

令和 3 年 6 月 5 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C) (特設分野研究)

研究期間：2017～2020

課題番号：17KT0153

研究課題名(和文) ロボットに対する信頼感の構造：製造元への信頼を考慮に入れた分析

研究課題名(英文) Trust in robots: Analyses with consideration of the producer

研究代表者

伊藤 誠 (Itoh, Makoto)

筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号：00282343

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、predictability, dependability, faithの次元に着目して、自動化機械・ロボットへの信頼感の構造を分析した。仕様初期における信頼感に及ぼす影響が支配的な次元が、従来指摘されていたようなfaithでは必ずしもないこと、むしろdependabilityが重要であることを、プロセス制御、自動車の文脈で確認した。これについて、日米の国際比較も行って、同様の傾向を確認した。また、faithに影響をもたらす要因として、その自動化機械・ロボットを製作した主体への信頼感が重要な役割を果たすことを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年開発・実用化の進む自動化機械について、それが使用の初期段階においてユーザの適切な信頼を得ることが重要である。さもなければ、使ってもらえず、したがって信頼感の醸成もままならないからである。この研究では、使ってもらえる自動化機械であるためには、どのような次元で信頼感を獲得することが必要かについての考察をしたものであると位置づけることができる。また、その自動化機械を「誰が、どの組織が開発したか」が重要な役割を担うことを確認した。

研究成果の概要(英文)：This study investigated the structure of human's trust in automated systems/robots by considering the dimensions of predictability, dependability, and faith. At the very early stage of the use of such automated systems, the dimension of faith was not so affective than previously pointed out. This fact was confirmed with two experiments on process control and automated vehicles. We did a cross cultural study with an US collaborator. In addition, this study investigated the contributing factors on the initial trust, and we confirmed that trust in the producer which produced the automated system.

研究分野：ヒューマンファクター

キーワード：信頼感 ロボット 自動化

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

自動車の自動運転をはじめとして、自動化・知能化された機械・ロボットが一般のユーザを対象として市場に出回り始めるようになってきた。自動化機械・ロボットへの過信が懸念される一方で、システムのデザインが適切でないとそもそも使ってもらえず、社会への浸透・普及がおぼつかない。

いかに信頼を獲得するかについては、機械に対する信頼という文脈では十分な研究がおこなわれては来なかった。従来は、プロのオペレータを対象としたものが多かったため、「使い始めた中でいかに信頼が醸成されうるか」が議論の主たる対象であったからである。これに対し、市場型の製品では、使う・使わないかはユーザの意思にゆだねられており、信頼できなさそうだという印象を抱かれた場合にはそもそも使ってもらえないということが容易に起こりうる。

社会における人と組織（一般市民と専門家）という文脈での信頼感についての研究では、相手が主要価値類似性を持つと認識できた対象に対しては信頼を置く傾向があることなどが知られていた。また、旧来の研究（Muir & Moray, 1996）では、ごく初期の信頼感を支配するのは predictability, dependability, faith のうち faith であるとの指摘があった。

これらのことを踏まえると、使用を開始する時点での信頼感の主要な次元である faith に対し、faith の形成に影響を与える要因として当該システムを製造した主体がどの組織であるかが重要なポイントであると考えることができる。ただし、旧来の研究は、プロを対象としたものであり、かつ 30 年近く以前の研究であることから、今日の一般市民を対象とした場合に、信頼感の構造がどのようなものであるかは検証を要する事項であった。

2. 研究の目的

本研究では、情報社会におけるトラストを確立するためのアプローチとして、知能化機械・ロボットに対する人の信頼の構造の解明と、信頼獲得のための方法論についての考察を行う。一部の訓練された人が利用する機械・ロボットに対する人（プロのオペレータ）の信頼に関する従来の知見を手掛かりにして、一般の人々が利用する機械・ロボットに対する人（普通の人々）の信頼の構造を明らかにすることを試みる。そこから得られる知見は、一般の人々が情報社会において利用する様々なサービスへの信頼に関する知見に発展させられると考えられる。これらの検討を通じて、今日ならびに将来の情報社会におけるトラストに対する見通しを得ることを狙う。

