

Cradle CFD

建築環境編

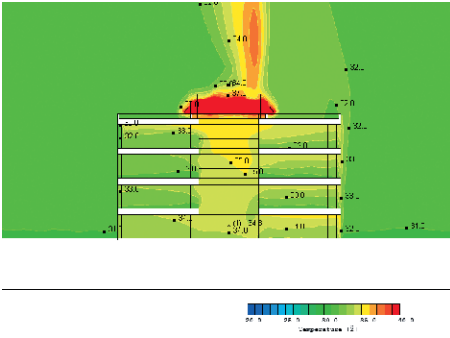


クールチューブを利用したオフィスの換気検討

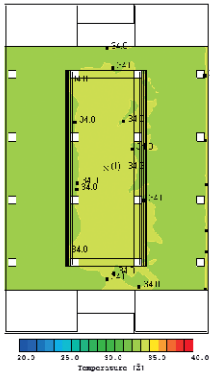
夏季におけるクールチューブの効果を検討

クールチューブ非設置状態

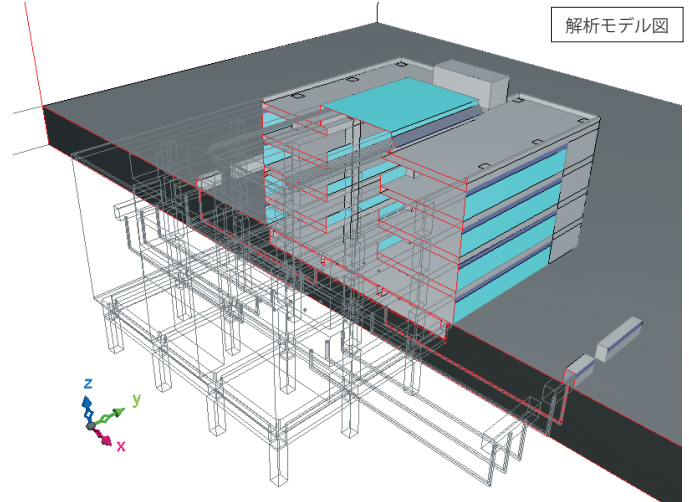
中央断面の温度分布



1階床上1m平面の温度分布



執務空間が32℃から34℃と冷房能力が不足している
1階中央の床上1mの温度が34.3℃



解析モデル図

設定条件

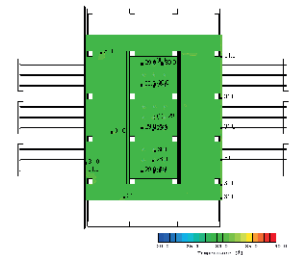
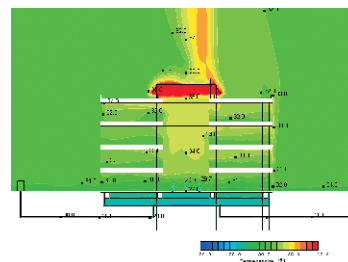
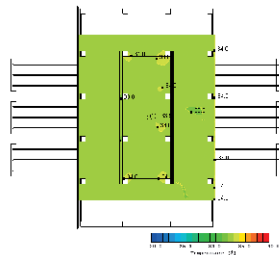
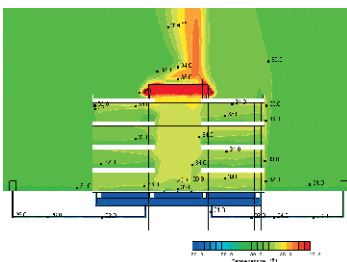
外気温：31℃、無風
ガラス面での日射受熱を考慮（パネル発熱）
日射透過分は室内空間で発熱（トップライト部）
執務空間の空調：4kW（冷房）
地中温度：地下6mで16℃固定
最上階の窓のみ解放

計算条件

メッシュ数：9,911,160要素
計算時間：300サイクル、2～3時間（8並列）、定常解析

クールチューブと床吹き出しファンの設置検討

床吹きファンの有無による違い



床吹出風量：0 m³/h
自然換気のみでは換気されず、クールチューブの効果がほとんどない。
1階床上1mの温度が33.9℃

床吹出風量：100 m³/h
床下の冷気を排出することでクールチューブの効果が出る
クールチューブが無い場合と比較して1階の平均温度が4℃～5℃低下する。
1階中央床上の温度が29.7℃

comment

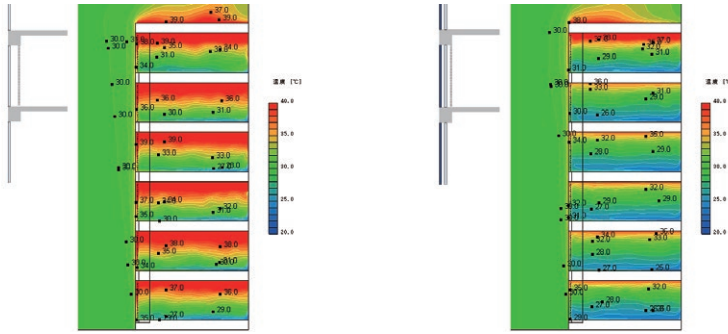
クールチューブは年間を通じて温度が安定している地中にパイプを通すことで、パッシブな空調を実現する有効な手段として注目されています。クールチューブの効果を最大限生かすためには、チューブの熱交換性、冷やされる空気容量などに応じて、細かい調整が不可欠で、STREAMを用いることで、想定される様々な状況を事前に調査検討をしておくことができます。

熱負荷低減のための建物外壁仕様の検討

Low-eガラスの採用やダブルスキンの効果を予測

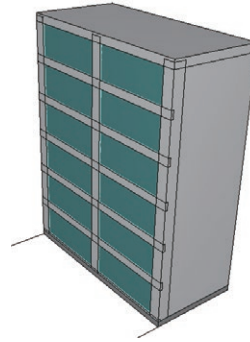
Low-eガラスによる日射熱低減効果

普通ガラスと、Low-Eペアガラスの違い



普通ガラス(FL10)の室内温度分布
中間階室内平均温度：35.4℃

Low-Eペアガラス
(Low-E8+AS6+FL8)の
室内温度分布
中間階室内平均温度：29.5℃



設定条件
 日射条件：9月1日12:00 東京
 外部風速：無風
 外気温：30℃
 ※日射は主にダブルスキンまたは室内のブラインドで吸収、反射する
 ※ダブルスキンの流入流出部は開口率50%のルーバーを設置
 室内空調：(換気回数6.6回)、吹出温度24℃

計算条件
 要素数：5,499,792要素
 計算時間：1000サイクル、約5時間(8並列)、定常解析

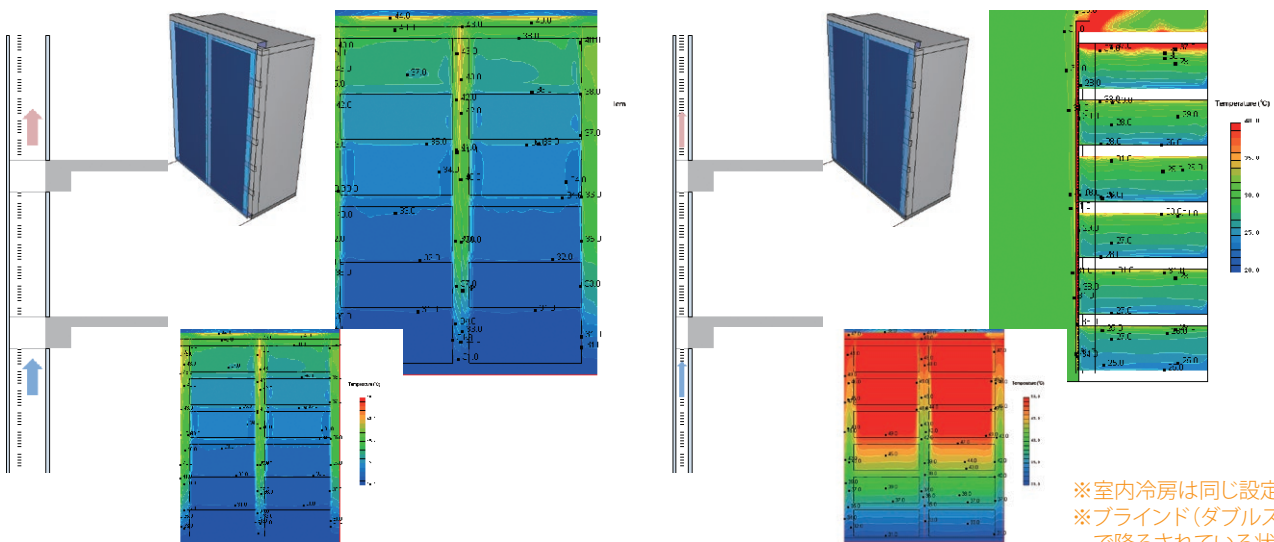
※室内冷房は同じ設定、外気温度30℃
 ※ブラインド(室内)は水平で降ろされている状態

