

活動の共起性に着目した 景観要素のアフォーダンスの考察

濱上 洋平¹・羽藤 英二²・川口 淳³

¹学生員 愛媛大学大学院理工学研究科 (〒790-0826 愛媛県松山市文京町3番, E-mail:hamagami.yohei.03@cee.chime-u.ac.jp)

²正会員 工博 東京大学大学院工学系研究科 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1, E-mail:hato@bin.t.u-tokyo.ac.jp)

³学生員 愛媛大学工学部環境建設工学科 (〒790-0826 愛媛県松山市文京町3番, E-mail:kawaguchi.jun.05@cee.chime-u.ac.jp)

本研究では、ビデオ画像から時空間的に連続な歩行軌跡データを取得し、歩行者行動の活動共起生に着目しながら、行動と空間、景観要素の関係についてアフォーダンス概念を用い考察を行った。その結果、対象空間における歩行者の動きは2つの動的なオブジェクトのアフォーダンスに強い影響を受けること、歩行者密度の高まりが撮影行動に心理的・物理的影響を与えていること、歩行者とアフォーダンスオブジェクトとの相対距離が歩行者の角度・加速度の選択に対し影響を与えていることを確認することができた。

キーワード: アフォーダンス, 歩行者行動

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

近年、地方都市の衰退、都市部郊外のスプロール化が進む中、「歩いて暮らせるまちづくり」をテーマに、中心市街地の活性化、コミュニティ再生を目指したコンパクトシティ構想を打ち出す自治体が多く見受けられる。また環境問題、エネルギー問題が緊迫化する状況の下、車社会から公共交通へという社会的な流れが生まれ、より環境負荷の小さいトランジットモールに注目が集まっている。それにあわせ歩行者交通に対する見直しが実施されてきており、歩行空間整備の重要性は益々大きなものとなってきている。また、その整備は量的側面だけでなく質的側面も強く要求され、中心市街地や観光地での魅力的な歩行空間の創出、広場化等が進められている。

そうした中、歩行者空間の評価に関しては、歩行密度、歩行速度、歩行者交通量や景観評価、また新たな視点としてプローブパーソン調査による長期間のパネルデータから得られる利用頻度や都市空間内における視認性等¹⁾がその評価値として示されてきた。しかし実際の空間に目を向けてみると、例えば広場空間で走り回っている子供であったり、何気なく壁にもたれ佇んでいる若者であったり、そうした個人個人の営みから生まれる賑わい等は評価が難しく、しかし、重要な評定要素である。また設計・計画段階においても、それら生じられる活動を反映するようなデータ取得方法は確立されておらず、空間整備における歩行者の活動の変化、またそれらに伴う周辺歩行者への影響等を予測することは難しいといえる。

こうした背景の下、本研究では道後温泉駅前空間を研究対象とし、ビデオ撮影調査により歩行者の正確な座標位置および微視的行動データを取得した。当該地区は500万人を越え、今後600万人の観光客数を目指す松山市の観光事情にあつて、景観整備、道路再配分等が重点的に進められているところである。そこで、空間と歩行者行動との“アフォーダンス”概念(モノに備わったヒトが知覚できる「行為の可能性」)³⁾に着目した景観要素の考察から、当該地区の空間特性を明らかにしたうえで、アフォーダンス概念を適用した歩行者の角度・加速度・行動選択モデルの提案を目的としている。またシミュレーションを行うことで、空間設計に対し有効な知見を得たいと考えている。

(2) 既往研究の整理と研究方法

ある限られた空間における歩行者モデルに関する研究で現在最も代表的なのがAntonini *et al* (2006)⁴⁾の提案した次に踏み出す一歩を角度・加速度の離散選択で表現したモデルである。また、浅野ら(2008)⁵⁾は先読み行動の導入により交錯に対して時間的・空間的な回避行動を再現した。また交錯領域に直角に侵入する歩行者間の譲り合い行動を非減速、減速の戦略ゲームで記述している。また、歩行軌跡の抽出に関してはレーザースキャナを用いた手法が提案されているが、歩行者の詳細な行動を把握するまでには至っていない。そこで、既存モデルでは表現できない歩行者の詳細な行動をビデオ画像から単位時間毎に抽出し、行動変化と他者及び周辺環境との相互作用関係を明らかにする。

2. 道後温泉地区における歩行者行動調査の実施

(1) ビデオ撮影調査概要

2008年3月9日(日)に愛媛県松山市道後温泉地区、道後温泉駅前空間において歩行者行動調査を行った。調査内容は2台のビデオカメラによる歩行者軌跡と行動内容の把握である。近辺建物屋上にビデオカメラを設置し(図-1)、駅前交差点(Camera1)、放生園と呼ばれる広場空間(Camera2)を中心に撮影を行った。撮影範囲は図中の白く囲んだ領域(約1700m²)であり、空間的に連続な歩行者行動の観測が可能となっている。調査時間は午前10:14~11:14の60分間とした。

