

先端研究が描く未来

大学は教育の場であるとともに、研究機関としての使命も持っています。本号では、義塾の各部門で行われている数ある研究の中から、湘南藤沢キャンパス（SFC）の「ドローン研究」と医学部の「iPS細胞と再生医療研究」にスポットを当て、先端研究が描く未来を先取りします。ドローンもiPS細胞も、言葉こそよく耳にしますが、その最先端ではどのようなことが行われているのでしょうか。

1 ドローン

SFCの多彩な研究を結び、ドローン前提社会を探る

「drone」の元来の意味は雄蜂。しかし近頃話題になっているのは、コンピュータ制御の自動操縦で飛ぶ無人航空機のこと。撮影や物流など、さまざまな分野で活用されるようになる日は近いでしょう。SFCでは、よりよいドローン社会を創るべく、教員、研究者、塾生が力を合わせて研究に取り組んでいます。

3月19日、SFCにおいて「SFCドローンフェスタ2016」が開催されました。主催はSFC研究所ドローン社会共創コンソーシアム。シンポジウム、ミニドローンの操縦体験、義塾

におけるドローンの取り組み紹介、そしてドバイで開かれたドローンレースへの参加報告など内容の濃いイベントになりました。同コンソーシアム代表の古谷知之総合政策学部教授に、義塾

におけるドローンの研究と教育について聞きました。「4月の熊本地震のニュースで、ドローンから撮影された被災地の映像を見た人も多いと思います。このように

低空から、あるいはヘリコプターが近づけない林の中など狭い空間での撮影に、既にドローンは大活躍しています。さらに今後、通信や物流でドローンが活用される日も近く、限定された地域で社会実験が開始されています。開設当時のSFCが、村井純教授を中心にインターネットの研究と普及に尽力したように、私たちはSFCの力を結集して、ドローンという新たな分野がパソコンや自動車のように日常的に活用される「ドローン前提社会」のあるべき姿を考えようとしています」

統計学と地理情報の研究が専門の古谷教授が、福島第一原発事故の被災地における汚染状況の調査でドローンを使ったように、SFCにはドローンを



ドローンの操縦体験



ドローンによるSFC空撮画像

活用して研究や教育を行っている教員が20名以上おり、ドローンが100台以上あります。研究分野が多岐にわたるSFCは、ドローンのさまざまな使い方を模索し、未来のドローンに関するルール作りを進めるのに最適なキャンパスなのです。

「ルール作りなどの社会展開も重要ですが、基本はもちろん教育です。安全性を確保しながら、ドローンをもっと積極的に活用した授業や研究を体系的に行える仕組みを作ろうとしています。またデータ科学やロボティクス、人工知能など最先端技術とドローンを結び、次世代の研究者を育てようとしています。3月に行った特別講座『ドローン研究』には、SFC生以外の塾生の参加もあり、彼らはビジネスとしての、また法律対象としてのドローンに興味を持っています。キャンパスの垣根を超え、義塾全体を巻き込んだ取り組みができれば、さらに面白くなる

とと思っています」

ドローンは発着場所を確保すれば、離着陸、航行はすべて自動操縦が可能で

す。例えば山間部の過疎地の家に葉を届けて、戻ることも自動でこなします。

「将来はベランダやマンション屋上にドローンの離着陸スペースを備えた建築が普通になるかもしれません。さらに、少しSF的ですが、自動車が道路を走るように、人や物を載せたドローンが自律飛行する時代が来ることも十分に考えられます。学生たちには新たな可能性が広がるこれからの社会について積極的に考え、答えを見つけていってほしいと思います」

