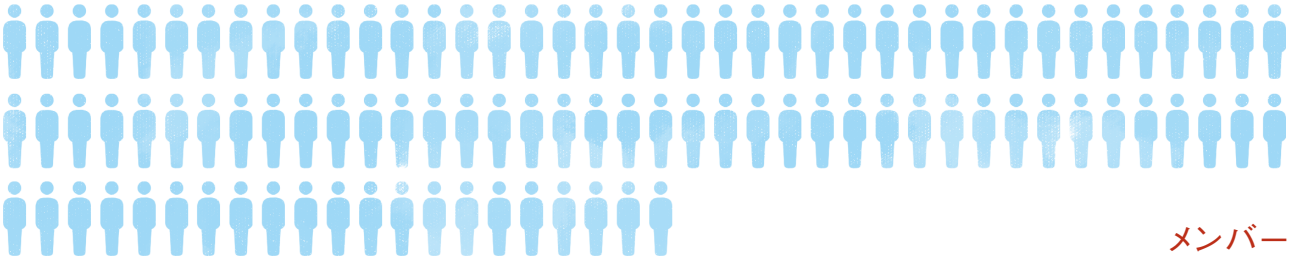
東京工業大学 地球生命研究所

Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology

ELSI概要

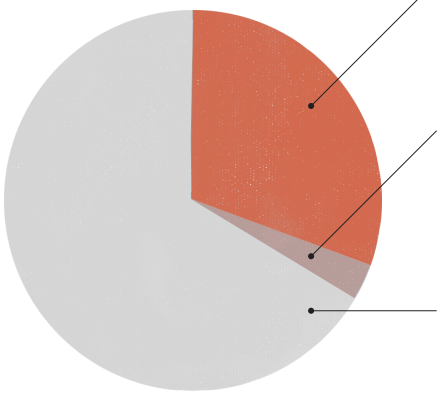
（2019年10月現在）

研究者と支援職員 合計101人



メンバー

研究者



主任研究者
19人

准主任研究者
2人

その他の研究者
42人

多様性

外国人研究者**29**人（46%）　女性研究者**14**人（22%）

論文

査読のある学術誌に発表された論文
年間平均**120**件

シンポジウム

ELSIが主催した国際シンポジウム
8件

ネットワーク

協力関係にある世界の研究機関・大学
23機関

環境

オープンでフラットな研究環境

意見交換

毎日午後3時のコーヒータイムは
ELSI研究者の大切な意見交換の機会

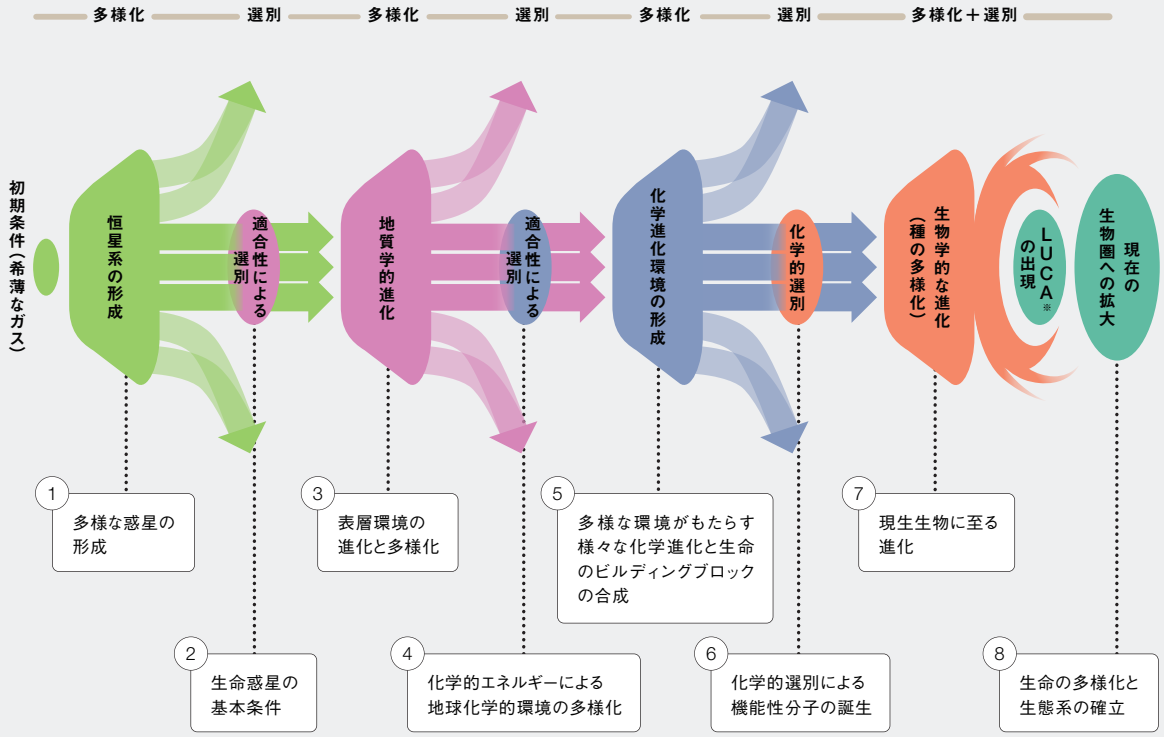
交流

メンバーは毎週金曜夜の
「izakaya」と呼ばれる交流会で
対話を深める

ELSIについて

生命が無機物質からどのように誕生するのかということは大きな謎ですが、少なくとも1回は地球上で起こった現象です。それは、人間の手によるものではなく、38億年以上前の初期地球上で、自然環境のもとで起きました。自然は、人が作りあげた天体物理学や地質学、あるいは化学などの分野の壁がある環境で生命を生み出したわけではありません。生命は、原始的な惑星に存在していた無数の資源と制約のない自然環境の中で誕生したのです。地球生命研究所（ELSI）は、この自然界の実例にヒントを得て、垣根を超えた組み合わせと多様性という自然界の成功戦略にならい、科学史上最難関の疑問に取り組むためにふさわしい環境を育んでいます。

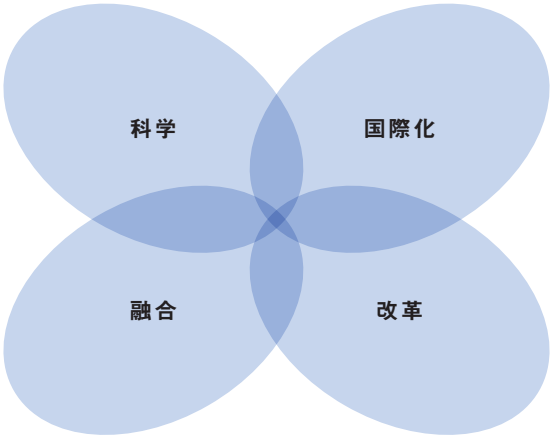
ELSIを訪れた多くの研究者は、ELSIでの体験を「ここならでは」と表現します。これは、研究者同士の対話や協力体制、そしてアイデアがELSI独自のものであることを示しています。ELSIでは、幅広い分野の研究者が集まり、他では見られないような異分野共同研究を行っています。例えば「アゴラ」と呼ばれるオープンスペースでは、コーヒータイムに天体物理学者、化学者、地球物理学者、生物学者が自然に議論を交わし、独特で説得力のある新しい科学的概念が生まれています。こうしたことは、これまでに例のない野心的な学際研究を目指した研究機関だからこそ起こりえると言えます。東京工業大学（東工大）という環境、日本のみならず世界の研究者との間で起こる強力な相乗効果、また新たな科学の領域を創造し支援する特別な環境が、ELSIの「ここならでは」を可能にしています。



惑星はどのように生命を生み出すのでしょうか。ELSIが解明しようとしているのは、初期地球環境における生命誕生のシナリオだけではありません。ELSIが目指しているのは、自然界における一般的な原理についてより深く理解することです。たとえば、「多様化と選別」は、宇宙のどこでも生命は誕生しうるかということを知るための鍵です。上図はそれを表現したもので、進化のプロセスがどのように生命誕生に至るかということを天文学、惑星科学、化学等の観点から描いています。

