

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 24 日現在

機関番号：12613

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03424

研究課題名（和文）持続可能な節水型社会実現に向けた水使用量の「見える化」手法の検討

研究課題名（英文）Visualisation method of water consumption for the sustainable water-saving society

研究代表者

大瀧 友里奈 (OTAKI, Yurina)

一橋大学・大学院社会学研究科・教授

研究者番号：50422382

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）：水使用量の「見える化」については、まず自身の実際の水使用量をどのように見せるかを検討した。その結果、共有財としての水を意識させるフィードバックにより、低消費世帯の水使用量が、長期間継続的に減少することが明らかになった。他の世帯の平均使用量との比較をグラフで表現した場合には節水効果はなかった。続いて、用途毎に節水の余地がどの程度あるのかを示すTipsを提示した結果、節水可能な量をCO2排出量で表現した場合に、高消費世帯が節水行動をとることが明らかになった。

使用行動別の水使用量を定量的に把握するツールの開発については、各家庭毎に機械学習した場合には、95%の精度で使用行動別に分類ができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

水道スマートメータの導入への議論や実証実験が始まっており、それに伴い、水使用量の「見える化」が各事業体で検討されている。単なる「見える化」では水使用量への影響はなく、「見える化」の方法を工夫することで、社会全体の水使用量を無理なく減少させる可能性がある。本研究では、日本社会において節水型社会を実現していくための「見える化」の新しい方法を複数提案することができた。また、その際に、「見える化」された情報の受け手がストレスを感じることなく節水型行動へ移行したことも明らかになった。

研究成果の概要（英文）：For the visualisation of water consumption, the first step was to examine how to show their own actual water use. The results showed that feedback that made people aware of water as a public good resulted in a long-term, continuous reduction in water use among low consumption households. There was no effect on water savings. In the case that the graphs were expressed in comparison with the average usage of other households, there was no effect on water savings. Then, Tips were presented to show how much room there was for water saving for each use. As a result, high-consuming households behaved in a water-saving manner when the amount of water that could be saved was expressed in terms of CO2 emissions.

Regarding the development of a tool to disaggregate the water consumption by usage behaviour, machine learning for each household was able to classify water consumption by usage behaviour with 95% accuracy.

研究分野：環境科学

キーワード：見える化 水使用量 節水型社会 水使用行動 ナッジ 共有財

1. 研究開始当初の背景

スマートグリッドやスマートシティなど社会のスマート化が進む中、水道分野でもスマートメータの導入への議論や実証実験が始まっている。水道スマートメータの導入は水の供給側にとって、料金徴収の簡素化、需要に応じた供給運転といったさまざまなメリットがあるが、使用者側にとっても、使用量が「見える化」されることがメリットにつながると考えられる。「見える化」にはさまざまな方法が考えられるが、研究代表者らの既存の研究では、使用量を直観的かつ情動に訴える方法で「見える化」することにより、水使用量の多い家庭が節水行動をとるようになることが明らかになっている (Otaki et al., 2017)。具体的には、他者と水使用量を比較すること、かつ、比較方法に顔文字を用いることで「見える化」する方法 (使用量が多い場合は泣き顔:(T T)、少ない場合は笑顔:ヾ(@^ ^@)ノ)を用いた。また、この方法では、無意識的かつ長期にわたって節水が持続したことから、情報の受け手がストレスなく節水型行動へ移行したことも示唆できた。一方、使用量それ自体の数値、平均値との比較、ランキング等を呈示した場合には、水使用行動に変化はなかった。このことから、単なる「見える化」では水使用量への影響はなく、「見える化」の方法を工夫することで、社会全体の水使用量を無理なく減少させる可能性があることが示唆された。

