

ライフサイエンスデータベース統合推進事業(統合化推進プログラム)

研究開発終了報告書

研究開発課題名:

「生命動態情報と細胞・発生画像情報の統合データベース」

研究代表者:

大浪 修一

(理化学研究所 生命システム研究センター 発生動態研究チーム チームリーダー)

研究開発期間:

2015年4月～2018年3月



©2018 大浪 修一(理化学研究所) licensed under CC 表示 4.0 国際

§ 1. 研究開発実施の概要

本研究課題は、1)我が国の生命動態システム科学のデータベースの統合化の発展的な継続、2)我が国の生命動態システム科学のデータベース統合の中長期的な継続を可能にする体制と仕組みの構築、3)我が国の細胞生物学および発生生物学の画像データベースと生命動態システム科学のデータベースの統合、を進めることを目的とした。ここで、我が国の生命動態システム科学のデータベースの統合化は、平成 24-26 年度の統合化推進プログラムの研究課題「生命動態システム科学のデータベースの統合化」において、当研究課題の研究代表者である大浪が進めてきた研究課題である(以下、前課題)。

本研究課題は、大浪が総括する単独の研究グループにより、理化学研究所生命システム研究センター(理研 QBIC)にて実施した。当該研究グループの主要メンバーは2名の研究員と1名のテクニカルスタッフであった。ただし、予算の不足から、この内の1名の研究員は別予算で雇用した。

3年間の研究開発の結果、外部状況の変化にともなう若干の計画変更はあったものの、全体としては計画通りに研究を実施した。得られた成果の概略を以下に示す。

1) 我が国の生命動態システム科学のデータベースの統合化の発展的な継続

我が国の生命動態システム科学の3つの推進策である、理研 QBIC、JST-CREST「生命動態の理解と制御のための基盤技術の創出」、文部科学省生命動態システム科学研究推進拠点事業の全ての研究グループが産出する生命動態の定量データと画像データを統合データベース SSBDB より公開し、生命動態システム科学の最新データの継続的な統合を実施した。また、論文の公開時に論文の原データを公開するデータレポジトリのサービスも開始した。SSBDB で公開している全ての定量データと画像データを RDF/オントロジーで記述し、トリプルストアを NBDC RDF ポータルにて公開するなど、RDF/オントロジーを利用したデータベースの連携を実現した。更に、後述する BD5 フォーマットで記述されたデータの解析ツールを Jupyter notebook の形式で公開するなど、データベースツールおよび解析ソフトウェアの充実を行った。

2) 我が国の生命動態システム科学のデータベース統合の中長期的な継続を可能にする体制と仕組みの構築

生命動態システム科学の3推進策の全 40 研究グループと意見交換するメールを基盤とした連携体制を構築し、推進策の終了後も、研究者コミュニティの意見をデータベース統合化に反映する仕組みを構築した。メタデータ登録などを行う非開発スタッフの登用、Docker を用いたシステムへの変更など、データベース統合の中長期的な継続を可能にする人的・システムの改良を行った。また、前研究課題で開発した生命動態の定量情報を記述する BDML フォーマットの拡張として HDF5 を基盤とした BD5 を開発し、将来のデータの大容量化に備えた。更に、欧州の Euro-BioImaging を中心とした Global BioImaging プロジェクトとに参画し、定量データおよび画像データのデータベースの国際連携の中核メンバーの一員となった。各国へのデータベースの分散と、世界的なデータベース連携を可能にするため、SSBDB のデータベースシステムをオープンソース化した。

3) 我が国の細胞生物学および発生生物学の画像データベースと生命動態システム科学のデータベースの統合

SSBDB を細胞生物学および発生生物学分野の画像データの統合データベースとして拡張した。日本細胞生物学会、日本発生生物学会、新学術領域先端バイオイメージング支援事業、理研多細胞システム形成研究センターと連携し、日本の細胞生物学および発生生物学の画像データを SSBDB から統合して公開するための連携体制を構築した。SSBDB データベースに組み込まれた Omero に接続し画像データを解析する Python プログラムを開発し、Jupyter notebook の形式で公開するなど、SSBDB の画像データに対するアプリケーションの充実化を行った。

§ 2. 研究開発実施体制

1. 研究グループ

(1) 研究代表者グループ

人員構成

氏名	所属機関	役職	研究開発項目	参加時期
大浪 修一	理化学研究所 生命システム研究センター	チームリーダー	総括	2015.4～ 2018.3
遠里 由佳子	理化学研究所 生命システム研究センター(～2017.3)/大阪電気通信大学 情報通信工学部	研究員/准教授	データベースの開発と運用	
京田 耕司	理化学研究所 生命システム研究センター	研究員	データフォーマットの開発、運用	
東 裕介		特別研究員(～2016.3)/研究員(2016.4～)	画像解析技術の開発	
HO KENNETH HUNG LIT		テクニカルスタッフ I	システム開発、運用	
岡田 初美		テクニカルスタッフ II	データ収集	
WANG FANGFANG		テクニカルスタッフ II		2017.10 ～2018.3
邊見 健一		パートタイマー	データ入力、アノテーション	2015.4～ 2015.7
玉井 千香		パートタイマー		2015.4～ 2017.12
中野 康恵		パートタイマー	データ収集の補助	2017.4～ 2018.3
泰地 真弘人		副センター長(～2017.4)/コア長(2017.5～)	研究開発の助言	2015.4～ 2018.3
上田 泰己		コア長	研究開発の助言	
上田 昌宏		グループディレクター		

担当項目

研究開発全般を実行する。これまで進めてきた我が国の生命動態システム科学のデータベースの統合化の発展的に継続し、我が国の生命動態システム科学のデータベース統合の中長期的な継続を可能にする体制と仕組みを構築する。加えて、我が国の細胞生物学および発生生物学の画像データベースと生命動態システム科学のデータベースとの統合を進める。

2. 有識者会議等

(1) 会議概要

名称	プロジェクト・グループ
目的	我が国の生命動態システム科学の研究者コミュニティを代表して本研究課題と連携し、データベース統合化を推進する。
委員数	13人

(2) 委員一覧

氏名	所属機関	役職	備考
上田泰己	東京大学 大学院医学系研究科 /理化学研究所 生命システム研究センター	教授 / コア長	さきがけ細胞構成研究総括/理研 QBiC 代表研究者
上田昌宏	理化学研究所 生命システム研究センター	グループディレクター	理研 QBiC 代表研究者
泰地真弘人	理化学研究所 生命システム研究センター	コア長	理研 QBiC 代表研究者
飯野雄一	東京大学 大学院理学系研究科	教授	CREST 生命動態代表研究者
影山龍一郎	京都大学 ウイルス・再生医科学研究所	教授	CREST 生命動態代表研究者
黒田真也	東京大学 大学院理学系研究科	教授	CREST 生命動態代表研究者
洪 実	慶應義塾大学 医学部	教授	CREST 生命動態代表研究者
近藤 滋	大阪大学 大学院生命機能研究科	教授	CREST 生命動態代表研究者
井原茂男	東京大学 先端科学技術研究センター	教授	推進拠点代表研究者
金子邦彦	東京大学 大学院総合文化研究科	教授	推進拠点代表研究者
楯 真一	広島大学 大学院理学研究科	教授	推進拠点代表研究者
松田道行	京都大学 大学院生命科学研究科	教授	推進拠点代表研究者
大浪修一	理化学研究所 生命システム研究センター	チームリーダー	理研 QBiC 代表研究者 本研究課題研究代表者

(3) 開催歴

年月日	場所	参加人数	主な議題
2015年7月22日	メールによる情報交換	13人	各研究グループの研究の進捗状況の確認とデータベースについて意見交換
2016年3月1日	メールによる情報交換	13人	各研究グループの研究の進捗状況の確認とデータベースについて意見交換
2017年2月13日	メールによる情報交換	13人	各研究グループの研究の進捗状況の確認とデータベースについて意見交換

§ 3. 研究開発の目的、実施内容及び成果

1. 研究開発の背景

生命動態システム科学は、“生命を動的システムとして理解し、操作する”ことを目指す新しい生命科学であり、複雑な生命現象の動態を時空間情報を有する形で定量計測し、数理モデリングをもとに *in silico* (計算機上) と *in vitro* (試験管内) で再構成し、生命現象の予測、制御、設計を可能にすることを目指している。本分野では、様々な摂動条件下の生命現象の動態の時空間情報を有する計測データや、様々なパラメータにおける生命現象の時空間動態のシミュレーション結果のデータ等、従来とは異なる様式の生命科学のデータが解析の主役となる。生命動態システム科学は、数学、物理、情報科学、計算科学等との異分野融合により、生命科学にイノベーションを起こすと期待されている。そのため、当分野のデータを利用性の高い形で公開することは、21 世紀の我が国の科学・技術の発展のために重要である。

生命動態システム科学分野の推進のために、我が国では平成 23 年度から3つの大型の推進策が施行された。先ず平成 23 年度に、理化学研究所に生命システム研究センター (QBiC) が設立され、続いて同年度に、科学技術振興機構 (JST) の CREST の研究領域「生命動態の理解と制御のための基盤技術の創出 (以下 CREST 生命動態)」とさきがけの研究領域「細胞機能の構成的な理解と制御 (以下、さきがけ細胞構成)」が開始された。更に平成 24 年度に、文部科学省生命動態システム科学推進拠点事業 (以下、生命動態推進拠点) が開始された。

我々は平成 24 年度の JST ライフサイエンスデータベース統合推進事業 統合化推進プログラム (以下、JST 統合化推進プログラム) の研究開発課題として、生命動態システム科学のデータベースの統合を行ってきた (以下、前課題)。この前課題で我々は、我が国の生命動態システム科学のデータベースを統合する体制と仕組みの構築と、我が国の当分野のデータベースの統合を行った。データベース統合の体制としては、統合を助言する組織として、当分野の3推進策の中核的な研究者を委員とするプロジェクト・グループを組織した。データベース統合の仕組みとしては、生命現象の動態の時空間定量データのほぼ全てを記述できるデータフォーマット BDML (Biological Dynamics Markup Language) を開発し、時空間定量データとその計測のために使用した画像データを公開する生命動態システム科学の統合データベース SSBD (Systems Science of Biological Dynamics) を構築した。そして、平成 26 年度までに公開された我が国の生命動態システム科学の全てのデータを SSBD より共有した。

生命動態システム科学は将来の生命科学全体の共通基盤になると期待されており、当分野のデータベースの統合の継続と発展は、我が国の生命科学全体の今後の発展を左右する。しかし、平成 26 年度末時点で、当分野のデータベースの統合は始まったばかりであり、統合の中長期的な継続を可能にする体制や仕組みは整備されていなかった。また、大型の推進策の開始から4年が経過し、我が国の生命動態システム科学は成果発表の時期に入っていた。急増するデータの個数と種類、個々のデータの大容量化に対応し、これまでに構築した体制と仕組みを強化し発展させれば、当分野のデータベースの統合の中長期的な継続が可能になると考えられた。

近年、超解像顕微鏡等の最先端のイメージング技術が次々と開発され、これらを利用した最先端の生命現象の画像が続々と発表されている。これらの画像の有効な活用は、我が国の生命科学の今後の発展のために重要である。しかし、これらのイメージング技術の多くは市販されておらず、あるいは、非常に高価であるため、これらの最先端画像の取得が可能なのはごく一部の研究室に限られている。最先端の画像をより多くの研究者が活用するためには、画像データの共有が有効である。

前課題において、生命動態システム科学の統合データベース SSBD では、生命動態の時空間定量データに加えて、その取得に利用した画像データの統合も進めてきた。SSBD の画像データベースの機能を画像統合データベースに拡張し、時空間定量データが取得されていない画像データを SSBD から公開した場合、バイオイメージ・インフォマティクス研究者によりこれらの画像データから生命動態の時空間定量データが計測され、SSBD の時空間定量データが増加する、という正の効果が期待された。

平成 26 年度末時点での生命動態システム科学のデータベースの統合についての世界動向であるが、米国では modEncode プロジェクト、HHMI Janelia Farm Research Campus、Sloan-Kettering Institute など、欧州では EMBL、MPI-CBG 等から先駆的なデータが公開されていた。しかし、まだ個々の研究室やプロジェクトの活動に留まり、分野としてのデータベース統合化の動きは顕在化していなかった。また、細胞生物学や発生生物学の画像の統合についての世界動向として、論文誌 Journal of Cell Biology による画像のデータベース JCB Data Viewer や、American Society for Cell Biology (ASCB) (米国) による The Cell Image Library が構築されているが、生命動態システム科学のデータベースと画像データベースとの統合化の動きは無かった。

我が国のバイオイメーjing分野の研究者の連携を目的に、平成 25 年度に基礎生物学研究所の上野直人教授が中心となり「全国大学等バイオイメーjing連携体制の今後のあり方を考える会」が発足した。本会では、全国のバイオイメーjing施設の連携や画像データの共有等について議論が行われていた。大浪は本会のメンバーであり、特にバイオイメーjing・インフォマティクスと画像データベースについての議論の中心を担っていた。

