統合ファサードにおける斜行配置ルーバーによる室内光環境 LIGHTING ENVIRONMENT OF DIAGONALLY ARRANGED LOUVER ON INTEGRATED FAÇADE SYSTEM

彦根 茂^{*1}, 三澤 温^{*2}, 中村 慎^{*3}, 岩本 静男^{*4}, 岩田 衛^{*5}
Shigeru HIKONE, Yutaka MISAWA, Makoto NAKAMURA,
Shizuo IWAMOTO and Mamoru IWATA

Building façades have a critical role in creating urban landscape, can be effectively used to reduce energy and its impact on the environment and incorporate structural seismic resisting elements in the perimeter zone. To satisfy these requirements the authors propose an integrated façade concept to incorporate architectural, façade and environmental design requirements. In Europe remarkable façade engineering development has taken place over the last two decades resulting in elegant facades and a reduction in environmental impact but needs development in Japan to take account of the different environmental climates. To satisfy these requirements this paper proposes the use of a diagonally arranged louver system. In many cases louvers are not installed because of the restricted view and darkness created in the building interior. To overcome these problems a full scale diagonal louver mock up was created to evaluate illumination levels and the quality of the internal environment and external appearance. The mock up was used to measure illumination levels and correlated with results from a lighting analysis tool.

Keywords: Refurbishment, Facade, Louvre, Daylight factor, Full scale mock-up test, Day light analysis

既存改修, ファサード, ルーバー, 昼光率, 実物大実験, 光環境解析

1. 序論

大都市における建築ストックを新陳代謝していくには、従来のスクラップ・アンド・ビルド一辺倒ではなく、建物を改修しながら性能を向上させる方法が重要である。環境負荷低減や建物の継続的使用の観点からも改修時に性能を向上させていく方法が今後さらに重要となる。なかでも建物の外周部を構成するファサードは都市景観を形成する重要な要素であるとともに、建物内部を外環境から保護し、室内環境に直接的な影響を与える要素である。そのため、既存建物の改修において、ファサードを適切に再構築することは、建物外観を一新すると共に環境負荷低減などの性能向上が期待できる。

一方で、既存建物には最新の耐震基準を満足しない既存不適格建築物が多く存在し、大地震時の被害を低減するために耐震改修を行う必要がある。耐震要素の配置には建物外周部が適しているため外部に露出して補強材が設置されることが多い。しかし、これらの補強材はファサードと無関係に設計されることが多く、景観は劣悪となり環境性能や建築ストックの向上とも相反する現状となっている。

2. 目的

筆者らは、このような現況を踏まえ、既往の研究^{1)~5)}において、既存建築物に耐震補強を行う場合について、諸性能（主に、景観・安全・環境）を向上させる統合ファサードシステムの評価軸設定、分析及び実物件への適用を行ってきた。また、既報⁶⁾においては、これらのシステムのうち、耐震補強材の部材寸法を極小にした斜行配置した座屈拘束ブレース（以下、BRBとする）を用いた耐震改修システムの構造性能を確認した。BRBは部材寸法を最小断面にした補強材のため、ファサード構成材との調和が期待できる。そのためBRBは、構造要素に加え、ルーバーなどの環境装置と成り得る発展性がある。

本研究は、BRBを環境装置兼用の構造要素と位置づけ、構造及び環境性能を統合させた斜行配置したルーバー（以下、斜行ルーバーとする）を提案する。また、斜行ルーバーの実物大モックアップを用いた室内照度測定及び解析による室内光環境の検証を行い、斜行ルーバーの設計への適用を図るものである。

^{*1} オーヴ・アラップ・アンド・パートナーズ・
ジャパン・リミテッド 日本における代表者

Ove Arup & Partners Japan Limited

^{*2} オーヴ・アラップ・アンド・パートナーズ・
ジャパン・リミテッド ファサードエンジニア

Ove Arup & Partners Japan Limited

^{*3} 神奈川大学大学院工学研究科建築学専攻 大学院生

Grad. Student, Dept. of Architecture and Building, Graduate School of Engineering, Kanagawa Univ.

^{*4} 神奈川大学工学部建築学科 准教授・工博

Assoc. Prof., Dept. of Architecture and Building Engineering, Kanagawa Univ., Dr. Eng.

