


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)

研究開発中間報告書

「糖鎖科学ポータル」の構築

木下 聖子 | 創価大学 理工学部 教授

 ©2019 木下 聖子(創価大学) Licensed under CC BY 4.0

§1. 研究開発実施の概要

本研究開発では、GlyCosmos Portal の開発によって、多様なオミックスデータの統合が可能となり、システム糖鎖生物学の基盤を構築することとなる。GlyCosmos Portal を通して、ゲノム、プロテオーム、メタボロームなどのデータベースとリンクする基盤が整備されるため、セマンティック・ウェブ上においては相互にリンクされ検索閲覧できるようになる。統合された情報が基盤となり、データを一元的に解析するツールや生物学的な意味の推論や発見を支援するシステムの開発が可能となる。また、開発したオントロジーおよび RDF データの統合によって、糖鎖の構造、関連遺伝子、認識タンパク質、および抗原・抗糖鎖抗体の情報が統合され、オミックスデータの統合の基盤ができる。これらの基盤が構築されることにより、糖鎖研究の初心者にとっても糖鎖科学への参入障壁が下げられ、糖鎖研究への参加が容易になり、ライフサイエンス研究に大きく貢献できると期待する。

本プロジェクトの糖鎖科学ポータルはセマンティック・ウェブ技術を用いたウェブリソースとして開発を進めている。したがって、これまで本事業で開発してきたリソースを含み、新たなリソースを加え、網羅的なウェブポータルを構築する。例えば、GGDB が代表する糖鎖関連遺伝子(ゲノミクス)、GlycoProtDB を含む糖鎖付加されたタンパク質や LfDB にある糖鎖を認識するタンパク質(プロテオミクス)などの数多くのオミックスデータとの連携が可能であり、ライフサイエンスの情報を統合するための鍵の一つであると考えられる。さらに、近年海外で開発されたパスウェイや疾患情報も RDF 化され、統合できる対象が増加してきたため、糖鎖研究者コミュニティのためだけでなく、他の領域の研究者との情報共有も可能になる。その結果、新たな疾患との関連性や環境との関係も見出せるようになると考えられる。

なお、日本の糖鎖研究者コミュニティの支援がなければ他の領域への拡大は困難になるため、GlyCosmos Portal が日本糖質学会の公式ウェブポータルとして本年度承認された。また、本学会のウェブポータル運営委員会も設置することとなり、定期的にデータの正確さや利便性を確認する作業が行われることになった。すでに国際糖鎖構造リポジトリとして GlyTouCan が認識されており、また GlyCosmos が海外の GlyGen と Glycomics@ExPASy と組み、GlySpace Alliance を発足した。本アライアンスは、糖鎖関連データをオープンで共有し、定期的に集まり、データの品質管理や連携について協議することに同意した。

このように、本事業で構築したポータルは国内外に認識され、データの統合が進みつつある。文献に掲載される新しい情報も効率よく取り込めるように、キュレーションシステムの開発も開始した。今後はデータのさらなる統合のみならず、医療や農業への応用に実用的に利用できるように開発を進める予定である。

§2. 研究開発実施体制

1. 各グループの担当項目

「創価大」グループ

- GlyCosmos Portal の開発全般
- 糖鎖関連パスウェイデータの整理・データベース化
- 国内外の連携

「野口研」グループ

- 糖鎖構造解析ツールの開発

- 複合糖質構造データベースの開発

「新潟大学」グループ

- リポジトリに登録されている糖鎖情報に対して、テキストマイニングを利用し自動的に情報を付加するためのキュレーションシステムの構築
- 糖タンパク質の質量分析データのリポジトリ GlycoPOST の開発
- 糖鎖関連遺伝子がどのような環境に分布しているかの情報を収集するための仕組みの開発およびそのデータベース化

「産総研」グループ

- ACGG-DB の機能拡張と GlyCosmos Portal との連携
- アジア地域との連携

「合同会社 SparqLite」グループ

- GlyTouCan の開発・改良
- 複合糖質リポジトリ GlyComb の開発

2. 有識者会議等

(1) 会議概要

名称	日本糖質学会 GlyCosmos 運営委員会
目的	GlyCosmos の運営に至る事項について協議し、データの正確性やポータル の利便性について確認を行う
委員数	10人

(2) 開催歴

年月日	場所	主な議題・指摘事項等
2019年 8月18日	名古屋大学 豊田講堂第 2会議室	日本糖質学会理事会にて本委員会の設置 が認められた

§3. 研究開発の目的、実施内容及び成果

1. 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
GlyCosmos Portal	GlyCosmos	糖鎖科学に関連するライフサイエンスデータを統合し、本ポータルからアクセス、閲覧、ダウンロード、処理できるようにする。 https://glycosmos.org

上記以外のもの

正式名称	略称	概要
GlycoNAVI	グライコナビ	糖鎖生物学及び糖鎖化学のデータベース。糖鎖の立体構造や疾患や生物種による糖鎖構造の違い、タンパク質と糖鎖の相互作用、糖質合成法などを含む。 https://glyconavi.org/
ACGG-DB		アジアの糖鎖データのウェブポータル。 https://acgg.asia/db/
GlyTouCan		糖鎖構造の国際的リポジトリ。糖鎖構造にユニークなアクセッション番号を割り当てるシステム。 https://glytoucan.org
GlycoPOST		MIRAGE ガイドラインに従う、糖鎖や糖タンパク質の質量分析データのリポジトリ。 https://glycopost.glycosmos.org

(2) ツール等

正式名称	略称	概要
WURCSFramework	WFW	糖鎖構造表記法 WURCS の入出力及び検証のためのツール
GlycoConjugate Ontology	GlycoCoO	複合糖質のためのオントロジー
PDB2Glycan		Protein Data Bank に登録されている糖鎖を含むエントリーの解析ツール
PDBGlycanBatch		PDB2Glycan を利用した自動化ツール
GGDonto オントロジー	GGDonto	糖鎖遺伝子に関連する疾患のオントロジー
Relation Ontology Carbohydrate Structure	ROCS	同じ質量を持つ糖鎖構造の関係を <i>subsumption</i> と定義し、多様な糖鎖構造の関係性を整理するためのオントロジー

2. 達成目標及び実施計画

(1) 当初の実実施計画・達成目標

当初の計画をこのまま記述する：

平成29年度：

複合糖質リポジトリ GlyCombにおいては、まずはシステムの設計を行う。ACGG-D B、UniProt、jPOST、GlyTouCan の間の連携体制を構築する。そしてアクセッション番号の振り方について、研究者コミュニティの代表と連携し決定する。GlyTouCan の場合は欧米の研究者ら 10 名ほどが関与したが、GlyComb の場合は国内外の複合糖質の専門家と協議する予定である。また、外部データベースとのデータ共有方法など、ユーザーとしてわかりやすいシステムを目指してシステム設計を行う。

