

## 巻頭言

## サステナブルロボティクスのための油圧再考

玄 相 昊\*



## 1. プロローグ：コロナ禍での瞑想

新型コロナウイルスが初めて世界を襲った2年前、ロボットの存在価値について考えてみたが、人々を助ける機械ではなく、つまるところ、大量生産のための道具であるという結論に至った。著者は大学で「ロボット運動制御」という授業を担当し、高速で正確な手先軌道追従制御のための教科書的な理論を学生に教えているが、これは大量生産のためのロボットの理論である。しかし世界では今、その大量生産・大量消費にNOが突きつけられている。

コロナによって社会経済活動に大きな歯止めがかかったとき、人々は個々の活動の優先順位がどうあるべきで、また、いわゆる「ブルシットジョブ」がいかに多いかを思い知った。私が自宅のパソコンの画面越しで違和感を覚えながらリモート授業を行っているとき、世界中のエッセンシャルワーカー達は感染のリスクにさらされながら粛々と働き、社会を支え続けてきた。

コロナになんとか慣れてしまった現在、見渡してみれば、道路や水道、電力設備など、社会を支えるインフラの老朽化が労働力不足によって深刻化している。インフラは人が作った人工物・モノである。人の健康をメンテナンスする人が医者や看護師とすれば、人工物の健康を維持管理するのはエンジニアである。

エンジニアの端くれとして社会に対して何ができるだろうか？教育者として若者に対して何ができるだろうか？かつての万博のようにモノを新たに作れば確かに人目を引き、発明者は高揚感や満足感を得ることができる。しかしその陰で、大量のむだな消費がなされ、それが地球を脅かしている。利益を追求する巨大企業の大量生産のニーズに資するロボティクスから、人類が生き延びる術としてのロボティクスへのパラダイムシフトが求められている。

このようなことを悶々と考えた2年間を経てもな

お、確固とした結論が得られていない著者が今、挑戦しようとしている課題が一つある。モジュールロボットである。

## 2. 「モジュールロボット」プロジェクト

われわれが置かれた社会環境、自然環境の現状を踏まえると、農林水産業、インフラ保守、災害対応など、基本的に人が立ち入れない環境下での土木建設、運搬、メンテナンス作業のニーズが急速に増すだろう。様々な新しいニーズに合わせて、機器単体の性能はもちろん、それを運用する側の負担やコストをトータルに低減できるロボットソリューションが求められる。

有望なコンセプトがモジュールロボットである。独立機能する単機能ロボットが複数組み合わせさせて、集合体として各種の作業に柔軟に対応する。適材適所の構造選択、配置、機動性と可搬性、製造と保守の容易さなど、運用上の多くの利点を有する。学術界には既に、再構築可能なロボット (reconfigurable robots) や、自律分散ロボット (self-organized robots) という分野が存在する。これらは、不定形的环境に対して形状を適応しながら、何らかの目的を達成するロボットシステムと定義できる。過去の多くの論文で、均質な形状をした物体が無数に集まって、集合体となって何らかの構造を形成する概念やシミュレーション例が示されている。ただ、これらはプランニングアルゴリズムを主としたCGベースの研究がほとんどである。実機ベースでは群移動ロボットの研究が多いが、屋外作業ロボットが想定するようなヘビーデューティタスクを実現しようとする試みはほとんど見られない。

著者らのチャレンジは、モジュールロボットに油圧を組み合わせることである。具体的には、油圧特有の頑丈さとハイパワーに加え、油圧回路と配管による変幻自在な動力集配機能を最大限に生かすことを考えている。このうち、前者については、2020年のKYB技報第61号の技術紹介記事「油圧モジュールロボット」に紹介されている。後者については

\*立命館大学 教授

2022年の国際会議IEEE ICRAにてそのコンセプトが示された。

既存の油圧機械と対比してみる。油圧ショベルは、産業用マニピュレータと同じ腕のような形をした油圧機械である。自律制御するケースは稀であるが、災害対応のときに最も活躍する、力強くて頼りになるロボットと言える。先端に様々なアタッチメントを搭載できるため、先端部分のモジュラー化が進んでいる。アクチュエータとしては、シリンダ、バルブ、ポンプなど、油圧機器メーカーから単品として販売される。しかし、駆動部を全て根元に置く設計のため、モジュール化は困難である。

