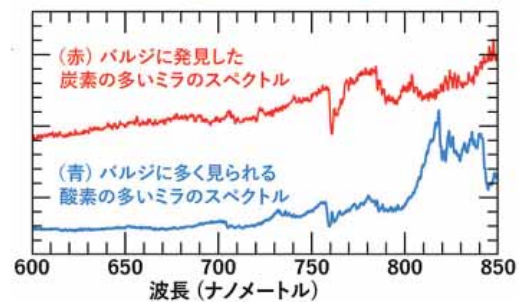
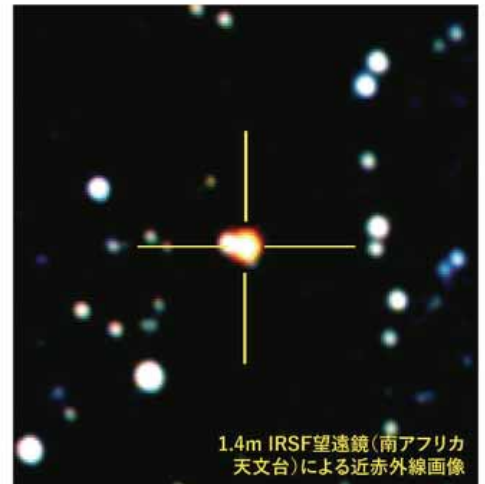


## CASE 1

### 新しい星のグループを発見 天の川銀河バルジに

天の川銀河の中心部(半径約1万光年以内)には、数百億個の星が存在する「バルジ」とよばれる領域がある。私たちは、この領域に炭素すす(炭素を主成分とする固体微粒子)におおわれた星が存在することを世界で初めて発見した。そのような星は、太陽系の近くや銀河系の外側の領域ではこれまでも見つかったが、銀河の中心部に発見したのは世界で初めてのことである。これによって、ごくわずかしかな存在しないのであるが、バルジに新たな星のグループがあることを明らかにした。

ているが、これらすべてのスペクトルを得ることは困難である。いっぽう、ミラ型変光星は固体微粒子におおわれていることが多く、赤外線の色からその組成について(確定的ではない)ヒントが得られる。私たちは、あかり衛星と2MASSのカタログを組み合わせて、炭素すすにおおわれている可能性の高いミラ型変光星を選び出し、そのうちの36個を南アフリカ天文台の



バルジに発見した炭素すすにおおわれたミラ型変光星とそのスペクトル

「星の数ほどある」という表現から、どれほど大きな数を思い浮かべるだろうか。具体的な数字をあまり気にせず使えるのがこの表現の便利どころかもしれないが、日頃から星の数のことを考えている天文学者にとっては、それが一万個なのか、一億個なのか、もっと多いのか気になるところである。たとえば、あかり衛星の中間赤外線全天カタログには、 $9\mu\text{m}$  付近の波長で検出された85万個以上の天体が登録されている。いっぽう、もう少し波長の短い近赤外線で見える天体はさらに多く、2ミクロン全天探査カタログ(2MASS)では、5億個近い天体の色や明るさを知ることができる。これらは大きい数字には違いないが、天の川銀河には数千億個の星が存在するので、これまでに何らかの情報が得られたのはそのほんの一部である。詳しい性質を調べられる星はさらに少ない。たとえば、星の化学組成を調べるには分光観測が必要である。天体画像から一度に多数の星の明るさや色を計測するのとくらべて、分光観測でスペクトル(波長ごとの明るさ情報)を得るには多くの観測時間が必要となる。限られた装置性能や観測時間の中で、いかに面白い天体を探し出すかが天文学者の腕の見せどころであろう。

私たちが調査対象としたミラ型とよばれる種類の変光星は、バルジにこれまで約6500個見つかった

188cm望遠鏡で分光観測した。その結果、8個の星では実際に炭素が多いことを確認できた。それらの星の距離について詳しい解析を行った結果、4個はバルジの中に位置することが確かめられた。炭素の多い星になるためには、太陽の数倍の質量をもつこと、太陽よりも重元素量が少ないことなど、いくつかの条件を満たす必要がある。それらの条件を満たす星のグループは、今回発見した星の個数から単純に計算すれば、バルジの中で0.1パーセントほど(6,500個中の4個)の珍しい存在である。とはいえ、バルジ全体の数百億個という星の個数を考えれば数千万個はあるはずのそのようなグループの存在が、これまで知られていなかったのである。天の川銀河の中心部で大きな質量をもつバルジで新たに見つかったそのグループの存在は、天の川銀河の性質と歴史について新たな情報を与えるものと期待される。

