

閉塞空間における期待感に関する研究—空間拡大時における期待感の位置とその強さ—
*Anticipation level in closed space: extreme anticipation point and anticipation level
in expanding space*

松本直司*・近久博志**・加藤 毅***・勝崎香奈****

Naoji MATSUMOTO, Hiroshi CHIKAHISA, Takeshi KATO, Kana KATSUZAKI

One factor affecting the degree of attractiveness of closed spaces such as underground spaces is "anticipation," which evokes a desire to go ahead or explore. The aim of this study is to investigate the factors contributing to such anticipation. After local field studies, overseas field studies, and the experiments, we revealed that extreme anticipation points are determined by the invisibility ratio of space and are most influenced by the cross-sectional invisibility ratio of space. Extreme anticipation points and extreme anticipation levels were also estimated.

Key words: Closed Space, Anticipation, Expanding Space, Space Form, Invisibility of the Space, Computer Graphics, Extreme Anticipation Point, Extreme Anticipation Level

1. はじめに

空間には開放性の高いものと閉鎖性の高いものが存在する。それらの中で閉鎖性が特に高いものは閉塞空間といえる。空間の性質としての開放性、閉鎖性は、特に周囲が囲まれて閉鎖度の高い空間において重要である。このような閉塞空間を魅力的にするための空間概念として、本研究では「期待感」を導入する。空間の期待感は、前方に「行ってみたい」「何かありそうだ」といった動的魅力として既に定義されており²⁾、この期待感を指標として物的条件との関係を明確化することが、本研究の目的である。

具体的には、地下空間を中心に現地調査を行い、地下に代表される閉塞空間において心を高揚させるような人間の移動時における動的魅力である「期待感」の要因を探り、閉塞空間において空間が拡大した場合における期待感の位置及びその強さと物的条件との関係の明確化を行う。現実の空間では、空間の魅力は、複数の要因が相互に影響を及ぼし合っている。人間の心理面に影響を与えるそれらの空間要因を探ることは、魅力ある空間を設計する為の計画条件を与える。また、期待感は、その空間構成と密接な関連を持つものである。主として、空間形状による影響を分析するために、空間構造を変化させたモデル実験を行い、期待感を、空間を設計する上での指標とすべく、物的条件との関係を明確化することは、地下空間をはじめ、建築内部空間への応用が可能であり、本研究の果たす意義は大きい。

閉塞空間、期待感、空間拡大、空間構成、不可視領域、CG、期待感最大位置、期待感最大強さ

* 正会員 工博 名古屋工業大学教授 工学部社会開発工学科

** 正会員 工博 飛鳥建設株式会社 技術研究所

*** ランドブレイン株式会社

**** 学生会員 学生 名古屋工業大学 大学院 工学部社会開発工学科

2. 閉塞空間における期待感

閉塞空間の現状を把握し、期待感の要因を探るため、表-1に示す閉塞空間事例の調査を行った。期待感は、空間構成そのものと、その空間に対する人間の位置や方向によって異なってくる。そこで国外調査では、調査員4人が期待感を感じた場所の最も強まる位置で、各自写真撮影を行った。その結果をもとに期待感の空間構成、最大位置、要因の抽出をそれぞれ行った。（調査期間：平成13年6月9日～14日）

2・1. 期待感の空間構成

既往研究¹⁾において、期待感の空間構成を9分類した。この分類をもとに、調査員4名の期待感空間写真（合計463枚）の空間構成を分類した結果、空間曲折・高低差上り・高低差下・空間拡大・空間縮小・空間分離・目標物の存在に7分類された。そのうち、空間曲折は33%と最も多く、次いで、空間拡大22%・高低差上り19%の順であった（図-1）。期待感の空間構成には、それらの組合せの場合（合計145枚）があり、空間曲折+高低差上り45%、空間拡大+目標物12%であった。調査員間の個人差は少なく、期待感要因は空間構成の他に、内部装飾、光の演出があり、それぞれが空間への注目度を高め、空間のまとまりを明確化している。

