第 46 回 理工学部門研究談話会

日時：令和 7 年 7 月 23 日（水）13:30〜15:00
会場：理工学部 2 号館 6 階 第 1 会議室

話題および提供者

「DNA 配列を比べてわかること
〜対馬のカワウソはどこから来たのか〜」
宇田 幸司

「光情報処理のためのソフト有機材料」
BOAZ JESSIE JACKIN

「時間厳守でお願いします
〜ホヤの胚は几帳面」
藤原 滋樹

教職員，院生，学生，一般の皆様のご参加をお待ちしております
（問い合わせ先：nara@kochi-u.ac.jp）

DNA 配列を比べてわかること
～対馬のカワウソはどこから来たのか～

宇田幸司（生物科学）

DNAはすべての生物が持つ設計図であり、その塩基配列を比較することで、生物種の違いや進化的関係、さらには個体の由来を推定することができる。 特に、細胞内のミトコンドリアDNAは母系を通じて遺伝し、核ゲノムDNAに比べて塩基配列の置換速度が速いため、近縁種や個体間の違いを検出しやすいという特徴がある。この性質は、野生動物の系統や分布の変遷を明らかにする上で有効な指標となっている。

かつて日本全国に広く生息していたニホンカワウソは、水辺の生態系を象徴する動物として親しまれてきたが、乱獲や環境悪化の影響により急激に個体数が減少し、1979年に高知県の新荘川で記録されたのを最後に、生息情報が途絶えた。これを受け、2012年に環境省はニホンカワウソを絶滅種に指定した。

2017年に、長崎県対馬でセンサーカメラによりカワウソとみられる動物が撮影され、環境省による緊急調査の結果、その糞からユーラシアカワウソのDNAが検出された。これにより、日本国内における野生カワウソの存在が38年ぶりに科学的に確認され、大きな注目を集めた。調査では少なくとも4個体の存在が示唆されたが、2019年以降は糞などの直接的な痕跡が確認されておらず、生息の継続は不明のままであった。

2024年2月、我々は対馬で新たに採取されたカワウソとみられる動物の糞を用い、ミトコンドリアゲノムDNAの全塩基配列を決定した。分子系統解析の結果、この個体は東南アジア産のユーラシアカワウソ系統に属し、特に韓国由来の3個体と近縁であることが明らかとなった。さらに、約5年ぶりに新たな痕跡が確認されたことから、対馬におけるカワウソの定着や繁殖の可能性が示唆された。

本発表では、これらの分析結果とそこから見えてきた対馬のカワウソの起源および生息状況について紹介する。

光情報処理のためのソフト有機材料

BOAZ JESSIE JACKIN (情報科学科)

現在の半導体ベースのデバイスは、人工知能の急速な普及やその他の情報処理の爆発的な需要の増加に応えるのが困難になってきています。人工知能やその他の計算に対応するため、量子コンピュータ、イジングマシン、ニューロモルフィック・コンピューティング、アナログコンピューティング、リザバーコンピューティングなどの様々な技術が、盛んに研究されています。

その中でも有望な選択肢の一つが、「光」を計算に用いる手法です。現在、光は情報通信分野で広く用いられていますが、計算においては限定的です。全光型計算機は、高速（光速）かつ低エネルギー消費（電流の流れが不要）な計算を実現できる可能性があります。しかし、特定の計算を実行できる全光型計算機は、まだ実用化には程遠いのが現状です。

この主な理由として、主流の情報技術開発が常に半導体材料（シリコンなど）を中心に進められてきたことが挙げられます。シリコンは電子工学には適していますが、光工学には最適とは言えません。光による計算を可能にするには、高効率な光応答性をもつ材料や素子が不可欠です。ここで必要とされるのは、レンズ、回折格子、偏光子などの線形な光応答性をもつ素子だけでなく、結晶、導波路、リング共振器、レーザーキャビティ、マイクロ／ナノ構造をもつ材料などの非線形な光応答性をもつ材料や素子も必要です。こうした材料やデバイスが光情報処理において重要な役割を果たすという報告は多数ありますが、商業的な普及に至るまでにはまだ多くの課題が残されています。

本発表では、情報処理に利用可能な 3 種類の異なる材料について紹介します。これらの材料に共通する特徴は「光学的ソフトネス（optical softness）」です。この光学的ソフトネスこそが、情報処理タスクを可能にする上で重要な役割を果たします。

最初に紹介するのは「フォトクロミック材料」です。この材料によって同一フィルム上の同一領域に複数のホログラムを順次記録し、それらを個別に再生することができます。光誘起異方性のソフトな性質により、複数の記録を行い、それらを保持することが可能になります。

次に紹介するのは「フォトリフラクティブ材料」です。これによりホログラム形成中にキャリア生成、キャリア移動、キャリア捕獲といった一連の現象が発生します。適切な条件下では、これらのホログラムは時空間的に動的であり、非線形な動的出力を生み出すことができます。ここでも、光学的ソフトネスがこの複雑な動的挙動を支えています。

最後に紹介するのは「フォトサーマル材料」です。この材料のゲル中を伝播する光が非線形シュレーディンガー方程式に従います。ここでは、暗ソリトンや分散衝撃波（DSW）といった非線形シュレーディンガー方程式の解を実際に生成することができます。

