曲壁空間の三次元解析に関する実験的研究

－空間認知構造に関する研究 その3－

EXPERIMENTAL STUDY ON THREE DIMENSIONS
ANALYSIS OF CURVED WALL SPACE

Study on space recognition Part III

吉岡 祥隆*

Yoshitaka YOSHIOKA

There are recognition of testee of special sense into the three dimensions graph (psychology quantity, physics quantity and sense quantity). Curved wall have the absolute value of the quantity of surface and reverse side is general even. The first stage and the third stage is plus or decrease is same concave and convex of curved wall psychology, (change, direction and softly), physics and sense. The model is same volume of condition has unite of psychology, physics and sense.

Keywords : Three dimension, Sense quantity, Psychology quantity, Physics quantity, Analysis, Semantic differential method

3次元, 意識量, 心理量, 物理量, 解析, SD法

1. 研究の背景と目的

日本建築学会計画系論文集に発表された既往研究を見てみると、天井、床に関する空間の実験的研究が行われている。フラットでない壁を伴った空間に関する研究は少なく、今日までを通して、特に比較的多く掲載された1980～1990年の建築雑誌の曲壁を使った建築を見てみると、曲壁表裏の空間表現の工夫が見られているが、その知覚と印象評価に関しては数値化された評価がされていない。また被験者が自ら左右移動可能な片側平面壁で容積の大きさを調節できる模型実験も行われていない。さらに、表裏の解析を心理量、物理量そしてその要因を通して立体的に評価する解析も目新しい。一連の研究を通して、曲壁空間の知覚と印象評価を数値化することにより評価することを目的にしてきた。第1報では、大方の知覚及び、心理的影響に関する空間認知の傾向を知ることができた。さらに具体的に傾向の原因となることを探ることもできた。第2報では、曲壁を意識する度合いに關しての考察を中心に述べてきた。奥行き感に関しても、すべての形態についての認知の原因となる要素を探ることもできた。本編では、3つの座標(X、Y、Z軸)に落とし込んで、曲壁表裏空間の傾向を探ることとする。物理量(広さ感、奥行き感)、心理量(空間イメージ)と様々な要因との関係を見た立体的解析を行う。さらに突き進んで、要因(X、Y軸)と奥行き感との関係を3次元解析で見てみる。最後に曲壁を意識する度合いと、物理量(広

さ感)、心理量(印象評価)の立体的解析を通して、曲壁空間の表裏の関係について、3要素とどのような関係にあるのかを見ていくことにする。幾種類の3次元解析を行うことにより、詳しく曲壁空間あるいはその表裏空間の関係を見てみることにし、新たな特性を見出すことも目的とする。

2. 実験の概要

実験は1) 広さ感、2) 奥行き感、3) 空間のイメージの3実験で構成され、各実験の被験者数は建築学科の学生30名(図1)。モデルは1) 建築空間に一般的によく用いられる形態、2) 曲壁の形態の違いによる影響のみに重点をおいた空間特性を調べる、という2点から空間限定要素の変数を少なくするため容積一定とする。今後これを幾何体積と呼ぶことにする。実験は模型を使っており、縮尺を考慮に入れて、椅子に座って行う。被験者は、模型を多数観察するため、正確さを求めるため座った形式を取る(図1, 図2)。観察空間はすべて同じ容積(幾何体積)とする。模型寸法は、奥行き900mm、高さ400mmとする。模型での視線高さは、200mmとする。さらに、人間の直立不動状態で、床から視線までの高さを1500mmとしている。つまり模型の縮尺は、1/7.5である。調節空間も、奥行き、高さは、観察空間と同じである。観察空間30形態の中で、横幅の一番狭い形態を例示しておく。幅180mm, 1080mmの先拡がり型(先すばまり型)凹面曲率

本研究は2008～2012年度日本建築学会大会学術講演会(中国・東北・北陸・関東・東海)の内容を、加筆・修正したものである。

* 竹中工務店

TAKENAKA CORPORATION

0.5の形態である。ここで最小幅180mmは、人間の両目の間隔がおおよそ100mmであり多少移動できることを考慮して設定している。模型での曲率は、円弧の厚さ/スパンと定義する。スパンとは円弧(弦とも言う)の幅を示しており、先すばまり(先拡がり)型で1800mm、等値型で900mmである。厚さは、スパンから垂直に円弧中央までの長さとする。つまり曲率0.1~0.5は等値型では、90~450mmを示す。先すばまり(先拡がり)型では、180~900mmを示す(図3)。また、先すばまり(先拡がり)型は円弧半分が、側壁に値することを示しておく。照度は教室の天井に備えている蛍光灯の光を利用し、模型の天井の和紙により拡散させており、模型全形態の内部の明るさが一定になるように設定している。

