

---

## Review

---

### 原生生物画像データベースの現状と将来展望

月井雄二

法政大学自然科学センター

〒102-8160 東京都千代田区富士見 2-17-1

### Present status and future prospects of Protist Image Database

Yuuji Tsukii

Science Research Center, Hosei University, Chiyoda-ku, Tokyo, 102-8160

#### 1. はじめに

原生生物画像データベース (Webサイト名: 原生生物情報サーバ) は公開を始めて今年 (2008年) 8月で13年が経過した。本データベースは、野外採集した様々な原生生物の画像 (静止画と動画) をInternet上で公開して多くの人に利用してもらうことを目的としている。各画像には種の特徴など簡単な説明を付記してあるが、説明はあくまで便宜的なもので、本データベースは分類学の教科書 (またはガイドブック) を目指すものではない。研究・教育の素材となる画像、及び、それに附随する情報 (細胞のサイズや採集地、採集年月) を提供するのが本来の目的であり、「デジタル標本箱」として広範な人々に利用してもらうことを目

指している。

ここでは、原生生物情報サーバの現状とそれがもたらしたものの、及び、今後の課題について紹介する。

#### 2. 作成法

現在、本データベースでは、原生生物の静止画と動画の他、採集地の景色や採集の際に遭遇した動植物の画像を公開している。

#### 静止画データベース

静止画データベースの作成法は公開当初から現在まで基本的には変わっていない (月井, 1997, 2001a)。主な採集対象は、日本各地の淡水域に生息する原生生物である。これらを光学顕微鏡 (x 100~x 640) で撮影し (35 mmリバーサルフィルム, ASA400を使用), その画像をPhotoCD作成サービスを利用してデジタル化, さらにJPEG形式でデータ圧縮したものをInternet上で公開している。

---

Corresponding author

Tel: +81-3-3264-4179

Fax: +81-3-3264-4143

E-mail: ytsukii@hosei.ac.jp

Received: 25 September 2008.

撮影の際のルールとしては、極力、1標本 = 1クローンとなるように撮影対象を選んでいく。同じ日、同じ場所から採集された複数の同種細胞は、単一の細胞が分裂して生じた可能性が高い。すなわち、同じクローンに属している可能性が高いので、これらは同一標本として扱う（ただし、既知の亜種や変種、ないしはそれらに相当する違いがあると考えられる場合は、同一場所であっても別標本として扱う）。一方、異なる場所で採集された同種細胞や、同じ場所の同種細胞でも採集年が異なる場合は、クローンとして異なる可能性があるので極力撮影し、別標本として扱う。

データベース作成者である著者はもともと遺伝学が専門なので、原生動物の種内変異に興味がある。種内変異を調べるには同じ種に属するたくさんの標本を集めなければならないが、上記の理由から、原生動物の場合は、同じ日、同じ場所でたくさん採集しても無意味である。種内変異を調べるには、場所と時間を変えて何度も採集を行う必要がある。このため、これまでに日本各地の様々な場所で採集を行っている（原生動物情報サーバ/採集地ごとの生息情報）。

PhotoCD画像（4 Base, 1536 x 1024 ppi）を使用し、JPEG圧縮した後は、2段階に分けてサイズを縮小し、3つの異なるサイズのJPEG画像ファイルを作成する。すなわち、オリジナルのJPEG画像（1536 x 1024 ppi）、それを1/2 x 1/2に縮小したモニタサイズのJPEG画像（768 x 512 ppi）、サムネイル表示用のJPEG画像（96 x 64 ppi）である。これらをwebブラウザで表示するには、まず各標本ごとにサムネイル画像を組んだwebpageを作成し、各サムネイル画像に2つの拡大画像（モニタサイズの画像、オリジナルの画像）へのリンクを付ける。さらにテキスト情報（細胞各部のサイズ、採集地、採集年月日、採集者名）を加えて標本webpageが完成する（2006年以降は、採集地の景色や採集の様子をデジタルカメラで写した画像も加えている、後述）。これらの標本webpagesを種ごと、属ごとにまとめて公開している。

#### 採集サンプルの単離・培養

また、分裂像など採集した時点では観察しにくいものもある。そこで、採集したサンプルは時間と労力が許すかぎり培養を試み、培養できたもの（表1）については、その分裂像等を撮影し、データベースに加えている。ミドリムシなど鞭毛虫の一部やテトラヒメナ、クロロゴニウムなど、富栄養培地での無菌培養が可能なのは、それぞれに適した無菌培地等で、微細藻類などの独立栄養生物は塩溶液

に市販の液肥（HYPONEX, HYPOPEX Co.）を加えた無菌培地で、さらに繊毛虫類や肉質虫類はそれぞれの餌生物（バクテリア、クロロゴニウム、テトラヒメナ）を与えて単離培養を行っている。

#### 動画データベース

当初、本データベースでは静止画のみを扱っていたが、データベースを構築する過程で、原生動物の動きも種の同定に役立っていることに気付いた。

「動き」は紙に記録できないので、従来種の特徴として取り上げられてこなかったが、分類学者が実際に種を同定する際には、脳にある「動き」の記憶も重要な判定要素になっていたのである。そこで、1999年より原生動物の動きをDVテープに記録し、それを動画ファイル（QuickTime形式）に変換したものを順次公開するようにした（原生動物情報サーバ/原生動物動画データベース）。

ただし、DVテープから直接動画ファイルに変換したものはかなりサイズが大きい（数分〜10分前後の長さで数百Mバイト）ので、現在の通信速度では、これらをそのまま配信するのは無理がある。そこで、オリジナルの動画ファイルを10秒〜1分程度のクリップに切り分けた上で動画圧縮を行った（木原, 1999）。圧縮の際には、画面サイズの変更も行い、大小いくつかの画面サイズのものを作って公開している（数百Kバイト〜数Mバイト）。大きなサイズの動画は、ダウンロードに時間がかかっても詳細な映像で見たい利用者用、小さいサイズの動画は、多少画質が落ちてもなるべく早く見たい利用者用である（月井・木原, 1999）。

動画データベースの作成においては、オリジナル動画の切り分け、圧縮、webpageへの組込み等にかかなりの時間と労力を要する。幸い、2003年度より4年間、動画データベースの作成に対して科研費（研究成果公開促進費）の補助を受け、この予算でアルバイトを雇い、短期間に多くの動画クリップ（2261 clips, 202属, 220種以上, 676標本）をデータベースに組込むことができた（原生動物情報サーバ/原生動物動画データベース）。

#### 採集地の景色や動植物の画像

この他、2006年1月からは、採集場所とそこに至るまでの経路の景色、及び、途中で遭遇した様々な動植物の画像をデジタルカメラで撮影し、各画像に撮影時間や説明を付記して公開している。始めたきっかけは、採集時の状況を詳細に記録し次の採集に役立てるためだが、これは原生動物の採集・調査を行なおうとする他の研究者にも役立つはず、と考え

表1. 培養株一覧 (2008. 8. 31現在)

