

# みやこ下地島空港ターミナル

## 下地の自然と呼応する建築

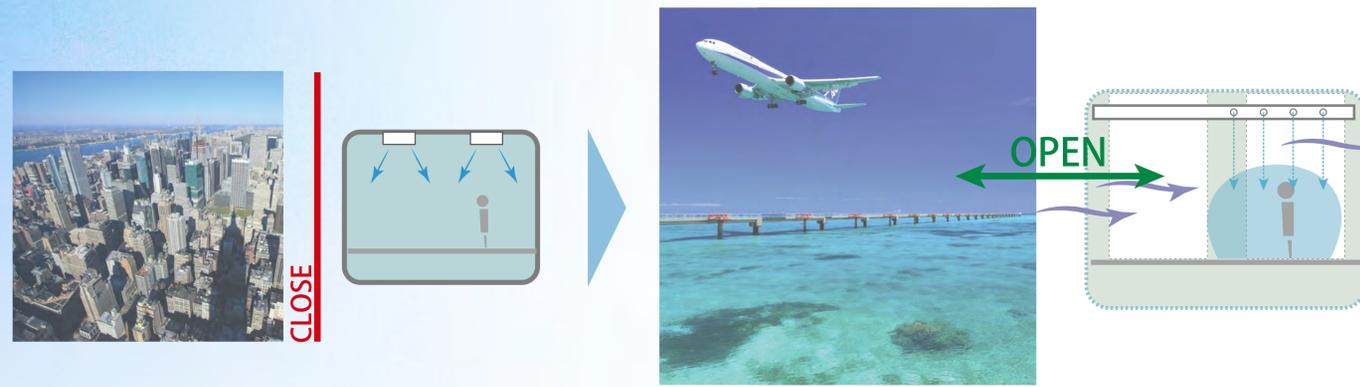
テーマ：シミュレーションを軸とした建築形態と CFD の新たな活用方法の提案



沖縄・宮古島のさらに西にある下地島、そこは海に囲まれた自然豊かな熱帯の島である。このリゾート感あふれる島に国際旅客ターミナルを計画した。人々はみな、この島の自然を楽しみに訪れる。そこで私たちは、空港に到着した瞬間から帰る最後の時まで、この自然を堪能することのできる空間を提案したいと考えた。この島の眺め・風・光すべてを建物にしっかりと取り込み、かつ快適で環境にやさしい建築を、最新のシミュレーション技術により実現した。

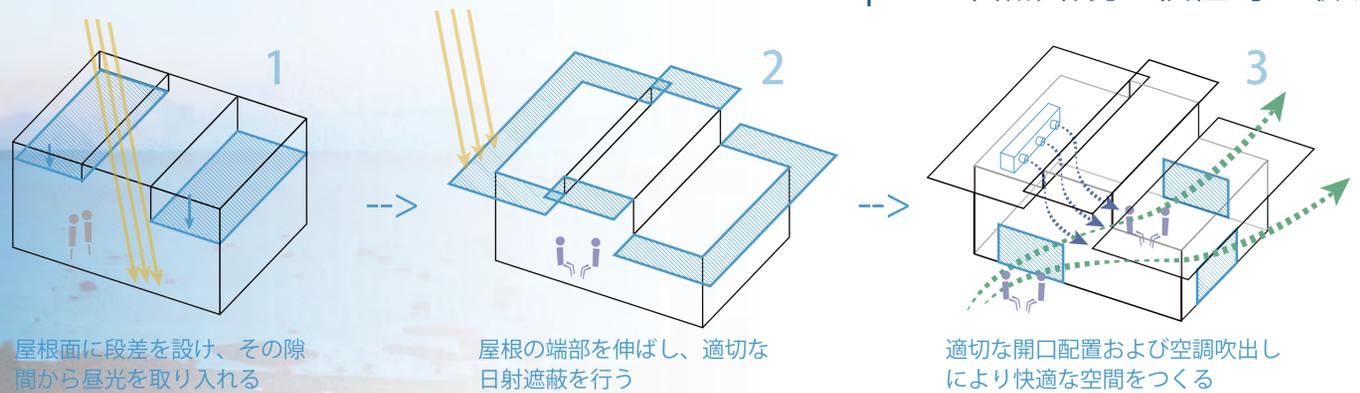
## Concept 1 外に開かれた開放的で快適な空間

本計画敷地は下地島という宮古島の西に位置する小さな島であり、海に囲まれた自然豊かな環境である。そのような景色・風・光といった自然を積極的に室内に取り込める開放的な空間が上手くマッチすると思った。一方で、気象条件は日射が厳しく、年間を通して暑い気候であり、快適に過ごすには工夫が必要である。



