

日本 MOT 学会による査読論文 (2024-1)

大学発ディープテック・スタートアップを駆動する
ダイナミック・ケイパビリティとアントレプレナーシップ
Dynamic Capability and Entrepreneurship drives University-originated
Deep-Tech Startup

太田 啓文
Hirofumi Ota, Ph.D.

要 旨

本稿の目的は、ダイナミック・ケイパビリティとアントレプレナーシップの視座から、開発リスクの大きいディープテック・スタートアップ Dinow の形成プロセスを明らかにすることである。結果として、創業者のダイナミック・ケイパビリティが教え子の CEO を駆動する一方、創業者のアントレプレナーシップが同社の活動を社会実装へと誘起していることが示された。

ABSTRACT

This study is aimed at unveiling the formation process of Dinow Inc., a deep-tech startup possessing high development risks. As a result, the entrepreneurship of Founder induces this company's activities toward social implementation while her dynamic capability drives CEO, her doctoral student.

キーワード：ディープテック, 大学発スタートアップ, ダイナミック・ケイパビリティ, アントレプレナーシップ, DNA 損傷評価技術

投稿区分：研究ノート

1. はじめに

細胞は生命の設計図ともいえる DNA を持っているが、この DNA に放射線が当たると、当たった量に応じて DNA の一部が壊れることがある。DNA を傷つける原因は、放射線以外にも、食物の中の発がん物質、たばこ、環境中の化学物質、活性酸素等があり、一日 1 細胞当たり、1 万から 100 万箇所の頻度で DNA は損傷を受けているといわれている。細胞には DNA

損傷を修復する機能があり、DNA が損傷を受けると、修復酵素が駆けつけてこうした傷を修復するが、修復には完全に修復される場合と一部が不完全に修復される場合がある（環境省ホームページ）。

放射線による DNA 損傷への関心が一気に高まったのは、2011 年に起きた東日本大震災である。福島第一原子力発電所の事故発生で、多くの日本人にとって放射線による健康への影響が懸念される事態となった。2011 年 3 月にアメリカから帰国した中村麻子

氏 (以下、中村氏) は、東日本大震災の被災者から放射線の影響に対する強い不安を感じる機会に遭遇し、米国立衛生研究所 (以下、NIH) で研究員として携わった DNA 損傷修復関連タンパク質 H2AX を用いた DNA 損傷評価技術の社会実装に向けた研究に着手した。その研究から、特に γ -H2AX アッセイの特徴を活かした放射線被ばく線量評価、損傷修復評価、ヘルスケア評価を軸とした事業化を見据え、2020 年 3 月に大学発ディープテック・スタートアップの株式会社 Dinow (以下、Dinow) を設立したうえで、DNA 損傷評価技術の活用による新たなヘルスケア事業の創出を目指している。

ディープテックとは、変化の激しい現代社会に広がる根深い課題、いわばディープイシューを最先端のテクノロジーで解決しようとする取り組みを指す (中田, 2022)。米国を中心に、開発リスクの大きいディープテックへスタートアップが挑戦している。とりわけ、宇宙開発スタートアップのスペース X 社が、NASA に代わって民間企業として初めて有人宇宙飛行を成功させたことは記憶に新しい。この成功事例が呼び水となり、ディープテック・スタートアップへの投資が増えている。一方、日本では、経済産業省が 2001 年に発表した大学発ベンチャー 1000 社計画により、大学発ベンチャーの企業数が 2004 年末には 1099 社まで到達したが (経済産業省, 2005)、経営者人材の不足などから成功した企業はごく一部に限られ、必ずしも当初の想定通りとはなっていない。しかしながら、昨今のディープテック領域に代表される大学発スタートアップへの注目の高まりに呼応する形で、2022 年には「スタートアップ育成 5 か年計画」として、スタートアップ・エコシステムの構築が再び国家戦略に位置づけられた。実際、カーボンニュートラルな発電が可能な核融合装置を開発する京都大学発スタートアップの京都フュージョンアリングや、iPS 細胞由来の再生心筋により、心不全患者の治療を目指す慶應大学発スタートアップの Heartseed などの大学発ディープテック・スタートアップが登場しているが、海外に比べると国内はまだこれからという状況にある。

そこで本稿では、日本ではまだ珍しい大学発ディープテック・スタートアップの Dinow を起業した中村氏と教え子で同社 CEO の高橋健太氏 (以下、高橋氏) へのインタビューをもとに、中村氏のこれまでのアクティビティを丁寧に辿り、ダイナミック・ケイパビリティとアントレプレナーシップの視座から、開発リスクの大きいディープテック・スタートアップの形成プロセスを明らかにすることを目的とする。

2. 理論的背景

2.1 ケイパビリティとダイナミック・ケイパビリティ

企業には、技術や人材、ブランドなど自社が保有する多様な経営資源を組み合わせ活用する企業としての能力、すなわちケイパビリティがある。安定した環境下では、企業は自社内の経営資源を効率的に活用するためのルーティンやルール形成が有効であり、これらの規範の下で企業が有するケイパビリティはオーディナリー・ケイパビリティと呼ばれる (Helfat & Winter, 2011)。しかし、変化の激しい環境下では、オーディナリー・ケイパビリティのみに頼らず自らを変革しなければ、取り巻く変化に追従できず陳腐化してしまう危険性を孕んでいる (Leonard-Barton, 1992)。こうした事態を回避し、企業が環境に応じて自ら変化するケイパビリティとして、ダイナミック・ケイパビリティがある。ダイナミック・ケイパビリティは比較的新しい概念で、経営環境の変化の度合いや経営者による経営資源の認知など分析が困難なうえ状況依存的な側面を持つとされ (Helfat & Winter, 2011)、研究者によってもさまざまな解釈が存在し、依然研究途上との指摘もある (福澤, 2013)。

