

船舶向け気象情報配信システムの開発

生産システム工学専攻 中西 航

Development of System to Distribute the Weather Information for ship

Wataru Nakanishi

Advanced Course of Production System Engineering, Toba National College of Maritime Technology

Abstract

We developed system to distribute the weather Information for ship. This system consists of the two web applications. The first application is the viewer of the weather forecast charts for 33 hours. The Watch Officer specifies the request and changes scale, hour, latitude and longitude for viewer of the weather forecast chart. The server receives these requests and returns to the Images of the specified area. The second application is the viewer of the Weather Information from Weather Buoy and Timber. Functions of the application are: 1) browsing Weather Buoy Data and Timber Data (weather and image data), 2) showing the graph, 3) showing the slide images, 4) searching previous data. In this paper, we would like to argue describe the composition of the system, and the function these applications have, and how to offer the weather information from GPV data or Weather data.

Keywords: Weather Information, Weather Forecast Chart, Web Application, Server System

1. はじめに

船舶の安全な運航に際して、現時刻から数時間後の気象予報や、航行予定地域の現在の気圧や波高・カメラ画像等は、海技従事者にとって有用な情報となる。

正確な ETA (Estimated Time of Arrival) の算出や出入港時期の検討、荒天時等における避泊錨地決定など、航海計画には詳細な気象予報図が必要である。特に長距離・長時間で運航する船舶では、刻一刻と変化する気象・海象を把握し、航海計画を立てる必要がある。このため、様々な船舶向け気象予報配信システムの開発[1][2]が行われている。

しかし、新日本海フェリーの航海士等にヒアリングを行った所、現在海上で利用できる気象予報サービスには「任意地点の詳細な情報を得ることが出来ない」、「利用できる海上通信サービスに限られる」などの指摘があった。そのため、もっと手軽に利用でき、詳細なデータを閲覧可能な気象予報配信サービスが期待されている。

また、海上の定期的な気象観測も安全な航行にとって重要な情報である。例えば、入港先のリアルタイムな気象情報や実際の映像情報は、現地でのタグボートの利用や出入港タイミングの決定など、船舶を操船する上で重要な判断材料となる。そこで、海上で気象観測を行うシステムとして、計測機器を搭載した海洋気象ブイの導入[3]が行われている。

しかしながら、この海洋気象ブイによる気象観測には専用ソフトウェアが必要となる。この為、船上で計測結果を閲覧するには PC へのソフトウェアのインス

トールや操作方法の習熟等、別途手間が必要となり、利用者も限られてくる。よって、海上ブイで観測した気象データを、簡単に多くの人が閲覧できるサービスの配信が必要だと考えられる。

以上より、我々は船舶向け気象情報配信システムとして、気象情報予報図閲覧機能と、海上における気象計測・閲覧機能を作成した。海上ネットワークの構築には IEEE 802.11j 規格の無線基地局を用いた。また基地局間でメッシュネットワークを構築し、ポータフォワーディングにより搭載するネットワークカメラや各センサにインターネット経由でアクセス可能とした。それぞれのデータは一般的な Web ブラウザ上で動作する Web アプリケーションを作成し、インターネットに接続可能な環境であれば、誰でも閲覧可能とした。また、作成する閲覧機能は、スライダーによる拡大率指定やプルダウンメニューによる気象の指定、カレンダーによる日付の指定など、直感的な操作が行えるインターフェイスを備えており、ユーザが必要な気象情報を簡単に検索できるよう、設計に配慮を行った。

2. 船舶による気象予報利用の現状

海上での気象予報図の取得には、気象庁がラジオファックス配信している「気象無線模写通報」[1] (図 1) がある。これは気象庁が発表した気象通報を地図上に図示したもので、定期的に発信されるラジオ音源を受信し復調することで利用できる。しかし、これは船舶の運航にとっては大まかな情報であり、特定地域の風速や風向といった詳細な気象予報を得られない。

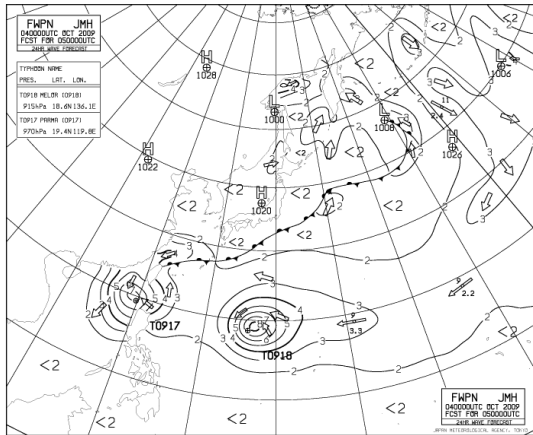


図1 気象無線模写通報

また、衛星電話サービスを利用する方法もある。衛星電話サービスとは通信経路に静止衛星を利用した通話サービスで、山奥や海上などの電波状況が悪い地域でも安定した通信が可能となる。代表例として、NTT docomo が提供する衛星電話サービス「ワイドスター」[2]の、パケット気象情報サービス(図2)がある。これは降水量や風速などを色相により表現しており、「気象無線模写通報」より詳細な気象予報が得られる。しかし、利用には「ワイドスター」への加入が必要であり、他社の衛星電話サービスから利用することができない。

