

# 「錦影絵」演技向上のための木製幻燈機「風呂」の操作性改良の研究

～復元風呂に最適な光源と電源を求めて～

## 池田光恵・中川修明

### はじめに

日本のアニメーションのルーツとも云われる江戸時代の幻燈機芸能「錦影絵（江戸では『写し絵』）」は、明和年間（1764～72）に日本に伝わったとされる西洋の金属幻燈機（トールランターレン＝オランダ語で悪魔のランタンの意味）を、軽くて熱に強い桐の木製幻燈機「風呂」に替えることで、幻燈師が抱え自由に動いて映すことを可能にした。レンズ前のシャッター幕と手の操作、レンズの繰り出し調整や映写距離の変化、複数の木製幻燈機（以下、「風呂」と呼ぶ）の映像を重ねて映すことで映写方法を工夫し、「風呂」の動きにスライド板「種板」の仕掛けが加わり、鳴り物や口上に合わせて、手漉き和紙を横繋ぎにしたワイドスクリーンの裏側から、物語世界を映し出していた。当時の染色や染め付けの技術は、種板のガラス板（ビードロ）の絵に生かされ、鮮やかな色彩の動く映像として人々を魅了し、日本独自の映像文化を築いていったのである。一時は常設小屋ができるほど人気があった「錦影絵」ではあるが、映画が普及するにつれ、昭和の初め頃には廃れてしまった。

「錦影絵」の当時の光源は、燈明（燈明皿に菜種油と燈芯を入れたものか、木蠟）、明治以降は石油ランプ、電球が手に入ると白熱電球に変化していった。人々の心を捉えた映像は、どんな光質で投影され映し出されていたのか、白熱電球以外は、今まで文献の文字記述だけで想像するしかなかった。今回、前述の光源に、ハロゲンランプ、LEDを加え、復元した「風呂」（2005年製作）を本体とした光源実験を行い、併せて石油ランプの金属幻燈機（日本、ドイツ、フランス製）も加え、光源の違いで画像がどのように見えるかを光源実験

を通して計測し、記録を行った。

日本の幻燈機芸能の大きな特徴のひとつは、人が「風呂」を手を持って、自由に動かす操作性と表現が結びついていることである。しかし、当時の光源事情では炎の管理は不可欠であり、幻燈師の技倆に依存していたのであろう。光源が電球に替わることで、そうした技術は必要ではなくなったが、電源ケーブルが「風呂」の動きを制約することになった。かつての「江戸写し絵」名人、玉川文楽が電球を使わず燈明や石油ランプに拘り演じていたのは、光源による光の質の違いからだとする見方が大勢であるが、電源ケーブルによる操作上の制約もかなり大きな理由ではなかったかと考える。実際、動きと多層空間の表現を必要とする数台の「風呂」による上演では、幻燈師の操作の妨げになり動きを煩雑にする。電源ケーブルを必要としない「風呂」の製作は、表現の可能性を広げることに繋がると同時に、本体と光源部が一体であった当時の「風呂」の上演形態に近づくことにもなると考える。

### 1. 「風呂」の光源

江戸時代の光源は、木蠟と燈芯を燈明皿やタンコロに入れた菜種油に浸した燈明である。例を挙げると、松江郷土館の風呂（嘉永年間1848～54）は燈明皿、姫路歴史博物館のものはタンコロ、大阪府立大型児童館ビッグバンではタンコロと蠟燭が残っている。現存する江戸時代の「錦影絵」や「写し絵」の「風呂」にはその痕跡があり、そのいずれかを風呂光源としたのであろう。

タンコロは、50mm前後の椀型陶器製で、中心に燈芯を入れる円筒型の突起がある。せいぜい1〜3本の燈芯しか入れられない。燈明皿は直径100mm前後の皿で、素焼きや陶磁器製、鉄製のものもあったようだ。菜種油に浸した燈芯の先を口縁から外に出し、その部分に火を点す。燈芯押さえを押しながら燈芯をずらすことで、先端の長さを加減して炎の大きさを調整する。押さえには松江郷土館の寛永通宝のような銭や、鉄や陶製のもの、石も使ったであろう。菜種は食用として古くからあったが、植物油として栽培されるのは江戸期のことであり、錦影絵が盛んになる江戸後期は、搾油技術が発達し、幕府の後押しもあって燈火の燃料として一般的になっていた。

木蠟の芯や燈明に使う燈芯は、燈芯草（イグサ科）の茎の髓の部分、細くて柔らかなスポンジ状のものを「燈芯引き」と云う伝統的な作業で取り出したものを使う。畳表用のイグサより太くて短く、原種に近い。需要が激減した現在では、この作業を行うところは限られているが、茶道（冬の夜間に行う夜噺の茶事、短檠に長燈芯と油注ぎをセットする）や墨の採煤（菜種油に浸した燈芯を採煙器に入れ、不完全燃焼させてできる煤を採る）、寺の行事などで今でも使われている。

木蠟は、この燈芯を、和紙を巻いた木や竹の串に巻きつけ、その上から真綿をかけたものを芯にして、ハゼノキ（ウルシ科の高木）の実から取ったハゼ蠟を手作業で、直接何回も塗りつけたものである。非常に粘りが強く、淡い緑色である。木蠟の断面が年輪のようにになっているのはこの作業の跡であり、串を抜いた後の中空が太いのでたえず空気を取り入れるため炎が揺れ、煤は出にくい、燃焼が進んでも芯が残ったりする。当時は、蠟燭用の蠟をハゼノキ以外のウルシやハクウンボクなどの木からも採取したようだが、今は途絶えてしまっている。

蠟燭は、奈良時代仏教伝来とともに伝わり、はじめは蜜蠟燭だったようだが、戦国時代の終わり頃には国産の蠟燭が登場したという。蠟燭が一般に普及するのは江戸に入ってからであり、木蠟の生産が奨励され広まったようだ。しかし高価であったため武士や裕福な町人、特別な時にのみ使用さ

