

## 39. ビデオ画像を用いた歩行者挙動分析に関する考察

東京理科大学	学生会員	○鈴木 雄高
東京理科大学	正会員	日比野直彦
(財)計量計画研究所	正会員	毛利 雄一
東京商船大学	正会員	兵藤 哲朗

## 1. はじめに

これまでの歩道の幅員は、道路構造令に基づき、主として道路区分に応じて決定されてきた。しかし、2001年4月、これまでの車道を中心とした道路全体の構造を定める考え方を改め、歩行者、自転車、路面電車等の公共交通機関、緑及び自動車のための空間をそれぞれ独立に位置付けるとともに、これらが互いに調和した道路空間となるよう道路構造の再構築・見直しが行われた。改正された道路構造令では、自転車や歩行者それぞれの交通主体の通行に着目して、自転車道、自転車歩行者道及び歩道の設置要件を明確化するとともに、歩行者の交通量に応じて幅員を定めることとされている。さらに、交通バリアフリー法に基づく道路構造基準の制定やユニバーサルデザインの考え方が広まったことより、渋滞によって生じる環境問題や中心市街地の衰退等の問題への対応等、今、明らかに市街地を中心とした歩行者空間整備が重要視されてきている。但し、密集した市街地における公共空間は有限であり、効率的な整備を行うためには、既存空間の有効活用という視点から、有限な空間を各交通主体の利用特性に応じて、その空間を再配分するという考え<sup>2),3)</sup>も重要となる。

このように歩行者空間整備に対する社会的ニーズが高まっているものの、歩行者空間整備に関するデータ収集、解析、評価に至る技術的な手法が、十分に発展してきているとは言い難い。一般には歩行者交通流の実態は人手により観測され、ピーク時等の断面歩行者交通量(例えば $\text{〇〇人/m}^2 \cdot \text{分}$ )によってサービス水準を評価しているのが実情である。先の歩行者空間整備に対する社会的ニーズに対応するためには、既存空間における各交通主体間の利用特性を動的に捉え、それに基づく多様なサービス指標を算出し、多角的な視点から評価することが必要である。また、現状の問題を解決するための計画代替案の作成、比較評価とそれらを明示的に表現した上で、既存空間における各利用主体(例えば、歩行者、自動車利用者、商店街管理者等)へモニタリングし、計画を実行していくことが重要となる。

