

オフィス空間でカメラ付きLED照明 ViewLEDを活用した照明と空調の省エネ実証

Energy Saving Demonstration Experiments on Lighting and Air Conditioning Integrated Control System Using ViewLED Camera-Equipped LED Lighting Fixtures in Office Area

石坂 大介 ISHIZAKA Daisuke 藤原 健一 FUJIWARA Kenichi 南澤 晃 MINAMISAWA Akira

カーボンニュートラルの実現に向けて、省エネへの関心は年々高まっている。一方、オフィス環境は、テレワークやフリーアドレス化などが普及したことで出社形態や作業内容が多様化し、照明や空調を適切に制御することが困難となっている。

東芝グループは、東芝グループの研究開発新棟のオフィス空間にて、カメラ付きLED（発光ダイオード）照明 ViewLEDと各種機器から得られるデータを連携・活用し、執務者の人数・位置などに対して照明と空調の運用を最適化する制御で、デジタルツインを活用した省エネ実証実験を行っている。今回、在席率60％では、既存の制御に比べ、照明での約46％の削減と空調での約15％の削減などの省エネ効果を得た。また、在席率が10～50％の範囲では在席率が低いほど、効果が大きい傾向にあることを確認した。この最適制御で、オフィス環境多様化に対応した提案が可能である。

Energy conservation is attracting more attention every year as part of efforts to achieve carbon neutrality. In offices, however, it has become difficult to efficiently control lighting and air conditioning due to diversified work patterns and duties because of widely adopted remote work and flexible seating arrangements.

The Toshiba Group has developed technology to optimize lighting and air conditioning operations in response to changes in the number and location of occupants in offices to conserve energy. We have conducted energy-saving demonstration experiments in the offices at our research and development facility by using and linking various data collected from ViewLED camera-equipped light-emitting diode (LED) lighting fixtures and other equipment via a digital twin, confirming that it reduces electricity by about 46% for lighting and about 15% for air conditioning, respectively, compared with conventional technology at an in-office attendance rate of 60%. Furthermore, within the in-office attendance rate range of 10% to 50%, we confirmed that a lower in-office attendance rate tends to result in greater energy-saving effects. This optimal control allows us to make proposals that accommodate diverse office environments.

1. まえがき

2050年までに温室効果ガスの排出量を実質ゼロに抑えるカーボンニュートラルの実現に向けて、省エネ性の高い機器の導入は効果的であり、効率的な運用で消費エネルギーを低減できれば更に効果が高まる。しかしオフィス環境では、近年、導入した機器の効率的な運用に問題が生じている。例えば、コロナ禍によりテレワークが普及した⁽¹⁾ことで、出社形態が多様化したり、勤務場所にフリーアドレスを導入したりする企業が増加した。その結果、出社人数がコロナ禍前に比べて減少したため、照明・空調機器を既存の制御で運用すると、人がいないエリアで無駄が生じる。またフリーアドレス化により、執務者の位置や作業内容が都度変化するため、リアルタイムに照明や空調を適切に運用することが困難である。

そこで東芝グループは、2023年11月に竣工（しゅんこう）した東芝グループの研究開発新棟（以下、新棟と略記）にて、東芝ライテック（株）製 カメラ付きLED照明 ViewLED

と各種機器からデータを収集し、照明・空調機器をより省エネに運用する実証実験を行っている。図1に、省エネ実証実験のコンセプトを示す。デジタルツインとは、空間・人・エネルギーなどフィジカル（現実）空間のデータを収集し、サイバー（仮想）空間へリアルタイムに再現する技術である。収集したデータや、AI、最適化エンジンなどを活用し、サイバー空間でシミュレーションすることを、デジタル試運転と呼ぶことにする。このデジタル試運転により、照明・空調機器データや、人流データ、気象データなどを考慮するアルゴリズムに基づき、リアルタイムに最適な運用条件を算出できる。

ここでは、新棟のオフィス空間における実際の運用データを収集して実施した省エネ実証実験のシステム構成と、照明の個別制御、照明・空調連携最適制御のそれぞれに対するデジタル試運転による実証実験の結果について述べる。

