

地球流体データベース・解析・可視化のための新しいサーバ兼デスクトップツール Gfdnavi の開発

堀之内 武¹ 西澤 誠也² 渡辺 知恵美³ 森川 靖大⁴

神代 剛¹ 石渡 正樹⁵ 林 祥介⁴ 塩谷 雅人¹

1 京都大学生存圏研究所 〒611-0011 宇治市五ヶ庄

2 京都大学数理解析研究所 〒606-8502 京都市左京区北白川追分町

3 お茶の水女子大学理学部 〒112-8610 東京都文京区大塚 2-1-1

4 北海道大学理学院 〒060-0810 札幌市北区北 10 条西 8 丁目

5 北海道大学地球環境科学院 〒060-0810 札幌市北区北 10 条西 5 丁目

E-mail: 1 {horinout, koshiro, shiotani}@rish.kyoto-u.ac.jp, 2 seiya@kurims.kyoto-u.ac.jp,

3 chiemi@acm.org, 4,5 {morikawa, ishiwatari, shosuke}@gfd-dennou.org,

あらまし 近年、大気・海洋等の地球流体の科学データは種類・量とも爆発的に増大しており、ネット上のデータも科学者手持ちのデスクトップデータもシームレスに検索・解析・可視化するニーズが高まっている。本論文ではそれをはじめて実現するための手法を提案し、その実装となる汎用ツール Gfdnavi の概要を述べる。多次元物理量データ処理と可視化のための汎用クラスライブラリと、Web サーバを含み RDBMS を利用する Web 開発フレームワークを組み合わせて用いることで、個人・グループ内での利用から Web での一般公開までをカバーし、検索ならびに自由度の高い解析・可視化機能が実現できることを示す。

キーワード 科学 DB, データの可視化, データサービス, 時空間 DB, e-Science

Development of Gfdnavi: a new desktop/server tool for geophysical fluid database, analysis, and visualization

Takeshi HORINOUCI¹ Seiya NISHIZAWA² Chiemi WATANABE³ Yasuhiro MORIKAWA⁴

Tsuyoshi KOSHIRO¹ Masaki ISHIWATARI⁵ Yoshi-Yuki HAYASHI⁴ and Masato SHIOTANI¹

1 Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, Gokasho, Uji 611-001

2 Research Institute for Mathematical Sciences, Kyoto University, Kitashirakawa-oiwake, Sakyo, Kyoto 606-8502

3 Faculty of Science, Ochanomizu University, 2-1-1 Otuka, Bunkyo, Tokyo 112-8610

4 Graduate School of Science, Hokkaido University, N10-W8 Sapporo 060-0810

5 Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, N10-W5, Sapporo 060-0810

E-mail: 1 {horinout, koshiro, shiotani}@rish.kyoto-u.ac.jp, 2 seiya@kurims.kyoto-u.ac.jp,

3 chiemi@acm.org, 4,5 {morikawa, ishiwatari, shosuke}@gfd-dennou.org,

Abstract In recent years, scientific data of geophysical fluids such as the atmosphere and the ocean have been increasing explosively both in numbers and quantity. Thus, there is a growing demand from scientists to search, analyze, and visualize those data across internet and desktop seamlessly. This paper presents methods and a realization for the first time of such a system: Gfdnavi. A combination of a flexible class library for multi-dimensional physical data and a web development framework inclusive of web servers along with RDBMS support is used to create such a system to cover personal / small-group usages to wide data distribution on the web.

Keyword Scientific DB, Data Visualization, Data Services, Spatiotemporal DB, e-Science

1. はじめに

近年、人工衛星等による地球観測は種類、観測数、

解像度のいずれも増大しつつあり、大気や海洋などの「地球流体」の数値データは急速に増加している。また、気候や水循環などの予測や診断における、数値シ

ミュレーションの重要性も増しており、地球シミュレーターに象徴されるように、大規模な計算により地球流体に関する大量のデータが産み出されている。

かつては、個々の地球流体の研究者は、比較的少数のデータによって研究することが多かった。しかし、現在は、多様なデータを有機的に組み合わせた総合的な研究が必要になっている。ところが、そのための情報処理基盤の進展は遅れており、多くの研究者が「困っている」というのが現状である。この問題は、世界中で環境問題や防災・減災に投入される資金が十分に活きなくなる危険性にも繋がる重大な問題である。

