

シンポジウム「HPCとIoT -観測・計測系IoTとHPCを繋ぐ-」

■日時: 2017年8月25日(金) 13時30分 ~ 17時00分

■場所: 九州大学 情報基盤研究開発センター(伊都キャンパス) 2階 多目的教室



14:05-14:35

## 九州大学伊都キャンパスの数値風況診断 -椎木講堂から大型レンズ風車まで-



九州大学・応用力学研究所・風工学分野  
内田 孝紀

takanori@riam.kyushu-u.ac.jp

092-583-7776



Part ①

数値風況診断RIAM-COMPACTの紹介

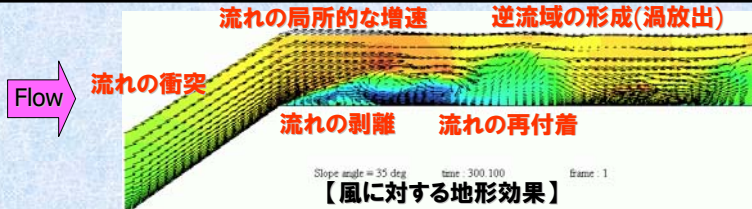
リアム コンパクト

## 非定常・非線形数値風況シミュレータ RIAM-COMPACT®(リアムコンパクト)

九州大学応用力学研究所発の**流体工学CFDモデル**(LES乱流モデルを採用)

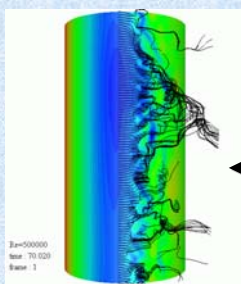
**R**esearch **I**nstitute for **A**ppled **M**echanics, Kyushu University,  
**C**OMputational **P**rediction of **A**irflow over **C**omplex **T**errain

- ◆乱流モデル: 次世代乱流モデルとして期待されているLES(Large-Eddy Simulation)の採用!
- ◆対象スケール: 数(十)km以下の局所域スケールに的を絞る!
- ◆特長①: 風に対する地形・建物の効果を高精度に予測!
- ◆特長②: 安定成層, 不安定成層など種々の大気安定度を考慮!

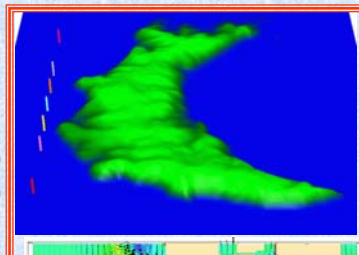


## RIAM-COMPACT®(リアムコンパクト)の着眼点

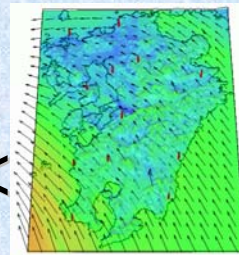
流体(風況)のコンピュータシミュレーションにおける空間スケールによる分類



(a)工学分野では  
数m以内の物体スケール



(b)数m~数十kmの局所域スケール  
数時間程度の時間スケール



地上10mにおける水平風速  
と風速ベクトル, 0418台風  
 (c)気象分野では数十km  
以上の広域空間スケール

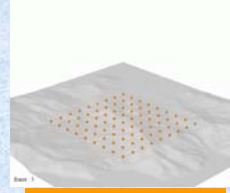
工学分野では数m以内の物体スケール、気象分野では数十km以上の広域空間スケールが主な研究対象であった。一方、その中間の数m~数十kmは私達の実生活に関連したごく身近な環境にも関わらず、地物・地形による影響と時間変化の両者を忠実に再現可能な風況予測モデルの重要性は、未だ十分に認識されてなかった。我々は、このスケールギャップに着目し、世界最先端の流体計算技術に基づいた斬新で汎用的な風況予測システム(RIAM-COMPACT®:リアムコンパクト)の開発に成功し、この分野の新たな道を拓いた。

# RIAM-COMPACT®の応用分野

## 【風工学分野】

- ・山岳地形・市街地における自然エネルギーの有効利用(風力発電)
- ・巨大都市域(市街地)の大気環境予測と改善
- ・山間部の地形性局地強風の発生メカニズム解明
- ・山間部の送電鉄塔周辺の風害対策
- ・台風に伴う歴史的建造物の風害対策
- ・竜巻に伴う風害対策

特に重点を置いているテーマ



竜巻シミュレータの開発

## 【鉄道分野】

- ・突風・強風時における鉄道の安全運行支援システム構築
- ・線路周辺の風害対策、風況マップ作成

## 【航空・船舶分野】

- ・離島空港建設のための風況アセスメント
- ・大型タンカー接岸ルート支援システムのための風況予測

## 【森林分野】

- ・台風に伴う風害対策のためのハザードマップ作成(強風域特定)
- ・山火事の延焼域の予測
- ・山火事の煙、火山ガス、大気汚染物質、花粉などの移流・拡散予測



風向変動を考慮したガス拡散予測

## 【レジャー分野】

- ・ヨットレース、フィッシング、ゴルフ、バルーンなどを対象にした風情報配信サービス

# 最近の受賞

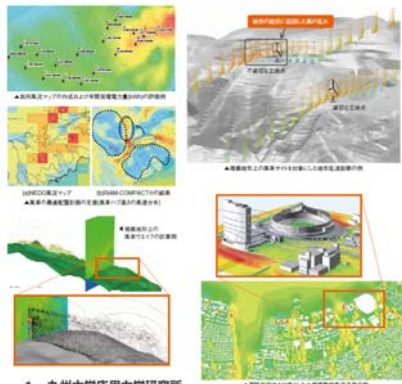
## 先端的数値風況予測モデル RIAM-COMPACT®(リアムコンパクト)の開発

九州大学応用力学研究所の流体工学CFDモデル  
 Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University Computational Prediction of Airflow over Complex Terrain

2010年 文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費

主な実績

- ・ 航空機・建築物の流体工学CFDモデル
- ・ 山岳地形や市街地を模擬するCFDモデルによる自然エネルギーの有効利用
- ・ 竜巻発生メカニズムの解明
- ・ 山間部の地形性局地強風の発生メカニズムの解明
- ・ 山火事の延焼域の予測
- ・ 山火事の煙、火山ガス、大気汚染物質、花粉などの移流・拡散予測
- ・ 風害対策のためのハザードマップ作成
- ・ 風況予測を基にした風況情報配信サービスの開発



九州大学応用力学研究所  
 TEL: 092-838-7701(7703) 事務課  
 FAX: 092-838-8421  
 URL: http://www.riam.kyushu-u.ac.jp

RIAM-COMPACT®に関する問い合わせ先  
 内田 孝輔 takuan@riam.kyushu-u.ac.jp

## 2015年 ISIT創立20周年記念 九州先端科学技術研究開発表彰



内田

## その他の受賞歴

- ◆ NEDOの産業技術研究助成事業に採択。風車に対する地形効果に起因する風の乱れの影響を解明。この成果に対し、**2010年 科学技術分野の「文部科学大臣表彰・若手科学者賞」を受賞**
- ◆ **2013年 内閣府主催の「第11回産学官連携功労者表彰・環境大臣賞」を受賞**



授賞式：2010年4月13日◎京王プラザホテル南館5階「エミネンスホール」



リウムウインド社 西村氏

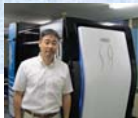
九大応力研 高谷浩教授

九大応力研 内田康教授

九大応力研 大藤教授

◎東京ビックサイト、2013年8月29日

## 本研究における計算機リソース



- CPU : 8CPU (92.16GFLOPS/単体×8=737.28GFLOPS)
- Mem : 256GB
- 外付けディスク装置 : iStorage D3-10 4TB (RAID5)

