

自転車安全走行における課題の構造化とその解決プロセスに関する研究*

A Structured Analysis of Problems for Bicycle Safety and a Study of Solving Process of The Problems*

栗栖嵩**・高橋清***・澤充隆****・片岡純江*****

By Takashi KURISU**・Kiyoshi TAKAHASHI***・Mitsutaka SAWA****・Sumie KATAOKA*****

1. 研究の背景と目的

近年の環境志向・健康志向の高まり等を背景に、都市交通の重要な交通手段として自転車が注目を集めている。自転車は車道走行が原則であるが、1978年の道路交通法改正以降、わが国では自歩道上での走行が認められている箇所もある。これは当時自動車と自転車の事故が多発したことから緊急避難的な措置として実施されたことに起因する。しかし、近年の自転車利用者の増加に伴って歩行者・自転車ともに安全上の問題が深刻化することになった。その現状として歩行者対自転車事故件数を見ると、最近10年間で約3.7倍¹⁾に増加しており、特に、混雑する都心部の自歩道上では歩行者と自転車の錯綜が問題となっている。この問題の解決には、自転車走行空間や駐輪に関する問題、ルール・マナーに関する問題などの様々な問題との関係性を明確にし、検討していく必要があると考えられる。

そこで本研究では、都心部の自歩道上での自転車・歩行者混在化における自転車利用に着目し、構造化手法であるISM法を用いて自転車の安全走行に関わる課題を体系的にまとめるとともに、今後の自転車問題の取り組み方における情報提供ツールの構築を目的とする。

2. 既往研究

自転車研究に関しては、走行空間や駐輪行動の評価など、自転車利用に伴って発生する課題とその解決方法を扱った研究が多く報告されている。主な研究として、歩行者と自転車の安全性に関して山中ら²⁾は自転車・歩行者混在化における自歩道上を対象とし、自転車速度の

85パーセンタイル値に着目して評価レベルを提案している。このレベルによって自転車・歩行者の快適性や安全感などを表現している。松崎ら³⁾は歩行者・自転車混在交通での錯綜現象について、形態別・危険度別に分類し、錯綜現象と個人属性、交通要因に関連付けて定量的に分析している。小島⁴⁾らは歩道上での歩行者対自転車事故の原因として、双方の危険感知距離のギャップに着目し考察している。

一方で、自転車利用者の特性に関するものとして、武田ら⁵⁾は自転車が関与した事故について分析しており、自転車利用者の年齢や事故発生時の時間帯について考察している。山岡ら⁶⁾は、歩行時・自転車運転時における危険行為に対する意識に着目し、その実態を把握・分析している。

このように、これまでは自転車の安全走行に関わる諸問題を単一に扱った研究が多くなされてきたが、それらの諸問題を整理し全体像を把握するような研究は十分とはいえない。例えば、コミュニティサイクルシステム(CCS)の全体像を把握するための研究として、阿部ら⁷⁾がCC運営担当者へのヒアリング調査と、報告書・アンケート調査結果等より比較分析を行い、CCS構築フローチャートを提案したものがあつた。これにより、CCS構築のための体系的な検討が可能となっているが、数量的な関係を示したものはなっていない。

本研究では、自転車の安全走行に関わる諸問題の全体像を把握しその解決プロセスを検討するため、要素を数値化し構造的に分析する手法としてISM法を用いる。

3. 安全走行に関わる課題要素の構造化

(1) ISM法の概要

ISM (Interpretive Structural Modeling) 法は、複雑な社会システムの問題構造を構造モデル化することで分析を行う手法である。その特徴は、問題構造を有効グラフとして示しており、直接的及び間接的な関係を視覚的に把握することで、合意形成のツールとしても応用できることなどが挙げられる⁸⁾。ISM法の主な手順は次のようになる。

(i) 問題複合体の構成要素の抽出

*キーワード：歩行者・自転車交通計画、意識調査分析

**学生員、北見工業大学土木開発工学専攻

(〒090-8507 北海道北見市公園町165番地 北見工業大学社会環境工学科、TEL/FAX: 0157-26-9526、

E-mail:mcv10003@std.kitami-it.ac.jp)

