

バイオ研究者と巨大ロボット



ナノバイオテクノロジーで作製した機能性磁性ナノ粒子。100 nm の粒子が水の中を分散しており、磁性流体の挙動を示す（磁石に引き寄せられる）。粒子表面が細胞と結合するように加工されており、培養液に添加して細胞を磁気標識することで、細胞を磁力で遠隔操作することができる。

私の子供時代と工学博士

私は子供のころから、おそらく他の30代の同世代の人たちと同様に、SFのマンガやアニメが大好きで、特に巨大ロボットが登場するアニメを夢中で見ていた。ただ、「子供の頃にSFが好きだったからこの道に進んだ」と言うことができれば話は美しいのだが、私の子供の頃の夢は専ら「巨大ロボットを操縦すること」だった。その夢は、子供ながらに歳を重ねることで「飛行機のパイロット」というやや現実路線に修正され、いつしかパイロットにも興味が無くなっていった。一方で、現在、工学博士としてバイオテクノロジーの研究を専門としているが、子供の頃、「はかせ」といえば「巨大ロボットが造れる（お爺さん）」であり、その他にどんな分野の工学があるのかは全く想像がつかなかった。

ナノバイオで再生医療

現在、私は九州大学工学研究院で再生医療の研究をしており、特に、ナノテクノロジーを駆使して作製した100 nm (1 mmの1万分の1の大きさ)の機能性磁性ナノ粒子を標的細胞に結合させて、細胞を磁力で積み上げていって、三次元組織を構築する手法の開発に取り組んでいる。再生医療技術を開発しているからといって、私は医学部の研究者ではないので、例えば



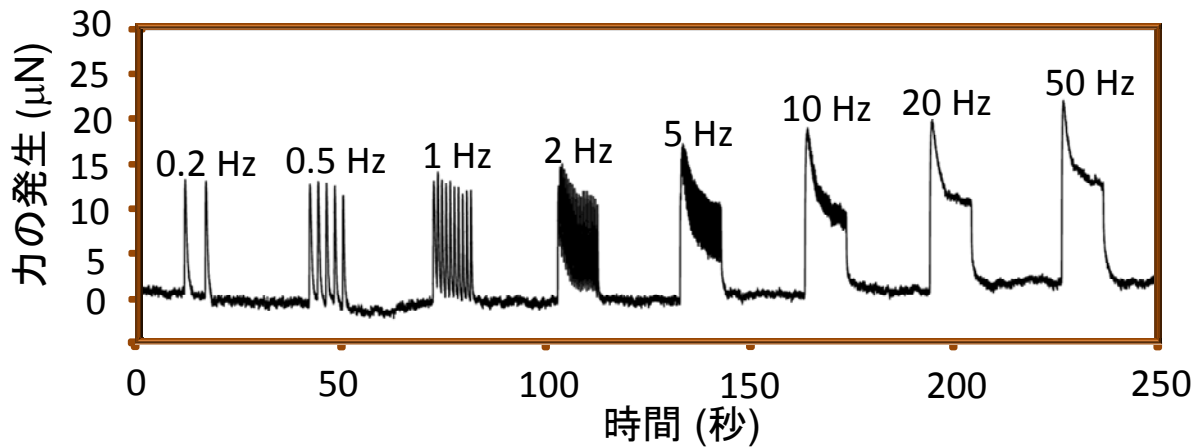
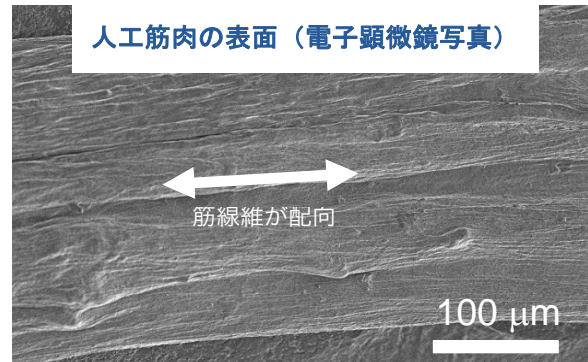
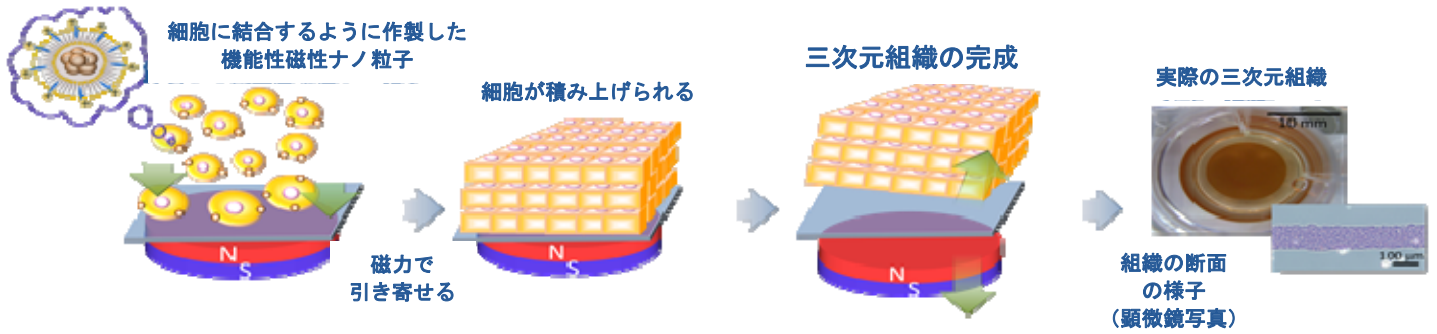
Akira Ito

