

日本技術士会 中部本部 岐阜県支部

令和3年3月講演会メモ

日時：令和3年3月13日（土） 13:00～17:00

場所：Zoom システムによるウェブ講演会

後援：岐阜大学工学部、岐阜工業高等専門学校

ウェブ参加者：講演会申込者40名、講師2名、事務局1名 計43名

司会：安田 義美（経営工学）・渡邊 直哉（経営工学）

メモ作成：田島 暎久（航空・宇宙）

1. 会員講演

演題：「インド文化を踏まえたインド製造業の状況考察について ～インド現地の方との交流を経て～」

講師：三菱電機（株）名古屋製作所 生産システム推進部 グローバル生産推進課 熊澤 貴弘 氏

（技

術士・経営工学部門）

講師紹介：栃木県宇都宮市生れ。母親が台湾人のハーフで幼少期を台湾の満州郷で過ごす。現在は岐阜県各務原市に在住。青春時代は埼玉県浦和市で過ごし、尊敬できる人に会う。浦和レッズのサポーター。城北埼玉高校、慶応義塾大学・理工学部・物理学科卒。中学と高校はハンドボール部、大学ではオリエンテーリング・サークル。三菱電機（株）に入社して可児工場（岐阜県）で電磁開閉器の量産を担当、中国・上海で2ヶ月の語学研修、名古屋製作所に戻った後、インド・ブネ工場で1年間の研修、名古屋製作所で勤務し現在に至る。



職歴：生産技術職12年。多品種変量生産を志向した自動組立ロボットセルの導入。その他、生産性向上のためのIE（インダストリアルエンジニアリング）の実践と指導。

講演概要：知っているようで知らない魅惑的なスパイスの国インド。次なる大国の気配も見え隠れしているが、インドの実態とは。実際にインド現地の各地を訪問し、現地の方との交流を通して体感したインドの方の気質。そして、インド現地で実際に生活することで得た知見からインド製造業について、インドの文化も織り交ぜて、考察した内容について紹介します。ますます激化するグローバル化の時代にあって、親日国インドとの良好な関係を保ち、日本のモノづくりの活性化に繋がる糸口をつかんでいただければと思います。

講演内容：

自己紹介 ～経営工学の立場から自分自身をSWOT分析すると～

- 「強み」：明るい・活発・英語ができる・中国語も少しできる。
- 「弱み」：メンタルが実は弱い・事務作業はだいたいミスる・うっかり本音をいってしまい問題発言・やる気のある時とない時の差が激しい。
- 「機会」：熊澤技術士事務所 開設・友達から最近よく相談されるように・比較的、副業が許される世の中に・在宅勤務。
- 「脅威」：・嫁がこわい、最近優しいかも・日本の高齢化、経済停滞、産業の空洞化などに対してどうすればいいのか、自己研鑽・進みゆく温暖化に対してSDGsな畑作業開始（各務原のニンジン農家に弟子入り）

インドの文化

- インドの国土は東西3000km、南北3800kmで日本の8.7倍の面積。人口は13.5億人で平均年齢25歳の若くて活気がある国。ちなみに日本の平均年齢は45歳。皆、誇りをもって国の発展のために必死に努力して汗水たらして働いている。公用語は英語。
- インドは一言では言い尽くせないほど多様性が混在する国なので、現地での体感をお薦めしたい。北のレー・ダラック地方はチベット仏教の文化で僧侶が多い。そこから少し南のパンジャブ地方にはターバ

ンを巻くシーク教徒が多い。シーク教徒はインド全体の人口の2%以下だが、比較的裕福で体格に恵まれているので軍人や政府の役人が多い。大都市のムンバイは人口が非常に多く、スラムもある。バンガロールはIT企業が集積。私の赴任地のプネは大学が多くて若い人が多い。ミャンマーに接しているマニプール地域には東南アジア系の顔立ちが多い。スリランカにも行ったが、ここは南インドの人たちと似ている。

