

平成 26 年度 博士学位論文

主論文

日本庭園照明における季節毎の 最適色温度に関する研究

理工学教育部 数理・ヒューマンシステム科学専攻

平成 23 年度入学

氏 名 馬 林

指導教授 中嶋 芳雄

平成 27 年 1 月 6 日提出

目次

第1章	はじめに.....	1
第2章	光の世界.....	3
2. 1	色.....	3
2. 2	人間の目.....	5
2. 3	光源と照明工.....	9
2. 3. 1	光源の種類.....	9
2. 3. 2	色温度と相関色温.....	12
2. 3. 3	光源の演色性.....	14
第3章	庭園照明.....	17
3. 1	日本庭園.....	17
3. 1. 1	庭園の特徴.....	17
3. 1. 2	庭園の歴史.....	19
3. 1. 3	外国への影響.....	24
3. 2	景観照明.....	25
3. 2. 1	景観の定義.....	25
3. 2. 2	景観照明の目的.....	26
3. 2. 3	景観照明の基本.....	27
3. 2. 4	景観照明の計画.....	27
3. 2. 5	景観照明の技法.....	28
3. 3. 6	景観照明の各種手法.....	29
第4章	評価方法.....	32
4. 1	計量心理学の手法.....	32
4. 2	SD法.....	33
第5章	実験.....	38
5. 1	実験流れ.....	38
5. 2	実験サンプルの選定.....	38
5. 3	実験用サンプルの作成.....	53
5. 4	データシート.....	83
5. 5	SD法によるイメージ評価.....	85
第6章	結果.....	86
6. 1	SD法による結果.....	86

6. 2	因子分析法による結果.....	99
6. 3	因子スコアによる結果.....	103
6. 4	まとめ.....	109
第7章	考察・検討.....	110
第8章	未来の展望.....	115
	参考文献.....	116
	学会発表リスト.....	117
	論文発表リスト.....	118
	謝辞.....	119

第1章 はじめに

庭園照明はまず庭園のことが分からないと、庭園照明を設計や実施するのが間違うと思う。日本の庭園は日本の歴史と繋がれ、日本文化を一番表せる財産である。ですから、日本庭園がどのような歴史背景から生まれ、どういう風に今まで一步一步発展したかを知ることが、日本の文化を理解する上で大切なことと思われる。

日本庭園の文化はある一つの時代に作られた一つの意匠ではなく、あの時代の思想、文化、宗教を背景に、その時代の諸文化との関係や連携と深くかかわりながら、さまざまな意匠を創造した。各段階の日本人はこの背景の影響を受け、日本独有的芸術感が生まれ、浮世絵などの絵作品、幕府時代の武士文化、様々な工匠、文人大勢に歴史舞台に登場した。もちろん、建築芸術、庭園幻術、盆栽芸術も同時に盛んになった。でも時間が流れに伴い、大部分のたからものがなくなってきたが、日本人好きな庭園はそのままに残ってきた。そのため、今日見たある庭園は何百年の姿と変わらない。例えば、庭園中でよく見られる石灯籠は何百年前に、神社仏閣などで最初に使われ、後には町中の照明器具としても使用された。あの時、あちこちは石灯籠の姿が見える。でも電球が誕生してから、この石灯籠がだんだんなくなった。唯一に残った場所は庭園である。今、休みに友達と一緒に庭園に行くときに、もし昔感じの石灯籠を発見したら、ちょっと溜まって、よく見てください、もしかして、何百年前の石灯籠であるかもしれない。私なら、自分の思いはその波瀾万丈の歴史に連れ込まれるか、繁華な江戸時代の画面が頭に浮かんでくるかもしれない。偶然、日本庭園と出会い、私は始めて自分の祖国以外の国の歴史を読み始め、その国の文化に吸引され、その国に暮らしたいと思った。この故は日本庭園の魅力に関係ないといえない。

何年くらいずっと研究していたため、私はいろいろな日本庭園に足を運んだ。行けば行くほど、その雰囲気感動される。日本庭園との縁は本当に幸いと感じる。なので、取材の時に、どんな悪条件でも、いい写真をとるようにした。もっと日本庭園の美しさを被験者に見せようという気持ちはずっと持っていた。

工業革命以来、人類の生活は大きな変化してきた。電気はその中の1つである。1879年エジソンは初めて、木綿糸を炭化させて作ったカーボン・フィラメントを使って、電球を点灯させることに成功した。日本では、この日を記念して「あかりの日」が制定されている。電気照明器具もたくさん生まれ、われわれの生活にそっと入った。電球はガス灯や石油ランプより、効率が高く、綺麗で、匂いがないなどの利点で、すぐ昔の証明手段を切り替えた。最初に電球はただの照明器具だけである、明るさで決まる安全性が最も重要である。でも、照明技術の発展により、従来の評価標準が変わってしまった。ただ町を明るくするのはもう現在の要求に満足できない。美しく照明、快適な照明もうますます求められるようになった。物質がより豊かとなった現代、夜間における照明計画のあり方は、だんだん重要な位置を占めるようになった。特に近年では、光源についての新製品開発がさ

らに進み、色温度バリエーションの多様化に加え、様々なライトアップ手法を使って、どの場面でも光空間、光立体の演出が可能となった。すなわち屋内の生活空間のみならず、屋外においても、さまざまな都市景観の光構築空間がなされるようになった。近年では、大都市においてライトアップされた中心部の空間自体が、重要な観光資源ともなっている。観光客はよくこの光で作られた壮観な景色に震撼される。でも、こういう効果が庭園の場合はまたあるか、このような光空間が庭園にも適用するか？いったいどんな照明で庭園の魅力は夜間でも表現できる？面白いと思った。これは私の庭園照明を研究するきっかけである。

庭園は建物、広場、タワーなどと違う、単一の景観ではないので、実際に計画するのはより難しいと考える。ここで、筆者は日本庭園の研究者達の結果によって、4大要素に分けた。それは水、石、植栽、景物である。以下それぞれに紹介する。

水の景色の中で、大陸から庭園文化が伝わるとほぼ同時に日本にもたらされたのが、曲水というのは、「曲水の宴」として語られることが多い。水は庭園の血液みたい、庭園の各部分を繋ぎ、庭園の体の隅々に栄養を搬送する。

日本庭園では、いくつもの自然石を組み合わせることが多い。それを「石組」という。石組は、ただ漠然と庭に石を置くのではなく、石を様々な形に組むことによって、現実とは別の世界を表現している。

日本庭園に植える木、つまり植栽は、庭園の中で、時代とともに最も変化しやすい。松、杉、楠などを除けば、ほとんどの植栽の寿命は長くて300年くらいである。古くから日本人は常緑の杉、楠を、かみが舞い降りる「依り代」として大切にしてきた。また千歳を生きる象徴として、松を植栽の主役にしてきた。

景物の場合は、「用」と「美」のバランスが要注意である。例えば、飛石は、直線状に打つことはまれで、適度に左右に振ってリズムを持たせる。歩行者を誘導する実素的要素を含んでいるが、色彩の変化にも気を配る。つまり実用的な「用」と観賞的な「美」のバランスを重視している。

なお、庭園の様子や色などがいつも変化しないことはない、春の舞い落ちる桜、夏の生き生きの緑、秋の火のような紅葉、冬の真っ白の雪世界。この季節よりの変化は庭園の生命と言われる。大自然の奇妙を感嘆しながら、庭園の中で歩いていくのは、最も心を浄化する方法に違いない。ならば、季節によって、照明計画が変わる必要があるかもしれない。どうやって、庭園照明計画を季節毎の景色と合い、その季節の最も特徴ある庭園を表現できるかという質問をもらった。そこで、本研究では、夜間庭園における光源の色温度の違いが、季節による景観変化とイメージ認識に及ぼす影響について定量的・数量的に評価すると共に、「庭園照明における季節毎の最適照明計画に関する研究」について検討・考察を行うことを目的とした。

筆者はこの研究成果をこれからの庭園照明計画に参考に成れ、次世代の庭園照明が輝くに役に立てるよう期待している。

第2章 光の世界

2.1 光

実験に入る前に、いろんな知識を分かなければならない。照明計画なので、光を理解するのは、何よりも大一步目だと考えられる。光は網膜刺激として視覚を生じさせる特定の波長の電磁波である。磁波は波長（周波数）によって図 2.1 のように名称が分けられている。光の波長は、短波長端が 360~400nm(nm は $1/10^6\text{m}$)、長波長端が 760~830nm と、電磁波の極めて狭い範囲である。目では見えない赤外線・紫外線なども、光の一種と考え、赤外線光・紫外線光などということがある。目に見える光をはっきりと区別するときは、可視光（可視放射）という。

可視範囲の放射，すなわち光を発生させるには，次の二つの方法がある。

(a) 温度放射(Temperature Radiation)によるもの

(b) ルミネセンス(Luminescence)によるもの

温度放射は，物体が高温度にあるために発する放射であって，必ず熱をとまなう．白熱電球がこれにあたる．温度放射以外の放射はすべてルミネセンスと呼び，放電灯や発光ダイオード(LED)がこれにあたる．

光の真空中での速度は，秒速 30 万キロメートルである．光の振動数は，通過する媒質によって変わることはないが，波長及び速度は通過する媒質の屈折率によって異なる．いま，ナトリウム D 線 589.3(nm)に対する各媒質内の光速度を示すと，次のとおりである．

空気（標準気圧，0℃）	2.99708	X	10^8	{m/s}
水	2.24903	X	10^8	{m/s}
クラウンガラス	1.98212	X	10^8	{m/s}

電磁波の波長領域，振動数領域を図示したものをスペクトル(Spectrum)という。光のスペクトルを大別すると，発光スペクトル(Emission Spectrum)と吸収スペクトル(Absorption Spectrum)となる。発光スペクトルは光源が発する光のスペクトルであって，発する光源によって異なる。吸収スペクトルは光が物質を通過するときの吸収によって得られるもので，これにより通過物質，その構造などを知ることができる。太陽光線のスペクトルにおけるフランホーフェ線(Fraunhofer Line)は，太陽大気の吸収による吸収線であり，これから太陽大気に存在する元素を知ることができ。

天然の光源としては、日、月、星、生物発光などがあるが、最も重要なものは太陽光である。英国のニュートンは太陽光を対象に実験した。その結果、太陽光のような白色の光

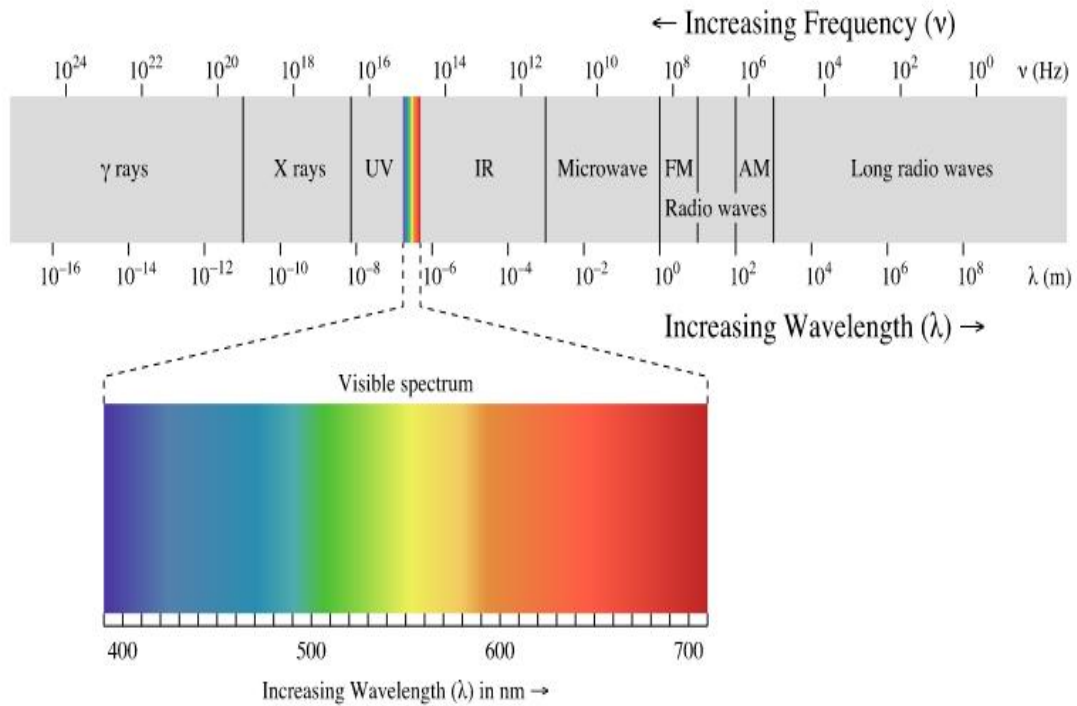


図 2.1 電磁波の波長と光の領域



表 2.2 7色のイメージ

は、種々の色光の集まりであることがわかった。すなわち、太陽光をプリズムに入射させることによって、次の事実を明らかにした。

- (a) 太陽光は、プリズムにより、虹に現れる赤・橙・黄・緑・青・藍・紫色の 7 色の光に分けられること(図 2.2 参照)。
- (b) 分けられた 7 色の光を逆向きのプリズムに入射させると、再び元と同じ白色光が

得られること。

(c) 分けられた7色の光のうち、1色のみをプリズムを入射させると、それ以上は分けることができないこと。

したがって、太陽光は昼間における唯一の天然光源で、地上における生物の活動に光明とエネルギーとを与える一方、我々が人工的に光源を作り出す場合の基準でもある。太陽に関する諸数値表 2.3 のとおりである。

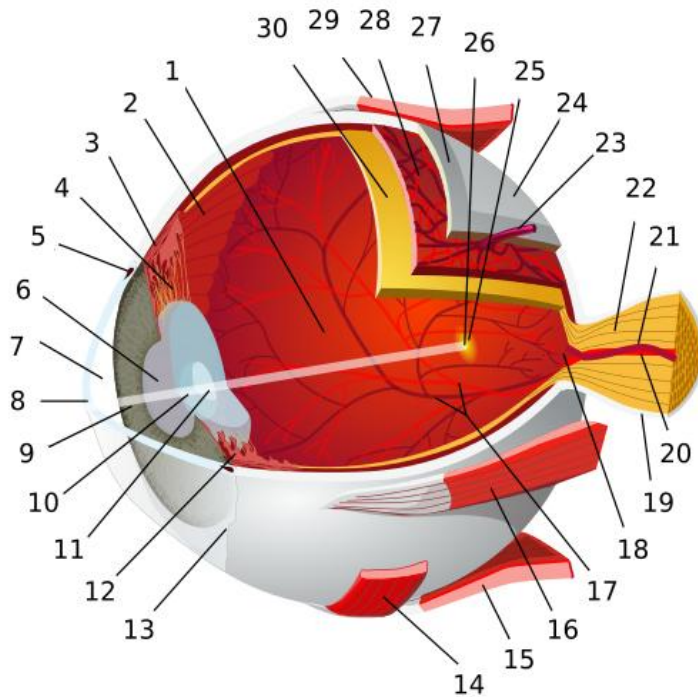
表 2.3 太陽に関する諸数値

光 度	3.15×10^{27}	[cd]
光 束	3.65×10^{28}	[lm]
放 射 束	3.82×10^{26}	[W]
効 率	104	[lm/W]
色 温 度	6,200	[° K]
輝 度	2.07×10^9	[cd/m ²]
直 径	1.39×10^9	[m]
地球との平均距離	1.459×10^{11}	[m]

2. 2 人間の目

庭園照明だろうか、建築照明だろうかこれらの照明はどう綺麗でも盲人に対して意味がない。この例を聞くと、筆者は何が言いたいのがたぶん分かると思う、それは人間の眼。眼は視覚を受容する感覚器である。眼で受容された光情報をもとに、視覚が生じる。外見上、大きな眼、細い眼、上がり眼、下がり眼など、眼の大きさや形は人によってかなり違うが、特殊な場合を除いて成人の眼は同じ構造（眼球）と機能を持っている。以下では、眼球の構造と機能を説明する。

図 2.4 は眼球の断面図である。眼球の大きさは、一般に直径 2.4 cm くらいの球形。大まかにいえば、外膜（角膜、強膜）、中膜（虹彩、毛様体、脈絡膜）、内膜（網膜）の三つの膜と、中身（前房、後房、水晶体、硝子体）からできている。



1:posterior vestibule 2:ora serrata 3:ciliary muscle 4:ciliary
 zonules 5:canal of Schlemm 6:pupil 7:anterior
 chamber 8:cornea 9:iris10:lens cortex 11:lens
 nucleus 12:ciliary process 13:conjunctiva 14:inferior oblique
 muscle 15:inferior rectus muscle 16:medial rectus
 muscle17:retinal arteries and veins 18:optic disc 19:dura
 mater 20:centeral retinal artery 21:centeral retinal vein 22:optic
 nerve 23:vorticose vein24:bulbar
 sheath 25:macula 26:fovea 27:sclera 28:choroid 29:superior
 rectus muscle 30:retina

図 2.4 眼球の断面

主要の部分は以下である：

- ・角膜

角膜は、黒目の前面を覆っている透明な膜で、厚さは 1 mm と薄く、コラーゲンという線維でできていて、光の取り入れ口である。外からくる光は角膜でほとんど集められる。

- ・強膜

強膜は黒目の後ろの球体を覆っている幕で、網膜と同じ様に厚さも 1 mm, コラーゲンでできているが、不透明で白いものである。

- ・虹彩

虹彩は、光の通り道である瞳の周囲にあって前房と後房の間を隔てている。虹彩の働き

は、瞳の大きさを変化させて眼球内に入ってくる光量を調節する事で、明るいところでは虹彩が動いて瞳を小さくし、暗いところでは大きくする。

- ・毛様体

虹彩のすぐ後ろに続いて突起のあるのが毛様体。毛様体の表面からは、細い線維がたくさん出ていて、水晶体をつつて位置を固定している。この線維を水晶体小帯という。水晶体小帯は、毛様体筋の働きによって伸びたり縮んだりして、水晶体を厚くし足り薄くしたりする。遠近の調節ができるのはこのため。さらに、毛様体は血液から房水を作って眼内に分泌する働きもある。

- ・前房，後房

角膜の後ろと虹彩の前面の間を前房、虹彩の後ろと水晶体、硝子体の間を後房といい、水がたまっている。これを房水という。房水は毛様体から後房へ分泌され、水晶体と角膜に酸素と栄養素を補給しながら、瞳を通して前房へ流れ、隅角から目の外へ出る。

- ・水晶体

水晶体は水晶体小帯の伸縮によって厚さが変わり、ピントを遠くに合わせたり、近くにあわせたりする働きをする。つまり、目の中のレンズである。

- ・硝子体

眼球の大部分を占めている無色透明の光の通り道で、網膜を傷つけないようにクッションの役目も果たしている。

- ・網膜

毛様体に続いて眼球の後ろ半分を包んでいる膜で、網膜と強膜の間にはさまれている。血管がたくさん走り、網膜に酸素と栄養を補給する働きをしている。また、網膜は、光を感じて受け入れる受容体（錐状体や杆状体があるところで、物を見るのに最も大切な働きをしている膜。目の中に入った光は、角膜や水晶体で屈折され、網膜で光化学反応を起こし、これにより生じた神経インパルスが、脳に伝達されて視覚となる。

眼と大脳の間で連結する部分は視神経である。視神経は12対ある脳神経の1つであり、第II脳神経とも呼ばれ、視覚を司る。前頭部に位置しており、嗅神経とともに脳幹から分岐しておらず、間脳に由来する中枢神経系の一部と見なされているが、歴史的に末梢神経に含めて考えられている。視神経は主に網膜から第一次視覚中枢まで伸びる神経線維からなる。網膜の神経節細胞から起こり、そこから伸びる軸索は視中枢に情報を伝達する、間脳の視床の一部である外側膝状体と、中脳にある上丘まで続く。視神経は視神経管を通り眼窩から抜け出す。その後、後内側に走り、視交差を作り、半交差を行う。外側膝状体から視放線の神経線維は後頭葉の視中枢へと向かう。より詳細には、反対側上部の視界からの情報を伝える視神経はマイヤーループを横断し、後頭葉において鳥距溝の下にある舌状回で終端に達する。一方反対側下部の視界からの情報を伝える視神経はより上で終端に達する(図 2.15 参照)。視神経は約100万の神経線維を持つ。この数は網膜にある約1億3000万の受容体に比べ少なく、情報が視神経を通り脳へと行くまでに網膜内で十分な前

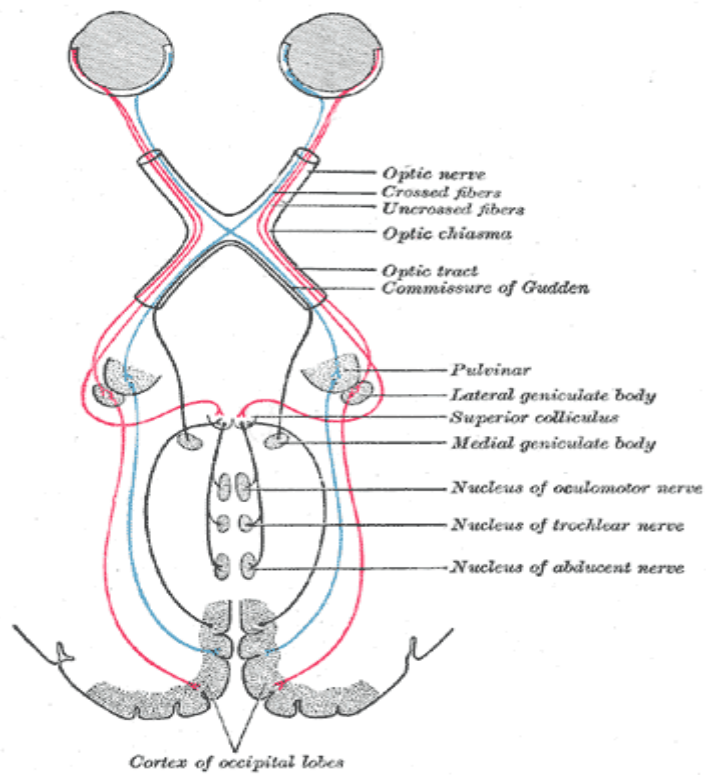


図 2.5 視神経の経路

処理が行われていることを示しているが、すなわち、視神経は網膜に映った物の形や色、光などの情報を脳神経細胞に伝達するという役割を担っている。こういう完璧なシステムのおかげで、われわれはこの彩の世界が見える。

である。ここで、式 2-3 の y_D は式 2-1 により求めるが、 x_D の値は相関色温度 T_{cp} の範囲により、 $4000K \leq T_{cp} \leq 7000K$ では、

$$x_D = -4.6070 \cdot 10^9 / T_{cp}^3 + 2.9678 \cdot 10^6 / T_{cp}^2 + 0.09911 \cdot 10^3 / T_{cp} + 0.244063 \quad \dots \quad 0-4$$

であり、また、 $7000K < T_{cp} \leq 25000K$ では、

$$x_D = -2.0064 \cdot 10^9 / T_{cp}^3 + 1.9081 \cdot 10^6 / T_{cp}^2 + 0.24748 \cdot 10^3 / T_{cp} + 0.237040 \quad \dots \quad 0-5$$

である。

こうして得られた平均的な昼光を、CIE 昼光 (CIE daylight illuminant) と呼ぶ。CIE 昼光の基礎となった測定結果は、10nm 間隔で得られているので、10nm 間隔以下の数値が必要なときは、直線補間により求める。昼光の分光分布は、前述のように条件により大きく変動するが、その代表としては相関色温度が 6500K のものを主として用い、次いで目的に応じて 5000, 5500, 7500K のものを用いる。

人工光源として最も早く登場したのは白熱電球である。1879年 Thomas Edison 初めて木綿糸を炭化させて作ったカーボン・フィラメントを使って、電球を点灯させることに成功した。その後、フィラメントの材料として、さまざまな金属が研究され、高温に耐えるタングステンが使われるようになった。現在の電球は初期とくらべたら、電気と光の転化効率は10倍、寿命は約20倍に改良された。電球の発展より、もっと小さくて明るい電球が多い店舗でスポット照明などとして使われるようになった。それは白熱電球の仲間と呼ばれるハロゲン電球である。ハロゲン電球は特別なところは、白熱電球の中高温で蒸発したタングステンがバルブに付着し、黒化を起こす問題を解決した。さらに、発光効率も10パーセント以上を上げた。

白熱電球と同様に日常よく使われる人工光源としては、蛍光ランプがある。蛍光ランプは、ガラス管に封入した水銀の44℃程度の管壁温度における飽和蒸気圧での放電を応用している。放電により、波長254nmの紫外線が効率よく発生するが、これがガラス管の内壁に塗布した蛍光体を発光させる。蛍光体の組成を選べば、種々の特性をもった蛍光ランプが得られる。これらの蛍光ランプは、XYZ表色系における色度によって、電球色・温白色・白色・昼白色・昼光色の5種類に区分する。また最近、色の三重を改善するために、特定の3波長域での放射束の割合を高めた3波長域発光形の新しい蛍光ランプも開発され、広く普及し初めている。蛍光ランプの特徴として全体が均一に明るく陰影がつかない。ランプの温度が白熱ランプと比べ低温である。しかし、蛍光ランプを使うには安定器が必要なため設置費用が高価になる。蛍光ランプの寿命は6,000～12,000時間と白熱ランプと比べ長寿命である。

その他、HID (High Intensity Discharge) ランプが近年よく使われている。HIDランプには、放電による発光スペクトルを、ほぼそのまま利用して赤色の蛍光発光を加

えた水銀ランプ、ほぼ 589nm の単色光だけを発生する低圧ナトリウムランプ及びそのスペクトル線の幅を広げて連続スペクトルとした高圧ナトリウムランプなどもある。また、水銀ランプに金属ハロゲン化物を添加し、用途により適当な分光分布を得るようにしたメタルハライドランプも、業務用以外に一般照明用にも使用され始めている。H I Dランプの特徴としてはランプ 1 灯当りの光束が大きく大規模空間の照明に適している。また、寿命も長く 9, 0 0 0 ~ 1 6, 0 0 0 時間と電球などより発光効率に優れているため省エネルギー化を図ることができる。しかし、安定器が必要で、初期費用が高価になるとう難点がある。表 2.2 にH I Dランプの特性を示す。

表 2.2 H I Dランプの特性

種類	大きさ [W]	ランプ効果 [lm/W]	平均演色評価数 [Ra]	相関色温度 [K]	定格寿命 [h]	用途と色彩効果
水銀ランプ	100 ～ 1,000	42～45	14～45	4,100 ～ 5700	12,000	青緑色系対象物 群葉や植物の証明 硬さ・涼感の表現
メタルハライドランプ	70 ～ 2,000	61～115	65～96	2500 ～ 6,500	6,000 ～ 9,000	白色の強調 多色混在の対象物 硬さ・涼感の表現
高圧ナトリウムランプ	70 ～ 1,000	48～150	25～83	2,100 ～ 2,500	6,000 ～ 12,000	茶・赤・黄系対象物 主に建物の照明 柔・暖感の表現

