

風車タービン配置検討・発電量評価ツール

RC-Explorer

のご紹介

RIAM—COMPACT開発コンソーシアム

（株）環境GIS研究所
九州大学応用力学研究所
西日本技術開発（株）

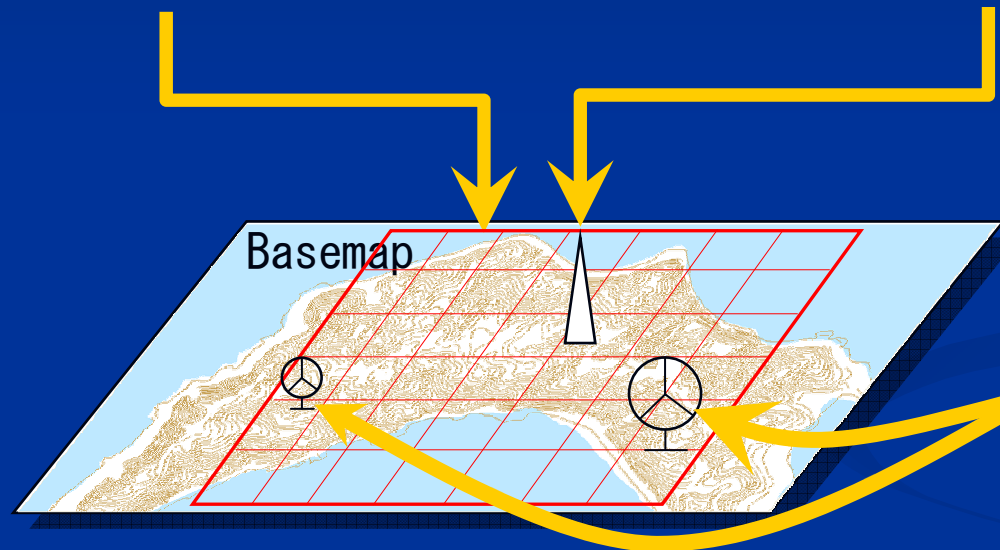
RC-Explorer開発の背景

- RIAM-COMPACTの計算結果(16風向)を取り込み、地図上で風車の位置を指定すると、その地点の風況特性が把握できる。
- 風況観測ポール位置と年間観測データを入力すると、実際の風況に即した発電量が評価できる。
- ユーザフレンドリーなGUIで、配置検討を行い、評価結果を地図やグラフ、レポートなどの形式で出力する。

RC-Explorerのコンセプト

RIAM-COMPACTの
16方向の計算結果データ

1年間の現地観測データ



風車スペック

風車位置



ユーザが自由を選定

年間発電電力量
(設備利用率)

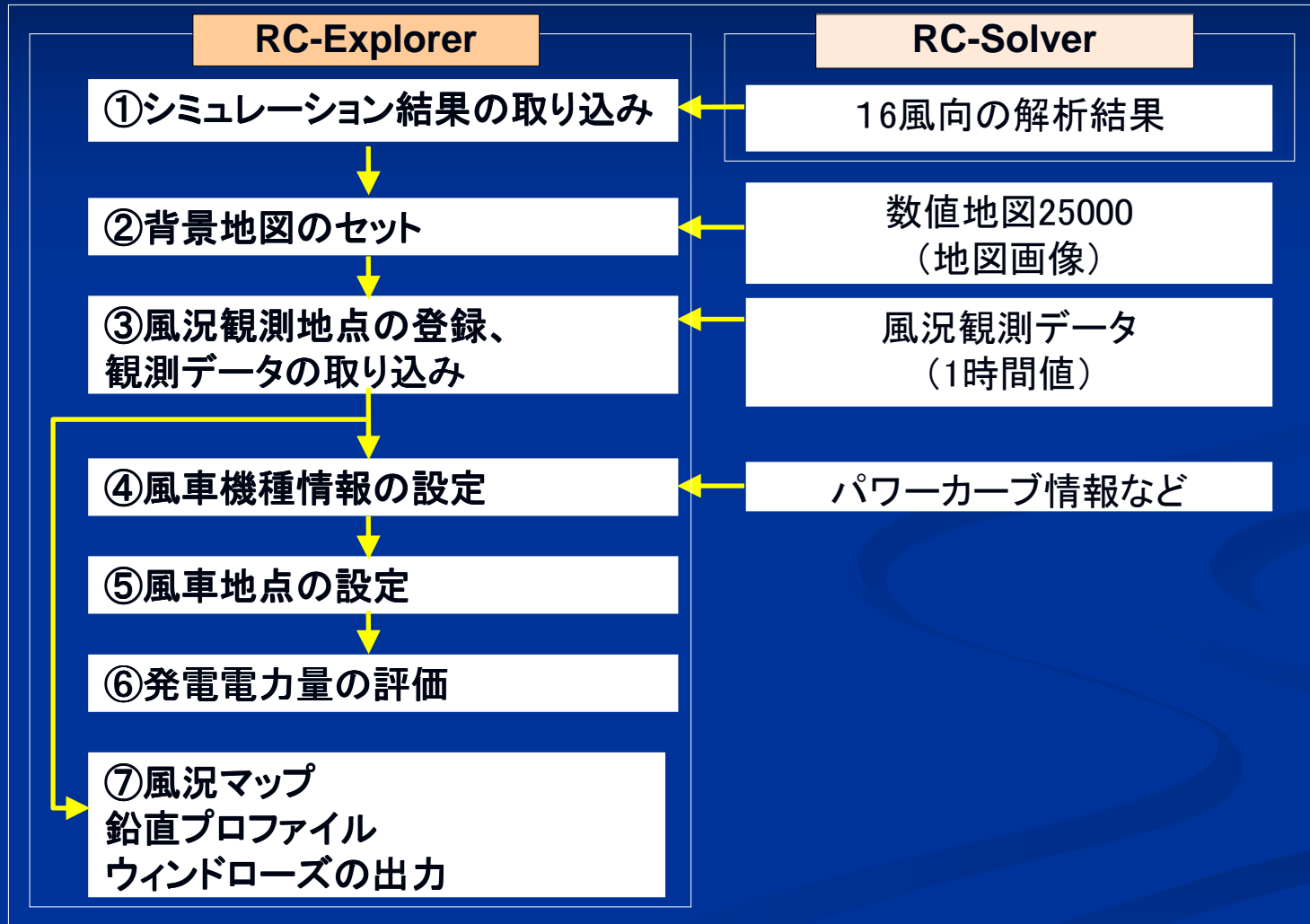
風速の
鉛直プロファイル

風配図

風況MAP

風車地点や機種を地図上で変更しながら、最適な風車配置案を探索するためのツール

RC-Explorerの評価の流れ



RC-Explorerの評価の流れ

発電量電力量の計算法

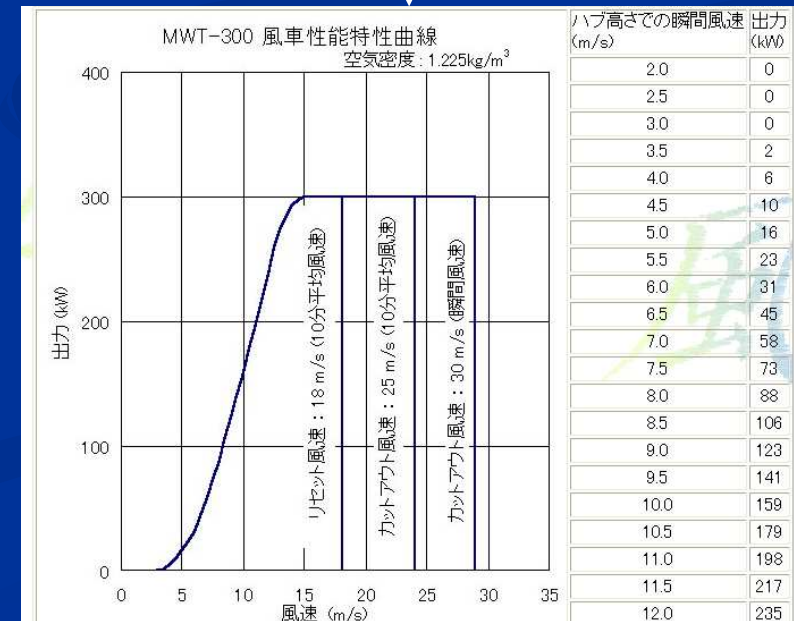
■ 年間発電電力量(kWh)=

$$\sum_t^{8760h} (\text{風車地点の風速} \times \text{風車のパワーカーブ})$$

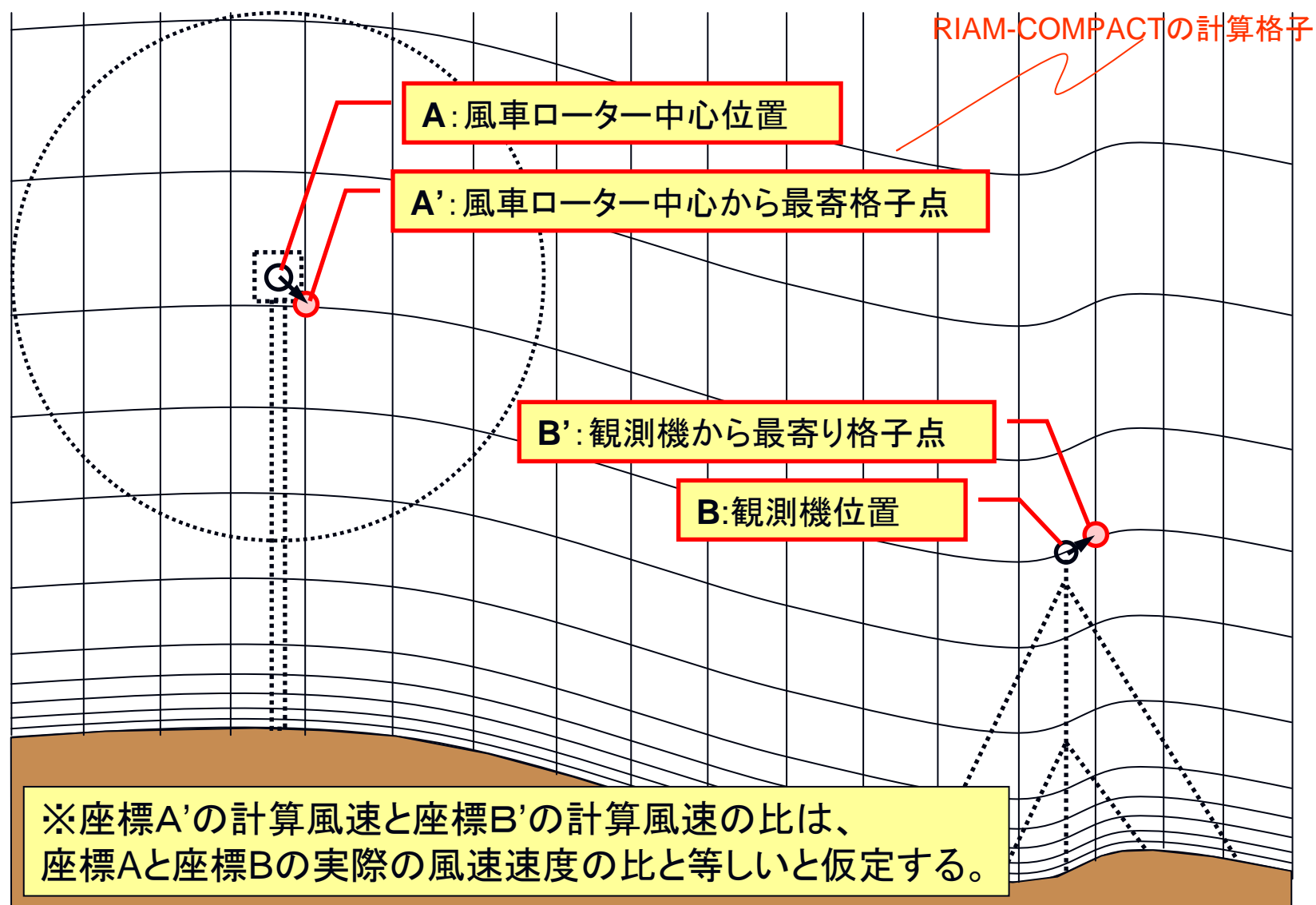
観測地点の風速 × $\frac{\text{風車地点A'のRIAM-COMPACT計算値}}{\text{観測地点B'のRIAM-COMPACT計算値}}$

