

道路ネットワーク特性と出発地・目的地間の距離を考慮した自転車の通行位置と通行方向による交通事故遭遇確率の比較分析

小川 圭一¹・石田 信之²・安 隆浩³

¹正会員 立命館大学教授 理工学部環境都市工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

E-mail: kogawa@se.ritsumei.ac.jp

²正会員 京都市 建設局自転車政策推進室 (〒604-8571 京都府京都市中京区寺町通御池上る上本能寺前町 488)

³正会員 株式会社交通システム研究所 (〒532-0011 大阪府大阪市淀川区西中島 7-1-20 第一スエヒロビル 801)

本研究では、出発地・目的地間の車道横断回数を考慮して、自転車の通行方向を道路左側の一方通行とする場合と、道路両側の双方通行とする場合との交通事故遭遇確率の比較をおこなう。具体的には、道路ネットワーク特性として交差点形状(4枝と3枝の割合)、細街路の集約状況、横断可能箇所数(交差点以外の横断箇所)の3種の要因に着目し、3種の要因がそれぞれ異なる仮想道路ネットワークを作成することにより、道路ネットワーク特性が交通事故遭遇確率に及ぼす影響の分析をおこなう。さらに実際の道路ネットワークを対象とした分析もおこない、仮想道路ネットワークの分析結果との比較をおこなう。

Key Words: bicycle, traffic accident, road crossing, characteristics of road network, trip distance

1. はじめに

自転車は代表的な交通手段の1つであり、通勤・通学や買い物の交通手段として幅広い年齢層に利用されている。さらにレンタサイクルとして観光に活用しようとする自治体もあり、今後も自転車の役割は大きくなると注目されている。このように自転車交通に対する評価は高い反面、自転車通行空間の不足や自転車に関与する交通事故の増加など、自転車の利用環境はさまざまな問題を抱えているのが現状である。近年では、自転車・自動車の交通事故のみならず自転車同士や歩行者・自転車の交通事故も多く発生している。

現在の通行ルールでは、車道では道路左側の一方通行であるが、自転車道や自転車歩行者道(自転車通行可の歩道)では道路両側の双方通行が可能である。一方、国土交通省・警察庁による「安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン」では自転車道も道路左側の一方通行にすることを推奨している^{1,2)}。その理由として、右側通行により交差点に進入すると自動車のドライバーに直前まで気付かれず、出合頭事故の可能性が大きくなることが挙げられている。とくに、幹線道路と細街路の

交差点においては左側通行よりも右側通行の方が交通事故発生確率が大きいことが指摘されている^{3,4)}。

しかしながら、自転車利用者の出発地・目的地間で考えると、道路左側の一方通行とした場合には双方通行とした場合に比較して迂回しなければならない状況が発生する。これにより車道横断回数が増加するため、一方通行とすることによって出発地・目的地間では交通事故遭遇確率が増加する可能性がある。道路ネットワーク特性によってはより迂回する必要があるため、車道横断回数も増加することが考えられる。このため、それぞれの地区の道路ネットワーク特性にあった自転車通行空間の整備方法を明らかにすることが必要である。

自転車の交通事故に関する既存研究としては、海老澤らが自転車に関与する交通事故に関して、自転車の歩道通行・車道通行の差異による交通事故の特徴の比較をおこなっている⁵⁾。結果として、歩道と車道の交通事故発生件数の比率はおおむね自転車の歩道と車道の交通量の比率に近いものであったが、交通事故の特徴は通行位置や通行方向によって異なっており、歩道右側を通行する自転車は第2当事者となる割合および交差路・道路外からの車両との事故の割合が高いこと、歩道左側では第1

当事者となる割合および車道を自転車と同一方向に進行する車両との事故の割合が高いこと、車道左側では第 1 当事者となる割合および単路部における割合が高いことなどが挙げられている。

萩田らは、交差点における自転車の交通事故の実態を把握するため、事故当事者の通行方向別の交通事故発生頻度を明らかにしている⁶⁾。千葉県東葛地域の交差点における自転車の交通事故を対象として、自動車と自転車の相対的な通行方向を分析した結果、信号の有無により自転車の交通事故の発生形態が大きく異なっており、信号交差点では自転車と並行して道路を通行している自動車の右左折にともなう交通事故が大半を占めていること、無信号交差点では自動車が交差点を通過する際の手前側の交差点を通行している自転車との交通事故が多発していることなどが示されている。

松本、金子らは幹線道路と細街路が接続する交差点における自転車と自動車との事故発生状況の実態を把握するために、東京都内の幹線道路の 15.2km の区間を対象に、区間内の細街路が接続する交差点での 2002~2005 年に発生した自転車の交通事故の抽出、整理をおこなっている^{3,4)}。幹線道路に細街路が接続する交差点における自転車・自動車の合出頭事故では、右側通行の方が左側通行より事故率が高い結果となっている。また自転車・自動車の左折事故では、左側通行の方が右側通行より事故率が高い結果となっているなど、通行位置・通行方向によって幹線道路と細街路の交差点での交通事故に差異があることが示されている。

このように、自転車の通行位置や通行方向による交通事故発生状況の分析は実施されているが、これらは個々の交差点における交通事故発生状況の分析であり、自転車利用者にとっての出発地・目的地間の交通事故遭遇確率の分析ではない。また、それらと道路ネットワーク特性との関連に着目した研究は実施されていない。

そこで本研究では、自転車の通行位置・通行方向（道路両側の双方向通行（歩道）・道路左側の一方向通行（歩道）・道路左側の一方向通行（車道））にもとづき、出発地・目的地間の交通事故遭遇確率を比較することを目的とする。筆者らはこれまでも道路ネットワーク特性と自転車の通行位置・通行方向による交通事故遭遇確率の分析をおこなっている^{7,8)}。既存研究では道路ネットワーク特性としてネットワークの形状（格子状か非格子状か）と細街路の集約状況に着目したが、自転車の交通事故遭遇確率に影響を及ぼす要因は他にもあると考えられる。そこで本研究では道路ネットワーク特性として、交差点形状、細街路の集約状況、横断可能箇所数の 3 種に着目する。3 種の道路ネットワーク特性がそれぞれ異なる仮想道路ネットワークを作成し、道路ネットワーク特性が交通事故遭遇確率に及ぼす影響の分析をおこなう。

