

Title	道路空間の安全かつ包摂的な利活用に向けた計画手法に関する研究
Author(s)	砂川, 尊範
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/61717
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

博士学位論文

道路空間の安全かつ包摂的な利活用に
向けた計画手法に関する研究

砂 川 尊 範

2016年12月

大阪大学大学院工学研究科

論文内容の要旨

高度経済成長期以降、急速に増加する自動車交通量への対応から、自動車優先の道路整備が進められてきた。他方、高齢化の進行とともに増加する交通弱者への対応は軽視され、多様な道路利用者が存在する都市部では、道路空間の安全な利活用に深刻な問題を抱えている。人口減少とともに自動車交通量が減少に向かう今後の道路計画においては、量的な交通処理を優先する画一的な考え方から脱却し、地域活性化の観点から多様な道路利用者の参加の下、道路交通の質や沿道地域の状況に応じた柔軟な計画手法が求められる。海外の先進事例では、そうした柔軟な発想に基づく道路の種級区分再編の必要性が検討されているものの、具体的な計画手法は示されていない。本研究は、交通弱者にとってもユーザビリティが高い、安全かつ包摂的な利活用が可能な道路空間の計画手法および評価手法の構築、適用による改善策の提案を行ったものである。本論文は、以下の7章から構成されている。

第1章では、研究背景と現状の課題を整理するとともに、道路空間の安全かつ包摂的な利活用に向けた計画手法に関する既往研究を調査し、本研究の位置付けおよび研究目的を示した。

第2章では、道路空間の安全かつ包摂的な利活用のために、人間中心設計などで用いられるユーザビリティの概念が交通施設の計画・設計にも必要であることを示すとともに、多様な利用主体や利用状況に対応できる社会的ユーザビリティの概念を提示した。この社会的ユーザビリティは、既存のユーザビリティ概念の範囲を拡張し、利用主体の多様性、アクセシビリティおよび安全性を考慮した包摂的な概念である。さらに、社会的ユーザビリティの改善が急務とされる事例として、道路横断施設、自転車通行空間および歩行空間を取り上げ、それらの現状と問題の構図を示した。

第3章では、高齢者死亡事故において最も高い割合を占める道路横断時の問題を、横断施設の社会的ユーザビリティの観点から分析し、改善に向けた評価手法および計画手法を提案した。具体的には、道路空間内の利用主体間の優先順位付け（Priority）、歩行者の横断距離を短縮するとともに車両の走行挙動の自由度を制限するための道路空間のコンパクト化（Compact）、高エネルギー外傷を回避するための道路交通の低速化（Slow speed）の重要性を示し、三者を統合したPCSマネジメントの枠組みを構築した。さらに、PCSマネジメントと社会的ユーザビリティの評価指標との対応付けを行い、道路空間の改善手順を明らかにした。本手法を、第4章で道路横断施設、第5章で自転車通行空間、第6章で歩行空間に適用し、総合的な社会的ユーザビリティの改善策を提案した。

第4章では、高齢者死亡事故率が全国最悪水準の地域において、第3章で構築した評価手法および計画手法を道路横断施設に適用し改善策を提案した。まず、既設の横断歩道橋のユーザビリティの低さおよび周辺の平面横断歩道へのアクセシビリティの低さに起因して、高齢者は指定場所以外での乱横断行為を選択しているとの構図を明らかにした。次に、道路利用者の意識の共分散構造分析に基づき、道路空間において高齢歩行者が最優先されるべき交通弱者と認識されていない実態と共に高齢者側の交通弱者としての自覚の低さを把握した。さらに、PCSマネジメントに沿って高齢者の歩行を優先するための道路空間のコンパクト化および道路交通の低速化を図るための計画代替案を示した。

第5章では、急増している自転車交通事故への対応として、安全で快適な自転車通行空間を創出するための改善方法を提案した。近年の法改正により車道通行の原則が強化された自転車の歩道通行理由を明らかにするため、心拍変動データを活用して様々な走行空間の下での安全性および快適性に関する評価を行った。その結果、現状の道路環境下で、車道上の通行空間は歩道上の通行空間に比べ社会的ユーザビリティが低いことを検証し、その改善のためには車道空間における自転車優先の明確化と道路交通の静穏化とを組み合わせた新たな道路運用策が必要であると結論付けた。

第6章では、道路の維持管理水準の引下げがもたらすユーザビリティの低下に焦点を当て、特に道路利用者としての歩行者の行動に及ぼす影響を分析した。従来のような日常的な維持管理が困難となる中、落ち葉やごみに関わる歩道管理状態が歩行者の心理および行動に与える影響を心拍変動や行動モニタリングから定量的に把握し、安全で快適に歩行可能な空間確保のための適切な維持管理のタイミングを示した。また、社会的ユーザビリティを低下させないために、狭隘な歩行空間における歩行者優先の徹底および同空間内で錯綜を生む自転車の低速走行の必要性を指摘した。

第7章では、本研究で得られた成果と課題を総括し、本論文の結論とした。

目次

第1章 序論.....	1
1.1 研究の背景	1
1.2 研究の目的	2
1.3 研究の構成と内容.....	4
第2章 道路空間の安全かつ包摂的な利活用の必要性	7
2.1 はじめに.....	7
2.2 安全かつ包摂的な利活用と社会的ユーザビリティの関係性	7
2.2.1 ユーザビリティの定義と特徴.....	7
2.2.2 社会的ユーザビリティと安全かつ包摂的な利活用の関係性	13
2.3 道路空間における社会的ユーザビリティの必要性と問題の構図	15
2.3.1 ユーザビリティの導入状況と道路計画における必要性.....	15
2.3.2 社会的ユーザビリティの改善が必要な道路空間における現状と問題の構図.....	19
2.4 まとめ	24
第3章 道路空間の安全かつ包摂的な利活用に向けた計画および評価手法	28
3.1 はじめに.....	28
3.2 社会的ユーザビリティの改善に向けた PCS マネジメント	28
3.2.1 道路機能に応じた交通手段のプライオリティ	28
3.2.2 交通弱者の側面からみた各道路横断方法の特徴.....	31
3.2.3 道路空間における社会的ユーザビリティの改善手順	32
3.3 PCS マネジメントに関する評価手法	36
3.3.1 評価要素と評価指標の設定	36
3.3.2 評価要素・指標に基づく PCS マネジメントの評価.....	37
3.4 まとめ	38
第4章 ユーザビリティ向上が必要とされる道路横断施設への適用.....	41
4.1 はじめに.....	41
4.2 香川県における道路横断の現状と問題	41
4.3 道路横断施設の利用実態と道路横断ニーズの把握	46
4.3.1 調査概要.....	46
4.3.2 横断実態調査	48
4.3.3 横断歩道橋利用者へのヒアリング調査	52
4.3.4 周辺地域住民へのアンケート調査.....	53
4.4 道路横断ニーズを踏まえた安全な横断方法への改善	57
4.4.1 道路横断における PCS の関係性の検証	57
4.4.2 道路横断施設の問題解決に向けた PCS マネジメント	60
4.5 まとめ	61

第5章 ユーザビリティ向上が必要とされる自転車通行空間への適用	64
5.1 はじめに	64
5.2 自転車通行の現状と問題	64
5.3 自転車通行空間の安全性・快適性評価手法の構築	68
5.3.1 既往研究のレビュー	68
5.3.2 安全性・快適性評価手法の構築	69
5.4 心理的負担による自転車通行空間評価	72
5.4.1 自転車利用者通行実態調査	72
5.4.2 調査結果に基づく空間評価	75
5.5 自転車通行空間の問題解決に向けた PCS マネジメント	80
5.6 まとめ	82
第6章 ユーザビリティ向上が必要とされる歩行空間への適用	86
6.1 はじめに	86
6.2 自転車歩行者道における歩行の現状と問題	86
6.3 自転車歩行者道歩行時の安全性および快適性評価手法の構築	88
6.3.1 既往研究のレビュー	88
6.3.2 安全性・快適性評価手法の構築	90
6.4 歩行時の安全性および快適性評価	91
6.4.1 歩道清掃状態の影響に関する調査と安全性および快適性評価	91
6.4.2 歩道清掃基準に関する考察	102
6.5 歩行空間の問題解決に向けた PCS マネジメント	104
6.6 まとめ	105
第7章 結論	109
7.1 まとめ	109
7.2 今後の課題	111
本研究に関連した公表論文一覧	114
謝辞	116

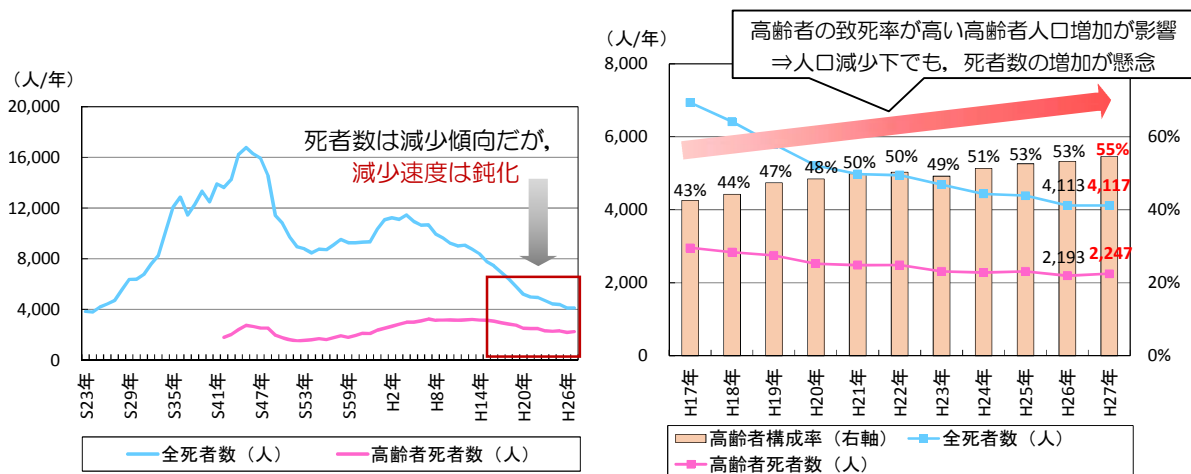
第1章 序論

1.1 研究の背景

高度経済成長期以降、急速に増加する自動車交通量への対応として、自動車優先の道路整備が進められてきた。他方、今後も増加が予測される高齢者、また歩行者や自転車などの交通弱者を重視した道路整備は軽視され、多様な道路利用者が存在する都市部では、道路を安全に利用しにくいといった問題が生じている。量的不足の解消を目的とし、道路を「つくる」ことに重点を置いてきたため、完成した道路を有効に「使う」観点の軽視されてきた面は否定できない。例えば、道路を効率的に「つくる」ための制度は種々導入されてきたが、できた道路を「賢く使う」ための制度は十分に議論されていないのが現状である。また、用途を道路に限定していた道路特定財源制度のもとで、道路沿道のまちづくりとの連携施策に取り組み、交通結節点の整備などの他の交通モードの連携も、難しい面もあったのが事実である。

一定の道路ストックが形成された現在、市民のニーズは新たな道路の供給から、今ここにある道路の改善にステージを移行している。今後は、交通弱者の交通状況や利用しやすさを踏まえた施設やインフラを整備していく必要がある。そして供給するだけの Plan (計画) -Do (実践) -See (検証) 型ではなく、交通弱者などの道路利用者のニーズを的確に把握した上での Plan (計画) -Do (実行) -Check (検証) -Action (改善) 型の政策運営を、すなわち「改善」を徹底することが求められている。

道路は、自動車のためだけのものではない。特に都市部の道路では、高齢者や障害者、歩行者など多様な道路利用者が存在しており、自動車以外の道路利用者も安全・安心に共存できる環境整備が不可欠である。図 1-1 に交通事故死者数の推移を示す。わが国の交通事故死者数の推移は減少傾向にあるものの、減少速度は鈍化し、平成 27 年には 15 年ぶりに増加傾向に転じている¹⁾。一方、年齢別では、高齢者の割合が 55%と半数以上を占めており、非高齢者に比べて致死率が 6 倍以上であること、高齢者人口の増加が一因であることが推察され、今後の人口減少下においても死者数の増加が懸念される。

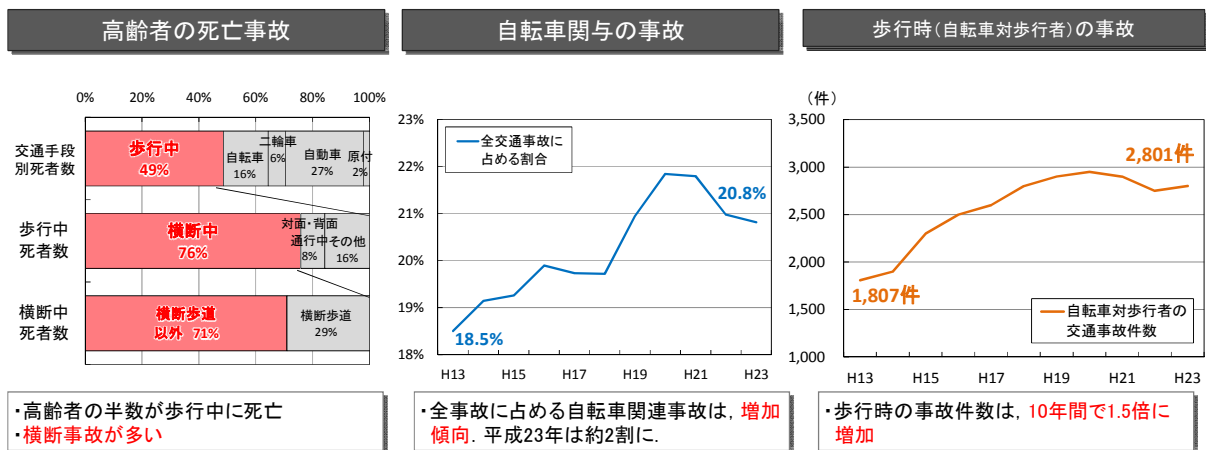


出典：平成 27 年中の交通事故の発生状況（警察庁）

図 1-1 交通事故死者数の推移

交通弱者に関する事故発生状況を図 1-2 に示す。高齢者の死亡事故は半数が歩行中、そのうち 8 割弱が横断中、そのうち 7 割が乱横断²⁾と道路横断における安全性の確保が喫緊の課題である。また、自転車や歩行者交通についても、全事故に占める自転車関連事故の増加や歩行時の事故件数が 10 年間で 1.5 倍に増加と、自転車通行空間や歩行空間における交通弱者の安全性も深刻な問題となっている。

こうした交通弱者に関する問題を解決していくため、現状の道路空間において、安易な横断歩道の設置や自転車通行空間の確保では、十分な対策とは言えない。道路横断においては、安全性の高い横断方法として、自動車と横断者を空間分離する横断歩道橋が挙げられるが、横断歩道橋が設置されている道路空間においても交通事故が発生している。こうした事故の発生は、自転車通行空間や歩行空間も同様である。それぞれ通行空間が確保されている道路空間であるにも関わらず、事故が発生しており、ハード施策による道路の供給だけでは安全性が確保できないことは言うまでもない。対象とする道路空間の中で、交通弱者が置かれている状況や利用ニーズを踏まえ、交通弱者の視点にたった利用しやすい道路空間を構築していくことが、安全性の確保に繋がると考える。



・高齢者の半数が歩行中に死亡
・横断事故が多い

・全事故に占める自転車関連事故は、増加傾向。平成23年は約2割に。

・歩行時の事故件数は、10年間で1.5倍に増加

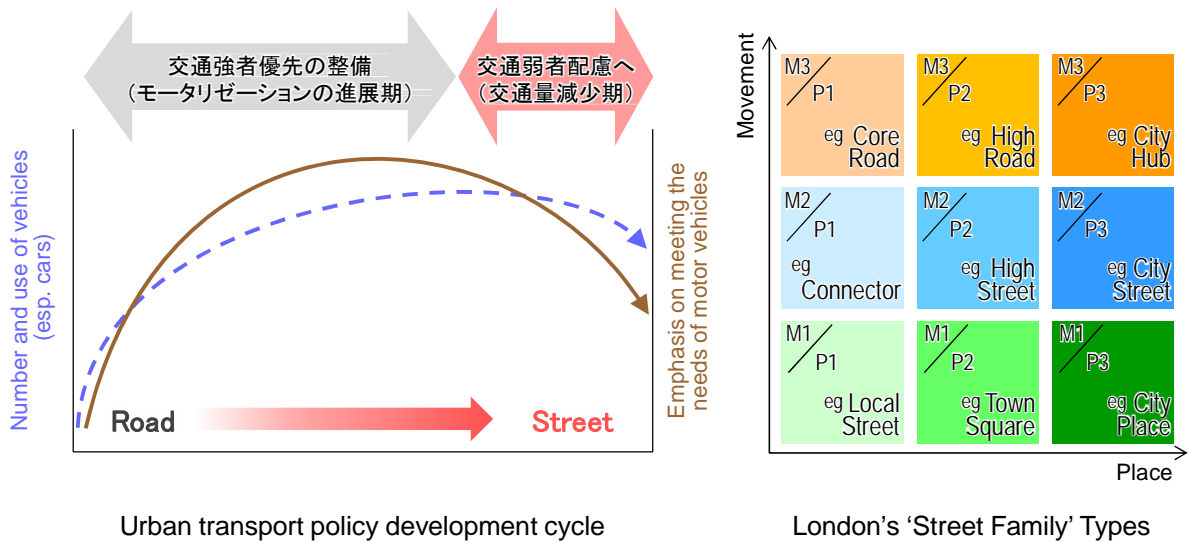
出典：道路の交通に関する統計（警察庁），平成 26 年

図 1-2 交通弱者に関する事故発生状況

1.2 研究の目的

海外では、Peter Jones ら³⁾が、ロンドン为例として、図 1-3 に示すような道路計画における新たなパラダイムを提案している。具体には、社会構造の変化を踏まえ、自動車以外の交通手段における空間確保、すなわち交通弱者における道路の利用しやすさの重要性を指摘した、新しい種級区分を提案している。社会構造は大きく 3 つのステージに分類される。第 1 ステージでは、社会経済発展に伴うモータリゼーションの進展への対応として自動車優先の道路整備が必要とされる。一方、歩行者や自転車などに関する道路整備は、財源制約の関係から軽視される。第 2 ステージは、急増する自動車を要因として環境負荷が問題視され、自動車から歩行者、自転車などの環境負荷の小さい交通手段に転換する時期である。第 3 ステージは、自動車から歩行者や自転車などの交通手段への転換に対応するため、道路空間再配分などによる交通弱者優先の道路整

備を進めていく時期である。東京のような都心部は第3ステージであるとし、交通弱者優先の道路空間整備の必要性が指摘されている。種級区分の考え方は、縦軸に量的視点の **movement**、横軸に質的視点の **place** を取り、そのマトリックスによって区分する方法で、歩行者や自転車などの交通弱者への配慮を行うものである。しかしながら、既往研究では、先に述べた種級区分による交通弱者への配慮を指摘し、考え方の提示に留まっており、具体的な計画手法の提案には至っていない。



出典：Evolution of urban transport policies International comparisons, Presentation to the IATSS GIFTS Workshop, 2015.11.

図 1-3 道路計画における新たなパラダイム

また、国内においても、道路機能に関する研究において質の重要性が指摘されているが、その質を確保するための具体的手法は述べられていない。道路計画のベースとなる現在の道路構造令では、道路に求める機能を交通機能と空間機能としている。その中で道路の幾何構造の基本となる種級区分は、「自動車交通量」、「道路の種類」、「道路の存する地域の地形」により区分すると明記しているものの、空間機能に基づく区分軸は設定されておらず、交通機能を重視する傾向にある⁴⁾。中村ら^{5) 6) 7)}は、自動車を対象として、道路の階層を交通機能と都市や拠点間の連絡スケールによる区分に基づき性能目標を設定し、それを満足する性能照査型道路計画手法の重要性を指摘している。また、道路の性能を考える上では、自転車や歩行者などの多様な利用主体の観点が必要であるとし、今後の課題としている。下川ら⁸⁾は、今後の厳しい財政状況下で量的拡大から質的充足を実現するためには、目標とするサービス水準を設定して、それを満足する道路投資を行う性能設計が効果的・効率的であることを指摘し、解決策の自由度が高いことなど性能設計の意義を述べるに留まっている。

人口減少とともに自動車交通量が減少に向かう今後の道路計画においては、量的な交通処理を優先する画一的な考え方から脱却し、地域活性化の観点から多様な道路利用者の参加の下、道路交通の質や沿道地域の状況に応じた柔軟な計画手法が求められる。本研究は、既往研究の成果を

踏まえ、交通弱者にとってもユーザビリティが高い、安全かつ包摂的な利活用が可能な道路空間の計画手法および評価手法の構築、適用による改善策の提案を行ったものである。

1.3 研究の構成と内容

本研究は、図 1-4 に示すように、全 7 章から構成されている。第 2 章以降の構成は、以下のとおりである。

第 2 章では、道路空間の安全かつ包摂的な利活用のために、人間中心設計などで用いられるユーザビリティの概念が交通施設の計画・設計にも必要であることを示すとともに、多様な利用主体や利用状況に対応できる社会的ユーザビリティの概念を提示する。さらに、社会的ユーザビリティの改善が急務とされる事例として、道路横断施設、自転車通行空間および歩行空間を取り上げ、それらの現状と問題の構図を示す。

第 3 章では、高齢者死亡事故において最も高い割合を占める道路横断時の問題を、横断施設の社会的ユーザビリティの観点から分析し、改善に向けた評価手法および計画手法を提案する。具体的には、道路空間内の利用主体間の優先順位付け (Priority)、歩行者の横断距離を短縮するとともに車両の走行挙動の自由度を制限するための道路空間のコンパクト化 (Compact)、高エネルギー外傷を回避するための道路交通の低速化 (Slow speed) の重要性を示し、三者を統合した PCS マネジメントの枠組みを構築する。さらに、PCS マネジメントと社会的ユーザビリティの評価指標との対応付けを行い、道路空間の改善手順を明らかにする。

第 3 章で構築した評価手法および計画手法を、第 4 章で道路横断施設、第 5 章で自転車通行空間、第 6 章で歩行空間に適用し、総合的な社会的ユーザビリティの改善策を提案する。

第 4 章では、高齢者死亡事故率が全国最悪水準の地域において、評価手法および計画手法を道路横断施設に適用し改善策を提案する。

第 4 章では、高齢者死亡事故率が全国最悪水準にある地域の横断歩道橋において、高齢者は、横断歩道橋を利用困難な故に乱横断事故を招くことを明かにした上で、道路利用者の意識の共分散構造分析を実施し、道路空間における課題を明確化する。さらに、PCS マネジメントの観点から、社会的ユーザビリティ改善に向けた改善策を提案する。

第 5 章では、急増している自転車交通事故への対応として、安全で快適な自転車通行空間を創出するため、原則車道通行である自転車の歩道通行理由を明かにする。リアルタイムでデータの取得が可能な心拍データにより安全性および快適性評価を行い、PCS マネジメントの観点から道路空間再構築の方向性を示す。

第 6 章では、道路の維持管理水準の引下げがもたらすユーザビリティの低下に焦点を当て、特に道路利用者としての歩行者の行動に及ぼす影響を分析する。適切な清掃時期を明らかにするために歩行調査を実施し、歩行行動による安全性および快適性の評価から、歩道清掃のタイミングを把握する。さらに、PCS マネジメントの観点から道路空間再構築の方向性を示した。

最後に、第 7 章において、本研究の成果と残された課題についてまとめる。

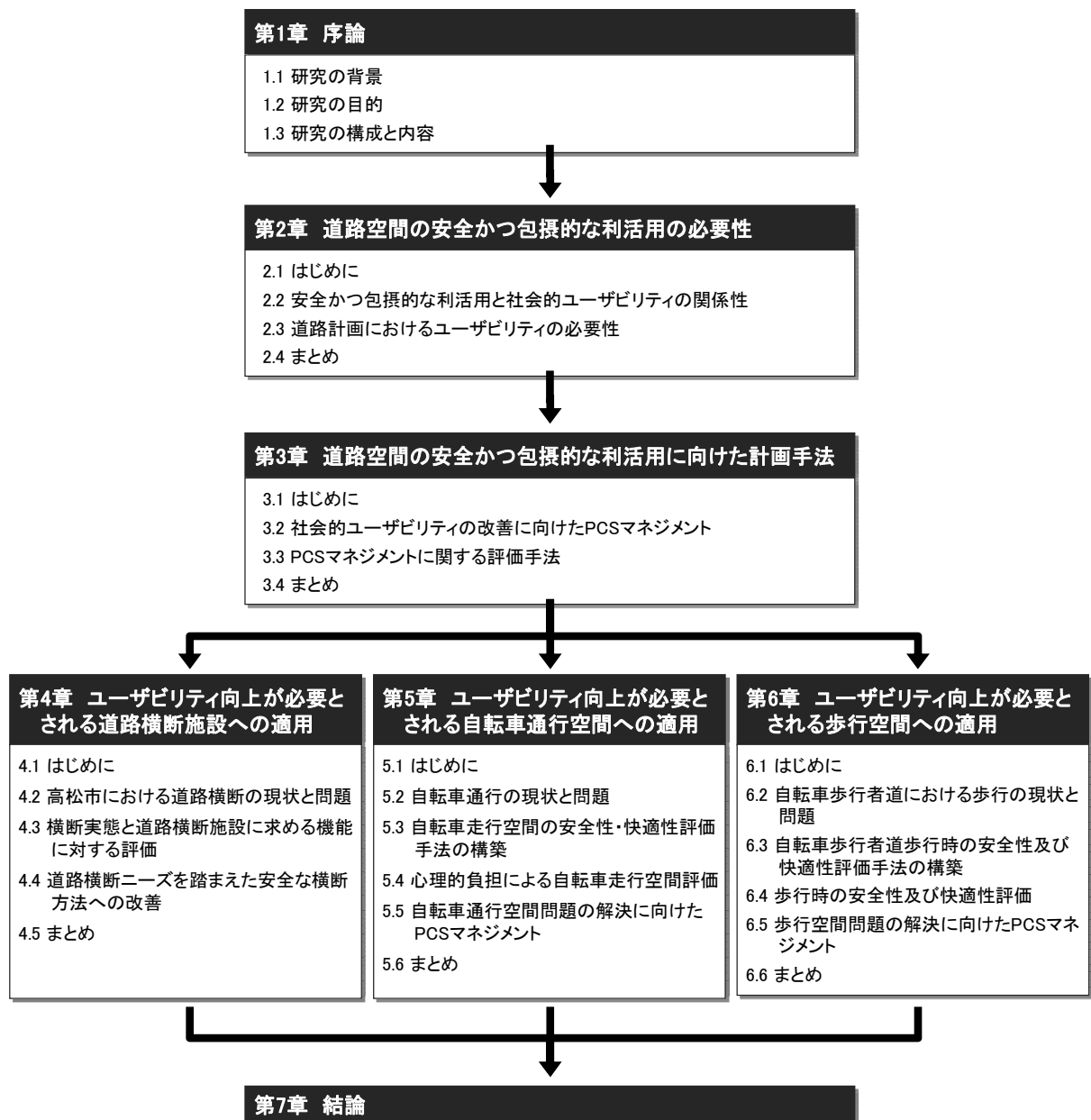


図 1-4 本論文の全体構成

【参考文献】

- 1) 警察庁：平成 27 年中の交通事故の発生状況.
- 2) 警察庁：道路の交通に関する統計，2014.
- 3) Prof Peter Jones：Evolution of urban transport policies：International comparisons, Presentation to the IATSS GIFTS Workshop, November 2015.
- 4) 社団法人日本道路協会：道路構造令の解説と運用，2015.6.
- 5) 中村英樹，大口敬，森田綽之，尾崎晴男：機能に対応した道路幾何構造設計のための道路階層区分の試案，土木計画学研究・講演集，CD-ROM, Vol. 31, 2005.
- 6) 中村英樹，大口敬：性能照査型道路計画設計の導入に向けて，土木学会論文集 D3, Vol. 67, No. 3, pp. 195-202, 2011.
- 7) 一般社団法人交通工学研究会：H24～26 年度基幹研究課題「道路の交通容量とサービスの質に関する研究」最終成果報告書，2015.
- 8) 下川澄雄，内海泰輔，野中康弘，中村英樹，大口敬：道路の階層区分を考慮した性能照査手法の意義と課題，土木計画学研究・講演集，CD-ROM, Vol. 45, 2012.6.

第2章 道路空間の安全かつ包摂的な利活用の必要性

2.1 はじめに

従来の道路整備は、量的不足の解消を目的とし、自動車優先の道路を「つくる」ことに重点を置いてきたため、完成した道路を有効に「使う」観点が軽視されてきた。また、自動車優先の道路整備により、高齢化の進行とともに増加する交通弱者への対応とした道路整備は軽視され、多様な道路利用者が存在する都市部では、道路空間の安全な利活用に関する問題が生じている。そのため、今後は、交通弱者にとってもユーザビリティの高い、安全かつ包摂的な利活用が可能な道路空間の構築が求められる。

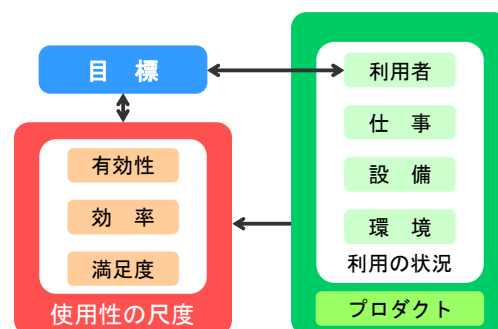
本章では、道路空間の安全かつ包摂的な利活用のために、人間中心設計などで用いられるユーザビリティの概念が交通施設の計画・設計にも必要であることを示すとともに、多様な利用主体や利用状況に対応できる社会的ユーザビリティの概念を提示している。まず、既往のユーザビリティの定義と特徴について整理した上で、交通弱者などの多様な利用者が存在する道路空間に用いるためにユーザビリティの定義を拡張し、プロダクトデザインの考え方を踏まえ、ユーザビリティ、セフティ、アクセシビリティの3要素を社会的ユーザビリティと定義する。次に、利用者の多様化を考慮しながら、長期にわたるユーザビリティの継続的評価の必要性について述べる。さらに、ユーザビリティの改善が急務とされる道路空間の典型例として道路横断施設を取り上げ、現状と問題の構図を示すとともに、安全かつ包摂的な利活用が可能とするための求められる道路横断の方向性について考察する。

2.2 安全かつ包摂的な利活用と社会的ユーザビリティの関係性

2.2.1 ユーザビリティの定義と特徴

(1) ユーザビリティの概念

ユーザビリティは、1998年にISO-93411が定義しており、その内容が世界標準として用いられている。ユーザビリティは、「特定の利用者によって、あるプロダクトが指定された目標を達成するために用いられる際の、有効さ、効率および利用者の満足度の度合い」と定義されており、我が国ではJISZ8521として規定されている。この中で定められているユーザビリティの枠組みと指標を図2-1に示す¹⁾。ここで言う「有効性」とは、利用者が、指定さ



出典：ユーザビリティに関する標準規格定義に用いられる用語の解説と関係性

図 2-1 ユーザビリティの枠組み

表 2-1 ユーザビリティの枠組み内の項目の定義

項目	定義
有効性 (effectiveness)	利用者が指定された目標を達成する上での正確さおよび完全さ
効率 (efficiency)	利用者が目標を達成する際に正確さと完全さに関連して費やした資源
満足度 (satisfaction)	不快さのないこと、および製品仕様に対する肯定的な態度
利用の状況 (Context of use)	製品が使用される物理的および社会的環境

出典：ユーザビリティに関する標準規格定義に用いられる用語の解説と関係性

れた目標を達成する上での正確さおよび完全さ、「効率」とは利用者が、目標を達成する際に正確さと完全さに関連して費やした資源、「満足度」とは、不快さのないこと、およびプロダクト仕様に対する肯定的な態度、「利用の状況」とは、利用者、仕事、設備、ならびに製品が利用される物理的および社会的環境を示している（表 2-1）。

この定義には、ISO13407 を始めとする様々なユーザビリティに関する規格がある。ISO13407 は、「ヒューマンセンタードデザイン（人間中心設計）」に関するもので、ユーザーと製品との間に、双方向的な対話型のやり取りが発生するコンピュータシステムであるインタラクティブシステムにおいて、ユーザーにとって使いやすい製品を開発するために必要な設計プロセスの説明がされている。

(2) 人間中心設計

ユーザビリティの概念は、Donald A. Norman²⁾ によって初めて明確化された。Norman は、利用者の認知的な側面を考慮したデザインの必要性について、利用者にとって理解可能であるばかりか誤解や誤動作を起こさないように、デザインすべきという人間中心設計のアプローチを提唱した。この中で、システムとユーザーとの認知的な相互関係に注目した認知工学を提唱し、よりよいデザインを実現させるための方向性として、人間中心設計の必要性と重要性を指摘している。一方、Jakob Nielsen³⁾ は、ユーザビリティ工学という分野を提唱し、方法論の整備を行った。人間工学のタスク分析や認知工学のプロトコル解析、感性工学の印象解析など、母体となった領域での方法論も盛んに利用されたが、ユーザビリティテストやインスペクション法などの手法が開発され現場で利用されるようになった。しかしながら、この時期におけるユーザビリティ工学のアプローチは評価を中心としたものであり、必ずしも幅広い関係者に賛同をもって受け入れられることがなく、設計開発システムの中で有効に作用することが少なかった。評価を行って問題点を確認することは重要であるが、評価を中心としたユーザビリティ活動には、次のような問題点がある⁴⁾。

- ①設計者やデザイナーにとってみれば、自分が一生懸命考えたものを否定されることになり、ユーザビリティ活動にネガティブな印象を受ける。
- ②評価により改善される事柄はマイナーな点が多く、ユーザーに見える商品性においては重要とされず、結果的にユーザビリティ活動は利益につながりにくいと判断される。
- ③重要な問題点は改善のために大幅な設計変更を要することが多く、改善は次回まわしとなり、結果として問題を含んだままの製品が市場に出まわってしまうことになる。

④評価アプローチは改善型アプローチであり、製品の本質的価値や魅力を作りださないと
いう見方がなされ、ユーザビリティは利益につながらないという誤解を広めた。

こうした状況への反省として、ユーザビリティは、評価を中心としたものから、より上流
工程にさかのぼり、ユーザーの要求や利用状況についての的確に理解し、製品のあり方、コン
セプトそのものなどを根本的に検討することに重点を置くという考え方がでてきた。

2000年代には、Spool⁵⁾らによりウェブユーザビリティの分野が急速に発展した。ウェブ
においては、ユーザビリティが特に重要視される。商業目的のサイトや企業サイトにおいて
は、訪れたユーザーを引き留め、さらに深く検索をさせることが利益に直結すると考えられ
た。このウェブに関するユーザビリティの普及は、ユーザビリティそのものに関する関心を
社会に広める結果になったと言える。

また、高齢者の増加に伴い、ユニバーサルデザインの動きが活性化してきたことも、ユー
ザビリティへの関心を高めることになった。ユニバーサルデザインは、ある意味では理念で
あり、それを実践するためにはユーザビリティの方法論が利用されている。そうした意味で、
ユニバーサルデザインは、ユーザビリティと密接な関係にあると言える。

こうした形で、2000年代のユーザビリティ活動は、専門家が概念や方法論を整備し、情報
化社会・高齢化社会といった社会背景を踏まえながら発展していった。先に述べたユーザビ
リティが利益に結びつかないという誤解は、ユーザビリティ概念の変化とともに解消される
ようになり、一転して品質の向上が重要であると考えられるようになった。このように、ユ
ーザビリティに関する話題が増えると、それまでは評価型ユーザビリティ活動に対して否定的
・消極的な見方をしていた経営者や管理者なども、ユーザビリティの重要性を認識し、そ
れを取り入れるようになってきている。

一般に、品質向上といっても、品質の内容には様々なものがある。品質管理や品質保証の
分野では、従来から利用品質、もしくは使用品質という言葉が存在し、ユーザビリティに近
い問題意識で使われていた。開発プロセスを例に具体的に示すと、初期の段階には企画品質、
次に設計品質、製造品質、さらにユーザーの手に渡ってからの利用品質、というように品質
が分類できる。この中で、利用品質については、他の品質と比べ、必ずしも明確に位置づけ
られておらず、その指標化も十分にされていなかった。

2001年、国際規格となったISO/IEC 9126-1:2001 (JIS X 0129-1:2003) は、ソフトウェ
アの品質全般を扱ったものであり、その品質特性を図 2-2 に示す。ユーザビリティは、「指
定された条件の下で利用するとき、理解、習得、利用でき、利用者にとって魅力的であるソ
フトウェア製品の能力」と定義され、理解性、習得性などを下位に位置づけている。ただ、
現在のユーザビリティの観点からすると、ユーザビリティの全体的な概念範囲を含まれてい
ない。先に述べたISO-13407とは異なり、効率性は含まれず、独立の概念と位置づけられて
いる。また、機能性や信頼性についても、ユーザビリティと関連性が深いと考えられるが含
まれていない点が特徴である。

こうした中、Jakob Nielsen⁶⁾ は、ユーザビリティ概念の整理を行った (図 2-3)。ユーザ
ビリティは、ユーティリティとともに、ユースフルネスという概念を構成し、それはコスト
や互換性、信頼性、安全性などとともに実用的な需要可能性に含まれ、さらに、システムの



図 2-2 ISO/IEC 9126 の品質特性

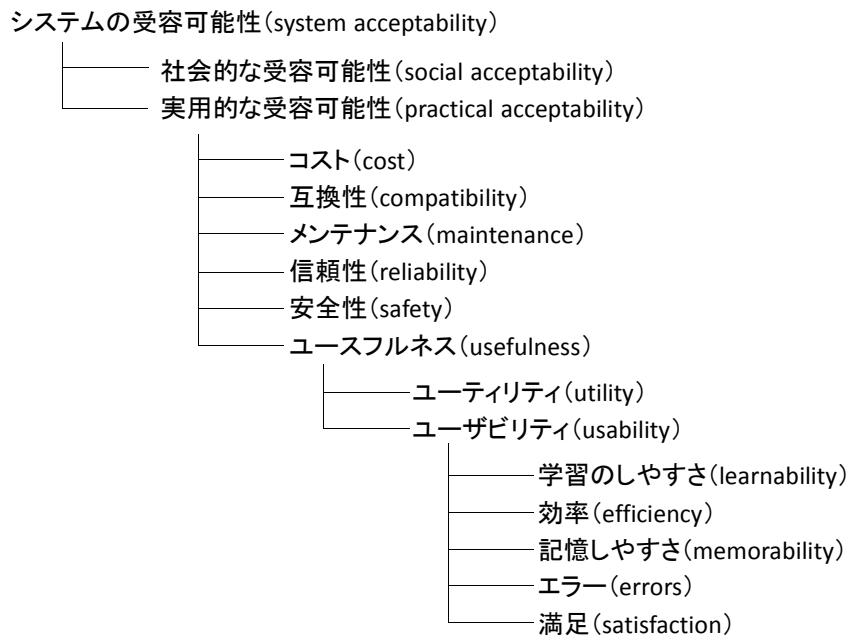


図 2-3 Nielsen が定義したユーザビリティの体系

需要可能性に含まれるという体系である。一方、ユーザビリティは、「学習のしやすさ」「効率性」「記憶しやすさ」「エラー」「主観的満足度」の5つのユーザビリティ特性からなる多角的な構成要素から構成される。それぞれのインターフェースの特徴は、表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 ユーザビリティの特性と内容

特性項目	内容
学習しやすさ	ユーザーがそれを使ってすぐ作業を始められるよう、簡単に学習できるようにすべき
効率性	ユーザーがそれについて学習すれば、後は高い生産性を上げられるよう、効率的な使用を可能にすべき
記憶しやすさ	不定期利用のユーザーがしばらく使わなくても、再び使うときに直ぐに使えるよう、覚えやすくすべき
エラー	エラー発生率を低くし、ユーザーがシステム使用中にエラーを起こしにくく、エラー発生時には簡単に回復できるようにすべき。致命的エラーが起こってはいけない
主観的満足度	ユーザーが個人的に満足できるよう、また好きになるよう楽しく利用できるようにすべき

Nielsen は、ユーザーが望む機能をシステムが満たしているかどうかはユーティリティの問題であるとして、ユーザビリティとユーティリティを区別しているのが特徴である。製品の使い勝手を、ユーティリティとユーザビリティの二つの側面から構成し、ユーティリティは、機能、性能のことであり、使い手にとって製品のプラス面がどれだけ高いかを示す。一方、ユーザビリティは、使いにくさ、わかりにくさなどマイナス面がどれだけ小さいかを示すものとされてきた。これまでの製品開発は、一般的に如何に高いユーティリティを持つかに多くの力が注がれてきたが、その競争の結果、ユーティリティは非常に高いものの、その機能、性能を使えない、使い切れない製品があふれることとなっているのが現状である。そこで、ユーティリティの高さとともに、高いユーザビリティを持つ製品が求められている。このユーティリティを内包する概念として、ISO-13407 の定義が広く用いられるようになっている。

こうしたことから、Nielsen が定義したユーザビリティはスモールユーザビリティと言われる。これに対し、ISO-13407 で定義されたユーザビリティは、ユーティリティを含めて考えているためビッグユーザビリティと呼ばれる。これは、Nielsen の定義でいうところのユースフルネスに対応する考え方である。

また、Nielsen⁷⁾ は、ユーザビリティを評価する方法であるヒューリスティック評価法について提案している。同手法は、ユーザビリティの専門家がその経験と直感的洞察にもとづいて、インターフェースの問題点を抽出する方法であり、実ユーザーを使わずにユーザビリティ評価を行うものである。その中でも、ユーザビリティテストは、被験者が課題を実行する過程を観察して、被験者の行動や発話からユーザーインターフェース上の問題点を発見する評価手法であり、現在でも現場で多く利用されており、人間中心設計をする上でのプロセスとして活かされている。現在の人間中心設計とは、設計思想の1つとなっており、Karen Holtzblatt の「Contextual Design／文脈的質問」⁸⁾、Alan Cooper の「Goal-Directed design

／目標主導型設計」⁹⁾ や、Jakob Nielsen の「discount Usability／定量調査」¹⁰⁾ は、人間中心設計の手法を示している。

これらの方法には骨格となる共通パターンがあり、図 2-4 に示すプロセスとなる。人間中心設計の第一歩はユーザー調査であり、ユーザーを観察しインタビューすることにより、ユーザーの具体的な利用状況を把握したうえで、潜在的なユーザーニーズまで探索する必要がある。次には、それらのユーザーニーズを実現する方法を考える必要がある、設計チームのアイデアをいきなり実装するのではなく、まず簡単なプロトタイプを作成して、ユーザーにプロトタイプを使用してもらい、そのアイデアの有効性を評価する必要がある。その評価の結果で、ユーザーニーズを満たしていない個所が明らかになればプロトタイプを修正する。そして、改めてユーザーにプロトタイプを使ってもらい、改善案が有効であったかどうか評価する。その後も、評価と改善を繰り返しながら、少しずつ完成度を上げていくものである。

このように人間中心設計は、ユーザー行動の分析についてユーザー自身が分析と評価を行った結果であり、オールユーザーを参加させスパイラル方式により完成度を高めて行くことが重要である。

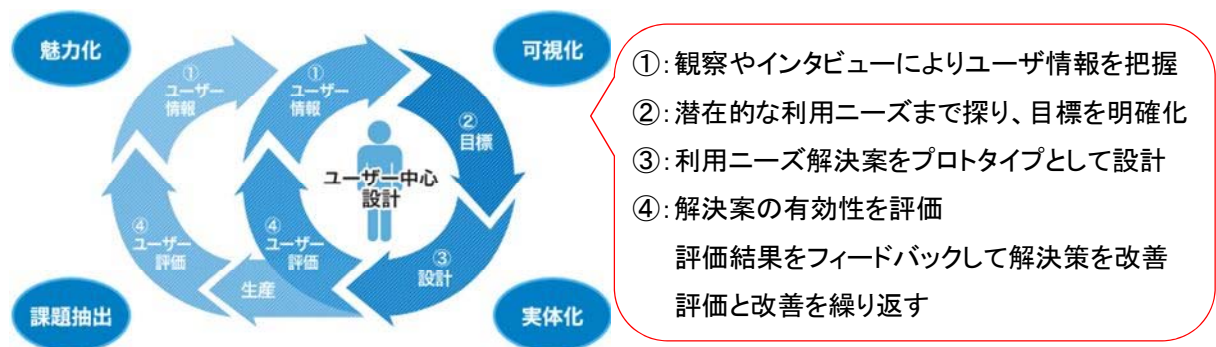


図 2-4 人間中心設計のプロセス

人間中心設計で重要な視点が個人差である。多様な個人が存在する中では、個人差を整理した上で、特性の多様性を反映した設計を行うことが求められる。こうした多様性に対応した設計を行うという考え方は、ユニバーサルデザインの考え方と同じである。バリアフリーとの違いは、障害物の存在を前提にしたアプローチか否かという点であり、あらかじめ障害物を発生させないように配慮して設計するというのが、ユニバーサルデザインである。

ユニバーサルデザインには様々な定義があるが、たとえば、「多様な特性をもち、多様な状況におかれている人々が、その特性や状況に適合した形で、自分の目標としていることを、可能な限り、有効に、効率的に達成できるようにするべく、人工物のデザインをすること」と定義することができる¹¹⁾。このように定義すると、ユニバーサルデザインとユーザビリティの定義の違いは、多様な特性や多様な状況となる。すなわち、ユニバーサルデザインはそうした多様性を意識しながらユーザビリティの高い人工物を設計することと言える。現実には、ユニバーサルデザインの活動で用いられている手法は、ユーザビリティの手法とほとんど同じである。

(3) 長期的なユーザビリティ

より現実に即したユーザビリティ評価を行うため、Hornbaek^{1 2)} は、長期的に実環境で利用する視点に基づくユーザビリティ評価の重要性を主張している。安藤ら^{1 3)} は、利用時間の経過に伴ってユーザビリティに対する評価や認識が変化し、さらに顧客満足度も変化することを長期的ユーザビリティ (LTU: long term usability) と定義している。Thomas^{1 4)} は、製品を長期間に渡って利用する場合、利用してから一定期間経過した後にフォローアップ評価を行う必要性について述べ、短期的な評価と長期的な評価は重要な差異があることを指摘している。

これらの長期的なユーザビリティは製品を対象としたものであるが、社会資本についても長期的な視点が重要であると言える。道路・河川・港湾などの社会基盤整備は、建設国債が発行されて調達されているものであり、その償還期間は 60 年、構造物の耐用年数も 100 年程度と長期間であるため、ユーザビリティ評価は特に長期に渡って行う必要がある。道路は建設されてから、利用者へ適切なサービスを提供するため、道路の維持管理にあたっては管理水準などを設定して、利用者ニーズの把握を行いながらコストなどを縮減することが必要である。

道路特定財源や有料道路制度などの整備システムが導入されてから、約 60 年にわたり道路整備がなされてきたが、この間、道路利用はクルマ以外にも歩行者や自転車、さらには新たなモビリティへと多様化し、利用する手段や目的が時代とともに大きく変化している。今後、長期的なユーザビリティを評価、そして再評価を行いながら、次世代の道路利用者に引き渡すことが求められる。

また、高齢化など、時代とともに多様化する道路利用ニーズにあわせた、公平なモビリティ環境の実現が必要である。道路を賢く利用するため、徒歩や自転車なども含めた道路の多様なユーザーの移動目的などを考慮した評価手法を構築し、ユーザビリティの視点を含めた適切な整備効果の把握が求められている。道路計画へのフィードバックについては、市民や NPO などを道路サービスの担い手として位置付け、多様な主体との積極的なパートナーシップによる道路サービスの実現を図ることで、利用者にとって長期的によりよいユーザビリティを有した道路が実現できると考える。

2.2.2 社会的ユーザビリティと安全かつ包摂的な利活用の関係性

(1) 社会的ユーザビリティの定義

ユーザビリティは、図 2-5 に示すように人間工学の分野でプロダクトデザインに必要な 3 つの要素の一つとされている^{1 5)}。アクセシビリティは、物を利用する、機械を利用するといった、できるか否かを意味し、最も基本的な前提条件を指す。一方で、ユーザビリティは、基本ではなく、望ましい利用の条件での利用のしやすさを指し、セフティは安全に利用できるか否かを示す。

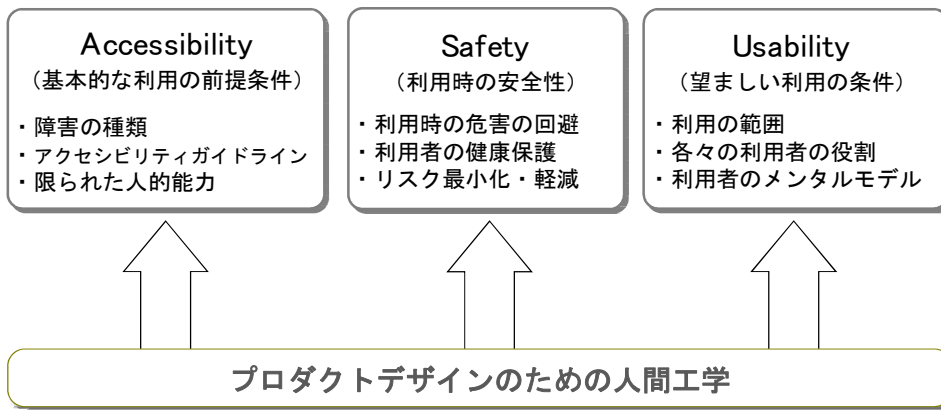


図 2-5 3つの概念とユーザビリティの定義

人間中心設計で用いられるユーザビリティの定義としては、ユーティリティを内包する概念として、ISO-13407の定義が広く用いられている。この中で、ユーザビリティは、「特定の利用者によって、ある製品が指定された目標を達成するために用いられる際の、有効さ、効率および利用者の満足度の度合い」とされている。しかしながら、このユーザビリティの定義は、限定的な表現であり、多様な利用者が存在する道路空間には直接用いることができない。そのため、本研究では、図 2-6 に示すように、ユーザビリティの定義を拡張し、「多様な利用者によって、施設やインフラが本来目的を達成するために用いられる際の、有効さ、効率および利用者の満足度の度合い」と再定義する。このユーザビリティの定義は、既存のユーザビリティ概念の範囲を拡張し、利用主体の多様性を考慮した概念である。これに、アクセシビリティおよびセフティを考慮した包摂的な概念を社会的ユーザビリティと定義する。この概念は、多様な利用主体や利用状況に対応できるものである。

