

イノベーションの萌芽時期に合焦した イノベーションプロセスに関する研究

- 埼玉工業大学発のCADENCAプロジェクトのコンセプト創造からプロトタイプ実現まで -
Research on the innovation process focusing on the germination stage of innovation

- From concept creation to prototype realization of the CADENCA project

from Saitama Institute of Technology -

及川昌志*, 向井竜二**, 高橋良光**, 河田直樹***, 森沢幸博****

OIKAWA Masashi, MUKAI Ryuji, TAKAHASHI Yoshimitsu, KAWADA Naoki, MORISAWA Yukihiko

概要

2022年5月CADENCA（カデンカ）プロジェクトが本学で立ち上がった。その概形は「家電+○○」であり、目標は従来の家電製品の機能に加え、新しい付加価値を持った製品開発・研究である。本プロジェクトのコンセプトを「目指す未来」と表現し、次の4項目を定義した。第一は、家電製品の再定義である。家電製品に新しい価値付加を与え、従来の機能では実現できなかった役割を与えること、第二は、社会に求められるUXの創造であり、リアルとネットをシームレスに結び、ユーザにとって新しい体験を実現することである。第三は、情報技術とものづくりの融合である。これは情報技術とものづくりの融合を目指し、IoTではなくIoM（心のインターネット）を実装することである。第四は、日本独自の感性によるロボットを生み出すことである。生活空間で利用できるロボティクス技術の普及を目指し、市場の潜在ニーズを満たす製品の創出である。本稿では、これらの4つの「目指す未来」をプロトタイプによって具体化したFAN-C（ファンシー）を事例に、本プロジェクトのコンセプト、イノベーションプロセスからの考察、教育効果からの視座で本研究の意義を述べる。

1. CADENCAプロジェクトの背景

CADENCAプロジェクトの概形は「家電+○○」である。CADENCAとは、家電と○○化という思いが込められている。家電は1950年代に登場した白黒テレビ、洗濯機、冷蔵庫を発端に、後にはカラーテレビ、クーラーが登場した。2000年代初頭に急速に普及したデジタルカメラ、DVD

レコーダ、薄型テレビ、食器洗い乾燥機、IHッキングヒータが家電の代表である。これまでの家電は日本の産業の強みで、1993年の輸入額は750億円、対して輸出額は4000億円を超えた。しかしながら2001年に輸出額と輸入額が逆転し、2013年の輸入額は約9600億円、輸出額は約1/3の3200億円である。輸入増加はメーカにとって付加価値の高い部門を国内に残しつつ製造拠点を海外に移

* 埼玉工業大学 先端科学研究所

** 埼玉工業大学 教育学部教育研究支援課

*** 埼玉工業大学 工学部機械工学科

**** 埼玉工業大学 人間社会学部情報社会学科

し利益を確保できれば良いが、国内家電メーカーの世界シェアと利益は低下し、メーカーの統合や海外資本への売却などが行われた。

近年は種々のセンサやコンピュータの小型化と低価格化、通信速度の向上と通信網の整備などIoT技術の進歩が、従来にはなかった製品を創出し、イノベーションを興している。その典型はスマートフォンであり、人々の生活の質を一変させ、向上させている。IoT革命と言われて久しいが、実現には本稿で示す課題解決も求められている。

このような日本の家電メーカーの状況を打破する策の一つを、CADENCAプロジェクトと位置付け、本学で立ち上げた。その目的は、IoTを活用しつつ、従来の家電製品の機能に加え、新しい付加価値を持った製品開発・研究である。そして知の集積の場である大学で本プロジェクトに取り組むことで、イノベーションの成功事例とし、次に続くイノベーション創出の糧とする。

2. CADENCAプロジェクトのコンセプト

CADENCAプロジェクトの「目指す未来」であるコアコンセプトは4つで、筆者の森沢（以下、森沢）の創出である。

第一に示すコンセプトは、家電製品の再定義であり、家電と呼ぶ製品に新しい価値を付加することで、従来の機能では実現できなかった役割を与えることである。このコンセプトにより日本の家電、ひいては日本のものづくりの復権を目指している。