グループ名	種名 (株数)	属	種	株	
鞭毛虫類	<i>Chilomonas paramecium</i> (9), <i>Euglena gracilis</i> (17), <i>E. mutabilis</i> (5), <i>E. pisciformis</i> (1), <i>Astasia longa</i> (12), <i>Polytomella parva</i> (2)*	4	6	46	
肉質虫類	<i>Amoeba proteus</i> (5), <i>Mayorella</i> sp. (14)	2	2	19	
繊毛虫類	<i>Stentor coeruleus</i> (2), <i>Stentor</i> sp. (1), <i>Blepharisma americanum</i> (1), <i>Dicmatostoma butschlii</i> (7), <i>D. minor</i> (2), <i>Frontonia leucas</i> (10), <i>F. marina</i> (10), <i>F. acuminata</i> (2), <i>F. depressa</i> (1), <i>Frontonia</i> sp. (1), <i>Paramecium caudatum</i> (18), <i>P. aurelia</i> (4), <i>P. polycaryum</i> (1), <i>P. bursaria</i> (3), <i>Tetrahymena</i> sp. (2)	6	15	66	
不等毛類	<i>Ochromonas variabilis</i> (3), <i>Botrydiopsis arhiza</i> (1), <i>Ophiocytium arbuscula</i> (2), <i>Mischococcus confervicola</i> (1)	4	4	7	
緑藻類 - I : (鞭毛を持つ)	<i>Chlamydomonas reinhardtii</i> (1), <i>Chlamydomonas</i> sp. (4), <i>Chloromonas tenebraria</i> (2), <i>Polytoma tetraolare</i> (1), <i>Vitreochlamys aulata</i> (1), <i>Chlorogonium capillatum</i> (1), <i>C. elongatum</i> (2), <i>Chlorogonium</i> sp. (4), <i>Haematococcus lacustris</i> (2), <i>Gonium pectorale</i> (2), <i>Pandorina morum</i> (3), <i>Eudorina elegans</i> (3)	9	12	26	
緑藻類 - II : (クロレラ類 他)	<i>Pediastrum angertiniense</i> (1), <i>P. boryanum</i> (2), <i>P. duplex</i> (3), <i>P. simplex</i> (2), <i>P. tetras</i> (1), <i>Scenedesmus longispina</i> (1), <i>Scenedesmus quadricauda</i> (1), <i>S. tropicus</i> (1), <i>S. vernardii</i> (1), <i>Scenedesmus</i> sp. (7), <i>Coelastrum reticulatum</i> (5), <i>C. proboscideum</i> (1), <i>Dimorphococcus</i> sp. (2), <i>Selenastrum</i> sp. (2), <i>Ankistrodesmus</i> sp. (2), <i>Eremosphaera viridis</i> (1), <i>Monoraphidium griffithii</i> (3), <i>M. litorale</i> (5), <i>Chlorococcum</i> sp. (2), <i>Stigeoclonium</i> sp. (1), <i>Gloeotilopsis</i> sp. (1), <i>Tetracystis</i> sp. (1), <i>Trebouxia</i> sp. (1), <i>Klebsormidium flaccidum</i> (1), <i>Geminella</i> sp. (2)	15	25	50	
緑藻類 - III : (接合藻)	<i>Closterium moniliferum</i> (3), <i>Staurastrum orbiculare</i> (1), <i>S. pilosum</i> (1), <i>S. pseudosebaldi</i> (2), <i>Actinotaenium connatum</i> (2), <i>Cosmarium obsoletum</i> (2), <i>C. maculatum</i> (1), <i>C. pseudarctoum</i> (1), <i>Cosmarium</i> sp. (2), <i>Penium margaritaceum</i> (1), <i>Micrasterias rotata</i> (1), <i>M. denticulata</i> (1), <i>M. cruxmelitensis</i> (2), <i>M. truncata</i> (1), <i>M. pinnatifida</i> (1), <i>Netrium digitus</i> (1)	7	16	23	
		小計	31	53	99
		計	47	80	237

\**Polytomella parva* は、緑藻類-Iに含められることもある。

て公開することにした。これらの画像を掲載する webpages (原生生物情報サーバ/採集の記録) は日本語で作成しているが、画像の一部はその場所で採集された標本の webpages (英語で作成) にも加えている。これにより、各々の原生生物が実際にどのような場所に生息していたかを海外の利用者にも実感してもらえらるはずである。

### 3. データベースの内容

データベースを構成するファイル数とデータ量

データベースに組込まれた静止画・動画は表2のようになっている (2008.8.31 現在)。原生生物の静止画は77,499枚、動画2,261クリップ、デジタルカメラで撮影した採集地の景色等の画像 (音声含む) は44,485枚ある。これをファイル数で見ると総数は約

表2. データベースの構成 (2008. 8. 31 現在)

		枚数/クリップ数	ファイル数*	データ量 (Gバイト)
原生生物, 他**	静止画	77,499 枚	354,508	24.7
	動画	2,261 クリップ	32,465	52.0
	その他		5,899	0.1
		小計	392,872	76.8
採集地の景色等	静止画&音声	44,485 枚***	208,994	67.9
合計			601,866	144.7

\*一つの静止画に関し、3つの異なるサイズのJPEGファイルと、それらを表示するためのhtml形式のテキストファイル等が含まれる。

\*\*データベースには、原生生物以外にも、ラン藻類などの原核生物や、ワムシ、ミジンコなどの微小後生動物の画像も含まれるが、原核生物と後生動物の画像数は全体の6%ほどである。

\*\*\*音声ファイル42個を含む。

60万個になるが、ファイル数がこのように多くなるのは、既述したように、同じ画像（静止画・動画）について異なるサイズのファイルを複数用意してあるのと、それらの画像を表示するためのhtml形式のテキストファイルが含まれるためである。内訳を見ると、静止画、及び、それに関連するファイルが一番多い（354,508個）。

データ量は総計145 Gバイトになるが、原生生物に関しては、当然ながら動画の占める割合が大きい（52 Gバイト）。ただし、2006年から加え始めた採集地の画像の数が年々増え、現在、データ量としては、これがもっとも多くなっている（68 Gバイト）。

なお、静止画、及び、動画の多くは著者である月井が撮影したものだが、他の研究者が撮影したものも一部含まれる（原生生物情報サーバ/Protist Image Galleries）。これらの画像を利用する際には、各画像の著作権者を確認の上、利用許諾を得る必要がある（原生生物情報サーバ/著作権について）。

#### 生物分類から見た構成

データベースに組込まれた標本webpages（以下、標本と略記）を分類群ごとに整理すると表3-1、表3-2のようになる。

原生生物は640属、2,839種、13,515標本からなる（2008.8.31現在、表3-1）。これを主要分類群（旧来の分類体系に基づく門、または亜門：Lee et al., 1985; 山岸, 1999; 原生生物情報サーバ/References）ごとに

見ると、緑藻類（Chlorophyta）の標本数が一番多い（6,140標本）。緑藻類はもともと形態種が多い上、野外での出現頻度も高いので、必然的に標本数も多くなる。また、オオヒゲマワリ類（Volvocales）を除いてほとんどは動かないか、動くとしても非常にゆっくりなので、写真撮影がしやすい、というも標本数が多くなる理由である。