かつてインターネット社会を拓いたSFCは、いまドローン社会の最先端研究の地として胎動を始めています。

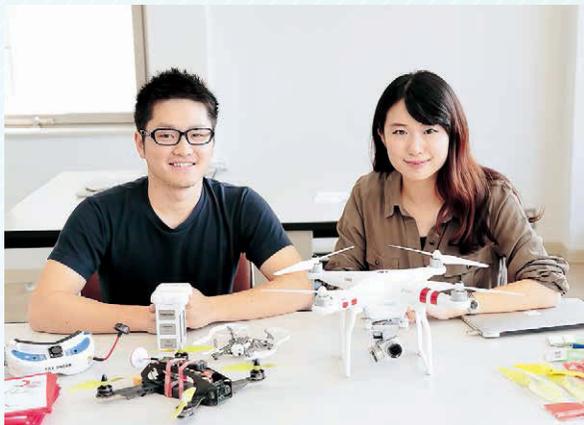


総合政策学部 教授
ふるたにともひさ
古谷知之



ドローンフェスタ

レースと研究会で、ドローンの可能性を探る



(右) 環境情報学部4年 遠藤澄絵君
(左) 環境情報学部4年 小原章紀君

遠藤澄絵君と小原章紀君は、ドローンレースチームKARTに所属し、研究会でのテーマドローン。3月に開講された「ドローン研究」では、経験者として受講者に操縦の仕方指南するサポート役を務めました。

小原 未来創造塾入門の授業で、ロボットの取締役でドローンパイロットとしても有名な塾員の千葉功太郎さんにお会いしたことが、

ドローンと関わるようになったきっかけです。その授業からレースチームのKARTが生まれ、私は3人いるパイロットのうちの一人です。一方、古谷知之研究会では、物流や報道、通信など多様な用途で航行するドローンの交通整理を行う、ドローン管制システムについて研究しています。

遠藤 そのKARTに広報担当として参加しています。鈴木寛研究会では、レースなどエントーテインメントの可能性を追求し、日本により深くドローンを根付かせる方法を探っています。今後は、ドローンを通じて日本に新たな文化をつくっていきたくと考えています。中国に本社があるドローンメーカーでのインターンシップも予定しており、今から楽しみです。

小原 特別講座の「ドローン研究」は注目度が高く、60人以上が参加しました。安全に飛ばすために先に法律やルールを学び、操縦体験の後に、空撮、センシング、レースなどのテーマごとに分かれてグループワークを行います。ドローンの可能性や応用方法について議論と実践を重ねました。

遠藤 SFCをドローン研究のメッカにするために、みんなで盛り上げていきましょう。

SFCの塾生との交流

経済学部の星野崇宏研究会に所属している米津了輔君は、仲間と作成した「消費者選択行動」に関する論文で昨年の三田祭論文コンクール金賞を受賞しました。その後、古谷教授のデータ分析に興味を持ち、SFCの授業を聴講。そのときに、ドローン研究の存在を知りました。

「特別講座に参加し、データ収集班としてグループワークに取り組みました。人の周りにドローンを旋回させて、帽子をかぶった状態と脱いだ状態の体積のデータを集め、それをもとに、失われた帽子の形を3Dモデリングとしてパソコン上に再現。ドローンの可能性をリアルに実感しました」

SFCで多彩な塾生と交流できたことも、想像以上に価値ある経験でした。

「自分は経済学の発想で『こんなことができたらいいな』と話す、技術に強いSFC生が『こうすれば可能だよ』とすぐにプロトタイプを示してくれる。専門の違いが混じり合って新しいものが生まれる体験は、ビジネスの世界でも、きっと役立ちます」



経済学部4年
米津了輔君

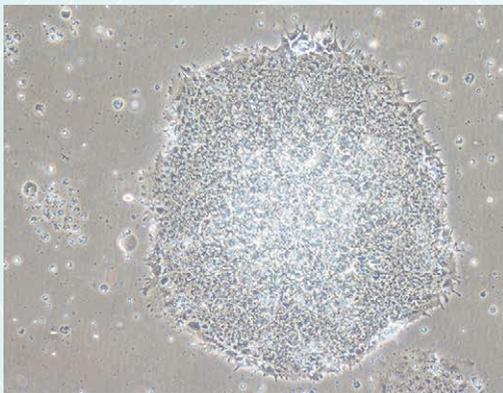
iPS細胞による臨床応用が近い再生医療現場

2006年に、京都大学の山中伸弥教授がiPS細胞を生み出す技術を開発してから今年で10年。それ以前から再生医療の研究で実績を積み重ねていた義塾医学部は、いち早く山中教授らとiPS細胞を用いた共同研究に取り組みました。現在、iPS細胞を用いて実際に患者さんへの治療に応用する（臨床応用）段階が近づいており、また、さまざまな病態解明に役立てる研究も行われています。