家電は基本的機能が満たされることが前提で、例えば洗濯機の基本的機能とは衣類やタオルに付着した汚れを落とすことである。そして静音性、洗剤の自動供給機能などの付加価値が与えられてきた。さらにUXの観点から洗濯機を考えれば、生地ごとに異なる洗濯条件（洗剤・柔軟剤の種類と量、水量、時間）を、衣類に取り付くタグ（生

地情報）をICチップ化し、洗濯機に生地情報を自動入力し、その情報をもとに水、洗剤、柔軟剤を自動供給する機能が考えられる。さらに衣類やタオルの汚れの情報を洗濯機に取り付けたカメラやセンサによって判別できれば、人の手による予洗いを不要とするような洗濯の全自動化も考えられる。生地情報の入ったICチップへは、洗濯機から洗濯条件や洗濯回数が伝えられ、衣類メーカーにこれらの情報が伝われば、新製品開発やリサイクルの効率化に役立つと考えられる。洗濯機を介した生地情報を洗剤メーカーと共有することも想定できる。この例は、製品の使い心地、感動、印象という体験に価値を置くUXのうち、使い心地の視点に限っているが、CADENCAプロジェクトの「目指す未来」の第二の社会に求められるUXの創造の一例である。リアルとネットをシームレスに結び、ユーザにとって新しい体験（UX）を実現する。

第三は、情報技術とものづくりの融合である。これは情報技術とものづくりの融合を目指し、IoTではなくIoM（心のインターネット）を実装することである。これは新型コロナウイルスの蔓延によって企業や教育の場に広がったオンライン会議システムの問題解決につながるを考える。オンライン会議システムでは、ディスプレイ上に会議参加者の顔を表示できるが、一方で脳は人と対面していると認識せず、お互いの感情を理解しようとするコミュニケーションが成立しないと言われている¹⁾。オンライン会議システムでは、情報や知識の伝達には十分であるが、組織的な知識創造には不向きなこと、相互に信頼関係を築けないなどの問題が指摘されている。この解決には、コミュニケーション時の音質の改善が有効であるという指摘がある²⁾ものの、いずれの問題もオンライン会議参加者の多くが、対面会議では当然のことと意識しなかった相手の感情を重視する契機になったと考えられる。1対1の電話での会話では、相手の息遣い、言葉を発するまでの間を感じ

取られたものの、それでも対面での会話には及ばなかった。共感する相手と空間を共有し、相手の仕草を無意識に真似するというような脳波のシンクロがないためと言われている。言葉を発するまでの間を時間的間合い、空間の共有を空間的間合いとすれば、この双方が成立してこそ充実したコミュニケーションとなり、これこそイノベーションの源泉である組織的な知識創造につながるIoM (Internet of Mind, 心のインターネット) である。組織的知識創造では、場の共有が必要³⁾であることの換言でもある。

そして第四は、日本独自の感性によるロボットを生み出すことである。日本人独自の感性の一つには人間に極めて近づけたヒューマノイドを抵抗なくつくれることがある。ユダヤ・キリスト教では、神が動植物や人間を創造し、特に人間は動植物などの自然や機械を支配する存在であるので、神が想像した人間に似せたヒューマノイドは許せないという価値観がある(人間が機械仕掛けで動く人形(オートマタ)を作ることは、神への挑戦といった側面がある)。

一方で、日本では日本書紀に登場する指南車、江戸時代の茶運び人形、さらに現代の鉄腕アトムなどに例があるように、古くからヒューマノイドに抵抗感がない。日本独自の感性によるロボットは、ヒューマノイドへの一つの解となるが、生活空間にヒューマノイドが入り込むと存在感が大きすぎ、精巧に人間を模したロボットは気味が悪いと感じる「不気味の谷現象」が存在し、拒否感が生じる。半球と円筒で構成する頭、胴体、手足を持つようなロボットでは、人間から遠く離れてしまいデザイン上生活空間との親和性が低下する。しかしながら、生活空間で利活用できるロボティクス技術は、国内では少子高齢化による労働人口の減少などの市場ニーズに応えるに留まらず、ロボティクス技術の進化や革新は新たなシーズの創出にあたる。