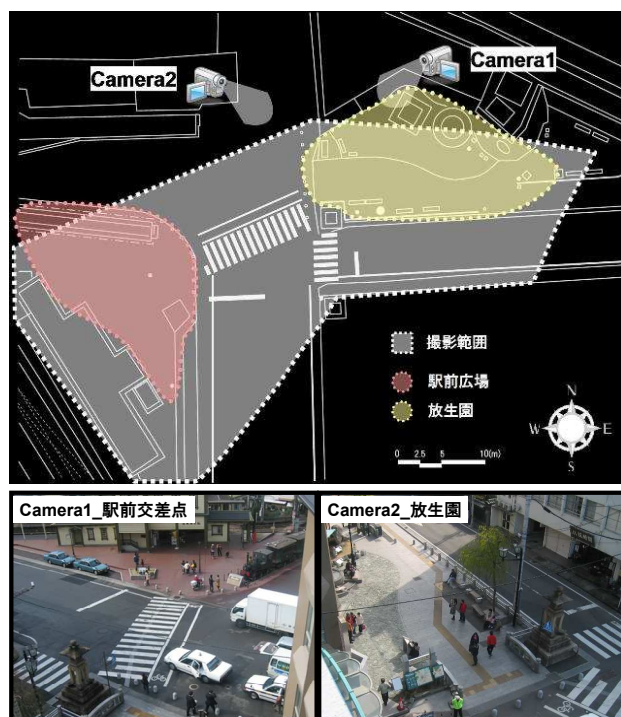


図-1 ビデオカメラ設置箇所および撮影画像

(2) 歩行者行動データの取得方法

VTR上をクリックすることで画像のxy座標を取得できる「videoClicker」(図-2)を使用しデータ化を行う。本ツールは車両挙動把握⁶⁾の為に開発されたツールであり、画像座標取得の他に、走行車線(0~9)、車線変更(直進中、左、右)、ウィンカー(無、左、右、不明)をデータ取得間隔毎に選択することができる。また、その取得間隔は自由に設定可能である。本研究では取得間隔を1秒、測定位置は男性の場合頭部中央、女性は頭頂部を基本とし、歩行者の身長が均一になるよう目視で調整しながら測定した。歩行者の詳細な行動に関しては、各フラグの組み合わせによりデータ化を試みた。また、本ツールとは別に性別、年齢等の個人属性データを作成した。以上、データ化の方針を表-1にまとめる。VTRにフレームインし、フレームアウトするまでを1人の歩行



図-2 位置座標取得作業ウィンドウ (videoClicker)

表-1 歩行者行動データ化の概要

videoClicker	詳細
画像座標	画像左上(0,0) 画像右下(2583,1719)
データ取得間隔	1秒
歩行者測定位置	頭部(男性:頭部中央, 女性:頭頂部を基本)
走行車線	歩行者の微視的行動 [0]:なし [3]:会話 [1]:撮影する [4]:眺める [2]:撮影される [5]:食べる
車線変更	歩行者の状態 [直進中]:立つ [右]:座る [左]:歩く・走る
ウィンカー	撮影オブジェクト [無]:からくり時計 [右]:道後温泉駅 [左]:坊ちゃん列車 [不明]:その他
個人属性データ	詳細
性別	男性, 女性, 不明
年齢	小人, 成人, 高齢者の3段階に分類
グループ人数	画面にフレームインした際のグループ人数
備考	ベビーカー, キャリーバッグの有無, etc...

者と定義すると、60分間の撮影から取得できたデータは、歩行者数:1415、測位点数:230702となった。

(3) 画像座標から地上座標への変換

(a) 三次元斜影変換法

座標変換には三次元射影変換式⁷⁾を用いる。(1)式を線形化し、地上座標(X, Y, Z)とそれに対応する画像座標(x, y)を6点以上与えることにより、未知パラメータを推定することができる。本研究では変換精度を高めるため各アングル20個の基準点を設定した。また、(1)式を展開した(2)式に推定したパラメータ値と取得した歩行者の画像座標を代入し歩行者の地上座標を求めるのだが、3つの未知変量に対し独立した式が2つしか無いため、歩行者のZ座標に関しては、年齢、歩行者の状態を考慮し表-2のように仮定した。

$$\begin{cases} x = \frac{b_1 X + b_2 Y + b_3 Z + b_4}{b_9 X + b_{10} Y + b_{11} Z + 1} \\ y = \frac{b_5 X + b_6 Y + b_7 Z + b_8}{b_9 X + b_{10} Y + b_{11} Z + 1} \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} x = b_1 X + b_2 Y + b_3 Z + b_4 - b_9 Xx - b_{10} Yx - b_{11} Zx \\ y = b_5 X + b_6 Y + b_7 Z + b_8 - b_9 Xy - b_{10} Yy - b_{11} Zy \end{cases} \quad (2)$$

x, y : 測定物の画像座標
 X, Y, Z : 測定物の地上座標
 b_i : パラメータ ($i=1,2,\dots,11$)

表-2 歩行者のZ座標の仮定

単位 (m)			
年齢 \ 状態	直立	座る	
		ベンチ・縁石(Z=40)	防護柵(Z=0.68)
小人	0.120	0.100	0.130
成人	0.160	0.120	0.150
高齢者	0.160	0.120	0.150

※座っている時の高さ = (直立時の高さ) × 0.53 + (座面高)

(b) 基準点データの作成

対象空間内で目印となるオブジェクトを基準点とし、対象空間のCAD図面より基準点地上座標 (X, Y) を取得した。高さ Z に関しては、地表面を平面と仮定し、オブジェクトの高さを現地で実測している。座標変換に使用する40点 (各アングル20点)、変換精度の検証の為に52点、計92点のデータを作成した。図-3は基準点・検証点の空間分布を示しており、撮影範囲の端部をカバーし、かつ空間的なばらつきを持っていることが分かる。

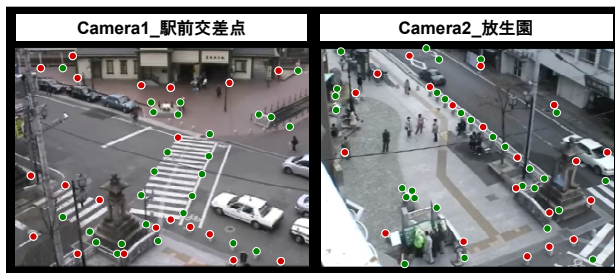


図-3 基準点(赤)・検証点(緑)の分布

(4) 座標変換精度に関する考察

(a) 変換式精度の検証

CAD図面から取得した地上座標 $P (X, Y)$ を真値とし、これに対応する画像座標の変換によって得られた地上座標を $P' (X', Y')$ とする。このとき真値 P と変換後の座標 P' との差 (距離) を誤差とする。表-3に座標変換に用いた基準点と精度検証点の誤差平均、標準偏

差、誤差最大値を示す。基準点においては、カメラアングルにより誤差に多少ばらつきが見られるが、平均誤差は0.2m以内に収まった。また検証点では基準点より幾分誤差は大きくなったものの、平均誤差0.246m、最大値も1.0m以内に収まっており、撮影空間のスケールを考慮しても十分な精度が得られたといえよう。しかしながら、本研究の対象とする歩行者の人体スケール⁸⁾を考えた場合、この誤差は完全に無視できる値である、とは言えない。

表-3 基準点・検証点における観測誤差

基準点	N	平均値(m)	標準偏差(m)	最大値(m)
Camera1	20	0.221	0.182	0.666
Camera2	20	0.163	0.141	0.500
全体	40	0.192	0.163	0.666