※LUCA: Last Universal Common Ancestor（現生生物の共通祖先）

ELSIは、世界トップレベル研究拠点プログラム（WPI）の一環として文部科学省の補助金によって設立されました。WPIの目標は、(1) 最先端の科学を進歩させ、(2) 新しい学際融合領域を創出し、(3) 世界水準の国際的研究環境を提供し、(4) これらの目的を達成するために適した運営組織を形成するための改革を実施することです。これらの4つの柱は、ELSIの計画に深く織り込まれており、すべての目標を達すべく設立以来日々邁進しています。ELSIは、日本の主要国立大学・研究機関に設置された13のWPI研究機関の1つであり、地球と生命の起源という非常に学際的かつ根源的課題を対象としているという点が特にユニークです。



WPIプログラムには、最先端科学の進歩、新たな学際領域の創出、世界水準の国際的な研究環境の提供、研究組織の改革という4つの基本目標があります。

① ICReDD：北海道大学 化学反応創成研究拠点
② AIMR：東北大学 材料科学高等研究所
③ IIIS：筑波大学 国際統合睡眠医科学研究機構
④ MANA：物質・材料研究機構 国際ナノアーキテクトニクス研究拠点
⑤ Kavli IPMU：東京大学 カブリ数物連携宇宙研究機構
⑥ IRCN：東京大学 ニューロインテリジェンス国際研究機構
⑦ NanoLSI：金沢大学 ナノ生命科学研究所
⑧ ITbM：名古屋大学 トランスフォーマティブ生命分子研究所
⑨ iCeMS：京都大学 物質ー細胞統合システム拠点
⑩ ASHBi：京都大学 ヒト生物学高等研究拠点
⑪ IFReC：大阪大学 免疫学フロンティア研究センター
⑫ I²CNER：九州大学 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所

世界トップレベル研究拠点プログラム（WPI）は、全国13の研究機関で構成されています。

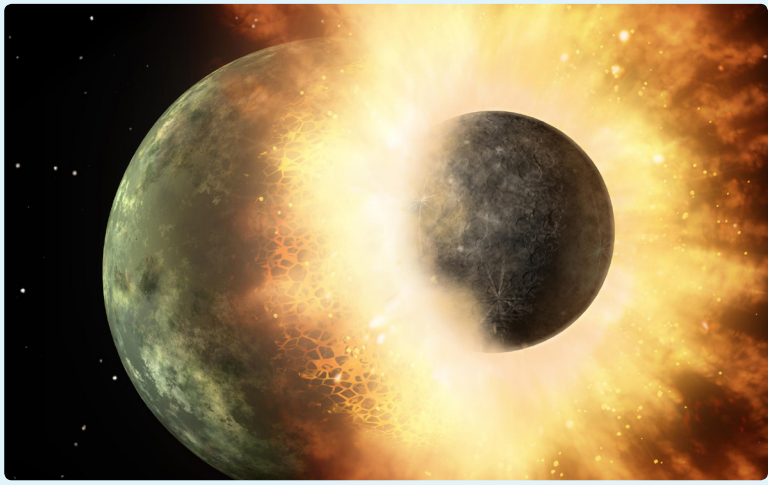
ELSIの科学

ELSIは極めてユニークな研究機関で、地球の起源と生命の起源はともに科学的には同じ問題に帰着すると考えています。したがってELSIの主要な研究領域には、地球が形成されたプロセスの詳細が反映されています。惑星形成は中心星の形成から始まります

惑星の起源

恒星系の形成

ELSIでは、地球形成の主要な段階を再現することによって様々な疑問に答えようとしています。それらの疑問とは、地球はどこでどのように形成されたのか、何がその組成を決めたのか、時間とともに内部の状態がどのように変化したのか、大気と海洋を作った主要元素がどのように地球に供給され保持されたのか、生命誕生の初期の段階で惑星表層はどのようなものだったのか、といったことです。ELSIは、原始惑星系円盤における降着と輸送に関して、初めての統合モデルをつくりました。このモデルは、ガスや塵から、「ペブル（小石）」と呼ばれる重要な中間段階を経て、原始惑星の軌跡の移動、ジャイアント・インパクトの効果までのスケールの異なる過程を考慮したものです。そして計算モデルと宇宙化学的証拠を組み合わせることによって、太陽系・系外惑星が示す多様性や、初期地球における軽元素（C、O、Si、H、S、N）の起源を推定することが可能になりました。地球は、乾燥した惑星と完全に海に覆われた惑星との間に位置し、極めて繊細、かつ、おそらく非常に稀有なバランスの上になりたっています。そこでELSIは、水惑星に関する研究を始めています。この研究では、生命を育む惑星として水惑星が最も可能性が高いと考え、太陽系内にある3つの天体に着目しています。



ELSIでは、地球やそのほかの太陽系惑星、あるいは系外惑星の観測結果を使って惑星形成モデルを検証しています。

疑問

- ガスと塵からどのように、またどの程度の速度で惑星が形成されるのか?
- 惑星や惑星系全体の多様性はどのように説明されるのか?
- 月の形成などの特別な出来事は、その後の惑星進化にどのような影響を与えるのか?
- 初期の惑星形成条件は、惑星が生命圏を形成する可能性にどのような影響を与えるのか?
- 天の川銀河の進化は、ハビタブルな惑星の形成においてどのような役割を果たしているのか?

ツールと手法

ELSIでは、ガスや多粒子力学の最新の理論やモデルを構築します。そのために、隕石や彗星の同位体データ、クレーター年代学から得られた証拠を統合し、太陽系形成の早期段階について統合的に理解しようとしています。またELSIは、国内外の宇宙ミッションや望遠鏡プロジェクトと協力関係にあり、これらを通じて太陽系外惑星の多様性モデルを裏付けることができます。一方、実験的な地球物理学的モデルは、ELSIにおける水惑星の研究を可能にしています。

キーワード	降着 - マグマオーシャン - ジャイアント・インパクト - 月の形成 - 系外惑星 - 水惑星

が、その段階で惑星の多様性の最初の基盤がつくられます。惑星はその構造や化学組成を徐々に変化させ、大気を形成し、場合によっては海洋や磁場を形成します。そして、長い年月をかけてそれぞれの惑星が個別の地質学的進化を遂げます。地球だけでなくその他の惑星においても、極めて複雑な惑星化学的反応が起こり、最初の分子や生命誕生のためのエネルギーの流れができあがったことでしょう。その結果、地質学的かつ生物学的な化学反応が複雑に絡み合い、地球と生命の共進化の歴史をつくったのです。「多様化と選別」の根底にあるダイナミクスは、惑星と生命圏における多様性を生み出すとともに、地球生命の誕生に関する理解と、系外惑星における多様な可能性の探索を可能にしています。

惑星の進化

地質学的進化

ELSIでは、地球および太陽系内の他の天体を徹底的に研究し、惑星進化における原理や関連性を解明しようとしています。惑星形成過程が落ち着くと、惑星進化の初期段階には核とマントルの分化が起きます。これは、地球の場合、マグマオーシャンだった時期を通して続いていた可能性があります。またELSIは、マントルと分離した際、地球の核には従来考えられていたよりもはるかに多くのケイ素と酸素が取り込まれ、さらにかなりの量の水素も含まれた可能性があることを発見しました。核が冷却する初期段階で酸化ケイ素が沈殿し、強い浮力と攪拌力を生みました。地球磁場は早い段階で形成され、太陽風による地球大気の喪失を防いだと考えられます。また、原始惑星表面の冷却率は、太陽放射照度に非常に敏感だったこともわかりました。金星と地球は、隣同士であるにもかかわらず太陽放射照度は10倍以上も差があります。その結果、金星では温室状態がずっと続いた一方で、地球は気候変動への適応力を持つようになりました。地球は、核、マントル、地殻という層状構造に落ち着いた際、初期の鉱物分化が地球深部の大規模な不均一構造を生み出し、現在に至るまで地殻変動や火成活動を引き起こしている可能性があります。ELSIは、生命の起源と進化に必要な複雑な化学反応を維持する可能性について、揮発性元素の分配と循環をモデル化することにより、岩石惑星間の違いを探ろうとしています。

