

周辺建物の日影影響による太陽エネルギー利用効率の低下に関する研究 Investigation on Adverse Effect of Sun Shadow Projected by Vicinity Buildings to Efficiency of Solar Energy Systems Installed on Roof of a Detached House

学生会員 高田 幸枝(千葉工業大学) 正会員 小峯 裕己(千葉工業大学)

正会員 増尾 渉(山下設計)

Yukie TAKADA*¹ Hiromi KOMINE*¹ Wataru MASUO*²

*¹ Chiba institute of technology *² Yamashita Sekkei Inc

This paper discussed about the adverse effect of sun shadow projected by neighbor buildings to the output of solar energy systems, such as solar arrays or solar collectors for domestic hot water, installed on roof of a detached house. The subroutine of Mask-file in TRNSYS-simCAD was used for the simulation. The amount of incident solar radiation, the heat load for air conditioning of each room, the collecting heat value or the generation change between 6 sections of the roof at a vicinity building height of 15m. The most efficient section was suggested according to this simulation.

1. 研究背景および目的

太陽エネルギーの利用技術である太陽光発電・太陽熱給湯システム等を、実際に住宅に導入する場合には、周辺状況や屋根の傾斜角、方位角等がシミュレーションの入力条件と異なっていると、期待通りの効果を得られない可能性がある。太陽エネルギー利用手法を導入するためには、計画段階において十分な検討が必要となる。

既報¹⁾では、太陽光発電・太陽熱利用パネルを併用した際の最適な設置面積の決定手法に関して報告したが、熱負荷計算ソフトTRNSYSのMask計算機能を利用し、周辺建物の日影影響を考慮したシミュレーションを行った。

本報では、周辺建物の日影影響が太陽エネルギーの利用を計画している住宅の屋根面や窓面の入射日射量に与える影響、太陽熱給湯システムや太陽光発電システムの出力が受ける影響等を、TRNSYSのMask計算機能を用いて検討したので、その結果を報告する。

2. 検討対象とする住宅モデルの概要

検討対象とする住宅モデルの1・2階平面図を図1に、東側立面図と西側立面図を図2、図3に示す。当該住宅が建つ敷地の周辺状況を図4に示す。南側に前面道路が取り付く建蔽率60%の敷地で、南側の住宅との間隔は5.0m、隣接する住宅との間隔は2.0mである。周辺建物の高さは全て同一として、当該住宅の高さと同じ6.5m、中層建築物を想定した15.0mの2条件とした。住宅モデルの断熱性能、使用機器などの詳細は、既報と同じ条件とする。