- 歴史：4600年前のインダス文明、つまり現在のアフガニスタン・パキスタン・インドにまたがる地域から歴史が始まった。この地域に含まれるパンジャブ地方には現在のインド財閥を築いた人達がいる。パキスタンにあるモヘンジョダロ遺跡は水道や下水道などが整備された高度な文明都市。このあたりの時代に牛を神とするヒンズー教の基礎が築かれた。3500年前に北西からヨーロッパ系のアーリア人が浸入してきたため、元々住んでいた肌黒のトラヴィタ人は南へ押し出された。アーリア人によって生産性は向上したが格差社会が生み出され、バラモン（司祭階級）を頂点とするカースト制が誕生した。バラモンの下に、政治・軍事的な支配層のクシャトリア、その下に農・工・商人のバイシャ、最下層に奴隷のシュードラでカースト制が構成されるが、更に各階層を細分化すると全体で100以上になるとのこと。現在、カースト制は法律で禁止されているので、インドに行く際は口外しない方が賢明。
- 宗教：各宗教の人口比率は、ヒンズー教79.8%、イスラム教14.2%、キリスト教2.3%、シーク教1.7%、仏教0.7%、ジャイナ教が0.4%。元々あったバラモン教が高尚過ぎて難しかったため、仏教やジャイナ教が広まった。その過程でバラモン教はウパニシャッド哲学として少し大衆路線化。その後、4世紀に興隆したグプタ王朝でヒンズー教が誕生した。中世を経て、イスラム教のムガル帝国が興隆してタージマハルなどの世界遺産が建立された。インド憲法を作ったアンベードカルはカーストの最下層に生れ、ヒンズー教から仏教に改宗したが、ヒンズー教にはカースト文化が残っているため仏教に移っていく人が多いらしい。宗教のキーワードは「多様性」、それぞれの価値を尊重して「ふわっ」と包み込む。宗教によって地域ごとに祝日が違い、国全体の祝日は独立記念日や共和国記念日など限られている。
- 祭りと祝日：それぞれの宗教や歴史に根付いた祭りが催され、州ごとに祝日が違う。8月15日のインド独立記念日は全インド共通の祝日で、1週間前からお祭りムード。8月のラクシュミバンダは手首にヒモを結びあって兄弟姉妹の絆を確かめ合う。9月のガンパチ祭りは日本の正月のような雰囲気の人混みがすごい。10月2日はマハトマ・ガンジー生誕日。10月のプージャは普段自分が使っているものをきれいに掃除して飾り付け「ありがとう」と感謝の気持ちを表す日。11月のディワリはヒンズー教の新年に相当し、車や家電など高額商品の売り上げが増える。12月のクリスマスはヒンズー教徒も楽しむ。1月1日の新年は祝い酒で酔いつぶれる人もいる。2月は17世紀マラータ王国の英雄チャトラパージ・シバジの生誕日。ムンバイ空港は、この英雄の名を冠してチャトラパージ・シバジ国際空港と呼ばれている。ちなみにデリー空港はインディラ・ガンジー国際空港。2月21日はヒンズー教の破壊・再生・創造の神であるシバ神の生誕日。3月はヒンズー教のホーリー祭、カラフルな粉をかけ合う祭り。他にも多種多様な宗教行事の祭りがあり、それらの共通点として平和と家族愛が根底にある。
- ダンス：仲良くなるためには必須、会社のイベントなどでも踊りまくる。
- 映画：おしゃれして見る市民の娯楽。入場料は日本円で100円ていどの安さだが、ポップコーンが500円もして映画より高い。映画館では映画の上映前に必ずインド国家が流れて、起立しないと逮捕される。
- 劇場：デリーには劇場があるが、日本円で3000円もしてインド人にはかなり高額なので富裕層向け。
- 酒：酒はいくらでも飲めるが、祝日はドライデー（禁酒日）になるため、祝日の前日までに酒を買っておかないと、当日は買えない。アメリカやヨーロッパからインドに帰ってきてワイナリーやクラフトビールを始める実業家が増えてきている。インドのワインはおいしいと好評。クラフトビールはブームになっていて、オシャレな店で各国のビールを提供している。
- カレー：カレーは色々なパターンで辛くする。日本人が食べると喉にきたり、腹にきたり、とにかく辛い。日本から持参した「ふりかけ」でライスを食べようとしたが、インドの米はパサパサで、ふりかけとライスを口にいれても両方が分離した状態で全く合わない。日本のモチモチした米とは食感が違う。
- 果物・軽食・菓子など：果物は南国なのでマンゴなど熱帯性のフルーツがおいしい。食べきれない場合は冷凍保存する。台湾でも見かける「釈迦頭」は芳醇な香りでおいしい。プネで食べたデザートは冷えて甘さ強めだけれど美味しかった。果物を使った色々なアイスクリームもある。ヨーグルトもよく食される。街角で売っているチャイ（紅茶）は1杯10円でおいしい。菓子は各地に名産品がある。祝い事や

お祭りに関連しているので前日に色々なお菓子が配られる。日本食はムンバイに豆腐屋があって、よく厚揚げを配達してもらって食した。見た目は日本のものと少し違ったがおいしかった。デリーの空港近くでは横浜家系ラーメンを 800 円で食した。他に韓国料理、マクドナルド、ケンタッキーが進出している。インドでケンタッキーを食べて、こんなに美味しいものとは知らなかった。

- ファッション：インドのファッション雑誌はカラフルで非常にオシャレな感じ。女性が腕に描く茶色い文様。型なしで描く砂絵。誰も写真が大好きでスマホに入れている。
- 結婚式：結婚式にも出る機会があった。参加者は皆着込んでいた。日本のように食事があるのかと思ったら、新郎新婦に米を撒くライスシャワーを行っただけで即解散になった。ものの 15 分程度で終了、解散。会場の一角には、鍋・冷蔵庫・テレビなど家財道具一式が飾り付けて展示されていた。
- 誕生日祝い：私も皆さんに祝ってもらった。会社でやった後、ホテルに帰ったらホテルでもやってくれた。皆さん、気さくで、祭り好きで、サプライズ好き。
- プネの日本人会：プネは日本人が家族も含めて 200 人程度しかいなかったの、みんなで一致団結して「頑張って生きていこう！」と励まし合っていた。美味しいレストランを見つけて情報交換したり、日本人会でゴルフ・コンペもやったり、他社の方々との出会いもあった。

インドのインフラと旅行

- 交通事情は日本人が見ると、「え！これはなに！」ということが多い。道路沿いを気ままに歩く牛。何車線あるか分からないような渋滞。大渋滞脇の歩道を走るバイク。雨が降るとすぐに道路にできる水たまり。バイクの後席に乗って大きな荷物を手にもって運ぶ人。作業現場に向かうのか荷台に人を一杯乗せて走るトラック。どのようにしてこうなったのか、摩訶不思議な事故の光景。実際に交通事故は多い。
- 電力事情が悪く、停電しまくり。日本では配電盤やブレーカーなどは箱に入っているが、ここではむき出しのままで野ざらしに近い。さすがに日系ホテルでは日本と同じように箱に入っている。
- 街中、至る所に牛！牛！牛！牛は神様なので自由に闊歩している。ムンバイのスラム街はゴミだらけで牛がゴミを食べていた。ゴミ処理も大きな課題。冬になると寒いので、あたりかまわずゴミを集めて焚火して暖を取っている人たちもいる。
- 市場では朝夕に道路にまでゴザを敷いて魚や野菜を売っていて、野菜は農家が朝とったもので新鮮。ネズミが市場を走り回っている。映画館も備えた立派なショッピングモールもある。モールにはアディダスなど世界ブランドの店が入っていて値段は日本と同じ。
- プネの印日協会では日本語教育を行っている。私も週末に顔を出して日本語のプレゼンを行った。学生は、みな明るく、「日本にいつか行きたい」と言っていた。
- ゴルフ場は手入れがいきとどいて美しい。キャディ付き。私はインドで初めてゴルフをプレーした。
- インドでは水を安心して飲める場所が未だ多くない。特に農村部には上水道が未整備の地域が多い。ようやく小学校などに上水道の整備が進められつつある。インドには企業の CSR 活動として売上の何%かを小学校の上水道整備や植樹活動に寄進せねばならないという法律があり、このような面で弊社もインドに貢献している。
- けっこう立派なホテルでも洗面所の蛇口から茶色い水が出たりして、何かが壊れていららすることが多い。ホテルのプールで泳いだら塩素が強かったせいか、あとでかゆくなった。
- インドのコンビニは品揃えが豊富で便利。商品を店先の天井からぶら下げて売っている。最近、首都のデリーでは日本のコンビニと同じような店ができています。
- 各主要都市はメトロ電車の開発ラッシュになっている。プネでもメトロ電車の工事中で今年開通予定だったが、随分遅れている。また、建設中のビルが多い。
- 旅行して各地を回った。チベット仏教文化が残るパンゴン湖地方は標高 5000m 以上に位置して都市部の酷い大気汚染と無縁の澄んだ青空が広がり映画の舞台にもなった。最近、中国と武力衝突があって今は行くことができない。チベット仏教の寺には古い壁画などがあるが保護されずに放置され観光名所にもなっていない。他に、インド北方のラダック地方、ヒンズー教のマラタ王国の遺跡（マラティ人の心のふるさと）、アジャンター遺跡、ムンバイの世界遺産、プネの城跡、スリランカの遺跡などを訪れた。
- 土曜日 1 日使って会社のメンバーで課外活動をした。このような行事の際には統一した服を支給して一体感を作る工夫を HR のメンバーが尽力していた。インドでは離職者が多いため、このような行事が離職対策にもなっている。皆、気さくで明るく、写真を撮るとなると、なごやかなポーズを作ってくれる。

