

展 望

2025 年度の空気圧分野の研究活動の動向*

赤木 徹也**

* 2026 年 5 月 17 日原稿受付

** 岡山理科大学情報理工学部情報理工学科，〒700-0005 岡山市北区理大町 1-1

1. はじめに

本稿では、2025 年度に開催された本学会主催の春季および秋季講演会、日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会、日本ロボット学会学術講演会の中から、空気圧分野に関する研究動向を調査し、著者の独断的な主観に基づき、これらの講演での空気圧分野における動向を「トレンド」として分類し、いくつかの例を挙げて紹介する。

2. 日本フルードパワーシステム学会でのトレンド

本学会の春季および秋季講演会で発表された全講演 99 件中、空気圧のセッションで発表された講演は、特別講演を含め 56 件あり、全体の 57%に相当する。また、56 件の 16 件（25%）が岡山理科大学からの講演であり、さらに中四国に存在する大学からの講演は 30 件（全体の 54%）と中四国地区で空気圧関連の研究が盛んに行われていることがデータからも伺える。両講演会での空気圧分野の 2025 年度の研究トレンドを、AI による分析も含め、大きく 5 つに分類して紹介する。

1 つは【柔軟性を活かした人間・生物支援（ソフトロボティクス）】であり、56 件の講演中で最も多く、空気圧の「柔らかさ」という強みを最大限に活かした応用である。これらは、リハビリテーションや生活支援機器などであり、足や肩関節などに他動運動を加える健康支援機器（図 1 参照）¹⁾、下肢不自由児向けの機器など、特定の部位や対象に特化したデバイス開発が多く報告されていた。また、人間だけでなく、大型家畜の出産支援（図 2 参照）²⁾や排泄補助車いすなど、ニッチかつ切実なニーズへの応用も報告があった。

2 つ目は、【デジタルファブリケーションとの融合】であり、岡山大学を中心とした研究グループによる 3D プリンタの活用した漏れのない空気圧管路の新たな造形処理方法に注目が浴びている³⁾。

3 つ目は、【超精密・高速制御への挑戦】であり、徳島大学を中心としたナノ精度での超精密位置決め（図 3 参照）が 2025 年度の研究のトレンドになっている⁴⁾。この技術は、同年に特許公開となった摩擦補償技術により汎用空気圧アクチュエータを用いても、リニアタイプでナノレベルでの変位、ロータリタイプで 1/1000 度レベルでの角度の制御が可能で、「空気圧は制御が難しい」という定説を覆す技術革新を起こした制御則である。図 3 に示すように最初の補償器が力学的平衡状態を厳密に生成し、続いて制御信号への補償器がダイレクトに摩擦対策を行うというものである。電動アクチュエータでも実現が難しい高精度の位置決めが可能で、さらにモータの発熱などの問題がない点から熱変形を嫌う半導体製造分野への応用が期待される技術であり、2025 年度を代表する技術の一つといえる。

4 つ目は、【インフラ点検・極限環境ロボット】であり、岡山理科大学や中央大学を中心とした研究グループによる配管検査ロボット⁵⁾や、はしご昇降による探査など、災害現場や建設現場での使用を想定した柔軟アームを有する移動ロボット（図 4 参照）をさらに原子炉内など、極限環境で使用することを想定した研究が報告されていた⁶⁾。

5 つ目は、【スマート化と省エネルギー】であり、位置センサを使わない推定技術として、エアパワーメータを用いた故障診断⁷⁾など、システムの簡素化・スマート化が図られていた。さらに、秋田県立大の小林らによる真空ポンプを用いたアクチュエータ内部の空気の循環による電動と空気圧のハイブリッド駆動により省エネを実現する手法⁸⁾や、香川大学の佐々木らによるタンクを用いたエネルギー回生など、環境負荷低減を意識した研究⁹⁾が報告されていた。

以上のように、かつての「力強いが制御は大まか」という空気圧のイメージを払拭し、「柔らかく＋賢く＋精密で＋誰でも（3D プリンタで）作れる」次世代の駆動技術へとシフトしているのが 2025 年度のトレントと思われる。