そのほか、衛星電話サービスを通じインターネット上の気象予報サービスを利用することもできるが、それらの気象予報サービスは陸上での利用を想定しており、海上の気象予報を取得できるものは少ない。

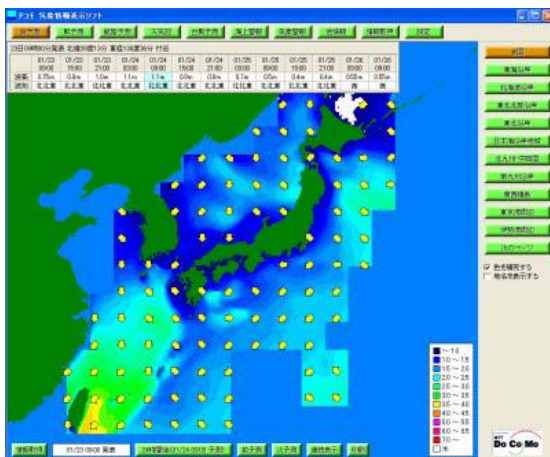


図2 パケット気象情報サービス

ところで、数値予報 GPV(Grid Point Value)[4]という気象予報データを気象庁が有料で公開している。数値予報 GPV には地球全域を対象とした全球数値予報モデル GSM (Global Spectral Model)、日本域を対象としたメソ数値予報モデル MSM (Meso Scale Model) があ

る。これらは、対象領域を一定の緯度と経度で格子状に区切り、実際の観測値からそれぞれの格子点の気象を数時間先まで予報したデータである。この数値予報 GPV を用いることで、より詳細な気象予報を得ることができるため、数値予報 GPV データを利用したシステム・サービスの開発が広く行われている。

数値予報 GPV を利用した気象予報サービスとして、GPV 気象予報[5]と GPV Navigator[6]が存在する。GPV 気象予報は数値予報 GPV の全データを一時間毎に図示するサービスである。しかし、日本の特定地域を中心とした気象予報図しか配信されておらず、海上の任意地域を中心とした気象予報図を得ることができない。また、GPV Navigator は日本域と地球全域の気象予報図を取得できるが、十分な拡大が行えない、風向の図示が行われていないという問題点がある。

3. 海上における気象情報取得の現状

海上での情報収集に関しては、海洋気象ブイ[3]による計測が行われている。また、大洋無線株式会社が開発した海洋モニタリングブイ(図3)による、無線 LAN 通信を利用した気象計測の報告例[7]がある。海洋モニタリングブイは、カメラ・ソナー・温度計といった各種センサを積載でき、太陽電池と風力発電機による充電でバッテリー駆動する。また、内蔵タイマにより定時に起動し、陸上に設置した陸上局にカメラ画像と各センサにより計測したデータが自動転送される。

しかし、海洋モニタリングブイに付属するアプリケーションは、ユーザが専用のパーソナルコンピュータにインストールする必要があり、別途手間や知識が必要となり、利用者も限られる。よって、ブイから得た気象をより簡単に多くの人が確認できるアプリケーションが必要であると思われる。

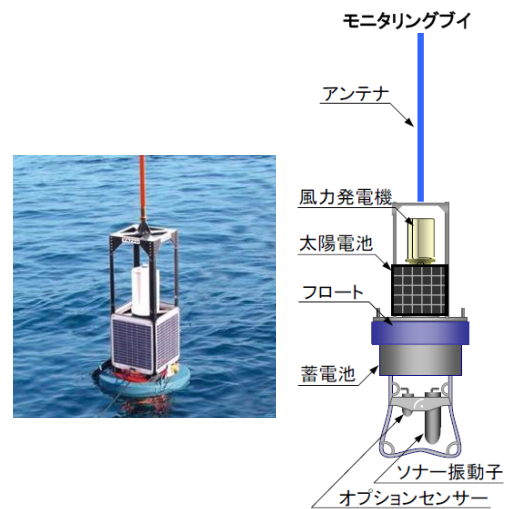


図3 海洋モニタリングシステム

4. 気象情報配信システムの構成

4.1. 気象情報配信機能

今回、提案開発を行う気象情報配信システムは以下に示す二つの機能を提供する。

- ①気象情報予報図閲覧機能
- ②海上の気象計測・閲覧機能

全ての機能は Web アプリケーションとし、一般的な Web ブラウザ上より気象情報を閲覧可能とした。これにより、利用者は専用アプリケーションを別途 PC にインストールする必要がない。

