

氏 名	ス イ 隋	ケ ツ 傑	レ イ 礼
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)		
学 位 記 番 号	工 博 第 2853 号		
学位授与の日付	平 成 19 年 9 月 25 日		
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当		
研 究 科 ・ 専 攻	工 学 研 究 科 建 築 学 専 攻		
学 位 論 文 題 目	Optimization of CO ₂ Emission and Investment Value on Roof Shape Design for Wooden Detached House (CO ₂ 排出量と投資効率を指標とした独立住宅の屋根形状の最適化に関する研究)		
論文調査委員	(主 査) 教 授 宗 本 順 三	教 授 鉾 井 修 一	准教授 吉 田 哲

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、屋上緑化と太陽光発電装置を設置した木造戸建住宅を対象として、簡略化した幾何学的な屋根モデルを作成して、LCCO₂排出量を低減し、投資価値を増加させる（装置設置の初期投資を下げ、売電による収益を増加させる）屋根形状を、多点探索を行う進化計算を用いたに目的最適化計算により得ることを目的としている。つまり、本論文は、投資価値の増大とLCCO₂排出量の低減、すなわち個人的利益と社会利益の両者を高度に満たす屋根形状の代替案を得る過程をまとめたものであり、7章から構成されている。

第1章では、本研究の背景・意義として、現在の全世界のエネルギー危機、グローバル温暖化の状況を紹介した後、日本を例として、エネルギー消費、CO₂排出量を低減して、地球の温暖化を緩和するのに、太陽光電池と屋上緑化の利用が有効であることを紹介している。研究の目的として、投資価値の増大とLCCO₂排出量の低減、すなわち個人的利益と社会利益の両者を高度に満たす屋根の形を研究する重要性と必要性を述べている。

第2章では、日本の典型的な木造屋根を対象として、それらの形状を変化させる共通要素を抽出して、屋根形状の評価システムを作成している。日本に多い勾配屋根形状から、3次元自由曲面による屋根形状まで、遺伝的アルゴリズムを用いた評価が可能なシステムとした。屋根形状の評価には、LCCO₂排出量と投資価値（装置設置の初期投資と、売電による収益、補助金など）を算出し、これをもって評価するシステムとした。

第3章では、屋根の棟の数（1～3本）毎にLCCO₂排出量を最小化させる形状を示した。棟数1本では試行の結果、棟の長さが0となる方形屋根（屋根勾配10°）でLCCO₂排出量が最小化され4.45kg-c/m²・yとなった。棟数2本では屋根勾配10°、平らな部分が6.4m*5.4mとなる屋根でLCCO₂排出量が最小化され4.41kg-c/m²・yとなった。マンサード屋根、入母屋屋根が可能な棟数3本ではいずれの棟の長さも0となる方形屋根（腰折部分の角度差0）で、LCCO₂排出量が最小化され4.52kg-c/m²・yとなった。

第4章では、屋上緑化した3次元自由曲面の屋根の中でLCCO₂排出量を最小化させる屋根形状を屋根の四周を壁に固定した場合と、頂点となる4点のみを壁に固定した場合の2通り示した。四周を壁に固定した場合には、平面中央部で大きくふくらむドーム状の屋根でLCCO₂排出量が最小化され-1.08kg-c/m²・yとなった。また平面の四周の4点のみを壁に固定した場合には南北辺が壁面に固定され、南側壁面、北側壁面で屋根がアーチ状にふくらむ形状でLCCO₂排出量が最小化され-6.18kg-c/m²・yとなった。

第5章では、太陽光発電装置を設置した切妻から片流屋根が可能となるモデルで、LCCO₂排出量を最小化し、投資価値を増加させる屋根形状を多目的問題として解き、札幌、東京、那覇の各々で最適な屋根形状を示した。いずれの場所でも、片流屋根が両評価値を同時に最適化する屋根形状として選ばれている（勾配角度：札幌：25°、東京・那覇：35°）。これを個別評価値の単目的の最適化問題と比較すると、投資価値最大化による屋根形状の変化（浅い角度による切妻形式）よりも、