***正員、工博、北見工業大学社会環境工学科

****正員、株式会社ドーコン

*****非会員、株式会社ドーコン

- (ii) 要素項目間の関係付けによる隣接行列の作成
- (iii) 行列計算
- (iv) 構造モデルの作成

この手法を用いて、自転車の安全走行に関わる課題の体系化を行い、今後の自転車問題の取り組み方についてのプロセスを整理した。

(2) 安全走行に関わる要素項目の抽出

自転車交通は安全性の観点より、車道・自歩道・自転車道の使い分けについて十分な検討が必要であり、そのためにもまずは歩行者・自転車の自歩道の共用に向けた取り組みが必要であると考えられる。そこで、既存研究や参考文献をもとに、自歩道上を対象とした自転車の安全な走行を阻害する要素項目を抽出した(表-1)。

表-1 抽出した要素項目

要素項目	要素項目
1 自歩道の路面	15 自転車利用者の夜間走行
2 自歩道の幅員	16 自転車利用者の片手運転
3 交差点	17 自転車利用者の肉体的な要因
4 急な下り坂	18 自転車のブレーキ性能
5 急カーブ	19 自転車の安定性
6 交通安全施設	20 自転車の調整
7 自歩道上の放置自転車	21 自転車の安全器具
8 走行空間の天候	22 荷物の量
9 自転車利用者の走行マナー	23 視認性
10 自転車利用者の走行位置	24 自歩道の交通量
11 自転車利用者の走行速度	25 歩行者の挙動
12 自転車利用者の交通ルールの認識	26 歩行者の不注意
13 自転車利用者のよそ見運転	27 歩行者の飛び出し
14 自転車利用者の不注意	

続いて、KJ法により要素項目の検討、絞り込みを行い要素項目数を以下の15項目とした(表-2)。

表-2 決定した要素項目

要素番号	要素項目
1	自転車に対する歩行者の視認性の確保
2	自歩道上の施設物の配置への配慮
3	交差点部の形状の整備
4	自歩道の幅員の整備
5	自歩道の走行路面(段差、ひび割れ等)の整備
6	交通安全施設(信号機、カーブミラー等)の設置
7	自歩道上の道路標識(規制標識、警告標識等)の設置
8	自歩道上を通行する自転車の交通ルールの制定
9	自歩道上の放置自転車の解消
10	自転車の性能(速度、ブレーキ等)に対する認識の確保
11	自転車の交通ルール(自転車安全利用五則等)の認識の確保
12	自転車利用者のマナーの改善
13	自転車の挙動(不注意などに起因する運転操作の誤り等)の改善
14	自転車の危険運転(並列走行、右側走行等)の解消
15	自転車保険への加入

今回は、安全対策を考える際、自転車が歩行者に対して配慮すべきであるという視点で、KJ法による要素項目の絞り込みを行った。なぜなら、その緊急的措置として自歩道上を走行している自転車は、歩行者に対しより配慮が必要であると考えからである。また、要素項目は改善可能であるものに絞るよう考慮した。以上より、決定した要素項目は歩行者が改善すべき項目(自転車に対する歩行者の視認性の確保(要素番号1))以外は、行政または自転車利用者が改善すべき項目となっている。

この15項目の要素項目を用いて、自転車が自歩道上で安全に走行するために改善すべき課題の構造化を行う。

(3) 要素項目間の関係付け

要素項目間の関係の有無を決定するにあたり、まず「関係」という言葉の定義を明確にしておく。ISM法により構造モデルを作るためには、2項目を一对比較した場合に、必ず順位が付けられることが必要である。本研究では「自転車利用者の立場から見て、要素項目iの改善は、要素項目jの改善に寄与するか」と定義した。

次に、定義した要素項目間の関係を把握するため、自転車交通の課題に精通した有識者(以下:有識者)と一般の自転車利用者(以下:利用者)を対象にアンケート調査を実施した。調査概要を表-3に示す。

