

環境シミュレーションを用いた住宅設計プロセスの実践

木上 理恵^{1*}

¹ 神戸大学大学院工学研究科建築学専攻

キーワード：環境シミュレーション、住宅設計、日射熱取得量、通風

近年、意匠設計者が操作が簡便なアプリケーションソフトを用いてコンピュータ上で環境シミュレーションを行うことが可能になっている。本研究では実際の住宅設計を事例として、設計の初期段階における設計案について環境シミュレーションツールを用いて分析し、得られた結果を設計案の選択に反映させていく手法の実践を試みた。その結果、環境シミュレーションを設計の初期段階から行うことによって、従来は経験的、感覚的に選択されてきた住宅の環境性能を目に見える分析結果として明らかにすることが可能となり、この手法は環境に配慮した細やかな設計を行う上で非常に有効であることが示された。

1. はじめに

近年、様々な地球環境問題が顕在化していることから、環境配慮型の建築や、自然エネルギーの活用に対する関心が高まっている。それに伴って個々の建築がどのような環境性能を持っているかを解析しながら設計を進めることの重要度が増している。しかし従来型の建築設計では、設計の初期段階から環境シミュレーションが行われることはほとんどなく、設計完了後に確認のために専門家が解析を行うことが多かった。これは環境シミュレーションの専門性が高いことを示しているが、近年では BIM (Building Information Modeling) の発展によって、意匠設計者がコンピュータ上に作成した 3 次元の建物のデジタルモデルを使って、設計の完了後だけでなく初期段階や途中段階においても環境シミュレーションを行うことが可能になってきている。また BIM とは別に、従来の CAD の機能を拡張する形での環境解析ソフトウェアが手に入れやすくなったことも、環境シミュレーションの普及を後押ししている。このような環境シミュレーションツールを用いて、意匠設計者が設計の初期段階から設計案が持つ環境性能の解析を行い、その結果を設計案に反映させながら最終案を導き出していくという設計手法は、より持続的な建築設計案を得るために有効であると考えられる。特に設計案の大枠を決定する基本計画や基本設計段階において環境シミュレーションを取り入れることによって、従来型の設計手法を用いた場合よりも環境性能の質を高めた設計案が得られることが期待される。そこで本論では、実際の住宅設計の事例を用いて、設計の初期段階において環境シミュレーションを用いて設計案の評価を行いながらを作成し、その有効性を検証する。

2. 住宅設計の提案事例

2.1 敷地と設計条件

敷地は兵庫県伊丹市にある (図 1)。伊丹市は兵庫県の南東の端に位置し、東側は大阪府に接している。大阪国際空港があることで知られ、大阪から約 10 km の近さで、衛星都市、ベッドタウンの一つとされる。人口は 20 万人である。古くは摂津国の西摂とよばれた土地で、伊丹城 (有岡城) の城下町として、また、一説に「清酒発祥の地」として知られ、現在も蔵元が清酒を造り続けている。東に猪名川、西に武庫川が流れ、市域は全体に

