
地球環境モニタリングデータの総合的な運用へ向けて
メタ情報を活用した地球環境モニタリングシステムの開発

富士通エフ・アイ・ピー（株）
環境システム事業推進部システム部
和田 康弘

執筆者Profile

- 1996年 富士通エフ・アイ・ピー（株）入社．
- 1996年 気象衛星データ解析システム開発に従事
- 1997年 リモートセンシングデータ処理システム開発に従事．
- 1998年 地球環境モニタリングシステム開発を担当．

和田康弘

論文要旨

現在、環境庁国立環境研究所地球環境研究センター殿では、十数の地球環境モニタリング事業を推進しており、着実にその成果をあげつつある。これらの観測データを統合的に管理し、インターネットを利用したデータ公開を行うシステムの構築を行った。

各事業の観測データは多種多様であり、観測項目、場所、装置、データ処理の方法など、データを補足する情報（メタ情報）も多種多様である。したがってデータベース上に統一的なフォーマットでテーブルを作成し管理を行うことができないことが、設計上の大きな問題となった。

本システムは、オラクル社の提供している RDBMS と WWW サーバソフトを用い、メタ情報を RDBMS 上で管理し、データファイルを UNIX のディスク上で管理することにより、上述の問題を克服することができた。

本論文では、このデータ管理・提供を行った方策を中心に述べ、関連するシステム概要や運用についても述べる。

論文目次

1.はじめに
2.背景
 2.1 様々な地球環境問題
 2.2 C G E Rにおける地球環境モニタリング事業
3.CGERのモニタリング事業紹介・データ公開とシステム要件
4.メタ情報の選定とデータベース化
 4.1 管理項目
 4.2 観測項目
 4.3 関連項目
5.システム構成
 5.1 システム全体像
 5.2 データベース構成
 5.3 システム機能
 5.3.1 データ提供機能
 5.3.2 データ管理機能
 5.3.3 ユーザ管理機能
 5.3.4 一般利用者のユーザ新規登録機能
6.導入効果
7.今後の構想
8.おわりに

図表一覧

図 1 地球環境の諸現象の時間的・空間的スケールマップ
図 2 C G E R地球環境モニタリング事業マップ
図 3 システム全体構成
図 4 データベース構成図
図 5 データ提供時のメタ DB の役割
図 6 データ登録内容がデータベースに格納されるまで
図 7 データ登録画面イメージ
図 8 ユーザ管理画面イメージ
図 8 ユーザ新規登録画面イメージ

表 1 事業間のデータの比較
表 2 管理項目のテーブル内容
表 3 観測項目のテーブル内容
表 4 関連項目のテーブル内容

1. はじめに

環境問題は、身近でかつ関心がますます高くなっている問題である。環境問題は、ごみ問題や工場からの排水といった局所的な問題から、地球温暖化やオゾン層の破壊といった地球規模の問題まで様々である。国内において環境分野の中心的な研究機関である環境庁国立環境研究所（National Institute for Environmental Studies。以下、NIEESと略す）では、上述のような様々な環境問題に関する観測事業、研究を積極的に推し進めている。

NIEESにおいて、特に地球環境問題に関する研究を行っているのが、地球環境研究センター（Center for Global Environmental Research。以下、CGERと略す）である。

CGERでは、1990年の創立以来、地球温暖化、オゾン層の破壊、海洋汚染などの分野において、十数の地球環境モニタリング事業を推進している。地球環境問題を理解する上で貴重な観測データが蓄積・解析されており、着実にその成果をあげつつある。

本システムは、それらの蓄積された観測データをコンピュータ上で一括管理し、事業の紹介と合わせてインターネットを通じて利用者に提供することを目的として作成された。しかし、十数ある事業の観測データは、観測項目、データフォーマット、サイズなど多種多様であり、それらをデータベース上で統一フォーマットで管理することができないことが、設計上の大きな問題となった。

これらの点を解決するために、データ自身はデータベース化せず、データを管理するために必要な情報やデータの特徴を表す情報などの“メタ情報”をデータベース化した。このメタ情報データベースを、データの統合的管理及びデータ提供などのデータ利用に活用することで、問題の解決を図った。メタ情報とは一般的には情報元のインデックス情報を意味するが、ここでは、データ管理やデータ利用上必要となる情報も含む。そのためメタ情報の選定にはシステム構築技術のほか、各事業の専門知識が必要である。

富士通エフ・アイ・ピー株式会社では早くから環境問題をビジネスととらえ、研究支援システムや環境コンサルティング業を行ってきた。現在まで蓄積された地球環境問題に関するノウハウとシステム構築ノウハウを元に、本システムの構築を行った。

2. 背景

2.1 様々な地球環境問題

一口に「地球環境問題」と言っても対象となる個々の現象は複雑であり、その時間的・空間的スケールは様々である。そのスケールマップを図1に示す。

空間スケールについては、土地資源の変化といった地域環境的なスケールから、太陽活動といった地球規模のスケールまで様々である。また時間スケールについても、月や季節ごとに変動する気象といったものから、気候変動や地殻変動といった何千年・何万年といったスケールで変化するものもある。

