



❖ 同志社大学大学院

脳科学研究科

■ 分子細胞脳科学分野

■ システム脳科学分野

■ 病態脳科学分野

次世代の脳科学研究を支える人材を養成する

同志社大学大学院脳科学研究科は5年一貫制の博士課程です。

脳・神経領域の研究は、生命科学のフロンティアのひとつとされ、世界中で数多くの研究が進められています。記憶、思考、判断などといった高次の脳機能や神経・精神疾患関連の研究に注目が集まる中、それらを下支えする神経細胞や神経回路に関する基礎研究のさらなる強化が必須です。

基礎研究と応用研究との関係は、球根と花のようなものです。球根の状態では、将来どんな花が咲くかはわかりません。仮に、応用研究という花が咲いたとしても、球根を取り除いてしまっただけでは枯れてしまいます。我々脳科学研究科は、将来大輪の花を咲かせるかもしれない基礎研究の推進に力を入れています。

本研究科で学ぶみなさんには、時間のかかる基礎研究のテーマを自ら立ち上げ、進行していくことを通じて、研究戦略・目標設定力、深い思索、コミュニケーション力などを鍛える場を提供します。5年一貫の課程の中で、将来研究者として独立するための「真の実力」を身につけてもらいたいと願っています。

■ 研究部門代表者（部門長）

分子細胞脳科学分野

脳のはたらきを支える分子の役割とメカニズムを解明する

シナプス分子機能部門

坂場 武史



- シナプス伝達の分子細胞メカニズムとシナプスの神経回路機能における役割

神経膜分子機能部門

高森 茂雄



- 神経活動依存的なシナプス小胞動態の解析
- 神経細胞における選択的タンパク質輸送システムの解明
- 神経伝達物質再充填の分子メカニズム

神経発生分子機能部門

元山 純



- 神経幹細胞の発生を制御する分子機構の理解
- 出生後のストレスが新生児の海馬の発達に与える影響の理解
- 神経幹細胞における自発的細胞内Ca²⁺濃度変動の生理的意義の理解

システム脳科学分野

神経細胞が作る回路ネットワークの成り立ちと作動原理を解明する

認知行動神経機構部門

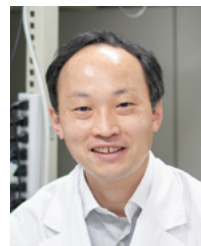
高橋 晋



- エピソード記憶を支える神経機構の解明
- ナビゲーションを実現する神経機構の解明

脳回路機能創出部門

正水 芳人



- 神経細胞ファイバーを作製する技術の確立
- 神経細胞ファイバーを脳に移植する技術の確立
- 神経回路創出による脳機能の回復
- 神経回路創出による脳機能の拡張

神経計算部門

松井 鉄平



- 脳による視覚情報処理の原理
- 発達期、成体および病態における自発的脳活動の機能
- AIやデータサイエンスを活用した大規模神経データ解析
- 分子生物学および光学を駆使した神経回路解析

病態脳科学分野

さまざまな脳神経疾患の基本メカニズムを解明し、治療への道を開く

神経再生機構部門

金子 奈穂子



- 成体脳内で産生される新生ニューロンの役割と制御機構の解析
- 脳梗塞後の新生ニューロンの挙動とニューロン再生機構の解析
- ニューロンの再生を促進する介入法の開発



〔 脳科学研究科の特色 〕

1

5年一貫制博士課程

5年間にわたって勉学・研究に集中することにより、研究活動に必要な実力を養成
※脳科学研究科で授与される学位は、博士(理学)です

2

脳科学研究の最前線で国際的に活躍する 8部門のスタッフによるオーダーメイドの教育

全学年
学生収容定員数
50

教員数
(部門長)
8

各部門**2名**の
特任研究・教育スタッフ

アドバイザー制度
単位取得のデザイン、学位論文研究テーマの企画、研究上の問題点、修了後の進路などに関して相談にあたる

3

学費(入学金、授業料、実習費)相当の 奨学金給付

入学時32歳未満(転入学時34歳未満)の学生に対して、5年間給付[返還必要なし]