気象情報予報図閲覧機能では、日本域を対象とした気温、雲量、降水量、風速・風向、海面更正気圧の気象情報予報図を、1 時間毎に最大 33 時間先まで閲覧可能とした。また、気象情報予報図は閲覧ビューアの機能により、任意地点の拡大表示などを可能にした。

海上の気象計測・閲覧機能は、1 時間毎に撮影したカメラ画像と各センサの値を参照可能とした。また、ビューアより一日の気象変化のグラフ表示、カメラ画像のスライドショー等を可能にした。

4.2. システム構成図

図 4 に本システムの構成図を示す。配信システムは、船上の船舶積載 PC と、海上のネットワークカメラ・計測機器を積載した海洋ブイと筏、陸上に設置されている気象情報配信サーバより構成する。海洋ブイは太陽光パネルを 4 枚と風力発電装置を 1 基、筏は太陽光パネル 2 枚を積載し、バッテリーにより駆動する。

気象情報配信サーバは、GPV データを外部サーバから 3 時間毎に、海洋ブイと筏の各種センサとカメラか

ら 1 時間毎にデータを取得する。これらを解析することで、最新の気象情報予報図と、海洋ブイ・筏の気象観測データを提供する。また、気象情報配信サーバには Web サーバ機能を搭載させており、各気象情報の閲覧に用いる Web アプリケーションを配置した。

船橋当直者は船舶積載 PC から、衛星電話サービス等の海上通信サービスでインターネットに接続、気象情報配信サーバにアクセスすることで、Web ブラウザ上でそれぞれの閲覧ビューアを利用する。ビューアは操作を受けると、気象情報配信サーバへリクエストを送信する。リクエストを基に気象情報配信サーバは、必要となる気象情報予報図や各種センサの計測値・カメラ画像をビューアへと送信。送信結果を受けて、閲覧ビューアは表示しているデータを書き換え、利用者に必要となる気象情報を提供する。

海洋ブイ・筏との通信は無線基地局により行う。本システムでは、電波干渉の多い野外での安定した通信と、カメラ画像等の大容量データの高速なやり取りを想定し、電波干渉に強く最大 54Mbps の通信速度がある IEEE 802.11j 規格を用いた。無線基地局には、IEEE 802.11j による通信とメッシュネットワークの構築が行える、Motorola 社の Motomesh Duo 4300-49 を利用し、海上に無線 LAN ネットワークを構築した。

海洋ブイは計測機器として、ネットワークカメラと周期・波高センサ、気温・海水温計を搭載する。筏は、ネットワークカメラと気温・気圧・湿度計を搭載する。計測機器は、ネットワーク経由で計測値を参照する機能を搭載しており、ブロードバンドルータによりポートフォワーディングを行い、外部から参照可能とした。

