

# 車両と歩行者・自転車間のコミュニケーション による協調行動の生起に関する研究

吉村 聡哉<sup>1</sup>・谷口 綾子<sup>2</sup>・石田 東生<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生員 筑波大学 理工学郡社会工学類 (〒305-0006 茨城県つくば市天王台1-1-1)

E-mail:yoshimura70@sk.tsukuba.ac.jp

<sup>2,3</sup>正会員 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 (〒305-0006 茨城県つくば市天王台1-1-1)

<sup>2</sup>E-mail:taniguchi@risk.tsukuba.ac.jp

<sup>3</sup>E-mail:ishida@sk.tsukuba.ac.jp

近年、欧州で Shared spaceと呼ばれる新しい交通鎮静化手法が注目されている。この手法が適用された空間では、アイコンタクト等、利用者間のコミュニケーションが増加し、譲り合うため、重大事故の減少につながるとされているが、その因果関係は定量的に示されていない。本研究では、自動車と歩行者間のコミュニケーション(アイコンタクト・会釈など)を実際に観測し、彼らのコミュニケーションと協調行動(減速、停止などの譲り合い行動)生起の関係を定量的に示すことを試みた。観測・分析の結果、自動車と歩行者間に事前コミュニケーションが生じると、協調行動が生じやすいことが統計的に示唆された。さらに、自動車の速度が低いほど事前コミュニケーションや協調行動が生じやすいことも示された。

**Key Words :** Shared Space, コミュニケーション, アイ・コンタクト, 交通安全

## 1. はじめに

近年、ヨーロッパ諸国で Shared space という交通空間概念が注目されている。Shared space とは信号や道路標識、センターラインなどを必要最小限だけ残して取り除き、ドライバーや歩行者の注意力を高めることで道路空間における安全性を高める手法である。この空間では、ドライバーは社会的・文化的に道路空間に組み込まれた状況に置かれ、行動が人々の規範によって制限されるとされている<sup>1)</sup>。

もう一つの Shared space の特徴として「リスク補償」という考え方が挙げられる。これは「人々はリスクに応じて行動を変える」傾向のことで、道路の安全性が向上すると、ドライバーが受容できるリスクを調整する(歩車分離すればするほど自動車の走行速度は高くなる)、事態が危険になるとより安全に行動しようとする(何が飛び出してくるかわからない交差点では徐行する)等の例がある。つまり、歩車分離、信号機設置等の道路空間整備でドライバーが安心することで、ドライバーはより危険度の高い運転を行う傾向が危惧されており、信号や標識、歩道など道路付属物を最小限にするという Shared Space の有効性が語られているのである<sup>2)</sup>。

Shared Space の代表的な導入事例としてはオランダの

オーデハスク、ドラヒテン、ドイツのボームテ、イギリスのケンジントンなどが挙げられる。多くの事例の導入効果として、道路空間においてアイコンタクト等のコミュニケーションの機会が増加、譲り合いといった協調行動が生まれ、重大事故が減少したと報告されている<sup>3)4)</sup>。しかしながらその因果関係は定量的に明らかにされていないのが現状である。

一方、コミュニケーションに関する研究としては、心理学の分野でアイコンタクトの成立要件を研究したもの<sup>5)</sup>や、対人感情への影響を研究したもの<sup>6)</sup>などがあるが、道路空間上のコミュニケーションとその影響について言及している研究は見当たらない。

繰り返しになるが、Shared Spaceでは、自動車と歩行者、あるいは自動車と自動車、二輪車と歩行者など様々な交通モード間においてコミュニケーションが増加することで協調行動の増加につながり、それが交通安全や地域コミュニティの熟成につながるとされている。このような効果が我が国においても期待できるのか否かを検証することは、今後、我が国におけるShared Space 導入を検討する上で重要になるものと考えられる。そこで本研究では自動車と歩行者間のコミュニケーション(アイコンタクト・うなずきなど)を観察し、協調行動(譲り合い)との関