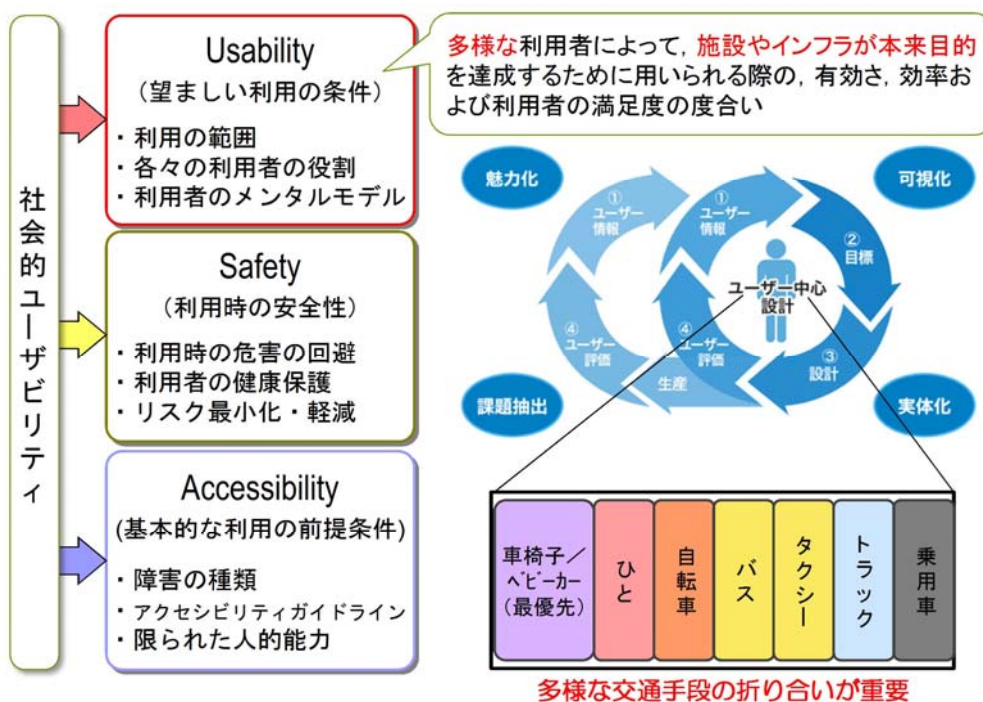


図 2-6 社会的ユーザビリティの定義

こうした再定義の背景には、人間中心設計において、多様な道路ユーザーの本来目的の達成が挙げられる。そのための交通手段として自転車や歩行者、自動車などのモビリティが存在し、こうしたモビリティに関する多様な利用者ニーズを考慮していくことが重要である。図 2-6 の右下の交通手段は、道路空間における優先順位を示しており、左に行くほどプライオリティが高く、右に行くほどプライオリティが低いことを指す。車椅子や歩行者などの交通弱者には高いプライオリティ、自動車などの交通強者には低いプライオリティを与えることによって、折り合いを付けていくことが、道路空間における社会的ユーザビリティのベースになると考える。

多様な利用者が存在する公共空間としての交通空間においては、都市交通についての明確な優先順位の下で互いのニーズに折り合いをつけながら、それぞれの利用の満足度を高め、施設やインフラの本来目的を達成するという社会的ユーザビリティの考え方が必要と考える。使いうる現在の交通システムを、身体的、生理的に「使いやすい」レベルへ、さらに心理的に「使ってみたい」レベルへ引き上げていくことが求められる。

(2) 安全かつ包摂的な利活用

包摂 (inclusion) とは、排除 (exclusion) と一対の概念であり、障害や身体的能力などにより、社会的に排除されている人々に対して、他の人々との相互的で対等な関係を獲得し、自立することを支援する考え方である。そのため、全体をひっくるめ、まとめて示すという包括的 (comprehension) と区別される。

日本では、平成 12 年頃から社会福祉の理念としてノーマライゼーションに加え、包摂が関係者間で議論され、平成 23 年には、当時の菅直人総理大臣直属の組織として、「一人ひとりを包摂する社会」特命チームが設置された。この時のキーワードが「包括から包摂へ」である。菅直人総理大臣の所信表明にて述べた、障害者や高齢者などの福祉などの分野で「さまざまな関係機関や社会資源を結びつけ、支え合いのネットワークから誰一人として排除されることのない社会、すなわち、『一人ひとりを包摂する社会』の実現を目指す」から来ている。

道路空間において、安全かつ包摂的な利活用が可能な施設やインフラ、つまり、交通弱者を共存させることができる施設やインフラを整備していくことが重要である。そのためには、社会的ユーザビリティの 3 つの要素であるユーザビリティ、アクセシビリティ、セフティをバランス良く改善していくことが重要と考える。

2.3 道路空間における社会的ユーザビリティの必要性和問題の構図

2.3.1 ユーザビリティの導入状況と道路計画における必要性

先に述べたように、これまでの道路整備は、量的不足の解消を目的として、道路を「つくる」ことに重点が置かれてきており、道路事業の必要性もそうした視点での評価手法に基づき説明されてきた。

国土交通省が平成 10 年に公表した「道路投資の評価に関する指針 (案)」の中では、道路計画や事業実施において従来の費用便益分析方法を改善して、景観などに代表される非市場的な価値や地域開発への影響を加味することの重要性を示し、直接効果だけではなく、間接効果を含めた

評価手法案を示した。その後、平成 15 年に示された「主要指標現況値算出マニュアル（案）」、より効果的、効率的かつ透明性の高い道路行政へと転換を図るため、道路行政に「成果主義」を採り入れた。事業の効果を反映する指標（アウトカム指標）による評価システムを導入し、アウトカム指標などの客観的データに基づいて計画を策定して行政運営を行うプロセスに転換している。

現在の事業評価は、事業着手前の新規事業採択時評価、事業中の 3 年後に再評価、事業完了後 5 年以内の事後評価で事業必要性が議論されている。さらに、平成 24 年度からは、国土交通省の独自の取り組みとして、新規事業採択時評価の前段階において計画段階評価を実施し、計画策定前段階から道路利用者や地域住民の意見を収集し、インフラの整備計画への反映を考慮する仕組みとなった。

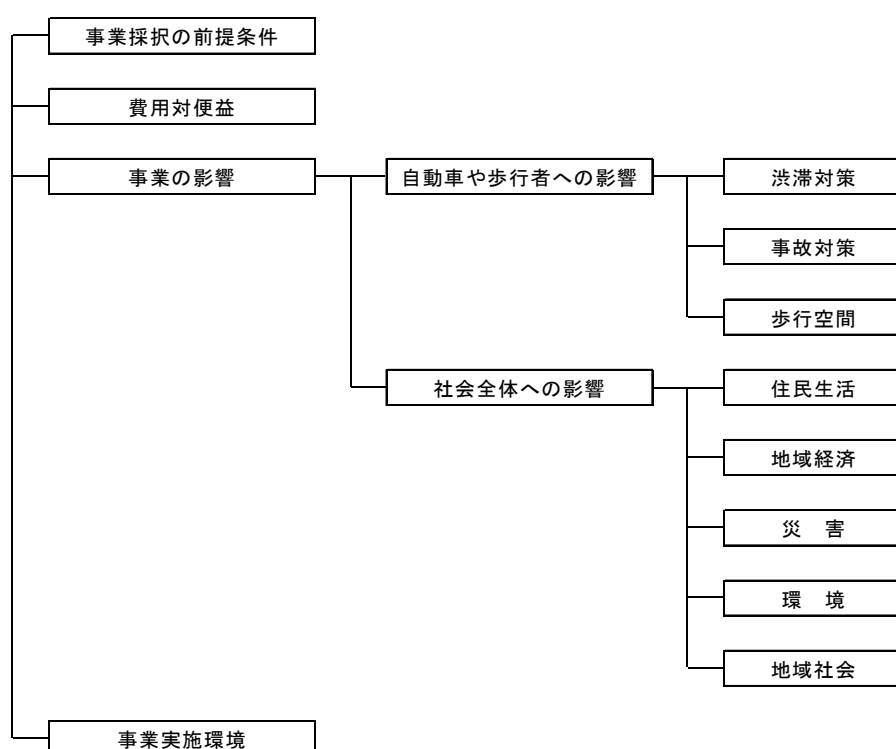


図 2-7 新規事業採択時評価の評価項目の体系

このように、多様な属性を対象として、より客観的に道路事業の必要性を示す方向に評価の手法がシフトしてきている。しかしながら、図 7 に示す「事業への影響」のうち「自転車や歩行者への影響」として挙げられる評価内容は以下のとおりとなっている。

- | | |
|-------|---|
| ①渋滞対策 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 渋滞損失時間の削減 ・ 主要渋滞ポイントの解消（旅行速度の向上） ・ ボトルネックとなる踏切の解消 |
| ②事故対策 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 安全性の向上（事故の減少） |
| ③歩行空間 | <ul style="list-style-type: none"> ・ バリアフリー化の促進 ・ 歩行者・自転車の安全性向上 |

さらに、具体的評価内容は、以下に示すような指標となっており、道路利用者のユーザビリティに関する視点は未だ含まれていない。今後は、できた道路を「賢く使う」視点を加えた評価が重要な視点となると考える。

①円滑なモビリティの確保

- ・現道などの年間渋滞損失時間（人・時間）および削減率
- ・現道などにおける混雑時旅行速度が 20km/h 未満である区間旅行速度改善が期待される。
- ・現道又は並行区間などにおける踏切交通遮断量が、10,000 台時/日以上踏切道の除却もしくは交通改善が期待される。
- ・現道などに、当該路線の整備により利便性の向上が期待できる、バス路線が存在する。

②歩行者・自転車のための生活空間の形成

- ・自転車交通量が 500 台/日以上、自動車交通量が 1,000 台/12h 以上、歩行者交通量が 500 人/日以上に該当する区間において、自転車利用空間を整備することにより、当該区間の歩行者・自転車の通行の快適・安全性の向上が期待できる。
- ・バリアフリー新法に基づく特定道路が、新たにバリアフリー化される。

③安全な生活環境の確保

- ・現道などに死傷事故率が 500 件/億台キロ以上である区間が存する場合で、交通量の減少、歩道設置又は線形不良区間の解消などにより、当該区間の安全性向上が期待できる
- ・当該区間の自動車交通量が 1,000 台/12h 以上（当該区間が通学路である場合は 500 台/12h 以上）かつ歩行者交通量 100 人/日以上（当該区間が通学路である場合は学童、園児が 40 人/日以上）の場合、又は歩行者交通量 500 人/日以上の場合において、歩道が無い又は狭小な区間に歩道が設置される。

④安全で安心できるくらしの確保

- ・二次医療施設へのアクセス向上が見込まれる。
- ・三次医療施設へのアクセス向上が見込まれる。

道路計画分野以外においては、インフラを「つくる」ことだけでなく、「賢く使う」ことも考慮してユーザビリティに関する研究および導入が進められている。ユーザビリティの導入が進んでいない道路計画分野に対し、情報、観光、まちづくり、建築などの他分野では、ユーザビリティを向上させるために参加型の新しい計画プロセスが取り入れられている。

○災害時の情報提供

- ・建設大臣官房技術調査課電気通信室ら¹⁶⁾は、ユーザビリティの視点を重視し、「有効さ」、「効率」、「満足度」の観点から利用者の利便性の高さを測る指標を導入して、この観点から防災情報提供のあり方を提案している。
- ・鈴木¹⁷⁾は、地震や豪雨などにより災害が発生した際、最前線となって災害対応に当たる地方自治体の庁内情報共有を支援するため、地方自治体職員による入力評価実験を実施し、ユーザビリティ向上を確認するとともに、システムのユーザビリティ向上に対する各改善項目の相対比較について、AHP手法を適用して分析している。

○観光周遊の促進

- ・Jennifer Mann ら¹⁸⁾ は、デンマークの観光客の周遊を促進するように設計されたウェブ・ベースの自転車ルート計画ツールについて、そのソフトウェアの使いやすさをテストし、ユーザビリティの面からソフトウェアの使いやすさを向上させる付加的な機能の研究を行っている。

○住民参加のツール

- ・千葉¹⁹⁾ ²⁰⁾ は、ウェブツールとして都市計画マスタープラン策定のために、インターネットの利用を前提とした、計画策定および住民参加促進ツールとしてのネット利用のあり方をユーザビリティの視点を含めて研究している。

○駅案内表示

- ・北島ら²¹⁾ ²²⁾ ²³⁾ は高齢者を対象とした駅の案内表示のユーザビリティについて、高齢者を対象にした交通結節点の施策検討、プランニング・注意・作業記憶機能に着目し、これらの低下と駅における移動行動の関連を明らかにしている。

○空港施設の設計

- ・ユーザビリティを応用したユーザー参加型の施設設計として、空港施設では、新千歳国際空港、東京国際空港、中部国際空港の取り組みがある²⁴⁾。さらに、港湾関係では、国土交通省から「海のユニバーサルデザインを生かしたみなとまちづくりに向けて」の提言がなされており、建築設計は、ユーザビリティを向上させるための参加型を導入するのが必然とされている²⁵⁾。

他分野におけるユーザビリティの導入が進んでいる現状から、道路計画分野においてもユーザビリティの重要性が高まっている。ユニバーサルデザインは、アクセシビリティとユーザビリティから構成される概念²⁶⁾である。すなわち接近し（access）、それを使う（use）ことの組合せである。このうちのアクセシビリティは、障害者や高齢者を主な対象として取り組むバリアフリーの考え方と言える。

バリアフリーに関する取り組みとしては、平成12年11月に交通バリアフリー法が施行されて以来、各地域で基本構想が策定され、それに基づき整備が行われてきた。さらに、一体的・総合的なバリアフリー施策を推進するために、ハートビル法と交通バリアフリー法を統合・拡充したバリアフリー新法が平成18年12月に施行され、さらなる取り組みが進められている。こうした状況から、道路ネットワークが概成された都市部では面的なバリアフリー化がなされ、主要な施設への生活関連経路において通行空間が確保されている。今後は、そうした既存ストックの有効活用に向けてユーザビリティを高め、利用しやすいものにしていくことが重要と考える。

道路財源が縮小される一方で、道路の維持管理費は増加の一途を辿っており、現時点において建設後50年以上経過の橋梁は約9%、トンネルは約18%であるが、20年後には、それぞれ約50%となるなど、今後はさらなる維持管理費を要することが予測されている。そのため、新たに道路整備をすることは難しい状況にあり、既存ストックの有効活用を図っていく必要がある。こうし

た点からも、利用しやすいものにするという、ユーザビリティの向上を図ることは重要な視点であり、QoL（生活の質）の向上に直結すると考えられる。

2.3.2 社会的ユーザビリティの改善が必要な道路空間における現状と問題の構図

(1) ユーザビリティが必要とされる空間

本研究では、ユーザビリティが必要とされる道路空間内の施設やインフラとして、道路横断施設、自転車通行空間、歩行空間の3つを取り上げる。これらの施設・インフラは、使いにくさというユーザビリティの問題により、本来機能を損ねられるだけでなく、利用者の死傷事故に繋がっており、社会的ユーザビリティが低い施設・インフラである。

最も分かりやすい例が、道路横断施設の一つである横断歩道橋である。横断歩道橋は、身体的機能が低下している高齢者にとって利用しにくく、その利用しにくさ故に指定場所以外での乱横断行為を選択し、死傷事故に繋がっているケースもある。そのため、高齢者の道路横断における安全性を確保するためには、乱横断行為を選択する背景を考慮した上での新たな道路横断方法を提案する必要がある。



図 2-8 ユーザビリティの改善が急務とされる道路空間の施設・インフラ

道路横断施設の他、自転車通行空間や歩行空間についても、ユーザビリティの改善が急務である。自転車通行空間については、自転車利用が増加する一方で、自転車の通行空間がまだまだ不足しているため、自転車と歩行者の事故が増加傾向にある。こうした中、近年、法改正により自転車の車道通行の原則が強化され、歩道上の歩行者と空間を分離することにより、安全性が確保されてきている。しかしながら、車道通行の整備形態には、自動車と物理的に空間が分離されていない形態もあり、自動車との近接走行によって自転車は通行空間を利用しにくいことが想定される。それ故に、自転車が歩道通行を選択した結果、歩道上において歩行者との事故が発生しており、自転車通行空間における利用しやすいの改善が求められる。また、歩行者および自転車の通行空間である歩行空間については、自動車と空間を分離することによって、安全性が確保されている。一方で、メインストリートなどの道路では道路植栽がなされ、道路空間における景観への配慮、危険な横断防止、木陰形成などの様々な役割を担っている。しかしながら、道路の財源縮小による清掃頻度の低下・重点化により、

落ち葉やごみに対する適切な清掃がされておらず、歩行しにくい空間となっていることが想定される。歩行時には、落ち葉やごみを避けて通行するため歩行可能な空間が狭く、自転車と歩行者の交錯が発生しているため、歩行空間における利用しやすさの改善が求められる。

道路空間における社会的ユーザビリティの改善が急務な事例として、高齢者死亡事故において最も高い割合を占める道路横断時の問題に焦点を当て、道路横断施設を取り上げる。まず、現状と問題の構図を述べるとともに、道路横断に関する既往研究のレビューを整理し、安全で包摂的な道路横断施設に関する課題を明確化する。さらに、次章において、道路横断施設を社会的ユーザビリティの観点から分析し、改善に向けた計画手法および評価手法を提案する。

(2) 道路横断施設の目指すべき方向性

わが国の交通事故死者数は、先述したように高齢者人口の増加が一因となり、今後の人口減少下においても死者数の増加が懸念される²⁷⁾。また、高齢者の死亡事故は横断中に関するものが多く²⁸⁾、道路横断における安全性の確保が喫緊の課題である。

安全性の高い道路横断方法としては、自動車と横断者を分離する横断歩道橋が挙げられる。図 2-9 に示すように、横断歩道橋は、多発する交通事故対策として全国各地に設置され、道路横断者の交通安全性の確保や自動車の円滑化に貢献してきた。しかし、近年では、小中学校の統廃合に伴う学生の通学路の変更、身体的機能が低下している高齢者にとって利用しにくく、故に周辺を乱横断するなど、高齢化対応が不十分であることを背景に、利用者が減少している。一方で、施設自体の老朽化も問題視されている（図 2-10）。道路横断施設の老朽化問題への対策のためには、人材や予算の継続的な投入が必要不可欠であるが、現在の厳しい財源状況を考えると困難と言わざるを得ない²⁹⁾。こうした状況から、全国各地で横断歩道橋の撤去に関する議論が進められている。

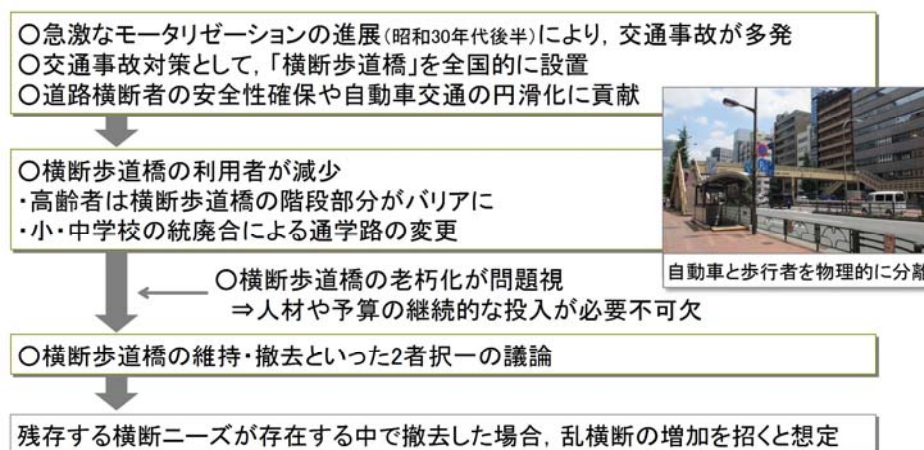
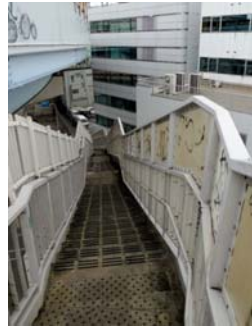


図 2-9 横断歩道橋における現状と問題の構図



老朽化が著しい



手すりが未設置・急傾斜



電線が近接

図 2-10 維持管理が懸念される横断歩道橋

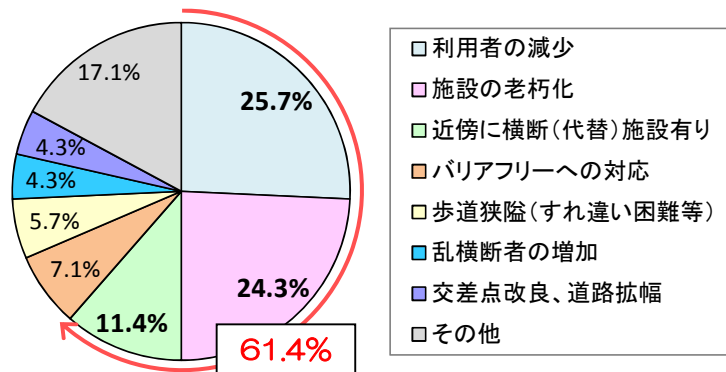
静岡県では、平成 25 年に全国 46 都道府県、20 政令市、県内の歩道橋管理自治体 13 市町に対して、アンケート調査を実施している³⁰⁾。都道府県や政令市では、歩道橋を撤去した事例がある自治体は、それぞれ半数以上を占める（表 2-3）。その際の主な撤去理由は、「利用者の減少」が最も多く、「施設の老朽化」、「近傍に横断施設有り」が続く。これらの 3 項目で全体の 6 割を占める（図 2-11）。静岡県においても、地元からの要望により、横断歩道橋を撤去した事例がある。この横断歩道橋について、地元からは、「階段式で利用しにくい」「通学路として利用していない」「利用者が少ない」「昭和 42 年に設置しており、老朽化が進んでいる」ことを背景に撤去要望が挙がっていた。こうした背景を受け、地元、交通管理者である公安委員会、道路管理者である行政が協議し、横断歩道橋の撤去に至っている。

表 2-3 地方自治体における横断歩道橋の管理数・撤去事例数

	自治体数	歩道橋管理橋数	自治体平均管理橋数	撤去事例がある自治体数
都道府県	39	3846	99	20
政令市	15	1312	87	12
県内市町	13	62	5	1
静岡県	1	115	115	1

※46 都道府県，20 政令指定都市のうち，回答のあった自治体

※静岡県内 33 市町のうち，横断歩道橋を管理する自治体



※46 都道府県，20 政令指定都市のうち回答のあった自治体と，

静岡県内 33 市町のうち，横断歩道橋を管理する 13 市町の結果を基に算出

図 2-11 横断歩道橋を撤去した主な理由

京都市においても、市が管理する横断歩道橋は、国道・府道・市道に 40 基設置され、8 割以上が 1960 年代から 70 年代に造られたものである。そのうち、数年以内に補修が必要な横断歩道橋は 38 基に上っており、老朽化の進展が懸念される。そのため、地元住民からは、街並みの景観を阻害しているとの苦情も多い。市は、「車の通行のために歩行者に苦勞をかける横断歩道橋は、歩くまちを目指す京都の方向性とは違ふとし、23 基を解体する方針を固めている。このように、各地域で横断歩道橋の撤去が進んでいる。

千葉市では、平成 23 年 5 月、インターネットモニターを対象に、横断歩道橋の必要性に関するアンケート調査を実施している³¹⁾。施設の維持・管理費を考慮した上で、横断歩道橋は必要への必要性については、図 2-12 に示すように、「安全のために必要」が 43.3%で最も多く、「交通渋滞の緩和のために必要」が 31.3%で続く。一方で、不要との意見は、「横断歩道や信号を活用すれば不要」が 30.5%、「階段の上り下りが大変なので不要」が 26.5%で続いている。横断歩道橋は、横断者と自動車を空間的に分離するため安全との指摘しつつも、階段の上り下りが大変という利用しにくいとの意見も多い。これは、若い世代については、階段は苦も少ないと想定できるが、今後さらなる増加が予測される高齢者は、階段の上り下りが大変という傾向が強くと推察できる。

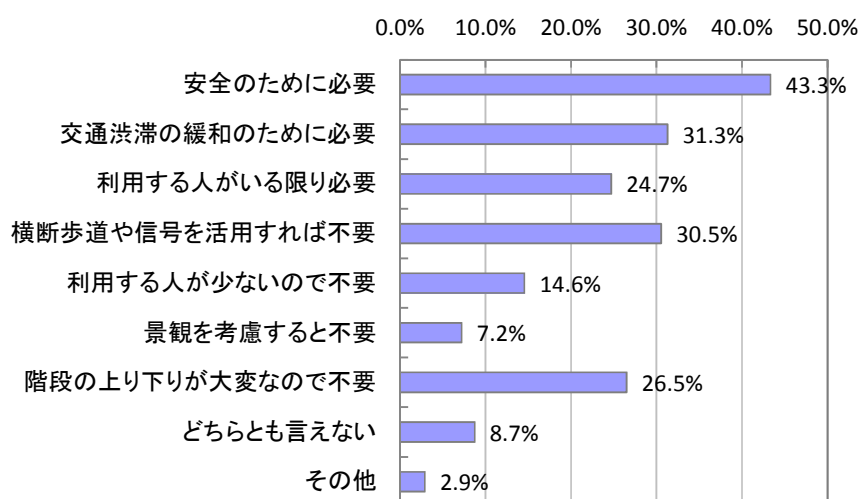


図 2-12 維持・管理費を考慮した上での横断歩道橋の必要性

このように、全国各地で横断歩道橋の維持・撤去といった 2 者択一の議論がなされているが、それらの議論で、道路横断者の横断ニーズへの対応が充分か疑問である。特に、人材や予算の継続的な投入の回避、維持管理費の削減という別の目的が先行し、安全に横断することができるという道路横断施設が担うべき本来の目的を失いつつある。そのため、横断ニーズが残存する中で、横断歩道橋の撤去という選択をしているケースもある。このケースでは、乱横断の増加という最悪のケースを招くことが想定される。

道路横断に関する既往研究は、主に横断施設自体の改善や乱横断の特性に関する検討が行われている。横断施設自体の改善に関する既往研究について、高森ら³²⁾は、札幌市内の立体横断施設を対象として、利用実態および意識調査を実施している。施設における構造面の問題を把握し、立体横断施設を有効に機能させるための改善の方向性について考察している。大島ら³³⁾は、横断歩道橋を対象としてバリアフリー対応、景観への配慮などの観点から調

査し、横断歩道橋の評価フローを構築している。山田ら³⁴⁾は、道路横断方法の選択する際、横断歩道橋のエレベーター待ち時間に対する抵抗が大きいため、平面横断を選択する傾向が強いことを明かにし、改善の方向性を示している。日野ら³⁵⁾は、歩行者と運転者の無信号横断に関する意識調査を実施し、歩行者の危険状態を把握している。さらに、無信号横断の危険性について評価方法を構築し、段階的な対策導入方法について考察している。乱横断の横断特性に関する既往研究について、白倉ら³⁶⁾は、高齢者の乱横断事故が発生した場所の道路構造と沿道状況の特性を把握している。高齢者の乱横断事故は、道路規模、自動車交通量、沿道商業施設の有無との関係性が高いことを指摘している。榎本ら³⁷⁾は、商業集積地における歩行者の横断調査を行い、乱横断回数が多い道路ほど自動車交通量が少なく、自動車平均速度が低い傾向にあることを把握している。青木ら³⁸⁾は、歩行者の乱横断が発生する原因と種類を明確にするため、横断事故時の歩行速度を分析し、車輻接近時における横断行動のメカニズムを調べている。石川ら³⁹⁾は、非高齢者の場合、速度が速い車輻が接近する際には乱横断は減少するものの、高齢者では同傾向が見られず、速度が速い場合でも乱横断していることを指摘している。尾崎ら⁴⁰⁾は、無信号横断歩道での歩行者と自動車の速度と距離が、横断開始の判断に重要な役割を果たすことを把握している。高山ら⁴¹⁾は、乱横断は接近車輻の距離および速度と自分の横断速度と比較して、横断可能か判断をしているが、高齢者と非高齢者の判断は変わらないとし、高齢者は身体的機能の低下により、相対的に危険であることを指摘している。久保田ら⁴²⁾は、乱横断の発生要因の1つとして、昔からある生活道路において、後に幹線道路により分断された際、通行習慣によって乱横断するという習慣が影響することを指摘している。高森ら⁴³⁾は、横断防止柵の効果測定のため、札幌市内の国道において歩行者横断の調査を行い、簡易的な横断防止柵でも設置によって、横断者数が減少することを把握している。土井ら⁴⁴⁾は、安全・安心な道路横断において、他交通手段の分離や排除に基づく本質安全と装置による安全対策や非遵守時の罰則・取締りに基づく機能安全の両者の重要性を指摘している。

道路横断施設は、施設自体の改善の方向性や乱横断の特性に着目して研究がなされ、乱横断の対策として防止柵などの構造物による物理的分離方式の重要性が指摘されている。しかし、迂回せずに最短距離で横断したいという乱横断の特性や地域習慣により、全ての乱横断を無くすことは難しい。自動車と分離する横断歩道橋は、利用しにくいというユーザビリティの問題により本来機能が損ねられ、それ故に周辺での乱横断が生じている。従って、安全な道路横断施設を考える上では、利用しやすさという視点が必要不可欠である。先に述べたアクセスのしやすさ、すなわちアクセシビリティに加えて、ユーザビリティ、セフティといった社会的ユーザビリティの改善を図っていくことが、今後の道路横断施設の目指すべき方向性であろう。特に、交通弱者への利用しやすさが求められる都市部の道路では、人口減少とともに自動車交通量が減少に向かうことを考慮し、量的な交通処理を優先する画一的な考え方ではなく、地域活性化の観点から多様な道路利用者の参加の下で、道路交通の質や沿道地域に応じた柔軟な考え方の重要性が指摘されているものの、具体的な計画方法の構築には至っていないのが現状である。本研究では、その点に着目し、既往研究で把握している乱横断の特性を踏まえ、安全かつ包摂的な利活用が可能な道路横断施設の構築に向け、計画手法および評価手法を提案する。

2.4 まとめ

人口減少とともに自動車交通量が減少に向かう今後の道路計画においては、従来の量的な交通処理を優先する画一的な考え方から脱却し、地域活性化の観点から、高齢化の進行とともに増加する交通弱者などの多様な道路利用者を考慮していく必要がある。そのため、単なる「つくる」だけでなく、道路交通の質や沿道地域の状況に応じた柔軟な考え方のもと、多様な道路利用者のニーズを踏まえて賢く「使う」ことが重要である。この際、重要な視点となるのがユーザビリティである。都市部の道路は、多様な道路利用者が存在する公共空間としての交通空間となっており、互いの折り合いをつけながら、それぞれの利用の満足度を高めることが特に求められる。そのためには、道路空間における施設やインフラの本来目的を達成するという社会的なユーザビリティの考え方が重要である。

本章では、人間中心設計等で用いられるユーザビリティの概念について既往文献を整理した上で、交通施設の計画・設計にも必要であることを示すとともに、道路空間の安全かつ包摂的な利活用のため、多様な利用主体や利用状況に対応できる社会的ユーザビリティの概念を提示した。この社会的ユーザビリティは、プロダクトデザインの考え方を踏まえ、今後の道路空間の構築に向けて必要と考えるアクセシビリティおよびセフティ、既存のユーザビリティ概念の範囲を拡張し、利用主体の多様性を考慮した包摂的な概念である。しかしながら、現在の道路事業においては、各段階で事業評価は行われているものの、ユーザビリティに関する評価は行われていない。また、道路計画におけるユーザビリティに関する評価は、他文献でも実践事例は確認されなかった。一方で、現在の道路空間には、社会的ユーザビリティの改善が急務とされる施設やインフラが存在しており、本研究ではその事例として、道路横断施設、自転車通行空間、歩行空間を取り上げた。それらの道路空間における現状と問題の構図を整理し、高齢者死亡事故において最も高い割合を占める道路横断時の問題に焦点を当てて、道路横断施設において安全かつ包摂的な利活用を可能とするための目指すべき方向性について考察した。

【参考文献】

- 1) JIS Z8521(1999)/ISO 9241-11 : 人間工学－視覚表示装置を用いるオフィス作業－使用性についての手引, 日本工業規格, 1998.
- 2) Norman, D. A. : The Design of Everyday Things First, Doubleday/Currency Edition, 1990.
- 3) Nielsen, J. : Why You Only Need to Test with 5 Users, Jakob Nielsen's Alertbox, March 19, 2000.
- 4) 黒須正明, 伊東昌子, 時津倫子 : ユーザ工学入門－使い勝手を考える・ISO13407 への具体的アプローチ, 共立出版, 1999.
- 5) Spool, J. M., Scanlon, T., Schroeder, W., Snyder, C., and DeAngelo, T. : Web サイトユーザビリティ入門－ユーザーテストから発見された「使いやすさ」の秘密, 東京電機大学出版局, 2000.
- 6) Nielsen, J. : Why You Only Need to Test with 5 Users, Jakob Nielsen's Alertbox, March 19, 2000.
- 7) Nielsen, J. : 10 Usability Heuristics for User Interface Design, Jakob Nielsen's Alertbox, January 1, 1995.
- 8) Holtzblatt, K. : Contextual Design Defining Customer-Centered Systems, Morgan Kaufman, 1997.
- 9) Dubberly, H. : Alan Cooper and the goal directed design process, Gain AIGA Journal of Design for the Network Economy Vol. 1, No. 2, 2001.
- 10) Nielsen, J. : Discount Usability, Jakob Nielsen's Alertbox, September 14, 2009.
- 11) C&C 振興財団 (編) : 情報アクセシビリティとユニバーサルデザイン, アスキー, 2003.
- 12) Kasper Hornbaek : Current practice in measuring usability: Challenges to usability studies and research, International Journal of Human-Computer Studies, Vol. 64, No. 2, pp. 79-102, 2006.
- 13) 安藤昌也, 黒須正明, 高橋秀明 : 長期間にわたる視点でのユーザビリティ評価の重要性, ヒューマンインターフェース学会研究報告集, Vol. 7, No. 4, pp. 47-50, 2005.
- 14) Thomas K. : Usability Engineering, Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, 1993. 19. Jakob Nielsen, Iterative User-Interface Design, Computer, Vol. 26, No. 11, pp. 32-41, November 1993.
- 15) Stephanidis, C.(ed) : Proceedings of the 4th international conference on Universal access in human computer interaction: Coping with diversity, pp. 294-301, 2007.
- 16) 大臣官房技術調査課電気通信室, 国土技術政策総合研究所高度情報化研究センター情報研究

- 官・情報基盤研究室，関東・中部・近畿地方整備局河川部電気通信調整官・電気通信課，独立行政法人土木研究所水工研究グループ水理水文チーム：災害時における情報提供手法に関する研究，平成15年度国土交通省技術研究発表会指定課題，2003.11.
- 17) 鈴木猛康：災害対応を支援する情報システムのユーザビリティ向上とその評価，第30回土木学会地震工学研究発表会報告集，2009.
- 18) Jennifer Mann, Victoria Tower and Brian Joseph: The Evaluation of Cyclistic a Bike Route Planning Tool for Tourists in Copenhagen, Worcester Polytechnic Institute, May 6, 2012.
- 19) 千葉忠弘：都市計画マスタープラン策定のための住民参加促進型WEBの試作（その2），釧路工業高等専門学校紀要 36, pp. 43-48, 2002.12.
- 20) 千葉忠弘：都市計画マスタープラン策定のための住民参加促進型WEBの試作，釧路工業高等専門学校紀要 35, pp. 31-34, 2001.12.
- 21) 北島宗雄，熊田孝恒，小木元，赤松幹之，田平博嗣，山崎博：高齢者を対象とした駅の案内表示のユーザビリティ調査：認知機能低下と駅内移動行動の関係の分析. 人間工学, Vol. 44, No. 3, pp. 131-143, 2008.
- 22) 山崎博，北島宗雄，熊田孝恒，小木元：駅における高齢者のユーザビリティに関する研究その2. ヒューマンインタフェースシンポジウム, pp. 691-694, 2005.
- 23) 山崎博，北島宗雄，熊田孝恒，小木元：駅における高齢者のユーザビリティに関する研究. ヒューマンインタフェースシンポジウム, pp. 371-374, 2004.
- 24) 本建築学会公開研究会（建築計画委員会，計画基礎運営委員会，ユーザー・オリエンティド・デザイン小委員会）：「空港設計のプロセスから考える「ユーザー参加」型設計の成果と課題ー新千歳国際空港，東京国際空港，中部国際空港」
- 25) 松田雄二：ユニバーサルデザインを目指した参加型建築設計の試み，PI-Forum 4, 2009.
- 26) ユニバーサルデザイン研究会（編）：新・ユニバーサルデザインーユーザビリティ・アクセシビリティ中心・ものづくりマニュアル，日本工業出版，2005.
- 27) 警察庁：交通事故統計，2015.
- 28) 警察庁：道路の交通に関する統計，2014.
- 29) 社会資本整備審議会 道路分科会：道路の老朽化対策の本格実施に関する提言，2014.4.14.
- 30) 静岡県交通基盤部道路局：横断歩道橋のあり方の検討，2013.
- 31) 千葉市：千葉市の横断歩道橋の必要性に関するインターネットモニターアンケート調査，2011.5.
- 32) 高森衛，阿部芳昭：立体横断施設利用実態調査，開発土木研究所月報，No.450, 1990.11.
- 33) 大島明子，湯沢昭：バリアフリーのための歩道橋の評価に関する一考察，土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集，Vol. 32, No. 4, pp. 155-156, 2005.

- 34) 山田稔：横断歩道通行時の危険感評価に関する研究-立体横断施設の整備効果の評価への適応を前提として-, 土木計画学研究・論文集, Vol. 20, No. 3, 2003.
- 35) 日野泰雄, 尾崎龍樹, 吉田長裕, 上野精順：無信号横断歩道区間の安全性評価と効果的対策導入方法に関する研究, 第23回交通工学研究発表会論文報告集, pp. 29-32, 2003.
- 36) 白倉由紀, 趙世晨：乱横断発生道路の類型化, 日本建築学会九州支部研究報告, 第54号, 2015.
- 37) 榎本拓真, 中村文彦, 岡村敏之：商業集積地内街路における歩行者の挙動特性に関する基礎的研究, 土木計画学研究・論文集, Vol. 26, No. 2, 2009.
- 38) 青木 義郎, 森田 和元, 田中信壽, 関根道昭, 廣瀬 敏也：歩行者横断特性と安全性への影響について, 交通安全環境研究所フォーラム 2011.
- 39) 石川里子・谷口滋一・荻原亨・平澤匡介・鈴木勝美：高齢者による乱横断と接近車輛との関連に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol. 42, 2010.11.
- 40) 尾崎龍樹, 日野泰雄, 吉田長裕, 上野精順：無信号横断歩道における歩車錯綜時の安全性評価, 土木計画学研究・講演集, CD-ROM, Vol. 26, 2002.
- 41) 高山純一・中山晶一郎・福田次郎：高齢者の横断歩道外における横断行動の実態およびその意識に関する調査分析, 土木計画学研究・論文集, Vol. 21, 2004.
- 42) 久保田尚：「地域」に着目した交通安全対策, 予防時報, Vol. 255, 2013.
- 43) 高森衛・高木秀貴・大沼秀次：高齢化社会の交通安全に関する調査研究（第2報）—主として歩道路面環境と乱横断防止対策の試行—, 開発土木研究所月報, No. 488, 1994.1.
- 44) Kenji DOI, Takanori SUNAGAWA, Hiroto INOI and Kento YOH : Transitioning to safer streets through an integrated and inclusive design, IATSS Research, Vol. 39, Issue 2, March 2016.

第3章 道路空間の安全かつ包摂的な利活用に向けた計画および評価手法

3.1 はじめに

前章では、今後の道路空間における自動車優先から高越弱者優先への転換必要性を述べ、社会資本を単に「つくる」だけでなく、多様な道路利用者のニーズを踏まえて賢く「使う」ことの重要性を指摘した。さらに、そのときの重要な視点としてユーザビリティを取り上げ、多様な道路利用者が存在する公共空間としての交通空間の構築には、社会的ユーザビリティの向上が必要性であることを指摘した。

本章では、高齢者死亡事故において最も高い割合を占める道路横断時の問題を、横断施設の社会的ユーザビリティの観点から分析し、改善に向けた評価手法および計画手法を提案する。道路横断施設は、施設自体の改善の方向性や乱横断の特性に着目して研究がなされ、乱横断対策として防止柵などの構造物による物理的分離方式の重要性が指摘されている¹⁾。しかしながら、迂回せずに最短距離で横断したいという乱横断の特性や地域習慣により、全ての乱横断を無くすことは難しい。自動車と分離する横断歩道橋は、階段の上り下りという行為を伴うため、特に高齢者にとっては利用しにくいというユーザビリティの問題が発生し、それ故に周辺の道路横断の指定場所以外での乱横断行為を選択しているのが現状である。従って、安全な道路横断施設を考える上では、利用しやすさという視点が必要不可欠である。

こうした現状を踏まえ、道路横断施設における社会的ユーザビリティの改善に向けて、道路空間内の利用主体間の優先順位付け (Priority)、歩行者の横断距離を短縮するとともに車両の走行挙動の自由度を制限するための道路空間のコンパクト化 (Compact)、高エネルギー外傷を回避するための道路交通の低速化 (Slow speed) の重要性を示し、三者を統合した PCS マネジメントの枠組みを提案する。さらに、PCS マネジメントと社会的ユーザビリティの評価指標との対応付けを行い、道路空間の改善手順について述べる。

3.2 社会的ユーザビリティの改善に向けた PCS マネジメント

3.2.1 道路機能に応じた交通手段のプライオリティ

少子高齢化の進展を背景に、特に、各都市では郊外部を中心に著しい高齢化の進行が問題となっている。一方、都市部では、モータリゼーションの進展などにより住宅や店舗などの郊外立地が進み、スプロール化によって低密度な市街地が形成されてきている。こうした都市構造においては、今後のさらなる厳しい財政状況を想定すると、拡散した居住者の生活を支えるサービス水準の低下が懸念される。都市交通では、廃線や系統の短縮などによる公共交通空白地域の拡大、利用者の減少から公共交通サービスの低下などの多く課題の発生が推察される。また、拡散した市街地への移動方法は、目的施設の分散により、鉄道やバス交通のような特定経路を運行する交通手段ではなく、面的移動が可能な自動車を中心とした交通手段が選択されるようになり、モータリゼーションの進展を加速させる。このように、スプロール化による低密度な市街地の形成は、自動車交通社会の到来を促進させる。

低密度な市街地による負の影響は、モータリゼーションの進展だけに留まらない。目的施設が集約されて低密度拡散型の都市構造下においては、施設間移動において速達性が求められる傾向

が強い。移動速度の追求は、交通安全の低下に直結する。自動車ドライバーが、サービスレベル以上の速度で移動をするという行為は、都心部、郊外部や都市間などの場所を問わずになされ、高速移動が常態化してしまう。こうした常態化は道路利用者の道路整備に対するニーズとなり、行政は、対策として道路整備による速達性向上といった誤った選択をしてしまうケースもある。その結果、同所要時間における圏域拡大は、さらなる低密度な市街地の形成を加速させるという側面は否定できない。

これまでは自動車優先の道路空間が構築され、一方で、交通弱者が軽視されてきた。そのため、道路空間における道路交通の質や沿道地域の状況は考慮されず、移動速度を追求するという自動車ドライバーのニーズに対する道路空間整備が進められてきたのも事実である。しかしながら、都心部には、歩行者や自転車などの多様な道路利用者が存在しており、不適切な移動速度での自動車走行は、高エネルギー事故を招くことが容易に想像できる。公共空間としての道路空間の中では、多様な道路利用者が安全で快適に通行できるような空間確保が重要である。

国土交通省は、国土のグランドデザイン 2050 の中でコンパクト+ネットワークの意義と必要性について述べ、居住と都市機能を集約し（コンパクト）、拠点間を利便性の高い公共交通で結ばれた（ネットワーク）都市、「多極ネットワーク型コンパクトシティ」の実現に向けた政策を提示した²⁾。これは、本格的な人口減少社会における地域社会の活力の維持・向上を目指し、次世代型のコンパクトシティの実現に向けてまちづくりと連携し、面的な公共交通ネットワークを再構築することを推進するものである。その多極ネットワーク型コンパクトシティの実現に向けての具体的な制度として、平成 26 年 8 月に都市再生特別措置法などの改正によって立地適正化計画が施行され³⁾。また、拠点間を結ぶ公共交通ネットワークの強化に関する制度として地域公共交通網形成計画が同年 11 月に施行された⁴⁾。これは立地適正化計画などとの連携により都市の全体像を把握し、課題を解決するための枠組みである。

この取り組みは、社会的背景を踏まえた上で、コンパクトとネットワークの必要性を指摘するとともに、道路空間において求められる役割を考慮した公共交通の運行形態設定の重要性が述べられている。例えば、拠点間を結ぶ公共交通は速達性を重視する一方で、拠点内の公共交通は駅あるいはバス停間距離を短く設定し、移動支援を図ることが挙げられる。自動車も同様に、求められる役割を考慮した上での道路空間の再構築が必要である。拠点間を繋ぐ幹線道路に求められる道路機能は、自動車の円滑な交通処理であり、具体的な整備内容として、バイパス整備や道路拡幅などが挙げられる。一方、拠点内に存在する幹線道路についても、一定の自動車の円滑な交通処理が求められるものの、その道路の自動車交通量が減少傾向、または将来の自動車交通量の減少が予測される場合は、道路空間における多様な交通手段の存在を考慮した上での道路空間の再構築が求められる。例えば、道路交通特性・沿道特性を考慮して、歩行者や自転車などの交通弱者を優先した道路空間への転換が求められる。しかしながら、自動車優先という考え方がいまだに強く、交通弱者にとって利用しやすい道路空間の再構築は不十分と言わざるを得ない。

図 3-1 に示すように、従来の道路計画・設計は、高度経済成長期や車社会の急速な進展を背景に、主に自動車交通量に基づいて自動車通行とその通行に支障がないような歩行者・自転車の通行空間の確保という考え方のもとで整備されてきた。そのため、歩行者・自転車の利用や公共空間としての役割については必ずしも十分な対応がなされていない。社会・経済状況の変化、国民のニーズの多様化を踏まえて道路利用者の必要性を第一に考え、道路の持つ多様な役割と機能

を十分考慮した道路計画・設計が求められる。そのためには、多様な道路利用者が存在する道路空間においては、まず、その空間における交通手段のプライオリティ設定が重要と考える。

道路構造令では、道路機能の明確化するために必要な道路特性を、地域特性、交通特性、ネットワーク特性の3つの特性で示している⁵⁾。個々の道路において、これらの道路特性を十分考慮した上で、どのような機能を確保すべきか検討する必要がある。このとき、道路機能を阻害する交通事故、災害、積雪などの要因や自動車による環境問題などの外部不経済についても明らかにすることが望ましいと考える。道路構造令で述べられている3つの特性の内容を図3-2に示す。



出典：「道路構造令の解説と運用」（社団法人 日本道路協会 平成27年6月）

図3-1 今後の道路の計画・設計の考え方

地域特性とは、沿道土地利用や気象条件、地形といった地勢や風土、地域の歴史・文化、環境や福祉、災害、公共交通機関、ライフライン（情報通信施設、上下水道など）、景観、まちづくりに関わる現状や計画などである。これらの地域特性に応じて、市街地形成や防災、環境保全、収容などの空間機能、山間部の地形や冬期の気象を考慮した通行などの交通機能のなかから、必要な機能について検討する。

交通特性とは、自動車、歩行者、自転車の各々の交通量および自動車の車種、トリップ長、交通量の変動特性、速度分布や、高齢者・障害者など歩行者の属性、並んで歩く、休憩など歩行者の利用形態などである。このような交通特性を考慮して、自動車、歩行者、自転車各々に対して必要な通行・アクセス・滞留のための機能について検討する。

ネットワーク特性とは、全国や広域、都市内における当該道路の「ネットワーク上の位置づけ」である。自動車の道路ネットワークに関する計画として、広域道路整備基本計画、都市計画マスタープランなどがあり、これらの計画において、広域的な交通を担う主要幹線道路から地区内交通を担う区画道路に至る段階構成のなかの位置づけや、どのような地域や拠点を連絡する道路なのかなどといった位置づけがなされている。また、歩行者や自転車の通行空間のネットワークに関する計画として、高齢者・障害者などの移動など円滑化基本構想や自転車利用空間のネットワーク計画などがあり、これら計画において安全・便利な歩行者や自転車の通行空間を確保すべき道路などが位置づけられている。以上のような当該道路についてのネットワーク上の位置づけを踏まえ、自動車や歩行者、自転車の通行・アクセス・滞留機能のうち、それぞれをどの程度重視するのかについて検討する。

