

自転車の利用動向と自転車事故の特性

研究部長 山田 晴利

1. はじめに

欧州諸国における自転車の共同利用（シェアリング）を契機として、自転車に対する関心が世界的に高まってきており、我が国でも自転車の走行空間に関する議論が盛んに行われるようになった。こうした趨勢を勘案すると、自転車に関係する交通事故について分析を行い、自転車走行空間の計画および交通安全対策に反映させることは時宜を得ている。

そこで平成 24 年の研究発表会のテーマとして自転車事故をとり上げ、種々の観点から分析を加えることとした。

本論文では、まず世界及び我が国における自転車利用の動向を述べるとともに、海外諸国での自転車事故の防止策をとりまとめる。次に、自転車事故の特性を整理し、都道府県別の自転車事故について分析を行った結果を示す。最後に、国際交通フォーラム（ITF）が発行した自転車の安全性に関する報告書を参照しつつ、自転車の安全対策について記述する。

2. 自転車の利用動向

近年、自転車は「環境負荷の少ない」交通機関として注目を集めていた（例えば、文献 1）を参照）。それに止まらず、「健康増進」の観点からも自転車に対する関心が高まってきている。

こうした傾向は世界的なものであるが、我が国では 2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災によって大量の帰宅困難者が発生したことも、自転車に対する関心を高める要因となった。図 1 には 2009 年～2011 年の 1 店当たり自転車新車販売台数の推移を示した。この図によれば、2011 年の 3 月と 4 月の自転車販売台数は顕著に増加しており、東日本大震災の影響が見られる。また、計量計画研究所が仙塩都市計画区域の 11 市町村を対象として震災後半年経った時点での交通手段を調査した結果²⁾によると、通勤トリップでは鉄道の機関分担率が減少し、自転車の機関分担率が上昇したことがわかっている（2010 年の自転車分担率 11%が 2011 年には 14%に増加した）。

こうした動向とあわせて注目する必要があるのは、自転車の共同利用である。特に、海外においては自転車の共同利用が急速に進展している。

自転車の共同利用では、フランスのリヨンにおける Vélo'v、パリの Vélib、英国ロンドンの Barclays Cycle Hire などが大規模な実施例として知られている。最近では米国ニューヨークにおいても City Bike Share の導入が決まった（運用は 2013 年 5 月から開始される予定である；図 2 を参照³⁾）。なお、世界的な自転車の共同利用の動向については、青木・高見他⁴⁾にまとめられている。

以下では、ニューヨークの City Bike Share について詳しく述べることとする。



図1 1店あたり自転車新車販売台数の推移

図2のサイトに2012年夏にアクセスした時点では、2013年3月からシティ・バイク・シェアが開始されると記載されていたが、本論文執筆の時点ではサービス開始は2013年5月になっている(2か月の遅延)。開始時点での自転車の数は5,500台、ステーションの数は300(マンハッタンとブルックリン)となっている。また、料金についても示されており、年間会員は95ドルの年会費で最初の45分間は追加料金なしで利用できる。7日間パスは25ドル、24時間パスは9.95ドルで、どちらも最初の30分間は追加料金なしで利用できる。



図2 ニューヨークのシティ・バイク・シェア

ニューヨークでの自転車利用に対して、'Bike Smart'と名付けられた利用者向けの冊子が配布されている⁵⁾。この冊子では、自転車利用者が守るべきこととして、

- 歩行者に譲る
- 赤信号、停止標識では止まる
- 車と同じ方向に走る
- 歩道を走行しない(13歳以下の利用者は別)

夜間は白色の前照灯と赤い尾灯をつける
の5つが掲げられている(この部分は英語, スペイン語, 中国語の併記となっている)。また, 安全に自転車に乗るための心得として

- 車のように行動する - 車の運転者が自転車の行動を予測できるようにする
- よく見て手で合図をし, もう一度みる
- 注意散漫な運転をしない - 音楽を聴きながら, 電話しながら運転してはいけない
- ベルを鳴らす

