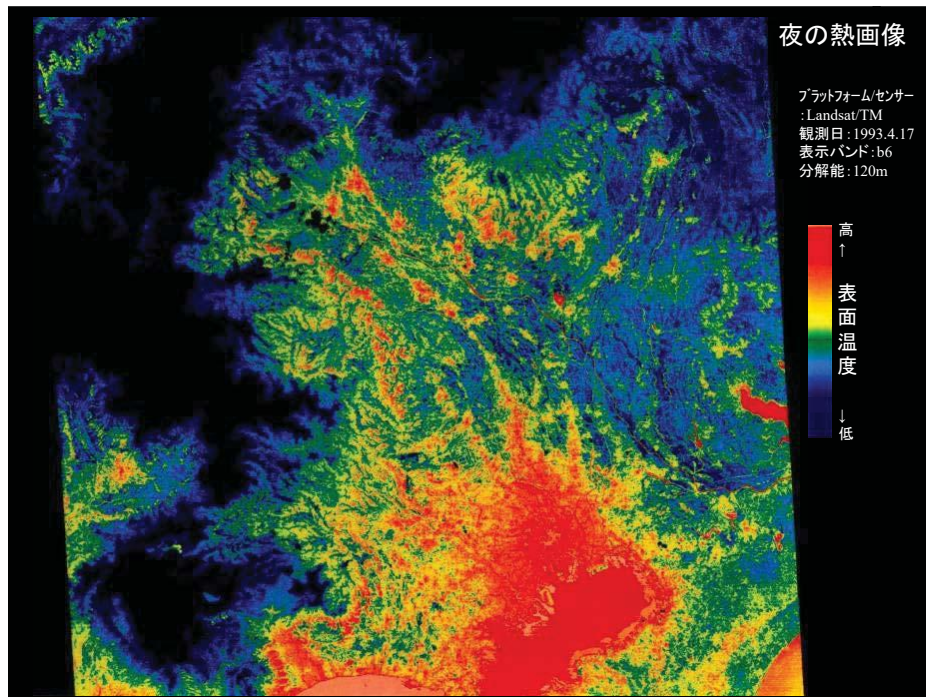


建築学: 快適性を科学する 「都市の快適環境とシミュレーション」

東京工業大学
環境・社会理工学院 建築学系
浅輪貴史

本日の内容

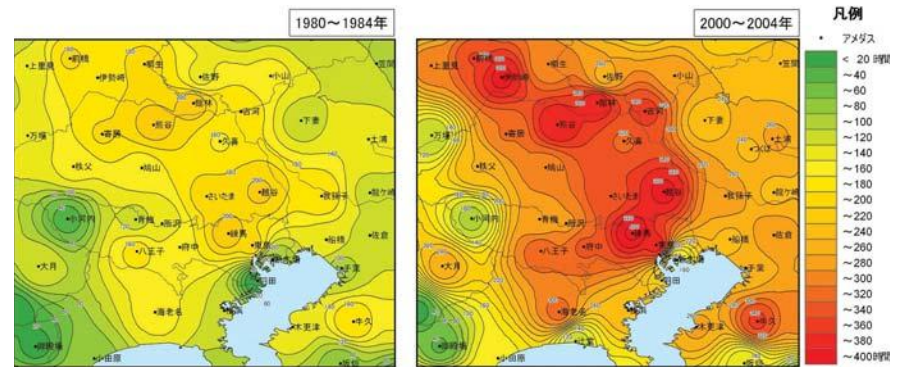
- ✓ ヒートアイランドとは？
- ✓ 我々が感じる“暑さ”
- ✓ 表面温度に着目する
- ✓ “クールスポット”を創り出す
- ✓ コンピュータシミュレーションの活用



ヒートアイランド現象とは？

ヒートアイランド現象 (Heat Island = 熱の島) とは、都市の気温が周囲よりも高い状態のことである。

一般に、気温分布図を描くと等温線が都市を取り囲む様子が地形図での島のような形になることから、このように呼ばれる。

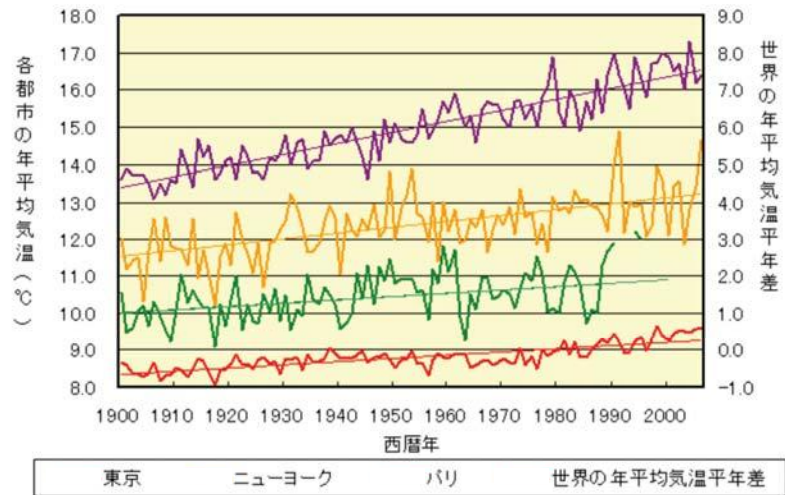


関東地方における30°Cを超えた延べ時間数の広がり(5年間の年間平均時間数)

単位: 時間/年

出典 環境省資料

都市は暑くなっている？



気象庁 ヒートアイランド監視報告

都市はなぜ暑い？

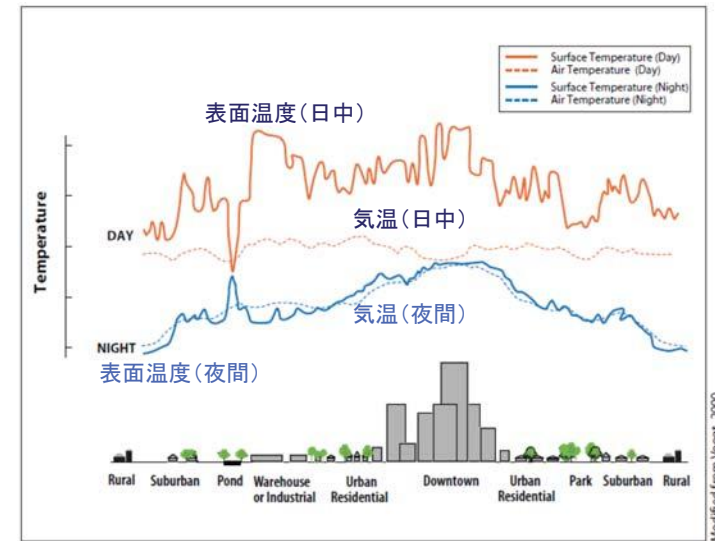
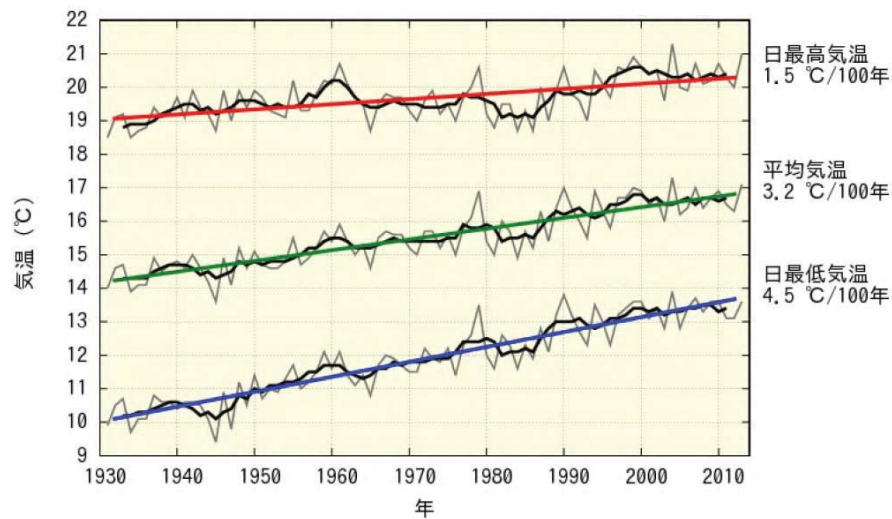


