発 行 所 日本機械学会 計算力学部門
お問合せ 03-3560-3501

ISSN 1340-6582

日本機械学会 計算力学部門

CMD Newsletter

COMPUTATIONAL MECHANICS

計算力学部門ニュースレター No. 62 November, 2019

目次

・特集：Society5.0を支える人と人工物システム・サービスの計算情報科学基盤創成へ向けて

•Society5.0を支える人と人工物システム・サービスの計算情報科学基盤とは
ダイキン情報システム ……平野　徹……2

•構造・機能・ユーザ体験のモデルに基づく設計 ……東京大学 ……村上　存……7

•風力発電設備のデータ駆動型異常検知技術による診断支援への転移学習の適用
産総研 ……村川正宏 ……11

•Society5.0を支える計算情報科学基盤の課題と期待 ……日立製作所 ……佐々木直哉 ……13

・部門からのお知らせ

•第32回計算力学講演会(CMD2019)開催報告 ……東洋大学 …… 田村善昭 ……15

•KSME-JSME Joint Symposium 開催報告 ……京都工芸繊維大学 …… 高木知弘 ……17

•2019年度年次大会の開催報告 ……東北大学 …… 岡部朋永 ……20

•第33回計算力学講演会(CMD2020)開催案内 ……鹿児島大学 …… 池田　徹 ……21

※目次の表題をクリックすると、本文が表示されます。

特集　Society5.0を支える人と人工物システム・サービスの計算情報科学基盤創成へ向けて

Society5.0を支える人と人工物システム・サービスの計算情報科学基盤とは

平野　徹
ダイキン情報システム（株）、CAE懇話会

筆者は、9月10日に秋田大学にて開催された機械学会2019年度年次大会にて、東京大学・越塚教授との共同企画として『Society5.0を支える人と人工物システム・サービスの計算情報科学基盤創成へ向けて』と題した先端技術フォーラムを開催した。本フォーラムでは下記5件の講演と合わせ、5名の講演者によるパネル・ディスカッションも行った。

（１）Society5.0を支える人と人工物システム・サービスの計算情報科学基盤とは　　平野　徹（ダイキン情報）
（２）構造・機能・ユーザ体験のモデルに基づく設計　　村上　存（東京大学）
（３）風力発電設備のデータ駆動型異常検知技術による診断支援への転移学習の適用　　村川正宏（産総研）
（４）デジタル価値付加型シミュレーション～デジタルの海からのモデル創発は可能か？～奥田洋司（東京大学）
（５）Society5.0を支える計算情報科学基盤の課題と期待　　佐々木直哉 (日立製作所)
（６）パネル・ディスカッション：ＩｏＴ、ＡＩ時代に人間中心の社会（Society5.0）を実現するための産官学連携とは？

本稿では、本先端技術フォーラムの主旨も含めて筆者の講演の概要を述べ、さらにパネル・ディスカッションでの論点と意見を要約して報告する。本ＣＭＤニュースレターの特集では、さらに本フォーラムに参加頂いた各講演者の講演に関して各氏の寄稿を頂いているので、そちらも参照頂きたい。

図１．デジタル変革のためのイノベーションの3 階層

１．ＩｏＴ、ＡＩ時代の製品開発パラダイムの変化

日本が提唱するSociety5.0[1]は、課題先進国である日本の人口減少と都市部集中に伴う地域崩壊という社会的課題を新しい技術（ＩｏＴ、ＡＩ等）を積極的に取り入れて解決する施策であり、同時に、新興国を中心とした人口急増と都市化、環境破壊といった地球規模の持続性課題を解決するためにも大変有効なものと考えられている。さらに、世界の新興国でも新しい通信プラットフォームが急激に拡大し、商品・サービス市場の形態が大きく変化している。世界市場における大変革に対応するために、日本の製造業は自社の製品やシステムにＩｏＴ・ＡＩ技術を取り込み新たなスマート・サービスを生み出すことで、モノづくりからコトづくりへ、ハード主体からソフト主体へと事業転換を迫られている。

そのために、大きく３階層のイノベーションを実現する必要があると考える。これは図１に示すように、あらゆる製品・機器をＩｏＴ接続することにより新たな機能を付与するプロダクト・イノベーション、それらを開発するためのデジタルプロセスのイノベーション、さらにコネクテッド・プロダクツとプラットフォームで構成されるＣＰＳ（Cyber Physical System）によって新たなスマート・サービスを提供するビジネス・イノベーションである。これは図２に示すように、今までの製品開発プロセスにおける最適化プロセスの実現やモデルベース開発によって構築される製品の構造・機能・制御ソフトを含めたデジタルモデル（デジタルツイン）に加えて、そこで構築されたデジタルツインを生産プロセス開発に活用し、さらにスマート・サービスのためのデジタルツインとして拡張するための統合的開発を実施することが必要となる。このための新しい開発環境を拡張CAEとして定義した[2, 3]。

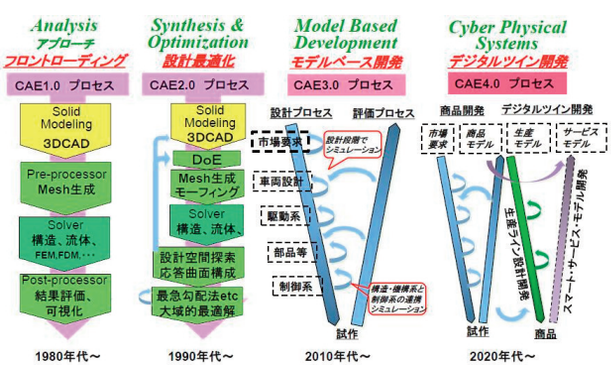


図２．ＣＡＥプロセスの発展とデジタルツイン開発[8]

ここでは、製品・機器のデジタルツイン、それを生産するための生産プロセスのデジタルツイン、さらにそれらを通して提供されるスマート・サービスのためのデジタルツインの開発に必要となるモデル化について提案し議論する。合わせて、スマート・サービスを実現するアーキテクチャを分類・考察し、今後の異業種間連合等による新たなビジネス創出や、日本が提唱するSociety5.0の実現について考える。

２．ＣＡＥとＡＩの融合によるデジタルツイン開発

デジタルツイン開発のための拡張ＣＡＥで活用されるＡＩ・機械学習技術を図３に分類する。必ずしも深層学習（Deep Learning）や多層ニューラルネット（ＤＮＮ）だけではなく、ベイズ推論・ベイズ最適化や、固有直交分解（Proper Orthogonal Decomposition）等の統計数理解析技術によるモデル次元圧縮、さらに機器エッジ側の知能化や局所最適化を実現するための転移学習も、ＣＰＳによるスマート・サービスの実現には有効と考える[2, 3]。特に、機器・システムの知能化を図る場合、図４に示すようにＩｏＴ接続された多数の機器・システムからのデータを用いた統合的学習をプラットフォーム側にて実行し、機器エッジ側には学習済のＮＮモデルを移送することで推論制御を実現することになる。

プラットフォーム上のデジタルツインは、性能モデル、寿命モデル、スマート・サービス提供モデル等が準備されるが、機器・システムの開発段階で構築した高精度な数値モデルを用いて、設計解空間の全体に亘るパラメトリック解析を実施することで求められる応答曲面をＮＮに学習・回帰させることで得られる代理モデル（Surrogate Model）を性能モデルとして用いることで、プラットフォーム側の演算負荷の大幅な低減が可能となる。図５に示すように、高々３層の多層ＮＮによってあらゆる非線形関数が回帰できることが、既に数学的に証明されているが、中間層のノード数をどれほどに設計するべきかについては、知見が得られていない。そこで、Tensor Flow上でKeras Sequential Dense NN Modelを用いて３層及び４層のＮＮの中間層の数をパラメトリックに変化させ学習精度を比較した結果を図６に示す。この結果から、３層ＮＮで中間層ノードを512程度用意すると、４層の多数ノードＮＮと同程度の学習精度が得られることが分かった。用いたデータはKeras中のBoston-Housing Dataである。

一方、風力発電システム等の大規模なエネルギー設備の故障予知を行う際には、事前に故障モードの運転データを取得することができないため、Autoencoderを用いて多数の機器の正常運転データを自己学習し正常モデルを構築することで、異常予知サービスのデジタルツインの開発が可能となる。この場合、異なる地域に設置される設備は設置条件や気象・環境条件が大きく異なるため、多数の設備データを用いて学習された特徴抽出器を共通に使用し、上記の条件の異なる個々の設備ごとに異常分別を行うための分類器部分の学習のみを行う近傍ドメイン学習（図３に示す転移学習の一種）が大変有効であることが示されている[10]。

また、非線形性の強い流体解析や衝突解析などの解析結果

図3. 拡張ＣＡＥにおけるＡＩ・機械学習技術の分類

図４．プラットフォームとエッジ側の知能化の役割分担[8]

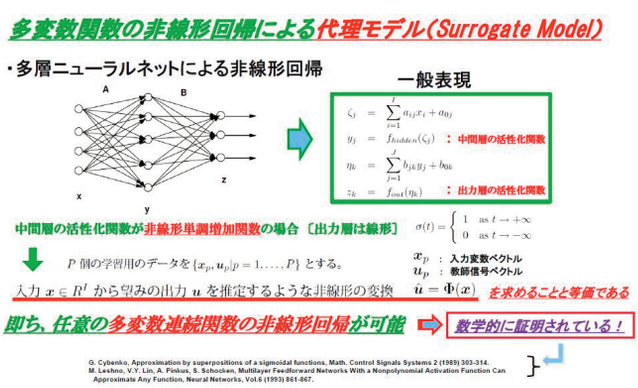
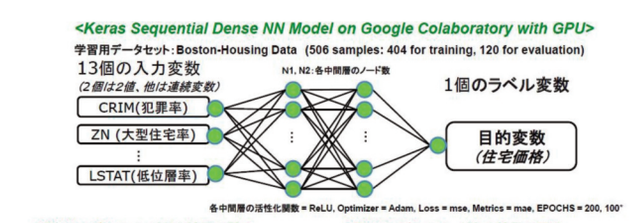


図5. 非線形関数の多層NNによる代理モデル化



3層NNモデルのノード数と精度の関係

中間層ノード数	全パラメータ数	Total Loss	絶対誤差
16	224	0.2916	0.3255
64	896	0.1675	0.2615
256	3841	0.1359	0.2491
512	7681	0.1064	0.2288
1024	15361	0.1144	0.2299

4層NNモデルのノード数と精度の関係

中間層1ノード数	中間層2ノード数	全パラメータ数	Total Loss	絶対誤差
16	16	513	0.2874	0.3545
64	64	5121	0.1872	0.2864
256	64	20097	0.1457*	0.2619*
256	256	69635	0.1481*	0.2563*
512	256	138753	0.1124	0.2284

図６．異なる多層ＮＮモデルよる代理モデルの学習精度比較

の時、系列応答データを、図７に示す固有直交分解等を用いる次元圧縮によって縮退モデル化すること（Model Order Reduction）で、複雑な非線形特性の代理モデル化も可能となると考える[4]。