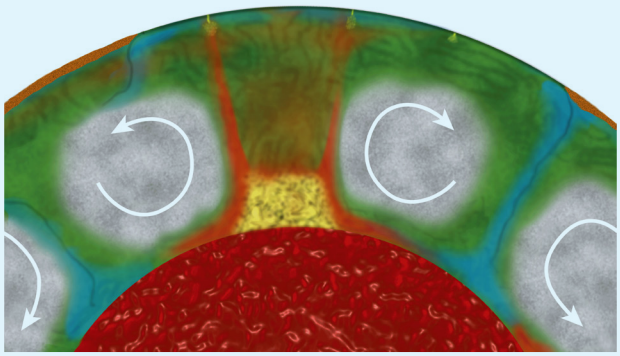
ELSIでは、
地球および太陽系内の他の天体を
徹底的に研究し、
惑星進化における原理や
関連性を解明しようとしています。

疑問

- どのような惑星が大気・海洋・磁場を形成し、維持するのか?
- 熱・揮発性物質（水、窒素など）・元素存在量は、大気・地殻表層・マントル・金属核にどのように分配されているのか?
- 時間とともに地球の大気はどのように変化したのか?
- 太陽系の他の天体ではどのようなプロセスが主に起こっているのか?
- どのぐらいの割合の惑星が生命を育むことができるのか?

ツールと手法

ELSIは、実験的、理論的、かつ観測的アプローチを組み合わせることによって、惑星進化の方向性を決定する惑星システムの要素を抽出します。また、地震波観測を高温／高圧鉱物物理学および計算モデルと組み合わせ、地球深部の構造とダイナミクスを解明します。ELSIの研究者は、ジャイアント・インパクトの数値シミュレーションのために、世界で最も高機能・高精度なコンピュータープログラムを開発しました。また、古磁気の地質学的かつ生物学的な特徴も組み合わせながら、地球の核と地球ダイナモのモデルを構築しています。



BEAMS（Bridgmanite Enriched Ancient Mantle Structures）モデルは、早期の地球における高粘性のマントルがプレートテクトニクスの持続をもたらした可能性を示しています。

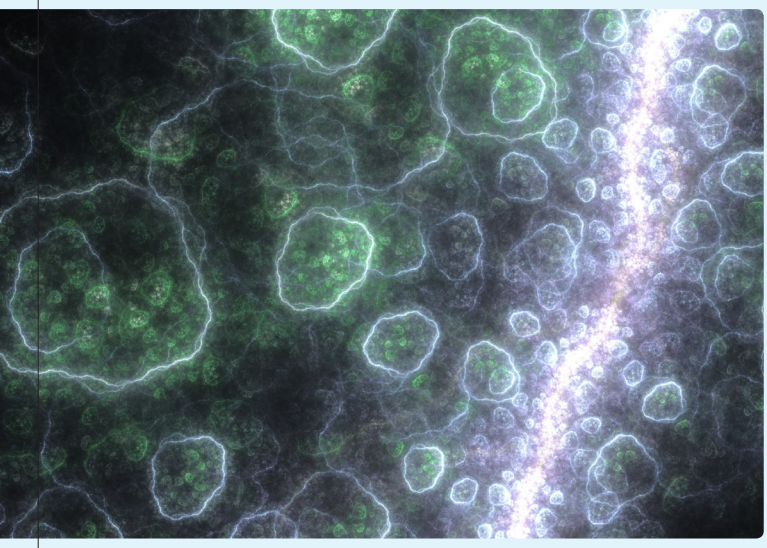
キーワード	鉱物物理学 - 地球化学 - 惑星力学 - 地震学 - 核の形成 - 地球ダイナモ

生命の化学進化

化学進化環境の形成

ELSIでは、生命の発生を新しい地球システムの出現であると理解し、大気、海洋、固体地球の初期化学進化における主要な要素間の相互作用を解明しようとしています。惑星において炭素が生み出す化学的多様性に影響を与える最も普遍的な要因は、電子供与体と電子受容体の間の非平衡性です。この疑問に対し、ELSIは、地球形成後期に起きた1回のジャイアント・インパクトが水素に富んだ二次的な大気を生成し、それが冥王代初期の約2億年間続いたことを発見しました。さらに、硫黄が持つ複雑な安定同位体の研究によれば、地球上のCO_2（二酸化炭素）に対するCO（一酸化炭素）の割合は、かつて考えられていたよりも高く、またその状態が太古代まで続いたことが示唆されました。この2つの発見は、前生物的有機物の合成に大きな影響を与えるものです。

惑星表層の多様性は、生命の誕生にとって必要不可欠な条件です。ELSIでは、栄養塩の供給源としての海洋底と陸地の役割や、エネルギー供給源としての太陽、大気、岩石−水相互作用、地下の放射性物質の役割を研究してきました。加えて、地球に水が供給された時期、原始海洋と原初大陸の組成も研究しています。これらの要素は、生命を生み出す能力という点で、地球がいかに特別であるかを示しています。ELSIの研究は、熱水噴出孔における電気化学的勾配、ガンマ線の電離作用から生じる二次電子、大気中の紫外線放射などの多様なエネルギー源がいかに反応性の高い炭素化合物や窒素化合物を生み出すかを示しました。ELSIの研究者達が作ったモデルによれば、硝酸塩、アンモニア、一酸化炭素などが原始海洋中で利用可能であったことがわかっています。そして、核酸塩基などの生体化合物の前駆体を生み出す反応経路、さらには重合を推進する活性化因子も発見しました。地球上の生命にとって多様な環境がいかに重要かについての理解は、太陽系や他の恒星系の研究に展開可能であり、ハビタビリティ（居住可能性）という複雑な概念をより深めることになります。



計算科学における組み合わせを利用した手法は、地球生命のどの要素が化学反応に固有な限界を反映しているのか、そして普遍的な要素は何かという研究を可能にしました。ELSIは、生体中のアミノ酸群が、存在する可能性のあるランダムなアミノ酸群よりも、タンパク質機能に必須の幅広い特性を備えていることを明らかにしました。自然淘汰が生体アミノ酸群を選び出したのは、これらが化学的可能性の上限に近かったからだと考えられます。

疑問

- 生命とは何か?
- 生命誕生以前の原始地球にはどのような化学物質があったのか?
- 表層環境に存在していた化学物質からどのようにして生命が組み立てられたのか?
- 初期地球環境はどのようなものだったのか、どのように生命の化学進化に貢献したのか?
- 化学的に異なる生命は存在するのか、あるいは1種類だけか?

ツールと手法

ELSIは、理論、計算科学、化学合成や化学分析、合成生物学の手法を組み合わせて様々な疑問に取り組んでいます。研究所内には、初期の惑星環境を模擬的に再現する装置や、高放射線環境、高温／高圧環境、蒸発環境などを創り出し、繊細な化学分析を可能にする最先端の設備があります。

ELSIでは、生命の起源を理解するため、有機化合物が原始的な惑星環境でどのように反応し、合成されたのかを研究しています。

キーワード	生命の起源 - 放射線化学 - 熱水環境 – 細胞内合成 - RNAワールド

生命と地球の相互作用と共進化

生物学的な進化
（種の多様化）

ELSIの研究者は、進化し続ける生命圏を形成するに至った主要要素として、進化の構造や様式、時間とともに変わる惑星環境への依存性、そして、生命進化が地球環境をどのように変えたのかという大きな転換点を見極める研究をしてきました。そして、合成生物学と進化生物学を統合し、始原的な生物の構造や機能を理解しようとしています。一方で、遺伝暗号を簡略化したタンパク質の機能について明らかにしました。さらに、人工的な細胞膜合成や、人工膜の内外におけるイオン濃度勾配を再構成しました。生命が惑星の化学的環境といかに共進化し、信頼性の高い大型分子システムを維持することができるのかを示すため、原始的バクテリアのゲノムと生体エネルギーの駆動システムの再構築にも取り組んでいます。また、同位体および鉱物学的特徴から生物における重要な進化のステップと岩石中の記録を結びつけ、硫黄代謝と酸素発生型光合成という、地球のあらゆる表層環境に影響を与えた生物の革新的進化を説明しました。