Figure Variations of surface and atmospheric temperatures
<Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies, U.S. Environmental Protection Agency, 1992>

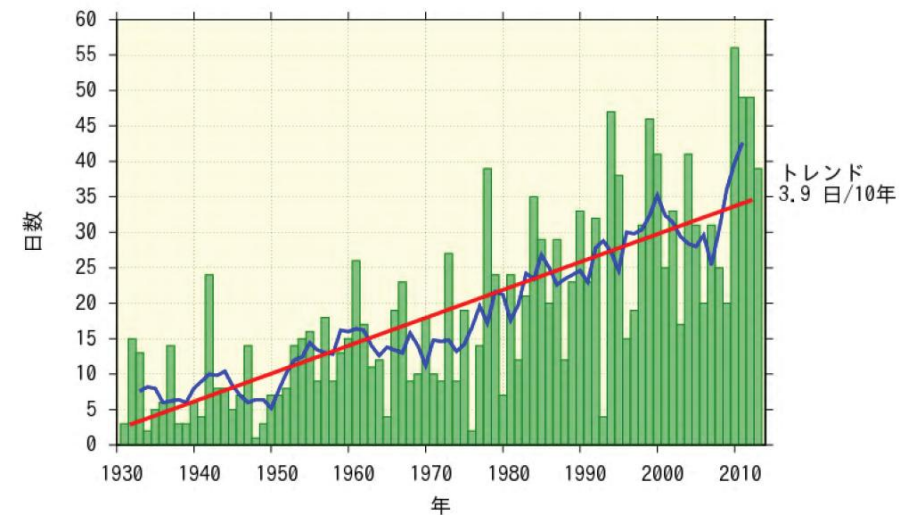
東京の気温の経年変化



気象庁 ヒートアイランド監視報告 平成25年

東京の熱帯夜の年間日数

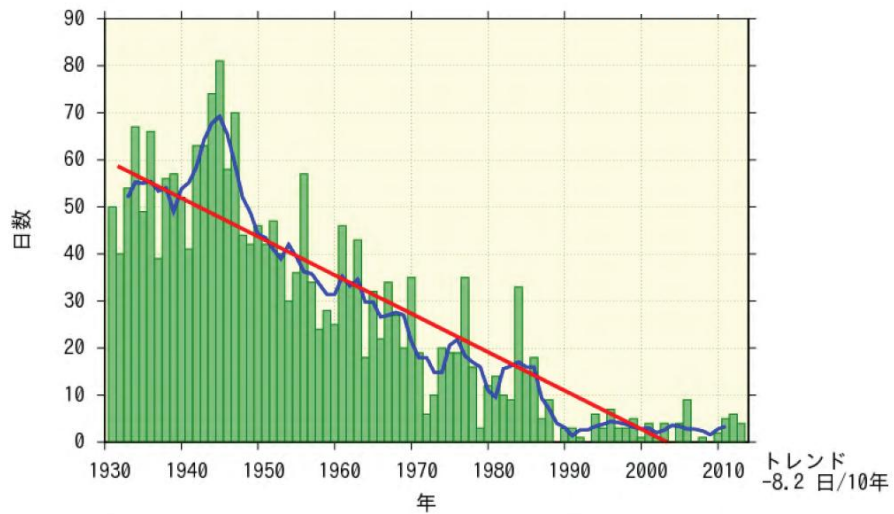
熱帯夜: 日最低気温が25°C以上の日



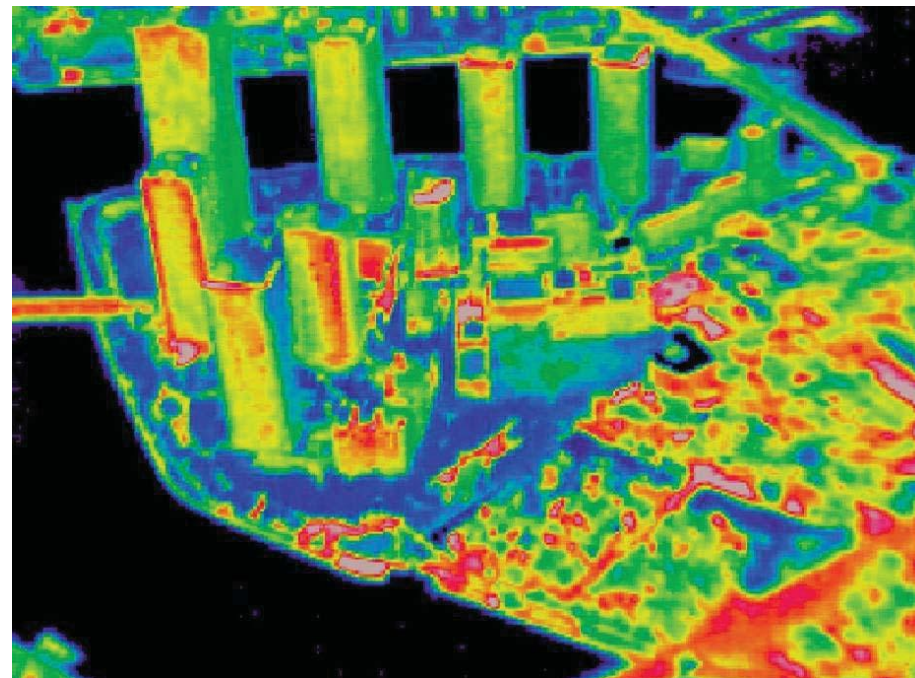
気象庁 ヒートアイランド監視報告 平成25年

東京の冬日の年間日数

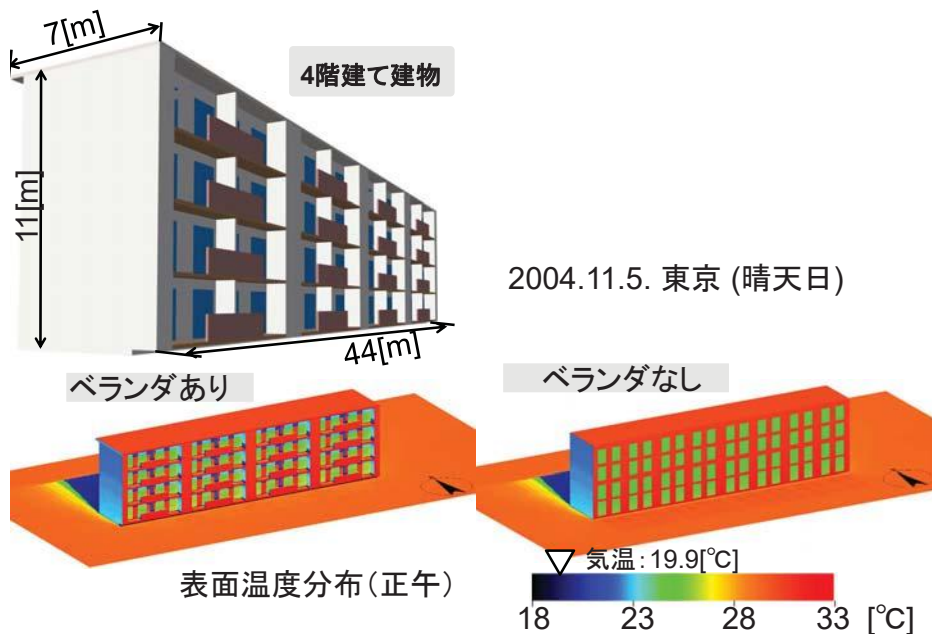
冬日：日最低気温が0°C未満の日



気象庁 ヒートアイランド監視報告 平成25年

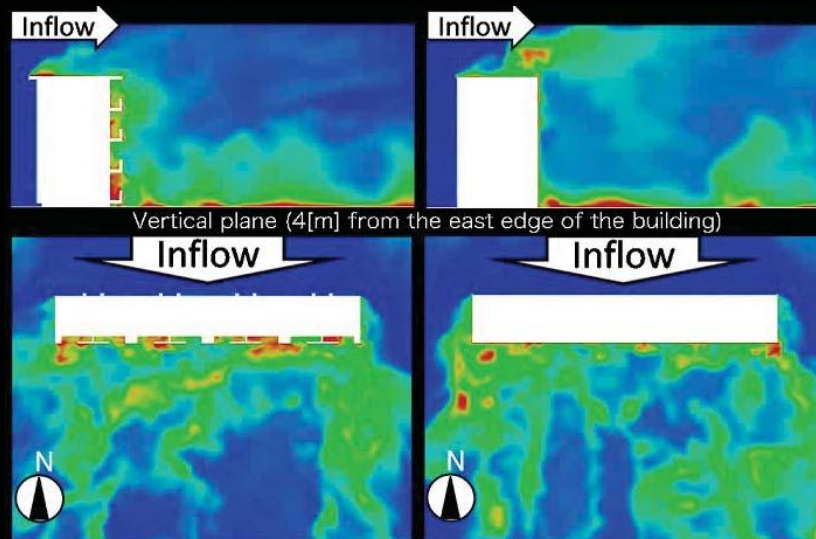


地表や建物表面の表面温度の上昇



地表や建物表面の表面温度の上昇

対流により大気を暖める