３．ＣＰＳプロセスにおけるモノとコトに関わる不確かさの定量的評価と「人・社会」のモデル化

製品設計プロセスでは様々な設計変数を多様に変化させながら、性能やコスト、生産性等の多目的最適化を経て、最終製品仕様を決定している。通常これはパレート最適解として、設計変数の1つの組合せで表現される。しかし、それを実際の生産に移すと、使用する部品の形状や材料特性にばらつきがあり、さらに加工・組み立て工程でも寸法公差範囲内で個々の製品にばらつきや性能差が発生する。さらに、この製品を実際に設置し使用する際に、設置場所や使用条件等に不確かさが伴い、結果としてＩｏＴによって得られる製品運転データやプラットフォーム上のデジタルツイン・モデルには不確かさが伴うことになる。図８に示すように、製品・デバイスやデジタルツイン・モデルの不確かさをモノの不確かさと定義すると、デバイスの先にいる個々のサービス受益者（人）の特性のばらつきや、スマート・サービスの政策的不確かさをコトの不確かさとして定量的評価（Uncertainty Quantification）をする必要がある。さらに図９に示すように、人の感情の定量化と個人ごとの確率分布表現を行うことで、ＣＰＳプロセスにおけるベイズ推論の適用が可能となる[8]。

今までのシステム・サービスの最適化では対象の評価基準等は変化しなかったが、実際の人や社会の嗜好や反応は個人差が大きく不確かさ（行動経済学で言う限定合理性）を示すが、これを含めてモデル化することを考える必要がある。これまでの計算科学における最適化は、古典経済学で言うところのホモエコノミカスと呼ぶ、感情を持たない、利己的で、頭の良い、超個人的人間を前提としたものであった。しかし、現実の人間（ヒューマン）は、感情に動かされ、他人を意識し、たびたび間違いを犯す「限定合理的」な人であり、そのことを考慮した新しい経済学としての行動経済学[6、7]に立脚してスマート・サービスを考える必要がある。図１０に行動経済学のプロスペクト理論における価値関数と主観的確率ウエイト関数を示す[6、7]。

主観的確率ウエイト関数は、客観的確率に対する個人の主観の偏りを表現するモデルであるが、個々人の特性のバラつきを考慮して図１１上に示す関数のパラメータを図１１左下に示す正規分布で表現すると、図１１右下のように主観的ウエイト関数の不確かさ分布が得られる。この結果を見ると、パラメータの変化とともに参照点も移動してしまう。参照点とは、個人の主観的確率と客観的確率が同一になる点であり、通常は0.35あたりといわれているが、状況によって変化したり個人の嗜好によって変わると考えられる。従って、主観的確率ウエイト関数の参照点も独立パラメータに加え2変数モデルとして表現することがより多様な人・集団のモデル化では必要となると考えられ、検討を進めている。

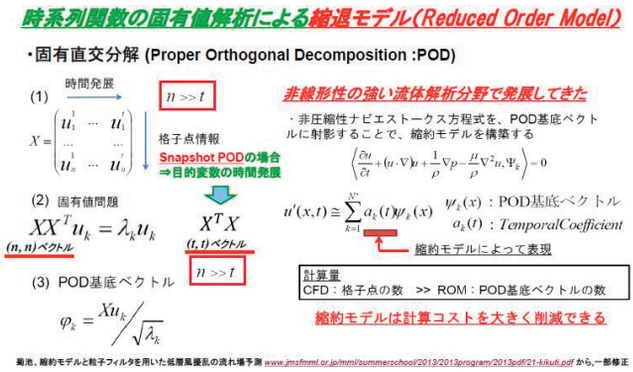


図７．次元圧縮による代理モデル化（固有直交分解）

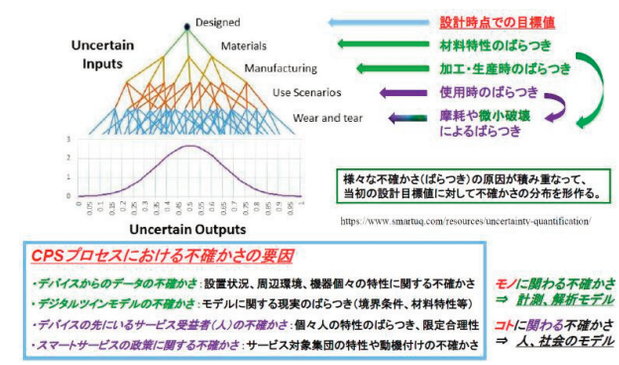


図８．モノとコトに関わる不確かさの積み重ね[8]

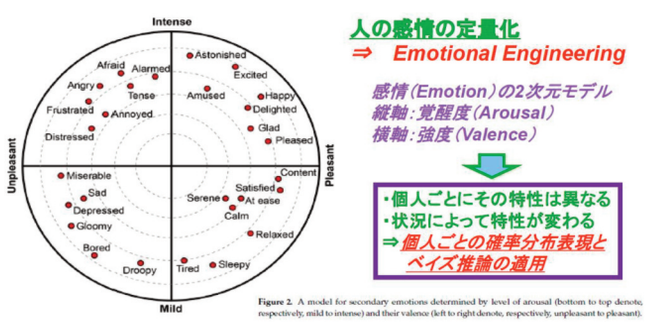


図９．人の感情の定量化とベイズ推論の適用可能性[11]

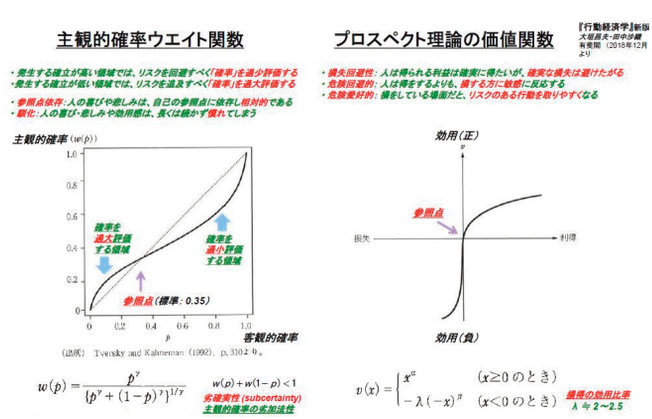


図 １０．行動経済学における人間の限定合理性モデル[6、7]

４．デマンド・サイドとサプライ・サイドをマッチングするスマート・サービスのモデル化

スマート・サービスは、単独の機械・システムが実現していた様々なサービスのレベルを、ＩｏＴ接続されることでより総合的に効率化、高性能化、快適性向上などを実現するものである。さらに機械と人の相互作用において、人の感情を含めてそのサービスが対象とする人・社会の受容・反応をモデル化する必要がある。その上で、同様なシステム群や社会システム等のサービスレベルを比較・評価し最適化する必要がある。

図１２にスマート・モビリティ・サービスで世界的に普及しつつあるUBER社のサービス概要を示すが、基本的に、デマンド・サイド（乗客）とサプライ・サイド（ドライバー）をリアルタイムにマッチングさせるネットワーク・サービスと定義できる。その上で、料金決済と両者の評価を管理する仕組みを併せ持つことが、本サービスの新しいポイントである。今までのシステム・サービスの最適化では対象の評価基準等は変化しなかったが、本サービスではサプライ・サイドとデマンド・サイドの両者がお互いに評価し、その評価の蓄積を用いて互いに選択可能としている点が新しいスマート・サービスとして考えられる。

そこでさらに、電力デマンドコントロールや製造業のサプライチェーン、Ｅコマース等を含めた、より汎用的なスマート・サービスの基本アーキテクチャを考えてみたい。図１３にその概念を示すが、サプライ・サイドはいずれの場合も全体として変動をより少なく安定的供給を実施するために統合的、全体最適を目指す。一方、デマンド・サイドは個別分散的で、個別機能要求に対して多様に反応し、且つ動的変化を伴い様々な状況因子に依存し変動する。これら変動する要求を集約（アグリゲーション）するために、本来の市場要求（ＶＯＣ）や需要の予測を行い、さらに積極的に需要を喚起するために価値訴求を行ったり、個人や集団の顧客に対しサービス施策の動機づけを行う。最近よく言われるＵＸ（User Experience）は、仮想的に顧客に新商品やサービスの価値を体験させるものであり、デマンド・サイドに積極的に関与することで需要の掘り起こしや集約を可能とするものと考えられる。

５．Society5.0を支える「計算情報科学基盤」へ向けて

人口減少などの課題先進国である日本が、経済発展と社会的課題の解決を両立するための施策としてSociety5.0を策定した。これは図１４に示すように、サイバー空間とフィジカル（現実）空間を高度に融合させたシステムにより、人間中心の社会（Society）を目指すものである[1)]。従って、Society5.0で実現すべきスマート・サービスの制度設計や、コネクテッド・プロダクツとプラットフォームで構成されるＣＰＳの開発環境として、図１５に示すように設計科学、計算科学と情報科学の融合に加えて、行動経済学が提唱する人の「限定合理性」や「利他性」等の概念に基づく人・社会のモデリングとスマート・サービスのデジタルツイン構築をも統合した「計算情報科学基盤」の構築が是非とも必要となる

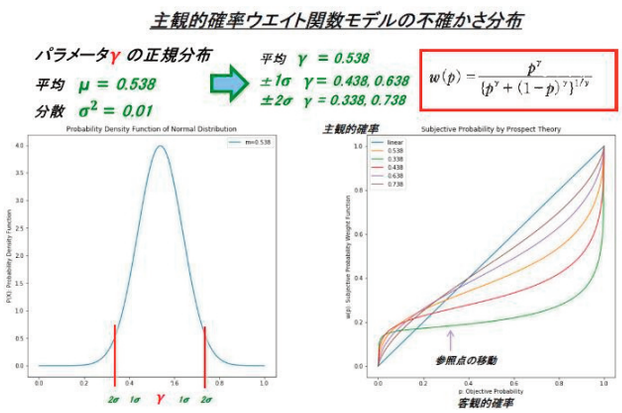


図１１．主観的確率ウエイト関数モデルの不確かさ分布[11)]

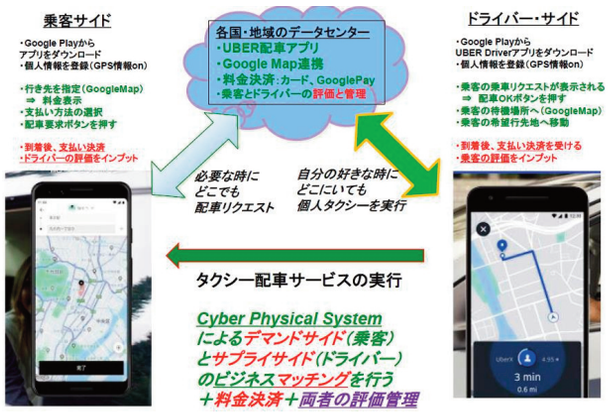


図１２．Uber社のスマート・モビリティ・サービス概要[11)]

