

## サブテーマ名： 地球・生命などの巨大システム解明のための統合的情報基盤の形成と活用手法の確立

研究代表者： 藤山秋佐夫 [国立情報学研究所]

### 1. 研究目標

本研究項目は、①地球・生命システム解明に向けた情報・統計統合処理と意味抽出の情報基盤形成、②地球環境データの情報空間統合に基づく横断型情報基盤とポータルサイトの構築、の二つの研究項目を中心に取り組む。

生命・地球システムの解明に向けて、生命と地球環境との相互作用にまで視野を広げて、生命体全体のコントロールシステムの全貌を理解することを目指す。

具体的には、まず、ゲノム上の遺伝子情報と、これに基づいて具体化された生命体の関連性を明らかにすることが重要となる。しかし、具体的な観測・計測の対象となる生命体の表現型（形態や行動等）は、遺伝要因と環境要因との相互作用の結果として生じるものであり、本質的に多様性を持つという問題が存在する。したがって、遺伝子の個別的な機能をさまざまな生命現象との関連性を明らかにすることが必要であり、計測対象の要素選定、計測値の統計処理、情報の統合化と意味抽出などの地球・生命・情報の融合的統計情報処理手法の開発による異分野共通の研究基盤を構築する。このため、実験動物（マウス）を通じてのヒトの特異性解明、および、極域を主対象に地球環境と生命システムの総合作用という2つの観点から研究を進める。また、国立情報学研究所と国立遺伝学研究所が平成16年度に共同研究開発したバイオポータルの枠組みを利用して、成果として得られた情報を公開、活用するための情報発信ツールの開発を行う。

また、地球システムの総合的な理解のために必要な地球観測データの統合システムを構築する。具体的には、地球システムの層（○○圏など）別に分散している多くの観測データをつなぎ合わせ、これらを鉛直方向に統合する方法を提案する。地球観測データ統合システムを構築するための情報統合モデルとして、地理情報システム(GIS: Geographic Information Systems)におけるレイヤを基本単位とした構造を参考にし、鉛直方向に異種データを重ね合わせて、縦断的に検索や可視化ができるようなモデルを考案する。また、地理情報システムで利用されているWeb Map Service (WMS)等のウェブサービスの利用を図る。このように、レイヤを用いた鉛直的統合と、ウェブサービスを用いた水平的統合とを組み合わせた地球観測データ統合システムの実現を目指す。

具体的には、まず、国立情報学研究所が保有する気象衛星データや気象観測データ、台風経路データなど、主に対流圏に関する地球観測データを対象とした研究を進める。次に、国立極地研究所が保有する南極地質データなど、主に地圏に関する地球観測データ、および、統計数理研究所が保有する地球環境データなどを取り扱う。さらに、データベース技術やデータマイニング技術、信号処理技術によって、多様な視点での分析や可視化が可能な地球環境の総合的研究環境を構築することを目標とする。

## 2. 年度研究計画

### 平成17年度

生命体の表現型は、遺伝要因と環境要因との相互作用の結果として生じるものであり、本質的に多様である。したがって、遺伝子の個別的な機能とさまざまな生命現象との関連性を明らかにするためには、計測対象を適切に選定し、徹底した要素解析を行うことが必須である。本研究では、計測値の統計処理、情報の統合化と意味抽出などの融合的統計情報処理手法の開発による異分野共通の研究基盤構築を行う。平成17年度においては、遺伝情報の解析が容易な実験動物（マウス）を用い、ヒトの特異性の一つである肥満と脂肪蓄積に関わる遺伝情報の解明をめざして、実験動物用小型CT装置による計測値の統計処理と画像処理に関する解析手法と関連ソフトウェアの開発を行う。これに加え、地球環境と生命システムの総合作用という観点から、国立極地研究所がこれまでの極域観測で収集してきた生物標本を対象とし、地理情報、種名、採集年などの基礎情報に加えて、高精度3次元画像、ゲノム情報、分子進化情報等を融合させた新しい融合研究を進めるために必要な計測技術とソフトウェアの開発を行う。また、国立情報学研究所と国立遺伝学研究所が平成16年度に共同研究開発したバイオポータルの枠組みを利用し、成果として得られた情報を公開、活用するための情報発信ツールの開発を行う。