2・2. 期待感最大位置

期待感空間写真のうちから期待感最大位置の写真（合計304枚）を選別し、被験者の撮影位置を比較した結果、撮影位置が重なる場合が全75期待感空間において67地点（合計163枚）に上った（図-2）。4名及び3名の同位置写真の代表例示す。期待感は、移動によりその強さが変動し、その最大位置が存在することがわかる。

3. 期待感の位置と強さの実験

3・1. 実験方法

期待感の発生と消滅位置、最大位置及びその強さ求める。実験は、現地調査で撮影し、手振れを補正した期待感のVTR映像をランダムな順序で各被験者（建築系学生16名）に提示した。対象空間（表-2）は、空間曲折6、空間拡大4、高低差下り4、空間分離3、高低差上り2の計17パターンの空間構成

表-1 事例調査地下空間

施設名称	
所在地	
構造、内装	
用途	
Tempelika Church	Retretti Art Museum
Finland	Finland
半地下トーム石積み	迷路状岩盤
教会行事、コンサート	展示、劇場、カフェ、各種イベント
Helsinki Underground Parking	Stockholm Underground Station
Finland	Sveden
吹付けコンクリート	岩盤、吹付けコンクリート
地下駐車場	地下鉄駅
Itakeskus Underground Swimming Pool	Olympic Mountain Hall
Finland	Norway
吹付けコンクリート	岩盤、吹付けコンクリート
用途水泳、室内体操、シェラ	アイスホッケー、水泳、複合施設

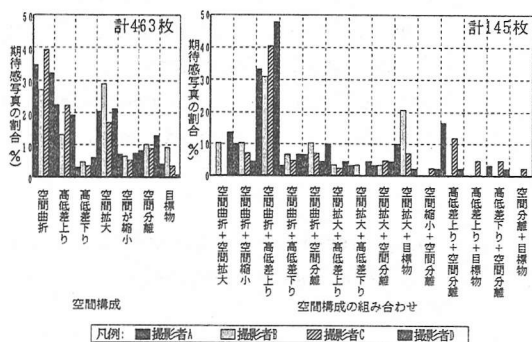


図-1 期待感のある空間構成

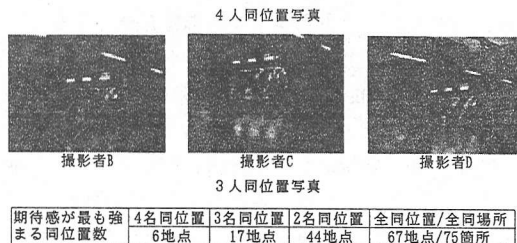
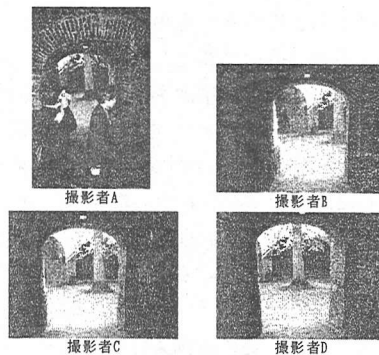


図-2 期待感最大位置

である。期待感位置は調整法（各被験者が映像の再生・巻き戻しを行って位置判定する）で求め、期待感最大強さの測定は標準刺激映像（図-3）の期待感強さを100として比較刺激映像を評価させるME法を用いた。標準刺激映像は実験対象空間以外の期待感を強く感じる位置の静止写真を用いた（実験日時：平成13年9月10、11日）。

3・2. 期待感位置

期待感最大位置を最頻値により特定した9対象空間を図-4に示す。分節（間口）から先の空間の視野が最大になる位置で期待感は強まる（No.5,6,9,10）。空間曲折では、先の空間が認識し易い空間（No.1,3）で曲折より遠い位置が期待感最大位置となり、曲折角度が大きい空間（No.2,4比較）、分節（間口）が小さい空間（No.5,6比較）で近い位置となる。空間拡大では、手前の通路が狭い空間（No.9,10比較）、先の広場が広い空間（No.7,9比較）で、近い位置となる。期待感の発生位置と消滅位置はデータにばらつきがあり、明確な結果は得られなかった。

