

加賀地方における能舞台の採光に関する研究

横山 勉* 高橋 貞雄**

Study on Noh Stage Daylighting in Kaga Region

Tsutomu Yokoyama and Sadao Takahashi

Photometry surveys were done on the outdoor Noh stage and the Noh stage in the Noh theater in the Kaga region since it was most important to bring out characteristics of daylighting for the outdoor Noh stage in comparison with artificial lighting. The purpose of this paper is to consider the relationship between the effects of daylighting and the action on the Noh stage.

Keywords: Noh stage, lighting, daylighting, illuminance, luminance, Kaga region

1. はじめに

加賀地方は金沢市指定文化財「加賀宝生」に象徴されるように能の仕舞や謡いが伝統的に盛んで、それを物語るように屋外の立派な能舞台が遺存する。能舞台の採光の原点は、昼間の天空光と地物反射光からなる自然光であり、能はそれを巧みに利用しながら、能の演出効果を培ってきた。現在、屋内の能楽堂の建設によって、人工光の利用が進んだが、長い歴史的経過を経て練り上げられた能と自然光の関係から電球や蛍光灯を用いた人工照明への移行は必ずしもスムーズにはいかなかったようで、能舞台の人工照明には様々な問題点が指摘されている。

その主な論点^{1,2,3,4)}は、①前上方からの白色拡散光による舞台照明の基本、②シテだけを浮かび上がらせることはしないこと、③能面の「テラス」、「クモラス」に照明が関係すること、④能では下から強く照らされるのを良としないこと、⑤舞台各部の照度配分、⑥演能者の動きと鉛直面照度の関係などである。これらから示唆されることは、自然光の下ではこのような問題点は少なく、能楽堂の人工照明も自然光のような効果を上げるように設備されるべきということである。そのためには、例えば、舞台各部の光の配分、シテの動きに対する自然光の状態などについて、測光学的な実地調査によって明確にする必要がある。そうすることで、能と自然光の関係についての知見を深めることができ、能舞台の光環境の計画における有用なデータが得られると考える。

この研究では、自然光で照らされた能舞台の光の性状を明らかにすることが目的である。その特長を対比するために能楽堂の人工照明の性状も調査する。調査は2008年9月に行った滋賀県多賀大社能舞台の採光調査⁵⁾の経験を活かして計画された。

* 建築学科 ** デザイン学科

2. 調査対象とした能舞台

2. 1 大野湊神社能舞台

大野湊神社は金沢市寺中町に位置し、「寺中の杜」といわれる鬱蒼とした森の中に社殿とともに能舞台がある。大野庄の総鎮守として古い由緒を有する大野湊神社では加賀藩主前田家の庇護や村民の奉加で「寺中能」と呼ばれる神事能が行われ、平成 21 年（2009）5 月 15 日に演能 400 回の節目を迎えた。明治 40 年（1907）に造営された能舞台は、隨身門を潜ると、本殿と向かい合うように南側に佇んでいる（図 2.1）。舞台の後方（南側）や西側は木々で覆われているが、前面（北・東側）は砂利が敷き詰められ、開放的な空間となっている。主な意匠（図 2.2）は木連格子、猪の目懸魚、繰形薄板欄間、舟肘木柱頭組物である。本舞台と後座は化粧屋根裏天井で、傾斜 16 度の舟底と傾斜 16 度の片流で構成されている。本舞台と角度 59 度の橋掛りは鏡の間へと繋がっている（図 2.3）。舞台は全体として簡素であるが、風格のある形姿である。

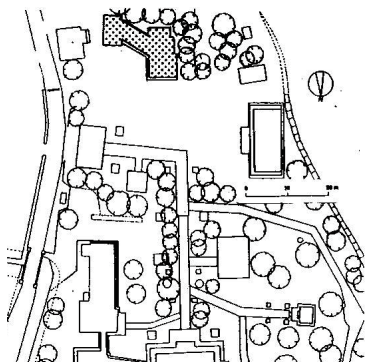


図 2.1 能舞台配置図



図 2.2 能舞台正面写真

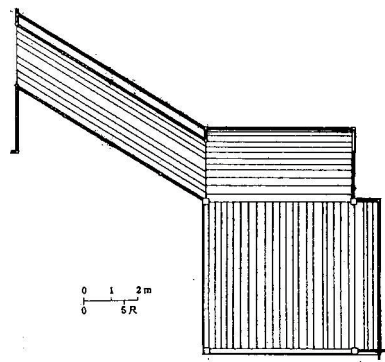


図 2.3 能舞台平面図

2. 2 石川県立能楽堂能舞台

石川県立能楽堂は兼六園の南側石引の地に位置している。この能舞台は金沢能楽会による演能の拠点にするため、昭和 7 年（1932）広坂通りに新築された金沢能楽堂の舞台を昭和 47 年（1972）竣工の R C 造の県立能楽堂の中に移設したものである。室内舞台であるが、約 500 席が据えられた観能空間の上部窓より自然光を取り入れることができる。主な意匠（図 2.4）は木連格子、猪の目懸魚、板臺股、三ッ斗柱頭組物である。本舞台と後座は化粧屋根裏天井で、傾斜 17 度の舟底と傾斜 17 度の片流で構成されている。本舞台と角度 66 度の橋掛りは鏡の間へと繋がっている（図 2.5）。大野湊神社能舞台と比して一回り大きく、京間三間四方の本格的な舞台である（表 2.1）。