②の研究項目では、地球システムの総合的な理解のために必要な地球観測データの統合システムを構築する。具体的には、地球システムの層（〇〇圏など）別に分散している多くの観測データをつなぎ合わせ、これらを鉛直方向に統合する方法を提案する。地球観測データ統合システムを構築するための情報統合モデルとして、地理情報システム(GIS: Geographic Information Systems)におけるレイヤを基本単位とした構造、を参考にし、鉛直方向に異種データを重ね合わせて縦断的に検索や可視化ができるようなモデルを考案する。また、地理情報システムで利用されている Web Map Service (WMS)等のウェブサービスの利用を図る。このように、レイヤを用いた鉛直的統合と、ウェブサービスを用いた水平的統合とを組み合わせた地球観測データ統合システムの構想の実現を目指す。

具体的には、まず、国立情報学研究所が保有する気象衛星データや気象観測データ、台風経路データなど、主に対流圏に関する地球観測データを対象とした研究を進める。次に、国立極地研究所が保有する南極地質データなど、主に地圏に関する地球観測データ、および、統計数理研究所が保有する地球環境データなどを取り扱う。さらに、データベース技術やデータマイニング技術、信号処理技術によって、多様な視点での分析や可視化が可能な地球環境の総合的研究環境を構築することを目標とする。

### 平成18年度

実験動物(マウス)を用いた皮下脂肪、内臓脂肪定量試作解析システムの評価を行い、必要な研究開発項目の追加と計測解析手法の修正・改良を実施する。

ライフサイエンスメタデータベースシステムへのデータ登録作業を続行するとともに、登録済みデータベースについて機械処理およびエキスパートを使って評価を実施する。PubMed Central

全文データベースに登録されている全論文の全文を対象に自然言語処理を行い、データベースを利用した論文、データベースの種類、利用方法を抽出する。論文中の出現頻度で上位100位までを高頻度利用データベースと見なし、エキスパートによる内容評価を実施後、メタDBに登録する。

極限環境生物統合データベースのための3次元画像データベース構築に必要なソフトウェアの改良とデータ収集を進め、Web公開用のプロトタイプを作成する。極地研収集資料の中で、特に2種類の汎地球種のサンプリングを先行実施し、約1000検体の回収を目指す。

地球科学の各分野（各グループ）で観測したデータを多目的に利用するための地球環境ポータル「鉛直地球(Vertical Earth)」の構築を継続する。地球科学データベース「南極GIS」に関して、地理情報システムに基礎的な地図データ等を蓄積・利用可能なレベルを達成するとともに、データベース統合に関して、「鉛直地球(Vertical Earth)」のプロトタイプを公開可能な状態にまで整備する。

### **平成19年度**

ライフサイエンスメタデータベースシステム構築では、ライフ系ファクトDBについてのデータ収集作業を継続すると共に、専門知識を持つ人材による独自のアノテーション付加作業も継続し、最終的にはサブテーマ1が開発したイマジンシステムへの適用を試みる。また、ライフサイエンス統合DBに関するJST事業とも連携し、データの相互利用形態についての検討を実施する。地球ポータルと南極GISの構築では、「鉛直地球ポータル」をリニューアル公開するとともに、鉛直層構造のなかの一層に関して、データの閲覧と検索が可能な状態にする。

### **平成20年度**

ライフサイエンスメタデータベースシステム構築研究では、新たに創薬利用に向けた検索システムの開発を行う予定である。年度内にプロトタイプを完成、次年度に実用システムとしてバイオポータルサイトからの公開を目指す。

極限環境生物統合データベースの構築研究では、これまでDNA解析実験の場であった理化学研究所ゲノム科学総合研究センターが平成19年度末で廃止されることに伴い、平成20年度以降は国立遺伝学研究所との連携を中心にゲノム解析を進める予定である。コケ類のゲノムについては平成19年に代表種としてヒメツリガネゴケゲノムの解読にともない、コケ類を対象としたゲノム研究を、試料の保存と採取については国立極地研究所、データ生産については国立遺伝研究所、大量情報処理については国立情報学研究所という共同研究体制で推進する。また、平成20年度からは東京工業大学と連携し、新たな極限環境生物としてシーラカンスのゲノム解析を取り上げる。

地球環境データ統合データベース研究では、Vertical Earthの機能を引き続き増強することにより、鉛直統合をコンセプトとしたデータ統合を進めていく。まず、過去のGPVデータのアーカイブを用いて鉛直方向の台風データを蓄積したデータベースを構築する。これによって鉛直方向