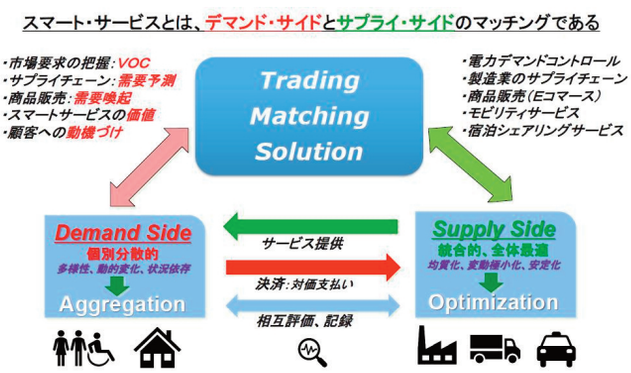


図１３．スマート・サービスの基本アーキテクチャ

図１４．Society5.0による人間中心の社会の実現[1)]

[3, 4]。この基盤構築を通して、ＣＰＳをベースとした新しいスマート・サービスの設計と開発を進めることが、人を中心とした社会の実現を世界に先駆けて実現することになり、今後の日本の強みとなるものと信ずる。

６.パネル・ディスカッションの概要

本先端技術フォーラムの最後に、『ＩｏＴ、ＡＩ時代に人間中心の社会（Society5.0）を実現するための産官学連携とは？』と題して、下記の観点からパネル・ディスカッションを行った。

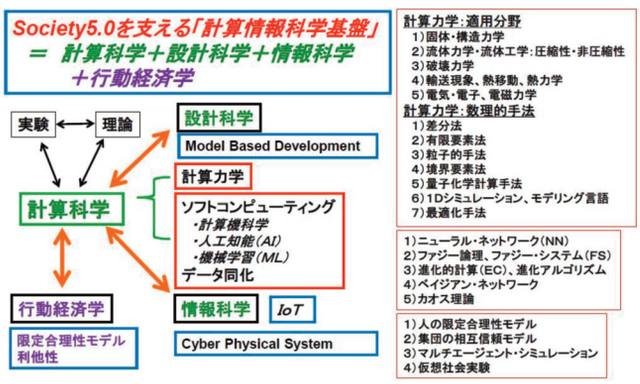


図１５．Society5.0を支える「計算情報科学基盤」[8]

・機械学習、統計数理と計算力学の融合のための、産官学連携は？

⇒　データからの現象理解と物理モデル・アプローチの融合、意味或いは機械の機能の発見、説明可能性、日本のレガシー（優良商品）を整理する必要性、エッジデバイスの重要性

・人と社会をどのようにモデル化するか？文理融合の視点？

⇒　潜在価値や新しいモノづくり、市場の創成のためのデザインドリブン・イノベーション、任天堂Wii：意味と技術の合体

・スマート・サービスのデジタルツインを考えるアプローチは？

⇒　潜在価値や新しいモノづくり、市場の創成のためのデザインドリブン・イノベーション、任天堂Wii：意味と技術の合体

・スマート・サービスのデジタルツインを考えるアプローチは？

⇒　製品の利用方法から価値を発見、ソリューションから意味へ、バリューチェーン全体でのバックキャスト・フォーキャスト

全体を通して、シミュレーションとＡＩの融合や説明可能性、さらに意味即ち機械の機能や潜在価値による市場創出に関する意見が出され、大変有意義なパネル・ディスカッションであった。

付　記

「ソサエティ5.0を支える人と人工物システム・サービスの計算情報科学基盤創成」は、第24期学術の大規模研究計画マスタープランに応募中であることを付記する。

参考文献

(1) “内閣府資料・Sciety5.0とは”、平成29年6月 9日.
(2) 平野徹、“Industry4.0、IoT時代のものづくりとCAEの再定義”、日本機械学会2017年度年次大会 先端技術フォーラム　F011001 (2017).
(3) T. Hirano, Defining Extended CAE Technology toward the Integration of CAE and AI, July 2018, WCCM2018 MS1314.
(4) 平野徹、“コネクテッド・プロダクツとスマート・サービスの開発を支える拡張ＣＡＥ”、日本機械学会2018年度 年次大会 先端技術フォーラム　F012001 (2018).
(5) 平野徹、“計算力学とAIの融合へ向けて：ＣＰＳを前提とした計算情報科学基盤”、機械学会第31回計算力学講演会(CMD2018)、フォーラム02、F02-1 (2018).
(6) 大西昌夫、田中沙織、『行動経済学』新版，有斐閣（2018年12月).
(7) 依田高典、『「ココロ」の経済学』、ちくま新書(2016).
(8) 平野徹、“ＩｏＴ，ＡＩを活用する拡張CAE”，設計工学会誌　Vol.54, No.7 (2019), pp. 422-427.
(9) 平野徹、“Society5.0を支える人と人工物システム・サービスの計算情報科学基盤とは”、日本機械学会2019年度年次大会 先端技術フォーラム　F01101 (2019).
(10) 村川正宏、“風力発電設備のデータ駆動型異常検知技術による診断支援への転移学習の適用”、日本機械学会2019年度　年次大会 先端技術フォーラム　F01103 (2019).
(11) 平野徹、“ＣＡＥとＡＩの融合によるデジタルツイン開発とスマートサービスのモデル化”、機械学会第32回計算力学講演会(CMD2019)、フォーラム01、F01-1 (2019).

構造・機能・ユーザ体験のモデルに基づく設計

村上　存
東京大学 大学院工学系研究科 機械工学専攻

1. はじめに

近年、製品（モノ、コト）の設計／デザインの分野では、「どう造るか」よりも上流の「何を創るか」の段階での革新的な発想が、より良い生活や社会の実現や、産業的競争力の点で重要となっている。一方で近年の研究により、IT（information technology）や機械学習等のAI（artificial intelligence）が人間と同等かそれ以上のタスクを実行できる可能性が、学術的にも実用的にも注目されている。筆者は、人間（human intelligence）とIT、AIの連携による協創的知能（collaborative intelligence）を構成し、それによって設計／デザインにおける革新的発想（innovative ideation）を創出するための理論、方法論およびそれを実現する基盤ソフトウェア技術の研究を行っている（図1）[Murakami 2017][吉見 2019]。本稿では、その一例について紹介する。

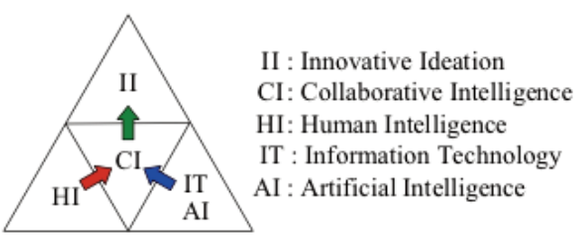


図1 人間とIT、AIの連携による革新的デザイン発想の創出

2. 過去の記憶の活用による発想創出のアプローチ

認知神経科学では、人間による創造は、無から有を生み出すのではなく、外界からの新たな刺激に対して、過去の記憶を想起して仮想現実を形成、試行する脳の神経機構による、との説がある[岩田 2001]。そこで本研究では、多数の特徴的なデザインの事例群を「過去の記憶」としてデータベースに蓄積し、設計者／デザイナーの記憶の規模を拡張する。そして、人間の直感性だけでなく、協創的知能を構成するIT、AIの系統性、網羅性による操作を加えることにより、人間単独を超えた質的、量的なデザイン事例群の分析と革新的発想の創出を試みる。

3. 構造・機能・ユーザ体験によるデザイン事例の記述

一般にIT、AIで問題を解くためには、その問題をITやAIで処理可能な形式で記述（encode）する必要がある。囲碁や将棋は盤上の座標と石や駒の種類で、形状の最適設計や生成的設計（generative design）はCADやCAEの形状モデルや力学モデルで記述できるのに対し、本研究ではデザイン事例群を、「何を創るか」という上流設計に使用可能な形式で記述する必要がある。そこで本研究では、工学設計の分野で従来用いられている、構造（structure, S）、挙動（behavior, B）、機能（function, F）の概念[吉川 2000][Gero 2007]と、近年デザインやヒューマンインタフェースの分野などで重視されているユーザ体験（user experience, UX）の概念[人間工学 2019]に注目し（表1）、これらのうち、構造と機能の仲介的存在であり本研究における重要度が現時点では低い挙動を除く、構造、機能、ユーザ体験を用いることにした。

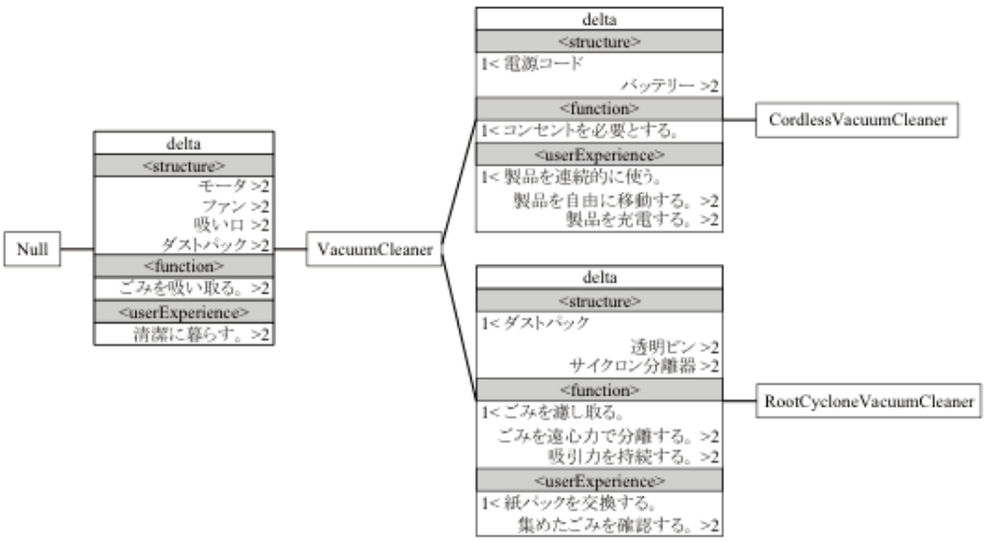
表1 機能、挙動、構造（FBS）とユーザ体験（UX）

機能	使用者の意図や目的（何をしたいか）。
挙動	機能を実現するために利用出来る現象
構造	目的の挙動を生じる、ものの性質（形状、材質など）。
ユーザ	製品、システム、サービスを使用または使用を想定したしたことで生じる個人の知覚や反応、使用前、前、使用後に生ずるユーザの感情、信念、嗜好、知覚、身体的・心理的反応、行動など、結果の全てを含む。

構造、機能、ユーザ体験の記述として、自由な自然言語表現は記述力に富むが高度なコンピュータ処理を要し、逆にコンピュータ処理を優先した過度な形式化（formalism）は、記述力や理解容易性の不利が生じうる。本研究では両者のバランスを考慮し、語（word）、句（phrase）および、主語（subject, S）、動詞（verb, V）、目的語（object, O）、補語（complement, C）からなる英語の基本5文型（SV，SVC，SVO，SVOO，SVOC）に、程度、時間、場所などの条件を記述する副詞類（adverbial, A）[安藤 2008]の有無を加えた（SVA，SVCA，SVOA，SVOOA，SVOCA）、10文型の文（sentence）を用いることにした。文中のS、V、O、C、Aの出現順序は考慮せず有無のみを考慮することで、日本語と英語に適用する。