出典：「道路構造令の解説と運用」（社団法人 日本道路協会 平成27年6月）

図3-2 道路機能を明確化する上で必要な3つの特性

これらの3つの特性を踏まえて、道路機能の明確化を図り、その機能に応じたプライオリティを再設定することが重要である。安全かつ包摂的な道路横断の検討の対象道路は、プライオリティを再設定する必要がある道路を対象とするものであり、全ての道路を対象とするものではない。図 3-3 に示すように、幹線道路の本来の目的は、自動車の円滑な交通処理であるため、自動車などの交通強者を優先とする空間整備が必要である。しかしながら、その道路の自動車交通量が減少傾向、または将来の自動車交通量の減少が予測される場合は、その道路空間における交通手段のプライオリティを見直し、交通弱者にとって利用しやすいものとすることが求められる。

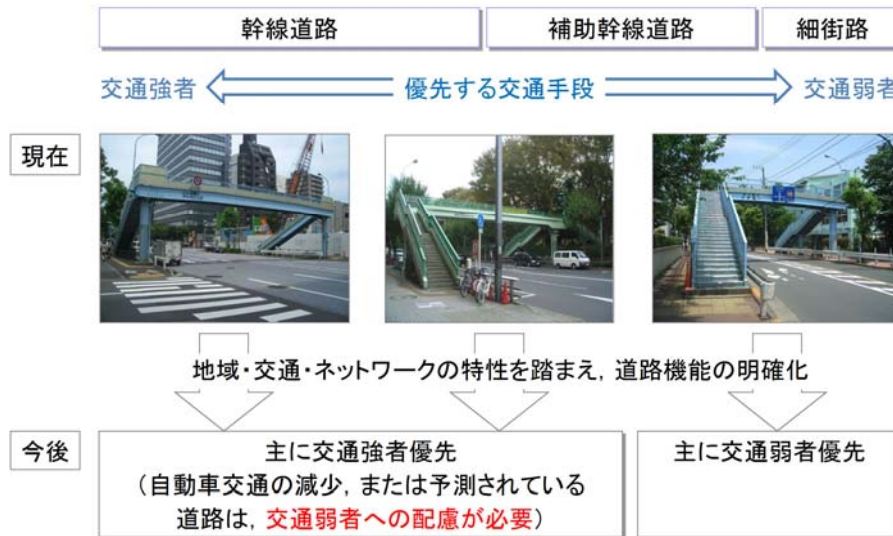


図 3-3 道路機能に応じた交通手段のプライオリティの考え方

3.2.2 交通弱者の側面からみた各道路横断方法の特徴

交通手段のプライオリティに応じて求められる道路横断方法は異なる。図 3-4 に、交通弱者の側面からみた各道路横断方法におけるユーザビリティ、セフティ、アクセシビリティの3つの要素の特性を示す。この図の円の大きさは、ユーザビリティ、セフティ、アクセシビリティそれぞれの程度の大きさを表している。なお、乱横断は、交通ルールの側面からは適切な横断方法と言えないものの、実態として多くの方が選択している状況にあるため、ここでは横断方法の1つとして取り上げる。

横断歩道は、平面横断であるため高齢者や身体障害者にとって利用しやすいものの、青時間内に横断できないケースも存在することからセフティやアクセシビリティが低い横断方法である。横断歩道橋は、自動車と分離がなされた安全な道路横断施設である。しかしながら、高齢者や身体障害者にとって、横断歩道橋は利用しにくく、その結果、乱横断しているケースもあるため、各要素が低い横断方法である。一方、乱横断は横断場所を問わず横断するため、最も危険性が高い横断方法である。これらの道路横断方法はそれぞれ安全利用に関する懸念事項が存在し、3つの要素がバランスよく存在する横断方法はない。

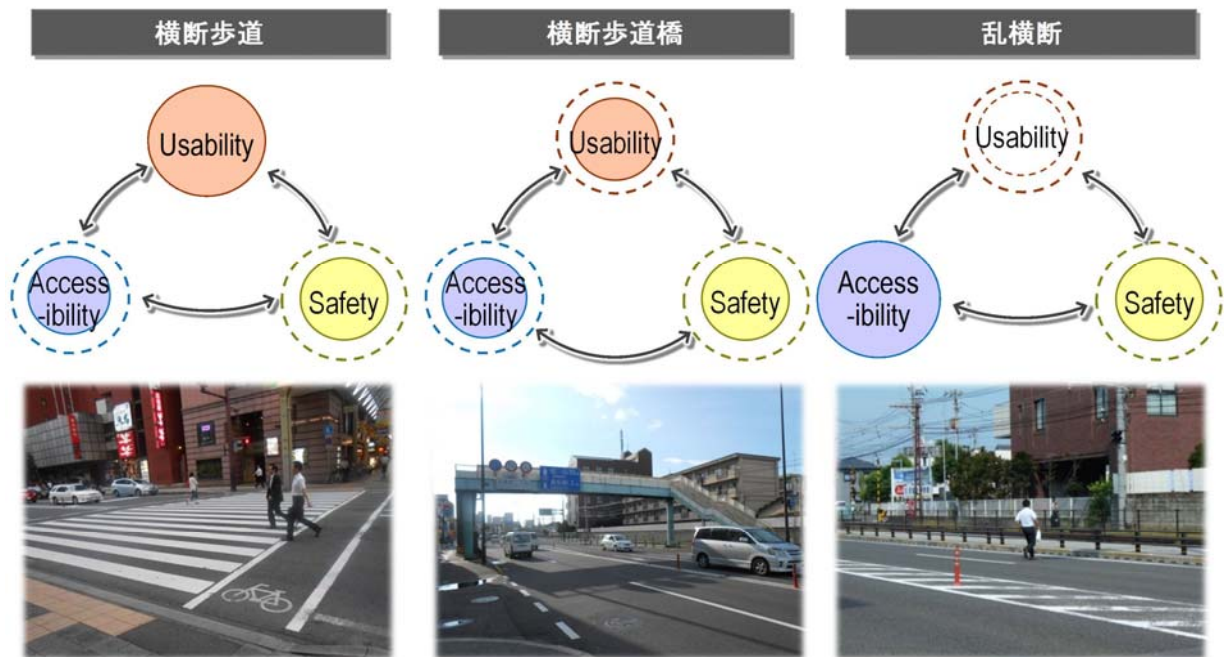


図 3-4 交通弱者の側面からみた各道路横断方法の特性

3.2.3 道路空間における社会的ユーザビリティの改善手順

道路横断方法を改善する上では、交通弱者にとっても利用しやすい安全な道路横断施設とすることが求められる。そのためには、図 3-5 に示すように、まず対象道路における量的・質的变化を把握することが重要である。量的変化の視点は、人口減少とともに自動車交通量が減少するという社会経済状況の変化を捉えることである。一方、質的变化の視点は、地域活性化の観点から、自動車交通処理から交流・地域活力の変化といった道路に求められる役割の変化であり、両者から道路空間の見直しが必要な道路か否かを判断する。

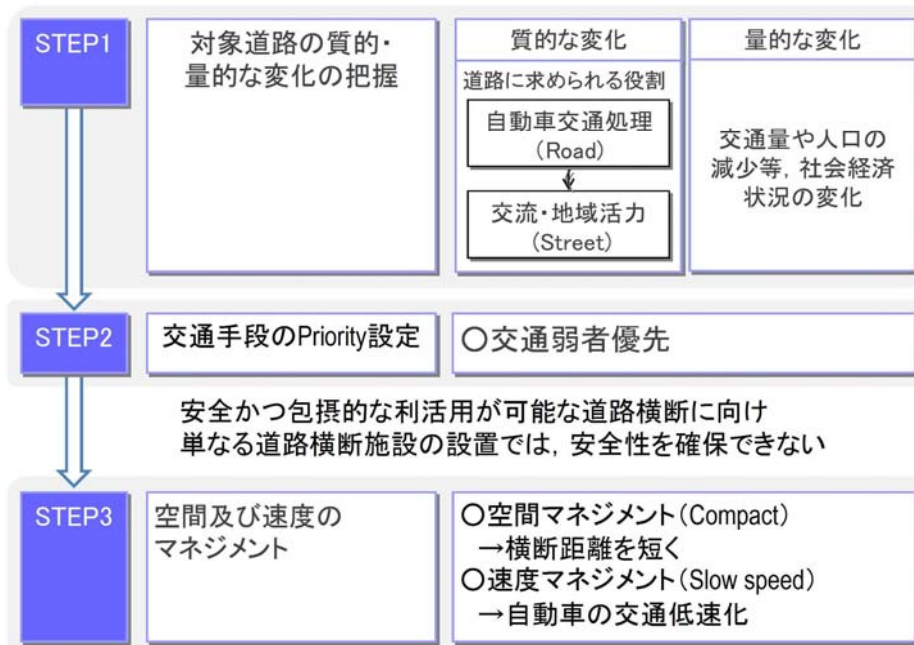


図 3-5 道路空間における社会的ユーザビリティの改善手順

次に、対象道路における交通手段のプライオリティを設定する。多様な道路利用者が存在する道路空間において、それぞれの交通手段が満足度の高い移動を実現するためには、道路空間内の利用主体間の優先順位付け（Priority）が必要である。しかしながら、このプライオリティに基づいて、単に道路横断施設を設置するだけでは、交通弱者が利用しやすい道路横断施設とは言い難い。乱横断事故の要因として、自動車交通量との関係性、また自動車と道路横断者の速度と距離との関係性が大きいことが、既往研究により指摘されている^{6) 7) 8)}。自動車交通量について、交通量が少ない道路は乱横断しやすいとされており、乱横断防止のためにも交通弱者優先の道路空間に転換することが望まれる。もう一方の事故要因である速度と距離については、対象道路における空間と速度の観点からのマネジメントが必要と考える。

空間マネジメントは、歩行者の横断距離を短縮するとともに車両の走行挙動の自由度を制限するための道路空間のコンパクト化（Compact）、速度のマネジメントは、高エネルギー外傷を回避するための道路交通の低速化（Slow speed）を目的とする。道路空間の安全かつ包摂的な利活用に向けては、先に述べた交通手段のプライオリティを含めて、三者を統合した PCS マネジメントが重要であると考えられる。ユニバーサルデザインを柱とする高齢者標準の社会システムへの移行を図っていく上で、このマネジメントは不可欠である。

空間と速度マネジメントについて具体的に述べる。高齢者の死亡事故が横断歩道上で多い要因の一つに、青時間内に横断歩道を渡りきれない事が挙げられる⁹⁾。そのため、物理的な横断距離および時間を削減することが、横断者の安全・安心を高める。その点に着目した空間マネジメントとしては、交差点のコンパクト化による横断距離および時間を短縮する方法が挙げられる。具体策としては図 3-6 に示すように、横断施設そのものを対象とする点対策、施設が設置されている道路を対象とする線対策、施設設置箇所周辺地域を対象とする面対策と 3 つのレベルに区分でき、代表例として、同順で、交差点そのものを改良する交差点改良、対象道路における車線数の削減を図る道路ダイエット、対象道路から周辺道路への交通転換を行う TDM が挙げられる。

一方、自動車の速度低下は、横断者の安全・安心に繋がる。速度マネジメントは、その点に着目し、道路機能を明確にした上での交通低速化を目指す。空間マネジメント同様に 3 つのレベル別に対策が挙げることができ、図 3-6 に示すように、具体策の代表例として、施設レベルでは、自動車の低速化・停車を図る信号制御、道路レベルでは速度規制、地域レベルではゾーン 30 が挙げられる。

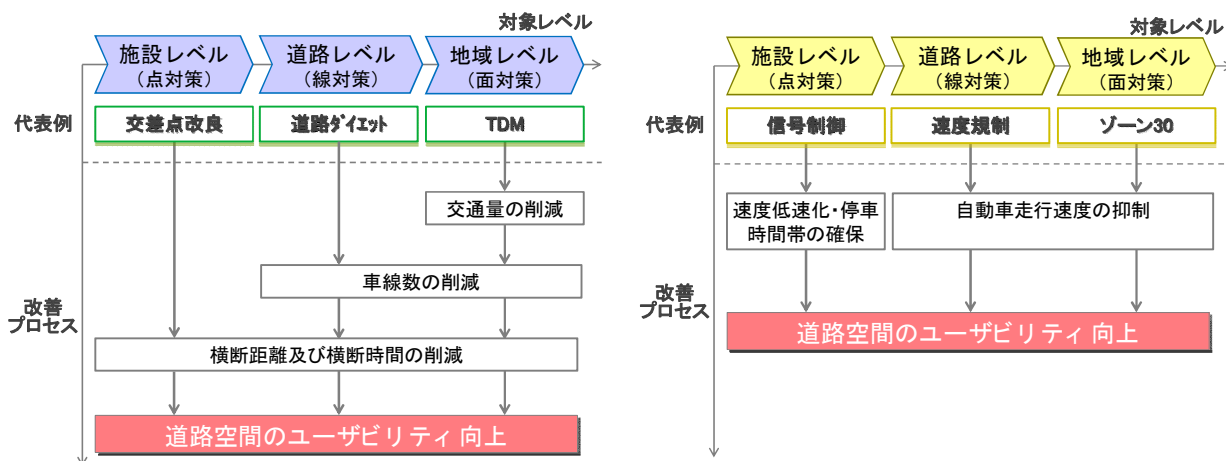


図 3-6 道路空間における空間マネジメント（左）と速度マネジメント（右）

道路空間における空間および速度のマネジメントは、相互に影響するため、両者を同一にマネジメントすることが重要である。そこで、両者のレベル別の組み合わせ例を図 3-7 に示す。空間のマネジメントを実施する際には、合わせて速度マネジメントをすることで、単独で実施した場合に比べて、より効果的であると考えられる。例えば、TDM により横断距離・時間を短縮するだけでなく、速度規制も実施することで、自動車の速度低下が図られ、安全・安心な横断に繋がると言え、この連携によって、横断施設における社会的ユーザビリティの改善が可能と考える。

ニーズが多様化している現在、公共空間としての道路空間において、ユーザビリティ、セフティ、アクセシビリティの3要素をバランス良く向上させるためには、プライオリティ、コンパクト、スピードのマネジメントが重要である。PCS マネジメントと社会的ユーザビリティの評価指標との対応付けを行った結果を図 3-8 に示す。プライオリティは道路機能を明確化することで、

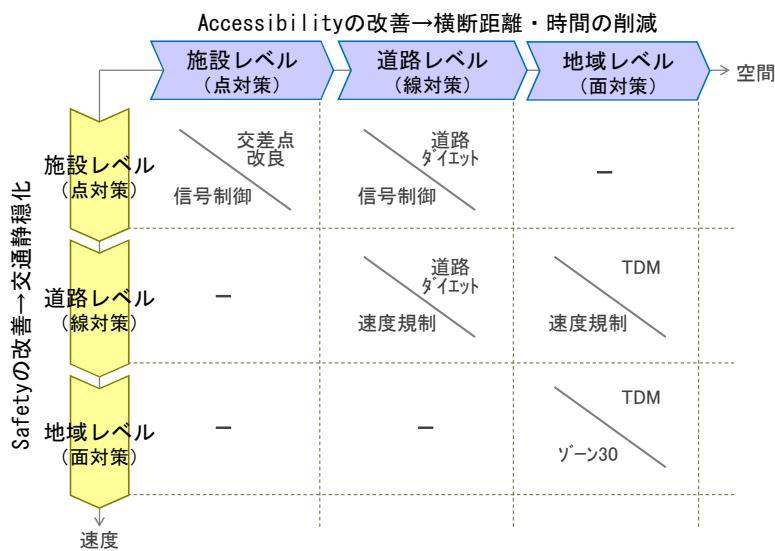


図 3-7 空間・速度マネジメントの組み合わせ

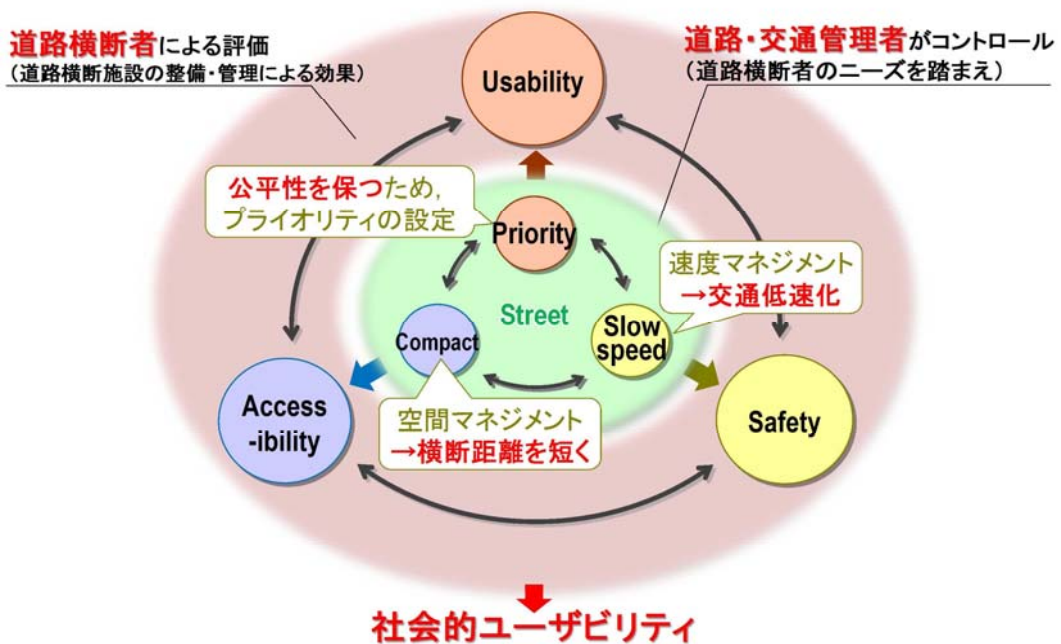


図 3-8 社会的ユーザビリティと各マネジメントとの関係性

対象道路における交通手段間の優先順位について公平性を保つことができる。コンパクトは、空間マネジメントによる横断距離・時間の短縮、スピードは速度マネジメントによる速度低下により安全性を確保することができる。ここで示す3つのマネジメントは、道路・交通管理者が協力して管理する。これらのマネジメントは、道路横断者のユーザビリティ、セフティ、アクセシビリティの改善に寄与し、社会的ユーザビリティ向上に繋がると考える。

図 3-9 および図 3-10 に、PCS の視点に基づく空間再構築の例を示す。これらの道路空間は、周辺地域における人口減少、あるいは対象道路の自動車交通量が減少し、量的な交通処理を優先する画一的な考え方から脱却し、地域活性化の観点から多様な道路利用者の下、道路空間の見直しが求められる空間であり、全ての道路空間を対象とするのではない。

図 3-9 の例では、現状の道路空間は、横断歩道橋が利用しにくいこと、道路は4車線あるものの交通量が少ないために乱横断しやすい空間となっており、乱横断での横断が確認されている。また、横断歩道橋の支柱が自転車や歩行者の通行空間を狭め、両者の通行を阻害している。

PCS マネジメントの適用による道路空間の改善策としては、自動車交通量が少ないことを踏まえ、まず交通強者優先から交通弱者優先へと交通手段のプライオリティを再設定する。次に空間マネジメントとして、自動車交通量に相応しい車線数に道路空間を再配分して横断距離を短くし、合わせて速度マネジメントにより速度規制を行って自動車の速度を抑制する。さらに、車線数の削減により生まれた道路空間に自転車通行空間を確保することで、自転車と歩行者の通行空間が区分でき、横断方向だけでなく、縦断方向も安全性が高まると考える。

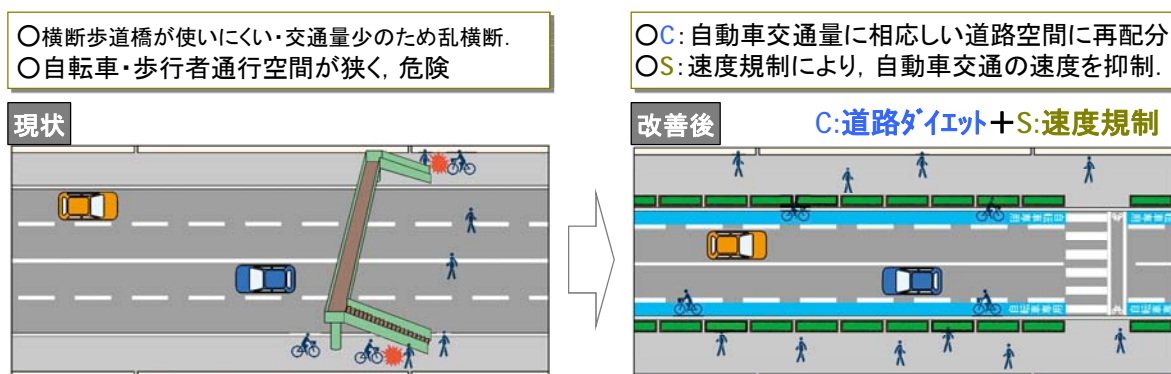


図 3-9 PCS の視点に基づく道路空間再構築の例①

図 3-10 に示す道路空間は、斜めに横断歩道が設置されているため横断距離が長いにも関わらず、信号制御はなされておらず、自動車の走行速度が速いことから、歩行者の安全性が低くなっている空間である。

PCS マネジメントの適用による道路空間の改善策としては、まず交通強者優先から交通弱者優先へと交通手段のプライオリティを再設定する。次に空間マネジメントとして、斜めの横断歩道を垂直方向に設置し直し、横断時間を短くすることでアクセス性を高める。この横断歩道の垂直方向への設置は、自動車の停止線をバックさせることにもなるため、交差点が大きくなってしまふというデメリットがある。交差点の拡大化は、自動車が黄色信号で交差点内に進入した際、進むとの判断をするドライバーもいれば、停止するとの判断をするドライバーも存在し、そのジレンマにより、追突事故が発生しやすいという副作用を伴う。そのため、安易な考えの下での、

単なる横断歩道の設置は、結果、事故を招くことに繋がる。そのため、合わせて速度マネジメントにより、信号機を設置して自動車の速度抑制を行い、安全性を高める。また、従道路については、一定の走行速度で走行可能な自転車交通は、横断歩道への迂回をせず、車道左端を安全で快適に直進できるように通行位置を明示し、空間を確保する。このように、PCS マネジメントに基づき、社会的ユーザビリティの改善が可能と考える。

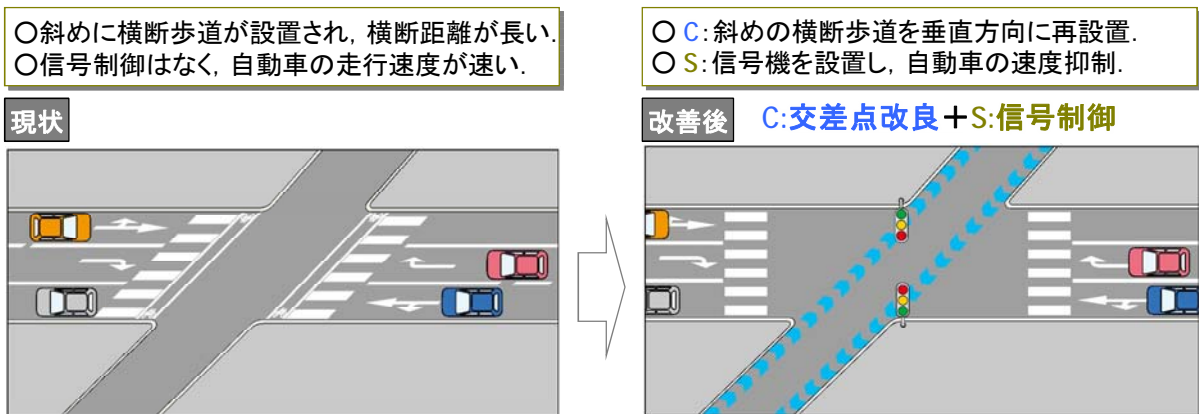


図 3-10 PCS の視点に基づく道路空間再構築の例②

3.3 PCS マネジメントに関する評価手法

3.3.1 評価要素と評価指標の設定

PCS マネジメントに基づき社会的ユーザビリティの改善を図るためには、道路横断者の意識を評価する手法が必要である。そこで、道路横断に関する多様な視点を反映した評価要素とそれを説明する具体的な評価指標から構成する評価手法を提案する。この際の評価は、道路横断者の意識、ここでは、各評価指標における満足度と重要度に基づく。重要度とは、整備や管理方針を立てる上での優先度のことで、満足度とは、望ましい整備水準に対する現状の充足度のことである。これら満足度と重要度の両者を把握することによって PCS に関する課題を明確化し、交通弱者にとっても利用しやすい道路横断施設に向けた、必要な施策の検討が可能となる。

このときの評価要素および評価指標は、杉山ら¹⁰⁾、鹿島ら^{11) 12)}、鈴木¹³⁾の既往研究を参考にし、道路横断施設への適用にあたり、評価要素を再設定した。既往研究では、駅前広場を調査対象としており、評価要素としては、移動容易性・移動安全性・移動介助性・情報提供性・空間快適性・管理充足性・交通結節性・賑わい創造性の8つを挙げている。本調査は道路の横断施設を対象としているため、交通結節性と賑わい創造性は除き、評価要素は6つとした(表 3-1)。具体には、移動容易性、移動安全性、移動介助性、情報提供性、空間快適性、管理充足性である。

この6つの評価要素を基に設定した評価指標を表 3-2 に示す。それぞれの評価要素に対して3つずつ評価指標を設けており、評価要素および評価指標は全部で6要素18指標となっている。この評価要素を説明する評価指標は、道路交通分野の専門家によりブレインストーミングの上で設定している。この際、評価指標は、評価要素別に3つずつになるように配慮した。また、評価指標は、プライオリティ、スピード、コンパクトのどれかに属し、それぞれ6つずつとなるようにバランスを整えている。

表 3-1 道路横断施設における社会的ユーザビリティの評価要素

 移動容易性	歩行者が横断しやすいか	 情報提供性	歩行者が求める情報を提供できているか
 移動安全性	歩行者が安全に横断できるか	 空間快適性	歩行者が快適に横断できるか
 移動介助性	移動困難者を助ける施設やサービス	 管理充足性	管理者により適切な管理がなされているか

表 3-2 道路横断施設における社会的ユーザビリティの評価要素と評価指標

要素	評価指標		
移動容易性	1-1	C	横断歩道や歩道橋までの距離が短いこと
	1-2	P	階段をのぼったり、おりたりせずに、横断できること
	1-3	C	道路の横断距離が短いこと
移動安全性	2-1	S	右左折車両の速度が遅く、危険を感じずに横断できること
	2-2	S	自動車が規制速度を守って走行していること
	2-3	S	青信号の時間が充分にあり、余裕を持って横断できること
移動介助性	3-1	P	信号機に青時間を延長する押しボタンが付いていること
	3-2	P	横断者を誘導する人が立っていること
	3-3	S	歩車分離式信号が設置されていること
情報提供性	4-1	P	音声によって歩行者の誘導情報が得られること
	4-2	P	点字ブロック等の歩行者誘導設備が整備されていること
	4-3	P	横断歩道の青信号の残り時間が表示されること
空間快適性	5-1	C	信号を待つ滞留スペースが充分にあること
	5-2	C	自転車が横断待ちの人と交錯しないこと
	5-3	C	道路中央に交通島があり、そこで待機できること
管理充足性	6-1	S	停止線等の路面標示が管理されており、はっきり見えること
	6-2	C	駐停車車両がなく歩行や自転車の走行の妨げにならないこと
	6-3	S	植樹対等が管理され、運転手が横断者が発見しやすいこと

P：プライオリティに関連する指標 → (6 指標)

S：スピードに関連する指標 → (6 指標)

C：コンパクトに関連する指標 → (6 指標)

3.3.2 評価要素・指標に基づく PCS マネジメントの評価

本研究で提案する PCS マネジメントの手順を明確化するため、先に示す評価要素および評価指標を用いて、図 3-11 に示す構造モデルを構築した。構造モデルは、社会的ユーザビリティの改善に向けて必要とされる PCS マネジメントの 3 要素を中心に据える。公共空間としての道路

空間の中における立場や能力であり、公平性を指すため、道路空間内の利用主体間の優先順位付けを指すプライオリティ、歩行者の横断距離を短縮するとともに車両の走行挙動の自由度を制限するための道路空間のコンパクト化、高エネルギー外傷を回避するための道路交通の低速化、これら三者は、相互に関係性が高いため、それぞれ双方向に矢印で結んだ構造モデルとしている。

PCS マネジメントの目的は、社会的ユーザビリティの改善であることから、その評価指標との対応付けを行い、道路空間の改善手順を示す。交通手段のプライオリティは、多様な道路利用者における道路空間の利用しやすさに直結する概念であり、ユーザビリティとの関連性が強いと言える。また、コンパクト化はアクセス性の改善、例えば、道路横断施設における横断距離の短縮など、アクセシビリティとの関連性が強い。一方、スピードは道路交通の低速化、高エネルギー事故を回避するために必要であり、セフティに関連する。このように、PCS マネジメントに社会的ユーザビリティの要素を対応付けすることで、社会的ユーザビリティの改善に向けた概念整理ができる。

なお、プライオリティ・コンパクト・スピードの3要素については、多様な道路利用者のニーズを踏まえながら道路管理者および交通管理者が調整しながらマネジメントしていくものである。一方、ユーザビリティ・アクセシビリティ・セフティは、道路横断施設の整備・管理による効果、すなわち、道路横断者による評価となる。

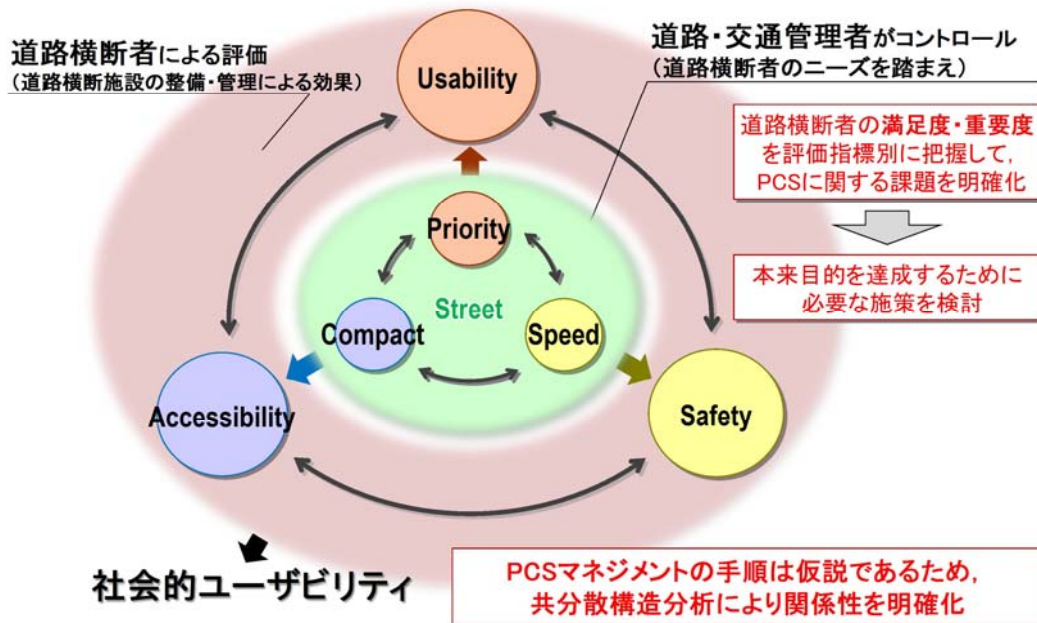


図 3-11 PCS マネジメントの関係性

3.4 まとめ

本章では、道路空間におけるユーザビリティが必要な典型例である道路横断施設を対象として、社会的ユーザビリティの向上を目的とした、道路空間の安全かつ包摂的な利活用に向けた計画および評価手法を提案した。まず、対象道路において、交通量や人口の減少など、社会経済状況の

変化といった量的変化，自動車交通処理（Road）から交流・地域活力（Street）の変化といった道路に求められる役割の変化，質的変化の把握を行うことの重要性を指摘した。

次いで，道路の持つ多様な役割と機能を十分考慮した道路計画・設計を行っていくために，多様な道路利用者が存在する道路空間においては，その空間における交通手段のプライオリティの設定が重要であることを述べた。加えて，歩行者の横断距離を短縮するとともに車両の走行挙動の自由度を制限するための道路空間のコンパクト化，高エネルギー外傷を回避するための道路交通の低速化の重要性を示し，三者を統合した PCS マネジメントの枠組みを構築した。

また，社会的ユーザビリティを構成するユーザビリティ・アクセシビリティ・セフティをバランス良く向上させるためには，PCS マネジメントが必要であることを説明し，対応付けを行った上で，道路空間の改善手順を明らかにした。

本章で構築した計画手法および評価手法を，第4章で道路横断施設，第5章で自転車通行空間，第6章で歩行空間に適用し，総合的な社会的ユーザビリティの改善策の提案を行っている。

【参考文献】

- 1) 柳幸大介：道路交通安全のためのトランジション・マネジメントに関する研究，大阪大学修士論文，2016.3
- 2) 国土交通省：国土のグランドデザイン 2050.
- 3) 国土交通省：改正都市再生特別措置法等について.
- 4) 国土交通省：地域公共交通網形成計画・地域公共交通再編実施計画の作成に当たっての要点・留意点等.
- 5) 社団法人 日本道路協会：道路構造令の解説と運用，2015.6.
- 6) 青木 義郎，森田 和元，田中信壽，関根道昭，廣瀬 敏也：歩行者横断特性と安全性への影響について，交通安全環境研究所フォーラム 2011.
- 7) 石川里子・谷口滋一・萩原亨・平澤匡介・鈴木勝美：高齢者による乱横断と接近車輛との関連に関する研究，土木計画学研究・講演集，Vol. 42，2010.11.
- 8) 尾崎龍樹，日野泰雄，吉田長裕，上野精順：無信号横断歩道における歩車錯綜時の安全性評価，土木計画学研究・講演集，CD-ROM，Vol. 26，2002.
- 9) 社団法人日本自動車連盟：「高齢社会を見据えた上でのインフラ整備のあり方」に関する提案，2010.
- 10) 杉山郁夫，土井健司，若林仁，川俣智計：移動の定量化に基づく歩行空間の評価方法に関する研究，土木学会論文集，No. 800，pp. 37-50，2005.
- 11) 鹿島翔，土井健司：鉄道駅を核としたまちづくりのための駅前広場の空間設計とユーザビリティに関する研究，土木計画学研究発表・講演集，CD-ROM，Vol. 49，2014.6.
- 12) Sho KASHIMA, Kenji DOI, Takanori SUNAGAWA and Hiroto INOI : A Study on Spatial Design and Usability of Station Plazas for Compact City Planning, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2015.
- 13) 鈴木清：多様な道路利用者のユーザビリティを考慮した道路空間とネットワーク計画の策定方法に関する研究，香川大学博士論文，2014.3

第4章 ユーザビリティ向上が必要とされる道路横断施設への適用

4.1 はじめに

今後の道路空間には、多様な道路利用者のニーズを踏まえて賢く「使う」ことが求められる。第2章では、道路空間の安全かつ包摂的な利活用のために、人間中心設計等で用いられるユーザビリティの概念が交通施設の計画・設計にも必要であることを示した。また、多様な道路利用者が存在する公共空間としての交通空間の構築において、多様な利用主体や利用状況に対応できる社会的ユーザビリティの概念の重要性について述べた。この社会的ユーザビリティの改善が必要とされる典型例として道路横断施設を取り上げ、道路横断における現状と問題の構図を踏まえ、安全かつ包摂的な利活用に向けた目指すべき方向性について考察している。この道路横断施設の一つである横断歩道橋は、利用しにくいというユーザビリティの問題により本来機能が損ねられ、それ故に周辺での乱横断が生じており、道路横断における安全性を確保するためには、利用しやすさの改善という視点が必要不可欠であると言える。

第3章では、第2章で述べた道路横断時の問題について、横断施設の社会的ユーザビリティの観点から分析し、改善に向けた評価手法および計画手法を提案した。具体的には、道路空間内の利用主体間の優先順位付け (Priority)、歩行者の横断距離を短縮するとともに車両の走行挙動の自由度を制限するための道路空間のコンパクト化 (Compact)、高エネルギー外傷を回避するための道路交通の低速化 (Slow speed) の重要性を示し、三者を統合した PCS マネジメントの枠組みを構築した。さらに、PCS マネジメントと社会的ユーザビリティの評価指標との対応付けを行い、道路空間の改善手順を明らかにした。

本章では、先に述べた道路横断における現状と問題の構図を踏まえ、構築した計画手法および評価手法を実フィールドに適用し、道路横断ニーズを踏まえた安全な横断方法への改善策、すなわち、総合的な社会的ユーザビリティの改善策を提案する。

4.2 香川県における道路横断の現状と問題

調査対象は香川県高松市に位置する横断歩道橋とする。高松市は都市計画マスタープラン、多核連携型コンパクト・エコシティ推進計画など、上位計画において、集約型都市構造の実現が位置付けられており^{1) 2)}、他都市に先行して各種取り組みを進めている。今後は人口減少、少子高齢化がより急速に進展することから、その集約型都市構造の構築に向けた取り組みが急務である。

高松市における将来の人口構造を図 4-1 および表 4-1 に示す。各地域とも高齢化が顕著³⁾であり、特に中部東地域では 18%から 39%へと倍増する見通しである。また、高松市都心部の都心地域においても、他地域と同程度高齢化が進んでいる。

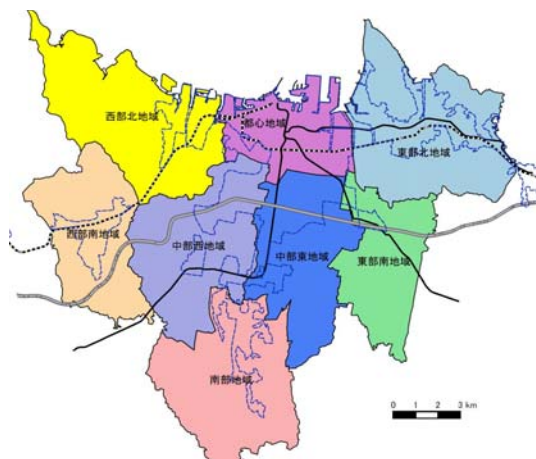
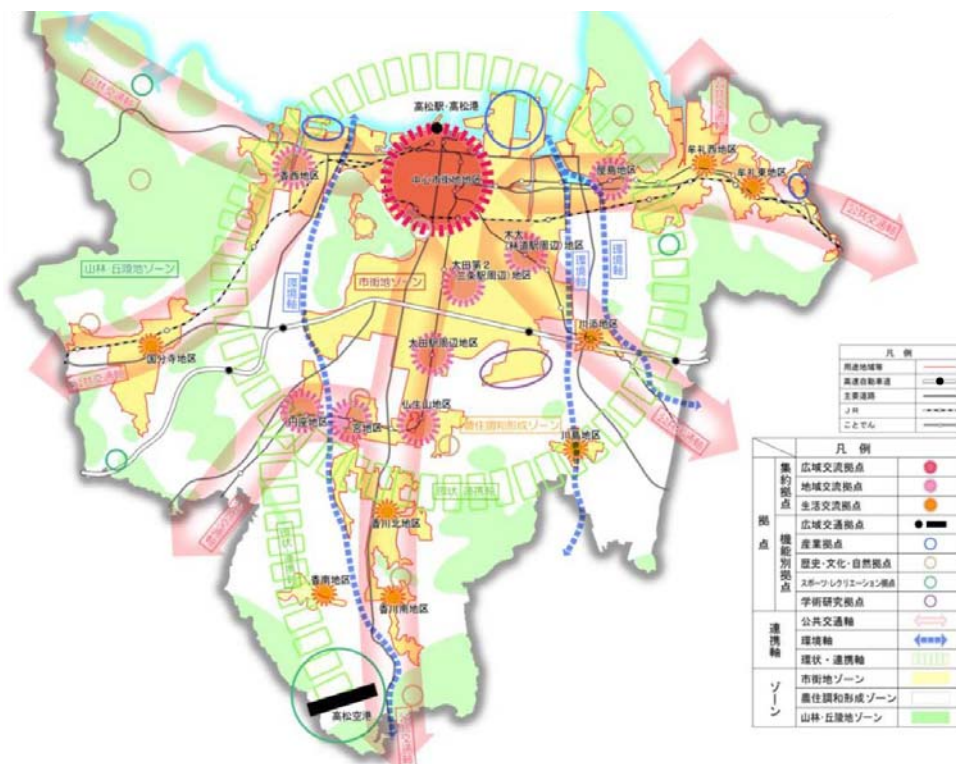


図 4-1 地域区分

表 4-1 地域別の人口推移

地域区分	平成 22 年(2010 年)					平成 62 年(2050 年)					65 歳以上 増減 平成 22 年 → 平成 62 年
	総人口	人口 密度 (人/ha)	0-14 歳 人口	15-64 歳人口	65 歳 以上 人口	総人口	人口 密度 (人/ha)	0-14 歳 人口	15-64 歳人口	65 歳 以上 人口	
1 都心地域	98,044	51.3	12%	64%	24%	68,692	35.9	10%	50%	40%	+16%
2 中部東地域	77,617	27.4	18%	64%	18%	64,023	22.6	11%	51%	39%	+21%
3 中部西地域	49,907	15.4	13%	61%	25%	35,311	10.9	10%	50%	40%	+15%
4 東部北地域	56,151	14.6	15%	63%	23%	41,132	10.7	11%	50%	39%	+16%
5 東部南地域	32,460	14.6	15%	62%	23%	24,390	11.0	11%	51%	38%	+15%
6 西部北地域	33,033	8.9	14%	62%	24%	23,625	6.4	10%	50%	39%	+15%
7 西部南地域	24,350	9.2	16%	63%	21%	19,008	7.2	11%	51%	38%	+17%
8 南部地域	29,878	8.6	13%	62%	25%	20,848	6.0	10%	51%	39%	+14%

出典：国勢調査（平成 62 年については、平成 22 年国勢調査から推計（社人研推計値））



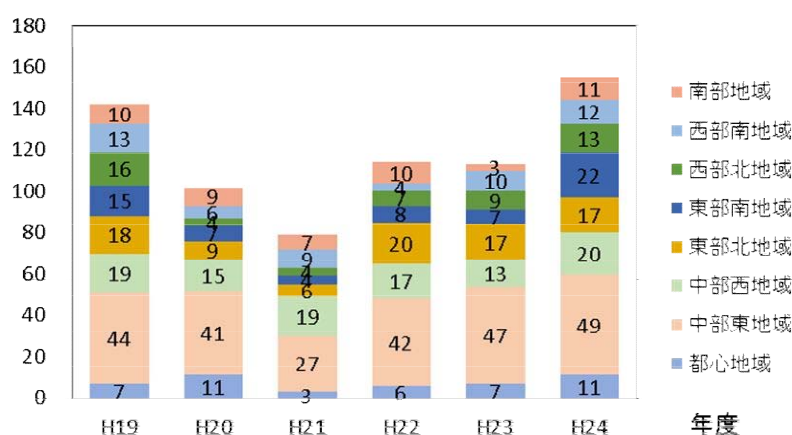
出典：高松市都市計画マスタープラン（平成 20 年 12 月）

図 4-2 高松市における集約型都市構造のイメージ

計画に位置付けられている集約型都市構造は、拠点（集約拠点・機能別拠点）、連携軸、ゾーン（市街地、農住調和地、山林・丘陵地）で構成される（図 4-2）。集約拠点は、広域・地域・生活の 3 層構造とし、地域交流拠点では地域の特性にふさわしい一定規模以上の商業・医療・産業環境や行政サービス機能の確保・向上を位置づけている。機能別拠点については、原則広域交流拠点以外は都市機能の集積は想定しないとされている。この集約型都市構造の実現に向けては、拠点において商業・医療などの基本的な生活サービス機能を確保するとともに、地域と拠点、あるいはより高度な都市機能を有する都心地域とを公共交通で結ぶことで、効率の良い都市構造を

構築する必要がある。また、多核連携型コンパクト・エコシティ推進計画や高齢者保健福祉計画⁴⁾において位置づけられている歩いて暮らせるまちづくりや高齢者が住み慣れた地域で生活を続けることができる日常生活圏域の形成が必要である。

その一方で、自治体が策定した計画、都市の将来像に反して、商業用地や住宅用地に関する開発行為の許可は多様な地域でなされており、都心部よりも郊外部で多くなっていることがわかる⁵⁾ (図 4-3)。また、大規模小売店舗の分布をみても、平成 23 年以降に開設した用途地域外に立地する店舗数は 8 件⁶⁾ となっており、これら店舗の一部は、高松市における集約型都市構造の拠点から外れた場所に立地しており、都市の拡散を助長している。低密度な市街地の形成は、モータリゼーションの進展に繋がっている。



出典：高松市資料

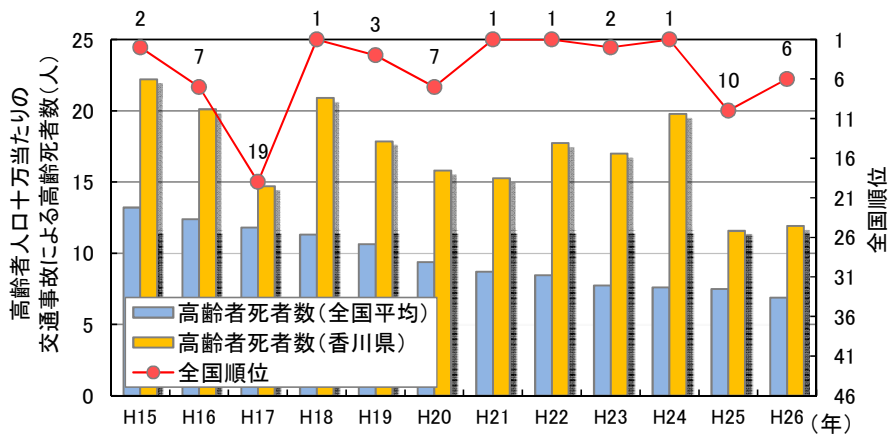
図 4-3 地域別の開発行為許可件数の推移

多核連携型コンパクト・エコシティ推進計画や高松市地域公共交通網形成計画⁷⁾では、集約型都市構造の実現に必要な政策の柱として、公共交通の充実とさらなる利用促進が位置付けられている。これは立地適正化計画の理念とも整合する考え方であるが、この内容を踏まえて、新駅整備や複線化、路線バスネットワークの再編などが進められている。しかしながら、高松市は公共交通分担率が低く、また公共交通空白地も多く分布しているという状況にあり、市域全体で高い水準の公共交通のアクセシビリティを確保することは難しい。集約型都市構造に向け、今後の都市を支える交通体系とするためには、新駅整備をはじめとする公共交通軸の強化とあわせ、面的に移動可能な自動車交通を賢く使うことが重要である。ここでいう賢く使うとは、それぞれの道路における交通特性・沿道特性を考慮して、場合によって歩行者や自転車などの交通弱者を優先しながら、多様な道路利用者と共存していくことを指す。

香川県は、これまで渋滞対策の一環として自動車優先の道路空間を構築し、その反面、歩行者や自転車を軽視してきた。そのため、幹線道路や補助幹線道路における交差点は、横断歩道橋や地下横断歩道により立体横断化され、歩行者や自転車は平面で通行できず、車との交錯が回避されている。県内の立体横断施設数は約 150 基であり、年間の維持管理費は 4 億を上回る⁸⁾。道路財源が縮小される一方で、横断歩道橋の多くが設置された昭和 40 年代初期から約 50 年の経過を迎え、今後はさらなる維持管理費の増大が予測される。

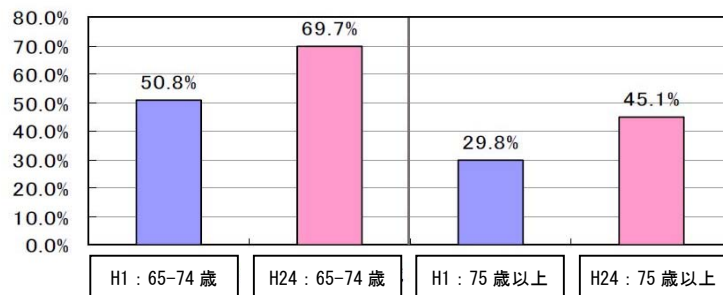
その一方で、図 4-4 に示すように、香川県は高齢者人口 10 万人当たりの交通事故による高齢者死者数が多く、全国最悪水準となっている⁹⁾。平成 25 年に大幅な順位の低下が見られたものの、平成 26 年には増加傾向に転じている。

高齢者の外出動向の推移について図 4-5 に示す¹⁰⁾。外出率はパーソントリップ調査の調査項目にある外出状況を分析したものである。高齢者の外出率は増加していることから、今後も交通事故死者数が増加していくことが懸念される。高齢者死亡事故については、単路部では乱横断が 8 割、交差点部では横断歩道周辺の横断事故が半数を占めている（図 4-6）¹¹⁾。



