

【研究ノート】

IoTサービスのためのデータストリーム 指向サービスプラットフォームと IoTサービスの思考実験

武本充治

Data Stream-Oriented Service Platform for IoT Services and a Thought Experiment on IoT Services -

Michiharu Takemoto

Abstract: To provide IoT services, a novel service platform based on IoT data's feature should be established. We focus on that IoT data are naturally streams. We have already proposed Data Stream-Oriented service Platform (DSOP) for IoT services. This technical report describes DSOP and its services. This technical report also describes the experimental environment of DSOP at International Professional University of Technology in Tokyo.

Keywords: IoT, Service Platform, Data Stream, Thought Experiment

1. はじめに

様々な分野でのデータの電子化が進み、新サービスによる社会の変革(デジタル・トランスフォーメーション(DX))が始まりつつある。現在の日本企業においてはDXに取り組む目的は生産性向上が約75%であり、海外企業が注目しているデータ分析・活用より多い[1]。今後はデータ分析・活用にも注目されていくと期待できる。

また、日本国内において様々なデバイスが無線・有線で収容するIoT向けのネットワークが構築されつつあり、IoTデバイスからのデータ(IoTデータ)を分析・活用するサービス(IoTサービス)の提供が始まっている。しかし、それらは個別のサービス提供にとどまり、複数のサービスが連携し、社会を変革する兆しはまだ見えない。

これは既存のITサービスにおけるITデータとIoTサービスにおけるIoTデータの違いを考慮していないことに起因していると考えられる。ハードウェア製造からサービスの提供まで1企業が行う形態から、多種多様な企業が連携してサービスを実現する形態へ移行するためにはサービスプラットフォームが必要である[2]が、IoTデータの特徴に注目したサービスプラットフォームは実現されていない。

我々は、IoTサービスにおけるデータの特徴に注目したサービスプラットフォームであるデータストリーム指向サービスプラットフォーム(Data Stream-Oriented service Platform

(DSOP)の研究を進めている。本稿では、この DSOP と DSOP が想定しているアプリケーション・サービス、及び、研究環境と研究計画について報告する。第2節では DSOP のアーキテクチャとサービス記述について述べる。第3節では DSOP が想定するアプリケーションとサービスについて述べる。第4節で東京国際工科専門職大学内にて構築しつつある研究環境について述べる。第5節で今後の研究の進め方について述べる。

2. Data Stream-Oriented service Platform (DSOP)

本節は IoT データの特徴について述べた後、その特徴を考慮したサービスプラットフォームについて述べる。

2.1 IoT データの特徴 (1: 利用判断)

IoT サービスに分類される特定空間のデータを活用したサービスは農場や工場などにおいては既に提供されている。農場においては温度・湿度などの環境データを、工場においては工作機械の状態などのデータも取得されている。データ取得後、蓄積・解析され、農場・工場の運営者や工作機械の管理者により管理され、様々な形態で利用されている。さらにはデータ取得後に新規のサービスが提案されることもある。データ取得後の利用にデータ取得者にとって制限のないデータを活用するサービスは実現されつつある。

しかし、利用するデータが「人間」に関する場合、本人によるデータの利用目的の承諾が必要とされている。「人間」に関するデータの多くは、撮影画像（個人特定）や健康状態（機微な情報）のように、その蓄積場所や解析場所、アクセス管理、そして利用方法などへの配慮が求められるデータである。このような配慮が必要なデータについての管理機構は、個別のサービスごとに実装するとデータの再活用が困難になるなどの問題が起きるため、サービスプラットフォームにて実現することが望ましい。

現状の IoT サービスプラットフォームは、1. センサでのデータ取得、2. データ通信、3. クラウド上でのデータ処理に分けられる [3]。つまり、現状では、利用目的によるデータ取得の可否判断はサービスプラットフォームの担当範囲外とされている。しかし、IoT サービスとして「人間」に関するデータを利用する場合は、被測定者（データ提供者）の意向によるセンサ制御を行う機構がサービスプラットフォームに必要である。