本研究成果は、N. Matsunaga *et al.*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **469**, 4949 (2017) に掲載された。

(2017年6月21日プレスリリース)

## CASE 2

### 綱引きチーム 筋のタンパク質とミオシン分子達は

筋肉の収縮は、ミオシンというタンパク質が集合したフィラメントがアクチンフィラメントと相互作用することで達成される。筋肉は、最先端のロボットアクチュエーターよりも高性能なアクチュエーターである。その優れた運動の仕組みを紐解くため、1分子計測顕微鏡下においてミオシンフィラメントとアクチンの相互作用時の力を計測した。その結果、高負荷になるとより多くのミオシン分子間の力発生のタイミングが同調して効率的に力を出せる分子メカニズムが明らかとなった。

筋肉は走る、跳ぶといった爆発的な力と速さを必要とする運動から、指先の動きや顔の表情のような繊細な動きに至るまでさまざまな動きを実現する高性能アクチュエーターである。繊細な動きも爆発的な力もサルコメアとよばれる筋細胞内の基本構造とその機能に帰せられる。このサルコメアでは、骨格筋ミオシン約300分子が集合したフィラメントが中央に位置し、周りをアクチンフィラメントが囲う立体構造により、アクチン1本にはミオシン約80分子が相互作用できる。そこで、超高機能な筋肉の仕組みを紐解くため、ミオシン分子が集団になってアクチンと作用する際に初めて現れる機能をとらえ、その分子機構を明らかにする研究を行った。

分子機構の解明には、ミオシン分子集団中の個々の分子の運動をとらえる必要があるが、個々の分子の変位は小さくかつ速いため、高精度で高時間分解能の装置が要求された。開発した顕微鏡では微粒子の運動を10 $\mu$ sの時間分解能で0.3nmの精度で計測が可能となった。アクチンにビーズを結合させて光ピ

ンセットで捕捉し、ミオシンフィラメントとの相互作用時の力を計測した結果、アクチンが5nm前後の変位で時折 $\mu$ sの時間間隔でステップ状に変化する様子が観測できた。これらのデータ解析から、負荷の上昇に伴い力発生のタイミングを同調させる分子数が増えていく可能性が示唆された。言い換えれば、綱引きにおいて、相手が強ければ一緒に力を出してくれる仲間が増える協力的な綱引きチームになることを示している。

大きさが数十nmしかないタンパク質が、負荷に応じて分子数を増やしかつ同調して力を出すといった巧妙な仕組みを備えていることに驚きを覚えた。それでは、その仕組みは何か？この疑問に答えるため、シミュレーションモデルを構築した。その結果、ミオシン分子には負荷の大きさ・方向によって力発生を起す確率が変化する特性があり、この特性により負荷が増えると、より多くの分子間の力発生が同調してくる協同性が見えてきた。こうした分子機構は、心臓の収縮や細胞形態変化に関わる他のミオ

シンにおいても共通であるかもしれない。本研究では、ミオシン分子間の協同的な力発生機構を分子レベルで示すことに初めて成功し、筋肉が高性能アクチュエーターである仕組みが垣間見えてきた。1つの分子では想像できない機能が、分子が集合すると起きてくることは生命機能にとって本質的なものであろう。

本研究では、物理学専攻修士2年生の実験結果が分子メカニズムを紐解く切っ掛けとなった。タンパク質1分子計測はきわめて難しい実験への挑戦であるが、若さと気力溢れる学生なら必ず新しい発見を見つけることのできる手法であり、挑戦したい学生にはぜひ、ご参加願いたい。

本研究成果は、M.Kaya *et al.*, *Nat. Commun.*, 8, 16036 (2017) に掲載された。

(2017年7月6日プレスリリース)

筋肉の構造：筋線維、筋原線維、サルコメアからミオシンとアクチンに至る階層構造(左上段、図a)。光ピンセットを用いたミオシンフィラメントの力計測実験の概要および計測したビーズの変位波形。波形からアクチンはステップ状に変化していることが分かる(右上段、図b)。無負荷では、各分子が独立してランダムに力発生しているが、負荷が増加すると同調して力を出すミオシン分子(赤色)の数が増えてくる。図の単純化のため、ミオシン頭部1つだけを表している(下段、図c)。

