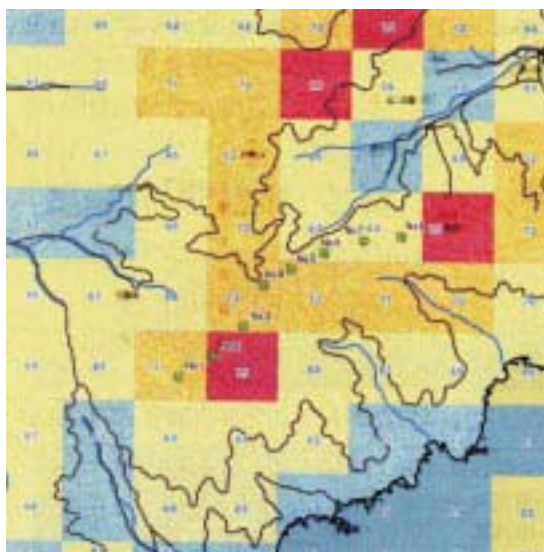


RIAM COMPACT

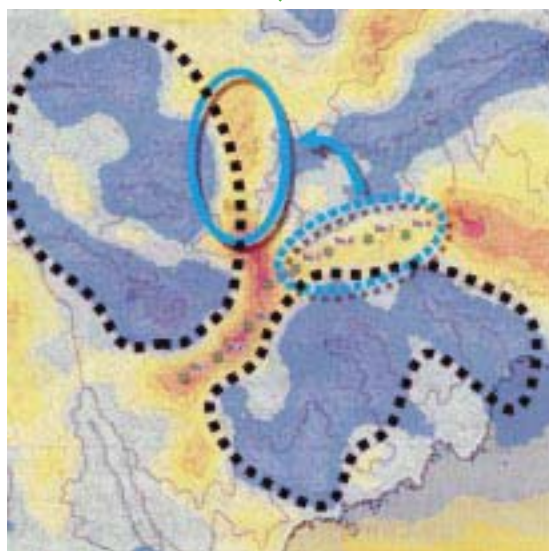
実地形版 非定常・非線形風況シミュレータ [リアムコンパクト。]

流体シミュレーション技術 (CFD) と
地理情報システム (GIS) の相互連携を実現

風車配置計画の支援 (風車ハブ高さの風速分布)



NEDO風況マップ



実地形版RIAM-COMPACT®の結果

九州電力グループ
西日本技術開発株式会社
<http://www.wjec.co.jp/>

九州大学発ベンチャー企業
株式会社リアムコンパクト
<http://www.riam-compact.com/>

新しいGIS分野を切り拓く
株式会社 環境GIS研究所
<http://www.engisinc.com/>

INDEX

キーワードは「アニメーション表示」と「厳密な事業評価」 実地形版RIAM-COMPACT [®] ソフトウェアの主な特長 「線形」、「非線形」とは… 「定常」、「非定常」とは…	1
実地形版RIAM-COMPACT [®] ソフトウェアに関するサービス一覧	2
受託解析サービス(総合コンサルティング)のフロー	3
受託解析サービス① 地理情報システム(GIS)によるマクロサイティングサービス 風力発電の導入可能地域の絞込みを行います。	4
受託解析サービス② 実地形版RIAM-COMPACT [®] によるマイクロサイティングサービス 風力発電の導入可能地域を詳細に評価いたします。	5
実地形版RIAM-COMPACT [®] による受託計算サービス	6
設計風速評価サービス	7
実地形版RIAM-COMPACT [®] 用の3次元詳細地形データ構築サービス 1/2,500程度の紙地図、DXFデータなどのCADデータからの地形構築	8
実地形版RIAM-COMPACT [®] 用の3次元詳細地形データ構築サービス スペースシャトル地形データ(SRTM)、地球観測衛星「だいち(ALOS)」地形データからの地形構築	9
線形風況シミュレーションソフトウェアWAsP用のMAPファイル構築サービス	10
景観シミュレーションサービス	11
実地形版RIAM-COMPACT [®] に関する解説および参考論文 実地形版RIAM-COMPACT [®] ソフトウェア開発コンソーシアム 各種お問い合わせ先など	12

キーワードは「アニメーション表示」と「厳密な事業評価」

現在、地球温暖化を防ぐため、CO₂の大幅な削減が緊急課題となっています。これに伴い、クリーンで環境に優しい風力エネルギー（自然エネルギー）の有効利用に注目が集まっています。日本でも2010年の300万kWの導入目標に向け、数基の風車から、数十基の風車で構成される大型のウインドファームに至るまで、風力発電施設は急速に増加しています。風車の発電出力は風速の三乗に比例するため、風況の良好な地点を的確に、かつピンポイントに選定することが重要です。特に日本では、右図に示すように流れの衝突、剥離、再付着、逆流などの風に対する地形効果を考慮することが重要です。近年、風力発電の立地点は山間部などの複雑地形へと移行しており、今後、ますます地形乱流の影響を受けることで、発電量の低下など、風力発電にとって過酷な事業条件となることが予想されます。したがって、これからの風力発電施設の事業評価はより厳密に、かつより高精度に行う必要があります。

我々は「アニメーション表示」と「厳密な事業評価」をキーワードに、RIAM-COMPACT[®](Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, COMPUTational Prediction of Airflow over Complex Terrain, リアムコンパクト)と称する画期的な非定常・非線形風況シミュレータ

の実地形版^{*1}を開発しました。風力発電で最も重要な要素である風況特性を、極めて簡単な操作でアニメーションにより視覚化可能です。現在、風力発電導入時の最重要検討課題である“複雑地形上の風の乱れ(地形乱流)”を事前に把握・評価できます。また同時に、野外風況データに基づいた年間発電量(kWh)や設備利用率(%)の試算、風車立地点における風配図や風速の鉛直プロファイルの表示も可能となっています。

