

## ズームングブラウザを用いた地球環境情報の検索

豊田 正史

科学技術振興事業団、計算科学技術活用型特定研究開発推進事業

連絡先: 東京大学生産技術研究所 喜連川研究室

〒 106-8558 東京都港区六本木 7-22-1

Phone: 03-3402-6231(ext.2357), Fax: 03-3423-2834

**e-mail: mtoyoda@acm.org**

地球環境データ集のひとつである GSWP データ (Global Soil Wetness Project Data) は、様々な研究機関が算出した様々な種類のデータを含み、それらがディレクトリ構造に分類されている。このため必要なデータは複数のディレクトリに分散しているケースが多い。ユーザが容易にデータを取得できるようにするためには、複数の分散するデータを単純な操作で検索・閲覧できるユーザインタフェースが必要である。本論文では、複数フォーカスのズームングおよびアニメーション効果を用いたディレクトリブラウザを GSWP に適用しその有効性を示す。

## Searching Earth Environmental Data with a Zooming Browser

Masashi Toyoda

Research and Development Applying Advanced Computational Science and Technology,  
Japan Science and Technology Corporation

Contact Address: Institute of Industrial Science, University of Tokyo

7-22-1 Roppongi Minato-ku Tokyo, 106-8558, JAPAN

Phone: 03-3402-6231(ext.2357), Fax: 03-3423-2834

**e-mail: mtoyoda@acm.org**

The GSWP data (Global Soil Wetness Project data) is one of earth environmental data set, which includes various types of soil data calculated by various organizations. Since the data is classified using UNIX directory structure, the user should often visit multiple directories to find target data. It is a tedious and time-consuming task. In this paper, we apply our directory browser with multi-focus zooming and animation effects to the GSWP data, and show that it allows the user to find data scattered in multiple directories.

# 1 はじめに

リモートセンシングデータなど様々な地球環境データは、年々膨大な量が蓄積され続けている。しかし、データの種類・形式が多岐に渡る上、データの量があまりに膨大であるため、地球環境分野の研究者は多くのデータを有効に利用できていない。

本研究室では、アメリカの NOAA 衛星、日本の GMS データの受信を行っており、受信データの蓄積および配布サービスを提供してきた。現在、これらに加え地球環境シミュレーションに必要なデータの視覚化および検索システムの開発を始めている [3]。

本論文では、このシステムが提供するデータの 1 つである Global Soil Wetness Project Data (GSWP) と呼ばれるデータセット集を対象とした、データの視覚化および検索を支援するユーザインタフェースを提案する。

GSWP は、土壌水分、雪氷、雲、放射量、海水面温度、湿度など様々なデータを、プロジェクトに参加している 11 の研究機関がそれぞれの方針で算出したデータ集である。それぞれのデータは時系列データとなっており、時間解像度は 3 時間~1 カ月で、各 2 年分が保管されている。データは数 10 種類あり、合計 10000 ファイルが、研究機関、データ種類の順に UNIX のディレクトリに分類されている。

ユーザはこのデータ集の中から必要なデータを見つけ出し、それを地球環境シミュレーションに利用する。データ集へのアクセスの仕方は様々であるが、以下のような典型的なパターンが存在する。

- 普通にディレクトリを辿りデータを取得する
- ある機関の中で、同じ時刻のデータを取り出す
- 同種類のデータを機関毎に取り出す

通常のディレクトリブラウザ (Windows のエクスプローラ、web ブラウザのディレクトリリストなど) を用いた場合、最初のアクセス方法は容易である。しかし、残りのパターンのように、ディレクトリにまたがって複数のデータを取得する際に非常に手間がかかることが問題となる。このため、この種の検索を容易に行えるユーザインタフェースが必要である。

一方筆者は、ディレクトリに分類された数万件規模の文書および画像を対象とした検索・閲覧インタフェース HishiMochi<sup>1</sup> を開発してきた。HishiMochi は、ズームング効果を用いて、ディレクトリ構造、文

書、および画像を視覚化する。HishiMochi を用いるとユーザは、ディレクトリ構造中に分散した複数のデータを容易に検索・閲覧することができる。

今回は、HishiMochi を GSWP データ集に適用し、そのユーザインタフェースが有効に働くことを示す。また、さらにインタフェースを使いやすくするために必要な機能について議論する。

