

総合研究報告書

水道スマートメーター導入に向けたデータ利活用の検討

研究代表者 大瀧友里奈 国立大学法人一橋大学・教授  
研究分担者 大塚玲(情報セキュリティ大学院大学・教授)  
本田秀仁(追手門学院大学・准教授)  
植田一博(国立大学法人東京大学・教授)  
穴山悌三(公立大学法人長野県立大学・教授)  
森由美子(東海大学・教授)

研究要旨

日本で水道スマートメータを導入した場合のデータの利活用の可能性を検討し、スマートメータ導入の促進に寄与することを目標とし、①ディープラーニング手法によるデータの解析、②需要サイドからの手法検討、③多様な料金制度の検討、という3つのアプローチからの研究を進めた。その結果、複数家庭に普遍的なディスアグリゲーションについては高い精度を得ることができなかった。また同様に、複数家庭に普遍的に測定粒度を粗くすると、精度が指数関数的に劣化することも明らかになった。需要サイドからの水使用量データの利活用については、使用量を比較した際の効果は人の持つ価値観によって異なっており、環境配慮に重きを置く人には効果的であった。

日本の水道への Scarcity Pricing 導入可能性の検証についてのフィールド実験では、Scarcity Pricing によって水使用量が減少することが実証され、渇水期への活用可能性を見出すことができた。

1. 研究目的

本研究の目的は、スマートメータから得られるデータの利活用の可能性を検討し、その利点を具体的に示すことにより、スマートメータ導入の促進に寄与することである。そのため、①ディープラーニング手法によるデータの解析、②見える化の方法など需要サイドから手法検討、③多様な料金制度の検討、という3つのアプローチを行う。

2. 研究方法

2.1 ディープラーニング手法による解析

これまでに取得済みの水使用量および水使

用行動のデータを用いて、解析に適した形へのデータクリーニング手法や、水使用量データの特徴にあったディープラーニング手法を引き続き探索した。

また、実社会への実装を想定し、流量センサーのサンプリング周期を1秒から20秒まで粒度を粗くしていき、精度の劣化度を測定した。

2.2 需要サイドからの水使用データ活用手法の検討

スマートメータデータを活用したサービスとして考えられている「見える化」としては、同じような家庭との比較を棒グラフ等で表示する方法

が一般的に行われているが、一方で多様な価値観にあわせた提示が重要であるという指摘がある。そこで、資源に対する価値観（つまり、節電や節水についての価値観）を元にクラスタリングし、同じ集団との比較により使用量を見える化することの有効性を検証した。

水道はスマートメータの設置が進んでおらず使用量データを取得することが困難であることから、スマートメータ設置が進んでいる電気使用量を分析の対象とし、その結果から、水道事業への応用可能性を考えることとした。

### 2.3 多様な料金制度の検討

国外での水道スマートメータ導入に伴うダイナミックプライシングの適用に関する研究、および国内電力の季節別料金制度に関する研究についてサーベイを行った。更に、日本の水道への **Scarcity Pricing** 導入可能性の検証するため、経済的方法 (**Pricing**) とナッジが短期的に水使用量に与える影響についてのフィールド実験を行った。

## 3. 研究結果と考察

各研究項目の詳細は、分担研究報告に記載するため、要点のみ記載する。

### 3.1 ディープラーニング手法による解析

単一区間波形識別器は9クラス分類のrank1識別精度で60%程度の精度である。これは、単一区間波形の特徴が家庭により大きく異なるため訓練データに過学習しやすいことが原因の一つに考えられる。また、測定粒度を粗くしていった場合のシミュレーションを行ったところ、粒度に対して指数関数的に劣化する結果となった。