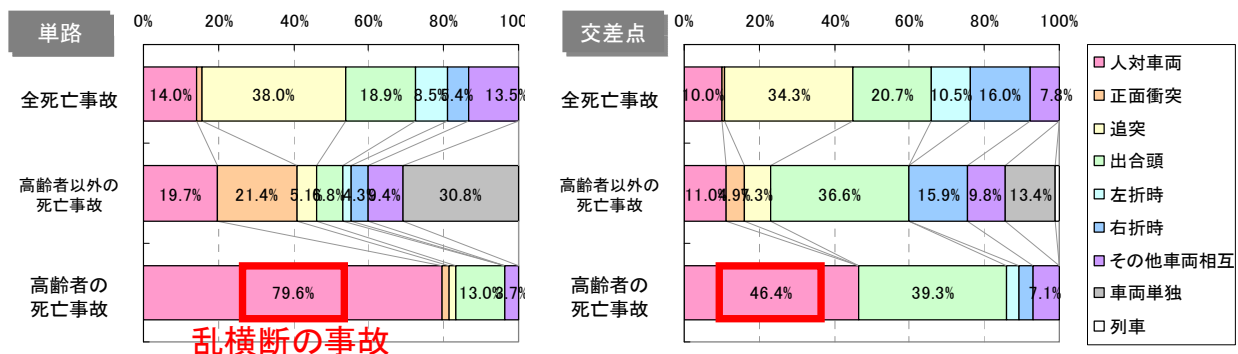
出典：平成 27 年 交通事故統計（警察庁）

図 4-4 高齢者人口 10 万人当たり交通事故による高齢者死者数



出典：高松広域都市圏パーソントリップ調査

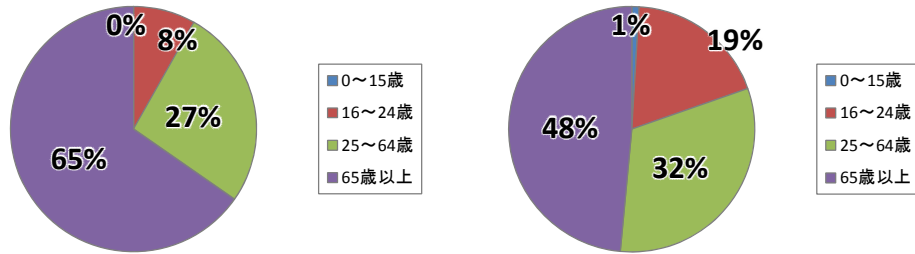
図 4-5 高齢者の外出率の推移



出典：イタルダ事故別データ（平成 8 年～平成 22 年）〔直轄国道〕

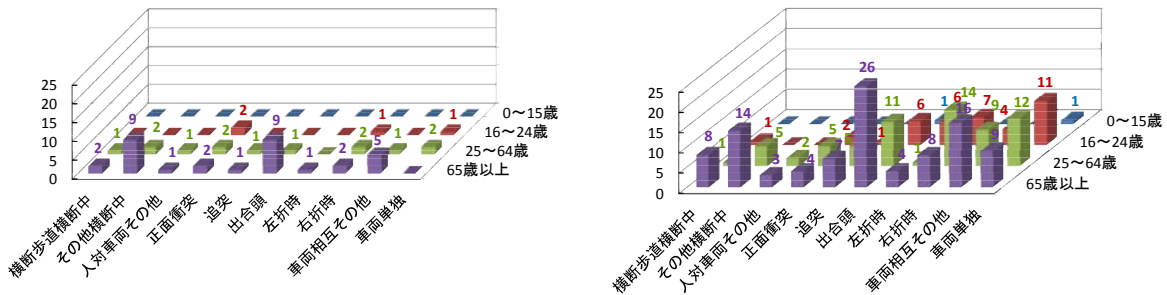
図 4-6 高齢者死亡事故の事故類型の特徴

また、香川県内の直轄国道の死亡事故について、年齢別の割合をみると、7割弱が高齢者となっている。これらの事故における事故類型は、横断時の事故が4割を占め、重大事故においても同傾向が確認される。従って、県内における死亡事故・重大事故の抑止において、横断時の安全性の確保が喫緊の課題となっていると言える。



出典：ITARDA 事故別データ（H23～H26）〔直轄国道〕

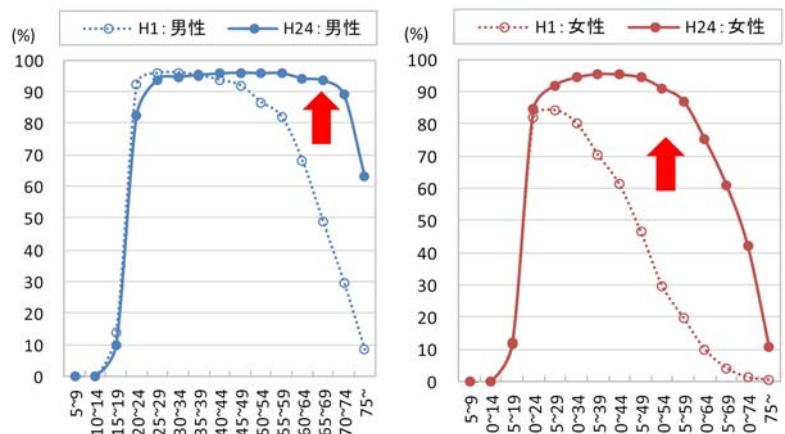
図 4-7 直轄国道の事故における年齢別の割合（左：死亡事故，右：重大事故）



出典：ITARDA 事故別データ（H23～H26）〔直轄国道〕

図 4-8 当事者年齢別事故類型別の死亡事故件数（左：死亡事故，右：重大事故）

一方で、図 4-9 に示すように、身体的機能が低下している高齢者の自動車運転免許保有率が増加しており¹²⁾、高齢者が第 1 当事者（ドライバー）となるような事故の増加も予測される。そのため、道路横断時における横断者に着目しつつ、道路空間における多様な道路利用者を対象とした安全性の確保に向けた改善が求められる。



出典：高松広域都市圏パーソントリップ調査

図 4-9 自動車運転免許保有率の推移

4.3 道路横断施設の利用実態と道路横断ニーズの把握

4.3.1 調査概要

本章で対象とする道路横断は、自動車交通量が減少し、道路空間の使い方を見直す必要がある道路に立地する横断歩道橋を対象とする。横断歩道橋が設置されている道路は、表 4-2 に示すように、片側2車線全4車線となる国道11号であり、種級区分は4種1級に該当する。図 4-10 に示すように、自動車交通量は平成2年度 36,403 台/日から平成22年度 27,548 台/日と、24%の大幅減少となっており¹³⁾、今後の社会的背景を考慮すると、さらなる減少が予測される。一方で、周辺には鉄道駅が位置していることもあり、自転車は 3,013 台/12h、歩行者は 893 人/12h と通行量が多い。図 4-11 に周辺状況を示す。この鉄道駅の立地を理由に、道路を挟んだ向かい側への横断が現地踏査により確認されている。また、交差点西側には、写真②に示すように横断歩道はなく自転車横断帯のみが設置され、横断歩道は交差点東側、横断歩道橋から 60m 程度離れた位置に設置されている。鉄道駅と横断歩道橋は 120m 離れており、横断歩道までは 180m 程度の距離がある。

表 4-2 対象道路の概要

対象	国道11号 (片側2車線、4車線道路)
種級区分	4種1級
交通量	自動車 27,548台/日(平成22年度) ※20年間で24%減少
	歩行者 893人/12h
	自転車 3,013台/12h

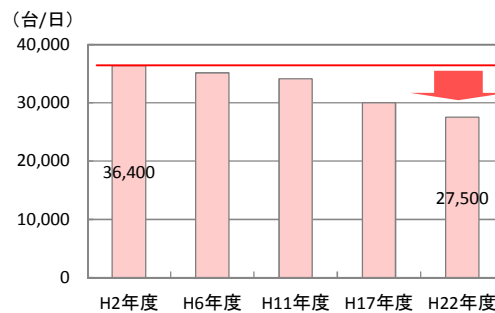


図 4-10 自動車交通量の推移

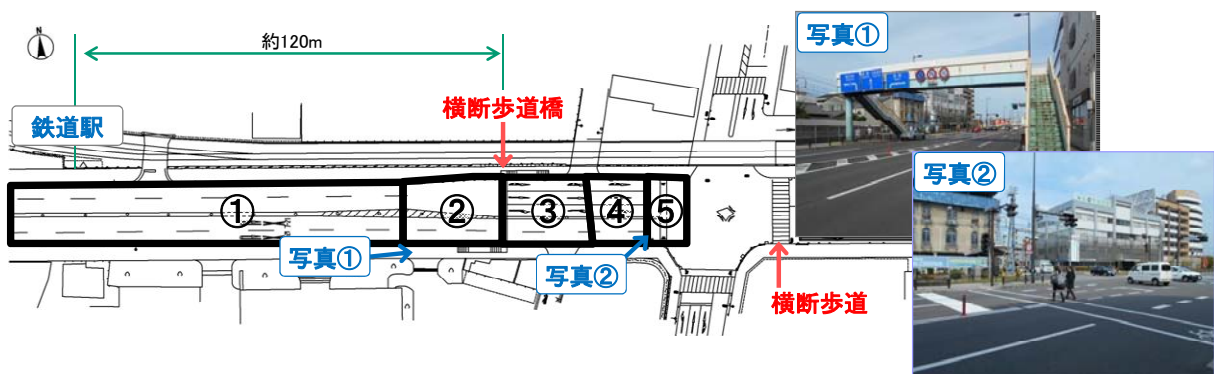


図 4-11 横断歩道橋周辺の状況

横断歩道橋を対象として、表 4-3 に示すように横断実態調査、ヒアリング調査、アンケート調査を実施した。横断実態調査は、横断歩道橋の利用状況を目視により属性別に整理するとともに、横断歩道橋を選択しなかった道路横断者の横断実態を把握するための調査である。また、ヒアリング調査は、横断歩道橋利用者に対して、横断歩道橋の利用理由および周辺の横断歩道への転換可能性など、横断歩道橋の必要性の把握を目的とする。さらに、アンケート調査は、対象地域における道路横断に対する満足度や重要度、周辺地域住民が道路横断に求める機能などを把握するための調査である。

なお、アンケート調査は、ポスティング方式により周辺地域住民に調査票を配布し、回収は郵送とした。調査は主に高齢者を対象として1世帯に2部ずつ1,000世帯に配布し、254部の回収を得ている。

表 4-3 調査概要

調査名	①横断実態調査	②ヒアリング調査	③アンケート調査
調査日時	H26.9.10(水) 7:00~19:00	H26.9.10(水) 7:00~19:00	H27.11.22(日)
調査対象	横断歩道橋利用者 横断歩道利用者 乱横断者	横断歩道橋利用者	横断歩道橋周辺の 地域住民(主に高齢者)
調査方法	カウント	ヒアリング	ポスティングによる 配布・郵送回収
回収数	—	64部	254部 (1世帯2部ずつ、1,000 世帯に配布)

表 4-4 ヒアリング調査の項目

表 4-5 アンケート調査の項目

調査項目	質問内容	調査項目	質問内容
交差点周辺の 横断状況	横断時の移動目的	横断歩道橋の 利用状況	横断時の利用目的
	横断頻度		横断時間帯
	横断時間帯		横断頻度
	横断方法・場所		横断歩道橋を利用する理由
横断歩道橋 利用者の意向	横断歩道橋を利用する理由		周辺の横断歩道への転換可能性
横断歩道橋 利用者の意向	周辺の横断歩道への転換可能性	周辺の横断歩道を利用したくない・ できない理由	
	周辺の横断歩道を利用したくない・ できない理由		
横断施設の 利用可否	身体的な利用可否	属性	年齢、性別
	青信号時間内における横断の可否		
交差点周辺を横断 する際の満足度お よび重要度	評価指標別に5段階で質問		
交差点周辺の 今後の改善方向性	対象区間における横断環境の改善の方向性		
	横断歩道を安全に横断するために必要な対策		
	新設の横断歩道設置区間を自動車通行する場合の感想		
属性	年齢、性別		
	外出頻度		
	外出時の主な交通手段		
	自動車の運転頻度		

4.3.2 横断実態調査

横断実態調査を実施した結果、横断歩道橋利用者は93人/12hである一方で、乱横断は170人/12hと全横断量の65%と多いことが確認できた(図4-12)。高齢者に着目すると、横断歩道橋利用者が12人/12hに対して、乱横断は30人/12hと、全横断量の71%とさらに多い。高齢者の身体的機能の低下を考慮すると、非常に危険な状況である¹⁴⁾。

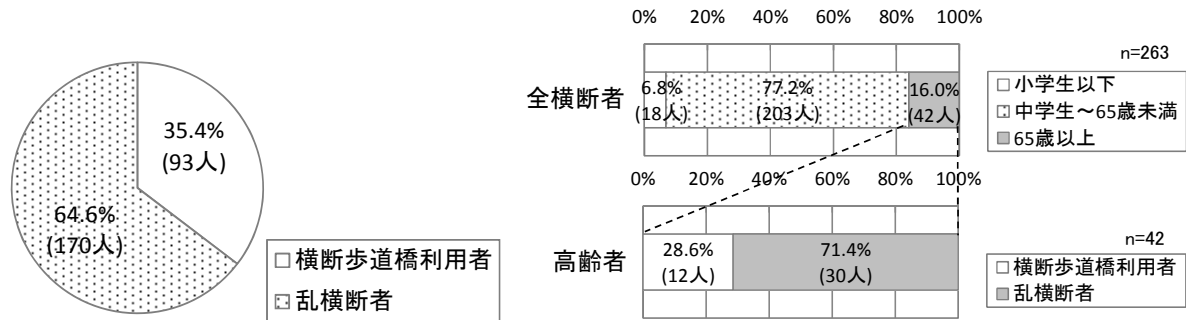


図 4-12 乱横断の状況

場所別・性別の横断実態を図4-13に示す。横断歩道橋利用者は93人のうち、男性は67%、女性33%であり、男性がやや多い。乱横断は、歩行者横断(エリア⑤)が119人と最も多い。なお、この箇所における性別は、男性47%、女性53%とほとんど変わらない。エリア⑤には自転車横断帯が設置されており、何も設置されていない箇所を横断するよりも罪悪感が低いこと、路面標示に対する理解が誤っていること、また自転車も横断しているため、横断していても自動車が速度を落とすことが理由として考えられる。一方で、エリア①~④の乱横断者数は合計51人と、乱横断者全体の3割を占めており、交差点直近だけでなく、単路部においても乱横断が多い。こうした状況から、自動車と分離した極めて安全性の高い横断歩道橋が存在するものの、利用者よりも周辺の乱横断者数の方が多く、安全な道路横断方法の確保が必要であることが確認できた。

年齢別では、横断歩道橋利用者は、「中学生~65歳未満」が73%で最も多く、「65歳以上」は12.9%と少ない。一方で、乱横断者数は2割弱が「65歳以上」となっており、高齢者にとって、横断歩道橋利用における階段の上り下りという垂直移動は、特にアクセシビリティが低く、また抵抗が大きいことから利用しにくく、避けていると推察できる。

交通手段別では、乱横断者の9割弱が歩行者である。自転車に比べて歩行者は、横断に時間を要するが、身体的機能が低下している高齢者においては、なおさらこの傾向が強くなることは言うまでもない。

なお、高齢者と一緒に横断する時など、横断歩道橋が利用しにくい状態の際には乱横断しているとの意見もあり、ユーザビリティの問題が生じていることが確認できた。

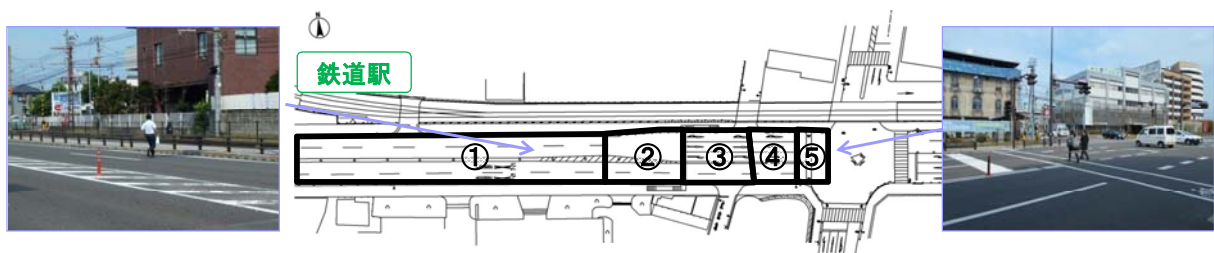
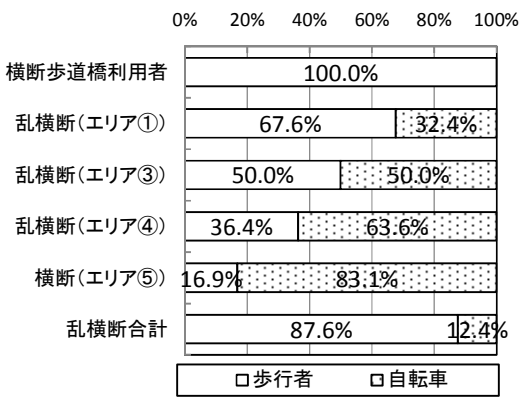
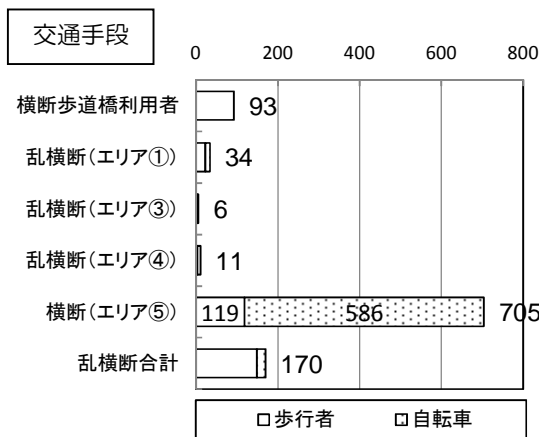
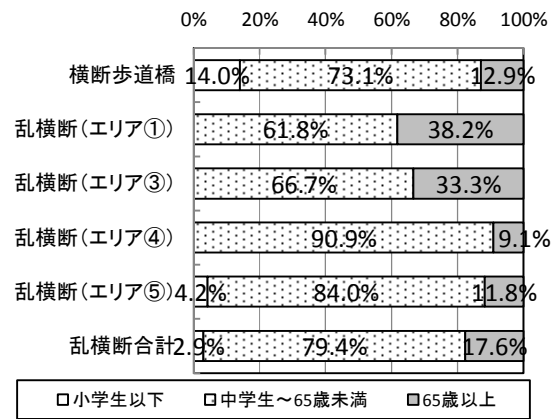
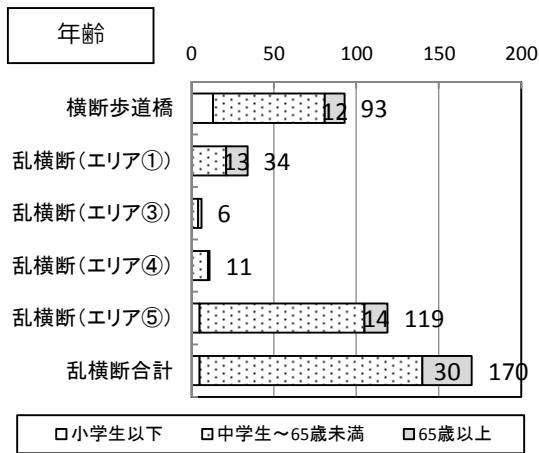
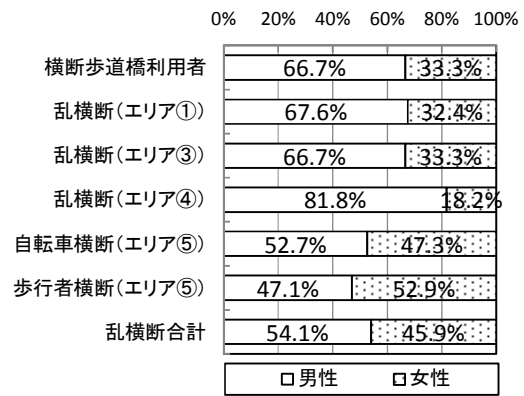
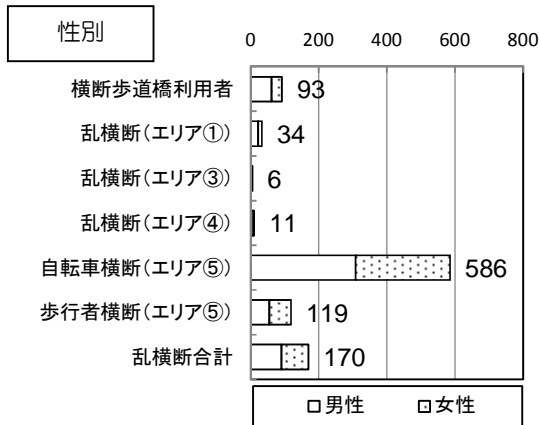


図 4-13 箇所別の横断者数と属性

横断歩道橋利用者およびエリア⑤の横断者のODを以降に整理した。

横断歩道橋利用者は、「N1⇒○（横断歩道橋）⇒SW」が、26人と最も多く、次いで「NW⇒○（横断歩道橋）⇒SW」が18人と多い。このODが全体の半分を占める。

表 4-6 横断歩道橋利用者のOD

ID	方向(OD)	性別		年齢			対象			障害者の場合	合計
		男性	女性	小学生以下	中学生～65歳未満	65歳以上	歩行者	自転車	その他		
1	D⇒○⇒A	2	1	0	3	0	3	0	0	0	3
2	D⇒○⇒N1	3	1	0	1	3	4	0	0	0	4
3	D⇒○⇒NW	8	1	0	8	1	9	0	0	0	9
4	N1⇒○⇒S1	1	3	3	1	0	4	0	0	0	4
5	N1⇒○⇒S2	2	4	1	5	0	6	0	0	0	6
6	N1⇒○⇒SW	16	10	5	18	3	26	0	0	0	26
7	N2⇒○⇒SW	2	2	0	3	1	4	0	0	0	4
8	NE⇒○⇒D	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1
9	NE⇒○⇒SW	3	0	1	2	0	3	0	0	0	3
10	NW⇒○⇒S1	0	4	3	1	0	4	0	0	0	4
11	NW⇒○⇒S2	2	2	0	3	1	4	0	0	0	4
12	NW⇒○⇒SE	4	0	0	4	0	4	0	0	0	4
13	NW⇒○⇒SW	15	3	0	16	2	18	0	0	0	18
14	S2⇒○⇒A	2	0	0	2	0	2	0	0	0	2
15	SE⇒○⇒N1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
小計		62	31	13	68	12	93	0	0	0	93

※合計が5以上のODについて、緑にハッチング

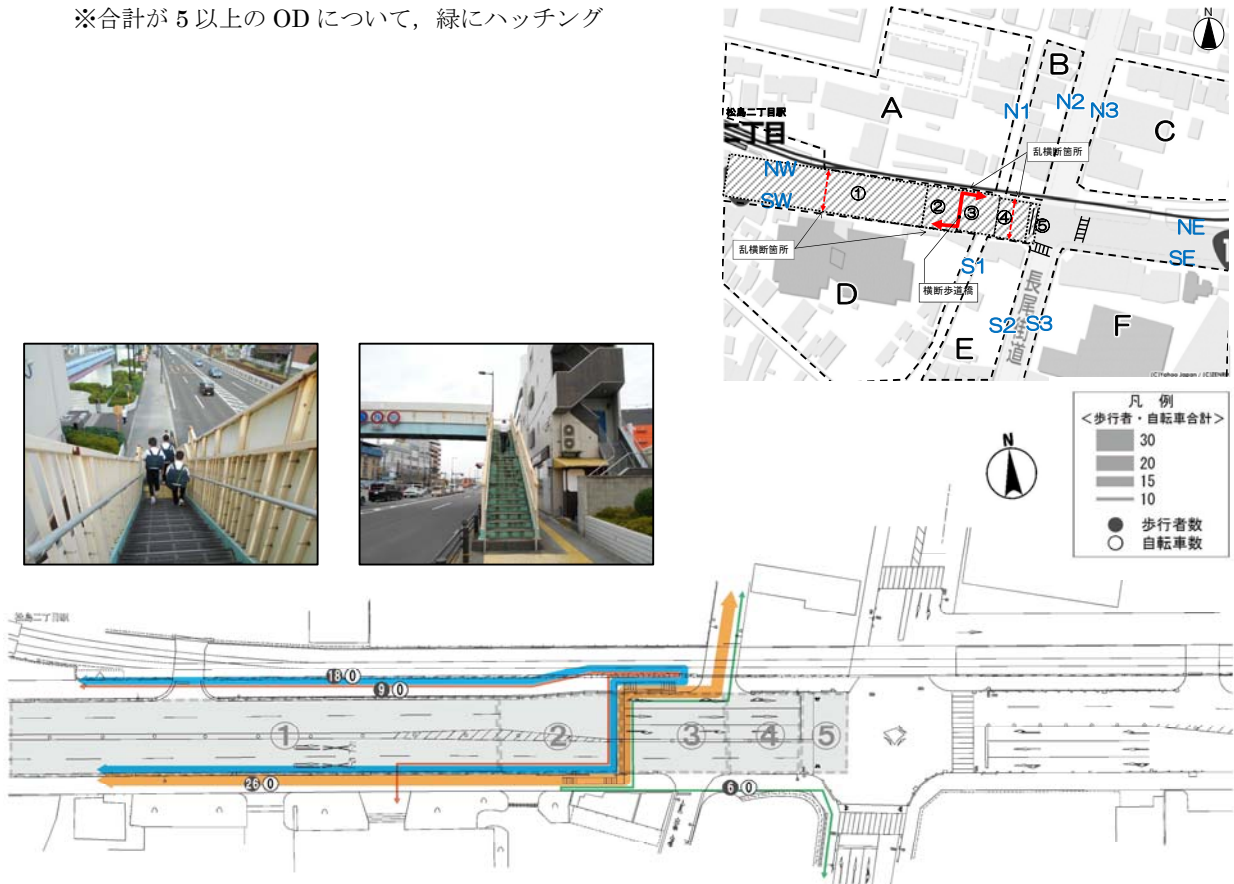


図 4-14 横断歩道橋利用者のOD

エリア⑤横断者は、「N2⇒5⇒S2」が 252 人と最も多く、次いで「NW⇒5⇒S2」が 124 人と多い。高齢者も同傾向であり、同順で 62 人、次いで 26 人と多い。

表 4-7 エリア⑤横断者の OD

ID	方向(OD)	性別		年齢			対象			障害者の場合	合計
		男性	女性	小学生以下	中学生～65歳未満	65歳以上	歩行者	自転車	その他		
1	N2⇒5⇒F	0	4	0	4	0	4	0	0	0	4
2	N1⇒5⇒S1	8	11	2	8	9	0	19	0	0	19
3	N1⇒5⇒S2	27	25	1	28	23	2	50	0	0	52
4	N1⇒5⇒SE	2	0	0	1	1	0	2	0	0	2
5	N1⇒5⇒SW	6	4	3	5	2	3	7	0	0	10
6	N2⇒5⇒D	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1
7	N2⇒5⇒E	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1
8	N2⇒5⇒S1	37	26	0	44	19	7	56	0	0	63
9	N2⇒5⇒S2	129	123	4	186	62	31	221	0	0	252
10	N2⇒5⇒SE	0	2	0	1	1	1	1	0	0	2
11	N2⇒5⇒SW	40	43	3	55	25	8	75	0	0	83
12	N3⇒5⇒S1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1
13	N3⇒5⇒S2	3	3	0	5	1	1	5	0	0	6
14	N3⇒5⇒SW	3	2	0	4	1	0	5	0	0	5
15	NE⇒5⇒S1	4	2	0	5	1	0	6	0	0	6
16	NE⇒5⇒S2	12	9	0	15	6	0	21	0	0	21
17	NE⇒5⇒SW	12	4	0	10	6	0	16	0	0	16
18	NW⇒5⇒S1	5	7	0	11	1	2	10	0	0	12
19	NW⇒5⇒S2	55	69	1	97	26	45	79	0	0	124
20	NW⇒5⇒S3	0	2	0	2	0	0	2	0	0	2
21	NW⇒5⇒SE	3	1	0	4	0	2	2	0	0	4
22	NW⇒5⇒SW	9	2	0	7	4	3	8	0	0	11
23	S2⇒5⇒A	8	0	0	8	0	8	0	0	0	8
小計		365	340	14	502	189	119	586	0	0	705

※合計が 20 以上の OD について、緑にハッチング
 ※高齢者数が 5 以上の OD について、赤文字

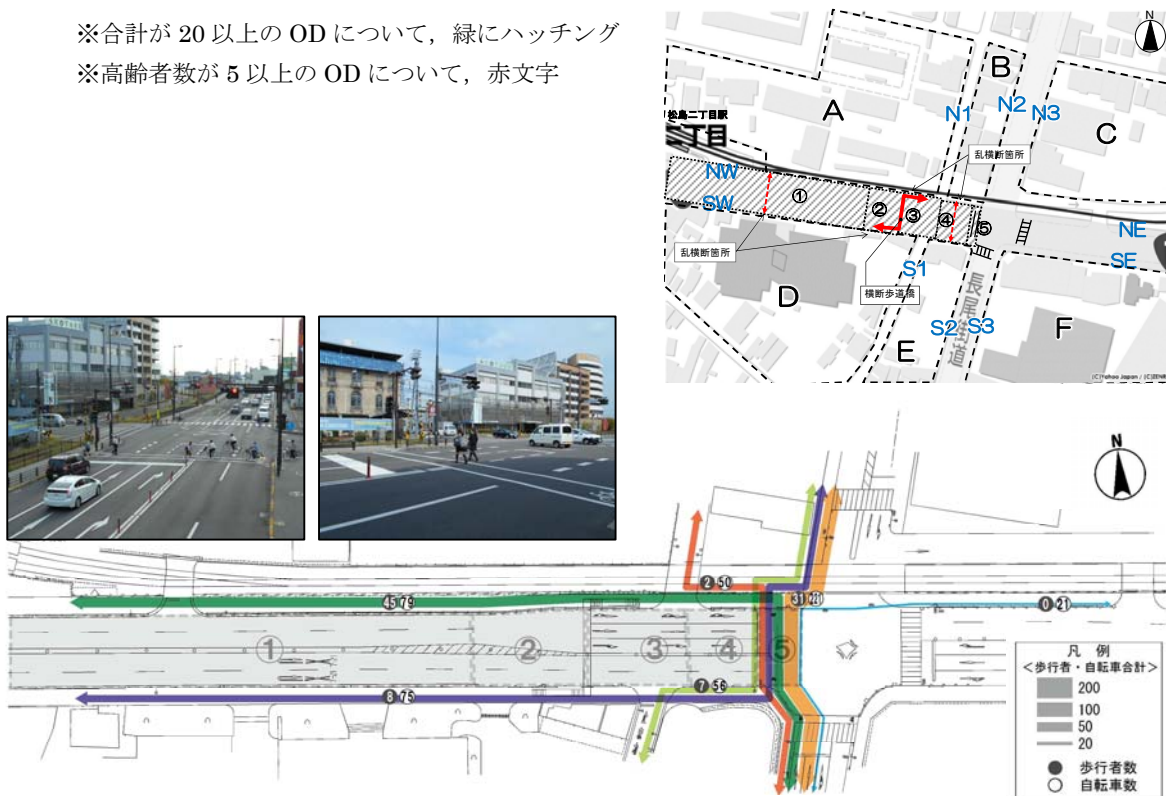


図 4-15 エリア⑤における横断者の OD

4.3.3 横断歩道橋利用者へのヒアリング調査

横断歩道橋利用者へのヒアリング調査において、取得したサンプル数は 64 サンプルである。回答者の性別は、男性が 7 割，女性が 3 割である。また，年齢構成は，60 歳以上が 41%，20～40 歳未満が 31%と多い。

利用目的は、「通勤・通学」が 28%を占め、「運動・健康づくり」が 16%と続いている。利用時間帯は，通勤通学時間帯の「6～9 時」が同じく 28%を占め，「10～15 時」が半数を占める。一方で，夜間の利用はない。

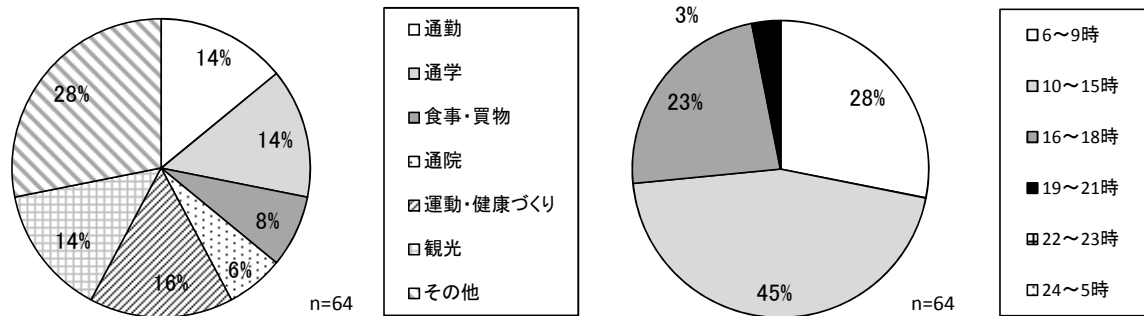


図 4-16 利用目的および利用時間帯

利用頻度は，日常的に利用する「ほぼ毎日」「週に 4～5 回」は合計 28%と少なく，半数が「月に数回」，「それ以下」となっており，横断歩道橋は，たまに利用する程度であることがうかがえる。日常的な利用者割合は，利用目的の「通勤・通学」と同程度である。

横断歩道橋を利用する理由としては，「車を気にせず安全に道路を横断できるから」が 39%，「信号を待たなくても良いから」が 34%となっている。

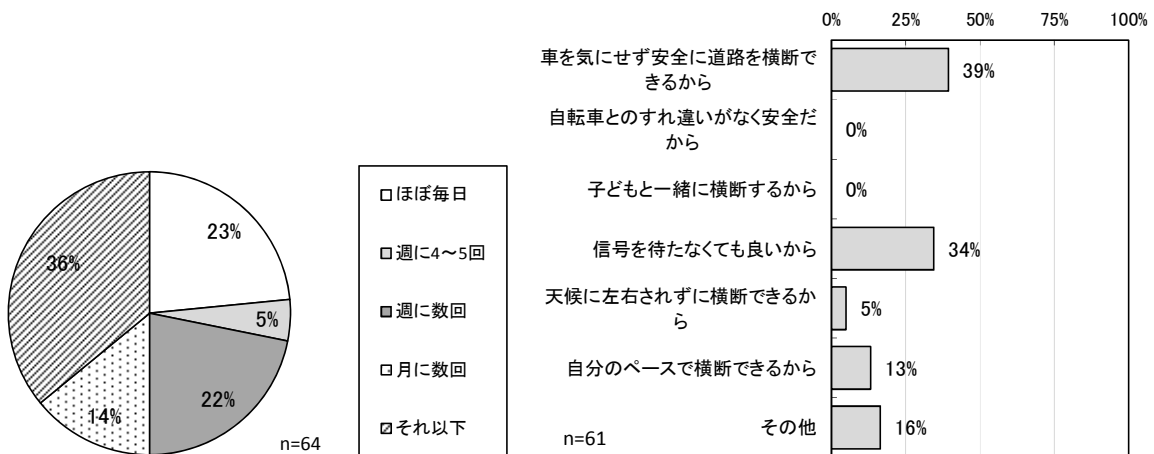


図 4-17 利用頻度および横断歩道橋を利用する理由

横断歩道橋利用者へのヒアリング調査では，図 4-18 に示すように横断歩道橋を撤去した場合の周辺横断歩道への迂回可能性は，「迂回できない」あるいは「迂回できるが，したくない」と回答した割合は 42%と半数弱を占める結果となった。迂回できない・したくないと回答した理

由は、「車の交通量が多く危険」が 59%、「青信号内に余裕をもって横断できない」が 22%と、速度や空間を問題視する回答が多くなっている。これら 2 点は、空間や速度に関する内容であり、3 章で提案したマネジメントを行うことで改善することができると考える。

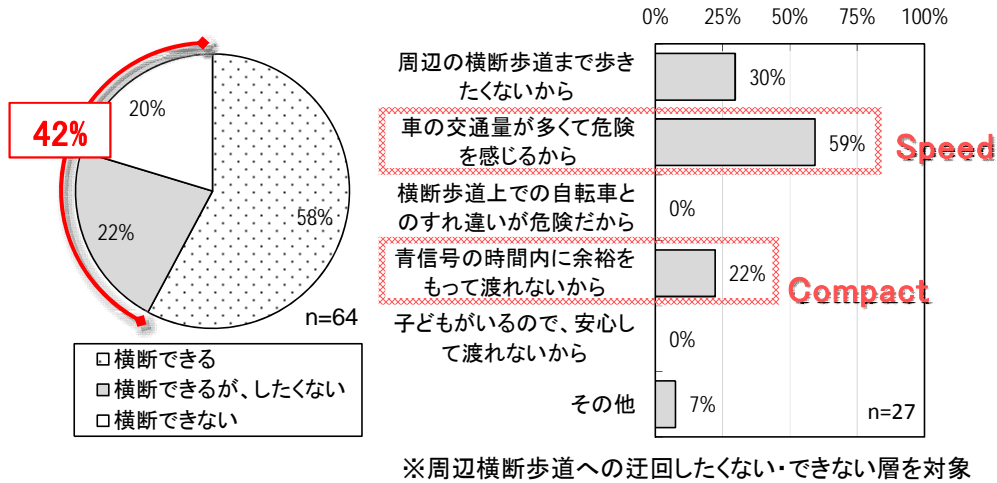


図 4-18 横断歩道橋撤去時の周辺横断歩道への迂回可能性と迂回できない・したくない理由

4.3.4 周辺地域住民へのアンケート調査

周辺地域住民へのアンケート調査は、回答者の 7 割以上が 50 歳以上である。横断歩道橋の利用者は 1 割、乱横断は 3 割強を占めており、図 4-19 に示すように、年をとるにつれて横断歩道橋利用者の割合が減少し、横断歩道や乱横断の割合が増加している。図 4-20 に示す年齢別の横断歩道橋の利用可能状況では、加齢に伴い横断歩道橋の利用が困難な割合が増加している。また、図 4-21 に示すように、身体的な理由から横断歩道橋を利用できない層において、他の属性と乱横断の割合を比較すると大差なく、危険な状態にある。

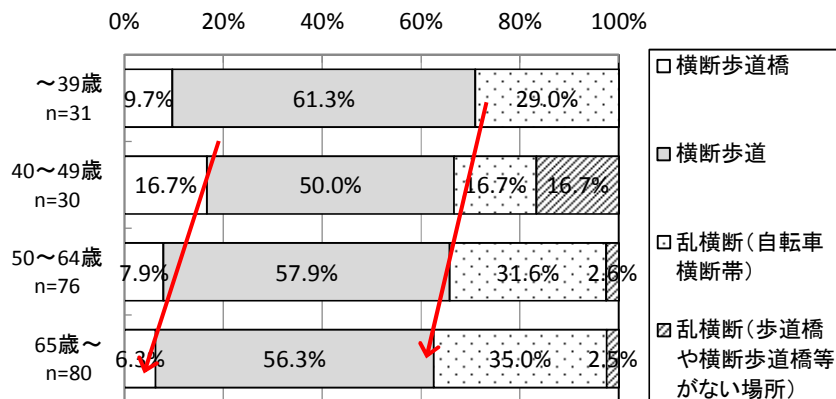


図 4-19 年齢別の道路横断の場所

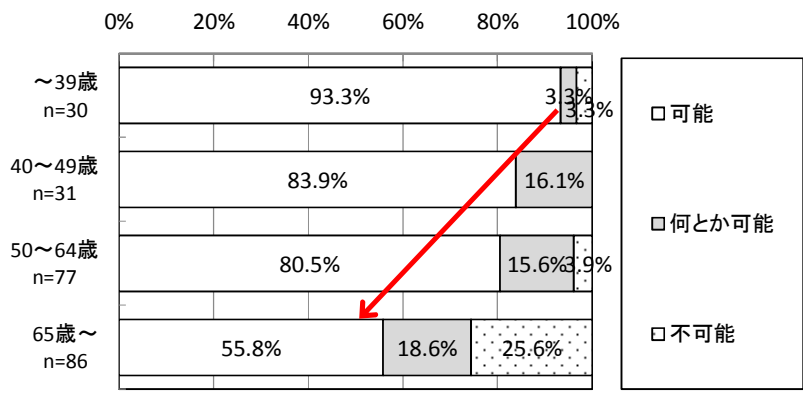


図 4-20 年齢別の横断歩道橋利用可能状況

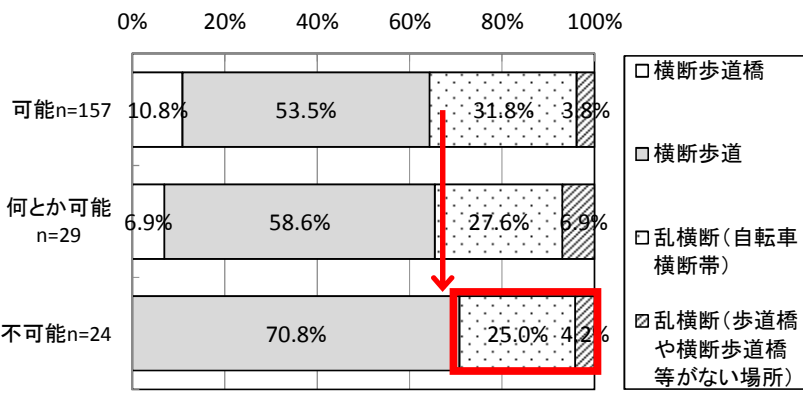


図 4-21 横断歩道橋利用可能状況別の横断歩道方法

また、3章で提案した道路横断に関する評価指標別に、現況の道路横断施設に対する満足度および重要度を把握した。その結果を図 4-22、図 4-23、図 4-24 に示す。それぞれ 5 段階評価で値が高いほど満足度または重要度が高いことを示し、値が低いほどそれが低いことを示す。

道路横断に関する平均満足度は、プライオリティおよびコンパクトが 2.8、スピードが 3.0 とほぼ平均である。評価指標別では、コンパクトに関する「横断者の信号待ちスペースが不十分」「自転車との横断待ちの人との錯綜」などが低い。一方、平均重要度は、プライオリティが 3.9、コンパクトが 4.1、スピードが 4.5 と高くなっている。重要度が 4.5 を上回る評価指標 7 つのうち

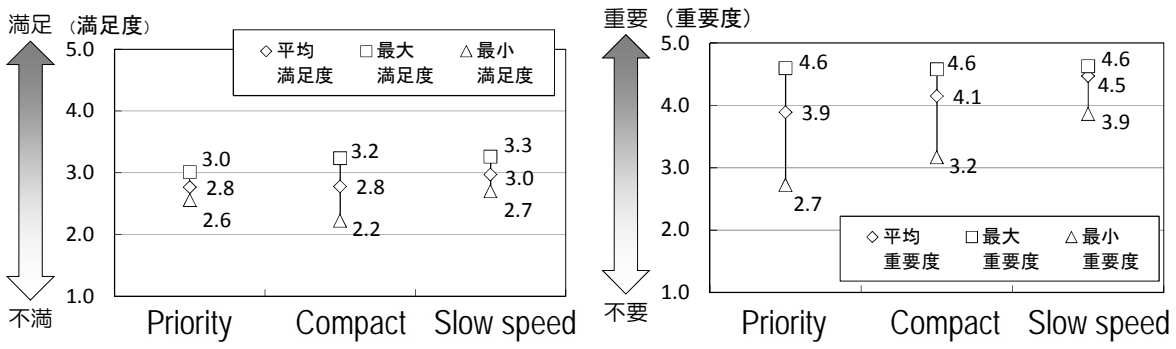


図 4-22 横断歩道橋周辺の道路横断における平均満足度 (左) と平均重要度 (右)

ち、5つがスピードに関する評価指標となっており、自動車の走行速度の抑制に関するニーズが高いことが分かる。道路横断の改善に向けては、単なる交通手段のプライオリティの設定に基づく横断歩道の設置ではなく、空間や速度のマネジメントも含め、PCSのマネジメントが重要であると言える。また、「階段を上下せずに横断」の評価指標の重要度も高く、階段に対する抵抗が強いことが読み取れる。

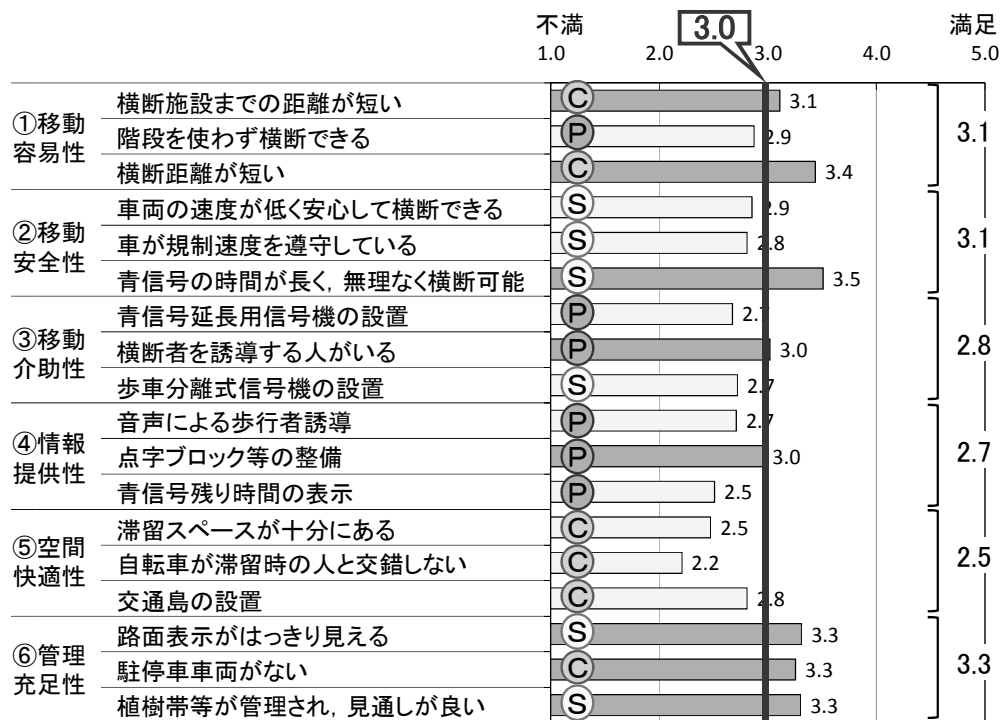


図 4-23 横断歩道橋周辺の道路横断における満足度



図 4-24 横断歩道橋周辺の道路横断における重要度

現況の道路横断環境の改善内容としては、図 4-25 に示すように「交差点部に新たに横断歩道を設置する」や「多くの人々が横断したい場所に横断歩道を設置する」といった新たに横断歩道を設置することに対する意見が半数を占める。安全な道路横断の実現に向け、横断歩道を設置する際には、単に現状の道路空間に横断歩道を設置するのではなく、「横断時の青信号の時間を長く」、「横断距離を短く」など、コンパクトやスピードに関するニーズが多く（図 4-26）、空間と速度のマネジメントを合わせて実施することが求められる。

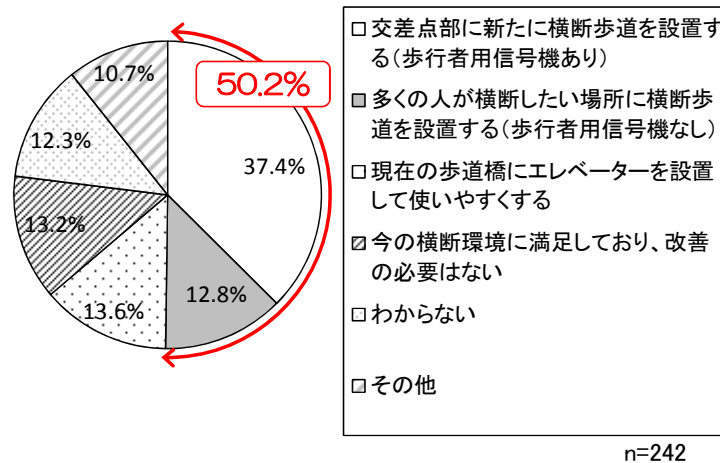


図 4-25 道路横断環境に関する改善内容

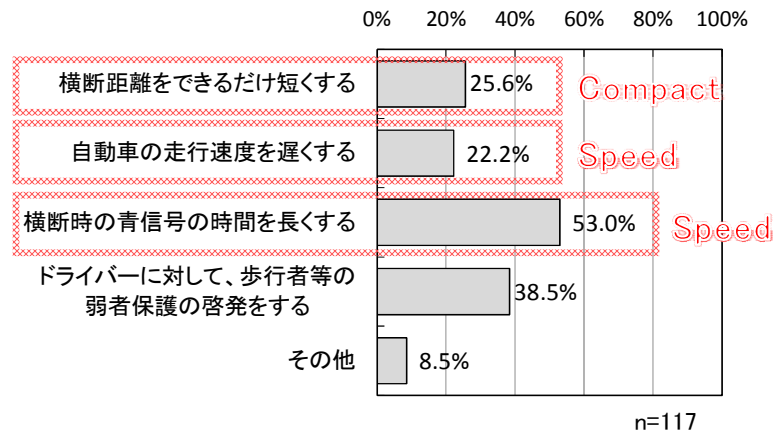


図 4-26 安全な道路横断の実現に向けた対策

横断歩道が新設された対象区間を自動車で通行する場合の状況を図 4-27 に示す。横断歩道が新設された対象区間を自動車で通行する場合、「歩道橋や横断歩道などが無い場所での横断が減り、安心して運転できる」といったプラスの意見が 33.1%で最も多い。一方で、「余計な停止や減速を強いられ、円滑な自動車運転の妨げになる」といったマイナス意見は 6.5%と少ない。「一長一短があり、どちらとも言えない」といったどちらでもないという意見が 32.3%と多いものの、安心して運転できるというプラスのイメージを持っている人の方が、マイナスイメージの意見よりも 5 倍以上多く、横断歩道を設置することに対して肯定的な回答が全体として優勢である。

