

4 スマートデータ利活用基盤技術

4 Smart Data Analytics Technology

4-1 スマートデータ利活用基盤技術の概要

4-1 Overview of Smart Data Analytics Technology

是津 耕司

ZETTSU Koji

スマートで持続可能な社会の実現を目指し、我々は、様々なセンシングデータを相互に連携させ、実世界の複雑な状況把握や、状況に適した行動支援に役立つ“actionable”なデータを生成し利活用するスマートデータ利活用基盤の研究開発を進めている。本稿では、実世界の様々なイベントデータを収集し分野横断的な相関を発見・学習・予測するデータ連携分析技術、個々のプライベートデータを共有することなく状況把握や行動支援のための共通の予測モデルを構築する分散連合 AI 技術及びこれらの基盤技術を実装した xData プラットフォームの構築とこれを用いた共創型の課題解決を推進する取組について説明する。

In order to realize a smart and sustainable society, we are conducting research and development of smart data analytics technology that associates various sensing data to generate and utilize “actionable” information useful for predicting complex situations in the real world and for supporting appropriate behaviors. In this paper, we describe the following topics: (1) cross-data analysis technology that collects various real-world event data to discover, learn, and predict cross-disciplinary correlations; (2) distributed federated AI technology that builds common prediction models to understand situations and support actions without sharing individual private data; and (3) construction of xData platform which implements these fundamental technologies, and efforts to promote co-creation-style problem solving by utilizing the platform.

1 まえがき

世界では、2050年までに人口の約70%が都市に集中すると言われており、都市環境の激変による環境、交通、防災、エネルギーなどの社会問題が複雑化してきている。国連が掲げる持続可能な開発目標 (SDGs) では、参加型で包摂的な方法による、安全、強靱かつ持続可能な都市づくりが求められおり、我が国でも ICT を活用しスマートで持続可能性の高い社会を実現する Society 5.0 の取組が進められている。そこでは、多種多様で膨大なセンシングデータから、実世界での様々な出来事や事象の関係性を AI を用いて効果的に発見・予測し、意思決定や行動支援で利用できるようにすることが重要となる。そのため、センシングした実空間の事象をサイバー空間に投影し、最適な解決策を見いだして実空間を駆動するサイバーフィジカルシステム (CPS) により、都市の環境を様々なセンサー等

で稠密にモニタリングし安全・快適な移動や防災などに役立てる取組が進められている。さらに、今後、実空間に分散した人やモノが高度なネットワークでつながることで、個々の人やモノの詳細な状況を随時把握し、最適な行動ナビゲーションを持続的かつタイムリーに行い行動変容を促し、地域ぐるみで課題解決を図る“スマートで持続可能な社会”を実現することが期待されている。こうしたことを背景に、我が国では、「広く多様なデータを活用して新たな価値を創出するためには、『データ連携』とそれを『活用したサービスを提供』する基盤(プラットフォーム)の構築が鍵となる。」との方向性が示されている(「包括的データ戦略」[1])。また、総務省の「Beyond 5G 推進戦略」[2]では、「膨大なデジタルデータを AI 等の活用により解析することにより、フィジカル空間の状況の把握が随時可能となるだけでなく、その情報を基にフィジカル空間における次の行動の判断を行うことが可能となる。」と

している。

スマートデータとは、政府、産業界、市民が効率的かつ効果的にインテリジェンス、計画、制御、意思決定に利用できる“価値あるデータ”を生成するために処理されたIoTデータのことを指す。モビリティ、ウェルビーイング、都市環境の管理(大気、水、廃棄物など)などのイノベーションを促進するためには、横断的なデータの収集と解析が不可欠である。例えば、自動車、気象、交通、宿泊、個人の健康など多様なセンシングデータをAIで解析し、移動中の危険を回避したり個々の状況を合わせた最適な移動ルートや旅程プランを提案することで、旅行や観光を快適にしたり、渋滞を避けた快適な移動や運転中の事故を減らすことが可能となる。これは、アプリケーションの目的に応じて、様々なセンシングデータの横断的な関連性を発見し予測することで実現される。こうした、スマートデータの利活用を促進するために、我々は、実世界の様々な状況を随時把握し最適化された行動支援を行うことを目的として、実世界の様々なイベントデータを収集し、それらの分野横断的な相関を発見・学習・予測するデータ連携分析技術と、これに基づき地域の環境問題を考慮した安全・快適な移動や健康的な生活等を支援するスマートサービスを開発するためのプラットフォームの研究開発に取り組んでいる。本稿では、こうした我々の取組について、概要を説明する。