GlyCosmos Database においてはこれまでの統合化推進プログラムで整理されてきたゲノム情報を有効活用し、糖転移酵素、グリコシダーゼ、糖ヌクレオチドトランスポーターなどの基本的な糖鎖関連遺伝子を微生物から抽出する。また、糖鎖構造と結びつけるように糖鎖の合成パスウェイ情報も収集する。加え、糖鎖が合成される反面、糖鎖が認識されて細胞内のシグナリングを起こすタンパク質、シャペロンやレクチンなどの糖鎖に関わるタンパク質は多く存在するため、文献から糖鎖に関わる代謝パスウェイに加え、シグナリング・パスウェイを収集・整理し、基盤を構築する。

複合糖質構造の情報は生物種や組織を特定しないデータであり PDBj (<http://pdj.org/>) に登録されている約 12 万件のデータから糖質構造等を解析・抽出するツールを開発する。また、抽出した糖質構造を糖鎖構造表記法である WURCS に変換するツールを開発する。これらのツールの開発には、これまで開発してきた WURCSFramework などの基盤ツールが活用できる。

糖鎖構造表記法である WURCS は、既に国際糖鎖構造リポジトリ (GlyTouCan) にも利用しているが、今後より広範囲の曖昧性を含む糖質構造を扱う必要がある。特にバクテリアや植物に含まれる糖質構造のデータベースには複雑な糖鎖構造が含まれており、これらの糖鎖構造を表現するための仕様追加などの整理を実施するとともに、WURCS を扱う基盤である WURCSFramework の仕様変更による他のツールへの影響の調査などを実施する。また、WURCS の普及促進のために創価大学と協働で糖鎖構造形式コンバーターである WURCSstoIUPAC の開発を実施する。

なお、GlyTouCan についてはユーザーが検索に用いるモチーフ構造が未完成であり、糖鎖構造よりも糖鎖のパターンとして扱う必要があり、その改良を行う。また、ユーザーインターフェースに関する改良点について、糖鎖構造の画像ファイルや PubMed ID 情報の付け方など、ユーザーワークショップを日本糖質学会の年会、Society for Glycobiology の年会および Beilstein シンポジウムと連携して開催し、フィードバックを取り入れる。

これまでの糖鎖の統合化推進プロジェクトでセマンティック・ウェブ化が実施されたデータベース (GGDB、GlycoProtDB、LfDB) を中心に ACGG-DB の開発を進める。日本オリジナルのデータ (主に産総研) を収集しデータベースを開発するために、ACGG-DB を産総研と GL-i グループとの共同運用とし迅速な公開を実施する。GlyCos

mos Database、GlyTouCan や GlyComb Repository のアクセッション番号を通して連携を進めるために、ACGG-DB のサンプルデータを提供する。国際化を進めるためにアジア圏の糖鎖研究者のためのポータル ACGG サイトを開設し ACGG-DB を格納しユーザーの増加を図る。国際的なタンパク質 DB (例えば UniProt) との連携を進め糖鎖研究者以外の利用者への普及を目指す。

平成30年度:

複合糖質リポジトリ GlyComb においては、システム設計が完成したあと、開発を行う。RDF 化するためのオントロジー開発、実際のデータの RDF 化、そしてユーザーフレンドリーなユーザーインターフェースの開発を実施する。特にカラーバリアフリーなどのユニバーサルデザインを配慮して開発を進める。

GlyCosmos Database の複合糖質構造において、初年度開発したツールを活用し、PDBj や LipidBank の情報を解析して収録する。さらに、PDBj から抽出した糖鎖構造を WURCS に変換し、GlyTouCan のアクセッション番号と関連付ける。PubChem や PDBj との連携を行うとともに、糖タンパク質データとして生物学的に重要なデータベースである GlycoProtDB (<http://acgg.asia/gpdb2/>) との連携も図る。なお、糖鎖が関わるパスウェイ情報の収集を継続しつつ、あらゆる環境における微生物が持つ糖鎖関連遺伝子の情報と統合することで、微生物の機能と糖鎖との関連を整理する。ここでは、MicrobeDB.jp 等で取り扱われている実際の環境中で取得されたメタゲノムデータを対象にした糖鎖関連遺伝子の探索とそのパスウェイ・機能との関連を収集する。また、糖転移酵素に関する情報を RDF 化する。これらの RDF 化に際しては、DBCLS RDF 化ガイドラインに沿って実施する。

WURCS 開発において、初年度検討した仕様の整理をもとに任意の修飾構造を取り扱う仕様について検討し、WURCSFramework へ実装する。また、WURCS の普及促進のために創価大学と協働で糖鎖構造形式コンバーターWURCStoGlycoCT の開発を実施する。

GlyTouCan の開発において、WURCS のハッシュキーを用いて糖鎖構造の URL を利用可能にし、GlyTouCan のエントリーページとリンクするように開発を行う。また、GlyCosmos Database で整理した糖鎖の慣用名を RDF 化し、慣用名を用いて GlyTouCan で検索可能なシステムを開発する。

ここまで開発した GlyCosmos ポータルに関して、日本糖質学会の年会、Society for Glycobiology の年会およびワーレンワークショップ国際会議にてユーザーワークショップを開催し、ユーザーのフィードバックを収集する。

平成31年度:

複合糖質リポジトリ GlyComb をリリースして公開する。そして MIRAGE を通して GlyCosmos Portal の普及活動を行う。

GlyCosmos Database: PDBj に含まれる糖鎖構造関連データを RDF 化し他のデータベース連携を強化する。また、データ利用者と協働し意見を取り入れた可視化システムの開発を実施する。

なお、前年度同様、植物のゲノムを解析し、糖鎖関連遺伝子を整理し、RDF化する。そしてこれまで収集した糖鎖関連遺伝子を CSDB の微生物および植物における糖鎖構造との関係を調べて、リンクさせる。

キュレーションシステム開発：GlyTouCan の糖鎖構造のアノテーションを行うシステムの設計を行い、開発し始める。糖鎖構造に関する文献を PubAnnotation および GlycoTM を用いてアノテーション情報を提示するシステムを開発する。

WURCS 開発：初年度検討した仕様をもとに糖鎖構造の複数の候補についての曖昧性を含む修飾に対応させるための機能を WURCSFramework へ実装する。また、WURCS の普及促進のために創価大学と協働で糖鎖構造形式コンバーター IUPACtoWURCS の開発を実施する。

