

橋梁の夜景照明の視覚的効果に関する研究

高橋 彩人¹・深堀 清隆²・窪田 陽一³

¹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)

²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)

³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、特に橋梁の夜景照明にの照明手法に着目し、その視覚的効果について、人がどのように知覚・認知していくのか瞬間提示実験により被験者のスケッチから検証を行った。さらに、実際の橋梁に施されている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その有効距離について検証を行った。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効果の有効性が異なり、また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ということが判明した。

キーワード: 夜景照明, 照明デザイン, 瞬間提示実験, 調整法

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¹⁾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²⁾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効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効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³⁾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に着目し、その有効距離について明らかにし、照明による視覚的効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¹⁾(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
昼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
構造形態を輪郭を縁取る
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

本研究の目的である橋梁の夜景照明について知覚・認知に着目し、人に及ぼす視覚的效果について明らかにするためには、瞬間提示実験が適当であると考えられる。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どのように形成されていくか、その過程を知るために用いられる実験である。そのため、本研究では夜景照明が施された橋梁の画像を瞬間的に提示することにより、照明による視覚的效果を判断するのに他の情緒的な要因などを排除できると考え、各々の照明による視覚的效果の相互関係を推測、また視距離の異なる刺激を用いることにより照明による視覚的效果の視距離による影響を被験者のスケッチから分析した（実験1）。

しかし、照明による効果には、感覚的な効果を狙ったものもあり、これらは瞬間提示実験のみでは明らかにすることができないと考えられる。また、視距離に着目した場合、照明による効果や照明による各部材の見えについても瞬間提示実験から明らかにすることは困難であると考えられる。そこで、本研究ではこれらの問題に対して、橋梁を約10m間隔に撮影した画像を用いて調整法により橋梁に施される様々な照明手法についての有効距離を分析した。

(2) 夜景照明の視覚的效果に関する評価実験（実験1）

a) 実験概要

実験1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については、大きく2回に分けて実験を行った。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。

また、実験1-1では橋梁数を多く設定したため、問題点として各橋梁に関してそれぞれ視点場数が十分確保できなかった。また最大提示時間を2000msecとしたが、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) 実験の実施

・実験1-1

被験者：埼玉大学学生27名（男性22名、女性5名）

・実験1-2

被験者：埼玉大学学生18名（男性15名、女性3名）

一部の被験者には、実験1-1、実験1-2ともに行ってもらった。

c) 実験方法

実験に関してはこれまでの既存研究⁴⁾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、及び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、さらに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た。また、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た。また、画像提示毎に、ただちにスケッチを行ってもらった。

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效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）につい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」などというように3から4段階に分類し、それらの分類を基に評価基準を設定し照明による光の効果についての分析を行った。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) 照明効果の有効距離に関する評価実験（実験2）

a) 実験概要

実験2では、調整法によって橋梁に施される様々な照明手法に関してその効果の有効距離を検証することを目的としている。また、実験1では情緒的な要因についてはできるだけ排除するようにしたが、実験2では十分な時間画像を見てもらうため、照明によって得られる感覚的な効果についても考慮した。

b) 実験の実施

被験者：埼玉大学学生25名（男性23名、女性2名）
一部の被験者には実験1と実験2ともに行ってもらった。

c) 実験方法

実験2では、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（カッコ内は実験で採用した視点場数（画像数）となっている）。

実験方法としては、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）、以上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。

質問ではそれぞれの照明効果や部材が上昇系列で提示される画像のどの画像まで視認できるかを答えてもらった。質問内容は大きく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）について、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に関する質問、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。

それぞれの質問について回答してもらう際には、その都度、最も視距離が短い画像から見てもらった。また、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、実験中も必要に応じて被験者の質問に対応するようにした。

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-1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。

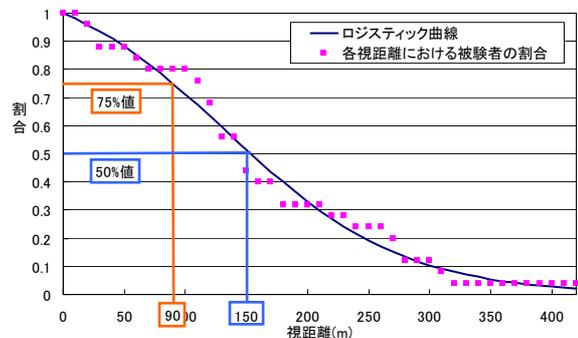


図-1 清洲橋の照明による奥行き感の視認性についてのロジスティック曲線

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

a) 実験結果について

実験結果については、図-5及び図-6に示したような結果が得られた。これらは横軸に視距離、縦軸に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は、橙色の部分が75%値、水色の部分が50%値となっている。また、透明になっている部分が50%未満の範囲で今回の実験で対象とした視距離の区間（撮影対象区間）を表している。

