

[平成 27 年度 修士論文]

細街路無信号交差点における  
道路形状等が出会い頭事故に与える  
危険性算出モデルの構築

豊橋技術科学大学大学院 建築・都市システム学専攻 交通計画研究室  
学籍番号：123528 氏名：佐藤飛鳥

# 目次

ページ

<b>第 1 章 序論</b>	<b>1</b>
1.1 本研究の背景と目的	1
1.2 研究方法と手順	2
1.3 本論文の構成	2
<b>第 2 章 交通事故の実態と既往研究のレビュー</b>	<b>3</b>
2.1 道路交通事故の動向	3
2.2 平成 27 年度中の道路交通事故実態の把握	6
2.2.1 概要	6
2.2.2 交通死亡事故の特徴	6
2.3 既往研究のレビューと本研究の位置づけ	9
2.3.1 既存研究のレビュー	9
2.3.2 本研究の位置づけ	12
<b>第 3 章 出合い頭事故判定モデルの構築</b>	<b>13</b>
3.1 使用したシミュレータ概要	13
3.1.1 マルチエージェント・シミュレータの特性	13
3.1.2 Artisoc の概要	13
3.2 事故判定モデルの構築	18
3.2.1 シミュレーションの流れ	18
3.2.2 車両挙動の概要	21
3.3 事故判定算出手順と事故判定の詳細	25
3.3.1 事故判定算出の実行順序	25
3.3.2 事故判定の詳細	27
3.4 見通しの判断	28
3.5 事故発生有無の判定例	31
<b>第 4 章 交差点形状・速度別算出結果および考察</b>	<b>33</b>
4.1 実行回数の検討	33
4.2 仮想交差点での算出結果	34
4.2.1 仮想交差点の形状	34
4.2.2 交差点形状・速度別算出結果	35
4.2.3 算出結果の考察	39
4.3 現実の交差点での算出結果	41

4.3.1	現実の交差点の概要	41
4.3.2	算出結果	42
4.3.3	考察	46
4.4	本章のまとめ	47
第 5 章 結論		53
謝辞		54
参考文献		55

## 第1章 序論

### 1.1 本研究の背景および目的

我が国における道路交通事故の状況は、昭和45年に最悪であった事故死者数が、昭和46年から昭和50年代の前半にかけてほぼ半減したものの、昭和50年代後半から再び増加傾向に転じ、昭和63年以降8年連続して1万人を超えていた。平成8年には9年ぶりに1万人を下回り、交通安全計画の第1段階の目標を1年早く達成した。現在では平成13年度から17年度までの5年間を計画期間とする第7次交通安全基本計画が実施されている。その結果、平成15年の事故死者数は7,702人と第7次交通安全基本計画の目標を2年度目で達成し、更に、昭和32年以来46年振りに8千人を下回った。そして、平成17年からは徐々に低下していつている。

日本のような細街路の多い国においては、信号が存在せず側方の見通しの悪い交差点の数が多く、都市内自動車交通量の絶対的増大や幹線道路の混雑を回避しようとする通過交通量等の増大により、近年、車両相互の出会い頭事故や歩行者・自転車の飛び出しによる交通事故が増加傾向にある。信号のない交差点（以下無信号交差点）は住宅地や市街地に数多く存在し、交通量や、道路幅員、側方視距離（交差点での左右の見通し距離）といったさまざまな交差点環境により、事故多発交差点と呼ばれる危険な交差点を構成することもある。信号のある交差点と違い、停止や発進の判断がすべて運転者任せとなっている無信号交差点では焦り、わき見といった行動が事故につながりやすくなる。特に、見通しの悪い無信号交差点では交差道路から交差点内に進入してくる車両との遭遇を予測することは困難である。結果として、一旦停止や、安全確認、徐行といった行為を怠る運転者が事故を引き起こす確率は非常に高くなる。このような状況に対応した、新たな交通安全対策が求められている。

こうした、効果的な交通安全対策を効率的に実施していくためには、交通事故多発要因及び交通事故発生メカニズムを把握するとともに、各交差点の安全性を的確かつ定量的に評価することが不可欠である。しかしながら、交通事故多発要因については、現象が極めて複雑なこともあって未解明な点が多く残されており、特に無信号交差点における研究は信号交差点に比べて少なく、今なお多くの実証研究を必要としている。

そこで、本研究では、道路環境が異なる交差点を複数個用意し、既往研究から得た車両速度・車両長さなどの事故の要因となりえることも考慮しつつ、本研究の対象としている見通し範囲および距離、進入速度などの関係性をモデルに考慮し、仮想交差点において危険性算出モデルの構築をした。そして、レーザースキャナによって現実の交差点形状の点を取得し、これをモデル内に組み込みその危険性算出モデルの妥当性と事故確率を算出した。

## 1.2 研究方法および手順

そこで、本研究では、道路環境が異なる交差点を複数個用意し、既往研究から得た車両速度・車両長さなどの事故の要因となりえることも考慮しつつ、本研究の対象としている見通し範囲および距離、進入速度などの関係性をモデルに考慮し、仮想交差点において危険性算出モデルの構築をした。そして、レーザースキャナによって現実の交差点形状の点を取得し、これをモデル内に組み込みその危険性算出モデルの妥当性と事故確率を算出した。

そのため、以下に研究手順の詳細を載せる。

1. 既往研究から車両の詳細数値を参考にし、優先側車両および非優先側車両の速度などの諸条件を固定の数値として取得する。
2. 仮想の交差点をいくつか用意し、車両条件の最適性確認を行うとともに交差点形状による見通しの違いも同様に確認する。
3. その後、事故確率を算出し危険性算出モデルとして妥当か検討する。
4. 交差点形状が異なるいくつかの交差点を調査対象地点として選定し、交差点形状をレーザースキャナによって点で取得する。
5. そして、その交差点形状を危険性算出モデル内に組み込み、実際の道路形状による事故確率を算出し、交差点形状の差異による危険性の算出を行う。

## 1.3 本論文の構成

本論文は、第1章序論から第5章結論までを含め全5章で構成している。

第1章では、本研究の背景および目的、研究方法および手順について述べる。

第2章では、我が国の交通事故の実態と既存研究のレビューについて述べ、そこから本研究の位置付けを明確化している。

第3章では、出会い頭事故判定モデルの構築として使用したシミュレータの概要、事故判定モデルの構築までの流れを述べている。

第4章では、仮想交差点の形状・速度別算出結果と現実の交差点の事故確率について算出および考察をしている。

第5章では、本研究で明らかになったことをまとめ、今後の課題、今後の展開などについて意見などを述べている。

## 第2章 我が国の交通事故の実態と既存研究のレビュー

### 2.1 道路交通事故の動向

戦後、昭和 23 年から昭和 45 年頃まで発生事故件数は著しく増加しており、昭和 23 年から昭和 45 年までに発生事故件数は約 1 万件から約 65 万件へ、負傷者数は約 1 万人から約 100 万人へ、死者数は約 4 千人から約 1 万 6 千人へと変化している。

これは、モータリゼーションの急速な進展に対して、道路整備、信号機、道路標識等の交通安全施設が不足していたことはもとより、車両の安全性を確保するための技術が未発達であったことや、交通社会の変化に対する人々の意識が遅れていたことなど、社会の体制が十分に整っていなかったことが要因であったと考えることができる。

このため、交通安全の確保は焦眉の社会問題となり、昭和 45 年に交通安全対策基本法が制定され、昭和 46 年度の第 1 次交通安全基本計画から始まり、現在は平成 13 年度から平成 17 年度までの 5 年間を計画期間とする第 7 次交通安全基本計画が実施されている。その結果、平成 15 年の交通事故死者数は約 8 千人と第 7 次交通安全基本計画の目標を 2 年度目で達成した平成 14 年を更に下回り、昭和 32 年の約 8 人以来 46 年振りに 9 千人を下回った。最終的な結果としては、平成 17 年では、第 7 次交通安全基本計画実施後最も低い約 6 千人となっている。その後の平成 26 年では昭和 23 年とほぼ等しい約 4 千人となっている。

しかし、死者数とは違い事故発生件数は昭和 45 年から約 5 年間は低下をし約 50 万件まで下がり、その後平成 12 年までは上昇し約 92 万件と昭和 48 年と比べ約 2 倍となっている。平成 12 年から平成 17 年が最も高く約 92 万件を維持し、平成 26 年までには徐々に低下をしているが、昭和 48 年と比べ約 1.4 倍の 62 万件となっており依然として多い状況が続いている。負傷者数も同様な傾向をとっている。また、車両保有台数と比較して見ると自動車は昭和 23 年から増加し、平成 16 年にはほぼ飽和状態となり平成 24 年までは増加せず 90 万台を上下している。しかし、車両保有台数が増加しているのに対し、死者数・負傷者数・交通事故発生件数にはほとんど関係していないと見て取れる。

年齢層別死者数で見ると、若者(16~24 歳)と高齢者(65 歳以上)が多くなっている。若者の死者数では、昭和 46 年に最も多くなっており、昭和 54 年までは低下し、約 3 千 8 百人から約 1 千 8 百人まで低下している。しかし、昭和 55 年からは増加し平成 4 年まで続いている。その数は、約 1 千 8 百人から約 3 千まで増加の一途をたどっている、それから平成 4 年から平成 26 年まではまた低下傾向を示し、約 3 千人から約 4 百人まで低下している。続いて、高齢者の方を見ると、昭和 45 年から昭和 52 年までは低下をし、約 2 千 8 百人から約 1 千 5 百人と約 0.5 倍になっている。その後また増加し昭和 52 年から平成 12 年までは徐々に増加し、約 1 千 5 百人から約 3 千 5 百人と約 2 倍まで増加している。そして、平成 12 年から平成 26 年までは低下している、約 3 千 5 百人から 2 千 4 百人まで低下している。若者・高齢者以外の 15 歳以下、25~29 歳、30~39 歳、40~49 歳、50~59 歳、60~64

歳の6分類に関しては、昭和45年が一番高く平成25年に近づくにつれて減少傾向にある。

年齢層別人口10万人当たり死者数で見ると、年齢層別死者数と同様な傾向にあるが、高齢者は常に若者よりも多くなっている。若者の死者数は、昭和46年から昭和54年は低下傾向にあり約21人から約13人に低下、昭和54年から平成元年にかけ増加傾向にある、約13人から約20人まで増加している。その後、平成元年から平成25年にかけては低下傾向にある。高齢者は、昭和46年から昭和52年にかけて低下していき、約36人から約16人へ低下していき約0.5倍になっている。そして、平成52年から平成62年までは約16人前後で増加低下を繰り返している、しかし、昭和62年から平成4年にかけて増加している、約16人から約20人まで増加、そして、平成4年から平成25年にかけて低下約20人から約8人まで低下している。年齢層別死者数では一番低かった60~64歳が年齢層別人口10万人当たりの死者数では、高齢者・若者について3番目に多くなっている。

状態別死者数をみると、自動車乗車中が最も多い。昭和45年から昭和48年までは約5千8百人と3年間横ばいが続き、昭和48年から昭和53年までは低下し、約5千8百人から約3千人と低下、昭和53年から昭和63年までは横ばいで約3千1百人となっている。そして、昭和62年から平成5年まで増加している、約3千1百人から約5千人と増えている。その後、平成4年から平成25年までは低下している、約5千人から約1千5百人と約1/3となり、相当数減少している。そして次いで多いのは、歩行中になっている。昭和45年から昭和59年までは減少し、約6千人から約2千6百人へと低下し、その後、昭和59年から平成2年までわずかにだが上昇している。約2千6百人から約3千1百人の5百人増加し、平成2年から平成25年までは減少し、約3千1百人から約1千7百人までとかなり減少している。

高齢者の状態別死者数で見ると、歩行中が最も多く、次いで多いのが自転車乗車中または自動車乗車中である。歩行中では、昭和53年から平成6年までは増加傾向を示し約1千人から約1千6百人となり、平成6年から平成25年までは減少する。約1千6百人から約1千1百人まで低下している。また、自転車乗車中では、昭和53年から平成元年までは多少の上昇傾向がある、約1百人から約2百人となっている。そして平成元年から平成12年まではより上昇の傾きが急になっている約2百人から約8百人となっている、そして、平成12年から平成25年までは多少だが減少している、約8百人から約6百人となっている。そして、自転車乗車中においては昭和53年から平成元年までは増加を示しており、約3百人から約6百人と増加していて、平成元年から平成15年までは横ばいとなっており、約6百人となっている。その後、平成15年から平成25年までは減少傾向で、約6百人から約4百人と減少している。

まとめると、平成25年中の交通事故による死者数は、4,373人で13年連続の減少となり、交通事故発生件数及び負傷者数も9年連続で減少した。しかしながら、交通事故死者数の前年比減少率はわずかにとどまり、高齢者の死者数が平成13年以来12年ぶりに増加するなど、交通事故情勢は厳しい状況にある。死者数は、平成13年以降一貫して減少してい

るものの近年は減少幅が逓減し、死者数の指標となる致死率についても平成 22 年以来 3 年ぶりに増加に転じており、死者数が減りにくい状況となっている。死者数の減少が逓減している背景としては、「高齢者人口の増加」、「シートベルト、エアバッグ等の装着率の頭打ち」、「飲酒運転による交通事故の下げ止まり」を挙げることができる。

◎ 高齢者死者数が 12 年ぶりに増加、高齢者が占める割合過去最高

死者数を年齢層別にみると、高齢者（65 歳以上）（構成率 52.7%）が最も多く、次いで 50 歳代（同 9.6%）、40 歳代（同 9.0%）の順に多い。高齢者の死者数が平成 13 年以来 12 年ぶりに増加したほか、65～74 歳の高齢者の死者数が増加（前年比＋76 人、＋9.8%）し、死者数のうち高齢者の死者数が占める割合は 52.7%と過去最高となった。

高齢者の死者数は、高齢者人口の増加などに伴って、昭和 50 年代前半から増加傾向を示し、平成 5 年には若者（16～24 歳）を上回り、年齢層別で最多の年齢層となった。その後、7 年（3,241 人）をピークに概ね横ばいで推移し、14 年以降 24 年まで毎年減少していた。しかしながら、過去 10 年間の推移をみると、若者（平成 15 年の 0.36 倍）及び 25～29 歳（同 0.31 倍）などに比較して、高齢者（同 0.73 倍）は、減少率が少ないことから、全体に占める高齢者の割合は年々増加し、15 年に初めて 4 割を超え、25 年は人口構成率 24.1%（24 年 10 月 1 日現在推計人口）の 2 倍を超える 52.7%に至ったほか、死者数も再び増加に転じるなど、他の年齢層と比べて厳しい情勢にある。

◎ 人口 10 万人当たり死者数は高齢者が他の年齢層に比べて 3.5 倍

人口 10 万人当たり死者数を年齢層別にみると、高齢者（7.48 人）が最も多く、次いで若者（3.36 人）、60～64 歳（3.33 人）の順に多い。増減率を前年と比較すると 30 歳代（前年比－12.3%）が最大の減少幅であり、30 歳代は 3 年連続して 10 万人当たり死者数が 2 人以下となっている。

◎ 歩行中死者が 6 年連続最多

死者数を状態別にみると、歩行中（構成率 36.2%）が最も多く、次いで自動車乗車中（同 32.4%）となっており、両方で全体の 3 分の 2 以上を占めている。昭和 50 年以降は、自動車乗車中の死者数が状態別で最多であったが、自動車乗車中死者はシートベルト着用率の向上などにより、平成 5 年（4,835 人）をピークに減少に転じ、その後は、ほぼ一貫して減少しており、歩行中死者数との差は年々縮小し、20 年には歩行中死者が最多の状態となり、25 年も継続している。

◎ 高齢者は歩行中の占める割合が約半数

高齢者の死者数を状態別にみると、歩行中が半数近く（構成率 48.5%）を占め、次いで自動車乗車中（同 26.6%）、自転車乗用中（同 16.4%）の順に多い。前年と比較すると、原付乗車中（前年比－24 人、－14.8%）は減少したものの、その他の状態は増加しており、その中でも、自動車乗車中（同＋22 人、＋3.7%）の増加幅が最も大きい。高齢者の歩行中の死者数は、昭和 50 年代前半から増加傾向を示した後、平成 7 年（1,659 人）をピークに漸減傾向にあり、平成 15 年の 0.74 倍となっている。



## 2.2 平成 27 年度中の道路交通事故実態の把握

### 2.2.1 概要

平成 27 年の交通事故実態としては、発生件数は 536,789 人で負傷者数は 665,126 人、死傷者数としては 4,117 人となっている。前年と比較すると、発生件数は 37053 人( 6.90% ) の減少、負傷者数は 46248 人( 6.95% ) の減少、死者数は 4 人( 0.1% ) の増加となっており、死者数に限っては 4 人ではあるが増加した。

### 2.2.2 交通死亡事故の特徴

#### (1) 月別交通事故死者数

平成 25 年～平成 27 年の月別交通事故者数から、全体的な傾向から年末につれて死者数が多くなっている。これの原因としては、年末になるにつれ外出機会も増え、人が集中する場所も限定的になるために交通事故死者数が増えると思われる。

平成 25 年では、1 月から 5 月までは、332～347 人を前後し 6 月には 314 人と多少減少し、7 月には 332 人と多少増える。8 月から 10 月にかけて増加し 374～38110 月には約 400 人となる。その後、11 月・12 月には約 400 人を超えて約 470 人前後となる。平成 26 年では、1 月に 355 人と少し高い値を記録しているが、その後、2 月から 7 月までは多少増加しているものの約 320 人を前後し 1 月と比べ 30 人程度減少し続けている。しかし、8 月では減少し 301 人と最も低くなっている、その後の 9 月 10 月は増加し、345 人と 400 人となっており、相当数増加している。だが、11 月には多少減少し 377 人となり、12 月には 1 年の中で最も高い 440 人となっている。平成 27 年では、1 月に 346 人と高い数値を記録し、2 月から 5 月までは約 310 人前後を行き来している。6 月には平成 27 年で一番低い 287 人を記録しており、その後、7 月から 9 月までは減少し約 335 人となっている。そして 10 月に相当数増加し 391 人と増え、11 月に 379 人と多少低下し、12 月には 1 年で一番増加し 443 人と高くなっている。