地球上のゲノムは2つのライフサイクルによってもたらされます。1つは自由生活性の細胞であり、もう1つは、ウイルスです。生命の複雑性に関する大きな疑問は、なぜこの2つのライフサイクルが誕生以来ずっと持続してきたのか、そしてそれぞれが遺伝システムの進化においてどのような役割を果たしたのか、ということです。ELSIでは、好熱性古細菌ウイルスの多様性に関する世界の知見を倍増させました。現在ELSIは、世界最大規模の古細菌ウイルスのコレクションを有しています。

ELSIは、原始地球の環境に似た場に生息している微生物やウイルスの多様性や生命活動を研究しています。

疑問

- 最初の生物はどのようなものだったのか？ 実験室で再合成できるのか？
- 惑星進化は生物進化にどのような影響を与えたのか？
- 古い時代の岩石の化学的特徴から始原的生物の特徴をどのように推定することができるか？
- ウイルスや細胞は、どのように関わり合いながら遺伝という生命特有の形質を形づくってきたのか？
- 生命進化の歴史とは何か？ 地球上でまだ発見されていない生物とはどのようなものか？

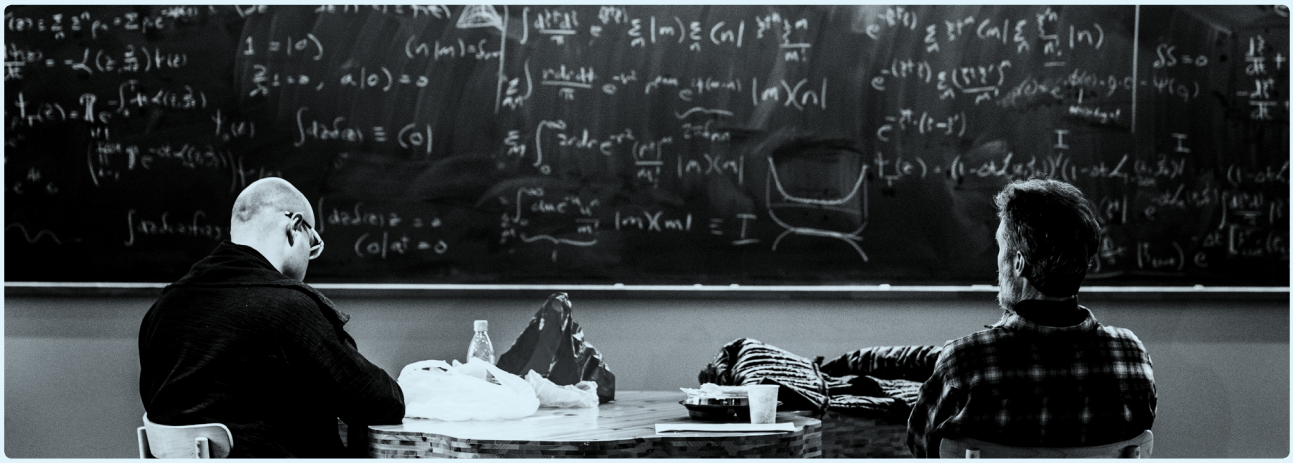
ツールと手法

ELSIでは、バイオインフォマティクス、実験進化学、同位体地球化学、合成生物学を組み合わせ、遺伝子や生命体の進化の歴史を研究し、惑星進化のモデルと統合しようとしています。遺伝子配列の比較や合成という方法を使うと、原始的なタンパク質や反応経路を再構築することができ、岩石に記録された生命の特徴と関連付けることができます。ELSIでは、細胞機能の主要な研究には人工細胞を利用しています。新たなゲノムとライフサイクルを抽出し特徴づけるため、実験進化学と微生物遺伝学を用いています。

キーワード	同位体比質量分析 - メタゲノミクス - 酵素学 - 祖先状態再構築 - 人工細胞 - ウイルス学

生命の複雑性

地球と生命の歴史に関する研究において、ELSIは、多様化と選別という2つのプロセスの繰り返しが、ひとつのシナリオに導く枠組みであるということを明らかにしようとしています。これは、恒星のまわりをめぐる惑星における生命の可能性や、地球と類似の、あるいは異なる惑星における生命誕生の原則を理解するきっかけとなります。生命の複雑性に関する研究の中核をなす問いは、遺伝や適応といった生命の特徴は前生物的な化学環境においても存在したのか、また、惑星化学的環境においてどのような条件の下で遺伝や適応性が生まれるのか、ということです。ELSIでは、こうした疑問を、個別の組織や複製機能を持たないシステムに応用できるよう定式化し、その結果、その中のいくつかでは遺伝や限られた範囲での適応性が見られることを明らかにしました。化学物質の組み合わせによってつくられる大量の情報を使うことによって、遺伝は非常に強力なものになります。ELSIでは、組み合わせが作り出す多様性が、単純な反応を通じて、どのように無生物的に合成されたのかを明らかにしました。また、組み合わせの結果生じた化学的ポリマーを選別する方法や、それらのポリマーが機能するように折りたたむ方法の制御についても研究しています。特に、RNAとペプチドの相互作用については、それらを関連付ける情報を次世代シーケンサーによる配列解読によって行いました。



ELSIは、理論的、計算科学的、かつ実験的アプローチを通じて、生命の複雑性の背後にある原則の解明に取り組んでいます。

疑問

- 化学的システムは環境からの圧力に対してどのように適応するのか?
- 化学的システムにおけるどのような特性が選別を可能にするのか、あるいはしないのか?
- 特異性をもたない化学的システムの混合から、どのように化学的特異性が生じるのか?
- どのようなメカニズムで化学的システムから遺伝性や進化の機構が形成されるのか?
- 答えを持たない変化の連続の末に、進化を可能にしたのはどのような要素なのか?

ツールと手法

ELSIでは、理論的、計算科学的、かつ実験的アプローチを統合し、多様化と選別という概念を構築します。計算科学的アプローチには、抽象的な「ミニマルモデリング」と機械学習が含まれます。理論的概念においては、情報理論、粗視化、統計物理学、相転移を利用します。実験的アプローチには、ランダムなオリゴマーライブラリの生成、mRNAディスプレイ、無細胞翻訳系が含まれます。

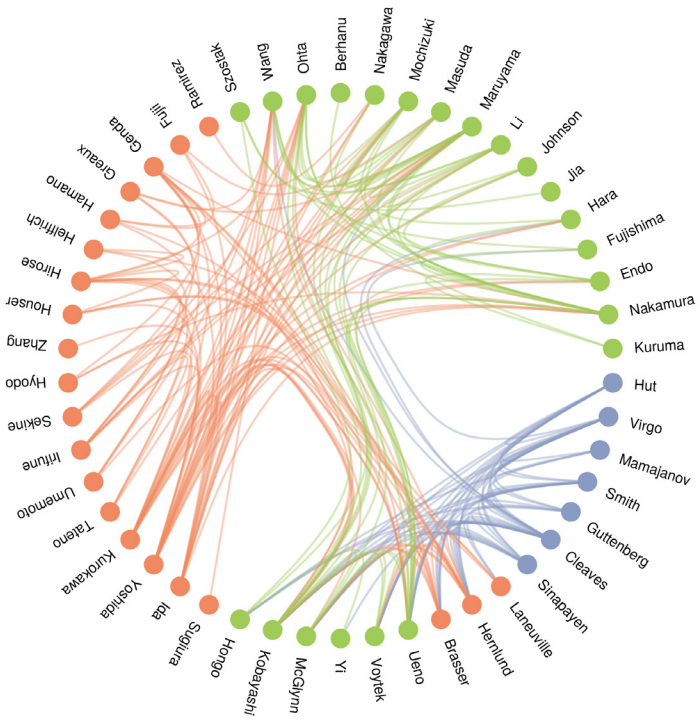
キーワード	答えをもたない進化 - 機械学習 - 人工進化 - 系統選別 - 相転移 - 最小遺伝子モデル

融合

ELSIでの学際研究

自然は、天体物理学、地質学、生物学といった分野の垣根をつくって38億年前に生命を生み出したのではありません。それにならい、ELSIでは人工的な垣根を取り払った研究スタイルを採用しています。光合成や多細胞化など、生命の進化における革命的変化を可能にしたのは、生命のユニークな組み合わせ（複雑さ）の結果であり、相互作用（コミュニケーション）であり、外的要因に対する統合的、具体的、かつ頑強な体系的反応（行動様式）でした。ELSIでは、生命が革命的進化を成し遂げた方法を手本とし、様々な分野を融合することに成功しています。