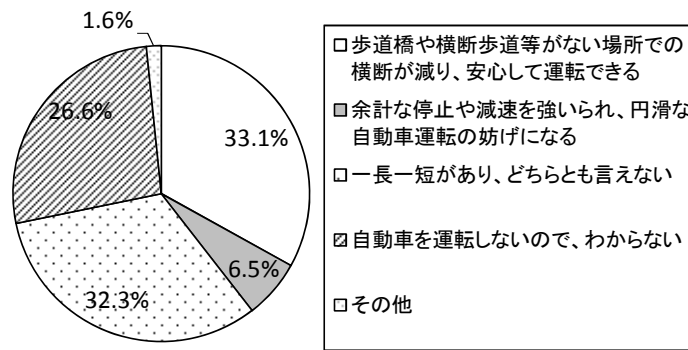


図 4-27 横断歩道新設箇所を通行する自動車ドライバーの意識

4.4 道路横断ニーズを踏まえた安全な横断方法への改善

4.4.1 道路横断における PCS の関係性の検証

本研究で提案する PCS マネジメントの関係性を明確化するため、共分散構造分析による構造モデルの検証を実施した。共分散構造モデルの意義は、類似した傾向を示す観測変数を、直接には観測されない潜在変数によって統合し、潜在変数間の因果関係を明らかにすることにある。また、共分散構造モデルは、測定方程式と構造方程式を用いて表現することができ、測定方程式は左辺に観測変数 x 、右辺に内生的潜在変数 η と外生的潜在変数 ξ が存在しているので、潜在変数が観測変数の原因となっている関係を表すものであり、以下のように定式化される。

$$x = \mu_x + K\eta + A\xi + e$$

ここに、

x : 観測変数

μ_x : 観測変数の期待値

K, A : 未知のパラメータ行列 (パス係数行列)

η : 内生的潜在変数

ξ : 外生的潜在変数

e : 誤差変数

なお、内生変数とは、他の変数から因果的に規定される変数のことを指す。構造方程式は、左辺に内生的潜在変数 η 、右辺に内生的潜在変数 η と外生的潜在変数 ξ が存在しているので、潜在変数間の因果関係を表すものであり、以下のように定式化される。なお、構造方程式は、潜在変数間の関係だけでなく、観測変数間の関係や観測変数が潜在変数の原因になっている関係を表すこともある。

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta$$

ここに、

$B_{\#}, \Gamma$: 未知のパラメータ行列 (パス係数行列)

ξ : 誤差変数

プライオリティは、交通手段のプライオリティを指し、公共空間としての道路空間の中における立場や能力であり、公平性を旨とする。また、コンパクトは歩行者の横断距離を短縮するとともに車両の走行挙動の自由度を制限することを、スピードは高エネルギー外傷を回避するための道路交通の低速化のことを指す。道路横断施設における3つの要素の関係としては、道路空間における交通手段のプライオリティの認識が正しくなされず、自動車優先の空間が構築され、乱横断防止柵などの安全対策が講じられている。プライオリティの認識不足が、自動車優先の不適切な道路空間の配分を招き、サービスレベル以上の移動速度を求める自動車への対応として、過剰な整備に繋がっていると考える。こうした状況を考慮し、モデルを検証するにあたっては、プライオリティ・コンパクト・スピードの3要素を潜在変数として設定し、プライオリティからコンパクトへ、コンパクトからスピードへ、プライオリティからスピードへとパスを繋げ、共分散構造分析を実施した。

観測変数の選定プロセスについて述べる。調査では、プライオリティ・コンパクト・スピードに関する評価指標を、それぞれ6指標ずつ設定し、満足度と重要度を5段階で質問している。この中で、移動助助性の「横断者を誘導する人が立っていること」、空間快適性の「道路中央に交通島があり、そこで待機できること」については重要度が3.0以下となっており、道路利用者にとって重要度が低い項目と判断し、モデルから除外した。その他の16指標については、満足度を観測変数として用いて共分散構造分析を行い、モデル適合度を確認しながら、パス係数の弱い指標順に除外して検証を行った。

共分散構造分析による構造モデルの検証結果を表4-8および図4-28に示す。プライオリティの観測変数は4指標であり、移動助助性と情報提供性により構成された。また、コンパクトの観測変数は移動容易性と管理充足性に関する3指標、スピードは移動安全性と管理充足性に関する3指標となった。潜在変数間のパス係数について着目すると、プライオリティからコンパクトへはパス係数が0.483、コンパクトからスピードへはパス係数については0.966と1%有意なパスが確認できた。これは、プライオリティに対する満足度が高い人ほどコンパクトに対する満足度もまた高まり、コンパクトに対する満足度が高い人ほど、スピードに対する満足度もまた高まる

表 4-8 共分散構造分析の結果

		パス	推定値	標準誤差	検定統計量(t値)
priority	→	compact	0.483	0.300	2.31
compact	→	speed	0.966	0.275	3.62
	→	横断歩道や歩道橋までの距離が短いこと	0.480	—	—
	→	道路の横断距離が短いこと	0.389	0.246	3.22
	→	駐停車車両がなく歩行や自転車の走行の妨げにならないこと	0.894	0.417	4.91
speed	→	青信号の時間が充分にあり、余裕を持って横断できること	0.478	—	—
	→	停止線等の路面標示が管理されており、はっきり見えること	0.725	0.379	4.63
	→	植樹帯等が管理され、運転手が横断者を発見しやすいこと	0.793	0.399	4.80
priority	→	点字ブロック等の歩行者誘導設備が整備されていること	0.541	0.542	2.84
	→	音声によって歩行者の誘導情報が得られること	0.586	0.574	2.91
	→	信号機に青時間を延長する押しボタンが付いていること	0.351	—	—
	→	横断歩道の青信号の残り時間が表示されること	0.808	0.838	3.00

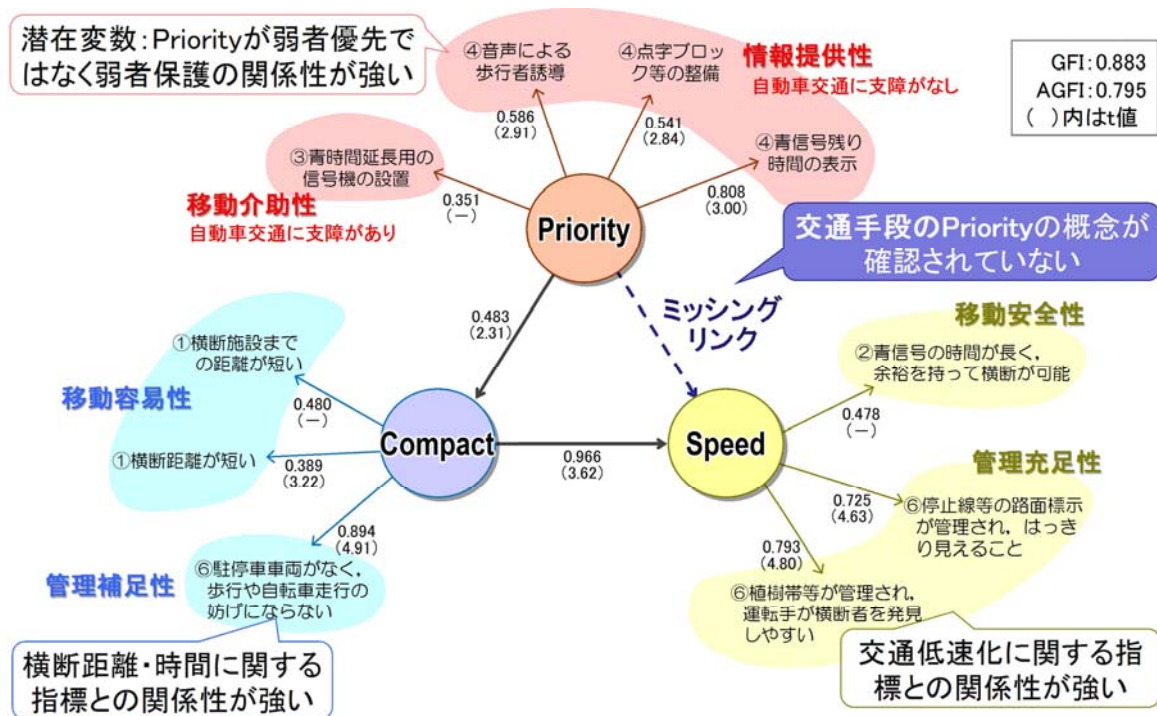


図 4-28 共分散構造分析による構造モデルの分析結果

ことを意味する。一方で、プライオリティからスピードに向けては、コンパクトを介して間接的に影響しているものの、直接的に有意なパスは確認されなかった。なお、モデル適合度は、GFIが0.883で、AGFIが0.795である。

交通手段の適切な優先順位を示すプライオリティが高まれば、道路空間のコンパクトを介さずとも、スピードの満足度は高まることと考えられる。しかしながら、本検証結果では、プライオリティからコンパクト、コンパクトからスピードと影響が確認された反面、プライオリティからスピードへの影響は確認されず、ミッシングリンクとなった。

潜在変数のプライオリティから「青信号の時間が充分にあり、余裕をもって横断できること」へのパス係数は0.808、「音声によって歩行者の誘導情報が得られること」は0.586、「点字ブロックなどの歩行者誘導設備が整備されていること」は0.541と高い反面、「信号機に青時間を延長する押しボタンが付いていること」は0.351と他に比べてやや低い。また、モデル検証時、パス係数が弱いという理由で、「階段をのぼったり、おりたりせずに横断できること」といった評価指標を除外している。

これらパス係数が低い評価指標は、自動車の減速や停止などを強いる交通弱者を優先する指標、自動車交通への支障がある指標である。一方、パス係数が強い評価指標は、音声による誘導や点字ブロックの整備など、交通弱者を保護する指標、すなわち自動車交通に支障がない指標である。この結果から、自動車優先という誤ったプライオリティの認識が根付いており、交通弱者の優先ではなく、自動車優先の中での弱者保護との関係性が読み取れる。交通手段における適切なプライオリティ設定の概念が地域に根付いていない可能性が推察でき、プライオリティとスピードの関係性が示されず、ミッシングリンクとなっていると考える。

4.4.2 道路横断施設の問題解決に向けた PCS マネジメント

本検証結果のように、適切なプライオリティの概念がまだまだ根付いていない可能性が高い。実際の道路空間においても、本来、一旦停止しなければならない無信号交差点において、自動車ドライバーが一旦停止を無視して走行しているケースをよく目にする。これは、交通弱者の安全性確保を目的としての速度抑制策を無視し、交通弱者優先ではなく交通強者優先という誤ったプライオリティの解釈に基づくと考える。

道路横断問題の解決に向けては、優先されるべき交通弱者に対する意識が希薄であることを踏まえ、まず、交通手段におけるプライオリティの設定として、高齢歩行者が最優先されるべき交通弱者と認識されていない実態とともに、高齢者側の交通弱者としての自覚の低さというプライオリティの気付きを与えることが重要と考える。このときの高齢歩行者が最優先されるべき交通弱者とは、高齢歩行者が安全に利活用しやすい道路横断施設となっていないことを指し、それを認識した上での道路空間の構築の重要性を意味する。他方、高齢者側の交通弱者としての自覚の低さとは、身体的機能の低下に対する自覚を指し、安全な道路横断方法の選択が求めることの重要性を指す。こうした状況を踏まえ、PCS マネジメントに沿って、空間マネジメントによる高齢者の歩行を優先するための道路空間のコンパクト化および速度マネジメントによる道路交通の低速化を合わせて実施するという計画代替案により、安全かつ包摂的な利活用に向けた改善が可能になると考える。

プライオリティの概念を根づかせるためには、多様な道路利用者への周知を行っていく必要があるが、道路管理者および交通管理者が調整して、交通弱者優先の道路空間を再構築していくことも重要である。一方、周辺地域住民へのアンケート調査結果では、道路横断方法は横断歩道橋ではなく、横断歩道による平面横断を望む回答が多い。また、同調査結果から、自動車ドライバーにおいても横断歩道設置に対する抵抗感は低いことを把握している。こうした結果からも先に

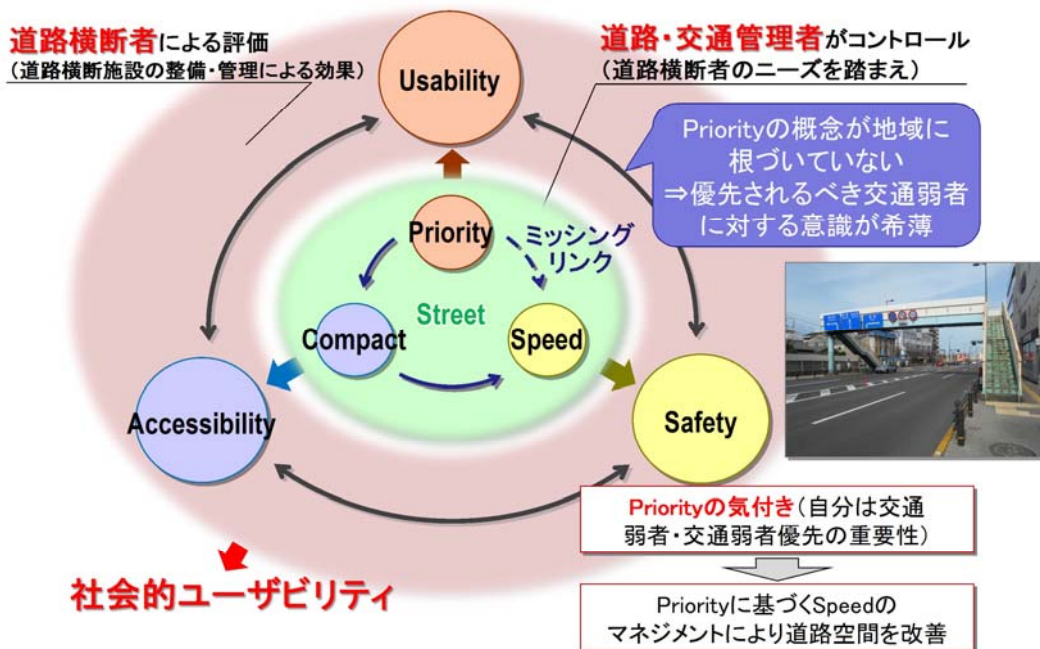


図 4-29 道路横断問題の解決に向けた PCS マネジメント

示す PCS マネジメントのように、交通強者優先から交通弱者優先へと交通手段のプライオリティを見直し、横断歩道橋という交通弱者を分離した横断方法ではなく、多様な道路利用者を共存させることが可能なコンパクトな道路空間を確保する。さらに、その交通手段のプライオリティに相応しい交通速度の低速化を図っていく必要がある。

4.5 まとめ

本章では、高齢者死亡事故率が全国最悪水準の地域において、第 3 章で構築した評価手法および計画手法を道路横断施設に適用し改善策を提案した。まず、ユーザビリティ、セフティ、アクセシビリティの 3 要素を用いて道路横断の問題構造を分析し、既設の横断歩道橋のユーザビリティの低さおよび周辺の平面横断歩道へのアクセシビリティの低さに起因して、高齢者は指定場所以外での乱横断行為を選択しているとの構図を明らかにした。

次に PCS マネジメントに関して、道路利用者の意識の共分散構造分析を実施した結果、プライオリティとスピードの間にミッシングリンクが生じていること、プライオリティの概念が地域に根づいていない可能性があることが示唆された。道路横断問題の解決に向けては、優先されるべき交通弱者に対する意識が希薄であることを踏まえ、まず、交通手段におけるプライオリティの設定として、高齢歩行者が最優先されるべき交通弱者と認識されていない実態とともに、高齢者側の交通弱者としての自覚の低さというプライオリティの気付きを与えることが重要であることが明らかとなった。その上で、プライオリティに基づく空間のマネジメント、それに合わせて速度のマネジメントを実施することで、安全かつ包摂的な利活用に向けた改善が必要であることが推察できた。さらに、PCS マネジメントに沿って高齢者の歩行を優先するための道路空間のコンパクト化および道路交通の低速化を図るための計画代替案を示した。

これまでの道路横断施設は、施設そのものを対象として改善を図ってきたケースが多い。施設が設置されている道路空間全体のマネジメントという視点が希薄なまま、横断歩道橋の存続や撤去を論じたり、維持・更新に多くの費用を要するために、単なる撤去を局所解として位置付けるなど、道路空間のユーザビリティ改善による全体効率化を怠るケースが多い。今後さらに厳しさを増す財政制約の下では、空間と速度のマネジメントを無くしては超高齢社会に対応した横断の質を高めることは難しい。ここでいう横断の質とは、多様なニーズを持つ利用者にとってのユーザビリティであり、安全に、そして少しでも安心して横断できるレベルへ改善させることが必要である。そのためには、道路空間に求められる機能を踏まえた交通手段のプライオリティの設定、空間と速度のマネジメントといった PCS マネジメントが必要であり、これが交通弱者にとって利用しやすい道路横断施設の一歩となると考える。

ただし、本章で提案した計画手法および評価手法、それに基づく改善策には、以下のような課題があると考えられる。

- 1) 本章で提案した道路横断施設の問題解決に向けた視点と改善策については、アンケート調査結果を活用した PCS マネジメントに基づく検討結果である。対象道路の道路管理者および交通管理者へのヒアリング調査を行い、対策の実現可能性について調査する必要がある。

- 2) 提案した道路横断施設の改善策について，対策後の道路空間における効果検証を行い，時間軸上での改善策の妥当性を確認する必要がある．その結果を踏まえ，計画手法および評価手法へのフィードバックを行い，改善していく必要がある．
- 3) 社会的ユーザビリティの改善が求められる道路横断施設の例として，高松市内の横断歩道橋に計画手法および評価手法を適用し，改善策を提案した．今後は，他の道路横断施設への適用を行い，水平展開という空間軸上での計画手法および評価手法の妥当性の検証をする必要がある．

【参考文献】

-
- 1) 高松市：都市計画マスタープラン，2008.12.
 - 2) 高松市：多核連携型コンパクト・エコシティ推進計画，2013.2.
 - 3) 総務省統計局：国勢調査，2010.
 - 4) 高松市：第6期高松市高齢者保健福祉計画，2015.3.
 - 5) 高松市：地域別の開発行為許可件数の推移，2013.
 - 6) 週刊東洋経済：大規模小売店舗総覧，2016.
 - 7) 高松市：高松市地域公共交通網形成計画，2015.3.
 - 8) 国土交通省四国地方整備局：ヒアリング調査結果，2013.
 - 9) 警察庁：交通事故統計，2015.
 - 10) 高松広域都市圏総合都市交通体系調査委員会：高松広域都市圏パーソントリップ調査，1989，
2012.
 - 11) 公益財団法人交通事故総合分析センター：ITARDA データ集計結果，2006-2010.
 - 12) 高松広域都市圏総合都市交通体系調査委員会：高松広域都市圏パーソントリップ調査，1989，
2012.
 - 13) 一般社団法人交通工学研究会：平成22年度道路交通センサス全国道路・街路交通情勢調査，
2010.
 - 14) 社団法人日本自動車連盟：高齢社会を見据えた上でのインフラ整備のあり方」に関する提案，
2010.

第5章 ユーザビリティ向上が必要とされる自転車通行空間への適用

5.1 はじめに

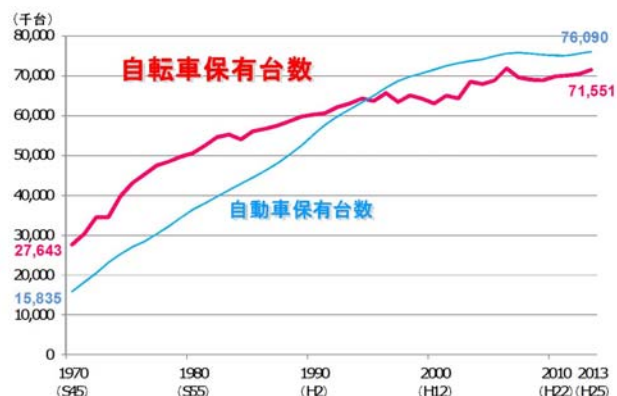
近年、自転車は環境負荷の低い交通手段として注目され、健康志向の高まりを背景にその利用ニーズが高まっている。また、地球温暖化が進展する中で、コンパクトで持続可能な集約型都市づくりを目指すには、徒歩や自転車、公共交通などの様々な交通手段の有機的な連携が求められており、特に自転車はまちの代表的な交通手段として、今後、重要な役割を果たすものと考えられる。

こうした中、自転車は原則車道通行となり、歩行者と空間を分離することによって安全性が確保されてきているものの、自転車通行空間はまだ不足しているのが現状である。車道上に自転車通行空間が整備された場合においても、限られた道路空間の中で無理に空間確保をしたケースも少なくない。これは自転車通行空間確保というインフラの供給を主目的とし、利用しやすさというユーザビリティの視点が軽視されていることを意味する。そのため、こうした空間における自転車の車道通行は、自動車と近接走行するため、利用しにくいことが想定される。それ故に、自転車利用者は歩道通行を選択し、その結果として歩道上で歩行者との事故が起こっていると推測できる。

そこで、近年の法改正により車道通行の原則が強化された自転車の歩道通行理由を明らかにするため、自転車通行における現状と問題の構図について整理した上で、リアルタイムでデータ取得可能な心拍変動を活用し、自転車通行中に感じる安全性および快適性を評価する。その調査結果を踏まえ、PCS マネジメントに基づく安全で快適な自転車通行空間改善策を提案することを目的とする。

5.2 自転車通行の現状と問題

自転車は、買物や通勤、通学、子供の送迎など、日常生活における身近な移動手段や、サイクリングなどのレジャーの手段などとして、多くの人々に利用されている。我が国における自転車保有台数は、平成 25 年時点で自動車保有台数とほぼ同程度の 7,200 万台¹⁾であり (図 5-1)、自転車分担率は世界と比較しても高い水準²⁾にあり (図 5-2)、5km 未満の移動の約 2 割は自転車が利用されている³⁾など、自転車は都市内交通などにおいて重要な移動手段となっている。

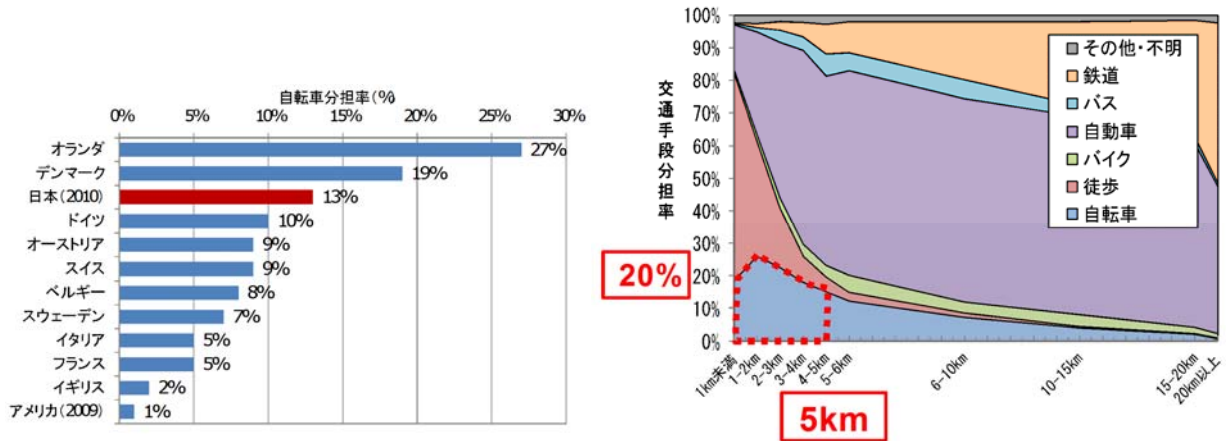


※自転車保有台数は標本調査による推計値。自動車保有台数は二輪車を除く、各年 3 月の登録台数。

出典：自転車 (昭和 45 年～平成 20 年) (社)自転車協会、自転車 (平成 21 年～平成 25 年)

(財)自転車産業振興協会、自動車(財)自動車検査登録情報協会

図 5-1 自転車および自動車保有台数の推移



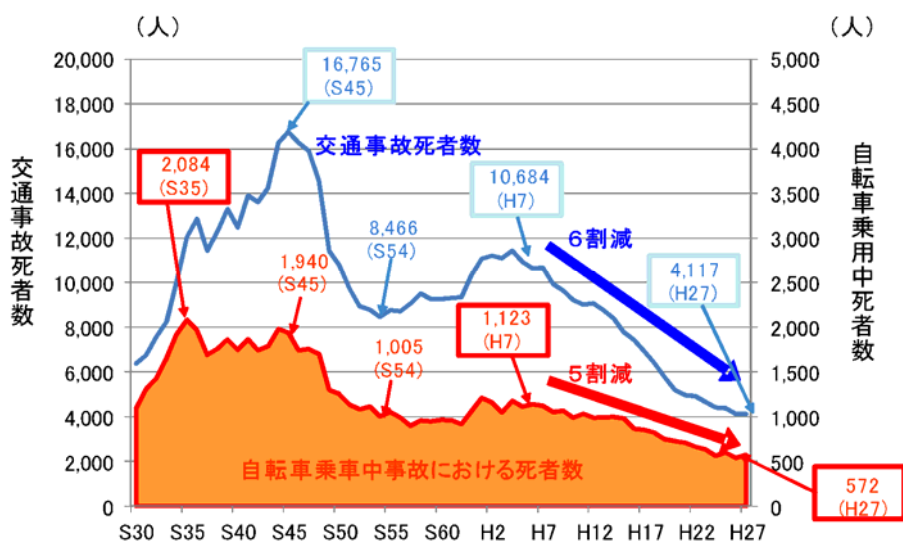
出典：Cycling in the Netherlands (欧州) 平成 21 年, 平成 22 年全国都市交通特性調査 (日本), 全米世帯トリップ調査 (アメリカ) 平成 21 年

出典：平成 22 年全国都市交通特性調査 (国土交通省)

図 5-2 自転車分担率の国別比較 (左) と移動距離帯別の交通手段別利用割合

また、高齢化の進展により自動車の運転に不安を感じる高齢者への対応など、自転車の役割は一層大きくなることが予想されている。近年は、スポーツ車、電動アシスト車などの販売台数が増加傾向にあるなど、健康増進や環境保全への意識の高まり、さらにはコンパクトシティに向けたまちづくりなどを支える移動手段として、自転車利用のニーズが一段と高まっており、自転車が身近で有用な移動手段として重要な役割を担っている。

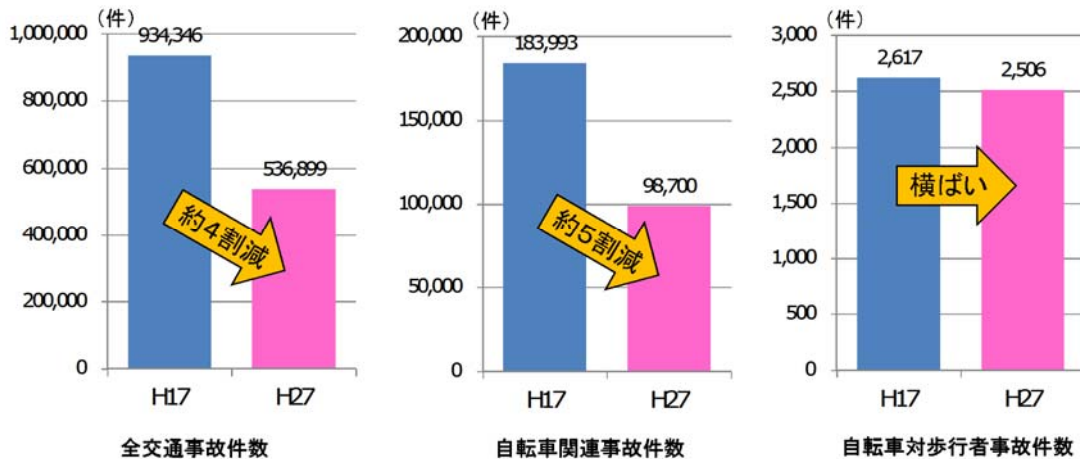
わが国では、昭和 40 年代にモータリゼーションの進展により自動車の交通事故が急増したことへの対策として、歩行者の通行を妨げない速度・方法で通行することとした上で自転車の歩道通行を可能とする交通規制を導入し、自転車と自動車の分離を図ってきている。その間、自転車乗用中の事故死者数は大幅に減少⁴⁾された (図 5-3)。



出典：交通統計 ((財) 交通事故総合分析センター)

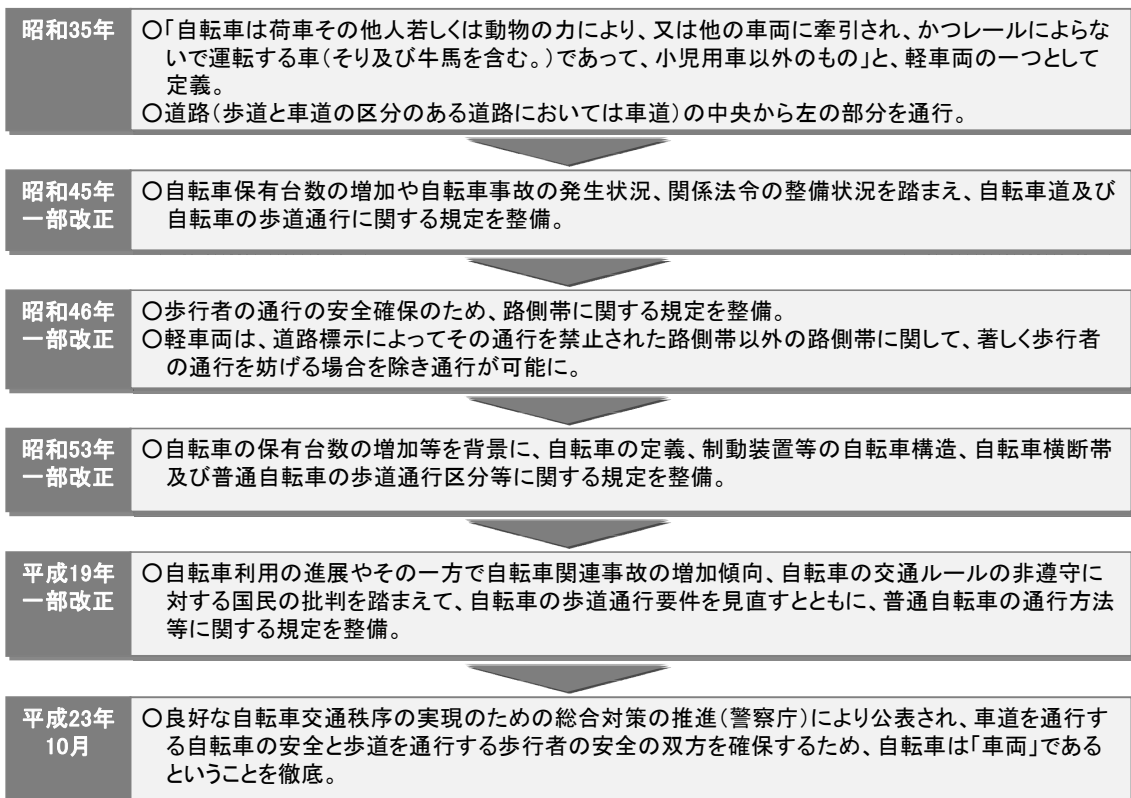
図 5-3 自転車乗車中死者数の変遷

一方、自転車安全に通行できる空間は、未だ整備途上であり、過去10年間で、わが国全体の全交通事故件数、自転車対自動車の事故件数が4割減となっているにもかかわらず、自転車対歩行者の事故件数は横ばいの状況⁵⁾にある(図5-4)。こうした事故発生に関しては、自動車優先の道路整備や制度による副作用とも考えられる。交通弱者である自転車に関する整備は軽視され、自転車歩行者道といった歩道通行を促進させる時期もあるなど、道路空間における位置付けもその時代背景に合わせて変遷⁶⁾している(図5-5)。



出典：平成27年中の交通事故の発生状況（警察庁）

図5-4 自転車対歩行者事故に関する近年の傾向



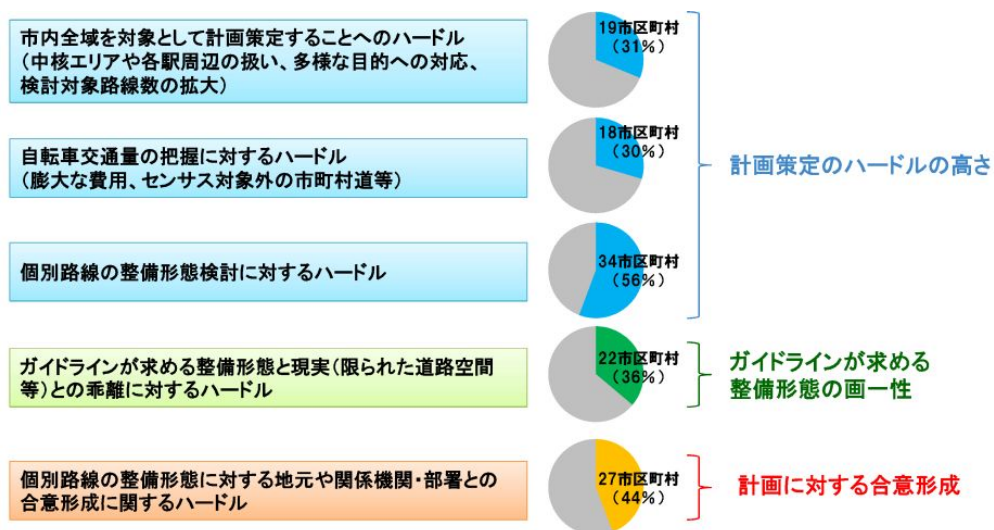
出典：交通警察のあゆみ 交通局発足50周年記念、警察庁広報資料(平成25年10月)

図5-5 道路交通法などにおける自転車の位置付け経過

こうした中、平成 24 年 4 月には、安全で快適な自転車利用環境の創出に向けた検討委員会が「みんなにやさしい自転車環境－安全で快適な自転車利用環境の創出に向けた提言－」⁷⁾を、平成 24 年 11 月には、国土交通省道路局と警察庁交通局が「安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン」⁸⁾を策定した。これらの提言書やガイドラインでは、「自転車は『車両』であり車道通行が大原則」という観点に基づき、自転車通行空間として重要な路線を対象とした面的な自転車ネットワーク計画の作成方法や、交通状況に応じ、歩行者、自転車、自動車が適切に分離された空間整備のための自転車通行空間設計の考え方などが提示されている。

しかしながら、自転車ネットワーク計画を策定した市区町村は平成 24 年 11 月のガイドライン策定以降も一部の市区町村にとどまっている状況にあり、自転車と歩行者の分離により安全性が高く、かつネットワークとして連続性のある安全な自転車通行空間整備が十分に進んでいるとは言えない。このような現状を鑑み、平成 26 年 12 月、国土交通省道路局と警察庁交通局は、有識者からなる「安全で快適な自転車利用環境創出の促進に関する検討委員会」を開催した。同委員会では、全国的に自転車ネットワーク計画策定が進んでいない現状を踏まえ、その要因を明らかにし、安全で快適な自転車利用環境創出が必要と考えられる市区町村に対し、自転車ネットワーク計画策定を促進するための方策を検討している。さらに、空間的制約や合意形成が要因となり、車道上の自転車通行空間整備が進んでいない実態を踏まえ、「自転車は『車両』であり車道通行が大原則」という考えのもとで、安全性の向上を第一に、道路や交通状況に応じた自転車通行空間整備を促進するための方策を検討している。さらに、平成 28 年 3 月に『「自転車ネットワーク計画策定の早期進展」と「安全な自転車通行空間の早期確保」に向けた提言』⁹⁾が国土交通省道路局および警察庁交通局に提出されたところである。

こうした自転車の安全性および快適性の確保に向けた取り組みによって、歩行者と自転車を分離した車道上の自転車通行空間が確保されてきているものの、自転車通行空間はまだ不足しているのが現状である。車道上に自転車通行空間整備が進まない理由としては、図 5-6 に示すように、整備形態検討に対するハードル、個別路線の形態に対する地元や関係期間・部署との合意形成に関するハードルなど、多様な課題が存在する¹⁰⁾。



出典：自転車ネットワーク計画策定済み市区町村へのアンケート調査（国土交通省）平成 26 年 4 月現在

図 5-6 自転車通行空間整備が進まない理由

自転車通行空間が整備された場合においても、限られた道路空間の中で無理に空間確保をしたケースも見られる。整備によるインフラの供給といった視点が先行しており、利用しやすさというユーザビリティ、人間中心設計の視点が欠如している。また、車道通行は、自動車と物理的に分離されておらず、自動車と近接して利用しにくいことが想定される。その利用しにくさ故に、自転車利用者は歩道を通行し、その結果、歩道上で歩行者との事故が起こっていることが推測できる。そこで、自転車の歩道通行理由を明確化するために、自転車の歩道・車道通行における安全性および快適性の定量化を試みる。

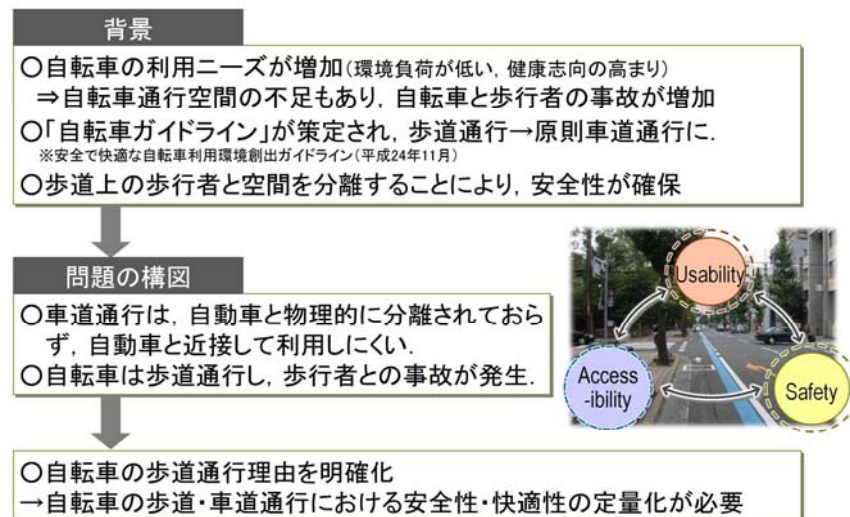


図 5-7 自転車通行における問題の構図

5.3 自転車通行空間の安全性・快適性評価手法の構築

5.3.1 既往研究のレビュー

自転車通行時における安全性および快適性の評価指標として、安全性は、事故件数や走行位置遵守、快適性は、自転車走行速度、走りやすさなどの指標が挙げられる。

これらの指標は、単純な計測結果から明らかにできるものもあるが、事故件数などは、事故という頻度が少ない事象に対する評価のため、短期間での評価が難しい。また、走りやすさなどの快適性に対する指標は、アンケートという主観的な評価になってしまうという問題がある。そのため、自転車通行時における安全性および快適性の評価は、走行中に生じる事象に対してリアルタイムでデータ取得可能な評価指標を用いることが望ましい。一方で、近年では、自転車などの走行中に感じる心理的負担に着目した評価研究が注目されている^{11) 12)}。

心理的負担に関する研究は、特に自動車運転手を対象とした研究事例が多い。大塚・栗谷川ら¹³⁾は、自動車運転手が感じる心理的負担に着目し、自動車走行中にヒヤリと感じた状況と感じていない状況において、呼吸波形の呼吸時間と振幅の特徴を分析し、安全性評価に結びつけている。宮田ら¹⁴⁾は、心拍がヒヤリハット事象のような強い危険を感じる事象では上昇し、事象に強い危険を感じず注意を向ける程度の事象では低下することを把握している。また、栗谷川・大須賀ら¹⁵⁾は、自動車運転手が他車の割り込みなどのヒヤリハット事象に遭遇した際、急で大き

な心拍の上昇を確認している。このように、自動車ドライバーを対象とした心理的負担に関する既往研究は数多く実施されている。

その一方で、研究事例は少ないものの、自転車利用者の心理的負担に関する研究も存在する。渡辺・金ら¹⁶⁾は、少サンプルながら、自転車道における心理的負担の変動に着目して評価している。その際、自転車や歩行者との錯綜時、自転車道に進入する際のクラック周辺において、心理的負担が高まることを確認している。このように、自転車道のような自動車と自転車の通行空間が物理的に区分された空間での評価はなされているものの、物理的に区分されていない自転車の車道通行、歩道通行において、安全性および快適性を心拍変動に基づき評価した事例はほとんどない。本研究では、こうした既往研究を踏まえ、自転車の歩道・車道通行における安全性および快適性について、心拍変動から評価する手法を提案する。

5.3.2 安全性・快適性評価手法の構築

(1) 心拍変動指標

心拍変動に関して、鼓動の時間間隔である心拍間隔について述べる。一般に、人間が横になるなど、安静にしているときは鼓動が遅くなり、運動した時や緊張した時には鼓動が速くなる。この鼓動が速い・遅いを表現する指標として、心拍一拍と次の一拍の時間差、すなわち心拍間隔がある。鼓動が速いときは心拍間隔が小さく、反対に鼓動が遅いときは間隔が大きくなる。ホルター心電計を用いて心拍間隔を心電図として示した場合、鋭いピークが定期的に表れる。このピークをR波と言い、心臓の心室が急激に収縮して血液を心臓から送り出している時に発生する電気信号であり、心臓の鼓動に対応している¹⁷⁾。この心拍間隔を計測するには、心電図の鋭いピークであるこのR波を利用するのが一般的である。

自転車通行における安全性および快適性の定量化にあたっては、心電図の波形で、最も大きく出るR波と次R波までの間隔であるRR間隔を、心拍変動指標と用いることとした(図5-8)。RR間隔は、ホルター心電計などで計測・解析することで把握することが出来る。

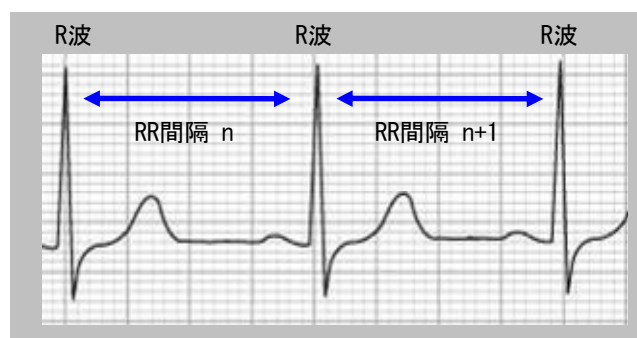


図 5-8 RR 間隔

ホルター心電計により計測した心拍データには、不整脈などのデータが含まれる。不整脈は誰しもが起こる心拍の動きであるため、どのような属性においても心拍データの中に不整脈が含まれている。そのため、心拍データをそのまま用いて評価することはできず、不整脈を取り除くためのスクリーニングが必要である。そこで、心拍変動の傾向から不整脈の除去を行った。具体的には、瞬時心拍数によって不整脈を除去している。瞬時心拍数とは、それぞ

れの RR 間隔を、1 分毎の心拍数に換算したものである。RR 間隔は常に一定ではなく、不整脈や心理的負担の影響によって常に変化している。図 5-9 に示すように、その変化の幅が平均値の 15%以上となる場合は、不整脈と判断される¹⁸⁾。この不整脈の判断手法に従い、それぞれのデータを確認することによって、不整脈を除去した。

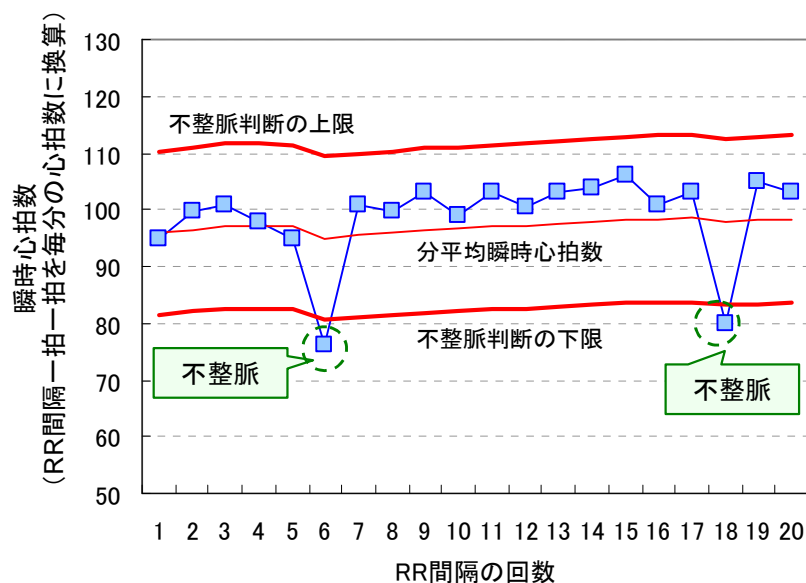


図 5-9 不整脈の除去方法

(2) 安全性評価手法

本研究では、自転車通行中の安全性を評価する手法として、SHM (Safety based on Heart rate Method) を提案する。これは、自転車通行中のヒヤリとした事象を RR 間隔から把握し、全事象に対するヒヤリとした事象の割合を「ヒヤリハット事象割合」として評価する手法である。ここでいう事象とは、自転車通行する被験者が、歩行者や自転車、自動車とすれ違う行為や追い抜かれた行為を指す。例えば、幅員が 3m 以上の歩道上においては、自転車中心から両サイド約 1.5m 以内での事象と定義した。

ヒヤリとした事象の抽出は、RR 間隔の一拍一拍を毎分の心拍数に換算した瞬時心拍数を用いる。RR 間隔によるヒヤリハット事象の抽出方法を図 5-10 に示す。「ヒヤリハット事象」とは、事象発生前の瞬時心拍数と比べ、事象発生後の瞬時心拍数の増加が 1% 以上の事象と定義した。なお、増加が 1% 以下の場合は誤差と判断する。

なお、具体には、事象発生前の 30 拍の瞬時心拍数の平均を、事象発生前の平均瞬時心拍数として算出し、事象発生後の 60 拍の瞬時心拍数の平均を、事象発生後の平均瞬時心拍数として算出した。60 拍としたのは、事前試験調査 (サンプル数 186 事象) で、被験者に自転車がすれ違うヒヤリとした事象を実験的に発生させて得られた結果を参考にしている¹⁹⁾。また、60 拍以内に別の事象が発生したときは、別の事象が発生するまでの瞬時心拍数の平均で事象発生後の平均瞬時心拍数を算出した。

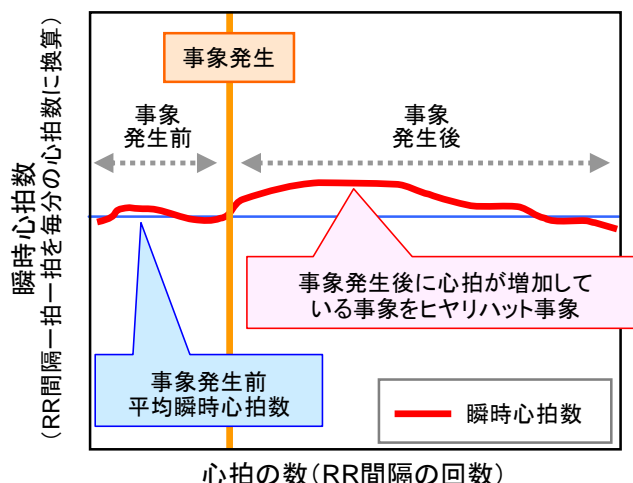


図 5-10 RR 間隔によるヒヤリハット事象抽出方法

(3) 快適性評価手法

自転車通行中の快適性を評価する方法としては、CHM (Comfort based on Heart rate Method) を提案する。CHM は、瞬時の心理的負担の変動を表現できるよう、RR 間隔のバラツキを LP (Lorenz Plot) により解析する手法である²⁰⁾ (図 5-11)。LP とは、横軸を n 番目の RR 間隔、縦軸を $n+1$ 番目の RR 間隔としてグラフ上にプロットしたものを指し、これらのプロットによって、 $y=x$ 軸と $y=-x$ 軸上に投影後、 $y=x$ 軸において原点からの距離の標準偏差を長軸、 $y=-x$ 軸において原点からの標準偏差を短軸として作成される楕円の面積により快適性を評価する。

この LP 面積以外にも心理的負担に関する評価指標は多数存在する (表 5-1)。一般的に、心理的負担に関する評価を行う場合、LF/HF が用いられることが多い。LF/HF は、交感神経の影響を受ける LF と副交感神経の影響を受ける HF との面積比により心理的負担を評価する指標で、値が大きいと相対的に交感神経の活動が高いことを示す²¹⁾。しかしながら、LF/HF を算出するには、5 分間程度のデータを用いた周波数解析する必要があり、自転車のように秒単位で周辺環境が変化するような状況进行评估する場合には適さないと考える。その他の評価指標においても 5 分程度の取得データに基づき評価を行うことから、自転車通行時における評価を行うには適切な評価指標とは言えない。LP は、LF/HF などから導き出され