デザイン事例について、その構造は構造要素を名詞（句）の集合で記述する。機能とユーザ体験については、本研究では次の条件を満たす文で記述することとしている。

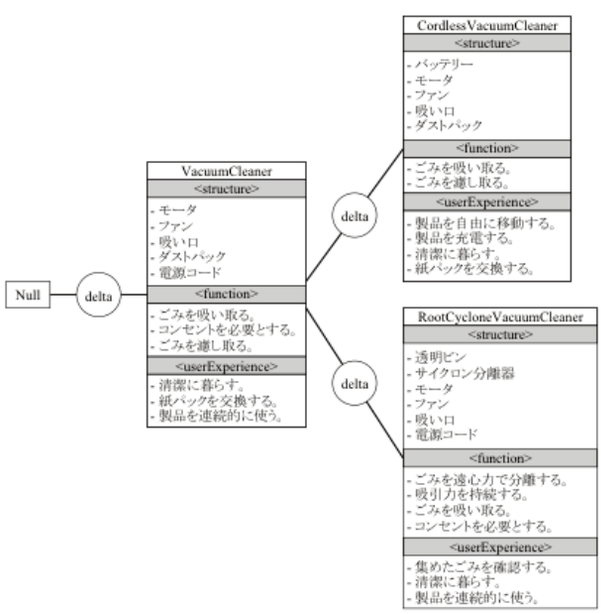
- 機能は製品（モノ、コト）が主語の文で、ユーザ体験はユーザ（人）が主語の文で記述する。
- 主語が省略された場合は、機能の記述は製品、ユーザ体験の記述はユーザが主語であると仮定する。
- 機能や特にユーザ体験は、主観的、属人的な内容も含みうるが、できるだけ客観的で属人性の低い、基本的、共通的な機能、ユーザ体験を記述する。



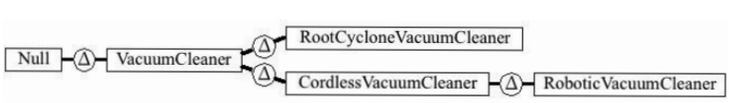
(a) デザイン間の差分の記述例

```
<structure>
    <item design="1"><n> 電源コード </n></item>
    <item design="2"><n> バッテリー </n></item>
</structure>
<function>
    <item design="1"><sen><o><n> コンセント </n></o> を <v><v> 必要とする </v></v>。</sen></item>
</function>
<userExperience>
    <item design="1"><sen><o><n> 製品 </n></o> を <a><av> 連続的 </av> に </a><v><v> 使う </v></v>。
</sen></item>
    <item design="2"><sen><o><n> 製品 </n></o> を <a><av> 自由に </av></a><v><v> 移動する
</v></v>。</sen></item>
    <item design="2"><sen><o><n> 製品 </n></o> を <v><v> 充電する </v></v>。</sen></item>
</userExperience>
```

(b) XML による実際の差分記述書式（掃除機とコードレス掃除機）



(c) デザイン差分マップから生成されるデザインマップ



(d) 掃除機に関するデザイン差分マップ

図2　デザイン差分マップとデザインマップ

4. 概念辞書を用いた構造・機能・ユーザ体験の類似度評価

本研究では、5で後述するデザイン差分マップの処理および6で後述する発想創出において、蓄積したデザイン事例群の構造、機能、ユーザ体験の類似性評価を用いる。本研究では、多数の語彙や概念、それらの間の関係を体系化して記述したデータベースである概念辞書を用いて、語、句、文で記述された構造、機能、ユーザ体験の類似度を定量化して評価する。概念辞書として、EDR電子化辞書[横田 1990]、日本語WordNet[Isahara 2008]を用い、概念の類似度評価にはWu-Palmer類似度[Wu 1994]を用いている。

5. デザイン差分マップによるデザイン事例群の効率的な記述

本研究で提案する方法は、多数の特徴的なデザイン事例群の構造、機能、ユーザ体験の記述を蓄積することを前提としている。作業量の点で、例えば製品を組立てているねじ1本1本までは記述しないことが望ましいが、製品の外観を考慮したねじ止めが特徴であるデザイン事例の場合は、そのねじの記述は省略できないなど、構造、機能、ユーザ体験の詳細度の絶対的な基準設定は困難である。そこで本研究では、注目する二つのデザイン事例の間の構造、機能、ユーザ体験の差分のみを記述する、デザイン差分マップ（delta design map）を提案し、事例群の記述の効率化、規格化を実現している。

図2(a)に差分記述の例を示す。例えばVacuumCleanerとCordlessVacuumCleanerの構造については、前者には電源コードがあり（後者にはない）、後者にはバッテリーがある（前者にはない）ことが記述される。機能、ユーザ体験についても同様に、二つのデザインの差分が記述される。二つのデザイン間でなく一つのデザインについて構造、挙動、ユーザ体験を記述する場合は、形式的にNullとの差分の形をとる。実際のデータは図2(b)に示す通り、文の要素、品詞などの情報で構造化されたXMLで記述され、Pythonで実装したソフトウェアにより処理される。

この二つのデザイン間の差分は計算機により連鎖的に展開され、各デザインに構造、機能、ユーザ体験の記述が自動的に振り分けられる。例えば図2(a)において、まずVacuumCleanerの構造要素として電源コードが振り分けられる。次に、VacuumCleanerとRootCycloneVacuumCleanerの間の構造の差分記述には、電源コードに類する言及がない（Wu-Palmer類似度により判定）ため、両者の構造は電源コードの有無については相違がないものとして、RootCycloneVacuumCleanerの構造要素としても電源コードが振り分けられる。機能、ユーザ体験についても同様に連鎖的な展開、振り分けが行われ、各デザイン事例ごとの構造、機能、ユーザ体験の要素を記述したデザインマップ（design map）が生成される（図2(c)）。以上の例ではデザイン差分マップは木構造になっているが、各デザインにおいて新たな振り分けが行われなくなった時点で処理が終了するので、ネットワーク構造であっても問題はない。

デザイン差分マップを用いることで、まず各デザインを区別する重要な構造、機能、ユーザ体験のみから始め、必要な分だけ詳細化していく、段階的（incremental）で効率的な事例記述が可能となる。本研究では現在、掃除機のデザイン事例4件の間のデザイン差分マップ（図2(d)）を含め、デザイン事例60件が18件のデザイン差分マップとして記述、蓄積されている。

6. 構造・機能・ユーザ体験の類似度比較に基づく発想創出

以上の方法で生成された、各デザイン事例の構造、機能、ユーザ体験のデザインマップにより、各デザイン事例の間の構造、機能、ユーザ体験の類似度評価が可能になる。本研究ではそれを用いて、例えば次のような発想創出の可能性を試みている。

6.1 製品分野をまたいだ応用発想の創出

異なるデザイン差分マップに属するデザイン事例の組合せは、異なる製品間の比較となるため、それを計算機により網羅的、系統的に行うことにより、設計者の通常の思考や発想とは異なる内容を提供できる可能性がある。二つのデザイン事例間の機能とユーザ体験の類似度の組合せについて、図3(a)に示すようにベクトル表現すると、その長さは機能とユーザ体験の総合的な類似度、対角線とのcosine値は機能の類似度とユーザ体験の類似度の偏り（一方の類似度は大きく他方は小さいなど）の少なさを表す。同一のデザイン差分マップ（同一の製品分野）内の事例であれば機能、ユーザ体験が類似することは自然であるが、異なる製品分野のデザイン事例間で類似度が高いことは、その組合せが何らかの意味をもつ可能性がある。そこで、異なるデザイン差分マップ間のデザイン事例のすべての組合せ1709件について機能とユーザ体験の類似度のベクトル長さとcosine値を計算し（図3(b)）、ベクトル長さの降順、cosine値の降順の組合せでソートすると、25番目SteamIron_WashingMachine、33番目CordlessIron_VacuumCleaner、216番目DigitalCamera_Refrigeraterから、例えば次のような発想が得られる。

（1）SteamIron_WashingMachine

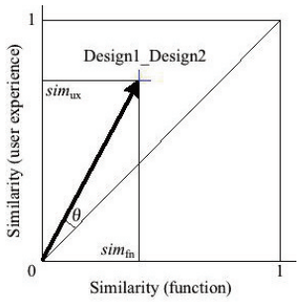
（製品が）衣服をきれいにする、（ユーザが）きれいな衣服を着る、という点で類似度が計算されている。この組合せから、例えば洗濯としわ伸ばしを同時に行える、洗浄液を噴射するスチームアイロンの可能性が発想される。

（2）CordlessIron_VacuumCleaner

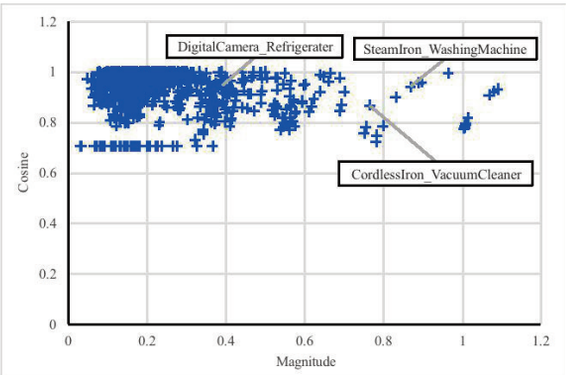
（ユーザが）きれいな衣服を着る、清潔に暮らす、という点で類似度が計算されている。この組合せから、例えば花粉やハウスダストなどの除去としわ伸ばしを同時に行える、掃除機付きアイロンの可能性が発想される。

（3）DigitalCamera_Refrigerater

（ユーザが）光景をとっておく、食材を保存する、という点で類似度が計算されている。この組合せから、例えば冷蔵庫に食材を入れるときに写真を撮影すると、写真が経過日数



(a)　2デザイン事例間の機能、ユーザ体験の類似度



(b)　2デザイン事例の組合せからの発想創出

図3　機能・ユーザ体験の類似度比較に基づく発想創出

順に一覧表示され、庫内の食材の把握と管理が行えるアプリケーションの可能性が発想される。

新たな発想が得やすい組合せをできるだけ上位に提示する方法などが、今後の課題である。

6.2　既存製品にない機能・ユーザ体験の可能性提示

すべてのデザイン事例群の機能、ユーザ体験の記述文の集合から、そのいずれとも類似しない文例を生成、提示し、これまでになかった新しい機能やユーザ体験の発想を試みる。

7.　おわりに

本手法の特長は、一人の記憶の規模を超えた数や分野のデザイン事例群からの発想創出の可能性である。異なる製品や技術の分野の連携で実現される革新的デザインの発想が得られれば、国際的な競争の中で、時代的な流行や注目度とは関係なく多くの技術分野が高いレベルで揃っている日本の強みを活かせる可能性がある。現状は研究の端緒であり、今後一層の研究を進めていきたい。

謝　辞

本研究はJSPS科研費 JP19H02047の助成を受けて行われた。

文　献

[Murakami 2017] Murakami, T., and Koyanagi, T., “Proposal of Delta Design Map Based on Function, Behavior, Structure and User Experience for Design Ideation Support”, ASME 2017 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference (IDETC/CIE 2017), Cleveland, USA, DETC2017-68058 (2017), pp.1-9.