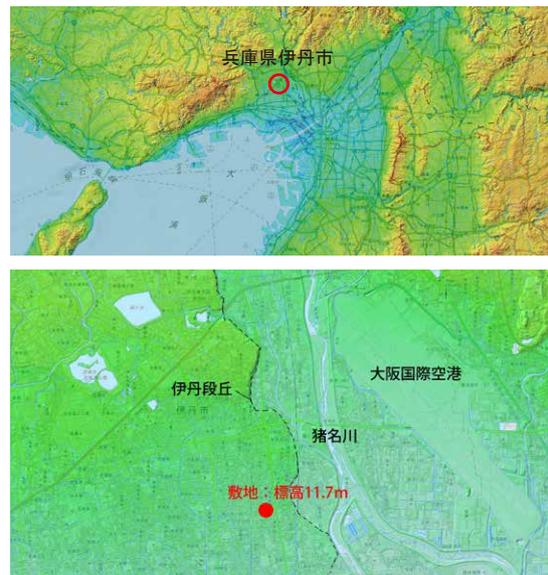


図1 敷地の色別標高地図¹⁾



図2 敷地の航空写真²⁾

平坦で起伏のなだらかな地形で、「伊丹台地」と呼ばれる台地状である。台地の端には猪名川によって浸食された崖があり、敷地はその崖のラインのほぼ終わりのあたりに位置する。私鉄の駅から徒歩数分の距離で交通の利便性は高い。周囲は住宅街で木造家屋が多くあるが、主要道路や鉄道駅に近いため、交通量はやや多く、随所に4～7階建ての集合住宅が建っている（図2）。敷地は北側と東側でそれぞれ幅4m程度の一方通行の生活道路に接道している北東の角地である。西側には4階建ての集合住宅が近接して建っている。南側には2階建ての住宅が建っているが、今後建て替わる可能性がある。設計条件と施主の要望を以下にまとめる。

○設計条件

- ・敷地面積：約 100 m²
- ・建蔽率：許容 60%、容積率：許容 172%（前面道路による規定）
- ・地域地区：第一種中高層住宅専用地区、第二種高度地区
- ・道路幅員：北 4.3m、東 3.9m
- ・施主：30代夫婦＋子供
- ・駐車台数：1台

○施主の要望

- ・日当たりと風通しがいい家
- ・1階にLDK、和室、水回り。2階に主寝室、子供室2室、書斎
- ・ガーデニングができる庭
- ・リビングから庭へとつながる屋外ウッドデッキ
- ・屋根付きの物干しスペース

2.2 前提条件としての環境シミュレーション

設計案の検討を始める前段階として、環境シミュレーションを行い、敷地が持つ環境の特性について分析した。

(1) 日影

夏至、冬至、春分・秋分の3日間について、8時、10時、12時、14時、16時の日影のシミュレーションを、3次元モデリングソフトを用いて行った。その結果、夏至では敷地の大部分で終日日当たりが確保できることがわかった（図3）。春分・秋分では、朝8時以前で東側の住宅の影がかかり、昼間は日当たりが確保できるが、14時以降は西側の集合住宅の影がかかってくることがわ