●1975年岡山県生まれ。名古屋大学工学部卒業。名古屋大学工学研究科を経て06年、九州大学大学院工学研究院へ。専門は生体医用工学。

「眼科だから眼の再生」のような、専門的に標的とする組織・臓器はない。一方で、磁力で細胞を積み上げていく方法だと、一般的に細胞をくっつけて三次元構築するために使用されるゲルやスポンジ状のポリマーのような足場担体が必要ないことが分かり、そのことにより「細胞だけで構成される三次元組織」、つまり「細胞が高密度につまった組織」の構築が可能となった。このことから、細胞が高密度につまった組織である「筋肉」を標的組織として、筋肉再生の研究をスタートさせた。

試験管内で筋肉をつくる

人工的に試験管内で再生した筋組織は、移植片として使用することで筋肉の損傷や筋ジストロフィー等の疾患に対する再生医療に有望である。一方で、筋組織は生体内の「動力装置」として働いているため、何か物を動かす動力素子「アクチュエータ」として利用可能かもしれない。筋組織をアクチュエータに使用した場合の利点として、筋組織は生体内のエネルギー通貨であるアデノシン三リン酸(ATP)を動力源として収縮運動を行うため、エネルギー変換効率は一般的な内燃機関と比べて格段に高いことが挙げられる。さらに、筋肉の中の筋芽細胞とよばれる幹細胞（筋肉の元になる細胞）は、組織内で損傷が起きた場合には増



磁力を用いて作製した筋組織は、電気刺激の周波数に応じて、リズムカルに収縮して力を発生した。
(Tissue Engineering Part A, 17(1-2), pp.107-114, (2011)).

このように、「遺伝子工学技術を駆使して筋細胞の能力を飛躍的に高めた人工筋肉を作つて、最終的には腕一本、足一本作りたい」と学生に夢を語っていたところ、ある学生から「要するに、エヴァンゲリオンを作りたい訳ですね」と言われた。エヴァンゲリオンとは、1995年から放送された人気アニメ「新世紀エヴァンゲリオン」において、主人公の乗る「汎用人間型決戦兵器」と作中でよばれる巨大ロボットである。私はこの学生の指摘を理解した一方で、まさか自分の研究とロボットが関連しているとは夢にも思わなかった。困惑すると同時に、そういう発想もあるのかと目から鱗が落ちた。私は、1997年に放映が開始された人気アニメ「機動戦士ガンダム」に夢中になった世代なので、巨大ロボットといえば、当時流行していた「超合金」(マジンガーZを元祖とする)とよばれる金属玩具の記憶と「硬くて機械的」なイメージしかもっていなかった。一方で、

やわらかいロボット

殖し(自己増殖)、自らを構成するタンパク質を絶えず製造する(自己修復)ことから、筋組織を試験管内で構築して動力素子として使用することができれば「自己再生」する新しい原理のアクチュエータの創製となると考えられる。我々は、無限増殖可能な筋芽細胞を大量生産可能なパーツとして、遺伝子工学技術による機能強化を行うことでスペックを高めて、我々が独自に開発した磁力を用いた再生医療技術で三次元組織を構築することで、バイオテクノロジーを駆使した新原理バイオアクチュエータの開発を行っている。

エヴァンゲリオンは、謎の生命体を遺伝子操作して作製された人造人間であり、「軟らかくて生物的」な巨大ロボットであることから、当時かなり衝撃を受けたことを覚えている。また、エヴァンゲリオンは生物的なロボットであるにも関わらず、コクピットはエヴァンゲリオン頸椎部から挿入されることで、パイロットはエヴァンゲリオン体内に搭乗し、神経接続を行うことで操縦する。

バイオテクノロジーで作製した筋組織アクチュエータは、使用用途に様々な限定要因がある可能性がある。例えば、筋組織は培養液中でしか生存できず、環境温度も体温と同じ37℃付近に調節される必要がある。しかしながら、我々が原始の海から陸上へ上がってきたように、人工筋組織も皮膚や骨、血管を含む構造に進化することで、活躍のフィールドを広げることができるとも思えない。エヴァンゲリオンを1個体作製する必要はないが、筋組織を結合する腱、骨や関節、血管や神経をうまく取り入れることで、まさに人間の腕や足のような人工組織を作製することができれば、ワードスーツなどへの応用も可能になる。2010年の朝日新聞日曜版に「ガンダムの科学」と題されたコラムが連載された。また、巨大ロボットではないが、「鉄腕アトム」に描かれている未来都市の、夢の超特急・高速道路が今は現実として目の前にある。「エヴァンゲリオン」のようなSFアニメからヒントを得て、夢のような新しい技術が生まれる日がいっつかやってくるかもしれない。

科学技術の拓く未来の夢