現在、次世代光源と言われる LED 光源はそっと日常生活に入った。ダイオードは半導体を用いた PN 接合と呼ばれる構造で作られている。電子の持つエネルギーを直接光エネルギーに変換することで熱や運動の介在を必要としない。放出される光の波長は材料のバンドギャップによって決まるが、基本的に単一色で自由度が低い。



図 2.3 LED ランプ

ただ、青色、赤色、緑色のダイオードを利用することでフルカラーを表現できる。白熱電球や蛍光灯などと異なり、不要な紫外線や赤外線を含まない光を簡単に得られるため、文化財や芸術品など紫外線に敏感あるいは熱照射を嫌いものには適切な照明である。さらに、省エネ、長寿命などの特徴があるため、普及される傾向が見られた。

2.3.2 色温度と相関色温度

光源には、様々な光の色がある。これを数字で表したものが「色温度」と言われている。色温度は数値が大きいほど高く青白い光になり、小さいほど低く赤っぽい光となる。単位はK（ケルビン）である。絶対零度また0 Kは-273.16セルシウス度と考えればいい。ロウソクの光が1900K、白熱ランプが2800K、蛍光灯の電球色が3000K、蛍光灯の昼白色が5000Kである。

人は昔から太陽の光と共に生活している。朝と夕方は赤っぽい光（色温度の低い光）、昼間は白い光（色温度の高い光）。つまり、人は、白い光のもとで活動し、赤い光になると休息するという生活リズムを持っていることになる。この生活リズムは、照明計画を行なう上でも非常に重要なものである。「蛍光灯」のような白い光は、人を生き生きと活動的にさせるので、作業性を求める勉強部屋や仕事部屋などの照明に適している。また、「白熱ランプ」のような赤い光（色温度2800K）は、人を落ち着いた雰囲気させるので、安らぎを求めるリビングや寝室の照明に適している。

表 2.4 色温度表

色温度	時間	自然光	人工光源
12000K		青空	
7000K		曇り空	昼光色 蛍光灯
6000K	12	晴空 昼光	昼白色 蛍光灯
5000K	15		水銀灯
4000K	16	日没 2 時間前	白色 蛍光灯
3000K	17	日没 1 時間前	白熱電球
2000K	18	日の出 日の入り	ナトリウムランプ
1500K			蝋燭

色の表示方法として、三刺激値、それを二次元表示した色度座標、更に色度座標から導いた主波長と刺激純度を用いる方法がある。これらの変数は各々 (X,Y,Z) 、 (x,y) 、 (λ_{ap}) である。ところで、ある分光分布を与える発光体が、理想的な黒体であるときは、その絶対温度(absolute temperature)と放射(黒体放射)の分光分布が1対1に対応するので、

色の表示は簡略になり、ただ一つの変数で十分である。

こうした考え方から定めたものが、色温度(color temperature)または相関色温度(correlated color temperature)である。色温度 T_c は、ある放射の色度が黒体放射の色度と一致したとき、その放射の色度を黒体の温度 T_c で表したものである。また、相関色温度 T_{cp} は、両者の色度が一致しないとき、その放射に色度が最も近い黒体の温度の値である。単位には両者とも絶対温度(K)を用いる。

色温度 T_c は、ある放射の色度が絶対温度 T_c の黒体放射の色度と一致するというだけの事で、必ずしもその光源が絶対温度 T_c で熱せられているわけではない。このことは、相関色温度 T_{cp} でも同様である。

黒体の一連の絶対温度における放射の色度点を結んだ線を黒体軌跡(Planckian locus)というが、色温度は、黒体軌跡上で対応する絶対温度として直ちに求められる。また、相関色温度は、CIE1960 $u-v$ 色度図上で、その放射の色度点から黒体軌跡に垂線を下し、その交点に対応する絶対温度として求められる。この垂線は、等色温度線(isotemperature line)と呼ぶが、一連の相関色温度に対して等色温度線を求め、 xy 色度図に変換した結果を図 2.5 に示す。任意の放射の相関色温度は図 2.5 から作図で求めることができる。しかし、等色温度線を無制限に延長し、例えば緑色の光の相関色温度を求めるのは適切でない。適用する色度座標は、図 2.5 の直線で明示した範囲とすべきである。

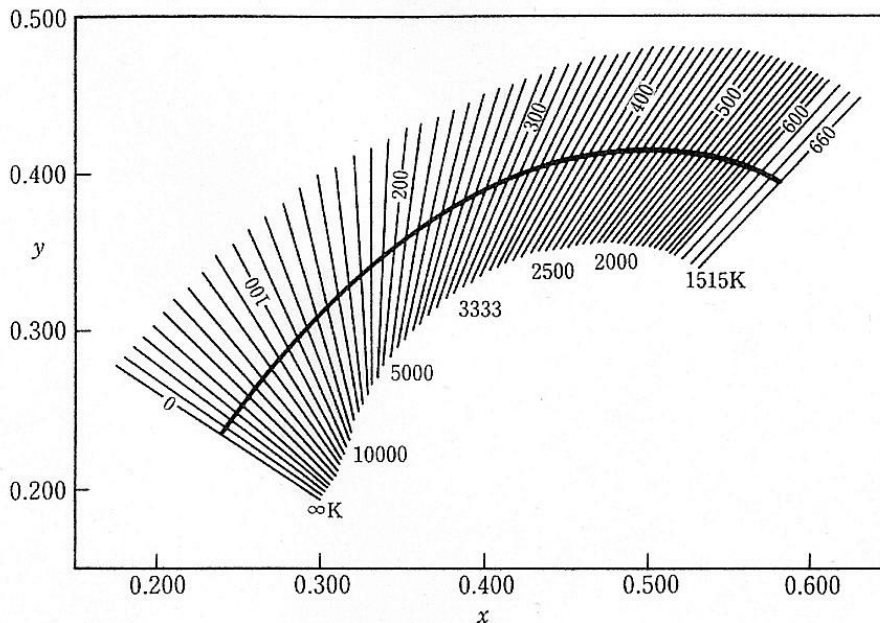


図 2.5 黒体軌跡(太線)と等色温度線(細線)

2. 3. 3 光源の演色性

分光分布の異なる照明光で物体を見ると、色の恒常性により、色の見えはおおむね一定となる。しかし、色の恒常性は完全なものでないので、分光分布の異なる照明光の下で、色の見えは少しずつ異なる。ある基準となる照明光（基準の光）を考え、それを基準としたとき、他の照明光（試料光源）が物体色の見えに及ぼす影響を演色 (Color Rendering) という。なお、光源に固有な演色についての特性を演色性 (Color Rendering Property) と呼ぶ。基準の光としては、日常生活で一般的な照明である昼光または白熱電球の照明光を用いる。

演色性は、色の見えの一致度が高いほどよいが、種々の演色性を比較する場合、何らかの定量的な評価方法が必要となる。演色性の評価方法は、大きく分けて、分光分布の差による方法と、代表として用いる物体色（試験色）の色の見えの差による方法とがある。現在では、演色性評価として後者の方法が主流である。C I E の演色性評価方法を示すが、基準の光の下での色の見えと一致する程度を数値化したもの（演色評価数、Color Rendering Index）を用いる。以下では、その仕組み及び計算方法を説明する。

(1) 基準の光

基準の光は、原則として黒体放射の光または C I E 昼光を用い、試料光源の相関色温度が 5000K 未満の時は、原則として黒体放射の光を用い、相関色温度が 5000K 以上のときは、原則として C I E 昼光を用いる。ただし、相関色温度が 4600K 異常の昼白色蛍光ランプを資料光源とする時には、C I E 昼光を用いる。また、特別の目的があるときには、C I E 標準の光または、任意の測色用の光を用いてもよい。試料光源の色温度は、その色度座標の値から簡便に求めることができる。基準の光は、原則として、その相関色温度が試料光源の相関色温度に等しいものを用いる。

(2) 試験色

演色評価数の計算に用いる試験色は、図 2.6 に示した 15 種類（番号 1～15）とする。試験色 No.1～8 は、マンセル表示で $V/C=6/4\sim 6/8$ の中明度で中彩度の色で、多くの物体色の平均的な代表であり、平均演色評価数を求めるために用いる。試験色 No.9～14 は、重要な物体の例として、特殊演色評価数を求めるために用いる。試験色 No.9～12 は、赤色・黄色・緑色・青色の代表的な高彩度色で、No.13 と 14 は白人の肌色と葉の緑色である。試験色 No.15 は JIS でのみ用い、日本人女性の平均的な顔色を代表している。また、特別の目的があるときには、分光反射率を規定したほかの試験色を用いてもよい。なお、15 種類試験色の分光反射率を図 2.7 に示す。

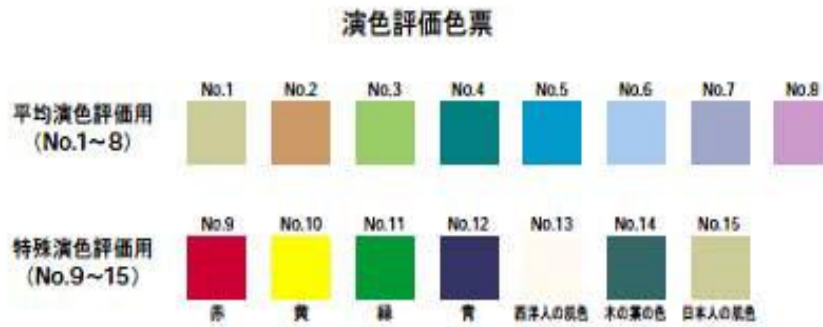


図 2.6 演色評価数表

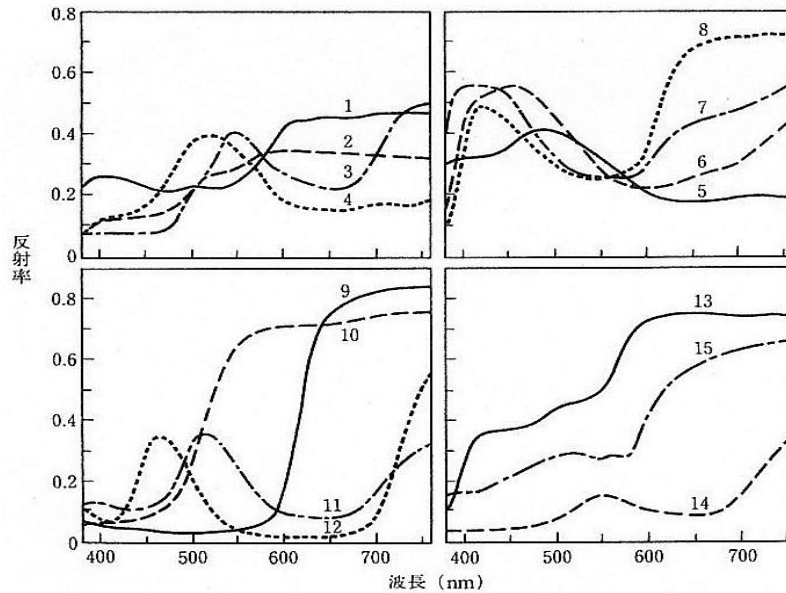


図 2.7 15 種試験色の分光反射率

(3) 色空間と色順応補正

色差の計算には、次に示す CIE1964 均等色空間の測色値 U^* 、 V^* 、 W^* を用いる。

$$W^* = 25Y^{1/3} - 17$$

$$U^* = 13W^*(u - u_n) \quad \dots \quad \text{式 2-6}$$

$$V^* = 13W^*(v - v_n)$$

ただし、 u, v は CIE1960 UCS 色度図での色度座標であり、三刺激値 X, Y, Z または色度座標 x, y から、

$$\begin{aligned}
u &= 4X/(X + 15Y + 3Z) \\
&= 4x(-2x + 13y + 3) \\
v &= 6Y/(X + 15Y + 3Z) \\
&= 6y/(-2x + 12y + 3)
\end{aligned}
\quad \dots \quad \text{式 2-7}$$

で求める。また、 u_n, v_n は光源の色度座標である。

(4) 演色評価数の計算

演色評価数には、平均演色評価数 R_a 、及びこの試験色に対する特殊演色評価数準 R_i ($i=1\sim 15$)がある。特殊演色評価数については、 R_i ($i=1\sim 15$)のうち $R_9\sim R_{15}$ を優先的に用いる。

平均演色評価数と特殊演色評価数の計算には、まず基準の光と試料光源の分光分布 S_r (λ)と S_k (λ)を用いて、三刺激値 X_{ri}, Y_{ri}, Z_{ri} 及び X_{ki}, Y_{ki}, Z_{ki} を求める。ただし、 $i=1, 2, \dots, 15$ である。次いで、三刺激値を式 2-7 により、色度座標 u_{ri}, v_{ri} 及び u_{ki}, v_{ki} に変換する。更に、色度座標 u_{ki}, v_{ki} を u_{ki}^*, v_{ki}^* に変換する。式 2-6 に代入して、

$$\begin{aligned}
U_{ri}^* &= 13W_{ri}^*(u_{ri} - u_r) \\
V_{ri}^* &= 13W_{ri}^*(v_{ri} - v_r) \\
W_{ki}^* &= 25Y_{ki}^{1/3} - 17
\end{aligned}
\quad \dots \quad \text{式 2-8}$$

が得られる。

これから、CIE1964 均等色空間における色差 ΔE_i ($i=1, 2, \dots, 15$) を、

$$\Delta E_i = \left\{ (U_{ri}^* - U_{ki}^*)^2 + (V_{ri}^* - V_{ki}^*)^2 + (W_{ri}^* - W_{ki}^*)^2 \right\}^{1/2} \quad \dots \quad \text{式 2-9}$$

で求める。すると、各試験色に対する特殊演色評価数 (Special Color Rendering Index) R_i は、

$$R_i = 100 - 4.6\Delta E_i \quad \dots \quad \text{式 2-10}$$

となる。また、平均演色評価数 (general color rendering index) は、試験色 No.1~8 に対する特殊演色評価数の平均値であって、

$$R_a = \left(\sum_{i=1}^8 R_i \right) / 8 \quad \dots \quad \text{式 2-11}$$

で定める。

第3章 庭園照明

3. 1 日本庭園

3. 1. 1 庭園の特徴

日本庭園は外国の庭園と違って、和風的な庭園であるが、和風庭園の答えでは満足できないと思われるだろう。具体的に言うと、日本庭園は寺院にあるものや、大名屋敷の庭園（庭園跡）などがあり、そのほかでは近代日本の政治家・実業家の邸宅（邸宅跡）の他に、公共施設やホテルの敷地に造られたものもある。

構成としては池を中心にして、土地の起伏を生かすか、築山を築いて、庭石や草木を配し、四季折々に鑑賞できる景色を造るのが一般的である。滝を模し水が深山から流れ出し、大きな流れになってゆく様子を表現する手法や、石を立て、また石を組合せることによる石組表現、宗教的な意味を持たせた蓬莱山や蓬莱島、鶴島、亀島などに見立てる手法が多く用いられる。

庭園内には灯籠、東屋（あずまや）、茶室なども配置される。また枯山水と称される、水を用いずに、石、砂、植栽などで水流を表現する形式の庭園も作られた。白砂で水の流れを象徴するところに特徴があるが、これは庭園には水が不可欠のものであるという考えがひそむ。庭園のことを山水といったのもそのためである。室町時代以降には枯山水は禅宗の思想と結びつき、禅寺などで多く作られていく。江戸期以降になると庭園内のみならず庭園外の景色を利用する借景という手法も広く用いられる。

日本の庭園様式の変遷をひもとけば、建築様式の変化や大陸からの宗教や思想の影響が庭を変化させている。磯崎新は日本の庭園が特に海などをメタファーにすることにつけるように思われるのは「見立て」というメタファー発生装置を作り上げたためだと述べている。作庭記の記述も池泉やそれらを表現するための石組みなどでもうみなど、自然をメタファーとして表現し、見立てによって縮景を行う作庭手法を伝聞する。このようなメタファーを用いたのは、それが表現するものを不特定多数の人に伝える浄土式や神仙などのような古来の思想を含んだ庭には表現すべきモデルとしての、齋庭などの儀式の庭はその場の神や同調者とは、禅寺の庭も景を修行のひとつである思想を持つ人々が共有する景が必要であるからとされる。

建築から外部空間の問題は近代期の日本においては逆説的とされる。これは日本の伝統的な建築的風土は外部空間を自明なものとして現前させてきているからである。近代建築のように様式という縛りがなくなり、すべての空間構成要素は等価となり、べつの空間構成言語として外部空間は意識されると、近代建築のフィルターをとおして日本の伝統的空間対する理解を深めていったモダニストの建築では外部空間の重要性に気付き、これを自らの空間表現の俎上に載せたのである。

それを建築家堀口捨己は意識的に挙げている。堀口は明治大学建築学科での造園論の講義の中で、日本庭園の起源としての自らの庭園観を披露しているが、このとき従来の庭園イメージとは異なる庭園について述べるといって、3つの要素、古代の古墳、厳島神社、皇居の堀端を上げている。そこでは建築も、庭園も自然もそういうものがあいよりあいまって、ひとつの何か空間構成、スペースデザインというような言葉に丁度ぴったり合ったような非常に大きな空間構成をやっていると語っている。すなわち庭園を庭園と建築とに分けてしまうのではなく、建築や自然さらには敷地が持つ雰囲気をも含めた総合的で都市計画的な空間構成を持って庭園といっている。1934年に発表した岡田邸は洋室部分と和室とを外部空間である庭で媒介している。しかしここでは、いえとにわをつなぐ月見台が南面した広間から延び、そこから秋草の庭へと空間が遷移し、建物を外部へと開く魅力的な場所を提供している。こうした空間構成は堀口の戦後の作品にもみられる。和洋を並存させ、また建築と庭とを一体化させることで場面や奥行きを生じさせ、日本の美意識に通じる空間構成を完成させるに至る。

3.1.2 庭園の歴史

庭園の歴史は日本の歴史と言え、長くて、波瀾万丈である。3世紀からの日本列島ではクニの統合や政治的連合などが進むなかで、高塚式の墳墓を伴う古墳が造られ始めた時代と考えられ、石室の造営や石棺の製作と古墳の葺石および居館周濠の貼石などに大量の石材の使用と、大きな石材を積み上げ固い石を加工するといった技術がみられ、墳丘の造成に版築と呼ばれる工法が使用されたり、池溝の開作や築堤など大規模な土木工事が行われるようになっていた。

『日本書紀』にも庭園に関する記事がいくつかみられるが、庭園に関する表現は中国の典籍からの引用があり、注意を要する。記述として、たとえば紀元1世紀に在位した景行天皇4年春2月には、泳（くくり）の宮の庭をたいそう気に入り、庭にある池を金色の鯉で充たしたというくだりがある。この少し後の古墳時代には、庭園は古代から仏教世界の中心とされてきた須弥山を表す石の山のまわりに営まれているとされる。この象徴の山は7世紀にはさかんに造られたらしいことがわかっている。仲哀天皇8年春正月では周文王の徳を尊んで庶民が集まって靈沼が日ならずしてできた様子が記載され、白鳥は高々と飛んで魚は沼池に満ち跳ねるといった故事を思わせる。允恭天皇2年は一人で園に遊ぶ皇后にまがきののぞんで内の菌になっているアララギをもとめる記事がある。宅地を区画するまがきを設け菌をつくって蔬菜を栽培したりするような実質的な庭空間が成立し、允恭天皇8年の、井の傍らの櫻華をみる、といった記事は自然環境的な美意識が確立していた段階と見て妥当とされる。

日本書紀によると、7世紀前半に在位していた推古天皇も宮の南に須弥山と呉橋のある

庭を持っていたことや、7世紀後半に在位する斉明天皇についても同様であったとされる。斉明天皇の宮では、612年百済の帰化人である路子工が皇居南庭石上の池畔に須弥山と呉橋（屋根、欄干付きの橋）を築いたとされる。また620年ごろ蘇我馬子が邸宅敷地に方形の池を設け、このために「嶋大臣」と呼ばれ、この庭園が珍しく、評判になっていたという記録がある。平坦な広場として実用的に使われていた「庭」に小池を掘り、小島を築いて観賞の対象としての「庭園」が造られたのであるが百済から仏教が伝えられたとき、崇仏か否かの論争があったが、崇仏側の蘇我氏が勝ちを占め、飛鳥寺が建立された。庭園がこの蘇我氏によってつくられたことは、庭園の技術も百済より伝来したと想像させる。

推古天皇期に創建された巖島神社は、空間的特徴は海上に浮かぶ大鳥居と平舞台、本殿を結ぶ軸線に対し、曲折する回廊が取り囲み、自然に溶け込む社殿や大鳥居がアプローチにしたがって見え隠れする配置で、海を庭園の池泉に見立て、背後を囲む山岳を神体に見立てたもので、海と山を一体的に取込んだ雄大な風景が組みこまれている。対岸の地御前神社と巖島神社の対応に至っては、身をもって味わい得ても、図示することは不可能だったと、巖島神社の建築と庭園の実測を行った建築家西澤文隆の言葉がある。

三重県伊賀市で発掘されている祭事の関連遺跡である城之越遺跡は後の庭園の修景意識と技術にかんする遺構を有していたため国の名勝及び史跡に指定されて保護されている。この遺跡は古墳時代前期の4世紀後半に属するとみられ、3箇所からの湧き水が合流して大溝となって集落付近を流下し、湧き水点近くは石組みや加工木材で井戸状に囲い、貼り石護岸を有する。合流地点の岬部分は大石を配していくつかは立石として景を整える様子がうかがわれている。これは後世の流の屈曲点に石を添える手法につながる工法意識であるとされる。

大化改新後、天武天皇の皇子、草壁皇子の邸宅にも庭が設けられ、その様子は「万葉集」に草壁皇子の早世を悲しんで春宮の舎人たちの詠んだ歌が『万葉集』巻二に残されている。この歌から草壁皇子の庭園のようすが相当明らかにされる。庭園には池がうがたれ、荒磯を思わせる石組みがあり、石組みの間にはツツジが植えられ、池中には島があり、このために「橘の島宮」と称せられたという。このように、池を掘って海の風景を表現しようとしたことは、以後の日本庭園にも長く受け継がれる。記録に海浜・荒磯・島など海景描写の多いことは日本庭園形成の基幹をなすものとして重要で、海からはるかに遠い山国にあっても、海景とくに瀬戸内海の美しい風景は、この頃からあこがれ、追憶の対象であり、これを庭園のなかに再現しようとする努力から、築山・池・島・白砂・水流・滝などの自然要素で構成される伝統様式へと発展し、すでにこの時代にその先駆がみられることを示している。

飛鳥宮や平城京跡の庭園発掘がすすみ、文献では得られない知見を加えている。1975年（昭和50年）に発掘調査がおこなわれた平城京の左京三条二坊六坪からは、長さ55メートル、最大幅5メートルの、細長く屈曲し、底に玉石を敷きつめた池が発掘され、公的な曲水の宴が催された庭園として注目された。池の水深は浅く汀線が複雑に湾曲してお

り、池底に玉石を敷き池縁に石を立てるなど、奈良時代の作庭技法と当時の庭園の様子を伺うことができる。

平安以降、8世紀末になって都が平安京に遷されたが、京都は三方が山に囲まれた濃い緑に囲まれる山紫水明の、清流にめぐまれた景勝の地である。いたるところに森や池や泉があった。三方の山々は古生層に属してゆるやかな起伏をもち、また盆地縁辺にはいくつかの独立した小山も点在していた。この古生層の山河からは、美しい庭石と白砂がとれたがこうした自然環境は樹木・石・水・砂など良質の作庭材料を供給し、地形からも材料からも、庭園をつくるのに好適の地であったといえる。

京には東西2町南北4町に及ぶとされる神泉苑や冷泉院、朱雀院、淳和院などの庭園があったとされているが、わずかにその一部を残す神泉苑に当時の豊富な湧水を貯えて巧みに利用した往時の姿をしのぶことができる。また郊外の景勝地を選び離宮や別荘を営んで庭園をつくることはこの頃から始まっているとされ、京都市右京区嵯峨にある大覚寺の大沢池は、嵯峨天皇が離宮の苑池として作ったものの遺構とされ、平安時代初期庭園の貴重な遺構である。その庭園の主要部である大沢の池は北岸に近い大小二つの中島と池中の立石、また北側の名古曾の滝跡とともに平安時代初期のおおらかな面影を今日にしのばせている。

平安時代の貴族の邸宅の形式は寝殿造と呼ばれ、その建築様式は普遍化し、それに伴って庭園の様式も寝殿造り庭園としてその形式を整えていった。寝殿の正面（南側）には遣水から中島のある池に水を流し込む庭園が設けられた。また右大臣源融の邸宅河原院の庭園は奥州塩釜の海景や松島の浮島、六条院は丹後の天の橋立の模写などがそれであり、これらは前時代からの自然風景の縮景手法の延長線上に行われたことが伺える。奈良時代から受け継がれてきた海景の縮景庭園はこの時代にも広く用いられているが、莫然とした海景の模写から特定の海景の模写へと変化していった。またこれらを主題に歌合せの催しが行われていることから日本庭園が文学的・情緒的であることも一つの特徴といえるが、このころは「古めかしきもの」から「今めかしきもの」への変換期で、生活形式が変わりつつあったといわれる。



図 3.1 浄土式庭園（平等院）（毛越寺）

中国から伝来した中国絵画がようやく日本化され、いわゆる「大和絵」の成立したのもこの時期であり、漢詩文に対し仮名書きの文学作品が書かれるようになるのもこの時代である。

また平安時代中期から浄土教の影響で西方浄土の極楽に見たてた浄土庭園が流行した。参拝者は南門をくぐって大池に架かった反り橋を渡り、中島を経て御堂に達するようになっていた。なお池や庭園がやや整形的になっているのが多いのは、浄土曼荼羅の構図がもとになっているためと推測されている。

例：旧大乘院庭園（奈良市）、円成寺庭園（奈良市）、平等院（京都府宇治市）、浄瑠璃寺庭園（京都府木津川市）、毛越寺（岩手県平泉町）など。

この時代の庭がとくに詳しくわかっているのは、当時の公家橋俊綱が書いたといわれる『作庭記』が残されているからである。平安時代後期に庭園の地割、石組、滝・遣水、植栽等の技法について著された秘伝書『作庭記』には自然の風景からモチーフを得るという主張が貫かれている。また自然と作者との対応のしかたが「乞はんに従う」という言葉で表現されている。これは自然の地形や岩石が、人間に要求してくるというもので、自然が人間に要求するという感じ方に、日本人独特の自然観がみられる。自然が人間と対立し克服すべき対象となるのではなく、自然の中にとけこみ、自然に従いながら作庭しようとする意味である。また「池なき所の遣水は、事外にひろくながして」とあるように見せ方を種々述べているが、その見せ方の記述に、後に展開される日本作庭手法の先駆的表現が示されている。四季折々を歌に詠む情緒的な文学の世界と建物近くに配される滝・遣水・野筋・前栽については日本人の好む作庭感が述べられている。『作庭記』が公家自身の手で書かれたように、当時の公家は一流の作庭家でもあった。この著者の父は、平等院をつくった藤原頼通である。藤原頼通も庭園をつくらうとしたとき、気に入った専門家がなく、みずから作庭したといわれる。