図 2.4 能舞台正面写真

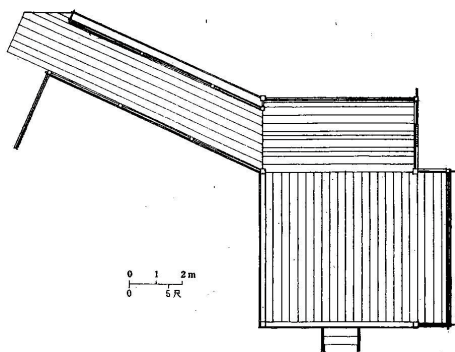


図 2.5 能舞台平面図

表 2.1 能舞台主要寸法

	大野湊神社	石川県立能楽堂
舞台間口	5.4m	5.7m
舞台奥行	5.4m	5.7m
後座奥行	2.7m	2.7m
脇座の幅	0.9m	1.2m
舞台床高	0.8m	0.8m
舞台軒高	3.9m	4.3m
舞台軒出	1.5m	1.6m
橋掛り幅	2.0m	2.1m
橋掛り長	8.2m	8.8m

3. 測定項目と方法

大野湊神社能舞台（大野湊と略記）及び石川県立能楽堂能舞台（石川県立と略記）における採光及び照明状態の測定項目は、次の5項目である。

- ①床面照度（ $E_h(0)$ と略記）
- ②床上 1.5mにおける水平面照度（ $E_h(1.5)$ と略記）
- ③床上 1.5mにおける正面側、下手側、背面側及び上手側を向いた鉛直面照度（全体的に示す場合は $E_v(1.5)$ 、特定の面の場合は、例えば正面側なら正面 $E_v(1.5)$ と略記）
- ④床上 1.5mにおける上向き 10° と下向き 10° の白色拡散板の輝度（ L_u と L_d と略記）
- ⑤客席から見た輝度分布

図 3.1 は大野湊における照度及び輝度の測定位置を黒丸（●）で示す。本舞台を9等分、謡座、後座及び橋掛りをそれぞれ3等分し、それらの中央部18ヶ所と本舞台先端部6ヶ所、鏡板直前3ヶ所、橋掛り9ヶ所、謡座先端部1ヶ所の合計37ヶ所を測定点としている。石川県立の場合もほぼこれに準じている。

$E_h(0)$ は本舞台、後座、謡座及び橋掛りの床面、つまり水平面照度である。それぞれの中央部の測定値から平均照度と照度均斉度（最小照度/平均照度）を算出する。

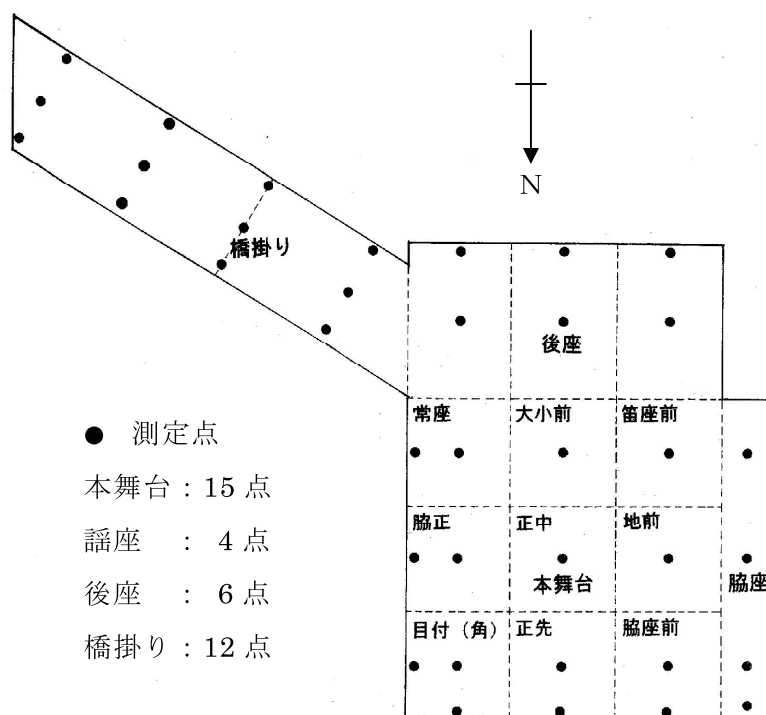


図 3.1 大野湊神社能舞台の測定点

$E_h(1.5)$ 及び $E_v(1.5)$ は、立った場合の顔の位置に相当する高さの水平面照度及び鉛直面照度である。また、図 3.2 のような細い棒をガイドにして照度計の受光部をそれぞれの測定点の床上 1.5 m の点において、正面側から順次下手側、背面側、上手側に向けて4面の鉛直面照度を測定する。これにより方向についての光の大きさが分かると考えられる。