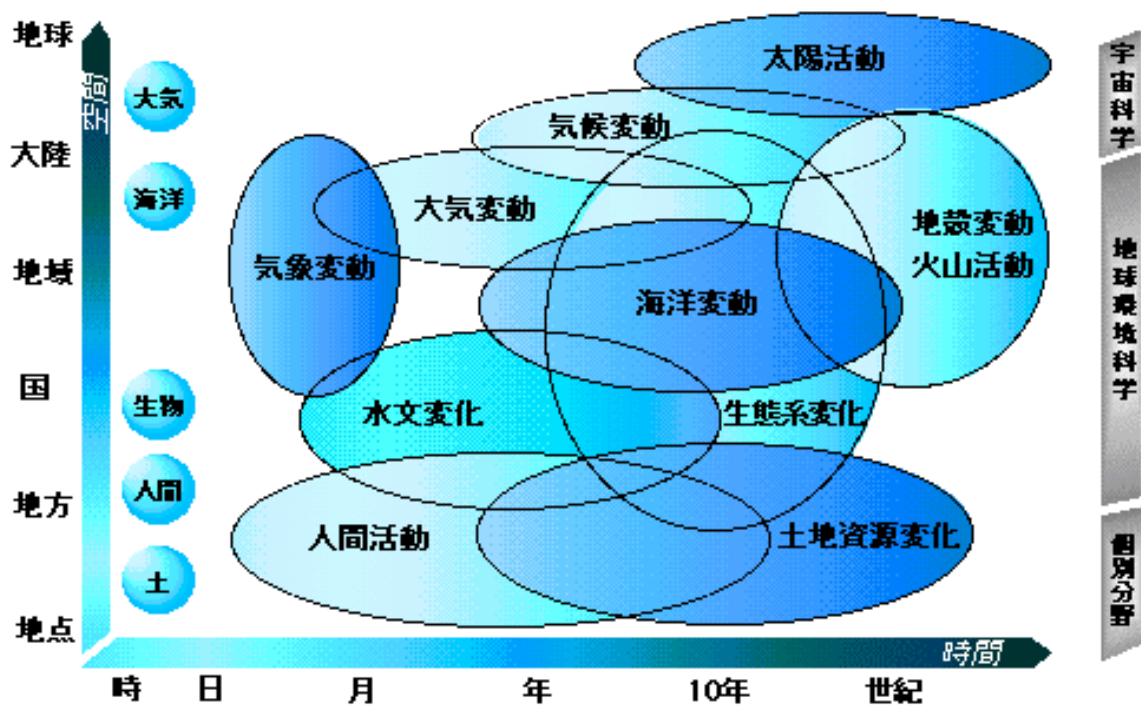


図1 地球環境の諸現象の時間的・空間的スケールマップ

2.2 CGERにおける地球環境モニタリング事業

CGERでは、この多種多様な地球環境問題に対し、オゾン層の問題、地球温暖化、森林破壊、水質問題などのモニタリング事業を展開している。

CGERで行われている事業を図2に示す。観測事業は国内にとどまらず、東アジアや太平洋上でも行われている。また国際的な観測事業(GEMS/Water、衛星ADEOSなど)にも参画しており、多方面で多種多様な地球環境モニタリングを推進している。

各観測事業は、それぞれ独自の観測手法で事業を行っている。したがって、データファイルも全事業で統一されたフォーマットはなく、各事業が研究・解析に適したデータフォーマットを使用している。また、国際機関と連携している事業や国際的なデータセンターにデータを登録する場合は、その機関に合わせたデータフォーマットを使用するなど、データファイルのフォーマットも多種多様である。

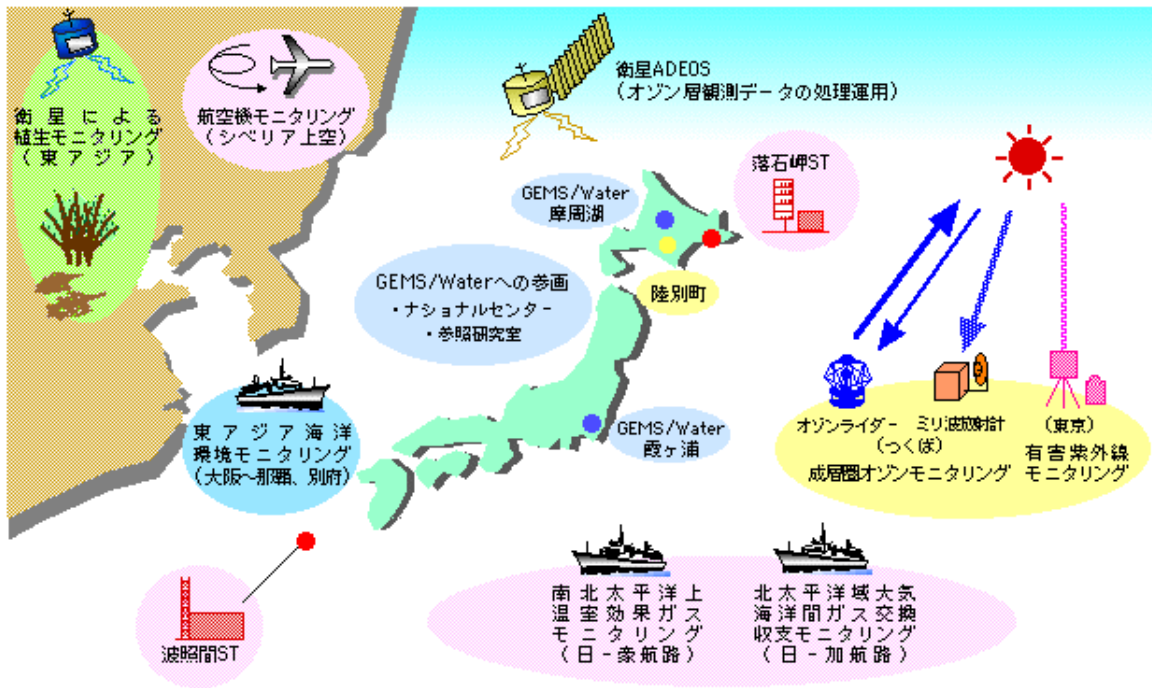
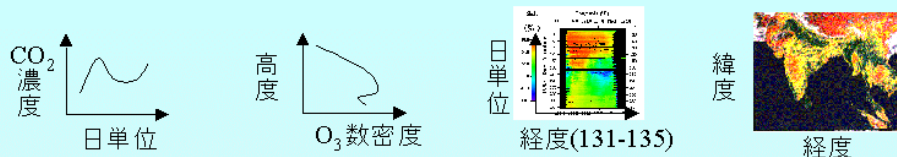


