

近傍視野の情報取得と歩行者挙動の連関

A Study on Relationship between Visual Information Acquisition and Pedestrian Behavior

古川尚亮* 高柳英明** 山田昇吾*** 木原己人****

Takaaki Furukawa* Hideaki Takayanagi** Shogo Yamada*** Tatsuto Kihara****

要 旨

本研究は、近年の都市人口の集中により混雑が顕在化している都市部の通路空間において、視覚的な情報が提供されている歩行空間を対象とし、歩行者の安全・快適性を向上させるべく、歩行者の視覚による情報取得が歩行者挙動に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。歩行実験では、被験者の注視に関して条件を与えた実験を実施し、計測した歩行軌跡を基に各注視条件での歩行変化及び歩行変化を及ぼす要因に関して分析を行なった。また、歩行変化と歩行距離に関して相関分析・回帰分析を用い検討を行った。分析結果より、歩行方向に対し水平方向 60 度以上の位置にある対象物を注視し歩行した場合、歩行中の注視による歩行運動への影響が発生することが確認された。つまり、通常時と同程度の歩行運動と視覚による高精度な情報取得の両立が可能な視野領域の水平外側角は、歩行方向に対し 30 度以上 60 度未満であると示唆された。

キーワード：歩行者，通路空間，情報受容，
群衆流動，群衆シミュレーション

Summary

The purpose of this research is to clarify the influence of visual information processing by the pedestrian's near field of vision. We estimate influence of visual information processing from pedestrian's eyesight on walking behavior. In our experiment, subjects were instructed to walk a straight path 10 meters in length and gaze at an object. Objects are set at a constant "gazing angle" with respect to subject's initial front position. Results by video camera showed for 30 and 90 deg gazing angles, although the pedestrians diverged from a straight path, they ended up 0 degrees from starting point; while those in control condition of no object walked a straight path not diverging also ending up 0 degrees from starting point. However, the 60 deg gazing angle condition resulted in a divergence left or right from the straight direction. Statistical analysis revealed the data to be significant. This suggests the optimum gazing angle for pedestrians to obtain information from objects by their near field of vision while walking normally is between $\theta=30$ and 60 deg.

Keywords: *Pedestrian, Passageways, Visual information processing, Pedestrian flow, Pedestrian flow Simulation*

1. 序章

1.1 研究背景・目的

近年の日本における少子高齢化と人口減少によって地方部の過疎化と都市圏への人口集中が進むことが予測されている。特に、観光産業の活性化や大規模マンションの開発により、都心部の通路内の歩行者数増加に伴う混雑は、歩行者の衝突やトラブルを引き起こす原因として問題視されている。また、昨今の大规模駅構内では、映像表示機器を用いた視覚情報の過剰な提供により、歩行者の注意力が散漫し事故が誘発されていると考えられる(図1)。

混雑した通路空間での歩行者の安全・快適性の向上を図るべく、歩行者の視覚による情報取得と歩行運動に及ぼす影響を解明することを目標とし、歩行者の注視対象物の位置と歩行運動の関係を明らかにすることを本研究の目的とする。

歩行者に対する視覚的情報の提供において、歩行中の注視と歩行運動の関係を考慮することは、広告や商品の効果的な配置手法及び情報の表示手法の検討における一つの手掛かりとなるだろう。

1.3 研究意義

本研究の意義は主に次の三点である。

第一に、歩行者の視覚からの情報取得が歩行運動に及ぼす影響の解明である。歩行者の視覚からの情報取得に焦点を当て、人間の歩行運動と建築空間の関係を明らかにすることは、建築人間行動学の分野での貢献が期待される。

第二に、歩行者の視覚からの情報取得と歩行運動特性に基づき、通路空間に広告や案内板を効果的に配置することは、歩行の快適性と安全性の向上をもたらすだろう。

第三に、本研究の結果から歩行者の行動特性をモデル化し、群衆シミュレーションの要素として組み込むことで、高精度なシミュレーションの構築に寄与し、精緻な建築空間の評価が可能となるだろう。

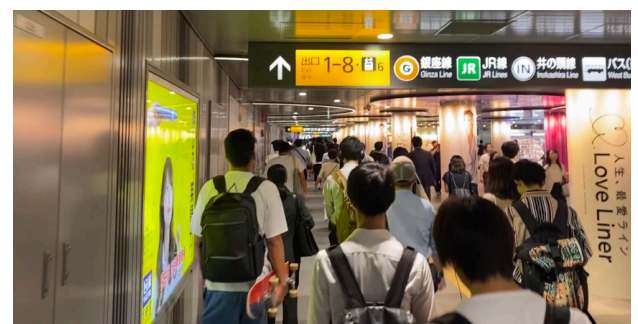


図1 通路内における視覚的情報の提供

*東京都市大学大学院 環境情報学研究科 博士前期課程 Graduate School of Environmental and Information Studies

