

欧州の都心部における自転車走行空間の設計基準とその運用に関する研究 ～ドイツの交差点を例として～*

A Study on Guidelines and Managements of Bicycle Facilities in German Inner-City District*

鈴木 美緒**・屋井 鉄雄***

By Mio SUZUKI**・Tetsuo YAI***

1. はじめに

自転車の歩道走行が常態化してきたわが国においても、2007年以降、自転車走行空間の実務面での導入が急速に進んでいる。特に、自転車レーン（自転車専用通行帯）の導入が検討されており、それを含めた自転車走行空間設計基準を見直す動きも出てきている。

一方、自転車先進国の欧米においては、自転車走行空間の種類が多いだけでなく、設計基準が数値的に細かく定められている。米国などでは自転車交通に関する目標と設計基準が国家レベルで定められる上に、州あるいは都市ごとに、自転車交通に関して独自の目標と走行空間設計基準を設けていることがある（California州¹⁾など）。また、国家レベルで定められた走行空間設計基準を基にしながらも、それを独自に運用している都市もあるが、その具体的な運用方針は明文化されていないことが多い。

走行空間設計に関する研究は、わが国では自転車走行空間設置事例が近年急速に増加していることから、一事例についての事前事後評価を通して設置の効果を分析する研究²⁾や、海外の整備基準やその評価方法が対象となる研究や調査³⁾はみられるが、複数の整備事例から走行空間の設計や整備基準の運用方法を論じるものはない。

そこで本研究では、欧米の自転車交通の先進国の事例から自転車走行空間の設計および運用に関する知見を得ることを目的とし、ドイツの交差点の事例を対象に、設計基準とその運用の対応について考察する。なお、交差点を対象としたのは、単路部と異なり数値的な設計基準がなく、設計や運用が各自治体に委ねられていることから、自治体の方針が現れやすい箇所と考えたためである。

2. ドイツにおける自転車交通の施策と規則

(1) 計画目標

ドイツは、自転車発祥の地であり、国内には約6700万台の自転車が走るが、自転車のさらなる普及を目指して、政府が国家自転車利用推進計画（2002-2012年）を進めている。この計画では、自転車走行空間の整備の他に、自転車通勤者の通勤費控除を認めること、電車やバスと自転車との連携を可能にして移動時間を短縮することなど、自転車を交通システムのひとつとして機能するようなソフト施策をとることで、利用率を27%（オランダと同程度）にまで高めることを目標としている。

(2) 自転車走行空間の種類

ドイツにおける道路設計全般の規定が示されているのがRASt（Richtlinien für die Anlage von stadstraßen）で、2006年に改定されている。RAStでは、12種に分類した道路に対し、①歩行者交通量（道路扱い）、歩行者交通量（横断）、自転車交通量、住居（住宅地）、荷捌き車両と駐車車両の有無、②公共交通の有無で場合分け、さらに③1時間あたりの自動車交通量と④総幅員で場合分けすることにより、階層的に幅員構成基準を示している。

また、自転車走行空間の詳細な整備基準については道路交通研究所（FGSV）により制定され、ERA95（Empfehlungen für Radverkehrsanlagen）として発行されている。自転車走行空間の種類には、自転車歩行者道、自転車道（主に歩道上、主に一方通行だが対面通行もある）、自転車レーン（車道上）、車道の路肩部分がある。

単路部の設計において特徴的なのは、自転車レーン（自転車専用レーン：写真－1中央）の他に、自動車の進入を許可する自転車レーン（自転車保護レーン）を導入していることである（写真－1左から2番目）。自転車保護車線は白い破線で示され、歩道とは構造により分離されている。自動車が必要に応じて踏み入っても良いが、自転車に特別に配慮しなければならない。自転車専用車線と自転車保護車線は、幅員と自動車交通量によって設置基準が設けられている。自転車保護車線は、車道

*キーワード：歩行者・自転車交通計画、交差点、自転車配慮型道路、自転車走行空間

**正会員、博(工)、財団法人運輸政策研究機構 運輸政策研究所（港区虎ノ門3-18-19, Tel; 03-5470-8415, Fax; 03-5470-8419）

***正会員、工博、東京工業大学大学院総合理工学研究科 人間環境システム専攻（横浜市緑区長津田町4259, Tel; 045-924-5615, Fax; 045-924-5675）



規模が小さい道路（車道の共有→レーン） ⇔ 規模が大きい道路（歩道のレーン・歩行者と共有）

写真－１ ドイツにおける自転車走行空間



写真－２ 自転車優先道（Fahrradstraße）

幅員が狭く大型車がレーンに侵入しないと曲がれないといった事情で設置されることもある。

なお、ドイツでは自転車走行空間の整備は主に州が計画するが、地方自治体が例外申請を出せば、道路交通法に定められたルール以外を適用した空間を設計することも可能で、後にその運用が道路交通法に加わることもある。その一例が、1992年にKiel市で例外的に設置されたが、1997年の道路交通法改正で自転車走行空間として認められた自転車優先道である（写真－２）。これは自転車交通が主である道路に適用され、自転車は路肩以外も走行できる。また、自転車道に関する規則が1997年に改正され、車道内の自転車走行空間（自転車レーン）が設計されるようになった⁵⁾。

（３）交差点の設計と走行ルール

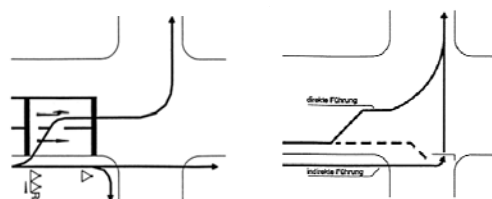
ドイツの自転車走行のルールは道路交通法（StVO）と道路交通認可令（StVZO）により定められている。

自転車は、赤信号のうちに自動車を追い越し、車線の前頭にいることができれば直接左折できる（図－１：左図は、歩道上の自転車レーンから車道の優先停止帯を経由して左折する方法を示す）。ただし、信号の有無、車線数、自動車交通量、自動車の85パーセントイル速度によって2段階の左折が推奨される。

交差点については主にERAにその整備基準が示されており、左折の自転車に配慮して設計されるのが、自動車の停止帯より5.0m前に自転車の空間を設ける自転車優先停止帯（写真－３右、Bike Box）であり、右折時の自転車巻き込みを防ぐために設計されるのが、停止線を自動車より3.0m先に設置するもの（同左）である。なお、わが国では交差点付近で自転車を歩道上に上げる施策がみられるが、既に他の道路に自転車道が整備されている箇所でのみ、それにつなげるような形で例外的に適用するものとしているにすぎず、むしろ、交差点の手前か

ら歩道上の自転車道に上げることで安全性を確保するとともに速達性を保つ設計が推奨されている（図－２）。また、ERAでは、交差点内での他の交通主体への注意喚起として、「自転車が対面通行するとき」には矢印でそれを表すこと、そして「自転車走行空間を特に他の交通主体に認識させる必要があるとき」に着色するとしている（写真－４）。交差点内全体に着色しても、特に錯綜が著しい部分のみを着色してもよく、色は1994年から赤色が主流になっている。数値を用いて細かく設計基準を定めている中で、着色に関しては比較的各地域の判断に任せているといえる。

