

**IoT 共通基盤の確立・実証**  
**課題Ⅲ 多様な IoT サービスに活用可能な IoT データ形式共通化・**  
**正規化・抽出技術の確立**

Establishment and demonstration of common IoT infrastructure  
III Establishment of common IoT data format commonization / normalization / extraction  
technology that can be used for various IoT services

**研究代表者**

葛原 毅 (株式会社NTTドコモ)  
Tsuyoshi Kuzuhara (NTT DOCOMO, INC.)

**研究分担者**

末次 光<sup>†</sup>  
Hikaru Suetsugu<sup>†</sup>  
<sup>†</sup>株式会社NTTドコモ  
<sup>†</sup>NTTDOCOMO, INC.

**研究期間** 平成 28 年度～平成 30 年度

**概要**

分野横断的なサービスで利用可能な IoT 共通基盤技術を確立するために、様々なサービスで使われている各種データ仕様及び適用可能な前処理機能の調査を実施すると共に、①前処理機能、②フィード機能、③外部 API、④VM 環境の諸機能を持つ IoT 共通基盤を構築した。また、①デマンド乗合車両 (配車効率向上)、②サイネージ実証 (回遊性向上)、③サイネージ実証 (属性にあった情報提供による更なる回遊性向上)、④サイクルシェア実証 (再配置作業効率向上) の 4 つのサービス実証を実施し、IoT 共通基盤を使ったそれぞれのサービス成立性が確認できた。

**1. まえがき**

本格的な IoT (Internet of Things) 社会の到来を見据え、様々な産業におけるサービス提供者が IoT を使った“生産性向上”と“新しい価値創造”を実現するためには、現状では個々に IoT システムを構築・運用する必要があるが、そのための人員や ICT 技術などのリソースが不足しているという問題がある。それを解決し、様々な産業におけるサービス事業者の“生産性向上”と“新しい価値創造”を実現可能にするための機能や仕組みを持つ IoT 共通基盤が求められる。

また、サービス提供者が個々に IoT システムを構築・運用すると、大量かつ多様な IoT デバイスとサービス提供者間で膨大な IoT データが流通することになり、ネットワークに大きな負荷がかかると想定されるため、IoT 共通基盤にネットワーク負荷を低減できる機能や仕組みを持たせる検討が必要となる。

データのオープン化や標準化等のフェーズがバラバラな産業をすべて視野に入れた解決手法の研究は非効率であるため、データのオープン化や標準化がある程度進んでいる交通分野の実証を通じて IoT 共通基盤の諸機能の有用性やサービス実現性について検討する。

**2. 研究開発内容及び成果**

課題ア) IoT データの形式共通化・正規化・抽出技術に関する研究開発

1) 調査業務

a. 交通分野に関わる各種データ (元データ) の調査  
前処理の仕様策定のための、分野横断的なオープンデータ及び事業者データの種類、データ形式、更新頻度、取得方法等の、データ管理上必要なデータ定義を実施するため、実証で使用する複数のサービスに関わる各種データ (元データ) の調査を実施した。

b. 各サービス提供者がサービスやアプリケーションで利用したい各種データの種類や形式などに関わる調査 IoT 共通基盤における前処理、複数サービス共通機能処理を経たデータを、各サービス提供者にとってどのようなデータを、どのようなインターフェースを使い、どのように取得して利活用したいか調査を実施した。

2) IoT 共通基盤の構築

上記 1) の調査結果を踏まえ、IoT 共通基盤として必要な機能を検討し、図 1 に示す 4 つの機能を有する IoT 共通基盤を構築した。そして、IoT 共通基盤を使う各種サービスのサービス成立性実証を通じて、それらの 4 つの機能の有用性を評価した。

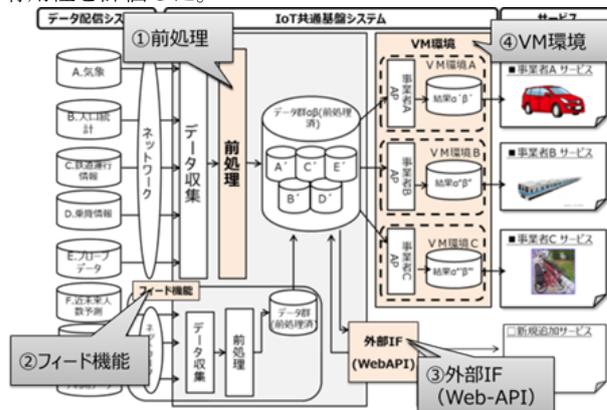


図 1 IoT 共通基盤の 4 つの機能

① 前処理

分野横断的に多種多様なデータを統一的に処理可能な前処理機能を基盤に具備することにより、データ欠損等への対応、特徴点集計、空間/時間粒度の統一を可能とした。前処理は図 2 及び表 1 に示す 6 つの処理から構成されており、データ毎に必要な処理を選択し、適応される。