本研究開発開始後の平成 28 年度に、文部科学省科学研究費助成事業 新学術領域研究(学術研究支援基盤形成) 先端技術基盤支援プログラム「先端バイオイメーjing支援 プラットフォーム」(以下、ABiS)が発足し、「全国大学等バイオイメーjing連携体制の今後のあり方を考える会」は発展的に ABiS の中に取り込まれた。このため、本研究開発開始時点では、当研究課題は「全国大学等バイオイメーjing連携体制の今後のあり方を考える会」との連携の構築を目指す予定であったが、平成 28 年度以降は ABiS との連携の構築を目指すことに計画を変更した。

2. 研究開発対象のデータベース・ツール

(1) データベース

主要なもの

正式名称	略称	概要
SSBD	SSBD	生命動態の定量データとその取得に利用した動画像を再利用が容易なかたちで包括的に共有することを目的に構築したデータベース。単一分子、細胞、細胞核などのスケールにおける様々な手法により取得された様々な生物種のデータを収集している。手法としては実験解析および計算機シミュレーションともに対象としている。定量データは、新規に開発された Biological Dynamics Markup Language (BDML) というデータフォーマットに従って統一的に記述されている。動画像については、 OMERO という世界標準になりつつある生命科学分野の動画像の管理システムを利用して共有される。本データベースに収録されているデータセットは、各ファイルのダウンロードまたは API を通し、各々の利用許諾にもとづいて利用できる。平成 27 年度、定量データの取得に利用されていない動画像データの共有も開始した。
WDDD	WDDD	線虫の初期胚において、野生型と各胚発生必須遺伝子の機能を RNAi で阻害した場合の細胞分裂動態データを、4 次元微分干渉顕微鏡 (DIC) とコンピュータ画像処理を用いて収集したデータベース。

(2) ツール等

正式名称	略称	概要
BDML4DViewer		BDML 形式の時空間定量データを ImageJ 上で可視化するためのプラグイン。
phenochar		BDML 形式の時空間定量データの表現型をオフラインで解析するためのソフトウェアツール。
Java_SSBDApi		SSBD REST API の利用例を示した Java のサンプルコード。
Py_SSBDApi		SSBD REST API の利用例を示した Python のサンプルコード。Jupyter notebook の形式でも配布している。
BDML/BD5		BD5 形式の時空間定量データの解析例を示した Python のサンプルコード。Jupyter notebook の形式で配布している。
BDML2BD5		BDML 形式の時空間定量データを BD5 形式に変換するためのソフトウェアツール。
OpenSSBD on GitHub		BDML 形式の時空間定量データを管理/公開するためのデータベースエンジン。Django アプリケーションとして一式を配布している。
OpenSSBD in a docker container		BDML 形式の時空間定量データを管理/公開するためのデータベースエンジン。仮想環境の一つである Docker のイメージとして配布している。
SSBD-OMERO.insight		SSBD に登録された画像データを ImageJ に直接読み込むためのプラグイン。
SSBD-OMEROapi		SSBD OMERO API の利用例を示した Python のサンプルコード。Jupyter notebook の形式で配布している。

正式名称	略称	概要
omero-web		公開ユーザモードを設定した Omero プラットフォームエンジン。仮想環境の一つである Docker のイメージの構築に必要な Dockerfile 一式を配布している。

※データベース、ツールの詳細は別紙参照。

3. 達成目標及び実施計画

(1) 当初の実実施計画・達成目標

本研究課題は、前課題にてこれまで進めてきた我が国の生命動態システム科学のデータベースの統合化の発展的な継続と、我が国の生命動態システム科学のデータベース統合の中長期的な継続を可能にする体制と仕組みの構築を目標とした。加えて、我が国の細胞生物学および発生生物学の画像データベースと生命動態システム科学のデータベースの統合を進めることを目標とした。具体的には以下の項目の実施を計画した。

1) 我が国の生命動態システム科学のデータベースの統合化の発展的継続

1a) 生命動態システム科学の最新データの継続的な統合

国内外の生命動態システム科学のデータベースの統合を引き続き進める。本研究課題の研究期間中に理研 QBiC や CREST 生命動態、生命動態推進拠点からの成果発表の急増が見込まれることから、各研究室との連絡を密にし、論文発表後速やかにデータを SSBD より公開する。分野を代表するデータを中心に、国外のデータの統合も引き続き行う。毎年度 10 月のデータベースのメジャーアップデート時に、前年度 3 月までに論文発表され公開可能になった全てのデータの公開を目指す。

1b) RDF/オントロジーを利用したデータベース連携の実現

RDF/オントロジーを利用して他の生命科学分野の統合データベースとの連携を推進する。SSBD で共有している BDML ファイルに、メタ情報を RDF/オントロジーを用いて追記し、定量データの結合や横断比較を可能にする。SSBD で共有する生命動態の時空間定量データのメタ情報を RDF/オントロジーを使って RDF トリプルストアで記述し公開する。平成 28 年度前半までに、SSBD で共有されている全ての BDML ファイルのメタ情報の RDF/オントロジーの追記の完了を目指す。

1c) データベースツールおよび解析ソフトウェアの充実

SSBD の機能を強化する。時空間定量データのオンライン可視化ツールの改良や、表現型解析ツールの拡張等を行う。さらに API を充実させる。加えて、BDML ファイルに対応した可視化・解析ツールの改良・開発を行い、これらのツール群の SSBD での共有を推進する。平成 28 年度中に、オンライン可視化ツールの改良と BDML ファイル対応の表現型解析ツールの拡張を、平成 29 年度前半までに BDML ファイル対応の可視化ツールの改良版を SSBD より共有する。

2) 我が国の生命動態システム科学のデータベース統合の中長期的な継続を可能にする体制と仕組みの構築

2a) データベース統合化の中長期的な体制の構築

プロジェクト・グループの委員交代のルール等を整備し、生命動態システム科学のデータベースの統合を推進する持続可能な体制を構築する。平成 29 年度第一四半期までに、新たなルール等の概要を取りまとめる。

2b) 生命動態の定量データを記述するフォーマットの大規模データへの対応と国際連携

今後のデータの大規模化・大容量化に備えて、BDML のバイナリフォーマット (HDF5) への対応を行う。時空間情報を有する遺伝子発現情報などのオミクスデータの公開に備えて、これらのデータの記述に適した Omics BDML の開発を推進する。周辺分野で統一フォーマット

ト開発の国際的な連携を推進しているグループ (combine プロジェクト) と連携を深める。平成 28 年度の前半までに、BDML フォーマットの改良と Omics BDML の開発を完了する。

2c) データベース登録作業等の簡素化・効率化

ユーザからのダウンロード要求に応じて、データベースに格納した情報から所定の形式の定量データを自動生成するシステムを構築し、BDML のバージョンアップ時の作業を簡素化する。加えて、定量データの作成に必要なメタ情報を登録・管理する機能を備えたユーザ認証のプロトタイプシステムを構築する。これらにより、データベース登録作業に関連する人件費の増大を防ぐ。平成 29 年度前半までに、システムの仮運用を開始する。

3) 我が国の細胞生物学および発生生物学の画像データベースと生命動態システム科学のデータベースの統合に向けた取り組み

3a) 細胞生物学および発生生物学の画像データベースとの統合に向けた取り組み

細胞生物学と発生生物学を中心に、生命動態システム科学の3推進策の研究室および「全国大学等バイオイメージング連携体制の今後のあり方を考える会」の構成メンバーの研究室の代表的な動画データ、メタ情報を含むかたちで統合を進める。平成 28 年度の前半までに、生命動態システム科学の 3 推進策の研究室の代表的な動画データの統合を完了する。

3b) 画像処理ソフトなどに対応したアプリケーション・プラグインの開発

国内で使用されている主要な画像処理ソフトウェアに対して、SSBD に登録された画像の利用を促進するアプリケーション・プラグインを開発する。OMERO との連携をさらに深める。平成 29 年度の前半までにアプリケーション・プラグインの SSBD からの共有を行う。

(2) 期間中に追加・削除・変更した実施計画・達成目標

2d) データベースのオープンソース化

データベースの持続可能性について、SSBD の論文 (Tohsato et al., *Bioinformatics*, 2016) の査読者と議論する中で、査読者に強く推奨されたこともあり、データベースのオープンソース化を決定した。オープンソース化により、国内外の研究室・研究所が独自に定量データのデータベースを構築し、データの公開・共有を行うことが可能になる。これによりゲノムデータベースにおける DDBJ, GenBank, EMBL のような関係を構築することにより、データの分散共有を推進することが可能になり、ストレージ・データ処理・ダウンロード負荷を分散させることが可能になる。H28 年度中に、オープンソースの共有を開始する。

4. 実施内容

(1) 実施内容

1) 我が国の生命動態システム科学のデータベースの統合化の発展的継続

1a) 生命動態システム科学の最新データの継続的な統合 (遠里、Wang、逸見、玉井、中野)

我が国の生命動態システム科学の最新データの継続的な統合を実現するためには、当分野の研究者コミュニティとの強い連携が必要である。前課題では、我が国の生命動態システム科学の3推進策 (理研 QBiC、CREST 生命動態、生命動態推進拠点) の中で、理研 QBiC、CREST 生命動態 (1 期)、生命動態推進拠点と連携し、これらの研究グループから毎年度生産される生命動態の時空間データと、その取得に利用した画像データを SSBD より公開してきた。本課題では、これらの研究室との連携を継続するとともに、新たに CREST 生命動態の 2 期および 3 期のすべての研究グループとの連携を構築した。これにより、我が国の生命動態システム科学の3推進策のすべての研究グループから毎年度生産される生命動態の時空間データとその取得に利用した画像データが、SSBD から公開される体制が構築された。その結果、マウスやゼブラフィッシュ、線虫などの 165 BDML ファイルを新しく公開した。ただし CREST 生命動態 3 期の研究室については、2017 年度末にデータの生産の状況を確

認することの合意を得ている状況である。

また、数多くのデータ生産者とデータベース統合化のデータ生産者に対するメリットについて意見交換を行ったところ、データレポジトリに関する要望が極めて高かった。そこで、論文公開時に SSBD を定量データや画像データのレポジトリとしての利用するサービスの提供を開始した(図 1; 2018 年 3 月現在、公開済 3 件、論文著者の準備待ち 3 件)。さらに、SSBD で公開されたデータに恒久的なアクセスを実現するため、NBDC のサポートのもと、DOI (Digital Object Identifier) の登録にむけた活動を開始している。



図 1. データレポジトリの例

1b) RDF/オントロジーを利用したデータベース連携の実現(京田、遠里)

RDF/オントロジーを利用して、他の生命科学分野の統合データベースとの連携を推進した。定量データおよび画像データのメタ情報を RDF 化するにあたり適切なオントロジーを選択または開発し、SSBD で共有しているすべての定量データと画像データに対するメタ情報を、DBCLS と NBDC が設定したガイドラインに従って RDF/オントロジーで記述し、トリプルストアを NBDC RDF ポータルおよび理研メタデータベースにて公開した。これらのデータベースでは、その他のデータベースのメタ情報も含めて SPARQL による検索を行うことが可能であり、メタ情報の有効活用が期待される。さらに SSBD で共有している BDML ファイルに RDF/オントロジーで記述されたメタ情報を追記することにより、定量データの結合や横断比較を可能にした。

1c) データベースツールおよび解析ソフトウェアの充実(京田、Ho)

SSBD の機能を強化した。定量データの可視化においては、可視化に特化した粗視化を行うことにより、ブラウザ上で高速に定量データを可視化できるように改良を行った。AJAX による定量データの非同期読み込みに対応することにより、ダウンロードの途中でも定量データの可視化を可能にした。さらに、定量データのダウンロード状況が視覚的に把握できるプログレスバーを追加し、ユーザビリティを向上させた。

SSBD API のバージョンアップを行い(バージョン 2)、最新の BDML/BD5 フォーマットで記述された情報に対応した。表現型解析ツール Phenochar を拡張し(バージョン 3.0)、オープンソースで SSBD にて公開・共有した。さらに、新しく開発を行った HDF5 を基盤としたフォーマットである BD5 に対応した解析ツールを Python プログラムで開発し、Jupyter notebook の形式で公開した。これにより、解析の再現性を担保し、プログラムの再利用性が向上した。

2) 我が国の生命動態システム科学のデータベース統合の中長期的な継続を可能にする体制と仕組みの構築

2a) データベース統合化の中長期的な体制の構築(大浪、遠里、Ho)

