

別添 1

厚生労働科学研究費補助金

健康安全・危機管理対策総合研究事業

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

令和4年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 大瀧 友里奈

令和5年5月

目 次

I. 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----- 1

大瀧友里奈

II. 分担研究報告

1. ディープラーニング手法による解析 ----- 4

大塚玲

2. 需要サイドからの水使用データ活用手法の検討 ----- 6

大瀧友里奈、植田一博、本田秀仁

3. 多様な料金精度の検討 -----12

大瀧友里奈、森由美子、穴山禎三、

III. 研究成果の刊行に関する一覧表 ----- 17

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(節約重視、日和見)があった。また、「節約重視」「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—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

水使用量データのディープラーニング手法による解析

研究分担者 大塚玲 情報セキュリティ大学院大学・教授

複数の異なる家庭の単一区間波形(開栓から閉栓までの流量波形)について用途を普遍的に識別する 1d-CNN に基づく機械学習モデル(単一区間波形識別器)を開発した。単一区間波形の特徴は、個人差、家庭差が大きいため、訓練データの過学習が起きやすく、一つの家庭を対象にしたときのような精度を出すことが難しい。アルゴリズムの改良を重ねたが、単一区間波形識別器は 9 クラス分類の rank1 識別精度で 60%程度の精度にとどまった(図1、図 2)。更なる精度向上のためには、誤りデータの特徴を解析し、更なるアルゴリズムの改良が必要である。

また、社会実装のためには、現在のような 1 秒のサンプリング周期では、電池容量やデータ転送の問題が生じるため、現実的ではない。粗い粒度でも実用的な精度が得られれば活用可能性が広がるため、流量センサーのサンプリング周期を 1 秒から 20 秒までを想定してシミュレーション実験により、精度の劣化度を測定した。その結果、粒度に対して指数関数的に劣化する結果が得られた(図 3)。社会実装のための現実的な粒度で一定の精度を実現するには、技術的に越えなければならない課題がまだ多く残る結果となった。

