

先端材料・革新研究戦略

非連続のイノベーション創出に向けたフロンティア研究の取り組み

Strategy for Advanced Materials and Innovations
Tackling Frontier Research to Foster Discontinuous Innovation



平岡 俊郎
HIRAOKA Toshiro

総合研究所 マテリアルズ＆フロンティア研究センター
Corporate Laboratory Materials & Frontier Research Center

1. まえがき

量子や新材料などを含む非連続のイノベーションを起こし得る革新的技術を対象とするフロンティア研究は、成果が現れるまでに長い年月を要することが多く、10年、あるいはそれ以上掛かることも珍しくありません。技術的なブレークスルーを必要とするため、有用性を示す技術成果を得るまでに時間が掛かり、企業が投資回収を前提に継続するには多くの困難が伴います。そのため、企業活動として研究開発を進める上で、長期的な視点と洞察を踏まえた技術マネジメントが重要な鍵となります。

その時点における世界情勢や事業背景に基づく合理的で妥当な判断が、後に事業環境などの変化によつて的外れだったと評価されることもあります。こうした“その時々”の正しい判断”による研究開発の無用な揺らぎを防ぎ、折り合いをつけることも重要です。トレンドの変化を見通しながら、応用先やその要求仕様に基づいて開発目標を適切に見直し続ける姿勢が求められます。

初期のフィジビリティスタディーの段階は、最小限のリソースで進められます。研究が進み、リソースの増強が必要になる一方で、有用性を示すには道半ばであるという段階が、研究の継続性の観点で最も脆弱（ぜいじゃく）であり、研究から製品開発への壁である“魔の川”を越えることが難しくなります。

更に、東芝グループの既存事業とは異なる新規事業を目指す場合、製品開発から事業化への壁である“死の谷”の難易度も高まります。生産設備などの事業化に必要なアセットがそろわなければ、サンプル提供を通じた技術マーケティ

ングなどが進まず、顧客の掘り起こしができないために、アセット獲得の投資判断もできないというデッドロックに陥ることがあります。量産品では生産量が少なければ高コストとなり、競合製品や代替製品が存在する場合、多少の差異化では価格競争に勝てません。

このような状況を打破するには、圧倒的な差異化を可能にする技術か、競合技術や代替技術が存在しないユニークな技術、すなわち顧客ニーズに照らして世界で“No.1の性能”又は“Only 1の特長”を持つコア技術の創出が求められます。加えて、魔の川や死の谷を越えるための仕組みも必要です。

No.1又はOnly 1のコア技術を創出するには、東芝グループの技術のダイバーシティーによる幅広い保有技術群のシナジーを最大限に活用するとともに、強固な技術基盤、すなわちコア技術を生み出す土壌となる技術の蓄積と、それを支える技術人材の育成が前提となります。技術基盤は、外部から研究開発チームごとに取り込まない限り、育成に時間が掛かります。また、技術基盤をリードする人材がいなくなれば消失してしまうため、技術継承が可能な一定規模以上の技術人材チームの維持も不可欠です。

気候変動、生物多様性の喪失、経済安全保障環境の変化、AIの進化、自動化・ロボット化、更にはAIやロボットによる研究開発のあり方自体の変容など、正に変化の真ただ中にある今、将来に向けて、こうしたトレンドに対応した社会課題を解決する新たな技術を仕込み、育て、社会実装につなげる的確な取り組みが求められています。

2. 研究開発方針と事例

1章で述べた問題意識を踏まえ、事業優位性の源泉となるコア技術創出に向けて、以下の取り組みを進めています。

- (1) 社会課題起点での研究の仕込みと技術基盤育成
長期的な洞察に基づき、社会課題を起点とした研究を仕込み、その土台となる技術基盤も育成
- (2) リソースコントロールしながらのコア技術深化
状況に応じた適切なリソース投入により、コア技術の研究開発を粘り強く推進
- (3) トレンドを見据えた開発目標の修正
トレンドの変化を捉え、応用先やその要求仕様にに応じて研究開発の方向性を柔軟に継続的に見直し
- (4) 技術のダイバーシティーを生かした価値創出
東芝グループが保有する多様な技術をコンバージェンス(融合)して、新たな価値を創出
- (5) オープンイノベーション
将来の顧客・パートナーの候補やアカデミアなどとの外部連携を通じて、必要な研究アセットやリソースを獲得
- (6) ビジネスモデルの策定と研究開発の方向付け
事業化に向けて、技術特性を生かしたビジネスモデルを策定し、それに沿って研究開発の方向性を調整