#### (2) 都道府県別交通事故死者数

1 位：愛知県 213 件、2 位：大阪府 196 件、3 位：千葉県 180 件、4 位：神奈川県 178 件、5 位：埼玉県、北海道 177 件、7 位：兵庫県 171 件、8 位：東京 161 件、9 位：静岡県 153 件、10 位：福岡県 152 件、……、40 位：沖縄県 41 件、41 位：青森県 40 件、42 位：鳥取県、秋田県 38 件、44 位：山梨県 33 件、45 位：高知県 30 件、46 位：島根県、徳島県 27 件となっている。

1 位の愛知県に関しては、200 件以上とどの都道府県とみても相当多くなっている。そしてその愛知県では、1950 年以来「死亡者 200 人未満」を目指しているがいまだに達成でき

ていない。愛知県の死亡者数が高い理由として考えられる理由としては、他の都市と比較して幹線道路の幅が広く交通量も多いこと、またウインカーを出さずに 2 車線またぎで車線変更をする通称「名古屋走り」と呼ばれる行為、また、車と人の多さも挙げられる。大手自動車会社の工場が集中し、自動車普及では先進県だったことから、自動車保有台数は約 500 万台で全国 1 位（2 位は東京の約 450 万台）などの要因があると考えられる。しかし、車両 1 万台あたりの死亡事故発生数では全国 41 位（0.4 人）、人口 10 万人当たりでも 41 位（2.9 人）と少ない方だとの考え方もできる。

### （３） 高齢者（65 歳以上）死者数の推移

全年齢死者数と高齢者死者数を比較した場合、平成 17 年～平成 27 年からの変遷から平成 27 年をみると、平成 17 年では全年齢死者数は 6937 人で高齢者死者数は 2955 人となっており、高齢者構成率は 42.6 と最も低くなっている。そして、平成 27 年の全年齢死者数は 4117 人と平成 17 年と比較すると 2520 人減少し約 64%となり相当数減少しているが、高齢者死者数をみると 2247 人となり平成 17 年の 2955 人では 708 人減少しているが、約 76%と全年齢死者数と比較するとそこまでの減少ではない。そして、高齢者構成率では 54.6 と高齢者が交通事故によって死亡している割合が相当上がっていると見ることができる。

平成 26 年と平成 27 年を比較すると平成 26 年の全年齢死者数は 4113 人、高齢者死者数が 2193 人となっている。平成 27 年の全年齢死者数は 4117 人、高齢者死者数は 2247 人となっており、増減率で言うと高齢者が 54 人増で全年齢は 4 人増となっている。これより、平成 26 年のほうが全体的に死亡者少なく平成 27 年では死亡者数が増加していると言える。

### （４） 道路形状別死亡事故発生件数

道路形状別に死亡事故発生件数をみると、最も事故数が多いのが交差点で次いで単路、トンネルと橋、踏切・その他となっている。まず交差点では全体の 1925 件（48.0%）となっており、交差点内と交差点付近と 2 つに分けられる。そして、交差点内では 1432 件（35.7%）で交差点付近では 493 件（12.3%）となっている。続いて単路では一般単路とカーブとトンネル・橋に大別でき、一般単路では 1307 件（32.6%）で、カーブでは 592 件（14.8%）、トンネル・橋では 87 件（2.2%）となっている。そして、踏切・その他が最も低く 102 件（2.5%）となっている。これらを個別にみると 1 位：交差点内、2 位：一般単路、3 位：カーブ、4 位：交差点付近、5 位：踏切・その他、6 位：トンネル・橋の順になっている。

### （５） 状態別交通事故死者数

状態別交通事故死者数については、平成 27 年の資料が無いため平成 26 年のものをまとめる。平成 26 年中の状態別の交通事故死者数を年齢層別にみると、次のような特徴がみられる。

平成 26 年の全事故死者数は、4113 人となっている。歩行中の死者数が最も高く、次いで

自動車乗車中、二輪車乗車中、自転車乗車中と続いている。歩行中に関しては、1498 人(36.4%)となり前年から-86 人、自動車乗車中では自動車運転中と自動車同乗中の二つに分けられ、自動車運転中では 1024 人(24.9%)で自動車同乗中は 346 人(8.4%)となっている。これらを合わせて自動車乗車中となり 1370 人(33.3%)で前年と比べ-45 人となっている。二輪車乗車中も 2 つに大別できる、自動二輪車乗車中と原付乗車中に分けられる、自動二輪車乗車中では 442 人(10.7%)と前年と比べ-23 人となり、原付乗車中は 255 人(6.2%)となっていて前年と比較して-40 人となっている。そして、自転車乗車中では 540 人(13.1%)となり前年と比較して-60 人となる。歩行中では 1498 人(36.4%)であり、前年と比較して-86 人となっている。

自動車乗車中・二輪車乗車中を分け個別に順位を並べ替えると、1 位：歩行中・2 位：自動車運転中・3 位：自転車乗車中・4 位：自動二輪車乗車中・5 位：自動車同乗中・6 位：原付乗車中となっている。この結果より自動車、自動二輪、原付よりも歩行中や自転車などのときに死亡率が高くなっている。

#### (6) 事故類型別死亡事故発生件数

事故類型別に死亡事故発生件数をみると、最も高いのが車両相互となっている。次いで人対車両、最も低いのが車両単独となっている。車両相互を分類すると、出会い頭衝突・正面衝突・追突・右折時衝突・その他に分類できる。出会い頭衝突は 543 件(13.5%)、正面衝突は 384 件(9.6%)、追突は 227 件(5.7%)、右折時衝突は 200 件(5.0%)、その他は 221 件(5.5%)となっている。

続いて人対車両を分類すると、横断歩道横断中、その他横断中、対・背面通行中、その他となっている。横断歩道横断中は 320 件(8.0%)、その他横断中は 706 件(17.6%)、対・背面通行中は 138 件(3.4%)、その他は 280 件(7.0%)となっている。車両単独を分類すると、工作物衝突、路外逸脱、その他と分類できる。工作物衝突は 621 件(15.5%)、路外逸脱は 206 件(5.1%)、その他は 134 件(3.3%)となっている。そして、ごく少数ではあるが列車 33 件(0.8%)となっている。

これらを個別に分けると、1 位：その他横断中、2 位：工作物衝突、3 位：出会い頭事故、4 位：正面衝突、5 位：横断歩道横断中、6 位：人対車両のその他、7 位：追突、8 位：車両相互のその他、9 位：路外逸脱、10 位：右折時衝突、11 位：対・背面通行中、12 位：車両単独のその他、13 位：列車となっている。

## 2.3 既存研究のレビューと本研究の位置付け

交通事故を対象とした研究は多くあり、その中でも本研究と類似した研究は数多くあり、既存研究についてレビューを行う。特に交差点付近で起こった交通事故関連を対象としたものについてどのような視点から研究が行われているか整理していく。

### 2.3.1 既存研究のレビュー

- ・ 鷲谷ら<sup>1)</sup>は、無信号交差点で優先車が通る・通らないかを無意識に判断している点に着目し、優先側・非優先側の交通量が関係していると考え、そこから非優先側の一時停止割合への影響を分析している。アンケートにおいてヒヤリ調査を行い、その結果から交差点を抽出、その交差点をビデオ撮影し走行挙動を分析している。そして、その結果より無信号交差点における走行挙動の規則性を考察している。
- ・ 吉浦ら<sup>2)</sup>は、出会い頭事故が多く発生している交差点・未発生交差点・住民等からの危険性を指摘されている交差点の3つを抽出しビデオ観測を行い、各交差点に進入する車の車種・速度変化を分類、危険な車両挙動パターンを分析し、事故発生状況と見通し等を加味して交差点形状との関連を考察している。
- ・ 山中ら<sup>3)</sup>は、無信号交差点における一時停止支援 ITS の開発を目標として、プロドライバー・年配ドライバー・学生ドライバーに分け、速度と加速度の測定とブレーキ・アクセルの挙動観測、ビデオ観測で交差点進入時点の3つの要素を記録し、危険走行判別モデルを構築、そこから、制動距離関数と制動能力値を用いて危険走行を判別している。
- ・ 萩田ら<sup>4)</sup>は、歩行者が横断中に四輪車と衝突した事故を詳細に分析し、昼夜・運転技能・地点等に関わらずに運転者はカーブ走行時に内側を注視している知見と比較して、運転者の視線の注視方向が歩行者の横断事故に与える影響について交通事故データから分析をしている。
- ・ 有住ら<sup>5)</sup>は、出会い頭事故の要因に仮説を立て客観的データを収集し検証するために、ドライビングシミュレータでの仮想運転データとその後のアンケート調査、実在する交差点での出会い頭のヒヤリハットデータを用い、ヒヤリハットではない通常走行データとの比較から出会い頭事故の要因を考察している。
- ・ 宗広ら<sup>6)</sup>は、実在する交差点と同様なシーンをドライビングシミュレータ上に再現し、主観的なヒヤリハットの程度とドライバー挙動およびその背景となる心理状況との関係を把握し、そこから、出会い頭事故およびヒヤリハットの発生を防止する対策の一つとして路車協調による車両接近警報システムを提案し、その有効性を検証している。
- ・ 佐藤ら<sup>7)</sup>は、見通しの良し悪し・カーブミラーの有無・交差車両の有無・交差車両の距離の4点で複数の問いを作成し、それに対する選択肢を用意し回答してもらうアン

ケート調査と実在の交差点の写真を被験者に見せ、アンケート調査で用いた選択肢から選んでもらうという形式で無信号交差点における一時停止行動に関する意識調査を行っている。

- ・ 斉藤ら<sup>8)</sup>は、静止画と動画の両方を用い、静止画では優先・非優先の曖昧な定義を被験者全員で定義を一定にし、優先関係の有無・交差点の形状・速度の速い遅いを考慮した動画を作成、これらの動画に対する速度・交差点進入行動・優先意識・危険度に関する質問を用意し、優先関係×速度の二要因分散分析によって相互関係を明らかにしている。
- ・ 田中ら<sup>9)</sup>は、左右見通しの悪い小交差点と左右見通しの良い小交差点の両方を写真で撮影し、日頃運転している人を被験者とし、その写真を見てその交差点が広いか狭いかを調査、その結果より交差する2つの道路の相対的広狭感を分析、その後、幅員比と道路が明らかに広いと感じる人の割合を用い、ロジスティック曲線の回帰式によって出会い頭事故の発生危険度を算出している。
- ・ 藤井ら<sup>10)</sup>は、ITS 総合シミュレーションの実現を最終目標とし、その第一段階として交通流シミュレータ内のエージェントに認知モデルを実装し、認知エラーに起因する交通事故発生機構を構築するためにドライバーの視野と視点移動をモデル化し、建物や車両の死角によって事故が発生する状況のシミュレーションを行い、モデルの特性を感度解析によって分析し、高齢ドライバーの運転時リスクについて検討している。
- ・ 伊藤ら<sup>11)</sup>は、複雑な現象メカニズムにおける諸要因の影響構造の分析をするために、共分散構造分析の1つであるパス解析を適用し道路構造・環境特性・車両挙動の関係を考慮しつつ、交通事故発生の因果構造を定量的に把握するために、交通事故発生を説明する因果構造モデルの構築をしている。
- ・ 松尾ら<sup>12)</sup>は、細街路無信号交差点を対象とし、交通安全対策による見通し等の道路環境条件や車両挙動の変化が出会い頭事故危険性にどのように影響するのかを分析するため、角地建物や塀などの障害物によって視界が遮られている細街路十字無信号交差点を対象地とし、PointVehicle モデルや車両が道路の中央を走行かつ一方通行、追従走行の影響は無視などの単純化を行いモデル作成し、出会い頭事故発生条件によって単純化の影響を考慮している。そして、交通量と速度分布を考慮した出会い頭事故発生の確率を分析している。
- ・ 古屋ら<sup>13)</sup>は、運転者の行動と事故発生と関連性を明示し、各種対策間の補完性を視野距離確保の観点から考慮し、出会い頭事故発生に関する危険度を定量的に示すために交差点への進入判断はその手前において、視認可能な範囲での交差車両有無のみによって判断されているとの仮説を立て、仮説のような運転行動で交差点に進入をした場合の交差点の危険度評価モデルを構築している。
- ・ 萩田ら<sup>14)</sup>は、無信号交差点の出会い頭事故防止対策を道路交通環境面から考慮するため、交通事故統計データで把握されている項目に関してはそのまま分析し、把握され

ていない事故直前の当事者の認識状況や運転行動等の項目に関しては、交通事故総合分析センターの事故例調査結果を用いている。これらの結果を総合的に考慮し分析している。

- YAMAKA ら<sup>15)</sup>は、小無信号交差点での観測された交通現象を使用し、交差点事故リスクに関する新たな評価方法の提案と無信号交差点の安全対策の効果も同時に分析している。B-Spline Smoothing 方式によって取得した速度・車両位置データと車両挙動パターンから DAVR 指標(危険な接近車両比)によってモデルを構築し、DAVR を用いて自動警報サインシステムの評価を行っている。
- 野坂ら<sup>16)</sup>は、右折車と同じ方向に進行し信号交差点を横断する歩行者による右折車認知挙動に着目し、車両を横断歩行者がどのように認知するかを明らかにするため、高齢者から若年者を被験者とし昼夜などの条件を設定し、前方左奥から接近し横断歩道で交差する右折車を歩行時の有効視野を考慮することで分析している。
- 三谷ら<sup>17)</sup>は、車両が危険状態となる前に警報を出すために常時挙動情報を収集し、警報の必要性を示すために、危険挙動車両かどうかの判定・ドライバーによる警告感度設定・ドライバーの個人特性を考慮し、停止必要加速度・停止位置余裕距離・停止必要余裕時間の3種類を考察している。公道で収集した実挙動データベースによる事後処理によって算出した警告効率によるシステムの評価分析を行っている。
- 小坂田ら<sup>18)</sup>は、事故やヒヤリハットの発生メカニズムをシミュレーションによって分析するために、模範的なドライバーの交差点通過行動モデルをベースにドライバーの認知情報プロセスと交差点通過行動を考慮し、非優先側ドライバーモデルの検証後にシミュレーション条件を変化させ、視線の移動範囲が事故に与えている影響について分析している。
- 村瀬ら<sup>19)</sup>は、交通事故多発地点における交通事故要因に関する、事故類型や最小交差角度、規制速度、進入速度等が詳細に記されている多様なデータ項目について、それぞれの項目間の関連性に着目して整理し、これをデータベースとし、交通事故要因に関する事実関係を総合的に把握している。

### 2.3.2 本研究の位置付け

2.3.1 に挙げた既存研究のように視線，事故要因，利用者意識，交通事故に関する研究としては様々なものがあるが，道路形状等の違いによる見通しを考慮した研究はあまりなされていないのが現状である．これまでの既存研究で道路形状の違いによる見通しの考慮をした研究を挙げる．松尾ら<sup>12)</sup>は，細街路無信号交差点を対象とし，交通安全対策による見通し等の道路環境条件や車両挙動の変化が出会い頭事故危険性にどのように影響するのかを分析するため，角地建物や塀などの障害物によって視界が遮られている細街路十字無信号交差点を対象地とし，**PointVehicle** モデルや車両が道路の中央を走行かつ一方通行，追従走行の影響は無視などの単純化を行いモデル作成し，出会い頭事故発生条件によって単純化の影響を考慮しているが，実際の交差点の複雑な形状を表現するまでに至っていないことや，車両の幅，長さ等が考慮されていないことが挙げられる．

そこで本研究では，実際の細街路無信号交差点において十分に一時停止をしない非優先側ドライバーを仮定し，道路形状から決まる見通しと交差点進入速度，車両幅・車両長さ等を考慮し見通しの違いによる事故確率から危険性算出モデルを構築する．

## 第3章 出会い頭事故判定モデルの構築

### 3.1 使用したシミュレータ概要

マルチエージェント・シミュレータは、各々の内部属性に関連付けられた独自の意思決定メカニズムと行動計画に基づき、自立的に行動する活動主体、つまりエージェント、そしてそれら自体が相互関係をもつ集合体のことをマルチエージェントという。

#### 3.1.1 マルチエージェント・シミュレータの特性

マルチエージェント・シミュレーションの基本的な特性として以下の4項目があげられる。

##### 1. 自立性

エージェントは人間などの直接的介入なしに動作し、自身の行動や内部状態を制御することができる。

##### 2. 社会性

何らかの言語を介して他のエージェントや人間と情報交換することができる。

##### 3. 反応性

エージェント自身が自分自身の置かれた環境を認知し、その変化に対して適切に回答することができる。

##### 4. 自発性

外部環境に対して単純な反応だけでなく、目標を持った自発的な行動を起こすことができる。

#### 3.1.2 artisoc の概要

artisoc では、プログラミング技法やプログラミング言語の知識が要らず、プログラミングが苦手な人やプログラミングをやったことの無い人でもできることや、シミュレーションがどのように動いているかをリアルタイムで見ることが可能となっていて自分の目で確認できるなど利点がある。

##### 1) Artisoc の仕様

###### a) 空間の定義と進行方向の定義

Artisoc の空間仕様と進行方向を図 3-1 に示す。

Artisoc の空間は、格子モデルと六角モデルの二種類があり、二次元の座標空間で定義されており、左下端を  $X = 0$ ,  $Y = 0$  とし、その点より右に進んでいくほど+X方向、上に進



んでいくほど+Y方向となっている。これに加え、空間の大きさを座標系で指定でき、レイヤーの指定もできる。レイヤーとは、XとYではない違う軸での階層を示すものとなっているが、一層のみで表現することが難しいときに使用する。そして、この空間をループさせるかも設定できる。これは、空間外に出て行ったエージェントをもう一度空間内に戻すか否かである。

進行方向を Artiscoc では、Direction としていて、いわゆるエージェントの向きを示す変数であり、右方向を向いているときに  $0^{\circ}$  で基準となり、そこから左回りに角度が増えていく。真上が  $90^{\circ}$  で、真下が  $270^{\circ}$  となっている。

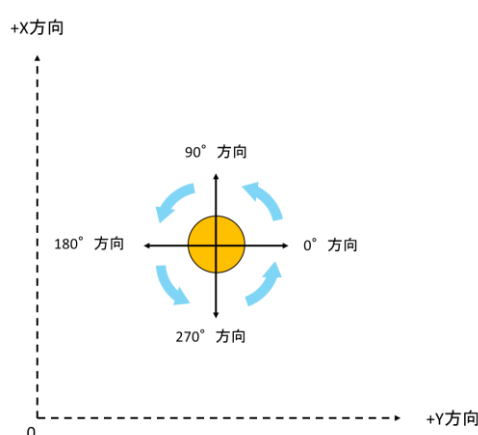


図 3-1 Artiscoc の進行方向例

#### b) 関数一覧と処理順番

表 3-1, 表 3-2, 表 3-3, 表 3-4 は、本研究においてシミュレーションをするために用いた関数の一覧である。図 3-2 は、シミュレーションの処理順序を示している。

表 3-1 空間全体の関数

名称	説明
_Agt_Init	シミュレーションで最初に1回だけ実行される関数の名称
_Agt_Step	シミュレーションで繰り返し実行される関数の名称
Dim ? As ?	宣言時に使用する
_My	当該エージェントを表す
_Univ_Init	シミュレーションが開始された最初に1回実行される関数の名称
_Univ_Step_Begin	シミュレーションのステップの最初に実行される関数の名称
_Univ_Step_End	シミュレーションのステップの最後に実行される関数
_Univ_Finish	シミュレーションが終了する直前に1回実行される関数の名称

表 3-2 エージェントの型関数

型式	説明
Agt	エージェントそのもの. エージェントの実体値
AgtSet	エージェントの集合
_Double	以下の範囲の小数点以下が何桁もある数値(擬似的な実数) (負の場合)-1.79769313486232*10308 to -4.94065645841247*10-324 (正の場合)4.94065645841247*10324 to 1.79769313486232*10308
Integer	以下の範囲の整数-2,147,483,648 to 2,147,483,647

表 3-3 エージェント操作関数

関数	説明
_AddAgt()	エージェント集合型変数にエージェントを追加する
CreateAgt()	エージェントを一つだけ作成する
_Forward()	カッコ内の数だけそのエージェントが向いている方向へ進む(進行方向はDirection変数による). 返り値は, 正常終了のときは-1, 空間がループしていないときで, 指定した距離を進めなかったときは進めなかった距離を返す.
_GetCountSimulationNumber()	現在のシミュレーション実行回数を取得する
_GetCountStep()	現在のステップ数を取得する
Print()	改行なしで逐次コンソール画面に出力する
PrintLn()	改行をして逐次コンソール画面に出力する

表 3-4 繰り返し関数

制御文	説明
If文	条件によって処理を分岐させる
For Each ? In ? Next 文	エージェント集合の各エージェントに対して同じ操作を行う
For ? To ? Next 文	処理を所定回数繰り返す

以下に上記に挙げた関数の形式を記す. arg は引数とする.