風速比は風向毎に算出します。

1. RIAM-COMPACTの解析結果から観測ポールと風車地点における風速比を算出
2. 観測データと風速比を用いて、風車地点の風況予測
3. 風速とパワーカーブとの積算



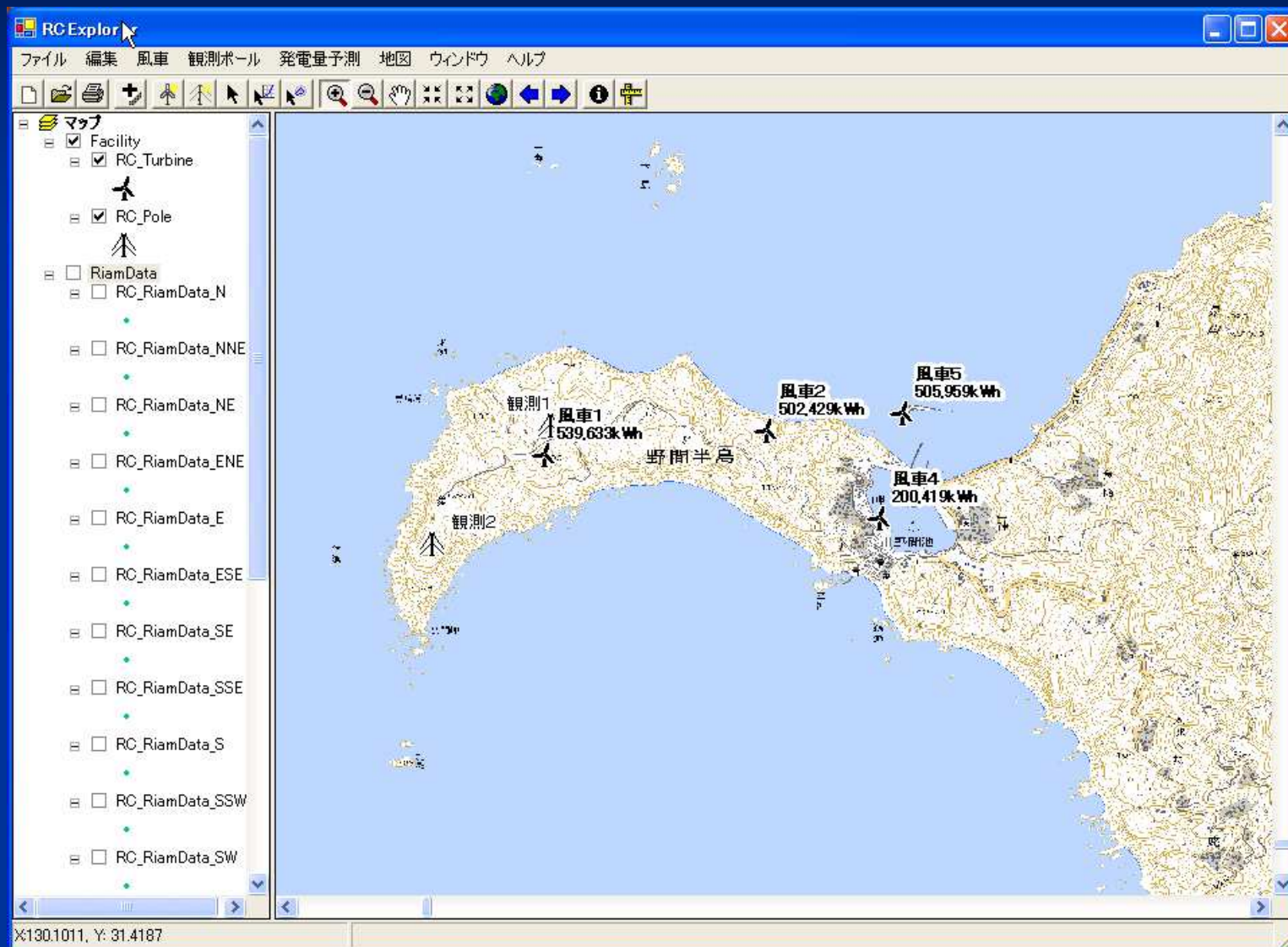
風速比の算出原理



出力データ

- 風配図(風車地点、任意地点)
- 鉛直プロフィール(風車地点、任意地点)
- 年間発電量
- 風況図(地図)
- 各種計算結果レポート(XML形式)

基本画面



観測データの入力

観測ポールの設定

名称

観測地上高 m

位置

緯度

経度

ベース標高 m

観測データ ☐ 年平均 ☒ 1時間平均

更新日 -

観測データ

1時間平均

観測日時	風向	平均風速(m/s)
2004/10/01 1:00	N	8.48
2004/10/01 2:00	N	8
2004/10/01 3:00	N	9.33
2004/10/01 4:00	N	7.41
2004/10/01 5:00	N	4.21
2004/10/01 6:00	N	3.56
2004/10/01 7:00	N	3.83
2004/10/01 8:00	N	4.42
2004/10/01 9:00	N	4.4
2004/10/01 10:00	N	4.47
2004/10/01 11:00	N	5.45
2004/10/01 12:00	N	5.57

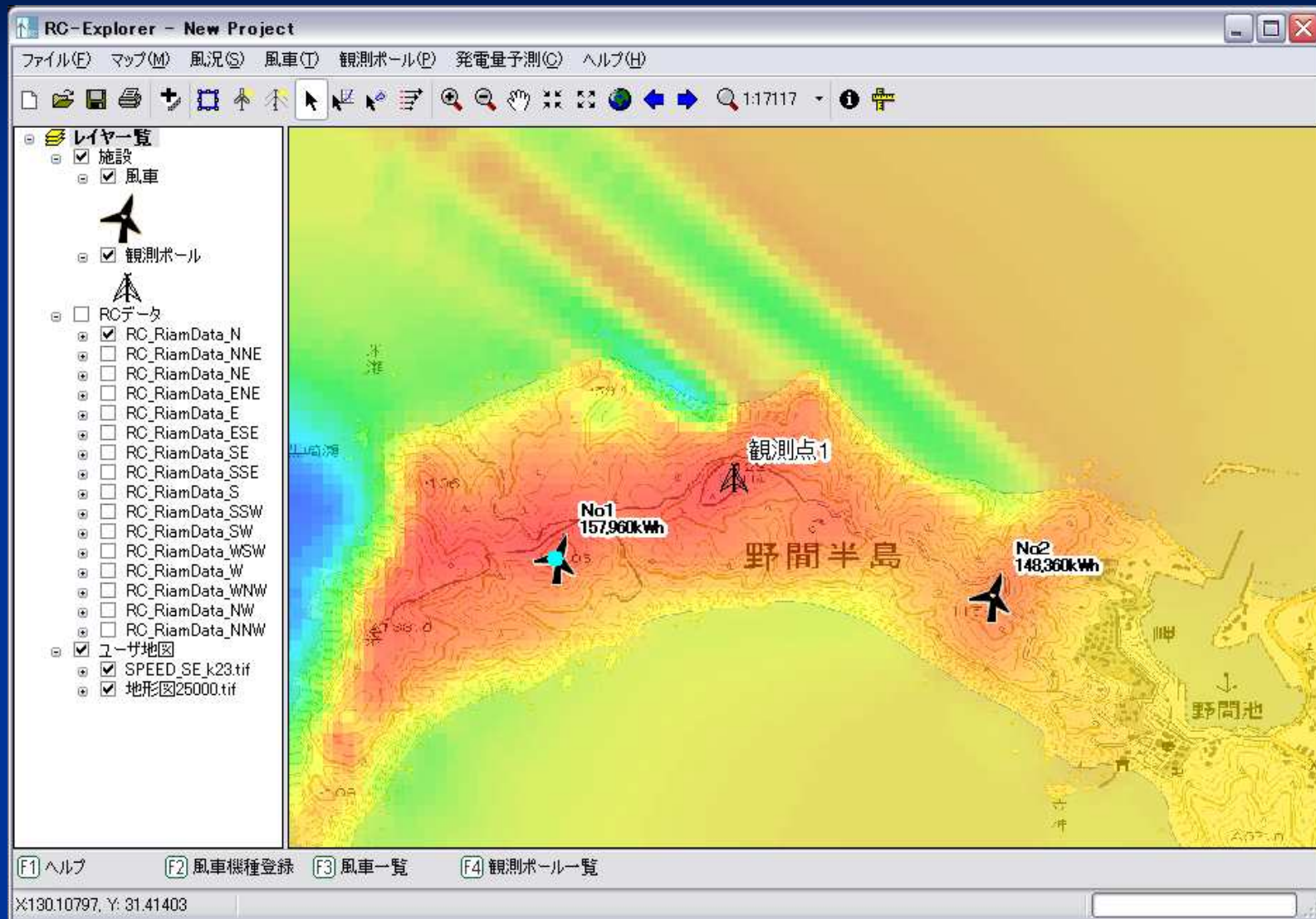
時間 ☒ 0-23 ☐ 1-24

ファイル読込...