右の図は、ELSIで行われている活発な学際研究状況を示したものです。オレンジの丸は地球科学／惑星科学、緑の丸は生物科学／化学、紫の丸は複雑系の研究者です。研究者を結ぶ線は、学際研究チームの共著による論文を示します。データは2012-2019年度のものです。



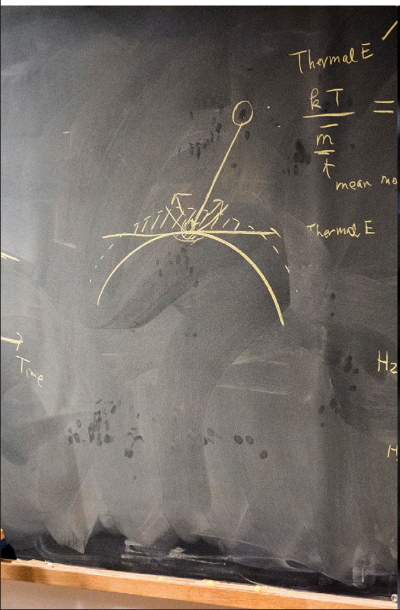
相互作用のきっかけとなる定期的なイベント

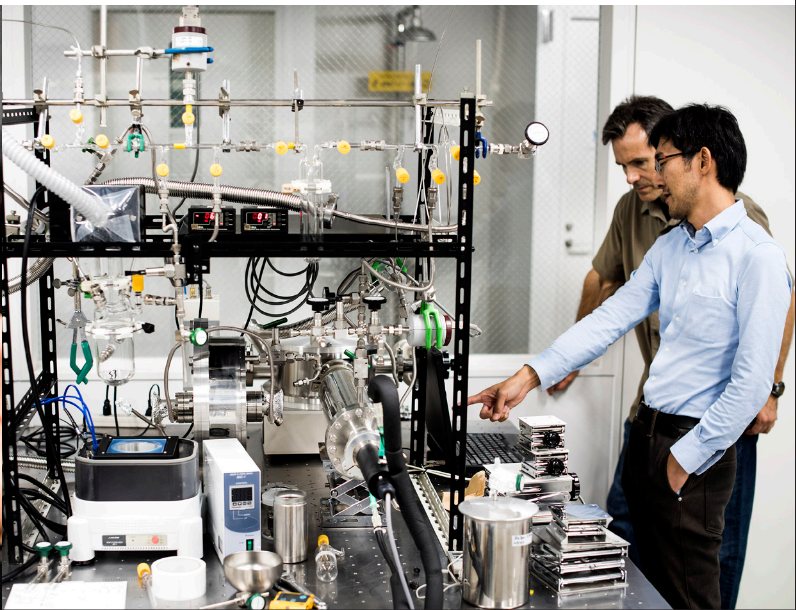
ELSIでは、相互作用を促進し、さまざまな分野の研究者が共通の疑問について意見を交換するイベントを定期的に開催しています。このようなイベントを通じて、研究や生活における言語の壁を取り払い、異文化理解を深めています。

EBSI
EARTH-LIFE SCIENCE INSTITUTE

Mercury
Lava
Surface of Venus
Mercury
Earth

Disequilibrium environment
Energy sources
Heat
Chemistry
Major Transitions
Biosphere
Photosynthesis
Now


Thermal E
Thermal E

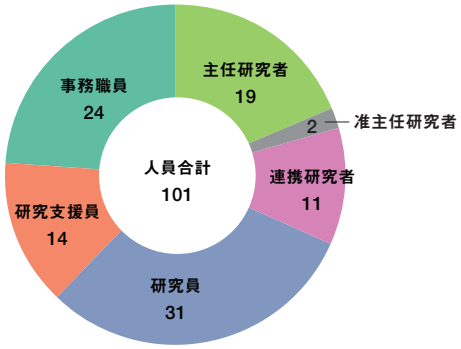


国際的な研究環境

ELSIの業績を際立たせているのは、その国際研究環境と多様なメンバー達だと言えます。こうした環境が科学研究の飛躍的前進と組織改革の相互作用を生むのです。ELSIは幅広い国際ネットワークを構築しており、若手からベテランまで世界トップクラスの研究者が集まっています。いまではELSIは、生命の起源研究において世界最高レベルと評価されています。ELSIの研究に参加したいと考える大学院生は増加しており、研究者公募においても極めて高い人気を誇っています。

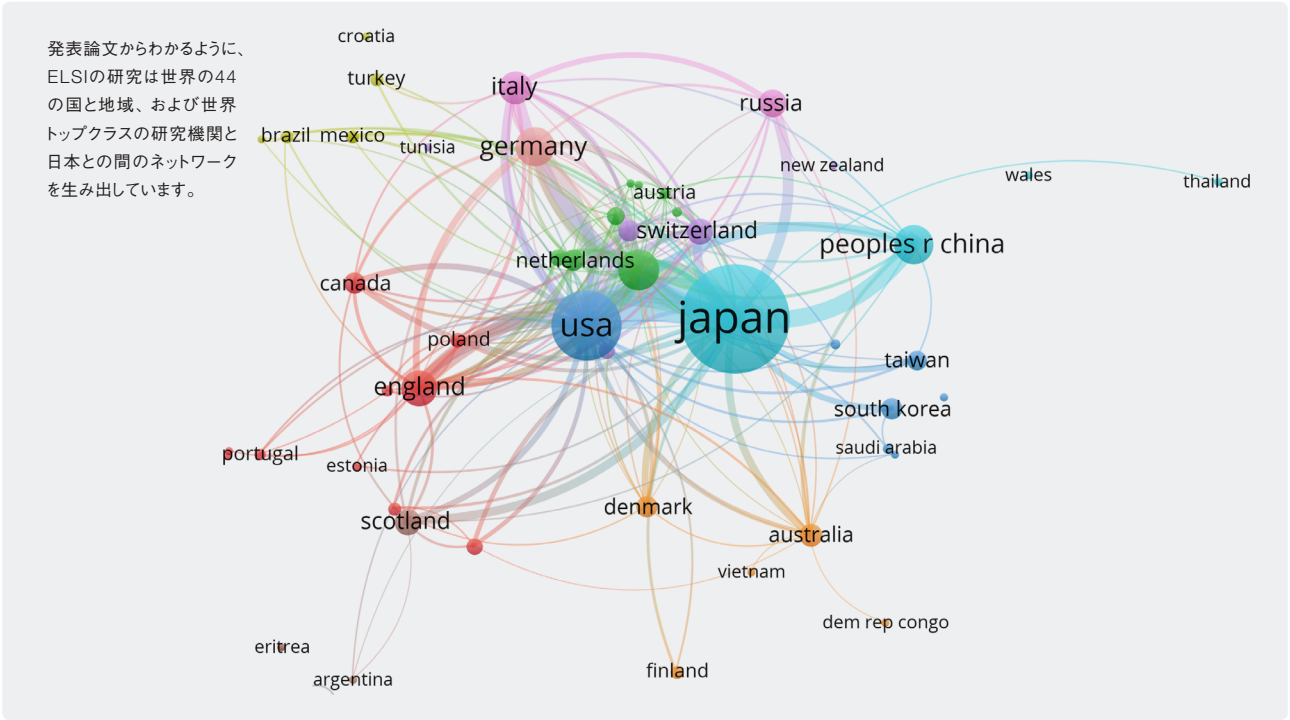
研究者の多様性

2019年10月現在、ELSIの研究者は合計63人で、その構成は主任研究者が19人、准主任研究者が2人、その他の研究者が42人です。外国人研究者は29人（46%）、女性研究者は14人（22%）です。



