輝度画像を利用したブラインド制御用遮光要否判定方法の研究

STUDY ON EVALUATION METHOD OF SOLAR SHADING FOR BLIND CONTROL BASED ON LUMINANCE IMAGES

小島義包*, 中村芳樹**, 加藤洋子***,
大木 知佳子****, 矢部周子*****, 金谷末子*****

*Yoshikane KOJIMA, Yoshiki NAKAMURA, Yoko KATO,
Chikako OHKI, Chikako YABE and Sueko KANAYA*

For the saving energy of the illumination, it is necessary to use day light effectively. In general, office has only side window to get day light and Venetian blinds are installed in the window for solar shading. In the automatic blind control system installed at the large scale building, slats of blind are uniformly controlled by illuminance sensor fixed on the top of the building. We devised technique to detect not only the direct sunlight but also the dazzling borrowed light from adjacency building based on a luminance image provided with a CCD camera for the purpose of the development of the higher precise judgment of solar shading. We built the system which could perform shading immediately at the time of the detection and introduced it into the actual work place.

Here, we report a detection method and an experimental data of the precision of the system.

Keywords : *Luminance image, Blind control, Solar shading, Contrast, Filtering,*

輝度画像, ブラインド制御, 日射遮蔽, コントラスト, フィルタリング

1. はじめに

国は 2014 年 4 月に閣議決定した「エネルギー基本計画」において、新築公共建築物等は 2020 年までに、新築建築物は 2030 年までに平均で ZEB (ネット・ゼロ・エネルギー・ビル) 化を実現することを目指すとしている。ZEB の概念は、建築・設備の種々の省エネルギー技術を組み合わせて大幅な省エネルギー化を図ったうえで、太陽光発電などのような再生可能エネルギーの利用により、見かけ上のビルのエネルギー消費量をゼロとするものである。ZEB 化を実現するためには、照明分野においても、徹底した省エネルギーが求められており、高効率な照明器具や各種センサによる照明制御の採用のほか、自然光の有効活用がキーと考えられる。

近年、室内環境の快適性に関して多くの研究がなされており、自然光についても知的生産性や心地よさを高める効果等の生理的、心理的效果も報告されている¹⁾³⁾。また、オフィスにおいては、従業員の健康増進が企業価値につながる経営課題と捉える、いわゆる、健康経営への取り組みが注目されている。建物を使う人の健康や幸福 (Well-being) を考えた環境建築が要求され始めており、自然光の享受も重要な要素とされている。このように、建築物における自然光利用は、省エネルギーと健康・快適の両側面から求められるよ

うになった。

オフィスビルにおける執務室への採光手法は、側窓が一般的である。側窓の多くは、日射遮蔽のために羽根板 (スラット) が水平の横型ブラインド (ベネチアンブラインド) が設置されている。近年、ブラインドの昇降高さやスラット角度を自動制御する方式の採用が増加している。多くの自動制御は、屋上に設置したセンサ情報を基に直射日光の状態の判断を行うことによって、方位毎に一律に行われる。現在、実用化されている遮光要否判定は、日射量や照度を用いて行われている。この場合、一定の閾値では太陽高度など条件の違いによって判定誤差が出ると報告されている⁴⁾。また、CCD カメラによって撮影された天空画像を利用した遮光要否判定方法が報告されている⁵⁾。ここでは、天空に向けて設置した CCD カメラ画像を基に、最大輝度を示す地点を太陽位置として、太陽部分と周辺部分の輝度差と設定した閾値の大小関係によって遮光判定が行われている。いずれも、建物屋上に設置されたセンサによって、直射日光のみを検出することを目的としたものである。

ブラインドの開放可能な時間を長くすることは省エネルギー性と眺望性を向上することができること⁶⁾から、窓面毎の遮光要否判断が今後、重要になると考えられる。特に、都市部においては、周辺

本論文は、参考文献 15)-19) の内容に新たな実験結果を加筆、修正を加えたものである。

* (株)大林組・東京工業大学総合理工学研究科 博士後期課程・工修
** 東京工業大学環境・社会理工学院建築学系 教授・工博
*** 東京工業大学環境・社会理工学院建築学系 博士後期課程・工修

**** (株)大林組
***** (株)大林組 工修
***** (株)ビジュアル・テクノロジー研究所 工博

Obayashi Corporation, M. Eng.
Prof., Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.
Grad. Student, Dept. of Architecture and Building Engineering, School of
Environment and Society, Tokyo Institute of Technology, M. Eng.
Obayashi Corporation
Obayashi Corporation, M. Eng.
Visual Technology Laboratory Inc., Dr. Eng.