生命動態システム科学の3推進策は開始から7年が経過し、それぞれが変化の時を迎えた。理研 QBiC は平成 30 年度から理研多細胞システム形成研究センター(CDB)等と統合して理研生命機能科学研究センター(BDR)を構築する予定である。生命動態推進拠点は後継プロジェクトが用意されることもなく、平成 28 年度をもって終了した。CREST 生命動態は

平成 29 年度で第 1 期の研究課題が終了し、平成 31 年度までに全ての研究課題が終了する予定である。後継プロジェクトは用意されていない。また、生命動態システム科学を代表する学会のようなコミュニティは存在しない。このような状況の中で、生命動態システム科学のコミュニティの意見を反映しながら当分野のデータベースの統合化を持続的に推進していく方策として、我々は、この生命動態システム科学の3推進策の全ての研究グループとの連携を維持し、意見交換を継続することを決断した。理研 QBic (21 研究グループ)、CREST 生命動態 (15 研究グループ)、生命動態推進拠点 (4 グループ) を合わせると 40 研究グループとなり、一同に会する会議を開催することは非現実的である。そのため、1年に一度、各研究グループとメールで意見交換を行い、必要に応じて面会するという方法が、現実的であると考えた。本研究課題では、研究開発開始当初から、この方法での各研究グループとの意見交換を実践した。

データベースに登録するデータの急増に備え、データやメタ情報の収集する手続きを整備し、それらを専任で担当する人材を新たに 2 名確保した。データベースを運用しているサーバーの OS を長期サポートがある OS に変更した。さらに、定量データを管理する SSBD のデータベースシステムと画像データを管理する OMERO のデータベースシステムをそれぞれ Docker 環境に移行することで、各システムのソフトウェアアップデートを容易に、かつ、サーバーにハードウェア障害が起きた場合への柔軟な対応を可能にし、中長期的にみて円滑な稼働が可能な体制を構築した(図 2)。

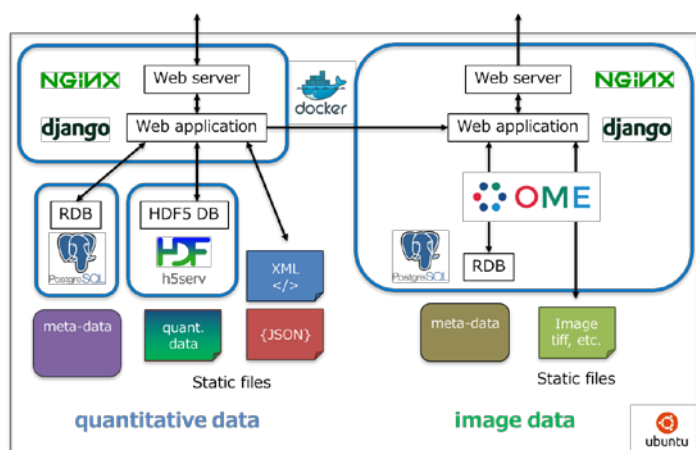


図 2. Docker を活用した持続可能なデータベースシステム

2b) 生命動態の定量データを記述するフォーマットの大規模データへの対応と国際連携 (京田、Ho、大浪)

データの大規模化・大容量化に備えて、BDML の拡張として HDF5 バイナリフォーマットを基盤とした BD5 を開発した。BD5 の開発により、大容量データの高速な読み込みが可能になり、さらにはファイルサイズの圧縮にもつながった。SSBD データベースシステムのデータ基盤として BD5 の使用を開始した。その結果、データの高速なインポートが可能となった。BD 5 開発に伴うメタ情報記述の変更箇所を Omics BDML に適用した。

combine プロジェクトは細胞内の生化学反応の計算機シミュレーション用の数理モデルの記述の標準化を主目的としたプロジェクトであり、4次元の動画データから取得した生命動態の定量データの記述の標準化を目指す我々とは短期目標の共有が難しかった。そこで我々は、イメージング機器や画像データ解析、画像データの管理の標準化を目標とする Global BioImaging プロジェクト(図 3; <http://www.eurobioimaging.eu/global-bioimaging>)や OMERO プロジェクト(<https://www.openmicroscopy.org/omero/>)との連携を開始した。この連携を通して、定量データのフォーマットや画像データのメタ情報の記述の世界標準化を今後進めていく予定である。



図 3. Global BioImaging による国際連携

www.eurobioimaging.eu/global-bioimaging) や OMERO プロジェクト(<https://www.openmicroscopy.org/omero/>)との連携を開始した。この連携を通して、定量データのフォーマットや画像データのメタ情報の記述の世界標準化を今後進めていく予定である。

2c) データベース登録作業等の簡素化・効率化 (Ho, 遠里)

BDML の HDF5 バイナリフォーマット拡張に伴い、SSBD のデータベースシステムおよび REST API を、HDF5 フォーマットを基盤としたものに変更した(バージョン 3.0)。旧システムでは定量データのすべての情報を PostgreSQL で管理していたが、新システムではメタ情報を PostgreSQL で、数値情報を HDF5 ファイルで管理する。このシステム変更により、これまで最低 2 日を要したデータベース登録作業が数時間程度に短縮された。REST API の仕様変更に伴いマニュアルも再整備した。

2d) データベースのオープンソース化 (Ho, 京田)

データベースシステムのオープンソース化を行った。これにより、国内外の研究室・研究所が独自に定量データのデータベースを構築し、データの公開・共有を行うことが可能になった。ゲノムデータベースにおける DDBJ, GenBank, EMBL のような関係を構築することにより、データの分散共有を推進することが可能になり、ストレージ・データ処理・ダウンロード負荷を分散させることが期待される。

3) 我が国の細胞生物学および発生生物学の画像データベースと生命動態システム科学のデータベースの統合に向けた取り組み

3a) 細胞生物学および発生生物学の画像データベースとの統合に向けた取り組み (大浪, 遠里)

日本細胞生物学会、日本発生生物学会、ABiS、理化学研究所多細胞システム形成研究センター(理研 CDB)と、細胞・発生生物学の画像データの公開について議論し、連携体制を構築した。具体的には、日本細胞生物学会の E-mail 版会報において日本細胞生物学会と SSBD との協力体制を発表し、SSBD と日本細胞生物学会の HP 間の相互リンクを実現した(図 4)。日本発生生物学会年会と日本細胞生物学会との共催で開催される日本発生生物学会年会において、ランチョンセミナーの実現も計画している。ABiS は画像データの管理と公開の機能を持たないため、これらの機能を SSBD との連携により獲得することを目指し、調整が進められている。さらに、日本を代表する発生生物学の研究所である理研 CDB とデ

ータ公開の連携を構築した。これにより、理研 CDB の全ての研究グループから毎年度生産される画像データは、SSBD より公開されることとなった。その結果、マウス由来 iPS 細胞を計測した透過電子顕微鏡画像や位相差顕微鏡画像、線虫を計測したスピニングディスク共焦点顕微鏡画像や落射蛍光顕微鏡画像など、計 428 dataset の画像データを新しく公開した。公開したすべての画像に生物種名などのメタ情報を追加し、追加したメタ情報を用いて画像データを検索できるシステムを構築し公開した。



図 4. 細胞生物学会との連携

3b) 画像処理ソフトなどに対応したアプリケーション・プラグインの開発(遠里)

継続的に OMERO Users Meeting に参加し、最新の OMERO を SSBD データベースに効果的に組み込むための情報収集や、要望を送るなどの連絡を実した。SSBD に登録された画像データの利用を促進するため、SSBD データベースに組み込まれた OMERO に接続し画像データを読み込み・解析する Python プログラムを開発し、Jupyter notebook の形式で公開した(図 5)。SSBD に登録された画像を、国内で使用されている主要な画像処理ソフトウェアの1つである Image J で読むためのプラグインを、最新の OMERO に対応する形でバージョンアップした(バージョン 3.0)。そのプラグインと SSBD との連携を改善するため、ログインに必要な ID 情報を自動で管理するよう SSBD のデータベースシステムも改良した。OME-XML の情報をより有効に活用できるようにするために、OME-XML に準拠した RDF/オントロジーの開発も開始した。

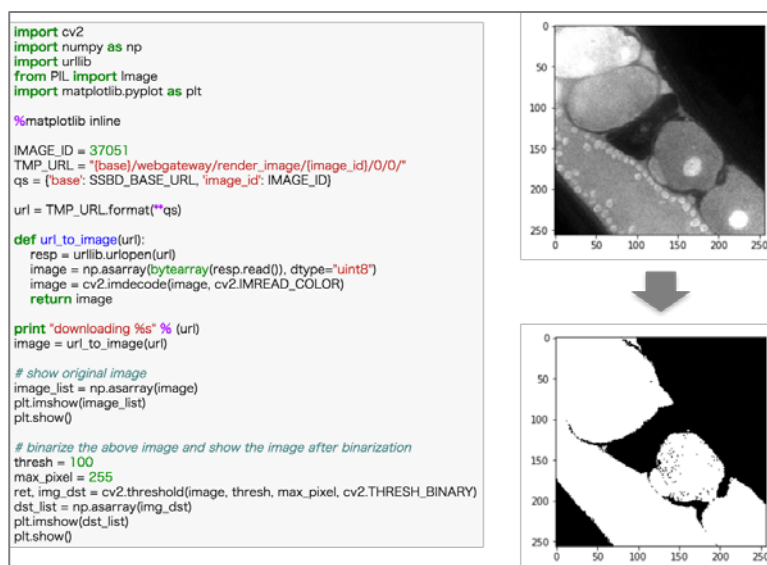


図 5. SSBD 画像 API を用いた解析の例

(2) データベースの利便性に関する利用者ニーズと具体的な対応

数多くのデータ生産者とデータベース統合化のデータ生産者に対するメリットについて意見交換を行ったところ、データレポジトリに関する要望が極めて高かった。そこで、論文公開時に SSBD を定量データや画像データのレポジトリとしての利用するサービスの提供を開始した(2018年3月現在、公開済3件、論文著者の準備待ち3件)。SSBD で公開されたデータへ恒久的なアクセスを実現するため、NBDC の八塚氏のサポートのもと DOI の登録にむけた活動を開始している。

(3) 持続的なデータベース運用体制の構築に向けた取り組み

データ収集に関わる専任の人材の確保と育成、データベースシステムの見直しにより、中長期的なデータベース運用の体制を構築しつつある。具体的には、これまで研究員レベルが兼務していたデータやメタ情報を収集する手続きを整備し、それらを専任で担当する人材(パートタイマー1名、テクニカルスタッフ1名)を確保した。専任の人材を確保したことで、データベースに登録するデータの急増に備えた体制となり、研究コミュニティとの連絡もこれまでよりも円滑化している。さらに、データベースを運用しているサーバーのOSを長期サポートがあるOSに変更し、定量データを管理するSSBDのデータベースシステムと画像データを管理するOMEROのデータベースシステムをそれぞれDocker環境に移行した。この取り組みにより、各データベースシステムのソフトウェアアップデートが容易になり、かつ、サーバーにハードウェア障害が起きた場合への柔軟な対応が可能になった。

(4) 統合化推進プログラムの他のチームやDBCLSとの連携

SSBDに登録されたデータに関するRDFやオントロジーを整備するため、DBCLSの川島氏や統合化推進プログラム「生命と環境のフェノーム統合データベース」の研究代表者であった榎屋氏と、SPARQLthon等で協議した。そして、SSBDで共有しているすべての定量データと画像データに対するメタ情報を、DBCLSとNBDCが設定したガイドラインに従ってRDF/オントロジーで記述し、トリプルストアをNBDC RDFポータルおよび榎屋氏が開発している理研メタデータベースにて公開した(Version SSBD31_20171218 release 20180324: 40,300 triples, 18 class, 33 properties)。

(5) データ産出を行う研究組織や研究室、プロジェクトとの連携

1) データ共有に関する包括的連携

内容 研究グループの全ての発表論文の中から、SSBDデータベースで共有するにふさわしいデータを全てSSBDデータベースで共有する。

連携先

- ・理化学研究所生命システム研究センター (21研究グループ)
- ・JST CREST 生命動態 (15研究グループ)
- ・文科省生命動態システム科学推進拠点 (4研究グループ)
- ・理化学研究所多細胞システム形成研究センター(18研究グループ)

2) データ共有の推進を支援

内容 学会HPからのリンク。年会等での周知活動への協力。会員への紹介等

連携先

- ・日本細胞生物学会
- ・日本発生生物学会
- ・新学術研究領域「先端バイオイメージング支援プラットフォーム」(ABiS)

3) 国際連携

内容 将来的な国際的データ共有を目指した協議の継続

連携先

- ・Global BioImaging
- ・Euro-BioImaging

(6) 人材の育成

1) 研究員(女性)の独立

前課題の時から、研究員としてプロジェクトの中核を担っていた女性の研究員が、当研究課題の期間中に独立ポジションを獲得して他大学に異動した。大浪は、当該研究員の近い将来での独立を可能にするために、彼女が当研究プロジェクトに参加した当初から、画像データベースおよびOMEROのエキスパートという国内で無二の存在になるように指導した。彼女の弛