他のグループの標本数はおおよそ2,000前後で、一番少ないのが不等毛類（Heterokonta）である。不等毛類は、珪藻を除くと、他は野外での出現頻度が低いため、標本数も少なくなる。データベースにある黄緑藻（Xanthophyceae）や黄金藻（Chrysophyceae）等の画像は、採集試料をシャーレに入れ、実験室で長期間培養した結果、次第に数が増えて偶然発見・撮影できたものが多い。珪藻については当初は撮影したが、種数・出現頻度ともにあまりに多いのと、Internet上には珪藻の画像を紹介した有用なwebサイトが数多くあるので、途中から撮影を控えている。

繊毛虫類（Ciliophora）は、記載種は多いが、種数の多い旋毛類等は細胞を染色しないと種の同定が難しい。このため、生細胞の観察だけで種が同定できるものは少なめになる。また、いずれも動きがすばやいので撮影が難しい。たくさん撮影しても多くはピントが外れてしまう等の理由で標本数は少なくなる。

肉質虫類（Sarcodina）は、動きが遅いので撮影はしやすいが、種の同定が比較的容易な大型のものは、記載種が少なく野外での出現頻度も低い。小型のアメーバ類は出現頻度こそ高いが、あまりに小さ

表3-1. 主要分類群ごとの属・種・標本webpage数 (原生生物)

界	門または亜門	綱または目	属	種	標本
Protista	Mastigophora	Cryptophyceae	4	24	155
		Dinophyceae	10	35	100
		Euglenophyceae	25	231	1,623
		Haptophyceae	5	7	26
		Bicoecida	2	4	11
		Cercomonadida	1	5	21
		Choanoflagellida	3	9	40
		Kinetoplastida	6	15	32
		Rhizomastigida	3	6	10
		Other Flagellates	2	2	9
		Unidentified			29
		小計	<b>61</b>	<b>367</b>	<b>2,082</b>
	Sarcodina	Heliozoa	21	56	241
		Lobosea	59	268	1,209
		Filosea	23	85	466
		Granuloreticulosea	9	12	30
		Acarpomyxea	1	1	1
		小計	<b>113</b>	<b>422</b>	<b>1,947</b>
Ciliophora		Karyorelictea	2	5	12
		Heterotrichea	7	27	145
		Spirotrichea	70	175	287
		Prostomatea	11	47	113
		Litostomatea	19	98	270
		Phyllopharyngea	17	38	87
		Nassophorea	9	33	87
		Oligohymenophorea	43	141	652
		Colpodea	14	31	91
Unidentified	1	32	36		
		小計	<b>193</b>	<b>627</b>	<b>1,780</b>
Heterokonta		Chrysophyceae	20	74	305
		Xanthophyceae	20	60	196
		Raphidophyceae	3	6	25
		Bacillariophyceae	42	242	987
		Peronosporomycotina	1	1	1
		Eustigmatophyceae	2	2	8
		小計	<b>88</b>	<b>385</b>	<b>1,522</b>
Chlorophyta		Chlorophyceae	118	471	2,366
		Ulvophyceae	11	41	215
		Gamophyceae	29	450	3,454
		Charophyceae	2	3	7
		Trebouxiophyceae	5	10	33
		Prasinophyceae	4	4	11
		Unidentified	1	37	54
		小計	<b>170</b>	<b>1,016</b>	<b>6,140</b>
Others		Rhodophyceae	5	9	19
		Opalinata	1	1	1
		Oomycetes	6	6	8
		Glaucophyta	1	1	2
		Chytridiomycetes	1	4	13
		Hypochytriomycota?	1	1	1
		小計	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>44</b>
		計	<b>640</b>	<b>2,839</b>	<b>13,515</b>

表3-2. 主要分類群ごとの属・種・標本webpage数 (その他)

界	門または亜門	綱または目	属	種	標本
Prokaryotes	Cyanobacteria		39	191	621
		Planctomyces	1	1	3
		Proteobacteria	2	3	19
		Spirochaetes	2	3	3
		Unidentified			23
		小計	<b>44</b>	<b>198</b>	<b>669</b>
Animalia	Nematoda	Adenophorea	1	8	9
		Arthropoda	9	11	25
	Rotifera	Eurotatoria	33	52	105
		Tardigrada	3	6	15
	Gastrotricha	Gastrotricha	7	16	48
		Annelida	Oligochaeta	4	4
	Aphanoneura		1	2	5
	Unidentified			2	5
	Platyhelminthes	Turbellaria	7	7	13
		小計	<b>65</b>	<b>108</b>	<b>232</b>
Fungi&Plants	Ascomycota		1	3	3
		Bryophyta	1	1	1
		Deuteromycetes	3	3	9
		Vascular plants	1	1	4
		小計	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>17</b>
計		<b>115</b>	<b>314</b>	<b>918</b>	

## データベース全体

界	門または亜門	綱または目	属	種	標本
		計	<b>755</b>	<b>3,153</b>	<b>14,433</b>

2008. 8. 31現在

く形が単純なため属名すらわからないものが多い。結果として標本数も少なめになる。

鞭毛虫類 (Mastigophora) は細胞が小さく形態的特徴が少ないものが多い。また、大量増殖する場合も希にあるが、多くの種は出現頻度が低いので標本数はどうしても少なくなる。例外はミドリムシの仲間 (Euglenophyceae もしくは Euglenozoa) で、このグループは他に比べて細胞が大型のものが多く、種数も多い。そのため、鞭毛虫類の標本数の80%弱をこのグループが占めている。

なお、属ごとに標本数を比較すると、標本数が最も多いのは、ミカヅキモ属 (*Closterium*) の47種、763標本、ついでツツミモ属 (*Cosmarium*) の117種、756標本 (近年この属から分かれた *Actinotaeonium* 属の標本を含む) となっている。これらは種数が多いだけでなく、個々の種の出現頻度も高いため、標本数も多くなる。

また、撮影した画像の総数が増えるにつれ、未同

定の原生生物の画像も増えている。属はわかるが種名が不明なものや、属名すら不明なものもあるが、これらもそのまま公開している。その理由は、画像を見た利用者から教えてもらうことを期待しているからで、実際これまでに何件か教えてもらったことがある (原生生物情報サーバ/関係者一覧)。

この他、原生生物以外の微生物 (主に *Cyanobacteria* と微小後生動物) も撮影している (表3-2)。これは他の微生物の知識が不足している自分自身のために始めたことだが、Internet上にはこれらの画像が意外に少ないので公開することにした。

## 採集地について

原生生物の野外採集はデータベースの構築・公開を始めた1995年以前から、自宅や大学周辺、および、学会の年大会に参加した際などに不定期に行っていたが、この頃は、研究材料であるゾウリムシや

アミーバを探すのが主な目的だった。しかし、2001年頃から、淡水域に生息するすべての原生生物を積極的に採集し写真撮影するようになった。2001年以降の採集日数は年間30～60日に及ぶ。当初は自宅のある埼玉県内で、鉄道の駅から歩いて到達できる範囲で採集したが、2004年中頃からは自転車を利用し、また、泊まりがけで青森等の遠隔地にも採集目的で出かけるようになった。既述したように、これらの採集活動については1998年以降のものを「採集の記録」（原生生物情報サーバ／採集の記録）として公開している。