中世紀以来、初めて武家政治を打ち立てた源頼朝も、鎌倉に浄土式庭園の形式を受け継いだ、永福寺の庭を造っている。頼朝が1189（文治5）年7月の奥州合戦で平泉を見聞した中尊寺、毛越寺、無量光院など精舎の荘厳さに感激し、合戦で死んだ弟義経や藤原泰衡ほか多くの将兵の鎮魂のために建立したと伝えている。1978年から鎌倉市教育委員会によって二階堂と阿弥陀堂、薬師堂を中心とする主要伽藍とこれら建物の前面に広がる庭園の遺構を確認することに主眼を定めた発掘調査が継続して行われている。1993年までに約12000平方メートルもの面積について発掘されその結果伽藍の配置や堂の規模、庭園の様子などは徐々に明らかになってきている。

13世紀初めには京都の北西に鎌倉時代初期の公卿で太政大臣であった西園寺公経は仲資王の所領であった北山山荘の地を得て北山第を建てたが、公経はこの地に巨万の富を投入し、作庭された庭園は変化に富んだ大きな池を中心に本堂西園寺をはじめ多くの御堂と住宅が配置されたもので、池に臨んで釣殿が配され、池中には中島を築き松が植えられていたとされる。1225年にこの地を訪れた藤原定家は明月記に、45尺の滝があり池水は瑠

璃のようで泉石は清澄、まことに比類がない、と記し激賞している。また増鏡にも記述され、当時の地形眺望の巧みさが伺うことができる。

時の室町将軍足利義満は1397年に北山山荘の地を譲り受け北山殿と呼ばれたが、さらに規模を拡大し、山荘北山第を営み、有名な三層楼閣の舍利殿（金閣）が建立された。金閣は庭の中心をなす建築物で池に望んで建てられ、これはこの時代から楼閣からの俯瞰という、庭園鑑賞の新たな視点を生み出しているとされるが、さらに北側に建つ天橋閣と往来が可能だったとされる。竜門瀑や広大な鏡湖池と池中の大小の島々や岩島・丸山八海石を配した庭園は西方極楽に変え難く、足利義政は西方寺にも劣らない風景であると賞したとされる。義満はここを仙洞御所になぞられ、明の国史を迎えたり、天皇の行幸を仰ぐなどの公式の用に充てていたとされる。義満の死後、鹿苑寺（金閣寺）となり1422年には禅寺になっていくが、主要な建築物の大部分は移築されその際に庭園も相当な影響をうけたらしく破壊された庭石は長らく放置されていたという。現在の景観は江戸時代における住職鳳林章承の修復、復興整備によるものである。

鎌倉時代から室町時代にかけて五山を中心に禅僧たちの間に文学が隆盛し、また南宋から水墨画・山水画が伝来し、公家をも含めた詩会のためのサークルをつくっていた。このサークルの場として禅寺の書院が使われることが多く、したがって書院の庭が当然発達することになった。この小さい書院の前庭としての狭い空間に、自然の山水を凝縮したような庭をつくりだした。大仙院の庭は書院の東側に位置し100平方メートル余の平面に岩石を立て、刈込みを配し岩山として2段滝の石を組み、白砂で表した流れには石橋を架け岩島を設け、石堰を横たえた下流に石橋を浮かべるといった景はすべて山水画と相通ずるものがある。枯山水を参照。

この時代には夢窓疎石をはじめとする多くの作庭家が輩出される。夢窓疎石は自然を愛好し、行くさきざきに名園を造った。なかでも西芳寺の庭は、禅宗の世界観で構成された傑作で、この庭園が以後の庭園に与えた影響は測り知れないほどである。ここは『作庭記』にいう山里の景に似ながら、きびしい禅の世界を思わせる。夢窓疎石が庭園を造るときは、それは遊興のためではなく修行の一部であり、庭園をつくるために田畑をつぶす苦しみを述べた記録も残されている。他の一流芸術に匹敵する庭園は、こうした心のあり方から生まれたともいえる。禅堂の前庭として非常に相応しい環境の構成であり、石組みの最高峰といえる。

例：夢窓疎石の作とされる庭園として西芳寺（京都）、天龍寺（京都）、瑞泉寺（鎌倉）などが挙げられるが、帰化僧の蘭溪道隆が関わったという説もあり確定されているものではない。代表的な枯山水庭園では、大徳寺大仙院のほか、龍安寺方丈石庭（ともに京都市）などがある。

室町時代から京都、堺の町衆の間から「下々のたのしみ」としての茶の湯が流行した。茶を飲み茶器を鑑賞しあうことで、主客の融合をはかったのである。茶の湯は数寄と呼ばれ、市中の山居で営まれる。それは町屋の奥まりに位置し、茶の湯を楽しみにやってくる

客人は玄関とは別に、専用の細い通路を通り茶の座敷へと向かう。これが路地であるが、この路地と市中の山居が機能的に融合させたわび茶のための庭園空間が露地と呼ばれ、海の風景表現から深山の趣に変わり、庭園表現に新境地を開くこととなった。

例：待庵露地（京都府乙訓郡大山崎町）、官休庵露地（京都市）など

それからの江戸時代、将軍あるいは大名は、城や（江戸の）屋敷を築く際に庭園内を回遊することができる廻遊式庭園を盛んに築いた（大名屋敷の庭園に代表される池、築山を中心にした回遊できる庭園は池泉回遊式庭園といわれる。大名庭園を参照）。

例：小石川後樂園（東京都文京区）、兼六園（石川県金沢市）、後樂園（岡山県岡山市）、栗林公園（香川県高松市）、水前寺成趣園（熊本県熊本市）など

明治時代の東京では江戸時代の大名屋敷とそれに付随する庭園が次々と壊され、この現状を目の前にして小沢圭次郎は職務の余暇として古い庭園の記録と資料収集を行っており、退職してからはさらに庭園研究に励み、1915(大正4)年『明治庭園記』を発表するに至る。収集した資料は800余巻に及んだ。小沢は単なる庭園史の研究家でなく自らも日本庭園を作庭し、天王寺公園や伊勢内宮・外宮の外苑、栗林公園の修景のほか、ロンドンで開催された日英博覧会に出展された日本庭園、また自身の故郷三重県桑名市では1928年に松平定信百年祭にともない造られた九華公園などの作品がある。また庭園研究のほか、漢学への造詣が深く、漢詩文集『晚成堂詩草』15巻を書いている。その小沢と激しい論争を展開した美術史出身の文学博士横井時冬は「園芸考」「本阿弥光悦」「小堀遠州」などを著した。

明治後半期の東京に数多く建てられた新興ブルジョアジーたちの大邸宅庭園の様子は近藤正一『名園五十種』にも紹介されている。同書で折衷式の庭の様子がよくわかり、渋沢栄一の邸宅愛依村荘は広大な敷地の中に日本家屋と洋館が建ち並び、洋風と和風の庭園、また茶室と茶庭を兼ね備えていることがわかる。また京都武者小路一門の茶匠で造園家の磯谷宗庸設計の三菱深川親睦園日本庭園内の洋館はジョサイア・コンドルが手がけたが、コンドルはこの後和風住居や庭園と洋館・洋風庭園を並存した旧岩崎邸庭園や三井網町別邸、旧諸戸清六邸、旧古河庭園（和風の部分は小川治兵衛作）などを手がけていく。

山縣有朋が1896年京都の南禅寺の西に造った無鄰庵も、さほど広くない敷地をうまく使って東山を借景とし、琵琶湖疏水からひいた流れが芝生の間をぬっている。施工にあたった小川治兵衛(植治)は、その後、京都の南禅寺近辺に野村碧雲荘、平安神宮神苑、八坂神社神苑、円山公園、長浜の慶雲館本庭など数々の名勝庭園をつくった。植治の流れは甥の岩城亘太郎ほか、各地に受け継がれていく。

植治とともに扇湖山荘を手がけた大江新太郎は1924年『アルス建築大講座』に掲載された「作庭意匠」と題する論考でほかの建築家の視点、庭園鑑賞に関してはない、庭園設計にいたる方法論を展開している。掲載された図面には園内要所からの眺望視界線が記入されているほか日本庭園の分類を従来の築山、平庭、露地の3つに壺庭と崖庭を加えていて、崖庭の好例として三仏寺投入堂を挙げている。

写景でなく、自然の景趣を写そうとするものも現われ、作庭者の主観の強い造形的、装飾的な庭園となった。画家の山元春挙と造園家の本位政五郎が造った大津市の蘆花浅水荘は文人風の庭といわれ、これを継いだという小島佐一にも京都市の川田邸の庭があるが、昭和の初め頃に飯田十基(寅三郎)が推進した雑木の庭は、十基自ら「自然風」とよび(十基は他を「作庭式」と呼んだ)その後小形研三に継がれ、都市の人工化とともに急速に広まっていった。飯田十基らが植治と異なるのは、雑木という全国の山野に自生して、強健で種類も多く、移植しやすい材料を求め、それ自体を原寸大で自然に見せる手法を確立した点である。その後、材料調達・運搬の容易さ、原野という参照項の手近さ、選定方法の確立、未成木の植栽方法の定式化によってこの方法は伝えられ、後には山取した雑木を畑に植えて流通をも確保している。飯田十基の自然風のこうした庭は鉄やガラス、コンクリートの建物にも広大な敷地にも狭いそれにも不調和を見ない形式であった。

大正期には建築界では都市と住宅のあり方は新しいテーマとして浮上し、生活改善運動の一環として住宅庭園にも関心が高まる。近代建築家による庭園論では作庭記に代表される視覚的な庭園評価とは異なり、機能性や空間性を重視した視点が打ち出されている。当時生活改善同盟会による6つの綱領の中に庭園が項目としてあげられ、さらに1919年に日本庭園協会が設立されることとなる。協会を中心に古庭園の研究や、同時代の建築家や造園家、作庭家らが新しい庭園を模索した。古宇田実は庭園関連の記事を精力的に執筆し、保岡勝也は茶室や数奇屋建築と庭園を紹介する書物を多く出版している。またこれと平行して庭園の研究を開始した重森三玲は、全国に現存する庭園を実測し、また昭和に入ってから寺院に多くの枯山水の庭園をつくり、寺院における自然主義的な庭園を批判して象徴的な庭園を打ち立てた。

また、言及しなければならぬことがある。それは、日本庭園の代表である日本三名園あるいは日本三大庭園。それぞれ雪月花を鑑賞する代表である。由来や選定基準は明確でない。いずれも江戸時代につくられた広大な大名庭園が選ばれている点で、日本庭園すべてを考慮したものといえないことも指摘されている。それは石川兼六園、岡山後楽園、茨城偕楽園である。今回の実験の取材もこの三名園の前二園を収まっている。

3.1.3 外国への影響

19世紀後半、欧米圏ではジャポニズムの流行とともに、庭石・太鼓橋・灯籠・茶室などを配した日本風の風景式庭園がつくられるようになった。現地の作庭家が日本をイメージして奔放に制作したものもあれば、日本から職人を招いて制作したものもあるが、いずれも「日本庭園」(Japanese Garden)と称される。

1867年のパリ万国博覧会は日本(江戸幕府・薩摩藩・佐賀藩)が初参加した万博であったが、このときに日本庭園が制作されて以来、欧米で開催された万博において日本庭園は日本の出展物の目玉の一つであった。ヨーロッパでは貴族や富豪が日本風庭園を作るようになり、北米大陸でも公園の一角に日本風庭園や茶亭が制作されるようになった。この

時期、ヨーロッパで活動した日本人庭師に畑和助ら、北米で活動した日本人庭師に岸田伊三郎らがいる。

お雇い外国人として来日していたイギリス人建築家ジョサイア・コンドルは、1893年に『日本庭園入門』(Landscape gardening in Japan) をケリー・アンド・ウォルシュ社から出版した。日本庭園の沿革から構成方法いたるまでを小川一真の撮影による写真を多く用いて視覚的にもわかりやすくまとめたもので、コンドルは、日本の庭園造形は周囲の自然風景の特徴ある部分を選び出してレ・プレゼントしたものである、と説明している。この本はイギリスのほか上海やシンガポールでも販売され、児玉実英によると、当時この本を参考にアメリカなど海外で日本庭園が実際に造られたとされる。第二次世界大戦後はアメリカで復刻され、現在でも講談社インターナショナルで復刻版が刊行されている。

イギリス人植物学者レジナルド・ファラー（英語版）は日本やアジア諸国の植物採集旅行をする中で日本の庭園に惹かれ、その経験がロックガーデンの造園法に関する著書に反映されている。

また、戦前の日本造園学会や日本庭園協会、日本造園士会の設立などにも井下清らとともに重要な役割を果たす龍居松之助は造園史の研究と教育の傍らで庭園に関する多くの著作を英訳し、海外への紹介につとめている。第二次世界大戦後は、姉妹都市間の交流の一環などとして新たに日本人作庭家の設計による日本庭園も作られていく。またアメリカ合衆国では、日本庭園愛好者のための専門誌も発行されている。

3. 2 景観照明

3. 2. 1 景観の定義

何故これから景観というのを紹介するか？それは言わなくても分かると思う。庭園照明は景観照明のひとつの分枝である。すなわち、庭園照明は景観照明に基づいて、もっと具体的な研究分野である。そのため、景観照明のたくさんの技法や手法は参考価値が十分にあると考えられる。景観照明は親と言っても過言ではない。景観照明を了解するのは極めて重要である。

景観とは、日常生活において五感で感じた総合的な風景や景色の意味で用いられる言葉である。植物学者がドイツ語の Landschaft (ラントシャフト) の学術用語としての訳語としてあてたもので、後に地理学において使用されるようになった。辻村太郎『景観地理学講話』によれば、三好学が与えた名称である。字義的にも一般的な用法としても「景観」は英語の landscape (ランドスケープ) のことであるが、概念としてはドイツを中心としたヨーロッパの Landschaftsgeographie (景観地理学) の学派のものを汲んでいる。環境を構成する自然や造営物などが視覚に入ってくる風景に、集落(都市)の集団活動と人間生活にかかわりある内容が、個性を抑制することなく、滞ることなく、快適に行えることが、良い景観といえる。

また、感性的にも受け入れやすい（美しい、分かりやすい）のが、仕事・文化生活・レジャーなどの場として好ましい景観である。しかし、人間の要求には、進歩発展と科学する心があるので、進化した環境を求める気持ちや特殊な環境を演出することが要求される。限られた場での景観も目的のためには許されるものであり、場所と時期に合わせた造景も演出せざるを得ないことがある。

3.2.2 景観照明の目的

庭園照明あるいは景観照明が提起されだしたのは、環境改善に照明を利用することで実践しようという試みからである。太陽暦で生活している人間社会が複雑になるにつれて、屋外の夜間、屋内の昼間、健康上の視環境から、また、国際的な人の交わり、国家計画・都市文化・人間の好みなどにも依存して、独創的な環境を出現させることになる。

夜間の都市や農漁村においては、活性化と文化生活を楽しく過ごせるようにする照明が要求され、人間の感性によって、成熟された夜間景観を向上させ、美しいデザイン効果を達成することが望まれている。

屋内の環境についても、屋外での生活の一部を取り入れる傾向から景観照明と考えられる。この場合、狭い空間に欲張った造作を行い、生きた動植物から縮小造形までも取り入れるので、照度・輝度に、難しい円植生も加味された照明手法で景観の表現が完成されることになる。

夜間の照明というのは、昼間をそのまま再現することは不可能であるから、人間が許容できる範囲で、器材と技術を頼りにして、明るさと光の質を出現させることを望まざるを得ない。しかし、時には目的に合わせた景観を作り出すために、夜間ならではの演出を施すのも許されると推察される。具体的には商業活動の振興・農業・漁業などの生活活動への振興、健康維持のためのスポーツ施設、公共施設への親睦向上、都市観光建造物などへのデザイン計画、国際都市への対応などの特別演出である。

人間には体内時計があり、昼夜を問わず同じ環境条件で作業を行うことにより、景観を変化させたときのほうが調子が整うことがある。時間軸を取り入れ、食事・休憩・時間に合わせた朝・昼・夕・夜のリズムをシステム系に加えた点滅・調光方式も必要となる。

人間は五感で景観を感じる（眺める）と考えられるが、光のほかに音・熱・香り・湿度・風・衝撃振動なども要素に加えた演出で、快適な環境を得ることができる。

光のデザインを行うための光源・照明器具・配線・電源など、場所と用途に応じた材料が供給されれば、デザイナーがその素材を駆使して要望に合致した景観を演出し、人々に幸せをもたらすことができると確信する。

3.2.3 景観照明の基本

景観形成が目指すものは、美しさ・分かりやすさ・親しみやすさ・その場らしさ（個性）を造り出すことであるとされている。夜間景観の形成においても同様である。

なお、景観照明を行うにあたり、「景観・生活・共生」といった三つの提言内容も加味した注意点を次に示す。

- (a) 照明対象であるかどうかを判断する。反射のない黒い壁を、無理に明るく照らさないこと。
- (b) 基本的な明るさ抑える。周囲が暗い場所では、小さな明かりでも十分な効果を発揮できる。リゾート地では暗さを大切に生かす。暗い空、闇に沈んだ自然に浸るため都会を離れる人も多いからである。
- (c) グレア（不快なまぶしさ）を無くして、周囲へもれる光を最小限に抑える。都会では、晴れた夜よりも曇った夜のほうが明るい現象を見つけるが、無駄な光が雲に反射した結果である。眼たち効果を上げようとしてサーチライトや大型の投光器を何台も使用する過剰な照明装置は、景観照明ではなく、看板照明と同じである。いたずらに、華やかさを狙った照明は避けるべきである。
- (d) 昼間の景観を考えて照明器具の選定や設置場所を決める。
- (e) 時間の経過に従い、明るさをコントロールするプログラムを作る。夕暮れ時の景観照明はある程度明るくなくては美しく見えないが、逆に空が完全に暗くなってからは、同じ明るさでは眩しく見える。が提起されだしたのは、環境改善に照明を利用することで実践しようという試みからである。

3.2.4 景観照明の計画

照明は夜間の都市空間において、施設や対象物を明るく照らし出し、安全・快適性を確保するとともに、夜間景観の演出、環境の美化、アメニティーの向上に大きく役立っている。都市の景観照明は夜景の美しさだけでなく、その都市の形態、機能を明確にし、都市の歴史的、文化的さらには芸術的価値や品位を高めたり、人々の心を和ませたりするものである。

夜間景観形成のための重要な要素である照明は、単に明るさや照明効率観点からの一面的な計画ではなく、快適な都市環境づくりを目標とした多面的な観点からの計画を進めていくべきである。

景観照明は、明視機能面と修景演出面から構成されていると考えられる。明視機能は安全・防災・防犯という立場から明るさ、効率を中心に考え、効率性、経済性などによって評価される。

景観照明の計画にあたっては、その基本姿勢としては、次の点を重視する必要がある。

- (a) 歴史や風土、文化や自然環境が表現されるように照明計画を施し、イメージを際立たせること。
- (b) 光構築を構成する各景観に対し照明手法や投射灯デザイン、光源色を明確にし、互いによく会うようにすること。
- (c) その景観を見る人々に対して、季節感や時間の変化、リズム・形態の変化などの演出も考える。

3.2.5 景観照明技法

景観照明の目的は対象物あるいは背景に適度な明るさを与え、夜間、対象物を楽しく浮かび上がらせることにある。照明設計に当たっては単に、対象物を均一に照明するのではなく、対象物の各面に適度な明暗・陰影を与え、造形的様相や対象物の立体感が得られるように、照明技法の検討が必要である。

CIE Pub.NO.94 “GUIDE FOR FLOODLIGHTING”によれば、景観照明の技法として次の点を指摘している。

(a) 対象物の背景が明るい場合と暗い場合

対象物の背景が明るい場合には対象物の外縁をやや暗くすることによって外縁の部分がシルエットとして輪郭をつくり、背景との対比で対象物が浮かび上がる。また、対象物自体が立体的に見える。逆に背景が暗い場合には外縁の部分を明るくすることによって外縁の部分が背景に対して逆シルエットとして浮かび上がる。

(b) 対象物の量感を出すための照明技法

1) 対象物の凹凸が小さい場合

対象物の凹凸の影が同じ方向に生じるように投光器を配置して、かつ同じ方向に向ける。両方から同時に照明すると影が薄くなり、立体感が出ないからである。対象物への照射方向は、対象物に対するおもな視線方向がなす角度が 45° 以上になるようにするのがよい。これによって遠方から見た場合対象物は全体として凹凸が明瞭になり、立体的に見える。

2) 対象物の凹凸が大きい場合

この場合、一方からの主照明だけでは影が濃くなりすぎるのでこれを弱めるための反対方向から弱い光を当てる。主照明と弱い光の照射方向の開き角度は 90° にするのがよい。

3.2.6 景観照明の各種手法

(a) 建造物やタワー

建造物やタワーの景観照明には光の利用の仕方から分類すると3種類の方法がある。

1) 直接投光

投光器により対象物を直接照明する方法で、その特徴として、近代建築や歴史的建造物、タワーなどの形態や全体像・陰影が強調される。

2) 発光

イルミネーションなどの装飾としての照明を設置する方法で、建造物やタワーの外形、構造が強調される。

3) 透過光

屋内照明による窓越しの明かりを夜景の演出として活用する方法で、その特徴としては高層建築や現代建築による高さ、威容感が表現される。

(b) 外郭照明の各種手法

外郭照明手法としては、4種類の方法が考えられる。

1) 地面に設置して投光する方式

2) 歩道端などのポール上から投光する方式

3) 建物に直接取り付ける方式

4) 他の建物から

(c) 街路・広場

街路、広場、公園は広範囲にわたっており、それぞれの固有の目的、機能や雰囲気を持っている。これらの機能を十分に発揮するためにはその都市空間に合った適切な照明手法を選ぶことが大切である。照明手法としては、一般的に照明器具の高さによってつぎのように分けられる。

1) 15～25m程度のハイポール照明

2) 4～12mの一般ポール照明

3) 1～4mの低いポール照明

4) 1m程度の低位置・地中埋没照明

以上では三つの例をあげたが、すなわち、対象施設ごとに具体的な照明方法を検討する必要がある。なお、対象ごと（建造物、シンボルタワー、橋梁、樹木など）に対する具体的な照明手法、照明の特徴は表 3.2 に示したとおりである。

表 3.2 対象ごとの照明手法・特徴

対象施設	照明手法の分類		照明の特徴
建造物 歴史的 近代的	直接投光 全般投光（全体） 間接投光（部分） シルエット	投光器により対象物などを直接照明する方法	全体像，形態， 陰影が強調
	発光 輪郭（エッジライン）	イルミネーションなど装飾としての照明を設置する方法	外形構造、形状が強調
	透過光	建物内部からの透過光を夜景の演出として活用する方法	高さ、威容感が強調
シンボル タワー	直接投光 シルエット	対象物などを直接照明する方法	全体像、形態を強調
	発光 輪郭（エッジライン）	イルミネーションなど装飾としての照明を設置する方法	外形や構造を強調
橋梁	直接投光 岸辺	岸辺（対岸）から直接照明する方法	形態・デザインを強調
	間接投光 橋脚 橋梁内部（シルエット）欄干ライン	欄干や橋梁から間接的に照明する方法	橋の雰囲気演出
	発光イルミネーション	イルミネーションなど装飾照明を設置する方法	構造や外形のデザインを強調
樹木	直接投光（地中埋め込み、上方照射）	樹木を直接照明する方法	シンボルツリーや緑のボリューム感を強調
	発光イルミネーション	イルミネーションなど装飾照明を設置する方法	樹形を装飾しにぎわいを演出
モニュメント	直接投光（地中埋め込み、上方照射）	対象物などを直接照明する方法	全体像、形態を強調
そのほか （共通）	演出照明、水中照明など特殊照明カラーHID、LED、ネオンライトパイプ、光ファイバ、光チューブ		動き、変化のある情景、色変化

エリア (街路) (広場) (公園)	ポール照明 (一般ポール、低ポール) ハイマスト照明 直接投光 (地中埋め込み、上方照射)	連続した空間の美しさ、親しみ、暖かさ、 中心的、象徴的景観の形成 光のアクセント
イベント	イベント演出、パフォーマンスレーザ照射 映像	活気、躍動、にぎわいの表現

第4章 評価方法

4. 1 計量心理学的手法

本実験の評価方法は計量心理学から分析方法を参考し、物の外部から内部の関係を覗く、更に結果を考察し、数量的に庭園照明のベスト計画を目指す。庭園照明及び評価構造の分析では、評価実験→定性分析（評価項目の設定，評価項目ごとの要因設定）→定量分析（各評価項目のウェイト付け，評価尺度の構成，評価基準値の設定，要因規定力分析）→評価予測モデル作成（モデルの安定性及び一般性の検証）というプロセスになり，その中に，訂正及び定量分析のための測定実験を行う必要がある。以下では，そのプロセスの仕組みを説明とする。

1) 評価実験

計量心理学的な実験は，被験者から反応ないし回答を得る手段によって分類すると，医学的あるいは生理反応や行動を観測するものと，被験者に知覚・イメージ・価値判断などを言語や図あるいは数量といった手段で表現させるものがある。景観を評価するにはその中で特に，評価尺度を使って被験者に評価させる方法である評定法あるいは評価法と呼ばれるものを使う。

a) 実験材料

景観研究に最も多用されるのは現場写真とモニタージュ写真あるいはそれらのスライドまたCG画像等で，制作の容易さ，操作性及び実験装置の簡便さなど有利な点が多い反面，画面的な制約及び臨場感不足に問題があるので，人間の視野から画面の大きさを決めるとか，呈示及び観察の方法を考えることが大切である。

b) 被験者

当然ながら，信頼性の高い，説得力のある結果を得るためには，研究目的に応じた被験者を選択することが重要である。被験者を選択する際に考慮すべき点は，属性（階層）と人数及びその抽出法である。階層については，性別・年齢・職業・学歴など種々の属性が考えられるので，属性間の比較，あるいは属性ごとの特性分析を行いたい時は，各層から同数の被験者を無作為に抽出するのが良いし，隠そうとも同等の判断が行われると仮定できるものであれば，任意にサンプリングされることもある。

次に被験者数であるが，当然，要求される精度が高いほど，また予想される測定値の分散が大きいほど，多くの被験者が必要になってくる。しかし，一般に測定分散は実験後に分かるもので，普通は適当な数の被験者によって実験を行い，その実験の有意性・信頼性を見ることにより，被験者数の検定を行うことが多い。従って，被験者数にはあまりこだわる必要はなく，実験の精度を高めたければ多くの被験者を選択すればよいといえる。