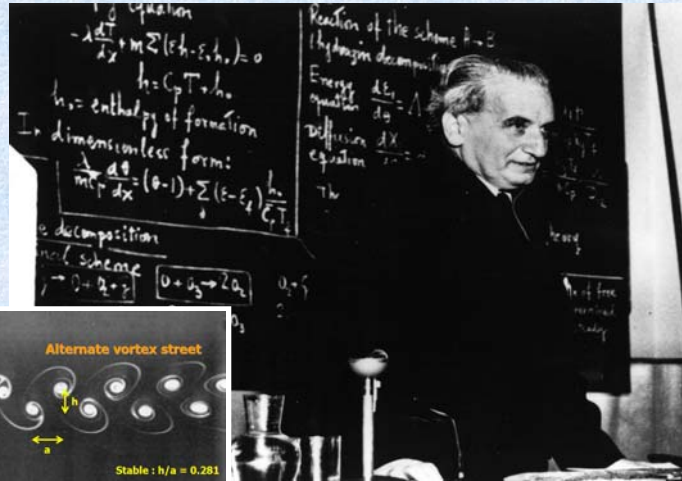
～2015年1月



スーパーコンピュータNEC「SX-ACE」16ノード  
(最大理論性能4.1TFLOPS)  
2015年3月より稼働開始

# Theodore von Kármán

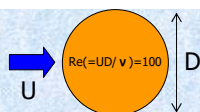
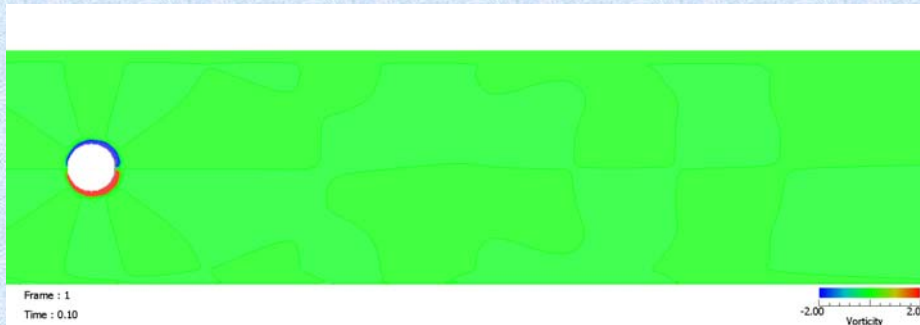
(May 11, 1881 – May 7, 1963 : Aged 81 )



He contributed to the advancement of **AERODYNAMICS** !  
 He discovered the Kármán vortex street at **30 years old** in 1911 !

$$\begin{cases} \frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 & \text{Continuity equation} \\ \frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{1}{\text{Re}} \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j \partial x_j} & \text{Navier-Stokes equation} \end{cases}$$

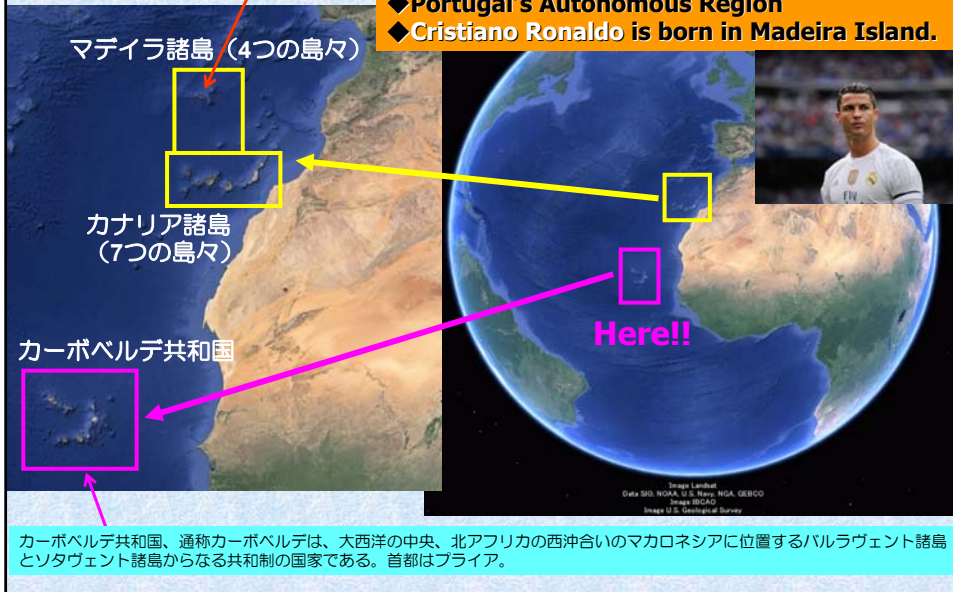
Temporal term    Convective term    Pressure Gradient term    Viscous term    Re : Reynolds number



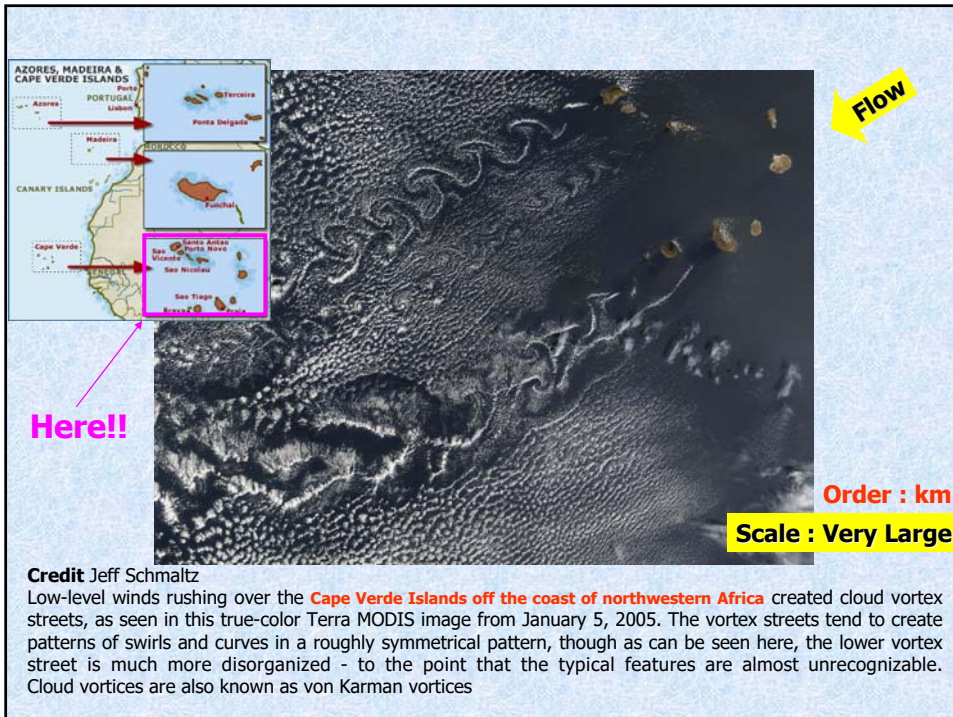
Scale : Very Small    Order : cm

ポルトガルの自治州となっており、マテイラ・ワインを産することでも知られる。クリスティアーノ・ロナウドはマテイラ島フンシャル(首都)出身。マテイラ島は同諸島最大の島で741km<sup>2</sup> (日本の奄美大島とほぼ同じ大きさ)、東西に長い形をしている。最高峰はレイボ山 (1,862m) である。島はその名前の由来となった木々 (マテイラはポルトガル語で「木」の意味) に覆われ、ラウリシルヴァに代表される豊かな自然が残されている。

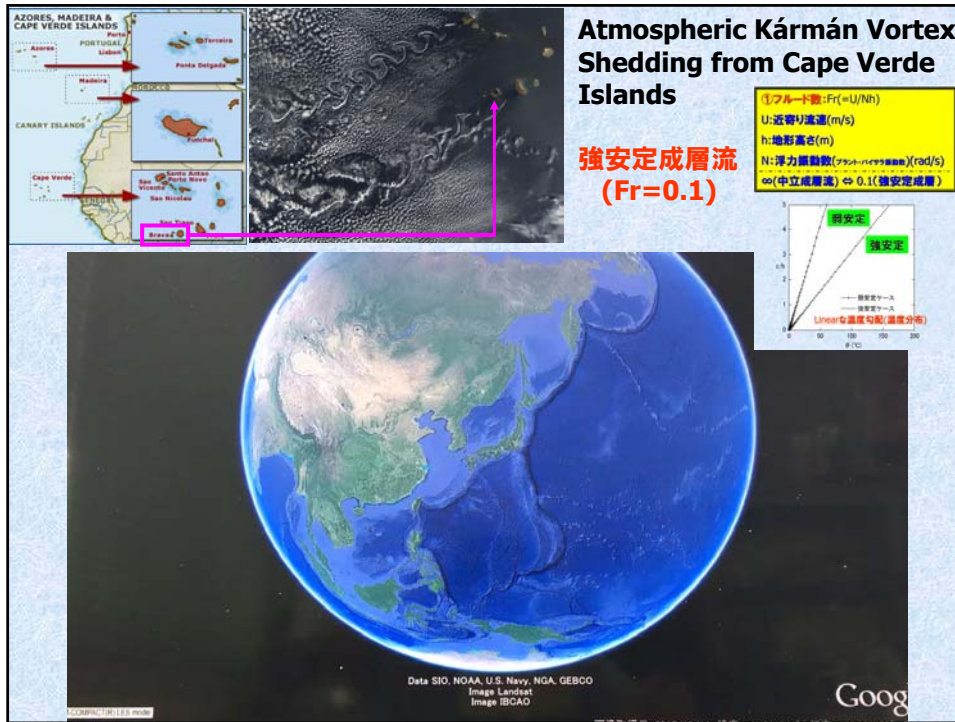
- ◆Portugal's Autonomous Region
- ◆Cristiano Ronaldo is born in Madeira Island.