3. FAN-C (ファンシー) の創造

CADENCAプロジェクトの「目指す未来」の具現化を目指したFAN-C (ファンシー) のコンセプトを次に示す。FAN-CのFANには、楽しく (fun) 夢のある (Fantasy, 夢幻) デバイス家電の開発を目指す思いと、Cには3つのキーワードがあり、それぞれには、森沢が次の思いを込めている。

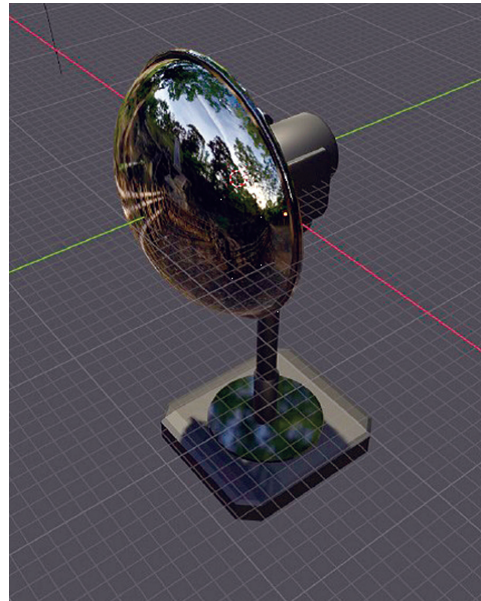


図1 FAN-Cデザインコンセプト

COMMUNICATION : 遠隔コミュニケーション時に表示される擬似ホログラム映像によって、相手の存在感を高める機能を持つ。これは、オンライン会議の課題である空間の共有を実現しようとする機能である。

COMPATIBLE : 扇風機 (サーキュレータ) の機能とホログラムによる情報表示機能の両立である。これには、スマートフォンの画面の共有、Wi-Fiアンテナの機能、Bluetoothスピーカの機能などを含む。

CONTENTS : エンターテインメントやサイネージなどのさまざまな映像コンテンツの表示ができる自宅を使う家電に位置付け、かつ扇風機

(サーキュレータ) 機能によって季節を問わず年間を通じて利用できる。

森沢はFAN-Cのデザインコンセプトを次のコミュニケーション支援、背面送風機能、家電機能の位置とし、これを次に示す。

コミュニケーション支援：正面にホログラム映像を投影する半透明のカバーを付け、かつ双方向のコミュニケーション支援のため、ロボティクス機能による相槌機能を設ける。

背面送風機能：DCモータによる静音扇風機(サーキュレータ)にも使えるように、風を背面から流す機能を設ける。

家電機能の維持：生活空間で違和感を生じさせないよう扇風機(サーキュレータ)のデザイン形状を残し、室内家電として利用するイメージを崩さない。

この3つのデザインコンセプトにもとづいたFAN-Cを図1に示す。FAN-Cを具現化にあたっては、ホログラムによる疑似立体視を意識した。そこで送風機の持つ羽根にLEDを取り付けたブ

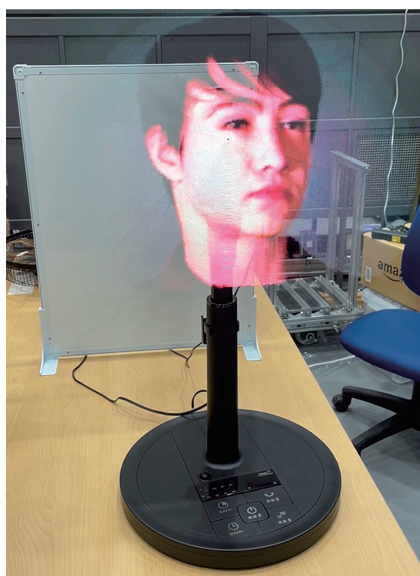


図2 FAN-Cのプロトタイプ
(森沢と河田の協働によるプロトタイプ)

