

概念設計における視覚的思考に関する一考察

○平 俊男 (奈良高専)

田中 正夫 (阪大)

Toshio HIRA, Nara National College of Technology, Yatacho, Yamato-Koriyama, Nara
Masao TANAKA, Osaka University

Key words: Design Engineering, Conceptual Design, Visual Reasoning, Mind's Eye

1. はじめに

概念設計では、技術的要因に基づく客観的側面に加え、設計対象物の美しさなどの非技術的側面、すなわち設計者の感性などに基づいた主観的側面も有することになる⁽¹⁾。後者の側面に関する設計者の意思決定には、設計者自身にもほとんど意識されない直感的なものも多い。このような意思決定は論理に基づく言語的過程ではなく、イメージ処理的な視覚的過程であると考えられる⁽²⁾⁽³⁾。

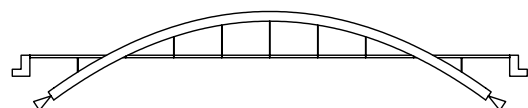
本研究では、構造物の概念設計を対象に、設計支援過程における視覚的思考の取扱いに関する基礎的な枠組について考察を行う。次に視覚的思考に基づく意思決定の鍵となる設計要因について検討を行う。

2. 構造形態と感覚的印象との事例に基づく関連付け

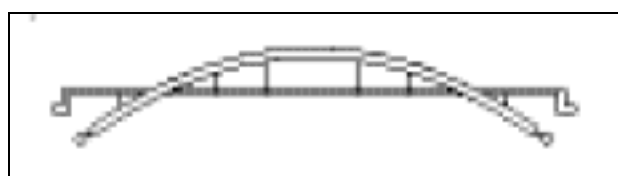
概念設計における直感的な意思決定に関して、感覚的側面に注目する考察⁽⁴⁾からは、対象物全体としての印象は、対象物の持つ個々の属性の印象からは説明できず、バランスやまとまりなどの全体を見る観点からしか表現できないことが指摘されている。すなわち、概念設計では大域的な視点からの判断が重要であり、局所的な情報の役割は小さいことが分かる⁽⁵⁾。従って、設計対象物の表現は、通常の知識ベースな設計支援で行われる属性集合としての言語的表現だけではなく、全体的な視覚的イメージとして形態を取扱うことも必要となる。

ここでは、例として橋梁構造物を取りあげ、設計事例の構造形態と、視覚的思考の一例としてその形態から受ける感覚的印象とに注目し、それらの関連付けを試みる。

2.1 構造形態の視覚的表現 図 1(a)に示すような橋梁構造物の 2 次元スケルトン側面図に対してピクセル化を行い、モノクロ階調で表現する画像(図 1(b))を視覚的イメージと呼ぶ。また、形態のプロポーションのみを扱うために、



(a) 2次元スケルトン側面図



(b) 視覚的イメージ p_n

図 1 構造形態の視覚的イメージ

設計事例のスケールについては正規化により対応している。水平方向の画素数 W 、垂直方向の画素数 H 、及び位置 (w, h) における階調値 g_{hw} を用いて、設計事例 c_n の視覚的イメージを $p_n = [g_{11}, g_{12}, \dots, g_{1W}, g_{21}, \dots, g_{HW}]^T, (0 \leq g_{hw} \leq 1)$ と表す。

2.2 事例に対する感覚的印象 橋梁構造物の美観に関する文献⁽⁶⁾では、感覚的印象を表す代表的形容語として、表 1 に示すものが挙げられている。ここでは、設計事例集等より事例に対する「優美」等の印象を収集し、該当する形容語には帰属度 1、しないものには 0 を与えることで事例の感覚的印象を表現する。設計事例 c_n に対する感覚的印象を $s_n = [s_1, s_2, \dots, s_I]^T, (s_i \in \{0, 1\})$ と表す。

2.3 誤差逆伝播法による関連付けと感覚的評価 設計事例 c_n について、その視覚的イメージ p_n と、感覚的印象 s_n とをそれぞれ入出力としたものを 1 組の学習データとし、複数の事例についてニューラルネットワークにおける誤差逆伝播法による学習を行う。学習後のネットワークに対して、新たな設計候補の構造形態の視覚的イメージを入力し、得られた出力を検討することで関連付けの妥当性をみる。

