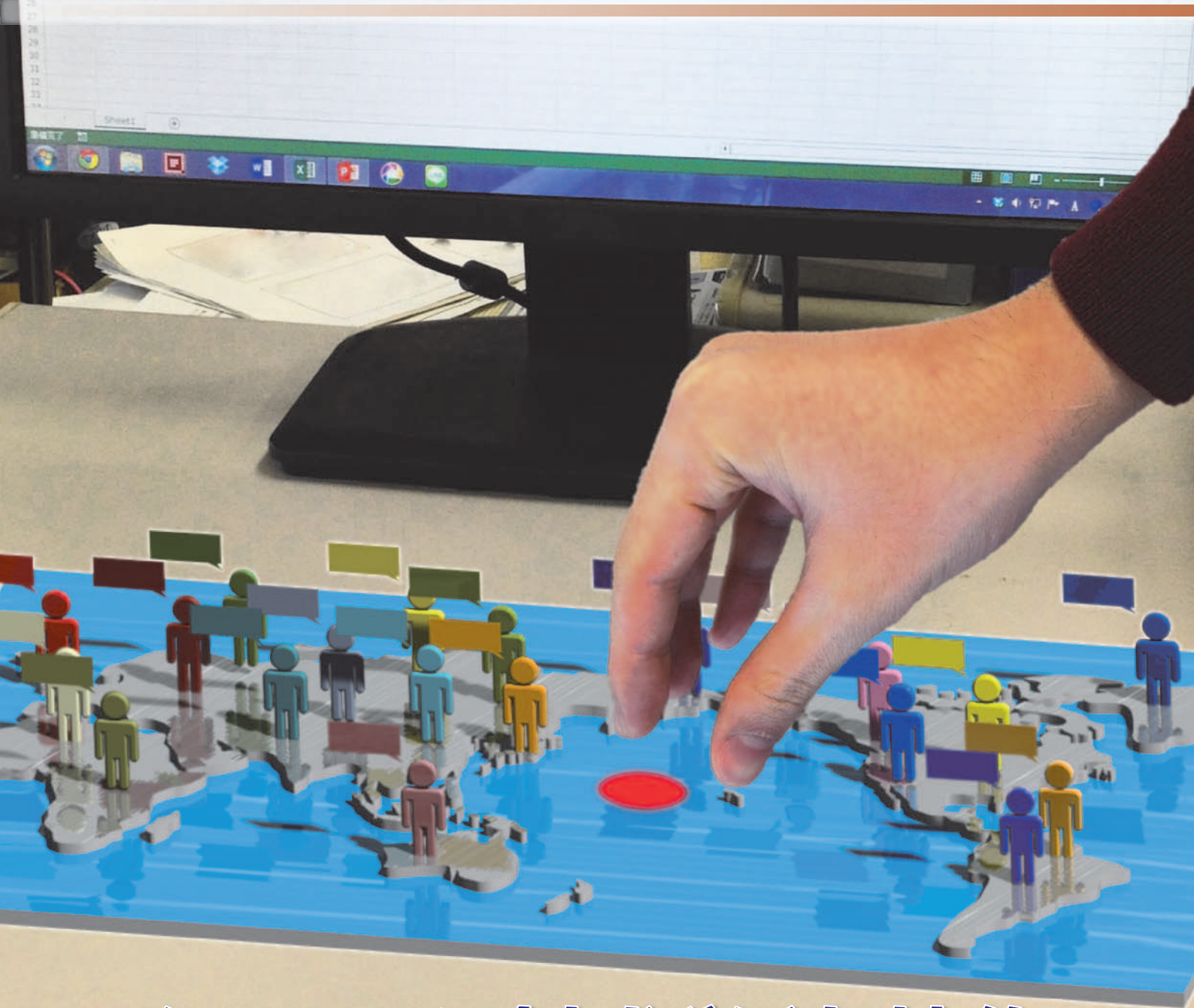


Ttime!