- ・ AddAgt( arg1 , arg2 )  
arg1 : エージェント集合型変数(AgtSet) , arg2 : エージェント型変数(Agt)
- ・ CreateAgt( arg1 )  
arg1 : エージェント種別型変数(AgtType)
- ・ Forward( arg1 )  
arg1 : 距離, 座標( Double : 実数型変数 )
- ・ GetCountSimulationNumber( )  
シミュレーション実行回数を出力画面で表示( Integer : 整数 )
- ・ GetCountStep( )  
シミュレーションのステップ数を出力画面に表示( Long : 長整数 )
- ・ Print( arg1 )

- arg1：出力したい文字列( Double , Integer , Long , String：文字列型変数 )
- PrintLn( arg1 )
- arg1：出力したい文字列( Double , Integer , Long , String )

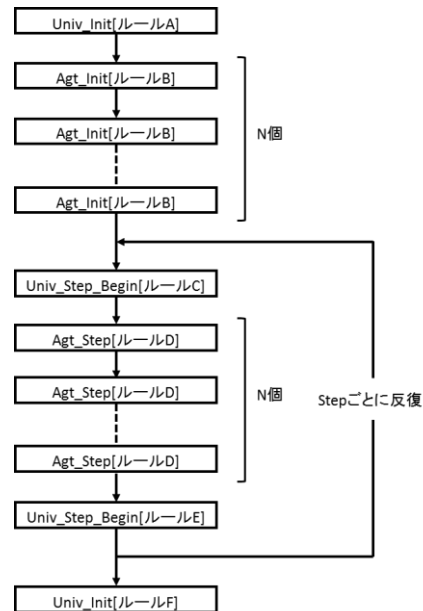


図 3-2 シミュレーション処理順序

#### c) 出力の設定

出力画面設定の種類には、「時系列グラフ」「棒グラフ」「二次元表示マップ」「数値画面出力」「ファイル出力」がある。空間内のエージェントの移動状態や数値的な変化をリアルタイムで表示することができる。これを用いて、INTER ウィンドウでは、現在エージェントがどういう状況に置かれているのかがひと目で分かるようになっており、コンソール画面ウィンドウでは、1 ステップごとに表示をするため、二次元表示マップと併せてみることでより誤っている箇所を簡単に発見できる。加え、変数値ウィンドウでは、現時点のエージェントの速度や座標値等が出るので事細かくチェックできるようになっている。

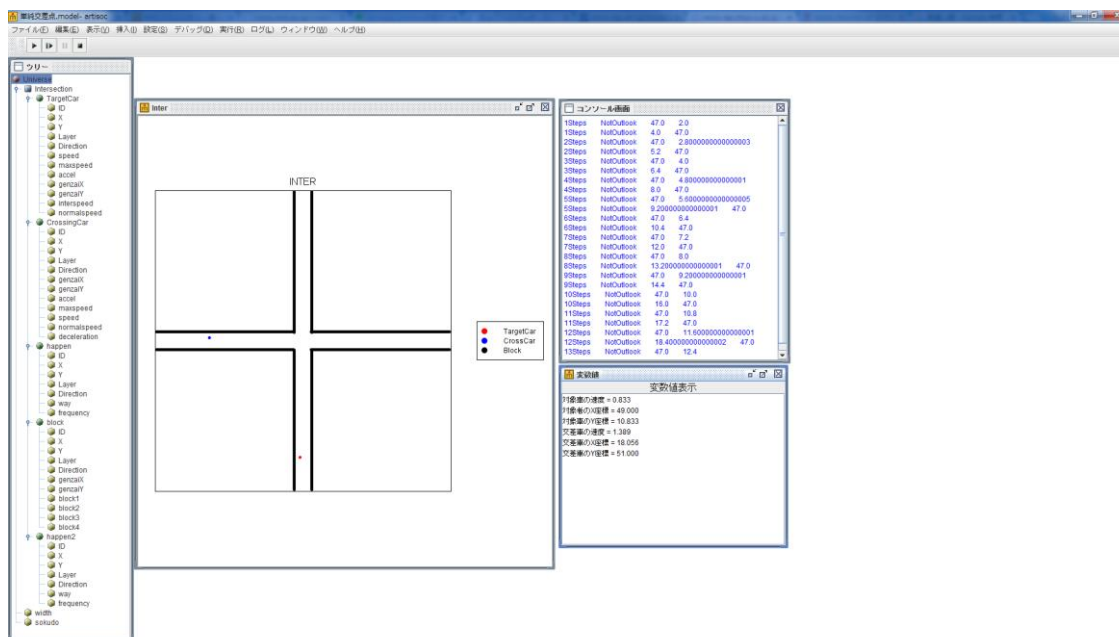


図 3-3 出力画面例

## 3.2 事故判定モデルの構築

### 3.2.1 シミュレーションの流れ

3.1 で述べた **Artisoc** というシミュレーションを用いて事故判定モデルを構築した。Univ という空間全体の制御、非優先側車両(対象車)と優先側車両(交差車)の **Agt** の 3 つにおいてモデルを製作している。その全体的な流れを以下に述べる。図 3-5, 図 3-6 は 3.2 に述べるため図 3-4 を説明する。Univ では、道路を片側 1 車線の道路幅員 4m の道路を作成している。まず、点によって道路形状を作成し、優先側車両・非優先側車両の 2 つを発生させる点を作成、優先側車両と非優先側車両を直線によって結び付ける。これが見通しできる範囲の線となり幅 0.2m 以内に **block** があるかどうかを判断している。そして事故があるか否かを出力させる。事故があった場合には、優先側車両の衝突・非優先側車両の衝突・事故無しの 3 つをそれぞれ出力させる。

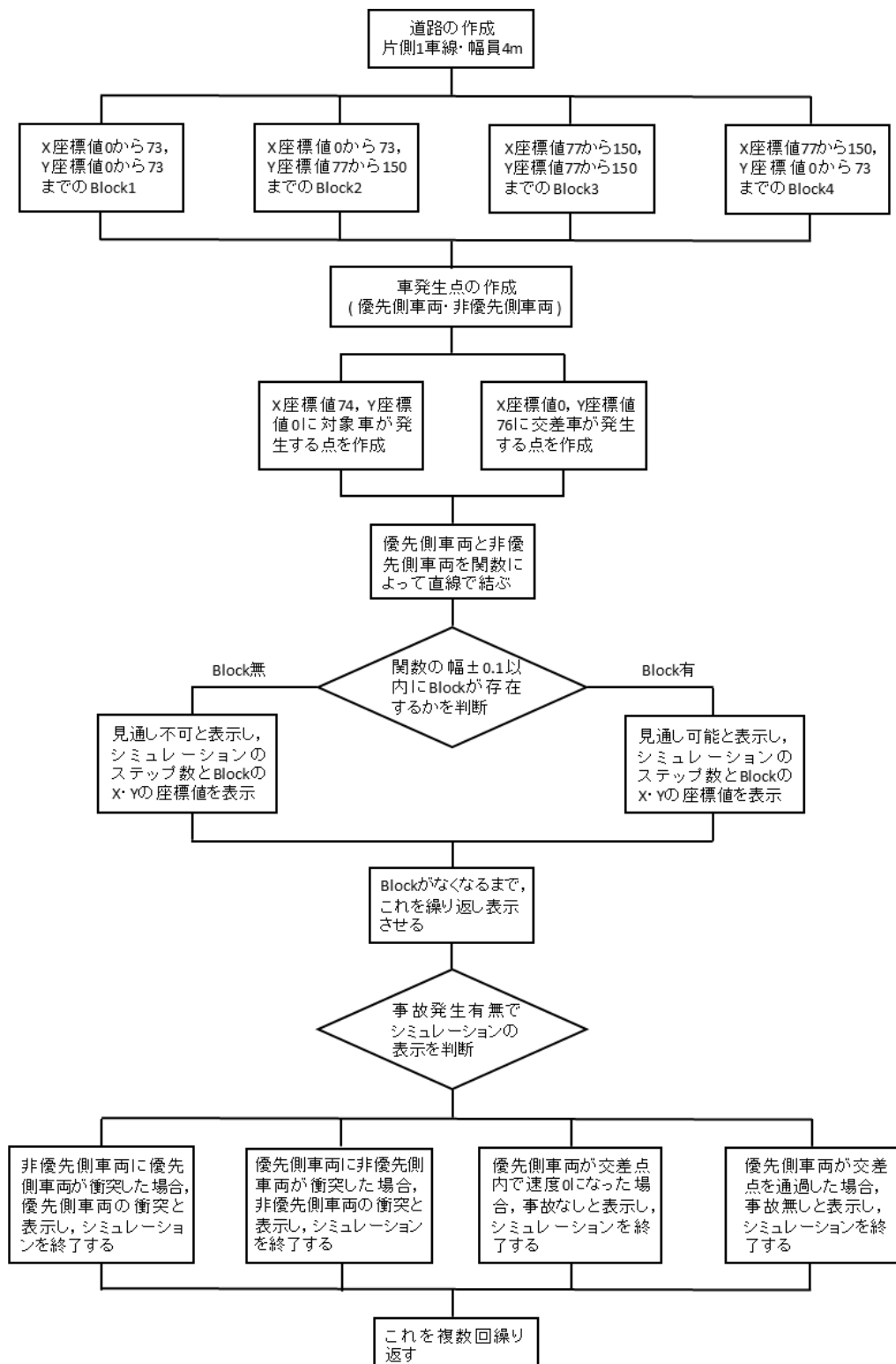
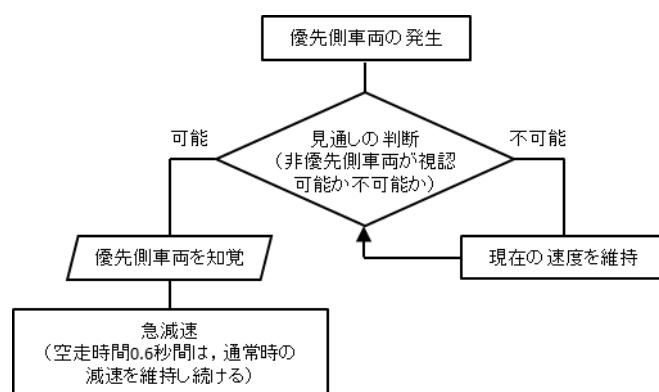
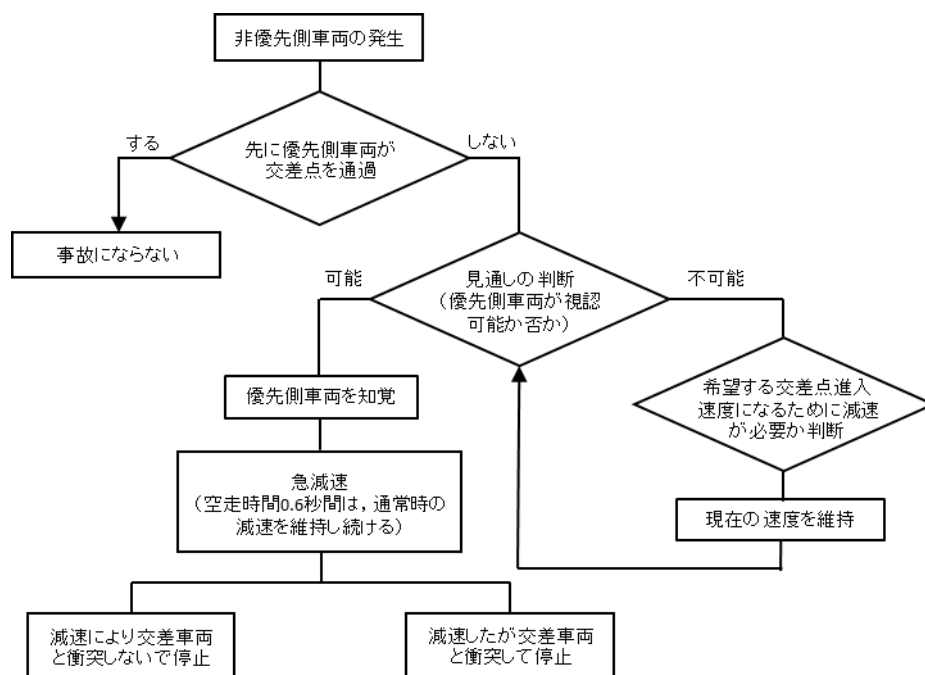


図 3-4 全体空間(Univ)の制御

※道路の作成は、仮想交差点下に限る。



### 3.2.2 車両挙動の概要

まず、車両挙動についてまとめる。車両挙動には、既往研究から得られた知見から作成する。図 3-7 に示すような交差点形状によって視界が遮られる細街路無信号交差点において優先側車両と非優先側車両を分類する。優先側車両においては、(1)式を用いて指数分布によって初期位置を与える。これは、交通量が少ない道路・交差点において車頭時間分布は指数分布に従うと定義されているためである。単純化のために優先側車両・非優先側車両ともに道路の進行方向に向かって左側を走行するものとし、さらに優先側・非優先側ともに一方通行、追従による影響は無いものとしている。これは、モデルを単純にするほかに、モデルを複雑にしすぎると考慮できる部分は増えるが、見通しの差異による影響か車両挙動による影響かなのか分からなくなってしまうためでもある。

図 3-7 では、道路幅員を $w_1$   $w_2$ とし、初期時点 $t=0$ における優先側車両の初期速度を $v_1^0$ 、初期位置を $x_1^0$ 、非優先側車両の初期速度を $v_2^0$ 、初期位置を $x_2^0$ の相互関係からその後に事故が起きるかを算出する。 $x_1^{0*}$ 、 $x_2^{0*}$ は、優先側・非優先側車両が初期位置において交錯点から視認できる範囲とする。

図 3-8 に事故判定モデルの構築の際に使用したパラメータを示す。

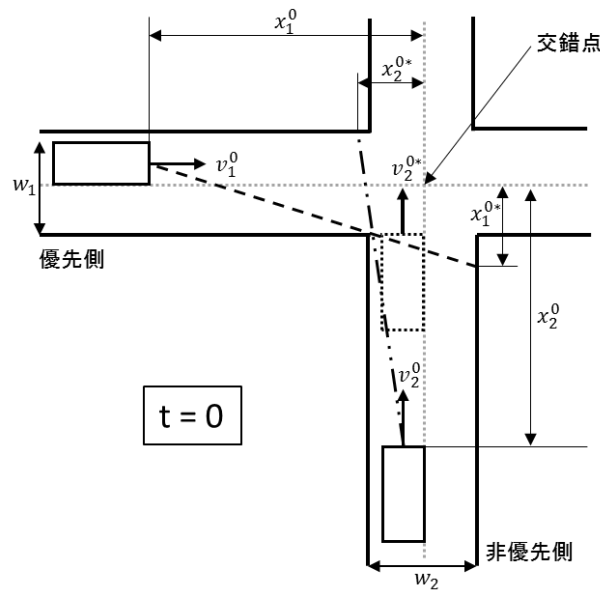


図 3-7 交差点形状の例

$$k = \frac{q}{v}, \quad \lambda = \frac{1}{k}, \quad y = -\frac{1}{\lambda} \log(1 - x) \cdots \cdots (1)$$

$k$  : 交通密度(台/km),  $q$  : 交通量(台/h),  $v$  : 交通速度(km/h),  $y$  : 車両発生タイミング,  
 $x$  : 0～1 までのランダム



モデル内パラメータ	設定値
非優先側車両	
初期速度: $v_2^0$	30 km/h ·····
初期位置: $x_2^0$	25m
交差点進入時の速度: $v_2^{0*}$	10km/h ·····
通常時の減速	$-1.5 m/s^2$
急減速	$-3 m/s^2$
優先側車両	
初期速度: $v_1^0$	40 km/h ·····
初期位置: $x_1^0$	指数分布によって決定
急減速	$-3 m/s^2$
優先側・非優先側車両	
空走時間	0.6 s
車両幅	1.5m
車両長さ	3.0m

図 3-8 シミュレーション内のパラメータ

優先側車両( 交差車 )は, 発生した時点では与えられた初期速度によって走行するものとする. その後, 非優先側車両( 対象車 )を常に詮索し( 見通しの詳細については 3.4 以降で述べる )発見不可能な場合は現在進行している速度を維持し続ける. そして, 発見した場合は優先側車両を知覚し, すぐに減速はせずに空走時間 0.6 秒間( 優先側車両を知覚してから減速の判断・ブレーキの操作までにかかる時間 )を設け急減速をする( 図 3-9 参照 ). そして, シミュレーション内のプログラムを示す.