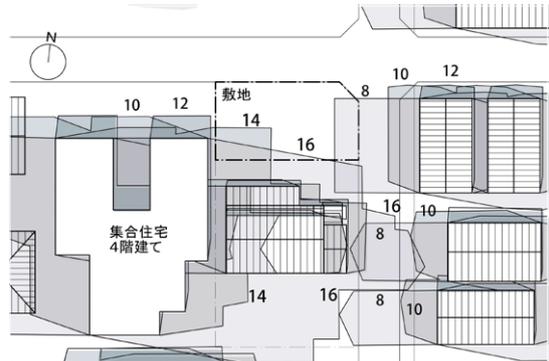


図3 夏至の日影図

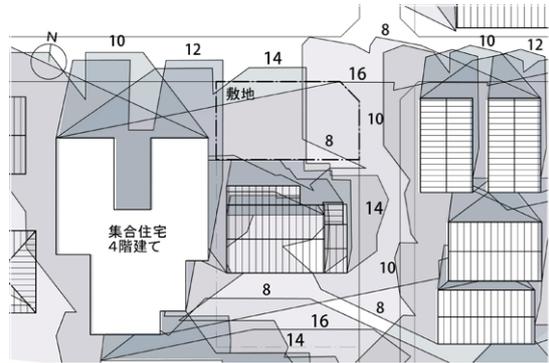


図4 春分・秋分の日影図

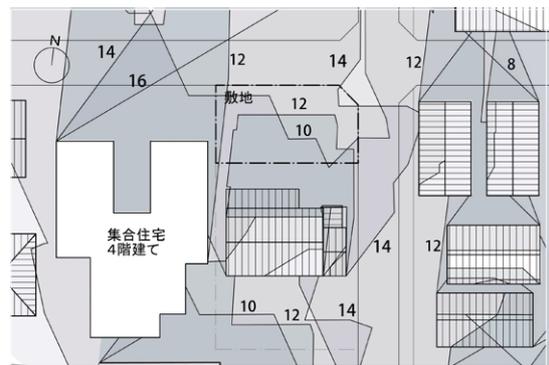


図5 冬至の日影図

かった（図4）。冬至では、終日ほとんど日当たりが望めないことがわかった（図5）。

(2) 熱環境

敷地の日当たりを調べるために、3次元モデリングソフトのプラグインを用いて、敷地全体の一年間の日射熱取得量を積算した（図6）。この地域の年間の全天日射量は約 1300kwh/m² である³⁾。人間の感覚的に、ある一定期間連続して得られた日射量の合計が、日当たりの程度の感覚に近いと考えられるため、本論では近似的に、日射熱取得量を日当たりを測る尺度として用いた。シミュレーションの結果、北東の角が最も日当たりが良く、反対に南西に行くほど日当たりが悪くなることがわかった。

(3) 通風

敷地に吹いている風の状態を知るために、風の流れの

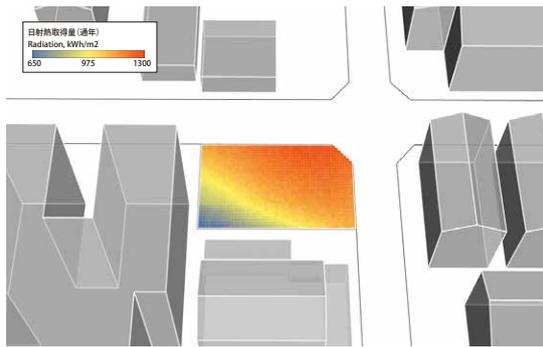


図6 敷地の一年間の積算日射熱取得量

シミュレーションを行った。アプリケーションソフトは、ウェブ上で手に入りやすい簡易なものを用いた。敷地がある伊丹市では3～5m/sの風が主に南西から吹いている(図7)。そこで近隣の建物を描いた平面図に初速度3m/sの風を南西方向から一定時間吹かせて、定常状態になるまでシミュレーションを行った。その結果、南西から吹いてきた風は、周囲の駐車場や畑などの空気を回り込み、敷地の北側道路を西向きに吹き抜けていくことがわかった。この北側道路が風の通り道となっていると考えられる(図8)。

(4) 分析結果と考察

施主は日当たりと風通しがいい住宅を求めているが、これらの性能を確保するためには、敷地の西側の4階建

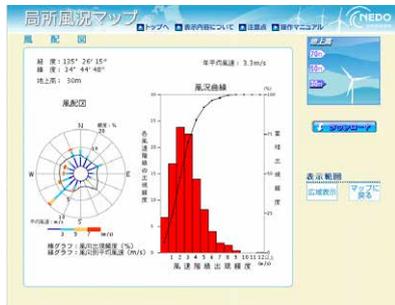


図7 伊丹市の局所風況マップ⁴⁾

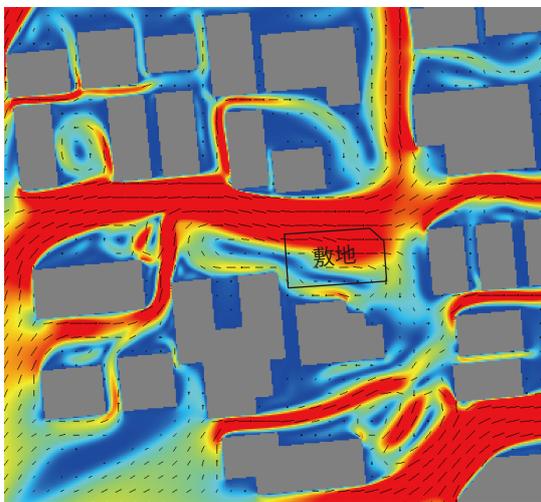


図8 敷地の通風シミュレーション結果

で集合住宅によって通風が遮られたり、午後の日射が得られないなど、敷地に与える影響が懸念事項として挙げられる。そこで環境シミュレーションツールを用いて日影、熱環境、風のシミュレーションを行ったところ、周囲の建物が敷地に与える影響が明らかになり、計画案を作成する上で有効な分析結果が得られた。