OK キャンセル

1時間単位の観測データ、もしくは、年平均データを入力することが可能です。

風況図の作成



風向別の風況マップや、16方位の結果を統合した合成風況マップを表示することができます。

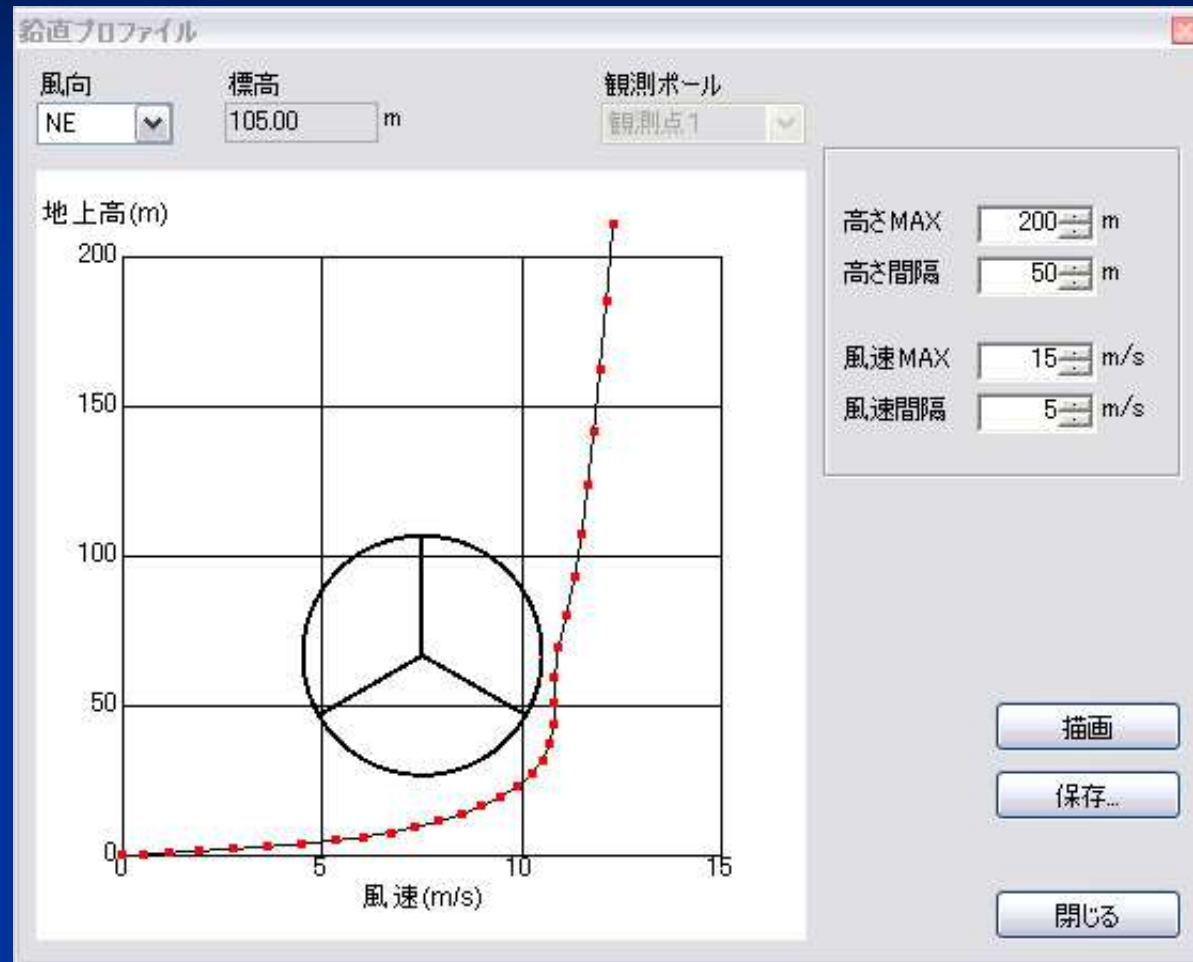
地図上にグラフ表示



風車地点の発電量評価結果や、風況状況を地図の上に重ねて表示させることが可能です。

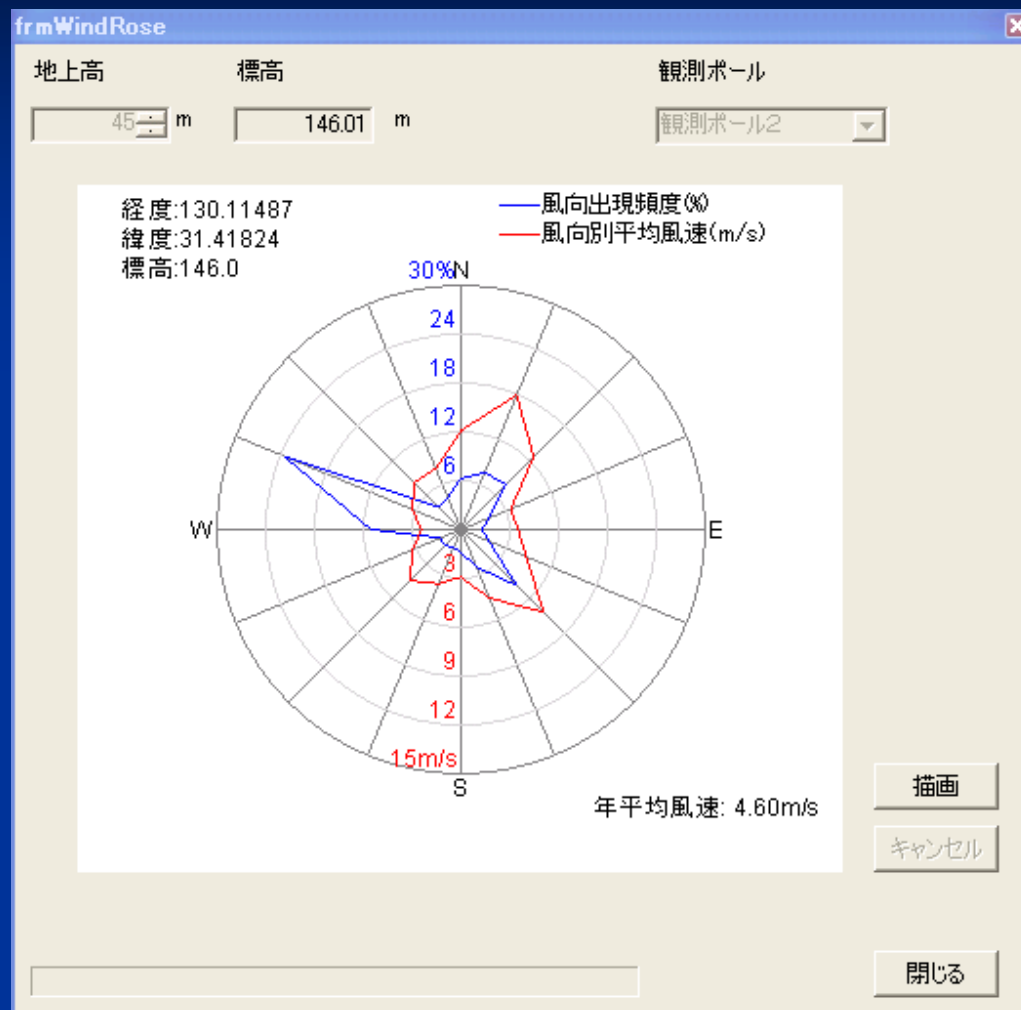


任意地点の風速鉛直プロフィール表示



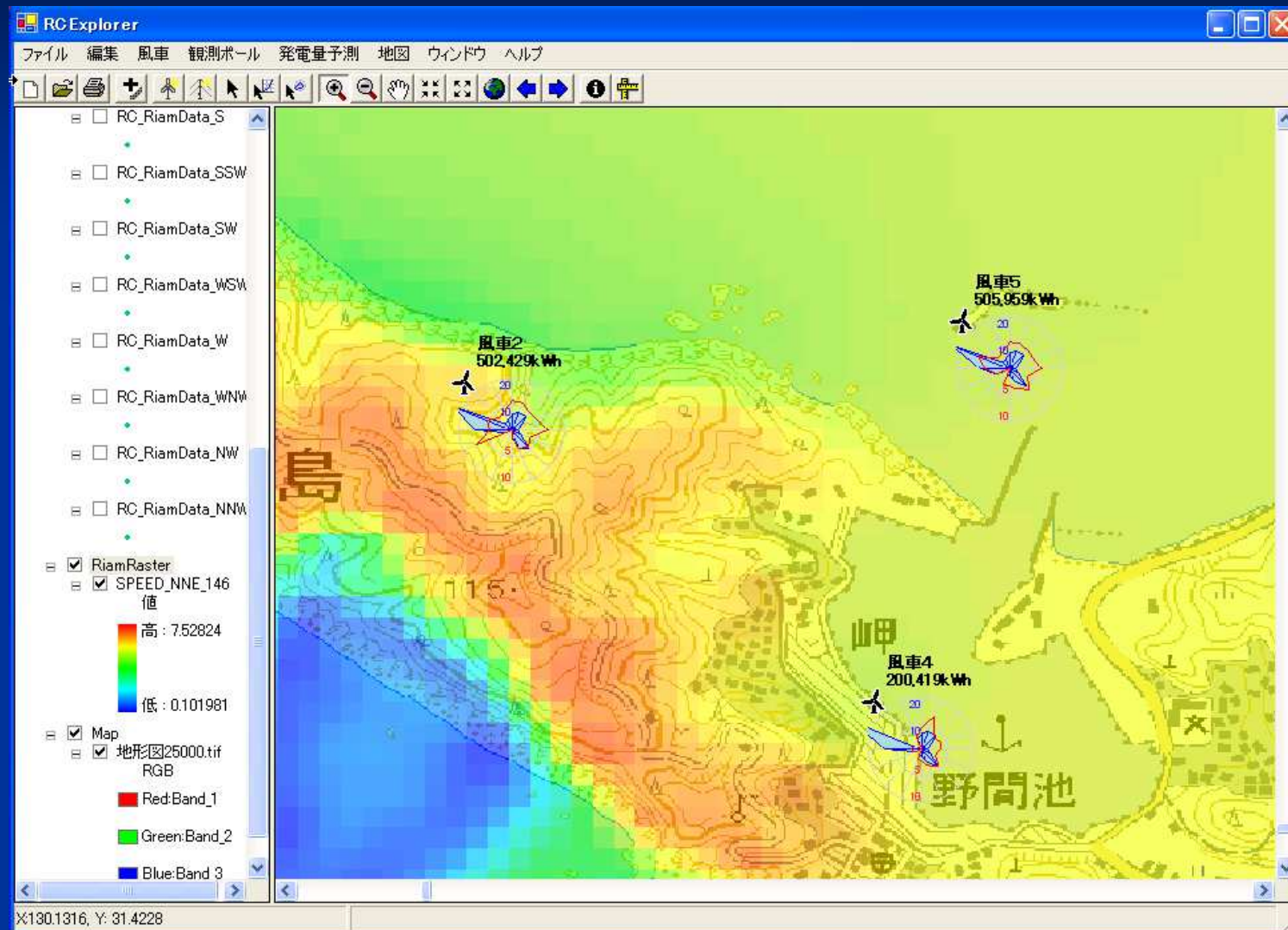
任意地点における風速の鉛直プロフィールを表示します。
風車計画地点においては風車ブレードの大きさ位置を表示し、
ブレードに当たる風速分布を評価できます。

任意地点の風配図表示



地図上でクリックすることで、任意地点の風配図を表示できます。
風配図は、画像は数値データとして出力できるため、報告書等にご利用できます。

合成風況図と風配図の地図上表示



地図上で、風車検討地点の年間発電量や風配図を作成することが可能です。

発電量計算結果をXML形式で出力

RCデータ(風車)

主風向	メッシュ(i)	メッシュ(j)	メッシュ(k)	風向	風速値
N	33	11	18	N	1.066
NNE	38	14	18	NNE	1.098
NE	41	19	18	NE	1.053
ENE	42	26	18	ENE	0.578
E	41	33	18	E	
ESE	38	38	18	ESE	
SE	33	41	18	SE	
SSE	26	42	18	SSE	
S	19	41	18	S	
SSW	14	38	18	SSW	
SW	11	33	18	SW	
WSW	10	26	18	WSW	
W	11	19	18	W	
WNW	14	14	18	WNW	
NW	19	11	18	NW	
NNW	26	10	18	NNW	

RCデータ(観測ボール)

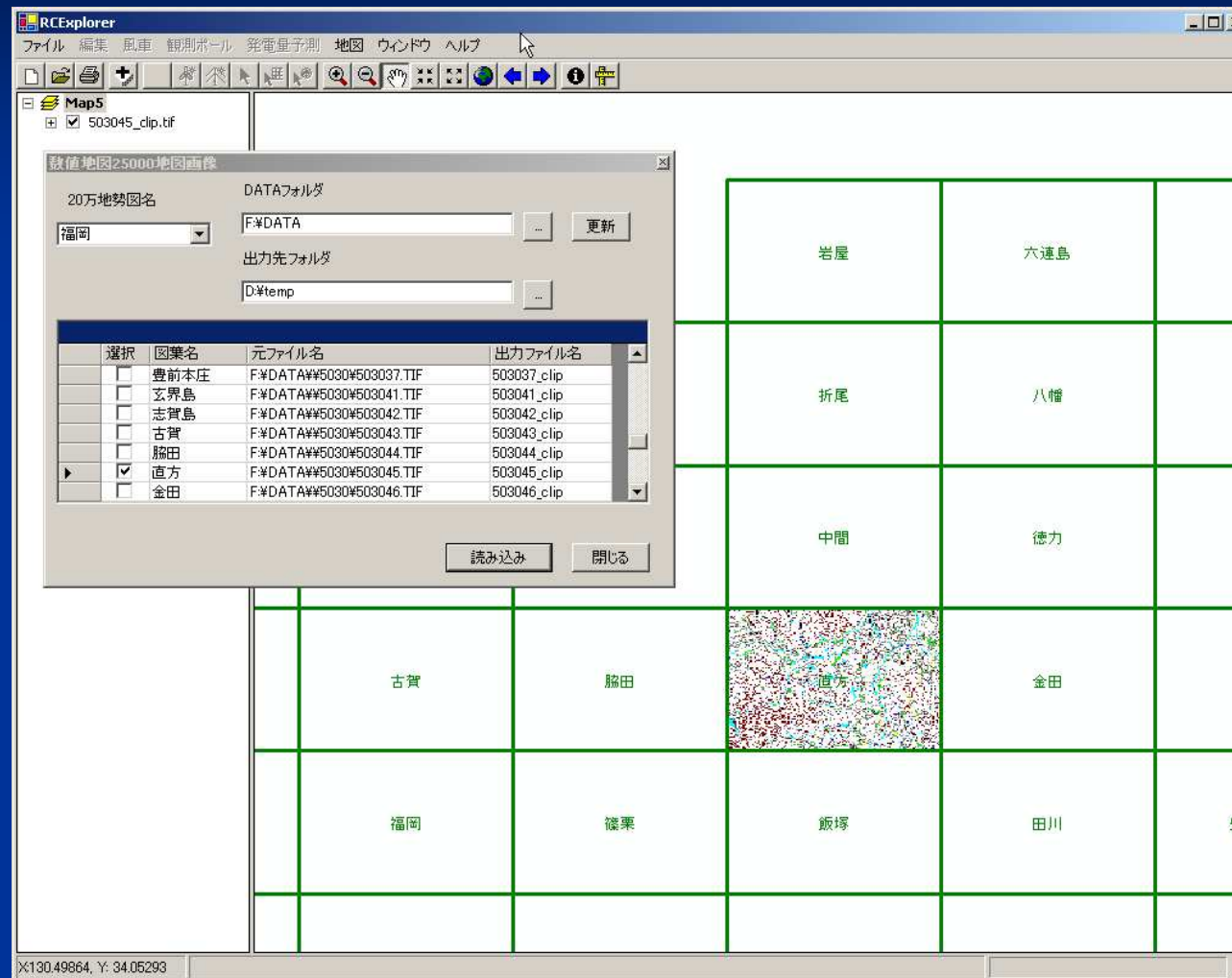
主風向	メッシュ(i)	メッシュ(j)	メッシュ(k)	風向	風速値
N	33	11	18	N	1.066
NNE	38	14	18	NNE	1.098
NE	41	19	18	NE	1.053
ENE	42	26	18	ENE	0.578
E	41	33	18	E	
ESE	38	38	18	ESE	
SE	33	41	18	SE	
SSE	26	42	18	SSE	
S	19	41	18	S	
SSW	14	38	18	SSW	
SW	11	33	18	SW	
WSW	10	26	18	WSW	
W	11	19	18	W	
WNW	14	14	18	WNW	
NW	19	11	18	NW	
NNW	26	10	18	NNW	