学生が作る工学部広報誌

Vol.57
2013.12



システム創成学科 特集

レジリエンス工学研究センター紹介
海底に眠る夢の資源が日本を変える！？
ものづくりに潜む情報
「つぶやき」の秘密を見抜く
システム創成学科Q&A！

古田一雄教授
加藤泰浩教授
青山和浩教授
鳥海不二夫准教授

平成25年度設立の新組織「レジリエンス工学研究センター」とは？



ふるた かずお
古田一雄 教授

工学系研究科システム創成学専攻教授
同レジリエンス工学研究センター センター長



工学、特にリスクマネジメントの分野において新しいアプローチが求められる昨今、注目を集める「レジリエンス工学」。この分野の研究教育を目的に、2013年度、工学系研究科にレジリエンス工学研究センターと専攻横断型教育プログラムが、システム創成学専攻、原子力国際専攻、技術経営戦略学専攻の先生が中心となって設立されました。このうち、教育プログラムでは工学の学位取得と並行して受講することができ、必要な単位を取得すればレジリエンス工学を修了したという認定を受けることが出来ます。

そこで、レジリエンス工学研究センターの設立の経緯や「レジリエンス」が社会にどのような役割を果たすのかなどについて、センター長である古田一雄先生にお話を伺いました。

レジリエンス工学研究センターの設立に至った経緯を知りたいです。

レジリエンス (resilience) は、もともと生態学の用語で、種がどれだけ持ちこたえられるかという意味です。原子力の分野では、チェルノブイリや東海村での事故などを踏まえ、組織や人間が犯すミスはどう減らすかということを考えるにあたり、2000年頃から提唱されています。これまでのリスクマネジメントにおいては、いかにリスクを減らすかに主眼を置いていましたが、今後は、想定外のリスクが発生しても、システムや社会が持ちこたえるために何が出来るかという「レジリエンス」の考え方を取り入れていく必要性が高まってきました。

アメリカなどでは、9.11の同時多発テロ以降進んでいたレジリエンス工学ですが、日本では、専門家が簡単には想定できないようなリスクに対しての対策が

出来ていませんでした。しかし、2011年3月11日に東日本大震災における福島第一原発の事故が発生し、想定外のリスクにいかに対応するかということが求められ、レジリエンス工学が日本でも注目を浴びるようになりました。この流れを受けて、レジリエンス工学を研究するための拠点が必要ということになり、センターの設立に至りました。

レジリエンスの考え方は、原子力に限らず様々な分野で必要とされる考え方です。例えば、経済やビジネス、地球温暖化対策などで生かれます。いずれも、人間の行動や意思決定が大きく関わるなど、不確定要素が大きい分野です。これを「非線形」と呼びます。個々の動きを単純に足し合わせただけでは、全体の動きを予測できないという意味です。例えば、機械やコンピュータの挙動は線形的ですが、組織や人間の挙動は人間関係な

どによっても左右され複雑であるため、非線形的と言うことが出来ます。この「非線形性」は、これまでの工学やリスクマネジメントが対応出来ておらず、今後対策が求められている点だと思われれます。

レジリエンス工学横断型教育プログラムについて、具体的に知りたいです。

この教育プログラムは、工学系研究科の修士・博士課程の大学院生なら誰でも受講出来ます。各専攻の大学院生が、専攻の卒業に必要な単位と並行して、プログラムに含まれる講義や演習を受講し、計14単位以上取得することにより、工学の学位とともに、レジリエンス工学のプログラム受講の認定を受けられます。各専攻それぞれにおいて、レジリエンス工学という学問があると考えているので、そのような形をとっています。

学部生はこのプログラムを受講出来ませんが、システム創成学科 B コース（システムデザイン & マネジメント）では、講義でレジリエンス工学を学ぶ機会があります。システム創成学がシステムそのものを対象とする学問ですので、その要の一つとなるレジリエンス工学の入り口を学んでもらうということで行っています。

「システムそのものを対象とする学問」というお話がありましたが、「システム」というものについてどのように考えていますか。

システムはあらゆるもの基礎となっており、システム創成学専攻においても、

高度になるにつれて原子力工学やエネルギーシステムなどの各分野に細分化されていきます。

極端な例ですが、核反応も世間の流行も生態系も、システム工学で用いる同じ方程式で表現出来るのです。しかし、システム工学そのものを扱った書籍が少ないので、何とか出来ないかと考えています。