現在、多くの地球流体データがインターネットにおいて提供されている。しかし、現状は次のような問題を抱えている。(1)大規模数値データは解析・可視化して初めて意味があるが、既存のデータ提供サーバの多くはデータをファイルで提供するのが主であり、解析可視化機能はあっても弱いことが多い。しかも、(2)一旦ファイルをダウンロードしたら、各自が独自に読み解析する必要があるため、サーバのサービスと断絶する。つまり、サーバ側で多少解析・可視化機能があってもせいぜいクイックルック程度で、それ以上は結局のところ「自分でしないとならない」のである。さらに、(3)多くのサーバは、一般にデータベース(DB)としての検索機能に乏しく、(4)複数サーバ間にまたがる横断的なデータ利用ができないという問題がある。なお、webでのデータ提供サーバ構築ツールも存在するが、データ公開機能が独自に一から専用にwebサイトを設けている場合も多く、その場合、良いものを作っても応用性、移植性に乏しい。

以上の問題を部分的に解決するものはあるが、すべてを解決するものは世界でもまだ作られていない。我々は、これを全て解決すべく、手法の開発と実装を進めている。本研究で提案するアプローチは、研究者個人が手持ちのデータを解析・可視化するのに適したツールでありながら、webでのデータ提供も行えるものを用いるというものである。これにより、上記の(1),(2)が解決する。さらに対象データの特性を十分に考慮した検索機能を実装することで(3)を解決する。我々は、以上を基本的に(少なくとも大枠は)満たす、Gfdnaviと名づけたツールを開発した。さらに、(4)についても研究を進めており、Gfdnaviへの実装を計画している。また、数値データだけでなく、データ解析・可視化によって得られた知見情報も有機的に統合し、検索利用できるものを構想している。

以後、本論文は次のように構成する。2章で関連研究を説明し、3章ではシステム構成概要を述べ、4章で実装の基盤となるライブラリについて概説する。5章ではDB及びユーザ管理について、6章ではユーザイ

ンタフェース(UI)について述べる。7章では、知見情報の取り扱い手法を提案する。8章でまとめを述べる。なお、DBと検索の詳細は同時に投稿する論文[1]で述べるため、本論文では概要のみ述べる。また上記の(4)の解決については論文[2]で述べる。

Gfdnaviは<http://www.gfd-dennou.org/arch/davis/gfdnavi>にて公開している。

2. 関連研究

Live Access Server (LAS) [3] は、現在最も使われている地球流体データ提供サーバ構築ツールであり、我々が目指すものに最も近い。LASでは、ファイルによる提供に加え、可視化が行える。Webベースであり、Webブラウザでアクセスするため、専用クライアントは必要ない。一方で、OPeNPAP/DODS [4] という、遠隔オブジェクトとしてデータアクセスを可能にするCGIソフトを取り込んでいるため、OPeNPAP/DODSクライアントライブラリを組み込んだソフトウェアからLAS上のデータにアクセスすることも可能である。これにより、例えば格子点データの全体または一部をクライアントソフトで読み出し、解析・可視化することが可能である。また、ネットワークに関しては、サーバ側で「姉妹サーバ」を指定すれば、そのサーバのデータも閲覧可能である。

第1章に挙げた視点からLASをみると、次のような問題点が挙げられる。LASは常時運用するデータ公開サーバ構築を対象としており、個人が手持ちのデータを解析するために導入することは容易でない。つまり、OPeNPAP/DODSクライアントを組み込んだデスクトップツールとして、LAS自体を用いることは難しいので、LASのWebベースの可視化サービスと、デスクトップデータ解析・可視化ツールの断絶は残っている(問題(2))。また、データは動的に階層的に整理されるが、検索機能はあまり充実していない(問題(3))。サーバ管理者が姉妹サーバに指定していないLASサーバは横断的に利用できない(問題(4)の部分未解決)。

LAS以外には特筆すべき汎用の地球流体データ提供サーバ構築ツールはないと言ってよい。なお、GRIDを用いた大気海洋データ提供サーバ構築の試みとして、NERC DataGrid [5]を挙げることができる。

隣接科学分野である超高層・惑星間空間物理においては、STARSという分散DBサーバが開発されている[6]。STARSは、ネットワーク分散したデータに専用クライアントアプリケーションでアクセスし、可視化もサポートする。きめ細かなアクセス権限管理が出来ることが特徴である。Version 4までは通信は直接SQLに拠ったためファイアウォールを越えにくかったが、最新のVersion 5でWebサービスを用いた通信に移行し