図-5は、橋梁の奥行き感に関して示した図であり、図-6は各照明手法別にその有効距離に関して示した図である。また、図-6の各照明手法に関しては既存研究や雑資料^{1) 5) 6)}より複数選定した。

b) 橋梁の奥行き感（立体感）について（図-5）

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。結果を比較すると清洲橋と勝鬨橋の75%値は約100mとなっている。一方、永代橋に関しては75%値が250mと他の橋梁に比べ、長くなっていることが分かる。奥行き感に関しては橋梁の構造形式によっても異なってくると考えられるが奥行き感に影響を及ぼすものとして、横構などの部材の見えや反対側の部材の見えが影響してくると考えられる。清洲橋に関しては、主塔に対する照明が、橋梁全体としての奥行き感に影響を及ぼしていると考えられる。しかし、チェーンケーブルなどは橋梁の外側にのみ照明が施されているため、片側のチェーンケーブルについてはほとんど認識することができないためより奥行き感が失われていると考えられる。現在の夜景照明では橋梁の側面を照明することに集中しているが、ここでの奥行き感などを照明の効果によって得るためには、橋梁の内部の横構や各部材について橋梁の内側を照明することによってより奥行き感が得られると考えられる。また、奥行き感に関しては照明による効果の他に物理的な要因として視線入射角が影響するものと考えられる。特に、永代橋では他の橋梁に比べて同じ視距離における視線入射角が浅いため、より奥行き感が捉えられやすいと考えられる。また、勝鬨橋に関しては、他の橋梁に比べ、橋長が長いこと、全体的に奥行きに比べ水平成分が強調されているため、奥行き感については短くなっていると考えられる。

c) アーチリブをライン照明で照射する (図-3, 図-4, 図-6)

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と考えられる。現地調査等からこの照明手法については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も得られると考えられるため、これについても質問事項に記載した。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る。また両橋梁を比較すると、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。また、永代橋に関してはアーチリブの強調に関してもすべての被験者が940mまで感じられると答えているが、勝鬨橋に関しては75%値が470mとなっている。これらの差については、いくつかの要因が考えられる。まずは、光源のW数の違いが考えられる。永代橋ではFLR (ラピッドスタート型蛍光灯) の40W、勝鬨橋ではFLRの20W若しくは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 (図-3)、勝鬨橋では緑色 (図-4) が使用されているが、これについても明らかに青色の方が明るいと感じられている。さらに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、これらが要因として挙げられる。

d) イルミネーションで構造形態を縁取る (図-2, 図-3, 図-4, 図-6)

イルミネーションによる照明手法の場合、他の照明手法と異なり、光源を直接見せる形式であり、また連続して配置されているため、認識される距離は長くなる傾向にあると考えられる。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。また、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傾向にあることが分かった。これについては、曲線という特徴的な形状により、より強調されているように感じられると考えられる。また、清洲橋に関しては、光色にピンク色が使用されており、より背景とのコントラストが強くなっていると考えられる。永代橋と勝鬨橋に関しては、ともに桁の水平成分を強調しているが実験結果からは有効距離がほぼ同程度であった。また、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うことがいえる。また、永代橋の光色は白色、勝鬨橋の光色は青色であるが光色の違いによる有効距離の差については実験結果からは得られなかった。

e) 昼間影となっている部分を照射する (支承) (図-2, 図-3, 図-6)

支承など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る。ここで取り上げているように清洲橋や永代橋の支承に関しては昼間は完全に桁の影になっているが、照明を施すことにより、単に明るくなるだけでなく、ディテールに影ができることによって強調され、より支承の存在感を高めていると考えられる。この実験では、支承の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ついては50%値はともに100m付近であった。また、75%値に関しては若干清洲橋の方が長いという傾向が見られた。支承の見えについては、50%値に関しては清洲橋が350m、永代橋が500mと永代橋の方が長いという結果になった。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に有効距離にかなりの差が見られた。この差から、ディテールはそれほど広範囲では確認することができないが支承の見えについては照明による効果が特に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-6)

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ということが判明した。そのため、桁裏を照射することによって得られる効果は極めて短いといえる。

g) 桁をライン照明で照射する (図-2, 図-6)

清洲橋では、桁の水平成分の強調に関しては、他の永代橋や勝鬨橋など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することによって、その反射する光をみせる方法が採られている (図-2)。実験結果から、イルミネーションによる照明手法の方がその効果がより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、照明による効果が得られにくいということも考えられる。桁のディテールに関しては、50%値でおおよそ100mであり、水平成分の強調に比べてもさらに低い結果となった。桁のディテールに関しては、桁裏側の構造の見えなどについて質問を行った。また、ライン照明による桁の見えについても今回実験で設定した全範囲においては得られておらず、清洲橋におけるライン照明による効果はそれほど高いとはいえない。

h) 主塔を照射する (図-2, 図-6)

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。実験の結果から主塔をゲートのように見せるという効果に関しては50%値で180mという結果となり、横材の見えの250m (50%値) に比べ短かった。これより、横材が認識できたとしても必ずしもゲートのように感じられるわけではないということがいえる。また、横材のディテールに関しては、50%値で100mとそれほど長くないということも分かった。これらより、横材に対する照明は、広範囲に渡って照明による効果が得られるわけではなく、横材の見えとゲートのように見せる効果には直接的な関係がないといえる。