さらに既存研究と同様の実際の道路ネットワークを対象とした分析もおこない、仮想道路ネットワークの分析結果との比較をおこなう。

2. 交通事故遭遇確率の算定方法

(1) 個々の交差点における交通事故発生確率

自転車の交通事故の約 7 割は交差点で発生しており、交差点の種類・規模や自転車の通行位置・通行方向により交通事故発生確率は異なる。既存研究において、幹線道路と細街路の交差点においては左側通行よりも右側通行の方が交通事故発生確率が大きいことが指摘されている^{3,4)}。しかしながら、これらは個々の交差点における交通事故発生確率であり、自転車利用者にとっての出発地・目的地間の交通事故遭遇確率ではない。仮に自転車の通行方向を道路左側の一方向通行のみと定めた場合、規制を遵守するために車道を横断する必要や、横断ができない車道の場合には横断可能な場所まで迂回する必要がある。出発地・目的地間の全体でみると車道横断回数が増加する可能性がある。自転車通行空間の整備方法や通行ルールによる差異を比較するためには、出発地・目的地間の交通事故遭遇確率を比較する必要がある。

一般に、自転車通行空間の形態と自転車の通行方向の規定の関係は以下ようになる。

- ・車道：道路左側の一方向通行
- ・自転車道：道路両側の双方向通行
- ・自転車歩行者道（自転車通行可の歩道）：道路両側の双方向通行

ただし、通常は道路両側の双方向通行となる形態であっても、自転車の一方通行規制が導入される場合は道路左側の一方向通行となる。

本研究では、個々の交差点における自転車の交通事故発生確率をもとに、出発地から目的地までの車道横断回数を考慮した交通事故遭遇確率を算定する。これにより、自転車の通行方向を「道路左側の一方向通行」とする整備をおこなった場合と「道路両側の双方向通行」を可能とする整備をおこなった場合の交通事故遭遇確率の比較をおこなう。比較についてはさまざまな条件設定が考えられるが、ここでは自転車は幹線道路のみを通行するものと想定し、幹線道路と細街路の交差点における交通事故発生確率と、幹線道路同士の交差点における交通事故発生確率を考慮する。幹線道路とは 2 車線以上かつ両側に歩道が設けられている道路とし、それ以外の道路は細街路とする。また、交差点での交通事故のみを想定し、単路部での交通事故は考慮していない。

算定に用いる数値は既存研究で求められたものであり、詳細は以下の通りである^{7,8)}。

図-1, 図-2 は既存研究において、東京都内の幹線道路(国道 254 号)の区間(15.2km)を対象に、区間内のすべての細街路が接続する交差点での 2002~2005 年に発生した自転車・自動車の出合頭事故, 左折事故を抽出, 整理したものである³⁾⁴⁾。幹線道路と細街路の交差点における交通事故発生確率はこの値を用いている。

幹線道路同士の交差点については、警視庁の「交通事故マップ」に掲載されている 2011 年度上半期の自転車の交通事故発生地点から東京都内の国道 254 号の交差点事故件数を求め、道路交通センサスによる自転車交通量から自転車 100 万台当たりの交通事故発生確率を求める⁷⁾⁸⁾。こちらは自転車の通行位置・通行方向別の交通量や交通事故のデータがないため、どの通行位置・通行方向においても交通事故発生確率は一定のものとする。

これらにより、個々の交差点における自転車の交通事故発生確率は表-1 のようになる。このうち、幹線道路と細街路の交差点の「歩道の車道寄り」と「歩道の民地寄り」の平均値を歩道の交通事故発生確率とする。また、本研究では車道の右側通行は違反であるため対象外とする。その結果、個々の交差点における自転車の交通事故発生確率は表-2 の値を用いることとする。

(2) 道路ネットワーク特性

本研究では、道路ネットワーク特性は以下の 3 種の要因により表現されるものとする。

a) 交差点形状(4 肢と 3 肢の割合)

本研究では車道を横断した際に交通事故が発生すると考えている。そのため、車道横断回数に影響を及ぼす交差点形状に着目する。本研究では 5 肢以上の多肢交差点は特殊な交差点であると考え、対象地区内の 4 肢交差点と 3 肢交差点の割合によって交差点形状を表す。

b) 細街路の集約状況

車道横断回数が増加するほど交通事故遭遇確率が大きくなるため、幹線道路と細街路の交差点の数が交通事故遭遇確率に影響を及ぼすと考えられる。出発地・目的地間の交通事故遭遇確率を考えると、道路左側の一方向通行とした場合では迂回を強いられるため道路両側の双方向通行とした場合より車道横断回数が増加する可能性がある。幹線道路同士の交差点と幹線道路と細街路の交差点の割合により細街路の集約状況を表す。

c) 横断可能箇所数(交差点以外の横断箇所)

幹線道路を横断する際は定められた箇所(自転車横断帯など)でのみ横断できるものと想定し、それ以外の箇所での横断はしないものとする。幹線道路の横断可能箇所は幹線道路同士の交差点が該当するが、その他にも幹線道路と細街路の交差点、自転車横断帯のみが設置されている箇所など、安全に横断できる箇所が該当する。横断可能箇所数は単位面積(km²)当たりのものとする。

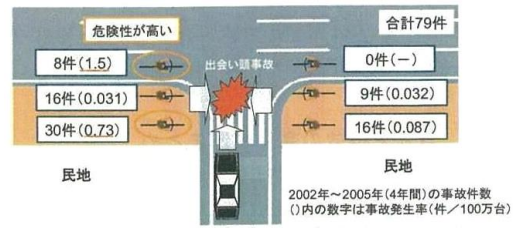


図-1 幹線道路に細街路が接続する交差点における自転車と自動車との出合頭事故の発生状況(2002年~2005年)³⁾⁴⁾

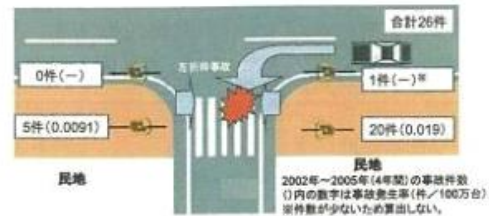


図-2 幹線道路に細街路が接続する交差点における自転車と自動車との左折事故の発生状況(2002年~2005年)³⁾⁴⁾

表-1 自転車の交通事故発生確率⁷⁾⁸⁾

		幹線道路同士の交差点	幹線道路と細街路部の交差点	
			出合頭事故	左折事故
左側通行	車道	3.12	0.00	0.00
	歩道の車道寄り		0.032	0.019
	歩道の民地寄り		0.087	0.019
	民地寄り			
右側通行	車道	3.12	1.5	0.00
	歩道の車道寄り		0.031	0.0091
	歩道の民地寄り		0.73	0.0091
	民地寄り			