ここまでに開発した GlyCosmos ポータルおよびキュレーションシステムに関して、ユーザーワークショップを日本糖質学会の年会、Society for Glycobiology の年会および Beilstein シンポジウムと連携して開催し、フィードバックを収集する。なお、Glycoinformatics Consortium (GLIC) のアジアにおける連携を強化し、アジアの糖鎖関連データベースとの連携の可能性を図る。

(2) 期間中に追加・削除・変更した実施計画・達成目標

GlyCosmos Database のゲノム情報として、ゲノムから糖鎖遺伝子を抽出する予定であった。しかし、パスウェイの開発を優先的に進めたため前半の研究期間中には実施できなかったため、後半の目標として変更した。また、GlyTouCan の更新やユーザーへの対応が多かったため、GlyComb の開発も後半に実施することとなった。

一方、GlycoNAVI の開発において、研究開発以降の開催された日本分子生物学会ワークショップなどにより、研究者から要望があったため、疾患と糖鎖構造に関するデータを文献より抽出・整理し、データベースを構築することを目標として追加した。

また、MIRAGE と連携している UniCarb-DR と協議が行われ、GlycoPOST の開発もすることになった。jPOST と連携し、MIRAGE ガイドラインに沿った糖鎖や糖タンパク質の質量分析の生データリポジトリが必要になったため、急遽開発を実施することとなった。

3. 実施内容

(1) 実施内容

【創価大学】

GlyCosmos Portal の設計・開発をし、その中で GlyCosmos Database の設計・開発を野口研 G と協働して実施した。また、新たなデータリソースとして、GlyCosmos Pathways を作成するため、Reactome の RDF データから UniProt に糖タンパク質とされているタンパク質をマッピングし、関連のパスウェイ情報を抽出し、GlyCosmos のデータベースに格納し、ユーザーに直感的に検索できるユーザーインターフェースを開発した。GlyCosmos GlycoProteins のデータリソースも SparqLite と協働で実施したが、これは UniProt の糖タンパク質の一覧であり、糖鎖付加部位情報に GlycoProtDB

の情報を追加し、同情報を同時に閲覧することができるようにした。糖タンパク質の可視化には UniProt が開発しているアミノ酸配列可視化ツール ProtVista を拡張し、糖鎖付加部位に加え、GlyTouCan の糖鎖構造が同時に表示できるようにした。グライコムデータを可視化する GlycomeAtlas も更新し¹⁾、GlyCosmos から閲覧できるようにした。また、レクチンや糖タンパク質のエントリーページも開発し、ProtVista と共に、関係するパスウェイや MCAW-DB の糖鎖アレイ実験結果と連携して認識される糖鎖のプロファイルも閲覧できるようにした。

他のツール開発として GlycanBuilder バージョン 2 を開発し、WURCS の入出力を可能にし、SNFG シンボルの画像が得られるようにした²⁾。また様々複雑な糖鎖構造の描画も可能にし、IUPAC の新たなルールの提案もした。そして GlycanBuilder の開発経験を生かして GlycanFormatConverter³⁾ というツールも開発し、IUPAC, KCF, Linear Code を WURCS に変換できるようにした。このツールの API 化も実施し、ウェブ上で REST で実行できるようにした。なお、本 API に加え、糖鎖データを検索できたりするための様々な API を <https://api.glycosmos.org> に設置し、公開した。

なお、2019 年 4 月 1 日のオフィシャル・リリースの直前に、日本糖質学会の理事会と協議し、同学会の公式ポータルとして承認を得られた。これに従い、本プロジェクト代表者が同学会のポータル担当理事として承認された。そして同年 8 月の理事会にて、日本糖質学会 GlyCosmos ポータル運営委員会が設置され、現時点で 10 名の委員の承諾を得ている。来年の年会にて、初めての運営委員会を開催する予定である。

さらに、2018 年 8 月に GlySpace Alliance が発足し、GlyCosmos, GlyGen, Glycomics @ExPASy の構成で、糖鎖関連データの共有・整理・正確性を保証することに同意した。<http://glyspace.org> にホームページを公開し、Glycobiology Journal に発足した旨をレターとして出版した⁴⁾。本 Alliance の活動の一つに、ユーザーへの通知であり、使い方を学ぶトレーニングコースの計画を立てている。

【野口研究所】

GlyCosmos Database の設計・開発を木下 G と協働して実施した。また、糖鎖表記法 WURCS の曖昧構造を含む糖鎖についての仕様について検討した。また、WURCS を処理する WURCSFramework の修正を実施すると共に、WURCSFramework を活用し、木下 G と共に WURCS から IUPAC 形式および GlycoCT 形式へ糖鎖構造形式を変換するコンバーター GlycanFormatConverter の開発を実施した。

Protein Data Bank(PDB)に含まれる糖鎖データ解析ツールの開発を実施し、PDB の全エントリー (約 15 万件) の解析を実施し、全 PDB エントリーの約 8% に相当する約 13,000 エントリーに糖鎖構造が含まれることを明確にし、この結果を RDF 形式としデータベースを構築した。そして PDB に含まれる約 3,000 種類の糖質構造と GlyTouCan と連携を実施している。また、wwPDB における「Carbohydrate Remediation」について PDBj グループと連携することで GlyTouCan のアクセッション番号と WURCS を PDB の標準データとして加えること、そしてそのためのツール開発を推進している。

さらに、WURCS を活用し糖鎖を含むデータベースとの統合・連携促進のために Che

mical Entities of Biological Interest (ChEBI; <https://www.ebi.ac.uk/chebi/>)に含まれる糖鎖構造を WURCS に変換し、GlyYouCan, Immune Epitope Database (IEDB; <http://www.iedb.org/>), ChEBI の ID マッピングを行った。その結果、ChEBI と GlyYouCan の間に 24,357 件の糖鎖構造、IEDB と GlyYouCan 間では 1,908 件の糖鎖構造をマッピングできた。また、PubChem に 21,518 件の糖鎖構造を登録し、GlyYouCan との相互リンクを実施した。

【新潟大学】

糖鎖関連の情報を自動的にキュレーションするためのシステムについて、GlycoEpitope に登録されているエピトープ情報をパイロットセットとして利用しシステムの開発を実施した。各エピトープに対して、発現する組織や関連する疾患名を PubAnnotation および PubDictionaries を利用して、アノテーションした。その情報をデータベース内で可視化するための Stanza の開発を実施した。本課題は連携研究者である DBCLS・金特任准教授と共同開発し、効率的にさらに他の糖鎖関連の情報を取得できるようなシステムについての設計及び開発を現在実施中である。

