

細胞内の物流システムの 謎を解き明かす

福田光則教授（生物学科）

生命の基本単位「細胞」

アメーバ、酵母、植物、動物など生物界には多種多様な生き物が棲息しています。これらの生き物は様々な大きさ・形をしています。全て共通の「細胞」という単位から成り立っています。その細胞自体も神経細胞のような特殊な形のものから、ダチョウの卵のような巨大な細胞まで多種多様です。しかし、一度細胞の中を覗いてみると、その中身は驚くほど良く似通っています。中学や高校の理科の教科書にも載っているように、細胞内は「オルガネラ」と呼ばれる膜で包まれた細胞小器官で満たされています（図1）。例えば、遺伝情報の源であるDNAを含む核、タンパク質を合成する粗面小胞体、酸素呼吸の場であるミトコンドリアなどです。これらのオルガネラは独自の役割を持っていますが、実は決して独立したものではなく、お互いに物質のやり取りを頻繁に行っています。

生命活動を支える「細胞内物流システム」

このオルガネラ間での物質のやり取りを可能にしているのが、「小胞輸送」という仕組みです。要は、運搬したい物質を膜に包み込んで小胞の形で運ぶというものです。細胞内では、適切なタイミングで適切な場所へと物質輸送を行う「細胞内物流システム」

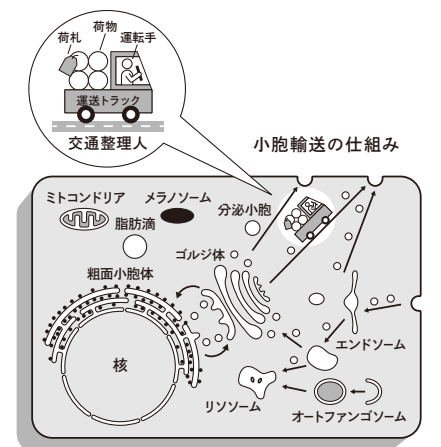
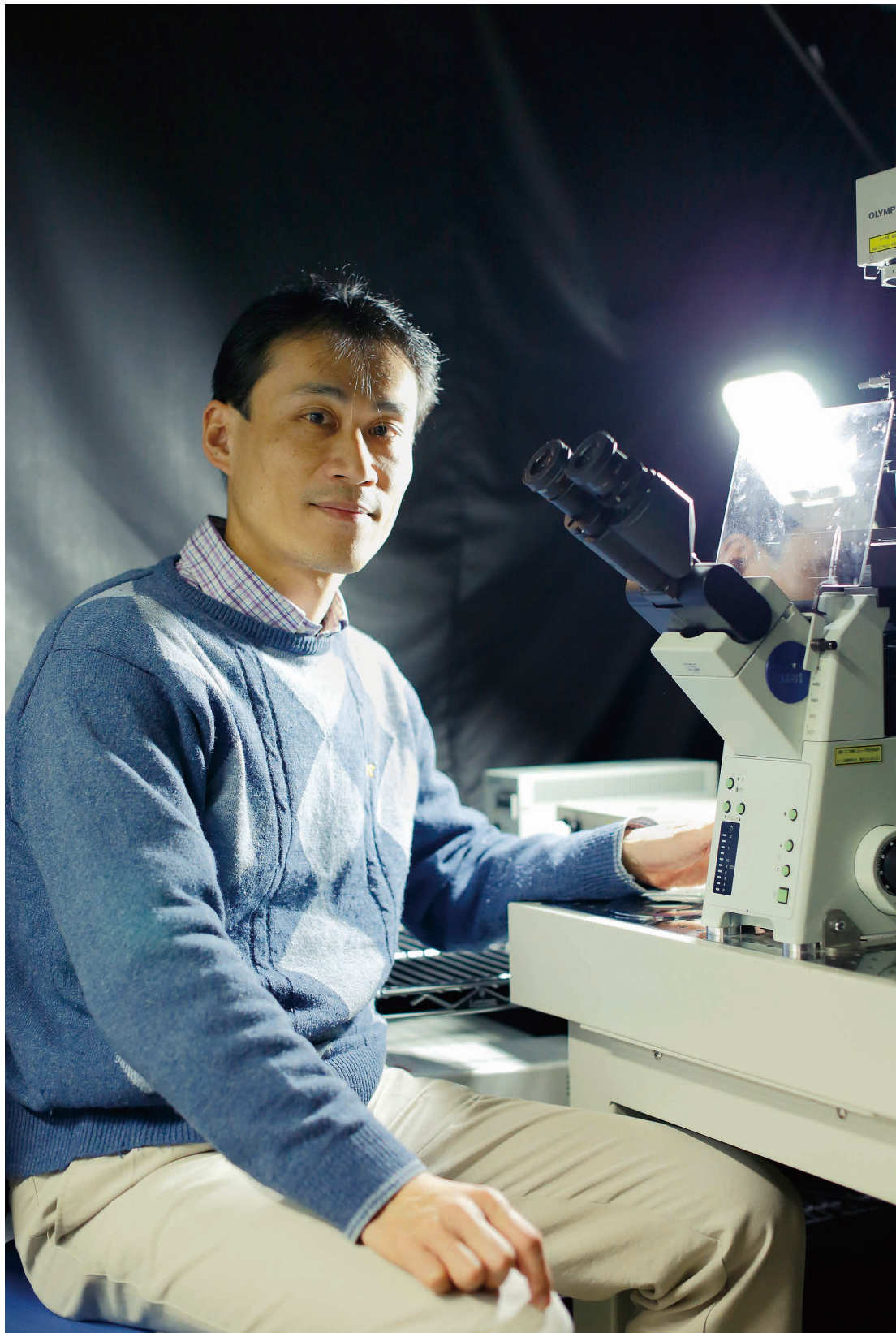