■ 風に対する地形効果

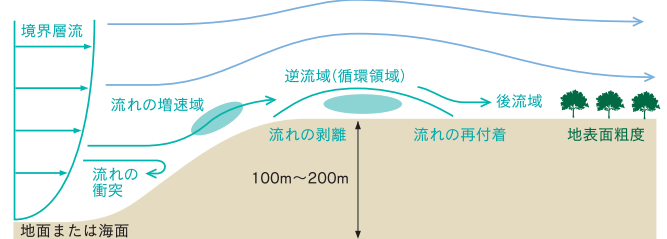


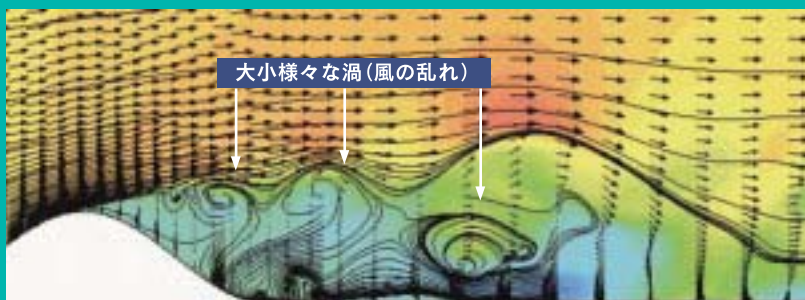
図1 急峻な地形を過ぎる風の流れ

■ 実地形版RIAM-COMPACT[®]ソフトウェアの主な特長

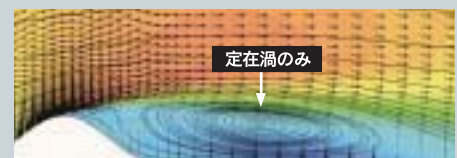
- 1 非定常・非線形の流体工学CFD (Computational Fluid Dynamics) モデル
- 2 RANS (Reynolds-Averaged Navier-Stokes) モデルよりも有望視されているLES (Large-Eddy Simulation) 乱流モデルを採用することにより、複雑地形上の“風の道”、“風の乱れ”をアニメーションとして再現可能
- 3 地理情報システムGIS (Geographical Information System) とCFDの強力な相互連携により、国内外を問わず、世界中のあらゆる平坦地形と複雑地形に適用可能 (実用新案：【流体解析支援システム】、登録第3128436号)

■ 「線形」、「非線形」とは… 「定常」、「非定常」とは…

非定常・非線形モデルRIAM-COMPACT[®]の結果

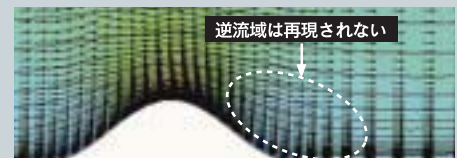


非定常・非線形モデルRIAM-COMPACT[®]は、我々が日常目にする風の流れのイメージです。風の乱れなどが直感的に把握できます。非線形モデルは平坦地から急峻な複雑地形まで適用可能です。



定常・非線形モデルの結果

定常・非線形モデルは、左記の結果を時間的に平均したイメージです。



線形モデルの結果

線形モデルを急峻な複雑地形に適用した際には、流れの剥離(逆流域)などを予測することができません。

図2 各種風況予測モデルの比較

※1：実地形版RIAM-COMPACT[®]ソフトウェアは、株式会社リアムコンパクトを中心に株式会社環境GIS研究所、西日本技術開発株式会社、株式会社FSコンサルティングで共同開発した製品です。本ソフトウェアのコア技術は、九州大学応用力学研究所の内田博士を中心に開発され、株式会社産学連携機構九州(九大TLO (Technology Licensing Organization))から株式会社リアムコンパクトが独占的ライセンス使用許諾を受けています。

実地形版RIAM-COMPACT®ソフトウェアに関するサービス一覧

1

受託解析サービス（風力発電導入のための総合コンサルティング）

≫ 3P

実地形版RIAM-COMPACT®ソフトウェアの開発コンソーシアムメンバーである西日本技術開発株式会社を中心に、国内外の数基の風車からウインドファームに至るまで、風力発電導入のための総合コンサルティングを行います。

2

受託計算サービス

≫ 6P

国土地理院の50m標高データを用い、風力発電導入予定地の風況シミュレーションを行い、定性的な風況特性評価サービスを安価・短期間で提供いたします。

3

設計風速評価サービス

≫ 7P

国土地理院の50m標高データを用い、風力発電導入予定地の設計風速評価サービスを安価・短期間で提供いたします。

実地形版RIAM-COMPACT®用の3次元詳細地形データ構築サービス

≫ 8P

4

- ①1/2,500程度の紙地図
- ②DXF (Data eXchange Format) 形式のCAD (Computer Aided Design) データ
- ③スペースシャトル地形データ (SRTM) ※2
- ④地球観測衛星「だいち(ALOS)」地形データ※3

上記の①～④に示す地形図や各種データから、実地形版RIAM-COMPACT®用の詳細な3次元標高データを安価・短期間に構築いたします。これらの標高データを組み合わせた効率的な地形構築も可能です。(右図を参照)



図3 国内某サイトの例

5

線形風況シミュレーションソフトウェアWASP用のMAPファイル構築サービス

≫ 10P

我々が作成する経緯度座標系の高解像度DEM (Digital Elevation Model) データから、UTM (Universal Transverse Mercator system) 座標系の任意間隔WASP (Wind Atlas Analysis and Application Program) 用等高線データを構築いたします。

6

景観シミュレーションサービス

≫ 11P

国土地理院の50m標高データに航空写真などを重ね合わせ、かつ、ブレードの回転を忠実に再現した実スケール風車を埋め込んだアニメーションを作成します。風力発電の計画地を種々の角度から事前に眺めることが可能です。

※2：SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) は、スペースシャトルに積み込んだレーダにより、全世界の詳細な立体地形データを作成することを目的としたミッションである。現在公開されている立体地形データは2種類ある。1つはSRTM-1と呼ばれる1秒メッシュ(約30m)で、アメリカのみである。もう一つはSRTM-3と呼ばれる全世界3秒メッシュ(約90m)である。このデータの詳細は<http://srtm.usgs.gov/index.html>を参照してください。

※3：陸域観測技術衛星ALOS (Advanced Land Observing Satellite) は、世界最大級の地球観測衛星である。地球資源衛星1号「ふよう (JERS-1)」と地球観測プラットフォーム技術衛星「みどり (ADEOS)」の開発と運用によって蓄積された技術をさらに高性能化したものである。我々は「バンクロマチック立体視センサ (PRISM)」の地形データに基づいて標高データを構築いたします。このデータの詳細はhttp://www.jaxa.jp/projects/sat/alos/index_j.htmlを参照してください。