インド製造業の状況

- バイクの2019年販売台数は約2000万台。シェアは、ヒーロー・モトコープ（インド）35%、ホンダ（日本）27%、TVS モーター（インド）15%、バジャジオート（インド）11%、ロイヤルエンフィールド（インド）4%、スズキ（日本）4%、ヤマハ（日本）4%の順。
- 自動車の2019年販売台数は約280万台。シェアは、マルチ・スズキ（日本）50%、現代自動車（韓国）18%、タタ・モーターズ（インド）9%、起亜自動車（韓国）8%、マヒンドラ&マヒンドラ（インド）7%、ホンダ（日本）4%、トヨタ（日本）4%の順でスズキが断トツ。ウーバーが自由に使うことができ、タクシーを頼むとほとんどがスズキの車。アプリを使えば言葉を使わないで目的地を示すだけでよいのでウーバーは非常に便利。自動車の普及率は、日本が2人に1台に対してインドは60人に1台。人口が日本の10倍なのでまだまだ車は売れる。
- 日本の自動車メーカー各社の主要工場所在地は、スズキが首都デリーに近いグルガオンとグジャラート州アーメダバートにある。グルガオンは日本でいえば高層ビルが並ぶ六本木のような都市でユニクロもある。グジャラート州はモディー首相の出身州で、アーメダバードとムンバイ間に日本式の新幹線を開設する計画がある。ホンダは自動車工場がラジャスタン、バイク工場がバンガロールにある。トヨタはバンガロールにある。バンガロールはマイクロソフトなどのIT企業が多く進出しており、インドのシリコンバレーとも呼ばれている。バンガロールには財を成した実業家の大きな屋敷が多いし、空港内には欧米風のバーやレストランが次々とオープンして街全体が急激に発展している。
- 電気電子産業は、政府による電子機器の生産奨励策が奏功して、ホンハイやペガトロンなど台湾のEMSが続々とインドに進出している。同様に5G向けの通信機器についても生産奨励の補助金交付を発表された。iPhoneの最新機種はインドで生産されている。電気自動車のテスラもインド南部に工場進出を検討中。インドも中国のように排ガスなどの環境問題が課題になっており、都市別の環境ワースト・トップ16までインドが占めている。従って環境対策の意味でも電気自動車を普及させる流れがある。EMSが集積している都市がチェンナイ。チェンナイにはインド華僑が多い。チェンナイからシンガポールやマレーシア、中東に出稼ぎ行っているインド人が多く、インド人の国外ネットワークもあると聞いている。
- インドの生産奨励策では売上に対して5%の補助金がつくので、単純計算で利益率が5%上がることになる。設備投資に対しては25%の補助率でこれもすごい。今まで中国が世界の工場を担ってきたが、次はインドという対中国政策の一環として補助金によってEMSメーカーをインドに誘致する政策になっている。
- 数社のEMSメーカーを視察する機会を得た。IN Cap社は、本社がフィンランドの企業で、日系メーカーも製造依頼している。「5S3定」がしっかり実践されている洗練された工場。例えば、金型や治具などには重量と使用期限が明示されて非常にレベルが高い。やはり「5S3定」の基本がしっかりしている工場は生産性も高い、と視察を通してあらためて感じた。
- SF0はインド地場企業だが、今、勢いがあって売上がどんどん伸ばしている。「5S3定」に関しては、治具が乱雑に置かれたりして今一つだが、日本式の改善活動を貪欲にしっかり行っている。南西インドのコチに本社があり、視察したのはバンガロール工場で広大な敷地に板金工場や電子機器の組み立て工場があった。いろいろな大手企業が製造を依頼している。
- inYantra社はインド地場企業で、そのプネ近郷の工場を視察した。「5S3定」は「まだこれから」というレベル。約20人の作業員が一列に並んで一人1個の部品を組み込んで次は渡すという労働集約的な工場。ただ経営者は改善に対する意識が高く、「5S3定」の表示や改善の標語等が掲示されていた。私が訪問した時に少しでも学び取ろうという意識があっただけで、改善のプロセスなどを質問された。改善の意識が高いことから今後期待できる工場。
- EAST INDIA社はインド地場企業。労働集約的な工場で作業環境は埃まみれ。製造依頼した欧州メーカーに対して「よく、ここに頼んだなあ」と思った。ただ、品質基準を下げた安さを求めて依頼する分によいのかも知れない。
- インドと言えばITなのでIT企業を紹介。インドでトップのIT企業はTATAコンサルタント・サービス社。第2位がInfosys社、第3位がWipro社と続く。2019年の業績は、TATAコンサルタント・サービス社が売上2兆3100億円、利益5600億円、利益率24.6%で、この利益率は普通の製造業からは驚くほど大きい。Infosys社が売上1兆2400億円、利益2800億円、利益率22.8%。Wipro社は売上9200億円、利益1500億円、利益率17.2%と若干落ちる。