13歳以下の場合にはヘルメットを着用することがあげられている。いずれも当り前の内容であるが, こうしたわかりやすい冊子が作られ, 配布されている点は参考になる。

同じ冊子には, 自転車レーンの種類が掲げられている(図3)。それによると, 自転車の走行レーンには

- バイク・パス: 車道と自転車走行レーンとの間に駐車帯があり, 自転車レーンが保護されている。自転車は車と同じ方向に走行する。
- バイク・レーン: 駐車帯の外側に自転車レーンが設置されている(路面が塗装されていることもある)。自転車は車と同じ方向に走行する。
- 共存レーン: 自転車は車と同じレーンを車と同じ方向に走行する。

の三種類がある。この三種類のレーンの中でも, のバイク・パスは自転車と車の走行車線との間に駐車帯が設けられており, 自転車の安全に配慮された構造となっている。

3. 自転車事故の特性

あまり細部にまで立ち入らない範囲で, 自転車事故の特性をまとめておく。

図5-1には, 自転車乗用中の年齢層別死者数の推移を示した。この図からわかるように, 自転車乗用中の死者数は減少傾向にある。この図で注目すべき点は, 65歳以上の高齢者の構成割合が高いことである。一方, 図5-2に示した自転車乗用中の年齢層別重傷者数の推移を見ると, 自転車乗用中の高齢者の割合は死者ほど高くなく, 逆に19歳以下の若年層の構成割合が高くなっている。これは, 事故によって同じ衝撃をうけても高齢者は若年者に比べ障害の程度がより重くなる⁶⁾という傾向を反映した結果であると解釈することが可能である。

Know Your Lanes

New York City's more than 700 miles of bike facilities are classified into three distinct categories: paths, lanes and shared lanes. Knowing the difference between these facilities can help you plan for a safe, fun trip regardless of your skill-level.



Bike Path

On-street bike paths are protected from vehicular traffic by parked cars. Bike paths also exist along much of the City's waterfront and in many parks. Unless otherwise marked, cyclists must travel in the direction of car traffic.



Bike Lane

Bike lanes are painted onto the road, usually next to the parking lane, and are marked with bike symbols. Some lanes have a painted buffer. Unless otherwise marked, cyclists must travel in the direction of car traffic.



Shared Lane

Shared lanes are shared by cyclists and drivers. They are marked by "sharrows" (bike symbols & chevrons) and signs. Sharrows are placed just far enough from the curb to help you avoid opening car doors. Cyclists should "take the lane" when necessary and ride in the direction of car traffic at all times.

図4 三種類の自転車レーン(ニューヨーク)⁵⁾

図6には、第一当事者が自転車、第二当事者が歩行者という形態の事故を対象に、死者、重傷者及び軽傷者の推移を示した。経年的にみると、死者数は一桁台で時系列的な変動はあるがほぼ一定している。重傷者数は経年的に増加してきており、近年若干減少傾向にある。軽傷者数は2008年にピークとなったあと減少傾向にあったが、2011年には増加していることがわかる。

さらに、同じ事故形態（1当自転車，2当歩行者）について、事故の種類と衝突地点をクロスさせて集計を行った結果を図7に示した（2011年のデータ）。死者については、データ数が少なく有意な結論を導くことができない。重傷者についてみると「その他の事故類型」が最多となっているが、対面・背面通行中、横断中のいずれの類型においても歩道での衝突が最も多く、車道での衝突がこれに次いでいる。軽傷者についても同じ特徴が認められる。この結果から判断すると、自転車が歩道ではなく車道を通行すれば、歩道上での歩行者との衝突は減少すると予想できる。但し、自転車の車道通行が増えれば、車道での事故は増加する恐れがある。

