

地下空間における期待感に関する研究 一空間拡大形状が変化した場合の期待感の位置とその強さ一

A study on the sense of anticipation in underground spaces
 - Point and strength of maximum anticipation in narrow approachesto large halls of different shapes -

松本直司¹・近久博志²・勝崎香奈³

Naoji MATSUMOTO・Hiroshi CHIKAHISA・Kana KATSUZAKI

This study aims to clarify the maximum point and strength of anticipation in an underground space, in which the viewer moves in a narrow corridor toward a large hall, in relation to the physical conditions of the space. Subjects watched CG animation for psychological experiments as part of the adjustment method to determine the point of maximum anticipation and the magnitude estimation method to determine the maximum value of anticipation. The shape of the hall was a rectangular solid or cylinder. The results were compared with previous test results for a hemispherical hall, leading to the following conclusions: In the movement toward a rectangular solid space, where the space transition is most discontinuous, the shape changes are unpredictable for the viewer. The anticipation is at a maximum at the point where the viewer recognizes the shape of the hall. In the movement toward a cylindrical space, where the spatial changes are partially continuous and partially discontinuous, the shape changes are also unpredictable for the viewer. Both the point of maximum anticipation and the strength of anticipation are difficult to predict. When moving toward a hemispherical hall, the shape changes are easily predictable for the viewer, permitting the prediction of both the point of maximum anticipation and the strength of anticipation at that point.

Key Words : underground space, anticipation, expanding space, extreme anticipation point, extreme anticipation level

1. はじめに

地下空間には様々な空間形態があるが、それらはほとんどの場合において閉鎖的で暗いなど、非日常的で不安感が伴い、心理的マイナス面を持つ空間である、しかし、この非日常性が地下空間に独特な魅力や意外性をもたらし、人々の興味をそそり心を高揚させる体験を与えることがある。このため観光施設や文化施設等への利用がなされている。

本研究では、人間の歩行に伴い通路空間が半円形のドーム状に拡大したときの期待感について研究した既往研究¹⁾に引き続き、空間拡大の形状²⁾が複数とおりに変化した場合の、期待感の位置及びその強さと物的条件との関係を明確化することを目的とする。空間の期待感とは、既往研究と同様に、前方に「いつてみたい」「何かありそうだ」といった人間の移動時における空間の動的魅力と定義する。

2. 閉塞空間における空間拡大

(1) 事例調査 閉塞空間における空間拡大形状及び用途の事例を把握するために現地調査を行った(表1)。その結果、空間拡大形状は目的空間³⁾が直方体型、円筒形型の順に、通路⁴⁾断面は矩形、馬蹄形の順に多くみられ

表1 閉塞空間における空間拡大事例

生成	施設名称	施設種類	施設用途
自然	秋芳洞	観光施設	鍾乳洞
自然	飛騨大鍾乳洞	観光施設	鍾乳洞
人工	アドベンチャーランド中竜	観光施設	テーマパーク
人工	大谷資料館	文化施設	博物館(資料館)
人工	重慶市地球回廊	文化施設	博物館
人工	化石博物館	文化施設	宗教施設
人工	河見地下壕	文化施設	テーマパーク
人工	高山歴史ミュージアム	文化施設	博物館
人工	名古屋地下(11箇所)	商業施設	その他
人工	大阪梅田周辺地下(13箇所)	商業施設	食堂
人工	浜松周辺地下(4箇所)	商業施設	博物館
地上空間	Venusfort	商業施設	その他
地上空間	イクスピアリ	商業施設	食堂
地上空間	福井県立恐竜博物館	文化施設	博物館
地上空間	限研究にて調査(9施設)		