3・3. 期待感空間要因

既往研究³⁾で抽出した期待感要因の不可視領域率を図-4（No.7,9,10）に示す。この期待感要因を本研究に適用すると、通路幅員が異なる空間（No.9,10）の平面では、最大位置が移動することにより不可視領域率が同値になる。通路から広場への高さ変化が小さい空間（No.7）では、他の空間と比較して平面不可視領域率は高いが、断面図の不可視領域率は低くなる。以上より、期待感最大位置は不可視領域率に強い影響を受け、奥の空間を平面的、または断面的にある程度認識したときに決定されと考えられる。

3・4. 期待感強さ

空間曲折・空間拡大において、分節（間口）が小さい空間の方が期待感が強くなる（No.5,6比較,9,10比較）。他の空間構成は、諸要素の影響によりデータにばらつきがあり、関係性は明確でなかった。

4. 期待感位置実験

4・1. 実験目的

CGアニメーション映像を用いた評価実験により、閉塞空間における期待感最大位置の定量化を図ることを目的とする。期待感の空間構成は様々なものが存在するが、本実験では空間の大きさの変化に着目

表-2 実験パターンの詳細

パターン	施設名称	パターン	施設名称
No. 1	Itakeskus Underground Swimming Pool	No. 3	Retretti Art Museum
No. 2	Helsinki Underground Parking	No.11	Stockholm Underground Station
No. 3	Retretti Art Museum	No.12	Stockholm Underground Station
No. 4	Retretti Art Museum	No.13	Stockholm Underground Station
No. 5	Stockholm Underground Station	No. 5	Stockholm Underground Station
No. 6	Stockholm Underground Station	No.14	Venus Fort
No. 7	高山祭りミュージアム	No.15	瑞浪地球回廊
No. 8	Olympic Mountain Hall	No.16	名古屋栄地下街
No. 9	Venus Fort	No.17	名古屋栄地下街
No.10	Venus Fort		

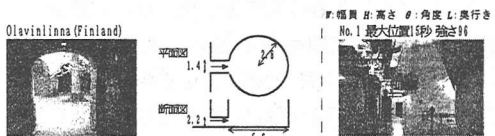


図-3 標準刺激空間

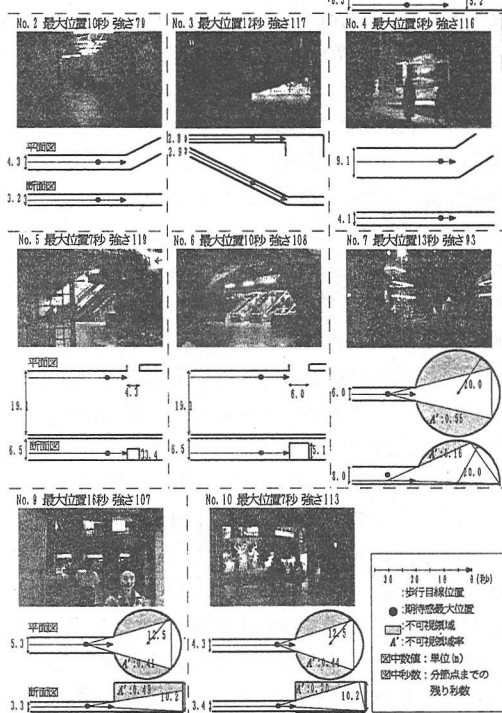


図-4 期待感最大位置の映像と平面図・断面図プロット

し、それらのうちの空間拡大を対象とする。空間拡大とは、通路などの細い空間から、広場などの大きく広がる空間への空間変化であり、閉塞空間に変化を与える重要な空間構成の一つといえる。

4・2. 実験内容

実験対象空間を図-5に示す。通路空間の上部を円形ヴォールト型とし、目的空間を半球形ドーム型とした。CGアニメーション映像は、通路空間を十分認識する長さとして、通路空間長さを30m(約21秒)、被験者の仮想歩行位置を通路中央、歩行速度は一般的な85m/minとしてCGソフトにより作成した。この3次元データをVRMLファイル形式に変換してPC上で対象空間映像を再生し、DVDに録画したものを実験に用いた。実験対象空間は、通路空間幅員と通路空間高さ幅員比、及び目的空間半径を変化させる合計60パターンで、これらをランダムな順序で被験者(建築系学生16名)に提示した。期待感最大位置は、被験者自らが再生、巻き戻しを繰り返し、特定する調整法を用いて評価を行った。被験者1人当りの実験時間は平均70分であった(実験日時:平成13年11月13~16日)。