ヒートアイランド現象の原因

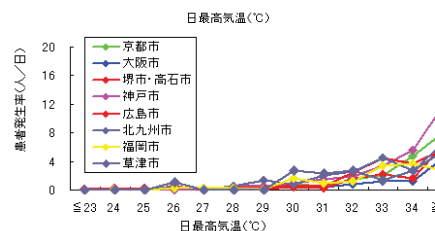
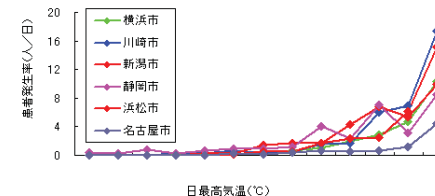
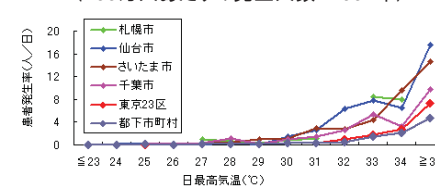
- (1) 空調システム、電気機器、燃焼機器、自動車などの人間活動により排出される**人工排熱の増加**
- (2) 緑地、水面の減少と建築物・舗装面の増大による**地表面の人工化**
- (3) 市街地の通風阻害による熱のよどみ
- (4) 天空率の低下による放射冷却の抑制作用
- (5) 細塵や大気汚染物質による温室効果、等

平成16年ヒートアイランド対策大綱より



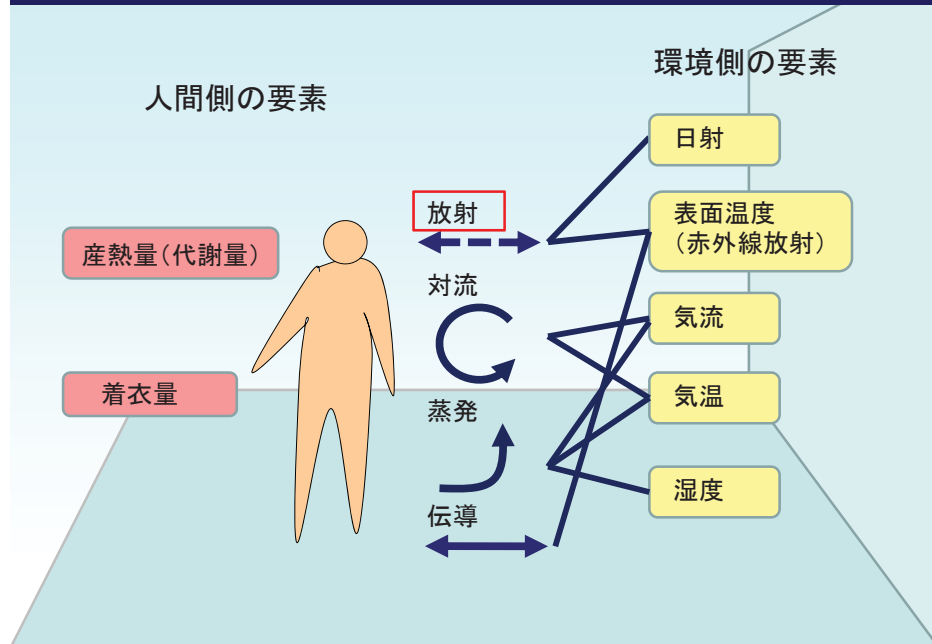
熱中症患者発生率 日最高気温との関係

(100万人あたりの発生人数 2007年)

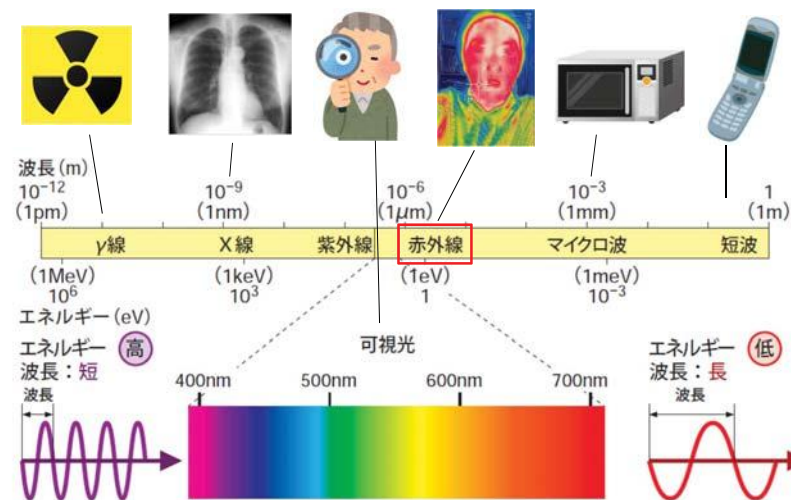


出典：国立環境研究所
熱中症患者者速報

人間と環境の間で行われる熱交換

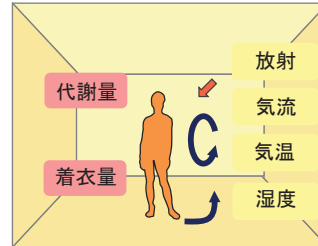
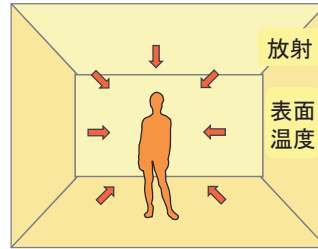