受託解析サービス（総合コンサルティング）のフロー

風力発電導入までのフロー

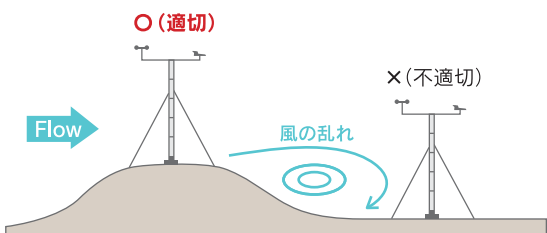
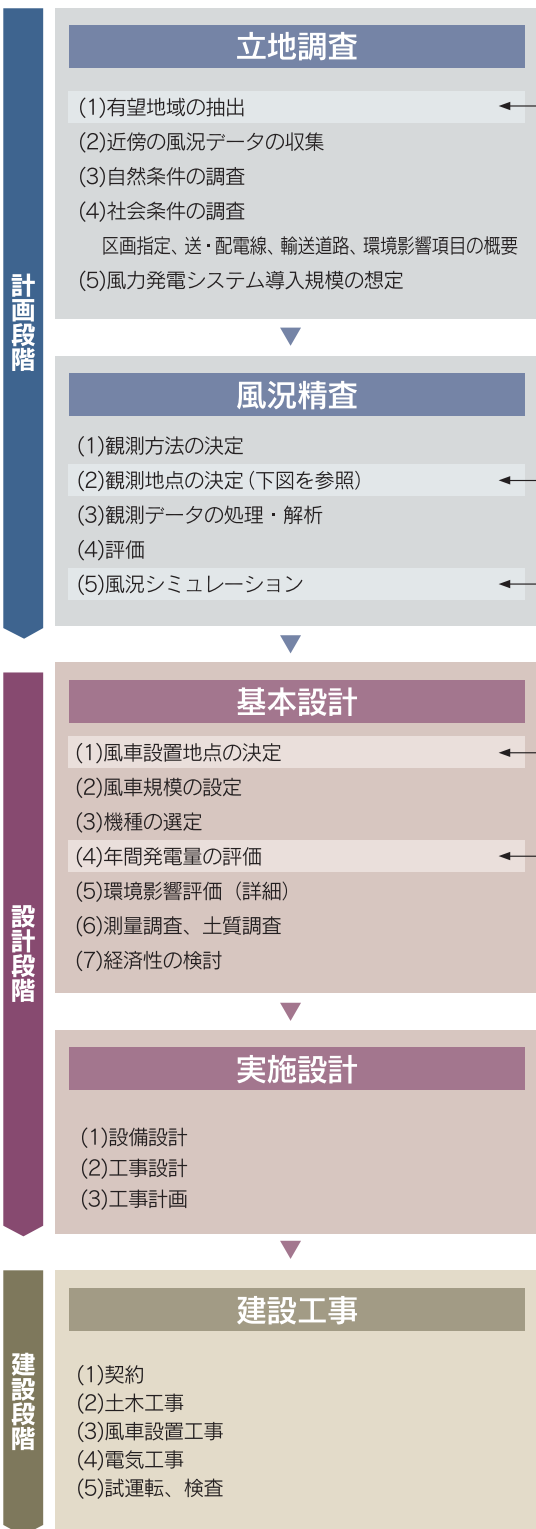


図4 風車同様、野外観測ポールも風の乱れの影響が少ない地点に設置する必要がある。風況シミュレーションで設置位置を探索することが可能。

我々の提供するコンサルティングサービス

計画段階支援

マクロサイティング

- NEDOの風況マップ（500mメッシュ）による有望地域の抽出
- 風況、道路、法規制、民家位置など地理情報システム（GIS）を活用した風力発電導入可能地域の探索および評価 ※4

野外観測ポール設置位置の支援

- 風況シミュレーションによる野外観測ポール設置位置の探索

設計段階支援

マイクロサイティング（基本評価）

- 風の道、風の乱れなどの定性的な風況特性評価による風力発電計画地域の選定助勢
 - 風況、道路、傾斜角、法規制、民家位置など地理情報システム（GIS）を活用した風力発電導入可能地域の探索および評価 ※4
- フェーズ 1**
- 計算領域：20km×20km程度（領域変更可）
 - 標高データ：国土地理院の50m標高データ
 - 空間解像度：100～200m程度
 - メッシュ規模：約10万点
 - アウトプット：別途相談

マイクロサイティング（詳細評価）

- 詳細な風況特性の評価による年間発電量（kWh）、設備利用率（%）および風車設置地点の選定助勢
 - 風況、道路、法規制、民家位置など地理情報システム（GIS）を活用した風力発電配置計画助勢および評価 ※4
 - 風車建設後の鳥瞰図やアニメーションの作成（オプション）
- フェーズ 2**
- 計算領域：2km×2km程度（領域変更可）
 - 標高データ：白地図などに基づいた、2～5mの高解像度標高データ
 - 空間解像度：10～20m程度
 - メッシュ規模：約20万点
 - アウトプット：別途相談

※4：GISを用いた法規制などの整理は、必要なフェーズで一度実施すれば他のフェーズにおいてもそのまま引用することができます。

地理情報システム (GIS) によるマクロサイティングサービス

風力発電の導入可能地域の絞り込みを行います。

風力発電導入の有望地区の選定条件

- 地上高70mの年平均風速：6m/s以上
(NEDO ※5 「局所風況マップ」500mメッシュデータ)
- 道路幅5m以上のアクセス道路が整備されていること
- 環境への影響に対する法的規制
(自然公園法、森林法、農地法、その他)
- その他の条件
(送電線、風車騒音、稀少動植物の有無、地形の傾斜角、
景観への配慮、地域住民の理解など)



有望地点が見つければ、
次のマイクロサイティングに進みます。

※5：新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO技術開発機構)