節水型社会構築の重要性は、国土審議会の水資源開発分科会においても指摘されており (国土審議会第 17 回水資源開発分科会答申案, 2017)、水供給の安全度を確保するために需要面と供給面の両面からの施策が必要とされている。特に水需要サイドのマネジメントは、日本だけでなく世界的にもその重要性が指摘されている。これまでの水需要マネジメントには、節水機器の導入、「節水呼びかけ」などの啓発活動、料金操作が検討されてきた (Randolph and Troy, 2008; Espey et al., 1997; Nauges and Thomas, 2003 など)。しかし、これらでは一時的な効果しかなく、自己申告の節水行動を評価に用いることに限界がある。水道料金の操作は、需要マネジメントに最も有効な手段といわれているが、ライフラインである水道料金の操作には限度があり、特に日本では頻繁な料金改定は行われておらず、需要マネジメントの手段としては使われていない。

このような状況において、水使用量の「見える化」は、水需要マネジメントの新たな手法となる可能性があり、その効果およびメカニズム (どの水使用行動 (シャワーなのか皿洗いなのか等) の量を、どの程度変化させるのか) を把握することが、より効果的なマネジメント手法の確立につながると考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、水使用量の「見える化」により、使用者の行動がどのように変化するのかを明らかにし、ストレスのない持続可能な節水型社会の実現に寄与することである。そのために、(1) 使用者への「見える化」の方法を検討し、(2) 将来的に使用行動別 (シャワー、お風呂、炊事等) の水使用量への影響を定量的に把握するためのツールの開発に着手した。

(1) 水使用量の「見える化」の方法を検討

現在各戸に設置されている水道メータには、ログデータをためたり、送信したりする機能がない。そのため、日本の生活者が水使用量を目にする機会は、2 ヶ月に 1 度送られてくる水道料金徴収票のみに留まっている。アメリカやオーストラリアの水資源逼迫地域では「見える化」を活用して節水行動を促進する研究が行われているが、水資源状況や水使用行動が異なる日本で、その知見をそのまま適用することはできない。そこで水資源の逼迫が常態化していない日本において、水使用量の「見える化」方法を検討する。

(2) 使用行動別の水使用量を定量的に把握するツールの開発

家庭全体の水使用量のログ (経時変化のデータ) をとる機器は既に開発されているが、それを使用行動別の水使用量に分解して定量的に把握する手段が日本には存在しない。アメリカ等では、家庭全体の水使用のログを元に、大まかな用途 (屋外、トイレ、洗濯機、シャワー、それ以外) に分類できるソフトが開発されている (Willis et al., 2011 など)。しかし、家庭での水使用量の約半分が屋外であるアメリカ等と、大半が屋内である日本では水使用形態が大きく異なるため、このソフトを日本の水使用行動分析に使用することはできない。そこで、AI 技術により、家庭全体の水使用量 (いわゆる戸別の水道メータ値) のログを入力すれば、使用行動別水使用量に分類したアウトプットが得られるツールの開発に着手する。このツールは、将来的には、「見える化」により、水使用行動がどのように変化したのかを分析するために使用することを予定している。

3. 研究の方法

上述した 2 つの目的に対応させて研究方法を述べる。

(1) 水使用量の「見える化」の方法を検討

調査対象家庭に対し、自身の水使用量をわかりやすい形に加工して、2 週間に 1 度、フィードバックす

るフィールド実験を行った。それによって、水使用量がどのように変化したのか、人々がどのように感じたのかを調査し、節水型社会構築に適した使用量のフィードバック方法を検討した。調査対象は、モニター会社に登録している家庭から選定した。調査対象家庭、調査期間、フィードバック内容は、フィールド実験毎に設定した。

i) 共有財としての水を意識させるフィードバックによる実験

- ・調査対象家庭: 東京都在住の 134 家庭
- ・調査期間: 6 カ月
- ・フィードバック内容:

「水は共有財産なので、財産を共有している他者に配慮しつつ使用する必要がある」という社会規範を教示。共有財としての水を意識させるイラストとして、「水がめの貯水量」により自身の使用量を可視化したものを水資源量の多寡に応じてフィードバックした(図 1)。
調査対象家庭は、水使用量に関するフィードバックを受け取る家庭(フィードバック群)と、水使用量のみを提供しフィードバックを受け取らない家庭(コントロール群)の 2 群にランダムに分けた。



