

新機能主義における橋梁デザインの 形態的特徴とその印象の関係

松井 哲平¹・佐々木 葉²

¹学生会員 早稲田大学大学院創造理工学研究科建設工学専攻
(〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1, E-mail: teppei1105@me.com)

²正会員 博士(工学) 早稲田大学創造理工学部社会環境工学科
(〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1, E-mail: yoh@waseda.jp)

近年、橋のデザインは構造合理性を追い求める機能主義の時代から、構造体自身を表現形式とすることへ設計思想が変化してきた。そこで本研究では、橋梁観察者が感じる力の流れや動きの可能性を動的イメージと定義し、形態的特徴と動的イメージの関係性を抽出することで現代橋梁デザインの具体的なデザインの特徴を明らかにすることを目的とする。本稿では、新機能主義の設計思想を整理すると共に、Computer Graphicsによって3D化した橋梁を基に、形態と動的イメージの関係性に関する仮説を構築した。

キーワード: 構造デザイン, 造形, 新機能主義, 動的イメージ

1. 研究の背景と目的

建築物や橋梁のような構造物を対象とした構造デザインの分野においては、その構造物の形態に内在する力の流れや動きのイメージが視覚的に表現されているかどうか、一つのデザインの評価基準となる事が多い。特に近年では、田村が新機能主義¹⁾と呼ぶように、『単に機能即美ではなく、用強美のすべてを備えたものを機能として捉え、構造から決まる形をいかに洗練された形に仕上げるのか』¹⁾という傾向が強まってきている。

また、このような橋梁設計の思想に関する研究は、設計者個人の設計手法や考え方には言及しているが、そのデザインの面において、その時代の特徴を明らかにするまでには至っていない。特に現代の新機能主義においては、常に新しい構造形式を提案してきたわけではない(図-1、図-2)にも拘らず、これまでの橋梁とは明らかに違う印象を与えていると感じられる。

以上のような背景から本研究では、新機能主義の具体的なデザインの特徴を明らかにすることを目的に、部材を変化させたComputer Graphics(以下、略称CG)を作成し、部材形状の変化とそれに伴う橋梁観察者の感じる力の流れや動きの感覚に関する仮説を構築する。



図-1 泉大津橋



図-2 Alameda Bridge

2. 研究の概要

(1) 新機能主義の位置づけ

1で示したような、現代の設計思想については、中村は構造生成主義²⁾と呼んでおり、また建築の分野ではニューモダニズム³⁾や構造形態創生³⁾等と呼ばれているが、本研究では田村の呼ぶ新機能主義を用いることとする。

(2) 既往研究

形態と感覚の関係に関する研究として、以下4つの既往研究をレビューした。

a) 構造物の力動性認知モデル⁴⁾

石井は、構造デザインと認知科学をつなげる基礎を築くことを目的に、力や動きのイメージが形成されるメカニズムの仮説を認知科学の枠組みの中で構築した。さらにその仮説が彫刻や橋梁に対して、観察者が抱く印象を統一的に解釈できる事を示した。

b) 橋梁の安定感に関する研究⁵⁾

杉山は、橋梁形態をサイコベクトルとして抽出し、定量化する為の元データとした。さらに、アンケート調査によって、異なる形態を有するスケッチを組にし被験者にその中で「好ましさ」の順位を付けてもらった。

そこから、定量的評価とアンケート調査が一致した為、定量化方法の有効性が検証されたと結論づけている。

c) 橋梁の部材形状によるデザイン研究⁶⁾

永見らは、桁橋に着目し、ブラケット形状などのデザイン事例を収集し、各々のデザイン案をSD法によって印象評価を行った。

その結果、ブラケット、下フランジのデザインでは、桁橋の側面にアクセントを加える事は有効である。また下フランジとweb面との構成で印象コントロールができることが分かり橋梁デザインの一助になったとしている。

d) 橋梁に対する鑑賞行動と評価に関する研究⁷⁾

杉山は、鑑賞行動をアイマークレコーダーによって、印象評価をSD法によって、抽出した。

その結果、鑑賞行動と形態との関係、また各被験者の情報量と評価との間に相関が見られることから形態の複雑さが評価に影響を与えているとし、さらに、各知覚パターンは特定のパターンと高い相関があるとした。