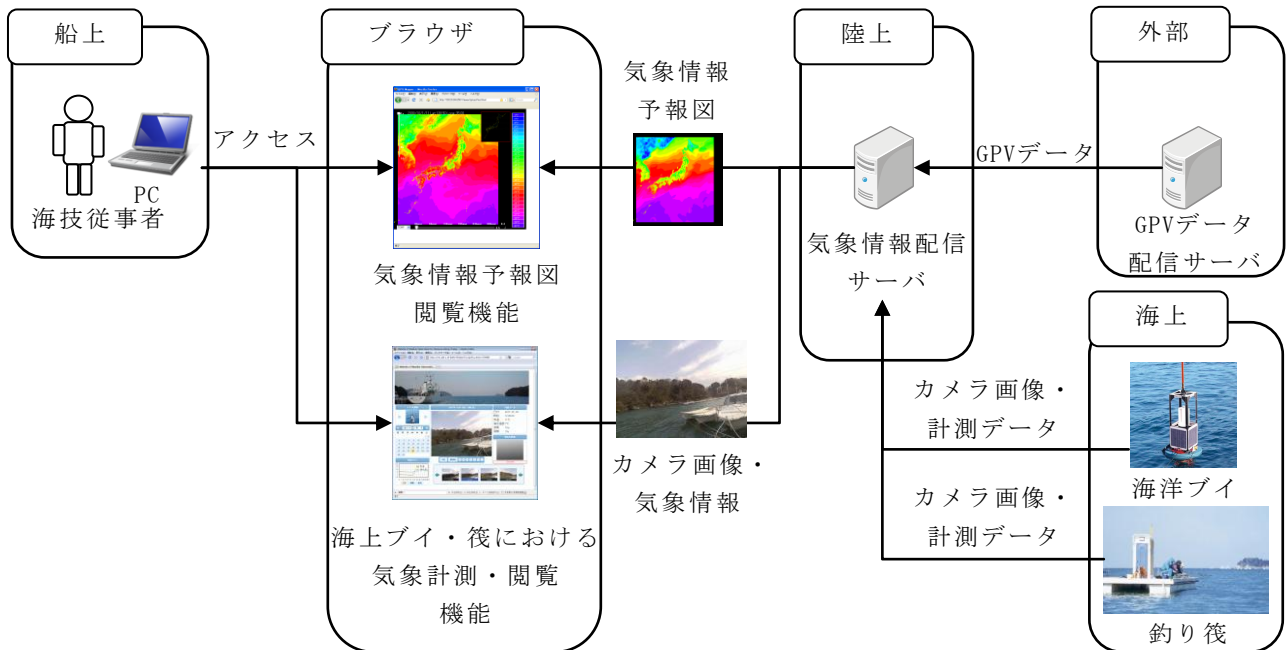


図 4 システム構成図

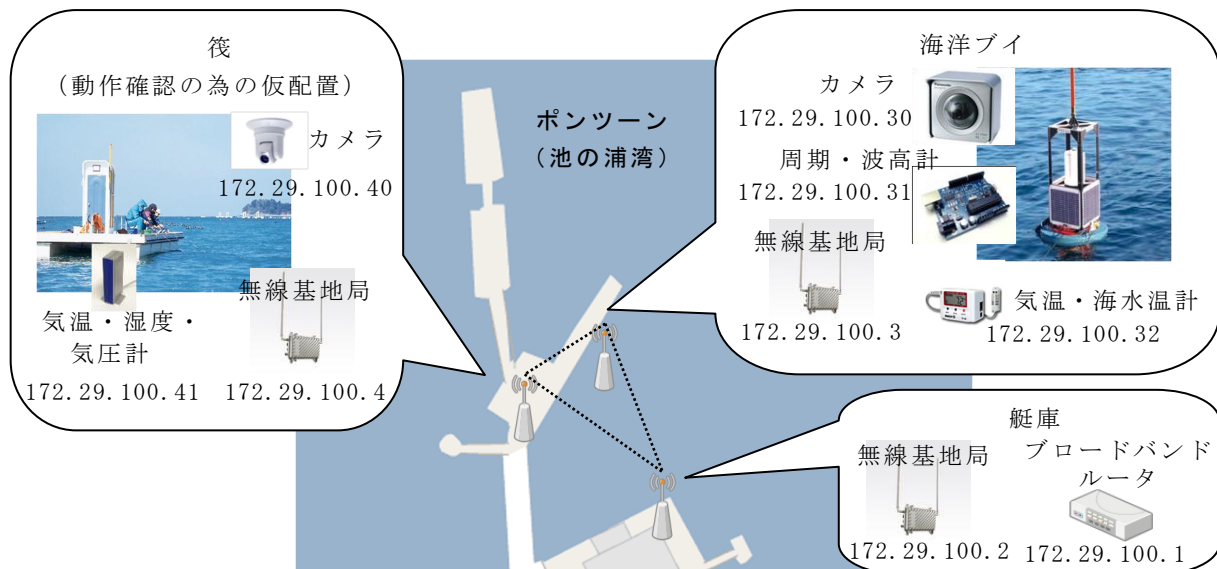


図5 海上ネットワーク構成図

4.3. 海上におけるネットワークの構築

今回、海洋ブイを本校のポンツーンに係留し、筏に設置する装置をポンツーン前に仮配置、艇庫に通信用の無線基地局を設置することで、池の浦湾に海上ネットワークを構築した。図5に池の浦湾に構築した海上ネットワークの構成図を示す。

海上ネットワークには、無線基地局による無線メッシュネットワーク機能、ルータによるポートフォワーディング機能を用いた。メッシュネットワーク機能とは、従来のアクセスポイントと端末間のみで通信を行うスター型ネットワークと違い、端末同士が相互通信を行いメッシュ状のネットワークを構築する機能である。メッシュネットワークは、端末間に網の目状にネットワークを構築する為、一つの経路が通信不可能になっても他の経路により通信が行える。また、端末間にデータを伝搬させることで、広範囲を対象としたネットワークも簡単に構築できる。海洋ブイ・筏での通信は電波状況の不安定な海上で行うため、無線メッシュネットワークの構築を行った。

ポートフォワーディング機能は、ルータのWAN側アドレスにアクセスが行われた際、ポート番号によりLAN側デバイスのIPアドレスを指定する機能である。これにより、海上ネットワークにインターネットから接続する際、ブロードバンドルータのWAN側IPアドレスに各デバイスのポート番号を指定することで、各デバイスへのアクセスが可能とした。

海上ネットワーク内で割り振るIPアドレスは172.16.100.0/24のローカルIPアドレスとした。IPアドレスは下位8ビットをそれぞれ、ブロードバンドルータ・基地局を1桁、海洋ブイに積載するセンサを30番台、筏に積載するセンサを40番台とした。