図2 CGER地球環境モニタリング事業マップ

地球温暖化、オゾン層破壊、海洋汚染、森林現象各分野の4事業を例にとり、事業やデータの違いを比較した結果を表1に示す。

表1にあるように、観測項目のみならずデータを取る間隔やデータの形式も大きく異なっている。したがって、データ自体を共通フォーマットで管理することが不可能である。



	地球温暖化	オゾン層破壊	海洋汚染	森林減少
データの特徴	波照間St.	レーザーレーダー	大阪-別府	東アジア(NOAA)
観測項目	CO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O等の濃度	O ₃ 等の濃度	水温、海中の各種イオン類等の濃度	植生の分布密度
データ間隔	10分間隔(定間隔)	晴天の夜のみ(不定期)	10秒間隔(定間隔)	約25 Scene/日(ほぼ定間隔)
データ形式	Excel テキストcsv形式	NDSC format	テキスト	画像ファイル
代表的なグラフのX・Y軸	X軸: 時間(日単位) Y軸: CO ₂ 濃度(ppm)	X軸: オゾン濃度(molecule / cm ³) Y軸: 高度(m)	X軸: 経度(131-135) Y軸: 時間(日単位) Z軸: 塩分濃度(%)	X軸: 経度(deg.) Y軸: 緯度(deg.) Z軸: 植生分布濃度
観測の特徴				
観測場所の固定 or 移動	固定(波照間島)	固定(つくば)	移動(航路上)	移動(軌道上)
観測手法	NDIR FID-GC など	差分吸収ライダー法	原子吸光光度計 イオンクロマトグラフィ	衛星受信画像データの解析

表1 事業間のデータの比較

3. CGER のモニタリング事業紹介・データ公開とシステム要件

CGER はこれら様々なモニタリング事業への取り組みを一般に広く紹介するとともに、観測したデータを学術目的だけでなく一般のユーザが利用できるようなデータ公開を考えた。以前は、そうした事業紹介はパンフレットなどの紙媒体で配布され、データはフロッピー、テープなどの磁気媒体で送付されるのが通例であった。しかし近年のインターネットの普及及びコンピュータ技術の発展で、それら事業紹介とデータ提供を WWW(World Wide Web)を介してネットワーク上で行えるようにし、利用者だけでなく管理者の負荷を低減するように試みた。そのデータ提供に際しては、以下の点を考慮する必要があった。

(1) メタ情報とともにデータを管理・提供すること

データファイルのみを利用者に提供すると、そのデータ結果がどのようにして作成されたものが利用者にわからないため、誤ったデータ利用を行う可能性がある。このため、データ提供時には、データファイルとともにメタ情報も添付して提供する必要がある。

(2) 利用者に応じたデータ提供を行うこと

観測データは、通常観測された生データをいくつかの段階を経て加工・変換される。専

門知識を有さない一般人に生データを提供することは、利用者のデータ解析の混乱を招くばかりでなく、誤ったデータ利用を引き起こす可能性がある。このため、データ利用者によって提供するデータの種類の、管理者が設定できるようにする必要がある。

(3) データの提供先を把握できること

CGERのデータ管理者が、データ利用状況を把握してよりよいデータ提供を行えるようにデータの提供先を把握する必要がある。

(4) データ管理を容易に行えること

一般に、データの管理をコンピュータ上で行うには運用者にコンピュータに関する高い知識が必要であり、更にデータベースを使用した場合には、RDBMSで使用されるSQL文によってこれらを管理することは相当な知識が要求される。これらの知識を必要とせずに管理者が運用できるような方法を考察する必要がある。

4. メタ情報の選定とデータベース化

上述のシステム要件を考慮すると、いかにデータを確実に効率よく管理できるか、データ提供を確実にできるかが重要なポイントとなる。そこで本システムの中心的役割を果たす、“データのインデックス情報であるメタ情報”を整備し、そのメタ情報をデータベースで管理することを考案した。設計にあたってはシステム構築技術だけでなく、データ利用の面からそれぞれの観測データに関する知識や事業の内容にも精通している必要がある。以下に設計時のポイントを示す。

データ管理に必要な、データの所在情報、提供するデータファイルのサイズや更新日、バージョン管理など様々なデータの管理情報を整備する。

そのデータがいつ、どこで、どのようにして観測されたかといった観測に関連する情報を整備する。

観測データから現在どのような知見が得られているのか、そのときどのような解析手法を用いたかといった関連情報を整備し、利用者がより観測データを理解することができるようにした。

以上をもとに、メタ情報を、(1)管理項目、(2)観測項目、(3)関連項目の大きく3項目に分けて設計をした。データ管理の面からは、(1)、(2)、(3)はいずれも必要な項目である。データ提供に関しては、(1)は、主にシステムが使用する項目で、(2)、(3)は、利用者への情報提供時の項目として使用される。以下に各項目の具体的内容を示す。