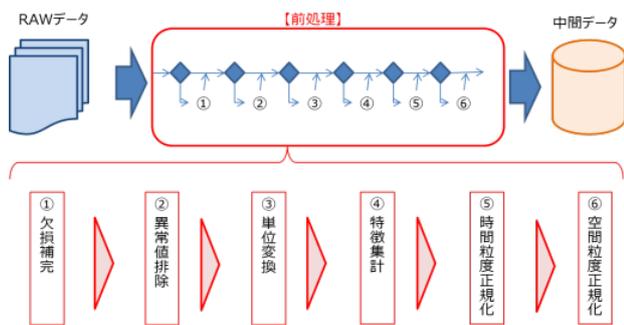


図2 前処理機能

表1 前処理機能の概要

| 機能名      | 機能概要   |
|----------|--|
| ①欠損補完    | 収集したファイル自体やファイル内のデータが欠損していた場合に、予め規定された処理方法にて欠損していたファイルやデータを補完する機能  |
| ②異常値排除   | あらかじめ定義された範囲外のデータや、通常利用時のデータ値の範囲外のデータが入ってきた場合に、欠損補完機能と同等に扱ったり、通常利用時の最大値/最小値に置き換えたりする機能                         |
| ③単位変換    | 単位変換は、RAW データを（システムとして定義される）中間データで利用する単位系に変換する機能   |
| ④特徴集計    | 指定した単位の時間、空間内に存在する、特定のデータ数を集計し、意図した集まりとして取りまとめ、中間データに追加する機能  |
| ⑤時間粒度正規化 | 時間粒度とは、どれくらいの間隔でデータを収集するかを示す指標で、時間粒度の正規化機能とは、ある時間粒度で集計されている RAW データを別の時間粒度に変換する機能                              |
| ⑥空間粒度正規化 | 空間粒度とは、どれくらいの広さの空間でデータを収集するかを示す指標で、メッシュ(一辺何m四方の正方形)という呼び方をする。空間粒度の正規化機能とは、ある空間粒度で集計されている RAW データを別の空間粒度に変換する機能 |

サービス実証においては、利用したデータ形式や各種粒度が異なる表2に示す9種類のデータに対して前処理を行い、その有用性の検証を行った。

各データに対して、前処理を行った結果、どのデータに対しても統一したデータ形式でIoT共通基盤上に格納できる処理であることが実証された。

表2 実証サービスに使用したデータ

| 実証サービス              | 使用データ名       |
|---------------------|--------------|
| デマンド乗合車両            | 気象情報(レーダー)   |
|                     | 気象情報(MSM)    |
|                     | リアルタイム人口統計   |
|                     | デマンド交通履歴データ  |
| サイネージ<br>(平成29年度実証) | 気象情報(レーダー)   |
|                     | 気象情報(MSM)    |
|                     | 鉄道運行情報       |
|                     | 駅改札需要データ     |
| サイネージ<br>(平成30年度実証) | 気象情報(MSM)    |
|                     | 鉄道運行情報       |
|                     | 近未来人数予測データ   |
|                     | 人流データ        |
| サイクルシェア再配置          | 気象情報(レーダー)   |
|                     | サイクルシェア利用データ |

また、前処理を行ったデータを4つの実証実験にて利用することで、その有用性が実証された。

### ② フィード機能

各事業者が個別にIoT共通基盤上で扱いたいデータを、他データと同一形式(空間/時間粒度等)で入力/保存する図3に示すフィード機能を具備することにより、各事業者でのデータ整形の手間の排除が可能となり、入力データの必須項目を「時間/緯度・経度/事業者データ」のみの簡潔なデータ入力を実現した。