4.4. 気象情報配信サーバの構築

構築する気象情報配信サーバにおいて、オペレーティングシステム(OS)はフリーのLinux系OSの1種であるCentOS 5.3を用いることにした。Webアプリケーションを動作させるサーバアプリケーションとしてApacheとTomcat 6.0、データベースサーバアプリケーションとしてMySQL 5.0を動作させる。Webアプリケーションの記述言語には、サーバ処理にJSPとPython2.5、クライアント処理にJavaScriptを利用した。

気象情報配信サーバ上ではジョブ処理にcronプロセスを動作させる。cronは定時にシェルスクリプトを呼び出し、外部サーバから最新の数値予報GPVデータを、海洋ブイ・筏からカメラ画像と気象情報を取得する。取得後サーバは、プログラム言語Python2.5で書かれたプログラムを実行し、気象情報予報図の描画、データベースへの気象情報の登録を行う。

5. 気象情報予報図閲覧機能

5.1. 気象情報予報図閲覧ビューア

気象情報予報図閲覧に用いるWebアプリケーションを図6に示す。気象情報予報図閲覧ビューアは、気象情報の閲覧の為に必要な七つの機能を搭載させた。

① 気象情報予報図表示機能

気象情報予報図を表示する。また、中心にしたい箇所をマウスクリックすると、そこを中心として再描画を行う。

② 予報日時と中心座標の表示機能

表示している気象情報予報図の、予報時刻と中心の緯度と経度を表示する。

③ 現在の拡大箇所表示機能

右上の縮小した日本地図上に、赤枠で現在拡大し

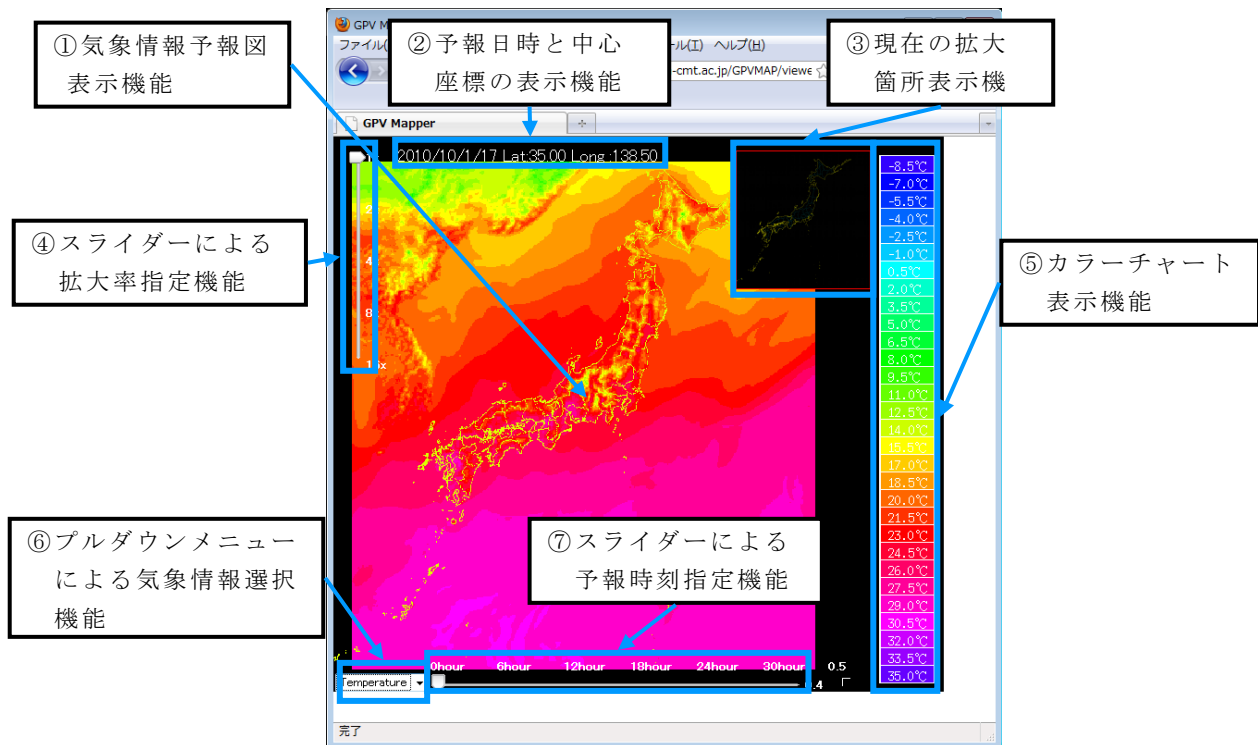


図 6 気象情報予報図閲覧ビューア

ている範囲を表示する。

- ④スライダーによる拡大率指定機能
スライダーのつまみを指定したい拡大率の場所までスライドすると、気象情報予報図の中心座標を指定された拡大率で拡大表示する。
- ⑤カラーチャート表示機能
気象情報予報図中の色が示す物理量を、表にして表示する。
- ⑥プルダウンメニューによる気象情報選択機能
リストで選択された気象情報予報図に切り替える。気象情報予報図は図 7 に示す 5 種類を用意した。
- ⑦スライダーによる予報時刻指定機能
スライダーのつまみを現時刻から閲覧したい時間後の位置までスライドする事で、指定時間後の気象情報予報図に切り替える。

