

研究報告書

「グローバル・システムの持続可能性評価基盤に関する研究」

研究タイプ: 通常型

研究期間: 2015年10月～2019年3月

研究者: 佐藤 彰洋

1. 研究のねらい

UNEPのイニシアティブの1つである”持続可能な観光”を定量的に評価するためのデータ駆動型支援システム開発に特化し、金融、輸送、観光に関するデータ・フローを構築し、経済性・供給と需要の計測、移動データの収集と分析、エネルギー消費量・物質投入量の算出、労働・環境の評価などを通じ、観光セクターにおける持続可能性を計量する情報基盤システムを現実のフィールドと相互作用的な評価を行いつつ段階的に建設する。特に、データ・フローの構築、指標と計算方法の開発、クラウド型のデータ分析可視化基盤の開発、現実と相互作用しながらプロジェクトを評価する方法論の開発を通じて実施し、データ、ビッグデータ分析手法、ステークホルダーとのコネクションを蓄積することでアジャイル的に実施した。

この研究により蓄積されるデータ、開発された手法とデータ基盤、ステークホルダーとの関係性により持続可能性を現実世界において定量評価することを可能とし、全世界規模で持続可能性を計測評価するための方式を開発する。このような、基盤技術は全世界規模で今後必要となる持続可能性をデータ駆動的に判断するためのシステムの基盤となるとともに、組織的な基礎を与えることを目指した。

2. 研究成果

(1) 概要

全世界規模での持続可能性を計測するために必要とされるデータ・フローを構築するためのデータ収集システムの開発、並びに、商用データ源、衛星データ源、オープンデータ源、公的統計データ源を特定した。更に、世界メッシュコード体系に基づき位置情報付きデータ(ポイントデータ、ポリゴンデータ、グリッドデータ)をメッシュ統計化し、これを公開するための基盤「世界メッシュ研究所」(<https://www.fttsus.jp/worldgrids/>)を構築するとともに、クラウド型データ可視化分析システム「統計情報可視化システム MESHSTATS」(<https://www.meshstats.xyz/meshstats>)を建設した。

これらを用いることにより、定量化指標と計算方法の確立を意思決定者からの評価フィードバックを通じてアジャイル的に開発することにより、メッシュ統計のユースケースと定量化指標

のパターン、計算方法、可視化方法を開発した。

これらのオープンソース、オープンデータと世界メッシュコードに関する技術資料を公開する専用のサイトとして世界メッシュ研究所を設置した。

世界メッシュ統計のユースケースおよび新規データの開発を支えるコミュニティとして世界メッシュ研究所サポート会員(2018年12月現在 57名)、統計情報可視化システム MESHSTATS のモニターユーザー(2018年12月現在 245名)からなる研究協力者を獲得し、定期的に世界メッシュコード研究会を開催することによりオープンイノベーションにより技術の開発と普及を行っている。

日本工業規格地域メッシュコード(JIS X0410)の上位互換性を有する世界メッシュコード体系構成し、世界メッシュコード関連オープンライブラリを 5 言語(R, PHP, Javascript, Python, JAVA)に対して開発し、世界メッシュ研究所 Web ページより公開を行っている。

世界メッシュ統計データを全世界の行政界ポリゴンデータである GADM、NASA が提供する夜間光画像、経産省が NASA と共同運用する衛星 Tera に搭載される ASTER に基づく 30m 角陸域標高データ、JAXA だいち (ALOS)で作成された 30m 陸域標高データを用いて作成し、251 の国と地域に対して 33 億メッシュ以上(3 次メッシュ)を生成し、世界メッシュ研究所からオープンデータとして公開した。

統計情報可視化システム MESHSTATS は以下の機能を有する。

- ・世界メッシュコードに基づく全世界規模でのメッシュ統計用 Data as a Service (DaaS) 各種データの収集および世界メッシュ統計データの半自動生成を可能とする技術
- ・クラウドベースでのデータ分析可視化機能(GUI)と機械判読可能な API 機能
- ・31の機能(メッシュデータ種類、集計・可視化方式)