Barreto (2010) は、ダイナミック・ケイパビリティに関するこれまでの研究の体系化を試み、ダイナミック・ケイパビリティには少なくとも 8 種類の定義があるが、それらの定義は進化的理論に立脚する議論とリソース・ベスト・ビューを基盤とする議論の大きく 2 つに分類されると指摘している。進化的理論に基づく議論では、変化の激しい環境下においては、企業は数を絞ったシンプルなルールだけを組織内にルーティンとして徹底させ、それ以外は状況に応じて柔軟に意思決定すべきであるとされている (Eisenhardt & Martin, 2000; Zollo & Winter, 2002; Bingham & Eisenhardt, 2011)。それゆえ、ダイナミック・ケイパビリティは組織ルーティン化でき、組織に埋め込まれると論じられている (Eisenhardt & Martin, 2000)。一方、リソース・ベスト・ビューに基づく議論では、脅威や機会を感知し、機会を捕捉して資源を再構成・再結合して競争優位を獲得する能力が求められると指摘されている (Teece, Pisano & Shuen, 1997; Teece, 2014a; Teece, 2014b)。そのうえで、Teece (2012) は、経営資源の組み合わせに対する変化の評価や処方には経営層の関与が大きいとし、ダイナミック・ケイパビリティは経営者をはじめとする少数個人に宿ると指摘している。

ここまでの先行研究レビューを受けて、本稿では、DNA 損傷評価に係る自身の専門性を経営資源として、高橋氏とともにディープテック・スタートアップ

Dinow を起業した中村氏個人のアクティビティにフォーカスするゆえ、リソース・ベースト・ビューに立脚する Teece らの主張に沿って、以降の議論を展開する。

2.2 ダイナミック・ケイパビリティとアントレプレナーシップ

企業の経営資源の新たな結合を促進する役割として、アントレプレナーの存在が指摘されている (Shumpeter, 1934/1983)。環境の変化に応じて経営資源を柔軟に組み合わせるダイナミック・ケイパビリティは、経営層をはじめとする少数個人に宿るゆえ (Teece, 2012)、ダイナミック・ケイパビリティとアントレプレナーの密接な関係が想起される。アントレプレナーは、現在掌握している経営資源に囚われずにビジネス機会を追求する役割を担うが、そのプロセスや行動特性はアントレプレナーシップと定義されている (Stevenson & Jarillo, 1990)。そして、アントレプレナーシップがダイナミック・ケイパビリティを駆動し、新たな資源の結合へと導く (Penrose, 1959; Teece, 2016)。すなわち、ダイナミック・ケイパビリティとアントレプレナーシップが企業の戦略やパフォーマンスに影響を及ぼし、企業の変革度合いを左右する (Eliasson, Wiklund & Davidsson, 2002)。

ダイナミック・ケイパビリティが、企業内部・外部の資源を構築したり、開発したり、統合したり、再構成したりする一方、アントレプレナーシップは企業の変革に対する意欲や態度を司る (Wiklund, 1998)。すなわち、アントレプレナーシップは、企業が戦略的な成果を達成するために、イノベティブでありたい、プロアクティブでありたい、リスクを取った行動をしたいという企業のモチベーションに強く関与する (Covin & Slevin, 1989)。それゆえ、ダイナミック・ケイパビリティは組織開発や、製品開発、アライアンスといった多様な実務の実行に寄与するのに対し、アントレプレナーシップはより高度な戦略レベルを差配すると考えられる。換言すれば、アントレプレナーシップは、ダイナミック・ケイパビリティに依拠する実務の遂行方針に対して価値判断を与え、実行方針を決定する役割を担う (菊澤, 2019)。

ここまでの先行研究レビューを受けて、本稿では Stevenson & Jarillo (1990) のアントレプレナーシップの定義に基づき、中村氏や高橋氏が現在掌握している経営資源に囚われずにビジネス機会を追求しているかを、社会実装に向けた Dinow の包括的なアクティビティによって確認する。あわせて、菊澤 (2019) によるアントレプレナーシップの解釈を参考に、アントレプレナーがダイナミック・ケイパビリティに

対して果たす役割についても明らかにする。翻って、Dinow の起業は、東日本大震災の被災者による放射線影響への強い不安をどうにかしたいという中村氏の思い、すなわち価値判断を体現したものであるがゆえ、あらためて本稿では、ダイナミック・ケイパビリティに加えアントレプレナーシップをも射程に収め、分析を進めていくこととする。

3. DNA 損傷評価技術

ここではまず、茨城大学理学部生物科学コース中村麻子研究室ホームページを参考に、DNA 損傷評価技術について概観する。人間の遺伝情報を担う DNA には常にさまざまな損傷が発生している。その中でも特に DNA の二本鎖切断 (以下、DSB (=Double-strand break)) は、染色体異常、細胞の老化、さらには細胞のがん化に深く関わる致命的な損傷といわれる。そのため、細胞は相同組み換えや非相同 DNA 末端再結合など複数の損傷修復経路を有しており、日々発生する DNA DSB を修復している。そうした DNA 損傷修復過程において重要な因子の 1 つがヒストン H2AX である。H2AX はヌクレオソームを構成するコアヒストンの 1 つの H2A のバリエーションであり、DNA DSB が発生すると傷周辺の H2AX は直ちにリン酸化される。このリン酸化された H2AX を γ -H2AX と呼ぶが、多くの DNA 損傷修復タンパク質は γ -H2AX と相互作用することで DSB 部位に局在し、DNA 損傷修復を正確に行うことができる。すなわち、DSB 発生後 H2AX が速やかに γ -H2AX へ変化することにより、DNA DSB の位置を損傷修復タンパク質に知らせているといえる。 γ -H2AX は DNA DSB が発生した周辺に形成されるため、放射線などによって DNA 損傷が誘発された細胞を γ -H2AX に特異的な蛍