このように、形態と感覚に関する研究は数多く見受けられる。しかし、対象を単純化した事で構造物の設計論まで発展しないものや、複雑なまま扱う事で分析に研究者の主観が入り込んでしまうものが多く見受けられる。

そこで本稿では、目的とする認知現象を抽出し、建築や認知科学の分野を参考に、それを喚起させる部材形状変化の仮説を構築する事に努めた。

3. 新機能主義の設計思想

(1) Santiago Calatrabaの造形

サンチャゴ・カラトラバの作品には、常に造形的な議論が伴ってきた。新機能主義の立役者とも言える氏の思想を、既存の文献から整理する。

a) 形態の創造

カラトラバは、形態の創造において人間や生物の骨格をしばしばモチーフとして用いている⁴⁾。

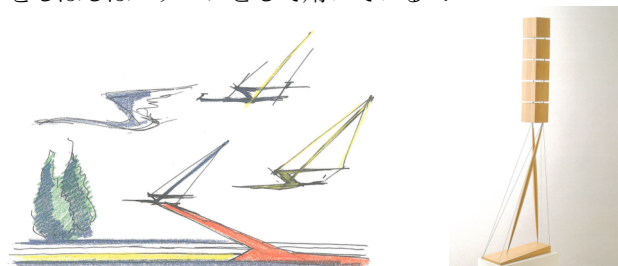


図-3 カラトラバのスケッチ⁹⁾

図-4 カラトラバの彫刻⁹⁾

このことに関して、ツォニスは『カラトラバの形態が、動きを有した有機体との外見の類似性を超えて、本来の動きを象徴している。』⁸⁾と捉えている。また、そのモチーフから形態へと昇華するプロセスは、より純粋な形態表現が可能となる彫刻で表現される場合がある

(図-4)。つまり、カラトラバは、設計において、生物の様に元来動きを有しているものと外見を同じくしているだけでなく、そこからその生物が有する構造、力の流れ、動きを捉え、形態に昇華させていると考えられる。

b) 位置エネルギー

ツォニスは、形態要素同士の間にはカラトラバが見出したものを位置エネルギーと捉えている。つまり『形態は力の作用、反作用だけでなく、構造物が運動する可能性を有していることを示す図式である』⁹⁾と説明する。またカラトラバ自身も『力は、建築においても、機械においても、質量と加速度の積に等しい。可動性は力の概念に内在しており、力は結晶化された運動であると捉えられる』⁹⁾と語っている。

c) 構造システム

ウェブスターはカラトラバの作品における構造システムについて解説をしており、『カラトラバの作品で典型的なことは、力を遠回りさせるような部材配置の削除である』⁹⁾としている。つまり、この操作によって力の流れをより明快に知覚させようとしていると考えられる。

(2) 新機能主義の設計思想

以上の様に、カラトラバにとって構造物を設計することは、力のシステムを構築することであり、同時に力を視覚化する創造行為であると言える。

これは、カラトラバ自身の言葉の中にもあるように、『動きが明らかになるように試みよう』⁹⁾ということである。つまり、力のイメージや動きというものを視覚的に表現していくこと、それが彼の設計における主眼に他ならないと言えるであろう。

また、このことは他のデザイナーにおいても当てはまることが多い。例えば、ローラン・ネイは設計を行う際の評価基準として『力学的成り立ちが明確で、誰もが直感的に構造を理解できるもの』¹⁰⁾としており、さらにマイク・シュライヒにおいてもダイナミックなバランスを持つ橋梁を数多く生み出している¹¹⁾。

デザイナー個々人においては、さらに細かい思想があると考えられるが、力の流れや動きを形態として視覚的に表現することは、新機能主義の設計思想において、大きな主眼になっていると考えられる。

