

通信システム研究室

海老澤 賢史 准教授

Satoshi Ebisawa

逆転の発想でレーザーカオスを使った情報通信の暗号化に挑む

レーザーカオスや光をテーマに研究する海老澤賢史准教授の「通信システム研究室」。

インターネットが安全に使用できるように情報流出などの危険から守るため、
従来は邪魔とされてきたレーザーカオスを活用した情報通信の暗号化に挑戦する。



研究室メンバーの集合写真

他の人とは違う 研究テーマを選ぶ

インターネットが普及して、私たちの生活は便利になった。知りたい情報は検索すればすぐに見つけることができるし、買い物もわざわざ店舗まで出かけることなく、ECサイトで簡単に購入できるようになった。

しかし、一方ではインターネット上で情報収集や決済が当たり前になった今、不正アクセスやサイバー攻撃などによる情報流出、詐欺などが多発し、情報セキュリティの重要性は増すばかりだ。情報を守るためには暗号通信は不可欠で、現在はコンピュータで作る暗号が使用されている。ただ、コンピュータで作成する暗号は、より高性能なコンピュータで作った暗号解読ツールで解読される危険がいつに付きまとう。

そんなインターネットによる情報社会の課題を解決しようと研究しているのが海老澤賢史准教授の「通信システム研究室」だ。その課題解決のアプローチは独創的で、「レーザーカオス」と呼ばれる物理現象を暗号通信に生かすというものだ。実は、海老澤准教授がレーザーカオスに着目したのは20年以上も前のこと。早稲田大学の大学院生の頃だったという。

「そもそもレーザーに興味を持ったのは、高校生の頃に見たアニメの再放送の機動戦士Zガンダムに登場した架空のレーザーに惹かれたのがきっかけです(笑)。その時にレーザーの存在を知って興味を持ち、大学でもレーザーを学ぶために光物理工学研究室に入りました。そこでは画像処理、光通信など様々な分野を研究対象にしており、学生の主体性を尊重して自主的にテーマを選ぶことができる研究室でした。その時に、一生をかけて研究するのだったら、他の人とは違うことをしたいという思いから選んだのが、レーザーカオスの研究でした」

通信暗号に適した レーザーカオス

しかし、「レーザー」はよく聞かすが、「レーザーカオス」という言葉は一般的によく知られていない。海老澤准教授が研究テーマに選んだレーザーカオスとはいったいどんなものなのだろうか？

レーザーとは気体や固体などの中のある電子をエネルギーの高い状態にして、そのエネルギーが光として放出される際に増幅することで作られる。例えば、半導体に電気を流して発生させる半導体レーザーの技術は、インターネットで利用されている光通信網やDVD、CDなどに使われるなど、私たちの生活に不可欠なものとして身近にある。このレーザー光がどこかで反射してレーザー自身に意図せずに戻ってしまうと「カオス」と呼ばれる不規則な振動が発生することがある。

「一般的にはレーザーカオスは、レーザーを安定させるためには厄介な存在です。これまでの研究ではカオスの発生を抑えることを目的に研究されてきました。しかし、あえて『邪魔もの扱いされているカオスを活用できれば面白い』という発想で研究をスタートしました。物理的に発生するレーザーカオスは、広帯域な信号ですごく複雑なうえに、二度と同じものが作れないという予測不可能



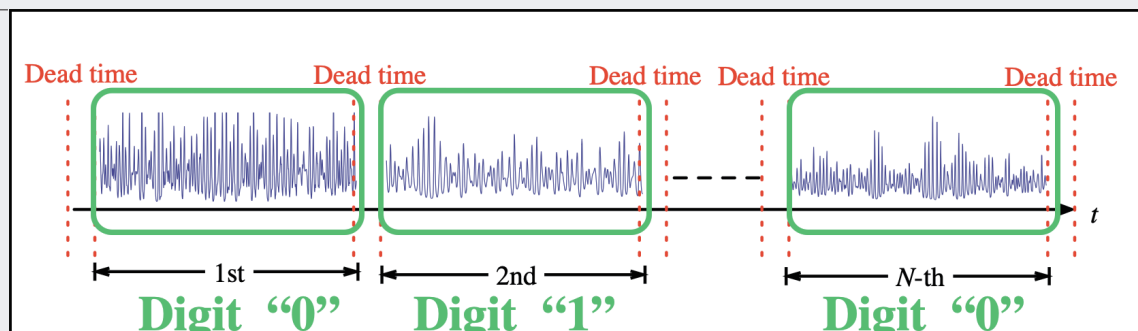
海老澤 賢史 准教授

えびさわ さとし／1977年、東京都葛飾区生まれ。早稲田大学理工学部、同大学学術院助手、学習院大学計算機センター助教、東京理科大学で助教を務めた後、2015年に新潟工科大学に着任。大学院生から始めたレーザーカオスの研究に打ち込み、近年は日本美術研究者と連携し、光学技術を用いた日本美術史研究の支援にも力を注ぐ。