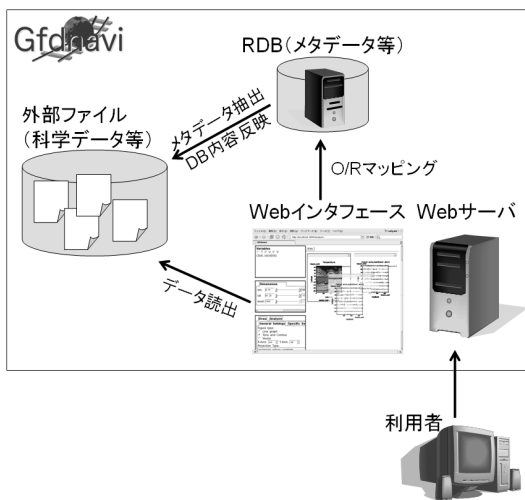


図1 システム構成概要

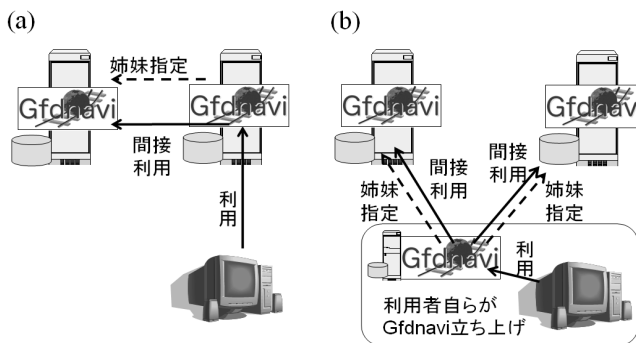


図2 (a) 姉妹サーバ方式による複数サーバにまたがる利用。(b) (a)と同じだが、利用者が自前でGfdnaviサーバを立ち上げる場合。任意のサーバを指定でき、Gfdnaviの全機能が使える。

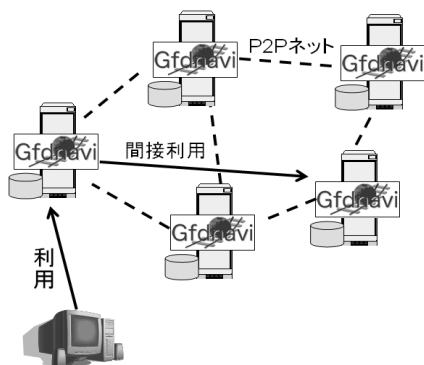


図3 P2PによるGfdnaviネットワーク

ービスと解析サービスが連携している。その意味で STARSに近いが、VOでは国際バーチャル天文台連合が結成されDBやワークフロー記述等に関する国際標準が策定されるなど、より大規模、組織的に展開されている。なお、任意PCのデスクトップデータへの適用は対象外のようなのである。

3. システム概要

提案システムは、Gfdnavi (Geophysical fluid data navigator) と名づけた統合ツールとして実装している。図1にそのシステム構成を示す。ディスク上の科学データからメタデータを自動抽出し、関係データベース (RDB) としてメタデータのDBを作成する。ユーザ管理用等、メタデータ以外のデータもRDBに格納する。UIはWebベースであり、Webブラウザで利用するため、専用クライアントツールは必要としない。このUIは、html, Ruby, JavaScriptで実現される。システムはいわゆるModel-View-Controller (MVC) 構成で、その中核はRubyで書かれており、RDBに対応する“Model”となるクラス群を持つ。

Gfdnaviシステムは専用のWebサーバプログラムを持つため、図1の全体を利用者のPC1台で運用することができる。この「Webサーバ同梱」が、本システムにおいて個人に閉じた利用をサポートする根幹であり、LASと大きく違う点である。本システムの一部の機能 (DBの書き出しを伴う機能の多くなど) は、登録ユーザのみが利用可能であるが、自前でサーバを動かせば全機能が利用できる。言い換えれば、LASのような一般公開専用サーバには乗せにくい、計算機資源を要求する機能も乗せられるのである。

本システムは、同梱Webサーバプログラムだけでなく、Apache等の汎用Webサーバでも用いることができる。常時稼動する一般向けデータ公開サーバは、主にApache等で運用することを想定している。なお、当然ながらRDBとWebサーバを分離した2階層構成を取ることができ、さらに、Webサーバを複数のハードウェアで構成することも可能である。

複数サーバにまたがる利用は、姉妹サーバ方式 (図2) 及びピア・ツー・ピア (P2P) を用いたオーバーレイネットワーク構築 (図3) の2通りが考えられる (いずれも未実装)。姉妹サーバを用いる場合も、利用者自身がGfdnaviサーバを立ち上げるのが容易であるため、利用者が任意のGfdnaviサーバを姉妹指定できるのがLASにない利点である (図2b; LASは図2aのみ)。もしも利用者が、使いたいデータを取るサーバをすべて知っていて、それが比較的少数である場合は、姉妹サーバ方式のみで第1章の(4)対応として十分である。一方、P2Pは、未知のサーバも含む多数のサーバから

た[7]。天文・宇宙物理分野では、Virtual Observatory (VO) が開発されている[8]。VOは、世界の主な天文学研究機関のDBを連携させるシステムであり、データサ

所望のデータを検索するのに適する。P2PによるGfdnaviのネットワーク構築の検討と提案は文献 [2]で行うため、本論文では割愛する。なお、P2Pにおいても、図 2bのように直接接続するサーバを自前で動かすことで誰でも全機能が使えるのは同様である。