2.3 住宅の形状と配置のための環境シミュレーション

前節で整理した敷地条件、設計条件、環境シミュレーション結果を基に設計案の検討を始める。まず最初に簡単に住宅の形状やヴォリュームの選択を行った。屋根形状は、敷地にかかる高さ制限とコストとの兼ね合いから切妻もしくは片流れとし、必要に応じて一部ルーフテラスをとることとする。コストを抑えるため可能な限り単純な立体構成とし、工法は木造在来工法、2階建てとする。延床面積は95～105㎡程度となるようにする。

次に敷地と建物の配置の検討を行った。今回の事例では、駐車スペースと庭と住宅を敷地の中でどのように配置するかが設計案の方向性を決める大きな要因のひとつとなる。敷地が北側と東側で2面接道している角地のため、駐車スペースの配置は、東側、西側、北側、南側の大きく4つが考えられる。しかし南側に駐車スペースを配置すると、1階の居室の南側の窓のすぐ前に車が停まってしまう窓からの眺めが悪くなるので、この案を除き、東側、西側、北側の3つの配置について設計案を作成し、日射熱取得量のシミュレーションを行った。以下文中のA案～F案は図9内の設計案を示す。A案は東側に駐車スペース、南側に細長い庭を取った案である。通常、住宅を敷地の北側になるべく寄せて南側に空地を取るのが基本的な考え方であり、A案はこの考え方に基づいて作成された。しかし施主が必要としている1階の床面積を満たそうとすると、南側にはガーデニングのための日当たりのいい庭が十分には取れないことがわかる。B案は西側に駐車スペース、北東の隅切り部分に庭を取った案である。西側の駐車スペースは前面道路が狭いため広めの幅が必要で、限られた敷地を有効に利用できなくなってしまっている。また北東角の庭は狭く日当たりが悪くなっていることがわかる。C案は北側に駐車スペース、東側に庭を取った案である。庭は日当たりがいいが、主要な居室が南側の隣地境界線の近くに配置されているので、室内の採光が十分か検討する必要がある。D、F案は東側に駐車スペース、南東角に庭を取った案である。庭は日当たりがよく、南側の主要な外壁面にも日がよく当たっていることから、室内の採光にも有利な案であることが分かる。E案は住宅をコの字に配置し南側に中庭を取った案である。中庭の日当たりはあまりよくないことがわかる。以上のシミュレーション結果から、今後はD、F案をベースとして設計案の検討を進めることとする。

2.4 季節による日射熱取得量の変化

夏の日射は遮り、冬の日射は取り込むというのが一般的な考え方である。季節によって建物外部が受ける日射の影響を調べるために、図9のD案について、春期(3～5月)、夏期(6～8月)、秋期(9～11月)、冬期