そこで、本研究では、このような構造物に内在している力の流れや動きの可能性を動的イメージと定義し、構造物の形態的特徴とそれに伴う動的イメージの関係性から、新機能主義における形態的特徴を探っていく。

4. 仮説の提示

構造物において形態的特徴により喚起される動的イメージとその要因についての仮説を提示する。

そのため、モデルとする橋梁のCGを作成し、その各種部材の形状や大きさを変化させることで生じる印象の

変化を観察する。モデルとする橋梁の選定にあたっては、デザインの一定の評価を受けており、構造的に力の流れや動きを感じられること、さらにディテールに関しても、細かな配慮が見られることとし、今回は、フォレストブリッジを選定した。

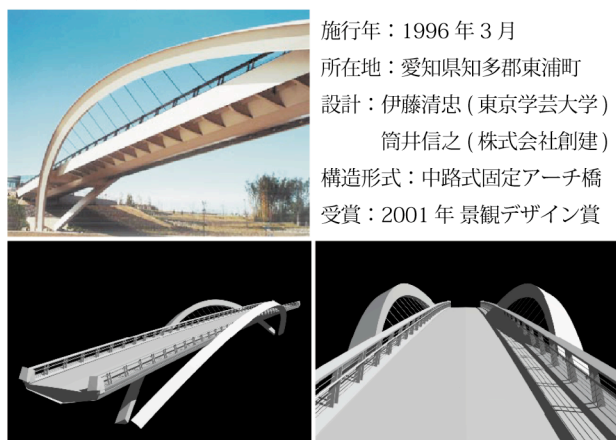


図-5 フォレストブリッジ

また、人間が構造物から得ている視覚情報としては、形態、規模、肌理、色彩、陰影等がある⁴⁾。実際には、それらに加えて周辺状況も視野に入っているが、ここでは議論が複雑になりすぎる為扱わない事とする。

以下に、種々の部材を操作する事で明らかになった新機能主義の橋梁の特徴に関する仮説を示す。

仮説① 鉛直からの傾斜

海外事例において多く見られるが、本来鉛直に保たれているべき部材が鉛直から傾斜している場合、観察者はそこに力の流れをイメージすると考えられる。このことは、建築においてもアルンハルムが、『重力空間において、垂直面を基準として、垂直軸からの逸脱の程度が、視覚的ダイナミクスを与えている』¹³⁾と捉えている。

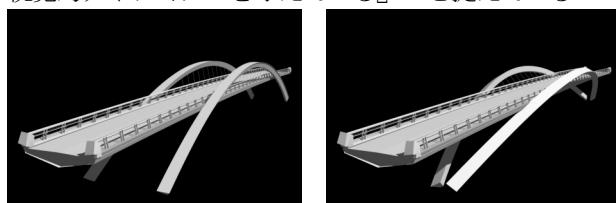


図-6 アーチリブ傾斜角 0°

図-7 アーチリブ傾斜角 30°

具体的には、図-6、図-7のような場合が考えられる。図-7のように、アーチリブが鉛直面に対して傾斜している際、観察者にはこのアーチリブがより倒れていくという運動がイメージされると考えられる。これにより、形態に動的イメージが喚起されると考えられる。

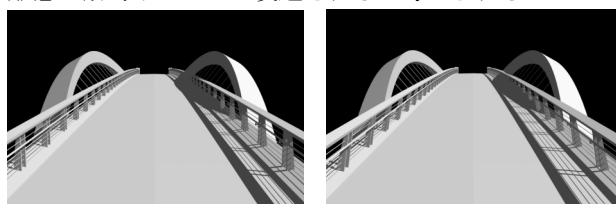


図-8 高欄傾斜角 0°

図-9 高欄の傾斜角 9°

また、この鉛直からの傾斜による動的イメージはディテールにも現れてくると考えられる。

上図は元来、鉛直方向から内向きに傾斜していた高欄（図-8）とその傾斜を鉛直方向に補正したもの（図-9）である。

ディテールにおいてはその部材単体だけではなく、その橋梁の持つ構造体と共に認知されていると考えられる。

上記の場合、傾斜している際（図-9）は、アーチリブの傾きとは逆方向への傾きが生じているが、アーチリブと共に知覚される為、アーチリブの傾きが強調されると共に、橋上では安定した形態として捉えられると考えられる。また、傾斜が生じていない場合（図-8）、動的イメージはアーチリブだけが持つことになり、橋上において不安定な印象を持つと考えられる。