本研究では、このような背景に基づき、歩行者空間に着目した挙動分析とそれに伴うサービス水準の検討を行うことを目的とする。

## 2. ビデオ画像を活用した歩行者挙動データの取得

高画質なデジタルビデオカメラの普及と画像処理

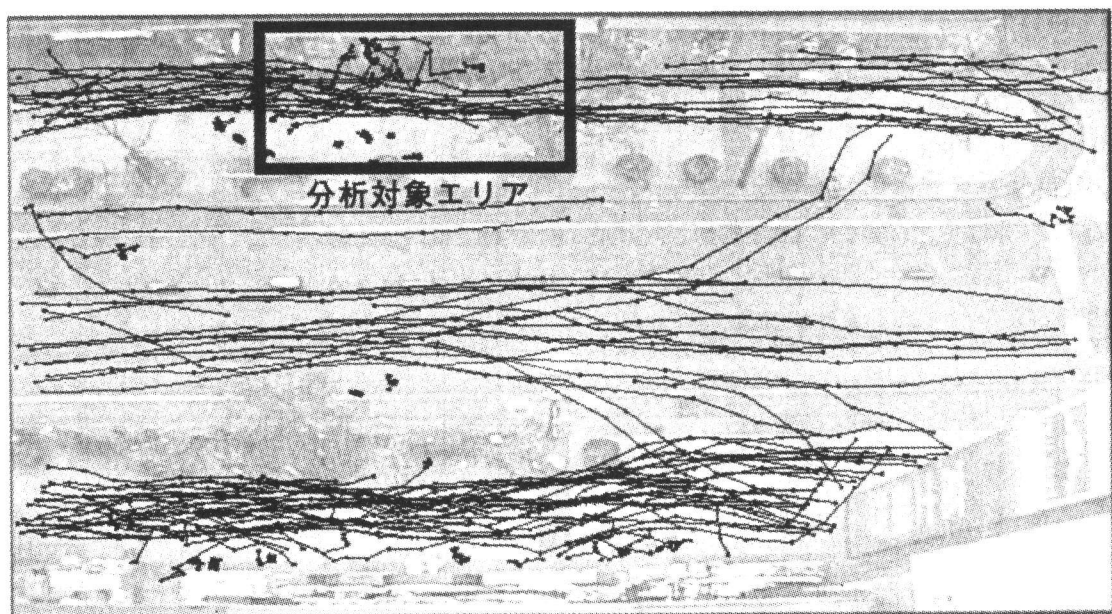


図1 ビデオ画像から取得された歩行者の軌跡図

技術の急速な進展により、これまで難しかった詳細な歩行者挙動のデータ取得が可能となりつつある。特にオブティカルフローを用いた自動車挙動分析<sup>4)</sup>等、これまで困難とされてきた自動車や歩行者の詳細な挙動の自動計測の実用化も可能となりつつある。

本研究では、ビデオ画像処理によって自動的な歩行者挙動データの取得可能性について、別途画像処理専門家との検討を進めている。しかし、現段階で大量な個々の同一歩行者挙動の位置情報を精度高く捉えることが難しい面があることから、本研究では、ビデオ画像から人手によって位置情報を取得して歩行者の挙動データとしている。具体的には、ビデオ画像に座標軸を設定し、同一の移動物体の代表点を位置座標として連続的に取得している。なお、追跡する移動物体は歩行者、自転車とし、人物の代表点は頭部とする。なお、本分析に用いるビデオ画像は平成12年3月5日に柏駅前商店街においてトランジットモールの社会実験時に撮影されたものであり、そのうち特に歩行者が多かった3分間について1秒ごとに個々の歩行者の位置情報を取得した。

### 3. 歩行者挙動分析

#### 3.1 歩行軌跡図の作成

1秒ごとに同一歩行者を追跡して取得されたデータに基づいて、20秒間の歩行軌跡図の作成を行った。その結果を図1に示す。図1より、歩行軌跡の乱れ具合や、滞留、通行といった空間の利用のされ方が把握される。また、商品陳列、ストリートファニチュア、放置自転車等の歩道空間上の存在により、歩行者の通行に利用されない、いわゆるデッドスペースの存在も確認できる。設計上の歩道幅員に基づく歩行者空間が、必ずしも有効に活用されていない状況が把握可能となる。

#### 3.2 有効歩道幅員と歩行者空間モジュール

図1の歩行者軌跡図より、設計上の歩道空間が、必ずしも有効に活用されていない状況が把握された。

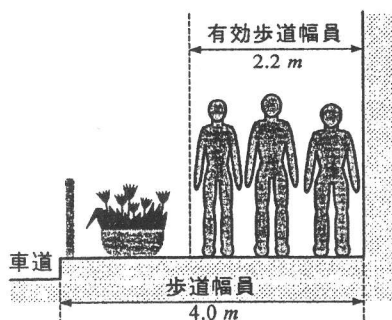


図2 分析対象エリアにおける有効歩道幅員

ここでは、図1に表された歩行者軌跡図のうち、歩行軌跡が乱れているエリアを分析対象エリアとして抽出し、具体的な歩行者空間と歩行者密度の関係を分析する。このエリアには、街路樹、ベンチ、フラワーポットがあり、商店の入り口付近に、多くの滞留者の存在している。

分析対象としたエリアは、図2に示すように、設計上の歩道幅員は4.0mであるが、フラワーポット等の存在により、実際の通行可能な有効歩道幅員は2.2mとなる。そのため、通行する歩行者のサービス水準も大きく変化する。このような歩道利用特性に基づいて、設計上の歩道幅員、通行可能な歩道幅員それぞれを用いた場合の歩行者のサービス水準を比較する。