[吉見 2019] 吉見勇人，村上存，“構造，機能，ユーザ体験のデザイン差分マップによるデザイン発想創出（デザイン分野をまたいだ応用発想の創出）”，日本機械学会 第29回設計工学・システム部門講演会，仙台，(2019)，pp.1-9.

[岩田 2001] 岩田誠，“脳と創造性”，てんかん研究，Vol. 19, No. 2 (2001)，pp.101-110.

[吉川 2000] 吉川弘之，冨山哲男，“設計学－ものづくりの理論”，放送大学教育振興会 (2000).

[Gero 2007] Gero, J.S., and Kannengiesser, U., “A Function–Behavior–Structure Ontology of Processes”, AI EDAM: Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis, and Manufacturing, Vol. 21, No. 4 (2007), pp.379-391.

[人間工学 2019] 日本産業規格，“人間工学－インタラクティブシステムの人間中心設計”，JIS Z8530:2019 (ISO 9241-210:2010) (2019).

[安藤 2008] 安藤貞雄，“英語の文型”，開拓社 (2008).

[横田 1990] 横田英司，内田裕士，“EDR電子化辞書における概念体系”，情報処理学会研究報告情報学基礎（FI），No. 55 (1990-FI-018) (1990)，pp.1-8.

[Isahara 2008] Isahara, H., Bond, F., Uchimoto, K., Utiyama, M., and Kanzaki, K., “Development of Japanese WordNet”, Proceedings of 6th Language Resources and Evaluation Conference (LREC-2008), Marrakech, Morocco, (2008).

[Wu 1994] Wu, Z., and Palmer, M., “Verb Semantics and Lexical Selection”, Proceedings of 32nd Annual Meeting on Association for Computational Linguistics, (1994), pp.133-138.

風力発電設備のデータ駆動型異常検知での転移学習の活用

村川　正宏
産業技術総合研究所　人工知能研究センター

1．はじめに

風力発電機等の大型産業機械の故障停止は、産業・社会に大きな影響を与える。現状は、こうした機器の維持管理のために法令に準拠した定期メンテナンスが実施されることが多い。一方で、機器の劣化、損傷等の経年変化をより正確に、かつ早期に把握することができれば、機器の不具合による危険事象を回避できるだけでなく、機器の状態に応じた費用対効果の高いメンテナンスが可能となる。そこで、近年のセンシング技術や情報通信技術の発展に伴い、遠隔での状態監視システム（Condition Monitoring System; CMS）への期待が高まっている。

2．風力発電設備のデータ駆動型異常検知

我々は、CMSにおいて加速度ピックアップから得られる振動データを解析の対象として、信号処理と機械学習に基づくデータ駆動型アプローチ[1][2]により、回転機器に対する異常予兆を精度良く検出するシステムの構築に取り組んでいる。これまでに、NEDO事業「スマートメンテナンス技術研究開発（分析）」（2013～2017年度）において、国内の複数の事業者にご協力いただき、全国27サイト、43基の風車にCMSを設置させていただき、そこで収集された振動データから異常検知を行った。

技術的なポイントとして、データ駆動型の異常検知においては、監視対象機器の正常データと異常データの双方を網羅的に収集し、正常と異常の２クラスに分類するモデルを学習するのは容易ではない。なぜならば、風力発電機のように大型産業機械においては、損傷の発生が稀であるため、十分な異常データの収集は期待できない。そこで、監視対象機器の正常稼働状態のデータのみを用いて、正常状態モデルを学習し、そこからの逸脱として異常を検知する。正常な稼働状態のデータは、センサを設置した場所で大量に得ることができるので、その統計的な性質から「正常」がなにであるかを機械学習すればよい。

さらに風車においては、正常稼働状態であっても風速などの運転条件によってデータが動的に変化するため、正常状態を単一のモデルで学習すると精度が低下する。そこで、複数の正常状態をクラスタリングした上で教師なし学習でそれぞれモデル化した。

開発したシステムによる発電機入力部（2013回転/分）に対する異常検知結果例を図１に示す。2015年7月10日付近で逸脱度が正常状態モデル学習時の閾値を継続して超える結果を示しており、本システムにおける異常検知の起点とみなすことができる。実際に7月10日以降の振動データの精密エンベロープ解析によれば、軸受損傷周波数にピークが確認されており、本システムにおける異常検知の逸脱度としても損傷状態を検出できたといえる。実際の現場メンテナンスにおいても8月～9月にかけて異常の兆候が確認され、その後実際に軸受が交換されていることから、早期の異常予兆検知に成功したといえる。また、主軸受（約20回転/分）を対象とした異常検知にも成功している[3]。

最終的にCMSを設置した43基の風車において、部品交換意思決定の1～3ヶ月前での異常兆候検知を実現し、90%以上の異常予兆検出性能を達成できた。この成果を活用することで、風車の停止時間を大幅に短縮し、風力発電の設備利用率が21％から23％に向上できることを確認している。

3．転移学習の活用によるシステムの早期立ち上げ

このようなデータ駆動型の異常検知技術の実用化を進めるうえでは、システムの早期立ち上げが重要となる。例えば新しい監視対象機種やセンサを変更した場合など、一からデータを蓄積・学習しなおすのではなく、すでに他のシステムで学習した結果を転用できるのが望ましい。このような枠組み

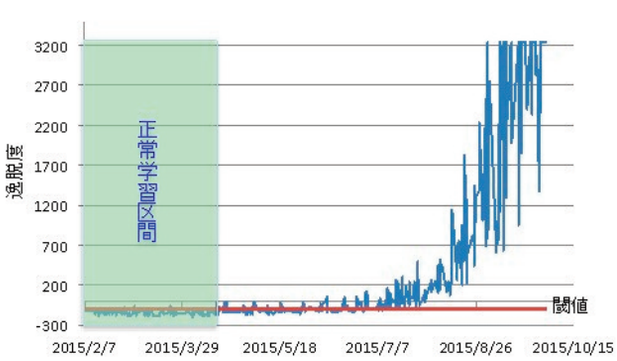


図１　発電機入力部での異常検知結果の例

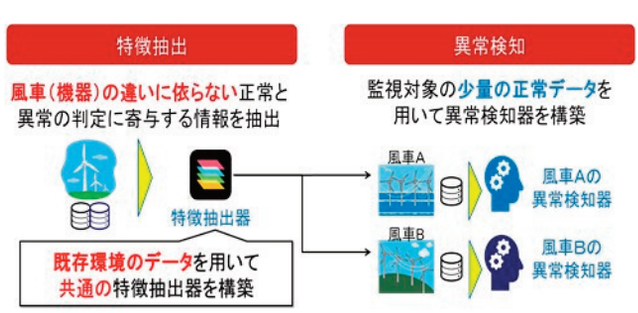


図２　特徴抽出器を転用する異常検知システム

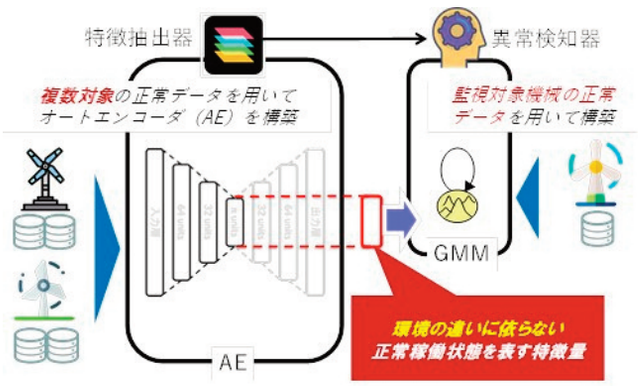


図３　AE/GMMタンデム接続型異常検知システム

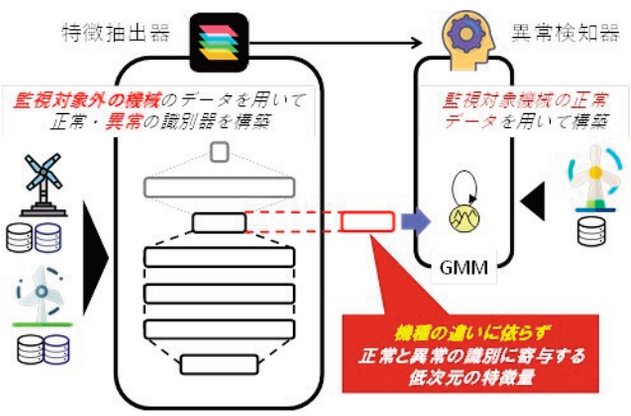


図４　DNN/GMMタンデム接続型異常検知システム

は、機械学習では転移学習と呼ばれ、現在ホットな研究領域となっている。我々は現在NEDO事業「風車運用高度化技術研究開発」において、ある環境で学習したシステムを転用し、他の環境でも高性能な異常検知を実現する技術の研究開発を行っている。以下アプローチの概要を説明する。

ある監視対象機器の正常状態をモデル化する際に、未知の正常状態に対しても頑健なモデルとして構築し、監視対象機器以外に転用できることが望ましい。しかしながら、単純に正常状態モデルの汎化性能を高めようとすると、未知の異常を見逃す可能性も増大してしまう。そこで我々は、正常状態モデルを汎化させるのではなく、図２に示すように監視対象以外の機器で収集された多様な正常データから、データ駆動型の特徴抽出器を構築し、回転機器の正常稼働状態を表す本質的な特徴を学習することを試みる[3]。この共通の特徴抽出器に、監視対象機器ごとに個別に異常検知器を接続し正常状態モデルを学習させ、異常検知システムを効率的に構築することを目指す。

具体的には図３に示すように、複数の機器で観測された正常稼働状態のデータを用いて構築した自己符号化器（Autoencoder; AE）のコンパクトな中間層出力を特徴抽出器として用い、正常状態の照合を行う混合ガウスモデル（Gaussian Mixture Model; GMM）をタンデム接続することで機器の異常検知を行う。

これに加えて、異常検知システムの実運用では、正常データだけではなく僅かではあるが異常データを得られることもあるので、この監視対象外の機器で得られた少量の異常データを特徴抽出器で活用することで、さらに検出精度の向上を図る。具体的には図４に示すように、正常状態と異常状態を識別するニューラルネットワークを用い、中間層にボトルネック層（他の隠れ層よりも素子数を絞った層）を設ける。これにより、機器の正常時と損傷時の識別に寄与する情報のみを低次元で表現し、これをGMMにタンデム接続することで異常検知性能のさらなる向上を期待する。

