

# 龍安寺石庭における視覚的不協和とスーパーサイン：脳科学的コンピューターアートへの挑戦

研究代表

蔡 東 生

筑波大学システム情報系

## 1 はじめに

龍安寺は 1450 年、室町幕府の官領であった細川勝元によって創建された。龍安寺方丈庭園は枯山水形式の典型で、一般的には石庭と呼ばれて、「世界でもっと優れた宗教的精神によって作られた庭園」と絶賛されている (Kuck 1940; Kuck and Iwamiya 1984; Nishikawa and Ikeda 1995; Oyama 1995; Van Tonder, Lyons et al. 2002; Tonder and Lyons 2005)。石庭がいつ作られたかに諸説あるが、15 世紀中ということに関してはそれほど議論はない。龍安寺石庭はわずか75坪の空間に大小15個の石を配している。一見するとランダムに石が配置されているようだが、周囲の空間と調和し、無駄を排除した静謐で抽象的な落ち着いた空間を作り出している。作者は不明であり、相阿弥、金森宗庵など諸説ある。作者がどのような意図でこの庭を設計したかは、よく分かっていない。「虎の子渡しの庭」「七五三の庭」と呼ばれており、大海や雲海に浮かぶ島々、あるいは高峰を配したもの、中国の五岳や禅の五山の象徴とも呼ばれているがよくわかっていない。しかし、自然の景観を最も簡略化して表現している庭園の1つとして知られている。

%龍安寺の石庭は、1975 年エリザベス女王が京都を訪問されたときに、絶賛され、その美しさ、静謐さが世界に知られることになった。

日本庭園は中国や朝鮮などの大陸からの文化・思想に多大なる影響を受けながら独自に発展してきた。一般的に日本庭園には、作意・テーマがあり、作者の心象世界が『庭』という空間をキャンパスに立体的に描かれる。そこには仏教が説く宇宙感や蓬莱・神仙世界、自然美が凝縮され、物語や説話、詩歌の情景までもが題材となりうる。その際には、庭の形状そのものよりも禅的な美意識である「侘寂」「幽玄」「間」といった空気感や雰囲気をもとに形作るのが重要とされる (Shingen 1466; Slawson 1991; Akimoto 2000; Shindo 2005)。

しかしながら、全ての庭園設計が何の設計基準もなしに個々の庭師による全くの自由、創作によって行われているわけではもちろんない。むしろ日本庭園の設計において、実は完全な自由創作は少なく、慣習的な設計ルールに基づいて設計されている (Shingen 1466; Akimoto 2000)。そのために慣習的の縛りが強く、独創性を出せる部分は多くない。

日本庭園の慣習的設計ルールの詳細については、実在の庭園設計書にリストアップされている。日本庭園のデザイン上の特徴としては、一般的に西洋の庭園がシンメトリー(左右対称)にデザインされるのに対し、日本庭園では平面および立面的位置関係において、華道における花の配置に見られるような鈍角不等辺三角形を基本に構成する。さらに、華道・生け花の構成理論で使われる「真・副・体」「主・副・対」「天・地・人」などの考え方と同様に、鈍角不等辺三角形各々を、差をつけて「真・副・対」などとよばれる主従関係を持たせるように石を配置する。これにより、大きいものはより大きく、小さいものはより小さく見せるというように、それぞれの個性を強調したり、変化をつけたり、欠点を補ったりする。あるいは、手前に背の低い物体や奥に背の高い物体を配置することにより、遠近感や奥行感の演出を行うこともある (Akimoto 2000)。

優れた庭師の感性には、それぞれ独自の特徴を持ちながらも、なんらかの普遍性と作意があり、庭師の設計には一見何の変哲もないランダムな配置に隠された意図がある。

本論文では、形状解析とアイ・トラッキング実験を用いて石庭の形状特性を抽出し、ルール適用の仕方と庭師が設計に埋め込む隠された感性とアイデアについて考察を行う。

本論文では、龍安寺石庭においてアイ・トラッキング実験を行い、統計的な解析、ことで石庭の形状特性を科学的な見地から分析する。分析結果と一般的な作庭の石配置ルールおよび文化的背景を考慮しながら、龍安寺石庭についての考察を行う