2. システム構成

図2にシステム構成を示す。ViewLEDで撮影した画像

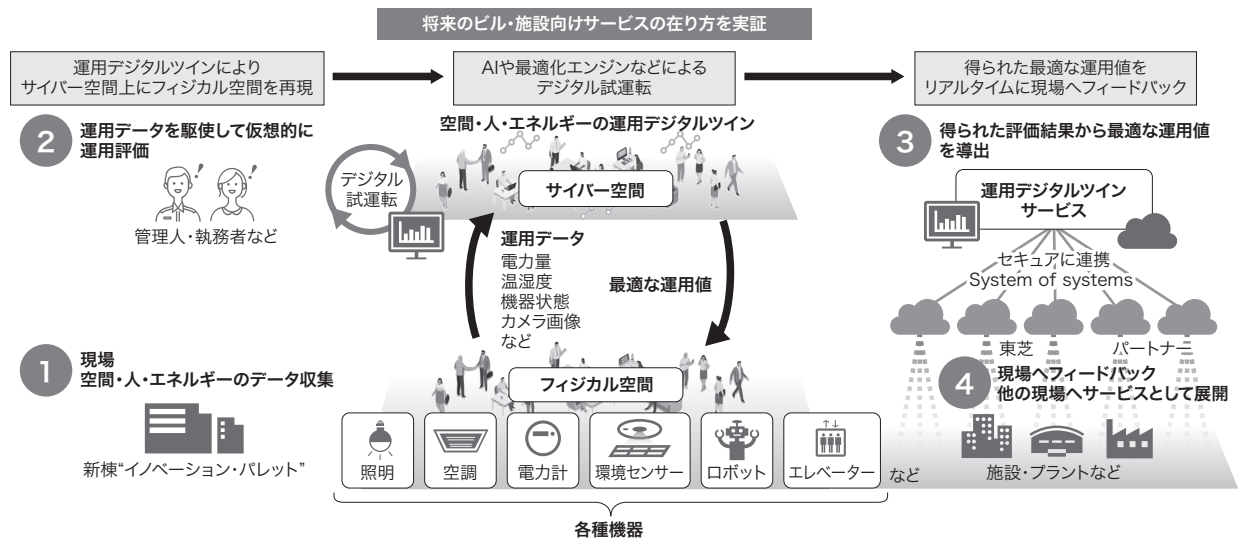


図1. 省エネ実証実験のコンセプト

運用デジタルツインを用いて、フィジカル空間のデータをサイバー空間でシミュレーションすることにより、リアルタイムに最適な運用条件を算出してフィードバックでできる。

Energy-saving demonstration experiment concept

データは、有線LANにて専用サーバーへ送信する。また、照明器具から得る調光率や、カメラ画像から判別できる執務者の在／不在情報などは、照明制御の通信規格であるDALI (Digital Addressable Lighting Interface) 通信^(注1)にて収集する。そのほか、空調機器やブラインドなどの他機器からのデータは、異なる機器間を共通のインターフェースで接続できるBACnet (Building Automation and Control Networking Protocol)^(注2)を活用し、中央監視装置にて一括管理する。そして、BACnetを活用して収集したデータと画像データなどは、共通のWeb API (Application Programming Interface) にて“先進実証ネットワーク”と呼ぶシステムへ集約してデータ連携させる。

先進実証ネットワーク内で、AIや最適化アルゴリズムなどを活用し、各種機器の運用パターンをデジタル試運転により検証した。

3. 照明の個別制御

照明の個別制御は、照度シミュレーターを用いて執務者ごとの作業面の照度・均斉度を満足し、かつ省エネとなる制御とし、実行した場合の省エネ効果を評価した。制御アルゴリズムは、ViewLEDにより検出された執務者の在／不

