

構造形態イメージより想起される感覚的印象に関する考察 (構造物の概念設計を例として)

Consideration of Designer's Sensory Impression from Structural Image

○正 平 俊男 (奈良高専)
正 田中 正夫 (阪大)

学 名古 朋子 (奈良高専)

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

At the conceptual stage of design, subjective decisions by designer's sense play an important role, since they are scarcely considered in the following stages in which objective technical decisions are dominant. Decision-making is vague for the sensory design aspects, and it is hard to state them as design knowledge by means of conventional manner. In this article, we discuss a framework to identify the relations with subsymbolic method among structural images and sensory impressions from the past design cases and to assign sensory reputation of the current design. The framework is examined for the case of bridge structure.

Key words: Design Engineering, Conceptual Design, Case-Based Approach, Sensory Impression, Structural Image

1. はじめに

概念設計の段階では、技術的側面に加え、設計対象物の美しさなどの感覚的側面も重要な設計要因となる。従って、設計問題は、論理的側面のみならず、設計者個人の感性や直感に基づいた主観的側面も有することになる⁽¹⁾。後者の側面にみられ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く、この根拠を獲得する事は困難となる。しかしながら、設計事例は、設計根拠の明示的な表現形態の一つであり、潜在的な根拠を明らかにする鍵となる⁽²⁾。

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感覚的側面の考慮の枠組の提案を目的とする。まず、過去の設計事例を表す構造形態イメージと、それらに対して得られる設計者の感覚的印象との関連付けを行い、新たな設計候補に対する感覚的評価への利用について検討する。

2. 概念設計における感覚的印象の考慮

概念設計は、設計過程の上流部分に位置付けられる。後の詳細設計の段階では、設計対象物に関する技術的な側面の考慮が中心であり、感覚的な側面は取扱われない。従って、概念設計段階における感覚的な側面の考慮は設計全体の鍵となる重要なものである。一般に、この段階では設計候補に競合がみられ、設計者による候補の選択は、それらの評価をもとに行われる⁽³⁾。このとき、美観などの感覚的側面からの評価は、構造機能やコストなどの客観的尺度が存在する場合に比べ、主観的に取扱われる漠然としたものとなる。

感覚的側面に対する考察からは、対象物全体としての印

象は、対象物の持つ個々の属性的印象からは説明できず、バランスなどの、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⁽⁴⁾。つまり、概念設計における意思決定では、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⁽⁵⁾。従って、概念設計における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表現だけではなく、全体的な視覚的イメージとしての形態の取扱いも必要となる。

3. 事例に基づく構造形態と感覚的印象との関連付け

設計対象の例とした橋梁構造物設計事例の構造形態を、視覚的イメージとして表現し、その形態の感覚的印象との関連付けを3層のニューラルネットワークによって試みる。

3.1 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⁾⁻⁽⁸⁾では、感覚的デザイン性を表す代表的な形容語として、表1に示すような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、該当する感覚的形容語には1、しない形容語には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は I 個の形容語に対する帰属の度合を用いて、

$$s_n = [s_1, s_2, \dots, s_I]^T, (s_i \in \{0,1\}) \dots\dots\dots (1)$$

として表される。

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
・象徴的	・力強い
・スマート	

3.2 構造形態の視覚的イメージ 設計事例の構造形態として、橋梁構造物の2次元スケルトン側面図を用いた。ここでは、図1に示すように、ピクセル化を行い、モノクロの階調表現で示した画像を視覚的イメージと呼ぶ。また、設計事例のスケールは考慮せず、形態のプロポーションのみを扱うためにサイズを正規化し共通の画素数で表している。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_{wh} を用いて、設計事例 c_n の視覚的イメージ p_n は、要素数 $W \times H$ のベクトル、

$$p_n = [g_{11}, g_{12}, \dots, g_{1W}, g_{21}, \dots, g_{HW}]^T, \dots (2)$$

$$(0 \leq g_{wh} \leq 1)$$

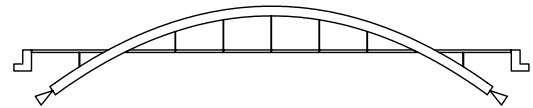
として表す。

3.3 誤差逆伝播法による関連付けと感覚的評価 設計事例と感覚的印象との関連付けには、階層型ニューラルネットワークを誤差逆伝播法により学習させることで行った。設計事例 c_n について、その事例画像 p_n と、それに対して感覚的形容語で表されている既知的印象 s_n とをそれぞれ入力としたものを1組の学習データとする。複数の事例について学習させた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、得られた出力をその候補の感覚的評価と考える。