係を定量的に検証することを目的とする。

## 2. コミュニケーションと協調行動の生起

### (1) 語句の定義

本研究で用いる語句を以下のように定義する。

**道路上のコミュニケーション**：道路利用者間で発生する、会釈・うなずき・アイコンタクト・挙手・パッシングといった何らかの意思表示

**錯綜状況**：交差点内において自動車と歩行者・自転車の動線が交わる状況

**協調行動**：自動車ドライバーと歩行者・自転車利用者間において生じる、減速・一時停止するといった譲り合いの行動(自動車側の協調行動の観測を行う)

**事前コミュニケーション**：アイコンタクトに代表される協調行動の前に起こるコミュニケーション

**事後コミュニケーション**：会釈などのように、協調行動の結果として起こるコミュニケーション

### (2) コミュニケーションと協調行動のプロセス仮説

協調行動が生起するまでのプロセスについて、本研究では図1に示す概念図のとおり仮説を設定した。

まず、交通安全上望ましい行動である減速・停止などの「協調行動」を誘発する要因として、「自動車区間速度」と「事前コミュニケーション」を設定した。これは、アイコンタクトなどの事前コミュニケーションにより協調行動が誘発される場合と、そもそも車速が低い場合、停止・徐行しやすいため協調行動につながるという可能性を考慮したものである。次に、アイコンタクトなどの「事前コミュニケーション」は、自動車が低速であるほど生じやすいと考えられることから、「自動車区間速度」がアイコンタクトなどの事前コミュニケーションの生起に影響を与えるというプロセス仮説を設定した。さらに減速・停止により道を譲るといった協調行動生起に対してお礼をする「事後コミュニケーション」が生じるというプロセスを設定した。

これらを図1の左側から以下の仮説1～仮説4として設定した。

[仮説1] 自動車が低速であるほど事前コミュニケーションが生じやすい。

[仮説2] 自動車と歩行者・自転車間でアイコンタクトなどの事前コミュニケーションが生じた場合、自動車が減速・停止するといった協調行動をとる。

[仮説3] 自動車が低速であるほど協調行動が生じやすい。

[仮説4] 協調行動が生起したあと、それに対して会釈・挙手といった事後コミュニケーションが生じる。

と歩行者・自転車間コミュニケーションと協調行動の関係を明らかにすることを試みる。

## 3. 調査内容

### (1) 対象交通手段

道路上のコミュニケーションは、歩行者対歩行者、歩行者対自転車、歩行者対自動車、自転車対自動車など様々なものが考えられる。本研究では、「交通安全」に主眼をおき、被害が大きくなる可能性のある自動車対自転車・歩行者の錯綜を調査対象とすることとした。「コミュニケーション」はアイコンタクトとともに、どちらか一方が会釈、うなづきなどの行動を行った場合に生起したと考え、「協調行動」については、自動車の減速・停止行動が確認できた場合に生起したと考えることとした。自動車に関してはビデオカメラによる速度測定の対象とする。

### (2) 対象交差点

対象交差点として茨城県つくば市の筑波大学構内道路、大学公園前交差点(図2、3)を設定した。この場所を選定した理由は以下の通りである。

- 自動車・二輪車、徒歩・自転車などの様々な交通モードが混在し、各モード間のコミュニケーションの確認に適していると考えられるため。
- 現在も信号が設置されておらず、交通モードの混在、徐行や自動車通行の自粛を促す看板などの存在から、Shared spaceの導入可能性のある地点であると考えられるため。
- 北西側へ向かう道路は歩車分離されているものの、歩道も車道も幅員が狭いため、自転車利用者が歩道を通るべきか、車道を通るべきか不明確となっておりShared spaceの導入可能性のある地点であると考えられるため。