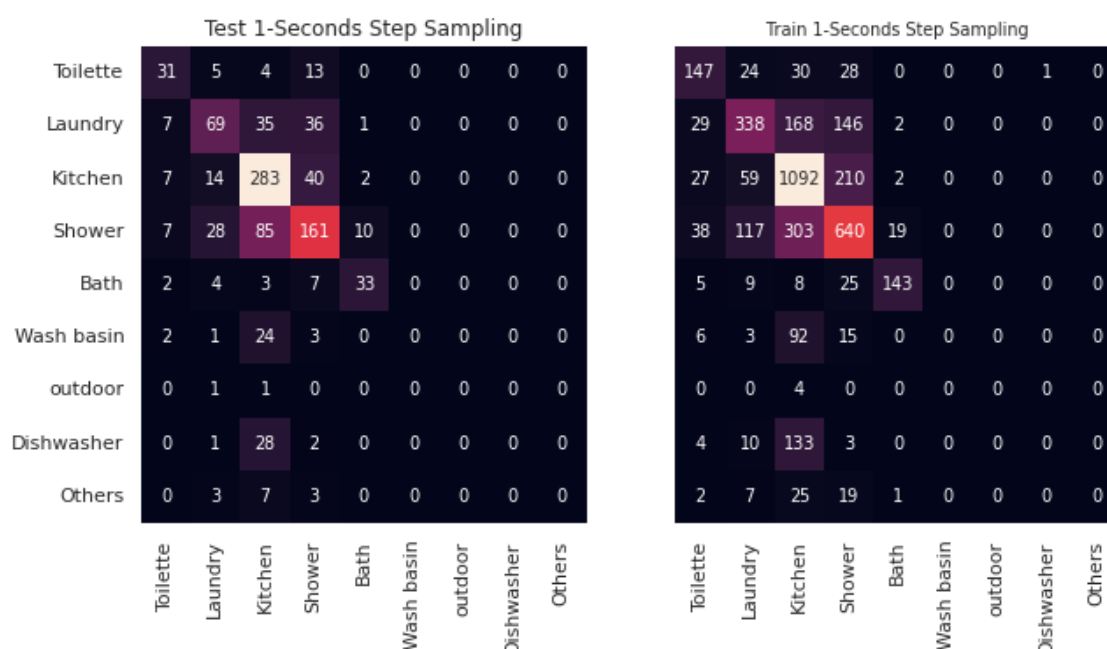


図 1 用途別識別器の Confusion Matrix

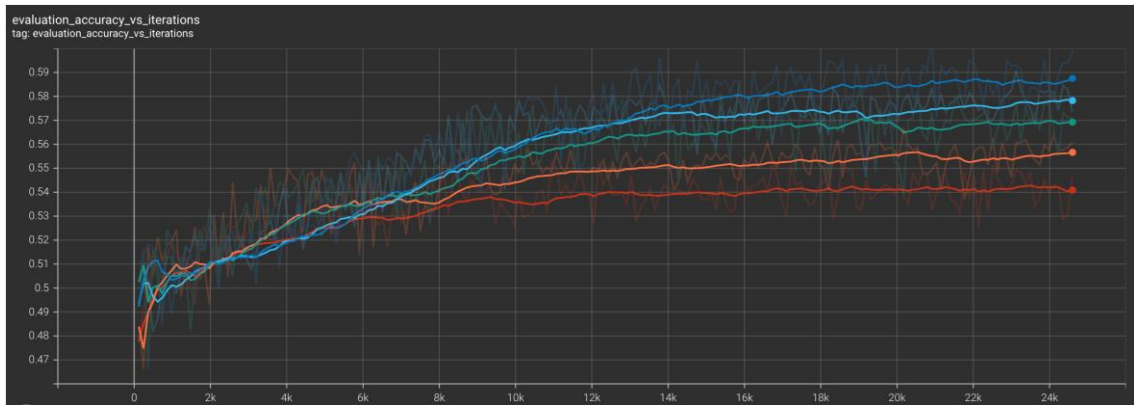


図 2 単一区間波形識別器の精度

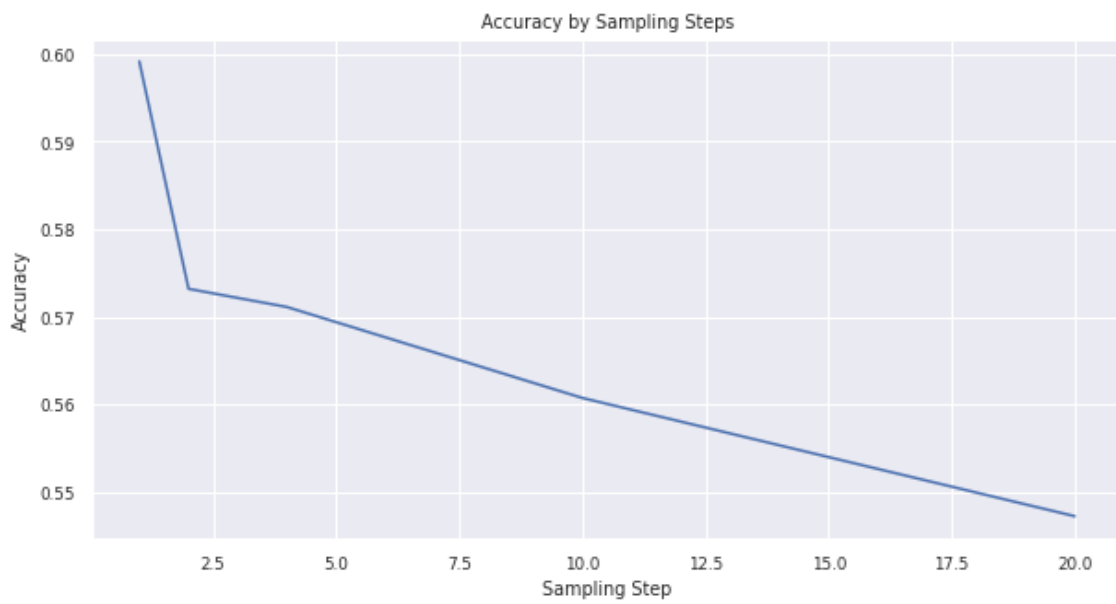


図 3 精度の劣化度のシミュレーション

需要サイドからの水使用データ活用手法の検討

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 植田一博 国立大学法人東京大学・教授
本田秀仁 追手門学院大学・准教授

1. はじめに

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。しかし、決められた規範に従わせることは権威主義的であるという批判があり (Sunstein, C. R., 2012; Croson & Treich, 2014)、また多様な価値観にあわせた提示が重要であるという指摘もある。

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）が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することとした。環境や資源に配慮した行動についての価値観には4種類あるといわれている (Stern, 2000)。

- ① 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」
- ② 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」
- ③ 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」
- ④ 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に行うものである」

そこで、上記4種類の価値観を元に分類し、同じ価値観の人との使用量比較を行うことによる行動の変容について調査した。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. 研究方法

2.1 調査対象者の選定

クラウドサービス（クラウドワークス）に登録している人のうち、首都圏在住で、仕事をしており、世帯人数が1-2人の人を対象に、調査への協力を募集した。募集の際に、ウェブサイトからダウンロードした電気使用量データの提出を依頼した。また合わせて、上記4つの価値について、「節電」を対象として答えてもらった。

2.2 調査概要

上記の 4 つの価値について回答してもらい、それを元にクラスタリングを行い、価値観で複数のグループに分類した。そのうえで、実験群と統制群に均等に割り付けたのち、実験群に対しては、同じグループの人の使用量との比較を棒グラフで提示した。

使用量については、情報提示前（2022 年 7 月）と情報提示後（2022 年 9 月）、それぞれ 1 ヶ月の電気使用量を提出してもらい、使用量の変化を分析した。全体の流れを図 1 に示す。

