

情報解禁日時（日本時間）：2022年7月15日（金）午前2時

令和4年 7月15日

報道機関 各位

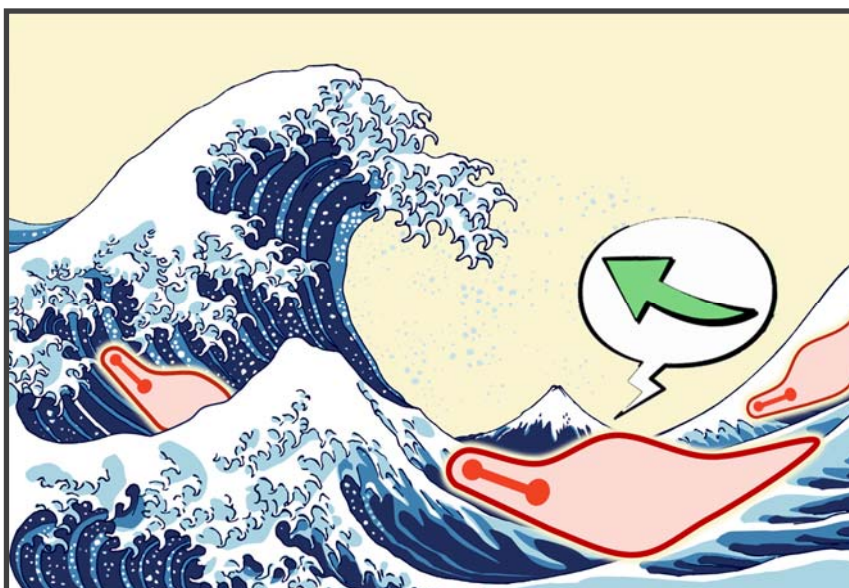
国立大学法人 電気通信大学
学習院大学

肺炎の病原細菌が遡上することを発見

電気通信大学 大学院情報理工学研究科の中根大介 助教、学習院大学 理学部の西坂崇之 教授らの研究グループは、ヒト肺炎の病原細菌が「走流性」を示すことを発見しました。この成果は米国科学誌 PLOS Pathogens に掲載されました。

【ポイント】

- ヒト肺炎の病原細菌であるマイコプラズマは我々高等生物に寄生し動きまわる。
- この運動は今から 80 年前に発見されたが、何のために動くのかは不明であった。
- 本研究では、この小さな細菌が水流の流れに逆らって運動することを発見した。
- 「風見鶏」のように、流れを受けると細菌が上流に向かって配置する。
- これにより宿主表面にある「流れ」を利用して自身の目的地に到達するのだろう。
- この発見はマイコプラズマ肺炎の治療法を考える上で重要な新しい視点を与える。



流れに逆らうマイコプラズマのイメージ図

下記の QR コードから
走流性を示すマイコプラズマの
ビデオをご覧になれます



【背景】

日本で毎年数万～数十万人が発症しており、ヒト市中肺炎の 10-30%を占める“マイコプラズマ肺炎”は、*Mycoplasma pneumoniae*（マイコプラズマ・ニューモニエ）という細菌によって引き起こされます。この小さな細菌は、我々の組織に付着して、付着したまま滑るように動くことが知られています。この動きは滑走運動と呼ばれ、今から 80 年前に見つかっていました。けれど、何のために滑走運動をするのか、この動きの役割についてはこれまではよくわかっていませんでした。

論文の筆頭著者である中根助教らは、マイコプラズマが実際に生育する環境中には水流の流れがあることに注目しました。例えば、私たちの喉の奥にある気管上皮には肺から喉に向かって一方向的な流れがあります。これは粘液繊毛クリアランスという異物排出機構であり、細菌がここに付着しても体外に向かって流されてしまいます。けれど、もしマイコプラズマが流れに逆らって動くことができるのなら、目的地である肺に到達することができます（図 1）。本研究では、この仮説を実験的に検証することにしました。

【手法】

マイコプラズマは小さな細菌であるため、私たちの体の中で運動する様子を直接とらえることはできません。そこで、水流の流れを人為的に作りだし、流れの中での細菌のふるまいを光学顕微鏡で観察する実験系を構築しました。マイコプラズマを観察する流路に穴をあけ、シリンジポンプと接続することで、厳密に制御された流れを作り出すことに成功しました（図 2）。