仮説② 薄くみせる桁

近年の橋梁では、極力桁高を押さえたり、桁側面を薄く見せる操作が見受けられる。これによって桁の存在感を少なくし、桁の上部等に見える構造体が強調され、力のイメージがより鮮明になると考えられる。

この事は、視覚心理学における視空間の異方向性⁴⁾やゲシュタルト心理学における空間方向性⁴⁾によって説明がつくと考えられる。簡単に言えば、人の認知は空間の主方向である水平・垂直方向に強く働くという事である。

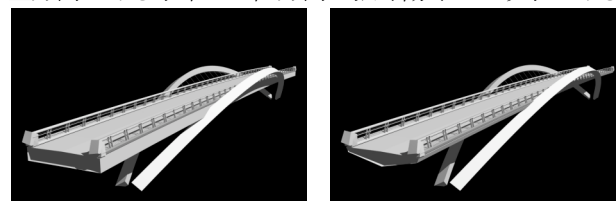


図-10 厚い桁高

図-11 薄い桁高

具体的に上図の場合においては、たとえ仮説①のような鉛直からの傾斜によって動的イメージが喚起されていたとしても、図-10 の様に厚い桁高によって、観察者の視線が、水平方向である桁に向いてしまい、観察者の感じる動的イメージは減少していくと考えられる。

仮説③ 非対称性

カラトラバの作品の中でも良く見られる特徴として、非対称性が挙げられる。アルンハイムによると『垂直方向にシンメトリーを持つ構造物は、安定感や普遍性を感じさせ、アシンメトリーであるものは、動的要素があり視覚的ダイナミクスを感じさせる』¹³⁾のである。

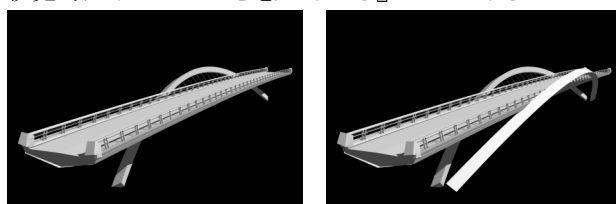


図-12 非対称

図-13 対称

具体的には、図-13 の様に両側にアーチリブがある橋梁を、図-12 の様に単弦にした場合、観察者に重力の存在をより強く、喚起させることになる。それに伴って、観察者に動的イメージが喚起されるものと考えられる。

しかし、図-12 の場合は元来、両側にアーチリブが存在していたものを、単弦にしたものである為、全体的には仮説②の様に、桁に意識が向いてしまい、観察者の感じる動的イメージは減少してしまうと考えられる。これを解消するのは、動的イメージを喚起させる構造体の量感であると考えられる。仮説④として以下に提示する。

仮説④ 構造体の持つ視覚的量感

仮説②で示した通り、人間の認知は動的イメージを喚起させるような斜め方向に比べ、水平・垂直方向に強く働く。その為、斜め方向を持つ構造体に関しては、ある程度の量感を持つ必要があると考えられる。この根拠としては、『視覚的な高さは独立性を生み、より自由で動かし易く見える』¹³⁾ ことに起因する。

