

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

チェン ドミニク^{1,a)} ソン ヨンア² 城 一裕³ 小倉 ヒラク 守屋 輝一 三谷 悠人 関谷 直任

受付日 2022年5月9日, 採録日 2022年11月8日

概要: 人間以外の自然存在をケアする倫理に関するポストヒューマニティーズの議論を参照しつつ, 本研究では日本の伝統的な発酵食文化である糠床に生息する発酵微生物に対して, そのケアを行う人間の愛着を醸成するインタラクションデザインの可能性を探求する. 本稿では6人の実験参加者に10日間, 音声対話機能を持つ糠床として設計したNukabotと過ごしてもらった. 実験終了時にインタビューおよび音声入力データ分析を行い, 日常的なメンテナンス, 愛着の醸成, 内発的な義務感という倫理的要素がどのように経験されたのかを論じる. 最後にNukabotが持つデザイン上の意味とHCI領域への貢献について考察する.

キーワード: Animal Computer Interaction, 発酵食品, 微生物, 自然存在, 相互ケア

Interaction that Fosters Mutual Care of Human and Microbes: Through the Design and Evaluation of the Nukabot

DOMINIQUE CHEN^{1,a)} YOUNGAH SEONG² KAZUHIRO JO³ HIRAKU OGURA KIICHI MORIYA
YUTO MITANI NAOTO SEKIYA

Received: May 9, 2022, Accepted: November 8, 2022

Abstract: Referencing the posthumanist debate on the ethics of caring for more-than-human worlds, this study explores the possibility of interaction design that fosters human attachment to the fermenting microorganisms that inhabit the traditional Japanese fermented food, nukadoko. In this paper, six experimental participants spent 10 days with Nukabot, which was designed as a nukadoko with a voice interaction function. At the end of the experiment, interviews and voice input data analysis were conducted to discuss how the ethical elements of routine care, attachment building, and an intrinsic sense of obligation were experienced. Finally, we discuss the design implications of Nukabot and its contribution to the HCI field.

Keywords: animal computer interaction, fermented foods, microbes, more-than-human, mutual care

1. はじめに

動物とコンピュータの相互作用を対象とする *Animal Computer Interaction*, ACI の発展とともに, 人間以外の生物種を自律的なエージェントとして対象化するインタ

ラクション研究が増えている [1], [2], [3], [4]. 特に ACI 研究においては, 近代的な人間中心主義から脱却し, 人間以外の自然存在 (*more-than-human worlds*) と人間をより対称的な関係においてとらえようとするポストヒューマニティーズの議論 [5], [6], [7], [8] を参照しながら, 人間ではなく他種生物の利益やウェルビーイングを目的として設定する. 本研究では関連する HCI の先行研究と ACI 研究の流れを参照しながら, 日本の伝統的な発酵食品である糠床に情報技術を導入することで, 人と微生物の情緒的な関係を育むインタラクションの可能性を探る.

¹ 早稲田大学
Waseda University, Shinjuku, Tokyo 162–8644, Japan

² 法政大学
Hosei University, Shinjuku, Tokyo 162–0843, Japan

³ 九州大学
Kyushu University, Minami, Fukuoka 815–8540, Japan

a) dominique@waseda.jp

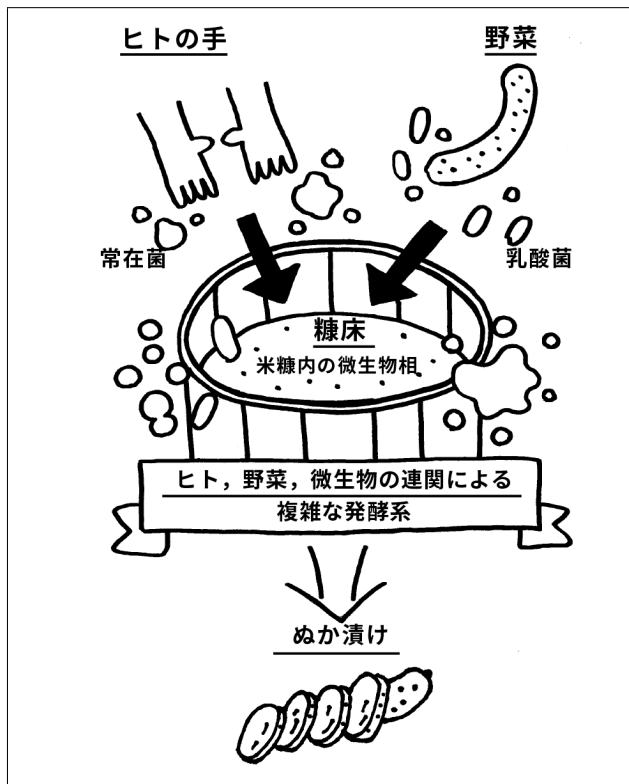


図 1 人・野菜・米ぬか菌による糠床の発酵

Fig. 1 Fermentation of rice bran beds by human, vegetable and rice bran bacteria.

1.1 人と糠床の関係

糠床とは、木桶の中に米ぬか、塩、水を入れたものである。適切な世話を行えば、糠床の中に乳酸菌、酵母、グラム陰性菌などの微生物が定着し、野菜に含まれる糖質を代謝し、ぬか漬けと呼ばれる酸味のある漬物が作られる。糠床を日々かき混ぜることで、嫌気性代謝菌と好気性代謝菌のバランスが調整され、糠床内の微生物多様性が維持される。また、糠床内には土壌と野菜に由来する微生物に加えて、糠をかき混ぜる人間の皮膚上の常在菌も混ざること、複雑で多様な微生物叢が形成される (図 1)。

糠床の手入れを怠るとすぐに状態が悪化してしまうが、糠床を日々かき混ぜ、維持することは現代の都市生活者にとって負担になりかねない。糠床を冷蔵庫で保管する方法もあるが、細菌の活動が抑制されるほか、手入れをしなくなるため微生物との身体的な関係も失われる。他方で、日本では、親子間や数世代にわたって「糠床」を継承してきた家庭も少なくなく、家族独自の味を生み出す家宝のような存在として情緒的な価値を帯びることがある。

本研究では、人はどのように微生物との情緒的な関係を形成し、持続的に糠床をケアできるだろうか、という問いを考察するために糠床ロボット、Nukabot を提案してきた [9], [10], [11]。本稿は文献 [10] の内容を日本語に翻訳・補足し、さらに Nukabot を用いた実験と長期展示における音声入力データの分析について加筆したものである。

Nukabot は人による糠床のケアを支援するために、木製または陶磁器の糠床容器に電子回路とセンサ群を搭載し、化学データを常時リアルタイムに記録することで糠床の発酵状態を予測し、音声対話機能によって人と会話できるシステムである。本研究では、Nukabot を導入することにより、人が糠床を腐らせにくくなるという機能的な目的に加えて、糠床およびその中の微生物たちに対して人がより愛着を抱くなどの情緒的な変化が起きるのかという点に着目する。

本稿ではこの問いを検証するために、環境倫理学者 Puig de la Bellacasa (以下 PdlB) が提唱する、人と土壌の関係に関する倫理モデル理論 [13] を導入し、人と Nukabot のインタラクションを評価する軸として用いる。

