

Development of an Autonomous Facade System with Individually-Controllable Photovoltaic Louvers

李, 晗

<https://doi.org/10.15017/2556285>

出版情報 : Kyushu University, 2019, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

氏 名 : 李 晗

論 文 名 : Development of an Autonomous Facade System with Individually-
Controllable Photovoltaic Louvers
(自律制御可能な太陽光発電ルーバーを有するファサードシステムの開発)

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

近年、建築の環境・エネルギー性能の向上に加えて、居住者の健康を意識した環境づくりが重要な課題とされている。建築光環境については、建物外皮に設ける窓の役割と昼光利用の重要性が再認識され、温熱環境と省エネルギーにも配慮した窓材料や窓装備が提案されている。ブラインドやルーバーの自動制御システムは、その1つであるが、機構上・制御上さまざまな問題が残っている。現在の自動制御システムでは、建物全体で一律に制御をかけており、窓外の状況が異なる個々の窓に対応して適切に制御することができない。

本研究は、個々の窓面で、太陽電池からの出力により窓面に入る昼光をモニタリングし、その量から日照の有無を判別して、日射遮蔽制御を自動的に行い、また、太陽電池の発電で自動制御の待機電力を賄うような太陽電池一体型ルーバー（以下、PVルーバーと称する）で構成されるファサードシステムを開発しようとするものである。そのため、本研究では昼光モニタリングに適した出力の時間分解能を有する太陽電池の種類を特定し、自動日射遮蔽制御に必要な昼光の日照判別閾値を定める。また、日陰効果による太陽電池の発電効率の低下を防ぐため、理想的なPVルーバーの幅と間隔、およびPVルーバーの支柱の傾斜角との関係を明らかにする。さらに、標準的なオープンプランオフィスモデルケースとして、PVルーバーの発電量、昼光利用による制御を加えた人工照明の消費電力量、空調の消費電力量とPVルーバーの制御方法との関係を明らかにする。

本研究により、個々の窓で窓外の状況に応じた日射遮蔽制御と制御用エネルギーの自己生産を可能にし、室内の光環境・温熱環境の快適性と照明・空調のエネルギー効率を共に高める技術が得られる。本研究の日照判別方法は、自動的に光透過特性を変える他の窓システムにも応用可能である。

本論文は序論、本論、および結論の6つの章により構成されている。

第1章では序論として、研究の背景、目的、方法について述べた。また、太陽電池を組み込んだ日射遮蔽装置に関する既往研究を概説し、本研究の意義について述べ、本論文の構成を示した。

第2章では、文献調査に基づき、建築における昼光利用のメリットとデメリットについて述べた。また、建築における日射制御と太陽エネルギー利用に関する既存技術を把握し、太陽電池を組み込んだ建物外皮と日射遮蔽制御装置、および自動ブラインド・ルーバー制御システムの性能と開発課題を考察した。太陽電池の光起電効果の特徴と応用において解決すべき課題を整理し、第3章以降の研究の着眼点を明確にした。

第3章では、PVルーバーからの出力によって個々の窓面に入る昼光を測り、その量に応じて自動的に日射遮蔽制御を行い、また、制御用電力を太陽電池からの出力で賄うようなファサードシステムを提案した。建築の光環境・温熱環境の質とエネルギー効率を両立させるために、種々の太陽電池の中から、昼光モニタリングに適したものを実測により選択した。PVルーバーの重なりによる太陽電池の日陰効果は、発電効率を低下させる。このことは、南向きの横型PVルーバーで、太陽高度の高い夏季に問題となりやすい。したがって、提案するファサードシステムの発電効率を向上させるために、PVルーバーの幅と間隔、PVルーバーの支柱の傾斜角に関するPVルーバーのプロトタイプを設定した。

第4章では、日射遮蔽制御に必要な昼光による日照有無の判別方法を提案した。フランス・リヨンにおける昼光と日射の実測資料を用いて、日照あり、または日照なしと判断する鉛直面グローバル照度の閾値の考え方を示した。さらに、任意の検討地点で適用できる日照判別方法を考案し、ISO/CIE標準一般天空による天空光照度を用いて日照有無を判別する方法を求めた。加えて、窓面の方位と季節に応じた日射遮蔽方法を考察した。

第5章では、室内の視環境と温熱環境の快適性を向上させるためのPVルーバーの制御方法を提案した。標準的なオープンプランオフィスを対象に、フランス・リヨンにおける昼光と日射の実測資料を用いて、PVルーバーの幅と間隔、およびPVルーバーの支柱傾斜角の条件について、PVルーバーの年間発電量、および人工照明と空調の年間電力消費量のシミュレーションを行った。これより、支柱を傾斜させる方が、PVルーバーの影部分を減らし、単位面積当たりの年間発電量を高めることを示した。また、日照がある場合はPVルーバーを保護角に調整し、日照がない場合はPVルーバーを水平に開く制御について、PVルーバーの幅と間隔の比が6:5の場合、太陽光発電量、人工照明の必要量、空調負荷の間に良いバランスが得られ、年間消費電力量の節減にもなること、人工照明制御に対して昼光利用が有効な範囲は、窓面から約6 mまでのペリメータゾーンであることを明らかにした。

最後に第6章では、本論文を総括して結論を述べ、今後の展望を示した。