図-2 清洲橋における夜景照明



図-3 永代橋における夜景照明

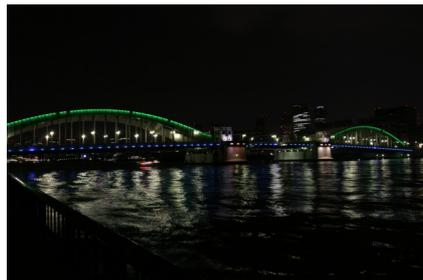


図-4 勝鬨橋における夜景照明

i) 運転室、橋台を照射する (図-4, 図-6)

勝鬨橋は、他の橋梁にはない特徴として、跳開部が挙げられる。その跳開部の両脇には、運転室や橋台があり、これらが照明されることにより、跳開部の存在感を増している。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。実験の結果、運転室のディテールの見えに関しては、50%値については280mであった。また、運転室の見えに関しては、50%値が500mであり、今回設定した全範囲でその効果が得られたわけではなかった。一方、橋台に関してはその見えに関しては全範囲で照明による効果が得られていることが分かる。これらの差としてもっとも考えられることとしては照明により照射される面の大きさの違いが考えられる。また、特に運転室に関しては、遠景においては背景の影響も考えられ、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-6)

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。そのため、ここではリベットの見えについても質問を行った。ここでは、清洲橋であれば主塔、永代橋、勝鬨橋に関してはアーチリブのリベットについて回答してもらった。その結果、3橋ともに50%値に関しては約100mとほぼ同様の結果となり、照明手法や光色、光源の種類による大きな変化は見られなかった。

(2) 夜景照明の視覚的効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

実験結果については、図-7に示したような結果が得られた。ここでは橋梁の各部材の出現率に着目した。また、視点場として代表的な地点として、近景、中景、遠景とし、ここでは2回の実験が比較できるように実験1-1と実験1-2ともに対象とした清洲橋、永代橋、勝鬨橋について取り上げた。それぞれの図に関しては横軸に画像の提示時間、縦軸に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