れ、庶民の灯りはもっぱら燈芯を菜種油に浸した燈明であったようだ。興行用の風呂光源としてより明るくするためであろうか、本数を増やし、6〜10本の燈芯を使ったようだ。歌川国芳の団扇絵（天保3年1832）に、だるまが手足を出して飛びはねている写し絵見物絵がある。時代的に燈明皿の光源であろう。推測ではあるが、和紙スクリーンの大きさは縦幅三尺くらい、横幅は一間半弱といったところか。国芳の表現の誇張も否定できないが、この横長スクリーンに燈明の光で色鮮やかな絵を映しだしていたことになる。

現存する「風呂」で、石油ランプを光源にするように改造されたものが残っている。文久年間（1861〜1864）製作と伝えられる玉川文楽使用風呂は、その代表的なものであろう。

日本に石油ランプが入ってきたのは、1860年前後というのが通説であるが、燈明より10倍以上も明るく、当時の燈油価格が菜種油の半値ということで、一般家庭に急速に普及していったようだ。そうした背景が風呂光源を石油ランプに替えさせたのであろう。

後に、その石油ランプとは比較にならぬほど明るく安定した白熱電球が風呂光源として使われる。それは1890年（明治23）、藤岡市助が東芝の前身「白熱舎」で日本初の白熱電球を完成させ、さらに外国製とほぼ同等の質まで向上させ販売し始めた、1897年（明治30）大阪での映画初上演以降のことである。

1897年（明治30）から大阪御霊神社境内で興行を始めた「錦影絵」の常設小屋、尾野席のスクリーンは、縦一間横二、三間であったという。このスクリーンの広さと白熱電球の普及とは決して無縁ではない。

白熱電球は、蠟燭や燈明ほど赤みは強くなく、演色性に優れて明るい。風呂光源だけでなく一般的な電球としてその後長い間、広く活躍したのである。しかし、地球温暖化防止と環境保護対策としてCO<sub>2</sub>の削減が求められるようになった現在、フィラメントを白熱させて発光する仕組みの白熱電球は、消費電力の殆どを熱に変えてしまうため、光となるのはそのうちの約10%程度、ガラス球の外側もかなり熱くなり発光効率が悪い上、蛍光灯やLEDに比べて寿命が短いと

いう理由で、世界的規模で生産を中止する動きが進んでいる。日本でも2008年に経済産業省が「白熱電球製造販売中止計画」を発表し、白熱電球より消費電力の少ない蛍光灯やLED等に置き換えるよう指針をだした。それを受け、120年間製造を続けてきた東芝(東芝ライテック社)は2010年3月に白熱電球の製造をやめ、他社も2012年までには製造しなくなるという。同じフィラメント類のハロゲンランプ等、すぐに代替えが難しい特殊ランプは継続して生産が行われる予定ではあるが、「錦影絵」をひとつの映像表現メディアとして捉え、その復元と上演活動を行う者にとって厳しい現実である。しかし、本来「錦影絵」は時代の光源を取り入れて展開してきたのであり、新しい光源を模索し、それに合った「風呂」に改良することは当然の成り行きであり、光源のLED化という方向性も見えてくる。当面は蓄電池でも運用できる、入手可能なハロゲンランプを代替え光源として改良を進め、現在使用している白熱電球の色や明るさを基準に、LEDに移行することを模索した。

1779年(安永8)の手品の書『天狗通』に幻燈機に関する我が国最初の記述がある。大坂難波新地で1790年(寛政2)に登場した影絵眼鏡の見世物「彩色かけ絵阿蘭陀細工(『撰陽奇観』)」が当たりしたとされ、また1796年(寛政8)には『新版当世役者浮世絵芸者風流見立競』に「中村金藏道成寺の所作事のごくさいしきのおもかげゑのしほらしい娘すがた長崎かけゑ」と宣伝された。当時の光源は、蠟燭か菜種油の燈明である。これまでの「錦影絵」や「写し絵」の様子を語る記述には、必ずといっていいくらい「色鮮やかな」といった類いの表現がなされている。こうしたことも踏まえ、「錦影絵」の光の特徴を損なわず改良を行うには、光源の質を、今日まで検証されることのなかった具体的客観的な数字で把握する必要があり、改めて日本の幻燈機芸能に登場する光源から、ハロゲン、LEDを含めた光源測定実験を行うことにした。