4・3. 被験者の評価傾向

実験の結果、被験者別、対象空間別に得られた期待感最大位置(経過秒数)をデータとし、個人差による影響を取り除くため、被験者15名のうち、データが正規分布90%の有効範囲から外れる頻度の高い1名を除いた。次に、被験者の評価傾向を捉え、物的条件が期待感最大位置に及ぼす影響を求めるため、対象空間別の経過秒数をサンプル、被験者を変量として主成分分析を行った。主成分負荷量による被験者の布置図と主成分得点によるパターンの布置図を図-6に示す。パターンの布置図より、I軸に沿って通路空間高さ別に变化がみられることから、I軸は通路高さ変化と解釈できる。II軸は固有値や寄与率が低いため、評価性の解釈は難しい。結果、被験者の評価は通路空間高さ変化に強い影響を受けており、被験者による評価傾向の差はないと考えられる。

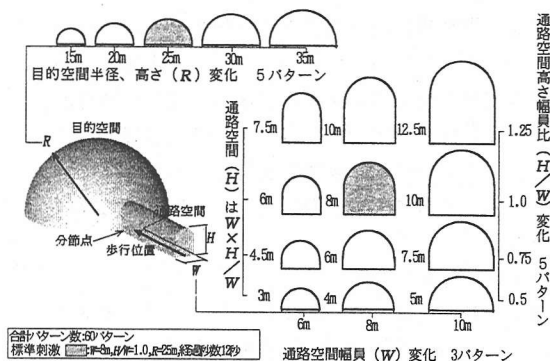


図-5 実験対象空間

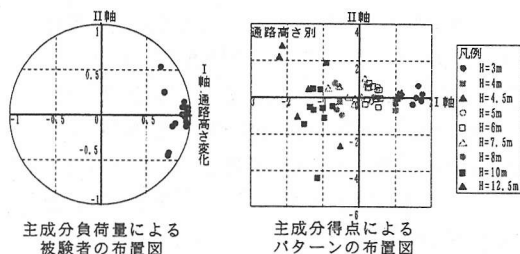


図-6 被験者の評価傾向(主成分分析結果による)

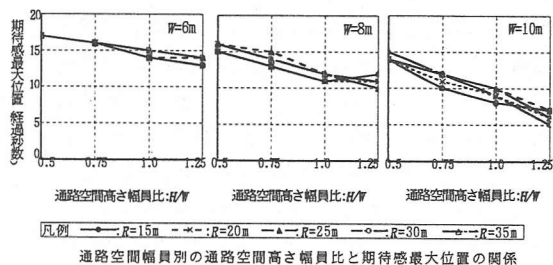


図-7 物的条件と期待感最大位置

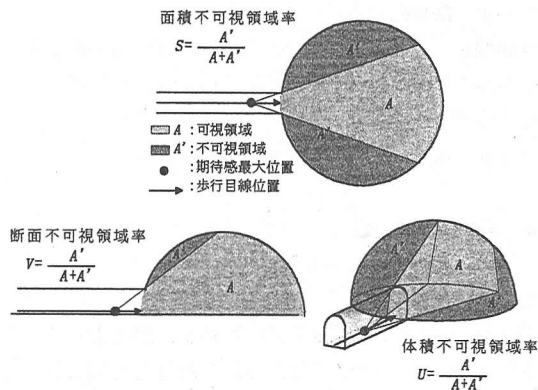


図-8 不可視領域率の定義

5. 期待感最大位置の予測

5・1. 期待感最大位置と物的条件

各パターンの期待感最大位置の最頻値を評価値とし、物的条件と期待感最大位置の関係を図-7に示す。期待感最大位置は、通路幅員が狭く、通路高さ幅員比が小さく、目的空間半径が広いとき分節点に近くなる。また、通路空間高さの影響は強く、高い方が分節点から遠くなる。

