



OIST プレスリリース

OKINAWA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY GRADUATE UNIVERSITY
沖縄科学技術大学院大学
2015年6月4日

文部科学記者会、科学記者会、沖縄県政記者クラブへ貼り出し

国立公園によって森林保護効果に違い！？ 高度な統計的手法を駆使した研究が森林保全政策に新たな道筋

世界の森林面積は、年間およそ13万平方キロメートル、ひと月で換算すると沖縄の約6倍の面積という驚くべき速さで減少しています。森林減少を阻止するために政策立案者がよく用いる手段は、生態学的に重要な特定の地域を保護区に指定するというものです。この度、沖縄科学技術大学院大学のパヤル・シャー博士とイリノイ大学アーバナ・シャンペーン校のキャンシー・ベイリス博士は、森林破壊の流れを食い止める上での保護区の有効性について、新たな研究成果を発表しました。本研究では、計量経済学の統計的手法を用いて、保護区の有効性が、個々の公園間、また同じ公園内の異なる地域間においてどれほど違い得るかにについて詳細にわたり考察しています。こうした研究は、森林保護がどの地域でどれくらい成功しているのかを政策立案者が理解する手助けとなり、今後さらに効果的な保全計画の策定に役立ちます。本研究成果は、米オンライン科学誌プロス・ワン (PLOS ONE) に米国東部夏時間2015年6月3日午後2時(日本時間6月4日午前3時)に掲載されます。

本研究で研究者たちが焦点を当てたのはインドネシアでおこなわれている保全の取り組みです。同国では、森林破壊が進行することによる炭素排出量の増加や、生物多様性を支える生息地の喪失に対して懸念が広がっています。このような事態を受けて、インドネシアでは1990年から2010年の間に、保護下にある土地の総面積を4%拡大しました。しかしOISTのシャー博士は、自然保護区の設置は必ずしも森林破壊の抑制を保証するものではないと指摘します。実は、政治的およびその他の要因が働いた結果、実際にはこれまで一度も人間による土地利用の脅威にさらされたことのない地域に保護区が置かれていることがしばしばあります。このような事実があるため、保護区の森林破壊に対する実際の効果には疑問が生じます。

保護区の有効性を評価するために、研究者たちは最新式のリモートセンシングのデータを用いて、保護区に指定される前と後で森林面積を計測し、これに相応する保護されていない類似地域と比較しました。これは保護区の有効性を統計的に導き出すのに一般的に用いられる方法です。この手法を用いる上での最大の難点の一つは、保護区と比較できる非保護区の土地を見つけることで、その際に森林破壊の影響度だけでなく、今後保護の対象として選ばれる可能性についても考えなければいけないことです。研究では、保護区と非保護区を対応させるために、勾配、高度ならびに都市、道

路および河川からの近さなど、森林破壊に影響を及ぼすさまざまな変数を考慮する標準的な方法を用いていますが、それでもなお推定を偏らせる可能性のある不明な要素が数多くあるのです。

シャー博士とベイリス博士は、自分たちの推定に偏りの可能性があるかどうかを検証するために、計量経済学の統計的ツールを研究に取り入れています。その後、偏りの原因となり得る種々の要因を説明することにより、保護区の有効性についての推定を改良しました。この場合の偏りの原因となり得る要因には、土地利用を制限する経済的・政治的要因、対応する比較可能な非保護区の欠如、ならびに対応はするものの森林破壊の脅威の度合いが保護区よりも大きい地域などが含まれると考えられます。

こうしたより高度な統計的方法を用いることにより、シャー博士らは森林破壊の抑制効果には公園間で相当な差異があることを発見しました。保護区の効果として、全国平均では、森林面積が1.1%増加すると推定されています。しかし本研究では、この数字は誤解を招きかねないことを示しています。なぜなら、個々の公園レベルで推定すると、森林面積が3.4%減少した公園から5.3%近くも増加した公園まで幅があるからです。

本研究で使用した方法は、多岐に渡る保全政策の効果を考察する上で全体的な枠組みを提供するものです。また保全効果の差異を体系的に探る手段ともなります。これは、政策をどのように実施すれば最大の効果が得られるかについての手がかりを得るため、最も良い結果を生んでいる公園ならびにそれらの公園内の地域を調べる際に、特に重要です。シャー博士はこう付け加えます。「保護の有効性の平均値は国レベルで推定されることが多いのですが、そのような平均値は誤解を招きやすいと考えています。インドネシアの事例からも明らかのように、とても効果的な公園がある一方、あまり効果的でない公園もあるかもしれないからです。」

