

## 歩行者行動動線と歩道利用状況を考慮した

## 歩行者優先道路空間評価構造モデルの構築

柳澤吉保<sup>\*1</sup>・高山純一<sup>\*2</sup>・藤澤 緑<sup>\*3</sup>

### Pedestrian Priority Space Evaluation Model on the Pedestrian's Subconsciousness Structure

YANAGISAWA Yoshiyasu, TAKAYAMA Jun-ichi and FUZISAWA Midori

The purpose of this study is to clarify improvements in consideration of road traffic condition of pedestrian space. We executed the investigation concerning the satisfaction rating of the street space by the pedestrian in a transit-mall social experiment of Nagano City. The experiments on the transit-mall was carried out by the Center of Nagano City during consecutive holidays of May, 2007, 2008 and 2009. At first, the behavioral trait of pedestrians is extracted by gathering the pedestrian occupation data, which show exact point where pedestrians walked through. Next, we applied the factor analysis to the satisfaction rating data. Thirdly, the correlation of the satisfaction rating data and the measurement data was clarified. We applied the covariance structure analysis, and were able to clarify the relation between the subconsciousness factor and the measurement of road traffic condition.

キーワード：歩行空間評価, 潜在意識構造, 地区交通計画

### 1. はじめに

近年多くの都市では、歩行環境を改善することで、市街地内での歩行者の移動を支援し、まちのにぎわいを再生するための社会実験などの取り組みが計画実施されている。たとえば地区内への一般車両の流入制限を行う「くらしのみちゾーン」や、中心市街地などの商業集積地のメインストリートにおいて一般車両の利用を制限することで歩行者およびバス交通の利便性を向上させる「トランジットモール」など、歩行空間を

拡大し、自動車優先の道路交通政策から歩行者優先の道路交通政策への転換が試みられている。計画対象となる街路においては、歩車道幅員およびその形状、イベントエリアの設置、樹木や花壇の配置、歩車道の段差、交通規制の導入など、さまざまな工夫が施された街路空間形状が提案され、社会実験等において、歩行者が望ましいと考える街路形状を提供するための意識調査および分析等が行われている。

しかしながら、会実験評価に基づいて歩行者優先街路等を本格実施するに当たり、提案された街路形状および導入する交通規制など複数の代替案の中から最適な方策を選ぶためには、歩行者行動に基づいて、提案された歩行空間を評価・決定するための指標が必要である。導入予定の街路形状および歩道内の歩行者流動に対して、個々の歩行者がどのように行動し、街路空間内のどこを占有するかを考慮することで、より安

\*1 環境都市工学科教授

\*2 環境都市工学科准教授

\*3 株式会社 長野技研

原稿受付 2012年5月18日

全で快適な歩行環境を歩行者に提供することが可能となる。すなわち、街路形状および歩行者流動を考慮した歩行者行動特性と、歩行者の歩行空間評価意識構造との関係を明確にすることで、よりサービスレベルが高い歩行空間を提供できる。

歩行者行動の既往研究として、小井土<sup>1)</sup>らは歩行者挙動が歩行空間のサービスレベルに及ぼす影響を明らかにしている。しかしながら、歩行環境が改善されたかどうかは、歩行者の評価によるところが大きいと考えられるが、歩行者の挙動と空間評価との関係までは触れられていない。一方、辻ら<sup>2)</sup>は、歩行者流動をフローベクトルとして扱い、街路空間における歩行者量の占有状況を再現するとともに、歩行空間のにぎわい・憩い・安らぎなどの主観に与える影響を定量的に分析している。しかしながら、歩行者相互および歩行者量、沿道施設・障害物等によって歩行空間における歩行者の歩行位置は変化すると考えられるが、歩行者周辺の物理的環境の影響を考慮した歩行流動状況の変化までは明示的に分析に組み込まれていない。

このように歩行者によって形成される歩行空間占有状況が歩行空間評価に与える影響は大きいと考えられるが、いままでの既往研究では、歩行者行動に基づく歩行空間利用状況を考慮した評価を行っている例は少ない。一方、歩行者挙動を精緻に再現する研究は盛んに行われているが、街路空間形状の設定やサービスレベルへの議論は詳細に行われていない。