建物によって直射日光が遮られる場合も多く、屋上に設置したセンサだけでは、適切な自動制御が難しくなっている。また、近年、ガラスを外装材とした建築物や太陽光発電パネルの設置が増加しており、建築物からの眩しい反射光による光害の事例も報告されている⁹⁾。反射光の入射により、グレアの発生、パソコン画面への映り込み、集中度の低下など、生産性や快適性を損ねることが挙げられている。これまでのブラインド制御には、反射光を検出し、遮光制御する事例はなく、今後は、室内に入射すると、グレアや熱感となる可能性のある反射光や直射日光を検出し、確実に遮光することができる、新たな遮光要否判定方法の研究が必要と考えた。

2. 本研究の目的と目標とするブラインド制御

本研究の目的は、CCD カメラの画像を利用して、窓面から見える対向建物による影の影響、周辺建物からの反射光などを含めて評価できる、ブラインドの遮光要否判定方法の実用性を明らかにすることである。本研究では、グレアを発生する可能性のある直射光や反射光を検出する方法を検討し、窓面のグレア評価は今後の研究課題としている。

図 1 に目標とするブラインド制御の動作を示す。窓面とブラインドの間に CCD カメラを屋外に向けて設置する。連続窓を持つような建物外装材の場合、一般的に窓面とブラインドの間には 200mm 程度の空間があることから、CCD カメラをこの位置に設けることが可能である。この CCD カメラで生成する屋外輝度画像を基に、遮光要否判定を行う。窓面に設置することで、当該窓面に入射する直射光や周辺建物からの反射光を検出することができ、精度の高い遮光制御が実現できる可能性がある。また、建物の影になっている時間帯は、ブラインドを開放することができ、眺望と採光をより多く得ることが可能である。

輝度分布の測定等、CCD カメラの光環境評価への応用例はこれまでも報告されている⁸⁾⁹⁾。基本的には、カメラの絞りを固定した状態で、異なる露光時間（シャッタースピード）の画像データを重ね合わせることで輝度画像が生成できる。この輝度合成には、数十秒を要し、ブラインド制御に利用する場合、急な日射に 대응することができないと考えられた。そこで、本研究では制御の高速化のために、単一のシャッタースピードで生成する輝度画像を基に、直射光や反射光の局所的な高輝度部分を検出する方法を検討し、その実用性について実証実験を行った。

図 1 遮光判定によるブラインド制御の動作

3. 輝度コントラストによる遮光要否判定方法

3.1 CCD カメラによる高輝度測定方法

使用する CCD カメラとレンズの仕様を表 1 に、分光感度を図 2 に示す。今回、1 台のカメラで広範囲に測定するために、魚眼レンズを採用した。投影方式は、照明制御にも利用することを考慮して、撮影した画像を平面化した際にも歪みの少ない画像が得られるように、等距離射影方式を採用した。

このカメラが測定可能な輝度の範囲は、80,000cd/m² 以下であるため、屋外で太陽のような高い輝度を撮影した場合、スミア（白飛び）やゴーストが生じ、正しい値を測定することができない。このため、今回、高い輝度も測定できるようにカメラにフィルタを設置することを検討した。

表 1 CCD カメラとレンズの仕様

受光素子	CCD イメージセンサ（モノクロ）
有効画像画素数	2456 (H) × 2058 (V)
フレームレート	15fps
絞り範囲	F1.4-F16 (F16 固定で使用)
画角	185° (H) × 185° (V)