また、「同じ公園内ですら、区域によって保護効果に大きな違いがあることを発見したときは驚きでした」と同博士は言います。森林保全の取り組みには様々な要因が影響するとともに、森林資源の回復には長い時間を要します。そのため、常に政策の最適化が急がれています。世界規模での森林保全活動も活発化しており、2010年には愛知県名古屋で生物多様性条約第10回締約国会議(COP10)が開催され、2020年までに少なくとも陸上の17パーセントを保護区とする目標が採択されました。日本国内では、国土面積の14パーセントを自然公園に指定しています。「日本では、土地の所有に関係なく一定の地域を公園として指定し、自然保全に関する規定を設けて管理する地域性自然公園制度を採用しています。この日本独特の新しい国

立公園制度の効果を、私たちが開発した統計的手法を用いて評価すれば、興味深い結果が得られるかもしれません」とチャー博士はしめくりました。

【発表論文 詳細】

発表先および発表日:

PLOS ONE (プロス・ワン) 誌オンライン版

米国東部夏時間 2015 年 6 月 3 日午後 2 時(日本時間 2015 年 6 月 4 日午前 3 時)

論文タイトル: Evaluating Heterogeneous Conservation Effects of Forest Protection in Indonesia
(インドネシアにおける個々の公園間と同じ公園内の異なる地域間における森林保護効果を精査)
<http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0124872>

著者: Payal Shah,¹ Kathy Baylis²

1 Okinawa Institute of Science and Technology, Okinawa, Japan

2 The University of Illinois at Urbana-Champaign, USA

【本件お問い合わせ先】

沖縄科学技術大学院大学 (<http://www.oist.jp>)

コミュニケーション・広報ディビジョン メディアセクション 名取 薫

TEL: 098-966-8711 (代表) TEL: 098-966-2389 (直通) 080-6497-2711 (携帯) FAX: 098-966-2887

E-Mail: kaoru.natori@oist.jp

<http://www.oist.jp>

< 沖縄科学技術大学院大学について >

2011 年 11 月に設置された沖縄科学技術大学院大学は、沖縄において世界最高水準の科学技術に関する教育研究を行い、沖縄の自立的発展と世界の科学技術の向上に寄与することを目的としています。2014 年 9 月には 11 の国と地域から集まった第三期生 27 名が入学し、学生数は約 80 名となり、学際的で先端的な教育・研究活動に勤しんでいます。また、OIST では現在までに、51 の研究ユニット(研究員約 400 名、内、外国人 200 名)が発足し、神経科学、分子・細胞・発生生物学、数学・計算科学、環境・生態学、物理学・化学の五分野において、研究活動を展開しています。このほか、国際ワークショップやコースの開催など、学生や若手研究者の育成にも力を入れています。

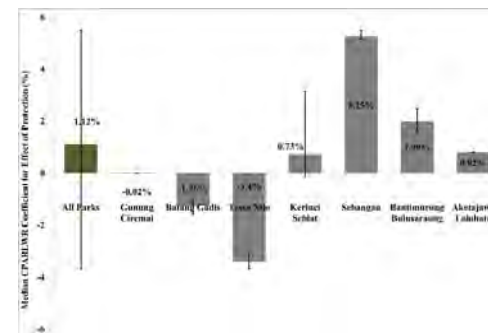


図 1. 2000～2012 年にかけての森林面積の変化に対する保護効果
上記の棒グラフは、研究対象とした 7 つの公園の保護効果を全体および個別で表したものの。縦線は、保護区が最も効果的、あるいは最も非効果的に働いた場合の推定値を表している。

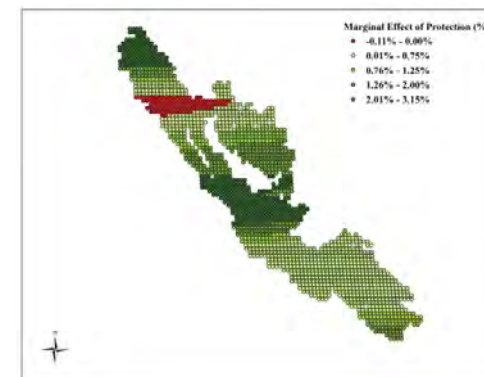


図 2. 単一公園内での保護効果の差異
クリンチスプラット国立公園全域の森林面積の増減率に対する保護効果の差異を地図に表した。濃緑色で示した部分が最も効果が高いのに対し、赤色で示した部分は最も効果が低い。