なお、自転車走行空間が対面通行となるのは例外的で、



図－２ ドイツにおける自転車の左折方法



写真－３ 交差点手前における自転車への配慮



図－３ 交差点手前で自転車を歩道上に上げる事例



写真－４ 交差点内での自動車への注意喚起

駐車レーンと歩道との間に自転車道があり、その幅員が2.5m（緩衝帯を除いて最低2.0m）以上で、自転車の横断が困難なとき、自転車の目的地が道路の片側に集中しているとき、対面通行とすることがネットワーク上重要なとき、としており、対面通行のレーンは原則として道路の片側のみに設置するものとしている。

3. 交差点調査の対象都市と調査方法

ドイツではERAによって全国的に統一の交差点設計が示されているが、実際は都市によりその運用が大きく異なるように見受けられる。そこで、交差点の設計の実例からその運用方針を探った。

(1) 調査対象都市

調査対象都市は、わが国の大都市部での自転車走行空間のありかたへ示唆を得ることを考え、人口 20 万人以上で、2005 年 ADFC（ドイツ連邦自転車連盟）による自転車交通に関するアンケート（Fahrrad-klimatest⁶⁾）で、上位に入った都市を中心に、6 都市を選定した（表－1、図－3）。この調査は ADFC が、ドイツ環境自然保護連盟（BUND: ドイツ最大の環境 NGO）、連邦環境庁とともに主催して2年ごとに行なうもので、この結果が連邦政府の全国自転車交通整備計画の基礎資料に利用される空間設計には自治体の方針が反映されていると考え、調査対象として妥当であると判断した。

以下に、各都市の自転車政策の概要を示す。

a) Kiel

Kiel では1998年10月に連邦の方針に基づいて法律を改正し、自転車利用の促進を目的とした「より魅力的に、快適に、わかりやすく」するためのルールとして、車道上の走行空間の設置を始めている⁷⁾。市の自転車走行空間担当へのヒアリング調査によると、独立した自転車道では視認性の悪さから交差点事故が多いが、車道に自転車走行空間を設けることでそれを解消し、歩行者との事故も削減されるとしており、車道に積極的に自転車走行空間を設ける方針をとっている。Kiel では、自転車分担率が8%（1988年）から17%（2003年）まで上昇した。

b) Hannover

Hannoverで発行する資料には他の地域と同様の自転車専用レーンや、自転車保護レーンなど「その他の3つの方法」が挙げられている⁸⁾が、ヒアリング調査によると、Hannoverの自転車走行空間は原則、「車道と歩道の間に設置した自転車道」と「車道を自動車と共有する（路肩走行）」の2通りのみで、あとは例外的に設置するものとしている。また、交差点内のレーン着色は「無信号交差点で対面通行の自転車道のとき」を原則とする、等の独自の方針をとっている。Hannoverでは整備の方針として、歩行者との分離を図ったり、縁石を低くしたり、交差点での待ち時間を減らしたりして、「自転車ユーザーが使いやすい形状のレーンを設計する」としている。

c) Oberhausen

Oberhausenでは自転車のレクリエーション利用が75%を超える現状から「自転車の日常使い（Radfahren im Alltag）」を掲げ、ネットワーク化を目指して整備を行なっている⁹⁾。BonnとOberhausenのあるNordrhein-Westfalen州は自転車施策の盛んな州として知られ、"Aktionsplan (ActionPlan)"により州単位の施策が掲げられている¹¹⁾が、Oberhausen独自の施策は公表されていない。

d) Bonn

Bonnでは、環境への配慮から自転車の利用促進を奨める方針をとっているが¹⁰⁾、設計に関してはBonnもKielと同様、車道上の自転車レーンにすることで自動車からの視認性を良くすることを推進している。特にそれが難しい場合に導入する自転車保護レーンは、StVOで定められる以前の1994年から導入されており、制定される1998年までの4年間で12kmが整備されている¹⁰⁾。

e) Karlsruhe

Karlsruheでは、環境、健康など、自転車のメリットを

表－2 交差点の調査項目

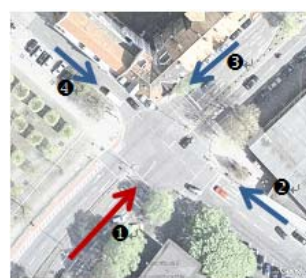
交差点部での自転車走行空間の特徴	場所（歩道・車道）、境界（実線・点線）、注意喚起（着色・マーク）、方向指示（左折・直進・右折・右直・左直）、走行空間の位置（路肩・右折車線の左など）、方向（一方通行・対面通行）、停止線の位置、Bike Boxの有無、滞留空間の有無
交差点付近での車道の特徴	車線数、交差点での方向指示とその本数（左折・直進・右折・右直・左直）、自転車と自動車の方向の関係（同方向・逆方向）、センターラインの有無、バスレーンの有無、駐車レーンの有無、幅員、勾配、対象道路との主従関係【※対象道路以外】

表－1 調査対象都市の概要

	ADFC ランク	人口	面積
Kiel	2	約23.5万人（2007）	約120km ²
Oberhausen	3	約22.0万人（2005）	約77km ²
Hannover	4	約51.5万人（2005）	約204km ²
Bonn	7	約31.5万人（2007）	約141km ²
Karlsruhe	10	約28.5万人（2005）	約173km ²
Stuttgart	26	約59.2万人（2006）	約207km ²



図－3 調査対象都市



図－4 調査方法

20も挙げ、自転車の利用促進を図ろうとしている¹²⁾。自転車走行空間に関しては、他の都市と異なり、具体的な施策は公表されていない。

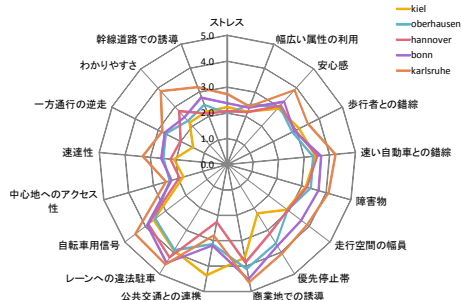
f) Stuttgart

Stuttgartでのヒアリングによると、自転車走行空間の創出とネットワーク化による自転車利用促進を目指し、歩道、車道を問わず、自転車通行帯を設けることにしている。またBicycle Route PlannerというサービスをHP上で行ない、利用者に合わせた経路を提供するなど、自転車利用者側に立った視点で利用促進を進めている¹³⁾。

(2) 調査項目

各都市の中心部の交差点において、対象道路（図－4中の①）から進入するのを基準とし、左方から交差点に進入する道路（図－4中の②、左方道路）、右方から交差点に進入する道路（図－4中の④、右方道路）、前方から交差点に進入する道路（図－4中の③、前方道路）について、交差点部での自転車走行空間の特徴（走行場所等）と、表－2に示す車線数等の車道の特徴との関係を、全路線に対して調査した。すなわち、交差点を「単路部の延長」と捉え、路線単位で評価することを試みた。以下、車道上の実線分離の自転車レーンを「自転車専用レーン」、歩道上の一方通行の自転車道を「歩道上自転車レーン」、歩道上の双方向通行の自転車道を「対面通行の自転車道」、自動車と空間を共有する破線分離の自転車レーンを「自転車保護レーン」、分離されていない車道の路肩を「路肩」、歩行者と混在する道路を「歩道共有」と表記する。なお、歩行者との混在には、「自転車通行可の歩道」と「自転車歩行者道」が存在するが、この区別は行っていない。