3. 関連付け及び新規設計候補に対する感覚的評価の例

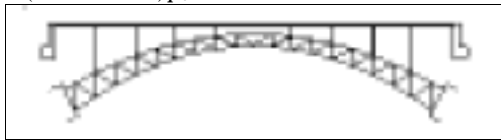
3.1 誤差逆伝播法による学習 3層ニューラルネットワークを用い、設計事例集⁽⁶⁾から得た 10 件の橋梁構造物設計事例 c_1, \dots, c_{10} の視覚的イメージ(120×32 画素, モノクロ 256 階調)と感覚的印象(表 1 に示した 11 の形容語への帰属度)とについて学習を行った。与えた設計事例の入出力の例を図 2 に示す。学習条件は、中間ユニット数を 100、学習回数を 4000 回、重みの修正係数を 0.01 とした。4000 回の結合重みの修正後には、出力層の平均誤差が学習開始時点から 1/100 程度に減少している。

3.2 設計候補に対する感覚的評価の検討 未学習の構造形態を新たな設計候補とみなし、学習後のネットワークに入力した場合の出力をみる。図 3(a)に示す Braced rib を持つ上路 2-hinged arch c_1^* の視覚的イメージ p_1^* に対して得られた計算出力 σ_1^* は、学習データとして与えた設計事例 c_6 (図 2(a) 上路 Fixed arch) の感覚的印象とほぼ一致している。すなわち、形態の類似した設計事例の感覚的印象と類似の評価が得られることが分かる。

表 1 橋梁構造物を表現する代表的な感覚的形容語

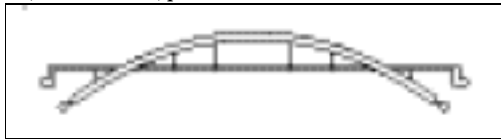
| | |
|-------|--------|
| ・優美 | ・リズム感 |
| ・軽快 | ・シャープ |
| ・躍動 | ・合理的 |
| ・近代的 | ・スレンダー |
| ・象徴的 | ・力強い |
| ・スマート | |

事例画像(120×32画素) p_6



感覚的印象: 躍動, 象徴的, 力強い
 $(s_6=\{0, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1\})$
 (a) 設計事例 c_6

事例画像(120×32画素) p_{10}



感覚的印象: 優美, 軽快, 近代的, スマート, スレンダー
 $(s_{10}=\{1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0\})$
 (b) 設計事例 c_{10}

図2 学習事例の入出力の例

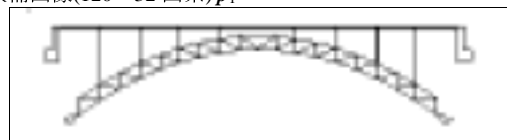
図3(b)に示す Braced rib を持つ中路 Fixed arch の設計候補 c_3^* に対する感覚的評価 σ_3^* は, アーチ構造を持つ設計事例のうち, 同じ中路形式のアーチ橋設計事例 c_{10} (図2(b)) の感覚的印象 s_{10} に近いものとなっている. ただし, 設計事例 c_{10} に対する既知の感覚的印象と比べ, このトラス組みのアーチリブを持つ設計候補は「近代的」, 「スレンダー」な評価がやや低く, 「象徴的」な評価がやや増加している. これは, アーチリブにトラス構造を用いることによる印象の変化が現れているものとみなせる. これらより, 設計事例の構造形態と感覚的印象との関連付けが, 未学習な新規設計候補の感覚的評価に対して利用可能であると考えられる.

4. 構造設計における力学的認識と感覚的印象

ここまでは, 構造形態を単純な画像により表現し, 感覚的印象との関連付けの試みである. しかしながら, 構造設計者が対象物から想起しているイメージには対象物の力学的認識に基づくものも含まれていると考えられる. 例えば, 美しいとされる橋梁構造物に対して, 「構造形式の力学的性質と, 材料の性質をよく理解し, 力の流れを把握して, 橋梁構造物の中で, 強さを強調する部分と繊細な感じを表現する部分とを巧みに組み合わせ, 単純明快な形態にまとめている」⁽⁷⁾ など, 力学的状態と関連付けた解説がよく見られる. また, 分布荷重をうける単純支持はりなどの基礎的な構造を例に, 支点位置と感覚的印象との関連についてアンケートを行った結果, 力学的な合理性との間に関連がみられたこと⁽⁸⁾ も報告されている.

