

2. 業務の実施内容

2.1. 東北地方の過去 20 年の詳細な風況データの作成

東北地方の過去 20 年の風況データの作成にあたっては、伊藤忠テクノソリューションズ 株（以後、CTC）が東北電力株と共同で取得した特許技術（特許 3226031 号、東北経済産業局長賞及び実施功績賞を受賞）に基づいた気象シミュレーション技術を適用することで、東北地方の詳細な風況データを推定した。これにより、東北地方を詳細な時間解像度および空間解像度で気象シミュレーションをおこなうことが可能になり、高精度の詳細な風況データ作成が可能となった。

また、計算機のパフォーマンスを可能な限り引き出す負荷分散技術を駆使することで、高解像度な気象シミュレーションを高速に実行することが可能となった。

2.1.1. 東北地方の過去 20 年の詳細な風況データの作成方法

過去 20 年間の風況データには、NCEP（米国大気海洋庁）の再解析データを使用した。再解析データとは、長期の気候変動研究などを目的として作られる格子点気象データである。

再解析データは、数値予報/データ同化手法を用いて過去数十年の気象観測データから、同一の数値気象モデルを使うことにより作成される、長期間の均質な長期気象データである。このデータを用いることにより、過去 20 年にわたる長期間の風況変動の解析が実施した。

NCEP から提供される再解析データは、1979 年の過去データから一般に公開されており、本業務で利用する過去 20 年間の風況データは、この公開データを使用している。

一方で再解析データは、空間解像度は 2.5 度（緯度方向）×2.5 度（経度方向）と粗い間隔の格子データであるため、気象シミュレーション技術を駆使し、更に詳細なメッシュで再計算を実施した。

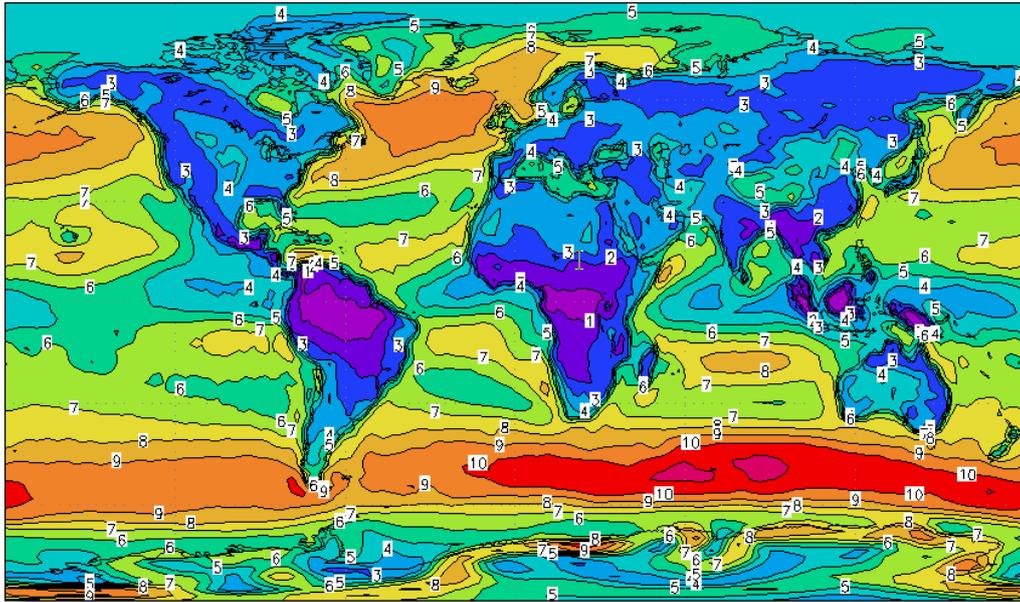


図 2-1 NCEP（米国大気海洋庁）の再解析データを用いて計算された世界の風況マップ

気象シミュレーションをおこなう際は、NCEP の再解析データを入力として、段階的に計算領域を狭めながら計算格子の詳細化を行った（図 2-1参照）。これにより、東北地方周辺を詳細メッシュ（水平解像度 500m のメッシュ）で計算をおこない、高解像度の風況データを生成した。

CTC がこれまで 10 年以上にわたって、多くの気象シミュレーションをおこなってきた経験上、水平解像度が 500m メッシュ以下であれば、高精度な風況を推定できることがわかっている。従って、本業務においても水平解像度を 500m に設定し、気象シミュレーションを実施した。

計算出力は 1 時間毎におこない、年間平均風速の評価に対して高解像度な時間間隔のデータを生成した（20 年間×365 日×24 時間＝175,200 時間分のデータを生成）。

