

# 橋梁の夜景照明の視覚的效果に関する研究

高橋 彩人<sup>1</sup>・深堀 清隆<sup>2</sup>・窪田 陽一<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生会員 埼玉大学大学院理工学研究科博士前期課程環境システム工学系専攻  
環境制御システムコース  
(〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255, E-mail:s08me215@mail.saitama-u.ac.jp)

<sup>2</sup>正会員 博士(学術) 埼玉大学大学院理工学研究科環境科学・社会基盤部門  
(〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255, E-mail:fukahori@mail.saitama-u.ac.jp)

<sup>3</sup>正会員 工博 埼玉大学大学院理工学研究科環境科学・社会基盤部門  
(〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255, E-mail:y1kubota@env.gse.saitama-u.ac.jp)

都市景観を考えていく上で優れた夜間景観の形成が求められており、特に河川に架かる橋梁の夜景照明は夜間景観にアクセントを与え、ランドマークとしての効果も発揮している。本研究では、橋梁の夜景照明の照明手法について視覚的效果に着目し、人がどのように光を知覚・認知していくのか瞬間提示実験により得られたスケッチから検証を行った。さらに、各照明手法の照明による効果や照明による各部材の見えについて有効距離を求め昼間の橋梁の見えと比較することにより、照明による効果の有効性に関する検証を行った。その結果、照明手法により各部材の出現率の傾向や視覚的效果の有効性が異なり、照明による効果については照明デザイナーが狙った効果やディテールの見えなどに有効距離があることが判明した。

**Key Words :** Bridge illumination, Lighting design, Tachistoscopic experiment, Method of adjustment

## 1. 研究の背景と目的

現在、都市景観を考えていく上で、優れた夜間景観の形成が求められており、橋梁や建築物のライトアップなどは特に夜間景観の向上に貢献している。特に河川に架かる橋梁の夜景照明については、夜間景観にアクセントを与え、ランドマークとしての効果も発揮している。しかし実際に行われている夜景照明の中には問題がある場合も多く、照明器具のメンテナンス不備、昼間の景観を害する照明器具の配置、また不十分な計画による照明設計など、照明による効果が十分発揮されていないものが見受けられる。加えて必要以上に光を使うことがかえって光害として捉えられてしまう可能性もある。従って、昨今の省エネルギーの要請もふまえ、必要最小限の光により効果的なライトアップを行い、夜間の空間の分かりやすさや個性的な場所性の付与といったライトアップの機能的メリットを最大限発揮させることが大切である。

筆者らはこれまで歴史的橋梁の構造デザインや細部意匠などを表現する照明手法の提案<sup>1)</sup>や橋梁の夜景照明の景観構図の類型化とその構図分類による夜景における景観コントロールの提案<sup>2)</sup>を行ってきた。しかし、人が橋梁の夜景照明を見たときに視覚的效果がどのように知覚・認知されていくのかということに関する定量的な検証が不十分であった。

そこで、本研究では橋梁の夜景照明における光の知覚・認知に着目し、夜景画像に対する瞬間提示実験で得られた被験者のスケッチを分析することにより、照明が人に及ぼす視覚的效果について明らかにすることを目的としている。これまで建築の分野においては増山らによりライトアップされた建築ファサードの見えについて現地実験やスライド実験より視距離による見えの変化構造を明らかにする研究<sup>3)</sup>が行われているが、橋梁を対象とした夜景照明の視覚的な有効距離についてはこれまで検証されていない。そこで本研究では様々な照明手法の有効距離と、昼間の橋梁の見えに関する有効距離を明らかにして比較し、これらの結果を照明による視覚的效果と同時に考察を行うことにより、橋梁の夜景照明の有効性について詳細に示すことを目的としている。

## 2. 橋梁の夜景照明における各々の照明手法の有効距離に関する現地調査

現地調査では実際に東京の橋梁を中心(表-1)にこれまで筆者らが整理してきた照明手法<sup>1)</sup>(表-2)について実際の夜景照明による見えについて、その効果が視点場・視距離(50m間隔)によってどのように変化するのか調査を行った。その結果、現地調査より①グラデーシ

ョンなど光の効果にはその効果が得られる有効範囲があること、②夜景照明により橋梁の各要素（部材等）の見え方については視距離によりおよそ4段階に分類することができること（表-3）、③メンテナンス不備や街路照明、照明用光源は橋梁の全体的な見えに影響を及ぼすことなどが判明した。以上より、照明による効果は視距離や視点場によって変化することが確認された。

表-1 調査対象の橋梁

河川名	橋梁名
亀島川	南高橋
神田川	柳橋
隅田川	吾妻橋
	新大橋
	清洲橋
	永代橋
	中央大橋
	勝鬨橋

表-2 着目した照明手法

構造形態をシルエットで見せる
屋間影となっている箇所の照射
リベットに影を付ける
主塔の照射
ライン照明による照射
垂直成分の連続性を強調する
構造形態の輪郭を縁取る
トラス部材を内部から照射
橋門の照射

表-3 視距離による見えの分類

分類1	照明による効果が特によく認識できる
分類2	照明による効果が(なんとなく)認識できる
分類3	照明されていることが認識できる
分類4	光が見えたとしてもどこに対する光なのか認識できない

### 3. 橋梁の夜景照明に関する評価実験の方法

#### (1) 実験全体の概要

まず、実験1として本研究の目的である橋梁の夜景照明の視覚的效果について、瞬間提示実験を行い被験者のスケッチから分析を行った。一般に瞬間提示実験は、画像の提示時間を瞬間的なものから次第に増大させて各々の時間における被験者の対象認識を測定し、そこからより高度な視覚認識が形成されていく過程を知るために用いられる実験である。実験1では、複数の照明手法が施されている橋梁の夜景照明に関して、情緒的な要因を排除したうえで、どのような部材が認識されやすいのか認識の順序をみることで、照明された部材やその他の背景の光に関する視覚的效果の相互作用を推測した。このように各照明手法の橋梁の見えに及ぼす影響を見ることにより、夜景照明のコンセプトに合わせた照明手法を適用させることができると考えられる。また、視距離を変化させることにより、照明された部材の視覚的效果の相互作用について視距離による影響を推測した。一方、実験2では、橋梁の水平成分の強調などの感覚的な効果や照明による各部材の見え方などの効果に関して、調整法を用いた実験から橋梁に施される様々な照明手法に関する有効距離を分析することにより、橋梁の夜景照明の効果を検討する際の基礎資料を作成した。また、実験3として照明本来の視覚的な演出効果（夜景としての特異性）をより明確にするために、昼間の橋梁に関して実験2と同様の実験を行った。さらに、実験1と実験2を比

較することにより、夜景照明のコンセプトに合わせて複数の照明手法を適用（夜景照明の見せ方をコントロール）することの必要性を示した。

#### (2) 夜景照明の視覚的效果に関する実験（実験1）

##### a) 実験概要

実験1では（株）岩通アイセル社製のカラーAVタキストスコープ（IS-703）を用いた瞬間提示実験を行った。

実験1では、大きく2回に分けて実験を行い、1回目の実験（実験1-1）ではなるべく多くの橋梁に関して構造形式を考慮した上で、吾妻橋・新大橋・清洲橋・永代橋・勝鬨橋・南高橋の合計6橋を選定した。それぞれの橋梁について視点場・視距離や被験者の負担等をも考慮したうえで、計20枚の画像を実験で使用した。提示時間については20, 500, 2000msecとした。しかし、最大提示時間が2000msecでは、一般的に橋梁を眺める時間としてはあまりに提示時間が短いと判断したため、2回目の実験（実験1-2）では6橋のうち、清洲橋、永代橋、勝鬨橋について視点場数を増やし、計19枚の画像に対して実験を行い、その提示時間を2000msec, 5000msecとした。