4

自主学習を軸とする教育

チュートリアル方式、ディスカッションの大幅な導入

5

国際基準の教育

英語教材を大幅に取り入れ、英語による討論、発表訓練

6

複数領域の方法論を体得、 視野を広げる教育

研究科内における部門間共同研究
生命医科学研究科、心理学研究科、神学研究科、理工学研究科、赤ちゃん学研究センター等との連携

7

真の実力を養う教育

目標を見出す能力、生涯にわたって学習を継続する能力、人と人の交流を円滑有効に行う能力、異なる価値観を有する人材を包括する能力、情報を過不足なく発信する能力の養成

8

キャリア支援

海外サマーコースへの参加支援、国際学会・シンポジウム参加発表の奨励と支援、企業インターンシップへの参加等、多様なキャリアパスに対する支援

脳科学研究科では分子細胞脳科学、システム脳科学、病態脳科学の3分野にわたる8部門を配置し、各部門の教員が質の高い教育・研究指導を行っています。

ここでは、脳科学研究科専任教員2名の研究内容と大学院教育に対する考えを紹介します。

システム脳科学分野

脳回路機能創出部門 正水 芳人 教授

病態脳科学分野

神経再生機構部門 金子 奈穂子 教授

脳の神経回路をつなぐために必要な 神経細胞ファイバー作製に成功

脳のなかでは神経細胞が各領域をつなぐことで、神経回路のネットワークが構成されています。たとえばパーキンソン病では黒質緻密部から線条体に投射する神経細胞が減少してドーパミンが不足することにより、身体の運動機能に障害が発生します。脳卒中や頭の外傷による脳の損傷でも同様に、身体の機能障害が生じます。また各脳領域の直接的な損傷はもちろんですが、脳の各領域をつなぐ神経細胞の働きが失われることは、身体の機能や認知機能などに大きな影響をもたらすのです。

このため脳の領域間をつなぐ神経細胞ファイバーが必要とされてきました。私は組織工学の技術を応用し、脳に移植可能な神経細胞ファイバーを作製する技術の確立を目指してきました。長年の試行錯誤の結果、神経細胞の塊と軸索の束からなるファイバーを作製する方法を確立することができました。

さまざまな研究機関で 脳の神経細胞について研究

もともと私の研究は京都大学大学院にいたころから始まりました。胎仔の脳内でどのようにして神経回路が形成されるのか、という研究がすべての発端です。2008年から国立精神・神経医療研究センター神経研究所に所属し、人や霊長類を対象とした認知神経学の研究に従事。2010年からは愛知県の基礎生物学研究所でげっ歯類（マウス）を対象とした神経生理学の研究に従事し、2016年に東京大学大学院に移ってからは、細胞分子生理学教室で研究を行ってきました。2019年から2021年までは理化学研究所 脳神経科学研究センターで、脳機能動態学連携研究チームの副チームリーダーを担当。また、2018年から2021年はJSTさきがけ「生命科学分野における光操作技術の開発とそれをういた生命機能メカニズムの解明」領域の研究員としても活動していました。

このようにさまざまな研究機関を渡り歩いてきた私ですが、発生学や

組織工学などの知識・技術をもとに、神経細胞ファイバーの作製という独自性の高い分野に取り組み始めたのは2018年から。

そして同志社大学 大学院脳科学研究科の教授として就任したのが2021年。現在は確立した技術で作製した神経細胞ファイバーを、マウスの脳に移植し、新たな神経回路を創出する技術の確立を目指しています。現在は神経細胞ファイバーでつないだマウスの脳領域間で、きちんと情報を伝えることができるかどうかを確認しようとしているところです。実験では蛍光カルシウムセンサを活用して、もともとの脳由来の神経細胞と移植した神経細胞ファイバーを色分けすることで可視化し、その活動をマクロズーム・多点走査型共焦点顕微鏡で確認しています。この研究は、脳の神経疾患などで途切れた神経回路を再生させることにつながります。または領域A→領域B→領域Cとつながる脳の回路の中継地点である領域Bが損傷した場合、領域Aと領域Cを直接つなぐことで脳膜傷部位を迂回したバイパスを作ることも可能となります。