まない努力の結果、独立ポジションの獲得という結果に恵まれたことを大変嬉しく思っている。また彼女は、異動後も当データベースプロジェクトの重要なメンバーとして貢献を続けており、大学側もこれを強くサポートしている。個々の大学が必ずしも十分な研究環境を提供できない現代の日本の状況において、このような研究スタイルは、理化学研究所という比較的恵まれた研究環境をより多くの科学者が活用する一つのモデルになるのではないかと考えている。

2) メタ情報取得のための外国人テクニカルスタッフの登用

論文からデータベースで共有すべきデータを選別する作業や、データベースで共有するデータにメタ情報を付加する作業は、科学的な知識に裏付けられた判断が必要であるため、これまで研究員が担当していた。しかし、データベースへの共有の候補となる論文や、データベースで共有するデータの量の急増のため、もはや研究員が担当するのは現実的では無くなっていた。そこで、今回、日本の大学院で学位を取得した外国人を、これらの業務を担当するテクニカルスタッフとして雇用することを試みた。当該テクニカルスタッフは英語の読解力が高く、科学的知識も十分有しているので、非常に順調に業務をこなしている。統合データベース開発に必須のメタ情報の付加を担当する人材として、このような外国人テクニカルスタッフの登用が今後は重要になるのではないかと考えている。

(7) その他

特に無し。

§ 4. 主要なデータベースの利活用状況

1. アクセス数

(1) 実績

名称	種別	2014 (平成 26) 年度	2015 (平成 27) 年度	2016 (平成 28) 年度	2017 (平成 29) 年度
SSBD (2013 年 9 月公開)	訪問者数	136	405	321	460
	訪問数	605	1370	710	982
	ページ数	3,262	11,356	9,701	19,992

表 1 研究開発対象の主要なデータベースの利用状況(月間平均)

(2) 分析

SSBD データベースは、2013 年にデータベースを公開した時点では、訪問者数 81、訪問数 136 であったが、2017 年の時点で訪問者数 460、訪問数 982 まで増加した。その間の 2015 年の 2 月から 5 月にかけてアクセス数が急増した原因は不明ではあるが、可能性として BDML の論文が公表されたことが原因の 1 つとして考えられる。2016 年から 2017 年にかけてアクセス数の増加は月間平均を比べると少ないように見えるが、これは、2017 年 2 月に大規模なサーバートラブルが生じアクセス数を著しく減らしたことが原因している。同年 6 月以降にはアクセス数の着実な増加が見られ、今後のさらなる増加が期待できる。

§ 5. 研究開発期間中に得られた科学・技術や産業に対する波及効果

1. データ駆動型生命科学の推進

本研究課題の開発期間中に、大浪を研究代表とする研究課題「データ駆動型解析による多細胞生物の発生メカニズムの解明」が JST CREST「科学的発見・社会的課題解決に向けた各分野のビッグデータ利活用推進のための次世代アプリケーション技術の創出・高度化」に採択された(研究開始:平成 27 年 10 月)。この CREST の研究課題は、NBDC の本研究課題で構築した SSBD のデータと関連技術を最大限活用する研究課題であり、本研究課題による SSBD の整備が無ければ、採択されることの無かった課題である。また、この CREST の研究課題は、基礎生物学の研究データに対するビッグデータ解析を対象とした国内初の大規模グラントである。生命科学の広い領域において、ビッグデータ解析の重要性は指摘されてきたが、これまで、ビッグデータ関連の大規模プロジェクトは医学や農学等の応用分野に限られてきた。NBDC の当研究課題は、基礎生物学を対象としたビッグデータ解析の扉を大きく開く役割を果たしたと言えると感じている。

2. 機械学習/AI 駆動型生命科学のためのデータプラットフォーム構築

近年の深層学習技術の飛躍的な発達により、機械学習や人工知能による社会や科学のしくみの刷新が期待されている。生命科学も例外ではなく、そのために必要な良質なデータベースの整備が期待される。文部科学省は当研究課題で開発が進められている SSBD に注目し、SSBD を発展させる形での、オールジャパンの AI 駆動型生命科学研究のためのデータプラットフォームの構築を目指したプロジェクトを立案し、平成 29 年度の予算獲得を目指した。残念ながら、予算の獲得には至らなかったが、近未来に訪れる AI 駆動型生命科学に向けての良質なデータプラットフォームの必要性の理解は広がった。その結果、理研を含む様々な組織で、データプラットフォーム構築に向けた様々な取り組みが検討されている。本研究課題は、AI 駆動型データプラットフォームの構築に向けた潮流の構築に対して大きな貢献をしたと言える。

3. 機械学習/AI 駆動型生命科学を目指した企業等との連携

上記の通り、理研内でも AI 駆動型データプラットフォームの構築に向けた取り組みが始まっている。これを受けて、理研のデータプラットフォーム、データ解析技術の活用を目指して、既に幾つかの企業やプロジェクトとの連携が始まっている。これらの企業やプロジェクトは、AI 技術やデータが駆動する新時代の日本の産業のパイオニアとしての活躍が期待される。本研究課題は、AI 技術やデータが駆動する新しい産業の育成にも大きな貢献をしたと言える。

4. 画像データベースの国際連携の構築

当研究課題の開発期間中に、当研究課題で開発しているデータベースである SSBD は ABiS と共同して、Global BioImaging プロジェクトの活動に参加することとなった。Global BioImaging は欧州の Euro-BioImaging プロジェクトが中心となり、生命科学分野の画像取得、画像解析、画像管理の技術とリソースの世界規模での共有を目指したプロジェクトである。SSBD は Euro-BioImaging の画像解析と画像管理部門の中核研究者である Jason Swedlow 博士(University of Dundee)が開発している Omero と長期間の連携を続けており、SSBD は Global BioImaging の当該部門においても中核的な役割をはたすことが期待されている。本研究課題は、画像データベースの国際連携においても大きな貢献を行っていると言える。

5. 画像データの日本のレポジトリの構築

データ提供者からの強い要望を受けて、SSBD は既にデータレポジトリのサービス(論文発表時に、論文で使用したオリジナルデータ等を共有するサービス)を開始した。これは、世界的な論文雑誌の殆どが、論文のオリジナルデータの公開を求め始めている事実と、公的資金で産出したデ

ータは公的なデータベースから無料公開するべきであるという原則から、当然の流れである。SSBDはEuro-BioImagingがOMEROと連携して運営するIDRと連携しながら、日本の画像データのデータレポジトリとして持続的に機能することを計画している。しかしながら、今後生産されるデータの量と、それを保管するために必要なストレージの確保を考えると、データレポジトリは、どうて一つのデータベースプロジェクトで収まりきる問題ではない。我々は、画像データのデータレポジトリについて、オールジャパン的な体制を整えるべく、理化学研究所とJST-NBDCの関係者と議論を開始したところである。当研究課題は、日本の生命科学分野のデータレポジトリ問題の解決に向けての取り組みにおいても大きな貢献をしていると言えよう。

§ 6. 今後の展開

1. SSBD の持続的な運営と開発

データベースは持続しなければ意味が無い。本研究課題において、ソフトウェアシステム、人的システムそれぞれにおいて効率化し、持続しやすい環境を整えたが、平成 30 年度以降、資金ゼロでデータベースの運用を維持できるわけではない。そういう意味では、SSBD の運営と開発を維持すること、そのための最低限の資金を確保することが、平成 30 年度の最大の課題と言える。平成 30 年度からの統合化推進プログラムに採択された場合には、これまでとは大きく異なる、より持続可能な運用形態でのデータベースの運用を実行する。

2. データレポジトリ機能の充実

データ生産者からの要望が強かったことから、本研究課題の途中より、SSBD はデータレポジトリとしてのサービスを提供している。しかし、データ生産者の要望に応じて突貫でサービスを開始したため、現在は全て手作業での対応となっており、効率が悪い。今後の SSBD は、データレポジトリとしての利用が高まり、SSBD へのデータ登録も、これまでの論文発表後の登録から、論文発行前のデータレポジトリへの登録を介した登録に移行していく可能性が高い。そのため、データレポジトリへの登録システムの充実が期待される。全てのユーザ、特に日本のユーザにストレス無く、しかしながら、データベースとして必須な事項をもれなく登録できるような、登録システムの開発に取り組む予定である。

3. 国際連携

データベースに登録されたデータは、世界各国の様々なプロジェクトから検索され活用されることが望ましい。このためには、データベースの世界連携が重要である。SSBD は既に、Global BioImaging プロジェクトのメンバーとして、欧州の画像データのレポジトリサービスである IDR および画像データベースシステムとして世界で広いシェアを持つ OMERO との連携を深めている。Global BioImaging は欧州のみならず、米国、オーストラリア、インド、アルゼンチン、南アフリカ、シンガポールなどが参加している。Global BioImaging プロジェクトのメンバーと共同して、オントロジーの整備、メタデータ記述規則の整備、検索システムの開発等を行うことにより、生命動態の定量データ、画像データの世界的な共有を実現したい。

4. データベース活用ツールの開発

1.にも書いた通り、新規データの受け入れを含めた SSBD データベースの運用の持続を容易にするシステムは、本研究課題で整備した。このため、今後当面は、開発スタッフの-effort をデータベースの活用のためのソフトウェア等の整備に投入できる。データベースを活用する様々なソフトウェアを整備し、実験生物学者、情報生物学者、計算生物学者、数理生物学者など、幅広いユーザの SSBD の活用を促したい。

5. データ駆動型/AI 駆動型生命科学の推進

既に、大浪の CREST プロジェクトも始まっているが、SSBD はデータ駆動型生命科学、AI 駆動型生命科学が基盤とするデータベースとして機能する。今後は、データ駆動型生命科学、AI 駆動型生命科学を志す様々な研究者と連携し、共同研究を行うことにより、各研究プロジェクトを推進し、新しい生命科学の創出に貢献したい。

6. データベース/データレポジトリ維持のための資金の獲得

日本の生命科学として今後生産されるデータの量を考えると、データレポジトリの機能を維持す

るために必要なストレージの確保は大きな問題である。公的な資金で生産したデータは、公的なデータベースから無料公開するべきという考えは正しいが、データレポジトリの開発と維持に係る全ての費用の国への負担を求めるのも現実的には難しい状況である。この問題を解決する一つの方法は、データレポジトリからお金を生む仕組みを構築することである。データレポジトリの持続可能な運用、ひいては、生命科学の健全な発展と継続のために、データレポジトリが自己資金を稼げる方法の確立を目指したい。

§ 7. 自己評価

1. 目標の達成状況や実施内容に対する評価

本研究課題では以下の項目の実施を計画した(2d)は途中で追加)。

- 1) 我が国の生命動態システム科学のデータベースの統合化の発展的継続
 - 1a) 生命動態システム科学の最新データの継続的な統合
 - 1b) RDF/オントロジーを利用したデータベース連携の実現
 - 1c) データベースツールおよび解析ソフトウェアの充実
- 2) 我が国の生命動態システム科学のデータベース統合の中長期的な継続を可能にする体制と仕組みの構築
 - 2a) データベース統合化の中長期的な体制の構築
 - 2b) 生命動態の定量データを記述するフォーマットの大規模データへの対応と国際連携
 - 2c) データベース登録作業等の簡素化・効率化
 - 2d) データベースのオープンソース化
- 3) 我が国の細胞生物学および発生生物学の画像データベースと生命動態システム科学のデータベースの統合に向けた取り組み
 - 3a) 細胞生物学および発生生物学の画像データベースとの統合に向けた取り組み
 - 3b) 画像処理ソフトなどに対応したアプリケーション・プラグインの開発

全体としてみると、状況の変化や、戦略の変更により、計画書に記載した内容と異なる成果物を産出した部分も一部あったものの、全体としては計画通り研究開発を遂行し、当初の目標は達成したと考えている。

当初の計画および当初の予想を超えて、研究開発が進んだ項目としては 2b)と 3a)が挙げられる。2b)は、特に国際連携の部分で当初の計画よりも大きく展開した。この国際連携に関する進展は、2010年より続く Jason Swedlow 博士 (University of Dundee) と大浪の個人的交流や、2011年以来の上野直人博士 (基生研) と大浪の協力関係、2005年以来の基礎生物学研究所と EMBL との連携、そしてもちろん、前研究課題からの成果である SSBDB の先端性など、様々な要因が合わさった重要な成果であったと思う。普段の地道な一つ一つの活動が大きく実を結ぶものなのだと思改めて実感した。この研究課題の中で生まれたこの貴重なプロジェクトを、今後も大事に育てていきたいと考えている。3a)については、研究開発の予算が限られていたことから、当初は、画像データベースの開発はフィージビリティスタディ程度に留める予定であった。しかし、いったん開始すると、反響は大きく、既に SSBDB の元々の対象である定量データの量を画像データが上回る勢いである。画像データの産出量の多さ、そして、それらのニーズの高さを思い知った3年間であった。