3 周辺建物による日影影響の確認

3-1 日影影響の考慮方法

周辺建物を作り出す日影の影響を考慮するため、TRNSYSに付属しているSimCADと呼ばれる建物データ作成

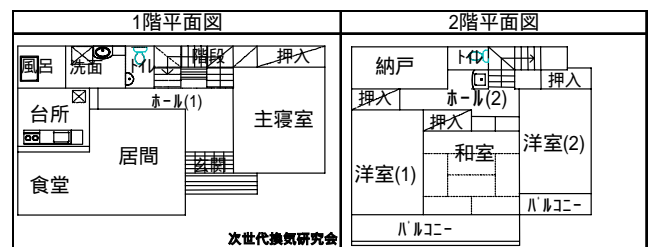


図1 住宅モデル平面図

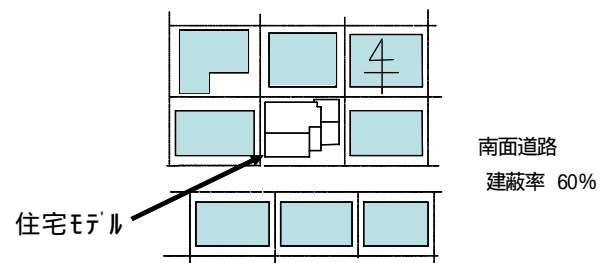


図2 住宅モデル周辺状況

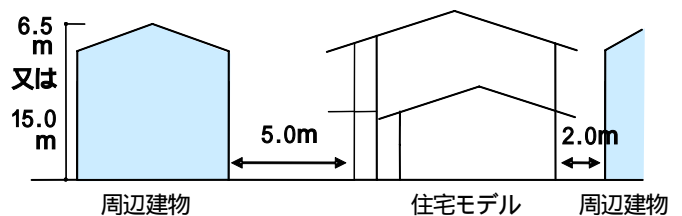


図3 東側立面図

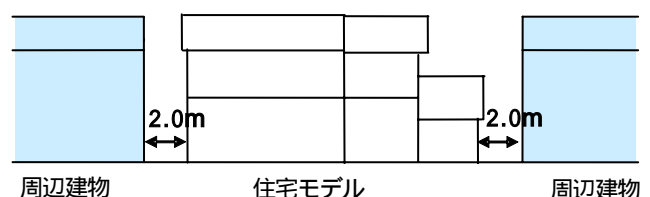


図4 南側立面図

用プログラムに含まれるMask計算機能を用いる。この機能は、各開口部の中心から遮蔽物の端に線を引き、その仰角と方位から、遮蔽物の高さや幅を数値化し、方位係数を算出する。この結果をTRNSYSで読み込むことで、気象データの太陽位置及び日射量から日影影響が考慮され、窓面への入射日射量が低減される。TRNSYSへのSimCADデータ入力の一連の流れを図5に示す。

3-2 屋根面における入射日射量の変化

屋根面を図6に示すように6分割して、周辺建物高さが変化した場合の各分割面における入射日射量の変化を算出した。周辺建物がない場合の屋根勾配と同じ勾配をもつ地上の傾斜面における入射日射量、周辺建物高さ6.5m、15.0mの場合の屋根面における入射日射量を算出した。

なお、Mask計算機能は窓面の中心位置一点で方位係数を計算するため、日影の影響による入射日射量の変化を算出するためには、計算対象点を細かく設定する必要がある。本報では、簡易的に分割面全体の方位係数を中心点における値で代表させた。

これら3条件における入射日射量の経時変化を図7～図10に示す。周辺建物がない場合、地上の傾斜面日射量は、設置位置による差はないため、北側傾斜面と南側傾斜面の2種類の日射量のみ算出した。春分・夏至・秋分に当たる日は、標準気象データでは曇天日に近い日射量であったため、これらの日の前後で晴天に近い日における入射日射量を掲載した。

(1) 周辺建物高さ6.5mの場合

周辺建物高さが当該住宅モデルの高さと同じ高さであるため、各季節とも、周辺建物がない地上傾斜面における入射日射量の経時変化と全く同一であった。北側屋根を3分割したA面、C面、E面における入射日射量は差異が認められなかった。南側屋根のB面、D面、F面における入射日射量も、場所による差異は認められなかった。

(2) 周辺建物高さ15.0mの場合

南側屋根面では、周辺建物高さ6.5mの場合に比べ、日射量の多かった春分の12時・夏至の13時で10%程度の低下、秋分の12時・冬至の11時で5%程度の低下がみられた。北側屋根面では、周辺建物高さ6.5mの場合に比べ、日射量の多かった春分の12時・夏至の13時、秋分の12時で15%程度の低下、冬至の11時で20%程度の低下がみられた。南側屋根面・北側屋根面ともに、日射量は全体的に減少傾向であった。これは、周辺建物により、天空率が下がったことが原因と考えられる。春秋分では、太陽高度の低い朝方・夕方、設置位置ごとの日射量に差異が認められた。南側屋根面の内、西側に位置するD面における8時の入射日射量が、B面やF面における入射日射量と比較して、150～200[W/m²]程多かったが、逆に夕方16時では、150～200[W/m²]程日射量が少なかった。北側屋根面では、西側に位置するA面における15時の入射日射量が、