日本絵画の画像回復に関する研究。
左の絵の具を使った完成した絵画から
墨線を検出する技術を使い技法などを
分析する



2度と同じものが再現できない
レーザーカオスを通信暗号に
役立てる方法を研究している



性という特徴があります。つまりほとんど再現性がないため通信暗号には適していると逆転の発想をしたわけです。現在の通信暗号はコンピュータで作られています、研究が進められている量子コンピュータは従来のコンピュータの1億倍もの計算能力を持つと言われており、それが実現すると暗号解読も簡単に行えるようになります。つまりコンピュータで作る暗号は意味をなさなくなるわけです。その点、レーザーカオスは物理現象ですから、いくらコンピュータが進化しても解読ができないというメリットがあります」

具体的な利用方法としては、カオス性の強さの異なるレーザーカオスの振動を用いて0と1を表現するデジタル信号を作り出し、解読困難な暗号通信を実現するというものだ。そして、解読に必要なレーザーと情報をもつ受信者のみがメッセージを読み取ることができるようになるという仕組みだ。

海老澤准教授のライフワークともいえるべきレーザーカオスの研究は、着実に成果をあげている。実際にレーザーカオスを使用する場合レーザーカオスの強弱の制御と高速化が必須になるが、すでにカオスの強弱を制御できるようになった。今後はレーザーカオスの高速化に向けた研究を進めるという。

また、通常の光通信とレーザーカオスによる暗号通信を同時に光ファイバー上で行うわけだが、実際にレーザーカオスを使用した際に、他の光通信に影響を及ぼさないかという研究も同時に行っている。

日本画などの美術解析に 光を活用した技術で支援

レーザーカオスと並ぶ海老澤准教授のもう一つの研究が日本美術史研究のための工学技術だ。日本画などの貴重な美術を後世に伝えるために、日本美術史の研究者は制限のある撮影場所で調査を行うことがある。その多くは狭くて暗い美術館のバックヤードや個人宅、あるいはお寺での撮影になり、撮影スペースが狭かったり、十分な光源が取れないケースがほとんどだという。それでも絵画を運び出すことができないため、悪条件の中でも撮影しなければならない。

「光がないところでも撮影できるように、日本絵画専用の手振れ防止技術の開発をしています。また、赤外線、LED、カメラ、フィルターを使えば、可視光では見えない下書きを数万円というコストで撮影することも可能です。絵画の下絵の撮影にX線を使うことがありますが、何千万円もかかる高額な装置ですし、絵画そのものを痛めるリスクもあります。当然、そんな高額な装置は若手の美術史研究者では手が出せないため、低コストで日本絵画の画像を保存できるように、光を活用した技術的な側面から支援しています」

実は下書きを可視化できれば、様々な発見にもつながる。基本的に日本絵画は墨を使った下絵を描いた後に、鉱物を砕いた絵の具を塗っている。下絵を可視化することで、こうした日本絵画独自の技法を分析することも可能になる。また、下書きの中には絵画を発注した依頼

「通信システム研究室」の研究風景



光技術を使って劣化した日本絵画画像を回復させる研究も行っている
左:劣化画像 右:回復画像
(花弁と文字が鮮明に)



「通信システム研究室」の飲み会。親睦を深める飲み会が多いのも同研究室の特徴



主の要望をメモしたものの残っているケースもあるため、作品が生まれた背景などを知る手掛かりにもなるという。

また、最近は日本絵画だけでなく刀剣の鍛え肌などの解析にも挑戦している。こちらはカオス解析を使い、刀剣の地金の文様の濃淡を数値化することで、刀の材料となる鋼をどのくらいの強さで打ち延ばしたのかなどを調べていく研究だ。まだ始まったばかりで未知の部分が多いが、この解析方法が確立すれば、現在には伝承されずに途絶えた刀剣づくりの技術の発見につながる可能性もある。