検証点	N	平均値(m)	標準偏差(m)	最大値(m)
Camera1	25	0.258	0.259	0.840
Camera2	27	0.234	0.216	0.712
全体	52	0.246	0.236	0.840

(b) 画像接合部の誤差検証

Camera1とCamera2の接合精度に関しては、基準点データにおいて同じ地上座標を持つ複数点の変換後座標間距離として算出し考察する。接合誤差に関する代表値は表-4に示すとおりである。基準点・検証点全体での誤差平均は0.142mであり、撮影重複部でのカメラアングル切り替えによる突然の座標移動等は生じないものと考えることができよう。

表-4 画像接合部における観測誤差

	N	平均値(m)	標準偏差(m)	最大値(m)
基準点	7	0.149	0.052	0.206
検証点	6	0.134	0.111	0.274
全体	13	0.142	0.081	0.274

※N: Camera1, Camera2での重複点数

(c) 誤差の空間分布

次に対象空間を0.5m×0.5mのメッシュに区切り、基準点・検証点データ (92点) の観測誤差を用いて各メッシュの誤差および誤差発生方向を(3)式より算出した。

$$E_n = \frac{\sum_i w_i e_i}{\sum_i w_i}, \quad \Theta_n = \frac{\sum_i w_i \theta_i}{\sum_i w_i} \quad (3)$$

E_n : メッシュ n の推定誤差

e_i : 基準点 i の観測誤差 ($i=1,2,\dots,92$)

Θ_n : メッシュ n の推定誤差方向

θ_i : 基準点 i の観測誤差方向

w_i : 基準点 i からメッシュ n の中心までの距離の逆数の二乗

図4上図は算出した誤差分布を示した図である。駅前広場空間で誤差が大きくなっている。その要因として、まず3次元空間で斜め上方から撮影された画像の持つ特徴、近くのは大きく遠くのは小さく写る、という点があげられよう。これにより1pixelあたりの情報量は画像手前に比べ奥側で少なくなり、結果としてCamera1の画像奥側にあたる駅前広場での誤差が相対的に大きくなったと考えられる。もう1つは「地表面は平面である」という仮定、つまり実際の地表面がもつ起伏を無視している点である。調査領域では、西側（駅側）から横断歩道に向かって0.5m程度下り、横断歩道を渡り東側に進むにつれ緩やかに上っていく地形構造となっている。駅前広場の中でも誤差の大きい横断歩道の西側端付近は、地表面の起伏の影響を顕著に示している。

図4下図は誤差発生方向を示した図である。全体的にばらついており、一定の方向を持ち合わせてはいない。特に、駅舎近辺とその先に広がる駅前広場・道路空間では誤差方向がほぼ対極になっており、その他数箇所でも同様の傾向が見られた。ある2地点の座標から歩行者速度等を算出する場合、誤差方向の相違が算出結果の過小・過大評価に繋がることは容易に想像できる。本研究では誤差自体が比較的小さいため、基礎集計の段階では誤差は考慮しないこととする。

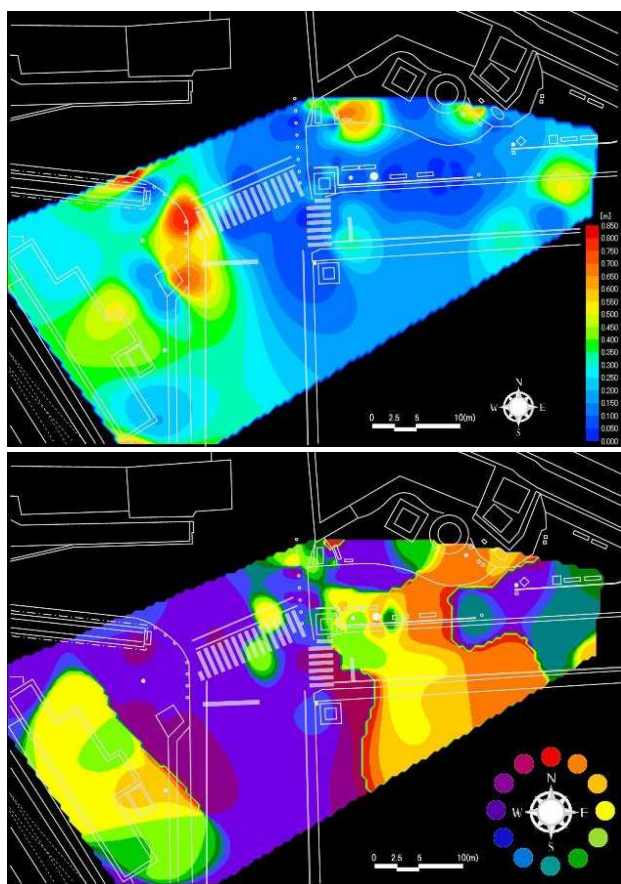


図-4 誤差の大きさ（上）と誤差方向（下）の分布

3. 空間的・時間的歩行者行動の分析に基づく道後温泉駅前空間の空間特性に関する考察

(1) 研究対象空間および観測歩行者の概要

(a) 空間オブジェクト

撮影空間は大きく駅前広場、放生園、道路空間の3つに区分することができる。このうち広場空間（駅前広場、放生園）に存在する代表的なオブジェクトを図-5に示す。その中でも坊ちゃん列車、からくり時計は動的要素を持つオブジェクトである。坊ちゃん列車は撮影開始587秒後から1460秒までの約15分間、また撮影終了間際の3565秒から撮影終了までの間画面内に出現し、それ以外は対象空間に存在しないオブジェクトである。からくり時計は1時間に一度稼働し、変化をみせるオブジェクトであり、本調査では撮影開始2773秒後から2953秒までの約3分間稼働している。



図-5 空間分類（上）と撮影空間オブジェクト（下）

(b) 歩行者属性

観測された歩行者の個人属性を図-6に示す。男性が56%で女性より若干高くなった。年齢は3段階に分類したが、高齢者と断定できる場合のみ高齢者とした為成人の割合が高くなっている。人数構成は1人または2人が全体の2/3を占めたが5人以上も11%に上っている。

