や横断歩道長については，いずれかの変数組を投入してモデル推定を行い，モデル適合度が高い方を最終的な採用モデルとした．尚，推定にあたっては統計ソフト『STATA Version12.1』を使用した．

負の二項分布回帰モデルの推定結果を表 5.3.2に，ゼロ過剰モデル適用による推定結果を表5.3.3に示す．まず，ゼロ過剰モデルの適用性についてはVuong統計量が1%有意で大きな正の値を示しており，適用の妥当性が確認できる．

また，全人身事故と事故類型別の推定結果で有意な説明変数として選定された項目に着目すると，全人身事故では交通量が多いところで事故件数が多く，市街地部では有意に少ないという結果に留まっているものの，各事故類型別の推定結果では交差点幾何構造や路面表示の有無といった変数が有意となっており，事故発生件数に対する影響度が確認される．

次に，ゼロ過剰モデルの推定結果を基本として，事故類型ごとの推定結果について考察する．

まず，追突事故については，左直分離ゼブラや右折矢信号がある交差点において事故発生件数が多くなっている．左直分離ゼブラがある交差点では交差点内空間が広く，自由度の高い空間内において，左折や直進ドライバーが通過停止判断に迷いが生じていることが想定される．さらに右折矢信号がある交差点では右折需要も高いといえ，右折車滞留の末尾における追突や，右折矢信号灯火時における直進車の急停止などが要因と類推される．また，DIDかつ商業地域では有意に事故が多く発生しているが，中心市街地等では密なネットワークや交通集中などにより停止と発進を繰り返すことが多く，追突事故の発生に繋がっていると考えられる．

図 5.3.8　追突事故における左直分離ゼブラ・右折矢信号の影響

次に出会い頭事故について見てみると，停止線間距離が大きいほど事故が少なく，横断歩道セットバック量が大きいほど事故が多い結果となっている．停止線間距離が長いほどドライバーは交差側道路との距離が長くなるため，留意して交差点に進入していることが考えられるが，横断歩道のセットバック量が長い場合は，横断歩道通過後の車両相互の間での距離・時間的な制約が少なくなり，車両相互での認知や判断の誤りが増えているものと考えられる．右折専用車線の存在は，このような交差側車両との認知・判断の差を軽減させる効果をもたらしているといえる．

図 5.3.9　出会い頭事故に関する横断歩道セットバック量の影響

右左折事故に関しては，横断歩道セットバック量が大きいところで事故が少なく，歩行者の立体横断施設があるところでは事故が多発する傾向が確認された．本分析では，自転車とその他車両間での事故は全て自転車事故として分類していることから，右左折事故は自転車を除く車両相互の事故である．また分析で使用している事故データの性質上，進行方向までは特定できないため，ドライバーの右左折方向と，横断歩道セットバック量との位置関係の対応までは特定できない．これら条件のもとで考えると，仮に交差側の横断歩道セットバック量が大きい場合，右折を行うドライバーは，交錯する直進車と横断歩行者・自転車とを分離して認識することが可能となり，結果的に，車両相互間での事故については減少していることが想定される．しかし一方で，立体横断施設がある場合には有意に右左折事故が多い状況となっていることから，横断歩行者・自転車との分離が車両間での認知・判断に対して必ず安全側に寄与するとも言い難い．また，横断歩道橋がある場合には視認性の視認性の低下などの安全性に対する負の要因も懸念される．

図 5.3.10　右折事故に対する横断歩道セットバック量の影響

最後に自転車事故については，停止線間距離が長いほど事故が多く，主従方向での停止線間距離の差が大きいほど事故が少ない結果となっている．また追突事故と同様にDIDかつ商業地域に該当する箇所では有意に事故が多い．停止線間距離が長い場合，歩行者と自転車あるいは自転車と車両との間で交錯機会が増加することとなり，特に進行方向の自由度の高い自転車では，事故発生頻度が高くなることに繋がっていると考えられる．また停止線間距離差が長いほど，交差点での主方向と従方向が明確に区別されていると考えられ，自転車もその他交差点利用者も，主従関係に留意しながら通行していることが考えられる．

図 5.3.11　自転車事故に対する停止線間距離の影響

以上の結果を考慮し，交差点幾何構造と事故発生との関係について再整理すると，交差点幾何構造が事故発生件数に対して有意な影響を及ぼしていることが示されたものは，出会い頭事故，右左折事故，自転車事故であり，全人身事故や追突事故では関係性は確認されなかった．このことは，交差点特有の事故形態である出会い頭事故や右左折事故の削減にあたっては，交差点部の幾何構造の影響を無視できないことを明らかにした結果といえる．

事故発生件数に対して影響が確認された幾何構造の中には，停止線間距離と横断歩道セットバック量等があるが，この2項目については，事故類型に応じて正負両方の効果が確認された．例えば，横断歩道セットバック量が大きい交差点では，出会い頭事故が多く発生している一方で，右左折事故は少ない傾向にあった．進行方向や挙動特性の異なる利用者が同時に会する交差点では，ある個別箇所の改良が全ての利用者にとって安全側に作用するわけではないことを示唆している．このような場合においても，正負双方の効果を定量的に明らかにすることが望ましく，本回帰分析結果は，それを判断する材料と成り得る．

また，一般的に知られている，交通量が多い箇所やDID地域・商業地域などの交通集中地区であるほど，事故が多発しているという傾向も再確認された．一方，着目していた，交差点の交差角度や交差点角地における車両出入り施設の立地状況などについては，本分析上では影響が確認できなかった．これらについては，より多くのサンプル数を収集した上で精緻に再確認することが必要である．

表 5.3.2　交差点事故件数に関する負の二項分布回帰分析モデル推定結果

説明変数	全人身	IRR	追突	IRR	出会い頭	IRR	右左折	IRR	自転車	IRR
停止線間距離[m]	-		-		-0.0568	0.94	-		-	
停止線間距離(基準化)[m]	-		-		-		-		0.0791**	1.08
停止線間距離差[m]	-		0.0311*	1.03	-		-		-	
停止線間距離差(基準化) [m]	-		-		-		-		-0.107**	0.899
交差角度(sinθ)	-		-		-		-		-	
右折専用車線ダミー	-		-		-1.53**	0.217	-		-	
横断歩道セットバック量[m]	-		-		0.0692*	1.07	-0.0477*	0.953	-	
横断歩道長[m]	-		-		-		-		-	
横断歩道長(基準化) [m]	-		-		-		-		0.119*	1.13
自転車横断帯ダミー	-		-		-		-		-	
立体横断施設ダミー	-		-		-		0.647**	1.91	-	
右折指導線ダミー	-		-		-		-		-	
左直分離ゼブラダミー	-		0.410*	1.51	-		-		-	
交通量和[台/12 時間]	2.88×10^{-5}**	1.00	-		3.37×10^{-5}*	1.00	3.02×10^{-5}**	1.00	5.16×10^{-5}**	1.00
交通量差[台/12 時間]	-		-		-		-		-	
右折矢信号ダミー	0.316*	1.37	1.14**	3.11	-		0.519*	1.68	-	
角地車両出入りダミー	-		-		-		-		-	
DID かつ商業地域ダミー	-		0.652**	1.92	-		-		0.546*	1.72
商業地域を除く DID ダミー	-		-		1.02**	2.78	-		-	
市街地部ダミー	-0.348**	0.706	-		-		-		-	
定数項	1.04	2.84	-0.528*	0.590	1.68**	5.37	-0.482	0.618	-2.99**	0.0503
サンプル数	104									
対数尤度	-292.24		-196.92		-121.23		-162.80		-170.49	

*5%有意，**1%有意

表 5.3.3　交差点事故件数に関するゼロ過剰負の二項分布回帰分析モデル推定結果

説明変数	全人身	IRR	追突	IRR	出会い頭	IRR	右左折	IRR	自転車	IRR
停止線間距離[m]	-		-		-0.0294	0.971	-		-	
停止線間距離(基準化)[m]	-		-		-		-		0.0645**	1.07
停止線間距離差[m]	-		-		-		-		-	
停止線間距離差(基準化) [m]	-		-		-		-		-0.0886**	0.915
交差角度(sinθ)	-		-		-		-		-	
右折専用車線ダミー	-		-		-0.901**	0.406	-		-	
横断歩道セットバック量[m]	-		-		0.0595*	1.06	-0.0530**	0.948	-	
横断歩道長[m]	-		-		-		-		-	
横断歩道長(基準化) [m]	-		-		-		-		-	
自転車横断帯ダミー	-		-		-		-		-	
立体横断施設ダミー	-		-		-		0.647**	1.91	-	
右折指導線ダミー	-		-		-		-		-	
左直分離ゼブラダミー	-		0.541**	1.72	-		-		-	
交通量和[台/12 時間]	2.81×10^{-5}**	1.00	-		-		2.05×10^{-5}**	1.00	3.34×10^{-5}**	1.00
交通量差[台/12 時間]	-		-		-		-		-	
右折矢信号ダミー	-		0.560**	1.75	-		-		-	
角地車両出入りダミー	-		-		-		-		-	
DID かつ商業地域ダミー	-		0.492**	1.64	-		-		0.554*	1.74
商業地域を除く DID ダミー	-		-		0.542*	1.72	-		-	
市街地部ダミー	-0.318*	0.728	-		-		-		-	
定数項	1.35**	3.87	0.458*	1.58	1.89**	6.60	0.581*	1.79	-1.09*	0.337
サンプル数	104									
対数尤度	-266.46		-157.77		-79.47		-123.15		-128.41	
Vuong 検定統計量	3.21**		6.17**		10.79**		10.93**		8.38**	

*5%有意，**1%有意

5.4 本章のまとめ

本章では，交差点部における事故発生要因について，交差点幾何構造に着目して分析を行ない，事故発生件数を被説明変数とした回帰分析よりその影響度を定量的に明らかにした．

まず，分析対象箇所として，事故データを保有している愛知県内から，人口や道路延長等を考慮した事故発生状況を確認した上で3つの分析対象都市を選定した．選定した都市において，交通量情報を把握可能な幹線系の道路相互が介する交差点を抽出し，航空写真を用いて幾何構造や交差点附属施設に関する情報をデータ化した．収集したデータは，地理情報システムを活用し，緯度経度情報をもとに事故データと空間結合することによって，分析用データベースを構築した．

次にこれらの都市における事故発生状況と交差点構造について統計分析を行なった．

事故発生状況については，分析対象交差点ごとの事故発生件数は概ね同様の分布でありながら，事故類型割合の比較からは，右左折事故と自転車事故の割合が異なる傾向を確認した．交差点構造に対しては，まず，3枝と4枝の交差点数の割合が都市間で異なっており，道路ネットワーク上での接続方式が異なることが確認された．一方，交差点幾何構造として主要な要素である，停止線間距離，交差角度，横断歩道セットバック量についても分析対象都市ごとに基本統計量や分布を確認した結果，分布形状に若干の違いが見受けられたものの，各種の統計的検定による確認の結果からは，有意差は確認されなかった．これらの結果から，分析対象都市間では事故類型別の発生割合には差異がありながらも，主要な交差点構造そのものには明確な違いがない状況にあるといえる．また，路面標示設置状況の確認結果から右折指導線が導入されている交差点が少ないことや，交差点角地において車両出入り可能な施設が数多く立地しているといった，交差点安全性向上に向けて検討すべき課題点もあわせて確認された．

最後に，負の二項分布回帰分析を行ない，交差点幾何構造が事故発生件数に対して与える影響について分析した．分析結果より，中心市街地といった交通量が多い交差点で事故発生件数が多いという従前からの知見を再確認すると共に，各種交差点構造も事故発生件数に対して有意に影響を及ぼしていることが確認された．特に，出会い頭，右左折，自転車といった交差点特有の事故類型については，幾何構造に関する説明変数が有意に抽出されており，交差点の安全性を検討する上で，幾何構造の検討が必須であることが定量的に明らかとなった．本分析において統計的影響度が確認された幾何構造要素には，停止線間距離および停止線間距離の差，右折専用車線の有無，横断歩道セットバック量などが挙げられる．停止線間距離や横断歩道セットバック量については，事故類型別の回帰分析結果においてパラメータの符号が逆転する結果となり，一方の事故類型に対して安全対策上有効であるが，他方の事故類型に対してはマイナス要因とも成り得る可能性が示唆された．

分析上の課題点として，まず，統計的信頼度を向上させるため，分析対象サンプル数を増加することが挙げられる．特に本分析で着目していた，交差角度や路面標示設置の有無，交差点角地での施設立地等は，サンプル数の偏りにより有意差が確認できなかった可能性は否定できず，今後より多くのサンプルデータを収集して検証する必要がある．

また，交差点における交通信号の影響も考慮する必要があるといえる．信号現示に関する情報は，感応式制御などの時間的変化や情報の機密性を考慮した場合，マクロ統計分析上で導入することは容易ではないが，信号現示の設定が利用者挙動に影響を与えていることは安易に想像がつく．これらについては今後の課題として位置づけたい．

また，本分析では安全性に対する影響度評価として事故発生件数を用いたが，交通事故発生の希少性を考慮すると，実際に発生した事故件数のみで影響度を評価することは，必ずしも正確な評価とは言えない．例えば，同一の道路交通環境下である2箇所の交差点では，潜在的安全性(あ

るいは危険性)は同一であると考えられるが，一方では事故が発生し，他方では事故が発生していないというケースが十分に想定される為である．このような点について検討するためには，道路構造や交通状況などの外部環境変化により，道路利用者挙動がどのように変化するかをより詳細に分析する必要があるといえる．本論文ではこれを次章にて検討する．

第6章 交差点構造が車両挙動へ与える影響からみた安全性評価

6.1 概要

第3章の集計分析結果からは，単路部に比べて交差点部での事故の方が，事故発生件数が多く，死亡や重傷事故につながる可能性が高いため，交差点部の事故削減が交通事故削減に対しての寄与度が高いことがわかった．また，信号と無信号で比較してみると，交差点部での事故件数になると無信号は信号の約2倍程度であるが，交差点付近になると信号交差点の方がやや多い傾向であったり，事故類型については，無信号の場合ほとんどが出会い頭事故であるのに対し，信号交差点は歩行者・追突・右左折など分散する傾向であったりと様々な課題が存在しているといえる．

また，第5章の交差点部幾何構造要素に関する回帰分析結果から，停止線間距離や横断歩道セットバック量といった各種の構造条件が事故発生件数に対しても統計的有意な関係にあることが明らかとなり，これらは交差点特有の事故類型に対して影響があることがわかっている．このように，信号交差点での事故発生は，道路構造や交通運用と関係があることは明らかであるが，事故の希少性を考慮した場合，事故発生頻度のみで安全性を評価することには限界がある．さらに，交差点での事故を正確に評価する場合には，事故当事者双方の進行方向やタイミングなどを考慮する必要があり，これらの分析は広域でのマクロ統計アプローチの範疇を超えるものである．

以上をふまえ，本章では，信号交差点での車両挙動に着目し，事故発生の背後にある個別の危険挙動に留意しつつ，各挙動に対して，交差点構造やその時の信号灯火状況などの道路交通環境との因果関係についてミクロな観点から分析する．

この時，信号交差点では各種の道路利用者や挙動がある中で，本研究では車両の右折挙動を対象とする．第2章でレビューした通り，信号交差点での車両挙動を道路交通環境要因から説明する研究についてはこれまで多くの蓄積があり，直進車や横断歩行者などについては多く分析がなされているものの，右折車両挙動については未だ明らかになっていない点が多々ある．具体的には，右折車の停止/通過判断挙動や発進反応，ギャップアクセプタンス挙動がこれにあたる．本研究では，これらに走行速度と走行軌跡も加え，信号交差点における一連の右折車両挙動を対象とし，各種の挙動が道路構造や交通運用によってどのように変化するのかを明らかにする．そして各挙動の分析結果を並列に評価し，個別の条件が各挙動に与える正負の効果を把握した上で総合的に評価することを試みる．

さらには，これらの構造的条件等により説明される車両挙動変化が安全性に対してどのように変化するかについても，定量的評価結果をもって検証されることが望ましい．そこで，道路交通条件から見た交差点の安全性評価を，代替性安全評価指標を用いて行う手法について論じる．

6.2 交差点における右折車両挙動のモデル分析

6.2.1 分析対象挙動の整理

交差点進入時から流出に至るまでの右折車両の主な挙動を整理してみると，図 6.2.1の通りである．まず，信号灯火をふまえた交差点進入時の状況により「通過」または「停止」を選択する．もし停止を選択した場合には，次の通過可能となる信号灯火まで待機し，やがて「発進」を行うこととなる．「通過」を選択した場合は，交差点内の「走行速度」や「走行軌跡」という挙動に移行する．さらに，信号現示が青丸現示であり，対向直進車が通過中の間隙をぬって走行することが許可されている場合には，「ギャップアクセプタンス」判断を行うこととなる．そして右折流出部に至り，交差点を通過していく．本章では，この5つのミクロな右折車両挙動を対象とし，それぞれの挙動に与える交差点構造条件や交通規制，交通状況の影響について明らかにする．