グライコミクスおよびグライコプロテオミクスの質量分析データの受け入れを担うシステムとして GlycoPOST (<https://glycopost.glycosmos.org>)を開発し運用を開始した。GlycoPOST は、すでに稼働中のプロテオームデータリポジトリシステム jPOST repository の機能を継承し、新規にグライコプロテオミクスのデータに特化する形で開発したことから、jPOST repository と同様に、高速なアップロード、入力作業の簡便性といった特徴も保持している。また、GlycoPOST は海外のグライコミクスリポジトリ UniCarb-DR と連携していることと、MIRAGE ガイドラインとの互換性を持たせているため、MIRAGE Project の提唱する糖鎖関連実験を報告する際のガイドラインに準拠したメタデータの登録、インポートおよびエクスポートを可能とした。GlycoPOST、UniCarb-DR および MIRAGE との連携を通して、標準化したグライコミクスの基盤ができあがった報告をした⁵⁾。

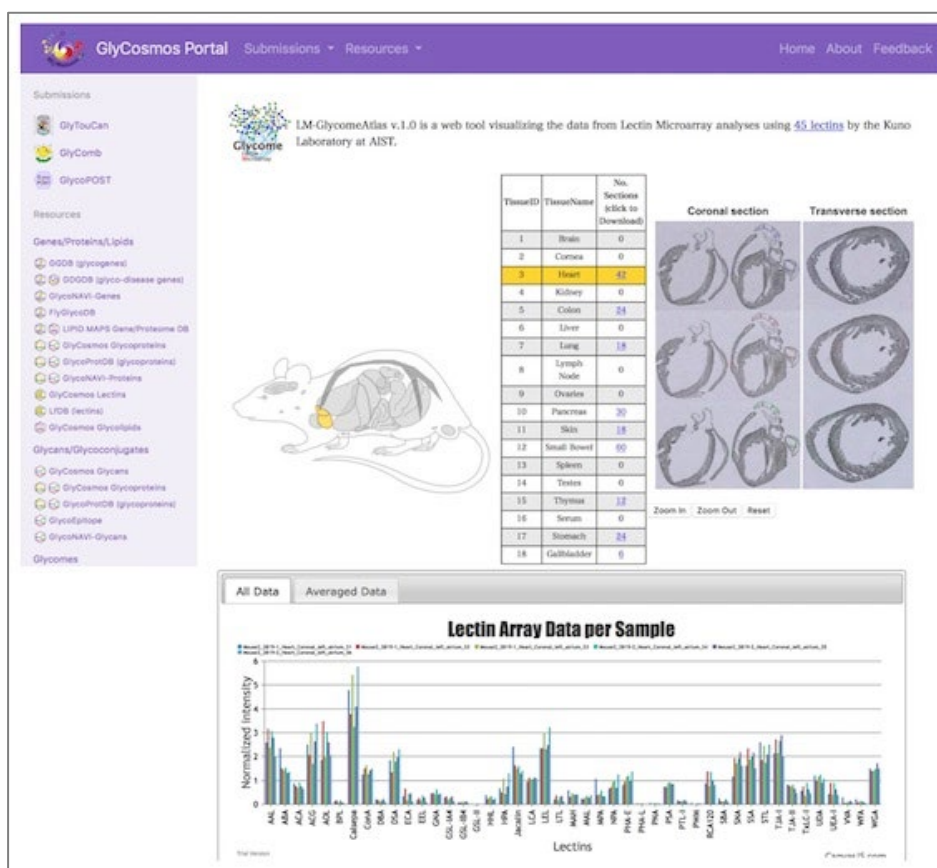
環境中の糖鎖関連遺伝子の分布については、それぞれの遺伝子配列がどの環境における微生物が保有しているかを検出するためのアルゴリズムを開発中である。糖鎖関連遺伝子を網羅的に収集した dbCAN に登録されている遺伝子配列をリファレンスデータベースとして、複数の環境由来のメタゲノム配列をマッピングし、糖鎖関連遺伝子の有無を推測する方法を開発している。ある一定の閾値を設定することで、糖鎖関連遺伝子を取得可能であることが判明したが、さらに偽陽性ヒットを減らすための仕組みを施行中である。

【産総研】

糖鎖の統合化推進プロジェクト (Japan Consortium for Glycobiology and Glycotechnology Database (JCGGDB; <https://jcgddb.jp/>)) からセマンティック・ウェブ化を進めた ACGG-DB (GGDB, GlycoProtDB, LfDB) を中心に公開した。初年度に、アジア圏の糖鎖研究者のためのポータル ACGG サイトを開設し、リソースの1つとして ACGG-DB (<https://acgg.asia/db/>) を格納した。また、GlyCosmos との連携を進める上で、ACGG-DB のサンプルデータの提供を行い、GlyCosmos 内での独自表示法開発に協力し

た。

ACGG-DB を拡充、改良、安定的に公開するために、データを提供する産総研研究者と協力しながら、ユーザーミーティングを開催し、インターフェースを改良するなど ACGG-DB の開発を進めた。GGDB では、検索ページから選択された糖鎖遺伝子の別タブ表示を加え、検索ページとの併用を容易にした。また、英語版のデータ (21 件) の拡充を行った。GGDB では産総研の糖鎖研究者にキュレーションを依頼しており、200 個以上の糖鎖遺伝子の最新情報を提供する方法として PubAnnotation (DBCLS 金氏) を活用するためにミーティングを実施した。辞書機能に登録する糖鎖遺伝子やキーワードなどを提供し、ACGG-DB のための PubAnnotation 開発を進めた。LfDB ではフロントル・アフィニティクロマト分析法で測定した結果 (4 セット) を新たに追加した。また、LfDB については利用者の要望に従い、トップページやカイネティクスの表示方法を変更するなどインターフェースの改良を進めた。GlycoProtDB では新たなデータ (3 セット) を収集し、公開の準備を進めた。また、GlycoProtDB 利用者のために、データベース概説やデータの直感的な理解を深めるために表示の変更を進めている。新たなデータベースとして、本 PJ 前から開発を進めていた糖鎖疾患の遺伝子情報のオントロロジーGGDonto⁶⁾ を用いた、GDGDB についても ACGG-DB で公開した。産総研オリジナル技術であるレクチンマイクロアレイ解析を用いてマウス臓器ごとにおける解析データが蓄積されたことを受け、新たな DB として公開すべく、創価大グループと共に GlycomeAtlas をベースに開発し公開した (LM- GlycomeAtlas⁷⁾)。



図： GlyCosmos Portal から、LM-GlycomeAtlas におけるデータの表示
LM-GlycomeAtlas では、マウスの組織を選択することによって、レクチンマイクロアレイ解析に用いたスライドの写真やレクチンマイクロアレイ解析の結果が表示される。