写真 パヤル・シャー博士とキャシー・ベイリス博士
セパンガウ国立公園でのパヤル・シャー博士（左）とキャシー・ベイリス博士（右）。



OIST プレスリリース

OKINAWA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY GRADUATE UNIVERSITY
 沖縄科学技術大学院大学
 2015年5月5日

DNA の電話帳を読み解く ～クローン病など炎症性腸疾患解明に道筋～

この度、日本と英国の研究グループによりゲノム上の相互作用に関する新しいリストが作成され、炎症性腸疾患のような疾病研究に新たなヒントをもたらす可能性が示されました。沖縄科学技術大学院大学(OIST)でゲノム・遺伝子制御システム科学ユニットを率いるニコラス・ラスカム教授は、「遺伝子疾患はいかなるものも遺伝子の制御と関連しています。遺伝子制御についての理解が深まれば、それだけ疾病に対する理解も深まります。」と、語っています。本研究成果は、*Nature Genetics*(ネイチャー・ジェネティクス)誌オンライン版にロンドン時間 2015年5月4日午後4時に掲載されます。

遺伝子のスイッチのオン/オフを切り替える DNA の要となる部位はプロモーター^{*1}と呼ばれ、各遺伝子に1つあります。これまで、プロモーターの相互作用について包括的にまとめたリストが生物学者により作成されてきました。プロモーターが正しく機能しないと疾病が起きる可能性があり、プロモーター間の相互作用や DNA の他の部位との相互作用など、プロモーターに影響を及ぼす要因の解明には高い関心が寄せられています。本研究で新たに作成されたリストには、プロモーターが関与する100万以上の相互作用が記載されています。このような相互作用が起きていることは既に知られていたものの、各プロモーターが実際に DNA のどの部位と相互作用しているかについて、全ゲノム規模かつ高解像度で解明されたことはありませんでした。

論文の筆頭共著者である OIST 研究員のフィリップ・タヴァレス-カデット博士は、「私たちはいわばゲノムの電話帳を持っており、そこに載っている人たちが電話をかけていることは知っていたのですが、誰と誰が通話しているのかまではわかりませんでした。それが本研究で明らかになったのです。」と、述べています。同博士は OIST 着任前のフランシス・クリック研究所勤務時代に、共同研究者と本研究のデータ解析を行いました。

ゲノムは多くの長距離電話をかけています。プロモーターの相互作用の半数以上は、DNA 線形配列上の距離でみると15万塩基対以上もプロモーターから離れた場所にある DNA 部位との間で行われていました。細胞内では DNA 鎖はコンパクトに折りたたまれてループ状になっているため、すべての塩基対を一行に並べるとかなり離れている DNA 部位ですが、実際には近接して存在することが多いからです。この新しいゲノム相互作用リストでは、プロモーターとプロモーター

から数100万塩基対離れている DNA 部位との間に生じる相互作用を、22,000以上も捉えることができました。従来の方法ではわずか90しか見つからないため、これは飛躍的な成果です。

このリストを作成するため、キングス・カレッジ・ロンドンのキャメロン・オズボーン博士や英国バブラム研究所のピーター・フレイザー博士を含む大規模な共同研究チームが形成され、Capture Hi-C と称する新技術を開発しました。これは従来の方法を作り直したのですが、DNA 標的部位を認識できるように同チームの研究者が修正し、配列解析の性能を最大化しました。今回プロモーターを標的にすることにより、プロモーターの相互作用を何10万も捉えることができました。他の方法と比べると、実に67倍にもなります。「この方法を用いれば、相互作用のネットワークがいかに協働して遺伝子制御を行っているかについて深く掘り下げて研究することができます。」と、キングス・カレッジ・ロンドンのキャメロン・オズボーン博士は語った上で、「細胞の持つ相互作用のセットは細胞の種類によって異なるはずですから、これはまさに始まりにすぎません。」と、今後の研究への期待を口にしました。