尚，この他の挙動として，もし先行する右折車が自車両に近接している場合に「追従」挙動が発生するケースや，進行方向と平行する横断歩道の歩行者用現示が青信号の場合，歩行者が横断している状況が伴えば歩行者間の間隙を通過あるいは横断歩道前で停止するという「歩行者のギャップアクセプタンス判断」を伴うケースなども考えられる．追従挙動については，例えば単路部における追従挙動など関連する既往研究の適用が可能であると考えられるし，また歩行者のギャップアクセプタンス判断については，左折時と比べて出現頻度が低く，歩行者側の挙動に依存する部分も大きいと考えられることから，本研究ではいずれの挙動も対象外として位置づけた．

図 6.2.1　信号交差点における右折車両挙動

6.2.2 右折時の通過停止判断挙動

(1) 分析概要

まず，信号切り替わり時の右折車両を対象に，ドライバーの意思決定がどのような道路構造・交通状況要因に基づき決定されているかについて，道路構造や交通運用からドライバーの判断を説明可能な通過停止判断モデルの推定結果より評価する．

図 6.2.2　右折車の通過停止判断

(2) 通過停止判断挙動の分析使用データ

分析には名古屋市内で実態観測調査を実施した4交差点・6流入部のデータを用いた(図 6.2.3, 表 6.2.1)．これらの交差点はいずれも左直現示の後に右折矢が単独で提示される右直分離型の現

示方式となっている．通常の信号交差点では，青丸のあとに右折矢が提示される4現示制御のケースが多いが，通過停止判断は，いずれのケースでも右折矢現示終了時のタイミングであるため，この現示方式の違いによる判断の差異は小さいと考えられる．観測データは，鈴木・中村(2006)で開発されたビデオ画像処理システムを用いて，信号切り替わり時の各時刻における右折車両の走行位置と速度のデータを収集した．停止通過判断挙動の分析対象としたデータについて，車両走行位置は，停止線より30m上流を最小値とし，カメラ画角より確認可能な範囲で上流側の位置より計測した．また，通過あるいは停止のタイミングは，右折矢現示から黄現示に切り替わる時刻より10秒前から全赤現示終了時までの時間中に，停止線を通過あるいは停止した車両を対象として抽出した．

(a)上更 交差点　(b)御器所通 交差点

(c)水主町 交差点　(d)熱田神宮南 交差点

図 6.2.3　右折通過停止判断の分析対象交差点(航空写真出典：Google Earth)

表 6.2.1　対象交差点概要と分析サンプル数

交差点名		上更		御器所通	水主町	熱田神宮南	
流入部方角		南	北	北	東	西	南
信号現示	サイクル長[sec]	150		140	160	155-160	
	青矢時間[sec]	13		15	17	24-33	15-17
	黄時間[sec]	3		2	4	3	3
	全赤時間[sec]	4		4	5	4	5
交差点構造	交差角度[deg]	90	90	100	115	120	60
	停止線セットバック量[m]	9	13	25	23	7	7
分析対象サンプル数	通過車両[台]	19	24	24	31	58	32
	停止車両[台]	11	15	12	10	34	21
	合計[台]	30	39	36	41	92	53

(3) 右折車両の停止選択モデル

右折車両が交差点に到達した際，通過または停止を選択する判断に影響する交差点構造や交通運用等の要因の特定および影響度を把握するため，停止選択判断挙動のモデル分析を行なう．黄開始時の停止選択判断を式(6.1)で示される二項ロジットモデルにより表現する．考慮した説明変数は，表 6.2.2に示す信号制御や交差点構造，車両ごとの状態量から選定した．

$$P_{stop} = \frac{\exp(V_{stop})}{\exp(V_{stop}) + \exp(V_{go})} = \frac{1}{1 + \exp(V_{go} - V_{stop})} \tag{6.1}$$

ここに，P_{stop}：交差点における右折車両の停止確率，である．

表 6.2.2　停止選択モデルにおいて考慮した説明変数

分類	検討した説明変数	備考
信号制御要因	サイクル長[s]	
	右青矢現示時間 [s]	
	黄現示時間 [s]	
	全赤現示時間 [s]	
	停止選択時に被る遅れ[s]	サイクル長－右青矢時間
交差点構造要因	停止線セットバック量[m]	
	交差角度[deg]	
	エンタリング距離[m]	停止線から交錯点までの距離
	横断歩道橋ダミー	
	高速道路橋脚（流入部）ダミー	
	高速道路橋脚（流出部）ダミー	
車両ごとの状態量	黄現示開始時の交錯点通過までの所要時間[s]	
	黄現示開始時の停止線までの所要時間[s]	
	停止時の必要減速度[m/s2]	$d = \frac{V^2}{2(L_1 - \tau V)}$ （$\tau = 0.7$sec）より計算
	大型車ダミー	
	車両追従ダミー	車間距離が 30m 以下のときを追従と定義
	対向右折車両の有無ダミー	

図 6.2.4　説明変数で考慮した道路構造要因

モデル推定結果を表 6.2.3に示す．最終的に統計的有意な結果が得られた説明変数として，停止線セットバック量，交差角度，および黄現示開始時の停止線までの所要時間が選定されており，信号制御に関する要因は抽出されなかった．自由度調整済み尤度比や通過停止選択の的中率の算出結果より，本モデルは比較的高い適合度を有しているといえる．

抽出された説明変数群より，右折ドライバーの停止選択挙動と影響要因の関係については以下の通り解釈できる．

- 右折ドライバーは，黄現示開始時の停止線までの所要時間が長いほど停止を選択する．
- 黄現示開始時の所要時間については，交錯点を通過までの時間ではなく，停止線に至るまでの時間の方が，モデルの説明性が高かったことから，右折ドライバーは停止線通過の可否により通過/停止の選択を判断していると考えられる．
- 停止線セットバック量が大きいほど，インターグリーン中の通過が困難となり，停止を選択する傾向にある．
- 交差角度が大きくなるほど直進に近い形となり，走行性が向上するため，ドライバーは通過を選択しやすい傾向にある．ただし，交差角度のみ有意確率が5%有意とはならなかった．

尚，信号制御に関する要因は抽出されなかったが，これには，分析対象交差点における信号現示設定において，黄現示や全赤現示の時間設定が類似した傾向にあり，秒数の設定間隔の範囲が狭いことが要因の一つと考えられる．また，考慮した説明変数の中でも，エンタリング距離や追従状態，対向右折車の影響などは，統計的有意性が確認されなかったことから，右折現示中の右折ドライバーは他者の影響を受けずに，自身の判断を行っている可能性が示唆される．

表 6.2.3　右折専用現示における停止選択モデルの推定結果

説明変数	係数	t 値
黄現示開始時の停止線までの所要時間[s]	0.918	8.07**
停止線セットバック量[m]	0.0907	3.27**
交差角度[deg]	-0.0113	-1.50
定数項	-5.13	-5.55**
自由度調整済み尤度比　$\bar{\rho}^2$		0.360
的中率 [%]		82.7
サンプル数		306

**1%有意(t=2.58)

6.2.3 右折時の発進反応時間

(1) 分析概要

本分析では，右折専用現示前後のインターグリーンにおける車両の発進挙動を対象として分析を行う．図 6.2.5に示す通り，右折専用現示の点灯時および終了時には，2種類の発進挙動と関連する交錯が存在する．右折専用現示の開始時に発進する右折車は，直進現示終了時の最終対向直進車の交錯の影響を受ける．右折専用現示の終了時には，最終右折通過車両の交錯影響を受けながら，交差側直進車両が発進する．本節では，右折専用現示の開始時に発進する先頭右折車をエンタリング右折車(図 6.2.5(a))，右折専用現示の終了時に発進する先頭直進車を交差側直進車(図 6.2.5(b))と呼ぶこととし，それぞれについて分析を行う．

(a) 右折専用現示前のインターグリーン　　(b) 右折専用現示後のインターグリーン

図 6.2.5　右折専用現示前後での車両相互の交錯と発進反応挙動

(2) 発進反応時間の分析使用データ

分析対象交差点の概要を図 6.2.6に，使用したサンプル数を表 6.2.4に示す．通過停止判断の挙動分析と同様，観測データはビデオ画像処理システムを用いてデータを収集した．また，分析対象交差点は，通過停止挙動分析時と同様に右直分離型の現示方式である．

信号切り替わり時の右折発進時においては，脇見等の他の要因にて発進時に遅れを伴う場合や交差点空間の広さその他等の要因により，停止線に対して過度に前後するといった影響が含まれる可能性がある．分析の上ではこれら影響を対象外とし，発進反応時間(Start-up Response Time; SRT，以下SRT)と停止線からの車両停止位置までの距離に一定の閾値を設定し，閾値外のサンプルデータを除外した．本研究ではこの閾値として，発信反応時間は5秒，停止線からの距離として2σを設定することとし，SRTが-5～+5[s]，停止線からの位置が-2σ～+2σ[m]の範囲のサンプルを分析対象とした．外れ値として除外したサンプル数を表 6.2.5に示す．分析から除外したサンプルの挙動は，その多くが右折矢点灯前に低速にて発進する車両であった．また，停止線からの位置については，停止線位置を超過して停止する車両が多く確認された．

(a)上更　交差点

(b)小川　交差点

(c)御器所通　交差点

(d)水主町　交差点

(e)熱田神宮南　交差点

図 6.2.6　右折発進反応時間の分析対象交差点(航空写真出典：Google Earth)

表 6.2.4　発進挙動分析の対象サンプル数

交差点名	流入部（右折）	対象サンプル数（交錯抽出）			
		エンタリング右折車	合計	クリアランス右折車	合計
上更	西	25	68	23	73
	南	23		26	
	北	20		24	
小川	東	22	33	-	11
	南	11		11	
御器所通	南	17	39	5	33
	北	22		28	
水主町	東	35	136	40	103
	西	35		14	
	南	26		40	
	北	40		9	
熱田神宮南	西	-	47	94	207
	南	31		48	
	北	16		65	
合計			323		427

表 6.2.5　分析対象から除外したサンプルの内訳

	観測サンプル数	SRT外れ値*		停止線外れ値*		最終サンプル数
		+	-	+	-	
エンタリング右折車	344	0	10	2	10	323
交差側直進車	449	1	5	9	10	427

*SRT と停止線が共に外れ値に該当するサンプルも含まれる

(3) 右折車両及び交差側直進車の発進反応時間推定モデル

道路構造や交通状況により発進反応時間への影響が及ぶことについて，モデル分析により明らかにする．モデル化にあたっては，エンタリング右折車と交差側直進車を別々に構築する．

SRT観測値の累積分布形状を確認した結果をふまえ, SRTのばらつきにはワイブル分布を仮定し, 3つのパラメータは説明変数の線形和により表現されることとする(式(6.2)(6.3))．各分布パラメータについて，αは形状パラメータであり分布のばらつきを示す．この値が大きい場合には，分布は後半部分に移行する．同様にβは尺度パラメータであり分布のシフト量を示し，大きいほど確率分布の頂点部が右下に移動する．γは位置パラメータであり，分布の立ち上がり位置を示す．これらのワイブル分布のパラメータに関する分布の変化については図 6.2.7に示す．

また，モデルの説明変数として考慮した変数群を表 6.2.6に示す．

$$f(t)=\frac{\alpha}{\beta}\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha-1}\exp\left(-\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha}\right) \tag{6.2}$$

$$\alpha = \alpha_0 + \alpha_1 x_1^{\alpha} + \cdots + \alpha_n x_n^{\alpha}$$
$$\beta = \beta_0 + \beta_1 x_1^{\beta} + \cdots + \beta_n x_n^{\beta} \tag{6.3}$$
$$\gamma = \gamma_0 + \gamma_1 x_1^{\gamma} + \cdots + \gamma_n x_n^{\gamma}$$

ここに，$f(t)$: t[s]経過した場合の車両の発進確率, α: 形状パラメータ;分布のばらつき, β: 尺度パラメータ;分布のシフト量(大きいほど確率分布の頂点が右下に移動), γ: 位置パラメータ;分布の立ち上がり位置，である．

図 6.2.7　ワイブル分布のパラメータ変化

表 6.2.6　発進反応時間分布推定モデルで考慮した説明変数群

分類	検討する説明変数
信号制御要因	黄現示時間 [s]
	全赤現示時間 [s]
交差点構造要因	停止線セットバック量 [m]
	エンタリング距離 [m]
車両ごとの状態量	最終通過車両が停止線通過から交錯点位置までにかかる所要時間[s]
	大型車ダミー

エンタリング右折車と交差側直進車それぞれについてのモデル推定結果を表 6.2.7に示す．モデルの適合度指標について，エンタリング右折の自由度調整済み尤度比は0.2未満となっており，若干低い値ではあるが一定の説明力を有しているものといえる．

抽出された説明変数の係数の符号から，右折車については停止線セットバック量が大きいほど発進タイミングが早くなり，全赤時間が長いほど遅くなっているといえる．一方，交差側の直進

車については，エンタリング距離が長いほど，また，最終右折車の交錯点までに到達する時間が長いほど，発進のタイミングが早くなる傾向を示している．推定結果では，大型車ダミーの説明変数が正の係数にて統計的に有意と判定されているが，大型車が全サンプル中に占める割合は全体の10%以下程度であり，その傾向も交差点ごとに大きく異なっていたことをふまえると，一般的な傾向とまで断言できない可能性があり，サンプル数を増やして今後確認する必要がある．

また，右折車と直進車の推定結果を比較してみると，抽出された説明変数は形状パラメータ，尺度パラメータ，位置パラメータの順に，車両条件，空間要因，時間要因となっており，説明変数の種別が同一のモデル構造となっている特徴がある．さらに，尺度パラメータと位置パラメータについては，右折車側では交錯する発進直進車の影響を受けない説明変数であるが，直進車側では交錯する最終右折通過車両との関係により値が変動する説明変数となっている．

以上の結果より，右折専用現示で発進する右折車に対しては，交錯する直進車両の影響よりも交差点構造や信号現示時間長といった条件が大きく作用しているものと考えられる．逆に，右折専用現示終了後の交差側直進車両の発進には，最終通過する右折車両との時間的・空間的な間隔の影響を受けて発進を行っているといえる．

表 6.2.7　発進反応時間分布推定モデルの推定結果

パラメータ	説明変数	エンタリング右折車	交差側直進車
形状パラメータ α	大型車ダミー	5.08 (1.97)*	-4.52 (-4.47)**
	定数項	7.64 (6.89)**	8.68 (5.23)**
尺度パラメータ β	停止線セットバック量[m]	-0.0466 (-5.63)**	-
	エンタリング距離[m]	-	-0.0326 (-3.98)**
	定数項	9.04 (7.65)**	9.92 (5.81)**
位置パラメータ γ	全赤時間[s]	0.0816 (2.26)**	-
	最終通過右折車の交錯点までの所要時間[s]	-	-0.203(-4.02)**
	定数項	7.31 (6.22)**	8.37 (4.88)**
自由度調整済み尤度比		0.131	0.255
サンプル数		323	427

(4) 発進反応時間推定モデルの感度分析

モデル分析結果から主たる影響要因として特定された，車種，停止線セットバック量および右折矢現示前の全赤時間について感度分析を実施した．感度分析における設定値は，実挙動観測データより得られた最大値と最小値を参考に表 6.2.8に示す値にて設定することとした．

表 6.2.8　発進反応時間の感度分析における設定値

項目	設定値
車種	普通車/大型車
停止線セットバック量	20/25/30/35/40 [m]
全赤時間	2/3/4/35/6 [sec]

分析結果を図 6.2.8から図 6.2.10に示す．まず，全体的な傾向として，右折矢開始時に発進開始した時間，つまりSRT=0secである状況が全体の約6割程度であり，これらは直進や左折と分離された右折車の発進反応時間としては妥当であると考えらえる．つまり半数以上のドライバーは，直進・左折現示が終了間際に既に発進またはその準備をとっている状況を示している．

車種による違いについては，大型車ほど反応時間の分散が小さい．これは大型車ドライバーの方が，信号現示の切り替わりに対して留意しており，かつ忠実に従っている傾向がある状況といえる．その他の要因については，停止線セットバック量や全赤時間が長いほど，発進反応時間がマイナス側に分布が移動しており，いわゆるフライング発進が増加する傾向が確認された．特に停止線セットバック量の感度が高く，広い交差点内空間が危険挙動を誘発する可能性があることを示唆している．

図 6.2.8　車種の違いによる発進反応時間の変化

図 6.2.9　停止線セットバック量の違いによる発進反応時間の変化

図 6.2.10　右折矢現示前の全赤現示時間の違いによる発進反応時間の変化

6.2.4 右折走行速度

(1) 分析概要

交差点右折時の安全性評価において車両走行速度の評価は重要な要素であり，本研究ではモデル分析によりこれを明らかにする．まず，交差点通行時の任意の時刻における走行速度の変化を確認するため，観測調査結果より得られた時系列の速度データより速度プロファイルの概形を確認する．そして，走行速度は，交差点の構造条件や交差点内に進入するときの通行状況により強い影響を受けるという仮説の下，各要因を説明変数とした右折車の走行速度プロファイルモデルを推定することにより，それらが走行速度に与えている影響について評価する．