医学部は、文部科学省から「再生医療実現化を目指したヒトiPS細胞・ES細胞・体性幹細胞研究拠点」に指定されています。拠点の代表である岡野栄之医学部長・医学部教授に主にiPS細胞に関して、医学部の取り組みを語っていただきました。

iPS細胞（人工多能性幹細胞）は、人体のさまざまな臓器や組織に変化させることができます。以前から再生医療の研究で成果を挙げていた医学部では、iPS細胞を用いての、脊髄損傷と心不全、移植再生治療の研究が着実に進み、1、2年後には、ヒトへの応用が実現する見通しです。さらに他大としては、パーキンソン病や自閉症の病態を解明する研究も進んでいます。

国際的に見ても、義塾のiPS細胞研究レベルはトップクラスです。国際幹細胞学会で発表するiPS細胞に関する



慶應義塾で作成したiPS細胞（医学部生理学教室提供）

論文数は、世界の先進的な大学や研究機関に伍して10位以内に入っています。

どんな人のどんな部位の細胞にも変化させることができるiPS細胞は、再生医療のみならず、疾患研究も飛躍的に進化させました。病気の人の疾患部位の細胞を、試験管やシャーレ内で作ることができるため、それをもとに治療法を研究し、さらには新しい薬の開

発にも結び付けることができます。例えば難病として知られる筋萎縮性側索硬化症（ALS）の患者さんから細胞の提供を受け、iPS細胞を用いて疾患同様の細胞を作るなどして原因の解明、さらには薬学部と共同で創薬にも取り組もうとしています。

私自身は、医学部に入学する頃、身近な人が脊髄損傷を負って車いす生活になったことをきっかけに、神経研究の道に進みました。1998年にヒト成体脳に神経幹細胞があることを米国グループとの共同研究成果として発表し、2001年に義塾に戻ってからは脊髄再生をメインテーマに研究に取り組んできました。現在は、ヒトへの応用が実現に近づき、期待を高めています。



医学部長
医学部 教授
おかの ひでゆき
岡野栄之

iPS由来心筋細胞の人体への応用へ向けて

福田恵一教授（循環器内科学教室）は、1995年に心臓の再生医療研究を始めました。

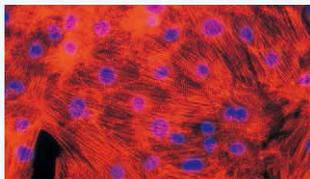
「心筋細胞を人工的に培養し、心筋梗塞などで多数の心筋細胞が失われた患者さんに移植することにより、心臓移植を行うことなく治療することが可能となります。1999年には骨髄細胞を使って心筋を作ることに成功し、続いて心筋細胞になるために重要な遺伝

子を開発しました」

iPS細胞由来の心筋細胞による再生医療を実現するためには細胞の純度が重要であり、なぜなら未分化のiPS細胞は移植に際して腫瘍（悪性腫瘍は「がん」化するものもある）を形成する可能性が高いからです。

「理化学研究所の高橋政代氏が2014年に、加齢黄斑変性の治療のためにiPS細胞由来の5万個の細胞を網膜に移植する手術に成功したのは快挙ですが、心臓の再生治療には桁違いに多い10億個以上の細胞が必要です。さらに未分化細胞や他のものに分化した細胞を排除しなければなりません」