^{*5} 神奈川大学工学部建築学科 教授・工博

Prof., Dept. of Architecture and Building Engineering, Kanagawa Univ., Dr. Eng.

3. 斜行ルーバーの導入

環境・エネルギー効率に配慮したファサードエンジニアリングはヨーロッパを中心に近年発達が見られる^{7),8)}。しかし、気候が大きく異なる日本に適用する上ではコンセプトの改良・変更が必要になる^{9)~11)}。一方で、世界有数の地震国である日本では、既存建物の耐震改修が喫緊の課題であり、外周部にブレースを配置する補強が一般的に行われてきた。

ブレースは構造要素としての効率がよいことは言うまでもないが、建物外観に構造要素が単純に付加されるだけでは、既存ストックの性能向上及び魅力の再生として十分といえない。一方、環境を配慮したファサードは、ルーバーを環境装置として利用する例（写真1）が多く、高い環境性能を発揮し、かつ魅力ある景観を構成している。

ルーバーによる環境負荷低減の主目的は遮熱性能の向上である。日射をルーバーにより反射し室内への侵入熱量を低減する。ファサード外部に設置されたルーバーは建物外部で熱侵入を防ぐため、近年提案されてきたダブルスキンのように、内外の緩衝帯（キャビティ）で排熱するシステムよりも本来は遮熱効率に優れる（図1）^{12),13)}。

設計では、ルーバーは適切な遮熱効果が得られるように方位や太陽高度から判断し、水平、縦型などの形状やピッチが調整される。一般には、太陽高度の高い南面には水平ルーバー、東西面には縦型ルーバーが設置される^{14)~16)}。本研究で提案する斜行ルーバーは実例をみないものであるが、太陽高度が中庸の高さである南東、南西面に遮熱効果を発揮し（図2）長時間に渡り遮熱効果を期待できるものである。一方で眺望や室内照度の問題から、ルーバーの実物件への適用が懸念されることが多い。ルーバータイプは遮熱に優れるシステムであるが導入されないケースが多いのが実情である。室内光環境については、ライトシェルフなど光を室内に導入するシステムが提案（写真2）されており、室内光環境を改善する機能があるものの、これらは独立した環境装置であり、遮熱効果を狙って窓面全体にルーバーが設置されるケースはあまり検討されていない^{17),18)}。

これらの観点から、斜行ルーバーを提案し、実物大実験及び解析によって、室内からの眺望や室内光環境を検証する。

写真1 環境を配慮したファサード

写真2 環境装置の導入例（ライトシェルフ）

	ルーバータイプ	ダブルスキントタイプ
概念図		
構成	外付けルーバー＋シングルスキンのガラスファサード	アウターガラス＋キャビティ＋インナーガラスの構成
遮熱	外部側に設置されたルーバーにより室内への日射熱侵入を防ぐ	キャビティ内に外気を導入。ブラインドにより吸熱し、温度差換気により日射熱を除去

図1 環境配慮ファサードの遮熱メカニズム

図2 ファサード方位と日射制御に有効なルーバータイプ

4. 実物大実験

4.1 実験概要

既存建物の改修を想定し神奈川大学8号館（北緯35.29度、東経139.37度）に適用する斜行ルーバーを検討する（図3）。斜行ルーバーは、2タイプ（Rタイプ、Cタイプ）の形状を設計する。ルーバー形状の決定にあたっては、ルーバーにBRB（断面寸法100mm×100mm）を内蔵することが考慮されている。Rタイプは断面が長方形で、ルーバーの妻面が外側を向いている。Cタイプは断面が正方形で、ルーバーの角部を外側に向けている。表1にRタイプ、Cタイプの建物1層分、柱1スパン分を取り出した実物大モックアップの外観とルーバー断面を示す。BRBは全てのルーバーには入っておらず、構造上必要なルーバーにのみ挿入する。本研究では、この2タイプの実物大モックアップを用いて照度測定を行う。

a) R タイプ外観

b) C タイプ外観

図 3 斜行ルーバーを設置したファサード

表 1 斜行ルーバー概要

	a) R タイプ	b) C タイプ
外観		
ルーバー断面	<p>BRB:座屈拘束ブレース</p>	<p>BRB:座屈拘束ブレース</p>

4.2実物大モックアップ

図 4 に実物大モックアップの構成を示す。既存建物を想定した躯体枠に対し、1 次ファスナー、2 次ファスナー、パネル枠を用いてルーバー及びブレースを接合する。ルーバーはパネル枠に、ブレースは 1 次ファスナーによって取り付け、接合部にはカバープレートを取付ける。モックアップは白色塗料を塗布し、躯体枠内側はつや消しの黒仕上とする。昼光率による評価を行うため、モックアップは、天空に対する障害物が少ない神奈川大学 12 号館屋上に北向きで設置する。設置環境及びモックアップ内観を写真 3 に示す。実物大モックアップは、建物内部のペリメータゾーンを想定し、幅 4,400mm×奥行き 5,400mm×高さ 3,450mm とする。