2) 定性分析

景観の性質や評価構造を分析し、評価を規定する要因や評価項目及び指標といったものを抽出することが評価の必要条件となる。そのように、質的なものを数量を媒介するとしても、質的に把握することを定性分析と呼ぶ。その分析法は多変量解析法に代表されるように多次元の性質を持つ対象を分析する方法で、景観のように価値体系が複雑で捉えどころのない対象を理解する手がかりを与えるのに適したものである。

多変量解析法は大別して、外的基準を説明変数で推定しようとするものと、外的基準がない分類のための方法がある。景観の構造や評価構造の分析の際、前者は主に評価を規定する要因の規定力分析や評価を予測する関連式の構築に用いられ、校舎は対象あるいは要因の分類から評価因子の抽出などに利用されることが多い。前者の例として、量的変数の分析に用いられる重回帰分析や重相関分析、質的変数も含めて用いられる数量化理論第Ⅰ類および第Ⅱ類や判別関数がある。後者に属するものに、量的変数を扱う因子分析や主成分分析、質的変数も可能なものにクラスター分析や数量化理論第Ⅲ類及び第Ⅳ類がある。

これらの分析法はそれぞれの特質を持つものであるが、その分析内容が定性分析であることに変わりないので分析目的及び収集されたデータがどんな性質のものか、使い分ければよい。

3) 定量分析と評価の予測

定量分析の目的：評価を規定する代表的な要因が抽出できた後、その要因の量的変動によって評価がどのように変化するかを量的に捉える必要性。

定量分析の主な課題：要因の変動を表す数量的尺度の構成と対象の価値を表す評価尺度の構成及び両者の関連性の解明。

これらの課題がすべて解決されれば、ある景観の評価を代表的な要因を調べるだけで予測することも可能である。

4. 2 SD 法

SD (Semantic Differential) 法は、最初にオズグッド [C.E.Osgood, 1952] が主として言語の心理学的研究の為に理論構成を行い、その後改良され、*"The Measurement of Meaning"* (1957) で一応の完成をみた方法である。本来は、言語の意味の測定法として開発されたが、その後、商品・企業・人物・絵画などの広範囲の対象に対して適用されるようになった。

SD 法は、「意味微分法」と訳されている。その「意味」は、刺激としてのある対象とそれに対する評定結果としての反応との刺激-反応関係を媒介する内的表象過程 (Representational Mediation Process) である。つまり、この媒介過程によって反応が規定されており、その対象をどのように意識しているかということの表われである。通常意味は、言語の意味を表わすのが一般的である。これには、辞書的な定義としての意味と、

表現的な意味とに区別される。この表現的意味は、さらに連想的意味と情緒的意味とに分けられる。SD法での意味は情緒的意味であり、意味尺度はこれを表わす形容詞から成り立っていると考えることもできる。

また、「微分」とは、次のようなことを示している。ある対象に対して抱いている情緒的意味は全体として何らかのまとまりをもっており、これを分析するためには、複数の視点を設定してまとまりを細分化しなければならない。このまとまりの細分化を微分と呼んでおり、複数の各視点は意味尺度の各まとまりを表している。このまとまりの全体は、「意味空間」(Semantic Space)と呼ばれており、多次元空間を構成している。そして、ある対象は、この空間の中の1点として表現される。

しかし、まとまりのある全体を細分化して分析しただけでは全体をあらわすことができず、何らかのまとめ上げをする必要がある。このまとめ上げをするために、意味尺度間でのプロフィール分析がなされたり、因子分析が用いられている。因子分析の結果から、オズグッドは、評価性(Evaluation)・力量性(Potency)・活動性(Activity)の3次元空間構造として、その対象の意味をまとめることができると考えている。つまり、多次元空間としての意味空間をなるべく少ない次元数で表現するために、因子分析が使われている。もちろん、対象によって必ずしもこれら3因子が抽出されるのではなく、3以外の因子数が抽出される場合のほうが多い。

1) 尺度の選定

SD法に用いられる尺度は意味尺度と呼ばれる一種の評価尺度と呼ばれる。一般に、大きい-小さい、良い-悪い、といった形容詞対を数段階の評価尺度として用いる。したがって、穂句的に応じた形容詞対を収集することが第1の作業であるが、それには以前の研究例から集めたり、連想実験などの予備調査によって収集することが行われる。どちらかというとも後者の作業が望まれるが、予備調査の被験者は本実験の被験者と同質であること、使用する材料が実験に使う材料と同種であることが大切である。そのようにして集められた形容詞対から実験に使うものを選定する基準について、次のようなものが挙げられている。

- (a) 被験者によって受け取り方が違うような曖昧な形容詞は避けること。
- (b) その調査で用いるなどの刺激材料にも共通している特性を示す形容詞対は刺激間の際を反映しないので不適當である。
- (c) 適切な反対語が内科、反対語が他の語と共通したものは避けること。
- (d) 専門家が特別な意味に用いる言葉や、被験者の知識によって意味が変わる言葉は用いないこと。
- (e) やさしい、感覚的、直感的な形容詞を用いること。
- (f) 調査目的がすぐに推察されるようなものは避けること。
- (g) 過去の研究でも用いられた語は、比較の為に、できるだけ生かすこと。

- (h) 類似した語が集中しないように、できるだけ変化に富ませること。
- (i) 価値に関する語に偏らないように価値に直接関係ない語も入れること。
- (j) 調査目的に直接関係ない語でも、SD法の基本的尺度とされているものは入れること。基本的尺度とは、一般に評価因子として見出されることの多い評価、力量性及び活動性を表す代表的な尺度で、評価語には「良い-悪い」、「快-不快」、「美しい-醜い」があり、力量性では「強い-弱い」、「重い-軽い」、「軟らかい-硬い」があり、活動性では「速い-遅い」、「騒がしい-静かな」Nなどがある。

2) SD 実験データの分析法

SD 実験データは、一種の距離尺度なので種々の分析が可能である。その主な分析法は、対象や各評価尺度及び被験者の持つ特質をパターンとして把握するためのプロフィールと、それらをより量的に捉えるための因子分析である。また、各評価尺度での評価値を外基準として、数量化理論や重回帰分析によって、規定要因の分析へと発展させることも可能である。

(a) プロフィール分析

ある評価尺度あるいは評価対象について、各対象及び各評価尺度での評価がどのように変化するかを示し、それを各尺度あるいは書く対象ごとにつくり、そのパターンの類似性及び評価のばらつき程度によって、用いた対象や尺度の類似性、適合性などを視覚的に分析すること。この分析法は、評価尺度の因子分析では得られない情報を定性的に捉えることができる。

(b) 因子分析

因子分析は、測定値の間に存在する構造を変数の線形一次式で説明しようとするもので、この分析法が SD 実験のデータ分析に使われる最大の理由は、多くの評価尺度(形容詞対)に代わる少数の評価因子軸で対象の特性を表現できるかどうかを探る方法として適しているからである。

i) 因子分析の基本モデル

因子分析においては、平均 0、分散 1 の標準された j 番目 ($1 \leq j \leq p$) x_j は次のモデルで表せることを仮定する。

$$x_j = a_{j1}f_1 + a_{j2}f_2 + \cdots + a_{jm}f_m + d_ju_j \quad \cdots \text{式 3-2}$$

ここで、 f_1, f_2, \cdots, f_m は共通因子得点 (Common Factor Score) と呼ばれ、どの x_j に対しても共通である。通常因子といえ、この共通因子をさす。共通因子 f_1, f_2, \cdots, f_m はそれぞれ平均 0、分散 1 であり、互いに無相関であると仮定する。(この無相関

の過程を置くととき直交因子モデルという) 共通因子が各変数に対して持つ重み $a_{j1}, a_{j2}, \dots, a_{jm}$ は因子負荷量(Factor Loading)と呼ばれる。また、 u_j は共通因子で説明されない、いわば、 x_j 独自の変動であり、共通因子に対して独自因子得点(Unique Factor Score)と呼ばれる。独自因子も平均 0, 分散 1 で f_1, f_2, \dots, f_m とは無相関, また変数が異なれば互いに無相関であると仮定される。 d_j は独自因子の負荷量である。

ii) 因子分析の手順

- ① すべての変数の相関係数行列 R を求める。
- ② 因子抽出の方法, 因子の数, 及びそれを計算する方法を決める。
 因子抽出の方法としては, セントロイド法・主因子法・最小二乗法・バリマックス法・最尤法などがある。因子の数の決定には, 固有値が 1 以上・説明率が 50%を超える・解釈可能性などの条件で決定するのが一般的である。
- ③ 回転により因子をより解釈しやすくする。
 回転法の違いは回転する際の基準の違いであるといえる。以下では, 代表的ないくつかの回転例を挙げる。

バリマックス回転 (直交)

バリマックス基準として, 因子負荷の平方の分散を用いる。バリマックス法では, 全ての因子について同時にこの分散を最大とする解を求めるのが特徴である。分散を最大にするということは, 特徴をより際立たせることに等しい。バリマックス回転は, 得られた因子負荷行列に対して直接バリマックス基準を満たす解を求めるロー・バリマックス回転よりも, 各因子負荷行列をその共通性で割ることで規準化する, 規準化バリマックス回転が一般的である。

クォーティマックス回転 (直交)

因子負荷行列の各要素を二乗した行列 V において, その成分の総平均からの偏差の平方和を最大とする基準による回転を, クォーティマックス回転という。簡単に言えば, 因子負荷量の分散の分散を最大にするように回転する。このことで, 絶対値の大きな因子負荷と 0 に近い因子負荷が多くなるように回転することができる。

オーソマックス基準 (直交一般)

これは単純構造への変換基準をまとめて表現しており, この基準を総称してオーソマックス基準と呼ぶ。

$$U = \sum_{p=1}^m \sum_{j=1}^n b_{jp}^4 - \frac{1}{n} \sum_{p=1}^m \left(\sum_{j=1}^n b_{jp}^2 \right)^2 \quad \dots \text{式 3-3}$$

ここで b_{jp} は変換された因子負荷行列 a_{jp} であり、いずれもこの U を最大化しようとする基準である。オーソマックス基準に沿えば、各基準の違いは重み w の違いだけである。

- クォーティマックス基準 ... $w = 0$
- • バイクォーティマックス基準 ... $w = 1/2$
- バリマックス基準 ... $w = 1$
- エカマックス基準 ... $w = m/2$
- パーシマックス基準 ... $w = n(m-1)/(m+n+2)$
- 因子パーシモニー ... $w = n$

直接オブリミン回転 (斜交)

因子パターン行列 $B=[b_{jp}]$ において、異なる列間の共分散の和を最小にする基準のことを、直接オブリミン基準という。数学的には、

$$K = \sum_{p \neq q}^m \left\{ \sum_{j=1}^n b_{jp}^2 b_{jq}^2 - \frac{\gamma}{n} \left(\sum_{j=1}^n b_{jp}^2 \right) \left(\sum_{j=1}^n b_{jq}^2 \right) \right\} \quad \dots \text{式 3-4}$$

で表される K を最小化することを意味する。

プロマックス回転 (斜交)

プロマックス回転は、与えられた仮説的因子構造 (もしくは仮説的因子パターン) にできるだけ近似するように斜交回転を行う方法の一種である。プロマックス法では、その仮説的因子構造として、同じデータを直交回転して求めた単純因子構造を、さらに強調する形で用いる手法であるといえる。

第5章 実験

5.1 実験流れ

図 5.1 は本実験の方法を表すものである。まず、第 1 章に書いたとおり、庭園を 4 種類に分類する。すなわち①植栽（庭園に植える樹木、季節によって、最も変化しやすい）、②水（自然に形成したと人工的に作られた水風景、例えば、曲水、遣水、噴水、滝等）、③石（いくつもの自然石を組み合わせたもの、石組という）、④景物（庭園中の人工的に作った建物、石橋等）の 4 種類である。この 4 要素を対象物とし、各季節最もその季節を代表できる時期（春は桜満開の時期、夏は植栽の葉が緑になった時期、冬は雪に覆われる時期）を選んで、それぞれデジタルカメラで撮影する。次に、決まる基準に従い、実験用サンプルを作成する。続いて、調査用データシートを作成する。その後、SD 法によりイメージ評価を施行する。最後、得られたすべての結果を因子分析法により因子分析し、その結果を比較、検討、考察を行う。

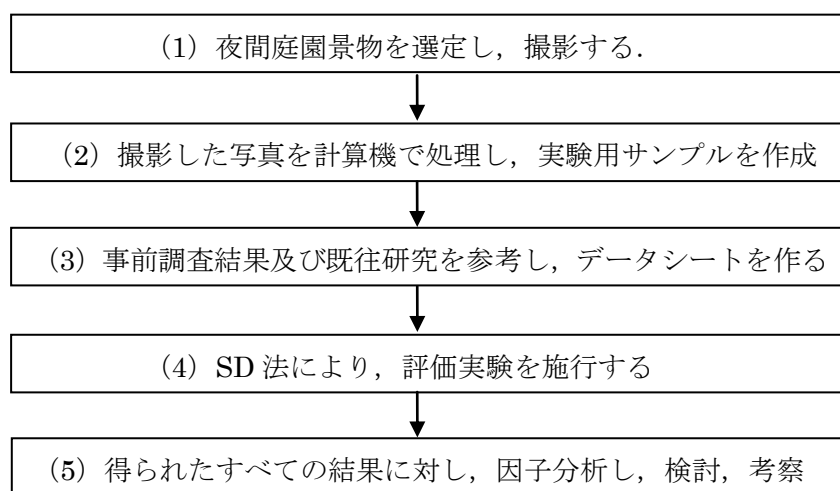
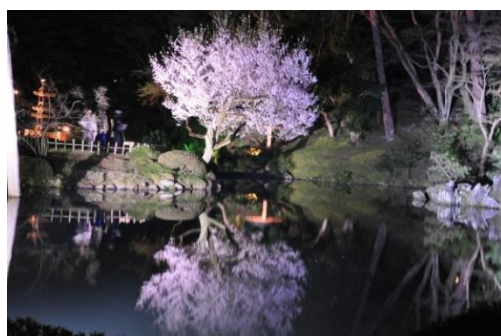
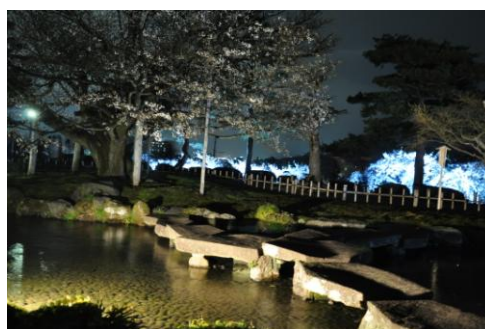
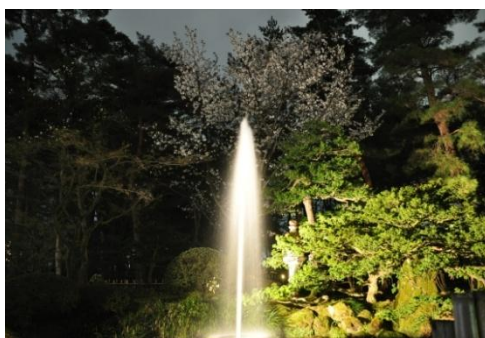


図 5.1 実験の流れ

5.2 実験サンプルの選定

本実験では、計 28 ヶ所の庭園景観を代表とする水、石、植栽、景物の四種類景観を対象として選定し、これらの地点の夜景（既存の照明状態）をデジタルカメラで、撮影した。実験に合わせるため、①人間と撮影器械の視認性に影響を及ぼさず良い天候であること；②撮影地点から対象物まで、③60m以内（多段階距離で撮った写真の印象測定を行った結果）の距離を保つこと；④デジタルカメラスタンドを地面から 1.2mの高さを維持すること；⑤撮影角度を 23°前後（誤差が小さく、精度が最もよかった）に維持することなどというような統一条件に揃えている。以下は水、石、植栽、景物をそれぞれ示す。

春の景観サンプル_水

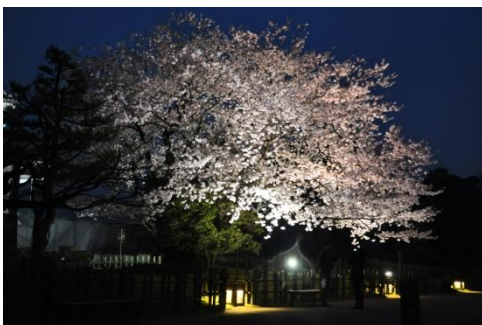


春の景観サンプル_石





春の景観サンプル_植栽





春の景観サンプル_景物



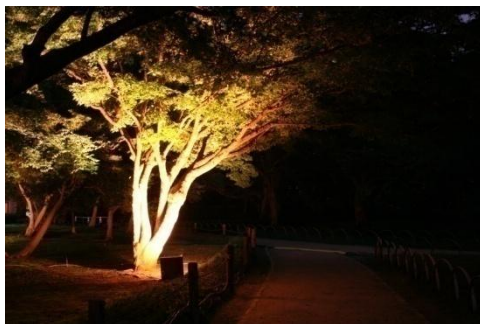
夏の景観サンプル_水



夏の景観サンプル_石



夏の景観サンプル_植栽



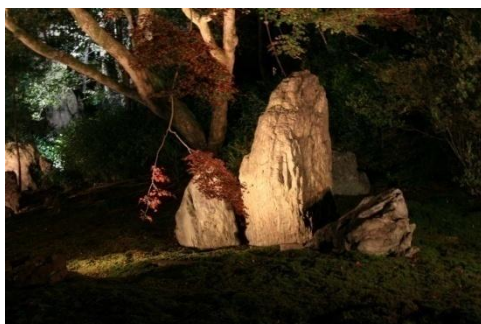
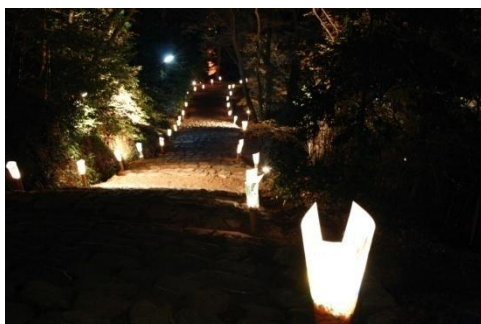
夏の景観サンプル_景物



秋の景観サンプル_水



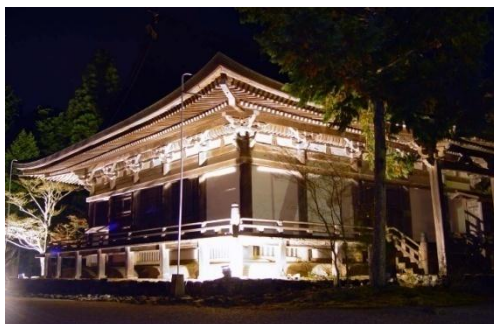
秋の景観サンプル_石



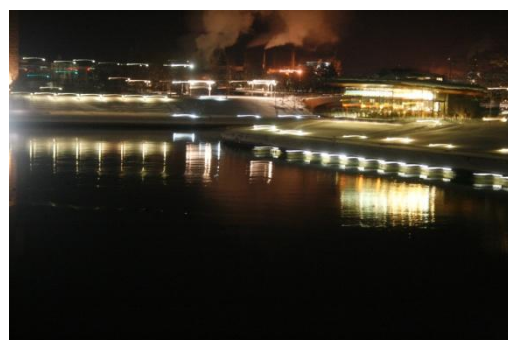
秋の景観サンプル_植栽



秋の景観サンプル_景物



冬の景観サンプル_水



冬の景観サンプル_石



冬の景観サンプル_植栽





冬の景観サンプル_景物



5. 3 実験サンプルの作成

上記の各庭園から撮影した写真をまずスクリーン上に表示し、その輝度を測定する。目的としては、最大平均輝度値と最小輝度値から中間輝度平均値を求め、画像処理を行う最野ターゲット平均輝度値を決めるためである。また、ターゲットに影響を及ぼさないよう、ターゲット周辺の輝度値は 0.5cd/m^2 以下に抑えた。前述したこれらの基準に従い、撮影した写真を画像処理ソフトにより、照明光源の色温度を変化させ、実験用サンプルを作成する。

実験で使用した照明光源の色温度は、色温度変化の軌跡から以下の代表的な 4 段階の光源モデルを選定した(図 5.1 参照)。

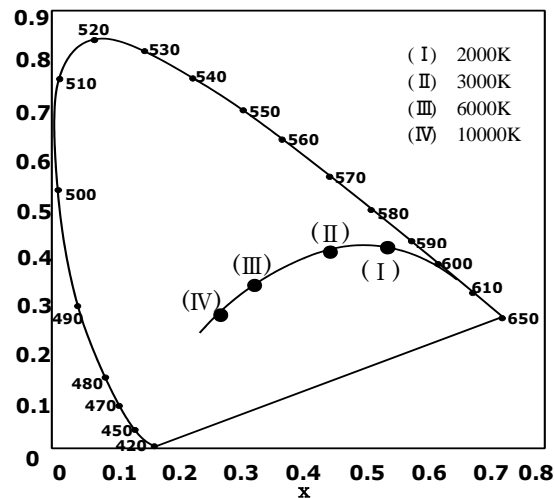


図 5.1 CIE 色温度曲線

色度座標はそれぞれ、

- (i) $(x, y)=(0.527, 0.413)$ の 2000K の光色を用いたモデル.
- (ii) $(x, y)=(0.437, 0.404)$ の 3000K の光色を用いたモデル.
- (iii) $(x, y)=(0.322, 0.332)$ の 6000K の光色を用いたモデル.
- (iv) $(x, y)=(0.24, 0.23)$ の 10000K 以上の光色を用いたモデル.

【参考】

色を示すために人の知覚的、3 原色である RGB の色光の強さを使用する場合、一つの色を表すのに 3 種類の数値が必要となる。しかし、色は RGB の混合比で決まるので、全ての光刺激の和を 1 とし、R と G の光の相対比を使用するとするならば、残りの B の相対比は自動的に決まり、2 つの数値で色を決定することが可能である。2 つの数値 (x, y) により座標空間で色を示したものを xy 色度図と言う。同表色系による色度図は、CIE システムまた CIE 色度図とも呼ばれている。

春の実験用サンプル_水



春の実験用サンプル_石



春の実験用サンプル__植栽



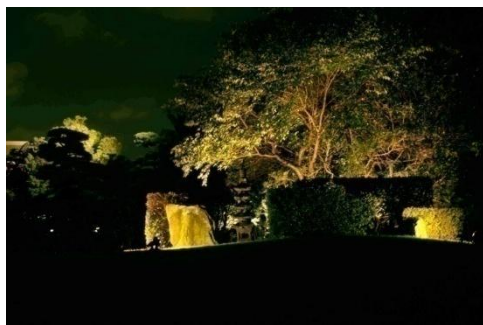
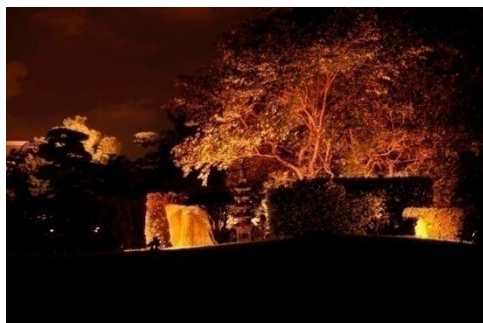
春の実験用サンプル__景物



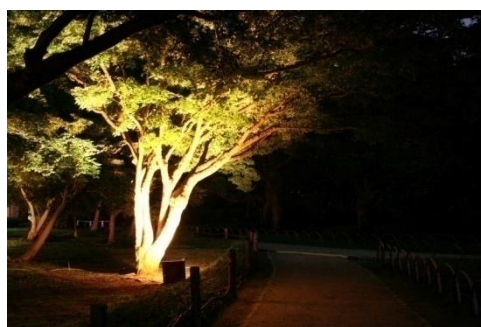
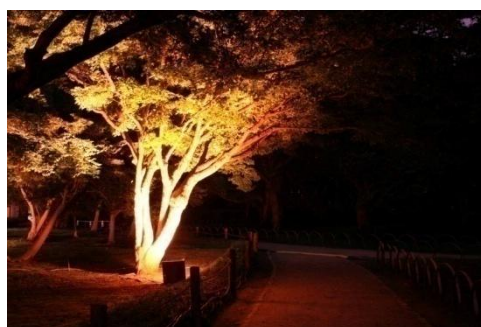
夏の実験用サンプル_水



夏の実験用サンプル_石



夏の実験用サンプル__植栽



夏の実験用サンプル__景物



秋の実験用サンプル_水



秋の実験用サンプル_水



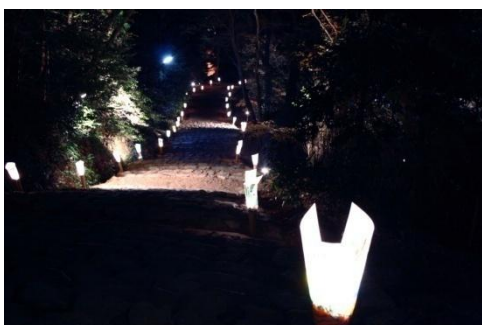
秋の実験用サンプル_水



秋の実験用サンプル_水



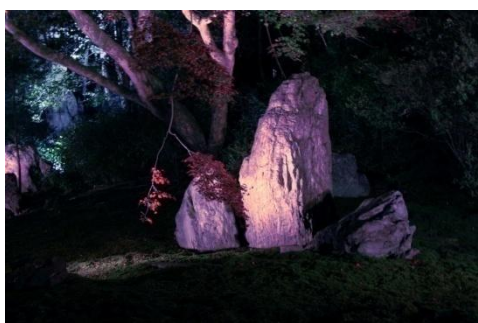
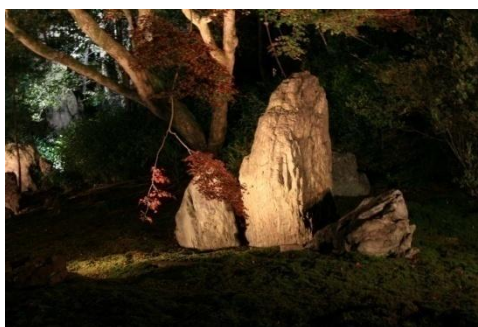
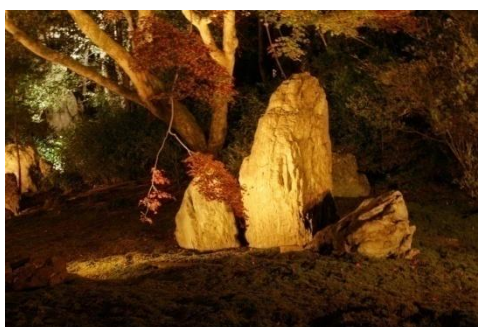
秋の実験用サンプル_石