さらに神経細胞ファイバーでこれまでつながっていなかったげっ歯類の脳の各領域をつなぐことで、そこに霊長類特有の神経回路を創出し、構成的アプローチによって霊長類の脳の理解につなげることができないか、という課題にも取り組んでいく予定です。

現在は情報工学系の学生が研究に参加 前例のない研究に面白みを感じる人に

現在、私の研究室には2人の大学院生が所属。2人は大学の生命医科学部 医工学科の出身です。また、リサーチインターンとして医情報学科の学部生が研究に参加。私の研究は組織工学や再生医療につながるものですが、脳における情報伝達を扱うその性質上、情報工学系学生の興味を引き付けるところがあるようです。ただ私は薬学部出身ですし、様々な分野の学生を募集しております。

私の研究はいわば、脳研究における新たな分野の開拓。研究の成果が人間に応用されるのは、20年以上は先のことになるでしょう。とても息が長く、そのぶん可能性に満ちた研究です。

前例のないなかで試行錯誤を重ねることに面白さを感じる人とともに、これからも研究を進めていきたいと思います。

精神医療の臨床医として感じた 「根本原因」解明の重要性

私はこれまで、脳神経細胞の研究を行いながら、精神科の臨床医としてさまざまな精神の疾患を診てきました。2007年、山梨大学大学院 医学工学総合教育部の博士課程で学位を取得。その後、名古屋市立大学大学院医学研究科の再生医学分野で研究を続け、2022年に同志社大学大学院 脳科学研究科の教授として着任しました。

精神科の臨床を続けていて実感したのは、「精神の病気に対する医学」にはここ20年ほど革新的・画期的な発見や進歩が見られないこと。臨床医の主な仕事は薬物療法や精神療法などですが、こうした医療行為だけでは疾患の根本原因に迫ることはまずありません。そんなことから、疾患の本質に迫る基礎研究に注力していくようになりました。

成体の脳でも産出される ニューロンの仕組みと挙動に注目

私の研究テーマは脳の神経回路のなかで情報処理と伝播をつかさどるニューロン（神経細胞）に関するものです。哺乳類の脳のなかでニューロンが活発に産生されるのは、胎児期であり、それ以降はニューロンはほとんど産生されない、というのが近年までの研究者の理解でした。疾患や外傷などによって脳内のニューロンが死滅すると、それは新しい細胞に置き換えられることはありません。そのため、脳の再生能力は極めて低くなっています。いわば人間は生まれる前に作られたニューロンとともに80年にも及ぶ一生を過ごしていることになります。

脳室周囲には「脳室下帯」という領域があります。様々な哺乳類を用いた研究の結果、この領域では例外的に、成体の脳でもニューロン産生が行われていることが分かってきました。また興味深いことに、脳室下帯で生まれたニューロンは活発に脳内を移動し、既存の神経回路を改変します。さらに、新生ニューロンは損傷された脳の領域に移動し、ニューロンの再生に寄与するのです。私の研究では、こうした新生ニューロンの挙動に着目してきました。