原子力の問題についての展望を、学生の頃研究していた古田先生の立場からお聞かせください。

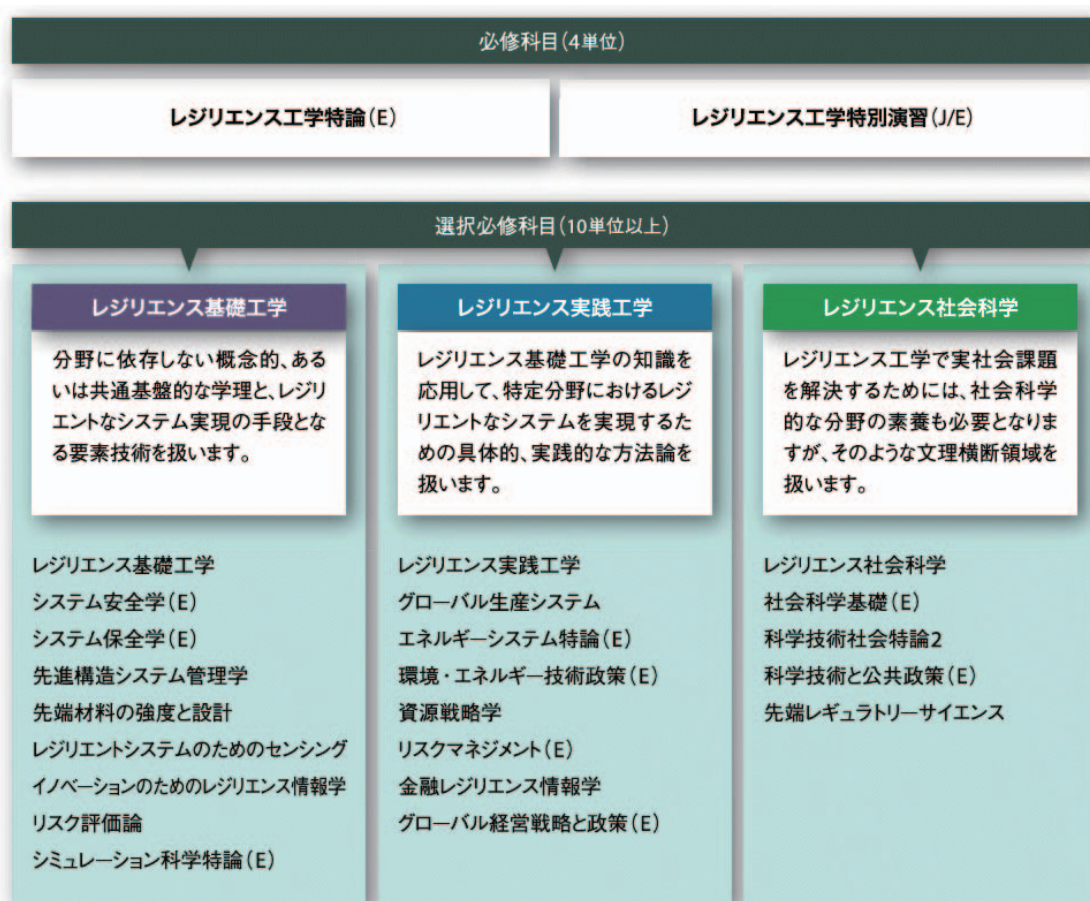
原発事故の処理を含め、取り組むべき課題や研究が山積している分野ですが、これまでの教訓を生かせば世界で一番安

全な技術を日本が作り出せる可能性があるとも言えます。また現代では、これまでの工学とは異なる領域の考え方、例えば法律の整備といったソフト面が求められていると感じます。

読者へのメッセージをお願いします。

理系・文系などの型にはまった考え方ではなく、様々な事を自由に勉強してもらえたらと思います。また、大量に情報が溢れている現代ですので、自らで取捨選択して情報を集めるようにするといいいのではないのでしょうか。

（インタビュアー 森西 亨太）



図：「レジリエンス工学横断型教育プログラム2013」より、教育プログラムのカリキュラム概要。レジリエンス工学特論、レジリエンス工学特別演習の必修 4 単位と、レジリエンス基礎工学、レジリエンス実践工学、レジリエンス社会科学の 3 部門に分かれた選択必修科目 10 単位以上の取得によって、教育プログラム受講の認定が受けられる。

海底に眠る夢の資源が 日本を変える!?

