



*Innovating for a **Wise Future***

 構造計画研究所
KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.

K K E
Vision
2016

Technical Report

TOKYO
10.26 wed

FUKUOKA
11.29 tue



ごあいさつ

KKE Visionは、より良い社会の実現に向けて、様々な取り組みを多くの方々と共有する場として、2002年から続けているイベントです。

今年は弊社のThought（ソート）である「Innovating for a Wise Future」をキーメッセージに掲げ、より具体的な「賢慮ある明るい未来」を描こうとしました。15名の講師陣による最新の知見のご発表や、大掛かりな体感展示で会場は大いに盛り上がりました。また、今年は初めて福岡でも開催し、おかげさまで多数のお客様にご来場いただきました。

本冊子を通して、充実した講演内容を広くお届けできれば幸いです。

2017年1月吉日
株式会社構造計画研究所
KKE Vision 2016 事務局一同

CONTENTS

TOKYO

▶▶ 基調講演

02 日本と今後の国際情勢
拓殖大学 総長、元防衛大臣 森本 敏 氏

▶▶ 真の安全・安心社会を目指して

04 自然災害の軽減に向けた情報の提供について
気象庁 予報部長 関田 康雄 氏

05 事故未然防止のための安全文化醸成戦略
慶應義塾大学大学院 システムデザイン・マネジメント研究科 教授 高野 研一 氏

▶▶ サステナブル社会の実現

06 森と都市の共生 –循環型資源としての都市木造–
東京大学 生産技術研究所 木質構造デザイン工学 教授 腰原 幹雄 氏

07 デザインがイノベーションを牽引する –「身の回り IoT」を例に–
東京大学 生産技術研究所 教授 野城 智也 氏

▶▶ 人を助けるテクノロジー

08 生活の支援としての自動車自動運転
筑波大学 システム情報系 教授 伊藤 誠 氏

09 ヒトの潜在能力を生かすモノづくり –福祉工学への招待–
東京大学 名誉教授、北海道大学 名誉教授、北海道科学大学 保健医療学部 教授 伊福部 達 氏

▶▶ 基調講演

10 数理工学：社会を支える数学
東京大学 生産技術研究所 教授 最先端数理モデル連携研究センター センター長 合原 一幸 氏

▶▶ 自然災害の備え

12 未来に向けた免震技術
福岡大学 工学部 建築学科 教授 高山 峯夫 氏

13 頻発する異常豪雨と災害 –まさかの災害にどう備えるか–
九州大学大学院 工学研究院附属アジア防災研究センター 教授 橋本 晴行 氏

▶▶ 暮らしを変えるIoT

14 IoTと位置・空間情報サービスがもたらす未来像
名古屋大学 未来社会創造機構 教授 社会イノベーションデザイン学センター 副センター長 河口 信夫 氏

15 IoT：企業におけるデータ活用イノベーション
[コーディネータ] 福岡県中小企業診断士協会 理事/創業・経営革新研究会 会長 長柄 一夫 氏

**KKE
Vision
2016**

Technical Report

● TOKYO

開催日：2016年10月26日(水)
会場：虎ノ門ヒルズフォーラム
来場者数：725名

● FUKUOKA

開催日：2016年11月29日(火)
会場：グランドハイアット福岡
来場者数：275名





▶▶ 真の安全・安心社会を目指して

自然災害の軽減に向けた情報の提供について

気象庁
予報部長

関田 康雄 氏

があるため誤差が生じます。初期値に誤差があると誤差は時間とともに増大します。そこで、誤差の拡大範囲を事前に把握するため、「アンサンブル（集団）予報」という数値予報の手法を利用しています。多数の初期値を用いて複数の予測結果を得ることで、最悪のシナリオや平均的なシナリオを予測するものです。

今後はさらにメソモデル（水平格子間隔5キロメートル）でもアンサンブル予報を導入していく計画です。

地震火山現象の予測技術の現状と精度向上

気象庁では火山や地震に関する予測も行っています。火山については観測データの収集、およびこれに基づく噴火警報などの発表を行っています。火山噴火予測については、現状は確立した手法がなく、さまざまな観測データから、噴火の可能性を人間が総合的に判断しています。

実用的な地震予知を行うことは極めて困難です。そこで、私たちができることは、地震が発生したことを迅速に把握し、これを速報することです。そして、地震の揺れが伝わる前、あるいは津波が来る前に安全確保・避難していただくこと、さらには救援・救護などの応急対策を迅速・的確に実施していただくことだと考えています。

緊急地震速報は完全に自動で発表されま

す。震度速報も情報の組立・発表は自動ですが、内容が適切でない場合判断した場合には、人間が発表を止めることができるようにしています。次に、発生した地震の震源や規模（マグニチュード）を決定しますが、これは現場の人間の役割で、この処理が、正しい情報を発表するための最も重要な過程となります。

津波予報については、様々な震源や規模の地震について、あらかじめ津波の予測計算を行い、これをデータベースに格納しておきます。実際に地震が発生すると、その震源・規模に対応する津波予測値をデータベースから検索し、これに基づき津波警報・注意報を発表します。

緊急地震速報の精度向上にも取り組んでいます。複数のデータ解析手法（走時残差や振幅など）を統合することで、より正確な震源決定や同一地震判定を実施します。これにより、東日本大震災の直後にあった、複数の地震が同時に発生した場合に、一つの大きな地震と誤認してしまうという問題を改善し、適切な緊急地震速報の発表が可能になると考えています。



プロフィール

1984年 東京大学大学院理学系研究科にて修士課程修了。同年4月より気象庁入庁。入庁後20年以上の経験を活かし、仙台管区気象台技術部長、気象庁地震火山部地震津波監視課長、気象庁地震火山部管理課長、気象庁総務部企画課長、大阪管区気象台長に就任など、気象情報に基づく自然災害の軽減にも従事。2014年の気象庁地震火山部長就任を経て、現在に至る。