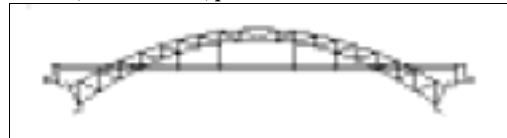
図4は, 文献(8)に示されている最も安心感を与えた場合および最も不安感を与えた場合の支点位置を参考に構造解析を行った例である. このような力学的状態や力の流れは, 構造設計者には潜在的に「見えて」おり, その差異が印象を左右していると思われる. 従って, どのような力学的状態量が感覚的印象を左右するのか, また対象物全体にわたるパターンとしてどのように表現するのかなどについて, 今後検討を行ってきたい.

設計候補画像(120×32画素) p_{11}^*



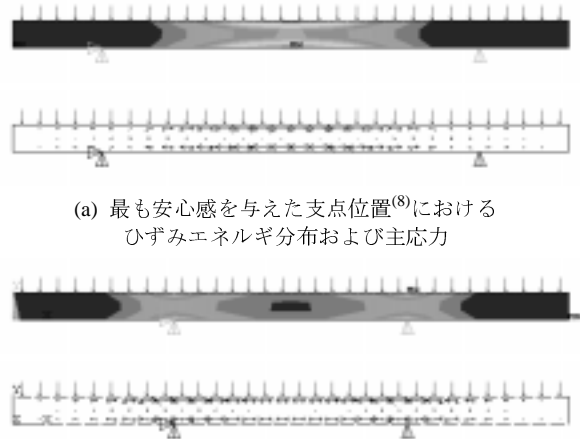
感覚的評価:
 $\sigma_{11}^*=\{$ 優美: 0.05, 軽快: 0.00, 躍動的: 0.89,
 近代的: 0.01, 象徴的: 0.96, スマート: 0.02,
 リズム感: 0.01, シャープ: 0.02, 合理的: 0.02,
 スレンダー: 0.03, 力強い: 0.91
 (a) 新規設計候補 c_{11}^*

設計候補画像(120×32画素) p_{13}^*



$\sigma_{13}^*=\{0.88, 0.85, 0.01, 0.71, 0.10, 0.96, 0.00, 0.03, 0.07, 0.67, 0.01\}$
 (b) 新規設計候補 c_{13}^*

図3 新規設計候補に対する感覚的評価



(a) 最も安心感を与えた支点位置⁽⁸⁾におけるひずみエネルギー分布および主応力

(b) 最も不安感を与えた支点位置⁽⁸⁾におけるひずみエネルギー分布および主応力

図4 力学的状態の例と感覚的印象

5. おわりに

概念設計における視覚的思考の一つとして, 設計事例の構造形態に対する感覚的印象に着目した. ここで示すような設計対象物を全体的なパターンとしてとらえる枠組によって, 設計者が概念設計過程で行う直感的な意思決定のメカニズムに対して新たな知見を得ることが期待できる. なお, 本研究における設計事例画像と感覚的印象との関連付けには, 奈良高専 名古屋朋子君(現 奈良女子大)の協力を得た. 記して謝意を表する.

参考文献

- (1) 高梨, 機講論, No.910-62, Vol. D, (1991), 173.
- (2) ファーガソン, E.S. (藤原・砂田訳), 技術屋の心眼, (1995), 14, 平凡社.
- (3) Ramirez, M. R., *AI EDAM*, **10**, (1996), 199.
- (4) Reich, Y., *Artific. Intell. in Eng.*, **8-2**, (1993), 141.
- (5) 福田 (日本機械学会編), 形態とデザイン, 1章 形態の意味, (1993), 6, 培風館.
- (6) たとえば, 日本道路協会編, 橋の美, (1977), 1, 丸善.
- (7) 海洋架橋調査会, 橋と景観, (1992), 海洋架橋調査会.
- (8) 長谷川, 構造工学論文集, Vol.42A, (1996), 463.