

第43回 理工学部門研究談話会

日時：令和 6年 7月24日(水) 13:30～15:00

場所：理工学部2号館6階第1会議室

話題及び提供者

『二枚貝類の日輪と年輪を読む』

近藤 康生

『多項式近似を用いた計算機合成ホログラムの
計算高速化とデータ圧縮』

塩見 日隆

『単細胞緑藻クラミドモナスを使ったマイクロRNA
の研究について』

山崎 友人

教職員，大学院生，学生，一般の方々のご参加をお待ちしております
(お問い合わせ： iida@kochi-u.ac.jp)

二枚貝類の日輪と年輪を読む

近藤康生

二枚貝の殻にも木に見られるような年輪があり、日輪もしばしば見られます。化石二枚貝の年輪や日輪を研究するといろいろな発見があります。今回の談話会では、高知市追手筋地下の沖積層から見つかった縄文時代のハマグリの日輪と年輪についてまず紹介します。ちなみに、ハマグリの成長線の研究は考古学者によって始められ、縄文人の採集活動が復元されています。成長線に分析と併せて酸素同位体分析を行うことにより、貝が生きていた時の水温を知ることができ、季節変動を知ることができます。殻の成長方向に連続的に分析することによって、年齢、成長速度を知ることができます。

また、土佐湾の現生イタヤガイについての研究やさらに古い時代のイタヤガイ類についての研究からわかることについて紹介します。ハマグリに見られる日輪は、潮汐作用に伴ってできる（干潮時に殻成長が止まって成長線ができる）朔望日輪ですが、イタヤガイ類には太陽日輪が見られます。イタヤガイ類は、ホタテガイほどではありませんが泳ぐ能力があります。海底表面に暮らしているため捕食者を監視するための目があり、日中はこの目を開いて外套膜を持ち上げるため、上になる左殻表面にラメラができ、これが日輪として残ります。これは化石でも確認できます。これを目印として、酸素同位体分析や元素分析を行うことで、水温変動だけでなく、季節的な殻成長や餌となるプランクトンブルームの過去の発生状況を復元することもできます。最近の研究によって、地質時代の過去にはプランクトンの季節的発生状況が現在とは相当に異なっていたことや、このような変化が貝類の絶滅にも関わっていることがわかってきました。

多項式近似を用いた 計算機合成ホログラムの計算高速化とデータ圧縮

情報科学科 塩見 日隆

映像技術の発展によって、4K や 8K といった高解像な映像が放送されるようになった。こうした映像技術の発展は 2 次元映像の高精細化から、ヘッドマウントディスプレイなどを用いた 3 次元映像へと進んでおり、仮想現実や拡張現実といった新しい表現を支える技術となっている。3 次元映像技術は人間が立体を知覚する生理的な要因をユーザに提示することで 3 次元映像を知覚させる。人間が 3 次元映像を知覚する要因として、両眼視差、運動視差、焦点調節、輻輳の 4 つが主に知られている。現在広く普及しているヘッドマウントディスプレイを用いた 3 次元映像は、左右の眼に異なる映像を表示し、両眼視差を提示している。眼とディスプレイの位置関係は固定されているが、表示したい物体の奥行き位置は一定とは限らない。これにより輻輳と焦点調節で矛盾した奥行きを知覚が生じることがある。これは輻輳調節矛盾として知られ、3D 酔いと呼ばれる不快感や疲労の原因となり、長時間の 3 次元映像観察の障害となっている。

こうした中、ホログラフィを用いた 3 次元映像技術は輻輳調節矛盾が生じない 3 次元映像技術として注目され、研究が進められている。ホログラフィは光の干渉を利用し、光波を記録・再生する技術である。記録されたホログラムからは、実物を見ている際に目に入る光と同じ光が再生されるため 3 次元映像として知覚される。ホログラムは、光波の伝搬をシミュレーションすることで、計算機上でも作成できる。このためコンピュータグラフィックスのように、表示したい 3 次元情報から計算機上でホログラムを作成し光学的に 3 次元映像として表示する、という 3 次元映像装置の実現が期待されている。

一方でホログラムの計算は計算負荷が高い。あらゆる方向に進む光が互いに干渉するため、複雑な物体ほど全ての光の伝搬を計算する負荷は高くなる。また 3 次元映像を鑑賞できる角度範囲は画素ピッチによって決まり、理想的には可視光の波長と同程度の画素ピッチが要求される。3 次元映像のサイズはホログラムのサイズで決まるため、細かい画素ピッチかつサイズの大きいホログラムが必要となる。結果として、理想的には既存のディスプレイの数万倍の画素数のホログラムが必要となる。このためさらなる計算量とデータ量の増加が見込まれており、これらの問題が実用化の大きな障壁となっている。

