

# SYMBIOSIS POLIS

## 自然の循環機能を持ったファサードの提案

近年、“人間のため”だけにつくられた都市縮びが見えはじめています。地球温暖化の影響で毎年更新される記録的猛暑、集中豪雨によって氾濫する河川、ヒートアイランドによっていつまでも体感温度の下がらない都市空間。人間だけに焦点を当てて計画した結果、対局を見失っている。もっと人間以外に視野を広げて建築や都市の在り方を考えられないだろうか？

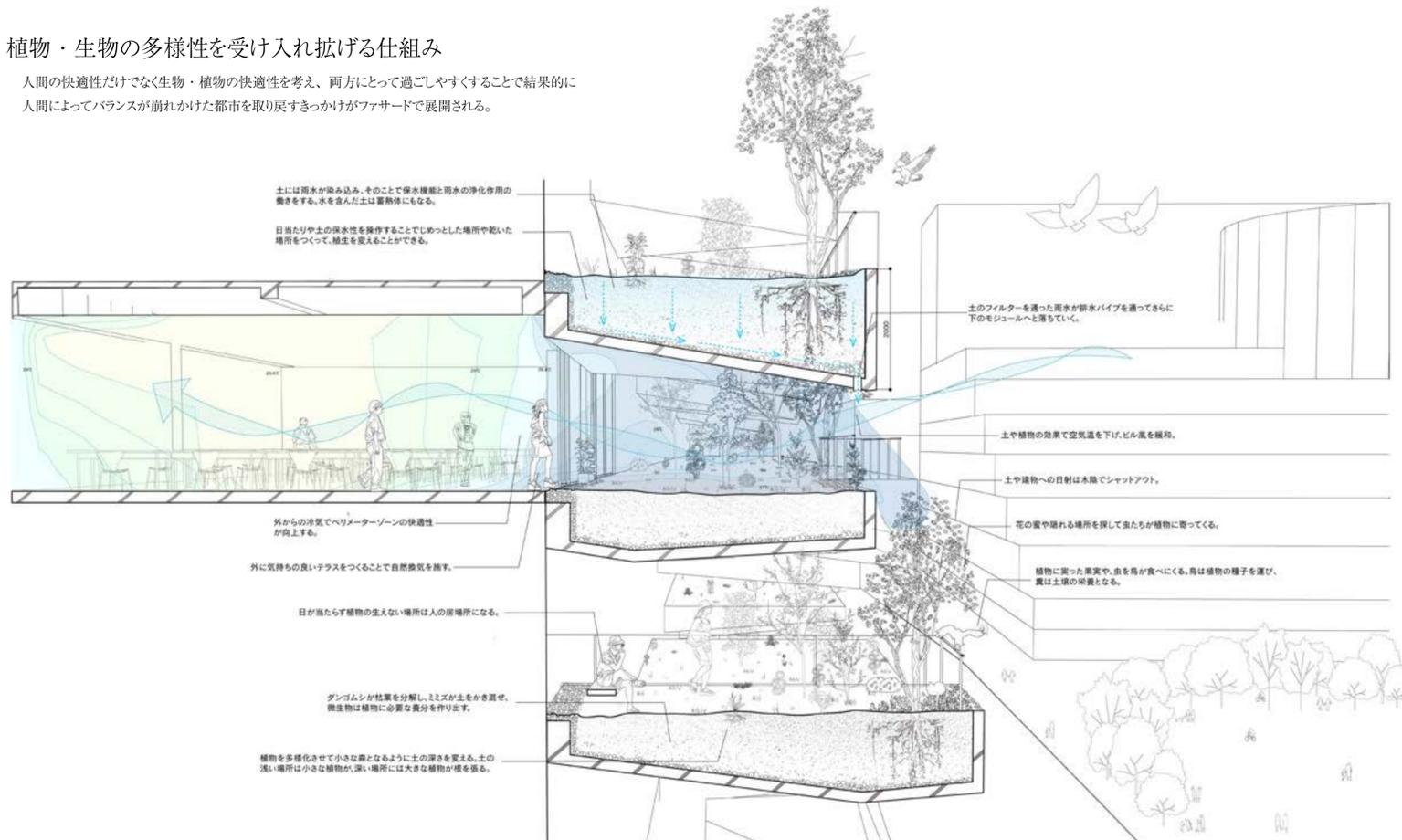
一方で現代では日進月歩で技術が進歩しており、今までわからなかったことがデータを用いるよりわかるようになってきた。

