

K-006

## 電動ブラインドと一般照明を用いた照度最適化システムの検討

## Study of an Illuminance optimization systems using Motorized Blinds and a General Lighting

岡本 健司† 杉村 博† 三栖 貴行† 一色 正男† 今吉 秀幸‡

Kenji OKAMOTO† Hiroshi SUGIMURA† Takayuki MISU† Masao ISSHIKI†

Hideyuki IMAYOSHI‡

## 1. はじめに

近年昼光を利用した照度制御の導入が増えつつある。その背景として、一般家庭における照明の消費電力量が一日の全消費電力量の約 14% を占めており、照明の消費電力の低減が求められていることが挙げられる [1]。したがって、家庭・オフィス・教育施設などの省エネ化は昼間の側窓採光を積極的に取り入れることが重要と考えられる。

昼間の側窓採光は時間や気象条件で採光量が変化し、勉強時など室内作業のための机上照度を最適化することが出来ないため、一般照明やブラインドでの制御が必要となる。昼光と一般照明との協調の重要性は Hopkinson により示されており、側窓採光による屋内への採光量の制御が不可欠である [2]。

電動ブラインドは昼間の側窓採光の手段として用いられており、スラット角の遠隔制御により屋内への採光量の制御が可能である [3]。

世界中でエネルギー消費量の増大化が課題とされており、住宅においては Home Energy Management System (HEMS) によるエネルギー管理手法が注目されている [4]。HEMS の通信規格の標準化を目的とした ECHONET Lite は仕様が公開されたプロトコルスタックである [4-6]。

本研究は ECHONET Lite に対応した電動ブラインドと一般照明を連携制御させ、家庭での安定した照度が得られる照度最適化システムの提案として、学習機の最適照度を保つことができる電動ブラインドによる側窓採光制御システムを構築したので報告する。

## 2. ECHONET Lite 規格

ECHONET Lite は家電製品、蓄エネ機器（燃料電池など）および創エネ機器（太陽電池など）の情報通知や連携制御が可能となる通信規格のことである [5,6]。図 1 に HA 端子と ECHONET Lite 規格による制御の相違（エアコンの場合）について示す。従来、用いられ

てきた HA 端子による制御と異なり、電源の ON/OFF 制御の他に積算電力値の取得や、製品独自のコマンドの設定、状態取得を可能とした [7]。

ECHONET Lite は HEMS の標準化規格として期待されており、家電製品とセンサデバイスとの連携を考慮し、使用されている。

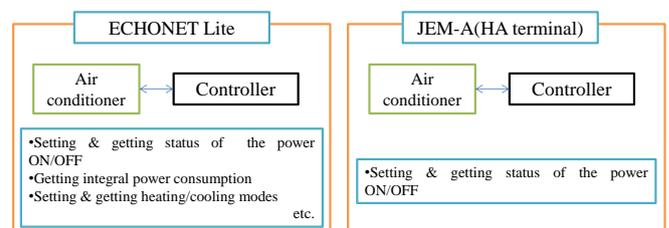


図 1 ECHONET Lite と HA 端子による制御の相違 (エアコンの場合)

## 3. 照度最適化システム

本研究では 2 つの側窓採光制御システムを構築した。図 2 に Android 端末からサーバ PC を経由した電動ブラインド制御システムの概略を示す。電動ブラインドはサーバ PC と ECHONET Lite 規格で接続し、制御可能とした。電動ブラインドの制御は、Android 端末から得られた照度センサの情報からサーバ PC を経由して行った。Android 端末は机の上に照度センサ側（液晶側）を天井方向に向け、机上面照度を参照できるようにした。

図 3 に Android 端末による電動ブラインドと一般照明制御システムの概略を示す。このシステムは電動ブラインドにより制御された側窓採光の照度を Android 端末が得た後、サーバ PC を経由することなく電動ブラインドと一般照明を制御するシステムとした。

## 4. Android 端末からサーバ PC を経由した電動ブラインド制御システム

図 4 は電動ブラインドの側窓採光を学習機で上面照度の制御を示す。明るさ（照度）を制御する対象は測定面積が小さく、測定が容易な学習機とした。電動ブ

† 神奈川工科大学

‡ 株式会社ニチベイ

ラインド (株式会社ニチペイ製 MEM-25 ベース) はスラット角度を制御することにより窓から採光される光量を制御できる。スラット角度は 0 から 180 度まで制御可能で、学習机の上面照度が最適な照度 (500~1000lx) となるように制御できる。