これら 3 つの材料に共通する「光学的ソフトネス」という特徴は、材料の光学特性（屈折率、吸収率など）が光刺激によって変化し、刺激が除去されると元の状態に（部分的または完全に）戻る性質を指します。これは、力を加えた後に元の形状に戻る「機械的ソフトネス」に類似しています。光学的ソフトネスをもつ材料は空間的・時間的に複雑な刺激が加わると、しばしば高度に非線形な動的現象が発生します。

こうした高分子材料における光学的ソフトネスは、有機高分子の存在に起因します。有機高分子は高分子量、弱い結合、長い分子鎖といった特徴を持ち、光刺激に対して複雑かつ非線形な動的応答を可能にします。したがって、ソフト有機材料は今後の光情報技術の発展において有望な役割を果たすと期待されます。

時間厳守でお願いします ～ホヤの胚は几帳面

藤原 滋樹 （第 5 分野・化学生命理工学科）

ホヤは，私たち脊椎動物に最も近縁な無脊椎動物であり，背側の中枢神経系や喉の穴（鰓裂）など，体の構造のいろいろな特徴が脊椎動物と似ています。一方，ホヤの胚発生はとても単純です。オタマジャクシ型の幼生の細胞数はたった 2500 個（ヒトの細胞は数十兆個），幼生の体づくりは受精から一日足らずで完成します。幼生の各細胞が受精から数えて何回分裂して，どの組織になるかには個体差がありません。図 1 は 64 細胞胚です。受精から 3 時間半後にはすべての胚が図のような姿をしています。たとえば，赤く塗った大きな細胞（B7.4）は，この後 3 回分裂して 8 個の筋肉細胞になります。どうして厳密に決まった回数だけ分裂してピタッと止まるのか，私たちはそのタイミングをはかる時計を探しています。

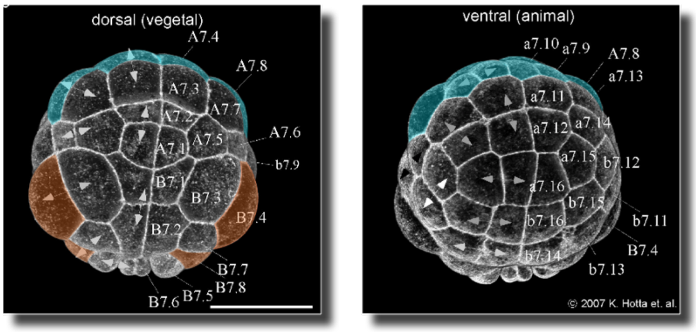

図 1 ホヤの 64 細胞胚（Tunicanato web サイト）
https://chordate.bpni.bio.keio.ac.jp/tunicanato/3.0/dev_3D/4hpf.html

ホヤ胚の脊索と筋肉は，他の組織より先に分裂をやめます。脊索や筋肉になる細胞では，他の細胞より早く Myc がなくなります。そこで，私たちは脊索や筋肉で，強制的に Myc を発現させました。図 2 は，脊索で Myc を発現させた結果です。上段の青い蛍光は予定脊索細胞で発現する Myc タンパク質です（矢尻）。赤い光は細胞分裂のため DNA 複製をしている核です。青く光る核が，同時に赤い光も発していいます。これは，本来なら既に止まっているはずの細胞分裂がまだ続いていることを示します。Myc と無関係な β-Gal タンパク質を発現させても（図 2 の下段），β-Gal を発現して青く光る細胞は，赤い蛍光を発していません（つまり DNA 複製は予定通りに止まっています）。適切なタイミングで細胞分裂を止めるためには Myc が抑制されなければいけないことがわかりました。この結果に加え，細胞分裂を止める仕組みについて最近わかってきたことをお話しします。

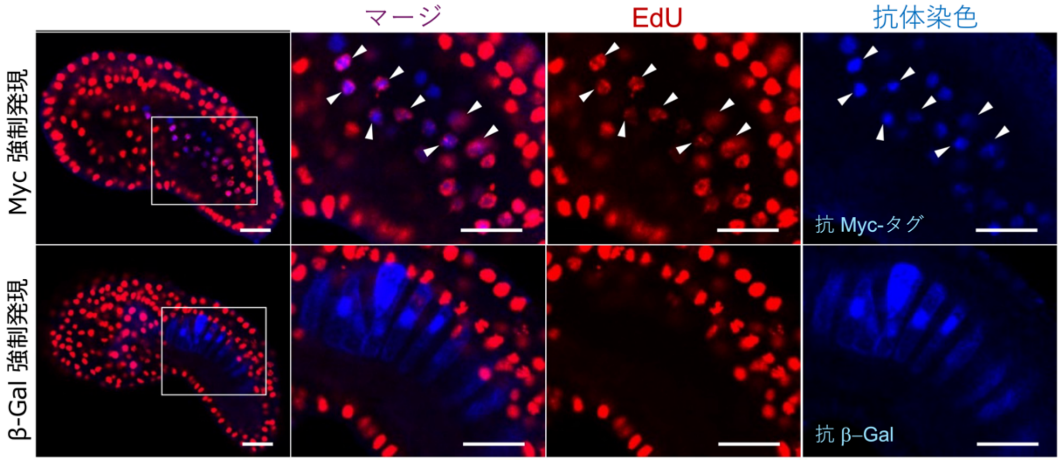

図 2 予定脊索細胞で Myc を発現させた胚（上段）と β-ガラクトシダーゼを発現させた胚（下段）。青い蛍光は発現させたタンパク質。赤い蛍光は DNA 複製をしている核。