

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H03768

研究課題名(和文) 自然存在との相互ケア的な関係性を築くコミュニケーションデザインの提案と実践的評価

研究課題名(英文) Proposal and practical evaluation of communication design that builds a mutually caring relationship with more than human beings

研究代表者

CHEN DOMINIQUE (CHEN, DOMINIQUE)

早稲田大学・文学大学院・教授

研究者番号：50801784

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、ぬか床という日本に古来より存在する発酵食文化における微生物というアクターと人間が、テクノロジーを媒介にして、相互ケアの関係性を築く可能性を探求した。この過程でHCI分野、AIロボット倫理、そして微生物学分野における研究論文・書籍の執筆の他にも、複数の一般公開展示を通して、人・微生物・テクノロジーの三者の望ましい「絡まり合い」(entanglement)の在り方を浮き彫りにし、fermentingという独自のデザイン手法の提案につながった。ここで得られた知見は微生物に限定されない自然存在一般や技術的なエージェント(AI・ロボット)と人の相互作用を巡る、存在論的デザインに貢献する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題の学術的な成果は、微生物という不可視だが人間の生物学的実存と絡まりあう重要なアクターとの文化的・社会的な関係性における相互ケアの様相を、Human Computer Interaction、微生物学、そしてAI・ロボット倫理などという複数の研究領域を横断する形で調査し、Nukabotという具体的なシステムの提案につなげた点である。中でも1年半に及ぶ日本科学未来館と発酵食品店での展示型実験を通して、人、微生物、テクノロジー(AI・ロボット)という三者がどのように動的に絡まり合うのかという点を探求した成果は、今後テクノロジー研究の視座が非人間を含む多元世界を包含する上での議論に貢献する。

研究成果の概要(英文)：This research project explored the possibility of a technology-mediated relationship of mutual care between human beings and micro-organism actors in the ancient Japanese fermented food culture of nukadoko. In this process, in addition to writing research papers and books in the fields of HCI, AI robotics ethics and microbiology, he also highlighted the desirable 'entanglement' of people, microbes and technology through several public exhibitions, which led to the proposal of his own design method called 'fermenting'. This led to the proposal of a unique design method called fermenting. The findings will contribute to ontological design around the interaction of people with natural beings in general and technological agents (AI and robots) in particular, not limited to micro-organisms.

研究分野：Human Computer Interaction

キーワード：more-than-human biological HCI research-through-design ontological design entanglement mutual care pluriverse

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

本研究課題「自然存在との相互ケア的な関係性を築くコミュニケーションデザインの提案と実践的評価」にある「自然存在」という用語は、いわゆる自然環境に生息する人以外のアクター全般を指している。人が一方的に自然存在を制御したり利益を享受するのではなく、相互にケアを行う互酬的な関係をつくるために、特にコミュニケーションの観点から、テクノロジーの利活用の方法を研究しようとした。

この背景には、21世紀に入って以降、人新世と呼ばれる現代社会において、人間文明が自然環境に及ぼす不可逆的な悪影響を反省し、人間中心的な世界認識を脱して、多様な生命種と相互依存的に立ち会われる多元世界像に肉迫しようとしてきた、数多くの学術的議論がある。本研究課題では特に人文科学の分野で培われてきた環境倫理哲学、科学技術社会論 (STS)、人類学の議論を参照し、そこからどのように AI やロボティクスといった現代テクノロジーをリフレームできるかという問いを出発点としている。

この問いを具体的に検証する上での起点となったのが、**Nukabot** というデザインである。**Nukabot** は日本古来の伝統的な発酵食品の製造法であるぬか床内の微生物相の活動をリアルタイムにセンシングすることで、そのケアを行う人とぬか床との自然言語による会話を可能にするシステムとして構想した。一般的に市販されている漬物は殺菌・滅菌・防腐処理が施されており、生きた生物はほとんど活動していないが、家で漬けるぬか床および漬け上がった野菜の中では、乳酸菌、酵母、麹菌といった様々な微生物が生き続けている。これらの微生物は人間の腸内フローラに健康上の好影響を与えることがわかってきており、人はぬか漬けを食すことを通してぬか床微生物たちからの物理的なケアを受け取っているといえる。他方で人は、多様な微生物たちがぬか床のなかで安定して共生できるように、日々の天地返し(好気性菌と嫌気性菌のバランスを整えるためにぬかをかき混ぜる行為)を続けたり、微生物たちが代謝する糖質源となる野菜を投入したりすることによって、微生物をケアしているといえる。