研究対象とする事業領域は、東芝グループの既存事業の延長線上はもちろん、既存事業を拡張する“隣地”，更には既存事業とは離れた“飛び地”までを含みます。長期的な洞察に基づき、社会課題を起点とした研究を仕込むため、経営・事業・研究開発部門が一体となって策定した“エネルギー・カーボンニュートラル”，“社会インフラ”，“デバイス”，“デジタル”に、2025年に追加した“生産基盤”も含めた五つの重要技術領域に関する中長期戦略に加え、2050年以降も見据えた技術ロードマップ(技術長計)を総合研究所が中心となって取りまとめており、自主研究予算の執行にも反映しています。

また総合研究所では、研究者の自由な発想を尊重するため、最大10%のリソースを研究者個人の裁量に委ねる“アンダーザテーブル”制度を導入しています。この制度は、研究開始時だけでなく、中止と判断されたテーマでも、研究者がその可能性を信じて情熱を注ぐ場合に継続の道を開く役割も果たしています。

例えば、負極にチタン酸リチウムを採用した東芝製リチウムイオン二次電池 SCiB^{TM(1)}(図1)は、2004年に東芝グループがリチウムイオン電池事業からの撤退を発表した逆風



図1. 東芝製リチウムイオン二次電池 SCiBTM
SCiBTM lithium-ion battery

の中、急速充電が電池の新たな価値軸になると見込んだ研究者によって、2000年頃からアンダーザテーブルで研究が始まりました。事業撤退が発表された翌年の2005年には、急速充電を訴求するニュースリリースを発表し、試作電池を持って顧客候補を訪問することでニーズを掘り起こして2008年の生産開始へとつなげました。現在では、負極にニオブチタン酸化物を用いたSCiBTM Nb⁽²⁾の研究開発も進めています。

また、水素製造向け水電解装置の電極に用いる高価なイリジウムの使用量を1/10に削減する省イリジウム技術⁽³⁾は、2008年頃に燃料電池向け白金触媒の使用量削減技術として研究が始まりました。途中で中止となったものの、アンダーザテーブルにより研究が継続され、グリーン水素が注目される中で水電解装置用イリジウム触媒に焦点を移し、2024年には協業先とのライセンス契約を含むグローバルパートナーシップの締結に至りました⁽⁴⁾。この技術は、従来の塗布方式ではなく、半導体製造で用いられるスパッタ技術により電極にイリジウム触媒層を成膜する点が特徴です。燃料電池で培われた触媒技術と半導体分野のスパッタ技術という異分野の技術がコンバージェンスし、新たな価値を創出した事例です。

更に、目的の細胞に遺伝子を選択的に運ぶナノカプセルLNP (Lipid Nanoparticle)⁽⁵⁾は、飛び地への研究開発の一例です。この技術は、環境汚染物質のアセスメント技術などの研究開発で蓄積された技術基盤を生かして、遺伝子治療や再生医療などの精密医療向けの応用展開を目指します。医療機関・アカデミア・製薬企業とのオープンイノベーションを活用し、魔の川や死の谷を越えるために、新規事業開発部門と連携して事業化を進めています。LNPは、マ

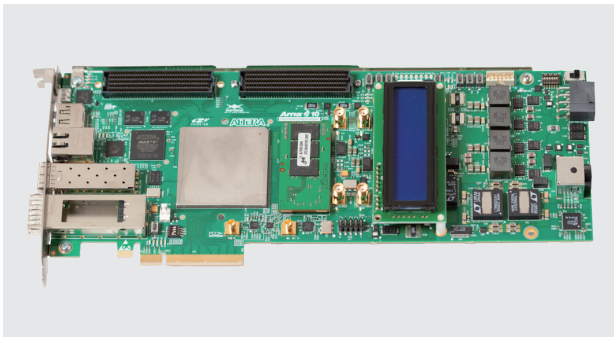


図2. シミュレーテッド分岐アルゴリズムを実装したFPGAボード
Field-programmable gate array (FPGA) board implementing simulated bifurcation algorithm