各県ごとの標本数でみると、国内でこれまでに採集したのは1都道府31県である（原生生物情報サーバ／採集地ごとの生息情報）。東日本ではすべての県で採集しているが、西日本は未採集の県が残っている。これは遠隔地であるというだけでなく、西日本には適当な採集候補地が少ないことも一因となっている。採集した県の中では、採集地の数、および、標本数とも、著者の自宅がある埼玉県がもっとも多いが、近年は長野、栃木、群馬、福島、新潟、山形等、遠隔地の標本数が増えつつある。これは2003年以降、高地にある湿原の原生生物相が平地の池沼等に比べて非常に豊かであることを知り、湿原での採集を積極的に行うようになった結果である。なお、採集に関しても何人かの協力者がいる。

湿原に生息する原生生物がいかに多様かを示すため、最近、各採集地（湿原、池沼等）ごとに観察された原生生物の種数をカウントし、ランキング形式で表示するwebpagesを作成した（原生生物情報サーバ／原生生物多様性ランキング）。これによると、もっとも種数が多いのは群馬県にある標高1000 mの大峰沼（212種）で、ランキングの上位はほとんどが高地にある湿原で占められている。一方、市街地にある公園の池などは1桁台の場所もあり、湿原の原生生物相の豊かさが際立っている。

#### 4. 利用状況

##### アクセス数と送信データ量の変遷

データベースは作るだけでは意味がない。作った後、それがどれだけ利用されるかが重要である。それを知る手がかりとなるのが、サーバに記録されたアクセスログである。本データベースでは、公開当初はアクセスログを解析していたが、途中、諸々の事情でログの解析ができない時期があった。サーバマシンを更新した2006年以降は、週ごとに継続的にログを解析し、その結果を公開している（原生生物情報サーバ／アクセス状況について）。

また、開設当初は法政大学以外に、石巻専修大学・筑波大学・総合研究大学院大学にいる研究者の協力を得て各大学にミラーサーバを設置していた。その理由は、この頃のサーバマシン（パソコン）は、処理能力が低く、アクセスが集中するとサーバの応答が遅れるという問題があったからである。そこでミラーサーバを設置してアクセスを分散させることで応答の改善を計った。その後、ミラーサーバは諸般の事情により徐々に廃止され、2006年以降は総合研究大学院大学のみとなったが、幸いネットワーク速度とサーバマシンの処理能力がともに向上したことで、残ったサーバマシンだけで十分対応可能となった。

表4は法政大のサーバに関するアクセスの変遷である。既述したように、2006年以前は記録がないか、一部データが欠落しているため年ごとの比較はできないが、一日平均の値でみると以下ようになる。まず、1997年頃のアクセス数（閲覧されたwebpages数）は584頁／日だったが、これが翌年には3倍近い1443頁／日に、途中7年のブランクの後、2006、2007年にはおよそ3万頁／日に増えている。さらに2008年に入ってから平均4万頁／日と増加している（図1）。

ただし、法政大のサーバには、原生生物以外に「アサガオ類画像データベース」（画像と解説 米田芳秋、[http://protist.i.hosei.ac.jp/Asagao/Yoneda\\_DB/J/menu.html](http://protist.i.hosei.ac.jp/Asagao/Yoneda_DB/J/menu.html)、英語版もある）、および、「ウイルス図鑑」（画像と解説 矢崎和盛、<http://protist.i.hosei.ac.jp/virus/top.html>）も設置してある。そのためこれらのデータベースへのアクセスも含まれている。両データベースへのアクセスは全体の3～4%で、その分を差し引いたものが原生生物データベースへのアクセスとなる。

アクセスの増加に伴い、送信データ量も年々増加の一途を辿っている（表4）。1997年当時は一日平均、わずか10 Mバイト以下だったが、翌年にはその2倍に、そして10年後の2007年にはおよそ170倍（1.73 Gバイト）に増加している。これは1997-2007年間のアクセスの増加率（約50倍）を大きく上回っているが、この原因は、1999年6月から公開を始めた動画データベースの影響による。動画へのアクセス数はさほど多くないが、動画は各ファイルのサイズが大きいため、送信データ量は静止画に比べて極端に多くなる。2008年現在、発信データの約2～4割が動画となっている。

##### 外部評価

上記のように、本データベースへのアクセスは年々増加している。これ自体は喜ばしいことだが、

表4. サーバへのアクセス状況

集計期間*	閲覧されたWebpage数		送信データ量 (G/バイト)	
	総計	日平均	総計	日平均
1995-1996	-	-	-	-
1997 (10ヶ月)	196,919	584	2	0
1998 (12ヶ月)	526,653	1,443	7	0
1999-2005	-	-	-	-
2006 (8ヶ月)	7,795,558	28,149	265	1
2007 (12ヶ月)	11,878,015	32,365	635	2
2008 (6.5ヶ月)	8,450,260	43,114	501	3

\*1995-1996, および, 1999-2005は諸般の事情によりログ解析を行っていない。1997年は7月と8月のログが欠落している。このため, 10ヶ月間の集計結果を示す。2006年4月14日からログ解析を再開した。これより2007年01月18日までを集計した。2007年1月30日～2008年2月2日までの集計結果を示す。2008年は2月2日～8月16日までの集計結果を示す。なお, 本文にも示したとおり, サーバには「アサガオ類画像データベース」, および, 「ウイルス図鑑」が含まれるが, これらへのアクセスは全体の3～4%である。

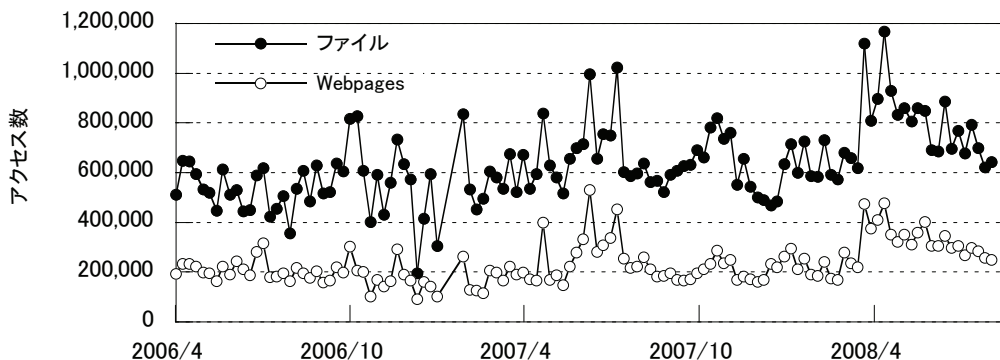


図1. 週ごとのアクセス数の推移。原生物情報サーバではアクセス記録が1週間ごとにログファイルとして保存される。これらをログ解析ソフト (Analog 6.0を使用) で処理した結果を一覧表にして公開している (<http://protist.i.hosei.ac.jp/ProtistInfo/log/index.html>)。その表にあるファイルアクセス数 (●) とwebpagesへのアクセス数 (○) をグラフ化した。1つのwebpageは複数のファイル (テキストファイルと画像ファイル) によって構成されるので, ファイルアクセスはwebpagesへのアクセスよりも多くなる。集計期間は2006.4.14～2008.8.16である。