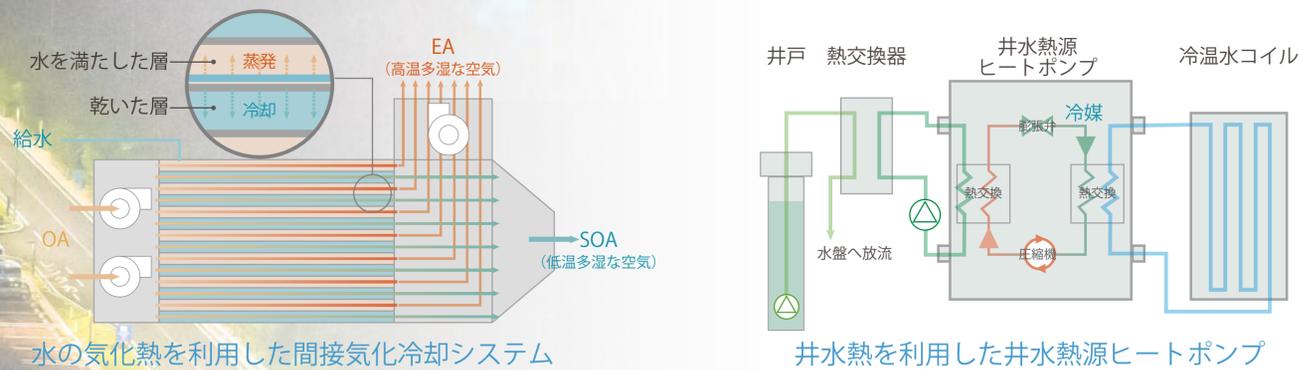
## Concept 2 自然環境を積極的に取り込むための建築形態

開放的な空間としつつも、快適性を担保するための建築形態を提案した。屋根の段差により生じるハイサイドから自然光を取り込みつつ、庇を深くして日射を遮り、その一方十分な通風ができるように全方位に引き戸を設置した。屋根面は CLT を用いることで、断熱性を十分に確保した。



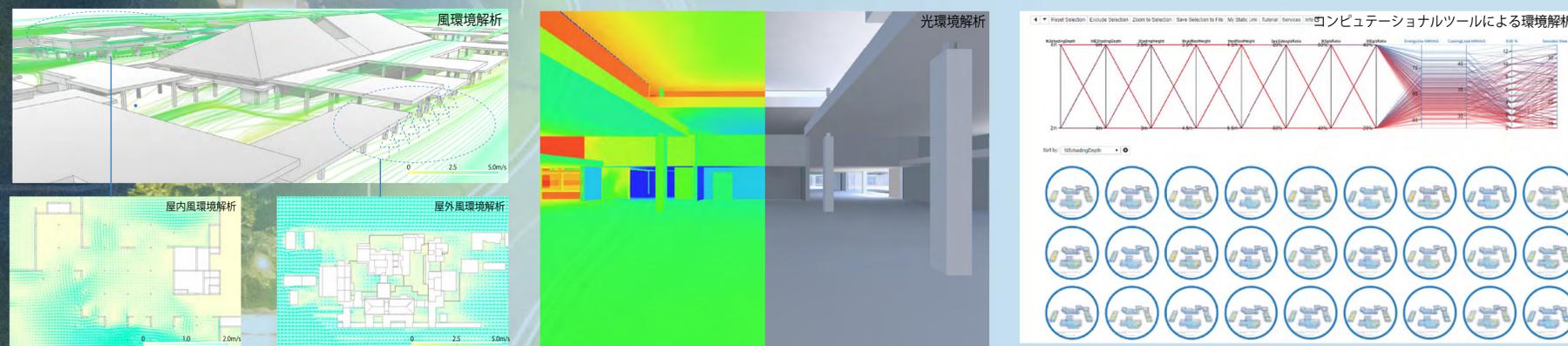
## Concept 3 自然の力を生かした省エネルギーな設備システム

建築形態を最大限工夫したとしても、下地島は限りなく熱帯に近く、7-9月は最高気温が30度を超え、湿度も高いためその時期に快適に過ごすには空調が必要となる。本計画では、気化冷却システムや井水ヒートポンプを用いることで、自然の力を生かした環境に優しい設備システムを計画した。