4.1 管理項目

データファイルの所在を管理するための項目で、データファイル名やディレクトリ名、ファイルサイズ、更新日、データ形式、データ利用レベルフラグなどである。データ管理上必要なだけでなく、データ提供時にもこれらの情報が必要である。表2に設計した管理項目のテーブル内容を示す。

項目	ファイル番号	事業番号	格納ファイル名	アクセス制限	圧縮(自己解凍)ファイル名
データ型	数値	数値	文字列	数値	文字列
例	1	3	/data/hate/1993	2	hate1993_dc.exe

項目	圧縮(自己解凍)ファイルのサイズ	圧縮(自己解凍)ファイルの最終更新日	データファイル名	データファイルサイズ	データファイル最終更新日
データ型	文字列	日付型	文字列	文字列	日付型
例	135KB	28-Feb-1999	hate1993_dc.csv	100KB	28-Feb-1999

項目	データファイル形式	データファイルバージョン	データファイルバージョンアップ理由	添付ファイル名	添付ファイルサイズ
データ型	文字列	文字列	文字列	文字列	文字列
例	csv	1	CO2.is xxxx.	hate_header.txt	2KB

項目	添付ファイル最終更新日	Readme ファイル名	Readme ファイルサイズ	Readme ファイル最終更新日
データ型	日付型	文字列	文字列	日付型
例	28-Feb-1999	Readme.txt	1KB	28-Feb-1999

表 2 管理項目のテーブル内容

4.2 観測項目

観測時の情報を管理するための項目で、観測項目、観測期間、間隔、観測高度、使用した観測装置、観測手法などである。データ提供時にはこれらの情報もデータファイルとともに提供され、利用者はこれらの情報を基にデータ内容を理解する際に使用する。表 3 に設計した観測項目のテーブル内容を示す。

項目	観測開始日時	観測終了日時	移動測定か固定点測定か	
データ型	日付	日付	数値	
例	1-Jan-1998	31-Dec-1998	2	

項目	測定最低緯度	測定最低経度	測定最高緯度	測定最高経度	測定域
データ型	文字列	文字列	文字列	文字列	文字列
例	24-03-14	123-48-39	24-03-14	123-48-39	2

項目	化学物質・光測定 (気体) フラグ	CO 2	CH 4	N2 O	CO	H2	NO X	NO	O3	Rn	Par	B- C	SO 2	..
データ型	数値	数 値	数 値	数 値	数 値	数 値	数 値	数 値	数 値	数 値	数 値	数 値	数 値	数 値
例	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

項目	化学物質測定(液・ 固体) フラグ	全リン	溶存態 リン	カリウム 酸態リン	アンモニア態 窒素	亜硝酸 態窒素	硝酸態 窒素
データ型	数値	数値	数値	数値	数値	数値	数値	数値
例	0	0	0	0	0	0	0	

項目	水質項目測定フラグ	電気伝 導度	pH	Light Intensity
データ型	数値	数値	数値	数値	数値
例	0	0	0	0	

項目	生物学的項目測定フ ラグ	生菌数	1次生 産	呼吸速 度	動物フ ラ ンクトン	植物フ ラ ンクトン
データ型	数値	数値	数値	数値	数値	数値	数値
例	0	0	0	0	0	0	

表3 観測項目のテーブル構成

4.3 関連項目

データの品質情報や利用者への情報提供のための項目である。解析アルゴリズム、発表論文名、解析結果や知見、他機関の参考データへのリンクなどが管理される。データ利用者は、これらの情報からモニタリング事業内容やデータに関してより深い理解をすることができる。表4に設計した関連項目のテーブル内容を示す。

	知見	参考グラフ画像ファイル	発表論文
データ型	文字列	文字列	文字列
例	CO2-is xxx	/data/graph/hate/co2.gif	1993 年〇〇学会・xx 予稿集 P24 「CO2 の x x について」・・・

	関連データへのリンク
データ型	文字列
例	www.xxx.com/xxx/

表 4 関連項目のテーブル構成

5. システム構成

5.1 システム全体像

図 3 にシステム全体構成を示す。

データファイルはディレクトリ構成で UNIX サーバマシン上に保存し、メタ DB によるデータファイルの管理を行う構成とした。データ管理者が登録したデータは、データ利用者がインターネット上のウェブブラウザ上に表示され、ダウンロードすることができる。

データダウンロードには、ユーザ ID とパスワードが必要で、一般利用者はウェブ上で申請すると自動発効される。CGER の地球環境モニタリング事業に参加している研究所内の方や研究者は、ユーザ管理者が事前にユーザ情報を登録しユーザ ID を交付する。