4. 基盤ライブラリ

本章では、提案システムを実現する基盤となる2つのライブラリ群を概説する。

4.1. Ruby on Rails

Ruby on Rails [9] は、RDBMSを利用するWeb開発フレームワークである。アプリケーションはMVC構成で作成するようにできており、Model及びControllerはRubyで、Viewは（Ruby埋め込みの）htmlで作成する。JavaScriptとの親和性もよい。Ruby on Rails が提供するRubyライブラリの機能は幅広く、Ajax (Asynchronous JavaScript and XML) や Web サービスを、Rubyからごく簡単に利用することもできる[10]。WebrickというWebサーバプログラムを同梱しており、任意ポート番号で専用Webサーバが立ち上げられるほか、ApacheやLiteSpeedなどの汎用Webサーバでも稼動する。よって、Webサーバを同梱するという我々の選択は、Ruby on Railsを使うことで容易に実現できる。また、RubyのメソッドをWebサービス化し、さらにクライアント側でもRubyメソッドをWebサービスの呼び出しに変換するライブラリも備わっているため、サーバ間通信にはこれを用いる。一方UIについては、Ajaxによる非同期通信を活用することで、応答性の良いものが実現できる。

4.2. GPhys

GPhys [11] は、地球流体の多次元数値データを扱うためのRubyのクラスライブラリである。本ライブラリでは、数値データを「離散化された連続空間の物理量」として抽象化し、座標に関するメタデータと、単位、データ欠損、物理量の名前等に関するメタデータを持つ。他に、任意の名前と値の組で表されるメタデータを持てる。このGPhysのデータモデルは、地球流体分野でよく使われるNetCDF [12] というファイル形式/入出力ライブラリにおけるそれを抽象化したものである。NetCDFは、メタデータを内包する自己記述型データセットである。当該分野では、他にもgrib [13] など複数のファイル形式が標準的に用いられているが、いずれも何らかの形でメタデータを機械的に抽出または（テーブル参照により）判別でき、NetCDF型データモデルに還元可能である。そこでGPhysでは、様々なフォーマットをNetCDF型のデータモデルに当てはめることで、統一されたアプリケーションプログラムインタフェースを実現している。Gfdnaviは、GPhysを用い

ることで、多様な数値データを統一的に扱うことができる。

なお、第2章で述べた OPeNDAP/DODS と NERC DataGrid でも同様なデータモデルを採用している。ただし、本ライブラリは、遅延処理を多用し、内部的な自動分割処理をサポートするなど、大容量データへの対応を徹底した実装となっているという特徴がある。なお、GPhys は、数値データをメモリ上に読み込む場合は、C のポインタをラップした多次元数値配列クラスを用いる。また、データ実体がファイル上にある場合と並んで、すべて実行時メモリ上にある場合もサポートしており、数学・統計処理も一貫して一つの枠内で行うことができる。

5. データベースとユーザ管理

Gfdnaviでは、扱う科学データからメタデータを自動抽出することで、科学者が容易にDBを作成できるようにする。DBの設計と検索インタフェース、ランキング法は文献[1]で詳述するため、ここではシステムの概要を理解するのに必要な記述にとどめる。

Gfdnavi では、扱うデータを格納するディスク上のディレクトリ（フォルダ）ツリーをそのまま活かすDB化を行う。これにより、科学者が自然に行うであろうディレクトリ構成による分類の詳細化を、DBに反映させられる。具体的には、サブディレクトリは上位ディレクトリのメタデータを加算的に受け継いでいるものとして扱う。このため、例えば「衛星データ」ディレクトリ下のサブディレクトリにあるデータは、「衛星」というキーワードでの検索にマッチすることになる。

メタデータとして抽出するのは、(1)任意の名前と値の組である「キーワード属性」と、(2)データがカバーする時空間に関する情報の2種である。以上を、データツリー上の各ディレクトリ並びに数値データ「変数」に関し、スクリプトにより自動抽出する。ここでは、データを収録するファイルもディレクトリとして扱う。つまり、変数を収め得る入れ物は統一的にディレクトリとするのである。

メタデータの自動抽出には、第4章で述べたGPhysを活用する。これにより、様々なファイル形式のデータを一旦統一的に抽象化した上でメタデータが抽出できる。上記の「変数」は、GPhysのオブジェクトと1対1に対応する。(1)のキーワード属性の名前は任意であるが、GPhysを通して幾つかの標準的な名前が導入される。例えば、物理量の単位は“units”という名前で表される（実際のファイル形式に関わらず、NetCDFに準じた名前が用いられるという統一化がなされている）。さらに、NetCDFの標準的な規約である“CFコンベン