データを対象に、データウェアハウスシステムやビジネスインテリジェンス(BI)ツールなどが用いられてきた。これらは、様々な項目(アイテム)のデータを結合したトランザクションデータを生成し、その中で高い頻度で共起するアイテムの組合せ(頻出アイテム集合)から成る相関ルールを発見することを行う。しかし、従来のビジネスデータとは異なり、センシングデータを対象としたデータマイニングでは、時空間的に偏ったデータから局所的に相関の高い頻出アイテム集合や、災害や事故などの稀なケースにおいて相関の高い頻出アイテム集合を、膨大なデータからいかに効率よく発見するかが大きな課題となる。

頻出アイテム集合発見の処理は、候補となるアイテム集合を多く生成するが、それらのほとんどはアプリケーションにとって興味のないものである可能性が高い。そのため、アイテムの内部効用(トランザクション内でのアイテムの出現頻度)と外部効用(アプリケーションにとってのアイテムの重要度)を同時に考慮する高効用アイテム集合マイニング(High Utility Itemset Mining, HUIM)により、この問題の解決を図る。HUIMは、トランザクションデータが与えられたとき、ユーザが指定した最小効用(minUtil)制約より大きい効用を持つアイテム集合を発見する。我々は、従来のHUIMを更に拡張し、センシングデータなどの時空間データに対し、あるアイテム集合の効用が最小効用より大きく、かつそのアイテム集合内の任意の2つのアイテム間の距離が指定された最大距離より小さくなるようなアイテム集合を効率的に発見する手法(Spatial HUIM, SHUIM) [3]を開発した。これにより、局所的に頻出する効用が高い頻出アイテム集合を高速に発見することが可能になる。この特長を生かした応用とし

2 データ連携分析技術

2.1 異分野センシングデータの相関発見

様々な情報源からデータを収集・統合し、それらの相関関係を発見する際に、これまでは、主にビジネス

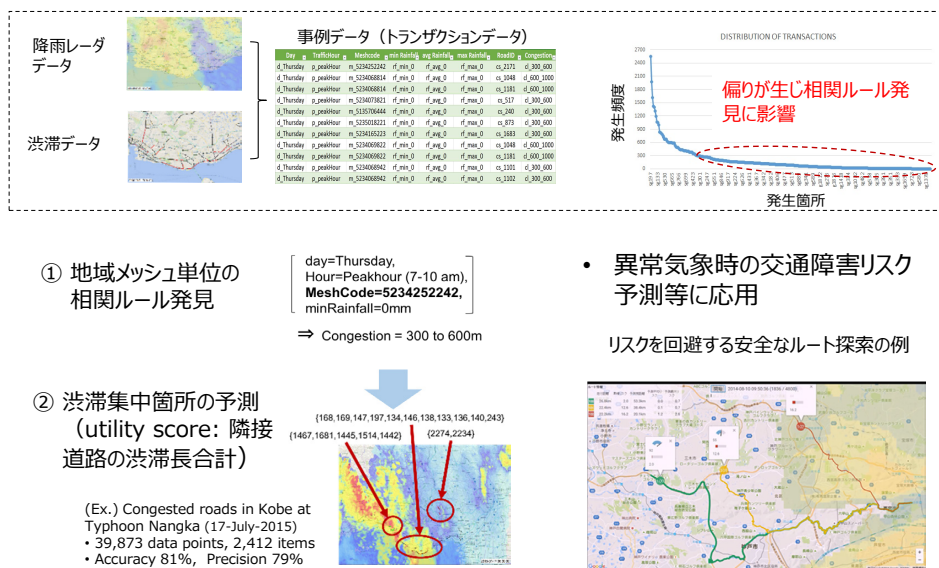


図1 SHUIMを応用した移動環境リスク予測に基づく適応型ナビゲーション

て、環境データと交通データから、異常気象時の交通リスクを予測する全天候型道路混雑予測モデル VEENA を開発した(図1)。評価実験では、39,873 件のランザクションを対象に 80 % の予測精度をあげつつ、メモリ使用量 5 割、処理速度 9 割削減し(対 EFIM(naïve)、1.5 GHz GPU・4 GB メモリ)、処理性能の大幅な改善を実現した。現在、SHUIM と VEENA を、後述する xData プラットフォーム上に実装し、異常気象等が発生した際の交通リスク予測に基づく行動ナビゲーションへの応用を進めている。