GlyCosmos Portal との連携では、GGDB、GlycoProtDB、LfDB、GDGDB、PACDB、LM-GlycomeAtlas がリソースとしてリンクされていると共に、Gene, Protein, Lectin のそれぞれからも ACGG-DB のデータにリンクされている。これらの連携により、日本糖鎖科学コンソーシアム、アジア (ACGG) および GlyCosmos Portal と連携しているアメリカとヨーロッパの研究者からのアクセスが期待出来るようになった。これまで開発した全ての公開可能なデータベースについて NBDC へのアーカイブのためデータを提供したが、メタデータの修正と提供が残されている。クラウドサーバーによる公開のため、情報セキュリティの観点から https 対応やセキュリティの脆弱性の解消などの対応を行った。

【合同会社 SparqLite】

2018 年 3 月に行われた International Life Science Integration Workshop にて、糖鎖関連データベースの開発者等とディスカッションが行われ、複合糖質オントロジーの必要性が提案され、複合糖質オントロジー (GlycoCoO) の開発が行われた。初めは、糖タンパク質にフォーカスし、糖タンパク質の RDF を記述できるように設計を行

なった。オントロジーファイルは GitHub (<https://github.com/glycoinfo/GlycoCoO>) で公開されており、現在論文執筆中である。

GlyTouCan においては、登録システムのモジュール化を行なった。具体的には、ユーザーから受付けた糖鎖構造に対して、バッチソフトウェアによる処理の実装を行なった。これにより、GlyTouCan で受付けた糖鎖構造の表記形式、データの検証、アクセス番号の付与といった処理を分離し、個別のバッチソフトウェアで処理ができるようになった。また、システムの保守性を確保し、追加のメタデータ付与などの処理を実施できる環境とした。このバッチ処理では RDF データの取得・更新を行なっているが、この RDF 操作では、DBCLS が開発した SparqList をバッチソフトウェアに組み込んで処理している。

バッチ処理によって生成したデータを可視化するため、インターフェースの更新も行なった。web component 技術を利用し、糖鎖構造の画像、WURCS 形式の検証結果の表示を共有できる部品（コンポーネント）として開発し、GlyTouCan に実装した。このバッチソフトウェアを利用したりポジトリの基板設計により、GlyTouCan の開発が完了次第、即時に GlyComb に応用し、開発が進められる。

GlyCosmos ポータルの共同開発として、ACGGDB の RDF データが GitHub (<https://github.com/glycoinfo/rdf/>) で公開されるようになり、GLIC のエンドポイントから利用可能となったため、GLIC でアップロードされた ACGGDB (GGDB, GDGDB, GlycoProtDB, LfDB, PACDB) のデータを SPARQL で取得し、リストとして閲覧・検索できるようにした。リストには各カラムに絞り込み検索ができる仕様となっており、そのため SparqList を開発し、公開した。また、UniProt の RDF データは UniProt のエンドポイントで利用可能である。そこで、糖鎖修飾部位を持つことがわかっているタンパク質にフォーカスし、糖タンパク質のデータ取得を試みた。結果的に、糖タンパク質のみのデータを扱えるようになった。この糖タンパク質をリスト化し、絞り込み検索もできるようにして公開した。さらに、UniProt では、Gene Ontology にも対応しているため、go:0030246 (carbohydrate binding) にフォーカスすることで、レクチンの情報を取得することができた。このデータをリスト化、絞り込み検索を実装し、レクチンリストとして公開した。

(2) 「対象とするデータベース条件」のうち採択時に未達成であった項目の対応状況
該当なし

(3) 統合化推進プログラムの他のチームや DBCLS との連携

DBCLS の開発した Stanza, JS stanza, SPARQList, SPARQList Support, SPARQL-proxy などを活用し本研究開発を実施している。また、SPARQList, SPARQList Support については改良などについて DBCLS の開発者と協議した。また、キュレーションシステムにおいても DBCLS の PubAnnotation や PubDictionary を利用しており、共同開発を実施している。

PDBj グループとは、PDB に含まれるデータ構造や糖鎖データの扱いについて協議するとともに、wwPDB で進めている「Carbohydrate Remediation」についても協力体制を

構築している。

メタボロームグループとは、糖脂質をはじめ糖質を含む代謝物との連携について協議している。そして今後、メタゲノム解析が確立できた後、植物ゲノム(PGDBj, Plant Garden)やメタゲノム(MicrobeDB.jp, MGDB)と連携する予定である。

§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

表 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)

種別	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度 (9月末時点)
ユニーク IP 数	(公開前)	(公開前)	(公開前)	660
ページ数	(公開前)	(公開前)	(公開前)	2307

(2) 分析

GlyCosmos Portal は今年度公開したばかりで、4ヶ月おきに更新してリリースをしている。1年目にして、平均的に700人弱の訪問者がアクセスしており、多くの方々に利用されていると考えられる。

2. データベースを利用して得られた研究成果・産業応用の例

- GlyTouCan のアクセッション番号の利用および GlyTouCan へのリンク
 - GlyConnect (<https://glyconnect.expasy.org/>)
例:<https://glyconnect.expasy.org/browser/structures/2051>
 - Immune Epitope Database (IEDB: <http://www.iedb.org/>)
例:<http://www.iedb.org/epitope/150072>
 - GlycanAnalyzer (https://glycanalyzer.neb.com/exoanalyze/main_page.action)
 - MatrixDB (<http://matrixdb.univ-lyon1.fr/>)
例:
http://matrixdb.univ-lyon1.fr/cgi-bin/current/newPort?type=biomolecule&value=GAG_10
 - P. Markus et al., glyXtools: An Open-Source Pipeline for Semiautomated Analysis of Glycopeptide Mass Spectrometry Data, *Analytical chemistry* 90. 20 (2018): 11908-11916 (DOI: 10.1021/acs.analchem.8b02087)
- GlyTouCan に収録された糖鎖構造を解析した論文
 - J. M. Alonso et al., Finite Dimension: A Mathematical Tool to Analyse Glycans, *Scientific Reports* (2018) 8:4426 (DOI: 10.1038/s41598-018-22575-4)
- UniLectin3D が GlyTouCan を参照している
(François Bonnardel, Julien Mariethoz, Sebastian Salentin, Xavier Robin, Michael Schroeder, Serge Perez, Frédérique Lisacek, Anne Imberty, UniLectin3D, a data base of carbohydrate binding proteins with curated information on 3D structures and interacting ligands, *Nucleic Acids Research*, Volume 47, Issue D1, 08 January 2019, Pages D1236-D1244, <https://doi.org/10.1093/nar/gky832>)
- python を使って GlyTouCan のデータを取得できる python ライブラリを提供している
 - K. Joshu et al., glypy: An Open Source Glycoinformatics Library, *Journal of*

proteome research (2019) (DOI: 10.1021/acs.jproteome.9b00367)