加藤先生は世界で初めて海底に眠る泥にレアアースが含まれていることを突き止めた先生です。先生の発見はネイチャー・ジオサイエンスという雑誌に掲載され、世界各国で注目の的となっています。レアアース泥は日本がモノづくり国家として復活するキーであるとおっしゃる加藤先生、レアアース泥は何が優れているのでしょうか？また、先生はどのように大発見をされたのでしょうか？先生の素顔に迫ります。

かとうやすひろ
加藤泰浩 教授

工学系研究科
システム創成学専攻
エネルギー・資源
フロンティアセンター



先生が発見された「レアアース泥」はどのようなものなのでしょうか？

レアアースはあらゆるハイテク製品に入っている金属で、夢の素材と言われています。スマートフォンから、LED 電球、ハイブリット車、触媒まで幅広く使われています。レアアース泥とは、海の底にあるレアアースを含んだ泥のことです。海中にはレアアースが溶けていますが、海底火山があると、そこから噴き出した熱水に含まれる鉄が酸化凝集してレアアースを吸着、濃縮します。それがレアアース泥となります。私たちはその資源を世界で初めて発見しました。

先生はどのようにしてレアアース泥を発見されたのですか？

私は元々、地球の歴史を解明する研究をしていました。例えば、35億年前の地球の環境を復元する研究です。実は、昔の地球の海洋環境を知ろうとすると、一番知らなくてはいけないのは現在の海です。地球の資源は海洋環境の変動により生まれます。たとえば、酸素がなくなることがたまに起こって、すると環境の入れ替わりで資源ができます。そうしたことを研究している過程で、レアアース泥がタヒチ沖やハワイ沖に存在することを発見したのです。

レアアース泥は何がすごいのですか？

現在は、レアアースは陸上の鉱山で生産されています。生産国は中国です。レアアース泥は陸上のレアアースより優れた点があります。まず、量が多いことです。タヒチやハワイの埋蔵量だけで、陸上の1000倍もあります。次に、陸上のレアアースと違い、レアアース泥は放射性物質を含まず、環境にやさしい資源です。さらにより貴重な種類のレアアースを多く含み、製錬も簡単です。

レアアース泥を掘り出すことで、先生はどのようなことを狙っているのですか？

私はレアアースを使ってモノづくり国家を再構築したいと考えています。レアアース泥は日本の南鳥島に大量にあります（背景のハートが南鳥島、星がレアアース泥の有望海域）。レアアース製品の商品市場は年間5兆円です。それはレアアース原料自体の価格の約100倍です。それだけ高付加価値の商品を生み出します。まさに日本を救う打ち出の小槌です。現在、南鳥島のレアアース泥を開発する画期的な資源システムの国家プロジェクトを立ち上げようと奮闘中です。