計算領域は、東北電力供給管内 7 県（青森・秋田・岩手・山形・宮城・福島・新潟）を対象とし、計算期間は 1991 年～2010 年の 20 年間とした。

気象シミュレーションは、局地気象モデル LOCALS™ を使用した。LOCALS™ は風力発電量評価および国内および海外の風況マップ作成業務において、豊富な実績のある気象モデルである。

表 2-1 東北地方における詳細メッシュデータの仕様

計算領域	計算期間	計算出力データの解像度		
		水平解像度	鉛直解像度	時間解像度
東北電力供給管内 7 県（青森・秋田・岩手・山形・宮城・福島・新潟）	1991 年～2010 年	500m メッシュ	最小 10m メッシュ	1 時間 ⇒20 年間×365 日×24 時間＝175,200 時間分のデータを生成

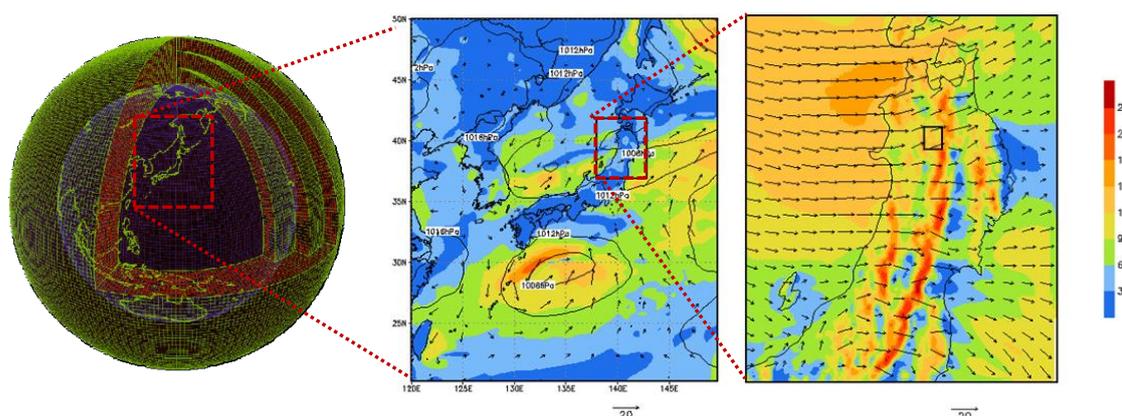


図 2-2 段階的に計算領域を狭めながら計算格子を詳細化していく手法の概念図
段階的に計算領域を狭めることで、周辺の気象状況の様子を反映させつつ、
計算格子を詳細化することが可能になる。

1 日単位の気象シミュレーションを 20 年間について行う必要があり、東北地方 20 年の風況データ作成には、1991 年 1 月 1 日から 2010 年 12 月 31 日までの 20 年間の全日数、すなわち約 7,300 (20 年間×365 日) ケースの計算が必要となる。この 7,300 という膨大な数の計算シミュレーションを行うことが大きな 1 つのボトルネックとなっている。

そこでマルチコアプロセッサに対して効率的な分散処理を行い、マルチコアプロセッサの性能を最大限利用することでこの問題を解決した。計算環境には 24 プロセッサが利用可能な計算機を 4 台、合計 96 プロセッサの計算環境を使用した。このため、1 プロセッサのみを使用した場合と比べて 96 倍計算速度を高速化することができた。

分散処理の方法としてはスクリプトでの複数プロセスの実行制御を行った。スクリプトの記述言語には Python2.6 を使用した。スクリプトで LOCALS™ のシミュレーション計算を複数生成させ作成された実行プロセスを各プロセッサに割り当て同時に実行するよう分散処理させた。

Python には version2.6 以降 multiprocessing 機能が追加されている。この機能を利用することでマルチコアプロセッサでの分散処理を効率的に行うことが可能となる。multiprocessing は Python の標準ライブラリのパッケージで プロセスを複数生成することが可能である。今回の解析では"1 日毎の解析"を一つのタスクとして、複数タスクを自動

生成し指定した数のタスクを同時に計算させる。処理が終了したタスクがあると次のタスクをプロセスに投入する。

具体的には20年間の計算を各計算機4台で分担し、計算機一台に5年分の計算をさせる。それぞれ24プロセッサが使用可能であるので、24日分の計算を常に実行している状態である。4台全体で見れば96日分の計算を同時処理していることになる。