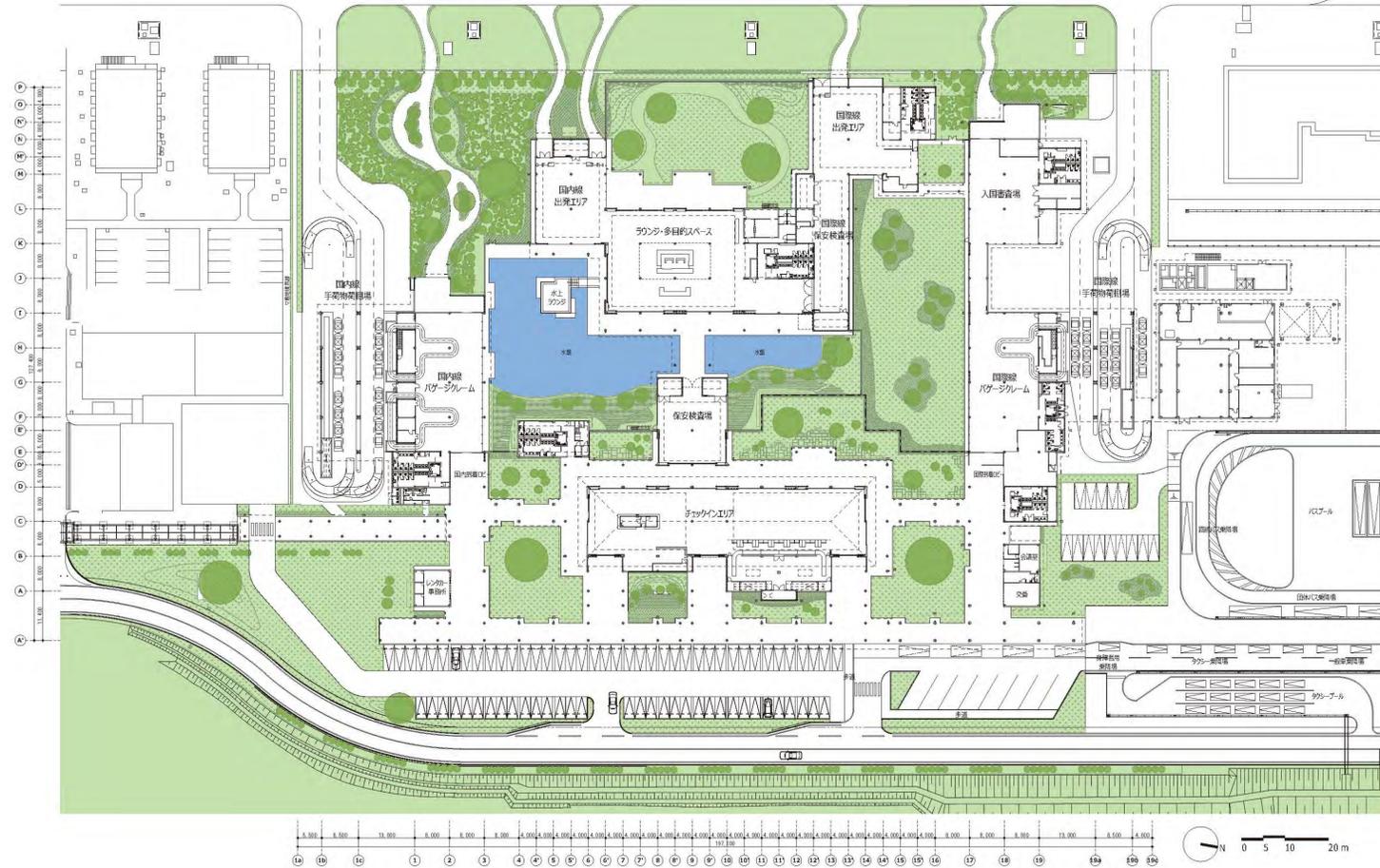
## 積極的なシミュレーションの活用による建築計画の検討

本計画では風や光を積極的に室内に取り込みつつ、いかに室内の快適性を担保できるか、省エネルギーに配慮した計画となっているかが重要な要素であり、シミュレーション技術を活用することが必須であった。そこで、CFD や光環境シミュレーション、最新のコンピュータシミュレーションツールを用い設計検討を行った。