一方、近年、EHAに代表される、駆動源と一体化された産業用アクチュエータが一般販売されている。これを用いれば、電源の問題は残るが、油圧源を内蔵するロボットモジュールが実現できる。ただ、単純に組み合わせると先端が重たくなってしまい、全体としての性能が落ちてしまう。モジュール化を妨げるのが、まさに重量である。ホビーロボットのように手で簡単に組み立てられるほどにはなれないが、せめて人の手で持ち運んで組み立てて、かつ自重以上の荷物を持ち上げるくらいまでにはならないだろうか。脱着を自動化すれば、人手に頼らずにロボット自ら組み立てることもできる。

この研究プロジェクトにおいて油圧が持つ可能性をいくつかあげると、次のようである：

- A) 小型ポンプを用いれば、速度は落ちるが小型モータで大きい力が出せる
- B) 負荷が軽微なときは外部ポンプによって機敏に動かせる
- C) 衝撃に強く、全天候型で、安価に製造可能である
- D) 圧力による力の監視と制御が可能である
- E) 増圧と合流によって軸間でパワーの融通ができる
- F) 脱着を油圧によって達成できる

このようなアイデアを踏まえて研究課題が設定され、研究計画が立案される。

機械的に合体して組み合わせられてできたロボットは、最適設計された一体型のロボットと比べて、性能面で大幅に劣ると考えられる。しかしそれは常に真なのだろうか？設定すべき問いは、冒頭に述べた運用面のニーズを踏まえて、「既存の一体型のロボットに対して、モジュラー油圧ロボットが有利になる条件は何か？」である。既存のロボットには純電動

も含まれる。具体的にいくつかの仮説検証を達成することが重要である。

### 3. エピローグ

モノからコトへという大スローガンのもとでモノへの関心が薄れる中で、メカニズムはブラックボックスとして覆い隠され、スマホ画面のように、イージーかつ瞬間的に消費される存在に成り下がってしまったかのようである。イージーなのは大変結構であるが、この調子でモノ離れが進行したとき、モノの仕組みを理解して扱えるエンジニアは日本にどれだけ残るのだろうか？AIも同様であるが、技術に対する無関心は一種の思考停止とも捉えられる。高度なロボット技術を一部の人間に委ねることは大変危険である。

リノベーションやそれに類する概念（サステナブルデザインなど）は、人々が自然や人工物に向き合う姿勢においてますます存在感を増すだろう。確かに、新しい物質の大発見や、それを活用した大発明といった、派手でステレオタイプの最先端のイメージと違って、地味で泥臭い印象はぬぐえない。しかも、モノや技術のことを深く理解せずして達成できない、極めて困難で忍耐を要する営みである。そういう中で、大量生産・大量消費に違和感を覚え、古いものを愛し、自らのアイデアで手を加えて価値を生み出そうとしている若者が増えているという。これは朗報ではないだろうか。

リノベーションを科学として昇華するためには、新しい知恵や方法論が必要になる。モジュラー油圧ロボットは従来の油圧機械のリノベーションと捉えることもできる。油圧という既に十分に確立されたと思われる技術を、モジュールロボットという新たな観点から温故知新する試みである。従来のロボティクスが、産業界の要求（大量生産）に応えるだけの受動的な役割を担っていたとすれば、新しいロボティクスは、「人新世」の難問に人々が主体的かつ積極果敢に挑戦するための「万人の技術」になるべきと考える。忍耐強く考え、時間の許す限り、仮説と検証を繰り返したい。

最後に、紙面をお借りして、カヤバ株式会社の本学の研究と教育へのご協力に感謝申し上げます。地球温暖化、パンデミック、食糧・資源リスクの尖鋭化により、多くの人々が不安を抱える中、カヤバのエンジニアの皆様が、今後も誇りをもって社会を支え、地球を救うモノづくりにますます邁進されることを祈念いたします。