の構造の特徴を用いた台風の種類や検索を可能とする。構築した台風の鉛直構造データと、これまで蓄積してきた台風の水平構造データ（気象衛星画像）とを統合することによって、台風の立体構造を3次元CGとして可視化する。さらに、オントロジーを利用した地球科学情報の概念化にも取り組み、地球科学分野の独自のオントロジーを構築してVertical Earthに取り入れる。南極GISについては、サーバの保守・調整を継続して行い、GIS上で基礎となる地図データの更新とその他の組み込み可能なデータを順次GISに組み込んでいく。システムについては、国土地理院等のデータとの調整を図り、一般公開用のサーバも実施する。

## **平成21年度**

ライフサイエンス統合DB事業との連携・相互利用形態を検討・開始する。極限生物ゲノムについては、新世代並列型シーケンサを駆使することにより得られる大量のゲノム配列データを対象に、生物学、情報学の両側面から新たな切り口での解析を目指した研究を行う。また、鉛直地球ポータルでは、ウェブサービス活用による南極GISとのシステム統合のプロトタイプを作成する。統合したデータの変換機能、および、新世代地球ブラウザに対応した閲覧機能をポータルに実装する。

## **平成22年度以降の展開**

ゲノム解析技術の進展は、いわゆる1000\$ゲノムの実現を目指し、平成22年度以降も世界規模ですすむことが予想される。本プロジェクトの中で使用する新世代シーケンサの次の世代のマシンが実用化されている可能性も高い。極限生物解析においては、各々の極限環境に特徴的な生物種や、共通に存在する生物種について、ゲノム情報にもとづく詳細で網羅的な解析が可能になるだろう。個別の環境適応に対応したゲノムの構造変化や、共生関係、極限環境生物集団としての全体的なメタゲノム解析など、これまでにない新しい知見や遺伝子資源が得られることが期待される。こうした研究を推進するためには、データ生産とデータ処理、情報処理の中核となる施設をコアとした学際的な研究体制が必要なことはいまでもない。大学共同利用研究機関からなる本機構が中核機関として機能することにより、わが国におけるライフサイエンス研究が国際的に通用するデータセントリック科学として発展することが期待される。

平成22年度以降の地球科学ポータルの展開には二つの方向性がある。まずは、このプロジェクトの大気圏・人間圏プロジェクトとして取り組んでいた「デジタル台風」および「台風前線」プロジェクトの拡大発展である。これらのプロジェクトについては近年の災害続発を受けてさらに多くの人々が関心を持つようになってきており、「台風」をシンボルとした多分野・国際的な融合研究がまさに可能な状態になってきた。例えば大西洋のハリケーンなどを含む全世界の熱帯低気圧を対象としたデータベース「Digital Tropical Cyclones」への展開、災害研究機関との連携による災害軽減研究、地球温暖化予測データを用いた地球温暖化環境における台風の解析とその社会的インパクトの研究などについては、すでに融合研究の芽が生まれつつある。その他にも博物館との連携によるメディアアート展開や、参加型メディアへの展開など、様々な方向性が考え

られる。このように「デジタル台風」プロジェクトの発展形の方角へと展開するのが一つの方向性である。

もう一つの方向性はVertical Earthそのものを発展させるという方向性である。現在のVertical Earth ではデータが断片的に存在しているため、その全体像を把握することが難しい。全体像を俯瞰するためのツールとしては、例えばオントロジーについて試験的な研究を始めているものの、おそらくそれだけでは十分ではない。その他のツールも組み合わせて全体像の把握を助ける、「Whole Earth」とでも呼ぶべきシステムが次の段階では必要になるのではないかと考えられる。

### 3. 研究経費の推移

平成17年度実績：	64,000 千円
平成18年度実績：	50,950 千円
平成19年度見込：	53,972 千円

### 4. 平成19年度の研究実施体制

研究代表者

[国立情報学研究所] 藤山秋佐夫

共同研究者

[国立情報学研究所] 北本朝展 武田英明 市瀬龍太郎 佐藤真一 孟洋

[国立遺伝学研究所] 菅原秀明 城石俊彦

[統計数理研究所] 樋口知之 上野玄太 尾形良彦 村田泰章 種村正美

石黒真木夫 島谷健一郎

[国立極地研究所] 神田啓史 野木義史 土井浩一郎 宮岡宏 本山秀明

[新領域融合研究センター] 小林悟志 ムリアディ・ヘンドリー (4-9月)

川本祥子 (4-12月)

[東京理科大学薬学部] 宮崎智

[名古屋大学] 井手一郎

[東京大学] 佐藤薫

[Johns Hopkins 大学] 大谷晋

### 5. 平成19年度研究成果

#### (1) 成果物 (知見・成果物・知的財産権等)

- 3D画像表示データベース構築用ソフトウェア (Koke3D ver. 11 (仮称), 特許申請を知財担当, 開発担当企業と協議中)
- BDBS (BDBS, BioDataBaseShowcase) ライフサイエンス DB に tuiteno 評価付きメタ DB
- 日本語バイオポータル: <http://www.bioportal.jp/>を公開中 (全面改訂作業中)
- Vertical Earth: <http://earth.nii.ac.jp/> を公開中