▶▶ 真の安全・安心社会を目指して

事故未然防止のための安全文化醸成戦略

慶應義塾大学大学院
システムデザイン・マネジメント研究科 教授

高野 研一 氏

安全文化を構成する8軸の要素

最近、国内では、原子力、食品、自動車、鉄道などの組織事故が相次いで起きています。企業は、自然災害、事故、環境問題ほか、さまざまなリスクに直面しています。これらのリスクに対応するには、経営者から一般従業員まで、企業全体で予め組織の価値観を共有することが大切です。また、ひとたび何かが発生した場合には危機管理が重要になります。

ヒューマンファクター研究の第一人者である英国のジェームズ・リーズンは、生産性と安全性というトレードオフの関係にある概念のバランスが取れている状態では事故が起こりにくいと指摘しています。

これらは、企業による人員削減や業務過多、安全体制の緩慢な後退、スケジュール優先の職場風土など組織要因により発生したとされ、これに対処する概念として「安全文化」が提唱されました。組織の安全を改善する方法は様々にありますが、私は組織文化・風土といった土台からの改善が重要であると考えます。安全文化の目標は明快で、事故・トラブルを起こさない、ということです。重大な事故であればあるほど多重防護をされており、各フェーズのバリアが常に健全であるよう正しくモニタリングされている状態であれば、組織の安全は保たれます。しかし、原理的には難しいこ



とではありませんが行い続けるのは難しいことであり、なぜ難しいのか、米国原子力プラントの改善事例などを元に考察いたしました。

私は、過去に事故を起こした企業の組織や根本原因を追及するとともに各国の安全文化の概念を整理し、安全文化を構成する要素を8つの軸に集約しました。それは、「組織統制（ガバナンス）」、「責任関与（コミットメント）」、「相互理解（コミュニケーション）」、「危険認識（アウェアネス）」、「学習伝承（ラーニング）」、「業務実施（ワークプラクティス）」、「資源配分（リソースアロケーション）」、「動機付け（モチベーション）」です。

安全文化を改善するための取り組み

私たちは、上記の8軸ののっとり、組織の安全文化診断を行っています。企業の従業員の皆さんに全109項目のアンケートを実施し、それを数値化して他の事業所と比較することで、自分たちの事業所が安全文化の意味で高い傾向にあるのか低いのかが目瞭然とわかるのです。定期的な調査を行うことにより、安全文化のレベルの改善の推移を可視化することもできます。

調査の結果、安全レベルが高いと診断された事業所では、労働災害、設備災害ともに頻度が低いという傾向が出ています。つ



まり、安全文化のレベルと安全パフォーマンスには相関性があるのです。

また、安全文化改善には、一緒に働くチームメンバーのコミュニケーションや協働、信頼関係などノンテクニカルスキルの人的資源管理による意識改革や組織改革が重要です。加えて、経営層がイニシアティブを持ち、従業員の自立的な活動を褒めてやるといったトップダウン型のアプローチと、現場でのヒヤリハットの報告、改善などボトムアップアプローチの融合が大切です。

安全文化の醸成により、自分たちが直面する課題を、自分たちの考え方、行動で是正できる、改善できるという成功体験をぜひ積ませてあげてほしいと思います。それによって組織は変わり、必ず安全文化の向上に役立つと考えます。

プロフィール

1980年名古屋大学工学研究科修士課程修了。(財)電力中央研究所、マンチェスター大学客員フェロー、早稲田大学大学院理工学専攻非常勤講師、慶應義塾大学大学院先端研究センター教授などを経て、2008年より現職。研究分野は、大規模技術システムにおけるリスクマネジメントとヒューマンファクターおよび創造性開発（教育活動）、安全改善提案のほか、労働安全・設備安全・環境安全を統合した新たなリスクアセスメント手法の現場適用（研究・実践）など。

▶▶ サステナブル社会の実現

森と都市の共生 —循環型資源としての都市木造—

東京大学 生産技術研究所
木質構造デザイン工学 教授

腰原 幹雄 氏

を見ると、北海道や東北、九州などが多くなっています。これらの地方では「地産地消」として、公共建築物などを木造でつくる取り組みが進んでいます。ただし、これらの地域での消費量は限られています。やはり、都市部で使ってもらわないと、木材の需要は伸びないのです。都市部では構造的な性能・耐火性能が求められることに加え、地価が高いので、3階建てから5階建てなど高密度の建物をつくらなければなりません。つまり、これまでの木造文化とはまったく違うことを考えなければならないのです。

木造の資源循環を実現する建築物が求められる

山を元気にするのが木造建築の目的だとすれば、選り好みをして使いやすい木だけを使っては意味がありません。ただ、実際の住宅用流通材では、太さや長さの規格があって、これに合わない木は売れません。売れないから、山の人は市場に出さないということも起こっています。

需要を拡大するためには、いろいろな木をいろいろなところで使うことを考える必要があります。たとえば、CLT (Cross Laminated Timber = クロス・ラミネイティド・ティンバー：直交集成板) などの再構成材を活用するののも一つの方法です。私は、NPO法人「team Timberize (チー

ム・ティンパライズ)」の理事長を務めています。同法人は木造建築の新しい可能性を考えることを目的に、「木」を新しい材料としてとらえた提案も行っています。東京五輪のために新たに建築する施設の木造化や木造の観客スタンド、木造のバス待合所なども提案しました。

木造建築というと、金具を使わず木組でなければならない、無垢材でなければと考える人がいるかもしれませんが、それが前述したように丸太では売れない、曲がった木では売れないという要因になっています。

伝統は大切にしながらも社会システムの変化に合わせた、現代の価値観に沿った木の使い方があるのではないのでしょうか。循環型の資源である山の木を無駄なく使うことも日本の文化であり、これを考えながら木造建築にかかわっていくことが望まれていると思います。



プロフィール

1968年 千葉県生まれ。1992年 東京大学工学部建築学科卒業、2001年東京大学大学院博士課程修了、博士(工学)。構造設計集団(SDG)、東京大学大学院助手、生産技術研究所准教授を経て、2012年より東京大学生産技術研究所教授。NPO team Timberize 理事長も務める。