ンション”[14]を通じて、物理量の種類（気温や湿度など）を表す名前についても、ある程度の標準化が行われている。このように、名前空間を緩やかに標準化すること（緩やかにしか標準化しないこと）で、自由度を確保しつつ、多様な検索（標準キーワードによる検索、最初に属性名を検索し絞り込んで行う検索、単純な全文検索など）を実装することで、検索の便を図る。ただし、現時点でのユーザインタフェースには、全文検索のみが実装済みである。

ディレクトリのメタ情報としては、ディレクトリ名そのもの（多くの場合、内容を表す簡潔な名前になっているはず）に加えて、いわゆるREADME的な簡単なテキストファイルでメタ情報を補えるようにした。属性名は任意であるが、幾つかの標準的な名前を定める「緩やかな標準化」を行った。テキストの形式としてはYAML[15]等をサポートし（現在は計2種類）、名前についてもDublin Core[16]から採るのを基本にしつつも、簡単な同義語辞書を持つことで複数の標準に対応できるようにした。

Gfdnaviで扱われる変数は、GPhysを通じることで必ず座標に関する情報が抽出できるようになっている。変数は、（ゼロ次元も含む）多次元の座標系における物理量であり、多くの場合、時間軸並びに地球における空間座標を持つ（そうでない場合も許容する）。応用的に重要な時間及び地球基準の空間に関するメタデータは特別に抽出し、DB化する。扱うデータの空間分布の例としては、全球や半球等種々の領域を覆う規則的な格子点データ、各地の観測点における地上データや気球観測データ・ブイデータ（鉛直一次元）、低軌道の衛星軌道に沿った観測により得られる帯データなどが挙げられる。時空間メタデータの仕様および検索インタフェースについては、文献[1]を参照されたい。なお、空間検索の便のため、Google Mapインタフェースを用意している。

以上のように、メタデータはツリー状のディレクトリ構造を保持しながらDB化されるため、XMLとの親和性が高い。Gfdnavi内ではこれをRDBで扱うが、将来的には、XMLとして取り出せるようにすることが考えられる。

Gfdnaviには、管理やアクセス制御のため、ユーザ及びグループの概念が導入されている。ユーザは、（自身の専用グループも含む）任意個のグループに所属でき、データの可視性はグループ単位で指定する。無指定の場合は完全公開となり、ログインしない匿名ユーザも利用可能となる。ユーザには管理権限を持つ者と一般ユーザの2種がある。一般ユーザの申請はWebベースで行え、申請はemailで管理者に送られる。一方、完全公開データの提供のみを目的とするサーバ運営用

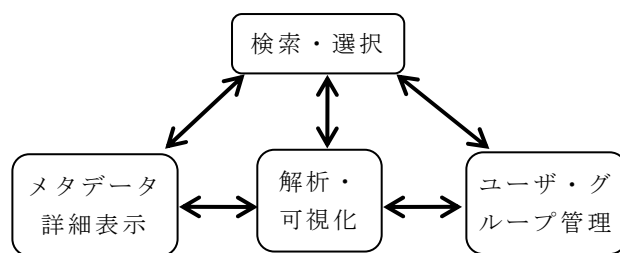


図4 UIの構成

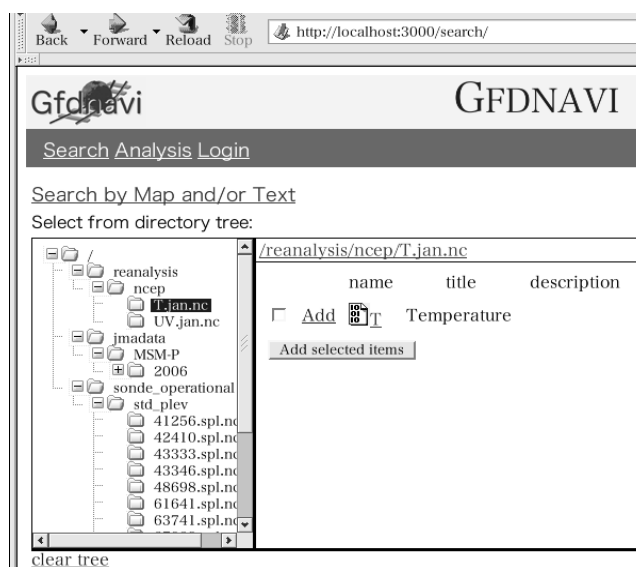


図5 ディレクトリ階層ツリー表示窓（選択UI）

に、ログイン等のユーザ関連メニューが一切現れない形での運用モードも設けた。ログインユーザは、解析・可視化結果をDBに登録でき、検索や閲覧に供することができる。

6. ユーザインタフェース

図4に現在のGfdnaviのWebベースUIの構成概略を示す。矢印はコンポーネント間の遷移・相互作用を示す。例えば、ログイン（ユーザー・グループ管理UIに含まれる）することにより、検索・選択においては所属グループにアクセスが限定されたデータが利用できるようになり、解析・可視化においてはDBへの書き出しを伴う機能が利用できるようになる。