ダブルスキン仕様の違いによる、室内温度予測

ダブルスキン幅による違い

ダブルスキン幅700mmの室内温度分布
中間階室内平均温度：27.3℃

ダブルスキン幅200mmの室内温度分布
中間階室内平均温度：28.2℃



ダブルスキン中央部の温度分布

ダブルスキン中央部の温度分布

※室内冷房は同じ設定、外気温度30℃
 ※ブラインド(ダブルスキン内)は水平で降ろされている状態
 ※ダブルスキンのガラスは屋外側、室内側ともに普通ガラス(FL10)

comment

建築物の外部負荷を検討する上で、開口部の断熱(遮熱)は特に重要な部分です。

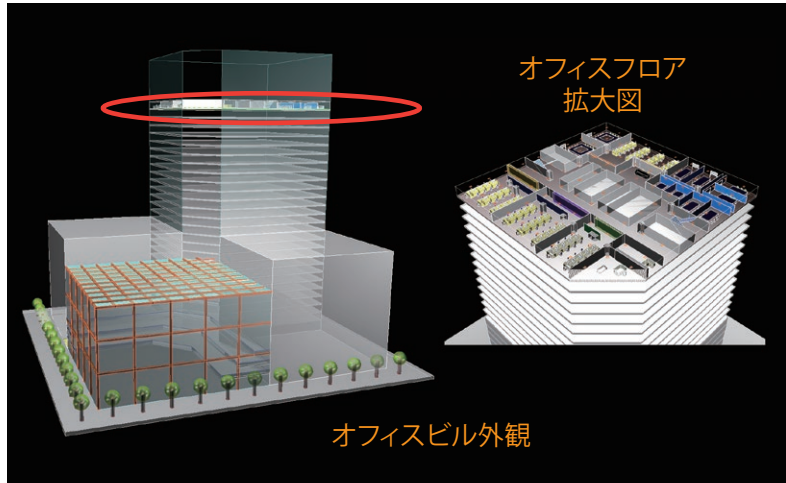
STREAMでは、外部と内部の温度差だけでなく、空間分布を知ることができるため、室内平均温度はクリアできていたが窓際は暑い、ダブルスキンで上階の効果が低いなど、空間分布を考慮した詳細な予測検討が可能です。

オフィス内温熱環境シミュレーション

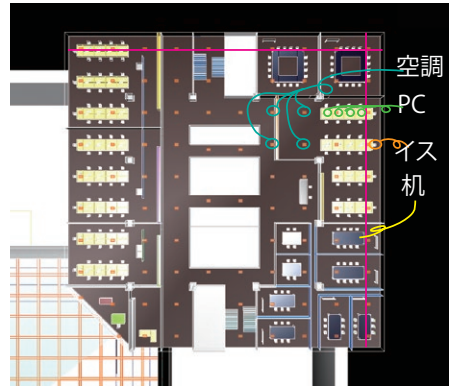
STREAM 事例紹介

『STREAM』を用いてオフィスビルの1フロアを評価

モデル全体図

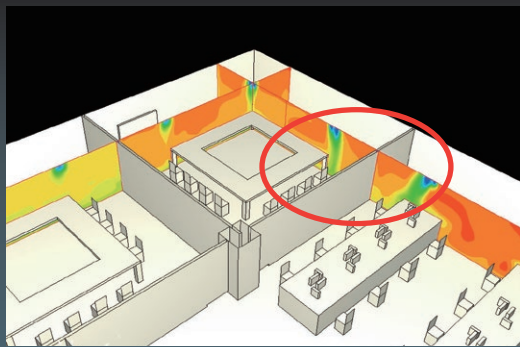


フロア詳細 (解析対象)



解析結果

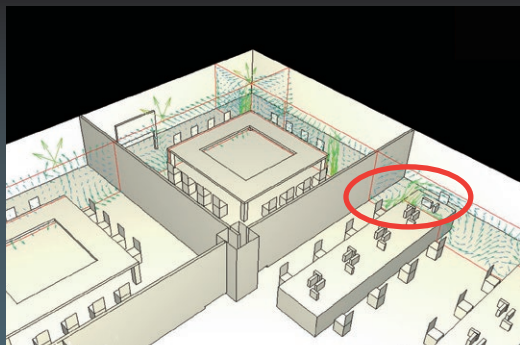
温度コンター



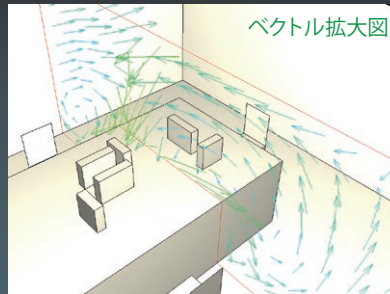
室内の任意断面を温度コンターで表現
三次元的に空間の温度を把握



風速ベクトル



風向きを矢印で表現
色の違いで風速を表現



シミュレーションによる 検討のメリット

建築設備の設計、施工前に
解析を行う事で、仕様の変
更を減らす事が可能です。
また、効果的な設備づくり
を短期間で達成することが
可能です。

comment

屋内環境において冬期に暖かく、夏期に涼しく快適な環境を保とうとするのはごく自然な要求です。そのために適切な空調による温度制御や建物構造の工夫が必要となります。

一方、環境配慮、省エネ、エコ対応などの取り組みが急速に広がっています。解析をすることで、様々な設備レイアウトを検討することができ、省エネを図りつつも、快適性を維持、向上させるための予測ができます。

放射冷房を併用したパーソナル空調システムの研究開発

株式会社竹中工務店 様 / 早稲田大学 様 事例紹介

『SCRYU/Tetra』の温熱環境人体熱モデル(JOS)を用いて
オフィス内の温熱環境を予測

主旨

近年、オフィスにおける居住環境向上が求められており、執務者が環境調整できるパーソナル気流ユニット(下図)を実装した空調システムが温熱満足度向上に寄与すると思われる。

空調システム開発の中で、SCRYU/Tetraの人体熱モデルを利用し、オフィス温熱環境および人体の冷却効果を分析した。



パーソナル気流ユニット

放射冷房を併用したパーソナル空調システム

①対流全域空調システム	②対流主体のパーソナル空調システム	③放射冷房を併用したパーソナル空調システム
<ul style="list-style-type: none"> ・室全体を空調する一般的な空調方式 ・大多数が不快ではない温熱環境を形成 ・執務者個人の好みや状況に対応できない 	<ul style="list-style-type: none"> ・天井面、机上面にパーソナル空調ユニットを併用 ・個人の好みや状況に応じた気流感調節やタスク域の重点的な空調が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・②に加え、冷風を利用した放射冷房を併設 ・冷却面の放射により体感度が低く感じられる ・設定温度の緩和、省エネルギー利用が期待できる

SCRYU/Tetraによる比較分析

解析モデル・条件：執務空間のモデルを想定。照明・機器・人体の発熱を与え、室内平均温度が設定温度になる様、空調吹出し温度・風量を設定した。③においては、通気性のある材料を天井に設置し、これらを介して冷風を室内に供給する。

①対流全域空調システム	②対流主体のパーソナル空調	③放射冷房+パーソナル空調
<p>25℃設定、スーツ着用条件</p> <p>【アネモ吹出し口】 吹出し温度:17.4[℃] アネモ吹出し風量:370[m³/h]</p> <p>・人体周辺の気流速度が遅い ・全体の空気温度が低い</p>	<p>28℃設定、軽装条件</p> <p>【アネモおよびパーソナル吹出し口】 吹出し温度:20.4[℃] アネモ吹出し風量:310[m³/h] パーソナル空調吹出し風量:30[m³/(h・個)]</p> <p>・パーソナル気流ユニットから人体の胸部に向けて気流を与えているため、人体胸部付近の気流速度が速い</p>	<p>28℃設定、軽装条件</p> <p>【パーソナル吹出し口】 吹出し温度:20.4[℃] パーソナル空調吹出し風量:30[m³/(h・個)]</p> <p>【放射冷房に利用する天井部分】 吹出し温度:22.8[℃] 吹出し風量:310[m³/h] 表面温度:23.5[℃]</p> <p>・天井面からの放射による冷却効果に加え、パーソナル気流に誘引される天井面付近の空気温度が低い ・②に比べて人体へ到達する気流の温度も低くなるため、人体を効率的に冷却できる</p>