カーボベルデ共和国、通称カーベルデは、大西洋の中央、北アフリカの西沖合いのマカロネシアに位置するバルラヴェント諸島とソタヴェント諸島からなる共和制の国家である。首都はブラヤ。



**Credit** Jeff Schmaltz  
 Low-level winds rushing over the **Cape Verde Islands off the coast of northwestern Africa** created cloud vortex streets, as seen in this true-color Terra MODIS image from January 5, 2005. The vortex streets tend to create patterns of swirls and curves in a roughly symmetrical pattern, though as can be seen here, the lower vortex street is much more disorganized - to the point that the typical features are almost unrecognizable. Cloud vortices are also known as von Karman vortices

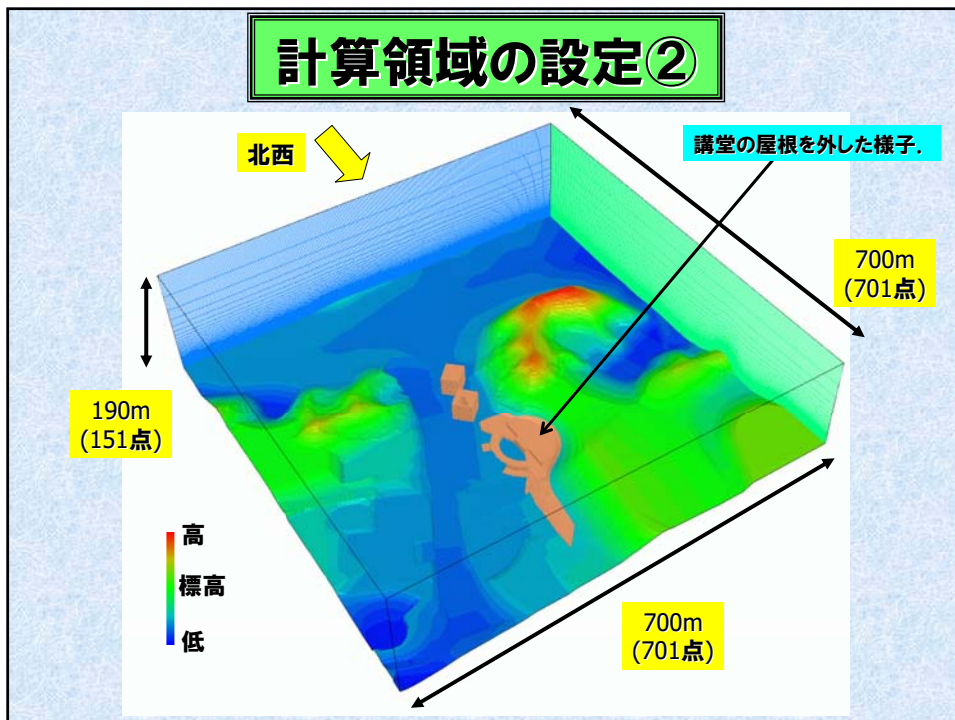
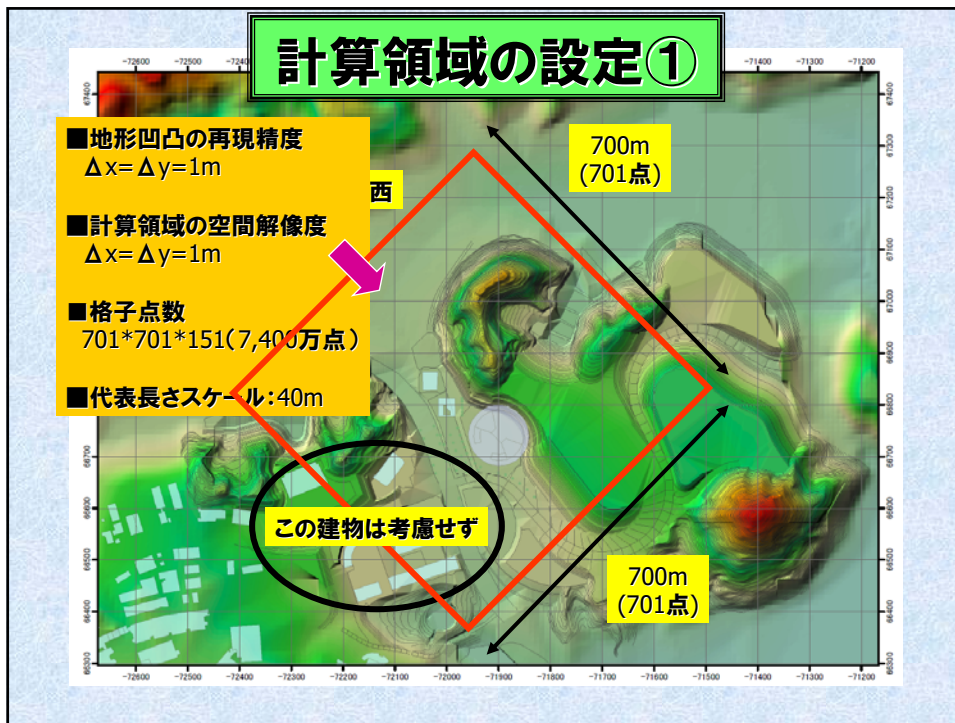