本研究は、歩行者が歩行空間形状によって形成する歩道利用状況を考慮した街路空間評価および歩行空間のサービスレベルとの関係を明らかにすることを目的とし、歩行者行動データを用いて歩行者行動動線と歩行者の歩道利用状況を計測し、街路の満足度評価に関連した街路空間評価意識構造モデルに取り込みを行い、サービスレベルとの関係付けを行うことにより具体的な街路の設計指針を提示することのできるモデルの作成を行う。具体的には、(1)歩行者優先社会実験において実施された歩行者行動の調査方法、満足度調査の実施概要と配布回収状況を示す、(2)歩行者行動調査で得られた動画を解析し、歩行者行動動線分析と歩道利用状況分析を行う、(3)行動動線分析と歩道利用状況データを多重原因とし、MIMIC型の街路空間意識構造モデルを構築する。(4)街路空間評価意識構造モデルに基づき、街路空間構造と歩行者行動動線および歩道利用状況との関係性を明らかにし、歩行空間サービスレベルの設定に関する考察を行う。

## 2. 歩行者行動と街路空間満足度調査

### 2-1 歩行者優先社会実験と調査対象区間

概要を表1と図1に示す。長野市中心市街地中央通

表1 計測日時と道路交通条件

日時・撮影区間長約 60m	撮影区間の歩車道状況
2007年11月11,18日 10:15~11:30 (歩行者優先社会実験)	①片側平均歩道幅員:6.0m ②歩車道形状:イベントエリア設置・蛇行 ③イベントエリア規模:45m ④交通規制内容: バス、タクシーのみ通行可. ⑤歩行者交通量:2550(人/h)
2008年5月4日 12:30~13:10 (トランジットモール社会実験)	①片側平均歩道幅員:4.6m ②歩車道形状:イベントエリア設置・蛇行 ③イベントエリア規模:30m ④交通規制内容: 自家用車、バス、タクシー通行可. ⑤歩行者交通量:2627(人/h)
2009年5月3日 10:15~11:45 (無し)	①片側平均歩道幅員:4.3m ②歩車道形状:通常時と同じ ③イベントエリア規模:0m ④交通規制内容: 自家用車、バス、タクシー通行可. ⑤歩行者交通量:3830(人/h)



図1 歩行者行動計測区間

りでは平成16年から20年まで「ふれ愛通り」という名称で、歩行者優先街路導入の社会実験が行われてきた。平成21年は善光寺御開帳とあわせて「善光寺花回廊」(花回廊は社会実験ではない)が実施された。平成19年秋の社会実験は日常生活における歩行者優先道路の導入を想定し、特に交通規制は行わずに車道の蛇行による車両の速度の低減、歩道の拡幅などが行われた。平成20年春の社会実験では、GW期間中の歩行者数増加を考慮し、一般車両の乗入れを制限した交通規制による安全性の確保およびイベントの導入と併せて歩行空間の拡幅がなされた。平成21年春の花回廊では善光寺御開帳による市外からの流入交通量増加を考慮し交通規制は行わず、歩道の拡幅も行われなかった(通常時の歩道幅員)。歩行者に関しては各年とも、歩道を

歩くこととなっており横断は横断歩道のみで認められている。

## 2-2 歩行者行動の計測方法

計測方法は、図1に示すふれ愛通りに面したマンションから南側街路の約60m区間を対象とし、マンション屋上の高さ約32mから、歩行者流動のほかに、自転車、バス、自動車の移動状況をビデオ撮影した。本研究で用いた画像の、計測日時および歩車道状況は前節の表2-1に示す。なお、本研究では、歩行空間形状を考慮した歩行空間における歩行者行動を分析の対象としているため、車道および交差点での横断行動、および車道における歩行者行動は別途扱うこととする。

撮影された街路空間における歩行者流動実態から歩行者の街路空間における歩行位置を明らかにすることを目的に、動画上にメッシュをあてはめる。ただし、斜め上方からの撮影であることを考慮し、長野地区中心市街地における「調査結果資料」に掲載されているファザード調査の平面図から縮尺をとり、図2-4のように画像にメッシュを施した。歩行者行動軌跡は画像計測支援ソフトウェアを用いて、60秒間歩行者の移動しているメッシュの位置を1.0秒間隔で計測する。歩行者は1.0秒で約移動するため、メッシュ間隔は1.0m×1.0mとした。

## 2-3 満足度調査の実施と配布回収状況

前節の実施区間の交通状況の課題を踏まえ、街路空間に対する満足度評価として、歩行に関する「安全性」「快適性」「利便性」の約23項目と、個人属性として居住場所、来街主目的、そして歩行者優先道路における移動距離区間長なども収集した。調査票は歩行者優先道路区間において手渡しし、後日郵送にて収集した。調査項目の概要と調査票の配布回収状況として表2では配布日時、配布回収部数、および「横断しやすさ」「歩道の美観」といった満足度調査項目を示している。