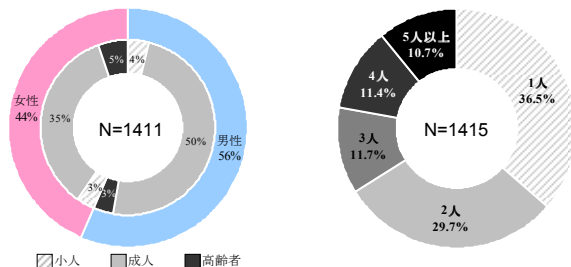


図-6 歩行者の性別・年齢（左）とグループ人数構成（右）

(2) 対象空間における歩行者数の変動と空間分布

対象空間を図-5の上図に示す3つの空間に分け、各領域に存在する歩行者数を集計した。表-5に各領域の歩行者数に関する代表値を、図-7に歩行者数の時間推移を示す。対象空間全体では平均64.1人の歩行者が観測され、平均空間モジュール（歩行者1人当たりの占有面積）は26.1m²/人となった。一般的に28m²/人以上になると寂れた雰囲気を与えるとされている⁹⁾が、対象空間はその数値以下であり平均的な賑わいを持つ空間であるといえよう。またその賑わいが最大となるのはからくり時計の稼動時間帯であり、それに合わせ対象空間内の歩行者数は最高166人に上り、稼動終了後は大きく減少した。また坊ちゃん列車の出現による歩行者数の増加も確認でき、動的オブジェクトが対象空間における歩行者数変動に大きな影響を与えていることが分かる。その他物理的要因として、7-8分間隔で運行されている路面電車による歩行者の流入出があげられる。

次に空間を0.5m×0.5mのメッシュに区切り、各メッシュの歩行者存在時間（どれだけその場所に歩行者が存在したか）を集計した。図-8はその空間分布図であり、赤くなるほど数値が大きくなる事を意味している。個々のオブジェクトに注目すると、足湯やベンチ付近での数値が大きく、単位メッシュの最大歩行者存在時間は2395秒（撮影時間の66.5%）に上った。その他では案内板付近で地図を確認する観光客の姿が多数観測され、集計結果にも表れている。

表-5 各領域における歩行者数と平均空間モジュール

空間分類	Station	Hojyoen	Road	Total
撮影範囲面積(m ²)	508(156)	348	817	1673
平均歩行者数(人)	14.1	37.2	12.8	64.1
標準偏差(人)	8.2	26.8	9.2	32.0
平均空間モジュール(m ² /人)	35.9	9.4	64.0	26.1

※()は駅舎面積

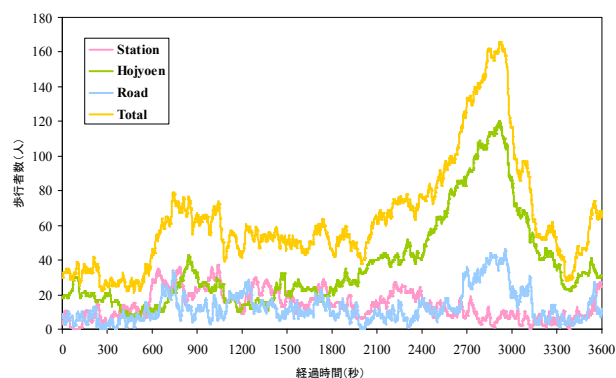


図-7 各領域における滞在人数の時間推移

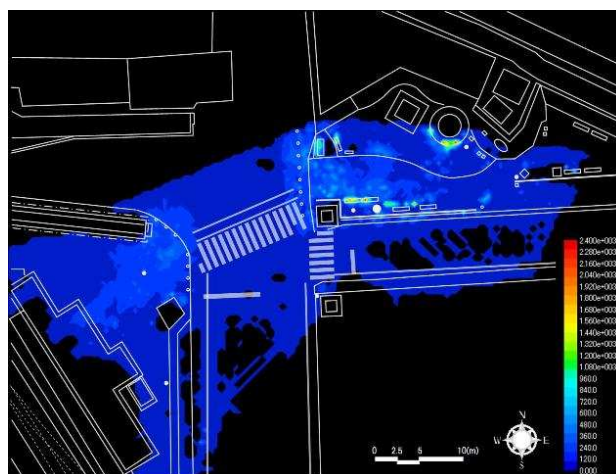


図-8 歩行者存在時間の空間分布

(3) 歩行者行動の時間的・空間的分析

対象空間で観測された行動から、「座る」「撮影」の2つの行動に着目した。広場空間の設計において「座る」行動を促すベンチ等の配置は重要な計画のひとつに位置づけられる。それは座ることが休むという行為を満足させるだけでなく、その場からの眺望や人々との交流、会話など多様な活動の生起を促す可能性を持っているからに他ならない。その為座り行動の分析が対象空間の理解に繋がると考えた。また「撮影」行動は、近年のデジタルカメラ、カメラ付携帯電話の普及により、あらゆる者に対し、ごく当たり前の行動となってきた。そして、その活動生起は観光地においてより顕著であり、対象空間における歩行者行動に大きな影響を与えると考えた。両行動の観測データ数を表-6に示す。

表-6 「座る」「撮影」行動の観測データ数と活動生起人数

歩行者行動	座る	撮影
サンプル数	49477	4964
全サンプルに対する割合	21.4%	2.2%
活動生起人数	177	180
全歩行者に対する割合	12.5%	12.7%

(a) 座る(Sitting)

本研究における座り行動は、オブジェクトへの着座の他、その場でしゃがみこみや横たわり行動等を含んでいる。図-9に座り行動者数の時間推移を示す。からくり時計の稼動時間に合わせ行動数が増加し、最高41人（空間内歩行者の28.9%）に上っている。図-10は座り行動の空間分布を示しており、座る事を前提に配置されているベンチや足湯の他に、道路空間と広場空間を隔てる縁石（ $Z=0.45\text{m}$ ）や防護柵（ $Z=0.68\text{m}$ ）、その他ある程度の高さと丈夫な平面を持つオブジェクトにおいて着座行動が観測された。図-11は各オブジェクトの着座人数と1人当たりの着座時間を示した図である。1人当たりの着座時間は足湯が349.6秒で最も長く、着座人数ではベンチが足湯を上回った。防護柵は安全面の機能だけでなく、ベンチ等が飽和したからくり時計稼働時には座る空間として使用され、1人当たりの着座時間は227.4秒となった。また、縁石においても時間こそ短いながら19人がその場所で座ることを選択している。空間領域に注目すると、図-9において一時道路空間での行動者数増加が見られるが、これは座標変換誤差が防護柵の一部で南向きに発生することが原因と考えられる。また坊ちゃん列車付近や駅前広場中央、放生園中央での座り行動は、撮影行動（ローアングル撮影、集合写真等）に起因したものである。

