

令和 5 年 6 月 3 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2022

課題番号：17K06701

研究課題名（和文）画像解析と生体計測に基づく枯山水庭園の感性評価に関する研究

研究課題名（英文）Study of the aesthetics of Japanese Zen gardens based on image processing and physiological measurement

研究代表者

稲上 誠（Inagami, Makoto）

名古屋大学・未来社会創造機構・研究員

研究者番号：40597803

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、枯山水庭園の感性を科学的に理解することを目指し、感性評価の構造をモデル化した上で、その構造への覚醒度の関与を検証した。簡易なバーチャルリアリティ技術を用いた実験において、印象の評価および生体反応の計測を行なった。分析の結果、美しさ面白さには複雑さと秩序が関係していること、また、面白さには新奇さも関係していることが明らかになった。しかし、それらの関係への覚醒度の関与は確認できなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

芸術に関する心理学では、作品の魅力が複雑さや秩序と関係しているということが、古くから議論されてきた。さらに、その関係に鑑賞時の覚醒度が関与しているという理論も提案されている。本研究では、その理論を枯山水庭園に適用し、妥当性を部分的に支持する実験結果を得た。多くの研究が絵画や音楽を対象としてきたのに対し、本研究は日本独自の空間を対象とした。そのため、日本の文化と人間の感性の理解に寄与するという点において、学術的な意義をもつと考えられる。

研究成果の概要（英文）：To scientifically understand the aesthetics of Japanese Zen gardens, this study modeled the structure of Zen gardens' impressions and then examined the involvement of arousal in the structure. In an experiment with a virtual reality technique, participants observed various gardens and rated their impressions. In addition, physiological responses were measured during the observations. Analyses of the data showed that beauty and interest were related to complexity and order, and that interest was also related to novelty. The involvement of arousal was not confirmed in the relationships.

研究分野：環境心理学

キーワード：日本庭園 生理指標 覚醒度 美しさ 面白さ 複雑さ 秩序

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

近年、日本人だけでなく外国人からも、伝統的な枯山水庭園が注目されている。例えば、京都の龍安寺では、白砂に15個の石を配置したシンプルな庭が、訪れる観光客を魅了し続けている。その石庭の美しさは、日本文化の象徴としてだけではなく、感性に関する科学の研究対象としても興味深い。認知科学の研究では、その石の配置に秩序が隠れていることが発見され (Van Tonder, Lyons, & Ejima, 2002), 秩序が庭の印象に影響することも示唆されている (Miura, Sukemiya, & Yamaguchi, 2011)。また、作庭者の設計の意図についても、例えば「虎の子渡し」の様子を表現しているなど、諸説が古くから提起されている (宮元, 2001)。

しかし、枯山水庭園の独特の魅力は、石の配置のように要素的なデザインのみ起因しているのだろうか? 環境心理学者の Ittelson (1976) は、“環境”と“物体”を明確に区別し、環境が周囲に広がっていることを強調した。また、生態心理学者の Gibson (1979) は、環境が連続的な面 (surfaces) から構成されることを主張した。それらの考え方を庭園に適用すると、鑑賞者は個々の石や植栽を吟味すると同時に、その間や周囲に存在する環境も意識していることになる。したがって、全体的な環境のデザインも、庭園の魅力に寄与していると予想される。

代表者の先行研究では、その“環境”という観点から、枯山水庭園の魅力について調べる実験を行なった (e.g., Inagami, 2013; 2014)。京都の名高い庭園 (18種類) をサンプルに選び、簡易なバーチャルリアリティ技術を利用することにより、鑑賞場所 (隣接する建物の縁側の中央) の周囲全方向の環境を提示した。参加者による印象評価の結果を分析したところ、複雑さ、自然さ、包囲感という基礎的印象が、美しさ、面白さ、落ち着きという感性評価に関係していることが明らかになった。さらに、レーザー計測により周囲の空間構成を定量化した結果、環境による包囲が落ち着きを生み出していることが示唆された。