## 2. 光源測定実験

### 2-1. 測定方法

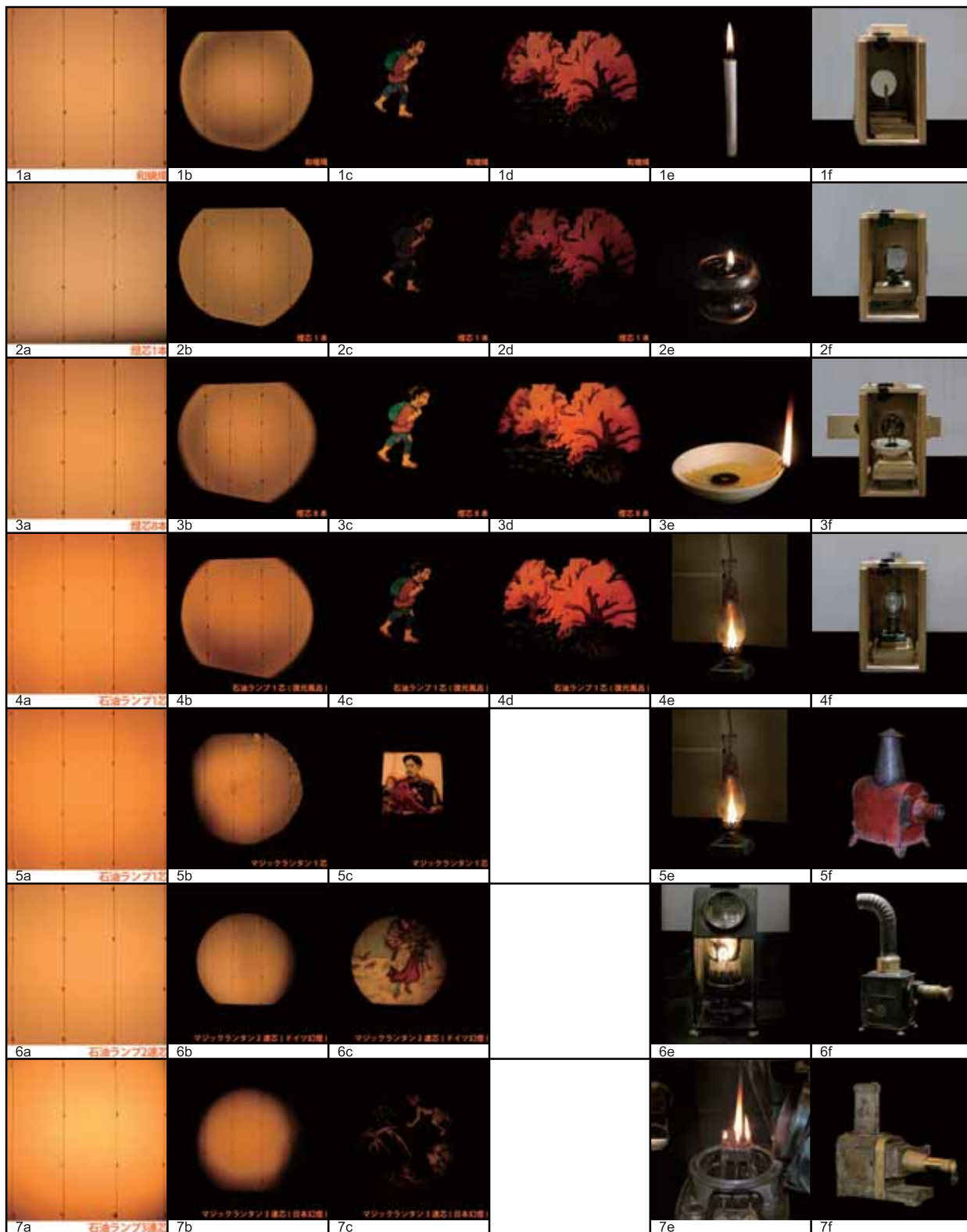
光源測定実験するにあたり対象とした風呂光源は、江戸時代のものとして、木蠟(越前和蠟燭2号)、タンコロ(1芯・3芯)、燈明皿(6芯・8芯・10芯)を、それぞれ燈芯(燈芯草の髓)と菜種油で行った。明治以降から現代の光源としては、石油ランプ(1芯)、白熱電球(100W 透明球)、ハロゲンランプ(12V35W 反射板付)とLED3種(後述)、を使用した。

実験方法は、各種光源単体と、復元風呂に搭載したものを映写スクリーンに照射し、各測定内容に沿って計測、併せて「種板」を挿入して光源の違いを実際に映写した絵の状態を確認し、写真記録した。また同様の実験を、金属幻燈機と石油ランプ(1芯~3連芯)でも行った。金属幻燈機に関しては、種板挿入口の大きさの違いから、各「風呂」で映写した種板は使わず、それぞれの専用種板を使用した。尚、石油ランプとあるが、燃料は燈油を使った。測定内容は、a) 色温度(K)、b) 輝度( $\text{cd}/\text{m}^2$ )、c) 照度( $\text{lx}$ )、d) 光束(ANSI lm)、の4項目<sup>(1)</sup>。その他は(表2)下を参照。