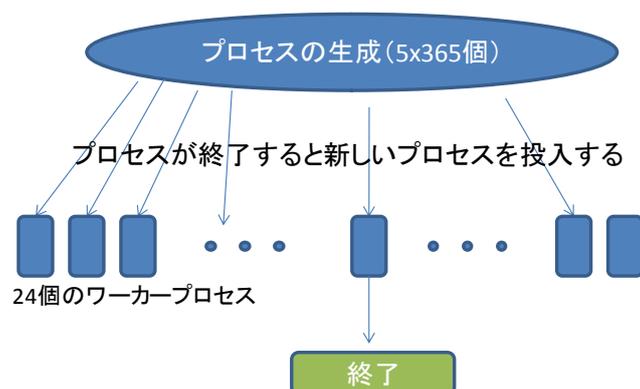


図 2-3 分散処理の概要図

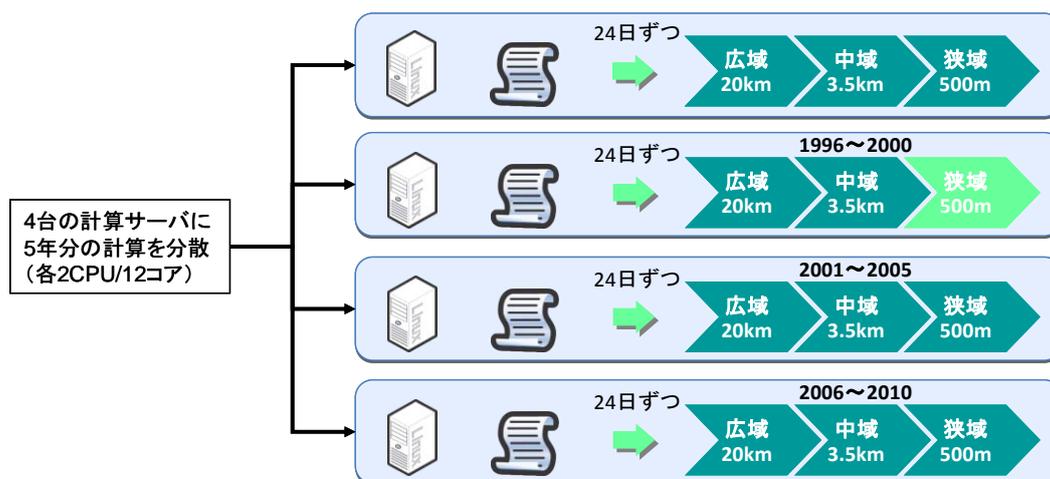


図 2-4 分散処理の概要図

2.1.2. 気象シミュレーション結果の検証・考察

気象シミュレーションを使用して作成した東北地方の過去 20 年間の詳細な風況データと、実際の天気概況との比較を行い、気象シミュレーションが適切に実施されているか検証を行った。検証方法としては、ある任意の日の 9 時を初期時刻として実施したシミュレーションに対し、24 時間先（翌日 9 時）までの計算が適切に実施されたかの確認を行った。ここでは、2005 年における 1 月、5 月、9 月、12 月の 15 日 9 時を初期時刻として実施した 24 時間先までの気象シミュレーションの妥当性検証結果を示す。

● 2005 年 1 月 15 日～2005 年 1 月 16 日の事例

冬季の事例として 2005 年 1 月 15 日から 2005 年 1 月 16 日の事例を示す。図 2-5 の天気図を見ると、1 月 15 日から 16 日にかけて、日本列島太平洋側を低気圧が発達しながら、北東進していることが分かる。また、日本海側にも低気圧が存在し 15 日から 16 日にかけて発達していることがわかる。

一方、2005 年 1 月 15 日 9 時を初期時刻とする 24 時間先（1 月 16 日 9 時）までのシミュレーション結果を図 2-6 および図 2-7 に示す。これらの図を見ると、15 日から 16 日にかけての日本列島太平洋側および日本海側の低気圧の発達を再現できていることが分かる。特に、東北地方南部太平洋側では、低気圧が発達しながら接近したことによる北東風速の強まりを再現できている。