この間にデータベースに組込まれたwebpagesの数も増えているので (図2), サイト全体のアクセスが増えたからといって, 各webpageごとのアクセスが増えているとはかぎらない。また, サーバへのアクセスの一部は人が閲覧しているのではなく, いわゆる検索サイトがデータを収集するために稼働させているロボットとよばれる自動アクセスプログラムによるものであることにも注意する必要がある。サイト内のwebpages数が多ければ, 網羅的にデータ収集を行

う検索サイトからのアクセスも必然的に多くなる。本データベースの場合, アクセス全体の20%前後が検索サイトからのアクセスとなっている。

以上のように, 利用状況を把握するには, アクセス数を調査するだけでは十分ではない。そこで, 本データベースでは, 外部の評価にも注意を払っている。かつてサイエンス誌 (Science, v.298, No.5601, pp.2097, Dec. 2002) に本データベースの紹介記事が掲載されたことがある。この他, 日経サイエンス

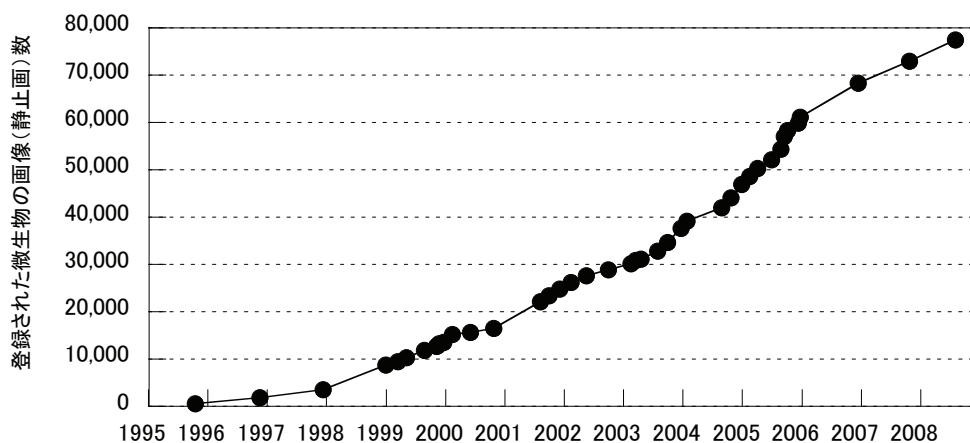


図2. データベースに登録された微生物(原生物, 他)の画像数の推移(静止画のみ)。1999年初頭から2005年までは原生物情報サーバ/更新履歴 (<http://protist.i.hosei.ac.jp/whatsnew.html>) を元に作成した。他の期間は画像ファイルの作成日を参照して作成した。

(1997年3月号)等でも紹介されたが, このような紹介記事では他との比較に基づく評価を知ることはできない。そこで, 2001年からは代表的な検索サイト, Googleが採用しているPageRank (Page et al.,1998; 馬場, 2001) と呼ばれるwebサイトの評価システムを利用して, 本データベースがネット上にある他の学術サイトと比較してどの程度のランクにあるかを定期的に調べている。

PageRankとは, 他のwebサイトからのリンクの有無(リンクを評価された結果と看做す)で各webサイトのランク付けを行なうシステムで, その際, リンクに重み付けをする。すなわち, PageRankの高いサイトからのリンクは得点を高く, そうでないものは低くする。その結果, ランクの高いサイトからのリンクが多ければ多いほど, リンク先のサイトのランク(評価)も上がるしくみになっている。

ただし, Googleは収集したすべてのwebサイトを対象にランク付けを行っているので, PageRankだけを見ても学術サイトの中での位置を押し量ることはできない。そこで, 学名や生物学関連の学術用語で検索して対象となるwebサイトを絞り込み, その中のランクをみれば, ある程度, 学術サイトとしての評価を知ることができるはずである。

この場合, 1つのキーワードだけでは偏りが起こるので, 複数の原生物の学名や生物学の用語を使って検索し, 各キーワードごとのヒット件数と,

本データベースのwebpagesの順位をそれぞれ合計して, 総合の順位を算出している(原生物情報サーバ/原生物データベースの外部評価)。

学名については*Amoeba*, *Euglena*など一般にも広く知られている用語(これらを使った一般のwebサイトも多い)や, 反対に一般にはほとんど知られていない用語(生物学専門のwebサイト以外ではほとんど使われていない)を様々とりまぜ, 計64個の属名, または, 属名と種小名の組み合わせで検索している。スタートした2001年10月は, これらの学名でヒットしたwebpagesの合計は226,118頁(重複するものもあるので, これはのべ数)で, そのうち, 本データベースのwebpagesの順位の合計値は385だった。この場合, 合計値が小さいほど総合順位は高いことになる。すべての学名で第一位であれば最小値の64になる(さらにいうと, 総合順位が同じでも全体のヒット件数の多い方が相対的な位置は高くなる)。

その後, 約半年ごとに調査を続けたが, 5年半後の2007年3月にはこれらの学名を含むwebpagesは2,957,727頁と約13倍に増えていた。一方, この時の順位の合計値は153で, 2001年よりも64に近付いていた。すなわち, それだけ順位が上昇したことになる。

表5. CD-ROMの配布結果

	第二版 (1996.12制作)		第三版 (1998.7制作)	
	配布先 (人)	配布枚数	配布先 (人)	配布枚数
研究者	144	1,209	251	1,552
教育関係者	77	1,363	162	5,210*
業者	10	31	39	92
その他	13	37	61	560
不明	55	155	86	215
総計	299	2,795	599	7,629

\*当方から教育関係者に無償配布したのは4,210枚だが、ある県の教育委員会が1,000枚を別途購入したので合計値を示した。なお、第一版は1995年10月に1,000枚制作したが、配布先を確認しなかった。

## 5. 利用者との交流

### CD-ROMの配布

データベースの開設当初は、ネットワークの速度が遅い、サーバの応答も遅い等、ミラーサーバを設置した時と同じ理由で、データベースの内容をコピーしたCD-ROMを作成し、希望者に配布する活動を行った(表5)。CD-ROMは第三版まで作成したが、その後、データ量が増えて1枚のCD-ROMに納まらなくなり、CD-ROMの配布は中止せざるをえなくなった。この際、DVD-ROMでの配布も検討したがコストがかかる上、ネットワーク、および、サーバの機能が向上したこともあって、DVD-ROMの配布は実現しなかった。

この他、本データベースでは、公開している問い合わせ用のメールアドレスを介して、以下のような利用者との交流を行っている(表6)。

### 画像の投稿、同定等への協力

データベース利用者の大部分は専門外の人々と思われるが、中には原生生物が専門の研究者もいる。本データベースでは、それらの研究者からの画像(静止画または動画)の投稿も受け付けている。この場合、画像には必ず種名、細胞のサイズ、採集地、採集年月日などの情報を添付してもらう。それらを元に画像提供者ごとのwebpagesを作成して公開