【成果】

結果は期待したとおりでした。流れがないとき、肺炎マイコプラズマは同じところをぐるぐると動きましたが、流れを与えると流れに逆らって一方向的に運動しました（図 3）。この応答性は正の走流性と呼ばれ、魚などの高等生物でよく知られています。けれど、肺炎マイコプラズマが走流性を示すことは今回の実験で初めて示されました。

なぜ、マイコプラズマは走流性をもつのでしょうか？不思議なことに流れを感じるような特殊なセンサーがあるわけではありません。マイコプラズマは非対称な形状をしており、先端の

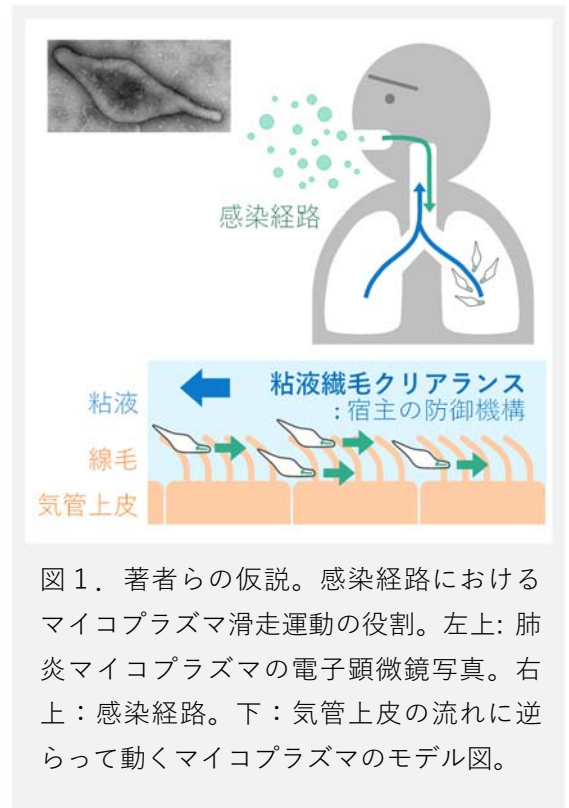


図 1. 著者らの仮説。感染経路におけるマイコプラズマ滑走運動の役割。左上：肺炎マイコプラズマの電子顕微鏡写真。右上：感染経路。下：気管上皮の流れに逆らって動くマイコプラズマのモデル図。

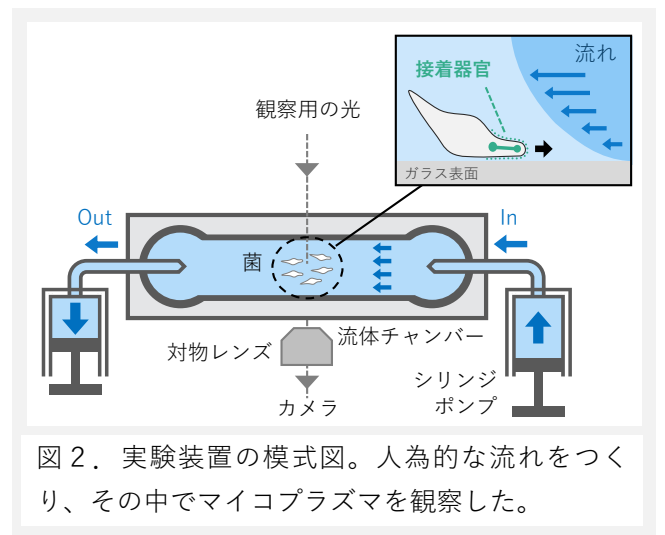


図 2. 実験装置の模式図。人為的な流れをつくり、その中でマイコプラズマを観察した。

膜突起部位で表面に付着しています。流れを受けたときのマイコプラズマのふるまいを光学顕微鏡で詳しく解析してみると、先端を付着させたまま、自身のおしり側を回転させていました。これにより、流れの軸に逆らうような向きにマイコプラズマの体が配置します。これは風見鶏が風上を向く仕組みとそっくりです。

では、どれほどの流れに耐えることができるのでしょうか？だんだんと流れの速さを上げて、耐えうる最大流速から力を計算すると 1.5×10^{-8} グラム重ほどであることがわかりました。これは1円玉を持ち上げる力のわずか7千万分の1ほどの弱い力ですが、この値から肺炎マイコプラズマは感染経路にある気管上皮の流れに十分に耐えうることを示唆されました。