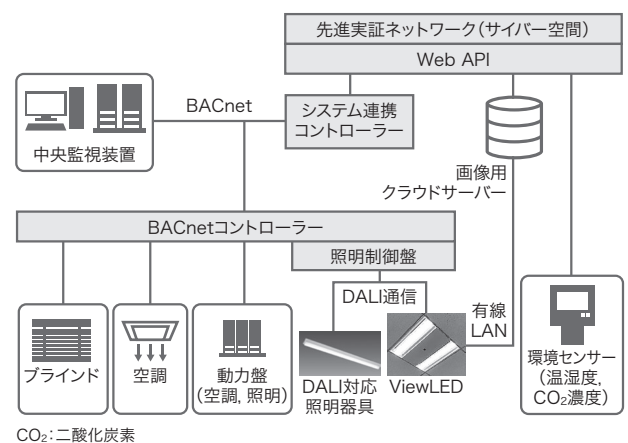


図2. 省エネ実証実験のシステム構成

照明・空調に必要なデータをWeb APIを経由して先進実証ネットワークへ集約し、デジタル試運転を行った。

Energy-saving demonstration system configuration

在情報と作業属性情報に基づき、照明の調光率を1%刻みで個別に制御するものである。

まず前提条件として、作業属性別で作業面の照度・均斉度の指針を設定した。照度に関しては、JIS Z 9125:2023 (日本産業規格 Z 9125:2023) “屋内照明基準”の表5では、事務所(会議室)の推奨照度は500 lx以上であり、労働衛生基準⁽²⁾では、一般的な事務作業での作業面照度は300 lx以上である。これらを基に、紙作業での机上面の必要照度は500 lxとし、PC (パソコン) 作業ではディスプレイ

(注1) IEC 62386 (国際電気標準会議規格 62386)に準拠し、他社の機器やセンサーとも連動が可能。

(注2) ビルネットワークの通信規格で、照明、空調、防犯・防災設備などの異なる機器間を接続可能。

による発光を考慮して机上面の必要照度は300 lxとした。一方、照度の均斉度は、JIS Z 9125:2023で、作業面の50 cm近傍における最低照度と平均照度の比率で定義される快適性指標の一種であり、その指針としては、作業領域における推奨値の0.7以上とした。

次に実験条件として、デジタル試運転に必要な執務者の作業属性や作業面照度といったフィジカル空間のデータを収集する環境は、DALI対応照明器具 12台、ViewLED 8台の計20台が設置された新棟の事務室を活用した。執務者は、2名（在席率10%）から、18名（在席率90%）までとした。

執務者3名（紙作業1名、PC作業2名）の条件にて、照度シミュレーターを用いた照明の個別制御の例を図3に示す。必要照度が高い紙作業への照明の調光率は100%（全点灯）、必要照度が低いPC作業への照明の調光率は30～70%、かつ、人がいないエリアへの照明の調光率は0%（消灯）とすることで、前提条件の必要照度・均斉度を満たせることが分かった。

省エネ効果（%）は、削減前に対する削減した消費電力量の比として、式(1)のように表した。

$$\text{省エネ効果} = (W_1 - W_2) / W_1 \quad (1)$$

W_1 ：削減前の消費電力量（kWh）

W_2 ：削減後の消費電力量（kWh）

ここで、 W_1 は調光率100%の場合の消費電力量である。

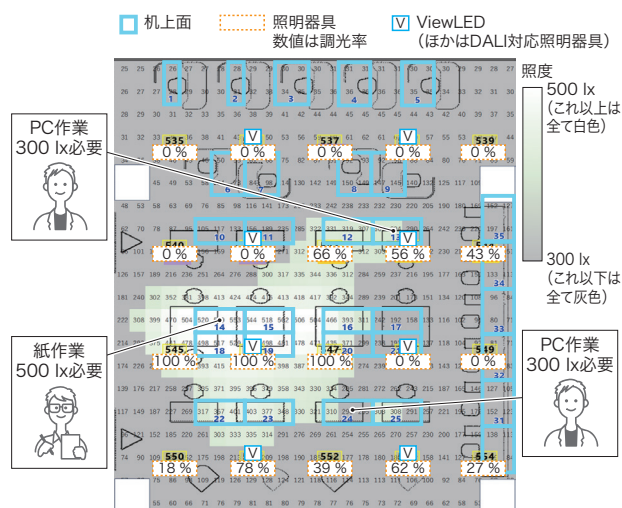


図3. 照度シミュレーターによる机上面照度分布の例

執務者3名に対して、照明の個別制御で、作業属性ごとに必要な机上面照度を満足させた場合の調光率と机上面照度分布を示す。

Example of illuminance distribution on each desk calculated by lighting simulation tool

一方、 W_2 については、同一の執務者数及び作業属性でも、執務者と照明の位置関係により大きく異なることが予想される。そこで、執務者をランダムに配置し、在席率ごとに8回行った照度シミュレーターでの試算で得た調光率の平均値から、 W_2 を求めた。

図3のオフィス空間でのデジタル試運転による省エネ試算結果から求めた省エネ効果を、図4に示す。図3の紙作業1名とPC作業2名で執務者3名（在席率15%）の場合、省エネ効果は65%であった。また、省エネ効果は、執務者全員が紙作業（机上面の必要照度500 lx）と、執務者全員がPC作業（机上面の必要照度300 lx）のいずれの場合も、在席率の増加に伴い、10%から50%まではほぼ一定の割合で下がる傾向と、在席率50%以上では割合が鈍化する傾向を確認した。