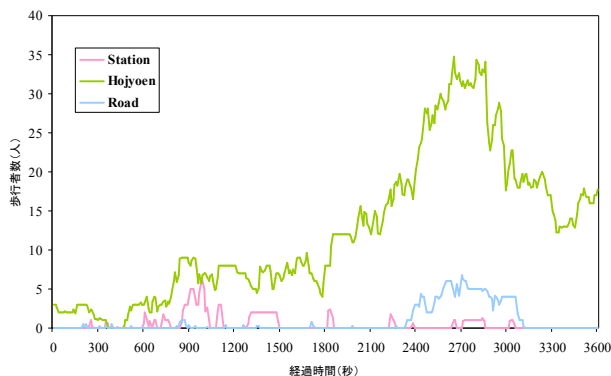


図-9 各領域における座り行動者数の時間推移



図-10 座り行動の空間分布

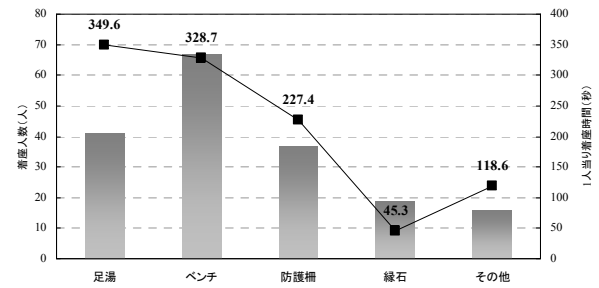


図-11 着座人数と1人当たりの着座時間

(b) 撮影(Photography)

本研究における撮影行為は、カメラ・携帯電話等を被写体に向けたかどうか、つまり「撮影しているように見える行動」の観測であり、事実とは多少異なる。図-12は一分間当りの総撮影時間から活動生起数(人/秒)を算出し時系列に示した図である。坊ちゃん列車出現時、からくり時計稼動時に撮影行動の増加が見られ、坊ちゃん列車の出現31秒後に撮影者率（全歩行者数に対する撮影者の割合）は最高15.8%となり、からくり時計の稼動35秒後に活動生起数は最高18人となった。撮影行動の空間分布図を図-13に示す。放生園西側入口で最も多くの撮影行為が行われており、また、各広場空間では収まり切らず道路空間へその行為が及んでいることが分かる。

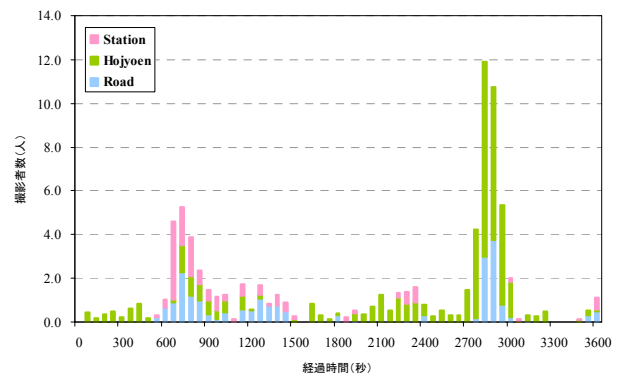


図-12 各領域における撮影者数の時間推移



図-13 撮影行動の空間分布

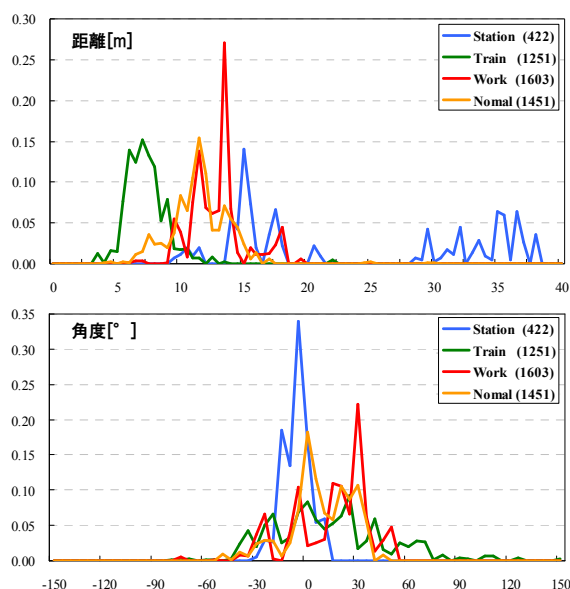


図-14 撮影者と被写体との距離（上）と角度（下）の関係

次に撮影行動が多く観測された，道後温泉駅，坊ちゃん列車，からくり時計稼動時・平常時の4つのオブジェクトと撮影者との関係を図-14に示す（凡例中の括弧内数値は総撮影時間）．からくり時計，道後温泉駅はオブジェクト重心までの距離を，坊ちゃん列車は先頭車両の煙突までの距離を算出した．角度に関しては正面を基準にし，オブジェクトから見て左側を負，右側を正とした．

道後温泉駅ではほとんどが正面からの撮影であり，その距離は道路空間に隔てられ，大きく2つに大別された．坊ちゃん列車は撮影角度が多様であり，撮影場所の選択肢が最も多いオブジェクトと言えよう．からくり時計はオブジェクト左側からはほとんど撮影されず，右側に偏る傾向がある．稼動時と平常時を比較すると，角度・距離共に平常時の方が選択の自由度が高い．これは稼動時の歩行者密度の高まりが，撮影者に対し物理的・心理的影響を及ぼした為と考えられる．

(4) 歩行者速度の時間的・空間的变化

図-15は対象空間における歩行者速度の分布を示している．歩行者速度は平均0.27m/s，標準偏差0.43m/s，最大4.68m/sであり，非常に小さいといえよう．また，