地上2mにおける主流方向速度成分の分布+速度ベクトルの分布

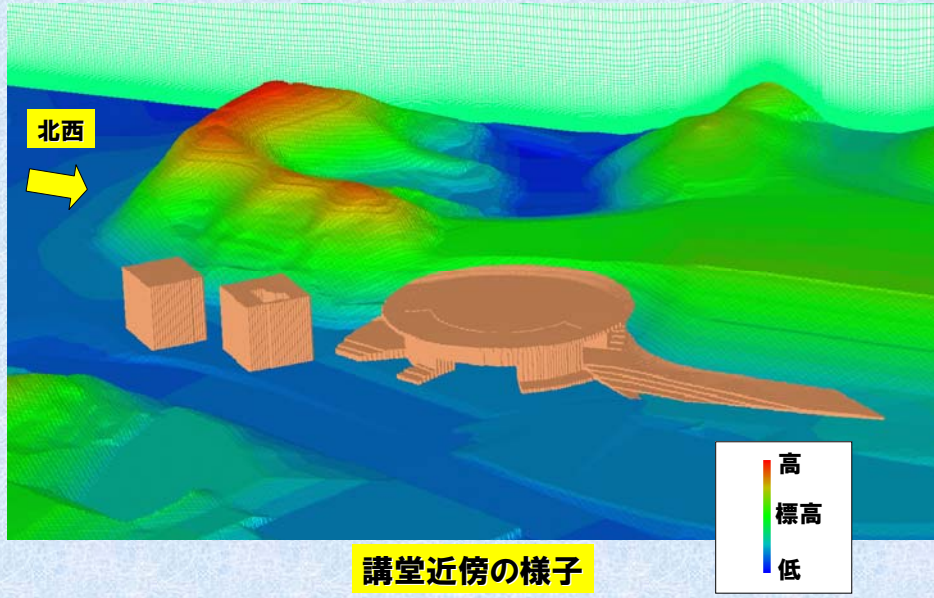


Part ②

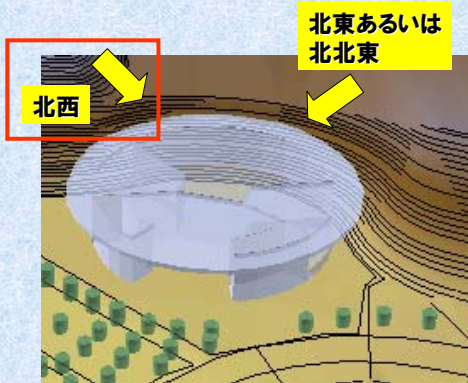
椎木講堂を対象とした数値風況診断



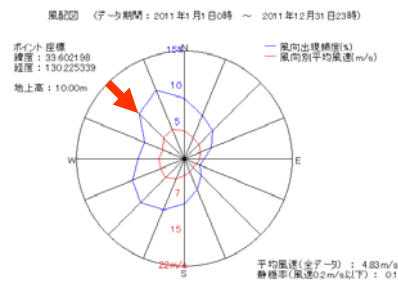
## 計算領域の設定③



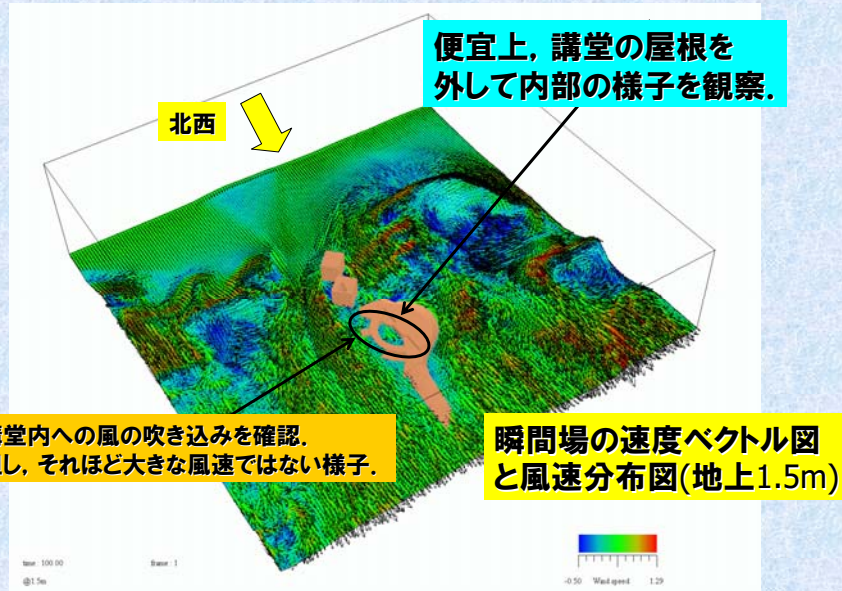
## 計算風向の選定



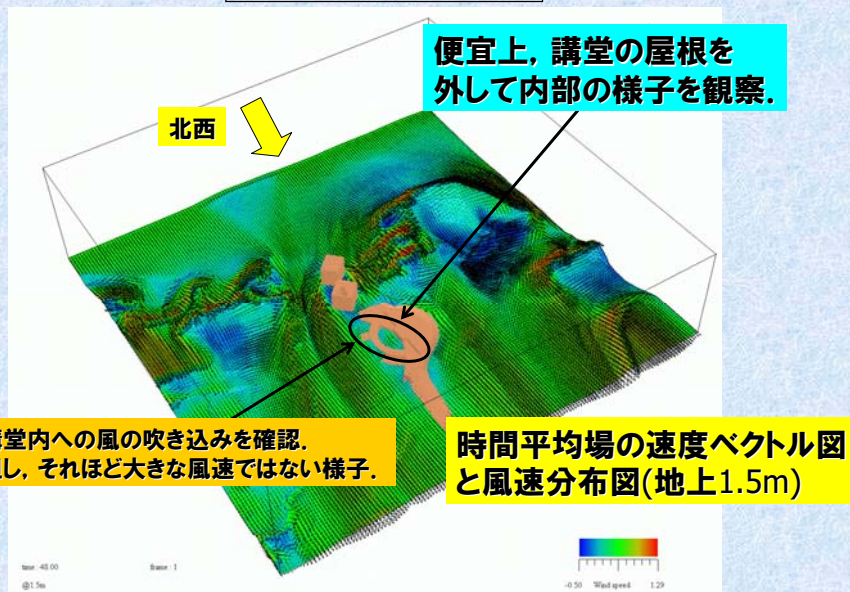
北東および北北東の場合には、講堂が地形に隠れるため、強風は発生しないと判断し、冬場の季節風が卓越する北西のみを計算対象とした。