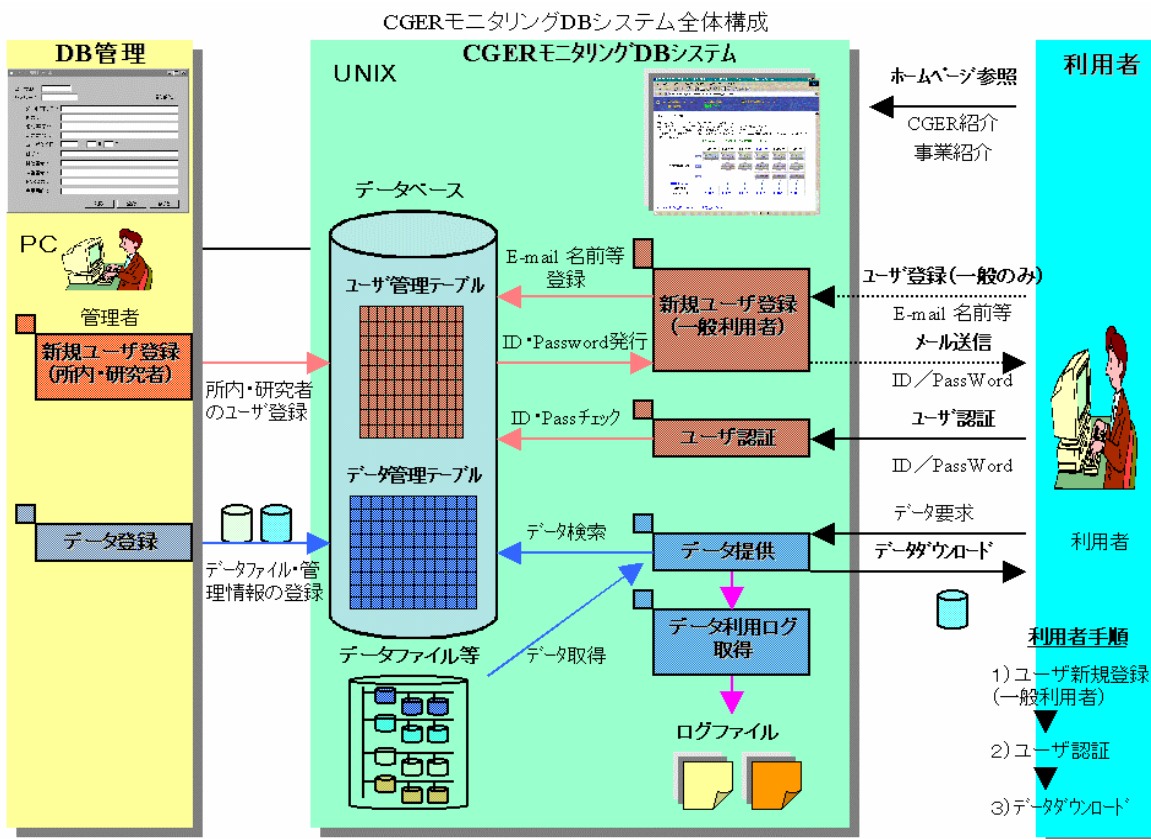


図3 システム全体構成

5.2 データベース構成

図3のシステム全体構成のうち、本システムの中心的役割を果たすデータベースの構成図を図4に示す。

データベースのテーブルはデータ管理テーブルとユーザ管理テーブルの大きく2種類ある。データ管理テーブルは、上述のメタ情報を管理項目、観測項目、関連項目に分かれて構成している。実際のデータファイルをデータベースと切り離し、メタ情報をデータベース化することでどのようなデータファイルでも管理できる構成となっている。

また、ユーザ管理テーブルは本システム利用時に必要となるユーザIDやパスワードなどを管理し、このテーブルを利用して、ユーザに応じて提供するデータの種別を変えたり、どのユーザがどのようなデータファイルを利用しているかを把握したりすることができる。