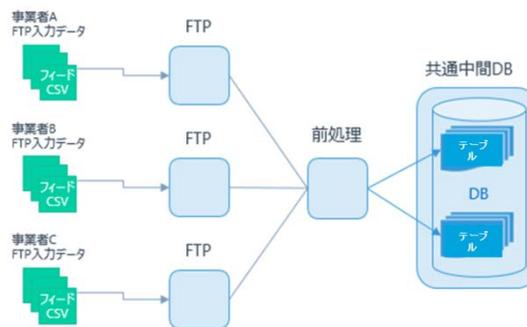


図3 フィード機能

平成30年度の2つの実証(サイネージ実証、サイクルシェア実証)においては、利用した3つのデータ(人感センサーデータ、近未来人数予測データ、サイクルシェア利用データ)をフィード機能によりIoT共通基盤上へ入力/保存を行った。フィード機能により入力されたデータはユーザが指定した空間粒度及び時間粒度にて正規化されると共に、指定した方法での集計が実施され、統一したデータ形式でIoT共通基盤上に格納できる機能であることが実証された。

また、フィード機能により格納されたデータを用いて2つの実証実験にて利用することで、その有用性が実証された。

### ③ 外部IF (Web-API)

IoT共通基盤上のデータへ低頻度/小容量アクセスを行うライトユーザのため、図4に示す外部IF (Web-API) 機能を具備することにより、ユーザからの容易なアクセスが実現可能となり、リクエストにおける必須項目を極力減らし、簡潔なアクセスを実現した。

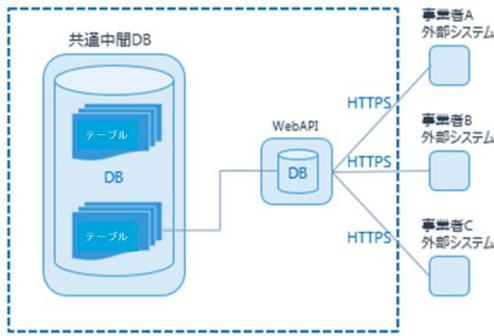


図4 外部IF (Web-API) 機能

平成30年度のサイネージ実証においては、2つのデータ(人感センサーデータ、近未来人数予測データ)を外部IFより取得し、実証を行った。サイネージ実証では、サイネージに出力するコンテンツを決定するため、特定地域の人口分布情報のみが必要であり、その程度の軽量のデータであれば外部IFからの情報取得で対応可能であったため、そのような、そのような構成で実証実験を行った。結果として、外部IFからのデータ取得によりサイネージ実証を実施することで、その有用性が実証された。

④VM環境

IoT共通基盤上のデータ(ビックデータ)へ高頻度/大容量アクセスを行うヘビーユーザのため、IoT共通基盤上に事業者のデータ処理環境を具備することにより、IoT共通基盤と外部とのネットワークトラフィックの低減を可能とした。

平成29年度の2つの実証(デマンド乗合車両実証、サイネージ実証)、平成30年度の2つの実証(サイネージ実証、サイクルシェア実証)にてサービス事業者ごとにVM環境にシステムを構築し、実証実験を実施した。各実証における、IoT共通基盤に入力されたRAWデータとそのデータをもとにVM環境にて処理された最終的にサービスに必要なデータ量を比較した結果を表3に示す。どの実証においても、データ削減効果が得られ、VM環境の有用性が実証された。

表3 実証サービス毎のデータ量削減結果

| 実証サービス              | 使用データ名       | 削減率 |
|---------------------|--------------|-----|
| デマンド乗合車両            | 気象情報(レーダー)   | 98% |
|                     | 気象情報(MSM)    |     |
|                     | リアルタイム人口統計   |     |
|                     | デマンド交通履歴データ  |     |
| サイネージ<br>(平成29年度実証) | 気象情報(レーダー)   | 51% |
|                     | 気象情報(MSM)    |     |
|                     | 鉄道運行情報       |     |
|                     | 駅改札需要データ     |     |
| サイネージ<br>(平成30年度実証) | 気象情報(MSM)    | 99% |
|                     | 鉄道運行情報       |     |
|                     | 近未来人数予測データ   |     |
|                     | 人流データ        |     |
| サイクルシェア再配置          | 気象情報(レーダー)   | 99% |
|                     | サイクルシェア利用データ |     |

IoT共通基盤を使ったサービスが成立するかの観点で、複数のサービス実証を実施した。

1) デマンド乗合車両実証 (配車効率向上効果)



図5 デマンド乗合車両実証

デマンド乗合車両実証(図5参照)では、実環境にて配車効率の向上が確認できるとともに、サービス成立性の観点で、配車効率の向上が、ログ分析とアンケート結果にて確認できた。(表4及び図6参照)