(単位: 件/100万台)

表-2 自転車の交通事故発生確率⁷⁾⁸⁾

単位	件/100万台	幹線道路同士の交差点事故	幹線道路と細街路の交差点	
			出合い頭事故	左折進入時事故
左側通行	車道	3.12	0	0
	歩道		0.0451	0.019
右側通行	歩道		0.3805	0.0091

(単位: 件/100万台)

横断可能箇所数が大きくなれば迂回距離も小さくなり、車道横断回数も小さくなると考えられる。

(3) 出発地・目的地間の交通事故遭遇確率の算定

出発地・目的地は幹線道路上に設定するが、1 箇所の出発地・目的地でも幹線道路に面している方向によって経路の迂回状況が異なるため、図-3 のような 4 種の出発地・目的地に対する経路を想定する。また、出発地・目的地間の経路は、原則として距離が最短となる経路とする。距離が最短になる経路が複数存在する場合には、交差点を直進する経路を優先し、右左折回数が最小となる経路を通行するものとする。

このような出発地・目的地と経路の設定をもとに、自転車の通行方向を道路左側の一方向通行とする場合、道路両側の双方向通行とする場合の各々について、出発

地・目的地間の車道横断回数を計測し、これをもとに出発地・目的地間の交通事故遭遇確率を算定する。このとき、交通事故遭遇確率は以下の式(1)で表される。

$$P = 1 - (1 - p_1)^{n_1} (1 - p_2)^{n_2} (1 - p_3)^{n_3} \quad (1)$$

ここで、 P は出発地・目的地間の交通事故遭遇確率、 p_1, p_2, p_3 はそれぞれ幹線道路の車道横断時における交通事故発生確率、細街路の車道横断時における出合頭事故発生確率、細街路の車道横断時における左折事故発生確率を示す。また n_1, n_2, n_3 はそれぞれ幹線道路の車道横断回数、出合頭事故が発生し得る細街路の車道横断回数、左折事故が発生し得る細街路の車道横断回数を示す。なお、幹線道路と細街路の交差点については、細街路には一方通行規制がなされているものも存在するため、一方通行の出口に当たる交差点での横断を出合頭事故が発生し得る細街路の車道横断、一方通行の入口に当たる交差点での横断を左折事故が発生し得る細街路の車道横断とする。また、一方通行規制がなされていない細街路との交差点での横断については、出合頭事故が発生し得る細街路の車道横断、左折事故が発生し得る細街路の車道横断の両者に含めることとする。

3. 仮想道路ネットワークにおける分析

(1) 仮想道路ネットワークの作成

交差点形状（4 枝と 3 枝の割合）、細街路の集約状況、横断可能箇所数（交差点以外の横断箇所）の 3 種の要因をそれぞれ変化させた仮想道路ネットワークを作成し、それぞれの要因がどのような影響を及ぼすかを分析する。

仮想道路ネットワークの作成に当たっては、以下の工程をおこなう。

a) 交差点形状（4 枝と 3 枝の割合）

4 枝と 3 枝の割合が 10 : 0, 3 : 1, 1 : 1, 1 : 3 の 4 種の道路ネットワークを作成する。

まず、10×10 の格子状の道路ネットワークを作成する。ノードを幹線道路同士の交差点、リンクを単路部（細街路との交差点を含む）とする。10km² の正方形の仮想道路ネットワークとするため、リンク長は一律 0.351km とする。これが 4 枝と 3 枝の割合が 10 : 0 の道路ネットワークとなる。

つぎにランダムにリンクを抽出し、抽出されたリンクを消去することによって 3 枝交差点を作成する。3 枝交差点が 25 箇所になるまで繰り返し、4 枝と 3 枝の割合が 3 : 1 となる道路ネットワークを作成する。同様の方法で 3 枝交差点が 50 箇所になるまで繰り返し、4 枝と 3 枝の割合が 1 : 1 となる道路ネットワークを作成する。さらに同様の方法で 3 枝交差点が 75 箇所になるまで繰

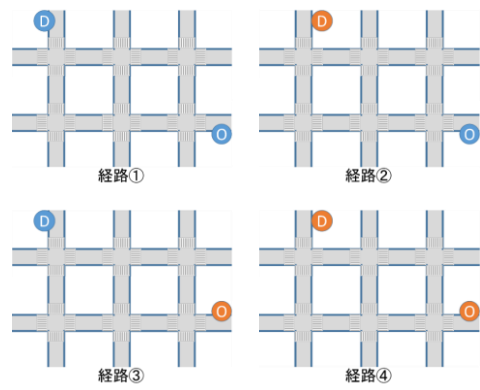


図-3 出発地・目的地と経路の設定

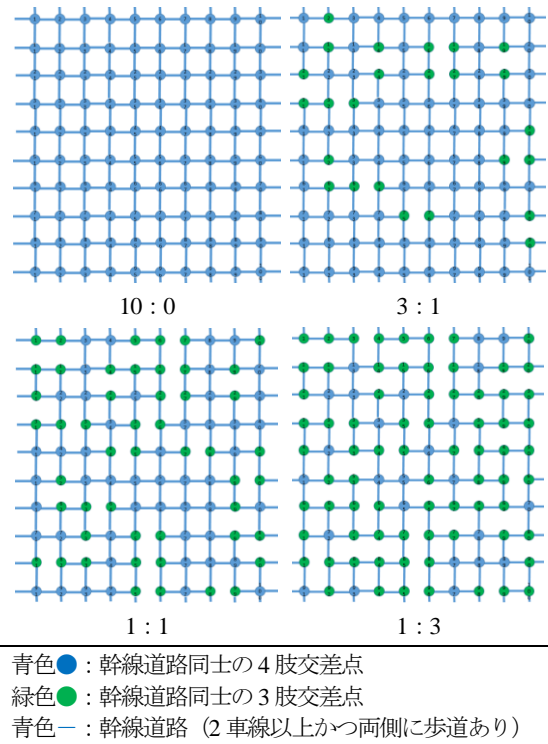


図-4 交差点形状別の道路ネットワーク

り返し、4 枝と 3 枝の割合が 1 : 3 となる道路ネットワークを作成する。なお、作成した道路ネットワークは無限に広がっているのではなく、10×10 の格子状の範囲内のネットワークとする。