L_u と L_d は、上方と下方からの光の大きさを比較するもので、図 3.3 のように床面 1.5m の高さに白色拡散板を上向き 10° にかざしてその輝度を測る。次に下向き 10° にして同じく輝度を測り、上向きの輝度を下向きの輝度で除して輝度比とする。もしも下向きの輝度が上向きよりも大きければ輝度比は 1.0 以下の小数となり、その点では下方からの光が相対的に大きいと判断される。

白色拡散板は 0.3m 四方の白色スチレンボード（厚さ 1 cm）を平滑に磨いて、その上に拡散反射性の和紙をはりつけて作製された。見所からの輝度分布は、舞台の先端部から 4 m ～ 7 m の範囲で足場のしっかりした所を選び、測定角度 20 分（ $1/3$ 度）の輝度計で測定した。

使用測定器は次の通りである。デジタル照度計 Im-2D（株式会社トプコンテクノハウス）、デジタル輝度計 LS-110 測定角度 20 分（株式会社ミノルタ）。

調査日時：大野湊神社 2009 年 5 月 8 日 曇 15:30～17:30。石川県立能楽堂 2009 年 7 月 28 日 13:40～14:40。

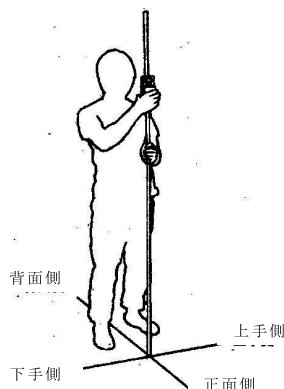


図 3.2 鉛直面照度の測定

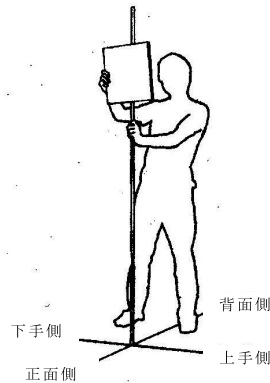


図 3.3 白色拡散板の輝度測定

4. 調査結果

大野湊は自然光による採光で、採光量は時刻と共に変化するが、調査時の天候は曇、15 時 35 分から 17 時 30 分の間に一連の測定を 2 回行った。便宜上、15 時 35 分～16 時 32 分の測定を昼①、17 時 00 分～17 時 30 分の測定を昼②と称する。

石川県立では、110[W]と 40[W]の 3 波長形蛍光灯（昼白色）片反射笠 7 台と 150[W]反射形電球（拡散形）33 台による人工光源が本舞台及び後座の梁や桁、軒下に取り付けられ、総電力約 5.5[kW]で照明されている。

客席の照明は格子ルーバ付蛍光灯の局部的全般照明で、全点灯時で舞台に近い椅子席で 70～80[lx]、出入口に近い後方では 7～9[lx]であった。演出によっては客席の照明は 60%に調光される場合もあるが、測定は全点灯の状態で行った。

4. 1 床面照度

図 4.1 は大野湊昼①の床面照度である。図 4.2 は正先、正中のある中央部の照度分布である。図から明らかのように、本舞台の先端部から後座に向かって照度は急減する。それに比べ橋掛りはほぼ一樣な照度である。

自然光は時々刻々変わるが、夕方の昼②では昼①のおよそ 1/2 である。時刻による照度の低

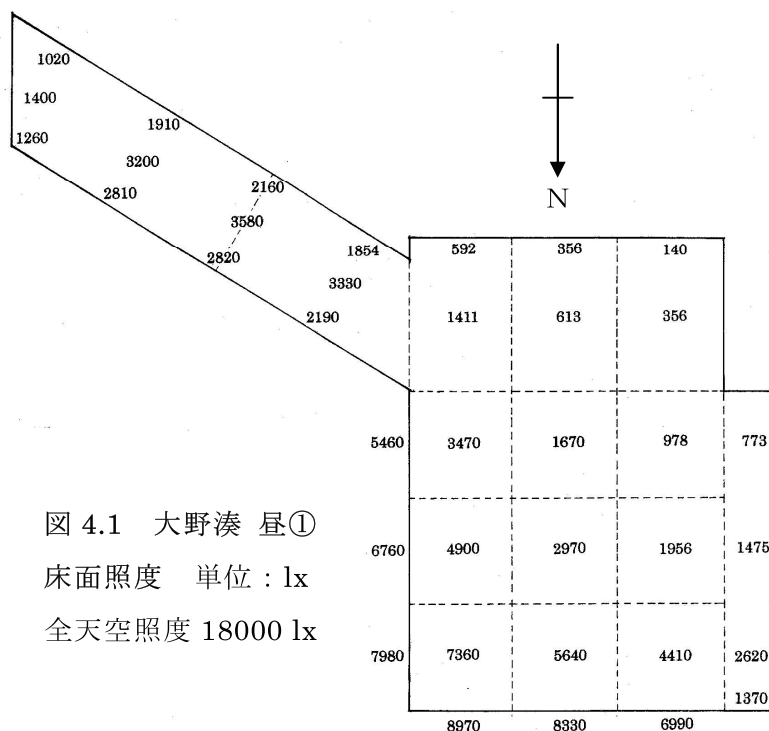


図 4.1 大野湊 昼①
床面照度 単位：lx
全天空照度 18000 lx

下は、床上 1.5m の照度 $E_h(1.5)$ や $E_v(1.5)$ においても $E_h(0)$ と同様の傾向である。

4. 2 床上 1.5m の水平面照度と鉛直面照度

図 4.3 と図 4.4 は大野湊昼①の床上 1.5m の水平面照度 $E_h(1.5)$ と 4 面の鉛直面照度 $E_v(1.5)$ の測定結果である。 $E_h(1.5)$ は $E_h(0)$ のおよそ 1/4 に低下し、後座（切戸口前）では 100[lx] 程度である。