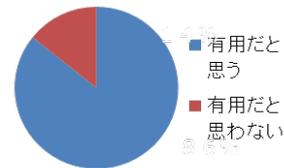
表4 ログ分析結果

| 需要予測 | 日付<br>(曜日) | 完了デマンド数<br>(件) | 乗車人数<br>(人) | 延べ運行時間<br>(時) | 1台1時間あたりの<br>消化デマンド数 (件) | 1台1時間あたりの<br>乗車人数 (人) | 平均待ち時間<br>(分) |
|------|------------|----------------|-------------|---------------|--------------------------|-----------------------|---------------|
| 無    | 11/9(木)    | 348            | 534         | 42.9          | 8.1                      | 12.4                  | 7.7           |
| 有    | 11/10(金)   | 532            | 829         | 54.9          | 9.7                      | 15.1                  | 5.9           |
|      | 11/11(土)   | 99             | 164         | 14.4          | 6.9                      | 11.4                  | 4.1           |
|      | 合計         | 979            | 1527        | -             | -                        | -                     | -             |

※11日は乗車人数が既述の合計数値に影響されず記載される

<対ドライバー向けアンケート>

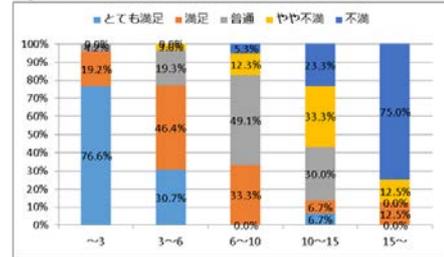
Q: 交通サービスを運用するうえで、需要予測システムは有用であると思いますか?



✓ 8割以上のドライバーが、需要予測システムが表示するデータが有用であると感じたことが、アンケートにより確認できた

<対利用者向けアンケート>

Q: 待ち時間別の満足度をお答えください。



✓ 待ち時間が10分を超えると、「不満」、もしくは「やや不満」と感じる割合が50%を超える  
 ✓ 需要予測による待ち時間の短縮効果は、利用者の満足度向上に大きく影響することが確認できた。

Q：利用目的についてお答えください。

商業施設に移動した人（全体の約34%）の内、約半数が「商業施設で買物や飲食をしたかったから」かつ「AI運行バスが無ければ行かなかった」と回答した⇒全体で約17.2%

- ✓ 移動手段であるAI運行バスを提供するだけで、約15%の送客効果が確認できた。

図6 アンケート結果分析

2) サイネージ実証（新交通システム需要情報提による回遊性向上効果）

サイネージ実証（図7参照）では、駅需要情報や気象・イベントなどをサイネージに表示させ、利用者の行動変化を分析。実環境にて回遊性向上効果を確認できた。また、更なる回遊性向上のための有用な示唆を得ることができた。（図8参照）



図7 サイネージ実証

仮説：予測型コンテンツを出し分けてサイネージへ表示することにより回遊行動の一環の増加が期待できるのではない？

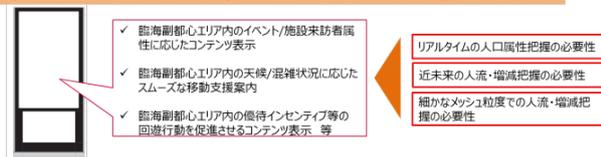


図8 サイネージ実証で得た示唆

3) サイネージ実証（回遊性向上効果）

平成29年度の実証で得た、コンテンツの出し分けによる更なる回遊性向上の可能性を平成30年度に実証した。

（図9参照）

実証では、人流センサーによる人流データ及び近未来人数予測データに基づく、進行方向・年代・性別毎のサイネージへのコンテンツの出し分けの有・無による回遊性向上効果比較した。



図9 サイネージ実証（コンテンツ出し分け）

a) 「サイネージ情報を見て訪問したいと思った」の回答の分析

「サイネージ情報を見て訪問したいと思った」の回答が、進行方向・年代・性別毎のコンテンツの出し分けを行わなかった場合より、コンテンツの出し分けを行った場合で若干増えた。（図10参照）

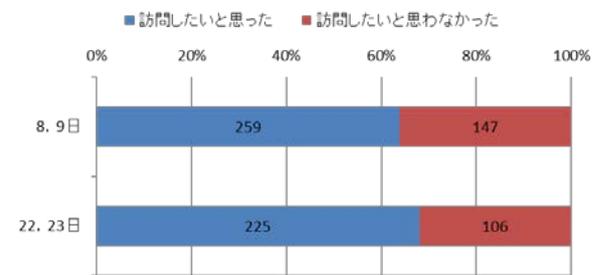


図10 コンテンツ出し分け効果

進行方向・年代・性別毎のコンテンツの出し分けを行った場合で、サイネージ情報が回遊性向上の直接的契機になった場合を抽出し、それを進行方向、年代・性別、見たコンテンツで分析した。