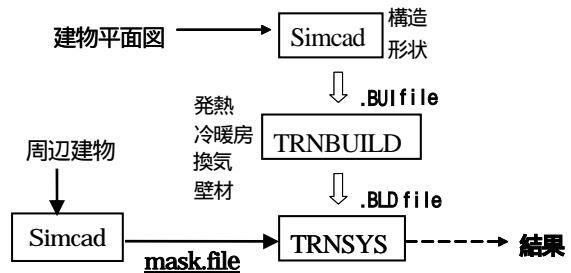


図5 TRNSYS への入力の流れ

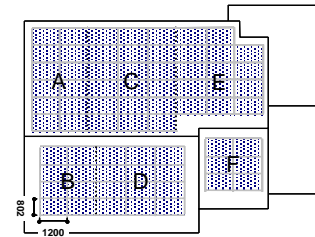


図6 住宅屋根面の分割位置

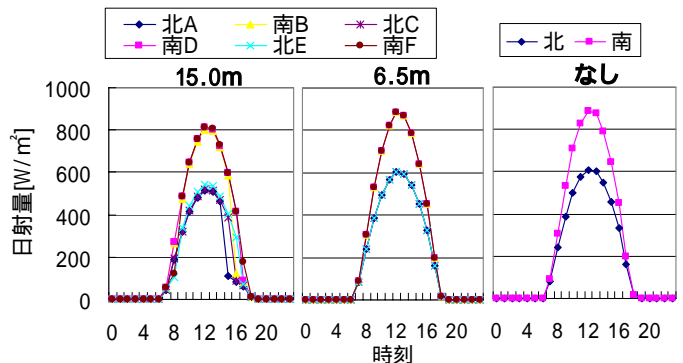


図7 春分(3月22日)屋根面入射日射量の経時変化

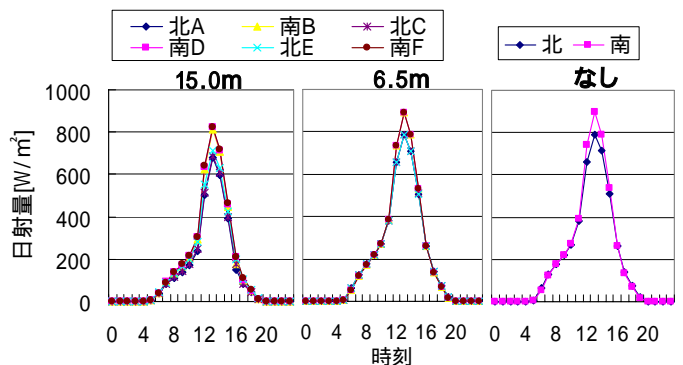


図8 夏至(6月20日)屋根面入射日射量の経時変化

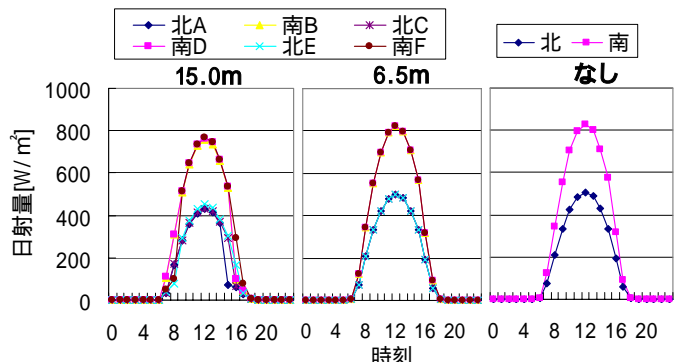


図9 秋分(9月26日)屋根面入射日射量の経時変化

C面やE面の入射日射量に比較して、200[W/m²]程日射量が少なかった。夏至では、太陽高度が高いため、朝方・夕方の大きな差異は確認されなかった。冬至では、南側屋根面の西側に位置するD面における10時の入射日射量が、B面やF面における入射日射量と比較して、400[W/m²]程少なかった。

3-2 空調負荷への影響の確認

エアコンを設置しているLD(居間・食堂)、主寝室、洋室1、洋室2の4室における空調熱負荷を算出した。周辺物の有無による各室空調負荷の差異を図11に示す。

一階西側に位置する居間・食堂の冷房負荷は3.68[GJ/年]から2.98[GJ/年]へと約20%低減するものの、暖房負荷は2.25[GJ/年]から3.58[GJ/年]と約60%増加した。主寝室及び二階に位置する各居室においても、冷房負荷が低減し暖房負荷が増加する傾向が認められた。周辺建物を考慮すると、冷房負荷の低減に比べて暖房負荷の増大が大きくなり、全室で空調負荷は増大していた。