##### b) 被験者属性

実験1-1：埼玉大学学生27名（男性22名、女性5名）

実験1-2：埼玉大学学生18名（男性15名、女性3名）

一部の被験者には、両方ともに行ってもらった。

##### c) 実験方法

これまでの既存研究<sup>9)</sup>を基に、特に提示時間やスケッチ方法について参考にしながら行った。実験は暗室で行い、被験者の眼とモニターまでの距離に関して画角計算を行い、視点位置を固定するため被験者の顔を顔面固定機で固定した。また、モニターに実験画像を提示する前に注視点画像を提示し、提示時間による光色に対する知覚の仕方を見るために、被験者には事前に用意した色鉛筆（12色）を使用してモニターに映し出された画像についてスケッチにより表現してもらった。画像の提示については、視距離が長い方から短い方に順番に、提示時間は短い時間から長い時間に順番に、一方橋梁についてはランダムに提示し、画像提示毎にただちにスケッチを行ってもらった。事前に被験者には夜景の写真という情報のみ与えた。なお、約9割の被験者が対象橋梁の夜景照明に関して初見もしくは見覚えがないと述べた。また、実験1では、実験で設定する視点場が限定されるため、各視点場において複数の条件（F値3.5～5.6、露出時間0.25～1.6秒）で撮影し、現状の橋梁の見えと比較しながら最も現状に近いと思われる画像を選定し、解像度はAVタキストスコープを用いているため、512×384とした。

##### d) 実験結果の分析方法

実験1ではスケッチを分析することにより照明による

視覚的効果が提示時間によりどのような変化が見られるのか検証を行った。そこでスケッチより橋梁の各要素（部材）について、その出現率や橋梁がどの程度詳細に再現されているかという再現性に着目した。出現率とは、ある画像に存在する特定の要素をスケッチした人の全被験者数に対する割合である。出現率に関しては、スケッチから明らかに要素（部材）として描いていると判断できるものを抽出した。また、スケッチの再現性では図としての表現や線としての表現などの違いは照明による視覚的効果の影響を反映しているものであると考え、ここでは再現性が高い（詳細にスケッチされている等）、もしくは出現率が高くなるほど照明による視覚的効果が高いと仮定した。さらに再現性については、各照明手法の効果についてそれぞれスケッチの表現方法から「明らかに照明による効果がよりはっきり表現されている」、「照明による効果が表現される」、「照明による効果が表現されているとは言えない」、「まったく表現されていない」など3、4段階に分類し、これを基に評価基準を設定し、視覚的効果について分析を行った。なお、スケッチの中には当然判断しづらい要素もあり、これらの要素についてはなるべく分析の対象としないようにした。

### (3) 照明による効果の有効距離に関する実験（実験2）

#### a) 実験概要

実験2では、調整法により橋梁に施されている複数の照明手法の効果に関する有効距離を検証することを目的とした。ここでは、被験者の疲労や被験者数の確保のため現地実験ではなく画像を用いた実験を行った。さらに、実験2では十分な時間画像を見てもらうため、橋梁の水平方向の強調などの感覚的な効果についても考慮した。

#### b) 被験者属性

埼玉大学学生25名（男性23名、女性2名）

#### c) 実験方法

照明デザインが特に明確になっている清洲橋、永代橋、勝鬨橋を対象とし、それぞれ、視距離を420m（39）、940m（72）、780m（74）の範囲とした（カッコ内は実験での視点場（画像）数）。実験に関しては、10m間隔で撮影した画像（ただし一部の区間で撮影が困難な視点場があるため、視距離によっては画像がない箇所が含まれる）をモニターに映し出し、被験者にそれらの画像を視距離の短い方から見てもらい調整してもらいながら（上昇系列）、以下に示す質問に対する答えであると思われる画像を選択し、事前に用意した用紙に回答してもらった。実験は暗室で行い、実験1と同様に眼とモニターまでの距離を求め、その距離を維持して貰った。しかし、ここでは被験者の疲労を考慮し顔面固定機は使用しなかった。また、実験2では画像を連続的に見てもらうため、

画像によって明るさ等が極端に変化しないよう撮影条件を一定（F値5.6、露出時間0.7秒）とし、解像度を1843×1229とした。質問では各々の照明の効果や部材が上昇系列で提示される画像に関してどこまで視認できるかを答えてもらった。質問内容は3つの項目からなる。1つ目は橋梁全体に関する質問として橋梁の奥行き感（立体感）、2つ目は照明デザインの効果に関する質問で照明デザイナーが意図した効果、3つ目は橋梁の各部材の照明による見えに関する質問を行った。具体的な質問内容については、図-7中で橋梁名の右に示されているカッコ内で表現されている照明による効果に関する言葉をほぼそのまま使用した。また、それぞれの質問について回答してもらった際には、その都度最も視距離が短い画像から見てもらった。さらに、実験の前に各部材の名称などの専門用語や表現については写真や補足説明などを用いて説明を行ない、アンケート用紙にも補足説明を追記し、実験中にも必要に応じて被験者の質問に対応した。

#### d) 実験結果の分析方法

それぞれの質問に対して各被験者から得られた視距離に関するデータについて分布をとり、各視距離ごとに被験者が効果を視認できると判断した割合からロジスティック曲線を求め、照明による効果の有効距離の目安を求めた。また、この有効距離を推測する際には、図-5のようにそれぞれの質問に関して75%値と50%値を算出した。75%値に関しては照明による効果がよりより確実に認識される範囲であり、50%値に関しては照明による効果があるかないか中間的な境界と解釈することができる。

### (4) 昼間の橋梁の見えに関する実験（実験3）

#### a) 実験概要

実験3では、実験2と同様の実験方法によって昼間の橋梁の見えに関する有効距離を求め、橋梁の夜景照明の見えと比較することにより、照明本来の視覚的な演出効果をより明確にすることが目的である。

#### b) 被験者属性

埼玉大学学生16名（男性14名、女性2名）

#### c) 実験方法

実験2と同様の方法で行った。また、清洲橋を対象とし、昼間の画像を用い、視距離を420m（39）とした。質問内容に関しても、ほぼ実験2と同様の質問を行った。画像に関しても同様に撮影条件を一定（F値5.6、露出時間0.003秒）とし、解像度は1528×1019とした。

#### d) 実験結果の分析方法

実験2と同様に、各質問に関して各被験者から得られた視距離に関するデータから、ロジスティック曲線を求め、昼間の橋梁の見えに関する有効距離の目安を求めた。



表-4 各橋梁の概要

橋梁名	清洲橋	永代橋	勝鬨橋
構造形式	自定式吊橋	鋼バランス・タイドアーチ(下路)	側径間:鋼ソリッドリブ・タイドアーチ(下路) 可動部:単軸双葉式跳開橋
橋長	186.6m	185.2m	246m
幅員	22m	22m	25m
・使用されている光源の種類 ・光源色(白色以外) ・個数	無電極点灯装置 9W ピンク色 150台 メタルハライド 250W 44台 メタルハライド 150W 8台 FLR 40W 160台	FLR 40W 青色 120台 メタルハライド 250W 36台 メタルハライド 150W 36台 水銀灯 100W 82台	FLR 32W 緑色 320台 無電極点灯装置 18W 152台 メタルハライド 250W 24台 メタルハライド 400W 28台 FLR 20W 28台