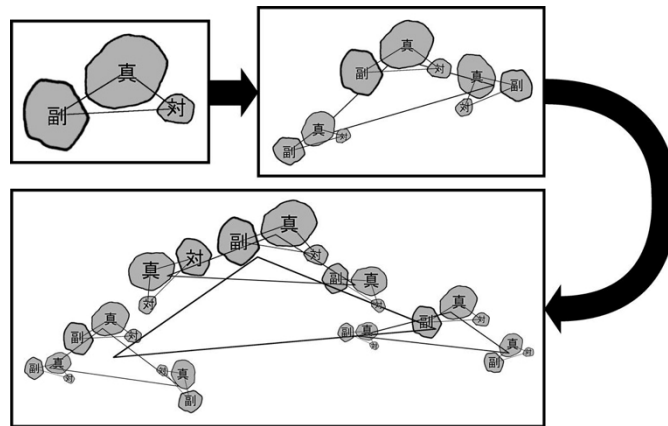


図1：再帰的な鈍角不等辺三角形の配置

## 2 枯山水庭園の分析

### 2-1 龍安寺石庭の基本構造

一般に龍安寺石庭は、「七五三の庭」として知られており、「七五三の庭」とは庭園が7, 5, 3個の石の構成要素からなる対・真・副の群として表現されている庭のことである(Arnheim 1966)。この群の分け方に基づき、図2のように慣習的設計ルールの1つである「鈍角不等辺三角形の配置」に注目し、龍安寺石庭において最大3段階に再帰的に構成される鈍角不等辺三角形を表示した。2石構成になっている部分が存在するがこれは鈍角不等辺三角形の変形・例外とも考えられ、左から5・2・3・2・3の構成になっている。2石構成の石組みは2カ所あり、後述する。

する視覚的不協和とも考えられ、この2カ所の例外はもっとも壁に近く、氣勢を大きく変えており、アイストップ効果を醸し出しているとも言える(Akimoto 2000)。図2を見ると、鈍角不等辺三角形が様々なスケールで、かつ、様々に変形されて表現されていることが分かる。この鈍角不等辺三角形の変化のある繰り返しのため、庭園に統合性や多様性、全体性が生まれることになる。また、各視点から「真」もしくは重点方向を見たとき、その一部あるいは半ばが必ず隠されており、その景色を想像させ奥行きを感じさせる手法で「暗示」「アイストップ」が効果的に効いていることが図3のように分かる。

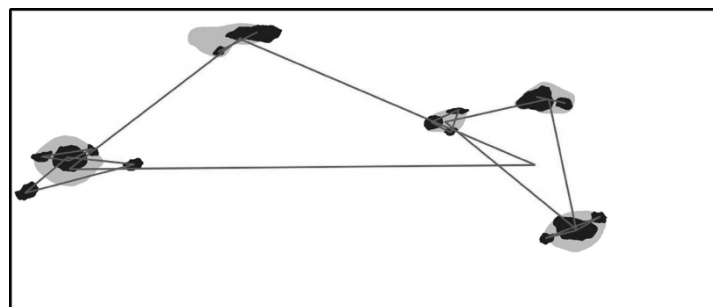


図2：龍安寺石庭の再帰的な鈍角不等辺三角形

### 2-2 鑑賞ポイント

鑑賞位置を五つに分けて、10人被験者が最終的に選んだ最適だと感じる鑑賞ポイントの結果である。全体の石群の鈍角三角形、石群2, 3のサブの三角形の中心方向、ここでは、鈍角の対角の辺の垂直二等分線方向

に視線が向うことができる位置 Position 2 を選ぶことが多いことが分かる。次に多い Position 4 を選んだ被験者は庭に対角に石群 1 をよく見ていることが分かる。ここで、Position 2 は仏間であり、Position 4 は上間である。