発電量計算結果

日付	時刻	観測風向	観測風速(m/s)	風向	風速(m/s)	発電量(kWh)
2002-06-02	06:00:00	NNW	6.8	NNW	6.8	27.8
2002-06-02	07:00:00	E	6.9	E	6.9	29.9
2002-06-02	08:00:00	W	6.6	W	6.6	23.6
2002-06-02	09:00:00	E	6.1	E	6.1	13.1
2002-06-06	15:00:00	NW	6.4	NW	6.4	19.4
2002-06-06	16:00:00	NNE	5.2	NNE	5.2	6.2
2002-06-07	01:00:00	NW	4.5	NW	4.5	4.5
2002-06-07	02:00:00	NE	5.6	NE	5.6	8.6
2002-06-07	03:00:00	NE	7.9	NE	7.9	60.8
2002-06-07	04:00:00	ESE	6.7	ESE	6.7	25.7
2002-06-07	05:00:00	NW	5.8	NW	5.8	9.8
2002-06-07	06:00:00	ESE	4.9	ESE	4.9	4.9
2002-06-07	10:00:00	ESE	2.8	ESE	2.8	0
2002-06-07	13:00:00	ESE	5.7	ESE	5.7	9.2
2002-06-07	14:00:00	S	4.9	S	4.9	4.9
2002-06-07	15:00:00	ENE	5.2	ENE	5.2	6.2

Point: 計算過程を全て表形式で出力し、計算の検証、発電電力量のグラフ化など加工が可能

数値地図画像の取り込み機能



数値地図25000(地図画像)をCD-ROMから取り込み、地図上に背景地図として配置します。

RC-Explorer Ver1.1

主な変更点

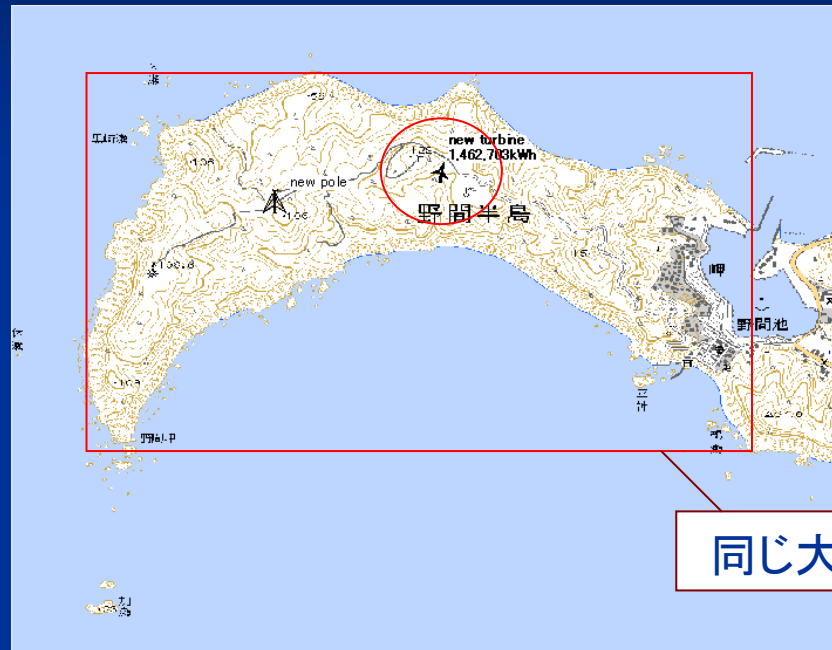
2007年8月リリース

主な改良点・変更点

- ① 地図投影法をガウスクリューゲル図法に変更
 - 風況図作成時の南北と東西方向の距離比率を統一
- ② 時系列データの抽出機能
- ③ 風速ベクトルデータのShape形式での保存
 - 風況データの矢印の詳細なシンボル設定が可能
- ④ 観測データ取り込み時の風向コードを数字(0~16)から文字表記(N~NNW)へ変更
- ⑤ 数値地図画像取り込み機能の改良
 - 延伸分図の自動処理
- ⑥ ランタイムライセンスの判定
 - レンタル版利用時では合成風況図機能が使用不可となる。
- ⑦ パフォーマンスの改良

①投影法の変更

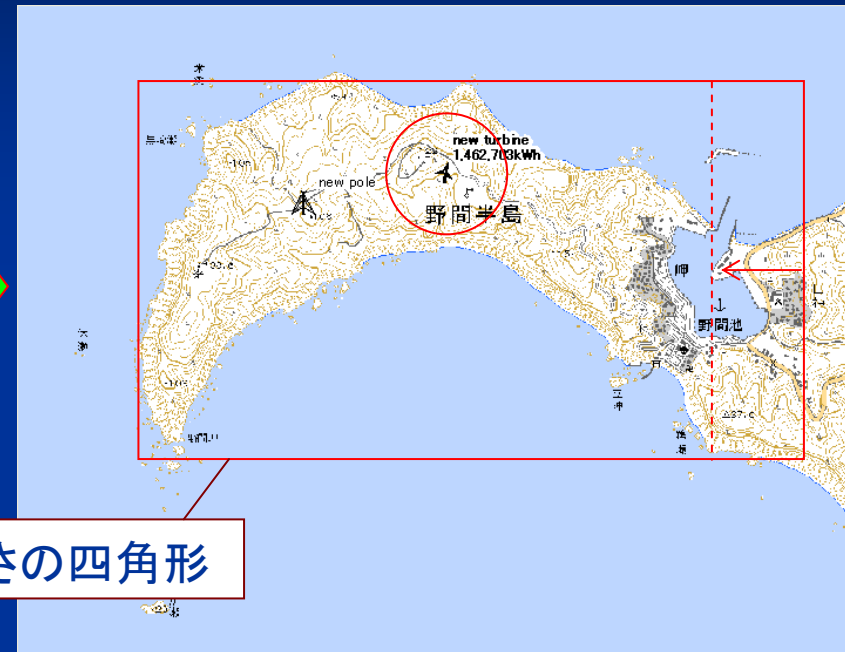
Ver1.0での地図表示



同じ大きさの四角形

南北方向に比べ、東西方向の比率が長く表示されていた。
風車間の距離を計測する際に、南北と東西はスケールが異なり、印刷図面では計測が困難であった。

Ver1.1でのガウスクリューゲル図法

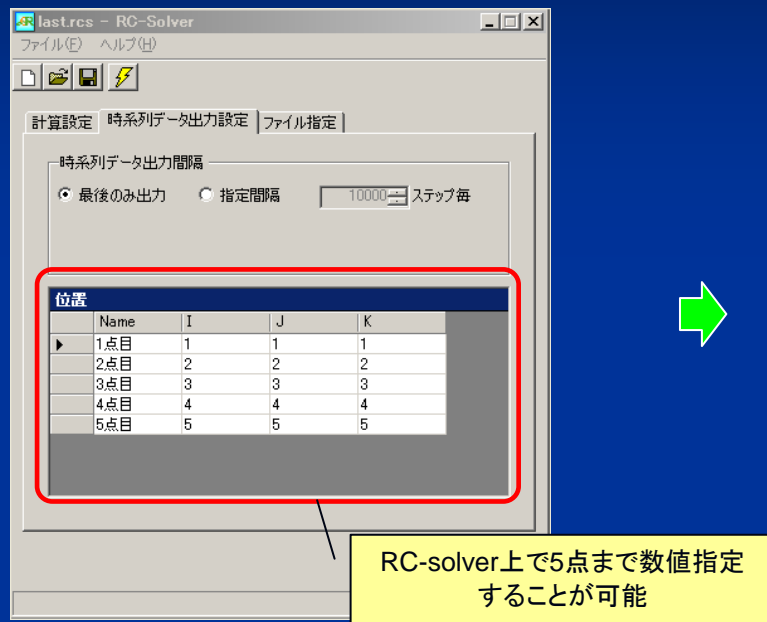


南北方向と東西方向の比率が等しく表示される。
図面上で円を描くと、等距離の範囲を知ることができる。

Point: 背景地図画像を正しく表示させるためには、Ver1.1で「数値地図読み込み」を行い、新しい背景地図を作成する必要があります。

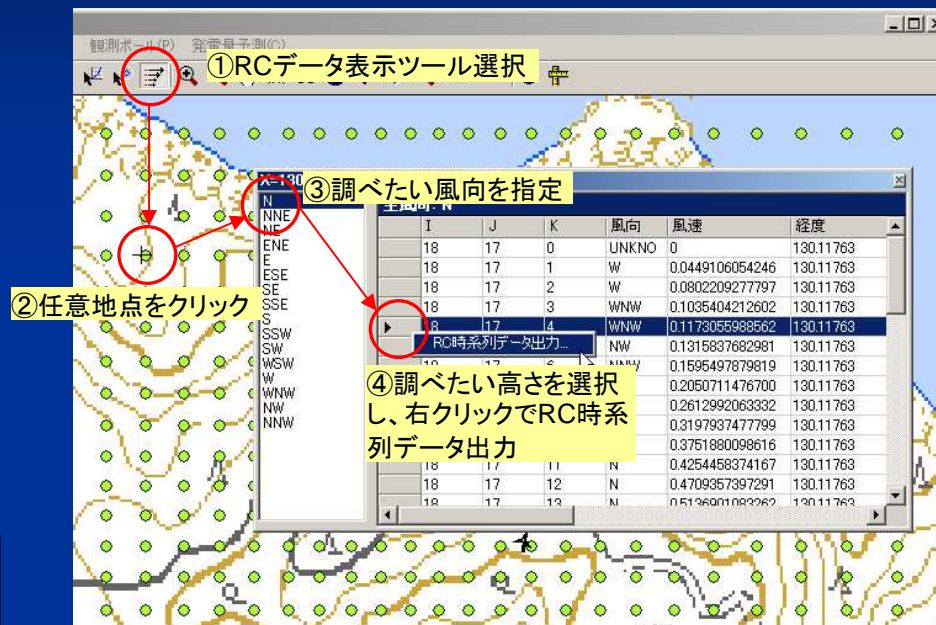
②時系列データの抽出機能

従来の時系列データの取得方法



- ・計算前にRC-Solverで地点指定
- ・I,J,Kで数値指定する方法がやや煩雑
- ・1計算で最大5点までの抽出
(5点以上必要な場合は再計算する)