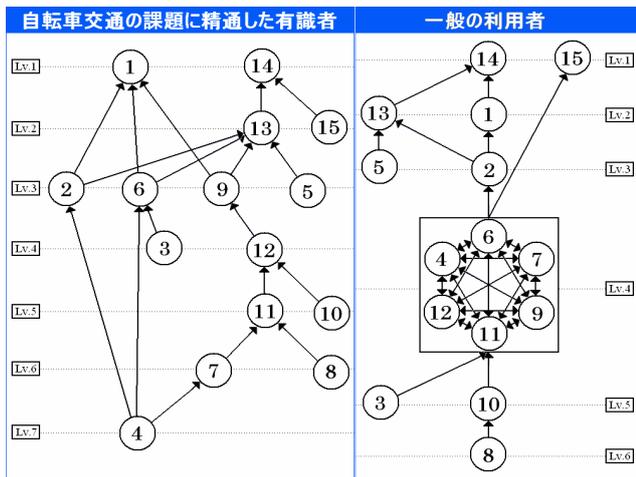
表-3 アンケート調査概要

調査項目	要素項目間の因果関係の一对比較 利用者アンケート	
調査対象	有識者	コンサルタント職員
	利用者	大学生(北見工業大学)
調査方法	有識者	電子メールによる配布・郵送回収
	利用者	手渡しによる配布・回収
回収票数	有識者	25票
	利用者	22票

(4) 構造モデルの作成

得られた個人のアンケートデータ結果より、要素項目iが要素項目jに直接的な因果関係が認められる場合を1、認められない場合は0を記入し、隣接行列データを作成した。そして、有識者及び利用者の隣接行列データの各成分の平均値が0.5以上の場合は1、0.5未満の場合は0としてそれぞれの平均の隣接行列データ算出した。

算出したそれぞれの平均の隣接行列データから、構造モデル作成プログラムを用いて、有識者及び利用者の構造モデルを作成した(図-1)。この構造モデルは、有識者及び利用者が意識的に持っている自転車の安全走行に関わる要素項目間の因果関係構造を視覚的に表したものである。以下、それぞれの構造モデルを有識者の意識構造と利用者の意識構造とする。



※ 図中の番号は表-2の要素番号に対応

図-1 有識者と利用者の意識構造

4. 有識者と利用者の意識構造の比較

構造化の結果、図-1より有識者と利用者の意識構造が異なっていることから、有識者と利用者では自転車が安全に走行するために改善すべき課題の捉え方が異なることが視覚的に明らかになった。有識者の意識構造が階層的であるのに対し、利用者の意識構造のうちLv.4の階層は並列的な構造を示している。これは、有識者が要素項目間の因果関係を明確に捉えているのに対し、利用者は要素項目間の因果関係が明確でないことを示していると考えられる。

次に2つの意識構造を比較すると、有識者の意識構造では「自歩道の幅員の整備（要素番号4）」が最下層に位置しているのに対し、利用者の意識構造では「自歩道上を通行する自転車の交通ルールへの制限（要素番号8）」が最下層に位置している。有識者は自歩道の幅員を整備することが他の要素項目の改善に最も多く寄与すると考えており、これは、一般に自転車を走らせる上では自転車走行空間の確保が課題であるといわれていることが反映しているのではないかと考えられる。一方、利用者は自転車交通のルールを制限することが他の要素項目の改善に最も多く寄与すると考えている。しかし、今回のアンケート調査結果から、全体の9割の利用者は自転車安全利用五則の存在を認識しておらず、このことが利用者の意識構造に反映したのではないかと考えられる。

また、それぞれの意識構造の上層部（Lv.1～Lv.3）に位置する要素項目はある程度類似していることも分かる。これは、これらの要素項目間の因果関係が解釈しやすいものであったためと考えられる。