以下の節では、まず HishiMochi システムの概要に付いて述べ、文書データベースにおける使用例を示す。その後、地球環境情報の検索への適用について述べる。

## 2 HishiMochi

HishiMochi それ自体は、UNIX ディレクトリ構造のブラウザおよびエディタである。図 1 に、HishiMochi の実行画面スナップショットを示す。ここでは例として Yahoo! の Computers & Internet ディレクトリを表示している。ディレクトリの構造を矩形の入れ子で表現しており、各ディレクトリの大きさは、そこに含まれるファイルの数が多い程、大きくなるように調節されている。

末端のファイルを表現する矩形には、テキストブラウザおよび画像ブラウザを組み込んである。ユーザは矩形を拡大することで、ディレクトリまたはファイルの内容 (文書・画像) を閲覧することができる (図 2 中央)。

以下に HishiMochi の特徴を列挙する。

**Distortion-oriented views** 矩形の拡大および縮小には、distortion-oriented views[4] と総称される複数焦点のズームング技術を用いている。Distortion-oriented views は、情報構造全体の概要表示を保ちつつ、複数部分の詳細を同じビューの中に表示する。この表示は、詳細を見たい部分を拡大し、それ以外の部分を縮小することで実現されている。結果として得られるレイアウトでは複数のドキュメントが重なり合わずに拡大されるので、ユーザは容易に複数のドキュメントを比較・閲覧することができる。レイアウトアルゴリズムの詳細に関しては [9, 10] を参照されたい。

**インクリメンタルキーワード検索** キーワードを 1 文字入力する度に、入力途中のキーワードで検索を行い、該当するデータを拡大・ハイライト

<sup>1</sup>Hierarchy search interface for Mochi Sheet[9]

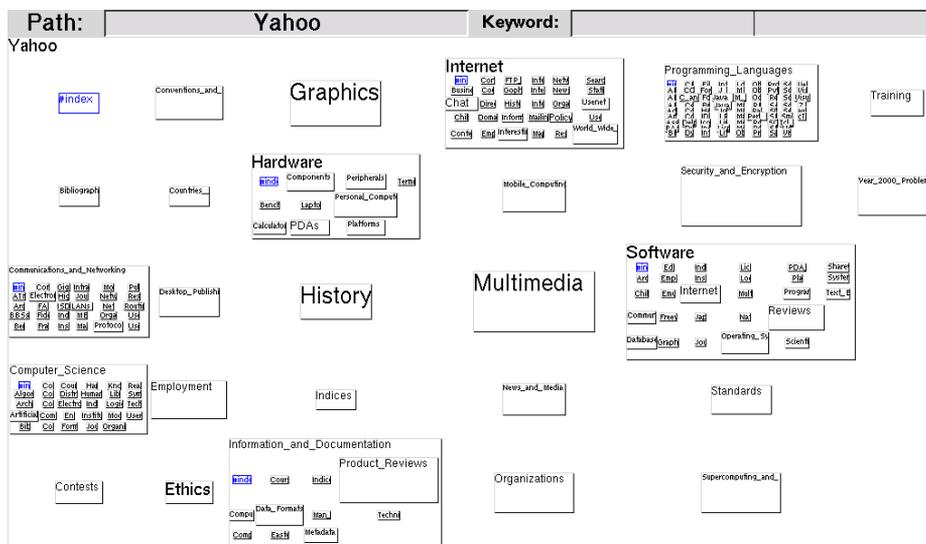


図 1: HishiMochi

表示する。ユーザは検索結果の変化をアニメーションで即座に見ることができる。検索は、テキストファイルに関しては全文、それ以外のファイルに対してはファイル名に対して行われる。また文字列マッチングには、キーワードの打ち間違いをある程度許す曖昧検索 [5] を利用している。これは、ユーザがキーワードの正しい綴りを知らない場合に便利である。

**動的なズーム効果の切替え** HishiMochi はズーム効果を動的に切替えることで、検索の各段階に適切な表示を行う。具体的には、各矩形の重要度 (DOI(Degree of Interest)) を決定する関数を状況に応じて変更する。HishiMochi は以下の段階に適した DOI 関数を提供する。