住宅全体の空調負荷は、周辺物がある場合、13.74[GJ/年](暖房負荷8.94[GJ/年]、冷房負荷4.80[GJ/年])、周辺物がない場合、12.31[GJ/年](暖房負荷6.16[GJ/年]、冷房負荷6.15[GJ/年])であった。住宅全体でも、日影影響により冷房負荷が減少するものの、暖房負荷が増大した。住宅モデルの開口部に入射する日射量が減り、自然室温が下がったためと考えられる。既往の研究²³⁾では、都市部の住宅において、周辺建物を考慮しない場合に暖房負荷を過小評価する恐れがあるとして、日影影響の考慮の重要性を示唆している。本研究の空調熱負荷の算出結果からも、同様の傾向がみられることから、Mask計算によって周辺建物の日影影響を考慮する方法は、概ね妥当であると判断した。

4. 分割屋根面間における集熱量・発電量の差異

4-1 季節毎の集熱量・発電量の差異

日影影響がある場合に、6分割した屋根面のどの面から太陽熱給湯パネルや太陽光発電パネルを設置すべきであるか、検討した。なお、周辺建物高さ6.5mにおける値は日影影響がない場合の基準値として位置付ける。

表1に、6面における季節別入射日射量の積算値を示す。周辺建物高さ6.5mの場合の積算値と周辺建物高さ15.0mにおける積算値の差は、北面で約40~100[kW/m²]、南面で約50~70[kW/m²]であった。太陽高度が殆ど同じと考えられる春期における積算値と秋期における積算値を比べると、後者の値が大幅に少ない。標準気象データ(東京)では、秋分から冬至の間の晴天日が少ないことが原因と考えられる。

各屋根面の単位面積あたりの集熱量から算出した季節毎の積算値の算出結果を図12~図15に示す。積算期間は春(3月21日~6月20日)・夏(6月21日~9月22日)・秋(9月23日~12月21日)・冬(12月22日~3月20日)とした。

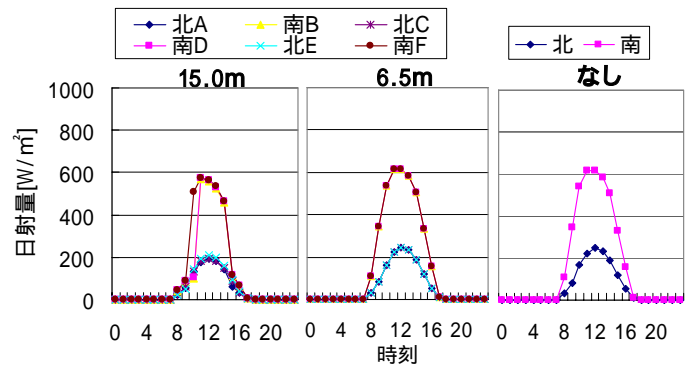


図10 冬至(12月22日)屋根面入射日射量の経時変

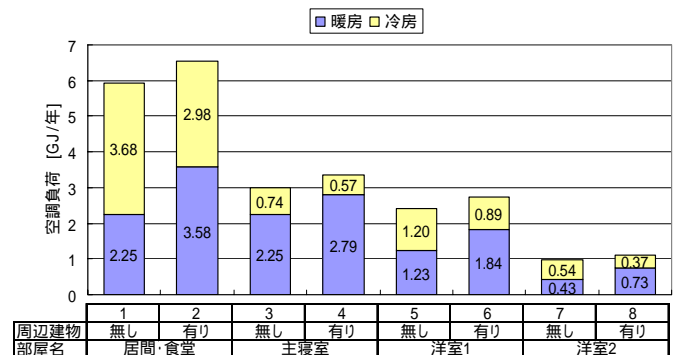


図11 日影影響の有無による各部屋の空調負荷の差異

表1 季節毎の設置位置入射日射量積算値

	15.0m			6.5m			15.0m			6.5m		
	A	C	E	B	D	F	A	C	E	B	D	F
春	257	275	294	321	339	340	359	359	359	395	395	395
夏	215	229	246	285	297	299	311	311	311	356	356	356
秋	97	106	114	235	237	247	139	139	139	294	294	294
冬	132	141	151	272	283	289	184	184	184	329	329	329