Ver1.1での時系列データの取得方法



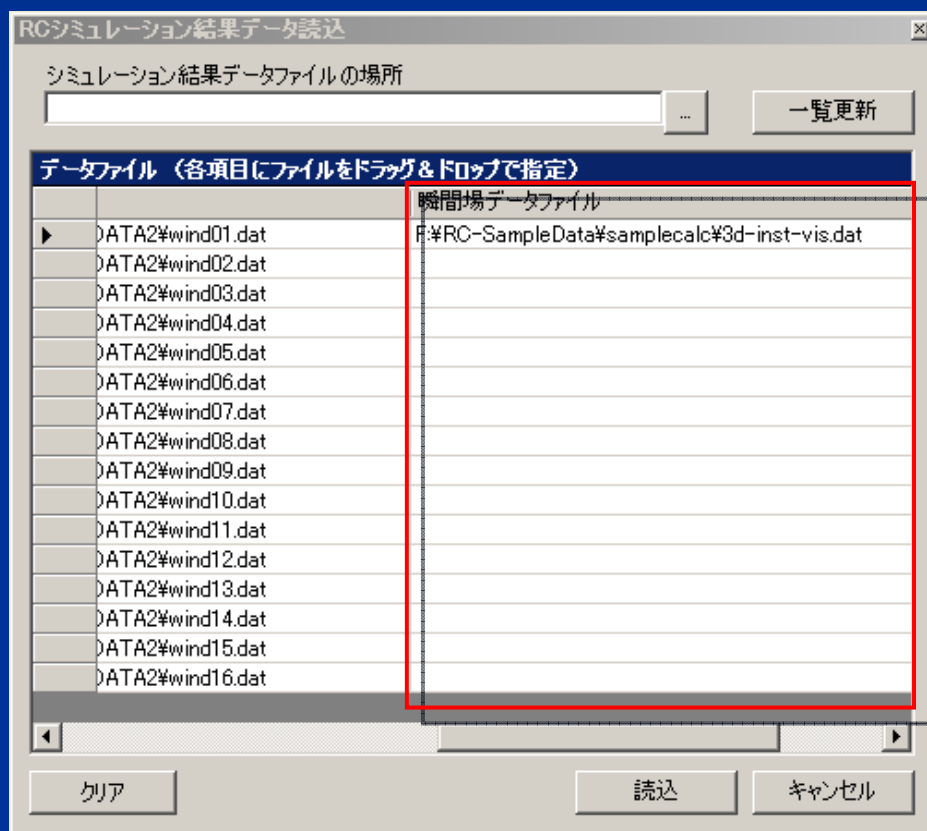
- ・任意の地点の、任意の高さの地系列データを地図上で選択し、CSVファイルに出力することが可能
- ・計算結果ファイルから抽出するため、何地点でも抽出可能

Point: 風向別の時系列データ「3d-inst-vis.dat」を「RCデータ読み込み」画面であらかじめ指定する必要があります。(発電電力量の計算には影響しません。)

②時系列データの抽出機能

①瞬間場データの登録

瞬間場データファイルの覧に、風向毎の3d-inst-vis.datを登録



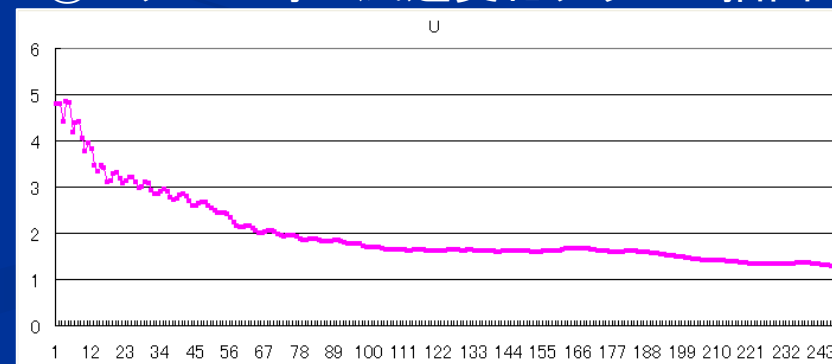
②CSV形式で出力(全項参照)



	A	B	C	D	E
step	Time	U	V	W	
100	17.14	4.788462	1.614752	1.188324	
200	34.28	4.795964	2.357294	1.675129	
300	51.42	4.408069	2.294482	1.518433	
400	68.56	4.85077	2.1545	1.418215	
500	85.7	4.822962	2.559802	1.470087	
600	102.84	4.170618	2.401697	1.274747	
700	119.98	4.395269	2.44338	1.152276	
800	137.12	4.411752	2.678042	1.589464	
900	154.26	4.051058	2.74281	1.246961	
1000	171.4	3.762519	2.63293	1.150952	
1100	188.54	3.951624	2.90953	1.25561	
1200	205.68	3.811713	3.015149	1.42956	
1300	222.82	3.47367	2.95976	1.173604	
1400	239.96	3.339568	3.029555	1.131366	
1500	257.1	3.455771	3.336393	1.306619	
1600	274.24	3.401999	3.374253	1.354858	

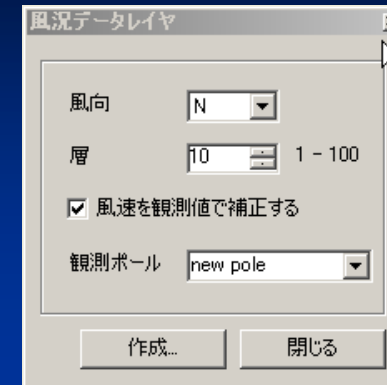
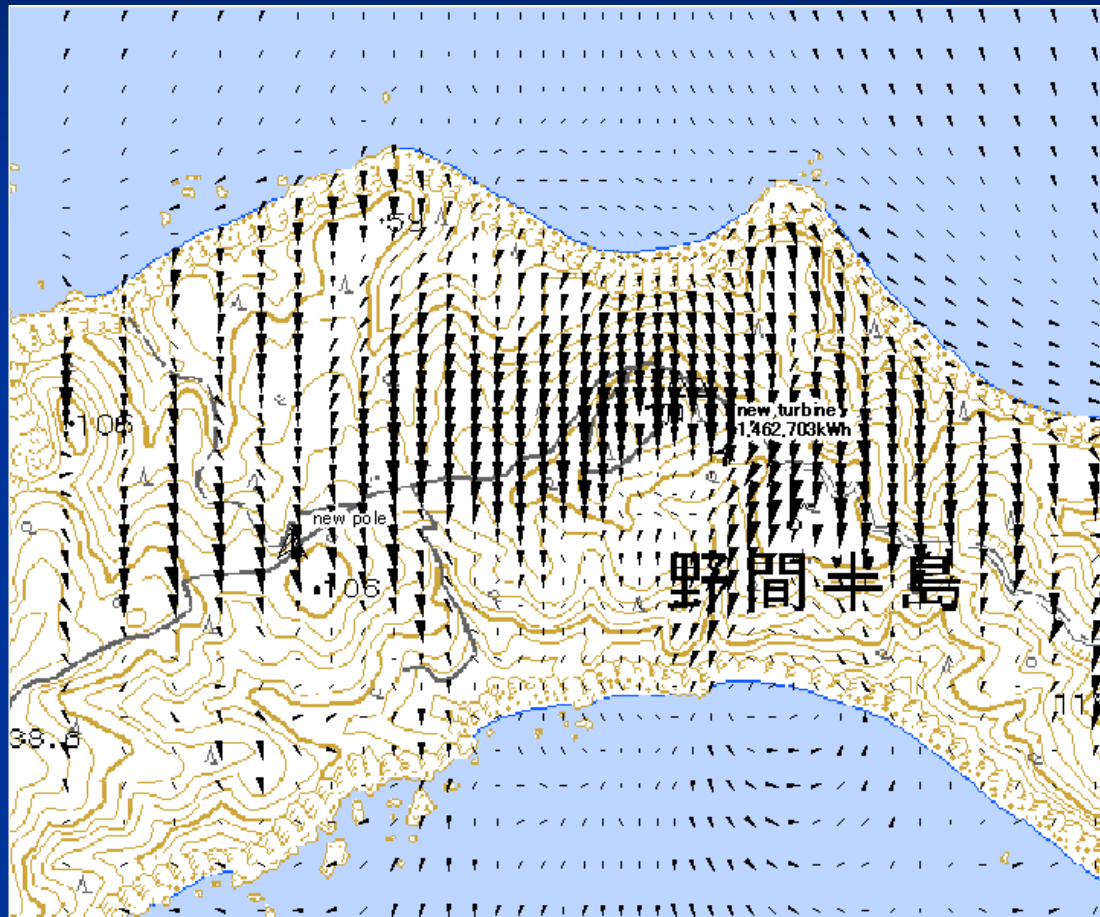


③エクセル等で風速変化グラフの描画

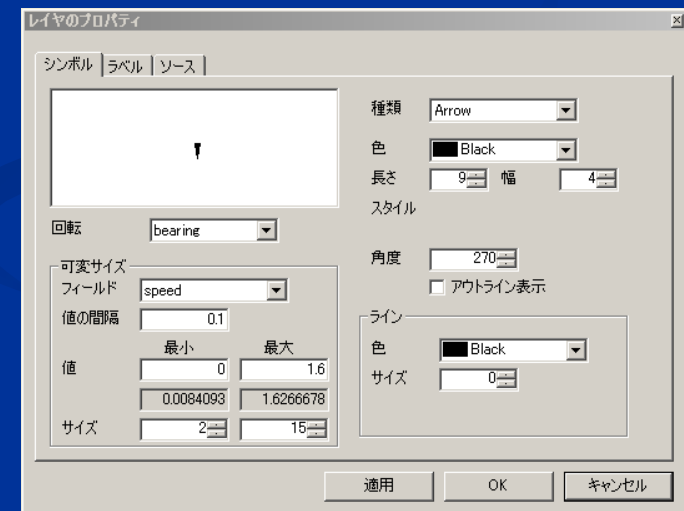


③風況データレイヤの作成

①風況データ(風速ベクトル図)の表示例



②風況データをShape形式で出力



③ベクトル表現方法の詳細設定が可能(New)

Point: 風のベクトル表示の詳細設定や保存が可能となりました。

④風況観測データのデータフォーマットの変更

Ver1.0での観測データ(風向)の記述方法

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	年	月	日	時	風向	風速	偏差	乱れ
2	4	10	1		16	8.48	0.88	0.11
3	4	10	1		16	8	0.69	0.08
4	4	10	1		16	9.33	0.55	0.06
5	4	10	1		16	7.41	0.67	0.08
6	4	10	1		16	4.21	0.36	0.08
7	4	10	1		16	3.56	0.31	0.09
8	4	10	1		16	3.83	0.38	0.09
9	4	10	1		16	4.42	0.33	0.1
10	4	10	1		16	4.4	0.38	0.08
11	4	10	1		16	4.47	0.93	0.24
12	4	10	1		16	5.45	1.2	0.23
13	4	10	1		16	5.57	0.96	0.16
14	4	10	1		16	5.25	1.36	0.26
15	4	10	1		16	6	1.12	0.2
16	4	10	1		16	5.93	0.86	0.14
17	4	10	1		8	5.07	0.98	0.19
18	4	10	1		8	5.2	0.86	0.18
19	4	10	1		8	4.41	0.41	0.11
20	4	10	1		7	5.51	0.36	0.07
21	4	10	1		8	5.81	0.29	0.05
22	4	10	1		8	4.22	0.72	0.14
23	4	10	1		8	4.48	1.08	0.25
24	4	10	1		8	5.52	1.08	0.2
25	4	10	1		8	5.96	1.03	0.18
26	4	10	2		8	5.16	0.96	0.16
27	4	10	2		8	5.13	0.88	0.18
28	4	10	2		9	3.86	0.69	0.16

Ver1.1での観測データ(風向)の記述方法

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	年	月	日	時	風向	風速	偏差	乱れ
2	2	11	1		SE	7.7	0	0
3	2	11	1		SE	9.3	0	0
4	2	11	1		SE	6.5	0	0
5	2	11	1		SSE	3.2	0	0
6	2	11	1		WNW	3.3	0	0
7	2	11	1		WNW	4.9	0	0
8	2	11	1		NW	6.6	0	0
9	2	11	1		NW	8.9	0	0
10	2	11	1		WNW	9.3	0	0
11	2	11	1		WNW	9	0	0
12	2	11	1		WNW	11.2	0	0
13	2	11	1		NW	14.5	0	0
14	2	11	1		WNW	12.6	0	0
15	2	11	1		WNW	12.9	0	0
16	2	11	1		WNW	15.6	0	0
17	2	11	1		WNW	16.5	0	0
18	2	11	1		NW	16.5	0	0
19	2	11	1		NW	14.2	0	0
20	2	11	1		NW	13	0	0
21	2	11	1		NW	13	0	0
22	2	11	1		NW	14.4	0	0
23	2	11	1		NW	14.1	0	0
24	2	11	1		WNW	15.7	0	0
25	2	11	1		NW	15.8	0	0
26	2	11	2		WNW	15.7	0	0
27	2	11	2		NW	17	0	0
28	2	11	2		NW	16.3	0	0

- ・北北東を1とし、時計回りで16方位を数値で指定
- ・北が16となる。
- ・計算データ(Pubmesh**.datやwind**.datでは、北を1とし時計回りで指定したため、混同しやすかった。