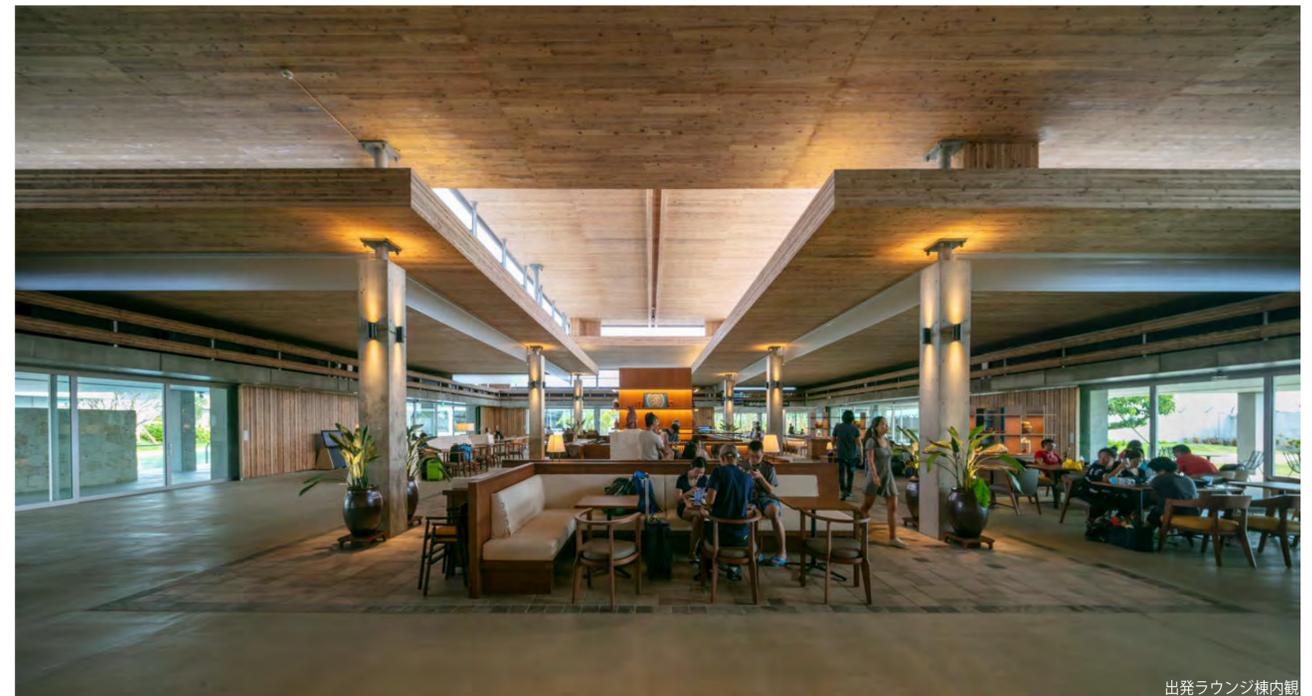
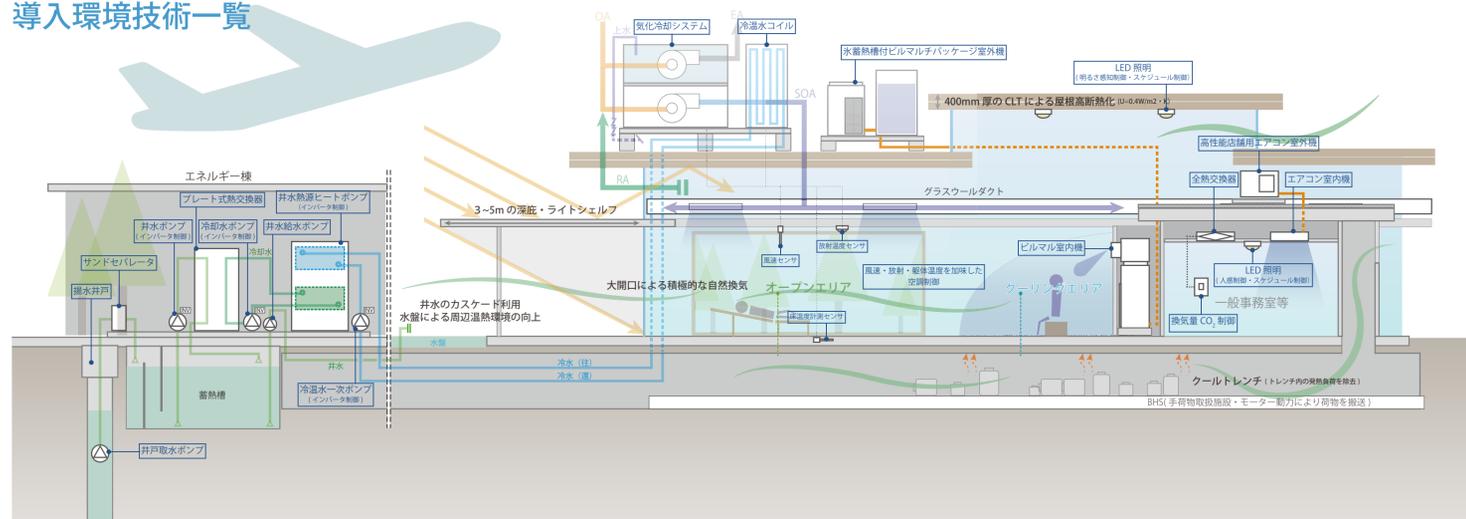
# Plan