図 2 CCD カメラの分光感度¹⁰⁾

フィルタは、図 3 に示す分光透過率を持つ ND (Neutral Density) フィルタ（シグマ光機 AND-001）と IR (Infrared) フィルタ（シグマ光機 ECM-500）の 2 種類を使用した。ND フィルタは、400~700nm における平均透過率（0.1%）に対して近赤外波長域（700nm~1,200nm）の透過率が相対的に高くなっている。そこで、近赤外波長域を吸収する IR フィルタを重ねて装着することで、図 4 に示すように、スミアやゴーストを抑え、輝度の測定レンジを引き上げることができた。

図 3 ND・IR フィルタの分光透過率^{11), 12)}

図 4 ND・IR フィルタの有無による輝度画像の比較

前章の方法によって生成した輝度画像から、直射光や反射光の有無を判定する方法を考える。中村によって提案された輝度コントラスト (C 値) を算出するフィルタ (N フィルタ)¹³⁾は、複雑な輝度分布を持つ実空間の中で対象物と背景との輝度コントラストを定量的に評価する手法である。具体的には、コントラスト・プロファイル法と呼ばれるもので、輝度画像に対して N フィルタを使用した対数輝度の重みづけ加算によって求められ、特定のサイズのコントラストを抽出することが可能である。また、N フィルタと同サイズの平均化フィルタによるフィルタリングは、特定サイズにおける対数輝度平均 (A 値) を算出でき、C 値と A 値を用いることで、輝度画像内の特定サイズの高い輝度コントラストを持つエリアを検出し、そのエリアの輝度対比を定量的に評価することができる¹⁴⁾。

3.3 判定閾値の検討

	SS	測定範圍	直射光	反射光
通常測定	複數	約 70 ~ 300,000,000 cd/m ²
簡易測定	1/50	約 4,500 ~ 2,300,000 cd/m ²
	1/200	約 18,000 ~ 9,200,000 cd/m ²
	1/800	約 72,000 ~ 37,000,000 cd/m ²

図5 シャッタースピード別の輝度画像

C 値と A 値の判定閾値の決定は、図 6 に示す 5 種類の検証画像に対する評価によって行う。5 種類の画像とは、①直射日光の写る画像、②建物の強い反射光の写る画像、③夕陽の写る画像、④直射光と反射光が同時に確認できる画像、⑤太陽の見えない晴天日の画像であり、実用上想定されるケースを用いた。また、表 2 にはそれぞれのケースにおける、C 値と A 値をシャッタースピード毎に算出した結果を示す。この結果から、シャッタースピード 1/200 において、C 値：0.4、A 値：4.5 をいずれも超える場合が、直射光や眩しい反射光を検出できる判定閾値となる可能性を示した。

①直射光 ②反射光 ③夕陽

図6 検証画像（通常測定）

表 2 検証画像におけるシャッタースピード別 C 値・A 値

	①直射光		②反射光		③夕陽		④直射+反射光		⑤太陽のない晴天	
SS	C値	A値	C値	A値	C値	A値	C値	A値	C値	A値
1/6400	1.2072	6.1799	1.4794	5.9390	1.4726	5.9585	1.2644	6.2359	0.0166	5.7688
1/3200	1.0875	6.0513	1.5315	5.7042	1.2223	5.5456	1.1416	6.0984	0.0108	5.4688
1/1600	0.9344	5.9763	1.3155	5.5251	1.3437	5.3278	0.8955	6.0711	0.0110	5.1687
1/800	0.7769	5.9400	1.1362	5.3951	1.3214	5.1345	0.6985	6.0610	0.0115	4.8649
1/400	0.6019	5.9212	0.9954	5.2993	1.0815	5.0987	0.5473	6.0366	0.0111	4.5666
1/200	0.4782	5.8709	0.7839	5.2683	0.9528	5.0716	0.4108	6.0060	0.0232	4.2655
1/100	0.3528	5.7955	0.6216	5.2479	0.6944	5.2000	0.3281	5.9314	0.0260	3.9659
1/50	0.2819	5.6934	0.4833	5.2294	0.5345	5.1883	0.2494	5.7955	0.0332	3.6759
1/25	0.2563	5.5159	0.3601	5.1956	0.2914	5.2423	0.2198	5.6268	0.0510	3.4259
2/25	0.2498	5.2879	0.2710	5.0932	0.2272	5.1794	0.1039	5.4691	0.0600	3.2854
4/25	0.2172	5.0393	0.7319	4.1180	0.1864	5.0364	0.2813	4.8917	0.0599	3.2585
8/25	1.0987	3.2340	0.0727	3.5263	0.1382	4.8606	0.4613	4.3832	0.0407	3.3045
16/25	NaN	NaN	0.6605	3.4691	0.1111	4.6308	NaN	NaN	0.0560	3.3054
32/25	NaN	NaN	0.3687	3.9609	0.0599	3.1095	NaN	NaN	0.0595	3.3296