- 検索結果の全体を見る。
- 検索結果をひとつひとつ閲覧する。
- 検索結果中のある文書に類似する文書を取り出す<sup>2</sup>。

## 2.1 使用例

本節では、Yahoo! の一部を例に用いて、HishiMochi が複数の場所に分散する目的のデータを適切に絞り込みを行いながら検索できることを示す。

<sup>2</sup>本論文では扱わない

シナリオ PalmPilot<sup>3</sup>を購入したので、使いこなすための情報を集めたい。

キーワードとして “palm pilot” と入力すると、図 2 上に示すようにレイアウトが変化し、キーワードにマッチする部分が拡大表示される。Software、Hardware ディレクトリなど複数の場所に該当するドキュメントがあることが分かる。この際、検索に該当したドキュメントが全て同じ大きさで表示される DOI 関数が用いられる。

タブキーを繰り返し押すことで、マッチしたドキュメントを一つ一つ見ていくことができる (図 2 中央)。ドキュメントのブラウザも、矩形の階層構造の中に埋め込まれており、検索に該当した行が赤く表示される。この際、検索に該当したドキュメントが順番に拡大され、その前後のドキュメントは少し小さく表示されるよう DOI 関数が切替えられる。このレイアウトの変化もアニメーション表示される。ここまで示したインターフェース (キーワード入力とリターンキー) のみで、全文検索とその結果のスクランが可能である。

一つ一つ見ていくには候補が多い場合には、ダイレクトマニピュレーションによる絞り込みを行う。ここでは、product review や magazines には興味がないのでそれ以外の部分を選択する。選択された矩形には 8 方向に黒いハンドルが付けられる。このように異なる階層の異なるレベルにあるディレクトリを複数同時に選択することが容易である。

<sup>3</sup>Com 社の登録商標

Path: **Yahoo** Keyword: **palmpilot**

Yahoo

Hardware  
PDAs  
PalmPilot  
#index  
Emulation  
Indices  
Easter\_Eggs  
FAQ

Software  
PDA\_Software  
PalmPilot  
#index  
Titles

Information\_and\_Documentation  
Product\_Reviews  
Personal\_Digital\_Assistants  
Easter\_Eggs

Path: **Yahoo** Keyword: **palmpilot**

Yahoo

Software  
PDA\_Software  
PalmPilot  
Titles  
Pilot\_Doc  
#index  
Home : Computers and Internet : Software : PDA Software : PalmPilot :  
Titles :  
Pilot Doc  
Yahoo! Computers reviews, top sellers, daily downloads tips and more.  
News & Events  
Community  
Shopping  
Headlines, ZDNet, Full Coverage, Live Net Events  
Chat, Message Boards  
Auctions, Product Finder, Top Sellers

E\_Texts  
#index

Path: **Yahoo** Keyword: **game**

Yahoo

Hardware  
PDAs  
PalmPilot  
#index  
\* Bill's Pilot Page - games and utilities for your US Robotics Pilot PDA.  
\* Deinfo's Pilot Page - in Spanish.  
\* GCC win32 for Pilot - GNU C compiler to build Pilot programs on

Software  
PDA\_Software  
PalmPilot  
Titles  
#index  
\* Galax - Galaga like space game.  
\* GPSPilot - covers a wide range of navigation aid and moving map display systems.  
\* HackMaster  
\* HandStamp  
\* IntelliGolf - electronic scorecar

図 2: HishiMochi を用いた Yahoo! の検索例

選択したディレクトリは常に拡大表示されるので、これらのディレクトリに対して別のキーワードで検索を行うことができる。例えば PalmPilot 用のゲームを探したい場合、“palm pilot”を消して“game”と入力すると、図 2 下に示すように、複数のディレクトリに分散した 2 つの候補が見つかる。

### 3 地球環境情報の検索への適用

今回適用した地球環境情報は、Global Soil Wetness Project Data (GSWP) と呼ばれるデータセット集の一部 (約 5000 ファイル) である。図 3 に HishiMochi で GSWP のディレクトリ構造を視覚化したものを示す。

GSWP は、土壌水分、雪氷、雲、放射量など様々なデータを、プロジェクトに参加している 11 の研究機関がそれぞれの方針で算出したデータ集である。それぞれのデータは時系列データとなっており、1987 年から 1988 年の 2 年間分のデータが保管されている。GSWP データは上から以下の順に UNIX ディレクトリに分類されている。

- プロジェクト参加機関 (11 機関、付録 A 参照)
- 算出方法によるデータ種類の分類
  - 固定データ (fixed\_field)
  - 10 日平均で算出されるデータ (decad\_mean)
  - スナップショットで算出されるデータ (snapshot)
- 実データの種類 (土壌水分、放射量など、付録 B 参照)