これにより、図-4 のような 4 種の道路ネットワークが作成される。

b) 横断可能箇所数（交差点以外の横断箇所）

前項で作成した道路ネットワーク上に横断可能箇所（自転車横断帯）を設置する。一般的に細街路との交差点が横断可能箇所となっている場合が多いと思われるが、細街路の集約状況も別項目で比較対象であるため、これとは独立に横断可能箇所のみ設置するものとする。

前項と同様にリンクをランダムに抽出し横断可能箇所を設置するリンクを設定する。横断可能箇所はリンクの中央に設置する。4 枝と 3 枝の割合が 1 : 3 の道路ネッ

トワークがもっとも幹線道路のリンク数が小さいため、これを基準として横断可能箇所が 5 箇所/km², 10 箇所/km², 15 箇所/km² となるよう横断可能箇所を設置する。なお、前項で作成した 4 種の道路ネットワークのいずれも同じ位置に横断可能箇所を設置する。

これにより、図-5 のような 3 種の横断可能箇所数をもつ道路ネットワークが設定される。前項とあわせ、ここまでで 12 種の道路ネットワークが作成される。

c) 細街路の集約状況

作成された 12 種の道路ネットワークのリンク（単路部）に、属性として細街路との交差点の数を加える。幹線道路と細街路の交差点の数は幹線道路同士の交差点の数に対する割合として定め、幹線道路同士の交差点と幹線道路と細街路の交差点の割合が 1 : 2, 1 : 4, 1 : 6, 1 : 8, 1 : 10 となる 5 種を考える。また、すべてのリンクに等間隔で同じ数の細街路交差点があるものとする。

前項までとあわせ、60 種の仮想道路ネットワークが設定されるので、これらの比較をおこなう。

(2) 出発地・目的地の設定

本研究では、出発地・目的地間の距離を直線距離により設定する。

直線距離が異なる出発地・目的地をランダムに設定するために、10×10 のネットワーク上で、乱数によりランダムに出発地を設定する。ただし、出発地は図-3 のように幹線道路沿いとする。図-6 のように、出発地から 0.5km 間隔の半径で同心円を描き、幹線道路と交差した箇所を目的地として、出発地・目的地を設定する。最大 3.5km まで設定する。なお、4 枝と 3 枝の割合が 1 : 3 の道路ネットワークがもっとも幹線道路のリンク数が小さいため、これを基準として出発地を設定する。

(3) 交通事故遭遇確率の算定結果

各々の仮想道路ネットワークにおける出発地・目的地間の交通事故遭遇確率を算定し、出発地・目的地間の距離ごとに平均値をとる。着目した 3 種の道路ネットワーク特性ごとに比較した結果が以下ようになる。なお、図中の「左歩道」は歩道の左側一方向通行、「左車道」は車道の左側一方向通行、「両歩道」は歩道の双方向通行を示している。また、横軸は距離 (km) , 縦軸は交通事故遭遇確率 (件/100 万台) を表している。

a) 細街路の集約状況による比較

ここでは、4 枝と 3 枝の割合が 1 : 1, 横断可能箇所数が 10 箇所/km² の場合を示す。結果を図-7 に示す。

b) 交差点形状 (4 枝と 3 枝の割合) による比較

ここでは、幹線道路同士の交差点と幹線道路と細街路の交差点の割合が 1 : 6, 横断可能箇所数が 10 箇所/km² の場合を示す。結果を図-8 に示す。

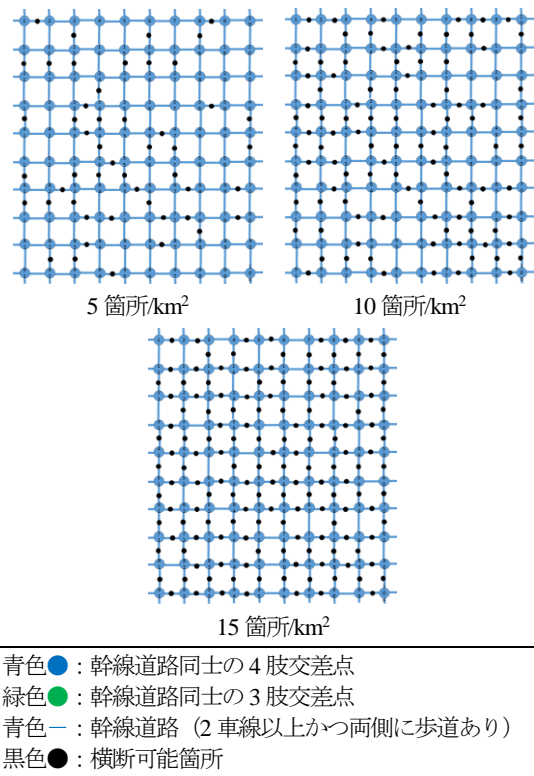


図-5 横断可能箇所数別の道路ネットワーク (4 枝と 3 枝の割合が 10 : 0 の場合の例)

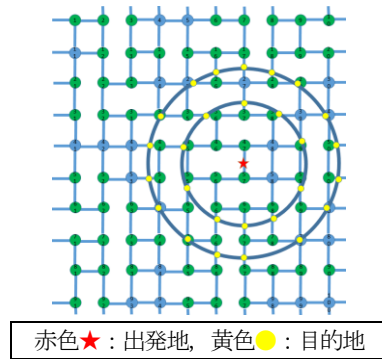
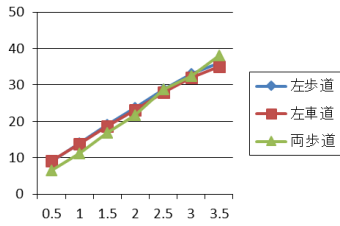