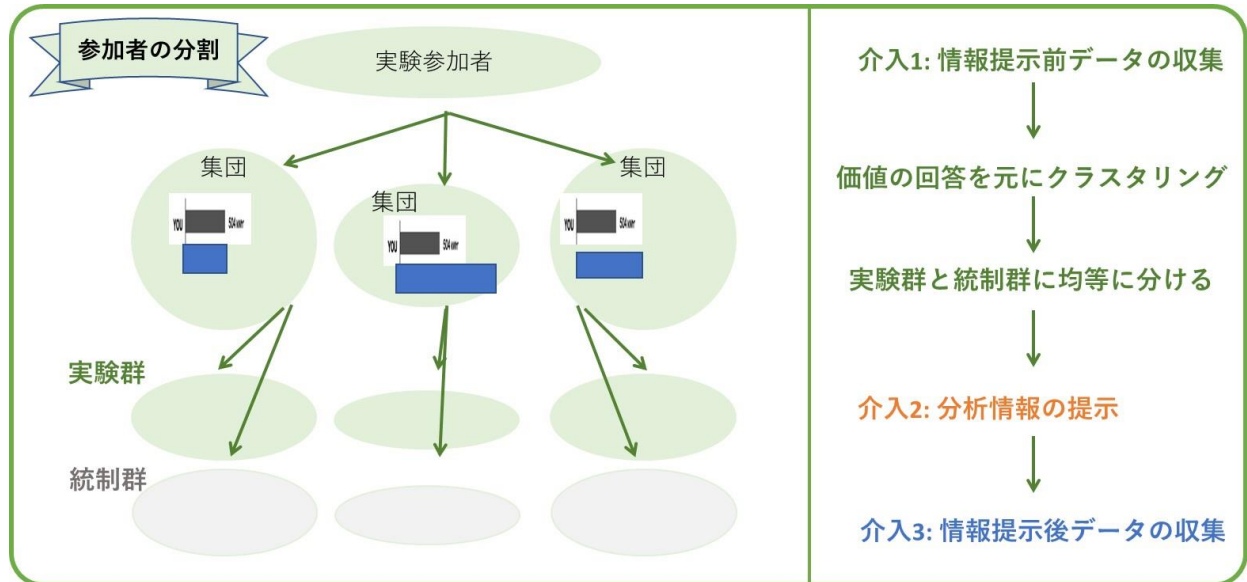


図 1 フィールド実験の流れ

2.3 情報提示内容

図 2 に実験群と統制群の情報提示内容を示した。

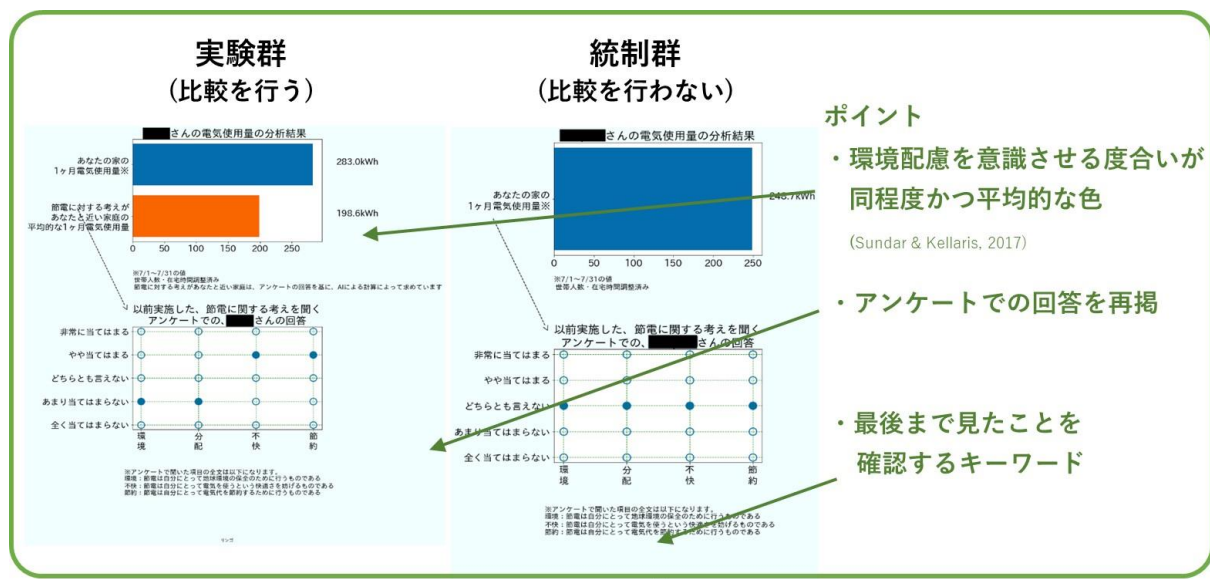


図 2 情報提示の例

実験群に対しては、自分自身の直近 1 ヶ月の電気使用量と、同じ価値観の人の直近 1 ヶ月の電気使用量について棒グラフを用いて示した。統制群に対しては、比較は行わず、自分自身の直近 1 ヶ月の電気使用量のみ提示した。棒グラフの色については、環境配慮を意識させる度合いが同程度かつ平均的な色を用いた。また、使用量のグラフの下には、自身がどのような価値判断をしたのかを示す図を挿入した。