2.2 時空間相関パターンの学習・予測

様々なセンシングデータ間の時空間的な相関パターンを学習し、未知の相関データを予測できるようにする機械学習技術の開発に取り組み、異なるセンサーにより様々な場所で観測された環境データや気象データを組み合わせ、それらの時空間的な分布や移流のパターンを学習し、環境品質(AQI や EQI など)の短期的な変化を予測することに応用している(図2)。深層学習の一種である畳み込みリカレントニューラルネットワーク CRNN (Convolutional Recurrent Neural Network) をベースに、CNN (Convolutional Neural Network) により地理空間グリッドのセンシングデータを入力とした特徴マップを生成し、それらの時系列変化を LSTM (Long Short-Term Memory) によりモデル化する手法 [4] を開発した。環境データや気象データの時空間分布

に偏りがあることを考慮し、関心のある領域 (ROI) ごとのモデルを結合しグローバルなモデルを構築する際に、これらの結合を最適化することで、高い汎用性と予測性能を実現している。越境汚染事例を対象に、国内や東アジア沿岸部の環境基準測定局データを用いた AQI 短期予測 (1 ~ 12 時間後) では、70 ~ 90 % の予測精度を達成した。さらに、CRNN だけでなく、グラフニューラルネットワーク MASTGN [5] による改良も行っている。

また、ユーザが IoT センサー等を用いて収集したデータを用いて、追加学習 (Decoder Transfer Learning) を行うことで、特定のルートやホットスポットの予測が可能になるよう拡張した DTL-CRNN 手法 [6] も開発した。環境基準測定局データを用いた地域メッシュ (5 次、250 m 四方) 単位の AQI 短期予測モデルを、ウォーキングや車両運転中に収集したデータを用いてルート単位の予測にカスタマイズできるようにし、評価実験では、一般的な測定局データの空間補完法 (IDW) による予測と比較し、予測精度を 15 ~ 37 % (SMAPE 値比) 向上させられることを確認した。

これらの技術は、後述する xData プラットフォームの環境品質短期予測に実装し、自治体の環境基準監視業務支援等への社会実装を進めている。

2.3 マルチモーダル・クロスモーダル AI

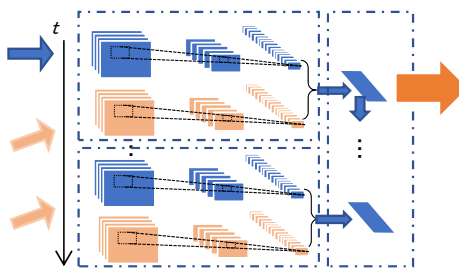
多種多様なセンシングデータを組み合わせ予測分析

様々なセンシングデータの収集

- 観測システム (大気、気象など)
- データポータルや Web
- IoT センシング



時空間相関パターンの深層学習

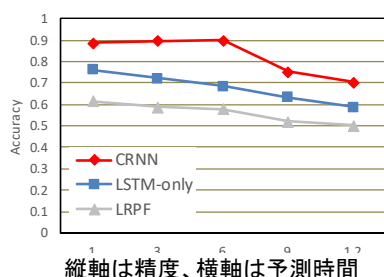


環境品質予測

- 短期予測 (1 ~ 12 時間後)
- 5 次メッシュ (250m 四方) やルート単位

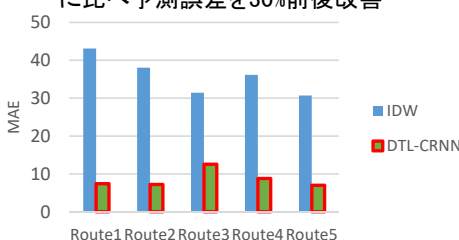


● 越境汚染のAQI短期予測性能



● ルート単位のAQI短期予測 (予測誤差)

測定局データの空間補完手法 (IDW法) に比べ予測誤差を30%前後改善



【応用例】

- 環境基準常時監視 (注意報・警報発令早期警戒)
- 環境リスクを避けたルート案内など



図2 時空間相関パターン学習 (CRNN) による環境品質予測

4 スマートデータ利活用基盤技術

の性能を向上させる技術として、マルチモーダル AI やクロスモーダル AI がある。我々は、異なるモダリティを共通の表現空間に埋め込むことで、マルチモーダル・クロスモーダル表現の統合を目指す汎用的なフレームワークを考案し、様々な応用に展開している。詳細については、4-2「マルチモーダル・クロスモーダル AI によるスマートデータ分析」で解説する。

