

巻頭言

「イノベーションのジレンマ」に励まされて

齋藤 敬*



私たちは2018年より御社グループと共同研究を行う機会を頂き、昨年に共著論文が論文賞を頂く¹⁾等、お陰様で望外の実績を積みつつあります。この受賞論文は、集束コンベックス型マニピュレータという伸縮機構に関するものなのですが、これは巻き尺を束ねたような単純な機構（図1）で、一見して大学らしからぬローテクを極めたようなものです。

このたび巻頭言執筆のご依頼を受け、この伸縮機構に至る紆余曲折と、その背景にある一冊の本について、取りまとめることにいたしました。私的な話が続きませんが、どうかご容赦願います。

私は東北大学の生物化学工学科出身なのですが、いろいろな経緯を経て機器開発を伴う幅広い研究にシフトしてきました。

卒業研究では生物物理の研究室で、光合成細菌を分解し光合成能を再構成する研究を行いました。その際には核磁気共鳴分析装置を使用しているのですが、強磁場下かつ非常に狭い測定空間に対応した、試験管に光照射可能な部品が重要な鍵となりました。これは研究室OBが博士論文のために自作したもので、世の中になく研究をするためには、小さくとも世の中になかったものを作り出す必要があるのだな、という印象を私の心に深く刻んだのでした。

修士課程では、諸般の事情で分析化学の研究室に移籍したのですが、未完成の分光機器（時間分解蛍光測定装置）の担当になりました。この装置が、とにかく動きません。光源であるパルス窒素レーザーは制御PCを止めるぐらいの電磁ノイズを発生し、計測部は同じメーカーの製品群なのに、各ユニットの同期をとるためのトリガー仕様が一致していないという始末。電気系の図書館に通いながらノイズ対策や信号反転などの対策を施し、1年数ヶ月を要してやっと動作するようになったのでした。これで機器を扱う技能は高まったものの、もっと生体に関連

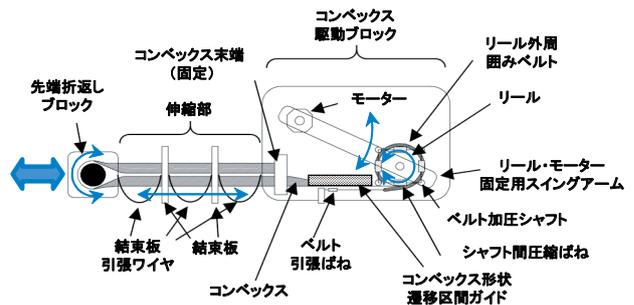


図1 集束コンベックス型マニピュレータ機構

した研究を行うために東京大学の博士課程、先端学際工学専攻に編入しました。

所属先の研究室では、義肢を生体の神経情報で制御したい、と神経細胞との情報授受ができるインターフェースの構築を狙いました。その結果、神経細胞を光で刺激する実験の失敗がきっかけで、酸化反応によるダメージであれば細胞に大きな穴を開けても回復しうる²⁾、という新発見をし、最終的にはその応用で1999年に博士号を得ました。

この間、博士号に値する新規な研究には自作の機器は当然という意識で、色々な機材を作りました。しかし自作機器ではデータが安定して出るまでの苦労が多く、他の普通のバイオ系院生の研究に比べるとデータが非常に乏しい博士論文となってしまう、自分の研究方法は何か間違っているのでは、という違和感が常につきまわっていました。

何とか博士号を得て、多少なりとも余裕ができた頃、「イノベーションのジレンマ³⁾」という本を読む機会がありました。

経営分野の名著であり、既読の方も多いかと思いますが、未読の方に向けまとめると、様々な分野の優良企業の衰退を分析し、「優良であるゆえに衰退した」という結論に至ったものです。要点としては、①小規模な市場では大企業の成長ニーズを満たせない：現れた新技術が一見レベルが低く欠点が多くても、既存技術にない特徴を必要とする顧客がいれば、

*秋田県立大学 教授

小規模であるが事業になる。大企業には小規模で魅力はないが、市場の拡大後に参入しようとしても手遅れになる。

②存在しない市場は分析できない：優れた分析能力のある企業は、分析できないものには参入しない。そもそも新しい技術は、提供する側もその本質的な価値に気づけないことが多く、顧客とともに試行錯誤しながら育てる形になる。

③技術の供給は、市場の需要と等しいとは限らない：ある技術分野の製品の性能が上がっていても、それを使う人がいなければ、似たニーズを満たすより低位・低コストの新技术が参入する余地が生ずる。

このような、低位・低コストながら優れた伸びしろを持つ技術を「破壊的イノベーション」、単なる改良に留まる技術を「持続的イノベーション」として定義し、どのように前者を伸ばして自社の成長に繋げてゆくか、というのが同書の最終部となります。