図-1 清洲橋の昼景



図-2 清洲橋の夜景照明



図-3 永代橋の夜景照明



図-4 勝鬨橋の夜景照明

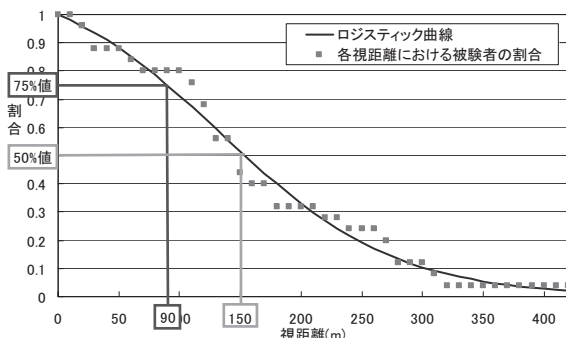


図-5 清洲橋の照明による奥行き感の視認性についてのロジスティック曲線

#### 4. 実験結果及び考察

##### (1) 照明による効果の有効距離に関する実験結果について(実験2)

###### a) 実験結果

ここでは、まず橋梁の夜景照明の効果を検討する際の基礎資料ともなる実験2の結果から考察する。実験2の結果を図-6及び図-7に示す。図-6は橋梁の奥行き感について示した図であり、図-7は各照明手法別にその有効距離について示した図である。また、図-7の各照明手法に関しては既存研究や雑誌資料<sup>1) 5) 6)</sup>より複数選定した。横軸が視距離、縦軸が橋梁名もしくは各照明手法となっている。それぞれの棒グラフについて、認識度合いにより75%値、50%値、50%未満(今回の実験で対象とした視距離の区間)の3段階に表した。

###### b) 橋梁の奥行き感(立体感)について(図-6)

ここで示していることは、橋梁に対して直角方向の橋梁全体としての奥行き感のことである。これについては、実験の事前の説明の際にも被験者に述べた。

橋梁の奥行き感についてはすべての橋で共通して質問を行った。実験結果より清洲橋と勝鬨橋は約100m(75%値)であるのに対して、永代橋は250m(75%値)となり、この差に関しては橋梁の構造形式や照明による効果に比べ、視線入射角の影響が支配的であり、永代橋が他の橋

梁に比べて同じ視距離における視線入射角(視線が対称面となす角)が浅いため、より奥行き感が捉えられやすいといえる。視線入射角の問題に関しては、実験2の奥行き感に関わらず、橋梁の見えに関してあらゆる面で考慮が必要であり、特に近景においては各部材の重なりなどによる部材の見えにも影響すると考えられる。

このように橋梁の見えに関しては視線入射角が支配的な影響を及ぼしていることが明らかとなった。これらの結果を踏まえた上で、照明を施すことにより橋梁の見え方がどのように変化するのか推測した。ここでは、特に横構などの橋梁内部の部材の見えや片側(反対側)の部材の見えに着目した。なお、片側(反対側)の部材の見えについては4.(2)aで述べる。

清洲橋の主塔に着目すると、図-6における清洲橋の「奥行き感」と図-7の「主塔をゲートのように見せる」の結果が同様な傾向を示していることから、主塔に対する照明が、奥行き感に影響を及ぼしていると考えられる。しかし、現在の夜景照明では橋梁の側面を照明することに集中されている。そのため、橋梁の内部の横構等の部材を照明し奥行き感を表現することによって、昼間背景に埋没して目立たない橋梁を普段何気なく渡ったり、鑑賞する人々に対して橋梁本来の存在感・スケール感を表現することができると考えられる。

###### c) アーチリブをライン照明で照射する(図-7)

この照明手法は下路アーチ橋のアーチ構造をもっとも効果的に表現することができる手法である。また、アーチリブの強調の他にも部材の面に光が当たることによるグラデーションの効果も得られる。実験結果より、アーチリブの強調に関しては永代橋・勝鬨橋ともに極めて高い効果が得られていることが分かった。また両橋梁を比較すると、永代橋ではアーチリブの強調に関して全被験者が940mまで感じられると答えているが、勝鬨橋では470m(75%値)となっており、勝鬨橋に比べ永代橋に関してはグラデーションの効果が得られていることが分かる。これらの差の要因として、光源のW数と光色が考え

られる。光源のW数については永代橋ではFLR40W、勝鬨橋ではFLR20Wまたは32Wが使用されており、永代橋の方がW数が高い。また光色として、永代橋では青色、勝鬨橋では緑色が使用されており、照射される面の広さとして、永代橋はアーチリブ全体に光が広がっているのに対して、勝鬨橋の場合、光の広がり方も小さく、これらも効果の差の要因として考えられる。

#### d) イルミネーションで構造形態を縁取る (図-7)

イルミネーションによる照明手法では、光源を直接見せ、さらに光源を連続的に配置するため、認識される距離は長くなると考えられる。実験結果からも、イルミネーションの見えは極めて高いことが分かる。特に清洲橋におけるチェーンケーブルの曲線成分の強調に関しては桁の水平成分の強調に比べてその効果が長いことが分かった。これらの差の要因としては、光色と構造形態の縁取りの部材の違いが考えられる。清洲橋に関しては、光色にピンク色が使用されており、背景とのコントラストが強くなり、また曲線という特徴的な形状が成分の強調に影響していると考えられる。また、永代橋と勝鬨橋に関しては、桁の水平成分の強調に関する有効距離がほぼ同程度であった。また、桁の水平成分の強調に関しては75%値と50%値の間隔が両橋梁ともに200m以上あり、これは被験者によってその効果が得られる範囲に差があるといえる。また、これらの結果から永代橋（白色）と勝鬨橋（青色）の光色の違いによる有効距離の差については明らかにならなかった。

#### e) 昼間影となっている部分を照射する (支承) (図-7)

支承などの昼間影となっている部分を照明することにより、昼間とは異なった姿を表現することができ、またディテールに影ができることによって強調されるため、より部材の存在感を高めることができる。支承については、ディテールと支承の見えについて質問を行った。ここでのディテールとは、清洲橋に関しては半円版を組み合わせたような支承の形状、永代橋に関しては三角形を組み合わせたような支承の形状とした。その結果、支承のディテールの見えに関しては清洲橋が80m（75%値）、永代橋が40m（75%値）となり清洲橋の方が長いという傾向が見られた。また、支承の見えについても清洲橋が250m（75%値）、永代橋が210m（75%値）となり清洲橋の方が長いという結果になった。これらの差の要因として、照射される面積の違いが考えられる。また、支承のディテールの見えと支承の見えについては両橋梁とも有効距離にかなりの差が見られた。これらより、ディテールは限られた範囲で認識されるが支承の見えについては照明による効果が広範囲に渡って得られると考えられる。

#### f) 昼間影となっている部分を照射する (桁裏) (図-7)

橋梁の桁裏部分についても昼間は完全に影となってお

り、その構造を見ることはほとんどできない。勝鬨橋に関しては、桁裏部分に照明が施されており、照明によって光が当たる部分と影の部分のコントラストにより、桁裏の構造が効果的に表現されている。実験の結果から桁裏部分の照明については、有効距離が極めて短い。そのため、遠景における橋梁全体の形態の見えに効果を及ぼすことはなく、近景においてのみ効果があるといえる。

#### g) 桁をライン照明で照射する (図-7)

清洲橋の桁の水平成分の強調に関しては、永代橋や勝鬨橋のように直接光源を見せるのではなく、ライン照明を部材に照射し、その反射する光をみせる方法が採られている。実験結果から、光源を直接みせるイルミネーションの方が効果が得られていることが分かる。また、清洲橋の場合、照射される面が小さいため、水平成分の強調や桁のディテール（桁裏側の構造の見え）について照明による効果が得られにくいと考えられる。

#### h) 主塔を照射する (図-7)

清洲橋の主塔に関しては特に横材の見えに着目した。ここでの横材のディテールに関しては、横材のアーチ部材やその他の細部の部材の形状とした。また、清洲橋の主塔については、清洲橋の主塔をゲートのように見せるという狙いがあるため、その効果についても質問を行った。実験結果から主塔をゲートのように見せるという効果が110m（75%値）であるのに対して横材のディテールは70m（75%値）、横材の見えは200m（75%値）となり、横材のディテールの見えが主塔をゲートのように見せることに影響しているといえ、横材のディテールに対する照明の重要性を示しているといえる。