5. デジタル台風: <http://www.digital-typhoon.org/> を公開中

6. 台風前線: <http://front. eye. tc/> を公開中

## (2) 成果発表等

### <論文発表>

#### [学術論文]

1. Golynsky, A., Blankenship, D., Chiappini, M., Damaske, D., Ferraccioli, F., Finn, C., Golynsky, D., Goncharov, A., Ishihara, T., Ivanov, S., Jokat, W., Kim, H. R., Krogsgaard, M., Masolov, V., Nogi, Y., Sand, M., Studinger, M., von Frese and R. the ADMAP Working Group (2007): New magnetic anomaly map of East Antarctica and surrounding regions. in Proceedings of the 10th ISAES, edited by A. K. Cooper and C. R. Raymond et al., USGS Open-File Report 2007-1047, Short Research Paper 050, 4 p.; doi:10.3133/of2007.srp050

#### [会議録]

1. 北本 朝展, "台風前線: 大規模自然イベントを象徴とする時空間インタラクション", インタラクション 2008, pp. 77-78, 2008年03月

#### [解説・総説]

#### [研究ノート]

#### [その他]

1. 北本 朝展, "書評: 不都合な真実", 人工知能学会誌, Vol. 23, No. 2, pp. 307-308, 2008年03月

### <会議発表等>

#### [招待講演]

1. 北本 朝展, "デジタル台風: 大規模時系列データのマイニングとサーチ", 電子情報通信学会データ工学研究専門委員会 第二種研究会チュートリアル, pp. 21-49, 2007年11月13日
2. 北本 朝展, "今後の科学技術情報の提供へ「デジタル台風」プロジェクトの経験から", 国立国会図書館 公開研修会, 2007年11月15日

#### [一般講演]

1. 小林悟志, 川本祥子, 北本朝展, ムリアディ・ヘンドリー, 荒木次郎, 谷口丈晃, 伊藤武彦, 宮崎智, 藤山秋佐夫: 日本語バイオポータルによる横断的ゲノムビューアの構築 第79回日本遺伝学会年会, 平成19年9月19日, 岡山市

2. 小林悟志, 神田啓史, 藤山秋佐夫: 南極蘚苔類における3D化の研究開発Ⅱ 第30回極域生物シンポジウム, 平成19年11月15日, 国立極地研究所, 東京都
3. 宮崎智, 二階堂貴文, 浅野俊彦: バイオメタデータベースの構築とその利用, The development and its usage of Bio Data-Base Showcase (BDBS) BMB2007 (第30回日本分子生物学会年会・第80回日本生化学会大会 合同大会) 平成19年12月14日, 横浜市
4. 北本 朝展, “地球の「圏」はいくつあるのか? Vertical Earthでの鉛直データ統合の試み”, 極域を含む学際的地球科学推進のためのeGYメタ情報システム構築の検討 第1回, 2007年05月18日
5. 北本 朝展, “デジタル台風: 多様なセンサを用いたリアルアースからデジタルアースへのデジタル化”, 日本地球惑星科学連合2007年大会, No. J254-003, 2007年05月20日
6. 北本 朝展, 野木 義史, “Vertical Earth: 地球科学データの鉛直統合のためのデータベースとインタフェース”, 日本地球惑星科学連合2007年大会, No. J254-P003, 2007年05月20日
7. 北本 朝展, “Vertical Earthにおけるオントロジーの構築と活用に関する検討”, 極域を含む学際的地球科学推進のためのeGYメタ情報システム構築の検討 第2回, 2008年01月10日
8. 野木義史, D. Steinhage, S. Riedel, 北田数也, 白石和行, 渋谷和雄, W. Jokat 日独共同航空地球物理観測から推定される昭和基地周辺の地質構造 第27回極域地学シンポジウム・2007年10月

#### <著書等>

#### <受賞>

1. Vertical Earthの人間圏(anthroposphere)エリアのデータベースという位置づけの「台風前線」は, 平成19年度文化庁メディア芸術祭のアート部門において「審査委員会推薦作品」を受賞し, 2008年2月6日から2月17日まで, 文化庁メディア芸術祭受賞作品展(国立新美術館)にて展示された。

#### (3) その他の成果発表