本研究:39施設50空間, 既往研究:9施設10空間

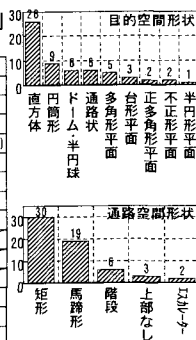


図1 事例調査における空間形状

キーワード: 地下空間, 期待感, 空間拡大, 期待感最大位置, 期待感最大値

¹正会員 工博 名古屋工業大学大学院教授 工学研究科社会工学専攻

²正会員 工博 飛鳥建設株式会社 技術研究所

³修士(工学) 株式会社 考建

た(図1)。

(2) 現実空間における既往研究の検証 既往研究^{注5}の半円球型空間拡大^{注6}のCGアニメーション映像による実験での期待感最大位置は、現実空間でも同じであるとの命題のもとに、その検証を行う。そこで、既往研究と同規模、同形状の地下空間である高山祭りミュージアムを対象とし、期待感最大位置の現地実験を行った。実験日は平成14年4月24日で、被験者数は5名である。実験方法は、被験者に通路のほぼ中央をドーム方向に歩行してもらい、期待感の発生、最大、消滅する位置をそれぞれあらかじめ用意した平面図にプロットさせた(図2)。その結果、期待感の発生位置は、被験者により異なるが最大位置、消滅位置は被験者による差が少なく、期待感最大位置は既往研究と同様、頂点可視位置^{注7}より約5m手前となった(図3)。以上より、CGアニメーション映像による実験結果は現実空間と同様であり、命題が検証されるとともに、CGアニメーション映像の有効性が確認された。

3. 期待感最大位置及びその強さ

空間拡大形状の変化と期待感最大位置およびその強さとの関係の分析を行う。

(1) 実験方法 空間拡大形状を変化させた空間構成をモデル化したCGアニメーション映像を用いて、期待感最大位置とその強さを測定した。実験対象空間は、目的空間形状を直方体型(正方形平面)と円筒形型の2通り、目的空間幅と奥行(L)及び半径(R)は各4通り、目的空間高さ(h)は4通りとした。また、通路空間を矩形断面とし、通路高さ(H)は2通り、通路幅員(W)は3通りの計192パターンとした(図4)。直方体型の目的空間幅と奥行を、以下より目的空間幅とする。実験映像は、VRML形式化した実験対象空間のCGアニメーションをDVD録画したものを、2度に分けて、ランダムな順序で被験者(建築系学生16名)に提示した。歩行速度は85m/minとした。また、評価方法として、位置の測定は被験者による映像再生・巻戻しにより評価させる調整法を、強さの測定は標準刺激映像を期待感強さ100として比較刺激映像を評価させるME法を用いた。実験期間は平成14年9月17日から同10月3日である。

(2) 直方体型空間拡大における期待感

①期待感最大位置

a. 被験者の評価傾向 まず、実験データの信頼性を高めるため、期待感最大位置の経過秒数^{注8}を標準化してデータとし、その分布が正規分布の95%の有効範囲外となる評価の多い被験者を、対象空間を正確に把握していないと判断して分析対象から除外することにした。結果