$E_v(1.5)$ の特長は脇正面の下手側が高照度で、正面を向いた $E_v(1.5)$ は角（目付）で 4800[lx]、後座で 800[lx] と 1/6 に急減している。

正面側、下手側、背面側、上手側を向いた $E_v(1.5)$ の変化は比較的緩やかに変わっていくが、背面側と上手側で低照度になる。しかし、この緩やかな変化は、石川県立の人工照明の急峻な低下と対照的である。これは考察で再度論じる。

表 4.1 は各部の平均照度と均斉度である。

4. 3 白色拡散板の輝度

図 4.5 は床上 1.5m の白色拡散板の輝度 (L_u , L_d) の測定結果である。ほとんどの測定点で $L_d \geq L_u$ である。つまり、 10° 下向きの輝度が高く、下方からの光がかなりあるためと思われる。これは、石川県立の人工照明の場合が上方からの光が多いことと対照的である（図 4.6）。

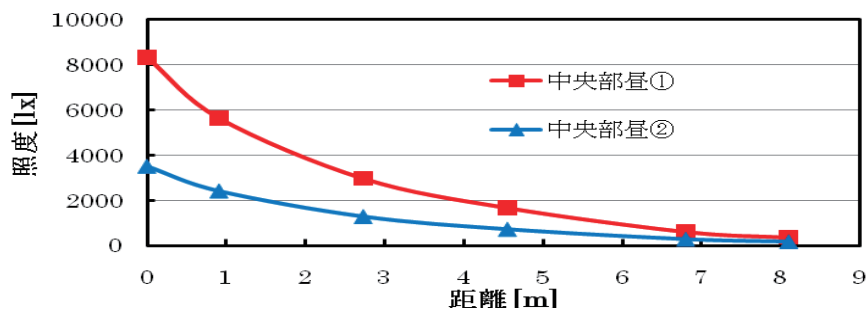


図 4.2 大野湊正面中央部の床面照度の減衰

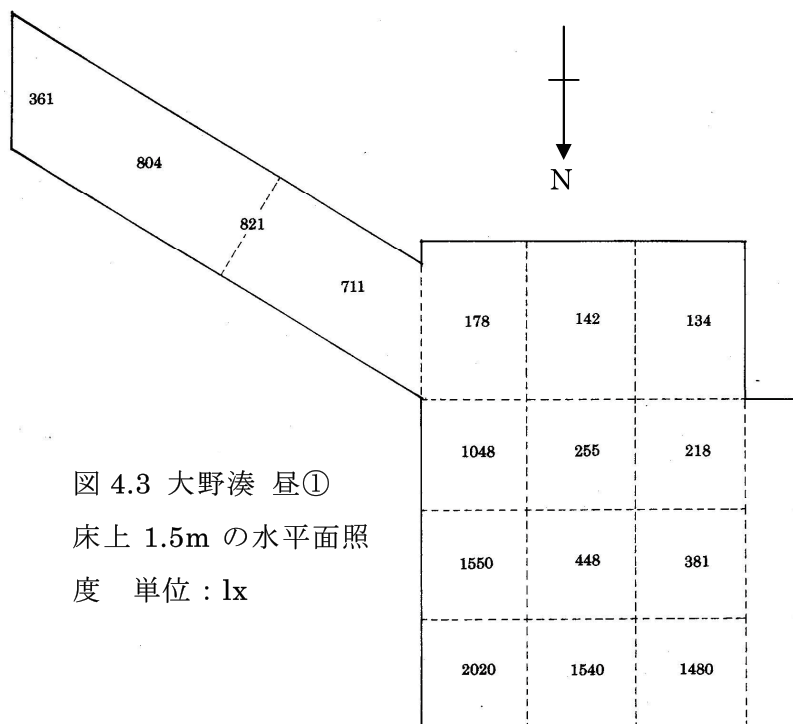


図 4.3 大野湊 昼①

床上 1.5m の水平面照度 単位 : lx

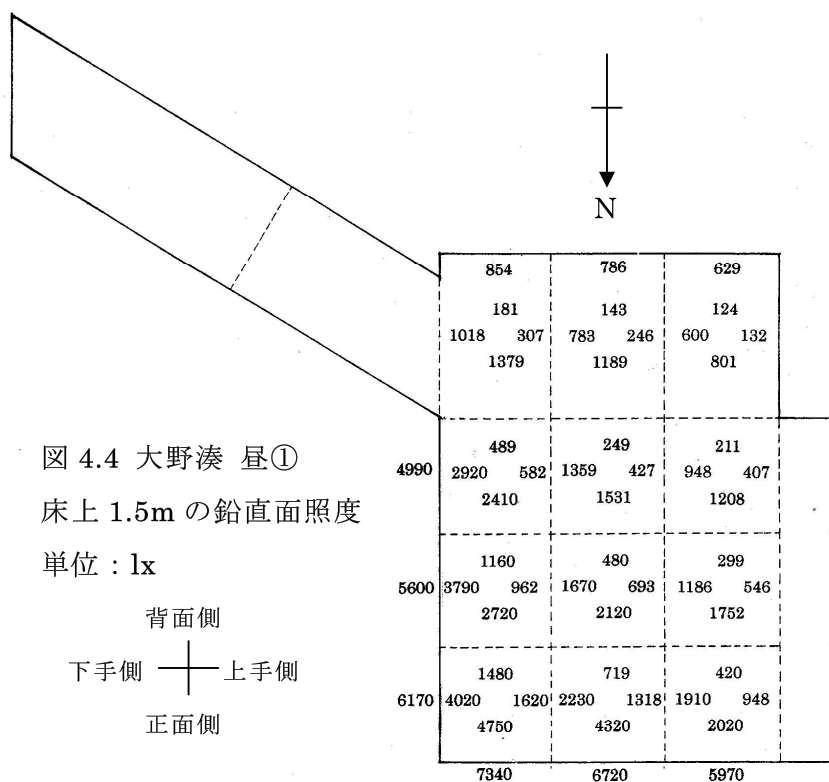


図 4.4 大野湊 昼①

床上 1.5m の鉛直面照度 単位 : lx

背面側
下手側 — 上手側
正面側

4. 4 輝度分布

大野湊昼①の場合で、本舞台の床面は $200 \sim 1500[\text{cd}/\text{m}^2]$ である。鏡板、梁及び化粧屋根裏は $25 \sim 70[\text{cd}/\text{m}^2]$ で床面と比べて比較的一様である。床面が $1000[\text{cd}/\text{m}^2]$ を超えて高いのは、測定の数日前に新しい檜材に張り替えられたためである。

5. 考察

5. 1 各部の照度配分

舞台全体の照度の配分は、表 4.1 のようになる。