2.4 分析方法

下記 2 点について分析を行った（図 3）。

（仮説 1）価値観を基にした集団との比較で、電気使用量がどのように変化するか

（仮説 2）比較の効果が集団ごとに異なるかどうか

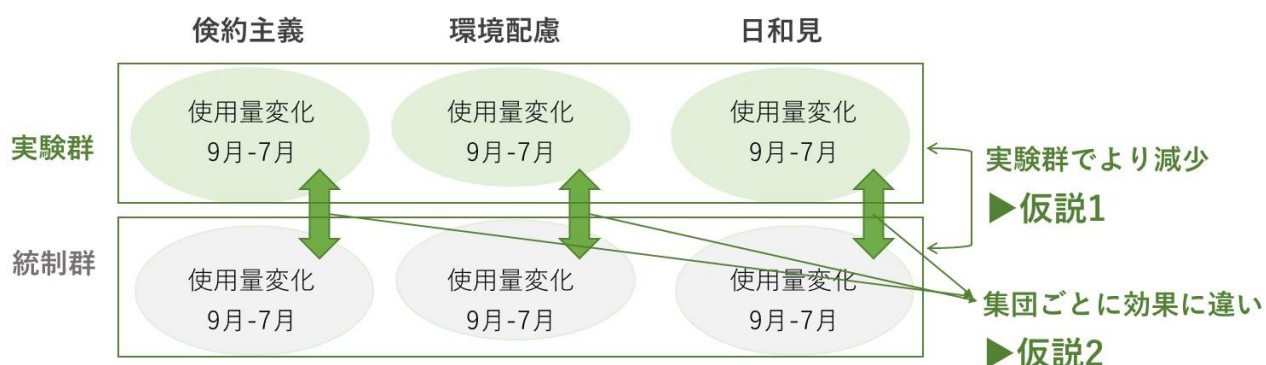


図 3 分析方法

また、分析にあたっては、集団の平均より使用量が多い高消費グループと、集団の平均より使用量が少ない低消費グループに分けて分析を行った。

3. 結果

3.1 価値によるクラスタリング

調査参加者は合計で 216 名であった。クラスタリングの結果を図 4 に示した。

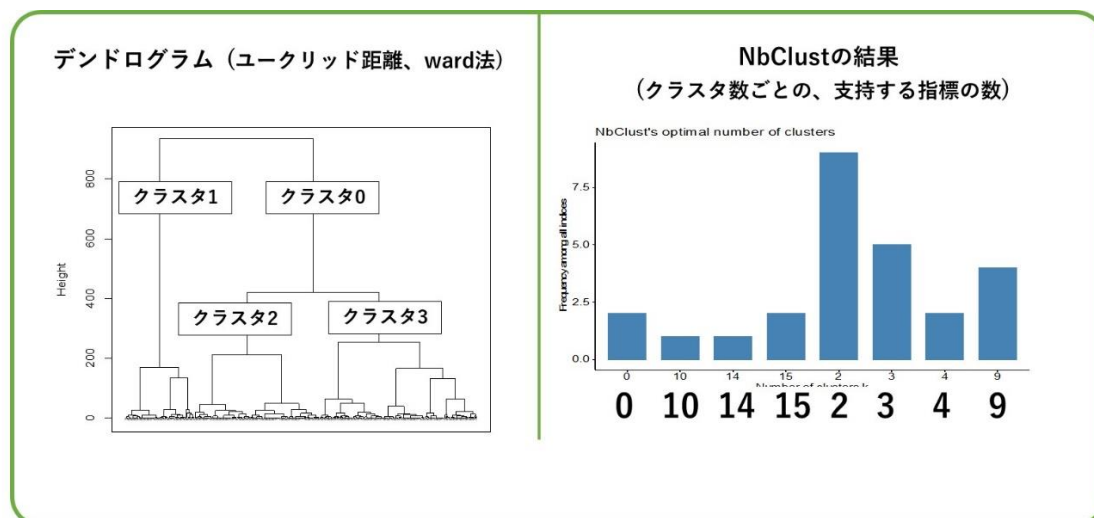


図 4 クラスタリングの結果

デンドログラム、NbClust の結果から、3 つのクラスタに分類することとした。各クラスタの価値判断がどのように分布しているのかを図 5 に示した。

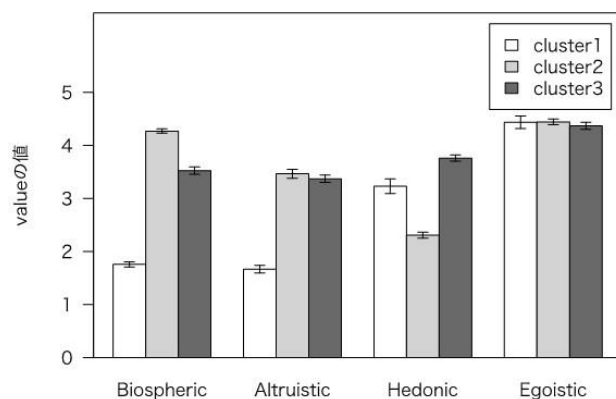


図 5 各クラスタの価値判断

- ・ 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「節約重視」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