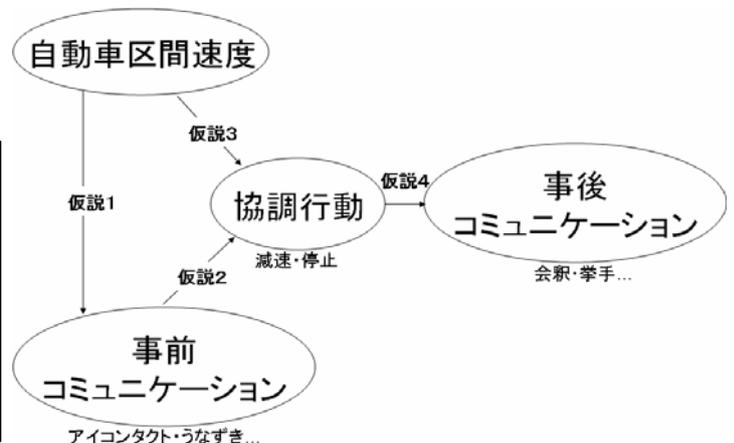


図1 仮説概念図

本研究では、上記4つの仮説を検証することで自動車

### (3) 調査日・調査時間と対象交通流

調査日は休日や特別な行事がある日など、平常と異なる交通状況が予想される日を除く平日とした。調査時間は、錯綜状況が起りやすい通勤・通学時間とその前後(8:00~9:00)とした。ビデオカメラに防水カバーを装着し、雨天時の観測も実施した。

対象交差点の交通量や錯綜状況を把握するため、2010年10月19日(火・曇り)、10月26日(火・曇り)、10月28日(火・曇りのち雨)の朝8:00~9:00に交通量のカウント調査を行った。歩行者・自転車の交通量に関しては、交差点の西側横断歩道において自転車の交通量が多く、歩行者の横断は南側の横断歩道で多いことがわかった。一方、自動車の交通量に関しては南側から対象交差点に進入してくる車両が多いことがわかった。

この調査より、当該交差点における錯綜状況に陥りやすい状況の特徴は以下の通りである(図4参照)。

南側から交差点へ進入する交通流について、左折の場合、多くの自動車が減速するため、協調行動が起りやすい。一方、直進の場合、横断歩道を二カ所通過することになる。ここで、信号機のない交差点では横断歩道を渡ろうとする歩行者がいる場合、必ず車を停止させて歩行者を先に通行させなければならない(道路交通法38条)。よって、横断歩道前の減速・停止は法律で定められており、譲り合う「協調行動」とは別次元の行動と言うことになる。なお、実際には日本では歩行者優先の原則が守られているとは言い難く、自動車が減速・停止して歩行者に譲る行動がおこる可能性は低いのが現状である。

北側から交差点へ進入する交通流について、右折の場合、右折車両と対向車両の錯綜に加え、右折車両と歩行者・自転車の二段階の錯綜状況が生じてしまう。このとき右折車の協調行動が対向車両の状況に左右され、車速やコミュニケーションの協調行動への影響を測定することが困難となる。よって今回の調査で対象とする自動車交通は南側から交差点に進入し、左折する自動車とした。(図4参照)

ただし、本研究で対象とする交通流(南側から進入し、左折する自動車)は、南側の横断歩道に歩行者がいた場合、歩行者を優先することが必要になる。そこで、実際に優先行動を行っているかを把握するため、自動車が南側の停止線を通り、南側横断歩道手前で歩行者・自転車が停止して横断を試みようとしている状況を「歩行者待機状況」と定め、その状況下における車両挙動を観測した。その結果、歩行者待機状況において、95.5%の車両が歩行者優先の原則を遵守していなかった。

南側横断歩道で一旦停止する車両が著しく少なかったことから、本研究では、南側から交差点に進入する左折自動車と、西側横断歩道を横断する歩行者・自転車の錯綜を対象としてデータを収集することとした。



図2 対象交差点 (筑波大学中地区キャンパスマップより作成)