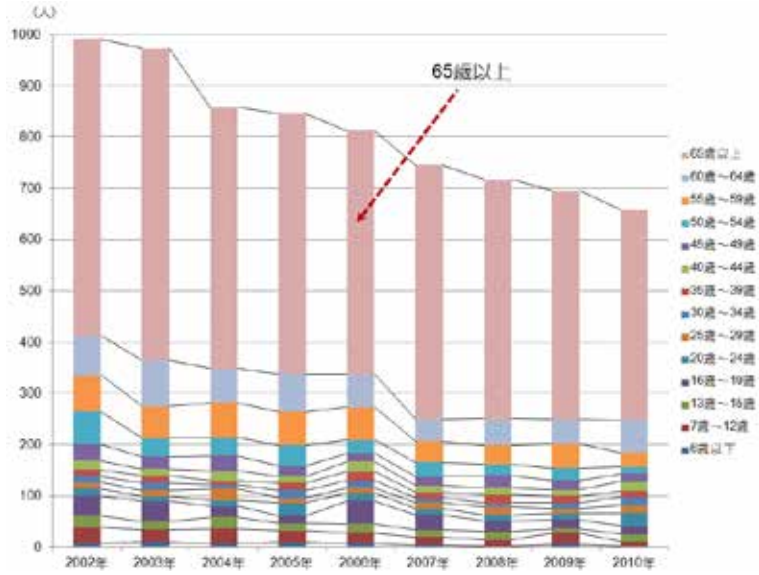


図 5-1 自転車乗用中の死者数の推移



図 5-2 自転車乗用中の重傷者数の推移

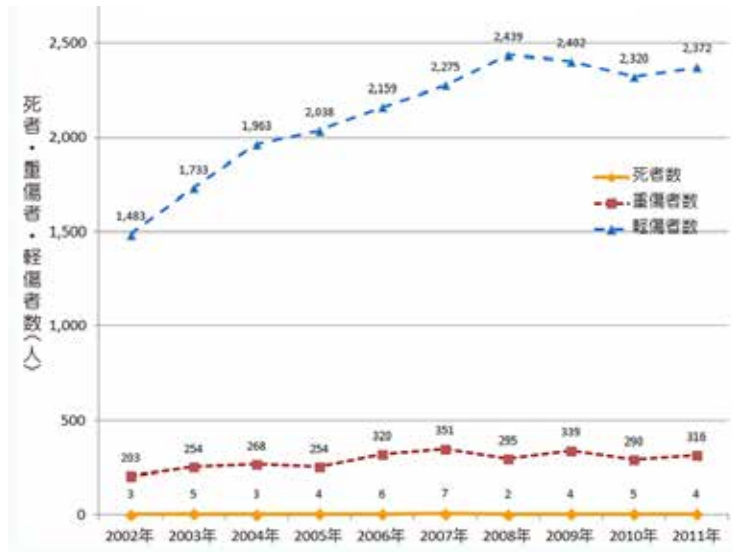


図 6 1当自転車，2当歩行者事故の死傷者数の推移

1当自転車,2当歩行者事故の死傷者数(2011年)
—事故類型と衝突地点—

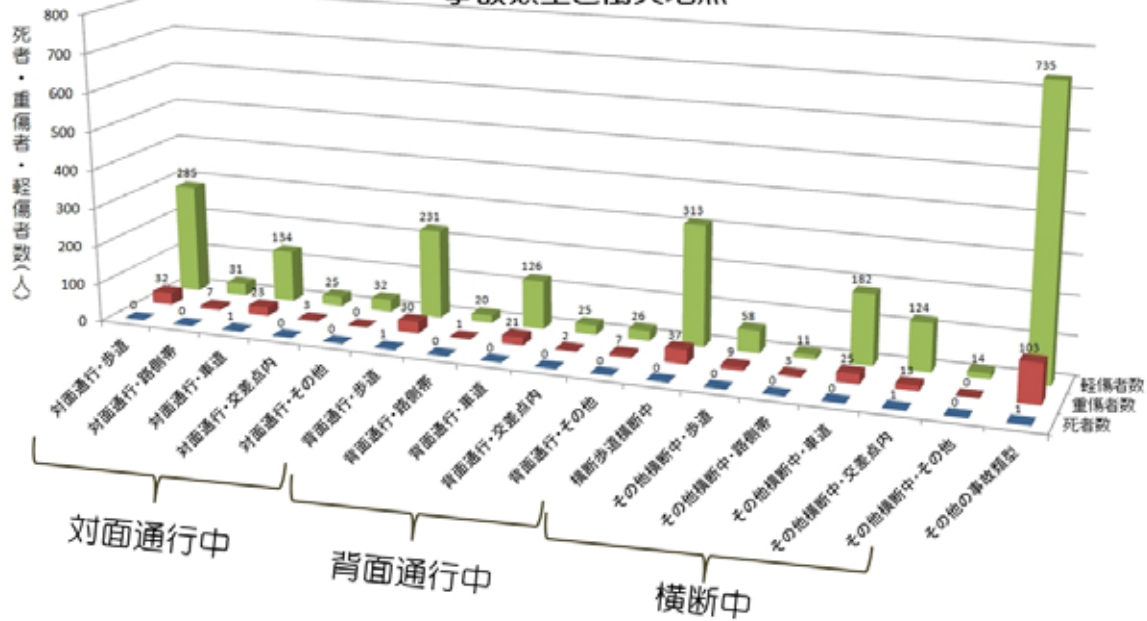


図 7 1 当自転車, 2 当歩行者事故の事故類型と衝突地点

次に、都道府県別の自転車事故を分析した結果について述べる。都道府県別の自転車保有台数のデータは、2008 年まで自転車協会から提供されていた⁷⁾が、それ以後のデータは提供されていないようなので 時点は若干古くなるが 2008 年の都道府県別の自転車対四輪車事故の死者数をもとにして分析を行う。

図 8-1 には人口 10 万人当たりの死者数を、図 8-2 には保有自転車 1 万台当たりの死者数をそれぞれ示した。この二つの図によると、自転車事故の死者率に関して次のような特徴が読みとれる。

- ┆ 愛知県, 三重県, 四国の 4 県, 熊本県, 佐賀県で死者率が高い。
- ┆ 一方, 東京都, 神奈川県, 大阪府といった大都市圏では死者率が低い。これには大都市では公共交通のサービスレベルが高いことが影響している可能性がある。
- ┆ 全体的にみると, 北海道, 日本海側の積雪地帯(山形県, 鳥取県)で死者率が低く, 積雪の少ない地域で死者率が高くなっている。但し, 積雪地帯であっても青森県, 石川県では例外的に死者率が高い。

このデータをもとにして、都道府県別の死者数を説明するモデルを構築する。目的変数は「死者数」という計数値なので、計数データを説明することができる「ポアソン回帰モデル」を選択した。ポアソン回帰モデルでは、観測された計数データ(ここでは各都道府県の死者数) y_i が期待値 λ_i のポアソン分布にしたがい、さらにポアソン分布の期待値 λ_i が説明変数 x_{ij} と未知のパラメータ b によ