ぬか床を媒介とした人と微生物の相互ケア的な関係性は、他の発酵食品においても観察されるものであるが、それは人間だけの医学的健康や心理的ウェルビーイングを利するための制御的な関係ではない。本研究課題・代表のチェンは、過去に大事にケアを続けていたぬか床を腐敗させてしまった体験を振り返り、自分の一部を喪失したような感覚を覚えた。その後、日本各地の杜氏や職人たちに取材する中で、かれらの多くが発酵食品をただの道具としてではなく、生きた愛着の対象として認識していることがわかった。微生物という自然存在に対する利他的な眼差しは、ハラウェイが自身と生活を共にする犬のことを伴侶種 (**companion species**) と呼んで展開した議論を想起させるが、発酵食品における微生物もまた伴侶種とみなすことによって、一方的な制御の対象としてではなく、ケアの対象として捉えられる。

2. 研究の目的

本研究課題は、上述の背景を起点にし、人と微生物間の相互ケア的な関係構築を支援するテクノロジーデザインの在り方を探求することを目的とした。その過程において得られる知見は人と微生物の関係に根ざすものとなるが、他の生命種と人との関係にも示唆が生じることを企図した。また、AI・ロボティクスという情報技術的なモノ (**things**) もまた、非人間的なアクターとして、人と微生物の両方の挙動に影響を及ぼすものである。とすれば、人とテクノロジー、微生物とテクノロジーという関係性の軸はどのように捉えられるのか、そして、人と微生物、そしてテクノロジーという三つ巴の関係において、相互ケアという価値はどのように生じるのか、という問いが浮上する。

この動的な関係の中に位置づけられたテクノロジーは必然的に、その設計思想から具体的な挙動に至るまで、従来の制御的な思考に基づいたデザインとは異なる様相を呈することが予想される。このように人と自然存在と絡まり合うテクノロジーデザインの在り方を素描することも本研究課題の目的として捉えた。

3. 研究の方法

本研究課題は、**Nukabot** という具体的なデザインのプロトタイプを起点にして、research-through-design の手法を用いて進められた。一般的にプロトタイプとは短期的なデモや実験室実験で作動するシステムとして設計されるが、**Nukabot** は実験参加者の自宅であったり、一般公開の場所中で中長期的に動作し続ける research product として機能するように、改良を重ねた。基本的に、**Nukabot** を使ってぬか床をケアし続ける状況において、人がぬか床と **Nukabot** と行う相互行為を観察し、インタビューやジャーナリングを通して質的に調査を行うという手法を使った。具体的には、実験参加者の自宅に **Nukabot** を設置して 10 日間生活をしてもらう実験、一般公開のデザイン展示施設にて半年間展示し、来場者の **Nukabot** との音声コミュニケーションを記録・分析する実験をそれぞれ行った。また、日本科学未来館 (科学博物館) と発酵デパート

メント（発酵食品専門店）で並行して 1 年間の展示を行い、各施設の運営スタッフに長期的に Nukabot 内ぬか床のケアを担ってもらい、発酵概念に基づいた Nukabot の異なる動作デザインの体験の質的調査を行った。



図. (左) Nukabot の外観と中身 (中央) Nukabot の動作説明映像 (右) 第 4 世代 Nukabot のシステム図



図. Nukabot の発酵デパートメント店内 (左) と日本科学未来館 (右) での長期展示風景

上記に加えて、微生物学的視点から人とぬか床内微生物の絡まり合いを実証する研究も遂行した。このことは日本科学未来館での Nukabot 展示のビジョナリー（ディレクター的役割）を務めた微生物学者・株式会社 BIOTA 代表の伊藤光平氏との邂逅によって可能となった。従来より、ぬか床愛好者の間では、ぬかを混ぜる人が異なると、たとえ同じ素材を用いても、風味が大きく変わるという言説が見聞きされる。しかし、先行研究を調査したところ、この現象を直接的に調べた研究は見つからなかった。そこで伊藤氏の助力を経て、Nukabot の長期展示を通してケアされたぬか床の米ぬかと、混ぜる人の手（皮膚）それぞれの微生物相解析を行い、ぬか床から人、人からぬか床への微生物の移動があるかどうかを調査した。この微生物学的相互作用が明らかになれば、出来上がった発酵食品を摂取するのは別の経路で、人と微生物が存在論的に絡まり合っていることの証左となり、そのことはまた人と微生物を媒介するテクノロジーのデザインに根源的な影響を与えられ考えられるからである。