図 4 実物大モックアップの構成

屋上周辺環境（北面）

モックアップ周辺環境

a) R タイプ（内観）

b) C タイプ（内観）

写真 3 周辺環境及びモックアップ

4.3実験条件

表 2 に実験条件を示す。実験では室内照度及び全天空照度を計測する^{19)～21)}。全天空照度は室内照度測定時と同時刻に、モックアップ設置位置に近接し、神奈川大学内で最も高い建物である神奈川大学 23 号館屋上で測定する。写真 4 に全天空照度及び室内照度の測定環境を示す。

写真 4 の台座中央に照度計を置き、直射日光を遮蔽して計測する。直径 100mm の鉄製円盤に径 10mm 程度の鉄製棒を取り付けて黒テープで覆ったものを直射日光の遮へい用具とし、受光部と円盤を 1m 以上離して受光部に影を落とすように支えている。なお、影ができない曇天候の場合は使用していない。

表 2 実験条件

項目	照度計測条件 (外部環境)
天候	晴れ、または曇り
計測日時	ルーパーなし： 2008 3/18、19 Rタイプ： 2008 3/29、4/1 Cタイプ： 2008 3/22、27
計測場所	北緯 35.29 ° 東経 139.37° 全天空照度： 神奈川大学23号館屋上 室内照度： 神奈川大学12号館屋上
周囲環境	全天空照度： 神奈川大学23号館屋上 (写真4) 室内照度： 神奈川大学12号館屋上 (写真4)
計測機器	全天空照度、室内照度 デジタル照度計： TOPCON IM-2D レンズ： IM-2D用倍率フィルタ (10M)
計測間隔	全天空照度：室内照度： 9時から15時まで1時間毎に計測

項目	実大モックアップ条件 (計測室)
形状/寸法	幅4,400mm x 奥行5,500mm x 高さ3,450mm
開口方位	北面
開口寸法	幅3,900mm x 高さ1,500mm 腰壁900mm, 垂壁1,000mm
天井仕上	白色紙貼： N9.3
壁仕上	白色紙貼： N9.3
床仕上	コンクリート： N5.5
開口仕上	開口： ガラスや建具などの嵌め込みなし

項目	実大モックアップ条件 (ルーパー)
形状/寸法	Rタイプ： (図5上図) Cタイプ： (図5下図)
取り付け間隔	Rタイプ： @562.5mm (スパン/8) Cタイプ： @1125mm (スパン/4)
採光面の遮蔽率	Rタイプ： 22.68% Cタイプ： 28.76%
ルーパー仕上	白色塗装： N9.3
ルーパー取付枠	木製： 断面矩形 100mmx200mm
取付枠仕上	白色塗装： N9.3

全天空照度測定

室内照度測定

写真 4 測定位置の周辺環境

図 6 室内照度測定点

a) Rタイプの形状及び寸法

b) Cタイプの形状及び寸法

図 5 モックアップ立面図

4.4測定計画

昼光率は、照度計によって照度を測定するものと、魚眼レンズを用いた写真撮影によって立体角投射率を測定するものの2種類とする。室内照度測定点を図6に示す。測定点における室内照度は、それぞれの条件で2日間、9時から15時まで1時間ごとに測定する。また、窓面開口部に対する測定点からの立体角投射率についても、それぞれの場合で1回ずつ測定する。測定値より毎時の昼光率を求めるとともに、2日間の平均値を算出する。魚眼レンズによる写真撮影では、デジタルカメラ Nikon COOLPIX4500 に Nikon Fisheye converter FC-E8 を装着し、照度測定を行った地点で撮影する。魚眼レンズのふちが測定高さ1,025mmとなるように調整して撮影し、撮影画像はSPCONV²²⁾を用いて立体角投射率を求める。