以下の節では、第 1 節で示したアクセスのパターンを HishiMochi でどのように支援できるかを示す。

#### 3.1 普通にディレクトリを辿り必要なデータを取得する

目的のディレクトリを拡大していくことで必要なデータを検索し取得できる。図 4 は、GSFC/Hydrology という機関で算出された 10 日平均の放射量データを拡大表示したときのスナップショットである。ディレクトリ中の各ファイルは、元データを画像化したサムネイルを用いて表示さ

れるようになっている。これらのファイルは時系列順に上から下へ、左から右へ並べられているため、データの時系列変化を視覚的にとらえることができる。このディレクトリでは夏は北半球の放射量が多くなり、冬は南半球の放射量が多くなる様子が一目で把握できる。

#### 3.2 ある機関の中で、同じ時刻のデータを取り出す

最初にある機関のディレクトリを選択しておき、キーワード検索を用いて同時刻のデータを一覧できる。各ファイルの名前は“yyymmdd”というフォーマットになっており (yy: 西暦下 2 桁、mm: 月、dd: 日)、現在の実装では、ファイル名に対するキーワード検索を用いて時刻データの検索を行える。

図 5 では、GSFC/Climate という機関内で 1987 年 3 月 1 日のデータを検索している。まず、gsfc-clim4 ディレクトリを選択し、その後、キーワードとして“870301”と入力した結果が表示されている。

また、キーワードマッチングは部分文字列に対して行われるため、日付は部分的に入力することも可能である。例えば“1210”と入力すれば、年にかかわらず 12 月 10 日のデータが検索される。

#### 3.3 同種類のデータを機関毎に取り出す

HishiMochi ではディレクトリ名を含めてファイル名のキーワード検索を行うことができるため、これを利用して検索を行える。GSWP はデータの種類毎にディレクトリ分けされているので、日付の前にディレクトリ名をキーワードとして入力すれば良い。

例えば、各機関から 1987 年 6 月 1 日の土壌水分 (ディレクトリ名“St”) データを取得したい場合にはキーワードとして、“St/870601”と入力すれば良い。結果を図 6 に示す。各機関における該当データが拡大表示されそれらと比較することができる。また、2 つの機関については該当データが無いことも分かる。

## 4 関連研究

過去 20 年以上に渡って、拡大・縮小の方法が異なるさまざまな distortion-oriented views の手法が開発されている。なかでも、HishiMochi のように入れ子状の階層構造を扱ったものには、D-ABDUCTOR[6]、