空港に到着した瞬間から帰る最後の時まで、下地島の自然を堪能することのできる空間を目指した



外観

## 導入環境技術一覧



出発ラウンジ棟内観

## みやこ下地島空港ターミナル

所在地 沖縄県宮古島市伊良部佐和田 1727

主要用途 空港旅客取扱施設

建築主 三菱地所株式会社

設計 株式会社日建設計

設計期間 2015年10月-2017年4月

工事期間 2017年10月-2019年3月

敷地面積 32,856.95m<sup>2</sup>

建築面積 12,571.32m<sup>2</sup>

延床面積 12,027.18m<sup>2</sup>

構造規模 RC造、S造、屋根CLT造 地下1階、地上2階



チェックイン棟と出発ラウンジ棟の間に位置する水景



出発ラウンジ棟より水景を望む



チェックイン棟

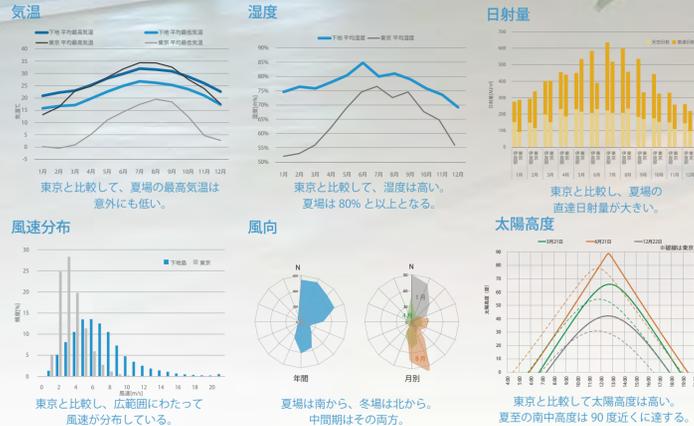
# Environmental Analysis & Design

島の自然・風・光を建物に取り込んだ開放的な空間と、快適性・省エネルギーを両立するための環境解析

## Weather Analysis

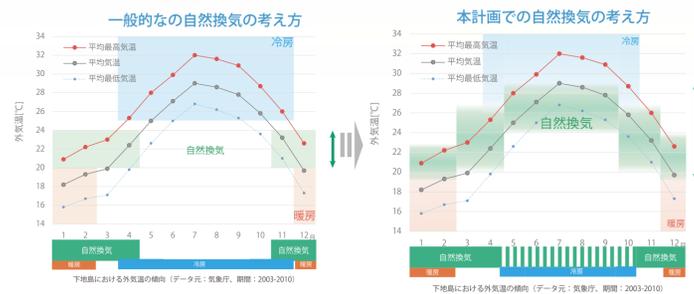
### 下地島と東京の比較

下地島は非常に日差しが強く蒸し暑い気候だが、夏の最高気温は東京よりも低く、風がよく吹くことが分かる。また、風向は夏場は南からの卓越風が明確に発生している。一方で日射量は年間を通じて東京よりも高い。これらの気象条件より、暑さは厳しいが、日差しを遮り、風を利用すれば、比較的良好な環境になりうる事が分かる。



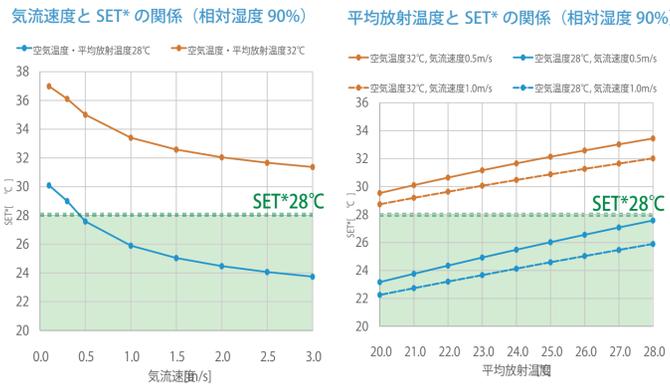
### 風土を生かす快適な空間を作り出すための自然換気の導入

オフィスのように均一で一定の室内環境を前提すると、自然換気が行える時期はわずかで効果的な方法とは言えない。そこで、本計画は自然換気と空調を併用し、SET\*28℃を一つの目標値と想定しつつ、もらのある空間を許容することで、できるだけ年間を通じた自然換気を目指した。



### SET\*の考え方を適用した快適な空間

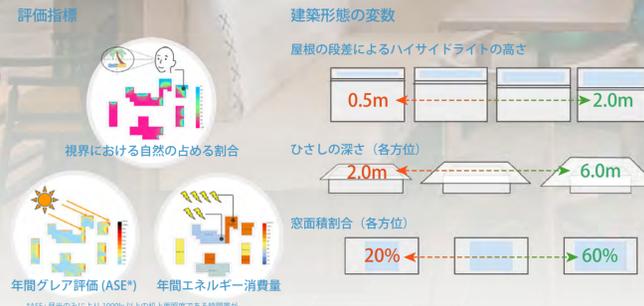
SET\*28℃を目標とした場合、平均放射温度および空気温度が28度であり、なおかつ気流速度が0.5-1.0m/s程度確保できれば、目標を達成できる。一方、空気温度・平均放射温度のいずれかが32度程度となる場合、気流速度を上げて達成できない。よって、夏期ピーク時には自然換気による快適性の確保が難しいが、それ以外の時期は、自然換気による通風で涼を得ることが可能であることが分かった。



## Lighting & Heating Optimization

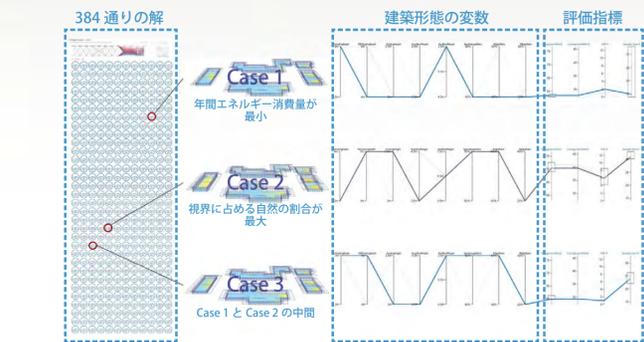
### 建築形態を最適化するための評価指標と変数

壁面や屋根面に積極的に設けた開口部により、開放的で自然光豊かな環境は実現するものの、直射日射の侵入による光環境や温熱環境の悪化とのバランスを検討する必要があった。そこで、建築形態を変数化し、複数の指標により、開放感と省エネ・快適性が両立できる解を探索した。