ビューアは利用者からの操作を受けると、5.3 節に示すリクエストを行い、サーバから配信された気象情報予報図を表示する。また、表示している情報も操作に合わせ、HTML の内容を書き換えて変更する。

5.2. 気象情報予報図の作成

気象情報予報図の作成には気象庁の公開する数値予報 GPV のうち MSM を利用した。MSM は、格子点間隔と予報時間間隔が短く、経度幅 0.0625 度、緯度幅 0.05 度で、東経 120.0 度から東経 150.0 度、北緯 22.4 度から北緯 47.6 度の範囲を対象としている。予報時間間隔は 1 時間間隔であり、最大 33 時間先までの予報情

報を得ることができる。

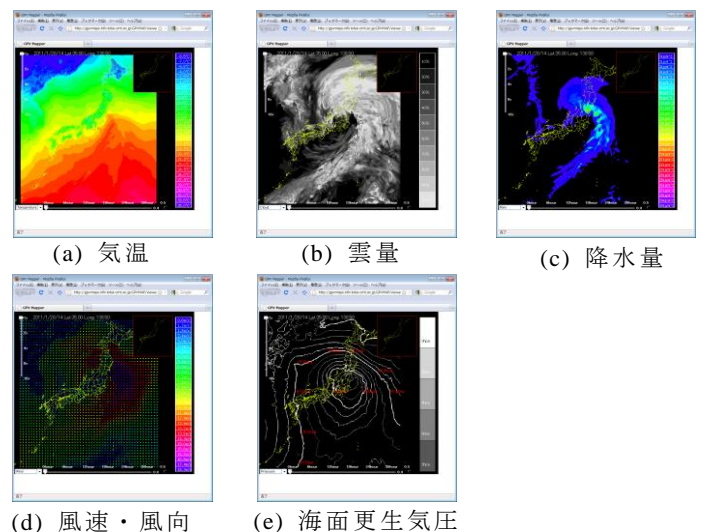


図 7 気象情報予報図

作成する気象情報予報図は、幅 4640pixels 高さ 4800pixels の大きさとし、日本列島全体を表示するため、東経 125.0 度～東経 149.0 度、北緯 24.0 度～北緯 46.0 度の範囲を対象とした。数値予報 GPV のデータは該当するカラーチャートの色情報に変換し、1 データを幅 10pixels、高さ 10pixels の大きさでプロットした。10pixel は幅が 0.0625 度、高さが 0.05 度に相当しており、経度方向に 384 個、緯度方向に 440 個、合計 168960 個のデータを白地図上にプロットした。

気象情報はそれぞれの情報に応じた閾値により等級付けを行い階調化した。気温、降水量、風向・風速は青を最小、赤を最大とするカラーチャートを用い、色相の違いによって強弱を表示した。例えば、気温の場合は-10℃から35℃までを30段階で等分し表示した。降水量と風速については0から等級の数×1等級当りの単位量の値までを30段階で等分し表示した。また、雲量は白黒の濃淡を用いて表現しており、雲量が多くなるにつれ白色を濃くした。海面更正気圧は、2hPa毎に等圧線を引き気圧配置を表現した。

表1に、配信する各気象情報予報図の、表示画像のカラー・モノクロ表示の違い、等級の数、単位、1等級当りの単位量をまとめる。

表1 気象情報予報図の詳細

気象	カラー	等級	単位	1等級当りの単位
気温	カラー	30	℃	1.5℃
雲量	モノクロ	10	%	10%
降水量	カラー	30	kg/m ²	1kg/m ²
風速・風向	カラー	30	m/s	0.6m/s
海面更正気圧	モノクロ		hPa	2hPa

5.3. 気象情報予報図の配信

気象情報配信サーバには、気象情報予報図配信用に、Python2.5で組まれたCGI(Common Gateway Interface)を設置している。CGIとは、WebサーバがWebブラウザからの要求に応じて動的にページデータを生成する仕組みである。一般的なユーザは、図6に示したスライダーやリストボックスから任意の気象情報予報図を表示させるが、実際のリクエスト処理はhttpプロトコルのGET命令により実現されている。ビューアは気象情報予報図配信用CGIにパラメータを設定しアクセスし、リクエストを送信する。気象情報予報図配信CGIはリクエストで指定された情報に従い、気象情報予報図から必要部分を切り出し、幅580pixels高さ600pixelsに正規化しビューアへ画像データを送信する。

