

令和 4 年 6 月 23 日現在

機関番号：16201

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2021

課題番号：18K18349

研究課題名（和文）情報工学のコードの公開手法で実現する認知科学の再現可能性の向上

研究課題名（英文）Improvement of reproducibility in cognitive science by a publication process of source code in computer engineering

研究代表者

福森 聡（Fukumori, Satoshi）

香川大学・創造工学部・講師

研究者番号：00756710

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では2つのアプローチで研究に取り組んだ。1つ目のアプローチでは、実験を再現する過程をバージョン管理により記録した。分析の結果、分野に対する知識や習熟度によって補完する内容に違いがみられた。また、作業と思考を有向グラフを用いて可視化することの有効性も明らかにした。2つ目のアプローチでは、ユーザインタフェース（UI）を対象にシチズンサイエンスと呼ばれる市民参加型研究を実施し、シチズンサイエンスにより優れたUIを収集できることを確認した。また、UIをフィールド調査においては、研究者と市民が互恵的な関係を築きやすいことが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

バージョン管理を導入して再現過程における作業と思考を記録し、これらの関係性を有向グラフで可視化した。その結果作業と思考のつながりがマインドマップと類似性していた。マインドマップは思考整理に有効であることから本研究の記録と可視化手法は研究者の思考の理解に役立つ可能性がある。従来、難しいと考えられてきた優れたユーザインタフェース（UI）を非専門家から収集できたことから、UI研究に対してシチズンサイエンスを導入できることが明らかになった。UI研究は身の回りの道具が対象であるため、研究者以外にも親しみやすい。そのため、市民がシチズンサイエンスを通して学問の面白さを知るきっかけとなりえるテーマである。

研究成果の概要（英文）：This study was conducted using two different approaches. In the first approach, we recorded the process of reproducing the experiments with a version control service on the web. The analysis showed that there were differences in the complementary content depending on knowledge and skill in the field. In addition, we visualized and showed recorded works and thinking in the reproducing to a directed graph. In the second approach, we introduce a citizen-participatory study called citizen science on user interface (UI) field, and confirmed that good UI can be collected through the citizen science. In addition, we showed that researchers and citizens can establish a mutually beneficial relationship in field research on the UI field.

研究分野：ヒューマンインタフェース

キーワード：再現性 有向グラフ バージョン管理 シチズンサイエンス ユーザインタフェース

1. 研究開始当初の背景

この10年の間に様々な分野で科学研究における再現性の問題が顕在化した。中でも、2015年に多国籍合同研究チーム(Open Science Collaboration、2015)が、追試された研究の中で結果が再現したものは40%未満だったとの報告は、心理学系研究者のみならず、同分野を専門としない者にとっても衝撃的であった。

人を対象とした研究において実験的操作が行われるとき、しばしば研究者は新しい技術を用いる。新しい技術は伝統的なそれと比較して複雑であることが多いため論文での記述も複雑になり、結果として再現性の確保が難しくなる。手順を複雑にする代表がプログラムであるが、Virtual Reality (VR)技術による視覚提示などはプログラムが必要な典型的例である。プログラムのソースコードは用いる言語こそ自然言語でないものの文章そのものであり、非常に多くの手順、定式やパラメータを含むため、記述すべき事柄が膨大になり論文の限られた紙面では全て記述できない。それゆえに、研究者が伝統的な論文の記述法だけに頼って再現可能性を高めることには限界がある。そのような状況にもかかわらず、どのような公開手法をとればソースコードを含んだ実験環境の再現可能性が高まるのかという議論はまだ少なく、方法論も確立しているとは言えない。

2. 研究の目的

再現性研究において再現性の定義が議論されている。種々の議論の中で、本研究はGoodman(Goodman、2016)の定義している再現性における3分類(方法、結果、推論)の内、方法の再現性(methods reproducibility)に着目した。なぜなら、結果の再現は方法の再現が保証された上での議論が望ましいためである。

本研究では方法の再現を対象として2つのアプローチで研究に取り組んだ。1つ目のアプローチ(以下、A1)では、実験を再現する過程を記録し、記録内容を探索的に分析した。そして分野に対する知識や習熟度によって、同じ論文を読んでいても補完する内容に違いを明らかにし、記録と分析の方法の有効性を評価した。2つ目のアプローチ(以下、A2)では、シチズンサイエンスと呼ばれる市民参加型研究による再現性の向上が可能であるか明らかにすることを目的とした。シチズンサイエンスは研究者と市民とが協力して行う研究形態である。シチズンサイエンスは科学者が市民へデータ収集方法を示し、市民がこれを実行するというアウトソーシング型が主流であった。しかし、Webの社会への浸透とともに新たに共創型研究と呼ばれる研究者と市民がフラットな関係で相互にデータ収集や分析を行う形態も増加しており、相互に便益を教授できるケースも生まれている。そこで、本研究では、人を対象とした研究において、科学者と市民がフラットで互恵的な関係を築けるような形態の研究を目指して調査した。