3.2 使用量の変化

使用量の分析は、式 1 に基づいて行った。

$$\log\{(Y_9 - Y_7) + 400\} = \alpha \times \beta_g + \mu + v + \varepsilon \quad \text{式 1}$$

使用量変化 9月-7月 外部の影響 家庭ごとの 誤差 違い

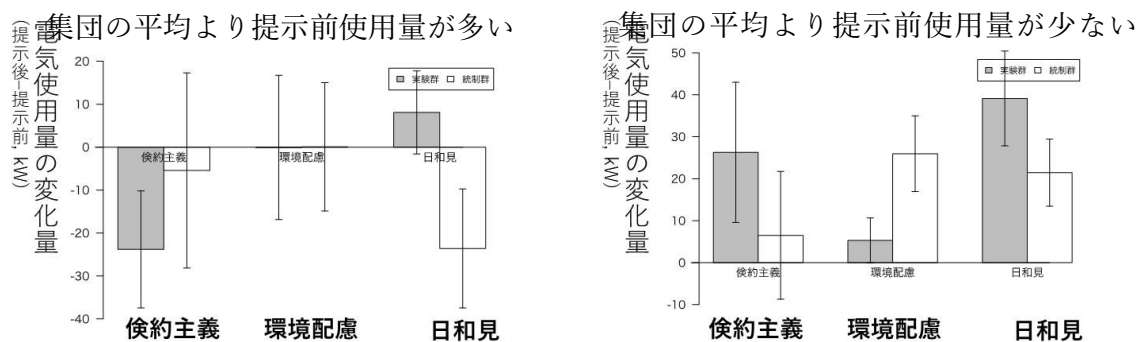
	節約主義 (β_1)	環境配慮 (β_2)	日和見 (β_3)
実験群 (α あり)	使用量変化 9月-7月	使用量変化 9月-7月	使用量変化 9月-7月
統制群 (α なし)	使用量変化 9月-7月	使用量変化 9月-7月	使用量変化 9月-7月

また、Treatment Effect（統制群に比べて実験群の使用量が何%増加したか）は、式 2 により求めた。

$$T = \left(\frac{Y_e - Y_c}{Y_c} \right) \quad \text{式 2}$$

実験群の
提示後使用量 統制群の
提示後使用量
 Y_e Y_c
統制群の
提示後使用量

その結果（図 6）、仮説 1 は支持されず、比較による使用量の変化に有意差はなかった。一方、比較の効果は集団ごとに異なり、仮説 2 は指示された。しかし、3 つの集団でブーメラン効果（介入によって使用量が増加する傾向）が見られた。



	集団の平均より 電気使用量が多いグループ	集団の平均より 電気使用量が少ないグループ	Treatment Effect
倹約重視	使用量が減少	ブーメラン効果	+2.89%(増加)
環境配慮	変化ほぼなし	使用量が減少	-9.19%(減少)
日和見	ブーメラン効果	ブーメラン効果	+10.37%(増加)

図 6 結果のまとめ

4. まとめ

比較の効果があった集団(環境配慮)、無かった集団(倹約重視、日和見)があり、全体としては比較の効果が確認できなかった。このことから、“personalized nudge” (Sunstein, 2012)が有効である可能性が指摘で来た。また、個人が申告した価値に合わせた画一的でない規範を用い、現行の介入方法に対する「権威主義的である」との批判 (Croson & Treich, 2014)に対する 1 つの解決の方向性を提示することができた。

† $p < 0.1$

References

- Croson, R., & Treich, N. (2014). Behavioral environmental economics: promises and challenges. *Environmental and Resource Economics*, 58(3), 335-351.
- Stern, P. C. (2000). New environmental theories: toward a coherent theory of environmentally significant behavior. *Journal of social issues*, 56(3), pp.407-424.
- Sunstein, C. R. (2012). The Storrs lectures: Behavioral economics and paternalism. *Yale LJ*, 122, 1826.