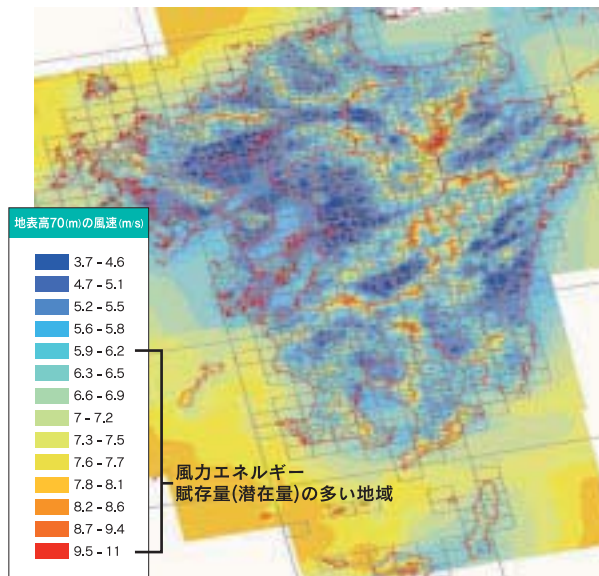
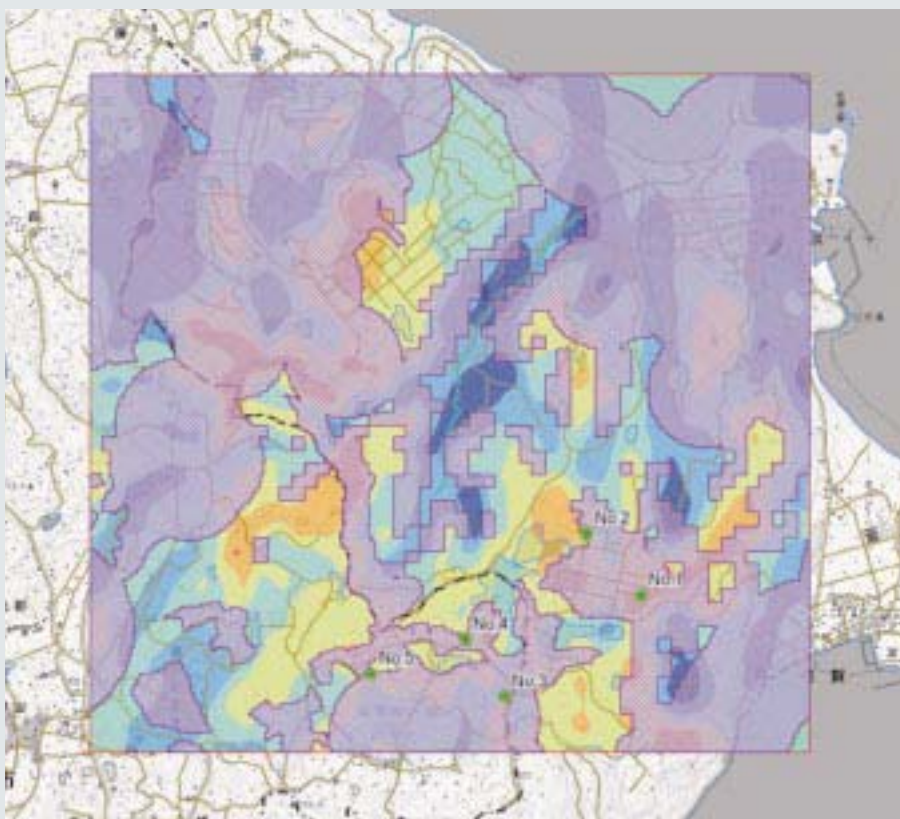


図5 NEDO※5の風況マップのGISへの取り込みを実現

- ・ 公開データに存在する欠陥箇所をシームレスなマップに変換
- ・ 風力発電に適した年平均風速6m/s以上の地点を効率的かつ容易に検索可能
(全国あらゆる地区に対応)



適地の総合判定 (合成風況+開発困難地域(案))

凡例

◆ 建設候補地点

合成風速

- 5.5 - 10 風が弱い
- 10.1 - 15
- 15.1 - 20
- 20.1 - 25
- 25.1 - 30
- 30.1 - 35 風が強い
- 開発困難地域



0 250 500 750 1,000m

図6 風況マップ、各種GISデータ(法規制および騒音影響などの評価結果)を重ね合わせて探査した風力発電有望地区の抽出例

実地形版RIAM-COMPACT®によるマイクロサイティングサービス

風力発電の導入可能地域を詳細に評価いたします。

フェーズ1 候補地の定性的な風況特性の把握

マクロサイティングの結果を受け、風力発電導入の有望地区の“風の道”、“風の乱れ”をアニメーションで視覚化し、定性的な風況特性を評価いたします。GISとの連携により、各種GISデータとの重ね合わせも可能です。

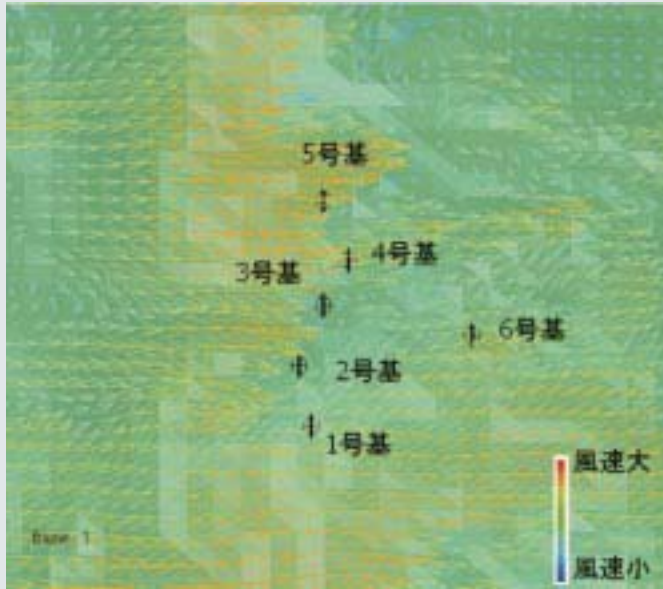


図7 風車ハブ高さの速度ベクトル図

フェーズ2 年間発電量と風車配置の詳細評価

空間解像度10m以下の標高データを構築し、高解像度風況シミュレーションを実施します。候補地の野外風況データを考慮し、年間発電量 (kWh) の推定、風の乱れ(地形乱流)の評価、風車の適切な配置案を提案いたします。

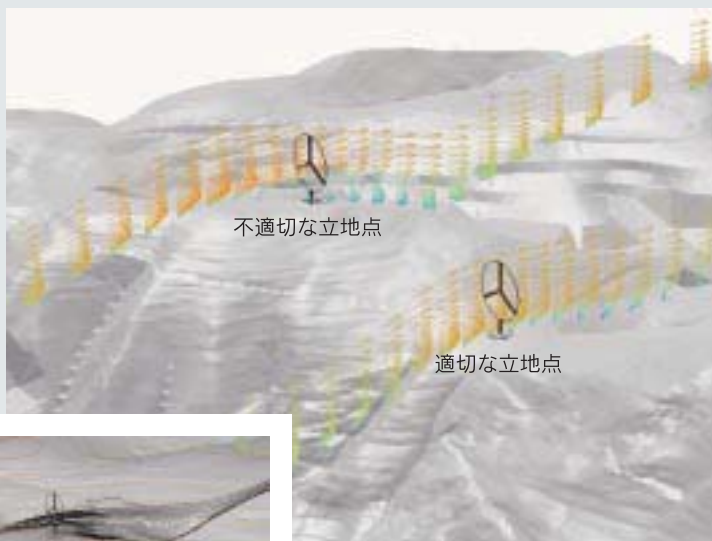
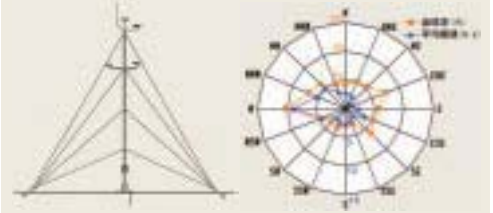
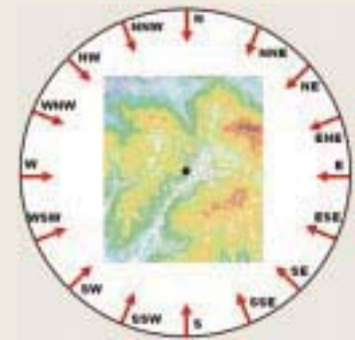