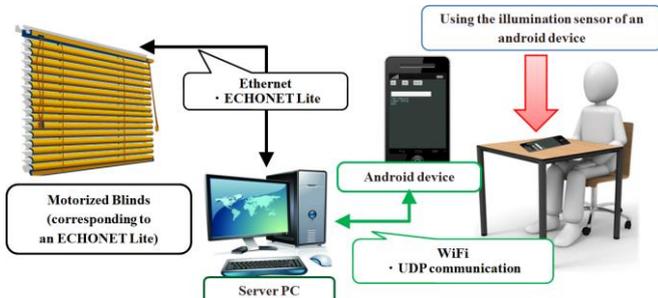


図 2 Android 端末からサーバ PC を経由した電動ブラインド制御システムの概略

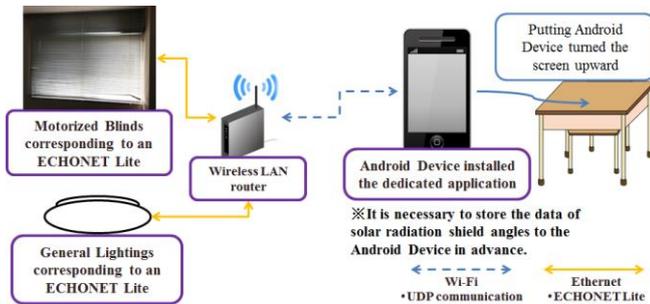


図 3 Android 端末による電動ブラインドと一般照明制御システムの概略

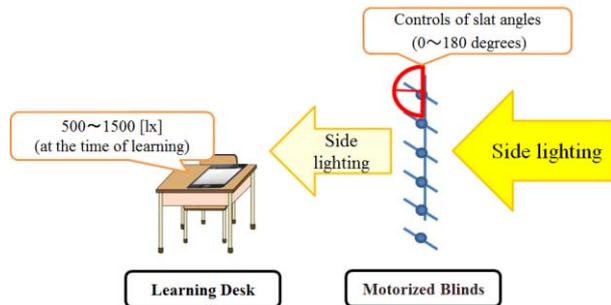


図 4 電動ブラインドの側窓採光を学習機で上面照度の制御

図 5 に Android 端末からサーバ PC を経由した電動ブラインドの制御のフローチャートを示す。Android 端末の照度センサで測定されたデータは UDP 通信によりサーバ PC に送信できるようにした。送信されたデータは電動ブラインドコントローラで読み込み、電動ブラインドを制御する。電動ブラインドコントローラは LabVIEW(National Instruments 製)で開発した。