2. 研究の目的

本研究では、枯山水庭園の魅力を科学的に解明することを目指し、上述の先行研究の成果を拡張することを目的とした。より多くの庭園を提示する実験を行い、評価の全体的な構造のモデルを作成することを試みた。庭園の画像を解析 (エントロピーやフラクタル次元の算出) することにより、環境の物理的な特徴を定量化した。そして、物理的特徴から基礎的印象 (複雑さや自然さ)、感性評価 (美しさや面白さ)、総合評価 (好ましさ) に至る過程をモデル化することを目指した。さらに、生体計測 (脳波や眼電位) によって鑑賞時の覚醒度や情報処理の活性度を定量化し、評価の構造との関係を検証した。また、当初の計画では、バーチャルリアリティを用いた実験だけでなく、実空間を用いた実験も行い、作成したモデルの妥当性を検討する予定であった。

3. 研究の方法

(1) 実験の準備として、京都の寺院の枯山水庭園を対象として写真撮影を行なった。枯山水庭園の多くは、方丈や書院という建物に隣接していて、その室内や縁側から鑑賞される。本研究では、縁側の中央付近を鑑賞場所と定義し、約160cmの高さから正面の方向を撮影した。一眼レフカメラに円周魚眼レンズを装着し、水平・垂直方向180度の環境を撮影した。撮影は曇りの日に実施し、拝観者などが写り込まないように注意した。

(2) 予備実験では、50種類の多様なデザインの枯山水庭園を選定し、パノラマVRという技術を利用して提示した。27インチの液晶ディスプレイに庭園の画像を表示し、キーボードの上下左右キーの操作により、周囲180度の環境を見回せるようにした。実験には、合計23名の大学生、大学院生、研究員が参加した。参加者は、それぞれの庭園を鑑賞し、印象 (複雑さ、自然さ、新奇さ、開放感、包囲感、美しさ、面白さ、落ち着き、好ましさ) を1から10の点数で評価した。庭園はランダムな順序で提示し、鑑賞する時間は30秒とした。

(3) 予備実験の結果を踏まえ、研究内容について再検討し、その後の計画の修正を行なった。美しさと好ましさの相関が非常に高かったので ($R = 0.94$), それらの印象の違いは僅かだと判断し、モデルに総合評価を設定しないことにした。画像の解析により様々な変数を求めてみたが、印象との間に十分に明確な関係がみられなかったため、物理的特徴をモデルに加えることを断念した。さらに、予備実験と並行して生体計測の精度を確認した結果、鑑賞中の心理状態を計測値から読み取ることは困難であるように思われた。そこで、皮膚電気活動を追加で計測することを決め、そのための計測機器を購入したため、実空間の実験を行わないことにした。

(4) 本実験では、30種類の典型的なデザインの枯山水庭園を選定し、予備実験と同様の方法で提示した。実験には20代から40代の男性20名が参加した。実験のタスクの練習を行った後、庭園をランダムな順序で提示し、「安静30秒、鑑賞30秒、評価30秒程度」のトライアルを繰り返した。10トライアルを1セットとし、セット間には5分程度の休憩を挟んだ。安静時には、

ディスプレイに灰色の背景を表示した。印象の評価では、複雑さ、秩序、自然さ、新奇さ、美しさ、面白さを0から10の点数として口頭で答えた。さらに、鑑賞中の覚醒度や情報処理の活性度を調べるため、生体反応（脳波、心電図、皮膚電気活動、眼電位）を計測した。小型の生体アンプ（ミュキ技研 Polymate Mini AP108）と皮膚電気活動の測定ユニット（同社 AP-U030）を使用した。なお、参加者を募集する際には、脳や心臓に疾患がないという条件を設定した。

4. 研究成果

(1) Berlyne (1971) は、芸術作品の複雑さや新奇さが鑑賞者の覚醒度を変化させると考え、そのような特性を“覚醒ポテンシャル”と名付けた。そして、覚醒度が適度な時に魅力が最大になるという、逆U字型の関係を理論として提案した。予備実験の分析では、その理論の有効性を検証するため、主成分分析により複雑さと新奇さを合成し、覚醒ポテンシャルと定義した。その上で、美しさ、面白さ、好ましさととの関係を調べた結果、正の相関関係（または、頭打ちするような曲線的な関係）がみられた。この結果はBerlyneの理論を部分的に支持していると言える。