実測・結論

サーマルマネキンを用いた顕熱損失量計測を行った結果、SCRYU/Tetraで得た予測と同様に、③ではパーソナル気流の空気温度が低くなる傾向がみられ、人体の冷却効果が高いことが分かった。



サーマルマネキンを用いた実験

参考文献:
日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸)2010年9月タスク・アンピエント対応膜放射冷房システムに関する研究(その1~その5)

comment

放射冷房やパーソナル空調システムの研究開発を進める上で、同じエネルギー投入量で如何に効率的に人体を冷却できるかが重要と考えております。SCRYU/Tetraは人体熱モデル(JOS)を連成させて解析することができるため、放射や気流により人体のどこの部位がよく冷えるか、人体の顕熱損失量はどの空調システムが大きいかなどを有効に比較することができました。パーソナル空調システムは今後も重要な技術課題であり、有効に活用できるシミュレーションソフトと実感しました。

データセンターの気流・温度制御

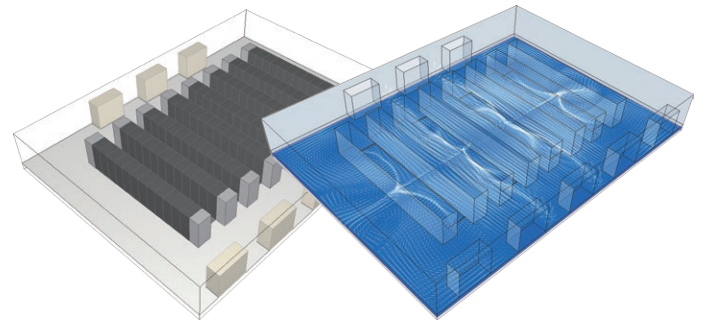
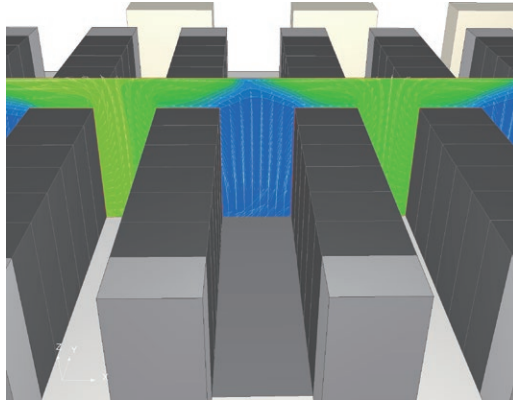
STREAM 事例紹介

コールドアイル&床下の気流調整、停電復旧時の室内温度変化の予測を『STREAM』で再現

データセンターにおける熱予測 床下気流の制御

データセンターにおける気流および熱の制御は、運用上重要な要素であり、設計段階で様々な検討が行われます。

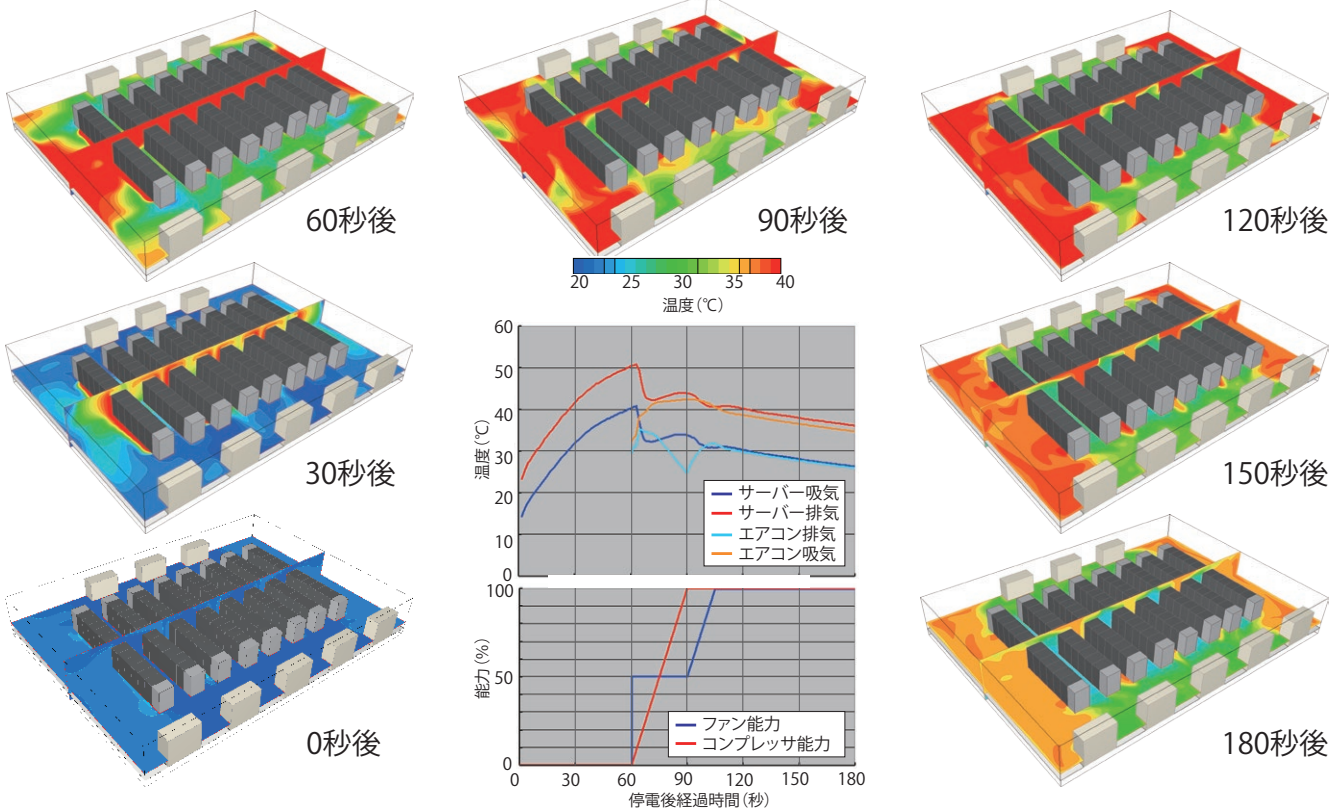
床下の気流によりコールドアイルへの風量の偏り、空調空気の澱みを検討します。



床下の気流ベクトル図

停電復旧時の温度変化予測

空調機復電プロセスを考慮した室内およびサーバ吸気の温度変化を予測できます。



comment

データセンターの空調を設計する場合、サーバ機器の発熱量に応じて空調機の能力を選定します。ところが、空調空気を効率よくサーバへ送るためには、三次元の空間分布を把握する必要があり、STREAMのような三次元熱流体解析が威力を発揮します。また、停電時の復旧プロセスのような時間的に変動する状態も詳細に予測することが可能です。

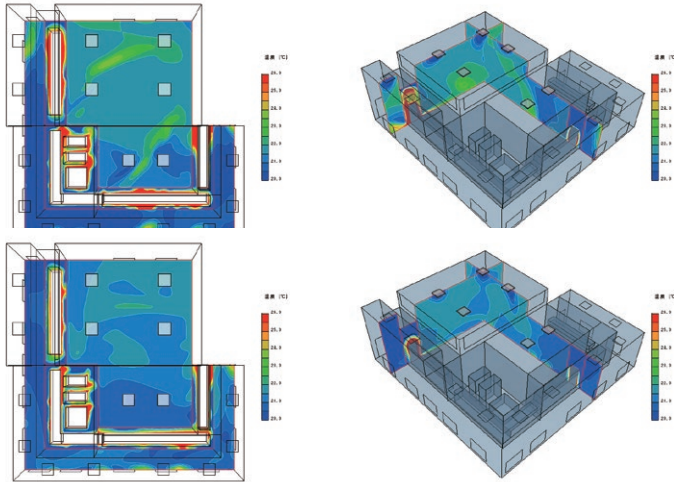
クリーンルームにおける気流制御と清浄度検討

高発熱機器からの温度上昇抑制と換気効率の向上

作業エリアの温度抑制

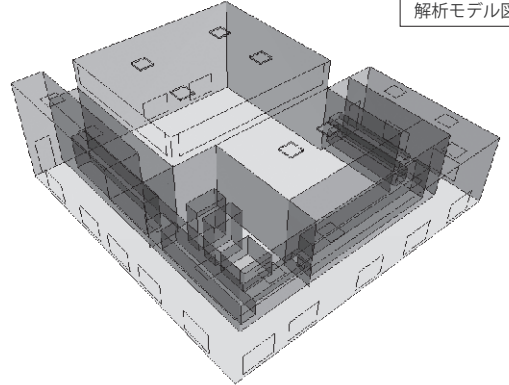
クリーンブースの開口を調整し気流調整

室内の温度分布(上：従来案、下：改善案)