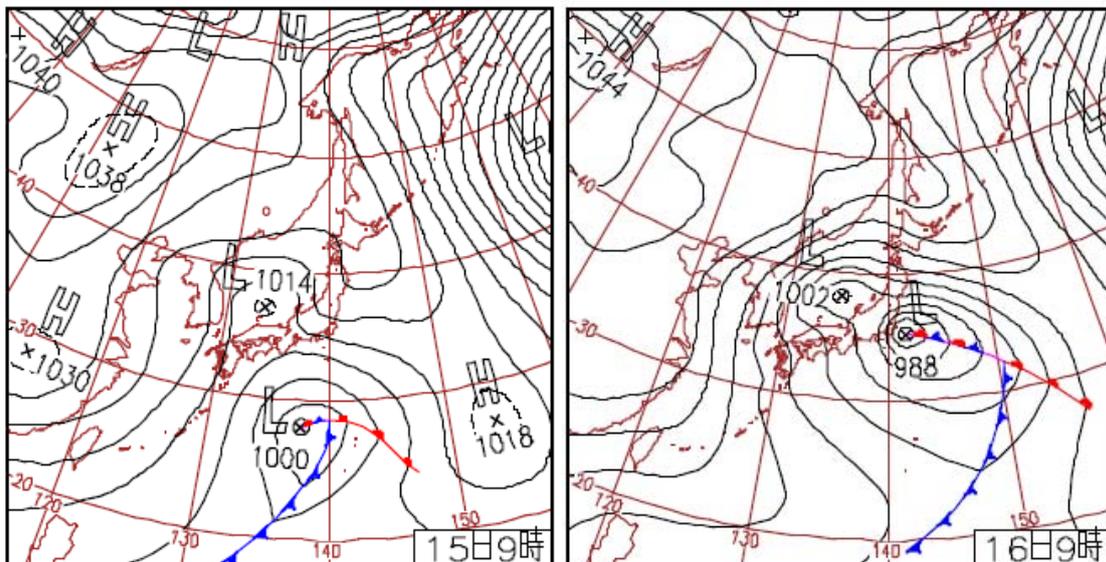


図 2-5 2005 年 1 月 15 日 9 時と 2005 年 1 月 16 日 9 時の天気図

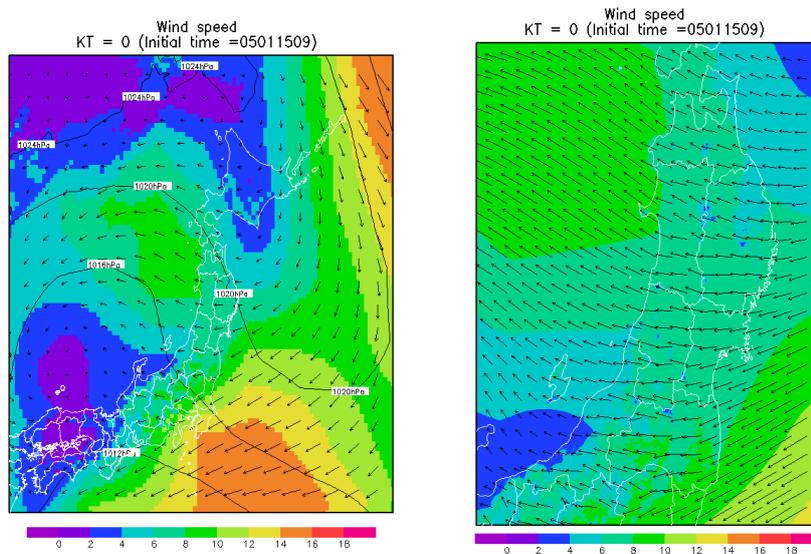


図 2-6 2005 年 1 月 15 日 9 時（シミュレーション初期時刻）の風況図
 左図：広域シミュレーション結果（20km メッシュ）
 右図：狭域シミュレーション結果（500m メッシュ）
 陰影部およびベクトルは水平風速[m/s]を示す。
 左図の等値線は地上気圧[hPa]を示す。

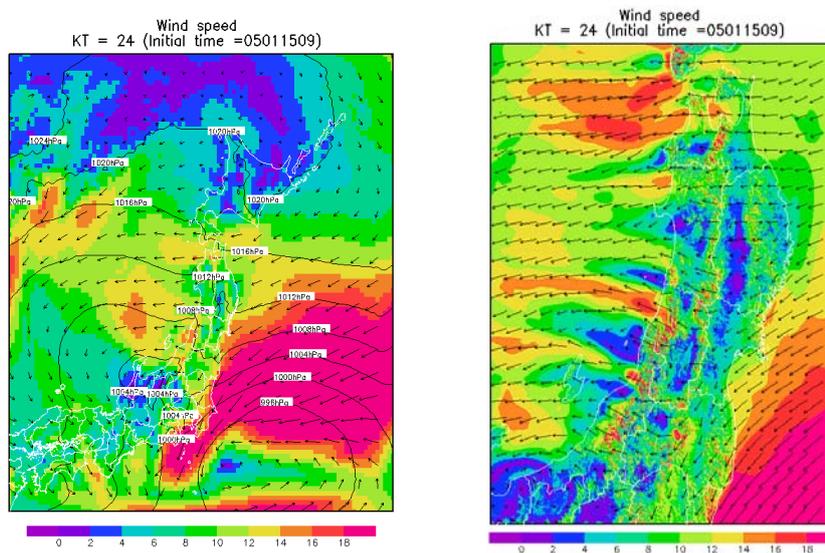


図 2-7 2005 年 1 月 16 日 9 時（24 時間予測値）の風況図
 左図：広域シミュレーション結果（20km メッシュ）
 右図：狭域シミュレーション結果（500m メッシュ）
 陰影部およびベクトルは水平風速[m/s]を示す。
 左図の等値線は地上気圧[hPa]を示す。