そこで福田教授らは、心筋細胞とiPS細胞のエネルギーとなる物質の違いを明らかにして、純度100%の心筋細胞を大量に作る



ヒトiPS細胞由来純化心筋細胞（医学部循環器内科 遠山周吾特任助教提供）

子を発見。2006年からは山中教授と共同研究を行い、世界の研究者の成果と統合して、少量の血液からiPS細胞を効率よく作る技術を

細胞移植で、脊髄損傷による身体麻痺からの回復を目指す

整形外科学教室の中村雅也教授は、生理学教室の岡野栄之教授との共同研究で、脊髄損傷を治療するために、iPS細胞由来の神経幹細胞を移植する臨床研究を目指しています。

「人間の神経細胞は、脳と脊髄の中枢神経と、手足の末梢神経に分類され、中枢神経は一度切れると再生不可能とされてきました。

交通事故やスポーツ事故などで首の骨が折れたりして、骨の後ろにある脊髄が切れると、下半身麻痺など、さまざまな回復不能の症状を起こします」

中村教授らは、この回復不能の壁を破るために、以前から神経幹細胞に注目して移植研究を行っていました。マウス、サルの実験で

ことに世界で初めて成功しました。

ロボット培養装置も開発して信濃町キャンパス内のリサーチパークに設置、移植用の機器も開発し、また開発のためのベンチャー企業のハートシードを昨年11月に設立するなど、福田教授のチームによる心筋細胞の人体への応用開始は着々と近づいています。

「現在は心筋細胞の移植に向け、資料を整えて、医薬品医療機器総合機構（PMDA）の審査を受けているところです。もう少し時間はかかりますが、なるべく早くヒトへの応用を行いたいと思っています」



医学部 教授
福田恵一
（ふくだ けいいち）

成功したものの、2006年に厚生労働省から臨床研究ガイドラインが出され、中絶した胎児から採取する神経幹細胞は、実質的に使えなくなり、研究は一時頓挫しました。

「しかし、山中教授によってiPS細胞が作られたことを受け、研究を再開。2011年にはiPS細胞由来の神経幹細胞によりマ

ウスの機能回復に成功、2年後にはサルでも成功しました。とはいえ、ヒトの体に用いるには、さらに安全性が求められます」

iPS細胞の長所の一つは自分の細胞を採取して培養することで免疫拒絶のリスクを減らせることです。莫大な費用がかかります。

「そこで京都大学 iPS 細胞研究所 (CiRA) から配布された、安全性を幾重にも調べぬい iPS 細胞を神経幹細胞に誘導する道を選

択しました。現在はその神経幹細胞の安全性を調べる最終段階にきています」

臨床研究実施が認可された後の研究は、3段階で行われる計画です。

「まず完全脊髄損傷を受けて2〜4週間の患者さんへの移植、次は損傷から半年以上経て、筋肉は微動するものの機能は果たせない患者さんへの移植。ここではベンチャー企業サイバーダインと共同開発したロボットス

学部生ながら、自らの提案で神経細胞の作り分けを研究

今泉研人君は学部生ながら2年生の頃から

岡野栄之研究室に所属し、学部の授業と並行して研究に取り組んできました。そして昨年11月に国際幹細胞学会の学会誌である「Stem Cell Reports」オンライン版に掲載された、

順天堂大学との共同研究「ES/iPS細胞から神経細胞を『作り分ける』新技術の開発」に大きな貢献をしました。

——医学部に入学した理由は？

「子供の頃から、新しいものを発見したいという研究志向がありました。高校時代は物理学にもひかれましたが、人のためになる研究をしようとの思いで、義塾の医学部に入学しました」

——iPS細胞に興味はありましたか？

「山中教授が開発し話題になったのは中学

生の頃のこと。すごいなあとは思いましたが、それ以上の特別な思いはありませんでした」

——学部2年から研究室に所属する人は、ほかにいましたか？

「学年に2、3人はいると思います。僕の場合、別のテーマの研究中に出たあるデータをもとにこんなことができるのではと提案し、了承されて独自に研究を進めることができました。学部生では珍しいかもしれません」

——その研究内容を教えてください。

「神経難病と呼ばれるアルツハイマー病は大脳皮質に、ALSは脊髄に障害があります。ただ、患者さんから直接、脳や脊髄の細胞を採取することは不可能なので、研究はなかなか進みません。しかし、皮膚や血液から採取した細胞をiPS細胞にして神経細胞にでき

る。試験管内で障害原因の究明ができます。そこで重要になるのが、神経細胞を、発生のメカニズムを利用して病変の起こる脳領域に作り分けることです。脳の領域化を決定するシグナルがあり、僕は、そのシグナルを調節する薬剤をさまざまな濃度で処理することで、前脳から脊髄まで、あらゆる脳領域を作り分けることに成功しました。研究は、結果が予測通りならうれしいし、違っても、なぜだろうと考えるのが、また楽しいです」



医学部 教授
なかむら たかのり
中村雅也



医学部6年
いまい けんじ
今泉研人君