## 3. 歩行者行動動線と歩道利用状況の計測

### 3-1 歩行者行動動線の計測方法

歩行者行動動線概念図を図2に示す。はじめに調査は、長野市交通量調査によって計測された各年の午前午後の歩行者量を単位時間当たりとして算出し、歩行者行動計測動画からその歩行者量と一致する時間帯の歩行者を計測対象者として計測を行う。直進・左右回避・停止・滞留・追従、錯綜といった7つの選択回数を単位時間当たりで算出する。同時に対面歩行者の有無、左右回避行動開始時の対面歩行者との距離も計測を行う。まず直進は $(x_1, y_3)$ に存在する歩行者のように同じ通行帯をそのまま進行している場合とし、左右回避は $(x_2, y_4)$ と $(x_5, y_7)$ に存在する歩行者が行って

表2 アンケート調査概要

配布日時	2007秋 11月17・18日	2008春 5月3・4日	2009春 5月2・3日
配布部数	2000部	3000部	3000部
回収部数	382部 (19.1%)	597部 (19.9%)	524部 (17.5%)
調査項目	人や自転車との接触危険性、自動車交通量、自動車走行速度、路上駐車、歩道幅など歩くためのスペースの確保、歩道での段差、横断しやすさ、ベンチなどの休憩場所の位置・数、街路樹や花壇の位置・数など、個人属性(年齢、性別、出発地、来街手段、目的など)		

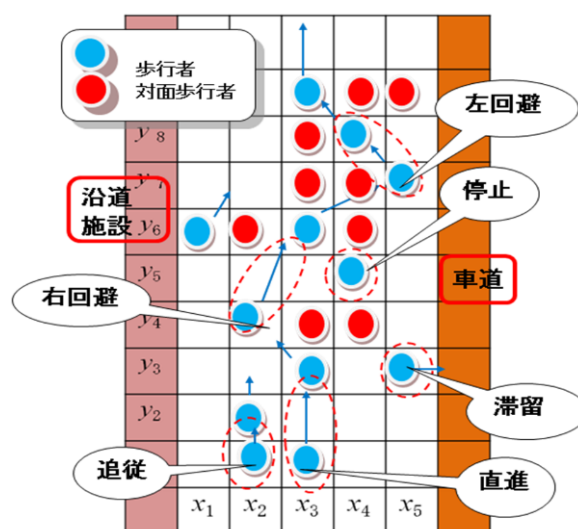


図2 歩行者行動動線概念図

いる対面歩行者や障害物が現れた際に通行帯を変えて左右どちらかに回避した場合とする。また、停止は $(x_4, y_5)$ に位置する歩行者の様に一つのメッシュの中で止まっている状態とし、滞留は $(x_5, y_3)$ に存在する歩行者の様に、立ち寄りたい沿道施設やイベントエリアの前で往来するような行動とする。追従は $(x_2, y_1)$ に存在する歩行者の様に目の前の歩行者の行動に従って歩行している場合とし、錯綜は対面歩行者と同じ通行帯の中ですれ違う場合とする。

### 3-2 歩道利用状況の計測方法

歩道利用状況は、長野市交通量調査によって計測された各年の午前午後の歩行者量を単位時間当たりとして算出し、歩行者行動計測動画からその歩行者量と一致する時間帯の歩行者を計測対象者とし通行帯(歩行位置)を歩行速度、回避角度、密度を算出する。例えば、図2の $(x_2, y_4)$ に存在する歩行者は対面歩行者が現れたため右回避行動を行っているが、この歩行者の歩行速度は、式(1)のように計算する。

$$\theta = \tan^{-1}\{(x_3 - x_2)/(y_6 - y_4)\} \quad (1)$$

歩行者の回避角度は、以下の式(2)のように計算できる。

$$v = \sqrt{(x_3 - x_2)^2 + (y_6 - y_4)^2} \quad (2)$$

歩行者密度は単位時間あたりの歩行者数を計測対象街路の面積で除したものを算出する。

### 3-3 歩行者行動動線分析

以下は、長野市交通量調査資料にある歩行者量と一致する歩行者量が通過する時刻を長野駅方面、善光寺方面でそれぞれ計測した結果となっている。分析結果を表3、表4に示す。まず表3の街路空間行動選択率は計測対象時刻から1分当たりのすべての歩行者の各行動選択数を計測し、単位時間当たりの全体における割合として以下に示す式(1)で算出したものである。分子の各行動選択回数とは単位時間あたりに全ての歩行者がとる直進、左右回避、停止・滞留、錯綜、追従といった各行動選択のそれぞれの回数のことである。また分母の全行動選択回数はその総和である。