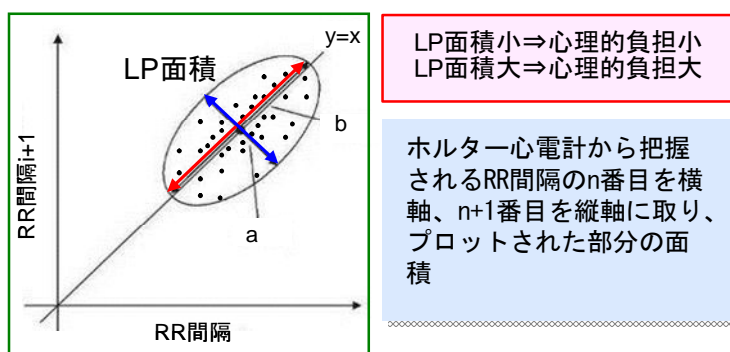


図 5-11 RR 間隔による LP 面積の解析手法

る交感神経機能の評価よりも、短時間のデータで分析できる手法であり、心電図を用いた自律神経機能検査の一つとして用いられ、一定期間の RR 間隔の変動を視覚的に捉える方法である。LP の解析により算出される「LP 面積」は、値が大きいほど、そのときの心理的負担が大きいと判定される。

なお、LP 面積は個人差が考えられるため、評価時には、普段の生活における平常時の LP 面積を基準値として、自転車通行時の LP 面積との比率を用いた。

表 5-1 主な心理的負担の評価指標の特徴と本研究への適用可能性

評価指標	特徴	適用可能性
LP 面積	<ul style="list-style-type: none"> 時間解析によって算出される。 横軸を n 番目の心電図 RR 間隔、縦軸を n+1 番目の心電図 RR 間隔としてグラフ上にプロットしたもの。自律神経機能検査の一つ。 心理的負担への影響は、直後に表れる。 	○
LF	<ul style="list-style-type: none"> 周波数解析によって算出される（5 分間の移動平均により算出）。 0.004~0.15Hz の周波数帯のパワースペクトルで、交感神経（活動している時、緊張・ストレスを感じている時）の影響を受ける。 	×
HF	<ul style="list-style-type: none"> 周波数解析によって算出される（5 分間の移動平均により算出）。 0.15~0.4Hz の周波帯のパワースペクトルで、副交感神経（休息・体の修復をしている時、リラックスしている時）の影響を受ける。 	×
LF/HF	<ul style="list-style-type: none"> 周波数解析によって算出される（5 分間の移動平均により算出）。 LF, HF の面積比。交感神経と副交感神経の全体のバランスを表す。 値が大きいと、相対的に交感神経の活動が高まった（高ストレス状態）と考えられる。 	×
PSD の傾き	<ul style="list-style-type: none"> 周波数解析によって算出される（1 時間データ取得後の 5 分間の移動平均により算出）。 0.0001~0.01Hz 帯域における傾きであり、無意識の自律神経活動の心理的負担を表す。 	×

出典：ホルター心電図-基本的知識の整理と新しいみかた-（平成 17 年 3 月）

5.4 心理的負担による自転車通行空間評価

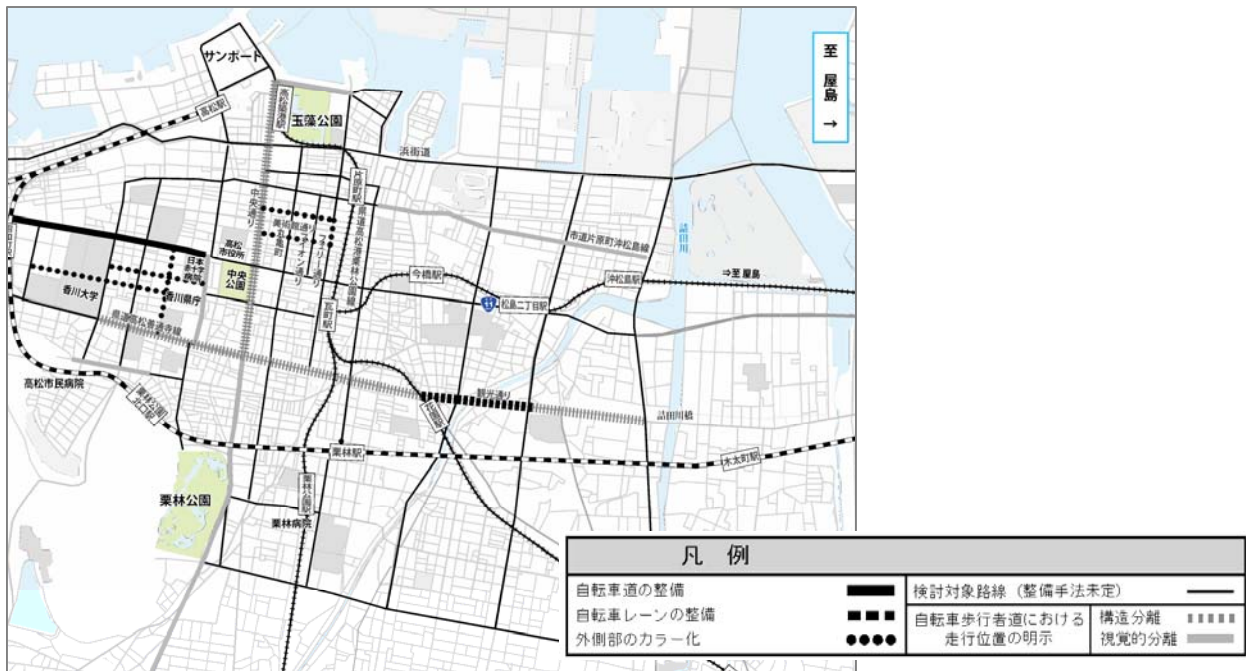
5.4.1 自転車利用者通行実態調査

自転車の歩道通行・車道通行における安全性および快適性を、前節で示した手法により明らかにするため、高松市内の道路を対象に、実験的に調査・分析を行った。

高松市は、温暖少雨の気象条件や平坦な地形が多いという特性から、わが国でも屈指の自転車利用を誇る地域である。平成 20 年 12 月に策定された「高松市都市計画マスタープラン²²⁾」では、人と環境にやさしい公共交通を基軸とした環境共生都市「多核連携型コンパクト・エコシティ」を目指すことが掲げられている。この中では、安全で快適に移動でき、過度に自動車に依存しない、徒歩や自転車と公共交通機関が有機的に連携したまちを実現するため、自転車が持つ利便性や快適性を一層引き出すことのできる社会環境整備が求められている。その一方で、人口当たりの自転車事故件数は、全国ワースト 1 位²³⁾であり、近年は特に高齢者が関連して大きな事

故に繋がるケースも見られ、安全性の高い道路空間整備が喫緊の課題となっている。

このような中、近年「香川の自転車利用に関する提言書（平成 19 年 8 月）²⁴⁾」、 「高松地区における自転車を利用した都市づくり計画（平成 20 年 11 月）²⁵⁾」など、自転車の側面からまちづくりを考える計画（図 5-12）が策定され、自転車通行空間の整備がなされてきている。これまでの自転車通行空間は、渋滞対策の側面から自動車優先の道路空間とするために歩道上で整備されてきたが、自転車は原則車道通行とされてからは、車道上に通行空間が確保されてきている。



出典：高松市中心部における自転車ネットワーク整備方針（平成 20 年 11 月）

図 5-12 高松市の自転車ネットワーク整備方針

自転車通行空間の安全性や快適性を把握するための調査概要を表 5-2 に示す。調査路線は、高松中心部の代表的な路線の中から、車道通行、歩道通行の路線を選定した。調査時間帯は、ピーク時間帯の 7 時～9 時または 16～17 時、オフピーク時間帯の 10 時～15 時とし、オン・オフでサンプル数が同一となるように計画してデータを取得した。また、不整脈が多発する被験者は、適正なデータ取得ができないことから、一般的に不整脈の多い高齢者を除いた若年層での調査とした。若年層で危険に感じる場合は、交通弱者である高齢者も危険に感じるという考え方である。なお、被験者は、健康診断などで不整脈と判断された経験の有無を事前に確認した上で選定した。

被験者の RR 間隔を計測する機器としては、図 5-13 に示すホルター心電計を用いた。本調査では、特に持ち運びや取り付けが容易で、装着者の運動状態の計測に適し、リアルタイムでの心拍変動の確認も可能な「ホルター心電計（CarPod ML2HL101T）」²⁶⁾を用いて計測した。

また、調査の際には、自転車通行する被験者が、歩行者や自転車とすれ違う回数を把握するために、ビデオカメラを頭部に設置した。頭部に設置したのは、被験者が視認している方向の状況を、常に撮影できるよう工夫したものであり、被験者の負荷にならないよう、スマートフォンのビデオカメラ機能を活用して、軽量かつコンパクトなものとした。ヒヤリハット事象などの事象

の発生時刻は、被験者が事象を視認した時刻とし、自転車利用者の頭部に設置したビデオカメラの画角で確認する。例えば、後ろや側方からの追い抜きは、画角に入った時刻、また、反対方向からのすれ違いは、すれ違う瞬間に画角から出る時刻とする。なお、自転車と歩行者の通行空間が物理的に分離されている車道通行時においては、空間断面を共有しない自転車や歩行者の事象は含まないこととした。

表 5-2 調査概要

項目	内容
調査日	平成22年11月15日（月）～17日（水）
被験者	若年層（1路線あたり10人走行） （調査路線の走行頻度：各被験者とも、対象路線を半年に1回程度） ※ピーク、オフピーク時に調査を実施
調査方法	<ul style="list-style-type: none"> 各被験者にホルター心電計、ビデオカメラを取り付け、対象路線を普通自転車で走行。 調査終了後、心理的負担を感じた内容・場所を記録し、アンケート（走行快適性について5段階評価）に回答。 
調査路線	  <p>路線①：車道通行（路線延長：2.8km） 路線②：歩道通行（路線延長：1.4km）</p>



図 5-13 ホルター心電計（CarPod ML2HL101T）

5.4.2 調査結果に基づく空間評価

(1) ヒヤリハット事象による安全性評価

調査で取得した心拍データから、SHMに基づき、調査路線別に道路利用者の視認回数およびヒヤリハット事象発生回数を整理し、ヒヤリハット事象発生割合を把握した。

ピーク時・オフピーク時・合計別の道路利用者の視認回数およびヒヤリハット事象発生回数を図 5-14 に示す。道路利用者の視認回数は、ピーク時・オフピーク時とも車道通行に比べて歩道通行が多くなっている。調査の対象路線は、高松中心部の路線であるため、歩道上に歩行者が多く、それによる影響であると考えられる。本調査では、自転車と歩行者の通行空間が物理的に分離されている車道通行時においては、空間断面を共有しない自転車や歩行者の事象は含まないこととした。そのため、車道通行は、自転車や自動車が主な対象となる。

一方、ヒヤリハット事象発生回数は、歩道通行よりも車道通行で多い。歩道通行の場合、空間断面を共有する交通手段は主に歩行者と自転車であるため、その通行空間内だけで言えば自転車は交通強者となる。そのため、ヒヤリハット事象発生回数が少ないと推測できる。自転車専用の通行空間である車道通行について、ヒヤリハット事象発生回数が少ないはずであるが多くなっている理由としては、自動車との通行空間の共有や自転車利用者マナーの問題が推察される。

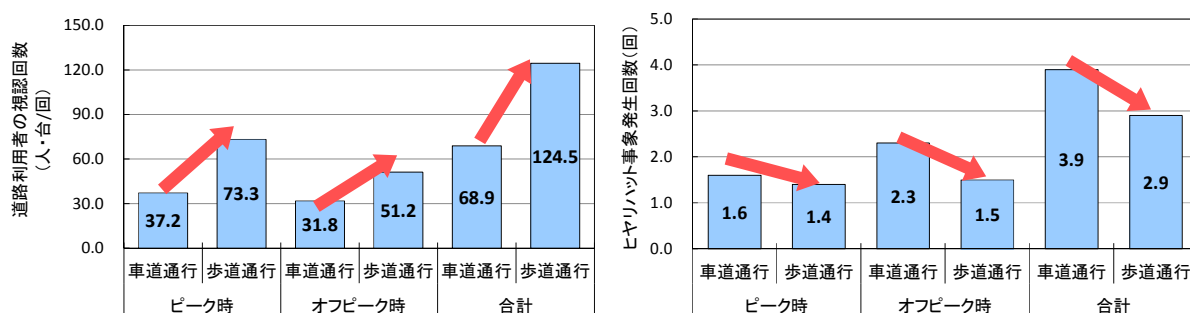


図 5-14 歩行者・自転車・自動車の視認回数（左）とヒヤリハット事象発生回数（右）

これらの両データを活用して把握したヒヤリハット事象割合を表 5-3 および図 5-15 に示す。ピーク時・オフピーク時の合計において、車道通行のヒヤリハット事象割合は 5.7%となっており、歩道通行の 2.3%に比べて約 2.5 倍と高く、安全性が低い結果となっている。これは、ピーク時・オフピーク時とも同傾向となっており、時間帯を問わず車道通行の安全性が低いと言える。また、調査終了後に実施した被験者へのヒアリング調査では、自動車の走行速度が速いこと、路上駐車による死角があり危険に感じたとの意見が多くあった。

ハインリッヒの法則にあるように、1つの重大な事故の背景には、29の軽微な事故があり、その背景には300のヒヤリとするような事故が存在する。ヒヤリとするような事故を防げば、軽微な事故は発生しない。軽微な事故を全力で防いでいけば重大な事故が発生しないといわれるように、このヒヤリハット事象を一つ一つ減らしていくことが自転車利用者の安全性に繋がる。安全性の評価結果から、自転車通行空間を利用しにくい故に歩道通行をしていることが想定でき、このヒヤリハット事象を削減することが、歩行者の安全性の確保に繋がると考える。

なお、車道通行では、自動車や自転車などとすれ違う行為や追い抜かれた行為を示す事象は、全調査計で車道通行が 689 回、歩道通行が 1,245 回となっており、多くのサンプルを得ている。

表 5-3 交通量・走行位置別のヒヤリハット事象割合

交通量	走行位置	一人当たりのヒヤリハット事象発生回数 (回)	一人当たりの歩行者・自転車の視認回数 (人・台/回)	ヒヤリハット事象割合 (%)
ピーク時	車道通行	1.6	37.2	4.3%
	歩道通行	1.4	73.3	1.9%
オフピーク時	車道通行	2.3	31.8	7.2%
	歩道通行	1.5	51.2	2.9%
合計	車道通行	3.9	68.9	5.7%
	歩道通行	2.9	124.5	2.3%

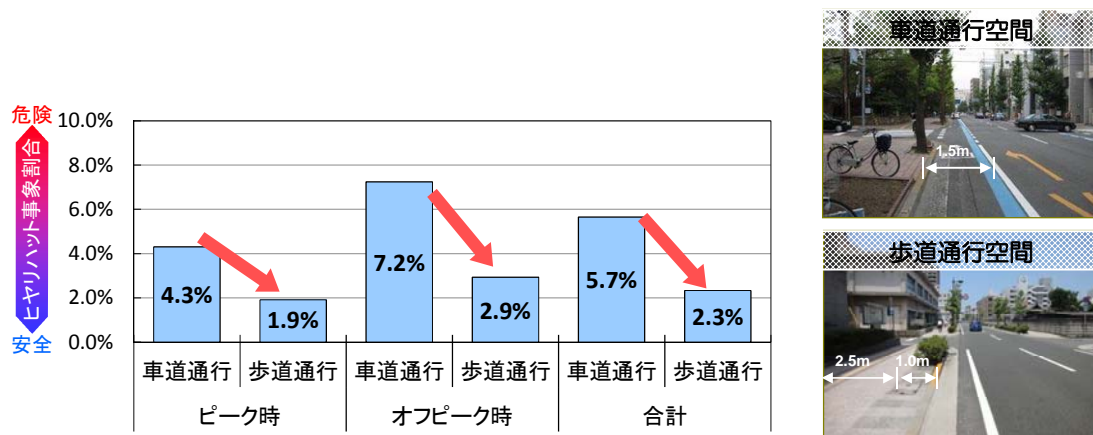


図 5-15 ヒヤリハット事象割合による安全性評価

(2) LP 面積による走行快適性評価

CHM に基づき、心理的負担状況を把握した結果を図 5-16 に示す。また、調査で計測した心拍データから、瞬時心拍数を整理した結果を図 5-17 および図 5-18 に示す。快適性は、被験者によって個人差があるため、普段の生活における平常時値（椅子に座った状態における LP 面積）を基準値として、路線別 LP 面積の比率を取り、その逆数（以降、快適度とする）を用いて分析している。逆数としたのは、安全性の評価指標であるヒヤリハット事象割合と同様、値の増加に伴い快適性が低下することで、視覚的に分かりやすくするためである。

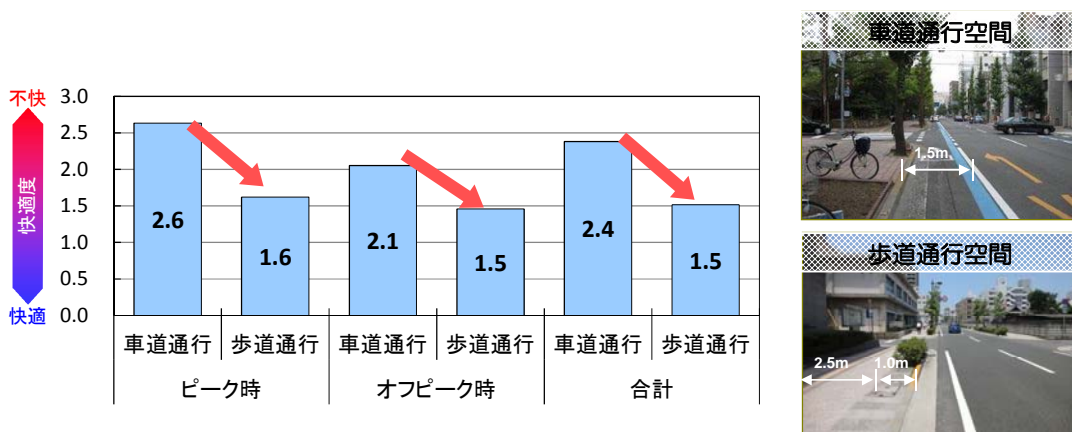


図 5-16 LP 面積による快適性評価

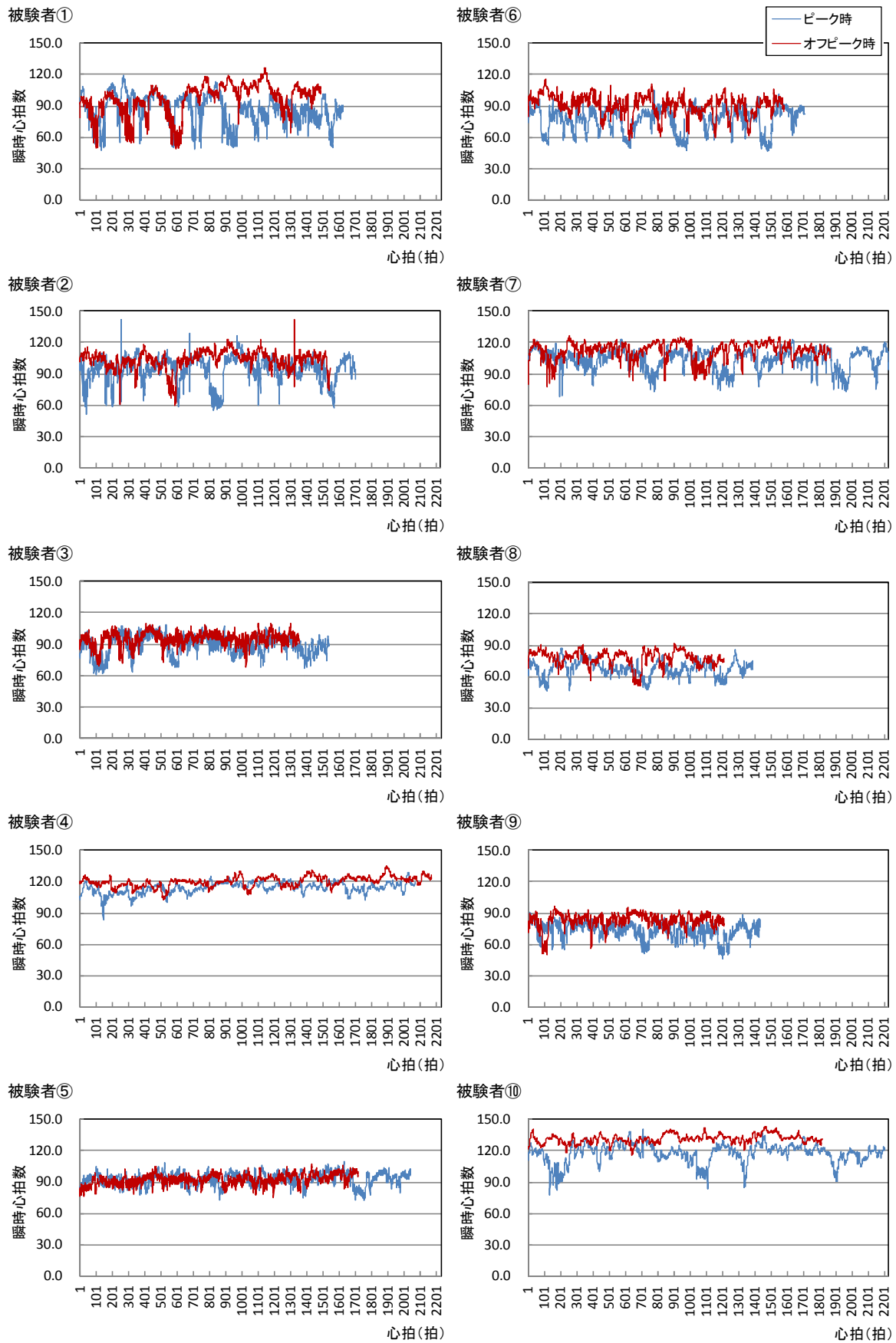


図 5-17 車道通行時における被験者別の瞬時心拍数

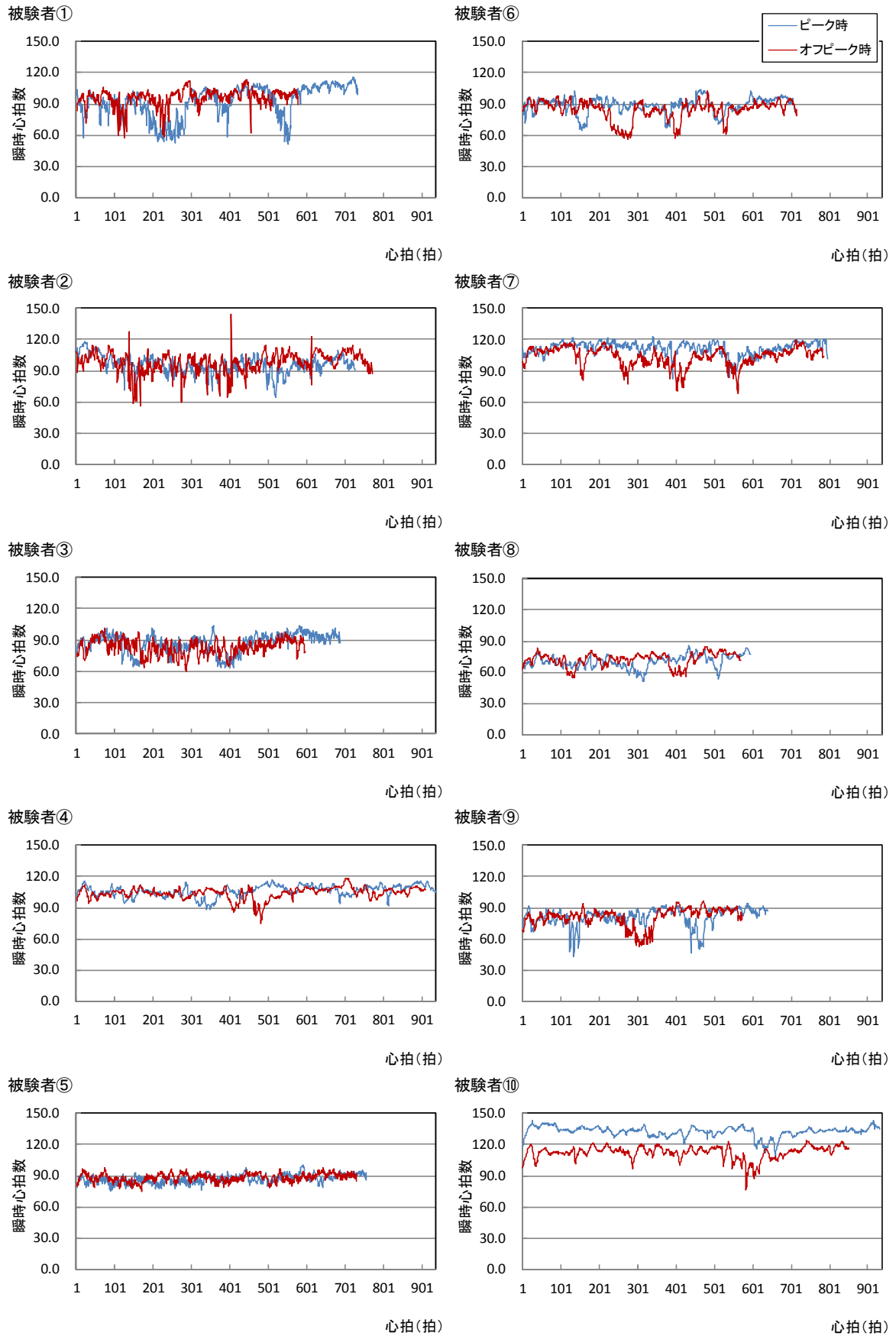


図 5-18 歩道通行時における被験者別の瞬時心拍数

ピーク時・オフピーク時の合計において、快適度は、歩道通行が 1.5 であるのに対して、車道通行は 2.4 と 1.6 倍となっており、歩道通行の方が快適に走行できる自転車通行空間となっている。これは、ピーク時・オフピーク時も同傾向となっており、時間帯を問わず車道通行の快適性が低い。図 5-19 に走行速度を示す。ピーク時・オフピーク時の走行速度についてみると、ほとんど変わらず、車道通行よりも歩道通行の方がやや高い傾向となっている。車道通行は自転車専用の通行空間であり、他の交通手段との空間分離による安全性が確保されていること以外に、高い速達性を有することが特徴の一つである。しかしながら、歩行者との共存空間である歩道通行よりも速度が遅いということは、車道通行の利点が発現されていない。単なるハード整備によるインフラの供給という側面が強く、構築した道路空間本来の整備効果発現が望まれる。

表 5-4 交通量・走行位置別の走行速度と快適度

交通量	走行位置	走行速度 (km/h)	快適度
ピーク時	車道通行	13.4	2.6
	歩道通行	14.4	1.6
オフピーク時	車道通行	15.0	2.1
	歩道通行	16.4	1.5
合計	車道通行	14.2	2.4
	歩道通行	15.4	1.5

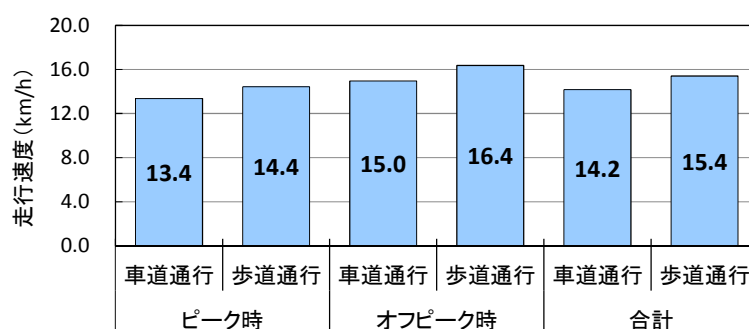


図 5-19 交通量・走行位置別の走行速度

調査終了後に実施した被験者へのヒアリング調査では、車道通行の快適性が低い要因として、自転車の逆走が多い、路上駐車が多い、自転車通行空間への自動車の進入による自転車走行速度の低下が指摘されている。こうした指摘を踏まえると、対象道路空間の多様な利用者における共通認識のもとで構築してきた空間が利用されていないと考えられる。また、インフラの供給という側面を重視し、限られた道路空間において無理に自転車通行空間を確保したことも想定される。対象路線の周辺には、高校、大学、企業オフィス、商店街や百貨店などの様々な目的地があり、利用される可能性が極めて高い道路である。通勤通学時間帯は当然のこと、平日の昼間や休日においても多様な利用者が存在し、歩行者や自転車、自動車交通量など、多様な交通手段の交通量が多いことは言うまでもない。そのため、特にピーク時間帯においては、車道上の自転車通行空間内で自転車交通がおさまらず、あふれているケースが見られる。その中には、高速タイプの自転車と低速タイプの自転車が混在するが、そ

れを追い抜くための幅員は不足しており、その周辺地域や沿道特性、対象道路の交通特性にあった自転車通行空間となっていない。例えば、自転車通行空間の整備にあたり、歩道上を自転車歩行者道にして徐行を徹底すること、また13歳未満または70歳以上の自転車利用者は、歩道通行することができることを周知することなど、利用しやすさを考慮した道路計画とする必要がある。

また、自動車ドライバーの側面からは、自転車通行空間上を自動車で走行したり、路上駐車スペースとして利用したりするなど、自転車専用の通行空間としての認識が希薄であることも推察できる。道路空間における交通手段のプライオリティの設定とそれの周知不足が一因であると考えられる。

5.5 自転車通行空間の問題解決に向けた PCS マネジメント

高松のような市街地部では、限られた道路空間の中で、自転車通行空間を確保していくことが求められる。近年では、原則車道通行を契機に、車道上における自転車通行空間の確保が注目され、全国的に導入が進められている。車道通行は、車道部の路肩を有効活用し、早急かつ効率的に空間を確保できる利点を持つ反面、自動車との近接空間となるため、適切なルールのもとに運用されなければ、安全性および快適性に関する整備効果を十分に発現することはできない。

心理的負担による自転車通行空間の安全性および快適性の評価は、当初、想定していたように、歩道通行に比べて車道通行の安全性および快適性が低いという結果となった。そのため、自転車利用者は歩道通行を選択しており、歩道上で自転車と歩行者の交錯が発生していることが推察され、自転車通行空間の本来目的が達成されていない。

中長期的な視点で構築される自転車ネットワークに基づく自転車通行空間の整備は、現在の車道上に空間整備をするだけでは適切な整備とは言えない。少子高齢化の進展、健康・環境志向を背景として、多様な属性の自転車利用が増加しており、それら社会的背景を考慮して空間を整備していく必要がある。自転車利用者の多様な属性の増加とは、例えば、身体的機能の低下が懸念される高齢者の自転車利用者の増加である。また、職員への健康促進や会社の環境配慮事項として、通勤通学時の自転車利用を促す企業の増加に伴う自転車利用者の増加である。高速タイプの自転車の増加もその一つである。こうした利用者の増加に起因して、自転車事故も増加傾向となっている。近年では高齢者の自転車利用において、大規模な事故が発生しているケースが多い。一方、通勤通学時のような時間制約がある中で、移動手段として自転車を利用する場合は、高速走行となるために事故危険性が増すと考えられる。自転車通行空間を確保する上で、安全性は最も重視すべき要素であり、こうした状況を鑑みた道路空間におけるマネジメントが求められる。

図 5-20 に、自転車車道通行問題の解決に向けた PCS マネジメントを示す。自転車の車道通行問題の解決に向けては、まず、自転車優先とするための自動車と自転車間のプライオリティの明確化が必要である。自転車のガイドラインに基づき、空間整備が進められているものの、整備された自転車通行空間におけるプライオリティを道路利用者が十分に認識していないまま利用されている。また、自転車通行空間が整備されていても、一部の自動車ドライバーがその空間の意味を理解できないまま、自転車の通行空間内を走行するケースも見られる。そのため、道路利用者、特に自動車ドライバーに対して、プライオリティを周知していくことが重要と考える。そ

して、速度マネジメントとして道路交通の静穏化を行い、両者を組み合わせた新たな道路運用策が必要であると考える。

交通手段のプライオリティの周知に関して、従来の整備では、図 5-21 に示すように、路面表示などによりなされてきた。しかしながら、路面表示が設置されているものの、サイズが小さく

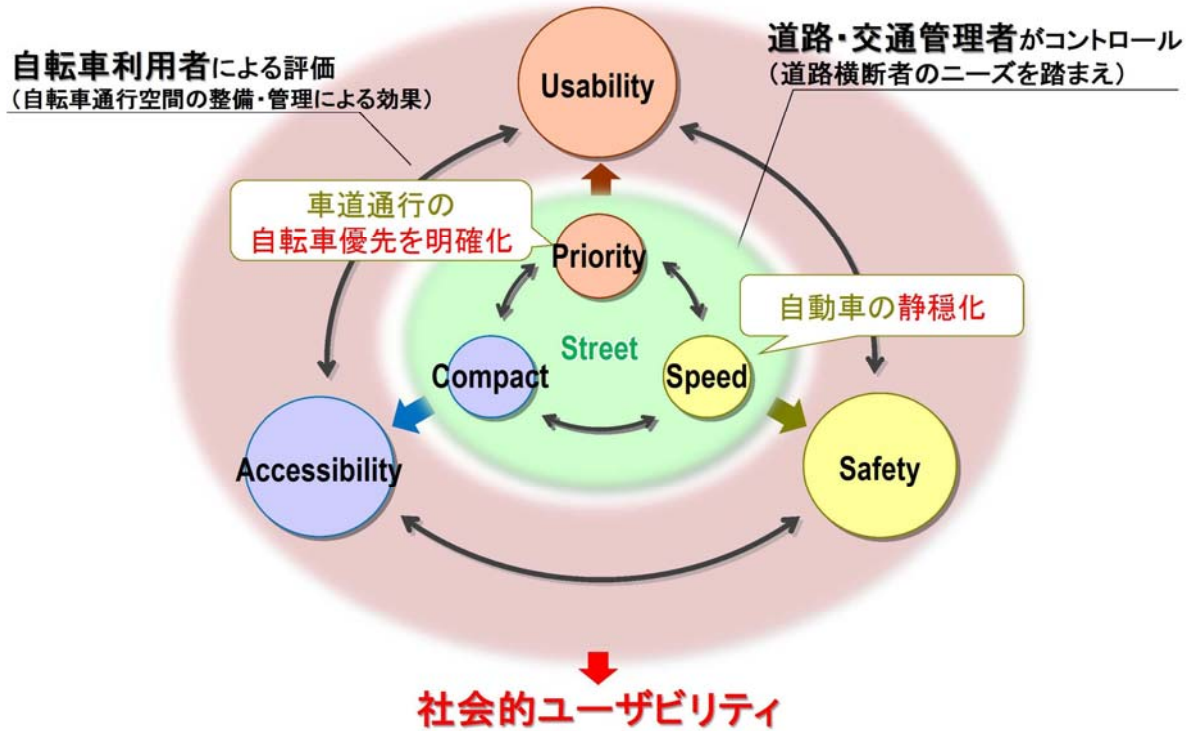


図 5-20 自転車車道通行の問題解決に向けた PCS マネジメント

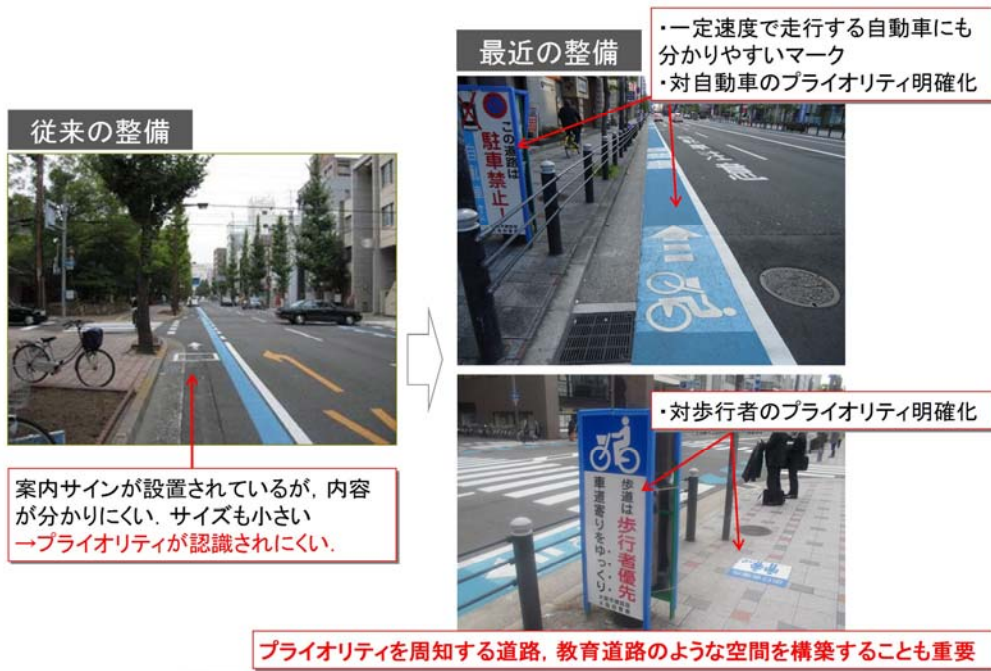


図 5-21 プライオリティが明確化されている案内サインの設置事例

内容も分かりにくいいため、プライオリティが認識されにくいものとなっていた。最近では、一部の整備事例において、走行中の自動車ドライバーにも分かりやすいマークとして、案内サインや路面表示が設置され、自転車通行空間におけるプライオリティが明らかになっている。また、歩行空間においてもプライオリティが明確化されている。このように、自転車通行空間におけるプライオリティを周知する道路として、案内サインや路面表示を徹底的に配置した、いわゆる教育道路のような道路空間を構築することも重要であると考えます。

今後、自転車通行空間を確保していく際には、SHM および CHM による評価結果を参考にしながら、整備する道路の役割と利用特性を踏まえて、自転車通行空間の整備手法を検討していくことが必要と考える。こうした視点が、自転車の側面からのまちづくりの一步となり、自転車通行空間における安全性や快適性の効率的かつ効果的な向上に繋がると考える。

5.6 まとめ

本章では、急増している自転車交通事故への対応として、安全で快適な自転車通行空間を創出するための改善方法を提案した。近年の法改正により車道通行の原則が強化された自転車の歩道通行理由を明らかにするため、心拍変動データを活用して通行空間の下での安全性および快適性を評価する手法として、SHM および CHM を提案した。さらに、これらの手法によって、自転車通行空間タイプ別の安全性や快適性を明らかにするため、高松市中心部の路線を対象に、実験的に心理的負担による自転車通行空間の評価に関する調査を行い、取得データを解析することで安全性や快適性を定量化した。

SHM に基づく安全性評価は、心拍データからヒヤリハット事象を抽出し、歩行者や自転車とすれ違う行為などに対するヒヤリハット事象発生割合を、自転車通行空間別に評価した。その結果、車道通行よりも歩道通行の安全性が高いことが確認できた。一方、CHM に基づく快適性評価は、時系列信号により評価する方法である LP 面積により把握した結果、安全性同様に、歩道通行の快適性が高いことが明らかとなった。このことから、自転車利用者は車道上の自転車通行空間を利用しにくい故に歩道通行を選択しており、その結果、歩道上における自転車と歩行者の交錯が発生していることが推察できた。

また、自転車車道通行の問題構造を PCS マネジメントに基づき把握し、改善策として、自転車優先とするための自動車と自転車間のプライオリティの明確化が必要であることを指摘した。自転車のガイドラインに基づき、空間整備が進められているものの、整備された自転車通行空間におけるプライオリティを道路利用者が十分に認識しておらず、その状況の中、道路空間を利用しているのが実情であると言える。道路利用者、特に自動車ドライバーに対してプライオリティを周知するとともに、速度マネジメントとしての自動車の静穏化を組み合わせた新たな道路運用策が必要性を提案し、計画手法の有効性を示した。

ただし、本章で提案した安全性および快適性の評価手法には、以降のような課題があると考えられる。

- 1) 本研究における評価結果は、被験者に関するデータのサンプル数が少ないことから、今後、SHM および CHM に基づく評価サンプル数を増加させ、評価の精度向上を図っていく必要がある。
- 2) 道路断面は自転車利用者の視点だけでは決められない。歩行者と自転車利用者の両視点から評価していき、評価手法のバージョンアップを図っていくことが必要であると考える。

【参考文献】

- 1) (社) 自転車協会：自転車保有台数の推移，1970～2008，(財) 自転車産業振興協会：自転車保有台数の推移，2009～2013，(財) 自動車検査登録情報協会：自動車保有台数の推移，1970～2013.
- 2) 欧州：Cycling in the Netherlands, 2009, 日本：平成 22 年全国都市交通特性調査，アメリカ：全米世帯トリップ調査，2009.
- 3) 国土交通省：平成 22 年全国都市交通特性調査，2010.
- 4) (財) 交通事故総合分析センター：交通統計
- 5) 警察庁：平成 27 年中の交通事故の発生状況
- 6) 警察庁広報資料：交通警察のあゆみ 交通局発足 50 周年記念，2013.10.
- 7) 安全で快適な自転車利用環境の創出に向けた検討委員会：みんなにやさしい自転車環境－安全で快適な自転車利用環境の創出に向けた提言－，2012.4.
- 8) 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，2012.11.
- 9) 安全で快適な自転車利用環境創出の促進に関する検討委員会：「自転車ネットワーク計画策定の早期進展」と「安全な自転車走行空間の早期確保」に向けた提言，2016.3.
- 10) 国土交通省：自転車ネットワーク計画策定済み市区町村へのアンケート調査，2014.4.
- 11) Jaisung CHOI, Yongseok KIM, Sangyoun KIM and Kyoungchan MIN : Determining the Sidewalk Width by Using Pedestrian Discomfort Levels and Movement Characteristics, Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 7, 2009.
- 12) 渡辺和憲，金利昭：心拍間隔指標を用いた自転車走行空間のストレス計測手法に関する基礎的研究，土木計画学研究・講演集，CD-ROM, Vol. 42, 2010.11.
- 13) 大塚善行，栗谷川幸代，景山一郎：ヒヤリハット検出システムの構築に関する研究，第 42 回学術講演会，2009.12.
- 14) 宮田監修：新生理心理学第 2 巻，pp.30, 1997.
- 15) 栗谷川幸代，大須賀美恵子，景山一郎：ドライバの整理指標変化をトリガにした危険・苦手場面検出，自動車技術会学術講演会前刷集，No. 134-07, pp. 5/8, 2007.
- 16) 渡辺和憲，金利昭：心拍間隔指標を用いた自転車走行空間のストレス計測手法に関する基礎的研究，土木計画学研究・講演集，CD-ROM, Vol. 42, 2010.11.
- 17) 齋藤憲，大塚邦明，久保豊，村上省吾：ホルター心電図-基本的知識の整理と新しいみかた-，2005.3.
- 18) フィリップス社：心電図コンピュータ解析アルゴリズム，2003.
- 19) 鈴木清，松田和香，竹林弘晃，砂川尊範，新田保次：自転車ネットワーク空間計画と評価手法，土木計画学研究・講演集，CD-ROM, Vol. 41, 2010.6.