## 計算結果①



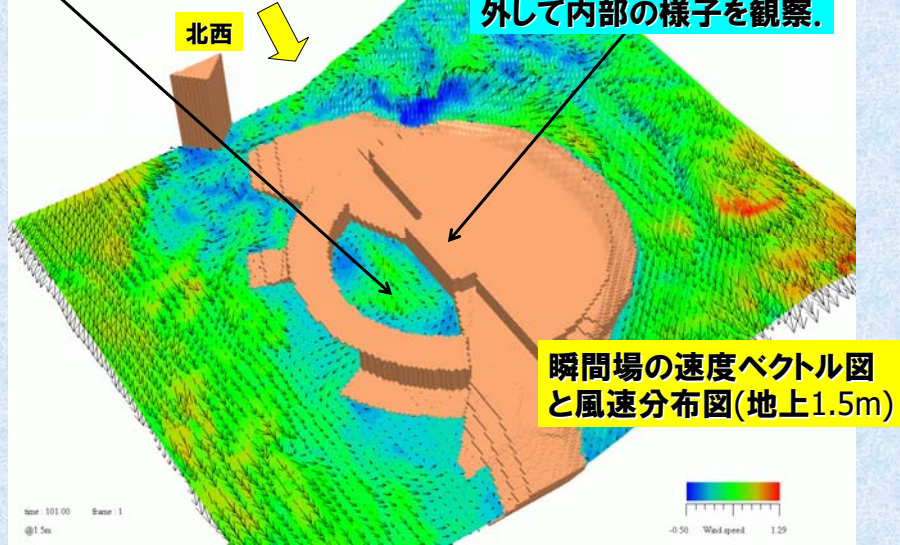
## 計算結果②



### 計算結果③

講堂内への風の吹き込みを確認。  
但し、それほど大きな風速ではない様子。

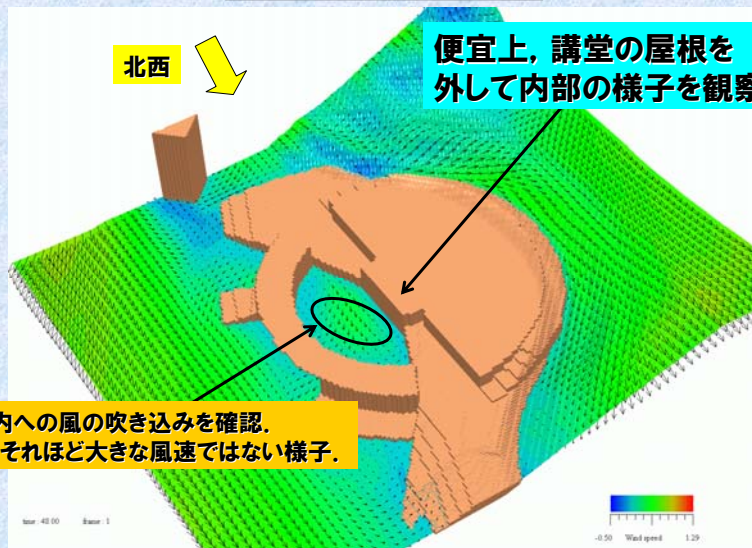
便宜上、講堂の屋根を  
外して内部の様子を観察。



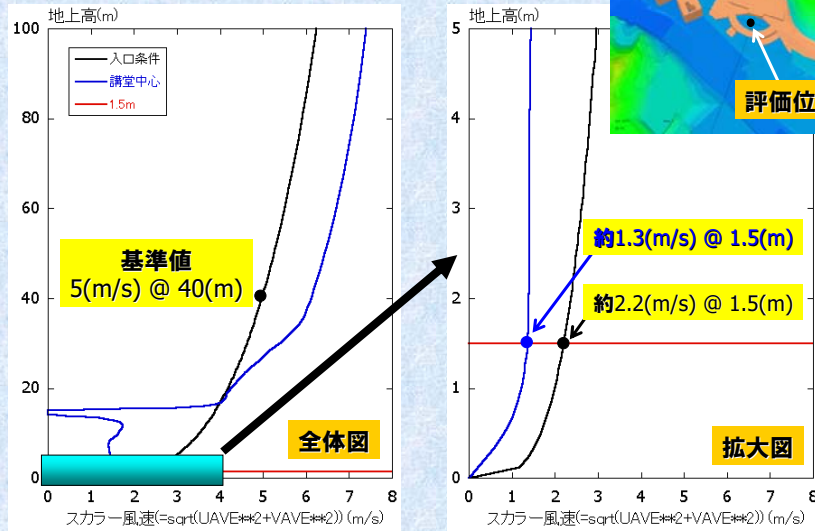
### 計算結果④

講堂内への風の吹き込みを確認。  
但し、それほど大きな風速ではない様子。

便宜上、講堂の屋根を  
外して内部の様子を観察。



## 計算結果⑤



講堂中心におけるスカラー平均風速の鉛直分布

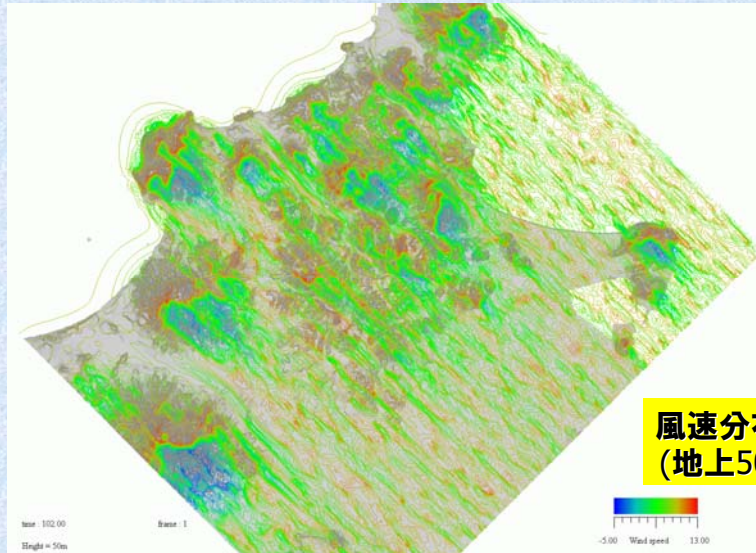
## 今後の展開①

伊都キャンパスの真の風環境の把握に向けて



## 今後の展開②

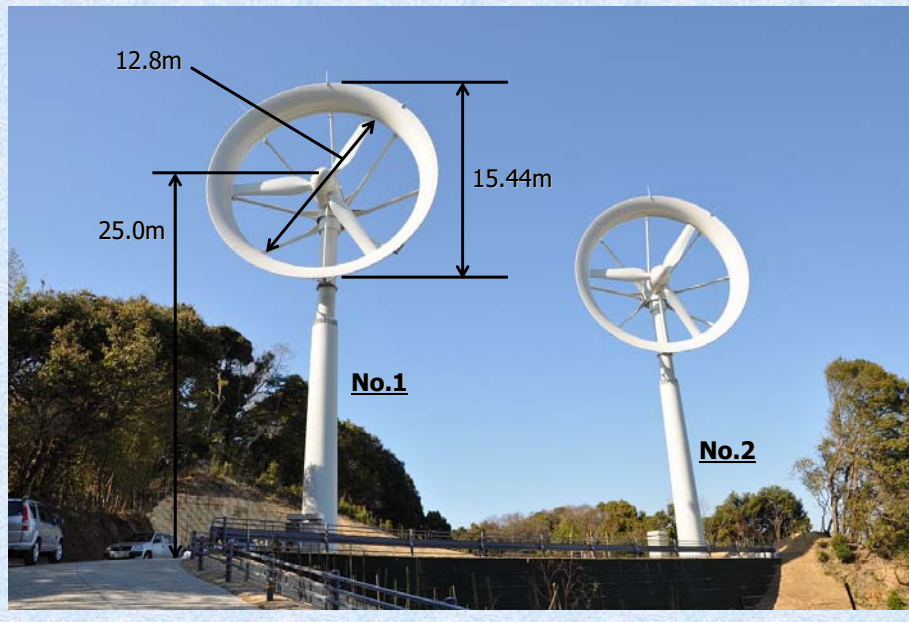
伊都キャンパスの真の風環境の把握に向けて



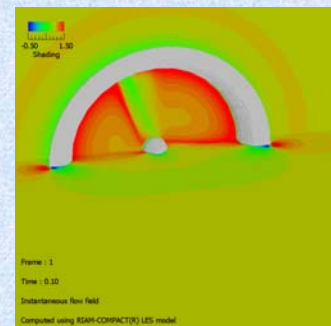
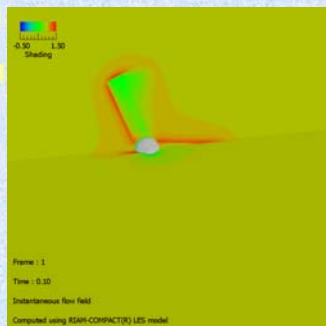
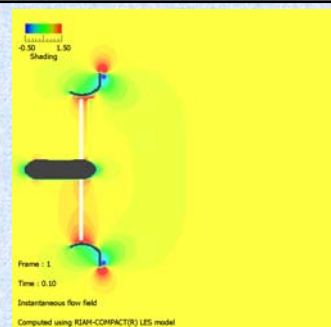
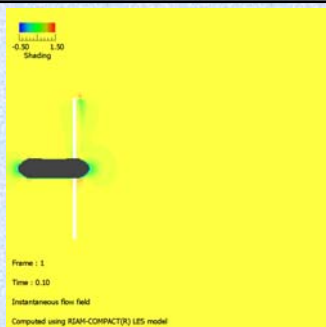
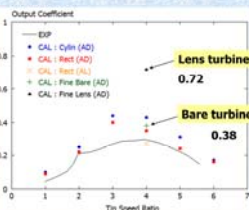
## Part ③