C值 ≥ 0.4	A值 ≥ 4.5
---------------	---------------

4.1 実証実験施設の概要

実証実験を実施したFビルは、東京都千代田区に建設されたオフ

イスビルであり、図 7 に 2 階平面図、図 8 に断面図を示す。執務室の南西面と北西面にはフルハイトの窓が配置されており、直射光のほか周辺建物の影や反射光も入射する環境にある。図 9、図 10 に各窓面からの眺望の様子を示す。この画像は、前章で記した 2 種類のフィルタを装着した CCD カメラで撮影したものである。カメラは、各窓面の中央部にブラインドと窓との間に外向きに設置した。取り付け高さは床面より 2,300mm とした (図 8)。窓ガラスは、可視光の透過率が 74.1% を有した高遮熱の Low-E 複層ガラス (Low-E 8mm+空気層 12mm+フロート 8mm) を使用した。各窓には 117 段階に角度を変更できる電動ブラインドを設置しており、グループ毎に制御が可能である。

図 7 実証施設の平面図

図 8 南西面窓断面図

図 9 南西面窓からの眺望

図 10 北西面窓からの眺望

4.2 輝度コントラストによる判定実験と結果

2015 年 3 月 12 日に南西面、北西面の CCD カメラによって測定した通常測定の輝度画像を図 11 に示す。それぞれ、目視によって、「直射光あり」、「反射光あり」、「直射光・反射光なし」と確認された状態の画像である。同時刻に 1/200 秒の単一シャッタースピードで測定した輝度画像を基に輝度コントラストを用いて、直射光、反射光の有無を評価した。結果を図 12 に示す。

実証実験の結果、直射光、反射光のある簡易測定輝度画像において、前章で提案した判定の閾値 (C 値 : 0.4, A 値 : 4.5) をいずれも超えていることから、輝度コントラストを用いて、直射光や反射光を検出できることが示された。

図 11 輝度画像 (通常測定)

目視	簡易測定輝度画像	コントラスト画像	対数輝度平均画像	判定結果
直射光あり (南西面)		コントラスト画像 C値: 0.603	対数輝度平均画像 A値: 5.722	あり
反射光あり (北西面)		コントラスト画像 C値: 1.100	対数輝度平均画像 A値: 4.914	あり
直射光・反射光なし (北西面)		コントラスト画像 C値: 0.024	対数輝度平均画像 A値: 4.279	なし

図 12 輝度コントラスト評価結果

4.3 遮光要否判定制御の実証実験

この判定方法を備えた自動ブラインド制御システムを F ビルに構築し、同施設において自動制御の実証実験を行った。

図 13 にブラインド制御フローを示す。

図 13 制御フロー図

屋外輝度画像から輝度コントラストによって、直射光または反射光が存在することを判断する。直射光と反射光の判別は、窓が面する方位から窓面に太陽が見える時間帯は、直射光と判断し、見えない時間帯での検出は、反射光と判断することとした。

ブラインドのスラット角は、直射光・反射光共に検出されない場合、水平 (0 度) に保たれる。直射光が検出された場合、スラット角は保護角以上となる。スラットは、室内側への内倒し (スラット角がマイナス値をとる) も可能であり、保護角の範囲内で -20 度を制限として制御される。反射光が検出された場合、遮光角として F ビルにおいて設定した 30 度に制御され、室内へ反射光の入射を防ぐ。急な入射に対応できるように、これらの制御は前回の遮光判定