外国人研究者のリクリート

ELSIは、国際的に競争力のある若手研究者を獲得するため、戦略的な採用方法を用いています。ELSIの外国人研究者が直接海外でリクルート活動を行い、またウィンタースクールやサマースクールを主催して若手研究者にELSIについて知ってもらいます。さらに若手研究者向けの国際会議にスポンサーとして積極的に参加することにより、優秀な若手研究者の獲得に大きな成果を上げています。これまでの若手研究者の採用では、30カ国以上から363人の応募があり、その過半数（75%）が海外からの応募でした。



サテライト機関

愛媛大学、プリンストン高等研究所、ハーバード大学、東京大学、コロンビア大学（ニューヨーク）にELSIのサテライトがあります。また、ELSIが研究協力協定を締結した研究機関・大学は世界で23にのぼり、その数はますます増加しています。これまでに8回の国際シンポジウム、ワークショップやサマースクール、ウィンタースクールなどを主催しており、またビジタープログラムとして積極的に優秀な科学者を招き、ELSIの研究者との交流や協力研究体制を促進しています。

EHIME UNIVERSITY GRC GEODYNAMICS RESEARCH CENTER　東京大学 THE UNIVERSITY OF TOKYO　IAS INSTITUTE FOR ADVANCED STUDY　HARVARD Origins of Life INITIATIVE　COLUMBIA UNIVERSITY IN THE CITY OF NEW YORK

ELSIのシンポジウム

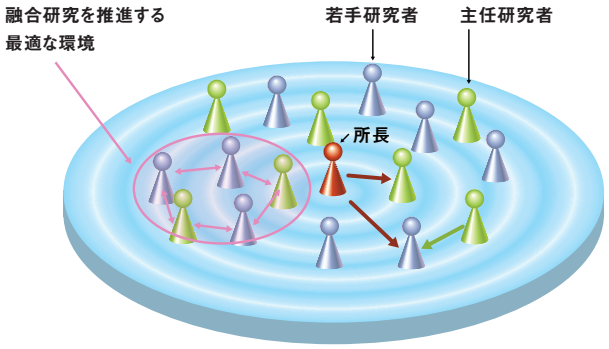
ELSIは年に1回、生命の起源および関連分野の研究について国際シンポジウムを開催しています。毎回10カ国以上から100人をこえる研究者が来日し、プレゼンテーションや討論を行います。シンポジウムでは分科会、研究者間の議論、パネルディスカッションが企画され、活発に意見が交わされます。

2013年3月	第1回 ELSI国際シンポジウム
2014年3月	Origin & Evolution of the Earth-Life System
2015年1月	Life in the Universe
2016年1月	Early Earth, Venus & Mars
2017年1月	Expanding Views on the Emergence of the Biosphere
2018年1月	Building Bridges from Earth to Life
2019年1月	Comparative Emergence
2020年2月	Extending Views of Catalysis

改革

研究室間の「壁」はなくボスもいない、オープンでフラットな研究環境

ELSIは、オープンでフラットな研究体制を採用しています。学際的なプロジェクトを奨励するため、若手研究者は特定の主任研究者の下につくことはありません。研究者らは、ELSI内外の複数の研究者と協力して各自の研究に取り組んでいます。



トップダウン式の管理システム

ELSIは、所長のトップダウンによる迅速な意思決定と効率的な研究所運営を行うシステムを採用しています。所長は、毎週開催される所長室会議において意見を聞き、研究所の運営に関する重要な意思決定を行っています。重要な決定については、学生を含む研究所の全構成員が参加する月1回のELSI ALLミーティングで報告があり、研究者と職員からのフィードバックを得ています。また、重要なトピックについては、通常所長室会議で意思決定される前に、主任研究者と准主任研究者が出席するファカルティ会議で話し合います。研究の方針、運営戦略やELSIの研究計画については研究企画委員会が所長室会議に助言します。

若手研究者を育成する取り組み

ELSIでは、若手研究者が外部の研究費を獲得する前でも研究を始められるよう、スタートアップ資金を提供しています。一方で、若手研究者は年間1件以上の外部研究費申請を行うよう求められます。こうすることにより、研究費申請のスケジュールを常に把握し、研究に必要な予算計画を作成し、申請書作成のスキルを磨くなど、競争的資金（研究費）を獲得する能力を高めることができます。日本人以外の研究者については、リサーチ・アドミニストレーター（URA）が、研究費や助成金募集に対する申請書の作成と応募をサポートします。

年次評価、奨励賞、業績給

各研究者は、毎年11-12月に年次評価シートを提出します。若手研究者はシートを主任研究者に提出して評価を受けます。研究促進委員会はその結果を審査してまとめ、その年の奨励賞受賞候補者を所長に推薦し、所長室会議において選考された受賞者はELSI ALLミーティングで発表されます。受賞は任期の延長や翌年の年俸に反映されます。

主任研究者に関しては、以前は若手研究者が評価に関わったことがありましたが、実際的ではなかったため、2018年には国際アドバイザリーボードに外部審査を依頼しました。国際アドバイザリーボードは、各主任研究者に対し3人の審査員を選んで評価書を作成してもらい、定量的評価を行いました（***高、**中、*低）。14人の主任研究者が、合計38.5の星（*）を獲得し、主任研究者あたりの平均星数は2.75でした。

日本における研究と日常生活のサポート

ELSIのほとんどのスタッフは英語対応が可能です。ELSIのスタッフは、多様な文化背景もつ研究者が集うWPI研究所ならではの課題に対応できる、高いスキルと豊富な経験を持っています。事務室や秘書室のスタッフは、ビザの取得や、住宅、学校などの手続きの補助をはじめ、外国人研究者が日本での生活を円滑に始められるようサポートしています。また、海外からの研究者の生活を言葉の面で支援するため、日本語教室を毎週開催しています。

東工大とELSI

ELSIの訪問者は、東工大の国際交流会館を優先的に利用できるよう配慮されています。そのため、研究者は安心してELSIを訪れることができます。また、2017年4月には、東工大キャンパス内に教職員向けの保育施設も設置されました。これにより、子供を持つ研究者も送迎を心配することなく研究を継続できるようになりました。心身の健康に関する相談、ハラスメントや契約上の問題に関する相談もすべて英語対応が可能です。2019年4月からは、海外出張中の旅行保険は大学が負担することになりましたが、これはELSIの要請を受けて東工大が採用した制度です。

サイエンスコミュニケーションのスキル

ELSIは、英語によるサイエンスコミュニケーションスキルが研究者や学生の研究とキャリアの上で非常に重要であると考えています。サイエンスコミュニケーションに関する定期的なトレーニングを実施し、ワークショップ・国際会議を主催するなど、ELSIは日本のサイエンスコミュニケーションの拠点としても活動しています。

研究者

主任研究者

ELSIは、インパクトの高い研究を行い、独自の角度で探求し、スピーディーに論文を発表する良い雰囲気を作っています。

玄田 英典（惑星形成論）

ELSIには系外惑星と系外生命に対する自分の関心を追求し、一歩一歩前進できる環境があります。

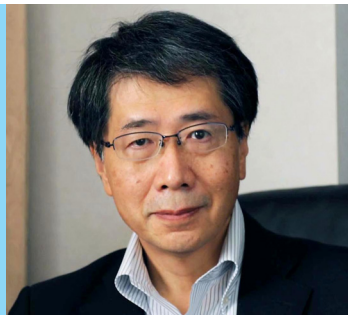
井田 茂（惑星形成論）

実験室で地球を作ることはできません。地質学者が地球の仕組みを学ぶには、地球がこれまでに実行してきた「実験」を理解する必要があります。

George Helffrich（固体地球物理学）

共同研究は「give & take」ではうまくいきません。3倍くらい与えるつもりでないと、良い結果と人間関係を手にすることはできません。

入舩 徹男（固体地球科学）



生命は惑星規模の共同作業の成果であり、生命の起源と限界を本当に理解するには、科学においてもその方法にならう必要があります。

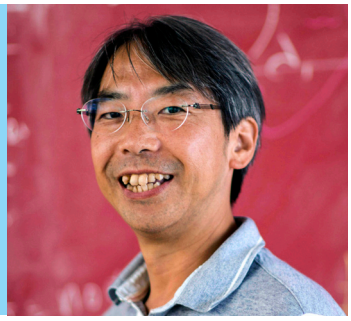
John Hernlund（地球物理モデリング）

ELSIの科学は、重箱の隅から米粒を拾うことだけではありません。新しい重箱の蓋も開きます。

Joseph Kirschvink（地球生命論）

私は、地球深部の構造、ダイナミクス、進化をELSIで研究しています。さまざまな分野の研究者が一緒に研究し、視野を広げるすばらしい場所だと思います。

廣瀬 敬（高圧地球科学）

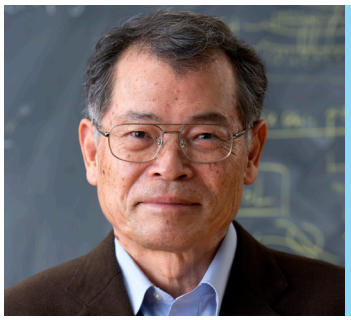


ぜひELSIで一緒に生命の起源を再発見しましょう!