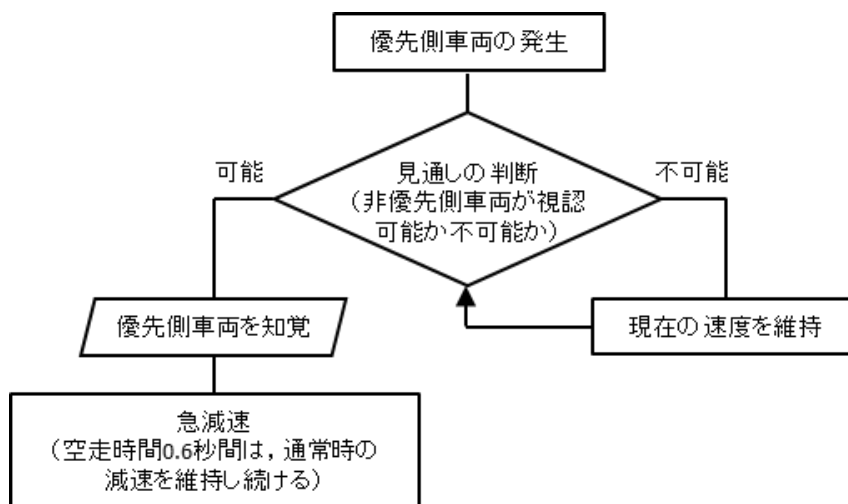


図 3-9 優先側車両( Agt )の制御

ここでは、速度の説明をしている。発生時点での速度は 40km/h とし、急減速は $-3\text{m/s}^2$ としている。速度を maxspeed と仮定する。

・速度の定義

My.maxspeed = 40 / 3600 \* 1000 \* 0.1     //40km/h を 0.1s にした場合の移動距離

My.deceleration = 3 \* 0.1 \* 0.1     //4m/s<sup>2</sup> を 0.1s にした場合の移動距離

My.speed = My.maxspeed     //速度を maxspeed と定義

優先側車両の X・Y 座標を常に更新し、進行方向は 0 度で右方向に進行していく。

・座標の更新

My.genzaiX = My.X

My.genzaiY = My.Y

My.Direction = 0

以下に、指数分布の計算過程を示している。My.Random はランダムを一定にするために用いている。

・指数分布の計算

m = 200     //交通量を 200 台/h と定義

n = m / (My.maxspeed\*3600/1000/0.1)     //交通密度の計算

o = n / 1000     //λ の定義

My.hassei = (-1/o)\*Log(1- My.random)     //車両発生タイミングの計算

ここでは、速度変化の過程を示している。j > 1 は、block が 1 つ以上あった場合の分岐で、j == 0 は block が 1 つも無い場合を示している。block がある場合は現在の速度を維持、無い場合は急減速を行う。

・速度の変化

If j > 1 Then     //block が 1 つ以上ある場合

My.speed = My.speed     //速度は現状を維持

Elseif j == 0 And Universe.Intersection.TargetCar.Y > k And My.speed > 0 Then

My.speed = My.speed - My.deceleration

End if

非優先側車両は、優先側車両と同様に発生した時点では初期速度で進行する。そして優先側車両を常に詮索し、発見できる場合は視認可能範囲から優先側車両がいなくなるまで急減速をし続ける。その後、急減速によって非優先側車両が停止する。発見できない場合は現在進行している速度を維持し続け、希望する交差点進入速度になるために減速が必要かどうかの判断後、通常時の減速をするが交差点進入前までに進入速度以下になりそうな場合

は交差点進入速度を維持する．交差点進入前ならば見通しの判断を常に繰り返す，交差点に進入していた場合は優先側車両の有無を判断する，優先側車両が無い場合は通常時の減速を維持し続ける．ある場合は，優先側車両を知覚し急減速を行う．しかし，空走時間 0.6 秒間( 優先側車両を知覚してから減速の判断・ブレーキの操作までにかかる時間 )を設け，減速によって優先側車両と衝突しないで停止する場合と減速したが優先側車両と衝突して停止する場合と 2 つある( 図 3-10 参照 )．そして，シミュレーション内のプログラムを示す．

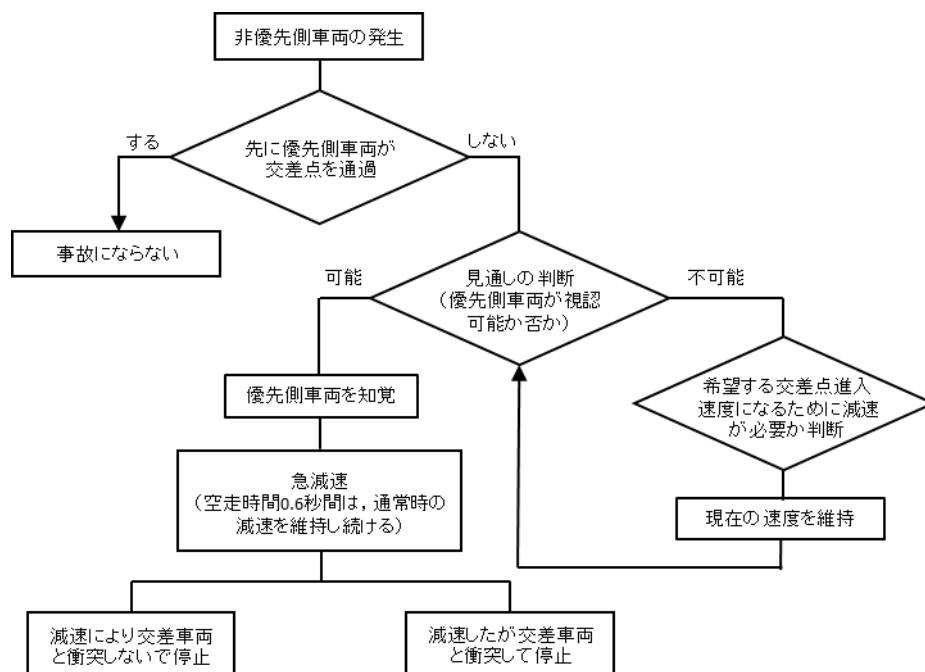


図 3-10 非優先側車両( 交差車 )の制御

まず，速度の定義を行う．発生時点での速度は 30km/h とし，交差点進入速度は 10km/h としている．交差点進入速度までの減速には-1.5m/s<sup>2</sup> とし，急減速は-3m/s<sup>2</sup> としている．

・速度の定義

My.accel = 1.5 \* 0.1 \* 0.1 //1.5m/s<sup>2</sup> を 0.1s にした場合の移動距離

My.getspeed = 30 / 3600 \* 1000 \* 0.1 //30km/h を 0.1s にした場合の移動距離

My.interspeed = 10 / 3600 \* 1000 \* 0.1 //10km/h を 0.1s にした場合の移動距離

My.deceleration = 3 \* 0.1 \* 0.1 //4m/s<sup>2</sup> を 0.1s にした場合の移動距離

非優先側車両の X・Y 座標を常に更新し続け，進行方向を 90 度で上方向にしている．速度を getspeed としている．

・表示座標更新

My.genzaiX = My.X //X 座標値を更新

My.genzaiY = My.Y //Y 座標値を更新

```
My.Direction = 90    //進行方向を 90 度と定義
My.speed = My.getspeed    //speed を getspeed とする
```

ここでは、速度 10km/h までの減速を説明している。

d は 30km/h から減速して 10km/h になるまでにかかる距離を計算し、f は減速をし始める Y 座標値を算出している。n で非優先側車両が現在いる位置に f を足すことで交差点開始位置の座標を 0 とし基準位置としている。

・速度 10km/h までの計算

```
d = (( My.getspeed^2 - My.interspeed^2 ) / ( 2 * My.accel ))    //10km/h になるまでにか
かる距離を計算
f = ( m - d )    //減速開始時の Y 座標値を定義
n = ( Universe.Intersection.happen.Y + f )    //交差点開始位置を 0 として減速開始位置
の Y 座標を定義
```

ここでは、減速の変化を示している。k >= 1 は block がある場合、k == 0 は block が無い場合を示している。block がある場合は、現在の速度を維持し、無い場合は急減速をする。

・減速の定義

```
If k >= 1 Then    //block がある場合は減速しない
    My.speed = My.speed
Elseif k == 0 And My.X >= (Universe.Intersection.CrossingCar.X-3) And My.Y >= 1
Then    //block がない場合減速する
    My.speed = My.speed - My.deceleration
End if
```

### 3.3 事故判定算出手順と事故判定の詳細

#### 3.3.1 事故判定算出の実行順序

危険性算出の実行順序を図 3-11 で示す。

まず、優先側車両・非優先側車両が発生し、優先側車両が先に交差点を通過してしまった場合は、事故にならずに計算を終了し無事故として 1 実行に加える。優先側車両が先に通過しない場合は、現在の速度を維持し続ける。その後、優先側車両が視認可能かどうかを見通しの判断として処理し、視認可能な場合は視認可能範囲から優先側車両がいなくなるまで急減速をし続け、急減速によって非優先側車両が停止し、計算処理を終了する。これも無事故として 1 実行に加える。優先側車両が視認可能な場合は、現在の速度を維持し、交差点付近に到達するまでに希望する交差点進入速度になるために減速が必要かどうか

かを判断後に通常時の減速をするが、交差点進入前までに進入速度以下になる場合は減速をしないものとする。そして、交差点進入前ならば見通しの判断を常に繰り返す。

そして、交差点進入をするならば優先側車両の有無判断をする。優先側車両が無いならば通常時の減速を維持し続け、見通しの判断まで戻り繰り返す。優先側車両があるならば優先側車両の知覚後に空走時間 0.6 秒間(優先側車両を知覚してから減速の判断・ブレーキの操作までにかかる時間)は、通常時の減速を維持し続ける。そして、急減速により優先側車両・非優先側車両と衝突しないで停止した場合は事故にならずに計算を終了させ無事故として 1 実行に加える。また、急減速を行ったが優先側車両・非優先側車両と衝突して停止した場合は事故として計算を終了させ事故有りとして 1 実行に加える。その後は、また車両の発生まで戻り実行回数までを繰り返す。

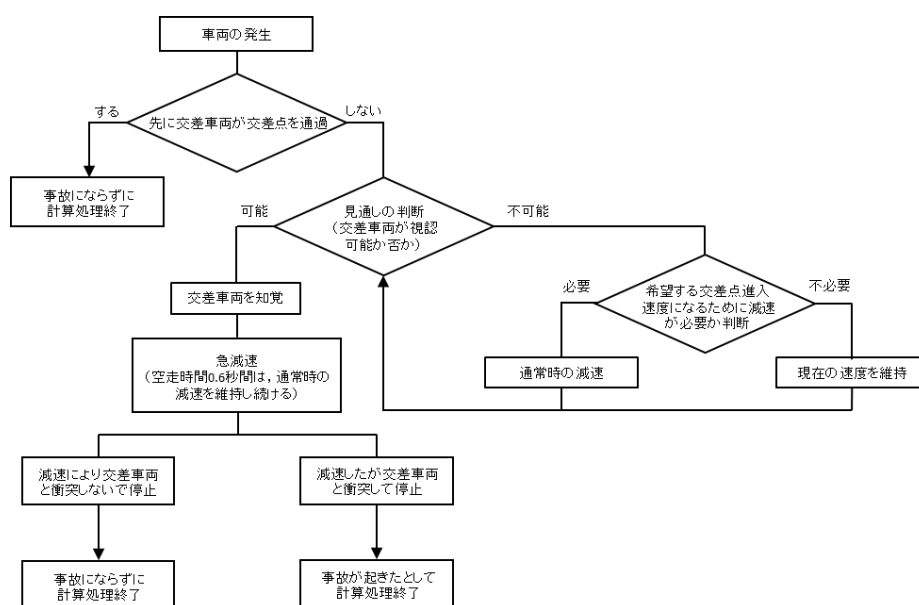


図 3-11 事故判定算出手順

### 3.3.2 事故判定の詳細

事故判定の詳細は、図 3-12、図 3-13 に示す。車両幅 1.5m と車両長さ 3.0m を考慮し、事故判定について説明していく。事故の分類には 2 つあり、非優先側車両が優先側車両に衝突している場合と優先側車両が非優先側車両に衝突している場合との 2 つに大別できる。

図 3-12 は、非優先側車両が優先側車両に衝突しているものを示す。この場合は、優先側車両の速度が非優先側車両の速度よりも速い場合と優先側車両の速度差がかなり高く非優先側車両がブレーキしている間に衝突する間合いに入ってしまう場合があると考えられる。優先側車両の一部に非優先側車両が衝突している場合に事故としている。

図 3-13 は、優先側車両が非優先側車両に衝突しているものを示す。この場合は、非優先

側車両の速度が優先側車両の速度よりも速い場合と非優先側車両が優先側車両を発見しブレーキをかけているところに優先側車両が減速しきれずに横から衝突している場合との 2 つが考えられる。非優先側車両の一部にでも優先側車両が衝突したら事故としている。

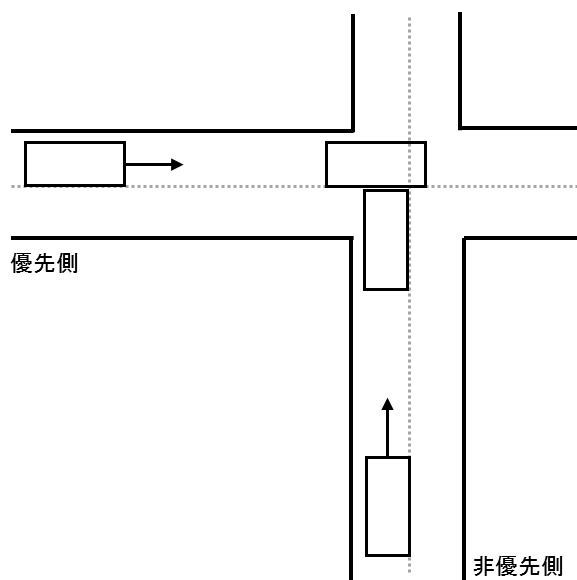


図 3-12 非優先側車両が優先側車両に衝突

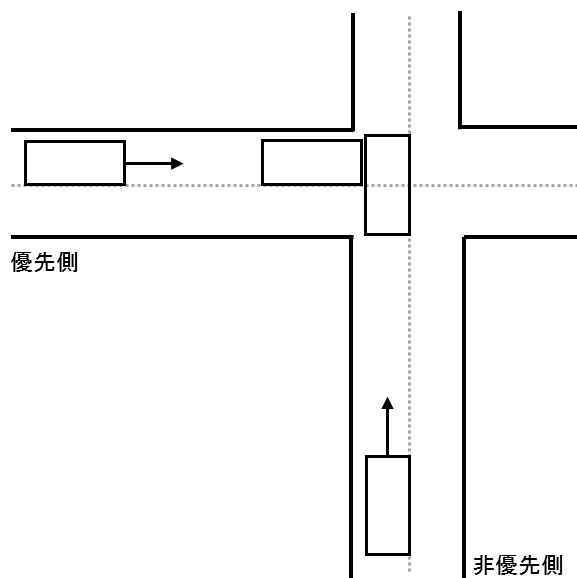


図 3-13 優先側車両が非優先側車両に衝突

### 3.4 視認可能かどうかの判断( 見通しの判断 )

図 3-14, 図 3-15 に見通しの判断例を挙げる. 交差点の形状には複数の点によって形状を描いている. 見通しの判断には, 優先側車両と非優先側車両を直線の関数によって結び付け, その結び付けた直線を中心として左右に幅 0.1m を加えて見通し線としている. これは, 交差点形状を点で表現しているために, 直線だけでは点と点の間をすり抜けて車両が共に見えている可能性があり, 不自然な形で車両が急減速を開始してしまうことや見通しの判断が間違ってしまうなどのことをなくすためである. そして, 幅 0.2m の範囲内に道路形状を表現している点が 1 つ以上ある場合は, 車両を認識できないものとし, 点が無い場合は交差車を視認可能としている.

以下に挙げている, 図 3-14 の線 1 は, 見通し線上に点が 1 つも重なっていないため相手車両を視認できている場合で, 線 2 は見通し線上に道路形状を表現している点が 4 つ程度重なっているため, 見通し不可となっている.

図 3-15 には, 見通し不可能範囲の例を示す. 赤い線では優先側車両と非優先側車両を関数で結び付けた直線を示し, 交差点からの  $x_1^{0*}$  と  $x_2^{0*}$  以外を死角とし, 死角となっている範囲内に車両が存在していても視認不可能な範囲となっている. これは, 車両が進行していけば, 死角範囲は徐々に狭くなっていくことで見通しの判断を可能としている. 交差点形状によって見通し範囲も変化する. 以下に見通しのプログラムを挙げる.