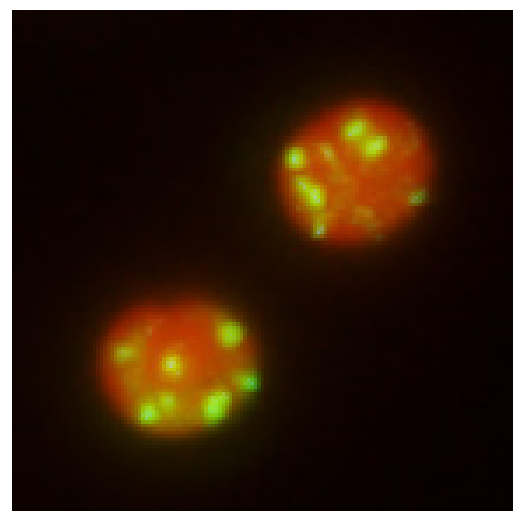


図1 ヒトリンパ球の DNA 損傷検出
出所：茨城大学理学部中村麻子教授より提供

光標識抗体を用いて免疫染色すると、DNA DSB 部位を γ -H2AX フォーカスによって可視化することができる (図 1)。

蛍光標識抗体で DNA 損傷を可視化する技術は γ -H2AX アッセイと呼ばれる。 γ -H2AX アッセイは 1.2mGy 相当の放射線被ばくによって生じる DNA 損傷の検出ができるほど高感度で、DNA 損傷数と比例する定量性を有し、数時間で解析結果が得られ、すべての生物に共通する汎用性を持つ。一方、従来の γ -H2AX の検出における課題としては、実験室レベルでの検出に留まり現場での検出が困難なことや、解析を行うためのリンパ球分離操作が煩雑なこと、数ミリリットルの血液サンプルが必要なことなどが挙げられる。また、これまでの血球分離マイクロ流路チップにおける課題では、中間サイズの血球成分のみを分離するのが困難なことや、特定成分を特定の場所に整列分離できるものが少ないこと、チップ内での免疫染色作業を行うものはないことなどがある。

4. DNA 損傷評価技術の社会実装に向けた取り組み

2022 年 11 月 18 日におよそ 2 時間にわたって中村氏にインタビューしたのち、2023 年 7 月 26 日に 1 時間余りにわたり高橋氏に補強インタビューを行い、その後あらためて両氏のファクトチェックを経た内容に基づき、DNA 損傷評価技術とその社会実装への歩みを辿る。

4.1 NIH 研究員時代

中村氏の NIH 時代の上司は William M. Bonner 博士 (以下、Bonner 氏) で、DNA 損傷に係る修復機構研究の国際的権威である。Bonner 氏のほかにも早くから H2AX の社会実装に関心を寄せていた研究者はおり、Sylvain Costes 氏 (以下、Costes 氏) もその一人である。Costes 氏は、Lawrence Berkeley National Laboratory 所属時にバイオベンチャーの Exogen Biotechnology 社 (以下、Exogen) を共同で立ち上げ、中村氏に先行して 2016 年頃より DNA 損傷評価技術をもとにしたサービス事業に参入した。しかしながら、Exogen はサービス開始当初より、広く一般顧客を対象とした DNA 損傷診断サービスの事業化を目論んだため、DNA 損傷データの蓄積とサービス展開の歯車が充分かみ合わず、現時点においても思惑通りの事業拡大が図れていないとみられる。Costes 氏はすでに Exogen を離れ、NASA にて宇宙空間での放射線被ばくに関する DNA 損傷評価技術の研究に従事している。中村氏は、Exogen が広く一般顧客を対象としたためターゲティングがあいまいとなり、充分

ビジネス訴求できず事業の停滞を招いていることや、Exogen を離れた Costes 氏が、業務被ばく者を念頭に宇宙空間での放射線被ばくの研究に従事していることが、Dinow の立ち上げにあたり大いに参考になったと述べている。

4.2 現場で利用可能なデバイス開発の検討

NIH から帰国後、2013 年から茨城大学に着任した中村氏は、DNA 損傷評価の社会実装に向けて、実験室レベルではなく現場で γ -H2AX の検出が可能なデバイス開発の必要性を強く感じていた。そこで茨城大学研究・産学官連携機構に相談し、首都圏北部 4 大学連合 (茨城大学、宇都宮大学、群馬大学、埼玉大学) の各大学産学連携課を通じて連携先を模索した結果、群馬大学大学院理工学府知能機械創成部門教授の鈴木孝明氏 (以下、鈴木氏) の紹介を受けた。鈴木氏は、マイクロナノ加工技術とそのシステムに関する設計・解析・開発や、染色体や細胞を解析するバイオデバイスの研究開発などを専門としており、その技術を活用して 2016 年より γ -H2AX 検出を目的とする MEMS (Micro Electro Mechanical System) デバイスの開発に関する共同研究を進めることとなった。この共同研究成果は知的財産化され (特開 2021-107043 「固液分離装置」)、現場レベルで利用可能な PDMS マイクロ流路チップの実現可能性が確認された。

4.3 外部資金の獲得

この動きとは別に、中村氏は、文部科学省科学研究費補助金新学術領域研究「宇宙に生きる」に 2016 年から公募研究者として参加し、『宇宙リスク管理のためのナノマイクロデバイスを用いた DNA 損傷検出システムの開発』という研究課題に基づき研究を進める機会を得た。中村氏は、この新学術領域研究への参画を通じて、PDMS マイクロ流路チップによる線量評価の有効性や、宇宙空間での実用化に向けた意見を得ることとなった。こうした成果も踏まえ、中村研究室大学院生の高橋氏が、2018 年の日本宇宙生物科学会第 32 回大会において、『PDMS マイクロ流路チップを用いた DNA 損傷評価システムの開発』というタイトルで口頭発表を行い、宇宙ステーションや原発事故などの「現場」における DNA 損傷評価デバイスとしての PDMS マイクロ流路チップの有用性をあらためて示した。