- 20) 豊福史, 山口和彦, 荻原啓: 心電図 RR 間隔のローレンツプロットによる副交感神経活動の簡易推定法の開発, 第 21 回生体生理工学シンポジウム, 2006.
- 21) 齋藤憲, 大塚邦明, 久保豊, 村上省吾: ホルター心電図・基本的知識の整理と新しいみかた-, 2005.3.
- 22) 高松市: 高松市都市計画マスタープラン, 2010.12.
- 23) 警察庁統計資料, 2010.
- 24) 香川の自転車利用を考える懇談会: 香川の自転車利用に関する提言書～人と環境にやさしい自転車王国・かがわを目指して～, 2007.8.
- 25) 自転車を利用した香川の新しい都市づくりを進める協議会高松地区委員会: 高松地区における自転車を利用した都市づくり計画～人と自転車が笑顔で行き交うサイクル・エコシティ高松～, 2008.11.
- 26) 株式会社メディリンク: 心電図トランスミッタ (CarPod ML2HL101T) パンフレット

第6章 ユーザビリティ向上が必要とされる歩行空間への適用

6.1 はじめに

自動車優先の整備がなされてきた一方で、交通弱者である歩行者は軽視され、自転車と空間を共有する自転車歩行者道によって空間が確保されてきた。自転車歩行者道は自動車と空間が区分され、歩行者および自転車の安全性確保という特徴を持つものの、今後の交通まちづくりの一つのキーワードとされる、歩いて暮らせるまちづくりに向けては、自動車と歩行者が同一断面である自転車歩行者道の中において、歩行者の安全性確保が必要不可欠である。

一方、都市部のメインストリートなどには道路植栽がなされることが多く、この道路植栽は景観への配慮、危険な横断防止、木陰形成などの重要な役割を担っている。しかしながら、近年は、財源縮小による清掃頻度の低下・重点化がなされ、落ち葉などに対する適切な清掃がされておらず、歩行しにくい空間となっている。歩行者は落ち葉などを避けて通行するケースが多く、落ち葉などがある歩行空間はそれにより歩行可能な空間が狭く、自転車と歩行者の交錯が発生している。そこで、適切な歩道清掃のタイミングを明確化するために、歩道清掃が歩行者の安全性・快適性に及ぼす心理・行動の把握を行い、PCS マネジメントに基づく歩行空間改善策を提案する。

本章では、自転車歩行者道における歩行の現状と問題の構図について整理し、既往研究を踏まえ、自転車歩行者道歩行時の安全性および快適性評価手法を構築する。さらに、歩道清掃状態が歩行者の安全性および快適性に及ぼす影響を把握するための調査概要について説明し、その結果について述べる。また、調査結果に基づく歩道清掃基準について考察し、歩行空間問題の解決に向けた PCS マネジメントによる改善策を提案する。

6.2 自転車歩行者道における歩行の現状と問題

都市部のメインストリートなどの道路においては、多様な交通手段が存在するため、自転車歩行者道により歩行空間が確保されているケースがほとんどである。自転車歩行者道は、自動車と歩行者・自転車を自動車から分離を行い歩行者・自転車の安全を確保することが目的の一つである。車道と自転車歩行者道の間や中央分離帯に道路植栽を整備することで分離機能が高め、安全性の向上を図る空間整備もなされている。この他、道路植栽の効果は、道路や街の景観を良くするだけでなく、危険な道路横断の防止や真夏の木陰形成、雨天の水はね防止といった様々な役割を果たし、道路空間におけるその重要性は高い。また、道路は、地域住民など沿道土地利用者の生活空間でもあり、道路緑化は生活環境を保全する役割を担う。特に都市部においては、道路植栽が貴重な緑であり、緑化を望む声も多い。コミュニティ・ソリューション (ICTS) 研究会が実施したアンケート調査結果¹⁾ では、居住地の魅力を高めるために必要な施設や機能を質問している。団塊世代は、「自然の感じられる環境」、「病院機能の充実」に次いで、「街路樹や公園などの緑豊かな環境」を挙げており、若い世代では、それを最も重視している。さらに、道路植栽は、温暖化対策やヒートアイランド対策の効果などが期待されることもあり、社会的に道路植栽の必要性がさらに増してくると考える。一方で、道路植栽は維持管理が問題となる。樹種によっては落ち葉の舞い込みや害虫の発生、樹種が大きくなることで周辺の見通しが悪くなるといった問題もあるため、剪定や防虫対策、清掃などの維持管理が定期的実施されている²⁾。

一方、公共事業関係費は、その削減に伴って道路の維持管理費も年々減少しており、従来のような維持管理が難しくなっている。平成 21 年 11 月に開催された行政刷新会議での事業仕分けの結果、直轄道路の維持管理費は 1～2 割の縮減が求められた。一方で、受益者負担の観点から都道府県などが一部を負担してきた維持管理負担費についても、地方財政逼迫により見直しが迫られ、平成 22 年度に直轄道路については全額を国が負担するよう法律が改正された。

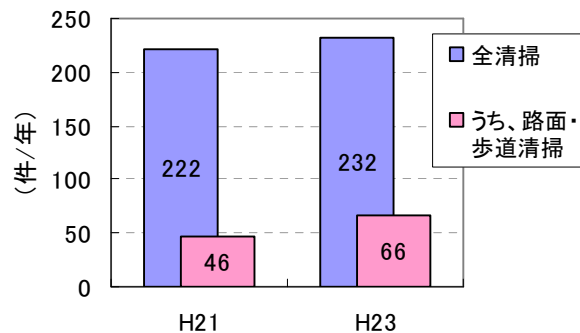
道路清掃は図 6-1 に示すように、安全性や快適性の回復措置³⁾として位置付けられ、こうした限られた予算の中で、鋭意工夫しながら道路清掃の管理が行われているものの、管理頻度の低下や重点化の影響から、落ち葉などのごみが歩道を被覆している状況にある。そのため、図 6-2

道路管理者の作業 サービスの視点	早期発見	回復措置	予防措置
安全性	<div style="border: 1px solid green; padding: 2px;">道路巡回 (通常巡回、定期巡回、異常時巡回)</div> <div style="border: 1px solid green; padding: 2px; margin-top: 5px;">設備点検</div> <div style="border: 1px dashed green; padding: 2px; margin-top: 5px;">情報収集・提供</div>	<div style="border: 2px solid red; padding: 2px;">清掃 (路面清掃、歩道清掃、排水構造物清掃)</div> <div style="border: 1px solid green; padding: 2px; margin-top: 5px;">除草</div> <div style="border: 1px solid green; padding: 2px; margin-top: 5px;">剪定</div> <div style="border: 1px solid green; padding: 2px; margin-top: 5px;">除雪</div> <div style="border: 1px solid green; padding: 2px; margin-top: 5px;">照明設備の維持</div> <div style="border: 1px solid green; padding: 2px; margin-top: 5px;">応急対応</div>	
信頼性	<div style="border: 1px solid green; padding: 2px;">構造物点検 (橋梁点検、トンネル点検、防災点検)</div> <div style="border: 1px dashed green; padding: 2px; margin-top: 5px;">舗装点検</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">橋梁補修</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;">トンネル補修</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;">舗装補修</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">防災対策</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;">耐震補強</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;">防雪対策</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;">凍雪害防止</div>
快適性	<div style="border: 1px solid green; padding: 2px;">道路巡回 (通常巡回、定期巡回)</div> <div style="border: 1px dashed green; padding: 2px; margin-top: 5px;">舗装点検</div> <div style="border: 1px dashed green; padding: 2px; margin-top: 5px;">情報収集・提供</div>	<div style="border: 2px solid red; padding: 2px;">清掃 (路面清掃、歩道清掃、排水構造物清掃)</div> <div style="border: 1px solid green; padding: 2px; margin-top: 5px;">除草</div> <div style="border: 1px solid green; padding: 2px; margin-top: 5px;">剪定</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;">舗装補修</div>	

: 維持
 : 維持(追加項目案)
 : 修繕

出典：国道（国管理）の維持管理等に関する検討会資料（平成 24 年 10 月）

図 6-1 維持管理に関する作業項目の分類



※直轄国道を対象

出典：四国地方整備局に寄せられた道路に関する意見、苦情及び要望件数（平成 21 年～平成 23 年調査結果）、平成 24 年 12 月

図 6-2 四国地方整備局管内の路面・歩道清掃に対する苦情件数

に示すように、歩行や自転車走行に対する安全性や快適性の低下を招く事態となり、路面・歩道清掃に関する苦情などの件数も近年増加傾向⁴⁾にある。これは、財源縮小による清掃頻度の低下・重点化により、落ち葉などに対する適切な清掃がされておらず、利用しにくい空間となっていることを意味する。この清掃に対する苦情などは、道路を歩行・自転車走行した市民の主観的な判断によるものであり、歩道清掃状態による歩行者の安全性や快適性への影響が、客観的に明らかにされているわけではない。

自転車歩行者道における問題の構図を図 6-3 に示す。現在の道路空間を、歩行する際、落ち葉などを避けて通行するため、歩行可能な空間が狭く、自転車と歩行者の交錯が発生している危険な状態となっている。そこで、安全で快適に歩行可能な空間の確保に向けては、適切な維持管理のタイミングを明確化する必要があることから、歩道清掃状態が歩行者の安全性・快適性に及ぼす心理・行動についての把握を試みる。

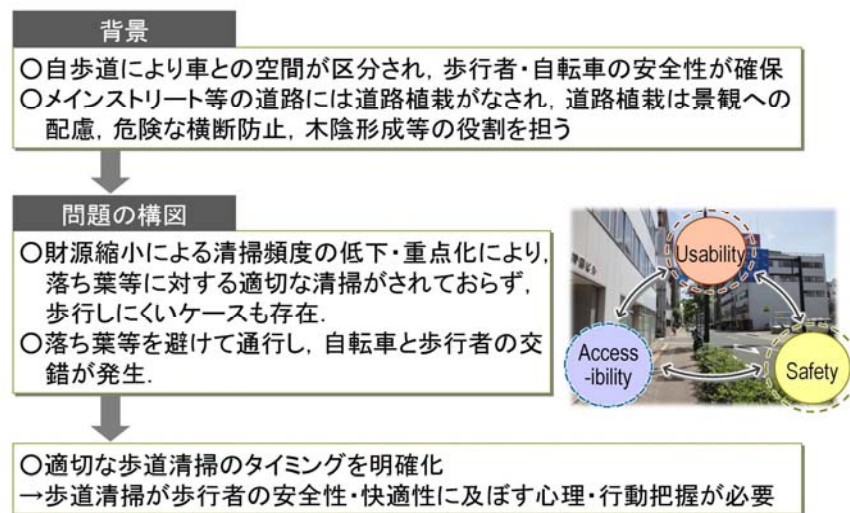


図 6-3 自転車歩行者道における問題の構図

6.3 自転車歩行者道歩行時の安全性および快適性評価手法の構築

6.3.1 既往研究のレビュー

歩道清掃に関する既往研究では、清掃の必要性を整理し、維持管理の効率化による歩行時の安全性や快適性向上の検討が行われている。

菅原ら⁵⁾は、ごみに対する清掃費用、交通安全への影響、道路維持管理の問題などを踏まえ、ごみの種類やごみが多い区間などを把握するため実態調査を実施している。さらに、分析結果に基づき、効果的なごみ対策や啓発活動の重要性に繋げている。加藤ら⁶⁾は、空き缶などのポイ捨てによる環境悪化が深刻となる中、美しい道路環境づくりや質の高い道路サービスの提供に向け、ボランティアとのパートナーシップによるアダプト・ロード・プログラムに着目した効率的な道路管理手法の検討を行っている。津賀ら⁷⁾は、日本におけるアダプトプログラムの状況把握を行い、他の住民参加型の環境管理方法との比較しつつ環境管理方法としてアダプトプログラムの有効性・課題を明らかにしている。アダプトプログラムの課題の一つとして、契約という期限付きのやめられる拘束力の弱い規定により、自主的な活動に委ねられることを挙げている。元

田ら⁸⁾は、道路におけるボランティア・サポート・プログラム団体の活動実態をアンケート調査によって把握している。ボランティア・サポート・プログラム団体が提携している道路管理者の範疇外の道路での活動を自粛させられるなど住民と行政が連携して道路清掃を行う上での課題を示している。佐藤ら⁹⁾は、冬期においても安心して快適に歩ける冬の歩行環境の確保を目指した冬期ボランティア・サポート・プログラムの実施状況について整理している。定期的な活動により、転倒事故が減少しており、県や市の協力体制の強化のもと、水平展開していく必要性について考察している。上田ら¹⁰⁾は、街路樹の維持管理のあり方や住民参加型管理への転換を図る上で必要となる基礎的な知見を得るために、沿道住民、および道路管理者の道路緑化に関する意識を把握するため、双方にアンケート調査を実施している。道路緑化に対して、道路管理者と沿道住民の認識に差異があることが確認され、また道路管理者の誤った知識による維持管理により、住民の苦情に繋がった事例もあることを確認している。

また、苦情や要望などに対応した清掃実績に基づいて、歩道清掃頻度に関する研究もなされている。亀山ら¹¹⁾は、札幌市の市道で収集した路面堆積塵埃を対象として特性を分析し、美観への影響を明らかにすることで、美観保全に必要な路面清掃頻度について研究している。穂積¹²⁾は、国道 20 号での落ち葉による沿道住民の苦情に対して、清掃の区間・時期・時間を変更すること、清掃の作業の周知を行うことで苦情および清掃コストが減少したことを明らかにしている。このように、維持管理体制による清掃の効率化や景観に着目した路面清掃頻度に関する研究はなされているものの、歩道清掃状態が道路空間歩行時の安全性や快適性に与える影響を定量的に把握した研究はなされていない。

影響把握の方法としては、一般的にはアンケート調査に基づく方法が考えられる。しかしながら、その場合の主な設問形式は、道路空間の落ち葉被覆状況を、CG 技術を用いて段階的に示した写真の選択形式による設問となり、回答が主観的な評価となることに加え、同空間を未歩行の場合は想定での回答、既歩行の場合は、過去の振り返りによる回答のためにバイアスが生じる欠点がある。また、写真を用いたアンケート調査は、人間の視覚に訴えるものであり、聴覚、嗅覚、触覚などの他の五感で感じる不快感・危険感は、落ち葉に覆われた空間を歩行しなければ、現実的な評価は難しい。

こうした状況を踏まえ、近年では、歩行時や自転車など走行時に感じる心理的負担に着目した客観的な評価研究が注目されている。渡辺ら¹³⁾は、少サンプルながら、自転車道における心理的負担を RR 間隔の解析をすることで把握している。その際、自転車道に進入する際のクランク周辺において、心理的負担が高まることを確認している。また、鈴木ら¹⁴⁾は、心理的負担の側面から自転車通行空間における安全性・快適性を評価し、道路構造の違いによる快適性の違いを把握している。

歩道清掃に関する既往研究は、景観に着目した路面清掃頻度や効率的な道路管理手法に関する研究はなされているものの、歩道清掃状態が道路空間歩行時の安全性・快適性に与える影響を把握した研究はなされていない。本研究では、こうした既往研究を踏まえ、歩行時に感じる快適性を心拍変動から定量化することを試みる。さらに、その評価結果に基づき、歩道清掃状態が歩行者の安全性・快適性に与える影響について考察する。

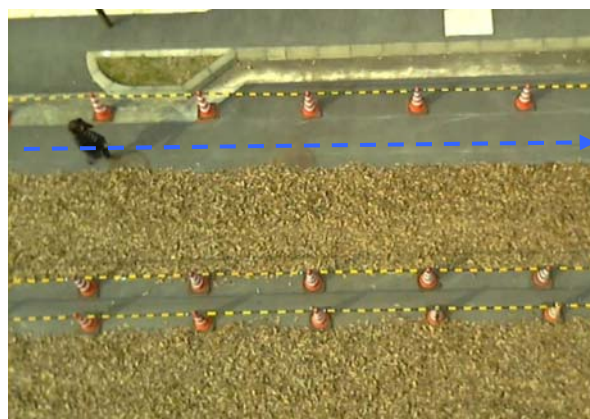
6.3.2 安全性・快適性評価手法の構築

(1) 安全性評価手法

歩行時の安全性評価指標としては、事故件数やヒヤリハットが一般的な指標として挙げられる。これらの指標は、単純な計測結果から、明らかにできるものもあるが、事故件数などは、事故という頻度が少ない事象に対する評価のため、短期間での評価が難しい。また、ヒヤリハット事象については、自動車や自転車の飛び出しや近接走行などの動的な対象に対する評価では適切な指標と考えるが、本研究の対象である落ち葉の歩道清掃状態という静的な対象に対する評価は困難と考える。なお、落ち葉という転倒しやすい対象に対して、その被覆部分を回避して歩行することが容易に想定されるため、落ち葉によるスリップを想定したヒヤリハット事象による評価も困難と考える。また、アンケートによる定性的な把握方法では、先に述べたように、精度の高い評価手法とは言えない。

こうした状況を踏まえ、本研究では、落ち葉被覆部分を事前に回避するという回避行動によって安全性の評価を行った。その際、歩行時の歩行行動による安全性評価を適切に行うためには、その歩行行動の軌跡をリアルタイムでデータ取得可能な方法によって把握することが望ましいと考えた。

◇対向者とのすれ違い前の歩行状況



◇対向者とのすれ違い時における歩行状況

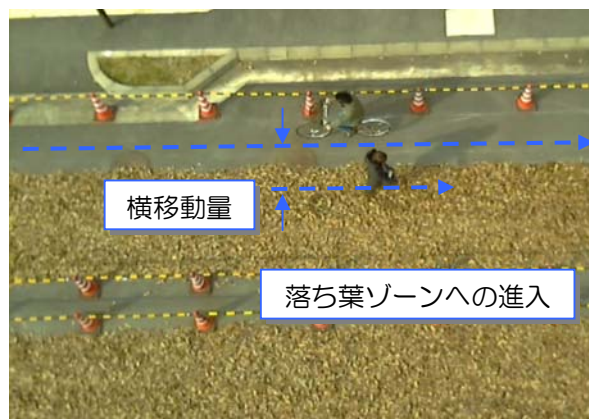


図 6-4 落ち葉被覆部分の回避行動による安全性評価のイメージ

(2) 快適性評価手法

本研究では、リアルタイムでデータが取得可能な心拍変動に着目して評価を行った。前章の自転車通行空間への適用と同様に、心拍変動指標として RR 間隔を用いる。RR 間隔は、心電図の波形で、最も大きく出る R 波と次 R 波までの間隔である¹⁵⁾。RR 間隔は、ホルター心電計などで計測・解析することにより評価することが可能な指標である。しかしながら、ホルター心電計により計測した心拍には、不整脈などによるデータが含まれるため、前章と同様の手法を用いて、瞬時心拍数による不整脈の除去を行った。

RR 間隔を用いた快適性の評価方法は、前章と同様の方法を用いる。歩行中の快適性評価の手順を図 6-5 に示す。瞬時の心理的負担の変動を表現できるよう RR 間隔のバラツキを LP (Lorenz Plot) により解析する手法である¹⁶⁾。なお、LP 面積は個人差が考えられるため、

評価時には、普段の生活における平常時の LP 面積を基準値として、自転車通行時の LP 面積との比率を用いた。

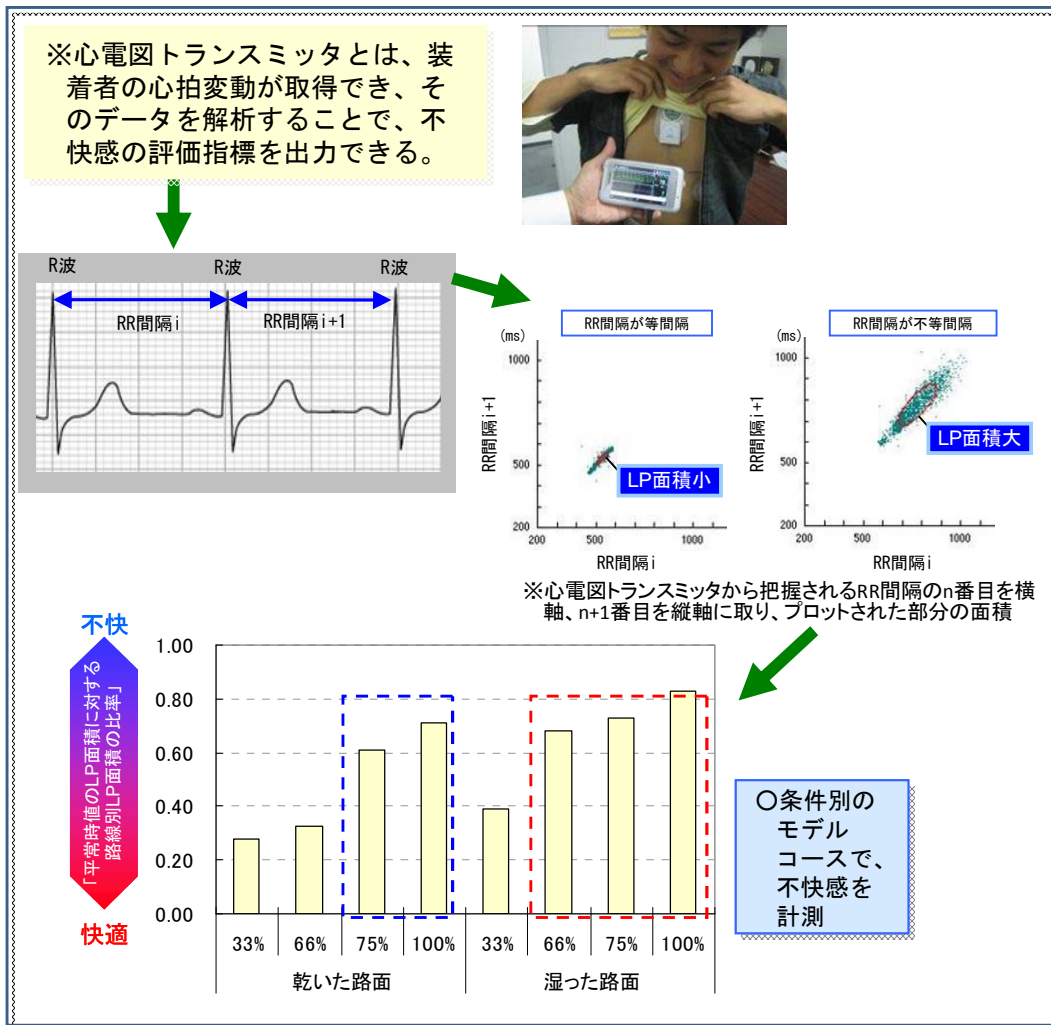


図 6-5 快適性評価の手順

6.4 歩行時の安全性および快適性評価

6.4.1 歩道清掃状態の影響に関する調査と安全性および快適性評価

(1) 歩道清掃状態の影響に関する調査の概要

歩道清掃状態が歩行者の安全性および快適性に及ぼす影響を把握するため、調査を実施した。調査概要を表 6-1 および図 6-6 に示す。

調査コースはグラウンドを活用したものであり、一周 90m、幅員は 3m である。幅員は、道路構造令の自転車歩行者道の幅員の考え方に基づいて設定した。図 6-6 に示している A-A 断面の断面図を図 6-7 に示す。落ち葉の被覆率を 4 パターン、路面状況を乾燥状態・湿潤状態の 2 パターンとした。従って、調査パターンは、落ち葉の「被覆率」、「路面状況」を考慮した全 8 路線 (4 被覆率×2 路面状況) である。

表 6-1 調査概要

項目	内容
調査日	平成23年11月29日（火）、30日（水） 29日 天候：曇、平均気温：14.8℃、 平均湿度：83%、平均風速：1.0m/s、 30日 天候：曇一時晴、平均気温：15.4℃、 平均湿度：78%、平均風速：1.6m/s
被験者	若年層の女性5名 ※冬服・ハイヒール（高さ約5～8cm）で調査を実施 ※年齢21～24歳、身長約154～158cm、体重約42～54kg ※全員普段から自転車利用・車椅子乗車経験なし
調査方法	<ul style="list-style-type: none"> 調査コースを、「ホルター心電計」を装着した被験者が2周歩行。 ※被験者には、調査目的や与条件（対向者が来ること、落ち葉被覆幅が変わることなど）となる情報を与えない。 落ち葉被覆幅は、4パターン（落ち葉なし幅員 2m, 1m, 0.75m, 0m）で実施し、落ち葉状態は、2パターン（乾燥・湿潤）で実施。 被験者と対向する形式で、歩行者や自転車のすれ違いを発生させ、歩行行動やストレスを計測。すれ違いは1周に2回の合計4回。ビデオ撮影範囲内で発生させ、対向者は自転車2回、歩行者2回。 擦れ違い1回につき、対向者は1人。 歩行行動は、高所作業車のビデオカメラで観測。 観測後、アンケート調査（不快感：5段階、危険感：2段階）を実施。

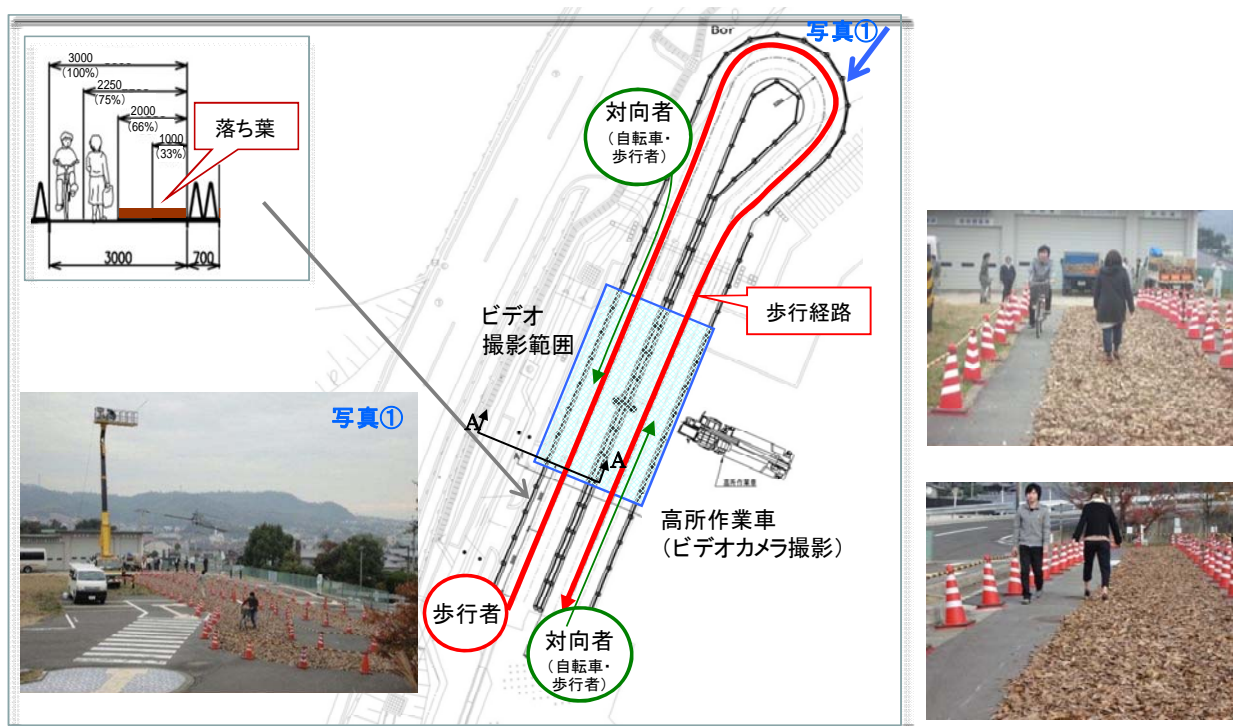
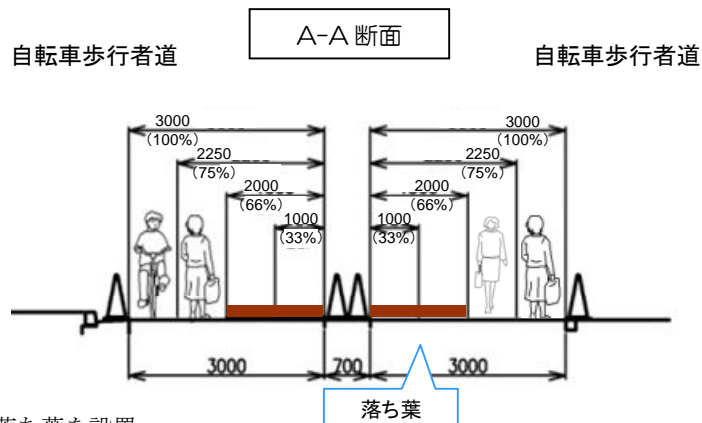


図 6-6 調査コースと歩行状況



※路線中央部に落ち葉を設置

※道路構造令では、自転車歩行者道の幅員は最低 3.0m 以上とされていることや、H17 道路交通センサスの国道の代表幅員平均値が 3.2m であることから、総合的に判断して 3.0m とした

図 6-7 調査パターンと断面図

調査コースを被験者が歩行する際、被験者と歩行者や自転車とのすれ違いを発生させ、落ち葉ゾーンへの進入の有無をビデオカメラ映像により把握した。この歩行行動の観測のイメージを図 6-8 に示す。このときのすれ違い対向者は、落ち葉のないカラーコーン側を原則キープして通行しており、各調査路線とも同条件で調査した。

心理的負担の調査は、限られた時間の中で効率的に実施するために、1 日目は、乾燥状態の落ち葉無し幅員 0m から徐々に落ち葉を増やすように実施した。同様に 2 日目も湿潤状態の落ち葉無し幅員 0m から徐々に落ち葉を増やすよう実施した。

落ち葉は、植栽帯のある一般国道の落ち葉被覆状況を考慮して、実道路空間の車道側となる調査コース中心部のカラーコーン側から被覆した。この際の落ち葉は、ケヤキ、クロガネモチなどである。これらの樹種は、道路植栽に使われているものの、落ち葉量が多く、害虫が発生しやすいことから、苦情や清掃要望が発生しやすい樹種である。なお、これらの落ち葉を被覆する際には、アスファルトが見えなくなる程度に被覆した。

被験者には、調査目的および対向者が来ること、落ち葉被覆幅が変わることについての情報を与えないで、調査コースを 2 週歩行、または自転車走行してもらうように依頼した。また、歩行・自転車走行などの直前まで、落ち葉被覆状況を見せないように、調査路線から離れた箇所で被験者を待機させ、順番待ちの間に落ち葉の被覆状態に関する情報を得ないように配慮した。不整脈が多発する被験者は、適切なデータが取得できないことから、一般的に不整脈の多い高齢者や健康診断などで不整脈と判断された経験のある者は除外して選定した。被験者は落ち葉が被覆している歩道上を歩行する場合、ストレスが最も大きく表れると考えられるとして、ヒールを履いた若年層の女性を調査対象とした。また、各調査コース歩行後に、調査員がヒアリング形式でアンケート調査を実施した。アンケートは、不快感を 5 段階で、危険感を 2 段階で聞いている他に、不快理由や属性についても設問した。

被験者の RR 間隔を計測する機器としてはホルター心電計を用いた。本調査では、特に持ち運びや取り付けが容易で、リアルタイムでの心拍変動データの取得が可能な「ホルター心電計 (CarPod ML2HL101T8) ¹⁷⁾」を用いて計測し、調査コース 2 周分のデータについて

分析した。誘導法は心電図の R 波が明確になる CM5 を採用した。CM5 は心拍変動の補間などの後処理が少なく解析できるメリットがある。

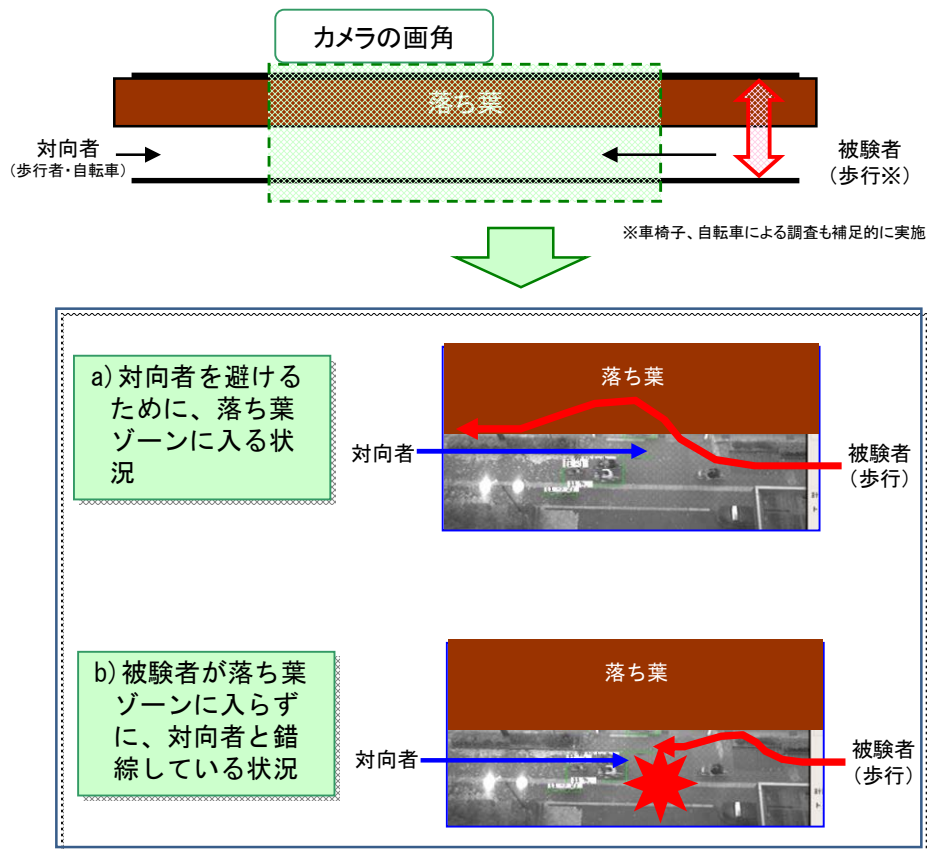


図 6-8 歩行行動の観測イメージ

(2) 歩行時の歩行行動による安全性評価

歩行行動のデータから、すれ違い時における歩行者の横移動幅と落ち葉ゾーンへの進入の有無を把握し、危険感について分析した。この横移動幅とは、ビデオ画角上で把握できるすれ違い前の位置から、すれ違い時に横に移動した距離であり、ビデオ画像を拡大してスケールアップにより計測した。

被験者は、基本的には落ち葉が被覆していないアスファルト上を歩行し、自転車や歩行者とのすれ違いが発生する際は、衝突を避けるために横方向への移動しており、このときの横移動幅により、落ち葉ゾーンへの進入が確認された(図 6-9)。このときの歩行速度は約 4km/時～5km/時であり、落ち葉被覆幅の大小や、落ち葉の乾燥・湿潤状態で大きな違いはなかった。落ち葉なし幅員 2m の場合は、横方向への移動はほとんど確認されなかったが、落ち葉なし幅員 1m や 0.75m の場合は、落ち葉が乾燥状態で、それぞれ 0.3m, 0.4m 横方向に移動しており、落ち葉ゾーンに足を踏み入れる行動が確認できた(図 6-10, 表 6-2)。この傾向は、湿潤状態でも確認され、落ち葉なし幅員 1m では 0.5m, 落ち葉なし幅員 0.75m では 0.6m と横方向に移動しており、乾燥状態に比べて、湿潤状態の方が横方向への移動幅は大きい傾向がみられた(図 6-10, 表 6-2)。

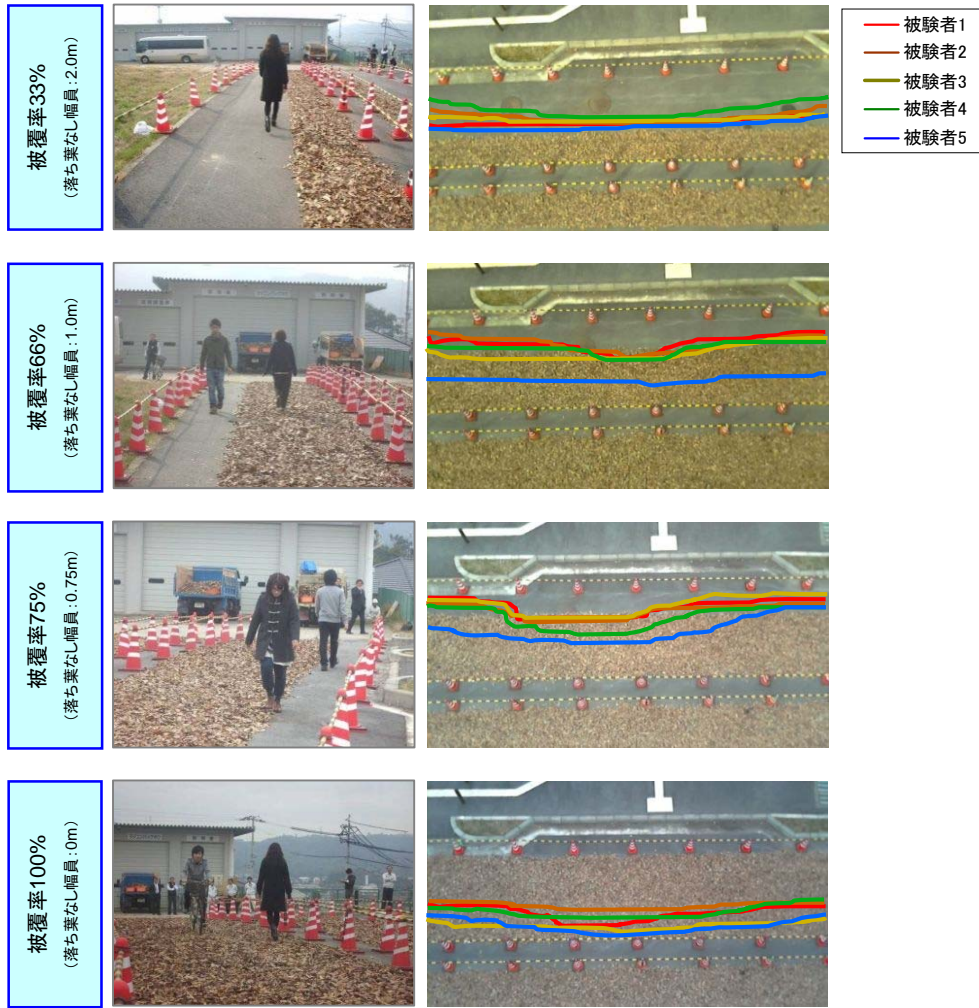
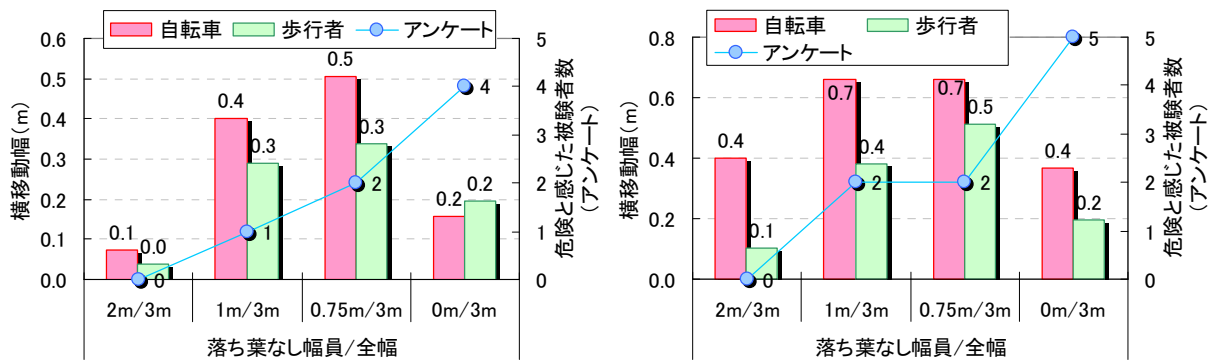


図 6-9 乾燥状態における被験者の歩行行動軌跡



※調査コース別交通手段別の横移動幅における標準偏差・標準誤差は、以下の範囲であることを確認。

※乾燥状態 自転車：標準偏差 0.13～0.29，標準誤差 0.06～0.13

歩行者：標準偏差 0.08～0.35，標準誤差 0.03～0.15

※湿潤状態 自転車：標準偏差 0.17～0.67，標準誤差 0.07～0.30

歩行者：標準偏差 0.06～0.26，標準誤差 0.03～0.12

図 6-10 乾燥状態 (左) および湿潤状態 (右) における危険感

表 6-2 乾燥・湿潤状態の横移動量と落ち葉ゾーン進入状況

実験 コース	すれ違い 対向	被験者	平均横移動幅(m)		落ち葉ゾーン進入の有無	
			乾燥	湿潤	乾燥	湿潤
2m/3m	自転車1回目		0.2	0.2	0/5	0/5
					0/5	0/5
	歩行者1回目		0.5	0.5	0/5	0/5
					0/5	0/5
	計		0.4	0.3	-	
1m/3m	自転車1回目		0.1	0.2	5/5	5/5
					5/5	5/5
	歩行者1回目		0.1	0.1	2/5	3/5
					5/5	4/5
	計		0.1	0.1	-	
0.75m/3m	自転車1回目		0.2	0.3	5/5	5/5
					5/5	5/5
	歩行者1回目		0.4	0.8	4/5	4/5
					4/5	5/5
	計		0.2	0.5	-	
0m/3m	自転車1回目		0.0	0.0	5/5	5/5
					5/5	5/5
	歩行者1回目		0.0	0.0	5/5	5/5
					5/5	5/5
	計		0.0	0.0	-	

※落ち葉ゾーン進入の有無は、進入した人数/被験者5人を意味する。

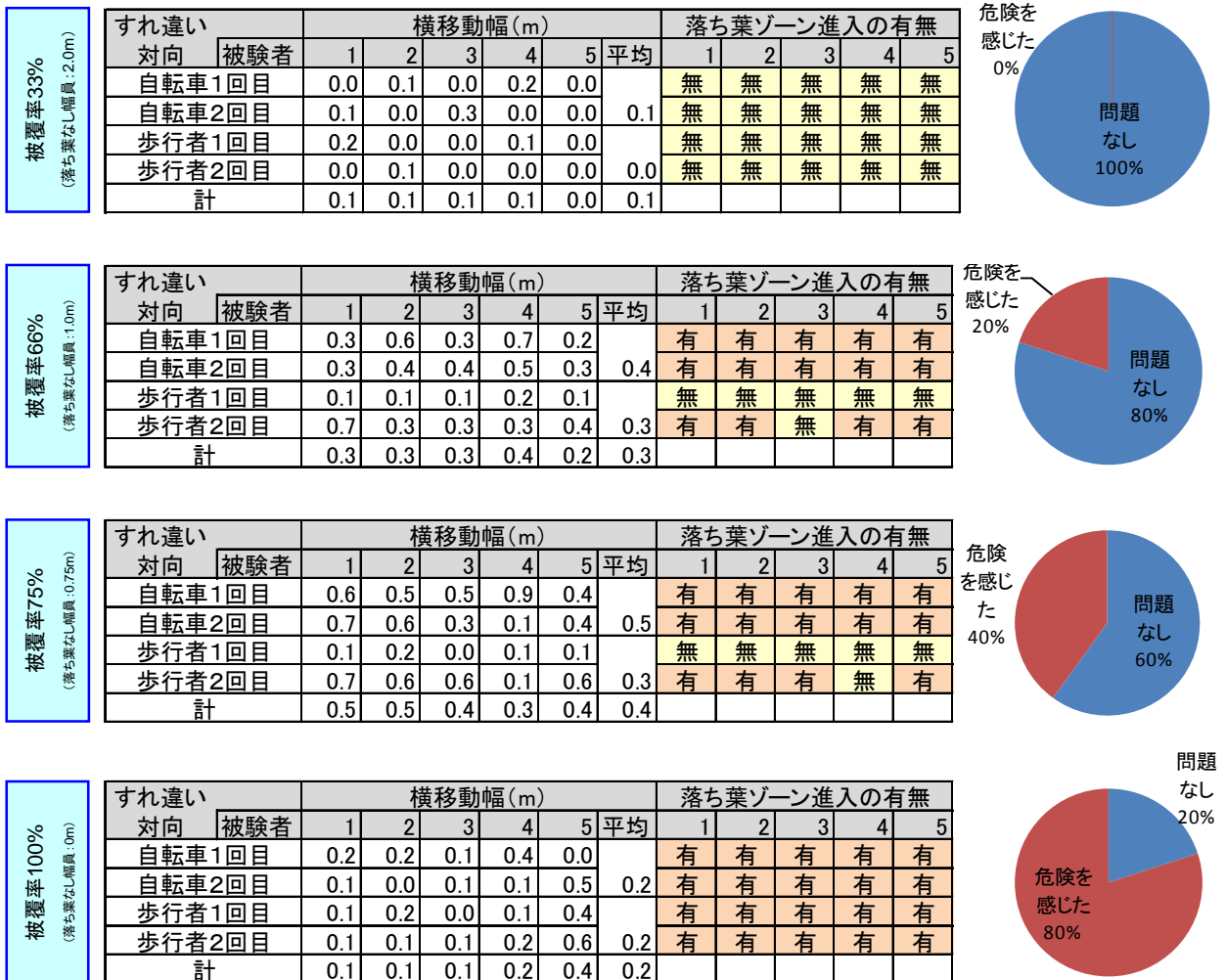
こうした横方向への移動幅の増加に伴い、被験者へのアンケート調査で把握した歩行時の危険感も同様の傾向が示された。ただし、最初から落ち葉ゾーンへ足を踏み入れている落ち葉なし幅員 0m のケースでは、横方向への移動幅が少ない。一方で、アンケート結果により把握した歩行危険感が高くなっていることから、落ち葉なし幅員 0m では、被験者は落ち葉上を歩行する時間が長く、歩行が危険と感じていると推察できた。また、湿潤状態は、乾燥状態に比べて歩行に対する危険感が大きい傾向がみられた。湿潤状態の落ち葉は、スリップなどにより転倒する危険性があり、怖いとの回答結果に起因しているものと考えられる。また、歩行者とすれ違うときに比べ、自転車とのすれ違いの方が、被験者の横方向への移動幅が大きく、危険を感じている傾向が伺えた。

なお、図 6-10 の横移動幅について分散分析を行い、多重検定により有意性の検証を行ったところ、一部の項目について 5% の有意水準で有意な差が確認できた。

以降には、被覆率・路面状況別の歩行行動について特徴を示す。

○落ち葉量別の歩行行動の分析 【乾燥状態】

- ・被験者は、ほぼ落ち葉のない歩道部を歩行したが、自転車などのすれ違いで、横方向に移動が見られる。
- ・被覆率 33%のとき、横方向への移動はほとんどみられないが、被覆率 66%、75%のとき、それぞれ 0.3m、0.4m 横方向に移動した。そのため、落ち葉ゾーンに足を踏み入れる状況となった。
- ・歩行者とすれ違うときに比べ、自転車とすれ違うときの方が、被験者の横方向への移動幅が大きく、危険を感じていることがうかがえる。
- ・アンケートでは、被覆率が大きくなるほど、歩行に対する危険感が増している。



- 1)被験者歩行軌跡：コース上空のビデオカメラにより把握した被験者の歩行位
- 2)横移動量：歩行者が自転車・歩行者とすれ違うときに横方向に移動した最大移動量
- 3)落ち葉ゾーンの進入：自転車・歩行者とすれ違う際の、落ち葉ゾーンへの進入の有無。

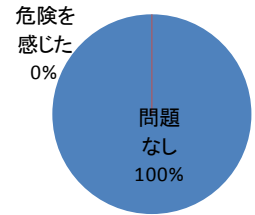
図 6-11 被験者の横移動量と落ち葉ゾーンへの進入と、アンケートによる歩行危険感

○落ち葉量別の歩行行動の分析 【湿潤状態】

- ・乾燥状態と比べると、被覆率の違いによる被験者の横方向の移動量や、落ち葉ゾーン進入状況は、同一傾向である。
- ・ただし、横方向の移動幅は、乾燥状態に比べて、大きい傾向にあるが、落ち葉ゾーンへの進入状況にほとんど変化はない。
- ・アンケートでは、乾燥状態に比べて、歩行に対する危険感が増している。

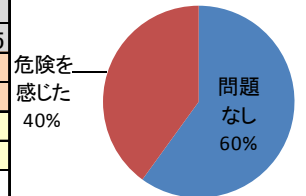
被覆率33%
(落ち葉なし幅員:2.0m)

すれ違い 対向	被験者	横移動幅(m)					平均	落ち葉ゾーン進入の有無				
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
自転車1回目		0.0	0.2	0.9	0.7	0.7	0.4	無	無	無	無	無
自転車2回目		0.0	0.2	0.8	0.0	0.4		無	無	無	無	無
歩行者1回目		0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	無	無	無	無	無
歩行者2回目		0.1	0.2	0.1	0.1	0.1		無	無	無	無	無
計		0.1	0.2	0.5	0.2	0.3	0.3					



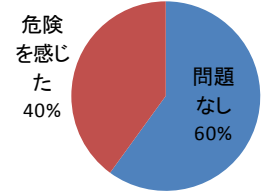
被覆率66%
(落ち葉なし幅員:1.0m)

すれ違い 対向	被験者	横移動幅(m)					平均	落ち葉ゾーン進入の有無				
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
自転車1回目		0.7	0.8	0.7	0.6	0.7	0.7	有	有	有	有	有
自転車2回目		0.8	0.5	0.5	0.6	0.8		有	有	有	有	有
歩行者1回目		0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.4	無	無	無	無	無
歩行者2回目		0.2	0.4	0.7	0.7	0.5		無	無	有	有	無
計		0.5	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5					



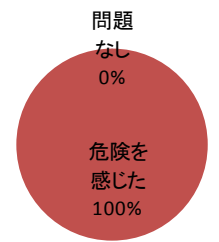
被覆率75%
(落ち葉なし幅員:0.75m)

すれ違い 対向	被験者	横移動幅(m)					平均	落ち葉ゾーン進入の有無				
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
自転車1回目		0.5	0.6	0.5	1.1	0.9	0.7	有	有	有	有	有
自転車2回目		0.3	0.7	0.5	0.8	0.7		有	有	有	有	有
歩行者1回目		0.2	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	無	有	無	有	無
歩行者2回目		0.4	0.7	0.7	0.4	0.7		無	有	有	無	有
計		0.3	0.6	0.5	0.7	0.7	0.6					



被覆率100%
(落ち葉なし幅員:0m)

すれ違い 対向	被験者	横移動幅(m)					平均	落ち葉ゾーン進入の有無				
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
自転車1回目		0.5	0.6	0.2	0.9	0.2	0.4	有	有	有	有	有
自転車2回目		0.3	0.5	0.0	0.0	0.6		有	有	有	有	有
歩行者1回目		0.0	0.1	0.1	0.6	0.2	0.2	有	有	有	有	有
歩行者2回目		0.5	0.1	0.1	0.1	0.1		有	有	有	有	有
計		0.3	0.3	0.1	0.4	0.3	0.3					



- 1)被験者歩行軌跡：コース上空のビデオカメラにより把握した被験者の歩行位置
- 2)横移動量：歩行者が自転車・歩行者とすれ違うときに横方向に移動した最大移動量
- 3)落ち葉ゾーンの進入：自転車・歩行者とすれ違う際の、落ち葉ゾーンへの進入の有無。

図 6-12 被験者の横移動量と落ち葉ゾーンへの進入と、アンケートによる歩行危険感

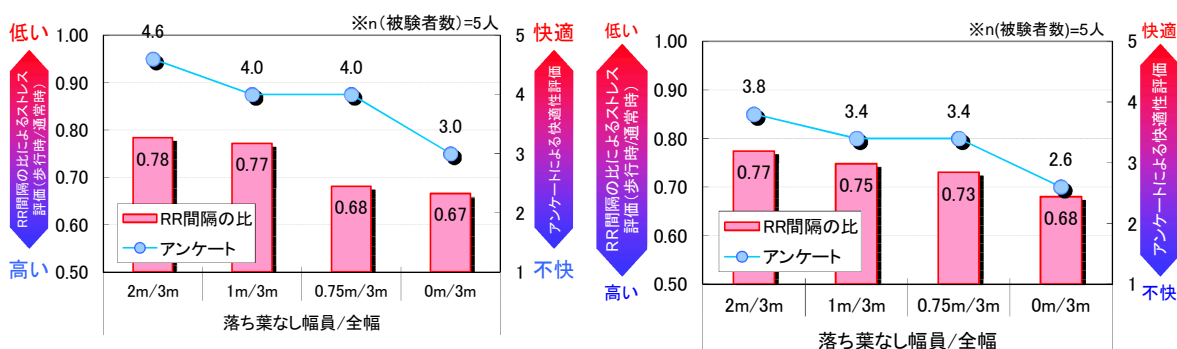
(3) 歩行時の心拍変動による快適性評価

調査で取得した心拍変動データから、落ち葉状態別・幅別のストレスの比較結果を図 6-13 に示す。心拍変動は、個人によって差異が大きいことから、RR 間隔によるストレス評価を通常時の心拍に対する歩行時の心拍の比と定義し、5人の被験者の平均値を用いて分析した。ここで通常時とは、被験者が朝食を終えて「椅子に座りゆっくりしている状態」を表し、その時に、ホルター心電計を用いて調査時と同計測手法で心拍データを取得した。本行動は「食事」や「散歩」など、様々な生活行動のデータを取得した上で最も心拍が低い値を示したものである。つまり、評価が1に近ければ通常時と同じようにストレスが低い状態を、小さくなるほどストレスが高い状態を示す。被験者は調査の間に充分休憩をとり、通常時の心拍と同程度になることを確認した上で次コースでの調査をすることとし、可能な限り運動負荷を低減するように配慮した。そのため、各コースを歩行する間の時間は、概ね30分から1時間程度である。また、本調査ではデータ未取得などのエラーは発生していないため、分析時には平均値を用いた。

RR 間隔によるストレス評価は、図 6-13 に示すように、落ち葉乾燥状態・湿潤状態とも、落ち葉なしの幅員の減少に伴いストレスが高くなった。この傾向は、被験者5人とも同様の傾向を示しており、歩道清掃状態によりストレスが異なる傾向がみられた。落ち葉乾燥状態および湿潤状態のストレスを比較すると、湿潤状態よりも乾燥状態の方がやや高い傾向がみられた。この要因としては、両調査時にやや風が吹いており、落ち葉がアスファルトに張り付いて舞い上がらなかった湿潤状態に対し、乾燥状態では、多少の落ち葉が舞い上がり、視覚や嗅覚などの五感を刺激した影響であると推察できた。調査後に実施した不快感に関する被験者へのアンケート結果でも、落ち葉なし幅員の減少に伴い、不快感が増加しており、同傾向が示された。