### 3-4 歩道利用状況

歩道利用状況は表3-4に示す。まずH19年では歩行者密度が他の年と比べて大幅に低いが、歩行速度は比較的大きい値となった。この理由としてH19年はイベント等実施されていない通常時の街路での計測であったためと考えられる。H20年は沿道施設側となる左回避角度が比較的大きく、歩行速度は低い値となった。この理由としてH20年はイベントエリアを設置したり道を蛇行させるなどといった試みで実質的な歩道幅員が狭められたり、イベントエリアで停止滞留している歩行者によって、歩行速度が小さくなるような影響を与えていると考えられる。

## 4. 街路空間評価意識構造モデルの構築

### 4-1 多重原因および多重指標

街路空間評価意識構造モデルの構築を行う際に重要となる多重指標と多重原因の関係を図3に示す。図3に示すように、街路満足度調査における街路を評価する満足度評価項目を多重指標とし、街路の空間構造、歩行者の行動動線および街路の歩道利用状況における変数を多重原因としてモデルの構築を行う。表5は多重指標となる満足度調査項目を用いて因子分析を行った結果、抽出された潜在意識と多重指標との関係を表している。表6は、本分析で用いた具体的な原因因子を示す。

### 4-2 街路空間評価意識構造モデルの構築

因子分析より得られた潜在評価意識因子を「潜在変数」、満足度調査項目を「観測変数」とし、街路空間の形状および交通規制の導入により生成される交通状態などの道路交通条件と、本研究で調査、計測された歩行者

表3 歩行空間行動選択率(%)

	平成19年 (2007)		平成20年 (2008)			平成21年 (2009)		
	11/1 7	11/1 8	5/3 am	5/3 pm	5/4 am	5/2 am	5/2 pm	5/3 am
右回避	1.1	1.1	1.1	5.9	1.1	2.0	1.0	2.0
左回避	0.6	0.6	2.2	1.3	2.2	1.0	1.0	1.0
直進	97.4	97.4	96.6	84.9	96.6	71.8	72.0	71.8
停止	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.8	1.0	10.8
滞留	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	9.0	5.0
錯綜	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	3.0	5.0	3.0
追従	0.9	0.9	0.0	4.6	0.0	6.4	13.0	6.4

表4 歩道利用状況

	H19(2007)		H20(2008)			H21(2009)		
	11/17	11/18	5/3 am	5/3 pm	5/4 am	5/2 am	5/2 pm	5/3 am
歩行速度 (km/h)	2.918	2.918	1.687	0.980	1.687	3.027	2.902	3.027
右回避 角度	45° 41'	45° 41'	46° 44'	43° 57'	46° 44'	47° 22'	45° 52'	47° 22'
左回避 角度	42° 45'	42° 45'	50° 49'	44° 51'	50° 49'	44° 38'	41° 13'	44° 38'
歩行密度 (人/m)	0.025	0.025	2.14	1.86	2.14	2.06	2.20	2.06