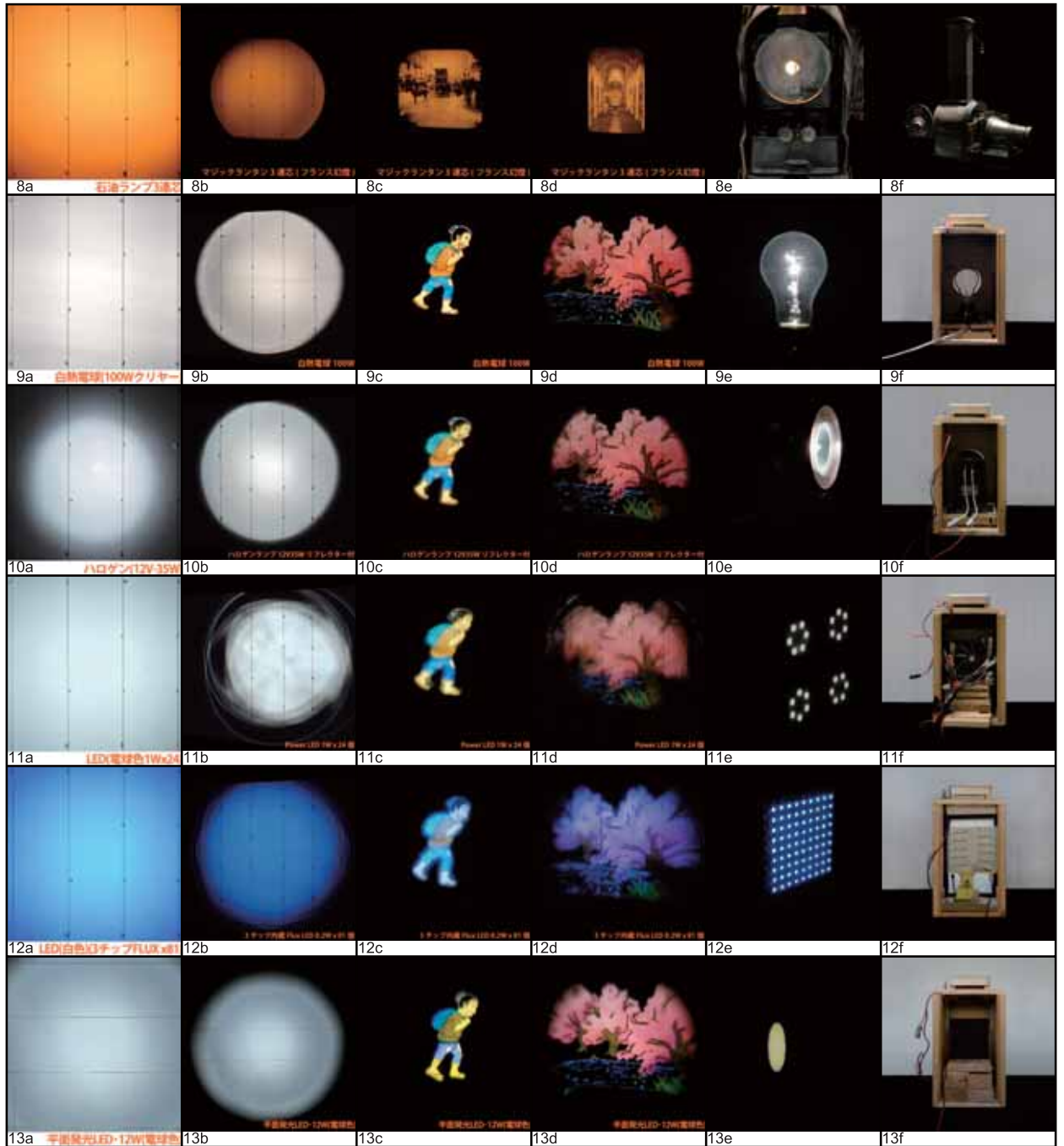
### 2-2. 測定結果と評価

光源測定実験の結果を、光源実験画像(表1)と光源測定実験データ(表2)に示す。

19世紀末からの風呂光源であり、「錦影絵復元と上演のプロジェクト」でも2010年前半まで使用してきた白熱電球の明るさは、輝度 $170\text{cd}/\text{m}^2$ 、光束 $98.89\text{ANSI lm}$ であるのに対して、古典的な光源(木蠟、燈芯、石油ランプ)の輝度は、計測不能から $4.3\text{cd}/\text{m}^2$ 、光束も計測不能から $3.58\text{ANSI lm}$ の間の値で極端に弱く、可視できるが暗い画像である。この明るさの映像を、色鮮やかな「錦の影絵」として観ていたことになる。しかも、炎の大きさや揺れを絶えず管理しなければならないのである。色温度は、白熱電球の2900Kに対して金属幻燈機石油ランプ3連芯の1670Kから菜種油燈芯3本タンコロ(陶製の燈芯具)の2150Kの間の値で、かなり赤みを帯びていた。







光源実験画像（撮影時色温度：3200K）

木製幻燈機（復元風呂）と光源：

1. 越前和蝋燭2号 2. タンコロ燈芯1本 3. 燈明皿燈芯8本 4. 石油ランプ1芯 9. 白熱電球(100Wクリアー) 10. ハロゲンランプ(12V35W)

金属幻燈機と光源：

11. PowerLED 電球色 1W×24個 12. FluxLED 白色 0.2W×81個 13. 平面発光 LED 12W(電球色)

【表 1】

測定結果A群【光源のみ】

測定No.	光源			和紙燭			A02			灯芯1本		
色温度(K)	輝度(cd/m <sup>2</sup> )	光束(ANSI lm)		1910 K	1.5 cd/m <sup>2</sup>	0.55 ANSI lm		2040 K	(Eu) cd/m <sup>2</sup>	(Eu) ANSI lm		
3x3グリッド			1.6(55%)	1.8(62%)	1.6(55%)		Eu	Eu	Eu			
照度(lux)と(中央を100とした減衰率)			2.3(79%)	2.9(100%)	2.3(79%)		0.63(90%)	0.7(100%)	0.63(90%)			
備考			木蠟			タンコロ/菜種油			灯芯8本			
A03	灯芯3本			A04	灯芯6本			A05	灯芯8本			
2150 K	(Eu) cd/m <sup>2</sup>	0.48 ANSI lm		1940 K	2.5 cd/m <sup>2</sup>	1.69 ANSI lm		1990 K	3.5 cd/m <sup>2</sup>	2.49 ANSI lm		
1.8(78%)	1.9(83%)	1.6(70%)		5.4(68%)	5.7(71%)	5.4(68%)		8.0(62%)	8.0(62%)	7.6(58%)		
2.0(87%)	2.3(100%)	1.9(83%)		6.6(83%)	8.0(100%)	6.6(83%)		11.0(85%)	13.0(100%)	11.0(85%)		
2.0(87%)	2.3(100%)	1.6(70%)		7.0(88%)	9.0(113%)	7.0(88%)		10.0(77%)	12.0(92%)	9.0(69%)		
タンコロ/菜種油			灯明皿/菜種油			石油ランプ1芯			灯明皿/菜種油			
A06	灯芯10本			A07	石油ランプ1芯			A08	石油ランプ2連芯			
1960 K	4.3 cd/m <sup>2</sup>	3.0 ANSI lm		1780 K	2.0 cd/m <sup>2</sup>	1.39 ANSI lm		1750 K	4.3 cd/m <sup>2</sup>	3.06 ANSI lm		
10.0(67%)	11.0(73%)	10.0(67%)		5.0(71%)	5.7(81%)	4.7(67%)		11.0(73%)	12.0(80%)	11.0(73%)		
12.0(80%)	15.0(100%)	12.0(80%)		6.0(86%)	7.0(100%)	5.7(81%)		14.0(93%)	15.0(100%)	13.0(87%)		
12.0(80%)	14.0(93%)	12.0(80%)		5.4(77%)	5.7(81%)	5.0(71%)		11.0(73%)	12.0(80%)	11.0(73%)		
灯明皿/菜種油			灯油ランプ			灯油ランプ			灯油ランプ			
A09	石油ランプ3連芯			A10	白熱球			A11	ハロゲン球			
1670 K	2.5 cd/m <sup>2</sup>	3.58 ANSI lm		2900 K	170.0 cd/m <sup>2</sup>	98.89 ANSI lm		3200 K	1400.0 cd/m <sup>2</sup>	387.78 ANSI lm		
15.0(75%)	17.0(85%)	11.0(55%)		340.0(65%)	420.0(81%)	320.0(62%)		400.0(10%)	1900(48%)	420.0(11%)		
17.0(85%)	20.0(100%)	13.0(65%)		400.0(77%)	520.0(100%)	400.0(77%)		1800.0(45%)	4000.0(100%)	1800.0(45%)		
12.0(60%)	15.0(75%)	9.0(45%)		370.0(71%)	450.0(87%)	340.0(65%)		600.0(15%)	2400.0(60%)	640.0(16%)		
灯油ランプ			100Wクリアー球			12V/35W球 反射板付 14.5Vで使用			12V/35W球 反射板付 14.5Vで使用			
A12	Flux LED x81			A13	Power LED x24			A14	平面発光LED			
27000 K	420.0 cd/m <sup>2</sup>	223.89 ANSI lm		3660 K	400.0 cd/m <sup>2</sup>	249.44 ANSI lm		3750 K	82.2 cd/m <sup>2</sup>	52.78 ANSI lm		
700.0(54%)	970.0(75%)	740.0(57%)		900.0(69%)	970.0(75%)	900.0(69%)		170.0(61%)	230.0(82%)	170.0(61%)		
970.0(75%)	1300.0(100%)	900.0(69%)		1100.0(85%)	1300.0(100%)	1000.0(77%)		230.0(82%)	280(100%)	230.0(82%)		
740.0(57%)	1000.0(77%)	740.0(57%)		970.0(75%)	1000.0(77%)	840.0(65%)		170.0(61%)	230.0(82%)	170.0(61%)		
Flux LED(3chip内蔵 白色) 0.2W x 81個			Power LED(電球色) 1W x 24個			平面発光LED12W(電球色) 0.06W x 192個			平面発光LED12W(電球色) 0.06W x 192個			