図 6 に LabVIEW で開発した ECHONET Lite 対応電

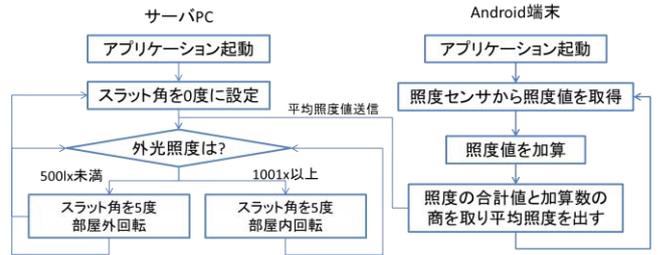


図 5 Android 端末からサーバ PC を経由した電動ブラインド制御のフローチャート

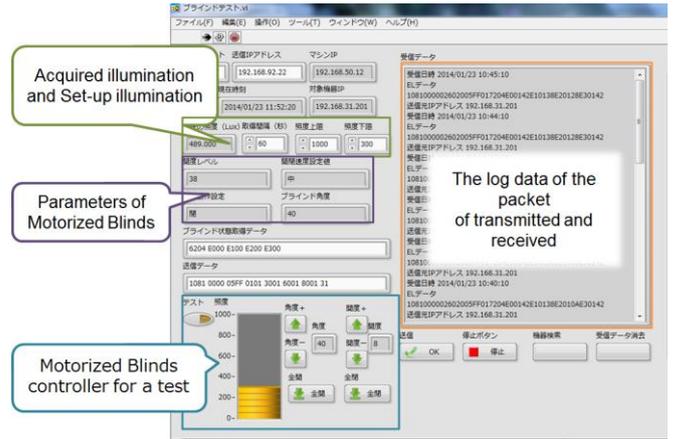


図 6 ECHONET Lite 対応電動ブラインドコントローラ

動ブラインドコントローラを示す。電動ブラインドコントローラはサーバ PC から Android 端末の照度センサの値を読み取り、電動ブラインドを制御する。また電動ブラインドコントローラは Android 端末から得られる照度センサの値の上限値と下限値の指定が可能のため、照度測定対象の照度センサの値の範囲を設定可能とした。電動ブラインドコントローラによる照度の制御は、Android 端末が取得している照度センサの値が設定した下限値以下でスラット角を部屋外回転、上限値以上でスラット角を部屋内回転させることで最適化させた。

Android 端末のアプリケーションは Processing を用いて作成した。端末に登録されているアプリケーションを呼び出して照度センサの値を取得する。取得された照度センサの値は指定した IP アドレス、ポート番号先の PC に UDP ユニキャスト通信を行い、1s 経過する毎に送信する[8]。またバググラウンド処理も可能で、アプリケーションを閉じた場合も照度センサの値を取得し続けることができる。

### 5. Android 端末による電動ブラインドと一般照明制御システム

図 7 に電動ブラインドの側窓採光と一般照明による学習机の上面照度の制御を示す。明るさ (照度) を制

御する対象は測定面積が小さく、測定が容易な学習机とした。Android 端末の用途は明るさを認識するセンサ(照度)としての役割と、電動ブラインドと一般照明を制御する役割がある。学習機の上面照度は一般照明を利用することで、側窓採光のみの場合よりも最適化が可能となる。Android 端末に使用する電動ブラインド制御および一般照明の制御アプリケーションは Processing を用いて作成した。

図8に Android 端末による一般照明のフローチャートを示す。電動ブラインドから得られる側窓採光の明るさは Android 端末により検出される。検出された学習機の上面照度は一般照明の明るさを制御することで最適化した。図9に Android 端末による電動ブラインドのフローチャートを示す。電動ブラインドのブラット角は Android 端末内の日射遮蔽角のデータベースに基づき1分間隔で制御される。

図10に Android 端末による電動ブラインドと一般照明制御システムの制御試験を示す。本システムは神奈川県工科大学 HEMS 認証支援センターのC室で試験を行い、動作を確認した。