**東京都市大学 都市生活学部 准教授 博士 (工学) Tokyo City Univ. Dept. of Urban Life Studies A. Prof. (Dr., Eng.)

***東京都市大学大学院 環境情報学研究科 博士後期課程 修士 (環境科学) Graduate School of Environmental and Information Studies, M. Env.

****総合意匠企画はら 修士 (環境科学) General Design Planning KIHARA, M. Env.

1.4 既往研究

歩行者行動モデルに関しては、歩行者間の影響による歩行の変化に着目した Social Force Model(SFM)や運動方程式を用いたモデルが代表的なモデルであるが、実空間における歩行者行動の再現性という点で課題が多く挙げられている。実空間における個々の歩行者挙動と群衆性状に関する研究として、筆者らの既報^{文1)}では群衆内の歩行者挙動に着目し、歩行者の小集団化と効率の良い交差行動を明らかにした。また、筆者らの既報^{文2)文3)}では、歩行者間の相互作用による歩行挙動に基づいた局所混雑の評価手法や歩行者の全周に渡る歩行領域を示している。各調査により明らかにされた歩行者挙動の現象と挙動を来す要因モデルの対応を整理し表に示す(表1)。

本研究は、注視点の設置による歩行挙動の変化や小集団化による交差効率の補正などの群衆内における歩行者挙動の現象を来す要因モデルを解明するための基礎的研究と位置付ける。よって、歩行者の注視対象物が進行方向に対して一定の位置にあるときの歩行運動の変化に関して、実証実験による歩行軌跡の計測及び分析を行うものとした。

2. 視野領域の概念

2.1 既往研究における視野領域の定義

人間の視野領域は、具体的な情報(文字や色)の認識が可能な中心視野領域と抽象的な情報(物体の有無)の認識が可能な周辺視野領域の2つに大きく分類されている。中心視野領域は、視線軸から水平±約30度、垂直±約20度以内の範囲であり、周辺視野領域は、視線軸から水平±約60-200度、垂直±約20-130度以内の範囲である。

情報受容に関する先行研究では、豊田ら^{文4)}によって人間の視野領域と情報受容の関係について分類されている。情報受容種別と視野分布を示す(表2)。

2.1 近傍視野領域の定義

本研究で定義する近傍視野領域は、歩行状態での視野領域であり、中心視野領域内から周辺視野領域内にかけて分布しているものとする(図2)。その近傍視野領域内では、歩行者の安全な歩行に必要な情報(進行方向や周囲の情報)とその他の情報(壁面や前方にある掲示物等の情報)の2種類の情報取得のバランスを適度に保つことができる視野領域であると定義する。つまり、この領域内に情報取得の対象物があるとき、歩行者は対象物を注視して情報を取得しつつ、通常時と同程度の歩行が可能である(図3)。

2.2 水平近傍視野角の定義

視野の奥行に関しては、個人差を考慮し本研究では扱わず、近傍視野領域の水平方向に着目する。水平近傍視野角に関して、歩行者が注視対象物のある通路空間を通行する環境において、歩行運動と視覚による情報取得の関係を基に定義する。

○ 水平近傍視野内側角

歩行者*i*の視線軸が、安全な歩行のために進行方向にある状態から、壁面からの情報取得のために注視対象物*t*へ変更される。この時の歩行者の進行方向と注視対象物*t*への視線軸のなす角を近傍視野領域内側角と定義する。

表1 年代別歩行者挙動の現象と要因モデルの対応

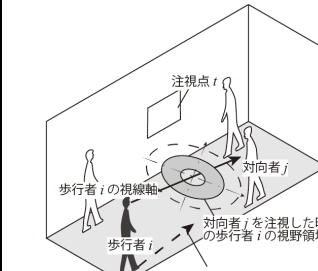
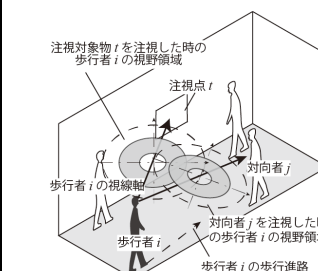
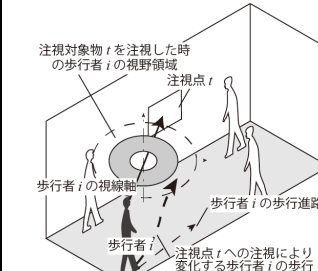
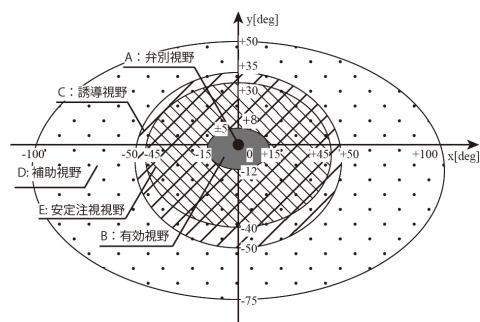
年代	歩行者挙動の現象	挙動を来す要因モデル
1996～2003年 調査による	・不特定多数による小集団化現象 ・無意識的な効率の良い交差行動	・近傍視野にて、他者との動的な相対位置を適正に保ち歩行 ・歩行中の注視点0がぶれないため、近傍視野での動的感覚特性が高い 
2013年～2016年 調査による (スマートフォン、電子看板広告普及下)	・小集団が形成されず、歩行者群流の分散や分離が起こる ・交差の乱れや衝突が発生する	・注視点のプレを来す対象物(案内表示、広告、携帯電話など) ・注視点のぶれることにより、近傍視野での動的感覚特性が低下する。対象物への注視が思考を伴う視覚刺激である時、更に低下する 
本研究を通じた解決策	・注視点の設置による歩行者の注意力が限定される ・小集団化により交差効率が補正される	・調査で明らかにする 