図8 地形の凹凸に起因して発生する風の乱れ(地形乱流)の評価

年間発電量(kWh)の評価フロー



野外風況精査による候補地周辺の風況特性の評価

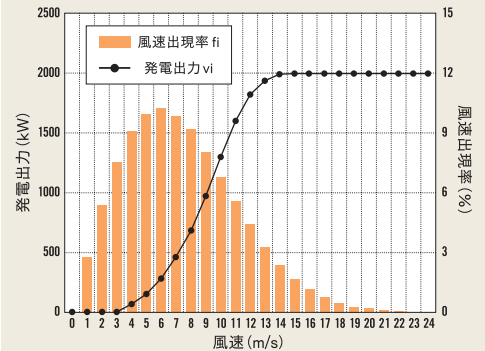


実地形版RIAM-COMPACT®による16風向別の風況シミュレーションを実施

データ同化

地形の影響を考慮し、任意地点の風車ハブ高さの気流性状をダイレクトに算出

風車性能曲線と風速出現率



[年間発電量の試算]

$$\text{年間発電量(kWh)} = \sum (v_i \times f_i \times 8,760h)$$

v_i : 風車性能曲線に示す風速階級*i*の発電出力(kW)

f_i : 風速出現率に示す風速階級*i*の出現率(%)

ウエイクロスなどの各種損失を考慮

ウインドファーム全体の年間発電量の予測

実地形版RIAM-COMPACT®による受託計算サービス

国土地理院の50m標高データを用い、風力発電導入予定地の風況シミュレーションサービスを行います。対象領域の“風の道”、“風の乱れ”をアニメーションで視覚化し、定性的な風況特性を評価いたします。また、風車ハブ高さにおける風速の時系列データのグラフ化、風車立地予定地における風速および乱流強度の鉛直プロファイルなどの定量的な評価も行います。オプションとして、空間解像度10m以下の標高データを用いた高解像度風況シミュレーション、野外風況データとの相関を考慮した年間発電量(kWh)、設備利用率(%)の試算も可能です。

提供データ一覧

- 計算対象領域図
- 計算パラメータ(設定風速、べき指数など)
- 風車ハブ高さの速度ベクトルのアニメーション(図9参照)
- 風車ハブ高さの風の乱れのアニメーション
- 風車ハブ高さの風速時系列データのグラフ化
- 風車立地予定地の平均風速の鉛直プロファイル(図10参照)
- 風車立地予定地の乱流強度の鉛直プロファイル

上記の項目をパワーポイントにまとめてご提供

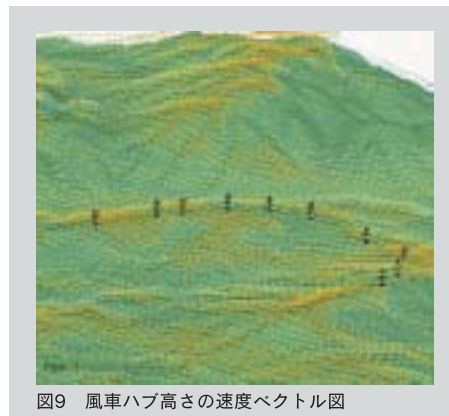


図9 風車ハブ高さの速度ベクトル図

作業期間

- 1風向あたり10日程度が目安となります。

オプション

- 国土地理院の50m標高データでは得られなかった10m以下の高解像度標高データを、2,500分の1地形図、あるいは、DXF形式のCADデータなどから構築し、それを用いた風況シミュレーションを行います。
- 16風向別の風況シミュレーションを実施し、野外風況データとの相関を考慮した年間発電量(kWh)や設備利用率(%)の評価も可能です。(図11参照)
- 年間発電量(kWh)の評価には、1年間の野外風況データ(1時間間隔の時系列データ)が最低1点必要です。

受託計算費用

- お見積いたします。(例：国土地理院の50m標高データを用いた1風向の受託計算費用20万円～)

大きな速度シアー

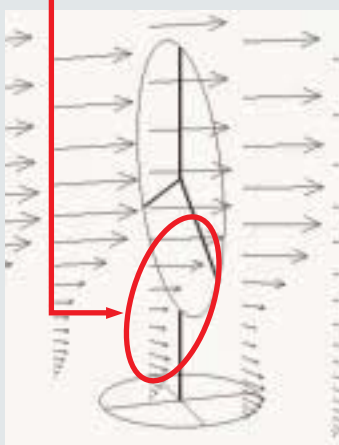


図10 風車近傍の速度ベクトル図
(風車に対する吹き上げ角度や吹き下げ角度の評価が可能)