なお、図 6-13 のデータについて分散分析を行い、多重検定により有意性の検証を行ったところ、5%の有意水準で有意な差は示されなかった。

次頁以降には、被覆率・路面状況別の歩行行動について特徴を示す。



※調査コース別の RR 間隔の比における標準偏差・標準誤差は、以下の範囲であることを確認している。

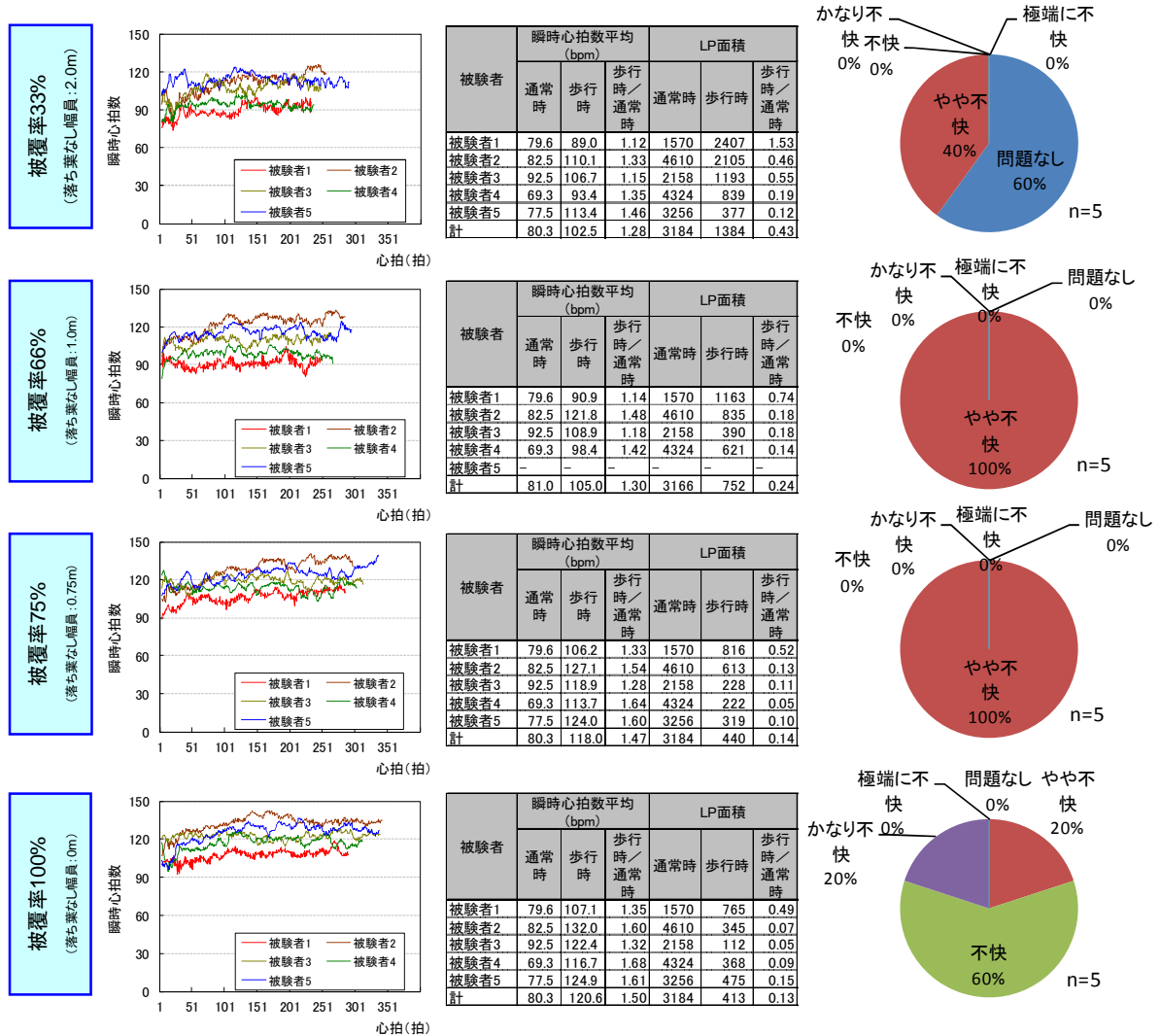
※乾燥状態 標準偏差 0.08~0.09, 標準誤差 0.03~0.04

※湿潤状態 標準偏差 0.05~0.08, 標準誤差 0.02~0.04

図 6-13 落ち葉乾燥状態（左）および湿潤状態（右）における歩行時のストレス

○落ち葉量別の心拍数の分析 【乾燥状態】

- ・全ての被験者は、通常時に比べて、歩行時の心拍数が増加している。
- ・被覆率が増加するにしたがい、心拍数が増加する傾向にあり、被験者の不快感が増している。
- ・アンケートの不快感も、同様の傾向である。

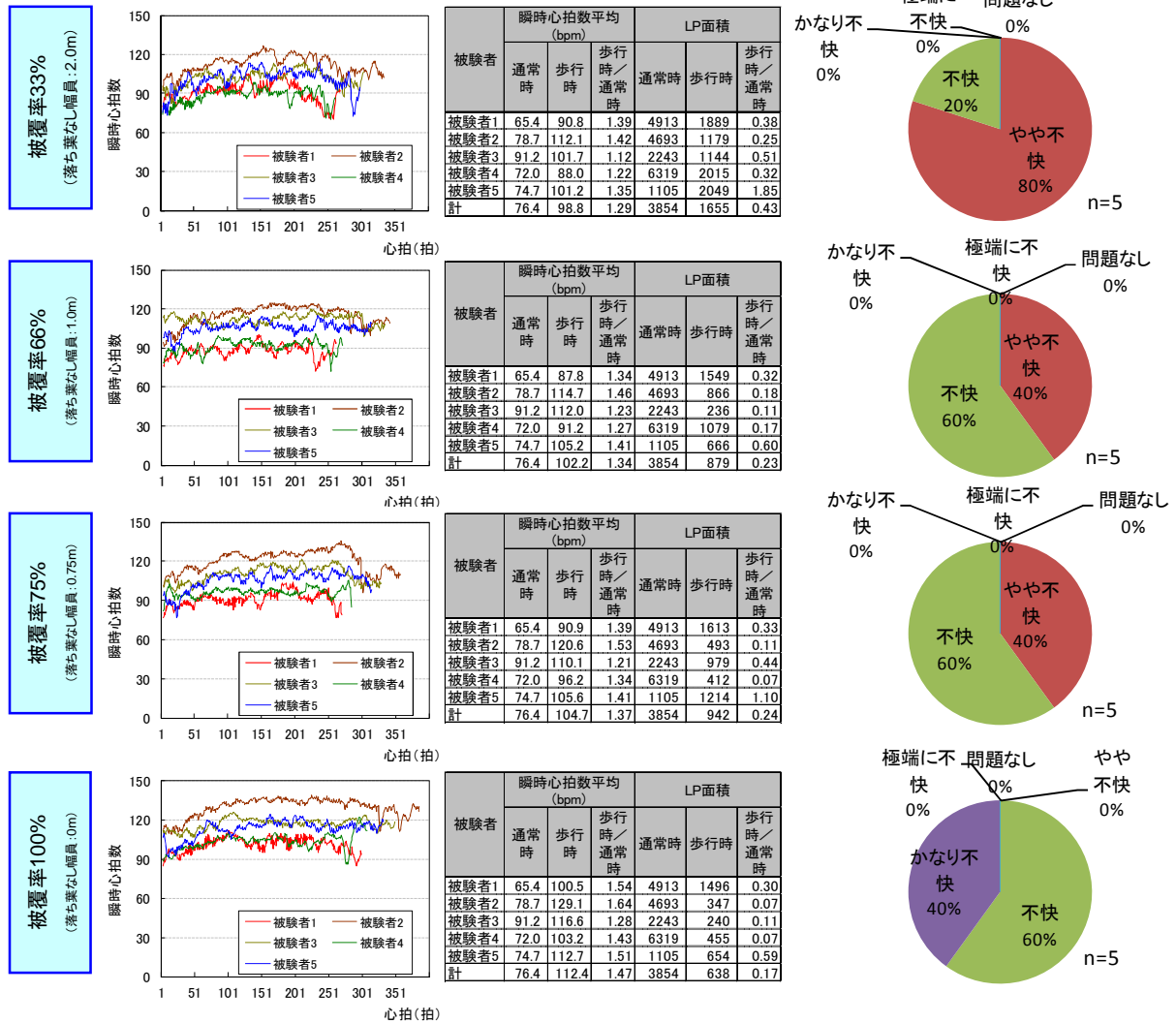


- 1)瞬時心拍数：RR 間隔（心拍 1 拍毎の時間間隔）を毎分の心拍数に換算したもの
- 2)L P 面積：グラフ横軸に瞬時心拍数 n 番目，縦軸に n+1 番目をプロットした時の面積．大小によって評価（大が不快）．
- 3)被覆率：横軸方向の落ち葉の量．落ち葉の高さは，路面が覆える 5cm 程度．
- 4)通常時：駐車した車の中でのリラックス状態．3 分間平均値．

図 6-14 被験者の瞬時心拍数と LP 面積，アンケートによる不快感

○落ち葉量別の心拍数の分析 【湿潤状態】

- ・乾燥状態での計測と同様に、被覆率が増加するにしたがい、心拍数が増加する傾向にあり、被験者の不快感が増している。
- ・アンケートの不快感も、同様の傾向であり、乾燥状態に比べ、不快感が増している。



- 1)瞬時心拍数：RR 間隔（心拍 1 拍毎の時間間隔）を毎分の心拍数に換算したもの
- 2)L P 面積：グラフ横軸に瞬時心拍数 n 番目，縦軸に n+1 番目をプロットした時の面積．大小によって評価（大が不快）．
- 3)被覆率：横軸方向の落ち葉の量．落ち葉の高さは，路面が覆える 5cm 程度．
- 4)通常時：駐車した車の中でのリラックス状態．3 分間平均値．

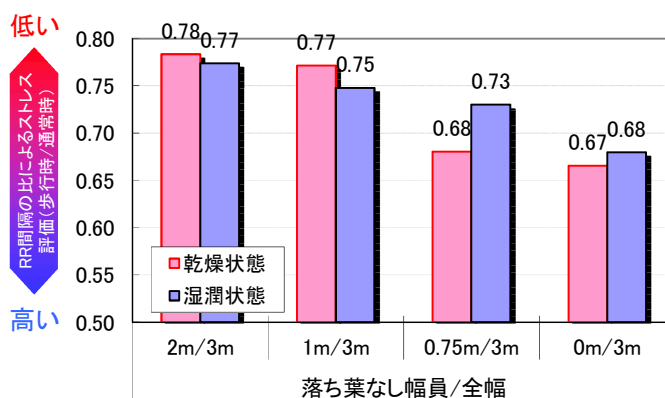
図 6-15 被験者の瞬時心拍数と LP 面積，アンケートによる不快感

6.4.2 歩道清掃基準に関する考察

道路の持つ交通機能や空間機能が十分に発揮されるためには、限られた予算の中で、道路維持管理を適切に実施していくことが求められる。市民が不快や危険に感じるようなごみの清掃を効率的に実施し、安全で快適に歩行できる空間を構築するために、歩道清掃状態における安全性・快適性の影響を把握することが重要となる。

本調査結果から、歩行者は、落ち葉のある歩道上を歩行する際、基本的に落ち葉のない幅員部を歩行することが把握された。ただし、歩行者や自転車のすれ違いでやむを得ない場合は、落ち葉上を歩行する行動が確認された。本研究では、落ち葉なし幅員を 2m, 1m, 0.75m, 0m の 4 パターンで計測しており、2m のとき、落ち葉部を歩行することはなかったが、1m になると歩行者とのすれ違いで 70%, 自転車とのすれ違いで全ての被験者が落ち葉部を歩行した。この傾向は、道路構造令の歩行者または自転車の占有幅からみても、すれ違い幅員に余裕がないこと、さらには、すれ違いにより歩行の危険性を感じていることからの行動と考える(図 6-16)。なお、図 6-16 のデータについて分散分析を行い多重検定により有意性の検証を行ったところ、5%の有意水準で有意な差は示されなかった。

自転車とのすれ違いでは、歩行者とのすれ違いに比べ、横移動幅が大きいことから、自転車とのすれ違いに、より危険性を感じている。こうした状況を踏まえると、本調査の条件下では、落



※調査コース別乾燥湿潤別の RR 間隔の比における標準偏差・標準誤差は、以下の範囲であることを確認

※乾燥状態：標準偏差 0.08～0.09, 標準誤差 0.03～0.04

※湿潤状態：標準偏差 0.05～0.08, 標準誤差 0.02～0.04

図 6-16 落ち葉なし幅員別のストレス比較

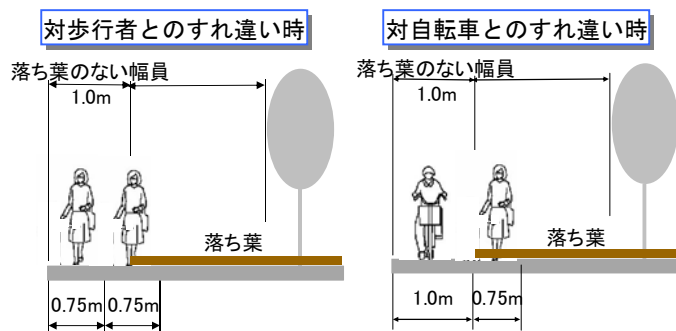


図 6-17 歩行者および自転車とのすれ違い

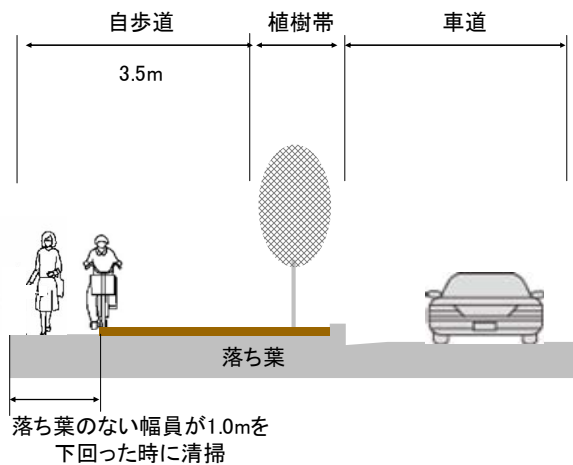
ち葉なし幅員が1m程度を下回ったときに、歩道清掃の実施の適切なタイミングの一つであると考えられる（図 6-17）。

これらの結果を踏まえ、歩道清掃のタイミングについて整理すると次のようになる。

街路樹からの落葉により発生する落ち葉の堆積は、基本的に街路樹が植樹されている車道側から堆積していく。この状況に対して、歩道を通行する歩行者は、落ち葉のない歩道部を歩行する行動特性があり、実質的な歩道幅員は狭くなる。このため、歩行者同士のすれ違い時は、落ち葉部への進行動が発生するが、歩行者は落ち葉部への進入に対する不快感から、落ち葉部への進入をためらう。そのため、すれ違い時の接触の危険性が増し、通行上の安全性が損なわれる。なお、自歩道を通行する歩行者と自転車のすれ違い時についても、上記と同じ傾向であり、歩行者よりもさらにすれ違い時の危険性が増す。

そこで、すれ違い時に歩行者が落ち葉ゾーンへの進入を余儀なくされ、不快感が高くなり、安全性が担保できない状況となる、「落ち葉のない幅員が1.0m」を下回ったとき、歩道の清掃を実施するものとする。

○清掃が必要な状況イメージ その1（幅員：3.5m）



○清掃が必要な状況イメージ その3（幅員：2.0m）

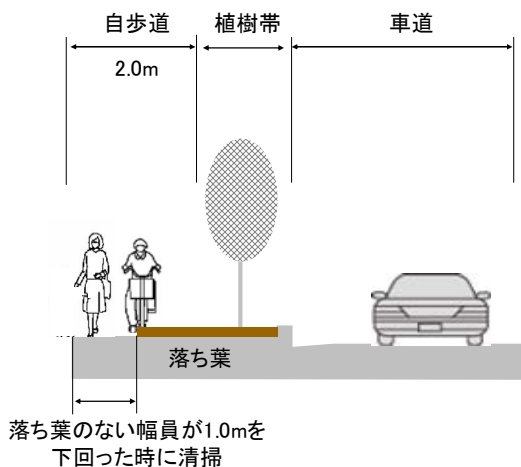
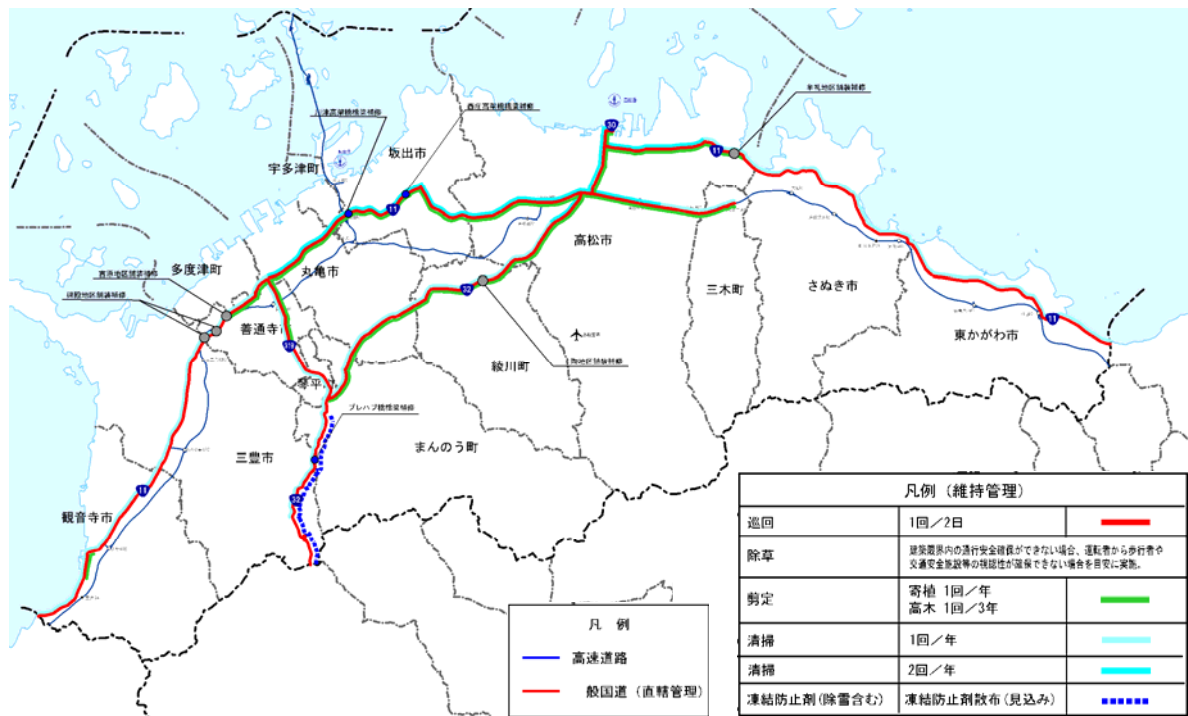


図 6-18 歩道清掃が必要な道路空間の例

6.5 歩行空間の問題解決に向けた PCS マネジメント

道路維持管理は、限られた道路維持管理費の中で、道路を常時良好な状態に保ちつつ、地域住民、道路利用者からの意見、気象条件、沿道の土地利用状況などに応じて、適時適切に実施することが重要である。

こうした視点を踏まえ、各地で各維持管理作業における維持管理基準が作成されている。その先進的事例として、国土交通省四国地方整備局が管理する直轄国道を対象として、巡回、清掃、除草、剪定などの維持管理基準をまとめた「平成 23 年度道路維持管理基準¹⁸⁾」がある。さらに、四国地方整備局では、この維持管理基準にしたがって、管理道路の維持管理計画¹⁹⁾を各県毎に定め、公表している（図 6-19）。



出典：四国地方整備局

図 6-19 維持管理計画の例：香川県（平成 23 年度）

維持管理基準の中において道路清掃は、道路に溜まったごみなどによるスリップ事故や排水溝の目詰まりによる冠水被害の防止など、安全・安心に道路が利用できるよう、主に車道部が対象となっている。また、国土交通省四国地方整備局香川河川国道事務所管内は 1 回/年、その DID 内では 2 回/年を基本として道路清掃の基準が定められている。ただし、交通安全上危険な状況であるなど、特別な事情がある場合には、この基準によらず、適切な頻度を設定するとしている。

道路財源が厳しい現在、道路の維持管理費も年々減少しおっており、従来のような維持管理が出来なくなってきている。財源縮小による清掃頻度の低下・重点化が行われ、落ち葉などに対する適切な清掃がされておらず、歩行しにくい道路空間も存在している。しかし、構築してきた道路空間において、適切な維持管理をせずに放置しておくことと利用しにくい道路となり、それ故に事故が発生することに繋がる。特に、車道と歩道の間に行っている道路植栽は、歩道上に落ち葉として被覆し、スリップなどによる転倒の危険性がつきまとう。

そこで、本調査は、歩道上に落ちている落ち葉などのごみを対象に、歩行時に感じるストレスを「ホルター心電計」を用いて心拍変動の側面から計測し、歩行時に人が心理的に感じる快適性の定量化を試みた。さらに歩行者の歩行行動の観測とアンケート調査から歩行時の安全性を評価し、総合的に歩道清掃状態が歩行者に与える影響について考察した。その結果、当初、想定していたように、「不快に感じる落ち葉を避けて歩行するため、自転車と歩行者の交錯を招き、安全な通行空間という本来目的が達成されていない」と言える。

図 6-20 に、歩行空間の通行問題の解決に向けた PCS マネジメントを示す。歩行者の歩道通行問題の解決に向けては、社会的ユーザビリティを低下させないための狭隘な歩行空間における歩行者優先の徹底が必要である。加えて、速度マネジメントとして、同空間内で錯綜を生む自転車の低速走行、徐行の徹底などの自転車ルールを遵守し、歩行者と自転車の速度差をなくすことによって、安全かつ包摂的な利活用に繋がると考える。

このように、今後、歩行空間を確保していく際には、本調査結果を参考にしながら、対象道路の利用特性と役割、維持管理の必要性を踏まえていくことが必要と考える。多様な利用者が存在する道路空間において、交通弱者である歩行者が安全・安心に、歩行できる道路空間を構築することが、歩いて暮らせるまちづくりの一步となると考える。

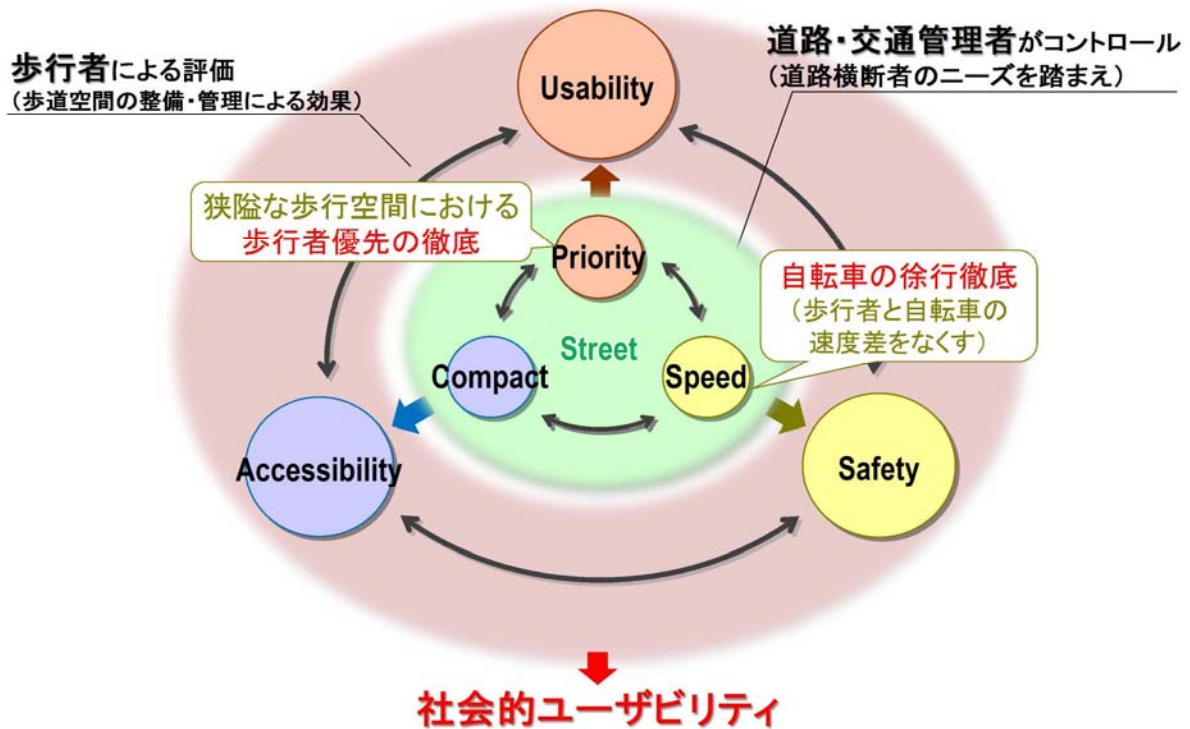


図 6-20 歩行空間の通行問題の解決に向けた PCS マネジメント

6.6 まとめ

本章では、道路の維持管理水準の引下げがもたらすユーザビリティの低下に焦点を当て、特に道路利用者としての歩行者の行動に及ぼす影響を分析した。従来のような日常的な維持管理が困難となる中、自転車歩行者道における歩行の現状と問題の構図について把握するとともに、既往

研究を踏まえ、歩行時における安全性および快適性評価手法を構築した。さらに、落ち葉やごみに関わる歩道清掃状態が歩行者の安全性および快適性に及ぼす影響を把握するため、歩行時に感じるストレスを「ホルター心電計」を用いて計測し、人が感じる快適性の定量化を試みた。また、歩行者の歩行行動とアンケート調査から安全性について評価し、多面的に歩道清掃状態が歩行者に与える影響を考察した。

快適性については、落ち葉なし幅員が減少することに伴いストレスが高くなる傾向がみられた。一方、安全性については、基本的に落ち葉のない部分を歩行し、すれ違いでやむ得ない場合に落ち葉ゾーンに進入することを確認した。落ち葉ゾーンに進入したのは、落ち葉なし幅員が 1m 以下のときであり、アンケート結果でも同じ傾向が確認された。自転車や歩行者とのすれ違いでは、自転車によるすれ違いの方がより危険を感じて、被験者は横方向に移動した。こうした歩道清掃状態におけるストレスや安全性の影響を踏まえ、落ち葉なし幅員が 1m 程度を下回ったときに、歩道清掃の実施の適切なタイミングの一つであると推察できた。

また、歩行空間の問題構造を PCS マネジメントに基づき把握し、改善策として、歩道清掃による歩行空間を確保するだけでなく、道路空間における歩行者の位置付けを明確化し、安全利用が可能な歩行空間を確保とすることが重要であることを指摘した。また、社会的ユーザビリティを低下させないために、狭隘な歩行空間における歩行者優先の徹底および同空間内で錯綜を生む自転車の低速走行の必要性を指摘した。

ただし、本章で考察した歩道清掃状態には、以下のような課題があると考えられる。

- 1) 本調査データは、調査コースによる仮設空間での結果であり、歩行者 1 人もしくは自転車 1 台との交錯により評価しているが、実空間では数名・数台の集団となる場合もあり、様々な条件下での実歩道上での調査が必要である。
- 2) 本章で示した結果は、主に若年層の女性 5 人の歩行者立場からのストレスや歩行行動の分析結果であり、道路空間を利用する自転車などの他の視点や高齢者などの他属性での分析も必要である。今後、様々な利用者の属性を反映した上で、十分なサンプル数を確保して調査を行うとともに、順序効果の有無の検証など、有意性の検証を行っていく必要がある。
- 3) 落ち葉の堆積状況を、落ち葉幅という面的なパラメータで比較しているが、ストレスに影響すると想定される落ち葉の深さ方向の比較が必要である。

【参考文献】

- 1) 平塚伸治, 西田佳弘, 高鳥克己: これからの住まい方・暮らし方・魅力的な都市のあり方を探るーITCS 研究会 2002 アンケート調査結果からー, (財) 関西情報・産業活性化センター
- 2) 四国地方整備局: 今後の道路植栽のあり方
- 3) 国土交通省: 国道(国管理)の維持管理等に関する検討会資料, 2012.10.
- 4) 国土交通省: 四国地方整備局に寄せられた道路に関する意見, 苦情及び要望件数(2009年～2011年調査結果), 2012.12.
- 5) 菅原崇宏, 菅野圭一, ニノ宮清志: 国道に投棄される飲料系ゴミの実態調査, 釧路開発建設部資料, 2007.11.
- 6) 加藤美幸, 竹林弘晃: 行政と住民のパートナーシップで美しい道路・河川の環境をつくる「アダプト・プログラム」の展開, 建設コンサルタンツ協会近畿支部研究発表会論集, 2005.7.
- 7) 津賀高幸, 近藤隆二郎: 住民参加型の環境管理方法としてのアダプトプログラムの特徴, 土木計画学研究・講演集, CD-ROM, Vol. 26, 2002.11.
- 8) 元田良孝, 宇佐美誠史, 狩野文香: ボランティアサポートプログラムの実態に関する調査, 土木学会全国大会第63回年次学術講演会, 2008.9.
- 9) 佐藤賢治, ニノ宮清志, 小沢宏行: 冬期ボランティア・サポート・プログラムによる路面管理-活動に対する取り組みの紹介について-, 平成20年度技術研究発表会, 2009.2.
- 10) 上田 真代, 松田 泰明, 三好 達夫: 沿道住民と道路維持管理者の道路緑化に関する意識について, 寒地土木研究所月報第696号, 2011.5.
- 11) 亀山修一, 川端伸一郎, 石田眞二, 合田功: 札幌市における路面堆積塵埃の特性および美観面における路面清掃の効果に関する検討, 土木計画学論文集 F, Vol. 66, No. 1, pp. 44-54, 2010.1.
- 12) 穂積秀夫: 沿線住民と共存した落ち葉清掃の工夫, 国土交通省 国土技術研究会 自由課題(アカウンタビリティ部門), 2010.
- 13) 渡辺和憲, 金利昭: 心拍間隔指標を用いた自転車走行空間のストレス計測手法に関する基礎的研究, 土木計画学研究・講演集, CD-ROM, Vol. 42, 2010.11.
- 14) 鈴木清・砂川尊範・新田保次: 心拍変動による自転車走行空間の安全性・快適性評価方法に関する研究, 福祉のまちづくり研究, Vol. 14, No. 2, 2012.7.
- 15) 齋藤憲, 大塚邦明, 久保豊, 村上省吾: ホルター心電図-基本的知識の整理と新しいみかた-, 2005.3.
- 16) 豊福史, 山口和彦, 荻原啓: 心電図 RR 間隔のローレンツプロットによる副交感神経活動の簡易推定法の開発, 第21回生体生理工学シンポジウム, 2006.
- 17) 株式会社メディリンク: 心電図トランスミッタ (CarPod ML2HL101T) パンフレット

18) 四国地方整備局：平成 23 年度道路維持管理方針

19) 四国地方整備局：平成 23 年度香川県内道路維持管理計画

第7章 結論

7.1 まとめ

高度経済成長期以降、急速に増加する自動車交通量への対応として、自動車優先の道路整備が進められてきた。他方、今後も増加が予測される高齢者、また歩行者や自転車などの交通弱者を重視した道路整備は軽視され、多様な道路利用者が存在する都市部では、道路を安全に利用しにくいといった問題が生じている。これまでは量的不足の解消を目的とし、道路を「つくる」ことに重点を置いてきたため、整備した道路を有効に「使う」観点が軽視されてきた面は否定できない。今後は、増加が予測される高齢者、歩行者などの交通弱者にとって利用しやすい、安全かつ包摂的な利活用が可能な道路空間を構築していくことが求められる。

海外では、整備した道路を有効に「使う」ことについて、道路計画における新たなパラダイムが提案されている。社会構造の変化を踏まえ、自動車以外の交通手段における空間確保、すなわち交通弱者における道路の利用しやすさの重要性を指摘し、空間の量的・質的評価による新しい種級区分の設定方法である。国内でも、道路機能に関する研究において「空間の質」の重要性が指摘されている。特に、交通弱者への利用しやすさが求められる都市部の道路では、交通処理という量的視点だけでなく、交通弱者の交流や地域活力という質的視点が重要である。しかしながら、その重要性は指摘されているものの、具体的な計画方法および評価手法の提案には至っていないのが現状である。

そのため、本研究は、既往研究の成果を踏まえ、交通弱者にとってもユーザビリティが高い、安全かつ包摂的な利活用が可能な道路空間の計画手法および評価手法の構築、適用による改善策の提案を行ったものである。

第2章では、人間中心設計等で用いられるユーザビリティの概念について既往文献を整理した上で、交通施設の計画・設計にも必要であることを示すとともに、道路空間の安全かつ包摂的な利活用のため、多様な利用主体や利用状況に対応できる社会的ユーザビリティの概念を提示した。この社会的ユーザビリティは、プロダクトデザインの考え方を踏まえ、今後の道路空間の構築に向けて必要と考えるアクセシビリティおよびセフティ、既存のユーザビリティ概念の範囲を拡張し、利用主体の多様性を考慮した包摂的な概念である。現在の道路空間には、社会的ユーザビリティの改善が急務とされる施設やインフラが存在しており、本研究ではその事例として、道路横断施設、自転車通行空間、歩行空間を取り上げた。それらの道路空間における現状と問題の構図を整理した。さらに、高齢者死亡事故において最も高い割合を占める道路横断時の問題に焦点を当て、道路横断施設において安全かつ包摂的な利活用を可能とするための目指すべき方向性について考察した。

第3章では、高齢者死亡事故において最も高い割合を占める道路横断時の問題を、横断施設の社会的ユーザビリティの観点から分析し、改善に向けた評価手法および計画手法を提案した。社会的ユーザビリティの向上に向けて、第1ステップとして、対象道路における交通量や人口の減少などの社会経済状況の変化といった量的変化、自動車交通処理から交流・地域活力の変化といった道路に求められる役割の変化、すなわち質的变化の把握を行うことの重要性を指摘した。第

2 ステップとして、道路の持つ多様な役割と機能を十分考慮した道路計画・設計を行っていくために、多様な道路利用者が存在する道路空間においては、その空間における交通手段のプライオリティの設定が重要であることを述べた。第3ステップとして、横断距離を短く、横断時間を短縮することを目的とする空間マネジメント、自動車交通の交通低速化を目的とする速度のマネジメントの重要性について述べた。具体的には、道路空間内の利用主体間の優先順位付け(Priority)、歩行者の横断距離を短縮するとともに車両の走行挙動の自由度を制限するための道路空間のコンパクト化(Compact)、高エネルギー外傷を回避するための道路交通の低速化(Slow speed)の重要性を示し、三者を統合したPCSマネジメントの枠組みを構築した。さらに、PCSマネジメントと社会的ユーザビリティの評価指標との対応付けを行い、道路空間の改善手順を明らかにした。

なお、本手法を、第4章で道路横断施設、第5章で自転車通行空間、第6章で歩行空間に適用し、総合的な社会的ユーザビリティの改善策を提案した。

第4章では、高齢者死亡事故率が全国最悪水準の地域において、第3章で構築した評価手法および計画手法を道路横断施設に適用し改善策を提案した。まず、ユーザビリティ、セフティ、アクセシビリティの3要素を用いて道路横断の問題構造を分析し、既設の横断歩道橋のユーザビリティの低さおよび周辺の平面横断歩道へのアクセシビリティの低さに起因して、高齢者は指定場所以外での乱横断行為を選択しているとの構図を明らかにした。

さらに、道路利用者の意識の共分散構造分析を実施した結果、プライオリティとスピードの間にミッシングリンクが生じていること、プライオリティの概念が地域に根づいていない可能性があることが示唆された。道路横断問題の解決に向けては、優先されるべき交通弱者に対する意識が希薄であることを踏まえ、まず、交通手段におけるプライオリティの設定として、高齢歩行者が最優先されるべき交通弱者と認識されていない実態とともに、高齢者側の交通弱者としての自覚の低さというプライオリティの気付きを与えることが重要であることが明らかとなった。その上で、プライオリティに基づく空間のマネジメント、それに合わせて速度のマネジメントを実施することで、安全かつ包摂的な利活用に向けた改善が必要であることが推察できた。さらに、PCSマネジメントに沿って高齢者の歩行を優先するための道路空間のコンパクト化および道路交通の低速化を図るための計画代替案を示した。

第5章では、自転車通行空間にPCSマネジメントの計画手法および評価手法を適用し、自転車通行問題の解決に向けた視点と改善策を提案した。自転車は、原則車道通行となったにも関わらず、車道上の通行空間を利用しにくい故に歩道通行を選択し、その結果歩道上で自転車と歩行者が交錯しているという仮説のもと、車道通行および歩道通行における安全性および快適性を定量化する手法としてSHMおよびCHMを提案し、仮説の検証を行った。

さらに、これらの手法によって、自転車通行空間タイプ別の安全性や快適性を明らかにするため、高松市中心部の路線を対象に、実験的に心理的負担による自転車通行空間の評価に関する調査を行い、安全性や快適性を定量化した。

第5章では、急増している自転車交通事故への対応として、安全で快適な自転車通行空間を創出するための改善方法を提案した。近年の法改正により車道通行の原則が強化された自転車の歩道通行理由を明らかにするため、心拍変動データを活用して通行空間の下での安全性および快適性を評価する手法として、SHM および CHM を提案した。さらに、これらの手法によって、自転車通行空間タイプ別の安全性や快適性を明らかにするため、高松市中心部の路線を対象に、実験的に心理的負担による自転車通行空間の評価に関する調査を行い、取得データを解析することで安全性や快適性を定量化した。

ヒヤリハット事象発生割合による安全性評価、心拍データを時系列信号により評価する方法である LP 面積による快適性評価とも、車道通行よりも歩道通行の方が高いことを確認した。従って、車道通行は歩道通行に比べ社会的ユーザビリティが低いことを検証し、その改善のためには車道空間における自転車優先の明確化と道路交通の静穏化とを組み合わせた新たな道路運用策が必要であると結論付けた。

第6章では、歩行空間に PCS マネジメントの計画手法および評価手法を適用し、歩行問題の解決に向けた視点と改善策を提案した。財源縮小による落ち葉等の清掃頻度の低下・重点化により歩行しにくいケースが存在する中、落ち葉等を避けて通行し、自転車と歩行者の交錯が発生との仮説のもと、落ち葉がある道路空間を歩行する際の安全性および快適性を定量化する手法を提案し、仮説の検証を行った。

第6章では、道路の維持管理水準の引下げがもたらすユーザビリティの低下に焦点を当て、特に道路利用者としての歩行者の行動に及ぼす影響を分析した。従来のような日常的な維持管理が困難となる中、自転車歩行者道における歩行の現状と問題の構図について把握するとともに、既往研究を踏まえ、歩行時における安全性および快適性評価手法を構築した。さらに、落ち葉やごみに関わる歩道清掃状態が歩行者の安全性および快適性に及ぼす影響を把握するため、歩行時に感じるストレスを「ホルター心電計」を用いて計測し、人が感じる快適性の定量化を試みた。また、歩行者の歩行行動とアンケート調査から安全性について評価し、多面的に歩道清掃状態が歩行者に与える影響を考察した。歩道清掃状態におけるストレスや安全性の影響を踏まえ、落ち葉なし幅員が 1m 程度を下回ったときに、歩道清掃の実施の適切なタイミングの一つであると推察できた。また、歩行空間の問題構造を PCS マネジメントに基づき把握し、改善策として道清掃による歩行空間を確保するだけでなく、道路空間における歩行者の位置付けを明確化し、安全利用が可能な歩行空間を確保とすることが重要であることを指摘した。具体策として、歩行者優先の周知、適切な維持管理、自転車の徐行徹底を提案し、計画手法の有効性を示した。

7.2 今後の課題

一定の道路ストックが形成された現在、市民のニーズは新たな道路の供給から、今ここにある道路の改善にステージを移行している。今後は、交通弱者の交通状況や利用しやすさを踏まえた施設やインフラを整備していく必要がある。そして供給するだけの Plan-Do-See 型ではなく、

交通弱者などの道路利用者のニーズを的確に把握した上での Plan-Do-Check-Action (PDCA) 型の政策運営を徹底することが求められている。

道路は、自動車のためだけのものではない。特に都市部の道路では、高齢者や障害者、歩行者など多様な道路利用者が存在しており、自動車以外の道路利用者も安全・安心に共存できる環境整備が不可欠である。わが国の交通事故死者数の推移は、減少傾向にあるものの、減少速度は鈍化し、平成 27 年には 15 年ぶりに増加傾向に転じており、高齢者、自転車、歩行者などの交通弱者に関する事故が多く、安全性の確保が喫緊の課題となっている。

こうした交通弱者に関する問題を解決していくためには、現状の道路空間において安易に横断歩道の設置や自転車通行空間の確保するのでは十分な対策とは言えない。本研究で述べてきたように、ハード施策による道路の供給だけでは安全性が確保できないことは言うまでもない。対象とする道路空間の中で、交通弱者が置かれている状況や利用ニーズを踏まえ、交通弱者の視点にたって利用しやすい施設やインフラ整備をしていくことが、安全性の確保に繋がる。その際の重要な視点がユーザビリティである。

本研究では、交通弱者にとってユーザビリティが高い、安全かつ包摂的な利活用が可能なインフラ整備の計画手法および評価手法を構築し、道路横断施設、自転車通行空間、歩行空間への適用を試みた。その結果、各インフラ整備について、社会的ユーザビリティの改善に向けた対策を提案し、本計画手法および評価手法の有効性を示すことができた。今後は、道路空間における他のインフラ整備への適用や本計画手法に基づいた改善策の効果検証を図る必要がある。

なお、本研究の各章における結果について、以下の課題が残る。

○道路横断施設

- 1) 本章で提案した道路横断施設の問題解決に向けた視点と改善策については、アンケート調査結果を活用した PCS マネジメントに基づく検討結果である。対象道路の道路管理者および交通管理者へのヒアリング調査を行い、対策の実現可能性について調査する必要がある。
- 2) 提案した道路横断施設の改善策について、対策後の道路空間における効果検証を行い、時間軸上での改善策の妥当性を確認する必要がある。その結果を踏まえ、計画手法および評価手法へのフィードバックを行い、改善していく必要がある。
- 3) 社会的ユーザビリティの改善が求められる道路横断施設の例として、高松市内の横断歩道橋に計画手法および評価手法を適用し、改善策を提案した。今後は、他の道路横断施設への適用を行い、水平展開という空間軸上での計画手法および評価手法の妥当性の検証をする必要がある。

○自転車通行空間

- 1) 本研究における評価結果は、被験者に関するデータのサンプル数が少ないことから、今後、SHM および CHM に基づく評価サンプル数を増加させ、評価の精度向上を図っていく必要がある。
- 2) 道路断面は自転車利用者の視点だけでは決められない。歩行者と自転車利用者の両視点から

評価していき、評価手法のバージョンアップを図っていくことが必要であると考える。

○歩行空間

- 1) 本調査データは、調査コースによる仮設空間での結果であり、歩行者1人もしくは自転車1台との交錯により評価しているが、実空間では数名・数台の集団となる場合もあり、様々な条件下での実歩道上での調査が必要である。
- 2) 本章で示した結果は、主に若年層の女性5人の歩行者立場からのストレスや歩行行動の分析結果であり、道路空間を利用する自転車などの他の視点や高齢者などの他属性での分析も必要である。今後、様々な利用者の属性を反映した上で、十分なサンプル数を確保して調査を行うとともに、順序効果の有無の検証など、有意性の検証を行っていく必要がある。
- 3) 落ち葉の堆積状況を、落ち葉幅という面的なパラメータで比較しているが、ストレスに影響すると想定される落ち葉の深さ方向の比較が必要である。

本研究に関連した公表論文一覧

【査読付き論文】

- 1) Kenji DOI, Takanori SUNAGAWA, Hiroto INOI and Kento YOH : Transitioning to safer streets through an integrated and inclusive design : IATSS Research, Vol. 39, Issue 2, March 2016.
- 2) Takanori SUNAGAWA, Kenji DOI and Kiyoshi SUZUKI : Evaluation of Usability toward Safer Use of Road-Crossing Facilities : Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, December 2015.
- 3) Sho KASHIMA, Kenji DOI, Takanori SUNAGAWA and Hiroto INOI : A Study on Spatial Design and Usability of Station Plazas for Compact City Planning : Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, December 2015.
- 4) JongJin YOON, Takanori SUNAGAWA, Hiroaki TAKEBAYASHI and Masahiro EMORI : Evaluation of Road Utilization Needs for Road Space Reallocation : Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, December 2015.
- 5) 砂川尊範・鈴木清・土井健司 : 歩道清掃状態が歩行者の安全性と快適性に及ぼす心理・行動的影響に関する研究 : 福祉のまちづくり研究, Vol. 16, No. 3, 2014.11.
日本福祉のまちづくり学会 第六回 (2015年度) 学会賞受賞
- 6) 鈴木清・砂川尊範・福富浩史・土井健司 : 既往資料の活用による自転車交通量の推計に関する一考察～高松市中心部における自転車ネットワークの検討を通して～ : 第33回交通工学研究会, 交通工学研究会, 2013.7.
- 7) 鈴木清・砂川尊範・竹林弘晃・土井健司 : アイマークレコーダを活用した自転車案内サインの視認特性分析と自転車走行空間改善方策に関する考察 : 第32回交通工学研究発表会, 交通工学研究会, 2012.9.
- 8) 鈴木清・砂川尊範・新田保次 : 心拍変動による自転車走行空間の安全性・快適性評価方法に関する研究 : 福祉のまちづくり研究, Vol. 14, No. 2, 2012.7.
- 9) 砂川尊範・土井健司 : 道路横断施設の安全かつ包摂的な利活用に向けた計画手法に関する研究, 土木学会論文集 D3 (土木計画学) (投稿準備中)

【査読なし論文】

- 1) 守屋智貴・土井健司・砂川尊範：都市内道路の交通低速化に向けたゾーン 30 の実態把握と便益評価に関する研究：土木計画学研究・講演集，CD-ROM，Vol. 49，2014.6.
- 2) 鈴木清・砂川尊範・毛利浩徳・福富浩史・土井健司：パーソントリップデータに基づく自転車交通量推計の有効活用方法に関する考察：土木計画学研究・講演集，CD-ROM，Vol. 49，2014.6.
- 3) 竹林弘晃・清水将之・砂川尊範・堀内秀格・山中英生：奈良中心市街地における安全で快適な自転車利用環境の創出に向けた自転車利用ニーズの分析：土木計画学研究・講演集，CD-ROM，Vol. 49，2014.6.
- 4) 砂川尊範・鈴木清・毛利浩徳・福富浩史・土井健司：道路のユーザビリティ評価に向けた歩行者及び自転車利用者の意識・行動調査：土木計画学研究・講演集，CD-ROM，Vol.49，2014.6.
- 5) 鈴木清・砂川尊範・竹林弘晃・土井健司：心拍変動による自転車車道走行の快適性評価モデルに関する考察～高松市中心部における自転車のネットワーク検討を通して～：土木計画学研究・講演集，CD-ROM，Vol. 48，2013.11.
- 6) 鈴木清・砂川尊範・竹林弘晃・本田拓也・土井健司：アイマークレコーダを活用した自転車案内サインの視認性分析と設置方針に関する考察：第 30 回日本道路会議，2013.10.
- 7) 砂川尊範・鈴木清・福富浩史・吉岡正樹・土井健司：パーソントリップデータを活用した自転車交通量推計手法に関する考察～高松市中心部における自転車ネットワークの検討を通して～：土木計画学研究・講演集，CD-ROM，Vol. 47，2013.6.

謝辞

本論文を結ぶにあたり、本研究の遂行に際してご指導、ご協力をいただいた感謝の意を述べる。

主査の土井健司教授には、建設コンサルタント会社に勤務しながら研究を行う著者の立場を理解いただいた上で、本研究の遂行ならびに本論文の作成にあたり、いつも丁寧なご指導やご鞭撻、温かい励ましを賜った。会社の業務に追われ研究の進捗が遅れている際には、辛抱強く接していただいた上、的確な指導をしていただいた。ここに心から深甚なる感謝の意を表す。先生から学んだ真摯に研究に取り組む姿勢と尽きない好奇心を胸に刻み、今後の研究活動や実務に活かしていく所存である。

本論文の下見担当をお引き受けいただいた西田修三教授、飯田克弘准教授、貝戸清之准教授に感謝の意を表す。先生方から賜った貴重なアドバイスがなければ、本論文を取りまとめることができなかった。ここに深く感謝の意を表す。

著者が所属する大阪大学大学院 交通・地域計画学研究室の猪井博登助教には、沢山の有益なご助言をいただき、大学内でお会いした際には、いつも優しく励ましの言葉をいただいた。ここに深く感謝の意を表す。

また、大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻の青木伸一教授、荒木進歩准教授、入江政安准教授、玉井昌宏准教授、小泉圭吾助教、中谷祐介助教には、ゼミにおいて貴重なご助言をいただいた。ここに深く感謝の意を表す。

本研究を最後まで遂行できたのは、多くの方々のご指導やご助言によるところが大きく、以下にそのことを記して感謝の言葉としたい。

まずは、筆者に大阪大学大学院博士後期課程への入学の機会を与えていただくとともに、研究・実務の両面において相談に乗っていただいた会社の上司である(株)建設技術研究所の竹林弘晃氏、福富浩史氏にお礼申し上げたい。

本研究に関して、多大な資料のご提供といつも温かい励ましをしていただいた(株)フジタ建設コンサルタントの鈴木清氏には感謝の念に耐えません。この場を借りて、御礼申し上げます。

さらに、大阪大学大学院 交通・地域計画学研究室の洪百賢氏、頼均韋氏、鹿島翔氏、柳幸大介氏、矢倉俊雄氏、葉健人氏をはじめ、研究室の諸氏には、研究に関する相談・議論を通じて様々な知識や示唆をいただいた。深く感謝する。

最後に、本研究の遂行に際してご理解とご協力をいただいた(株)建設技術研究所の各位、そして、ご指導、ご支援いただいた大学など研究機関の先生方、行政、建設コンサルタントなどの皆様方に厚く御礼申し上げます。

最後に、私事ではあるが、これまで研究を温かく見守り続けてくれた家族に深く感謝する。