調査サンプル数は、表－3の通りであり、市内中心部の地図に示される範囲内（約2km四方）で、歩行者・自転車・自動車交通量が多いと考えられる中央駅、市役所、モール、幹線道路沿いの交差点ほぼ全てとそれらをつなぐ周辺道路の交差点を無作為に半数程度抽出した。歩行者・自転車・自動車交通量がいずれも多く、複数モードの交錯が起こりうる上に、市の中心部で優先的に施策を導入すると考えたためである。



図－6 ADFCによるアンケートでの評価の内訳

表－3 調査で得られたサンプル（路線）数

	自転車専用レーン	歩道上自転車レーン	対面通行の自転車道(歩道)	自転車保護レーン	路肩	歩道共有	計
Kiel	26 (1)	56 (1)	3	18	30	0	132
Hannover	6	13	12	6	17	0	54
Oberhausen	3 (1)	24 (6)	0	20 (5)	28	6	75
Bonn	2	5	0	17	18	2	44
Karlsruhe	17	23 (2)	1	24 (2)	36	2	101
Stuttgart	8	11	2	1	21	6	49

(カッコ内の数字は、車道と歩道の両方に走行空間があるケース)

4. ドイツの交差点での自転車走行空間設計の傾向 ～単路部の延長としての交差点評価～

(1) 全体的な傾向

ドイツでは、上述のように連邦政府が交差点の設計指針を示しているが、同じ設計基準のもとで自転車走行空間が整備されているにも関わらず、都市ごとに全体的な傾向が異なる。その一例として、BonnとOberhausenにおける、自動車の車線数と交差点付近での自転車走行空間の関係を図－6に示す。単路部の設計基準が定められていることから、車線数と総幅員から自転車走行空間の種類がおおよそは予想できると考えられたが、実際は交差点付近では自転車走行空間が車線数だけで定められているとはいえず、同じ州にあるBonnとOberhausenでさえも、多用する走行空間が異なり、交差点設計に自治体の独自性が反映されていることが見て取れる。

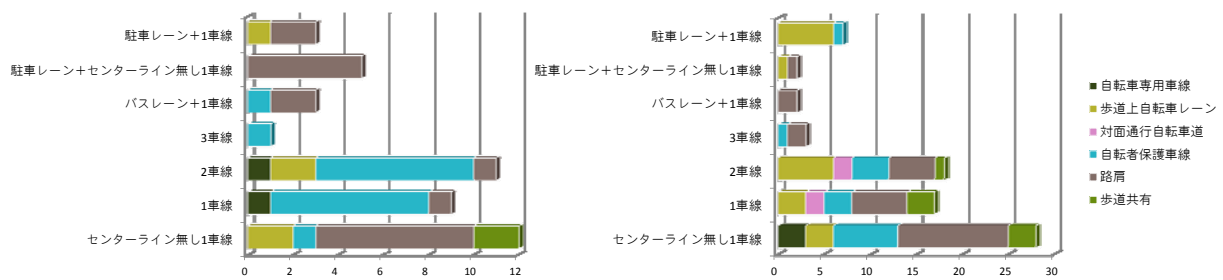
(2) 対面通行自転車道の設置傾向

交差点特性を全て数値化し、相関からの施策導入条件の抽出を試みた。この際、車線数はそのまま使い、施策やセンターライン等の有無には0/1、幅員、勾配、方向指示や走行場所等は数字コードを割り当て、対面通行自転車道の設置と相関がみられた交差点特性を都市ごとに示したものが表－4である。相関係数の値はいずれも小さく、対面通行自転車道の設置が、あるひとつの道路特性だけで画一的に行なわれているわけではないことがわかる。限られたサンプルではあるが、調査対象交差点からわかった対面通行自転車道設置傾向を以下に示す。

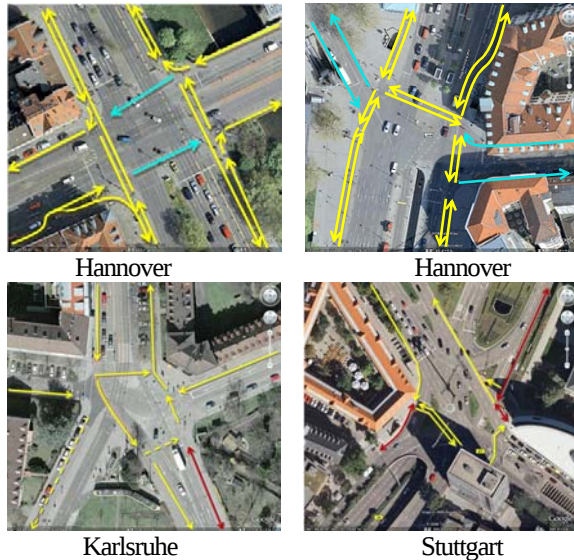
❖ Kiel：中心部の対面通行自転車道は位置関係上やむを得ない場合に設置される傾向にある。

❖ Hannover：今回対象としている他の都市より対面通行の自転車道が多用されているが、主に対象道路の車線数が多い場所でみられた。また、対象道路以外の道路の車線数が多いときにも設置されることがあり、車線数が多く横断しづらいときに、利便性のために対面通行の自転車道を設置していると考えられる。

❖ Karlsruhe：対面通行は1か所しかみられなかった。



図ー6 交差点手前での自転車走行空間と車線数の関係（単位はサンプル，左：Bonn，右：Oberhausen）



図ー7 交差点付近での対面通行自転車道の配置
（航空写真：google earth,
矢印は通行方向を示すもので延長を示すものではない）

表ー4 対面通行自転車道の設置と相関がある交差点特性
（サンプル数は表ー3のとおり）

都市	項目	相関係数	t値
Kiel	前方車線がない	0.359	4.29
Hannover	対象道路の直進車線数	0.529	4.49
	前方道路の直進車線数	0.424	3.37
	対象道路の右折車線数	0.263	1.97
	前方道路の右折車線数	0.270	2.02
	左方道路の車線数比	-0.389	-3.05
	右方道路の車線数比	-0.414	-3.28
Oberhausen	(なし)	—	—
Bonn	(なし)	—	—
Karlsruhe	(なし)	—	—
Stuttgart	(なし)	—	—

❖ Stuttgart：車線数が多く，なおかつ歩道が片側にしか設置されていないような場所で，その歩道を自転車通行可とするか，対面通行自転車道を設置する事例がみられた。反対車線側の歩道を走行せざるを得ないことから取られた措置といえる。なお，交差する道路の規模が比較的大きいときには対面通行の自転車道，小さいときには自転車通行可の歩道とする傾向があった。

以上より，対面通行が可能な自転車道については，ネットワーク上対面通行にせざるを得ない場合に道路の片側にだけ設ける場合（Kiel）と，車線数が多く横断し

づらい道路に設ける場合（Stuttgart, Hannover）の2つに大別されるといえる。また，各都市で共通しているのは，交差点での自転車の通行方向の制限である。対面通行自転車道が多いHannover以外の都市では，横断帯自体は一方通行で処理する事例が大半で，自動車からの視認性を考慮しているものと考えられる。その一方で，Hannoverでは3車線以上の道路の両側に対面通行自転車道が設けられる事例が多く見られたが，対面通行の横断帯だけをロの字に組むような構成にはなっていない（図ー7）。