4.5実験結果

表3、表4に照度の測定結果および測定結果から算出した昼光率を示す。また、測定点ごとに昼光率をプロットしたものを図7に、実験結果のまとめを表5に示す。

昼光率は、天空光に対して室内で得られる明るさを示す割合である。一般には既存建物にルーパーを新設する場合、ルーパーの遮光により室内が暗くなる印象があるが、測定結果をみると、必ずしもルーパーによって室内の明るさが低下するとは言えない。ルーパーがあっても室内が明るく、ペリメータ空間の光環境を改善する場合もあり、窓際から4,500mm離れた位置においてもルーパーなしとほ

ば同様の明るさを示す結果となる。また、ルーバーが設置される場合は、窓際から 900mm と 4,500mm の昼光率の差がルーバーなしと比べて小さく、ペリメータ空間の照度差が抑えられている。照度差が抑えられることによって、人間に与える不快感が軽減される^{23)~25)}。

魚眼レンズを用いた測定による直接昼光率は、窓面開口部から直接得られる天空光の割合を示す。これは周辺環境による光の反射や拡散によって測定点の明るさが変化しても影響を受けない指標である。図 7 に示す直接昼光率と計測照度による昼光率の差は間接昼光率である。間接昼光率は、内壁やルーバーの反射光による影響を示

すものである。間接昼光率は、窓際から 2,700mm 及び 4,500mm においては、ルーバー無しに比べて、ルーバーを設置したほうが大きい。これは、ルーバーによって、直接光の成分は低減するが、ルーバーが光を反射、拡散させて、間接光によって室内まで明るくなるためといえる。C タイプ、R タイプともにその傾向にある。写真 3 の R タイプ、C タイプの内観からも、ルーバーが天空光を受けて、光を反射、拡散させていることが分かる。また、C タイプはルーバーの隙間が広く、視線が外へ抜けるため、ルーバーの設置による閉塞感も軽減されている²⁶⁾。

図 7 測定結果 (昼光率%)

表 3 測定結果 (照度 lx, 昼光率%)

ルーバー無 1日目	900mm 2700mm 4500mm 全天空				昼光率			Rタイプ 2日目	900mm 2700mm 4500mm 全天空				昼光率		
	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00		9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00
	2560	3090	3250	3240	3300	3300	3170	15.5	1603	1658	1632	1639	1730	2440	2150
	1472	1570	1633	1635	1704	1666	1500	8.9	884	928	928	914	1042	939	1059
	957	1069	1141	1155	1203	1095	997	5.8	653	682	704	706	695	756	777
	16470	25200	32500	34400	32900	30800	25400	11.1	11210	12770	11970	12900	12300	20200	18900
	3130	1597	1088	1088	28239			5.7	1836	956	710	14321			
ルーバー無 2日目	900mm 2700mm 4500mm 全天空				昼光率			Cタイプ 1日目	900mm 2700mm 4500mm 全天空				昼光率		
	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00		9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00
	4460	4500	2190	839	1620	551	992	16.3	1986	1975	1984	2030	2180	2210	2340
	1491	1811	811	295	602	208	339	12.1	1118	1118	1149	1147	1227	1211	1216
	816	1057	484	164	338	121	181	9.0	785	785	833	832	879	860	831
	27400	37100	9020	5280	10770	4140	5390	5.4	15400	17700	18600	19700	20700	19200	17530
	2165	794	452	452	14157			5.6	2101	1166	827	18404			
Rタイプ 1日目	900mm 2700mm 4500mm 全天空				昼光率			Cタイプ 2日目	900mm 2700mm 4500mm 全天空				昼光率		
	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00		9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00
	2275	2460	2570	3340	3130	2590	3150	11.3	3610	4450	3950	1981	2220	3490	2890
	1133	1268	1356	1557	1498	1225	1477	10.0	1354	1688	1426	1146	1231	1561	1255
	776	871	980	1077	1010	888	939	5.2	837	1015	886	847	902	998	780
	20200	24600	25300	40800	39100	35700	26800	3.8	35800	48400	46800	16520	17140	26000	13280
	2788	1359	934	934	30357			3.1	3227	1380	895	29134			

表 4 昼光率の平均値及び最大、最小値 (%)