図3 対象交差点 (筑波大学中地区キャンパスマップより作成)



図4 対象交通流・観測方法

#### (4) 観測データと観測方法

仮説1～4の検証のため、表1に示すデータを観測した。以下のデータからドライバー特性とコミュニケーション生起の関係、コミュニケーションと協調行動の生起の関係を調査し、仮説を検証する。

表1に示した観測データの取得方法について以下に詳述する。

##### a) 自動車の交差点内区間速度

ビデオ調査により走行速度(当該区間の通過に要した時間のうち、停止時間を除いた走行時の平均速度)を測定した。通常、ストップウォッチによる測定方法では、人手による計測動作上の誤差が発生するため30～50mの測定長が必要となるが、本調査対象地点ではその測定長を確保することができなかったため、以下のような方法を用いた。対象地点には近くに高い建物がなかったため、図2に示す地点で三脚を用いてできるだけ高い場所から撮影を行った。ビデオ撮影で得た車両挙動をコンピュータ上に取り込み、基準点間の通過にかかる時間を測定し、2地点間の走行速度を計測した。(図3参照)

なお、対象道路への進入車両の走行速度測定を行うにあたり、歩行者・自転車と錯綜し停止・減速した場合、走行速度が低下するのは自明である。このため、速度測定においては錯綜状況にあった場合となかった場合に場合分けした上で走行速度の測定を行うこととした。

##### b) その他のデータ(表1参照)

コミュニケーションの有無、協調行動のデータは調査員の目視とビデオ映像の再確認によって行った。車両のフロントガラスの反射で車内が見づらい場合は、反射を抑えるため、ビデオカメラに偏光フィルタを取り付けて撮影を行った。調査員の目視・ビデオ映像の判断の妥当性については、調査員の判断結果と他者の判断結果をつきあわせて検証したところ、8割以上が合致し、かつ、調査員の目視結果の方が安全側(より厳しい判断)であったため、本研究では調査員の目視結果をデータとして用いることとした。

#### (5) 観測データの分類

道路上におけるコミュニケーション、協調行動の発生にはその時の錯綜状況が大きく影響する。そこで錯綜状況を自動車、歩行者・自転車が横断歩道に進入するタイミングにより以下の4つに分類した上で協調行動を定義し、自動車側の協調行動を中心に観測し分析を行うこととした。

車両、歩行者・自転車が一定速度で進むとすると

- a) 歩行者側が先に横断開始することになる場合、自動車側は減速または停止するべきである。
- b) ほぼ同じタイミングで横断歩道に進入する場合、本来自動車が減速・停止すべきであるが、我が国の現状ではどちらが優先か不明瞭であるため、自動車

- 側の減速または停止があれば協調行動とみなした。
- c) 自動車側が先に横断歩道に進入する場合、自動車側の減速または停止があれば協調行動とみなした。
- d) 歩行者・自転車が途切れなく横断している場合、停止時間が長時間になるため、協調行動とは必ずしも言えないこと、正確な自動車速度計測ができないことから除外した。

表1 観測データ一覧

	観測データ	基礎データ	仮説検証データ	観測方法	仮説番号
1	観測日時	○		調査員	
2	天候	○		調査員	
3	歩行者交通量	○		ビデオ	
4	自転車交通量	○		ビデオ	
5	自動車交通量	○		ビデオ	
6	二輪車交通量	○		ビデオ	
7	錯綜回数	○		ビデオ	
8	車両特性	○	○	ビデオ目視	1, 3
9	年齢	○	○	ビデオ目視	1, 3
10	性別	○	○	ビデオ目視	1, 3
11	非錯綜時車両速度	○	○	ビデオ	
12	錯綜時車両速度		○	ビデオ	1, 3
13	コミュニケーション有無		○	ビデオ目視	1, 2, 4
14	コミュニケーション内容		○	ビデオ目視	1, 2, 4
15	協調行動有無		○	ビデオ目視	1, 3, 4
16	協調行動内容		○	ビデオ目視	1, 3, 4