図 3：最適鑑賞位置から見た「暗示」効果の現出例

	1_1	1_2	1_3	2_1	2_2	3_1	3_2	3_3		
1_1	0	41	0	3	1	0	0	0	1_1	0.030036
1_2	39	0	43	46	62	1	4	0	1_2	0.1298
1_3	1	38	0	8	18	0	0	0	1_3	0.043005
2_1	1	40	6	0	156	0	3	0	2_1	0.14069
2_2	3	65	15	143	0	55	65	4	2_2	0.23999
3_1	0	1	0	7	76	0	101	10	3_1	0.13152
3_2	1	7	0	0	40	132	0	114	3_2	0.1985
3_3	0	0	0	0	2	6	121	0	3_3	0.086456

レベル 2：隣接行列

レベル 2：PageRank

	1	2	3
1	0	138	5
2	130	0	127
3	9	125	0

1	0.26313
2	0.48701
3	0.24986

レベル 1：隣接行列

レベル 1：PageRank

表：レベル 2 における 10 人の被験者のリンク総和の隣接行列（上）と PageRank の結果（下）

### 2-3 視覚的ページランク

近年、ウェブページのランキング、解析に PageRank（ページランク）がよく注目されている。PageRank は「多くの良質なページからリンクされているページは、やはり良質なページである」という再帰的な関係をもとに、全てのページの重要度を判定したものであり、ウェブの持つ膨大なリンク構造という特性を生かしている。ページ A からページ B へのリンクをページ A によるページ B への支持投票とみなし、Google はこの投票数によりそのページの重要性を判断する。しかし Google は単に票数、つまりリンク数を見るだけでなく、票を投じたページについても分析する。「重要度」の高いページによって投じられた票はより高く評価されて、それを受け取ったページを「重要なもの」にしていくのである。こうした高評価を得た重要

なページには高いPageRank（ページ順位）が与えられ、検索結果内の順位も高くなる。PageRankはGoogleにおけるページの重要度を示す総合的な指標であり、各検索に影響されるものではない。

まず、リンク関係を隣接行列の形で表す。あるページ*i*から別のページ*j*へリンク数を行列(*i*, *j*)成分に割り当てる。一回リンクする時(*i*, *j*)を1にし、2回このリンクが発生したら、(*i*, *j*)を2にする。リンクのない時(*i*, *j*)を0にする。ページ数を8とするとこの行列は8×8の8次正方行列になる。次に、隣接行列を転置し、それぞれの列ベクトルの総和が1（全確率）になるようにそれぞれのリンク数で割る。作られた行列は「推移確率行列」と呼ばれ、確率変数を持ち、各行ベクトルは状態間の推移確率を表す。さらに、推移確率行列の最大固有値に属する固有ベクトルを求め、確率ベクトルに正規化するとPageRankが得られる。

PageRankのリンクと同じ考えで、ある石もしくは、石群から注視する視線は次にどの石、もしくは石群に動くかをリンクとして考え、隣接行列を作成し、視線運動におけるPageRank、すなわち、Visual PageRankを求める。先に述べたとおり、同じ石を見ている間は、同じ石に注視していると考えているので、同じ石の別の部分を注視した場合、一つの注視と考えている。従って、ここでは自己リンクは考えていない。

10人の被験者に対して、レベル1とレベル2の石、石群に対しての隣接行列とPageRankを求めた後、10人のリンク数の総和によってすべてのリンク関係の隣接行列とPageRankを求め、表に示す。さらに、10人被験者のリンク総和の隣接行列とPageRankを用いた石群相互のリンク関係に関する推移図を図4、5に表す。図中では推移確率0.02以上のみ表示した。なお、リンクだけではなく、リンクに注視時間の重み付けを行ったPageRank解析でも同様の結果が得られる。