（3）交差点での各施策の傾向

a) 自転車の通行を優先する施策

巻き込み防止のための停止線と左折時の安全性に配慮したBike Boxについての各都市の運用傾向を表ー5に示す。都市によっては必ずしもERAの指針（自転車専用レーン設置時に右折自動車による巻き込みを防ぐため停止線をずらす，直接左折する自転車の安全性確保のためBike Boxを設置する）通りに運用されているわけではないことがわかる。以下に，自転車を優先させる施策に関する運用傾向を挙げる（表ー5参照）。ERAの設置方針に合った運用をしているのがKielとHannoverで，

❖ Kielでは，停止線をずらすのは直進および右折する自転車の安全性を高めるため，Bike Boxを設置するのは左折する自転車の安全性を高めるためと考えられる。

❖ Hannoverでは自転車走行空間を歩道に設ける傾向が強いために事例自体が少ないが，Bike Boxは左折自転車のため，などの原則に沿う傾向が窺える。

これらに対し，その他の都市では，設計基準とは異なる以下のような運用をしていることが見て取れた。

❖ Oberhausenでは，周囲の道路での自転車走行空間との関連が見られる他，いずれの施策も右折自動車による巻き込みを意識して設置していると予想される。ただし，道路規模が小さいときにBike Box，大きいときに停止線をずらす傾向は，ERAと一致する。

❖ Bonnでの設置状況はいずれも「自転車にとって走行しづらいと考えられるとき」であり，より厳しい状況でBike Boxが選択される傾向がみられた。

❖ Karlsruheでは，対象道路が小さいときにプラスして，自転車が横断してから入る先の道路を考慮して設計さ



Kiel（原則通り）



Bonn（幅員の狭い車道）



Karlsruhe（左直自動車用）



Stuttgart（右直自動車用）

写真－５ 自転車優先停止帯の施策例

れている傾向が見られる。

- ❖ Stuttgart では、停止線・Bike Box のいずれの施策も交差点内での右左折自動車が少ないときにみられ、対象道路が小さいときに停止線をずらし、大きいときに Bike Box をつくるようになっている。

これらから、Kiel は自転車の進路上の自動車交通量、Hannover は錯綜しうる自動車交通量、Bonn・Oberhausen は自転車保護レーン、Karlsruhe・Stuttgart は小規模交差点が考慮されているものと考えられる。

b) 自動車に注意喚起する施策

注意喚起としては、自転車の対面通行を示す矢印（＋自転車マーク標示）と、他の交通主体へ自転車の存在を知らせるための着色が規定されているが、これに関しても多様な運用がみられた（表－５参照）。

- ❖ Kiel では、交差点規模が大きいときに右折巻き込みを防ぐ目的（自転車は歩道レーンを走行）や、細街路との小規模な無信号交差点での出会い頭事故を防ぐ目的で自転車標示をしている。また、着色については、細街路との交差点部で特に危険と考えられている場所で行なわれ、それはヒアリング調査でも確認されている。このことから、Kiel では危険と考える要素と、その危険度によって、かなり限られた状況でしか注意喚起を設置しない方針であることがわかる。

- ❖ Hannover では、自転車の対面通行が多いため「双方矢印＋自転車標示」が多く見られたが、一方通行の場合では、対象道路が周囲に対して小さいときに標示、大きいときに着色が行なわれる傾向がある。また、対象道路が大きいときに設置される傾向にある「交差点手前の着色」と「巻き込み防止目的の着色」もみられた。歩道走行が多い Hannover において、自転車が車道走行のまま交差点に進入する際にはかなりの注意喚起を必要と考えている姿勢が見て取れ

る。なお、対面通行の自転車道で着色されるケースは、ヒアリング調査により「無信号交差点のとき」であることが確認されている。

- ❖ Bonn の中心部では、対面通行の自転車道は観測されなかったが、左右の道路が広く横断長が長いときや、下りの勾配があるときに自転車標示による注意喚起がみられ、着色も同様の条件で行なわれている。特に危険と考えられているところに着色していると予想される。また、周囲の道路での自転車走行空間も注意喚起に影響しており、自転車が速度を出したり、車道に長時間いたりする状況で注意喚起がされていると考えられる。

- ❖ Oberhausen では、主に自転車が歩道を走行して交差点に進入する際に設置される傾向にあった。また、規模はさほど大きくなくても自動車交通量が多いときや、自転車が歩道レーンを走行して細街路との交差点に進入するときに着色がみられた。自転車が歩道を走行するとき、自動車交通量が多いとき、小規模交差点の出会い頭が危険であるとの方針がみてとれる。

- ❖ Karlsruhe では、対象道路が大きく、左右の道路が比較的小さいときに標示をしたり、着色したりする傾向がみられる。標示も着色も、細街路との出会い頭事故の危険性が高い箇所で行なわれている。

- ❖ Stuttgart では、直進する（右折以外）自転車の交通量で標示をし、交差道路が小さい交差点での出会い頭事故の危険性が高い箇所では着色をする傾向がみてとれる。以上より、細街路との交差点（Kiel、Oberhausen、Karlsruhe）や、自転車走行空間が一般的でない交差点（車道走行の多い Kiel や Oberhausen で歩道から交差点に進入する等）で注意喚起する傾向があることがわかった。

c) まとめ

表－６に、各都市の交差点施策の適用傾向のまとめとマスタープランに示された自転車政策の目標を示す。限られたサンプルからの分析であり一般的な傾向を示すものではないが、各都市が優先的に施策を導入した中心部の交差点事例からは、単路部と異なり、都市により志向する運用方針が大きく異なることが確認できた。自転車を優先させる条件と自動車に注意を促す条件から、Kiel・Hannover のような自動車交通との共存を考慮した志向と、Bonn や Karlsruhe・Stuttgart のような自転車を中心に据える志向に分類でき、さらに歩道走行と車道走行のどちらの自転車を危険と捉えるかで分類できる。６都市の限られた対象での観測ではあるが、自転車優先型より自動車共存型を志向する都市、車道走行より歩道走行を危険と捉える運用を志向する都市、利用イメージを想定した政策目標を持つ都市のほうが、ADFCI による自転車利用者アンケートでの評価が高い傾向がみられた。