人間の脳室下帯では、ニューロンの産生は1歳半くらいまでに激減し

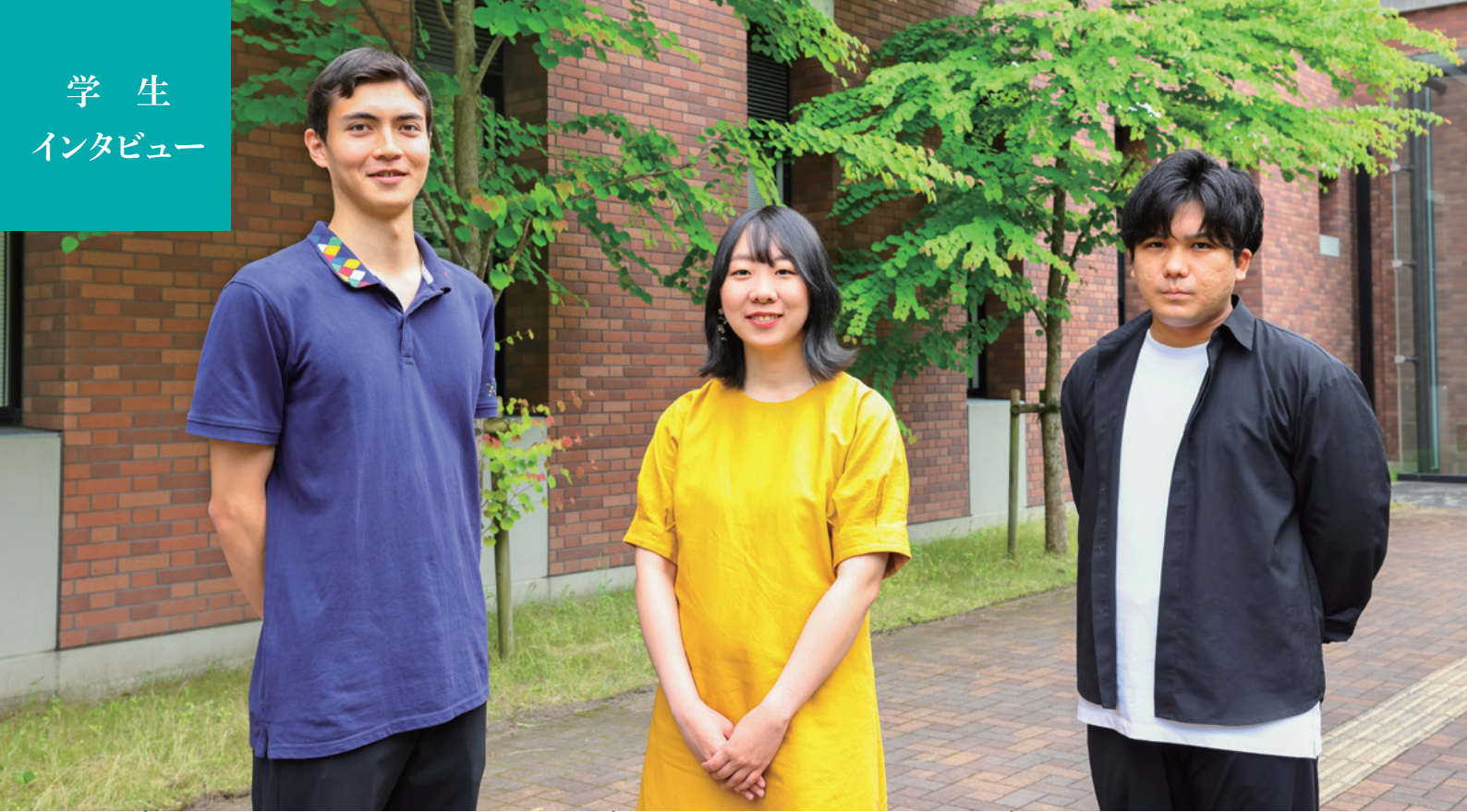
てしまいます。しかし、脳梗塞で死亡した人の脳を調べたところ、そこに新しく産生されたと思われるニューロンがあることが報告されて、成熟した人間の脳でも病気などの特定の状況下ではニューロンが新たに産生されるのではないかと考えられるようになりました。

脳室下帯で作られた新生ニューロンの能力は、脳の機能を完全に再生するには不十分です。私の研究ではその機能やメカニズムを解明し、新生ニューロンの産出・移動・分化をコントロールすることを目指しています。これが実現すれば、現状では治療困難な病気や脳の損傷に対する、新たな治療法を開発することにつながります。