統計情報可視化システム MESHSTATS を用いることにより、全世界を世界標準的な規格化されたメッシュ統計データとして取り扱うことが可能であり、かつ、秘匿化された状態でデータを保管、検索、結合分析することが可能である。また、MESHSTATS 上に実装された機能とメッシュ統計の特性を用いることにより、経済社会システムに内在する効率性の改善、潜在的な需要の発見、変化の検出が可能となる。ビッグデータ解析技術として、世界メッシュ統計を半自動で生成するアルゴリズム、メッシュ統計を任意の形状に再集計する機能、異なる場所の構造物配置の特徴を比較する方法、複数のメッシュ統計からパターンを検出する方法を開発した。

(2) 詳細

・研究テーマ1「データ・フローの構築」

OAG からデータを購入することにより、全世界規模での日次航空機タイムテーブルデータを5年間分取得し、全世界の航空輸送の状況を把握するとともに、我が国の国際航空輸送可能量の推計を行った。その結果、全世界で年間50億座席の航空輸送容量が存在していることを突き止めるとともに、我が国の年間国際航空容量が約4000万座席(2017年)であることが判明した。

各国の中央銀行のRSSから自動的にデータを取得し、全世界の約60通貨ペアに対する通貨交換レートを自動的に整理統合できるデータ基盤の開発を行った。この機能を用いて MESHSTATS の貨幣価値の自動変換機能を実装した。

多言語対応を行うため、日本語と英語を人間が入力することで自動的に機械翻訳を行う機能と人間によるレビュー機能を有する多言語辞書(語彙基盤)の作成を行った。この機能を用いることで、14か国語で MESHSTATS を利用できるシステムとした。

全世界規模での基礎データとして、JAXA が運用していただいち(ALOS)、経済産業省が NASA と共同運用する地球観測衛星 TERA で運用される ASTER センサー由来の衛星リモートセンシングデータ、および、NASA が公開する夜間光衛星画像をデータ源として、全世界規模での標高と夜間光の世界メッシュ統計データを作成した。更に、土地利用インデックス、欧州、日本、オーストラリアの公的統計由来メッシュ統計を世界メッシュへ変換することにより、様々な世界メッシュ統計を作成することができ、最終的に500種類以上、33億メッシュ(3次元メッシュ)以上の世界メッシュ統計の作成と、インターネット由来のホテル宿泊プランメッシュ、求人メッシュを日次で自動生成することに成功し、研究計画で記した政府統計とインターネット上のビッグデータを合成することによる、これまでになかった高頻度統計を実現した。

・研究テーマ2「情報基盤システムの構築」

構築した世界メッシュ統計を任意の場所と分野に対して Web ブラウザ経由で抜き出し、分析・可視化するためのシステム「統計情報可視化システム MESHSTATS」をクラウドサーバー上に構築した。このシステムをモニターユーザーに開放し、データ利用の方法、データ分析のユースケースや、関心とするデータ分野について VoC(Voice of Customer)の手法を利用して、聞き取り調査と意見収集を研究会(世界メッシュコード研究会)において実施することで、システム開発とデータ開発の仕様と要求の抽出を行った。

更に、グラフィカル・ユーザー・インターフェースを聞き取りした仕様をもとに開発、世界メッシュ統計を簡単に可視化し、相関パターンの検出や、外れ値の特定を行うことができるデータ分析機能を実装した。これらの仕組みはソフトウェア・データマイグレーションモデルに従い、クライアント上に送り込まれたソフトウェアとデータによりサーバーとの通信なしにインタラクティブ分析を実現している。

「統計情報可視化システム MESHSTATS」は世界メッシュ統計に特化した、Data as a Service(DaaS)であり、約250名のモニターユーザーへ提供している。この研究を通じて、世界メッシュ統計を半自動的に連続生成し、サービスとして提供する方式のワークフローとフレームワークを開発した。このようなワークフローとフレームワークの構築および世界標準に準拠したシステムの開発が可能となることは当初の予想を上回る成果となった。