上記のことより、ディスアグリゲーションの実用化には、更に様々な検討が必要であると考

えられる。実用化には、使用パターンの変化を機械学習により判定する方法等も並行して検討する必要があると考える。

### 3.2 需要サイドからの水使用データ活用手法の検討

下記の4つの価値についての回答を元に、調査参加者216名をクラスタリングした。

- i) **Biospheric value**: 地球や人間以外の動物を守ることの価値。「節電/節水は自分にとって地球環境保全のために行うものである」
- ii) **Altruistic value**: 自分以外の人の利益に対する価値。「節電/節水は自分にとって多くの人に電気が分配されるよう行うものである」
- iii) **Hedonic value**: その場の快楽に対する価値。「節電/節水は自分にとって電気/水を使うという快適さを妨げるものである」
- iv) **Egoistic value**: 自分の利益に対する価値。「節電/節水は自分にとって電気/水道代を節約するための行うものである」

その結果、以下の3つのクラスタに分類することができた。

- ・クラスタ 1: **Egoistic** (自分の利益に対する価値) が特に目立って高い  
→ 金銭的な動機を持つ「儉約重視」タイプ
- ・クラスタ 2: **Biospheric** (地球や人間以外の動物を守ることの価値) が高く、**Hedonic** (その場の快楽に対する価値) が低い  
→ 環境配慮行動に前向きな「環境配慮」タイプ
- ・クラスタ 3: **Hedonic** (その場の快楽に対する価値) が高い一方で、他の価値も高い  
→ 特定の立場に立たない「日和見」タイプ

同じ価値観の人(同じクラスタの人)の電気使用量との比較を提示した結果、比較による使用量の変化に有意差はなかった。一方、比較の効果はクラスタごとに異なり、比較の効果があった集団(環境配慮)、無かった集団(儉約重視、日和見)があった。また、「儉約重視」「日和見」では、ブーメラン効果(介入によって使用量が増加する傾向)が見られた。

以上のように、“personalized nudge”(Sunstein, 2012)が有効である可能性が指摘でき、水道への応用可能性を提示することができた。

### 3.3 多様な料金制度の検討

国外水道のダイナミックプライシングについては、スペインのバレンシア地方、ブラジル南部のフロリアノポリス、オーストラリアのクイーンランド地域、イギリスのロンドンなどで研究が行われており、ダイナミックプライシングの節水効果が報告されている。国内電力でのフィールド実験でも経済学的インセンティブがより大きく持続的な効果を持ち、最も低いクリティカルピーク価格で 14%、最も高いクリティカルピーク価格で 17%の節電となったことが報告されていた。

日本の水道への Scarcity Pricing 導入可能性の検証についてのフィールド実験では、渇水期の水使用量を抑えるための方法として、(1)経済的な方法、(2)ナッジによる方法、(3)経済的な方法+ナッジによる方法について、短期的な効果(渇水時期は長期ではないため)を観察した結果、値上げ期間中は、経済的方法によって、水使用量は減少した。一方で、ナッジによる方法は有意な効果がなかった。経済的方法にナッジを組み合わせると、水使用量削減効果が薄れる傾向がある。こ

れは、ナッジの画像で水使用量が多くないことに気づくことで、経済的方法による節水意図が薄れている可能性がある。

### 4. 健康危険情報

なし

### 5. 研究発表

1) 穴山悌三(2022)わが国の水道料金設定方式の現状と方向性の一考察ー近年の問題意識や新たなデータ活用の可能性をふまえて. 公益事業研究, 74(1), 41-52.

2) 森由美子 (2022) 水道事業におけるピークロードプライシング導入の可能性, 国際公共経済研究, 33

3) Yurina Otaki, Shuma Iwatani, Hidehito Honda, Kazuhiro Ueda (2022) Using nudges for water demand management: A field experiment for water conservation. PLOS Water 1(10), e0000057.

<https://doi.org/10.1371/journal.pwat.0000057>

4) Yurina Otaki, Asahi Maeda (2022) Water-saving tips with a visualized indicator related to the environment. Frontiers in Water 4, 914665.

<https://doi.org/10.3389/frwa.2022.914665>.

5) 大瀧友里奈、前田朝陽 (2022) 環境に関連する情報を可視化した節水 Tips. 令和 4 年度水道研究発表会講演集

### 6. 知的財産権の出願・登録状況

なし