LCCO₂排出量の最小化による形状変化（勾配角度の大きな片流れ形式）の影響が大きいことが明らかになった。東京と那覇では屋根勾配角度は35°で同一であり、那覇の方が投資価値-91.67×104円、LCCO₂排出量-24.23kg-c/m²・yと若干ながら東京よりもよい値を示した。

第6章では、切妻屋根形状の屋根を対象に、屋上緑化部分と太陽光発電装置を設置した部分の面積配分と屋根勾配を変化させ、LCCO₂排出量を最小化させ、投資価値を最大化させる多目的問題として解き、札幌、東京、那覇の各々で最適な屋根形状を示した。いずれの場所でも、切妻屋根が両評価値を同時に最適化する屋根形状として選ばれている（勾配角度：札幌：25°、東京：20°、那覇：10°）。いずれも切妻の南斜面が太陽光発電装置、北斜面が屋上緑化となり、東京の場合で屋根勾配が太陽高度に対して最適な角度に近くなったため投資価値が-280×104円で最大、那覇でLCCO₂排出量が-97kg-c/m²・yと最小となった。これを個別評価値の単目的最適化問題と比較すると、屋根勾配の角度は、いずれの土地でも、勾配角度の浅い投資価値最大化で得られる屋根勾配に近い角度の屋根となっていた。

第7章は、結論であり、本論文で得られた成果について要約している。屋根勾配が大きく、南側に大きな面積を持つ太陽光発電を設置する場合に、LCCO₂排出量を削減することができる。これらの屋根は北方地方に比べ、南方地方で有効である。投資価値に関しては、売電量を増加させるためにも、各地方の太陽高度の角度に応じた屋根勾配が望ましい。しかし、札幌などの少ない発電量しか見込めない北方地方では、太陽光発電を設置しても売電量の増加が見込めないため、設置は望ましくない。この両者を二目的最適化問題と捉えた場合には、やはり、南側に大きな面積を採り、太陽高度に適した勾配での太陽光発電設備の設置と北側斜面でのその勾配での屋上緑化がLCCO₂排出量削減の上でも望ましい事が明らかになった。

論文審査の結果の要旨

本論文は屋上緑化と太陽光発電装置を設置した木造戸建住宅を対象として、LCCO₂排出量を低減し、投資価値を増加させる屋根の形状を勾配屋根から3次元自由曲面の屋根まで探求したもので、得られた成果は以下の通りである。

1. エネルギー消費、CO₂排出量を低減して、地球の温暖化を緩和するのに、建築の屋根を利用した太陽光発電装置と屋上緑化の導入が有効であり、投資価値の増大とLCCO₂排出量の低減、すなわち個人的利益と社会利益の両者を高度に満たす屋根の形状を研究する重要性を指摘した。
2. 木造屋根を対象として、屋根の形状を変化させる評価システムを作成し、方形屋根でLCCO₂排出量が最小化されること、またマンサード屋根、入母屋屋根の場合でも、方形でLCCO₂排出量が最小化されことを明らかにした。
3. 屋上緑化した3次元自由曲面のLCCO₂排出量を最小化させる屋根形状を探索し、屋根の四周を壁に固定した場合には平面中央部で大きくふくらむドーム状の屋根となり、頂点となる4点のみを壁に固定した場合には南側壁面、北側壁面で屋根がアーチ状にふくらむ形状で、LCCO₂排出量が最小となることを示した。
4. 太陽光発電装置を設置した勾配屋根モデルでは、LCCO₂排出量を最小化し投資価値を増加させる屋根形状を2目的最適化問題として解き、札幌、東京、那覇の各都市で、片流れ屋根が両評価値を同時に最適化する屋根形状であることを示した。
5. 切妻形状の屋根を対象に、屋上緑化部分と太陽光発電装置を設置した部分の面積配分と屋根勾配を変化させ、LCCO₂排出量を最小化させ、投資価値を最大化させる多目的問題として解き、両評価値を同時に最高レベルで満たす屋根形状を見出し、いずれも切妻の南斜面が太陽光発電装置、北斜面が屋上緑化となることを示した。

以上、本論文はLCCO₂排出量を低減させ、投資価値を増加させる屋根形状を多目的問題として探求しており、学術上、実際に寄与するところが少なくない。よって本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成19年7月18日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。