すなわち、執務者の在席がまばらな場合、条件を考慮した個別制御で、より大きな省エネ効果が得られる。したがって、執務者の条件によって、個別制御と一括制御のどちらがより有効かを切り分けたアルゴリズムにした上で、省エネ効果を算出する。

これらの結果を基に、今後は、会議室、在宅併用のオフィス、残業時間帯などの利用シーンを抽出し、省エネ効果が最大化されるようにシミュレーションアルゴリズムを改良していく。

4. 照明・空調連携最適制御

照明・空調連携最適制御は、それぞれの機器が個別に省エネ制御をするだけでなく、省エネや快適性を考慮しながら双方の制御が連携してトータルの消費電力量削減を最大化することが狙いである。それぞれの機器の制御設定値は、数理最適化により導出した。なお、執務者の情報は、在／

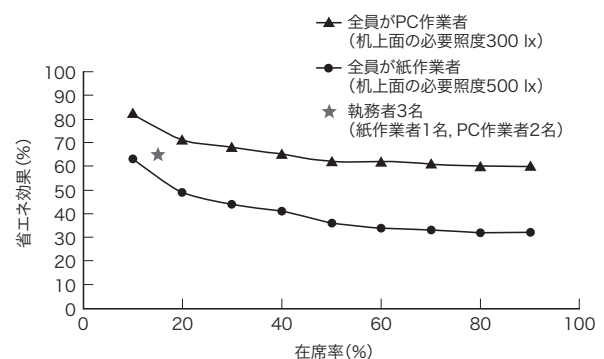


図4. 在席率に対する照明の個別制御の省エネ効果

新棟のオフィス空間にて、300 lxと500 lxの必要照度ごとに、在席率に対応した照明の調光率から省エネ効果を算出した。

Effect of in-office attendance rate on energy-saving lighting control

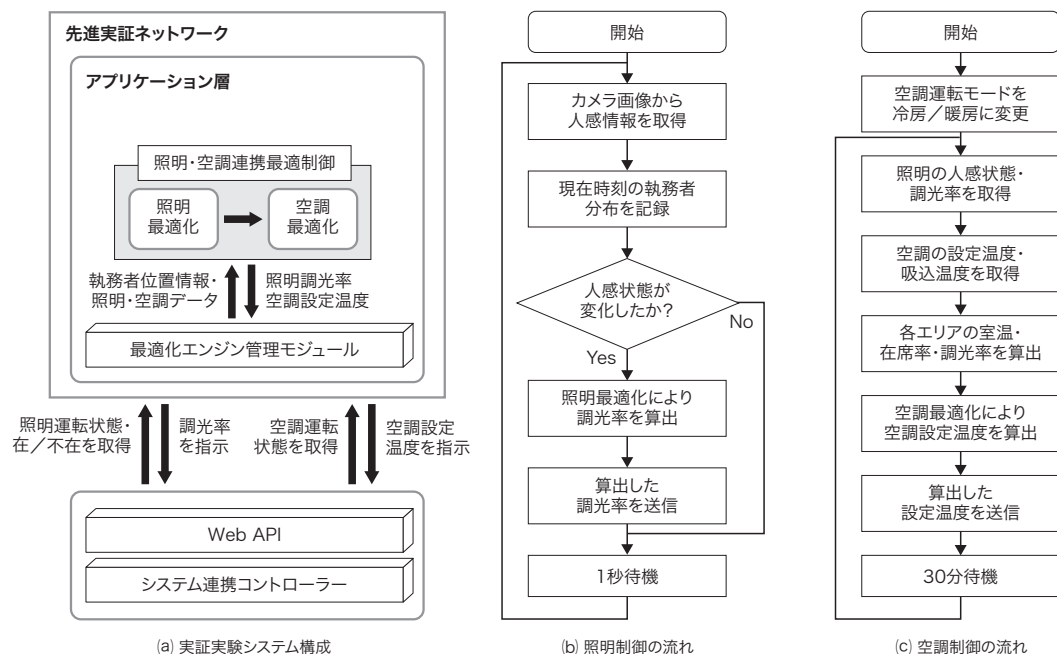


図5. 照明・空調連携最適制御の省エネ実証実験の概要

人流データや温湿度といった環境データを基に、照明と空調の最適な運用値を導出するアルゴリズムである。

Overview of lighting and air conditioning integrated control system for energy-saving demonstration experiments