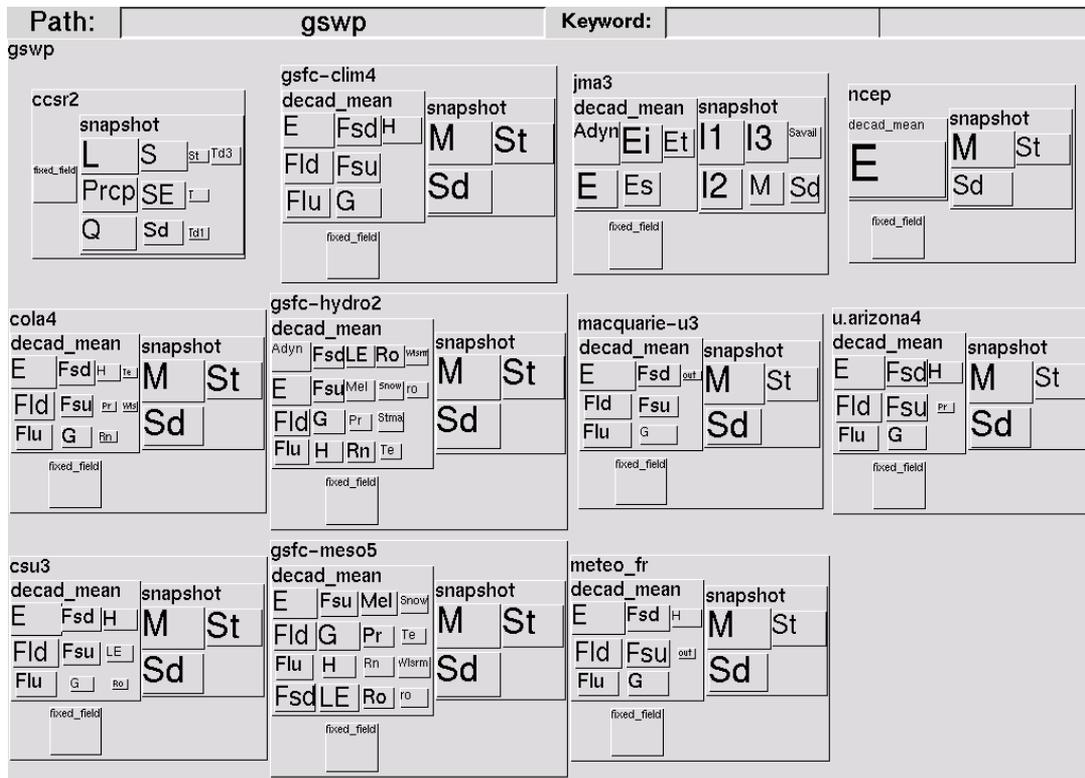


図 3: HishiMochi を用いた GSWP の表示

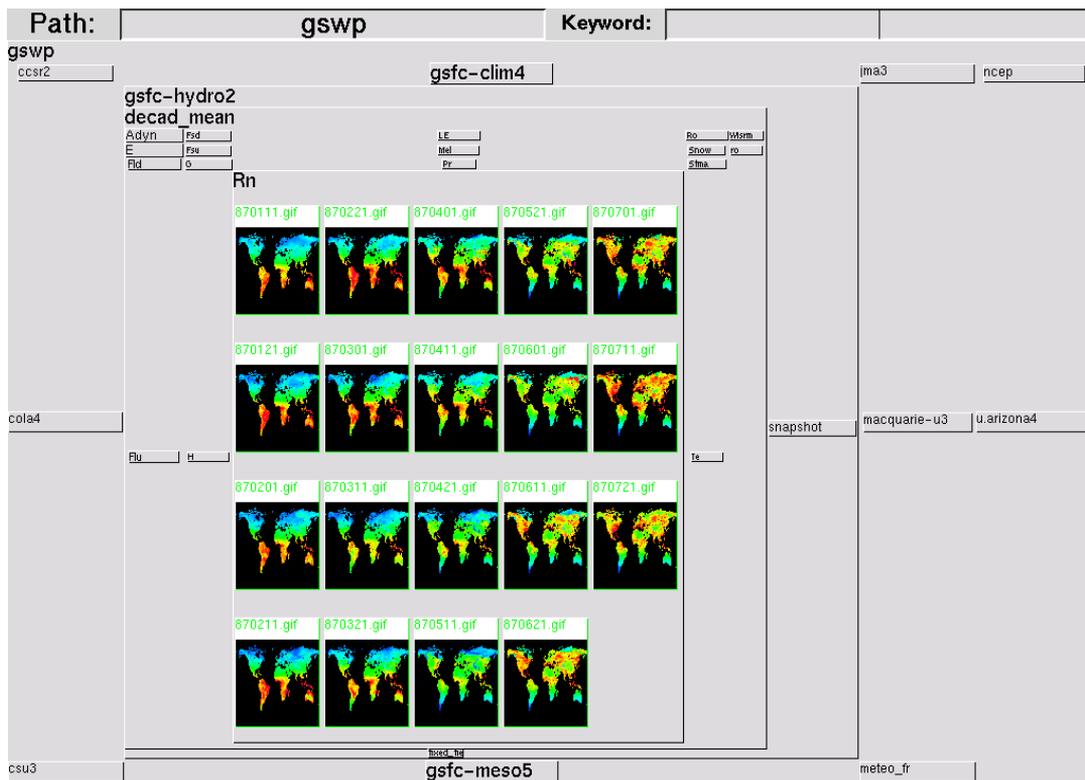


図 4: GSWP の一部を拡大

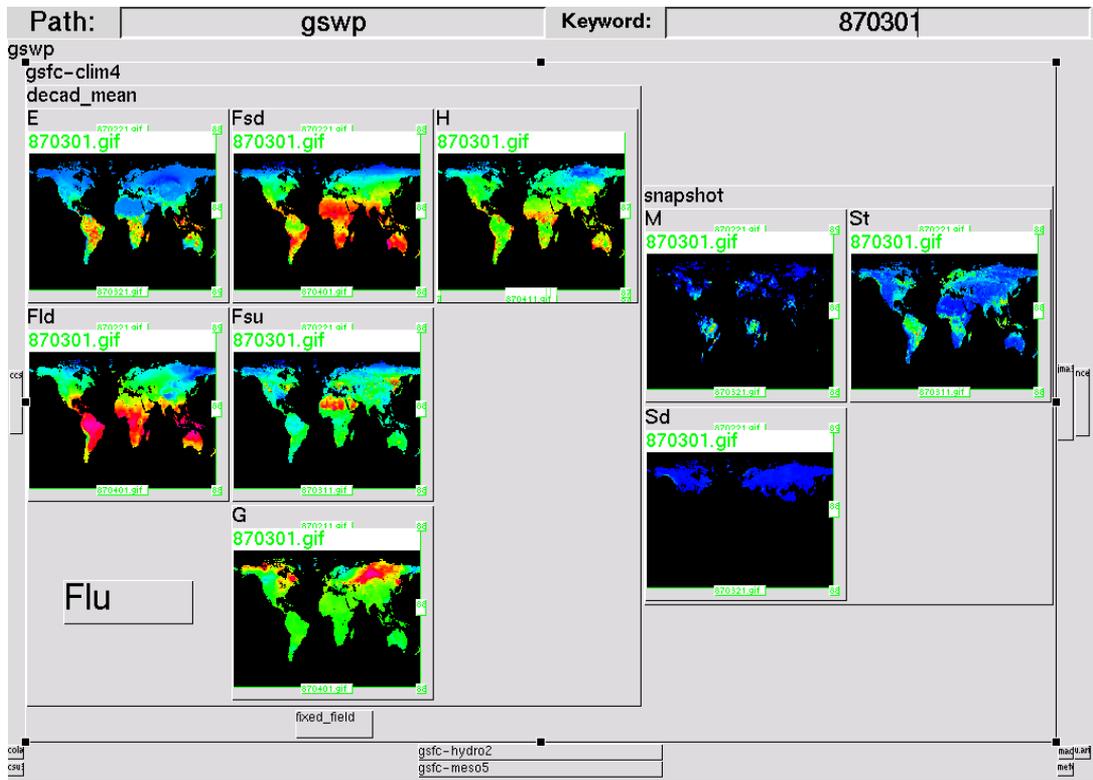


図 5: ある機関内で同時刻のデータを検索

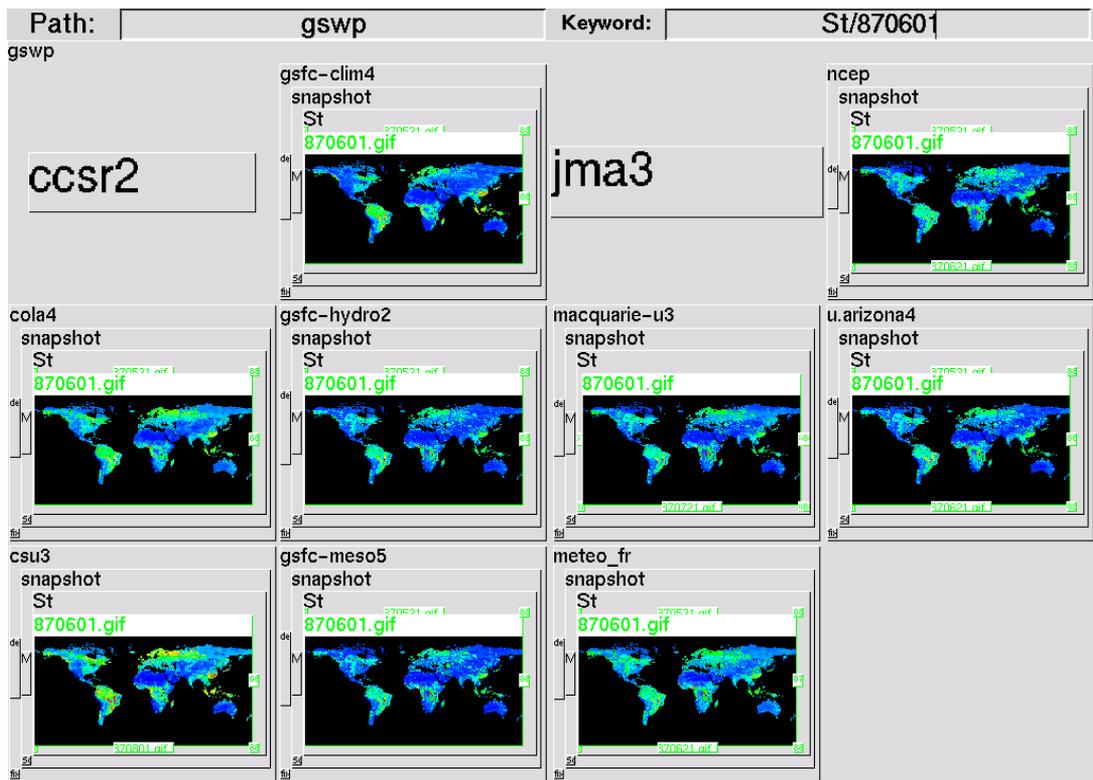


図 6: 同種類のデータを機関毎に取り出す

Layout-independent Fisheye Views[7]、Continuous Zoom[2]がある。HishiMochiでは、我々が開発した、Mochi Sheet アルゴリズム [10] をズームングに使用している。これは、Continuous Zoom のアルゴリズムを改良して、動的な DOI 関数の切替えを行えるようにしたものである。

HishiMochi は、Shneiderman らの提唱する dynamic query[8] システムの一種である。Shneiderman らのグループでは、FilmFinder[1] などの動的検索システムを数多く開発している。これらのシステムは主に関係データベースを検索の対象としている。このため、データベースの各属性に対して、値、範囲を指定するための選択ボタン、メニュー、スライダーなどのウィジェットを用意する。これらのシステムでは、検索の条件をユーザが変更すると（スライダを動かすなど）、その結果がフィルタリング、ハイライトなどを用いて即時に表示に反映される。

HishiMochi では、文字列一般を検索の対象としているため、文書、画像などを全く同じインタフェースを用いて統合的に扱える。例えば、GSWP に関する文書と GSWP データを同じビューにおいて、同じ単純なインタフェースで検索することが可能である。

