

次世代 3D プリンタの開発

研究代表者 梅津 信二郎
(創造理工学部 総合機械工学科 教授)

1. 研究課題

3D プリンタは、複雑な任意形状の立体物を安価かつ迅速に製作可能であり、産業から医療、建築分野にまで広く応用されている。申請者はこれまで、光造形、材料押出、インクジェット等、多様な方式に基づく 3D プリンタの開発を推進してきた。2023 年度は、金属と高分子のハイブリッド構造、応急建築部材、アクチュエータ応用等に取り組んだが、2024 年度はさらに応用対象を拡張し、「生体適合型の高機能材料の積層造形」と「社会実装を見据えた高効率構造体の製作技術の確立」を主眼として研究を進めた。本研究は、医療・モビリティ・防災など多様な社会課題へのソリューション創出を目的とする中核的技術研究である。

2. 主な研究成果

2. 1 生体応答性材料を用いた次世代アクチュエータの開発

高分子導電性材料と金属材料を用いたハイブリッド 3D プリンタを用い、微細構造を備えた生体適合型アクチュエータの開発を実施。応用例として、呼吸運動に連動したウェアラブル触覚フィードバックデバイスを試作した。これにより、ヒトの生体信号（呼吸、心拍など）に応じて柔軟かつ動作するデバイスの実現可能性を示した。

2. 2 3D プリンタによるウェアラブルセンサの開発

高感度・長期装着可能な自己粘着型圧電センサを開発し、生体運動の正確なモニタリングを実現することである。NiO および BaTiO₃を含む P(VDF-TrFE)圧電層により、圧電係数 d_{33} が最大 13 倍に向上し、ジェスチャー識別や荷重検出などの応用で高感度・高安定な出力が得られた。センサは長時間使用でも接着力と快適性を維持し、実用的なウェアラブルセンサとしての有用性を実証した。

2. 3 圧電フィルムセンサの開発

本研究の目的は、自己粘着性を備えた多層構造圧電センサ (MNF-PZT) を開発し、長時間にわたる生体運動のモニタリングを可能にすることである。圧電層には NiO および BaTiO₃ナノ粒子を含む P(VDF-TrFE)繊維を用い、圧電係数 (d_{33}) が 13 倍に向上。ABS/PVA 複合基材によって高い粘着性と柔軟性を確保し、金電極 (Au) によって安定な電気出力が得られた。屈伸や荷重変化、ジェスチャー識別などで高い感度と安定性を示し、長時間使用にも耐えるウェアラブルセンサとしての実用性が実証された。