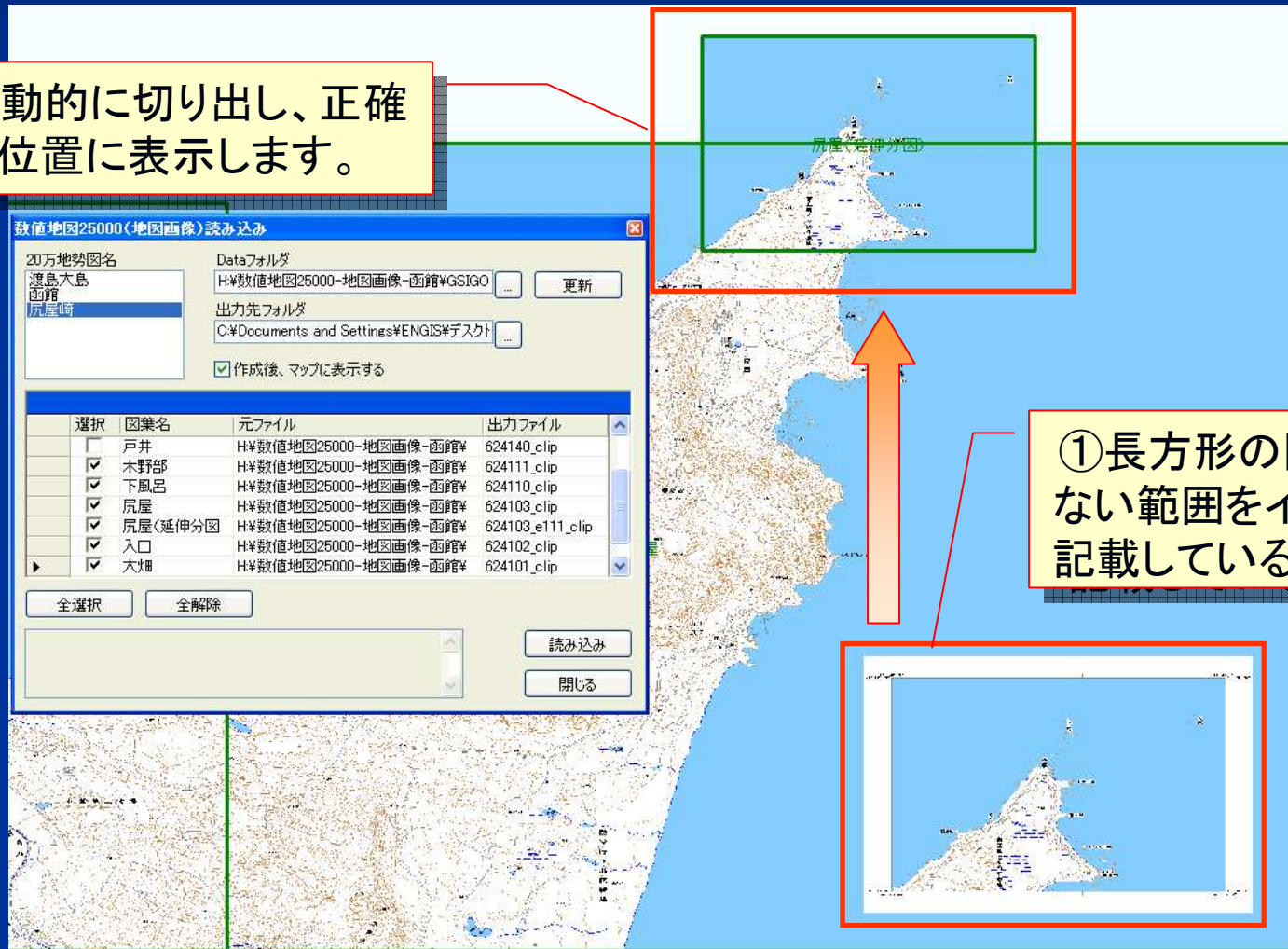
- ・風向を半角英字で記述する。

Point: 入力する観測データの風向記述方法を変更しました。

⑤延伸分図への対応

- 以前のバージョンでは切れてしまっていた、数値地図画像の延伸分図を自動的に切り出し、正しい位置に重ねて表示します。

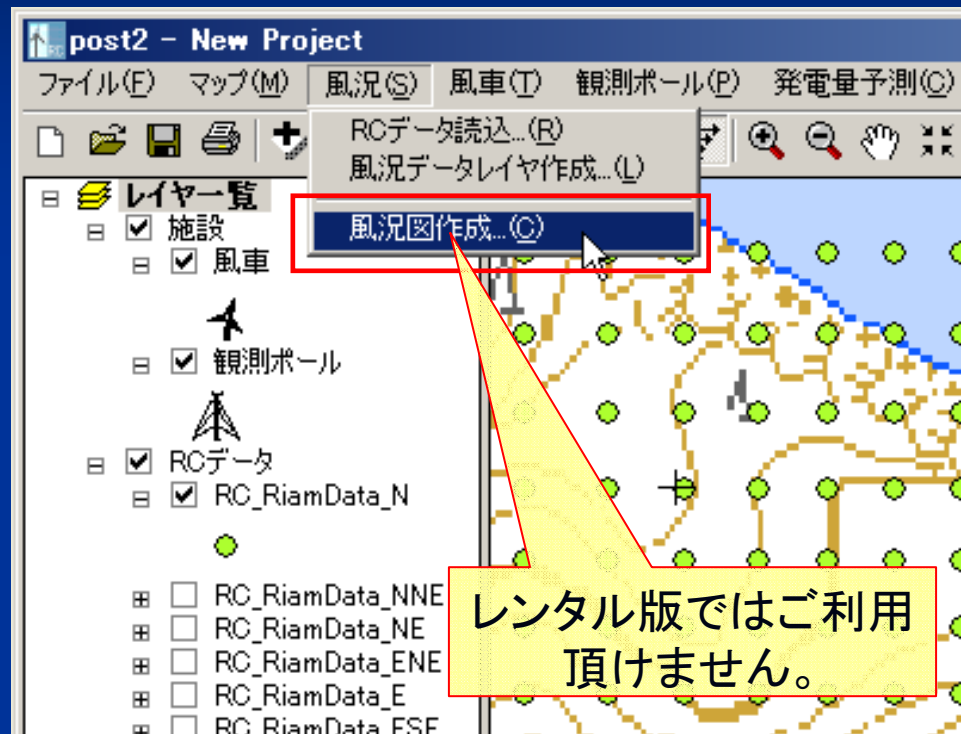
②自動的に切り出し、正確な位置に表示します。



①長方形の図画に収まらない範囲をイレギュラーに記載している場合がある。

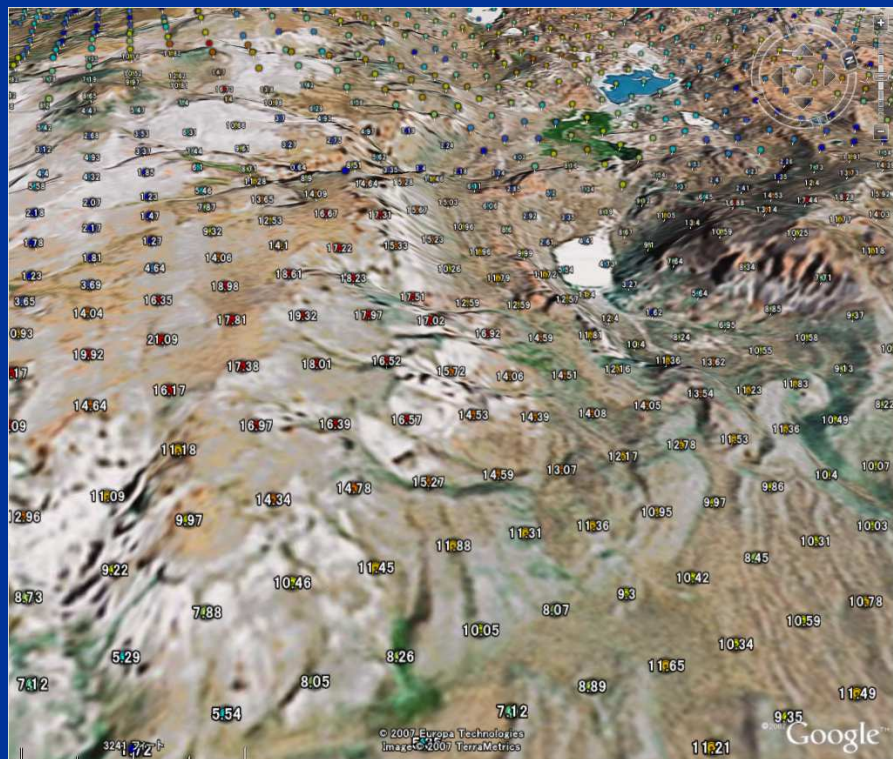
⑥ランタイムライセンス判定による機能の変化

(レンタル版RIAM-COMPACTへの対応)



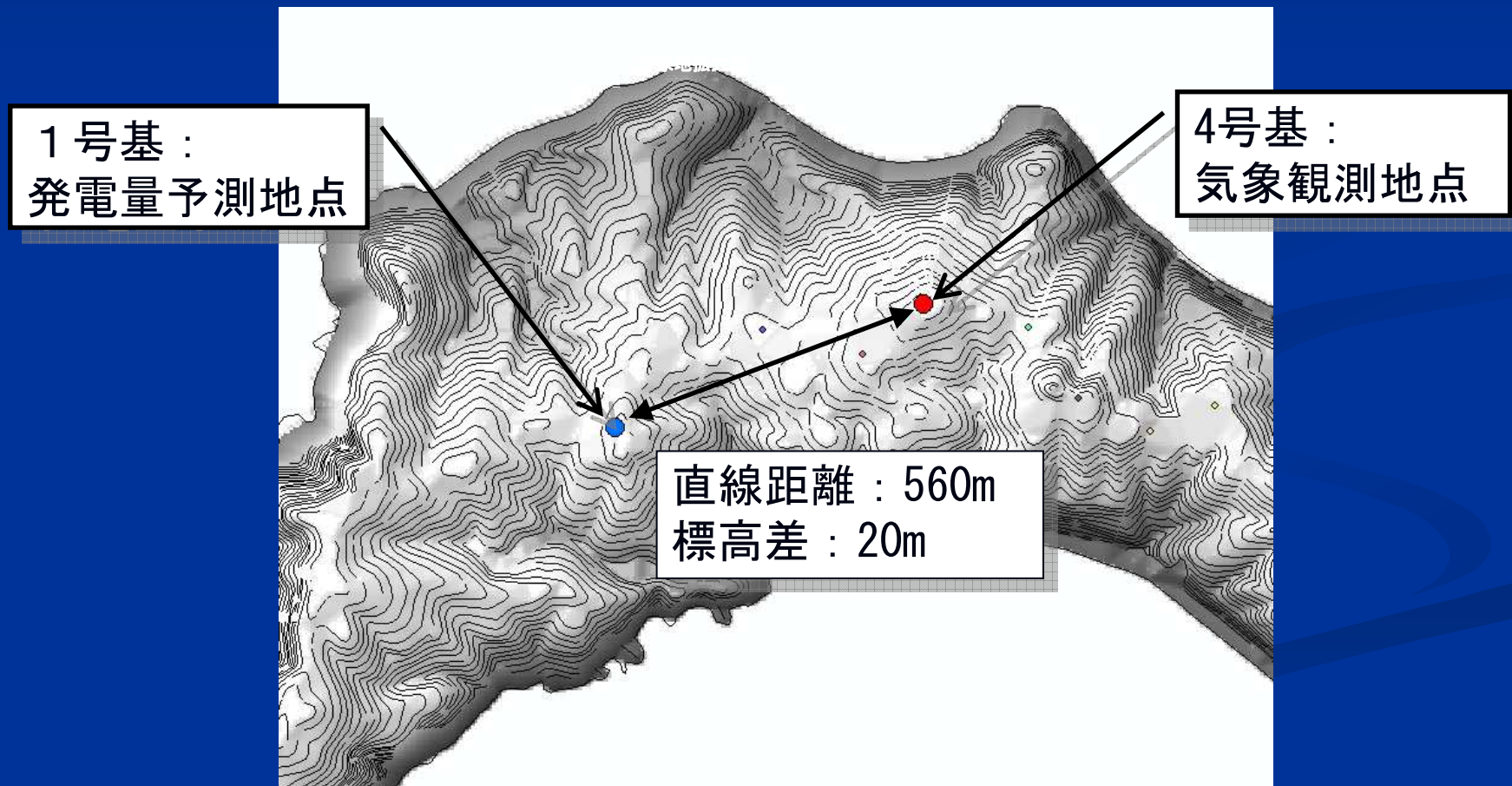
レンタル版のRIAM-COMPACTデータ風況図作成機能(合成風況図作成含む)が
ご使用い頂けません。
(製品購入版の場合ではご利用できます。)