表2 情報受容の種別と視野分布(文4)

分布	領域名	特性	角度分布	視野種別
A	弁別視野	視力・色分別など視機能が優れ高精度な情報受容が可能	$-5 < x < +5$ $-5 < y < +5$	中心視野
B	有効視野	眼球運動だけで瞬時に目的とする情報受容が可能	$-15 < x < +15$ $-12 < y < +8$	
C	誘導視野	視覚情報の存在がわかる程度の視野領域	$-50 < x < +50$ $-45 < y < +40$	
D	補助視野	情報識別能力は低い空間座標系に視覚情報を及ぼす	$\pm 50 < x < \pm 100$ $-75 < y < -50, 35 < y < 50$	周辺視野
E	安定注視視野	眼球・頭部運動で無理なく注視可能	$\pm 15 < x < \pm 45$ $-40 < y < -25, 20 < y < 30$	

視野領域分布図



○ 近傍視野領域内

注視対象物 t が近傍視野領域内にある時、歩行者は安全な歩行のための情報取得と注視による壁面からの情報取得のバランスを保つことができる。つまり歩行者 i は、注視対象物 t からの情報取得をしながら、通常時と同程度の歩行が可能である。

○ 水平近傍視野外側角

水平近傍視野角が広がるにつれて、歩行者は安全な歩行のための情報取得と注視による壁面からの情報取得のバランスを保てなくなることにより、歩行者 i は無意識に通常時とは異なる歩行挙動を示す。この時の歩行者の進行方向と注視対象物 t への視線軸のなす角を近傍視野外側角と定義する。

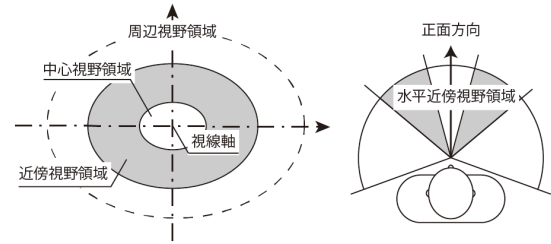


図2 近傍視野領域の分布

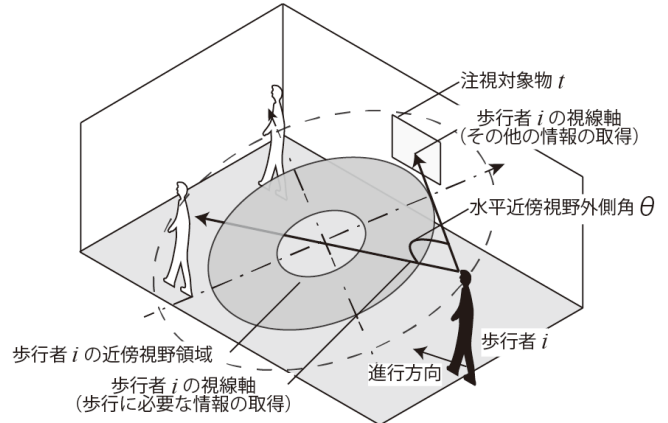


図3 水平近傍視野の概念

3. 歩行実験

3.1 実験概要

本実験の目的は、情報取得のための注視による歩行運動の変化から水平近傍視野角を推定することである(表3)。

○ 実験環境：大学の教室内に水平歩行空間 5[m]×10[m]を設け、計測対象区域を 2[m]×10[m]とした。

○ 被験者 P ：被験者 P は設定した各条件の下で、注視点 T を注視しながら計測区域 10[m] を直進歩行させた。

○ 観測者 O ：観測者 O は、被験者 P の歩行軌跡を計測するために、被験者 P の後方を追従し、歩行中の踵部の映像をビデオカメラで撮影した。撮影時のブレを抑えるためにジンバル雲台にカメラを設置し撮影を行った。

○ 注視条件：歩行中の注視条件として、被験者 P の進行方向と注視点 T の方向のなす角 θ (以下、注視角度) において、注視条件なしの注視点なし、 $\theta=30, 60, 90[\text{deg}]$ の4つのパターンを設定した。