そこで我々は人間の視点に捉われないフラットな立場で、データを用いて分析、設計を行い、“人間”のためにも人間以外の生き物”の為にもなる建築・都市のあり方を提案する。



### 植物・生物の多様性を受け入れ広げる仕組み

人間の快適性だけでなく生物・植物の快適性を考え、両方にとって過ごしやすくすることで結果的に人間によってバランスが崩れかけた都市を取り戻すきっかけがファサードで展開される。



### 5つの効果

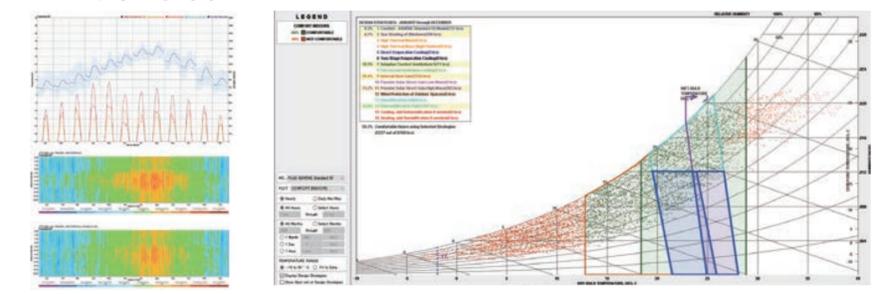
- 1 直射日光を遮り室温を下げる。
- 2 植物だけでなく生物の苗床となる。
- 3 雨水が土を伝い全体に循環していく。
- 4 風を和らげ涼感を得る。
- 5 蒸散効果・地中冷効果で室内外を冷やす。



# 1. Reserch

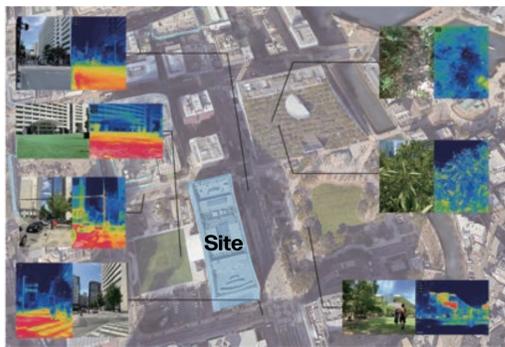
アイデアのためにリサーチ。今回はシミュレーションを用いた分析に加えて、サーモカメラを用いた現地調査も行った。コンピュータ上だけで判断するのではなく、現地に行って実際に体感することも大切に行っている。

## 1-1. 気象分析



まず福岡の気象分析を行う。屋外快適性の指標である UTCI ををみてみると日射遮蔽をすると快適域が広がることがわかる。また木陰空間をつくることで積極的に窓を開けることを想定して Psychrometric Chart に Adaptive Comfort Model を採用すると快適域は 20% 拡がる。そこで都市や建築にうまく木陰空間をつくるような設計方針とした。

## 1-2. 木陰の可能性



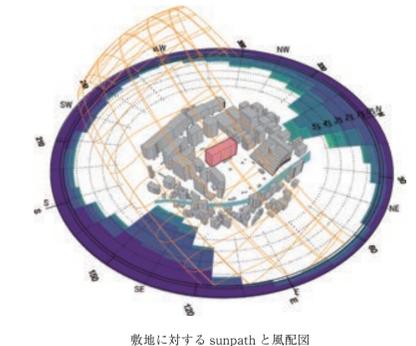
サーモカメラによる表面温度の測定結果

路面アスファルト (日向)	44.6°C
路面アスファルト (日陰)	36.2°C
芝 (日向)	32.6°C
芝 (日陰)	25.0°C
土面 (日向)	33.4°C
土面 (日陰)	24.9°C
人工芝 (日向)	48.5°C
葉っぱ表面	27.6°C

