HPCIの利活用事例紹介

ー頻発する極端気象災害に対する 都市・建築のレジリエンス強化ー

2019年3月27日

建築CFDコンソーシアム スーパーコンピューティング技術産業応用協議会(産応協/ICSCP)

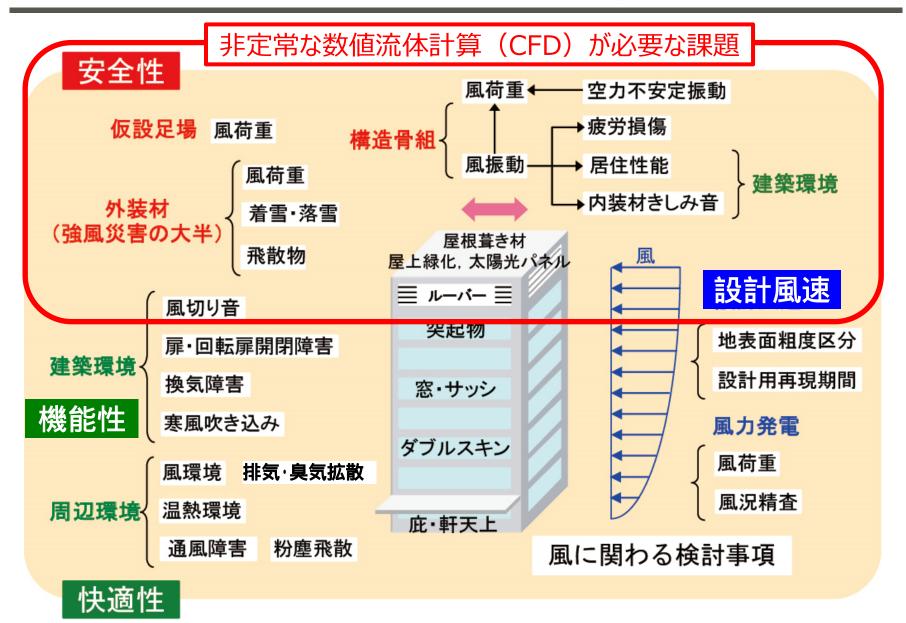
本日の発表内容

- 1. 都市・建築における風に関わる様々な課題
- 2. 事例紹介
 - -産学官連携の建築CFDコンソーシアムでの取組みー
 - (1)建築基準整備促進事業での取組み -複雑な表面形状を持つ建築物での検証事例-
 - (2) 広域市街地における設計風速の評価事例
 - (3)ポスト「京」重点課題4「観測ビッグデータを活用した気象と地球環境の予測の高度化」での取組み
 - 気象データマイニングによる局地的突風解析と接地 乱流場に基づく建築構造物の被災推定-
- 3. 今後の取組み

(参考資料) 建築CFDコンソーシアムの取組み

1. 都市・建築における風に関わる 様々な課題

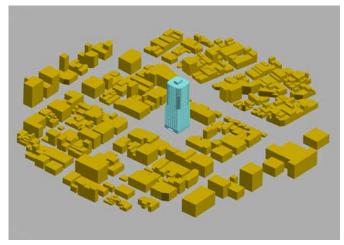
都市・建築における風に関わる様々な課題



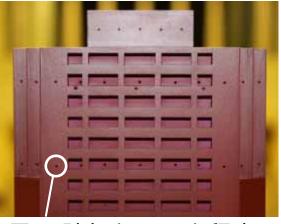
風荷重評価に対する風洞実験と数値流体計算の特徴



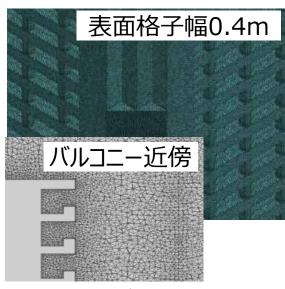
模型縮尺1/400



風洞実験スケール〜 実寸



風圧測定孔(500点程度)



表面境界層格子厚さ0.06m

(青字:長所 赤字:短所)