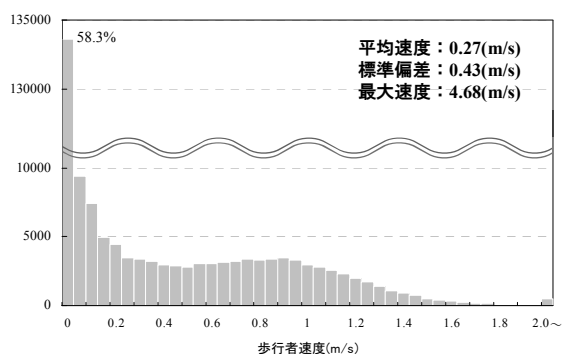


図-15 歩行者速度分布

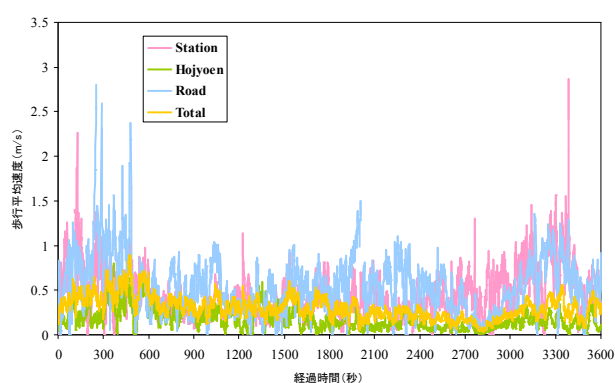


図-16 各領域における歩行者平均速度の時間推移

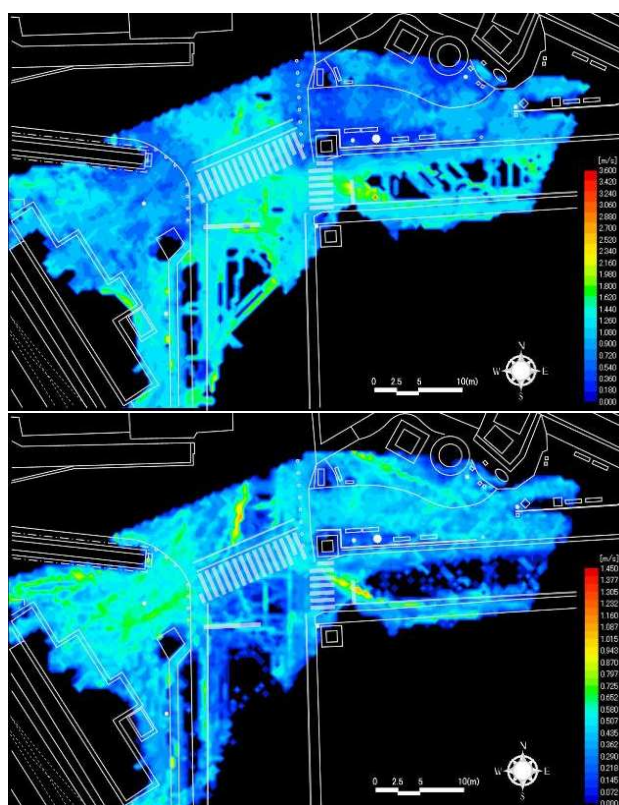


図-17 歩行者速度（上）と標準偏差（下）の空間分布

0.05m/s以下が全体の58.3%を占めており，座る，佇む，待つ等の行動の多さが伺える．図-16は速度の時間変化を示した図である．坊ちゃん列車出現時，からくり時計終了時に空間速度が上昇していることが分かる．

次にある時刻 $t_{(i)}$ から $t_{(i+1)}$ にかけての速度 V_i をその間に通過した全てのメッシュに吸着させ各メッシュの速度平均値，標準偏差を算出した．図-17はその空間分布である．放生園，及び坊ちゃん列車付近で速度は小さく，一方道路空間で速度は大きくなった．道路空間にあつて唯一横断歩道だけは速度が小さく，0.45m間隔で引かれた幅0.45mの白線が歩行者心理にもたらす影響は大きいと言えよう．また標準偏差を示す下図より，両広場空間では速度のばらつきが大きく，通行者と滞留者が錯綜する空間であることが推測できる．

4. アフォーダンスに着目した歩行者相互挙動モデル

本章ではアフォーダンスの考えを取り入れた歩行者行動モデルを考える。ここでいうアフォーダンスとは、モノに備わったヒトが知覚できる「行為の可能性」を意味している。その可能性を知覚し行為に及ぶまでの歩行者の動きを、角度・加速度の選択とオブジェクトとの相対関係に着目し、モデル化を行う。

(1) 活動生起とそれに対する角度・加速度選択

Antonini(2006)は歩行者の踏み出す次の一步を加速度（加速・定速・減速）と角度（前方方向170°を11に分割）の離散選択モデルで表現した。本研究では、VTRより多数確認された歩行者の後方への動きを考慮し、図-17のように角度・加速度選択肢集合を設定した。加速度に関しては座標変換による誤差を考慮し、 $\pm 0.2\text{m/s}$ を加減速の閾値とした。角度に関しては簡単な為、前方3、後方1の4方向とした。

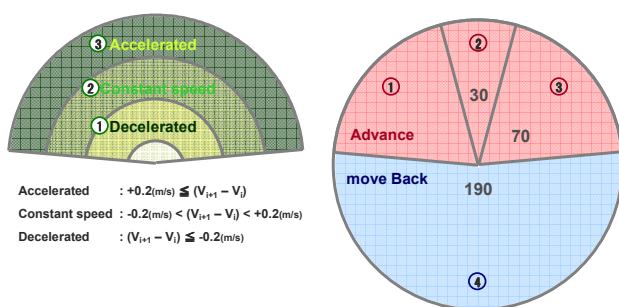


図-17 角度・加速度の選択肢

(2) 道後温泉駅を起点とする歩行者軌跡の分析

(a) 活動パターン

アフォーダンスを考慮したモデルの構築にあたり、道後温泉駅を起点とする歩行者の行動に着目した。道後温泉駅を起点とする歩行者数は285人（全体の20.1%）であり、撮影行為の有無、放生園領域への進入の是非により次の5つの活動パターンに分類し、歩行軌跡、角度・加速度選択に関して比較分析を行う。なお、からくり時計撮影者は全て放生園内を通過している。