研究の面白さにのめり込める、 そんな若手研究者を育てる

当研究室ではマウスを用い、脳梗塞や外傷性傷害がある脳内での新生ニューロンの振る舞いを、ライブイメージングや組織学・行動学的解析を行いながら、解析しています。新生ニューロンがどう移動してどの位置で定着するのか既存の神経回路とどう関わっていくのかを観察。ニューロンの再生システムはどこまで可能性を持つのか、またその限界はどこまでなのかを理解し、新生ニューロンの再生促進や、振る舞いを制御するための新たな方法を探っています。新生ニューロンの挙動をコントロールして脳内に効率よく配置できるようになれば、移植細胞を用いた治療法でも、少数の細胞で効率よく脳の機能を再生できると考えています。

私が医学部を持たない大学で研究に取り組むのは、同志社大学がはじめて。これまで他大学でたくさんの学生に研究を教えてきましたが、ほとんどが臨床職に進みました。同志社大学大学院での私のテーマは、優秀で熱意ある若手研究者を育てていくこと。私自身が臨床の世界から研究に進み、その面白さにのめり込んでいったように、心から研究を「面白い」と感じて没頭できる、そんな人たちと研究を続けていくことが今後の目標です。



学 生 インタビュー

前島 伶門さん 2021年度生
分子細胞脳科学分野 神経発生分子機能部門
(元山研究室)
「思春期の脳の発達メカニズム」

中田 里奈穂さん 2020年度生
病態脳科学分野 チャンネル病態生理部門
(御園生研究室)
「タウタンパク質の軸索局在メカニズム」

澤谷 郁哉さん 2022年度生
システム脳科学分野 認知行動神経機構部門
(高橋研究室)
「時間認知の神経メカニズム」

同志社大学大学院脳科学研究科では、脳科学をテーマに大学院生たちがさまざまな角度から研究に取り組んでいます。
3人の大学院生に入学のきっかけや脳科学研究の魅力について語ってもらいました。

脳科学研究科を選んだ理由、 きっかけは何ですか。

中田 私は医療大学の出身で、学部では臨床心理士を目指して学んでいました。そうして勉強していくうち、精神医療に用いられる薬がどのように神経や脳に作用し、効果をもたらすのかに関心を持つようになりました。そこから臨床よりも研究に興味が移行。同志社大学大学院の脳科学研究科では5年間一貫で研究に没頭できることに魅力を感じ、脳の研究に取り組むことを決めました。

前島 大学院への進学前は、イギリスの大学で心理学を学修していました。そこでは主に人間の被験者を対象に様々な実験を行っていたのですが、次第に人間の思考や行動をつかさどる脳細胞に興味を持つようになりました。脳の発達に関して研究したいと考えたため、基礎研究からしっかりと学べる脳科学研究科を選びました。

澤谷 僕も心理学部出身です。精神的な障害を抱えた人々に対する支援に興味があり、同志社大学の心理学部で学びました。学部2年生のときからリサーチインターンとして研究に参加。2年生の夏ごろには卒業後も研究を続けたいと考えていたので、3年生のときに飛び入学で大学院に進学。同じ研究室で同じテーマを追究しています。

現在、どんなことを研究していますか？

中田 タウタンパク質は本来、神経細胞の細胞体から伸びている突起状の構造の軸索に局在しています。このタンパク質が脳の細胞体に凝集することがアルツハイマー病の原因とされています。現在、アルツハイマー病治療に関して様々な研究が行われていますが、これらの研究のほとんどは、タウタンパク質が細胞体で凝集することを抑えようとするものです。私はそれとは逆に、そもそもなぜタウタンパク質は軸索に局在しているのか、その仕組みを研究中です。