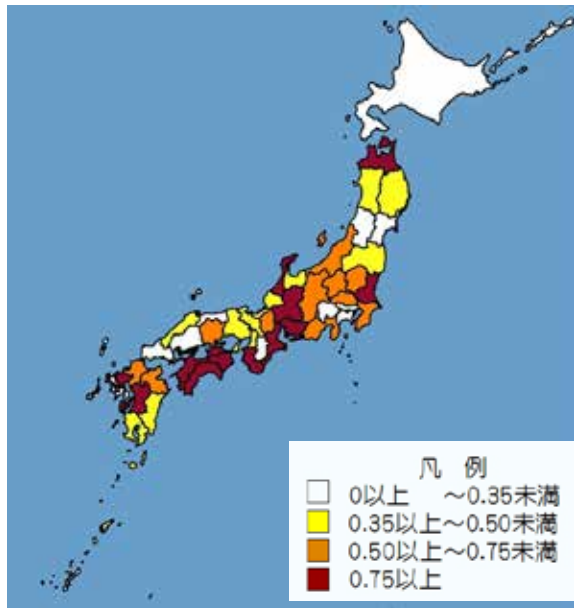


図 8-1 自転車対四輪車事故の人口 10 万人
当たり死者数 (2008 年)

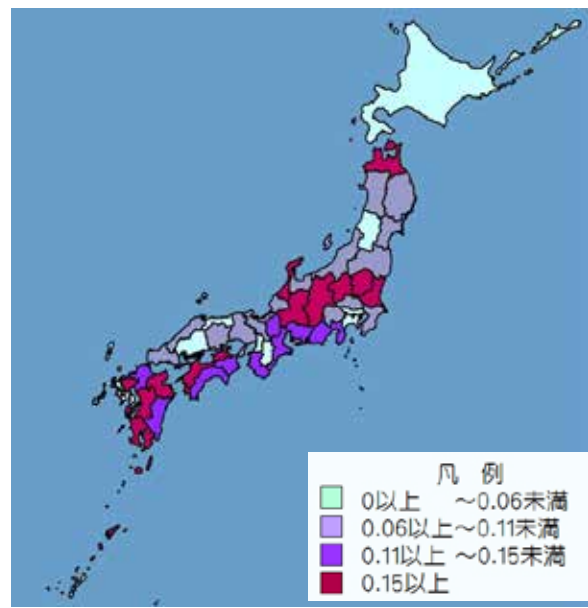


図 8-2 自転車対四輪車事故の保有自転車
1 万台当たり死者数 (2008 年)

って次式のように表されると仮定する (一般化線形モデル⁸⁾の枠組みである)。

$$y_i \sim \text{Poisson}(\lambda_i) \quad (\text{ポアソン分布})$$

$$\text{Prob}(y_i = k) = \frac{\lambda_i^k \exp(-\lambda_i)}{k!}, \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

$$\log(\lambda_i) = \mathbf{x}_i^\top \boldsymbol{\beta} = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_m x_{im}$$

$$\lambda_i = \exp(\mathbf{x}_i^\top \boldsymbol{\beta})$$

ここに $\boldsymbol{\beta} = (b_0, b_1, \dots, b_m)^\top$ は未知の係数ベクトル $\mathbf{x}_i = (1, x_{ij})^\top$ は説明変数からなるベクトルである ($i=1, \dots, N$ は都道府県を表し, $j=1, \dots, m$ は説明変数を表す)。また, $(\cdot)^\top$ は行列・ベクトルの転置を意味する。さらに事故に対する曝露量を E_i とするとき, 事故による死者数を E_i で除した事故率 q_i)

$$\text{事故率} \triangleq \frac{\text{平均死者数 } \lambda_i}{E_i}$$

を説明するモデルを考える。事故率を線形予測子 $\mathbf{x}_i^\top \boldsymbol{\beta}$ で表現するとすぐ上に示した式から,

$$\begin{aligned} \lambda_i &= E_i \times \exp(\mathbf{x}_i^\top \boldsymbol{\beta}) \\ &= \exp[\mathbf{x}_i^\top \boldsymbol{\beta} + \log(E_i)] \end{aligned}$$

となる。すなわち, 曝露量 E_i の対数をとった項がポアソン分布の期待値 λ_i の説明変数として加わることになるが, その項の係数は 1 に固定されており「オフセット項」と呼ばれる。ここでの分析では, 曝露量として図 8 で用いた都道府県別の人口と自転車保有台数をそれぞれとり上げ, モデルの推定を行った (モデルの推定と検定については, 例えば久保⁹⁾を参照されたい)。