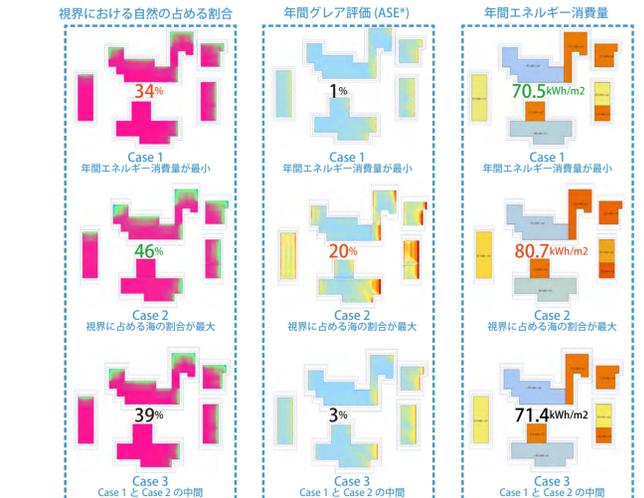
### 総当たり計算による代表解の抽出

最適解の抽出に当たっては全ての建築形態変数を掛け合わせて384通りの解を生成し、その解の評価指標を全て計算したのち、①エネルギー最小、②視界に占める自然の割合が最大、③②の中間の3ケースを代表解として抽出をし、最終的な建築形態の検討に用いた。

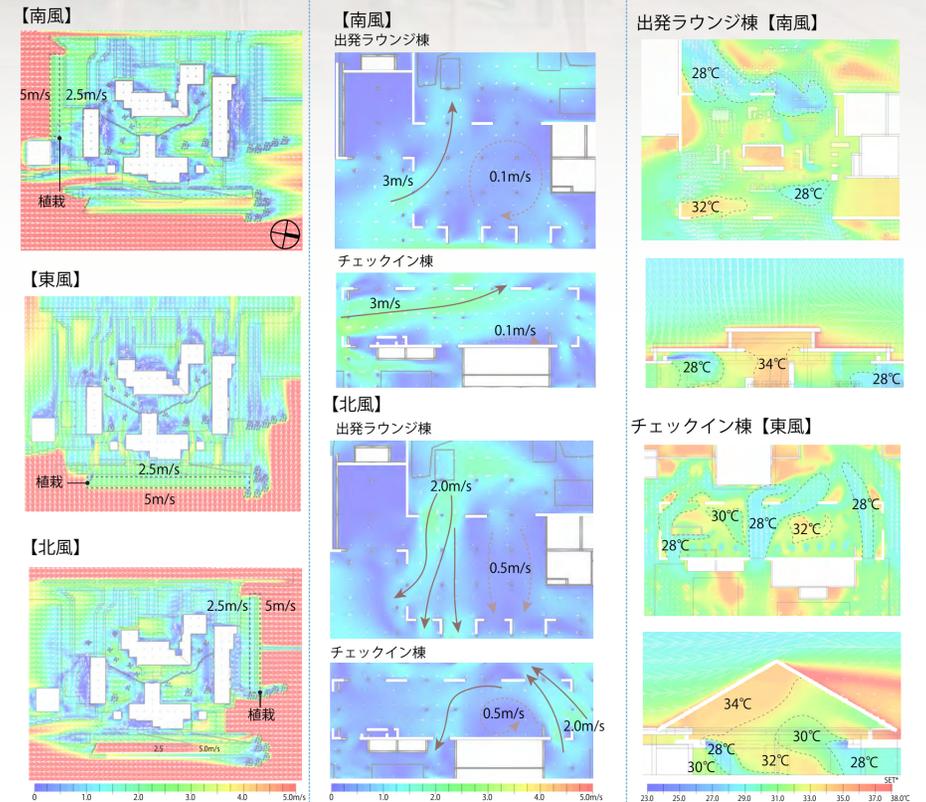


### 複数の評価軸による代表解の比較

3ケースの代表解において、3つの評価軸の数値を比較し、建築形態と評価軸の関係性を考察し、最終的な形態の提案へと繋げた。今回の場合は、開放感を得るために視界に占める自然の割合を出来るだけ確保したCase 2では、年間グレア評価やエネルギー消費量が他Caseと比較して大きく劣る値となっていることから、Case 1およびCase 3の解をベースとして、最終的な建築形態の決定を行った。



## CFD simulation



本計画の動線は、複数の棟を経由するため隣棟間の風速に配慮が必要となる。それぞれの風向に対し、風上側に植栽を計画することで、5m/sを超える風速を約2.5m/sまで抑え、屋外の利用者が不快にならないよう検討した。

各棟の開口部を開けた場合、屋内にどのような風が流れるかが検討した。卓越風が南・北のいずれにおいても室内の気流分布は0.5-2.0m/sとなっており、自然換気による適度な気流感が得られるようになっていくことが分かる。