2a)、2c)は地味な項目であるが、データベースの持続性の高めるためには必須な項目であり、ある意味、今回の研究課題の中で最も重要な項目であった。そのため、当初の計画には強く拘らず、目的を達成するための最善の方法を模索し、実現するように努めた。結果として、目的を達成する最も合理的かつ現実的なソリューションを出せたと考えている。

1a)も地味な項目であるが、データを集めることはデータベースにとって本質である。本研究課題では、計画通り、生命動態システム科学に関与する主要な研究者の全ての発表論文を精査し、その中に含まれる生命動態の定量データとその元となる画像データの全てを SSBDB より共有することに成功した。データベースとして着実な成長が行われた。

1b)、2d)については、それぞれ、現在のオープンサイエンスの考え方に沿って、また、NBDC のガイドラインにも従って、必要な開発を実行した。私自身もオープンサイエンスの推奨者であるため、正しい開発が行われたものと信じている。しかしながら、この開発が効果を発揮するのは、これらが有効に活用されてからであり、それは、世界中の潜在的ユーザの活動に委ねられている。我々の活動が、期待通りの実を結ぶことを望む。

1c)と3b)のツールやアプリケーションの開発は、時流に合わせて Jupyter Notebook での公開

に変更するなどの、変更は行ったものの、当初の計画通りの開発が行われた。しかし、そもそもの目的である、データベースが広く活用されるためのツールやアプリケーションの整備が、これで十分に達成されたとは思っていない。前研究課題での3年間は、データベースの立ち上げに、本研究課題の3年間は、データベースを持続するためのシステムの開発に、開発スタッフのエフォートの大部分を割いてきた。そのため、ツールやアプリケーションの開発は必要最低限なものに止めざるをえなかった。本研究課題の 2a)、2c)により、データベースを持続するための開発がひと段落したので、今後は、ツールやアプリケーションの開発に開発スタッフのエフォートをより多く割くことができる。ツールやアプリケーションの開発については、今後の開発の進展に期待したい。

2. 本プログラムの趣旨に対して、本研究課題がどのように貢献したか

以下の観点より、本研究課題は、本プログラムの趣旨に大きく貢献したものと考ええる。

- 国内外に散財しているライフサイエンス分野のデータやデータベースについて、それらの共有を強力に促進し、公共財として誰もが自由に活用できるようにする(データの共有、統合を通して、我が国のライフサイエンス研究の成果をあまねく行き渡るようにする)

生命動態の定量データ、そして、細胞生物学、発生生物学の画像データを日々生産する研究者一人一人に、直接声をかけて、彼らが産出するデータを集め、これらのデータを SSBD から、誰もが自由に活用できる公共財として共有した。

- 生物種や個々の目的やプロジェクトを超えて幅広い統合化を実現することにより、データをより多くの分野の研究者、開発者、技術者に簡便に利活用できるようにして、データの価値を最大化する(十分に活用できる環境を構築することにより、ライフ分野におけるイノベーションを促す)

大腸菌から、線虫、ショウジョウバエ、マウス、ヒトに至る様々な生物種、理研のセンター、JST-CREST、文科省の拠点等の様々なプロジェクト、個々の研究者の様々な研究目的を超えて、幅広いデータを SSBD に共有し、統合フォーマットや様々なソフトウェアの開発により、研究者、開発者、技術者に SSBD のデータを簡便に利活用するための環境を整えた。CREST ビッグデータ応用領域の研究課題等で、ライフ分野におけるイノベーションが始まっている。

研究開発を進めた上での感想としては、特に生命動態の定量データ、画像データは、他の生命科学のデータと比べて、デザイナーなどの非科学者や、小中高の教育現場での活用ニーズが高いのではないかと感じた。(資生堂 LINK OF LIFE でのデザイナーとの共同作業、高校教員との実習講座での経験を通じて) 当研究課題は、本プログラムの可能性を広げることにも貢献できたと評価している。

§ 8. 外部発表等

1. 原著論文発表

(1) 論文数概要

種別	国内外	件数
発行済論文	国内(和文)	0 件
	国際(欧文)	7 件
未発行論文 (accepted, in press 等)	国内(和文)	0 件
	国際(欧文)	0 件

(2) 論文詳細情報

1. Chamidu Atupelage, Koji Kyoda, Shuichi Onami and Hiroshi Nagahashi, "Cytoplasmic motion visualization and analysis of *C. elegans* embryo", Proceedings of the International Conference on Biology and Biomedical Engineering, pp.27-32, 2015.
2. Xian-Hua Han, Yukako Tohsato, Koji Kyoda, Shuichi Onami, Ikuko Nishikawa and Yen-Wei Chen, "Nuclear detection in 4D microscope images using enhanced probability map of top-ranked intensity-ordered descriptors", Proceeding of the 3rd Asian Conference on Pattern Recognition, pp.554-558, 2015.
3. Jun Takayama and Shuichi Onami, "The sperm TRP-3 channel mediates the onset of a Ca²⁺ wave in the fertilized *C. elegans* oocyte", Cell Reports, vol. 15, No. 3, pp.625-637, 2016. (DOI: 10.1016/j.celrep.2016.03.040).
4. Yukako Tohsato, Kenneth H. L. Ho, Koji Kyoda, and Shuichi Onami, "SSBD: a database of quantitative data of spatiotemporal dynamics of biological phenomena", Bioinformatics, vol. 32, No. 22, pp.3471-3479, 2016 (DOI: 10.1093/bioinformatics/btw417).
5. Xian-Hua Han, Yukako Tohsato, Koji Kyoda, Shuichi Onami, Ikuko Nishikawa, and Yen-Wei Chen "Nuclear detection in 4D microscope images of a developing embryo using an enhanced probability map of top-ranked intensity-ordered descriptors", IPSJ Transactions on Computer Vision and Applications, vol. 8, 8, 2016 (DOI: 10.1186/s41074-016-0010-3).
6. Sihai Yang, Xianhua Han, Yukako Tohsato, Koji Kyoda, Shuichi Onami, Ikuko Nishikawa, and Yenwei Chen, "Phenotype analysis method for identification of gene functions involved in asymmetric division of *Caenorhabditis elegans*", Journal of Computational Biology, vol. 24, No. 5, pp.436-446, 2017 (DOI: 10.1089/cmb.2016.0210).
7. Jun Takayama, Masashi Fujita and Shuichi Onami, "In vivo live imaging of calcium waves and other cellular processes during fertilization in *Caenorhabditis elegans*" Bio-protocol, vol. 7, Iss. 7, e2205, 2017 (DOI: 10.21769/BioProtoc.2205).

2. その他の著作物（総説、書籍など）

該当なし

3. 国際学会発表及び主要な国内学会発表

(1) 概要

種別	国内外	件数
招待講演	国内	15 件
	国際	11 件

種別	国内外	件数
口頭発表	国内	12 件
	国際	10 件
ポスター発表	国内	38 件
	国際	31 件

(2) 招待講演

(国内)

1. 大浪修一、生命動態のオープンデータとその活用例、Code for Kosen 勉強会#3、明石、2015 年 5 月 2 日
2. 大浪修一、バイオイメージ・インフォマティクスが切り開く生命科学の未来、第1回理研・産総研共同シンポジウム、東京、2015 年 6 月 29 日
3. 大浪修一、生命動態情報と細胞・発生画像情報の統合、トーゴの日シンポジウム 2015、東京、2015 年 10 月 5-6 日
4. 大浪修一、生命科学のオープンデータとその可視化の可能性、SIGGRAPH Asia 2015、神戸、2015 年 11 月 2-5 日
5. 大浪修一、データ駆動型解析による多細胞生物の発生メカニズムの解明、京都大学学術情報メディアセンターセミナー「ビッグデータと生命科学」、京都、2015 年 12 月 2 日
6. 大浪修一、線虫 *C. elegans* の受精カルシウム波と受精、第 109 回日本繁殖生物学会大会、相模原、2016 年 9 月 11 日-14 日
7. 遠里由佳子、京田耕司、ホー ケネス、大浪修一、BDML/SSBD: 生命動態情報と画像情報の統合データベースの開発、第 5 回生命医薬情報学連合大会「バイオイメージインフォマティクス:大規模生命画像データの情報解析に基づく生物学」BoF セッション、東京、2016 年 09 月 29 日-10 月 1 日
8. 大浪修一、データ駆動型解析による生命科学の革新と可視化の貢献、公開シンポジウム「人工知能と可視化」、日本学術会議、東京、2016 年 11 月 30 日
9. 大浪修一、バイオイメージ・インフォマティクスが可能にするデータ駆動バイオロジー、BK バイオインフォマティクス研究会、滋賀県草津市、2017 年 2 月 1 日
10. 大浪修一、4D 細胞計測のその先にあるもの:知識抽出、データ共有、そして、理研公開シンポジウム「観る・測る・解く」4次元細胞計測の現状と未来、和光、2017 年 6 月 28 日
11. 大浪修一、画像データが可能にする生命科学の新たな展開、理研シンポジウム 超微細画像データを活用した健康科学の新時代、神戸、2017 年 9 月 29 日
12. 大浪修一、生命動態情報と細胞・発生画像情報の統合データベースの現状と今後の展開、トーゴの日シンポジウム 2017 バイオデータベース「作る」から「使う」へ、東京、2017 年 10 月 4 日-5 日
13. 大浪修一、生命動態情報と細胞・発生画像情報の統合データベース、CREST「生命動態の理解と制御のための基盤技術の創出」研究領域 第 6 回領域会議、沖縄県国頭郡恩納村、2017 年 11 月 27 日-28 日
14. 大浪修一、SSBD (Systems Science of Biological Dynamics)、2017 年度生命科学系学会合同年次大会 (ConBio2017) フォーラム 生命科学のデータベース活用法、神戸、2017 年 12 月 6 日-9 日
15. 大浪修一、4D 細胞計測データの活用とデータプラットフォーム、平成 29 年度 4D 細胞計測全体会議、神戸、2018 年 2 月 1 日-2 日

〈国際〉

1. Shuichi Onami, Data-driven modeling of embryogenesis, QBiC Symposium 2015: High-Dimensional Data for the Design Principles of Life, Suita, Japan, Aug 24-26, 2015
2. Shuichi Onami, Data-driven analysis of the mechanism of animal development. CREST International Symposium on Big Data Application, Tokyo, Japan, Mar 4-5, 2016
3. Shuichi Onami, Causality network of biological data, The 9th IEEE Pacific Visualization Symposium (PacificVis 2016), Taipei, Taiwan, Apr 19-22, 2016
4. Shuichi Onami, Data-driven analysis of the mechanism of animal development. CREST Symposium on Big Data Application, Tokyo, Japan, Aug 5, 2016.
5. Shuichi Onami, Data-driven modeling of *C. elegans* embryogenesis. CREST International Symposium on Big Data Application, Tokyo, Japan, Jan 11-12, 2017.
6. Shuichi Onami, Data-driven modeling of embryogenesis enabled by bioimage informatics. 50th Annual Meeting of the Japanese Society of Developmental Biologists, Tokyo, May 10-13, 2017.
7. Shuichi Onami, Systems science of biological dynamics database. 12th Annual OME Users Meeting, Dundee, UK, May 31- Jun 1, 2017.
8. Shuichi Onami, SSBD: a database for biological dynamics and microscopy images. Global BioImaging Exchange of Experience II, Bangalore, India, Sep 15-16, 2017.
9. Shuichi Onami, Bioimage informatics enables data-driven cell biology. ConBio2017 (Consortium of Biological Sciences 2017), Kobe, Dec 6-9, 2017.
10. Shuichi Onami, Data visualization to accelerate big data analysis in biology. CREST International Symposium of Big Data Application, Tokyo, Jan 16-17, 2018.
11. Shuichi Onami, Image data-driven modeling of animal development. The 3rd Hiroshima International Symposium on Future Science "Frontiers in bioimaging based life science", Higashi-Hiroshima, Japan, Mar 21-22, 2018.