するとともに(原生生物情報サーバ/Protist Image Galleries)、データベース本体にも組込んでいる。また、既述したように未同定の原生生物の画像を見て、その種名を教えてくれたり、記載の誤りを指摘したり、さらには解説文を書いてくれた人もいる(原生生物情報サーバ/関係者一覧)。

### 画像利用願い

利用者との交流で一番多いのは、なんといっても画像の利用願いである。本データベースでは、公開している画像を積極的に利用してもらうため、利用する際の案内(原生生物情報サーバ/著作権について)を掲示しているが、これを見た利用者から画像利用願いが送られてくる。多くは海外の研究者、ないし出版関係者(Photo researcher等)だが、依頼の内容・形式は様々で、その都度、個別に対応している。

### 相談・質問等

画像の利用願いだけでなく、原生生物に関する様々な質問・相談等も寄せられる。大部分はメールによる対応で済んでいるが、中には直接、当方の研究室を訪ねてくる人もいる。一度交流があった人(ないしグループ)とは以後も交流が続くケースが多い。

また、本データベースには、日本からの採集報告がない原生生物の画像もあるらしく、かつてロシアの研究者から、本データベースにあるアメーバ(*Vannella simplex*)の画像に関し、その採集地が日本であることを確認するメールがあった。間違いのないことを伝えると、その後、日本からの最初の採集例として論文に記載された(Smirnov et al., 2002)。

表6. 利用者との交流

内 容 (集計期間)	全体(件)	国内(件)	海外(件)
画像提供/同定協力 (1999-2008)	34	14	20
画像利用願い (1997-2008)	287	79	208
相談・問い合わせ (1999-2008)	114	68	46
株分与(1995-1999, 2003-2008)*	83	75	8
計	518	236	282

\*株分与は2000-2002の記録がない。

## 株の分与

これは相談・質問等と一部重複する場合もあるが、研究・教育用として当方が培養している様々な原生生物（表1）に対する分与依頼が年に10件前後ある。研究目的で分与依頼があった中には、分与した株を使って分類群の再検討が行われ、その結果が論文として公表されたものもある（Jeon and Hegewald, 2006; 仲田ら, 2008）。

## 6. 原生生物データベース構築・公開の学術的・社会的意義

以上のように、本データベースは、これまでに様々な形で利用されてきたが、ここであらためて、このようなデータベースを構築しネットワーク上で公開する意義・意味について考えてみたい。

### 6-1. 学術的意義

#### 分類学におけるデータベースの必要性

生命科学関連のデータベースの中で、DNAデータベースはいまや遺伝子研究の分野で必要不可欠の存在であるのは疑いない。現在、このDNAデータベースの次に来るものとして、データベース化の必要性が叫ばれているのが、生物分類情報（生物多様性情報）である（月井, 2003）。分類学では標本を頼りに研究を行うが、標本やその原記載の数は膨大で、かつ、世界中に分散しているため、これらを利用するのは容易ではない。そこで、標本画像や文献情報をデータベース化し、Internet上で公開して共通の研究資源として利用しようとする様々な活動が世界中で進捗しつつある（Green, 1994; 伊藤, 2003; GBIF; GBIF Japan）。

とくに原生生物ではこのようなデータベースの必要性が高いといえる。なぜなら、原生生物の多くは保存標本を作れないからである。固定染色標本や有殻アメーバの殻などは残すことができるが、それらは生細胞が持つ特徴の一部にすぎない。動植物のタイプ標本（模式標本）のように、生きた状態で確認できる形態的特徴をすべて保持したまま標本として残すことは事実上不可能である。

生細胞の画像（静止画と動画）をデータベース化すれば、これらを保存標本の替わりとして利用できる。静止画は、実物に比べれば個々の画像から得られる情報には限りがある。しかし、印刷物と異なり、データベースには無制限に画像を追加できるので、これにより静止画のもつ欠点を十分補うことが

できる。また、「動き」という保存標本（あるいは原記載）からは得ることのできない新しい情報も利用できる。

従来、保存標本を作れないことで原生生物の分類学研究は動植物に一步遅れをとっていたが、「デジタル標本」のデータベース化に関しては動植物と対等であり、今後の研究の進展に寄与することが期待できる。

#### 「デジタル標本箱」で種の実像を探る

今日の生物学では「種」は実在し、それを様々な個性（変異）を持った個体の集団ととらえるのが一般的である。動植物の場合は、野外にいる多数の同種個体を調べ、種内変異がどの程度あるか、そして、他種との違いがどれほどかを明らかにすることで種の実像に迫ろうとしている。翻って、原生生物の場合はどうだろうか？既述したように、原生生物は同じ場所にいかにもたくさんの同種個体がいても、それらは同一クローンである可能性が高い。したがって、種内変異を調べるには、場所と時間を変えて何度も採集を繰返す必要がある。しかし、当然ながらすべての種が毎回採集できる訳ではなく、極希にしか採集されない種は数多い。このため、原生生物においては、個々の種について、その野外変異を

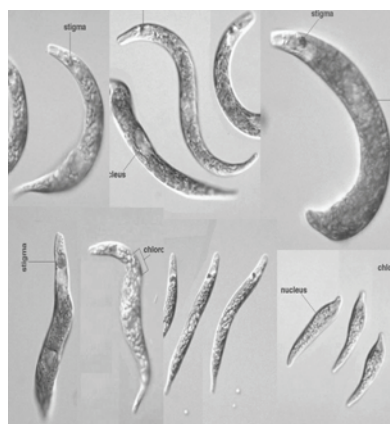


図3. *Euglena mutabilis*の種内変異。*E. mutabilis*は*Euglena*属（標本数669, 2008.8.31現在）の中で出現頻度の高い種（標本数75）である。これまでに観察された野外変異の主なものを並べてみた（[http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Mastigophora/Euglena/mutabilis/Specimens\\_L.jpg](http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Mastigophora/Euglena/mutabilis/Specimens_L.jpg)より転載）。主要な変異はこれで出尽くしたかも知れないが、出現頻度の低い変異はまだ観察されていない可能性がある。

調べるのは、一部を除けば、極めて困難である。

しかし、本データベースのように、特定の種を対象を絞らず、採集されたサンプルにいるすべての原生生物を手当たり次第に画像に記録していけば、長年月後には、数多くの種についてその野外変異を知ることができるはずである(図3)。

じつは、著者自身もそれを待ち望んでいる。著者は、かつてゾウリムシの接合型の遺伝解析を目的としてシンジェン(同胞種)間の雑種を試みたが、その雑種に妊性があったことから、種の実在性に疑問を持つようになった(Tsukii and Hiwatashi, 1983; Tsukii, 1985, 1988, 1994, 1996)。その後、他の原生生物についても調査したが(月井, 2001b, 2002, 2003), その過程で、原生生物には「変異の飽和と観察限界」という問題があることに気付いた(月井, 2003)。これは、上記のような理由で、我々は原生生物については野外変異のごく一部しか観察できておらず、かつ、原生生物は進化的起源が古いので、途中で変異が出尽くしてしまい、それ以降は何度も収斂進化を起している可能性があるという問題認識である。これを追求するには、なによりもまず観察限界のレベルを下げることで、すなわち、野外からより多くの標本を採集し、これまで知られていない野外変異を可能なかぎり検出することで、種内・種間変異の実態を明らかにすることが大切だと考えている。