秋の実験用サンプル__石



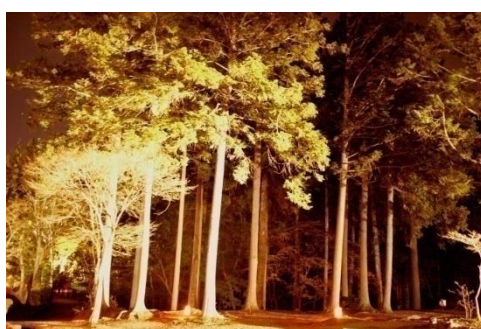
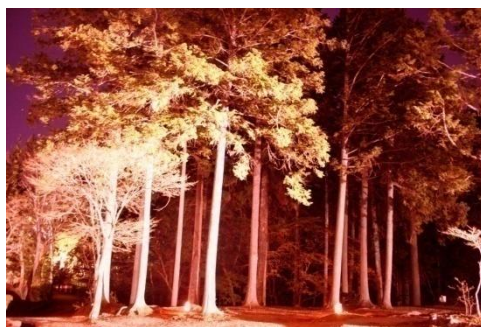
秋の実験用サンプル_石



秋の実験用サンプル_石



秋の実験用サンプル__植栽



秋の実験用サンプル_植栽



秋の実験用サンプル__植栽



秋の実験用サンプル_植栽



秋の実験用サンプル__植栽



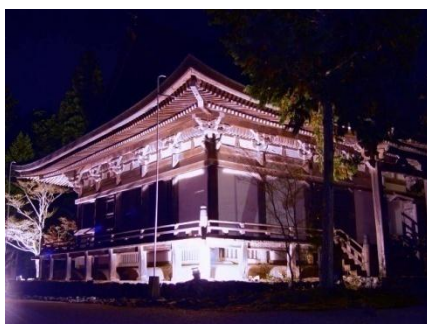
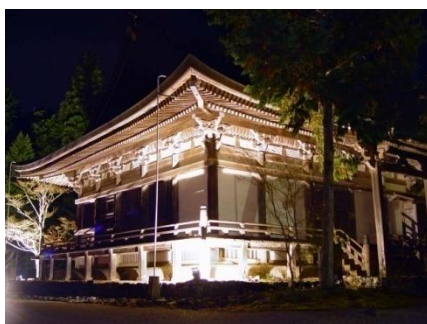
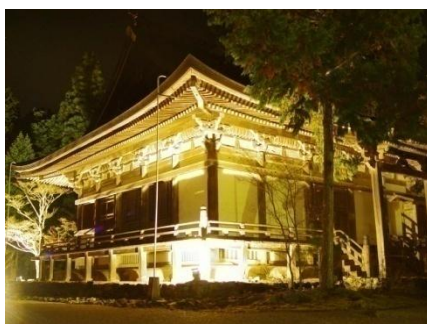
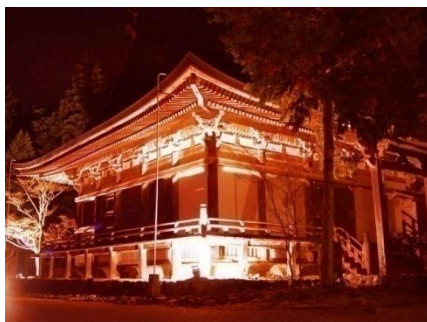
秋の実験用サンプル__景物



秋の実験用サンプル__景物



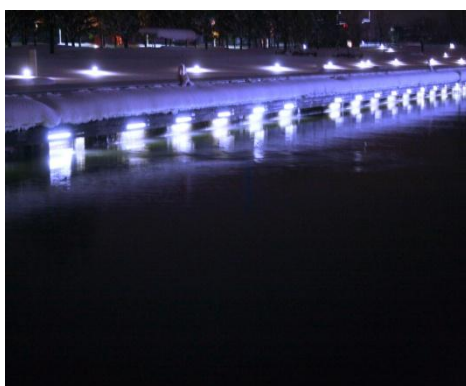
秋の実験用サンプル__景物



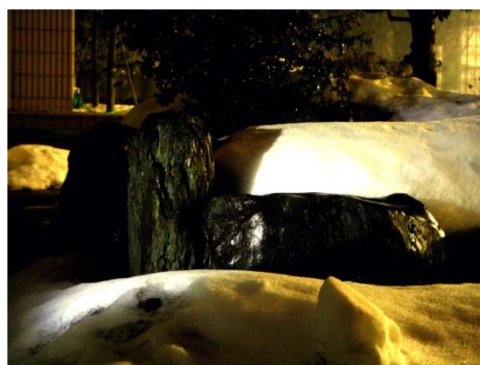
秋の実験用サンプル__景物



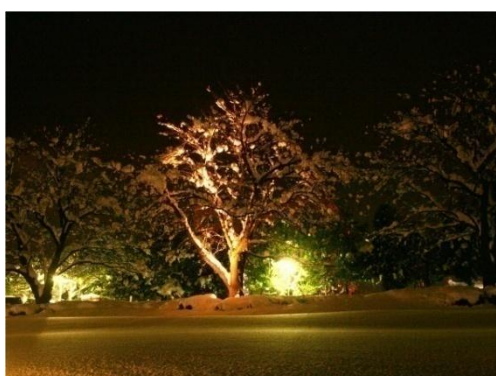
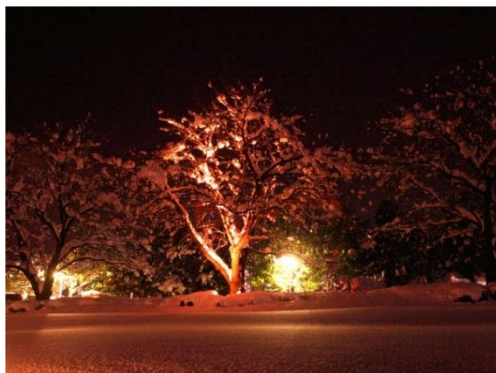
冬の実験用サンプル_水



冬の実験用サンプル_石



冬の実験用サンプル__植物



冬の実験用サンプル__景物



5. 4 データシート

本実験では、各サンプルに対する評価に代表的な方法の一つである SD 法 (Semantic Differential Technique) を用いた。SD 法による印象評価は、与えられた形容詞の尺度のうち、被験者が当てはまると感じる程度を選択する評価手法である。得られた評価を評価項目ごとに数値化することで、複数の対象間での比較分析が可能となる。実験に使用する印象評価語を決定するに当たり、25 人を対象に、庭園景観に対する印象を自由に記述させた。更に、以下に示した (a)～(g) 等の判断基準に基づき、前述の自由記述で得られた印象語の中から、SD 法を用いた研究例を参考して形容詞対の数が多く成り過ぎないように配慮しながら、本実験における庭園景観照明の評価に適切な形容詞として 23 個を選定した。更に、その反対語を選定して、図 5.3 に示す 23 対の形容詞対を決定した。

- (a) 曖昧な形容詞を避けること。
- (b) 調査の目的がすぐ推察されるような形容詞を避けること。
- (c) 専門家が特別な意味に用いる形容詞や被験者の知識によって意味が変わる形容詞を使用しないこと。
- (d) 優しく、感覚的で、直感的な形容詞を使うこと。
- (e) 類似した形容詞が集中しないように変化に富ませること。
- (f) 価値に関する形容詞に偏らないで、価値観に直接繋がらない語を入れること。
- (g) 先行研究に用いられた形容詞を生かすこと。

表 5.2 23 対の評価項目

1)	重厚な－軽薄な	13)	刺激的な－刺激のない
2)	動的な－静的な	14)	すっきりした－ごてごてした
3)	暖かい－冷たい	15)	開放的な－閉鎖的な
4)	美しい－醜い	16)	静かな－煩い
5)	情熱的な－理知的な	17)	魅力的な－魅力のない
6)	明るい－暗い	18)	派手な－地味な
7)	目立つ－目立たない	19)	快適な－不快適な
8)	上品的な－下品的な	20)	落ち着き－忙しい
9)	柔らかい－硬い	21)	陽気な－陰気な
10)	好きな－嫌いな	22)	弛緩な－緊張な
11)	にぎやかな－寂しい	23)	爽やかな－濁った
12)	調和した－不調和な		

評価は7段階尺度で、「どちらでもない」(0点)を中心にして、それぞれの形容詞に向かって「やや(1もしくは-1)」、「かなり(2もしくは-2)」、「非常に(3もしくは-3)」とした(図5.3参照)。

SD法評価データの解析には、因子分析法を用いた。この解析により、類似している印象語から対象への総合的な印象を把握することが可能となる。

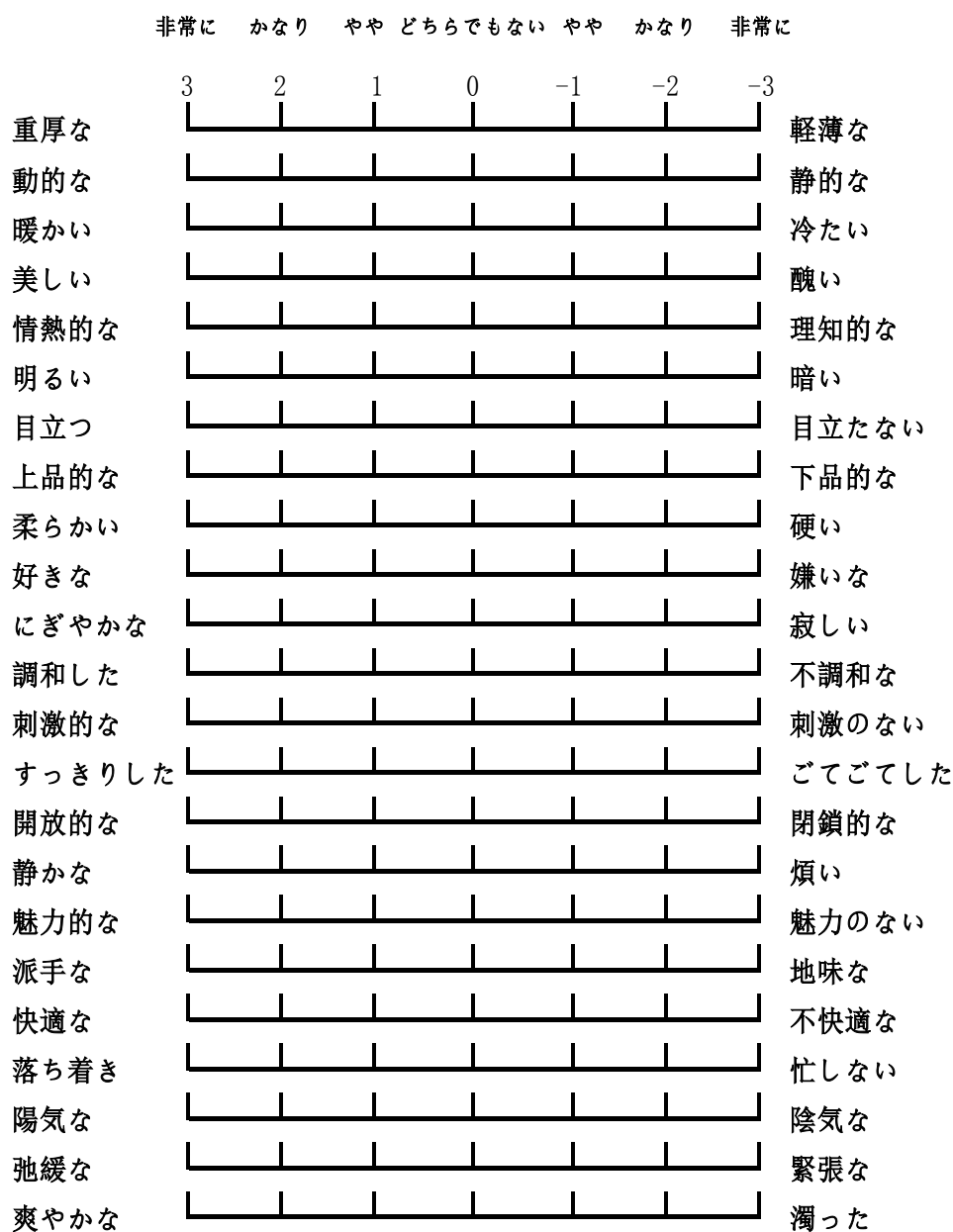


図 5.3 SD法データシート

5. 5 SD 法によるイメージ評価

実験は暗室で行う。被験者の前方 4m の距離に写真サンプルを呈示するスクリーン (W1.8m×H1.8m) を配置し、プロジェクタによって、ほぼスクリーンの全面に、実験用サンプルを呈示する。被験者はこの写真サンプルを観測するのである。その後、データシートによって、評価値を記入する。

被験者は 20 代前後の学生 20 名である。なお本実験では、測定時間が長時間に渡るために、多くの被験者を確保することが困難であった。そこで 20 名の被験者については、本実験で採用している SD 法について精通している者を特に選定し、測定を行うこととした。被験者の心理、すなわち気分や体調等に配慮し、誤差を少しでも減らして測定する為に、各要素に対して一定時間の間隔を取った。

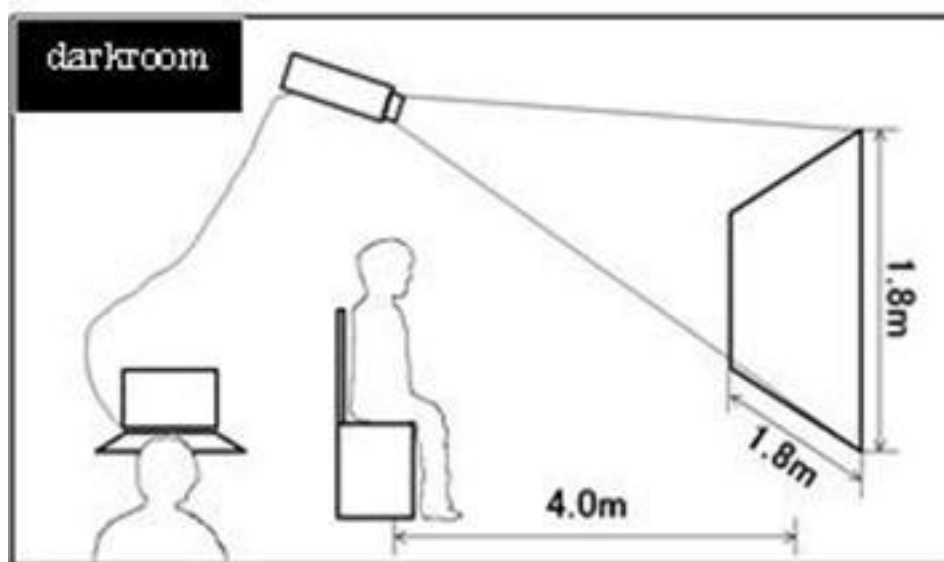


図 5.4 実験風景

第6章 実験結果

6.1 SD法による結果

被験者は各季節の庭園の各要素に対して、一体どう感じているかを解明するため、イメージ評価座標を作った。その中、同じ色温度でも、違う季節は形容詞の得点も違う。やはり、季節の変化によって、庭園色が変わるは、人間の感覚に影響があるといえる。また、石、水、景物が季節変化の影響にあまり受けていない要素も多少変わる、それは誤差が一部の原因以外、やはり庭園のものとして、みんな関わっていると思う、例えわざと分けられても。実験する前に筆者はこの関わりが本当に成立するかを確かめるために、植栽だけではなく、すべての要素を季節変化の実験をした。そして、この関わりを確認した上、植栽以外の要素にも最適照明計画を求めるのは意味があるようになった。

もちろん、植栽の変化が一番である。なので、植栽の結果は変化が一番大きくなるはずであるが、ほかの影響もあると思う。実験は同じ季節でしたではないため、その季節の感覚や気持ちなど結果に影響を及ぼすかもしれない。例えば、夏季と冬季のフィリングは絶対違うと思う人がいるだろう。暑い時期と寒い時期の見方が違ってくると考える。

そして、本実験の結果として、各対象物のサンプルに対するイメージ評価について全被験者応答の平均値を極座標上に表示する。パラメーターとしては、光源の色相である色温度の4段階の2000K、3000K、6000K、10000Kを分けてある。各形容詞対の標準偏差は±1の範囲内に留まっている。各図において、円周方向には形容詞のポジティブ側を配置している。従って、円の外側に位置するほど印象評価値が高いことを示している。その為、評価値をプロットした点を繋いだ図形の面積が大きいほど、全体の評価が高いことを意味している。中心はネガティブ側となる。

1. 春の庭園景観の評価

1) 水の評価

2000Kに着目すると、円週の外側の評価は高いことが明らかに見える。特に「動的」、「明るい」、「目立つ」と言った形容詞が評価高い。3000Kの場合は円の右側の部分が2000Kの場合と形が近い、少々減ったことが示された。6000Kの照明光源に照らされると「美しい」、「調和した」、「快適な」、「爽やか」などの形容詞が高くなる傾向が見られる。各得点が繋がった形状も2000Kと3000Kと比べると、ぜんぜん違う。10000Kの色温度の場合は「静かな」と言った形容詞がほかの色温度の評価によりやや高い、ほかの評価は全体に低いが見られる。

2) 石の評価

水と比べたら、ぜんぜん違う形の図形が得られた。2000K と 3000K の評価が全体的に下がることが見える。6000K の照明の場合は評価が「美しい」「上品」「好き」などたくさんの形容詞の評価が高くなる傾向が見られ、石に適切な光源照明とあらかじめ推測することができる。10000K は水の場合と同じ「静かな」と言った形容詞だけやや高いことがしめされた。

3) 植栽の評価

6000K の評価が全体的に高く見えるが、平均的にどうなるか分からない、高い評価が得られた形容詞は「上品」「調和した」「落ち着く」などである。2000K の評価もやや高いが、平均したら、またたかくなる傾向がありそうにみえる。その中「柔らかい」「開放」などの形容詞の評価がほかの色温度よりたかいことが分かった。3000K は「動的」などがやや高い、全体的に評価がやや低いと考えられる。10000K の場合は「にぎやか」「動的」「情熱」と言った形容詞は物凄く低い評価が得られた。これらの形容詞に対して、不適切な照明光源と判断する。

4) 景物の評価

同じように、2000K の照明光源から着目する。「暖かい」「情熱」「目立つ」と言った形容詞の評価が高い、その以外は「にぎやか」「刺激」の形容詞の評価もやや高いことがグラフから得られた。3000K の場合は「明るい」「目立つ」などの形容詞の評価が 2000K よりやや低いが、評価値は高くなる傾向が見られた。6000K の線を見ても、「すっきり」や「魅力的」などの形容詞の評価はやや高い、全体的に評価はいいかどうかを判断するのがまだ難しいである。10000K の場合は「落ち着く」「静かな」と言った形容詞は高い評価が見られた。

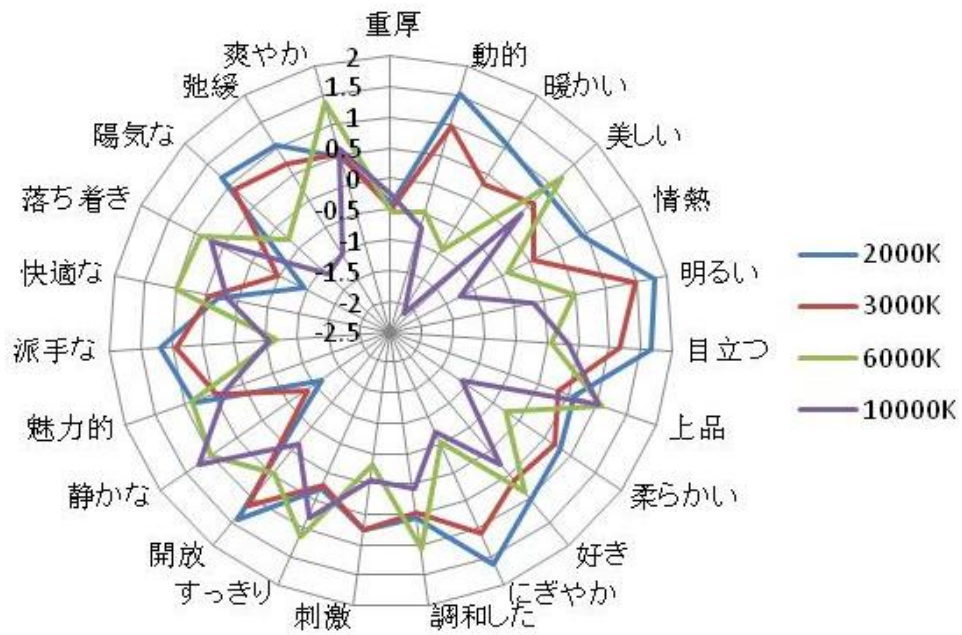


図 6.1 春季の庭園照明の水のイメージ評価結果

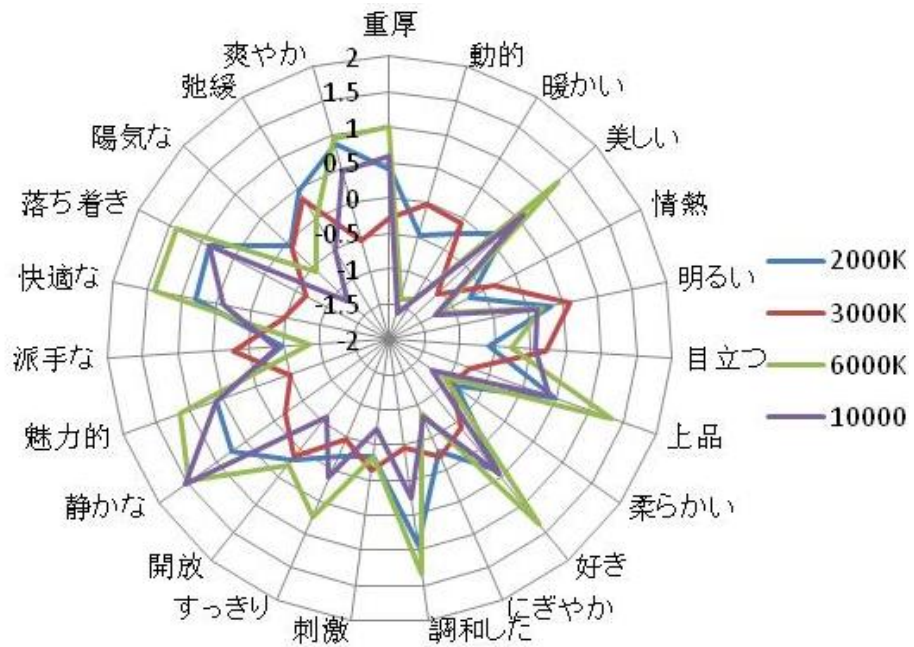


図 6.2 春季の庭園照明の石のイメージ評価結果

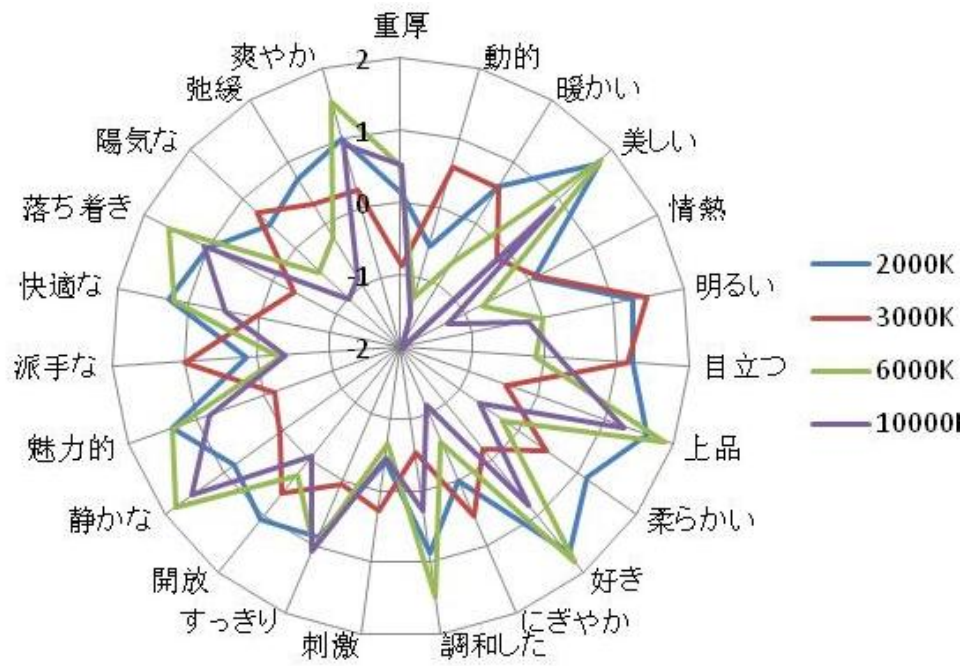


図 6.3 春季の庭園照明の植栽のイメージ評価結果

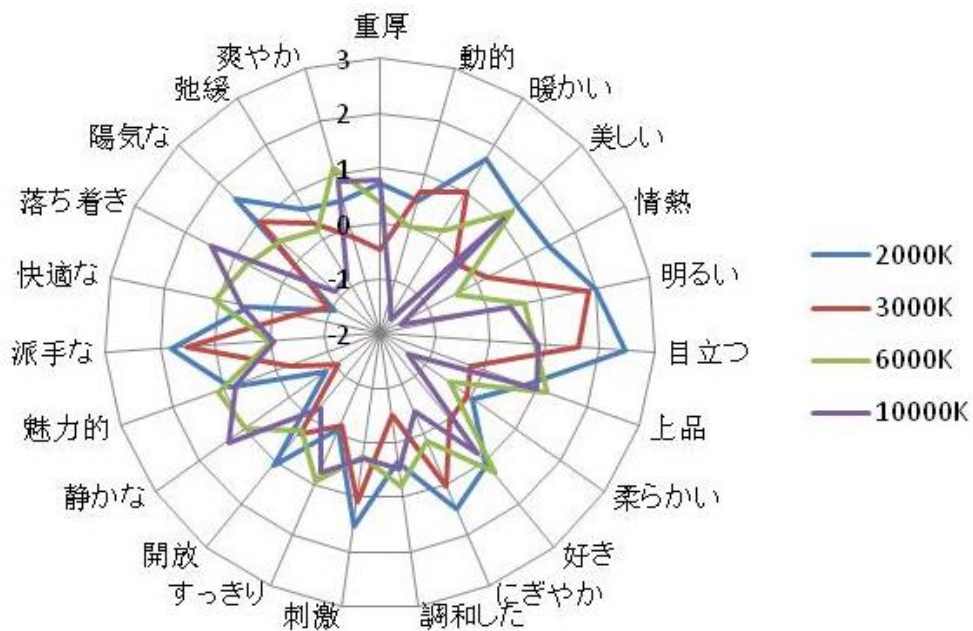


図 6.4 春季の庭園照明の景物のイメージ評価結果

2. 夏の庭園景観の評価

1) 水の評価

各色温度を着目して見ると、2000Kの照明に対するイメージ評価は、「暖かい」「情熱的」などの評価が高く、3000Kの場合「明るい」、「目立つ」の評価が高い傾向が見られる、一方、6000K、10000Kの照明は各形容詞の評価が低いことが示された。