ここで用いたサービス指標はフルーインが提唱した、歩行者空間モジュールM(1人当たり歩行面積、表1参照)としている<sup>5)</sup>。M(m<sup>2</sup>/人)は次式で求められる。

$$M = (\text{歩行空間面積}) / (\text{歩行空間内人数})$$

分析対象エリアは、歩道縦断方向を7.6mとし、算定される歩行者空間モジュールM(m<sup>2</sup>/人)は、

$$M = (7.6\text{m} \times 4.0\text{m}) / (\text{歩行空間内人数})$$

$$M' = (7.6\text{m} \times 2.2\text{m}) / (\text{歩行空間内人数})$$

によって求めることができる。

歩道幅員を設計上の幅員とした場合と歩行者が通行可能な有効歩道幅員としたサービス水準の1秒ごとの時間的変化を図3に示す。なお、フルーインのサービス水準(A~F)も併記して示す。

歩行者密度等のサービス指標については、一般的にピーク時・オフピーク時等のある瞬間の指標として捉えることが多いが、ビデオ画像から歩行者挙動

表1 フルーインのサービス水準

LOS	M (m <sup>2</sup> /人)	状況
A	3.25以上	遅い人を追い抜いたり、好きな歩行速度を自由に選択できる十分な面積がある。
B	2.30~3.25	対向流や交差流のあるところでは、衝突の可能性がわずかにある。
C	1.40~2.30	追い抜きや速度選択の自由は制限される。
D	0.93~1.40	追い抜きや衝突回避は困難で、大部分の歩行者の速度は低下する。
E	0.46~0.93	全ての歩行者が通常の歩行速度では歩けず、足取りも頻繁に変えなければならない。
F	0.46以下	もはや、コントロールを逸した交通麻痺であるといえる。

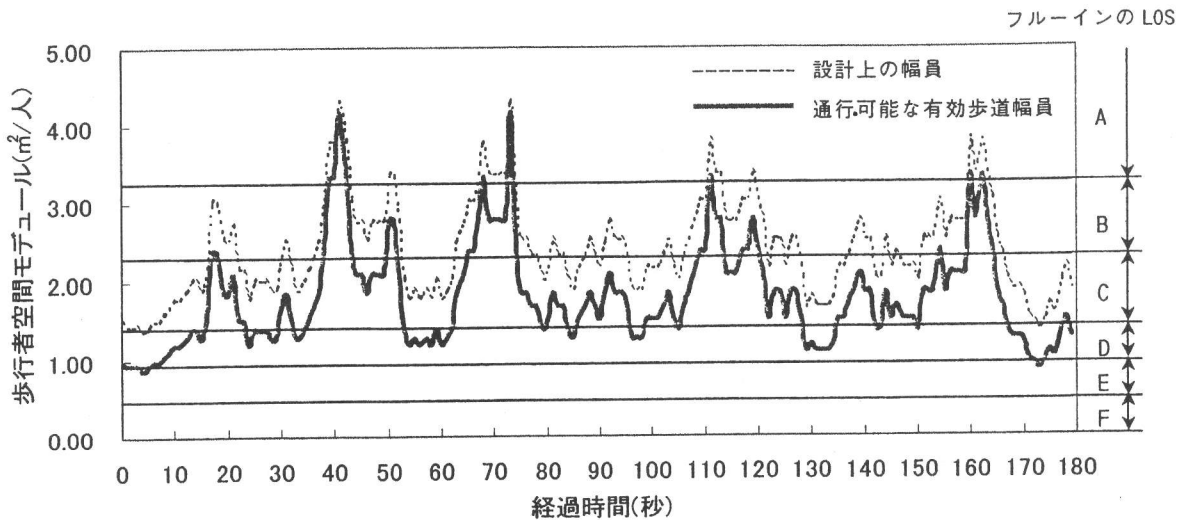


図3 歩行者空間モジュールの時間的变化 (設計上の幅員 4.0m, 有効幅員 2.2m)

データを時間軸上に取得することにより、詳細なサービス水準の動的変化を捉えることが可能となる。図3より、設計上の歩道幅員を用いて求めた歩行者空間モジュールは、3分間という短い時間でも、サービス水準 A~D の幅で変化していることが読み取れる。例えば歩道の計画者は、これらの歩道のサービス水準の動的変化の実態より、どのような状況(例えば時間帯)を想定して目標サービス水準を定め、歩道の設計に活かしたかを、明示的に表現可能となる。