デジタル地図上に様々なデータを重ね合わせて表示するデータマッシュアップは、様々なセンシングデータ間の相関を視覚的に分析する直感的な方法であるが、同時に扱えるデータの数量には限界がある。我々は、画像認識の AI 技術を用いることで、こうした相関パターンを大量のデータに対しても効率的かつ網羅的に発見する技術の開発を行っている。センシングデータの地理的表現として一般的によく使われるラスタ画像

では、異なるデータをレイヤーで表現しそれらを重ね合わせることで、様々なデータを複合化した疑似画像を生成することができる。我々は、コンピュータビジョンの深層学習技術 (ConvNet 等) を用いて、ラスタ画像の異なるレイヤー間での画素の共起パターンとして表わされる複合イベントを発見するユニークな手法 3DCNN [7] を開発した。3DCNN は、例えば図 3 に示すように、気象データ、交通データ、SNS データをレイヤーで表現したラスタ画像を時系列に沿って並べた 3 次元ラスタ画像を生成し、これらの複合イベントを動画オブジェクトとして認識する。国内のある都市圏で収集された約 1 年半分の気象データ (降雨)、交通データ (渋滞、事故)、SNS データ (被害メッセージ等) を対象に、降雨時の相対事故イベントの予測を行ったところ、25,899 件の交通事故のうち、我々のアプローチは平均 88 % の精度を示し、従来の統計予測モデル (自己回帰和分移動平均など) に対し 13 % (MSE 値比) の予測精度向上を実現した。

さらに、3DCNN の複合イベント発見の結果から、相関の高いデータを結合したトランザクションデータを生成し、2.1 のデータマイニング手法を発展させた周期的頻出パターン発見手法 (Periodic Frequent Pattern, PFP) [8] と組み合わせることで、複合イベントの時系列発生パターンを予測できるようにする 3DCNN-PFP 手法 [9] も開発した。図 4 に 3DCNN-PFP の概要を示す。これにより異常気象等による混雑を示す複合イベントの時系列発生パターンを予測できるようにした。この手法も、xData プラットフォームの移動環境リスク予測情報資産 (後述) に実装し、リスク適応ナビゲーションへの応用を進めている。

そのほかにも、ライフログカメラ等で取得したユーザーの周辺環境の画像データから、画像認識技術を用いて有用な環境情報を収集し、物理センサーにより取得した環境データを補完・拡張するマルチメディア (MM) センシング技術の開発を行っている。携帯型カメラで取得した周辺環境の画像ログから環境品質