図 1 フィードバックの例

ii) 共有財としての水を意識させるフィードバックと他者の水使用量との比較のフィードバックを比較する実験

- ・調査対象家庭: 東京通勤圏在住の 783 家庭
- ・調査期間: 8 カ月
- ・フィードバック内容:

社会規範群: 上記 i)と同様

他者比較群: 他の家庭の平均使用量との比較をグラフにより提示することによって、節水行動を促すことを試みた。画像は、各家庭の使用量に応じて 4 種類設定した(図 2)。

調査対象家庭は、フィードバック群()と、水使用量のみを提供しフィードバックを受け取らない家庭(コントロール群)の 3 群にランダムに分けた。



図 2 他者比較群のフィードバック

iii) 水使用に関する Tips の提供による実験

- ・調査対象家庭: 東京通勤圏在住の 89 家庭
- ・調査期間: 2.5 カ月
- ・フィードバック内容: 水使用に関する Tips

水使用量をバスタブで表したもの(Bathtub 群)(図 3(a))

水使用量を CO₂ 排出量で表したもの(CO₂ 群)(図 3(b))

調査対象家庭は、フィードバック群()と、水使用量のみを提供しフィードバックを受け取らない家庭(コントロール群)の 3 群にランダムに分けた。

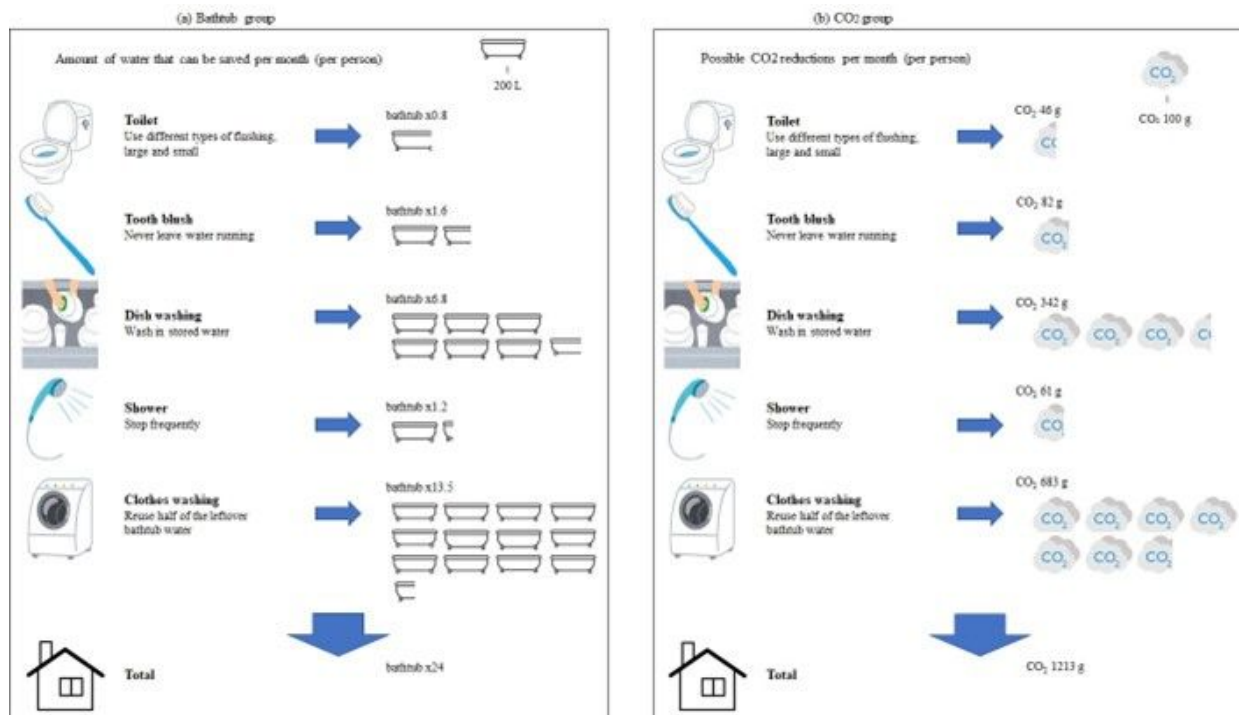


図3 Tipsのフィードバック

(2) 使用行動別の水使用量を定量的に把握するツールの開発

i) 実測データ(機械学習に使用する正解データ)の計測と蓄積