測定日時 9/8 13:00 外気温 33°C

敷地に訪れてサーモカメラで都市をみる。敷地はアクロス福岡の隣に位置する福岡市役所である。アクロス福岡も含めた豊かな都市公園と、アスファルトの道路面や人工芝を比較すると、表面温度が 20°C も違い実測値と体感温度共に対称的であった。

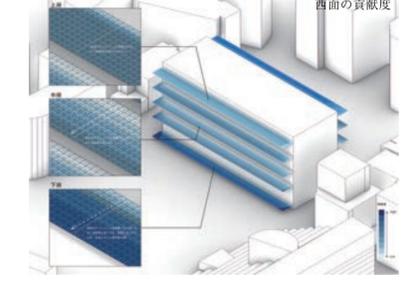
## 1-3. 敷地分析



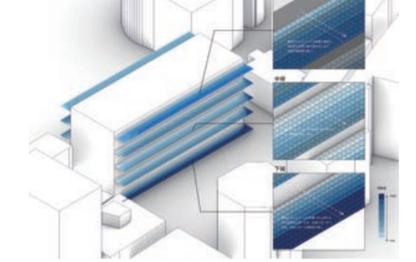
敷地に対する sunpath と風配図



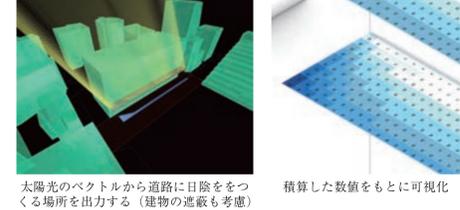
CFD 解析による都市の風の流れ方の把握



西面の貢献度



東面の貢献度



積算した数値をもとに可視化

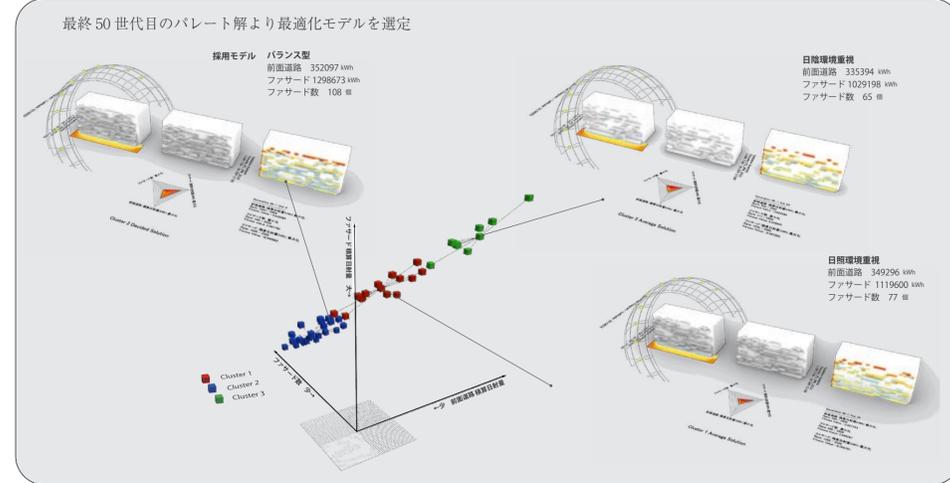
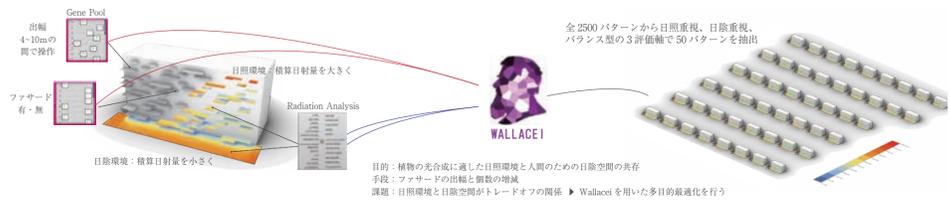
次に敷地分析をおこなう。CFD 解析により敷地の風の流れ方をシミュレーションすると、大通りや川沿いに風が流れていることがわかる。設計対象には川から公園を通過して風が流れる。またモジュールを設計した時の場所による影響力の違いを把握するため、概算的な貢献度をシミュレーションした。建物から 10m せりだしたサーフェスから、指定した領域に影を落として涼しい空間をつくる場所をみつける。具体的には太陽光のベクトル方向へ地面側に光線を飛ばして当たり判定をおこなない、0 か 1 を出力する。これを 7/1, 8/1, 9/1 の 9:00-17:00 で 10 分刻みの 216 パターンの時刻でおこない、その数値を積算させた値を可視化させた。高さ別に、上段:場所による貢献度の違いがみられない。中段:手前はほとんど下に影を落とさないものである程度せりだす必要がある。下段:地面に近いので貢献度が高い。という傾向がみられたので、その他人の滞在や水の流れを考えて下に向かってせりだす長さが大きくなるようなデザインにした。