常識に縛られない 発想を育んでほしい

レーザーカオスによる情報通信の暗号化、光学やカオスを利用した日本美術史の分析支援など、独自の発想で研究を進める海老澤准教授。そんな学者としての姿勢

は学生たちにも影響を与えている。

「私が学生時代に自由な環境の中で、自分がしたい分野の研究に取り組めたように、学生には光とカオスの分野であれば、自由にテーマを設定して学んでもらっています。研究室に入る学生は光通信などに興味のある人ばかりでなく、最近では日本美術に興味のある人も増えています。光やカオスを利用してその他のジャンルにも挑戦したいという人は大歓迎です。とにかく常識に縛られずに逆転の発想を育みながら学んでもらいたいですね」もうひとつ通信システム研究室の特徴を挙げるとしたら、飲み会も多く、学生間の交流が盛んなところだ。海老澤准教授は、そんな仲間とのコミュニケーションが学生生活を有意義にするとともに自由な気風を生んでいるという。卒業生は、半導体メーカーや情報関連企業への就職が多く、ここで培われた自由な発想とチームワークを大切にする姿勢を発揮しながら活躍している。

研究室メンバー紹介

Q1：現在の研究室を選んだ理由は？

Q2：研究室の特徴・魅力

Q3：卒業研究論文・修士論文のテーマ

Q4：卒業研究論文・修士論文の内容

Q5：新潟工科大学の魅力

カナモリ マドカ
金森 まどか 学部4年

- Q1：元々日本絵画に興味があり、光科学を通じて日本絵画の勉強ができることに魅力を感じたため。
Q2：行き詰まった時は、海老澤先生と一緒に問題解決に向けて真摯に対応してくれます。
Q3：近赤外光を用いた日本絵画の墨線検出と基底材の関係
Q4：経年劣化で観察が困難になって日本絵画に対して赤外線を用いて墨線検出を行う。
Q5：女の子は少ないけれど、学系・コース関係なく全員仲良く楽しい学生生活を送ることができます。



コバシ アスカ
小林 明日香 学部4年

- Q1：光学基礎という講義で光学についてもっと学びたいと思ったため。
Q2：コアタイムなし。飲み会が多い。
Q3：遅延座標を用いたカオス尺度による疑似ランダム信号印加レーザーカオスの定量化
Q4：レーザーカオスの定量化手法のひとつであるカオス尺度に遅延座標を用いて改良する。
Q5：幅広い工学分野を学べるので、やりたいことがみつかる学校だと思います。



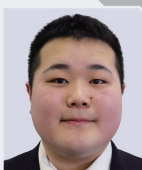
タカノ ラク
高野 楽 学部4年

- Q1：カオスと光ファイバーに強い興味を持っており、研究を全力で行うイメージを持つことができたため当研究室を選択。
Q2：自分自身の研究に対する考え方や取り組みについて学べます。ゼミの友人とのコネクション作りも研究に役立ちます。
Q3：光注入半導体レーザーカオス発振と光注入距離の関係
Q4：光ファイバーの伝達距離がカオス発振に与える影響を調査し、カオス性を示す軌道拡散率を用いて定量的に評価しました。
Q5：研究を行う大学生は、高校までと違う点が多く存在します。その一例が研究に対する生活の違いです。



タジマ セイタ
田島 聖大 学部4年

- Q1：面白そうだったから。
Q2：イベントが多く、添削や進捗など細かいところまでサポートしていただける。
Q3：カオス写像を用いた刀剣に現れる鍛肌
Q4：現在再現不可能とされている古刀の肌模様をカオス解析に基づく再現を試みる。
Q5：好きなことを学べる。



ナカノ マスミ
中野 和 学部4年

- Q1：研究の内容に興味があった。
Q2：飲み会が楽しくて豪華。
Q3：疑似ランダム信号を印加した光注入半導体レーザーのばらつき抑制
Q4：疑似ランダム信号を印加した光注入半導体レーザーのばらつきを抑制する。
Q5：とても雰囲気が良い。



ヤマモト ユウタ
山本 遊太 学部4年

- Q1：自身が取り組みたいと思った研究をすることができ、研究を通して様々なスキルと問題解決能力を身に付けることができると思った。
Q2：研究室のメンバー全員と親しくでき、海老澤先生は研究での悩みやゼミでも親身に相談に乗ってくれます。
Q3：GPGPUによる光ファイバー伝送シミュレーション
Q4：グラフィックボードを汎用計算に用いる(GPGPU)を用いることで計算時間を劇的に短縮。これを光ファイバー伝送にも応用。
Q5：学校の手厚いサポートがいくつかあり、過ごしやすい学校生活を送ることができる。