家庭全体および各蛇口の水使用量のログデータを取得する。家庭全体の使用量のログデータは、各家庭に既に設置されている水道メータのログを取る機器を用いる。各蛇口の水使用量は、配管内にログを取ることができる計測器を組み込む。合計 8 軒のデータをそれぞれ 1 ヶ月取得した。配管内にログを取ることができる計測器を組み込むのは、非常に強いコミットと手間がかかるため、水道メータのログを取る機器のみを使用し、調査協力家庭に、水使用ダイアリーを 1 日つけてもらうと共に、各用途を 1 回は単一で使ってもらおうようお願いしてデータを 100 軒分収集した。

ii) 機械学習

正解データのクリーニングを行い、用途毎に切り出し可視化した。合わせて正解データを増やすため、GAN を用いて、人工的に正解データを生成した。その後、それぞれの特性をみながらモデルを選定した。

iii) 家庭全体の水使用量のログデータから使用行動別使用量への分類

家庭毎に施行行動別使用量に分類を試みた。

4. 研究成果

(1) 水使用量の「見える化」

共有財としての水を意識させるフィードバック(実験 i))は、低・中消費世帯の水使用量を減少させることが明らかになった(図 4)。しかし、6 カ月経過後の 10 月には水使用量の減少効果が消失した。この原因が、調査の後半が水不足が懸念される夏季でありその期間が終了したことによるものなのか、6 カ月間は継続しないためなのかは不明であった。

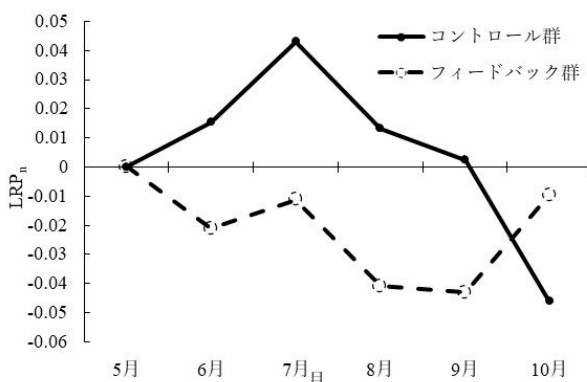


図4 低・中消費世帯の水使用量変化率の推移

そこで、共有財としての水を意識させるフィードバック(社会規範群)と、他の世帯の平均使用量との比較をグラフで表現したフィードバック(他者比較群)を8か月間行った結果、社会規範群では低消費世帯の水使用量が継続して減少することが明らかになった。一方、高消費世帯ではフィードバックは水の使用に有意な影響を及ぼさなかった。(図5)