表－５ 交差点手前での停止線に関する施策の設置傾向

	停止線をずらすとき	Bike Boxを設置するとき	標示をするとき	着色をするとき
Kiel	n=10 * 単路部で自転車専用レーン。 * 左方道路が大きい。 * 対象道路と合流する自動車が多い。 * 自転車走行空間が右折レーンの左にあるなどして、路肩にない。	n=7 * 単路部で自転車保護レーン。 * 左方道路が大きい。 * 左方道路と合流する自動車が多い。	n=11 * 単路部で自転車専用レーンかつ右方道路の規模が小さい。 * 対象道路の直右車が少ない。 * 対象道路に駐車レーンがある場合が多い。 ※上記に当てはまらなくても、右折巻き込み防止目的で標示がつくことがある。	【交差点内で着色】 n=4 * 単路部で歩道レーンかつ右方道路が小さい。 * 対象道路に駐車レーンがある場合が多い。 * 単路部で対面通行自転車道のときに着色されることもある。
Hannover	n=2 * 単路部で自転車専用レーン。 * レーンを横切る自動車が多い。 ※ ただし、歩道走行が多いため、停止線の工夫事例は少ない。	n=2 * 単路部で自転車保護レーン。 * 左方道路が大きい。 * 左方道路に合流する自動車が多い。 * 左方道路の勾配がほぼ無い。	n=10 * 単路部で対面通行自転車道。 * 対象道路の車線数が多い。 * 対象道路の左折自動車が少ない。 * 対象道路の規模が左右の道路に比べて小さく、自転車走行空間が自転車保護レーン。	【交差点内で着色】 n=4 * 単路部で対面通行自転車道。 * 対象道路の車線数が多い。 * 対象道路の1車線の幅員が広い。 【巻き込み防止の着色】 n=3 * 単路部で自転車専用レーン。 * 対象道路が他より大きい。 【交差点手前で着色】 n=4 * 単路部で自転車専用レーン。 * 対象道路の車線数が多い。 * 対象道路の1車線幅員が広い。
Bonn	n=8 * 単路部で自転車保護レーン。 * 単路部にバスレーンや駐車レーンがある。 * 周囲の道路の左折車が少ない。 * 右方道路の直進車が少ない。	n=5 * 単路部で自転車保護レーン。 * 単路部にバスレーンや駐車レーンがある。 * 対象道路が従道路にあたるが、比較的規模が大きい。 * 周囲道路の左折車が少ない。 * 右方道路の直進が少ない。 * 対象・右方道路の幅員が狭い。 * 左右道路で自転車と自動車が空間を共有する。 * 色付きのBike Boxが設置されるとき、対象道路の左折が多い。	n=7 * 自転車走行空間が車道上レーンかつ左方道路の直進車が多い。 * 対象道路に下りの傾斜。 * 右方道路の自転車走行空間が車道にある。	【交差点内で着色】 n=5 * 単路部で歩道上のレーンで下りの傾斜。 * 右方道路の自転車走行空間が車道にある。 【交差点手前で着色】 n=2 * 右折レーンとの交錯防止。
Oberhausen	n=6 * 単路部で自転車保護レーン。 * 対象道路にセンターラインがある。 * 対象道路の右折車が多い。 * 左右道路の自転車が車道走行。	n=7 * 単路部で自転車保護レーン。 * 対象道路にセンターラインがない。 * 対象道路の右折車が少ない。 * 右に道路がある。 * 対象道路に上りの傾斜がある。 * 左右道路の自転車が車道走行。	n=5 * 単路部で歩道上のレーン。 * 右方道路が小さい。	【交差点手前で着色】 n=2 * 対象道路がセンターラインのある相互1車線道路。 * 通行帯を横切る自動車が多く、単路部で自転車保護レーン。 * 通行帯を横切る自動車が少なく、単路部で歩道上レーン。
Karlsruhe	n=17 * 対象道路にバスレーンがない。 * 対象道路と左方道路の車線数が少ない。 * 歩道レーンと保護レーンの両方が設置されている。（駐車レーンのある片側1車線で広幅員。） * 単路部が自転車専用レーンか自転車保護レーンで、左方道路の左折自動車が少ない。	n=12 * 対象道路にバスレーンがない。 * 対象道路と左方道路の車線数が少ない。 * 左方道路の自転車が車道走行。 * 対象道路の交通量が少ない。 * 前方道路の左折自動車が多い。 * 右方道路の直進自動車が少ない。	n=5 * 対象道路の幅員が広い。 * 左右の道路規模が小さい。 * 右道路が小さい。 * 左道路がない。 * 対象道路の右折が少ない。	【交差点手前・交差点内で着色】 n=25 * 対象道路の車線数が多く、自転車走行空間が保護レーン。 * 右方道路が小さい。あるいは右方道路がない。 * 左方道路が小さい。
Stuttgart	n=5 * 対象・左方道路にバスレーンがない。 * 対象道路・周囲の道路の右左折自動車が多くない。 * 左右の道路が片側1車線。 * 周囲の道路の左折車が少ない。 * 対象道路の幅員が狭い。 * 左方道路に下りの勾配がある。 * 左右の道路の自転車走行空間が車道レーンではない。 * 対象道路の直進自動車が多く、単路部で自転車専用レーン。	n=3 * 対象道路・左方道路にバスレーンがない。 * 対象道路・周囲の道路の右左折自動車が多くない。 * 対象道路・右方道路の左折自動車が少ない。 * 対象道路の幅員が広い。 * 左方道路に上りの勾配がある。 * 左右の道路の自転車走行空間が車道（レーンがない）。	n=3 * 対象道路での走行空間が車道。 * 対象道路と周囲の道路の右折が少ない。 * 右方道路の直進車が少ない。	【交差点手前で着色】 n=9 * 左方道路が大きい。 【交差点内で着色】 n=2 * 対象道路の直進車が多い。 * 対象道路が3車線以上。 * 左右の道路が小さい。



Kiel (小規模交差点)

Bonn (小規模交差点, 青色)



Hannover (対面通行)



Karlsruhe (右折車との交錯部)

写真-6 交差点での着色事例

表-6 各都市の交差点施策の適用傾向のまとめとマスタープランに示された自転車政策の目標

	影響を持つ 自動車交通量	自転車への配慮	自動車への注意	目標
Kiel	対象道路の交通量	直進、右左折の自動車交通量が多い時。	細街路との交差点、歩道レーンからの進入時。	魅力的で快適 わかりやすい、 車道をメインに
Oberhausen	左右道路の交通量	自転車保護レーンからの進入時。	細街路との交差点、歩道レーンからの進入時。	日常使いの ネットワーク化
Hannover	左右道路のうち、 錯綜しうる交通量	直進、右左折時に 錯綜しうる自動車 交通量が多い時。	車道走行からの 進入時、対面通 行時。	自転車利用者が 使いやすい形状、 自転車道メイン
Bonn	左右道路のうち、 合流する交通量	自転車保護レーン からの進入時。	横断帯が長い時、 勾配がある時、自 転車の右左折交 通量が多い時。	日常使いの ネットワーク化
Karlsruhe	なし	小規模交差点の時。	横断帯が長い時。	20のメリット
Stuttgart	なし	小規模交差点の時。	細街路との交差点、 車道走行からの 進入時。	走行空間の 延長

5. 交差点全体の評価からの運用傾向

前章では路線単位での運用傾向をみたが、本章では交差点全体の評価からの運用傾向の把握を試みた。交差点の設計そのものを評価するため、「わが国でその交差点デザインが導入されたら」自転車の安定した走行を阻害する要因（交錯、減速）とどう関連するかに着目した。

(1) 交差点指数の導入

自転車はバランスが安定しづらい乗り物であり、速度変化に弱い。つまり、自転車にとって走りやすい交差点とは、速度変化が極力ない状態で通過出来る交差点であり、これが安全性と快適性の両方に影響する要素といえる。そこで、交差点の特性を表す指標として、自転車の安定した走行を考え、速度変化を起こすと考えられる

「動線の交錯」および「他のモードとのすれ違い・合流」、「自転車自身の経路（カーブ）」の3つを交差点評価指標として用い、交差点での走りやすさを比較することとした（表-7）。なお、本研究では比較しやすさを考え、4差路のみを対象とし、信号1サイクルあたりで比較することとした。図-13①②の矢印は縦方向の信号が青現示時の動線を示しており（桃：自動車、黄：自

転車、紫：歩行者）、これが交わる個数（方向が違う場合は別とみなす（図-13①中の★印参照）と、横方向の信号が青現示の時での個数とを足し合わせたものが「動線の交錯回数」である。同様に、各主体のすれ違いやカーブも動線を基に計上した。