図-6 出発地・目的地の設定

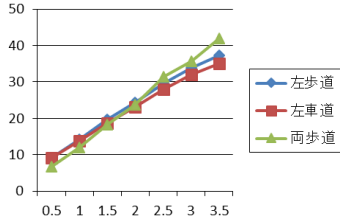
c) 横断可能箇所数による比較

ここでは、幹線道路同士の交差点と幹線道路と細街路の交差点の割合が 1 : 6, 4 枝と 3 枝の割合が 1 : 1 の場合を示す。結果を図-9 に示す。

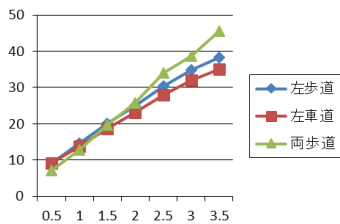
これらを見ると、既存研究でも示されているように、いずれも出発地・目的地間の距離が小さい場合には歩道の双方向通行の交通事故遭遇確率が小さく、出発地・目的地間の距離が大きくなるにつれて車道の左側一方向通行の交通事故遭遇確率が小さくなるのがわかる。たとえば、図-7 においては、幹線道路同士の交差点と幹線道路と細街路の交差点の割合が 1 : 2 の場合には 3.0km 以下では歩道の双方向通行がもっとも交通事故遭遇確率が小さく、3.5km では車道の左側一方向通行がもっとも交通事故遭遇確率が小さくなる。すなわち、この道路ネ



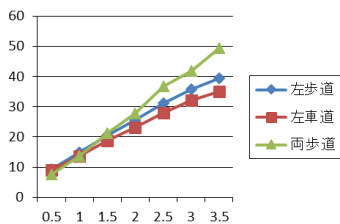
幹線道路同士の交差点：幹線道路と細街路の交差点=1:2



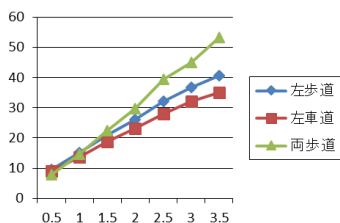
幹線道路同士の交差点：幹線道路と細街路の交差点=1:4



幹線道路同士の交差点：幹線道路と細街路の交差点=1:6



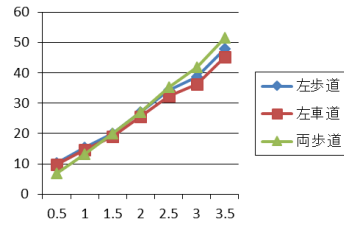
幹線道路同士の交差点：幹線道路と細街路の交差点=1:8



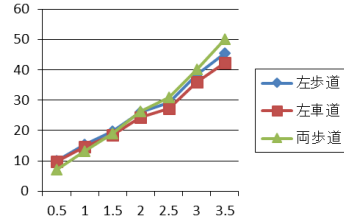
幹線道路同士の交差点：幹線道路と細街路の交差点=1:10

図-7 細街路の集約状況による交通事故遭遇確率の比較

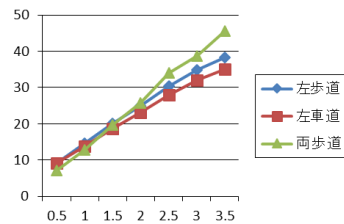
ネットワークでは出発地・目的地間の距離が 3.0km 以下では双方向通行, 3.5km 以上では左側一方向通行の方が相対的に安全であるといえる。また, 幹線道路同士の交差点と幹線道路と細街路の交差点の割合が 1:10 の場合には 0.5km では歩道の双方向通行がもっとも交通事故遭遇確率が小さく, 1.0km 以上では車道の左側一方向通行がもっとも交通事故遭遇確率が小さくなる。すなわち, この道路ネットワークでは出発地・目的地間の距離が 0.5km 以下では双方向通行, 1.0km 以上では左側一方向通行の方が相対的に安全であるといえる。これは, 出発地・目的地間の距離が小さいほど道路左側の一方向通行



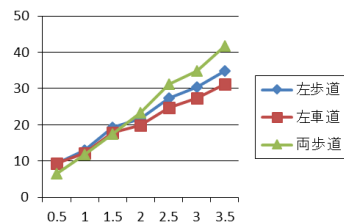
4 枝交差点: 3 枝交差点=10:0



4 枝交差点: 3 枝交差点=3:1



4 枝交差点: 3 枝交差点=1:1



4 枝交差点: 3 枝交差点=1:3

図-8 交差点形状 (4 枝と 3 枝の割合) による交通事故遭遇確率の比較

になることによる迂回の影響が大きくなり, 車道横断回数の増加割合が大きくなるためであると考えられる。一方, 出発地・目的地間の距離が大きい場合には迂回の影響は小さくなり, 車道横断回数の増加割合は小さいため, 左側一方向通行にすることによる個々の交差点の交通事故発生確率の減少による効果が大きいといえる。

もちろん, 自転車通行空間の整備形態や通行ルールは個人によって変化させられるものではないため, 出発地・目的地間の距離によって通行位置や通行方向を変化させることはできないが, 対象地区の自転車利用特性 (とくに自転車のトリップ距離の分布) に応じて適切な整備形態や通行ルールを選定することが必要であると考えられる。そのためには, 対象地区の道路ネットワーク特性にあわせて, 出発地・目的地間の距離と交通事故遭遇確率との関係を把握しておくことが必要である。とくに, 図-7~図-9 のような出発地・目的地間の距離と交通事故遭遇確率との関係において, 双方向通行と左側一

方向通行の交通事故遭遇確率の大小関係が逆転する距離を把握しておけば、対象地区の自転車トリップ距離の分布と比較することによっていずれの整備形態や通行ルールが適切であるかを判断することができると考えられる。

(4) 道路ネットワーク特性と交通事故遭遇確率の関係

上述のような視点から図-7～図-9 をみると、以下のようなことがいえる。

a) 細街路の集約状況による比較

細街路の集約状況（幹線道路同士の交差点と幹線道路と細街路の交差点の割合）が異なる道路ネットワークを比較すると、図-7 のように、双方向通行、左側一方向通行ともに、細街路が集約されておらず、細街路との交差点の割合が大きいほど交通事故遭遇確率が大きくなる。また、細街路との交差点の割合が大きいほど、双方向通行と左側一方向通行の交通事故遭遇確率が逆転する出発地・目的地間の距離が小さくなることわがる。

これは、幹線道路と細街路の交差点における交通事故発生確率が左側通行と右側通行とで異なるためであると考えられる。右側通行をする可能性がある道路両側の双方向通行では細街路との交差点の数が多いほど出発地・目的地間の交通事故遭遇確率も大きくなる。さらに、出発地・目的地間の距離が大きいほど細街路との交差点における車道横断回数が増加するため、双方向通行の方が左側一方向通行に比べて交通事故遭遇確率が大きくなるものと考えられる。

b) 交差点形状（4 枝と 3 枝の割合）による比較

交差点形状（4 枝と 3 枝の割合）の異なる道路ネットワークを比較すると、図-8 のように、双方向通行、左側一方向通行ともに、3 枝交差点の割合が大きいほど交通事故遭遇確率が小さくなる。また、3 枝交差点の割合が大きいほど、双方向通行と左側一方向通行の交通事故遭遇確率が逆転する出発地・目的地間の距離が小さくなることわがる。