- 昨年はコロナ禍で世界的に経済が停滞したが、そんな中でもインドIT企業は売上を伸ばしている。3社とも2020年7月～9月期も売上が前年比増となって勢いがあり好調。ITと言えば、プネの街中のアイスクリーム店でもITの注文システムを使っている。
- 展示会にも行く機会があった。インドで製造する工作機械メーカーや産業機械メーカーが未だ進出していなかったため、商社が海外の機械を紹介していた。インドに進出する企業が徐々に増えているので、このような展示会の状況も変わってくるかも知れない。中国、台湾、韓国が国として集合展示していて、国策としてインド進出を奨励しているようだった。他方、日本企業は個別に展示していた。

おわりに

- SDGs活動の一環として去年の秋から畑をやり始めた。各務原はニンジンの産地として有名だが、あるニンジン農家の畑を間借りした。詳細はfacebookで「熊澤 貴弘」を検索してください。

Q&A

Q：工場では、どのような停電対策を行っていますか？

A：工場の多くは停電対策としてバッテリーとディーゼル発電機を設置している。工業団地で備えている所もある。

コメント：バンガロールへ8年ほど前に訪問しました。停電は、計画停電と突発的な停電の両方がありました。バンガロールの大きなビルの横には大型の発電機がありました。2年前のほうが進んでいるのですね。IT関連のデータセンターには、TATAグループが専用の発電所を建設していると聞きました。

Q：現地スタッフとコミュニケーションを取る上で、特に注意すべきことはありますか？

A：日本人の真逆の性質と思って対応したらどうか。例えば、「この仕事は何日かかるの？」と尋ねた場合、日本人は余裕をとって必ず守れる期限を答えるが、インド人は調子よく答えて結果的に期限を守れないことが多い。日本人は横並びでよいが、インド人は個別に繰り返しコミュニケーションを取ることが重要で、しつこく繰り返しても前向きに受け取ってくれるので嫌がられない。

Q：補助金が売上の5%とのことですが、成果連動型の補助に対する税金はどのようになっていますか？

A：詳しくは把握していませんが、補助金とは別に個別交渉で特別優遇税制が受けられると聞いている。この特別優遇税制は各州で競っている企業誘致の条件になっている。

Q：インドは「合衆国」の考えで、地域ごとに税制も違うし、チェンナイとバンガロールの境では境越え（州境越え？）の税金を払っていたようですが？

A：チェンナイとバンガロールは州が違うので、そのような税金があったと思う。2016年にインド全土の統一制度ができて、この種の税金がなくなってきた。

Q：インド国内の旅行で「飲み水」であたったことはありますか？

A：必ずペットボトルの水を飲んでいたし、カップラーメンを食べることが多かったので「飲み水」であたったことはなかった。

2. 来賓講演

演題：「AIで創造する未来社会」

講師：京都大学 大学院 情報学研究科 教授 工学博士 伊藤 孝行 氏

講師紹介：1972年生まれ、1995年名古屋工業大学工学部知能情報システム学科卒業、2000年同大学院工学研究科電気情報工学専攻博士後期課程修了・博士(工学)、1999年日本学術振興会・特別研究員、2001年北陸先端科学技術大学院大学・助教授、2003年名古屋工業大学・助教授、2014年名古屋工業大学教授、2018年名古屋工業大学AI研究センター長、2020年京都大学教授。この間、南カリフォルニア大学(USC)、ハーバード大学、マサチューセッツ工科大学(MIT)にて客員研究員。また、IPA未踏ソフトスーパークリエイター、最先端次世代研究開発プログラム・代表研究者、JSTさきがけ研究員、JST CREST研究代表者、IFAAMAS理事などを務める。

専門分野：情報工学。特に、計算論的メカニズムデザイン、オークション、ゲーム理論、自動交渉理論、集合知、グループ意思決定支援システム、電子商取引支援システム



ム、クラウドコンピューティング

受賞：人工知能学会業績賞、日本学術振興会賞、文部科学大臣表彰科学技術賞、文部科学大臣表彰若手科学者賞、情報処理学会会長尾真記念特別賞、日本ソフトウェア科学会論文賞、

著書：人工知能大辞典（2017年共立出版、共著）、人工知能AI事典 第3版（2019年近代科学者、共著）、他に英文の共著多数。

講演概要：AI技術の発展によって激変する今後の産業構造の概要および、広く開かれた先端AI技術を用いたイノベーションを起こすチャンス期が到来していること等について紹介します。

講演内容：

コレクティブインテリジェンス（集合的知性）

- 魚の群れにおいて個々の魚は群れ全体の動きを知っていないが外敵が来ると瞬時に避ける。ここには何らかの社会的メカニズムがあり、魚はこのような社会的メカニズムを築いてきたことで進化的に優位になった。この魚の群れのような動きはコレクティブインテリジェンスと呼ばれて様々な分野で研究されている。つまり、個々には上手にできないが皆が集まると上手に解決できることで、日本では「3人寄れば文殊の知恵」と言っている。
- コレクティブインテリジェンスは紀元前のアリストテレスの時代から学術の中心的テーマになっており、人間社会で人間同士が協力して個々の能力を超えた知恵や能力を発揮していくことは人類が最も得意とすることも知れない。MITのトーマス・マロン教授の著書「スーパーマインド」によれば、コレクティブインテリジェンスは現代社会の組織論にも当てはまる。
- ハチ、アリ、ペンギン、バッタなど昆虫や小動物は群れによって複雑な社会を作っている。アリの場合、餌を探すアリと巢内で子守するアリで分業して高度な社会の仕組みができていくが、彼等自身がそうしようとしたのではなく進化的プロセスの中で獲得して生物の種としての優位性を保つことができた。
- これに対して人間はどうか。政治を司る民主主義、会社の階層組織、経済を動かす市場、居住する地域コミュニティなどは人間が築いてきた社会のメカニズムであり、コレクティブインテリジェンスと言える。このような人間のコレクティブインテリジェンスをどう考えていくかが重要なテーマになる。更に最近ではAI、スマホ、IoTが急激に発展してきたために人間同士のコミュニケーションが数10年前と全く違ってきている。人間同士が随時つながっていて、1秒後に自分の意思を相手に伝えることができる。このようなコミュニケーションの発展によって社会の仕組みはどう変わってくるのか、どう変えていくべきか、を考えなければいけない。この変え方によって人類としての種が生存競争に勝ち残っていくことにも関わってくる。

