

MERIT-WINGS 起業挑戦報告書

工学系研究科 物理工学専攻

MERIT-WINGS10 期生

私は研究にて磁化の振幅・位相情報から磁化ゆらぎを取得する分光法を開発した。この分光法で得られたゆらぎ情報に関する知見を渦流探傷検査に適用することで、高精度な探傷を実現し、これを基に起業を行う事業計画を作成した。

1. シードとなる研究の概要

私は研究活動において、磁化ゆらぎを位相空間上で時間分解測定する手法を新たに提案・実現した [1]。従来、磁気ダイナミクス研究は周波数スペクトルに立脚していた。一方で、非線形性に起因する非ガウス型ダイナミクスにおいては、周波数スペクトルが十分な情報をもたらさないことが知られており、磁気ダイナミクスの高次のゆらぎを調べる手法の欠如が、スピントロニクス研究のボトルネックの一つであった。従来のパワースペクトル測定で切り捨てられてきた情報は、磁化の振幅位相間の相関であり、これは磁化ダイナミクスの電氣的な抽出を行う AC スピンポンピングのゆらぎを電気信号に変換することで可観測量となる。私はこの手法とマイクロ波ホモダイン法を組み合わせ、実時間統計処理を行うことで磁化ゆらぎの確率分布を実験的に取得する方法を確立した。得られる確率分布は密度行列と等価であり、系の全ての情報を含む。この手法を非線形励起過程であるパラメトリック励起過程に適用することで、非線形効果による磁化ゆらぎの歪みを初めて検出することに成功した。

[1] T. Hioki, H. Shimizu, and E. Saitoh, Phys. Rev. B, **104**, L100419 (2021).

2. 渦流探傷検査

開発した分光法では交流信号に対する振幅・位相ゆらぎを取得し解析を行う。この知見と機械学習を組合せ、非破壊検査の一種である渦流探傷検査に適用することで高精度な探傷を実現する。

非破壊検査は機械部品や構造物の傷を、対象を破壊することなく検出する方法である。ガスプラントを含むインフラや製品の製造工程において、初期段階での欠陥や傷の発見を行う非破壊検査は、大規模な修理や交換を抑えることでコスト削減とサステナビリティの観点から必要不可欠な事業となっており、その市場は 2023~2030 年の期間中に CAGR 10.1% で成長すると予測されている。

非破壊検査の主な手法である渦流探傷検査では、高周波電流を流したコイルを検査表面に接近させることで、検査表面に渦電流を流す。この時、表面に傷がある場合には渦電流が乱されるため、渦電流の大きさや位相変化を通じて傷の検出を行う。しかし、表皮効果によって渦電流が浸透する深さには限界があり、深さ方向の検出には限界が存在する。そこで、私は渦電流により作られる磁束の振幅・位相のゆらぎ情報を検出し、機械学習を組み合わせた高精度な渦電流探査系を提案した。

3. 起業活動の概要

起業活動としてリーンスタートアップの概念を基に、インタビューを行いつつ事業計画を作成した。リーンスタートアップは、現代の起業活動において最も広く知られている方法論の一つであり、提案者の Eric Ries が自身の起業経験を基に、価値を生み出す活動を明確化し、効率的な起業活動を可能にするための考え方を提示したものである。従来の起業では詳細な事業計画を作成し起業活動を行っていた。しかし、既存事業とは異なりスタートアップでは顧客が求める価値が明確ではないため、間違った方向に活動を行い無駄が生じることが多々ある。そこでリーンスタートアップでは「構築→測定→学習」サイクルを基にした価値の仮説に対するフィードバックを行い、無駄をなくした効率的な起業活動を行う。

最初の「構築」では、検証したい仮説を基に最小限のリソースで製品やサービスを形にする。ここで作られるのは、最小実行可能製品 (Minimum Viable Product, MVP) と呼ばれる仮説を検証するために最低限の機能を備えた製品のことであり、顧客の反応を引き出すために必要な最小限の要素だけで構成されている。例えば、新しいアプリのアイデアを試す際には、すべての機能を盛り込むのではなく、顧客にとって価値があるか明確でない部分だけを簡易的に実装したバージョンを開発する。この段階では特に「アーリーアダプター」と呼ばれる初期の熱心な顧客層が重要な役割を果たす。アーリーアダプターは新しい製品やサービスに対して積極的であり、フィードバックを迅速に提供してくれるため、仮説の妥当性を早期に評価するのに適している。