5・2. 期待感最大位置の予測

期待感最大位置の決定要因を探るため、面積・断面・体積不可視領域率を定義し(図-8)各パターンの移動による不可視領域率の関係を分析した。その結果、期待感最大位置から断面不可視領域率の消滅までの残り時間が一定の値を示した。そこで、期待感最大位置から目的空間の空間形状を認識できる頂点可視位置までの残り時間 t を定義し(図-9)、位置の最頻値からパターン別の分布を求めた(図-10)。その結果、頂点可視位置から一定時間前の位置で期待感は最大になり、その時間は約3.6秒である。このことから、空間拡大において、通路高さと目的空間半径より、最大位置の予測が可能となった。

5・3. 予測値による期待感の最大位置

頂点可視位置までの残り時間3.6秒を用いて期待感最大位置の予測を行うと、実験値(図-7)と相違が少なく、当てはまりの良い値が得られた(図-11)。

6. 期待感最大強さ実験

6・1. 実験目的

CGアニメーション映像を用いた評価実験により閉塞空間における期待感最大強さの定量化を目的とする。

6・2. 実験内容

空間拡大における期待感最大強さと物的条件の関係を明らかにするため、CGアニメーション映像としてモデル化した空間拡大の空間構成を用いて期待感最大強さの評定を行った。実験は(4・2)と同手順、同被験者である。期待感強さの評価方法は、標準刺激を100として比較刺激の大きさを求めるME法を用いた。標準刺激には期待感を強く感じる位置の静止画像を用いた(実験日時:平成13年11月13~16日)。

6・3. 被験者の評価傾向

はじめに、15名のうち個人差の影響を取り除くた

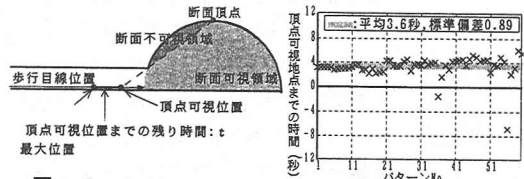


図-9

頂点可視位置までの
残り時間 t の定義

図-10

パターン別の t

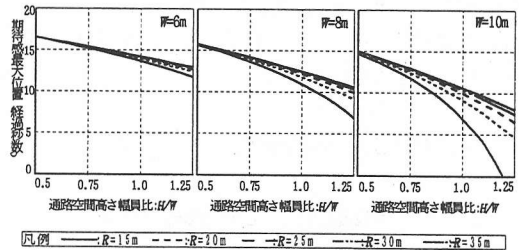


図-11 予測値における通路空間高さ幅員比と
期待感最大位置の関係



図-12 被験者の評価傾向
(主成分分析による)

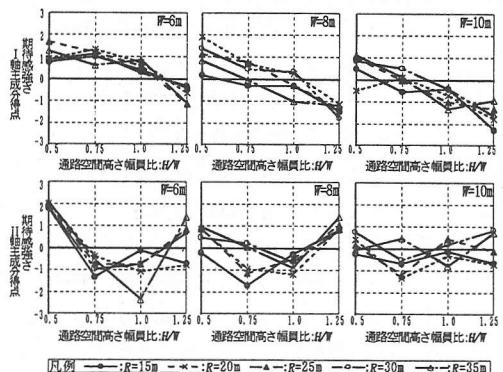


図-13 通路空間高さ幅員比と期待感強さ

め、評価値(ME値)を対数変換し、その分布より、分析対象被験者を13名に絞った。次に、実験値と実験対象空間の物的条件をデータとして主成分分析を行った。その結果、固有値、寄与率から4軸が得られた。図-12に主成分負荷量による被験者の布置図を示す。各軸と対象空間の物理量の関係を分析した結果、主成分得点から、期待感強さでは、I軸：通路空間高さ変化、II軸：通路空間高さ幅員比変化が見られた。以上より被験者の評価は通路空間高さ変化と通路空間高さ幅員比変化に強い影響を受けており、被験者には二つの評価傾向が存在すると考えられる。

7. 期待感最大強さの予測

7・1. 期待感最大強さと物的条件の関係

期待感最大位置における強さは、2軸によって影響を受けていることから、I軸、II軸のそれぞれの主成分得点を期待感強さとして、物的条件との関係を明らかにする。通路高さ幅員比と期待感最大位置強さの関係を図-13に示す。期待感は通路幅員が狭く、目的半径が広い方が強く、通路高さ幅員比が小さい方が強い期待感(I軸)と、0.75、1.0付近で弱い期待感(II軸)がある。