## 6-2. 社会的意義

既述したように、現在、本データベースへのアクセス数(閲覧されたwebpage数)は平均約4万頁/日である(表4, 図1)。ただし、これも既述したが、このうちの約20%は検索サイトによるデータ収集で人間が直接見ている訳ではない。また、3-4%はウイルスとアサガオの両データベースへのアクセスである。したがって、残りの約75%(約3万頁/日)が人間による原生生物データベースへのアクセスということになる。一人の人間が1回のアクセスあたり平均10頁閲覧すると仮定すると、一日あたり約3000人が見ていることになる。これは相当の数だが、その利用者の多くは、既述した利用状況から、原生生物が専門の研究者ではなく、他分野の研究者、小中高の教師、もしくはそれら以外の一般の人々であると推察される。

このように、データベースをInternet上で公開した場合、その利用者は研究者には限定されず、むしろ、利用者の圧倒的大多数は一般の人々となる可能性が高い。ただし、これはすべてのデータベースがそうである訳ではない。DNAデータベースはおそ

く研究者以外はほとんど利用しないであろう。しかし、画像を多く含む生物多様性関連のデータベースの場合は、その内容上、一般の興味・関心をひきやすい。したがって、データベースを評価する際は、学術面からだけでなく、一般社会でどれほど利用されているか、役立っているかも考慮すべきである。

原生生物の場合はこれをとくに重視する必要がある。なぜなら、動植物の場合は、肉眼で観察できる身近な存在なのでもともと一般の関心が高いが、原生生物はそうではないからである。社会の関心が高いものは、巡り巡ってその研究に対する社会的評価も高まり、資金・人材の両面で社会からサポートを受けることが期待できる。一方、社会から関心を寄せられないものは、おのずとその未来は閉塞的なものとなるであろう。その意味では、上記のように本データベースには多くのアクセスがあるので、多少なりとも原生生物に対する社会の関心を高めることに貢献できているはず、である。

## 採集地の写真を撮る意味

ただし、原生生物を知らない人は、そもそも原生生物データベースにアクセスすることがないので、そのままでは関心を高めてもらいようがない。そこで思い付いたのが既述した「採集の記録」の活用である。このwebpagesは、もともとは採集の際の状況を詳細に記録するために作り始めたものだが、そこには湿原等の採集地の景色や途中で通過した道路、花、動物等々の画像とともにそれらの名前と簡単な説明が記載してある。これを公開すれば、湿原や花、動物、さらには道路等の名前で検索した人(の一部)が本データベースにアクセスしてくるであろう。そして、そこに原生生物の名前や画像があれば、多少なりとも原生生物に関心を持ってくれるはずである。採集地の多くは自然公園や高地にある湿原等で、たくさんの自然愛好家が訪れる場所でもある。したがって、自然に関心のある人が多くアクセスしてくると予想されるので、その分原生生物に関心を持つ人の割合も高まると期待できる。これはスタートして今年で3年目だが、どの程度の効果があったかは今のところはっきりしない。これについては今後検証していきたい。

## 7. 今後の課題

最後に今後とりくむべき課題について紹介する。

学術データベースとしての質の向上

湿原で採集をするようになって以降、撮影した標本画像は毎年かなりの数(約5000-1万枚/年)になった。その中には、初めて観察した属や種の画像も多く含まれる。2006年からはこれに採集地の画像や動植物の画像も加わったため、現在は、これらの画像をデータベースに組込むだけで手一杯の状態であり、新しく加わった属や種の説明を書き加える余裕がない。

また、当然ながら、データベースの開設以降も分類学の研究は進み、新種の発見や属・種小名の変更、属以上の分類群の再編等、次々と分類体系が変化している。これらの変化すべてに対応するのは現時点では難しいが、属以下のレベルの変更には極力対応したいと考えている。ただし、新しい属名・種小名はすぐには一般に浸透しないので、旧来の慣れ親しんだ名称も残すようにしている。

この他にも、一部やり残したままになっている細胞のサイズ測定や、誤字脱字の修正、未同定の標本画像の再チェックなど、やるべきことは多い。

永続性の確保

公開したデータベースが学術的価値を持つためには、なによりもまずその永続性が確保されねばならない(Tsukii et al., 2002)。途中で消失してしまったのでは、論文等で引用しても無意味だからだ。DNAデータベースのように、組織として運営されるものは、よほどの事態が起きないかぎり、途中で消失することはないだろう。しかし、本データベースのように、研究者が個人(または小グループ)でボランティア的に作成したデータベースは、当面その永続性は保証されていない。

もともとネットワーク上にある情報は短命なものが多いが、これを人類の歴史遺産として永久保存(かつ公開)しようとしているのがインターネットアーカイブである(Internet Archive; Kahle, 1997)。本データベースも、ここに開設当初からのデータが、その後の更新分も含めて保存されている(Internet Archive/原生生物情報サーバ)。また、遅ればせながら、国内でも国立国会図書館の他、様々な組織がインターネット上のデータ(多くは対象を学術情報に限定)の収集・保存活動を始めつつある。だが、これらはあくまで保存が主な目的であり、他の膨大な情報とともにあるため、現在のように迅速にアクセスして閲覧することは難しい。

このため、歴史遺産としてではなく、今後とも研究・教育の素材として利用してもらうには、本データベースは独自のサーバ上で稼働し続けることが望

ましい。ただし、個人で管理する限り、いずれは定年等でサーバマシンを撤去しなければならない。その後も独自サーバを継続させるには、個人またはなんらかの組織に受け継いでもらう体制をあらかじめ作っておく必要がある。これは急を要することではないが、今から少しずつ対策を検討していきたい。そのためにも、当面は学術データベースとしての質・量を充実させ、永続させるに足るものにしていかなければならないと考えている。

謝辞

原生生物画像データベースの構築に関連して、これまで以下に以下の補助を受けた。

総合研究大学院大学共同研究「生物形態資料画像データベースの構築」(1997-1999)。

科学技術振興調整費による知的基盤整備推進制度採択課題「生物系研究資料のデータベース化及びネットワークシステム構築のための基盤的研究開発」(1997-2001)。

科学研究費補助金、課題番号 07558052、「生物分類情報の広域データベース化とそのネットワークにおける利用システムの開発」(1999-2000)。

科学研究費補助金(研究成果公開促進費)、課題番号 157006、「原生生物動画データベース」(2003-2006)。

引用したwebpages, またはwebサイト

1) 原生生物情報サーバ内のwebpages

アクセス状況について、<http://protist.i.hosei.ac.jp/ProtistInfo/log/index.html>

著作権について、[http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/copyright\\_J.html](http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/copyright_J.html)(日本語版)、[http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/copyright\\_E.html](http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/copyright_E.html)(英語版)

原生生物データベースの外部評価、<http://protist.i.hosei.ac.jp/ProtistInfo/Records/evaluation.html>