(2) 予備実験の分析では、庭園の物理的な特徴を定量化することも試みた。例えば、環境の中の白砂が占める範囲（立体角の割合）を計測し、感性評価との関係を分析した。その結果、白砂の割合が適度な時に美しさと好ましさが最大になるという、逆U字型の関係が明らかになった。また、画像の濃淡の重心を求めることにより、庭園の左右のバランスを定量化した結果、同様に逆U字型の関係がみられた。この結果は、適度なバランスの崩れにより魅力が向上するということを示唆している。さらに、画像のファイルサイズが複雑さの指標として利用できるという知見を見つけたので、実験に使用した画像に適用した結果、複雑さの評価との間に有意な相関がみられた。しかし、感性評価との間に有意な関係はみられず、指標としての精度は十分ではなかった。

(3) 本実験の印象評価のデータに対して相関分析と重回帰分析を行なった結果、図1に示すモデルが得られた。複雑さと秩序は、どちらも美しさと面白さを向上させるが、負の相関関係があるため、両立することが難しい。したがって、そのバランスを取ることが、質の高い庭園をデザインするために必要であると言える。さらに、新奇さも面白さを向上させることが確認できた。新奇さと複雑さの間には比較的強い正の相関がみられるが、この関係は「枯山水庭園はシンプル」という一般的なイメージを反映していると考えられる。以上の評価の構造は、逆U字型の関係という点を除けば、Berlyneの理論を支持していると言える。

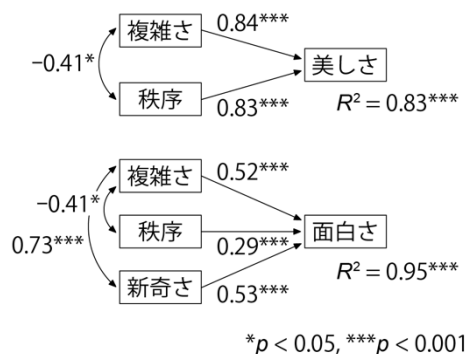


図1 評価の構造のモデル

(4) 本実験の生体計測のデータについては、覚醒度や眼球運動に関する8種類の指標を求めた。脳波は前頭部と後頭部（10-20法におけるFzとOz）で計測し、周波数解析により帯域ごとの強度を求めた。その結果から、前頭部のθ波の割合と、後頭部のβ波/α波の比率を求めた。心電図については、心拍数に加え、RMSSD（連続する心拍間隔の差の二乗平均平方根）という心拍変動の指標を求めた。皮膚電気活動の計測では、コンダクタンス（電極間の電流の流れやすさ）の一過性の変化（SCR）と緩やかな変動（SCL）を測定した。前者の指標として標準偏差を求め、後者の指標として平均値を求めた。眼電位については、左右と上下の電位差を計測し、それぞれの標準偏差を求めた。表1は、以上の指標と印象評価の相関を調べた結果を示している。覚醒ポテンシャル（主成分分析による複雑さ、秩序、新奇さの合成変量）に対しては、眼電位の指標との間に有意な負の相関がみられた。眼電位は眼球運動と瞬きを反映することから、覚醒ポテンシャルが増加するにつれて、視覚情報の探索の集中度が上昇したと解釈できる。しかし、美しさと面白さに対しては、どの指標にも有意な相関は確認できず、逆U字型の関係もみられなかった。なお、覚醒ポテンシャルとβ波/α波の間にも有意な相関がみられたが、負の相関であり、想定していた方向とは逆の関係であった。以上のように、生体計測のデータに基づきBerlyneの理論の妥当性を検証したが、覚醒度の関与を支持する結果は得られなかった。

表1 生体計測の指標と印象評価の関係

	脳波		心電図		皮膚電気活動		眼電位	
	θ波	β波/α波	心拍数	心拍変動	SCR	SCL	左右	上下
覚醒ポテンシャル	-0.21	-0.36*	-0.04	-0.08	-0.08	-0.20	-0.48**	-0.55**
美しさ	-0.10	-0.05	0.12	0.10	-0.02	0.04	-0.17	-0.01
面白さ	-0.08	-0.13	0.00	0.09	-0.05	-0.05	-0.33	-0.24