▶▶ サステナブル社会の実現

デザインがイノベーションを牽引する —「身の回り IoT」を例に—

東京大学 生産技術研究所
教授

野城 智也 氏

新しい「意味」を創造することでイノベーションが起きる

過去20年の世界のGDPの推移を比較すると、日本はほぼ横ばいで、このような国は他にないと言っても過言ではありません。1人あたりのGDPも20年前は世界でトップと思われませんが、今や世界で50番目程度にまで下がっています。GDPの中で企業の研究投資が占める割合はOECD加盟20数カ国のうちトップ4に入りますが、殆どの投資は大企業によって行われており、アントレプレナーシップの活動が非常に弱い国です。

イノベーションという私たちは製品の新しい機能に注目しがちですが、新しい「意味(概念・解決策)」を創ることで始まるイノベーションがあります。ソニーのウォークマンは、音楽を持ち運ぶという新しい意味を創りました。日本ではイノベーション停滞が起きていますが、世界では 아이폰やルンバなど意味創造によるイノベーションが起きていることを直視する必要があります。

デザインが牽引するイノベーションがますます求められるようになる

経済学者のヨーゼフ・シュンペーターは、イノベーションは創造的な破壊、非連続的変化であり、イノベーションこそが経

済発展をもたらすと考えました。

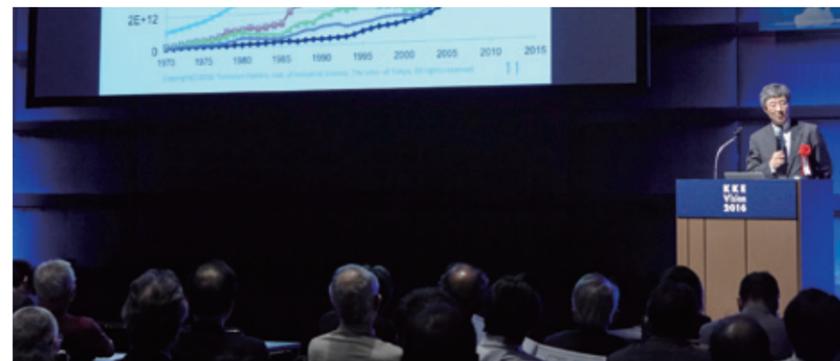
私はイノベーションの定義を「何らかの新たな取り組み・率先 (initiative) により、何らかの豊益潤福を創造・増進し、現状を刷新するような社会的変革を生み出すこと」としています。「豊益潤福」は私の造語ですが、豊かさや便益だけではなく、精神的な潤いや福(しあわせ・さいわい)の増幅もイノベーションには必要です。

現代のイノベーションは多様で、その「やりよう(プロセス・組織の形態)」も日々刻々と変化しています。

プロセスを「IPM モデル (Innovation Process Meta-model)」という様々なプロセスを行きつ戻りつする非線形モデルで考えると、どの「活動・行動ノード」も変革創始点となりえます。また、イノベーションにかかわる組織の形態は、情報・知識・能力などさまざまな価値創成源を提供する主体(人・組織)相互の協働・連携関係である価値創成網の編成が必要です。価値創成源を制約なく適時適切に収集活用し「みんなで神輿をかつぐ」ようなオープン・イノベーションが現代社会では有効です。

イノベーションアプローチで大切なのはデザインです。デザインとは「モノ・コトをまとめる」、「解をあれこれ探索する」、「非連続に飛躍させる」思考回路です。

「Design Led」なアプローチは、IoTの世界、特に、日常生活の場を対象とする



プロフィール

1957年東京都生まれ。1985年東京大学大学院工学系研究科建築学科専攻博士課程終了(工学博士)。建設省建築研究所、武蔵工業大学建築学科助教授、東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻助教授などを経て、現在東京大学生産技術研究所 教授・工学博士(2009年～2012年に東京大学生産技術研究所 所長を歴任)。



▶▶ 人を助けるテクノロジー

生活の支援としての 自動車自動運転

筑波大学 システム情報系
教授

伊藤 誠 氏

が、国や地域ごとに関心度も異なっており、まだ時間がかかりそうです。国内法では、道路交通法や自動車損害賠償保障法にかかわります。刑事的な責任だけでなく民事的な責任をどうするのか、まだ模範的に検討されている段階です。

技術的な課題では、ハンドルもペダルもないような自動走行システムを作るには、道路の端までの距離がわかるような精密な地図が必要ですが、現在のカーナビの精度では自動運転はできません。また、止まっている車両を認識するセンサの性能もまだ十分ではありません。

このほか高速道路の出口付近での路肩走行や、信号のない交差点での自動運転車同士の鉢合わせ、道路工事現場での警備員の動作の認識など、ドライバーが社会的な状況判断で対応している場面のコントロールも容易ではありません。技術的特異点（シンギュラリティ）と言いますが、システム自身が人と同等かそれ以上の知性を持たない限り、完全にドライバーレスで自動走行するのは難しいと思われる。

自動走行システムにおける、 人と機械の関係

自動走行システムにはレベルがあります。レベル1の「運転支援」から始まり、レベル5の「完全自動」まであります。少なくともレベル3「条件付き自動運転」までは、必要なときには人が自分で運転をしなければならぬとされています。レベル

3では、システムによる判断が難しい局面で人が判断するため、運転免許を保持したドライバーが必要となり、運転支援が必要な方にサービス提供ができません。かといって、じっと監視していなければならないレベル2ならいいかと言えば、何もせずにじっと座っている状況はむしろ運転者にとって拷問でしょう。

自動化できる部分はシステムに置き換えて残りを人が判断する、という技術中心のフィロソフィーで自動運転システムを構築すると、システムが対応不可能なやりにくい仕事だけを人がやるというデザインになってしまうのではないのでしょうか。航空機の分野であるように、人（パイロット）には責任と権限があり、その権限をうまく発揮させるためにシステムが必要な情報を与えるようにする、というような人中心の自動化がひとつの方向性として考えられます。人と車が互いにかかわりあいながら、自立的な判断でより安全に運転できるようなシステムが今後模索されていくように思われます。

自動運転の導入により日本全体では交通事故の死者数が減少するものの、自動運転が導入されたからこそその事故はきっといつかどこかで発生すると思われる。今、交通事故で亡くなる命が救われる一方で、誰かが自動運転の犠牲になったとき、社会としてどう耐えるのか。このようないわゆる「トロッコ問題」に対しても、何らかの解を見いだしていかなければならない時代にきていると思います。