○ 注視点 T ：注視点 T は、実験参加者 Q の頭部とし、被験者 P と注視点 T の注視角度及び距離 2.5[m] を一定にするために被験者 P の進行方向に速度を保ち直進させた^{注1)}。注視点の高さは、歩行者の水平近傍視野の角度を解明するために、平均的な眼高と同じ高さ 1.5[m] とした。また、進行方向に対して x 軸の正方向に注視点を設定した。

○ 実験参加者：年齢 20～22 歳の大学生 5 名であり、身長は日本の平均身長^{文10)} $\pm 5[\text{cm}]$ 以内である^{注2)}。

3.2 歩行運動データの計測方法

本実験で収集した歩行運動データは、各試行における計測対象区域内の歩数と歩数ごとの進行方向に対して左右の移動量である。まず、観測者 O が撮影した被験者 P の踵部の映像から、踵の接地位置(S)を同定する。その際、25[cm]間隔に印を付けたテープを y 軸方向に 50[cm] 間隔に床に貼り付け、印を目安に 5 [cm] 単位で計測を行った。次に両足の踵の接地位置から中点を算出し、これを歩行位置 (P) とする。一歩毎の歩行位置の移動軌跡を歩行軌跡とみなした。

4. 歩行運動データの分析方法

歩行実験における各注視条件下での 10[m] の歩行を 1 試行とし、同被験者の計測区域内での平均歩数と比べ、歩数の差が 2 歩以上の試行は正常時の歩行でないと判断し、分

表3 歩行実験概要

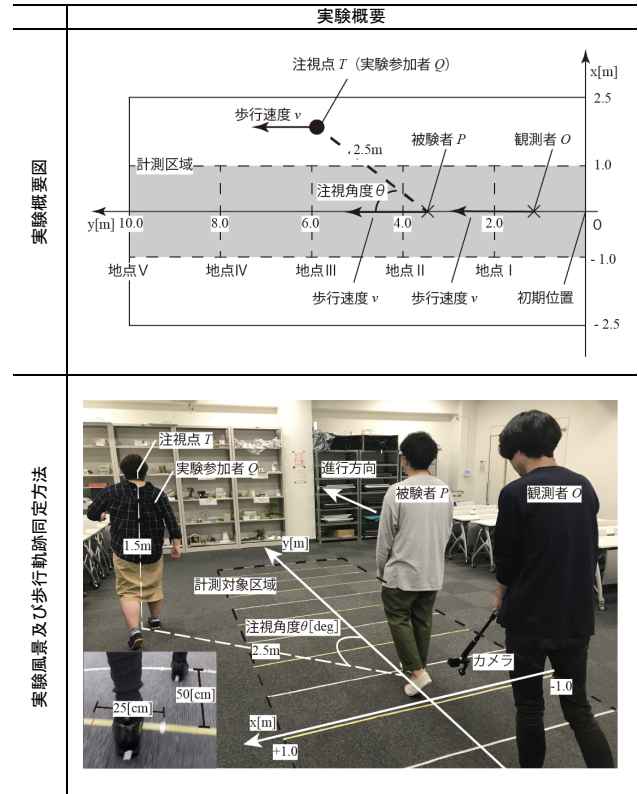


図4 歩行軌跡計測と分析方法

析の対象から外した。分析では、各被験者の慣れを考慮し、各条件下での繰り返し回数が少ない方から 25 回の試行データを採用した(表 4)。分析対象試行回数は、計 500 回である。また、歩数の異なる歩行の比較と初期位置からの歩行距離を推定する為に、計測区域内での歩数を基に、10[m]を5つの地点分け、各地点における数値を抽出した(表 5)。尚、各地点は歩行開始位置から約 2[m]間隔に位置する(以下、地点 I - V とする)。また、計測された歩行運動に関して、次の二つの観点から分析を行った(図 4)。

○ 歩行位置データ

歩行者の進行方向に対して横方向の移動による歩行位置を表す。歩行開始位置を原点とし、正の方向に注視対象物を設置されている。つまり、正の数値は注視対象物の設置方向への移動を表し、負の数値はその逆を表す。

○ 歩行挙動データ

各試行内における歩行位置のばらつきを示す標準偏差の値を歩行挙動データとした。つまり、数値が小さい場合は直進歩行、数値が大きい場合は蛇行や偏軌が生じた歩行であることを示す。これを用い、歩行挙動の乱れを評価する。