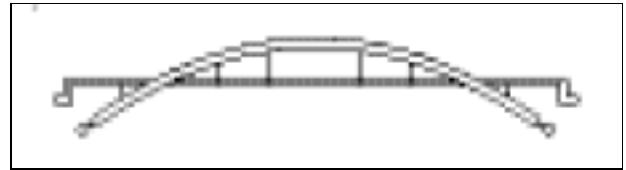
4. 橋梁構造物の視覚的イメージと感覚的印象との関連付け及び新規設計候補に対する感覚的評価の例

4.1 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た学習を、設計事例集⁽⁶⁾⁻⁽⁸⁾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)とそれぞれの感覚的印象(表1に示した11の形容語への帰属度)とを用いて行った。図2に、与えた設計事例の入出力の例を示す。学習の条件は、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、ランダムに重みを与えた学習開始時点から1/100程度に減少している。

4.2 設計候補に対する感覚的評価の検討 未学習の構造形態の視覚的イメージを新たな設計候補とみなし、学習後のニューラルネットワークに入力した場合の出力について検討する。図3(a)に示したブレーストリブを持つ上路2ヒンジアーチ 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(b)上路固定アーチ)の感覚的印象とほぼ一致している。これは、両者の構造形態の差異がアーチリブの支持部分だけであるために、ほぼ同じ評価が得られていると考えられる。つまり、形態の類似した設計事例の感覚的印象と類似の評価となることが分かり、前節で行った学習が設計候補に対する感覚的評価の手段として利用可能であることが分かる。



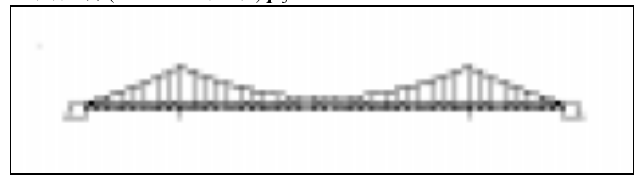
(a) 2次元スケルトン側面図



(b) 視覚的イメージ p_n

図1 構造形態の視覚的イメージ

事例画像(120×32画素) p_3

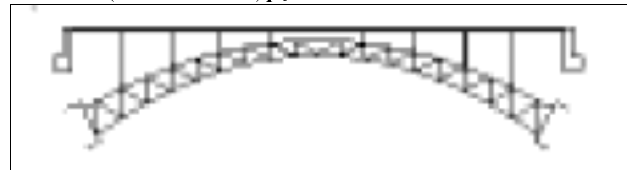


感覚的印象: 優美, 象徴的, スマート

$(s_3 = \{1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0\})$

(a) 設計事例 c_3

事例画像(120×32画素) p_6

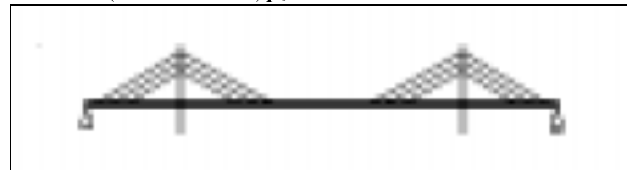


感覚的印象: 躍動, 象徴的, 力強い

$(s_6 = \{0, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1\})$

(b) 設計事例 c_6

事例画像(120×32画素) p_9

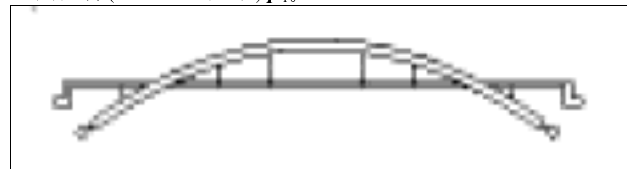


感覚的印象: 軽快, 近代的, 合理的

$(s_9 = \{0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0\})$

(c) 設計事例 c_9

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

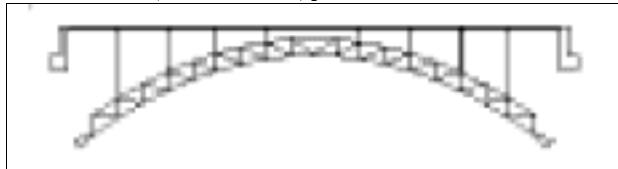
$(s_{10} = \{1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0\})$

(d) 設計事例 c_{10}

図2 学習事例の入出力の例

同様に、新規設計候補 c_2^* (図3(b) Büschel型斜張橋)の感覚的評価 σ_2^* は、基本的な構造形態が類似の設計事例 c_9 (図2

設計候補画像(120×32 画素) p_1^*

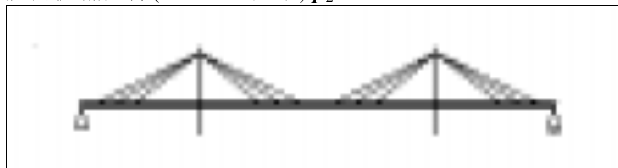


感覚的評価:

$\sigma_1^* = \{$ 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: 0.03, 力強い: 0.91 $\}$

(a) 新規設計候補 c_1^*

設計候補画像(120×32 画素) p_2^*

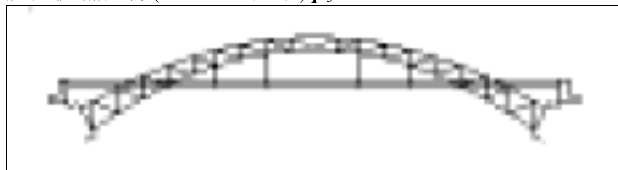


感覚的評価:

$\sigma_2^* = \{0.47, 0.52, 0.02, 0.63, 0.41, 0.35, 0.00, 0.05, 0.44, 0.06, 0.02\}$

(b) 新規設計候補 c_2^*

設計候補画像(120×32 画素) p_3^*



感覚的評価:

$\sigma_3^* = \{0.88, 0.85, 0.01, 0.71, 0.10, 0.96, 0.00, 0.03, 0.07, 0.67, 0.01\}$

(c) 新規設計候補 c_3^*

図3 新規設計候補に対する感覚的評価

(c) Harfen 型斜張橋)の感覚的印象 s_9 に類似している。しかし「軽快」、「近代的」、「合理的」の形容語についてはそれぞれ 0.48, 0.37, 0.56 減少し(波線部)、「優美」、「象徴的」、「スマート」の形容語に対してはそれぞれ 0.47, 0.41, 0.35 増加している(下線部)。つまり設計候補 c_2^* の評価は、事例 c_9 とほぼ同じであるが、「軽快」、「近代的」、「合理的」な印象は弱く、「優美」、「象徴的」、「スマート」な印象は強くなるなどの評価が現れていると解釈できるものである。これは、図 2(a)に示すつり橋構造物の設計事例とも類似しており、設計候補 c_2^* は、基本的には設計事例 c_9 に基づく評価が得られるが、異なる斜張ケーブル定着パターンの採用により、つり橋構造物の印象も与え得るとの解釈が可能である。

図 3(c)に示すプレーストリップを持つ中路固定アーチ橋の設計候補 c_3^* に対する感覚的評価 σ_3^* は、学習事例中に 2 事例与えていたアーチ橋構造を持つもののうち、同じ中路形式のアーチ橋設計事例 c_{10} (図 2(d))の感覚的印象 s_{10} に近い

ものとなった。また、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ップを持つ設計候補は「近代的」、「スレンダ」な評価がやや薄れ(それぞれ 0.29, 0.33 減少)、「象徴的」な評価がやや増加している(0.10)。これは、アーチリップ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、設計事例に関する視覚的イメージと感覚的印象との関連付けが、新規な設計候補の感覚的評価に対しても利用可能なことが分かる。このような関連付けによって、概念設計過程における感覚的側面に関する支援が可能となると考えられる。

5. 結 言

構造物の概念設計において感覚的側面を考慮するために、設計事例構造形態の視覚的イメージに対する感覚的印象に着目した。また、未学習の新規設計候補に対しても、妥当な感覚的評価が得られる事を確認した。ここで示した枠組は、設計者が概念設計過程で行っている主観的な意思決定補助のひとつとして利用可能であると考えられる。

構造形態から想起される視覚的イメージの設計支援における取扱いは、設計者の視覚的な思考過程に対する最近の注目⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾からも、ひとつの課題として重要であると考えられる。我々は、構造設計者が対象物から想起しているイメージは、ここに示した単純な画像だけではなく、潜在的な力学的理解に基づくものも含んでいると考えている。例えば、応力集中や力の流れは、設計者には潜在的に「見えて」おり、それらの力学状態のパターンが印象を左右しているように思われる。これらの関連付けとその考察によって、概念設計過程における設計者の主観的部分を考慮する支援の枠組を確立することを今後の課題として考えている。

参 考 文 献

- (1) 高梨, 機講論, No.910-62, Vol. D, (1991), 173.
- (2) Howard, H.C. et al., *AI EDAM*, 3-2, (1989), 111.
- (3) 赤木, 設計工学 (上), (1991), 60, コロナ社.
- (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) 日本道路協会編, 橋の美, (1977), 1, 丸善.
- (7) 関西道路研究会編, 人道橋の景観設計, (1991), 63, 鹿島出版会.
- (8) 土木学会構造工学委員会編, 美しい橋のデザインマニュアル, (1982), 土木学会.
- (9) ファーガソン, E.S. (藤原・砂田訳), 技術屋の心眼, (1995), 14, 平凡社.
- (10) Ramirez, M. R., *AI EDAM*, 10, (1996), 199.