2.2 IoT データの特徴 (2: ストリーム)

IoT サービスを構成するシステムにおいてはデータが生成され続けることに注目しなければならない。現在、実現され普及している IT サービスにおいては、基本的に、データは蓄積後に活用されている。蓄積されたデータにビジネス価値があり、蓄積されたデータの活用技術が発展している。顧客データから次の販売すべき商品を予測し、過去の気象データから明日の天気予報を作成している。

しかし、IoT サービス内ではデータは常に生成され、活用方法によっては蓄積に大きな意味を持たないものも存在する。例えば、友人の位置情報把握サービス（サービスが終了した Zenly など）の利用顧客にとっては、明日友人がどこにいそうかではなく、今友人がどこにいてどこへ向かっているかが重要である。位置情報は更新、つまり、新しく生成さ

れ、要求に応じて最新のものを提供する。このように、IoT データはストリームであるという考えに立脚したサービスモデルを考える必要がある。

2.3 DSOP の概要

ここまで述べたように IoT サービスの実現には、1. データ提供者の意向によりセンサの制御が行える機構が必要である。そして、2. データはストリームであることを考慮したサービスプラットフォームが必要である。我々は IoT サービス向けのサービスプラットフォームとして Data Stream-Oriented service Platform (DSOP) を提案している [4]。

図 1 に DSOP の概要を示す。ストリームを基本とするサービス実現のモデルとして、ストリームを処理するサービスコンポーネントを連結する。図 1 では水源からダム・浄水場を経由して、水道の蛇口というサービス利用者に近いところで水が利用されるメタファを使用している。水源は IoT データの源であるセンサであり、ダムはデータ一時蓄積をする機能であり、浄水場はデータに付加価値を与える機能であり、蛇口は実際にサービス利用者へサービス提供を行う機能である。それぞれの機能の間の水のパイプラインはプラットフォームの一部である。温度データの場合は、それぞれ、温度センサ、一時蓄積用データベース、付加価値を与えるためのアルゴリズム、アクチュエータや可視化機能にあたる。

データ提供者はサービス利用者との間で、データアクセスに関する契約（データアクセスロジック）を共有しており、その契約に従って、データ提供者がデータの送出や停止を行う。

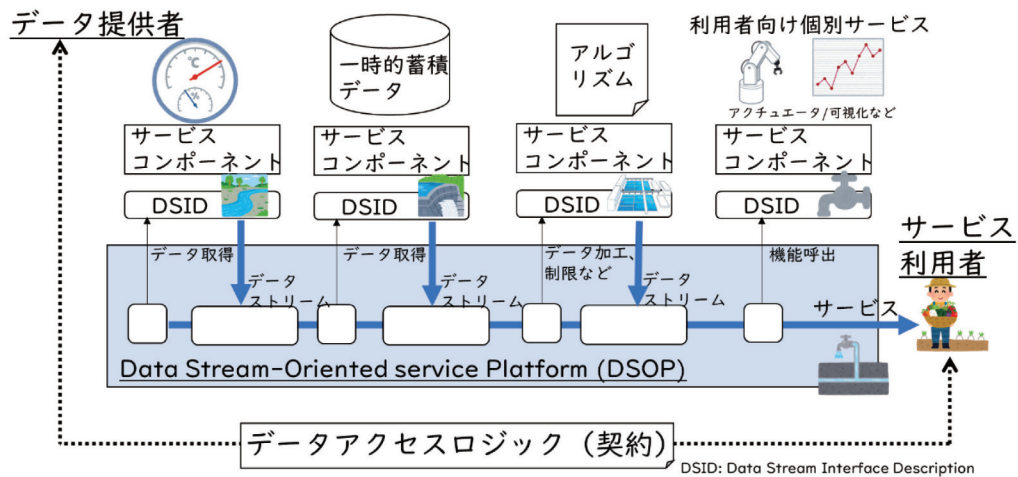


図 1: Data Stream-Oriented service Platform (DSOP) の概要

DSOP のサービス実現モデルは、各サービスコンポーネントが提供する機能を連結することでサービスを実現するサービス実現モデルと異なる。この例としては SOA (Service Oriented Architecture) がある。サービスを実現する各サービスコンポーネントはそのインタフェースや存在場所・アクセス手段が記述 (Web Services Description Language (WSDL)[5] などにより) され、その連結順序はビジネスロジック (Business Process Execution Language (BPEL)) として記述される。BPEL によりサービスコンポーネントから取得されたデータ