◎測定条件

A群:

- ・光源からスクリーンまでの距離=0.5m
- ・スクリーン測定枠サイズ=1辺50cm
- ・各照度グリッドのサイズ=1辺17.5cm

B群:

- ・投影レンズからスクリーンまでの距離=1.0m
- ・スクリーン測定枠サイズ=1辺50cm
- ・各照度グリッドのサイズ=1辺17.6cm
- ・Diffuser: Lee Filter #750 (B16~18, B20~22)
- ・Diffuser位置は、光源からコンデンサーレンズの間で3段階に移動。  
遠: レンズ直近  
中: 光源とレンズの中間  
近: 光源直近

※

- ・"Eu"とは機材測定能以下。
- ・炎の揺れや燃焼状態に、ムラが生じるものは平均値。(A01~A09, B01~B11)

測定結果B群【幻燈機】

測定No./ 幻燈機 / 光源	B01 / 和製復元幻燈機 / 和紙燭			B02 / 和製復元幻燈機 / 灯芯1本			B03 / 和製復元幻燈機 / 灯芯3本				
色温度(K)	輝度(cd/m <sup>2</sup> )	光束(ANSI lm)		1910 K	(Eu) cd/m <sup>2</sup>	(Eu) ANSI lm		2040 K	(Eu) cd/m <sup>2</sup>	(Eu) ANSI lm	
3x3グリッド			Eu	Eu	Eu	Eu	Eu	Eu	Eu	Eu	Eu
照度(lux)と(中央を100とした減衰率)			Eu	Eu	Eu	Eu	Eu	Eu	Eu	Eu	Eu
備考			木蠟			タンコロ/菜種油			タンコロ/菜種油		
B04 / 和製復元幻燈機 / 灯芯6本	B05 / 和製復元幻燈機 / 灯芯8本			B06 / 和製復元幻燈機 / 灯芯10本			B07 / 和製復元幻燈機 / 石油ランプ1芯				
1940 K	(Eu) cd/m <sup>2</sup>	(Eu) ANSI lm		1990 K	(Eu) cd/m <sup>2</sup>	0.3 ANSI lm		1960 K	(Eu) cd/m <sup>2</sup>	0.36 ANSI lm	
Eu	Eu	Eu		1.3(100%)	1.3(100%)	1.1(85%)		1.3(68%)	1.5(79%)	1.3(68%)	
Eu	Eu	Eu		1.3(100%)	1.3(100%)	1.3(100%)		1.5(79%)	1.9(100%)	1.5(79%)	
Eu	Eu	Eu		1.0(77%)	1.2(92%)	1.0(77%)		1.3(68%)	1.4(74%)	1.3(68%)	
灯明皿/菜種油			灯明皿/菜種油			灯明皿/菜種油			灯油ランプ		
B08/明治金属製幻燈機(日本)/石油ランプ1芯	B09/明治金属製幻燈機(日本)/石油ランプ3連芯			B10 / マジックランタン(仏) / 石油ランプ3連芯			B11 / マジックランタン(独) / 石油ランプ2連芯				
1780 K	(Eu) cd/m <sup>2</sup>	0.25 ANSI lm		1670 K	(Eu) cd/m <sup>2</sup>	(Eu) ANSI lm		1670 K	(Eu) cd/m <sup>2</sup>	1.49 ANSI lm	
0.95(73%)	1.3(100%)	0.63(48%)		Eu	Eu	Eu		1.0(6%)	1.3(7%)	1.0(6%)	
1.3(100%)	1.3(100%)	0.77(59%)		Eu	Eu	Eu		15.0(83%)	18.0(100%)	14.0(78%)	
0.8(62%)	1.2(92%)	0.67(52%)		Eu	Eu	Eu		1.0(6%)	1.3(7%)	1.0(6%)	
灯油ランプ			灯油ランプ			灯油ランプ			灯油ランプ		
B12 / 和製復元幻燈機 / 白熱球	B13 / 和製復元幻燈機 / ハロゲン球			B14 / 和製復元幻燈機 / ハロゲン球			B15 / 和製復元幻燈機 / Flux LED x81				
2900 K	23.0 cd/m <sup>2</sup>	14.5 ANSI lm		3200 K	160.0 cd/m <sup>2</sup>	88.33 ANSI lm		3200 K	60.0 cd/m <sup>2</sup>	44.72 ANSI lm	
50.0(71%)	60.0(86%)	57.0(81%)		320.0(64%)	400.0(80%)	320.0(64%)		180.0(75%)	200.0(83%)	140.0(58%)	
53.0(76%)	70.0(100%)	65.0(93%)		320.0(64%)	500.0(100%)	340.0(68%)		200.0(83%)	240.0(100%)	160.0(67%)	
50.0(71%)	60.0(86%)	57.0(81%)		320.0(64%)	340.0(68%)	320.0(64%)		160.0(67%)	180.0(75%)	150.0(63%)	
100Wクリアー球			12V/35W球 反射板付 14.5Vで使用			測定No.13B1にNDフィルタ#3追加			Flux LED(3chip内蔵 白色) 0.2W x 81個		
B16 / 和製復元幻燈機 / Flux LED x81	B17 / 和製復元幻燈機 / Flux LED x81			B18 / 和製復元幻燈機 / Flux LED x81			B19 / 和製復元幻燈機 / Power LED x24				
27000 K	16.0 cd/m <sup>2</sup>	10.67 ANSI lm		27000 K	15.0 cd/m <sup>2</sup>	10.83 ANSI lm		27000 K	16.0 cd/m <sup>2</sup>	11.08 ANSI lm	
57.0(124%)	46.0(100%)	37.0(80%)		43.0(86%)	50.0(100%)	43.0(86%)		40.0(80%)	50.0(100%)	46.0(92%)	
43.0(94%)	46.0(100%)	43.0(94%)		46.0(92%)	50.0(100%)	46.0(92%)		46.0(92%)	50.0(100%)	46.0(92%)	
35.0(76%)	40.0(87%)	37.0(80%)		35.0(70%)	40.0(80%)	37.0(74%)		35.0(70%)	46.0(92%)	40.0(80%)	
測定No.B15にDiffuser(光源から遠)			測定No.B15にDiffuser(光源から中)			測定No.B15にDiffuser(光源から近)			Power LED(電球色) 1W x 24個		
B20 / 和製復元幻燈機 / Power LED x24	B21 / 和製復元幻燈機 / Power LED x24			B22 / 和製復元幻燈機 / Power LED x24			B23 / 和製復元幻燈機 / 平面発光LED				
3660 K	16.0 cd/m <sup>2</sup>	11.67 ANSI lm		3660 K	17.0 cd/m <sup>2</sup>	12.83 ANSI lm		3660 K	20.0 cd/m <sup>2</sup>	13.61 ANSI lm	
43.0(81%)	53.0(100%)	46.0(87%)		50.0(88%)	57.0(100%)	50.0(88%)		46.0(77%)	60.0(100%)	57.0(95%)	
46.0(87%)	53.0(100%)	46.0(87%)		53.0(93%)	57.0(100%)	53.0(93%)		50.0(83%)	60.0(100%)	60.0(100%)	
43.0(81%)	50.0(94%)	40.0(76%)		43.0(75%)	53.0(93%)	46.0(81%)		50.0(83%)	57.0(95%)	50.0(83%)	
測定No.B19にDiffuser(光源から遠)			測定No.B19にDiffuser(光源から中)			測定No.B19にDiffuser(光源から近)			平面発光LED12W(電球色) 0.06W x 192個		