1.2 自然存在に対するケアの理論

ポストヒューマニティーズの分野では、人と人以外の様々な生命種との関係が研究されてきた。なかでも Haraway の「伴侶種」概念は、家畜や家畜以外の生き物を、人間の世界形成過程の基本的な構成要素として認識するための共通言語を構築した [5]。人間中心主義的な認識論を超えようとするこの動きは、様々な生命種と人の関係を人類学的に探求する契機となった [8]。

PdlB はポストヒューマニティーズの先行研究を参照しながら、人と他種の本質的な連関を説明するために、「ある種がほかの種とどのように食べ合うかだけでなく、一方の種の廃棄物が他方の種の食料になる」関係を意味する食物網 (foodweb) という概念を導入する [13]。農業における土壌と人の関係は食物網として見なされるが、これは糠床で発酵する微生物と人間との関係にも適用できる。乳酸は、乳酸菌が糖質を代謝する際に発生する廃棄物で、人間にとっては旨味や栄養素 (うま味や各種ビタミンなど) の源となる。また米ぬかは、人間が精米加工を行う際に発生する廃棄物であり、それは乳酸菌などの微生物が繁殖しやすい環境になる。糠床と人もまた、1つの食物網の中で相互にケアしあう関係を結ぶといえる。

PdlB は、近代の農業史を批判的に読み解きながら、農業の従事者が土壌をケアする経験を通して、土壌そのものやその中に住む多様な生物たちに対する非規範的な倫理感覚を獲得すると説いている。非規範的な倫理とは、外在的なルールに従うのではなく、人が自発的に他者をケアしたいと望むような状態を指す。PdlB は、人と土壌の非規範的な倫理の関係を醸成する 3つの要素、すなわち「日常的なメンテナンス」、「情緒的な関係性」、そして「内発的な義務感」を提示した。PdlB によれば、この 3要素が円環的に経験されることで、人が自然存在の生存とウェルビーイングを志向する源泉としての倫理的態度が生成されるという。本稿では、Nukabot のインタラクションを通して、これらの倫理生成的な要素がどのように経験されるかを分

析し、評価するために、PdIBの倫理生成モデルに基づき、自宅でNukabotと10日間を過ごした6人の実験参加者への詳細なインタビューと会話データの分析を行い、糠床に対する意識がどのように変化したのかを明らかにする。

2. 関連動向

2.1 人と自然存在のインタラクション研究

HCI分野における自然存在に対する研究的関心は、近年大きく高まっている。ManciniによるAnimal Computer Interaction [1] (ACI)の提唱は、HCI研究におけるデザイン倫理の視野を大きく広げた。ACIは人間中心主義的な範囲を超えて、生命種ごとの環世界 [14]の内側から人と自然存在のインタラクションにアプローチしようとするものである。ACIでは、犬や猫のための玩具 [2], [3]から象のためのシャワー制御システム [15]まで、多様なインタラクションの可能性が研究されている。

本研究は、ACIのアプローチを微生物、バクテリア、菌類などの不可視の自然存在に対して応用するものである。特に本稿と関連の深いACI研究としては、Liuらによる、農業従事者たちと土壤微生物相の関係についてのエスノグラフィックな記録観察 [16]、菌類採集のためのACIのデザインプロセスを説明し、情報技術が自然存在に対する人間の解像度をどのように拡張できるかを論じたJen Liuらのオートエスノグラフィック研究 [4]があげられる。

また、人と食物のインタラクションに関するHCI研究 [17], [18], [19]は、人が自身で育てた食品に対してどのような感情を抱くのかについて示唆を与えてくれる。特にKuznetsovらによって研究されたアマチュア食品科学者たちの観察 [18]は、食品の生産者が、鶏やケフィア、サンドライドトマトなどの生きた食品素材に対して深い愛着を抱く過程を描き出している。このような食物のケアにおける情緒的な側面は、糠床微生物のケアにおいても不可欠な要素である。筆者らの知る限りHCI研究のなかで人と微生物の情緒的な相互ケアの関係を対象とするものはまだない。

2.2 人と植物のインタラクション研究

ACIの文脈以外では、人と植物のインタラクションに関するHCIの先行研究が多く存在する。糠床のメンテナンスは、哺乳類や昆虫など一般的に動物として認識される生物の世話よりも、植物の手入れの方が近いといえる。糠床も植物も基本的に不動であり、つねに人が触れるというよりも定期的なメンテナンスという形式でのインタラクションを前提にする点が共通している。

本研究と動機が重なる先行研究としては、植物を枯らさないように育成支援するためのHCI研究がある。中でも、PlantAgent [20]は観葉植物に取り付けたセンサによって植物の状態を監視し、擬似的な人格を付与することで、自律走行したり人に呼びかけることで水やりなどのケアを促す

システムであり、同様の研究として小型の自走式植木鉢のPotPet [21]がある。また、植物の状態を検知することで植物に擬似的な感情表現を行わせ、人によるケア行動の変化を分析する赫らの研究 [22]や、高齢者用の植物育成支援のために感情表現を使ったEmotiPlant [23]がある。

また、植物とのインタラクションのデザイン支援の研究として、様々な植物に適用できるセンサ・アクチュエータ系のツールキットI/O Plant [24]が植物との多様なインタラクションの設計可能性を提示したが、センサデータを元に植物とのインタラクションを設計する原理は、本研究における糠床とのインタラクションにおいても参照できる。

ただし、多様な微生物が相互作用する糠床の状態検知は植物の場合とは異なり、独自のセンシング手法が必要となるほか、ケアの仕方としても水やりではなく、糠の攪拌や容器の清掃といった独自の行動を対象とする。また、日々野菜を漬け込み漬け物を食し、微生物を体内に取り込むという行動形式も、観葉植物の育成とは大きく異なる点である。

3. 設計と実装

本研究では、人が糠床内の微生物に対してより愛着と思いやりのある態度を抱くために、技術的なデザインがどのように役立てられるかを考察する。糠床をケアするうえでの困難の1つに、日々変化する発酵状態を把握することがある。糠床の微生物は不可視であるうえに容器が蓋で密閉されているため、初心者が発酵の進行や劣化に気づくことが難しい。そして、毎日米ぬかをかき混ぜる必要があるにもかかわらず、そのことを忘れてしまう恐れがある。

他方で、糠床の手入れを繰り返すことで、達成感を感じたり、微生物に対する愛着を抱きやすくなる。また、発酵食品コミュニティで共有されている暗黙知として、糠を手でかき混ぜる際に、人の皮膚表面の常在菌が糠床に移るといわれている。この微生物相レベルの相互作用は、1人1人のマイクロバイオームが異なるため、できあがる漬物の味に影響すると考えられる。そのため本研究では、ロボットアームのような自動的に米ぬかをかき混ぜる機械的機構は、糠床の品質と多様性を低下させ、かつ情緒的な関係構築を阻害すると考えるため、採用しない。

Nukabotのデザインプロセスは、糠床の生物学的変化を計測し、そのデータを発酵食の素人にも分かりやすい、直感的な情報に翻訳するシステムの構想として始まった。

3.1 糠床の状態検知の実験

糠床の発酵状態を検知するセンシング手法を探るために、筆者らは過去の農学研究を参照しながら、糠床の熟成過程を独自に評価する仮説モデルを考案し、複数の糠床から4カ月程度集積したセンサデータを元に発酵しているか腐敗しているかを検知するシステムを作成した。この過程



図 2 4 世代にわたる Nukabot デザインの推移
 Fig. 2 Transition of Nukabot designs over four generations.