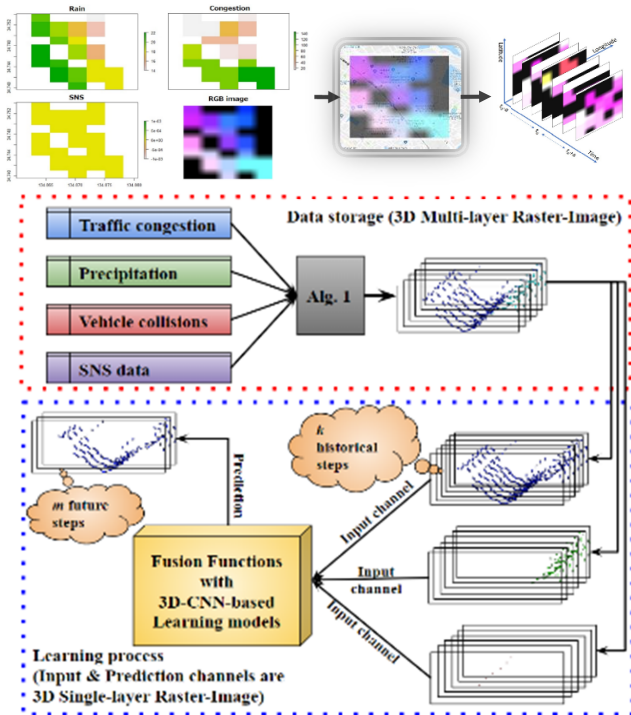


図 3 3DCNN による複合イベント発見

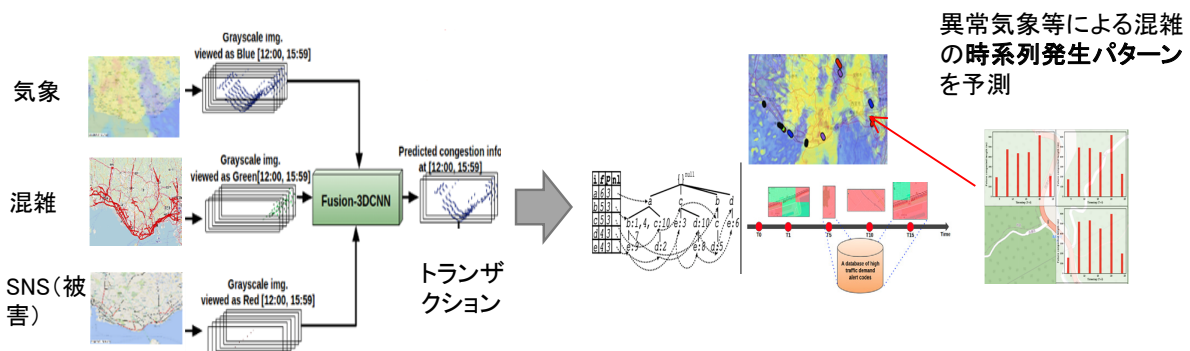


図 4 3DCNN-PFP による複合イベントの時系列発生パターン予測

- バイク等による深刻な交通公害→ 住民の環境意識を高め行動変容を促進
- 環境監視網整備の遅れ → 普及した携帯端末を活用し迅速・低コストに対応

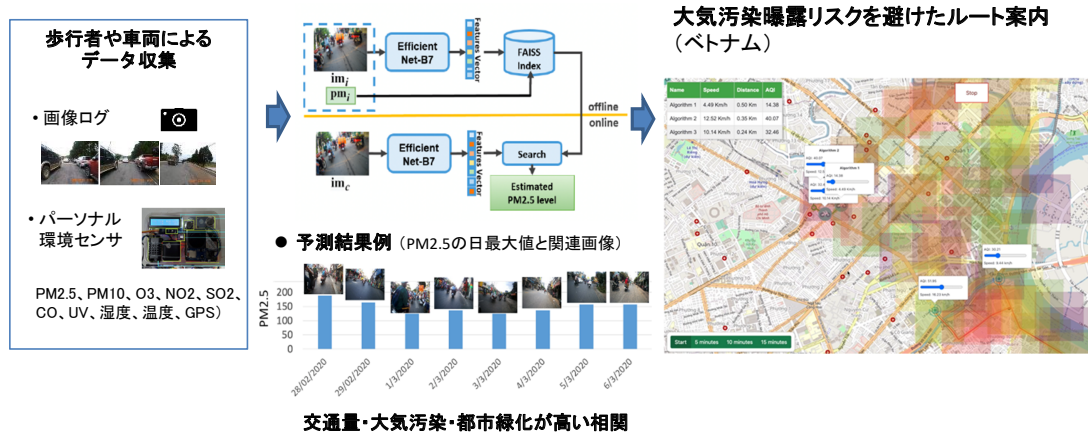


図5 マルチメディアセンシングによる交通公害対策

(AQI) を予測 [10] したり、交通障害イベントを予測する手法 [11] を開発するとともに、国内外の大学や民間企業らと連携し、バイク等による交通公害を避けた安全で健康的なルート案内(ベトナム、図5)や、ドライブレコーダーの画像ログから危険な運転状況を抽出し運転業務管理に役立てる応用などについて検討を進めている。

3 データ連携分析に基づくスマートサービス開発

3.1 xData プラットフォーム

我々は、前節で説明した基盤技術を実装した xData (クロスデータ) プラットフォーム [12] を構築している。xData プラットフォームは、リモートセンシングを始めとする様々な分野のセンシングデータやソーシャルビッグデータから、実空間のイベント情報を抽出し、横断的に利用可能な形式で集積するイベントデータウェアハウスと、それらの相関を発見・予測するデータマイニングや機械学習などのデータ連携分析機能を実装した API、これらを活用したアプリケーション開発を支援するツールによって構成されている。

