

快適性を読み解きつくる建築のカタチ

山下設計 未来環境デザイン室



快適性評価で屋内外の空間を創る

コロナ禍以降、都心の利便性のことで働くことに加え、都心から離れた場所でもリモートワークが可能になりました。私たちは、都心と対比する場所として北軽井沢の計画地を選びました。高地であるため夏は涼しく、冬は一層寒い環境ですが、都心では得られないウェルネスの要素が敷地に散在しています。私たちの提案では、風・光・熱・植物・地形といった場の特性をシミュレーションで量定化し、自然環境を生かした快適性を数値的に検証することで、建物の屋内外でその恵みを享受できる空間を提案します。

■方針

ArcClimate を元にした気象データのビジュアル化が可能な山下設計の社内アプリケーション「Climatic Report Tool」で敷地の環境情報を解析し、そのデータを基に屋外・屋内・建物形状の 3 項目についてシミュレーションを行います。快適性を数値で可視化し、敷地全体の快適性を季節・時間ごとに把握します。

■敷地環境の分析

1. 屋外環境と快適性について

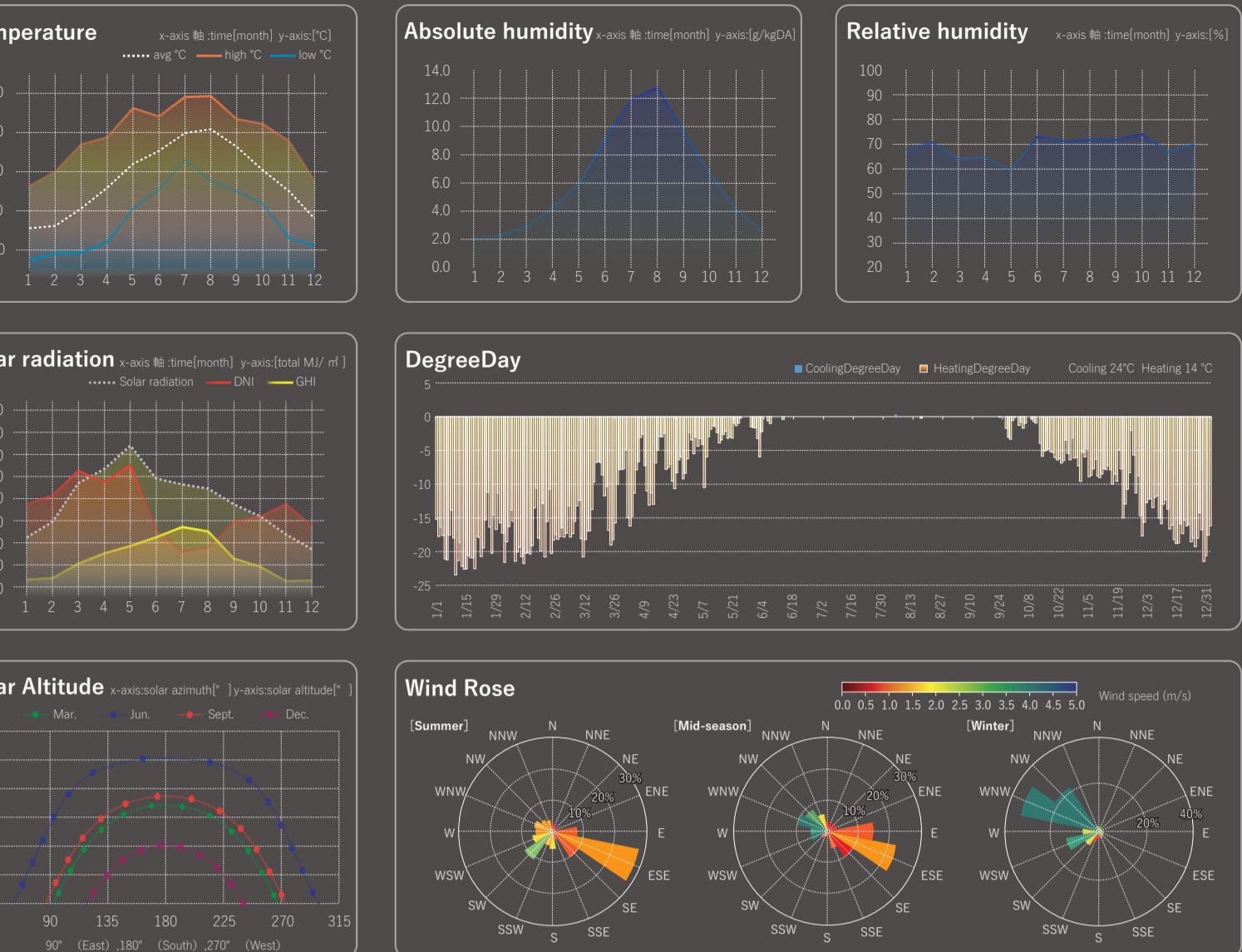
夏期・中間期・冬期の気温、風配図（冬は西風が冷たく強い／中間期は東寄りのそよ風／夏は東寄りのそよ風）、日射量、樹木の蒸散を読み取り、外部一中間領域の快適性につなげます。建物形状と配置で冬季の西風を遮り、夏期・中間期は東風を室内へ取り込みます。評価は Autodesk Forma の微気候シミュレーション（UTC）により敷地環境の特性を把握し、FlowDesigner により詳細に敷地特性を SET* や気流解析にて検証します。