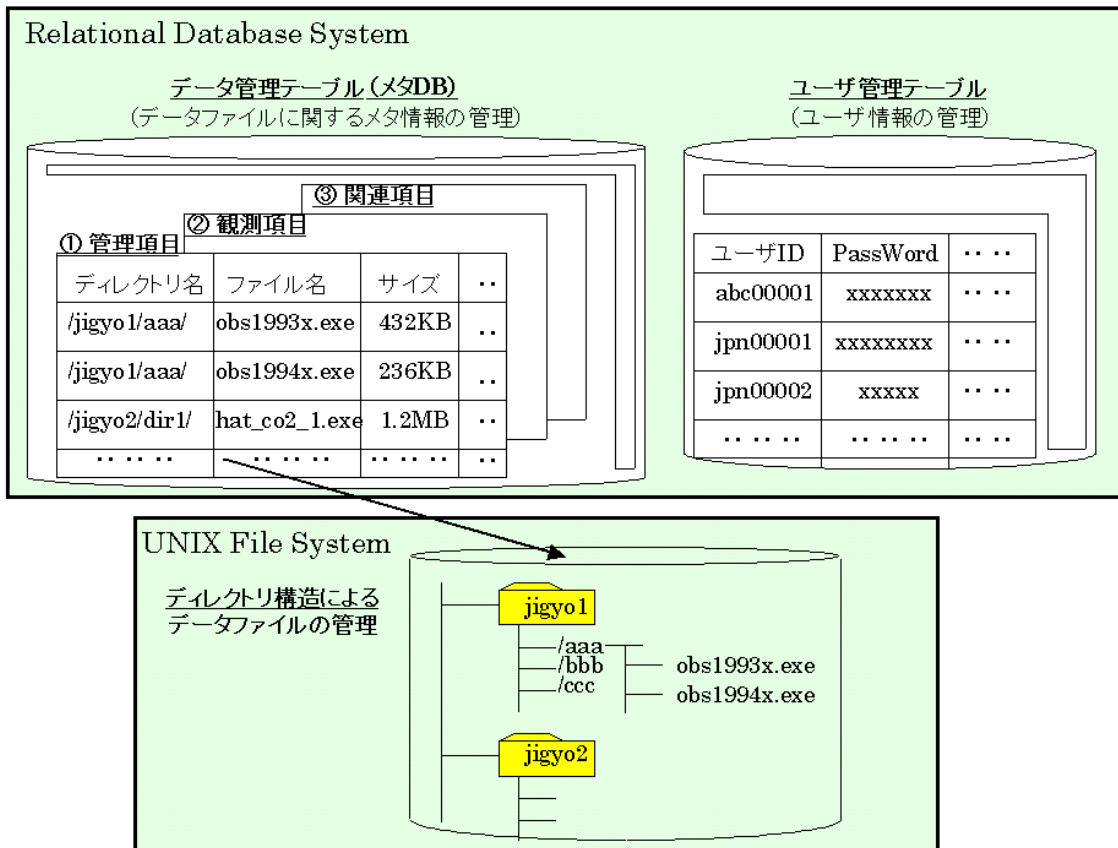


図 4 データベース構成図

5.3 システム機能

システムの機能は、(1)データ提供機能、(2)データ管理機能、(3)ユーザ管理機能、(4)一般利用者のユーザ新規登録機能の大きく4点である。各機能について以下に示す。

5.3.1 データ提供機能

ユーザのデータ利用レベルに応じてデータ管理テーブル中の検索条件を変え、提供できるデータの一覧をブラウザ上に表示する。テーブルへのアクセスはオラクル社の SQL 言語の拡張言語である PL / SQL を用いる。

データ提供画面にはデータファイル名だけでなく、最終更新日や観測期間などのメタ情報も掲載する。データ提供では、メタ情報をデータファイルに添付したのもも提供する。

利用者は、ダウンロード可能なデータファイルを選択すると、ダウンロードを開始する。

このとき、WWWサーバはいつ、どのユーザがどのデータファイルをダウンロードしたかをログファイル(テキストファイル)に自動的に書き出す。ここでは、PL / SQL でテーブルにアクセスし、ログファイルの作成には、ファイル I / O のライブラリが充実している Java を使用した。

データ提供時のメタ DB の役割を図 5 に示す。

利用者がブラウザ上で利用したいデータを選択すると、メタDBの管理項目のファイル名を検索し、ファイルの存在するディレクトリを検索してデータファイルを提供する。データファイルはメタ情報やデータご利用上の注意などのファイルとともに圧縮されており、利用者に http プロトコルで転送される。

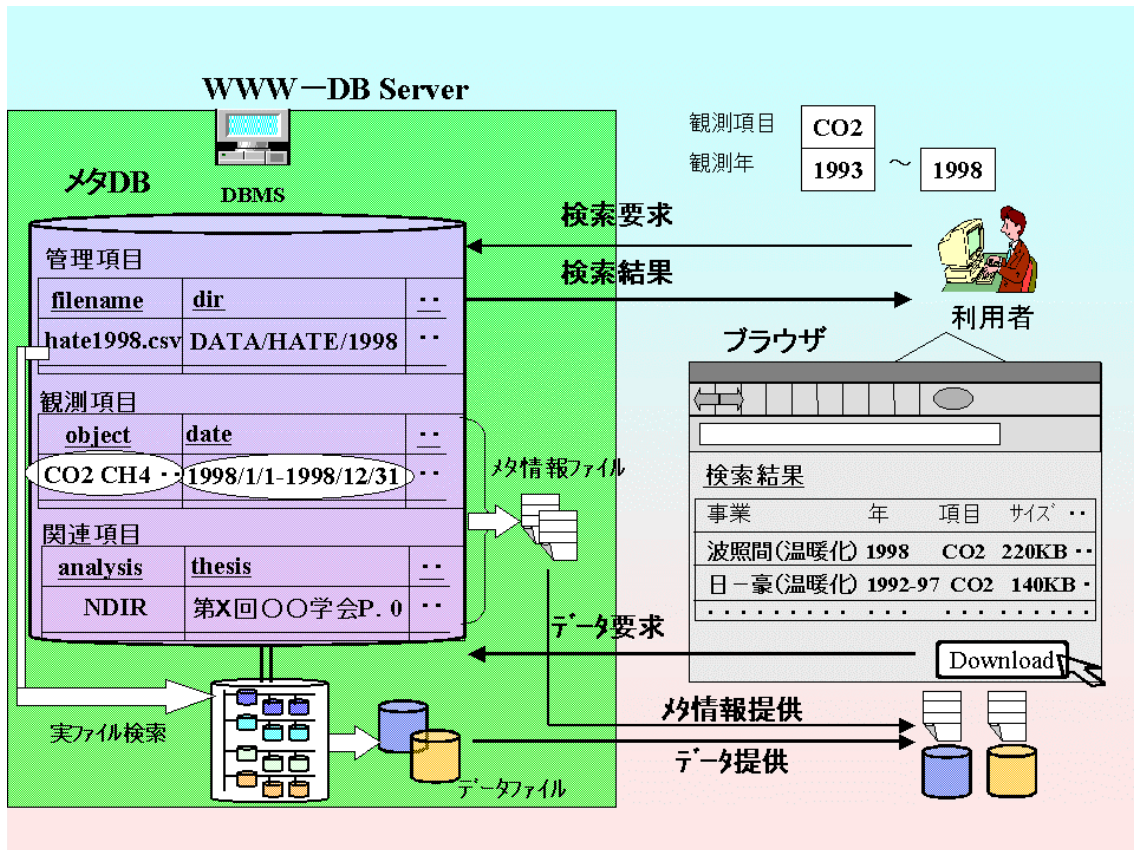


図 5 データ提供時のメタ DB の役割

5.3.2 データ管理機能

データ管理では、各観測事業の担当者から登録データの依頼を受け、データ管理者はメタ情報とともにデータファイルをデータサーバマシンに登録する。データ登録画面上で、入力されたメタ情報をデータベースに登録し、データファイルやデータファイルに添付するファイルを、FTPでサーバ上に転送する。