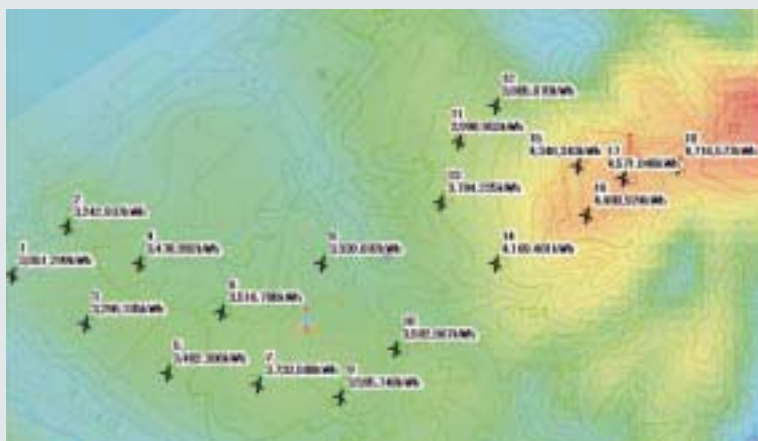
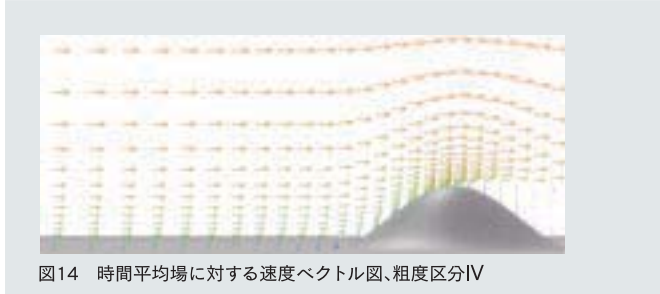
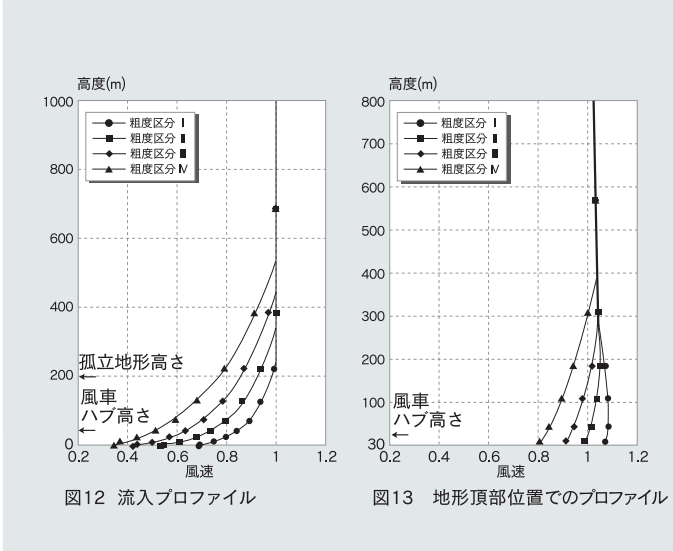


図11 局所風況マップの作成および年間発電量(kWh)の評価例

設計風速評価サービス

国土地理院の50m標高データを用い、『風力発電設備支持物構造設計指針・同解説 2007年版』(土木学会)、『建築物荷重指針・同解説(2004)』(日本建築学会)に準拠した方法で風車立地点の設計風速評価サービスを行います。

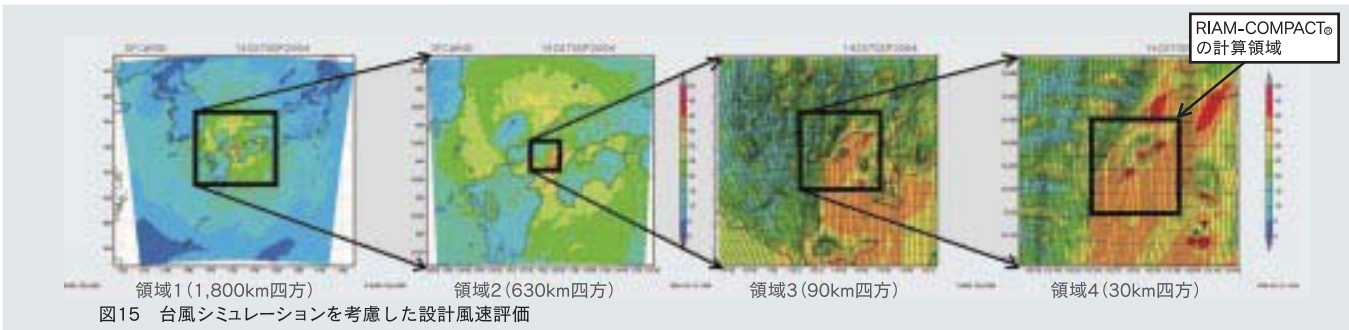


	粗度区分			
	I	II	III	IV
風速比 (増速率)	1.28	1.35	1.44	1.60

表1 風車ハブ高さを45mとした場合の増速率、
増速率=(図13の45m位置風速)/(図12の45m位置風速)

オプション

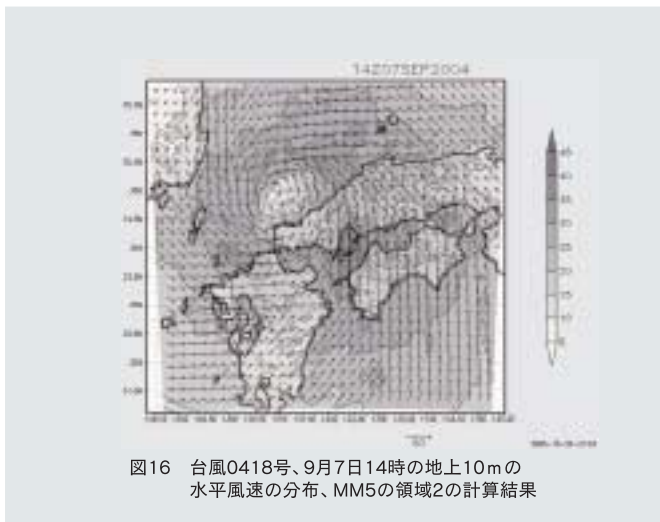
- 空間解像度10m以下の標高データを用いた高解像度風況シミュレーションによる設計風速評価も可能です。
- WRFモデル(Weather Research and Forecast model)やMM5モデル(PSU/NCAR Mesoscale Model)などのメソ気象モデルと実地形版RIAM-COMPACT®を組み合わせた高精度な設計風速評価も可能です。



水平方向	領域範囲	格子数	一辺[km]
第1領域	1,800km四方	201×201	9
第2領域	630km四方	211×211	3
第3領域	90km四方	91×91	1
第4領域	30km四方	91×91	1/3

表2 4段階ネステイング

- 鉛直方向は地上から50hPa(20,778m)までを34層に分割
- 格子間隔は最下層が16m、最上層が4,301m



受託計算費用

- お見積いたします。

主に国内サイト向け

実地形版RIAM-COMPACT®用の3次元詳細地形データ構築サービス

1/2,500程度の紙地図、DXFデータなどのCADデータからの地形構築

1/2,500程度の紙地図、DXF形式のCADデータなどから詳細な3次元標高データを安価・短期間に構築します。これにより、国土地理院の50m標高データでは難しかった実地形版RIAM-COMPACT®による高解像度風況シミュレーション、景観CG(Computer Graphics)、土木設計などへの利用が可能となります。実地形版RIAM-COMPACT®では任意の空間解像度の標高データ形式(GIS標高データ)をサポートしており、すぐに計算が可能です。