2. 建物形状と快適性について

北軽井沢の強日射と落葉樹の季節変動を前提に、屋根形状をパラメータとしたダイレクトゲインの「日射取得・遮蔽と放熱収支」を Grasshopper の Ladybug を利用したプログラムで最適化します。夏は庇・軒・樹冠で直射日射を遮蔽し、冬は低角度の日射を有効に取り込みます。各季節の日射量の確認は ClimateStudio の年間算積日射量の計算で再度確認します。

3. 屋内環境と快適性について

風配図から自然換気が成立しやすい時間帯・方位を抽出し、窓開放と中間領域の使い分けで空調負荷を抑えます。夏は過熱と眩しさを抑制し、冬は直射日射と暖炉・焚火（地域配布の間伐材使用）を併用、断面勾配の「登り窓」形状で暖気を効率分配して建物全体を穏やかに温めます。評価は Flowdesigner による SET* に加え、Climate Studio による sDA（星光自体）/ ASE（過剰日射）で星光の有効利用と過度な曝露を確認します。



01：屋外環境と快適性について

a：計画地特性

地域特性として高地であることや標高の高い山々に囲まれ冷たい風が下りてくることから、熱環境的には冷房がほぼ不要な地域ではあるが、屋外では日射の影響を強く受け事から木陰や気流を変える場所での快適性は大きくことなるであろうと想定した。