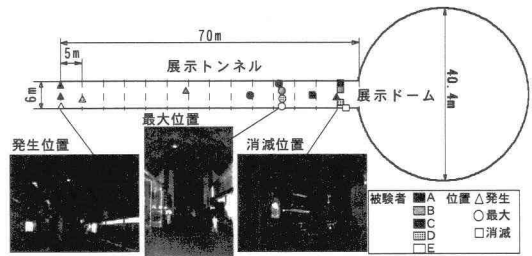


図2 現実空間での期待感の位置

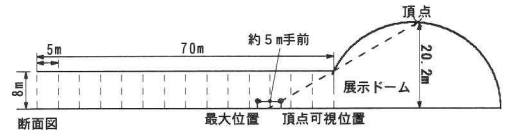


図3 既往研究で得られた期待感最大位置の検証

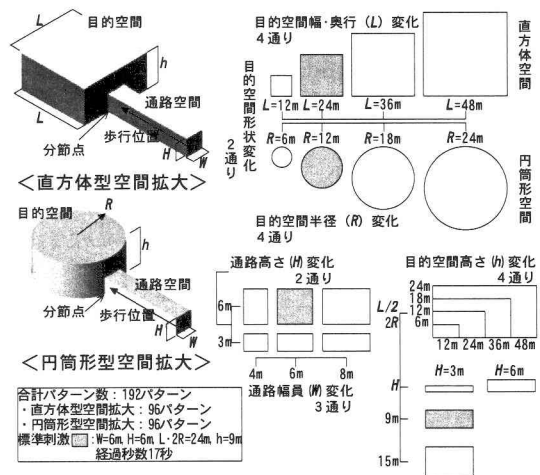


図4 実験対象空間

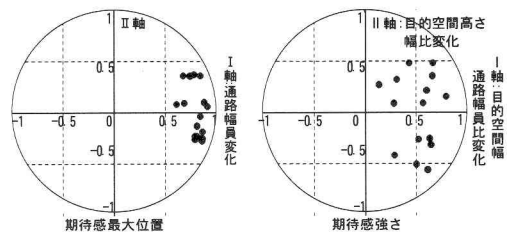


図5 直方体型空間拡大の場合の被験者の評価傾向 (主成分負荷量による被験者の布置図)

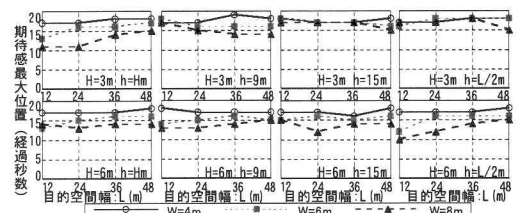


図6 目的空間幅と期待感最大位置

的には、除外対象外者はいなかった。

次に、被験者の評価傾向を捉え、期待感に影響を及ぼす物的条件を探るため、被験者を変量、経過秒数をサンプルとして主成分分析を行った。その結果、第1主成分は「通路幅員変化」、第2主成分は「期待感最大位置」と解釈された。主成分負荷量による被験者の布置図を図5に示す。被験者の分布は、いずれも第1主成分に相関が高く期待感最大位置の評価傾向は被験者間でほぼ一致しているといえる。

b. 物的条件と期待感最大位置 期待感最大位置は、通路幅員が狭い場合と、通路高さ $H=3\text{m}$ で目的空間高さが高い場合に分節点^{注9)}に近くなる(図6)。

c. 期待感最大位置決定要因 期待感最大位置の決定要因を探るため、空間変化位置及び不可視領域率を図7のように定義し、各パターンの最大位置と空間変化位置の関係を分析した。最大位置と空間変化位置が近く、空間変化位置の前後関係によって最大位置に影響を及ぼす空間変化が異なることがわかった。次に、期待感最大位置決定要因を表2のように抽出し、図8に示すように各パターン毎の空間変化位置からの時間 t の分布を求めた。空間変化位置から最大位置までの距離(歩行速度より算出)が一定の値を示した。側面可視位置が手前の場合(表2・A)、天井面可視位置・通路壁面消滅位置・通路天井面消滅位置の何れか最初に到達する位置で期待感最大となり、天井面可視位置が手前の場合(表2・B)、有効範囲90%の中央値で側面可視位置から約0.1m通過後に期待感最大となる。この値を用いて最大位置の予測を行った結果、実験値と相違が少なく当てはまりが良い(図9)。