プロフィール

1993年 筑波大学第三学群情報学類卒業。
1999年博士(工学)(筑波大学)取得。筑波大学電子・情報工学系助手、電気通信大学助手、筑波大学大学院システム情報工学研究科講師(リスク工学専攻)、筑波大学大学院システム情報工学研究科准教授(リスク工学専攻)を歴任後、2013年より筑波大学システム情報系(情報工学域)教授。博士(工学)。
主な研究分野は、人と機械の信頼、協調に関するヒューマンファクター、安全性、信頼性。

▶▶ 人を助けるテクノロジー

ヒトの潜在能力を生かすモノづくり ー福祉工学への招待ー

東京大学 名誉教授、北海道大学 名誉教授
北海道科学大学 保健医療学部 教授

伊福部 達 氏

人間中心型の産業へ向けて

私は元々医療工学に携わっており、脳機能計測や人工臓器などの医療分野で目覚ましい進歩を遂げていくのを間近で見ました。一方で、障害を抱えたまま生活を送らなければならない人たちが急速に増えることも感じていました。将来、これらの人たちの心身機能を技術で助け社会参加を支援する工学分野が必要になると考え、それを実現する「福祉工学」と呼ばれる分野を1970年代の初めに取り組みすることにしました。

医療技術と福祉技術の両方を見てきて、それらには大きな違いがあることを実感しています。医療技術、とくに治療技術は人間を「改造」して助けることが前提ですが、福祉技術は人間を改造しないで助けるという立場を取ります。身近なものとしては、移動や移乗を助ける電動車いすや介護ロボット、補聴器や人工内耳など身に着けて身体機能を支援する技術などが挙げられます。

福祉工学の考え方は、米国の数学者・生物学者のノバート・ウィナーが提唱した「サイバネティクス」が原点にあります。これは動物やヒトと自動機械に共通するもの、すなわち感覚(センサ)ー脳(コンピュータ)ー運動(アクチュエータ)の間を循環する「情報」に着目した学問です。ここから派生して、動物やヒトの機能をモデルとするロボットや人工臓器などが生まれ、今なお発展し続けています。

しかし、現在まで、福祉工学は少人数の

研究者と零細企業の信念と努力で細々と行われてきたといえます。その理由として、拠り所となる科学があまりで技術者が手を出しにくく、また、対象となる市場が小さく企業も手を出しにくいことがあります。さらに、「公益性」と「市場性」を両立させなければいけません。ところが、超高齢社会を迎え、膨大なマーケットが形成されてきています。言うまでもなく、福祉工学は急速な「労働者人口」の減少と「社会保障費」の増大、さらに永い老後の「生きがい」などの課題に応える役割を担っています。多くの企業は公益性を市場性に導き、人間中心型の産業に発展させなければ成り立たない時代に入っています。

ヒトの潜在能力を探り、 生かす新しいアプローチ

手の機能を失った人が足の指でタイプライタを打つようになるなど、ヒトには体のある機能が失われても今まで使われていなかった能力が働きます。「可塑性」という機能があります。この可塑性は、進化の過程でできた潜在的にある能力が、ある機能が失われることによって、蘇ったものと捉えることができます。従って、視覚や聴覚は元々触覚が進化したものですので、これらの機能が失われても触覚により情報を脳の中核に送ることが期待できます。現在、話題に上っている人工知能は脳の可塑性そのものに基づいているものでし、ヒトを直接助けるロボット達もヒトの感覚、脳、運動の潜在機能をモデルとしています。

私たちは潜在的に備わっている能力を生



かすという視点で、「聞く」、「見る」、「話す」を助ける機器を開発してきました。

経済を牽引する輸出産業になる日

これらの機器は、多様な障害に答えなければならないと同時に、マーケットが小さいことから利益率は少ない多品種少量生産が主体でした。私がJSTのプロジェクトで2010年から進めている「高齢社会を豊かにする科学・技術・システムの創成」からも、高齢者の健康を管理し、社会参加を促す次世代のカギとなるテクノロジーが生まれてきています。

日本は世界に先駆けて超高齢社会に突入した先進国ですので、色々な課題を自ら解いていく立場にあります。ヒトの潜在能力を生かしたモノづくりが、社会保障費の減少、労働者人口の増加、さらに老後の生きがいを豊かにするのに貢献するばかりでなく、日本を牽引する輸出産業の一つになる日が目の前に来ているのです。

プロフィール

1971年北海道大学大学院工学研究科修士課程修了。その後、スタンフォード大学客員助教授、北海道大学電子科学研究所教授、東京大学先端科学技術研究センター教授などを歴任。現在は、東京大学高齢社会総合研究機構・特任研究員、JST S-イノベ「高齢社会」プロジェクト領域代表、及び東京大学名誉教授・北海道大学名誉教授。専攻は生体工学、音響工学、福祉工学。
著書に「福祉工学の基礎」(コロナ社、2016年)、「福祉工学への招待」(ミネルヴァ書房、2014年)、「福祉工学の挑戦」(中公新書、電子書籍、2004年)などがある。

数理工学：社会を支える数学

▶▶ 基調講演

東京大学 生産技術研究所 教授
最先端数理モデル連携研究センター センター長

合原 一幸 氏

します。しかし、パワースペクトラムでは、この2つの波形はどちらも同じ特性（白色ノイズ）になり、区別することはできません。一方、ある時刻の値とその次の時刻の値との関係をプロットしていく「リターンプロット」という方法を用いて表示すると、先ほどの2つの波形は図2のようにまったく違った特性になるのです。ちなみに、この時間データの上側は二次関数から作ったカオスなので、リターンプロットがきれいな放物線となるのですが、下はコバルトのガンマ線放射の時間間隔の時系列データです。ガンマ線の放射はポアソン過程という確率現象になっていて、リターンプロットでは指数分布で点がばらまかれることとなります。

このように、複雑なふるまいを生み出すからくりには、「確率論的な法則によるもの」と、「決定論的な法則によるもの」があります。二次関数のような決定論的法則からでも複雑なふるまいが生まれるということの世界の研究者たちは1975年頃に知り、それ以後、カオスの研究が大きく進んできました。