【風洞実験】

- ・測定精度が高い
- ・統計的信頼性が高い
- ・空間解像度に限界
- ・模型化範囲に限界
- ・レイノルス、数の再現は困難
- ・模型製作2か月、実験1~2 週間

【数值流体計算(LES)】

- ・風洞実験より高解像度
- ・広域市街地を再現可能
- ・HPCの性能向上によりレイルス* 数の再現可能性
- 計算精度確保には時空間の 高解像度計算が必要
- ・統計的信頼性の確保には多 数サンプルの計算が必要
- ·計算モデル作成・計算格子作成数週間、計算100万ノート。 時間程度(京コンピュータ)

先端的ソフトウェアへの期待 (建設・機械分野の例)

- ■頻発する極端気象災害に対する都市・建築のレジリエンス強化
 - ・極端気象現象(極大台風、竜巻、猛暑等)を想定した被害推定将来(10年程度)
 - ・新しい対災害設計法の確立

現状

- ・強風災害メカニズム推定 重点課題4の階層型格 子・壁面LESプログラム)
- 値解析による風荷重評価 進整備促進事業での検証
- ・数値解析による風荷重評価 の実案件への展開

近い将来(数年程度)

- ・数値解析の高速化による風 洞実験と同等の精度・時間 での耐風設計の実現
- ・数十億格子の高速計算
- ・極端気象に対する都市・建 築の強風災害リスク解析
- ・精緻な風圧情報取得による 耐風安全性向上
- ・強風災害リスクの定量化

・将来増強する台風を想定し た新しい耐風設計法確立

- ・極端気象現象を含む気象モ デルとの連成とマルチハザード への展開
- ・百億格子レベルの大規模・ 超大サンプル数の計算とAI 解析による不確定性の定量 化と設計法確立



・極端気象災害に対する都 市・建築のレジリエンス強化

1,000倍の計算能力

100倍の計算能力

階層型格子・壁面LESで計算効率化

重点課題④等との連携

課題設定段階 気象・建設分野の専門家による産学連携プロジェクト

東工大・神戸大・理研・建設会社等が組織する「建築CFDコンソーシアム」活動

2. 事例紹介

-産学官連携の建築CFDコンソーシアムでの取組み-

- (1)建築基準整備促進事業での取組み
 - ー複雑な表面形状を持つ建築物での検証ー

平成27~28年度「京」一般課題(競争的資金等獲得課題)

建築基準整備促進事業での取組み

設計業務での数値流体計算(CFD)の実用化を目指し、国土交通省建築基準整備促進事業「S18.風圧力、耐風設計等の基準への数値流体計算の導入に関する検討」において、モデル建物を対象として、風洞試験と同等な妥当性のある結果を得ることができる時間・空間解像度等の計算条件範囲を明確化することを目的とした調査を実施。受審者・審査者の双方が活用できるガイドラインを提示する。