Irena Mamajanov
（アストロバイオロジー）

ELSIでは、話したい相手と話し、望むことを学び、追求することができます。そのおかげで自分が望んでいたよりもはるかに多くのことを発見できます。

Piet Hut（宇宙物理学）



私は、生命がいつ、どこで、どのように生まれたかという世界最大級の謎を解きました。次の目標は、宇宙規模で生命の起源と進化を説明するアストロバイオサイエンスの確立です。

丸山 茂徳（地球史）

ELSIは、これまで私が訪れた研究機関中でも、おそらく最も知的にわくわくする場所です。現在の理解から離れ、未知に遭遇して親しむ絶好の場所です。

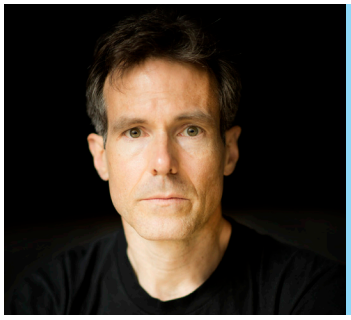
Shawn McGlynn（微生物生化学）

私は自然界におけるエネルギー変換プロセスの美しさに魅了されています。ELSIでは、深海の電流が生命の起源のきっかけとなった可能性を研究しています。

中村 龍平（電気化学）

私の夢は地球以外の太陽系で生命を見つけることです。ELSIは素敵な仲間たちと一緒にこの夢を追う最良の場所です。あなたの夢は何ですか?

関根 康人（アストロバイオロジー）

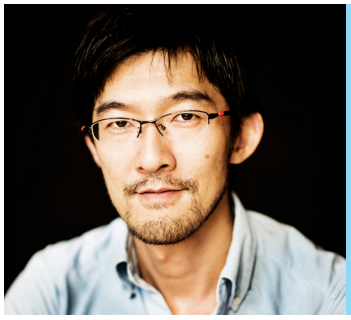


かつて、生命と地球はまったく別物だと考えられていました。でも最近では、生物学と地質学がお互いに関連するような研究分野が数多く現れています。

Eric Smith（複雑系科学）

小さな進歩に元気づけられながら、私たちは化学系の構築、複製、進化という興味深い目標に向かって前進していると感じています。

Jack W. Szostak（生化学）



新しい地球化学的手法を開発し、古い時代の岩石試料を分析することで、別の惑星にある「初期地球」の生物圏を研究しています。

上野 雄一郎（地球生物化学）

ELSIは、何が可能で何が不可能かを模索する場所です。

Mary A. Voytek
（アストロバイオロジー）

惑星内部で非常に高い圧力と高温がかかったときの岩石の物理特性を理論的に解明しようとしています。予想と観察結果の比較から、量子物理学は惑星規模で働いていることがわかります。

Renata Wentzcovitch（物性物理）

すべての分子は、まだ人類が見ることのできない同位体置換分子で構成されています。分子の起源というフロンティアを探検し、地球と生命の起源に近づきましょう。

吉田 尚弘（地球環境化学）

准主任研究者

宇宙の中で、私たちはどのような存在なのでしょうか。それを知るための新しい天文学的な調査が始まっています。

藤井 友香（系外惑星科学）

私たちは、DNAを化石として扱います。DNAは、すなわち時間を遡る手段であり、進化の基本的な質問を投げかけます。もし「生命」を最初から再出発させたら、同じ結果になるでしょうか?

Betül Kaçar（進化生物学・微生物学）

教育とアウトリーチ

教育

ELSIは、次世代研究者の育成に資するよう教育にも力を入れています。ELSIで研究を進める学生の数は、この3年間で博士課程の学生14名と修士課程の学生12名までに大幅に増加しました（2019年9月現在）。大学院生の出身地は、日本のほか、ドイツ、香港、イタリア、マレーシア、メキシコ、シンガポール、台湾など多様です。

ELSIの大学院生の研究分野は、地球科学、天文学、惑星科学、化学、生物学など様々で、研究所で行われている学術研究のすべての分野にわたります。現在、5人の常勤教授と多数の研究者が学生を指導し、研究の進み具合をモニターし、研究計画への助言をしています。ELSIは、すべての学生が学際研究意識を持ち、自分の専門外の教授や研究者とも協力体制を築けるように支援しています。

このようにELSIは、多様な経歴を持ち、幅広い研究分野にわたる留学生が集う日本の拠点になりつつあります。

アウトリーチ

ELSI広報室のミッションは、学生や一般市民と交流する機会を創出し、研究者と地域社会をつなぐ架け橋となることです。これらの活動は、日英両言語で行われています。また、広報室は、さまざまな取り組みを通じてELSIの学際研究を紹介しています。例えば、年に1回の一般講演会、カブリ数物連携宇宙研究機構（Kavli IPMU）およびニューロインテリジェンス国際研究機構（IRCN）との合同一般講演会、そして工大祭でのイベントなどは、ELSIの最新の研究成果を社会に発信し情報を共有するための重要なアウトリーチ活動です。

研究者はしばしば地域の学校にも足を運び、自分たちの研究分野や科学者の仕事について話しています。また、児童・生徒によるELSIの研究室見学も歓迎しています。

広報室とELSI編集委員会は、プレスリリースや研究ハイライトをまとめ、最新の研究成果を社会に発信しています。また、従来の方法にとどまらず、科学と芸術を組み合わせたり、研究者の人間的な側面に光を当てるなど、新鮮でクリエイティブな広報活動に挑戦しています。広報室は、ELSIの最新の研究成果を社会に伝えることで、幅広いコミュニティにおいて科学への興味を高め、人々の好奇心を刺激する役割を果たしています。

建物と設備

建物

文部科学省の補助金を受け、2015年に大岡山キャンパスに待望の研究施設、ELSI-1（石川台7号館、総床面積4,970m^2）が完成しました。この建物は、「和洋調和」をデザインコンセプトとし、研究スペースとコミュニケーションスペースのバランスにも配慮しています。

1階のエントランスには「ギャラリー」と呼ばれる情報発信スペースがあります。「三島ホール」と命名されたレクチャーホールは、100名以上を収容することが可能です。2階、3階には、ELSI所属の研究者はもちろん、長期滞在する客員研究者のためのコンパクトで機能的な研究室や、学生室、広報室、秘書室のほか、提携研究機関の研究者がELSIで研究するための共同研究室もあります。

2階には、吹き抜けのコミュニケーションルーム「アゴラ」があり、多くの研究者が異分野交流のために利用しています。

ELSIは2012年、改修を加えた東工大の既存の建物（2,670m^2）で発足しました。この建物は現在ELSI-2（石川台8号館）と呼ばれています。

1階には、「ラウンジ」と呼ばれる広くて居心地の良いコミュニケーションルームがあり、地球の大陸をかたどったテーブルや大きな黒板などがあります。ここではELSIの全構成員が参加する月1回のミーティング（ELSI ALLミーティング）が行われるほか、セミナーやメンバー同士の交流の場としても利用されています。

①高分解能同位体比質量分析計（Thermo Scientific™ 253 Ultra™）では、複数の重い同位体で構成される分子を測定することができます。
②天然のダイヤモンドを使用したダイヤモンドアンビルセルは、超高圧を生成する装置です。
③Cray XC30™スーパーコンピューターは、さまざまな数値シミュレーション研究に利用されます。
④次世代シーケンサー（NGS）は、大量並列シーケンサーを利用してゲノムを分析します。