7・2. 期待感最大強さの予測

期待感最大強さを予測するため、期待感強さ(I軸主成分得点、II軸主成分得点)を目的変数、物的条件を説明変数として重回帰分析を行った。説明変数には、期待感最大位置及び期待感強さに影響を与える物的条件から選定した、通路空間幅員W、通路空間高さH、通路空間高さ幅員比H/W、目的空間半径R、及び、期待感の予測最大位置(秒数)T、期待感最大位置に影響を与える不可視領域率Uの計8変数により分析を行った。結果、主成分の寄与率による差はあるが、重相関係数が0.93、0.65の予測として十分に高い精度の回帰式を得た(表-3)。

7・3. 予測式による期待感最大強さ

通路空間高さ幅員比と回帰式より予測した期待感最大強さ(I軸、II軸)の関係を図-14に、期待感予測最大位置における不可視領域率との関係を図-15に示す。期待感強さ(I軸)の回帰式は、面積不可視領域率Sと断面不可視領域率-Vが強さ曲線、通路高さ-Hと通路高さ幅員比-H/Wが強さ傾きとな

表-3 期待感強さの予測式(回帰式)

空間断面評価型期待感強さ		(I 軸主成分得点)
重相関係数 R=0.93	重相関決定係数 R ² =0.82	Y: 期待感強さ (I 軸主成分得点)
F(0)=60.4>F(1,11) (4,55)=3.68より有意水準1%で有意		H: 通路空間高さ
Y=-0.203H-4.788H/W+7.590S-6.724V+3.385		H/W: 通路空間高さ幅員比
強さ曲線		S: 面積不可視領域率
(6m<W<8m, 0.5<H/W<1.25, 15m<R<35m)		V: 断面不可視領域率
空間体積評価型期待感強さ		
(II 軸主成分得点)		
重相関係数 R=0.65	重相関決定係数 R ² =0.43	Y: 期待感強さ (II 軸主成分得点)
F(0)=13.9>F(1,11) (3,56)=4.16より有意水準1%で有意		U: 体積不可視領域率
Y=10.390U+0.311W-0.045R-6.162		W: 通路空間幅員
強さ曲線		R: 目的空間半径
(6m<W<8m, 0.5<H/W<1.25, 15m<R<35m)		