次の「測定」では、市場に投入した MVP に対して実際の顧客からのフィードバックやデータを収集する。ここでは、製品が顧客の課題をどの程度解決しているのか、顧客がどのように製品を利用しているのかといった具体的なデータを測定し、仮説が正しいかどうかを検証する。この段階の目的は、顧客の意見だけでなく、実際の行動データに基づいて洞察を得ることである。アーリーアダプターからのフィードバックはここでも非常に価値がある。彼らの利用体験や要望は、市場全体での受容性を見極めるための指標となる。

最後の「学習」では、測定によって得られたデータを分析し、仮説の正しさや改善点を明らかにする。例えば、特定の機能が顧客に支持されている場合はその機能を強化し、逆に反応が得られなかった部分は削除や方向転換を検討する。この知見を次の構築に反映させることで、製品や事業モデルを着実に改善していく。ここで得られる学びは、アーリーアダプターが示したインサイトを深め、より広範な市場に対する戦略の基盤となる。

この「構築→測定→学習」のサイクルを繰り返すことで、起業家は迅速に顧客ニーズに適応し、リソースの無駄を抑えながら効率的に事業を進めることができる。アーリーアダプターの協力を得ながら進めるプロセスは、リーンスタートアップが掲げる効率的で柔軟なアプローチを体現するものであり、この方法論は実践的なプロセスを通じて、継続的に価値を生み出すための指針として広く活用されている。

本起業活動ではリーンスタートアップの考え方にに基づき、振幅・位相のゆらぎ情報に基づ

いた高精度な渦電流探査の価値をインタビューによって明確にしていき、そこから事業計画を作成した。特に高感度な実験を行う実験家は、細かい傷が測定精度に影響を与える可能性がある。また、真空系の真空度や希釈冷凍機にも影響が起こる可能性もある。従ってインタビューから渦電流探査の価値を明確にしていき、実験家をアーリーアダプターとして捉えた事業計画を作成した。

4. 事業計画

4-1. ビジョンと問題定義

現在、渦流探傷検査は製造業、航空宇宙、鉄道、自動車業界において広く利用されている。近年、非破壊検査の分野では、検査の効率化と精度向上が求められると同時に、持続可能性への意識が高まっている。特に渦流探傷検査においては、微細な欠陥や材質の変化を正確に検出することが、多くの業界で重要な課題となっている。私は、この課題に対し振幅や位相ゆらぎのデータと機械学習を組み合わせることで渦流探傷検査の高精度化を図る。この手法は、従来の技術では見逃されがちな細かな異常を検出しつつ、検査プロセスの効率化を行う。また、検査精度の向上により、早期に欠陥を発見して部品や設備の寿命を延ばすことが可能となり、リソースの無駄を削減するとともに、環境負荷を低減するサステナブルなソリューションを提供する。

4-2. 初期段階の事業展開

初期段階では、精密な実験装置を運用する研究機関や装置メーカーを主要なターゲットとし、それらの顧客セグメントが抱える具体的な課題の解決に焦点を当てる。これらの顧客は、高精度な装置のメンテナンスや品質保証において、従来の非破壊検査技術では対応しきれない微細な欠陥や劣化の検出を求めている可能性がある。これらのニーズに応えるために、渦流探傷検査機器から得られる振幅および位相ゆらぎデータをAIで解析するシステムを開発し、プロトタイプとして提供する。このプロトタイプは、簡易的なインターフェースを備え、装置の運用現場で迅速かつ容易に使用できることを目指す。

運用開始後は、初期顧客との密接な連携を通じて、製品の実用性と価値を高めるためのテスト運用を行う。このプロセスでは、顧客が所有する実験装置を用いてシステムを実環境で検証する。具体的には、AI解析モデルが装置の複雑な動作条件や特殊環境に適応し、微細な異常を確実に検出できるかを評価する。このテスト運用から得られるフィードバックは、システムの改善に直結し、特定の顧客セグメントにおけるニーズに応じた機能やカスタマイズの方向性を明確にする材料となる。特に、検査精度、誤検出率、使い勝手といった具体的な性能指標をモニタリングし、必要に応じてアルゴリズムの改良やインターフェースの調整を進める。

この段階では、製品の価値提案を顧客に確実に届けることが最優先である。開発する渦流探傷検査システムは、微細な異常を迅速かつ正確に検出することで、装置の寿命を延ばし、安定的な運用を可能にするだけでなく、早期の異常検出による装置のダウンタイム削減も