これは、3 枝交差点を通過する際の車道横断回数が 4 枝交差点に比較して少ない場合があるためと考えられる。左側一方向通行のための迂回においても、横断箇所が 3 枝交差点の場合と 4 枝交差点の場合とでは横断回数が異なるため、3 枝交差点の割合が大きい方が左側一方向通行の交通事故遭遇確率の減少幅が大きくなり、双方向通行と左側一方向通行の交通事故遭遇確率が逆転する出発地・目的地間の距離が小さくなるものと考えられる。

c) 横断可能箇所数による比較

横断可能箇所数（交差点以外の横断箇所）の異なる道路ネットワークを比較すると、図-9 のように、横断可能箇所が多いほど左側一方向通行の交通事故遭遇確率が小さくなる。また、横断可能箇所が多いほど、双方向通行と左側一方向通行の交通事故遭遇確率が逆転す

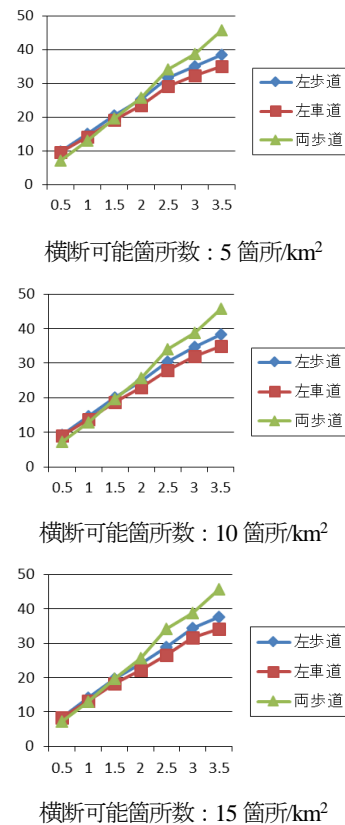


図-9 横断可能箇所数による交通事故遭遇確率の比較

る出発地・目的地間の距離が小さくなることわがる。

これは、横断可能箇所が増加することにより左側一方向通行の場合にも迂回する距離が小さくなり、車道横断回数が小さくなるためと考えられる。一方、道路両側の双方向通行の場合には迂回する必要がないため、横断可能箇所数による影響は受けないことになる。このため、横断可能箇所が多いほど双方向通行と左側一方向通行の交通事故遭遇確率が逆転する出発地・目的地間の距離が小さくなるものと考えられる。

4. 実際の道路ネットワークにおける分析

(1) 対象地区の概要

つぎに、道路ネットワーク特性の異なる実際の道路ネットワークを対象に、交通事故遭遇確率の比較分析をおこなう。対象地区は筆者らの既存研究と同様に、京都市中心部と京都市郊外の洛西ニュータウンとする⁷⁾⁸⁾。

a) 京都市中心部

京都市中心部の市街地は、794 年に平安京として造営された都市構造を現在に残しており、東西南北の格子状の道路ネットワークをもつ都市構造を特徴としている。

現在の京都市中心部は、平安京として造営された格子状の道路ネットワークの中に、自動車交通に対応した広幅員の幹線道路が新たに追加された形状となっており、



図-10 京都市中心部の対象範囲とノード位置

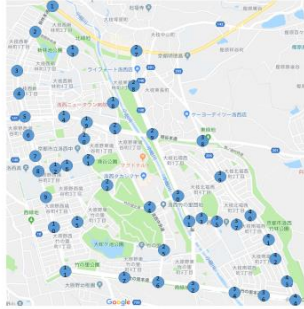


図-11 洛西ニュータウンの対象範囲とノード位置

幹線道路，細街路のいずれも格子状の道路ネットワークとなっている。このため中心部の移動においては，ほぼ同一距離の代替経路が多く存在する。また，幹線道路と細街路の交差点においても多くが信号交差点となっており，交差点間距離が小さく，幹線道路においても横断可能箇所が多く存在する。このため，自転車の通行方向を左側一方通行とした場合においても，規制を遵守するための迂回距離は大きくなく，車道横断回数もそれほど大きくなると考えられる。

b) 洛西ニュータウン

洛西ニュータウンは，京都市西京区の大原野地区と大枝地区にまたがるニュータウンである。京都市内では最初の大規模計画住宅団地であり，1969年に計画され，1976年に入居が開始された。

ニュータウンは丘陵地にあることから地形に沿った道路が設置されており，住宅地内への通過交通の進入を防止するため「迷路の町」と呼ばれるような複雑な形状の道路ネットワークとなっている。幹線道路の幅員は大きく，京都市中心部と比較すると交差点間距離が大きくなっている。また，ニュータウン内部と周辺地区との間も分断されており，相互の移動には大幅な迂回が必要となることが多い。このため，自転車の通行方向を左側一方通行とした場合には，規制を遵守するための迂回距離が大きく，車道横断回数も大きくなると考えられる。

(2) 道路ネットワークの設定

京都市中心部の対象範囲は，東西を堀川通と葛野大通路の間，南北を五条通と三条通の間とする。洛西ニュータウンの対象範囲は，東西を福西東通と新林本通の間，

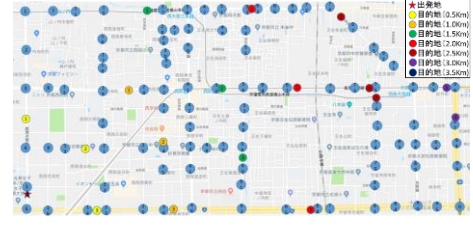
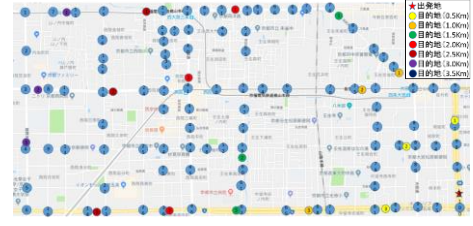
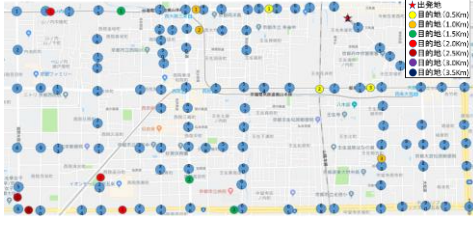
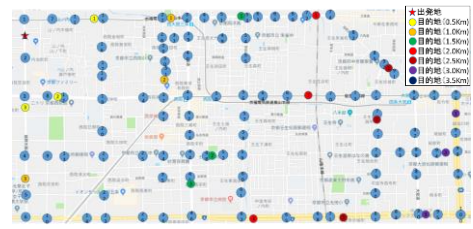