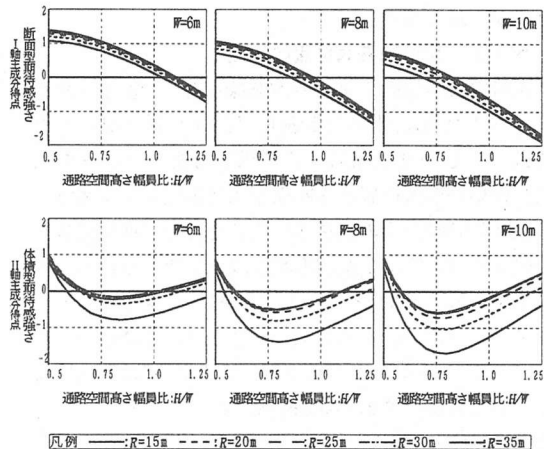


図-14 通路空間高さ幅員比と期待感最大強さ予測値

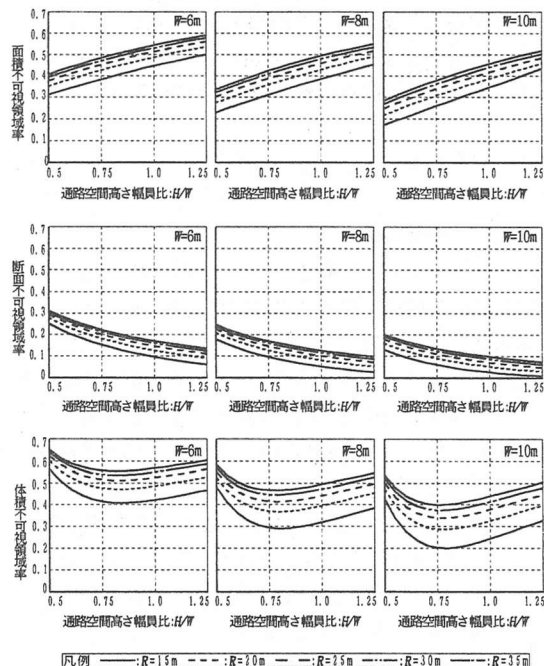


図-15 予測式における通路空間高さ幅員比と不可視領域率

り、主に通路空間から目的空間への空間断面変化による影響が強いため、断面型期待感強さである。同様に、期待感強さ(II軸)の回帰式は、体積不可視領域率 U が強さ曲線、通路 W と目的空間半径 R が強さ傾きとなり、主に通路空間から目的空間への空間体積変化による影響が強いため、体積型期待感強さである。

8. 結論

空間拡大は、期待感を感じる頻度が高い空間構成であり、期待感には、その強さを最大にする位置が存在する。この場合における期待感最大位置及びその強さと、物的条件の関係を図-16に示す。

期待感最大位置は、不可視領域率によって決定される。そのうち、断面不可視領域率に最も強い影響を受けている。期待感最大位置の予測が十分可能であり、それを決定するのは、頂点可視位置である。先の空間の全容を平面的か断面的に認識できる位置の約3.6秒前であり、期待感最大位置の予測が十分可能である。

期待感最大強さには、面積不可視領域率と断面不可視領域率という二つの変数変化に影響を受ける断面型期待感強さ(7割)と、体積不可視領域率の変数変化に影響を受ける体積型期待感強さ(3割)がある。断面型期待感強さは、通路幅員が狭い方が期待感は強くなり、体積型期待感強さにおいては、通路高さ幅員比が0.8程度で弱くなる。また、通路空間に対し、目的空間半径が大きいた方が、期待感は強くなる。

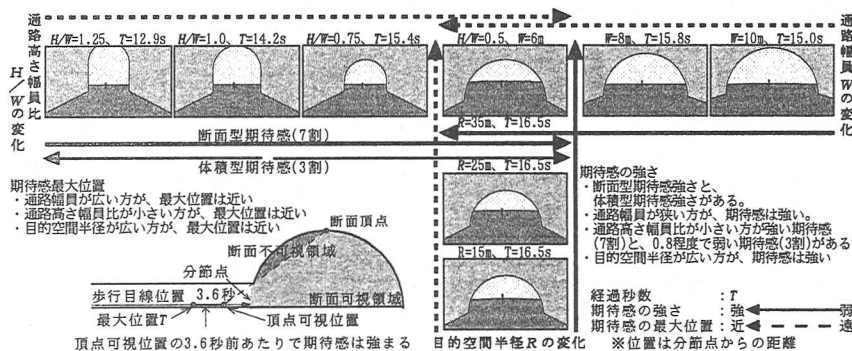


図-16 期待感最大位置及びその強さと物的条件の関係

9. 参考文献

- 1) 松本直司, 近久博志, 加藤毅: 地下空間構成における期待感について, 土木学会 第56年次学術講演会 pp.484~485, 2001.10.
- 2) 松本直司, 瀬田恵之: 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.
- 3) 加藤毅, 松本直司, 近久博志: ボリューム変化したときの閉塞空間における期待感と物理量の関係, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.1123~1124, 2000.9.
- 4) Raymond L. Sterling, John C. Carmody: Underground Space Design, 1995.3.30, 山海堂
- 5) 土木学会: 地下空間と人間4 地下空間のデザイン, 1995.12.1, 社団法人土木学会
- 6) 梅沢忠雄: 地下空間の活用とその可能性, 1989, 地域科学研究会
- 7) 羽根義, 広田正之, 若原敏裕, 三橋秀明, 谷本祐一, 北澤節: 地下・光・空間そして人間, 1988.5, テクネット
- 8) 土木学会: ニューフロンティア地下空間, 1990, 技報堂出版
- 9) ガイドブック研究会: 「地下空間」利用ガイドブック
- 10) 川本脩万: ロックエンジニアリングと地下空間, 1990.2.5, 鹿島出版
- 11) 財団法人エンジニアリング振興協会: 地下空間利用における空間デザインに関する調査研究 報告書, 1994.3