原生生物動画データベース、<http://protist.i.hosei.ac.jp/Movies/htmls/index.html>(日本語版)、<http://protist.i.hosei.ac.jp/Movies/htmls/indexE.html>(英語版)

原生生物多様性ランキング、<http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Sampling/Prefectures/ranking.html>

関係者一覧、[http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/contributors\\_J.html](http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/contributors_J.html)(日本語版)、[http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/contributors\\_E.html](http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/contributors_E.html)(英語版)

Protist Image Galleries、<http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Galleries/index.html>(日本語版)、<http://protist.i.hosei.ac.jp/>

- PDB/Galleries/indexE.html (英語版)  
References, <http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Ref/index.html>  
採集地ごとの生息情報, <http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Sampling/Prefectures/index.html>  
採集の記録, <http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Sampling/index.html>
- 2) その他のwebpages, またはwebサイト
- GBIF, <http://www.gbif.org/>  
GBIF Japan, <http://bio.tokyo.jst.go.jp/GBIF/gbif/>  
Internet Archive, <http://www.archive.org/>  
Internet Archive/原生生物情報サーバ,  
1996.12~2002.1 [http://web.archive.org/web/\\*/http://mac2031.fujimi.hosei.ac.jp/](http://web.archive.org/web/*/http://mac2031.fujimi.hosei.ac.jp/)  
2001.2 ~ [http://web.archive.org/web/\\*/http://protist.i.hosei.ac.jp/](http://web.archive.org/web/*/http://protist.i.hosei.ac.jp/)
- 引用文献 (論文形式のwebpagesも含む)
- 馬場 肇 (2001) Google の秘密 - PageRank 徹底解説.  
<http://www.kusastro.kyoto-u.ac.jp/~baba/wais/pagerank.html>  
Green, D.G. (1994) Databasing diversity. A distributed, public-domain approach. *Taxon* 43, 51-62.  
伊藤元己 (2003) 生物多様性, *In: バイオリソース研究会編, バイオ系のためのインターネット活用法*, 講談社, pp.61-70.  
Jeon, S.L., Hegewald, E. (2006) A revision of the species *Desmodesmus perforatus* and *D. tropicus* (Scenedesmaeaceae, Chlorophyceae, Chlorophyta). *Phycologia*, 45 (5), 567-584.  
Kahle, B. (1997) Preserving the Internet. *Scientific American*, 276 (3), 72-73.  
Lee, J.J., Hutner, S.H. & Bovee, E.C. (1985) An Illustrated Guide to the Protozoa. Society of Protozoologists.  
木原 章 (1999) 動画データベースの概略, [http://ameba.i.hosei.ac.jp/BRNet/DV\\_Base/index.html](http://ameba.i.hosei.ac.jp/BRNet/DV_Base/index.html)  
仲田崇志・月井雄二・曾我朋義・富田勝・野崎久義 (2008) 紡錘形コナミドリムシ属の分類学的再検討, 日本植物学会第72回大会 (高知大学) (in press).  
Page, L., Brin, S., Motwani, R., Winograd, T. (1998) The PageRank citation ranking: Bringing order to the Web. <http://www-db.stanford.edu/~backrub/pageranksub.ps>  
Smirnov, A.V., Nasonova, E.S., Holzmann, M., Pawlowski, J. (2002) Morphological, ecological and molecular studies of *Vannella simplex* Wohlfarth-Bottermann 1960 (Lobosea, Gymnoamoebia), with a new diagnosis of this species. *Protist*, 153, 367-377.  
Tsukii, Y., Hiwatashi, K. (1983) Genes controlling mating-type specificity in *Paramecium caudatum*: three loci revealed by intersyngenic crosses. *Genetics*, 104, 41-62.  
Tsukii, Y. (1985) Meiotic nondisjunction and aneuploids in intersyngenic hybrids of *Paramecium caudatum*. *Genetics*, 111, 779-794.  
Tsukii, Y. (1988) Genetic and chromosomal instability and induction of aneuploidy in *Paramecium*. *In: Aneuploidy, Part B: Induction and test system*. Alan R. Liss, Inc., pp. 209-225.  
Tsukii, Y. (1994) Evolution of mitochondrial DNA in *Paramecium caudatum*. *Jpn. J. Genet.*, 69, 307-319.  
Tsukii, Y. (1996) Genetic diversity among natural stocks of *Paramecium caudatum* revealed by RAPD markers. *Europ. J. Protistol.*, 32, 165-169.  
月井雄二 (1997) 原生生物データベース-素材データベースとしての原生生物情報サーバ. 日本動物学会第68回大会関連集会「インターネットにおける生物データベースの現状と展望」, [http://protist.i.hosei.ac.jp/Science\\_Internet/WorkShop/index.html](http://protist.i.hosei.ac.jp/Science_Internet/WorkShop/index.html)  
月井雄二 (2001a) 原生生物情報サーバについて. GBIF フィージビリティスタディ「微生物デジタル標本データベースの構築」分科会報告, [http://protist.i.hosei.ac.jp/Science\\_internet/GBIF/FS\\_ProtistDB.pdf](http://protist.i.hosei.ac.jp/Science_internet/GBIF/FS_ProtistDB.pdf)  
月井雄二 (2001b) RAPD法による裸性アメーバ, マヨレラ属の分子系統調査. 原生動物学雑誌, 34, 46.  
月井雄二 (2002) *Chilomonas paramecium*の種内多様性について. 原生動物学雑誌, 35, 50.  
月井雄二 (2003) 織毛虫フロントニア属 (*Frontonia*) の系統解析. 原生動物学雑誌, 36, 73-74.  
月井雄二 (2003) 原生生物における種の実在性について. 第1回日本進化原生生物学研究会, 金沢大学理学部, 2003年6月28-29日, <http://protist.i.hosei.ac.jp/protistology/JSEP2003/paper/index.html>  
月井雄二 (2003) バイオリソースの現状と展望. *In: バイオリソース研究会編, バイオ系のためのインターネット活用法*. 講談社, pp.16-19.  
月井雄二・木原 章 (1999) 生物系研究資料データのデータベース化サポートシステムに関する研究. JSTシンポジウム「生命科学の明日を拓くバイオリソースネットワーク」, 科学技術振興事業団, [http://protist.i.hosei.ac.jp/Science\\_Internet/JST\\_99/menu.html](http://protist.i.hosei.ac.jp/Science_Internet/JST_99/menu.html)  
Tsukii, Y., Kihara, A., Ugawa, Y. (2002) Public domain image databases for taxonomic research and education: A case study, *Protist Image Database*. Joint

forum: Taxonomy initiatives for biodiversity conservation in an IT era, January 13-14, 2001, Research report from the National Institute for Environmental Studies, No.171, pp. 255-263, [http://protist.i.hosei.ac.jp/Science\\_Internet/TI\\_2001E/index.html](http://protist.i.hosei.ac.jp/Science_Internet/TI_2001E/index.html)

山岸高旺編著 (1999) 淡水藻類入門 - 淡水藻類の形質・種類・観察と研究. 内田老鶴圃.