3～6 対象交通流における、歩行者、自転車、自動車、二輪車の台数を観測

7 西側横断歩道における車両と歩行者・自転車の錯綜回数を観測

8 対象交通流(矢印)の車両特性(自家用車,軽自動車,営業車,バイク,原付,その他)について観測

9, 10 対象交通流のドライバーの特性(年齢・性別)について観測

11, 12 対象交通流の区間速度を測定

13, 14 錯綜時における事前・事後コミュニケーションの有無、その内容の観測

15, 16 錯綜時における協調行動の有無、内容について観測

#### 4. 調査・分析結果

##### (1) 調査結果

表2に本観測調査で得られた基本的なデータを示す。2章(5)に述べた錯綜状況のパターンを場合分けし平均区間速度を算出した。

##### (2) 分析結果

表3に事前コミュニケーションの有無別の平均速度と標準偏差、t検定結果を示す。これより、事前コミュニケーションがある場合の平均速度の方が、事前コミュニケーションがない場合の平均速度よりも低速であるという傾向が示された。これより、傾向差ではあるものの、仮説1「自動車が低速であるほど事前コミュニケーションが生じやすい。」が支持された可能性がある。

次に、表4に事前コミュニケーションの有無と協調行動の有無をクロス集計したものとカイ二乗検定の結果を示す。これより、事前コミュニケーションが生じた場合、協調行動が生じやすいことか統計的有意に示された。これは仮説2「自動車と歩行者・自転車間でアイコンタクトなどの事前コミュニケーションが生じた場合、自動車が減速・停止するといった協調行動をとる」を支持するものである。

表5に、協調行動の有無別の平均速度と標準偏差、t検定結果を示す。これより、平均速度が低いほど協調行動が生起していることが統計的有意に示された。この結果は、仮説3「自動車が低速であるほど協調行動が生じやすい」を支持するものである。

表6に協調行動の有無と事後コミュニケーションの有無をクロス集計し、カイ二乗検定を行った結果を示す。これより、協調行動があった場合、それに対して会釈・挙手といった事後コミュニケーションが生じる割合が高いことが示されたものの、統計的な有意水準には届かなかった。よって、仮説4は棄却された。

##### (3) 階層的二項ロジット分析

(2)節に述べた分析結果より、仮説1～3が検証された。しかしコミュニケーションと協調行動生起プロセスの一連の関係性は明らかにできていない。そこで階層的に二項ロジット分析を行い、この関係性を探ることとした。ここで、自動車側の属性として自動車平均速度だけでなく、ドライバーの性別・推定年齢も加味した分析を行うこととした。

非説明変数を事前コミュニケーション、協調行動、事後コミュニケーションと変化させ、階層的に二項ロジット分析を行った結果を表7、図5に示す。これより、個別の検定と同様に仮説1～3が検証された。さらに、事後コミュニケーションについては、区間速度、事前コミュニケーションが影響しているという結果が統計的有意に

示された。

表2 自動車基本データ

錯綜	事前 コミュ	協調 行動	事後 コミュ	合計 台数	平均速度 (km/h)	標準偏差	錯綜時%
無				961	19.27	4.01	-
有	無	無	無	26	14.28	3.97	10.40%
			有	5	10.11	2.94	2.00%
		有	130	11.45	2.71	52.20%	
	有	無	無	13	10.02	2.26	5.20%
			有	1	18.42	-	0.40%
		有	24	11.15	2.31	9.60%	
			有	10	9.76	2.39	4.00%
				1170	17.96	4.85	
				209	11.6	3.07	