※作業エリア内で気流どうしの衝突を起こさないように調整

解析モデル図



設定条件

換気量：(換気回数：約40回)
換気効率指標(SVE3)利用
室内総発熱量：92[kW]

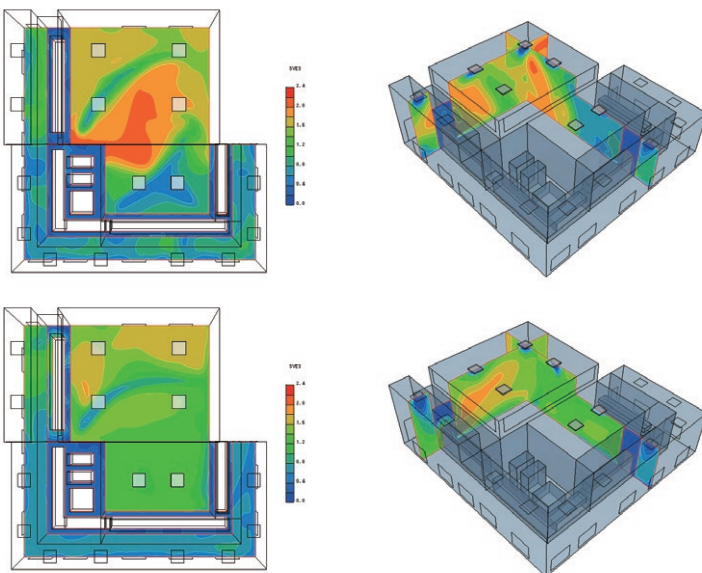
計算条件

要素数：3,303,720要素
計算時間：500サイクル、約5時間(8並列)、定常解析

気流制御による清浄度の向上

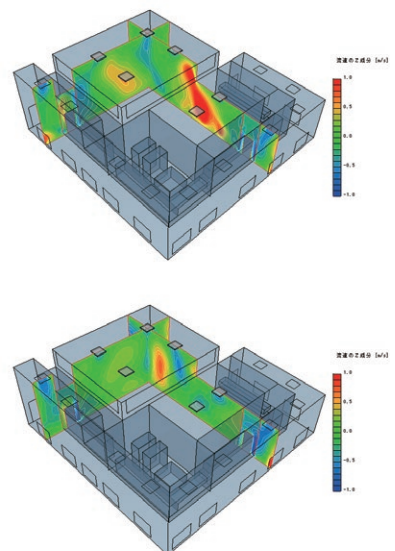
換気効率指標を利用して清浄度を把握

換気効率指標分布(上：従来案、下：改善案)



※渦の発生による換気性能悪化が解消

室内気流の垂直方向の流速



comment

クリーンルームでは非常に高度な気流制御が必要で、計画段階から気流を予測し設計を進めていくことが求められます。また、クリーンルーム内の機器は、気流制御の障害物になるほか、発熱などによる影響も無視できません。STREAMなどの流体解析を用いることによって、竣工時の状況を把握することができ、様々な検討を通じて、問題点の解決を行うことが可能です。

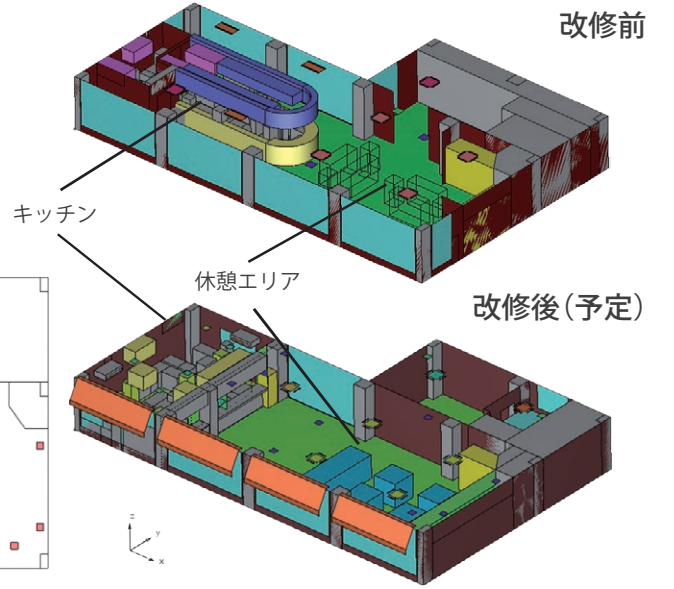
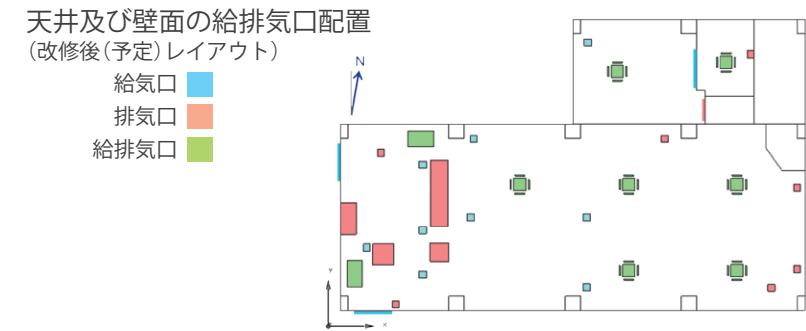
パーキングエリア施設内の空調環境の変化予測

ユーザー様 事例紹介

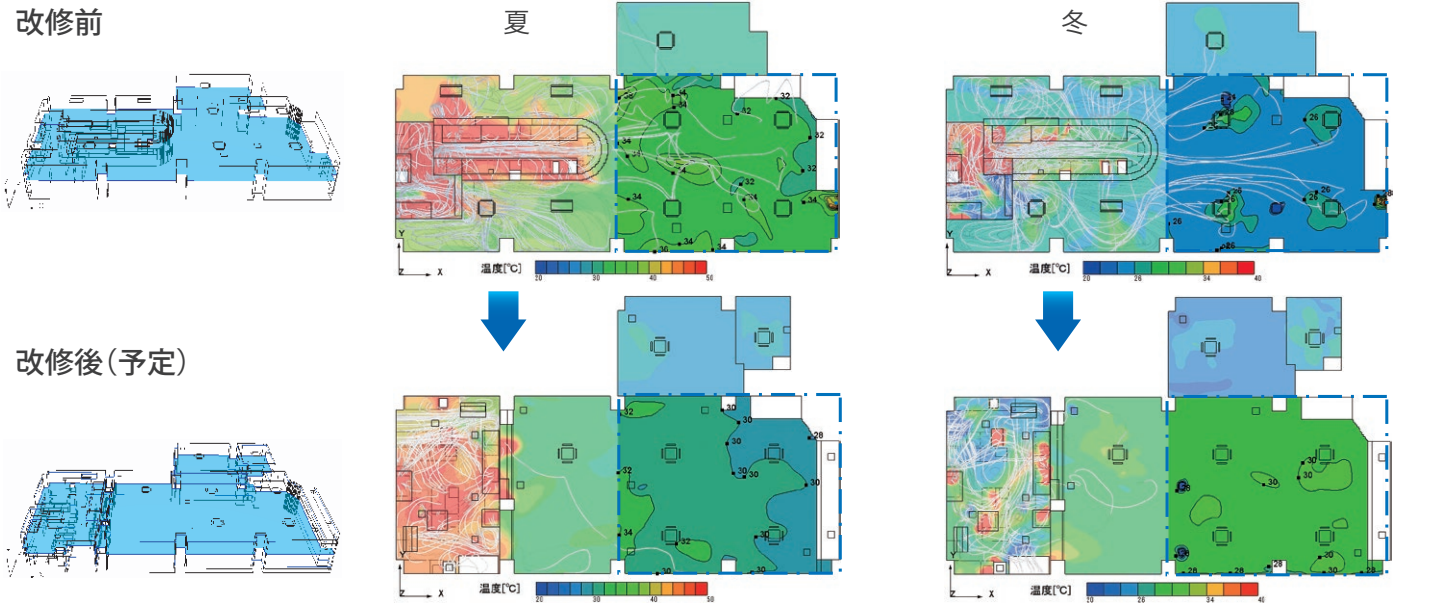
『STREAM』を用いて、エコ対策のための空調効率改善効果を検証

解析条件とモデル

定常解析、乱流(標準k-εモデル)
 夏：8月1日 14時(日射考慮) 外部温度35℃
 冬：2月1日 3時(日射考慮なし) 外部温度1℃
 キッチン内器具 合計発熱量：改修前121,563 W
 改修後123,779 W
 要素数：約820万要素