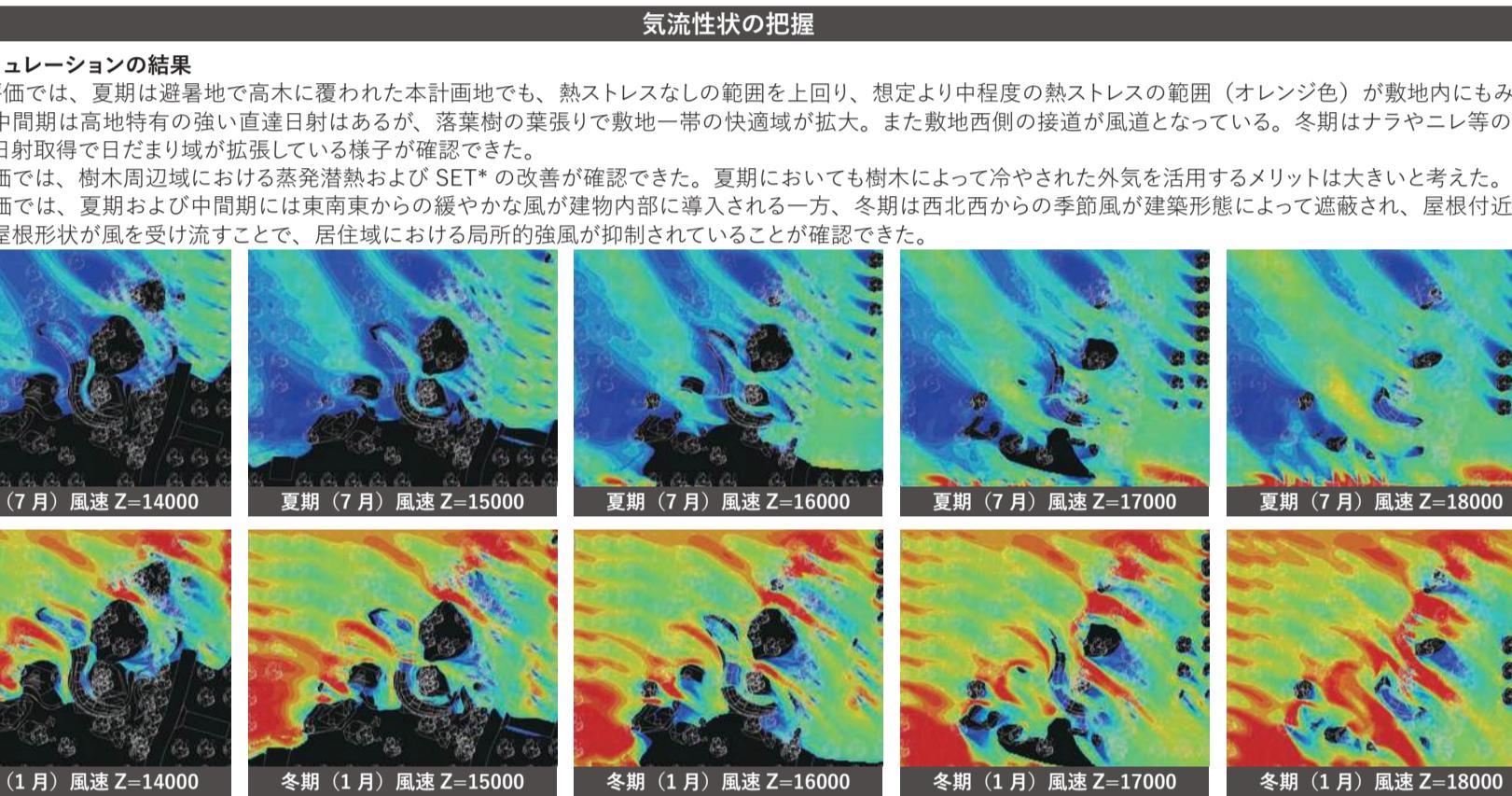
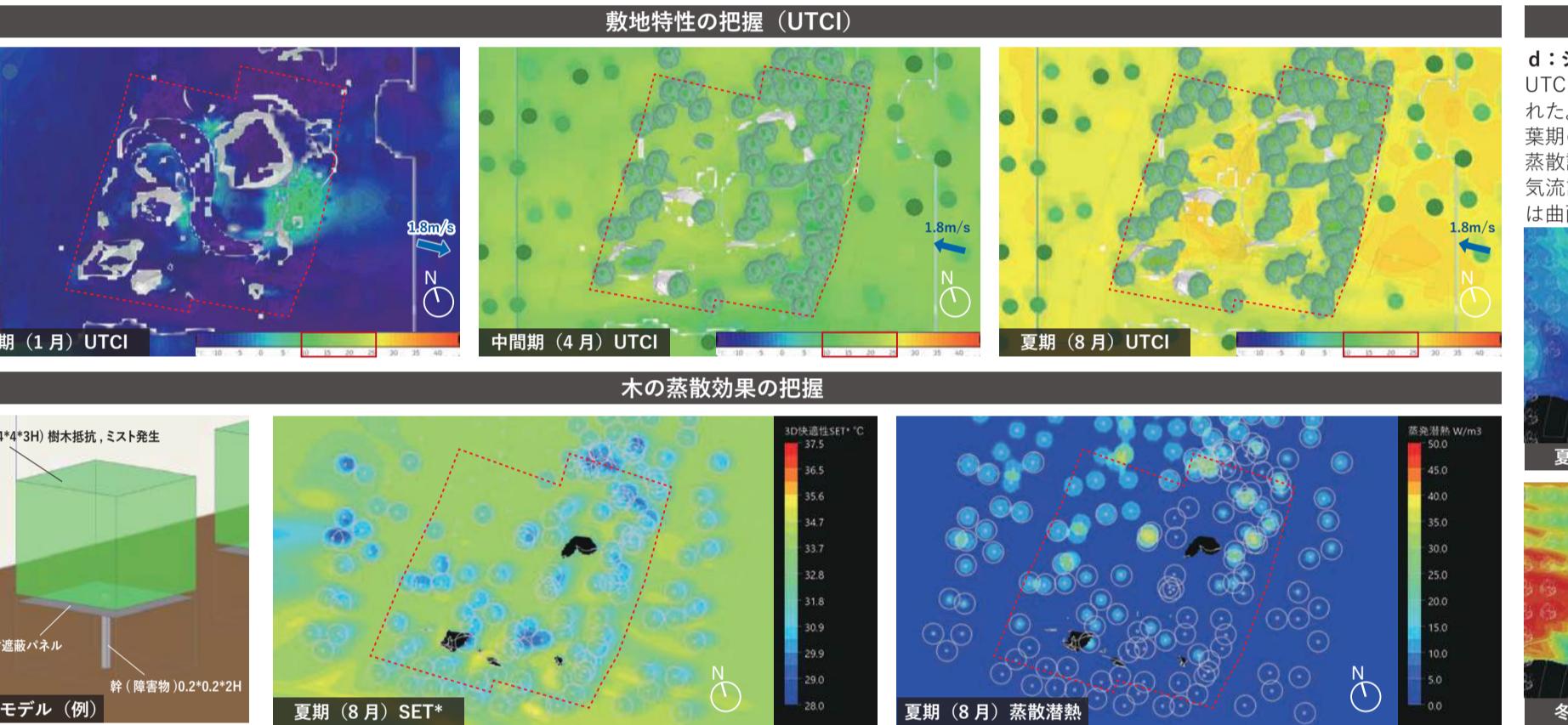
またナラやニレ等の木が群生した敷地のため蒸散による敷地の冷却も期待される。このことから夏期および中間期は木による快適性を取り込み、冬期には冷たい風を避け、陽だまりの日射を取り込むランドスケープおよび建物配置の検討を行った。