## 5 今後の課題

現在のインタフェースでも、ユーザの要望はおおむね実現できているが、まだ改良の必要は残されている。現在の実装では時刻の指定にキーワード検索を用いているが、これは時間の範囲などを指定できるように拡張するべきである。また、現在の実装では常に地球のイメージが表示され地球上の場所を指定してデータを取り出すことができない。このためのインタフェースの拡張も行う予定である。この際、現在のインタフェースの単純さをどれだけ失わずにこれらの拡張を行うかが課題となる。

## 6 まとめ

地球環境情報の検索に、ズームングを用いたデータブラウザ HishiMochi を適用し、その有効性を示した。HishiMochi は、通常のディレクトリブラウザでは困難な、複数のディレクトリをまたがるデータへの柔軟なアクセス方法を提供する。また、よりインタフェースを使いやすくするために必要な機能に付いても言及した。

## 参考文献

- [1] C. Ahlberg and B. Shneiderman. Visual Information Seeking: Tight Coupling of Dynamic Query Filters with Starfield Displays. In *Proceedings of ACM CHI'94*, pp. 365–371, 1994.
- [2] Lyn Bartram, Albert Ho, John Dill, and Frank Henigman. The Continuous Zoom: A Constrained Fisheye Technique for Viewing and Navigating Large Information Space. In *Proceedings of UIST '95*, pp. 207–215, November 1995.
- [3] Kitsuregawa Lab. Earth Environmental Data Visualization System. <http://www.tkl.iis.utokyo.ac.jp:8080/DV/>.
- [4] Y. K. Leung and M. D. Apperley. Review and Taxonomy of Distortion-Oriented Presentation Techniques. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, Vol. 1, No. 2, pp. 126–160, June 1994.
- [5] Toshiyuki Masui. An Efficient Text Input Method for Pen-based Computers. In *Proceedings of ACM CHI'98*, pp. 328–335, April 1998.
- [6] Kazuo Misue and Kozo Sugiyama. Multi-viewpoint perspective display methods: Formulation and application to compound graphs. In *Human Aspects in Computing: Design and Use of Interactive Systems and Information Management*, pp. 834–838. Elsevier Science Publishers, 1991.
- [7] Emanuel G. Noik. Layout-independent Fisheye Views of Nested Graphs. In *Proc. 1993 IEEE Symposium on Visual Languages*, pp. 336–341, 1993.
- [8] Ben Shneiderman. Dynamic Queries for Visual Information Seeking. *IEEE Software*, pp. 70–77, November 1994.
- [9] Masashi Toyoda and Etsuya Shibayama. Hyper Mochi Sheet: A Predictive Focusing Interface for Navigating and Editing Nested Networks through a Multi-focus Distortion-Oriented View. In *Proceedings of ACM CHI'99*, pp. 504–511, May 1999.

