

上り階段に向かう街路空間における期待感最大位置及びその強さ

- 3DCG アニメーションを用いた評価実験とその分析 -

STUDY ON THE POSITION OF MAXIMAL ANTICIPATION AND ITS INTENSITY
WITHIN A STRAIGHT STREET INCLUDING OUTDOOR ASCENDING STAIRS

- Analysis of the evaluation results of simulated street scenes using 3D CGI -

松本直司*, 近藤浩輝**, 山本哲也***

Naoji MATSUMOTO, Hiroki KONDO and Tetsuya YAMAMOTO

This study aims to elucidate the anticipation factor in a street with uphill stairs. The maximal anticipation position and strength was defined by computer graphics animation. The results led to an equation for estimating anticipation. The maximal anticipation distance was directly proportional to the observer's view angle. The increase of this distance depended also on the increase of the stairs slope angle as well as the increase of their rise. The anticipation strength was directly proportional to the value of the stairs run and inversely proportional to the angle of the stairs slope.

Keywords: anticipation, street space, outdoor stairs, computer graphics animation

期待感, 街路空間, 屋外階段, CGアニメーション

1. はじめに

高低差のある街路は、坂道や、階段を伴う。ここでは、人々は水平移動による景観変化と同時に、垂直移動による景観変化を知覚することになる。垂直方向の移動により、景観をダイナミックに変化させ、この先はどうなっているのだろうかといった、空間の急激な変化に対する不安や期待を抱く。このような高さの変化を人々は幾度となく経験しているだけに、これから現われるであろう景観に対する予測と意外性を経験することになる。

階段を上り下りする際、人々の視線は上下、左右と至るところに向けられる。その際に体験する景観変化により、一層先の空間への期待が高まることになる。この時、距離が長い階段では景観変化がより大きくなり、抱く期待も高いといった、階段の形態や、手摺などの付加要素が人々にもたらす心理的影響があるのではないだろうか。

筆者らは、「先の空間に行ってみたい、導かれる、吸い込まれる」といった動的魅力を期待感^{x1,2)}と定義し、これまでに期待感をもたらす、曲線^{x3)}や折れ曲がり^{x4)}、坂道^{x5,6)}、ゲート^{x7)}などを伴う空間等での期待感の研究を行ってきた。そして移動によるシークエンスの変化における期待感強さの関係やその時の期待感最大位置について明らかにした。

本研究では、坂道よりその勾配が大きい階段を伴う街路空間を対

象とし、期待感と物的形状との関係を明確化することを目的とする。坂道空間を対象に行った既往研究^{x8)}において、坂道水平長さが長く、坂道勾配は大きくなるほど期待感の最大値は高まる、という結論を得ている。しかし、坂道よりも勾配の大きい階段においては、上る際の負荷が大きくなり、勾配の大きいことが先に進むことへの抵抗となり、期待感は弱くなるのではないだろうか。

階段に関する既往研究では、李ら^{x9)}は年齢層の違いによる階段空間の心理的評価の構造差を明らかにしている。柳瀬ら^{x9)}は蹴上・踏面寸法と階段昇降時の印象との関係を明らかにしている。また筆者らの既往研究^{x10)}では、街路(階段)幅員と踊場の位置による期待感への影響を明らかにしている。しかし、街路空間における階段には、手摺が設けられたり、街灯があつたりと、連続する物的要素が存在することがある。この物的要素は、連続することにより、先の空間の状況を予測させ、人々の期待をより高めているであろう。

そこで本研究では、空間の形状に着目し、それ以外の要素を可能な限り除去した単純な形状での実験を可能にする3DCGアニメーションを用いた評価実験を行い、手摺がある屋外上り階段に向かう街路空間における期待感について、最も強まる位置及びその強さと物理量の関係を探るという観点で研究を進める。そして、階段勾配の変化と手摺の有無及び設置個所が期待感に及ぼす影響を明らかにする。

* 名古屋工業大学大学院工学研究科 教授・工博
** 株式会社熊谷組
*** 名古屋工業大学大学院工学研究科 博士前期課程

Prof., Graduate School, Nagoya Institute of Technology, Dr. Eng.
KUMAGAI GUMI CO., LTD.
Grad. Std. of Socio Engineering, Nagoya Institute of Technology

2. 街路における階段の空間構成

街路上に存在する階段は、レベルの違う土地と土地をゆるやかに結び付け、街路に立体的な効果をもたらす。階段は単なる移動空間だけではなく、形態や構成に空間的な魅力を持たせる事ができる。階段は街路空間に変化をもたらす、我々にダイナミックな心理的影響を及ぼしている。動的魅力である期待感も、このような空間をもたらす心理作用の一つである。その先の空間に行きたくなる、階段を上りたくなる、下りたくるといった感覚である。我々は一体、階段空間のどのような形態、構成によって魅力を感じているのだろうか。