表2に指定するパラメータの一覧をそれぞれ示す。

表2 URLに指定するパラメータの一覧

パラメータ	データ型	指定する数値の例
scale	Integer	1, 2, 4, 8, 16
longitude	Double	125.0E ~ 149.0E
latitude	Double	24.0N ~ 46.0N
type	String	temperature, cloud, precipitation, wind, pressure
hour	Integer	0 ~ 33

パラメータ scale には気象情報予報図の拡大率を整数で指定する。longitude と latitude には、気象情報予報図の中心座標の経度・緯度を実数で指定する。type には気象情報の種類を文字列で指定する。temperature が気温、cloud が雲量、precipitation が降水量、wind が風速・風向、pressure が海面更正気圧に対応する。hour には取得したい時刻と現在時刻の差を整数で指定する。図8に実際にパラメータを指定した例を示す。

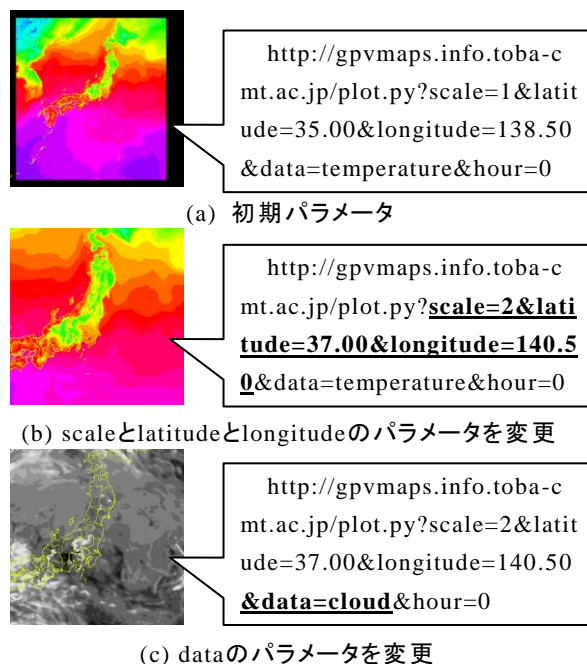


図8 パラメータの設定例

図8(a)が初期状態で表示させている気象情報予報図である。ここで、気象情報予報図ビューアにより拡大率を2倍に変更し、中心座標を北緯37.00度、東経140.50度に変更した場合は、気象情報予報図配信サーバへのリクエストは図8(b)となり、該当する気象情報予報図のデータを取得する。図8(c)は更に気象情報予報図を雲量に変えた場合を示す。

6. 海上の気象計測・閲覧機能

6.1. カメラ画像・気象情報閲覧ビューア

海洋ブイ・筏のカメラ画像と気象情報の閲覧に用いるWebアプリケーションを図9に示す。カメラ画像・気象情報閲覧ビューアは、気象情報の閲覧の為に必要な八つの機能を搭載させた。

- ① 画像データの表示機能
指定された日時カメラ画像を表示する。
- ② カレンダーによる日付選択機能
カレンダーにある日付ボタンをクリックすることで、表示している気象情報の日付が切り替える。



図9 カメラ画像・気象情報閲覧ビューア

③気象データのグラフ表示機能

指定された日の計測値を、各センサ時系列でグラフ化して表示する。

④現在時刻指定機能

ボタンを押すことで、表示しているデータを現在時刻の物に切り替える。

⑤時刻再生機能 (スライドショーによる連続再生)
再生ボタンを押すことで、ビューアで表示しているデータを1秒毎に次の時刻の内容に切り替え、スライドショーのように連続再生する。

⑥気象データの表示機能

指定された日時の各センサの計測値を表示する。

⑦カメラ画像一覧機能と時刻指定機能

指定された日に取得した画像を、縮小して時系列に一覧表示する。縮小した画像をクリックすることで、クリックした時間の内容に切り替える。

⑧カメラ動作確認機能

現在カメラが動作中の場合、最新のカメラ画像を表示する。画像は10秒毎に自動更新する。

ビューアは利用者からの操作を受けてサーバにリクエストを行う。サーバから配信されたカメラ画像・気象情報を表示する。サーバにはリクエストを処理するJSPを配置しており、リクエスト内容からMySQLデータベースより必要となる気象データを抽出する。

6.2. ネットワークカメラからの画像の取得

本システムでは画像・データの取得に、GNU Wgetプログラム[8]を用いた。GNU WgetはUNIXコマンドラインでHTTPやFTP経由のファイル取得を行えるツールであり、自動再ダウンロード機能や、コマンドオプションによるBASIC認証、取得ファイルのリネーム等が行える。気象情報配信サーバから、海上ネットワークのカメラ・各センサへのアクセスは、ポートフォワーディング機能により、艇庫のブロードバンドルータにポート番号を指定することで行う。