# 2. Optimazation

今回の設計手法はデザインのパターンが何通りも出てくる。そこでデザインの決定には遺伝的アルゴリズムによる多目的最適化を使用している。目的関数には植物の生育条件を考慮し、「植物にとって良いデザイン」が人間の為にもなることを目指した。

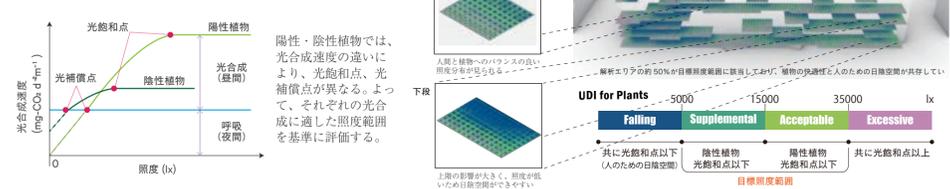
## 2-1. 多目的最適化

植物の葉のように、干渉し合いながらも個々が日射を得るために生長していくような、生命力のあるファサード形態を目指した。しかし、評価軸の日照・日陰環境はトレードオフの関係かつ、ファサードの出幅と有・無の操作によるデザイン形態の組み合わせは膨大な数となる。そこで、遺伝的アルゴリズムによる多目的最適化を用いて、パレートフロントを求め、最適解を抽出する



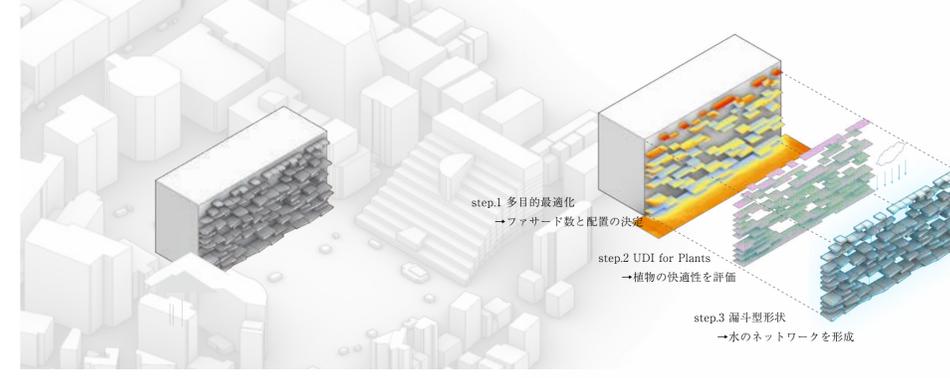
## 2-2. 植物のための環境指標

人間の快適性指標には PMV などがあるが、植物の快適性はどのように示せるだろうか？今回は植物の光合成に着目した。光合成速度と呼吸速度が等しくなる時の照度(光補償点)と、光合成速度の増加が止まった時の照度(光飽和点)を基準として、植物の快適性を表す UDI for Plants を作成した