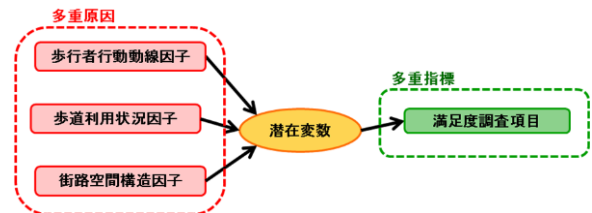


図3 多重原因多重指標による評価意識構造

表5 因子分析による潜在意識の抽出

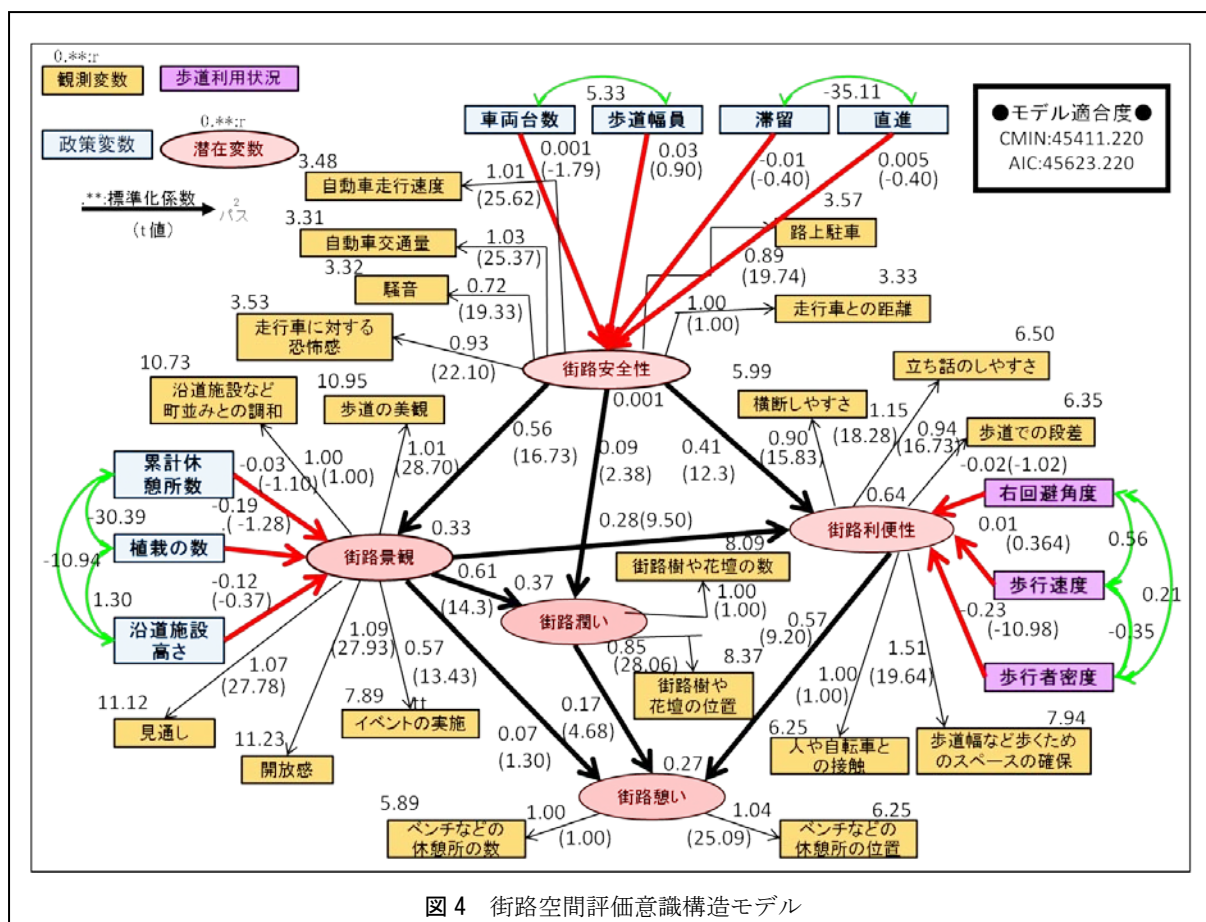
潜在変数	満足度調査項目
街路安全性 (第1因子)	自動車交通量、騒音、自動車走行速度、路上駐車、走行車との距離
街路景観 (第2因子)	歩道の美観、沿道施設など街並みとの調和、見通し、開放感、イベントエリアの設置
歩行利便性 (第3因子)	人や自転車との接触、歩行スペースの確保、歩道の段差、立ち話しやすさ、横断しやすさ
街路憩い (第4因子)	ベンチなどの休憩場所の数 ベンチなどの休憩場所の位置
街路潤い (第5因子)	街路樹や花壇の数 街路樹や花壇の位置

表6 原因因子の具体的項目

原因因子	具体的項目
行動動線	直進、滞留
歩道利用状況	右回避角度、歩行速度、歩行者密度
街路形状実測値	歩道幅員、車両台数、累計休憩所数、植栽の数、沿道施設高さ

行動動線および歩道利用状況を街路整備指針に繋がる





「多重原因」として組み込んだ MIMIC (Multiple Indicator Multiple Cause Model) 型の街路空間評価意識構造モデルを構築する。モデルに、サービスレベルの設定に繋がる整備指標である具体的な道路交通条件、歩行者行動動線データ、歩道利用状況データを当てはめると、街路空間を構成する各評価項目の満足度を計測することができる。来街歩行者の評価がより高い道路交通条件を検討することができ、同時に具体的なサービスレベルを設定することができる。多重原因多重指標型の街路空間評価意識構造モデルとその解析結果を図 4 に示す。