- 2005年5月15日～2005年5月16日の事例

春季の事例として2005年5月15日から2005年5月16日の事例を示す。図2-8をみると、2005年5月15日から16日にかけては、東北地方付近の日本海側から三陸沖へ低気圧が通過したことがわかる。また16日については、東北地方は三陸沖へ抜けた低気圧の影響で曇りや雨であったが、低気圧の西側に存在する日本海に中心をもつ高気圧の影響により日本列島は概ね晴天となった。

一方、2005年5月15日9時を初期時刻とする24時間先(5月16日9時)までのシミュレーション結果を図2-9および図2-10に示す。これらの図を見ると、2005年15日から5月16日にかけて日本海側から三陸沖への低気圧の通過を再現できていることが分かる。特に、2005年5月16日の東北地方南部太平洋側では、三陸沖に中心をもつ低気圧の影響による北寄りの風の強まりを再現できている。

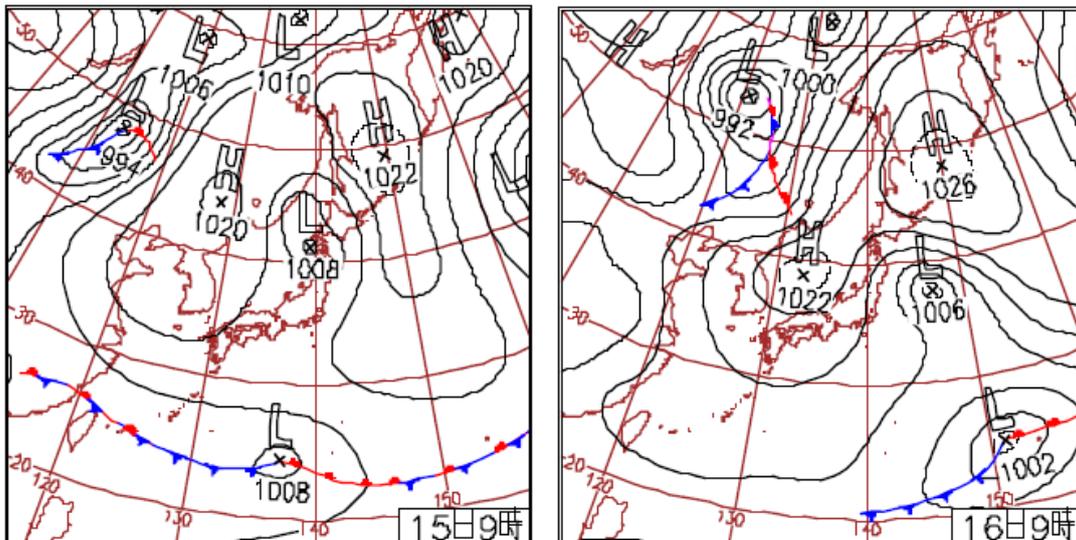


図2-8 2005年5月15日9時と2005年5月16日9時の天気図

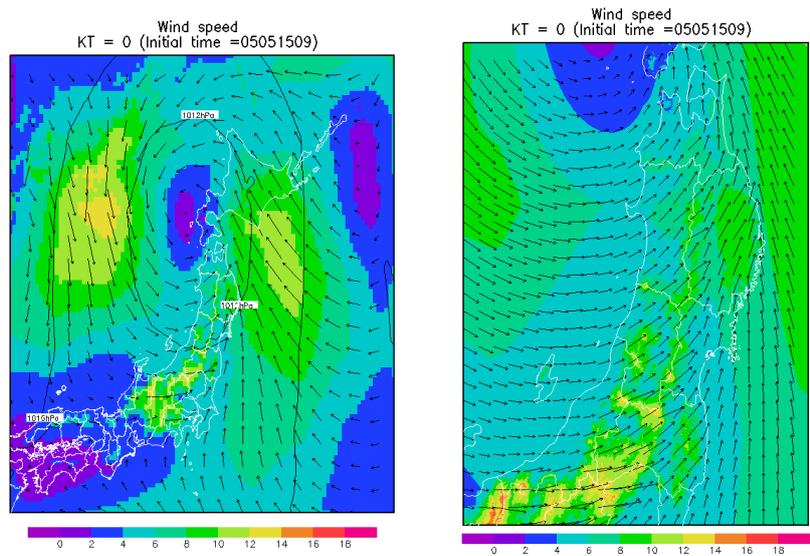


図 2-9 2005 年 5 月 15 日 9 時 (シミュレーション初期時刻) の風況図
 左図：広域シミュレーション結果 (20km メッシュ)
 右図：狭域シミュレーション結果 (500m メッシュ)
 陰影部およびベクトルは水平風速[m/s]を示す。
 左図の等値線は地上気圧[hPa]を示す。