改修前後の建物内平均温度比較(床上1.5m)



■ 改善効果

	夏	冬
建物全体(キッチン含)	3.9℃ ↓Down	1.4℃ ↑Up
休憩エリア(青線内)	2.9℃ ↓Down	3.8℃ ↑Up

シミュレーションによる結果検証

休憩エリアの室温 → 夏は涼しく冬は暖かい(環境の改善)
 キッチンで発生する高温空気の流出 → 休憩エリアへの拡がりを抑えられた

comment

改修に伴うエコ対策として空調機の設置変更・機器更新を実施するにあたり、改修後(予定)レイアウト(キッチンを区画)における空調効率の改善効果を検証するため、STREAMを用いて施設内の熱流体解析を行った。その結果、改修工事により空調効率の改善が期待出来ることを確認した。

サッシの結露シミュレーション

サッシメーカー様 事例紹介

『STREAM』の湿度・結露機能を用いて結露発生状況を予測

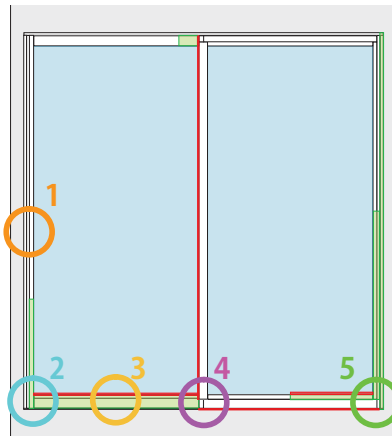
結露対策の重要性

結露は建材の腐食の原因となります。結露発生を把握し、発生抑制の対策を行うことが、製品開発の中で重要なポイントになります。実物大のサッシを用いた結露防止性能試験(JIS A 1514による)と同じ条件のもとで熱流体解析を行い、結露発生に関する比較を行いました。

結露発生比較(結露防止性能試験観察 vs STREAM)

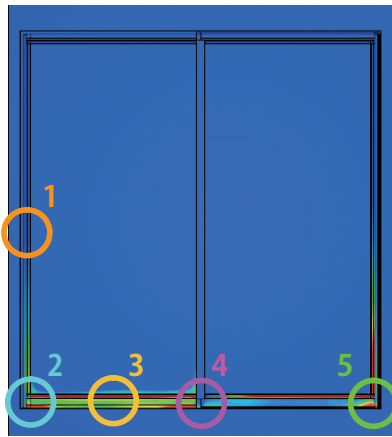
試験/解析条件			部品プロパティ	
恒温室	空気温度	20℃	サッシ	アルミニウム
	相対湿度	50%		ガラス
低温室	空気温度	0℃		

●結露防止性能試験観察結果



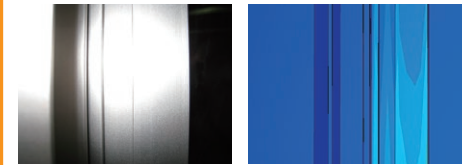
- くもり: 結露の粒子が確認できない状態。
- 小水滴: 結露の粒子が確認でき平均直径が1mm未満の状態。

●STREAM® 解析結果

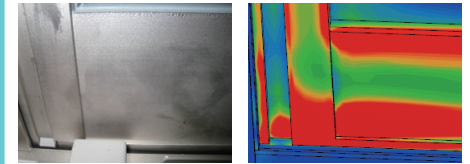


累積結露発生量
少ない [color scale] 多い

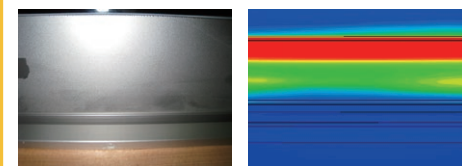
1. 外障子たて枠中央



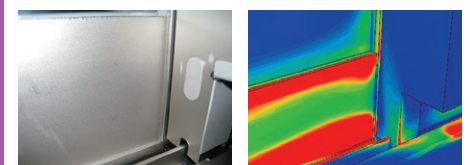
2. 外障子左下



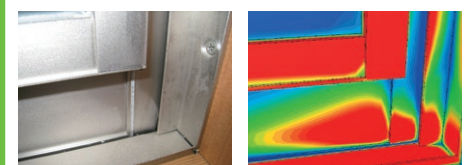
3. 外障子下枠中央



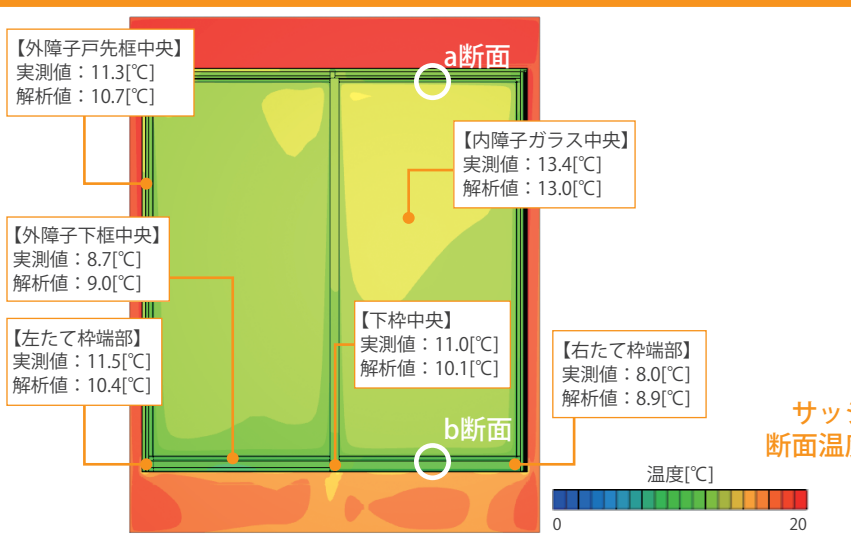
4. 外障子下枠召合せ寄り



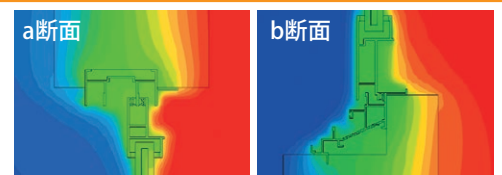
5. 内障子右下



サッシ表面温度比較(実測 vs STREAM)



サッシ
断面温度



comment

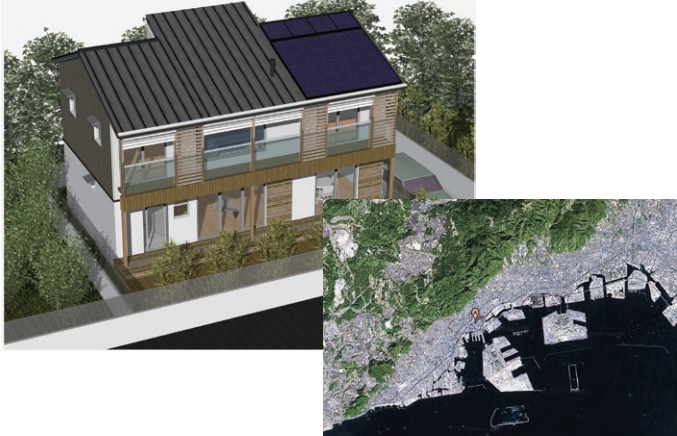
STREAMの解析結果と試験観察結果を比較すると、どちらも外障子下枠に結露が多く発生しており、STREAMの解析結果の信頼性の高さが確認できます。また表面温度の比較についても誤差はきわめて少なく、高い評価ができると思います。この高い再現性を利用すれば、観察の難しい部位の推定にも利用できると考えられます。