図-12 京都市中心部の出発地・目的地

南北を竹の里本通と国道9号の間とする。

対象範囲内にある幹線道路同士の交差点および横断可能箇所をノードとし，ノード間の単路部をリンクとする。対象範囲とノード位置はそれぞれ図-10，図-11のようになる。ノード数は京都市中心部は100箇所，洛西ニュータウンは44箇所，リンク数は京都市中心部は120リンク，洛西ニュータウンは54リンクである。各々のリンクについて，距離，出合頭事故が起こり得る幹線道路と細街路の交差点の数，左折事故が起こり得る幹線道路と細街路の交差点の数を集計し，リンク属性とする。

(3) 出発地・目的地の設定

出発地・目的地間の直線距離を大きくとるため，対象範囲の四隅にあるノードに接しているリンク上に出発地を設ける。当該リンク上にランダムに出発地を設定し，その地点から0.5km間隔の半径で同心円を描く。幹線道路と交差した箇所から3~4箇所をランダムに抽出し，目的地とする。出発地・目的地を図-12，図-13に示す。

(4) 交通事故遭遇確率の算定結果

各々の道路ネットワークにおける出発地・目的地間の交通事故遭遇確率を算定し，出発地・目的地間の距離ご

とに平均値をとると、図-14、図-15 のようになる。図中の「左・歩道」は歩道の左側一方向通行、「左・車道」は車道の左側一方向通行、「両・歩道」は歩道の双方方向通行を示している。

これをみると、京都市中心部では 1.5km 以下では歩道の双方方向通行がもっとも交通事故遭遇確率が小さく、2.0km 以上では車道の左側一方向通行がもっとも交通事故遭遇確率が小さいという結果となった。洛西ニュータウンではすべての距離において歩道の双方方向通行がもっとも交通事故遭遇確率が小さいという結果となった。

(5) 仮想道路ネットワークとの比較

つぎに、対象地区の道路ネットワーク特性に着目し、前章の仮想道路ネットワークにおける算定結果との比較をおこなう。

京都市中心部の対象範囲にある幹線道路同士の交差点は 38 箇所、幹線道路と細街路の交差点は 308 箇所であり、幹線道路同士の交差点と幹線道路と細街路の交差点の割合は 1 : 8.1 となる。また、幹線道路同士の交差点のうち、4 枝交差点は 30 箇所、3 枝交差点は 8 箇所であり、4 枝と 3 枝の割合は 3.75 : 1 となる。また、対象範囲の面積 4.10km² に対して幹線道路同士の交差点以外の横断可能箇所は 62 箇所であり、横断可能箇所（幹線道路同士の交差点以外）は 15.1 箇所/km² となる。

前章で作成した 60 種の仮想道路ネットワークのうち、これにもっとも近いものは、幹線道路同士の交差点と幹線道路と細街路の交差点の割合が 1 : 8、4 枝と 3 枝の割合が 3 : 1、横断可能箇所が 15 箇所/km² のものである。この結果を図-16 に示す。

図-14 と図-16 を比較すると、京都市中心部での双方方向通行と左側一方向通行の交通事故遭遇確率が逆転する出発地・目的地間の距離は 1.5~2.0km であったが、仮想道路ネットワークでは 1.0~1.5km となっている。また、全体として仮想道路ネットワークの方が交通事故遭遇確率が大きいという結果となっている。

一方、洛西ニュータウンの対象範囲にある幹線道路同士の交差点は 22 箇所、幹線道路と細街路の交差点は 89 箇所であり、幹線道路同士の交差点と幹線道路と細街路の交差点の割合は 1 : 4.0 となる。また、幹線道路同士の交差点のうち、4 枝交差点は 7 箇所、3 枝交差点は 15 箇所であり、4 枝と 3 枝の割合は 1 : 2.1 となる。また、対象範囲の面積 2.44km² に対して幹線道路同士の交差点以外の横断可能箇所は 22 箇所であり、横断可能箇所（幹線道路同士の交差点以外）は 9.0 箇所/km² となる。

前章で作成した 60 種の仮想道路ネットワークのうち、これにもっとも近いものは、幹線道路同士の交差点と幹線道路と細街路の交差点の割合が 1 : 4、4 枝と 3 枝の割合が 1 : 3、横断可能箇所が 10 箇所/km² のものである。

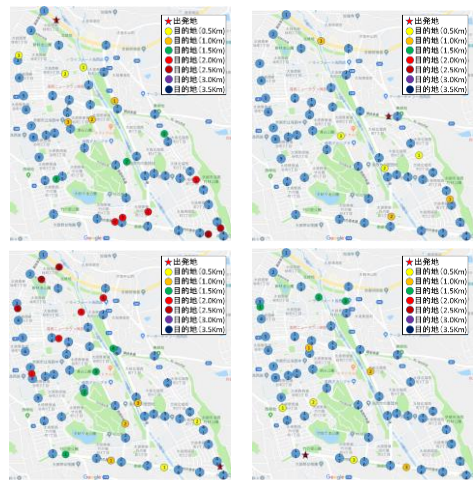


図-13 洛西ニュータウンの出発地・目的地

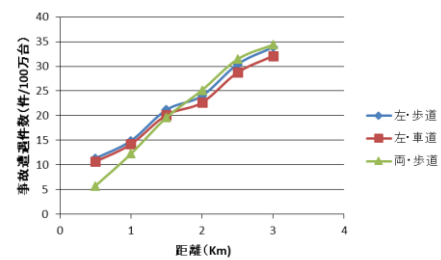


図-14 京都市中心部の交通事故遭遇確率

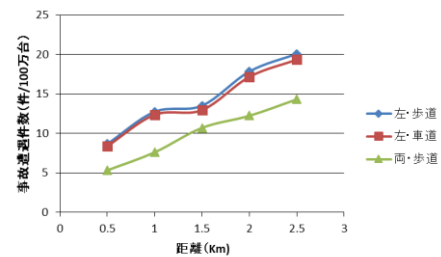


図-15 洛西ニュータウンの交通事故遭遇確率

この結果を図-17 に示す。

図-15 と図-17 を比較すると、洛西ニュータウンではすべての距離において歩道の双方方向通行がもっとも交通事故遭遇確率が小さいが、仮想道路ネットワークでは双方方向通行と左側一方向通行の交通事故遭遇確率が逆転する出発地・目的地間の距離が 1.0~1.5km となっている。また、全体として仮想道路ネットワークの方が交通事故遭遇確率が大きいという結果となっている。