自然光の大野湊昼①で本舞台の床面平均照度は $3700[\text{lx}]$ にも達するが、後座では $800[\text{lx}]$ に低下する。このときの全天空照度は $17000 \sim 20000[\text{lx}]$ であった。昼光率では角で 40%、正中で 20%、後座で 4% 程度である。これは多賀大社能舞台の値⁵⁾とほぼ同じである。

本舞台：後座：橋掛りの平均照度比は、大野湊昼①の場合 $1:0.2:0.9$ である。自然採光では大きな屋根と軒のために後座の照度低下が著しい。

また、本舞台の照度均斉度（最小照度/平均照度）も 0.26 と良くはない。ちなみに石川県立の人工照明の場合… $1:0.9:1.0$ 、照度均斉度は 0.63 である。

本舞台各部の明るさを詳細にみると、大野湊の自然光は、図 5.1 のような照度配分をつくりだしている。これは、床面照度 $\text{Eh}(0)$ の値であるが、シテが正先から角、脇正、常座、大小前

表 4.1 大野湊、石川県立能楽堂の平均照度と均斉度一覧 単位:lx

			本舞台	後座	橋掛り	謡座	本舞台+後座
大野湊昼①	Eh(0)	平均照度	3 706	793	3 370	1 623	2 978
		均斉度	0.26	0.45	0.95	0.48	0.12
	Eh(1.5)	平均照度	933	151	779	-	783
		均斉度	0.23	0.89	0.91	-	0.17
大野湊昼②	正面	平均照度	2 537	1 123	-	-	2 183
		均斉度	0.48	0.71	-	-	0.37
	Ev(1.5)	平均照度	1 605	363	1 817	763	1 295
		均斉度	0.27	0.43	0.94	0.71	0.12
石川県立	Eh(0)	平均照度	437	51	274	-	340
		均斉度	0.21	0.90	0.71	-	0.14
	正面	平均照度	1 232	458	1 081	-	1 039
		均斉度	0.45	0.80	0.96	-	0.35
石川県立	Eh(0)	平均照度	317	284	331	149	309
		均斉度	0.63	0.90	0.91	0.79	0.64
	Eh(1.5)	平均照度	419	345	547	-	400
		均斉度	0.49	0.79	0.65	-	0.52
石川県立	正面	平均照度	295	336	465	-	305
		均斉度	0.64	0.88	0.61	-	0.62