4.4 事業化に向けたパトロンとの遭遇

一方、茨城大学研究・産学官連携機構を通じて、株式会社リバネス (以下、リバネス) から、中村氏の DNA 損傷評価技術に関する取り組みについて関心

が寄せられていた。リバネスは、企業間連携の促進や教育プログラムの開発などを手掛けるベンチャーで、茨城県主催の科学技術・ビジネスシーズ発掘プログラム「茨城テックプランター 2018」の企画・運営を担っていた。リバネスからこのプログラムへの参加の打診を受けた中村氏は、「iKnow Damage」というコンセプトのもと、『現場で評価！ DNA 損傷モニタリングシステムの開発』というタイトルで 2018 年 10 月の選考を通過し、同年 11 月開催の第 2 回茨城テックプランングランプリのファイナリストとして、同プログラムの地域開発パートナーであった NOK 株式会社（以下、NOK）による「NOK グループ 日本メクトロン賞」を受賞した（テックプランターホームページ）。

これをきっかけにヘルスケア関連の新規事業展開を模索していた NOK との交流が始まり、2018 年より PDMS マイクロ流路チップの量産化に向けた共同研究に着手した。量産化にあたっては、群馬大学との共同研究成果とは異なる実現方式の検討が進められることとなった。翌 2019 年には、新たに「iKnow Damage」の代表となった高橋氏が「バイオテックグランプリ 2019」において『DNA 損傷モニタリングシステムの開発』と題し、取り組みの進捗状況について発表を行った。そして 2021 年に、少量の血液を流すだけで血液中から DNA を含む白血球のみを捕捉するマイクロ流体チップ「白血球捕捉チップ」の開発に至った（Dinow・NOK プレスリリース）。この成果は権利化され（特願 2022-553758「白血球捕捉デバイス」）、量産化への見通しが立つこととなった。

上記の動きと並行して、中村氏は、DNA 損傷評価技術を軸としたヘルスケアサービス事業化を見据え、NOK と同じく「茨城テックプランター 2018」の地域開発パートナーであった株式会社フォーカスシステムズ（以下、フォーカスシステムズ）との連携を深め、2019 年より共同研究を開始した。

4.5 Dinow の設立

その後、茨城県やリバネス、銀行などの後押しもあり、2020 年に高橋氏を CEO、中村氏を CTO として、「iKnow Damage」を由来とする Dinow の設立に至った。高橋氏は、茨城大学理学部入学当初は地球環境科学コースに所属していたものの、自身の関心の変化から生物科学コースへ転コースし、茨城大学大学院理工学研究科量子線科学専攻にて生物学領域におけるデバイスづくりに強い動機を持った。中村氏の働きかけもあり、自ら手掛けたデバイスを実験室に留めるのではなく、広く社会で活用してもらいたいというマインドを醸成し、その実現のフィールドを Dinow に求めることとなった。

Dinow は、DNA 損傷評価技術を利用したヘルスケア事業の推進にあたり、DNA 損傷・生体情報・生活習慣等に関わる情報を取り扱うため、その社会実装にあたっては、高度なセキュリティを備えたデータベースの構築と、これらを活用した安全なソフトウェアの開発が不可欠となる。そこで、茨城大学が生体試料を用いた γ -H2AX アッセイの実施ならびに DNA 損傷データの収集、Dinow が生活習慣・生体情報と DNA 損傷レベルとの相関性分析ならびに DNA 損傷データベースに基づく疾病リスク評価、フォーカスシステムズがセキュリティ性の高いデータベースの構築やデータベースを用いたヘルスケアウェブアプリケーションの開発に加え、DNA 損傷・生体情報データを用いた要因推定法の開発について、それぞれ分担したうえで共同研究を進めている。将来的には、疾病リスクの推定を活用したソリューション事業を展開し、社会の QOL 向上を目指している（フォーカスシステムズ・茨城大学・Dinow プレスリリース）。

Dinow では、こうした産学官連携を活用しながら、放射線業務従事者や航空業務従事者、震災被災者などの放射線被ばくリスクの推定、DNA 損傷の経時的測定による DNA 損傷修復能力の測定に基づく被ばくキャパシティの把握、DNA 損傷に基づく生活習慣の健康リスクの可視化の 3 つを軸とするヘルスケアサービスの事業化を目指している（Dinow ホームページ）。Dinow は、2021 年には茨城県科学技術振興課が主催する「いばらき宇宙ビジネス支援事業」に、また 2022 年には「いばらき宇宙ビジネス事業化実証プロジェクト」に続けて採択され、宇宙空間における人体への放射線影響を現場で迅速に評価できる装置の開発ならびに実証に取り組んでいる。

4.6 Dinow の事業戦略とロードマップ

放射線量の測定装置として体幹部測定用線量計があり、国内では株式会社千代田テクノルのガラスバッジや長瀬ランダウア株式会社のルミネスバッジなどが知られている。国内では、国際放射線防護委員会の勧告に基づいた法令により年間実効線量限度が定められており、一般公衆では年間 1mSv、放射線業務従事者では年間 50mSv となっている。しかしながら、年間 5mSv 程度の被ばく量の航空業務従事者の皮膚がん有病率が 1.5～2 倍という報告（McNeely et al., 2018）や、年間 2.4mSv 程度の被ばく量の原発業務従事者の肺がん・肝がん死亡率が約 1.4 倍との報告（公益財団法人放射線影響協会, 2020）があり、線量の情報だけでは人体への直接の影響を正確に把握することが難しいことが指摘されている。