電磁波の中の“赤外線”



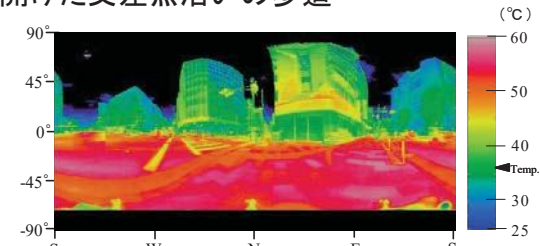
温熱環境の評価指標

- ✓ **平均放射温度 MRT**
(Mean Radiant Temperature)
: 放射環境の指標
⇒ 気温と同じ程度、快適性に影響
- ✓ **標準新有効温度 SET***
(Standard New Effective Temperature)
: 熱的快適性の総合指標
(気温、湿度、気流、放射、代謝量、着衣量を考慮)
- ✓ **黒球湿球温度 WBGT**
(Wet Bulb Globe Temperature)
: 熱ストレスの指標
(乾球温度、湿球温度、グローブ温度を考慮)

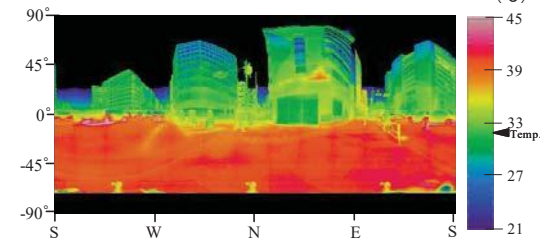


表面温度分布

開けた交差点沿いの歩道



8/4 12:25/気温:35.9°C/MRT:42.7°C

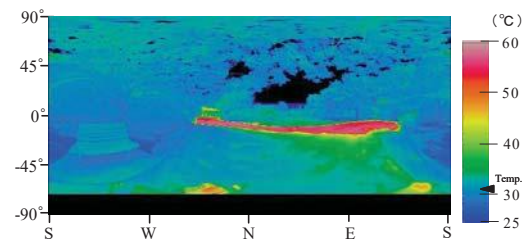


8/4 20:36/気温:32.0°C/MRT:33.8°C

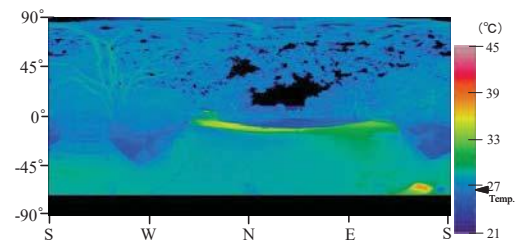


表面温度分布

緑陰空間のベンチと歩道空間



7/27 12:00/気温:30.8°C/MRT:32.0°C

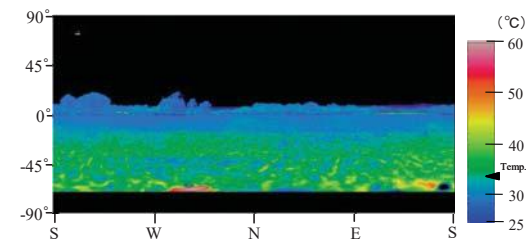


7/27 19:14/気温:27.1°C/MRT:27.4°C

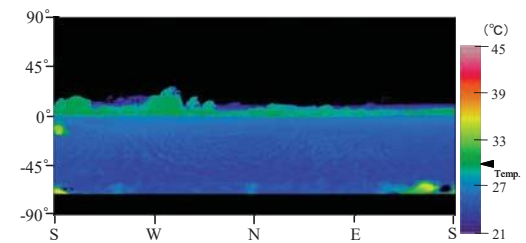
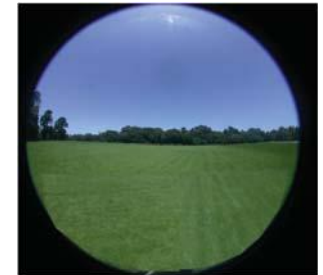


表面温度分布

天空の開けた芝地



7/26 12:04/気温:33.7°C/MRT:30.4°C

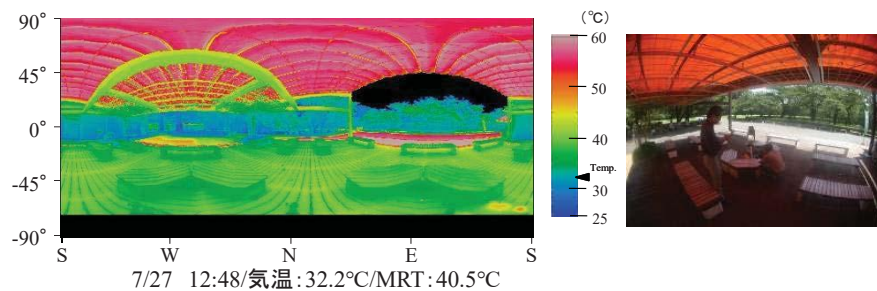
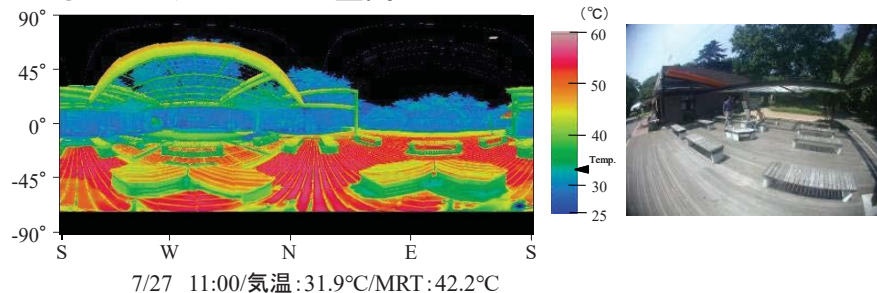