(2) 交錯および減速回数による評価

a) ドイツにおける交差点での施策の導入傾向の評価

表-7に示す各項目について、信号1サイクルあたりの交錯および減速回数の合計（上記説明の回数を足し合わせたもの）を交差点指数Aとし、その数値を比較した。なお、自動車交通量については単路部の車線数で表現、交差点での直進・右左折交通量は、方向指示レーンの数に比例するとし、歩行者と自転車の交通量は考慮していない。この指標を用いてドイツの都市間比較を行なった結果を図-8に示す。程度の差はあるにせよ、交差点規模が大きくなるほど交差点指数Aが増加する傾向が見られ、Karlsruheの近似直線の傾きは0.642 ($R^2=0.462$)、Stuttgartの近似直線の傾きは1.44 ($R^2=0.982$)であった。Karlsruheでは右折自動車と直進自転車を交差点外（手前）で交差させ、交差点内での交錯回数を減らしていることが影響していると考えられる（写真-6右下）。その一方で、Bonn ($R^2=0.226$) や Oberhausen ($R^2=0.0589$) のように、交差点規模が同程度でもデザインが多様な都市も存在する。

まず、写真-3に示す自動車への注意喚起施策のうち、交差点内に自転車レーンと自転車マークを標示する方策の有無による交差点指数Aの違いを比較した結果が図-9である（図中の数字は平均値）。この2群の間には統計的差異が認められ ($t=2.38$)、自転車の不安定な要因が多い交差点で注意喚起をしていることがわかる。次に、写真-1に示す自転車優先策の有無による交差点指数Aの違いを比較したところ、この2群の間にも統計的差異が認められ（図-10, $t=2.05$ ）、不安定要因の少ない交差点で自転車を優先させていることがわかった。前述の通り、自転車にとって危険性の高い交差点では2段階の左折が推奨されており、自転車優先停止帯の設置意義

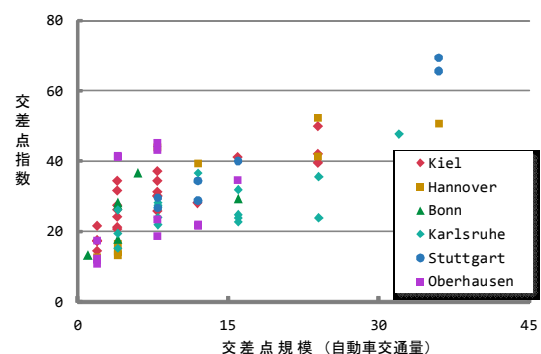
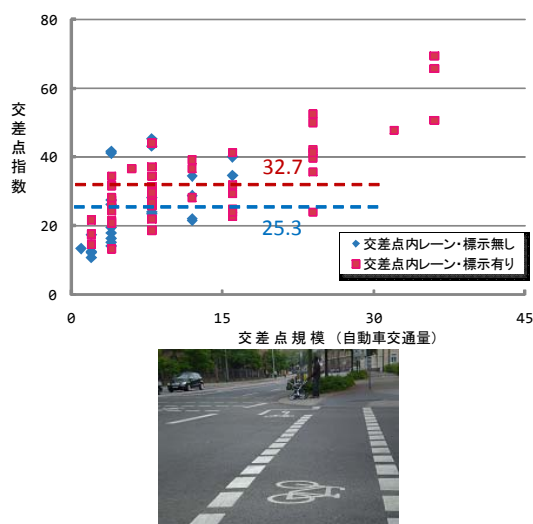


図-8 交差点規模と交差点指数Aの都市間比較

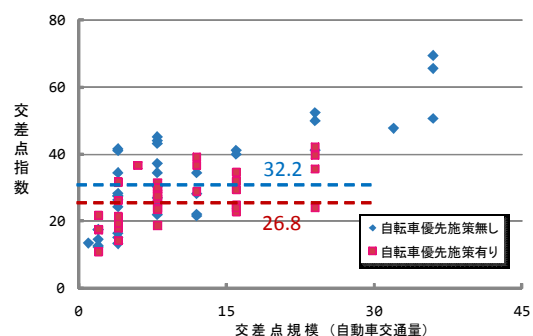


図－9 ドイツの交差点でのレーンおよび自転車マーク標示施策（下写真）の有無と交差点指数A

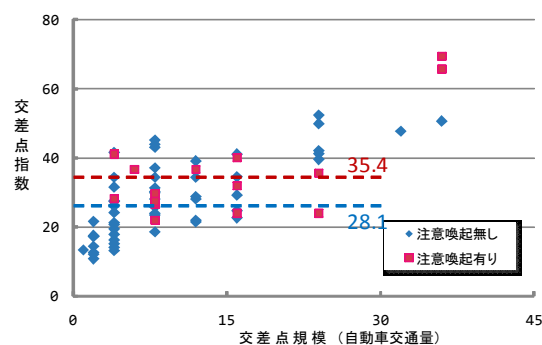
は無い。また、規模の大きい交差点では、歩道上自転車レーンが設置されることが多いため、自転車優先施策が適用されないものと考えられる。また、この結果は、至る所で自転車を優先させようとしているわけではないことを示しているともいえる。

図－11には、レーン内の着色施策（自動車への注意喚起のひとつ、写真－4右）の有無による交差点指数Aを比較した結果を示す。この2群間には有意水準10%において差異がみられた（ $t=1.86$ ）。図からは、交差点規模によらず着色施策がなされていることが読み取れ、注意を促すべき交差点には規模や錯綜数だけではない要因（自転車交通量等）があることが推察される。

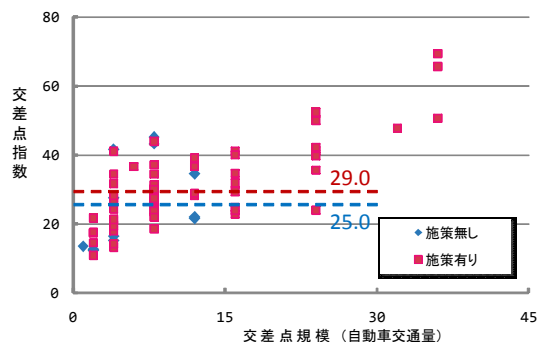
最後に、図－12は、交差点で何らかの施策をとっているか否かで交差点指数Aを比較したものであり、図中の数値は平均値を示す。この2群に統計的差異は認められず（ $t=0.39$ ）、多車線の交差点で措置を講じているわけでもないことがわかる。また、交錯・減速回数を個別に見てみると、自転車優先策は自転車同士の交錯が多い箇所（ $t=1.97$ ）、着色による注意喚起は自動車との交錯が多い箇所（ $t=3.10$ ）に設けられる傾向があることが分かり、路線単位で考察したときには安全性を高めるた



図－10 ドイツの交差点での停止線および優先停止帯施策の有無と交差点指数A



図－11 ドイツの交差点でのレーンの着色施策の有無と交差点指数A



図－12 ドイツの交差点での施策有無と交差点指数A

めに本来の用途とは異なる施策を導入していたが、交差点全体のデザインで評価することでその運用の目的が見てとれることがわかった。

b) わが国の交差点設計モデルとの比較

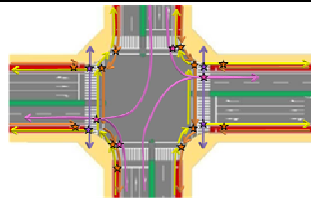
図－13に示したわが国での交差点設計モデルとドイツ各都市の交差点のうち交差点規模が同等のものについて、交差点指数Aを比較したものが図－14である。わが国の交差点設計の中でも、特に対面通行を認めるケースでは、あらゆるモードとの交錯やすれ違いが格段に多いことがわかる。また、自転車レーン導入のケースでも、横断帯にのるにはカーブして減速せざるを得ないこと、また、車道内自転車道では自動車との対面のすれ違いも可能となることにより、錯綜・減速回数が増すこと、しかしそれよりも歩道での交錯による影響から特に歩道走行を認めるケースでの錯綜・減速回数が高いことが見てとれる。