2.1 屋外階段を伴う街路空間構成

都市における屋外階段を伴う街路空間の構成及び形態を把握するため、愛知県名古屋市の中心地区である名古屋駅周辺、名古屋城周辺、栄・伏見地区と住宅が多く見られる鶴舞地区、覚王山地区の全ての階段空間において現地踏査を行った。その結果、図1に示す67箇所の街路空間が抽出された。屋外階段空間の形状として、階段幅員は2~4mが多い。階段高低差は6m以下が多く、特に2m以下の高低差のものも多く存在する。階段勾配は1/3~1/2の勾配が多い。屋外階段の手摺は階段の両端に設置されているものが最も多く、次いで中央のみ設置されているものが多い。

踏査結果をもとにして、階段勾配、階段高低差、踊り場の踏幅や手摺を変化させた実験対象空間パターンを決定する。

3. 手摺が無い屋外上り階段に向かう場合の期待感

3.1 実験内容

3.1.1 実験方法

手摺が無い場合の屋外上り階段に向かう街路空間において、階段勾配と階段高低差と踊り場の踏幅との関係より屋外上り階段に向かう街路空間の期待感を分析するため、実験対象空間を図2のように定めた。建物は、戸建住宅1戸あたりの延べ床面積は平成20年の住宅・土地統計調査より121㎡~126㎡とし、それより住居が7m×7mの面積で2階建て(約7m)で建てられていると予測した。そして狭い方が間口であると仮定した結果、間口7m、建物高さ7m、建物間距離1mの建物空間とした。また、既往研究²⁾や予備実験の結果から、街路幅員を3m、歩行距離を40mとした。実験は、これらの空間において、図2のB地点からA地点までを歩行速度80m/min(約1.3m/sec)²⁾で移動する3DCGアニメーションを作成し、その映像を被験者21名(建築系学生：男性17名、女性4名)に提示した。なお、実験は実験者(1名)と被験者(1名)しかいない部屋にて1名ずつ行い、パソコンモニタにアニメーション映像をそれぞれ映した。また、順序効果による評価の偏りが発生しないように1名ずつランダムな順で提示した。

3.1.2 被験者の評価方法

期待感最大位置は調整法、期待感強さはME法(マグニチュード推定法)を用いて求めた。調整法とは、被験者自らがアニメーションを操作し、期待感が最も強まる位置を特定するものである。データとして、アニメーション映像の再生時間を測定し、その秒数データを基にしてコマ数を計算し、階段分節点からの距離(期待感最大位置)を求めた。またME法とは、被験者が自分自身の感じている感覚の大きさに関し、数量的な判断が出来ることを前提に、被験者が記入する数値から直接的に尺度を構成するものである。本研究における期

待感の実験では、標準刺激を変化の基準とする屋外上り階段に向かう街路空間とし、標準刺激の物理量を変化させた屋外上り階段に向かう街路空間を比較刺激とする。ME法においては、この標準刺激の大きさを100と定め、標準刺激に対して比較刺激の大きさ感がどのくらいであるかを答えさせ、それを評価値として捉えるものである。期待感の実験においては、この評価値を期待感の強さの評価値として用いることとする。判断値は標準刺激に対して期待感が半分と感じたら50、2倍と感じたら200であり、この判断値に制限はないものとする。(実験期間：平成22年10月5日~15日)