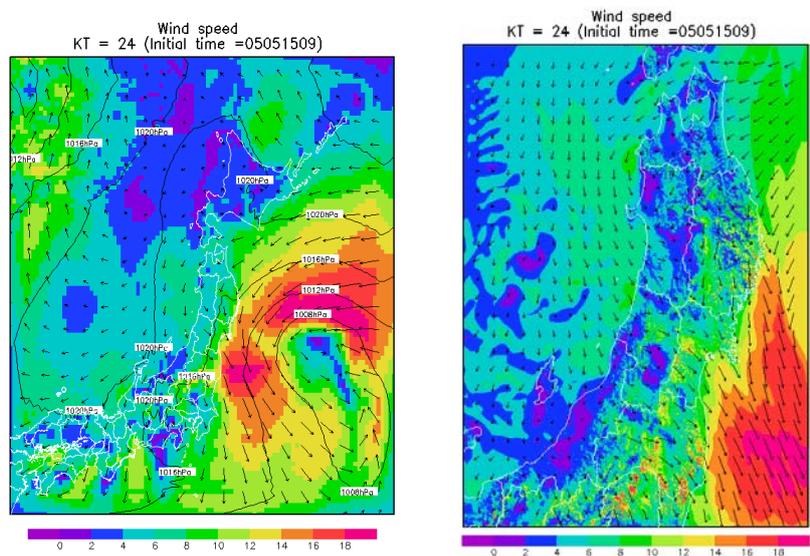


図 2-10 2005 年 5 月 16 日 9 時 (24 時間予測値) の風況図
 左図：広域シミュレーション結果 (20km メッシュ)
 右図：狭域シミュレーション結果 (500m メッシュ)
 陰影部およびベクトルは水平風速[m/s]を示す。
 左図の等値線は地上気圧[hPa]を示す。

- 2005年9月15日～2005年9月16日の事例

夏季後期から秋季の事例として2005年9月15日から2005年9月16日の事例を示す。図2-11をみると、2005年9月15日においては、東北地方の太平洋側に低気圧が存在し、日本海側に高気圧が存在し、東北地方は両者の間に位置していることがわかる。また、16日については三陸沖の移動性高気圧に日本列島全体的に覆われていることがわかる。

一方、2005年9月15日9時を初期時刻とする24時間先(9月16日9時)までのシミュレーション結果を図2-12および図2-13に示す。これらの図を見ると、2005年9月15日において東北地方の日本海側に存在していた高気圧性の循環(時計回りの循環)が、9月16日にかけて東へ移動し、東北地方を中心に日本列島が高気圧性の循環に覆われている様子を再現できている。また、一般的に高気圧の中心付近は風速が弱く、シミュレーション上においても高気圧の中心付近の東北地方では風速が弱まっている様子を再現できている。