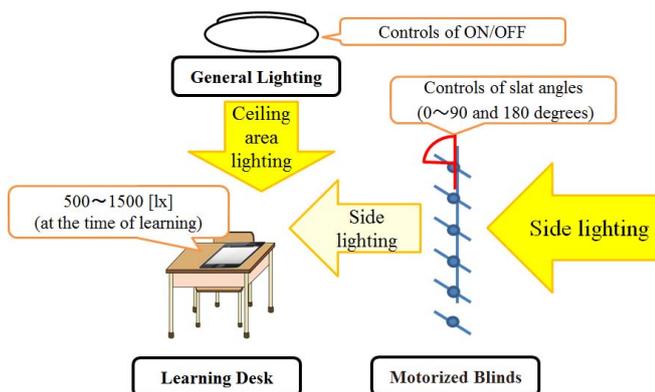


図7 電動ブラインドの側窓採光と一般照明による学習機の上面照度の制御

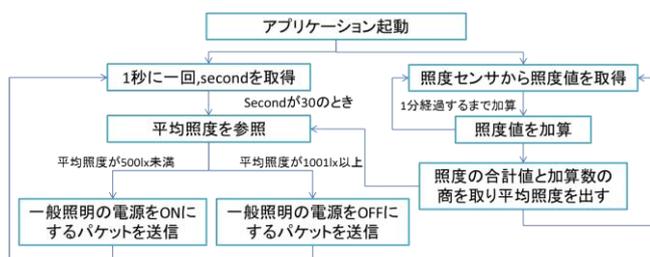


図8 Android 端末による一般照明制御フローチャート

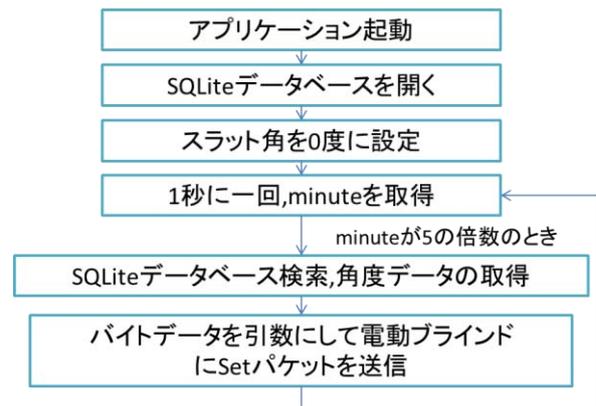


図9 Android 端末による電動ブラインド制御フローチャート

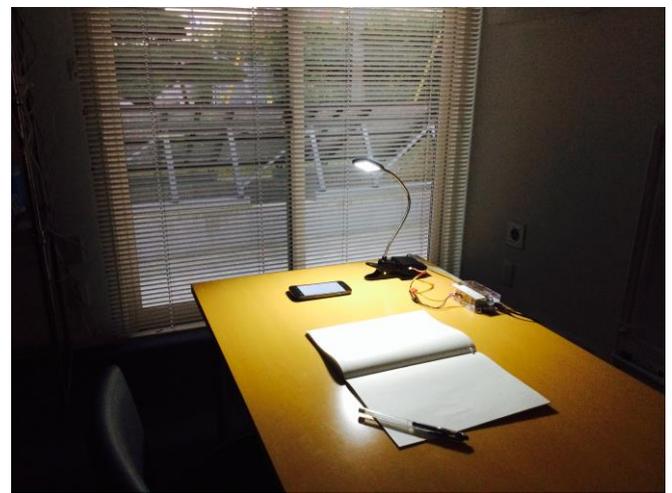


図10 Android 端末による電動ブラインドと一般照明制御システムの制御試験

### 5.1.1 緯度・経度, ブラインド設置方向データ取得による日射遮蔽角の算出

日射遮蔽角は1分間隔で得られた年間の日射遮蔽角のデータベースを利用した。日射遮蔽角は太陽光の入射角を計算し、側窓採光時に直射日光が屋内に入射しない電動ブラインドのブラット角を算出する。

太陽光の入射角は時間帯(太陽光の高度・方位)と建物の緯度・経度, ブラインドの設置方向により算出できる。Android 端末は内蔵するGPSを用いることでインターネット上の地図ソフト(例えばGoogleマップ)により緯度・経度を取得できる。ブラインドの設置方向も同様に, Android 端末を用いることで設置方向を確認できる。時間帯(太陽光の高度)情報はAndroid 端末の時刻で把握し, 日射遮蔽角の算出を行った。

### 5.1.2 日射遮蔽角のデータベース化

日射遮蔽角のデータベースはAndroid 端末に標準搭載されているSQLiteを使用した.SQLiteのデータベ

スは 1 分間隔で得られた年間の日射遮蔽角のデータベースを WindowsPC で編集した. 図 11 に SQLite データベースのフローチャート, 図 12 に SQLite データベースのイメージを示す. 参照するテーブルを指定するために, 使用時の月数を取得し, 取得された月数 (INTEGER 型) を STRING 型に変換することで, テーブル指定メソッドの引数として利用した. 指定したテーブルから角度データを検索するために, 取得したいデータが格納されているセルがある行から, 以下の式を用いて行番号を決定する.

$$\text{Line number} = \text{minute} + \text{hour} \times 60 + 1 \dots\dots\dots (1)$$

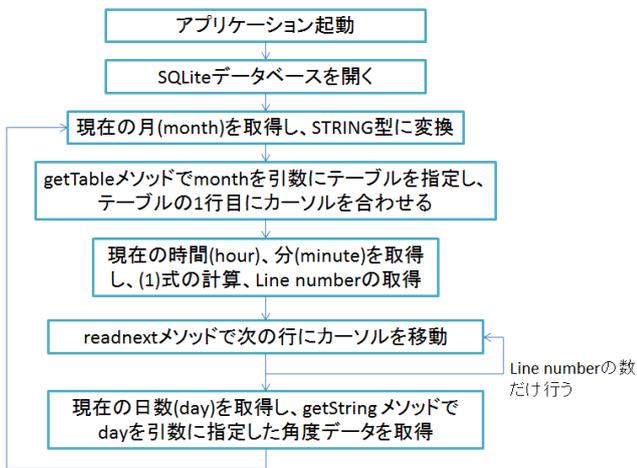


図 11 SQLite データベースのフローチャート

	Column number		
	1/1	1/2	1/3
10:00	45	48	50
10:01	50	52	53
10:02	55	56	57
10:03	60	62	64