3.2 被験者の評価傾向

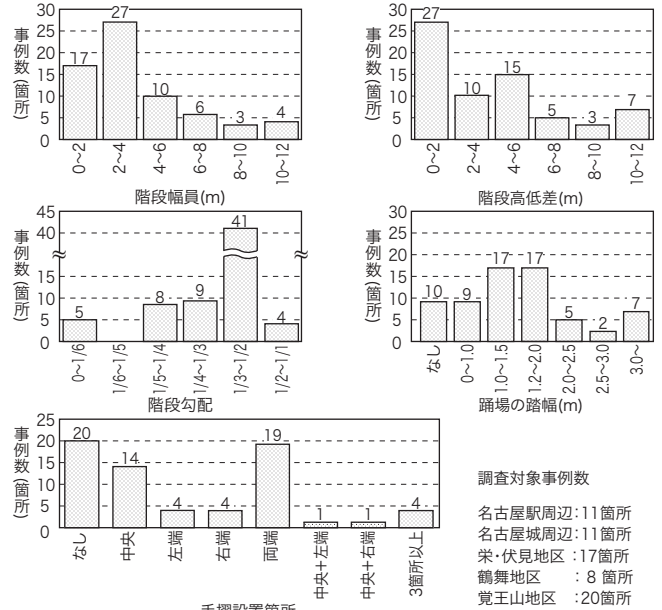


図1 屋外階段を伴う街路空間構成の抽出

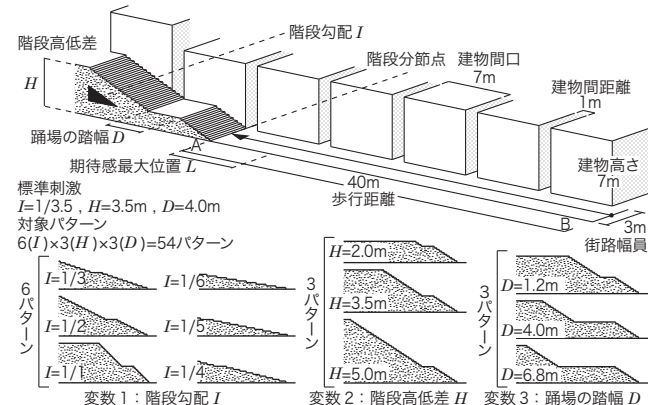
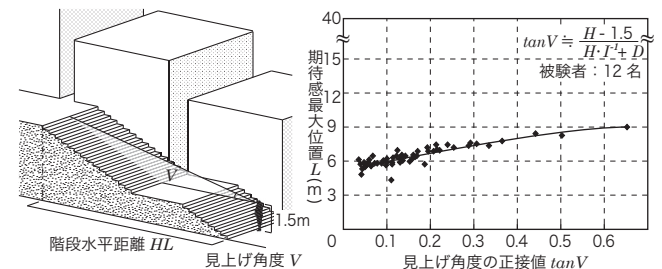


図2 評価実験における実験対象空間



被験者の評価傾向を求めるため、被験者を変量、期待感最大位置(距離)と期待感強さ(対数値)をサンプルとし、「評価構造に基づく被験者傾向分析」^{※2)}を行った。これにより、期待感最大位置については被験者21名のうち12名を、期待感強さについてはその12名のうち8名を分析対象とした。また、図3に階段への見上げ角度 V と階段水平距離 HL の定義を示す。

3.3 期待感要因の抽出

3.3.1 期待感最大位置

階段への見上げ角度の正接 $\tan V$ と屋外階段における期待感最大位置の関係を図4に示す。期待感最大位置は見上げ角度の正接 $\tan V$ との相関が高く、見上げ角度の正接 $\tan V$ が大きいほど、階段分節点から遠くなる。また実験対象空間別の期待感最大位置を図5に示す。

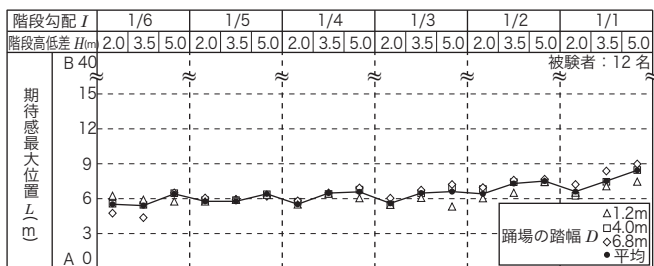


図5 実験対象空間別の期待感最大位置

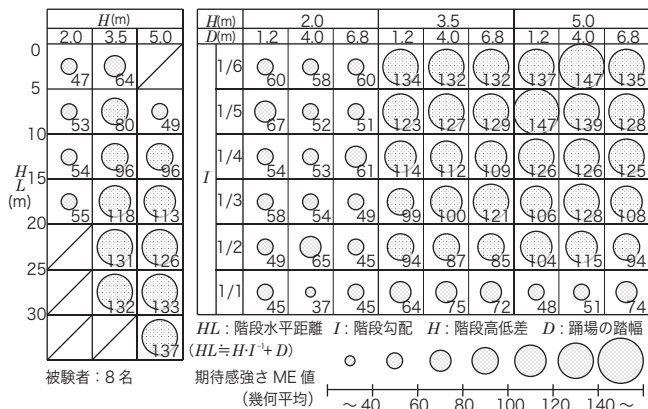


図6 実験対象空間別の期待感強さ

階段勾配と階段高低差が共に大きいほど、階段分節点から遠くなる。

3.3.2 期待感強さ

期待感強さと物理量の関係を探るため、期待感強さを実験対象空間別に示したものを図6に示す。階段水平距離との関係が強く、階段水平距離が長いほど、期待感強さは大きくなる。また、階段高低差が大きいほど、階段勾配が小さいほど期待感強さは大きくなる。

3.4 期待感の予測

3.4.1 期待感最大位置

期待感最大位置を予測するため、期待感最大位置 L (距離)を目的変数とし、実験において期待感最大位置と相関が高かった階段への見上げ角度の正接 $\tan V$ を説明変数として重回帰分析を行った。結果、図7に示す重相関決定係数が0.78の予測式が得られた。