・研究テーマ3「世界規模での情報基盤システムへの拡張」

14か国語、31種類(データ種別×集計種別×分野)の機能を個別ユーザー管理のもとで、提供するシステムとして、全世界規模で世界メッシュ統計データを提供することができるシステムとして、日本国内で開発した機能をその国の人が、その国の言葉で、その国の世界メッシュ統計を自身の国のために開発されたシステムであるかのように提供可能なシステムとして拡張を完了した。内部には、14か国言語(日本語、英語、イタリア語、ドイツ語、スペイン語、韓国語、ベトナム語、中国語簡体字、中国語繁体字、ポーランド語、タイ語、トルコ語、フランス語、アラビア語)、1000単位以上の多言語語彙基盤を有し、機械翻訳 API を用いた、自動翻訳機能と多言語環境でレビュー機能を有する機能が埋め込まれている。これにより、システム内部で言語的専門能力を有する専門家が Web ブラウザを通じて世界どこからでも言語テ

ブルの編集作業を行うことができるシステムとなっている。このシステムを通じて、在日ベトナム人研究補助者、在日中国人研究補助者、ドイツ在住の研究協力者、タイの在住の研究協力者、米国在住の翻訳者が語彙基盤のレビュー作業に従事することのより、多言語環境の精度向上が機械翻訳と連動させることで可能であることを実証した。更に、ドイツ在住の研究協力者は統計情報可視化システム MESHSTATS を利用することでビッグデータ教育プログラムの開発を行っている。

・研究テーマ4「実際のフィールドと相互作用する評価」

平成27年度(2016年3月17日)に京都大学においてキックオフワークショップ(20名参加)、平成28年度に、イタリア・マテラ(2016年7月9日)、ドイツ・ハンブルグ(2017年3月8日)、イタリア・トリノ(2017年7月6日)において国際ワークショップを共催し、国際的な参加者とともに、世界メッシュ統計の利用方法の紹介と、MESHSTATS の利用シーンを説明した。更に、国連世界観光機関技術と観光部会に Google と計画の提案を行い、各国の観光分野の専門機関へ世界メッシュ統計とMESHSTATSを紹介するとともに、自国の観光施策の実現に世界メッシュ統計が利用可能であることを、我が国の公的統計由来メッシュ統計の利活用方法を紹介することにより説明を行った。平成30年12月3日には京都大学時計台百周年記念館において最終成果報告会を開催(のべ約60名の参加)し、これまでの研究成果について説明するとともに、世界メッシュ統計に関連する招待講演12件とパネルディスカッションによる本研究活動の総括を行った。



この最終成果報告会を契機として、参加者および講演者との間の共同研究が促進され、その後も、データ利活用のユースケース開発(HR 分野、観光分野)とメッシュデータ開発(医療分野)を企業実務家、大学研究者と実施している。

3. 今後の展開

これまでの研究から、世界メッシュ統計を作成できる位置情報付きデータの種類と、世界メッシュ統計の生成方法は特定できた。インターネット上で公開されている位置情報付きデータを用い

て、10,000種類以上のメッシュ統計を作成することが可能である目途が立った。更に、衛星リモートセンシングデータを用いることにより、全世界規模で衛星データ由来世界メッシュ統計を実時間に近い頻度で生成することが可能である技術的目途が立った。これにより、全世界規模で世界メッシュ統計データを生成し、流通すること、および、複数連動する MESHSTATS に組み込むことで異なる分野で収集される位置情報を含むデータを連結分析し、組織をまたぎ相互融通することができることが分かった。