検索・選択UIには、ディレクトリ階層のツリー表示による選択UIと、メタデータ検索UIがある。Google Mapによる地図インタフェースは後者に含まれる。図5に、前者のツリー表示UIのスクリーンショットを示

す。同 UI は、Microsoft Explorer 風の階層表示を行い、解析・可視化 UI やメタデータ詳細表示 UI と結びついている。なお、階層表示では、Ajax による非同期通信により、「開く」箇所のみ通信されるので、ツリー全体が大きくても表示の速さには影響しない。なお、図に示された URL は <http://localhost:3000/> から始まるが、ブラウザを立ち上げた PC の 3000 番ポートで Gfdnavi の専用 Web サーバを利用しているためである。

以下では解析可視化 UI について述べる。

6.1. 解析・可視化 UI

第 1 章で述べたように、多量の数値データは解析・可視化してはじめて人間にとって意味を持つようになる。理想は、科学者が Gfdnavi のみによりデータ解析が行え、出版に相応しいクオリティの可視化まで行えることである。そのためには、クイックルック的な可視化が行えるだけでは不十分であり、自在に数値処理が行え、きめ細かに可視化が制御できないとまらない。これまでのデータ提供サーバは、いずれもこの要請を満たさない。我々はむしろ、科学者が手持ちのデータを解析する際に用いるソフトウェアに範をとる。

第 2 章で述べた GPhys ライブラリ群はこの要請を満たす。実際、本論文の著者の一部を始めとする複数の大気科学者が、ほぼこれのみを用いてデータ解析と論文出版レベルまでの可視化を行っている。そこで、Gfdnavi においては、Web ベースで GPhys の全機能が提供できれば、目標を達することができる。その手段として、GUI による解析可視化メニューを充実させるのに加え、

1. データ処理用の Ruby メソッドを登録できるようにし、
 2. 対話的に逐次実行する Ruby の入力窓を用意する。
- 現在、1.のみ実装済みである。次に、実例を用いて、実装済みの解析・可視化機能の概要を記す。

図 6a に解析可視化の画面例を示す。前述の検索またはツリー表示から選択されたデータは、左上の解析用データリスト窓(表題“Variables”の枠内)に表示される。図では T, U, V (それぞれ気象学の慣例で気温、東西風、南北風である。T は図 5 の右窓に示されているものと同一) の 3 変数がリストに入っており、そのうち最初の T がチェックボックスにより選択されている。よって、左中の座標選択窓、左下の解析可視化メニューは、この変数の内容に応じて動的(かつ非同期)に生成されている。左下の解析・可視化メニューではタブ選択で可視化(“Draw”)が選ばれ、その中で可視化に関わるやや一般的な設定(“General settings”)を行うタブが開かれている。その右の“Specific Settings”タブの内容は、“General Settings”での選択に応じて変化する。