5. N型O型糖鎖のコンポジション生成に GlyTouCan のデータを利用

- ① A. Christopher et al., Standardization of PGC-LC-MS-based glycomics for sample specific glycotyping, *Analyst* 144.11 (2019): 3601-3612 (DOI: 10.1039/C9AN00486F)

3. その他

該当なし

§5. 今後の展開

課題として残されたゲノムからの糖鎖遺伝子の抽出とそれにしたいがい、他の統合プロジェクトとの連携を予定している。

WURCS の仕様拡張と WURCSFramework とケモインフォマティクスツールとの連携の実現しタンパク質や代謝物と糖鎖の連携の強化を推進する。

複合糖質のリポジトリ GlyComb を開発し、関連のデータベースと連携してアクセッション番号が共有できるようになれば、GlycoPOST や UniCarb-DR のみならず、PDBj や他のデータベースとの連携もしやすくなると考えられる。

今後、現在蓄積されている正常組織や細胞に加え癌などの疾患のデータが取り込まれれば、糖鎖 DB を疾患マーカーや病気の解明に役立つ可能性が考えられる。

一つの細胞(群)から作られる糖鎖構造は、同じタンパク質上であっても多様であり、様々なパスウェイに関わる糖鎖遺伝子や基質とアクセプターの濃度によって決まると考えられている。Systems Glycobiology Consortium と連携することで将来的には、開発した DB に測定した各種パラメータを入力することによって糖鎖構造が推測されるような開発は、基礎研究から産業まで幅広い需要が期待出来る。

§6. 自己評価

当初の目標が概ね順調に達成できていると言える。GlyCosmos Portal の国内外の予想以上に早期に認識され、GlySpace Alliance を通して安定した基盤を作り上げることができた。予定していた GlyComb 開発とゲノムデータからの糖鎖遺伝子抽出以外のタンパク質、脂質、パスウェイや既存の糖鎖遺伝子の情報は全て統合でき、さらに予定外の GlycoPOST リポジトリを開発・公開できて、認知度が向上している。特に後者についてすでに Molecular and Cellular Proteomics (MCP) Journal や Springer にも注目されており、いくつかの問い合わせが届いている。また、Systems Glycobiology Consortium も立ち上がったことにより、GlyCosmos の実用的な利用が期待できる。

特に、日本糖質学会の公式ポータルとして GlyCosmos が承認され、学会の中での運営委員会も発足したことで、今後のユーザーからのフィードバックを積極的に収集することができる。今後、さらなる国内外の研究者と連携し、容易に手に入らない糖鎖関係の情報を提供できるようにしていきたい。

§7. 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. Yamakawa, N., Vanbeselaere, J., Chang, L.Y., Yu, S.Y., Ducrocq, L., Harduin-Lepers, A., Kurata, J., Aoki-Kinoshita, K.F., Sato, C., Khoo, K.H., Kitajima, K., Guerardel Y. "Systems glycomics of adult zebrafish identifies organ-specific sialylation and glycosylation patterns", *Nature communications*, 9(1), p. 4647, 2018 (DOI: 10.1038/s41467-018-06950-3).
2. Tsuchiya, S., Aoki, N.P., Shinmachi, D., Matsubara, M., Yamada, I., Aoki-Kinoshita, K.F. and Narimatsu, H., "Implementation of GlycanBuilder to draw a wide variety of ambiguous glycans", *Carbohydrate Research*, vol. 445, pp.104-116, 2017 (DOI: 10.1016/j.carres.2017.04.015).
3. Tsuchiya, S., Yamada, I. and Aoki-Kinoshita, K.F. "GlycanFormatConverter: A conversion tool for translating the complexities of glycans", *Bioinformatics*, in press, 2018 (DOI: 10.1093/bioinformatics/bty990)
4. Aoki-Kinoshita, K.F., Lisacek F, Mazumder, R, York, W.S., Packer, N.H. "The GlySpace Alliance: towards a collaborative global glycoinformatics community", *Glycobiology*, in press, 2019 (DOI: 10.1093/glycob/cwz078).
5. Rojas-Macias, M.A., Mariethoz, J., Andersson, P., Jin, C., Venkatakrishnan, V., Aoki, N.P., Shinmachi, D., Ashwood, C., Madunic, K., Zhang, T, Miller, R.L., Horlacher, O., Struwe, W.B., Watanabe, Y., Okuda, S., Levander, F., Kolarich, D., Rudd, P.M., Wührer, M., Kettner, C., Packer, N.H., Aoki-Kinoshita, K.F., Lisacek, F., Karlsson, N.G. "Towards a standardized bioinformatics infrastructure for N-and O-glycomics", *Nature communications*, 10(1), p.3275, 2019 (DOI: 10.1038/s41467-019-11131-x).
6. Solovieva, E., Shikanai, T., Fujita, N., Narimatsu, H. "GGDonto ontology as a knowledge-base for genetic diseases and disorders of glycan metabolism and their causative genes", *J. Biomed. Semantics*, 9(1), p. 14, 2018 (DOI: 10.1186/s13326-018-0182-0).
7. Nagai-Okatani, C., Aoki-Kinoshita, K.F., Kakuda, S., Nagai, M., Hagiwara, K., Kiyohara, K., Fujita, N., Suzuki, Y., Sato, T., Angata, K., Kuno A., "LM-GlycomeAtlas Ver. 1.0: A Novel Visualization Tool for Lectin Microarray-Based Glycomic Profiles of Mouse Tissue Sections", *Molecules*, 24, 2962, 2019 (DOI:10.3390/molecules24162962).