不在データだけとし、作業属性による机上面必要照度はPC作業の300 lxで一定、とした。

デジタル試運転による実証実験は、図3のオフィス空間で、冷房運転時と暖房運転時の影響を考慮した。図5に実証実験の制御アルゴリズム導出概念とシステム構成(図5(a))、及び照明・空調の制御の流れ(図5(b)・(c))を示す。サーバー上に構築した先進実証ネットワークを活用し、アプリケーション層の照明・空調連携最適制御アルゴリズムで、システム連携コントローラーやWeb APIを介して収集した実際の機器の運用データから、各時刻の最適な調光率・空調設定温度を、リアルタイムに算出した。

照明・空調連携最適制御のデジタル試運転による結果の例は、表1、及び図6に示す。夏季1日を対象に、“既存制御”では、照明は調光率100%，空調は設定温度24.0℃で固定とした場合である。それに対し、“最適制御”では、執務者周辺の快適性条件として、照明は机上面の必要照度300 lx以上、空調は室温25.0～26.0℃を満たすように制御条件を設定した場合である。

表1の結果例から、既存制御の在席率60%に対し、最適制御では執務者が不在のエリアで照明・空調を抑制する制御が働き、在席率60%では照明の消費電力約46%と空調の消費電力約15%を削減し、更に、在席率25%では照明の消費電力約63%と空調の消費電力約45%を削

表1. 照明・空調連携最適制御の省エネ効果

Comparison of energy-saving effects of conventional and new technologies

項目	在席率(%)	照明の消費電力量(kWh) (既存制御に対する省エネ効果)	空調の消費電力量(kWh) (既存制御に対する省エネ効果)
既存制御	60	12.9	13.3
最適制御	60	6.9 (46.4%)	11.2 (15.9%)
	25	4.8 (63.1%)	7.3 (45.4%)

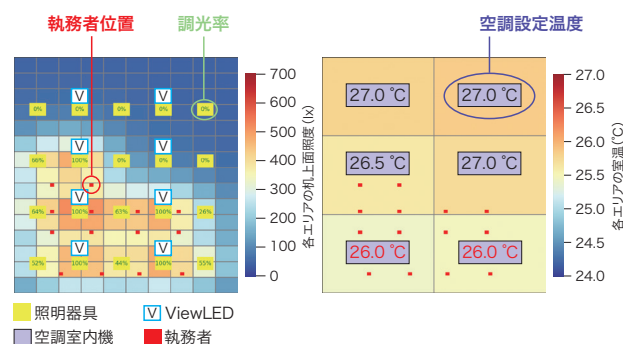


図6. 照明・空調連携最適制御の結果の例

図3のオフィス空間にて、執務者が在席するエリアへ照明と空調を適切に動作させていることが分かる。

Example of results of energy-saving demonstration experiments

減した，という省エネ効果を確認できた。また，図6の結果例から，最適制御での在席率70％で，照明は各エリアの机上面照度の分布状態，空調は各エリアの室温の分布状態が分かる。

5. あとがき

ViewLEDと各種機器から得られるデータをWeb APIにて連携し，デジタル試運転による実証実験を行うことで，照明と空調のそれぞれに省エネ効果を確認できた。顧客のオフィス環境に応じて自動で最適制御が行えるため，現地での調整作業を行うことなく，省エネ推進が可能である。

今後は，新棟以外での実証事例を増やし，顧客のカーボンニュートラル実現に貢献できるサービスの提供を目指していく。

文 献

- (1) 国土交通省，ほか，令和6年度テレワーク人口実態調査－調査結果－，2025，38p. <<https://www.mlit.go.jp/toshi/kankyo/content/001879091.pdf>>，(参照 2025-09-04)。
- (2) 厚生労働省，ほか，職場における労働衛生基準が変わりました，2022，6p. <<https://www.mhlw.go.jp/content/11300000/000905329.pdf>>，(参照 2025-09-04)。



石坂 大介 ISHIZAKA Daisuke
東芝ライテック(株)
次世代ソリューション事業推進部
Toshiba Lighting & Technology Corp.



藤原 健一 FUJIWARA Kenichi
総合研究所 インフラシステムR&Dセンター
インフラ応用AI技術開発部
Infrastructure Applied AI R&D Dept.



南澤 晃 MINAMISAWA Akira
総合研究所 インフラシステムR&Dセンター
システム制御・ネットワーク技術開発部
System Control and Network R&D Dept.