※ 2010/10/19～12/22間における平日22日分のデータ

表3 平均値・標準偏差・t検定結果（事前コミュニケーション）

	事前コミュ 有り			事前コミュ 無し			事前コミュ有り vs. 事前コミュ無し		
	n	M	SD	n	M	SD	t 値	df	p 判定
区間速度 (錯綜時)	35	11	2.75	174	11.7	3.14	1.35	207	0.09 *

表4 度数分布・カイ二乗検定結果

指標	協調行動		$\chi^2$ 乗値	df	p	判定
	有り	無し				
事前コミュニケーション						
(自動車) 有り	度数	34	1	5.03	1.00	0.03 **
	%	16.3%	0.5%			
	無し	度数	143	31		
n=209	%	68.4%	14.8%			

表5 平均値・標準偏差・t検定結果（協調行動）

	協調行動 有り			協調行動 無し			協調行動有り vs. 協調行動無し		
	n	M	SD	n	M	SD	t 値	df	p 判定
区間速度 (錯綜時)	177	11.2	2.67	32	19.8	4.2	3.31	35.6	0.02 **

表6 度数分布・カイ二乗検定結果

指標	事後コミュニケーション		$\chi^2$ 乗値	df	p	判定
	有り	無し				
協調行動						
(自動車) 有り	度数	23	154	0.16	1.00	0.69
	%	11.0%	73.7%			
	無し	度数	5	27		
n=209	%	2.4%	12.9%			

M: 平均値 SD: 標準偏差

\*\*p<0.5 有意水準 5%有意, \*\*\*p<0.01 有意水準 1%有意

表7 二項ロジット分析結果

従属変数		独立変数	非標準化係数	t値	p	判定	
事前コミュニケーション	尤度比   的中率	(定数)	-0.91	-0.91	0.18		
		性別	-0.06	-0.16	0.44		
		年齢	0.13	0.59	0.28		
		平均速度	-0.09	-1.37	0.08		*
協調行動	尤度比   的中率	(定数)	5.10	4.38	0.00	***	
		性別	-0.31	-0.74	0.23		
		年齢	-0.16	-0.62	0.27		
		平均速度	1.92	1.83	0.03		**
事後コミュニケーション	尤度比   的中率	(定数)	-1.15	0.81	0.21		
		性別	-0.19	-0.43	0.33		
		年齢	0.38	1.53	0.06		
		平均速度	-0.24	-3.85	0.00		***
事後コミュニケーション	尤度比   的中率	事前コミュニケーション	1.35	2.74	0.00	***	
		協調行動	-1.13	-1.83	0.03		**
		平均速度	-0.32	-3.27	0.00		***

\*p<0.1 有意傾向, \*\*p<0.05 有意水準5%有意

\*\*\*p<0.01 有意水準1%で有意

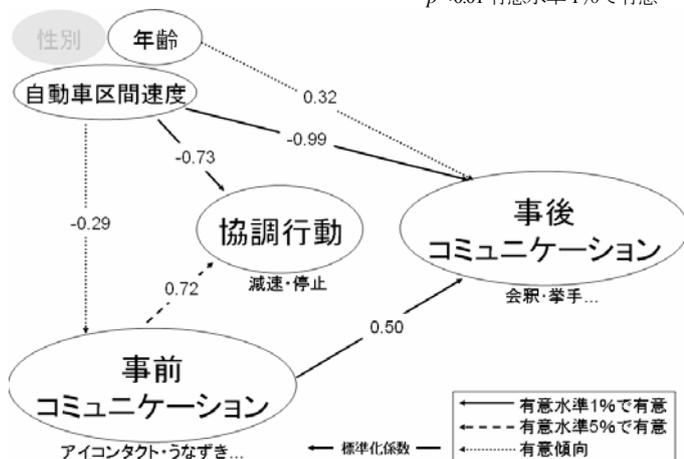


図5 二項ロジット分析結果パス図

## 5. 結論

本研究では、道路空間におけるコミュニケーションと停止・減速などの協調行動の関係に着目し、四つの仮説を掲げた上で実際のコミュニケーションと協調行動を観測して分析を行った。その結果、「自動車が低速であるほど事前コミュニケーションが生じやすい」「自動車と歩行者・自転車間でアイコンタクトなどの事前コミュニケーションが生じた場合、自動車が減速・停止するといった協調行動をとる」「自動車が低速であるほど協調行動が生じやすい」という三つの仮説が検証された。