データ登録画面上での入力結果がサーバに反映される様子を図 6 に示す。

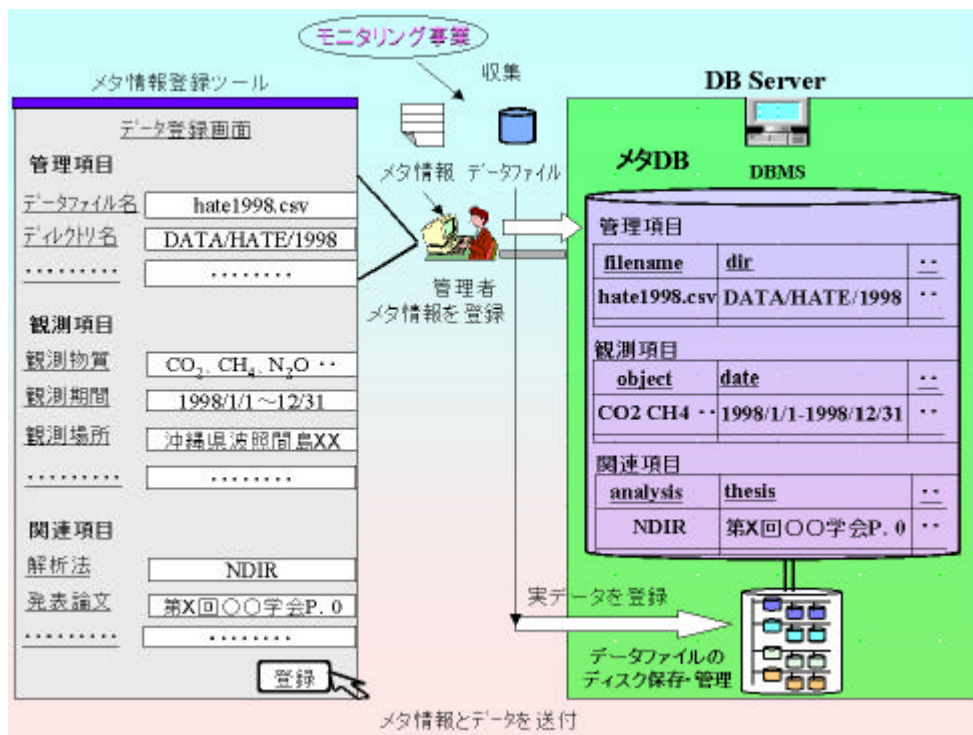


図6 データ登録内容がデータベースに格納されるまで

登録はパソコン上で Visual Basic (Microsoft 社) で作成した GUI 画面を用いて行う。データ管理の GUI 画面のイメージを図 7 に示す。登録ボタンを押下することで、メタ DB への反映と、データファイルのサーバへの FTP 転送とを同時に行う。

また、すでに登録したデータの一覧を取得したり、メタ情報の検索や登録データの更新なども行うことが可能である。

図 7 データ登録画面イメージ

5.3.3 ユーザ管理機能

データを利用するユーザ情報はデータベース上でテーブル管理している。この目的は、利用者に応じて提供するデータの種類や数を設定することと、データ提供先をシステム上で自動的に把握するためである。申請のあったユーザにユーザIDとパスワードを発行し、ユーザのメールアドレス、所属、名前などの情報とともに、データベース上に登録する。

このユーザ登録機能の目的は、研究所内や共同研究者などのあらかじめ分かっているデータ利用者を登録することと、データ利用レベルを設定することにある。

データ利用レベルとは、各事業ごとに、そのユーザのその事業の利用できるデータの範囲のことで、最大3段階に設定することができる。このレベルは、共同で事業を行っている人か否か、専門知識を有する人か否かなどによって、ユーザ管理者が設定する。

登録された情報はデータベースのユーザ管理テーブル上に格納され、利用者がブラウザ上で入力するユーザIDやパスワードのチェックを行うために使用される。

ユーザ管理を行う画面イメージを図8に示す。



図 8 ユーザ管理画面イメージ

5.3.4 一般利用者のユーザ新規登録機能

一般利用者がデータを利用するには、ブラウザ上でユーザの新規登録を行う。図 9 にブラウザ上でのユーザ新規登録画面イメージを示す。

画面上で、利用者が所属、名前（漢字）、名前（ひらがな）、メールアドレスを入力すると、WWW サーバが内容を読み取り、ユーザ ID とパスワードを自動的に発行する。

利用者は、送られたメールアドレス中のユーザ ID とパスワードを使用して、データ提供ページにログインすることができる。

ユーザの情報は、P L / S Q L を用いてユーザ管理テーブルに登録される。登録が成功した場合は、Perl スクリプトによって自動的にメール送信される。

なお、インターネットで本機能によって登録されたユーザは、全事業ともデータ利用レベルは専門知識を有さないレベルで自動設定される。レベルの変更依頼があった場合は、ユーザ管理者が判断してユーザ登録画面上で設定変更を行う。