3. 日本機械学会ロボットメカトロニクス講演会でのトレンド

日本機械学会主催のロボットメカトロニクス講演会での関連講演では、「フルードパワーロボティクス」の OS で 10 件の講演があり、その半数以上が空気圧に関する研究報告であった。これ以外にも著者が調べた限りで「空気圧」や「エア」をタイトルとして用いた研究が 20 件以上あり、この分野での空気圧の利用したシステムの開発が盛んに行われていることが推察できる。この講演会での 4 つのトレンドを以下に述べる。

1 つは【ウェアラブル・アシスト技術の深化】であり、中腰支援、階段昇段支援、歩行リハビリなど、「人間の動作を直接サポートする」機器の開発が多く報告されていた。

2 つ目は JFPS の講演会と同様に【バイオミメティクス（生物模倣）と柔軟ロボティクス】であり、中央大学のグループによるミミズのような蠕動運動¹⁰⁾や、生物の構造を模したアクチュエータの研究開発・応用が報告されていた¹¹⁾。

3 つ目は、【触覚提示と VR/UX への応用（Haptics）】であり、空気の噴射や振動を利用して、人間に感触やトルクを伝える研究が報告されていた¹²⁾。

4 つ目は、最近の急速に発展を遂げている【機械学習（AI）との融合】であり、物体の状態推定や濡れ性評価において機械学習を活用する例が報告されている。

以上、著者が空気圧関連の講演として認識した講演は中央大学など 21 団体など多くの研究グループによる報告があった。

4. 日本ロボット学会講演会でのトレンド

日本ロボット学会の講演会において、著者の独自の判断で空気圧関連と思われる講演は、岡山大学や徳島大学、立命館大学などを含め 13 の大学・高専からの 15 件の報告があった。ロボット学会でも空気圧技術が「単なる駆動源」から「知能や機能を持つ柔軟デバイス」へと進化することを期待される講演が多くあり、以下の 3 つのトレンドがあるものと感じられた。

1 つは、【剛性（硬さ）の能動的なコントロール】であり、空気ばねや SMP（形状記憶ポリマー）、ソフトフィンガーなどを使い、関節や指先の「硬さ」をリアルタイムで制御する研究などの報告があった¹³⁾。これにより、人間との接触時の安全性と作業時の正確性を両立させようとしていた。

2 つ目は【「身体への親和性」を追求したウェアラブル・スポーツ応用】であり、「身体に巻き付くデバイス」や「ランニング用スーツ」など、生活やスポーツの動作を拡張する試みがあった¹⁴⁾。また、装着型デバイス特有の課題である「位置ずれの補正」といった実用化に向けた研究報告もあった。

3 つ目は【モデル化と学習による「制御の難しさ」の克服】であり、空気圧は非線形（動きが複雑）で制御が難しいとされるが、これを理論（モデル化）と最新技術（AI・学習）で解決する試みで、学習ベースでの「動力学推定（農工大）」¹⁵⁾や、圧電ブロー・ポペットバルブといった「新しい空気圧制御機器」の精密なモデル化が報告されていた。

5. おわりに

以上、本稿では 2025 度に報告された空気圧分野の研究動向を【トレンド】として表すことで、概念的に理解しやすい分類により紹介した。特に 2025 年は、従来の「空気圧は制御が難しい」という定説を覆す技術革新を起こした摩擦補償技術が特許公開されたことや、まだ詳細な公開はないものの、フィラメントを用いた一般的な 3D プリンタによる造形でも、後処理により漏れのない空気回路を生成できるなど革新的な技術が紹介された重要な年度だと著者は感じている。今後、これら紹介した技術に引けを取らない空気圧分野の革新的な技術や応用が開拓され、空気圧分野の研究がより活発に行われていくことを強く願うものである。