7/26 18:56/気温:29.9°C/MRT:22.9°C

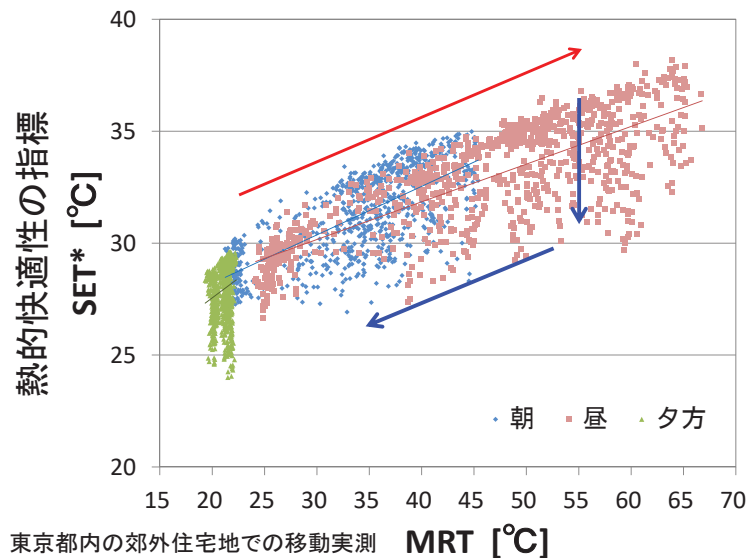


表面温度分布

オーニングテント下の空間

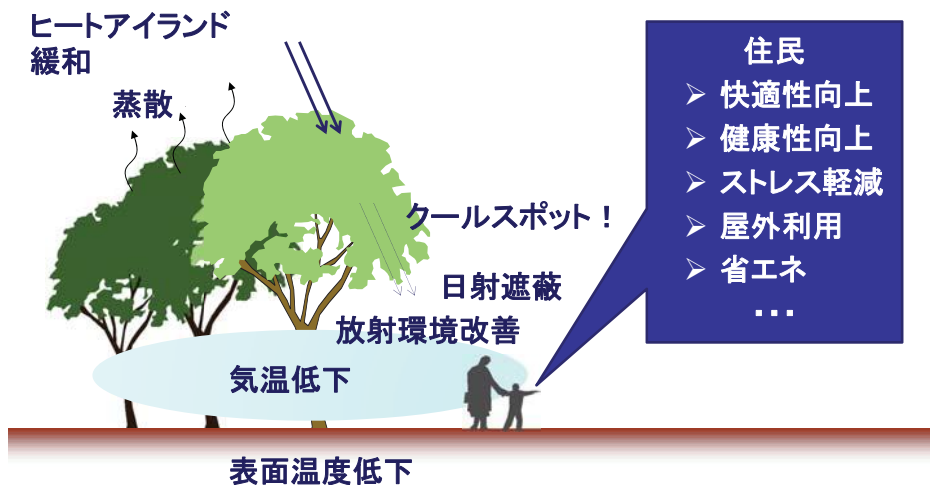


街の中の熱的快適性を分析する

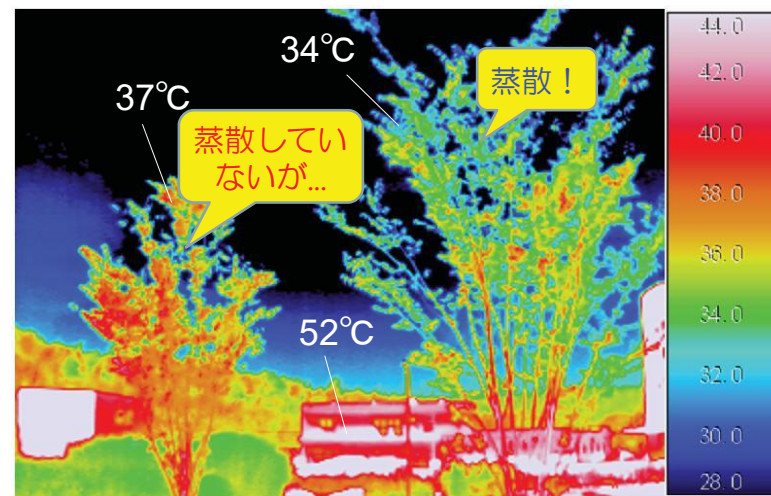


- ✓ 東京都内の郊外住宅地での移動実測
- ✓ 夏季晴天日の結果
- ✓ MRTは日射を考慮した値

樹木の暑熱環境改善と期待される効果



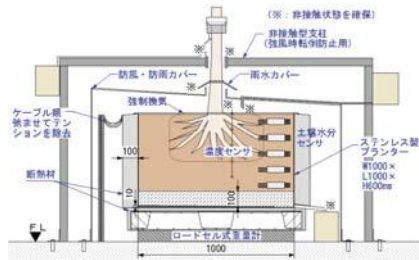
樹木は、都市をどの程度冷やしているのか?



夏季晴天日 土壌乾燥 (7日間灌水なし) 土壌湿潤 (十分な灌水あり)

樹木は、都市をどの程度冷やしているのか？

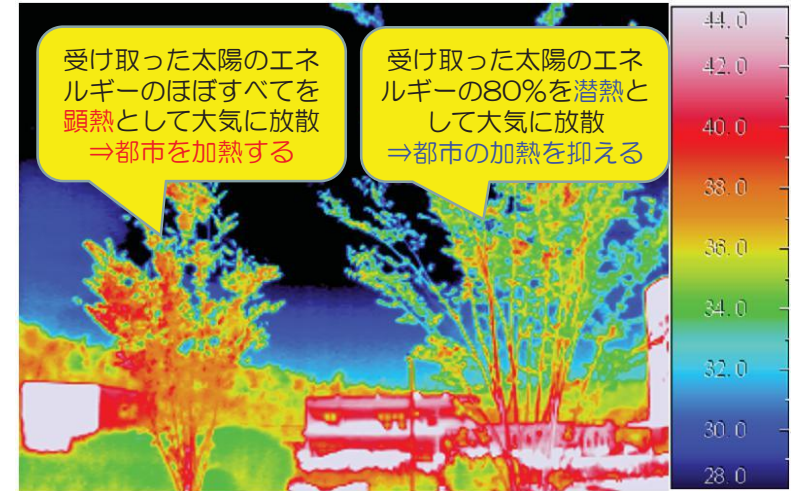
- ✓ 大型重量計に樹木を載せて、蒸散量を「直接」測定した。
- ✓ 年間にわたる高精度な測定が可能に。



参考文献: 浅輪・他, 日本緑化工学会誌, 38, 2012.8
浅輪・他, 日本緑化工学会誌, 39, 2014.5

樹木は、都市をどの程度冷やしているのか？

✓ 明らかになったこと



夏季

晴天日

土壤乾燥 (7日間灌水なし)

土壤湿潤

(十分な灌水あり)