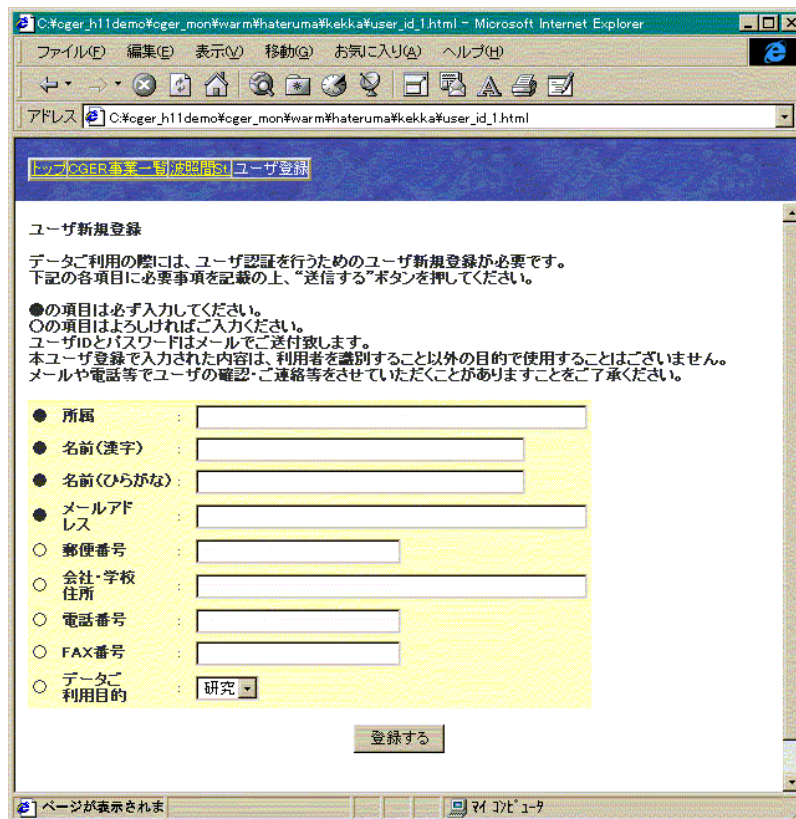


図 9 ユーザ新規登録画面イメージ

6. 導入効果

以前のシステムでは、電話やメールなどで利用者がCGERに連絡をとり、データをCD-ROMやMOなどの記憶媒体にコピーし郵送することで提供していた。

メタ情報を活用して多種多様なデータを管理・提供する本システムの導入によって、利用者と管理者に以下のような導入効果が得られた。

(1) 利用者

利用者はデータをいつでも即座にインターネットを利用して入手できるようになった。
豊富なメタ情報でデータをより正確に利用できるようになった。
現在どのようなデータが公開されているのかをブラウザ上で検索することが可能となった。

(2) 管理者

各事業で管理していたデータを一括して管理できるようになった。
データの提供先の管理を本システムが自動的に行うため、管理者は提供先の管理をする際の手間が削減された。
以前、利用者へのデータ提供時に行っていたデータのコピーや郵送などを行う手間がなくなった。

などの効果が得られた。

7. 今後の構想

今後の構想として大きく以下の3点が挙げられる。

(1) よりきめ細かいメタ情報を利用者に提供していくこと。

情報公開法の制定とともに、今後はますます情報公開への期待が高まると予想される。単にデータを一方的に提供するだけでなくデータを利用する側の立場にたつて、よりきめ細かいメタ情報を提供していくことが必要になってくると思われる。

(2) 管理者のデータ・ユーザ登録作業負担の軽減

管理者がデータを登録する作業が発生するため、登録内容の半自動的に行えるような管理者の負担を軽減する必要がある。

(3) データ複合解析システムの構築

データ利用者がデータを検索し、ブラウザ上でデータ解析（グラフ表示など）ができる場や研究者同士の意見交流の場を提供することも将来的には必要となると考えられる。

これは、提供されたデータやメタ情報を元により活発な意見交流を行うことと、異なる事業のデータをメタ情報で結び付け、複数事業のデータを解析することを主な目的としている。

地球環境の諸現象は、様々な要因が複雑に絡み合って生じることが明らかになりつつある。例えば、地球温暖化は、オゾン層の破壊と相互に関係しているとも言われている。したがって、単一事業だけでの観測データを解析するのみならず、ほかの事業のデータとの比較を行い、複合解析を進めることが新しい知見を得るために必要である。

この複合解析を推し進めるには、どの事業のどのデータが、ほかのどの事業のデータと複合解析できるかというデータを検索する機能が不可欠となる。メタ情報は、データの管理・提供時に使用されるだけでなく、データ検索のキーとしても有効に機能する。

将来的には、様々な利用者がブラウザ上でこれらのデータを活用した複合解析を行えるシステムを目指している。

8. おわりに

本システムの構築では、様々な事業の地球環境モニタリングデータをいかにして管理するかが最も苦労した点である。今後メタ情報を更に充実する必要があるとあり、データ管理と、データ利用者が利用しやすいデータの提供の両面を考慮に入れたメタ情報の設計が、今後の本システムのキーになると考えられる。

地球環境問題を解決するために新しい観測が今後ますます行われると考えられるが、新しく観測事業が行われても、メタ情報を使って即座に観測データを管理・提供できるという点で拡張性に優れた手法であるといえる。

また本システムのメタ情報によるデータ管理手法は、地球環境モニタリングデータの管理だけでなく、多種多様なデータを管理する様々な場面で有効な手法であり、今後活用す

る場面は多方面に広がると考えられる。

なお未筆になりましたが、本システム構築に際し、ご指導・ご教示いただいた国立環境研究所地球環境研究センター殿及びその関係者の方々に対し、深く感謝申し上げます。