光源測定実験データ

測定実施日: 2010/08/26, 27, 30, 2011/03/07  
 測定場所: 大阪芸術大学芸術計画学科 006スタジオ, 9-401演習室  
 測定: 中川修明, 池田光恵  
 金属幻燈機提供: 松本夏樹

測定機材:  
 ・MINOLTA/COLOR MATER II, 測定能(色温度: 1600~40000K)  
 ・SEKONIC/L-608CINE,  
 測定能(照度: 0.63~190000 Lux, 輝度: 1~190000 cd/m<sup>2</sup>)

【表2】

現存する「種板」に残っている色は、上方では朱、紅、空、黄、樺色の五色、江戸では赤、黄、紫、藍の四色が主流であり、緑色は殆ど使われていないという（実際には幅があり、例外もある）。貴重な染料であるから、少ない色数で効果的に表現する工夫として、草木の葉を藍色で描き、光源を通して緑色に見せていたのであろう。先人達の光源色に対する知恵に納得がいく。今回、光源として採用したハロゲンランプは3200Kで、タングステン光を基準にしているの、目視ではやや赤みは帯びているが、ほぼ自然な色合いに見える。一方、LEDは電球色で3660K、3750K、白色で27000Kと桁違いに高く冷たい光であり、「錦影絵」本来の光の暖かさからほど遠い。撮影データでは色温度が高いことを示す極端な青色になった。しかしLEDは、ハロゲンランプや白熱電球で出る”熱”の問題を回避し、消費電力の点でも有利である。色温度の問題や後述の”影”等の問題を解決出来れば、これからの風呂光源として期待できる。

「錦影絵」は当時、その殆どが地方巡業であった。軽い「風呂」と「種板」、コンパクトに畳める和紙スクリーンの組み合わせがそれを可能にし、日本家屋の構造は、演じる空間の奥行きさえあれば何処でもスクリーンを吊して後ろから映すことができた。そして小型なセットは、お座敷芸や高級な娯楽として鑑賞されていた。現代より明るい場所が極端に少ない時代での夜の上演は、「風呂」やスクリーンからはみ出た光を闇が呑み込み、燈明や石油ランプの弱い光でさえ、観客は色鮮やかに感じたのであろう。

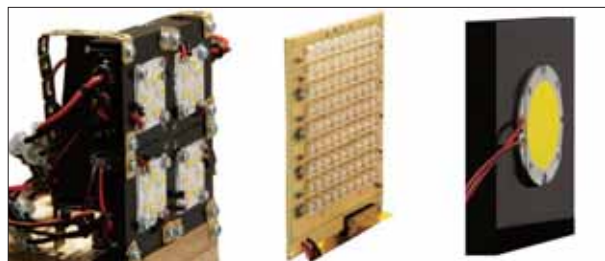
### 3. 現状の問題点とワイヤレス化

実際に復元風呂で上演活動を行うには、複数人でスクリーン裏から「風呂」を操作し、電源ケーブルも台数分必要になる。それ程広くないスペースで、演者は電源ケーブルを気にしながら「風呂」を上下左右に操作し、また他者の動きや電源ケーブルをかわしながら前後左右に移動する為、どうしても動きが萎縮してしまい、上演後には複雑に絡み合ったケー

ブルを解く作業が必要である。解決策として、蓄電池を「風呂」内部や演者自身に持たせる事による「電源ケーブルからの解放・ワイヤレス化」を目標とした。

#### 3-1. LEDを用いた光源の試作

蓄電池の使用にあたり、改良風呂で採用したハロゲンランプより、低発熱・長寿命・少消費電力なLED：Light Emitting Diodeを光源に出来ないかを検討し、市販のLEDパーツを使って、光源を試作した。