レードを一定の回転数で回転させることで残像映像を表示させ、空中に立体映像が浮かぶようにした。映像は精細な再現ではなく、想像力の余白を残すこととした。なおBluetoothによる通信機能を持たせ、スマートフォンなどから映像を送信することで、FAN-Cが室内共有機能のベースステーションとなる機能を付加した。

4. CADENCAプロジェクトのイノベーションプロセス

4.1 技術革新の場と実用化までのプロセス⁴⁾

(1) リニアモデルの問題点

技術革新がどこで生じ、どのようなプロセスを経て実用化するのかという経営学上の問題がある。需要プルアプローチとは、新技術に対する需要が先験的に存在し、供給(企業)側の技術開発が進められ、その結果、技術革新が生じるという経路である。それに対し、技術プッシュアプローチ(図3)とは、科学・技術が発展し、その新たな技術を具体化した製品、製造プロセス、サービスが開発され、最終的に市場に投入されるという経路である。技術プッシュアプローチには問題があると1960年代後半の米国で指摘された。この背景には、技術革新と基礎研究の間に具体的な関係性が見られないにもかかわらず、基礎的研究に公的資金や企業の資源が投入されることへの意義に疑問が持たれ、科学の発展が技術革新を単線的にもたらすという政策への疑念が生じたことが契機

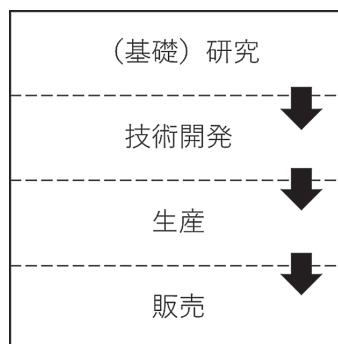


図3 技術プッシュアプローチの概念図

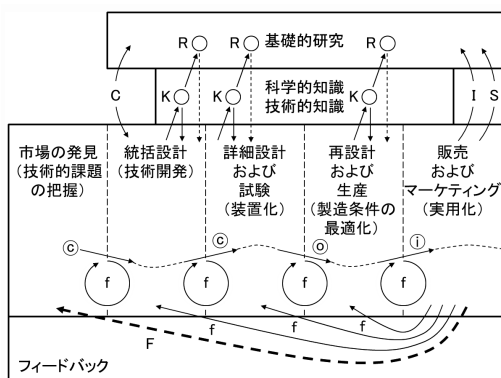


図4 クラインーローゼンバーグによる連鎖モデルである。なお、いずれのモデルもリニアモデルと呼ぶ。

(2) 連鎖モデルについて

図3に示す連鎖モデル⁵⁾は、KlineとRosenbergが1986年に公表した技術革新の場と実用化までのプロセスを示すモデルである。対象は新しい製品や製造システムであり、リニアモデルの問題解決がある。

この連鎖モデルでは、技術革新の契機の場合は、基礎的研究に加え、図中の基礎研究、市場の発見(技術的課題の把握)、統括設計(技術開発)、詳細設計および試験(装置化)、再設計および生産(製造条件の最適化)、販売およびマーケティング(実用化)であり、そのいずれの場でも技術革新の契機が生じる場あることを示している。例えば、詳細設計で生じた課題解決のためのアイデアは、実用化に向け再設計および生産へと移行し、最終的に販売およびマーケティング(実用化)に至る。課題に直面した場合には、科学的知識や技術的知識に解を求め(図中の経路K)、それでも解決しない場合には基礎的研究に解を求めるようになる(図中の経路R)。あるいはそれに要するコストを考慮し断念する場合もある。既存の知識や研究によって課題が解決すれば、課題が生じた場所に立ち返り、そこを起点に実用化に向かう。技術革新の契機の場である市場の発見、統括設計、詳細設