(3) 口頭講演

〈国内〉

1. 遠里由佳子、京田耕司、ホー ケネス、大浪修一、生命動態情報と細胞・発生画像情報のデータベースの構築、バイオイメージ・インフォマティクスワークショップ 2015、福岡、2015年6月18-19日
2. 東裕介、大浪修一、線虫 *C. elegans* の胚発生における細胞動態の個体差の定量解析、バイオイメージ・インフォマティクスワークショップ 2015、福岡、2015年6月18-19日
3. 東裕介、大浪修一、線虫 *C. elegans* の胚発生における細胞動態の個体差の定量解析、BMB2015(第38回日本分子生物学会年会、第88回日本生化学会年会 合同大会)、神戸、2015年12月1-4日
4. 高山順、大浪修一、線虫 *C. elegans* において精子 TRP-3 チャンネルが受精卵内にカルシウム波を誘導する、BMB2015(第38回日本分子生物学会年会、第88回日本生化学会年会 合同大会)、神戸、2015年12月1-4日
5. 遠里由佳子、岡田初美、高山順、京田耕司、大浪修一、線虫 *C. elegans* RNAi 胚の核分裂動態の時空間定量計測と計算表現型解析、BMB2015(第38回日本分子生物学会年会、第88回日本生化学会年会 合同大会)、神戸、2015年12月01-04日
6. 遠里由佳子、線虫 RNAi 胚の核分裂動態の時空間定量計測と確率モデルの構築、「ベイズ推定の細胞・発生生物学への応用」の研究会、三島、2015年12月21-22日
7. 京田耕司、遠里由佳子、ホー ケネス、大浪修一、SSBD: 生命動態情報と細胞・発生画像情報の統合データベース、第68回日本細胞生物学会大会(日本ケミカルバイオロジー学会第11回年会合同大会)、京都、2016年6月15-17日

8. 勝間秀人、高山順、遠里由佳子、京田耕司、大浪修一、生命科学研究用の特化型シミュレーターの開発および特化型シミュレーター群の構築、第68回日本細胞生物学会大会(日本ケミカルバイオロジー学会第11回年会合同大会)、京都、2016年6月15-17日
9. 遠里由佳子、岡田初美、高山順、京田耕司、大浪修一、公共データベースの顕微鏡画像を用いた核分裂動態の定量計測とデータ駆動型解析、バイオイメージ・インフォマティクスワークショップ2016、吹田、2016年6月22-23日
10. 京田耕司、遠里由佳子、ホー ケネス、大浪修一、SSBD: 生命動態情報と細胞・発生画像情報の統合データベース、バイオイメージ・インフォマティクス ワークショップ 2016、吹田、2016年6月22-23日
11. 高山順、大浪修一、線虫 *C. elegans* において精子 TRP-3 チャンネルが受精卵のカルシウム波を引き起こす、日本発生生物学会 秋季シンポジウム 2016、三島、2016年10月19-21日
12. 東裕介、大浪修一、線虫 *C. elegans* の胚発生における細胞動態の定量解析、日本発生生物学会秋季シンポジウム 2016、三島、2016年10月19-21日

〈国際〉

1. Yukako Tohsato, Kenneth Ho, Koji Kyoda and Shuichi Onami, SSBD: an integrated database of quantitative data and microscopy images of biological dynamics. 10th Annual OME Users Meeting, Paris, Jun 2-3, 2015
2. Yusuke Azuma and Shuichi Onami, Quantitative analysis for individual variations in *C. elegans* embryogenesis by an image integration method, 48th Annual Meeting of the Japanese Society of Developmental Biologists, Tsukuba, Japan, Jun 2-5, 2015
3. Xian-Hua Han, Yukako Tohsato, Koji Kyoda, Shuichi Onami, Ikuko Nishikawa and Yen-Wei Chen, Nuclear detection in 4D microscope images using enhanced probability map of top-ranked intensity-ordered descriptors, 3rd Asian Conference on Pattern Recognition (ACPR2015), Kuala Lumpur, Malaysia, Nov 3-6, 2015
4. Jun Takayama and Shuichi Onami, Sperm TRP-3 channel mediates the timely onset of the fertilization calcium wave in the nematode *C. elegans*, 2015 American Society for Cell Biology Annual Meeting, San Diego, Dec 12-16, 2015
5. Ho K.H.L., Tohsato Y., Kyoda K., Onami S.: SSBD: a database for reusing and sharing of quantitative data and microscopy images of biological dynamics. 7th Asia-Pacific *C. elegans* Meeting, Beijing, China, Jun 25-29, 2016
6. Tohsato, Y., Okada, H., Takayama, J., Kyoda, K., Onami, S.: Developing quantitative resource for computational analysis from images of *C. elegans* embryogenesis in a public database Phenobank. The Allied Genetics Conference (TAGC) 2016, Orland, USA, Jul 13-17, 2016.
7. Takayama, J., Onami, S.: The sperm TRP family channel TRP-3 induces a calcium wave in the fertilized oocyte of *C. elegans*. The Allied Genetics Conference 2016, Orlando, USA, Jul 13-17, 2016
8. Kyoda, K., Tohsato, Y., Ho, K.H.L., Onami, S: SSBD: a database for sharing quantitative data and microscopy images of biological dynamics. Bioimage Informatics Conference 2016, Singapore, Singapore, Oct 10-12, 2016
9. Takayama, J., Okada, H., Onami, S.: The sperm-derived TRP family channel TRP-3 induces a calcium rise in the fertilized oocyte in *C. elegans*. ASCB Annual Meeting 2016, San Francisco, USA, Dec 3-7, 2016.
10. Atupelage, C., Kyoda, K., Onami, S.: Deep learning-based nuclear and cytoplasmic region segmentation for 4D DIC microscopy images of *C. elegans* embryos. Bioimage Informatics 2017, Banff, September 19-21, 2017.

(4) ポスター発表

(国内)

1. 遠里由佳子, 京田耕司, ホーケネス, 大浪修一: 生命動態情報と細胞・発生画像情報のデータベースの構築. バイオイメージ・インフォマティクスワークショップ 2015, 福岡, 2015年6月18-19日.
2. 東裕介, 大浪修一: 線虫 *C. elegans* の胚発生における細胞動態の個体差の定量解析. バイオイメージ・インフォマティクスワークショップ 2015, 福岡, 2015年6月18-19日.
3. 東裕介, 大浪修一: バイオイメージ・インフォマティクスによる発生画像の自動解析. 第1回理化学研究所・産業技術総合研究所共同シンポジウム, 東京, 2015年6月29日.
4. 京田耕司, 岡田初美, 大浪修一: 体系的RNAiによる線虫初期胚における細胞分裂動態の定量計測と計算解析. 第1回理化学研究所・産業技術総合研究所共同シンポジウム, 東京, 2015年6月29日.
5. 藤田征志, 大浪修一: Computer simulation of the periodic dynamics of actomyosin foci in *C. elegans* embryos. 第53回日本生物物理学会年会. 金沢, 2015年9月13-15日.
6. 遠里由佳子, ホーケネス, 京田耕司, 大浪修一: SSBD: 生命動態情報と細胞・発生画像情報の統合データベース. トーゴーの日シンポジウム 2015, 東京, 2015年10月5-6日.
7. 京田耕司, 遠里由佳子, ホーケネス, 大浪修一: BDML: 生命現象の時空間動態に対する定量データを記述する言語. トーゴーの日シンポジウム 2015, 東京, 2015年10月5-6日.
8. 東裕介, 大浪修一: Quantitative analysis for individual variations in digitized *C. elegans* embryos. 生命医薬情報学連合大会 2015年大会. 京都, 2015年10月29-31日.
9. 佐藤麻子, 辻井綾香, Yalikul Yaxiaer, 森口裕之, 人羅久子, 大浪修一, 田中陽: 線虫胚捕獲・観察用人工卵殻の開発: 化学とマイクロ・ナノシステム学会第32回研究会, 北九州, 2015年11月26-27日.
10. 森明弘, 大浪修一: 胚発生後に摂取する餌の次世代の胚発生への影響: 線虫 *C. elegans* を用いた解析. BMB2015 (第38回日本分子生物学会年会・第88回日本生化学会大会 合同大会). 神戸, 2015年12月1-4日.
11. 東裕介, 大浪修一: 線虫 *C. elegans* の胚発生における細胞動態の個体差の定量解析. BMB2015 (第38回日本分子生物学会年会・第88回日本生化学会大会 合同大会). 神戸, 2015年12月1-4日.
12. 高山順, 大浪修一: 線虫 *C. elegans* において精子 TRP-3 チャンネルが受精卵内にカルシウム波を誘導する. BMB2015 (第38回日本分子生物学会年会 第88回日本生化学会大会 合同大会), 神戸, 2015年12月1-4日.
13. 遠里由佳子, 岡田初美, 高山順, 京田耕司, 大浪修一: 線虫 *C. elegans* RNAi 胚の核分裂動態の時空間定量計測と計算表現型解析. BMB2015 (第38回日本分子生物学会年会・第88回日本生化学会大会 合同大会), 神戸, 2015年12月1-4日.
14. 京田耕司, 遠里由佳子, ホーケネス, 大浪修一: 生命動態情報と細胞・発生画像情報の統合データベース SSBD. BMB2015 (第38回日本分子生物学会年会・第88回日本生化学会大会 合同大会). 神戸, 2015年12月1-4日.
15. ホーケネス, 遠里由佳子, 京田耕司, 大浪修一: SSBD/BDML: 生命動態情報と細胞・発生画像情報の統合データベース. 第2回理研産総研共同シンポジウム, つくば, 2016年2月2日.
16. 東裕介, 大浪修一: 線虫 *C. elegans* の胚発生における細胞動態の個体差の定量解

- 析. 第 2 回理研産総研共同シンポジウム, つくば, 2016 年 2 月 2 日.
17. 遠里由佳子, 岡田初美, 高山順, 京田耕司, 大浪修一: 線虫 *C. elegans* RNAi 胚の核分裂動態の定量計測と表現型解析. 第 2 回理研産総研共同シンポジウム, つくば, 2016 年 2 月 2 日.
 18. 京田耕司, 岡田初美, 大浪修一: 線虫 *C. elegans* 初期胚の細胞分裂動態の定量計測と計算解析. 第 2 回理研・産総研共同シンポジウム, つくば, 2016 年 2 月 2 日.
 19. 遠里由佳子, 岡田初美, 高山順, 京田耕司, 大浪修一, 公共データベースの顕微鏡画像を用いた核分裂動態の定量計測とデータ駆動型解析, バイオイメージ・インフォマティクスワークショップ 2016, 吹田, 2016 年 6 月 22-23 日.
 20. 京田耕司, 遠里由佳子, ホー ケネス, 大浪修一, SSBD: 生命動態情報と細胞・発生画像情報の統合データベース, バイオイメージ・インフォマティクス ワークショップ 2016, 吹田, 2016 年 6 月 22- 23 日
 21. 遠里由佳子, ホーケネス, 京田耕司, 大浪修一, SSBD: 細胞・発生画像情報と定量情報の統合データベース, MIRU2016 第 19 回画像の認識・理解シンポジウム, 静岡, 2016 年 8 月 1-4 日
 22. ホーケネス, 遠里由佳子, 京田耕司, 大浪修一, SSBD: 生命動態情報と細胞・発生画像情報を活用するソフトウェアの開発とその進展, トーゴの日シンポジウム 2016, 東京, 2016 年 10 月 5 日-6 日
 23. 遠里由佳子, ホーケネス, 京田耕司, 大浪修一, SSBD: 生命動態情報と細胞・発生画像情報の統合データベース開発の進展, トーゴの日シンポジウム 2016, 東京, 2016 年 10 月 5 日-6 日
 24. 京田耕司, 遠里由佳子, ホー・ケネス, 大浪修一, BDML: 生命現象の時空間動態に対する定量データを記述する言語, トーゴの日シンポジウム 2016, 東京, 2016 年 10 月 5-6 日
 25. 高山順, 大浪修一, 線虫 *C. elegans* において精子 TRP-3 チャネルが受精卵のカルシウム波を引き起こす, 日本発生物学会 秋季シンポジウム 2016, 三島, 2016 年 10 月 19-21 日
 26. 高山順, 大浪修一, *C. elegans* の受精における二相性カルシウム波の分子基盤, 第 54 回日本生物物理学会年会, つくば, 2016 年 11 月 25-27 日
 27. 勝間秀人, 高山順, 遠里由佳子, 京田耕司, 大浪修一, 生物科学研究用の特化型シミュレータ群の具現化, 第 54 回日本生物物理学会年会, 筑波, 2016 年 11 月 25-27 日
 28. 高山順, 大浪修一, 線虫の精子 TRP-3 チャネルは「受精のタイムキーパー」である, 第 39 回日本分子生物学会年会, 横浜, 2016 年 11 月 30 日-12 月 2 日
 29. 東裕介, 大浪修一, 画像処理による線虫 *C. elegans* 胚発生の定量解析. 理研公開シンポジウム 4 次元細胞計測の現状と未来, 和光, 2017 年 6 月 28 日
 30. 京田耕司, 岡田初美, 大浪修一, Quantitative measurement and computational analysis of cell division dynamics of early *C. elegans* embryos. 理研公開シンポジウム 4 次元細胞計測の現状と未来, 和光, 2017 年 6 月 28 日
 31. ホー ケネス, 遠里由佳子, 京田耕司, 大浪修一, SSBD:細胞・発生画像情報と定量情報の統合データベース, 理研公開シンポジウム 4 次元細胞計測の現状と未来, 和光, 2017 年 6 月 28 日
 32. 東裕介, 大浪修一, Quantitative analysis of variability of cellular dynamics in *C. elegans* embryogenesis, 第 55 回日本生物物理学会年会, 熊本, 2017 年 9 月 19-21 日
 33. ホーケネス, 京田耕司, 遠里由佳子, 大浪修一, SSBD: 生命現象の時空間動態に対する定量データと画像データの統合データベース, トーゴの日シンポジウム 2017, 東京, 2017 年 10 月 4-5 日