## 2-3. 最終デザインの決定

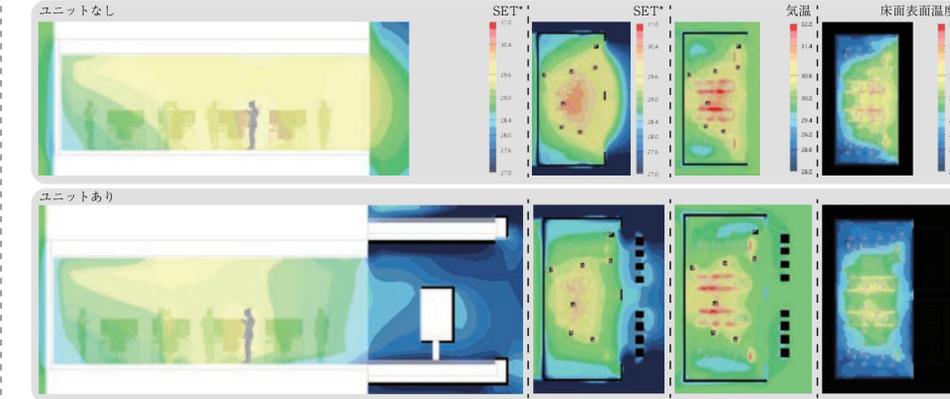
多目的最適化により抽出した 50 パターンに対し、UDI for Plants を用いて植物の快適性を評価した。さらに、雨水など土に浸み込んだ水が、ファサード間で棚田のように巡るような水のネットワークを形成するために、漏斗型の断面形状デザインに決定した。



# 3. Phenomenon

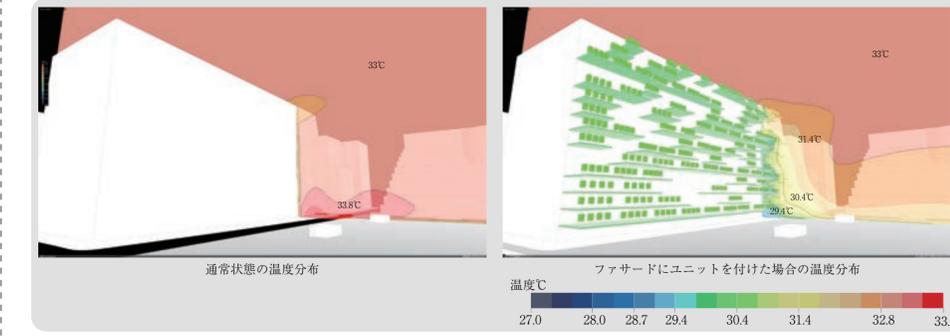
この設計によって起こる「現象」をシミュレーションする。スケールの大きな設計をする場合、周りに対してどれだけの影響があるのか考慮することが重要である。自分たちの設計によって都市や建物に対してどれだけ「良い影響」を与えるのか考えてみる。

## 3-1. 建物の内部空間への影響



上階のユニットと植物が影を作ること、表面温度を下げ冷気を取り込むことで室内全体の快適性や気温を下げることに貢献し、特にペリメーターゾーンの快適性の向上に大きく影響していることがわかる。