熱境界条件を入力し、夏期ピーク時の温熱環境の確認を行った。室内はSET\*28-32度程度の温熱環境の分布となっており、空間全体ではないものの、目標としているSET\*28度を達成できていることが分かる。

# CFD Realtime Simulation

シミュレーション技術の新たな活用方法の提案

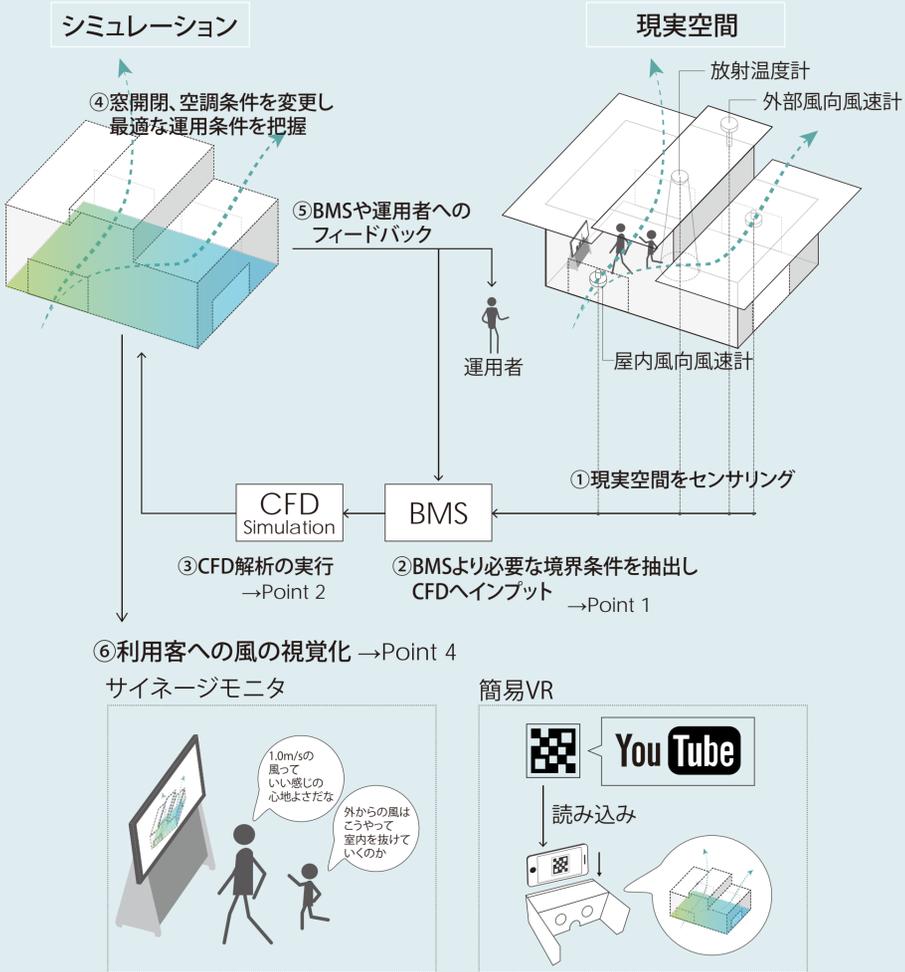
## Concept

### センシングを通して CFD シミュレーションと現実世界をつなげる

CFD は通常、設計段階において気流分布や温熱環境を予測し計画に反映するために用いることが殆どであるが、本計画ではセンシングを通して実際の建物と CFD をつなげることで、運用や自動制御、利用者への啓発に CFD シミュレーションを活用することを提案する。

本建物では温湿度計に加え、室内の放射温度、風向風速を代表点にて計測を行い空調制御に反映している。このセンサー値を CFD に境界条件としてインプットし、解析を行うことで、現実空間と等しい風環境を実現することが可能となる。また、CFD 上で窓の開閉や空調制御などの条件を予め何通りか準備することで、現状の風環境における最適な運用方法を運用者へ知らせたり、自動制御へフィードバックすることも技術的には可能である。

また、これらの CFD をデジタルサイネージへと表示することで、利用者への風環境に対する気づきも与えるような仕組みづくりを目指した。このコンセプトを実現するには、センシング値の取捨選択・計算時間の短縮・精度の検証がポイントとなる。



## Point 1 現地センサーと CFD 境界条件

まずは、空調制御のための計測値をリアルタイムシミュレーションの境界条件として入力するため、計測値を境界条件と紐づける作業を行った。

屋外条件については、敷地内エネルギー棟の屋上に設置された屋外気象計測機器を代表点とした。

その一方、屋内環境については、風向風速計・放射温度計・その他室内に設置された室内温度や湿度などの複数センシング値の整合性を検討し、どのように境界条件に取り込んでいくべきかを検討した。現状としては、風向風速計は CFD との整合性の確認のために用いているなどして、境界条件に限らずセンシング値を解析に活用した。