#### i) 運転室、橋台を照射する (図-7)

勝鬨橋には跳開部があり、その跳開部の両脇には運転室や橋台がある。運転室・橋台に対する照射と跳開部の桁のイルミネーションによる照明が跳開部全体の存在感を高めている。ここでは、運転室、橋台の照明による見えに関する質問を行った。運転室のディテールに関しては、運転室の窓枠等の見えとした。実験結果から運転室のディテールの見えは180m（75%値）、運転室の見えは430m（75%値）となり、運転室に関しては視距離が長くなると認識しづらくなるという傾向が見られた。一方、橋台の見えに関しては全範囲で認識され、これらの差として照明により照射される面の大きさの違い、また運転室に関しては背景の影響も考えられ、遠景においては背景のビル群と融合してしまうということも考えられる。

#### j) リベットを照射する (図-7)

リベットは橋梁の特徴的な要素のひとつであるといえる。照明により、リベットに影ができることにより、その存在感を増す効果がある。ここでは、清洲橋に関しては主塔、永代橋・勝鬨橋に関してはアーチリブのリベッ

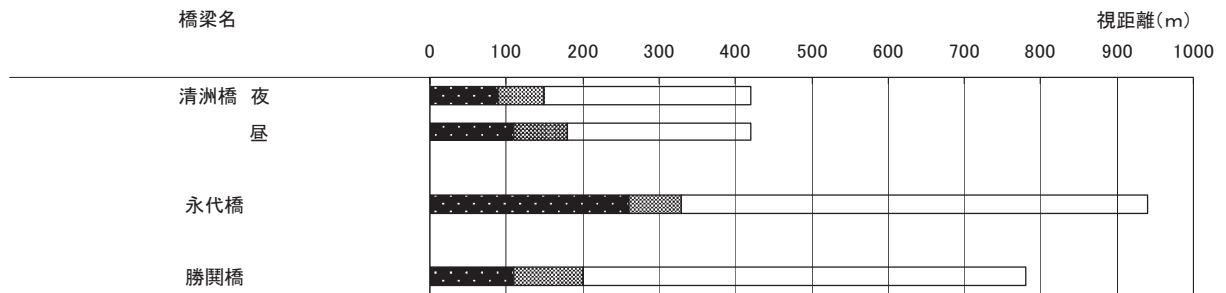


図-6 橋梁の奥行き感について

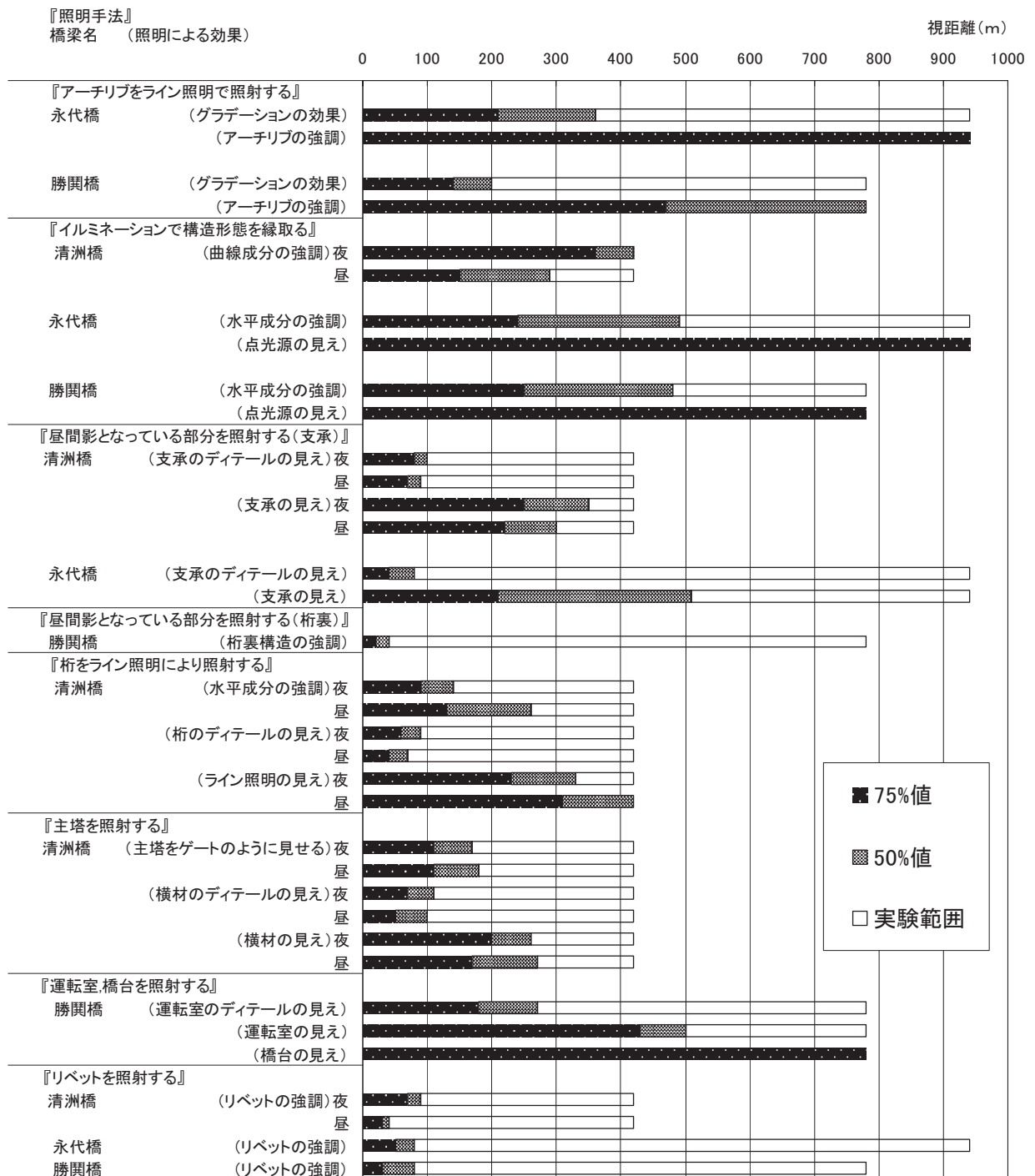


図-7 各照明手法の有効距離



トについて回答してもらった。実験の結果から75%値について有効距離に違いが見られた。特に、勝鬨橋については有効距離が短く、この要因として光色、光源の種類による影響が考えられる。

## (2) 昼間の清洲橋の見える有効距離（実験3）と照明による効果の有効距離（実験2）の比較

### a) 橋梁の奥行き感（立体感）について（図-6）

実験結果より、橋梁の奥行き感に関しては、昼間の方が夜景照明された夜間に比べ、75%値で20m程度長くなり、明るい昼間に比べ夜間の方が奥行き感が失われていることが判明した。この要因としてチェーンケーブルなどの片側（反対側）の見える影響が考えられ、チェーンケーブルに関しては外側のみ照明が施されているため、反対側の部材がほとんど認識することができないと考えられる。4. (1)bでの考察を踏まえると、夜間においては横材などの内部部材の見えや片側（反対側）の見えが橋梁の奥行き感に影響を及ぼすといえる。

### b) 照明による効果が得られている照明手法（図-7）

実験結果より、照明による効果が得られている照明手法として、『イルミネーションで構造形態を縁取る』、また『主塔を照射する』など部材を照明することによるリベットの見えや支承、桁、横材などの部材のディテールの見える効果が挙げられる。これらよりイルミネーションによる照明については、各成分を強調するために有効であるといえる。また、各部材に対する照明についてもリベットやディテールなど橋梁の細部を表現するのに有効であるといえる。

### c) 照明による効果が得られていない照明手法（図-7）

実験結果より、照明による効果が得られていない照明手法として桁をライン照明により照射するという照明手法が挙げられる。これは、4. (1)gで述べたように照射される面が小さいため、水平成分の強調についても効果が得られにくくなっていると考えられる。