図 6.2.11　交差点通行時の右折車の走行速度

Wolfemann et al. (2011) では，交差点を自由走行にて右折した実走行車両挙動データの分析結果から，速度プロファイル概形が3次関数曲線にて表現可能であることが示されている．本研究でも上更交差点西流入部からの右折自由走行時の速度について検証したところ，図 6.2.12に示す通り，概ね流入側と流出側の2つの3次関数曲線にて表現が可能であることが確認された．よって，本分析においても，観測調査より収集した挙動データをもとに，3次関数曲線により速度プロファイルを表現することとする．

自由走行時の右折速度プロファイル定式化も，Wolfemann et al. (2011)の研究に倣い，図 6.2.13

に示す通り考える．流入速度v_{in}から最小速度v_{min}まで減速した後，加速して流出速度v_{out}で流出する．ここで，交差点進入時と交差点通過後の速度は一定であると考え，加速度a_{in}およびa_{out}は0と仮定する．また，加速時(流出側)と減速時(流入側)の変動は対称ではないことから，最小速度t_{min}を境界として自由走行プロファイルを流入・流出に分割して表現する．

図 6.2.12　上更交差点・西流入部における右折自由走行時の速度プロファイル

図 6.2.13　右折自由走行車両の速度プロファイルと 3 次関数曲線への近似

3次関数曲線により近似される速度プロファイルを式(6.4)に示す．流入側と流出側はプロファイル概形が異なることから，これをkの値(=in/out)により2種類の曲線として区別する．

今，境界条件として流出入部と最小速度位置における加速度を0と仮定し，さらに流出入部の速度を所与として与えた場合，プロファイルの特定には$c_{1,k}$および最小速度v_{min}が必要となる．そこで，この2つの未知パラメータが交差点の幾何構造や走行車両特性によって変化すると考えることにより，確率的な変動を伴った車両速度プロファイルとして表現する(図 6.2.14).

$$
\begin{aligned}
v_i &= c_{1,k}t_i^3 + c_{2,k}t_i^2 + c_{3,k}t_i + c_{4,k} \\
a_i &= 3c_{1,k}t_i^2 + 2c_{2,k}t_i + c_{3,k}
\end{aligned}
\tag{6.4}
$$

ここに，k=(in, out); 流出入プロファイルの区別，i=(in, min, out); プロファイル上の境界条件位置の区別，である．

さらに，この速度プロファイルを後述する走行軌跡と関連付けておくため，図 6.2.15に描くように，最小速度となる位置x_{min}を，走行軌跡の曲線部分の開始地点からの距離で定義しモデルに組み込む．これより，交差点内における右折挙動を時空間上で再現し，評価することが可能となる．

図 6.2.14　速度プロファイルの境界条件とモデル化を行うパラメータ

図 6.2.15　速度モデルと軌跡モデルの関連付け(最小速度とその速度となる位置)

(2) 右折車両の走行速度推定モデル

モデル化は各データの車両1台ごとの観測速度プロファイルデータを取得し，流入と流出に分割した上で，最小二乗法によって2本の曲線の回帰モデルを求めることで，車両1台ごとの$c_{1,in}$，$c_{1,out}$およびv_{min}が導かれる．また，v_{min}を算出すると同時に，その時の位置x_{min}についても算出が可能となる．

分析対象とした交差点及びモデル推定に用いた観測サンプル数を表 6.2.9に示す．また，車両1台ごとに算出した$c_{1,in}$，$c_{1,out}$，v_{min}，x_{min}の分布を図 6.2.16，図 6.2.17に示す．分布形の確認結果より，$c_{1,in}$，$c_{1,out}$については左右非対称形であるためガンマ分布を，v_{min}，x_{min}には正規分布を仮定してそれぞれ，確率分布を決定するパラメータxを，説明変数X_iによる線形多項式で推定することによりモデル化を行う(式(6.5))．モデルに組み込む説明変数候補は，図 6.2.18に示す要因とした．

$$x = \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \cdots + \alpha_n X_n \tag{6.5}$$

表 6.2.9　右折走行速度分析に使用した観測サンプル数

交差点名	流入部方角	観測サンプル数[台]
上更	北	12
	西	49
小川	東	7
御器所	北	16
水主町	北	12
	南	18
	東	6
熱田神宮南	北	8
合　計		128

図 6.2.16　速度プロファイル曲線における C_{in},C_{out} の分布

図 6.2.17　速度プロファイル曲線における v_{min} と x_{min} の分布

図 6.2.18　右折走行速度プロファイル推定モデルにて考慮した説明変数

以上の4つの各パラメータについて，それぞれ最尤法によりパラメータ推定した結果を表 6.2.10，表 6.2.11に示す．

まず，プロファイルの概形を決定する要因である$c_{1,in}$，$c_{1,out}$では，流入速度と交差角が影響要因として統計的有意に作用していることがわかる．ガンマ分布では形状パラメータαが大きいほど，期待値と分散が大きくなる傾向にあることから，流入速度が高いほどこの傾向が大きくなることが表現されている．また，v_{min}の推定結果においては，右折時交差角度に関する説明変数の係数が正の値となっていることから，交差角度が大きくなるほど，最小速度の期待値とそのばらつきが大きくなる傾向にあるといえる．x_{min}については，流入速度と右折時交差角度が大きく，また流入ハードノーズの距離が離れているほど，最小速度となる位置が曲線開始点から遠ざかり，ばらつきも大きくなっていると理解できる．交差点規模に応じて最小速度となる位置が変化していることが表現されていると同時に，交差点内の空間が広い場合には挙動のばらつきが増大する可能性を示唆する結果ともいえる．

表 6.2.10　右折走行速度プロファイルの C_{in},C_{out} のパラメータ推定結果

パラメータ	説明変数	$c_{1,in}$　$X \sim \Gamma(\alpha, \beta)$ 係数(t 値)	$c_{1,out}$　$X \sim \Gamma(\alpha, \beta)$ 係数(t 値)
α	流入速度[m/sec]	0.320 (4.67)**	0.0275 (1.75)
	右折時交差角度[deg]	-0.0150 (-2.85)*	0.0108 (2.51)*
β	右折時交差角度[deg]	0.000334 (5.52) **	-0.000228 (-3.06) **
	IP 点から中央分離帯までの距離(流出側)[m]	-	0.00222 (5.00) **
対数尤度		149.81	192.78
サンプル数		70	89

表 6.2.11　右折走行速度プロファイルの v_{min} およびその位置 x_{min} のパラメータ推定結果

パラメータ	説明変数	v_{min}　$N(\mu, \sigma)$ 係数(t 値)	x_{min}　$N(\mu, \sigma)$ 係数(t 値)
μ	流入速度[m/sec]	0.488 (14.13) **	0.917 (4.27) **
	右折時交差角度[deg]	0.0236 (4.37) **	0.150 (3.28) **
	IP 点から中央分離帯までの距離(流入側)[m]	0.0325 (2.96) **	0.218 (2.96) **
σ	流入速度[m/sec]	0.0261 (1.91)	-0.438 (-2.26) *
	右折時交差角度[deg]	0.00689 (2.74) **	0.0975 (2.38) *
	IP 点から中央分離帯までの距離(流入側)[m]	-	0.101 (1.75)
対数尤度		-103.32	-273.07
サンプル数		84	83

(3) 走行速度推定モデルの感度分析

走行速度プロファイルを決定する説明変数として選定された3つの変数が与える影響度合いについて，感度分析により確認する．

感度分析において検証する各種説明変数の設定値は，実挙動観測データより得られた最大値と最小値を参考に，表 6.2.12に示す数値とした．これら設定値の中間値を基準として，交差点構造条件の変化に伴う影響度を見る．尚，交差点進入時から通過時までの速度プロファイル概形の特定には，流入側曲線3次係数($C_{1,in}$)，流出側曲線3次係数($C_{1,out}$)，最小速度の3つのパラメータ特定が必要となる．よってこれら3つのパラメータについての変化を確認する．

表 6.2.12　走行速度の感度分析における設定値

項目	設定値
流入速度	20/25/30/35/40 [km/h]
交差角度	60/75/90/105/120 [deg]
IP 点から中央分離帯までの距離	20/25/30/35/40 [m]

(a) 流入側曲線 3 次係数($C_{1,in}$)

流入速度および交差角度が変化した場合の流入側曲線の3次係数の変化を図 6.2.19および図6.2.20に示す．図より，流入速度の変化に応じて3次係数が大きく変化しているのに対し，交差角度の変化に対しては感度が低いことがわかる．右折時前半の車両走行速度は流入速度の要因が支配的であるといえる．交差角度に着目すると，感度は流入速度に比べて低いものの，交差角が鋭角である場合に比べて，鈍角の方が係数のばらつきが大きくなることも理解される．

(b) 流出側曲線 3 次係数($C_{1,out}$)

次に，流出側曲線の3次係数について確認した結果を図 6.2.21から図 6.2.23に示す．流入側と同様に，交差角度は，流入速度やIP点から中央分離帯までの距離と比べて感度が低いことがわかる．流入速度とIP点から中央分離帯までの距離で比較してみると，いずれも流入速度が低い方が，また，IP点から中央分離帯までの距離が短い方が，3次係数の値の大きさとばらつきが抑制される傾向は同様といえる．しかし，係数の値のばらつきを見てみると，流入速度の方では，分布が概ね0.0から0.45程度までに分布が収束しているのに対し，IP点から中央分離帯までの距離の方では，距離が長くなることにより値がとり得る範囲も広くなっている．流出側の最小速度点からの速度回復の程度に対しては，中央分離帯までの距離が大きく作用していることが理解できる．

(c) 最小速度

最後に，最小速度について見てみると(図 6.2.24～図 6.2.26)，最も感度が高い項目は流入速度であることがわかる．また，IP点から中央分離帯までの距離の分散が収束傾向にあるのに対し，流入速度の変化は最小速度の値の変化に対して直接的に影響しているといえ，流出側曲線の3次係数とは逆の傾向となっている．また，交差角度も感度が比較的高い傾向にあるといえ，累積分布の立ち上がり位置は概ね同一の位置にあるが，その後のとり得る最小速度値の広がり方は交差角度が鈍角であるほど大きくなる傾向にある．

図 6.2.19　流入速度の変化に伴う流入側曲線 3 次係数の変化

図 6.2.20　交差角度の変化に伴う流入側曲線 3 次係数の変化

図 6.2.21　流入速度の変化に伴う流出側曲線 3 次係数の変化

図 6.2.22　交差角度の変化に伴う流出側曲線 3 次係数の変化

図 6.2.23　IP 点から中央分離帯までの距離の変化に伴う流出側曲線 3 次係数の変化

図 6.2.24　流入速度の変化に伴う最小速度の変化

図 6.2.25　交差角度の変化に伴う最小速度の変化

図 6.2.26　IP 点から中央分離帯までの距離の変化に伴う最小速度の変化

6.2.5 右折走行軌跡

(1) 分析概要

信号交差点での右折走行時は，左折走行時よりも走行空間上の余裕があることから，ドライバーごとの軌跡のばらつきも多く安全対策上の配慮が必要である．本分析では，車両進入条件や交差点構造からこの右折走行軌跡を予測するモデルを構築する．このとき，安全性評価を評価する上では，軌跡の形状のみならず各走行軌跡のばらつきも重要な要素であると考え，これを再現可能とする方法を検討する．

図 6.2.27　交差点右折走行時の軌跡のばらつき

交差点内における右折車両の走行軌跡に関して，鈴木ら(2009)やAlhajyaseen et al. (2011)では，実観測データに基づく走行軌跡を円弧とクロソイド要素にて近似することにより表現している．本研究でもこれらの研究成果に倣い，まず実走行軌跡データを収集した上で，これらの線形要素に近似が可能か検証する．

分析単純化のため，対象車両は周辺車両の影響を受けず，また交差点内で車線変更を行わない自由走行車両とする．車両走行軌跡の観測データは，他の挙動分析と同様にビデオ画像処理システムを用いて1/30秒ごとの位置情報を取得し，隣接する地点間の位置座標をもとに補完推定を行うことで，速度に関するデータを算出した．また，車両走行時の内輪差の影響も考慮するため，個別の車両形状を設定した上で，車両重心位置を二次元平面上で特定することにより，これらの影響を考慮することとした．

収集したデータより，走行距離-曲率図を作成し，曲率変化が一定となる直線，円弧，クロソイドにより近似する(図 6.2.28)．特に，右折走行時は，左折時に比べて走行空間的な余裕が大きく，ドライバーは緩やかなハンドル操作で走行が可能であることから，クロソイドと円弧による近似は有効であると考えられる．距離-曲率図より最小曲線半径R_{min}およびクロソイドのパラメータA_1，A_2が算出された後には，進入方向と流出方向の直線区間を基準として，その交点となるIP点及び交差角を決定し，先に算出した線形要素をもとに，変化点のBC点，EC点を計算する．以上の手法によって走行軌跡が特定される(図 6.2.29)．

図 6.2.28　補間推定後の右折走行軌跡の距離-曲率図

図 6.2.29　線形要素と変化点の推定による右折走行軌跡の特定

(2) 実挙動データに基づく検証

分析対象交差点の概要と収集したサンプルデータ数について，以下より示す．サンプル数は十分に多い数とは言い難いものの，様々な交差点構造での挙動データを収集できているといえる．

(a)上更　交差点　　(b)小川　交差点　　(c)御器所通　交差点

(d)水主町　交差点　　(e)熱田神宮南　交差点　　(f)桜山　交差点

図 6.2.30　右折走行軌跡 分析対象交差点(航空写真出典: Google Earth)

表 6.2.13　分析対象交差点構造概要

交差点名	流入部	車線数		右折交差角 [deg]	交差点中心*から中央分離帯までの距離 [m]		中央分離帯ノーズ付近のゼブラ	路面標示の有無(1:あり，0:なし)
		流入	流出		流入部	流出部	流入部	流出部
上更	西	3	3	88	24.3	26.5	1	1
	北	5	3	90	22.9	22.7	1	1
小川	東	5	5	70	48.5	33.4	1	1
御器所通	北	4	3	99	24.0	20.4	1	1
水主町	東	4	3	120	37.3	17.3	1	1
	南	5	3	68	29.8	28.3	1	1
	北	5	3	88	21.6	29.7	1	1
熱田神宮南	北	5	4	63	19.3	21.4	1	1
桜山	南	4	3	86	22.9	29.2	0	0

*中央分離帯中心線位置の延長線同士の交点

表 6.2.14　挙動データサンプル数

交差点名	調査時間帯	右折車	
		流入部	合計
上更	2013/7/25(木)16:00-19:00, 2013/7/25(木)7:00-10:00	西	46
		北	12
小川	2013/8/1(木)16:00-19:00, 2013/8/2(金)7:00-10:00	東	7
御器所通	2013/7/30(火)16:30-19:30, 2013/7/31(水)8:30-10:30	北	16
水主町	2013/8/6(火)17:00-19:00, 2013/8/7(水)7:00-10:00	東	3
		南	18
		北	12
熱田神宮南	2009/7/21(火)7:00-10:00	北	10
桜山	2008/12/4(木)7:20-10:20	南	6
合　計			136

(3) 右折車両の走行軌跡推定モデル

車両の進入条件や交差点幾何構造による右折走行軌跡への影響をモデル分析により把握する．まず，3つの線形要素が，これらの要因を説明変数とした重回帰モデルにより表現されるものとして，モデル推定を行った．

$$A_1 = \alpha_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \cdots + \alpha_n X_n \tag{6.6}$$

$$R_{min} = \beta_0 + \beta_1 Y_1 + \beta_2 Y_2 + \cdots + \beta_n Y_n \tag{6.7}$$

$$A_2 = \gamma_0 + \gamma_1 Z_1 + \gamma_2 Z_2 + \cdots + \gamma_n Z_n \tag{6.8}$$

ここに，A_1，A_2：クロソイドパラメータ[m]，$R_{\min}$：最小曲線半径 [m]，α, β, γ：各説明変数の推定パラメータ，X, Y, Z：説明変数である．

考慮した説明変数としては，右折交差角度，IP点からの距離(中央分離帯ノーズ端までD_{HN}，停止線までD_{SL}，中央分離帯部分におけるゼブラ標示末端までD_{SN})，路面標示の有無を示すゼブラ路面標示ダミー，流入位置と流出位置，交差点中央部における各走行速度，右折走行時の最小速度を候補説明変数とした(図 6.2.31).

図 6.2.31　走行軌跡線形要素推定モデルにおいて考慮した説明変数

推定された重回帰モデルの結果を表 6.2.15に示す.