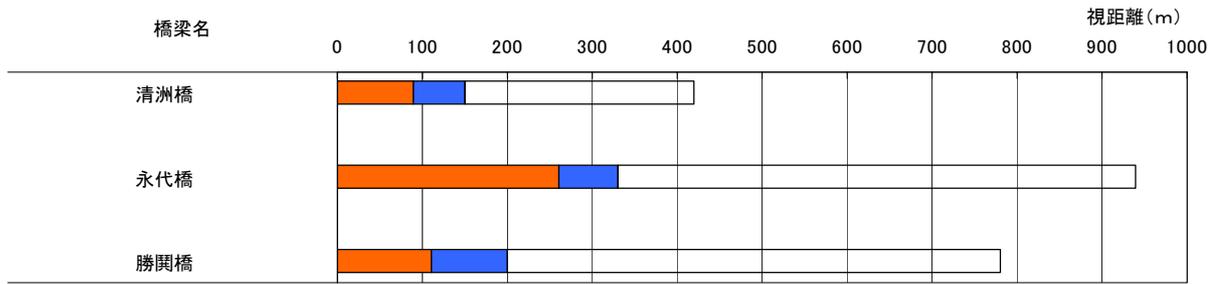


図-5 橋梁の奥行き感について

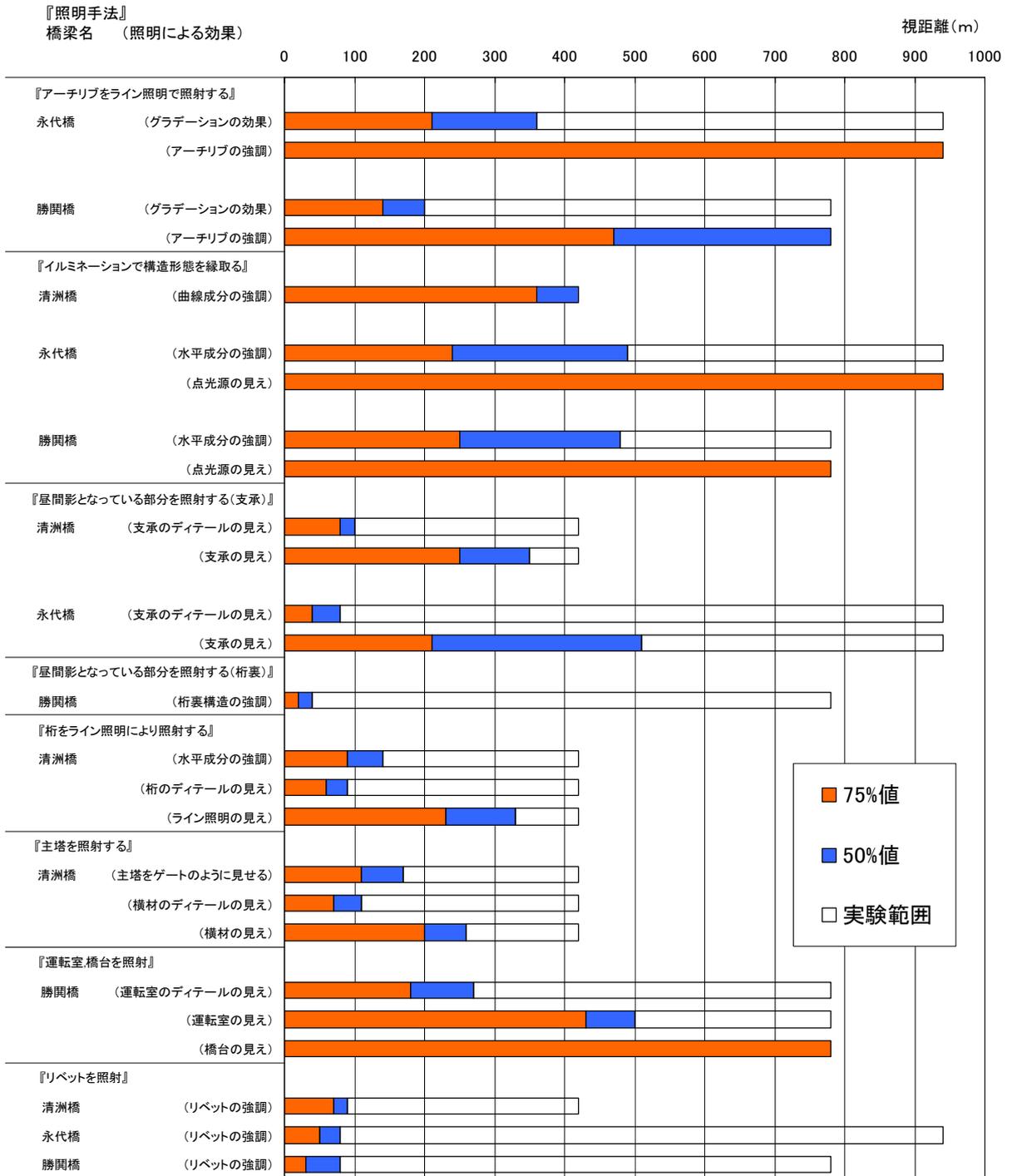


図-6 各照明手法の有効距離

表-4 出現率の傾向について

傾向Ⅰ	提示時間に関係なく、極めて高い出現率となるような傾向を示すもの
傾向Ⅱ	提示時間が長くなるにつれ、出現率が特になくなるような傾向を示すもの
傾向Ⅲ	提示時間による出現率の大きな変化なく、出現率が40%から80%の間を推移するような傾向を示すもの
傾向Ⅳ	提示時間に関係なく、出現率が20%から40%の間を推移するような傾向を示すもの
傾向Ⅴ	提示時間が短い時には出現率は極めて低い提示時間の増加とともに出現率が特になくなるような傾向を示すもの
傾向Ⅵ	出現率が5000msecになると出現率が高くなるような傾向を示すもの
傾向Ⅶ	提示時間に関係なく、極めて低い出現率となるような傾向を示すもの
傾向Ⅷ	提示時間の増加に伴い、出現率が低下する傾向を示すもの

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

各部材の出現率が提示時間とともにどのように変化するかに関しては、図-4の実験結果から表-4に示したように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-7)

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、この他に街路照明についても要素して扱った。

実験結果から、近景においては部材の出現の仕方により大きく5つの傾向(Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ, Ⅵ, Ⅶ)に分けられた。傾向Ⅰに関してはチェーンケーブルが当てはまる。傾向Ⅱに関しては、主塔が挙げられる。傾向Ⅲとしては、桁が挙げられる。さらに傾向Ⅵとしては、ここでは街路照明が挙げられる。また、傾向Ⅶとしては、ハンガーや支承が挙げられる。

中景、遠景に関しては、近景の場合ほど提示時間による出現率の明確な変化は見られなかったが、各部材ごとに出現率にばらつきが見られた。チェーンケーブル・ハンガー・支承については中景・遠景ともに近景と同様の傾向を示している。桁については提示時間の増加とともに出現率が低下する傾向Ⅷとなった。また、出現率が20%から40%の間を推移する傾向Ⅳとして、主塔が挙げられる。また、主塔は遠景においては傾向Ⅶを示した。また街路照明については、中景・遠景では、傾向Ⅶに属すると考えられる。

これらの傾向から特に傾向Ⅰのチェーンケーブルに関しては他の部材に比べ、視覚的効果が極めて高いということがいえる。主塔に関しては視距離によって異なった傾向をしており、視距離によって視覚的効果が異なるということが分かる。また、傾向Ⅶに属するハンガーに関しては照明が施されていないため出現率は低くなると考えられるが、支承に関しては照明が施されているのにも関わらず極めて低い結果となっている。この原因としてチェーンケーブルなどの視覚的効果が高いものに意識がいくために支承まで把握できないということが考えられ、支承に関しては視覚的効果が低いといえる。さらに、清洲橋の場合、支承が主塔の一部として表現されていると

考えられる。また、桁についてはスケッチする上で見極めるのが特に困難であった。今回はスケッチを分析するに当たり、判断しづらいものについてはなるべく要素とみなさないようにしたが、特に清洲橋の桁に関しては困難であった。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、支承に関しては、近景の時と同様に中景・遠景においても出現率が低くなっている。また、街路照明については、近景においてはある程度、視覚的効果があるといえるが中景・遠景については傾向Ⅶに属し、視覚的効果は低いと考えられる。

d) 永代橋における各部材の出現率について (図-7)