バルコニーを有する住宅棟



環境配慮型ファサードを 有するオフィス棟



周辺街区有り

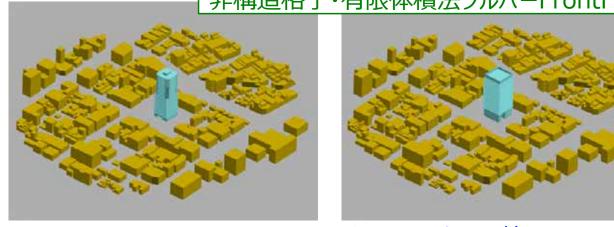


周辺街区無し

複雑な表面形状を持つ建築物

建築基準整備促進事業での取組み

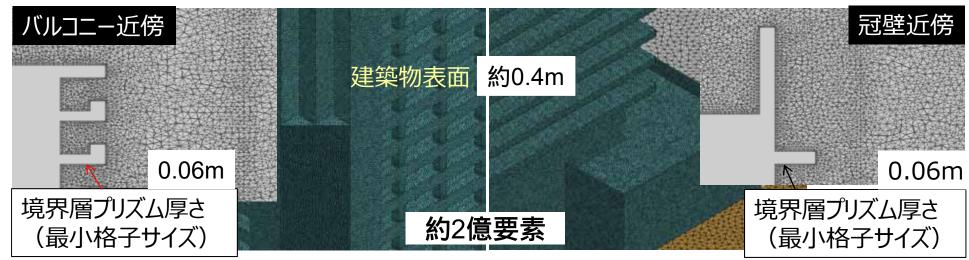
非構造格子・有限体積法ソルバーFrontFlow/red-HPC



住宅棟

解析モデル

オフィス棟



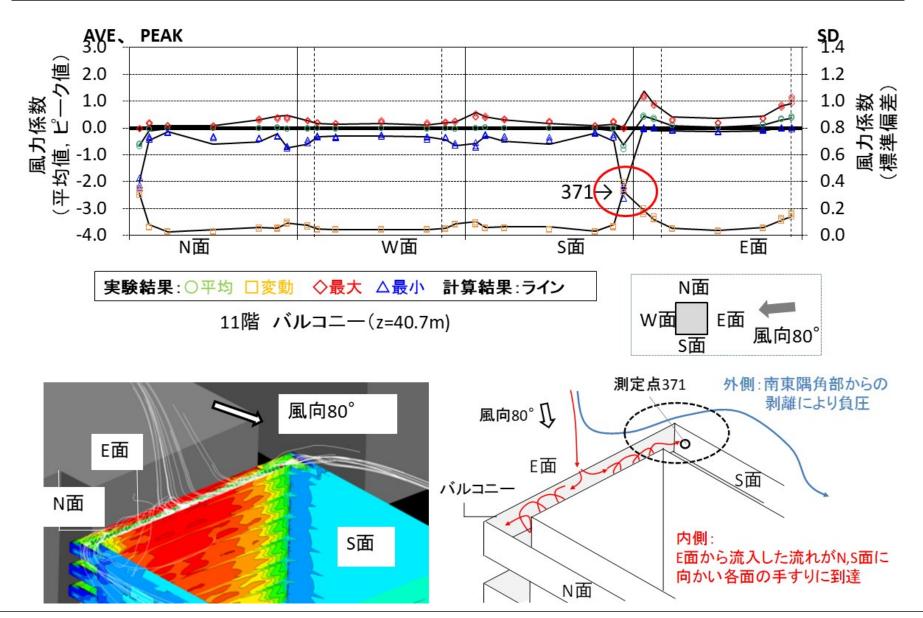
住宅棟

計算格子

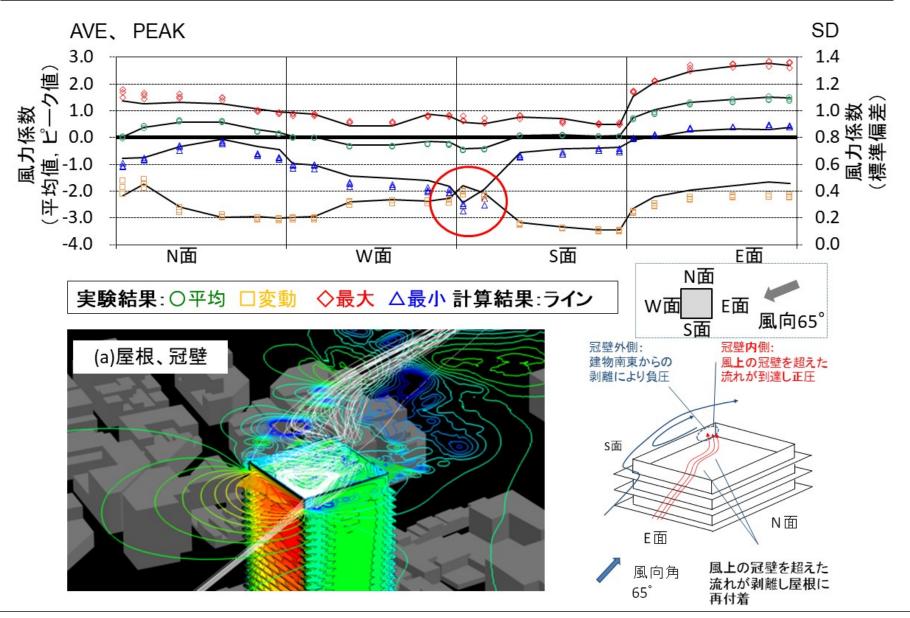
オフィス棟

<u>約2億要素(高精度)</u> ⇒ 20億要素(超高精度:検証用) ⇒ <u>0.5億要素(実用計算)</u>

高層住宅棟バルコニーの風力係数(風向角80°)