4.1 歩行位置データに基づく分析

歩行実験で計測された 1 歩毎の歩行位置データを用い分析を行った(表 6)。「注視条件」による歩行運動の違いを検討する。該当するデータは、Levene 検定により等分散性が確認できなかった(表 7)。そこで、ノンパラメトリック手法である、Friedman 検定を行った。その結果、有意水準 5% において、注視条件間の中央値に関して有意な差が示された($p < .001$)。つまり注視条件の少なくとも 1 つに差があることがわかった。そこで各注視条件間の比較として、Scheffe の多重比較検定を行った(表 8)。その結果、注視点なしの歩行と比べ、注視角度 $\theta=30$ の歩行では有意な差が確認できなかったが、注視角度 $\theta=60, 90$ の歩行では有意な差が確認された。注視角度 $\theta=30$ と 60 及び $\theta=30$ と 90 での歩行の比較では差が有意であった。また、注視角度 $\theta=60$ と $\theta=90$ での歩行では有意な差が確認できなかったため、同程度の歩行であると推測される。データの性質及び分析手法を考慮し、歩行位置データを用いた「歩行距離」の検討は適切ではないと判断した。

4.2 歩行挙動データに基づく分析

「歩行距離」による影響を考慮し分析を行うために、歩行挙動データを用いた分析を行った(表 9)。歩数を基に分けた 5 つの地点における歩行挙動データから箱ひげ図を作成した(図 5)。この図より、注視角度が広がるにつれて標準偏差の値が大きくなることから、歩行位置のばらつきが増えることが示唆された。歩行の乱れに関して「注視条件」と「歩行距離」を要因として検討を行った。該当データは Levene 検定により各群の等分散性が確認できた(表 10)。繰り返しのある二元配置分散分析を行った(表 11)。その結果、「注視条件」と「歩行距離」の主効果が有意であった(注視条件; $F(3, 1860) = 117.40, p < .001$, 歩行距離; $F(4, 1860) = 141.98, p < .001$)。また、交互作用が有意であった(交互作用; $F(12, 1860) = 4.00, p < .001$)。交互作用が有意であったことから、単純主効果の検定を行った。尚、検定の多重性を考

慮し、Bonferroni 法により有意水準の調整を行った。「歩行距離」については、いずれの注視条件でも歩行距離の単純主効果が有意であった(注視点なし; $F(4, 2478) = 11.99, p < .001, \theta=30$; $F(4, 2478) = 19.08, p < .001$; $\theta=60$; $F(4, 2478) = 35.21, p < .001, \theta=90$; $F(4, 2478) = 63.11, p < .001$)。「注視条件」についても、いずれの歩行距離でも注視条件の単純主効果が有意であった(地点 I; $F(3, 1860) = 8.61, p < .001$, 地点 II; $F(3, 1860) = 20.62, p < .001$, 地点 III; $F(3, 1860) = 29.95, p < .001$, 地点 IV; $F(3, 1860) = 42.57, p < .001$, 地点 V; $F(3, 1860) = 58.58, p < .001$)。

表 4 分析対象試行回数[回]

被験者	注視点なし	$\theta=30$	$\theta=60$	$\theta=90$	合計
i_a	25	25	25	25	100
i_b	25	25	25	25	100
i_c	25	25	25	25	100
i_d	25	25	25	25	100
i_e	25	25	25	25	100
合計	125	125	125	125	500

表 5 分析対象データ数

地点	注視点なし	$\theta=30$	$\theta=60$	$\theta=90$	合計
地点 I	125	125	125	125	500
地点 II	125	125	125	125	500
地点 III	125	125	125	125	500
地点 IV	125	125	125	125	500
地点 V	125	125	125	125	500
合計	625	625	625	625	2500

表 6 歩行位置データー基本統計量

項目	注視点なし	$\theta=30$	$\theta=60$	$\theta=90$
平均[cm]	0.1	0.0	-1.9	-1.5
標準偏差[cm]	4.0	5.1	7.4	7.7
最小[cm]	-12.5	17.5	-30.0	-32.5
最大[cm]	15.0	17.5	22.5	22.5
データ数	625	625	625	625

表 7 歩行位置データーLevene 検定

注視条件	F 値	自由度 1	自由度 2	P 値
注視点なし	8.6634	4	620	$p < .001$
$\theta=30$	8.3725	4	620	$p < .001$
$\theta=60$	10.9139	4	620	$p < .001$
$\theta=90$	14.0367	4	620	$p < .001$

表 8 歩行位置データーScheffe の多重比較

注視条件	$\theta=30$	$\theta=60$	$\theta=90$
注視点なし	$p = 0.9997$	$p < .001$	$p < .001$
$\theta=30$		$p < .001$	$p < .001$
$\theta=60$			$p = 0.8984$

表 9 歩行挙動データー基本統計量

項目	注視点なし	$\theta=30$	$\theta=60$	$\theta=90$
平均[cm]	2.2	2.5	3.4	3.4
標準偏差[cm]	1.1	1.1	1.6	2.0
最小[cm]	0	0	0	0
最大[cm]	6.3	7.1	10.9	11.9
データ数	625	625	625	625