科学者の目線から見て、レアアース泥の面白い点は何があるのでしょうか？

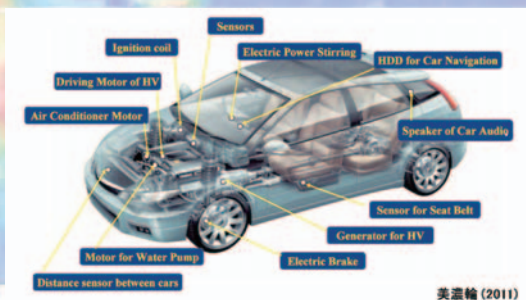
海はいまだ謎に満ちています。レアアース泥は科学のターゲットとしても面

白いです。南鳥島でレアアースが非常に濃集した地層を見つけました。世界最高の濃度です。私たちはこの地層において、アパタイト（リン酸カルシウム）がレアアースを濃縮していることを突き止めました。リンは生物の活動と密接に関連している物質です。初めは、それは南鳥島特有の現象と思っていましたが、どうも違うようです。太平洋にも南鳥島と同じような濃度の高い層があります。太平洋と南鳥島のレアアース濃集層、それらはある特定の時代にできたとみられます。つまり、その時代にアパタイトが太平洋全域でどっと沈殿する特異な現象があったのです。今、この現象がいつ起きたのか、特定しようとしています。泥を解析していくと、地球の歴史の謎をひも解けるのですよ。

皆さんにメッセージをお願いします。

頑張る能力を身に着けましょう。一時期、勉強でもスポーツでも、何かに熱中して突き抜けるほど頑張ってみてください。努力した経験は自信を与えてくれます。私は、地質学者として突き抜けた経験があるから、たとえどの分野の研究をすることになったとしても成功する自信があります。皆さんにもそのような経験を得てほしいと思います。

(インタビュー 伊藤 秀剛)



美濃輪 (2011)

↑レアアースは車のあらゆる部分に使われる。その量は、プリウス一台で中国の鉱石が合計3トン必要。

海底に圧縮空気を送り込んでレアアースを揚泥するシステムを提案している↑



km

Depth(m)

ものづくりに潜む情報

～カッコイイって何だろう？～

いまや、ものづくりにコンピュータは欠かせません。しかし、ただ単純にコンピュータに「カッコイイ」ものを作れと言っても、「カッコイイ」ものはできません。「カッコイイ」とは何か？をまず考えなければいけないのです。ものづくりに関する情報について研究されている青山先生にお話をうかがいました。



あおやまかずひろ
青山和浩 教授
工学系研究科
システム創成学専攻

先生の研究テーマを教えてください。

私たちは服や車を見て「オシャレ」や「カッコイイ」と感じたりします。何が「オシャレ」「カッコイイ」と感じられるかは、ものの色や形などの、測ることのできる情報を使って表現することができます。このように、情報を使って何かを表現することを「情報のモデリング」と言います。情報をモデリングすると、「オシャレな服」「カッコイイ車」などの設計に生かすことができます。

私は、この情報のモデリングによって、ものの設計に限らず、設計の方法や順番などもコンピュータで計算しています。少しでもいいもの、価値あるものを生み出すために、コンピュータで人の処理をサポートしたいと考えています。

なぜ情報をモデリングする必要があるのですか？

いま、世の中ではコンピュータを使ったものづくりは当たり前になっています。わかりやすいのは、コンピュータ上で3Dの設計図を描けるCADですね。

人間はものを設計することができます。しかしコンピュータで設計するには、ものづくりにはどの情報が必要でどう表現すればいいのかを考えないと計算することが出来ません。必要な情報は形だけではありません。情報モデリングでは、設計する手順、製品を作る組織など、関係する情報をすべてコンピュータで表現します。

先生が具体的に取り組まれていることについて教えてください。

現在は、工業製品の部品についての断

片的なデータから、部品の「つながり」の情報を抽出しようとしています。

製品の中の部品と部品との間には物理的な関係があり、Facebook、TwitterなどのSNSにおける人間関係のように、ネットワークをなしています。たとえば、Aの部品の直径を変えると、繋がっているBの部品の直径も変えなければいけない、というような関係です。

設計において部品のネットワークは重要です。もし要求があってAの部品を変更したときに、繋がっているBの部品を変え忘れると、製品に不具合が起きてしまうかもしれません。あるいは、要求を受け入れると、変更が連鎖して全ての部品に及ぶかもしれません。この場合、要求は拒否すべきかもしれません。こういったことは、現在は人間の直感で判断されています。部品のつながりの情報が個人の脳の中だけに入っているのです。