この技術を用いると、様々な分野で収集蓄積されているが、利用が未着手または、データフォーマットが異なるため相互利用が十分にすすんでいないデータを相互に結合、統合して分析することが全世界規模で可能となると見込まれる。これにより、データに基づき、持続可能性を計測する技術や、公的統計の近代化、調査無き統計などを社会実装できる基盤技術として開発した研究成果を利用、普及することができる技術的目途がたつた。今後エコシステムを構成するために、世界メッシュコードで作成されたデータを公開する企業や非営利団体と協力を深め、世界メッシュ統計データを利用し、統計情報可視化システム MESHSTATS を運用・利用する人と組織を着実に増やしていきながら、分野横断的にメッシュ統計の利活用ユースケースを開発し、市場化していくことが課題である。

4. 自己評価

本研究では、全世界規模での世界メッシュ統計基盤技術と世界メッシュ統計データの大規模な開発を目標とし、持続可能性をエビデンスより評価可能とするクラウド型基盤の開発と、データコミュニティの開発を目指した。研究開始当時 2015 年 10 月においては、世界メッシュ統計のライブラリは R 言語で部分的に地域メッシュコードの計算ができるのみであったが、研究開始後、R 言語による世界メッシュコード関連関数の開発に成功し、その後、このライブラリの移植作業とこのライブラリを用いた世界メッシュ統計データの作成に着手した。2018 年 9 月時点で、衛星データ由来の世界メッシュ生成技術を確立し、世界メッシュ統計の種類は 500 種類を超え、世界メッシュ統計は世界 251 の国と地域に対して、33 億メッシュ以上にまで到達した。データ・フローの構築は当初の予想を上回る成果となった。開発したライブラリと世界メッシュ統計はオープン化しプロジェクト Web ページである世界メッシュ研究所 (<https://www.fttsus.jp/worldgrids/>)より日本語、英語、中国語(繁体、簡体)、ベトナム語で公開するとともに、2018 年 2 月 15 日に京都大学、科学技術振興機構、一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構、MM 総研の連名でプレスリリースを行った。

世界メッシュ統計を任意の場所と分野で抜き出し、集計方法と可視化方法で再集計するためのクラウドベースでの分析基盤「統計情報可視化システム MESHSTATS」(<https://www.meshstats.xyz/meshstats/>)をアジャイル的に開発し、31機能と14か国言語(日本語、英語、ドイツ語、イタリア語、スペイン語、タイ語、ベトナム語、中国語繁体字、中国語簡体字、フランス語、アラビア語、ポーランド語、トルコ語、韓国語)で利用し、全世界規模で、世界メッシュ統計を抜き出し、可視化、分析ができる機能を有するシステムとなってきた。本研究で目標としたデータ分析システムの国際化の目標を十分に達成することができた。

本研究の最終成果報告会(2018 年 12 月 3 日開催)において、評価委員 10 名による研究プロジェクト評価を実施した。評価委員はこれまで、過去2年以上に渡り、本プロジェクトへの参加、打ち合わせや研究会参加活動経験が3回以上ある研究者、実務家を対象とした。本研究

プロジェクトで開発された研究成果である世界メッシュ統計データのビッグデータ度、統計情報可視システム MESHSTATS の充実度、指標の有益度、研究プロジェクトへの協力・参加により得られたメリットの有無などから多面的主観評価尺度を構成し、アンケート調査方式で意見の収集を行った。その結果、ビッグデータ度は80%の評価者が豊富または利用しきれないくらい豊富と答え、プロジェクトの成果物である統計情報可視化システム MESHSTATS の充実度は70%の評価者が実用に耐えられる30%の評価者が更なる開発を求めると回答した。更に、90%の評価者は活動で何らかの恩恵を得ていたことが判明した。

世界メッシュコードを算出するライブラリ、基本的世界メッシュ統計はオープンデータとして公開しているが、これらのオープンライブラリ、オープンデータに関する問い合わせや、利用方法の照会が行われている。世界メッシュコード研究会の開催実績はプロジェクト開始より、15回を超え、引き続き研究会開催がプロジェクト終了後も継続している。世界メッシュコード研究会の登録者数は日本全国で約60名に達し、研究会開催時には常時10名以上の参加者が集い、オープンイノベーションによる世界メッシュ統計利用シーンとユースケース開発およびデータ仕様とシステム要求の開発に協力して頂いている。