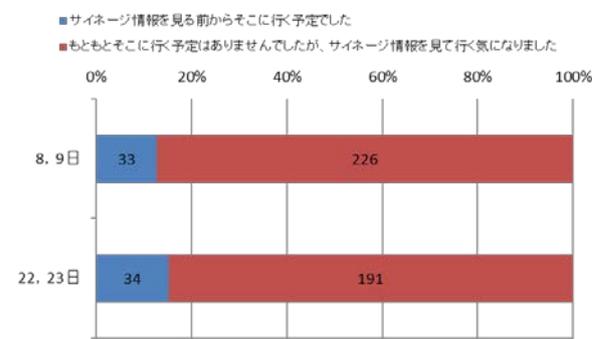


図11 回遊行動契機の直接性分析

表5 コンテンツ出し分け効果の属性別分析

| アンケート回答者進行方向<br>(22、23日合計) | M1 | M2 | F1 | F2 | 計   |
|----------------------------|----|----|----|----|-----|
| アクアシティ方面                   | 25 | 7  | 26 | 12 | 70  |
| ヴィーナズフォート方面                | 31 | 20 | 42 | 28 | 121 |
| 計                          | 56 | 27 | 68 | 40 | 191 |

（凡例）M1:男性、20～34歳、M2:男性、35～49歳

F1:女性、20～34歳、F2:女性、35～49歳

その結果、進行方向では人流の多い方向に進む人、世代では20～34歳の若い世代、性別では女性が、「もともとそこに行く予定はなかったが、サイネージ情報を見て訪問する気になった」の回答が多いことが確認できた。（図11及び表5参照）

また、回答者が見たコンテンツと属性とのマッチング度もほぼ100%（出し分けを行わなかった場合のマッチング度は約54%）だった。但し、属性に応じたコンテンツは一度に上位2属性分がサイネージに表示されるという仕様のため、そのまま適用できない可能性はあり、上記のマッチング度はその分割引く必要はある。仮に半分としても、出し分けを行なった場合にほぼ50%、出し分けを行わなかった場合に約27%となり、人流センサーによる人流データ及び近未来人数予測データに基づく、進行方向・年代・性別毎のコンテンツの出し分けの精度が十分高かったことも確認できた。

b) 「サイネージ情報を見て訪問したいと思わなかった」の回答の分析

人流センサーが設置され、人流方向に合わせたコンテンツ出し分けが行われた22、23日に、「興味を引かれたが、

表示された施設は場所的に遠いからです」の割合が 8、9 日に比較して大きく減少し、近未来人数予測が使われ、年代や性別に応じたコンテンツ出し分けが行われた 22、23 日に「表示された情報が自分の年代に合っておらず、興味を引きませんでした」と「表示された情報が自分の性別に合っておらず、興味を引きませんでした」の割合が 8、9 日に比較して大きく減少したのは、人流センサーや近未来人数予測が使われ、進行方向や年代や性別の属性に合わせたコンテンツ出し分けは有効であることを裏付けることが確認できた。(図 12 参照)

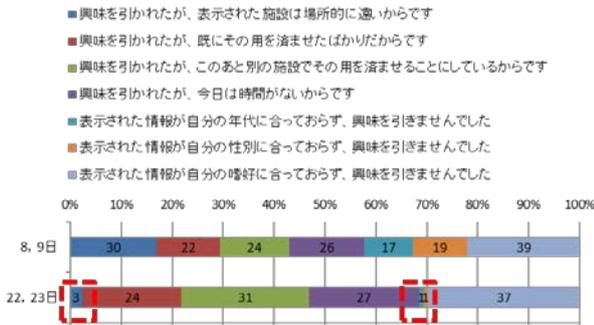


図 12 コンテンツ出し分け効果が無かった場合の原因分析

#### 4) サイクルシェア実証 (再配置作業効率向上効果)

平成 29 年度に利用履歴や気象等のデータから自転車の利用予測と再配置シナリオを作成し、シミュレーションにて再配置効率の向上を確認した。

平成 30 年度では、平成 29 年度に江東区に関して策定したポート台数予測ロジックが他の区におけるポートにも流用可能であることを確認した上で、サイクルシェア事業者から提示された候補区のサイクル利用数や各種評価指標(ポートの溢れ・在庫数 0 状態)のデータを事前評価し、図 13 に示すように改善効果がバランスよく分析できると考えられる中央区を実証実施区として選定した。