多様な料金制度の検討

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 森由美子 東海大学・教授

穴山悌三 公立大学法人長野県立大学・教授

1. スマートメータ導入によるダイナミックプライシングの適用

1.1 国外の水道料金制度

国外では、水道料金と水需要の関係について、スマートメータ導入前から研究の積み重ねがあり、価格弾力性や人口統計的属性との関係が明らかになっている (Arbues et al., 2003 など)。更に、国外での水道スマートメータ導入が進むとともに、ダイナミックプライシングの適用を意識した論文もいくつか見られる。

Lopez-Nicolas et al.(2018)は、スペインのバレンシア地方で 43 万世帯についてスマートメータを設置し、水道料金を変えた場合の水道使用量の削減率を観察した。その結果、0.35 ユーロ/m³ の場合 18%、0.14 ユーロ/m³ の場合 8%、0.04 ユーロ/m³ の場合 3%の水道使用量の削減が行われた。Castro et al.(2020)は、ブラジル南部のフロリアノポリスで 2018 年の 8 月 20 日から 9 月 20 日にアンケート調査を行い、202 の回答者について、効用ロジスティックモデルにより分析を行った。その結果、裕福な居住者はエネルギーや水の使用量をスマートメータによりコントロールすることに関心が高いこと、女性や財産があまり多くない人々は、スマートメータの高額な出費を厭う傾向にあることと結論付けている。Sahin et al. (2018)は、オーストラリアのクィーンランド地域で、Scarcity Pricing 戦略を含む System Dynamics Modelling アプローチにより、水道使用量が 6~11%削減されたことを明らかにしている。オーストラリアでは、厳しい干ばつ、人口増加、変化しやすい降雨量、インフラの老朽化などの問題を抱えている。Rouge et al. (2018)は、イギリスのロンドンの 1500 万世帯を対象として、家庭用の水道料金を 150%値上げすることで、水道使用量が 22~63%の削減が行われたことを明らかにしている。Cominola et al. (2021)は、スペインのバレンシアの 334 の世帯について、3 年間のデータを分析し、スマートメータ設置により水使用量が 8%削減された可能性があることを指摘している。Marzano et al. (2020)は、424 人を対象に水道料金とシャワー時間の関係についての実験を行い、5-10 セントの価格変化によりシャワーの時間が削減され、結果として約 15%の節水となったことを報告している。

季節別料金制度については、国外のいくつかの都市で採用されている。バンクーバー(カナダ)では、渇水期には一律 25%増となる。シアトル(アメリカ)では、渇水期は逡増制(1st 2%増、2nd 25%増、3rd 100%増)となっている。

1.2 国内電力の季節別料金制度

国内電力では、既に時間帯別料金制度で夜間電力の活用が企図されているが、季節別の料金制度は行われていない。Ito et al. (2018) は、京阪奈地区においてフィールド実験を行っている。道徳的方法、経済学的インセンティブ、統制、の3つの群を設けて検証した結果、道徳的方法は短期の節電を実現するがそれは長期には続かなかった。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。

2. 日本の水道への Scarcity Pricing 導入可能性の検証

—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

2.1 目的

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＋ナッジによる方法を検討する。渇水時期は長期ではないため、短期的な効果を観察する。

経済的な方法としては、ダム貯水率に応じて、Scarcity Pricing を加算する(水資源量の影響で水道料金が増加される)ことが諸外国では行われている。日本においてもスマートメータ導入により、Scarcity Pricing の運用が可能になる。水道料金が短期的に上昇する場合に、水使用量がどのように変化するかを観察し、Scarcity Pricing による水使用量の変化を推定する。また、水資源量を意識させるナッジが水使用量を変化させることが実証されているため、ナッジによる方法と経済的な方法との効果の差異や相乗効果を検証する。

2.2 方法

クラウドサービス(クラウドワークス、ランサーズ、ママワークス)もしくはモニター調査会社に登録している人を対象とし、その中から東京都在住で主に家事を担当している人に調査への協力を呼びかけた。水道スマートメータの実装は進んでいないため、水使用量は、調査参加者による水道メータ画像の撮影とアップロードにより行った。

実験のスケジュールは図1の通りである。

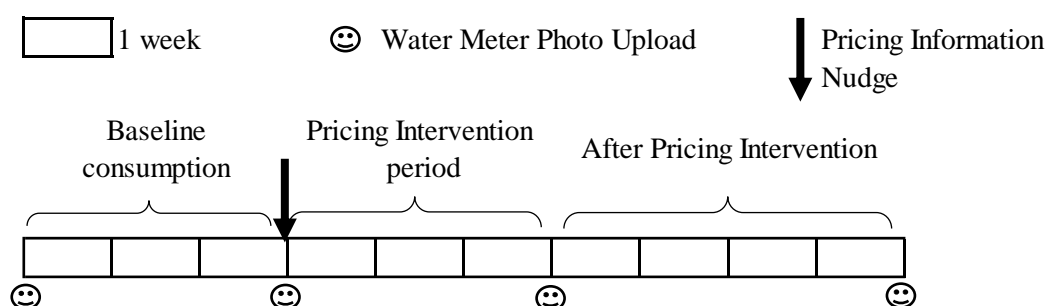


図1 実験スケジュール

調査対象者は、ランダムに下記 4 群に分けた。その結果、家族人数、一人一日当たり水使用量、家庭の収入は群間で差異はなかった。

- i) 統制群 (経済的方法なし, ナッジなし)
- ii) Pricing 群 (経済的方法あり, ナッジなし)
- iii) Nudge 群 (経済的方法なし, ナッジあり)
- iv) Pricing + Nudge 群 (経済的方法あり, ナッジあり)