Deep Learningによるブレークスルー

- ディープラーニングによる技術的なブレークスルーによって、今は第3次AIブームと言われている。人工知能学会はAI（人工知能）を「知的な機械、特に、知的なコンピュータプログラムを作る科学と技術です。人の知能を理解するためにコンピュータを使うことと関係がありますが、自然界の生物が行っている知的手段だけに研究対象を限定することはありません。」と定義。ウィキペディアは「人工知能とは、人工的にコンピュータ上で人間と同様の知能を実現させようという試み、或いはそのための一連の基礎技術を指す。」と簡単に定義。つまり、AIはコンピュータプログラム、ソフトウェアと深く関係する。
- AIは電子計算機と横並びの歴史を持つ。1956年のダートマス会議で初めて「AI（人工知能）」という言葉が使われて、第1次AIブームが始まった。会議の中心メンバーはジョン・マッカーシー、マービン・ミンスキー、クロード・シャノン、アレン・ニューエル、ハーバート・サイモンだった。勿論、アラン・チューリングも関わっていた。この頃は人間が行う様々な知的タスクはAIで簡単に実現できるだろうと言われていたが、やればやるほど問題が発生して解決できないことが判ってきて第1次AIブームは終わった。この第1次AIブームで対象になったのは非常に簡単なオモチャのような問題ばかりだった。
- 第2次AIブームは「知識」に注目が集まった。ルールを作り込んでいけば専門家のような推論ができるのではないか、と想定された。例えば、医師は、目が赤い、鼻水が出る、咳が出る、といった患者の条件が整うと風邪と診断し、胃が痛い、吐き気がする場合は胃炎を疑う。このように条件をベースにして論理的に整理して結論を導き出す。このように条件としてのルールを多く集めて上手く動くようにし

たものがエクパートシステムで、日本でも第5世代コンピュータプロジェクトとしてかなりの資金を費やして研究されたが、結局、専門家でさえ自分の知っているルールを全て書き下せない、というルール獲得のボトルネックに陥って進展できなかった。この頃に、AIは自律性(Autonomy)を持って合理的に動くことができるシステム、つまりエージェントであるべきだ、と言われ始めた。更に、複数のエージェントがどのようにインターアクションができるのか、あるエージェントがある環境に置かれた時に環境とのインターアクションはどうあるべきか、と云うマルチエージェントシステム(分散人工知能)が登場してきた。

- 今は第3次AIブームの最中で、パターン認識の程度が極めて高くなった深層ニューラルネットワークが低コストで実用可能になったことがブレークスルーの一つになっている。深層ニューラルネットワークは、その言葉通りニューラルネットワークの層を深くして画像認識の精度を高めている。一般の人でも簡単に使える物体認識ソフトの「YoLo」は、深層ニューラルネットワークを使って作られた。YoLoはYouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=MPU2Histivi>)で公開されている。YoLoでは動画の中で犬、人間、バイク、車などをリアルタイムで認識できるが、車の自動運転に使われるような高精度のものは未だ技術開発の途上。深層学習が出る前は研究レベルでも非常に職人芸的なやり方しかなかった。
- 深層学習のポイントは畳み込みフィルターの発想だ。碁盤目状に区分された部分画像を次の層に渡す時にフィルターを入れて個々にマッピングしていき、全てのパターンに対して畳み込みをする。入力に猫を与えたら出力は猫と答えて欲しい。これを幾度も学習させてパラメーターに相当するフィルターを調整していく。従ってフィルターを計算で巧みに最適化していくことによって、入力に猫の画像が来れば猫と答えるようになり、象が来れば象と答えるようになる。このフィルターを自動的に調整できるようにしたものが畳み込みフィルターであり、深層ニューラルネットワークの中核技術としてチューリング賞が授与された。チューリング賞は計算機科学のノーベル賞と言われている。
- 深層ニューラルネットワークが実現する以前には、フィルターを職人芸的に作ることに技術開発だった。フィルターを多段階にして畳み込み深層ニューラルネットワークを作ることは難しそうに見えるが最近プロトタイプングであれば非常に簡単にできるようになって、様々なビジネスチャンスや研究チャンスがある。
- 5年程まえにグーグルのコンピュータが猫を認識したことがニュースになった。畳み込みフィルターをかけていくと、低位層では画像に対するエッジなどが抽出される。中位層では部分部分を組み合わせたものが出てくる。上位層には抽象的なフィルターがかかる。そのようにして、人間の顔の場合、人間の顔はどのようなものかが、フィルターに出てくる。つまり、フィルターのパラメーター調整が自動的にできるようになった。2013年に発表された論文では、37000人もの顔画像から特定の個人が認識された。
- 深層ニューラルネットワーク、深層学習の概念は1990年代から既にあった。モンリオールの大学では1990年代から深層学習の発想自体があって、これを脈々と研究していたグループがいて、その3人が2018年チューリング賞を受賞した。1990年代はAIのルールベースや知識が全盛期の第2次AIブームが終わった頃で、ニューラルネットワークはAIの主流派から少し敬遠されていたため予算がつかず多くの研究者はニューラルネットワークから離れたが、彼等は一生懸命その発想を地道に積み重ねていった結果、2000年以降に花が開いた。その背景には、2000年代からデジカメやスマホで撮った写真をインターネットでアップロードするという習慣が世界中で広がった事情がある。それ以前は研究者は猫の画像を1000枚集めるだけで大変な苦勞をした。自分で猫の写真を撮るのも大変だし、買うにもコストがかかった。それがネットで検索するだけで猫の写真を十分に入手できる時代になった。同時に計算機のメモリーとコンピューティングパワーが指数関数的に増大して、GPU(Graphics Processing Unit)が開発された。チューリング賞を受賞した3人の中のYoshua Bengioは「十分に多くのリソースを入手できるようになったことがニューラルネットワーク成功の秘訣だった」と言っている。リソースとは、コンピューティングパワーであり、メモリーであり、写真であり、画像データである。つまり、アイデアは古くからあったが、その実現はリソースが十分にそろった2010年頃まで待たねばならなかった。
- 画像認識の国際競技会が毎年開催されている。2011年までは識別誤り率が0.26程度だったが、翌年には0.16と1割以上も大幅に下がって、深層学習の効果で大きな注目をあびた。深層学習は、データを与えれば与えるほど層が深くなって精度が際限なく上がるので、非常に巨大なニューラルネットワークを作って画像処理、動画処理、言語認識など色々なことができる可能性を残している。しかし、データ