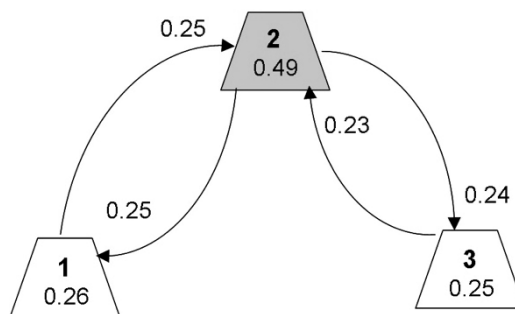


図4：レベル1石群の推移図（推定確率0.02以上のみを表示）

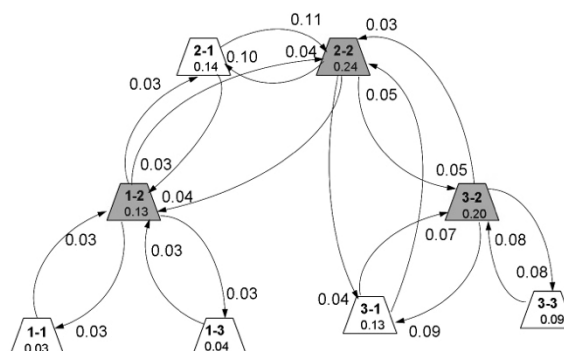


図5：レベル2石群の推移図（推定確率0.02以上のみを表示）

レベル1のメインの石群のPageRankをみると、2の石群のPageRankが最大となる。これは、設計者の造形意図が真を中心はこの構造を作成したことと“視覚的不協和”がここに置かれていることに関連している。また、この結果は鑑賞者の意識と設計者の作為が一致していることを意味している可能性がある。すなわち、鑑賞者はほとんどと言っていいほど、1の副、3の対を見る場合必ず、2の真を介して見ており、石の造形を真、副、対の鈍角三角形としてみていることが分かり、同時に、2の真の“不協和”を強く意識し、この2の

真の石群を中心に見ていることが分かる。サブの石群で見ても同様で、必ず、真の石もしくは石群を介して、副、対の石群をみており、真の真の石の PageRank が最大になっている。また、各サブの石群でも、それぞれの、真の石もしくは石群の PageRank が最大になっており、メインと同じ構造が、サブの石群でも再帰的、フラクタル的に繰り返されている。また、真の中でも、どの石との組み合わせでも三角形のルールをはずしている“不協和”を持つ、2 と 3-2 の PageRank が飛び抜けて大きくなっている。これは、設計者が真を中心に副、対と配置していった造形意図を、この視覚的“不協和”を中心に何度も見ていることを示す。また、三角形ルールがここで突然破れており、被験者が無意識に引っかかり、とまどい、何度も見直していることが分かる。すなわち、鑑賞者の意識を集中させたい意図と一致しているとも言える。この石庭では、設計者の造形意図と鑑賞者の無意識の理解がほぼ一致していると思われる。

また、このルールが破られている、“例外”、“視覚的不協和”の 2 石群 (2, 3-2) の真は、同時に、氣勢が突然柔らかい、伏せがちの石に替わっている。これは、この 2, 3-2 の石群が壁に最も近く、伏せがちに、遠近効果を強めるために「アイストップ」として配置されていると考えられる。この石群は、鑑賞者からもっとも遠く、氣勢を変えることで、奥行き感を出す効果も併せ持っている。

### 3 結論

#### 3-1 設計者による隠された意図

龍安寺の石庭の石の配置は非常に抽象性に富み、特異な造形をもつ枯山水庭園として知られてきた。石の配置は非常に奇妙であり、一見無造作においたようにしか見えないのであるが、周囲の情景と抽象的に非常によく調和しており、反面、わずかでも配置を変えると、調和が壊れてしまう危ういバランスを保ちながら設計されている。設計者の作為、造形意図は全く謎であった。歴史的に、「虎の子の渡し」「心の字」、「扇形」「七五三の石」と諸説が提案されたがどれも確定的でなかった。また、設計者として、相阿弥説や細川勝元説、金森宗和説、義天玄承説、子建西堂説など多数挙げられてきたが、確定できる証拠はない。