3.4.2 期待感強さ

期待感強さを予測するため、期待感強さ Y (対数値)を目的変数とし、実験において期待感強さと相関が高かった階段水平距離 HL を説明変数として重回帰分析を行った。結果、図8に示す重相関決定係数が0.62の予測式が得られた。

3.5 期待感とその要因

期待感とその要因の関係を図9に示す。得られた予測式より、期

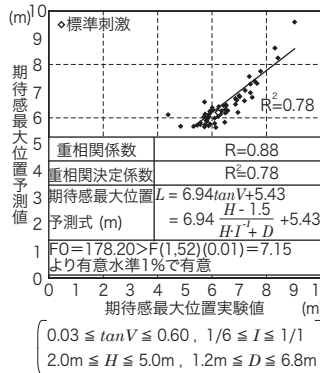


図7 期待感最大位置の予測式及び実験値と予測値の相関図

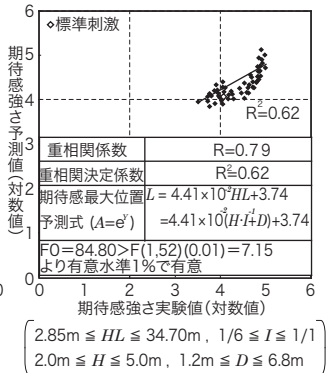


図8 期待感強さの予測式及び実験値と予測値の相関図

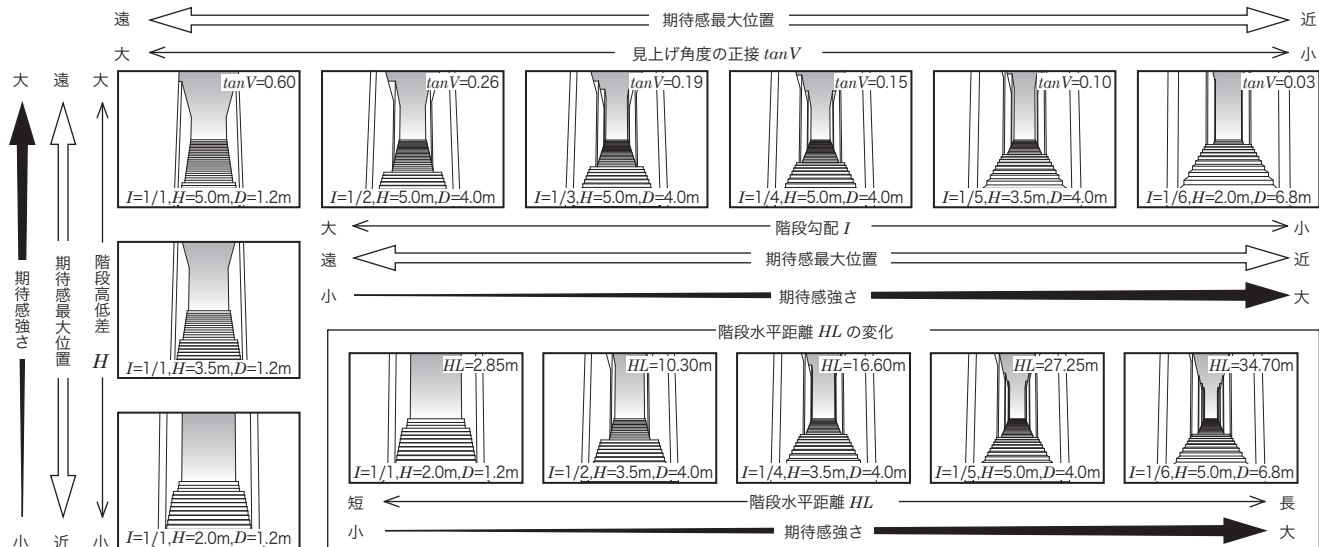


図9 屋外上り階段に向かう場合の期待感と物理量の関係(手摺無)

待感最大位置は階段分節点から5.43m後退した位置より、最も相関のある見上げ角度の正接tanVが大きいほど遠くなる。また、階段勾配、階段高低差が共に大きいほど遠くなる。その位置での期待感強さは、最も相関のある階段水平距離が長いほど大きい。また、階段高低差が大きく、階段勾配が小さいほど期待感強さは大きくなる。

4. 手摺がある屋外上り階段に向かう場合の期待感

4.1 実験内容

前章では、手摺が無い場合の屋外上り階段に向かう街路空間において、階段勾配、階段高低差、見上げ角度の正接tanV、階段水平距離と期待感の関係が明らかとなった。そこで、本実験では手摺が設置された場合において、期待感最大位置及びその強さと要因について分析を行う。手摺設置箇所が期待感に影響を及ぼすと仮説を立て、現地調査より事例の多く見られた設置箇所を選定して実験を行った。