（3）事故の大きさを考慮した交差点の評価

ここでは、事故が起きた時の損失の大きさを重視した指標での評価を試みた。この際、交差点の空間設計によって事故率や交通量が変わると予想されるため、従来の事故統計や特定箇所の交通量等を用いず、レーンごとに一定の交通量があるとして事故発生可能性で評価することで、一般性を保って空間設計のみを評価できるようにした。すなわち、自転車が走行できる全経路における、他のモードとの動線の交錯やすれ違い・合流、および右左

表－７ 交差点の評価に用いた項目

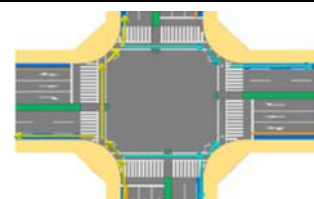
項目		定義	指数A 重み	指数B 重み
特徴	交差点規模	交差する道路の車線数の積	-	-
動線の交錯	歩行者	歩行者と自転車の動線の交錯回数	× 1.00	× 1.00
	自動車	自転車と自動車の動線の交錯回数	× 1.00	× 39.7
	自転車	自転車同士の動線の交錯回数	× 1.00	× 21.3
自転車の減速	歩行者	自転車がとまっている歩行者の横を通過する回数	× 1.00	× 1.00
	自転車すれちがい	自転車がとまっている自転車の横を通過する回数	× 1.00	× 10.7
	自転車対面	自転車同士の対面でのすれ違いの回数	× 1.00	× 12.2
	自転車合流	自転車が合流する地点の数	× 1.00	× 10.7
	自動車	自転車が自動車とすれ違う回数	× 1.00	× 14.2
	直進カーブ	自転車が直進する際にカーブする回数	× 1.00	× 0.560
	左折カーブ	自転車が左折する際にカーブする回数	× 1.00	× 0.560
	右折カーブ	自転車が右折する際にカーブする回数	× 1.00	× 0.560



① 歩道内自転車道



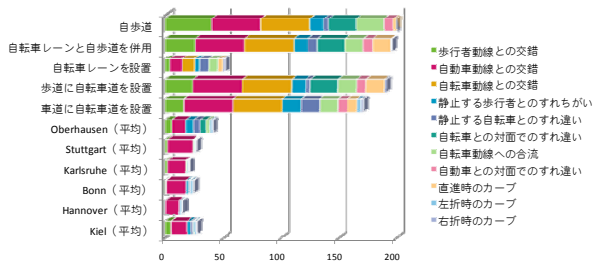
② 車道内自転車道



③ 自転車レーン (横断帯は一方通行とする)

④ 自転車レーン+自歩道 (横断帯は対面通行とする)

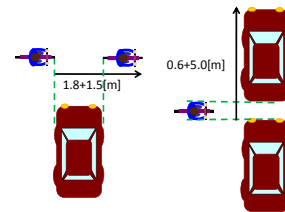
図－１３ わが国の幹線道路同士の交差点での自転車走行空間設置例 ※国土交通省資料を基に作成



図－１４ わが国とドイツでの交差点指数Aの内訳

折・直進時のカーブの回数に、事故の発生可能性（交錯などにかかる時間の長さ）、負傷者数に対する死者数の割合、事故の損害度合いを乗じた重み付けと、モード別交通量（分担率）を考慮して「交差点指数B」とした（項目、重み付けは表－７の通り）。設定方法を以下に示す。

- ◆ 交差点内では、自動車（1.8m×5.0m）が30km/h、自転車（に乗った人：0.6m×1.5m）が20km/h、歩行者（0.5m×0.3m）が4km/hで通行しているものとする。交差点設計が変わると事故率も変わると予想されるため、現況の事故率ではなく、動線の交錯可能性を、時間長さで表現する。具体的には、2つのモードが垂直方向から接近し、すれ違うまでの時間を考える。例えば自動車と自転車の交錯の場合、自転車が自動車と衝突しうる距離3.3mを横断する時間と、自動車が自転車と衝突しうる距離5.6mを横断する時間の和とし、これに回数に乘じ



図－１５ 交差点内での事故発生可能性の概念

た（図－１５参照）。減速についても同様に、5km/h減速した状態ですれ違い（0.6m×2）や合流・カーブで90度曲がる（いずれも自転車1台分＝0.6mとした）のにかかる時間の和に、回数に乘じた。

- ◆ 事故による致死率は、わが国の2008年事故統計¹⁴⁾より、歩行者×自転車：約0.14%，自転車相互：約0.24%，自転車×自動車：約0.94%，転倒：約0.79%とした。
- ◆ 事故による負傷については、負傷率×損害額とした。自転車×自動車事故の時、自転車は負傷すると予想されるが、自動車ドライバーが負傷する確率は低いと考えられることから、自転車側の被害を200万円、自動車側の被害を25万円（自動車の修理代の目安）¹⁵⁾とした。自転車×歩行者の事故ではいずれも負傷すると考えられることから、両者の被害を200万円とした¹⁵⁾。自転車の減速による転倒事故については、損失を60万円¹⁵⁾（治療費の目安）とした。
- ◆ 各モードの交通量については、2000年国勢調査での

以上の条件を用い、「事故に遭遇する可能性」の観点から評価を行なった.

ドイツにおける交差点施策（自動車への注意喚起）について、施策の有無と交差点指数Bの関係をみる。

また、図－1 7には、レーン内の着色施策（自動車への注意喚起のひとつ、写真－4右）の有無による交差点指数Bを比較した結果を示す。この2群間では前項での分析と同様、有意水準10%において差異がみられた（ $t=1.74$ ）。図からは、着色施策は交差点規模によらないことが読み取れる。なお、写真－3に示す自転車優先策の有無による交差点指数Bの違いを比較したところ、この2群間には統計的差異が認められなかった（ $t=1.09$ ）。評価に用いた交差点指数Bは、歩行者が事故に遭う損失が比較的強く計上される性質にあるため、自転車対自動車の施策の有無には差異が出にくいと考えられる。