イクロ流路チップを用いたデスクトップファクトリーで製造し、用途ごとの材料のカスタム設計にはAIを活用します。品質管理を含めた半導体分野の考え方と、AI設計をバイオ分野に取り入れた技術との、コンバージェンスの好例となっています。

量子関連の研究開発では、量子暗号通信⁽⁶⁾を2020年に、量子インスパイアード最適化ソリューションSQBM+^{TM(7)}を2022年に、それぞれ事業化しました。量子暗号通信は、欧州研究所傘下のケンブリッジ研究所で培われた光量子半導体技術を基盤に、1999年に研究が開始され、ケンブリッジ大学キャベンディッシュ研究所との連携により多くの成果を上げました。日本側のチームも加わり、鍵配信速度と安定動作において世界最先端の性能を実証しました。

1990年代に量子コンピューターの研究を開始し⁽⁸⁾、2016年には量子分岐現象を利用したQuantum Bifurcation Machine (QBM)を発表しました。これをヒントに、通常のデジタル計算機上で動作するシミュレーテッド分岐アルゴリズムを発明しました⁽⁹⁾。このアルゴリズムは優れた並列性を持ち、FPGA (Field-Programmable Gate Array) 実装技術との融合により、大規模な組み合わせ最適化問題を高速に解く実用的なソルバーとしての性能を実証しました(図2)。金融や創薬領域への応用研究を経て、量子インスパイアード最適化ソリューション SQBM+TMとして事業化しました。

一方、ゲート型量子コンピューターの性能向上に向けては、量子ビット数のスケーラビリティに優れる超伝導タイプにおいて、独自のダブルトランズモンカプラ(DTC)の研究開発を進めています。DTCは量子ビット間をつなぐ可変結合器の一種であり、量子ビット間のクロストークエラーを大幅に低減し、ゲート忠実度の向上が期待されています。2022年に理論を発表⁽¹⁰⁾し、2024年には国立研究開発法人 理化学研究所との共同研究により実際に回路を作製して

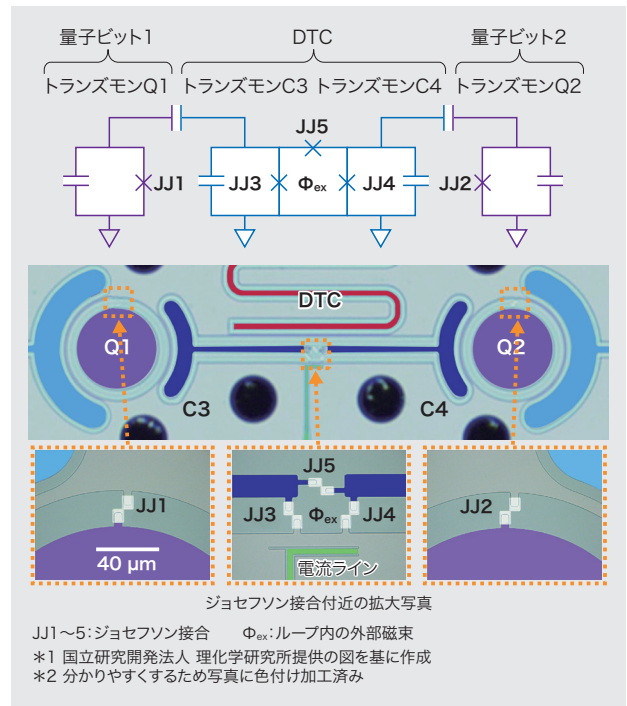


図3. DTCの回路図と光学顕微鏡写真

Circuit diagram of double-transmon coupler and optical microscope images of circuit and Josephson junction areas