永代橋に関しては、要素(部材)としてアーチリブ、垂直材、横構、桁、橋脚(支承)に着目し、この他に街路照明についても要素して扱った。

実験結果から、部材の出現の仕方にいくつかの傾向が見られた。ここでは、傾向Ⅰとしてアーチリブが挙げられる。アーチリブに関しては視距離によらず傾向Ⅰを示し視覚的効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、近景においては傾向Ⅰ、中景においては傾向Ⅳ、遠景においては傾向Ⅷに属している。これらから、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。桁に関しては、傾向Ⅲを示しており、清洲橋における桁と同様の傾向を示している。横構は、傾向Ⅵを示しており、提示時間の増加とともに認識されている。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と考えられるが、ある程度の視覚的効果が得られていると考えられる。また、横構に関しては、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。支承・街路照明に関しては、傾向Ⅶを示した。特に支承に関しては清洲橋と同様の傾向Ⅶを示しており、視覚的効果は極めて低いといえる、この原因として、清洲橋と同様に他の部材(ここではアーチリブ)の視覚的効果の影響が考えられる。

e) 勝鬨橋における各部材の出現率について (図-7)

勝鬨橋に関しては、要素(部材)としてアーチリブ、垂直材、横構、桁、橋脚(支承)、運転室、橋台に着目し、この他に街路照明についても要素して扱った。

勝鬨橋では、アーチリブと桁が近景・中景においては傾向Ⅰを示し、遠景においては傾向Ⅱを示した。これらより、アーチリブ、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っているため、視覚的効果が高いといえる傾向Ⅱを示した原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。垂直材に関しては傾向Ⅳを示しているが、永代橋に比べ出現率が低くなっている。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。横構は、永代橋と同様に傾向VIを示しているが出現率は若干低いといえる。勝鬨橋においても横構は直接照明されておらず、街路照明が間接的に当たっていると考えられるが垂直材に対する照明は施されていないため、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。ここで、近景における運転室、橋台については唯一傾向Vが挙げられる。

また、運転室、橋台は中景においては5000msecにおいて出現率が挙がる傾向VIを示し、遠景においては傾向VIIを示しており、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。

また、勝鬨橋に関しては、中景・遠景で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高いと考えられる。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。

(3) 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

実験結果については、図-11に示したような結果が得られた。ここでも、図-7と同じように視点場として近景、中景・遠景とし、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-11)

ここでは、チェーンケーブルが曲線として表現されているかという点に着目した。その結果、スケッチの表現方法から大きく3つに分類した。1つ目は照明により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ケースである。2つ目はチェーンケーブルが曲線としてではなく直線として表現されているケースであり。3つ目