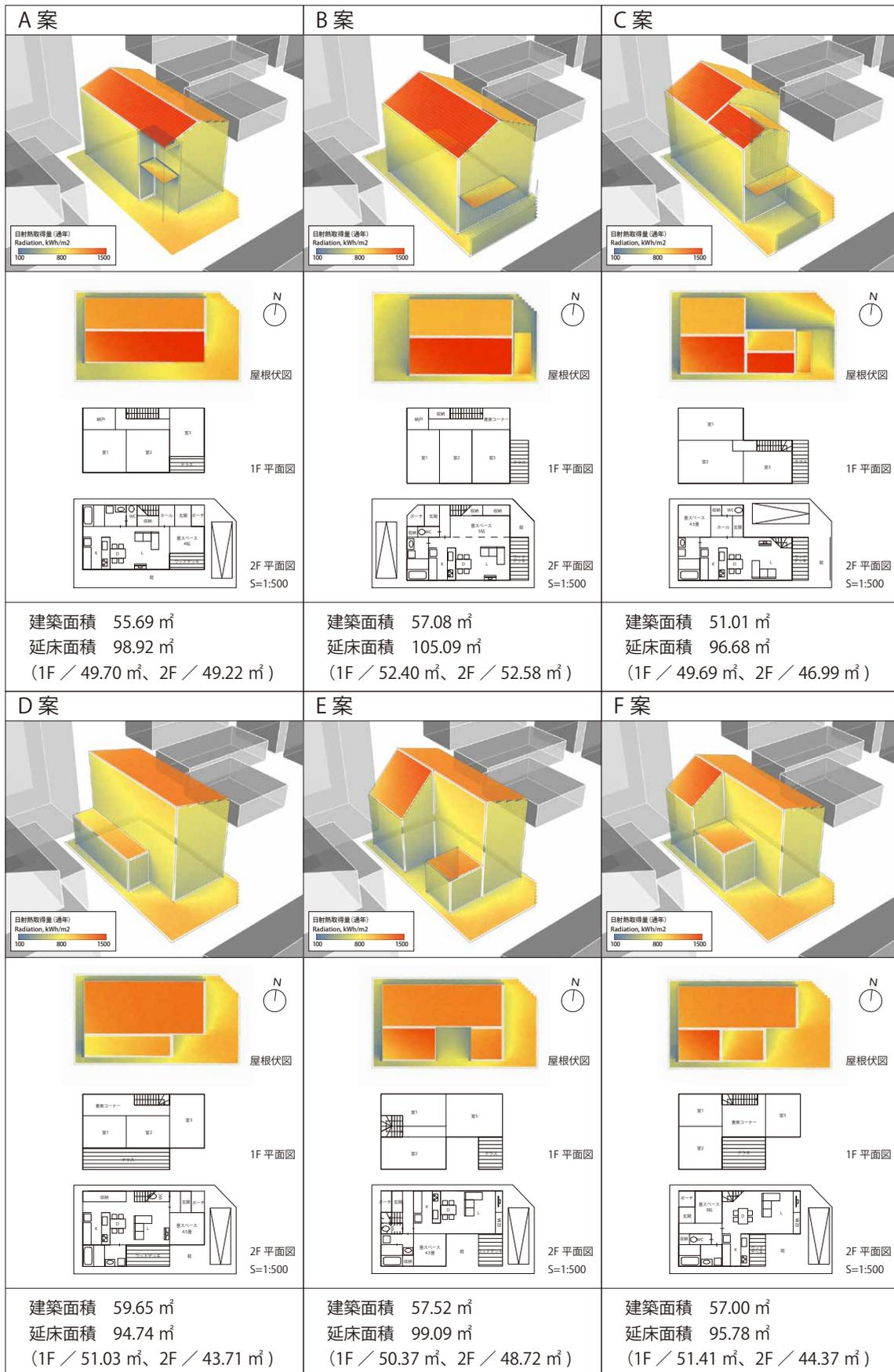


図9 設計案と熱環境シミュレーション結果

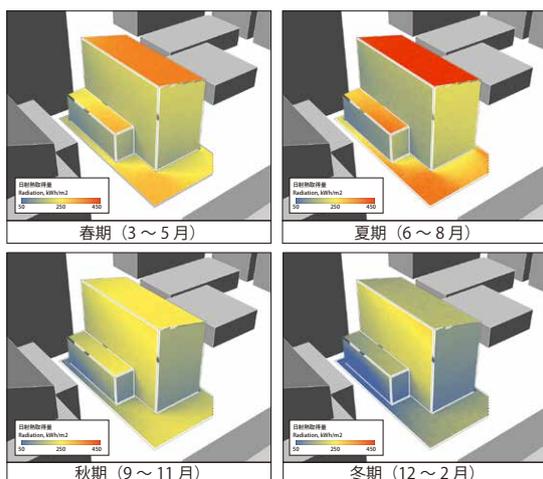


図10 春夏秋冬の積算日射熱取得量

(12～2月)、の日射熱取得量の積算値を算出した(図10)。その結果、春期と夏期は屋根や地面といった水平面がより多くの日射を受け、特に夏期の屋根は最も多くの日射を受けることがわかった。秋期は全体として春夏よりは少ないが、屋根と南側の外壁が比較的日射を受けることがわかった。冬期は全体的に日射量は少ないが、南側の外壁の日射量はやや多いことがわかった。南側の外壁が受ける日射量は、春夏よりも秋冬のほうが多くなっている。以上から、春夏は屋根からの熱を遮ることで室内の冷房負荷を抑え、秋冬は屋根と南側の外壁が受ける熱を利用することが有効であると考えられる。