実現する。さらに、リソースの無駄を削減し、環境負荷を低減するというサステナブルな側面も強調される。これにより、顧客は自身の装置運用コストを削減しつつ、品質管理の信頼性を向上させることができる。

収益モデルにおいては、プロトタイプの初期導入に対する販売収益を基盤とし、運用開始後はサブスクリプション形式のソフトウェアライセンス契約を軸に収益を拡大する。また、顧客のニッチなニーズに応じたカスタマイズサービスや継続的なメンテナンス契約を通じて、安定的な収益源を確保する。このように収益構造を多層化することで、事業の継続性と成長性を両立させる。

顧客へのアプローチとしては、初期段階では研究機関や装置メーカーへの直接営業を通じて課題の把握と製品の提供を行う。同時に、専門展示会や学会に参加することで、製品の認知度を高め、潜在顧客との接点を広げる。また、オンラインマーケティングを活用し、ターゲットとなる研究者やエンジニアに向けて製品情報を発信することで、さらなる市場開拓を目指す。

さらに、競争優位性の確立を目指し、AI 解析技術を基盤とした独自のアルゴリズム開発を継続的に行う。特に、精密な実験装置の特性に対応した解析モデルを構築することで、競合との差別化を図る。また、初期段階での顧客との協力によって得られる市場データや運用ノウハウを蓄積し、それを他の顧客セグメントへの展開に活用することで、事業の拡大を支える競争優位性を強化する。

4-3. 事業展開計画

精密な実験装置の分野にて開発した渦流探傷検査システムの有用性を実証した後、その成功事例を基盤として、他のニッチ市場への展開を進めることで事業モデルの拡大を図る。この段階では、精密な実験装置で得られた技術的成果と運用ノウハウを活用し、異なる業界における特定の課題に対応したソリューションを提供することで、新たな顧客層を開拓する。

まず、精密な実験装置と同様に高度な非破壊検査を必要とする分野を特定する。具体的には、製造業やエネルギー産業、航空宇宙産業、医療機器製造といった分野がターゲットとなる。これらの業界では、装置や部品の品質保証が重要であり、従来の検査方法では微細な異常を検出することが難しい場合がある。たとえば、航空機のタービンブレードやエネルギープラントの配管など、高温・高圧環境にさらされる部品は、微細な劣化が重大な事故につながる可能性があるため、検査精度の向上が強く求められている。

各分野で共通するニーズを理解した上で、渦流探傷検査システムをカスタマイズして適用する。たとえば、製造業向けには、生産ラインでの迅速な検査を可能にする自動化ソリューションを開発する。一方で、エネルギー産業向けには、大型設備の定期検査に適したポータブルシステムを提供し、現場での使い勝手を重視する。また、医療機器製造では、非常に高い精度と再現性が求められるため、データ解析の信頼性を特に重視したシステム設計を行う。

これらの市場展開を進める際には、各業界の規制や標準に対応することが不可欠である。そのため、ターゲット市場ごとに必要な認証や規格への適合を迅速に進め、顧客の安心感と信頼を確立する。

さらに、拡大した市場での競争優位性を確保するために、AI 解析技術の継続的な進化を図り続ける。特に、各業界で収集したデータを AI モデルの学習に活用し、より高い精度と汎用性を持つ解析能力を実現する。このデータ主導型のアプローチにより、製品の性能を業界特有の課題に最適化すると同時に、データ資産を新規市場への展開の基盤として活用する。

収益モデルも市場展開に応じて拡張する。製品の販売やサブスクリプションモデルに加え、大規模な顧客向けには包括的なサービス契約を提供する。この契約には、カスタマイズ開発、運用トレーニング、定期的なモデルアップデート、データ解析のレポート提供などを含む。これにより、顧客との長期的な関係を構築し、安定的な収益基盤を確保する。

マーケティング戦略では、初期の成功事例を活用して新規市場へのアプローチを加速する。研究機関や精密装置分野での導入実績を、展示会や学会、業界誌を通じて積極的に発信することで、製品の信頼性と価値を広く訴求する。

最終的には、精密な実験装置の分野で培った技術力と顧客対応力を基盤に、さまざまなニッチ市場に向けたカスタマイズ可能な非破壊検査ソリューションを提供する。このように、特定の課題解決に特化したアプローチを継続することで、競争優位性を維持しつつ、持続可能な事業モデルを確立する。