こうした動きを受けて、DNA レベルでの放射線被

ばく量の推定を通じて個人への放射線の影響をよりミクロに見たいという要請から、今日 γ -H2AX に対する DNA 損傷評価キットは複数販売されているものの、いずれも分析には遠心分離機や顕微鏡など実験室レベルの設備が求められる。それゆえ、Dinow が希求する現場での活用を想定した社会実装には、従前とは異なるアプローチが不可欠であった。群馬大学の鈴木氏との共同研究により、現場で利用可能な PDMS マイクロ流路チップの実現可能性は明らかとなったが、実用化に向けてはより高精度かつ量産化に向くチップが必要ゆえ、NOK、Dinow、茨城大学による白血球捕捉チップの開発へと進展が図られた。そして、この成果の知的財産化が、DNA 損傷評価技術の社会実装を目指す Dinow の圧倒的な競争優位性の確保に結実している。白血球捕捉チップで現場での被ばく線量の推定は可能となるが、現状その分析は設備のある実験室へ持ち帰ることが必要となる。そこで、Dinow ではチップを自動で解析する持ち運び可能な小型デバイスの開発に 2021 年から取り組み、2023 年現在すでに第三世代の試作まで開発が進んでいる。チップを通じた現場での被ばく線量の推定に加え、解析デバイスの可搬化は競合他社の追従を許さず、この点においても Dinow の際立った競争優位性が見込まれる。

Dinow がターゲットとする市場は、国内原発事業従事者 2 万人、国内医療事業従事者 16 万人、国内航空事業従事者 2 万人、米国航空事業従事者 15 万人、世界航空事業従事者 34 万人と考えられており、それらに加えて世界の宇宙事業従事者 250 万人（株式会社日本能率協会総合研究所, 2022）、職業被ばく全体で 2400 万人規模（International Labour Organization, 2022）が該当する。こうした事業従事者を雇用する企業や団体等に対して、毎月 1 回の検査で年間 12 回分の DNA 損傷データに基づく検査を行い、その検査料を主な事業収入とするビジネスモデルを想定している。

一般に、こうした血液採取を伴う検査は体外診断用医薬品として薬事承認が求められるゆえ、独立行政法人医薬品医療機器総合機構の承認審査の対象となり、実際にサービス提供できるまでに相当の時間を要することとなる。そこで、Dinow では早期の事業化を見据え、薬事承認を回避したサービス提供を行うことを想定している。具体的には、第一段階にあたる 2025 年度にかけてのサービス開始時には、検査機器を用いない検査を自由診療として展開し、その後の小型解析デバイスの完成を待って、自己採血による血液量 1 滴に基づく簡易血液検査の扱いによりサービス提供していくことを目論む。

今後、事業展開していくうえで、福島での原発事故

のような不測の事態に備えるべく、高線量被ばくデータの不足を補っていくことが不可欠である。そこで Dinow では、ロケット等の打ち上げ機会を活用して宇宙での医学データを蓄積することで、高線量被ばくデータの網羅性を高めるべく取り組んでいる。原発事故で想定される被ばく量は 100-200mSv とされるが、宇宙での被ばく量は 100-300mSv に上ると言われており、宇宙での医学データの蓄積が原発事故など地上での大規模災害時に活用できると考えられる。Dinow では、宇宙でのデータ蓄積を通じて、当面は原発や医療、航空など地上事業従事者へのサービス展開を進め、最終的には宇宙事業従事者へのサービス展開まで昇華させることで、地上・宇宙すべての健康管理を改善する成長戦略を描いている。

こうした Dinow の展望を具現化するうえで、各分野の専門家の存在が欠かせない。製品化を控える小型解析デバイスの開発は、医療分野の機器開発の豊富な経験を有するエンジニアや UI デザイナーを中心に進められている。また、そのデバイスを宇宙実証用に改良する際の仕様変更や、宇宙実験のリソース確保に係る JAXA や NASA との交渉などは、JAXA に現在も在籍する顧問の貫井智之氏が担当している。なお、医学面については、元 JAXA 航空宇宙医師の経歴を持つ顧問の嶋田和人氏が支え、民間宇宙旅行者向けの医学検査サービスの開発に携わる一方、現場での医学検査実施の役割も担う。加えて、先端医療の宇宙医学への活用や、医学検査の設備、サービス提供に関するノウハウ等は、先進的な診療体制を確立している多治見スマートクリニックのサポートを受けている。

Dinow では 2025 年度にかけての DNA 損傷評価に係る事業化を見据え、その事業運営をこれまで福島テッククリエイティブプログラムなど近隣自治体からの資金調達で主に賄ってきたが、今後は NEDO や経産省などの競争的研究費の獲得に加え、エクイティ・ファイナンスの活用も視野に入れている。そして最終的には、2030 年度頃の IPO、M&A 等の出口戦略を描いている。

5. 考察

5.1 ダイナミック・ケイパビリティの視座

Teece, Pisano & Shuen (1997) におけるダイナミック・ケイパビリティの定義を発展させ、Teece (2007) は、ダイナミック・ケイパビリティを脅威や機会を感知したのち、機会を捕捉して資源を再構成・再結合して競争優位につながるビジネスモデルを生み出し、その新たなビジネスモデルのガバナンス体制を整備したうえで学習する仕組みを構築するなど、組織へと定着させる能力とあらためて定義している。

そして、脅威や機会を感知する能力として sensing、機会を捕捉して資源を再構成・再結合して競争優位につながるビジネスモデルを生み出す能力として seizing、そのビジネスモデルのガバナンス体制を整備したうえで学習する仕組みを構築するなど、組織へと定着させる能力を transforming とそれぞれ提示している。そこで以降の考察は、sensing、seizing と transforming の3つに分けて進めることとする。