参考文献

1) 難波祐紀他：伸長型柔軟空気圧アクチュエータを用いたウェアラブル式肩関節リハビリテーション

- 機器の開発, JFPS2025 年春季講演会講演論文集, (2025), pp.23/25.
- 2) 三木英資他：大型家畜動物の出産支援を考慮した空気圧駆動パワードスーツの開発, JFPS 2025 年秋季講演会講演論文集, (2025), pp.114/116.
 - 3) 山口大介他：熱溶融積層方式 (FDM) 3D プリント製部品の内部隔壁気密性に対する空気漏れゼロ後処理の評価, JFPS 2025 年秋季講演会講演論文集, (2025), pp.10/12.
 - 4) 高岩昌弘：汎用型空気圧アクチュエータの超精密位置決め制御～サブナノへの挑戦と産業応用展開に向けて～, JFPS 2025 年春季講演会講演会特別講演, (2025) .
 - 5) 石橋卓実他：軸繊維拘束型 EFPA を用いた細径配管検査ロボットの試作, JFPS2025 年春季講演会講演論文集, (2025), pp.17/19.
 - 6) 猿田拓士他：タコの水平歩容に着想を得た水平移動可能なはしご昇降ロボットの提案, JFPS 2025 年秋季講演会講演論文集, (2025), pp.111/113.
 - 7) 田村享大他：エアパワーメータを用いたソフトグリッパの故障診断に関する基礎研究, JFPS 2025 年秋季講演会講演論文集, (2025), pp.42/44.
 - 8) 小林卓巳他：多段圧縮機構を用いた小型・静音コンプレッサの解析と特性, JFPS 2025 年秋季講演会講演論文集, (2025), pp.1/3.
 - 9) 佐々木大輔他：積層型容積可変タンクを用いた回生機能を有する空気圧供給システム, JFPS 2025 年春季講演会講演論文集, (2025), pp.91/93.
 - 10) 鈴木陽介他：空気噴射とアースオーガを用いた蠕動運動型掘削ロボットにおける推進機構の開発ー推進機構の特性評価ー, ROBOMECH2025 講演論文集, (2025), 2A2-F05.pdf, pp.1/4.
 - 11) 浅井悠香他：跳躍用座屈形状ゴム空気圧アクチュエータの開発, ROBOMECH2025 講演論文集, (2025), 2A2-L07.pdf, pp.1/4.
 - 12) 大原浩務他：空気噴出による力覚提示手法を用いたトルク提示の検討, ROBOMECH2025 講演論文集, (2025), 1A1-T12.pdf, pp.1/3.
 - 13) 岡本泰樹他：空気式ソフトフィンガーにおける可変剛性機能の実現, 第 43 回日本ロボット学会学術講演会講演論文集, (2025), 2K3-01.pdf, pp.1/3.
 - 14) 中野竣太他：伸縮動作によって身体に巻き付く空気圧駆動型デバイスの開発, 第 43 回日本ロボット学会学術講演会講演論文集, (2025), 1N2-04.pdf, pp.1/3.
 - 15) 當別當耀他：把持力による力学的干渉を考慮した空気圧駆動ロボット鉗子の学習ベース動力学推定, 第 32 回日本ロボット学会学術講演会講演論文集, (2025), 2M2-03.pdf, pp.1/3.

著者紹介

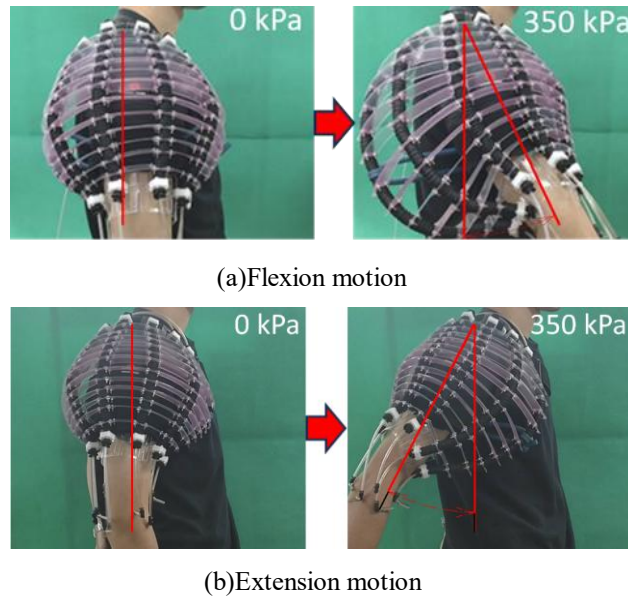
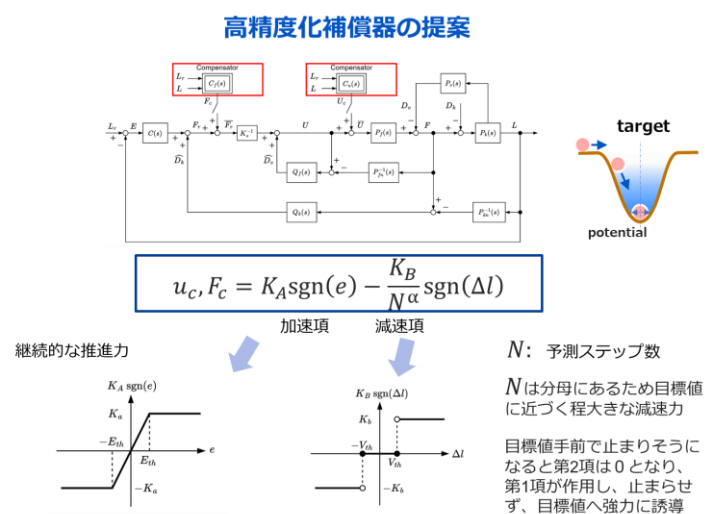