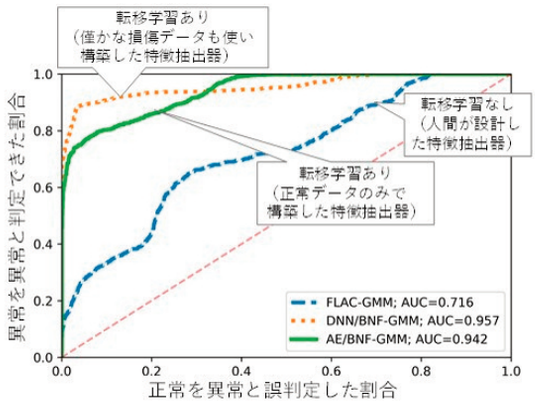


図５　タンデム接続型異常検知における転移学習の効果

これら手法の有効性を検証した風車の主軸受に対する実験結果例を図５に示す。提案手法により異なるサイト、異なる機種のデータを活用することで、異常検知性能を向上できるかROC曲線にて評価した。図より、転移学習を用いない場合よりも大幅に性能が向上していることがわかる。また、他機種で得られた貴重な異常データを用いることでさらに性能の向上が可能であることもわかる。このように、機種や環境の違いに依らず正常稼働状態を表す特徴抽出器を構築し、それを監視対象機器に転用する枠組みは有望であり、現在はさらなる計測データの蓄積と転移学習の有効性評価を進めている。

４．おわりに

本シンポジウムで紹介した転移学習の枠組みは、風力発電の故障予兆検知のみならず、さまざまな異常検知問題にも適用可能である。現在様々な産業分野にAIの適用が検討されているが、いかにその構築・運用を容易にすることが普及の鍵と考えている。そのための重要なテーマが転移学習であり、我々もこのテーマにおいて大規模な実データに基づきその有用性を実証し、AIによる我が国の産業力強化に貢献していきたい。

参考文献

(1)　緒方淳、村川正宏、“風力発電スマートメンテナンスのための機械学習技術に基づく異常検知システムの構築”、評価・診断に関するシンポジウム講演論文集、Vol.2015、No.14(2015)、pp.62-65.
(2)　長谷川隆徳ら、“AIで風車の異常を見つける”、日本風力エネルギー学会誌、Vol.42、No.1(2018) 、pp.72-76.
(3)　長谷川隆徳ら、“回転機器状態監視のための振動異常検知システムにおける特徴表現学習”、第33回人工知能学会全国大会講演論文集、 4C3-J-13-01 (2019).

Society5.0を支える計算情報科学基盤の課題と期待

佐々木直哉
(株)日立製作所　研究開発グループ

1. はじめに

新しい情報技術や最先端科学の急激な進展に伴い、社会や学会を取り巻く環境は複雑化してきている。一つの方向性として、AI、IoT、Society5.0やSDGs等の大きな動きや技術の変化・進化の中で、人や社会と機械・機械システムの関係性において、シミュレーションやデータ活用による、計算情報科学としての特徴を活かしたアプローチに基づく、“全体に気を配り、異分野をつなげる方向感覚やデータ、感性を通した多様な相互作用”が「新たな価値」を生み出すきっかけになると思われる。他方、これまでの複雑現象解明に根ざした“基盤技術”としての実データ科学、解析、分析技術の専門性深化もさらに推進することが大切な時代である。

上記の背景において、これからのデジタル化時代における計算情報科学基盤の課題と期待について、モノづくりにおける、シミュレーションやデザイン、データ利活用の多様な視点を述べる。

2. 産業界の動向と課題

現在、ハード中心からハード＋ソフトウェアやデータを活用した高付加価値化なものづくりへシフトすることが予想される。その中では、下記の特徴が見られる。

1）価値は、製品や部品の単体売りからシステム、サービス等を活用したソリューション、課題提案へ

2）AIや機械学習等のこれまで長く研究されて来た情報科学基盤の技術が急激に実用化されてきている

3)多様なユーザ意見や潜在価値を探索することで新しい意味を考えることの重要性が認識されてきている

上記取り組みを今後支える手段として、多様なデータ活用の技術や仕組みが大切になっている。

すでに、産業界では下記のような様々な動きがあり、今後、データ基盤技術、サービスは有力な武器となる。

- 工場等の生産現場おける生産技術、ライン、システムでのデータ共有、活用、企業間連携、PF化
- 多様なダイナミックデータ（ユーザ、製品、システム）からAI、機械学習等により新たな特徴や気づきを抽出し、次の新たな価値、ビジネスアイデアにつなげる
- ものづくりの設計生産現場での3D‐CADデータ活用によるシミュレーション、CAE、BOMの設計製造連携
- 材料データを活用したマテリアルインフォマテックス等のデータ探索を活用した材料、創薬設計

一方、情報通信白書（29年度）[1] によれば、日本企業は他国と比べてデータ利活用の動きは遅れている傾向がみられ、他国と比較して突出して問題視しているのは、「収集データの利活用方法の欠如、費用対効果が不明瞭」、「データを取り扱う人材の不足」である。また、各国共通した傾向は、データの「収集・管理に係るコスト増大」と「個人データとの線引きが不明瞭」の回答割合の高さである。

さらに、私見ではあるが、高度なネットワークやSNS等の発達、AI技術等が様々なデータを解釈してくれる世界の出現によって、情報や知識が苦労せずに手に入ることが多くなり、データの背景にある意味や理由、データ獲得の苦労等をあまり理解せずに、次の段階に安易に活用してしまう傾向があることが危惧される。また、アテンション（関心）が主で感性が強化されない等の人材視点としての問題も多数あると思われ、色々なシーンで手作り感、感性のある身体的アプローチの喪失が懸念される。

3. これからの計算情報科学基盤において考えるべき多様な視点

3.1 高い価値のモノづくり

AI等の分析・探索手法は、データの隠れた特徴を抽出し気づかせることを支援できる。ただし、多様な価値をコモデティ化せず本物にするためには、開発する側の熱い思いや感性、あらたな意味を提案し、協創していくアプローチがこれからは大事[2]。そのため、想定外やロングテールに気づく多様な機会が必要。

これらの活動を円滑に支援する手段として、シミュレーションや3Dプリンタ等の迅速複雑造形によるプロトタイピング、ものごとを全体俯瞰するためのデザイン的思考をうまく結びつけることにより設計空間の自由度を広がる(図1)。新しい価値に繋がる仮説の研究成果等データを早めに広く公開し、多様な批判や現実とのズレを照合することで、目標を修正し答えを見つけていくアプローチの有用性が高まってくる

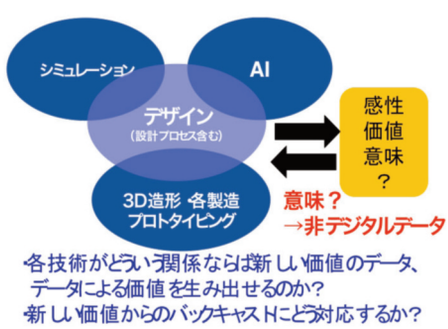


図1　デザインとの連携の考え方

と思われる[3]。

また、昨今の関係性からの価値でない、モノそのものの圧倒的凄さ、強さを支えるのもデータの役目である。

3.2 人と機械システムの関係性

今、機械や機械システムは人に近づいてきて、人との関わりを強化、世界を変えていくと思われる。人の機械の相互作用から新しい価値や意味が生まれてくる場合、AI等のフレーム（枠）を超えた物語的思考を持つ人間の知恵や才能を如何にアイデアや形につなげるかの新しいニーズを探索するための計算科学・工学や計算情報データ基盤の役割を考える必要がある。これは、生産ラインや製造現場だけの問題ではなく、生活空間における安心・安全、高齢化社会における医療福祉等の社会課題を解決するための重要な因子と言える（図2）。

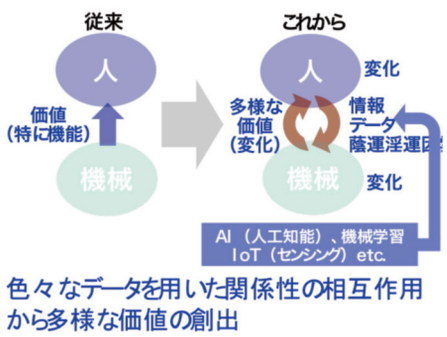


図2 人と機械の関係性

3.3 CPS（サイバーフィジカルシステム）モデルにおけるバランス感覚

従来からシミュレーションと実データとの連携は「データ同化」等を代表として、色々な技術開発が行われてきた。CPSモデル構築で注意すべきは、現象理解・解明としての方程式ベースの計算科学・工学とデータ駆動依存の入出力間の相関分析的なAI手法のバランスを、多様な対象に応じてどう最適化するかが大きな課題である。計算科学シミュレーション技術を例にした場合、データ駆動への依存性と支配方程式をベースとした現象モデルの精度、厳密性、フィデリティ等を2つの軸にとれば、解決すべき課題に対応した、2次元空間において多様な計算手法のアプローチが分類できると思われる。

SDGｓ等の社会課題においては、複雑な因子やマルチステークホルダーに関係して、多様な文化的、社会的な環境をある程度想定した現場をバーチャルにシミュレーションしながら、答えを見出していくことが必要であり、CPSはそのためのキー技術と言える（図3）。

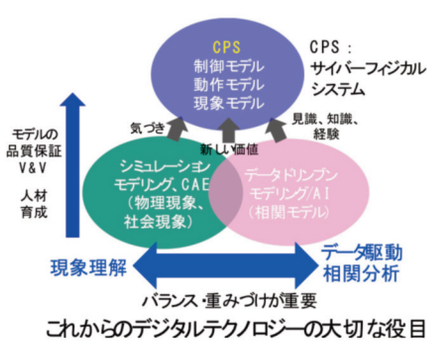


図3 サイバーとフィジカルのバランス

3.4 データと思考をつなぐ

今後、想定される企業のバリューチェーンでのデータ活用として、情報通信白書（29年度）[1]によれば、今後想定される企業のデータ活用段階は国によって大きく異なる。

日本の特徴としては「商品企画」「製品・サービス設計」が高く、逆に「生産」や「流通・販売」が低いM字型となっている。米国企業では「研究開発」や「商品企画」が特に高い。ドイツ企業は「生産」「流通・販売」「アフターサービス」が高く、特にサプライチェーンの中段におけるデータ活用が想定されている。

他方、アカデミアにおいても、学術、技術の専門化、先鋭化、細分化、分野の蛸壺状態化、分野や学会が違うと同じ言葉でも解釈がズレる、などの多様なデータ、言葉の差異がわからない、見えない、コンテンツからわかったような気になってしまう……などの基本的だが潜在的な課題が見えている。

これらの背景において、データを良く観て皆で考える仕組み作りが必要であり、データを活用する場合、目に見えるデータにおけるコンテンツではなく、その裏に隠された様々なコンテクストが大事。すなわち、データの後ろに隠れた意味や背景をまず理解すること、データに同調するのではなく、深い差異を理解することが大切である。

4. 最後に

これからの新しい時代、情報の溢れ、過多による価値の均質化に抗って、新しい形の差異、方向感覚、深い意味を探すことができる新たな仕組みや手法を備えた、データ利活用の考え方がこれから期待される。

文　献

(1)29年度総務省情報通信白書http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h29/html/nc122310.html
(2)ロベルトベルカンティ,“デザイン・ドリブン・イノベーション”、同友館（2012）
(3)戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）
「革新的設計生産技術」関連HP
http://www.sip-monozukuri.jp/
https://www.youtube.com/watch?v=cIzz_Be2gR8