2) 石の評価

色温度 2000K の照明は、「暖かい」「情熱的な」の評価が非常に高い、そして、6000K と 10000K の照明は「調和した」、「すっきりした」の評価値が高いことが示された。一方、10000K はマイナスの方が多いことが分かった。

3) 植栽の評価

全体的に見てみると、色温度低い照明光源は (2000K, 3000) は評価が高くなることが示された。逆に、色温度高い照明は低くなる傾向が見られる、植栽の場合、色温度低い照明は相応しいと考える。

4) 景物の評価

2000K の照明は「暖かい」「情熱的な」「明るい」「目立つ」の評価が高いことが分かった。次に 3000K、6000K、10000K の照明はほかの形容詞に演色効果がよくなることが示された。全部の照明はよい効果が出ると考える。

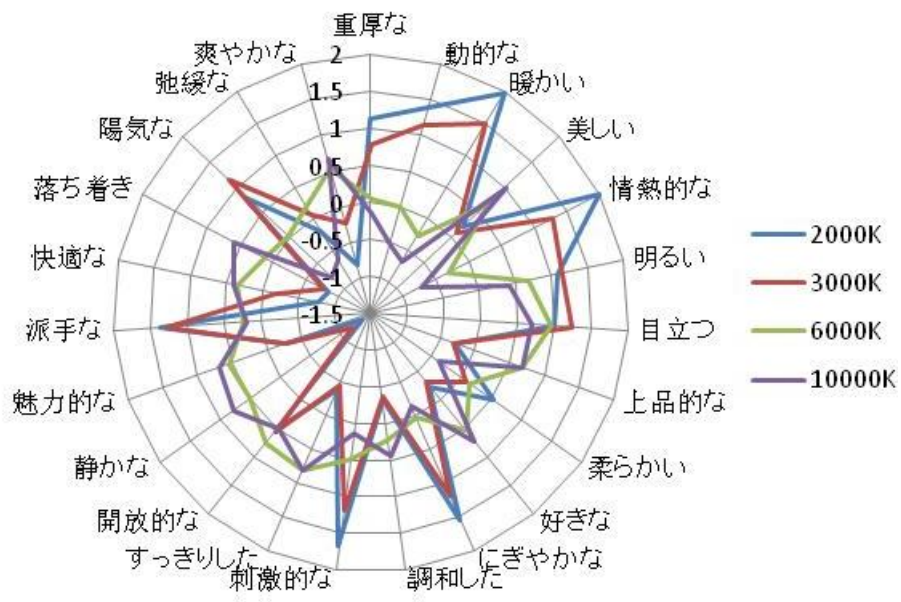


図 6.5 夏季の庭園照明の水のイメージ評価結果

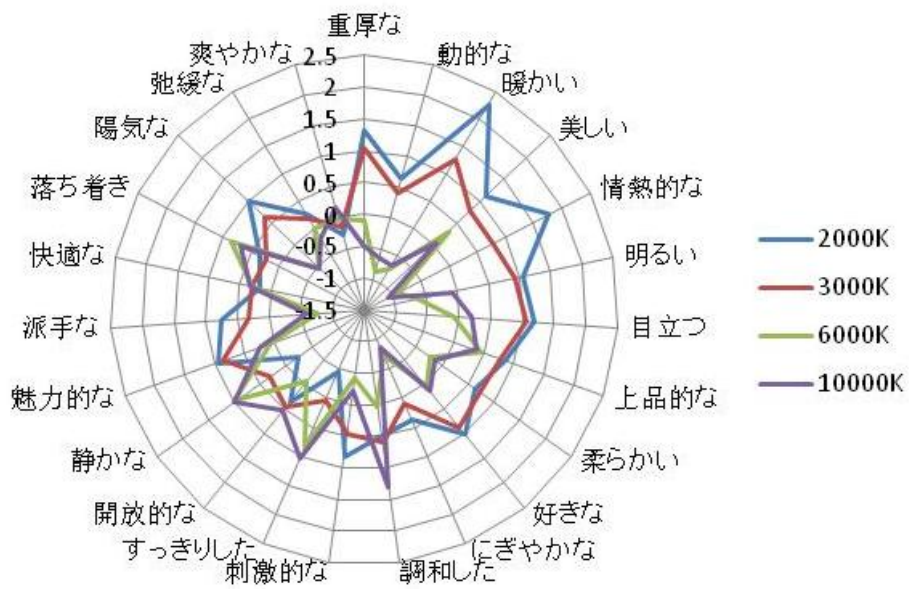


図 6.6 夏季の庭園照明の石のイメージ評価結果

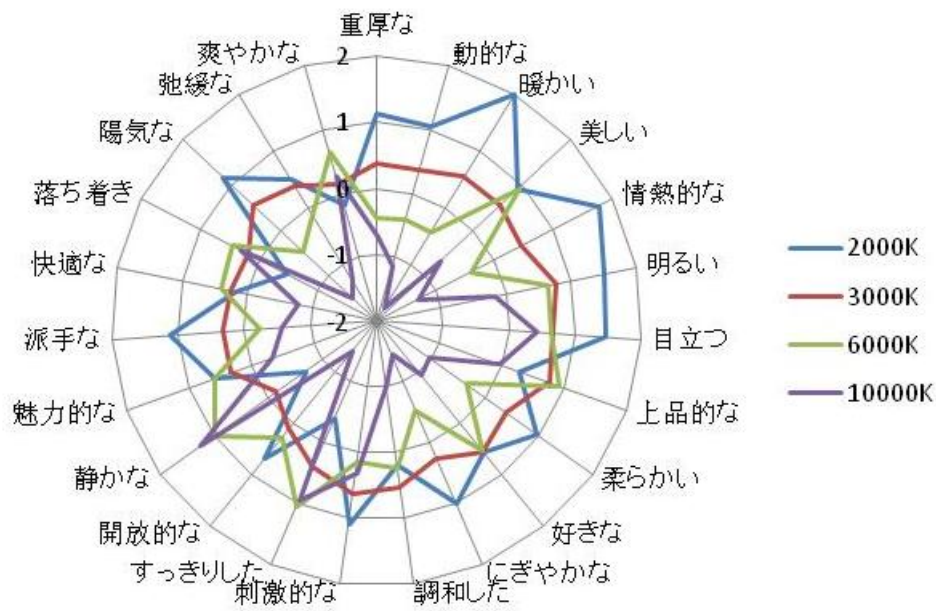


図 6.7 夏季の庭園照明の植栽のイメージ評価結果

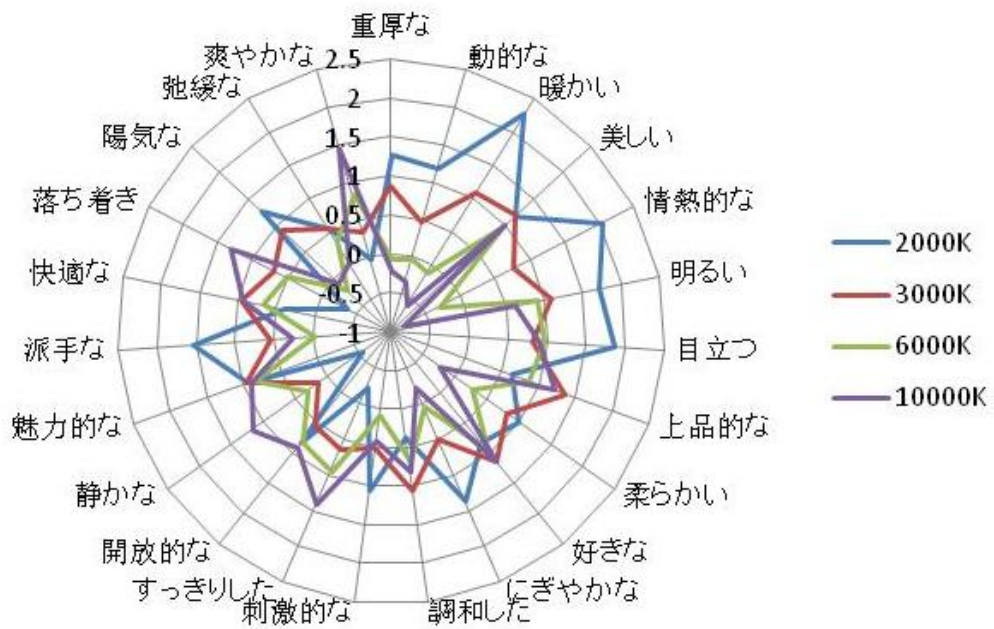


図 6.8 夏季の庭園照明の景物のイメージ評価結果

3. 秋の庭園景観の評価

1) 水の評価

水の場合も、2000K の低色温度照明光源で照らした際、全体的に評価が高くなる傾向が見られ、特に「暖かい」、「情熱的な」等の形容詞の評価が他の色温度照明より非常に高くなることが示された。一方、色温度が高くなるにつれて、評価が全体的に低くなる傾向も同様であった。中でも10000K の照明光源で照らされた場合、評価が最も低くなることが明らかとなった。

2) 石の評価

石の場合は、2000K の結果が比較的高く、「暖かい」、「情熱的な」といった形容詞の評価が高い結果が示された。一方、「落ち着く」、「静かな」、「爽やかな」といった形容詞の評価が高くなるのは6000K の照明光源の条件下であったが、全体的に評価は低い。さらに、10000K の照明光源では評価はさらに低くなった。

3) 植栽の評価

植栽の場合では2000K の照明光源で照らした際、全体的に評価は高く、「落ち着く」、「静かな」を除いてほぼ全ての形容詞で評価値がプラスとなることが示された。その中でも「暖かい」、「動的な」、「情熱的な」等の形容詞において特に評価値が高くなることが明らかとなった。また、色温度3000K も含めた低色温度の照明条件下で、全体的に評価が高くなる傾向が見られた。一方、10000K の照明光源は全体的に評価が低くなることも明らかとなった。しかしながら、前述の色温度が低い条件で評価の低かった「落ち着く」、「静かな」といった形容詞は、反対に評価値が高くなることが示された。

4) 景物の評価

景物の場合も〈石〉の場合と同様、2000K で、「暖かい」、「情熱的な」、「にぎやかな」等の形容詞の評価が高い結果が得られた。6000K の場合は「爽やか」、「すっきりした」と言った形容詞の評価が高くなる傾向が見られた。

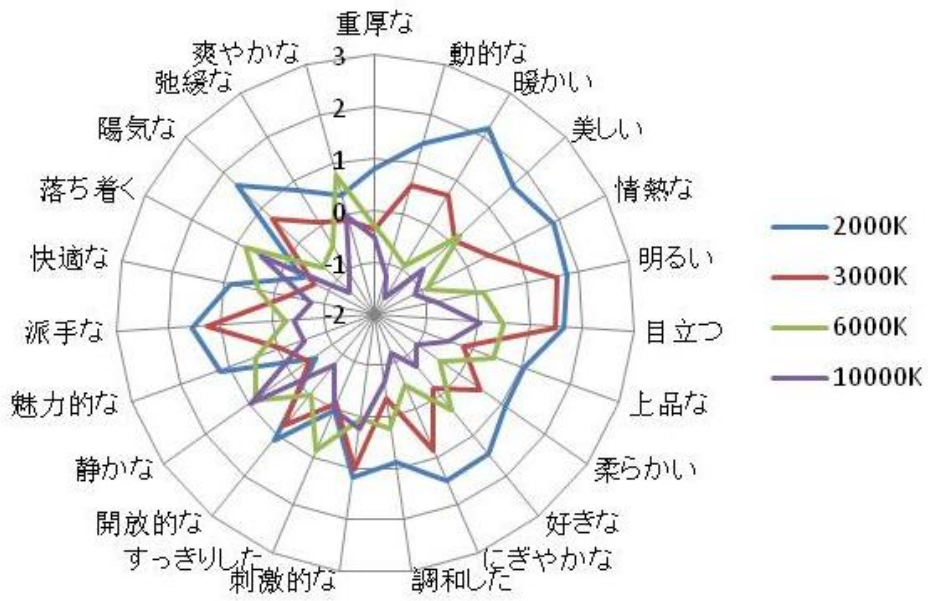


図 6.9 秋季の庭園照明の水のイメージ評価結果

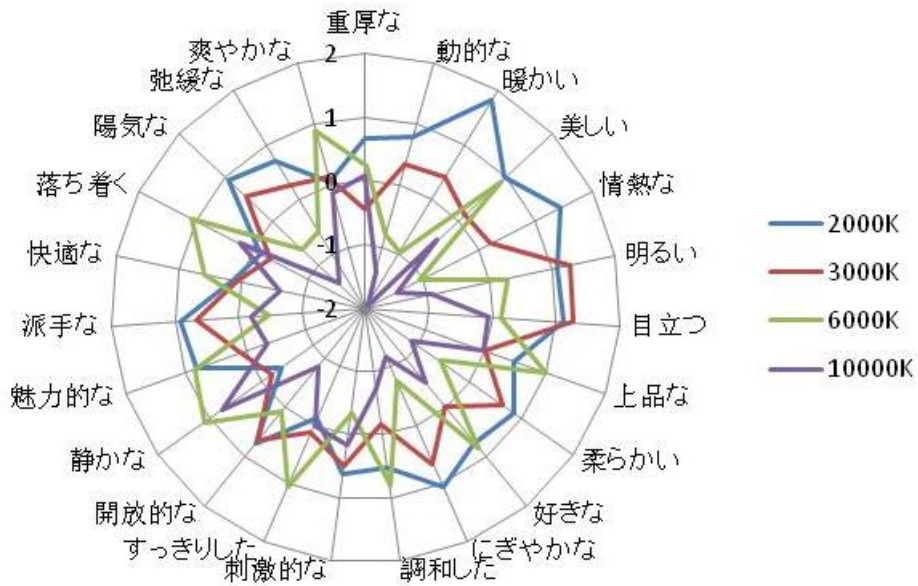


図 6.10 秋季の庭園照明の石のイメージ評価結果

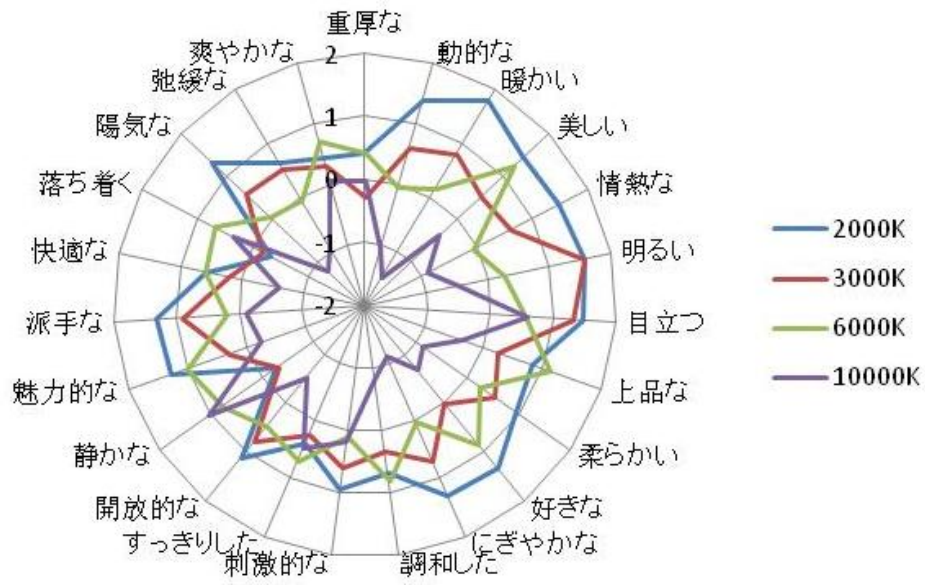


図 6.11 秋季の庭園照明の植栽のイメージ評価結果

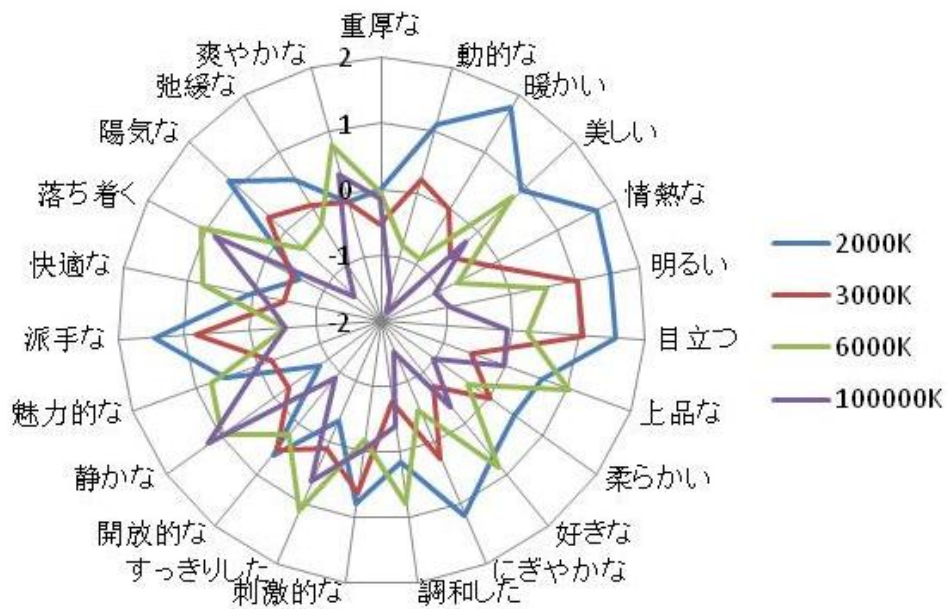


図 6.12 秋季の庭園照明の景物のイメージ評価結果

4. 冬の庭園景観の評価

1) 水の評価

水の場合も、2000Kの低色温度照明光源で照らした際、全体的に評価が高くなる傾向が見られない、冬の寒さはやはり被験者に影響があると感じた。3000Kの照明の場合、「開放」と言った形容詞だけは評価がやや高く、「魅了」「美しい」などの形容詞は評価が低い。一方、6000Kの場合、「すっきり」「調和した」などの評価が上回った。10000K照明の場合、「暖かい」と言った形容詞は物凄く低かった。

2) 石の評価

石の場合は、2000Kの結果が比較的高く、「暖かい」、「情熱的な」などの形容詞の評価が高い評価が示された。一方、「落ち着く」、「静かな」、「爽やかな」といった形容詞の評価が高くなるのは6000Kの照明光源の条件下であったが、全体的に評価は低い。さらに、10000Kの照明光源では「落ち着く」「すっきり」という形容詞の評価が高くなる傾向が見られた。

3) 植栽の評価

植栽の場合では2000Kの照明光源で照らした際、「暖かい」「情熱」の評価値が2くらいであって、高い評価が得られた。3000Kの照明でも「暖かい」「目立つ」という形容詞の評価が高く示された。6000Kは「上品」「好き」などの評価的な形容詞の評価が高くなる傾向が得られた。10000Kでも「静かな」「爽やか」と言った形容詞がいい評価が得られた。

4) 景物の評価

景物は分かりやすいかもしれない、全体的に評価いいのは2000Kであるのは明らかに見える。3000Kは2000Kより全体的に評価が下がった。その後、6000Kの評価の中で、円形の左側の「すっきりした」「静かな」と言った形容詞はいい評価ができた。10000Kの照明の場合、特に評価いい形容詞が見つからない。ここで、2000Kは冬の景物に対して、いい照明光源と言えるかなと思ったが、まだもっと深く解析しなければならない。結果は今見た結果と違うかもしれない。

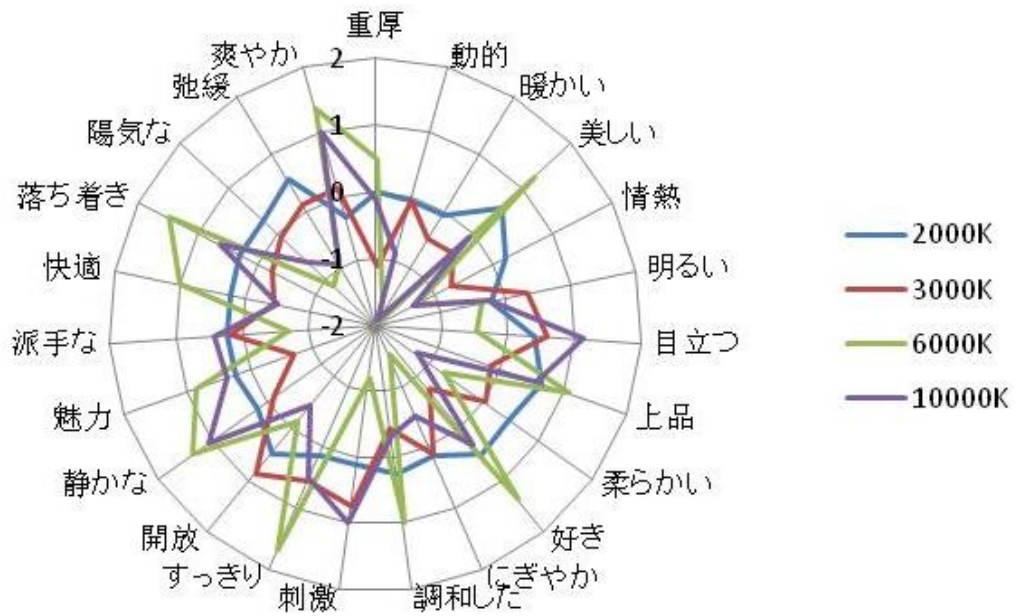


図 6.13 冬季の庭園照明の水のイメージ評価結果

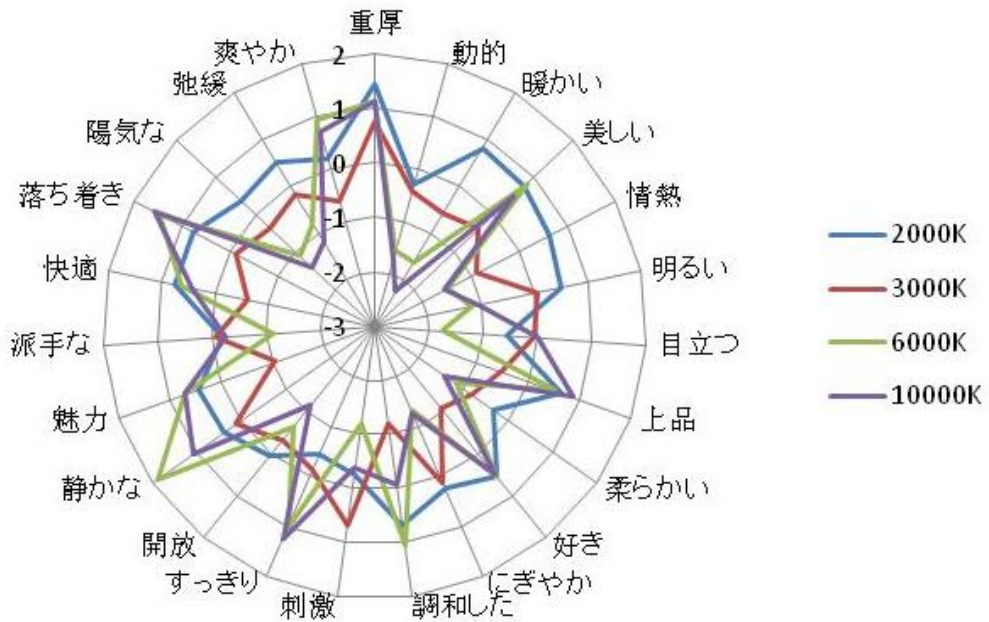


図 6.14 冬季の庭園照明の石のイメージ評価結果

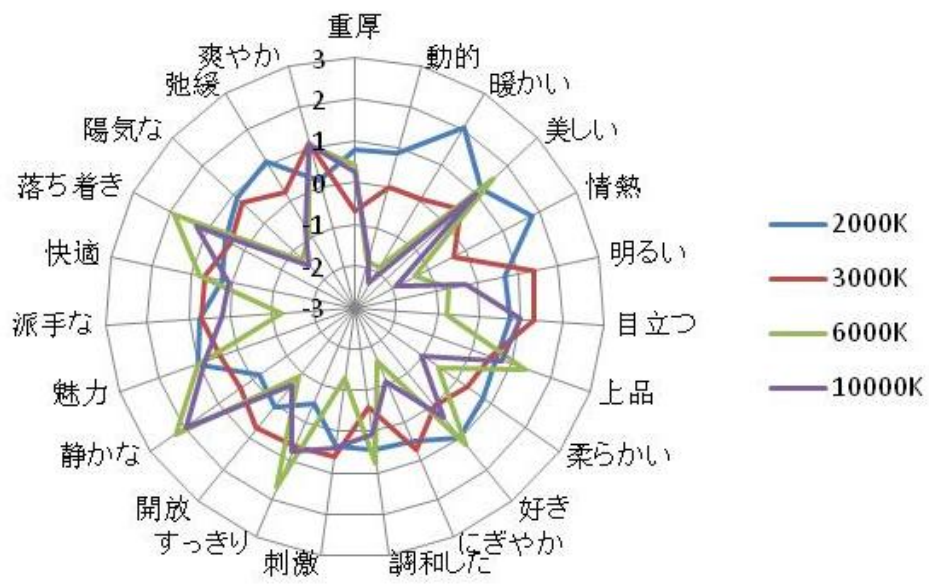


図 6.15 冬季の庭園照明の植栽のイメージ評価結果

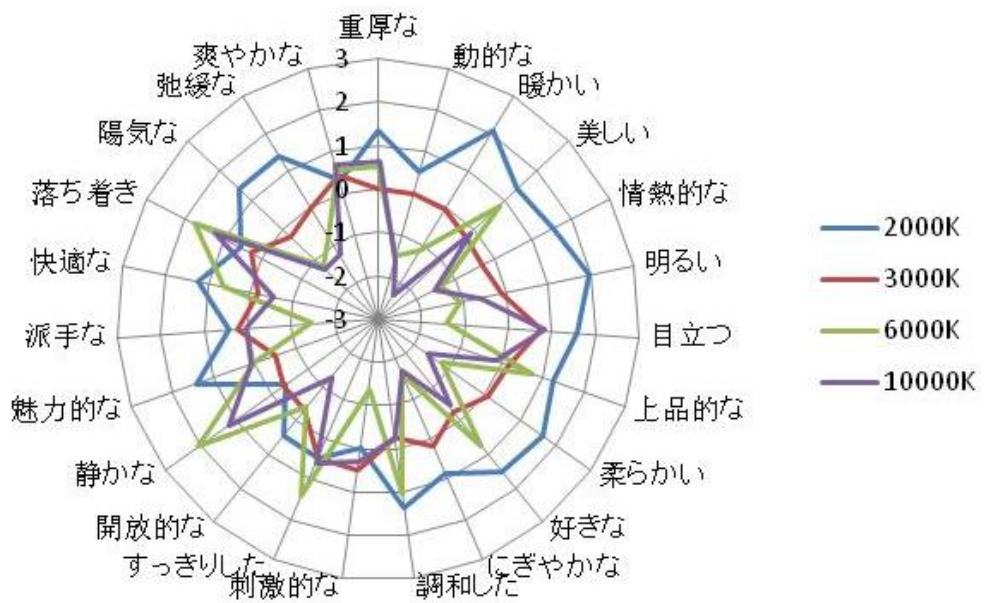


図 6.16 冬季の庭園照明の景物のイメージ評価結果

6. 2 因子分析法による結果

より深い解釈を図るため、被験者の SD 法によって得られた応答結果に基づき、オール季節の 4 景観サンプルのデータを算定基礎として因子分析を行った。解法として主因子法とバリマックス回転法を使った。この方法の特徴はバリマックス基準として、因子負荷の平方の分散を用いる。バリマックス法では、全ての因子について同時にこの分散を最大とする解を求めるのが特徴である。分散を最大にするということは、特徴をより際立たせることに等しい。バリマックス回転は、得られた因子負荷行列に対して直接バリマックス基準を満たす解を求めるロー・バリマックス回転よりも、各因子負荷行列をその共通性で割ることで規準化する、規準化バリマックス回転が一般的である。