この UI では、様々な要素がポップアップ表示機能

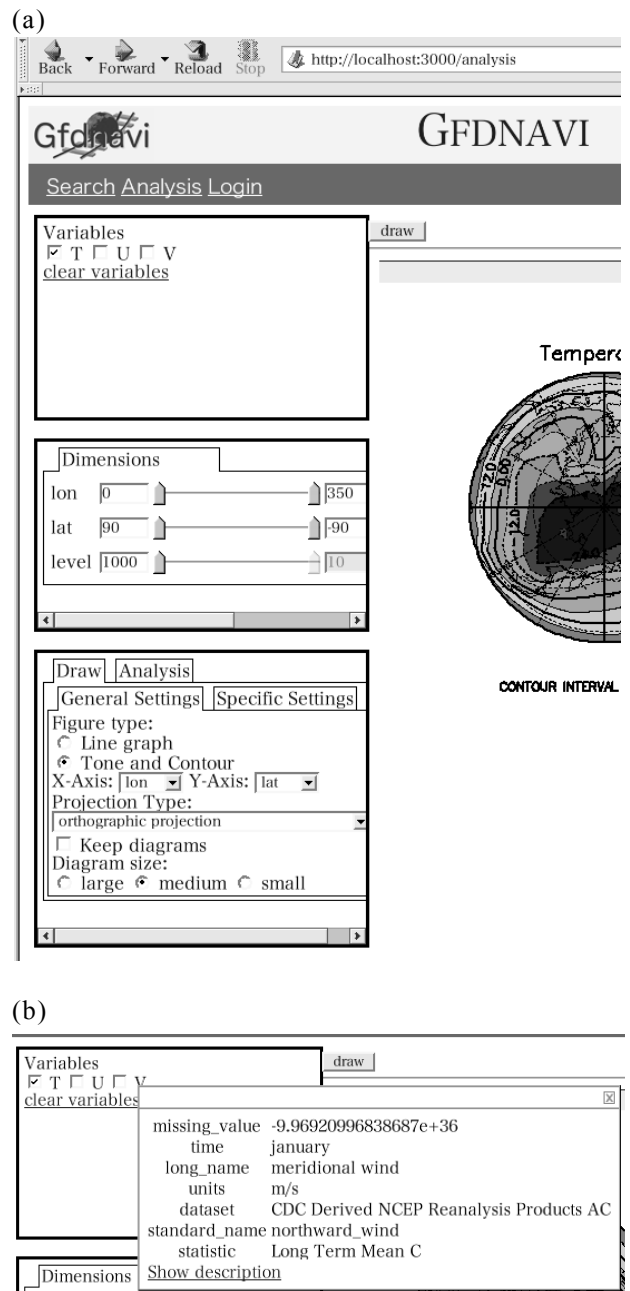


図 6 (a) 解析可視化画面の例 (部分)。(b) (a) の変数リストより 3 番目の“V”をクリックして表示されるポップアップ。

を有する。例えば、図 6b は Variables リスト中の“V”をクリックすることで得られるポップアップで、当該変数に直接付与されているメタデータのうち、属性名と属性値の組で表されるキーワード属性を表示する。最後の行はより詳細なメタデータ表示画面に飛ぶためのリンクである。

解析・可視化 UI では以上のほかに、現在次の機能を実現している。

解析：

- 数学・統計計算
- ユーザ定義関数の登録（要ログイン）
- 生成されたデータのサーバでの保存（要ログイン）またはダウンロード（同不要）

可視化：

- 各種可視化パラメータ設定
- PostScript 生成
- 新規描画画像の上書きまたは追加（並べていく）の切り替え
- 画像の合成
- 描画した画像のサーバでの保存（要ログイン）またはダウンロード（同不要）
- 画像を再現する ruby スクリプトと、描画に必要なサブセットのみを切り出したデータの組み合わせのダウンロード
- 画像をワンクリックで gfdnavi 上に再現する URL の取得

Gfdnavi は、解析・可視化で生成されたデータや画像を保存する際に、作成に使ったデータへの参照を自動的に記録する。これにより相互にリンクが貼られ、お互いを辿ることができる。

7. 産生される知見情報の有機的取込の提案

第 6 章で述べたように、Gfdnavi では、解析・可視化の生成物である画像等にメタデータをつけて DB 内に保存することができる。これを発展させ、データから得られる知見情報をアーカイブ、交換、発信することが考えられる。

図 7 に知見データの構成案を示す。知見データは表題、要約、本文、図からなり、図は本文に埋め込むこともできるようにする。そのため半構造テキスト形式を用いる。図は作成元の数値データへのリンクを持つ。このため、検索はテキスト情報以外にリンク解析によっても行いうる。また、画像を作成したスクリプトを持つことで再現性を確保し、他のデータにも適用できるようにする。これにより、「検証可能な形での知見データの産生とアーカイブ」を可能にすることができるのが、Gfdnavi に知見データの扱いを組み込む大きな利点である。なお、図 7 に現れる以外に、作成日時や作者等の書誌メタデータも持てるようにし、可能な限り自動で付与するのが望ましい。

知見データの表題と要約から RSS (RDF Site Summary) を生成することが可能である。これは、データ公開サイトにおける情報発信等に役立つであろう。

8. おわりに

本論文では、デスクトップデータの解析可視化から

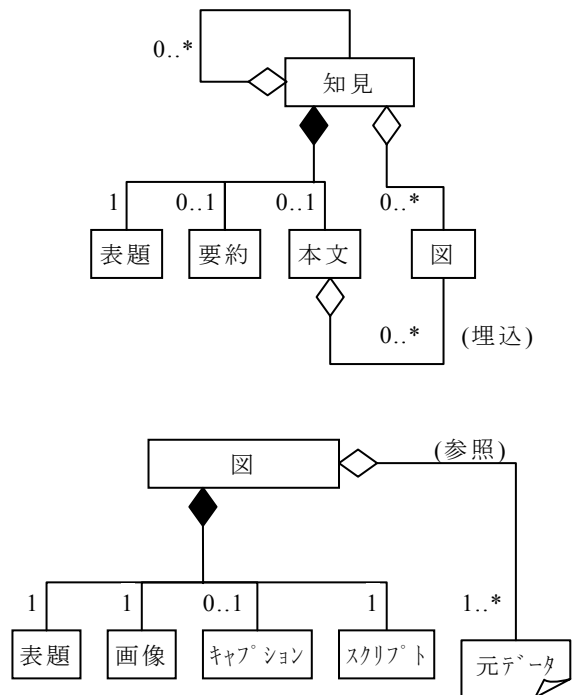


図 7 知見データの構成案 (UML 表記)