画像データはHTTPプロトコルを利用して取得する。海洋ブイと筏に積載しているネットワークカメラにはWebサーバ機能が搭載されており、URLにより現在のカメラ画像を取得することができる。取得した画像はファイル名を取得日時とし、海洋ブイから取得した画像は、気象情報配信サーバで動作させるTomcatのルートディレクトリより/FSDData/img_buoyに、筏から取得した画像は/FSDData/img_timberにそれぞれ保存する。

6.3. 計測機器からの気象情報の取得

海洋ブイに搭載する、気温・海水温計、周期・波高センサは、ネットワークカメラと同じくWebサーバ機能を搭載しており、計測値をテキストデータとして取得することができる。また、筏に搭載する気温・気圧・温度計は、専用アプリケーションによりアクセスし、ア

アプリケーションのログから計測値を取得できる。

取得したテキストデータにはセンサ値以外にも、取得日時等の不要なデータが含まれている。よって、シェルスクリプト内で文字列操作を行い、必要となる文字列を抽出する。抽出した文字列を基に、シェルスクリプトは MySQL コマンドにより海洋ブイ・筏それぞれのデータベースへ、センサ値の登録を行う。

6.4. 気象情報のデータベース登録

気象情報配信サーバは、海洋ブイ・筏の各センサのデータを取得すると、サーバ上のデータベースへ書き込みを行う。データベースへ保存しておくことでデータ検索や変更が容易であり、データ閲覧アプリケーションを用いて閲覧することが可能とした。

海洋ブイと筏の気象データを保存・閲覧するデータベースを MySQL により作成した。海洋ブイ用データベース BUOY と、筏用データベース TIMBER のテーブル構造を、それぞれ表 3 と表 4 に示す。

表 3 データベース BUOY (海洋ブイ) のフィールド

フィールド	タイプ	意味
Id	mediumint(9)	通し番号
Date	char(10)	日付(YYYY-MM-DD)
Time	char(8)	時間(hh:mm:ss)
temperature	int(11)	気温
sea_surface_temperature	int(11)	海水温
frequency	int(11)	周期
wave_height	int(11)	波高

表 4 データベース TIMBER (筏) のフィールド

フィールド	タイプ	意味
Id	mediumint(9)	通し番号
date	char(10)	日付(YYYY-MM-DD)
time	char(8)	時間(hh:mm:ss)
temperature	int(11)	気温
humidity	int(11)	湿度
pressure	int(11)	気圧

7. 結論

今回、船舶の運航に必要な気象情報を海上で取得でき、かつ海上での利用に適した気象情報配信システムの構築を行った。システムは全て Web ブラウザ上で動作するものとし、気象情報予報図閲覧機能、海洋ブイ・筏の気象計測・閲覧機能を作成した。

気象情報予報図閲覧機能では、日本域の地表面と海面を対象とし、気温、雲量、降水量、風力・風向、海

面更生気圧を、最大 33 時間先まで 1 時間毎に確認可能とした。また、マウスクリックによる中心位置の指定や、スライダーによる拡大率の指定など、任意地点の気象予報情報を詳細に取得可能とした。

海上の気象計測・閲覧機能では、IEEE 802.11j 規格による無線通信を利用し、ネットワークカメラや各種センサを積載した海洋ブイや筏により海上ネットワークを構築する事で、海洋から画像や気象情報を取得可能にした。また計測した情報は、カレンダーによる日付選択や、気象情報のグラフ表示等により、閲覧可能とした。

本システムは、全ての機能を Web ブラウザ上で動作させることにより、専用のアプリケーションを別途インストールする必要をなくし、多くの人間が気象情報を閲覧できるシステムとした。また、スライダーによる拡大率指定やプルダウンメニューによる気象情報の指定、カレンダーによる日時の指定といった、直観的な操作による気象情報の検索を可能にした。

参考文献

- [1] 仲井圭二, “気象・海象サービスの現状と船舶での利用状況”, TECHNO MARINE(834), pp.818-817, (1998)
- [2] 株式会社 エヌ・ティ・ティ・ドコモ, “PC ソフトウェア取り扱い説明書_J_All”, 第 2 版, (2008.12)
- [3] 気象庁 気候・海洋気象部 海洋課 海洋気象ブイロボット班, “漂流型海洋気象ブイによる観測”, 船と海上気象 H12 年 11 月号, (2000)
- [4] 郷田治稔, “数値予報 GPV”, 天気 42(1), pp.53-54, (1995)
- [5] GPV 気象予報 : <http://weather-gpv.info/>, (2009.10.22)
- [6] GPV Navigator : <http://earth.nii.ac.jp/atmosphere/GPV/>, (2009.10.22)
- [7] 大洋無線株式会社, 海洋モニタリングシステム : http://www.taiyomusen.co.jp/pdf/kaiyo_m.pdf (2011.1.27)
- [8] GNU Wget : <http://www.gnu.org/software/wget/> (2011.2.1)