あかぎ てつや

赤木 徹也君

1998 年岡山理科大学大学院博士課程修了。同年津山工業高等専門学校助手。2005 年岡山理科大学工学部講師, 2010 年文部科学大臣表彰「若手科学者賞」受賞, 2013 年同教授, 2022 年情報理工学部教授, 現在に至る。ソフトアクチュエータ, 組込み技術を用いたウェアラブル空気圧制御機器の研究に従事。日本フルードパワーシステム学会, 日本機械学会, 計測自動制御学会などの会員。博士(工学)。

email:akagi@ous.ac.jp

図1 ウェアラブル式肩関節リハビリテーション機器¹⁾図2 家畜出産支援用パワーアシストスーツ²⁾図3 汎用空気圧シリンダを用いた超精密位置決め⁴⁾

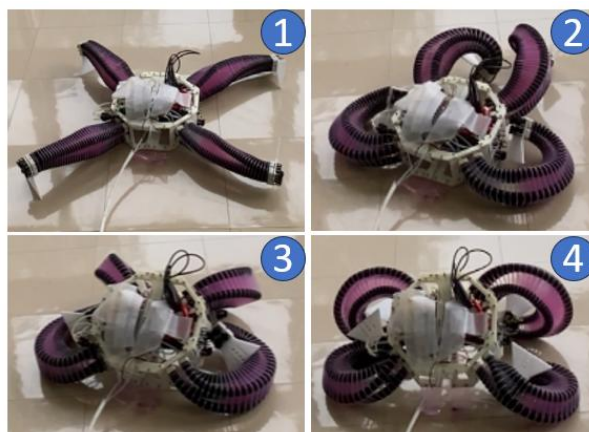


図4 柔軟ロボットアームを用いた検査ロボット⁶⁾

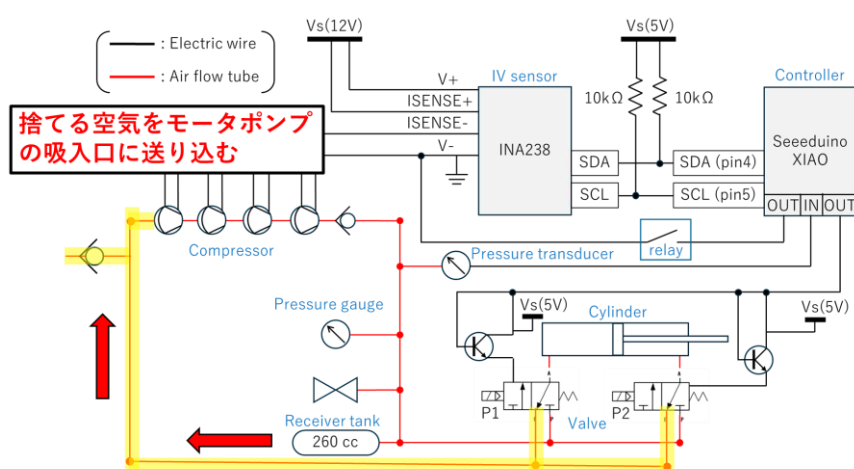


図5 真空ポンプを用いた多段増幅と空気循環式駆動⁸⁾