説明変数としては、総理府統計局によって公表されているデータ¹⁰⁾の中から、面積 1km² 当たり主要道路実延長、主要道路舗装率、人口 1000 人当たり保有自動車台数、生産年齢人口の割合等を取り上げた。モデルの選択は「赤池情報量基準 (AIC)」を用いて行った。AIC を用いて最終的に選択されたモデルは、表 1 のとおりである。推定されたモデルはいずれも統計的に有意である。

表 1 都道府県別の自転車事故死者数モデル (2008 年)

人口を曝露量としたモデル					保有自転車台数を曝露量としたモデル				
項	推定値	標準誤差	z 値	Pr(> z)	項	推定値	標準誤差	z 値	Pr(> z)
切片	-8.773	0.521	-16.85	< 0.0001	切片	-8.010	0.370	-21.63	< 0.0001
二輪車保有率	-5.632	3.846	-1.46	0.143	幹線道路率	0.939	0.203	4.63	< 0.0001
自転車保有率	518.7	176.0	2.95	0.0032	自動車保有 台数	0.00415	0.000373	11.12	< 0.0001
幹線道路率	1.068	0.212	5.03	< 0.0001	最大逸脱度：211.12 (自由度 46)				
自動車保有 台数	0.003678	0.000392	9.376	< 0.0001	残差逸脱度：63.58 (自由度 44)				
最大逸脱度：158.15 (自由度 46)					AIC = 258.82				
残差逸脱度：65.88 (自由度 42)									
AIC = 265.11									

各都道府県別の自転車対四輪自動車事故による死者数の観測値 (2008 年) と表 1 に示したモデルによって推定したポアソン分布の期待値 λ_i を散布図としてプロットした結果を図 9 に示した。図の横軸は観測された死者数、縦軸はモデルによる当てはめ値であり、表 1 に示したポアソン回帰モデルで求めた期待値は観測値とよくあっていることがわかる。

4. 自転車の安全対策

国際交通フォーラム (ITF: International Transport Forum) が自転車について検討した報告書を発行している¹¹⁾。この報告書では自転車に関わるさまざまな課題 (環境問題、健康問題を含む) について述べられているが、以下では交通安全の課題に絞って内容を紹介する。

交通安全に関する課題では、「自転車の利用者の数を増やす政策は安全性を損ない、衝突を増やさだろうか」という問題提起がなされている (但し、ここでいっている「自転車利用者の数を増やす」というのは、車道を走行する自転車の数を増やすという意味であって、歩道を走行する自転車の数を増やすという意味ではない。)

この問題提起に対して、「自転車利用者の数が増えれば、衝突 (死者及び負傷者) の数も増える可能性がある (may increase as well)。しかしながら、政策設計をうまく行うように留意すれば、必ずしもそうはならない」という回答が与えられている。

この報告書の中では、「自転車利用者の数が増えれば、重大事故率が減少する」という経験的に知られている現象についても検討が加えられている。結論を先に述べれば、「自転車利用者の数が増えることが原因となって重大事故率が減少するという因果関係は存在しない。むしろこれとは逆の因果関係 - 安全な道路により多くの自転車利用者が集まる - が存在する」ことが示唆されている。