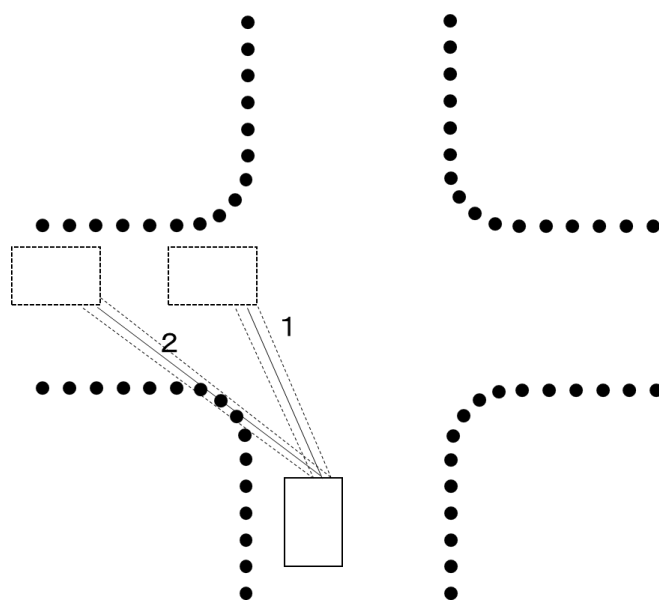


図 3-14 見通しの判断基準

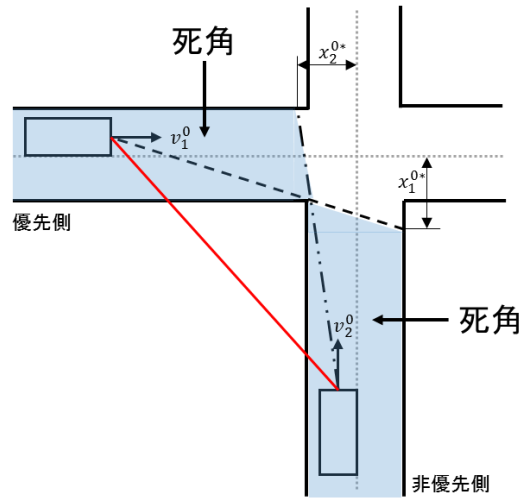


図 3-15 死角の範囲例

ここでは、見通しの判断を説明している。a と b で、優先側車両と非優先側車両を直線の関数によって定義している。k = 0 は、k を初期化し、For 文では常に block の有無を書き出している。そして If 文では幅 0.2 以内かつ優先側車両の X 座標値より交錯点に近い block の X 値、非優先側車両の Y 座標値よりも交錯点に近い block の Y 値を対象としている。

・交差点での挙動

a = ( ( My.Y - Universe.Intersection.CrossingCar.Y ) / ( My.X - Universe.Intersection.CrossingCar.X ) ) //Y=ax+b で a を算出

b = My.Y - ( a \* My.X ) //Y=ax+b の b を算出

k = 0

For each block in Universe.Intersection.block.block1 //現在の対象となる block を一つ一つ書き出し

c = a \* block.X + b - block.Y //一つ一つの block を書き出し Y=ax+b の式に重なるか計算

If c >= ( -1 \* Universe.width ) And c <= Universe.width And Universe.Intersection.TargetCar.Y <= block.Y And Universe.Intersection.CrossingCar.X <= block.X Then //幅 0.2 内に block がある場合

k = 1

Elseif k < 1 Then //block が幅 0.2 以内に無い場合、

k = 0

End if

Next block



ここでは、空走時間後の挙動を対象としている。block が直線上に 1 つでもある場合は、ステップ数を書き出す。そして、空走時間 0.6 秒後に急減速するようにしている。

・空走時間後の挙動

```
If k == 1 Then    //block がなくなるまで実行回数を数える
```

```
    My.openaccel = GetCountStep()
```

```
End if
```

```
If GetCountStep() >= ( My.openaccel + 7 ) Then    //反応時間 0.6 秒後に急減速開始
```

```
    My.speed = My.speed - My.deceleration
```

```
End if
```

### 3.5 事故発生有無の判定例

図 3-16 に事故発生有無の判定例で用いる交差点形状例を示す．道路幅員は優先側・非優先側ともに  $w_1 = w_2 = 4\text{m}$  とし，一時停止線は交錯点から  $2\text{m}$  とし，横断歩道や歩行者などの複雑なものは考慮していない．事故発生有無の判定例のパラメータとして，優先側車両・非優先側車両の条件を挙げる．優先側車両の初期条件は固定とする．

優先側車両の初期条件

- ・ 初期位置  $x_1^0$  : 事故無判定によって変える
- ・ 初期速度  $v_1^0$  :  $30\text{km/h}$
- ・ 走行位置 : 道路の左端から  $50\text{cm}$

非優先側車両の諸条件は，

- ・ 初期位置  $x_2^0$  : 交錯点から  $10\text{m}$
- ・ 初期速度  $v_2^0$  :  $18\text{km/h}$  (進入速度 :  $10\text{km/h}$ )
- ・ 走行位置 : 道路の左端から  $50\text{cm}$

以上に挙げる条件における優先側車両・非優先側車両の走行軌跡を時間距離図( 図 3-16, 図 3-17, 図 3-18 )に示す．縦軸に優先側車両( 図の上側 )・非優先側車両( 図の下側 )の位置を示し，横軸に時刻を示す．

図より，①より以前の区間は道路形状により交差車両を視認できない区間で，①～②の区間は交差車両を認識できてはいるが空走時間によって急減速できない区間，②以降の区間は急減速の開始区間となっている．

#### (1) 非優先側車両の衝突

優先側車両の初期位置は  $23\text{m}$  としている．図 3-16 は，①までは  $0 \sim 1.85$  秒，①～②は  $1.85 \sim 2.45$  秒となっている．この図では，優先側車両が先に交錯点に到達しているが， $0.3$  秒後に非優先側車両も停止できずに到達している．車両には幅と長さを考慮しているため非優先側車両が優先側車両に衝突し事故と判定されている．

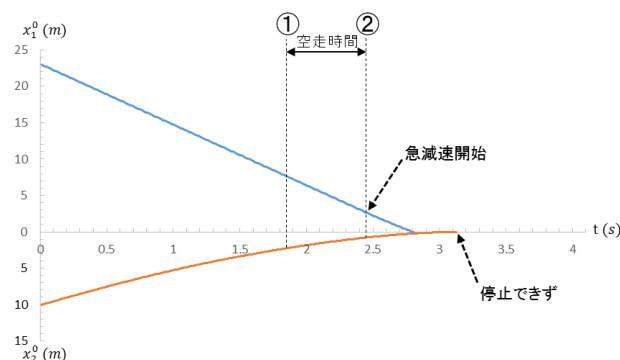


図 3-16 非優先側車両が優先側車両に衝突している例

## (2) 優先側車両の衝突

図 3-17 は、優先側車両の初期位置は 25m としている。①までは 0～2.25 秒、①～②は 2.25～2.85 秒となっている。この図では非優先側車両が先に交差点に到達しているがその後 0.1 秒で優先側車両も交差点に到達している。そのため、優先側車両が非優先側車両に衝突している。

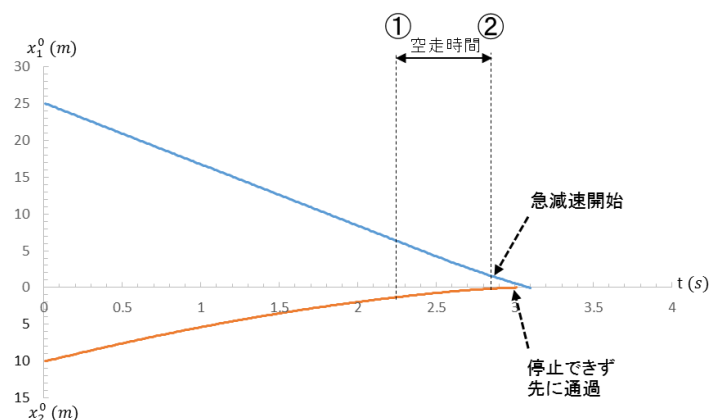


図 3-17 優先側車両が非優先側車両に衝突している例

## (3) 衝突していない場合

図 3-18 では、優先側車両の初期位置を 30m にしている。①までは 0～1.85m、①～②は 1.85～2.45 秒となっている。非優先側車両が交差点前で停止できず先に交差点に到達しているが、優先側車両が非優先側車両を発見し急減速によって停止している。そのため衝突せずに事故にはなっていない。

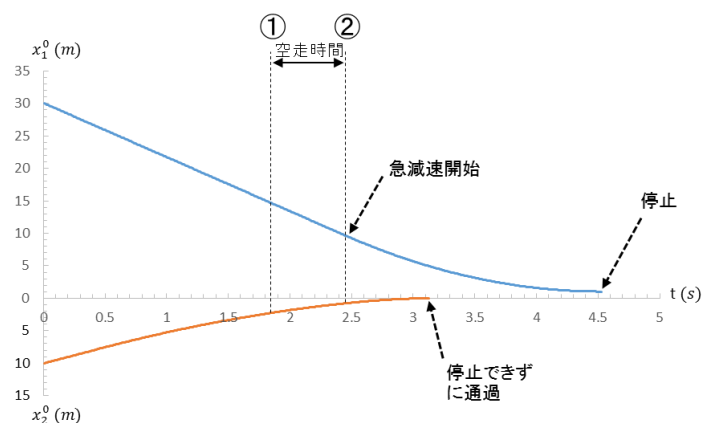


図 3-18 衝突していない例

## 第4章 交差点形状別算出結果および考察

### 4.1 実行回数の検討

交差点形状別の危険性を算出するため、指数分布の安定性を確認した。安定性の確認には、図 4-2 の交差点形状で優先側車両の速度は 40km/h とし、非優先側車両の進入速度は 10km/h にしシード値を 1~200000(1 回目)・200001~400000(2 回目)・400001~600000(3 回目)・600001~800000(4 回目)の 4 つで固定した。

図 4-1 より、10 万回まではバラつきが多く 1 回目では最も差があるところで 0.11%，2 回目では 0.18%，3 回目では 0.13%，4 回目では 0.16%と開きがある。10 万回~20 万回までは、1 回目では 0.04%，2 回目では 0.05%，3 回目では 0.05%，4 回目では 0.03%となっていて 10 万回以降では安定していると考えられる。

そのため、確実な危険性を算出するために 10 万回実行することとする。そして、シード値によって事故回数の多少な違いがあるため、シード値ごとに事故回数の算出を行う。

そして、乱数シード値の固定には偶然の要素を排除するために用いている。ある条件で複数回繰り返してどういう傾向があるのか調べるという大数の法則によって偶然の要素を排除することも可能だが、ある乱数列をもう 1 度実行することができないという欠点がある。そのため、本研究ではシード値を用い同じ乱数列を使用して、純粹に見通しだけによる事故確率の差異を算出している。

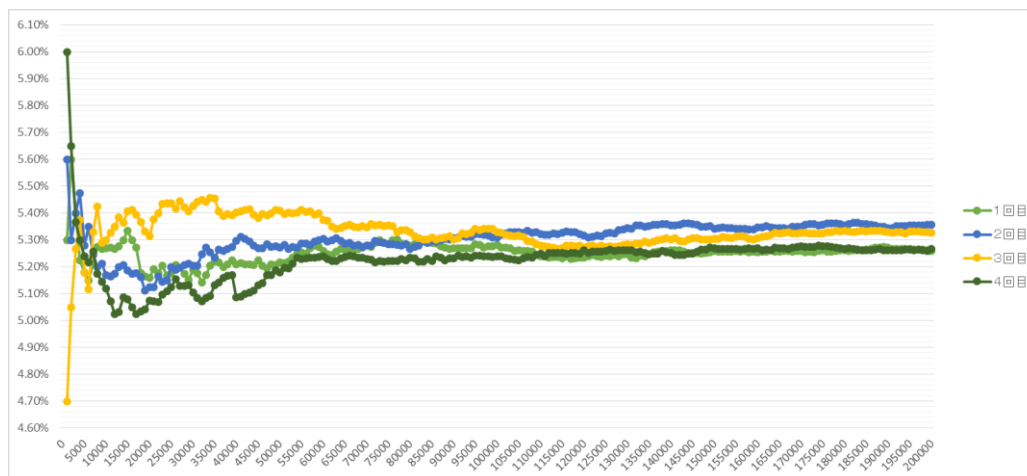


図 4-1 安定性算出結果

表 4-1 安定性算出結果

	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	80000	90000	100000
1回目	527 5.27%	1032 5.16%	1557 5.19%	2084 5.21%	2608 5.22%	3155 5.26%	3696 5.28%	4224 5.28%	4743 5.27%	5281 5.28%
2回目	517 5.17%	1025 5.13%	1561 5.20%	2119 5.30%	2636 5.27%	3182 5.30%	3696 5.28%	4214 5.27%	4775 5.31%	5310 5.31%
3回目	530 5.30%	1063 5.32%	1628 5.43%	2161 5.40%	2704 5.41%	3224 5.37%	3743 5.35%	4263 5.33%	4772 5.30%	5328 5.33%
4回目	512 5.12%	1015 5.08%	1531 5.10%	2035 5.09%	2590 5.18%	3143 5.24%	3660 5.23%	4188 5.24%	4709 5.23%	5240 5.24%

110000	120000	130000	140000	150000	160000	170000	180000	190000	200000
5763 5.24%	6280 5.23%	6821 5.25%	7367 5.26%	7887 5.26%	8407 5.25%	8941 5.26%	9473 5.26%	10014 5.27%	10519 5.26%
5855 5.32%	6379 5.32%	6948 5.34%	7497 5.36%	8014 5.34%	8555 5.35%	9095 5.35%	9638 5.35%	10156 5.35%	10711 5.36%
5806 5.28%	6326 5.27%	6870 5.28%	7421 5.30%	7955 5.30%	8490 5.31%	9057 5.33%	9603 5.34%	10125 5.33%	10654 5.33%
5775 5.25%	6313 5.26%	6839 5.26%	7351 5.25%	7903 5.27%	8430 5.27%	8971 5.28%	9481 5.27%	9997 5.26%	10534 5.27%

## 4.2 仮想交差点での算出結果

### 4.2.1 仮想交差点の形状

非優先側車両の速度は、40km/h と 30km/h のみとし交差点形状別算出結果を示す。

図 4-2、図 4-3、図 4-4、図 4-5 に仮想交差点の道路形状を示す。図 4-2 は隅切り等がない単純な交差点、図 4-3 は隅切り一つだけの交差点、図 4-4 は隅切りを 2 つ用いた交差点、図 4-5 は隅切りを 7 つ用いたものである。

図 4-2 から図 4-5 までの視認可能距離を表 4-2 に示す。

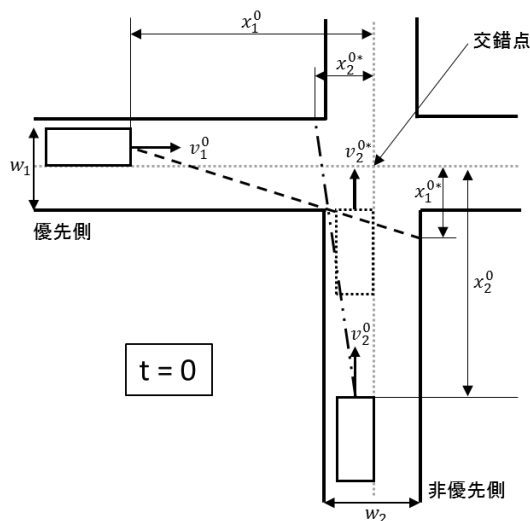


図 4-2 隅切り無しの交差点

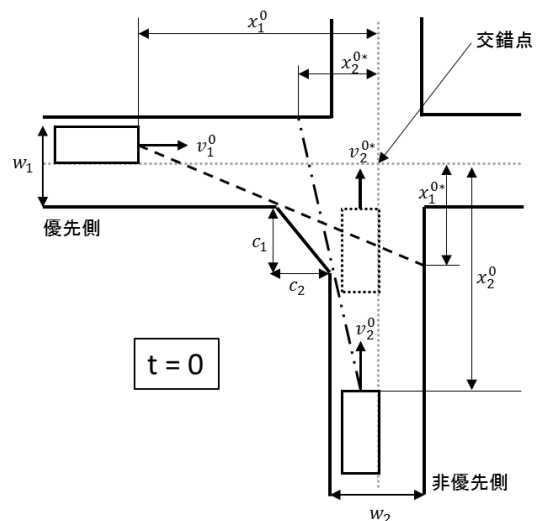


図 4-3 隅切り 1 つの交差点

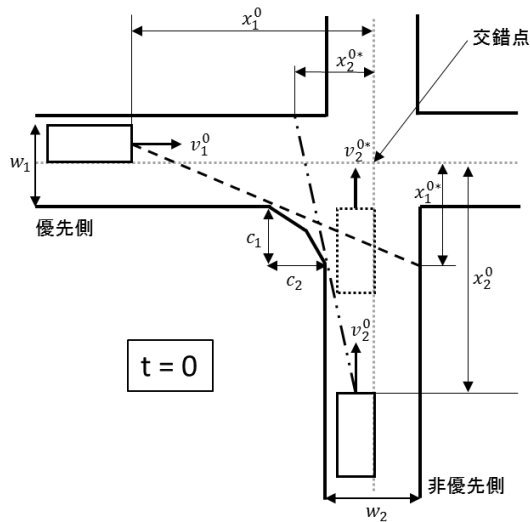


図 4-4 隅切り 2 つの交差点

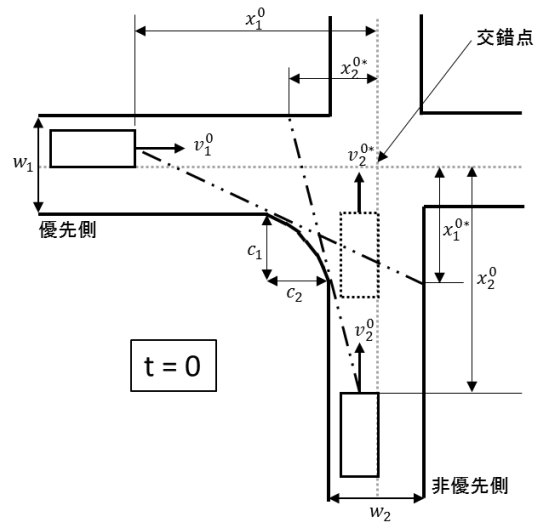


図 4-5 隅切り 7 つの交差点

表 4-2 各交差点の視認可能距離

	隅切りなし	隅切り1つ	隅切り2つ	隅切り7つ
交差点より5m手前	3.33m	5.00m	4.01m	3.66m
交差点より4.5m手前	3.60m	5.40m	4.50m	4.00m
交差点より4m手前	4.00m	6.00m	5.25m	5.00m
交差点より3.5m手前	4.66m	7.00m	6.50m	6.25m
交差点より3m手前	6.00m	9.00m	9.00m	8.25m
交差点より2.5m手前	10.00m	15.00m	15.00m	15.00m
交差点より2m手前	全て視認可	全て視認可	全て視認可	全て視認可

#### 4.2.2 交差点形状・速度別算出結果

非優先側車両の速度が 40km/h と 30km/h の結果と優先側車両の速度を 40km/h と 30km/h で速度別の事故確率を算出した。図 4-6 には 1～のシード値、図 4-7 には 200000～のシード値、図 4-8 には 400000～のシード値、図 4-9 には 600000～のシード値で算出した結果を示す。表 4-3～表 4-6 まで同様のシード値で実行回数 1 万回ごとに区切ったものを示す。