5.1.1 sensing

中村氏は、米 NIH で DNA 損傷修復関連タンパク質 H2AX を用いた DNA 損傷評価法 γ -H2AX アッセイの確立に関わる研究者であったが、帰国後、東日本大震災の被災者から感じた放射線の影響に対する強い不安を知り、自身の専門である DNA 損傷評価技術を活かせないかと思料した。そして、実際に中村氏は、米 NIH 研究員時代からの知見をもとに、被災者に対する放射線被ばく量の可視化を企図するとともに、H2AX 研究者が先行してアメリカで起業したバイオベンチャーの動向も踏まえて、事業化に向けたターゲティングに活かしている。このことから、中村氏が外部環境を俯瞰し新たな機会を感知する能力を有することが想起されるゆえ、中村氏がダイナミック・ケイパビリティにおける sensing 能力を具備することが示唆される。

5.1.2 seizing

中村氏は、PDMS マイクロ流路チップの開発では、茨城大学研究・産学官連携機構から紹介を受けた群馬大学との共同研究を通じて実現性に目途をつける一方、文部科学省科学研究費補助金の獲得を皮切りに外部資金の調達を進め、事業化に向けた動きを本格化させている。加えて、学会等への参加を通じて、専門家から自身の取り組みについて意見聴取を行い、方向性の検討に活かしている。一方、チップの量産化では、群馬大学との共同研究とは別に、茨城大学研究・産学官連携機構へ連携を打診していたリバネスが企画・運営するプログラムの地域開発パートナーであった NOK との共同研究に取り組んでいる。さらに、DNA 損傷評価技術の社会実装に向けたサービス化では、同じくリバネスが企画・運営するプログラムの地域開発パートナーであったフォーカスシステムズとの共同研究を手掛けており、目的に応じて、都度適切な外部連携先を選択している。そのうえで、最終的には茨城県やリバネス、銀行などの後押しを受けて、教え子の高橋氏とともに Dinow の設立に至っている。Dinow 設立後は、高橋氏を中心に、デバイス開発をはじめ、医療、宇宙各分野の専門家からなる運営体制を構築し、外部の知見を十二分に活用

しながら事業化に向けて取り組んでいる。

また、資金調達の側面では、これまでの自治体等からの助成に加え、競争的資金の獲得やエクイティ・ファイナンスの活用も視野に入れている。ディープテック・スタートアップゆえ開発リスクが大きいこれまでの一連の活動は、適時な資金調達なしには存続しえず、それは偏に Dinow による社会実装に向けたアクティビティの客観的妥当性を示す証左と言える。

すなわち、中村氏は、機会を捉えて多様な外部連携を活用しながら、資源を的確に組み合わせることで DNA 損傷評価技術の Dinow を通じた事業化を見据えている。Dinow ではすでに権利化されている白血球捕捉チップに加え、解析デバイス可搬化の実現にも見通しを立てており、その技術的優位性は競合他社の追従を許していない。サービス提供にあたっては血液採取が必要ゆえ一般的には薬事承認が求められるが、Dinow ではまず検査機器を用いない自由診療を進め、その後自己採血による簡易血液検査の扱いでのサービス提供を想定することで、薬事承認を得ずに事業を行う薬事戦略を描いており、早期の事業化に向けた布石が投げられている。現時点において、現場で測定、分析できるチップと可搬デバイスを提供しうる競合は見当たらず、思惑通りに 2025 年度にかけて事業化に至れば、既存の体幹部測定用線量計を置き換え、Dinow がターゲットとする DNA 損傷評価に係る巨大市場を一気に席卷する可能性を秘める。それゆえ、中村氏はダイナミック・ケイパビリティにおける seizing 能力をも併せ持つことが示唆される。

5.1.3 transforming

当初、東日本大震災の被災者から感じた放射線の影響に対する強い不安に応えたいとする中村氏個人の強い思いから始動した取り組みは、教え子の高橋氏との Dinow の起業へとつながり、適時に外部資金を調達しながら、デバイス開発、医療、宇宙各分野の専門家らによる集団運営体制を築くに至っており、DNA 損傷評価技術の社会実装に向けた基盤整備が着実に進められている。それゆえ、中村氏がダイナミック・ケイパビリティにおける transforming 能力を具備することが示唆される。一方で、Dinow が見据える事業化に向けては、現組織体制からの飛躍的な規模拡大が不可欠ゆえ、組織がスケールする中で、とりわけ Dinow に根付く組織ルーティンやガバナンス、学習する仕組みなどが維持され定着し続けるかについては未知数であり、今後の継続した注視が求められる。

5.2 アントレプレナーシップの視座

中村氏は帰国以来、自身の DNA 損傷評価技術という専門性を、被災者や業務被ばく者などの放射線被ばく量の可視化に活用すべく、10 年以上にわたり一貫して社会実装に向けて取り組んでいる。ここまでの道程は当然のことながら一筋縄ではなく、幾多の困難が立ちはだかる中、揺らぐことなく社会実装という初期の目的の達成を目指して邁進している。加えて、Dinow においては、CEO である教え子の高橋氏の存在も大きい。生物学領域におけるデバイスづくりに強いモチベーションを持つ高橋氏に対し、自ら手掛けたデバイスを社会で広く活用してもらおうという動機付けを中村氏が施すことにより、高橋氏が Dinow にその実現のフィールドを求める形が築かれた。すなわち、中村氏の社会実装に向けた強い思いが高橋氏を動かし、Dinow 設立が具現化したことが想起される。そして Dinow 設立後は、高度な知見を有する各分野のスペシャリストからなる事業運営体制を築き、外部の知見を適時に取り入れながら事業化に向けて取り組んでいる。

開発リスクが大きいディープレック・スタートアップは、とりわけ資金調達^{カマビ}の困難性が想起されるが、DNA 損傷評価技術の社会実装に向けたこれまでのアクティビティは、適時な資金獲得により途絶えることなく持続している。この着実な歩みは、中村氏の社会実装にかける強い思いとそれを支える技術、具現化に向けた高い実行力が、外部からの強い賛同を得ている証憑とみなせる。