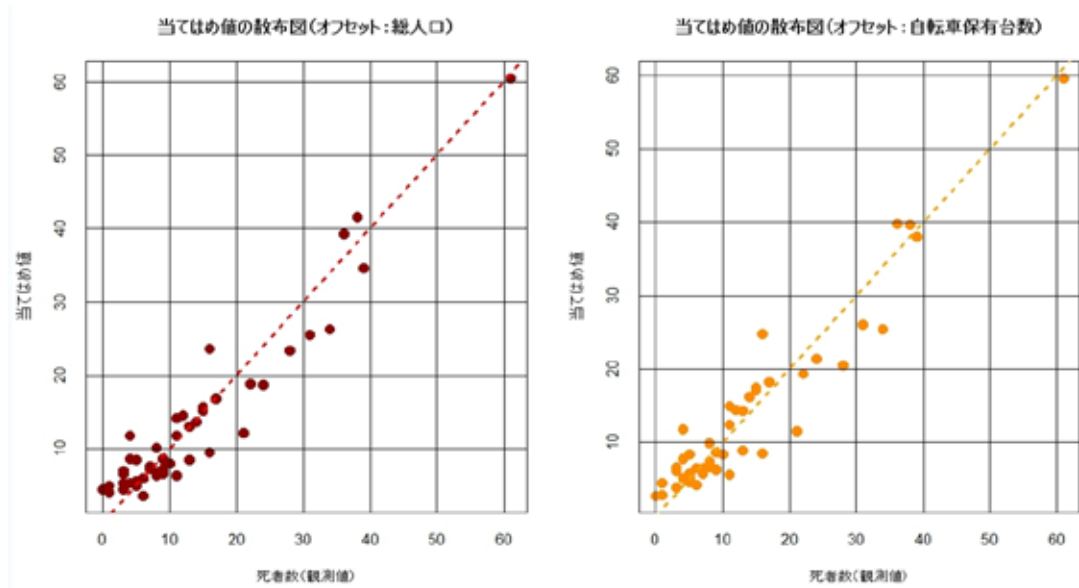


図9 図ポアソン回帰モデルによる当てはめ値と観測値の散布図

まず、重大事故率の減少について図10を使って説明しておく。この図の横軸は曝露量 E (たとえば、自転車の交通量) を表し、縦軸は事故の件数あるいは死傷者数 A を表している。事故率は A/E で与えられることに注意されたい。事故率が一定の場合には、 A と E の関係は図中に示した直線となる。一方、 A と E が非線形関係(上に凸の関数)にある場合には、図中の点線に示したように、曝露量が増加した場合に事故率は低下する。これが事故率低下の原因であるというのがITFの報告書の結論である。しかも、先に述べたように、因果関係は利用者が増えれば事故率が低下するという方向ではなく、事故率の低い(安全な)道路をより多くの自転車利用者が使うようになるという方向であることが示唆されている。したがって、自転車利用者の数が増えれば安全になるという結論は導けない。

自転車利用者の安全性を確保するためには、道路の構造的な面からのアプローチも必要である。たとえば、図11に示したデンマークの整備指針¹²⁾では、自動車の希望速度と交通量に応じて異なるタイプの自転車レーンを設けることが規定されている。自動車の希望速度が速く、交通量も多い場合には、車道とは独立した自転車レーンが設けられ、希望速度が低く、交通量が少ない場合には自動車と同じ車線を共用して走行するようになっている。こうした考え方は我が国においても参考になる。