b：入力値

緯度経度: 36.459789, 138.539000
入力風: 夏期・中間期 / 東南東 (1.8m/s)、冬期 / 西北西 (3.8m/s)
木抵抗設定: あり (葉面密度 LAD: 1.3、抗力係数 Cd: 0.2)
ミスト粒径: 10 μm
蒸発量: 58.3ml/min/tree
活動量: 1.2METs 着衣量: 0.4clo

c：ミュレーション手法

Autodesk Forma の Micro Climate シミュレーションを利用し、UTC（ユニバーサル熱気候指数）を利用して、温熱 6要素を意味する快適性敷地内の快適性を確認した。
敷地に群生するナラやニレ等の木が微気候の快適性に及ぼす影響を評価するため、FlowDesigner を利用して樹木蒸散効果をミストによる蒸散潜熱変化で評価した。
加えて、計画建築物を敷地モデルに反映した上で、FlowDesigner による気流解析により屋外の気流性状の検証を行った。



02：建物形状と快適性について（庇形状の最適化によるダイレクトゲインの提案）

a：計画地特性（群馬県嬬恋村北軽井沢）

計画地である北軽井沢について、ArcClimate（図 1）の気象データを用いて以下の季節区分を確認した。
冷房デグリーディー（CDD）：夏期：なし
暖房デグリーディー（HDD）：冬期：9 月下旬～6 月上旬
中間期（夏期・冬期以外の季節）：6 月上旬～9 月下旬