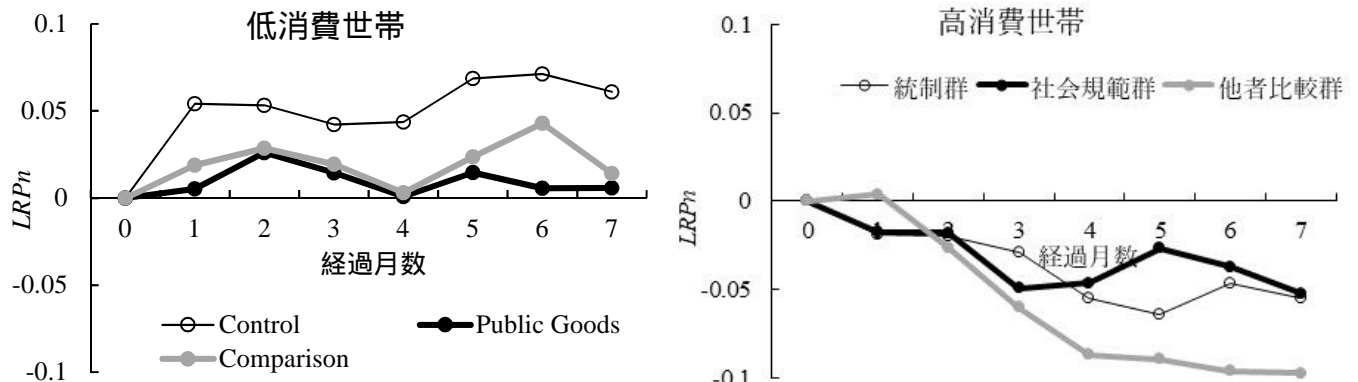


図5 低・高消費世帯の水使用量変化率の推移

また、水使用量をCO₂排出量で表したTipsは、高消費世帯の水使用量を有意に減少させることが明らかになった。(図6)

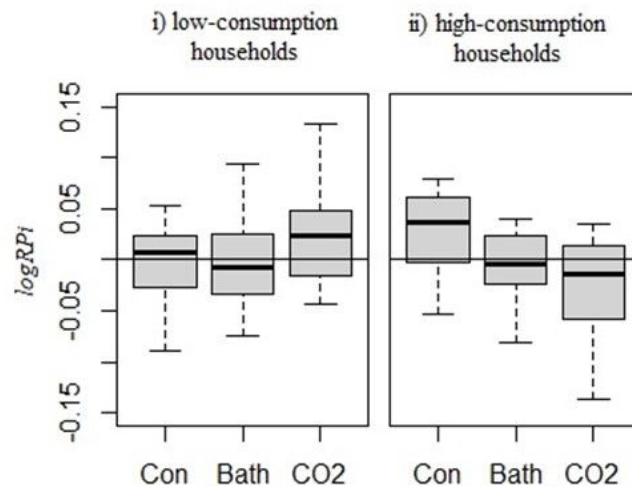


図6 低・高消費世帯の水使用量変化率の推移

これらのことから、低消費世帯には共有財としての水を意識させるフィードバックが、高消費世帯にはCO₂排出量を意識させるTipsによるフィードバックが節水には有効であることが明らかになった。このように、水の消費量の多寡によって、有効な情報が異なるため、社会実装していくにあたっては、ニーズに合わせた「見える化」を行う必要があることが明らかになった。