また、階層的二項ロジット分析より、「事後コミュニケーションは、区間速度が低いほど、また事前コミュニケーションが生起するほど起きやすい」ことが示された。

これらより、Shared spaceに関するいくつかの文献で述べられている道路上のコミュニケーションと協調行動の関係性が定量的に示されたと言える。冒頭に述べたように、Shared spaceは信号や道路標識を取り除くことでドラ

イバーや歩行者の注意力を高めて道路空間における安全性を高める手法である。注意力を高めるということは、相手を認識する確率や程度を高めることであり、その結果コミュニケーションが生じ、速度が低下するというプロセスが本研究の分析により示された。速度の抑制が重大事故の減少に繋がるとの既存研究はこれまでに多く報告されており、Shared spaceが重大事故が減少につながる可能性も十分に考えられる。

本研究の調査・分析データに関する課題としては、より詳細なドライバー特性の把握(加減速度の測定、ドライバーの性格の把握など)が挙げられる。また、コミュニケーション生起には歩行者・自転車側の特性も大きく関わってくることから、歩行者・自転車の詳細な観測に加え、協調行動の有無だけでなく、その性質に重み付けし、数値化することで共分散構造分析等による因果関係の分析を行うこと等も必要であると考えられる。

さらに、同様の調査分析を様々な条件の道路・交差点において適用するとともに、Shared spaceを導入した道路との比較、検討を行うことも必要であると考えられる。これらの研究や実践、検討を積み重ねることで、場所性を考慮した上で、社会的に望ましい交通施策を模索していきたい。

謝辞：本研究の調査分析を遂行するに当たり、早稲田大学の竹村和久教授、筑波大学の谷口守教授、京都大学の藤井聡教授に貴重なコメントをいただいた。ここに記して深謝の意を表す。

## <参考文献>

- 1) 杉山正大：シェアード・スペース (shared space) —共用空間—, 名古屋都市センターレポート, 2008.
- 2) 国際交通安全学会：生活道路の総合研究報告書, 平成21年度研究調査プロジェクト, 2010.
- 3) Ben Hamilton-Baillie : Towards Shared space, URBAN DESIGN International, 13, pp130-138, 2003.
- 4) Ben Hamilton-Baillie et al. : Shared space the Alternative approach to Calming traffic, tec, 2006.
- 5) Ben Hamilton-Baillie, Shared space : Reconciling People, Place and Traffic, Built Environment, VOL34, NO2
- 6) Mattias Schultz : European cities do away with Traffic signs, Spiegel Magazine, 11/16/2006.
- 7) トム・ヴァンダービルド：となりの車線はなぜスイスイ進むのか?～交通の科学～, 早川書房, 2008.
- 8) 佐藤隆夫：「目が合う」ことの謎—アイコンタクトの実験心理学的検討—, 電子情報通信学会, 信学技報, pp13-18, 2002.
- 9) 福原省三：アイ・コンタクトと印象の評価が受け手の対人感情に及ぼす効果, 心理学研究, 第61巻, 第3号, pp177-183, 1990.
- 10) 日野泰雄, 山中英夫：住区内狭幅員道路における錯綜危険度と交通安全意識に関する研究, 都市計画学会学術研究論文集, No.31, pp391-396, 1996.
- 11) 金山直司：交差点における車両挙動を考慮した排出ガス量予測手法に関する研究, 筑波大学第三学群社会学類卒業論文, 2001.
- 12) 交通工学研究会:交通調査実務の手引き, 丸善, 2008.