レンズ風車を対象とした数値風況診断

# 70kW レンズ風車



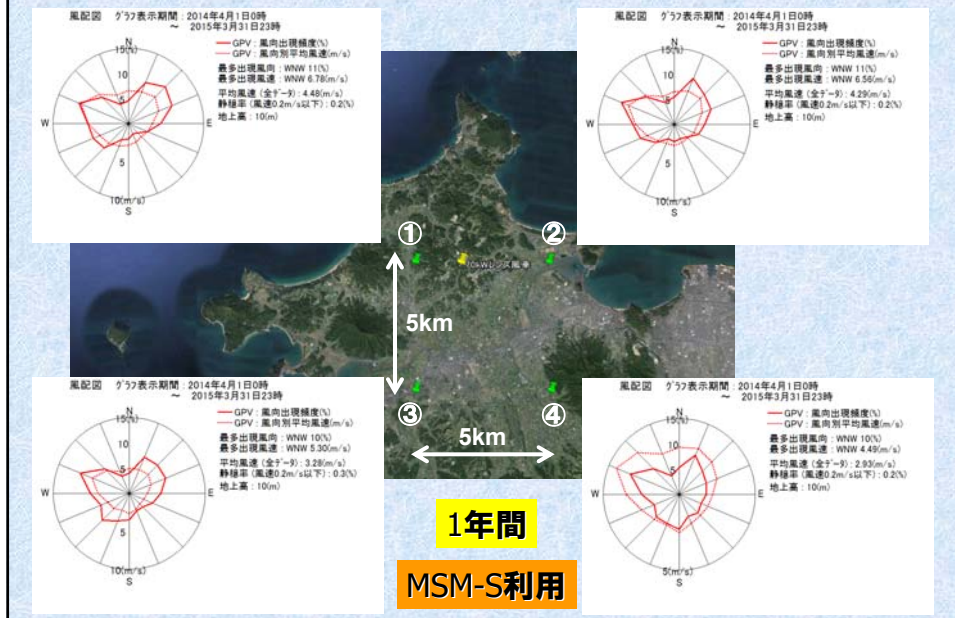
## 風車周辺の 詳細な気流場 解析



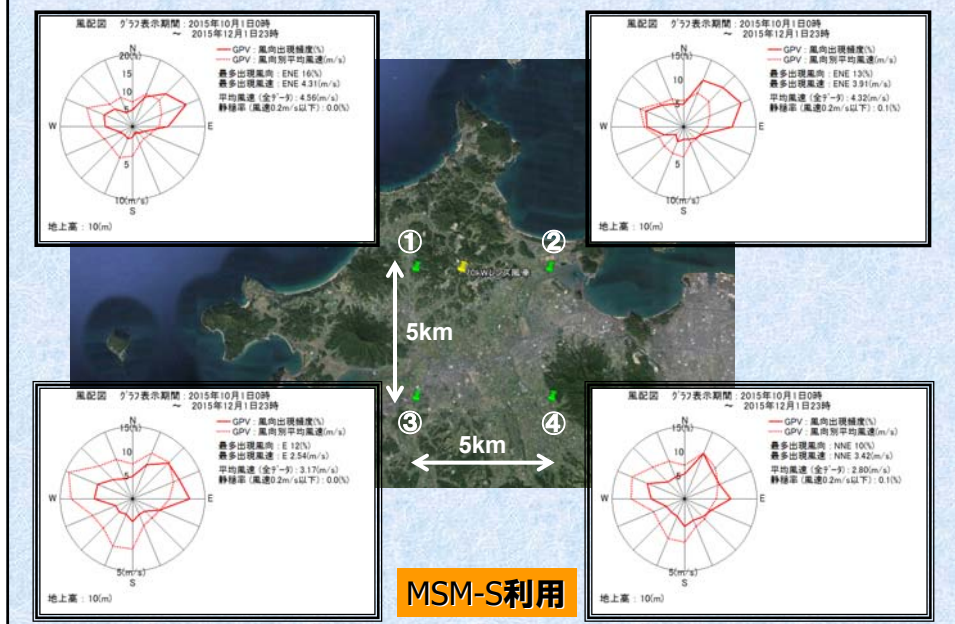
**Bare turbine**

**Lens turbine**

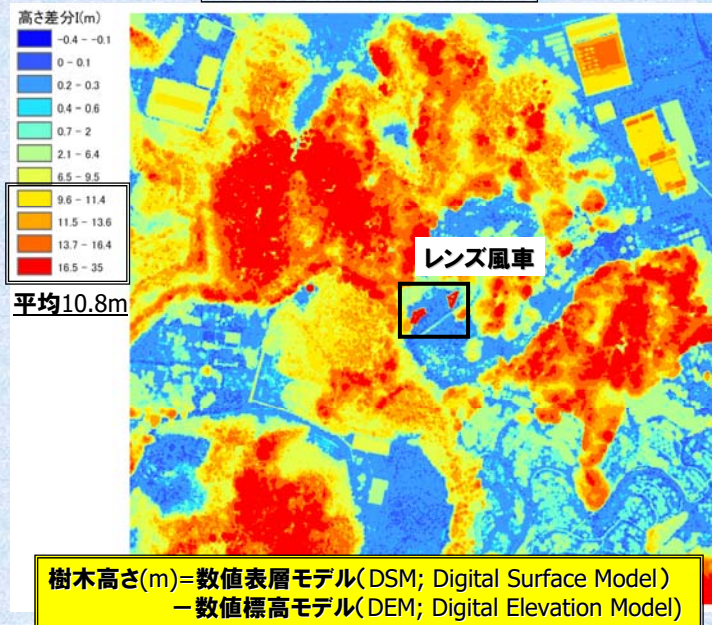
## 計算対象エリアの風況特性(2014.4-2015.3)



## 計算対象エリアの風況特性(2015.10-12)

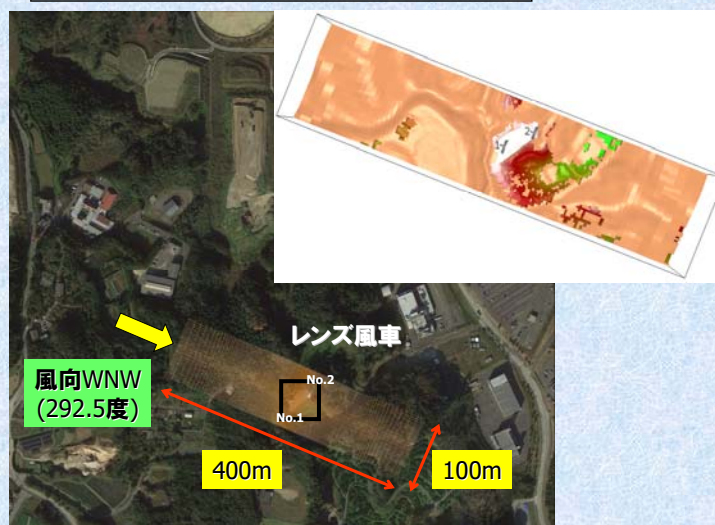


## 樹木高さ解析結果



## 計算領域など

### 10mの樹木高さとして再現



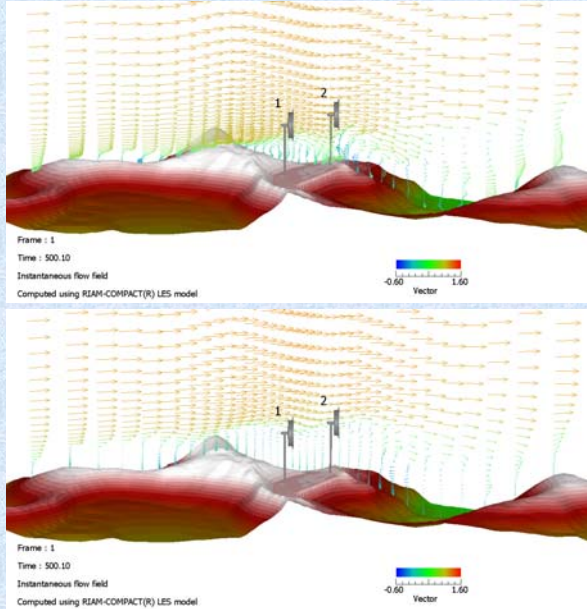
### 計算結果①

### 鉛直断面内の速度ベクトル図

地表面粗度  
無し

Flow

地表面粗度  
有り



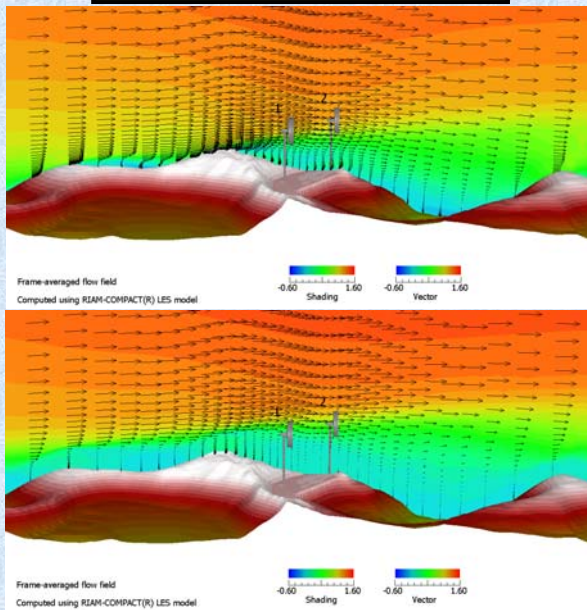
### 計算結果②

### 鉛直断面内の速度ベクトル図 と風速分布図(時間平均場)

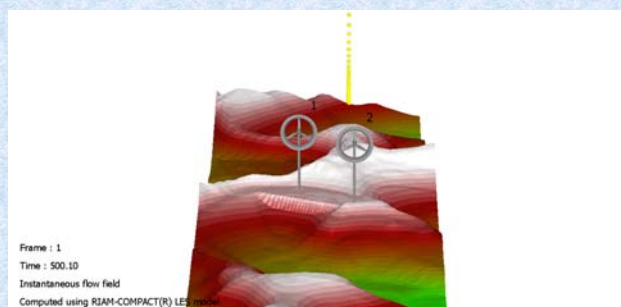
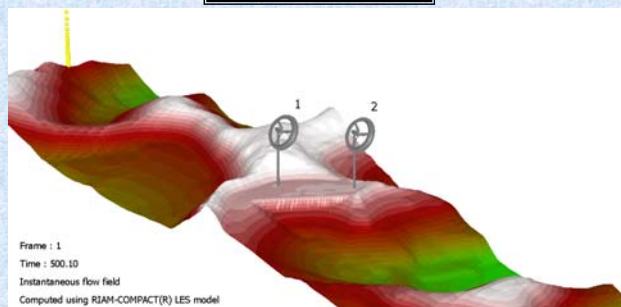
地表面粗度  
無し

Flow

地表面粗度  
有り

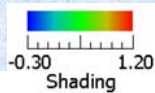


### 計算結果③



### 計算結果④： 時間平均場

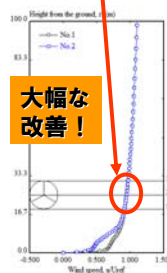
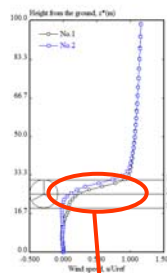
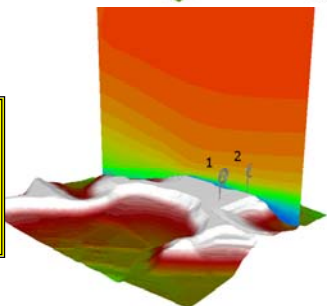
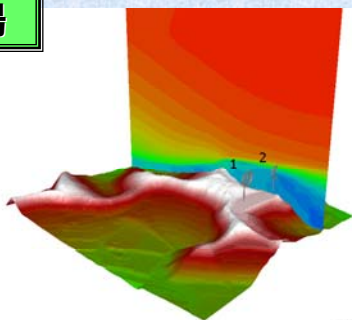
### 鉛直断面内の風速分布図



現況地形  
+  
地表面粗度有

Flow

地形造成  
(風車立地標高110m  
以上は削除)  
+  
地表面粗度無



大幅な  
改善!