まず，各要素に共通して有意な要因として選定されているものに右折時の最小速度があり，計数が正となっていることから，最小速度が高いほど，線形要素の値が大きくなり緩やかな軌跡となっている．交差点進入時の状況としては，その他に流入前や流出後の走行速度も試算したが，統計的に有意な説明変数とはならなかったが，この理由には，円弧区間中の速度と比較して，値のばらつきが大きいためと考えられる．

交差点構造条件としては，流入側と流出側の各クロソイド曲線部に対して，IP点から中央分離帯までの距離が，有意な説明変数となっている．このほかの候補変数としていた，停止線までの距離D_{SL}やゼブラ標示末端までの距離D_{SN}については，中央分離帯までの距離D_{HN}よりも適合度が低かった．また，路面表示の有無に関しても統計的な有意性が確認されなかったことをふまえると，交差点内での構造的な影響度が走行軌跡に与える影響が大きいことが示された結果であるといえる．一方，経験的には，交差点における路面標示設置が，走行軌跡に対しては何らかの影響を及ぼすものと考えられることから，今後，分析対象データをより多く取得した上で，精査していく必要がある．

表 6.2.15　重回帰モデルによる線形要素パラメータ推定モデルの推定結果

線形要素パラメータ		クロソイド 1 A_1	円弧 R_{min}	クロソイド 2 A_2
説明変数		係数(t 値)	係数(t 値)	係数(t 値)
定数項		6.09(2.76) **	-13.03(-3.35) **	6.81(1.83)
右折時の最小速度 v_{min}[m/s]		0.985(3.24) **	2.08(5.66) **	0.611(3.01) **
右折時の交差角度[deg]		-	0.203(6.61) **	-
右折時の最小半径 R_{min}[m]		0.186(2.76) **	-	0.313(4.69) **
IP 点から中央分離帯までの距離[m]	流入側 D_{HN_IN}	0.235(5.93) **	-	-
	流出側 D_{HN_OUT}	-	-	0.188(1.74)
$Min(D_{HN_IN}, D_{HN_OUT})$[m]		-	0.105(1.41)	-
R^2 値		0.416	0.393	0.366
サンプル数		136		

以上の重回帰分析結果から，走行軌跡に対して交差点構造が影響していること，右折時の最小速度が各線形要素に有意に作用していることなどが確認された．しかし，右折走行速度において分析した通り，最小速度は交差点流入時の速度や交差点構造によって異なり，また確率的にも変動する．この結果をふまえ，確率分布で与えられる最小速度を内包した形で，最小曲線半径のばらつきをも表現するモデルを構築する．このことは同時に，同一の最小速度で進入した場合にも軌跡のばらつきが生じることを表現可能ともいえる．

モデル化にあたっては，式(6.9)に示すワイブル分布にて表現し，最小曲線半径R_{min}を推定するモデルを考える．尚，最小速度と最小曲線半径が特定されることで，重回帰モデルからクロソイド区間を特定し，全線形要素を特定することができる(図 6.2.32).

$$f(x)=\frac{\alpha}{\beta}\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1}\exp\left(-\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha}\right) \tag{6.9}$$

ここに，α; 形状パラメータ，β; 尺度パラメータ，である．

図 6.2.32　走行軌跡線形要素推定モデルのモデル構造

モデル説明変数には，先の重回帰モデルの推定結果をふまえ，右折時の交差角度，IP点から中央分離帯までの距離，最小速度を候補変数とし，最尤法によりパラメータを推定した．表 6.2.16の推定結果から，モデルの適合度を示す自由度調整済み尤度比はやや低いものの，パラメータのt値はいずれも5%有意となり，一定の説明力を有しているといえる．有意な変数として確認された項目とその係数の符号より，右折時の交差角度や右折走行時の最小速度が大きいほど，最小曲線半径のばらつきが大きくなり，結果として走行軌跡のばらつきにも影響することが示されたといえる．

表 6.2.16　右折走行時最小曲線半径推定モデルの推定結果

パラメータ	説明変数	係数(t 値)
形状パラメータ α	右折時の交差角度[deg]	0.0282(2.70)*
	IP 点から中央分離帯までの距離 Min(W1, W2)[m]	0.0807(2.15)*
尺度パラメータ β	右折時の交差角度[deg]	0.162(4.94)**
	右折時の最小速度 $v_{\min}$[m/s]	1.43(3.80)**
自由度調整済み尤度比		0.127
サンプル数		136

(4) 走行軌跡推定モデルの感度分析

推定された走行軌跡推定モデルにおける最小曲線半径推定モデルについて，感度分析を行う．走行軌跡モデルでも説明変数群は走行速度モデルと同様であるが，流入速度を交差点内通行時の最小速度と見なし，表 6.2.12に示す値を用いて感度分析を行った．

分析結果を図 6.2.33～図 6.2.35に示す．まず，IP点から中央分離帯までの距離は，他の2つの説明変数と比べて非常に感度が低いことが理解できる．走行速度に対して中央分離帯までの距離の影響は大きかったが，走行軌跡に対しては最小速度や交差角度が与える影響が大きい．交差角度の変化に関する累積頻度に着目してみると，どの交差角度においても概ね最大値と最小値の差が5m程度と同一の広がりとなっている．すなわち，本モデルで推定される曲線半径のばらつきは，交差角度単独の影響分は比較的少ないものの，走行速度の変化による影響が加わることでそのばらつきが大きくなることを表現しているといえる．

図 6.2.33　最小速度の変化に伴う最小曲線半径の変化

図 6.2.34　交差角度の変化に伴う最小曲線半径の変化

図 6.2.35　IP 点から中央分離帯までの距離の変化に伴う最小曲線半径の変化

6.2.6 右折時のギャップアクセプタンス判断

(1) 分析概要

信号交差点における右折車特有の判断，挙動として，青丸現示中に対向直進車の間隙をぬって右折通行するギャップアクセプタンス判断挙動がある．この挙動は同一現示内にて交錯する右折車と直進車の通行権が許可されている挙動であるが故，安全性を評価する際にも重要な挙動である．また，対向直進車が 1 車線ではなく複数車線となる場合には特に，安全上の判断が困難になることが予想される．本研究では，このギャップアクセプタンス判断と道路構造との関係について，車両挙動データをもとに分析を行なう．

図 6.2.36　右折車のギャップアクセプタンス判断挙動

(2) 分析上の着目点

まず，交差点における右折車のギャップアクセプタンス判断を，対向直進車が 1 車線の場合で考える(図 6.2.38 左)．対向直進車は常に 1 列をなしており，待機する右折車に対して順番に到着することから，直進車の前後の位置関係のみに対しての判断事象となる．このとき，右折ドライバーは，個々の保有する安全と判断するギャップ長以上のギャップが出現した場合に，そのギャップを受容して通過判断を行い，安全と判断するギャップ長未満の場合には，そのギャップを棄却して次のギャップの到来を待つ．この判断挙動が，従来からギャップアクセプタンス理論として提唱されてきた考え方である．もし，対向直進車の交通状況が前方車両の影響を強く受けないような非飽和状態である場合，直進車両は個々のもつ希望速度にて走行することが想定され，時間によってギャップ長が変化する．そのため，ドライバーのギャップアクセプタンス判断は，右折車と対向直進車の通行位置により決定される交錯点位置よりも交差点上流側の付近から予測判断を行っていることが想定される．

この一連の判断挙動を，直進車線が多車線である場合に拡張してみると，ギャップを探索する段階では道路横断方向の確認作業が加わり，ギャップ到着予測の時点においても，車線が増加した分，予測の不確実性が増大する．つまり，対向直進車線数が 1 車線である場合と比べて，通過判断のための情報の負荷や予測不確実性が増大する分，複数車線の場合にはより複雑な判断挙動となる．交差点の安全性を検討する上では，この判断の不確かさの増大を評価することは極めて重要であると考えられ，本分析においては，この対向直進車線数による危険性増大を評価することを目的としてモデル分析により定量的に評価を行う．

図 6.2.37　右折ギャップアクセプタンス挙動における意思決定判断プロセス

図 6.2.38　対向直進車線数が 1 車線と多車線の場合のギャップアクセプタンス判断

(3) 挙動データ分析

(a) 分析データ

分析データは，名古屋市内における4箇所の多車線信号交差点における観測調査結果を活用した．調査箇所および交差点概要を図 6.2.39および表 6.2.17に示す．右折車のギャップアクセプタンス挙動を観測するためには，一定の右折需要があることと，適度な対向直進交通流のギャップが出現することが条件となるため，青丸現示の後に右折矢が提示される単純4現示制御の交差点を対象とし，青丸現示中に右折した車両をデータ収集対象とした．尚，分析使用データは，鈴木・中村(2006)で開発されたビデオ画像処理システムを用いて，0.1秒単位での時刻・位置情報に変換することで必要なデータを取得した．

本分析におけるギャップ時間計測の考え方を図 6.2.40 に示す．ギャップ時間の計測位置について，例えば，Yan & Radwan(2007)では停止線位置を計測基準断面と設定していたり，森・齋藤(1992)では右折車と直進車の交錯点位置にて評価したりと，様々な手法が存在する．本分析においては，様々な交差点構造を持つ対象交差点の中で効率的にデータを収集することを考慮し，交差道路側直進車線の車線境界線を結んだ位置を計測基準断面として設定し，その断面における対向直進車の通過時間差をギャップ長とすることとした．

(a)今池交差点

(b)末盛通 2 交差点

(c)西大須交差点(2008 年)

(d)西大須交差点(2012 年)

(e)平安通 1 交差点

図 6.2.39　右折ギャップアクセプタンス挙動の分析対象交差点

表 6.2.17　分析対象交差点の交差点構造

交差点名	流入部	対向直進車線数			右折角度[deg]	右折と直進のなす角度[deg]
			直進	直左		
今池	東	3	2	1	90	0
末盛通 2	東	3	2	1	106	0
	北	2	1	1	74	26
西大須 (2008 年)	西	2	2	0	106	0
西大須 (2014 年)	東	2	2	0	106	0
	西	2	2	0	106	0
	北	3	3	0	74	0
平安通 1	東	3	2	1	123	-30
	西	3	2	1	93	30
	南	2	1	1	57	0
	北	2	1	1	87	0

図 6.2.40　分析上のギャップ時間計測方法

観測ギャップに対し，判断モデルの特定に使用するデータを選定するが，本分析では，車両が受容したギャップ時間(accepted gap)と，受容に至るまでに見送ったギャップ時間の中で最大となるギャップ時間(max. rejected gap)の 2 種類を用いて分析を行う．このとき，先頭の右折待機車両の次にギャップ待ちをしており，棄却ギャップなし通過したケースについては，受容ギャップのみを計上することとした．また，対向直進車の交通流が途絶え，ギャップ時間が過度に大きくなり，常に受容と判断される場合については分析より除外することとした．本分析では，この数値の閾値として，観測データの目視による確認結果もふまえてギャップ時間 15 秒として設定したが，この数値そのものについては，交差点構造やそのときの交通状況によっても変化することが想定されることから，今後検討していく必要がある．

以上の考え方に基づき，モデル分析に利用するデータを抽出した結果，表 6.2.18 に示す 168 の観測サンプルが得られた．

表 6.2.18　分析データサンプル数

交差点名	流入部	ギャップ時間		合計
		Accepted	Rejected	
今池	東	8	8	16
末盛通 2	東	9	8	17
	北	2	2	4
西大須(2008)	西	13	13	26
西大須(2014)	東	5	5	10
	西	4	4	8
	北	18	16	34
平安通 1	東	5	4	9
	西	3	3	6
	南	10	7	17
	北	11	10	21
合計		88	80	168

(b) 挙動データの統計分析

収集した挙動データを，交差点構造別に集計した結果について見ていく．

まず，観測された受容ギャップと最大棄却ギャップの分布を図 6.2.41および図 6.2.42に示す．受容ギャップについては概ね6秒～12秒程度までのところに幅広く分布しており，棄却ギャップの方では2秒から4秒程度のところに集中して分布している状況にある．また，受容ギャップの方で

は5.5秒以下という他と比べて短いギャップ時間で通過しているものが6件ほど存在し，反対に，最大棄却ギャップの方では8.5秒以上の長いギャップ時間でも棄却されている事象が5件ほど確認されている．これらの分布状況をふまえると，ギャップアクセプタンス判断時において，特に受容ギャップ時間については，道路構造や交通状況による影響も含め，判断のばらつきが非常に大きいことがわかる．

図 6.2.41　受容ギャップの分布

図 6.2.42　最大棄却ギャップの分布

さらに，対向直進車側の直進，または直左の車線数ごとに分類してギャップ時間の平均値と対向直進車の速度の平均値を集計した結果を図 6.2.43示す．集計結果より，最大棄却ギャップ時よりも受容ギャップ時の方が，対向直進車側の平均速度が高いことが確認できる．青丸現示の経過時間が長くなり後半になるほど，対向直進車側の車頭間隔は大きくなっていき，走行速度が高くなっていることが要因と考えられる．

また，車線別に比較してみると，直進側の車線数が多いほど，受容ギャップ時間が小さい傾向となっている．通常は対向直進車線数が多くなるほど，ギャップの受容・棄却判断が困難になることが予想され，受容ギャップ時間も長くなるものと想定された仮説とは逆の傾向となっている．本分析で得られているサンプルデータ数の制限上，詳細な要因特定が困難ではあるが，一つの要因として，もし個々のドライバーが持つクリティカルギャップ時間長の判断感覚が車線数に依らず一定値であるならば，多車線であるほど右折通過時の必要横断距離が長くなることにより，その横断距離の通過に要する時間分が短くなっていることなどが想定される．

次に，右折時の交差角度の種類別に分類してギャップ時間平均値と対向直進車の速度の平均値を集計した結果を図 6.2.44に示す．図より，交差角が鋭角，直交，鈍角の順に，最大棄却ギャップはやや長くなる傾向にあるが，受容ギャップの方では直交の時にもっとも長い時間となっている．この傾向は，対向直進車の平均速度についても同様となっており，本結果から右折交差角度としての明確な特性については確認できない．

図 6.2.43　車線数別の受容/棄却ギャップ時間と対向直進車平均速度

図 6.2.44　右折交差角度別の受容/棄却ギャップ時間と対向直進車平均速度

(4) 右折ギャップアクセプタンス判断挙動のモデル分析

対向直進車線が複数車線である場合の右折車のギャップアクセプタンス判断を式(6.10)～(6.12)で表現される2項ロジットモデルにより表現する．

$$P_{acc} = \frac{\exp(V_{acc})}{\exp(V_{acc}) + \exp(V_{rej})} = \frac{1}{1 + \exp(V_{rej} - V_{acc})} \tag{6.10}$$

$$P_{rej} = 1 - P_{acc} \tag{6.11}$$

$$V_{acc} - V_{rej} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \ldots \beta_n x_n \tag{6.12}$$

ここに，P_{acc}：右折車がギャップを受容する確率，P_{rej}：右折車がギャップを棄却する確率，$V_{acc} - V_{rej}$：右折車のギャップ選択における効用差，x_n：説明変数n，β_0：定数項，β_n：説明変数nのパラメータ，である．

説明変数の候補としては，通常の判断要因として想定されうるギャップ時間や見送り待ち台数に該当するギャップ棄却台数のほか，対向直進側のギャップ形成状況に関するダミー変数と，対向直進車の速度および速度差とした．また，これら以外の箇所特有の要因について検証していくため，個別の箇所ダミーも設定した．

表 6.2.19　ギャップアクセプタンス判断モデルで考慮した説明変数

種別	説明変数
―	ギャップ時間[sec]
	ギャップ棄却台数[台]
ギャップ形成状況	前方遠方車線走行ダミー
	後方遠方車線走行ダミー
	同一車線走行ダミー
	前方車内側車線走行ダミー
	車線跨ぎダミー
対向直進車の接近状況	ギャップ前方車速度 V_{B1}[m/s]
	ギャップ後方車速度 V_{B2} [m/s]
	ギャップ形成車両速度差 V_{B1} －V_{B2} [m/s]
その他	直左車線ありダミー
	箇所別ダミー(複数)

図 6.2.45　ギャップ形成状況に関するダミー変数

推定結果を表 6.2.20に示す．パラメータの推定にあたってはステップワイズ法を適用している．モデル適合度指標の一つである疑似決定係数は0.65であり，判断挙動に対する要因の解釈が可能な程度の説明力は有しているといえる．

選定された各説明変数と符号条件についてみていくと，まず，ギャップ時間に関する係数が有意な正の係数にて抽出されており，ギャップ時間が長いほど通過判断が行われるというギャップアクセプタンス理論を支持する結果が得られている．また，t値の大きさから，その影響度が大きいことも伺える．ギャップ棄却台数についても正の符号条件で抽出されており，右折待ちの際の見送り台数が多くなるほどにギャップを受容する傾向にあると考えられる．しかし，信号交差点が連続しており，対向直進車が群をなして到着するような交差点においては，一般的には時間の経過とともに棄却台数が増加し，車群の後方となるほど大きなギャップ時間になることが想定されるため，説明変数の解釈については今後詳細を分析していく必要がある．

また，複数の流入車線について考慮した変数としては，前方遠方車線走行ダミーと後方遠方車線走行ダミーが，それぞれ負と正の符号として抽出されている．このことは，ギャップ形成する2つの直進車両について，前方車両が外側を，後方車両が内側車線を走行しているケースほどギャップを受容して通過判断する傾向であることを示している．また，対向直進車の接近状況を示す

対向直進車の速度及び速度差については，前方車の車両走行速度とギャップ形成車両間の速度差が，ギャップアクセプタンス判断に統計的優位に影響している結果となった．つまり，右折時の対向直進車のギャップ時間が仮に同等である場合，ギャップ計測断面に至るまでの前方車速度が低く，相対的速度変化が大きい場合においては，受容棄却判断に対して不確定要素となり，棄却側に影響することを示しているものといえる．

