

# 街路歩行者流の流況可視化と新 LOS 指標の提案\*

## Visualization and a New LOS Index Dedicated to Pedestrian Flows on Urban Streets\*

内田 敬\*\*・辻 智香\*\*\*

By Takashi UCHIDA\*\*・Tomoka TSUJI\*\*\*

### 1. はじめに

街路の歩行環境としての評価（ここではLOSと一般化して称する）は、歩行者の経路選択要因として、あるいは歩行環境そのものの評価値・目標値として重要である。しかし、自動車交通を本流とする交通工学の伝統の中にあるために、歩行者LOSは自動車交通流のアナロジーに留まっており、その説明力、有用性に課題を残している。本研究は、非閉散流を対象として、新たな歩行者LOS指標の確立を目指している。その第1段階として、対向流場における歩行者流況を可視化するとともに、歩行者流を圧縮性流体の対向流場とみなすことにより新たな定量指標を考究していく。

新指標の候補として、「渦度」に着目する。渦度は流れ要素の速さや向きが一樣でない場において、乱れの度合いを定量化するものであり、歩行者流動のうねりや錯綜の様子を定量的に表現し得ると期待できる。

本稿では、中心商業地内の歩道における歩行者流況の可視化例を用いて「渦度」の特徴を示す。そして、そのLOS指標としての適用可能性と課題を論じる。

### 2. 可視化の方法と渦度指標

#### (1) 手順

まず、対象空間・歩行者流をビデオ撮影した画像上で、個々の歩行者の軌跡をトレースする(図-1参照)。その結果として得られる画素座標による軌跡データを実空間座標に変換した後、歩道空間を流路に、また、歩行軌跡を流線とみなして、流況指標を算出する。

具体的に画像解析・指標算出を行う際には解析単位など以下の仕様を、目的に応じて定めねばならない。

#### i) ビデオ撮影範囲

平均分解能を10cmとするとスタンダード(640pix×480pix)で約60m(640×0.1m)の歩道区間を対象とすることができる。

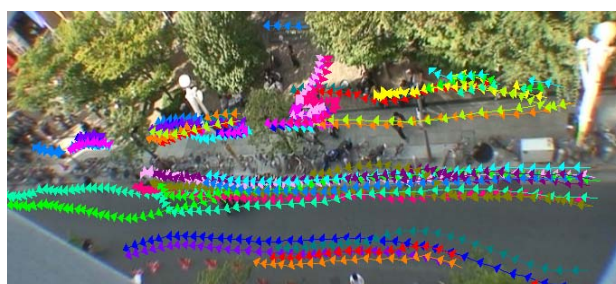


図-1 ビデオ画像上の歩行者軌跡の例 ( $\Delta t = 0.5\text{sec}$ )

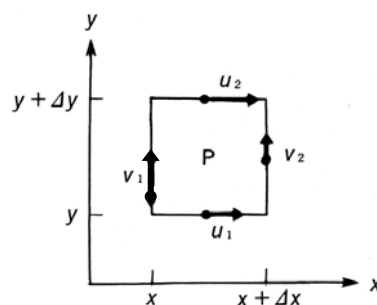


図-2 渦度の定義における諸量

#### ii) 軌跡取得時間間隔 (スキャン間隔: $\Delta t$ )

ビデオ標準モードで毎秒30フレームが記録される。しかし歩行者の移動速度は最大で2m/sec程度であるから、フレームを間引く方が効率的である。たとえば1/15に間引けば、スキャン間隔は0.5秒となる。

#### iii) 解析対象時間長 ( $T$ )

個々の移動軌跡を重ね合わせて流況の画像とみなすには、少なくとも縦断方向において切れ目なく軌跡が得られる(軌跡がオーバーラップする)だけの時間長を対象とすることが必要である。歩行者数が多い場合で、例えば $T=10$ 秒分の軌跡を重畳する。

#### iv) 実空間の分割メッシュサイズ ( $\Delta x \times \Delta y$ )

ビデオ画像の分解能、スキャン間隔と対象領域サイズを考慮して決定する。

#### (2) 渦度指標

着目する流体要素Pにおける渦度 $\omega$ は、図-2に示す諸量により次式で定義される。

$$\omega = \frac{v_2 - v_1}{\Delta x} - \frac{u_2 - u_1}{\Delta y} \quad (1)$$

\* キーワーズ: 歩行者交通, 市街地活性化, 画像処理

\*\* 正会員, 博(工), 大阪市立大学大学院工学研究科  
(大阪市住吉区杉本 3-3-138, TEL06-6605-3099,  
uchida@civil.eng.osaka-cu.ac.jp)