(図3)、99.90%という高忠実度の2量子ビットゲートを実証しました⁽¹¹⁾。

このように、東芝グループは1990年代から量子技術の将来的可能性に着目し、英国と我が国でオープンイノベーションを活用しながら研究開発を継続してきました。キーとなる研究者を集めて技術基盤を構築し、多くの技術成果を事業化につなげています。

3. 今後の展望

東芝グループは、長期的視点で社会課題の解決につながる研究テーマを仕込み、コア技術を創出し、事業化へとつなげてきました。フロンティア研究は成果が出るまでのリードタイムが長く、コア技術を育む技術基盤の涵養(かんよう)も必要な点で、土を作り、苗木を植えて、森林を育てる営みにも似ています。現在の取り組みがすぐに成果として現れなくとも、プロアクティブに動き続けることが不可欠です。

今後は、気候変動や生物多様性喪失への“緩和”と“適応”，更には“リジェネレーション”や、経済安全保障環境の変化に対応した資源の使用量削減・代替・リサイクル、AI進化や自動化・ロボット化に向けたAI処理の低消費電力化、新材料・新デバイスへの要求など、多くのペインニーズが顕在化すると予想されます。

東芝グループ経営理念「人と、地球の、明日のために。」の下、これらのニーズに応えるコア技術の創出と事業化をこれからも推進していきます。

文 献

- (1) 東芝. “東芝二次電池 SCiB™”. <<https://www.global.toshiba/jp/products-solutions/battery/scib.html>>, (参照 2025-11-06).
- (2) 東芝. “ニオブチタン酸化物採用 次世代リチウムイオン二次電池 SCiB™ Nb”. <<https://www.global.toshiba/jp/products-solutions/battery/scib/product-next/nb.html>>, (参照 2025-11-06).
- (3) 東芝. “再生可能エネルギーから水素をつくる電気分解で、希少なイリジウムを1/10に抑えた電極の大型製造技術を確認”. 研究開発ニュース. <<https://www.global.toshiba/jp/technology/corporate/rdc/rd/topics/22/2210-01.html>>, (参照 2025-11-06).
- (4) 東芝エネルギーシステムズ, ベカルト社. “ベカルトと東芝、グリーン水素製造を促進するPEM水電解装置用MEA技術に関するパートナーシップ契約を締結”. ニュースリリース. <<https://www.global.toshiba/jp/news/energy/2024/02/news-20240229-01.html>>, (参照 2025-11-06).
- (5) 東芝. “LNP”. <<https://www.global.toshiba/jp/products-solutions/lnp.html>>, (参照 2025-11-06).
- (6) 東芝. “量子暗号通信”. <<https://www.global.toshiba/jp/products-solutions/security-ict/qkd.html>>, (参照 2025-11-06).
- (7) 東芝. “量子インスパイアード最適化ソリューション SQBM+™”. <<https://www.global.toshiba/jp/products-solutions/ai-iot/sbm.html>>, (参照 2025-11-06).
- (8) 東芝. “量子コンピュータの研究開発”. 技術紹介ライブラリ. <<https://www.global.toshiba/jp/technology/corporate/rdc/rd/quantum-computer.html>>, (参照 2025-11-06).
- (9) 東芝. “量子コンピューター研究から生まれた 組合せ最適化の新解法”. Toshiba Clip. <<https://www.toshiba-clip.com/detail/p=266>>, (参照 2025-11-06).
- (10) 東芝. “超伝導量子コンピュータの高速化と精度向上に寄与するキーデバイスである可変結合器の新構造「ダブルトランズモンカブラ」を考案”. 研究開発ニュース. <<https://www.global.toshiba/jp/technology/corporate/rdc/rd/topics/22/2209-01.html>>, (参照 2025-11-06).
- (11) 東芝, 理化学研究所. “超伝導量子コンピュータに利用される東芝提案の素子「ダブルトランズモンカブラ」で世界トップレベルの2量子ビットゲート性能を達成”. 研究開発ニュース. <<https://www.global.toshiba/jp/technology/corporate/rdc/rd/topics/24/2411-03.html>>, (参照 2025-11-06).