- ① 「からくり時計を撮影」
- ② 「放生園を通過、からくり時計以外を撮影」
- ③ 「放生園を通過、撮影行為なし」
- ④ 「放生園を非通過、からくり時計以外を撮影」
- ⑤ 「放生園を非通過、撮影行為なし」

上記5つの活動パターンについて無作為に8サンプルずつ、計40サンプルを抽出した。各活動パターンにおける歩行軌跡を図-18に、角度・加速度構成割合を表-7に示す。

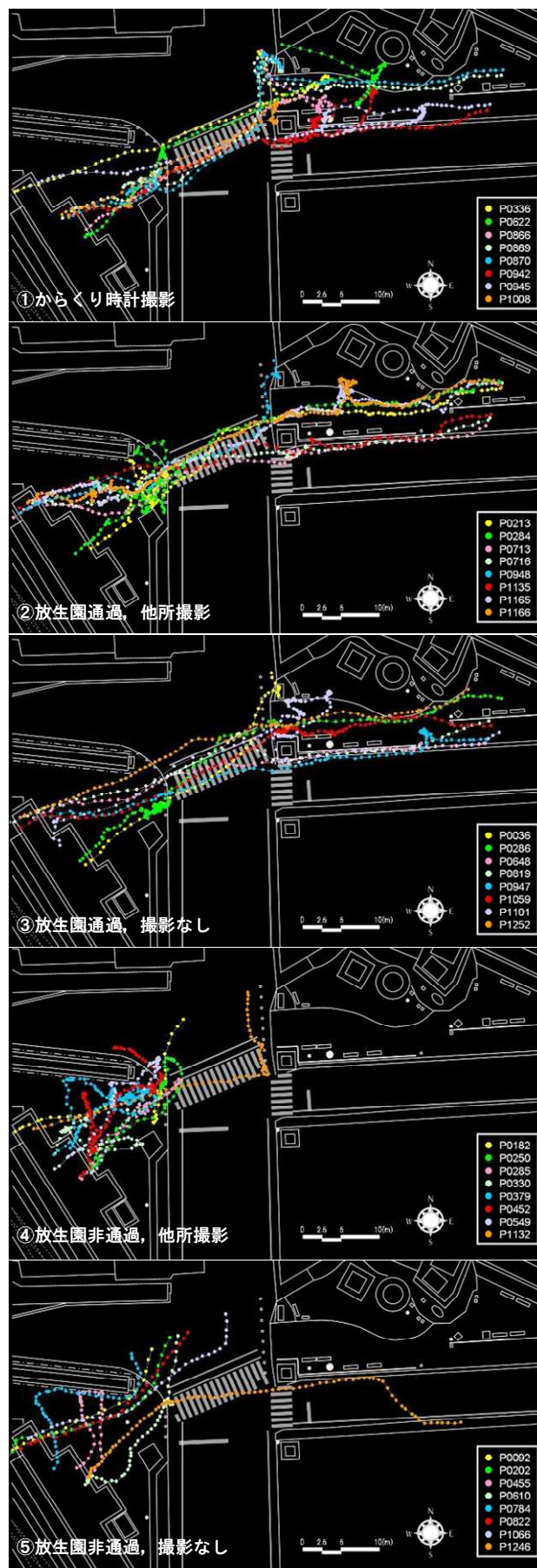


図-18 各活動パターンにおける歩行者軌跡の比較

表-7 各活動パターンにおける角度・加速度構成割合

	Angle				Speed		
	Left	Front	Light	Back	Dec	Const	Acc
①	0.105	0.668	0.099	0.128	0.167	0.669	0.163
②	0.147	0.553	0.159	0.141	0.271	0.484	0.244
③	0.087	0.678	0.109	0.126	0.202	0.603	0.195
④	0.062	0.403	0.201	0.334	0.287	0.437	0.276
⑤	0.071	0.666	0.163	0.100	0.320	0.343	0.337

各活動パターン別の角度・加速度の構成割合については、個人間で滞在時間が異なるため、画面内存在時間を1とし平均化した上で算出した。なお全活動パターン間において χ^2 乗検定を行ったところ、全ての活動パターン間に優位な差が認められた。

まず放生園通過者の終点に着目すると、放生園領域に進入した場合、対象空間東端へ向かう確率は75%であり、強い傾向が見られた。駅前広場から放生園へ向かう経路の中で横断歩道は必ず歩行されており、また横断歩道を歩行した場合の放生園への進入率は70%となっている。これより、横断歩道が放生園方向へ対し強い流動性を持っていると言えよう。また、同じ活動空間であってもそこで生じられる行為の違いによりまったく異なった軌跡を描くことが、④、⑤の比較から分かる。撮影を行った④では、撮影後再び駅へ戻る行動が多く見受けられるが、⑤ではほとんどが北側（商店街）へ終着しており、また滞在時間に関しても大きな違いが見られた。角度・加速度の構成割合に着目すると、角度に関してははからくり時計以外のオブジェクトを撮影している②、④で構成割合が他の3つの活動パターンと大きく異なる。撮影領域はおそらく駅前広場空間と思われるが、この結果は駅前空間における角度選択の多様性を示している。加速度に関しては、放生園を通過しない歩行者で加速・減速の割合が高くなる結果となった。

(b) アフォーダンスオブジェクト

次に撮影行為を行う過程の歩行軌跡に対して、アフォーダンスオブジェクトまでの相対距離別に角度・加速度構成割合を算出した（図-19）。加速度選択に関しては、オブジェクトまでの相対距離が大きい場合、加速・減速の割合が高く、距離が小さくなるに従い定速の割合が増え、ある一定以上近づくと今度は加速・減速の割合が増えるという傾向がある。35m付近および10m～20m付近にかけて定速の割合が高くなる。この距離は丁度、35m付近が道後温泉駅の撮影距離のひとつとなっており、同様に10m～20mははからくり時計、道後温泉駅で確認された撮影距離と当てはまる。これをアフォーダンス領域（ターゲットゾーン）と呼ぶこととする。また、オブジェクトへの距離が極端に近くなると減速の割合が高くなった。これは坊ちゃん列車への接近によるものと考えられる。角度選択に関しては、オブジェクトまでの距離が