次に、歩道幅員を設計上の幅員とした場合と、歩行者が通行可能な有効歩道幅員とした場合のサービス水準を比較する。歩道幅員を設計上の幅員とした場合、サービス水準が C の状態が最も多く(82秒)、次いで多いのは、B(75秒)、A(21秒)の状態であり、D以下はほとんど見られなかった(2秒)。この結果からは、この時間帯の対象エリアのサービス水準はある程度良好と判断できる。しかし、歩行者が通行可能な有効歩道幅員とした場合、Cの状態が最も多い(83秒)のは設計上の幅員を用いた場合と同様であるが、それに次いで多いのが D の状態で(55秒)、Eの状態も見受けられる(7秒)。また、A、Bの状態は少ない(各々9秒、26秒)。このことから、現状の歩行者空間が、必ずしも通行する歩行者にとって有効に活用されていないことがわかる。このような歩行者空間の利用状況から、歩行者空間を有効に活用するためには、ストリートファニチュアや放置自転車、店先の陳列商品等、歩道空間に存在する移動可能な要素について、歩行者の通行により有効となるような配置方法を検討することで、比較的容易に歩行者空間のサービスを改善することが可能となると考えられる。また一方で、歩行者空間のストリートファニチ

ュア等が景観向上の視点から設置されるだけでなく、歩行者の通行を考慮する等、利用のされ方を念頭に置いて歩行者空間の設計を行う必要性も、本分析から指摘できる。

### 3.3 空間利用特性分析

3.2において、歩行者空間モジュールの時間的变化を捉えたが、全ての歩行者を一括して扱っている。そこで、現状の歩行者空間のサービスを明確化するために、エリア内の歩行者を滞留者と移動者に分け、更に、移動している人物を進行方向別に分けて、歩行者人数の時間的な変化を捉えた。取得した3分間のうち、歩行者空間モジュールはほとんど変動しないが、方向別人数の割合が変化する時間帯(10秒間)および、その前後の時間帯について、図4に示す。移動する人物は、右方向、左方向、および、横断歩行者の3種に分類した。横断歩行者はごく少数だったため、双方向を一括して扱った。また、図4と同時間帯の歩行者のうち、右方向、左方向の歩行者各人の、1秒毎の歩行速度を調べた結果を図5に示す。なお、図4、5の経過時間は、分析に用いたビデオ画像の開始時点からの経過時間である。

図4、5より、進行方向別歩行者の、人数と歩行速度の変動に何らかの関係があることが見出せる。図4では、滞留者と左方向進行者のみが存在している状態から、右方向進行者がエリア内に入ってきて、再び滞留者と左方向進行者のみになる様子が見える。ここで、特に、54秒から63秒までの10秒間に注目した。この時間帯のエリア内人数は、15~17人である。歩行者空間モジュールは、設計上の歩道幅員(4m)で計算した場合が、1.79~2.03m<sup>2</sup>/人で、サービス水準は C、有効歩道幅員(2.2m)で計算した場

合が、 $0.98\sim 1.11\text{m}^2/\text{人}$ で、サービス水準はDである。どちらの幅員を計算に用いるにせよ、この10秒間のサービスは同一の水準ということになる。

ここで、図5において、54秒から63秒までの10秒間の歩行速度に着目すると、進行方向別に、歩行速度変化に一樣の傾向がうかがえる。

54秒から63秒の間では、右方向進行者の速度が低い、これは、エリア内に右方向通行者が52秒まではおらず、列の先頭の歩行者がエリア内に入る際、対向する歩行者交通流の抵抗を受けて減速せざるをえなかったためだと考えられる。また、この10秒間はフルーインのサービス水準では同一水準であるが、歩行速度に非常に大きな差が見受けられ(最低速度  $0.4\text{m}/\text{秒}$ 、最高速度  $1.6\text{m}/\text{秒}$ )、同一サービス水準だとは考えにくい。