都市空間にある物体のスケール



葉



庇、ベランダ



壁面、地面

スケール



対流熱伝達率



“蒸散しない樹木”の特徴を逆手に取った技術

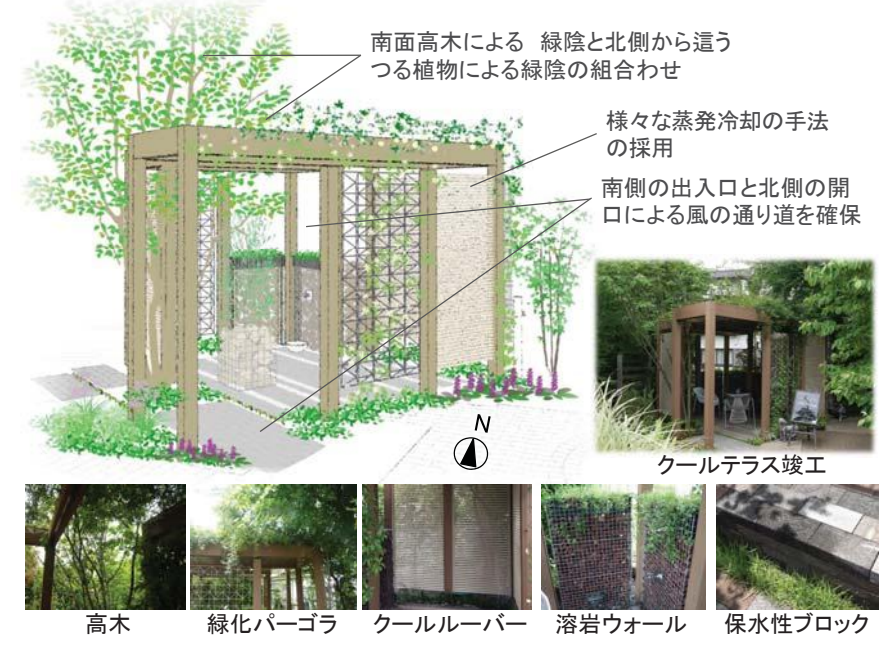
- ✓ 地球物理学の教授(京都大学・酒井聡教授)が開発



フラクタル日よけ “シェルピンスキーの森”



クールテラス (ミサワホーム総合研究所との共同研究)



✓日射遮蔽

✓通風

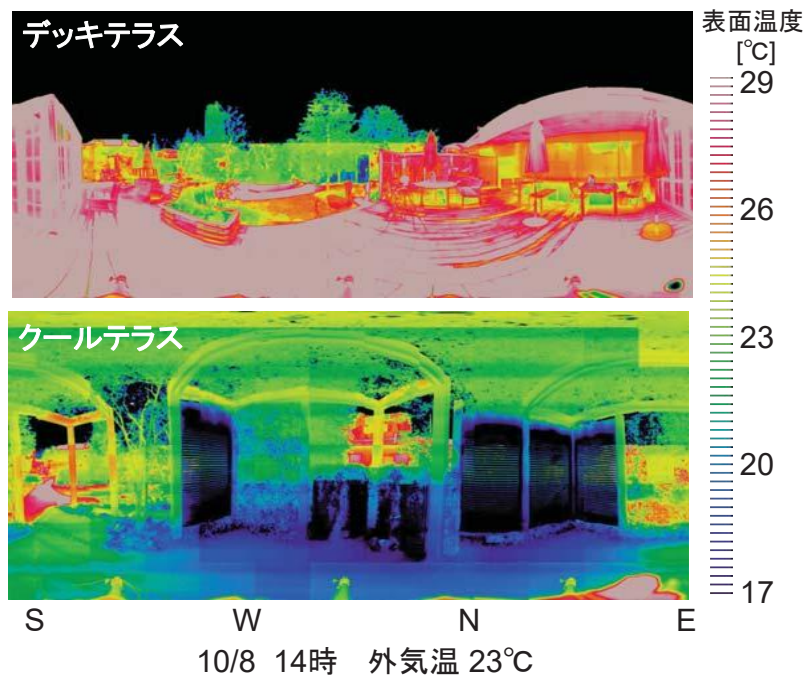
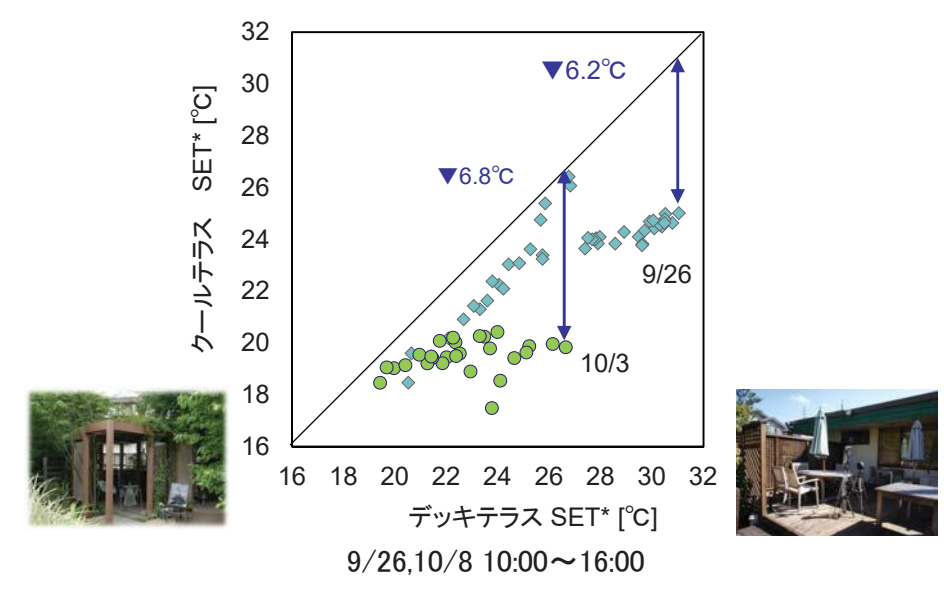
✓蓄冷

“クールスポット”

✓蒸発冷却

✓大気放射冷却

熱的快適性の指標 標準新有効温度 SET*



建築3次元CADを用いた屋外熱環境シミュレーションツールの開発

- 快適で環境負荷の少ない建築と都市の環境設計のためのツールを目指す
- 設計実務において活用できる、建築と屋外空間の熱環境シミュレーションツールを開発

設計ツール(3D-CAD)



(CAD: Computer Aided Design)

熱環境シミュレーション



統合



33

開発の経緯

- 建築設計で活用される3D-CADの可能性に着目し、研究開発に着手(1998年～)
- NEDOの「大学発事業創出実用化研究開発事業(2003～2004年)」の助成を受け、実用化研究開発
- 共同研究先であるCADソフトメーカーのイーアンドエー株式会社より商品化(2006年、商品名ThermoRender)
- 2008年度 グッドデザイン賞【金賞(ベスト15)】を受賞

A&A環境設計(株)
サーモレンダー3
THERMORender Pro



熱環境に配慮した設計の重要な視点

- 空間(デザイン)と材料の両面を考える
- 立地・気候特性を読み解く
- 定量的な予測・評価のプロセスを組み込む
- 周辺環境に及ぼす負荷を抑制する
- 居住者にとって快適な生活環境を創出する
- 分かり易く可視化して示す

ツールの主な用途

- 建物や街区の設計段階における熱環境性能の確認
- 施主への環境評価のプレゼンテーション
- エコ・コンペの企画書作成
- 公共施設のエコ改修における環境プロポーザル
- 熱環境設計のコンサルティング
- 大学・研究機関における研究・教育目的の使用