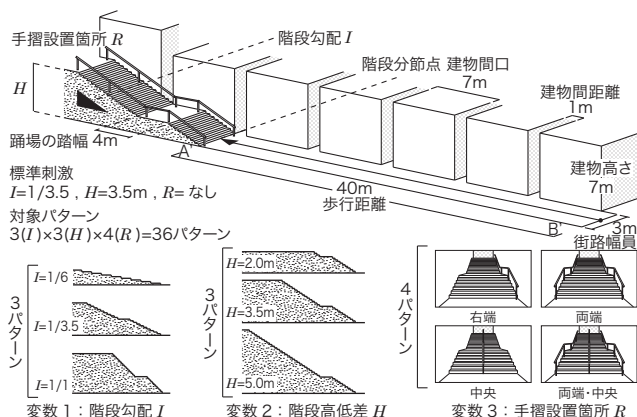


図10 評価実験における実験対象空間

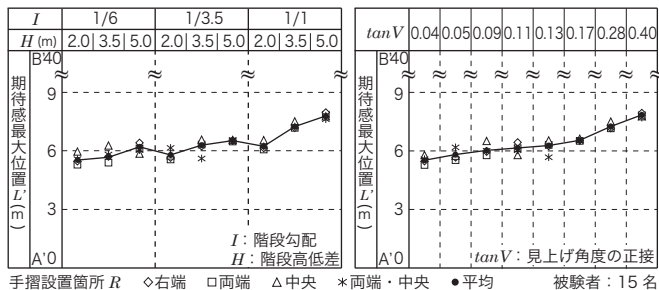


図11 実験対象空間別の期待感最大位置

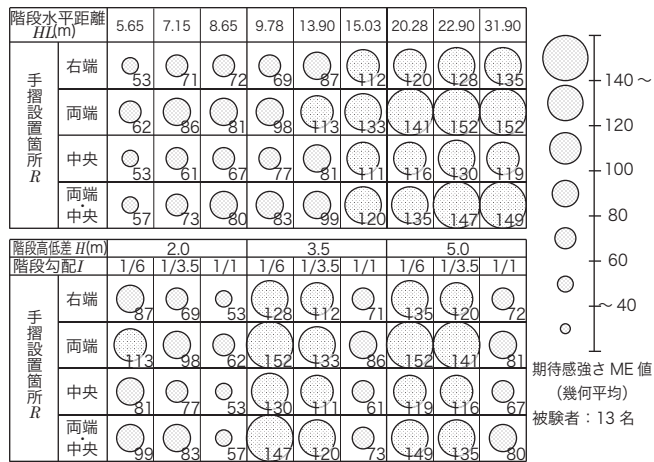


図12 実験対象空間別の期待感強さ

以上より、実験対象空間を図10のように定めた。実験は、これらの空間において、図10のB'地点からA'地点までを歩行速度80m/min (約1.3m/sec)²¹⁾で移動する3DCGアニメーションを作成し、その映像を被験者21名(建築系学生: 男性17名、女性4名)に提示した。なお、実験は実験者(1名)と被験者(1名)しかいない部屋にて、被験者1名ずつ行い、パソコンモニタにアニメーション映像をそれぞれ映した。また、順序効果による評価の偏りが発生しないように1名ずつランダムな順で提示した。期待感最大位置は調整法、期待感強さはME法(マグニチュード推定法)を用いて求めた。(実験期間: 平成22年11月29日~12月4日)

4.2 被験者の評価傾向

被験者の評価傾向を求めるため、被験者を変量、期待感最大位置(距離)と期待感強さ(対数値)をサンプルとし、「評価構造に基づく被験者傾向分析」²²⁾を行った。これにより、期待感最大位置については被験者21名のうち15名を、期待感強さについてはその15名のうち13名を分析対象とした。

4.3 期待感要因の抽出

4.3.1 期待感最大位置

実験対象空間別の期待感最大位置を図11に示す。見上げ角度の正接tanVとの関係が強く、期待感最大位置は見上げ角度の正接tanVが大きいほど、階段分節点から遠くなる。また、階段勾配と階段高低差が共に大きいほど、階段分節点から遠くなる。手摺設置箇所別に期待感最大位置を見ると、中央に設置が他と比べ、わずかに階段分節点から遠くなるが、全体的に大きな差は見られない。

4.3.2 期待感強さ

期待感強さと物理量の関係を探るため、期待感強さを実験対象空間別に示したものを図12に示す。階段水平距離との関係が強く、階段水平距離が長いほど、期待感強さは大きくなる。また、階段勾配が小さいほど期待感強さは大きくなる。手摺設置箇所別に期待感強さを見ると、両端に設置が他と比べ、期待感強さが大きい。また、両