計および試験、再設計および生産、販売およびマーケティングから、図中の経路fで示すフィードバックが設定されている。なお、基礎的研究で生まれた新しい技術が統括設計(技術開発)に移行することもある(図中の経路C)。この経路Cの一例には、分光装置の基礎的研究で生まれたレーザーが加工に適用され、レーザー加工を生産プロセスで実用化させイノベーションを興した例⁶⁾がある。

4.2 技術革新の契機⁴⁾

技術革新がどのような契機で生じるかをRosenbergは焦点化装置(Focusing Device)というモデルで説明している。その概要を次に示す。

焦点化装置の前提には技術のシステム性がある。技術とは製品、製造設備、プログラムで、いずれもシステムを形成している。そのシステムは階層な複数のサブシステムで構成し、さらにサブシステムを分解し続けると最終的にはコンポーネント(部品)となる。サブシステムの間には複雑に相互に依存する特性(相互依存性)がある。すなわちサブシステム間に相互依存が成立することで、システムが機能する。そこで、何らかの原因によって、サブシステム間で成立していた均衡状態が崩れるか不安定になると、システムは機能不全に陥り、当事者は問題を是正したり、予防しようとする。

例えば、自動車で高速化を図るとすると、高速領域から安全に停止するためには、ブレーキの強化が必要となる。高速化のためのエンジンの出力向上によって安全性という観点から自動車というシステムに不均衡が生じる。この不均衡の是正は、課題解決の当事者によって行われるが、これを焦点化装置と呼ぶ。システムをとらえる範囲は、例えば地球でもよく、温暖化という地球というシステムの不均衡は、炭酸ガス排出量の抑制という課題解決に焦点化され、燃料電池車や電気自動車の開発の契機となる。

4.3 CADENCAプロジェクトのイノベーション プロセス

(1) CADENCAプロジェクトの契機

森沢の専門分野は、コンピュータグラフィクス、現実世界と仮想世界を融合であるXR、メディアアート、没入型メディア、そしてデジタルデザインである。この専門分野を背景に、デジタル技術による対話コミュニケーション、さらには芸術表現や感情メディア、そして感性コンピューティングや対話型ロボット開発を研究対象としている。

森沢の専門性とこれまでの研究活動こそ、当初は漠然としている問題に合焦する駆動源である。数々の問題の中から特定の問題に合焦し、問題解決のためのコンセプトを形成するには解釈のプロセスが重要となる。この解釈のプロセスをモチベーション（合焦の駆動源）とし、森沢は次のように整理した。

第一のモチベーション：ICTの普及によって発生する意欲低下や健康悪化等の影響を低減し、より良いコミュニケーションを生み出す技術を創出すること。世界規模で汎用性のある対話ツールの開発によって、いわゆるスマホ脳と呼ばれる生活習慣の改善につながる新技術を開発することである。

第二のモチベーション：優秀な日本の家電をリデザインである。市場に新しい製品を提案し、製品のデザインと機能に異なる視点（機能）を加えることで、従来の家電の特徴を残した独自の製品を開発することである。

これらの研究を推進する中、2020年初頭からの新型コロナウイルス蔓延により、室内での生活時間増加と感染対策に求められる家電の役割に注目した。また、前述したリモートワークで急速に広まったオンライン会議システムの問題や、長時間のディスプレイ視聴による脳内セロトニン分泌の

低下の問題の解決を狙い、現状のオンラインコミュニケーションに代替する新技術の開発を森沢が焦点化し、第2章で述べたコンセプトを形成した。このコンセプトの概形が「家電+〇〇」であり、これをCADENCAプロジェクトと命名した。