\*\*\* 正会員, 工修, 堺市建築都市局都市整備部

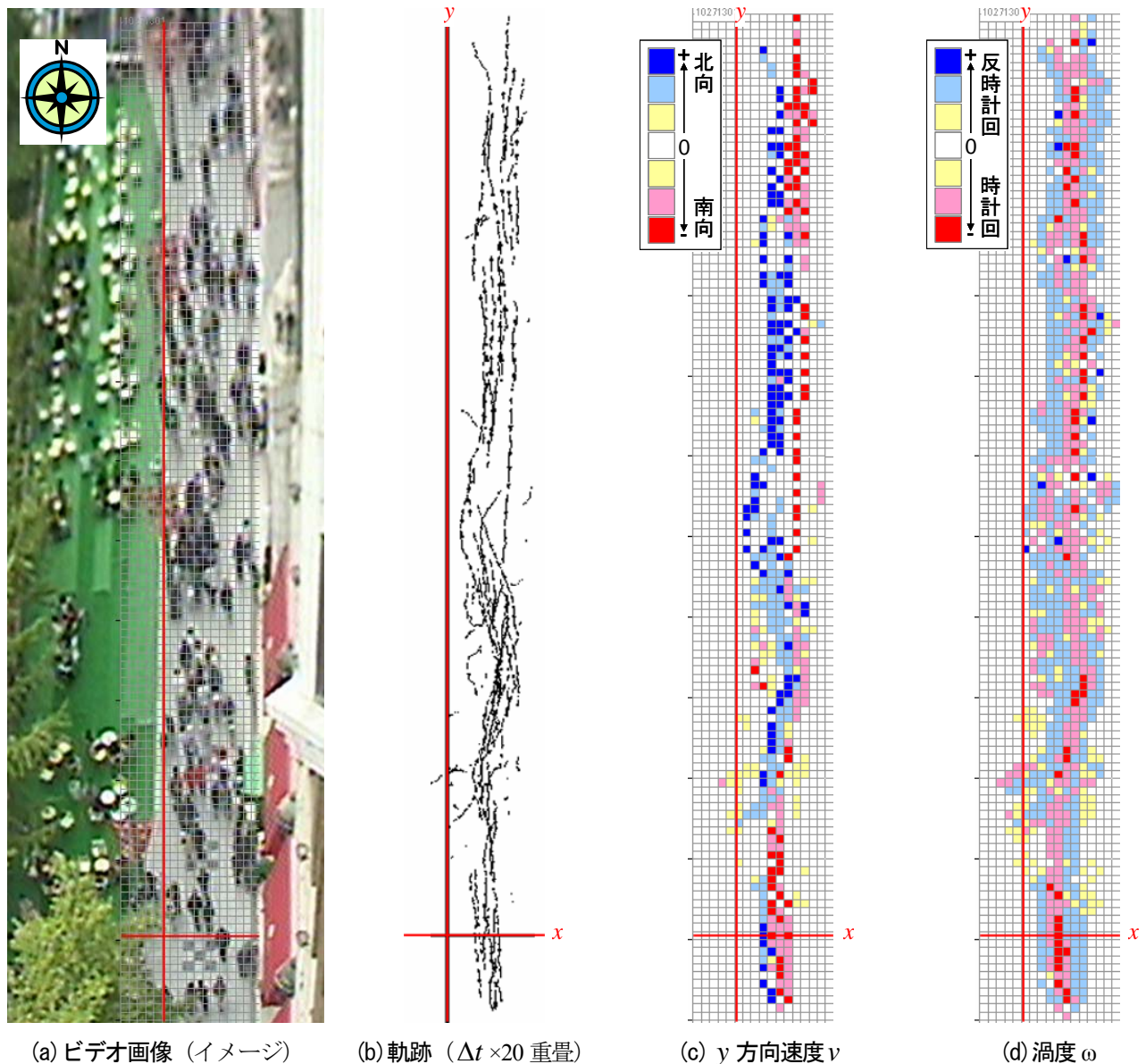


図-3 解析例 1 (御堂筋2002年10月27日(日曜日)13:01,  $\Delta t = 0.5\text{sec}$ ,  $T = 10\text{sec}$ ,  $\Delta x \times \Delta y = 0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ )

渦度 $\omega$ は、周囲の流れ成分が反時計回り ( $v_2$ ,  $u_1$  が相対的に大きいとき) に正値となる。一様な一方向流の中では $\omega=0$ である。従って、歩行者流動の“乱れ”具合の指標として見る事ができよう。

### 3. 可視化と渦度算出の例

#### (1) 通行機能が卓越する歩道

##### a) 対象, 解析条件

図-3に示す対象空間は、中心市街地内の幹線道路の歩道部である。幅員は約6m、区間長は約65mであり、百貨店が面している(画面右、入口は区間中央)。断面通行量は 2,375人/時間であった。

図-3 (b)に示す軌跡データから $\Delta t = 0.5$ ごとの移動量すなわち速度を求め、その方向成分をメッシュごとに集計(平均化)すると(c)が得られる( $x$ 方向速度 $u$ の分布図は割愛)。さらに、それらメッシュごとの速度

成分値を用いて、式(1)により渦度を算出すると(d)が得られる。なお、(b)軌跡は $\Delta t$ 間の移動ベクトルを20時隔分だけ重畳しているため、(c)、(d)は、 $T = \Delta t \times 20 = 10\text{sec}$ に対応する値である。

##### b) 渦度の特徴

図-3 (c)によると、青領域(北向き)が左側に、赤領域(南向き)が右側に分布しており、この歩道では概ね左側通行となっていることが示されている。これと対比させて(d)渦度の分布を見ると、①流動の外縁部に青(反時計回り渦)、②主流部(北向、南向)はともに青、③2方向流れの混合部は赤(時計回り渦)、④2方向流れに囲まれる空隙部も赤、となっている。

①、④の特徴より、流れの近傍にたえずむ人が流れから受ける影響を、渦度は表すことが期待できる。また歩行者(流動の内部者)の観点に立てば、③同方向流の内部に居るのか、④混合部に居るのか、渦度の符号によって識別されるといえる。