手摺設置箇所	a.右端
重相関係数	R=0.98
重相関決定係数	R ² =0.95
期待感最大位置	L'a = 6.44tanV+5.44
予測式	= 6.44 $\frac{H-1.5}{H \cdot I + 4.0}$ + 5.44
F0=136.13 > F(1,7)(0.01)=12.25	
より有意水準1%で有意	

手摺設置箇所	b.両端
重相関係数	R=0.97
重相関決定係数	R ² =0.94
期待感最大位置	L'b = 6.59tanV+5.29
予測式	= 6.59 $\frac{H-1.5}{H \cdot I + 4.0}$ + 5.29
F0=103.62 > F(1,7)(0.01)=12.25	
より有意水準1%で有意	

手摺設置箇所	c.中央
重相関係数	R=0.95
重相関決定係数	R ² =0.91
期待感最大位置	L'c = 5.62tanV+5.69
予測式	= 5.62 $\frac{H-1.5}{H \cdot I + 4.0}$ + 5.69
F0=68.70 > F(1,7)(0.01)=12.25	
より有意水準1%で有意	

手摺設置箇所	d.両端・中央
重相関係数	R=0.94
重相関決定係数	R ² =0.88
期待感最大位置	L'd = 5.82tanV+5.50
予測式	= 5.82 $\frac{H-1.5}{H \cdot I + 4.0}$ + 5.50
F0=52.00 > F(1,7)(0.01)=12.25	
より有意水準1%で有意	

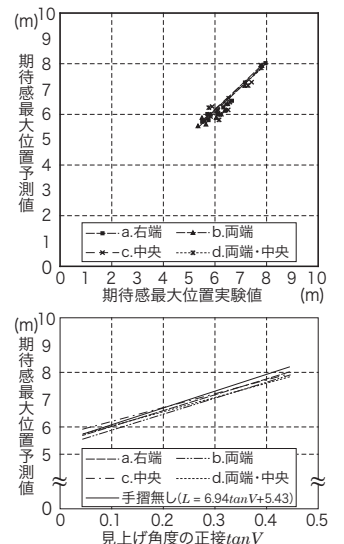


図13 手摺設置箇所別の期待感最大位置の予測式

手摺設置箇所	a.右端
重相関係数	R=0.91
重相関決定係数	R ² =0.83
期待感強さ	$Y'a = 3.56 \times 10^4 HL + 3.95$
予測式 ($A'a = e^{Y'a}$)	$= 3.56 \times 10^4 (HL + 4.0) + 3.95$
予測式 ($A'b = e^{Y'b}$)	$F0 = 34.57 > F(1,7)(0.01) = 12.25$
より有意水準1%で有意	

手摺設置箇所	b.両端
重相関係数	R=0.88
重相関決定係数	R ² =0.77
期待感強さ	$Y'b = 3.28 \times 10^4 HL + 4.19$
予測式 ($A'b = e^{Y'b}$)	$= 3.28 \times 10^4 (HL + 4.0) + 4.19$
予測式 ($A'b = e^{Y'b}$)	$F0 = 22.91 > F(1,7)(0.01) = 12.25$
より有意水準1%で有意	

手摺設置箇所	c.中央
重相関係数	R=0.87
重相関決定係数	R ² =0.76
期待感強さ	$Y'c = 3.44 \times 10^4 HL + 3.93$
予測式 ($A'c = e^{Y'c}$)	$= 3.44 \times 10^4 (HL + 4.0) + 3.93$
予測式 ($A'c = e^{Y'c}$)	$F0 = 21.96 > F(1,7)(0.01) = 12.25$
より有意水準1%で有意	

手摺設置箇所	d.両端・中央
重相関係数	R=0.92
重相関決定係数	R ² =0.84
期待感強さ	$Y'd = 3.74 \times 10^4 HL + 4.03$
予測式 ($A'd = e^{Y'd}$)	$= 3.74 \times 10^4 (HL + 4.0) + 4.03$
予測式 ($A'd = e^{Y'd}$)	$F0 = 36.30 > F(1,7)(0.01) = 12.25$
より有意水準1%で有意	

$$\left[\text{比率} \alpha = \frac{\text{手摺がある場合の期待感強さ (A'a or A'a' or A'c or A'd)}{\text{手摺がない場合の期待感強さ (A=e^Y)} \right]$$