Ver2.0以降の主な開発ロードマップ

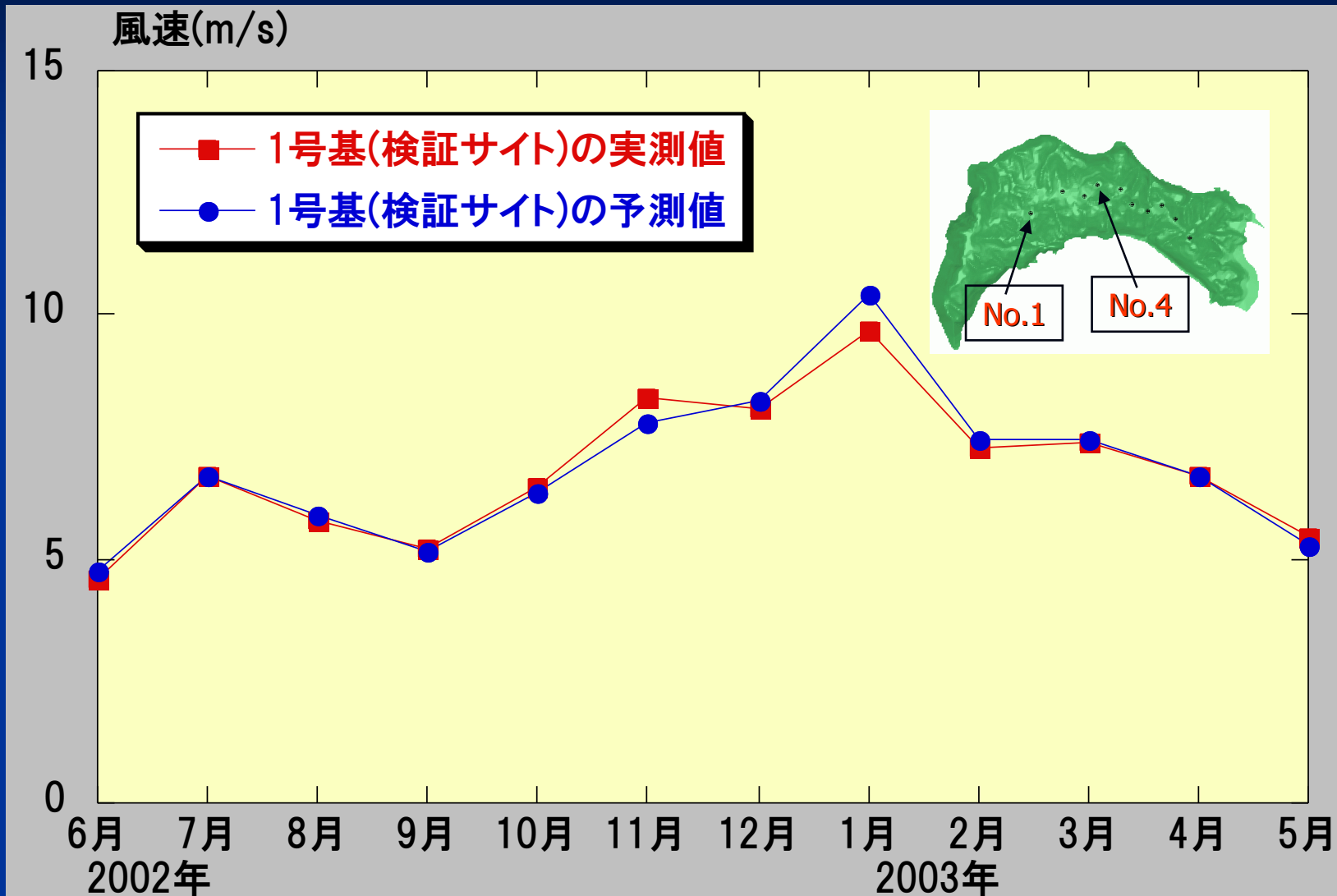


予測精度の検証

- 4号基のデータを元に1号基の発電量を予測



平均風速の予測



第1号基のハブ高さ月別平均風速の変化, 2002年6月～2003年5月(1年分)

発電電力量の予測精度

		1号基(評価地点)				4号基(参照地点)
		実測値平均風速	予測値平均風速	相対誤差	相関係数	実測値平均風速
2002年	6月	4.577215356	4.741587622	3.591097	0.88707	5.095944
	7月	6.703710313	6.679610093	0.359506	0.93278	7.086239
	8月	5.796090766	5.902608015	1.837743	0.92574	6.468594
	9月	5.226304452	5.151120668	1.438565	0.8369	
	10月	6.495639286	6.349866174	2.244169	0.90923	
	11月	8.316635332	7.773722968	6.528029	0.93731	
	12月	8.062902413	8.232091008	2.098358	0.83104	
2003年	1月	9.697218817	10.40502179	7.299031	0.90483	
	2月	7.26739509	7.460267708	2.653944	0.89651	8.289016
	3月	7.39762855	7.463766927	0.894048	0.87886	8.126928
	4月	6.724627267	6.721266232	0.049981	0.90862	7.109813
	5月	5.458932444	5.25404257	3.753296	0.82047	5.535115
		単位:m/s	単位:m/s	単位:%		
		ナセル風速	ハブ高さ風速			
		年平均風速		年平均風速の相対誤差		
		6.81035834	6.844580981	0.502509		

月別平均風速における実測値との相対誤差10%以内

年平均風速における実測値との相対誤差1%以内



第1号基のハブ高さ月別平均風速の変化, 2002年6月～2003年5月(1年分)

RC-Explorer Ver1.2

主な変更点

2010年6月リリース

主な改良点・変更点

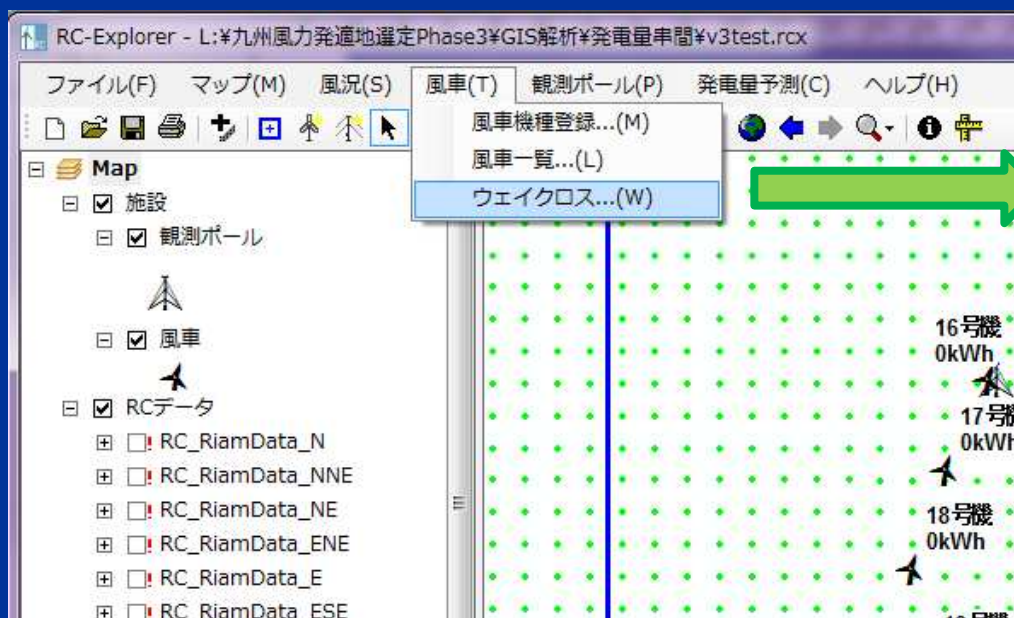
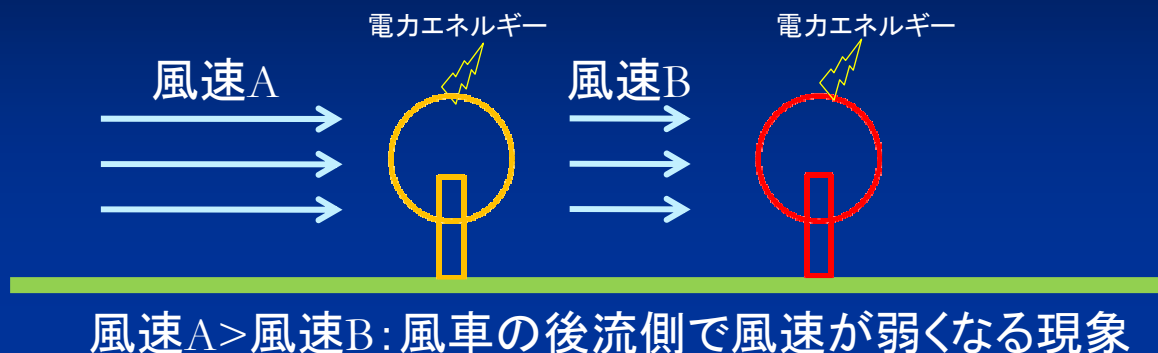
- ① 動作環境の変更 (ArcGIS10 Engine Runtimeの使用)
 - ① 64-bit版Windowsで動作(32-Bitモード)
 - ② Windows7への対応 (Xpはサポート対象外)
- ② ウェイクロス評価機能
- ③ 風速比上下限設定機能
- ④ 風車リスト・観測ポールリスト画面での編集機能

注意点

- ① プロジェクトファイルの下位互換なし

ウェイクロス評価機能

ウェイクロスとは



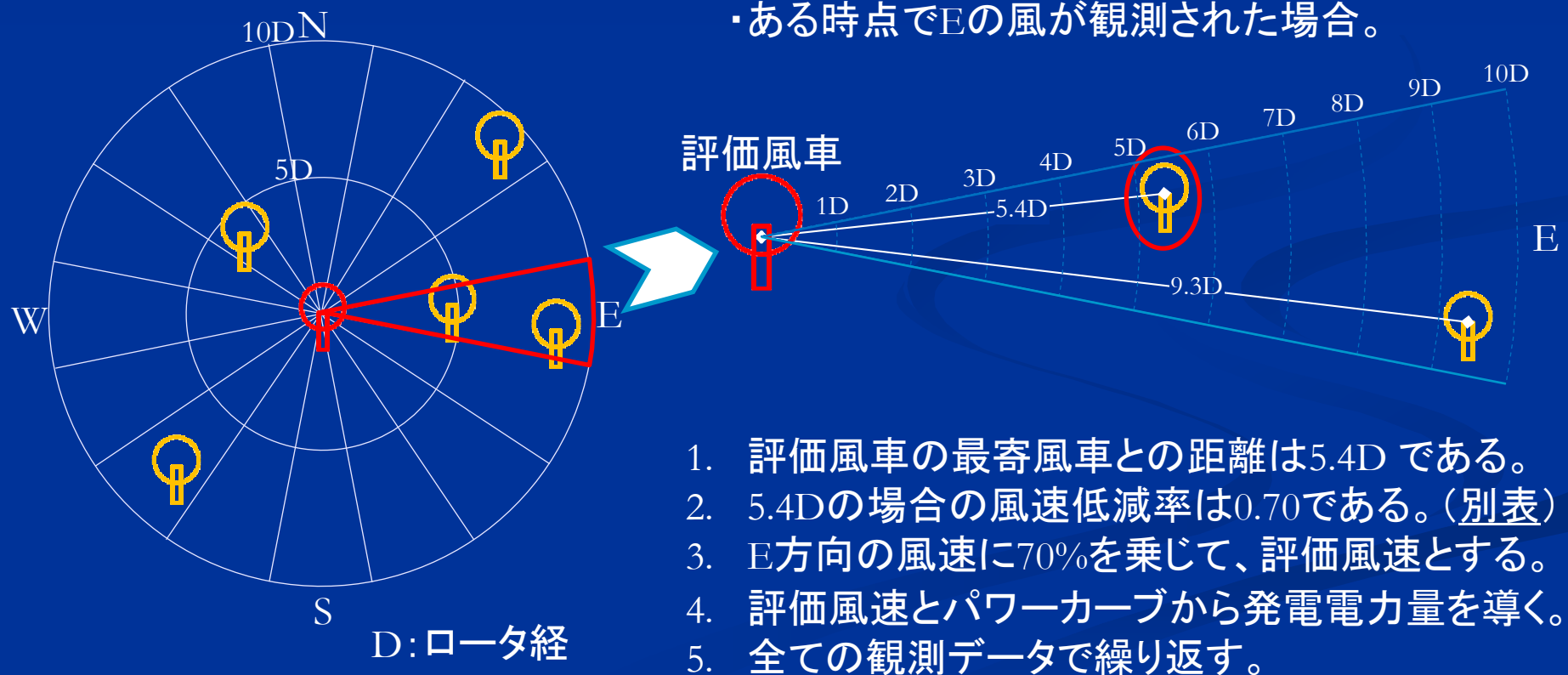
ウェイクロス (D=80.000)