2-1. 実験1：広さ感に関する実験方法

片側平面壁を左右に移動できる矩形空間(調節モデル)と凹・凸面の曲壁空間(観察モデル)とを一对比較させる。最初に観察モデルを5秒間見せる。つぎに調節モデルの側壁を移動して、観察モデルと調節モデルの「広さ感」が等しいと感じた位置で側壁を停止させる。但し調節時間は制限しない。再度、観察モデルを5秒間見せ、調節モデルの側壁の位置を修正させる。モデルの提示順はランダムで行う。数回程度試して実験を行う。被験者のばらつきは、T検定において平均値をとることにする(図4, 図5)。

凹面	先すばまり型凹面	先拡がり型凹面	等値型凹面
観察モデル			
調節モデル			
曲壁空間			
凸面	先すばまり型凸面	先拡がり型凸面	等値型凸面

▲は視点をあらわす。(ただし、視点は左右移動可能)

図1 実験で用いたモデル

観察モデル (曲壁空間)	調節モデル (矩形空間)
主材料	表面仕上げ
7mm スチレンボード	内壁：模造紙
7mm 合板	床：模造紙
スタイロフォーム	天井：和紙
	角材
	六角ボルト
	キャスター

図2 実験空間

2-2. 実験2：奥行き感に関する実験方法

観察モデルの室容積と等しく合わせた調節モデルを基準空間とする。観察空間の視線方向は基準空間と同じ奥行き方向とする。最初に基準空間を15秒間覗く。その後で観察空間を15秒間覗き、基準空間の奥行きを100としたときの観察空間の奥行の値を数値で評価させる(ME法)。視点の位置は、開口の真ん中とし、モデルによっては、奥の隅あるいは、手前の隅角部が見えにくいものがある。それを考慮して、多少左右に移動できるようにする。被験者のばらつきは、T検定において平均値をとることにする(図6, 図7)。

図3 曲率の説明

図4 実験の手順

観察モデルの広さ感、奥行き感が、幾何平均値に対して差が有意であるか有意水準5%でT検定を行う。
 $t \geq 1.697$ で有意差が認められる。

図5 T検定 広さ感(凹凸面空間)

図6 T検定 奥行き感(凹凸面空間)

図7 奥行き方向の説明

2-3. 実験 3: 空間のイメージに関する実験方法

空間のイメージ 観察モデルを 15 秒間見せ、26 の形容詞対を用いて SD 法による 5 段階の評価を行わせる。26 対の形容詞は、SD 法を扱った既往研究を参考とし選択されたものである。また、あらかじめアンケート調査により空間を表現する形容詞対として「適当」と回答したものが 50%以上占めている項目から選択されたものである。

3. 分析方法と用語の定義^{注2)}

本報では、前報で定義した用語以外について説明することにする。分析方法についても同様に、本報で新たに出てきた分析について説明をする。

3-1. 実験 1 の分析方法と用語の定義-その 1

感覚値とは、調節モデル（凹面・凸面）を覗き、それと同じ広さを感じる位置に調節モデルで調節した値（測定値）を被験者 30 人分で割った値、この平均値から幾何体積を引いた増加、減少分の幾何体積に対する割合を%で表したものである。3 次元解析とは、X 軸、Y 軸に物理量、意識量、あるいは Z 軸に空間イメージの評価を取り、モデル空間の性質を総合的に評価してみた分析である。また、もう一つの 3 次元分析は、Z 軸に奥行き感、X 軸、Y 軸に立体角比、あるいは空間構成面同士の割合をとった分析である。

3-1-1. 実験 1 の分析方法と用語の定義-その 2

物理量とは、広さ感、あるいは奥行き感の感覚値のことである。それぞれ X 軸、Y 軸にとっている。心理量とは、空間イメージの評価のことである。Z 軸においている。もう一つの 3 次元解析で出てくる意識量とは、つぎに挙げる割合のことである。感覚値の三日月部分に対する割合を示す。但し、原点に 100(-100)%をおく。あるいは、湾曲部分の追加・削除との比率を示す。それらは、Y 軸に置いている。(図 10, 式 1, 式 2)

3-1-2. 実験 1 の分析方法と用語の定義-その 3

2 次元に物理量を置いたときの第 1 象限、第 3 象限とは、X 軸あるいは、Y 軸に広さ感、奥行き感が共に増大した、あるいは減少した関係にあるモデルの集まりである。