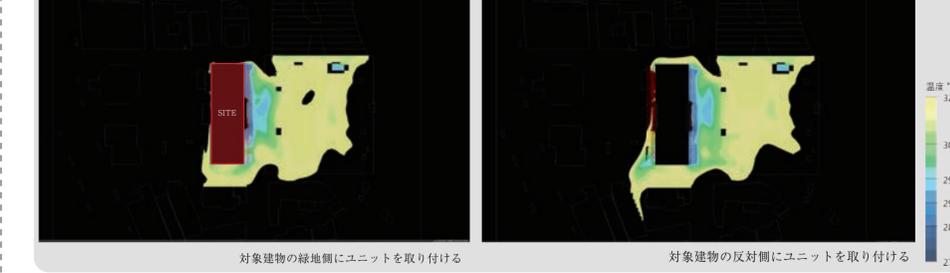
## 3-2. 都市への影響



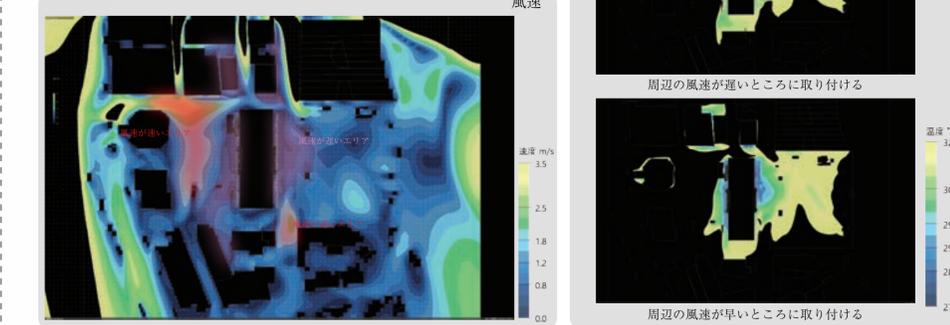
通常状態では、日射によって暖められた壁面や地面が周りの気温を高め、地上付近の人間や生物、植物へ負荷を与える。ファサードにユニットを取り付けた場合、ユニットや植物が日射を遮り壁面や地面を冷やし、植物の蒸散効果やユニットの地中冷の効果によって周囲の気温を 1-3°C 下げる。植物を都市に広げることで CO2 や気温上昇などの都市空間への負荷を低め生物の多様性や快適さを生む。

## 3-3. 都市への拡がりポテンシャル

ファサードにユニットを取り付けた場合の都市への平面的な拡がりを示す。近くの緑地の相乗効果で周辺へさらに拡がる事がわかる。



結果を見るとファサードを設置する面の違いで、都市への冷気の拡がり方に大きな違いがあることがわかる。周辺の風速のシミュレーションを見ると風速が遅いところほど都市への影響度が大きい。都市の風速を把握することで、潜在的なポテンシャルを把握することができ、それを元にさらにユニットを展開することができる。



# 説明パネル

## 課題について

本提案は私たちが日々の生活、建築を学ぶ中での実体験から着想を得た思想を、SABEDにおいて課題設定し取り組んだものである。木陰や風による冷涼感、生き物がもたらす豊かな風景、これらを実測や環境シミュレーションを、もとに実社会の建築に落とし込む。

手法として、既存建築のファサード改修により、都市に森林のような循環機能を持った空間を作り出す。その空間が屋内外にクーリング効果をもたらし、人間だけでなく、植物、昆虫、動物のための空間にもなるような新たな都市の姿を創造している。

## 敷地について



福岡市の中心部に位置する、アクロス福岡は都市において貴重な緑のポテンシャルを持っていることが実測より判明した。それを都市全体へ波及させるプロトタイプとして、福岡市役所を主対象とした。

## メンバー



中瀬 大喜  
九州大学大学院  
空間システム専攻  
末光研究室修士2年  
担当：設計統括  
気象・敷地分析



仲嶋 貴大  
九州大学大学院  
空間システム専攻  
末光研究室修士1年  
担当：  
風・温熱環境解析



宮瀧 聡史  
九州大学大学院  
空間システム専攻  
末光研究室修士1年  
担当：多目的最適化  
光環境解析

## 解析条件

### ・多目的最適化

植物の光合成に適した日照環境と人のための日陰環境の共存というファサードデザイン目標がトレードオフの関係にあるため、多目的最適化を用いて、パレートフロントを求めた。