図と表より、優先側車両の速度が 40km/h のときは、隅切りなしでは約 5.2%程度の事故確率で、隅切り 7 つでは 5%程度、隅切り 2 つでは約 4.8%程度、隅切り 1 つでは約 4.8%と隅切り 2 つと同じような事故確率であることが分かる。この結果より、最も事故件数が多くなるのは隅切りなしで最も低いのは隅切り 1 つであることが分かる。

優先側車両の速度が 30km/h のときは、40km/h と同様に事故確率が最も多くなるのは隅

切りなしの交差点で、最も低くなるのは偶切り 1 つの交差点であると考えられる。偶切りなしでは約 4.8%程度で、偶切り 7 つでは約 4.1%程度、偶切り 2 つでは約 3.8%程度、偶切り 1 つでは約 3.5%程度となっている。

優先側車両の速度が 40km/h の方が事故確率は高いことがわかるが、優先側車両の速度が 30km/h の方が事故確率にかなりのバラつきが生じている。そして、40km/h の偶切り 1 つと偶切り 2 つの交差点は 30km/h の偶切りなしの交差点と同様の事故件数となっている。このことより、速度の変化は事故件数にも影響を与えるが、見通しの差異も事故確率に影響を与えることが分かる。

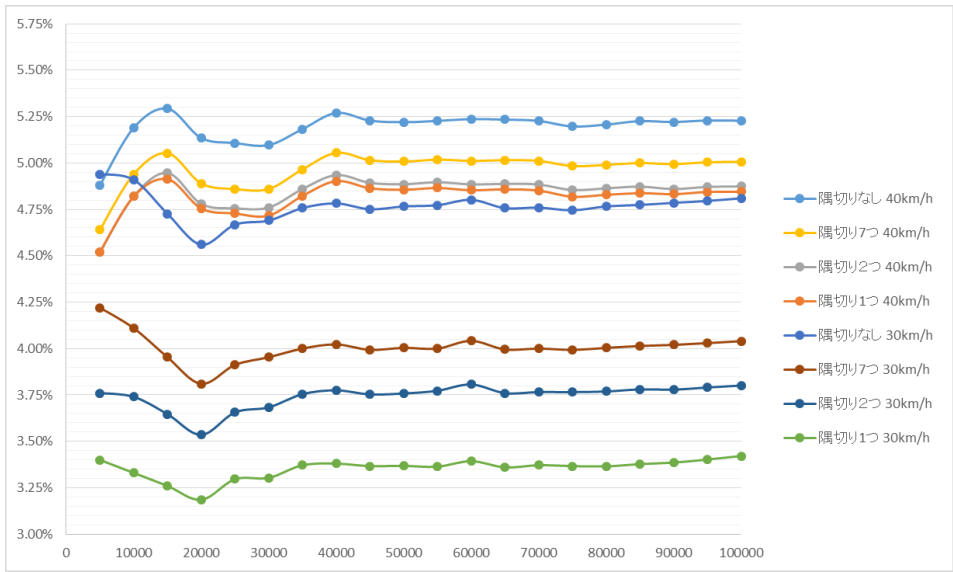


図 4-6 交差点形状・速度別算出結果( シード値 1~)

表 4-3 優先側車両速度 40km/h の算出結果( シード値 1~)

	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	80000	90000	100000
偶切りなし	519 5.19%	1027 5.14%	1529 5.10%	2108 5.27%	2610 5.22%	3142 5.24%	3659 5.23%	4166 5.21%	4699 5.22%	5228 5.23%
偶切り7つ	494 4.94%	978 4.89%	1458 4.86%	2022 5.06%	2504 5.01%	3007 5.01%	3508 5.01%	3992 4.99%	4495 4.99%	5007 5.01%
偶切り2つ	482 4.82%	956 4.78%	1428 4.76%	1974 4.94%	2443 4.89%	2931 4.89%	3419 4.88%	3891 4.86%	4374 4.86%	4874 4.87%
偶切り1つ	482 4.82%	951 4.76%	1415 4.72%	1961 4.90%	2428 4.86%	2912 4.85%	3396 4.85%	3863 4.83%	4349 4.83%	4845 4.85%

表 4-4 優先側車両速度 30km/h の算出結果( シード値 1~)

	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	80000	90000	100000
偶切りなし	491 4.91%	912 4.56%	1407 4.69%	1913 4.78%	2383 4.77%	2881 4.80%	3332 4.76%	3813 4.77%	4307 4.79%	4810 4.81%
偶切り7つ	411 4.11%	762 3.81%	1186 3.95%	1609 4.02%	2002 4.00%	2425 4.04%	2800 4.00%	3203 4.00%	3618 4.02%	4040 4.04%
偶切り2つ	374 3.74%	707 3.54%	1105 3.68%	1510 3.78%	1879 3.76%	2284 3.81%	2636 3.77%	3015 3.77%	3401 3.78%	3801 3.80%
偶切り1つ	333 3.33%	637 3.19%	991 3.30%	1352 3.38%	1684 3.37%	2036 3.39%	2360 3.37%	2692 3.37%	3047 3.39%	3421 3.42%

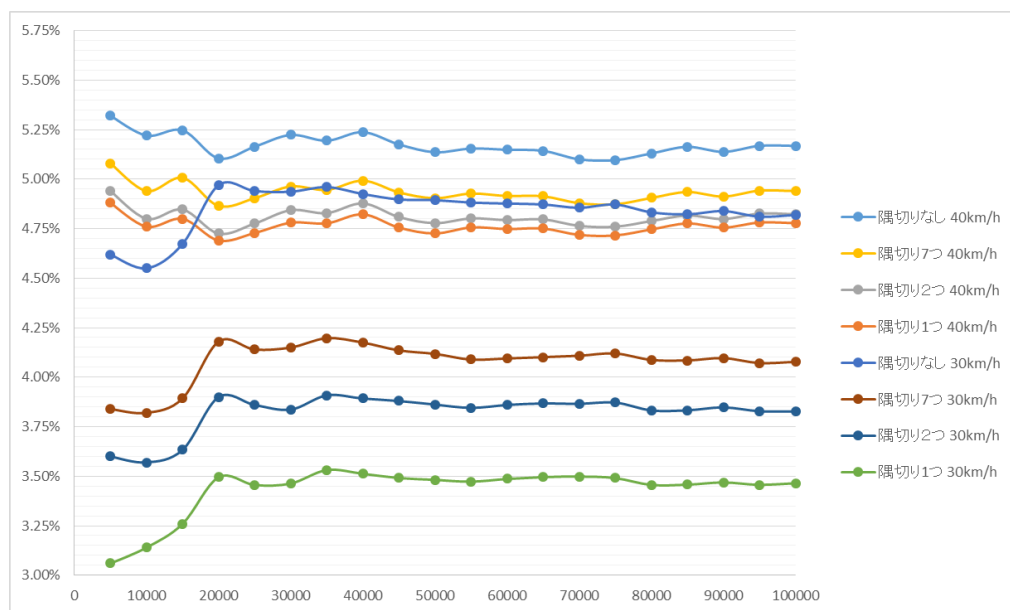


図 4-7 交差点形状・速度別算出結果( シード値 200000~)

表 4-5 優先車側車両速度 40km/h の算出結果( シード値 200000~)

	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	80000	90000	100000
偶切りなし	522 5.22%	1021 5.11%	1567 5.22%	2095 5.24%	2568 5.14%	3089 5.15%	3570 5.10%	4104 5.13%	4624 5.14%	5168 5.17%
偶切り7つ	494 4.94%	973 4.87%	1489 4.96%	1997 4.99%	2452 4.90%	2949 4.92%	3415 4.88%	3924 4.91%	4421 4.91%	4940 4.94%
偶切り2つ	480 4.80%	945 4.73%	1453 4.84%	1951 4.88%	2389 4.78%	2876 4.79%	3335 4.76%	3831 4.79%	4319 4.80%	4823 4.82%
偶切り1つ	476 4.76%	938 4.69%	1434 4.78%	1929 4.82%	2363 4.73%	2849 4.75%	3303 4.72%	3797 4.75%	4280 4.76%	4778 4.78%

表 4-6 優先側車両速度 30km/h の算出結果( シード値 200000~)

	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	80000	90000	100000
偶切りなし	455 4.55%	994 4.97%	1481 4.94%	1970 4.93%	2447 4.89%	2926 4.88%	3399 4.86%	3866 4.83%	4355 4.84%	4819 4.82%
偶切り7つ	382 3.82%	836 4.18%	1245 4.15%	1670 4.18%	2059 4.12%	2457 4.10%	2876 4.11%	3270 4.09%	3687 4.10%	4078 4.08%
偶切り2つ	357 3.57%	780 3.90%	1151 3.84%	1557 3.89%	1931 3.86%	2316 3.86%	2706 3.87%	3066 3.83%	3463 3.85%	3827 3.83%
偶切り1つ	314 3.14%	699 3.50%	1039 3.46%	1405 3.51%	1741 3.48%	2092 3.49%	2449 3.50%	2765 3.46%	3122 3.47%	3465 3.47%



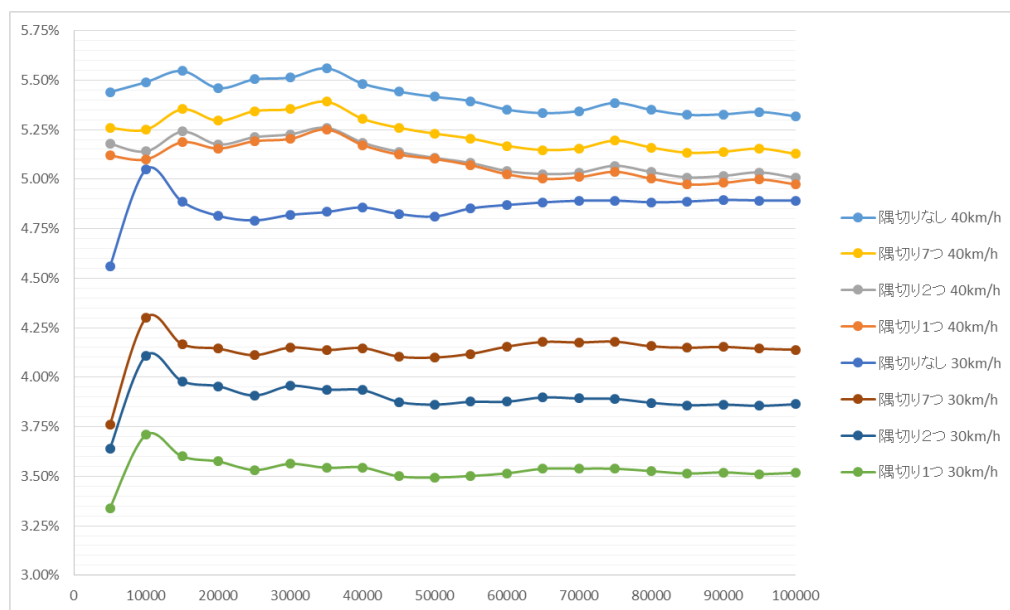


図 4-8 速度別算出結果( シード値 400000~ )

表 4-7 優先車側車両速度 40km/h の算出結果( シード値 400000~ )

	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	80000	90000	100000
偶切りなし	549 5.49%	1092 5.46%	1654 5.51%	2193 5.48%	2708 5.42%	3211 5.35%	3741 5.34%	4280 5.35%	4795 5.33%	5318 5.32%
偶切り7つ	525 5.25%	1059 5.30%	1606 5.35%	2122 5.31%	2615 5.23%	3101 5.17%	3609 5.16%	4128 5.16%	4625 5.14%	5128 5.13%
偶切り2つ	514 5.14%	1035 5.18%	1568 5.23%	2074 5.19%	2554 5.11%	3025 5.04%	3523 5.03%	4029 5.04%	4515 5.02%	5007 5.01%
偶切り1つ	510 5.10%	1031 5.16%	1561 5.20%	2069 5.17%	2551 5.10%	3015 5.03%	3507 5.01%	4002 5.00%	4483 4.98%	4974 4.97%

表 4-8 優先車側車両速度 30km/h の算出結果( シード値 400000~ )

	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	80000	90000	100000
偶切りなし	505 5.05%	963 4.82%	1446 4.82%	1943 4.86%	2406 4.81%	2922 4.87%	3424 4.89%	3907 4.88%	4406 4.90%	4892 4.89%
偶切り7つ	430 4.30%	829 4.15%	1245 4.15%	1659 4.15%	2050 4.10%	2493 4.16%	2923 4.18%	3325 4.16%	3738 4.15%	4139 4.14%
偶切り2つ	411 4.11%	791 3.96%	1187 3.96%	1574 3.94%	1931 3.86%	2326 3.88%	2725 3.89%	3097 3.87%	3476 3.86%	3864 3.86%
偶切り1つ	371 3.71%	715 3.58%	1069 3.56%	1418 3.55%	1747 3.49%	2109 3.52%	2477 3.54%	2821 3.53%	3168 3.52%	3518 3.52%

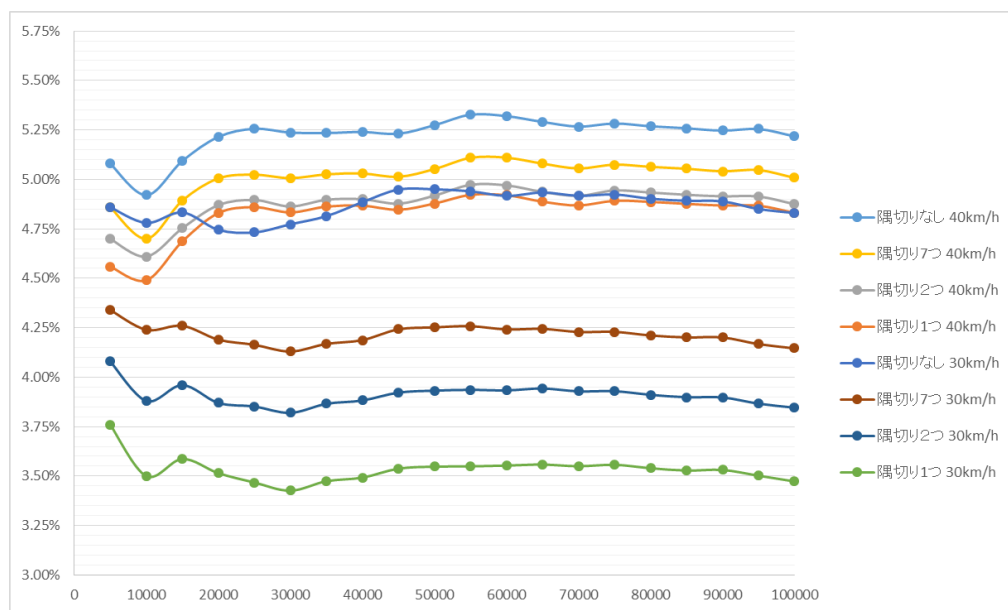


図 4-9 速度別算出結果( シード値 600000~ )

表 4-9 優先車側車両速度 40km/h の算出結果( シード値 600000~ )

	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	80000	90000	100000
偶切りなし	492 4.92%	1043 5.22%	1571 5.24%	2096 5.24%	2637 5.27%	3192 5.32%	3687 5.27%	4215 5.27%	4722 5.25%	5218 5.22%
偶切り7つ	470 4.70%	1001 5.01%	1502 5.01%	2012 5.03%	2526 5.05%	3066 5.11%	3539 5.06%	4051 5.06%	4537 5.04%	5008 5.01%
偶切り2つ	461 4.61%	974 4.87%	1459 4.86%	1960 4.90%	2459 4.92%	2982 4.97%	3442 4.92%	3947 4.93%	4423 4.91%	4875 4.88%
偶切り1つ	449 4.49%	966 4.83%	1450 4.83%	1947 4.87%	2439 4.88%	2952 4.92%	3408 4.87%	3909 4.89%	4381 4.87%	4831 4.83%

表 4-10 優先車側車両速度 30km/h の算出結果( シード値 600000~ )

	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	80000	90000	100000
偶切りなし	478 4.78%	949 4.75%	1432 4.77%	1954 4.89%	2475 4.95%	2950 4.92%	3442 4.92%	3922 4.90%	4400 4.89%	4830 4.83%
偶切り7つ	424 4.24%	838 4.19%	1239 4.13%	1675 4.19%	2126 4.25%	2545 4.24%	2960 4.23%	3369 4.21%	3781 4.20%	4146 4.15%
偶切り2つ	388 3.88%	774 3.87%	1146 3.82%	1553 3.88%	1966 3.93%	2360 3.93%	2750 3.93%	3129 3.91%	3508 3.90%	3846 3.85%
偶切り1つ	350 3.50%	703 3.52%	1028 3.43%	1397 3.49%	1774 3.55%	2132 3.55%	2485 3.55%	2832 3.54%	3178 3.53%	3473 3.47%

#### 4.2.3 仮想交差点での考察

交差点形状別算出結果と速度別算出結果を述べた。表 4-2 より交差点形状別事故確率に視認可能距離（見通し距離）が多少の影響を与えていることが確認できる。

交差点別算出結果では、図 1 つ 1 つにはある程度同様な傾向が見られることがわかる。これは、シード値によって事故件数なども変化することを示している。10 万回のときの事故確率もある程度一致しているため安定していると考えられる。優先側車両の速度 40km/h

と 30km/h の両方とも事故件数・確率が僅差な部分が多少みられる。この部分での事故件数は逆になる可能性があると考えられるが、この部分だけを見ると事故件数にバラつきがあるが、10 万回実行することによってこの不安定な要素を排除できていると考えられる。優先側車両の速度が 40km/h のときのみ、ある程度の実行回数のとき偶切り 1 つと偶切り 2 つが僅差になっているのは、優先側車両の速度が速く交差点の形状による違いが多少出にくかった乱数列であったと考えられる。そして、実行回数を重ねることで見通しの違いが事故確率に出てきたと考えられる。

偶切りなし交差点の事故確率が最も高いのは、交差点内に 10km/h で進入した後に交差車を視認可能となり、そこから空走時間 0.6 秒後に急減速を行うため、急減速を行うまでに相当な距離交差点内に進入してしまうので事故確率が最も高いと考えられる。偶切り 7 つの交差点は、偶切りなしの交差点に次いで高くなっている。そして、偶切り 2 つ、偶切り 1 つと事故確率が低くなっていく傾向が読み取れる。交差点形状によって交差車を発見するまでの時間が違うために、事故確率が変化すると考えられる。そして、その発見するまでの時間によって交差点内に進入する距離に影響を与えていると考えられる。