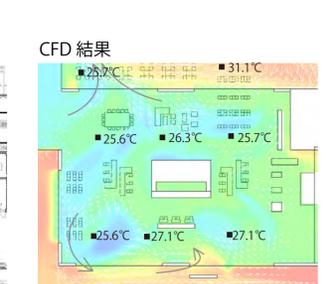
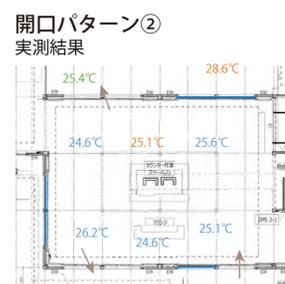
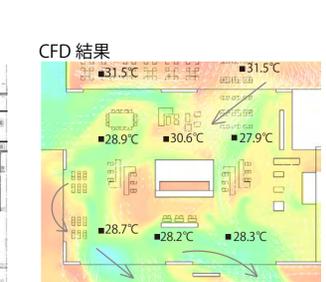
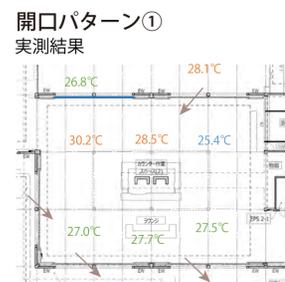
センシング項目	境界条件
屋外風向・風速	敷地内設置風向風速計の値
屋外温湿度	敷地内設置温湿度センサー値
部材表面温度	室内温度と外気温から算定
内部発熱	搭乗時刻 2 時間前から人数、機器発熱の想定値を空間に与える
開口部開閉状況	外気温、外部風速、降雨の有無から開口パターンを設定（運用会社と調整）
SA 温湿度	SA チャンバー内センサー値
SA・RA 風量	空調 ON で設計風量値

## Point 3 実空間とシミュレーションの整合性

粗いメッシュのリアルタイムシミュレーションモデルが実空間と大きな相違がないか確かめるため、実測を行い、CFD 結果との比較を行った。

各開口での風向を比べると、流入の方向は同じような傾向であり、リアルタイムシミュレーションとしての精度は十分であると考えられる。

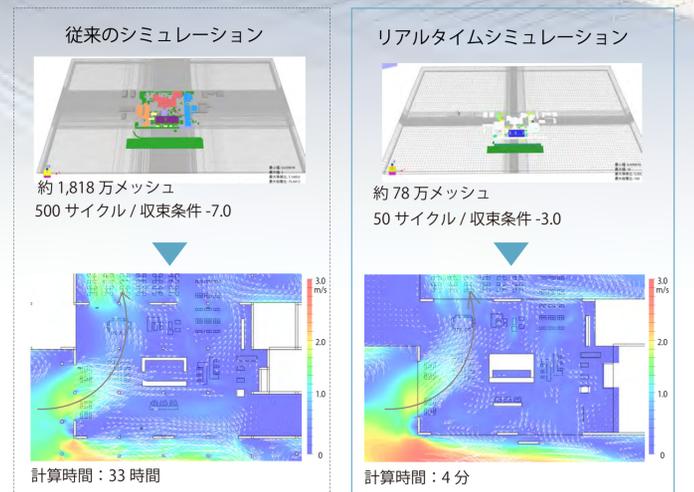
また、SET\* を比べてみると、最大でも 2℃程度の差であり、開口パターンを変えることで屋内環境が涼しくなる様子をシミュレーションでも再現できている。今後も精度を高めるための調整をおこなっていく。



## Point 2 計算時間の短縮・メッシュ依存性

リアルタイムなフィードバックを行うためには、計算結果を数分でアウトプットできるようにするため、モデルを軽量化することで計算時間の短縮を図った。

風が強いところと弱いところ、風の流れる方向が大きく変わらないようにメッシュ数を極限まで減らすことにより、計算時間を 33 時間から 4 分にまで短縮することができた。



	設計時のシミュレーション条件	リアルタイムシミュレーション条件
CFDソフト	Flow Designer	Flow Designer
メッシュ	約1,818万 (X:611 Y:372 Z:80)/アスペクト比: 159.6	約76万 (X:212 Y:151 Z:24)/アスペクト比: 100.0
発熱条件	日射量: 気象データより想定 (晴天日) 屋根・外壁: 物性値を入力 内部発熱: 22.8 W/m <sup>2</sup> (人体0.05人,照明10W,コンセント10W)	屋根面: 屋外側の熱条件省略 天井面・壁面: 測定値から推定した表面温度、熱伝達率は壁関数による自動計算 内部発熱: 22.8 W/m <sup>2</sup> (人体0.05人,照明10W,コンセント10W)
収束判定	-7.0	-3.0
解析時間	33時間	4分

## Point 4 サイネージへのアウトプット

リアルタイムシミュレーションの結果は、出発ラウンジ棟内にあるデジタルサイネージに、360°動画としてアウトプットを予定している。風の向きを表すベクトルの代わりに飛行機を飛ばして、年代を問わずに楽しめるコンテンツとなるよう工夫した。

他にも、センシング値を活用して、現在の温熱環境を場所ごとにプロットし、自ら温熱感に合わせた場を選択できるような仕組みも用意し、居住者に環境への「気づき」を与えたいと考えた。