Part ④

文部科学省ポスト「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・研究開発に採択

重点課題⑥ 革新的クリーンエネルギーシステムの実用化

サブ課題:「高効率風力発電システム構築のための大規模数値解析」

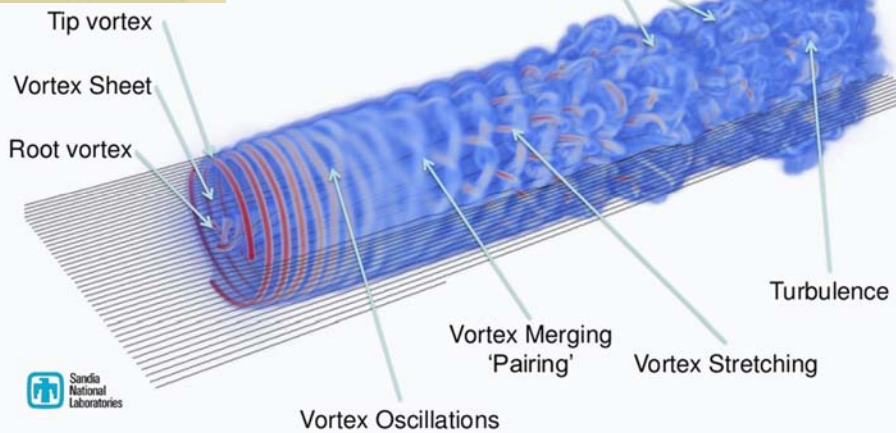
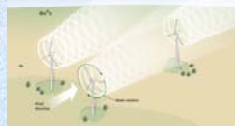
◆研究開発期間5年(準備期間:2014年-2015年/本格実施期間:2016年-2019年)

◆実施メンバー:東大, 九大応力研, JAXA, 豊橋技科大, 風力エネルギー研究所

◆九大応力研(開発責任者:内田孝紀 准教授)

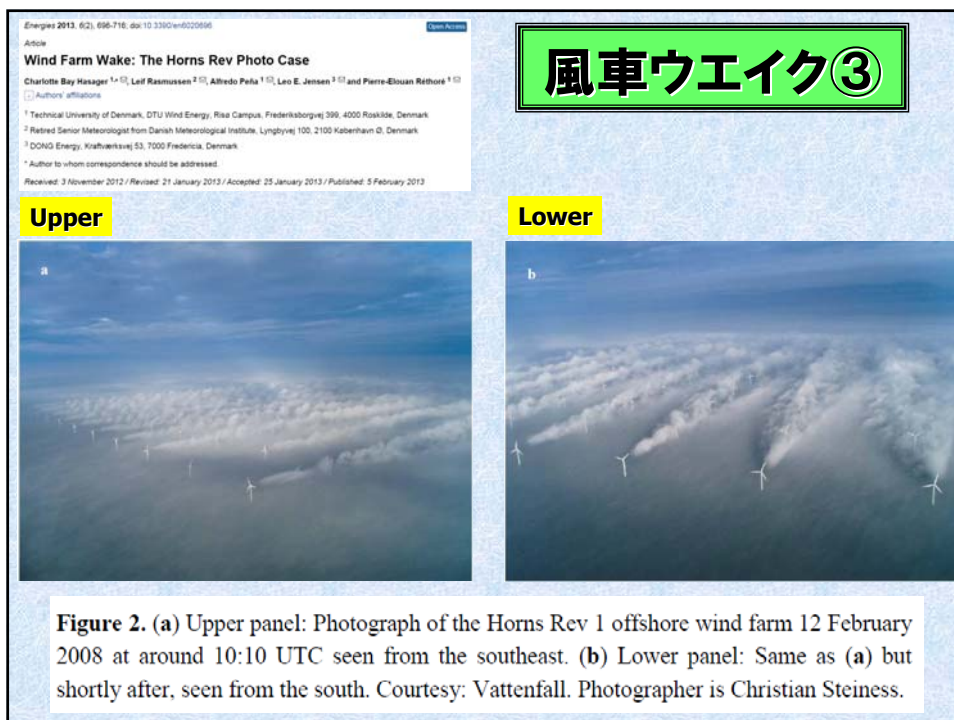
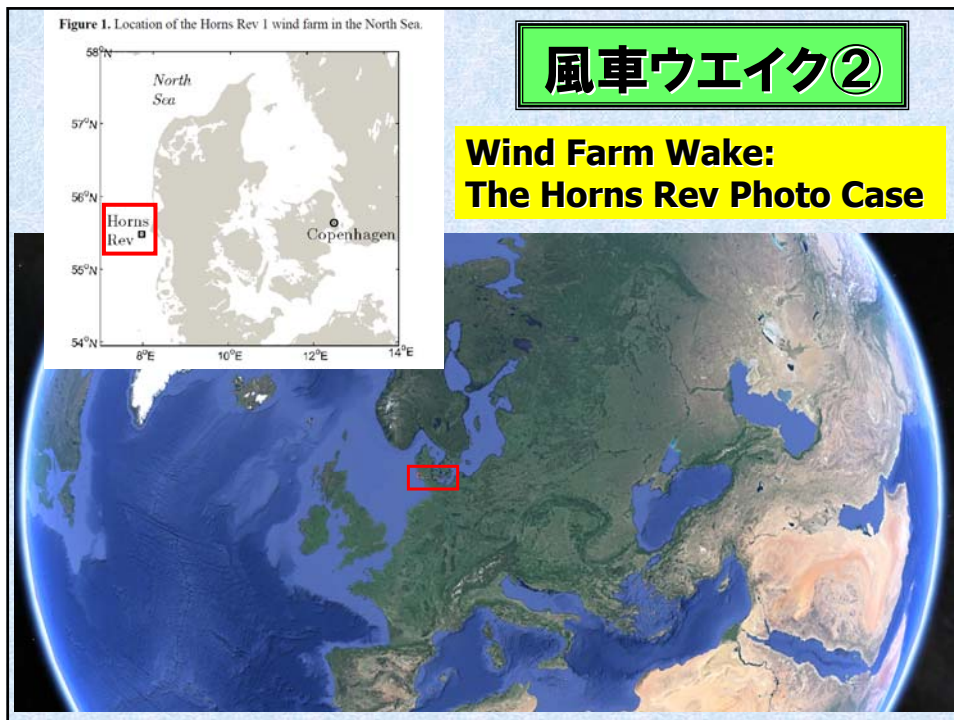
RIAM-COMPACT CFDモデルをベースにし、「洋上・陸上ウインドファームを対象にした大型風車の最適配置設計ツール(高精度・数値風況予測モデル)」を開発する。特に、風車間の相互作用(ウエイク干渉)や大気境界層・温度成層の影響を考慮可能にすることを目指す。