(2) CADENCAプロジェクトのイノベーション のプロセス

CADENCAプロジェクトのコアコンセプトが決まり、これを森沢は、自ら3D-CADによって具現化した。コンセプトの具現化には、その言語化に加え図が重要であるが、森沢によるFAN-Cの3D-CAD画像は、コンセプトの訴求力を大幅に高めることに成功した。ここで森沢は、デザインコンセプトを洗練させ、さらにデバイスの方向性、試作の可能性を一人でまとめている。ここまで、森沢は、図5に示す連鎖モデルの濃い網掛け部分（科学的知識・技術的知識を活用し、市場の発見と一部の統括設計）を担当している。

次のフェーズは、FAN-Cの3D-CAD画像を活用し本学工学部の河田、高橋と向井が試作開発に必要な要素の検討を行う組織的な知識創造になる。FAN-Cの扇風機（サーキュレータ）の機能には、ブレード部とLEDの一体化が必要で、それには流体力学や材料力学の知識が必要となる。そこで河田が持つ品質工学によるものづくりの研究者の視座からもFAN-Cの具現化を進め、3Dプリンタを用いたブレード部の最適化を河田研究室で続けている。

また、地域企業に対してもFAN-Cの具体化に向けCADENCAプロジェクトへ参入を打診するなど、組織的知識創造を加速している。ここまでのプロセスを連鎖モデルの設計及び試作、再設計となり、図5中の薄い網掛け部分となる。

(3) CADENCAプロジェクトの今後

FAN-Cは、2023年初頭にプロトタイプ製作の段階に到達し、技術革新のプロセスでは最終段階に近づきつつある。安全性信頼性の客観的評価を

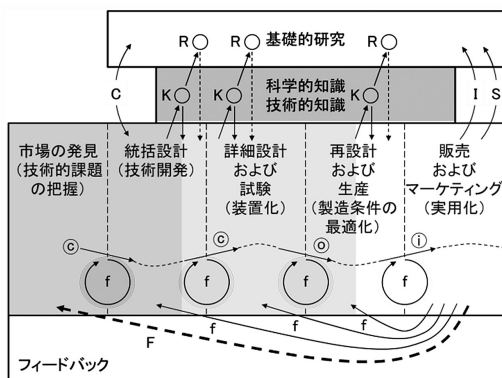


図5 CADENCAプロジェクトのイノベーションプロセス
 経て確証を得た後、市場に試験投入し、市場からのフィードバックを受ける計画である。例えば、学内イベントや地域主催の産業イベントでプロトタイプを披露する予定である。

5. CADENCAプロジェクトの教育的な効果

社会に存在する漠然とした数々の問題の中から特定の問題に焦点を当て、問題解決のコンセプトを形成するプロセスから、それを具体化した製品を市場投入するまでの技術的課題の解決を大学内で完結するのが、CADENCAプロジェクトである。企業での活動は、分業され調整された範囲での実施が要求されるので、大学発のイノベーションを通じ、そのプロセスを経験することは、将来、イノベーションを担う人材育成にとって非常に有効である。

6. まとめ

CADENCAプロジェクトは、従来の家電の特徴を残した独自の製品の開発を通じ、生活習慣の改善につなげる新技術を開発すること、すなわち、コンセプト創造からイノベーションまでを対象としていることが特徴である。今回、ここで示したFAN-Cは一つの事例であり、これを成功させイノベーションの事例としたい。

参考文献

- 1) https://www.nttdatastrategy.com/newsrelease/2206_3.htm
- 2) <https://diamond.jp/articles/-/312189>
- 3) 野中郁次郎, 竹内弘高, 知識創造企業, 東洋経済新報社 (1996)
- 4) 加藤俊彦, 技術システムの構造と革新, 白桃書房 (2011)
- 5) Kline, S. and N. Rosenberg, An Overview of Innovation, in R. Landau and N. Rosenberg (Eds.), The Positive Sum Game, National Academy Press, pp. 275-305 (1986)
- 6) 及川昌志, 河田直樹, レーザ加工技術の革新のメカニズムに関する研究, 埼玉工業大学人間社会学部紀要第17号 (2019.3)