京都市中心部と洛西ニュータウンの結果を比較すると、出発地・目的地間の距離による交通事故遭遇確率の大小関係は、京都市中心部では傾向が比較的類似しているが、洛西ニュータウンでは傾向がまったく異なっている。すなわち、本研究で着目した3種の道路ネットワーク特性以外の要因が影響しているものと考えられる。

5. おわりに

本研究では、道路ネットワーク特性として交差点形状（4 枝と 3 枝の割合）、細街路の集約状況、横断可能箇所数（交差点以外の横断箇所）に着目し、道路ネットワーク特性の異なる仮想道路ネットワークを作成し、自転車の通行位置と通行方向による交通事故遭遇確率の比較をおこなった。さらに実際の道路ネットワークを対象として、自転車の通行位置と通行方向による交通事故遭遇確率の比較をおこなった。

仮想道路ネットワークの分析においては、出発地・目的地間の距離が小さい場合には歩道の双方方向通行の交通事故遭遇確率が小さく、出発地・目的地間の距離が大きくなるにつれて車道の左側一方通行の交通事故遭遇確率が小さくなることが示された。また、道路ネットワーク特性との関係を見ると、細街路との交差点の割合が大きいほど、3 枝交差点の割合が大きいほど、横断可能箇所数が大きいほど、双方方向通行と左側一方通行の交通事故遭遇確率が逆転する出発地・目的地間の距離が小さくなることが示された。これにより、道路ネットワーク特性によって自転車の通行位置・通行方向と交通事故遭遇確率との関係が異なること、対象地区の自転車利用特性（とくに自転車のトリップ距離の分布）に応じて適切な整備形態や通行ルールを選定することが必要であることが示された。

実際の道路ネットワーク（京都市中心部、洛西ニュータウン）を対象とした分析においては、全体として仮想道路ネットワークよりも交通事故遭遇確率が小さいという結果となった。また、出発地・目的地間の距離による交通事故遭遇確率の大小関係は、京都市中心部では傾向が比較的類似しているが、洛西ニュータウンでは傾向がまったく異なっており、着目した 3 種の道路ネットワーク特性以外の要因が影響していることが推察された。

今後の課題としては、本研究では道路ネットワーク特性として交差点形状（4 枝と 3 枝の割合）、細街路の集約状況、横断可能箇所数（交差点以外の横断箇所）の 3 種の要因に着目したが、自転車の交通事故遭遇確率に影響を及ぼす要因は他にもあると考えられる。他の要因についても分析をおこない、自転車通行空間の整備方法の選定や一方通行規制の可否を検討する上で適切な道路ネットワーク特性を表す指標を選定することが必要である。

また、本研究の仮想道路ネットワークではいずれもほぼ均質な特性の道路ネットワークが連続しているような状況を想定しているが、これは京都市中心部のような比較的大規模な都市内の状況に近いと思われる。洛西ニュータウンのような通過交通の進入を防止するための入り組んだ道路ネットワークには固有の特性が存在する可能性もあるため、他の地区の道路ネットワークとの比較も

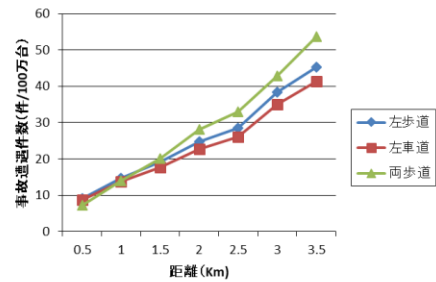


図-16 仮想道路ネットワークにおける交通事故遭遇確率（京都市中心部と条件が近いもの）

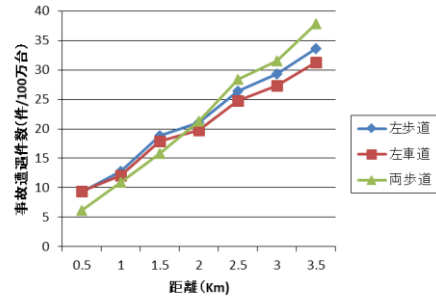


図-17 仮想道路ネットワークにおける交通事故遭遇確率（洛西ニュータウンと条件が近いもの）

おこない、これがニュータウン固有の傾向であるのかを検討する必要もあると考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局、警察庁交通局：安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン，2012。
- 2) 国土交通省道路局、警察庁交通局：安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン（改定版），2016。
- 3) 松本幸司：自転車走行環境整備の現状と課題～自転車事故発生状況と交差点対策に着目して～，土木計画学ワンディセミナー，No.53, 2009。
- 4) 金子正洋，松本幸司，榎島治：自転車事故発生状況の分析，土木技術資料，Vol.51, No.4, pp.10-13, 2009。
- 5) 海老澤綾一，椎名啓雄：自転車の通行位置に着目した自転車関与事故分析，第 37 回交通工学研究発表会論文集，CD-ROM, pp.311-316, 2017。
- 6) 萩田賢司，森健二，横関俊也，矢野伸裕：自転車の進行方向に着目した交差点自転車事故の分析，土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol.70, No.5（土木計画学研究・論文集，Vol.31），CD-ROM, pp.L_1023-L_1030, 2014。
- 7) 石田信之，小川圭一：道路ネットワーク特性と走行距離を考慮した自転車の通行方向による交通事故遭遇確率の比較，土木計画学研究・講演集，Vol.54, CD-ROM, No.249, 2016。
- 8) 小川圭一：車道横断回数を考慮した自転車の通行位置と通行方向による交通事故遭遇確率の比較分析，土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol.72, No.4, pp.288-303, 2016。

(2018. 7. 31 受付)