それぞれの方法については、下記の通りである。

(1) 経済的な方法

- ・「これから約 3 週間の 1L あたりの水道料金が現行より 25% 増加するとします」と提示する。
- ・最後まで協力したことに対する謝金＋使用量に応じた謝金
 - 現実社会では、水使用量が増加すると支払金額は増加する。フィールド実験で支払額を増額することは

きないので、水使用量が減った場合には、その減少量に応じて、追加で謝金を支払う形をとる。

-水使用量が増加した場合には、追加謝金はない。

・Pricing Intervention Period 終了時には、「水道料金は現行に戻ります」と提示。

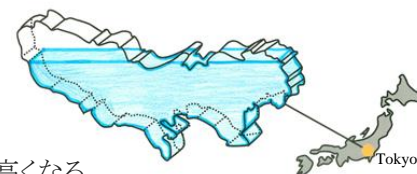
(2) ナッジによる方法

・最後まで協力したことに対する謝金

・あなたの使い方では水瓶の量がこうなります、という画像を提示

水使用量が多いと水瓶の水位が低くなり、水使用量が少ないと水瓶の水位が高くなる

(低消費者は使用量を減らすことがすでに長期の実験(8 か月)から明らかになっている)



(3) 経済的な方法+ナッジによる方法

(1) + (2)

2.3 結果と考察

最終的な調査対象家庭は 153 家庭であった(表1)。

表1 調査対象家庭数

グループ	調査対象家庭数
i) 統制群 (経済的方法なし, ナッジなし)	39
ii) Pricing 群 (経済的方法あり, ナッジなし)	39
iii) Nudge 群 (経済的方法なし, ナッジあり)	36
iv) Pricing + Nudge 群 (経済的方法あり, ナッジあり)	39

データは下記のように整理した。

・ベースライン水使用量 (Water Consumption_base)

Intervention の前の3週間の水使用量の平均値 (一人一日当水使用量)

・介入期間水使用量 (Water Consumption_i)

Pricing Intervention Period (3週間) の水使用量の平均値 (一人一日当水使用量)

・介入後水使用量 (Water Consumption_a)

Pricing Intervention Period 終了後 (4週間) の水使用量の平均値 (一人一日当水使用量)

・水使用量の変化率 (Change Ratio_i, Change Ratio_a): ベースライン水使用量からの変化率

$$\text{Change Ratio}_i = \text{Water Consumption}_i / \text{Water Consumption}_{\text{base}}$$

$$\text{Change Ratio}_a = \text{Water Consumption}_a / \text{Water Consumption}_{\text{base}}$$

・一人家庭換算の一人一日当水使用量 (Water Consumption_base_one)

複数人数家庭の場合、スケールメリットで水使用量が少なくなるのでそれを補正した値

(家族人数 1 人:270L/p/d, 2 人:248L/p/d, 3 人:221L/p/d, 4 人:193L/p/d, 5 人:185L/p/d, 6 人:189L/p/d) (東京都水道局)

例えば 2 人家庭の場合、 $\text{Water Consumption}_{\text{base_one}} = \text{Water Consumption}_{\text{base}} * (270/248)$

水使用量の変化率より、外れ値である対象家庭を分析から排除(11 家庭)した。また、分析には、水使用量の変化率を対数変換した値(LN (Water Consumption/Water Consumption_base))を用いた。結果を、図 2、表 2 に示した。

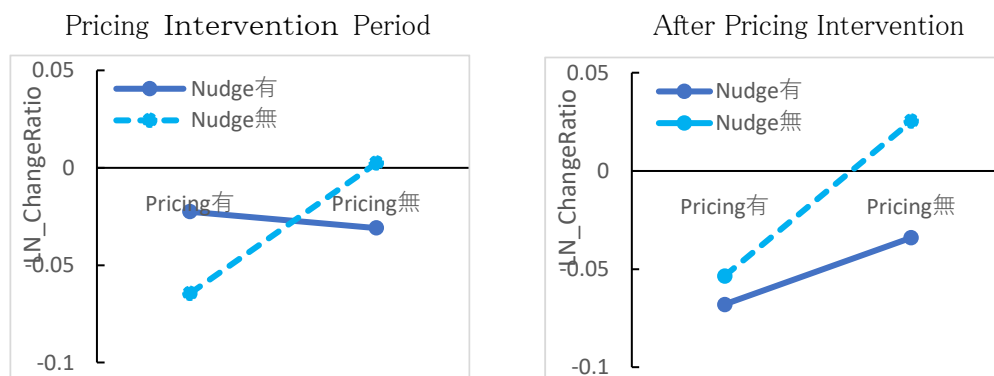


図 2 LN (Water Consumption/Water Consumption_base)