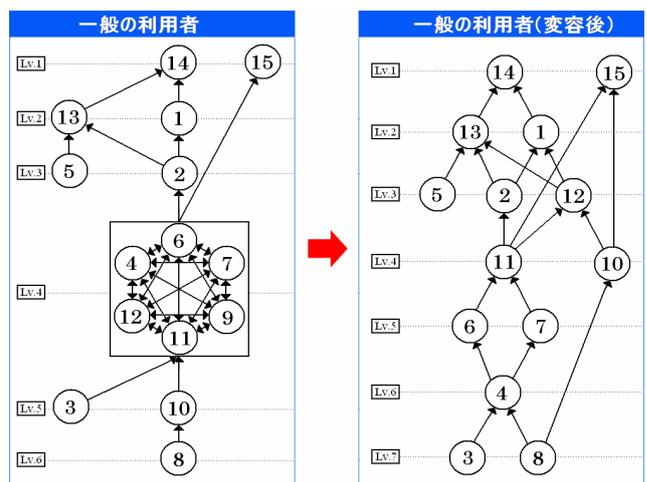
5. 意識構造からみた問題構造の明確化

利用者は、意識構造に並列的な階層が含まれているこ

とから、どの課題に対しても因果関係があると捉える傾向があるなど、自転車が安全に走行するために改善すべき課題を明確に捉えきれていないと考えられる。ここで、有識者の意識構造が理想的な自転車利用者の意識構造であると仮定したとき、一般の自転車利用者の意識構造をいかに有識者の意識構造へと変容させていくかが、今後の自転車問題の解決プロセスにとって重要である。そこで、利用者のもつ要素項目間の因果関係をより明確にさせ、有識者の意識構造へと変容させていくために、利用者にとって要素項目間の因果関係が不明確な課題を抽出する。

今回は、利用者の意識構造のうち並列的な関係を示している階層（Lv.4）の要素項目を抜き出して構造化するという操作を行った。その結果として構造が階層的に変容するのであれば、抜き出した要素項目が因果関係を複雑にする要因であり、利用者にとって因果関係が不明確な要素項目であると判断できる。図-2は「歩道上の放置自転車の解消（要素番号9）」を抜き出して構造化を行った例である。もとの並列的な階層（Lv.4）が分解され、階層的な意識構造に変容していることが分かる。この作業をLv.4内の各要素項目に対し行った結果、「歩道の幅員の整備（要素番号4）」及び「歩道上の放置自転車の解消（要素番号9）」の因果関係が不明確であることが明らかとなった。

このように意識構造の変容を可視化できることはISM法のメリットであり、以上の操作を議論の場に適用することで何が問題を複雑にさせているかを明らかにしながら議論を展開することが可能である。



※要素番号9を抜き出して構造化を行った場合(右図)
※ 図中の番号は表-2の要素番号に対応

図-2 利用者の意識構造の構造化変容の一例

6. 自転車安全走行における課題の体系化

(1) 要素項目の領域設定

有識者は要素項目間の因果関係が階層化され、自転車

が安全に走行するために改善すべき課題について明確に捉えていると考えられる。図-3に見られるように、課題の構造化はいくつかのまとまりに分類でき、今回は運轉行動に関する領域、視認性に関する領域、駐輪行動に関する領域、利用意識に関する領域と分類した。このように要素項目間の因果関係を視覚化し、要素項目の領域分けを行うことで、直接的な因果関係のみならず間接的な因果関係も同時に把握が可能となるため、問題構造をより客観的に把握することができる。

(2) 各要素項目の構成位置に着目した考察

意識構造図に描かれた矢印は、改善による要素項目間の因果関係を表したものであり、矢印の始点の要素項目の改善が矢印の終点の要素項目の改善に寄与していることを示している。したがって、下層部に位置する要素項目ほど、その要素項目を改善した際に他の要素項目への間接的な改善効果が高くなると判断できる。意識構造の結果を分析すると、「自歩道の幅員の整備（要素番号4）」は最下層に位置しており、他の要素項目への影響が最も強く間接的な改善効果が高いと考えられる。

一方、「交差点の形状の整備（要素番号3）」、「歩道の幅員の整備（要素番号4）」、「自歩道の走行路面の整備（要素番号5）」、「自歩道上を通行する自転車の交通ルールの制定（要素番号8）」、「自転車の性能に対する認識の確保（要素番号10）」そして「自転車保険への加入（要素番号15）」は他の要素項目に影響されない独立な要素項目であることが分かる。つまりこれらの要素項目は直接対策を行い改善していく必要がある。