図1 細胞内の物流システム

が発達しており、さながら東京の地下鉄のような複雑なネットワークを形成しています（図1の矢印）。小胞輸送は細胞内だけでなく、多細胞生物の異なる細胞同士でも重要な役割を果たしています。例えば、記憶・学習を可能にしている脳の神経細胞のネットワークでは、まさにこの小胞輸送が主役級の活躍をしています。神経細胞の軸索末端にはシナプス小胞が存在し、中には神経伝達物質が詰め込まれています。この神経伝達物質が細胞外へと放出され、他の神経細胞へと働きかけることで神経細胞間の情報伝達が行われています。このように小胞輸送は生命活動の維持に不可欠な現象であり、適切な輸送ができないと様々な疾患の原因になることも知られています。つまり、小胞輸送の仕組みを理解することは生物学における重要な研究課題の一つと言えます。実



星震学：脈動する星の内部構造を探る

李宇珉准教授（宇宙地球物理学科 天文学コース）

晴れた日の夜、暗い空を見上げればたくさんの星々をみることが出来ます。星たちは様々な色・明るさで光り輝いている恒星と呼ばれる天体です。恒星は高温のガス球で、その中心では元素の核融合反応によってエネルギーを生み出しています。そのエネルギーは星表面まで運ばれると光として放出され、我々はそれを光り輝く星として見るわけです。生まれたばかりの恒星はほとんど水素とヘリウムでできていますが、中心で起こっている核反応によりヘリウムや炭素・酸素をはじめとして様々な元素がつくられ、それにとまない星内部の元素分布や密度・温度分布が時間とともに変化していきます。このような星の内部構造の変化を恒星進化といい、それは星の表面温度や光度（明るさ）の時間変化となって現れます。恒星進化の結果、最終的にどのような天体が生み出されるかは、星が生まれたときに持っていた質量によって異なります。初期質量の大きな星は進化の最終段階で超新星爆発を起こして、（粉々になってあとに何も残さない場合もありますが）中性子星やブラックホールなどを残し、初期質量が小さい場合には最終的に白色矮星となり静かにその一生を終える、などと考えられています。

恒星はその進化の途中で脈動変光星になることがあります。脈動変光星は周期的にその光度を変化させるような星ですが、その規則的な光度変化は星の脈動（膨張・収縮）に伴って起こります。どのような周期・振動数でどのように星が脈動するかは、その内部構造に強く依存します。このような脈動のことを星の固有振動といいます。恒星の固有振動が何らかのメカニズムによって励起され、それが大きな振幅を持つまでに成長したものを我々は脈動星として観測しているのです。星の脈動はとても有用です。地震を使って地球の内部構造を調べると同じで、脈動変光星の脈動の様子を観測的に調べ、それを脈動の理論模型と比べることで、その脈動変光星につ