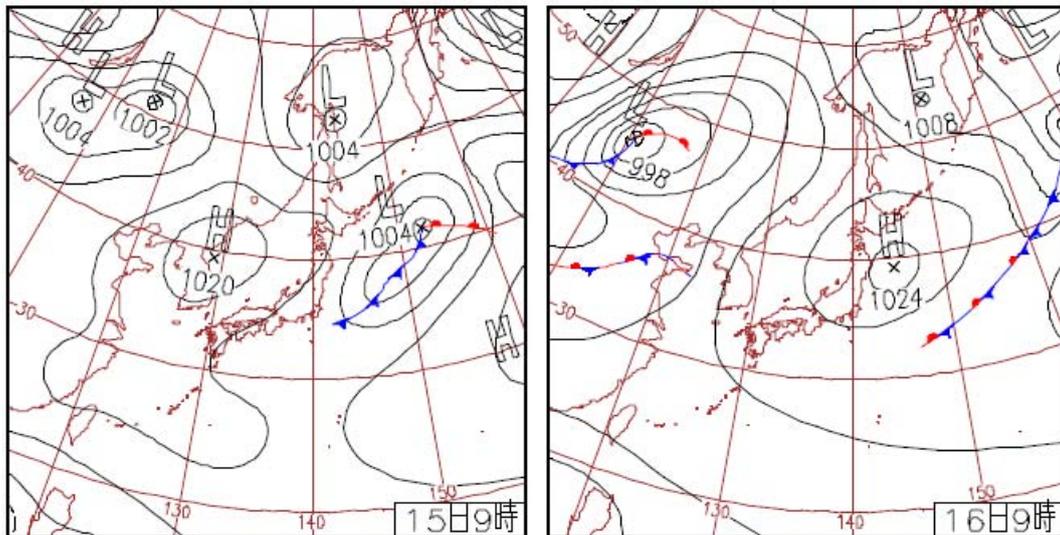


図 2-11 2005年9月15日9時と2005年9月16日9時の天気図

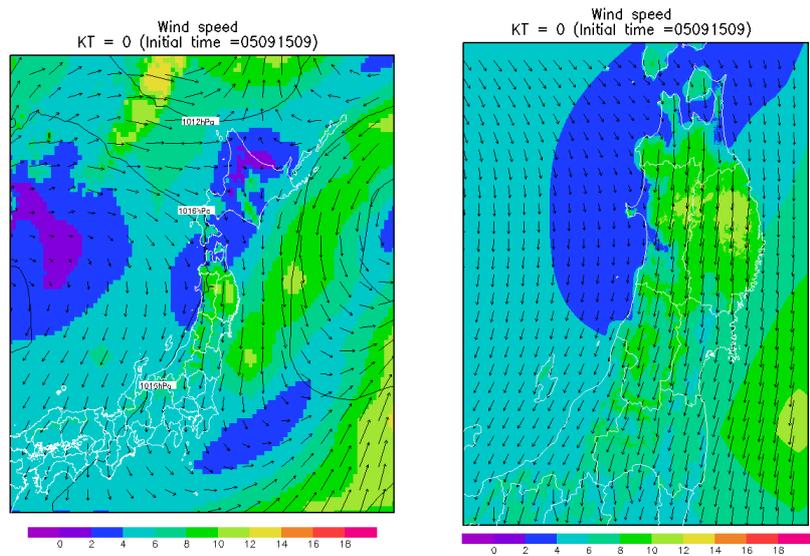


図 2-12 2005年9月15日9時（シミュレーション初期時刻）の風況図
 左図：広域シミュレーション結果（20kmメッシュ）
 右図：狭域シミュレーション結果（500mメッシュ）
 陰影部およびベクトルは水平風速[m/s]を示す。
 左図の等値線は地上気圧[hPa]を示す。

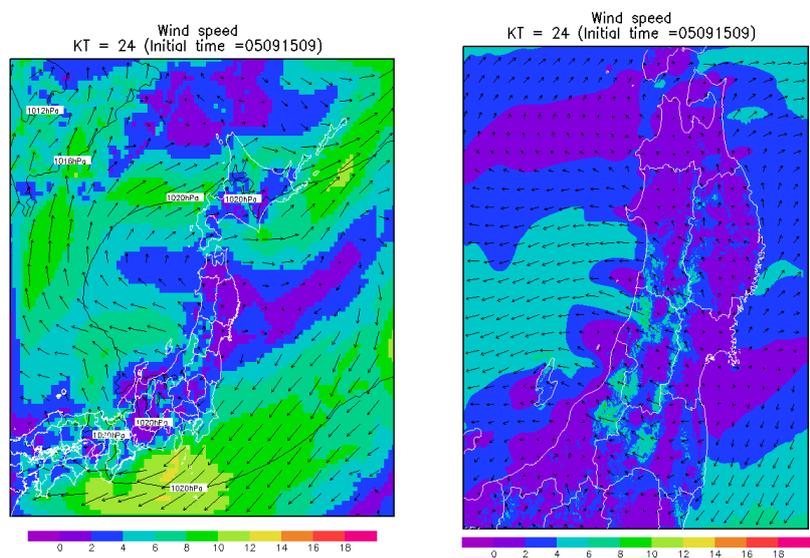


図 2-13 2005年9月16日9時（24時間予測値）の風況図
 左図：広域シミュレーション結果（20kmメッシュ）
 右図：狭域シミュレーション結果（500mメッシュ）
 陰影部およびベクトルは水平風速[m/s]を示す。
 左図の等値線は地上気圧[hPa]を示す。

- 2005年12月15日～2005年12月16日の事例

最後に、2005年12月15日から2005年12月16日の事例を示す。図2-14をみると、2005年12月15日から12月16日にかけての日本列島付近は太平洋側に高気圧が存在しており、概ね冬型の気圧配置（西高東低）となっていることがわかる。

一方、2005年12月15日9時を初期時刻とする24時間先（12月16日9時）までのシミュレーション結果を図2-15および図2-16に示す。これらの図を見ると、2005年12月16日における東北地方太平洋側の高気圧性循環の様子を再現できていることがわかる。