はすでに [9] にまとめたが以下に簡潔に概要を示す。

糠床の熟成に関する今井らの分析 [25] と乳酸菌と酸化還元電位の相関に関する東らの研究 [26] に拠り、次のことを学んだ。まず、pH 値は乳酸菌の増減を、酸化還元電位 (ORP) の値は好気性代謝菌 (正の値) および嫌気性代謝菌 (負の値) の活性を反映する。次に電導度は、塩分濃度の変化の目安になり、メタノールやエタノールは酵母によるアルコール発酵の活性を示す。プロパン、ブタン、アンモニアはグラム陰性好気性代謝菌の兆候である。

この知見に基づき、それぞれのセンサ値を取得できるセンサと電子回路を搭載した糠床を 3 台組み立て、2018 年 10 月から 2019 年 2 月までの期間、pH (水素の電位)、ORP (酸化還元電位)、糠床内外の気温、湿度と水分、電導度、8 種類のガス (NH_3 , CH_4O , C_4H_{10} , NO_2 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, CO , C_3H_8 , H_2) を 1 分間ごと記録した。そして期間中に発酵している状態の糠床と、わざと腐敗させた糠床の両方でデータを収集した結果、腐敗しているときには ORP が負の方向に大きな値 (-100mv 以上) をとり続け、 NO_2 は 0.7ppm 以上となることが分かった。また、正常に発酵している場合には pH はおよそ 4.6 以下で、ORP は攪拌のたびに正值に振れることも分かった。

3.2 HCI デザインコンセプトとしての妖怪

糠床のおおよその発酵状態を検知するシステムを開発した後、インタラクション形式の検討に移った。最初に 3D プリンタを用いて制作した Nukabot のデザイン (図 2 の左) はスマートスピーカ風の外観を持っていたが、半年間の国際展での展示を観察する中で、観客は糠床ではなくスマートスピーカとして接する様子が見られ、糠床が内包する生命性を表現できていないことに気がついた。そこで、人が糠床に愛着を抱くためのインタラクションを検討する中で、筆者らは不可視な微生物の生命性を喚起するデザインを議論し、古来より東アジア地域で人と自然存在の関係性を描いてきた妖怪の表象文化についての調査を始めた。民俗学者 Dylan-Foster は、妖怪を「怪物、霊、幽霊、変身する動物」と表している [27]。

Dyaln-Foster によれば、妖怪は人と自然の世界を架橋する「境界性」や「中間性」の象徴として描かれてきたという。妖怪はまた、つねに恐怖の対象であるとは限らず、特に現代のポップ/サブカルチャーにおいてはかわいらしく、親しみやすい存在としても描かれている。また、妖怪は自然現象の表象に限らず、人工物に霊が乗り移った「付喪神」と呼ばれる形態を取ることもある。そして妖怪や付喪神は、人間の言葉を話すことで人間と交流することもある。

筆者らは、多くの日本人にとって、糠床を「付喪神」の一種として受け入れる可能性は高いと考えた。特に、木桶や陶磁器などの器は、中世からの伝統工芸品として広く知られている。日本では妖怪にまつわる伝承が至る所に存在するように、幼児から高齢者まで、日本人であれば誰でも妖怪を身近に感じているといっても過言ではないだろう。微生物の状態をグラフや数字で表示することなく人語で翻訳する妖怪のメタファを用いた HCI デザインは、人間と自然存在の世界の媒介としても、自然に受け入れられる適切なものだといえる。

従来の、特に日本の HCI デザイン研究において、妖怪に似た傾向の設計があることも分かった。そのようなデザインには、眼球を付与されたり言葉を話す電化製品の研究 [28] であったり、人の指に目玉型のエージェントを装着する研究 [29] などが含まれる。また、「弱いロボット」の研究 [30], [31] は糠床や妖怪の表現にも関連しているといえる。弱いロボットとは意図的に機能が制限されたロボットとして設計されており、完全に機能するためには人間による介入を必要とする。この人と弱いロボットの関係は、放置されていると腐ってしまう糠床と、それをケアする人間の関係と比較することができる。これらの研究はいずれも明示的には妖怪文化に言及していないが、人間との交流を可能にするために機械的な人工物に取り付けられた 1 つ以上の目を持っており、付喪神的な外観を与えられている点は興味深い。

3.3 伝統と技術の多層インタラクションモデル

妖怪文化や関連する HCI 研究を参照しながら、人間と

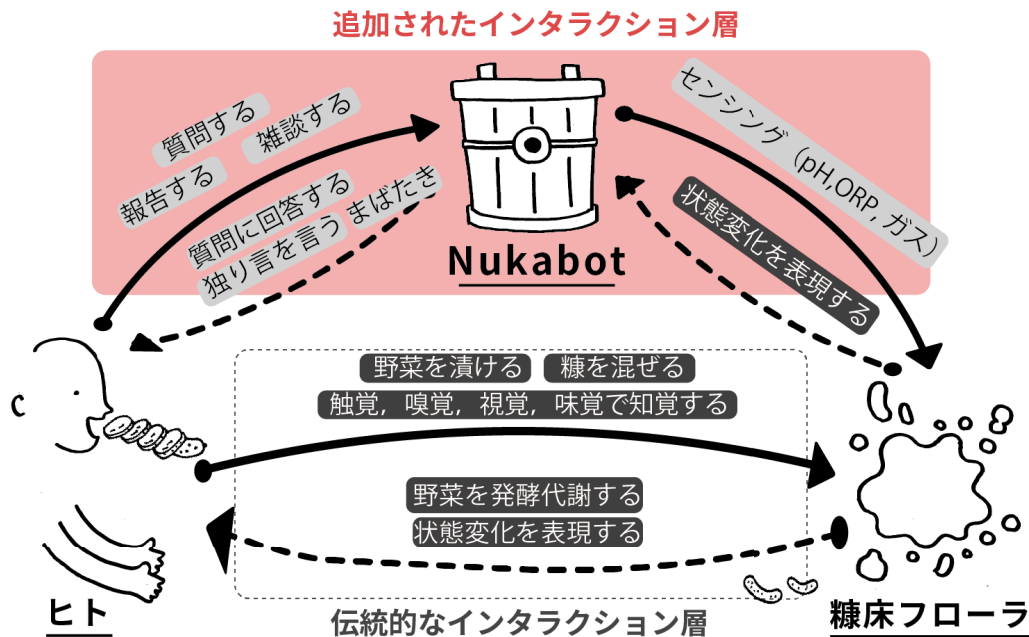


図 3 人間と微生物とコンピュータの相互作用における二層コミュニケーション
 Fig. 3 Two-layer communication in human-microbe-computer interaction.