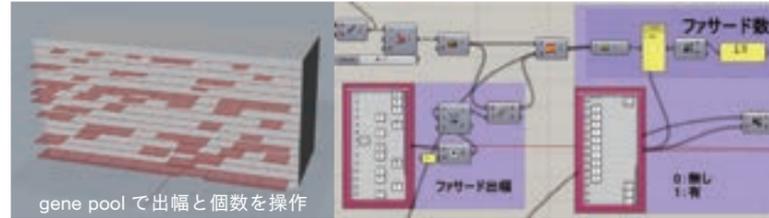
使用ソフト：Wallacei

変数：ファサード出幅、数 (gene pool)

目的関数：ファサード数 小

ファサード積算日射量 大

前面道路積算日射量 小



### ・風解析

敷地周辺の風の流れがどうなっているかを把握するために定常解析を行い、風の流れから建物のファサードに取り付ける位置の可能性を探った。

使用ソフト：FlowDesigner

解析条件

解析領域 [m]：600[x]×600[y]×356[z]

気流モデル：k-εモデル

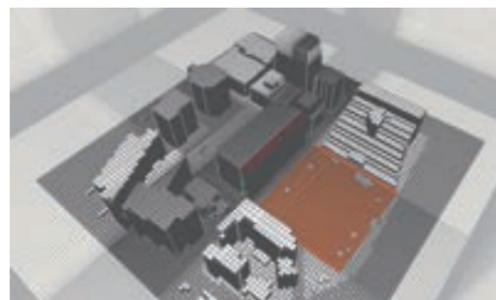
最小メッシュ幅 [m]：約 0.4

総メッシュ数 :5002641

外気条件

観測地点：北緯 33.6 度 東経 130.4 度

観測点高さ：15m 風向：北西 風速：3.1m/s



### ・日射解析

Wallaceiの目的関数として、ファサードパターンごとの積算日射量解析した。

使用ソフト：

Ladybug

radiationAnalysis

解析対象：ファサード

前面道路

解析グリッドサイズ

1m×1m

期間：6月1日～9月30日

AM7:00～PM5:00

### ・UDI解析

陽性・陰性植物の光飽和点、光補償点<sup>\*1</sup>から、目標値を設定し、植物の光合成に適した照度である「UDI for Plants」を作成した。

<sup>\*1</sup> 参照：緑化技研「屋内緑化マニュアル」

使用ソフト：Climatestudio

反射率 ファサード：8.54%

周辺建物：54.87

地面：11.62%

観測点スパン：1m

観測位置：ファサード面から +0.75m

UDI for Plants

目標照度範囲 5000～35000lx

### ・温熱解析

植物と土によって周りの気温がどれくらい変化し、ユニットを取り付けることで内部空間、都市へどんな影響を与えるかを検証するために温熱解析を行った。それぞれ共通し植物の蒸散効果を発生エリアとし、発熱量は、下記の論文の計算式を参考に一本当たりの全体の発熱量を求め、樹木の本数に応じて合計の発熱量を与え周辺の影響を解析した。葉の表面温度や土の温度、アスファルト面などの温度は実際に敷地に行きサーモカメラで実測した表面温度を参考に入力した。

使用ソフト：FlowDesigner

解析領域 [m]：30[x]×30[y]×30[z] 最小メッシュ幅 [m]：0.19 総メッシュ数：878592

・樹木 発熱量：-110W(1本あたりの全体の発熱量) 初期温度：27.4℃ 樹木抵抗：サザンカ

参考論文：水理学的考察に基づく植物気孔の蒸散・CO2吸収・光合成の非定常モデル(日野)

葉面積密度を代表面積とした樹木の抵抗係数に関する風洞実験(神山ら)

潜熱輸送に対する葉面バルク係数のモデル化と芝生圃場への適用(木村ら)

・土 表面温度：25℃ ・建物 表面温度：27℃(影部分) 38℃(日向部分)

・内部空間(オフィス) 人間：100W(1人あたり) パソコン：200W(1台あたり)

・芝生 表面温度：29.5℃ ・アスファルト 表面温度：40℃

外気条件は、福岡の夏季の気象条件とし、内部空間の快適性の把握のため日射解析と輻射解析を利用した。また、風向、風速は敷地全体での風解析の結果から建物のファサード周辺の数値、方角を入力した。風向：東 風速：1m/s