脈動変光星と星震学



恒星とその進化

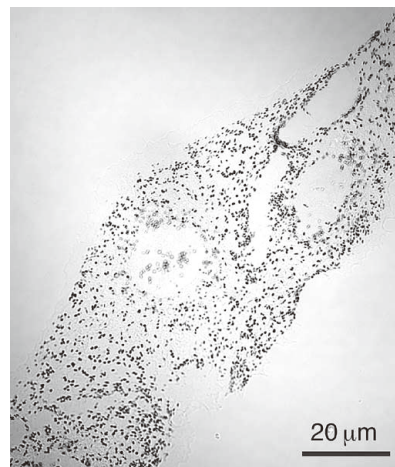
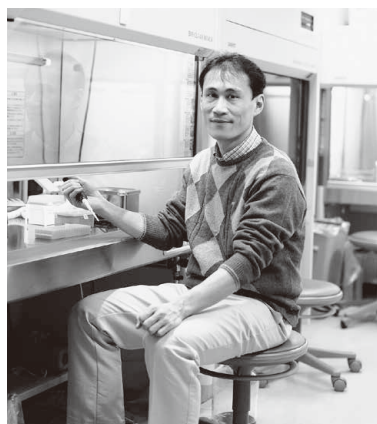


図2 メラニンを作る特殊な細胞・メラノサイト

私達の研究室では、神経伝達物質の放出も含め様々なタイプの小胞輸送を研究対象にしています。その中でも小胞輸送研究の成果が実際に社会に還元できた例として、最後にメラニン輸送を取り上げたいと思います。メラニンと言えば、肌や髪の毛の色の源で、有害な紫外線から私達の体を守る一方で、シミやソバカスの原因にもなっています。実はこのメラニンもメラノソームと呼ばれる特殊な小胞内で作られ（図2の黒い粒）、小胞輸送によって肌や髪の毛を作る細胞に運ばれています。このため、メラニンを上手く輸送できないと肌が白くなったり、白髪の原因となります。私達は肌や髪の毛が白くなる遺伝病（色素異常症）の原因遺伝子に着目し、メラニン輸送を行う分子群の機能を世界に先駆けて明らかにすることに成功しています。その後、これらの分子群の分解を促す物質が発見され、メラニン輸送の阻害という新たなコンセプトの美白剤開発へと応用されています。

私達の体には、まだまだ機能や仕組みの分からない



福田光則（ふくだみつり）
生物学科 膜輸送機構解析研究室 教授

1996年東京大学大学院医学系研究科第二基礎医学専攻博士課程修了。医学博士。1996年日本学術振興会特別研究員、1998年理研脳センター研究員、2002年理研独立主幹研究ユニットユニットリーダーを経て、2006年より現職。専門は細胞生物学。細胞内で様々な物質がゲイナミックに動くのに魅せられ、研究に没頭中。趣味は青葉山での自然観察、スポーツ。

小胞輸送を制御する 「交通整理人役のタンパク質」

小胞輸送は例えてみると「膜の交通」ですので、膜輸送制御因子と呼ばれる「交通整理人役のタンパク質」が細胞内で重要な役割を果たしています（図1のトラックや運転手などに相当）。細胞内では沢山の交通整理人役のタンパク質が互いに協調しあって働いており、その多くのは全ての細胞に共通に存在しています。私達の研究室では、このようなタンパク質を同定しその機能を明らかにすること

メラニン輸送の研究から 美白研究への応用

で、様々な生命現象を分子レベルで理解することを目指しています。

小胞輸送が沢山存在しています。私達は基礎研究の立場から、これらの仕組みの解明を目指して日々研究に取り組んでいます。世界の誰も知らない仕組みを解明したり、その成果が応用された瞬間には、何事にも代えがたい喜びを得ることが出来ます。皆さんも一緒に生命の謎を探求してみませんか？