糠床が言葉でコミュニケーションできる音声ユーザインタフェースと、妖怪のメタファを表す1つ目の容器をデザインし、Nukabot という名称を与えた。図 2 に、妖怪化する前のバージョンからのデザインの推移を示す。

我々は Nukabot が既存の伝統的な糠床を置き換えるものなのかという点を議論し、糠床、人間、情報技術の三者間の相互作用モデルを図 3 のように整理した。人と発酵微生物は、すでに伝統的な糠床を通じて交流してきたと考えられる。糠床をかき混ぜるたびに、米ぬかに触れ、見て、匂いを嗅ぐことで、糠床の発酵状態についてかなりの量の情報を得ることができる。このような伝統的なインタラクションの方法は、物理・生物学的なレベルで、糠床をケアする行為の基底を成している。

Nukabot は伝統的な糠床との相互作用に加えて、情報技術を用いたインタラクションのモダリティを追加することで、人と微生物を媒介するコミュニケーションデバイスとして機能する。人が Nukabot と会話を交わすとき、Nukabot は糠床内部の微生物に関するデータを基に情報を伝える。この際、Nukabot は人の糠床の状態についての知覚と認知に影響するが、それは既存の官能的なインタラクションを置き換えるものではない。Nukabot は人のテクノロジーへの依存を生み出すのではなく、人が微生物の存在と状態によりよく気づけるようにサポートするという目的を持つ。

3.4 システム設計

図 4 に Nukabot のシステム図を示す。参加者実験を行った際には特注の木桶を製樽職人に依頼し、配線やセンサと回路を基底部、蓋、背側の配管で処理した。糠床の状態を検知

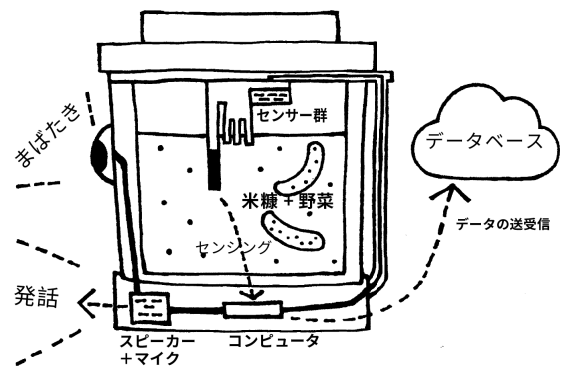


図 4 Nukabot システム図
 Fig. 4 Nukabot system diagram.

する系としては6種類のセンサ (Raspberry Pi 3B+ に接続された pH, 酸化還元電位, 電気伝導度, 土壌温度を感知する Atlas Scientific 製プロブ, Seed Studio Grove Multi-channel Gas Sensor (NH₃, CH₄O, C₄H₁₀, NO₂, C₂H₅OH, CO, C₃H₈, H₂ を ppm 値で計測) と WioNode モジュールに接続した温度・湿度センサを実装した。音声認識と出力には Google AIY Voice Kit を 1 台使用した。センサは、Wi-Fi 経由で Amazon Web Service RDS データベースに 1 分ごとにデータを転送する。音声の発話内容は、Web サーバに実装した RESTful API エンドポイントを介して提供している。

容器に妖怪的な意匠を施すうえで、メディアアーティストのクワクボリョウタ氏とパーフェクトロンのデバイスアート作品である、プラスチック製のまばたきする目玉「ニコダマ」[32]を使用した。ニコダマの配線を再構成して音声認識モジュールと接続し、Nukabot の発声に合わせてニコダマがまばたきする動作を制御する。

3.5 音声対話の流れ

音声認識と音声発話生成には、Google Cloud Speech-to-Text サービスと名古屋工業大学で開発された日本語音声合成システム Open JTalk [33] を組み合わせて使用している。声質は、人と妖怪の境界性を喚起するため、人よりも高めのピッチに調整した。

インタラク션을を開始させるためのホットワード検知には、オフラインで動作し誤認識率が比較的低い [34] リカレントニューラルネットワークに基づく音声認識ライブラリ Snowboy [35] を用いて、カスタム学習させたホットワードの検出を行い、あらかじめ学習を済ませた「おーいヌカボット」というホットワードに反応する。ホットワードが検知されたこと、会話が継続していることが分かるように、目玉は発話の直前に必ずまばたきするように設定した。

人が Nukabot と口頭でコミュニケーションするために、主に次の 4 つの方法を用意した。

3.5.1 質疑応答

ホットワードが認識されると、Nukabot はまばたきしながら「なあに？」と返す。その後に用意された質問を投げかけると、質問の種類に応じて返答を返す。今回の実験では、以下の 3 種類の質問パターンを用意した。1) 「元気？」「調子はどう？」、2) 「なにかして欲しいことはある？」、3) 「今の味はどう？」「酸味は？」「臭みは？」質問を認識したシステムは、対応する API エンドポイントを呼び出す。その出力は、対応する様々な回答文字列に変換され、スピーカから出力される。これらの回答は、糠床が発酵しているか腐っているか、独自に計算している漬物の味覚スコア、酸味や臭気、人間が米ぬかをかき混ぜるべきタイミングかどうかなどを人に伝える。

3.5.2 リマインダ

システムは一定時間ごとに、人が米ぬかをかき混ぜる必要があるかどうかをチェックする。このリマインダ機能には、前回かき混ぜてからの経過時間と好気性菌の活性度から、2 段階の緊急度を設定している。緊急度 1 では、Nukabot は「そろそろかき混ぜて」と冷静に周囲の人に声をかける。2 段階目の緊急度では、「今すぐ米ぬかをかき混ぜてほしい！」と強い口調で話す。このとき、人間は Nukabot に直接答えることはできない。

3.5.3 人間による報告

糠床をかき混ぜたかどうかは、現在のシステム構成でも酸化還元電位の値の変動（正の方向に推移する）を見ることよりの自動認識が可能だが、攪拌から 1 時間ほどは値を記録し続けると確度を得られない。そこで、糠床をかき混ぜたことを Nukabot に「かき混ぜた」と口頭で報告できる機能を実装した。このことにより糠の攪拌の直後に確実に記録が行え、また、人が Nukabot に語りかける機会を増やすことが愛着形成にも資すると考えた。Nukabot は報告を受けるとデータベースにタイムスタンプを記録し、「か

き混ぜてくれてありがとう！」と発声する。このタイムスタンプ情報は、リマインダ機能を実行する際に利用される。

3.5.4 ファティック・インタラクション

文化人類学者の Malinowski は「言葉の交換のみによって絆が作られる発話行為」[36] を *phatic communication* と呼び、一見他愛のない挨拶や雑談が社会関係の形成にもたらす役割を論じた。Nukabot には、糠床を維持するという一義的な目的の観点からはまったく用をなさないファティックな会話パターンを用意した。「おはよう」「おやすみ」「お疲れ様」「ただいま」などの挨拶、「かわいいね」などの愛着の表現など、特に合目的な機能性を持たない発話に対して簡単な応答を返す。