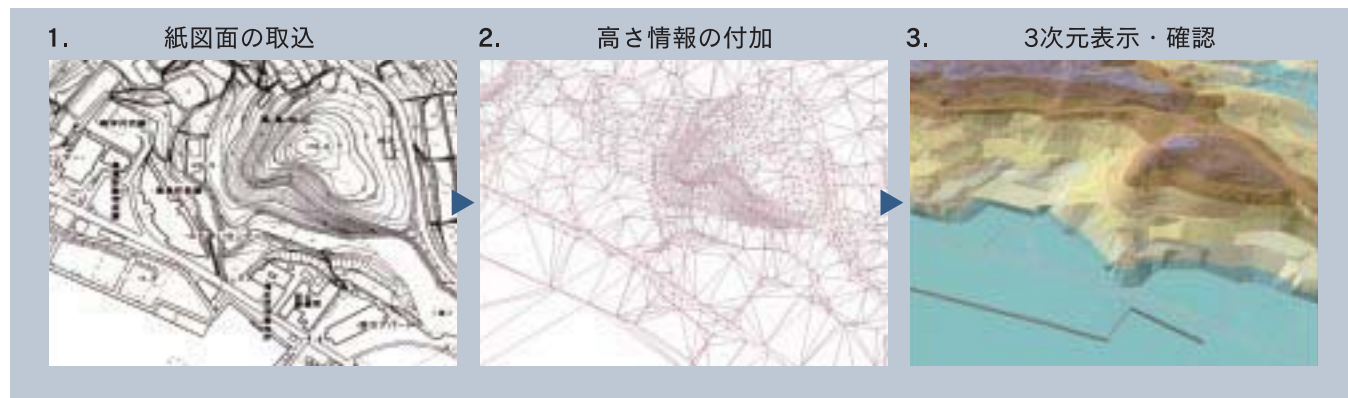


図17 3次元詳細地形データ構築のフロー

白地図の準備

1

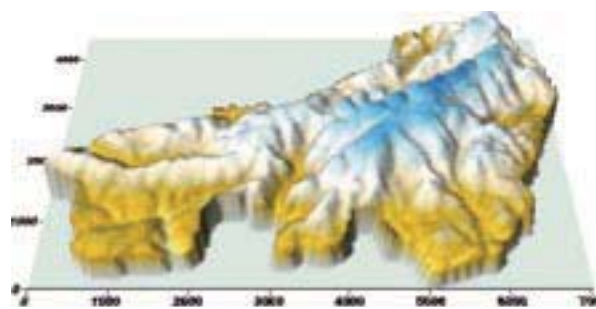
お客様の方で元データとなる1/2,500程度の紙地図を自治体などより入手して頂きます。1/500や1/5,000などの縮尺図面からでも、標高が明記されていれば3次元標高データ構築は可能です。

好ましい図面

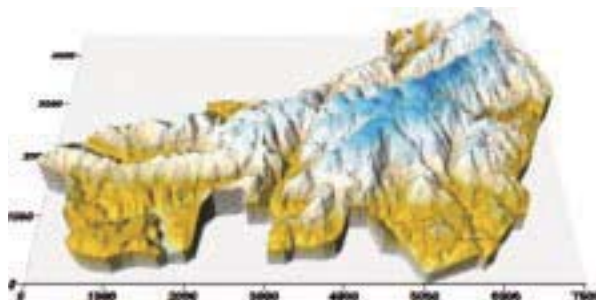
- 印刷地形図、コピー地形図(線が明瞭な図面)
- 図面の四隅に公共座標(経緯度情報)が記載されている図面

好ましくない図面

- 青焼地図、着色図面、折目のある図面、その他写りが不鮮明なもの



(a) 国土地理院の50mデータ



(b) 紙地図から作成した5mデータ

図18 空間解像度の比較

2

データ精度

構築する3次元標高データの精度は、元資料の図面に準拠します。

3

作業期間

図面1枚あたり、1週間程度が目安となります。

4

構築費用

お見積いたします。
(標準的な場合は1ケース約10万円程度)



図19 3次元地形モデルと航空写真の合成

線形風況シミュレーションソフトウェアWAsP用のMAPファイル構築サービス

我々が作成する高解像度標高データ(経緯度座標系DEMデータ)から、デンマークRISO国立研究所が開発した線形風況シミュレーションソフトウェアWAsP用のMAPファイル(UTM座標系等高線データ)を任意間隔で構築いたします。これにより、同じ空間解像度の標高データを用いた非定常・非線形CFDソフトウェアである実地形版RIAM-COMPACT®と、線形風況シミュレーションソフトウェアWAsPとの比較が可能になります。スペースシャトル地形データ(SRTM)、地球観測衛星「だいち (ALOS)」地形データを用いることで、海外サイトへも汎用的に適用可能です。なお、これらのサービスは国内サイトにおいても同様に提供することが可能です。