遠距離プロモーター相互作用には、特に疾病研究分野で高い関心が寄せられています。一塩基多型(SNP)^{**2}として知られる DNA 突然変異は、DNA 鎖の線形配列上で遺伝情報が全く無いように見えるところ(遺伝子の外側にあるか、遺伝子から遠く離れていることが多い)にぽつんと存在することが多いため、その変異の影響を受ける遺伝子の同定が難しく、したがってどの遺伝子が特定の疾病と関連があるのか、なかなか明らかにできないのです。

本研究では、既知の SNP と相互作用するプロモーターに着目することにより、クローン病などの炎症性腸疾患に関与することが知られている遺伝子の同定に成功し、今回新たに確立された方法の有効性が確かめられました。現在では、世界中の研究者がこのリストに自由にアクセスし、疾患に関与している可能性の高い相互作用や遺伝子を探索できます。「このように SNP がどのプロモーターと相互作用しているのかわかるので、SNP が作用を及ぼすのは線形ゲノム上で最も近傍の遺伝子だろうと単に仮定するよりも、実際の生命現象に大きく近づけます」とタヴァレス-カデット博士は語っています。

また、リストの解析中、研究チームは遺伝子のスイッチをオフにする新たな要因も発見しました。遠距離「オン」のスイッチの存在は既に判っており、エンハンサーとして知られています。今回研究者たちは、遠距離「オフ」スイッチ、すなわちサイレンサーと呼ぶものをみつけました。遠距離サイレンサーを発見したのは、抑制型ヒストン^{**3}と相互作用しているプロモーターに着目しているときでした。ヒストンとは、DNA が巻きついているタンパク質のことで、糸を通したビーズのようにみえます。

タヴァレス-カデット博士は「私たちは、遠距離サイレンサーの多くがプロモーターと接触し、遺伝子発現スイッチをオフにしているのではないかと考えています。この発見は、ゲノムが正しく機能するために、プロモーター相互作用が果たしうる役割の重要性を明らかにするものです。」と、語りました。

【発表論文 詳細】

発表先および発表日：

Nature Genetics (ネイチャー・ジェネティクス) 誌オンライン版

ロンドン時間 2015 年 5 月 4 日午後 4 時(日本時間 2015 年 5 月 5 日午前 0 時)

論文タイトル: Mapping long-range promoter contacts in human cells with high-resolution capture Hi-C (高解像度 Capture Hi-C による遠距離プロモーター相互作用の解明)

著者: Borbala Mifsud^{1,2,10}, Filipe Tavares-Cadete^{1,9}, Alice N Young^{3,10}, Robert Sugar¹, Stefan Schoenfelder³, Lauren Ferreira³, Steven W Wingett⁴, Simon Andrews⁴, William Grey⁵, Philip A Ewels³, Bram Herman⁶, Scott Happe⁶, Andy Higgs⁶, Emily LeProust^{6,9}, George A Follows⁷, Peter Fraser³, Nicholas M Luscombe^{1,2,8} & Cameron S Osborne^{3,5}

1 The Francis Crick Institute, London, UK

2 UCL Genetics Institute, University College London, London, UK

3 Nuclear Dynamics Programme, Babraham Institute, Cambridge, UK

4 Bioinformatics Group, Babraham Institute, Cambridge, UK

5 Department of Medical and Molecular Genetics, King's College London School of Medicine, London, UK

6 Diagnostics and Genomics Division, Agilent Technologies, Santa Clara, California, USA

7 Department of Haematology, Cambridge University Hospitals National Health Service (NHS) Foundation Trust, Cambridge, UK

8 Okinawa Institute of Science and Technology, Okinawa, Japan

9 Present addresses: Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University, Okinawa, Japan (F.T.-C.) and Twist Bioscience, San Francisco, California, USA (E.L.)