イベントデータウェアハウスには、NICT リモートセンシングデータを始め、環境、交通、健康等の様々な分野のセンシングデータから抽出した数百 TB のイベントデータがアーカイブされている。xData プラットフォームには、これらのイベントデータの収集・抽出・変換を行うデータローダ API や、イベントデータの時空間統合や相関ルール発見を行う相関マイニング API、時空間相関パターンの機械学習を行う相関予測 API 及び予測結果から GIS データを生成・配信しルー

ト探索やアラート通知を行う API が実装されている。プラットフォーム利用者は、これらの API を用いて、様々なデータを分野横断的に収集して組み合わせたり、相関データの発見や予測を行ったり、予測結果を使ってアラート通知やルート案内などの行動支援を行うスマートサービスの開発を行うことができる。

また、xData プラットフォームの利用者が、独自にデータを収集したり、データ連携分析モデルの調整や予測結果データの加工・配信をカスタマイズできるよう、API ライブラリや開発ツールを仮想化コンテナ (Docker) にパッケージ化した開発環境 xData Edge も提供している。xData Edge をプラットフォーム利用者のサーバ等に配備し、利用者のデータやノウハウを活用した共創による課題解決を可能にしている。

xData プラットフォームの詳細については、4-3 「xData プラットフォームによるデータ連携スマートサービス開発」で解説する。

3.2 応用事例

我々は、これまでに開発したデータ連携分析の予測モデルやデータセット、処理プログラムなどを応用分野ごとに整理した情報資産を作成し、情報資産を活用した安全・快適な移動や健康的な生活を支援する行動支援サービスの開発と社会実装に向けた取組を推進している。これまでに、環境品質短期予測や移動環境リスク予測、マルチメディアセンシングなど6種類の情報資産を作成するとともに、xData プラットフォーム利用者による情報資産の変更を追跡・マージするリポジトリシステムを xData プラットフォーム上に構築し、利用者向けに公開した。これにより、プラットフォーム利用者による情報資産の改善やアプリケー

4 スマートデータ利活用基盤技術

ション開発を可能にし、国内外の環境問題対策や行動ナビゲーション等に関する共同研究等を実施している。以下に、いくつかの事例を挙げる。

環境品質短期予測の情報資産を、国内で環境基準が未達成の光化学オキシダントの対策支援に活用する応用を、環境モニタリング事業者と共同で開発している(図6)。自治体等が設置した環境基準測定局のデータを用いて、光化学オキシダントが数時間以内に注意報発令レベルに達するかを予測し、監視要員の待機や待機解除の早期判断に活用している。千葉県11地域を対象に、101箇所の測定局の過去3年分のデータを用いた評価実験で、6時間後の注意報発令レベル予測で60～93%の精度を達成した。また、環境モニタリング事業者がxDataプラットフォームの開発環境(xData Edge)を利用し、県・市管理測定局や周辺エリアの観測データや前駆物質データ(NO₃, NMHC等)を追加したり、予測モデルのパラメータ調整(業務フローに合わせた予測時間の設定など)や、気象データに基づく予測結果のスクリーニング処理などのカスタマイズを行い、注意報発令レベルのオキシダント予測で60%(24時間後)～92%(8時間以内)の予測精度を実現するとともに、オキシダントレベルが高くて発令が無いケースの予測を70%削減するなど、業務に即した性能改善を実現した。これらの成果を、環境モニタリング事業者の大気環境常時監視システム(テレメータシステム)に組み込み、自治体における光化学オキシダント注意報・警報早期警戒支援への展開を、環境モニタリング事業者とともに進めている。

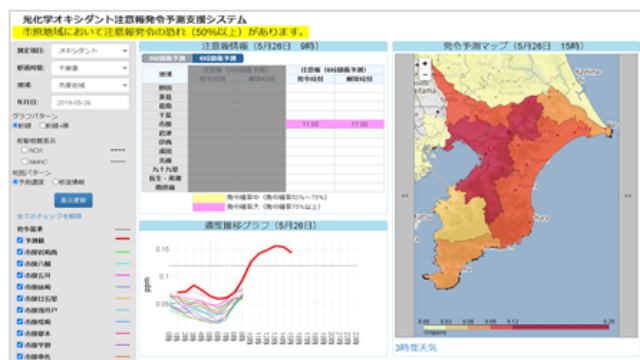


図6 環境品質短期予測に基づく光化学オキシダント注意報・警報早期警戒アプリケーション

● 煙霧越境汚染被害予測 (ブルネイ工科大)