において直射光・反射光が共になく、今回の判定で検出された場合に、ブラインドを即座に制御できるように割込みの指令を発する。

2016年7月29日（晴天日）に、遮光要否判定の精度を確認するため、自動ブラインド制御と直射光、反射光の有無の目視判定を並行して行った。また、2017年1月13日（晴天日）及び14日（薄曇り日）には、薄曇り時の判定精度を確認するため、同様の実験を行った。目視判定は、筆者自身が5分おきに輝度測定用 CCD カメラ下方部から天空を見上げた状態で行い、太陽の輪郭が確認でき、かつ、足元に陰影が発生していることを判定閾値とした。輝度測定用 CCD カメラの下方 200mm の位置に、鉛直面外向きの照度計を設置し、窓面の日照状態を計測した。また、屋外の気象状態を把握するために、建物屋上に照度計を設置し、水平面全天照度を測定した。

4.4 実証実験の結果

2016年7月29日（晴天日）における実験結果を図14～図19に示す。図14に示す水平面全天照度の時刻別推移から、当日は終日曇りのない晴天下での実験であった。図15、図17は南西面、北西面での遮光要否判定結果とスラットの制御角度及び保護角の推移を示す。判定結果は、「直射光あり」、「反射光あり」、「直射光・反射光なし」のいずれかを時刻毎にプロットしている。輝度コントラストを用いて制御システムが判断した結果を●印で、目視判定した結果を◇印で示した。また、スラット角の制御結果と窓面における計算上の保護角をそれぞれ実線と破線で示した。図16、図18は、南西面、北西面での遮光判定結果と窓面鉛直面照度の推移を示す。図19に図16及び図18の図中に明示した4時刻について通常測定の輝度画像と同時刻の鉛直面照度を示す。

図15に示す通り、当日、南西面においては、11時25分から16時15分まで直射光が入射する時間帯であり、終日を通して制御システムの遮光判定結果と目視判定結果は、ほぼ合致していた。太陽が周辺建物の背後に部分的に隠れる16時15分に、目視との不一致が見られたが、直後の16時20分には太陽が周辺建物の背後にまわり、窓面に直射光が当たらなくなったため、いずれの判定も「直射光なし」となった。図19(a)及び(b)にその様子を示す輝度画像と鉛直面照度を示す。図15に示すスラット角は、14時40分頃から、保護角が-20度を超えるため、以降ブラインドは保護角で制御された。16時15分には最大8度まで傾斜し、16時20分以降、スラット角が水平になる様子が確認できた。この時、全天照度に大きな変化は見られないが、南西面の窓面照度が急激に減少したことから、窓面に直射光が当たらなくなったことが確認できた。

図17に示すように、北西面は11時5分より12時10分頃まで断続的に反射光が検出された。また、13時40分以降、直射光が検出され、14時22分以降、直射光・反射光共に検出されなくなった。図19(c)及び図19(d)に反射光検出時及び直射光検出時の輝度画像と鉛直面照度を示す。いずれも、局所的な高輝度部分が検出できていることが確認できた。

制御システムの遮光判定結果と目視判定結果は、11時5分、11時15分、11時20分及び12時10分の4度を除いて、全て合致していた。図18に示すように11時30分頃の北西面の窓面照度は、隣棟の影響を受け、大きな上下の変動を繰り返した。この変動は、太陽光を反射する部位の違いによって起こるものと考えられる。窓

ガラスに太陽光が反射した場合に、強い反射光が現れ、鉛直面照度が高くなる。一方、金属外装（アルミカーテンウォール）に反射した場合は、相対的に低くなっている。しかし、いずれも、高輝度部分が検出されたため、「反射光あり」と判断した