b) わが国の交差点設計モデルとの比較

図-13に示したわが国での交差点設計モデルとドイツ各都市で同等の交差点規模を持つ交差点において、上記の交差点指数 B を算出した結果を図-18に示す。図

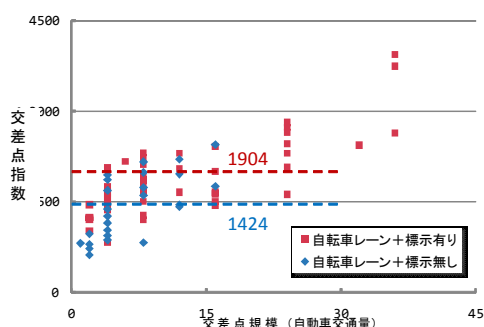


図-16 ドイツの交差点での
レーン及び自転車マーク標示施策の有無と交差点指数B

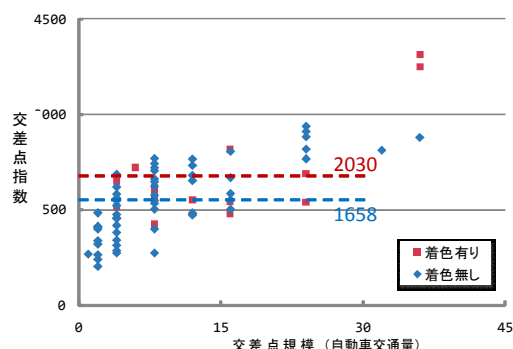


図-17 ドイツの交差点での
レーンの着色施策の有無と交差点指数B

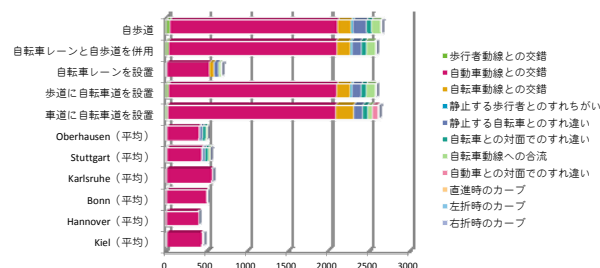


図-18 わが国とドイツでの交差点指数Bの内訳

— 14 と同様、わが国の交差点設計の中でも、特に対面通行を認めるケースで交差点指数Bが格段に高くなっている。わが国の自転車道を用いたモデルを比較すると、車道内自転車道の方が若干高くなっている。これは、自動車との対面でのすれ違いが起こるためである。この指数は自動車との事故の危険性が支配的になっているため評価に偏りはあるが、単路部において自転車に分離された自転車道や歩道を走行させる設計により、交差点での事故発生確率を上げる可能性を示唆するものである。

6. 結論

本研究では、自転車先進国といわれるドイツの交差点運用事例を単路部単位、交差点単位で評価し、「自転車通行時の安全性」の観点からわが国の交差点モデルとの比較を行なった。その結果、限られたサンプルからではあるが以下の知見を得た。

- ◆ 交差点を単路部の延長として路線単位で観測すると、同じ設計基準のもとでも、特に交差点では各自治体で独自の運用をしている傾向がみられた。ただし、都市内の全体的な傾向として、運用にある程度一貫した方向性を見出すことができた。
- ◆ 都市ごとの見た目は異なるが、交差点を単路部とは別のひとつの空間と捉え、自転車の安定した走行や事故の被害の大きさに着目して交差点単位で評価すると、各施策の適用には一定の傾向があることがわかった。
- ◆ 交差点における自転車優先施策は至る所で適用されているわけではなく、交差点規模（自動車交通量ある

いは車線数)で判断しているわけでもない。交差点全体の各交通主体の動線と、施策の設置効果とを見極めた上で、効果的な整備を行なっているといえる。

◆ 交差点設計に各都市の志向が表れていると考えると、自転車利用イメージがある政策目標を持ち、原則に忠実な規則性のある運用をしている都市のほうが自転車利用者の評価が高く、自転車にとって利用しやすい運用であると考えられることもできる。

◆ ドイツでは交差点内を極力対面通行にしない工夫がとられていることがわかった。それに対し、わが国の対面通行の自転車道や自歩道では、自転車の通行方法が増え、交錯やすれ違い等の回数を増やしている。

といった知見が得られた。

単路部での走行空間によらず、交差点では歩行者とともに車道を走行するしかなく、交通主体の交錯や減速の機会を減らすことは安全性向上に大きな役割を果たすものと考えられる。本研究では信号制御の効果を考慮しておらず、それを考慮することで交錯の機会はより減少すると予想されるが、交錯や減速のシンプルな要素だけで評価しても、ドイツの交差点ではその数が抑えられていることがわかった。また、錯綜や減速が比較的多い箇所に対して、自転車優先策や注意喚起策をポイント的に講じることにより、自動車にとっても負担の少ない状態で共存していると考えられる。

今後の課題としては、各都市が自転車走行空間をどの時期に整備したか、自転車分担率や事故データなどの情報との関連も考察していく必要がある。評価に関しては、信号制御の効果も含め、交差点をよりの確に評価できる

指標を検討すること、さらには単路部に拡張して自転車走行空間が評価できるような指標の構築、また、より多地域の実例を対象として、自転車走行空間の設計に関わる要素を抽出していくことが挙げられる。

参考文献

- 1) CADOT: California Blueprint for Bicycling and Walking (2002)
- 2) たとえば阿部宏史ほか：岡山市内国道53号線における自転車道整備効果の検証，土木計画学研究・講演集Vol.37 (2008).
- 3) たとえば多田弘ほか：パリ市の交通政策にみる自転車通行空間創出の試み，土木計画学研究・講演集Vol.37 (2008).
- 4) Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen, FGSV, 2006.
- 5) E・ズザンネら：ドイツにおける道路空間の再構成による都市内自転車道ネットワークの整備に関する考察，都市計画学会論文集，No.41-3，CD-ROM，2006.
- 6) ADFC fahradklimatest 2005 http://www.adfc.de/2596_1
- 7) Kiel Stadt HP <http://www.kiel.de/>
- 8) Hannover Stadt HP <http://hannover.de/>
- 9) Oberhausen Stadt HP <http://oberhausen.de/>
- 10) Bonn Stadt HP <http://bonn.de/>
- 11) Die Landesregierung Nordrhein-Westfalen <http://www.nrw.de/>
- 12) Karlsruhe Stadt HP <http://karlsruhe.de/>
- 13) Stuttgart Stadt HP <http://stuttgart.de/>
- 14) 警察庁 <http://www.npa.go.jp/>
- 15) 内閣府：交通事故による経済的損失に関する調査研究報告書概要，2002.
- 16) 自転車産業振興協会 <http://www.jbpi.or.jp>

欧州の都心部における自転車走行空間の設計基準とその運用に関する研究 ～ドイツの交差点を例として～*

鈴木 美緒**・屋井 鉄雄***

自転車走行空間の設計基準を見直そうとするわが国にとって、欧州の数値基準はお手本となるが、実際にはそれだけでなく運用の工夫により成功していることも多い。そこで本研究では、自転車先進国のドイツの都市部を対象に、交差点での運用を単路部で評価すると、都市内では一貫した傾向で設計されているが、都市ごとでは同じ施策でも設置傾向が異なること、しかし交差点全体を「自転車の安定した走行」や「事故の可能性」で評価すると、その一見異なる各施策の運用には傾向があることが明らかになった。また、ドイツに比べ、自転車道や自歩道を用いるわが国の交差点では交錯やすれ違い等の回数が格段に多いことも示された。

A Study on Guidelines and Managements of Bicycle Facilities in German Inner-City District*

By Mio SUZUKI**・Tetsuo YAI***

The numerical design standards in the EU countries can be role models for Japan. But there is a possibility that the one of key factor in the improvement of bicycling circumstances is the creative operation and maintainance. This study compared the developing bicycle facilities at intersections in the urban district among German cities. As the result, it was revealed that the design trends which were effectively in safety were consistent in the cities and different between the cities. Compared with the designs in Germany, that of Japanese intersections were at greater risk of traffic accidents.