● 交通公害リスク予測 (ベトナムダラット大)



図7 ASEAN 地域の環境問題対策への応用 (ASEAN IVO プロジェクト)

また、NICT と ASEAN 地域の4研究機関(ブルネイ工科大(ブルネイ)、ダラット大学(ベトナム)、シンガポール国立大学(シンガポール)、イザベラ工科大学(フィリピン))が共同で行った ASEAN IVO^{*1} のプロジェクト“Reusable, Sharable, and Transferable Smart Data Platform for Collaborative Development of Data-Driven Smart Cities”(令和元～3年度)では、ASEAN 地域の深刻な環境問題に対処するスマートで持続可能な社会の実現に貢献すべく、ASEAN 地域の研究機関が現地で収集したデータを用いて、情報資産を応用した煙霧越境汚染被害予測(ブルネイ工科大)やマルチメディアセンシングによる交通公害予測(ベトナムダラット大)などを開発した。これらの成果は ASEAN IVO でも高く評価されるとともに、共同実験で実施したデータ利活用の手法などを基にした現地での社会課題対応への横展開につながった。

3.3 パブリック・プライベートデータ連携分析のための分散連合 AI 技術

これまでは、データ収集も機械学習もクラウド上で行うクラウド集中型 AI が主流であった。しかし、GDPRをはじめとする個人情報保護や世界的なデータ保護主義の高まりにより、すべてのデータをクラウド上に収集することが困難になりつつある。そこで、個々の環境にプライベートデータを保持したまま、共通の機械学習モデルを分散学習することを可能にする連合学習(federated learning)が、近年注目を浴びている。従来の連合学習は、クラウド集中型 AI の機械学習をユーザーデバイス等のエッジ側に拡張し、エッジに蓄積されたプライベートデータを使って機械学習モデルをパーソナライズすることに主眼が置かれてきた。しかし、IoT や 5G の普及に伴い、エッジで収集できるデータの種類や量は爆発的に拡大し、クラウド側よりエッジ側の方が大量かつ多様なデータをリアルタイムに利活用できる環境が整いつつある中、我々は、エッジ中心のパラダイム、すなわち、エッジ側でデータ収集と機械学習を積極的に行い、個別に学習された機械学習モデルをクラウドに集約し全体最適化を図ることを指向している。例えば、スマートホームやスマートカーなどのエッジ側で、個々の環境、健康、交通等に関するデータを収集し、環境変化に伴う健康リスクや運転リスクの予測モデルを個別適応化しつつ、それらをスマートシティ等のクラウドに集約し、地域全体で予測モデルを最適化しながら、自治体による早

*1 ASEAN IVO: ICT Virtual Organization of ASEAN Institutes and NICT
https://www.nict.go.jp/en/asean_ivo/

期警戒や対策支援等に活用することが考えられる。こうした、エッジ中心の連合学習パラダイムを展開する上で、以下のことが問題となる。

- エッジで個別に収集されるデータは、データ収集の範囲や期間、頻度、あるいは対象となる事象の発生密度・頻度にばらつきが生じやすいため、エッジ間でのデータの偏りを考慮した機械学習モデルの集約と最適化が必要となる。
- エッジ環境では、ユーザのIoT 機器が高い自律性を持つため、ネットワークの状況や、接続された機器で利用可能な資源及びアプリケーションの要件などに基づき、日和見的な資源の利用可能性に応じ動的かつ弾力的に調整できる分散機械学習技術が必要となる。

我々は、これらの課題を解決するための連合学習技術とエッジ AI 技術の研究開発を進めている。また、xData プラットフォームの分散連合 AI 基盤としてこれらの技術の実装も進めており、移動環境リスク予測やマルチメディアセンシング等の情報資産を対象に、リスク適応型行動ナビゲーションなどへの応用を検討している。詳細については本特集号 4-4「パブリック・プライベートデータを活用した予測モデリングを実現する連合学習によるエッジ AI」で解説する。