## (3) 夜景照明の視覚的效果に関する実験結果について —各部材の出現率について—（実験1）

### a) 実験結果について

実験結果を、図-9に示す。ここでは橋梁の各部材の出現率に着目した。また、照明による効果に関する視距離による見えるの分類を示した表-3をもとに近景（分類1）・中景（分類2）・遠景（分類3・4）と設定した。そのため、橋梁によって近景・中景・遠景となる視距離が異なる。ここでは2回の実験が比較できるよう清洲橋、永代橋、勝鬨橋について取り上げた。横軸が画像の提示時間、縦軸が被験者の割合を示している。つまり、折れ線が上に来ているものほど、スケッチの中で表現されてい

る割合が高いということを示している。また、実験1-1と実験1-2のそれぞれの結果を分けて示した。

### b) 各部材の出現率における傾向について（図-8）

各部材の出現率の傾向と提示時間との関係について、図-9の実験結果からいくつかの傾向が見られた。

### c) 清洲橋における各部材の出現率について（図-9）

清洲橋に関しては、要素（部材）として主塔、チェーンケーブル、ハンガー、桁、橋脚（支承）に着目し、街路照明についても要素として扱った。

チェーンケーブルに関しては視距離によらず傾向Ⅰを示し、他の部材に比べ、視覚的效果が極めて高いといえる。4. (1)dからもチェーンケーブルに対する照明に関しては効果が得られており、有効な照明手法であるといえる。主塔に関しては近景では傾向Ⅱ、中景では傾向Ⅴ、遠景では傾向Ⅷとなり、視距離によって視覚的效果が異なるということが分かる。また、ハンガーは照明が施されていないため視距離によらず傾向Ⅶと出現率は低く、支承に関しては4. (1)eからも照明に関しては効果が得られているのにも関わらず傾向Ⅶと極めて低い結果となり、チェーンケーブルとは性質が異なるといえる。この原因としてチェーンケーブルの視覚的效果が極めて高いために相互作用として支承などの要素の視覚的效果が低くなり、橋梁全体を鑑賞した場合に認識されにくい状態にあるといえる。さらに清洲橋の場合、支承が主塔の一部として表現されるとケースも見られた。また、スケッチを分析する際に、判断しづらいものはなるべく要素とみなさないようにしたが、桁については見極めるのが特に困難であった。そのため、実際どの程度正確に認識されているのか不明な点もある。また、街路照明については、視距離に関わらず傾向Ⅶに属し、視覚的效果は低いといえる。

### d) 永代橋における各部材の出現率について（図-9）

永代橋に関しては、アーチリブ、垂直材、横構、桁、橋脚（支承）、街路照明を要素として扱った。

アーチリブに関しては視距離によらず傾向Ⅰを示し視覚的效果が極めて高いといえる。垂直材に関しては、清洲橋における主塔と同様の傾向を示しており、近景では

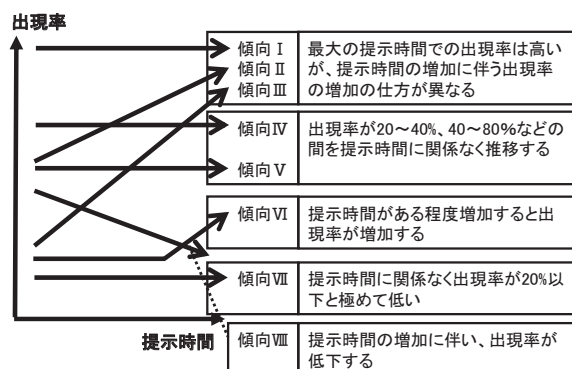


図-8 出現率の傾向について

傾向Ⅰ，中景では傾向Ⅴ，遠景では傾向Ⅷとなり，視距離によって視覚的効果が大きく異なっているといえる。桁と支承に関しては視距離によらずそれぞれ傾向Ⅳ，傾向Ⅶとなり視覚的効果が低いといえる。このように清洲橋のチェーンケーブルと支承の関係と永代橋のアーチリブと支承の関係が同様であるといえる。横構に関しては，近景において傾向Ⅵを示し，中景・遠景では認識できないためまったく表現されなかった。横構に関しては直接照明されておらず，街路照明や垂直材に対する照明が間接的に当たっているためある程度の照明による効果が得られていると考えられる。また，街路照明については，視距離に関わらず傾向Ⅶに属し，視覚的効果は低いといえる。

#### e) 勝鬃橋における各部材の出現率について (図-9)

勝鬃橋に関しては，アーチリブ，垂直材，横構，桁，運転室，橋台，街路照明を要素として扱った。

アーチリブと桁が近景・中景では傾向Ⅰ，遠景では傾向Ⅱとなった。これより，アーチリブと桁に関しては中景までは極めて視覚的効果が高く，遠景においても提示時間の増加とともに出現率が高くなることから，視覚的効果が高いといえる。遠景で傾向Ⅱを示した要因としてビル群の漏れ光などの背景の影響も考えられる。垂直材

に関しては近景では傾向Ⅴ，中景・遠景では傾向Ⅶとなり，横構に関しては近景では傾向Ⅵとなり，共に永代橋に比べ出現率が低くなった。この原因として垂直材に対する照明が施されていないということが考えられる。勝鬃橋においては垂直材・横構ともに街路照明の間接的な照明のみであるため，出現率が低くなったと考えられる。また，中景・遠景では認識できないため，まったく表現されなかった。運転室，橋台に関しては近景で唯一の傾向Ⅲ，中景では5000msecにおいて出現率が挙がる傾向Ⅵ，遠景では傾向Ⅶとなり，運転室，橋台に関しては視距離によって特に視覚的効果が大きく変化していることがわかる。勝鬃橋に関してはアーチリブ・桁と運転室・橋台の関係が清洲橋のチェーンケーブルと支承の関係と同様であるといえる。

また，中景・遠景においては各部材の出現率が2極化していることが分かった。原因として，光色の違いが考えられる。アーチリブには緑色，桁には青色が使用されており，背景の光とは異なる色が用いられているためその影響が考えられる。一方，運転室や橋台に関しては光色が白色であるため，特に遠景においては背景の光に埋没しているように認識されると考えられる。