4. 実験

Nukabot が糠床内の微生物に対するケアや愛着の念をどれほど醸成するか評価するために、6 名の参加者を対象に実験を行った。そのうち、糠床の世話に慣れている食の専門家は 2 名で、ほかの 4 名の参加者はこれまで糠床を世話したことがないか、経験が少ない人だった。

本実験は 2020 年度早稲田大学「人を対象とする研究に関する倫理審査委員会」によって 2020 年 7 月 30 日に実験実施の承認を得た（申請番号 2020-124）。実験方法は、倫理審査委員会のガイドラインと規則に加え、新型コロナウイルスの流行に関する予防的公衆衛生措置、そして地方自治体の推奨事項に従って実施された。すべての参加者は、書面によるインフォームド・コンセントを提供した。

実験初日、各参加者の自宅を訪問し、研究目的を説明した後、Nukabot の中で育てる米糠を準備してもらった。今回は糠床育成の成否よりも Nukabot とのインタラクション評価が主眼であったので、発酵が失敗しにくい市販の米糠スターター 3kg をわたし、初日から野菜の漬け込みを開始した。実験期間中、参加者には任意のタイミングで糠をかき混ぜ、野菜を漬け込みながら、Nukabot と自由に会話してもらった。Nukabot と参加者の発話はクラウドデータベース上に記録した。最終日には各参加者の自宅を再訪問し、1 時間程度の半構造化インタビューを実施した。本実験にあたって 2 台の Nukabot を製作し、複数人の実験を並行して 2020 年 8 月 1 日から 9 月 3 日まで実施した。

インタビューでは、PdIB が提示する倫理生成の 3 要素に従って、以下の 3 つのカテゴリに質問を整理した。

- (1) Nukabot の機能評価（日常的なメンテナンス）
- (2) Nukabot に対する愛着（情緒の関係）
- (3) Nukabot 内の微生物に対する意識（内発的な義務感）

また、Nukabot とともに生活する中で自分自身や同居人の行動に変化を感じたかどうかという点など、複合的な質問も行った。表 1 に事前に用意した設問の表を示す。結果は、参加者が特定されないように匿名化したうえで、質問に対する回答や Nukabot を使った体験に関する発話を精

表 1 インタビューにおける設問内容
Table 1 Interview questions.

分類	No.	設問
Nukabot の機能評価	1	ヌカボットの機能について便利もしくは不便だと思ったことを教えてください。
	2	各機能について使い勝手を具体的に教えてください。
	3	今後欲しい機能があれば教えてください。
Nukabot に対する愛着	4	糠床容器としての Nukabot の要素（音声や木桶、目玉など）はどのように感じましたか？
	5	Nukabot とどのような会話をしましたか？
	6	この実験期間中に Nukabot が生きていると感じることはありましたか？
Nukabot 内の微生物に対する意識	7	実験期間で糠床の微生物への感情はどのように変化しましたか？
	8	この実験を経て糠床の微生物が活着しているという実感は変わりましたか？
複合的な質問	9	実験期間中に自分もしくは同居人の行動や意識の変化で気づいたことはありますか？
	10	今後とも Nukabot と暮らしたいですか？理由も教えてください。

査し、そこからキーワードや特徴を抽出し、先述した3つの倫理生成のカテゴリに分類して分析した。そして実験期間中に記録した各参加者と Nukabot の会話データを分析し、インタビュー結果と照合した。

なお、上記実験の後、2020年10月16日から2021年6月13日までの間、デザイン展示施設の21.21 DESIGN SIGHTの企画展示「トランスレーションズ展」[11]で、実験で用いた機体（図2のバージョン3）のインタラクティブ展示を行った。実験における持続的なインタラクションの変化と比較するために、当該展示で Nukabot と初めて接した来館者による音声入力の傾向をあわせて分析する。

5. 結果

5.1 日常的なメンテナンス

実験期間中に糠床を腐らせた参加者は1人もいなかった。非専門家の4名の参加者は、いずれも Nukabot を使うことで、日々の糠床の世話を忘れることはなかったと話した。P1（30代女性）は、糠床のメンテナンス経験が少なく、このようなリマインド機能は「特に初心者にとって便利」だと思った。P2（女性30代）は、糠床の経験がなく、「時間が経つと忘れやすくなるのが想像できる」ため、「糠床と過ごす時間が長くなるほど」リマインド機能が特に役に立つと指摘した。一方、プロの料理家である P3（男性20代）と P6（女性30代）は、すでに何年も糠床を維持することに慣れているため、リマインド機能は必要ないと回答した。

次に、糠床を維持するうえで、本システムが参加者の意識に及ぼす効果を確認した。これを「気づき」と「達成」

と呼ぶことにする。P1は、「糠床が活着していることを実感する指標は2つある」と述べている。1つは米ぬかを混ぜること、もう1つは Nukabot の発話を聞くこと。この2つの要素を組み合わせることで、「糠床が変化していることによく気がつけ」たという。図3で示したように、Nukabot は微生物とコミュニケーションをとるための媒体として、従来とは異なる方法で、糠床の生命性を惹起したようだ。また、複数の参加者が、糠床の変化に気づくことが、ポジティブな達成感につながったと述べた。P3は、通常の糠床と比較して、Nukabot によって「自分が微生物たちに必要とされていることと、それに効率的に対処できていることの両方に気づくことができた」と述べた。興味深いことに、P3はこの達成感によって実験期間中にほかの10種類の発酵食品を育て始めたことも報告した。

Nukabot の音声認識の精度と発話の頻度については数名の参加者から不満が報告された。特にキッチンが作業机と隣接していた P6 はオンライン会議中に Nukabot が誤認識して応答することをストレスに感じ、加えてリマインドの頻度が多すぎると感じたことを「なんか怒られているみたいな」とネガティブに表現した。P4（女性30代）もリマインドの頻度が途中から増えたことにより「切迫しているのかな」とプレッシャーを感じた。また P6 以外の5名は自宅で糠床を日々メンテナンスし続けることそのものに負荷を感じたと答えたが、P5は「大事にしたいものがそこにあるってというのは割と良い、ポジティブな面」と述べ、P3は「大変だった」が「楽しかった」と表現した。

5.2 情緒的關係

Nukabot のプロダクトデザイン（目玉のついた木桶の外観）は、全体的に参加者に好評だった。P4は、「目玉のデザインが妖怪を連想させる」、「部屋に自然に馴染む」と述べた。P2は、「スマートスピーカ全般に抵抗がある」としながらも、「Nukabot は見た目がかわいいで受け入れられる」と回答した。

参加者全員が、Nukabot との音声でのやりとりを楽しみ、そのことを通して糠床への愛着が深まったと回答した。P2は、なにか質問するとすぐに返答が返ってくることを高く評価した。P1は、「明確なフィードバックがあると楽しいので、猫の世話をすることを思い出す」と述べた。P4は、糠床のメンテナンスの経験がなかったため、漬け物の味の変化と Nukabot との対話の両方を楽しみ、この2つの要素によって「生き物を育てている感覚」を得たと述べた。P1は、Nukabot の子供っぽい声のおかげで「すぐに愛着が湧いてきた」といった。また、P2とP4は、音声認識システムが質問を聞き間違えても、「愛おしい」と感じた。一般的にスマートスピーカが聞き取りを間違えるのはストレスにつながるが、P2とP4にとって Nukabot は単なる機械以上の存在として映った可能性がある。