Line number (points to row 10:01)

Getting current slat angle data (points to cell 10:01, 52)

図 12 SQLite データベース上の日射遮蔽角検索概要

時間を hour, 分を minute とする. データの取得方法は日数 (INTEGER 型) が列番号を指定する引数となる. データの取得方法については, 式(2)より日数 (INTEGER 型) が列番号 (Column number) を指定する引数となる.

$$\text{Column number} = \text{day} \dots\dots\dots (2)$$

日数は Day とする.

Android 端末による電動ブラインドと一般照明制御システムは, JIS Z9110 の最適照度を参考に制御した.

図 13 に Android 端末による一般照明用 UI (User Interface) を示す. この UI は Android 端末内の検索結果の日射遮蔽角を表示し, 照度は書斎と子供室の項目を参考に「勉強と読書 (500~1000lx)」で選択可能とした. また, リビングルームの最適照度を参考に「娯楽と団楽 (150~300lx)」, 「手芸と裁縫 (1000~2000lx)」も選択可能とした.

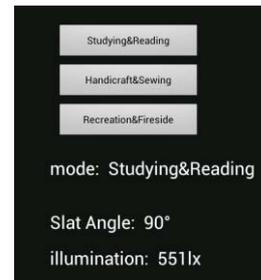


図 13 Android 端末による一般照明用 UI (User Interface)

## 6. 構築した二つの光環境制御システムの比較

Android 端末からサーバ PC を経由した電動ブラインド制御システムは Android 端末のセンサ情報をサーバ PC に送信し, サーバ PC で受信した情報をもとに電動ブラインドを制御していた.

Android 端末による電動ブラインドと一般照明制御システムは Android 端末で電動ブラインドの制御を行う. 制御は従来システムと違いあらかじめ用意しておいた日射遮蔽角データをもとにスラット角の制御を行う. さらに照度センサ情報を参照して一般照明も制御できる.

図 14 に光環境制御システムの比較を示す. Android 端末による電動ブラインドと一般照明制御システムは Android 端末からサーバ PC を経由した電動ブラインド制御システムと比べてコントローラとしての端末が少なく, 省エネ化できる.

Android 端末からサーバ PC を経由した電動ブラインド制御システムは引き算の照明制御のみが自動化されていたが, Android 端末による電動ブラインドと一般照明制御システムは足し算の照明制御も自動化できた. したがって, 二つの制御システムを比較すると, 日中だけでなく日中以外の時間帯も光環境を最適化可能なシステムは Android 端末による電動ブラインドと一般照明制御システムと考えられる.

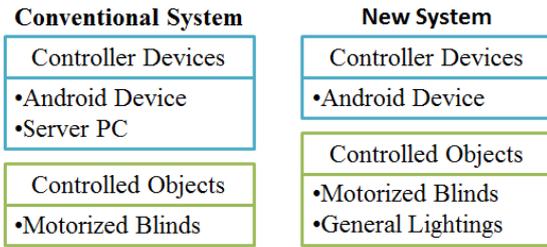


図 14 光環境制御システムの比較

7. 光環境制御システムによる照度測定実験

構築した光環境制御システムを使用し,実際に安定した机上照度が得られることを検証するために実験室を作製した.

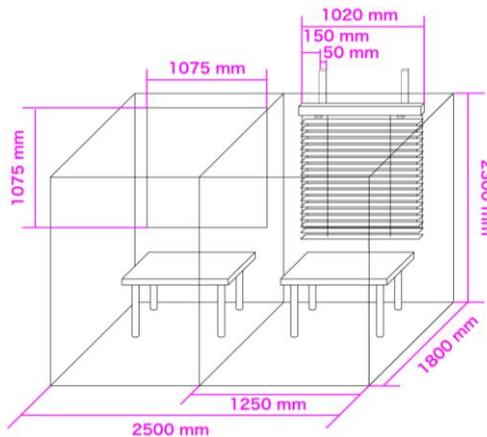


図 15 照度測定実験のための実験室

実験室は 4 部屋用意し,3 部屋は電動ブラインドを設置,1 部屋は電動ブラインドを設置せずに照度測定を行う.各実験室内の机に 4 台の照度計を設置し,4 点照度法で机上照度を測定し,最適照度に収まっている事を確認する.