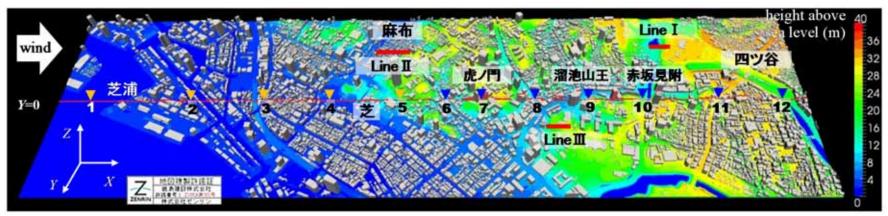
高層オフィス棟冠壁の風力係数(風向角65°)



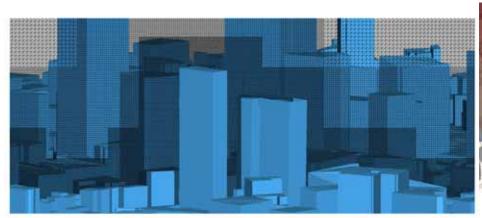
(2) 広域市街地における設計風速の評価事例

平成28~30年度「京」一般課題(コンソーシアム型産業利用)

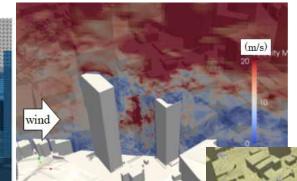
広域市街地における設計風速の評価事例



計算モデル(7km×2km)



計算格子(17億)

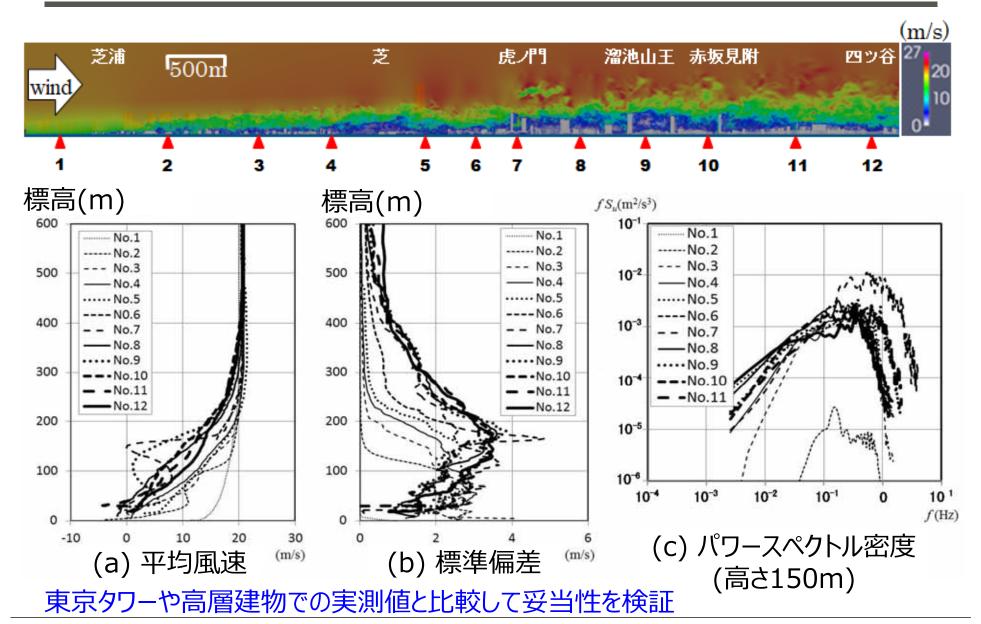


瞬間速度場

瞬間渦度分布

階層型直交格子ソルバーCUBE

風速ル成分の鉛直分布の流れ方向変化



(3) 重点課題 4 「観測ビッグデータを活用した気象と地球環境の予測の高度化」での取組み

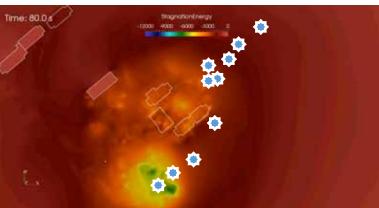
- 気象データマイニングによる局地的突風解析と 接地乱流場に基づく建築構造物の被災推定-