4 将来への展望

現在、xData プラットフォームに関する技術や情報資産を、NICT 総合テストベッドで整備を進めているサービスレイヤーテストベッド Data Centric Cloud Service (DCCS) [13] に提供し、データ・サービス連携によるアプリケーション開発基盤として応用開発や実証実験の環境構築を推進するとともに、今後、DCCS と連携しながら社会実装を加速していく。また、xData プラットフォームを参考に、Beyond 5G / 6G におけるデータの流通・蓄積・分析・予測を行うためのサイバー空間アーキテクチャを設計し、Beyond 5G / 6G ホワイトペーパー第 2.0 版 [14] に掲載した。オーケストレータを介したフィジカル空間とサイバー空間の相互連携や、エッジ AI 行動支援などの要素技術とともに、Beyond 5G / 6G 時代の CPS の実現に貢献していく。

【参考文献】

- 1 「包括的データ戦略」(「デジタル社会の実現に向けた重点計画」別紙) 令和 3 年 6 月 18 日 閣議決定, <https://www.digital.go.jp/news/ZIptjPro/>
- 2 総務省「Beyond 5G 推進戦略」令和 2 年 6 月 30 日, https://www.soumu.go.jp/main_content/000696613.pdf
- 3 Kiran, R. U., Zettsu, et. al., "Discovering Spatial High Utility Itemsets in Spatiotemporal Databases," Proc. of International Conference on Scientific & Statistical Database Management (SSDBM 2019), pp.49-60,

2019.

- 4 Peijiang Zhao and Koji Zettsu, "Convolution Recurrent Neural Networks Based Dynamic Transboundary Air Pollution Prediction," Proc. of 2019 IEEE International Conference on Big Data Analytics (ICBDA 2019), Suzhou, China, pp.3-19, 2019.
- 5 Peijiang Zhao, Koji Zettsu, "MASTGN: Multi-Attention Spatio-Temporal Graph Networks for Air Pollution Prediction," 2020 IEEE International Conference on Big Data (Big Data 2020), pp.1442-1448, 2020.
- 6 Peijiang Zhao and Koji Zettsu, "Decoder Transfer Learning for Predicting Personal Exposure to Air Pollution," 2019 IEEE International Conference on Big Data (Big Data 2019), pp.5620-5629, 2019.
- 7 Minh-Son Dao, Ngoc-Thanh Nguyen, and Koji Zettsu. "Multi-time-horizon Traffic Risk Prediction using Spatio-Temporal Urban Sensing Data Fusion," 2019 IEEE International Conference on Big Data (Big Data 2019), pp.2205-2214, 2019.
- 8 R. Uday Kiran, Palla Likhitha, Minh-Son Dao, and Koji Zettsu, Ji Zhang, "Discovering Periodic-Frequent Patterns in VeryLarge Uncertain Temporal Databases," 28th International Conference on Neural Information Processing (ICONIP 2021), pp.710-718, 2021.
- 9 Minh-Son Dao, R. Uday Kiran, and Koji Zettsu "Insights for Urban Road Safety: A newFusion-3DCNN-PFP Model to Anticipate Future Congestion from Urban Sensing Data," Periodic Pattern Mining: Theory, Algorithms, and Applications, Springer, pp.237-263, ISBN: 978-981-16-3964-7 (2021).
- 10 Dao, M.S., Zettsu, K., and Uday, R.K., "IMAGE-2-AQI: Aware of the Surrounding Air Qualification by a Few Images," 34th International Conference on Industrial, Engineering & Other Applications of Applied Intelligent Systems (IEA/AIE 2021), pp.335-346, 2021.
- 11 Dao, M.S., Pham, D.D., Nguyen, M.P., Nguyen, T.B., and Zettsu, K., "MM-trafficEvent: An Interactive Incident Retrieval System for First-view Travel-log Data," 2021 IEEE International Conference on Big Data (Big Data 2021), pp.4842-4851, 2021.
- 12 xData プラットフォーム, <https://www.xdata.nict.jp/>
- 13 Data Centric Cloud Service, <https://testbed.nict.go.jp/dccs/>
- 14 Beyond 5G/6G ホワイトペーパー 2.0 版, https://beyond5g.nict.go.jp/images/download/NICT_B5G6G_WhitePaperJP_v2_0.pdf



是津 耕司 (ぜっつ こうじ)

ユニバーサルコミュニケーション研究所
統合ビッグデータ研究センター
研究センター長
博士(情報学)
データベース、AI

【受賞歴】

- 2015 年 日本データベース学会 若手功績賞
- 2010 年 平成 22 年度情報通信研究機構 成績優秀表彰 優秀賞(個人)
- 2009 年 W2 GIS2009 最優秀論文賞