数理工学で実社会の複雑系に挑む

実際に世の中の様々な時間波形を見ると、カオス現象がいろいろあるところにあることがわかってきました。先ほどの例では1変数のシステムでしたが、実は高次元のシステムでもふるまいの解析は可能です。ターケンスの埋め込み定理で保証されてい

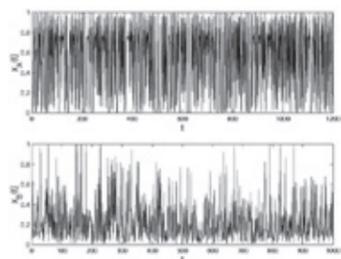


図1 複雑に変動する2つの時間波形

るのですが、高次元のシステムから、たとえ1次元のデータしか観測できなくても元の高次元空間のふるまいを再構成できます。つまり、雑音の少ないデータがあれば、必ずしも方程式を書かなくても実現象のモデルをコンピュータの中に作ることができて、それを使ってたとえば短期予測もできるのです。ビッグデータがあれば、コンピュータの中にデータから直接数理モデルが作れる時代になってきています。

実際に私たちもさまざまな取り組みを行っています。たとえば、再生可能エネルギーの変動予測です。太陽光発電や風力発電は、天候に左右されるため発電量の変動が激しく予測が難しい。気象予報や衛星画像などがありますが、それだけではなかなか十分な精度が出ません。私たちはこれらに加えて、各発電所の地点における時系列データを計測し、精度の高い予測を行える数理的手法を構築しているところです。

数理モデルはほかにも、社会の様々な諸問題に応用することができます。たとえば、医学の分野では病気悪化の予兆を検出できる「動的ネットワークバイオマーカー(DNB)」を発見しました。この理論は、さまざまな複雑なネットワークが不安定化する際の予兆検出にも広く応用できます。たとえば、大量の再生可能エネルギー導入による電力ネットワークの不安定化や交通渋滞の問題などの解決です。リーマンショックのような経済変動の予兆もある程度検出できます。また、経済のデータは脳や地震のデータと共通点があって統一的数理手法での解析が可能です。

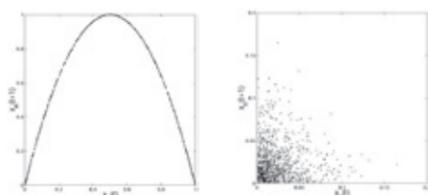


図2 ある時刻の値とその次の時刻の値との関係を表すリターンプロット

脳と人工知能(AI)に関する先進的な研究も進める

私たちは脳と人工知能(AI)についての研究にも取り組んでいます。脳の神経細胞から成るネットワークの仕組みを再現しようという人工ニューラルネットワークというモデルがあります。1943年にマッカロックとピッツが提案したニューロンモデルが発点になっています。彼らは、このニューロンモデルを十分たくさん使うと任意の論理関数そしてコンピュータの原型であるチューリングマシンと等価なネットワークを作ることができることを証明しました。

最近ではディープラーニング(深層学習)が注目されています。ディープラーニングは、ニューロンから成る層をたくさん並べた人工ニューラルネットワークを用いて学習を行います。実は、入力と出力の写像を作るだけであれば3層あれば十分であることが証明されています。実際の脳も深い層の情報処理と浅い層の処理とを使い分けているので、おそらく何でもディープラーニングでやればいと言うわけではありません。最近、ディープラーニングが脚光を浴びているのは、学習に使うビッグデータと、このビッグデータを使って学習させることができるコンピュータパワーが利用可能になったためです。

ニューロンモデルの研究は古くから行われています。特に、英国の生理学者のホジキンと物理学者のハクスレーは、ニューロンの特性を微分方程式で定式化することに成功し、1963年にノーベル生理学・医学賞を受賞しています。また、米国のフィッツフューと日本の南雲仁一先生はこの微分方程式を単純化したフィッツフュー・南雲方程式を提案しました。さらに南雲先生はその電子回路モデルも製作しています。その時の回路は私の研究室で大切に保管しています。

私たちは南雲先生の研究手法を踏襲し、大脳皮質ニューロンの数理モデルを最先端のアナログ集積回路で作る研究も行っています。当研究室の河野崇准教授は、1ニューロンの素子が3nW(ナノワット)で動く回路を設計しています。人間の脳には約1000億個のニューロンがあります

が、それをすべて実装したとしても300W、つまり電球数個分で動くのです。

当研究室ではほかにも、科学技術振興機構の山本喜久先生をプログラムマネージャーとする、内閣府の革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)「量子人工脳を量子ネットワークでつなぐ高度知識社会基盤の実現」に参加しています。いわゆるNP困難な組み合わせ最適化問題を量子ニューラルネットワークにより解こうとするものです。当研究室は脳型情報処理、シナプス可塑性、ディープラーニングなどの理論の部分を担当しています。この量子ニューラルネットワークを光電子技術によって実装した論文が、2016年11月4日に発行された学術雑誌「Science」に掲載されています。

AIやロボット、意識などについてさらに研究を進めていく

AIやロボットなどの話題が盛んになると、AIが意識を持つんじゃないかと、人間の能力を超えるのではないかと(シンギュラリティ)といった心配をする人がいます。実際に脳の研究をやってみると分かりますが、脳と同じものはとてもコンピュータでは作れません。よってシンギュラリティは起きようがありません。囲碁や将棋など、ルールが定まり学習するビッグデータがある世界では非常に高性能なものが作れます。しかし、トータル能力として脳を超えるものは、我々脳を研究している立場から言うと100年や200年ではできないように感じます。

AIが意識を持つかという議論をするた

めには、まず意識について深く考える必要があります。米国の認知神経科学者・ガザニガは、「意識は創発現象である」と言っています。それに対して同じく米国の精神医学者・トノーニは、ニューロンが他のニューロンとつながることが意識と関係しているとして、ネットワークにより生みだされるエキストラな情報量を「Φ(ファイ)」と定義しています。