設備

ELSI-1の地下1階には、電子顕微鏡、Cray XC30スーパーコンピューター、高圧実験設備、地球化学実験室、化学実験室があります。ELSI-2には生物系の実験室があります。また、サテライトである愛媛大学にも高圧実験設備があります。

学長からのメッセージ

東京工業大学
学長　益 一哉

地球生命研究所（ELSI）は2012年、東京工業大学が文部科学省の世界トップレベル研究拠点プログラム（WPI）に申請し、採択されて設立されました。現在では、本学の研究拠点組織の中核研究所となっています。国際公募により研究者の約半数が外国人であること、世界トップクラスの研究者からなる共同研究ネットワークを築き上げたこと、真に国際的な研究環境を提供していることなど、ELSIは東京工業大学の誇りです。「創立150周年を迎える2030年までに世界トップ10に入る研究大学を目指す」本学にとって、ELSIはその先導と位置づけられます。

新たな発見をすること、新しい研究分野に取り組むこと、そして研究の最前線における数々の困難を克服すること。そこにおいて鍵をにぎる要素の一つはDiversity ― 多様性です。ELSIは多様な研究テーマに取り組む「ひと」の多様性で、本学の先頭を走っています。

ELSIは学長のリーダーシップで運営される、本学の恒久的で独立した研究拠点であり、国内外の様々な研究支援組織から資金を獲得しています。こうした実績から、ELSIの未来は明るく、WPIプログラムの実施期間が終了した後もELSIは発展を続け、活発な研究活動を展開して行くでしょう。

ELSIと本学はこれからも共に歩み、未来に向かって成長を遂げて行きます。

地球と生命の起源を探求する

東京工業大学 地球生命研究所
所長　廣瀬 敬

地球はどのように形成され、初期地球はどのような様子だったのか？ 初期の地球上で生命はいかに出現し、進化したのか？ そしてこうした疑問に対する答えは、地球外生命が存在する可能性について何を示唆するのか？ 地球生命研究所（ELSI）は、これらの問いに取り組む研究機関として2012年に設立されました。以来他に類を見ない「地球と生命の起源」をテーマとした、国際的にその名を知られる世界レベルの研究所に成長しました。

東京工業大学内の世界トップレベル研究拠点（WPI拠点）として、ELSIにはいくつものミッションがあります。世界中からトップレベルの研究者が集い交流する環境を整えること、地球と生命の起源解明を目指した異分野融合研究の推進、そして運営面でも改革を進め、日本の大学に世界に開かれた組織を構築する上で先導的役割を果たすこと、などです。

ELSIは、生命を地球の一要素と考え、地球・その他の惑星の起源と生命の起源を同時に研究しています。出身国も研究分野も様々な研究者を雇用している他、短期・長期で数多くの研究者を招聘し、新しいアイデアを日々発展させています。また科学教育や一般の方々への情報発信（アウトリーチ活動）にも力を注いでいます。私たちは、地球とそれが支える生命の起源の解明という「探求の旅」に興味をお持ちのすべての方々を歓迎いたします。

ELSIに参加する

ELSIで学び、研究者としてのキャリアを培う

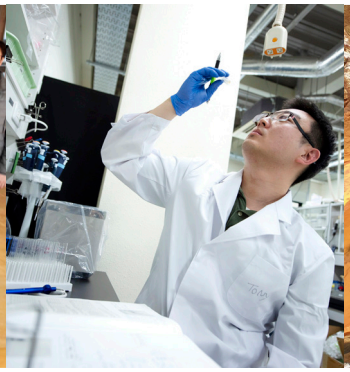
ELSIは国際的かつ学際的な、魅力ある環境を整えることにより、研究者に優れた研究の場を提供しています。2016-2017年には、ELSI研究員の指導の下で研究に携わる学生にもこのような場を提供することを目的とした、新たな取り組みが始まりました。

ELSI教育委員会はELSIの教育活動を企画・推進しています。ELSIで研究したい方、学びたい方は、information@elsi.jpまでお問い合わせください。

共同研究に参加する

ELSIの研究課題は幅広く、惑星形成論から惑星進化のプロセスの中で起きる生命の誕生までのすべてが含まれます。ELSIの研究者は、生命の起源と進化をさぐるため、初期の恒星系の形成まで遡って研究しています。これは惑星進化が生命誕生に至る化学進化や生命活動と深い関係があると考えているためです。

ELSIは年間を通じて国内外で活発に学際的な研究プログラムを展開しています。また、ELSIの研究者は世界中に散らばるサテライト機関や提携機関と共同研究を行い、研究者がそうした研究機関を相互に訪れることもしばしばあります。



ELSIを支える:基礎科学への支援のお願い

ELSIへのご支援をお待ちしています。基礎研究は、従来の技術的限界や様々な科学的制約を乗り越えるために欠かせない研究であり、基礎研究の発展こそが、応用研究を可能にし、よりよい社会や新たな価値の創造へとつながります。ELSIへのご支援は、スキルの高い次世代の若者の育成、社会的政策への基礎科学研究の反映、国際的トップレベルを維持した研究活動、より質の高い研究活動と研究生産性の向上、国際的な研究競争力の強化に向けて使わせていただきます。ELSIが行う生命の起源に関する研究は、最終的に社会全体の生活水準の向上と人間社会の改善に貢献できるものです。このような貢献は、日本国内のみならず、国際社会においても十分達成されうることです。

ELSIのミッションは、生命の起源という、生命に関する最も根源的な問いを解決することであり、さらに、生命と地球の起源と進化、そして宇宙のどこかで生命は誕生しているのかという生命の謎を解くことです。この研究を進めていくために、ELSIは、個人の方、企業、財団等をパートナーとして歓迎しています。皆様のご支援とご寄付は、優秀な研究者の雇用や、若手研究者の育成、実験室の維持・管理、さらに様々な研究者が出会うワークショップやシンポジウムの開催、あるいは国内外の多くの世代に生命の起源の不思議と魅力を伝えるアウトリーチ活動に役立てられます。

連絡先：funding@elsi.jp

ELSIでは米国からのご寄付も受け付けており、税制優遇に対応しています。アメリカ合衆国内国歳入法501条（c）（3）項に適合する非営利法人のTokyo Tech USA, Inc.など、各種の寄付プログラムについては、funding@elsi.jpまでお問い合わせください。

東京工業大学 地球生命研究所
〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1-IE-1
Tel: 03-5734-3414／Fax: 03-5734-3416
Email: information@elsi.jp／Web: www.elsi.jp

東京工業大学 地球生命研究所

ELSI ロゴマーク：アートディレクター福岡南央子氏によるデザイン。右側の、円を基調とした象徴的な形状は、月をつくった惑星同士の巨大衝突のようにも、細胞分裂にも、また、惑星の軌道のようにも見える。上下に分かれた系統樹は生物の進化だけでなく、その起源、さらには地球の起源と進化も表している。このようにELSIの研究内容の持つ様々な側面が、ひとつの造形に込められている。「ELSI」の背後には文字に共通するシンプルなエレメントが見える。無限大マークのようにも見えるエレメントは、これからの研究で発見・実証される未知の部分・ELSIの可能性を表している。

Tokyo Tech　wpi

東京工業大学 地球生命研究所 2020年1月発行
編集:Thilina Heenatigala、白倉美奈子／アートディレクション:古田雅美 (opportune design inc.)／イラストレーション:坂内拓／校正および図デザイン:Lucy Kwok／データ図作成:Arsev Aydinoglu、Nicholas Guttenberg／テキスト作成・サポート:櫻井隆、服部玲子、西村薫、Eric Smith、Shawn McGlynn、James Cleaves、Ramon Brasser、Christine Houser、藤島皓介／写真:19ページ-R. Wentzcovitch-撮影Tim Lee、J. Szostak-撮影Aynsley Floyd。入船、丸山、吉田を除く18-19ページの写真および3ページ（下）、9-10ページ、11ページ（左下を除く）、12-13ページ（ELSIの建物写真以外）、15-16ページ、20ページ（上）、23ページの写真撮影:Nerissa Escanlar／6ページのイメージクレジット:NASA/JPL-Caltech。