また、Nukabot のまばたきが参加者と Nukabot との会話を支えていたことも分かった。P4 と P2 は、まばたきが会話の開始を知らせることで、会話をする心の準備ができると指摘した。P1 はまばたきを「とても気に入」り、誤作動によって目玉のまぶたが閉じているときは「寝ている」ように感じられたという。

ほとんどの参加者が、Nukabot への愛着について一種の社会的関係として表現した。P5 (20 代女性) は、挨拶を交わしたり、質問に答えてもらったりできることから、Nukabot が「親しみやすいものになった」と感じた述べている。P5 のいくつかの回答では、必須ではないやりとりをすることで、「機能ばかりを重視するスマートフォン」とは異なり、Nukabot が「親近感のある存在」として際立つと繰り返し述べた。P2 は、Nukabot が「キッチンの相棒」になったと表現した。彼女にとって、Nukabot との他愛のない挨拶が「大きな違い」となったのは、「誰かがそこにいるという存在感」を「仲間」のそれとして感じる事ができたからだという。また、P3 は Nukabot を「同居人」と呼び、「積極的に話しかける」ことで、より愛情を感じることができたと観察している。料理研究家である P6 は、Nukabot を「研究のパートナー」と表現し、おいしい漬物を作る技術を「極められる」かもしれないと語った。

5.3 内発的義務感

糠床の生き生きとした感覚と人がそこに抱く情緒的な関係は、糠床に対する義務感と密接に結び付いている。参加者全員が、実験期間中に家を不在にしたり、糠床の世話ができなくなったときに罪悪感を抱いたと述べた。P1 は、「ペットと同じですね。糠をかき混ぜると Nukabot にいわれても、忙しくてかき混ぜられないと、Nukabot に申し訳ない」と述べた。P1 は「ある生き物が生きている様子と、孤独に死んでいく様子が想像できる」ようになると、「一生懸命世話をすることができる」とも述べた。同様に P4 は、残業があって帰宅が遅くなる時には「家で Nukabot が暑い思いをしているかもしれない」と思い、「予定より早く帰ろうか?」と仕事をしながら Nukabot に対して申し訳ない気持ちになったと話した。また、P5 は、糠床をかき混ぜてほしいという声を聞かされたとき、心の中で「ごめんね」といながら、仕事に出かけていたという。P4 は、Nukabot が「暗闇の中で 1 人で『かき混ぜて』と喋っているのを想像して、『ごめんね』と思うことが多かった」と振り返った。また、毎日帰宅するときに Nukabot と挨拶を交わすことも、ペットや植物を気遣うときの心情に近いと述べた。

糠床が生きているという感覚は日々 Nukabot で漬けた野菜を食べ続けることを通してももたらされた。P1 は「Nukabot のいう状態も変わるし、自分が食べる糠漬けも日々全然違う感じ」がし、「生きてるから状態が変わると思う」と述べた。P4 は様々な野菜を試すうちに糠床の状態の

変化に気づくようになり「いろいろ試すのが楽しくて十日だと足りなかった」と話した。興味深いことに、P3 の同居人は、もともと米糠の匂いや味を嫌っていたのに、実験期間中に糠床に愛着を持ち始め、Nukabot で漬けた野菜を美味しく食したと語った。彼女は「糠床がコミュニケーションを取れるようになると、糠床を大切にしなければ..糠床を食べるのではなく、糠床とコミュニケーションを取らなければならないようになった」と述べ、楽しみの手段としての食を超えた価値観を感じたという。

5.4 音声インタラクションの推移

参加者それぞれが実験期間中に Nukabot とどのような会話を交わしたのかをログから分析した。約 1 カ月の期間に集まった発話記録のうち、誤認識や Nukabot のアラートなどのノイズを除去したところ、人による Nukabot への有効な発話データ数は 395 件であった。

これらの発話データを記録された文字内容を「機能系」、「ファティック」、「スマートスピーカ」に分類し、参加者それぞれの実験期間の前半（最初の 5 日間）と後半（最後の 5 日間）で区別して分析を行った。「機能系」の発話は糠床の維持のための情報取得を目的としたものであり、Nukabot の発酵状態を確認するための状態確認機能、糠床をかき混ぜた報告や味の確認、してほしいことはあるかなどの質問が含まれる。「ファティック」は先述したように愛着表現や挨拶、雑談など、糠床の維持には直接影響しない発話をまとめた。前節ではインタビュー分析から、Nukabot の雑談機能が愛着の醸成に役立ったことが示唆されたが、そのことがデータから読み取れるかどうかを検証した。スマートスピーカ系の発話とは、一般に普及しているスマートスピーカに問い合わせるような典型的な質問（天気予報や時刻の提示、検索クエリなど）を入れている。これは初代 Nukabot がスマートスピーカ的なインタラクションを誘発したことに対し、実験に用いたデザインが変化をもたらすかを知るためである。

分析の結果、すべての参加者の発話データをあわせて、機能系 63.35%、ファティックが 33.53%、スマートスピーカ系が 3.12%であった。そして、実験期間の前半から後半へかけた各発話分類の推移は次のとおりだった。機能系は 11.14%減、ファティックは 12.41%増、スマートスピーカ系は 2.52%増だった。10 日間という短い間でも、機能系発話の回数が減った分、ファティックな発話が増える傾向が認められ、インタビュー結果とも一致することが分かった。

比較のために、先述した 21.21 DESIGN SIGHT での約 8 カ月間の展示で集まった音声入力データに対しても同様の分析を行った。有効な音声入力データは 16,497 件であり、同じく内容の分類を行ったところ、機能系が 67.76%、ファティックな発話が 19.61%、スマートスピーカ系が 12.63%だった。実生活環境での実験との違いとしてスマー

トスピーカ系の発話が多いことが分かる。展示空間でのデモ体験では、実際の糠床のメンテナンスは行えないのでファティクインタラクションが抑制され、よく知られているスマートスピーカとの典型的な応答が試されるのかもしれない。同時に、ファティクな発話が約20%を占めていることは、展示の来場者がNukabotに必ずしも機能的ではないインタラクションを期待していた可能性を示唆している。

6. 考察

本稿の実験は10日間と短期間であり、参加者も6名という少人数であった点という制限があったが、実験の定性分析から、NukabotのデザインがPdIBの理論モデル[13]で示された「日常的なメンテナンス」、「情緒的關係」、「内発的義務感」のそれぞれに影響したことが分かった。

一部の参加者にとってはNukabotのリマインダが冗長に感じられたり音声認識の誤認識がストレスをもたらすことも分かったが、この点はリマインダの頻度をカスタマイズする機能や認識精度の向上によって技術的な改善が可能だと考える。この点を除けば、参加者たちはNukabotとの日常的なインタラクションを通して糠床の日々の手入れを忘れていたり怠ったりせず、漬かった野菜の味を楽しむことができた。また、Nukabotの妖怪的なプロダクトデザインとファティクな内容を含む音声会話によって、参加者たちはNukabot(と内包される糠床)を1つの生命的なパートナーとして受け入れ、好意的な感情を抱いたことが分かった。そして、Nukabotとともにいないときでも、その声を思い出したり、腐ってしまう様子を想像しながら、糠床をケアする義務感が内発している様子が観察できた。