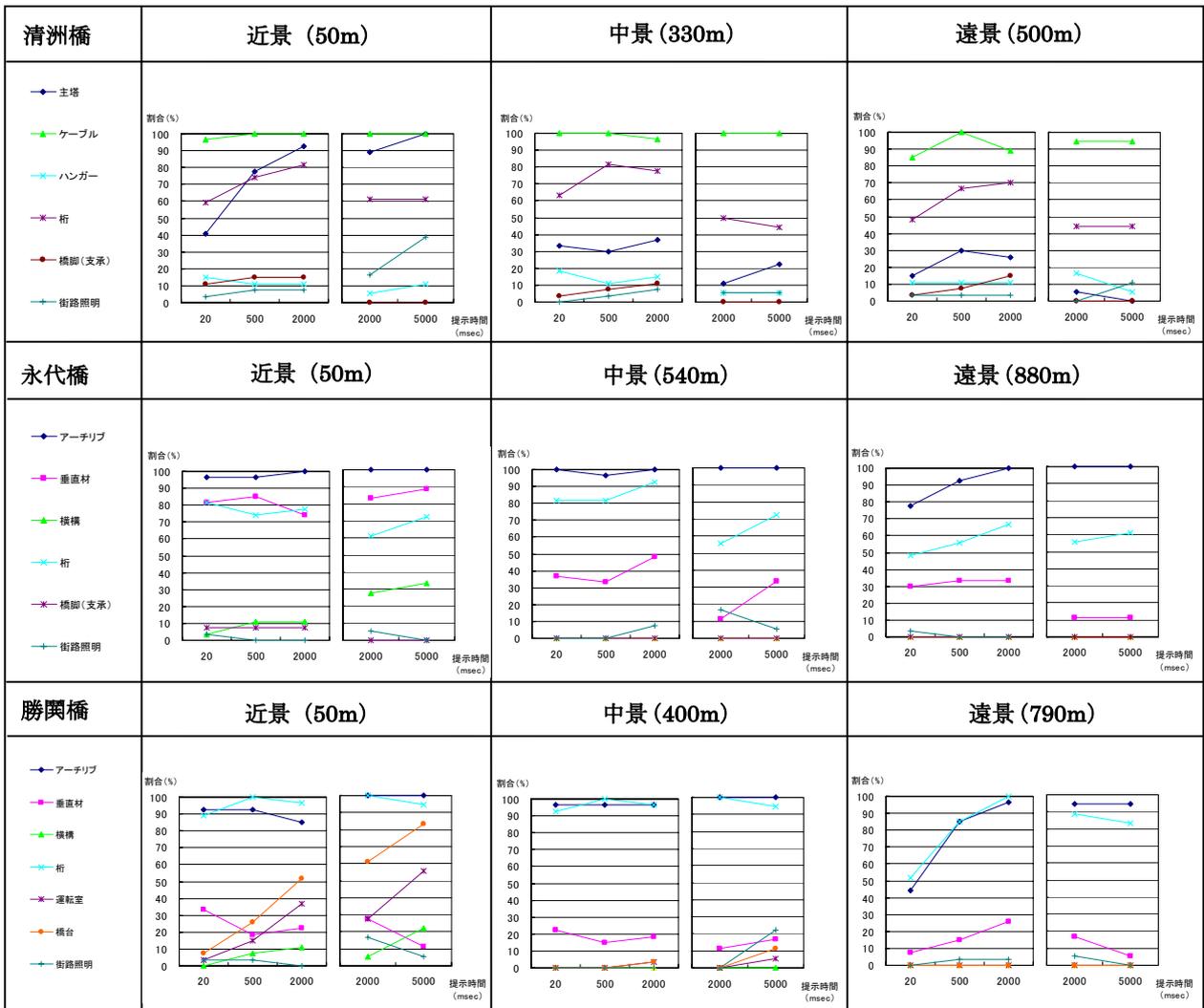


図-7 各橋梁の部材の出現率について

としてまったく表現されていないケースである。このように曲線と直線の違い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は視覚的効果として高い効果が得られているということがいえる。また、視覚的効果が得られている要因として光色が考えられ、チェーンケーブルのピンク色については周囲の背景とのコントラストを確保するという意味では、より高い効果を生んでいると考えられる。

さらに、チェーンケーブルに対する照明が点光源を連続的に配置したものとなっているため、イルミネーションの表現方法として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。これは、特に近景においては提示時間の増加に伴い、点線から線として表現される傾向が見られた。また、特に視距離に関しては、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、これらより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ことが分かった。

c) 主塔を照射する（清洲橋）（図-11）

清洲橋の主塔に関しては、実験結果から特に横材の表現についても注目した。その結果、スケッチの表現方法から大きく3つに分類した。1つ目は横材を含んで主塔が表現されているケース、2つ目は主塔は表現されているが横材までは表現されていないケース、3つ目としてまったく表現されていないケースである。横材に関しては、近景についてのみ認識することができるため、中景、遠景に関してはまったく表現されていないという結果となった。近景においては実験結果から、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っていることが分かる。特に、提示時間の増加とともに、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、遠景になると主塔は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、清洲橋の輪郭であるチェーンケーブルの視覚的効果が高いために、橋梁の内部部材まで意識がいかず、認識されにくいということが考えられる。

d) アーチリブを照射する（永代橋）（図-11）

永代橋のアーチリブに関しては、スケッチの表現方法から大きく3つに分類することができた。1つ目はアーチ

リブが図として表現されているケースである（図-8）。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いといえる。2つ目はアーチリブが線として表現されているケースである（図-9）。これに関しては、アーチリブは認識されているがそれほど視覚的効果は高くないといえる。3つ目としてまったく表現されていないケースである。

実験結果から、近景においては特に強調して表現されていることが分かる。また、アーチリブを図として表現している中にも、さらに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-8）も見られた。

また、中景、遠景になるにつれ、線として表現されるケースが増える傾向が見られるが、提示時間の増加に伴い、図として表現される割合が増えており、提示時間が増加とともにアーチリブをより注視する傾向がみられた。

e) 垂直材を照射する（永代橋）（図-11）

永代橋の垂直材に関しては、スケッチの表現方法から大きく3つに分類した。1つ目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というケース（図-8）、2つ目は垂直材は表現されているが連続的ではなく、垂直材の垂直成分やその存在が正確に認識できているとは言えないと言えないケース、3つ目としてまったく表現されていないケースである。

実験結果から、視距離によってその表現方法が異なっていることが分かった。近景においては、垂直材は連続的に表現されており、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つ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、先に述べたようにアーチリブの視覚的効果の影響や背景の影響が考えられる。特に垂直材の場合、背景の光の影響により、部材が煩雑に見える場合がある。また、この部材の煩雑さについては視線入射角の影響も考えられる。

また、図-7の永代橋と勝鬨橋の垂直材の出現率について比較すると永代橋の方が明らかに高くなっていることが分かる。特に近景においては、5000msecに着目すると永代橋が90%近くになっている一方、勝鬨橋に関しては10%と極めて低い数値となっていることが分かる。これらからも、垂直材を照明することにより視覚的効果が得られているということがいえる。

f) 跳開部（運転室・橋台・可動部の桁）を照明する（勝鬨橋）（図-11）

跳開部については勝鬨橋の特徴であるといえ、運転室・橋台の照射と、跳開部（可動部）の桁のイルミネーションによる照明が施されている。そこでスケッチから跳開

部の表現方法に着目し、実験の結果から3つに分類した。1つ目は運転室や橋台といったオブジェクトの再現性や跳開部の桁が表現されているケース（図-10），2つ目は運転室や橋台などは表現されていないが跳開部のの桁は表現されているケース，3つ目はまったく表現されていないケースである。