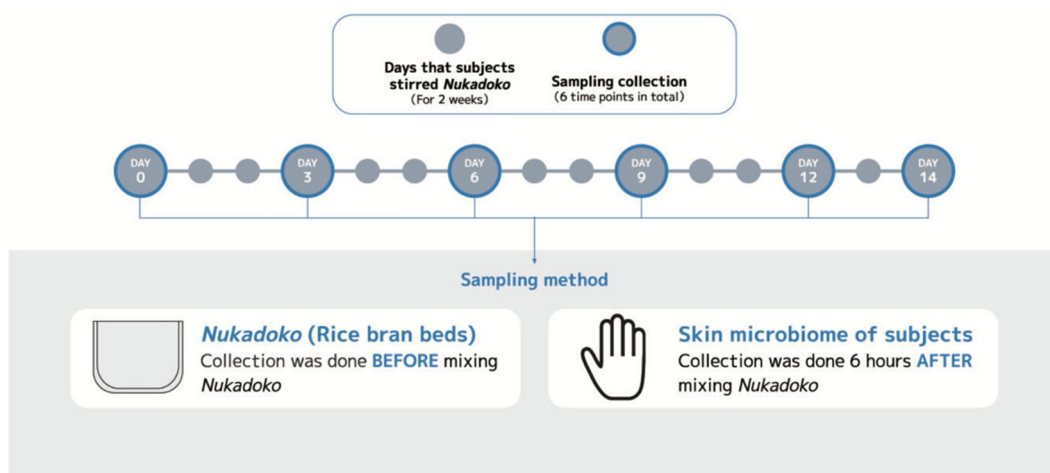


図. ぬか床フローラとヒト皮膚常在菌の相互作用の実験スキーム図解 [10]

4. 研究成果

本研究課題の発表成果の一覧を末尾に記す。本研究課題の学術的な成果の概要としては、微生物という不可視だが人間の生物学的実存と絡まりあう重要なアクターとの文化的・社会的な関

係性における相互ケアの様相を、Nukabot という具体的なシステムの継続的なデザインを通して、Human Computer Interaction[2,3,4,12]、微生物学[1,10]、AI・ロボット倫理[5,6,14]、そして関係論的ウェルビーイング概念に基づいたデザイン論[7,8,9,11,13]といった複数の研究領域において論じ、提言を行った点である。中でも1年半に及び日本科学未来館と発酵食品店での展示型実験を通して、人、微生物、テクノロジー(AI・ロボット)という三者がどのように動的に絡まり合うのかという点を探求した成果は、今後テクノロジー研究の視座が非人間を含む多元世界を包含するための議論に貢献する。

今後の展望としては、長期的な実験を通じた発酵的デザインの検証についての論文をまとめた後に、微生物以外の人間存在との「絡まり合い」(entanglement)のデザインについてのresearch-through-designを行う。また、当初予定していた自然言語以外のモダリティを用いたコミュニケーションの研究は、COVID-19 パンデミックに伴う社会的混乱が招いた遅延のため、期間内での開始が間に合わなかったが、既にNukabotの会話システムの実装を通して、人間同士、ヒトとロボットの会話に関する派生的な研究成果[4]が生まれており、生命種のみならずAI・ロボットも含めた非人間アクターとのコミュニケーションの可能性と限界について引き続き調査を行う。

また、本研究課題の目的遂行は、発酵食やそれ以外の自然存在と人の関係に関する歴史的な文化を調査する挑戦的研究(萌芽)課題「東アジアにおけるモアザンヒューマン文化の研究調査とそのデザイン理論への接続」の過程で得られた知見とも絡まり合うようになり、相互にフィードバックが行き来したことを付記しておく。特に本研究課題の後半での長期展示実験中に行った「発酵的挙動」の実装は、その後の挑戦的研究(萌芽)課題において一般参加者を対象とした発酵デザインワークショップの開催につながった。この体験は、テクノロジーを用いたresearch-through-designと定性的な社会文化調査が交差することで、より豊かな研究成果につながることを実感させるものであった。