図14 水平面全天照度

図15 判定結果の比較とスラット角の推移（南西面）

図16 判定結果の比較と鉛直面照度の推移（南西面）

図17 判定結果の比較とスラット角の推移（北西面）

図18 判定結果の比較と鉛直面照度の推移（北西面）

図 19 輝度画像と画像による遮光要否判定結果

次に、太陽が雲に隠れるような薄曇りの日において、遮光要否判定の実用性を検証した。図 20～図 23 に、2017 年 1 月 13 日及び 1 月 14 日に実施した南西面窓での実証結果を示す。当日、南西面窓に直射光が当たる時間帯は、10 時 10 分～10 時 50 分と 12 時 27 分～12 時 53 分であり、この時間帯以外、周辺建物の影になる。測定は、この時間帯を含む 10 時から 13 時まで行った。

図 20 は、屋上に設置した照度計で測定した水平面全天照度を示す。13 日は安定した晴天日であった。一方、14 日は薄日の射す曇りから 12 時以降、曇天に移り変わっていった。図 21、図 22 は前述の実験と同様に、ブラインド制御システムの遮光判定結果と目視による判定結果及び窓面での鉛直面照度の時刻別推移を示す。13 日、窓面に直射光が当たるすべての時間帯において、遮光判定、目視判定ともに「直射光あり」と判定した。窓面照度も 10 時台では 7,000lx から 17,000lx、12 時台では 47,000lx を記録し、周辺建物の影になる時間帯の照度 2,100lx に比べて高い値を示した。

一方、14 日、10 時台においては「直射光あり」と「直射光・反射光なし」の判定を繰り返した。図 23(a), (b) に 10 時 25 分（直射光・反射光なし）と 10 時 30 分（直射光あり）の輝度画像（通常測定）と鉛直面照度をそれぞれ示す。雲の厚さの違いにより 10 時 25 分の画像には高輝度部分がなく「直射光・反射光なし」と判定し、10 時 30 分の画像には局所的な高輝度部分が存在し、「直射光あり」と判定した。また、その時の鉛直面照度も 4,200lx であり、10 時 25 分時点の照度 3,500lx よりも高い値を示した。12 時台は、厚い雲に覆われ始めたため、「直射光・反射光なし」の判定が続いた。どちらの時間帯においても、遮光判定結果は目視判定と合致していた。

10 時台において、窓面照度は 4,000lx 程度を境として、上回る場合に「直射光あり」、下回る場合に「直射光・反射光なし」と判定された。一方、周辺建物の影になる 10 時 50 分以降においても、窓面照度が 4,000lx を超える時間帯が発生していた。これは、曇天時の天空光の高まりによるものであり、照度だけでは高輝度部の存在を判別することができず、遮光要否判定が難しいことを示唆している。

以上のことから、今回提案した遮光要否判定方法は、晴天日だけでなく、薄曇りのような日においても直射光の有無を判別できるこ

とが確認できた。この判定方法を利用した窓面の日照状態に合わせたブラインド制御によって、スラットの開放時間を拡大することが可能となり、自然光の採光量と眺望性を増大することができ、照明消費エネルギーの削減や快適性の向上に貢献できる可能性が示された。

図 23 輝度画像と画像による遮光要否判定結果

5. 結論

本研究では、CCD カメラで生成した輝度画像を利用し、高速で日射遮光要否判定を行い適切にブラインドのスラット角度を制御する方法について検討を行い、以下の知見を得た。

1) 分光透過率の異なる 2 種類のフィルタを装着した魚眼レンズと CCD カメラによって、直射日光や反射光を含む高い輝度を測定でき

る可能性を示した。

2) 中村が提案した N フィルタと平均化フィルタによるフィルタリングによって得られる、輝度コントラスト (C 値) と対数輝度平均値 (A 値) を利用して、輝度画像から直射光や反射光を検出することができた。

3) 制御の高速化のために、単一シャッタースピード (1/200 秒) で撮影した CCD カメラの輝度画像を用いて、直射光と反射光を検出できる閾値 (C 値 : 0.4, A 値 : 4.5) を求めることができた。