(2) 使用行動別の水使用量を定量的に把握するツールの開発

各家庭毎に機械学習を行うことによって、95%以上の精度で、全体の水使用量から使用行動別水使用量に分解することができるまで到達できた。しかし、家庭毎にパターンが大きく異なるため、普遍的に使用できるツールの開発には、より多くの正解データによる更なる検討が必要である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Yurina Otaki, Hidehito Honda, Kazuhiro Ueda	4. 巻 11
2. 論文標題 Historical Self-Comparison of Water Consumption as a Water Demand Management Tool	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Water	6. 最初と最後の頁 844
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/w11040844	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 YUHEI OTSUBO, AKIRA OTSUKA, MAMORU MIMURA, TAKESHI SAKAKI	4. 巻 8
2. 論文標題 o-glasses: Visualizing X86 Code From Binary Using a 1D-CNN	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 31753-31763
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2020.2972358	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Yuhei Otsubo, Akira Otsuka, Mamoru Mimura, Takeshi Sakaki, Hiroshi Ukegawa	4. 巻 2020
2. 論文標題 o-glassesX: Compiler Provenance Recovery with Attention Mechanism from a Short Code Fragment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of NDSS Symposium	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 大瀧友里奈、本田秀仁、植田一博	4. 巻 92
2. 論文標題 水道使用量の見える化と使用量への影響 - 過去の使用量との比較 -	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 平成31年度水道研究発表会講演集	6. 最初と最後の頁 166 - 167
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shirasuna, M., Honda, H., Matsuka, T., & Ueda, K	4. 巻 44(2)
2. 論文標題 Familiarity-matching: An ecologically rational heuristic for the relationships-comparison task.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cognitive Science	6. 最初と最後の頁 e12806
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/cogs.12806	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Honda, H., Fujisaki., Matsuka, T., & Ueda, K	4. 巻 41
2. 論文標題 How can diverse memory improve group decision making?	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 41st Annual Conference of the Cognitive Science Society	6. 最初と最後の頁 922-1928
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 本田秀仁	4. 巻 34(3)
2. 論文標題 認知バイアス・ヒューリスティック：意思決定科学から見る人間らしさ	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 人工知能	6. 最初と最後の頁 418-421
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大瀧友里奈	4. 巻 35
2. 論文標題 家庭での水使用量の見える化をデザインする	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本認知科学会第35回大会講演集	6. 最初と最後の頁 195-198
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Honda, H., Fujisaki, I., Matsuka, T., & Ueda, K.	4. 巻 65(4)
2. 論文標題 Typicality or fluency? A Comparison of two hypotheses about cognitive effects of Japanese script	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Experimental Psychology	6. 最初と最後の頁 210-217
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1027/1618-3169/a000405	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Otaki Yurina, Honda Hidehito, Ueda Kazuhiro	4. 巻 4
2. 論文標題 What Are the Most Effective Neighborhood Ranges for Social Comparison to Improve Water Use Efficiency?	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Water	6. 最初と最後の頁 821896
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/frwa.2022.821896	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Otaki Yurina, Maeda Asahi	4. 巻 in press
2. 論文標題 Water-saving tips with a visualized indicator related to the environment	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Water	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/frwa.2022.914665	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 1件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 大瀧友里奈、本田秀仁、植田一博
2. 発表標題 水道使用量の見える化と使用量への影響 - 過去の使用量との比較 -
3. 学会等名 平成31年度水道研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuhei Otsubo, Akira Otsuka, Mamoru Mimura, Takeshi Sakaki, Hiroshi Ukegawa
2. 発表標題 o-glassesX: Compiler Provenance Recovery with Attention Mechanism from a Short Code Fragment
3. 学会等名 NDSS Symposium (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Honda, H., Fujisaki., Matsuka, T., & Ueda, K
2. 発表標題 How can diverse memory improve group decision making?
3. 学会等名 41st Annual Conference of the Cognitive Science Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 本田秀仁
2. 発表標題 ナッジの実践と課題
3. 学会等名 行動経済学会第13回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大瀧友里奈
2. 発表標題 家庭での水使用量の見える化をデザインする
3. 学会等名 日本認知科学会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本田秀仁・松香敏彦・植田一博
2. 発表標題 言語確率に基づく意思決定：ニュアンスの違いに影響を受けた意思決定の合理的側面
3. 学会等名 行動経済学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Fujisaki, I., Honda, H., & Ueda, K.
2. 発表標題 Diversity of inference strategies can enhance the wisdom-of-crowds effect
3. 学会等名 Annual Conference of Society for Judgment and Decision Making. (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	大塚 玲 (OTSUKA AKIRA) (50415650)	情報セキュリティ大学院大学・その他の研究科・教授 (32721)	
研究分担者	植田 一博 (UEDA KAZUHIRO) (60262101)	東京大学・大学院総合文化研究科・教授 (12601)	
研究分担者	本田 秀仁 (HONDA HIDEHITO) (60452017)	追手門学院大学・心理学部・准教授 (34415)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	大瀧 雅寛 (OTAKI MASAHIRO) (70272367)	お茶の水女子大学・基幹研究院・教授 (12611)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関