自然と対話する木造パッシブソーラー住宅

神戸芸術工科大学 様 事例紹介

『STREAM』を活用し、海と山に囲まれた神戸独特の自然のリズムを住宅に取り入れ、快適性、機能性、安定性を追求

神戸の森 エコやBAOBAB(神戸市)



目的

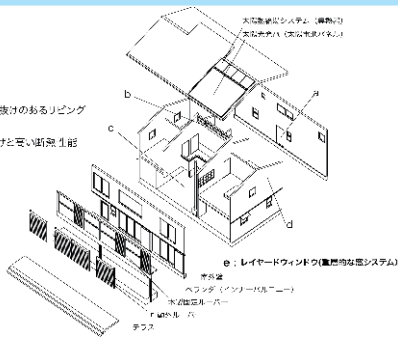
南に海を抱き、北に六甲山系を背負った神戸の風のリズムは、朝に南からやってくる海風、夜に北東から海にもどっていく陸風、そして海風と陸風が弱まったときに六甲山の谷間からやってくる北風で構成されています。

この神戸の風を最大限活かせるように南北どちらの方向からの風でも効率的に通風できるプランを考えました。季節や生活シーンに合わせて通風パターンをつくることも可能となります。

解析モデル

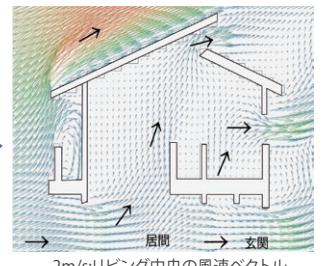
自然エネルギーをとりこむ パッシブデザイン・エレメント

- : 北アプローチ・玄関
- : 居間
- : 南北に開放された取付けのあるリビング
- ◇: 自然素材の内装仕上げと高い断熱性能
- : レイヤードウィンドウ



海風・陸風をとりこむ南北に開放されたプラン

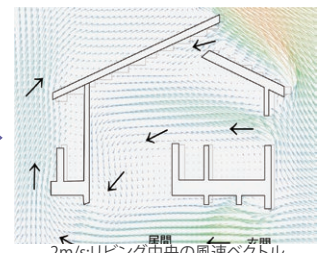
解析結果



2m/s:リビング中央の風速ベクトル

～風とすどす、アウトドア・リビング～

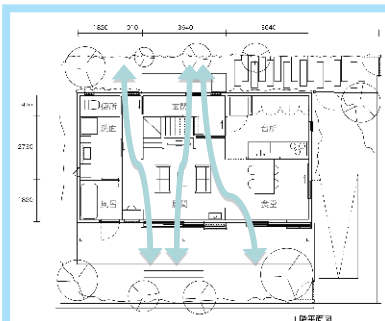
南北に位置する玄関とテラス戸に加え、様々な窓や扉を開閉することにより、風は家中を駆け巡ります。家の中に居ながら外の環境とつながるアウトドア・リビングが可能になります。



2m/s:リビング中央の風速ベクトル

～夏ひんやりした北側環境を利用し冷涼する～

日没後、陸風が玄関や北側のアプローチを通りリビングに冷気を運びます。南側は日中に、外ルーバーと雨戸などで照り返しを遮断することで、より涼しさを得ることができます。



モデルプランA	
1階床面積	54.6㎡(16.5坪)
2階床面積	45.9㎡(13.9坪)
建築面積	63.8㎡(19.3坪)

comment

元来備わっていた伝統的な民家の様な、四季の移ろいに歩みを合わせ暮らす地域風土に根ざした建築の設計作法を進化させたものが『ナチュラルパッシブ・自然と対話する家』です。風や光など自然のリズムと交感する快適さを得る暮らしをデザインすることが、環境へ与えるインパクトも小さく、真の省エネルギー住宅なのです。また、地域の自然素材に包まれた生活が五感を育む空間になり、質の良い心地良さがえられるのです。今回STREAM®を活用することにより、神戸の自然を考慮したパッシブデザインにおいて効率的な通風プランの検討を行うことができました。

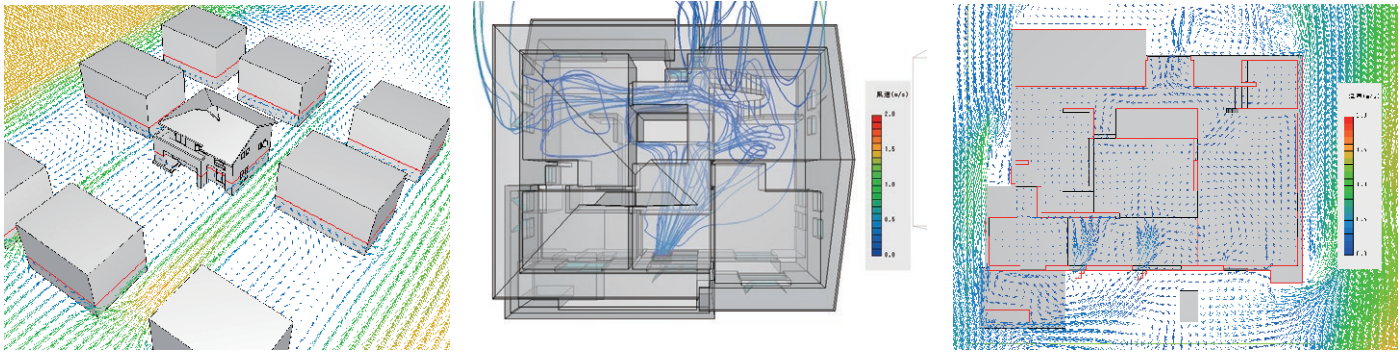
戸建て住宅の通風検討

通風による省エネ性能を評価

通風状態を三次元的に解析

ある窓からの風が室内をどのようにして抜けていくかが把握できます。

周辺建物の影響も考慮した検討 **窓からの風がどこに流れるかを検討** **1階部分の流れベクトル図**

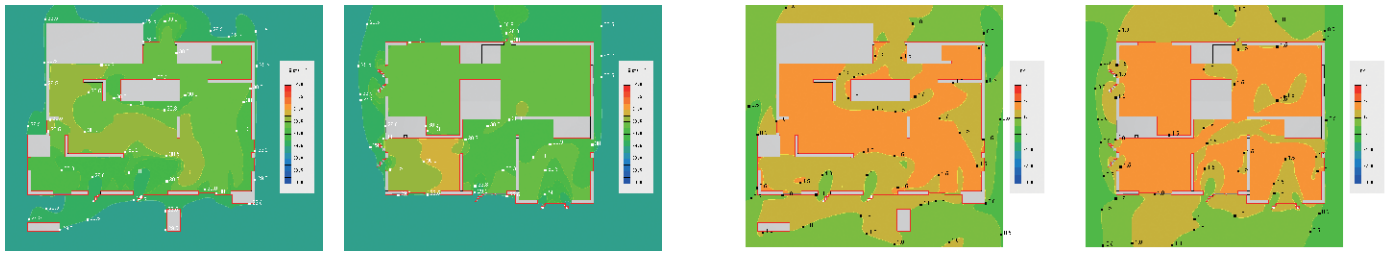


設定条件 外部風： 風速3m/s[基準高さ74.5m] 外気温： 気象統計データより1時間毎変動 内部発熱： ゾーンスケジュール日本建築学会モデル (体積発熱)	計算条件 要素数： 5,553,060要素(マルチブロック利用) 計算時間 300サイクル、4時間15分(2並列)、定常解析(流れ、熱) 5040サイクル、9時間30分(2並列)、非定常解析(熱のみ)
---	--