ルーバーなし			Rタイプ			Cタイプ		
900mm	2700mm	4500mm	900mm	2700mm	4500mm	900mm	2700mm	4500mm
2日間平均(昼光率)			2日間平均(昼光率)			2日間平均(昼光率)		
13.2	5.6	3.5	11.0	5.6	4.0	11.2	5.5	3.8
2日間最大値			2日間最大値			2日間最大値		
24.3	9.0	5.8	14.3	8.5	5.9	21.8	9.5	5.9
2日間最小値			2日間最小値			2日間最小値		
9.4	4.8	2.8	7.3	3.4	2.5	8.4	3.0	1.9

表5 実験結果まとめ

測定位置	昼光率（平均値）の特徴	昼光率（平均値）と直接昼光率の差
900mm	ルーバーなしが最も高くRタイプが最も低い。	ルーバーなし、Cタイプでは、昼光率（平均値）が直接昼光率と同じであるが、ルーバーが多いRタイプでは上回る。
2,700mm	どの場合も大きな差はない。	どの場合も昼光率（平均値）が直接昼光率を上回る。
4,500mm	ルーバーなしの場合よりもルーバーありの場合が高い。	どの場合も昼光率（平均値）が直接昼光率を上回り、ルーバーありの場合は差が大きい。

a) Rタイプ

b) Cタイプ

図8 室内照度解析モデル

5. 光環境解析

5.1 解析条件

光環境解析には解析ソフト Radiance を使用する。Radiance はカルフォルニア州ローワンス・パークリー研究所で開発された照度可視化システムである。表6に解析条件を示す。図8に解析モデルを示す。Radiance では、実測点からランダムに光線を飛ばし、光源に到達した光線をもとに、モンテカルロ法にて解析を行う。より多くの光線数を設定すれば、より正確な結果が得られる。本研究では、室形状が矩形であるため解析時間も少ないと考え、光線数は設定最高値の4096本とする。また、光線が光源に到達するまでの室内における反射についても反射回数を設定最高値8回とし解析を実施する。

表6 解析条件

天空設定	CIE標準曇天空 全天空照度 15,000lx
周囲環境	周囲に障害物なし
光線数	4096本（最大値）
反射回数	8回（最大値）
室内形状／寸法	幅4,700mm x 奥行5,500mm x 高さ3,475mm
開口方位／寸法	北面／幅3,900mm x 高さ2,200mm
天井／壁及びルーバー／取付枠仕上	オフホワイトペイント R 0.691 G 0.696 B 0.615（反射率68.8%）
床仕上	コンクリート R 0.244 G 0.194 B 0.145（反射率20.3%）
開口仕上	ガラスや建具などの嵌め込みなし

1) ルーバーなし

2) Rタイプ

3) Cタイプ

図9 測定値と解析値の比較（昼光率％）

1) ルーバーなし

2) Rタイプ

3) Cタイプ

図10 室内照度分布（解析値1x）（縦軸は窓面からの距離、横軸は窓面中心軸からの距離を示す）

5.2測定値との比較

図9に測定値と解析値の昼光率の比較を示す。解析値は、測定値より低い値を示すものの、よい相関を示すことが分かる。斜行ルーバーの実例は類をみないが、設計段階においても事前に解析検討を行うことによって、信頼性のある評価ができるといえる。

また、斜行ルーバーを配置したファサードの室内照度分布を図10に示す。斜行ルーバーを配置する場合、ルーバーが無い場合よりも、照度分布に若干偏りがみられるが、Cタイプでは照度分布にほとんど偏りがみられず、ルーバーの形状や取り付けピッチを調整することにより、照度の偏りは十分に改善される。

6. 結論

斜行ルーバーを設置したファサードの室内光環境を把握するため、実物大モックアップによる照度の測定及び解析を行った。その結果、以下の知見を得た。

- (1) 斜行ルーバーの設置によって、窓際と室内奥の室内照度差が低減され、不快感を軽減し、ペリメータ空間の光環境を改善させる効果が得られる。
- (2) 斜行ルーバーの設置によって、ルーバーにより光を反射、拡散させて室内奥まで光が到達する。そのため、室内奥であってもルーバーが無い場合と同様の明るさが得られる。
- (3) 斜行ルーバーの設置によって、室内照度分布に偏りがみられる場合があるが、ルーバーの形状及びピッチを調整することにより、照度分布の偏りは十分に改善される。
- (4) 照度測定値と解析値には相関があり、斜行ルーバーの室内光環境について、信頼性のある設計ツールとして展開できる。