*p < 0.05, **p < 0.01

<引用文献>

- Berlyne, D. E. (1971). *Aesthetics and psychobiology*. New York: Appleton-Century-Crofts, Educational Division, Meredith Co.
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Inagami, M. (2013). Aesthetics and environmental enclosure in Japanese Zen gardens. In T. J. Davis, P. Passos, M. Dicks, & J. A. Weast-Knapp (Eds.), *Studies in Perception and Action XII* (pp. 102-105). New York: Psychology Press.
- Inagami, M. (2014). Relationships between spatial and aesthetic feelings in Japanese Zen gardens. In A. Kozbelt (Ed.), *Proceedings of the 23rd Biennial Congress of the International Association of Empirical Aesthetics*, pp. 485-489.
- Ittelson, W. H. (1976). Environment perception and contemporary perceptual theory, In H. M. Proshansky, W. H. Ittelson, & L. G. Rivlin (Eds.), *Environmental psychology: People and their physical settings* (pp. 141-154). New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Miura, K., Sukemiya, H., & Yamaguchi, E. (2011). Goodness of spatial structure in Japanese rock gardens. *Japanese Psychological Research*, 53 (4), pp. 391-401.
- 宮元健次 (2001). 龍安寺石庭を推理する. 集英社.
- Van Tonder, G. J., Lyons, M. J., & Ejima, Y. (2002). Visual structure of a Japanese Zen garden. *Nature*, 419, pp. 359-360.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Makoto Inagami	4. 巻 -
2. 論文標題 Aesthetic effect of white sand in Japanese Zen gardens	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Studies in Perception and Action XV	6. 最初と最後の頁 99-102
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Makoto Inagami	4. 巻 -
2. 論文標題 Effects of environmental color properties on perceived spaciousness at exterior locations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 5th Asia Color Association Conference	6. 最初と最後の頁 549-553
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 7件）

1. 発表者名 稲上 誠
2. 発表標題 枯山水庭園における感性評価と生理的覚醒度の関係
3. 学会等名 人間・環境学会 第30回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 稲上 誠
2. 発表標題 枯山水庭園の感性評価と脳波に基づく覚醒度の関係
3. 学会等名 日本環境心理学会 第16回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 稲上 誠
2. 発表標題 枯山水庭園における左右の不均衡性が感性評価に与える影響
3. 学会等名 日本環境心理学会 第15回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Makoto Inagami
2. 発表標題 Effect of asymmetry on aesthetic feelings in Japanese Zen gardens
3. 学会等名 26th Congress of the International Association of Empirical Aesthetics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Makoto Inagami
2. 発表標題 Relationship between the complexity, beauty, and file size of compressed images of Japanese Zen gardens
3. 学会等名 43rd European Conference on Visual Perception (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 稲上 誠
2. 発表標題 枯山水庭園における視覚的な複雑さと圧縮画像のファイルサイズの関係
3. 学会等名 人間・環境学会 第28回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Makoto Inagami
2. 発表標題 Aesthetic effect of white sand in Japanese Zen gardens
3. 学会等名 20th International Conference on Perception and Action (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Makoto Inagami
2. 発表標題 Effects of environmental color properties on perceived spaciousness at exterior locations
3. 学会等名 5th Asia Color Association Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 稲上 誠
2. 発表標題 枯山水庭園の感性評価を対象としたバーラインの理論の検証
3. 学会等名 人間・環境学会 第25回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Makoto Inagami
2. 発表標題 Relationships between complexity and aesthetic feelings in Japanese Zen gardens
3. 学会等名 International Association People-Environment Studies (IAPS) 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Makoto Inagami
2. 発表標題 Effect of color properties of surrounding environments on perceived spaciousness
3. 学会等名 International Association People-Environment Studies (IAPS) 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Makoto Inagami
2. 発表標題 Testing Berlyne's theory of aesthetic pleasure in Japanese Zen gardens
3. 学会等名 International Association of Empirical Aesthetics (IAEA) 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関