むしろ、多くの日本庭園作庭書を見れば分かるように、石庭は鈍角不等辺三角形を中心に再帰的に、Zipf の法則もしくは  $1/f$  揺らぎを満たした繰り返し構造となっている。石の配置の基本構成である鈍角不等辺三角形がフラクタル的・再帰的に構成されており、非常に微妙なバランスと調和を保ちながら配置されている。この鈍角三角形が一定の割合で繰り返されることが全体として、統合感、一体性を与えている。また、どの方角から見ても必ずどの石も重なって見えるような配置になっており、鈍角の対角方向から中心軸を見ることにより、一部を遮らせる「暗示」効果を与え、土塀の手前に異なる氣勢の伏せがちな“視覚的不協和”をもつ石を配置する「アイストップ」効果を加えることで、奥行き感をより効果的に示し、高い抽象性と緻密さと広がり感を与えている。

実際に龍安寺の石庭において被験者 10 人が、鈍角側・中心方向に三角形をなぞる形で、再帰的に 2 段階のレベルで、真-副-対、もしくは、対-副-真の順番で鈍角不等辺三角形を意識しつつ庭園を鑑賞する過程の視線解析実験を行った。その結果、多くの被験者が選ぶ鑑賞点はそれぞれの石群の鈍角の対辺から鈍角三角形の中心方向を見やすい方向であることを確認した。

石もしくは、石群から石群へ追視する視線の動きをリンクと見なし、視覚的な PageRank 解析を行った。それぞれの最大石群で、真の石の PageRank が最大になり、それぞれの PageRank 値は、真が最大で、真を中心に副-対で対象になる構成が 2 段階繰り返されており、これは、設計者の造形意図もしくは構成方法を、鑑賞者が無意識のうちに理解していることを意味している。また、真-副-対の基本構成により、石の重なり、即ち「暗示」による奥行き感が鈍角三角形の真を中心に構成されることによる、バランス、調和、統合効果が、視覚的にも無意識のうちに鑑賞者に理解されていると推測される。さらに、2, 3-2 部分の“視覚的不協和”のページランクが最大になり、多くの鑑賞者がこの不協和を中心に繰り返し見ていることが分かる。

このように、龍安寺の石庭は一見してランダムに、無造作に配置されており、その造形意図は謎もしくは難

解に思われていたが、鑑賞者は無意識にその作為を理解している可能性が高い。このように、優れた芸術は抽象的に見え、難解に思われがちであるが、周到かつ緻密な構成により、設計者の意図が無意識のうちに理解され、その設計作為と効果が鑑賞者の視線行動、鑑賞行動に無意識のうちに現れ、設計者の庭園に込めた視覚効果が最大限に引き出されていると考えられる。この設計者の隠された作為と、視覚効果が鑑賞者に「理解され」、効果的にアピールされていることが、龍安寺石庭が過去500年近くにわたり、豊臣秀吉、近年では、エリザベス女王、井上靖、池田満寿夫など多くの鑑賞者を引きつけ、日本の代表的枯山水庭園であり続けた最大の原因ではないかと考えられる。

### 3-2 視覚的不協和の可能性

視覚的不協和は、自分が見ると期待したものと、実際に見えているものとの間に不一致を経験する時に生じる心理的緊張状態を指す。これは、認知的不協和と呼ばれる社会心理学でよく知られている現象と本質的に同じである。認知的不協和は自分の態度、考えと行動の間の不一致を知覚するとき生じる。人は、本人の性格と認知構造・知識体系に基づいて、期待を持って美術作品を見る。これらの期待が裏切られると鑑賞者は緊張を解消するか、その作品を見るのを辞めて他の作品に移るか選択を行う。人は一般的に心理的緊張状態を避けたがるからである。人の動機付けの重要な部分は、この認知的な不協和の低減にある。

予期しない視覚的形態を生み出す技法は、現代美術の芸術家がよく用いる技法である。彼らは、私たちの注意を喚起し、期待するものと見えるものとを調和させるための知的な努力を強いる。「理解できない」といってその場を立ち去り、この葛藤を解消する人もいる。こうした感覚的印象の拒否は一番安易な解決方法である。しかし、多くの鑑賞者は認知的な方法によって不協和を解消しようとする。