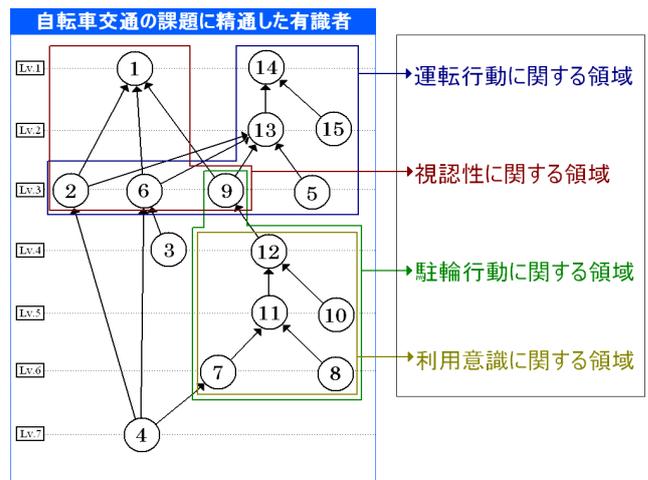
(3) 各領域の構成位置に着目した考察

次に領域全体に着目すると、利用意識に関する領域が各領域の中で最も下層部に位置していることが分かる。続いて、駐輪行動に関する領域は利用意識に関する領域と包含関係にあり、利用意識に関する領域の改善に影響を受けることが分かる。さらに運轉行動に関する領域及び視認性に関する領域は、駐輪行動に関する領域の改善に影響を受けるという全体の関係が把握できる。

また、各領域内の要素項目の構成に着目すると、各領域の改善プロセスを把握することができる。例えば利用意識に関する領域に着目すると、交通安全教室等で自転車利用者のマナーを改善しようとする場合、自転車の交通ルールや自転車の安全な速度・制動距離、さらには自転車の調整方法なども併せて説明し、自転車利用における正しい知識を与えることで、より良くマナーが改善されることが分かる。さらに、行政側としては自転車の交通ルールや道路標識に不備がないか、事前に検討し改善しておくことが望ましいことが分かる。

以上より、これまでは走行空間対策や放置自転車対策、

啓発活動等対策は単一的に実施される傾向であったが、このように、構造モデルを用いることでシステムチックな計画が可能となる。



※ 図中の番号は表-2の要素番号に対応

図-3 要素項目の領域設定

7. 改善難易度を考慮した解決プロセスの検討

(1) 制約条件の定義

6章では自転車安全走行に関わる課題の因果関係を体系的に把握した。しかし実際にこれらの課題の解決プロセスを検討する際、各課題が現実的に改善可能であるかを考慮する必要がある。そこで表-4に示すように、各要素項目に対し改善策の一例を設定した。

表-4 各要素項目に対する改善策の一例

要素番号	改善策の一例
1	反射材の配布 反射材に関するチラシ・パンフレット等の配布 交通安全運動、交通安全教室の実施
2	道路占用物件の適正化 道路占用に関するチラシ・パンフレット等の配布 歩道上の植樹の管理
3	交差点改良(右折レーン設置、車道拡幅)
4	自転車道、自転車レーンの整備 歩道の拡幅
5	歩道のバリアフリー化 歩道の維持補修
6	信号機の更新(LED化)、維持管理 道路照明の設置、維持補修、維持管理 防護柵の設置、維持補修 道路反射鏡の設置、維持補修
7	道路標識の設置、維持補修
8	条例の制定
9	自転車駐車場の整備、維持管理 放置自転車の撤去 ポスター・チラシ・パンフレット等配布による啓発活動の実施 交通安全運動、交通安全教室、自転車利用講習会の実施
10	ポスター・チラシ・パンフレット等配布による啓発活動の実施 交通安全運動、交通安全教室、自転車利用講習会の実施
11	同上
12	同上
13	同上
14	同上
15	同上

※要素番号は表-2と対応

次に、時間的制約・空間的制約・財政的制約を表-5のように定義し、この3つの制約条件から各要素項目の改善難易度をランク評価で表すことを試みる。

対象エリア及び対象路線の選定においては、都心部での歩行者・自転車の交通需要を考慮し、札幌市が交通バリアフリー化の必要性が高い地区として設定しているエリア⁹⁾を参考に設定した。これを図-4に示す。また、東京¹⁰⁾や京都¹¹⁾の自転車総合計画の計画期間を参考に対象年数を10年とした。