3-2. 実験 2 の分析方法と用語の定義

奥行き感とは、基準空間（凹面・凸面）を覗き、その奥行きを 100 としたときの観察空間の奥行きの値を（測定値）を被験者 30 人分で割った値、この平均値から 100 を引いた増加、減少分の 100 に対する割合を%で表したものである。奥行き感を Z 軸に取り、さらに、立体角比と空間構成面の比を 2 次元において分析してみる。各構成面とは、曲壁面、側壁平面壁、前面壁、手前壁面のことである。立体角比とは、視野内での曲壁面の面積あるいは、片側の側壁面積の占める割合。視野内：あらかじめ観察空間の内部を魚眼カメラで写す。それから眼球に映ったかのようにほぼ円形に形どって得た図のことである。(図 8) つまり、X 軸に前面壁面幅/手前壁面幅、あるいは手前壁面幅/曲面壁の長さを示す。Y 軸のプラス側に平面壁の全体に対する割合、あるいは、曲壁面の全体に対する割合を取る。(図 11)

3-3. 実験 3 の分析方法と用語の定義

心理量を Z 軸においたときの、X 軸、Y 軸での物理量、意識量との一致とは、2 次元において、物理量、意識量が 2 系統に分かれる。それに対して、同じように、Z 軸の空間イメージも 2 系統に分かれることを示す。

図 8 立体角比（曲／全、平／全）

図 9a エッジ部分

図 9b 接線の水平角と影響部分との関係

図 10a 湾曲形態（三日月型）の付加・欠損の変動傾向

横軸； $x/S \times 100 (\%)$ (1)

x ；観察モデルの三日月部分の体積、欠損を（-）、付加を（+）にとる。

S ；観察モデルの台形部分の体積

縦軸； $(v-S)/x \times 100 (\%)$ (2)

v ；広さ感の測定値

$v-S$ ；認知された測定値よりと仮定される三日月部分の体積感

図 10b 台形部分と三日月部分の説明

図 11 手前壁面開口／曲面壁長さ・前面壁開口／手前壁面開口

図 12 広さ感・奥行き感・心理量 I

4. 実験結果と考察^{注1)}

本報では、前報で示したグラフも加えて考察を行うことにする。
(図 8, 図 9a, 図 9b, 図 10a, 図 10b, 図 11, 図 12, 図 13)

4-1.2 次元に物理量、Z 軸を心理量とした 3 次元解析の考察

1) 先拡がり型凹面（第 1 象限）

曲率の増大に伴い、広さ感（曲率 0.4～0.5）・奥行き感（曲率 0.5 のみ、平面/手前=1/5）は、ともに増大する。開放性の評価は、比較的大きい。やわらかいイメージは曲壁の立体角比に影響があり、他の形態に比べ、比較的小さな評価を示している。三日月形の付加の変動からは、矩形空間に置き換える意識も増大する。

2) 先すばまり型凹凸面（第 3 象限）

曲率の増大に伴い、広さ感・奥行き感は、ともに減少する。また、凹面のやわらかさのイメージは視野内の曲壁面積の占める割合が大きい形態であることも影響している。また凸面も少し影響があり、中ぐらゐの評価である。凸面の変化性、複雑性のあるイメージは、比較的小さい。凹面は曲率 0.1～0.4 で、凸面は曲率 0.1～0.5 で有意差があらわれ、凸面よりも、0.4～0.5 でも大きく認知できる。三日月形の付加、欠損の変動より、矩形空間に置き換える意識も増大し、先すばまり型凸面と先拡がり型凹面とが酷似している。また凸面の減少量と先拡がり型凹面の増大量が、曲率 0.4～0.5 で等しくなり三日月形の付加、欠損の変動より矩形空間に置き換える意識も増大し、認知構造が概して等しくなる。

3) 先拡がり型凸面・等値型凹面（第 2 象限）

曲率の増大に伴い、広さ感は増大するが、奥行き（曲率 0.4）は、小さめに認知する形態である。変化性、複雑性、方向性のイメージは、共に評価が大きく、特に前半のイメージは奥面のエッジ、湾曲面の傾斜角度よりも大きな面を奥にもった要因が大きく影響している。先拡がり型凸面は、曲率 0.2～0.5 で有意差が見られ、先拡がり型凹面に比べ小さな曲率でも大きく認知される。先拡がり型凹面と先拡がり型凸面とは、曲率 0.2～0.5 で増加、減少量が等しく、湾曲面の付加、欠損量が概して等しく、矩形空間に置き換える意識も同じくらいであり、酷似している。先拡がり型凸面は、空間構成面どうしの関係を見てみると、前面壁/手前壁、曲壁/平面壁の割合が、1/2 なるプロポーションで、奥行き感で有意差が顕れ、小さく認知される。