表 2 分散分析の結果

	Pricing Intervention Period			After Pricing Intervention		
	Pricing	Nudge	Pricing:Nudge	Pricing	Nudge	Pricing:Nudge
F	2.213	0.063	3.500	7.625	3.055	1.146
p	0.1389	0.8017	0.0633	0.0065	0.0826	0.2861
η^2	0.0137	0.0003	0.0230	0.0455	0.0195	0.0071

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(多重比較(G1:G2) $p = .082$)。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が、更なる調査が必要である。

References

- Arbues et al. (2003) Estimation of residential water demand: A state of the art review. Journal of Socio-economics, 32, 81-102.
- Cominola et al. (2021) Long-term water conservation is fostered by smart meter-based feedback and digital user engagement. npj Clean Water, 29
- Ito et al. (2018) Moral Suasion and Economic Incentives: Field Experimental Evidence from Energy Demand. American Economic Association, 10, 1, , 240-267.
- Lopez-Nicolas et al. (2018) Design and assessment of an effective and equitable dynamic urban water tariff. Application to the city of Valencia, Spain. Environmental Modelling & Software 101, 137-145.
- Marzano et al. (2020) Response of residential water demand to dynamic pricing: Evidence from an online experiment. Water Resources and Economics, 32, 100169.
- Rouge et al. (2018) Assessment of smart meter enabled dynamic pricing at utility and river basin scale. Journal

of Water Resource Planning Management, 144(5), 04018019.

Sahin et al. (2018) Evaluating a novel tiered scarcity adjusted water budget and pricing structure using a holistic systems modelling approach. Journal of Environmental Management, 215, 79–90.

研究成果の刊行に関する一覧表

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
穴山悌三	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	2022
森由美子	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		2022
Yurina Otaki Shuma Iwatani Hidehito Honda Kazuhiro Ueda	Using nudges for water demand management: A field experiment for water conservation.	PLOS Water	1(10)	e0000057	2022
Yurina Otaki Asahi Maeda	Water-saving tips with a visualized indicator related to the environment	Frontiers in Water	4	914665	2022
大瀧友里奈 前田朝陽	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			2022

国立保健医療科学院長 殿

機関名 国立大学法人一橋大学
所属研究機関長 職 名 学長
氏 名 中野 聡

次の職員の令和4年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
2. 研究課題名 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
3. 研究者名 (所属部署・職名) 大学院社会学研究科・教授
(氏名・フリガナ) 大瀧友里奈・オオタキユリナ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称：)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	一橋大学研究倫理審査委員会	<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。
(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由：)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関：)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由：)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容：)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

国立保健医療科学院長 殿

機関名 情報セキュリティ大学院大学
所属研究機関長 職 名 学 長
氏 名 後 藤 厚 宏

次の職員の令和 4 年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
2. 研究課題名 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
3. 研究者名 (所属部署・職名) 情報セキュリティ研究科・教授
(氏名・フリガナ) 大 塚 玲・オオツカ アキラ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無 有 無	左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
		審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称：)	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。
(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由：)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関：)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由：)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容：)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

国立保健医療科学院長 殿

機関名 国立大学法人東京大学
所属研究機関長 職 名 学長
氏 名 藤井 輝夫

次の職員の令和4年度厚生労働科学研究費補助金の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
2. 研究課題名 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
3. 研究者名 (所属部署・職名) 大学院総合文化研究科・教授
(氏名・フリガナ) 植田 一博・ウエダ カズヒロ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称：)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。
(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

国立保健医療科学院長 殿

機関名 追手門学院大学
所属研究機関長 職 名 学長
氏 名 真銅 正宏

次の職員の令和4年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
2. 研究課題名 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
3. 研究者名 (所属部署・職名) 心理学部・准教授
- (氏名・フリガナ) 本田 秀仁・ホンダ ヒデヒト

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称：)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。
(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由：)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関：)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由：)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容：)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

令和 5 年 4 月 17 日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 長野県立大学

所属研究機関長 職 名 学長

氏 名 金田一 真澄

次の職員の令和4年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業

2. 研究課題名 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

3. 研究者名 (所属部署・職名) グローバルマネジメント学部 ・ 教授

(氏名・フリガナ) 穴山 悌三 ・ アナヤマ テイゾウ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称：)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由：)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関：)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由：)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容：)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。

・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

国立保健医療科学院長 殿

機関名 東海大学
所属研究機関長 職 名 学長
氏 名 松前義昭

次の職員の令和4年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
2. 研究課題名 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
3. 研究者名 (所属部署・職名) 東海大学政治経済学部・教授
- (氏名・フリガナ) 森 由美子 モリ ユミコ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称：)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	一橋大学研究倫理審査委員会	<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。
(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由：)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関：)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由：)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (有の場合はその内容：公表時、関連の企業・団体を対象とした外部活動(役員・顧問等)を実施していることを報告書等に記載する)

- (留意事項)
- ・該当する□にチェックを入れること。
 - ・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。