量が増えれば増えるほど計算量が爆発的に増えるため、結局、コンピューティングパワーの問題が立ちはだかっている。。

- 深層学習（ディープラーニング）はマシンラーニングの一つであり、更にマシンラーニングはAIの一つである。2018年チューリング賞を受賞した3人（Yoshua Bengio, Geoffrey Hinton, Yann LeCun）の中のヤン・ルカンは今現在フェースブックで活躍している。彼はこんなことを言った。「ディープラーニングはマシンラーニングに入れられているけれど、実はマシンラーニングの国際会議でディープラーニングの論文はかなり却下された」。2018年のストックホルムではAIの国際会議とマシンラーニングの国際会議が同時期に開催されていたが彼はマシンラーニングに行かないでAIの方へ来て、このように言った。「基礎的なマシンラーニングは特徴を如何に知っているかがポイントだ。例えば、赤いスポーツカーの画像がある場合、スポーツカーを認識するための特徴をどう取り出すか、何を特徴とすべきか、が問題となり、知ってる人は訓練できるが、そうでない人は訓練できない。これが伝統的なマシンラーニングで、ディープラーニングとは違う。ディープラーニングはその特徴自体、つまりフィルターの調整をコンピュータに任せるため精度が際限なく上がっていくことがポイントだ。」
- 深層学習を使って人物のポーズを可視化する「オープンポーズ」というソフトはダウンロードすれば誰でも使うことができる。人物の画像姿勢から骨格の座標をデータとして取り出せるので、使い方に色々な可能性がある。深層学習は難しい話に聞こえるかも知れないが、実際の利用レベルからも相当使い易くなっている。
- 深層学習を更に展開した「Deep Q-Network (DQN)」は、強化学習に応用されて注目を集めている。従来の画像認識は与えられた多くのデータに対して学習していく「教師あり学習」だが、強化学習はデータなしで学習していく「教師なし学習」になる。強化学習は何度も状況を経験させて、より良い方向へ整理して繰り返し学習していく。これは人間の子供がする学習に近いとも言われている。例えば、インベーダー・ゲームにおいて、右に行くか、左に行くか、ミサイルを打つか、を選択した時に点数が上がる方向へ繰り返し学習していく。この強化学習の中に深層学習を入れるとインベーダー・ゲームの画面をより精彩に特徴付けできて、より精度よく判断できるようになる。これを「深層強化学習」と言う。ブロック崩しゲームでは、最初は全くできないが、ある程度回数を重ねると自動的に良い方法を獲得していく。更に種々のテクニックも学習させることができる。
- 4年前に囲碁の世界チャンピオンに勝って有名になった囲碁のAI「AlphaGo」（グーグル）は深層強化学習を使っている。同時期に将棋の電王戦でコンピュータプログラムがプロに勝った。この二つは同じような話だが、実は全く異なる。将棋の方は、将棋の盤面がどれくらい良いかという特徴を個々に手作りしてやってやっと勝てた。つまり伝統的な機械学習だ。これに対して囲碁のAIは深層強化学習を使って特徴を自動的に抽出しているので人間が気付かない手まで発見していることがある。人工知能学会の松原仁氏は「ようやく将棋でここまでできるようになってきた。囲碁でAIが勝てるようになるにはあと10年から20年かかるだろう。」と言っていたが、その矢先に囲碁でAIが勝ったため関係者は驚いた。これぐらい深層学習はドラスティックに状況を変えている。その後、AlphaGoは更に進化して行って、人間の打った知識がなくても自分で碁の最適な手をマスターしていくようになった。将棋、チェス、囲碁のようなゲームでは、何も詳細を与えなくても人間より強いプレーができるようになっていく。
- 深層強化学習を使って複数のAIにチームプレーを学習させることができる。例えば、二つのAIが逃げる敵のAIを追いかけて捕捉するとする場合、一方が敵の逃げ道を塞いで他方が追い詰める状況が学習で作られるようになる。このような協調行動を獲得させることは、これまでは非常に難しく様々な状況でどう協調すべきかを全て書かなければならなかった。深層強化学習を使えば、個々がどのように振りまえば高得点が出せるか、自分がチームとして得するか、を自分で学習していく。このような技術はロボット同士やドローン同士の協調作業に応用されつつある。
- 複数のAIを対象にして「3人寄せれば文殊の知恵」を引き出したり、そこに人間も含めた協調作業を目指すのが、マルチエージェントシステム（分散AI）だ。例えば、グーグルの収入源の90%を占めるグーグル・アドワーズによる広告は、マルチエージェントシステムをコアのメカニズムを使って、第2価格オークションで市場のメカニズムによる価格の仕組みを上手く設定している。他に、人間の代わりに交渉するエージェント、ゲーム理論を使って警備を最適化した保安システム（全米の空港で採用）、ウーバ

一などで使われている評判メカニズム（社会ネットワークでのトラスト）、ポーカーなどの不完全情報ゲームにおける人間よりも強いプレイヤー、などに応用されている。

- 将棋や囲碁は相手が何をやったか、どんな戦略をとったかが全て見える完全情報ゲーム。これに対して、ポーカーは相手の動きが見えない不完全情報ゲームでブラフというハッターもある。人間社会の交渉や駆け引きは相手が何をやったかが見えないポーカーのような不完全ゲームに相当する。ポーカーでは出札の統計的情報とゲーム理論的な解析、ナッシュ均衡をどう求めるかという話になるが、それよりも「この手を打つんではなかった」という後悔を回避する戦略を取ることで最適化が非常によくできるようになった。実際、ポーカーの世界チャンピオンに勝つような AI プレイヤーが出現してきた。
- 現在、産総研、内閣府、オランダ、オーストラリア、アメリカの MIT などと協同して、人間の代わりに交渉してくれる AI を開発している。また、将来、多数のスマートファクトリー間で情報共有が進み、部品を何時迄に納品するべきか、どのサプライチェーンを使うべきか、ということで人間がいちいち介在しては非常に効率が悪くなるため、これを AI で出来ないかという話も進んでいる。