速度別算出結果では、偶切りなしの 30km/h が 40km/h の偶切りなし以外の交差点形状より多くなる部分が多々見られる。これは、優先側車両の速度差よりも交差点形状の視認可能範囲が与える影響の方が大きいと考えられるためである。また、優先側車両の速度が 40km/h の事故確率よりも 30km/h の方が事故確率にバラつきが見られる。これも優先側車両の速度による危険性よりも視認可能範囲が狭いほうがより危険性が高いことを示していると考えられる。

優先側車両の速度が 40km/h の偶切りなしの交差点形状は、優先側車両の速度が 30km/h の偶切り 1 つの交差点より約 1.5 倍高い。このことから、優先側車両の速度が 30km/h になり、偶切り 1 つの交差点形状だと約 0.65 倍事故確率が減少する、事故件数にすると約 650 台の減少になると考えられる。そして、優先側車両の速度が 40km/h で最も事故確率に差があるもので約 0.4%程度、優先側車両の速度が 30km/h で最も事故確率にさがある場合で約 2.4%程度ある。事故件数に換算すると約 40 台と約 240 台と差があることが分かる。そして、優先側車両の速度が 40km/h と 30km/h では 10 万回時の事故確率より、優先側車両の速度が速くなっていくと偶切り形状による視認範囲よりも速度による影響が高くなり、優先側車両の速度が低くなると速度による影響よりも視認可能範囲の影響の方が事故確率に与える影響が強いと考えられる。しかし、本研究では偶切り幅が 1m 程度しかないため全ての偶切り幅で同じになるとは限らないが、偶切り幅が 1m の場合ではこの事故確率で良いと考えられる。

4.3 現実の交差点での算出結果

4.3.1 現実の交差点の概要

レーザースキャナによって点を取得した交差点形状を図 4-10、図 4-11 に示す。これは、豊橋市弥生町西豊和 92-1 の交差点から点を取得した。図 4-10 は、レーザースキャナでとってきた交差点形状そのものを示したものである。図 4-11 は、運転者の目線の高さを 1m と定め、1m から上下 0.5m の範囲の点を取得したものである。以下に交差点の概要を示す。本研究では、路肩などの空間も車道として扱うため、優先側道路の幅は 4.65m で非優先側道路の幅は 4.29m となっている。走行位置などの条件は固定している。

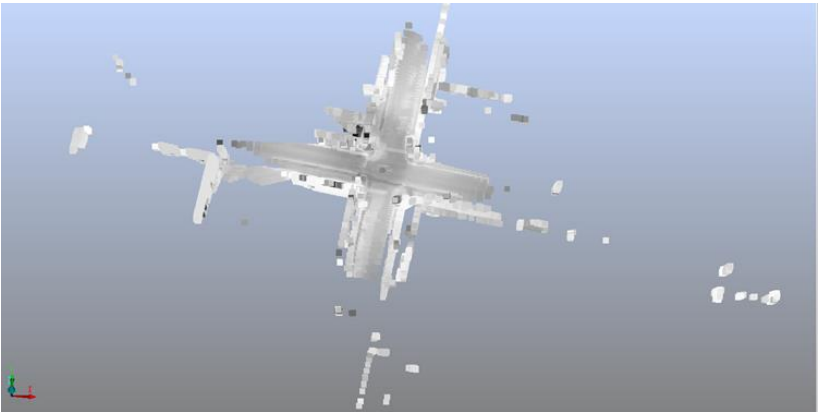
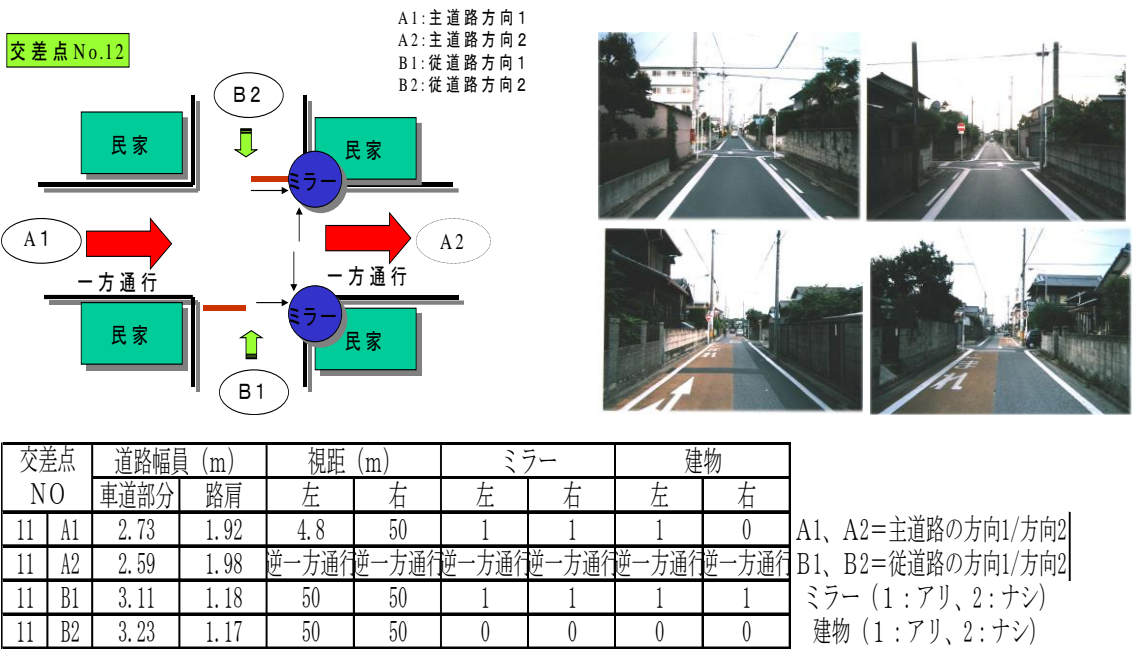


図 4-10 点での交差点形状

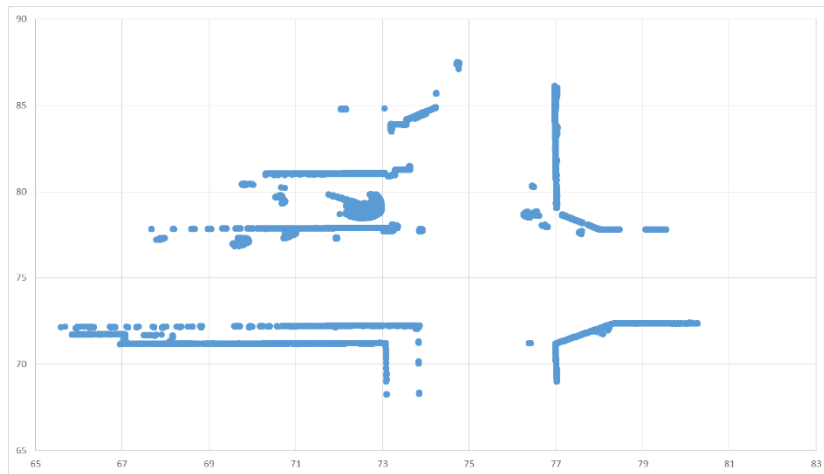


図 4-11 交差点形状

#### 4.3.2 算出結果

4.2 で挙げた仮想交差点と現実の交差点を比較した。以下にその結果を示す。

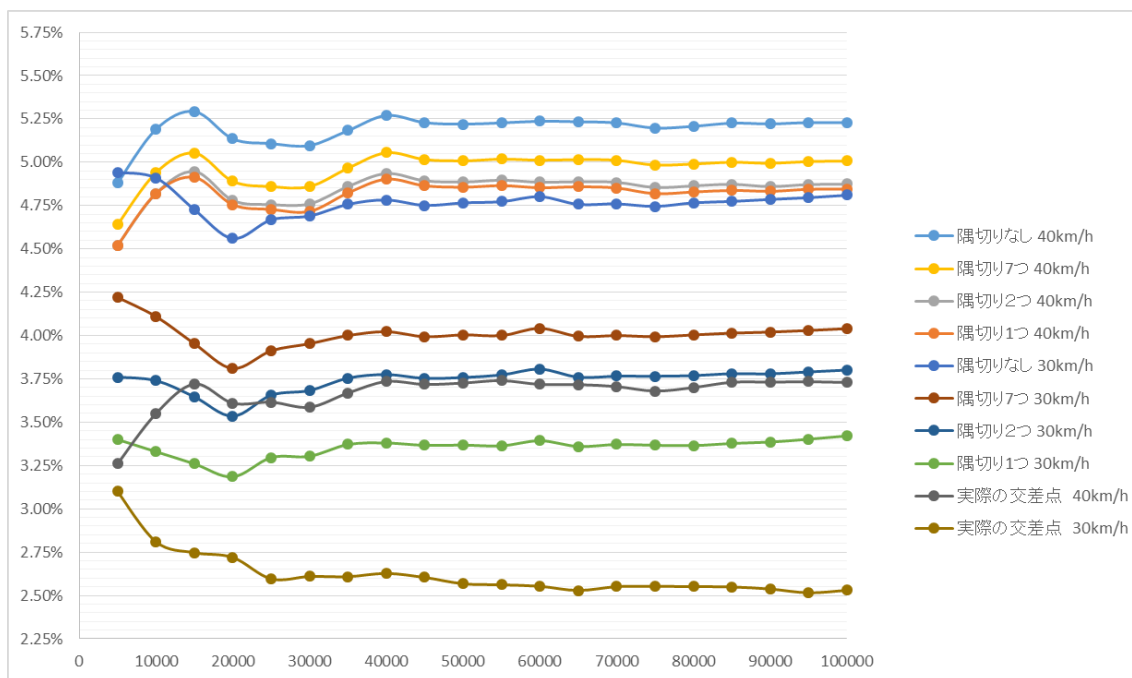


図 4-12 現実の交差点との比較（シード値 1～）

表 4-11 優先側車両速度 40km/h での比較( シード値 1~)

	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	80000	90000	100000
偶切りなし	519 5.19%	1027 5.14%	1529 5.10%	2108 5.27%	2610 5.22%	3142 5.24%	3659 5.23%	4166 5.21%	4699 5.22%	5228 5.23%
偶切り7つ	494 4.94%	978 4.89%	1458 4.86%	2022 5.06%	2504 5.01%	3007 5.01%	3508 5.01%	3992 4.99%	4495 4.99%	5007 5.01%
偶切り2つ	482 4.82%	956 4.78%	1428 4.76%	1974 4.94%	2443 4.89%	2931 4.89%	3419 4.88%	3891 4.86%	4374 4.86%	4874 4.87%
偶切り1つ	482 4.82%	951 4.76%	1415 4.72%	1961 4.90%	2428 4.86%	2912 4.85%	3396 4.85%	3863 4.83%	4349 4.83%	4845 4.85%
実際の交差点	355 3.55%	722 3.61%	1076 3.59%	1494 3.74%	1863 3.73%	2231 3.72%	2594 3.71%	2960 3.70%	3358 3.73%	3729 3.73%

表 4-12 優先側車両速度 30km/h での比較( シード値 1~)

	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	80000	90000	100000
偶切りなし	491 4.91%	912 4.56%	1407 4.69%	1913 4.78%	2383 4.77%	2881 4.80%	3332 4.76%	3813 4.77%	4307 4.79%	4810 4.81%
偶切り7つ	411 4.11%	762 3.81%	1186 3.95%	1609 4.02%	2002 4.00%	2425 4.04%	2800 4.00%	3203 4.00%	3618 4.02%	4040 4.04%
偶切り2つ	374 3.74%	707 3.54%	1105 3.68%	1510 3.78%	1879 3.76%	2284 3.81%	2636 3.77%	3015 3.77%	3401 3.78%	3801 3.80%
偶切り1つ	333 3.33%	637 3.19%	991 3.30%	1352 3.38%	1684 3.37%	2036 3.39%	2360 3.37%	2692 3.37%	3047 3.39%	3421 3.42%
現実の交差点	281 2.81%	544 2.72%	783 2.61%	1051 2.63%	1284 2.57%	1532 2.55%	1786 2.55%	2041 2.55%	2284 2.54%	2530 2.53%

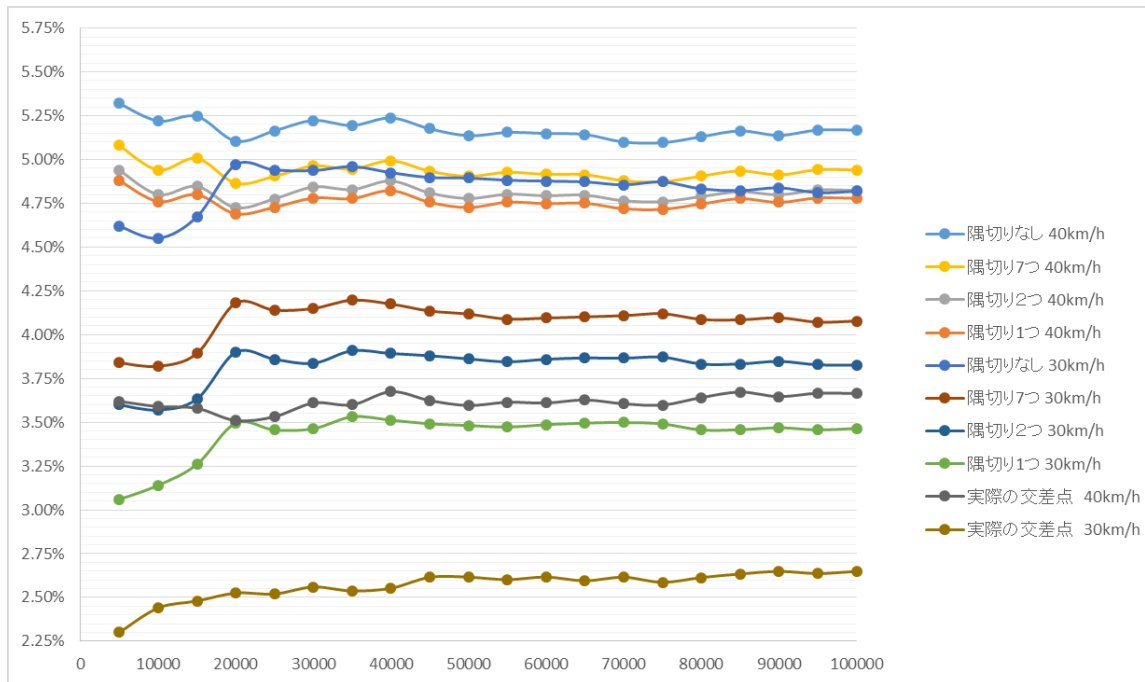


図 4-13 現実の交差点との比較 ( シード値 200000~ )

表 4-13 優先側車両速度 40km/h での比較( シード値 200000~)

	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	80000	90000	100000
偶切りなし	522 5.22%	1021 5.11%	1567 5.22%	2095 5.24%	2568 5.14%	3089 5.15%	3570 5.10%	4104 5.13%	4624 5.14%	5168 5.17%
偶切り7つ	494 4.94%	973 4.87%	1489 4.96%	1997 4.99%	2452 4.90%	2949 4.92%	3415 4.88%	3924 4.91%	4421 4.91%	4940 4.94%
偶切り2つ	480 4.80%	945 4.73%	1453 4.84%	1951 4.88%	2389 4.78%	2876 4.79%	3335 4.76%	3831 4.79%	4319 4.80%	4823 4.82%
偶切り1つ	476 4.76%	938 4.69%	1434 4.78%	1929 4.82%	2363 4.73%	2849 4.75%	3303 4.72%	3797 4.75%	4280 4.76%	4778 4.78%
現実の交差点	359 3.59%	702 3.51%	1083 3.61%	1470 3.68%	1798 3.60%	2166 3.61%	2524 3.61%	2913 3.64%	3282 3.65%	3664 3.66%

表 4-14 優先側車両速度 30km/h での比較( シード値 200000~)

	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	80000	90000	100000
偶切りなし	455 4.55%	994 4.97%	1481 4.94%	1970 4.93%	2447 4.89%	2926 4.88%	3399 4.86%	3866 4.83%	4355 4.84%	4819 4.82%
偶切り7つ	382 3.82%	836 4.18%	1245 4.15%	1670 4.18%	2059 4.12%	2457 4.10%	2876 4.11%	3270 4.09%	3687 4.10%	4078 4.08%
偶切り2つ	357 3.57%	780 3.90%	1151 3.84%	1557 3.89%	1931 3.86%	2316 3.86%	2706 3.87%	3066 3.83%	3463 3.85%	3827 3.83%
偶切り1つ	314 3.14%	699 3.50%	1039 3.46%	1405 3.51%	1741 3.48%	2092 3.49%	2449 3.50%	2765 3.46%	3122 3.47%	3465 3.47%
現実の交差点	244 2.44%	505 2.53%	768 2.56%	1021 2.55%	1308 2.62%	1570 2.62%	1831 2.62%	2091 2.61%	2384 2.65%	2649 2.65%