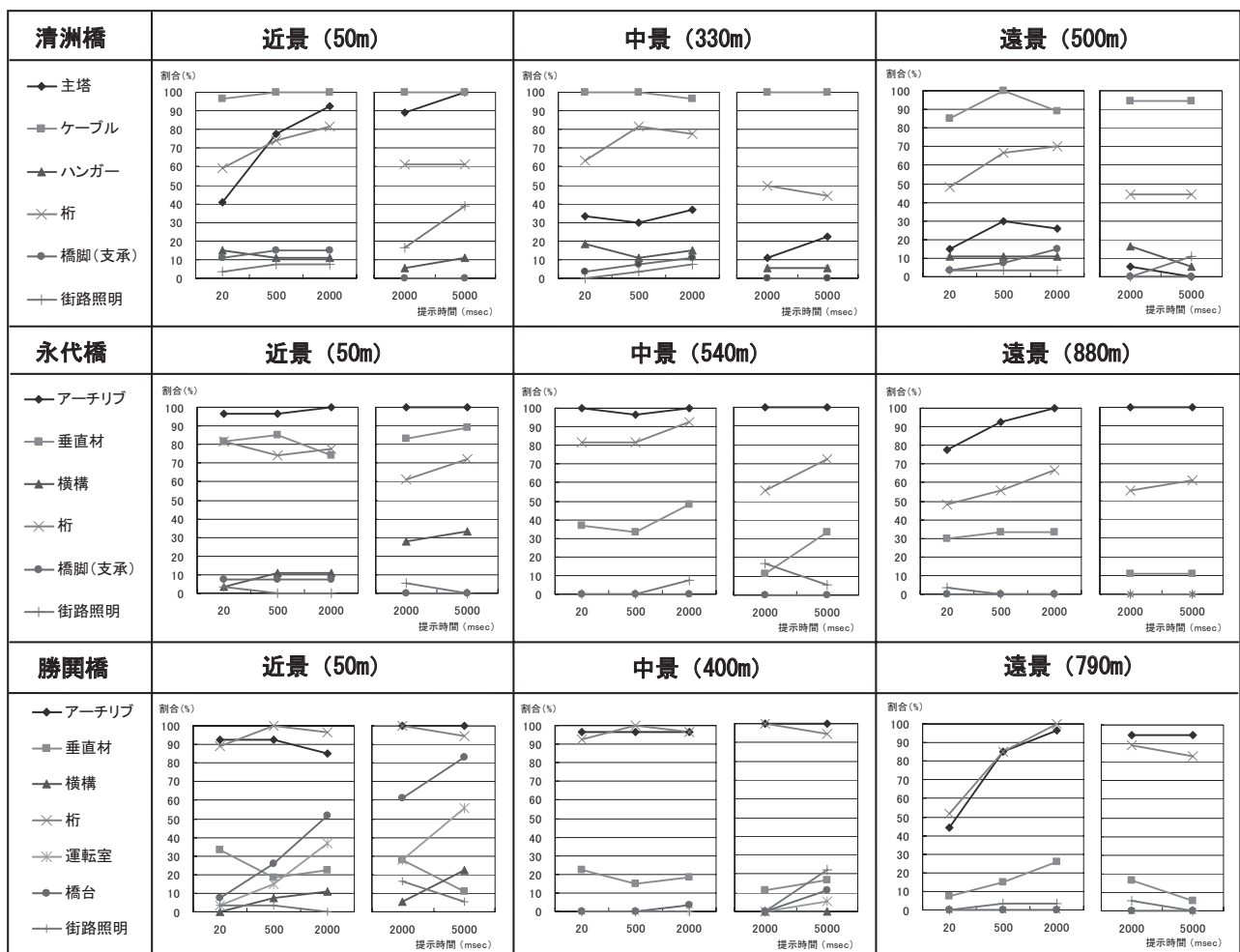


図-9 各橋梁の部材の出現率について



#### (4) 夜景照明の視覚的効果に関する実験結果について

##### —各照明手法の視覚的効果について— (実験1)

###### a) 実験結果について

実験結果を、図-15に示す。図-9と同様に近景・中景・遠景を設定し、2回の実験が比較できるように清洲橋、永代橋、勝鬨橋を対象とした。ここで挙げた5つの項目は、照明手法の中でも特にスケッチによる表現の仕方に多くのパターンが見られたものである。

###### b) チェーンケーブルをイルミネーションで縁取る (清洲橋) (図-15)

チェーンケーブルに関しては、各被験者のスケッチから「チェーンケーブルの曲線形状が曲線として表現されている」、「直線として表現されている」、「まったく表現されていない」に分類した。

曲線と直線の違いについては視覚的効果の違いを表しているといえる。曲線として認知するためには、チェーンケーブルをより注視する必要があると考えられるため、曲線として表現される方がより形状を認識させる視覚的効果が高いといえる。実験結果から、全視点場においてチェーンケーブルが曲線として表現されるケースが高いという結果になり、チェーンケーブルの曲線形状をイルミネーションにより表現することによる視覚的効果は高いといえる。視覚的効果が得られている要因としては4.(1)dで述べたように光色の影響が考えられる。さらにチェーンケーブルに対する照明では点光源が連続的に配置されているため、チェーンケーブルを点線で表現する場合と線として表現する場合が見られた。特に近景においては提示時間の増加に伴い、また視距離が長くなるにつれ、線として表現される傾向がみられ、イルミネーションとして構造形態を縁取る効果が得られているといえる。

###### c) 主塔を照射する (清洲橋) (図-15)

主塔に関しては「横材を含んで主塔が表現されている」、「主塔は表現されているが横材までは表現されていない」、「まったく表現されていない」に分類した。

横材に関しては、近景についてのみ認識することができたため、中景、遠景に関してはまったく表現されなかった。近景においては提示時間の増加とともに特に横材を含んで主塔が表現される割合が高くなり、他の部材に比べ横材を詳細に表現する傾向が見られた。そのため、横材に関しては、提示時間の増加と共に、もっとも意識がいく部分であると考えられる。中景、遠景になると主塔が表現されない割合の方が高くなる傾向が見られた。これらについては、4.(3)cで述べたようにチェーンケーブルによる影響が考えられる。

###### d) アーチリブを照射する (永代橋) (図-15)

アーチリブに関しては「アーチリブが図として表現されている」、「アーチリブが線として表現されている」、

「まったく表現されていない」に分類した。

アーチリブが図として表現されているということはそれだけ視覚的効果が高く、線として表現されているということは視覚的効果がそれほど高くないといえる。近景においては特に強調して表現され、図として表現している中にも、グラデーションやアーチリブ側面の垂直補鋼材などが表現されているケース (図-12) も見られた。また、中景・遠景になるに従い、線として表現されるケース (図-13) が増える傾向となるが、提示時間の増加に伴い、図として表現される割合が増え提示時間の増加とともにアーチリブをより注視する傾向がみられ、アーチリブを照射することによる視覚的効果が高いといえる。

###### e) 垂直材を照射する (永代橋) (図-15)

垂直材に関しては「垂直材が連続的に表現され、垂直成分が強調されているように表現されている」、「垂直材が疎らに表現されている」、「まったく表現されていない」に分類した。

近景においては、垂直材は連続的に表現されており (図-12)、垂直材の存在感が表現される割合が高かった。しかし、視距離が長くなるにつれ、垂直材の出現率が低くなり、垂直材の表現方法も垂直材がはっきり表現されていないものが増加する傾向がみられた。これについては、4.(3)dでも述べたようにアーチリブの視覚的効果の影響、またその他にも背景の光の影響や視線入射角により、部材が煩雑に見える場合があり、それらがスケッチに影響を及ぼすといえる。

また、図-9の永代橋と勝鬨橋の垂直材の出現率に関して、特に近景での5000msecに着目すると永代橋が出現率が90%近くになっている一方、勝鬨橋では10%と極めて低い数値となっていることが分かる。これからも、垂直材を照射することにより視覚的効果が得られるといえる。

###### f) 跳開部 (運転室・橋台・可動部の桁) を照射する (勝鬨橋) (図-15)

跳開部に関しては「運転室や橋台を含んだ跳開部が表現されている」、「運転室や橋台などは表現されていないが跳開部の桁は表現されている」、「まったく表現されていない」に分類した。

実験結果から特に近景においては提示時間の増加とともに運転室や橋台を含んだ再現性が高くなっていることが分かった (図-14)。また、20msecにおいても約60%の被験者が跳開部の桁を表現していた。中景では運転室や橋台に関してはほとんど表現されていないが、跳開部の桁は表現されていることが分かった。また、遠景になると跳開部の再現性はきわめて低くなっており、これらについては4.(1)iでも述べたように背景のビル群により、跳開部が埋没してしまうことによる影響が考えられる。