その他，西大須交差点の東流入部ダミーが負の係数として選定されており，モデル内で設定した道路交通要因以外の要因によって，ギャップを棄却する傾向にあることが示された．分析に使用した挙動データからは，当該箇所の右折流出先において，横断歩行者や左折車両の歩行者横断待ちによって，右折通過がブロックされているケースが確認されており，このような特殊条件がギャップの受容棄却判断に影響したものと考えられる(図 6.2.46)．今後，このような横断歩行者や他の車両による影響についても，定量的な状態量の表現方法を検討し，モデル分析の中で組み込むことによって同等にその影響度を評価していくことが望ましい．

表 6.2.20　右折ギャップアクセプタンス判断モデルの推定結果

説明変数	推定値	t 値
ギャップ時間[sec]	1.29	5.55**
ギャップ棄却台数[台]	0.0674	3.08**
後方遠方車線走行ダミー	-2.03	-2.74**
前方遠方車線走行ダミー	1.62	2.33*
ギャップ前方車速度[m/s]	0.496	3.13**
ギャップ形成車両速度差[m/s]	-0.284	-2.51*
西大須・東ダミー	-3.92	-2.53*
定数項	-15.6	-4.76**
サンプル数	168	
L(0)	-116.26	
LL	-41.21	
McFadden の疑似決定係数	0.65	

*p<0.05, **p<0.01

図 6.2.46　西大須交差点・東流入部における右折流出先の停滞

(5) 多車線構造が右折ギャップアクセプタンスに関する影響評価

推定された右折ギャップアクセプタンス判断モデルは，ギャップの形成状況や対向直進車の接近状況を説明変数とした二項ロジットモデルであり，道路構造要因はモデル内に含まれていない．ここでは，車線数の変化が与える要因として，ギャップ形成状況が右折ドライバーの判断に与える影響をクリティカルギャップの値により分析する．

式(6.10)～(6.12)，および表 6.2.20により表現されるギャップアクセプタンスモデルでは，推定される選択確率P_{acc}が1の場合に受容，0の場合は棄却を意味している．その受容と棄却の判断の境界領域を今，仮に選択確率が0.5となる状態と仮定すると，そのギャップ時間tをクリティカルギャップt_cと見なすことが可能である．これをふまえ，到着する対向直進車の配列により，このクリティカルギャップt_cがどのように変化するかを確認することで，ギャップ判断に対する車線数の影響評価を行う．尚，算出においては，対向直進車の配列以外の説明変数を観測挙動データにおける平均値を用いて代表させることとした．これを表 6.2.21に示す．

表 6.2.21　クリティカルギャップ算出における設定値

説明変数	設定値(観測挙動データの平均値)
ギャップ棄却台数[台]	17.7 台
ギャップ前方車速度[m/s]	12.4m/s
ギャップ形成車両速度差[m/s]	-1.50m/s
西大須・東ダミー	0

評価対象とした対向直進車の配列パターンは，図 6.2.47に示す通りであり，車線数の違いによる影響以外のギャップを形成する2車両の並びに関する全てのパターンを網羅可能である．

(a) t_{c0}：前方/後方遠方車線走行ダミーがいずれも0　(b) t_{c1}：後方遠方車線走行ダミーが1　(c) t_{c2}：前方遠方車線走行ダミーが1　(d) t_{c3}：前方/後方遠方車線走行ダミーがいずれも1

図 6.2.47　評価対象とする対向直進車両の配列

例えば，図 6.2.47における(a)のパターンで試算してみると，この場合には，ギャップ形成車両はいずれも，待機右折車直近の車線を走行していることから，モデル説明変数における後方遠方車線走行ダミーは0，前方車線走行ダミーも0となる．このときのクリティカルギャップをt_{c0}とすると，式(6.10)，式(6.12)および表 6.2.20にもとづき，t_{c0}=6.1secと計算できる．

P_{acc}=1÷(1+exp(V_{ref}-V_{acc}))=0.5

V_{ref}-V_{acc}=1.29*t_{c0}+0.0674*17.7-2.03*0+1.62*0+0.496*12.4-0.284*(-1.50)-3.92*0 = 1.29*t_{c0}-7.83

よって，

0.5＝1÷(1+exp(1.29*t_{c0}-7.83))　∴t_{c0}=6.1

同様に，図 6.2.47における(b)～(d)についても計算すると表 6.2.22の通りとなる．まず，対向直進車線が1車線の場合を，近似的に(a)の状態であると想定し，基本ケースと考えることとする．これに対して，ギャップ形成車の後方車が前方車よりも外側にいる場合(b)は，クリティカルギャップが1.1秒程度長くなっており，ギャップを受け入れにくくなっていることがわかる．反対に，ギャップ形成車の前方車両が後方よりも外側にいる場合(c)は，クリティカルギャップが基本ケースに対して1.3秒短くなっている．つまり，対向直進車両が1車線の状況下とは異なり，対向直進車両が複数車線の場合，ギャップ形成車両の配列によって，ギャップ受容判断が大きく変化しているといえる．また，ギャップ形成車両が同一車線上で走行している場合でも，右折待機位置を基準にして外側を走行しているような場合(d)には，クリティカルギャップが基本ケースに対して0.3秒増加しており，これには待機位置から対向直進車との交錯位置までの距離が要因と想定される．それぞれの増減の値に着目してみると，ケース(b)(c)のクリティカルギャップの値の増減の方が，ケース(d)のクリティカルギャップの増加よりも程度が大きい．つまり，右折ドライバーのギャップアクセプタンス判断時に対して，車線数が与える影響度合いは無視できないほどに大きく，車線数が増加することにより判断の確率的なばらつきが増大し，事故発生リスクにつながることを示す結果であるといえる．

表 6.2.22　対向直進車配列の違いによるクリティカルギャップ値の変化

ケース	内容	クリティカルギャップ
(a)	前方/後方遠方車線走行ダミーがいずれも 0	t_{c0}=6.1sec
(b)	後方遠方車線走行ダミーが 1	t_{c1}=7.6sec　; (t_{c0}+1.1) sec
(c)	前方遠方車線走行ダミーが 1	t_{c2}=4.8sec　; (t_{c0}-1.3) sec
(d)	前方/後方遠方車線走行ダミーがいずれも 1	t_{c3}=6.4sec　; (t_{c0}+0.3) sec

6.3 交差点構造条件が右折車両挙動へ与える影響評価

前節では，右折車のミクロ挙動に関する分析結果について，推定されたモデルを用いた感度分析や試算結果から，各説明変数が与える影響度合いを定量的に評価した．しかし，当然のことながらこれら挙動は相互で完全に独立しているわけではなく，例えば走行速度と走行軌跡の分析結果のように，場合により深く関連するものである．交差点構造も同様であり，1つの構造条件は複数の挙動に対して影響を与える可能性がある．そこで，各挙動の分析結果を交差点構造の観点から並列に整理した．

整理結果を表 6.3.1に示す．各挙動へ影響を及ぼす条件は，主に，交差点構造，信号現示，車両属性および車両状態量に大別した．これらの内，車両属性と車両状態量については，その時々の状況下により大きく変化し，外部からのコントロールが困難な項目と考える．一方で，交差点構造や信号現示は，一般的には定常的な状態を仮定することができるため，安全性や円滑性を分析する上で第一に検討対象とすべき項目である．尚，いくつかの車両状態量については，交通運用により改善可能なものもある．例えば，交差点への流入速度については，隣接交差点と関連付けた系統制御や流入手前部での物理的構造対策などによって，速度抑制が実現可能なケースもある．対向直進車のギャップ時間についても，車間距離制御装置(ACC; Adaptive Cruise Control)を援用した技術などの適用により，交差点でのギャップ時間を調整できる可能性が考えられる．しかし，これら技術はあくまで付加的あるいは副次的な機能であり，信号交差点を計画・設計する上での基本はやはり，交差点構造と信号規制によるものであろう．

以上をふまえ，本研究では特に交差点構造と信号現示に着目するが，信号現示に関しては分析結果から明確な傾向が確認できていないことから，交差点構造に限定して考察を示す．挙動への影響要因として信号現示が検出されなかった原因には，分析に用いた観測データ上では，現示時間設定が類似した傾向にあるものが多く，その影響度を定量的に評価できなかったと捉えている．

分析結果から統計的に確認された交差点構造条件には，車線数，交差角度，停止線セットバック量， IP点から中央分離帯までの距離がある．停止線セットバック量とIP点から中央分離帯までの距離は，交差点中央部から停止線までの距離，または中央分離帯までの距離により区別されるが，いずれも交差点内空間の広さを示すという点では同義の項目といえる．さらに車線数についても，対象とする流出入部からの距離には交差道路側の車線数が必然的に影響することから，これも間接的には交差点内空間の広さと関連する項目である．以上より，右折時の車両挙動は，交差点内空間の広さと進行方向の右折角度が影響項目であると整理される．

次にこれら2つの項目が与える影響について個別に確認すると，まず交差角度は停止判断・走行速度・走行軌跡に対して影響している．交差角度が大きく鈍角となるほど，直線的な走行条件に近い形となり，停止よりも通過を選択しやすくなり，走行速度が高く，また走行軌跡もゆるやかなカーブを描くようになる．交通信号による規制を忠実に遵守し，かつ，交差点内を“できる限り安全な速度と方法で進行（道路交通法第36条第4項）”するためには，やはり交差角度を鈍角とせず，90度に近く直交させる形状が良いといえる．

次に停止線セットバック量およびIP点から中央分離帯までの距離に着目すると，交差点内空間が広いほど，発進時のフライング傾向や走行速度の増加といった危険側の挙動に繋がっている．停止判断については，停止線セットバック量が大きいほど通過が困難となり，停止を選択する傾向にあると解釈されるが，安全性に対して直接的に正負どちらに作用するかまでは断定できない．

以上より，交差点構造条件の内，交差角度と交差点内空間の広さが，右折時の各挙動に対して大きく影響しているといえ，交差角の直交化と交差点コンパクト化が安全性向上に寄与する挙動

に繋がることが確認された．さらに挙動間相互の関係を見た場合にも，いずれかの挙動で安全側であっても他の挙動で危険側となる，といった要因は確認されなかったことから，信号交差点における右折時の安全性向上に対しては，これらの施策が推進されることが期待される．

表 6.3.1　右折時の各種挙動と交差点構造その他条件との関係

種別	項目	停止判断	発進反応時間	走行速度	走行軌跡※	ギャップアクセプタンス
交差点構造	車線数					± クリティカルギャップ増減
	交差角度	－ 大きいほど通過		＋ 大きいほど速度が高い	＋＋ 大きいほど円弧大	
	停止線セットバック量	＋ 長いほど停止	－－ 長いほどフライング			
	IP 点から中央分離帯までの距離			＋＋ 大きいほど速度が高い		
信号現示	全赤時間		－ 長いほどフライング			
車両属性	大型車		± 大型車ほど分散小			
車両状態量	黄開始時の停止線までの所要時間	＋＋ 長いほど停止				
	流入速度			＋＋ 大きいほど速度が高い		
	右折時最小速度※				＋＋ 大きいほど円弧大	
	ギャップ時間					＋＋ 長いほど受容
	ギャップ棄却台数					＋ 多いほど受容
	対向車走行位置					± クリティカルギャップ増減
	対向車走行速度					± クリティカルギャップ増減

※右折時最小速度は走行速度モデルより推定され，走行軌跡モデルの説明変数となる

6.4 交差点における安全性評価方法

6.4.1 道路交通の観点から見た交差点安全性評価方法

本研究で着目している交差点の安全性を評価する上では，実際に生じた事故発生件数を基礎情報とした上で，将来的に生じるあろう事故発生件数の予測が実現することが最も望ましい．このような考え方に基づき，交差点における各種条件と事故発生頻度との関係を回帰分析により明らかにしたものが第5章での検討内容であるが，このアプローチによる推定精度を向上させるためには，交差点の構造条件や交通量などの利用者状況，信号規制方法や沿道状況といった多様な説明変数に関する情報収集およびデータ化が必要不可欠であると共に，回帰式の被説明変数となる事故発生頻度についても，交通事故が希少事象であることもふまえて長期にわたり観測しておく必要がある．つまり，交差点の道路交通条件を表現する説明変数群と被説明変数である事故発生頻度の双方について，統計的分析に耐えうる程度に多く，かつ，バリエーションに富んだサンプルデータが必要であるといえ，これを収集するためには多くの苦労を要する．

その他の交差点安全性に関する研究アプローチとしては，安全性を代替する指標値を用いて評価する手法が有名である．代替性安全評価指標(Surrogated Safety Measure; SSM)と呼ばれるこの指標は，その名のごとく安全性を説明するための定量的な指標値であり，Hayward (1972)によって提唱されたTTC，Allen et al. (1978)により示されたPETを筆頭に，現在でも多くの指標値が考案されている．近年では，SSMを算出するソフトウェア開発および利用も盛んであり，Jolovic et al. (2015)やStamatiadis et al. (2015)などでは，ミクロシミュレータソフトである『VISSIM』を用いて，個々の車両の時刻位置データを算出した後，Gettman et al. (2008)により開発されたソフトウェア『SSAM』を用いてSSMを算出し，分析を行なっている．これまでの提案されてきた代表的なSSMの一覧を示す(表 6.4.1).

表 6.4.1　代表的な SSM の例

SSM	評価対象	定義
衝突余裕時間 Time to Collision; TTC	車両 対 車両 歩行者 対 車両	現況速度と軌跡を維持する場合に 2 者が衝突するまでの時間
交錯点通過時間差 Post-Encroachment Time; PET	車両 対 車両 歩行者 対 車両	交錯を起こしうる 2 者が交錯点を通過するときの時間差
ギャップ時間 Gap Time; GT	車両 対 車両	右左折車両の進入完了時刻と，軌跡が交差する車両が等速・同方向に進行した場合の到着時刻との時間差
予測交錯点通過時間差 Initially Attempted Post-Encroachment Time; IAPET	車両 対 車両	右左折車両の進入開始時刻と交錯点通過に必要な時間との合計値に対し，実際に右左折車両が通過に要した時間との差
急減速時追突危険性指標 Possibility Index for Collision with Urgent Deceleration; PICUD	車両 対 車両	連続走行する 2 者に対して，先行車が緊急停止した場合に取り得る必要車間距離の最小値
減速度 Deceleration Rate; DR	車両 対 車両	衝突回避のために必要な減速率
安全減速度 Deceleration to Safety	車両 対 車両	交錯し得る 2 者の挙動が変化しないことを仮定した場合に，負の PET とならないために必要な減速度
交錯角度	車両 対 車両	交錯点における交錯車両の速度ベクトルのなす角度
通過速度	車両 対 車両 歩行者 対 車両	交錯点での速度，あるいは速度分布

このような安全性をSSMによる評価を行う上で常に課題とされることに，指標値適用の妥当性がある．すなわち，適用する指標値が事故発生頻度と明確な因果関係にあるのか，指標値改善の程度が安全性に関してどの程度の効果として発現するか，等の疑問である．特に多くの指標値は，主に諸外国における研究および実証分析により提案されてきたものであるが，これらが国内にお

いて明確に確認されている研究事例は見受けられない．日本においては事故情報に関するデータ整備が近年進みつつあることも踏まえ，過去に提案されているSSMと事故発生頻度との因果関係について確認することも，国内における今後の重要な実証研究の1つといえる．

ここで，交差点における車両間の交錯に関する安全性について再考する．事故発生リスクを評価するSSMとしてどのようなものが妥当であるかという点について，既往研究成果では“事故の生じやすさ”と“事故に至った場合の被害の程度”の2つの側面が考えられている．前者は頻度や機会，確率などの要因であり，例えば交錯する2車両の間に時間差があればあるほど危険性は低いことは自明である．これを示す代表的な指標としてはPETが挙げられる．後者に関しては，例えば，交錯する2車両が低速かつ同一の進行方向で接触した場合には事故は軽傷で済むであろうし，逆に高速走行での正面衝突は場合によっては死亡事故に繋がるであろう．これらを代理する指標としては，走行速度や車両間の交錯角度，また車両そのものの重量などが考えられる．Alhajyaseen et al. (2013) では，両者を組み合わせた総合的な指標値としてConflict Index (; *CI*) を提案している．これは交錯する2車両の走行速度と交錯角度をもとに運動エネルギー量を計算したものを事故に至った場合の被害の程度と仮定し，この運動エネルギー量と交錯頻度を示すPETの比を新たな指標値としたものであり，提案する指標値が右折と直進に関する事故発生件数と関係性があることが示されている．このような指標値評価をもとにした安全性向上のための具体的方策としては，例えば事故の生じやすさについては，交通量の削減による交錯機会の低減，また信号現示の設定による進行方向別の通行機会の分離などが挙げられる．また事故に至った場合の被害の程度については，交差点進入時の走行速度を低減させるための速度規制や幅員の狭小化，交錯角度を緩和するための交差角度の直交化などがある．

