

2020 年度若手研究者共同研究プロジェクト実施報告書

法政大学総長 殿

以下のとおり研究実施報告書を提出します。

基 本 情 報	研究課題名： 負荷依存的な細菌べん毛モーターの固定子ユニット組み込み効率
	研究代表者 氏名： 石田 翼
	(在籍者) 研究科・専攻・学年： 理工学研究科 生命機能学専攻 博士後期課程 3 年 (修了者) 所属・職種：
	指導教員(所属・職・氏名)： 生命科学部 生命機能学科 教授 曾和義幸 (※在籍者のみ記入)
	共同研究者(所属・職・氏名)： (※指導教員と同人の場合は記入不要)
	その他 研究分担者：
	研究期間： 2019 年度 ～ 2021 年度 (※研究修了年度を記載)
年 間 の 研 究 実 施 概 要	※研究計画の進捗状況を中心に今年度の研究実施状況を記載してください。 今年度はまず、昨年度に引き続き、べん毛モーターの回転を制御する FliL タンパク質の機能解析を進めた。 昨年度までの研究により、大腸菌がもつ FliL タンパク質はモーター低負荷回転時に回転速度を上昇させる機能があることが分かったため、より広い負荷条件下で FliL の有無によるモーター回転速度の変化を調べた。モーターの回転速度とトルクを比較した結果、モーターにかかる負荷が低くなるにつれて FliL を持たないモーターの回転速度が低下することだけでなく、非常に高負荷な条件下ではそれが逆転し、FliL を持たないモーターの方が速く回転することが明らかとなった。 高負荷条件下の速度逆転現象についてより詳しく調べるため、FliL の有無によりモーターに組み込まれる固定子ユニット数に差が生まれるのかを検証した。2019 年に発表された FliL の構造についての論文では、FliL は複数の分子でリングを形成し、固定子ユニットの回りを取り囲んで機能するモデルが立てられていることを考慮すると、FliL が結合した固定子ユニットはその直径が大きくなって立体障害となる。そのため、モーターに組み込むことが可能な最大ユニット数が低下するのではないかと予想された。しかし、実験の結果は予想に反して、固定子ユニットの組み込み数に変化はなく、1 つ当たりのユニットが生み出す回転速度が低下することが示された。これは、固定子ユニットが組み込まれにくいモーター低負荷回転時において、FliL がユニットの組み込みを安定化させていることから、FliL は固定子ユニットの協同的なアセンブリダイナミクスに必須であり、低負荷でのモーターの機能を最適化していることを示している。それと同時に、2020 年に発表された固定子ユニットの立体構造についての論文で示されている「固定子ユニット回転モデル」

を考慮すると、FliL の結合が固定子ユニット自体の回転の負荷になることが、モーター高負荷回転時の速度の減少の原因であると考えることができる。現在、以上の内容をまとめた学術論文を執筆中である。

また、回転計測の実験と並行して新たな計測システムの構築に取り組んでいる。これは「回転電場」を利用した装置で、回転する細菌の細胞に対して外部からトルクをかけることで、べん毛モーターの回転時の負荷を非接触的に制御することが可能である。これまでの私の研究でおこなってきた実験では、微小なモーターの動きを観察するための目印の大きさを小さくすることでモーターにかかる負荷を減少させていたが、このシステムであれば目印の大きさを変えることなく、可逆的にモーターへの負荷を制御できるのが特徴である。現在までに、細胞に回転電場をかけることで、1 秒間に最大約 350 回転までの非常に高速なモーターの回転を観察することに成功している。今年度は本研究プロジェクトの資金で、この顕微鏡に取り付ける高出力 LED 照明を購入し、高速なビデオ撮影においても十分な輝度を得て細胞の動きを観察することが可能になった。今後はこの装置を用いて、固定子ユニットのモーターへの組み込みに関する研究を進めていきたいと考えている。

研 究 業 績	成果発表（学会・論文・研究会等）		
	学会・論文・研究会等の別	タイトル	発行または発表年月
	学術論文 Scientific Reports	Distinct chemotactic behavior in the original Escherichia coli K-12 depending on forward and-backward swimming, not on run-tumble movements	2020 年 9 月
	第 58 回 生物物理学会 年会	FliL は低負荷条件下で大腸菌 べん毛モーターの回転を支援する	2020 年 9 月
	第 58 回 生物物理学会 年会	Bacterial flagellar rotation at low load	2020 年 9 月
その他（アピールすることがあればご記入ください。）			