まず固有値により、因子を抽出しなければならない。固有値は定義として有限次元線形空間 V 上の線形変換 A に対して、方程式 $A\vec{x} = \lambda\vec{x}$ を満たす零ではないベクトル \vec{x} とスカラー λ が存在するとき、 \vec{x} を A の固有ベクトル、 λ を A の固有値と呼ぶ。今回の固有値は表 6.17 で示した。第 8 因子まで抽出できたが固有値が 1 以上及び寄与率が 10% 以上また因子間の相関性による結果を考慮し主要な因子は第 2 因子まで選んだ。

固有値表：回転前			
因子No	固有値	寄与率	累積寄与率
因子No 1	11.79734	51.29%	51.29%
因子No 2	6.776899	29.46%	80.76%
因子No 3	0.966878	4.20%	84.96%
因子No 4	0.67382	2.93%	87.89%
因子No 5	0.131439	0.57%	88.46%
因子No 6	0.064897	0.28%	88.74%
因子No 7	0.036784	0.16%	88.90%
因子No 8	0.004497	0.02%	88.92%

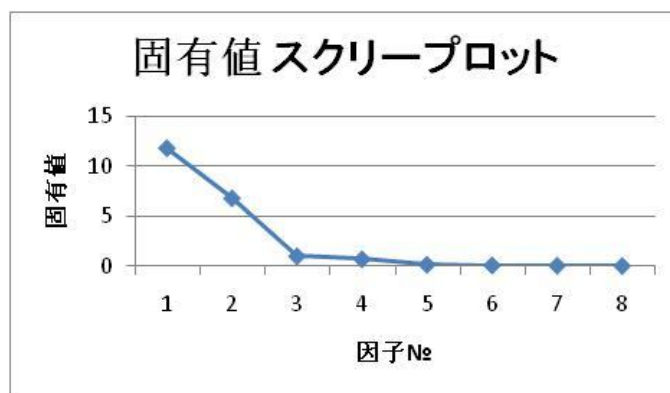


表 6.17 固有値

この二つの固有値によって、因子分析を行って、得られた因子負荷量（バリマックス回転前と回転後）は以下の表 6.18 で表す。

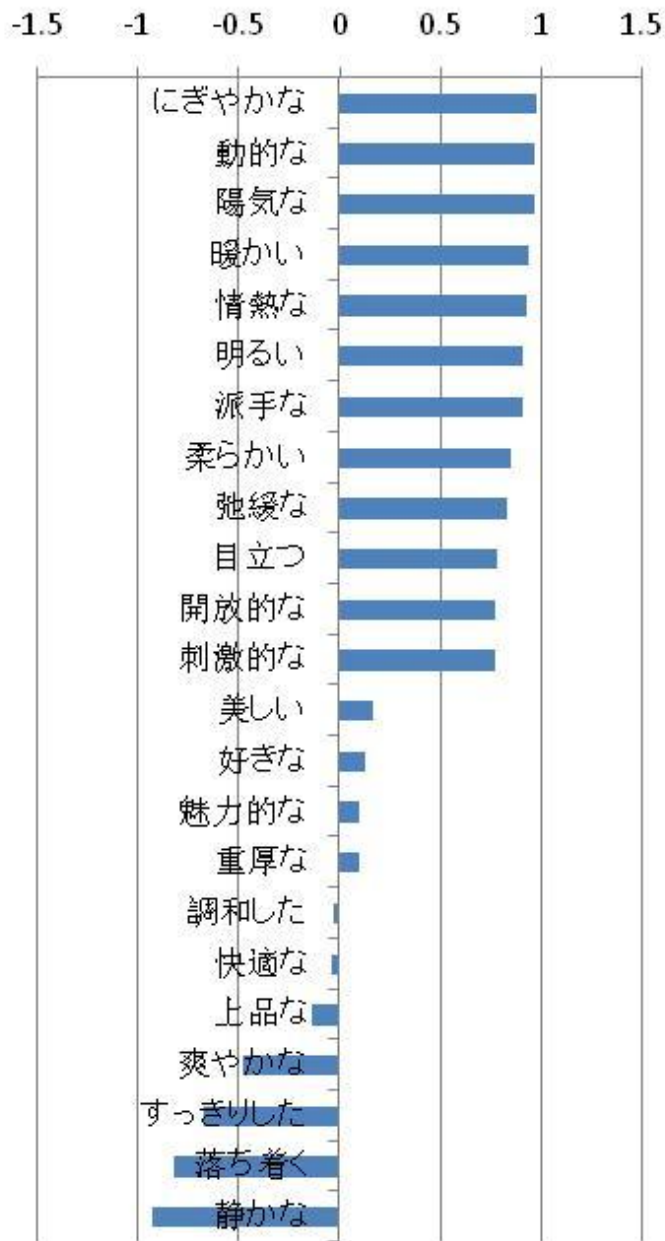
因子負荷量：回転前			因子負荷量：回転後（バリマックス法）		
変数名	因子No 1	因子No 2	変数名	因子No 1	因子No 2
重厚な	0.077458	0.368595	重厚な	0.093269	0.364915
動的な	0.973107	0.011201	動的な	0.972686	-0.03074
暖かい	0.935788	0.187067	暖かい	0.94298	0.14657
美しい	0.124317	0.939948	美しい	0.164704	0.933718
情熱な	0.921757	0.157901	情熱な	0.927705	0.118035
明るい	0.901549	0.196371	明るい	0.909173	0.157341
目立つ	0.785809	-0.02107	目立つ	0.784171	-0.05491
上品な	-0.17738	0.929273	上品な	-0.13717	0.936053
柔らかい	0.839548	0.296816	柔らかい	0.851558	0.260364
好きな	0.085682	0.972813	好きな	0.127522	0.968217
にぎやかな	0.976209	0.072054	にぎやかな	0.978407	0.029921
調和した	-0.06389	0.902133	調和した	-0.02496	0.904048
刺激的な	0.784596	-0.32339	刺激的な	0.769932	-0.35689
すっきりし	-0.69707	0.394444	すっきりし	-0.67943	0.424115
開放的な	0.757805	0.347118	開放的な	0.772059	0.314141
静かな	-0.93905	0.232266	静かな	-0.92817	0.272514
魅力的な	0.058971	0.935545	魅力的な	0.099229	0.932135
派手な	0.914877	-0.11399	派手な	0.909116	-0.15331
快適な	-0.07925	0.945781	快適な	-0.03842	0.948317
落ち着く	-0.84691	0.449496	落ち着く	-0.82675	0.485572
陽気な	0.961561	0.214783	陽気な	0.969923	0.173149
弛緩な	0.819922	0.329091	弛緩な	0.833341	0.293455
爽やかな	-0.50413	0.606308	爽やかな	-0.47754	0.627468

固有値表：回転後（バリマックス法）			
因子No	二乗和	寄与率	累積寄与率
因子No 1	11.78801	51.25%	51.25%
因子No 2	6.786221	29.51%	80.76%

表 6.18 因子負荷量及び寄与率

グラフ 6.19 示すように因子負荷量の絶対値 0.6 以上の値に着目してみると力量・活動クラスター間の形容詞の負荷量が高く、これらの形容詞が因子を構成していることが解る。それゆえこの因子を活動性因子と解釈した。同様にして考察すると第二因子は第二クラスである評価クラスター間の負荷量が高いことが解る。そこでこの因子を評価性因子と解釈した。第三因子以降に関しては寄与率・負荷量、共に低いことから因子解釈を行なうことは妥当ではないと判断した。そこでこの二つの因子より実験結果を考察していくこととする。

因子負荷量(回転後) No.1



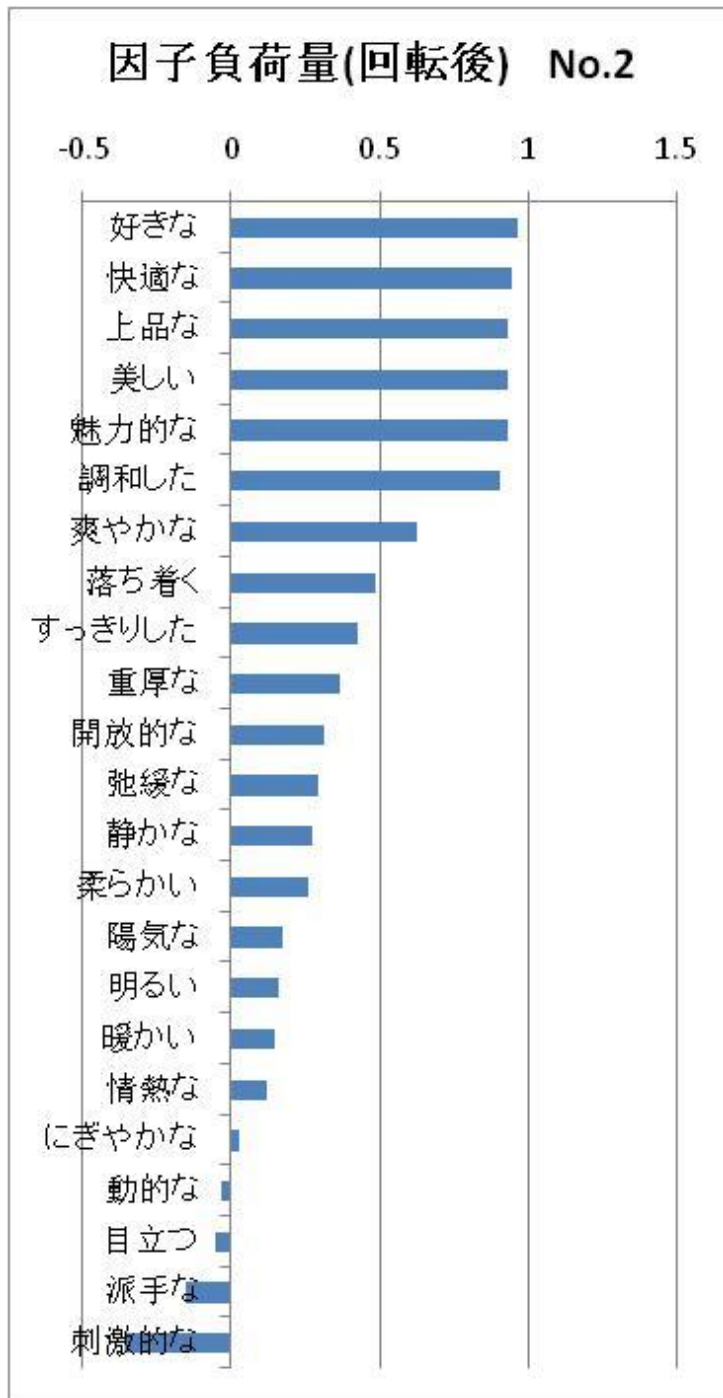


表 6.19 回転後の因子負荷量 (降順)

6. 3 因子スコアによる結果

因子負荷量を算出した上、因子得点を計算できる、この二つの因子の得点が得られた後で、直交座標系にプロットすると、因子スコアを作成できる。この因子スコアは各因子間の関係がよく表現できる、つまり各色温度の評価がいいかどうか明らかに見える。そして、横軸は第一因子である活動性、縦軸は第二因子である評価性にし、直交座標系を作成した。総合的に各要素における各色温度の評価を比較する、つまり直交座標系の第一象限に位置するほど評価が高く、庭園各要素に対して適切な色温度であると考えられる。一方、第三象限にプロットした得点は活動性と評価性が同時にマイナスであるため、悪い印象を与える色温度であると考えられる。更に、数量的観点より最適な照明を考察するため、活動性のスコアと評価性のスコアを加算し、総合評価値の表に入れる。それぞれ各季節の結果をそれぞれ分析する。

1. 春季の場合

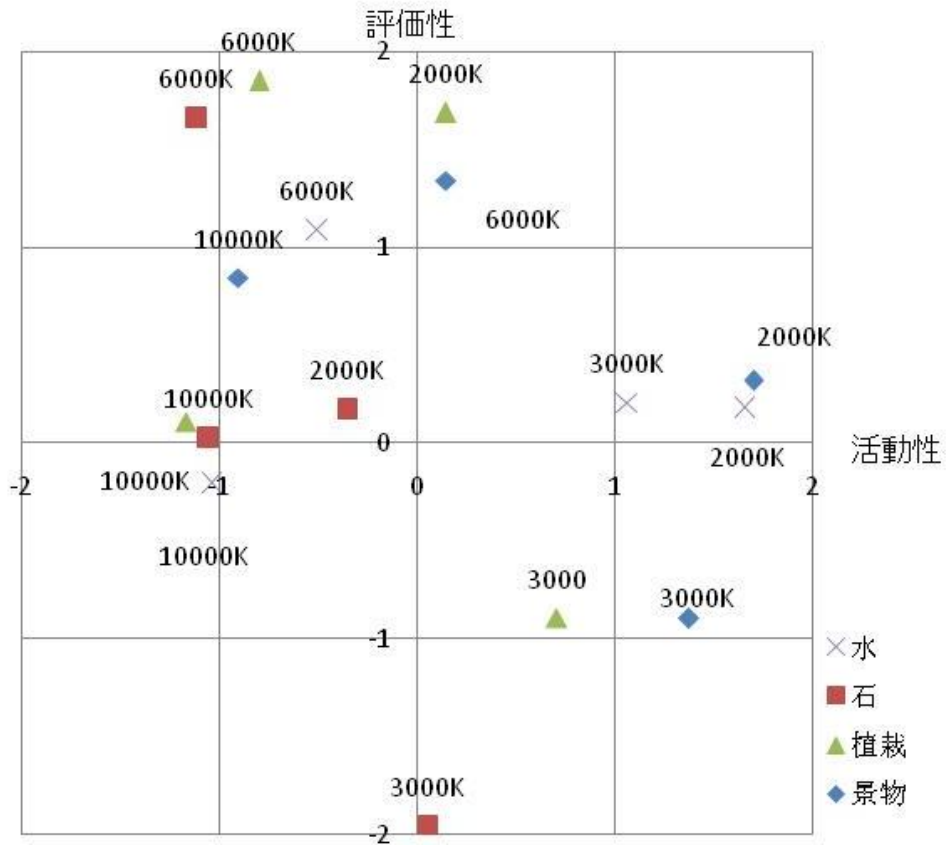
水では、2000K、3000K の得点は第一象限に位置していることが示された。二つの得点に比較すると、2000K の照明光源の場合は活動性をもっとよく、総合評価値も最も高い 1.84 である。最適な色温度であると考えられる。一方 6000K の照明光源で照らされる場合、評価性が高いことが示された、総合評価値も 0.58 である、よい照明と考えられる。

石では、全体的に評価が第二、三象限の付近にある。活動性が低いことが分かる。ところで、評価性がよい 6000K の照明光源は上回る傾向が見られる。総合評価が一番高い 0.55 である、石に対して最適な照明光源になると考えられる。

植栽の場合では、図を見てみると、2000K と 6000K の照明光源は両方評価が高くなる傾向が見られるが、どちらがいいとはっきり言えない、そのため、総合評価値で判断する、2000K の照明光源は 1.83 である、6000K の 1.06 より約 0.8 高いので、植栽に対して、最適な照明光源であると言える。

景物では、2000K と 6000K の照明光源の得点が第一象限にプロットしている。2000K は活動性が高いが、評価性が低い。一方、6000K の場合は、2000K と違い、評価性が高いが、活動性が低い。このため、総合評価値で参考する、2000K の方は 2.01 である、6000K の 1.49 より、0.5 くらい高いので、2000K の照明光源は景物に対して最適な照明であると考えられる。

因子スコア



総合評価値

	水	石	植栽	景物
2000K	1.83646	-0.17679	1.83337	2.014647
3000K	1.265351	-1.8982	-0.18594	0.471859
6000K	0.584785	0.549587	1.056923	1.489776
10000K	-1.23776	-1.02518	-1.05409	-0.05732

表 6.20 春の因子スコア及び総合評価値表

2. 夏季の場合

水では、2000K と 3000K の照明光源は活動性の値が高いが、評価性がマイナスになっている。評価性の方に着目してみると、唯一プラスであるのは 6000K であるが、活動性が低い。総合評価値に参考すると、2000K の値が一番高い 0.20 である、最適な照明光源であると思う。

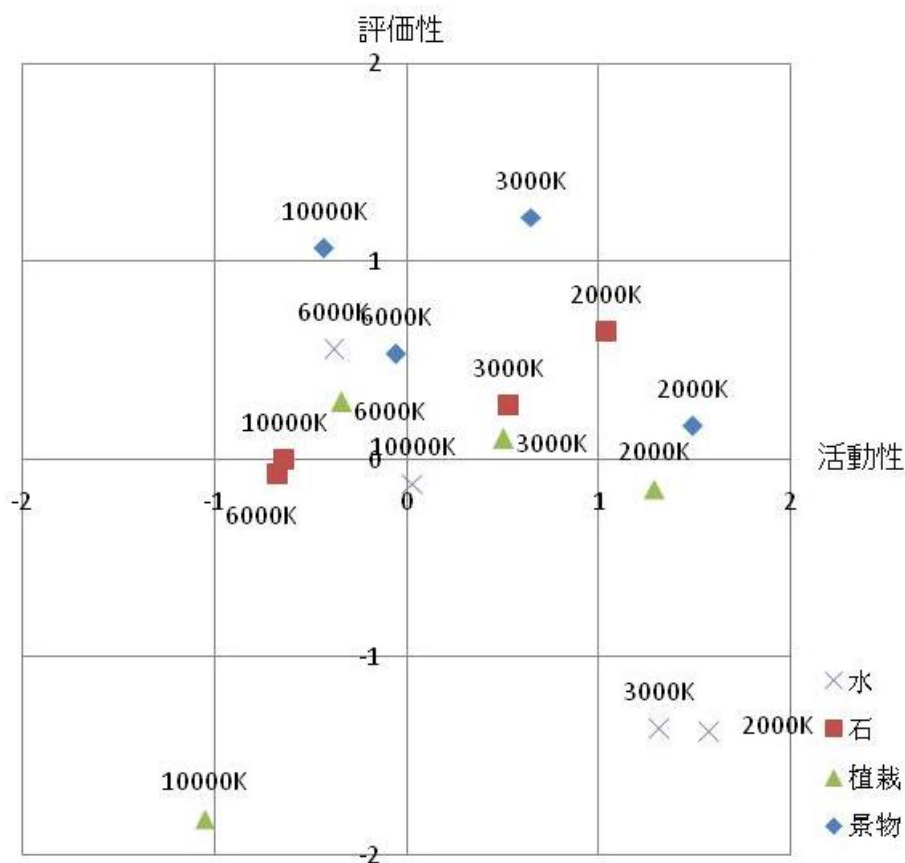
石の場合では、2000K と 3000K は同時に第一象限にあるが、スコアを見ると、2000K の方はよりいいことが明らかに見える。

植栽では、全体的に評価性低い、1 を超える照明光源の色温度がない。活動性の方に着

目すると、2000Kの照明はより高い。一方、10000Kの照明は第一象限に示されている、評価が低く、悪い印象を与えると考えられる。

景物では、評価性が全体的にプラスであることが分かった。2000Kと3000Kの照明光源の得点は第一象限にある。総合的に見てみると、判断するのは難しいので、総合評価値を参考しなければならない、結果は3000Kの値が1.87である、2000Kの1.67より少々高い。その故、景物に対して最適な照明光源は3000Kである。

因子スコア



総合評価値表

	水	石	植栽	景物
2000K	0.195575	1.685314	1.143425	1.662528
3000K	-0.04413	0.800686	0.611007	1.874438
6000K	-0.09345	-0.7454	-0.04482	0.480821
10000K	0.181507	-0.63885	-2.86707	0.637486

表 6.21 夏の因子スコア及び総合評価値表

3. 秋季の場合

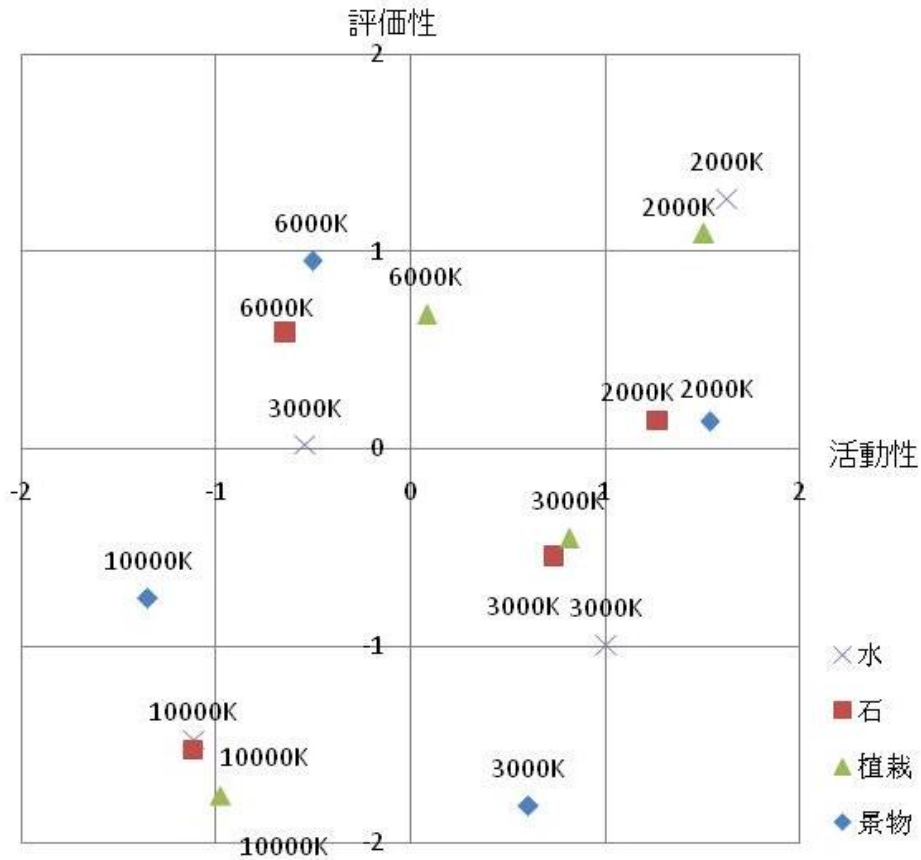
水については、2000K 照明の得点のみ第一象限に位置していることから、これが最適な色温度と考えられる。総合評価表に示した結果でも、最も高い 2.89 であった。なお、水の景観サンプルでは、水周辺の紅葉の落ち葉や、水面に反射した植栽の紅葉などが赤っぽい雰囲気を呈する。その為、2000K の照明がこの雰囲気と良く適しており、活動性と評価性が高くなった原因と考えられる。

石では、6000K 照明の得点が第二象限にプロットされたが、評価性が高くなる傾向が示された。グレーや黒色などの石が白っぽい 6000K の照明で照射されると、石の神仙蓬莱という思想が表現できる、つまり石の神聖と威厳を呈することができる。そのため、「魅力的な」、「落ち着いた」などの形容詞を含む評価性が高くなったと考える。しかし、2000K 照明の場合は第一象限にプロットされ、活動性は高く、評価性は 6000K より低くなる傾向が見られた。総合評価値でも 2000K の結果が 1.41 と、6000K の結果より高くなること示されている。以上より、秋季の雰囲気に合うことも考えると、やはり石においても 2000K の照明は最適な照明であると考えられる。

植栽では、2000K、3000K の得点はいずれも第一象限に位置していることが示されている。二つの得点を比較すると、2000K の照明光源で照らされる場合で、活動性と評価性が共に高くなることが示された。総合評価値でも、他の色温度と比較して最も値の高い 2.61 であった。その原因として、景観サンプルは全て秋季に撮影しており、そのため、紅葉した葉で、全体的に赤い雰囲気となっている。その為、赤系の 2000K の照明で照射すると、その赤味の雰囲気と紅葉した葉の色とよく合い、結果、活動性と評価性が高くなったと考えられる。一方、6000K の照明は白色の光であり、日中の太陽光に近く、その為、「陽気な」、「情熱的な」などの形容詞の評価が低くなり、その結果、活動性が低くなったと考えられる。以上より、植栽に対して 2000K の照明光源は最適な色温度と考えられる。

景物では、2000K と 6000K の照明光源で照らした結果が第一象限に位置していないことが分かる。2000K の場合は活動性の値が高いが、評価性は低いことが示されている。逆に、6000K の場合は評価性が高いが、活動性が低いことが示されている。庭園の景物は白色を主色調とし、小さく、且つ、精巧である日本庭園の精神をよく表している。そのため、白に近い 6000K の照明で照射されると、景物の外壁の色と合い、景物の特徴を適切に表現し、その結果、「爽やかな」、「落ち着いた」などの形容詞を含む評価性が高くなったと考えられる。一方、2000K の照明で照射される場合、景物の真っ白い外壁を和らげる効果があるため、活動性が高くなったと考えられる。総合評価値で見ると 2000K の照明では 1.68 と最も値が高く、よって最適な照明であると考えられる。

因子スコア



総合評価値表

	水	石	植栽	景物
2000K	2.89276	1.411321	2.60549	1.67715
3000K	0.010711	0.196732	0.362114	-1.20299
6000K	-0.52442	-0.05429	0.762363	0.446006
10000K	-2.59043	-2.64521	-2.73599	-2.10692