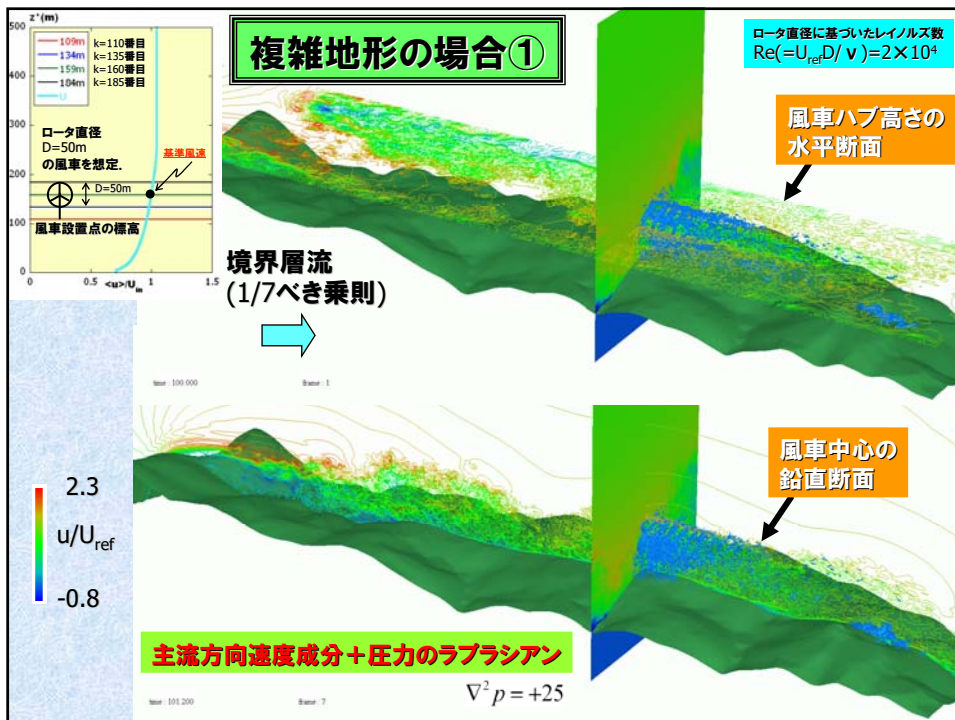
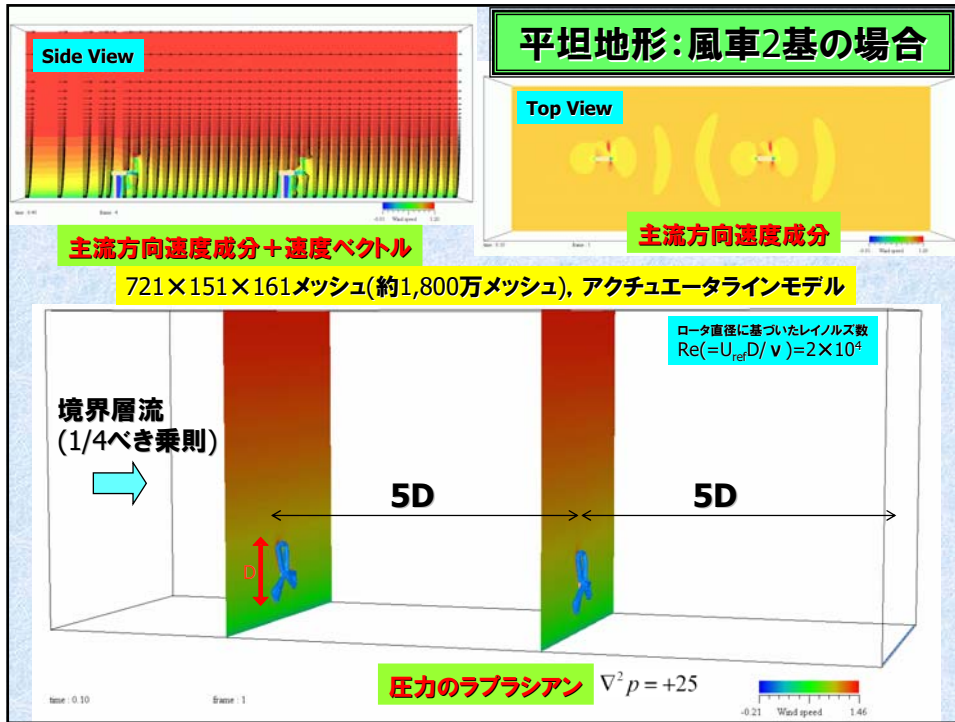
風車ウエイク①

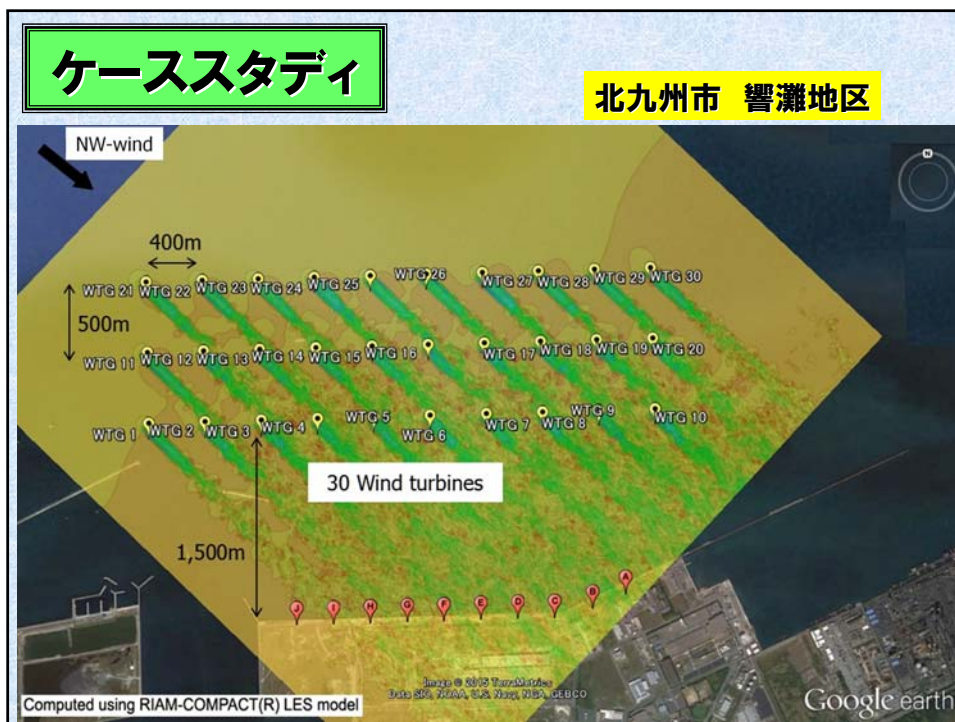
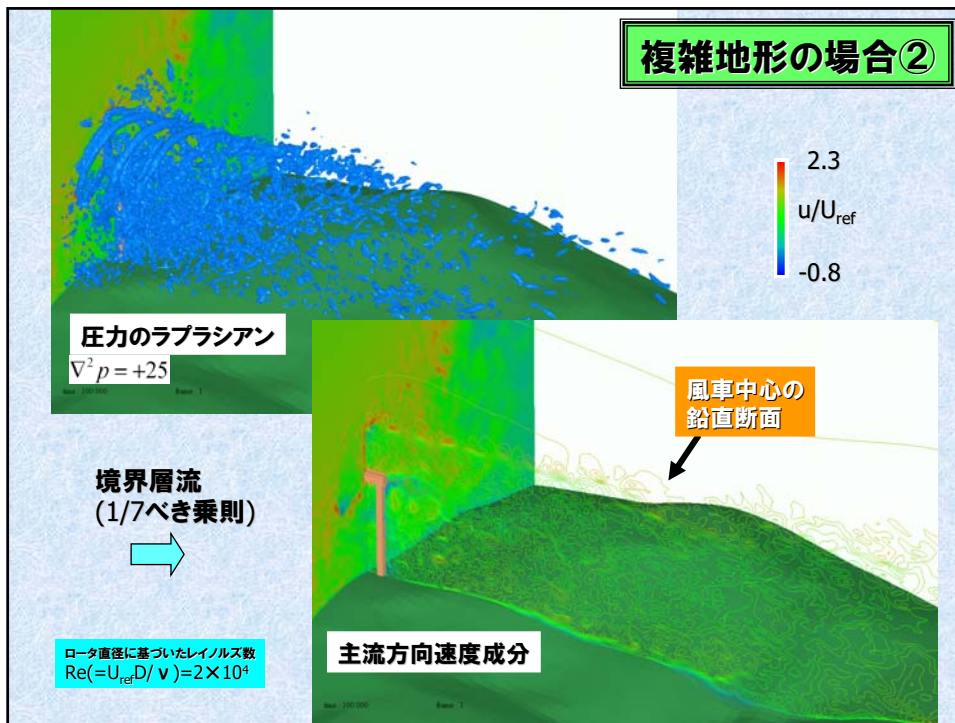


Wake Structure

<http://windworkshops.sandia.gov/past-workshops/2014-presentations/>







## まとめ

- ◆数値シミュレーション, 室内風洞実験, 野外計測の総合的な研究活動の推進
- ◆文部科学省, NEDO等の大型プロジェクト(科学研究補助費を含む)への提案および採択率の向上
- ◆民間企業との共同研究等のさらなる強化(「産学連携」は重要なキーワード)