②期待感強さ

a. 被験者の評価傾向 (2) ①a. と同様に、対数変換した期待感強さ(ME値)を用いて、被験者1名を分析対象から除外し、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を図5に示す。その結果、第1主成分は「目的空間幅通路幅員比変化」、第2主成分は「目的空間高さ幅比変化」と解釈された。従って、期待感強さ第1主成分得点(寄与率29%)、期待感強さ第2主成分得点(寄与率12%)として以下の分析を進める。

b. 物的条件と期待感強さ 期待感強さは、目的空間幅が広く、目的空間高さが高く、通路高さ $H=6\text{m}$ で通路幅員が狭い方が強い期待感(第1主成分)と、目的空間高さが低い方が強い期待感(第2主成分)がある(図10)。

c. 期待感強さの予測 期待感最大位置を決定する要因が、パターンによって異なり、期待感強さを評価する位置が異なる為、期待感強さの予測を行う事はできない。

(3) 円筒型空間拡大における期待感

①期待感最大位置

a. 被験者の評価傾向 (2) ①a. と同様に、被験者の

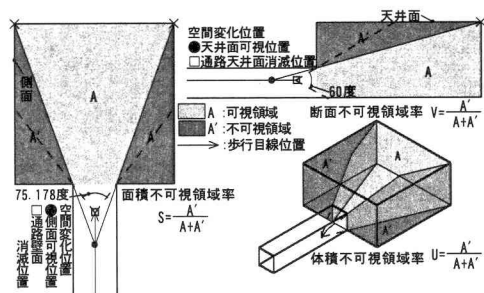


図7 空間変化位置及び不可視領域率の定義

表2 期待感最大位置決定要因の抽出

A. 天井面可視位置より側面可視位置が手前の場合 34パターン	B. 側面可視位置より天井面可視位置が手前の場合 62パターン
通路壁面・天井面が視野から消滅する前に目的空間天井面が見える前に通路天井面が視野から消滅する 目的空間天井面が見える前に通路の壁面が視野から消滅する	これら何れか最初に到達する位置を採り、それを総合位置と定義する



図8 空間変化位置からの t の分布

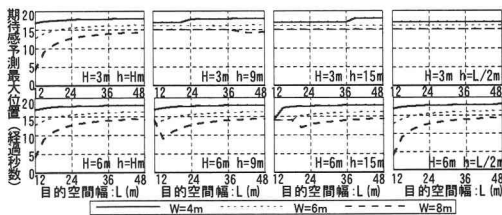


図9 予測値における目的空間幅と期待感最大位置

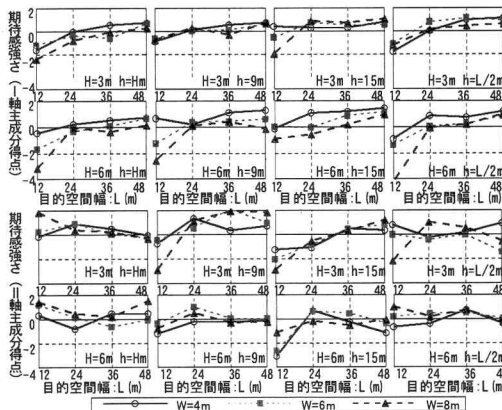


図10 目的空間幅と期待感強さ

選定を行った結果、有効範囲外の評価をする被験者が少なかったため、被験者を除外せずに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を図11に示す。主成分得点から、第1主成分は「通路断面積変化」、第2主成分は「目的空間半径変化」と解釈された。布置図において、他の被験者より著しく外れた被験者1名を除外し、以下の分析を進める。

b. 物的条件と期待感最大位置 期待感最大位置は、通路幅員が狭く、目的空間半径が広い方が分節点に近付くが、一部異なる傾向もみられた(図12)。

c. 期待感最大位置決定要因 期待感最大位置の決定要因を探るため、空間変化位置と最大位置の関係を分析した。その結果、これらに関係はみられなかった。次に、移動による各パターンの不可視領域率の変化を分析した。その結果、面積不可視領域率消滅までの残り時間が、ある程度一定の値を示した。そこで、目的空間を平面的に全て認識できる側点可視位置と側点可視位置から最大位置までの時間 T を定義し、各パターンの T の分布を求め図13に示す。一部天井面可視に影響されるが、有効範囲90%の中央値で側点可視位置より約2.2m(歩行速度より算出)手前で期待感最大となる場合が多くみられたため、これを期待感最大位置とし、円筒形型では通路幅員と目的空間半径より最大位置が予測可能となった。この値を用いて予測した期待感最大位置を図14に示す。