表 6.22 秋の因子スコア及び総合評価値表

4. 冬季の場合

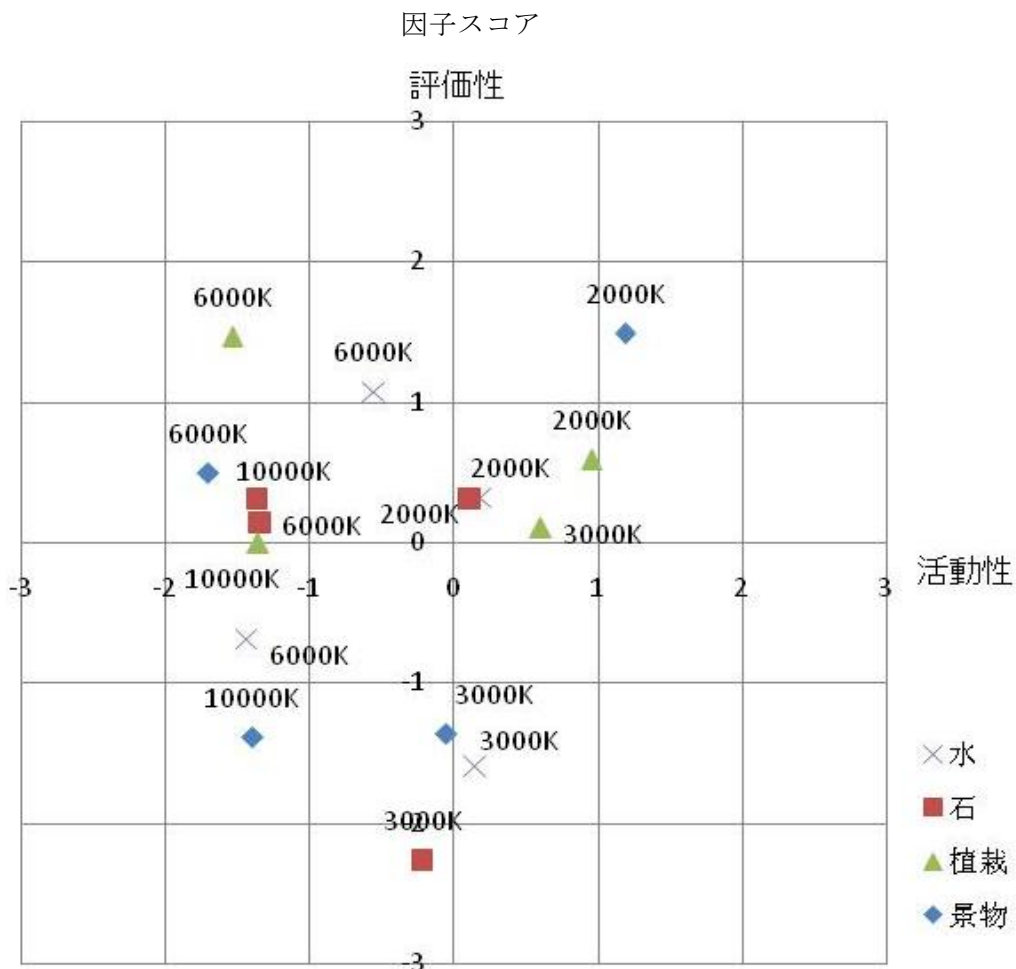
水の場合は、第一象限にあるのは 2000K のみである、最適な照明と言えるが、6000K の評価性がより高いので、総合的に比較する必要がある。総合評価値表を着目すると、やはり 6000K の値がやや高い、そのため、6000K の照明光源は第二象限にあるが、水に対して

最適な照明であると考えられる。

石の要素の場合に着目すると、2000Kのみが第一象限に位置している。水の場合と違って、6000Kの照明は10000Kよりも評価性が低く、0の近くにある。総合評価値が0.42である2000Kは石に対して、最適だと言えるが、総合的評価が低いのは事実である。

植栽は2000Kと3000Kが第一象限にあるが、明らかに見えるのは、2000Kの照明光源は3000Kよりいい評価である。6000Kの評価性が2000K, 3000Kと比べると高いが、活動性が低いために、総合的に合わせると、総合評価値が-0.07である。そのため、植栽に対し最適な照明は2000Kであるに違いない。

景物の場合はどうなるか、スコアだけ見てみたら、直ぐわかる。2000Kの照明光源は第一象限に位置してあり、活動性と評価性どちらも他の照明光源より評価がいい。総合評価値に参考しなくても、明にみえると考えられる。



総合評価値表

	水	石	植栽	景物
2000K	0.498903	0.419642	1.541724	2.675982
3000K	-1.45041	-2.47988	0.704792	-1.42047
6000K	0.51558	-1.05321	-0.07457	-1.20711
10000K	-2.12571	-1.21082	-1.36368	-2.7817

表 6.23 冬の因子スコア及び総合評価値表

6.4 まとめ

本実験では、夜間庭園照明において異なった照明光源の色温度で照らされた庭園各要素を観測した被験者が受ける感覚的印象について、そのイメージ認識を定量化・数量化を行った。

結果より、照明光源の色温度によって夜間庭園の見え方は変化することが明らかとなった。なお、季節の変化により、庭園の様子が変化するのは違う照明光源に対して影響があるということが分かった。そのため、季節が違えば、最適な照明光源も違ってくるかもしれない。以上の各季節の因子スコアによる結果をまとめると、以下の季節毎の最適色温度表を作った。違う季節の場合の庭園照明を設計するのに参考を提供する。これも、筆者のこの実験をする初心である。

	春季	夏季	秋季	冬季
水	2000K	2000K	2000K	6000K
石	6000K	2000K	2000K	2000K
植栽	2000K	2000K	2000K	2000K
景物	2000K	3000K	2000K	2000K

表 6.24 季節毎の各要素の最適色温度

第7章 考察・検討

前章は季節毎の最適色温度の結果を表した。これからの夜間庭園照明計画を作る DESIGNER 達に基本データ及び参考を提供したい。

この結果の中、色温度 2000K の照明光源は大部分の位置を占めたと見える。やはり、やや赤っぽい 2000K の照明は被験者にいい印象を与えたと思ったが、暖色系の原因で活動性は上昇するにつれて、総合的に 2000K の評価が全体的に上がるかもしれない。同じ、寒色系の色温度の評価が下がる可能である。ところが、寒色系の色温度は感覚的に本当に下がるのだろうか？そして、本章でこの問題に対して、異なる分析方法で解決する。まず、第一因子と第二因子を分ける。それぞれを分析する。

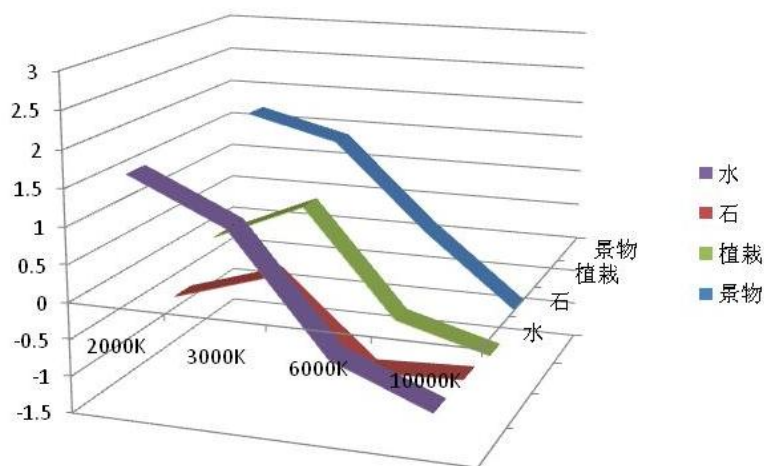


表 7.1 春季の各要素の活動性グラフ

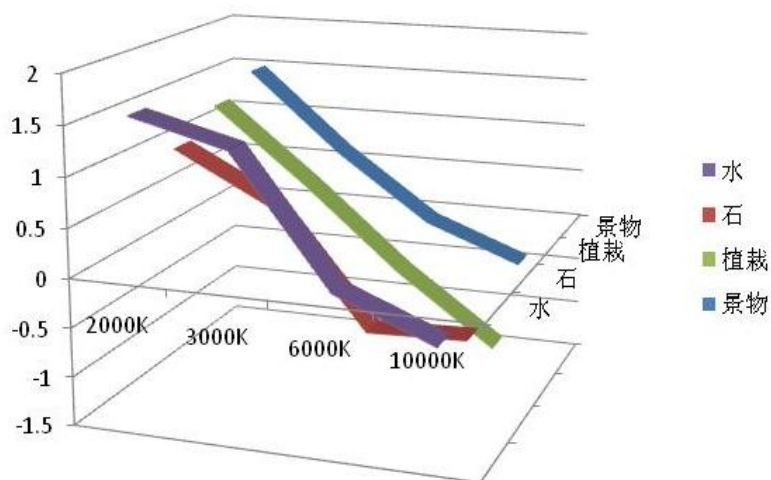


表 7.2 夏季の各要素の活動性グラフ

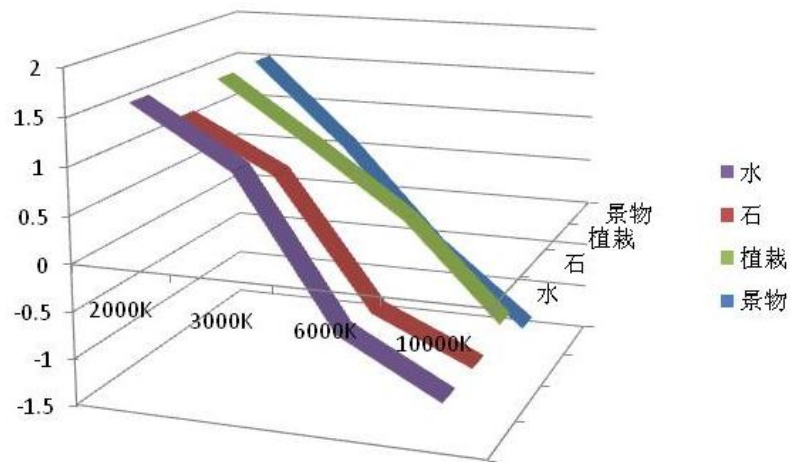


表 7.3 秋季の各要素の活動性グラフ

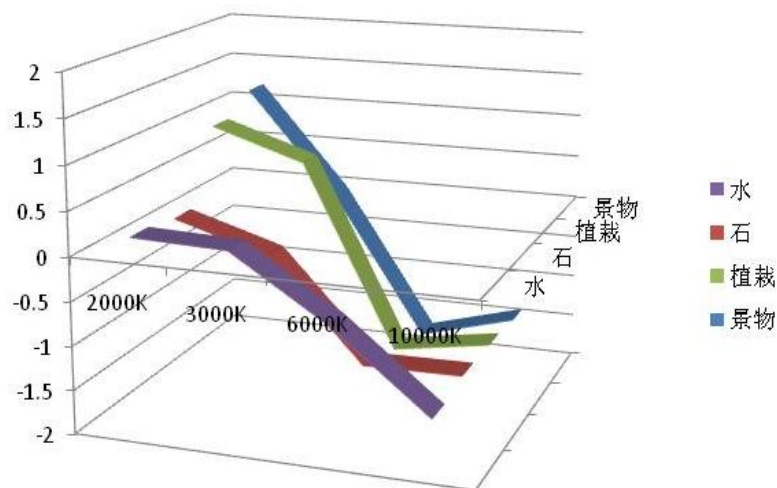


表 7.4 冬季の各要素の活動性グラフ

表 7.1～表 7.4 は各季節の活動性得点のグラフである。グラフを見てみると多少形が違
うが、ほぼ同じ傾向が見える。それは色温度が高くなると（赤っぽい色から青っぽい色に
変化する過程）活動性が低くなる。なぜこういう法則みたいものが存在する。それは、暖
色系と寒色系と関係にあるだろう。暖色系寒色系の名前だけ見たら、意味が分かる。暖か
くかじると寒くかじると言う意味である。遡って活動性に含まれる形容詞を調べると、「陽
気な」「暖かい」「情熱な」等は言っている。このため、暖色系である低い色温度（例
えば 2000K）に対して、これらの形容詞の評価が高くなるだろう。逆に言えば、寒色系
である高い色温度（例えば 10000K）に対して、これらの形容詞の評価が低くなる。こ
ういう風

に考えれば、寒色系である色温度たちに不公平ではないかと考えた。この考えのため、一回活動性をほっといて、評価性のみで評価した。

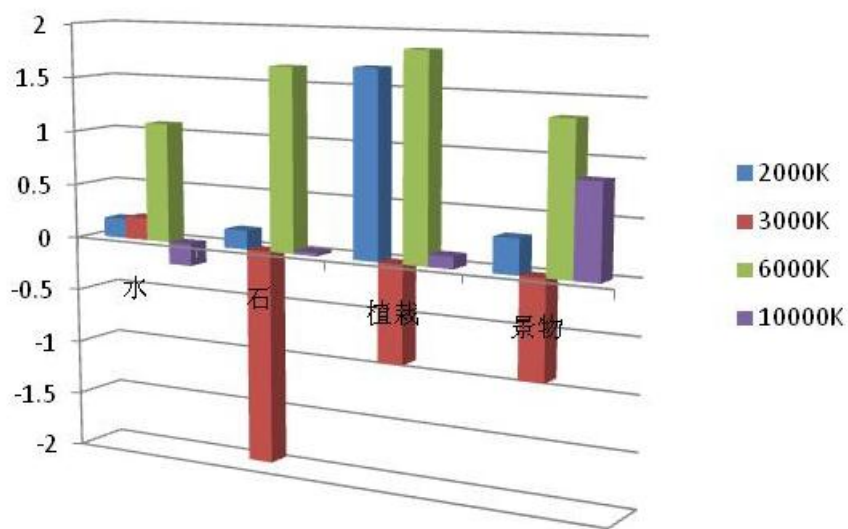


表 7.5 春季の各要素の評価性グラフ

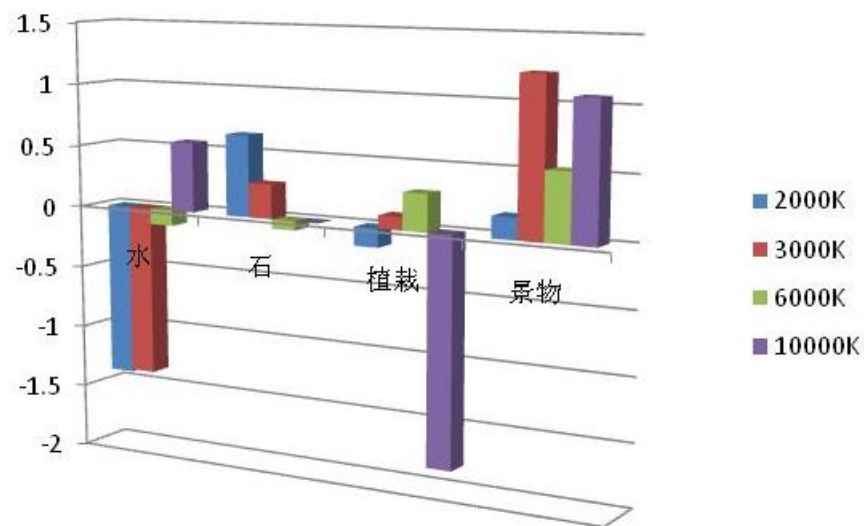


表 7.6 夏季の各要素の評価性グラフ

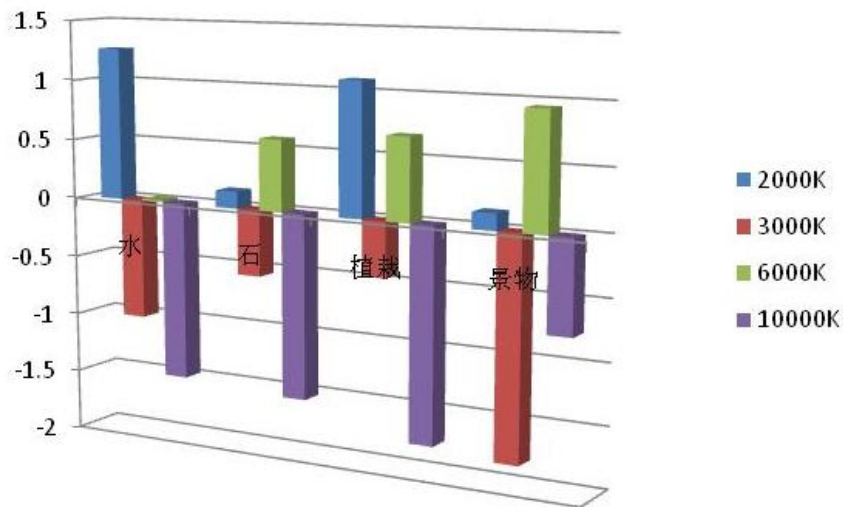


表 7.7 秋季の各要素の評価性グラフ

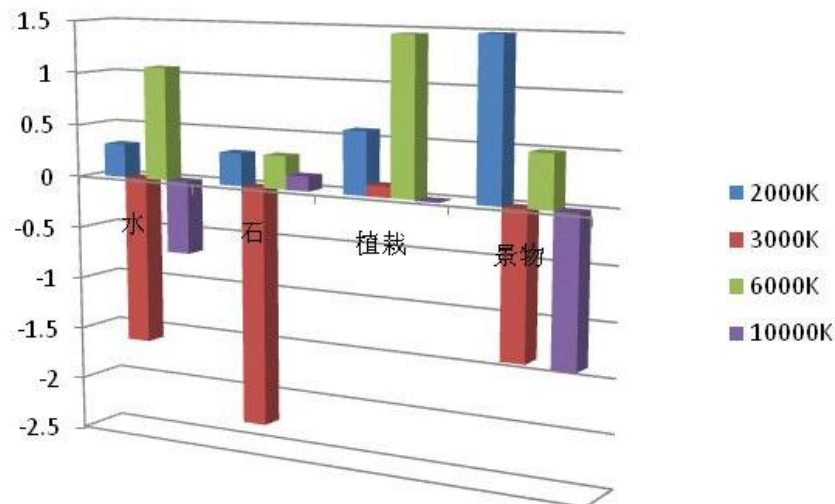


表 7.8 冬季の各要素の評価性グラフ

表 7.5～表 7.8 は各季節の各要素の評価性グラフである。活動性のグラフと違って、形がそれぞれにかなり異なる。季節の変化は評価性に大きく影響を及ぼすことが示された。評価性の負荷量が高い形容詞を探せば、「好き」「快適な」「上品な」などの物の美しさを表す形容詞が多い、これらの形容詞が夜間庭園照明設計する時に高く評価してもらいだろう。そのため、評価性でもう一度全季節の最適色温度をまとめる必要がある。表 7.9 は評価性で全季節に対しての最適色温度表である。この結果は前章の結果と比べるとかなり違うが、その原因は評価性が活動性より季節に影響及ぼされやすいためである。この結果見

てみると、水と植栽は各季節によりほぼ同じ最適色温度である。水はよくその周辺の植栽を映る、植栽の色に影響されるのはほぼ同じであるためであると考えられる。春の桜は白ピンクの色である、白っぽい6000Kの色温度は桜の色とよく合うため、いい評価が出てきた。夏の木は緑の色である、緑っぽい色温度は存在しないため、太陽に似ている6000Kの色温度が一番合う色温度である。その為、評価が上昇すると考えられる。ただ、10000Kの色温度を夏の水に照らすと涼しく見えるので、水の最適色温度は10000Kである。秋の紅葉は赤色である。赤っぽい2000Kの色温度は紅葉の色に照らすと、紅葉の赤はもっと美しく見える、その為、秋の最適色温度は2000Kと考えられる。冬の雪は真っ白である。植栽も真っ白である。その色と会うのは白っぽい6000Kである。石と景物は周辺の植栽の色に影響されるが、その影響が低い。6000Kの照明を石と景物に照らすともともとの色を呈することが出来るため、評価がよくなる。一方、夏は服装を少なく着るため、夜少し寒く感じる、(実際に実験室のクーラーは出し放しである)色温度低い照明で照らすと、暖かく感じるともに、評価も高くなる。冬は厚い服を着ても寒く感じる、(実験室は暖房はない)こういう時に色温度低い照明は評価が高くなると考えられる。

	春季	夏季	秋季	冬季
水	6000K	10000K	2000K	6000K
石	6000K	2000K	6000K	2000K
植栽	6000K	6000K	2000K	6000K
景物	6000K	3000K	6000K	2000K

表 7.9 評価性で季節毎の最適色温度

第8章 未来の展望

庭園照明はこれから大幅に発展するだろうと思う。勝手に推測ではなく、理由がある。2014年ノーブル物理学賞は名古屋大学の天野浩さんと赤碕勇さんと元日本国籍現在カリフォルニア大学勤めている中村修二さんが受賞された。その受賞理由は青色LEDの発明である。この事件は何か説明できると言う。世界に注目されるのはもう光学になるだろう。青色LEDの発明は新しい革新を招く。この前、赤色LEDと緑色LEDもうすでに発明された。青色LED発明したのは、光の三原色を揃えたという。そのため、ほぼすべての色の光を再現できる。白色LEDを作るのにも期待できる。色んなメリットを持つLEDはこれからスピーディ普及されると予想できる。このため、照明の手段も多くなる。多色な照明器具及び色を変換できる照明器具が直ぐ開発されると思われる。これらの手段より、伝統的な庭園照明は必ず進化する。

色温度を例えすると、今までの照明器具の色温度はリミットがある。すべての色温度曲線上の点を表現することができなかった。LEDの発展により、すべての色温度を表せる。そのため、この研究で得られた結果よりもっと適切な色温度が出てくる。これだけではなく、色温度曲線あるいは相対色温度範囲以外の色も照明光になれる。その時、豊富な照明計画選択が生まれる。

照明器具だけでなく、ただいまの日本はもう高齢者社会に入った。高齢者は仕事がないため、よく外にでかけて、旅行観光すると考えられる。庭園は高齢者にふさわしい観光地と思われる。これから、庭園に来る高齢者がどんどん増えてくる。そのため、高齢者に関する適切な照明計画は必要があると考えられる。本研究の実験の被験者は20代前後の学生であるため、高齢者に参考できないと思う。後輩たちに高齢者に関する研究やLED多色照明に関する研究に進んでいくのはお勧めである。もっといい研究結果を出すのは期待する。

参考文献

- 河口至商：『多変量解析入門』 森北出版 1990
- 社団法人 照明学会編：『景観照明の手引き』、コロナ社 1995
- 大田登：『色彩工学』、東京電気大学出版局 1993
- 池田光男：『眼はなにを見ているか』、平凡社 1994
- 神宮英夫：『印象測定 of 心理学』、川島書店 1996
- 岩下豊彦：『SD法によるイメージ測定』、川島書店 1983
- D.N.ローリィ, A.E.マックスウェル：『因子分析法』、丘本 正 監訳、日科技連出版社、1970
- 柳井晴夫・繁榊算男：『因子分析』、朝倉書店、1990
- 田中昭三, 斎藤忠一：歴史がわかる、腑に落ちる「日本庭園」の見方 2002
- 小野健吉：『岩波 日本庭園辞典』 岩波書店 2004
- 尼崎博正：『植治の庭 小川治兵衛の世界』 淡交社 1990
- 重森三玲：『枯山水』 河原書店 2008
- 金子裕之：『古代庭園の思想—神仙世界への憧憬』 角川書店 2002
- 飛田範夫：『庭園の中世史』 足利義政と東山山荘 歴史文化ライブラリー 吉川弘文館 2006
- 岡崎篤行, 西村幸夫：立案初期段階からの住民参加による景観形成制度の策定—岐阜県古川町における伝統的様式を継承した町並み形成を対象として—, 日本建築学会計画系論文集, 540, pp.211-218 (2000).
- 奥谷明, 多田裕一, 山口就平, 榊見和孝：景観照明の印象評価とフラクタル次元について, 神戸大学発達科学部研究紀要, 7-1, pp.123-135 (1999).
- 中嶋芳雄, 高松衛：夜間都市景観照明における演色効果に関する研究, 照学誌, 87-2, pp.128-132 (2003).

学会発表リスト

- 1) 雪国の屋外照明及び街路照明における演色効果に関する研究 馬林, 徐放, 高松衛, 中嶋芳雄, 平成 21 年度電気関係学会北陸支部連合大会, 石川 2009.
- 2) 夜間景観照明における演色効果に関する研究, 馬林, 張明, 澤一寛, 千代和夫, 高松衛, 中嶋芳雄, 平成 22 年度電気関係学会北陸支部連合大会 福井 2010
- 3) Study on Psychophysical Evaluation of Color Rendering Effect for Landscape Lighting, L. Ma, Z. Ming, Y. Nakashima, M. Takamatsu, Y. Kidoh, H. Fujita, The 3rd Lighting Symposium of China, Japan and Korea,, SEOUL KOREA, 2010.
- 4) Basic research on LED information indication board for barrier-free design in which consideration is given to elderly people L .Ma, Y . Nakashima the 2011 Taiwan Solid State Lighting Conference ,Taiwan ,2011,June
- 5) 夜間景観照明における演色効果の定量化に関する研究, 馬林,高松衛,中嶋芳雄,澤 寛, 平成 23 年度照明学会全国大会 (第 44 回) 愛媛 2011
- 6) 夜間庭園景観照明における演色効果の定量化に関する研究、馬 林, 澤一寛, 千代和夫, 藤田博樹, 高松衛, 中嶋芳雄、平成 23 年度電気関係学会北陸支部連合大会 福井 2011
- 7) Color Temperature for Illumination of Historical Buildings Lin Ma, Yoshio Nakashima, Mamoru Takamatsu, Wang Shi and Kazuhiro Sawa. The 4th Lighting Conference of China, Japan and Korea Dalian 2011
- 8) 冬季庭園照明における演色効果の定量化に関する研究、馬 林, 陳 佳, 藤田博樹, 高松衛, 中嶋芳雄、平成 24 年度電気関係学会北陸支部連合大会 富山 2012
- 9) Study on the optimum color temperature for the Japanese style garden in four seasons 夜間景観照明における四季毎の最適色温度に関する研究, 馬林,高松衛,中嶋芳雄, 平成 25 年度照明学会全国大会 (第 46 回) 名古屋大学東山キャンパス 2013

論文発表リスト

「庭園照明における最適色温度の決定に関する研究」 馬 林、中嶋 芳雄、高松 衛
電気学会論文誌 A (基礎・材料・共通部門誌) Vol.133 No.11 pp558-564 2013

「庭園照明における季節毎の最適色温度に関する研究」馬 林、電気学会論文誌 A (基礎・
材料・共通部門誌) Vol.134 No.5 pp356-357 2014

【謝辞】

本研究室に入ってからもう6年を過ごしました。この6年を振り返ると、いろいろな思い出が頭に浮かんできます、青春の一番貴重な6年間と言えます、この研究室の皆さんと出会ってよかったと思いました。この6年間は私の一生の財産といえ、これからも、精一杯胸張って前に頑張っていこうとします。

卒業研究を進めるに際し、誠に多数の方にお世話になりました。まず、本研究全体に対し多彩なアドバイスを下さった中嶋芳雄教授、高松衛先生、藤田博樹先生に厚くお礼申し上げます。

また、私の所属する知能情報工学科マルチモーダル情報工学第一講座の皆さんには、さまざまな協力をしていただき、心より感謝しています。そして、本研究の被験者になってくださった同学科の方々、本当にありがとうございました。