図. Innovative Technologies 2023 受賞時の展示デモ風景

発表成果一覧

[1] The similarities in microbial and chemical patterns of fermentation in two open environments were promoted by using 150-year-old Nukadoko as starters. Marin Yamaguchi, Kota Imai, Dominique Chen, Young ah Seong, Kazuhiro Jo, Kohei Ito bioRxiv 2023.11.17.567490; doi: <https://doi.org/10.1101/2023.11.17.567490>

[2] Dominique Chen, Youngah Seong, and Kazuhiro Jo. 2024. Nukabot: design of human-microbe-computer entanglement. In Special Interest Group on Computer Graphics and Interactive Techniques Conference Emerging Technologies (SIGGRAPH Emerging Technologies '24), July 27-August 01, 2024, Denver, CO, USA. ACM, New York, NY, USA, 2 pages. <https://doi.org/10.1145/3641517.3665786>

[3] Dominique Chen, Youngah Seong, Kazuhiro Jo. Welcoming More-than-Human Unmaking; Exploring the Entanglement of Human; Non-Human Temporalities; through Fermentation. Sustainable Unmaking Workshop at CHI24 2024.5.11.

[4] Kazumi Yoshimura, Dominique Chen, and Olaf Witkowski. 2024. Synlogue with Aizuchi-bot: Investigating the Co-Adaptive and Open-Ended Interaction Paradigm. In Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '24), May 11-16, 2024, Honolulu, HI, USA. ACM, New York, NY, USA, 21 pages. <https://doi.org/10.1145/3613904.3642046> (Honorable Mention 受賞)

[5] ドミニク・チェン, 中島岳志. 人間ではない「隣人」の声が聴こえる!? . in RITA MAGAZINE テクノロジーに利他はあるのか? ミシマ社 2024年2月22日 (ISBN: 9784911226001) (担当:分担執筆, 範囲:146-167)

[6] Jitka Čejková (Eds.). R.U.R. and the Vision of Artificial Life MIT Press. 2024. ISBN: 9780262544504

[7] Dominique Chen. Entanglement of human and technology with the more-than-human worlds World Design Assembly Tokyo 2023 2023年10月28日

[8] La fermentation comme source du bien-être humain Dominique Chen Conférence: Maison de la Culture du Japon à Paris 2023年10月18日

[9] Dominique Chen. Fermentative Wellbeing and Technology. Food 4 Future 2023 2023年5月16日

[10] Ryo Niwa, Dominique Chen, Young ah Seong, Kazuhiro Jo, Kohei Ito, Direct contact of fermented rice bran beds promotes food-to-hand transmission of lactic acid bacteria, *FEMS Microbiology Letters*, Volume 370, 2023, fnad120, <https://doi.org/10.1093/femsle/fnad120>

[11] ウェルビーイングのつくりかた : 「わたし」と「わたしたち」をつなぐデザインガイド 渡邊, 淳司, ドミニク・チェン (担当:共著) ビー・エヌ・エヌ 2023年9月 (ISBN: 9784802510431)

[12] チェン ドミニク, ソン ヨンア, 城 一裕, 小倉 ヒラク, 守屋 輝一, 三谷 悠人, 関谷 直任. "人と微生物の相互ケアを育むインタラクション Nukabot の設計と評価を通して." *情報処理学会論文誌* 64.2 (2023): 301-311.

[13] 緒方胤浩, 水野大二郎. FOOD DESIGN フードデザイン 未来の食を探るデザインリサーチ. BNN. 2022. ISBN: 978-4802512435

[14] ドミニク・チェン. 第三章 非規範的な倫理生成の技術に向けて. In 西垣 通 編 AI・ロボットと共存の倫理. 岩波書店. 2022.