Web でのデータ公開と解析可視化サービスまでをサポートするはじめての汎用ツール Gfdnavi の構成と実装を示した。その鍵は、Web サーバを同梱し、「どこでも手軽に」Web サーバを立ち上げられるようにし、Web ブラウザを UI にするということである。これにより、人間が把握する上で解析・可視化操作が不可欠な科学数値データの扱いにおいて、デスクトップとサイバースペースを同じ土俵に乗せることができる。さらに、P2P などによるネットワークングにより、科学分野における「デスクトップとサイバースペースの融合」が実現できるであろう。今後は、ネットワークングなど、現在は提案段階に留まっている機能を実現し、さらに大枠は実現済みの機能も改良・強化していくことが必要である。

謝辞

本研究遂行にあたって様々な協力やコメントを頂いた小高正嗣、芦野俊宏、城和貴、竹広真一、中島健介、鴨浩靖、中野満寿男、佐々木洋平、久保田拓志、柳平有美、佐藤麻美の各氏に感謝する。本研究は、文部科学省科研費特定領域「情報爆発時代に向けた新しい IT 基盤技術の研究」の課題 A01-14 (課題番号 18049043) により行われた。

文 献

<http://dublincore.org/documents/dces/>, 2006.

- [1] 柳平有美, 渡辺知恵美, 堀之内武, “地球流体物理学者のためのデータアーカイブサーバ構築支援ツール: Gfdnavi におけるデータベース設計と検索インタフェースの実装”. DEWS2007, March 2007 (投稿中).
- [2] 佐藤 麻美, 渡辺 知恵美, “P2P を利用した地球流体データの横断検索・共有システムの実現に向けて”. DEWS2007, March 2007 (投稿中).
- [3] Hankin, S., J. Callahan, J. Sirott, “The Live Access Server and DODS: Web visualization and data fusion for distributed holdings”. <http://ferret.wrc.noaa.gov/Ferret/LAS/LASoverview.html>, 2001.
- [4] Cornillon, P., J. Gallagher, and T. Sgouros, “OPeNDAP: Accessing data in a distributed, heterogeneous environment”, *Data Science Journal*, 2, pp. 164-174, 2003.
- [5] Lawrence, B., R. Cramer, M. Gutierrez, K.K. van Dam, S. Kondapalli, S. Latham, R. Lowry, K. O'Neill, and A. Woolf, “The NERC DataGrid prototype”, UK e-Science All Hands Meeting, 2003, <http://www.nesc.ac.uk/events/ahm2003/AHMCD/pdf/094.pdf>, 2003.
- [6] 村田健史, 岡田雅樹, 阿部文雄, 荒木徹, 松本紘, 太陽地球系物理観測の分散メタデータベースの設計と評価」情報処理学会論文誌: データベース、Vol.43, No.(TOM16), pp. 115-130, 2002.
- [7] 木村 映善. 村田 健史, “太陽地球系観測メタデータベースの Grid Service 移行を考慮した Web Service 実装について”, 分散システム/インターネット運用技術シンポジウム 2004、pp.99-104, 2004.
- [8] Quinn, P., D. Barnes, I. Csabai, C. Cui, F. Genova, B. Hanisch, A. Kembhavi, S.C. Kim, A. Lawrence, O. Malkov, M. Ohishi, F. Pasian, D. Schade, W. Voges, “The International Virtual Observatory Alliance: Recent technical developments and the road ahead”, *Proceedings of SPIE*, 5493, pp 137-145, 2004.
- [9] Hansson, D. H. et al., Ruby on Rails. <http://www.rubyonrails.org/>.
- [10] Thomas, D., and D.H. Hansson, “Agile Web Development with Rails,” The Pragmatic Programmers LLC, USA, 2005.
- [11] Horinouchi T., R. Mizuta, S. Nishizawa, D. Tsukahara, and S. Takehiro, “GPhys -- a multi-purpose class to handle gridded physical quantities”, <http://ruby.gfd-dennou.org/products/gphys/>, 2003.
- [12] Rew, R., and G. Davis, “NetCDF - An interface for scientific-data access,” *IEEE Computer Graphics and Applications*, 10(4), pp 76-82, 1990.
- [13] World Meteorological Organization: A guide to the code form FM 92-IX Ext. GRIB, Edition 1, <http://www.wmo.ch/web/www/WDM/Guides/Guide-binary-2.html>.
- [14] Eaton, B., J. Gregory, R. Drach, K. Taylor, and S. Hankin: “NetCDF Climate and Forecast (CF) Metadata Conventions”. <http://www.cgd.ucar.edu/cms/eaton/cf-metadata/CF-1.0.html>, 2003.
- [15] YAML™ homepage: <http://www.yaml.org/>.
- [16] The Dublin Core Metadata Initiative: “Dublin Core Metadata Element Set, Version 1.1”.