平成26~31年度 ポスト「京」で重点的に取り組むべき 社会的・科学的課題に関するアプリケーション開発・研究開発

地表による竜巻渦下層の運動の変化(中層街区モデル)

渦の可視化: 圧力等値面(-55hPa)

Time: 32.0 s 表面色: Velocity Magnitude (m/s) 階層型直交格子ソルバーCUBE



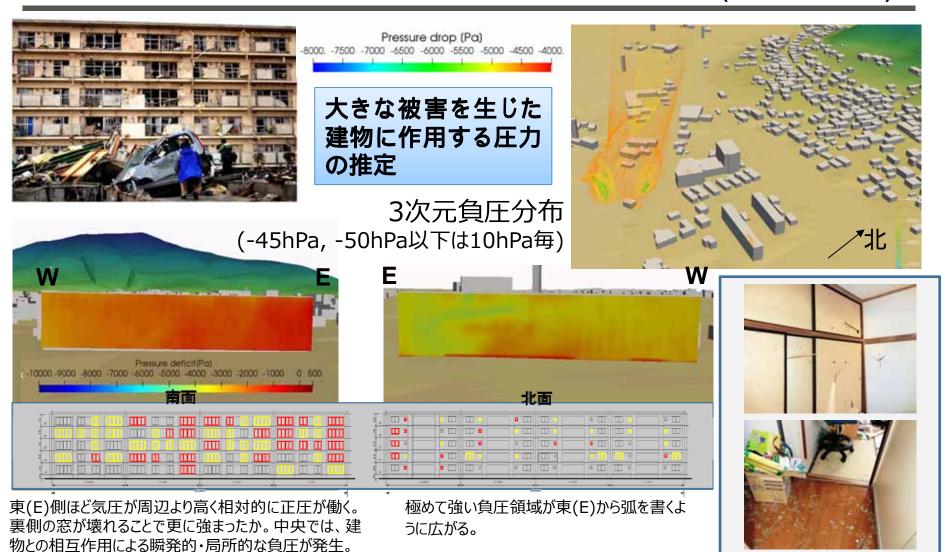
- ・渦が大きく揺動しながら移動
- ・経路と移動速度も大きく変化
- ・竜巻内部では平坦面の場合よ り低い圧力のピーク値が断続 的に出現

・低圧部は地表や建物にきわめて局所的に作用する

3階室内の壁に突き刺さった

木片と床に散乱したガラス (引用:防災システム研究所HP)

つくば竜巻の実経路での計算による被害推定(集合住宅)



壁面圧力分布と窓サッシ被害[1]との比較

[1]国土技術政策総合研究所資料 建築研究資料 No.703 2013年1月, No.141

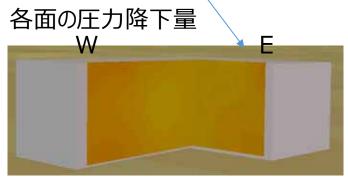
つくば竜巻の実経路での計算による被害推定(木造住宅)