4) 検討した判定手法を実際に使用されているオフィスのブラインド制御システムに適用し、晴天日や曇天日などの違った天候条件下においても直射光や周辺建物の反射光を検出することができ、判定手法の有用性と実用性が確認できた。

5) 窓面毎に制御することによって、自然採光の増大や眺望性の向上に寄与できる可能性を示した。

6) 以上より、本研究の成果は、今後の精度の高いブラインド制御方法の普及に向け、一助となり得る可能性を示した。

本報では、輝度画像を基にグレアを発生する可能性のある直射光や反射光を検出する方法を検討し、側窓を有するオフィスにおいてブラインド制御実証実験を行った。ブラインドのスラット角度決定には、窓面のグレア評価は不可欠であり、輝度画像を利用したグレア評価について今後、検討していく予定である。また、同施設においてタスク・アンビエント照明のオフィスにとって適度な明るさを確保するブラインドと照明の協調制御についても併せて検討していく予定である。

本研究が目指すシステムはカメラ画像を使用するために、最終的に製品化されるまでには、コスト面などの課題も想定される。現在、CCD カメラや画像解析は様々な分野での応用が検討され、今後とも需要が高まる中で価格の低下も期待されている。また、健康経営の視点から仕事場の環境改善も注目されており、自然光の享受は重要な要素として位置づけられている。このような社会変化を見据えながら引き続き研究開発を進めていく所存である。

謝 辞

本研究は、独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構が実施する「平成 24 年度戦略的省エネルギー技術革新プログラム」の助成を受け実施したものである。

本研究のシステム開発のためご協力頂いた皆様に深甚の謝意を表する。

参考文献

- 1) 望月悦子・村江行忠：窓からの昼光に連動した照明制御の心理・生理的效果に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，環境工学 I，pp. 501-504，2014
- 2) 古賀靖子：光放射の非視覚的效果の定量化に関する標準化動向，照明学会誌，99-1，pp. 28-31，2015
- 3) 市原真希ほか：午前中の昼光照明が生理量及び知的生産性に与える影響の検討その 1，実測概要と物理環境の測定結果，日本建築学会大会学術講演梗概集，環境工学 I，pp. 1255-1256，2010
- 4) 伊藤大輔・岩田利枝・岩佐義久・佐々木真人・柳井崇：視環境評価に基づくブラインド制御に関する研究，空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集，pp. 1513-1516，2006.9
- 5) 本間睦朗・岩田利枝・川瀬貴晴：天空画像による自動ブラインド制御のための直射日光遮蔽要否判断，日本建築学会環境系論文集，第 660 号，pp. 125-130，2011.2

- 6) 一ノ瀬雅之・井上隆・田宮有見子：気象の変動に追従するブラインドの自動制御手法，日本建築学会環境系論文集，第 646 号，pp. 1339-1345，2009.12
- 7) 日経アーキテクチュア (919)，46-50，2010-02-08，日経 BP 社
- 8) 岩田利枝・塚見史郎：CCD カメラの光環境計測への応用技術，照明学会誌，81-3，pp. 246-249，1997
- 9) 伊藤大輔・岩田利枝・小野島一：CCD カメラを用いた輝度分布測定システムによる人工照明制御に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，環境 2，pp. 303-306，2005
- 10) (株) ジェイエイアイコーポレーション：BM-500GE，カタログ
<https://www.yumpu.com/en/document/view/25062902/cm-141-pmcl-cb-141-pmcl> (2016/8/8 閲覧)
- 11) シグマ光機(株)：AND-001 フィルタ透過率波長特性，カタログ，B68
<https://www.global-optosigma.com/jp/Catalogs/gno/?from=page&pnname=AND-S&cocode=W3095&dcode=W3095-2&gname=AND-50S-001> (2016/8/8 閲覧)
- 12) シグマ光機(株)：ECM-50S-500 フィルタ透過率波長特性，カタログ，B97
<https://www.global-optosigma.com/jp/Catalogs/gno/?from=page&pnname=CCF%2FECM&cocode=W3112&dcode=&gname=ECM-50S-500> (2016/8/8 閲覧)
- 13) 中村芳樹：光環境における輝度の対比の定量的検討法，照明学会誌，84-8A，pp. 522-528，2000
- 14) 高橋嶺ら：輝度分布を持つ不快グレア源の定量的評価，日本建築学会大会学術講演梗概集，環境工学 I，pp. 427-430，2015
- 15) 小島義包ら：明るさ感を向上させた省エネルギー照明システムに関する研究 その 6，側窓採光オフィスにおける照明・ブラインド制御の概要，日本建築学会大会学術講演梗概集，環境工学 I，pp. 401-402，2015
- 16) 大木知佳子ら：明るさ感を向上させた省エネルギー照明システムに関する研究 その 7 側窓採光オフィスにおける照明制御例，日本建築学会大会学術講演梗概集，環境工学 I，pp. 403-404，2015
- 17) 加藤洋子ら：明るさ感を向上させた省エネルギー照明システムに関する研究 その 8 ブラインド制御の概要と遮光判定手法，日本建築学会大会学術講演梗概集，環境工学 I，pp. 405-406，2015
- 18) 矢部周子ら：明るさ感を向上させた省エネルギー照明システムに関する研究 その 9 明るさ判定ロジック及び実物件への導入事例，日本建築学会大会学術講演梗概集，環境工学 I，pp. 407-408，2015
- 19) Yoshikane Kojima et al. : Light environment control system using brightness image, Proceedings 28th CIE, pp.1137-1147, 2015