###### g) 橋梁の立地条件等を考慮した夜景照明における各照明

## 手法の適用に関する考察

これらの実験結果から、橋梁の夜景照明に関して、橋梁の立地条件や背景構図などを考慮する必要があるといえる。現地調査からも橋梁によって鑑賞地点となりうる視点場が異なっており、隅田川のように河川敷に公園や遊歩道があり、重要な視点場からランドマークとしてじっくり鑑賞したり河川敷を歩きながらシークエンス景観として鑑賞することができる場合（図-10）と、神田川や亀島川のように視点場が橋詰広場や隣の橋梁からあまり意識せずにながめる場合（都会の夜景において添景となるような場合）（図-11）が挙げられる。このように橋梁の立地条件によって相応しい照明手法は異なると考えられる。実験1の結果から橋梁の内部構造や下部構造に対する照明など提示時間が長くないと認知されないような照明や視距離によってその見え方が変化するような照明に関しては隅田川のように様々な視点場が存在する河川にかかる橋梁や意匠が優れているような橋梁に適用すると効果的であるといえる。また、アーチリブやチェーンケーブルのような橋梁の輪郭を縁取るような提示時間が極めて短い段階で認知できるような照明手法については日常何気なく眺めているような小規模河川にかかる橋梁に適用するとより効果的であると考えられる。

また、橋梁の夜景照明に関しては立地条件以外にも橋梁に対する照明のコンセプトを決める必要がある。実験1の結果からも、複数の手法の組み合わせはお互い効果を相殺する場合があります。夜景照明で何を強調したいのか（全体像、輪郭、詳細の部材など）により、照明手法やその組み合わせについても十分に検討する必要がある。

## (5) 実験結果のまとめ

本研究では、夜景照明の視覚的效果に関する実験（実験1）、各照明手法の有効距離に関する実験（実験2）、昼間の橋梁の見えに関する実験（実験3）を行った。

各照明手法の有効距離に関しては照明手法によって大きくその有効距離が異なり、照明による橋梁の各要素の強調や、各部材のディテールの見えなど視距離により照明される部材の見え方が異なってくるということが分かった。これらは、今後橋梁に照明を施す際にその有効範囲をみる際に参考になると考えられる。また、清洲橋に

関して昼夜の橋梁の見えを比較することにより照明による効果が得られている照明手法とそうでない照明手法をより明確にした。また、昼間の方が奥行き感が得られており、清洲橋の場合夜間において片側（反対側）のチェーンケーブルやハンガーなどを認識できないため、奥行き感に変化が表れたと考えられる。また、リベットや部材のディテールを表現するために特に照明が有効であり、一方で照射される面の広さなどを十分に考慮しないと照明による効果が十分に得られないことがある。

また、視覚的效果に関しては、人の橋梁の夜景照明に対する知覚認識過程を検証することによりどのような光がより視覚的效果が得られるのか明らかになった。またスケッチから見受けられた傾向として、まず橋梁の輪郭が知覚され、その後橋梁の内部の照明されている部材、最後にその他の部材が認識されるという傾向が見られた。また、提示時間が短い段階で出現した部材に関しては、提示時間が増加とともに、より細部まで認識されるという傾向がみられた。これらより、視覚的效果が高い要素に関してはより注視する傾向がみられ、逆に視覚的效果が低い要素については認識されたとしてもそれほど注視されていないといえる。また、光色の視覚的效果に与える影響の高さや、視覚的效果が高い要素が他の要素の照明による効果に及ぼす影響についても明らかになった。さらに、橋梁の立地条件等を考慮した夜景照明における各照明手法の適用方法についても示すことができた。

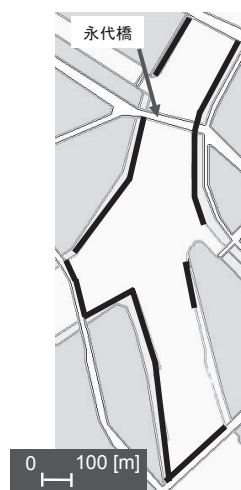


図-10 永代橋の視点場

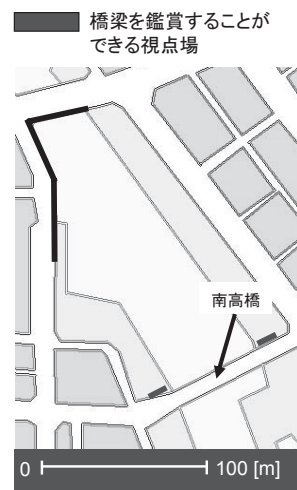


図-11 南高橋の視点場



図-12 スケッチ例1

(永代橋:近景, 提示時間: 5000msec)



図-13 スケッチ例2

(永代橋:中景, 提示時間: 500msec)

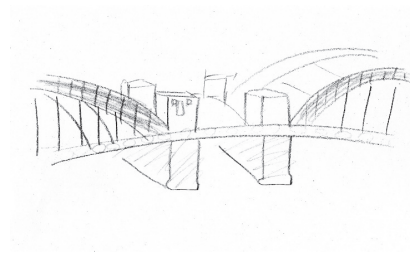


図-14 スケッチ例3

(勝鬃橋:近景, 提示時間: 5000msec)