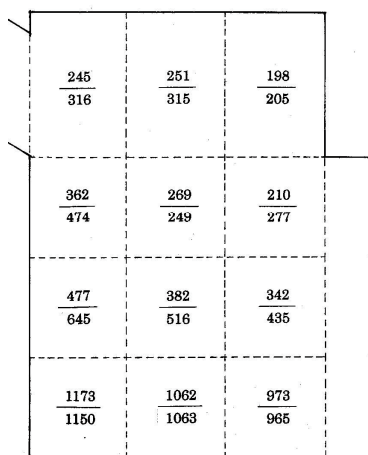


図 4.5 大野湊昼①白色拡散板の輝度 単位: cd/m^2
上段: 10° 上 下段: 10° 下

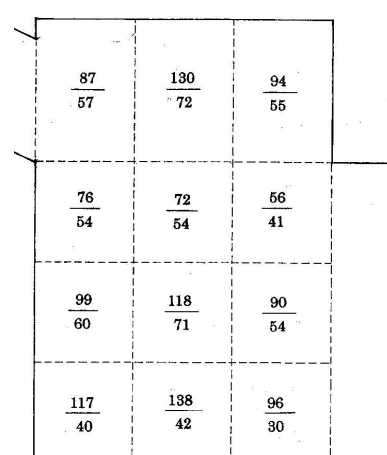


図 4.6 石川県立白色拡散板の輝度 単位: cd/m^2
上段: 10° 上 下段: 10° 下

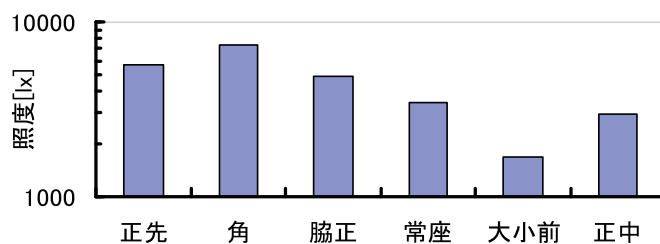


図 5.1 大野湊昼①Eh(0)の分布

を経て正中へまわる動作における明るさの変化を意味している。変化の最も大きいのは常座から大小前に移行するときであるが、1mあたり約 1000[lx]の変化である。すなわち、大小前や笛座前における照度低下は自然採光の特長の一つといえる。

5. 2 拡散光の特質

拡散光は拡散光源からでる光のことで、拡散光源とはどの方向から見てもほぼ一様な輝度をもつ光源のことである。能舞台から見る北や東の空からの天空光や地物反射光（地面や建物、樹木などからの反射光）は完全ではないが、拡散光に近いものである。受光点から見て光源が非常に大きい場合も拡散光に近似してくる。発光部分の小さい電球からの光は拡散光とはいえない。また、電球より大きくて長い蛍光灯も完全な拡散光とはいえないが、電球よりは拡散的である。このような光源からの光の拡散性は、能舞台の床面照度分布に端的に反映される。

図 5.2 は大野湊昼①の床面の照度分布である。等照度曲線は波形の線状である。それに比べ石川県立の人工照明による照度分布は図 5.3 のように、等照度曲線は閉じていて島状である。自然採光の方がはるかに拡散光といえる。図 5.4 は大野湊昼①の床上 1.5m の水平面照度分布である。拡散性は維持されているが、照度の値は $E_h(0)$ のおよそ 1/4 に低下している。この低下の主な原因は床上 1.5m の測定点から見込む天空の大きさ（立体角投射率）が低下するためである。これも自然採光の特長である。

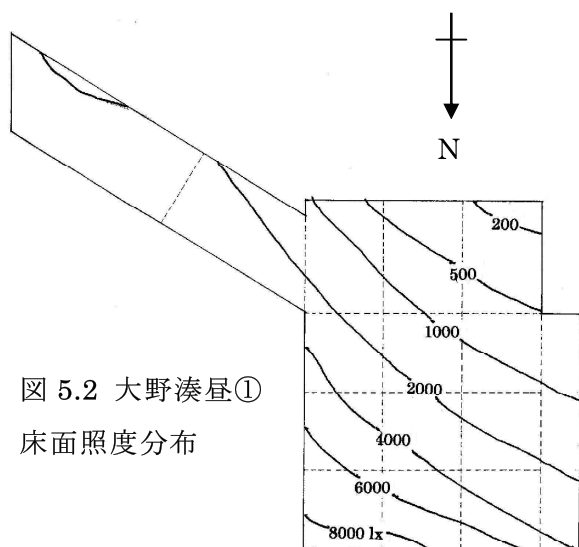


図 5.2 大野湊昼①
床面照度分布

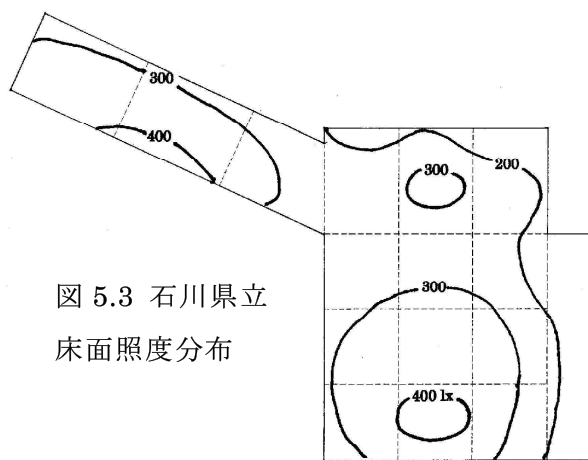


図 5.3 石川県立
床面照度分布

5. 3 鉛直面照度の分布

図 4.4 の $E_v(1.5)$ の測定結果から、正面の鉛直面照度を 1.0 として下手側、背面側、上手側の値の比を算出すると図 5.5 のようになる。これは演者の動きに対する自然光の状況を示している。正面側から下手側に行くにつれて鉛直面照度は約 70% 程度に低下し、背面側では急激に暗くなり、上手側に向かってやや上向く傾