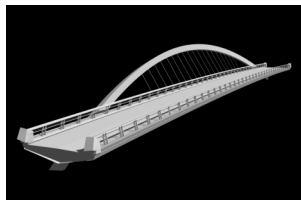


図-14 量感大

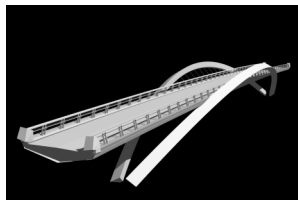


図-15 量感小

上図では、図-15 に比べ、図-14 の方がアーチの視覚的な高さや量感が増えたことで、観察者の意識はアーチに向き、動的イメージが強く喚起されると考えられる。

仮説⑤ 有機的な部材、変断面を取る部材

新機能主義においては、丸みを帯びた有機的な部材や変断面をとる部材が多く見受けられる。アルンハルムによると『自然はすべて有機的な形態をしており、有機的な部材は、その形態自体が動的な視覚的ダイナミクスを引き起こす』¹³⁾ としており、また変断面を持つ部材に関しては、建築物の柱に着目して『古典的な柱は、一番上に向けて先細りになっていく。この形は、先の方の自由な部分に向けて上昇する推進力を表す』¹³⁾ としている。これらの処理は、観察者の感じる動的イメージをより強くしていくと考えられる。

また、これらは、ディテールにおける処理である為、仮説①と同様に、他の動的イメージをより引き立てたり、またその不安定感を緩和するものであると考えられる。



図-16 有機的な部材

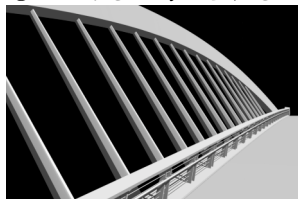


図-17 変断面をとる部材

具体的に、上図においては図-16 でアーチリブが丸みを帯びた形態を持つ事により、人工物特有の固定されたイメージを脱し、傾いたアーチリブにより強い動的イメージを与えていると考えられる。

また、図-17 の様に上に向かって先細りしていく変断面を用いた場合、倒れていきそうなアーチリブに安定感を与えると共に、上昇していく動きのイメージを付与すると考えられる。

6. 今後の課題

本稿では、新機能主義の設計思想を整理すると共に、CGによって3D化した橋梁を基に、形態の特徴と動的イメージの関係性に関する仮説を構築した。

今後の課題は、以下の通りである。

一つは、実験の必要性である。今回、提示したものはあくまで仮説に過ぎない為、この仮説による心理学的実験をおこない、仮説の有効性を示す必要があると考えられる。今後の課題としたい。

参考文献

- 1) 田村 幸久：新機能主義のすすめ，土木学会誌，Vol. 77-5 Page. 46-49, 1992
- 2) 中村 良夫：橋梁アーキテクチャに関する研究，橋梁景觀研究小委員会，2002
- 3) 大森 博司：空間構造の形態創生，別冊 建築画報，Page. 140-145, 2002
- 4) 石井 信行：構造物の視覚的力学，鹿島出版会，2003
- 5) 杉山 俊幸：加重目的決定分析法を用いたサイコベクトルによる橋梁景觀の定量評価，構造工学論文集，Vol. 37A, Page. 677-686, 1991
- 6) 永見 豊等：桁橋の景觀デザイン研究，橋梁デザインにおける3Eに関する研究部会(2)報告書，Page. 1-77, 2009
- 7) 杉山 和雄：橋梁に関する鑑賞行動と評価に関する研究，東京大学学位論文，1998
- 8) Tzonis, A : Santiago Calatrava The Complete Works-Expanded Edition, Rizzoli, 2007
- 9) Tzonis, A : Movement, Structure and the Work of Santiago Calatrava, Birkhauser, 1995
- 10) 渡邊 竜一等：Freedom of Form Finding -ローラン・ネイの思考，橋梁と基礎，Vol. 43 No. 4 Page. 35-39, 2009
- 11) Schlaich Bergermann Und Partner HP : <http://www.sbp.de/de/fla/mittig.html>
- 12) 芦原 義信：外部空間の設計，彰国社，1976
- 13) R・アルンハイム：建築形態のダイナミクス(上)(下)，鹿島出版会，1980