私は、意識がある状態とない状態との変化から、どこで意識が出てくるのかをとりたいと考えています。たとえば、睡眠状態では意識がなくて、起きると意識が復活します。進化論では単細胞生物からだんだん多細胞生物になり意識が生まれたと考えます。人間の赤ちゃんは妊娠23週目ぐらいで、お腹の中で嫌な刺激に対して反応しますが、植物状態は意識がないと思われていましたが、最近の研究で実は表現できないだけで意識を持っていると思われる例がかなりあります。このような意識のある状態とない状態の分岐過程の研究が進めば、AIやロボット、意識などについて深く議論ができるようになると思います。

今年の2月にKKEと東京大学生産技術研究所とで、「未来の複雑社会システムのための数理工学」という社会連携研究部門を設置しました。未来の複雑社会システムの諸問題を解決するための基盤となる数理工学の基礎研究を進めるとともに、公益性の高い社会の様々な複雑問題の解決に向けた数理工学の応用研究を4年ほどかけて行っていきます。まだ始まったばかりですが、近い将来、その成果を報告したいと考えています。

プロフィール

1977年東京大学工学部卒業。1982年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了(工学博士)。東京電機大学助教授、東京大学助教授などを経て、1998年東京大学教授。JST ERATO合原複雑数理モデルプロジェクト研究総括、内閣府/JSPS FIRST 最先端数理モデルプロジェクト中心研究者などを歴任。現在、東京大学生産技術研究所教授、同最先端数理モデル連携研究センター長、同大学院情報理工学系研究科教授、同大学院工学系研究科教授。





▶▶ 自然災害への備え

未来に向けた免震技術

福岡大学 工学部 建築学科
教授

高山 峯夫 氏

免震技術が解決すべき課題

免震構造はその効果を十分に発揮していますが、解決すべき課題もいくつかあります。たとえば、今回の熊本地震で見られたような長周期長時間地震動では、建物が通常想定される以上に長時間揺れることになります。免震構造の設計において、長周期長時間地震動や活断層近傍でのパルスの地震動などを考慮し、建物の安全を確保することが必要になります。想定される設計用地震動に対する耐震余裕度の適切な設定が重要です。

免震構造の安全性を高める方法の一つは、免震層の変形能力を高めることです。積層ゴムなど免震デバイスのエネルギー吸収性能の評価をしっかりとやっけていかなければなりません。実は、日本には大口径の積層ゴムの試験機がありません。ぜひ日本にも大型の試験機を導入してほしいと政府に掛け合っているところです。

また、最近では高層建物にも免震構造が採用されていますが、高層建物の場合、風荷重による応答の評価が求められます。風応答と地震応答は相反する関係にあります。その特性をふまえながら、風向や風速などが変化した場合の応答評価を行う必要があります。

このほか、免震建物の性能を評価するためには、免震建物の地震観測も必要です。

免震層に「けがき式変位計」を設置することが望ましいですが、最近ではスマートフォンのアプリを使った地震計も登場しています。これらのデータを活用することで、耐震性の把握だけでなく、地域の防災能力向上にも役立つと考えています。

免震構造の技術発展のベクトルと未来

免震構造は最初、プリミティブ（基本的）なところからスタートし、最近では、3次元免震やセミアクティブ制御を利用した免震など、技術はどんどん高まっています。ただし、技術の発展はより高度化することが求められていますが、あまりにも高度化すると、多様な需要に応えることができなくなり、価格も高くなります。高度化を追求する一方で、標準化・汎用化、簡素化・低コストも大切だと考えています。

日本学術会議の「理学・工学分野における科学・夢ロードマップ」（2011年7月）では、耐震技術の向上により2050年までに「地震フリー建物」を実現する構想が盛り込まれています。夢に終わらせず、実現していかななくてはならないと思っています。



プロフィール

1960年、福岡県生まれ。82年、福岡大学工学部卒業。86年、東京大学大学院修了後、福岡大学にて免震構造の実用化に取り組む。免震構造の実現に欠かせない積層ゴムの実大破壊実験、有限要素解析に取り組み、積層ゴムの優れた荷重支持性能のメカニズムを解明。その成果により、98年に日本建築学会奨励賞受賞。免震構造だけでなく、地域やまちの災害リスクを低減する方策の研究にも力を入れている。専門は建築構造、免震構造。

▶▶ 自然災害への備え

頻発する異常豪雨と災害
—まさかの災害にどう備えるか—九州大学大学院
工学研究院附属アジア防災研究センター 教授

橋本 晴行 氏

地震と豪雨災害の違いは「警戒期の監視・準備」ができること

九州・山口は水害や土砂災害など豪雨災害の頻発地です。最近、豪雨災害の発生が全国的に広がっています。しかし、依然として多くの住民が逃げ遅れ、自治体は避難情報発令のタイミングを逸しています。

地震災害の対応には「日ごろの備え」「発生後の救助」「復興」の3段階がありますが、豪雨災害ではこれが4段階になります。その違いは「警戒期の監視・準備」の有無です。

地震時の避難は事後避難であり、豪雨災害時は事前避難です。行政などではよく「早めの避難を」と呼びかけますが、そのタイミングは難しいところです。気象警報、土砂災害警戒情報などの情報収集や河川などの監視を行い、予測・判断しなければならぬからです。

さらに、異常豪雨と言ってもさまざまで、短時間の集中豪雨もあれば数日間連続して降る雨もあります。異常豪雨による災害はまさにシナリオなき災害と言っても過言ではありません。あらかじめ決まったシナリオであれば事前に備えて対応することも容易ですが、突発的に発生する豪雨への対応は困難です。従って、まずは過去の災害事例について調査し、教訓を見出すことが重要です。その上で、図上演習や防災訓練を行い、地域の弱点を把握するとともに、とっさの判断・対応力を養うことが必要になります。

に、とっさの判断・対応力を養うことが必要になります。

「空振り」覚悟で、早めの対応・避難をすることが大切

前述したように、豪雨災害には、気象警報など（予測情報）の発表から災害発生までの間に警戒期が存在します。事前避難の原則は、この警戒期において早めに避難することですが、実際には、予測情報をもとに避難行動を起こす住民は極めて少ないのです。