表面温度の予測・評価

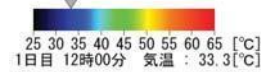
夏季晴天日・12時

CASE1 現状

表面温度分布



➤ 川沿いの歩道の放射環境が悪化



表面温度の予測・評価

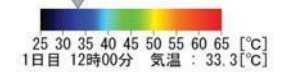
夏季晴天日・12時

CASE2 並木植栽

CASE2 並木植栽



➤ 並木による放射環境の改善

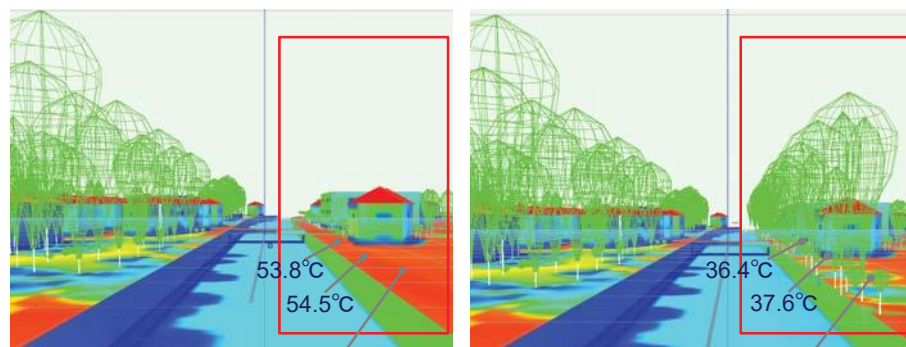


表面温度の予測・評価

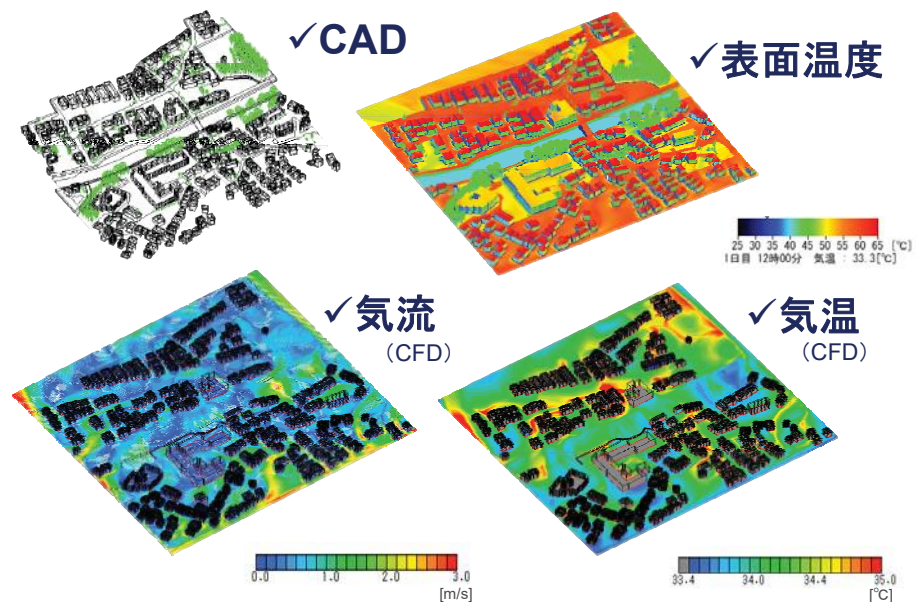
夏季晴天日・12時

CASE1 現状

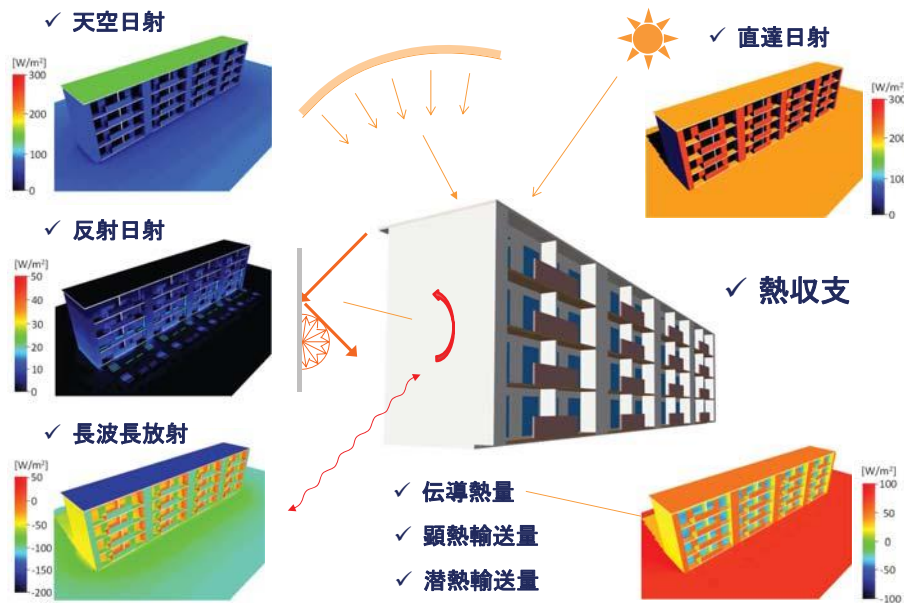
CASE2 並木植栽



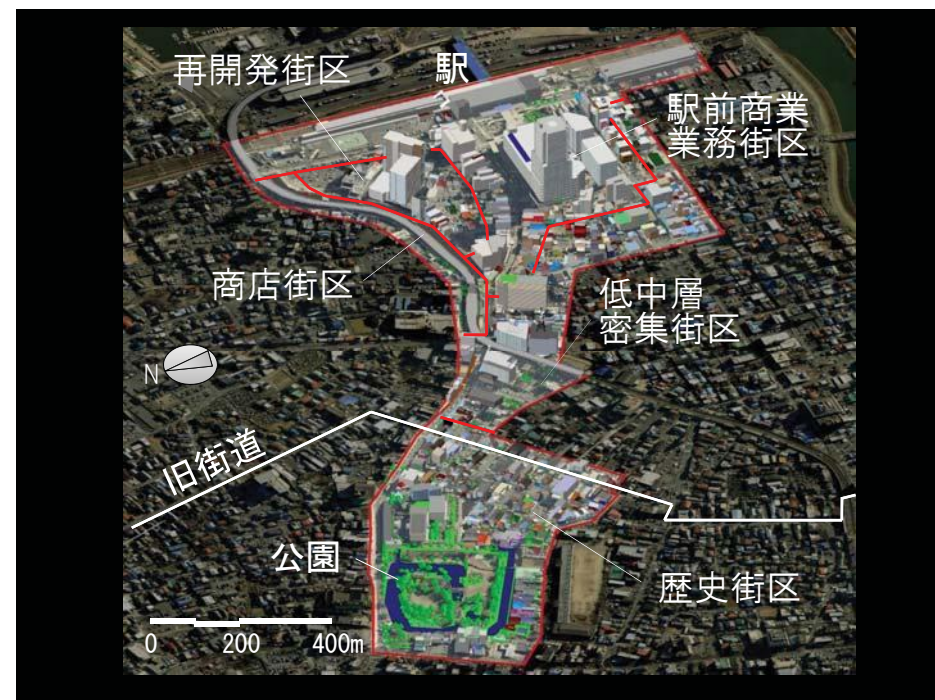
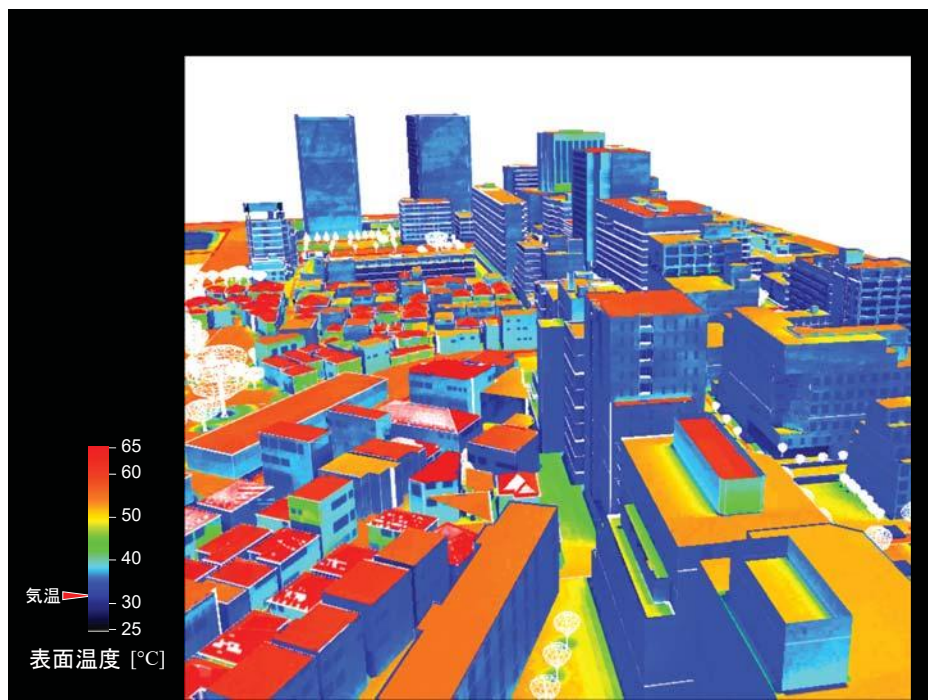
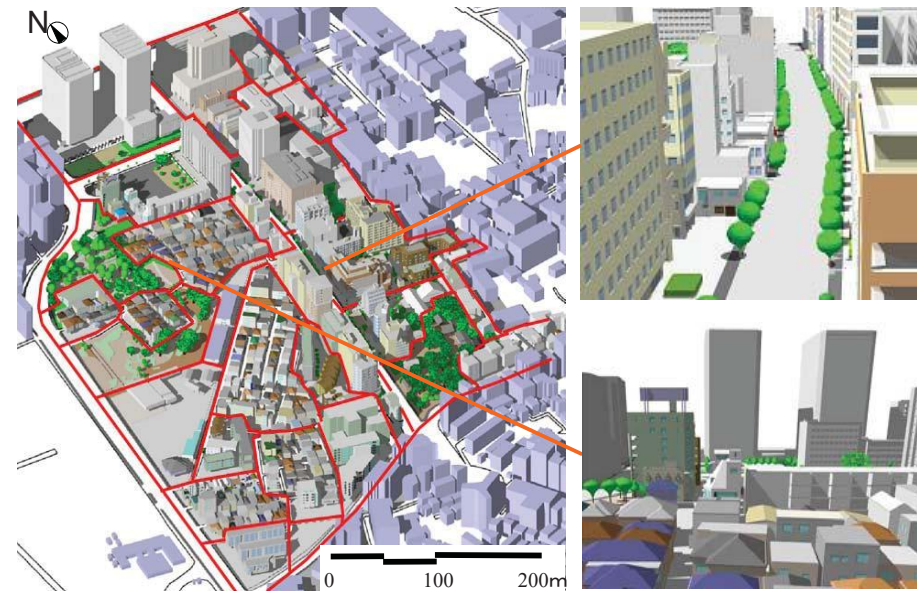
熱環境の予測・評価



都市空間における伝熱の解析

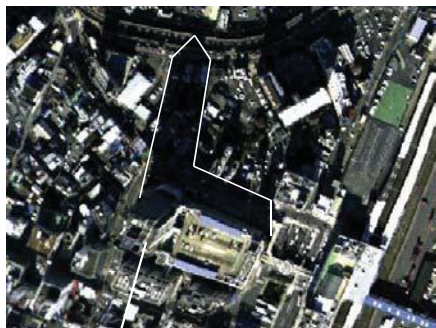