こうした問題にたいして、GPU (Graphics Processing Unit) などの並列計算機を用いる高速化や、高速計算手法、データ圧縮手法が研究されている。計算量とデータ量の低減を行う手法として、講演者はホログラムを多項式によって近似する手法(多項式近似法)を提案している。多項式近似法は、解像度に依存しない計算時間を実現したほか、従来法に対し約 10 倍の計算高速化を達成した。一方で物体点の位置によって近似誤差が大きくなり、再生像が多重化するという問題も明らかとなった。

本講演では、こうした多項式近似法について説明し、現在までに得られている計算高速化について紹介する。また将来的な展望として、多項式近似法を用いたデータ圧縮について述べる。

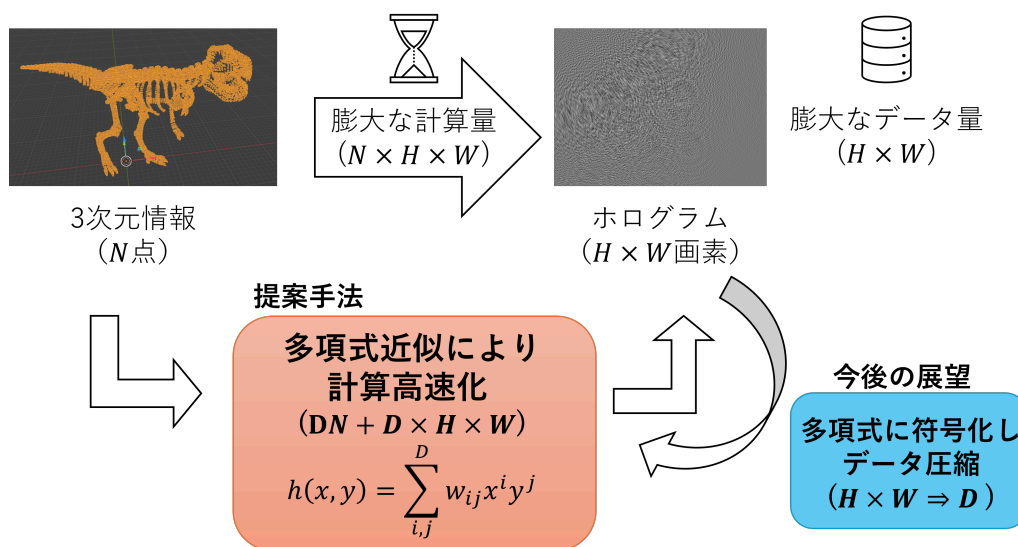


図 1 多項式近似法による計算高速化とデータ圧縮の概要

単細胞緑藻クラミドモナスを使ったマイクロ RNA の研究について

理工学部門 山崎朋人

植物は光が強ければ強いほど光合成をしようと考えがちですが、実際は直射日光の様な強い光エネルギーが全て光合成装置に送り込まれると光合成装置が壊れてしまいます。そのため、植物は一旦受け取った光エネルギーの一部を捨てる反応をはたかせ、光合成にブレーキをかけるしくみを進化の過程で築き上げてきました。

世界中で光合成研究に使われている緑藻の1種であるクラミドモナスは、qE クエンチング（以後 qE）と呼ばれる、光エネルギーの一部を熱に変換して捨てる反応を備えています。この反応を担うのが LHCSR3 と呼ばれるタンパク質で、この遺伝子の発現は青色光受容体フォトトロピン（PHOT）が青色光を受け、LHCSR3 遺伝子の発現をオンにするシグナルによって誘導されます。つまり、光が強い時は PHOT から LHCSR3 遺伝子の発現を誘導するシグナルが多く伝達されて LHCSR3 タンパクが大量に作られ、その結果 qE が強く発動します（図左）。この qE が強力に発動する経路は 2016 年に発見されましたが、その一方で光が弱いときは限られた光エネルギーを捨てずに大切に光合成に使うための、qE の発動を抑えるしくみの正体は全く分かっていませんでした。

私はこれまで、マイクロ RNA（以後 miRNA）と呼ばれる特定の遺伝子の発現を特定のタイミングで抑制する小さな RNA に注目して研究を行ってきました（Yamasaki et al, PNAS 2016）。この miRNA の役割については多細胞生物で研究が進んでいる一方、単細胞生物における miRNA の役割に関する研究は全くの手付かずでした。今回、qE の研究に携わる中で（Aihara et al. Nat Plant 2019, Tokutsu et al. Nat Commun 2019, Pan et al. Nat Plants 2021）、光が弱いときは miRNA が PHOT 遺伝子の発現を抑制して PHOT タンパク質量を抑え、その結果 LHCSR3 遺伝子の発現を誘導するシグナルを大きく減少させ、qE を発動させないしくみを発見し、そのメカニズムを解明したことを紹介します（図右、Yamasaki et al. PNAS 2023）。今回の研究によって、なぜ光が弱いときに光エネルギーを捨てる反応が発動しないのか、という問いに対する 1 つの答えを出すことができました。