は BPEL を実行する主体の意図に従って取り扱われる。また、そのようなデータは基本的にはストリームではない。

2.4 DSOP におけるデータ取得・利用プログラム

DSOP 上で動作するサービスコンポーネントの記述方法 [6] を Python により示す (図 2(b))。比較のため、既存のデータ取得後には、データ取得者の判断のみでデータを利用するプログラム片 (図 2(a)) も合わせて示す。

図 2(a) の 70 行目から 72 行目で、利用者の状況を示すリスト env1 に有効な契約 (contract) が存在する状況で、温度センサ DHT11 からの値を含むリスト values を取得している。76 行目において、そのリスト values に含まれる 3 要素目の値を取り出し value として活用する過程においてはデータ提供者の意図は参照されない。これが既存のデータ取得・利用である。

一方、図 2(b) に示す DSOP でのデータ取得・利用においては、85 行目から 87 行目で有効な基本契約 (basic_contract) が存在する状況で、温度センサ DHT11 からの値にアクセスするオブジェクトの入ったリスト values を取得している。89 行目から 92 行目で実際に利用する状況 env2 を記述し、その状況も踏まえて、3 要素目の値を取得し value に代入する。その後、value の値を利用している。なお、本コード片では記述していないが、89 行目、93 行目でリストや値の取得ができなかった場合は例外が発生する。

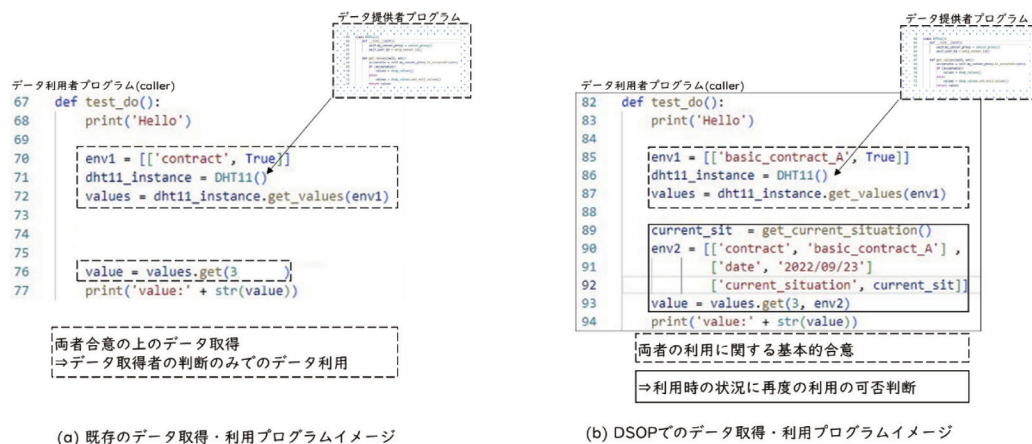


図 2: 既存のデータ取得・利用と DSOP 上のデータ取得・利用の比較

3. DSOP が想定するアプリケーションとサービス (想定シナリオ)

DSOP は IoT データ、つまり、主にセンサからのデータがストリームとなっているものを想定している。本節では想定しているアプリケーションとサービス (想定シナリオ) について述べる。

現在の IoT サービスは、センサ設置者がデータを取得し、データを利用しているものが多い。例えば、農場におけるハウス内の温度・湿度データ (環境データ) の可視化や散水制御である。

しかし、測定対象が人になった場合、センサ設置者、被測定者、データ利用者が異なる場合があります。例えば、学校の中にある「教室」にCO2センサを設置し、刻々と変化するCO2濃度を「職員室」で可視化するアプリケーションとそれにより実現されるサービスを考える（図3）。