34. 京田耕司、遠里由佳子、ホー・ケネス、大浪修一、BDML/BD5:生命現象の時空間動態に対する定量データの統合フォーマット、トーゴの日シンポジウム 201、東京、2017年10月4-5日
35. 遠里由佳子、ホーケネス、京田耕司、大浪修一、SSBD:国内連携、国際連携およびデータリポジトリ、トーゴの日シンポジウム 201、東京、2017年10月4-5日
36. Tohsato, Y., Kyoda, K., Ho, K., Onami, S.: SSBD: an open database for sharing quantitative data and microscopy images of biological dynamics. CREST「生命動態の理解と制御のための基盤技術の創出」領域会議、沖縄県国頭郡恩納村、2017年11月27日-28日
37. 東裕介、大浪修一、線虫 *C. elegans* の胚発生における細胞形状の定量解析、2017年度生命科学系学会合同年次大会、神戸、2017年12月6日
38. 京田耕司、岡田初美、大浪修一、生命動態データとオミクス計測データの統合による多細胞生物の発生メカニズムの解、第1回AIP若手研究者交流会、東京、2017年12月19日

〈国際〉

1. Tohsato, Y., Ho, K.H.L., Kyoda, K., Onami, S.: SSBD: an integrated database of quantitative data and microscopy images of biological dynamics. 10th Annual OME Users Meeting, Paris, France, Jun 2-3, 2015.
2. Atupelage, C., Kyoda, K., Onami, S., Nagahashi, H.: Motion-based visualization of cytoplasmic streaming. 20th International *C. elegans* Meeting, Los Angeles, USA, Jun 24-28, 2015.
3. Tajima, T., Takayama, J., Onami, S., L'Hernault, S. W., Nishimura, H.: spe-45 is essentially required during gamete fusion like mouse Izumo1. 20th International *C. elegans* Meeting, Los Angeles, USA, Jun 24-28, 2015.
4. Takayama, J., Onami, S.: A sperm-derived ion channel TRP-3 induces a Ca²⁺ wave in the fertilized *C. elegans* oocyte. 20th International *C. elegans* Meeting, Los Angeles, USA, Jun 24-28, 2015.
5. Tohsato, Y., Okada, H., Kyoda, K., Onami, S.: Resource for computational phenotype screening on nuclear division dynamics in *C. elegans* RNAi embryos, extracted from Phenobank. 20th International *C. elegans* Meeting, Los Angeles, USA, Jun 24-28, 2015.
6. Kyoda K., Tohsato Y., Ho K.H.L., Onami S.: Biological Dynamics Markup Language (BDML): an open format for representing quantitative data on biological dynamics. 23rd Annual International Conference on Intelligent Systems for Molecular Biology/14th European Conference on Computational Biology, Dublin, Ireland, Jul 10-14, 2015.
7. Ho, K.H.L., Tohsato, Y., Kyoda, K., Onami, S.: SSBD/BDML: an integrated database of quantitative data and microscopy images of biological dynamics. QBiC Symposium 2015: High-Dimensional Data for the Design Principles of Life, Osaka, Japan, Aug 24-26, 2015.
8. Tohsato, Y., Okada, H., Takayama, J., Kyoda, K., Onami, S.: Quantitative measurement and computational phenotype analysis on nuclear dynamics in *C. elegans* RNAi embryos. QBiC Symposium 2015: High-Dimensional Data for the Design Principles of Life, Osaka, Japan, Aug 24-26, 2015.
9. Kyoda K., Okada H., Onami S.: High dimensional analysis of quantitative data on cell division dynamics from RNAi-treated *C. elegans* embryos for all essential embryonic genes. QBiC Symposium 2015: High-Dimensional Data for the Design Principles of Life, Osaka, Japan, Aug 24-26, 2015.
10. Kyoda K., Tohsato Y., Ho K.H.L., Onami S.: BDML: an open format for representing quantitative biological dynamics data. COMBINE 2015, Utah, USA, Oct 1

- 2-16, 2015.
11. Tohsato, Y., Ho, K. H. L., Kyoda, K., Onami, S.: SSBD: an integrated database of quantitative data and microscopy images of biological dynamics. BioImage Informatics Conference 2015, Gaithersburg, Maryland, USA, Oct 14-16, 2015.
 12. Takayama J., Onami S.: Sperm TRP-3 channel mediates the timely onset of the fertilization calcium wave in the nematode *C. elegans*. 2015 American Society for Cell Biology Annual Meeting, San Diego, USA, Dec 12-16, 2015.
 13. Atupelage C., Kyoda K., Onami S., Nagahashi H.: Motion-based visualization for cytoplasmic streaming. NIG International Symposium 2016, Tokyo, Japan, Jan 9-11, 2016.
 14. Azuma Y., Onami S.: Quantitative analysis for variability of cell-cell contacts in *C. elegans* embryos. NIG International Symposium 2016, Tokyo, Japan, Jan 9-11, 2016.
 15. Tohsato Y., Ho K., Kyoda K., Onami S.: SSBD: a database of quantitative data and microscopy images of biological dynamics. The 11th Annual OME Users Meeting, Dundee, Scotland UK, May 31- June 1, 2016
 16. Tohsato, Y., Okada, H., Takayama, J., Kyoda, K., Onami, S.: Developing quantitative resource for computational analysis from images of *C. elegans* embryogenesis in public databases. Intelligent Systems for Molecular Biology (ISMB) 2016, Orlando, Florida, USA, Jul 8-12, 2016
 17. Tohsato, Y., Ho, K., Kyoda, K., Onami, S.: SSBD: an open database of quantitative data and microscopy images of biological dynamics. The Allied Genetics Conference (TAGC) 2016, Orlando, Florida, USA, Jul 13-17, 2016
 18. Kyoda K., Okada H., Onami S.: Digital resources for high-throughput analysis of 3D spatial and temporal cell division dynamics in early embryos. The Allied Genetics Conference 2016, Orlando, Jul 13-17, 2016.
 19. Kyoda K., Tohsato, Y., Ho, K., Onami S.: SSBD: a database for sharing and reusing of quantitative data and microscopy images of biological dynamics. The 17th International Conference on Systems Biology (ICSB2016), Barcelona, Sep 16-20, 2016.
 20. Onami, S.: Analysis of quantitative data of nuclear division dynamics from single gene knockdown embryos for all essential embryonic genes in *C. elegans*. CSHL Meeting on Biological Data Science, Cold Spring Harbor Laboratory, Cold Spring Harbor, NY, USA, Oct 26-29, 2016
 21. Takayama, J., Okada, H., Onami, S.: The sperm-derived TRP family channel TRP-3 induces a calcium rise in the fertilized oocyte in *C. elegans*. ASCB Annual Meeting 2016, San Francisco, USA, Dec 3-7, 2016.
 22. Azuma, Y., Onami, S.: Cell membrane segmentation in *C. elegans* embryos. The 1st ABiS Symposium – Towards the Future of Advanced Bioimaging for Life Sciences -, Feb 19-20, 2017
 23. Azuma, Y., Onami, S.: Automated cell shape extraction in *C. elegans* embryonic development. 50th Annual Meeting of the Japanese Society of Developmental Biologists, Tokyo, May 10-13, 2017.
 24. Tohsato Y., Ho K.H.L., Kyoda K., Onami S.: Integrating OMERO with SSBD to create a database of quantitative data and microscopy images of biological dynamics. 12th Annual OME Users Meeting, Dundee, UK, May 31- June 1, 2017
 25. Azuma, Y., Onami, S.: Quantitative analysis of variability of cellular dynamics in *C. elegans* embryogenesis. Taiwan-Japan Joint Meeting on Bioimaging for Young researchers, Taipei, Nov 1-2, 2017.
 26. Kyoda, K., Onami, S.: Quantitative cell division dynamics data of RNAi-treated embryos for all essential embryonic genes in *C. elegans*. Taiwan-Japan Joint Meeting on Bioimaging for Young researchers, Taipei, Nov 1-2, 2017.
 27. Atupelage, C., Kyoda K., Onami, S.: Deep neural network based segmentation

- method for detecting the nuclei in 4D DIC microscopic images of *C. elegans* embryos. Taiwan-Japan Joint Meeting on Bioimaging for Young researchers, Taipei, Nov 1-2, 2017.
28. Atupelage, C., Kyoda K., Onami, S.: Deep learning-based segmentation for 4D DIC microscopy images of *C. elegans* embryos. AIST-RIKEN Joint Exchange Meeting for Computational Biology, Tokyo, Mar 2, 2018.
 29. Azuma, Y., Onami, S.: Quantitative analysis of cell shape dynamics in *C. elegans* embryogenesis. AIST-RIKEN Joint Exchange Meeting for Computational Biology, Tokyo, Mar 2, 2018.
 30. Ho, K., Tohsato, Y., Kyoda, K., Onami, S.: SSBD: an open database for quantitative data and microscopy images of biological dynamics. AIST-RIKEN Joint Exchange Meeting for Computational Biology, Tokyo, Mar 2, 2018.
 31. Kyoda, K., Okada, H., Onami, S.: Computational analysis of cell division dynamics in early *C. elegans* embryos. AIST-RIKEN Joint Exchange Meeting for Computational Biology, Tokyo, Mar 2, 2018.

4. 知財出願

(1) 出願件数

該当なし

5. 受賞・報道等

(1) 受賞

該当なし

(2) メディア報道

1. 神戸新聞、理研、米科学誌に発表 卵子活性化 仕組み解明 「受精のメカニズム、理解進む」、2016年4月8日 朝刊
(プレスリリース「精子が卵子を活性化する新しい仕組みを解明—線虫において精子導管仮説を支持する分子実体を同定—」, http://www.riken.jp/pr/press/2016/20160408_1/)

(3) その他

1. SSBD: 発生動態情報と細胞・発生画像情報のデータベースの構築、使ってみようバイオデータベース——つながるデータ、広がる世界(BioDB)、BMB2015(第38回日本分子生物学会年会、第88回日本生化学会年会 合同大会)、神戸、2015年12月1-4日
2. SSBD: 生命動態情報と細胞・発生画像情報の統合データベース、使ってみようバイオデータベース——つながるデータ、広がる世界(BioDB)、第39回日本分子生物学会年会、横浜、2016年11月30日-12月2日
3. データ駆動型サイエンスで生命を理解する、理研ニュース2016年12月号、pp.6-9
4. データ駆動型サイエンスで生命を理解する、60秒でわかる?最先端の科学2016年12月5日、<http://www.riken.jp/pr/videos/60sec/20161205/>
5. SSBD: 生命動態情報と細胞・発生画像情報の統合データベースの構築、使ってみようバイオデータベース——つながるデータ、広がる世界(BioDB)、2017年度生命科学系学会合同年次大会、神戸、2017年12月6-9日

§ 9. 研究開発期間中の活動

1. 進捗ミーティング

年月日	名称	場所	参加人数	目的・概要	
2015年 4月7日	チーム内ミーティング(1) (非公開)	理化学研究所 神戸事業所	4人	研究進捗報告のためのミーティング	
2015年 5月25日	チーム内ミーティング(2) (非公開)		4人		
2015年 7月1日	チーム内ミーティング(3) (非公開)		4人		
2015年 8月3日	チーム内ミーティング(4) (非公開)		4人		
2015年 9月10日	チーム内ミーティング(5) (非公開)		4人		
2015年 10月28日	チーム内ミーティング(6) (非公開)		4人		
2015年 12月10日	チーム内ミーティング(7) (非公開)		4人		
2016年 1月25日	チーム内ミーティング(8) (非公開)		4人		
2016年 2月15日	理研 QBiC の研究室主催者との打合せ(1)(非公開)		3人		理研 QBiC のフィジカルバイオロジー研究チームに本研究課題の概要の説明。
2016年 2月15日	理研 QBiC の研究室主催者との打合せ(2)(非公開)	3人	理研 QBiC の発生幾何研究ユニットに本研究課題の概要の説明。		
2016年 2月15日	理研 QBiC の研究室主催者との打合せ(3)(非公開)	3人	理研 QBiC の再構成生物学研究ユニットに本研究課題の概要の説明。		
2016年 3月2日	チーム内ミーティング(9) (非公開)	大阪大学吹田 キャンパス	4人	研究進捗報告のためのミーティング	
2016年 3月15日	理研 QBiC の研究室主催者との打合せ(4)(非公開)		3人		理研 QBiC の高速ゲノム変異マウス作製支援ユニットに本研究課題の概要の説明。
2016年 4月12日	チーム内ミーティング(10) (非公開)		4人		
2016年 5月23日	チーム内ミーティング(11) (非公開)		4人		
2016年 6月24日	チーム内ミーティング(12) (非公開)		4人		
2016年 6月29日	チーム内ミーティング(13) (非公開)		4人		
2016年 7月6日	理研 CDB の研究室主催者との打合せ(1)(非公開)		3人		理研 CDB の網膜再生医療研究開発プロジェクトに本研究課題の概要の説明。
2016年 7月25日	理研 CDB の研究室主催者との打合せ(2)(非公開)		3人		理研 CDB の感覚神経回路形成研究チームに本研究課題の概要の