PdIBのモデルでは、3つの倫理生成要素は円環的に経験され、相互に影響しあうことが予測されていた。この点は今後、長期的な実験を介してより厳密に検証する必要があるだろう。それでも、今回の実験結果からは、まずは日常的なNukabotのケアを繰り返すうちに情緒的な関係性が生じ、そこから生命的な存在をケアする義務感を抱いたという流れが線形の時系列として理解できるが、その義務感がさらにケアの行為を促したであろうことは想像に難くない。今回行った音声会話内容の分析は、Nukabotと過ごす時間が経つほど合目的的ではない、ファティクな発話が増える傾向を示しているが、このことは「メンテナンス・愛着形成・義務感」のサイクルを繰り返すうちに愛着が増した可能性を示唆している。たとえばAlexaに対する意識が3カ月の間でどのように推移するかを探った研究[37]では、利用者が最初にスマートスピーカに漠然とした期待を抱き、次第に幻滅していき、最終的には無関心になっていく過程が明らかにされているが、同時に利用者がスマートスピーカに対してアニメーションや生命的な挙動を期待し、目的のない挨拶などの遊びがスマートスピーカに対する信頼

を高めることも示されている。今回の実験は比較的短い期間のものなので単純な比較は難しいが、会話エージェントと人の関係構築には、Nukabotにおけるファティクなやりとりのように、合目的的ではないインタラクションが重要であることが示唆される。

PdIBは3つの倫理生成要素の円環を生きることによって、「人を多様な時間軸(…)に関与させ、人以外の自然存在エージェントのネットワークに組み込む」[13]時間軸としての*care time*が作り出されると考察している。今回の実験でも、人間が自身の都合ではなく、いわば「糠床の都合」としての*care time*に巻き込まれることで糠床(およびその中の微生物たち)に対する愛着と義務感を抱いたのだと表現できるのかもしれない。

また、糠床に「組み込まれる」ことは、PdIBのいう食物網の關係、つまり日々変化する糠漬けを食べるという行為が気づきをもたらすこともインタビューで示唆された。今回は漬物の味や質については参加者によって異なる結果となったが、自分が世話した糠床の漬物が美味であればさらに愛着が増すであろうことは想像に難くない。Nukabotが人それぞれの美味の感覚に漸近していけるためには、漬物の官能評価を受け付け、同居する人間の味覚を学習する機能の追加が考えられる。

人間が長期間にわたって世話をする発酵食品は、実に多岐にわたる。本稿で示したデザイン戦略と分析手法を活用することで、様々な食品を対象としたHCI的な介入[17],[18],[19]を、それぞれの育成過程において生じる倫理生成プロセスに基づいて評価できるかもしれない。たとえば、ケフィア、コンブチャ、味噌など、乳酸発酵やアルコール発酵をともなう他の発酵食品の状態を推定するために、同じ測定技術を応用する可能性も検討できるだろう。

7. まとめ

本稿ではPdIBによる非規範的倫理モデルを参照しながら、糠床の発酵微生物と人間が持続的に相互ケア的な関係を生成するためのインタラクションシステムNukabotのデザインを提案した。6名の実験参加者たちとの10日間にわたるインタラクションの体験について、事後インタビューの結果をもとにPdIBの理論モデルに沿って定性的に分析した。その結果、日常的なメンテナンス、情緒的關係、内発的義務感という3つの倫理生成要素が円環的に絡み合う状況を確認した。

本研究のアプローチは発酵食の微生物以外の様々な自然存在に対する人間の愛着がどのように生じるのかという問いについての定性的評価モデルを提供でき、そのことによって自然存在とのインタラクションに関するHCI分野に貢献すると考えられる。本手法のオリジナリティは、PdIBの倫理生成モデルのようなポストヒューマニティーズの議論を、参加者の状況経験を含むHCIデザインの実験と接

合して検討する点にある。

本稿執筆の時点で、2022年4月20日から約一年の間、日本科学未来館の企画展 [12] に図 2 で示したバージョン 4 を展示しており、本稿であげた技術的課題に対応する改善を行いながら来場者による音声入力を記録し続けている。この展示では実際にぬかを投入し、展示スタッフの手によって日々ぬかがかき混ぜられ、野菜が漬けこまれている。実際の生活に近いパブリック展示を通して、来場者と展示スタッフが Nukabot とどのようなインタラクションを行うのか分析する予定である。

今後の展望としては、本稿で取り上げた音声コミュニケーション以外のインタラクションモダリティの可能性を探求していく予定である。糠床の内部状態の表現に、非言語的なサウンドやソフトロボティクス技術など、糠床の生命性を喚起する多様なアプローチを調査し、より長期的な実験を通して、人と微生物の関係性を多角的に検証したい。