AI による大規模合意形成支援システム「D-agree」

- フェイスブックなどの SNS で見られるように不特定多数から様々な意見が出された場合、ときには炎上してしまったり、意見集約や合意形成は難しい。そこで、マルチエージェントシステムを使って人間のディスカッションを自動的にファシリテートする AI エージェントを社会に応用することを目標として「D-agree」の開発に取り組んだ。これは JST の CREST プロジェクトとして今年 3 月に終了する 5.5 年の国プロジェクトになった。このプロジェクトの研究成果を活用するために名工大発のスタートアップ企業「AgreeBit」が 2 年前に設立された。（「D-agree」を紹介する DVD 上映）

注記：JST (Japan Science and Technology Agency 国立研究開発法人・科学技術振興機構)

CREST (Core Research for Evolutional Science and Technology クレスト)

- JST の CREST プロジェクトは毎年の評価が非常に厳しく、特に中間評価では継続の是非が審議される。3 年前の中間評価の際は、丁度、深層学習が画像処理から言語処理に応用され始めてきた時期に合わせて、言語処理も組み入れることで評価を得た。この言語処理の組み入れでは自然言語処理の専門家からも高い評価を受け、特許を日本で取得して米国でも申請中。
- 「D-agree」では、基本的にユーザーがテキストを使ってウェブ上で議論する。その議論を「合意最適化エージェント」と呼ばれる AI が、AI 技術を用いたプログラムによって、集った意見を望ましい議論の方向に導いていく。その方式は、IBIS (Issue-Based Information System) の考え方に基づいている。
- AI プログラムのエージェントは、あるテーマに関して、①課題を出してください ②その課題に対して課題解決のアイデアを出してください ③そのアイデアに対して長所・短所を議論してください、という方式で議論を進行していく。この方式は、複雑な社会問題を大勢で考える時に有効な方法としてアメリカのファシリテーション協会では長く使われている。
- 例えば、最初の人「都市をよくする課題として都市の渋滞問題があります。渋滞問題を解決するにはどうすればよいのでしょうか」と投稿したとすると、AI プログラムはこれを課題と認識する。次の人が「栄地区に入る際の通行税を課金したらどうでしょうか」と投稿すると、AI プログラムはこれを「前に投稿された課題に対するアイデア」と認識して関係付けておく。このようにして課題、アイデア、アイデアの長所・短所を関係付けることによって議論を構造化すると同時に巧みにリードしていく。ある課題に対してアイデアが出ない場合には「これに関してアイデアはありませんか」と聞いたり、「このアイデアに対する長所・短所はありませんか」と問い掛けたりする。このように IBIS の方式に従って議論が自動的に展開されていく。このようなことを大規模な人数で展開することは、深層学習を使った AI プログラムには可能だが人間には不可能だ。
- アーキテクチャーは、AWS というアマゾンのクラウドを使っている。クラウドを使うことによって世界中どこからでも同じようにシステムを使うことができる。

議論構造の抽出技術

- 議論のグラフに関して、ディープニューラルネットワークにおいてアテンションを取り込んだ GAT (Graph Attention Network) など様々なものが開発されて深層学習は進化し続けている。我々も議論のグラフを構造化する研究を進めているが、そのためには実に多くのデータが必要になる。我々の 4 大学共同の研究プロジェクトチームは各大学のメンバーが 20 人程度のため議論のデータが多く集まらな

い。それでも3年前には50議論、つまり50個の議論フォーカスを作ってAIに学習させた。商品化していく過程で更に議論の数、データを増やしていった結果、十分な精度を得られるようになった。

- 暴力的な発言や「わいせつ」な発言などに対しては、いち早く察知してフィルターで除去することにも深層学習を使っている。このような投稿は炎上してしまう可能性があるため一旦はコンピュータで非表示にするが、やはり参加者の意見ということで表示しておくこともある。
- 議論の中でAIエージェントが発言する内容についてルールベースを設定して、その時の状況に合わせてAIエージェントが発言できるようにしている。つまり、ファシリテータのテンプレートとして精査した200発言テンプレートが設定されている。このテンプレートの文章自体をAIエージェントが修正できるようにすることも現在研究している。
- また、誰がどこで何を言ったのか、などを見え易くするために、取り出した議論の構造を可視化する様々な方法を今、試している。

社会実験

- 「D-agree」を使った多くの社会実験を展開している。2017年に愛知県、名古屋市、浜松市などで行った。また、医学会総会、国際ワークショップ、国際会議、企業の企画や商品開発のワークショップなどにも使ってみた。海外ではインドネシアやアフガニスタンで使った。
- 名古屋市には何回も協力しているが、2018年の年末は名古屋市の次期総合計画中間案に対して「D-agree」を使うようになった。この時は「HAMAAgree(ハマグリー)」というプロジェクト名で実施された。5個のテーマに対して、テーマ1とテーマ2は人間が、テーマ3とテーマ4は「D-agree」のAIエージェントが、テーマ5はAIエージェントと人間のチームが、各々ファシリテートした。参加者が増えて多くのデータが得られた。AIエージェントは24時間休みなくファシリテートメッセージを出し続けることができ、そこが夜に寝なければならない人間とは違う。
- 上手く事が運んで、ほっとした例がある。11月2日の開始直後から非常に懸念していたことは、参加者の不適切な発言が炎上した時の対処方法だった。「あまりインパクトのある発言があると怖いなあ」と心配していたところ、開始直後に「名古屋市の民主主義を取り戻したい」との強い意見が届いた。AIエージェントは直ぐに反応して「現状は何が課題なんでしょうか」と逆に問い合わせた。つまり、意見を課題と認識して冷静に対応したのであった。すると意見を出した方は、課題をまとめ直してしっかり答えてくれた。更にAIエージェントは「問題の解決策としてアイデアは何かありませんか」と再び問いかけた。このようにして、一瞬、炎上しそうな内容でもしっかりファシリテートできた。勿論、うまくいかなかった例も多くある。
- アフガニスタンでは首都カブール市の街づくりを支援するために「D-agree」を応用したが、当初の想定以上に拡大し、今や実験を通り越して定着しつつある。カブール市の発展を担う組織CRIDA(Capital Region Development Authority)やアフガニスタンの経産省と名工大が協同で2019年に始まった。カブール市長をはじめカブール市の各行政の責任者を巻き込んで「D-agree」を使った議論が展開された。約1万人のカブール市民が登録して様々なテーマについて今も議論を継続している。
- アフガニスタンでは伝統的に男性の議論に女性は参加できないため女性は女性だけで別途議論する。ところがウェブ上の「D-agree」では女性も男性も平等に発言でき議論に参加できる。このことが非常に注目されて議論が非常に盛り上がっている。カブールの将来の街づくりについては、投票の仕組みはどうするか、都市開発をどうするか、などのテーマとともに、関連するサブテーマも多く上がっている。
- 2週間前にアフガニスタンのガニー大統領から直接電話があって、今後、国レベルでの協力を要請された。京大とアフガニスタンの国レベルで、「D-agree」を使った市民参加型の議論を広めていくために協力研究の合意文書を交わす予定である。
- 前述の名工大発スタートアップ企業「AgreeBit」は、「D-agree」を最初のサービス事業に上場に向けて様々な活動を展開しているので、何かあればよろしくお願ひしたい。長期的には社会的に貢献できてインパクトがあるAI技術の実現を目指していく。