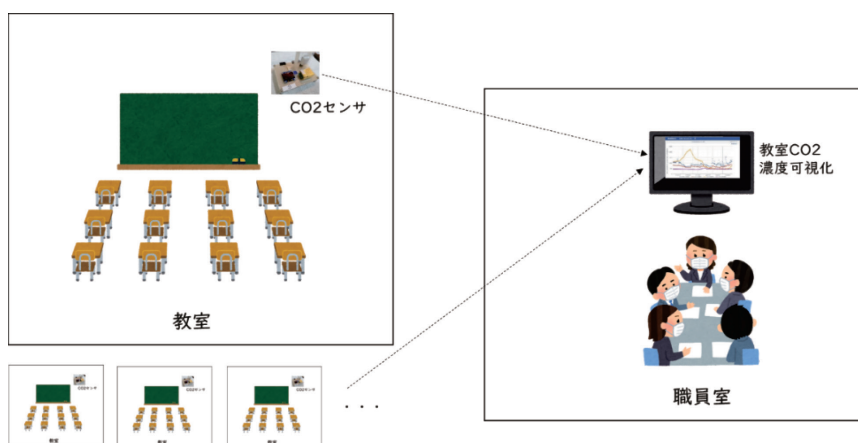


図3: 教室CO2濃度可視化アプリケーション

3.1 パターン1（授業中）

パターン1として、授業中に教室CO2濃度可視化アプリケーションを実行することを考える。

- ・センサ設置者：学校
- ・被測定者：教室にいる児童・生徒
- ・測定データ：CO2濃度
- ・データ利用者：職員室にいる教員
- ・アプリケーション：CO2濃度の可視化
- ・サービス：児童・生徒の授業中の態度把握

このパターンの場合、被測定者（の保護者）に授業推進のために、児童・生徒からのCO2データを取得するという合意があればサービス提供可能である。

3.2 パターン2（教室を授業以外に使う場合1）

しかし、同じセンサ、同じアプリケーションで、異なるサービスが実現され得る。例えば、パターン2として、教室で教員が児童・生徒と保護者で三者面談を行っていることを考える。

- ・センサ設置者：学校
- ・被測定者：教室にいる児童・生徒、保護者、担任教員
- ・測定データ：CO2濃度
- ・データ利用者：職員室にいる教員
- ・アプリケーション：CO2濃度の可視化

- ・サービス：面談を実施している教員のスキルチェック

つまり、全く同じ設備で被測定者が変更になっただけで異なるサービスとなっている。この場合、学校を代表して担任教員が保護者に、面談の向上のために CO2 データを取得するという合意を取ることになる。

3.3 パターン 3（教室を授業以外に使う場合 2）

パターン 1 とパターン 2 は教室に教員がいる場合としているが、教員がいない場合を考える。例えば、放課後、教室で保護者のみによる保護者会を実施している状況をパターン 3 とする。

- ・センサ設置者：学校
- ・被測定者：保護者
- ・測定データ：CO2 濃度
- ・データ利用者：職員室にいる教員???
- ・アプリケーション：CO2 濃度の可視化
- ・サービス：???

このパターンでは、職員室で教室の（保護者の）CO2 濃度を可視化してもサービスにはならない（サービス未定義）。このようなサービスが未定義となる場合は、当然、データ取得の合意も取れない。現実的にはアプリケーション(システム)を停止する必要がある。

3.4 パターン 4（関係者がいない場合）

さらにパターン 4 として、被測定者に学校関係者、児童・生徒、保護者のいずれもいない場合も考えられる。

- ・センサ設置者：学校
- ・被測定者：学校関係者以外（=>結果的に不審者？）
- ・測定データ：CO2 濃度
- ・データ利用者：職員室にいる教員
- ・アプリケーション：CO2 濃度の可視化
- ・サービス：防犯（利用していない教室に人がいないことの確認）