また Android 端末をコントローラとして使用するため,端末内蔵の照度センサから得られる照度値と照度計で得られる値との比較が必要となる.机の中心に Android 端末を設置し,照度センサで得られた照度値を測定する.Android 端末で測定した照度を記録するために,照度値記録用アプリケーションを作成した.

図 16 に Android 端末用の照度測定アプリケーションを示す.本アプリケーションでは,Android 端末で測定した照度値を UDP 通信で記録用サーバに送信する.複数の Android 端末から送られたデータをサーバ側で識別可能とするために,送信データに ID を付加することとした.図 17 にサーバ用データ収録アプリケーションを示す.本アプリケーションは Android から受信した照度データを付加された ID ごとにソートし,1 秒ごとに収録する.収録したデータは CSV ファイルとして記録

される.

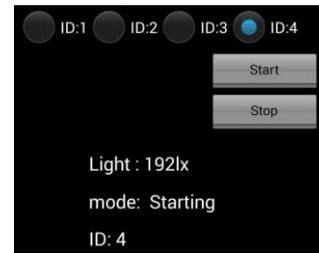


図 16 Android 端末用の照度測定アプリケーション



図 17 サーバ PC 用データ収録アプリケーション

図 18 に晴天時の 10:00~17:00 における部屋別平均照度(2015 年 1 月 9 日)のグラフを示す.この測定では各部屋の測定照度の相関性を確認するため,電動ブラインドは使用していない.12:30~14:30 の間に照度が落ちているのが分かるが,これは壁面によって直射光が机上に届く場所と届かない場所が生じるためだと考えられる.

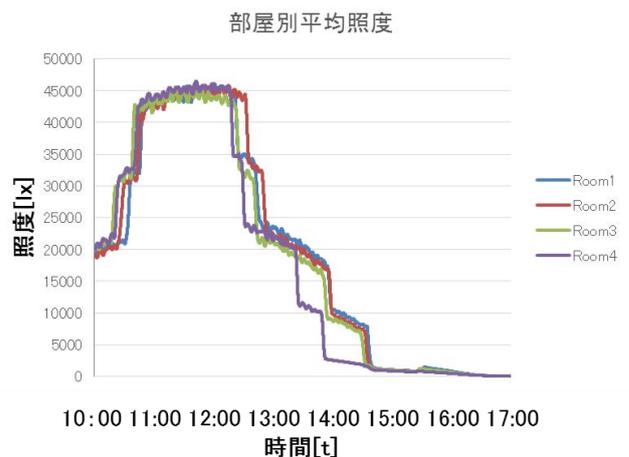


図 18 晴天時の部屋別平均照度(2015 年 1 月 9 日)

表 1 に 2015 年 1 月 9 日(晴天時)における各部屋の照度の相関を示す.各部屋同士の相関は 95%以上となり,作製した実験室は最適な測定環境と判断した.

図 19 に Room1 での Android 端末内蔵の照度センサ

と、照度計で測定した照度(2015年1月20日)のグラフを示す。Android 端末内蔵の照度センサで測定した照度は照度計の照度値の約 20 分の 1 になるため、照度センサの照度値をノーマライズして表している。概ね照度計の測定値と近似していることが分かる。表 2 に各部屋の Android 端末と照度計の照度測定値の相関を示す。すべての部屋で 70[%]以上の相関が得られ、測定した値をノーマライズする工夫をすれば、実用化可能と考えられる。

表 1 晴天時の部屋別平均照度の相関(2015年1月9日)

相関[%]	Room1	Room2	Room3	Room4
Room1	100			
Room2	99.2	100		
Room3	98.6	98.4	100	
Room4	96.9	96.8	98.5	100