2. その他の著作物(総説、書籍など)

1. 木下聖子、糖鎖命名法及び糖鎖関連リソースの概要、Glycoforum、Vol. 22 (1) A2, 2019, <https://www.glycoforum.gr.jp/article/22A2J.html>
2. 木下聖子、GlyCosmos ポータルと MIRAGE、Glycoforum、Vol. 22 (2) A5, 2019, <https://www.glycoforum.gr.jp/article/22A5J.html>
3. 赤瀬幸子、安形清彦、“糖鎖関連遺伝子のデータベースの現状(GGDB, FlyGlycoDB)”、Glycoforum、Vol.22 (3) A7、2019、Glycan and Database; <https://www.glycoforum.gr.jp/article/22A7J.html>
4. 細田正恵、安形清彦、“レクチンのデータベースの現状(LfDB, LM-GlycomeAtlas, GlyCosmos Lectins - MCAW-DB)”、Glycoforum Vol.22 (4), A10、2019、Glycan and Database; <https://glycoforum.gr.jp/article/22A10J.html>
5. Matthew P. Campbell, Kiyoko F. Aoki-Kinoshita, Frederique Lisacek, William S. York, and Nicolle H. Packer. “Chapter 52: Glycoinformatics”, Essentials of Glycobiology, 3rd edition (Varki et al., eds), Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2017.
6. 木下聖子. 糖鎖関連データベース標準化の国際動向と医療応用 (糖鎖がついにわかる! 狙える!). pp. 1453-1458, 羊土社, 2017.
7. 木下聖子. 第9節 糖鎖インフォマティクスによる糖鎖機能の解明 (in silico 創薬における スクリーニングの高速化・高精度化技術). pp. 492-499, (株) 技術情報協会 発刊書籍, 2018.

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	3 件
	国際	10 件
口頭発表	国内	8 件
	国際	7 件
ポスター発表	国内	8 件
	国際	6 件

(2) 招待講演

〈国内〉

1. 木下聖子. 糖鎖機能解明を指向した糖鎖インフォマティクスの研究：データベース統合からシミュレーションまで. 第16回糖鎖科学コンソーシアムシンポジウム、東京、2018年11月26日～27日
2. 山田一作、糖鎖科学データベースの現状とワークショップの趣旨、日本糖質学会年会、名古屋、2019年8月19日

3. 山田一作、GlycoNAVI～糖鎖立体構造とグライコフォーム、日本糖質学会年会、名古屋、2019年8月19日

〈国際〉

1. Kiyoko F. Aoki-Kinoshita. Glycoinformatics Research to Understand the Glycome. 6th International Conference for Young Chemists (ICYC), Penang, Malaysia, 2017年8月16日～18日
2. Issaku Yamada, WURCS: Web3 Representation for Carbohydrate Structures, World Chemistry Conference and Exhibition, Roma, Italy, 2017年9月4日
3. Kiyoko F. AOKI-KINOSHITA, Nobuyuki P. AOKI, Daisuke SHINMACHI, Masaaki SHIOTA, Jin-Dong KIM, Shujiro OKUDA, and Issaku YAMADA. GlyTouCan and Beyond: Towards truly integrating omics research. 2017 Society for Glycobiology Annual Meeting. Glyco-Bioinformatics satellite meeting. ポートランド. 2017年11月.
4. Kiyoko F. Aoki-Kinoshita. Integration of Omics Data through GlyCosmos. 29th International Carbohydrate Symposium (Pre-symposium), Lisbon, Portugal, 2018年7月14日～19日
5. Kiyoko F. Aoki-Kinoshita. Towards a Collaborative Global Glycoinformatics Community: GlyCosmos. 7th Charles Warren Workshop, Boston, MA, USA, 2018年8月15日～18日
6. Kiyoko F. Aoki-Kinoshita, Masaaki Shiota, Shinichiro Tsuchiya, Tamiko Ono, Sunmyoung Lee, Thukaa Kuoka, Nobuaki Miura, Aiko Hiraki, Daisuke Shinmachi, Nobuyuki P. Aoki, Jin-Dong Kim, Yu Watanabe, Shujiro Okuda, Yoshinori Suzuki, Noriaki Fujita, Kiyohiko Angata, Hisashi Narimatsu, Issaku Yamada. Integration of Life Science Data through Glycomics using Semantic Web Technologies. 2nd GlycoCom and 1st Human Glycome Project Meeting, Dubrovnik, Croatia, 2018年10月3日～6日
7. Kiyohiko Angata, Toshihide Shikanai, Takashi Sato, Akira Togayachi, Atsushi Kuno, Hiroyuki Kaji, Jun Hirabayashi, and Hisashi Narimatsu. Technologies and databases for glycosciences in AIST, JAPAN. Current Glycosciences and Glycotechnology: Application for Medicine, Khon Kaen University (Thai). 12月18日 Kiyoko F. Aoki-Kinoshita. Omics Data Integration Efforts Leading to Applications in Medicine, Energy, Nutrition and the Environment. Gordon Glycobiology Research Conference, Lucca (Barga), Italy, 2019年3月10日～15日
8. Kiyoko F. Aoki-Kinoshita. Data Visualization in GlyCosmos, Beilstein Symposium on Glyco-Bioinformatics, Limburg, Germany, 2019年6月25日～27日
9. Issaku Yamada, Nobuyuki Miura, Shinichiro Tsuchiya and Kiyoko F. Kinoshita. Notation for identification of glycans contained in glycoproteins, glycolipids, and other biomolecular structure data, American Chemical Society Annual Meeting, San Diego, CA, USA, 2019年8月27日
10. Kiyoko F. Aoki-Kinoshita. The GlyCosmos Portal and *in silico* simulation of glycosylation pathways, Adelaide, Australia, 2019年9月14日

(3) 口頭講演

〈国内〉

1. 山田一作、糖鎖科学ポータル^の基盤となる糖鎖表記法の開発とデータベース連携、第40回ケモインフォマティクス討論会、山口、2017年10月26日
2. 木下聖子、糖鎖科学ポータル GlyCosmos：糖鎖からオミクスの統合へ、ConBio 2017 2017年度生命科学系学会合同年次大会. 特別企画「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」。神戸、2017年12月8日
3. 山田一作、質量分析における国際糖鎖構造リポジトリ GlyTouCan および糖鎖構造表記法 WURCS 活用の提案、質量分析インフォマティクス研究会 2018年ワークショップ、東京、2018年4月23日
4. 山田一作、三浦信明、木下聖子、糖鎖化学ポータル-糖鎖化学構造によるライフサイエンスデータベースの統合、第37回日本糖質学会年会、仙台、2018年8月30日
5. 木下聖子. 糖鎖科学ポータル GlyCosmos を通じた国際的なライフサイエンスデータベースの統合化を目指して. 第37回日本糖質学会年会、仙台、2018年8月28日～30日
6. 木下聖子、奥田修二郎、青木信行、成松久、山田一作、糖鎖科学ポータル：GlyCosmos、第41回日本分子生物学会年会、横浜、2018年11月28日
7. 木下聖子、渡辺由、奥田修二郎. 糖鎖・糖タンパク質用質量分析リポジトリ GlycoPOST の公開. 質量分析インフォマティクス研究会・第4回ワークショップ、東京、2019年3月19日
8. 木下聖子、糖鎖科学ポータル GlyCosmos、第38回日本糖質学会年会、名古屋、2019年8月19日～21日