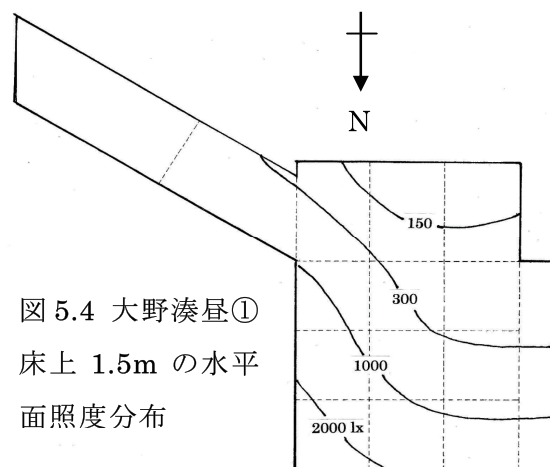


図 5.4 大野湊昼①
床上 1.5m の水平
面照度分布

向にある。

図 5.6 はこの傾向を明確にするために、正中の位置で正面側を基準にして 45° ごとに各方位の鉛直面照度を測定した結果である。正面側 700[lx]から徐々に高くなり 45° で 770[lx]、下手側で 620[lx]とやや減少し背面側で 160[lx]、 225° で 110[lx]と最低になり、それ以降増加し上手側で 240[lx]となり、きわめて緩やかな照度変化であることが分かる。このような光の特性は、自然採光の拡散性を顕著に示すものである。

人工照明ではこのような緩やかな変化ではなく、下手 Ev(1.5)は脇正面に近い脇正で正面 Ev(1.5)の 20%、正中で 30%、地前で 40%と急激に低下する。このような急激な低下は人工光源の配光と取付け位置（高さも含む）と取付け角度に関係している。

0.13	0.12	0.15
0.74 0.22	0.66 0.21	0.75 0.16
1.00	1.00	1.00
0.20	0.16	0.17
1.21 0.24	0.89 0.28	0.78 0.34
1.00	1.00	1.00
0.43	0.23	0.17
1.39 0.35	0.79 0.33	0.68 0.31
1.00	1.00	1.00
0.31	0.17	0.21
0.85 0.34	0.51 0.31	0.95 0.47
1.00	1.00	1.00

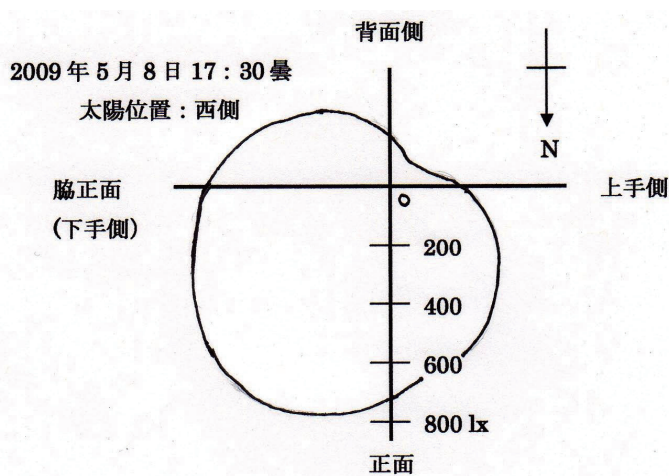
正面

図 5.5 大野湊昼①Ev(1.5)の相対値

5. 4 鉛直面照度と平均水平面照度の比

図 4.3 の床上 1.5m の水平面照度 Eh(1.5)と図 4.4 の鉛直面照度 Ev(1.5)の測定結果から、本舞台における両者の関係を考察する。一般に顔などの立体の見え方は、立体に生じる明と暗（陰影）によって知覚される立体感として扱われる。しかし、立体感には明るさを表わす照度や輝度のような明解な尺度がない。ここでは本舞台における床上 1.5m の正面や下手側を向いた鉛直面照度（正面 Ev(1.5)、下手(Ev(1.5))）と水平面照度の平均値（平均 Eh(1.5)）との比⁶⁾（正面 Ev(1.5)/平均 Eh(1.5)と下手 Ev(1.5) /平均 Eh(1.5))を算出して、図 5.7 と図 5.8 に示す。図中、下向きの矢印の数値は正面側に向かう鉛直面照度と平均水平面照度との比を、左横の矢印のそれは下手側に向かう鉛直面照度と平均水平面照度との比である。

図 5.7 は大野湊昼①の自然採光の場合で、数値は全ての位置で 1.0 以上である。それに比べ図 5.8 の石川県立の人工照明では全ての位置で 0.9 以下となっている。この比が 1.0 よりかけ離れるほど（例えば 3～5 あるいは 0.3～0.1）水平面照度に比べて鉛直面照度が高すぎる、あるいは低すぎることを意味する。従って、床上 1.5m の鉛直面照度と平均水平面照度の比は、自然採光の性



(大野湊昼② 天空照度 7400 lx)

図 5.6 床上 1.5m の鉛直面照度の分布

状を示す一指標になると考えられる。

5. 5 白色拡散板の輝度

図 4.5 の大野湊昼①白色拡散板の輝度測定結果によれば、ほとんどの測定点で輝度比 L_u/L_d は 0.8~1.0 の間にある。多くの点で 10° 下向きの輝度の方が上向きの輝度よりも約 20% 高い。これは上方の天空からの光もさることながら下方からの地物反射光の寄与もあるということである。これは自然採光の特長的な性状である。ちなみに、石川県立の人工光では L_u/L_d は 1.5~3 で上方からの光が支配的である。