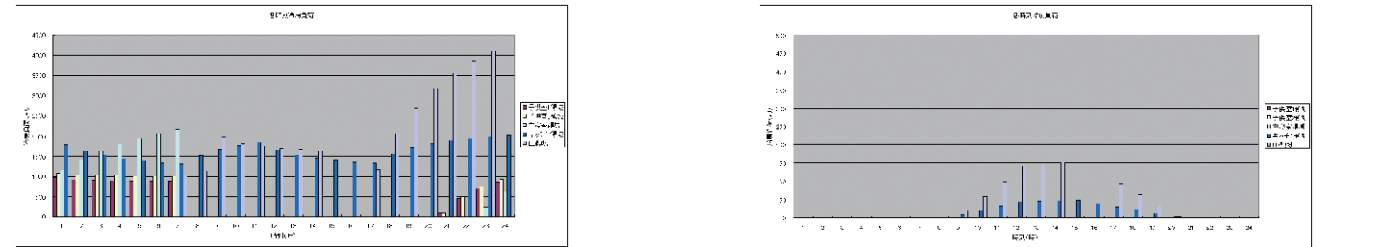
内部発熱と通風による排熱を考慮した24時間分の検討

通風によってどの程度省エネになるのかを把握

夜21時の室内温度分布 **夜21時の快適性指標(PMV)分布**



各室の冷房負荷(通風なし) **各室の冷房負荷(通風あり)**



※室内温度が27℃になるようにエアコンが稼働すると仮定

comment

戸建て住宅における通風は、夏季や中間期における省エネ性、快適性を検討する上で重要な要素です。一方で、風は目に見えないため、実験などで流れの様子を観察するのは容易なことではありません。STREAMなど流体解析で通風の状態を可視化することで、省エネ性や快適性への効果を理解するのに役立ちます。

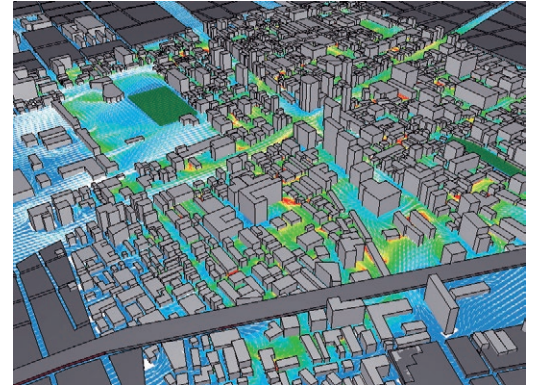
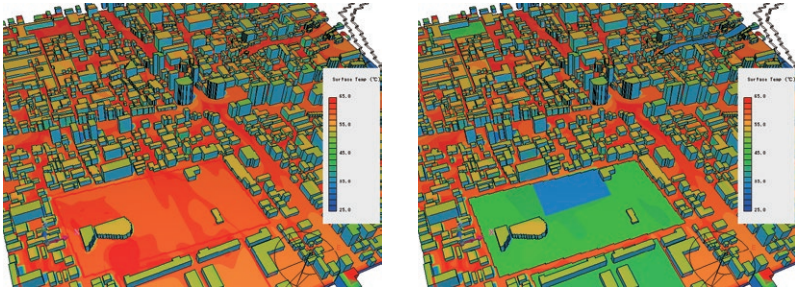
ヒートアイランドの検討

建物や地表面の緑化の効果を検討

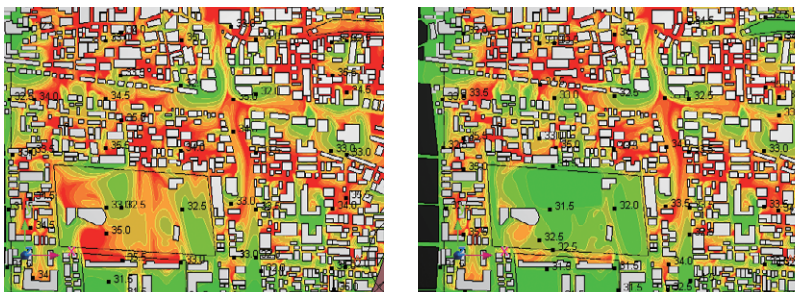
地表面の違いによる表面温度低減効果と気温への影響

アスファルトの駐車場を芝生と樹木を植えて公園にしたら……。地表面の温度が20℃低下、さらに樹木による日陰は30℃低い表面温度になります。また、表面温度の低減と緑化による蒸散効果は気温にも影響します。

表面温度(左：アスファルト、右：緑化)



気温(左：アスファルト、右：緑化)



設定条件

日射条件：7月23日13:00 東京
 風向・風速：5.3m/s[基準高さ6m]、南風
 外気温：31℃
 地中温度：地下10mを15℃に固定
 植栽の蒸発潜熱は日射吸収率、マイナスの発熱量に換算

計算条件

要素数：50,590,242要素
 計算時間：250サイクル、約14時間(12並列)、定常解析

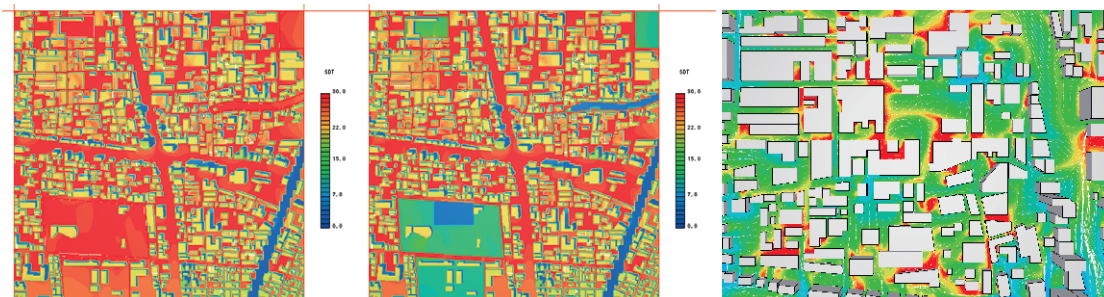
気温への影響とヒートアイランドポテンシャル(HIP)

ヒートアイランドポテンシャル(HIP)とは?

建物や地面がヒートアイランド現象を起こしうる度合いを評価するために開発された指標で、建物や地面などすべての表面から発生する顕熱の街区面積に対する割合

表面温度と気温との差(左：アスファルト、右：緑化)

気温と風の流れ



HIP:27.82℃

HIP:25.52℃

通風を確保し熱溜まりを無くす

$$HIP = \int (T_s - T_a) ds / A$$

T_s : Surface temperature at small area [degree C]
 T_a : Air temperature [degree]
 ds : Area of small area [m²]
 A : Horizontal projected area [m²]

comment

都市計画や住宅街の周辺環境を検討する上で、ヒートアイランドの抑制は重要な課題です。ヒートアイランドの検討では、地表面や植栽の状況を考慮しなければいけません、同時に風の流れも重要な要素となります。風がよどみ通風が阻害されている街区では、排熱が進まず温度上昇の原因にもなります。STREAMでは、非常に広範囲でも、流れと熱の問題を検討することができ、通風も含めた都市のヒートアイランド予測を行うことが可能です。

クリーンルーム内における台車ファンの検討

村田機械株式会社 様 事例紹介

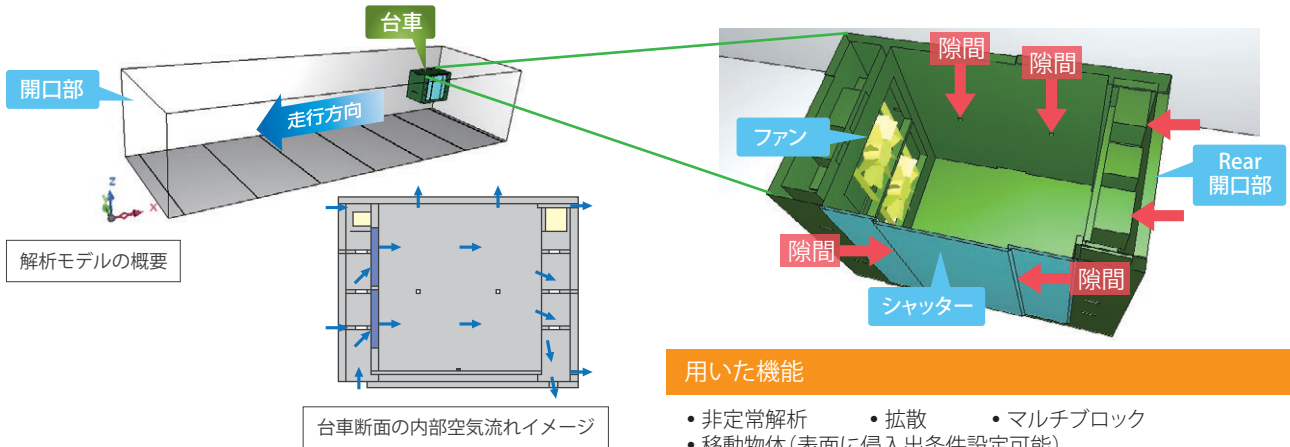
移動台車内部への外部空気の侵入状況をシミュレーションで確認

解析の目的

台車が走行する際、開口部から台車内部へ埃を含む外気の侵入が懸念される。このモデルでは、台車内部でファンを稼働させての圧力上昇で、外気進入を防ぐ対策が検討されている。ファン流量の影響を検討する。