最近は、メールや書類、図面などがすべてデジタル化しているため、これらのデータから情報を抽出できるかもしれな

いと考えています。しかし、SNSで誰と誰が知り合いだ、といった関係よりも、部品と部品のつながりは深く、そこから情報を抽出するのはなかなか難しいのです。

また、この部品のネットワークに限らず、情報のモデリングには、対象が大規模になると考えられる情報がどんどん増えてしまうという難しさがあります。

しかし、問題を解決するには、その問題に直接関係する情報だけを考えれば十分です。複雑なシステムを、いかにポイントを抑えてシンプルに表現するのか、ということが重要になります。

きちんと表現され、人のあいだで受け渡しできる情報があるかないかでは、会社や組織の力が違ってきます。これは、組織の知識の源泉、力の源泉のようなものなのです。情報を抽出し、表現することができれば、多くのことが計算可能になり、様々なことに生かせるでしょう。

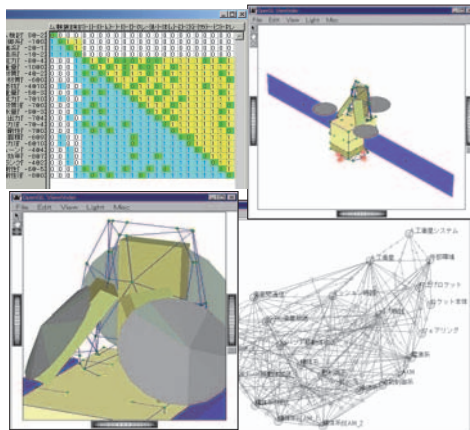
「システム」とは何なのでしょう？

教科書的には、単純に「要素と要素のつながり」と言うことができます。

しかし、システムは見る視点によって構成要素が変化します。たとえば、車を速く走るためのものとして捉える時と、交通システムの一部として捉える時では、考える部品や機能は異なります。

「システム思考」という言葉があります。世の中にあるのは全てシステムであり、これもシステムだと思おう、これはどんなシステムなのだろう、という意識が重要なのです。逆に、意識しないとシステムは見えないとも言えます。

(インタビューア 山下 洋史)



図：設計システムによる人工衛星の設計。計算機上で製品情報をマネジメントできる。



とりうみ ふ じ お
鳥海不二夫 准教授
工学系研究科
システム創成学専攻

SNS からとらえる社会

～「つぶやき」の秘密を見抜く～

Twitter のデマを見抜くツール「でまったー」を製作するなど、ソーシャルメディアに対して多様な研究をなさっている鳥海先生。そんな先生は、マイニング・モデリング・デザインを社会システム研究の柱にしているとのこと。先生の研究手法、またソーシャルメディアのさまざまな秘密について教えてもらいました！

先生にとって、システムとはどのようなものなのでしょうか

モデリング（現象を数式などで記述すること）の手法の一つに「各々の人間を一定の単純な規則に従って動くエージェントに落とし込む」というものがあります。エージェント一つ一つは決められた動きしかしませんが、全体として見ると何か特殊な傾向が見られます。このような、ミクロだと単純なのにマクロでは複雑になっている機構は「創発システム」と呼ばれており、この視点からシステムをとらえることが多いです。

研究の柱である、マイニング・モデリング・デザインについて教えてください

現在、東日本大震災の時の Twitter における約 3 億ツイートのデータを用い、災害時に情報伝達のしやすいメディアの作り方について研究を行っているので、これを具体例にして説明します。

まずはマイニング（大規模データを解析して情報を得ること）です。リツイートなどによる情報伝達ネットワークをグラフに表してみると、震災前後でかなり形状が異なっていました（下の図を参照）。これは地震の情報を望む各々の人の自然なやりとりにより、ネットワークが情報を伝えやすい形に自発的に変化したことを意味します。

次にモデリングです。個々人がどのように行動すればこのネットワークが構築

されるのかを考えます。最終的なネットワークの形状がマイニングの結果と一致するようにいろいろと検討してみると、地震前は友達の友達と繋がろうとし、地震後は単純に強い情報源に向かって情報を得ようとするエージェントが適当であることが分かりました。つまり地震によって、Twitter の性質が友達とのコミュニケーションツールから情報共有ツールへと切り替わったのです。