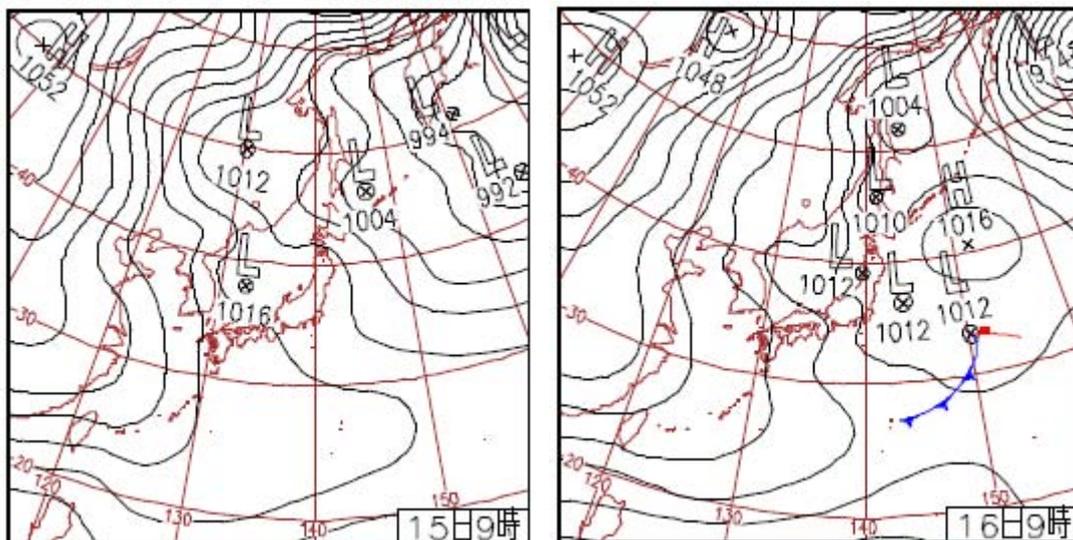


図 2-14 2005年12月15日9時と2005年12月16日9時の天気図

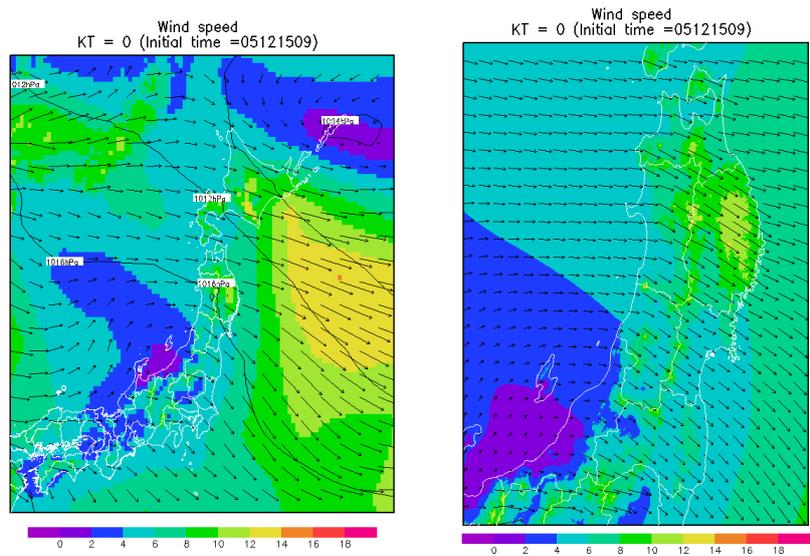


図 2-15 2005 年 12 月 15 日 9 時（シミュレーション初期時刻）の風況図
 左図：広域シミュレーション結果（20km メッシュ）
 右図：狭域シミュレーション結果（500m メッシュ）
 陰影部およびベクトルは水平風速[m/s]を示す。
 左図の等値線は地上気圧[hPa]を示す。

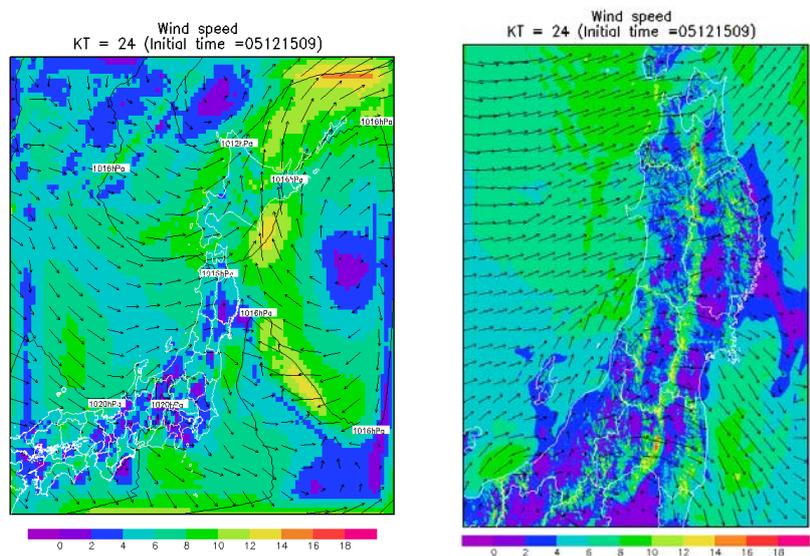


図 2-16 2005 年 12 月 16 日 9 時（24 時間予測値）の風況図
 左図：広域シミュレーション結果（20km メッシュ）
 右図：狭域シミュレーション結果（500m メッシュ）
 陰影部およびベクトルは水平風速[m/s]を示す。
 左図の等値線は地上気圧[hPa]を示す。