大きい場合、前方の割合が非常に高く左右、後方への選択確率は低い。加速度と同様に、オブジェクトのターゲットゾーンに侵入した場合、角度の構成割合は変化し、左右方向、後方への割合が高くなる。左右方向への選択確率が最も高くなったのは、5m付近であり、これは坊ちゃん列車のターゲットゾーンに当たり、坊ちゃん列車の撮影範囲が持つ角度の多様性という特徴が顕著に現れている。なお、あくまでも撮影行為を行う過程の歩行軌跡に対しての結果であり、撮影行為を行った瞬間のオブジェクトとの相対距離を意味していない。このことから、各オブジェクトが持つターゲットゾーンに侵入した場合、オブジェクトは全ての歩行者に対しアフォーダンスを発生し、それを受け取り撮影を行った者、撮影を行わなくても何らかの反応（左右、後方、加減速）を示した者、無反応の3つの結果が起こり得ると考えられる。

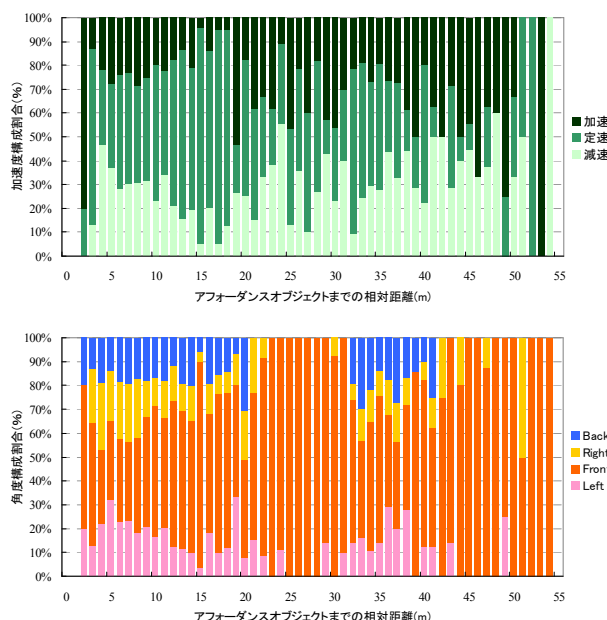


図-19 オブジェクトまでの相対距離別角度・加速度構成割合

5. おわりに

本研究では、道後温泉地区、道後温泉駅前空間を対象としたビデオ画像から時空間的に連続な歩行軌跡データ及び歩行者の詳細な行動内容を取得し、歩行者行動の活動共起生に着目しながら、行動と空間、景観要素の関係についてアフォーダンス概念を用い考察を行った。また、道後温泉駅を起点とする歩行者に着目し、歩行者の角度・加速度選択について分析を行った。以下に分析結果の考察及びまとめ、今後の課題について述べる。

(1) 分析結果とまとめ

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- ・ ビデオ画像から歩行者軌跡及び歩行者の微視的行動を取得することができ、また座標変換誤差の検証から十分な精度が得られた。
- ・ 対象空間では、足湯、ベンチ、案内板等で歩行者の滞留が観測され、単位メッシュの最大歩行者存在時間は2395秒に上った。
- ・ からくり時計稼動時には最高166人歩行者が観測され、それに伴う歩行者密度の高まりが、撮影者に心理的・物理的影響を及ぼしていること、また放生園では納まりきらず道路空間への歩行者の流出を招いている事を示した。
- ・ 坊ちゃん列車、からくり時計、ふたつの動的オブジェクトが対象空間の歩行者数、活動生起数に大きな影響を与えている事を示した。
- ・ 歩行者とアフォーダンスオブジェクトとの相対距離が、歩行者の角度・速度選択に影響を与えており、距離が小さくなることで歩行者行動における角度選択の影響度が増す。

(2) 今後の課題

今後の課題としては座標変換誤差の修正があげられる。本研究で使用したビデオカメラは家庭用の一般的なものであり、計測には適していない。そのためレンズによる歪みが発生しておりその点を修正する必要がある。また、今回は歩行者のみを取り扱ったが、歩行者行動は自転車、自動車、その他様々な周辺環境との相互作用により決定していると考えるのが自然であり、空間全体を多体問題的に捉える必要があろう。また、モデル構築は最大の課題である。

謝辞：本研究を進めるにあたり、豊田中央研究所 森博子氏、北岡広宣氏、復建調査設計 石飛直彦氏、トランスフィールド 斎藤多恵子氏、国土交通省 森貴洋氏、シアテック 二神雄典氏、東京大学大学院 北川直樹氏から多大なる協力をいただいた。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 福嶋浩人, 羽藤英二：プローブパーソンデータをを用いた歩行者の視線に着目したビルボード広告価値推定, 土木計画学研究発表, 2007.
- 2) 福嶋浩人：プローブパーソンデータを用いた歩行者の経路選択行動分析, 愛媛大学大学院修士論文, 2008.
- 3) D.A.ノーマン(著), 野島久雄(訳)：『誰のためのデザイン？－認知心理学者のデザイン原論』新曜社, 1990.
- 4) Antonini, G., Bierlaire, M. and Weber, M. : "Discrete choice models of pedestrian walking behavior", Transportation Research Part B, vol.40, no.8, pp.667-687, 2006.
- 5) 浅野美帆, 井料隆雄, 桑原雅夫：交錯交通の容量評価のためのマイクロ歩行者行動モデル, 交通工学, vol.43, no.4, pp.80-89, 2008.
- 6) 横田幸哉：マイクロシミュレーション適用のための車両挙動に関する研究, 愛媛大学大学院修士論文, 2006.
- 7) 赤羽弘和：複数の高精度ビデオカメラによる車両軌跡の高度連続観測システムの開発, 第37回土木計画学シンポジウム論文集, pp.89-96, 2001.
- 8) ジョン・J・フルーイン(著), 長島正充(訳)：『歩行者の空間－理論とデザイン』鹿島出版会, pp.27-43, 1974.
- 9) C・アレグザンダー他(著), 平田翰那(訳)：『パタン・ラングー環境設計の手引き』鹿島出版会, pp.162-164, 1984.
- 10) 佐々木邦明, 藤井聡, 山本俊行(著), 北村隆一, 森川高行(編著)：『交通行動の分析とモデリング』, 技法堂出版, pp.159-176, 2002.
- 11) 羽藤英二：ネットワーク上の交通行動, 土木計画学研究論文集, vol.19 no.1, pp.13-27, 2002.