3. 研究の方法

A1) 再現課程における思考と作業の記録と分析

A1の目的達成のためには、実験方法に複雑さが必要である。そこで、認知科学分野の専門分野の知識に加えてプログラムを作成するスキルが必要とされる実験を採用すれば、知識や技能の違いが再現過程に現れやすくなると考えた。そこで、認知科学分野の研究論文でVR技術を用いた実験(Daniel、2012)を対象とした。

通常、研究者は実験方法を再現する際に論文から得られる情報と自身の知識等を用いる。本研究では再現における作業だけでなく作業中の思考にも着目し、作業内容と思考内容の両方を同時進行で記録した。記録にはGitLabと呼ばれるソフトウェアのバージョン管理をWebベースで行えるシステムを利用した。実験において、参加者はあらかじめ決められた手順に従って、論文から読み取った再現に必要な情報と作業意図および、作業内容を自分自身で記録した。実験者は、参加者により記録された思考内容と作業内容を探索的に分析した。

実験にはそれぞれ知識や経験の異なる3名の参加者に参加し、いずれの参加者も論文の情報を解釈しながら、実験方法の再現を完了し、GitLabを用いた過程も完了した。再現過程の分析を進める過程で、思考内容と作業内容の関連性が情報工学におけるネットワーク表現に類似していると推測した。そこで、ネットワークを表現するための有向グラフと呼ばれる手法を用いて思考と作業を同時に可視化した。有向グラフによる可視化にはプログラム言語Pythonのライブラリであるpyvisを用いて思考内容と作業内容の関係性の可視化を行った。その際にノードの大きさや色を変えることで思考内容や作業内容を区別して表現した。

A2) シチズンサイエンスによるユーザインターフェースの収集

本研究では、研究者と市民のフラットな関係の構築のためにはフィールド調査が適切と考えた。また、調査のテーマにはユーザインターフェース(以下、UI)を選んだ。UIは道具の使いやすさに関わるため日常生活を通して誰もが触れやすく、UIは道具利用における人の知覚や情動とも密接に関わっているため認知科学とも関連が深い。本研究ではUIの中でも優れたものを収集・分析するシチズンサイエンスをゴールとし、市民から優れたUIを収集が可能であるかについて調査した。

試行に際して、研究者から市民に対して知識等の提供することで、科学者と市民とがフラットで互恵的な関係を築くことを目指した。そのため、研究者から市民へ優れたUIに関する専門知

識の提供の後に、優れた UI を収集するという 2 段階でシチズンサイエンスを試行した。試行においては大学の講義を対象とした。これにより UI の知識がほとんどない人に対して知識を提供することで、知識がなかった人が優れた UI を見つける事ができるか検証した。収集したデータは、タイトル、キーワード（任意）、製品の写真、製品名と製品に関する説明や使用の状況、UI が優れている理由を端的に表す専門用語と理論的説明だった。

4. 研究成果

A1) 再現課程における思考と作業の記録と分析

3 名中 1 名は論文に直接記述された事柄を参考にした作業アイデアより、自身の知識等から派生したアイデアが多かった。この 1 名は 3 名の中では認知科学分野に関わりがあった。また、プログラム経験年数も高い方だった（3 名中 1 名は 2 名の経験年数の半分以下）。このことから、再現を行う人間が持つ分野の知識によって補完する内容に差が生じる可能性が明らかとなった。また、新たな実験を行う際にソフトウェア工学のバージョン管理を使用して思考と作業を記録・公表すれば、この記録を第 3 者が参照することで、どのように実験環境を再現すればよいか論文に直接書かれていない点まで詳細に知ることができる。そのため、本研究の手法を利用すれば極めて高い再現性を確保できることが見込まれる。

記録された思考内容と作業内容を、有向グラフにより可視化した（図 1）。可視化の結果、1 つのアイデアからいくつかの作業が木の枝のように派生する傾向が見られた。この他に、複数のアイデアから 1 つの作業が派生するパターンやいずれの枝にも交わらない独立したアイデアも見られた。見かけ上は参加者全員がそれぞれ違う傾向を持っていた。このように、可視化することにより参加者それぞれの思考や作業の傾向がつかみやすくなっており、思考と作業との交わりが捉えやすくなった。そのため、有向グラフによる思考と作業の可視化は、思考や作業の関係の把握を容易にし、第 3 者が実験を再現する際の思考の流れが見えるため、再現を確保することに貢献できるだろう。