さらに、欧州諸国では小学校の段階から自転車に安全に乗るための教育がきちんと行われており、学年毎に教科書が用意されている

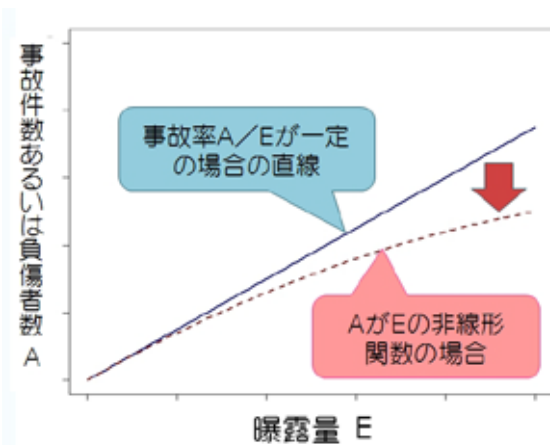


図10 利用者の数と重大事故率の関係

という報告も行われている¹³⁾。欧州ではこうした地道な努力の上に自転車利用が行われていることを認識した上で、我が国の自転車利用方策を考えていくことも必要である。

参考文献

- 1) 特定非営利活動法人自転車活用推進研究会：省 CO2 型都市づくりのための自転車利用促進策にかかる調査報告書 - 先進都市が切り開く自転車活用実例集 - 2008年3月。
- 2) 小島浩：東日本大震災後の行動実態・意識からみた都市構造・都市交通の課題～震災を踏まえた集約型都市構造形成に向けた知見～，平成24年度IBS研究・フェローシップ発表会における資料，2012年7月。
- 3) <http://a841-tfpweb.nyc.gov/bikeshare/>(最終アクセス2013年1月17日)。
- 4) 青木英明，高見淳史，大森宣暁：自転車共同利用の事業規模とサービスの世界的な拡大について，交通工学，第47巻4号，pp. 64-71，2012年。
- 5) Bloomberg, M R and Sadik-Khan, J: *Bike Smart - The official guide to cycling in New York City*, Spring 2011 (Downloadable from http://www.nyc.gov/html/dot/downloads/pdf/dot_bikesmart_brochure.pdf).
- 6) OECD: *Ageing and transport: Mobility needs and safety issues*, 2001.
- 7) 自転車協会の都道府県別自転車保有台数のデータは，http://www.jbpi.or.jp/?sub_id=4&category_id=236&dir_no=TOP_ROOT:236 よりダウンロード可能（最終アクセス2013年1月21日）。
- 8) Dobson, A J: *An introduction to generalized linear models*, second edition, Chapman and Hall/CRC Texts in Statistical Science, 2001.
- 9) 久保拓弥：データ解析のための統計モデリング入門 - 一般化線形モデル・階層ベイズモデル・MCMC (確率と情報の科学)，岩波書店，2012。
- 10) <http://www.stat.go.jp/data/index.htm> (最終アクセス2013年1月22日)。
- 11) OECD/ITF: *Cycling safety: Key messages – Preliminary findings* -, 2012 (Downloadable from <http://www.internationaltransportforum.org/Pub/pdf/12Cycle-Safety.pdf>; 最終アクセス2013年1月22日)。
- 12) Cycling Embassy of Denmark: *Collection of cycle concepts 2012*, (Downloadable from <http://www.cycling-embassy.dk/2012/05/10/cycle-concepts2012/>; 最終アクセス2013年1月22日)。
- 13) 金利昭：多様なモビリティニーズと自転車の活用，第88回交通工学講習会テキスト，2012年7月，交通工学研究会。

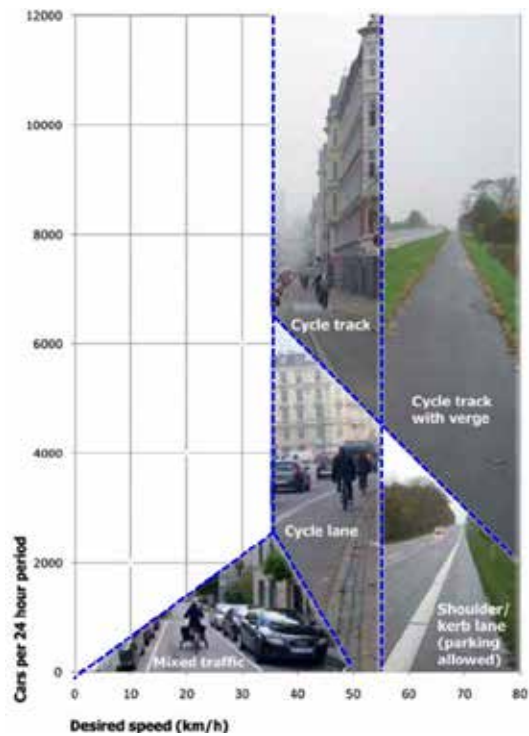


図 11 デンマークの自転車道整備指針¹²⁾