部門からのお知らせ

第32回計算力学講演会(CMD2019)開催報告

田村善昭
東洋大学総合情報学部／計算力学研究センター

川越市鯨井2100）で2019年16日（月・祝）から18日（水）までの３日間開催されました。まだ夏の暑さの残る中の開催となりましたが、初日より多くの方にご参加いただき、３日間の参加者は455名となりました。講演論文数は278件で、昨年度の徳島大学での開催には及びませんでしたが、実行委員会としてはまずまずであったと思っています。講演会場は定員100名前後の講義室を使いましたが，ちょうど良い大きさだったようです。

特別講演は、第１日に東洋大学理工学部生体医工学科加藤和則教授に「東洋大学ブランディング研究～オリンピックパラリンピック2020東京に向けて～」と題して、東洋大学の私立大学研究ブランディング事業のご紹介をいただく予定だったのですが、加藤先生が体調不良ということで、急遽、同じ研究グループの窪田佳寛准教授に講演を代わっていただくことになりました。しかし、急な変更にも関わらず、窪田先生はじめ関係各位のご協力もあって、大変興味深い講演となったと自負しております。第２日には独立行政法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）航空技術部門航空システム研究ユニット吉田憲司特任担当役に「超音速旅客機研究に携わって—過去・現在・未来—」として、吉田先生が直接関わられた日本の超音速研究を中心に、こちらも大変興味深いご講演をいただきました。このあとは、部門表彰式がありました。これに関しては、別途報告があるかと思いますので、写真のみの掲載とします。受賞者の皆様におかれましては心よりお祝い申し上げます。

また、特別講演に先立って、第１日、第２日ともランチョンセミナーが開催されました。ランチョンセミナーは、計算力学講演会としては初めての試みではないかと思いますが、企業が昼食を用意し、参加者は昼食をとりながら企業のセミナーに参加するというものです。今回は、株式会社CAEソリ

一般講演

特別講演（第２日）

部門賞受賞者各位

ランチョンセミナー

ューションズ、日本ニューメリカルアルゴリズムズグループ株式会社、株式会社HPCテック、株式会社Reseablicの４社にご協力いただき、いずれも盛会のうちに無事終了しました。さらに、以下の企業には機器展示・カタログ展示・広告掲載でご協力いただきました。あらためて御礼申し上げます。

株式会社インサイト、株式会社HPCテック、株式会社CAEソリューションズ、サイバネットシステム株式会社、みずほ情報総研株式会社、エムエスシーソフトウェア株式会社、株式会社構造計画研究所、株式会社エルザジャパン、バルコ株式会社、日本ニューメリカルアルゴリズムズグループ株式会社、プロメテック・ソフトウェア株式会社（順不同）

第２日の夜には、恒例の懇親会が開かれました。参加者は160名で、実行委員長、部門長、主催大学挨拶ののち前部門長による乾杯、その後、実行委員会からの中間報告と次回開催地からの案内、最後に初代部門長の挨拶でお開きとなりました。特別な出し物は用意しませんでしたが，十二分なお酒と料理で、それぞれ懇親を深められたのではないかと思っています。実際、お開きの後もかなりの方が残ってお話しをされていたのが印象的でした。

懇親会の様子

最後に、実行委員会として本講演会にご参加・ご協力いただいた全ての皆様に深く感謝申し上げます。ありがとうございました。また、実行委員長個人としては、幹事をはじめ実行委員各位、アルバイトの学生諸氏、学会事務局ならびに東洋大学事務部など多くの方のお力でなんとか形になったと思っております。ここにあらためて御礼申し上げます。来年は九州、鹿児島の開催です。今回、本講演会でお会いした皆様と再会することを祈念して、開催報告のまとめとします。

KSME-JSME Joint Symposium on Computational Mechanics & CAE 開催報告

京都工芸繊維大学 機械工学系
高木知弘

第32回計算力学講演会（CMD2019）の最終日にあたる9月18日（水）に、CMD2019と同会場の東洋大学川越キャンパスにおいて、KSME-JSME Joint Symposium on Computational Mechanics & CAE 2019が開催された。本シンポジウムは、日韓の計算力学研究者の交流を目的に、日本機械学会計算力学部門と韓国機械学会CAE and Applied Mechanics Divisionが企画しているものである。以下のように、2年に1回、韓国と日本で交互に開催されており、今回で第6回目となった。

1st (2010) Seoul National University, Korea
2nd (2012) Kanazawa University, Japan
3rd (2014) Jeju Island, Korea
4th (2015) Waseda University, Japan
5th (2017) BEXCO, Korea
6th (2019) Toyo University, Japan

なお、2016年にソウルでWCCM & APCOM 2016が開催されることが決まっていたため、第3回と第4回の間のみ1年と変則的になっている。

今回のシンポジウムの韓国側代表はSeungjae Min教授(Hanyang University: 漢陽大学校)、日本側代表は筆者の高木（京都工芸繊維大学）が務めた。両国間のやりとりは、主にByeongchan Lee教授 (Kyung Hee University 慶熙大学校)と高木が行った。企画は、前回日本側代表の岡田裕教授（東京理科大）に相談しつつ高木が行い、Min教授に確認する形式で進めた。基本的には、前回の釜山で行われたシンポジウムを参考に、午前にシンポジウム、午後は自由時間、夜にバンケットの1日間で行うこととした。なお、前日の17日（火）のCMD2019懇親会に韓国側参加者をご招待したかったが、韓国の大型連休明けと重なり、韓国側参加者の来日が17日（火）夜となったため、シンポジウム前日に顔合わせを行うことはできなかった。韓国側参加者がホテルに着いたのは17日22時を過ぎていたそうで、また18日（水）にホテルを発ったのは朝8時台ということで、かなり忙しい時期に来日頂いた形になってしまった。

シンポジウムは、両代表者の専門に近い
Session 1: Nano/Micro/Multiscale simulation
Session 2: Advanced CAE/Optimization/Design
の2セッションとし、各セッションに両国から5名ずつ参加することとした。日本側の発表者はSession 1を高木が、Session 2は山崎慎太郎准教授（大阪大学）が声がけを行った。Session 1は固体力学に特化し、第一原理、分子動力学、フェーズフィールド法、有限要素法を網羅するような発表者とした。なお、離散系の2名の発表者の決定は、君塚肇准教授（大阪大学）に依頼した。Session 2は最適設計がメインだったようである。かなり早い段階で日本側の発表者と仮のタイトルを決め、それを韓国側に伝え韓国側の発表者を決めてもらった。このため、比較的専門が近い研究者が集まったように感じる。発表時間は質疑討論込みで15分としたが、多くの発表者が15分近くプレゼンに時間を当てていたため、質疑討論に十分な時間が取れなかったかもしれない。以下に発表者と講演タイトルを示す。なお、並びはプログラム順である。詳細は、

https://www.jsme.or.jp/cmd/conference/KSME-JSME_2019/

を参照頂きたい。

Session 1: Nano/Micro/Multiscale simulation

Sung Youb Kim (UNIST), A Study on conservation integrals of a screw dislocation using atomic simulations

Hajime Kimizuka (Osaka University), First-principles quantum modeling of diffusion of hydrogen isotopes in face-centered cubic metals

Janghyuk Moon (Chung-Ang University), Anisotropic compositional expansion and chemical potential of lithiated SiO2 electrodes: multiscale mechanical analysis

Ryosuke Matsumoto (Kyoto University), Atomistic analyses of thermal evolution of voids in aluminum with hydrogen

Dongchoul Kim (Sogang University), Phase field simulation for morphological evolution of microstructure

Tomohiro Takaki (Kyoto Institute of Technology), Multi-phase-field lattice Boltzmann simulation from dendritic growth with solid motion to grain growth

Namkeun Kim (Incheon National University), Development of a 3D finite element model of human head including auditory periphery

Yuichi Tadano (Saga University), Higher-order gradient crystal plasticity analysis based on meshfree method with nodal integration

Byeongchan Lee (Kyung Hee University), On the extension of Tersoff potentials under extreme condition

Dai Okumura (Nagoya University), Ultimate swelling described by limiting chain extensibility of elastomers

Session 2: Advanced CAE/Optimization/Design

Masatoshi Shimoda (Toyota Technological Institute), Free material-orientation design for high stiffness composite shell

structure using a parameter-free optimization method

Gang-Won Jang (Sejong University), Uniform thickness topology optimization for three dimensional structures using moving morphable patches

Hiroshi Isakari (Nagoya University), A new topology optimisation based on the level-sets of parametric surface/volume

Junyoung Park (Kumoh National Institute of Technology), Discrete element analysis for internal structure of flexible fiber packing using bonded particle model

Yoshifumi Okamoto (Hosei University), Topology optimization of synchronous motor for reducing iron loss

Jaewook Lee (Gwangju Institute of Science and Technology), Topology optimization in magnetic field for electromechanical applications

Hiroya Hoshiba (Nagoya University), Topology optimization method corresponding to elastoplastic FE analysis and its application examples

Seungjae Min (Hanyang University), Topology optimization considering joint stiffness between different materials

Shintaro Yamasaki (Osaka University), Formulation support system for topology optimization based on knowledge discovery in databases

Namwoo Kang (Sookmyung Women's University), AI-based design automation: generative design + generative models

図1はシンポジウム終了後の集合写真である。図1下図の番号位置は上図の顔の位置に対応し、各番号の参加者の名前と所属は以下の通りである（敬称略）。

1. Sung Youb Kim (UNIST), 2. Hiroya Hoshiba (Nagoya University), 3. Yoshifumi Okamoto (Hosei University), 4. Shintaro Yamasaki (Osaka University), 5. Byeongchan Lee (Kyung Hee University), 6. Namkeun Kim (Incheon National University), 7. Yuichi Tadano (Saga University), 8. Hiroshi Isakari (Nagoya University), 9. Tomotsugu Shimokawa (Kanazawa University), 10. Ryosuke Matsumoto (Kyoto University), 11. Toshiro Matsumoto (Nagoya University), 12. Seungjae Min (Hanyang University), 13. Daisuke Matsunaka (Shinshu University), 14. Hajime Kimizuka (Osaka University), 15. Dongchoul Kim (Sogang University), 16. Junyoung Park (Kumoh National Institute of Technology), 17. Dai Okumura (Nagoya University), 18. Janghyuk Moon (Chung-Ang University), 19. Jaewook Lee (Gwangju Institute of Science and Technology), 20. Namwoo Kang (Sookmyung Women's University), 21. Gang-Won Jang (Sejong University), 22. Hiroshi Okada (Tokyo University of Science), 23. Tomohiro Takaki (Kyoto Institute of Technology)