3. 研究の方法

30 年という時間の流れを経ても、信頼感に主要な影響を与える次元は変わらないのかという問いをたて、Muir & Moray (1996) の実験の追試に取り組んだ。Muir & Moray (1996) は、30 年以前の研究（実際に行われたのは 80 年代末ごろと考えられる）であるというほかにも、実験参加者の人数があまりにも少なく、その実験結果の信頼性に疑念があった。

そこで、Muir & Moray (1996) の実験の追試を行った。ほぼ完全に実験プロトコルを再現したが、実験対象とするプロセス制御システム（Pasteurizer）の仕組みが完全には公開されておらず、著者の Neville Moray 氏に連絡を取ったもののすでにそのシミュレーションシステムのプログラムは失われていることもわかった（MacOS の SuperCard という開発環境を使っていたことはわかっているが、今ではその環境もそもそも使える環境にはないため、プログラムが存在したとしても実行できるものではなかったという事情もある）。そこで、約 20 年前に伊藤が Moray 氏と仕事をした際に聞いた情報などを踏まえて、できる範囲で Pasteurizer らしいものとして構築した（図 1）。

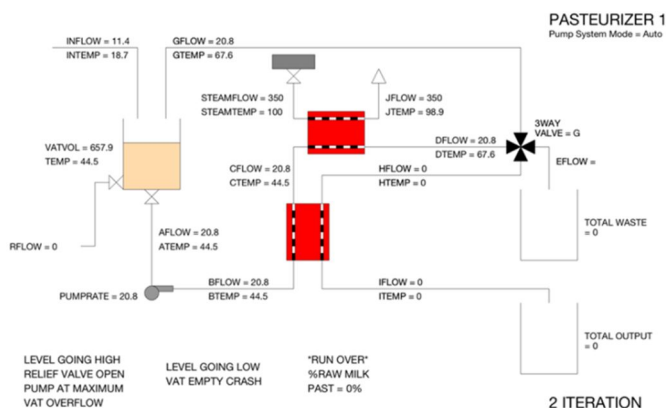


図 1 Pasteurizer

この Pasteurizer を用いて、Muir & Moray (1996) の追試を、日本（筑波大）で行うだけでな

く、米国 (Old Dominion 大) においても実施した。

また、Muir & Moray (1996) の実験を、より今日的なコンテキストで行うということにも取り組んだ。すなわち、自動車の自動運転を対象として、自動運転を利用する際の信頼感の構造についての分析を行う実験を実施した。ここでは、ドライビングシミュレータに自動運転の機構を構築し、自動運転システムに関する説明を行った後で、どのような信頼感を形成しているかを Muir & Moray (1996) で用いた質問紙による主観評価で分析した。

さらに、初期の信頼感に影響を与える要因として、当該機械の製造者への信頼に着目し、当該製品への信頼に与える影響について調べた。ここでは、全く未知・未経験のシステムを対象とする必要があったことから、完全自動運転を対象とした。「誰がそのシステムを作ったか」に着目する必要があったことから、シミュレータを用いて自動運転システムを実際に利用させるのではなく、回答者が頭の中でイメージをさせるという方策をとった。そこで、質問紙調査の手法をとることにした。日本国内外の主要自動車メーカー 5 社をピックアップし、それぞれのメーカーに対する信頼感を調査するとともに、「そのメーカーが作った完全自動運転システムをどの程度信頼できるか」を調べた。

4. 研究成果

Pasteurizer の追試において、日本で行った実験では、初期の信頼感に影響を与える主要な要因は、faith というよりはむしろ dependability であることが示された (表 1)。