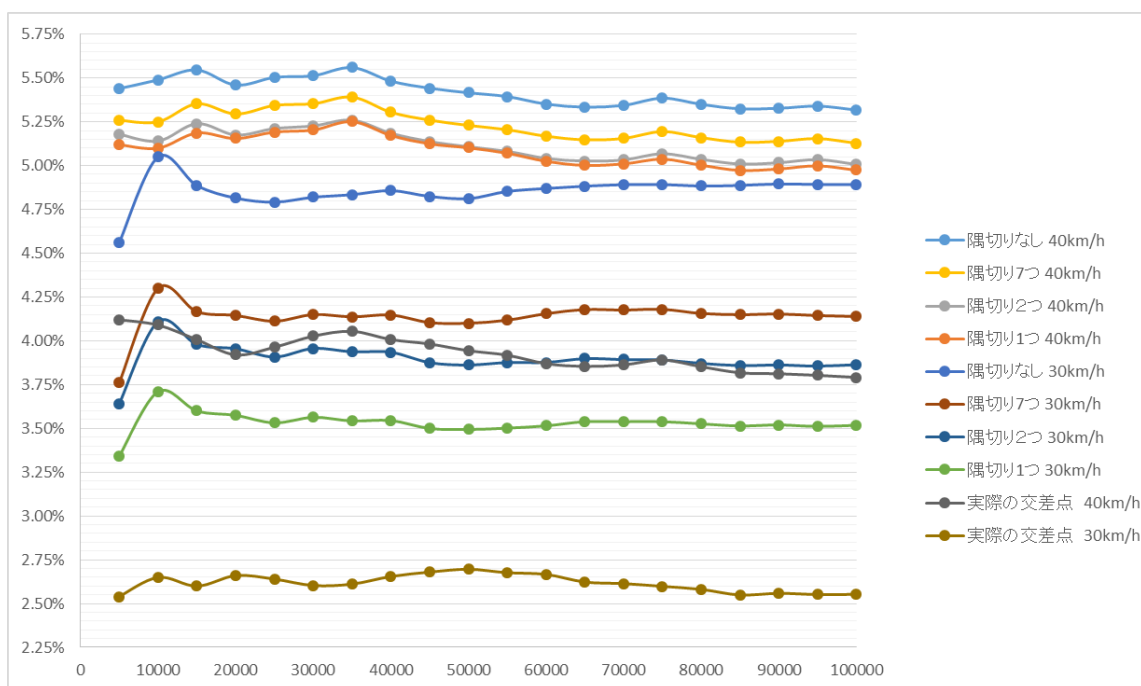


図 4-14 現実の交差点との比較 ( シード値 400000~ )

表 4-14 優先側車両速度 40km/h での比較( シード値 400000~)

	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	80000	90000	100000
偶切りなし	549 5.49%	1092 5.46%	1654 5.51%	2193 5.48%	2708 5.42%	3211 5.35%	3741 5.34%	4280 5.35%	4795 5.33%	5318 5.32%
偶切り7つ	525 5.25%	1059 5.30%	1606 5.35%	2122 5.31%	2615 5.23%	3101 5.17%	3609 5.16%	4128 5.16%	4625 5.14%	5128 5.13%
偶切り2つ	514 5.14%	1035 5.18%	1568 5.23%	2074 5.19%	2554 5.11%	3025 5.04%	3523 5.03%	4029 5.04%	4515 5.02%	5007 5.01%
偶切り1つ	510 5.10%	1031 5.16%	1561 5.20%	2069 5.17%	2551 5.10%	3015 5.03%	3507 5.01%	4002 5.00%	4483 4.98%	4974 4.97%
現実の交差点	409 4.09%	784 3.92%	1208 4.03%	1603 4.01%	1972 3.94%	2322 3.87%	2704 3.86%	3082 3.85%	3431 3.81%	3791 3.79%

表 4-15 優先側車両速度 30km/h での比較( シード値 400000~)

	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	80000	90000	100000
偶切りなし	505 5.05%	963 4.82%	1446 4.82%	1943 4.86%	2406 4.81%	2922 4.87%	3424 4.89%	3907 4.88%	4406 4.90%	4892 4.89%
偶切り7つ	430 4.30%	829 4.15%	1245 4.15%	1659 4.15%	2050 4.10%	2493 4.16%	2923 4.18%	3325 4.16%	3738 4.15%	4139 4.14%
偶切り2つ	411 4.11%	791 3.96%	1187 3.96%	1574 3.94%	1931 3.86%	2326 3.88%	2725 3.89%	3097 3.87%	3476 3.86%	3864 3.86%
偶切り1つ	371 3.71%	715 3.58%	1069 3.56%	1418 3.55%	1747 3.49%	2109 3.52%	2477 3.54%	2821 3.53%	3168 3.52%	3518 3.52%
現実の交差点	265 2.65%	532 2.66%	781 2.60%	1062 2.66%	1348 2.70%	1600 2.67%	1830 2.61%	2065 2.58%	2303 2.56%	2553 2.55%

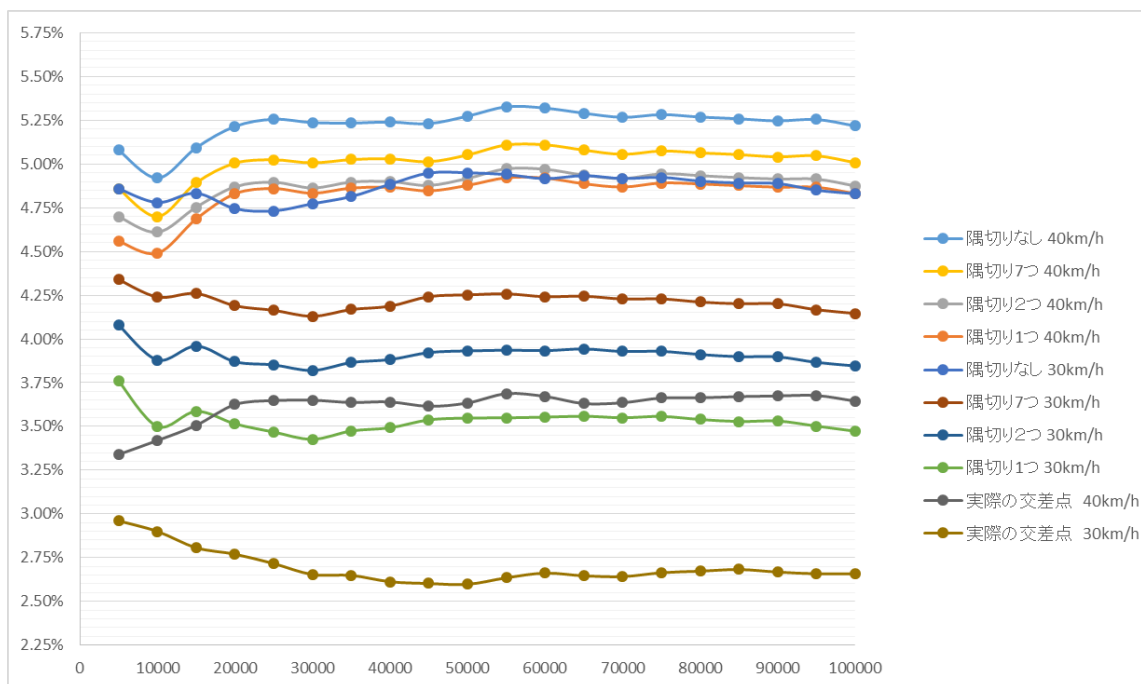


図 4-15 現実の交差点との比較 ( シード値 600000~ )



表 4-16 優先側車両速度 40km/h での比較( シード値 600000~)

	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	80000	90000	100000
隅切りなし	492 4.92%	1043 5.22%	1571 5.24%	2096 5.24%	2637 5.27%	3192 5.32%	3687 5.27%	4215 5.27%	4722 5.25%	5218 5.22%
隅切り7つ	470 4.70%	1001 5.01%	1502 5.01%	2012 5.03%	2526 5.05%	3066 5.11%	3539 5.06%	4051 5.06%	4537 5.04%	5008 5.01%
隅切り2つ	461 4.61%	974 4.87%	1459 4.86%	1960 4.90%	2459 4.92%	2982 4.97%	3442 4.92%	3947 4.93%	4423 4.91%	4875 4.88%
隅切り1つ	449 4.49%	966 4.83%	1450 4.83%	1947 4.87%	2439 4.88%	2952 4.92%	3408 4.87%	3909 4.89%	4381 4.87%	4831 4.83%
現実の交差点	342 3.42%	725 3.63%	1095 3.65%	1456 3.64%	1817 3.63%	2203 3.67%	2545 3.64%	2931 3.66%	3307 3.67%	3645 3.65%

表 4-17 優先側車両速度 30km/h での比較( シード値 600000~)

	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	80000	90000	100000
隅切りなし	478 4.78%	949 4.75%	1432 4.77%	1954 4.89%	2475 4.95%	2950 4.92%	3442 4.92%	3922 4.90%	4400 4.89%	4830 4.83%
隅切り7つ	424 4.24%	838 4.19%	1239 4.13%	1675 4.19%	2126 4.25%	2545 4.24%	2960 4.23%	3369 4.21%	3781 4.20%	4146 4.15%
隅切り2つ	388 3.88%	774 3.87%	1146 3.82%	1553 3.88%	1966 3.93%	2360 3.93%	2750 3.93%	3129 3.91%	3508 3.90%	3846 3.85%
隅切り1つ	350 3.50%	703 3.52%	1028 3.43%	1397 3.49%	1774 3.55%	2132 3.55%	2485 3.55%	2832 3.54%	3178 3.53%	3473 3.47%
現実の交差点	290 2.90%	554 2.77%	796 2.65%	1045 2.61%	1299 2.60%	1597 2.66%	1849 2.64%	2138 2.67%	2401 2.67%	2658 2.66%

#### 4.3.3 考察

4.3 では、仮想交差点と現実の交差点の比較結果について述べた。今回使用した現実の交差点は、隅切りがほぼ無い交差点形状であり、かつ電柱などの障害物がある道路環境である。

優先側車両の速度が 30km/h では、現実の交差点が最も事故確率が低いという結果になった。走行位置などの諸条件を変化させていないことから考えると、単純に優先側道路が仮想交差点と比べ幅が多少広がっているためであると考えられる。電柱などの障害物を考慮しているのにも関わらず、事故確率が低くなっているということは道路幅の影響が大きいのではないかと考えられる。

優先側車両の速度が 40km/h では、仮想交差点での優先側車両の速度 30km/h での隅切り 2 つと隅切り 1 つの間に位置していることがわかる。これは、速度の影響と交差点形状の影響を考慮しても隅切り 1 つの優先側車両の速度 30km/h よりは高くなることを示している。

#### 4.4 本章のまとめ

本研究では、仮想交差点と現実の交差点において事故確率より危険性算出モデルの構築をした。計算による視認可能距離と事故確率算出結果からみても危険性算出モデルに誤りが無いと考えられるが、現実の交差点サンプルサイズが少なく比較ができるまでに至っていない。そのため、現実の交差点での危険性算出が妥当かどうか検証できていない。今後の展開としては、より多くの交差点形状の取得かつ車両だけではなく自転車または歩行者などの見通しの差異による影響が顕著に出る要因をさらに重ねて危険性算出モデルの現実との整合性などを高めて行きたいと考えている。そして、交差点形状を2次元的に平面で捉えることだけではなく、高さの次元も加え3次元的に交差点形状を捉えて人の目線の挙動も考慮していく。

## 第5章 結論

本研究では、道路環境が異なる交差点を複数個用意し、既往研究から得た車両速度・車両長さなどの事故の要因となりえることも考慮しつつ、本研究の対象としている視認可能範囲および距離、進入速度などの関係性をモデルに考慮し、仮想交差点において危険性算出モデルの構築をした。そして、現実の交差点形状の点を取得し、その危険性算出モデルの妥当性と事故確率を算出した。

その結果、交差点形状によって決まる視認可能距離（見通し距離）が事故に与える影響を事故確率によって示した。優先側車両の速度にもよって事故確率は左右されるが、仮想交差点の隅切りなしの交差点が最も事故に与える影響が大きく、隅切り 1 つの交差点形状が最も事故確率が低く、次いで隅切り 2 つの交差点・隅切り 7 つの交差点という結果になり、計算で求めた視認可能距離から考えても妥当な結果であると考えられる。そして、優先側車両の速度によっても事故確率に差が出ることが確認できた。また、現実の交差点と仮想交差点を比較することにより、優先側道路の幅も事故に与える影響があることを明らかにできた。優先側車両の速度が高くなると道路形状にあまり依存せず、逆に優先側車両の速度が下がるほど、視認可能範囲・距離に依存しているということが明らかになった。

しかし、本研究で構築した危険性算出モデルは完成ではない。非優先側車両の進入速度を変化させた場合による事故確率の算定や現実の交差点サンプルサイズの少なさなど問題点は多々ある。また、運転者がこの交差点を複数回通過した場合に、危険な目にあったため安全な運転を心がけることやこれまで安全に通過できた過去によって危ない運転になるなどといった心理的な要因がほとんど考慮できていないことも挙げられる。これらを今後考慮したモデルを構築し、より説明力の高いモデルを構築すべく、さらなる試行錯誤が必要だと考えられる。

そして、最後に今回構築したモデルによって得られる情報が今後の交通安全対策など指標構築の際の一助となることを望む。

## 謝辞

本修士論文は、筆者が豊橋技術科学大学大学院建築・都市システム学専攻博士前期課程において交通計画研究室で行った研究成果をまとめたものである。

本研究を行っていく上で、豊橋技術科学大学 建築・都市システム学系 名誉教授 廣島康裕先生、豊橋技術科学大学 建築・都市システム学系 教授 宮田譲先生、豊橋技術科学大学 建築・都市システム学系 助教 松尾幸二郎先生には、2年間という短い期間でしたが心温かなご指導を賜り、統計学やプログラムなどの初歩的なことから研究の進め方、研究に取り組む姿勢、学ぶこと、努力すること、諦めない事の大切さなどのこれから社会人として生きていく上で必要不可欠なことなど数多くのことを教えていただき厚く感謝いたします。

研究室の先輩諸兄をはじめとし、同研究室修士課程2年の園田健氏、濱村奏氏、修士課程1年の杉原暢氏、田中翔氏、学部4年の櫻木悠貴氏、平元萌氏の方々には研究を行う上で様々なご協力をいただきました。

ここに心より感謝の意を表します。

また、今回 artisoc3.5 を無償貸与していただいた株式会社 構造計画研究所様には本当に感謝しております。無償貸与して頂いたことによってより一層深く研究ができたと感じております。誠にありがとうございました。

## 参考文献

- 1) 鷺谷忠彦・浜岡秀勝・清水浩志郎：無信号交差点における車両挙動特性の分析，第 28 回土木計画学研究発表会・講演集，CD-ROM，2003 年，土木学会．
- 2) 吉浦雄介・山中英生・三谷哲雄：無信号交差点における進入車両挙動パターンの分析，土木学会第 56 回年次学術講演会，IV-033，2001．
- 3) 山中英生・河津孝典・三谷哲雄：無信号交差点における一時停止支援 ITS の警告アルゴリズムの研究，土木計画学研究・講演集，Vol.31(CD-ROM)，No.225，2005 年，土木学会．
- 4) 萩田賢司・森健二：歩行者事故から推定した運転者の視線に関する一考察，土木計画学研究・講演集，Vol.25，CD-ROM，No.153，2002．
- 5) 有住正人・山中英生・三谷哲雄・大門樹・牧野浩志：無信号交差点のヒヤリハット分析による出会い頭事故要因の検討，土木計画学研究・講演集 Vol.33 (CD-ROM) No.363 2006．
- 6) 宗広裕司・大門樹・山崎勲・有住正人：無信号交差点における車両接近警報の有効性に関する研究，モバイル学会誌，Vol1(1)，pp.11-16，2011．
- 7) 佐藤仁志：無信号交差点での一時停止行動に関する意識調査，<http://e-sahf.jp/koeki/thesis/3-4.pdf>
- 8) 斉藤友邦：優先ドライバにおける権利意識に関する実験的検討，<http://e-sahf.jp/koeki/thesis/5-3.pdf>
- 9) 田中聖人：無信号小交差点における運転者の道路広狭感に基づいた出会い頭事故危険度の提案，東海大学産業工学部紀要，Vol.5，pp.1~6，2012
- 10) 藤井秀樹・吉村忍・高野悠哉：マルチエージェント交通流シミュレーションにおける交通事故モデリング，人工知能学会論文誌，26 巻，1 号，SP-E，2011．
- 11) 伊藤孝祥・廣島康裕・村田直樹：住居系地域内の無信号交差点における車両挙動を考慮した交通事故件数の因果構造分析，土木計画学研究・論文集，Vol.21，No.4，2004．
- 12) 松尾幸二郎・廣島康裕：細街路無信号交差点における出会い頭事故危険性評価のための理論モデルの提案，第 9 回 ITS シンポジウム 2010 Pear-Review Proceedings，pp.49-54，2010．
- 13) 古屋秀樹・鹿野島秀行・牧野修久・寺奥淳：非幹線道路における交通事故発生の実態とその抑制に関する一考察—安全確認不履行による交差点出会い頭事故を中心として—，第 20 回交通工学研究発表会論文報告集，pp.21-24，2000．
- 14) 萩田賢司・井川泉・浦井芳洋・宮下直也・土屋三智久：無信号交差点における出会い頭事故の分析(An Analysis on Right Angle Accidents in Unsignalized Intersections)，交通工学 39 巻，Vol.6，pp.51-59，2004．

- 15) Hideo YAMANAKA ・ Tetsuo MITANI : VEHICLE BEHAVIORAL SAFETY ASSESSMENT FOR UNSIGNALIZED SMALL INTERSECTIONS TO EVALUATE COLLISION AVOIDANCE SYSTEM, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.6, pp.2667-2675, 2005
- 16) 野坂泰宏・萩原亨・浜岡秀勝・多田昌裕・宗広一徳：有効視野を考慮した横断歩行者の右折車認知挙動に関する研究, 土木計画学研究・講演集(CD-ROM), 49 ROMBUNNO.41 2014.
- 17) 三谷哲雄・山中英生：無信号交差点における一時停止支援システムの警告判定法の開発, 第 5 回 ITS シンポジウム 2006, OSV 「生活道路 ITS 事始」, 2006.
- 18) 小坂田泰宏・野田賢・西谷紘一：無信号交差点非優先側ドライバ通過行動シミュレーションプログラムの開発, 日本プラント・ヒューマンファクター学会, ヒューマンファクターズ 13(1), pp.14-22, 2008.
- 19) 村瀬満記・秋山孝正・奥嶋政嗣：交差点交通事故要因に関するデータベースの構築, 土木計画学研究・論文集, Vol.21, No.4, 2004.
- 20) 伊藤孝祥：細街路無信号交差点における車両挙動と交通事故率を考慮した交差点環境の評価に関する研究, 豊橋技術科学大学修士論文, 平成 16 年度.
- 21) 警察庁交通局：「平成 25 年中の交通死亡事故の特徴及び道路交通法取締り状況について」(平成 25 年版).
- 22) 山影進著：人工社会構築指南「artisoc によるマルチエージェント・シミュレーション入門」, 書籍工房早山, 2007.
- 23) 交通局交通企画課：「平成 27 年中の交通事故死者数について」, 平成 28 年 1 月 4 日.
- 24) 内閣府「平成 27 年交通安全白書(全文)」