早期の予測情報は精度が悪く空振りになることも少なくありません。しかし、遅い情報は精度は良くても逃げ遅れにつながります。従って、警戒期に、空振り覚悟で早めの避難をすることが重要です。

また、ここで大切なのは、流域の視点を持つことです。流域内の下流域では無降雨あるいは小雨でも上流域では豪雨ということもあります。流域全体を俯瞰的に見て、災害の全体像を知り、その上で対応を考えるべきです。そのため、流域内の降雨・災害情報に無関心であってはなりません。

また、地域の地形・地質、土地利用と自然災害など、地域の視点も必要です。平時より、自分が住んでいる地域、よく訪問する場所、よく通過する道路の災害危険度（リスク）を把握しておくことが大切です。経験に基づく危機管理には限界がありま



す。過去に、川沿いの住民は水害を予想し避難した一方で、高台の住民は避難しなかったため、土石流災害に遭った例もあります。豪雨災害ではとっさの判断（予測）が生死を分けます。繰り返しになりますが、予測が安全側に外れ、空振りになっても、被害がなくてよかったと思えるような、早めの対応・避難を行うことが重要です。



プロフィール

1978年 九州大学大学院修了。災害頻発地である九州において、水害・土石流災害に関するシミュレーション解析・アンケート調査などを実施。その実態解明、住民の避難行動および自治体の危機管理などの調査研究のほか、自治体、学会、技術者と連携し、防災に関する講演会を企画・開催。最新の自然災害科学の普及・啓蒙活動にも取り組む。これまで、福岡県土砂災害対策検討委員会委員長、国土交通省九州土砂災害対策懇談会委員などを歴任。



▶▶暮らしを変えるIoT

IoTと位置・空間情報サービスがもたらす未来像

名古屋大学 未来社会創造機構 教授
社会イノベーションデザイン学センター 副センター長

河川 信夫 氏

信事業者) が登場しているほか、LPWA (低消費電力広域) などの技術を活用することで、月額30円程度で利用できるサービスも生まれています。

名古屋でのデータ収集・分析・可視化事例

IoTにより、大量のデータを収集することが可能になります。その内容は、時系列情報、位置情報、パターン情報などです。

位置情報について言えば、誰でも、どんなモノにも「位置」があります。さらに必ずしも時間もあるため、「位置+時間」の時空間情報があります。モノがどこからどこへ、いつ移動したのかを分析・利用するのがIoT時代です。飛行機や船舶の航空・航行管制系ではすでに広く活用されています。さらに、従来はプロしか利用できなかったこれらのデータを誰でも利用できるようになりつつあります。

名古屋大学でも位置情報のデータ収集・分析・可視化などの研究に取り組んでいます。たとえば「駅.Locky」は、最寄り駅の次の列車の出発までの時間をカウントダウン形式で表示するスマートフォン向けの時刻表アプリです。

名古屋市内のタクシープローブ情報の可視化では、タクシーの乗車場所分析のほか、タクシーデータからの稼働検証なども行っています。タクシーのIDごとの収入

が算出されるほか、「もっとも稼いでいるのは駅前ではなく病院からの乗客」といったことも判明しました。

西鉄バスのプローブ情報の可視化では、渋滞(バスの遅延)を異なる日で一目瞭然にできるといった取り組みを進めています。バスについては名古屋市の市バスについても、位置情報などのデータを私が代表を務めるNPO法人位置情報サービス研究機構(Lisra)に提供していただいて、どのようなメリットが存在するのか、利活用の方策を検討しているところです。

このほか、人の空間情報の活用に向けた取り組みも進めています。歩行者自律航法(PDR)技術により、人の屋内での移動を把握することで、O2O(Online to Offline)マーケティングなどの実証実験を行っています。

今後も、IoTや位置情報を使って、皆様のビジネスに発展させていきたいと考えています。



プロフィール

1995年名古屋大学工学研究科博士課程後期課程情報工学専攻満了。その後、名古屋大学工学研究科講師、同大学院情報科学研究科情報システム学専攻助教授などを経て、2009年より同大学院工学研究科計算理工学専攻教授。ユビキタスコミュニケーションシステム、情報システム、通信ネットワークを専門に幅広く活動。情報処理学会、電子情報通信学会、人工知能学会、日本ソフトウェア科学会、日本音響学会、IEEE、ACMの各会員として、学会活動にも従事。

▶▶暮らしを変えるIoT

IoT：企業におけるデータ活用イノベーション



株式会社サン電工社
事業開発部 主任
土井 隆太郎 氏



株式会社アルマデ
代表取締役
本田 幸一郎 氏



株式会社 Nayuta
代表取締役
栗元 憲一 氏

モノのインターネットが生活やビジネスを変える

長柄 本講演では、「IoT：企業におけるデータ活用イノベーション」と題し、中小企業の現場に密着した実際の例をご紹介します。この後、3人の方に実際にIoTをどのように活用されているのかお話しさせていただきます。

その前にIoTとは何かを私からご説明しましょう。IoT (Internet of Things：モノのインターネット) とは、さまざまな「モノ(物)」がインターネットに接続され、情報交換により相互に制御する仕組みです。IoTサービスの基本サイクルは、「①センサー等でモノから情報を取得」、「②クラウドにデータを蓄積する」、「③データを分析する」、「④ヒトやモノにフィードバックする」となります。

IoTサービスで大切なのは、この「フィードバック」です。単にモノがインターネットにつながることで「モノから情報を取得できる」だけでなく、それを利用・分析してどうフィードバックするか、つまり「どういう社会問題を解決するか、誰の課題を解決するのか」を考えることが重要です。3人の方々にその取り組みを紹介してまいります。

IoTを用いた高齢者見回り・ライフサポート (サン電工社)

土井 当社は電気工事、通信工事がメイン事業です。4年ほど前から介護事業に参入し、子会社がデイサービス、訪問介護、ケアプランセンターを運営しています。

高齢化社会が進む中で、慣れ親しんだ地元に住み続けたいと考える高齢者が多くいらっしゃいます。そこで、高齢者の見守りをベースに、生活のサポートを行う事業を開発しました。具体的には、「バイタルセンサー(呼吸や心拍数)」、「人感センサー(日々の活動量)」、「ドアセンサー(外出の