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わかった。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わかった。また、遠景になると跳開部の再現性はさきわべて低くなっていることがわかった。これらについては背景の影響が考えられる。遠景になると跳開部がちょうど背景のビル群と重なって見えるため、跳開部が背景に埋没して見られると考えられる。

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、以下のようなことがいえると考えられる。まず橋梁の夜景照明においては橋梁の立地条件や背景構図などを考慮する必要がある。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様々な存在していた。特に隅田川の橋梁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場合と、神田川の柳橋や亀島川の南高橋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）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。特に実験1の結果から、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神田川や柳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。一方、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についてや視距離によってその見え方が変化するような照明について

は隅田川の橋梁に適用すると効果的であると考えられる。また、この他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。橋梁の夜景照明において、主に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。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るからである。このように実験1から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の仕方を示すことができる。

(4) 実験結果のまとめ

本研究では、夜景照明の視覚的效果に着目した実験（実験1）と各照明手法の有効距離に関する実験（実験2）を行ってきた。

各照明手法の有効距離に関しては実験結果より、照明手法によって大きくその有効距離が異なり、また、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。特にこれらの実験結果は、今後橋梁に照明を施す際にその有効範囲をみるのに参考になると考えられる。

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、認識の仕方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あるのか明らかにすることができた。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るが、そうでな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と思われる。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。また、実験1から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。