5. 6 輝度分布

図 5.9 は大野湊昼①の輝度分布である。北面と東面に開口した能舞台は、新しく張り替えられた白い檜の床を除けば、25~70[cd/m²]という比較的一様な輝度分布で、ここにも自然採光の拡散的な特長が現われている。

6. まとめ

北面した大野湊は大きな屋根と軒に覆われ、採光は主として北と東側からの天空光と地物反射光による自然光である。太陽直射光のない曇りの自然採光の性状を調査した結果、次のことが分かった。

(1) 舞台に入る自然光そのものは拡散的な性状で、はっきりしたかげをつくらない。これは床面に注目すると、閉じない線状の等照度曲線をつくりだす。

(2) 各部の明るさは、シテが登場する幕口はちょっと暗く、すぐに本舞台と同程度の 3000~4000[lx]になり、一の松から後座に入ると 1/4 程度に急減する。後座から本舞台へは暫時高照度になり、角や正先では 6000~7000[lx]になる。従って、シテが大小前でワキが脇座前の場合には、照度差は 2~3 倍もあり、ワキの方が明るい。シテを光によって際立たせてはいない。

(3) 自然採光では床面の照度均斉度は(2)で述べたように良くはない。本舞台と後座を合わせた場合、最小/平均で 0.1、本舞台のみでも 0.3 である。しかし、床上 1.5m の鉛直面照度の均斉度は 0.4~

後座		
常座 3.1 ← 2.6 ↓	大小前 1.5 ← 1.6 ↓	笛座前 1.0 ← 1.3 ↓
脇正 4.1 ← 2.9 ↓	正中 1.8 ← 2.3 ↓	地前 1.3 ← 1.9 ↓
目付 (角) 4.3 ← 5.1 ↓	正先 2.4 ← 4.6 ↓	脇座前 2.1 ← 2.2 ↓
正面		

図 5.7 大野湊昼① $E_v(1.5)/$ 平均 $E_h(1.5)$

後座		
常座 0.1 ← 0.6 ↓	大小前 0.2 ← 0.6 ↓	笛座前 0.3 ← 0.4 ↓
脇正 0.1 ← 0.7 ↓	正中 0.2 ← 0.9 ↓	地前 0.3 ← 0.7 ↓
目付 (角) 0.1 ← 0.8 ↓	正先 0.5 ← 0.9 ↓	脇座前 0.6 ← 0.8 ↓
正面		

図 5.8 石川県立 $E_v(1.5)/$ 平均 $E_h(1.5)$



図 5.9 大野湊昼①の輝度分布 単位: [cd/m²]

0.5 と高くなっている。これは斜め上方の天空光と下方からの地物反射光の寄与を意味し、自然採光の特長といえる。

(4)自然採光のもう一つの特長は、本舞台上のある位置における床上 1.5m における正面側から下手側に向かう鉛直面照度の変化が極めて緩やかなことである。これはシテが正面から下手側（脇正面側）に向かう際に、その面の明るさがほぼ一樣になると考えられる。取り付けに制限のある人工照明ではこのような緩やかな、従って拡散的な照明は容易ではないと考えられる。

(5)能面の「テラス」、「クモラス」に関する光の効果は興味深い問題であるが、シテの熟達の所作をもってすればどのような光の環境であっても問題にならないとも考えられる。ここでは能面上に少なくともどぎついかげや不自然さをつくらないことを念頭に、自然採光ではどのような光の性状になっているか検討した。その結果、自然採光では床上 1.5m における鉛直面照度と平均水平面照度との比が 1.0～5.1 で、人工照明では 0.1～0.9 であった。

(6)自然採光の拡散特性を示すものとして、白色拡散板の輝度測定から $Lu/Ld=0.8\sim1.0$ を得た。

(7)自然採光による舞台全体の輝度分布は、その拡散特性から比較的一様である。

謝辞 この研究の実施に際して、川崎正幸氏（大野湊神社宮司）及び砂山博保氏（石川県立能楽堂館長）、山岸康一氏（石川県立能楽堂）に多大な協力を、また、測定に際して、福井工業大学建設工学科建築学専攻 4 年片山恭佑君と前田雅史君の協力を得ました。深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1) 朝比奈貞一：能及び能楽堂の照明、能楽全書第 6 巻、東京創元社（1981）pp.157～176
- 2) 松本亀松：能舞台の採光に対する研究、日本大学芸術学部 芸術学 08 巻号 6（1963）pp.2～23
- 3) 遠山静雄：能舞台の照明について、照学誌 47・9（1963）pp.440～447
- 4) 伊藤安雄：映像ライティング、（社）日本映画テレビ技術協会（1992）pp.114～115
- 5) 横山 勉、山本祐也、高橋貞雄：能舞台の採光に関する研究調査、福井工業大学研究紀要第 39 号(2009) pp.196～203
- 6) IESNA:IES Lighting Handbook 1987 Application Volume pp.11-22

（平成 22 年 3 月 31 日受理）