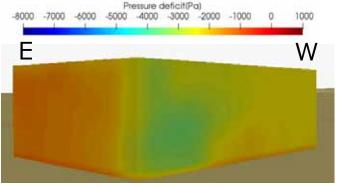


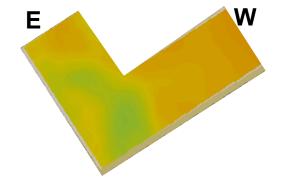




引用:国土技術政策総合研究所資料 建築研究資料 No.703 2013年1月, No.141





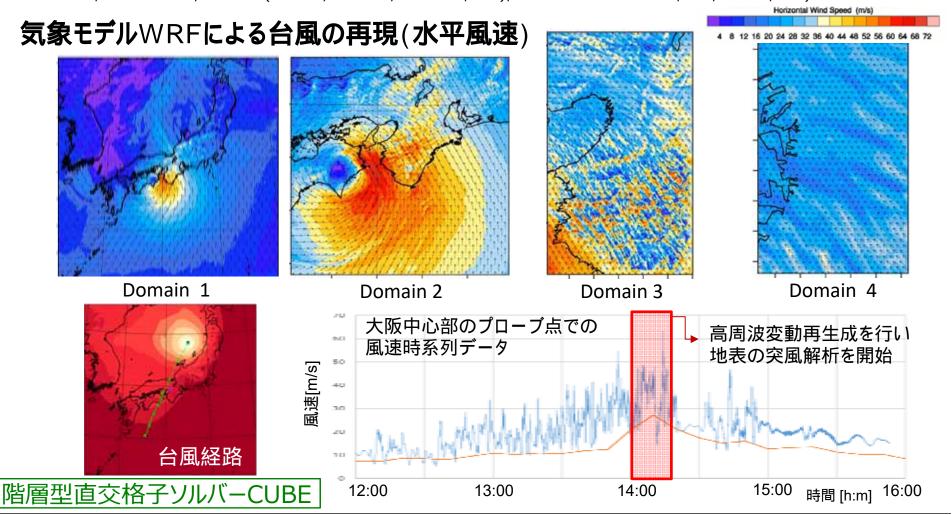


上部構造の飛散した木造住宅の圧力による被害推定 南面と北面の間に大きな差圧(50~90kN/m2)が継続的に発生 屋根面の負圧も大きい

2018年台風21号 市街地における強風の推定

気象モデルによる台風境界層の変動から市街地の細かな変動までの広範なスケールの乱れを直接に再現ができる。上空の乱れが実市街地内に発生する突風や強風に与える影響を理解し、建築物への被害発生に関する推定を行う。

進路東側の近畿地方で記録的な暴風。最大瞬間風速の観測史上最大値を全国100地点で観測(気象庁) 死者14人,負傷者965人,住家被害(全壊59,半壊637,一部壊85,715),非住家被害8公共建物1,195,その他4,529)(消防庁)



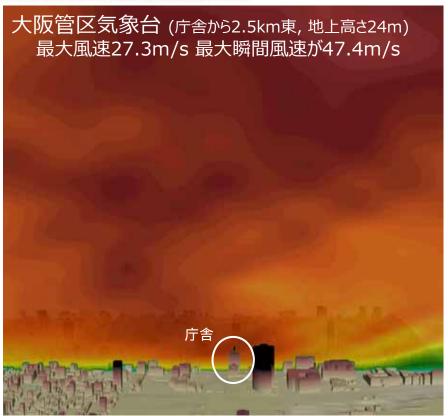
大阪市内の風況解析の試行

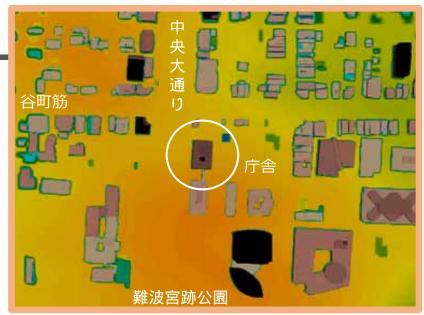


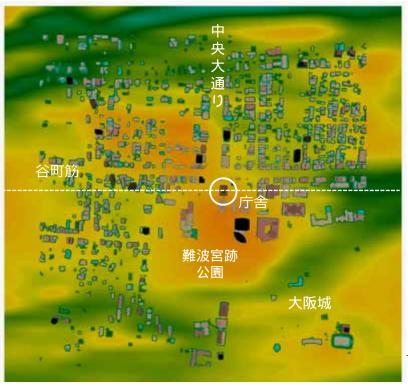
階層型直交格子 ソルバーCUBE

2018年台風21号

国総研・建築研究所: 平成30年台風第21号に伴う強風による 建築物等被害現地調査報告(速報)