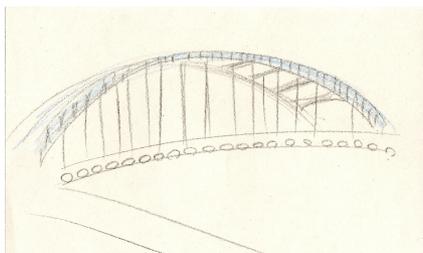


図-8 スケッチ例1

（永代橋：近景、提示時間：5000msec）



図-9 スケッチ例2

（永代橋：中景、提示時間：500msec）

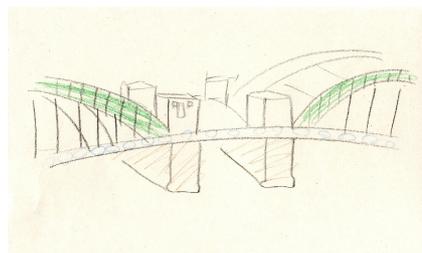


図-10 スケッチ例3

（勝鬨橋：近景、提示時間：5000msec）

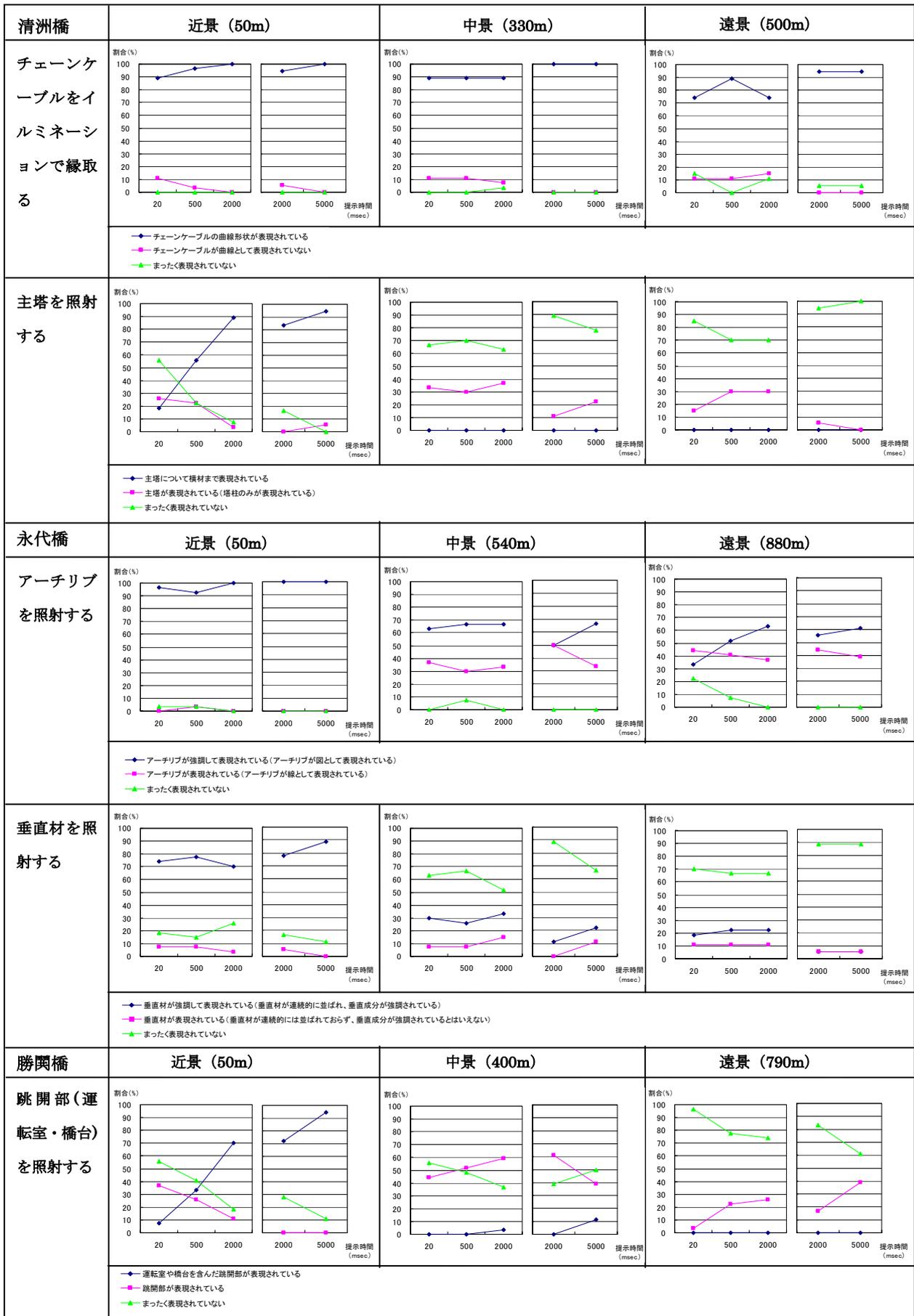


図-11 各照明手法の視覚的効果について

表-5 各橋梁の夜景照明の特徴についてのまとめ

橋梁名	近景	中景	遠景	全体
清洲橋	<ul style="list-style-type: none"> 近景においては、特に各部材についてディテールの見えまでが対象となり、照明による効果が得られる。 視覚的效果は特にチェーンケーブル・主塔・桁が高く、橋梁全体の形態を正確に把握しやすいと考えられる。 	<ul style="list-style-type: none"> 中景においては、部材のディテールについてはほぼ確認できない。また、主塔や桁についての照明による効果はこの範囲まで得られる。 視覚的效果としてはチェーンケーブルや桁に対する照明は高いが主塔に関してそれほど高いとはいえない。 	<ul style="list-style-type: none"> 各部材に対する照明による効果についてはあまり期待できないが照明による各部材の見えについては桁をのぞいて有効であるといえる。 視覚的效果としてはチェーンケーブルのみが高いといえる。 	<ul style="list-style-type: none"> 清洲橋は、チェーンケーブルのように視覚的效果が高い要素があるために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及び視覚的效果が異なるため、各視距離で様々にみることができると考えられる。
永代橋	<ul style="list-style-type: none"> 近景においては、特に各部材のディテールの見えやアーチリブに対するグラデーションなど光の効果まで対象となり、照明による効果が得られる。 視覚的效果は、アーチリブ、垂直材が特に高く桁や支承にはそれほど意識は行かないといえる。 	<ul style="list-style-type: none"> 部材のディテールについてはほぼ確認できないが、アーチリブや桁に対する照明による効果については十分得られる。 視覚的效果としてアーチリブや桁に関しては依然として高いが垂直材は低下し、橋梁の内部構造の把握が困難となっている。 	<ul style="list-style-type: none"> アーチリブの強調や水平成分の強調などの照明による効果は遠景に在りても十分得られる。 視覚的效果としてはアーチリブに関しては高いが垂直材、桁に関しては低下している。 	<ul style="list-style-type: none"> 永代橋に関してもアーチリブの視覚的效果が高いため、輪郭は把握しやすいと考が、単純な構造をしているため、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	<ul style="list-style-type: none"> 近景においては、特に各部材のディテールの見えまで対象となり、照明による効果が得られる。 視覚的效果は、アーチリブ、桁が特に高いといえるが跳開部の運転室や橋台については提示時間の増加とともに高くなっている。 	<ul style="list-style-type: none"> 各部材の照明による効果の多くは中景まで得られる。 視覚的效果として2極化し、アーチリブや桁に関しては依然として高いといえる。 	<ul style="list-style-type: none"> 照明による効果はあまり得られないが、アーチリブ、桁、橋台などの見えに関しては照明により得られる。 視覚的效果としてはアーチリブや桁に関しては高いといえるが他の部材は極めて低いといえる。 	<ul style="list-style-type: none"> 勝鬨橋についてもアーチリブや桁などは視覚的效果も高く、輪郭は把握しやすいといえ、またその他の要素により、照明による効果の有効距離が異なるため、視距離によって様々に鑑賞できると考えられる。

5. 清洲橋・永代橋・勝鬨橋の各照明手法に関する考察

これまで得えられてきたことから表-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ブル、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の視覚的效果が高いため、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（運転室、橋台）などは実験2からは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-4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一見効果的な照明手法も他の照明との組み合わせにより、効果の程度が変化していると考えられる。また、街路照明に関しては特に実験1の結果から、多くの場合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。
- ・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は昼間における橋梁の見えとの比較については検証の必要性が挙げられる。昼間における実験と今回の実験結果を比較するにより、照明による効果をより明確に知ることができると考えられる。また、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することができると考えられる。

参考文献

- 1) 狩野哲志：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一, 1998