②期待感強さ

a. 被験者の評価傾向 (2) ②a. と同じ方法で被験者1名を分析対象から除き、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を図11に示す。第1主成分は「目的空間体積変化」、第2主成分は「目的空間高さ幅比変化」、第3主成分は「通路高さ幅員比変化」と解釈された。第3主成分は固有値と寄与率がともに小さいため、以下の分析から除く。従って、期待感強さを第1主成分得点(寄与率25%)と第2主成分得点(寄与率14%)を用いて以下の分析を進める。

b. 物的条件と期待感強さ 期待感は、目的空間半径が広く、目的空間高さが高い程強いもの(第1主成分)と、目的空間高さが低い程強いもの(第2主成分)がある(図15)。期待感強さと通路の物的条件に関係があると考えたが、目的空間半径 $R=6m$ で通路幅員が狭い程期待感は強くなるが(第1主成分)、それ以外の関係はみられない。これは天井面可視による鉛直方向への期待感減少と、通路幅員が狭い程、最大位置が分節点に近い為、強さに差が出ないと考えられる。

c. 期待感強さの予測 期待感最大位置の強さを予測する為、期待感強さ(第1主成分得点、第2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(ステップワイズ法)を行った。説明変数には、期待感予測最大位置、最大位置及びその強さに関する通路幅員・高さ

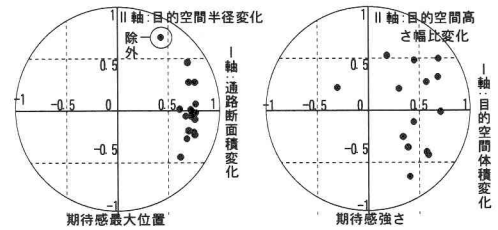


図11 円筒形空間拡大の場合の被験者の評価傾向(主成分負荷量による被験者の布置図)

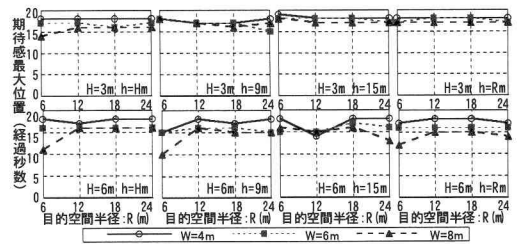


図12 目的空間半径と期待感最大位置

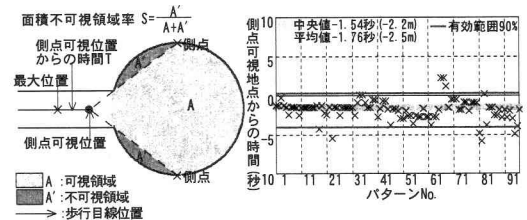


図13 側点可視位置からの時間 t の定義(左)及び T の分布(右)