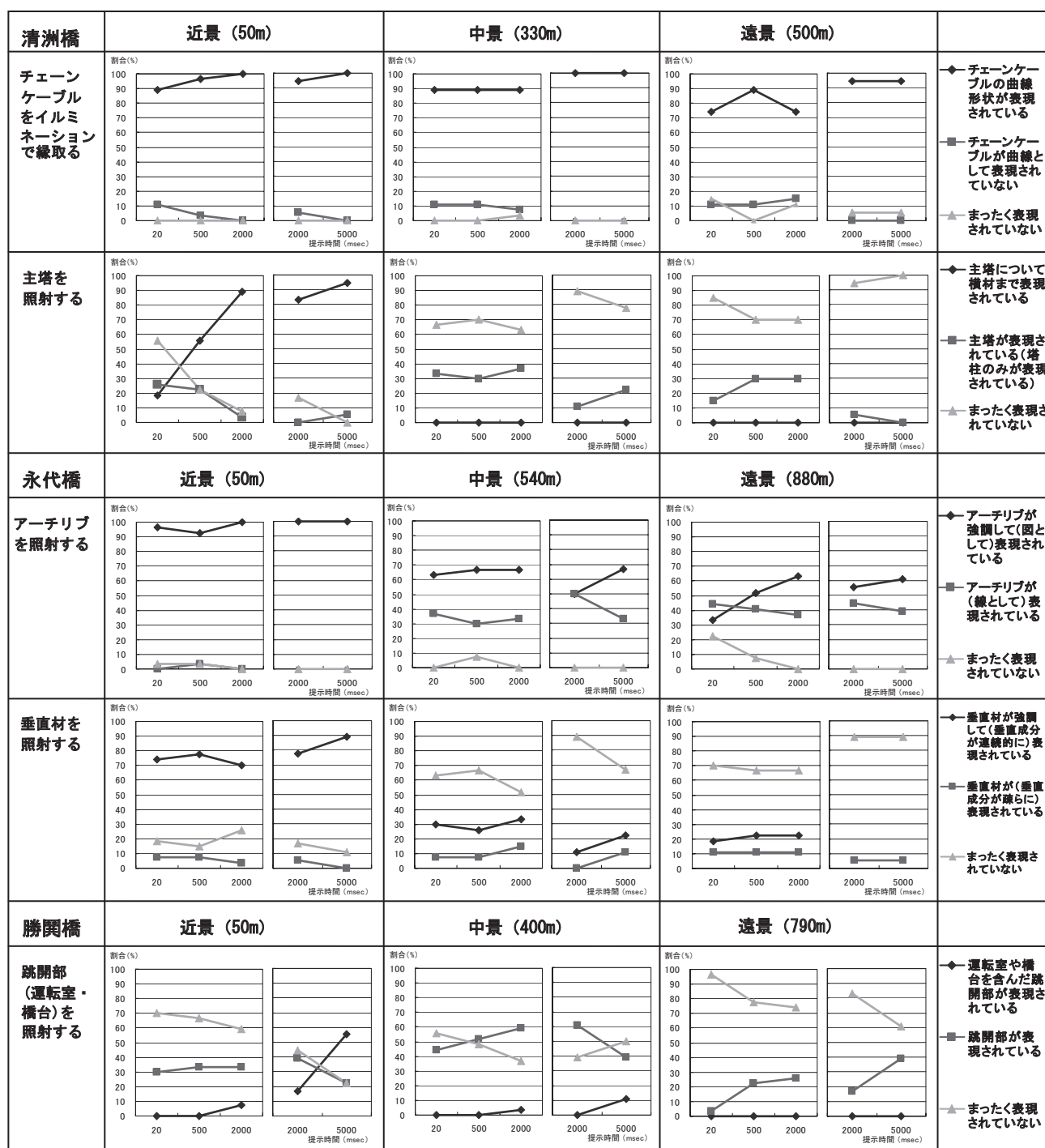


図-15 各照明手法の視覚的效果について

表-5 各橋梁の夜間照明の特徴に関するまとめ

橋梁名	近景	中景	遠景	全体
清洲橋	橋梁全体の形態について正確に把握することができる。各部材の見えについてディテールまで把握することができ、照明による効果は極めて高い。	橋梁全体の形態についてある程度把握することができる。各部材の見えについてディテールまでは認識することができないが主塔など主要な部材に関してはある程度細部まで把握することができる。	橋梁全体の形態について橋梁の輪郭はしっかり把握することができるが、他の部材の形態まで把握することは困難となる。 各部材の見えについて各部材ともに認識されるが、特に桁や支保にに関しては照明による効果がかなり低くなる。	チェーンケーブルに関しては照明による効果が高いため、遠景においても輪郭を把握することができる。また、清洲橋の特徴でもある主塔に関しては視距離により照明による効果が異なるため、視距離によって様々な見え方をする。
永代橋	橋梁全体の形態について正確に把握することができる。各部材の見えについて特にアーチリブや垂直材が意識されやすく、アーチリブではグラデーションの効果も得られる。また、ディテールまで把握することができ、照明による効果は極めて高い。	橋梁全体の形態についてある程度把握することができるが、内部構造などは把握が困難となる。 各部材の見えについてアーチリブや桁以外の部材に関しては照明による効果があまり得られない。	橋梁全体の形態について2連アーチであるということは把握できるが、跳開部はほぼ把握することができないため、橋梁の輪郭についても正確に把握することは困難である。 各部材の見えについてアーチリブと桁以外の部材に関してはほとんど認識されない。	アーチリブに関しては照明による効果が高いため、輪郭は把握しやすいが、構造形式が比較的単純であるため、視距離による見えの変化は、他の2橋に比べ、乏しいといえる。
勝鬨橋	橋梁全体の形態について正確に把握することができるが、跳開部に関してはアーチリブ等と比べ、意識されにくい。 各部材の見えについてディテールやアーチリブに対するグラデーションなど照明による効果が極めて高い。	橋梁全体の形態についてある程度把握することができるが、内部構造や跳開部を正確に把握することは困難となる。 各部材の見えについてアーチリブや桁、また跳開部の橋台については照明による効果は高いが、跳開部の運転室に関しては照明による効果があまり得られない。	橋梁全体の形態について2連アーチであるということは把握できるが、跳開部はほぼ把握することができないため、橋梁の輪郭についても正確に把握することは困難である。 各部材の見えについてアーチリブと桁に関しては照明による効果が高いが、特に跳開部の運転室に関しては認識されにくい。	アーチリブや桁については照明による効果が高いといえるが、跳開部に関しては視距離によって照明による効果が変化するため、特に遠景においては橋梁の輪郭を正確に認識しづらいといえる。



## 5. 清洲橋・永代橋・勝鬨橋の各照明手法に関する考察

実験等から得たことを表-5のようにまとめることができる。全体を通して、特に輪郭（清洲橋のチェーンケープル、永代橋・勝鬨橋のアーチリブ）は実験2による有効距離の長さ、及び実験1から得られた視覚的效果の高さなどから照明による効果が特によく得られているといえる。また、これらに関しては光色による効果が高いと考えられるが輪郭を効果的に示すことによって橋梁の存在感をより強調する効果があると考えられる。

また、特に中景・遠景においては輪郭に関する照明に比べ、橋梁の他の部材に関する照明による効果があまり得られていないといえる。特に清洲橋や永代橋の支承や勝鬨橋の跳開部については実験2から遠景においても認識することができるにも関わらず、実験1の図-9からはそれらの部材等の出現率が低い結果となっており、特に支承などは提示時間に関係なく低い結果となっている。このように視覚的效果に着目すると複数の照明手法の組み合わせにより、各照明手法の効果が変化すると考えられる。また、街路照明に関しては特に実験1の結果から、視覚的效果に着目した場合にはそれほど影響はないと考えられる。街路照明は背景の光と融合した形で表現される場合が多く、背景の一部の光として認識されることが多いと考えられる。

## 6. 結論と今後の課題

本研究では、橋梁の夜景照明について、人がどのように光を知覚、認識していくのか検証し照明の視覚的效果について明らかにしてきた。また、それぞれの橋梁に施されている照明手法についてその効果の有効距離や照明による各部材の視距離による見えの変化についての検証を行ってきた。これらの実験から以下のことが得られた。

- ・照明による効果が得られる範囲にはそれぞれ有効距離があり、照明手法によって有効距離が大きく異なる。
- ・各部材のディテールの見えなど視距離により照明される部材の見え方が異なる。
- ・照明手法により視覚的效果の程度が異なる。
- ・複数の手法の組み合わせはお互い効果を相殺する。
- ・昼間の橋梁の見えと比較することによって照明による効果が得られている照明手法とそうでない照明手法をより明確にすることができた。
- ・橋梁の立地条件等を考慮した夜景照明における各照明手法の適用方法についても示すことができた。

また、本研究の今後の課題として、今回は一部の構造形式、照明手法に関するものであるため、この他にもさまざまな構造形式の橋梁や照明手法に関して同様の実験を行うことにより、照明による効果についてより一般的な傾向を明らかにできると考えられる。

## 参考文献

- 1) 狩野哲志, 窪田陽一, 深堀清隆: 都市河川に架かる歴史的橋梁の構造形態を配慮した夜景照明手法, 土木学会 景観・デザイン研究論文集, No. 1, pp. 173-184, 2006
- 2) 狩野哲志: 夜間景観における都市河川橋梁とその背景の相互作用, 埼玉大学 学位論文, 2007
- 3) 増山正明: ライトアップされた建築物における建築ファサードの見えの変化に関する研究 ((5) 照明計画) 照明学会 第34回全国大会講演論文集, pp. 147-148, 2001
- 4) 奥俊信: 瞬間視実験に基づく街路景観構成要素の分析 街路景観の視覚特性ならびに心理学効果に関する実験的研究 第1報, 建築学会 論文報告集, No. 321, pp. 117-124, 1982
- 5) 土木批評 第4回 ライトアップ 東京・隅田川橋梁群, 日経BP社 日経コンストラクション, 1995/9/22号, pp63~73, 1995
- 6) 東京都中央区教育委員会, 中央区文化財調査報告書 第5集 中央区の橋・橋詰広場—中央区近代橋梁調査—, 1998  
(2009. 4. 10 受付)

## A STUDY ON THE VISUAL EFFECTS OF BRIDGE ILLUMINATION

Saito TAKAHASHI, Kiyotaka FUKAHORI and Yoichi KUBOTA

Being dominant elements of nightscape, illuminated bridges across rivers have high landmark potential. This work aims to investigate the visual effects of different bridge illumination techniques, using sketches obtained from a Techistoscopic experiment. Illumination effects of different techniques and the visibility of different bridge members were studied at different distances. By repeating the experiment for daytime conditions, differences between day and night conditions were also elicited. For each lighting technique, behavior of appearance ratio of constituent members and visual effects were found out. Also, influence of distance on the the visibility of elements and the visual effects of lightening techniques were confirmed.