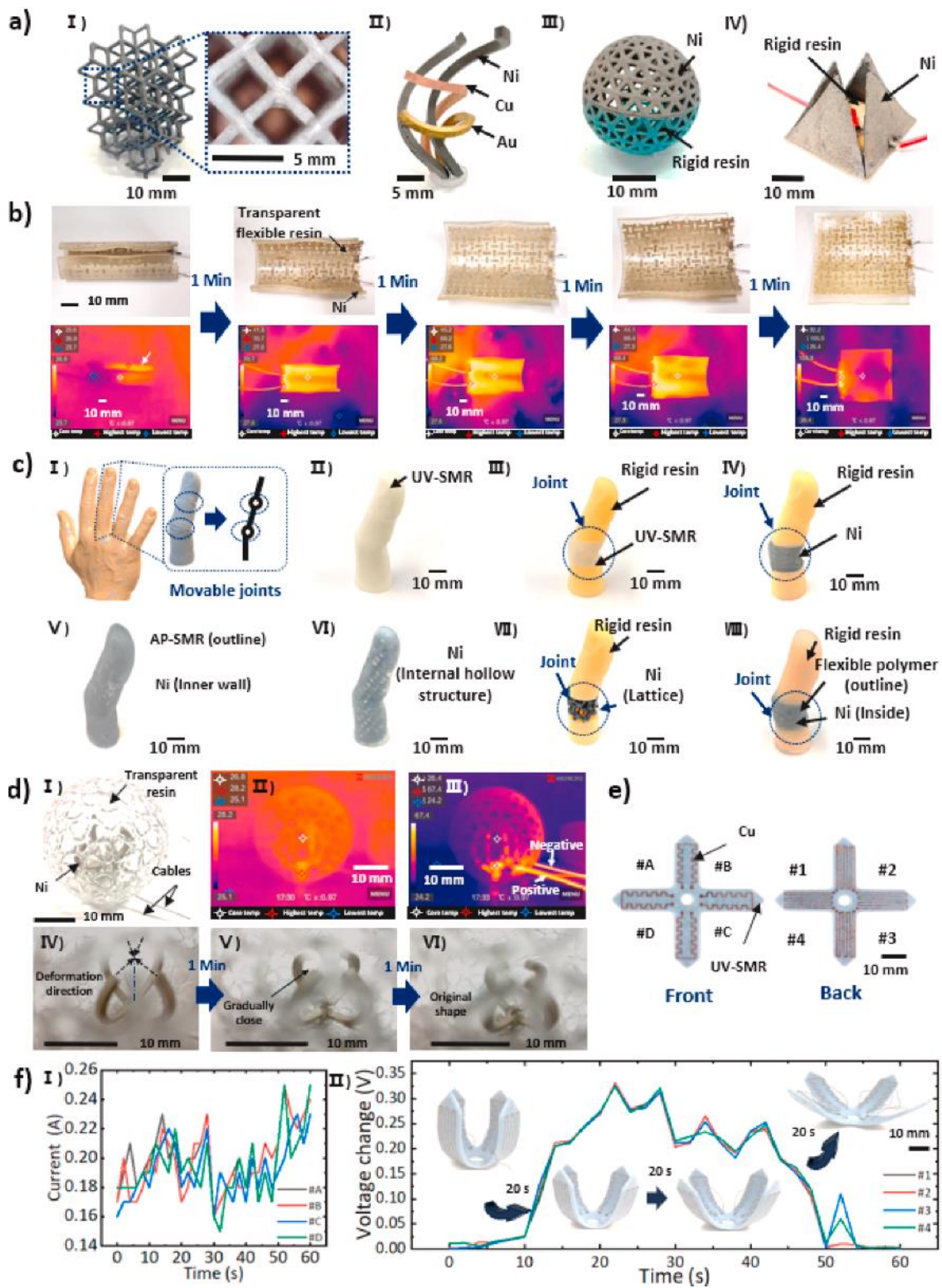


図1 3D プリント造形物。熱による変形、生体センサとしての利用が可能であることを実証した。
(Composites Part B 295 (2025) 112218 より)

3. 共同研究者

高口 洋人（創造理工学部 建築学科 教授）
岩崎 清隆（創造理工学部 総合機械工学科 教授）

4. 研究業績

- 4.1 A periodic split attractor reconstruction method facilitates cardiovascular signal diagnoses and obstructive sleep apnea syndrome monitoring, Z Zhang, K Hirose, K Yamada, D Sato, K Uchida, S Umezu, Heliyon 10 (15) (2024).
- 4.2 Unleashing the potential of industry viable roll-to-roll compatible technologies for perovskite solar cells: Challenges and prospects, MJM Marques, W Lin, T Taima, S Umezu, M Shahiduzzaman, Materials Today(2024).
- 4.3 Cyborg insect repeatable self-righting locomotion assistance using bio-inspired 3D printed artificial limb, MJ Montagut Marques, Q Yuxuan, H Sato, S Umezu, npj Robotics 2 (1), 3 (2024).
- 4.4 A combination of logical judging circuit and water-resistant ultrathin film PEDOT: PSS electrode for noninvasive ECG measurement, K Song, K Hirose, K Niitsu, T Sui, H Kojima, T Fujie, S Umezu, Discover Nano 19 (1), 45 (2024).

5. 研究活動の課題と展望

2024年度は、導電性樹脂を用いた3Dプリントセンサの実用化に向けて、圧電性能・形状追従性・長期使用安定性のいずれにおいても大きな成果が得られた。一方で、センサ特性の再現性や出力のばらつき、使用条件（汗・皮脂・温度変化）による信号品質の変動といった課題も明らかとなった。また、脳波・心電波形など微弱信号を扱う際のノイズ耐性向上や、センサと解析AIシステムとの高精度な同期制御も今後の技術的焦点である。今後は、材料の均質性とプロセス制御精度を高めることで再現性を確保するとともに、AIベースの信号補正・自己診断アルゴリズムを組み込んだ『知能化3Dプリントセンサ』として展開を図る。また、建築構造部材との接合やインプラントブル応用も視野に入れ、応用展開と産業連携を深化させたいと考えている。