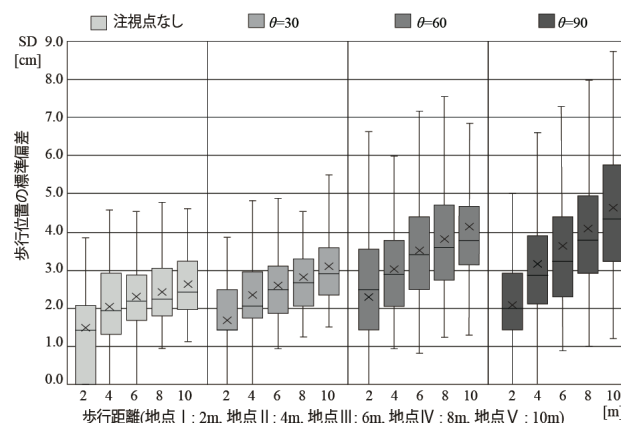


図 5 歩行挙動データー箱ひげ図

「注視条件」の各水準を比較するために、Bonferroni 法による多重比較を行った(表 12)。地点Ⅰにおいて、注視点なしと注視角度 $\theta=30$ での歩行の比較では差が有意ではなく、注視角度 $\theta=30$ での歩行では、約 2[m]の歩行距離ならば注視点なしと同程度の歩行挙動の乱れであると示唆される。地点Ⅱ及び地点Ⅲにおいて、注視角度 $\theta=60$ と $\theta=90$ での歩行の比較では、有意な差が確認されなかった。つまり 4-6[m]の歩行距離において、注視角度 $\theta=60$ と $\theta=90$ の歩行は、同程度の歩行挙動の乱れが発生すると推測される。その他の注視条件間における歩行挙動の比較では、いずれも有意な差が確認され、歩行距離と注視条件の違いによって歩行挙動が異なることが示された。

4.4 相関分析・回帰分析

歩行距離と歩行挙動の乱れの関係を分析する為に、歩数と各注視条件での歩数毎の歩行挙動データを基に散布図の作成及び相関分析・回帰分析を行った。散布図及び回帰線を(図 6)、注視条件別相関係数及び決定係数を(表 13)、注視条件別回帰方程式を(表 14)に示す。相関分析の結果より、歩数と歩行挙動の乱れに関して、注視点なし($R=0.49$)の歩行では弱い相関、注視角度 $\theta=30$ ($R=0.67$)と注視角度 $\theta=60$ ($R=0.68$)の歩行では中程度の相関、注視角度 $\theta=90$ ($R=0.76$)の歩行では強い相関があることが確認できた。回帰分析の結果より、線形近似に関して、決定係数が示す回帰方程式の精度は、注視角度 $\theta=90$ ($R^2=0.69$)での歩行のみ、やや良い結果になったが、その他の注視条件下での歩行では、いずれも良いとは言えない結果となった。対数近似に関して、決定係数が示す回帰方程式の精度は、注視角度 $\theta=90$ ($R^2=0.70$)での歩行のみ、やや良い結果になったが、その他の注視条件下での歩行では、いずれも良いとは言えない結果となった。また、回帰方程式に関して、いずれの注視条件においても、対数近似の方が直線近似より精度が高いことが示された。

4.5 分析のまとめ

歩行者の注視角度と歩行運動の関係を明らかにするために、歩行位置データおよび歩行挙動データを用いた分析を行った。5つの地点における歩行位置に関しては、「注視条件」により歩行運動が変化することが示された。注視条件間の多重比較により、注視点なしの歩行と注視角度 $\theta=30, 60$ での歩行及び注視角度 $\theta=30$ と $\theta=60$ での歩行では、有意な差が確認され、それぞれ異なる位置を歩行することが示唆された。一方、注視点なしの歩行と注視角度 $\theta=30$ での歩行及び注視角度 $\theta=60$ と $\theta=90$ での歩行の比較では、歩行位置に有意な差が確認されず、それぞれの歩行位置に差がないことが示唆された。

5つの地点における歩行挙動に関して、「注視角度」と「歩行距離」を要因として二元配置分析を行った結果、2 要因による交互作用が確認された。単純主効果の検定により、それぞれの単純主効果が各水準の組み合わせにおいて有意であることが示されたため、注視条件に関して多重比較分析を行った。その結果、注視角度 $\theta=30$ での歩行では、歩行距離が 2[m]を超えると、注視条件の影響により歩行挙動に乱れが生じると示唆された。また注視角度 $\theta=60$ 及び $\theta=90$

表 10 歩行挙動データ-Levene 検定

注視条件	F 値	自由度 1	自由度 2	P 値
注視点なし	1.9446	4	620	0.1015
$\theta=30$	0.6352	4	620	0.6375
$\theta=60$	1.0843	4	620	0.3633
$\theta=90$	0.7208	4	620	0.5779

表 11 歩行挙動データ-分散分析表

要因	変動	自由度	分散	F 値	P 値
歩行距離	883.76	4	220.94	117.40	$p < .001$
注視条件	801.59	3	267.20	141.98	$p < .001$
交互作用	90.27	12	7.52	4.00	$p < .001$
繰り返し誤差	4667.17	2480	1.88		
合計	6442.79	2499			