STUDY ON EVALUATION METHOD OF SOLAR SHADING FOR BLIND CONTROL BASED ON LUMINANCE IMAGES

Yoshikane KOJIMA *, *Yoshiki NAKAMURA* **, *Yoko KATO* ***,
Chikako OHKI ****, *Chikako YABE* ***** and *Sueko KANAYA* *****

* Obayashi Corporation, M. Eng.

** Prof., Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

*** Grad. Student, Dept. of Architecture and Building Engineering, School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology, M. Eng.

**** Obayashi Corporation

***** Obayashi Corporation, M. Eng.

***** Visual Technology Laboratory Inc., Dr. Eng.

Japan establishes the goals to realize ZEBs (net zero energy building) in average newly constructed public and private buildings by 2030. The primary energy consumption of the illumination in the office building accounts for around 20% of the whole building. Therefore, thorough saving energy is demanded for illumination to achieve ZEB.

The effective method for the saving energy of illumination is the use of day light. The natural light of the workplace in office building is generally adopted through a side window. Venetian blinds are installed in the window for solar shading. In the automatic blind control system installed at the large scale building, slats of blind are uniformly controlled by illuminance sensor fixed on the top of the building. This is not able to detect direct sunlight and the light from adjacency building at the side window.

We devised technique to detect not only the direct sunlight but also the dazzling borrowed light from adjacency building based on a luminance image provided with a CCD camera for the purpose of the development of the higher precise judgment of solar shading. We built the system which could perform shading immediately at the time of the detection and introduced it into the actual work office.

As a result of proof experiment, the following knowledge was provided in conclusion.

- 1) A method to measure high range of luminance including direct sun light and the borrowed light by a fisheye lens and the CCD camera which attached two kinds of filters which varied in the spectral transmittance was showed.
- 2) Using luminance contrast (C value) and the logarithm luminance mean (A value) to be provided by N filter and the averaging filter developed by Nakamura, detect direct rays of the sun and borrowed light can be identified in luminance image.
- 3) The threshold of C value: 0.4 and A value: 4.5 that can detect direct rays of the sun and borrowed light using the luminance image measured at single shutter speed of 1/200 second by the CCD camera are identified for speedup of the control.
- 4) The evaluation method proposed in this study applied to blind control system in actual workplace could detect direct sun light and borrowed light of neighboring buildings with high precision and was able to confirm the usefulness and effectiveness.
- 5) The possibility that could contribute to increase of the day lighting and view-related improvement by controlling every window is showed
- 6) The result of this study showed the possibility that could help it toward the spread of blind control systems with higher precision.

(2016年8月7日原稿受理, 2017年1月30日採用決定)