まとめ

- 「D-agree」については、合意最適化エージェント、ファシリテーションを自動化できるエージェントとして社会実装するとともに、日本・米国・アフガニスタン・欧州で国際的に発展させたい。

- 今後、JST CREST の新領域「信頼できる AI」に採択されて、分散型のエージェントシステムにより信頼できる合意形成を追求していく。
- AI 技術、インターネット技術、スマホ技術を使って人類の次の社会システムを考えていかなければいけない。

Q&A

Q : 「D-agree」のDは何の意味ですか？

A : 「Democracy」の意味で名付けられたが、他に「Deep Learning」「Decision」「Diversity」「Disagree」などの意味も含まれています。

Q : Big データでは過学習が起きると理解していますが、Deep Learning では過学習は起きませんか？

A : 過学習は起こりますが、階層を複雑にすれば過学習を起こさないで最適のパフォーマンスが得られます。

Q : 「D-agree」で課題解決した例は具体的にありますか？

A : 講演で紹介した社会実験以外では、政府系団体や地方公共団体が意見集約する場合を想定しています。

Q : 意見募集や説明会では、いわゆるサイレントマジョリティの掘り起こしが課題となることがあります。 「D-agree」でどの程度の掘り起こしが可能でしょうか？

A : 「D-agree」では、各々の意見に対する支持を評価するポイントシステムを持っていて、マイナーな意見としては識別できますが、物言わぬ本当のサイレントマジョリティの人達が発言できるようにする仕組みは考えなければいけないと思っています。

Q : 大学で指導している PBL 演習 (Project Based Learning) では一部の学生がファシリテータを務めますが、なかなかうまく進みません。学生たちが「D-agree」をうまく利用できればもっとスマートに議論が進むと思うのですが、演習の授業に簡単に組み込むことができますか？

A : 既に学生の PBL ワークショップで使っているので直ぐに利用できます。演習ではファシリテータを AI にさせながら学生もすれば効果が上がります。

Q : 「D-agree」をビジネスとして活用するための使用主体はコンサルタントでしょうか？ また費用はどの程度でしょうか？

A : 既にオンラインでコンサルティングをやっている方と協業しています。システムだけの提供もありますし、どのようにも協力できます。システムを試用する場合は「AgreeBit」社に問い合わせれば直ぐにできますし、実際に使う場合の料金表もあります。

Q : 社会的、倫理的な問題を扱う場合、深層学習に用いる教師データに含まれる民族、ジェンダー等への偏見があると、それがルールとして組み込まれてしまうような件に対する補正は可能なのでしょうか？

A : これは正にこの業界の研究者全員が注目している重い問題で、これ専門の国際会議が何件も立ち上がっている状況です。偏見を直すことは技術的に可能ですが、問題は世界全体に通用する公平な判断を人間が定義できないことです。国や民族によって文化も考え方も違う中で、何が正しいかを定義する必要があります。AI の発展が逆にこの問題が明らかにしましたが、それは技術だけでは解決できない問題だと思っています。

3. 岐阜県支部例会 連絡事項など 安田支部長

- ・ 1 月講演会 (ウェブ) のアンケート結果 : 会員講演は、良かったが 26%、まあ良かったが 74%。来賓講演は、良かったが 100%。今後の講演会のテーマとして、SDGs の実際の取り組み状況、防災対策、コロナ関連、日本と海外の土木構造物の長寿命化、コンピュータ関連など。
- ・ 今後の講演会の予定 : 5 月 15 日は来賓講演 2 件を計画済み (下記の次回講演会参照)。7 月 3 日は来賓講演が岐阜大学工学部基盤工学科の神谷教授に決定済みだが、会員講演者が未だ決まっていないので自薦、他薦に関わらず幹事まで連絡下さい。また幹事会で推薦した方々にも近々依頼に伺う予定。
- ・ 日本技術士会の 2021 年度選挙 : 岐阜県支部幹事は 3 名退任、4 名新任で合計 15 名が立候補、定員 30 名未満のため信任投票。ウェブ投票の締め切り日は 4 月 8 日、開票日は 4 月 21 日。中部本部幹事、統括本部理事選挙も同時投票。
- ・ 岐阜県支部会報について (高木幹事) : 次年度も継続することを幹事会で決定。投稿希望者は高木幹事まで連絡を。8 月 3 日 (火) から開始して毎週火曜日に発行。これまでの会報は当会ホームページに掲載。

4. ウェブ懇親会 (中止)

5. 次回の講演会

5月15日(土) 場所 ワークプラザ岐阜 ウェブ講演会 (Zoom) も中継

来賓講演: 企業危機管理アドバイザー 元・愛知県警警視 丹羽 幸彦 氏

「反社会的勢力の関わるスクと企業・個人の対応」

来賓講演: 愛知淑徳学園学園長・理事長 小林 素文 氏

「ハワイ雑学」

以上