移動物体表面における侵入境界の概要

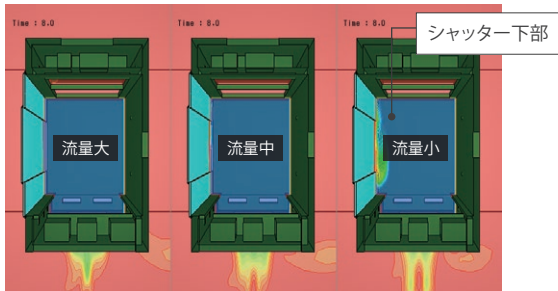
ファンの流量を大・中・小の3パターンで解析し、外気侵入の有無を比較する。台車内部と外部の空気それぞれに指標となる濃度を設定し、その濃度分布の様子を確認する。



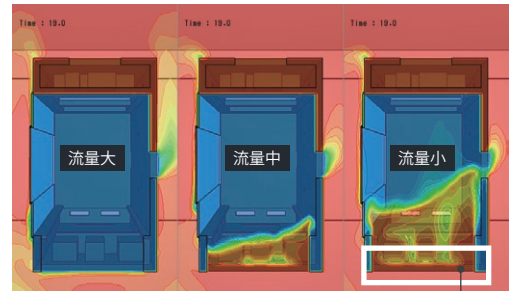
シミュレーションによる解析結果

ファン流量(図：左から大・中・小)が小さい場合、台車移動開始直後はシャッターから、減速時～停止時は台車上部にあるRear開口部から外気の侵入が確認された。ファン流量が大きくなると台車内部への外気の侵入はほぼ認められないことが分かった。

台車移動開始直後(8秒後)

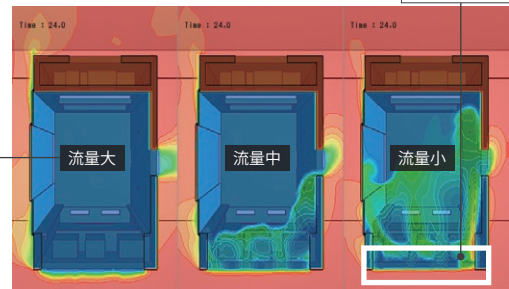
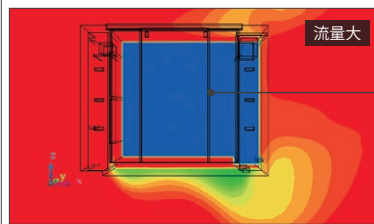


台車減速時(19秒後)



台車停止時(24秒後)

24秒後、ファン流量大のときのY軸断面の様子 → 外気の侵入なし



comment

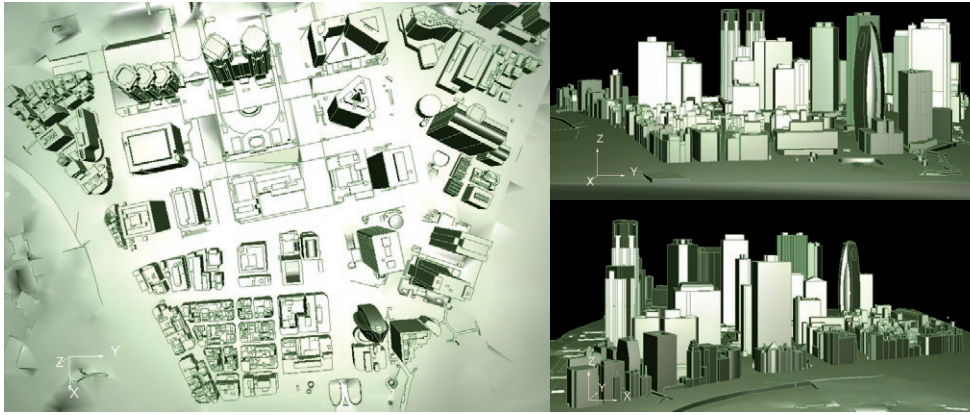
移動物体表面の侵入出条件で、台車内ファンのモデル化が可能になり、台車内部への外気侵入抑制効果の確認が可能になった。

風環境シミュレーション

STREAM 事例紹介

『STREAM』を用いて街区全体の風の流れを把握

解析モデル



解析モデルデータ概要

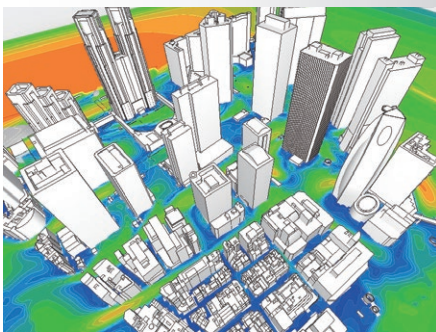
解析地域：
新宿区某所オフィス街
(詳細形状モデル)

解析範囲：
900m×1100m

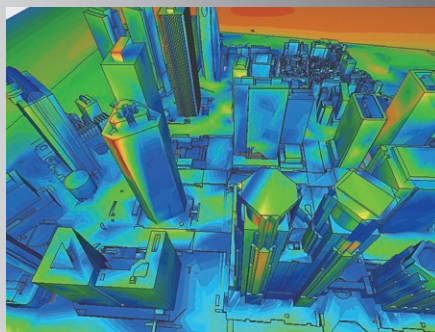
地図データ提供 宙テクノロジー株式会社

解析結果

● 風速コンター

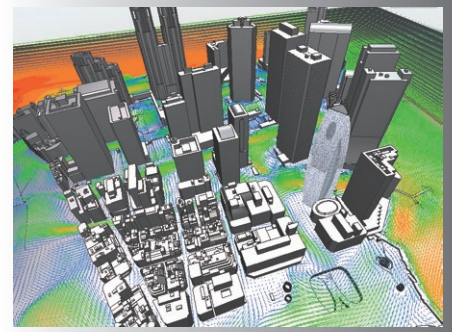


風の強さを色別に表示



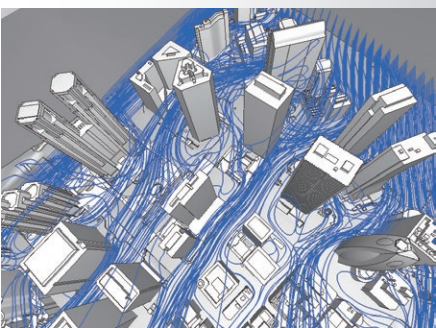
建物近傍風速分布

● ベクトル

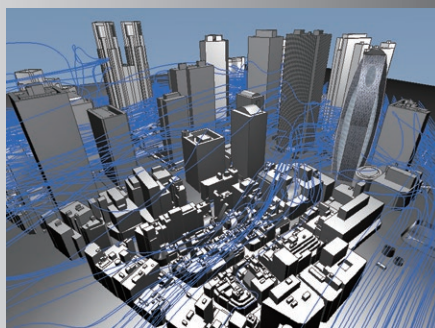


風向きを矢印で表現し
色の違いで風速を表現

● 流線



風の流れを線で表現



シミュレーションによる 検討のメリット

実測では建設前後に長期調査が必要となりますが、解析を行う事で、短期間での予測が可能です。

風洞実験で必要となる模型の準備期間や、金銭コストを抑えることが可能です。

comment

- 環境アセスメントや近隣説明に必要な計画建物周辺の風環境予測・評価を行うことができます。
- 3次的に気流の分布などを把握でき、環境悪化が懸念される箇所には植栽などによる風害対策を事前に検討できます。



お問い合わせはこちら





Hexagon はセンサー、ソフトウェア、自律型テクノロジーを組み合わせたデジタルリアリティのグローバルリーダーです。当社は産業、製造、インフラ、公共部門、モビリティアプリの全域でデータを活用することで効率、生産性、品質および安全性を高めています。

当社のテクノロジーは生産と人に関連するエコシステムを形成し、接続と自律化を拡大し続け、スケーラブルで持続可能な未来を保証します。

HexagonのManufacturing Intelligence 事業部は、設計とエンジニアリング、製造、および計測分野のデータを活用し、製造をよりスマートにするためのソリューションを提供しています。

Hexagon (ナスダック・ストックホルム HEXA B) についての詳細は、hexagon.com をご覧ください。また [@HexagonAB](https://twitter.com/HexagonAB) をフォローしてください。