4) 等値型凸面（第 4 象限）

広さ感（曲率 0.1～0.4）は減少するが、奥行き感はやや増大する。変化性、複雑性、方向性のイメージは、共に評価が大きく、特に前半のイメージは奥面のエッジが大きく影響している。

5) 立体角比の動向

先すばまり型では、曲壁面積の占める割合が平面側壁面積の占める割合より大きい。逆に先拡がり型の方では、平面側壁面積の占める割合が大きい。先拡がり型は、曲壁面の影響が少ないと見るならば、空間構成面同士の関係が関係していると考えられる。凹面の先すばまり型は、包まれた形状であることが、奥行き感の要因であることにに対し、凸面の先拡がり型、凹面の先拡がり型は、空間のプロポーションが大きく影響していると考えられる。具体的に前面壁、手前壁、曲壁面との関係が深く影響していると考えられる。

図 13 広さ感・奥行き感・心理量Ⅱ

図 14 構成面比・立体角比・奥行き感

4-2.2 次元に、立体角比、あるいは空間構成面同士の比、Z 軸を奥行き感とした 3 次元解析の考察

物理量の奥行き感に関わる 2 要素を元に、Z 軸に置いたときの、2 次元の世界にその要因をおいたときの 3 次元解析を行う。凹面は、

先拡がり型凹面を 0.5 を除くと、短めに認知され、曲面壁の全体に占める割合に影響することがわかる。また、空間構成面同士の関係において前面壁面間口の手前壁面間口の割合が 1/2 に近い値を示している形態が多い。凸面は、手前壁面間口の曲壁面長さの割合、及び、前面壁面間口の手前壁面間口の割合が、ほぼ 1/2 を示す範囲において短めに認知される傾向にある。先拡がり型凸面あるいは、先すばまり型凸面もその構成面同士の条件のもとで同じような奥行き感を示すことが判明している。(図 14)

図 15 意識量Ⅰ・広さ感・心理量

4-3.2 次元に意識量・物理量、Z 軸を心理量とした 3 次元解析の考察

1) 意識量・物理量・心理量の一致
先拡がり型凸面と先すばまり型凹面とは、曲率が 0.3~0.5 になると、湾曲部分を意識する度合い、つまり湾曲部分の追加・削除の比率が、0.45~0.5 に近づく値を示しており、似通ってくる。あるいは、もう一つの意識の度合いとして三日月部分の付加・欠損の比率をが似通ってくる。つまり曲率が大きくなると、先拡がり型凸面の場合、Y 軸の -100% に近づく傾向と、先すばまり型凹面の場合、Y 軸の 100% に近づく傾向とが似通ってくる。つまり意識量が高まると、広さ感の増加、あるいは減少の度合いも等しく、かつ方向性、あるいは、やわらか性を示す度合いも似通ってくる。逆に曲面をはさんで、先すばまり型凸面、あるいは先拡がり型凹面も、意識量、物理量、心理量(変化性あるいはやわらか性は、評価が低く、ともに似た傾向を示す。)が、似通った値を示す。つまり、曲壁空間の表裏空間である、先すばまり・先拡がり型は、意識量、物理量、心理量が、2 系統にわかれ、ともに似通った値を示し、これら 3 要素の傾向が統一される。(図 15)

図 16 意識量Ⅱ・広さ感・心理量

5. まとめ

結果を以下にまとめる。

○実験 1: 広さ感に関する実験について

1) 曲壁を使うことで、曲率の増大にともない、全体が大きく 4 つに分かれる。イメージに関しても大きく凹・凸別に 2 つに分かれる。要因としては、空間形態、立体角比、空間構成面同士の関係が考えられる。

2) 広さ感は、凸面は凹面に比べ、小さな曲率でも大小に認知され、凹面に比べ把握しにくい空間である。凸面にあるエッジ部分と深い関わりがあり、方向性・流動性、変化性を表す要因である。逆に凹面は、やわらかさ(先すばまり型)を表すイメージは、視野内の曲面積の占める割合、開放性(先拡がり型)をあらわすイメージは、物理量の増大と関係がある。