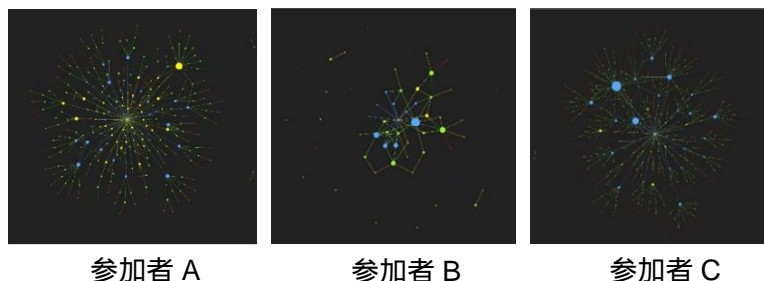


図 1 有向グラフにより表現された実験方法の再現過程における作業と思考

A2) シチズンサイエンスによるユーザーインターフェースの収集

大学生の参加者 47 名から合計 100 件、98 種類の優れた UI のデータが収集され、100 件全てのデータにおいて、専門用語を用いて理論的に優れている理由が説明されていた。説明で用いられた主要な専門用語は表 1 の様な内訳だった。なお、収集された UI は、次の URL (https://satoshifuku.github.io/Good_UI/) にて公開しており、図 2 は Web ページの内容を抜粋したものである。知識のない人は優れた UI を見つけることは難しいとされているが、一人あたり 2 件以上優れた UI を見つけかつ適切な説明がなされたことは、シチズンサイエンスによって優れた UI を集められることを意味する。これは、研究者が知識を提供したことが主要な要因だと考えられる。

優れた UI について事例集は少なく、事例集自体も UI の限られた専門家が収集するために分野が限定的でありユーザの視点を反映できていない限界点があった。一方で、集まった事例はユーザの意見にもとづいており、しかも家電から電気を利用しない単純な道具までと様々であった。このことから、シチズンサイエンスの導入は UI 研究における限界点を克服につながるだろう。UI 研究者が知らない製品の UI 的に優れている点について市民が報告することは、市民から研究者への知識の教示であり、研究者と市民との間にフラットな関係が成り立つ。一方で、優れている理由の説明の中には誤りもあった。データの質は知られた問題であり、UI 研究でも同様の問題が生じることも確認した。しかし、市民が優れている説明にたいして専門家が注釈や新たな解釈を提供すれば、市民は即時に知識を修正できるため、市民の理解も深まりかつ、データの質の向上も期待でき互恵の関係が築けるだろう。

表 1 使われた専門用語

基本概念の名称	回数
フィードバック	50
シグニファイア	42
物理的制約	37
アフォーダンス	31
文化的制約	24
概念モデル	12
エラー	10

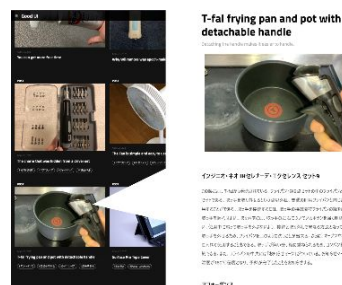


図 2 優れた UI の一例

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 福森聡	4. 巻 23
2. 論文標題 ヒューマンインタフェース学におけるシチズンサイエンスの可能性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 学術の動向	6. 最初と最後の頁 46, 49
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 福森聡, 青柳西蔵, 北村尊義	4. 巻 20
2. 論文標題 シチズンサイエンスのシンポジウムと再現性問題のワークショップ	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ヒューマンインタフェース学会誌	6. 最初と最後の頁 39, 40
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 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 池田 直弥, 福森 聡, 山本 倫也
2. 発表標題 身体認識研究に関する再現性の実験的検討
3. 学会等名 ヒューマンインタフェース学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福森聡, 青柳西蔵
2. 発表標題 GitHubを使った模擬共同実験の体験
3. 学会等名 ヒューマンインタフェース学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河野 大登, 西谷 滋人, 福森 聡
2. 発表標題 知識構築システムornbを利用した学習過程の考察
3. 学会等名 ヒューマンインタフェース学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福森聡
2. 発表標題 研究活動における小さな貢献の可視化は集合知の拡大と研究の再現性の向上に繋がるか
3. 学会等名 異分野間協働懇話会 2019
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福森聡
2. 発表標題 オープンソースの考え方に倣う実験環境を公開・共有する意義
3. 学会等名 ヒューマンインタフェースシンポジウム2018
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

open-source project for Good UI https://satoshifuku.github.io/Good_UI/ satoshifuku/Good_UI https://github.com/satoshifuku/Good_UI satoshifuku/Fitts-LawExpt https://zenodo.org/badge/latestdoi/205651226 satoshifuku/HelloWorldJs https://zenodo.org/badge/latestdoi/205304284

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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------