図14 手摺設置箇所別の期待感強さの予測式

端と中央に設置は、階段水平距離が短いと差異はないが、長いほど両端に設置の期待感強さに近づく。

4.4 期待感の予測と手摺の影響

4.4.1 期待感最大位置

期待感最大位置を予測するため、期待感最大位置L'（距離）を目的変数とし、実験において期待感最大位置と相関が高かった階段への見上げ角度の正接tanVを説明変数として手摺設置箇所別に重回帰分析を行った。結果、図13に示す重相関決定係数が、右端に設置が0.95、両端に設置が0.94、中央に設置が0.91、両端と中央に設置が0.88の予測式が得られた。手摺設置箇所別及び前章の手摺が無い場合の予測による期待感最大位置と見上げ角度の正接tanVの関係より、手摺による影響は少ない。

4.4.2 期待感強さ

期待感強さを予測するため、期待感強さY'（対数値）を目的変数とし、実験において期待感強さと相関が高かった階段水平距離HLを説明変数として手摺設置箇所別に重回帰分析を行った。結果、図14に示す重相関決定係数が、右端に設置が0.83、両端に設置が0.77、中央に設置が0.76、両端と中央に設置が0.84の予測式が得られた。手摺設置箇所別の予測値(ME値)を前章の手摺が無い場合の予測値(ME値)で除した比率αと階段水平距離HLの関係を見ると、両端に設置が最も期待感強さが大きく、両端と中央に設置、右端に設置、中央に設置と続く。しかし、階段水平距離が中央に設置は約20m以降、右端に設置は約25m以降は手摺が無い場合に比べ、期待感強さは小さくなる。

5. 結論

以上の結果を図15、図16にまとめる。

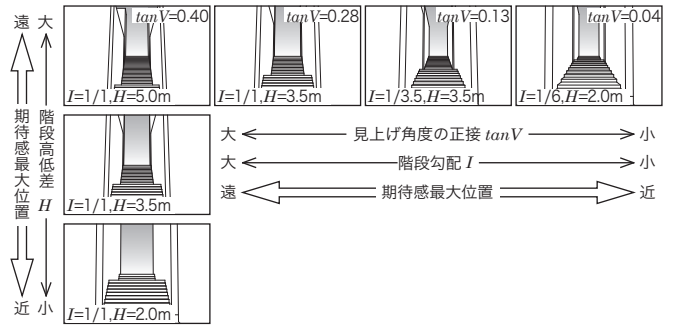
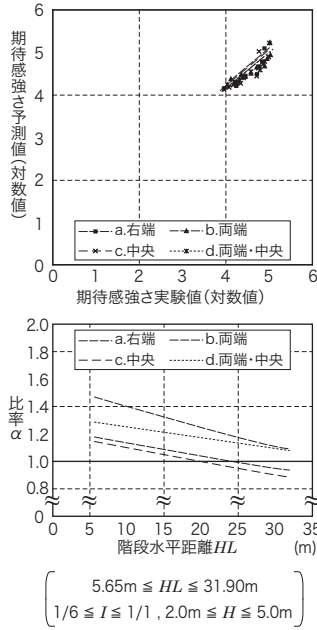


図15 屋外上り階段に向かう街路空間の期待感最大位置と物理量の関係

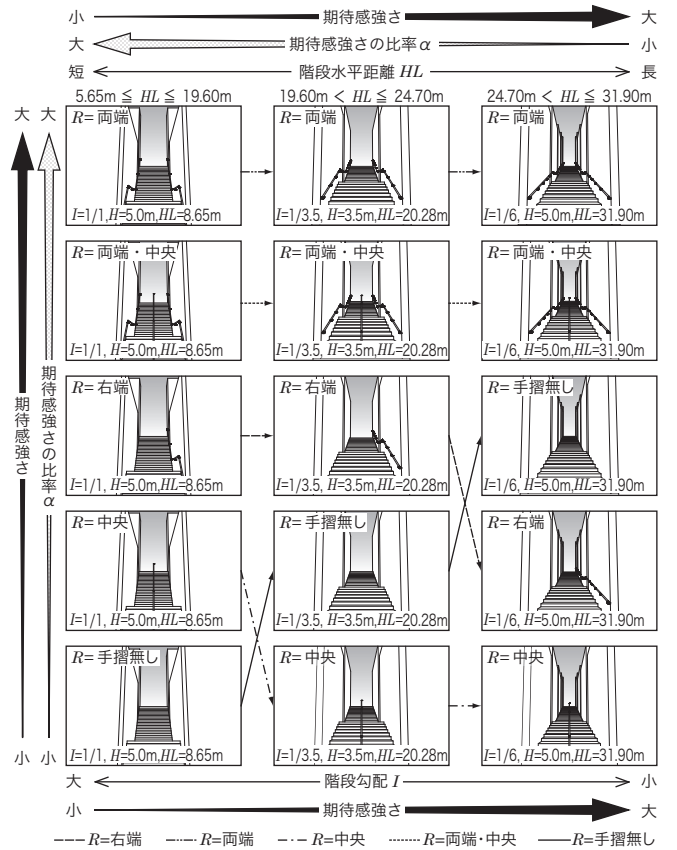


図16 屋外上り階段に向かう街路空間の期待感強さと物理量の関係

①期待感最大位置（手摺無）

屋外上り階段に向かう街路空間には、期待感が最も強まる位置が存在し、その位置の決定には、見上げ角度の正接tanVが最も強く影響を与えている。そしてその位置は、階段分節点から一定の距離を保ち、見上げ角度の正接tanVが大きいほど遠くなる。また、期待感最大位置は、階段勾配、階段高低差が共に大きいほど遠くなる。手摺の有無及び設置箇所による影響は見られない。