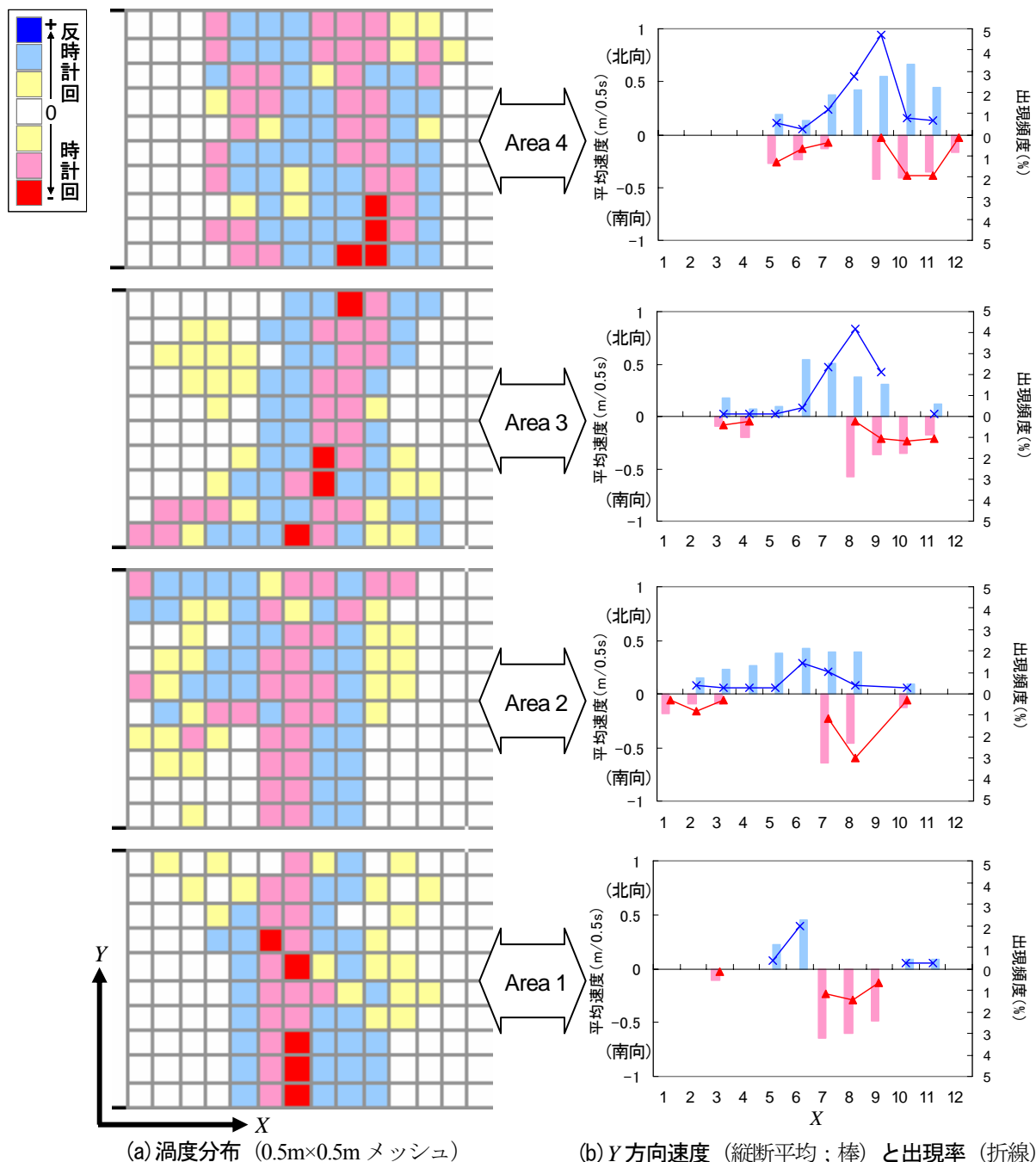


図-4 解析例1の渦度の抜粋 (Area 分割) と平均速度の横断分布

後者について図-4で詳しく見る。ここでは、2方向流の混在・分離の状況を、(b)速度の正負(向き)を区別した横断分布(棒グラフ)で表している。各Areaは縦断方向5m×横断方向7mである。(a)と(b)を見比べると、⑤Area1のように方向流が明確に分離されている場合には境界部に強い赤(時計回りの強い渦)、⑥Area1, 4のように混在部では弱い赤(時計回りの弱い渦)、が現れることがわかる。⑤、⑥より、渦度を、歩行空間を流況に基づいて分割することや、方向別有効幅員の算出にも利用できると思われる。

なお、右側通行の場合には、渦度の正負は上記と逆転する。流況との対応関係は符号を反転すればそのまま当てはまる。

(2) たまり機能も兼ねる歩行空間

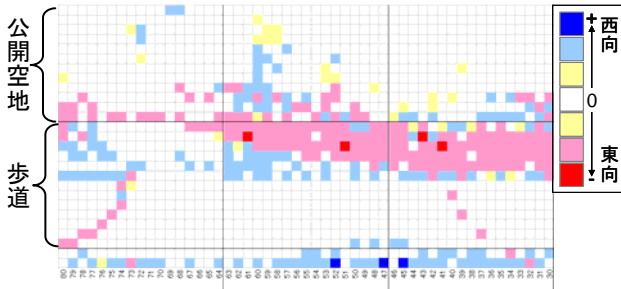
a) 対象

図-5は、商業エリア内の歩道(車道との境界柵ナシ)とそれに接続する公開空地(商業ビルエントランス)を対象とした例である。商業ビルへの出入りがあるため、公開空地を通る流動と歩道部の流動が分合流するとともに、公開空地内の木陰、ベンチにたたずむ人も多い。歩道幅員は約4m、分布図に示す範囲は南北約8m×東西約15mである。

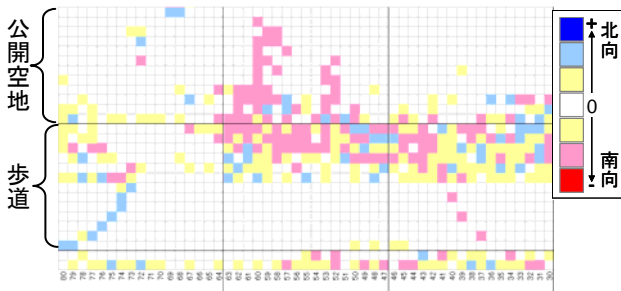
速度成分の分布図-5(b)(c)を見ると、歩道部の東西方向流においては左側通行で東向きが卓越していることと、公開空地から歩道区間中央へ向けて南向きの流動があることが分かる。