【本件お問い合わせ先】

沖縄科学技術大学院大学 (<http://www.oist.jp>)

コミュニケーション・広報ディビジョン メディアセクション 名取 薫

TEL: 098-966-8711 (代表) TEL: 098-966-2389 (直通) 080-6497-2711 (携帯) FAX: 098-966-2887

E-Mail: kaoru.natori@oist.jp

<http://www.oist.jp>

<沖縄科学技術大学院大学について>

2011 年 11 月に設置された沖縄科学技術大学院大学は、沖縄において世界最高水準の科学技術に関する教育研究を行い、沖縄の自立的発展と世界の科学技術の向上に寄与することを目的としています。2014 年 9 月には 11 の国と地域から集まった第三期生 27 名が入学し、学生数は約 80 名となり、学際的で先端的な教育・研究活動に勤しんでいます。また、OIST では現在までに、51 の研究ユニット(研究員約 400 名、内、外国人 200 名)が発足し、神経科学、分子・細胞・発生生物学、数学・計算科学、環境・生態学、物理学・化学の五分野において、研究活動を展開しています。このほか、国際ワークショップやコースの開催など、学生や若手研究者の育成にも力を入れています。

<用語解説>

1. プロモーター：遺伝子を「どこから」「いつ」「どれくらい」転写するかという遺伝子の発現制御に重要な働きをするゲノム領域のことで、各遺伝子に付随している。
2. 一塩基多型 (SNP)：長い遺伝子配列の中で、遺伝情報のわずかな違いのこと。ヒトゲノムは約 30 億個の塩基対から成り、1000~2000 個に 1 個の割合で、各個人によって異なる配列部分が存在する。これを一塩基多型 (Single Nucleotide Polymorphism: SNP) という。肌の色や体質の違いも SNP が原因と考えられている。
3. ヒストン：DNA が巻き付いている糸巻き様のタンパク質のこと。ヒストンに DNA が巻き付いた立体構造が、DNA の折りたたみの基本単位となる。ヒストンが様々な化学修飾を受け、DNA の折りたたみ構造を変化させることで、遺伝子発現の抑制や活性化に関与することが知られている。



写真 1. OIST ゲノム・遺伝子制御システム科学ユニット ニコラス・ラスカム教授



写真 2. OIST ゲノム・遺伝子制御システム科学ユニット フィリップ・タヴァレス-カデット博士
沖縄科学技術大学院大学 (OIST) のフィリップ・タヴァレス-カデット博士は、線形配列でみると遠く離れている部位が、核内の DNA ループ形成によっていかにして接近するのかを明らかにしました。さらに、同博士と共同研究者たちはプロモーターが関与する相互作用および疾病への影響に関する研究を行いました。

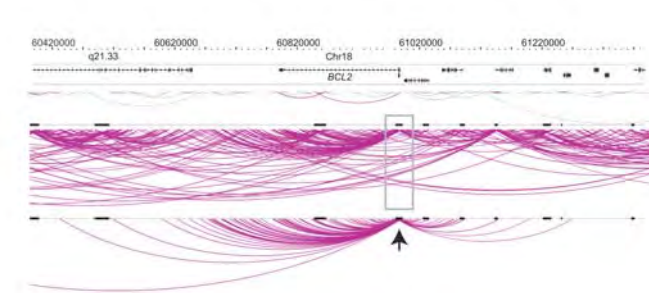


図 1. プロモーターの相互作用

本図はプロモーター相互作用(紫色の弧)について、通常の Hi-C 法によって把握される数(図の上部分)と Capture Hi-C 法によって把握される数(図の中央部分)を比較したものです。1 つのプロモーターは膨大な数の DNA 部位と相互作用します(図の下部分)。その中には線形配列上で 100 万塩基対以上も離れている部位もあります。

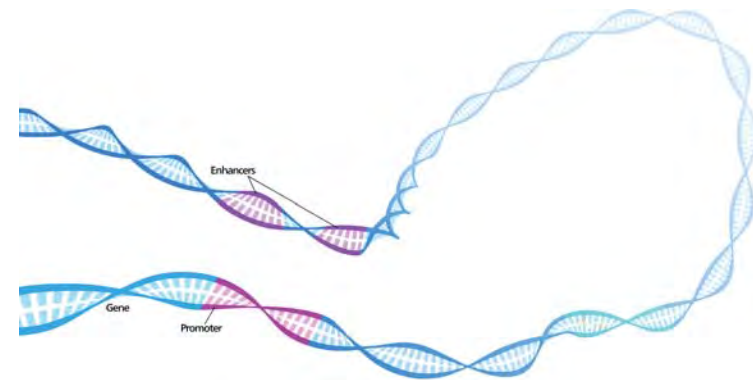


図 2. DNA のループ構造

DNA がループ構造をとることにより、遠く離れた場所にあるエンハンサーとプロモーターが核内で接近することができます。(図提供:ケルビン・ソング)