3) 広さ感の認知構造が 2 系統に概して等しくなる。その主な要因は、増加、減少量が等しいことが考えられる。

4) X 軸に意識の度合い、Y 軸に湾曲部分の追加・削除の比率、Z 軸に空間イメージをとってみると、つぎのことがわかる。曲壁空間の曲率が大きくなると、湾曲部分の形態を捉える意識が大きくなってきているのにもかかわらず、感覚値は増加あるいは減少を示す。さらに、その増加、減少度は、先拡がり凹面と、其の裏側の先すばまり凸面とは、ほぼ等しくなる。逆に先すばまり凹面と、その裏側の先拡がり凸面とはほぼ等しくなる。

○実験 2: 奥行き感に関する実験について

5) 曲率の増大に伴い、広さ感・奥行き感が共に大きく表われる形態(先拡がり型凹面(曲率 0.5))、逆に小さく表れる形態(先すばまり型凹凸面)に分かれる。またそうでない形態で、奥行き感が小さくあらわれた先拡がり型凸面は各構成面同士の関係が考えられる。

6) 凹面先拡がり型では曲率 0.5(手前壁面長さの奥行き長さに対する割合が 1/5)のみ有意差があらわれ、視野内の平面側壁面積の占める割合が曲壁面積より大きいにもかかわらず、広さ感と同様、同体積の矩形空間よりも大きく認知される。

7) 凸面先すばまり型と先拡がり型を通じて、手前壁面長さの曲壁面長さに対する割合、あるいは間口の小さい方の大きい方の長さに対する。割合がほぼ 1/2 である形態について有意差が見られ、小さく認知される。

8) 平面側壁面積の視野内に占める割合が、曲壁面積よりも大きい形態(凸面先拡がり型)は、広さ感の認知構造と異なる傾向を示し、その要因は、空間の各構成面(間口、平面側壁面積、曲壁面)同士の関係が大きく影響している。

○実験 3: 空間のイメージに関する実験について

9) 湾曲部分、三日月部分を意識する度合い、印象評価の方向性、やわらかさあるいは変化性、の傾向、あるいは広さ感の認知傾向は、曲壁空間の表裏において、同じ傾向を示し、同じように、2 系統に分かれる意味において、物理量、心理量、意識量がすべて一致する。立体的解析において上記の 5 つのグラフより明らかになった。

謝辞

本研究を進めるにあたって、関東地方の理工学部建築学科の学生にご協力いただきました。ここに記し感謝の意を表します。

注

注 1) 文献 3) を示す。

注 2) 本報における、実験概要、実験方法、分析方法と用語の定義、実験結果と考察は、詳しくは文献 3) あるいは文献 4) の「2. 実験概要、2-1. 実験方法、3. 分析方法と用語の定義、4. 実験結果と考察」を参照されたい。

参考文献

- 1) 初見 学, 高橋志他 2 名: 室空間の容積と印象評価に関する実験的研究—容積を指標とした空間計画のための基礎研究(その 1)—, 日本建築学会計画系論文集, 第 496 号 pp. 119~124 1997. 6
- 2) 初見 学, 高橋志他 2 名: 室空間の容積と印象評価に関する実験的研究—容積を指標とした空間計画のための基礎研究(その 2)—, 日本建築学会計画系論文集, 第 508 号 pp. 99~104 1998. 6
- 3) 吉岡祥隆, 初見 学: 曲壁空間の知覚と心理的影響に関する実験的研究—空間認知構造に関する研究—その 1—, 日本建築学会計画系論文集, 第 680 号 pp. 2353~2358, 2012. 10
- 4) 吉岡祥隆: 曲壁空間の定量分析に関する実験的研究—空間認知構造に関する研究—その 2—, 日本建築学会計画系論文集, 第 693 号 pp. 2301~2306, 2013. 11
- 5) 吉岡祥隆, 初見 学: 曲壁空間の知覚-1—空間認知構造に関する研究—その 1—, 曲壁空間の心理的影響—空間認知構造に関する研究-2—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp. 909~912, 2008. 9
- 6) 吉岡祥隆: 曲壁空間の知覚-2—空間認知構造に関する研究—その 3—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp. 617~618, 2009. 9
- 7) 吉岡祥隆: 曲壁空間の知覚と心理的影響-1—空間認知構造に関する研究—その 4—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp. 865~866, 2010. 9
- 8) 吉岡祥隆: 曲壁空間の知覚と心理的影響-2—空間認知構造に関する研究—その 5—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp. 869~870, 2011. 9
- 9) 吉岡祥隆: 曲壁空間の知覚と心理的影響-3—空間認知構造に関する研究—その 6—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1 pp. 753~754, 2012. 9

(2013年 9 月 4 日原稿受理, 2013年11月 6 日採用決定)