年月日	名称	場所	参加人数	目的・概要
	開)			説明。
2016年 7月25日	理研 CDB の研究室主催者との打合せ(3)(非公開)		3人	理研 CDB の器官誘導研究チームに本研究課題の概要の説明。
2016年 7月25日	理研 CDB の研究室主催者との打合せ(4)(非公開)		3人	理研 CDB の高次構造形成研究チームに本研究課題の概要の説明。
2016年 7月25日	理研 CDB の研究室主催者との打合せ(5)(非公開)		3人	理研 CDB の成長シグナル研究チームに本研究課題の概要の説明。
2016年 7月25日	理研 CDB の研究室主催者との打合せ(6)(非公開)		3人	理研 CDB の呼吸器形成研究チームに本研究課題の概要の説明。
2016年 7月26日	理研 CDB の研究室主催者との打合せ(7)(非公開)		3人	理研 CDB の細胞外環境研究チームに本研究課題の概要の説明。
2016年 7月26日	理研 CDB の研究室主催者との打合せ(8)(非公開)		3人	理研 CDB の染色体分配研究チームに本研究課題の概要の説明。
2016年 7月26日	理研 CDB の研究室主催者との打合せ(9)(非公開)		3人	理研 CDB の形態形成シグナル研究チームに本研究課題の概要の説明。
2016年 7月26日	理研 CDB の研究室主催者との打合せ(10)(非公開)		3人	理研 CDB の体軸動態研究チームに本研究課題の概要の説明。
2016年 7月26日	理研 CDB の研究室主催者との打合せ(11)(非公開)		3人	理研 CDB の細胞外環境研究チームに本研究課題の概要の説明。
2016年 8月1日	理研 CDB の研究室主催者との打合せ(12)/ CREST 生命動態第2期の代表研究者との打ち合わせ(1)(非公開)		3人	理研 CDB の個体パターンニング研究チーム/ CREST 生命動態の濱田博司代表研究者に本研究課題の概要の説明。
2016年 8月9日	CREST 生命動態第2期の代表研究者との打ち合わせ(2)(非公開)		4人	CREST 生命動態の望月敦史代表研究者に本研究課題の概要の説明。
2016年 8月15日	理研 CDB の研究室主催者との打合せ(13)(非公開)		3人	理研 CDB の大脳皮質発生研究チームに本研究課題の概要の説明。
2016年 8月15日	理研 CDB の研究室主催者との打合せ(14)(非公開)		3人	理研 CDB の上皮形態形成研究チームに本研究課題の概要の説明。
2016年 8月16日	理研 CDB の研究室主催者との打合せ(15)(非公開)		3人	理研 CDB の発生エピジェネティクス研究チームに本研究課題の概要の説明。
2016年 8月19日	CREST 生命動態第2期の代表研究者との打ち合わせ(3)(非公開)	大阪大学吹田キャンパス	3人	CREST 生命動態の月田早智子代表研究者に本研究課題の概要の説明。

年月日	名称	場所	参加人数	目的・概要	
2016年 8月22日	CREST 生命動態第2期の代表研究者との打ち合わせ(4)(非公開)	東京大学本郷 キャンパス	3人	CREST 生命動態の武田洋幸代表研究者に本研究課題の概要の説明。	
2016年 8月22日	CREST 生命動態第2期の代表研究者との打ち合わせ(5)(非公開)		3人	CREST 生命動態の栗原裕基代表研究者に本研究課題の概要の説明。	
2016年 8月22日	CREST 生命動態第2期の代表研究者との打ち合わせ(6)(非公開)	富山大学杉谷 キャンパス	3人	CREST 生命動態の井ノ口馨代表研究者に本研究課題の概要の説明。	
2016年 8月24日	チーム内ミーティング(14)(非公開)	理化学研究所 神戸事業所	4人	研究進捗報告のためのミーティング	
2016年 8月29日	理研 CDB の研究室主催者との打合せ(16)(非公開)		3人	理研 CDB の立体組織形成研究チームに本研究課題の概要の説明。	
2016年 9月20日	理研 CDB の研究室主催者との打合せ(16)(非公開)		3人	理研 CDB の非対称分裂研究チームに本研究課題の概要の説明。	
2016年 11月1日	チーム内ミーティング(15)(非公開)		4人	研究進捗報告のためのミーティング	
2016年 12月19日	チーム内ミーティング(16)(非公開)		4人		
2017年 1月23日	チーム内ミーティング(17)(非公開)		4人		
2017年 2月8日	チーム内ミーティング(18)(非公開)		4人		
2017年 2月21日	Jan Ellenberg 博士(EMBL)との打合せ		2人		Euro-BioImaging および Global BioImaging と SSBDD との連携について相談。
2017年 2月23日	理研 CDB の研究室主催者との打合せ(17)(非公開)		3人		理研 CDB のヒト器官形成研究チームに本研究課題の概要の説明。
2017年 2月23日	理研 CDB の研究室主催者との打合せ(18)(非公開)		3人	理研 CDB の血管形成研究チームに本研究課題の概要の説明。	
2017年 3月15日	チーム内ミーティング(19)(非公開)		4人	研究進捗報告のためのミーティング	
2017年 4月19日	チーム内ミーティング(20)(非公開)		4人		
2017年 5月23日	チーム内ミーティング(21)(非公開)		4人		
2017年 6月1日	Jason Swedlow 博士(University of Dundee)との打合せ	University of Dundee	3人	OME、IDR と SSBDD との連携について議論	
2017年 6月20日	チーム内ミーティング(22)(非公開)	理化学研究所 神戸事業所	4人	研究進捗報告のためのミーティング	
2017年 7月5日	チーム内テクニカルミーティング(1)(非公開)	理化学研究所 大阪地区	3人	データベース開発のける技術的課題の議論のためのミーティング	

年月日	名称	場所	参加人数	目的・概要
2017年 7月31日	チーム内ミーティング(23) (非公開)	理化学研究所 神戸事業所	4人	研究進捗報告のためのミーティング
2017年 8月1日	CREST 生命動態第3期 の代表研究者との打ち合わせ(1)(非公開)	東京大学本郷 キャンパス	3人	CREST 生命動態の岡部繁男代表 研究者に本研究課題の概要の説明。
2017年 8月1日	CREST 生命動態第3期 の代表研究者との打ち合わせ(2)(非公開)		3人	CREST 生命動態の上村想太郎代 表研究者に本研究課題の概要の 説明。
2017年 8月18日	チーム内テクニカルミーテ ィング(2)(非公開)	理化学研究所 神戸事業所	3人	データベース開発のける技術的課 題の議論のためのミーティング
2017年 8月29日	CREST 生命動態第3期 の代表研究者との打ち合わせ(3)(非公開)	九州大学病院 キャンパス	3人	CREST 生命動態の三浦岳代表研 究者に本研究課題の概要の説明。
2017年 8月30日	チーム内ミーティング(24) (非公開)	理化学研究所 神戸事業所	4人	研究進捗報告のためのミーティ ング
2017年 9月16日	Jason Swedlow 博士(Uni versity of Dundee)と打 合せ	NCBS in Bang alore, India	2人	SSBDとOME、IDR、Global Biolm aging プロジェクトとの連携につい て
2017年 9月25日	チーム内ミーティング(25) (非公開)	理化学研究所 神戸事業所	4人	研究進捗報告のためのミーティ ング
2017年 10月11日	チーム内ミーティング(26) (非公開)		4人	
2017年 10月24日	チーム内テクニカルミーテ ィング(3)(非公開)	理化学研究所 大阪地区	3人	データベース開発のける技術的課 題の議論のためのミーティング
2017年 11月1日	チーム内データ収集打ち 合わせ(非公開)	理化学研究所 神戸事業所	3人	研究進捗報告のためのミーティ ング
2017年 11月14日	チーム内ミーティング(27) (非公開)		4人	
2017年 11月28日	CREST 生命動態第3期 の代表研究者との打ち合わせ(4)(非公開)	沖縄科学技術 大学院大学	2人	CREST 生命動態の岡村均代表研 究者に本研究課題の概要の説明。
2017年 12月09日	チーム内ミーティング(28) (非公開)	理化学研究所 神戸事業所	4人	研究進捗報告のためのミーティ ング
2017年 12月16日	チーム内テクニカルミーテ ィング(4)(非公開)	理化学研究所 大阪地区	3人	データベース開発のける技術的課 題の議論のためのミーティング
2017年 12月20日	チーム内ミーティング(29) (非公開)	理化学研究所 神戸事業所	4人	研究進捗報告のためのミーティ ング
2018年 2月23日	チーム内データ収集打ち 合わせ(2)(非公開)		3人	
2018年 3月30日	チーム内データ収集打ち 合わせ(3)(非公開)		3人	

2. 主催したワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ活動等

年月日	名称	場所	参加人数	目的・概要
2015年 11月3日	Open Data Visualization Contest, SIGGRAPH Asia 2015	神戸国際会議場	50人	SSBDの公開データを対象としたデータ可視化のコンテストをSIGGRAPH Asia 2015内のイベントとして開催した
2015年 10月23日 ～28日	資生堂 LINK OF LIFE さわる。ふれる。日の大実験室 展	資生堂銀座ビル	不明	「さわる」「触れる」ことがきっかけとなって生まれる様々な関係のデザインを、資生堂研究員、デザイナー、アーティストと試みた展覧会
2017年 5月6日	078Kobe	デザイン・クリエイティブセンター神戸	75人	Big Data x Science ～最先端研究の新潮流～というイベント名で、理化学研究所計算化学研究機構の三好建正チームリーダーと公開討論。
2017年 8月7日～ 8日	高校教職員のための発生生物学実践講座 2017	理化学研究所神戸事業所	22人	関西圏を中心に全国4都道府県から集まった高校の生物担当教員に対して線虫 <i>C. elegans</i> を用いた遺伝学研究を体験する研修を実施した。
2017年 10月14日	神戸医療産業都市・京コンピュータ 一般公開 講演会	神戸臨床研究情報センター	150人	理化学研究所神戸キャンパス一般公開と連携して同時開催された神戸医療都市・京コンピュータ一般公開の講演会にて、「機械学習を用いて画像データから受精卵の状態を判別する」という演題で、生命科学における画像データ解析の最新状況について一般向けに概説した
2017年 11月25日	高校生のための発生生物学実習講座 2017	兵庫県立加古川西高等学校	36人	2017年8月に実施した高校教職員のための発生生物学実践講座に参加した高校教員を企画運営委員およびティーティングアシスタントとして迎え、高校生に対して線虫 <i>C. elegans</i> を用いた遺伝学研究を体験する実習を行った。

以上

別紙 研究開発対象のデータベース等

No.	正式名称	別称	概要	URL	公開日	状態	分類	生命科学系データベースアーカイブ	NBDCヒトデータベース	NBDC RDFポータル	関連文献
1	SSBD	Systems Science of Biological Dynamics	生命動態の定量データとその取得に利用した動画を再利用が容易なかたちで包括的に共有することを目的に構築したデータベース。単一分子、細胞、細胞核などのスケールにおける様々な手法により取得された様々な生物種のデータを収集している。手法としては実験解析およびコンピュータシミュレーションともに対象としている。定量データは、新規に開発された Biological Dynamics Markup Language (BDML) というデータフォーマットに従って統一的に記述されている。動画像については、OMERO という世界標準になりつつある生命科学分野の動画像の管理システムを利用して共有される。本データベースに収録されているデータセットは、各ファイルのダウンロードまたは API を通し、各々の利用許諾にもとづいて利用できる。平成27年度、定量データの取得に利用されていない動画像データの共有も開始した。	http://ssbd.qbic.riken.jp/	2013年9月2日	維持・発展	データベース等	提供前	対象外	公開済	
2	WDDD	Worm Developmental Dynamics Database	線虫の初期胚において、野生型と各胚発生必須遺伝子の機能を RNAi で阻害した場合の細胞分裂動態データを、4次元微分干渉顕微鏡 (DIC) とコンピュータ画像処理を用いて収集しました。これは動物の発生過程を理解する上で重要な情報となります。	http://so.qbic.riken.jp/wddd/cdd/index.html	2012年5月18日	維持・発展	データベース等	提供前	対象外	提供前	