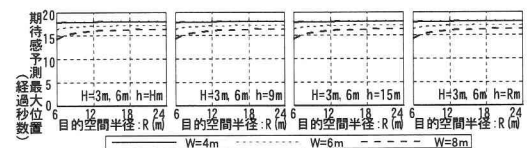


図14 予測値における目的空間半径と期待感最大位置

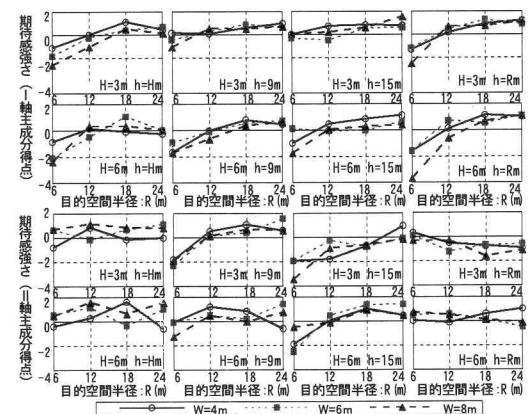


図15 目的空間半径と期待感強さ

と目的空間半径・高さ、不可視領域率を選定した。第1主成分で断面不可視領域率Vと体積不可視領域率Uの相関が高いため、第1主成分と相関の低いVを除いた7変数で、第2主成分は目的空間高さ幅比を加えた9変数で分析を行った結果を示す。重相関係数0.90、0.78と高い精度の回帰式が得られた。目的空間半径と回帰式より予測した期待感強さ(第1主成分、第2主成分)を図16に、期待感予測最大位置における期待感強さに影響及ぼす物的条件を図17に示す。期待感強さ(第1主成分)の回帰式は、面積不可視領域率Sと体積不可視領域率Uに特に影響を受けており、対象空間全体のボリューム変化による影響が強い為、ボリューム型期待感強さと解釈できる。期待感強さ(第2主成分)の回帰式は目的空間高さ幅比-h/2Rに特に影響を受けており、目的空間自体のプローション変化による影響が強いためプローション型期待感強さと解釈できる。

(4) 直方体型と円筒形型の期待感の比較 期待感強さは、直方体型では先の空間が予測できないため、空間に変化が生じる位置で最大となり、円筒形型では先の空間を平面的に予測できる為、目的空間平面を全て認識するまでの距離を予測した位置で最大となる。図18は、通路空間、目的空間幅・高さが同じパターンごとの期待感強さを比較している。全体的に円筒形型の方が強くなっている。

4. 結論

本研究により得られた結論をまとめて図19に示す。主たる結論は以下の通りである。

- ①空間変化が連続的な半円球型は、先の空間が認識しやすく、形状の予測が可能である為、期待感最大位置とその強さが判別しやすく、被験者による相違が小さい。
- ②空間変化が不連続的な直方体型は、形状を予測できない為、目的空間の全容が認識可能となる空間変化位置で期待感が強まる。また、視野の影響を受ける場合がある。期待感強さは、最大位置決定要因が異なる為、判別し難いが、目的空間が大きいと強い期待感(I軸)と目的空間高さが低いと強い期待感(II軸)の2傾向がある。
- ③円筒形型は、空間変化に連続・不連続を併せ持つ為、形状は予測可能だが、期待感最大位置と強さは判別し難い。今回は側点可視位置と定義した先の空間を平面的に全て認識できる2.2m手前を期待感最大位置とした。期待感強さは、目的空間が大きいと強いボリューム型と目的空間高さが低いと強いプローション型の2傾向が確認された。
- ④単調な平面構成で空間変化が不連続な直方体型に比べ、空間変化が連続的な円筒形型の方が期待感強い。

表3 期待感強さの回帰式

空間ボリューム評価型期待感強さ (I 軸主成分得点)		
重相関係数 R=0.90	重相関決定係数 $R^2=0.80$	Y: 期待感強さ (I 軸主成分得点)
F(0)=73.4 F(0.01)=3.34より有意水準1%で有意		U: 体積不可視領域率
$Y=2.916U+1.420D+0.526W+0.104H+5.116S-16.10$		O: 期待感予測位置 (経過距離)
強さ曲線	強さ曲線	W: 通路幅
$(4m < W < 8m, 3m < H < 6m, 6m < R < 24m, 0m < D < 30m, 3m < h < 24m)$		S: 面積不可視領域率
空間プローション評価型期待感強さ (II 軸主成分得点)		
重相関係数 R=0.78	重相関決定係数 $R^2=0.60$	Y: 期待感強さ (II 軸主成分得点)
F(0)=70.8 F(0.01)=2.93より有意水準1%で有意		h/2R: 目的空間高さ幅比
$Y=-2.538h/2R+0.242H+0.01120$		H: 通路高さ
強さ曲線		
$(4m < W < 8m, 3m < H < 6m, 6m < R < 24m, 0m < D < 30m, 3m < h < 24m)$		