表 1 信頼感の主要な次元

Session	R^2 Predictability	R^2 Dependability	R^2 Faith
Automatic Pump	.42	<u>.90</u>	.44
First Training	.77	<u>.82</u>	.53
Last Training	.32	<u>.75</u>	.09
Plant (C1)	.69	<u>.90</u>	0.51

この結果は、Muir & Moray (1996) の結果と異なる、ある意味で衝撃的なものである。Muir & Moray (1996) の実験結果は、人と機械の間の信頼感の研究の先駆けとして著名であり、その論文の結論は広く正しいものと信じられてきたからである。30 年の月日がたったことから、N 数の問題なのか、時代変化の違いなのか、いまとなってはもはや真の原因を突き止めることは困難であるが、心理学的な実験の結果を受け止める際には注意が必要であることが改めて確認できた。なお、今回の結果は、日本のみならず、米国での再現実験でもほぼ同様の結果をえている。したがって、この研究の結果は、質問紙翻訳上の齟齬の問題でもなく、今日において普遍性を持つものと思われる。

実際、自動車の自動運転を対象とした実験においても、ほぼ同様の結果が得られているのである。

この結果をどう解釈すべきか。今日では、一般の人々が自動化機械を広く様々な文脈で利用しており、関連する機械やシステムの使用経験などを念頭に置いて、dependability としての信頼感を持っているのではないかというのが一つの解釈である。

製造元を考慮に入れた信頼感の構造の分析においては、5 社の比較において、メーカー間で信頼感が大きく異なりうることが確認できた。そこで、信頼感の構造 (predictability, dependability, faith の次元を持つ) において、製造元への信頼の項を追加し、質問紙への回答結果について共分散構造分析をおこなったところ、製造元への信頼が、当該製品への信頼に対して有意な影響を与えることが確認された。

信頼できる製造メーカーの作る製品は信頼できる、という意味では、本調査の結果はごくあたりまえのことを述べているにすぎないようにも見える。しかし、製品を信頼してもらえるかという問題に対するヒューマンファクター研究のこれまでの取り組みは、システムの信頼性 (reliability, すなわち、壊れない、正しく動作する) を確保するということに加え、システムの機能や性能の限界を正しく理解してもらおうということに焦点を当てすぎていたというべきである。翻って、「誰が作ったのか」ということに対する視座は意外にも持ち合わせていなかったというべきである。この意味において、製品を適切に信頼してもらうためのヒューマンファクター研究、あるいは工学において、製造元をも考慮に入れるべき、製造元への信頼感ということを忘れてはならない、ということは、重要な指摘を与えるものといえる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 2件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Jieun Lee, Genya Abe, Kenji Sato, and Makoto Itoh	4. 巻 32
2. 論文標題 Influences of Demographic Characteristics on Trust in Driving Automation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 -
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 Makoto Itoh, Marie-Pierre Pacaux-Lemoine	4. 巻 -
2. 論文標題 Trust View from the Human-Machine Cooperation Framework	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. IEEE-SMC Annual Conference	6. 最初と最後の頁 3213 - 3218
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 該当する

1. 著者名 Jieun Lee, Yusuke Yamani, Makoto Itoh	4. 巻 -
2. 論文標題 Revisiting Trust in Machines: Examining Human-Machine Trust Using a Reprogrammed Pasteurizer Task	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. HFES Annual Meeting	6. 最初と最後の頁 -
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 該当する

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件／うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Makoto Itoh, Marie-Pierre Pacaux-Lemoine
2. 発表標題 Trust View from the Human-Machine Cooperation Framework
3. 学会等名 IEEE-SMC Annual Conference（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jieun Lee, Yusuke Yamani, Makoto Itoh
2. 発表標題 Revisiting Trust in Machines: Examining Human-Machine Trust Using a Reprogrammed Pasteurizer Task
3. 学会等名 HFES Annual Meeting (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

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			
米国	Old Dominion University			
フランス	University of Valenciennes			