なぜ、マイコプラズマは走流性をもつのでしょうか？滑走運動を示す他のマイコプラズマである *Mycoplasma mobile* (マイコプラズマ・モービレ) や *Mycoplasma penetrans* (マイコプラズマ・ペネトランス) でも同様の走流性を示すことを著者

らは明らかにしました。*Mycoplasma mobile* は魚のエラからみつかった細菌であり、エラではガス交換のため流れが生じています。*Mycoplasma penetrans* はヒトの尿道から見つかった細菌で、尿道では膀胱に向けた流れがあります。これらのマイコプラズマの走流性も、肺炎マイコプラズマと同様に、実際の生育環境で見られる流れに耐えうるだけの性能があることを明らかにしました (図4)。

【今後の期待】

走流性は、この病原細菌によって引き起こされる感染症を予防・対策するために重要な情報となると期待されます。マイコプラズマは寄生性の細菌であるため、宿主の表面から流されてしまうと、単独では生存することはできません。流れに逆らうことで、自身の生存に適した環境へと移動するのでしょうか。今回発見された走流性が実際にどれほど感染プロセスに貢献しているのか、これから十分に調べてゆく必要があります。筆頭著者である中根助教は「流れをうまく利用して目的地に到達するのは非常にかしこい戦略だと言えます。マイコプラズマが何のために動いているのか、長年の疑問でした。今回発見した走流性は、この小さな細菌が動く意



図3. 肺炎マイコプラズマの走流性。上図：流れがないときの運動の軌跡。運動に方向性はない。下図：流れがあるときの運動の軌跡。画像の右から流れを与えた。黄色丸で囲んだ菌体を解析した。

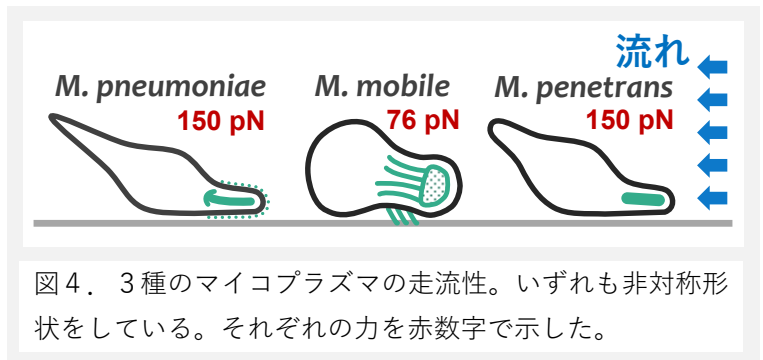


図4. 3種のマイコプラズマの走流性。いずれも非対称形状をしている。それぞれの力を赤字で示した。

味そのものだと言えるのかもしれませんが。」と述べています。

(論文情報)

著者名: Daisuke Nakane, Yoshiki Kabata & Takayuki Nishizaka

論文名: Cell shape controls rheotaxis in small parasitic bacteria

雑誌名: PLOS Pathogens 18: e1010648

DOI: 10.1371/journal.ppat.1010648

【研究サポート】

本研究は、科研費 基盤 C 21K07020, 学術変革 B 22H05066 等の支援を受けて行われました。

【連絡先】

<研究内容に関すること>

電気通信大学 基盤理工学専攻 化学生命工学プログラム

【職名】 助教

【氏名】 中根 大介

Tel : 042-443-5146 E-mail : dice-k@uec.ac.jp

<https://nakane-lab.amebaownd.com/>

学習院大学 理学部 物理学科

【職名】 教授

【氏名】 西坂 崇之

Tel : 03-5904-9372 E-mail : takayuki.nishizaka@gakushuin.ac.jp

<https://www-cc.gakushuin.ac.jp/~phys-www/nishizaka/lab/index.html>

<報道に関すること>

電気通信大学 総務企画課広報係

Tel : 042-443-5019 Fax : 042-443-5887

E-mail : kouhou-k@office.uec.ac.jp

学校法人学習院 総合企画部広報課

Tel : 03-5992-1008 Fax : 03-5992-9246

Email : koho-off@gakushuin.ac.jp