このことから、研究計画の進捗度は計画通りまたはそれを上回っている。更に、本研究プロジェクトへモニター参加、共同研究、連携等による協力者数の増加傾向を鑑みると、本研究プロジェクトは当初予想していなかった恩恵を参加者へもたらすものとなっている。

5. 主な研究成果リスト

(1) 論文(原著論文)発表

1. Aki-Hiro Sato, Shoki Nishimura, Tsuyoshi Namiki, Naoki Makita, Hiroe Tsubaki, "World Grid Square Data Reference Framework and its Potential Applications", 2018 IEEE 42nd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), (2018), pp. 398-409, DOI: 10.1109/COMPSAC.2018.00062
2. Aki-Hiro Sato, Paolo Tasca, Takashi Isogai, "Dynamic Interaction Between Asset Prices and Bank Behavior: A Systemic Risk Perspective", Comput. Econ. (2018) pp.1-31, DOI: 10.1007/s10614-018-9792-y
3. Aki-Hiro Sato, Shoki Nishimura, Hiroe Tsubaki, "World grid square codes: Definition and an example of world grid square data", 2017 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), pp. 4238--4247 (2017), DOI: 10.1109/BigData.2017.8258450
4. Anna Carbone, Meiko Jensen, Aki-Hiro Sato, "Challenges in Data Science: a complex system perspective", Chaos, Soliton and Fractals, Vol. 90 (2016) pp. 1-7, DOI: 10.1016/j.chaos.2016.04.020
5. Aki-Hiro Sato, Hidefumi Sawai, "Risk Assessment for a Global Air Transport System Using Socioeconomic-Technological-Environmental Databases", 2016 IEEE 40th Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC2016) (2016) pp. 572-581, DOI: 10.1109/COMPSAC.2016.179

(2) 特許出願

研究期間累積件数:0件

(3)その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

・2018/11/19 京都大学プレスリリース「統計情報可視化システム MESHSTATS 実用化プロジェクトを開始しました」(2018年10月22日)

http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research/events_news/department/jyohogaku/news/2018/181022_1.html

・2018/10/6 佐藤彰洋, 椿広計, “データ利活用基盤とグローバル観光サービスデザイン”, 第9回横幹連合カンファレンス OS09「データ駆動型社会における観光サービスの展望」, 電気通信大学, 東京都調布市, https://doi.org/10.11487/oukan.2018.0_A-2-5

・2018/2/15, 科学技術振興機構プレスリリース「衛星ビッグデータと世界位置情報を統合解析する手法を世界で初めて開発～標高ビッグデータで津波リスク予測ほかデータ利活用を促進～」, <https://www.jst.go.jp/pr/announce/20180215/index.html>

・2017/11/17, Aki-Hiro Sato, Shoki Nishimura, Tsuyoshi Namiki, Naoki Makita, Hiroe Tsubaki, “World Grid Square Statistics and their application to data analytics”, Joint UNECE/UN-GGIM Workshop on Integrating Geospatial and Statistical Standards, Stockholm, Sweden

https://www.unece.org/fileadmin/DAM/stats/documents/ece/ces/ge.58/2017/mtg3/S3_SATO_2017World_Grid_Square_Statisticsv52.pdf

・2017/6/23, Aki-Hiro Sato “Data Infrastructure for Data Applications”, 6th UNWTO International Conference on Tourism Statistics: Measuring Sustainable Tourism, 21 June 2017 - 24 June 2017, Manila, Philippines,

<https://custom.cvent.com/E5C28A0D212A415D9AD3C8B699EBC072/files/82661a63c16c4780ba2124dd68cf48bd.pdf>