シンポジウムは午前9時から12時まで行われ、12時から18時は自由時間とした。この間、韓国の参加者は昼食にうなぎを食べ、その後は時の鐘などを見に行ったようである。韓国の参加者には、自由時間に小江戸・川越の綺麗な街をゆっくり散策頂きたかったが、あいにく小雨が降っていたのが残念であった。18時からは「小江戸蔵里」の「まかない処大正蔵」においてバンケットを行った。松本計算力学部門長、越塚前計算力学部門長にもご参加頂いた。バンケットにおいては、株式会社HPCテック、アルテアエンジニアリング株式会社、エムエスシーソフトウェア株式会社がスポンサー企業になって頂いた。スポンサー企業には心から感謝申し上げる。松本部門長の挨拶と乾杯でバンケットが始まり（図2）、楽しい時間を共有することができた。終了前には、越塚前部門長がWCCM2022（2022年横浜開催）の紹介を行い、最後は前回日本側代表の岡田元部門長の挨拶と一本締めで終了した。これで終わったと安心していたが、韓国の皆さんが餃子を食べに行きたいと、残っていたメンバーで餃子を食べに行った。この時も大変楽しかった。普段はメールで連

図1　集合写真

図2 バンケット開始時の松本部門長の挨拶

図3 晴れた日の小江戸・川越の街並み

絡を済ませてしまうが、実際に会って研究に関する議論を行い、食事をともにし、交流を深めることの重要さを改めて認識した。

筆者は前回の釜山でのシンポジウムにも参加したが、その際のバンケットは釜山港のクルーズディナーの招待を受けた。日本の今のシステムではそこまでの「おもてなし」ができないのが悩ましいところではある。日韓の金銭面における自由度の大きな違いいを実感し、もう少しどうにかならないものかと、韓国側の参加者に申し訳なさを感じた。とはいえ、最後は参加者全員が笑顔で握手をしあい、次回の再開を約束してわかれたのは大変よかった。

今回のシンポジウムは日韓関係が悪い中で行われ、そうはならないであろうと思いつつも最悪全員不参加という状況も少し頭を過りながらの企画であった。しかしながら、そんな心配は全く気にすることはなく、楽しく充実した時間を送ることができた。韓国の参加者の皆さんに心から感謝する次第である。

今回のシンポジウムでは筆者が日本側の代表を担当させて頂いたが、前回代表の岡田教授には多くのサポートとアドバイスを頂いた。松本部門長、越塚副部門長にはバンケット時に大変素晴らしいご挨拶を頂いた。CMD2019委員長の田村教授および東洋大学の委員の先生方には会場の手配を行って頂いた。また、山崎准教授にはSession 2の参加者を、君塚准教授にはSession 1の離散系の参加者を集めて頂いた。機械学会の大黒様には企画段階から最後まで大変お世話になった。この場を借りて本シンポジウムに関係頂いた全ての皆様に心からお礼申し上げる。

2019年度年次大会の開催報告

岡部朋永
東北大学大学院工学研究科

2019 年度 日本機械学会年次大会が、令和元年9月9‐11日に秋田大学にて行われた。筆者は計算力学部門の年次大会担当を仰せつかっており、ニュースレターへの記事の執筆を依頼された。

これまで、このような記事の執筆をしたことが無く、どのような記事を書くのが良いのかということについて多少思案した。単なる定型の報告であると、おそらく読者も退屈であろうから、自身の学会参加を記録し、それをもとに計算力学部門の活動を報告することとした。

筆者は、9月10日は内閣府からの視察、9月11日は工学部教授会、9月12日は日本金属学会にて講演と、予定が目白押しのため、9月9日の参加のみになってしまった。本来、前日から秋田入りすべきなのだが、あいにくホテルが満室であったため、6時40分発の仙台始発に乗り、講演を聴講し、部門同好会に出席後、終電で仙台に戻るという旅程となった。

当日の朝は、台風の上陸が予想されていたのだが、そのようなこともなく、無事に始発に乗ることが出来た。仙台は秋田から近いように思われがちだが、到着は9時半過ぎであり、3時間の長旅である。宮城県北部から岩手県に続く収穫間近の田園風景の車窓は大変きれいであった。盛岡からは、はやて号とこまち号に別れての運転で、さらに風光明媚な車窓が続く。

秋田駅に着き、徒歩にて会場の秋田大学まで移動。幸運にも天気は崩れず、会場まで雨に降られることなく到着できた。

受付を済ませた後、「電子情報機器、電子デバイスの強度・信頼性評価と熱制御」のセッションにぎりぎり滑り込むことが出来た。セッション終了後は、ポスターセッション（図1）が行われ、写真のような活発な議論が行われた。企業の方と大学関係者が熱心に語り合う姿は大変すばらしいと感じた。

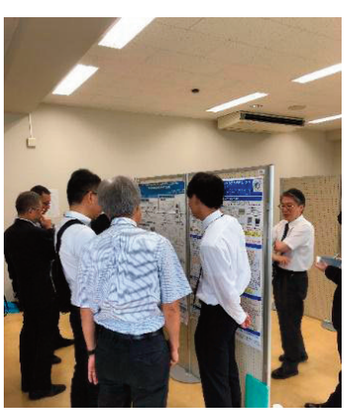


図1 部門同好会の様子

セッション後は生協まで移動し、昼食を取る。久しぶりの年次学会の参加で、懐かしい先生方とも遭遇した。様々なジャンルの先生方と次々に会えるのが、年次学会の良い点である。

午後は「解析・設計の高度化・最適化」のセッションに参加した。「論文で良くお見掛けする西脇先生というのは、この先生なんだあ」などと学生のような気分で聴講した。講演はどれも興味深く、トポロジー最適という分野がこれほどマルチフィジックスに発展していることを知り、自身でも取り組んでみたいと感じた。また、企業発表が多いことにも驚いた。図2は講演の様子であり、司会が西脇先生である。

図2. 一般セッションの様子

夕方からは、部門同好会に参加した（図3）。計算力学部門、材料力学部門、流体工学部門、熱工学部門の4部門合同の同好会であり、知り合いがいないのではと少し危惧していた。しかしながら、筆者の所属する東北大学の教員、あるいは東工大の井上先生、名古屋大学の荒井先生、また大阪大学（現神戸大学）の久保先生など馴染みの先生方が数多く参加されており、リラックスして参加することが出来た。会の途中では日本酒の利き酒もあり、大変盛り上がった。私は以前に身体を壊したため、飲むことは出来ないが、それでも雰囲気（日本酒の匂い？）だけは楽しむことが出来た。

図3. ポスターセッションの様子

部門同好会を終えたころには、辺りは暗くなり、すっかり秋の空気だった。お酒は飲んでいないのだが、何だか飲んだような気分で、風にあたりながら秋田駅まで行き、終電に乗り込んだ。スイッチバックの新幹線に乗り込み、また3時間かけて仙台まで戻ってきた時には11時を過ぎていた。

近頃は、自分の専門に特化した国際学会あるいはワークショップに参加することが増え、久しぶりの年次大会参加だった。大学の同窓会に参加したような懐かしい気持ちになり、充実した一日だった。

第33回計算力学講演会(CMD2020)開催案内

池田　徹
鹿児島大学学術研究院理工学域工学系

第33回計算力学講演会は、2020年9月23日(水)～25日(金)まで、鹿児島大学工学部で行われます。鹿児島大学は、旧制第7高等学校と各種専門学校や師範学校が、第二次世界大戦後に合併して県立鹿児島大学として発足し、昭和30年から数年をかけて国立大学に移管された、典型的な地方国立大学です。

鹿児島大学には、工学部があるメインキャンパスの郡元キャンパスと医歯系学部がある桜ヶ丘キャンパス、水産学部がある下荒田キャンパスがあります。2020年に第33回計算力学講演会が開催される工学部がある郡元キャンパスは鹿児島市内の中心部に位置し、鹿児島の玄関口である、鹿児島中央駅前から市電で7～8分で工学部西門の前にある唐湊（とそ）電停に着きます。鹿児島市内のホテルは、鹿児島中央駅付近から、郡元キャンパスの反対側に市電で5分ほど行った所にある繁華街の天文館の間にほとんどが位置しておりますので、大変、交通の便が良い所です。航空機を使って鹿児島に来られる方には、東京、名古屋、大阪から鹿児島空港への便が多数運行しております。鹿児島空港は、鹿児島市の北にある霧島市にあり、高速バスで鹿児島中央駅前まで、40～50分ほどかかります。

鹿児島と言えば、桜島が有名ですが、北から霧島がある加久藤カルデラ、錦江湾の奥側が姶良カルデラ、錦江湾の出口付近が阿多カルデラ、屋久島の北西にある海底カルデラの鬼界カルデラと４つもの火山カルデラが並んでいる、日本有数の火山地帯です。鬼界カルデラは7300年前の縄文時代に破局噴火を起こし、南九州を焼き尽くした、日本の有史以後に形成された唯一のカルデラです。桜島は姶良カルデラの外輪山の一部が噴火しているものです。桜島は非常に活発な火山で、ほぼ毎日のように噴火しておりますので、噴火しているところをご覧いただける可能性もかなり高いかと思います。火山地帯ということで、市内の銭湯は全て温泉です。

また、鹿児島県は、サツマイモ、肉牛、豚肉、ブロイラー、ブリ、カンパチ、鰹節、うなぎなどの生産が日本一で、

特別講演の会場に予定している稲盛会館

黒豚しゃぶしゃぶ、鳥料理や海鮮料理といった新鮮な食材を使った料理を召し上がっていただけます。

鹿児島市内とその周辺には、島津家別邸の仙巌園、明治維新の偉人についての展示を行っている維新ふるさと館、桜島、コアラで有名な平川動物園、砂蒸し風呂で有名な指宿温泉と天然記念物の大うなぎで有名な池田湖などがある他、少し足を伸ばしていただければ、高速船で数時間で屋久島と種子島に行くことができます。

学会の準備の方は、まだこれからの段階ですが、九州内の大学と今年の開催校の東洋大学の実行委員の先生方とも協力して、皆様をお迎えする準備を行う予定ですので、是非第33回計算力学講演会にご参加下さい。

連絡先
池田　徹（実行委員長）
鹿児島大学学術研究院理工学域工学系
〒890-0065　鹿児島市郡元1-21-40
Tel. 099-285-8257
E-mail: ikeda@mech.kagoshima-u.ac.

《各行事の問い合わせ、申込先》
日本機械学会計算力学部門担当　大黒　卓　E-mail:daikoku@jsme.or.jp
〒160-0016　東京都新宿区信濃町35番地　信濃町煉瓦館5F　TEL 03-5360-3503　FAX 03-5360-3508

計算力学部門ニュースレター No. 62 : 2019年11月15日発行
編集責任者：広報委員会委員長　村松眞由
ニュースレターへのご投稿やお問い合わせは下記の広報委員会副委員長までご連絡ください。
なお、各記事の文責は著者にあります。
広報委員会幹事　西正人 E-mail: nishi.masato@jsol.co.jp
株式会社JSOL エンジニアリング事業本部
〒104-6205　東京都中央区晴海1-8-12　晴海トリトンスクエアZ棟 5階
TEL 03-5859-6020 FAX 03-5859-6022

印刷：生々文献サービス／〒151-0053 東京都渋谷区代々木2-36-6／TEL.03-3375-8446／FAX 03-3375-8447／E-mail: seiseibunken@nifty.com