小林 穂高

生きる仕組みを知りたい

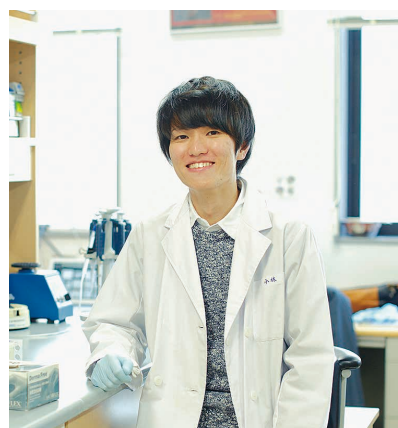


1

私 は、東京大学分子細胞生物学研究所で研究者として働いています。皆さんの多くは高校生でしょうか。研究者になりたい、私がそう明確に思ったのも高校生の時です。当時、文部科学省のスーパーサイエンスハイスクールという事業の一環で、地元で実験を行う機会に恵まれました。具体的には、緑色蛍光タンパク質（GFP）と呼ばれるタンパク質に、セリン・リシン・ロイシン（SKL）という3つのアミノ酸を付加することで、細胞内のペルオキシソームと呼ばれる構造体を可視化するという実験です。GFP単独では細胞内が一樣に光っていましたが、GFP-SKLは無数の星のように観察されました。わずか3つのアミノ酸が、タンパク質の行き先を変えることを示す結果です。10年以上も前の出来事ですが、あの時、真っ暗な部屋で覗いた蛍光顕微鏡の中の光景は、今でも目に焼き付いています。自分の中にはこんなにも精巧な仕組みが存在するのかと驚き、「生きる仕組みを解き明かしたい」と思った瞬間です。

では、どうしたら研究者になれるのか。そう考えていた時に高校の生物学の恩師が勧めてくれたのが、「研究第一」を理念とする東北大学の理学部生物学科への進学でした。生物学科のカリキュラムは素晴らしく、分子から生態系までの幅広い分野について、それぞれの分野の第一

で著名な東京大学の泊幸秀教授のもとで、その仕組みの解明に取り組んでいます。昔から、指導者に恵まれる運があるようで、実験結果が出ては泊教授と「あーでもない、こーでもない」と議論に付き合ってもらう日々を送っています。生きる仕組みを追いかけるこの日々は、どんなドラマより、どんな映画より、本当に exciting です。



小林 穂高（こばやし ほかか）

理学部生物学科卒業
大学院生命科学研究所生命機能科学専攻
博士課程修了

栃木県立宇都宮高等学校出身。東北大学理学部生物学科を経て、2014年3月同大学院生命科学研究所生命機能科学専攻博士課程修了（福田光則研究室。同年に博士号（生命科学）取得。2014年4月より現職（泊幸秀研究室。東北大学総長賞受賞（2009年、2014年）、井上科学振興財団井上研究奨励賞受賞（2015年）。

1. 研究所の実験台の前にて。この小さな実験台から、沢山の実験結果が生まれます。／2. 超解像顕微鏡。最高分解能が20nmに迫る、最新鋭の蛍光顕微鏡です。／3. 泊幸秀教授（右）との一枚。



2



3

線で活躍する先生方から熱心な指導を受けることが出来ます。一番熱心だった先生は、講義後の昼休み全部を指導に費やして下さるほどで、かつ私が興味を持っていた細胞内物質輸送を専門にされていたので、私は迷わずその先生（福田光則教授）の研究室に入りました。研究室に配属されると、実際に最先端の研究を行うことが出来ます。自分が面白いと思う生命現象について、論文を読み、実験を行い、結果をもとに仮説を立て、それを検証する。このサイクルを繰り返す中で、一步一步、誰も知らない生命の仕組みに近づいて行く感覚は、言葉に出来ません。研究にのめり込み、いつの間にか博士号を取得して研究者になった自分がいました。生物学の体系的な知識、そして恩師の福田教授から研究のイロハを学ぶ機会を与えてくれた東北大学には、本当に感謝しています。

現在、私が行っている研究は「microRNA（miRNA）が機能する仕組み」の解明です。miRNAとは、私たちの中にある21塩基ほどの小さなRNAで、自身の塩基配列と相補的な配列を持つ遺伝子の発現を抑制する機能があります。miRNAによって制御される遺伝子は、なんと私たちの全遺伝子の60%以上。その重要性から昨今注目を集めており、高校生物の教科書にも近々載るでしょう。しかし、miRNAが機能する仕組みについては、まだ解らないことだらけです。私は、miRNA研究