*基準温湿度「国際気象百科」（オーム社、1997）の定義に基づき、冷房 27°C・暖房 14°C を採用。
結果として、北軽井沢は高地の避暑地であるため季節が長く、それ以外は中間期となる。
この地域条件を踏まえ、シミュレーションにより冬期のみ建物ペリメーターソーンの受熱体（コントリート床）に日射が射入する夏期および中間期には直射日射を遮る庇形状を計画した。

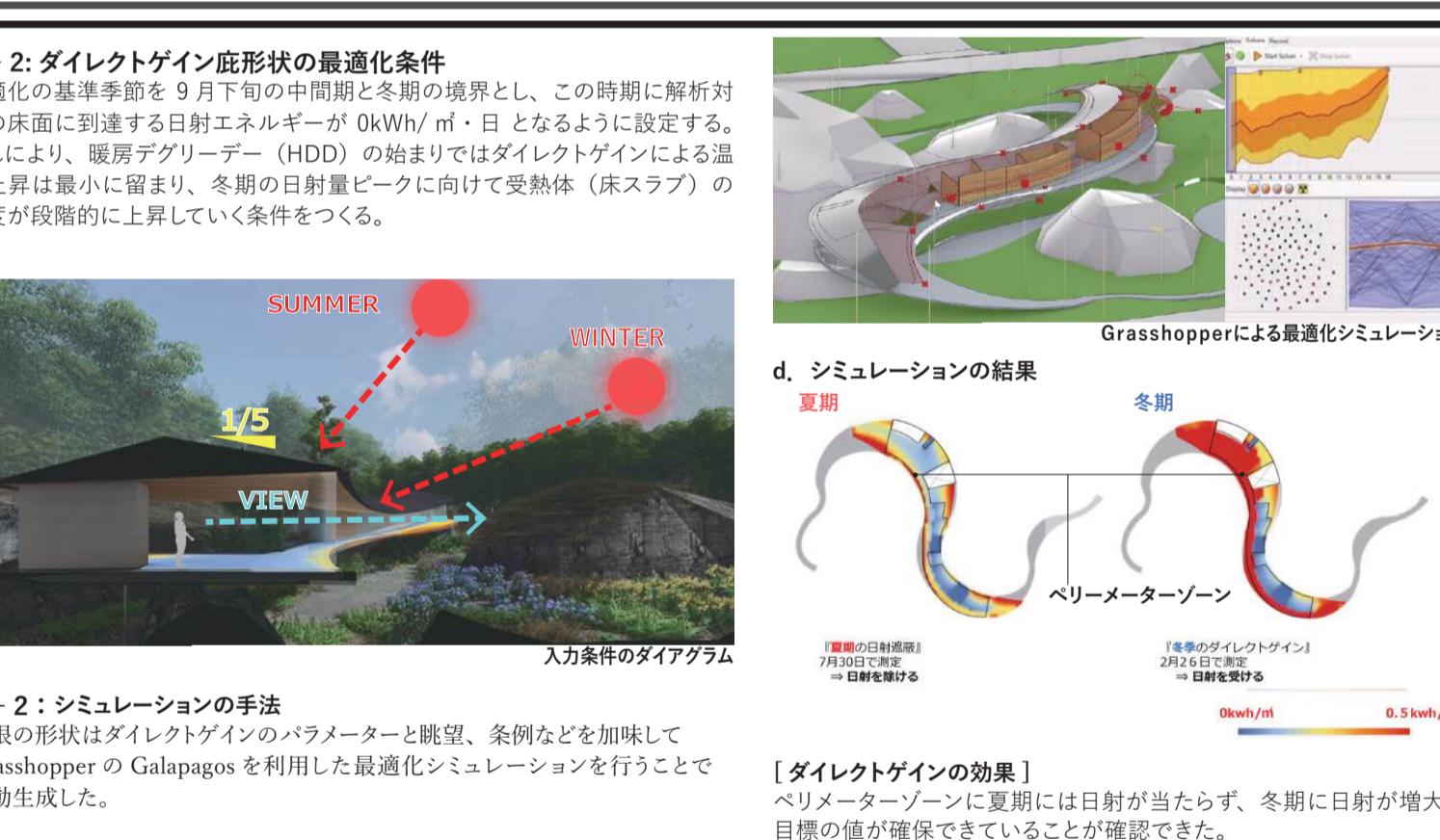
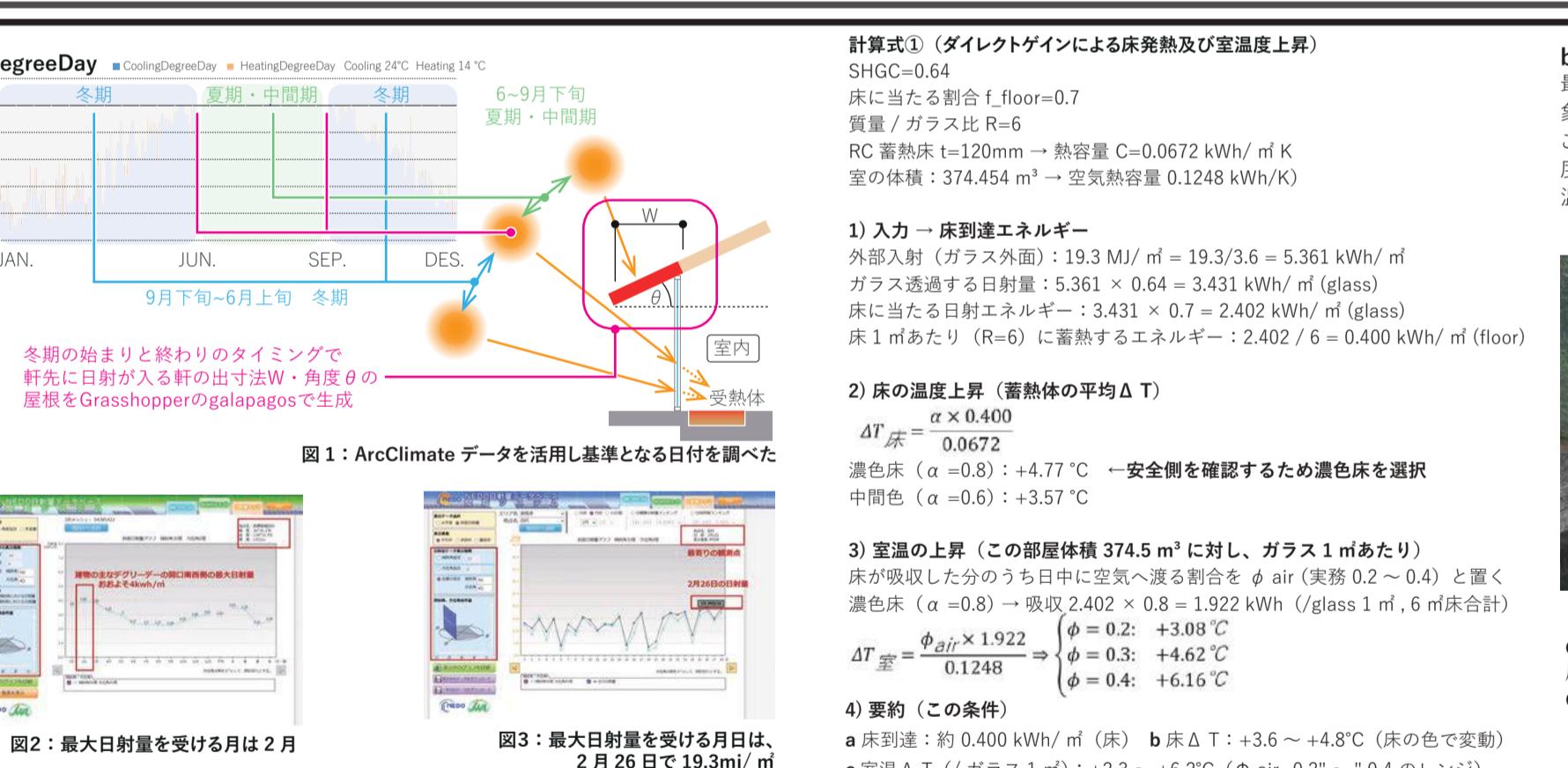
b-1：入力値 オーバーヒート（過熱状態）の確認