表 12 歩行挙動データ-多重比較

地点名 (歩行距離)	注視条件	$\theta=30$	$\theta=60$	$\theta=90$
地点Ⅰ (2m)	注視点なし	$p = 0.185, n.s$	$p < .001, **$	$p < .001, **$
	$\theta=30$		$p < .001, **$	$p < .001, **$
	$\theta=60$			$p < .01, **$
地点Ⅱ (4m)	注視点なし	$p < .01, **$	$p < .001, **$	$p < .001, **$
	$\theta=30$		$p < .001, **$	$p < .001, **$
	$\theta=60$			$p = 0.448, n.s$
地点Ⅲ (6m)	注視点なし	$p < .01, **$	$p < .001, **$	$p < .001, **$
	$\theta=30$		$p < .001, **$	$p < .001, **$
	$\theta=60$			$p = 1.00, n.s$
地点Ⅳ (8m)	注視点なし	$p < .001, **$	$p < .001, **$	$p < .001, **$
	$\theta=30$		$p < .001, **$	$p < .001, **$
	$\theta=60$			$p < .005, *$
地点Ⅴ (10m)	注視点なし	$p < .001, **$	$p < .001, **$	$p < .001, **$
	$\theta=30$		$p < .001, **$	$p < .001, **$
	$\theta=60$			$p < .001, **$

有意水準 5% * 有意水準 1% **

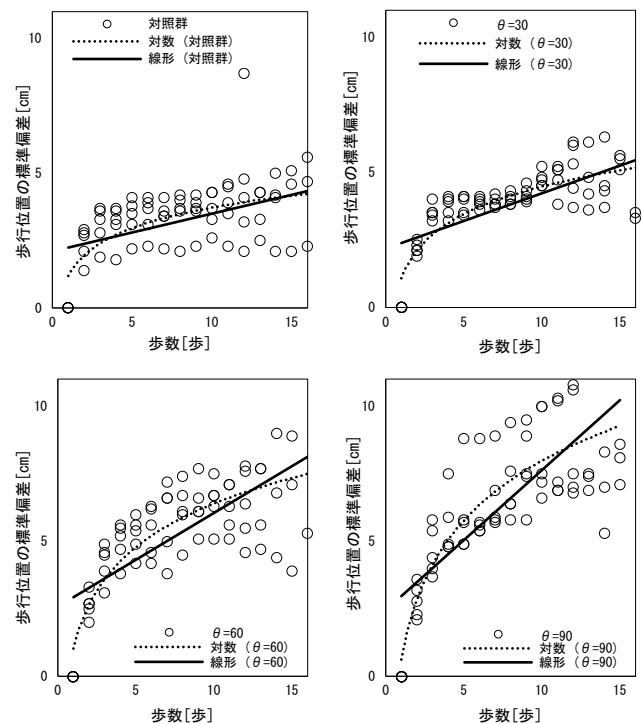


図 6 注視条件別左右の乱れ散布図及び回帰線

表 13 注視条件別回帰方程式

近似	係数	注視点なし	$\theta=30$	$\theta=60$	$\theta=90$
線形近似	相関係数 R	0.49	0.67	0.68	0.76
	決定係数 R^2	0.24	0.44	0.46	0.69
対数近似	決定係数 R^2	0.39	0.69	0.63	0.70

表 14 注視条件別相関係数及び決定係数

注視条件	線形回帰方程式	非線形回帰方程式
注視点なし	$y = 0.1399x + 2.1016$	$y = 1.1005\ln(x) + 1.19$
$\theta=30$	$y = 0.2046x + 2.1798$	$y = 1.4736\ln(x) + 1.083$
$\theta=60$	$y = 0.3441x + 2.5864$	$y = 2.3182\ln(x) + 1.0375$
$\theta=90$	$y = 0.5181x + 2.4475$	$y = 3.1929\ln(x) + 0.6197$

での歩行では、歩行開始直後に注視条件の影響によって歩行挙動に乱れが生じることが推測され、歩行距離が4-6[m]の区間では、それぞれの歩行挙動の乱れに差がないことが示された。

歩行距離と歩行挙動の変化の関係の検討として、歩数と歩行挙動の乱れを示す歩行位置の標準偏差を基に分析を行った。相関分析の結果より、注視点なしの歩行では弱い相関、注視角度 $\theta=30$ と注視角度 $\theta=60$ の歩行では中程度の相関、注視角度 $\theta=90$ の歩行では強い相関があることが確認できた。つまり、注視角度が大きくなるにつれ、歩行距離と歩行挙動の乱れの関係が強くなることが示された。