3D CADによる実在都市空間の再現

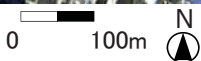


航空機リモートセンシングによる可視画像と熱画像

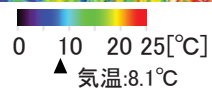
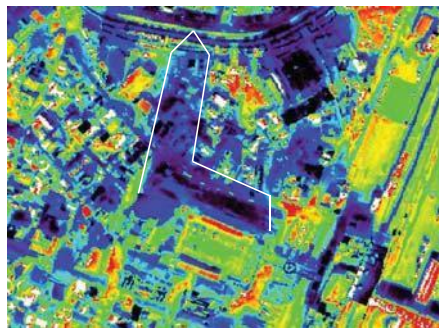
✓ 可視画像



高層建物



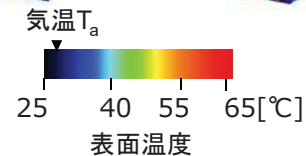
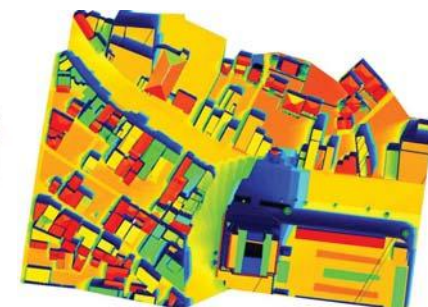
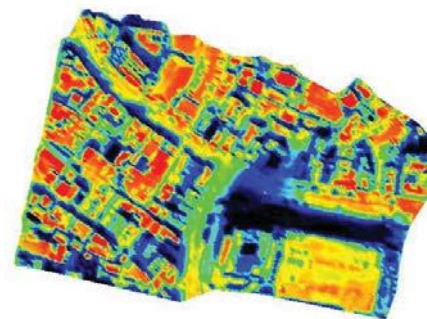
✓ 熱画像



リモートセンシングと解析結果との比較(夏季)

リモートセンシング観測

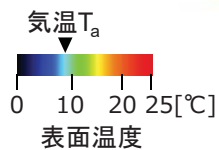
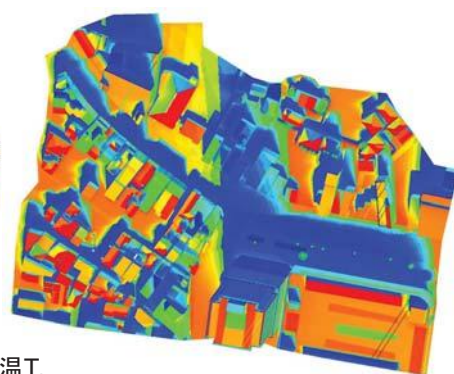
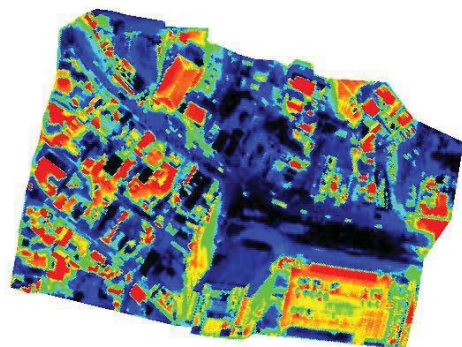
熱収支解析



リモートセンシングと解析結果との比較(冬季)

リモートセンシング観測

熱収支解析



中心市街地の空洞化と空き家・空地の増加