表-5 各制約の定義

時間的制約	各改善策に対し、対象エリアにおける今後10年間の需要量を満たすのに必要とする時間
空間的制約	各改善策に対し、対象エリアにおける今後10年間の需要量を満たすのに必要とする空間
財政的制約	各改善策に対し、対象エリアにおける今後10年間の需要量を満たすのに必要とする費用



図-4 対象エリア及び対象路線

(2) 制約度ランクの算出

設定した条件に基づき、札幌市¹²⁾や他の自治体が公表している数年間分の事業評価書を参考にして、各改善策に要する時間的制約・空間的制約・財政的制約を算出した。そして、算出した各要素項目の時間的制約・空間的制約・財政的制約に対し表-6に示す基準で点数をつけ、そして表-7に示す基準により、表-8のように各要素項目の制約度ランクを決定した。

求めた制約度ランクをもとに有識者の意識構造を色分けて示したものが図-5である。

表-6 各制約の得点基準

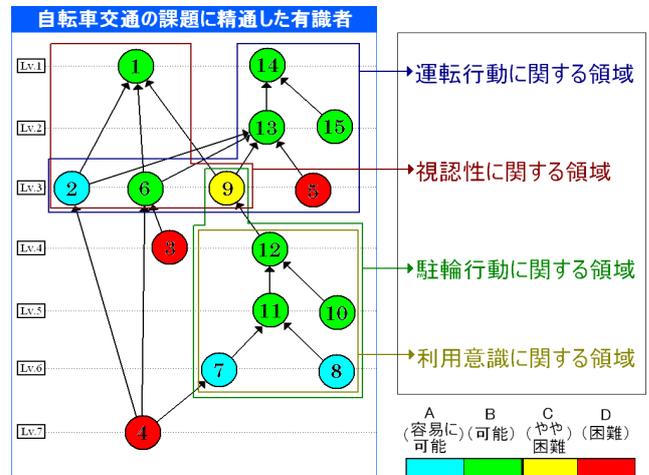
時間的制約	各改善策に対し、対象エリアにおける今後10年間の需要量を満たすのに必要とする時間
空間的制約	各改善策に対し、対象エリアにおける今後10年間の需要量を満たすのに必要とする空間
財政的制約	各改善策に対し、対象エリアにおける今後10年間の需要量を満たすのに必要とする費用

表-7 制約度ランクの基準

制約度ランク	内容	各要素項目の得点合計
A	容易に可能	0~2
B	可能	3~5
C	やや困難	6~8
D	困難	9~12

表-8 各要素項目の制約度ランク

要素番号	要素項目	制約度ランク
2	自歩道上の施設物の配置への配慮	A
7	自歩道上の道路標識(規制標識、警告標識等)の設置	A
8	自歩道上を通行する自転車の交通ルールの制定	A
1	自転車に対する歩行者の視認性の確保	B
6	交通安全施設(信号機、カーブミラー等)の設置	B
10	自転車の性能(速度、ブレーキ等)に対する認識の確保	B
11	自転車の交通ルール(自転車安全利用五則等)の認識の確保	B
12	自転車利用者のマナーの改善	B
13	自転車の挙動(不注意などに起因する運転操作の誤り等)の改善	B
14	自転車の危険運転(並列走行、右側走行等)の解消	B
15	自転車保険への加入	B
9	自歩道上の放置自転車の解消	C
3	交差点部の形状の整備	D
4	自歩道の幅員の整備	D
5	自歩道の走行路面(段差、ひび割れ等)の整備	D



※図中の番号は表-2の要素番号に対応

図-5 制約度ランクにを考慮した問題構造

(3) 課題の解決プロセスの検討

制約度ランクを導入することにより、改善難易度を考慮した解決プロセスが可能となった。図-6より、「交差点の形状の整備(要素番号3)」、「歩道の幅員の整備(要素番号4)」、「自歩道の走行路面の整備(要素番号5)」は制約度ランクがD(困難)であるため、対策を実施するには多くの時間と費用が必要でありかなりの困難が予想される。しかし、これらはいずれも独立的な要素項目であり、「歩道の幅員の整備(要素番号4)」は