元々、技術史含め歴史は好きな分野でしたが、自分のやっていることは「破壊的イノベーション」に分類されるのだな、と励まされる感を得たのでした。

なお同書で取り上げられているトピックの中には、掘削機業界における油圧技術の影響があります。掘削機における蒸気エンジンからガソリンエンジンへの変化は「持続的なイノベーション」、ケーブル式から油圧式への転換が「破壊的イノベーション」として記述されています。

御社社史⁴⁾にも正にこの転換と並行する形で、油圧機器への本格的進出に取り組まれた旨の詳細があり、大変臨場感を持って読ませて頂きました。特に創業からの油圧技術の蓄積が役立ったのは、その後の御社グループの発展が実証しているといえます。

「狙う本質が正しければハイテクもローテクも無関係であり、また形にして使って見えてくるものもある」。そのように明確に意識するようになった頃、開発したのが動物模擬ロボット「しろやぎ⁵⁾」とコンベックス型伸縮機構⁶⁾です。これらは「かわさきロボット競技大会⁷⁾」という無線操縦型ロボットによる格闘戦大会に向け、当時の研究室の同僚と趣味半分で開発しました。「しろやぎ」は神経インターフェースの動物実験用全身型「義体」という位置付けもあり、速度と搭載性能優先で、あえて玩具的なリンク式脚機構をベースに、脚による推力を偏向させる機構を組み込んでいます。

その後、デジタルものづくりの波に乗る形で、毎年大会に参加しながら試作開発力を高めていったのですが、そんな「しろやぎ」が、純粋な格闘戦向けの機体には敵わなくなってゆく中で、試合開始直後

に遠距離から相手にパンチを叩き込むというコンセプトで形にしたのが、集束コンベックス型伸縮機構になります。

参考にした実在の要素技術としては、火星探査機バイキングの土壌サンプリング機構になります⁸⁾。これは槌状のコンベックスを2本、束ねて筒状にしたアームですが、その後の利用はありません。特許検索からも、力強い用途を想定した、可逆的に復旧可能なコンベックスを使ったアームは見つからず、これは盲点になっているのだろうと推測しました。

格闘戦に耐えうる、軽量で、折れ曲がっても復旧可能な、伸縮機構。2005年に考案し、当時在籍していた大阪大学より2006年に特許出願、実際に動作可能な試作機ができるまで更に数年を要し、2010年に秋田県立大学に独立した准教授として赴任してから、本格的に取り組むことになりました。

その間、光酸化反応により細胞に孔を開けても死ににくいという技術は、2007年に光酸化剤を練りこんで成型したポリマーとロボット技術と組み合わせることで、低コストで治療規模の細胞数を一括処理可能な「大規模細胞改変技術」として発展し、2009年に米国⁹⁾と秋田県で受賞、これが秋田県立大学へ赴任する直接的なきっかけとなっています。

最近になって、イノベーションの重要性を説く記事を目にするたびに、原著刊行から四半世紀となる「イノベーションのジレンマ」が世界に、そして私に引き起こした、革新的な認識の変化を思い返すと共に、破壊的イノベーションの可能性を持つ私どもの伸縮機構を、御社グループと共に実用化に繋げたいと願うものであります。

参 考 文 献

- 1) Best Paper Award 2022, Saito et al., "300-N Class Convex-Based Telescopic Manipulator and Trial for 3-DOF Parallel Mechanism Robot", *Journal of Robotics and Mechatronics*, 33(1) 141-150 (2021)
- 2) Saito et al., "Light dose and time dependency of photodynamic cell membrane damage", *Photochem. Photobiol.* 68(5) 745-748 (1998)
- 3) クレイトン・クリステンセン著「増補改訂版 イノベーションのジレンマ」, 翔泳社 (2001)
- 4) KYB80年史 (2015)
- 5) 齋藤敬, 特許第4554140号「多脚歩行ロボット」
- 6) 齋藤敬, 特許第5064739号「マニピュレータ機構」
- 7) 酒井賢二, 「かわさきロボット競技大会がもたらしたものの」, 日本ロボット学会誌, 27, 9, 994-996 (2009)
- 8) Crouch, "Mars Viking surface sampler subsystem", *Proc. 25th Conf. on Remote Systems Technology*, 141-

- 152 (1977).
- 9) Best Paper Award: Postdoctoral Category, Saito et al.,
“Large-Scale High-Performance Cell Membrane Perforation, with Nanoimprinted Mass Producing Perforator”, *4th IEEE/NIH Life Science Systems & Applications Workshop*, 5-8 (2009)