それゆえ、中村氏や、同氏から Dinow の事業運営を託された高橋氏は、現在掌握している経営資源に囚われずにビジネス機会を追求していることが示され、中村氏がアントレプレナーシップを有することが示唆される。加えて、中村氏のダイナミック・ケイパビリティが高橋氏を駆動し、中村氏のアントレプレナーシップが Dinow の活動を社会実装へと誘起していることが示され、アントレプレナーシップがダイナミック・ケイパビリティに果たす役割についての含意が得られた。

6. おわりに

本稿は、日本ではまだ珍しい大学発ディープレック・スタートアップの Dinow を起業した中村氏と教え子で同社 CEO の高橋氏へのインタビューをもとに、ダイナミック・ケイパビリティとアントレプレナーシップの視座から、開発リスクの大きいディープレック・スタートアップの形成プロセスを明らかにすることを試みた。結果として、中村氏のダイナミック・ケイパビリティが高橋氏を駆動する一方、中村氏のアントレプレナーシップが Dinow の活動を社会実装へと誘起

していることが示され、アントレプレナーシップがダイナミック・ケイパビリティに果たす役割についての含意が得られた。Dinow 設立に向けた道程は決して平坦ではなく、10 年以上にわたる中村氏の苦闘による賜物であり、いわば損得勘定を抜きにした中村氏の社会実装に向けたアントレプレナーシップがなければ、ディープレック・スタートアップの設立は覚束ない証左とも言える。

昨今、日本企業の国際競争力が低下し、その凋落を憂える声が増えているが、その背景には、企業自らが変革しようにもそのための労苦を先回りして思考した挙句に現状に安住し、結果として縮小均衡に陥っているという構図が透けて見える。菊澤 (2014) は、オーディナリー・ケイパビリティのみに依拠することによる企業の合理的失敗を指摘するとともに、仮にダイナミック・ケイパビリティを有していたとしても、自社の変革に係るコストがあまりに大きいことに経営者が尻込みし、その結果現状維持を選択してしまう組織の不条理の存在を論じている。中村氏のこれまでの歩みは、同氏の強い思いが駆動するアントレプレナーシップの発揮がなければ、変革やそれを体現する起業は困難であり、開発リスクの大きいディープレック領域における起業であれば、一層その難易度は高まるであろうことを示唆している。

経済産業省による大学発ベンチャー 1000 社計画では、経営者人材の不足が課題として浮彫りになったことはすでに述べた。株式会社日本経済研究所 (2009) によれば、大学発ベンチャーの代表取締役の経歴のうち、最も多いのが大学教員である。大学教員は、言うまでもなく自身の保有する専門性に係る知見には長けているが、一方で起業に伴う膨大な雑務に時間を割く余力が限られてしまう。加えて、大学教員は当然ながら経営のスペシャリストではない。それゆえ、スタートアップの経営に専念できる専門人材の必要性が指摘されているが、そうした適材を見つけることが容易でないことは論を待たない。経営者人材の不足について、Wallmark (1997) による興味深い研究がある。彼は、スウェーデンの大学における起業について調べ、教授や准教授による特許取得が全学の 2/3 を占める一方、起業ではその割合が逆転し、ポスドクや学生による起業が 2/3 に及んだと報告している。これを受けて Wallmark (1997) は、ポスドクや学生は大学教員に比べて失うものが少なくリスクを取りやすいゆえ、起業に係るリスクの許容度が大きいことを指摘している。

翻って Dinow は、DNA 損傷評価技術の社会実装を主導する中村氏は CTO に就き、同社の経営は教え子の大学院生である高橋氏に委ねる異色のフォーメーションとなっている。実際、中村氏はインタビュー

において、Dinow の経営状況などに関する高橋氏の報告は、月に 1 回程度しか受けていないと話している。加えて、中村氏は、自身は研究者として社会実装に向けた技術課題の解決を進める責務があり、今後もそれに専念していくと述べている。大学教員である中村氏が、日常の教育・研究に加えて膨大な校務に忙殺されていることは容易に想像でき、中村氏がアントレプレナーの視座に基づく価値判断の結果、教え子の高橋氏を見込んで強く動機付けしたうえで、CEO を高橋氏に任せる体制を敷いたことが思料される。高橋氏を CEO に据えることで、高橋氏自身のスタートアップ経営に係る経験値は着実に積まれるゆえ、経営者人材の不足の観点から、高橋氏をはじめとする学生や院生などの若手に経営を委ねる意義は小さくない。Dinow は、デバイス開発をはじめ、医療、宇宙各分野のスペシャリストからなるプロジェクト体制を構築しており、CEO のみに大きく依拠する事業運営となっていない点も注目すべきポイントであろう。一方で、高橋氏はあくまで経営経験のない大学院生であり、経営プロ不在のこの体制が果たして奏功するかは、今後の継続した注視が必要となる。とりわけ、Dinow が手掛ける DNA 損傷評価の可視化は、ディープテックによる新たな事業領域の創出であり、市場形成そのものが途上であるがゆえ、Dinow が現時点で思い描くロードマップ通りに事業化を果たせるのかについても、同社の社会実装に向けた道程の帰結を待たねばならない。

(おおた ひろふみ)

《参考文献》

- Barreto, I. (2010) "Dynamic Capabilities: A Review of Past Research and an Agenda for the Future," *Journal of Management*, Vol.36, pp.256-280.
- Bingham, C. B. and Eisenhardt, K. M. (2011) "Rational Heuristics: The 'Simple Rules' that Strategists Learn from Process Experience," *Strategic Management Journal*, Vol.32, No.13, pp.1437-1464.
- Covin, J. G. and Slevin, D. P. (1989) "Strategic Management of Small Firms in Hostile and Benign Environments," *Strategic Management Journal*, Vol.10(Jan.), pp.75-87.
- Dinow ホームページ
<https://www.dinow.co.jp/> (2022 年 10 月 18 日 10:00)