最後に作ったモデルを元に様々な検証を行い、よりよい社会を目指すデザインを試みます。この例では先ほどのモデルが効率的なネットワークか調べるため、逆に末端の点の有益な発言もハブの点を介し全体に伝わっていくことをシミュレーションで確認しました。このようにモデルの検証から様々なヒントを得て、効率的なシステムの構築を目指します。

特に興味深かったことはありますか

マイニングをしていて興味深かったのが、デマと正しい情報の伝わり方の違いです。具体的には、デマは必ずある範囲で拡散が止まります。この原因として、デマを信じない外側の人間とデマを信じる内側の人間を区切る「デマの壁」が存在しているのではないかと考えました。内側の人が信じたことをなかなか疑おうとしないので、外側から内側にはデマがデマであるという情報が伝わりにくい構造になっているわけです。このデマの壁

をネットワークの構造として上手く表現することも試んでいます。

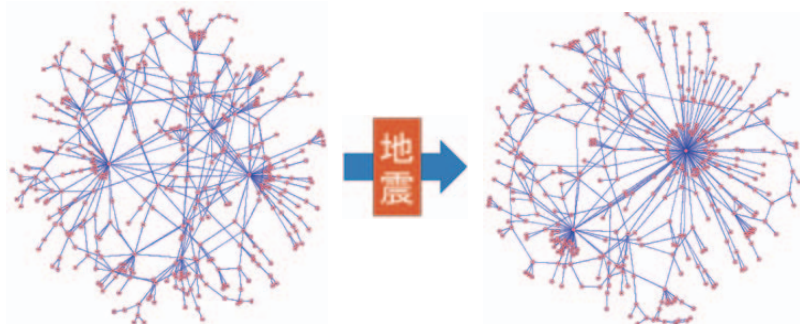
他の研究についても教えてください

他にも、人はどのようにソーシャルメディアで満足するのかという研究も行っています。例えば Facebook が人気の理由をシステムの面から考えてみた結果、いいね！ボタンと投稿へのコメントの二段構えが有効であることが分かりました。これは「手間に見合った報酬が欲しい」という人間の心理を満足させているためです。ここでコメントより報酬の価値が低い、いいね！ボタンは必要ないのではないかと思われるかもしれませんが、ですがあまり労力のかかっていない投稿に対してコメントがたくさん付くと、人は質の高い投稿をする意欲を失うことがシミュレーションにより判明しています。コメントするほどでない投稿にはいいね！が有効なのです。

学生へのメッセージをお願いします

「全部やろう」です。自分が本当にしたいこと、得意なことを見つけるために、バイト、サークル、勉強、旅行……何でもやりましょう。そうした活動から、恋人や友人をたくさん作って、勉強以外でも充実した大学生活を送れる魅力的な人になって欲しいですね（笑）

（インタビュアー 星野 彰太郎）



図：地震前後の Twitter のネットワークの変化。地震後は強い情報源が、多くの人々と結びつくハブとして機能していることが分かる。マスコミや有名人、細かい地域の情報（避難所の状況など）を持つ人が強い情報源として機能していた。

システム創成学科

Q&A

システム創成学科はどういう学科なのでしょうか？
そんな疑問を解決すべく、現役のシステム創成学科
の学生である、安宅さん、鈴木さん、後藤さんに一
問一答形式でインタビューを敢行しました！
学生のナマの声をお届けします！

Q 1. システム創成学科とは何をやっているところですか？

Answers

原子力発電や太陽光エネルギーなどの環境エネルギーに関する研究。(Aコース・安宅さん)
コンピュータを用いて従来の工学分野のみならず、人や社会のシミュレーションを行っています。(Bコース・鈴木さん)
世の中の様々な事象をモデル化したりそれを分析したりします。(Cコース・後藤さん)

Q 2. システム創成学科の雰囲気はどんな感じですか？

Answers

Bコースはみんな仲が良くて、ワイワイやってます！(Bコース・鈴木さん)
自分の興味のあることに取り組んでいる人が多いですね。(Cコース・後藤さん)