単位 kW/m²

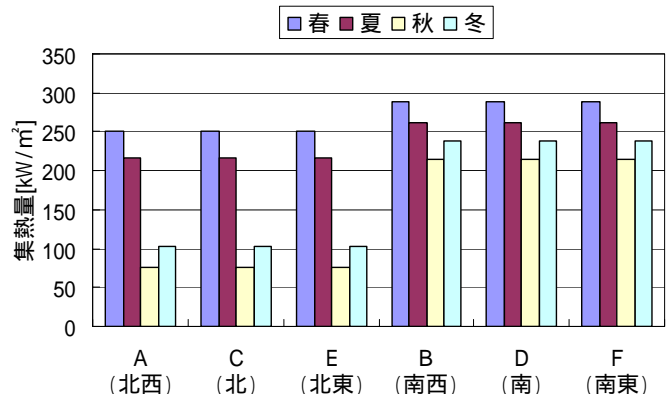


図12 各設置位置の集熱量積算値(周辺建物高さ6.5m)

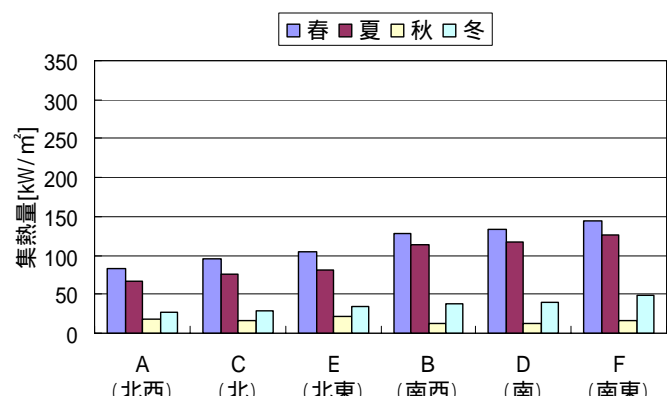


図13 各設置位置の集熱量積算値(周辺建物高さ15.0m)

(1) 基準値(周辺建物高さ6.5mの場合)

春は南側屋根面で集熱量289[kW/m²]・発電量37[kW/m²]、北側屋根面で集熱量252[kW/m²]・発電量32[kW/m²]と、南面と北面の差は約13%であった。一方、秋は、南側屋根面で集熱量214[kW/m²]・発電量27[kW/m²]、北側屋根面で集熱量75[kW/m²]・発電量9[kW/m²]と、南面と北面の差は約65%であった。

(2) 周辺建物高さ15.0mの場合

基準値と比較して、全体として65%程度減少した。朝夕・夕方で、面により入射日射量に差異があったことから、集熱量・発電量の積算値も面による差異が認められた。四季を通じて、南側屋根面・北側屋根面とも東側の面が有利であった。また、春・夏・冬における集熱量、発電量は、北側屋根面の値より南側屋根面における値が大きかったが、秋における値は、南側屋根面より北側屋根面の方が大きかった。秋期は曇天日が多く、直射日射が少なかったため、集熱・発電しなかったと考えられる。

4-2 6面の設置優先順位

6面における年間を通じた集熱量・発電量を表2に示す。年間を通じた集熱量や発電量が多い面に太陽熱給湯パネルや太陽光発電パネルを設置すべきであり、これに基づいて、設置の優先順位を決定した。

周辺建物の日影影響がない状況では、北側屋根面だけでなく、南側屋根面に設置すべきであり、東西方位により分割した面間では同値となり優先順位は付けられなかった。

周辺建物高さ15.0mの場合、F面(南東面)における年間を通じた集熱量・発電量が最大であり、この面から優先して設置すべきであると言える。次いで、D面(南・真中面)、B面(南西面)の順に設置すべきであると言える。なお、北側屋根面・南側屋根面とも東側の発電量・集熱量が多いが、図4に示した周辺状況からも判るように、2階屋根面が敷地の西側に位置し、東側隣接住宅との間隔が広がっているためであると考えられる。