回帰分析の結果より、算出された回帰方程式を用いることは、精度が低く不適切であることが分かった。また、回帰式の精度を表す決定係数が対数近似の方が直線近似よりも大きいことから、歩行距離が増えることによって歩行挙動の乱れが大きくなり続けるのではないことが示された。これは、周辺視野領域内での歩行空間の情報取得により、歩行中に歩行挙動の乱れが補正されると推測される。

以上より、注視角度 $\theta=30$ の歩行では、注視点なしの歩行と比べ歩行位置に差は確認できなかったが、歩行挙動に差がみられた。注視角度 $\theta=60$ の歩行では、注視点なしの歩行と比べ歩行位置及び歩行挙動に差がみられた。よって本研究で定義する水平近傍視野角は $30 \leq \theta \leq 60$ であると示唆される。

5. 結章

5.1 本研究の成果

本研究で得られた成果を以下にまとめる。尚、水平方向の視野角度に関して、歩行者の進行方向と注視方向のなす角を注視角度とした。

○ 注視角度 30 度の歩行では、通常時の歩行と比べ、歩行位置は同程度だが、歩行挙動は異なることが示唆された。

○ 一定方向を注視することによる歩行挙動への影響に関して、注視角度 30 度での歩行では、歩行距離が 2[m]以上の影響があらわれはじめることが確認された。一方、注視角度 60 度と 90 度での歩行では、歩行距離が 2[m]以内においても影響が確認された。

○ 本研究で定義する近傍視野領域の水平外側角は、進行方向に対して 30 度以上 60 度未満であると示唆された。

○ 歩行距離と歩行挙動の乱れに関して、相関分析により、注視角度が大きくなるにつれ、歩行距離と歩行挙動の乱れの関係が強くなることが示された。また、回帰分析により、歩行距離が増えることにより歩行挙動の乱れが収まる傾向が推測された。

5.2 本研究の総括と今後の展望

本研究では、歩行者の視線からの情報取得に着目し、歩行実験による歩行軌跡の分析を行った。その結果、歩行中の注視と歩行運動の関係を見出し、本研究で定義した近傍視野領域に関する知見を得ることができた。しかし、非常に限定的な条件下での実験である点や実験参加者が少数である点、歩行者の視線計測を行っていない点が課題として挙げられるため、今後の研究課題とする。

注釈

注1) 各実験における注視条件角を保つために、被験者の歩行速度を考慮した実験参加者の選定、事前の練習及び実験中の口頭により実験参加者への指示をした。

注2) 実験参加者である大学生は、本研究で対象とする駅構内通路の利用者である成人と同程度の運動能力を持つものとみなした。

参考文献

- 1) 佐野友紀・高柳英明・渡辺仁史、歩行領域モデルを用いた群集交差流動における集団化現象の解析、日本建築学会第 23 回情報システム利用技術シンポジウム論文集[論文]、pp. 157-162、2000. 12
- 2) 高柳英明、山田昇吾、柴原寛子、菅原将太:Traj-Scalar 法による歩行空間の局所混雑の可視化に関する研究、日本建築学会技術報告集、第 22 巻 52 号、pp. 1067-1071、2016. 10
- 3) 高柳英明：全地球動画像解析による歩行者の全周異型回避領域の算出に関する研究日本インテリア学会論文報告集第 28 号、pp. 71-76、2018. 3
- 4) 畑田豊彦：視覚表示装置の見やすさ、産業技術総合研究所人間福祉医工学研究部門編-人間計測ハンドブック、朝倉書店、2003
- 5) 社団法人日本建築学会編：設計資料集成 - 人間、丸善株式会社、pp58-61・126-133、2003. 1
- 6) 高柳英明、佐野友紀、渡辺仁史：群集交差流動における歩行領域確保に関する研究-歩行領域モデルを用いた解析-、日本建築学会計画系論文集、66(549)、pp. 185-191、2001. 11
- 7) 佐野友紀、高柳英明、渡辺仁史：空間-時間系モデルを用いた歩行者空間の混雑評価、日本建築学会計画系論文集、第 555 号、pp191-197、2002
- 8) 中野隆史、田中一成、吉川眞：駅空間における群集流動解析、地理情報システム学会講演論文集、2007. 10
- 9) 柳沢豊、山田辰美、平田圭二、佐藤哲司：視線に基づくサブゴール決定過程を取り入れた歩行者モデル、情報処理学会論文誌 47(7)、pp2160-2167、2006. 7
- 10) 浅野美帆、桑原雅夫：先読み行動を考慮した歩行者交通流シミュレーション、東京大学生産技術研究所、生産研究 59(3-1)、38-41、2007
- 11) 厚生労働省：平成 26 年国民健康・栄養調査報告 pp194-195、2014. 3
- 12) 南武俊介、高橋伸、田中二郎：公共大画面への注視情報取得システム、情報処理学会シンポジウムシリーズ 1 号、pp. 222-229、2008

(2019 年 9 月 30 日原稿受理、2019 年 12 月 7 日採用決定)