〈国際〉

1. Issaku Yamada, Handling of Small Molecules in the Semantic Web, State and Future of the IUPAC InChI meeting, Bethesda, Maryland, USA, 2017年8月16日
2. Issaku Yamada, Development of WURCS Related Tools, Society for Glycobiology SFG satellite meeting, Portland, Oregon, USA, 2017年11月5日
3. Kiyoko F. Aoki-Kinoshita. Going beyond GlyTouCan to integrate OMICS research The 9th ACGG Conference, Hong Kong, 2017年12月17日～20日
4. Kiyohiko Angata, Toshihide Shikanai, Hiroyuki Kaji, and Hisashi Narimatsu, ACGG-DB as tools for Glycoscience studying glycogenes, glycoproteins, and lectins, 9th ACGG, Hong Kong, 2017年12月18日
5. Issaku Yamada, Activities at the Noguchi Institute: Glycoinformatics Consortium [GLIC], GlycoNAVI and WURCS, Satellite Meeting of 2018 Society for Glycobiology Annual Meeting, New Orleans, LOUISIANA, USA, 2018年11月5日
6. Kiyoko F. Aoki-Kinoshita. Semantic Web Technologies and the GlyCosmos Portal. 10th ACGG Conference, Tainan, Taiwan, 2018年11月18日～21日
7. Kiyoko F. Aoki-Kinoshita, The GlyCosmos Portal, ACGG-DB and the GlySpace All

iance: creating a global infrastructure for glycoscience data、GLYCO25、Milano, Italy, 2019年8月27日

(4) ポスター発表

〈国内〉

1. 山田一作、GlycoNAVI: GlycoBio データベース、第36回日本糖質学会年会、旭川、2017年7月21日
2. 山田一作、糖鎖科学ポータルにおける化学構造を活用したデータベース連携、トーゴの日シンポジウム、東京、2017年10月5日
3. 新町大輔、青木ポール信行、渡辺由、奥田修二郎、山田一作、木下聖子、国際糖鎖構造リポジトリと糖鎖関連データベースとの連携、トーゴの日シンポジウム2017、東京、2017年10月5日
4. 山田一作、木下聖子、糖鎖科学ポータルサイト GlyCosmos における糖鎖立体構造、2017年度生命科学系学会合同年次大会、神戸、2017年12月7日
5. 新町大輔、GlyComb: 複合糖質リポジトリの開発、トーゴの日シンポジウム2018、東京、2018年10月5日
6. 山田一作、木下聖子、GlycoNAVI: 蛋白質の糖鎖修飾・結合部位、日本蛋白質学会年会、神戸、2019年6月25日
7. 李宣明、木下聖子、*E. coli* O-抗原のRDF化による生合成パスウェイデータの統合、日本糖質学会年会、名古屋、2019年8月19日～21日
8. 山田一作、GlyCosmos Data Resources、トーゴの日シンポジウム、東京、2019年10月5日

〈国際〉

1. Issaku YAMADA and Kiyoko F. AOKI-KINOSHITA. Integration of Glycoscience Data in GlyCosmos Using Semantic Web Technologies. 2017 Society for Glycobiology Annual Meeting. Portland, WA, USA, 2017年11月7日
2. Issaku Yamada, Development of Cross-Linked data of Carbohydrate Structures in GlycoNAVI as a GlyTouCan Partner, Annual Meeting of the Society for Glycobiology, Portland, USA, 2017年11月7日
3. Issaku Yamada, Daisuke Shinmachi, Nobuyuki P. Aoki, Yu Watanabe, Shujiro Okuda, Kiyoko F. Aoki-Kinoshita. Semantic Web Technologies to Integrate Life Science Data through GlyTouCan. ISMB 2018, Chicago, IL, USA, 2018年6月6日～10日
4. Kiyoko F. Aoki-Kinoshita, Masaaki Shiota, Tamiko Ono, Issaku Yamada. GlyCosmos: Integrating Omics data through Glycoscience. 2018 NIH FDA Glycoscience Research Day. Bethesda, MD, USA. 2018年7月13日
5. Sunmyoung Lee, Thukaa Kuoka, Masaaki Shiota, Tamiko Ono, Shujiro Okuda, Issaku Yamada, Kiyohiko Angata, Hisashi Narimatsu, Kiyoko F. Aoki-Kinoshita. Development of the GlyCosmos Glycoscience Portal. 2nd GlycoCom and 1st Human Glycome Project Meeting, Dubrovnik, Croatia, 2018年10月3日～6日

6. The GlyCosmos Web Portal: glycan structures, glycogenes, glycoproteins, pathways, diseases and more! Masaaki Shiota, Shinichiro Tsuchiya, Tamiko Ono, Thu kaa Kuoka, Nobuaki Miura, Aiko Hiraki, Issaku Yamada, Daisuke Shinmachi, Nobuyuki P. Aoki, Jin-Dong Kim, Yu Watanabe, Shujiro Okuda, Yoshinori Suzuki, Noriaki Fujita, Kiyohiko Angata, Hisashi Narimatsu, Kiyoko F. Aoki-Kinoshita. Annual Meeting of the Society for Glycobiology, New Orleans, LA, USA, 2018年11月5日～8日

4. 知財出願

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. 創大 Lab https://www.soka.ac.jp/headlines/sodai_lab/2017/11/2371/

(3) その他

該当なし

§8. 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
2017年 10月10日	チーム内ミーティング (非公開)	創価大学	14人	研究進捗報告のためのミーティング
2018年 1月25日	チーム内ミーティング (非公開)	創価大学	10人	同上
2018年 2月9日	チーム内ミーティング (非公開)	産業技術総合研究所	16人	PubAnnotation 利用のためのミーティング
2018年 5月22日	チーム内ミーティング (非公開)	野口研究所	13人	進捗報告、検討事項の確認
2018年 9月25日	チーム内ミーティング (非公開)	野口研究所	18人	同上
2019年 1月25日	チーム内ミーティング (非公開)	野口研究所	19人	同上
2019年 2月19日 ~22日	GlycoHackathon	産業技術総合研究所	16人	GLIC&糖鎖インフォマティクス若手の会、PJの共同開発を促進するため
2019年7 月16日	チーム内ミーティング (非公開)	野口研究所	13人	進捗報告、検討事項の確認

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
2018年 3月5日~ 9日	International Life Science Integration Workshop	中野サンプラザ	38人	ライフサイエンス分野のデータベース連携促進のため
2019年 8月19日	日本糖質学会ワークショップ WS-01「日本の糖鎖科学データベース:糖鎖科学の飛躍のための意見交換会」	名古屋大学 豊田講堂	約40名	GlyCosmos Portal および本事業の紹介

以上