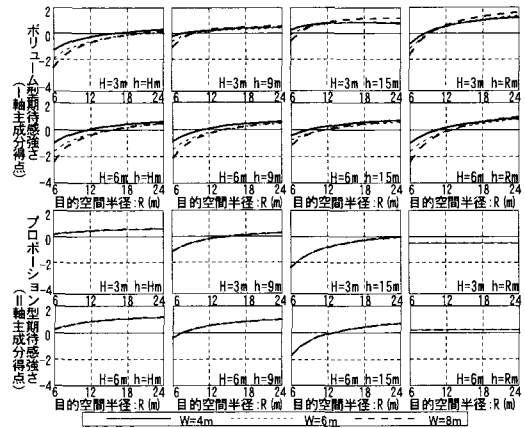


図16 予測値における目的空間半径と期待感強さ

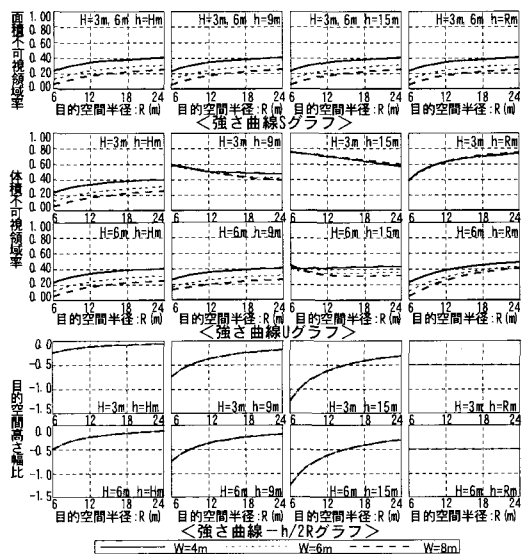


図17 予測値における目的空間半径と期待感強さに影響する物的条件

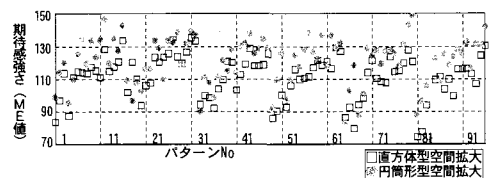


図18 期待感強さ比較

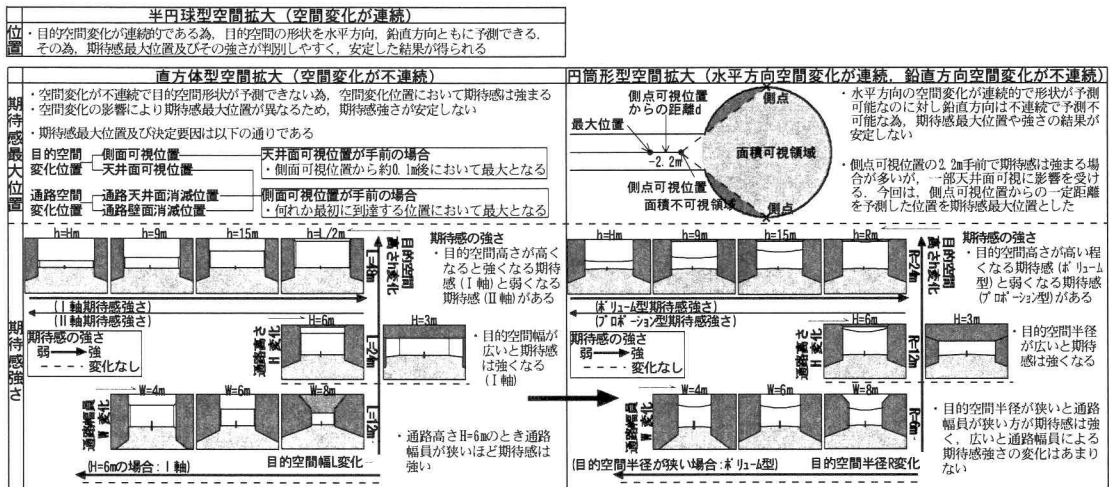


図19 空間拡大形状が変化した場合の期待感最大位置及びその強さと物的条件

注

- 注1 参考文献3)～5)を参照。
 注2 空間が広がる部分の形状。
 注3 空間拡大形状は通路と拡大した空間とで構成される その内の拡大した空間部分。
 注4 注3で述べた空間構成の内の通路部分。
 注5 参考文献2)を参照。
 注6 目的空間が半円球（ドーム）形状の空間拡大。
 注7 半円球型空間拡大において、目的空間の天井頂点部分を見ることができる位置。
 注8 実験映像開始からの時間。
 注9 目的空間と通路の接続部分。

参考文献

- 1) Naoji Matsumoto et al: physical and Mental Factors of Anticipation in the Streetscape, Mera'97, International Conference on Environment-Behavior Studies for the 21st century, pp. 283-286, November, 1997. 11
- 2) 加藤毅: ボリューム変化した閉塞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, pp. 1123-1124, 2002. 9
- 3) 松本直司, 近久博志, 加藤毅, 勝崎香奈: 現地調査に基づく期待感の空間構成と位置および強さについて一閉塞空間における期待感に関する研究 その1-, 土木学会第57回年次学術講演会, pp. 25~26, 2002. 9.