視覚的不協和を低減させる方法は、基本的に三つの方法が提案されている。(1) 不協和の要素の一方の重要度を低減する。(2) 一方の要素、あるいは、両方の要素を解釈し直す。(3) 不協和の要素の一方を変える、の三つの方法である。例えばルネ・マグリットの絵画『複製禁止(エドワード・ジェームズの肖像)』(1937年 79x65.5cm ロッテルダム美術館蔵 1967) を例に挙げてみる。マグリットは、20世紀美術のもっとも重要な運動の一つであるシュルレアリスムを代表する画家であり、彼の作品において表現されているのは、空中に浮かぶ岩、鳥の形に切り抜かれた空、指の生えた靴といった不可思議なイメージであり、それらの絵に付けられた不可思議な題名ともども、絵の前に立つ者を戸惑わせ、考え込ませずにはおかないことで知られている。『複製禁止(エドワード・ジェームズの肖像)』では、鏡に映る男性の顔を描いているが、映っている男性の顔は顔ではなく後ろ姿の頭になっており、見る人に一種異様な感じを抱かせる。一般的に、この絵を鑑賞する人は、不協和を低減させるため、(1) この絵は重要でない立ち去る。(2) この絵には描かれている以上のことを意味があると解釈し直す。(3) この絵は正しく描かれていないと断定する。実際、近代美術作品の多くは見る者の中に、解消が必要な創造的緊張を作り出すよう意図されている。見る者を刺激して、美術作品の中により深いメッセージを発見させようとい意図されている場合が多い。認知的不協和による美術形式は、心地よくはないが現実の構成に能動的な参加を要求するのである。

### 【参考文献】

Akimoto, M. (2000). Sakutei Jyo (Note Book for Sakuteiki), Seibundo Shinko Sha.

Arnheim, R. (1966). Toward a psychology of art: Collected essays, Univ of California Pr.

Kuck, L. (1940). The art of Japanese gardens, The John Day Company.

Kuck, L. and T. Iwamiya (1984). The world of the Japanese garden, Weatherhill.

Nishikawa, T. and M. Ikeda (1995). Ryoanji- Karesansui no Umi (Seas of Karesansui), Shuei Press.

Oyama, H. (1995). Ryoanji Sekitei: Nanatsu no Nazo wo toku (Ryoanji Rock Garden: Resolving Seven Mysteries), Tokyo: Kodansha.

Shindo, I. (2005). Nihon No Teien (Japanese Garden), CHuho Shin Sho.

Shingen (1466). (original text)/1930, Senzui Narabi ni yagyou no zu (Illustrations for designing mountain, water and hillside field landscapes). Manuscript dated 1466. Tokyo, Ikutoku Zaidan.

Slawson, D. (1991). Secret teachings in the art of Japanese gardens: design principles, aesthetic values, Kodansha International (JPN).

Tonder, G. and M. Lyons (2005). "Visual perception in Japanese rock garden design." Axiomathes 15(3): 353-371.

Van Tonder, G., M. Lyons, et al. (2002). "Perception psychology Visual structure of a Japanese Zen garden." Nature 419(6905): 359-360.

### 〈発 表 資 料〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
Interactive effects of carbon footprint information and its accessibility on value and subjective qualities of food products. Appetite	APPETITE , 55 , 2. pp. 271-278	OCT 2010
Stable and convenient spatial registration of stand-alone NIRS data through anchor-based probabilistic registration	Neuroscience Research, 72, 2, 2012, p. 1632013171	FEB 2012
Rendering Morpho butterflies based on high accuracy nano-optical simulation	Journal of Optics, 1, 42 pp. 25-36,	FEB 2012
Synesthetic Color Scheme in Fantasia”, International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques	SIGGRAPH 2010, Los Angeles, California, USA, Talks Proceedings	JULY 2010
Synesthetic Sound-Color Cross-Modality in Animations	Proc. Eurographics	APRIL 2011
Dynamics of the cusp boundaries and particles entry: 3-D PIC large scale simulation	11th Annual International Astrophysics Conference, Palm Springs, USA	APRIL 2012
龍安寺石庭における視線解析,	情報処理学会研究報告. グラフィクスと CAD 研究会報告 2011-CG-145 (16), 1-6	2011-11
龍安寺石庭に秘められた”メッセージ”の謎	情報処理学会研究報告. 人文科学とコンピュータ、研究会報告, DVD	2012-5