2.5 室内の熱環境シミュレーション

前節までの検討結果から、D案とF案をもとにして新たにG案を作成した。G案の一年間の積算日射熱取得量のシミュレーション結果を図11に示す。南東側は庭や2階のテラスの日当たりがよく、室内にも日射が取り入れやすそうな住宅形状となっていることがわかる。北西側は、西面は集合住宅のセットバック部分からの日射

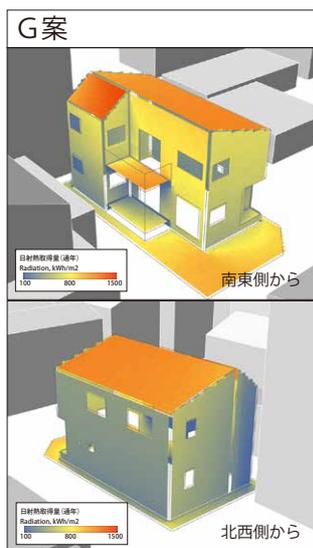


図11 G案の積算日射熱取得量

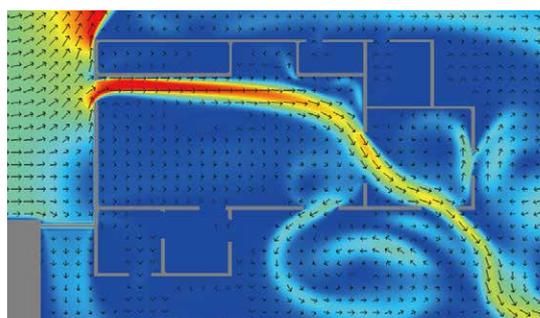


図13 室内の通風シミュレーション結果

が少し得られるが、集合住宅が迫っている南西の角は特に日当たりが悪くなっている。

G案の室内の1階床面と2階床面について、夏期と冬期の積算日射熱取得量のシミュレーション結果を図12に示す。夏期に比べて冬期は部屋の奥まで日射が届いている。居室別に見ていくと、1階のキッチンとダイニング部分は日当たりが悪くなっている。リビングは吹抜を介して2階からの日射が入ってきている。1階の畳スペースは南側の窓からの日射が夏期も冬期も強すぎるため、窓に底をつけたり庭に木を植えるなどの対策が必要であるといえる。2階は室3の南側の窓からの日射がやや強くなっている。

2.6 室内の通風シミュレーション

敷地の局所風の状態を2.2で調べた結果、北側道路を西向きに吹いていることがわかった。その風を室内に取り込むとどのように流れるかを調べるために、室内の風の流れのシミュレーションを行った。敷地の西側から初速度3m/sの風を一定時間吹かせて、定常状態になるまでシミュレーションを行ったところ、西側の窓から入った風は、リビング・ダイニングを通して和室の南側の窓から出ていくことがわかった(図13)。現時点の案では風上の西側の開口幅が狭いが、これをもっと広げれば、リビング・ダイニングの風が通る範囲がより広がると予想される。