- Dinow・NOK プレスリリース
<https://www.nok.co.jp/wp/wp-content/uploads/2022/01/%E7%99%BD%E8%A1%80%E7%90%83%E6%8D%95%E6%8D%89%E3%83%81%E3%83%83%E3%83%97.pdf> (2022 年 11 月 21 日 12:00)
- Eisenhardt, K. M. and Martin, J. K. (2000) "Dynamic Capabilities: What Are They?," *Strategic Management Journal*, Vol.21, pp.1105-1121.
- Eliasson, C., Wiklund, J. and Davidsson, P. (2002) "Entrepreneurial Management and Schumpeterian Resource Recombination," Paper presented at the *Frontiers of Entrepreneurship Research*.
- フォーカスシステムズ・茨城大学・Dinow プレスリリース
<https://www.ibaraki.ac.jp/news/2021/03/29011162.html> (2022 年 11 月 21 日 13:00)
- 福澤光啓 (2013) 「2 ダイナミック・ケイパビリティ」組織学会編『組織論レビューⅡ—外部環境と経営組織—』白桃書房.
- Helfat, C. E. and Winter, S. G. (2011) "Untangling Dynamic and Operational Capabilities: Strategy for the (N)ever-changing world," *Strategic Management Journal*, Vol.32, No.11, pp.1243-1250.
- 茨城大学理学部生物科学コース中村麻子研究室ホームページ
<http://asakolab.sci.ibaraki.ac.jp/> (2022 年 10 月 20 日 13:00)
- International Labour Organization (2022) "Exposure to ionizing occupational radiation affects over 24 million workers globally," 3rd International Conference on Occupational Radiation Protection.
- 株式会社日本経済研究所 (2009) 『「大学発ベンチャーに関する基礎調査」実施報告書』.
- 株式会社日本能率協会総合研究所 (2022) 『MDB 有望市場予測レポート「宇宙旅行」』.
- 環境省ホームページ
<https://www.env.go.jp/chemi/rhm/h28kisoshiryo/h28kiso-03-02-02.html> (2022 年 11 月 14 日 11:00)

- 菊澤研宗 (2014) 「組織の合理的失敗とその回避：取引コスト理論とダイナミック・ケイパビリティ」『三田商学研究』第 56 巻第 6 号, pp.87-101.
- 菊澤研宗 (2019) 『成功する日本企業には「共通の本質」がある—ダイナミック・ケイパビリティの経営学』, 朝日新聞出版.
- 経済産業省 (2005) 『「平成 16 年度大学発ベンチャーに関する基礎調査」結果について (速報)』.
- 公益財団法人放射線影響協会 (2020) 『原子力規制委員会原子力規制庁委託調査報告書「低線量放射線による人体への影響に関する疫学的調査 (第VI期調査)」』.
- Leonard-Barton, D. (1992) “Core Capabilities and Core Rigidities: A Paradox in Management New Product Development,” *Strategic Management Journal*, Vol.13, pp.111-125.
- McNeely, E., Mordukhovich, I., Staffa, S., Tideman, S., Gale, S. and Coull, B (2018) “Cancer prevalence among flight attendants compared to the general population,” *Environmental Health*, Vol. 17, No. 49.
- 中田行彦 (2022) 「VUCA 時代での大学発ディープテック・ベンチャーのアントレプレナーシップ」『2022 年経営情報学会全国研究発表大会要旨集』, pp.331-334.
- Penrose, E. T. (1959) *The Theory of the Growth of the Firm*. John Wiley.
- Schumpeter, J. A. (1934/1983) *The Theory of Economic Development*. Harvard University Press.
- Stevenson, H. H. and Jarillo, J. C. (1990) “A Paradigm of Entrepreneurship: Entrepreneurial Management,” *Strategic Management Journal*, Vol.11, No.7, pp.17-27.
- テックプランターホームページ
<https://legacy.techplanter.com/ibaraki2019/> (2022 年 11 月 21 日 11:00)
- Teece, D. J., Pisano, G. and Shuen, A. (1997) “Dynamic Capabilities and Strategic Management,” *Strategic Management Journal*, Vol.18, No.7, pp.509-533.
- Teece, D. J. (2007) “Explicating Dynamic Capabilities: The Nature and Microfoundations of (Sustainable) Enterprise Performance,” *Strategic Management Journal*, Vol.28, Issue 13, pp.1319-1350.
- Teece, D. J. (2012) “Dynamic Capabilities: Routines versus Entrepreneurial Action,” *Journal of Management Studies*, Vol.49, Issue 8, pp.1395-1401.
- Teece, D. J. (2014a) “A Dynamic capabilities-based entrepreneurial theory of the multinational enterprise,” *Journal of International Business Studies*, No.45, Vol.1, pp.8-37.
- Teece, D. J. (2014b) “The Foundations of Enterprise Performance: Dynamic and Ordinary Capabilities in an (Economic) Theory of Firms,” *Academy of Management Perspective*, Vol.28, No.4, pp.328-352.
- Teece, D. J. (2016) “Dynamic Capabilities and Entrepreneurial Management in Large Organizations: Toward a Theory of the (Entrepreneurial) Firm,” *European Economic Review*, Vol.86, Issue C, pp.202-216.
- 宇宙航空研究開発機構ホームページ
<https://living-in-space.jaxa.jp/> (2022 年 12 月 5 日 15:00)
- Wallmark, J. T. (1997) “Inventions and Patents at Universities: The Case of Chalmers University of Technology,” *Technovation*, Vol.17, No.3, pp.127-139.
- Wiklund, J. (1998) *Small Firm Growth and Performance* (Ph.D. dissertation). Jönköping, Sweden: Jönköping University.
- Zollo, M. and Winter, S. G. (2002) “Deliberate Learning and the Evolution of Dynamic Capabilities,” *Organization Science*, Vol.13, No.3, pp.339-351.

【無断転載・引用禁止】