最下層に位置した重要な要素項目である。そこでこれらの要素項目を改善する場合には、国のバックアップを含めた長期的な対策が必要であると考えられる。

間接的な改善効果と改善難易度を考慮すると、利用意識に関する領域の改善が最も効果的かつ現実的であることが分かる。特に「自歩道上の道路標識の設置（要素番号7）」、「自歩道上を通行する自転車の交通ルールの制定」はいずれも制約度ランクがA（容易に可能）であり、比較的容易に行える対策であることが示されている。続いてルールと標識の改善をベースに、6章で述べたような方法で自転車利用者のマナー改善を図ることで、利用意識に関する領域の改善が達成されていくものと考えられる。

一方、放置自転車問題は長年取り組まれてきた課題であり、解決が非常に困難なものとして捉えられているが、自転車利用者のマナーを改善することで放置自転車問題を解決へと導くことができると考えられる。

視認性及び運転行動に関する領域の改善には様々な切り口が存在するが、自歩道上の施設物の配置への配慮（要素番号2）は制約度ランクがA（容易に可能）であり、また視認性及び運転行動の双方の領域に改善効果が得られる対策である。

7. おわりに

本研究では、都心部の自歩道上での自転車・歩行者混在化における自転車利用に着目し、自転車の安全走行に関わる要素項目を抽出した。そしてISM法により、有識者と利用者の意識構造を視覚的に明らかにし、両者の課題の捉え方に違いがあることを明らかにした。

今後、自転車交通に対する施策を実施するにあたり、利用者の意識構造をより明確にすることが必要である。そこで、本研究の方法を用いることにより利用者の問題構造を明確化することで、ワークショップのツールやPIなどの合意形成ツールとして適用できると考えられる。また今回、各課題が現実的に改善可能であるかを考慮するため制約度ランクを導入し、課題の解決プロセスを検討した。その結果、標識や交通ルールの改善を検討しながら自転車利用者のマナー改善策を実施していくことが最も効果的かつ現実的であることが明らかになった。

今後の課題としては、利用者と有識者の意識構造の違いを生む要因について詳細な分析や、実際に利用者の意識を変容させる方法について検討が必要であると考えられる。また、自転車問題の全体像を把握するには、今回扱った自転車の安全走行のみでなく、歩行者の安全な通行に関する課題の整理や行政の街づくりにおける課題の整理といった観点からもアプローチしていく必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 警察庁HP：平成21年中の交通事故の発生状況、2010
- 2) 山中英生、田宮佳代子、山川仁、半田佳孝：自転車走行速度に着目した歩行者・自転車混合交通の評価基準、土木計画学研究・論文集、Vol. 18、No. 3、pp471-476、2001
- 3) 松崎純、中辻隆：自転車・歩行者混在交通における錯綜時の危険度評価に関する研究、土木計画学研究・講演集(CD-ROM)、Vol. 38、p. 92、2008
- 4) 小島洋平、森野増王、島崎敏一、下原祥平、長谷部知行：歩道上を走行する自転車の危険度評価、土木計画学研究・講演集(CD-ROM)、Vol. 38、p. 93、2008
- 5) 武田圭介、金子正洋、松本幸司：自転車事故発生状況の分析と事故防止のための設計方法の検討、土木計画学研究・講演集(CD-ROM)、Vol. 38、p. 94、2008
- 6) 山岡俊一、細川理絵、本田将大：歩行時と自転車運転時の危険行為に対する市民の意識分析、土木計画学研究・講演集(CD-ROM)、Vol. 35、p. 304、2007
- 7) 阿部剛志、川嶋雅章：持続可能なコミュニティサイクルシステムの構築と運営手法に関する研究、日本建築学会学術講演梗概集F-1 都市計画 建築経済・住宅問題、Vol. 2003、pp131-132、2003
- 8) 寺野寿郎：システム工学入門あいまい問題への挑戦、共立出版株式会社、pp103-120、1985
- 9) 札幌市総合交通計画部HP：特定事業計画「都心地区」、2003
- 10) 東京都中野区HP：中野区自転車利用総合計画(案)、2007
- 11) 京都市HP：京都市自転車総合計画、2000
- 12) 札幌市行政評価HP：評価結果の公表、2003-2009
- 13) 札幌市行政評価HP：平成20度自転車対策費、2008