上記のような，事故の起こりやすさや事故発生時の被害の程度以外にも，道路利用時において危険と考えられる要素に空間的なばらつきが挙げられる．例えば，多車線の単路部では，片側2車線道路の場合には車線変更は隣接車線のみであるが，片側4車線道路では自車が走行している車線以外に3車線に対して車線変更が可能である．これら車両が自由に車線を行き来する場合，片側4車線道路の方が片側2車線道路に対して車線変更により後方車両との接触のリスクが高まることが考えられる．また，本研究で分析した右折時のギャップアクセプタンス挙動については，対向直進車が1車線から来る場合と3車線から来る場合とでは，右折通過時にドライバーが感じる危険性は異なる．また，対向直進車側にとっても，右折車が交差点中心部位置から右折進行してくる場合と，遠方から緩やかなカーブで右折進行してくる場合とでは危険性の認知に違いがあるだろう．その他にも，車線幅員や交差点空間が過度に広すぎる場合には，ドライバーの走行位置が安定せず，他者からみて走行位置の予測がつきにくいことが考えられる．このようなドライバーが感じる空間的なばらつきに関する危険性は，これまで提案されてきた時間的な交錯頻度と交錯強度とは種類が異なるものと考えられる．

そこで，本研究では，この交差点内での車両走行時の空間的ばらつきが，交差点の安全性評価を評価する上で適切な指標値となり得るかについて，交錯点位置のばらつきと当該交差点での事故発生件数に関する比較を行った．

尚，空間的なばらつきを検討する上では，交錯が生じうる場所として交差点幾何構造に基づきコンフリクトエリアを設定し，その面積にて評価を行うことも考えられる(例えば，鈴木ら(2012)など)．この場合の課題点として，大規模交差点における右折を対象挙動とする場合には，交差点内で確率的に変動するコンフリクトエリアの設定が困難となることや，中央分離帯や路面標示などの影響をどのように扱うかといった課題が想定される．本分析では，交錯点位置の分布と事故発生頻度との基礎的な関係を確認することを目的とした上で，実観測結果より得られた右折車と

(a)単路部における
安全性の違い

(b)交差点右折時の車線数
による安全性の違い

図 6.4.1　空間的なばらつきに関する安全性

対向直進車との交錯点データに基づき分析を行なうこととした．

データは，右折時のギャップアクセプタンス挙動の分析に用いた右折車と対向直進車の交錯に関するデータを活用した．右折車と対向直進車がPET10秒以下にて交錯する事象を抽出し，その交錯点の位置座標を抽出する．交錯位置は対向直進車の走行車線や，右折車の流出先での車線選択によって異なることが想定されるため，双方の走行位置パターンごとにこの交錯点位置を集計する．また，ばらつきを評価する上では一定量のサンプル数が必要であるため，本分析では各走行位置パターンでのサンプル数が10箇所以上得られたもののみを対象とした．尚，大型車についてはすべて分析対象外とした他，対向直進車が交差点走行中に車線変更を行った場合についても分析サンプルより除外した．

これらの抽出条件より交錯点位置座標を算出した上で，空間的なばらつきを評価するため，2次元平面上での分散・共分散の絶対値をグループごとに算出する．図 6.4.2に示す通り，まず，平面座標軸を設定する．原点位置は右折車線の停止線左端部とし，Y軸を右折流入車線の進行方向として設定する．尚，対向直進流入部と右折流入方向とで正対しない場合においても，右折流入側を基準とする．つまり，右折車を基準とした場合，X軸は道路横断方向，Y軸は道路縦断方向の変化をそれぞれ表現することとなる．

図 6.4.2　交差点における平面座標軸の設定

交錯点座標に関する分散・共分散は，式(4.1)～(4.3)にて算出される．

$$\mathbf{\Sigma} = \begin{pmatrix} \sigma_x{}^2 & \sigma_{xy} \\ \sigma_{yx} & \sigma_y{}^2 \end{pmatrix} \tag{6.13}$$

$$\sigma_x{}^2 = \frac{1}{N}\sum(x_i - \mu_x)^2 \text{，} \sigma_y{}^2 = \frac{1}{N}\sum(y_i - \mu_y)^2 \tag{6.14}$$

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{N}\sum(x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y) \tag{6.15}$$

ここに，$\mathbf{\Sigma}$：分散・共分散行列，μ_x, μ_y：交錯点座標のx座標，y座標の平均値，である．

分析対象交差点での事故発生状況と構造概要を表 6.4.2および図 6.4.3に，抽出条件により得られた各交差点での走行パターンごとの交錯事象サンプル数を表 6.4.3，表 6.4.4に示す．対象交差点での事故発生件数を見ると，各交差点における4年間での右折対直進事故件数は，平安通１交差点を除き3件/4年となっているが，平安通１交差点のみ10件/4年と比較的多く発生していることがわかる．また，対向直進車線数は流入部別に異なるが，全て2車線ないし3車線となっている．流入部別の右折交差角度についても，直交に近いものや鋭角，鈍角となっている流入部等，様々な条件となっている．

また，比較分析上では右折車の流出車線と対向直進車の走行車線が同条件となる交錯事象にて評価する必要がある．分析対象サンプルの制約をふまえて，本分析では，表 6.4.3，表 6.4.4に示す通り，対向直進車線数が2車線の交差点流入部においては，右折流出車線が第2車線および第3車線である場合と対向直進車が第2車線を走行している場合の交錯事象を，対向直進車線数が3車線の流入部においては，右折流出車線が第2車線であり対向直進車が第2および第3車線を走行している場合の交錯事象を比較分析対象とした．

表 6.4.2　対象交差点の事故発生状況と構造概要

交差点名	事故発生件数 ※2008 年～2011 年の 4 年間 ※自転車事故を除く車両相互事故のみ		右折流入部方角	対向直進車線数	交差角度 (deg)
	右折直進	(参考)出会い頭			
今池	3	1	東	3	90
末盛通２	3	0	東	3	106
西大須	3	0	東	2	106
			西	2	106
			北	3	74
平安通１	10	0	東	3	123
			西	3	93
			南	2	57
			北	2	87

(a)今池交差点

(b)末盛通２交差点

(c)西大須交差点

(d)平安通１交差点

※図中の矢印は分析対象とした右折方向を示す

※図中の航空写真は全て『Google Earth』より

図 6.4.3　分析対象交差点の概要

表 6.4.3　分析対象とした交錯サンプル数(対向直進車線２車線)

交差点名	右折流入部	対向直進流出車線	右折流出車線位置		
			第１車線	第２車線	第３車線
西大須	東	第２車線	10	**20**	**18**
		第３車線	-	12	-
	西	第２車線	17	-	-
平安通１	南	第２車線	-	**25**	**19**
		第３車線	-	-	-
	北	第２車線	-	**37**	**10**

※太字下線部が同条件にて比較可能なパターン

表 6.4.4　分析対象とした交錯サンプル数(対向直進車線 3 車線)

交差点名	右折流入部	対向直進流出車線	右折流出車線位置		
			第 1 車線	第 2 車線	第 3 車線
今池	東	第 2 車線	-	**23**	-
		第 3 車線	-	**11**	10
末盛通 2	東	第 2 車線	-	**14**	-
		第 3 車線	-	**14**	-
西大須	北	第 2 車線	-	**15**	-
		第 3 車線	11	**13**	10
平安通 1	東	第 2 車線	-	**26**	-
		第 3 車線	-	**29**	-
	西	第 2 車線	-	**40**	-
		第 3 車線	13	**19**	-

※太字下線部が同条件にて比較可能なパターン

交錯事象別の交錯点座標に関する分散・共分散絶対値の算出結果を図 6.4.4および図 6.4.5に，比較対象種別ごとの交差点での交錯点分布状況を図 6.4.6，図 6.4.7に示す．

(a) 右折流出第 2 車線-対向直進第 2 車線の場合

(b) 右折流出第 2 車線-対向直進第 3 車線の場合

図 6.4.4　交錯点座標の分散・共分散絶対値(対向直進車線 2 車線の場合)

(a) 右折流出第 2 車線-対向直進第 2 車線の場合

(b) 右折流出第 2 車線-対向直進第 3 車線の場合

図 6.4.5　交錯点座標の分散・共分散絶対値(対向直進車線 3 車線の場合)

まず，全ての結果に共通して，道路縦断方向であるY軸方向の分散の値が他の道路横断方向の分散および，XY座標での共分散の値よりも大きく，ばらつきが大きいことが確認できる．図 6.4.4の対向直進車線が2車線の場合の結果を見てみると，平安通１・南流入部からの右折については，分散・共分散共に他の流入部と比較してややばらつきが大きい状況にある．当該流入部では右折角度が57度と非常に鋭角な交差点となっていることがこの要因であると考えられる．

次に，対向直進車線が3車線の場合の算出結果(図 6.4.5)を見ると，他の交差点と比べて平安通１交差点の東西流入部の共分散の値が大きいことがわかり，また実際の分布状況(図 6.4.7)を見てもそれが確認される．この理由として，走行位置から流出先の中央分離帯までの距離や停止線セットバック量といった交差点内空間の広さや，右折走行時の方向角も要因の一つとしては考えられるが，右折進入方向と対向直進車線とのなす角度が影響度の高い要因と考えられる．

本研究で対象とした右折対直進の交錯データは，評価サンプルデータ確保の為，青丸開始時や黄現示開始時といった信号現示に応じた通過のタイミング，交差点通行時における交差点内での一時停止や待機状況等の条件について区別されていない．今後，これらの項目について分類の上，ばらつきに対する影響要因を評価していくことが望ましい．

(a)平安通１・南

(b) 平安通１・北

(c)西大須・東

凡例

× ：右折流出先で第２車線を走行

× ：右折流出先で第３車線を走行

※図中の矢印は対象となる右折の流入位置を示す

※図中の航空写真は全て『Google Earth』より

図 6.4.6　交錯点分布状況(対向直進車線２車線)

(a)今池・東

(b)末盛通２・東

(c) 平安通１・東

(d)平安通１・西

(e)西大須・北

凡例

× ：対向直進車が第３車線を走行

× ：対向直進車が第２車線を走行

※図中の矢印は対象となる右折の流入位置を示す

※図中の航空写真は全て『Google Earth』より

図 6.4.7　交錯点分布状況(対向直進車線３車線)

最後に，各交差点での事故発生件数と算出した分散共分散の絶対値に関する比較結果を表 6.4.5，表 6.4.6に示す．事故発生件数との比較を行う上では，分散共分散の値を交差点単位での代表値として算出し，評価する必要がある．本分析では，車線単位での交錯事象発生の出現頻度を考慮し，各比較パターンにおいて算出された分散と共分散の絶対値を，算出に用いたサンプル数で加重平均した値を交差点としての代表値とした．比較結果より，特に平安通１交差点の東西流入部における分散・共分散の加重平均値が他と比べて非常に大きく，また，当該交差点では右折対直進に関する事故が多い傾向にあることがわかる．

表 6.4.5　共分散の加重平均値と事故発生件数(対向直進車線 2 車線)

交差点名	事故発生件数 ※2008 年～2011 年の 4 年間 ※自転車事故を除く車両相互事故のみ		右折流入部の方角	加重平均		
	右折直進	(参考)出会い頭		σ_x^2	σ_y^2	σ_{xy}
西大須	3	0	東	0.139	1.995	0.188
平安通１	10	0	南	0.111	4.164	0.131
			北	0.098	4.158	0.314

表 6.4.6　共分散の加重平均値と事故発生件数(対向直進車線 3 車線)

交差点名	事故発生件数 ※2008 年～2011 年の 4 年間 ※自転車事故を除く車両相互事故のみ		右折流入部の方角	加重平均		
	右折直進	(参考)出会い頭		σ_x^2	σ_y^2	σ_{xy}
今池	3	1	東	0.115	1.305	0.026
末盛通２	3	0	東	0.128	1.201	0.153
西大須	3	0	北	0.077	1.023	0.149
平安通１	10	0	東	0.140	1.912	0.104
			西	0.960	4.450	1.870

尚，得られている事故データの制約上，交差点全体での事故発生件数はのみが既知であり，事故発生時の各車両の進行方向については知りえないため，分析で用いた方向別の交錯点位置と事故発生時の詳細との対応までは把握ができない．また，交錯事象の抽出サンプル数も異なる点や，比較可能な走行位置に関するパターンが全パターンを網羅していないことなどもふまえると，本分析結果のみで，交錯点の空間的なばらつきと事故発生頻度との関係が明確に示されたとは言えない．今後，対象交差点や交錯事象の分析サンプル数を増やし，より詳細に分析を行なうことが必要であるとともに，PETなどの“事故の生じやすさ”に関する指標値や，走行速度などの“事故に至った場合の被害の程度”などの他の指標値との関係についても確認していく必要がある．

これらの実証分析がなされることにより，これまでは定量的な評価が困難であった，ショートカット走行の危険性，右折や直進指導線の有用性，多車線における青丸現示中の右折ギャップアクセプタンスの危険性などについて定量的に評価することが可能になると考えられる．

以上より，交差点における安全性評価については，まず，ミクロな車両挙動を把握し，算出されるSSMによって定量的な評価を行うことが効率性や事前予測の観点から有効であるといえる．SSMによる評価を行う上では，従前より提案されてきた“交錯の生じやすさ”や“衝突に至る場合の被害の程度”を用いて評価を行うことの他，“交錯箇所の空間的なばらつき”についても考

慮することが重要であると考えられる．

6.4.2 交差点構造改良対策実施時の事前評価ケーススタディ

最後に，実際の交差点構造改良を検討する場合の，車両挙動の予測評価について，実在する交差点を対象として，ケーススタディ分析を行なう．

分析対象箇所は，第5章で取り扱った春日井市の交差点の中から，事故発生件数や右折対直進事故が多いA交差点を対象とした(図 6.4.8(a))．現況交差点の南西部は，交差角が鋭角であることも要因となり，左直分離ゼブラのある大きい隅角部半径による処理となっている．また，西側の横断歩道は平行する道路や横断歩道に対して設置角度がやや鈍角となっている．

今，安全性向上のための改良対策として，隅角部半径を小さくし，南側と西側の横断歩道を前出しすることを検討する(図 6.4.8(b))．隅角部半径の縮小により，南からの左折車が大型車などの場合には，西側の第2，第3車線を使用して左折転回することとなる．また西側横断歩道は，平行する道路と同じ設置角度とするため，横断距離が長くなるが，交差点を2回横断して通行する場合の迂回距離は短くなる．また，反対側の横断歩道距離とはほぼ同程度であるため，歩行者用青時間を長くする必要性もない．隅角部半径の縮小と横断歩道の前出しにより，停止線位置は西側が7m程度，南側が6m程度前出しされ，よりコンパクトな形状となる．これらの改良効果について，西/南/北側からの右折車挙動を対象として，構築したミクロ挙動モデルを用いて挙動変化を予測する．右折時に関連する道路構造を方向別に示したものを図 6.4.9～図 6.4.11に示す．

(a)現況交差点平面図

(b)改良後交差点平面図

図 6.4.8　ケーススタディ分析における仮想交差点

(a)改良前　　(b)改良後

図 6.4.9　改良前後の構造比較(西流入部からの右折)

(a)改良前　　(b)改良後

図 6.4.10　改良前後の構造比較(南流入部からの右折)

(a)改良前　　(b)改良後

図 6.4.11　改良前後の構造比較(北流入部からの右折)

対象挙動は，右折時に置いて最も基本的な挙動である，走行速度と走行軌跡を対象とした．

まず，走行速度を本分析において構築した走行速度モデルにより評価する．構築したモデルでは，走行速度が確率的分布を伴って変化する構造であるが，本検討では期待値である50パーセンタイル値をもって評価を行う．分析においては流入速度と流出速度が同一であると仮定し，いずれも30m/hとして設定した．尚，この値は実際に観測された右折時の自由走行車両の平均的な流出入速度である．走行速度推定モデルにより算出した結果を時間軸上で表現したものを図 6.4.12に示す．改良前後で比較すると，西流入部と南流入部では，交差点改良により改良最小速度が1.0km/h程度低下していることがわかる．一方で北流入部では速度低減が無いものと推定されたが，これは，流入側のIP点から中央分離帯までの距離に変化がないことが要因である．当該交差点では，流入部における停止線の前出しと，それに合わせた中央分離帯の延長によって交差点内の走行速度抑制が期待される．

図 6.4.12　交差点改良前後における右折自由走行速度プロファイルの算出結果

走行軌跡の変化についても，本分析中に構築した走行軌跡モデルによって評価した．比較結果を図 6.4.13に示す．まず，西流入部からの右折走行軌跡推定結果は，改良後の軌跡が交差点内側に0.5m程度寄っているが，改良前後いずれの軌跡とも右折流入部の中央分離帯位置と重なっており，推定結果としては妥当ではない．この結果は，右折交差角が非常に鋭角でありながらも，IP点から流入側中央分離帯までの距離が短いことに起因しており，本研究にて構築したモデルの適用範囲外であるといえる．また，反対に右折交差角が鈍角である南・北流入部では，改良による軌跡の変化はほとんど見られない．モデル分析の際に実施した感度分析結果においても，走行軌跡に対する影響は右折時最小速度や交差角の影響が大きく，IPから中央分離帯までの距離の影響は感度が低かったことから，走行軌跡についてのショートカット走行抑制やばらつきの低減については，交差角度の直交化が望ましいといえる．