Q 3. システム創成学科に入ってよかったことは何ですか？

Answers

必修講義が少ないので、自分の好きな授業をとることができます。(Aコース・安宅さん)
授業選択で自由度が高いところですね。(Cコース・後藤さん)

Q 4. 面白い講義、独特な講義はありますか？

Answers

漁業のシミュレーション。(Aコース・安宅さん)
コミュニケーション技法(工学部では珍しい、プレゼンやパワポの作成に関する講義です。)(Bコース・鈴木さん)
プロジェクト講義です。ビジネスモデルを提案したり、アプリケーションを作成するプロジェクトなどいろいろある中から選ぶことができます。(Cコース・後藤さん)

Q 5. 学科特有のイベントはありますか？

Answers

オリ合宿で学科の同期や先輩方と交流を深めることができます！(Aコース・安宅さん、Cコース・後藤さん)
OB・OGの方々とお会いし、進路相談ができる機会が頻繁にあります。(Cコース・後藤さん)

Q 6. どんな学生に来て欲しいですか？

Answers

学科で仲良く一緒に楽しめる人！(Aコース・安宅さん)
必修講義などにしぼられず自分の興味のあることを学びたい人には本当におすすめです。(Bコース・鈴木さん)
幅広く学習できるため、理系の就職先から文系のコンサル、起業まで、将来の選択の幅が大変広がります。(Cコース・後藤さん)

(インタビュアー 勝野 真輝)



工学部新 3 号館紹介



弥生門からの写真。入り口の手間には花壇が広がっている。



中は吹き抜け構造となっている。中央には広々としたスペースが広がっていて、開放感にあふれている。

2013年に完成した工学部新 3 号館の写真。今回特集したシステム創成学科の一部の研究室もこの建物に移動した。内部は吹き抜け構造となっており、外部からのプライバシー保護のために高階には柵が設けられている。また、コンビニエンスストアが出店しており、学生は快適な研究生活を送ることができる。

社会システムや情報システムなど、私達の生活にシステムは欠かせないものになっています。しかし、意識してみるとシステムとは、どこか抽象的でとらえどころのないもののように感じられるのではないのでしょうか？今回のシステム創成学科特集では、「システムとは何か？」を少しでも読者に伝えたいと思いながら作成しました。

編集後記

この号だけでも、様々なシステムの考え方が登場しました。Twitterにおける人と人との相互作用に見られるシステムや機械の設計から生産までを一貫して行うシステム、海底からレアアースを取り出す大規模なシステムまで、多くの場面でシステムという考え方が使われています。これらの研究紹介記事を通して、システムとはどういうものか感じていただけたでしょうか？

身の回りはシステムであふれています。例えば、毎日見かける信号は交通システムを生み出しています。少し意識して生活の中にシステムを見つけ出してみてください！

(企画担当者一同)

<広報アシスタント>

企画：本山 央人、勝野 真輝、山下 洋史
朝倉 彰洋、伊藤 秀剛、伊與木健太、上田 倫久、上野美希子
岡 功、岡田 彪利、小川 灯、大原 寛司、兼古 寛之
黒川 大地、柴山翔二郎、澁谷 崇、清水 裕介、白畑 春来
新谷正太郎、須原 宜史、龍田 誠、土屋 美樹、富永 華子
沼田 恵里、長谷川拓人、花村 奈未、星野彰太郎、間部 悟
真弓 智裕、本山 央人、森西 亨太、諸隈 夕子、柳本 史教
柳光 孝紀

<広報室>

佐久間一郎 (広報室長・医療福祉工学開発評価研究センター)
大澤 幸生 (副広報室長・システム創成学専攻)
小宮山涼一 (工学系研究科 レジリエンス工学研究センター)
川瀬 珠江、永合由美子

<表紙> 本山 央人



Twitter、Facebookでも情報を配信しています。

WebでTtime!が読めます！

<http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/t-pr/ttime/>

ブログはこちらから

<http://d.hatena.ne.jp/ttime/>

twitter

@UTtime
Follow me



工学部広報誌 Ttime!