過度な日射によるオーバーヒート（過熱現象）については別途検証を行った。
屋外直射日射のうち平均日射量は庇や屋根で遮蔽される。一方、窓を透過した垂直日射については、Low-E 復層ガラス（日射取得型、熱吸収係数 SHGC=0.64）を通して後ろに室内床へ到達する割合を考慮して評価した。

NEDO 日射量データによる年間算積シミュレーション（図 2・図 3）によると、計画建物の主要開口部である南西面における年間最大日射量は 2 月 26 日で、平均日射量は 19.3 MJ/m² であった。この入射条件を用い、以下の仮定に基づき計算を行った。

質量/ガラス比: R = A.mass / A.glass = 6
床に当たる割合: R.floor = 0.7
床吸収率: α = 0.6 - 0.8

（計算式①）により算出した結果、床・スラブ平均温度の上昇は概ね 3.6 ~ +4.8°C に留まり、表面ピーク温度でも +1 ~ +3°C 程度の上乗せに収まることが確認された。したがって、水平面日射を庇・屋根で遮蔽されれば、室内床における過度な温度上昇（オーバーヒート）は発生しないと判断できる。



03-1：屋内環境と快適性について 自然光を享受する光環境の快適性 sDA ASE Avglux

a：計画地特性

建物の星光利用について、環境シミュレーションソフトである ClimateStudio を利用して ASE と sDA および Avg Lux を評価した。

b：入力値

緯度経度: 36.459789, 138.539000
ガラス開口部: Low-e 復層ガラス / 日射取得型 / 日射取得率: 0.64

c：シミュレーション手法

建物の星光利用について、環境シミュレーションソフトである ClimateStudio を利用して、木の漏れ光の下に計画する建物の ASE と sDA および Avg Lux を評価した。木は ClimateStudio の冬期に落葉する木のシミュレーションを用いており既存木を環境装置として利用するまでの星光利用を行った。

sDA:

空間が年間を通してどのくらいの時間、十分な自然光で照らされているかを示す指標である。具体的には、作業面が設定された照度基準（通常は 300 ルクス）を、年間を通して 50% 以上の時間で満たしている空間の割合をパーセンテージで示している。