【写真1】

●試作1：写真1左は、単体でより明るく広い範囲に光を照射出来る、一般的にパワーLEDと呼ばれる電球色のLEDパッケージ製品<sup>(2)</sup>を6個配列した完成品4枚を使用して発光強度を高め、白熱電球を凌ぐ光量を確認し、装置を組んだ。光源測定実験の結果は、表1：11a-d、表2：A群A13、B群B19-22の通り。

●試作2：写真1中央は、パワーLEDより少消費電力なFlux LEDパッケージ製品<sup>(3)</sup>を81個配置して同程度の光量を確認し、装置を組んだ。光量を優先した為、光色は白色を使用した。光源測定実験の結果は、表1：12a-d、表2：A群A12、B群B15-18の通り。

●試作3：写真1右は、パッケージ単体で高発光強度・広角照射が可能な電球色の平面発光のLEDパッケージ製品<sup>(4)</sup>を試した。光源測定実験の結果は、表1：13a-d、表2：A群A14、B群B23の通り。

〔評価〕：試作1・2では、投影光源としては致命的な“影”が出る(表1：11b, 12b)。試作2は試作1の影を消す対策として、多くのLEDを使って光で影を消す効果を狙ったものであるが、更に多くの影が現れ、期待した効果は得られなかつ

た。この影の原因は、LEDパッケージ各固体から出る光と共に光線の輪郭が、コンデンサーレンズの先で“像”として現れた為である。また、影と共に投影像もピンボケのような絵になってしまう現象も確認された(表1: 11c, 12c)。これは、コンデンサーレンズの光軸に対してずれた所に強い光源が複数あることが原因であり、「種板」にも複数のハイライトが出来る。また「先玉」と呼ばれる投影レンズでも、「種板」を通して光軸よりずれた所から強い光が複数入射し、焦点がずれて像が投影される。このような光軸からずれた強い光で像の周囲にボケが出る現象を「コマ収差」と言い、複数のLEDを配置しないと光量が確保出来ない現状では、風呂光源として難しいことが分かった。対策として、光源とコンデンサーレンズの間にdiffuser(光拡散フィルター)を使って影をぼかす方法を試したが、光源から遠ざけると拡散効果は高く影は薄くなるが光量は落ち、光源直近では減光は最小限に抑えられるが影は残る結果となり、そのバランスが難しい。

試作3は、影やコマ収差の問題から、ハイライトを複数作らず均一な平行光源ではどうなるかを確かめた。若干、コマ収差によるボケは見られたが、同じく実験で使ったハロゲンランプの絵に近い結果となり(表1: 10c, 13c)、フラットな光源が問題に一定の効果があることが分かる。使用した製品は現在製造されている最大のものであるが、光量は白熱電球より暗く、採用条件は満たせない。

以上のことから、LEDを使った光源は、当面は風呂光源として採用は難しいとの結論に達した。

### 3-2. 蓄電池の試験と評価

蓄電池を検討するにあたり、改良風呂で採用したハロゲンランプ(12V/35W)を前提に、1時間程度運用可能な、12V/3Ahを目標値に設定した。蓄電池の種類は、放電のみの一次電池、充電して再利用可能な二次電池、それぞれに電極素材の違いで様々あり、コストや運用面からも小型で軽量、長時間使える高密度性、12Vという比較的高い電圧条件を満たす高出力な二次電池が必要になる。

現在一般に流通している二次蓄電池は、鉛蓄、ニッケルカ

ドミウム、ニッケル水素、リチウムイオン、リチウムポリマー等、様々ある。いずれも単体では12Vという電圧は確保出来ないので、複数を直列に繋ぎ使用する必要がある。これらの事を踏まえ、タイプの異なる3つの製品を試した。

●試験1: 単三形ニッケル水素電池 Ni-MH2700<sup>(5)</sup>。

単三電池規格では高い放電容量で、市販の電池ホルダーを利用して10個を直列にして試した。

●試験2: ニッカドバッテリーNB-12<sup>(6)</sup>。

放送・照明機材等で長年広く使われて来た汎用型蓄電池を試した。

●試験3: リチウムイオンバッテリーBP-GL95A<sup>(7)</sup>。

業務用カメラ等に搭載する、メーカー独自のマウント機構や電極端子が付いた専用蓄電池。電極端子に接続する方法を工夫して試した。

[評価]: 試験1は、重量は約300gで形状も風呂内に十分収まるが、電力使用量が蓄電池性能を上回り、30分の使用では電池自体がかなり発熱した。10本1組を2つ並列に繋げれば問題を回避出来るが、重量は2倍になり、複数の風呂で使うことを考えると、計100本以上を充電する設備や充電時間も必要になり、現実的では無いことが分かる。

試験2は、放電容量は目標数値を大きく越え、十分な性能であるが、重量が1600gと重く、形状も風呂内に収まらない。解決策として「演者自身に携帯させ、ケーブルを介して光源に電源供給する」方法を試した。完全なワイヤレス化ではないが、演者からは「以前と比べて非常に扱い易い」との感想を得た。運用面でも、計10個程度を確保すればよく、充電作業も効率的である。

試験3は、試験2と同様に放電容量は目標数値を大きく越え、更に小型・軽量である。形状は「風呂」にぎりぎり収まるが、765gと搭載して演技するには、まだ負担が大きい。解決策として、試験2と同様に演者に携帯させることにした。結果は試験2より更に軽くなり、演者の評価も高かった。

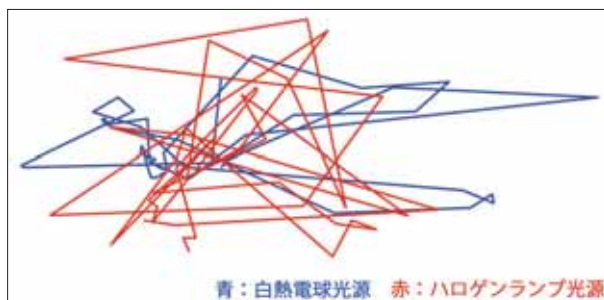
上記の結果から、試験2と3で使った蓄電池と方法が現実的である事が分かり、今後の練習や上演に活用する事とした。