#### 4-3 モデルパラメータの推定と考察

前項で構築を行った街路空間評価意識構造モデルについての考察を行う。はじめに図 4-2 に楕円で示される潜在変数間の影響について考察する。歩行者優先街路で重要な『歩行利便性』は、歩行の『街路安全性』と、『街路景観』に関連する街路の「見通し」や「開放感」を確保することによって評価が高くなることがわかる。次に、多重原因とする道路交通条件、歩行者行動動線および歩道利用状況が潜在意識因子に与える影響について考察する。

「歩道の幅員」は符号が正となることから街路空間における歩道の幅員を拡幅させることで『街路安全性』

に対する満足度意識は高くなることがわかる。本研究の計測で得た歩行者行動動線データでは「滞留」、「直進」行動から妥当な符号を算出することができた。「滞留」は符号が負となることから滞留行動を多くとるほど『街路安全性』に対する満足度は低くなり、「直進」は符号が正となることから直進行動を多くとるほど『街路安全性』に対する満足度は高くなることがわかった。歩行者行動動線と同様に、本研究で計測を行った歩道利用状況データ項目からも妥当な符号を得ることができた。「右回避角度」は符号が負となることから車道側となる右側への回避角度が大きくなるほど、また「歩行者密度」も符号が負となることから街路通行帯に歩行者が多いほど、『街路利便性』に対する満足度評価は低くなる。「歩行速度」は符号が正となることから歩行者の歩く速度が速くなるほど、『街路利便性』に対する満足度は高くなることがわかった。

## 5. まとめ

本研究では、長野市中心市街地において歩行者による街路空間満足度調査、歩行者行動軌跡の計測を行い、歩行者優先道路における歩行空間サービスレベルを明らかにすることを目的とした。歩行者行動動線データ、歩道利用状況データを組み込んだ街路空間評価意識構

造モデルの構築を行った。本調査分析および評価意識構造モデル得られた知見を以下に述べる。

(1) 歩行者行動動線分析において3年間ともに直進選択率が高いことから、歩行者は障害物や対面歩行者など歩行を妨げるものがない場合は、同じ通行帯を移動すると考えられる。また歩行者は対面歩行者が多いほど様々な歩行行動を行うことが確認できた。

(2) 歩道利用状況分析において平成20年は街路にイベントエリアを設置したり、歩車道を蛇行させるなど、歩道形状を変化させた影響で、有効歩道幅員が狭くなった。その結果、歩行空間密度が大きくなり、歩行速度は比較的小さい値となった。一方、平成21年は通常時の歩道形状および幅員に対して計測したが、歩行行動を妨げる因子が少なく、有効歩道幅員も大きくなり歩行速度は比較的大きい値となった。

(3) 長野市での調査、計測に基づき構築した街路空間評価意識構造モデルにおける『街路安全性』と、『街路景観』につながる「見通し」や「開放感」を確保することによって歩行者の『街路利便性』に対する評価は高くなることがわかった。歩道の幅員を十分に拡張することで『街路安全性』に対する満足度は高くなる。計測対象街路においては滞留行動と直進行動が『街路安全性』に及ぼす影響は反比例の関係にあることがわかった。また車道側となる右側への回避角度が大きく

変更せざるをえない、街路通行帯に歩行者が多く存在し、歩行空間密度が大きくなるほど歩行者の『街路利便性』に対する満足度は低くなる。

すなわち、歩行者数を考慮に入れた歩道幅員を設定するだけでなく、移動の障害物となる設置物を歩道中央から沿道施設側への設置を控えるとともに、歩道形状はなるべく蛇行させないような設計が歩行者優先道路に求められると考える。

## 参考文献

- 1) 小井土祐介, 浅野光行: 歩行形態が歩行空間のサービスレベルに与える影響. 日本都市計画学会 都市計画論文集 No.44-3, pp.97-102. 2009.10
- 2) 辻智香, 内田敬: 街路空間の主観的評価における歩行者流動効果の定量化, 第32回土木計画学研究発表会(秋大会). 講演集Vol.32, 324, 2005.12
- 3) 松本隆嗣: 街路空間の歩行者流動を考慮した歩行者行動と街路空間占有のモデル分析. 長野高専 特別研究論文 2010.2
- 4) 滝澤諭: 街路空間満足度の潜在意識構造を考慮した歩行者優先道路デザインー長野市善光寺表参道を対象としてー. 長野高専 特別研究論文 2010.3
- 5) 長野市中心市街地の活性化に関する基礎調査報告書「調査結果資料」