この場合は、データ取得の合意を取る必要はないが、防犯上の有効なサービスとなる。被測定者はデータ測定に関しての合意の有無以前に、不審者として認識され、取り扱われる。

3.5 各パターンの違い

これらのパターンの違いは被測定者の違いであり、その結果、異なるサービスとなり、そのために被測定者の合意の必要性が異なる。この単純な思考実験のみからでも、何を(誰を)測定しようとしているのか、また、どのようにその情報を活用するのかでサービス提供の可否が異なってくる。

この点を解決するため、データ提供者（パターン 1～4 では被測定者）とサービス利用者との間の合意を確認する機構が必要であり、DSOP では機構をプラットフォームに持たせるとしている。

なお、このモデルの前提となっているのは、データ提供者（被測定者）は限定されることとなる。限定されるからこそ、個別のデータの活用となる。多くの人が対象となる環境での測定とは異なる。

4. 研究計画環境

4.1 全体構成

本節では、DSOP アーキテクチャと DSOP サービスコンポーネントの記述方法を検討するためのサンプルアプリケーション・サービスを構築する環境について述べる。

DSOP のデータ提供者にあたるセンサノードと、サービス利用者にあたるノードの他に、一時的にデータを蓄積する機能を持つノードの3種類を東京国際工科専門職大学内の研究用 LAN により接続している（図4）。センサノードは Raspberry Pi にセンサなどのデバイスを接続したものである。一時的にデータを蓄積する機能を持つノードは計算資源をあまり持たないものを想定し、コンパクト PC にて実現している。また、サービス利用者にあたる場所は可視化サービスを実行するノート PC を用いている。さらに、DSOP 内で測定、流通するデータを外部のクラウドにて管理・可視化するサービスとして Ambient.io[7] を活用している。

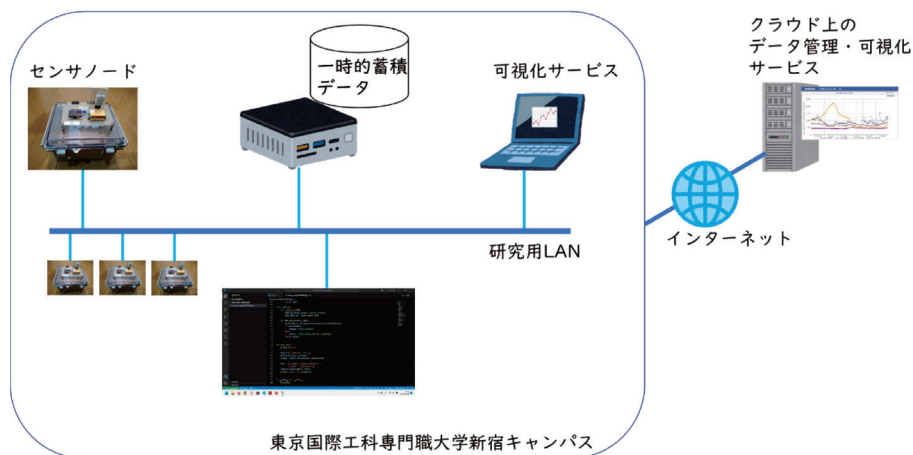


図4: 構築中のIoTサービスコンピューティング研究環境

4.2 センサノード

DSOP のセンサノードは、サービス利用者の状況に応じてデータの送出手の可否判断を行う必要がある。現在用意している研究環境では Raspberry Pi4B を用いている。各 Raspberry Pi4B に温度湿度センサ (DHT22) と CO2 センサ (MH-19C) を接続している。ノードの状況を確認するために小型有機 ELD(SSD1306) もノードに装着している。

図5左は現在実装中のセンサノードである。Raspberry Piなどを箱の中に収納し、上蓋の上に DHT22、MH-19C、SSD1306 を搭載している。また、図5右は箱に収容していない状態でのセンサノードの状況を表示している。センサからのデータの他、ノードの識別子、