#### 4. 問題解決と演技向上の評価

現状では、光源にハロゲンランプを用い、リチウムイオン等の蓄電池を演者が携帯して演技する方法を最善とし、白熱電球を用いた「風呂」の演技より向上が見られたかについて検証した。

検証方法は、「錦影絵」で上演している演目の中でも、登場キャラクターが比較的大きな動きをする所を選び、スクリーン正面に投影されるキャラクターの動きと、スクリーン裏の演者の動きを側面・上方から、計3台のビデオカメラで撮影し、後日画面をトレースして動きの違いを測定する方法を取った。



【図1】

図1は正面からスクリーンに投影された1キャラクターをトレースした動きの線で、比較の為に重ね合わせたものである。電源ケーブルがある白熱電球光源の「風呂」の線は、左右に大きく動いている反面、上下にはそれほど動いていない。もう一方の蓄電池を携帯したハロゲンランプ光源の「風呂」の線は、左右の振れは少ないが、上下に大きく、動きも複雑であることが分かる。図1は、縦横方向の動きを表現しているが、実際のキャラクターの動きは拡大縮小（演者の前後運動）や回転運動も加わり更に複雑である。

白熱電球光源では横方向に大きく動いているが、実際の演者の動きは、身体は動かさずに「風呂」を左右に大きく振っていた。ケーブルが気になるため身体は動かさず、「風呂」を左右に振って、ダイナミックな表現を行ったと推察する。

一方のハロゲンランプ光源は、左右の振れは少なかったが上下に大きく複雑な線である。演者の動きを見ると、身体の

移動は無かったが、腕を高く伸ばして「風呂」を持ち上げたり傾けたりと、非常に大きな動きをしていた。電源ケーブルから解放されたことによって、物理的・心理的制約が無くなり、左右に振らずともダイナミックな表現が可能になったと推察する。実際の演者も「ケーブルを気にすることなく演技し易い」との感想を述べている。このことから今回の再現風呂の改良は、操作性の改善に一定の効果が有り、演技向上に繋がると評価した。

#### おわりに

日本独自の映像文化を築いたとされる「錦影絵」は、当時の最新技術を取り入れ、幻燈機芸能の最善の表現を目指して人々を魅了してきた。当時のまを忠実に再現することは、伝統保存と学術研究に寄与するものであるが、現代の映像表現メディアとしての可能性を追求するという点ではいささか弱いであろう。時代を敏感に感じて工夫してきた「錦影絵」本来の姿勢が踏襲されるとも言い難い。

今回行った、復元風呂に、今後、さらに発展するLEDや蓄電池を採用する試みは、その意味でまさに「温故知新」の技術と表現の研究であった。これまでの「錦影絵」とは別次元の新たな価値を生み出す可能性があるであろうし、それに対応した表現を追求する必要もある。しかし、光源実験を通して体験した「錦影絵」本来の光の質を可能な限り追求していく姿勢も忘れてはならないと考える。

#### 註

- (1) cは映写スクリーンを9分割し、各エリアの照度を測定した。dは積分球を使って光源から照射される全方位、全光束を計測する方法があるが、本実験では米国規格協会が定めた、プロジェクター光源の発する光束の測定方法と単位を採用し、光束としておりcから算出した。
- (2) NS6L083BT、日亜化学工業社製、光束：80lm (300mA/3.3V)、光度：27cd、色座標：x=0.41, y=0.39 (CIE 1931)、指向特性：120度、

メーカー公称。

- (3) AL-50-33UW3C70-A1、A-BRIGHT 社製、光度：6500mcd(60mA/3.2V)、色座標：x=0.25, y=0.23、指向特性：70度、メーカー公称。
- (4) CB-C12WW、iLEDm Photoelectronics 社製、光束：840lm(960mA/12.9V)、色温度：3000K、指向特性：約150度、メーカー公称。
- (5) 単三形ニッケル水素電池、Ni-MH2700、三洋電機社製、電圧 / 放電容量：1.2V/2.7Ah、外寸：14.35 (φ) × 50.4 (h) mm、単三規格、重量：約30g、メーカー公称。
- (6) ニッカドバッテリー、NB-12、NEP 社製、電圧 / 放電容量：12V/5.3Ah、外寸：165 (高) × 120 (幅) × 35 (奥行) mm、重量：約1,600g、メーカー公称。
- (7) リチウムイオンバッテリーパック、BP-GL95A、SONY 社製、電圧 / 放電容量：14.8V/6.6Ah、外寸：101 (高) × 37 (幅) × 169 (奥行) mm、重量：約765g、メーカー公称。

#### 参考文献

- ・小林源次郎「写し絵」、中央大学出版部、1987年。
- ・岩本憲児「幻燈の世紀－映画前夜の視覚文化史」、森話社、2002年。
- ・前田 勇「上方演芸辞典」、東京堂出版、1966年。
- ・日本工業規格「JIS C 8152 照明用白色発光ダイオード (LED) の測定方法」、2007年。
- ・日本工業規格「JIS Z 8725 光源の分布温度及び色温度・相関色温度の測定方法」、1999年。
- ・日本事務機器工業会データプロジェクト部会「液晶プロジェクター測定方法・測定条件に関するガイドライン」、1999年。
- ・安堵町歴史民俗資料館資料「灯芯のしおり」、<http://toushinsou.eclo.jp/ando/ando.html>。
- ・東京油問屋史「1-5 遠里小野のしめ木」、「1-12 石油ランプの普及」、<http://www.abura-ya.com/naruhodo/rekishi/rekitop.html>。
- ・MEIJI TAISHO 1868-1926「1890 [明治23年] 藤岡市助と日本初の白熱電球」、<http://www.meijitaisho.net/fujioklamp/>。

#### 協力

岩倉忠男：大阪芸術大学デザイン学科プロダクトデザイン技術指導員  
藤本幸吉：大阪芸術大学デザイン学科スペースデザイン技術指導員  
福田 修：大阪芸術大学映像学科技術指導員  
松本夏樹：大阪芸術大学芸術計画学科非常勤講師、武蔵野美術大学非常勤講師  
松江郷土館（興雲閣）  
大阪府立大型児童館ビッグバン  
錦影繪池田組

#### 校正

松本夏樹