- 4) 松本直司, 近久博志, 加藤毅, 勝崎香奈: CGアニメーション映像を用いた空間拡大時の期待感最大位置と物理量の関係一閉塞空間における期待感に関する研究 その2-, 土木学会第57回年次学術講演会, pp. 27~28, 2002. 9.
- 5) 松本直司, 近久博志, 加藤毅, 勝崎香奈: CGアニメーション映像を用いた空間拡大時の期待感最大強さと物理量の関係一閉塞空間における期待感に関する研究 その3-, 土木学会第57回年次学術講演会, pp. 29~30, 2002. 9.
- 6) 田中正, 西淳二: 地下空間デザインの快適性評価について, 土木計画学・論文集, No. 14, pp. 121~131, 1997.
- 7) 櫻井昭夫, 新美政光, 西淳二, 田中正: 視仮想シミュレーションによる地下街形状の評価に関する研究, 地下空間シンポジウム論文・報告, 第7巻, pp. 109~118, 2002.
- 8) 今泉暁音, 清水則一, 櫻井春輔: 感性と力学を総合した地下空間形状のデザインに関する研究, 土木学会論文集, No. 742, pp. 159~168, 2003. 9.
- 9) Sterling R.L., Carmody, J.C.: Underground Space Design, 山海堂, 1995. 3. 30.
- 10) 土木学会地下空間研究小委員会（編集者, 日比野敏）: 地下空間のデザイン（地下空間と人間4）, 社団法人土木学会, 1995. 12. 1.
- 11) 梅沢忠雄: 地下空間の活用とその可能性, 地域科学研究会, 1989.
- 12) 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, テクネット, 1988. 5.
- 13) 土木学会: ニューフロンティア地下空間, 技報堂出版, 1990.
- 14) ガイドブック研究会: 「地下空間」利用ガイドブック
- 15) 川本脩万: ロックエンジニアリングと地下空間, 鹿島出版, 1990. 2. 5.
- 16) 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.
- 17) 松田文子, 調枝孝治, 甲村和三, 神宮英夫, 山崎勝之, 平伸二編著: 心理的時間, 北大路書房, 2000. 7.