以上より，本改良対策内容は，走行軌跡変化には大きな効果が望めないものの，走行速度の抑制に対して効果が期待される内容といえる．このケースタディのように，本研究成果のミクロ車両挙動の分析結果を用いることで，交差点構造改良対策を実施した場合の挙動変化を，事前に定量的に予測することが可能になるものといえる．

(a)西流入部からの右折

(b)南流入部からの右折

(c)北流入部からの右折

図 6.4.13　交差点改良前後における右折走行軌跡の算出結果

6.5 本章のまとめ

本章では，信号交差点における右折車両を対象として，交差点構造や交通条件がミクロな判断・挙動に対して与える影響をモデル分析により明らかにし，どのような構造条件が交差点の安全性に寄与できるかを，各挙動分析結果の並列評価と代替性安全評価指標の観点から考察した．

モデル分析においては，信号交差点における右折車両の一連の判断・挙動を，道路交通条件から説明するモデルを構築することにより，主たる影響要因として作用する交差点構造の特定と，その影響度合いを評価した．各モデルの構築は，走行速度や走行軌跡のように既往研究成果を援用して交差点構造が与える影響を再確認したものや，ギャップアクセプタンス挙動分析のように道路構造条件に関する新たに知見が得られたものなど多岐にわたる．特に，ギャップアクセプタンス判断分析については，従来明らかにされていなかった交差点の車線数に着目し，多車線となることにより対向直進車のギャップ配列が様々となり，右折ドライバーの判断のばらつきに繋がることを定量的に明らかにした．

これらの個々のミクロ挙動が交差点構造や時点での交通状況との密接な因果関係があることを確認した上で，安全対策上最も優先的に検討すべきと考えられる交差点構造の改善が，各挙動に対して与える影響を並列に評価した．評価結果より，交差角度を極力直交化させることや，コンパクト化により停止線セットバック量等を極力短縮させることが，いずれの挙動に対しても安全側に作用することを確認した．

最後に，交差点の安全性評価方法について，代替性安全評価指標を用いて評価値の増減から評価する方法と，具体的な交差点構造を与条件として実現する挙動・判断を予測評価する方法について述べた．

代替性安全評価指標による評価については，既存のSSMにて提案されている事故の起こりやすさと事故に至った場合の被害の程度のほか，空間的なばらつきについて着目することの意義を論じた．また，この空間的なばらつきと事故発生頻度との関係を確認するため，交差点における実挙動データをもとに交錯点位置の分散共分散を算出し，事故発生頻度との関係について確認を行った結果，事故発生頻度の高さと共分散の絶対値の大きさには一定の関係性があることが示唆された．今後はより多くのデータに基づいてこの空間的なばらつきと事故発生頻度との因果関係を精査していく必要がある．

車両挙動から見た交差点の安全性評価における今後の課題として，まず，信号制御の影響確認が必要である．今回のモデル分析においては信号制御条件に関連した説明変数は抽出されなかったものの，様々な制御方式や現示時間設定の状況下におけるサンプルを収集し，再検証する必要があるといえる．

次に，右折ギャップアクセプタンス分析における対向直進車のような，対象右折車両以外の利用者主体に対する反応の評価も今後検討すべき事項といえる．発進反応時間の分析では，右折最終通過車両の影響を受けて発進する交差側直進車両の評価を行い，結果として交差側右折車の状態から影響を受けている可能性が示唆されている．信号交差点における右折時には，対向直進車や右折流出先での横断歩行者や自転車など，交錯する道路利用者も多く存在することから，これらの影響を受けて右折車両の挙動がどのように変化しているのかについて，定量的に評価していく必要がある．

最後に，代替性安全評価指標の適用性の確認が挙げられる．今回新たに提案した空間的なばらつきも含め，既往のSSMについても国内における妥当性の実証研究は未だ不足状況にあることから，今後はこれらについて十分な挙動データと事故発生状況に関する情報の双方を蓄積していき，SSM適用の妥当性を検証していく必要がある．

第7章 結論

7.1 本研究の成果

本研究では，確率的な不確からしさを伴う交通事故発生事象の起こりやすさと被害の程度として定義した交通事故発生リスクを対象として，道路構造や交通状況等に代表される道路交通環境要因の側面から，危険事象につながる要因の特定と定量的な評価方法の検討を通じて，今後の社会の安全性向上のための分析を行った．本研究の成果を以下に示す．

- ✓ 事故発生頻度につながる道路交通要因の特定を目的とした，道路種別・事故類型ごとの因子分析や回帰分析の結果から，幅員が広く大規模道路空間を有する道路，交差点密度が高く混雑時平均旅行速度の低い道路区間，車両交通が集積する工業系用途地域などの要因が，交通事故の発生や事故発生頻度の増加に繋がることが明らかとなった
  - 特に，幹線道路の事故発生頻度に対して統計的な影響度が確認された，混雑時平均旅行速度や交差点密度の指標は円滑性にも深く関連する指標であり，旅行速度の向上や適切な交差点間隔の確保といった施策による走行円滑性の向上が，安全性向上にも繋がることが示された．
- ✓ 潜在的な事故発生リスクを道路交通環境要因から推定する事故発生頻度推定モデルを構築した上で，幹線道路と生活道路それぞれのリスクが高い区間および地区を抽出する手法を提案し，効率的・効果的な安全対策の実現のために，それらの結果を重ね合わせて評価することの有用性について論じた．
- ✓ 事故発生頻度が比較的高く，事故発生時の被害の程度が大きい，信号交差点での右折車挙動を対象として，危険な挙動や判断のばらつきを評価するためのモデル分析を行い，交差点構造と判断・挙動との関係を確認した上で，交差点の交差角度の直交化やコンパクト化が安全性向上に寄与することを明らかにした．
  - 右折時のギャップアクセプタンス挙動分析においては，複数車線構造がギャップ受容棄却判断のばらつきというリスクにつながることをモデル分析により評価し，これまで明らかとなっていなかった多車線構造がドライバーの判断に与える影響を定量的に明らかにした．
- ✓ 交差点の安全性を評価するための代替性安全評価指標として，空間的なばらつきの概念を提案し，右折対直進の交錯事象を対象としたケーススタディ分析結果より，交錯点座標の分散・共分散の絶対値が大きいほど，事故発生頻度が高くなる可能性を確認した．

7.2 研究成果に基づく今後の交通安全方策への提言

(1) 幹線道路における適切な交差点間距離の確保による円滑性と安全性の向上

幹線道路のマクロ統計モデル分析結果からは，混雑時旅行速度が低く，交差点密度が高い区間において事故発生リスクが高い結果が示された．この結果をふまえると，トラフィック機能が重視される道路においては，適切な交差点間隔を確保することが旅行速度の向上につながり，結果として安全性と円滑性の両面において向上が期待されることとなる．

幹線道路付近の住民にとっては幹線道路アクセスの利便性が失われ，また幹線道路沿いの商業施設にとっては，集客需要が低下することは当然懸念されるが，本来のその道路が持つべき役割を再度確認し，適切な交差点間隔の確保に努める必要があるといえる．また，交差点部でも信号制御によって全方向に進行可能な状況が必ずしも標準形である必要はなく，多車線の場合には立

体交差形式を採用することや，小規模な交差点では左折進入/左折流出のみに限定するといった接続方式を再考することで，円滑性と安全性の向上が期待される．

(2) 道路管理者間での連携による面的な安全対策の検討と実施

例えば，幹線道路の混雑による迂回交通が生活道路側へ流出し，いわゆる“抜け道”利用による交通が発生している状況下においては，速度の高い通過交通によって，生活道路において事故が発生するリスクが高まる．このような課題を解決するためには，複数の道路管理者に跨った地域単位で安全性評価を行い，双方で対策を実施していく必要がある．例に挙げた“抜け道”交通による事故リスクで考えると，生活道路の地域で通過交通を走りにくくする対策と合わせて，幹線道路から通過交通を流出させない工夫が求められるといえる．

本研究においては，幹線道路と生活道路での事故発生リスクを区別して評価した後，双方において危険性が高い地域を着目すべき地域とみなした評価の一例を示したが，これは幹線道路側と生活側道路側で一体的な安全対策を実施するための初期段階での検討事項といえる．今後，各道路管理者間でこのような評価結果を共有して一体となって安全対策に取り組むことで，より効果発現度合が高い施策へとつなげていくことが望ましい．

(3) 安全性を考慮した交差点構造計画検討のあり方

これまで，設計指針や各種のマニュアルに準拠した形での交差点の計画・設計が盛んに行われてきた．一般的には，右左折は導流路幅員を確保し，横断歩道や停止線セットバック量はマニュアルにおける最小値と導流路の位置関係から決められる最小の値として計画されることが多分にある．一方で安全性の確保に関しては，交通管理者との協議，あるいは指導といったもので担保するケースが多い．このような容易に誰もが行える計画，設計手法から，より質の高い交差点とするためには，さらなる検討が必要となるであろう．

本研究では特に交差点の幾何構造に着目し，どのように事故発生リスクや車両挙動の変化に影響しているかの分析を行なったが，構築された挙動モデルを活用することにより，計画段階における安全性評価も可能となる．このように，計画設計後に実現される交差点の利用状況を安全性の観点から定量的に評価した上で，最適な計画や設計を行うことが，今後求められる交差点構造の在り方であると考えられる．

また，このような検討を行う上では，道路交通条件に応じて利用者挙動を再現できるシミュレータの構築と活用が有効であると考えられ，活用のメリットとして，代替案の変更による改良効果が即時に算出可能であることや，希少事象を評価する上で事故発生件数をモニタリングするという時間的な課題の解決が可能であることなどが挙げられる．

尚，このようなシミュレータの事例としてDang et al. (2013)によって開発された安全性評価シミュレータがある．その後もこのシミュレータは，渡部ら(2014)，張ら(2014)，Zeng et al. (2014)によって構築された利用者挙動のばらつきを確率的な分布により表現した挙動モデルを搭載するなど，現在も改良作業が行われている最中ではあるが，今後，安全性評価方法のさらなる検討と合わせて，その完成が期待される．

7.3 今後の課題

本研究成果をふまえた今後の課題を以下に示す．

(1) 路線やネットワークを考慮した線的・面的安全性評価方法の確立

本研究では，道路交通の安全性を考えるにあたり，幹線道路と生活道路の2つに大別して評価を行い，それらを合成して評価するという手法について述べた．また，道路の結節点である交差点は，隣接交差点の影響などを考慮しておらず，独立しているとの仮定がおかれた分析となっている．

幹線道路については，道路交通環境データの制約上，調査区間単位での個別評価を行っているが，隣接する区間相互での影響や，路線単位でみた集計評価などの関係性等についても評価の視点として組み込むことが考えられる．また，特定の微小区間で対策を実施した場合に，隣接区間へ影響を及ぼすことなども想定されることから，これらについても評価方法を確立していく必要があるといえる．さらに，線的な視点から面的な視点へと展開した場合，道路ネットワークとしての評価の課題もある．交通円滑性や災害時のリダンダンシーを検討することと同様に，交通安全性を議論する上でも理想的な道路ネットワークの在り方というものが想定され，これを検討していくためには，まず，道路のもつ機能や利用者ODなどの観点から見た現況道路の明示的なクラス分けが必要である．そしてその結果をふまえて，各クラスの道路整備量やクラス間での接続箇所数・接続方法などから見たリスク評価を行うことが考えられる．このような研究課題を解決することにより面的な安全性評価方法を確立していく必要がある．

(2) 交差点構造や信号現示と事故発生リスクの関係に関する更なる検証

本研究では入手可能なデータ上の制約から愛知県内の事故データのみを使用しており，また，分析のために収集した交差点構造の幾何構造データについても特定箇所に限定されることから，特定地域固有の知見であるという可能性を現段階では否定できない．特に，交差点幾何構造値や交通信号の現示長設定といった要因は，同一県内では類似する傾向が分析中にも確認されていることから，これらについては，県外のデータ等も活用しつつ，本研究で得られた知見の一般性を確認していく必要がある．

また，統計的優位性が確認されなかった路面標示の影響，同一方向の直進車線と分離された右折専用車線の効果，隅角部の隅切り長設定や大型車の存在などによる視認性の影響など，本分析中では明示的に扱えなかった交差点構造や交通運用を説明する項目が存在する．これらについても，評価のための数値化手法の検討や統計的分析に耐えうるデータの蓄積等を行いつつ，交差点の安全性向上のための構造要件をより一層明確化していくために，定量的な評価を行っていくことが必要である．

(3) 代替性安全評価指標の適用性確認

代替性安全評価指標の概念は国外において提案され，国内にもその成果を引用した研究事例が多く存在するが，国内においてその適用性を確認している実証的研究は未だ不足している．安全性を評価する上で，各指標値のもつ意義や適用する上での制約条件などを明らかにし，算出結果に対する信頼度を向上させるためにも，このような妥当性に関する研究を進めていく必要がある．本研究でも，交差点における代替性安全評価指標の新たな考え方として，空間的なばらつきを提案しているが，この指標値の適用性をより多くの交差点でのサンプルデータを用いて，精緻に検証していく必要がある．

参考文献

第1章

内閣府（2015）:『平成 27 年案 交通安全白書』
<http://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/index-t.html>（アクセス日：2015 年 11 月）

International Traffic Safety Data and Analysis Group: Road Safety Annual Report 2015
<http://internationaltransportforum.org/irtadpublic/index.html>（アクセス日：2015 年 11 月）

ITS Japan：ITS GREEN SAFETY SHOWCASE <http://www.its-jp.org/katsudou2014/tabid_906/>（アクセス日：2015 年 11 月）

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) (2010): Highway Safety Manual. AASHTO, Washington, D.C..

Treat, J. R., Tumbas, N. S., McDonald, S. T., Shinar, D., Hume, R. D., Mayer, R. E., Stansifer, R. L., Castellan, N. J. (1979): Tri-level study of the causes of traffic accidents: final report - Executive summary.

ITS Japan：ITS GREEN SAFETY SHOWCASE <http://www.its-jp.org/katsudou2014/tabid_906/>（アクセス日：2015 年 11 月）

国土交通省道路局：交通事故対策の取組<http://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/sesaku/torikumi.html>（アクセス日：2015 年 11 月）

稲垣具志・寺内義典・橘たか・大倉元宏（2014）：生活道路における地区関係者と抜け道利用者の走行速度比較分析，土木学会論文集 D3(土木計画学)，Vol.70，No.5，pp.I_933-I_941.

松本幸司・金子正洋・小出誠（2008）：くらしのみちゾーン施策による安全性、快適性等生活環境の質向上の評価，第 28 回交通工学研究発表会論文報告集，pp.221-224.

蓮花一己（2000）：運転時のリスクテイキング行動の心理過程とリスク回避行動へのアプローチ，IATSS Review，Vol.26，No.1.

鈴木弘司，藤田素弘，小塚一人，串原喜之（2005）：利用者のリスクテイキング/回避行動を考慮した信号交差点の運用評価に関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol.22, No.4, pp.853-862.

亀井省吾，吉田長裕，日野泰雄（2009）：事故の深刻度を考慮した幹線道路における自転車事故のリスク分析，第 40 回土木計画学研究・講演集，CD-ROM.

第2章

佐々木喜忠（1980）：愛知県における交通事故と道路の関係についての一考察，交通工学，Vol.15，No.4，pp.11-27.

佐々木喜忠（1981）：愛知県での交差点事故と道路要因の相関分析と安全度評価手法について，交通工学，Vol.16，No.2，pp.31-45.

森地茂・兵藤哲郎・浜岡秀勝（1993）：地理情報システムを用いた交通事故分析方法に関する研究，土木計画学研究・講演集，No.16(1)，pp.961-968.

橋本成仁・吉城秀治・佐伯亮子・三村泰広・安藤良輔（2013）：交通事故データを用いた交通事故発生確率推定モデルの構築と適用可能性の検討－愛知県豊田市・岡山県岡山市を対象として－，土木計画学研究・講演集 Vol.48，6 ページ，CD-ROM.

山田晴利・Teerayut HORANONT・田中祥夫・柴崎亮介（2014）：交通事故発生場所の経度・緯度の精度検証と事故分析システムの開発，土木計画学研究・講演集 Vol.49, 9 ページ, CD-ROM.

Dijkstra, A. (2011): En route to safer roads: how road structure and road classification can affect road safety. ITC Dissertation 185.

(公財)豊田都市交通研究所（2014）：ゾーン 30 の選定方法に関する研究～土地利用と道路ネットワークを考慮した交通事故発生レベル予測モデルの検討を通じて～，豊田都市交通研究所研究調査報告 報告書，2014-②.

岡本ありさ・小根山裕之・石倉智樹（2014）：抜け道と街路の接続特性に関する実証分析，土木計画学研究・講演集 Vol.50，7 ページ，CD-ROM.

Chengye, P. and Ranjitkar, P. (2013): Modeling motorway accidents using negative binomial regression, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.10, pp.1946-1963.

Anderson, I. B., Bauer, K, M., Harwood, D. W. and Fitzpatrick, K. (1999): Relationship to safety of geometric design consistency measures for rural two-lane highways, Transportation Research Record, No. 1658.

Noland, R. B. and Quddus, M. A. (2005): Congestion and safety: A spatial analysis of London, Transportation Research Part A, 39, pp.737-754.