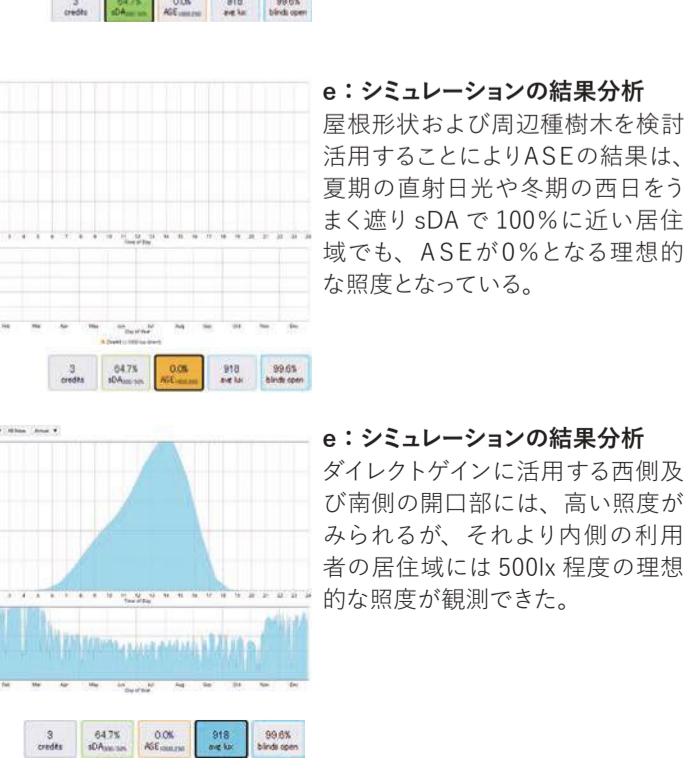
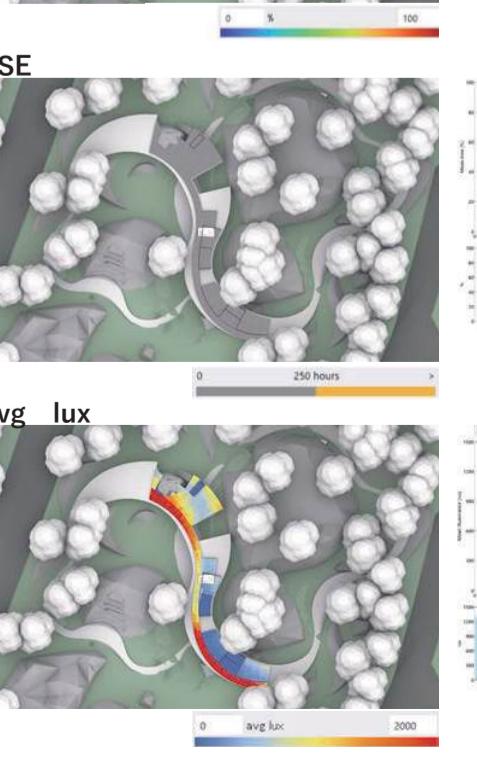
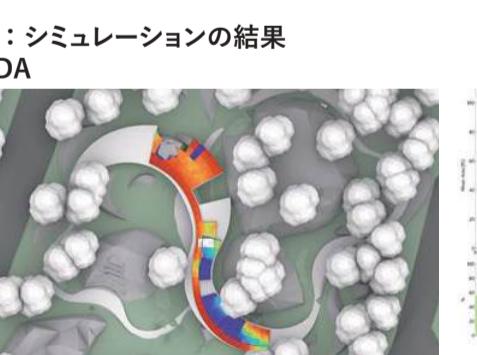
ASE:

空間が年間を通してどのくらいの時間、過剰な太陽光にさらされるリスクを示す指標である。これは、特定の高い照度基準（通常は 1000 ルクス）を、年間を通して設定された時間（通常は 250 時間）以上超えている空間の割合をパーセンテージで示している。

Avg lux:

特定の時間帯や時間における、空間全体の平均照度を示す指標である。今回は計画地の 1 年間の平均照度を計算する。

樹木が落葉した冬期西側イメージ



03-2：屋内環境と快適性について 登り窓形状の内部空間が作り出す気流と熱の快適性

a. 地域特性

夏期は東南東の緩やかな季節風が流れる地域。
冬期は外気温マイナス 4.4 度になる寒冷地。

b. 入力条件

夏期: 東南東風の導入、外気浴テラス活用。
冬期: ダイレクトゲインを考慮した庇形状、薪ストーブ活用。

薪ストーブのモデル化
薪ストーブの木場で無料配布される薪の木質を燃料に使用

室内要素: 室内に取り込んだ溶岩石を利用した放熱冷却/蓄熱の影響を考慮

薪ストーブ: 夏期 2.09 度/冬期 4.4 度
薪ストーブ: 表面温度固定 (6 面各 80 ~ 200°C)

岩: 固体オブジェクト (花崗岩)

目標: 空間依存の最小化

c. シミュレーションの手法

自然風分布、温熱環境（放射+対流）の評価。

薪ストーブ（スローペ）による気流・熱流説の効果確認。

薪ストーブのモデル化

Flow Designer を使用して、SET* のシミュレーション結果を確認することで自然通风と薪ストーブによる屋内気流解析を行なった。

d. シミュレーションの結果

薪ストーブで温められた空間と、薪ストーブで温められた空間の周囲で温められた空間が混ざり合って、自然通风が生じることで薪ストーブを効率よく温められる。

薪スト