謝辞

本研究は、国土交通省、平成20年度住宅・建築関連先導技術開発助成事業費補助金、“補助事業の名称：意匠・構造・環境の性能向上を同時に図る「統合ファサードシステム」による既存ストックの再生技術の開発”により行われたものです。本研究のモックアップの設計、製作にあたりご指導頂きました、前田一級建築事務所、前田親範氏に感謝の意を表します。また、光環境シミュレーションにあたりアラップジャパン平井礼子氏、モックアップの製作、実験の遂行にあたり神奈川大学学部生(当時)只木浩之氏の協力を得ました。ここにあわせて感謝の意を表します。

参考文献

- 1)竹内徹、小谷野一尚、岩田衛：ファサードエンジニアリングの統合に関する研究－既存ファサードの性能調査・分析－，日本建築学会環境系論文集，No.592, pp.97-104, 2005.6
- 2)竹内徹、小谷野一尚、安田幸一、湯浅和博、岩田衛：ファサードエンジニアリングの統合に関する研究－統合ファサードの提案および性能評価－，日本建築学会環境系論文集，No.601, pp.81-88, 2006.3
- 3)竹内徹、安田幸一、湯浅和博、岡山俊介、宮崎健太郎、岩田衛：統合ファサードによる既存不適格建物の耐震改修，日本建築学会技術報告集，No.24, pp.161-166, 2006.12
- 4)竹内徹、岩田衛、安田幸一：構造設計からの取り組み，コンクリート工学 500号記念特集号＊環境とコンクリート vol45, No.5, 2007.5
- 5)金木洋平、竹内徹、宮崎健太郎、岩田衛：ファサードエンジニアリングの統合に関する研究－統合ファサードの構造性能－，日本建築学会技術報告集，No.27, pp.137-142, 2008.6
- 6)金木洋平、彦根茂、山下哲郎、岩田衛：斜行配置座屈拘束ブレースによる耐震補強，日本建築学会構造系論文集，No.634, pp.2215-2222, 2008.12
- 7)Alison G. Kwok, AIA、Walter T. Grondzik, PE：The GREENSTUDIO HANDBOOK, Architectural Press, 2007

- 8)Thomas Herzog、Roland Krippner、Werner Lang：Façade Construction Manual, Birkhauser-Publishers for Architecture, 2004
- 9)日本建築学会編：地球環境建築のすすめ，彰国社，2002.8
- 10)建築画報特別号：Façade Engineering, Vol39, 2003.12
- 11)日本建築学会：ガラスの建築学，学芸出版社，2004
- 12)Michael J. Crosble：CURTAIN WALLS, Birkhauser-Publishers for Architecture, 2005
- 13)Oesterle、Lieb、Lutz、Heusler：Double-Skin Facades, Prestel, 2001
- 14)日本建築学会・採光設計，技報堂，1963
- 15)日本建築学会設計計画パンフレット16 採光設計，彰国社，1963
- 16)浦野良美，中村洋：建築環境工学，森北出版株式会社，1996.6
- 17)日本建築学会設計計画パンフレット23 照明設計，彰国社，1975
- 18)日本建築学会設計計画パンフレット30 昼光照明の計画，彰国社，1985
- 19)日本建築学会設計計画パンフレット24 日照の測定と検討，彰国社，1977
- 20)昼光照明の計算法，日本建築学会，1993
- 21)小木曾定彰、小池利幸：昼光率の実測に影響を与える各種の要因について，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.69-67, 1978. 9
- 22)永田明寛. BUILDING SIMULATION RESOURCES Library, Application and Database.SPCONV.2005-01-05.http://news-sv.aij.or.jp/kankyo/s12/Resource/ap/SPCONV/SPCONV.htm. (参照 2007-12-12).
- 23)照明学会・技術基準 オフィス照明基準 JIEC-001, 1992
- 24)照明学会・技術基準 住宅照明基準 JIEC-005, 1994
- 25)日本工業規格 照度基準 JIS Z 9110-1979
- 26)照明学会・ライティングハンドブック、オーム社，1987. 11

(2009年2月6日原稿受理，2009年7月7日採用決定)