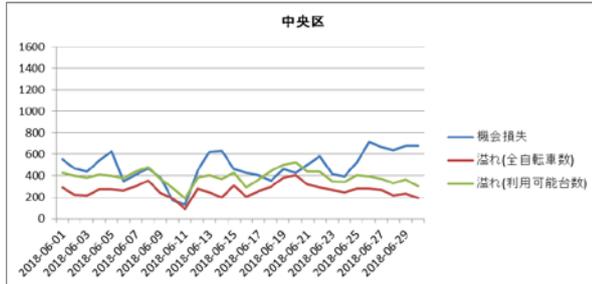


図 13 中央区の事前評価結果

そして、平成 30 年度に、開発した再配置アプリケーションを IoT 共通基盤に実装し、IoT 共通基盤のデータを用いて、近未来ポート残存台数予測を作成した。作成した近未来ポート残存台数予測をもとにした実環境における再配置業務により、サービス観点での基盤の有用性を検証した。(図 14 及び表 6 参照)



図 14 サイクルシェア実証

表 6 実証時の再配置実施方針

|       |    | ポート溢れ  |   |
|-------|----|--|---|
|       |    | 有り   | 無し  |
| 在庫数 0 | 有り | <ul style="list-style-type: none"> <li>溢れているポートの中から次に行くポートを決定する</li> <li>溢れポートが複数ある場合には必ず、1時間後、3時間後の予測をみて判断する</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>在庫数0のポートの中から次に行くポートを決定する</li> <li>在庫数0のポートが複数ある場合には必ず、1時間後、3時間後の予測をみて判断する</li> </ul> |
|       | 無し | <ul style="list-style-type: none"> <li>溢れているポートの中から次に行くポートを決定する</li> <li>溢れポートが複数ある場合には必ず、1時間後、3時間後の予測をみて判断する</li> </ul> | 1時間、3時間後の予測から次に行くポートを決定する   |

実証では、実証期間と比較対象期間のポート溢れ状態と在庫数 0 状態の発生回数(30 分毎の瞬間値)を比較し、図 15 に示すようにタブレットを用いて再配置業務を実施した実証期間のほうが、ポート溢れ状態と在庫数 0 状態の発生回数とも削減されていることが確認できた。

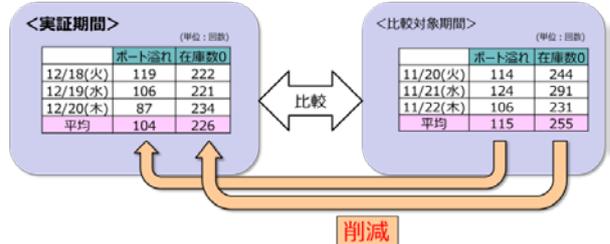


図 15 実証時の再配置作業効率向上結果

### 3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取組

IoT 共通基盤技術の普及促進に向けて、各種イベントや協創パートナーへの普及活動(PJ 紹介、研究発表、等)を実施する。

普及活動には、平成 30 年度に作成した「IoT 共通基盤技術の確立・実証成果サマリーレポート」等を活用する。また、サマリーレポートを参照し、IoT 共通基盤の構築・運用に関心を持つユーザーからの個別依頼に基づき、平成 30 年度に作成した「IoT 共通基盤の設計に関する手引書」を配布する。

### 4. むすび

IoT 機器の導入が今後一層進み、ネットワークに流通する IoT データが膨大になるとともに、それを活用したいと考えるサービス事業者が増え、また蓄積された IoT データを活用したいとのニーズが高まるのが想定される中、本事業において得られた知見を活用し、効率的な前処理を備え、ネットワークに流通するデータ量にも配慮された IoT 共通基盤の構築、それを使ったサービスの提供、そして外部

IF を使った IoT 共通基盤に蓄積されたデータの利活用の実現が望まれる。

**【報道掲載リスト】**

[1] (お知らせ) 多様な IoT サービスに利用可能なプラットフォーム技術の開発に着手、株式会社 NTT ドコモ ホームページ、2016 年 10 月 20 日

**【本研究開発課題を掲載したホームページ】**

[https://smartiot-forum.jp/topics/Exhibition\\_2019](https://smartiot-forum.jp/topics/Exhibition_2019)