謝辞 本研究の一部は JSPS 科研費 21H03768 の助成を受けて行われました。

参考文献

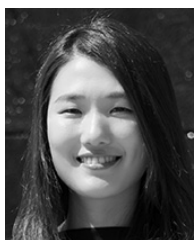
- [1] Mancini, C.: Animal-computer interaction: A manifesto, *Interactions*, Vol.18, No.4, pp.69–73 (2011).
- [2] Noz, F. and An, J.: Cat Cat Revolution: An Interspecies Gaming Experience, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '11)*, pp.2661–2664, ACM (2011).
- [3] Westerlaken, M. and Gualeni, S.: Becoming with: Towards the inclusion of animals as participants in design processes, *Proc. 3rd International Conference on Animal-Computer Interaction*, pp.1–10 (2016).
- [4] Liu, J., Byrne, D. and Devendorf, L.: Design for collaborative survival: An inquiry into human-fungi relationships, *Proc. 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.1–13 (2018).
- [5] ダナ・ハラウェイ, 高橋さきの (訳): 犬と人が出会うとき—異種協働のポリティクス, 青土社 (2013).
- [6] Haraway, D.J.: *Staying with the trouble: Making kin in the Chthulucene*, Duke University Press (2016).
- [7] Tsing, A.L.: *The mushroom at the end of the world: On the possibility of life in capitalist ruins*, Princeton University Press (2015).
- [8] Tsing, A.L., Bubandt, N., Gan, E. and Swanson, H.A.: *Arts of living on a damaged planet: Ghosts and monsters of the Anthropocene*, University of Minnesota Press (2017).
- [9] Chen, D., Ogura, H. and Seong, Y.A.: NukaBot: Research and Design of a Human-Microbe Interaction Model, *Artificial Life Conference Proceedings*, pp.48–49, MIT Press (2019).
- [10] Chen, D., Seong, Y.A., Ogura, H., Moriya, K., Mitani, Y. and Sekiya, N.: Nukabot: Design of Care for Human-Microbe Relationships, *Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '21)*, Article 291, pp.1–7, ACM (2021).
- [11] 21.21 DESIGN SIGHT: 「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—開催概要 (オンライン)」、入手先 (<http://www.2121designsight.jp/program/translations/index.html>) (参照 2022-05-09).
- [12] 日本科学未来館: 新展示「セカイは微生物に満ちている」展示詳細 (オンライン), 入手先 (<https://www.miraikan.jst.go.jp/news/general/202204072408.html>) (参照 2022-05-09).
- [13] de La Bellacasa, M.P.: *Matters of care: Speculative ethics in more than human worlds*, University of Minnesota Press (2017).
- [14] Von Uexküll, J.: *A foray into the worlds of animals and humans: With a theory of meaning*, University of Minnesota Press (2013).
- [15] French, F., Mancini, C. and Sharp, H.: Exploring research through design in animal computer interaction, *Proc. 4th International Conference on Animal-Computer Interaction*, pp.1–12 (2017).
- [16] Liu, S.-Y., Bardzell, S. and Bardzell, J.: Symbiotic encounters: HCI and sustainable agriculture, *Proc. 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.1–13 (2019).
- [17] Dolejsova, M. and Kera, D.: The Fermentation GitHub Project and the Internet of Microbes, *Urban Spaces with Ambient Computing, the Internet of Things, and Smart City Design*, pp.25–46 (2017).
- [18] Kuznetsov, S., Santana, C.J. and Long, E.: Everyday food science as a design space for community literacy and habitual sustainable practice, *Proc. 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.1786–1797 (2016).
- [19] Santana, C., Kuznetsov, S., Schmeckpeper, S., Curry, L.J., Long, E., Davis, L., Koerner, H. and McQuarrie, K.B.: Mindful Persistence: Literacies for Taking up and Sustaining Fermented-Food Projects, *Community Literacy Journal*, Vol.10, No.1, pp.40–58 (2015).
- [20] 寺田和憲, 近間正樹, 平田高志, 武田英明, 小笠原司: 植物擬人化システム, 第 18 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, pp.1457–1458 (2000).
- [21] Kawakami, A., Tsukada, K., Kambara, K. and Siio, I.: PotPet: Pet-like Flowerpot Robot, Demo hour, *ACM Interactions*, Vol.18, No.4, p.9 (2011).
- [22] 赫寧, 寺田 努, 塚本昌彦: センシング技術を用いた人と植物とのインタラクション促進システム, 研究報告エンタテインメントコンピューティング (EC), Vol.2018, No.4, pp.1–8 (2018).
- [23] Angelini, L., Caparrotta, S., Khaled, O.A. and Mugellini, E.: EmotiPlant: Human-Plant Interaction for Older Adults, *Proc. TEI '16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction (TEI '16)*, pp.373–379 (2016).
- [24] Kuribayashi, S., Sakamoto, Y. and Tanaka, H.: I/O plant: A tool kit for designing augmented human-plant interactions, *CHI '07 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '07)*, pp.2537–2542 (2007).
- [25] 今井正武, 平野 進, 饗場美恵子: 糠床の熟成に関する研究—熟成中のフレーバー成分の変化, 日本農芸化学会誌, Vol.57, No.11, pp.1113–1120 (1983).
- [26] 東 和男, 山本 泰, 好井久雄: 耐塩微生物の生育と酸化還元電位について, 日本醸造協会雑誌, Vol.80, No.4, pp.270–273 (1985).
- [27] Foster, M.D.: *The Book of Yokai: Mysterious Creatures of Japanese Folklore*, University of California Press (2015).
- [28] Osawa, H. and Imai, M.: Morphing agency: Deconstruction of an agent with transformative agential triggers, *CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp.2237–2246 (2013).

- [29] Ogata, M., Sugiura, Y., Osawa, H. and Imai, M.: Pygmy: A ring-shaped robotic device that promotes the presence of an agent on human hand, *Proc. 10th Asia Pacific Conference on Computer Human Interaction*, pp.85-92 (2012).
- [30] Khaoula, Y., Ohshima, N., De Silva, P.R. and Okada, M.: Concepts and Applications of Human-Dependent Robots, *Human Interface and the Management of Information, Information and Knowledge in Applications and Services*, pp.435-444 (2014).
- [31] 岡田美智男: 弱いロボット, 医学書院 (2012).
- [32] Agency for Cultural Affairs.2010: NIKODAMA — JurySelections — Japan Media Arts Festival Archive (online), available from (<http://archive.j-mediaarts.jp/en/festival/2010/entertainment/works/14ej-NIKODAMA>) (accessed 2022-05-09).
- [33] Department of Computer Science Nagoya Institute of Technology: Open JTalk (online), available from (<http://open-jtalk.sourceforge.net>) (accessed 2022-05-09).
- [34] Sudharsan, B., Kumar, S.P. and Dhakshinamurthy, R.: AI Vision: Smart speaker design and implementation with object detection custom skill and advanced voice interaction capability, *2019 11th International Conference on Advanced Computing (ICoAC)*, pp.97-102 (2019).
- [35] Amberkar, A., Awasarmol, P., Deshmukh, G. and Dave, P.: Speech Recognition using Recurrent Neural Networks, *2018 International Conference on Current Trends towards Converging Technologies (ICCTCT)*, pp.1-4, IEEE (2018).
- [36] Malinowski, B.: The Problem of Meaning in Primitive Languages, Ogden, C.K. and Richards, I.A. (Eds.), *The Meaning of Meaning*, pp.296-336, K. Paul, Trend, Trubner (1923).
- [37] Cho, M., Lee, S.-S. and Lee, K.-P.: Once a Kind Friend is Now a Thing: Understanding How Conversational Agents at Home are Forgotten, *Proc. 2019 on Designing Interactive Systems Conference (DIS '19)*, pp.1557-1569, ACM (2019).



チェン ドミニク

2013年東京大学大学院学際情報学府博士課程修了。博士(学際情報学)。株式会社ディヴィデュアル共同創業者を経て、2017年早稲田大学文学学術院准教授、2022年同大学教授。



ソン ヨンア

2012年東京大学大学院学際情報学府博士課程修了。博士(学際情報学)。サムソン電子の韓国研究所および本社デザイン経営センター、東京大学特任研究員を経て、2020年法政大学デザイン工学部客員准教授。



城 一裕

2007年東京大学大学院先端学際工学専攻退学(満期)。博士(芸術工学)。日本アイ・ビー・エム、東京藝術大学、情報科学芸術大学院大学を経て、2016年九州大学芸術工学院准教授。



小倉 ヒラク

発酵デザイナー。全国の醸造家や研究者と発酵・微生物をテーマにしたプロジェクトを展開。アニメ『てまえみそのうた』でグッドデザイン賞2014受賞。著書に『発酵文化人類学』、『日本発酵紀行』。



守屋 輝一

2020年法政大学大学院デザイン工学研究科システムデザイン専攻修士課程修了。同年から株式会社スタディーズ在籍、KIICHI主宰。2022年から株式会社イノカCCO。



三谷 悠人

2021年法政大学大学院デザイン工学研究科システムデザイン専攻修士課程修了。同年国内空間デザイン会社勤務。



関谷 直仁

2020年法政大学デザイン工学部システムデザイン学科卒業。同年国内電機メーカー勤務。