前島 私に取り組んでいるのは、人間の思春期における脳の発達の研究です。思春期は身体的な成長が加速する時期ですが、家族や友

人などとの関わり方によって、心の発達に強く影響を受けやすい敏感な期間でもあります。そこで私が注目したのは、思春期における他者との交流です。鳥類で最初に発見された「刷り込み」現象と同じように、人間も思春期の段階に他者と交流することで、心の発達に関わる脳機能を形成する感受性期があるのではないかと考えています。そこで私は思春期での社会経験が、成人後の情動性や社会性を確立するメカニズムについて調べています。

澤谷 人間を含む動物は、「時間」を感覚として認知しています。たとえば人間は時計で測らなくても、カップラーメンを作る3分間や信号待ちの時間などの「だいたい長さ」を感覚で掴むことができます。これと同じように、たとえば魚や鳥などにある一日のある時間に餌を与え続けると、その時間が近くなると餌がもらえると期待して餌場に集まってくるようになりますことがあります。感覚的に認識する時間はそれぞれの脳内に存在するものです。こうした感覚的な時間の認知メカニズムについて研究しています。

大学院の学びの成果を今後 どう生かしていきたいと考えていますか。

中田 脳科学研究科では様々な研究の手法を身に付けることができました。現在、人間の心理・行動と感情の関係などにも関心が広がり、卒業後は渡米して研究員として働きたいと考えています。ただ、分子レベルでの神経科学の研究も面白さでは捨てがたく、現在はこちらの道に進むのか、かなり真剣に迷っている最中です(笑)



前島 博士号を取得した後はこのまま基礎研究を続けるか、それとも応用研究に転換するか、模索している最中です。ただ、一貫しているのは「ヒトの社会性の発達メカニズム」を解明したいという思いです。脳科学研究科では研究の基礎をしっかりと身に付けておきたいです。そして、修了後は思春期の脳を科学的に理解することで、医療や教育に貢献できるようになりたいと思っています。

■ 同志社大学大学院脳科学研究科特別奨学金について

脳科学研究科では、入学時32歳未満（転入学時34歳未満）の大学院学生に対して、5年間（転入学者は3年間）を上限に学費（入学金（初年度のみ）、授業料、教育充実費、実験実習料）相当の費用を奨学金として給付していますので、学費の負担はありません。

澤谷 現在専門としている分野の研究を、国内外の大学を問わず続けていきたいと考えています。また反面、もっと分子レベルの、違う分野の研究をしてみたいという願望もあります。これから先、どのように自分の興味が移り変わるのかわかりません。ただ今は、学生の間にしかできない経験を積み重ねることで、これからの研究者としての人生の糧にしていきたいと思います。



脳科学研究科の魅力など 未来の後輩に対するメッセージをお願いします。

中田 いくら研究が好きな私でも、行きづまった時は「本当に脳科学研究科に来てよかったのか？」と悩むこともあります。でも、研究は楽しく、やってみたいことは尽きません。その楽しさ、探求心が辛さに勝っているからこそ、研究を続けていられるのだと思います。ぜひ挑戦してください。挑戦して、初めてわかる楽しさがあります。

前島 神経科学はとても学際的な分野です。様々な研究者がそれぞれの角度から研究を行っているため、なかなか相手の研究内容を理解できないこともあります。そこで、自分の専門分野以外のことを理解するためには、自分を「理系」「文系」と安易に決めつけないことが大切だと思います。オープンな姿勢であらゆることを吸収してください。そうすると視野が広がると思います。

澤谷 研究生活では、体力と忍耐力が必要であると実感しています。研究を進めていくと、何ヶ月も積み上げてきた実験が失敗に終わることも往々にしてあります。僕は、その度に掛けず、粘り強く取り組み続けた先に、大きな成果が得られるのだと信じて研究しています。こうした体力や忍耐力を支えているのは、いま自分が、世界の誰も知らないことを自分の手を動かして明らかにしようとしているのだという喜びです。このような研究の魅力を感じられると、脳科学研究科での研究生活を充実したものにできると 생각합니다。