IP アドレスなども表示する。

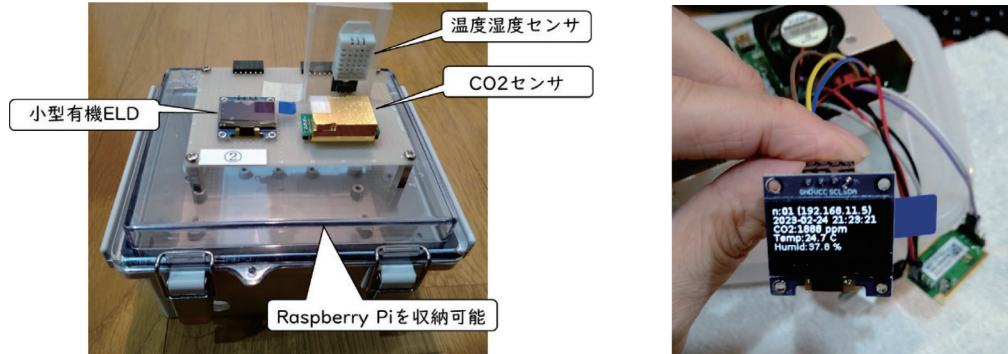


図 5: センサノード (左) とセンサ動作状況 (右)

5. 今後の研究計画

DSOP を中心とした IoT 向けのサービス提供技術の研究として、プラットフォームの実装や記述言語によるモデル表現を行うためには、想定利用者と密に連携をしていくことが必要である。また、DSOP はデータの取り扱いに注目したプラットフォームであるため、まず、データが閉じた空間で取得・利用される空間から検討を始める。そして、当初は利用者が特定小人数である環境からの検討とする。このために教育機関を最初の適用先として選定した。現在は、実現されるサービスが測定されたデータの可視化であるが、他のタイプのサービスを要望された場合は、そのサービスの分析を行う。

また、教育機関外での適用も検討しており、同様のデータの取り扱いが可能なオフィスでのノードの実現法の検討 [8] も既に開始している。

6. まとめ

本稿では、IoT データの本質がストリームであることに着目した、Data Stream-Oriented service Platform (DOSP) と DSOP 上のサービスコンポーネントの記述方法の研究環境と研究計画について報告した。

今後は、IoT サービスを検討している DSOP の想定適用先からの要望を分析しつつ、サービスモデル、プラットフォームのアーキテクチャ、サービスコンポーネント記述言語の検討を行う。その過程で、経験の浅い実装者への教育コストも評価することで、専門職大学の実現に貢献する予定である。

謝辞

本研究の一部は東京国際工科専門職大学学内共同研究費「IoT センサノードの教育環境への設置とデータ測定・可視化・解析方法の検討～「IoT 技術の初等教育環境での活用」(将来課題)への第一歩」(2021 年度)による。

参考文献

- [1] 総務省, "情報通信白書(令和4年度版)," <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/>
- [2] Marin Jovanovica et al., "Co-evolution of Platform Architecture, Platform Services, and Platform Governance: Expanding the Platform Value of Industrial Digital Platforms," *Technovation*, Jan. 2020
- [3] Monideepa Roy et al., "Interoperability in IoT for Smart Systems," CRC Press, Dec. 2020
- [4] 武本充治, "IoTサービスのためのデータストリーム指向サービスプラットフォームの検討," 情報処理学会全国大会, Mar. 2022
- [5] W3C Recommendation, "Web Services Description Language (WSDL) Version 2.0 Part 1: Core Language", June 26, 2007 (<https://www.w3.org/TR/wsdl20/>)
- [6] 武本充治, "IoTサービスのためのデータストリーム指向サービスプラットフォームにおけるデータストリームインタフェースの記述方法," 情報処理学会全国大会, Mar. 2023
- [7] IoT データー可視化サービス Ambient, <https://ambidata.io/> (2023年2月26日アクセス)
- [8] 檜田雄斗ほか, "オフィス業務把握のための音声データ取得・行動分析システム SLeSAS のプロトタイプの実装と予備評価," *インタラクション 2023*, Mar. 2023

武本 充治 東京国際工科専門職大学 工科学部 情報工学科 教授