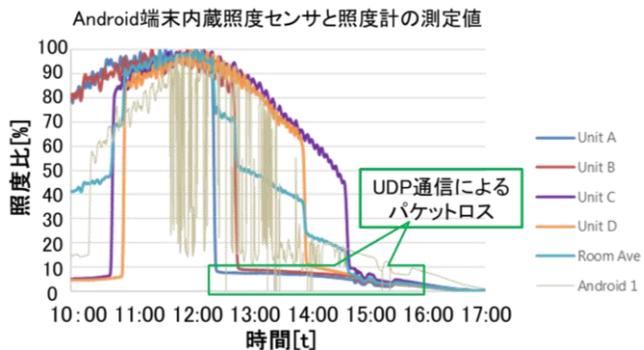


図 19 Android 端末内蔵の照度センサと照度計で測定した照度の比較 (Room1,2015年1月20日)

表 2 Android 端末内蔵の照度センサと照度計で測定した部屋別平均照度の相関(2015年1月20日)

	Room 1	Room 2	Room3	Room 4
相関[%]	79.8	82.4	74.8	82.2

## 8. まとめ

ECHONET Lite による照度最適化システムの提案として、二つの光環境制御システムを構築し、以下の結果が得られた。

- (1) Android 端末からサーバ PC を経由した電動ブラインド制御システムを構築し、側窓採光を制御できた。
- (2) Android 端末による電動ブラインドと一般照明制御システムを構築し、側窓採光と一般照明を活用し、学習機の上面照度を制御できた。
- (3) 日中だけでなく日中以外の時間帯も光環境を最適化可能なシステムは Android 端末による電動ブ

ラインドと一般照明制御システムと考えられる。

- (4) 照度最適化システムの評価試験のために照度測定実験室を作成し、また照度測定のための Android アプリケーションを作成した。
- (5) 照度実験室の有用性を実証するために照度測定を実施し、有用であることを確認した。
- (6) Android 端末に内蔵された照度センサが照度測定において実用に耐え得ることを示唆した。

## 9. 今後の展望

日射遮蔽角はデータベースを用いており、電動ブラインド毎にデータを取得する必要がある。利便性を考慮するならば、Android 端末内で計算処理を可能とすることが課題となっている。

また、作成した照度最適化システムを使用し、机上照度が最適照度に収まるか実測を行いたい。

さらに、昼光利用による省エネ効率を示すことが課題と考えられる。省エネ性は二つの照度最適化システムと一般照明のみを用いたシステムとの比較を行い、省エネ効率の差異を明確化したい。

## 文 献

- [1] 資源エネルギー庁 平成 21 年度 民生部門エネルギー消費実態調査および機器の使用に関する補足調査
- [2] Hopkinson, R. G., and Longmore, J. : The permanent supplementary artificial lighting of interior, Trans. Illum. Engng. Soc., 24, pp.121-127, 1959.
- [3] Nagayoshi, K., Ito, D. and Iwata, T: View Contract and Illuminance Distribution Provided by Blind Control for Glare-Free Daylight Environment, Proceedings of the 27<sup>th</sup> Session of CIE South Africa 2011, pp.747-750, 2011.
- [4] インプレス R&D インターネットメディア総合研究所編, スマートハウス&スマートグリッド用語辞典, 株式会社廣済堂, 2012.
- [5] 一色正男:HEMS 認証支援センター-TOPPERS カンファレンス 2013, pp.28-46, 2013.
- [6] 岡本健司, 横山悠平, 三浦翔, 関家一雄, 吳天, 中島義人, 杉村博, 三栖貴行, 一色正男:ECHONET Lite サービスプラットフォームの提案と実現, 情報処理学会第 76 回全国大会論文集, 5Y-1, pp.513-514, 2014.
- [7] 岡本健司, 横山悠平, 吳天, 杉村博, 三栖貴行, 一色正男, 今吉秀幸:ECHONET Lite による照度最適化システムの提案, LS-14-01, pp.1-6, 2014
- [8] 中井有紀, 榎原久介: スマートグリッドにおける HEMS 関連通信技術, デンソーテクニカルレビュー, Vol. 18, pp.161-166, 2013.
- [9] 佐藤克彦, 勝又貞行, 長谷川晃, 寺山和博, 吉田憲史:WiMAX マルチキャストシステムの開発, 日本無線技報, No.61, pp.23-27, 2011.
- [10] 岩井彌, 井口雅行: 空間の明るさ感指標「Feu」による快適な空間創りのための新しい照明設計手法, 松下テクニカルジャーナル, Vol. 53, No. 2, pp.64-66, 2008.