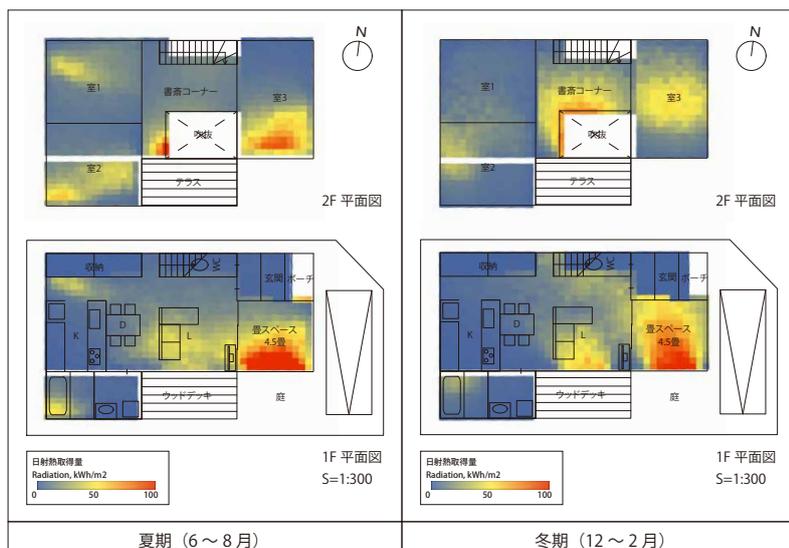


図12 G案の室内の積算日射熱取得量

3. まとめ

元来、「建物は北側に寄せて南側に空地をとる」、「それができない場合は東側か西側に空地をとる」、「1階より2階のほうが日当たりがいい」、「夏の日射は遮り、冬の日射は取り込む」などといった、経験から得られた建築的な工夫が数多くなされてきた。これらは非常に重要で根源的な考え方であるが、敷地の状況や他の様々な制約からこの原則が適用できない場合もある。また1年365日を通して住宅の周辺環境の状態は細かく変化するため、どの状態を是としてどの状態を非とするかは、施主の要望によっては一意に決められない場合もある。しかし意匠設計者が設計の途中段階で操作が簡単な環境シミュレーションツールを用いて分析を行うことよって、従来は経験的に選択されてきた住宅の環境性能を、目に見える分析結果として明らかにすることが可能となった。これによって環境性能が従来よりも客観的で他者に伝わりやすくなった点が評価できる。

今回の研究では、まず敷地が持つ日影、通風、熱環境といった初期条件を環境シミュレーションツールを用いて分析し、その結果を他のあらゆる設計条件に加えて設計案の作成を始めた。次に、敷地内における住宅と空地の配置や、住宅全体の建物形状、壁や床のどの位置に窓や吹抜をとるかといった、設計の初期段階における検討事項について案をいくつか作成し、それぞれの案について熱環境のシミュレーションを行った。その分析結果によって、日射が住宅や敷地にどのような影響を与えるかを詳細に把握することが可能となり、シミュレーション結果が設計案の方向性を選択していく上で重要な決定要因の一つとなることがわかった。以上から、環境シミュレーションツールを設計の途中段階に導入し、そこで得られた分析結果を反映させながら設計案を決定していく手法は、環境に配慮した細やかな設計を行う上で非常に有効であることが示された。

〔謝辞〕

本研究は、積水ハウス株式会社の寄附により設立された持続的住環境創成講座の研究費により行われた。ここに記して謝意を表します。

〔参考文献〕

- 1) 地理院地図 (電子国土 web)、国土地理院、<http://maps.gsi.go.jp/>
- 2) Google Map、<https://www.google.co.jp/maps/>
- 3) NEDO 日射量データベース閲覧システム、<http://app0.infoc.nedo.go.jp/colormap/colormap.html>
- 4) NEDO 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構技術開発機構、局所風況マップ、<http://app8.infoc.nedo.go.jp/nedo/>
- 5) Flowsquare、<http://flowsquare.com/jp/>
- 6) Diva for Rhino User Guide、<http://diva4rhino.com/user-guide/>
- 7) 新建築住宅特集 2015 年 4 月臨時増刊；「風のかたち 熱のかたち 建築のかたち」末光弘和＋末光陽子 / SUEP. の設計に見る環境と建築の相関、新建築社、2015

8) 彰国社編；自然エネルギー利用のためのパッシブ建築設計手法事典 新訂版、彰国社、2000

9) 竹内昌義、森みわ；図解エコハウス、エクスマレッジ、2012

〔使用アプリケーションソフト〕

Flowsquare4.0 (風)、Diva for Rhino (日射熱取得量)、SketchUp (日影)