

I-231

視覚的に力の流れを認識する橋の形に関する研究

東京大学大学院 学生員 阿部哲子
 東京大学工学部 正会員 石井信行
 東京大学工学部 正会員 藤野陽三
 玉川大学 阿久津正大

1. はじめに

橋梁美の一つのとらえ方に「力の流れ」が表現されているものを美しいとする考えがある。しかし、「力の流れ」とは抽象的な概念であり、その意味、またそれを表現するためのデザイン原則に関する基礎的な研究はほとんど行われていない。そこで本研究では、眼球運動という人間の生理的レベルでの反応に着目することにより、視覚的な力の認識に関して定量的評価を与え、視覚心理を橋梁デザインへ応用させることを目的とした。

2. アルンハイムの柱の理論に関する定量的評価

視覚的な力の認識に関する研究は、従来、芸術や建築の分野で行われてきたが、その中で、本研究ではアルンハイムの柱の理論に着目した¹⁾。アルンハイムは、図1に示すように柱の形が等断面の場合には視覚的な力の認識が上下両方向に向かうのに対し、上または下へ先細りになる場合には一方向への認識が強まること、また柱が太くなると方向性の認識は弱められるということを主張している。

この理論を受け、本研究では形態認識時における眼球運動の差違が柱における力の認識に違いを説明するのではないかと考え、図2のA～Fに示すような6種類の図形に対する眼球運動をアイマークレコーダーにより測定した。被験者は玉川大学工学部の学生3名で行った。その結果、図3に一例を示すように、定性的特徴として、力の認識の方向性が強い柱の形の場合、注視点（視線がある一定時間以上停留している点）が形の両端部に集中し途中には少なくなるという傾向が得られた。なお、この図ではアイマーク軌跡に重ねて、注視点を中心にそこでの停留時間に比例した大きさで円を描き、累積停留時間の分布を棒グラフで示している。

ここで、得られた特徴の定量化にあたりアイマーク軌跡のフラクタル次元（平均値）を求めたところその値は以下のようになった。

$$A: 1.47 > B: 1.33 > C: 1.16 > E: 1.00 \\ D: 1.21 > F: 1.06$$

このことから、力の認識の方向性が強いほどその柱の形に対するアイマーク軌跡のフラクタル次元は低くなっていることがわかる。つまり、アルンハイムの理論に関してはフラクタル次元で定量的に説明しようと言えよう。

3. 橋への応用

次に、アルンハイムの理論に関して行った定量的評価を橋における「力の流れ」の認識に応用させることを試みた。方法としてはまずアンケート調査により「力の流れ」を認識しやすい橋の形を抽出し、次に、その抽出された形に対するアイマーク軌跡の測定を行うことで、両者の関係を考察することとした。

アンケート調査は下路アーチのアーチリブ形状に関して行った。曲線、ライズ比、テーパー

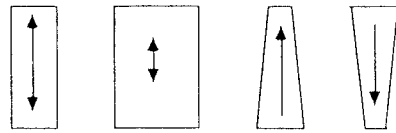


図1 アルンハイムの柱の理論

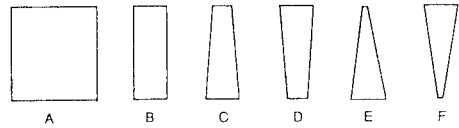


図2 実験対象とした図形

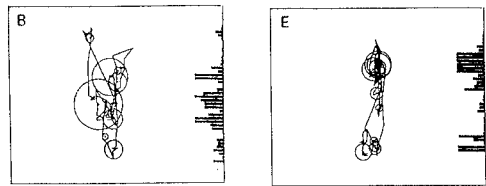


図3 アイマーク軌跡

表1 アンケート調査の組み合わせ

	曲線	ライズ比	テーパーの割合	種類
1-(1)	円、放物線、三心円	1/5	1/2	3
1-(2)	円、放物線、三心円	1/7	1/2	3
2-(1)	放物線	1/5, 1/6, 1/7, 1/8	1	4
2-(2)	放物線	1/5, 1/6, 1/7, 1/8	1/2	4
3-(1)	放物線	1/5	1/5, 2/3, 1/2, 1/3, 1/6	6
3-(2)	放物線	1/7	1/5, 2/3, 1/2, 1/3, 1/6	6