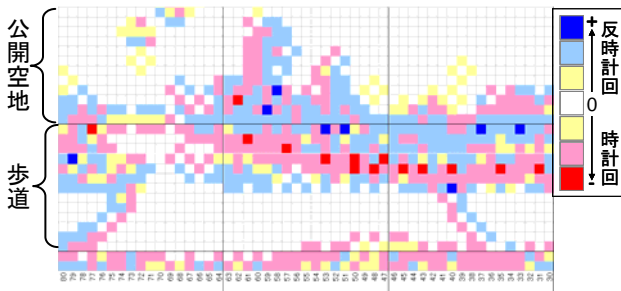
(a) ビデオ画像 (イメージ, 赤枠が分布図の概略範囲)



(b) 東西方向速度  $v$  の分布



(c) 南北方向速度  $u$  の分布



(d) 渦度  $\omega$  の分布

図-5 解析例2 (周防町通 2006年10月8日(日)  
15:01,  $\Delta t = 0.5\text{sec}$ ,  $T = 30\text{sec}$ ,  $\Delta x \times \Delta y = 0.3\text{m} \times 0.3\text{m}$ )

#### b) 渦度による空間的分節

前節に示した渦度の特徴②、③を踏まえて図-5 (d)を見ると、公開空地から歩道にほぼ直角に接合する南北方向の主流(南向き; 青)と、その接合部から東へと東西方向の主流(東向き; 青)が歩道北半から公開空地にかかって伸びており、これら主流部に隣接して双方向流混合部が分布している、ことが目に付く。つ

まり、⑦図(b)(c)を総合化して分かる空間分節が渦度分布(d)のみで表されている、ことが確認できる。また、⑧緑陰などの“たまり”は、渦度分布(d)において黄色(極めて弱い渦)で示される。

一方で、観測歩行者が少ない領域に関しては注意を要する。例えば、歩道南半は駐輪車のために流況分布図では空白域となっているが、その中を横断する歩行者が2件(2名)観測され、渦度分布(d)において青-黄-赤の帯(東西2本の斜めの帯)として表現されている。この例の様に、⑨流れの横断方向に同じ渦度区分が連続していない場合には上に示した渦度-流況対応は当てはまらない。

#### 4. 歩行者 LOS 指標としての渦度のねらいと課題

##### a) 渦度の可能性

渦度は、3.(1)b)に②、③として述べたように、比較的整った流れの中か、混沌の中かを連続量で識別・表現することが可能である。従って、流れ場に居る人が周囲の歩行者流れから受ける影響の定量化という意味で、LOS指標のひとつとして用いることが可能であろう。例えば、街路において人が感じる「にぎわい」度の説明要因のひとつとして取り扱う<sup>1)</sup>ことができる。渦度の空間分布をそのまま用いれば、地点ごとに、そこにたたずむ人にとっての空間評価が、あるいは、特定の流線に沿って線積分すれば徒歩移動者にとっての評価が、得られよう。

また、3.(2)b)に例示した空間分節機能を活用することで、既往のLOS指標、例えば歩行者密度を算出・適用すべき実効歩行空間(有効幅員やリンク長)を与えるという形でも、LOS指標の発展に貢献できよう。

##### b) 課題

実際にLOS指標として用いるには、人の主観LOS評価との対応関係を明らかにしなければならない。その際の最大の課題は、外部環境である流況を人が認知するときの時間的・空間的な範囲・単位をいかに取り扱うかである。本稿では、機材(特にビデオカメラ)の制約が許す最大限の詳細さで空間を分割した例を示したが、認知量との対応を図るには、パーソナルスペースや視野などを考慮してメッシュを“統合”するなどの操作が必要となろう。“統合”にあたっては、単に集約・平均化だけでは不十分で、Max演算など種々の可能性を考えねばならない。

#### 参考文献

- 1) 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, 土木計画学研究・講演集, Vol.32, CD-ROM, 4pp., 2005.12.