頻度)」、「温度センサー(室温)」といった4つのセンサーを活用し、これらの情報を収集し、異常があれば、安否確認やご家族へのフィードバック、緊急時には病院や救急などへ連絡も行います。

当社では、収集したデータをリアルタイムで活用しますが、蓄積したデータを分析し、さらに活用することも考えています。また、直接、高齢者の顔を見て日々の体調や健康状態を確認するために、当社では遠隔だけでなく、必ず訪問での見守りも行っています。

当社の経営資源にIoTの技術を活用することで、新たな事業領域への挑戦が可能になりました。

IoTデバイスを活用した建物管理と収益最大化への取り組み (アルマデ)

本田 当社は、不動産仲介・売買・管理、シェアハウス運営、外国人投資家向け仲介サービス・管理などを行っています。

IoTの活用をシェアハウスを例にご説明します。当社では現在、福岡市内にある当社が管理するシェアハウスに構造計画研究所の協力を得て試験的にスマートロックを導入しています。

米LockState社が開発したWi-Fi型スマートロック「RemoteLock」の大きな特長は、インターネット経由で複数のキーを一元管理できることです。

鍵の受け渡しはクラウドで完結するため、鍵の紛失や複製の心配がありません。複数の入居者の入退室履歴を取ることでもできます。友だちを呼ぶときや清掃業者が入るときなどは期間限定コードを発行することもできます。また管理人不在でも入室ができるため、新たな入居者の内見などの際に鍵を準備する手間も省けます。

当社ではこのスマートロックに加え、セキュリティカメラをインターネットにつなぎ、半年間ほど、運用しました。さまざまなコストが削減され業務の効率化につなが



[コーディネータ]

福岡県中小企業診断士協会 理事/
創業・経営革新研究会 会長

長柄 一夫 氏

りました。今後は、民泊管理などにも応用できると考えています。

Internet of Things × Internet of Money (Nayuta)

栗元 ブロックチェーンは、国家や会社に依存しないお金(ビットコイン)を生み出すために考え出されたアルゴリズムです。

ブロックチェーンはIoTにどのように役立つのか。私たちは、IoTはやがてデータを収集するだけでなく、さまざまな機器が連動して解析し、さらに環境そのものを変えていくような発展をすると考えています。そのインターフェイスとなるのがお金、特に少額のお金です。

当社はそこで、IoTとIoM (Internet of Money) を応用したプロダクトを開発中です。その一つが、ブロックチェーン技術を活用した使用権をコントロールできる電源ソケットです。電源ソケットの持ち主は、何月何日の何時に何時間だけ使用できるという使用権トークンをスマートフォンのユーザーに送付することができます。カフェで30分だけ有効なコンセントや、マンション住民にしか使えない共有部コンセントなどの用途が考えられます。

当社ではこのほか、IoT技術とIoM技術を組み合わせたハード、ソフトの開発、ブロックチェーン実装、センサーネットワークなども手がけています。さまざまなレイヤーでさまざまな企業の皆さんと協業していきたいと考えています。

福岡発のIoTを盛り上げ、引っ張っていきたい

長柄 三者三様でIoTの開発や実用化に奮闘されていることに敬意を表します。福岡は、2035年頃までに人口がさらに10万人増えると言われています。ぜひご来場の皆さんと共に福岡発のIoTを盛り上げ、引っ張っていききたいと思っています。

展示ギャラリー

東京・福岡の両会場では、当社が描く“Wise Future”につながるようなコンセプト体験型の展示を行いました。



構造解析×画像相関 (DIC) × Fashion 3D Printing Shoes

ミラノコレクションにも登場した、3Dプリンタで出力した靴を展示いたしました。当社は耐性の検証のため静止時、歩行時の構造解析を行いました。



流体力学を用いた ワインボトルの液だれ改善シミュレーション

ボトルから液体を注ぐ際の液だれを防止する為、流体解析ソフトウェアParticleworksで解析を行いました。どのように改善されるのか、シミュレーション結果と実物を並べて比較いただきました。



すまいIoT 安全・快適な暮らしを デザインする

長年構造設計や免震・耐震、シミュレーションを行ってきた当社ならではの、人々の“すまい”に着目した最新のIoTソリューションを複数ご体験いただきました。



XFdtによる ニュートリノ観測用アンテナの電磁界解析

ニュートリノの観測を行っている千葉大学の間瀬圭一先生と共同で、アンテナの小型化を行いました。当社が電磁界解析を行ったアンテナと、その結果を受けた手法で小型化に成功したアンテナの2種類を展示しました。



NavVis 屋内デジタル化プラットフォーム

屋内の3Dモデルを効率的に作成するNavVisを利用して、今回キャナルシティ博多の内部をスキャンしました。実際に人が手で押して屋内をスキャンする「M3Trolley」と、実際にスキャンした3Dモデルをビューアーでご覧いただきました。



GPS/GNSS 信号シミュレータ スマホで体験、どこでもドア!?

電波シールド内に信号シミュレータで電波を飛ばし、スマホやタブレット上で世界中どこへでもいけるような体験をしていただきました。



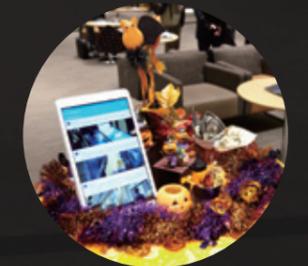
VR (仮想現実) × 地震ザブトン 超高層ビル地震体験

阪神淡路大震災、東日本大震災、熊本地震時における部屋の揺れや家具の転倒・移動の様子を、白山工業様の地震ザブトンとHTCVive (VRデバイス) でリアルに再現し、疑似体験していただきました。



ITS 公共交通のこれまでとこれから

当社で行ってきた交通ビジネスについて、バスロケーションシステムから自動運転や充電ステーションの最適配置シミュレーションまで、幅広い取り組みについて年表や紹介パネルを展示しました。



KKE 歴史年表

当社創業の頃からの事業テーマの広がりを年表で表現しました。