距離/距離レベル	風速減減率
0D	0.000
1D	0.490
2D	0.530
3D	0.590
4D	0.630
5D	0.680
6D	0.730
7D	0.770
8D	0.810
9D	0.830
10D	0.850

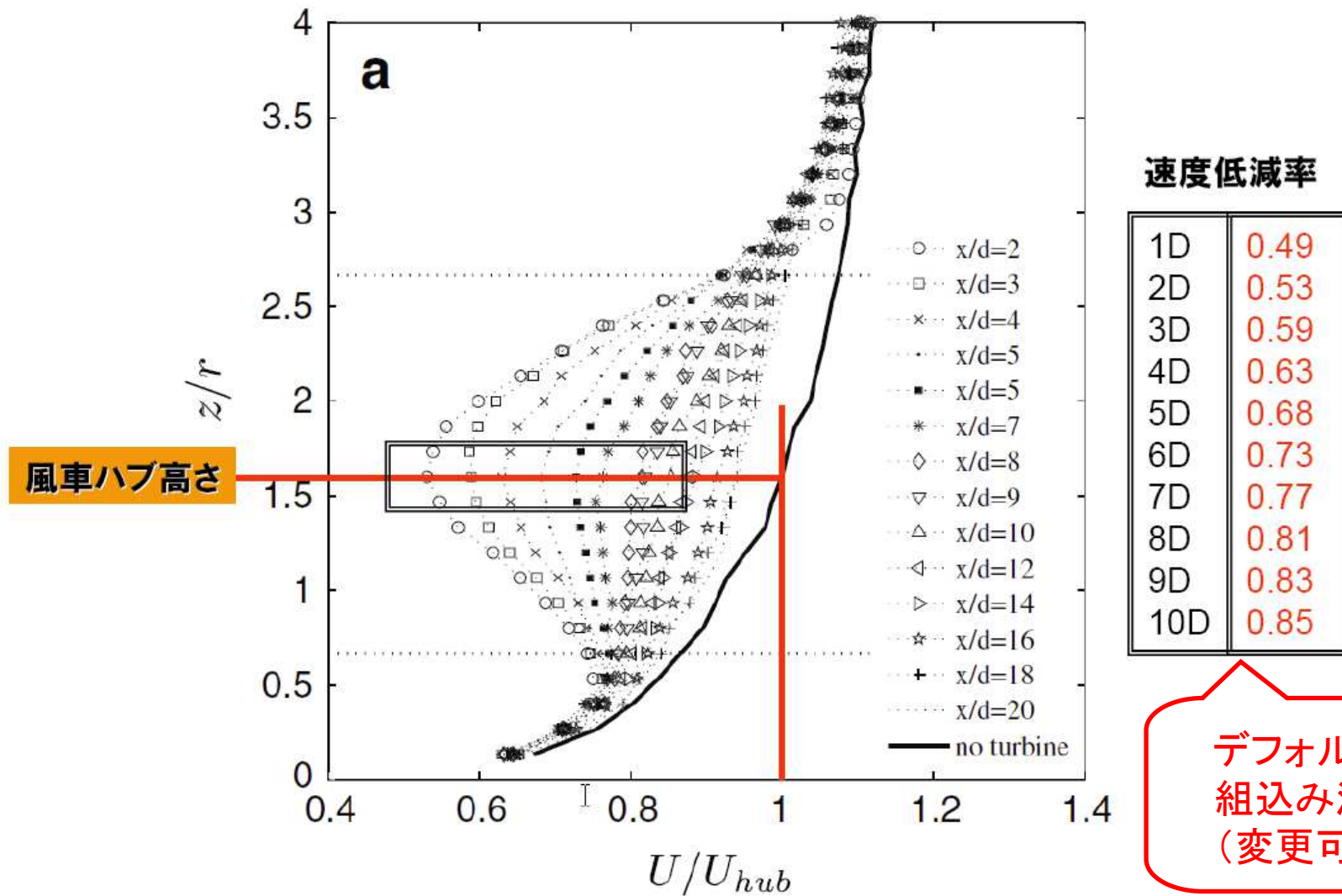
OK 閉じる

ウェイクロス評価手法

- 16方位のセクション毎に近傍風車(10D)との直線距離を計測する。
- 距離に応じた風速低減率から風速を減じて発電電力量を求める。
- グロスとネットの発電電力量をそれぞれ積算し年間発電電力量や設備利用率を求める。
- 操作方法是従来の発電電力量評価と同じ
 - (発電電力電力量実行時にウェイクロス計算も自動的に行われる。)



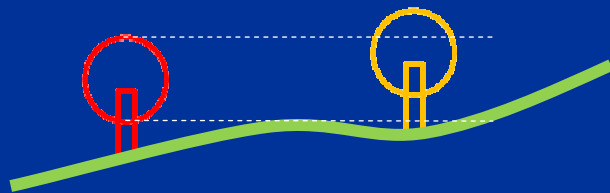
風車距離と風速低減率



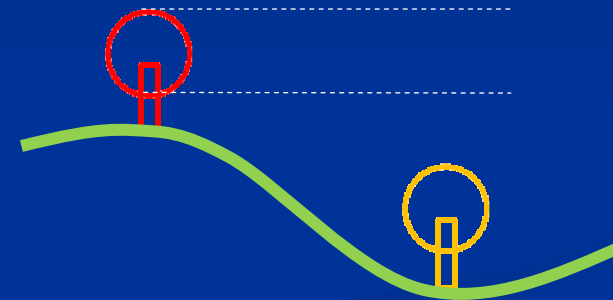
L. P. Chamorro and F. Porté-Agel. Effects of Thermal Stability and Incoming Boundary-Layer Flow Characteristics on Wind-Turbine Wakes: A Wind-Tunnel Study. *Boundary-Layer Meteorology*, 136(3):515-533, 2010.

ウェイクロス評価の前提条件

- 各風向セクション毎にウェイクロスの影響を考慮する風車は、最寄の風車1基分である。
- ロータ直径以上に風車間の標高差がある場合はウェイクロスの影響はない物として扱う。

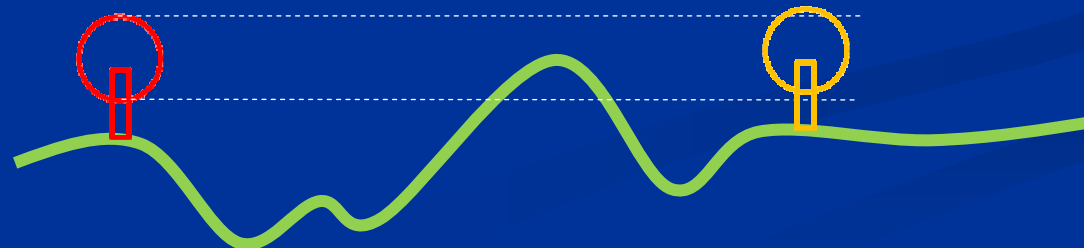


ウェイクの影響あり(距離計測)



ウェイクの影響なし(距離計測対象外)

- 風車のロータ経は全て同じ物として扱う。
- 風車間の地形凹凸は考慮せず、直線距離で判断する。



ウェイクの影響あり(距離計測)

評価結果は発電量レポートに出力

- 発電電力量レポート(1基毎・1時間毎にXMLで出力)
- サマリーファイル(全風車の発電量一覧をCSVで出力)

風速比上下限設定

- 観測ポール地点が乱流に埋没している場合、風速比が極大化するケースがある。
- 風速比の上下限の閾値を設定することで、指定以上の風速比を補正し、異常な風速が発生しないようするための設定。
 - 例)上限を「2」と設定すると、風速比が「10」となった場合でも「2」として処理する。
- 通常は使用しないため「0」と設定しておく。

観測ポールの設定

名称 観測点1-1

観測地上高 50.00 m

位置

経度 131.278721

緯度 31.388525

ベース標高 300.342 m

観測データ

☐ 年平均 ☒ 1時間平均

更新日時 2011-05-17 17:15:56

風速比の限界 (無制限=0)

下限 0.00 上限 0.00

削除...

観測データ(年平均) 観測データ(1時間平均)

観測日時	風向	風速(m/s)
2010-01-01 00:00:00	WNW	7.300
2010-01-01 01:00:00	WNW	7.700
2010-01-01 02:00:00	WNW	8.700
2010-01-01 03:00:00	WNW	9.600
2010-01-01 04:00:00	WNW	9.400
2010-01-01 05:00:00	NW	9.400
2010-01-01 06:00:00	NW	9.900
2010-01-01 07:00:00	NW	8.200
2010-01-01 08:00:00	NW	9.300
2010-01-01 09:00:00	WNW	8.900

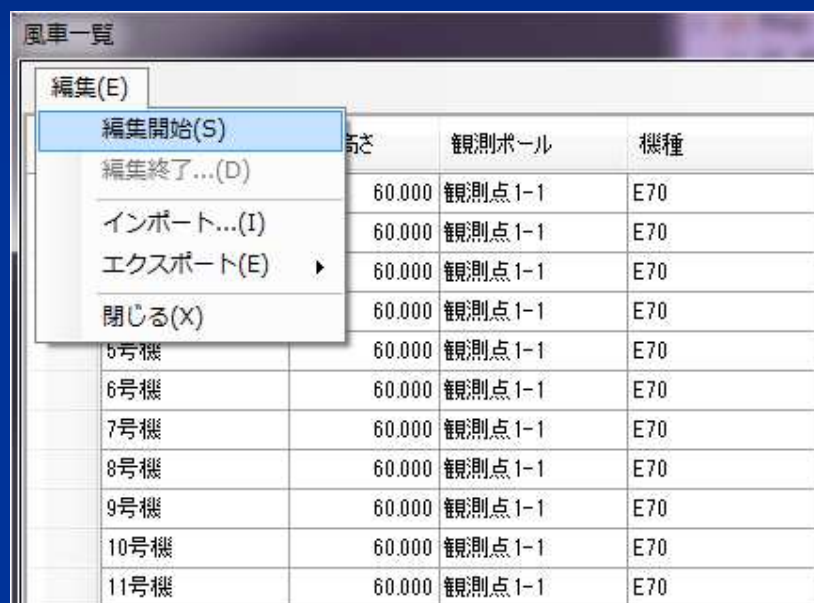
時間 ☒ 0-23 ☐ 1-24 Import...

OK キャンセル

風車一覧・観測ポール一覧画面で直接編集

従来: 風車1基毎にプロパティ画面で変更

変更: 従来方法に加え、一覧表示画面内でも変更可能



編集モードを開始

ハブ高さ	観測ポール	機種	年平均風速	年間発電量予測
60.000	観測点1-1	E70	0.000	0.00
60.000	観測点1-1	E70	0.000	0.00
60.000	観測点1-1	E70	0.000	0.00
60.000	観測点1-1	E70	0.000	0.00
60.000	観測点1-1	E70	0.000	0.00
60.000	観測点1-1	E70	0.000	0.00
60.000	観測点1-1	E70	0.000	0.00
60.000	観測点1-1	E70	0.000	0.00
60.000	観測点1-1	E70	0.000	0.00
60.000	観測点1-1	E70	0.000	0.00
60.000	観測点1-1	E70	0.000	0.00
60.000	観測点1-1	E70	0.000	0.00
60.000	観測点1-1	E70	0.000	0.00
60.000	観測点1-1	E70	0.000	0.00
60.000	観測点1-1	E70	0.000	0.00

値の編集