Datta, T. K. (1991): Head-on, left-turn accidents at intersections with newly installed traffic signals, Transportation Research Record, Vol. 1318.

竹本明朗・大石久和（1981）：道路区間分離と交通安全対策－道路機能と沿道環境による道路区間の分類を中心として－，交通工学 Vol.16, No.2, pp.3-15.

川上洋司・本多義明・竹内伝史・岩崎光男（1991）：道路機能と沿道土地利用パターンの対応からみた交通事故のマクロ的発生構造に関する研究，土木計画学研究・論文集 No.9, pp.165-172.

岡田朝男・水野裕彰・中村俊之・絹田裕一（2011）：道路交通における交通事故とヒヤリハットの関係性に関する基礎的研究，第 31 回交通工学研究発表会論文集，7 ページ，CD-ROM.

菊地春海・岡田朝男・水野裕彰・絹田裕一・中村俊之・萩原剛・牧村和彦（2012）：道路交通安全対策事業における急減速挙動データの活用可能性に関する研究，土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.68, No.5 (土木計画学研究・論文集第 29 巻), I_1193-I_1204.

寺田昌由・山本俊行・三輪富生・森川高行（2008）：交通事故データとプローブカーデータを用いた潜在的交通事故危険度に関する研究，第 7 回 ITS シンポジウム，7 ページ，CD-ROM.

Patwary, M. A. H., Zhang, J. and Fujiwara, A. (2009): A joint model of injury severity and collision type for examining influential factors of traffic accidents occurring at intersections of national highway in Japan, Proceeding of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.7, 16 pages, CD-ROM.

Bajracharya, S. (2013): Intersection Accident Severity Analysis using Ordered Probit Model, Proceeding of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.8, 13 pages, CD-ROM.

Das, S. and Sun, X. (2015): Zero-inflated models for different severity types in rural two-lane crashes, 94th Transportation Research Board Annual Meeting, 21 pages, Washington, D.C..

大蔵泉・長谷川秀・依田育也（1989）：信号現示変わり目における車両の挙動特性，土木計画学研究・論文集，No.7.

片岡源宗・橋本幸雄・熊谷靖彦・吉井稔雄（2005）：地域差を考慮した信号切り替わり時における停止判断挙動分析，土木計画学研究・講演集，No.31, 4 ページ，CD-ROM.

吉井稔雄・山内麻希（2010）：信号サイクル長がドライバー停止判断挙動に与える影響分析，第 30 回交通工学研究発表会，pp.41-44, CD-ROM.

後藤梓・鈴木一史・中村英樹・浅野美帆（2010）：全赤時間長に着目したインターグリーン時間における直進車の停止/通過挙動の分析，土木計画学研究・講演集，Vol.42, 5 ページ，CD-ROM.

Lum, K. M. and Halim, H. (2006): A before-and-after study on green signal countdown device installation, Transportation Research Part F, 9, pp.29-41.

黄明霞・藤田素弘・鈴木弘司（2015）：観測に基づくカウント表示式信号機下の車両停止挙動の安全性に関する研究，土木学会論文集 D3(土木計画学)，Vol.71，No.1，pp.20-30.

Fujita, M. Suzuki, K. and Yilmaz, C. (2007): Behavior and consciousness analysis on effect of traffic signals including countdown device for vehicles, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.7, pp.2289-2304.

小川圭一・肥田肇・川居卓也（2008）：右折専用現示の有無による信号切り替わり時の交差点危険性評価の比較，土木計画学研究・論文集，Vol.25，No.4.

鈴木一史・中村英樹（2011）：信号切り替わり時のクリアランス車両との交錯を考慮した直進車両の発進挙動，交通工学，Vol.46，No.4，pp.56-64.

Wolfermann, A., Alhajyaseen, W. K. M. and Nakamura, H. (2011): Modeling speed profiles of turning vehicles at signalized intersections, Proceeding of the International Conference Road Safety and Simulation 2011, 17 pages, CD-ROM, 2011.

鈴木一史，中村英樹，石黒公規（2009）：信号交差点における幾何構造と進入条件を考慮した右折走行軌跡のモデル化，土木計画学研究・講演集，No.39, 4 ページ，CD-ROM.

Alhajyaseen, W. K. M., Asano, M., Nakamura, H. and Dang, M, T. (2011): A methodology for modeling the distribution of turning vehicle paths at signalized intersections, Proceeding of the International Conference Road Safety and Simulation 2011, 20 pages, CD-ROM.

片岡源宗・吉井稔雄（2004）：右折車による後続直進車のブロッキング現象を考慮した交差点容量推計方法の構築，土木計画学研究・論文集，Vol.21，No.4.

森健二・齋藤威（1992）：信号交差点における右折車のギャップ利用特性に関する考察，科学研究所報告交通編，Vol.33，No.2，pp.16-25.

森健二・本間正勝・齋藤威（1994）：信号交差点における右折車のギャップ利用特性と対向直進車の速度との関係分析，科学研究所報告交通編，Vol.35，No.2，pp.11-18.

森健二・本間正勝・齋藤威（1996）：信号交差点における右折車のギャップアクセプタンスモデルに関する一考察，科学研究所報告交通編，Vol.37，No.2，pp.41-47.

西田泰（2006）：実映像を利用した右折車の対向車ギャップ利用特性に関する実験方法の提案，第 26 回交通工学研究発表会論文報告集，pp.17-20.

木村一裕・溝端光雄・蓑輪裕子・清水浩志郎（1999）：ビデオ映像を用いた高齢ドライバーの右折ギャップ選択特性に関する研究，第 19 回交通工学研究発表会論文報告集，pp.89-92.

矢野伸裕（2006）：交差点右折時における対向車に対する注視特性の年齢層別比較，第 26 回交通工学研究発表会論文報告集，pp.5-8.

Transportation Research Board (2000): Highway Capacity Manual.

American Association of State Highway and Transportation Officials (2011): A Policy on Geometric Design of Highways and Streets.

Hagring, O. (2000): Estimation of critical gaps in two major streams, Transportation Research Part B, 34, pp.293-313.

第4章

国土交通省道路局：交通事故データ集<http://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/sesaku/data.html>（アクセス日：2015 年 9 月）

佐々木喜忠（1981）：愛知県での交差点事故と道路要因の相関分析と安全度評価手法について，交通工学，Vol.16，No.2，pp.31-45.

森地茂・兵藤哲郎・浜岡秀勝（1993）：地理情報システムを用いた交通事故分析方法に関する研究，土木計画学研究・講演集，No.16(1)，pp.961-968.

橋本成仁・吉城秀治・佐伯亮子・三村泰広・安藤良輔（2013）：交通事故データを用いた交通事故発生確率推定モデルの構築と適用可能性の検討－愛知県豊田市・岡山県岡山市を対象として－，土木計画学研究・講演集 Vol.48，6 ページ，CD-ROM.

菊地春海・岡田朝男・水野裕彰・絹田裕一・中村俊之・萩原剛・牧村和彦（2012）：道路交通安全対策事業における急減速挙動データの活用可能性に関する研究，土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol.68，No.5，I_1193-I_1204.

大柳和紀・小嶋文・久保田尚（2014）：急ブレーキデータ及び交通事故データを用いた地域 DNA 型交差点の危険性に関する分析，土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol.70, No.5, I_433-I_441.

山田晴利・Teerayut HORANONT・田中祥夫・柴崎亮介（2014）：交通事故発生場所の経度・緯度の精度検証と事故分析システムの開発，土木計画学研究・講演集 Vol.49，9 ページ，CD-ROM.

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) (2010): Highway Safety Manual. AASHTO, Washington, D.C..

Noland, R. B. and Quddus, M. A. (2005): Congestion and safety: A spatial analysis of London, Transportation Research Part A, 39, pp.737-754.

Grogger, J. T. and Carson, R. T. (1991): Models for truncated counts, Journal of Applied Econometrics, Vol. 6, pp. 225-238.

Hall, D. B. (2000): Zero-inflated Poisson and binomial regression with random effects: A case study, Biometrics, Vol. 56, pp. 1030-1039.

Welsh, A. H., Cunningham, R. B., Donnelly, C. F., Lindenmayer, D. B. (1996): Modelling the abundance of rare species: statistical models for counts with extra zeros, Ecological Modelling, 88(1), pp. 297-308.

第5章

日本道路協会（2015）：道路構造令の解説と運用

交通工学研究会（2007）：改訂 平面交差の計画と設計

総務省統計局：e-Stat 政府統計の総合窓口<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/eStatTopPortal.do>（アクセス日：2015 年 11 月）

愛知県：陸上交通に関する統計<http://www.pref.aichi.jp/0000070615.html>（アクセス日：2015 年 11 月）

第6章

交通工学研究会（2006）：改訂 交通信号の手引き.

鈴木一史(2010)：信号交差点構造とインターグリーン時間に応じた車両挙動の時空間モデリング，名古屋大学大学院博士論文.

鈴木一史，中村英樹（2006）：交通流解析のためのビデオ画像処理システム Traffic Analyzer の開発と性能検証，土木学会論文集 D，Vol.62，No.3，pp.276-287.

Wolfermann, A., Alhajyaseen, W. K. M. and Nakamura, H. (2011): Modeling speed profiles of turning vehicles at signalized intersections, Proceeding of the International Conference Road Safety and Simulation 2011, 17 pages, CD-ROM, 2011.

鈴木一史，中村英樹，石黒公規（2009）：信号交差点における幾何構造と進入条件を考慮した右折走行軌跡のモデル化，土木計画学研究・講演集，No.39, 4 ページ，CD-ROM.

Alhajyaseen, W. K. M., Asano, M., Nakamura, H. and Dang, M, T. (2011): A methodology for modeling the distribution of turning vehicle paths at signalized intersections, Proceeding of the International Conference Road Safety and Simulation 2011, 20 pages, CD-ROM.

Yan, X., Radwan, E. (2007): Effect of restricted sight distances on driving unprotected left-turn phase at signalized intersections, Transportation Research Part F, 10, pp.330-344.

森健二，齋藤威（1992）：信号交差点における右折車のギャップ利用特性に関する考察，科学研究所報告交通編，Vol.33，No.2，pp.16-25.

Hayward, J. C. (1972): Near-miss determination through use of a scale of danger, Highway Research Record, 384, 24-34.

Allen, B. L., Shin, B. T., Cooper, D. J. (1978): Analysis of traffic conflicts and collision, Transportation Research Record, 667, 67-74.

Gettman, D., Pu, L., Sayed, T. Shelby, S. (2008): Surrogate Safety Assessment Model and Validation: Final Report, FHWA-HRT-08-051.

Jolovic, D., Stevanovic, A., Martin, P. T. (2015): Revision of left turn guidelines using optimal design of traffic signal phasings in a microsimulation environment, Proceedings of the International Conference Road Safety and Simulation 2015, 13 pages, CD, Orlando, US.

Stamatiadis, N., Salle, T., Kirk, A. (2015): Left turn phasing guidance based on crossing conflict analysis, Proceedings of the International Conference Road Safety and Simulation 2015, 13 pages, CD, Orlando, US.

Babu, S. S., Vedagiri, P. (2015): Traffic safety assessment of multilane unsignalized intersections using surrogate safety measures, Proceedings of the International Conference Road Safety and Simulation 2015, 13 pages, CD, Orlando, US.

Gettman, D., Head, L. (2003): Surrogate Safety Measures From Traffic Simulation Models, Final Report, FHWA-RD-03-050.

Alhajyaseen, W. K. M., Asano, M., Nakamura, H. (2013): The utilization of kinetic energy for the safety assessment of intersections, 13th World Conference on Transport Research, 13 pages, Rio de Janeiro.

鈴木弘司・山口大輔・藤田素弘（2012）：大規模交差点における左折車通行時危険性の定量評価，土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol.68，No.5（土木計画学研究・論文集第 29 巻），I_1103-I_1114.

第7章

Dang, M.T., Alhajyaseen W.K.M., Asano, M. and Nakamura, H. (2013): Development of Microscopic Traffic Simulation Model for Safety Assessment at Signalized Intersections, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, vol.2316, pp.122-131.

Zeng, W., Chen, P., Nakamura, H. and Asano, M. (2014): Application of Social Force Model to Pedestrian Behavior Analysis at Signalized Crosswalk, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Volume 40, pp.143-159.

張馨，中村 英樹，井料(浅野)美帆，陳鵬（2014）：横断歩道長と歩行者信号現示を考慮した横断歩行速度のモデル化，土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.70, No.5, pp.I_1031-I_1040.

渡部数樹，中村英樹，井料(浅野)美帆（2014）：信号交差点改良対策立案のための右直分離制御時の車両挙動分析，土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.70, No.5, pp.I_1013-I_1022.

中村英樹，井料(浅野)美帆，鈴木弘司，浜岡秀勝（2015）：改良対策立案のための交差点安全性評価シミュレータの研究開発，道路政策の質の向上に資する技術研究開発 成果報告レポート，No.24-6.

謝　辞

本研究および学位論文作成にあたっては，非常に多くの方々より，ご指導とご支援を頂きました．ここに深く感謝いたします．

指導教員である中村英樹教授には，私が研究員として所属してから本論文を提出する直前に至るまで，終始，懇切丁寧にご指導を頂きました．これまでの社会人経験にも配慮くださりながらも，各々の研究内容が持つ社会的意義，国内や諸外国における最新の道路交通に関する知見等の解説から，論文執筆やプレゼンテーション技術，英語表現といった基礎的事項の説明に至るまで，他の学生と遜色なく，ご自身の休息時間を割いてまで指導して頂いたことに，本当に感謝しております．研究に係る議論を通じて，道路計画や道路設計という分野においても“世の中のためにまだやるべきことが沢山ある”ことを教えて頂き，それを実現するための研究と熱意と行動を指南頂いたことを忘れずに，今後，邁進していきたいと思います．

また，副査を務めて頂きました，環境学研究科の谷川寛樹教授，加藤博和准教授，工学研究科の山本俊行教授，外部審査員の名古屋工業大学・鈴木弘司准教授にもお礼を申し上げます．

谷川教授は，学務や出張等のお忙しい中で貴重なお時間を頂きつつも，研究者としての立場から見た率直な疑問点の確認から，博士論文としてふさわしい骨子構成に至るまで，多くのご指摘を頂きました．ありがとうございました．加藤准教授には，研究内容の詳細をご確認頂きつつも，論文を記載するにあたっての言葉のもつ意義や定義，具体的分析結果をもって立証することの必要性等，学位論文として示す上で，基礎的ではありながら非常に重要な観点から多くのご指導を頂きました．誠にありがとうございます．工学研究科の山本教授からは，特にご自身の研究分野の1つでもあります交通安全のマクロ統計分析に関する部分を中心に，分析上の考え方やテクニックまでをご指導を頂き，本論文をより質の高い研究成果へと指導頂くと共に，論文全体としての流れから一字一句の表記までを丁寧に確認頂きました．ありがとうございました．名古屋工業大学の鈴木准教授からは，ご専門であります交差点部の挙動分析や安全性評価の部分において，多くの知見と他の関連研究等をふまえ，多数のご指導を頂きました．また，本論文に限らず，携わった研究プロジェクトや学会発表等の場においても，議論や支援等を頂き大変感謝しております．

また，約三年間の研究室での研究生活は，中村研究室のスタッフや学生，関係各位の協力なくしては遂行できませんでした．

井料美帆・現東京大学生産研究所講師，群馬工業高等専門学校の鈴木一史助教には，主として信号交差点における挙動影響評価の点で，実に多くのご協力とアドバイスを頂いております．ありがとうございます．また，研究室生活を一緒にした，後藤梓助教，康楠・現東京理科大学嘱託助教，張馨技術補佐員，齋木寿美子秘書には，ゼミ等の場においては私の研究を考える上で多くの“気づき”を感じさせてもらいましたし，また，自分の研究に専念できる日常環境を整備頂いていたことも大変ありがたく感じております．その他にも，本論文にも関連する研究プロジェクトにおいては，Minh Tan DANG・現ハノイ交通運輸大学講師，陳鵬・現北京航空航天大学講師，学生の曾偉良君，真島君騎君，加藤大知君，鰐部万磨君，石山良太君，名古屋工業大学・都市交通研究室の学生諸君と，大変多くの協力を頂いています．ありがとうございました．

本研究テーマを検討するにあたり必要不可欠であった貴重な交通事故データについては，愛知県警察様より提供頂いております．ここに深謝いたします．本研究内容が，地域の交通安全の一助にでもなれば幸いです．

また，本研究における交差点の車両挙動分析の部分は，新道路技術会議『道路政策の質の向上に資する技術研究開発』において採択された『改良対策立案のための交差点安全性評価シミュレータの研究開発』における成果を一部含むものであり，ここに記して謝意を表します．

最後に，私自身の研鑽・成長の為，快く大学へ送り出して頂いた，株式会社オリエンタルコンサルタンツならびに社員の皆様に感謝いたします．また，本学位論文を記載できる程度まで，一研究者としての基礎を築けたのには，両親と兄の支援があります．ありがとうございました．さらに，重要な時期にありながら，私の希望に対し惜しみない支援をくれた妻に感謝します．

渡部 数樹