5. まとめ

同じ高さの建物が並ぶような住宅街においては、パネルを設置する屋根面が日影になることは無く、日影影響の考慮は必要ない。

戸建住宅とマンションが乱立している都心部等では、マンション等が作り出す日影が、太陽エネルギー利用システムを設置する屋根面へ射し、集熱量・発電量は日影がない場合の値と比較して大幅な低下が予想される。

太陽エネルギー利用システムによる省エネルギー効果を検討する場合には、周辺建物が作り出す日影の影響を考慮する必要がある。

6. 今後の課題

本報で想定したモデルは、全ての周辺建物高さを均一として検討したが、様々な周辺建物の高さにおける影響を把握する必要がある。

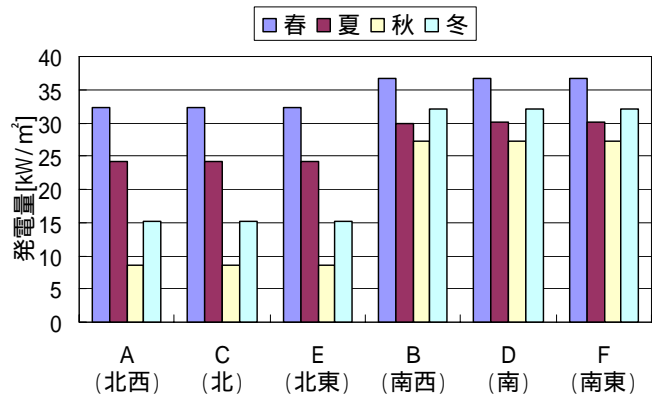


図14 各設置位置の発電量積算値(周辺建物高さ6.5m)

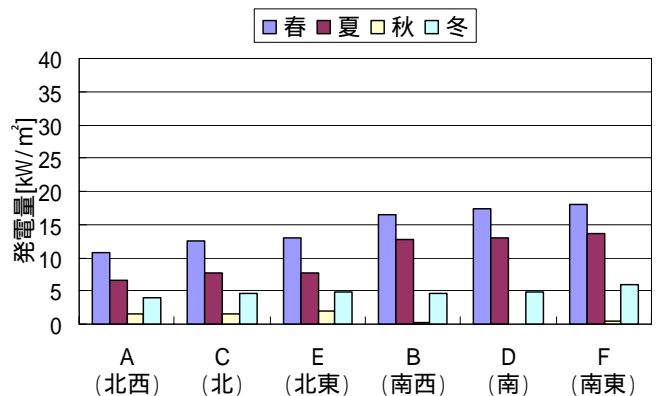


図15 各設置位置の発電量積算値(周辺建物高さ15.0m)

表2 単位面積あたりの発電量と集熱量 (周辺建物6.5mの場合)

積算期間	日射量	発電量	集熱量	設置優先順位
	1年間	1年間	1年間	
A(北西)	994	80	647	2
C(北)	994	80	647	2
E(北東)	994	80	647	2
B(南西)	1374	126	1003	1
D(南)	1375	126	1003	1
F(南東)	1374	126	1003	1

単位 kW/m²

(周辺建物15.0mの場合)

積算期間	日射量	発電量	集熱量	設置優先順位
	1年間	1年間	1年間	
A(北西)	383	23	194	6
C(北)	417	26	217	5
E(北東)	431	27	240	4
B(南西)	510	34	293	3
D(南)	527	35	304	2
F(南東)	557	38	335	1

単位 kW/m²

参考資料・文献

- 1) 増尾・小峯：住宅密集地に建つ戸建住宅における太陽光発電と太陽熱給湯による省エネルギー効果に関する研究，空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 pp.2157-2160 2006.09
- 2) 樋口・宇田川：建築屋外における日射と長波長放射の計算モデル，日本建築学会計画系論文集第 544 号pp.9-15 2001.06
- 3) 樋口・宇田川：住宅の年間暖冷房負荷からみた建物配置の検討，日本建築学会環境系論文集第 612 号pp.31-38 2007.2