の割合を変化させて表1のような組み合わせをつくり、被験者に一つの組み合わせの中で「力の流れ」を最も認識しやすいものと、しにくいものを選んでもらった。ここでテーバーの割合とはアーチ中央部での太さを1とした場合の端部での太さを表す。被験者は東京大学教養学部で建設分野への進学が内定している学生約60名で行った。結果の一例（ライズ比の比較）を図4に示す。このアンケート調査から、曲線の性質としては円、放物線に比べて三心円は力の流れを認識しにくいこと、またライズ比は高い方が力の流れを認識しやすいこと、テーバーの割合は1/2程度が適当であることがわかった。

次に、アンケートで用いたアーチリブの中から9種類を選びそれらに対するアイマーク軌跡の測定を行い、フラクタル次元を求めた。なお、被験者は玉川大学工学部の学生4名で行った。表2にフラクタル次元とアンケートによる評価順位の比較を示す。ここで、アンケート結果に関しては

（力の流れを認識しやすいものを選んで人数）

—（力の流れを認識しにくいものを選んで人数）で評価している。ここから分かるように両者による評価順位は必ずしも一致していない。つまり、橋における「力の流れ」の認識に関しては、フラクタル次元による定量的評価は適用できなかった。この理由として一つ考えられるのは、実験に用いたアーチリブが非常に細かったためアーチの軸直角方向の動きがレコーダーの検出精度以下であったということである。

しかし、定性的特徴としては「力の流れ」を認識しやすいものに関しては、注視点がアーチ頂部と両端部に集中し途中には少ないという傾向が得られた。図5にライズ比が1/5と1/8の場合のアイマーク軌跡を示す。このような特徴の違いをフラクタル次元にかわる何らかの指標で定量化できれば、橋における「力の流れ」の認識に関しても定量的評価は可能であると考えられる。

4. まとめ

定量的評価には成功しなかったものの力の認識の違いに対応して生理的レベルでの反応である眼球運動の特徴の違いをとりだせたことは一つの成果であろう。今後の方向として、一つにはアイマークレコーダーの精度を向上させる、もしくは図を大きくする等の実験方法の改良を行い、その上でフラクタル次元による定量化を再び試みる方向がある。また、図5に示したような特徴の違いを何らかの他の指標で定量化するという方向も考えられる。

参考文献：

- 1) R・アルンハイム：「建築形態のダイナミクス（上・下）」乾正雄訳 鹿島出版会 1980
- 2) 杉山和雄：「橋梁形態の観照と評価に関する基礎的研究」
- 3) 鳥居修晃：「視覚の心理学」サイエンス社 1982,5
- 4) 高安秀樹：「フラクタル」朝倉書房 1986

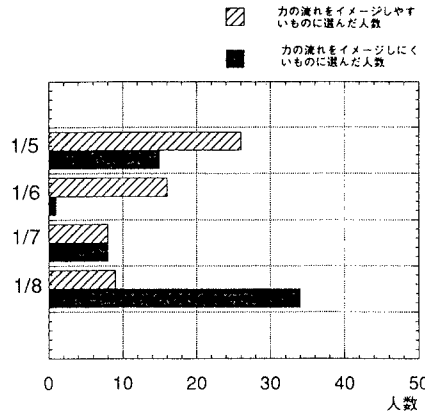


図4 アンケート調査結果の一例
ライズ比の比較（放物線、テーバー1/2）

表2 アンケート調査結果とフラクタル次元

	アンケート認識数	フラクタル次元	アンケートの順位	フラクタルの順位
曲線				
放物線	17	1.35	1	3
円	18	1.27	2	2
三心円	-35	1.28	3	1
ライズ比				
1/5	11	1.28	2	2
1/6	15	1.24	1	1
1/7	0	1.37	3	4
1/8	-25	1.31	4	3
テーバー				
1/6	-30	1.18	3	1
1/2	14	1.37	1	3
1	3	1.34	2	2

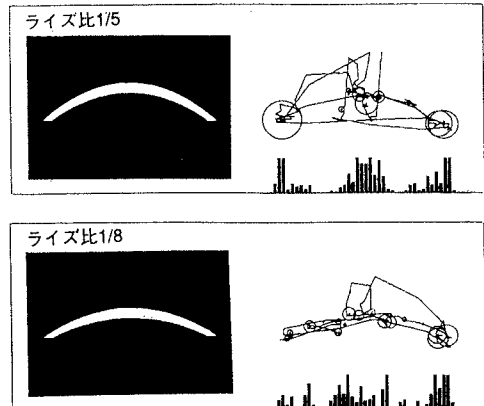


図5 アーチリブに対するアイマーク軌跡