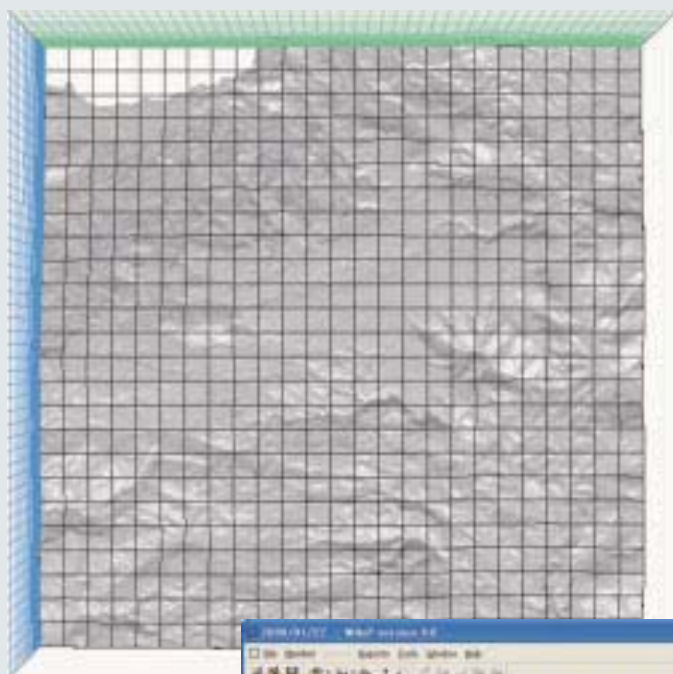
作業期間

- 1サイトあたり、2週間程度が目安となります。

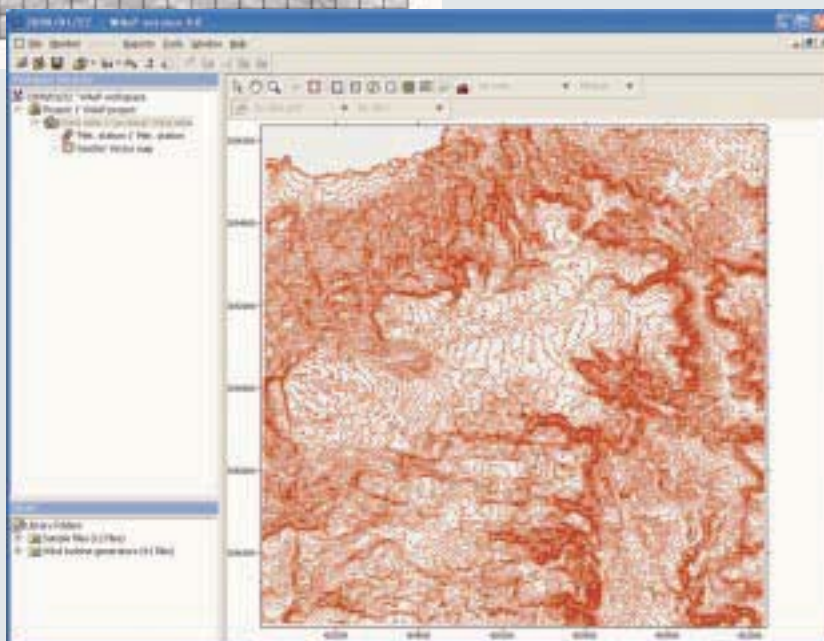
構築費用

- お見積いたします。(標準的な場合は1ケース約10万円程度)

(a)実地形版RIAM-COMPACT®用のDEMデータ



データ変換



(b)線形風況シミュレーションソフトウェアWAsP用のMAPファイル

図23 海外某サイトにおける構築例

景観シミュレーションサービス

国土地理院の50m標高データに航空写真などを重ね合わせるとともに、風車を実スケールで挿入したアニメーションなどを作成いたします。風力発電の導入を計画している地域を、種々の角度から事前に眺めることが可能です。オプションとして、我々が作成する高解像度標高データ(3次元地形モデル)や、「デジタル地球儀ソフトウェア」Google Earthを利用することも可能です。

作業期間

■ 1サイトあたり、2週間程度が目安となります。

構築費用

■ お見積いたします。(標準的な場合は1ケース約10万円程度)



図24 我々が作成する高解像度標高データを利用した例

風車ブレードの回転による視覚的な印象、上空や人の目線、周辺住宅など、風車導入後の景観を様々な角度から検証することができます。

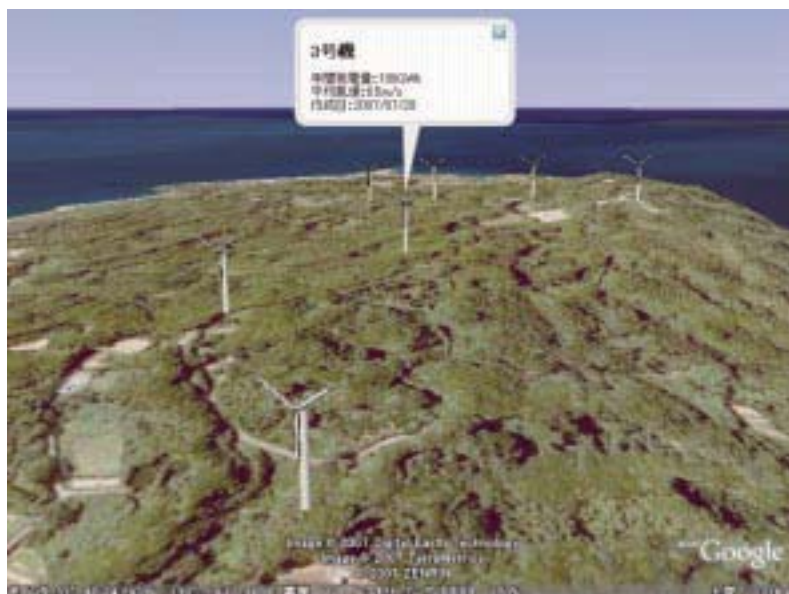


図25 Google Earthを利用した例

→ 実地形版RIAM-COMPACT®に関する解説および参考論文

1. 内田孝紀、大屋裕二、荒屋亮、田辺正孝、川島泰史、非定常・非線形風況シミュレータRIAM-COMPACT®を用いたウインドファーム風況診断、九州大学応用力学研究所所報、第130号、pp.53-60、2006.
2. T.Uchida and Y.Ohya, Micro-siting Technique for Wind Turbine Generator by Using High Resolution Elevation Data, JSME International Journal, 「Environmental Flows」, Series B, Vol.49, No.3, pp.567-575, 2006.
3. 内田孝紀、大屋裕二、CFDを用いた複雑地形上の実風速推定法の提案、応用力学論文集、Vol.10、pp.733-740、2007.
4. 内田孝紀、風が見える、PC1台で動く、RIAM-COMPACT®の紹介、風況予測シミュレータソフトの開発と実用化、クリーンエネルギー、Vol.16、No.4、pp.70-74、2007.
5. 特集 環境に優しいエネルギーを求めて、風力発電、日本独自の精密風況分析で風力発電の普及へ、GIS NEXT、2008.1、第22号、pp.16-19、2008.
6. T.Uchida and Y.Ohya, Micro-siting Technique for Wind Turbine Generator by Using Large-Eddy Simulation, J. Wind Eng. Ind. Aerodyn., Vol.96, pp.2121-2138, 2008.

→ 実地形版RIAM-COMPACT®ソフトウェア開発コンソーシアム

株式会社リアムコンパクト (<http://www.riam-compact.com/>)

西日本技術開発株式会社 (<http://www.wjec.co.jp/>)

株式会社環境GIS研究所 (<http://www.engisinc.com/>)

株式会社FSコンサルティング (<http://www.fsconsulting.co.jp/>)

→ 各種お問い合わせ先など

受託解析サービス(総合コンサルティング)、設計風速評価サービスは、上記の西日本技術開発株式会社 火力技術部 技術調査グループ(担当者：川島泰史 TEL 092-713-6003 E-mail : y-kawashima@wjec.co.jp) へお問い合わせください。

それ以外のサービスは、上記の株式会社リアムコンパクト(担当者：内田孝紀 九州大学応用力学研究所大気流体工学分野 TEL 092-583-7776 E-mail : takanori@riam.kyushu-u.ac.jp) へお問い合わせください。

実地形版RIAM-COMPACT®ソフトウェアの購入は、裏表紙に記載の販売代理店へお問い合わせください。

RIAM-COMPACT

We search for the possibility of the wind power energy.





実地形版RIAM-COMPACT[®] ソフトウェアの販売代理店