つまり、短い時間の間でも、このように歩行挙動は大きく変動しており、ある瞬間に得られた静的情報では歩行空間のサービスを評価し切れないとと言える。本研究のように、ビデオ映像を用いて歩行者個人々の追跡を行い、挙動を分析することで、空間利用

特性の時間的変化を把握でき、現状の空間の問題点を明確にすることができる。

#### 4. おわりに

本研究では、用いたビデオ画像は短時間であったが、歩行空間利用特性の時間的変化に着目し、静的情報では把握し切れない歩行空間の問題をある程度明確にすることができた。今後、長時間のビデオ撮影を行い、多様な利用者属性、利用目的を考慮した分析を行う必要があるが、そのためには画像処理技術を援用した歩行者個人々の追跡システムの確立が求められる。

わが国では、本格的な高齢化社会に突入し、新たな私的短距離交通手段が登場し始めており<sup>6)</sup>、有限な街路空間を各交通主体に配分するという視点に立った歩行空間整備が求められている。そのためにも、現状の歩行空間が抱える問題点を明確化するための、サービス評価手法の構築が必要であり、歩行空間のサービスとは何か、議論していく必要があろう。

#### 謝辞

本研究の実施に際して、東京商船大学情報システム研究室の全炳東助教授、長谷川為春氏、馬原徳行氏から貴重な御意見を頂いた。ここに記して、深謝の意を表する。

#### <参考文献>

- 1) 秋山哲男ら：高齢社会における交通システム整備の研究領域と緊急課題，土木計画学研究・講演集 No.23(1) p783-p790, 2000
- 2) 朝倉康夫：ポストモータリゼーション社会を考える～道路空間の再配分～，交通工学, Vol.36, No.1, 2001
- 3) 原田昇，橋本成仁：道路空間の再配分，交通工学, Vol.36, No.1, 2001
- 4) 布施孝志，清水英範：オプティカルフロー推定手法の比較研究—自動車挙動分析への適用を通して—，日本写真測量学会平成11年度年次学術講演会発表論文集, p365-p368, 1999
- 5) ジョン・J・フルーイン：歩行者の空間，鹿島出版会, 1974
- 6) 白坂浩一，金利昭：私的短距離交通手段の共存性概念と分析ツールの試作，土木計画学研究・講演集 No.23(2) p327-p330, 2000

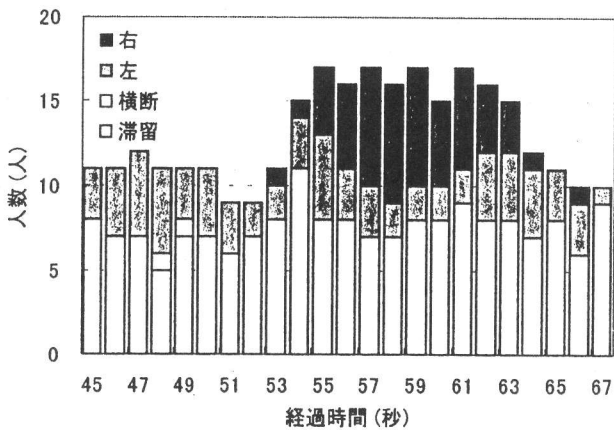


図4 進行方向別歩行者人数

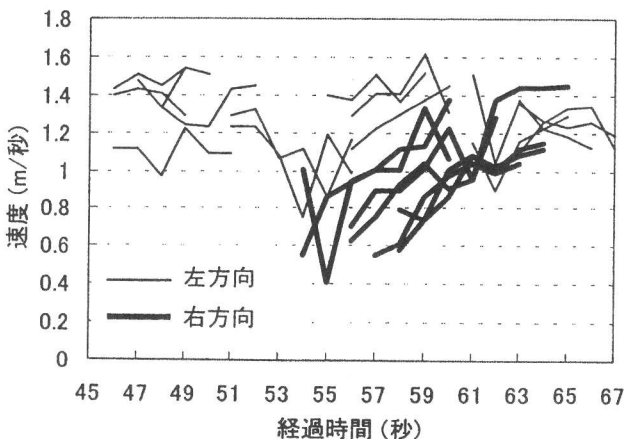


図5 歩行者速度