- 70

জ ই 50 E

- 30 Ne - 30 Ne

3. 今後の取組み

今後の取組み

頻発する極端気象災害に対する都市・建築のレジリエンス強化

- ■ポスト「京」重点課題4との協働
- ■気象モデルと階層型LESプログラムの連成による都市・建築の強風災害シミュレーション技術の構築とマルチハザードへの展開
 - ・将来増強する台風を想定した新しい耐風設計法確立
 - ・大規模・超大サンプル数の計算とAI 解析による不確定性の定量化
 - ・東京東部を対象とした極大台風による強風・高潮の災害リスク解析
 - ・開発成果を規基準・指針に反映し、国・社会のレジリエンス強化に貢献
 - ・開発成果を産業界に水平展開し、 社会実装を推進
 - ・開発プログラムのエコシステム構築



(参考資料) 建築CFDコンソーシアムの取組み

建築CFDコンソーシアムの取組み

■理念

コンソーシアム形式による産官学連携した出口戦略を見据えた実証研究

■目的

【現状】建築物の耐風設計に対する数値流体計算の適用方法の確立 【将来】現在の極端気象の状況を踏まえた場合の様々な自然災害の様相を考え、 被災状況を考慮した上での都市・建築物の強靭化

■活動内容

- ○建築物の耐風設計でのHigh Performance Computingの実現
 - ・重要特殊建築物でのCFD性能評価資料の雛型の作成
- ○数値的推定値における不確定性の定量化
 - ·CFD結果判定基準の精緻化
 - → Capacity computing
- ○頻発する極端気象災害に対する都市・建築のレジリエンス強化
 - ・CFDの展開範囲の拡大
 - → Capability computing



建築CFDコンソーシアムの取組み

■ 社会貢献の視点

- ○ハイエンド計算による数値流体計算の妥当性確認とコード検証用データ提供
- ○耐風設計用の数値流体計算実用モデルの標準化と提案
- ○数値流体計算に基づく耐風試設計の実施と安全性評価による数値流体計算 の法的根拠確立
- ○日本建築学会にて出版された数値流体計算の適用ガイドの改定に向けての基 礎資料の提示
- ○極端気象下での都市・建築のシミュレーションを実施し、被災度を推定 実際の被災状況と比較しながら、シミュレーションによる推定可能性を検証し、現 行設計指針の妥当性を確認

■産業界の視点

- ◇基盤技術の共有や認証制度・法改正への協働
- ◇大学・研究機関がソフトウェアを開発し、産業界がニーズ提供とシミュレーションを 通じて、開発ソフトの実証評価、実用化を実施
- ◇業界企業の多数が参画することで、業界全体のレベルアップを実現
- ◇自然災害のインパクトに対する都市・建築の持続性・脆弱性の共通認識を醸成

建築CFDコンソーシアムで活用したプロジェクト

- (1) 平成27~28年度「京」一般課題(競争的資金等獲得課題)
- ◇建築物の耐風設計に関する基準への数値流体計算の導入に関する検討
- (2) 平成28~30年度「京」一般課題(コンソーシアム型産業利用)
- ◇(平成28年度)強風・弱風下の都市・建築物の快適性・機能性・安全性に関するCFD設計と実務への展開
- ◇(平成29年度)強風・弱風下の都市・建築物の快適性・機能性・安全性に関する最適居 住空間の創生
- ◇(平成30年度)強風・弱風下の都市・建築物の快適性・機能性・安全性実現へのビッグデータ同化とエクサ指向型計算
- (3) 平成26~31年度 ポスト「京」で重点的に取り組むべき社会的・科学的課題に 関するアプリケーション開発・研究開発
- ◇重点課題④:観測ビッグデータを活用した気象と地球環境の予測の高度化
 - 気象データマイニングによる局地的突風解析と接地乱流場に基づく建築 構造物の被災推定 -
- (4) 平成27~28年度 国土交通省建築基準整備促進事業
- ◇S18.風圧力、耐風設計等の基準への数値流体計算の導入に関する検討
 - ➡平成27~28年度「京」一般課題(競争的資金等獲得課題)で計算

ご清聴ありがとうございました!