[10] Masashi Toyoda and Etsuya Shibayama. HishiMochi: A Zooming Browser for Hierarchically Clustered Documents. In *Proceedings of ACM CHI'2000*, April 2000. to be appeared.

## 付録 A

### GSWP 参加組織名一覧

- Japan Met. Agency
- NCEP
- Colorado State University
- GSFC/Hydrology
- GSFC/Mesoscale
- GSFC/Climate
- COLA
- University of Arizona
- Meteo France
- Macquarie University
- CSSR, University of Tokyo and NIES

|         |                                  |        |
|---------|----------------------------------|--------|
| Sd:     | surface snow depth (equiv.water) | mm     |
| Snow:   | surface snow depth (equiv.water) | mm     |
| Ss:     | soil moisture (surface layer)    | mm     |
| Ssm:    | soil moisture (surface layer)    | mm     |
| Ssr:    | soil moisture (sfc+root layers)  | mm     |
| Ssrm:   | soil moisture (sfc+root layers)  | mm     |
| St:     | soil moisture (total)            | mm     |
| Stm:    | soil moisture (total)            | mm     |
| Stma:   | dry canopy conductance           | m/s    |
| Strs:   | surface stress                   | kg/m/s |
| T:      | near surface temperature         | K      |
| Tc:     | temperature of vegetation canopy | K      |
| Td1:    | temperature of soil (layer 1)    | K      |
| Td2:    | temperature of soil (layer 2)    | K      |
| Td3:    | temperature of soil (layer 3)    | K      |
| Te:     | effective skin temperature       | K      |
| Tgs:    | temperature of ground cover      | K      |
| Ts:     | effective skin temperature       | K      |
| WFCsr:  | field capacity (sfc+root layers) | mm     |
| WFCT:   | field capacity (total)           | mm     |
| WILTsr: | wilting point (sfc+root layers)  | mm     |
| WILTt:  | wilting point (total)            | mm     |
| Wlsm:   | soil wetness index (sfc layer)   |        |
| WIsr:   | soil wetness index (sfc+root)    |        |
| WIsrm:  | soil wetness index (sfc+root)    |        |
| WMAXs:  | porosity * surface layer depth   | mm     |
| WMAXsr: | porosity * root depth            | mm     |
| WMAXt:  | porosity * total soil depth      | mm     |
| Wavail: | soil wetness index (sfc+root)    |        |
| Ws:     | soil wetness (surface layer)     |        |
| Wsr:    | soil wetness (sfc+root layers)   |        |

## 付録 B

### GSWP におけるデータ種類とディレクトリ名の対応表

|         |                              |        |
|---------|------------------------------|--------|
| Adyn:   | aerodynamic conductance      | m/s    |
| E:      | total evapotranspiration     | mm/day |
| Ei:     | interception loss            | mm/day |
| Es:     | bare soil evaporation        | mm/day |
| Et:     | transpiration                | mm/day |
| Fld:    | downward longwave radiation  | W/m    |
| Flu:    | upward longwave radiation    | W/m    |
| Fsd:    | downward shortwave radiation | W/m    |
| Fsu:    | upward shortwave radiation   | W/m    |
| G:      | ground heat flux             | W/m    |
| H:      | sensible heat flux           | W/m    |
| I1:     | soil ice (layer 1)           | mm     |
| I2:     | soil ice (layer 2)           | mm     |
| I3:     | soil ice (layer 3)           | mm     |
| LE:     | latent heat flux             | W/m    |
| M:      | total canopy water storage   | mm     |
| Mel:    | snow melt                    | W/m    |
| Pr:     | precipitation rate           | mm/day |
| Rn:     | net radiation                | W/m    |
| Ro:     | total runoff rate            | mm/day |
| Ros:    | surface runoff rate          | mm/day |
| Savail: | available water in top 1m    | mm     |