受賞:

- ACM SIGGRAPH Special Prize, Nukabot, ACM SIGGRAPH. 2023年11月
- Innovative Technologies 2023, Nukabot, デジタルコンテンツ協会 2023年11月
- 異能ジェネレーションアワード 株式会社NTT データ 企業特別賞, Nukabot 2022年11月

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 チェン ドミニク、ソン ヨンア、城 一裕、小倉 ヒラク、守屋 輝一、三谷 悠人、関谷 直任	4. 巻 64
2. 論文標題 人と微生物の相互ケアを育むインタラクション Nukabotの設計と評価を通して	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 301~311
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20729/00224244	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 Ryo Niwa, Young ah Seong, Kazuhiro Jo, Kohei Ito, Dominique Chen	4. 巻 -
2. 論文標題 Microbial interaction between human skin and Nukadoko, a fermented rice bran bed for pickling vegetables	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientific Reports (pre-print)	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） 10.21203/rs.3.rs-2727974/v1	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 該当する
1. 著者名 Yamaguchi Marin, Imai Kota, Chen Dominique, Seong Young ah, Jo Kazuhiro, Ito Kohei	4. 巻 -
2. 論文標題 The similarities in microbial and chemical patterns of fermentation in two open environments were promoted by using 150-year-old Nukadoko as starters	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Current Microbiology	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） 10.1101/2023.11.17.567490	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 Dominique Chen, Youngah Seong, and Kazuhiro Jo	4. 巻 -
2. 論文標題 Nukabot: design of human-microbe-computer entanglement	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 SIGGRAPH Emerging Technologies '24	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） 10.1145/3641517.3665786	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 Yoshimura Kazumi、Chen Dominique、Witkowski Olaf	4. 巻 -
2. 論文標題 Synlogue with Aizuchi-bot: Investigating the Co-Adaptive and Open-Ended Interaction Paradigm	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '24)	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) 10.1145/3613904.3642046	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6件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 チェン ドミニク
2. 発表標題 人と微生物の相互ケアを育むインタラクション Nukabotの設計と評価を通して
3. 学会等名 インタラクション (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 チェン ドミニク
2. 発表標題 自然存在との相互ケアの関係をデザインする
3. 学会等名 第68回日本デザイン学会春季研究発表大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Dominique Chen, Youngah Seong, Kazuhiro Jo
2. 発表標題 Welcoming More-than-Human Unmaking: Exploring the Entanglement of Human-Non-Human Temporalities through Fermentation
3. 学会等名 Sustainable Unmaking Workshop at CHI24
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Dominique Chen
2. 発表標題 Entanglement of human and technology with the more-than-human worlds
3. 学会等名 World Design Assembly Tokyo (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Dominique Chen
2. 発表標題 La fermentation comme source du bien-etre humain
3. 学会等名 Conference: Maison de la Culture du Japon a Paris (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Dominique Chen
2. 発表標題 Fermentative Wellbeing and Technology
3. 学会等名 Food 4 Future (招待講演)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計5件

1. 著者名 西垣 通	4. 発行年 2022年
2. 出版社 岩波書店	5. 総ページ数 232
3. 書名 AI・ロボットと共存の倫理	

1. 著者名 Jitka Cejkova	4. 発行年 2024年
2. 出版社 MIT Press	5. 総ページ数 312
3. 書名 R.U.R. and the Vision of Artificial Life	

1. 著者名 緒方胤浩, 水野大二郎	4. 発行年 2022年
2. 出版社 BNN	5. 総ページ数 208
3. 書名 FOOD DESIGN フードデザイン 未来の食を探るデザインリサーチ	

1. 著者名 渡邊淳司, ドミニク・チェン	4. 発行年 2023年
2. 出版社 BNN	5. 総ページ数 244
3. 書名 ウェルビーイングのつくりかた : 「わたし」と「わたしたち」をつなぐデザインガイド	

1. 著者名 未来の人類研究センター	4. 発行年 2024年
2. 出版社 ミシマ社	5. 総ページ数 224
3. 書名 RITA MAGAZINE テクノロジーに利他はあるのか?	

〔産業財産権〕

〔その他〕

企画展「トランスレーションズ展 - 『わかりあえなさ』をわかりあおう」
<https://www.2121designsight.jp/program/translations/>
 新展示「セカイは微生物に満ちている」4月公開（第一報）
<https://www.miraikan.jst.go.jp/news/press/202202152332.html>
 第68回JSSD春季研究発表大会
<https://www.nagaoka-id.ac.jp/jssd68th/>

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	ソン ヨンア (Seong Youngah) (20831423)	法政大学・デザイン工学部・准教授 (32675)	
研究分担者	城 一裕 (Jo Kazuhiro) (80558122)	九州大学・芸術工学研究院・准教授 (17102)	

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