②期待感強さ（手摺無）

期待感強さには、階段水平距離が最も強く影響を与えている。期待感強さは、階段水平距離が長いほど大きくなる。また、階段勾配が小さいほど期待感強さは大きくなる。

③期待感最大位置（手摺有）

屋外上り階段に向かう街路空間における期待感最大位置において、手摺による影響が見られなかったのは、期待感最大位置が階段への見上げ角度により決定されるためと考えられる。上下の視線の

動きが期待感最大位置の決定に寄与しており、水平連続要素である手摺は視線の動きを変化させる事ができないため、期待感最大位置への影響が少ないと考えられる。

④期待感強さ（手摺有）

期待感強さは、手摺が無い場合に比べ、手摺が両端に設置された場合は最大1.5倍、手摺が両端と中央に設置された場合は最大1.3倍に期待感強さが大きくなるが、階段水平距離が長くなるにつれて、手摺が無い場合との差が縮まる。階段の物理量変化による期待感強さの変化量は手摺が無い場合が最も大きいため、元々期待感強さが小さい屋外上り階段に対して手摺は効果的であるが、元々期待感強さが大きい屋外上り階段に対しては効果が小さくなるものと考えられる。また、階段水平距離、階段勾配、手摺の設置位置等の空間のプロポーシヨンの影響が大きく、その点において階段の中央に手摺が設置されていると歩行者に妨害感を与えることにより期待感が小さくなり、右端のみに手摺が設置されていると、そのアンバランスな感じにより期待感が小さくなるものと考えられる。

注

注1) 参考文献11, 12)より街路空間での人々の自由歩行速度はおおよそ1.2～1.4m/secである。

注2) 参考文献10)の分析方法を参考に、被験者がどのような因子から期待感最大位置と期待感強さを評価しているのか探るために主成分分析を行っている。そして、その結果の固有値と寄与率から得られた軸の意味を、主成分負荷量と主成分得点により解釈し、被験者の評価傾向を分析している。

参考文献

1) 小柳英治, 松本直司: 期待感を与える空間構成とその要因—街路の期待感に関する研究—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp. 697-698,

1996. 9

- 2) 松本直司, 小柳英治, 瀬田恵之: Physical and Mental Factors of Anticipation in the Streetscape, MERA97 International Conference on Environment-Behavior Studies for the 21st Century, pp.283-286, 1997. 11
- 3) 小島恵子, 松本直司: 曲線状の街路空間における期待感と物理量の関係, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp.661-662, 2009. 8
- 4) 松本直司, 瀬田忠之: 折れ曲がり街路空間の期待感と物的要因の関係, 日本建築学会計画系論文集, 第526号, pp. 153-158, 1999. 12
- 5) 土屋龍彦, 松本直司: 坂道空間における期待感と物理量の関係—CGアニメーションを用いた評価分析—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp.953-954, 2001. 9
- 6) 松本直司: 期待感の強さと坂道空間構成および視覚的效果—坂道空間における期待感に関する研究—, 日本建築学会計画系論文集, 第604号, pp.53-59, 2006. 6
- 7) 栢木亜衣, 松本直司: ゲートにより分節された街路空間における期待感最大位置とその強さ, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp.1075-1076, 2006. 9
- 8) 李善永, 宗方淳, 永田久雄: 高齢者と若年者による駅階段の視覚的評価に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 第552号, pp.85-92, 2002. 2
- 9) 柳瀬亮太, 鈴木英水: 踏面・蹴上寸法と階段歩行時の印象評価との関係, 日本建築学会計画系論文集, 第637号, pp.585-591, 2009. 3
- 10) 近藤浩輝, 松本直司: 屋外階段における期待感に関する研究—3DCGアニメーションを用いた期待感最大位置及びその強さの評価実験と分析—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp.653-654, 2009. 8
- 11) 松本直司, 清田真也, 伊藤美穂: 街路空間特性と歩行速度の関係, 日本建築学会計画系論文集, 第640号, pp.1371-1377, 2009. 6
- 12) 岡田光正他著: 現代建築学 建築計画1, 鹿島出版会, 1987

(2011年11月7日原稿受理, 2012年4月24日採用決定)