INTERVIEW

静岡大学 竹林洋一氏 インタビュー

人工知能の実践的活用

インタビュアー 武田浩一（日本 IBM），住田一男（人工知能学会），那須川哲哉（日本 IBM）

「デジタルプラクティスの読者の方には，自分の専門をちょっと壊してほしい！」．人工知能の父と呼ばれる Marvin Minsky や Alan Kay 等との親交が深い静岡大学教授の竹林洋一氏を迎え，これまでの人工知能技術の研究開発を俯瞰するとともに，「ディープラーニングには何が足りていないのか」，「将来を見据えて研究開発のターゲットを設定することの大切さ」，現在精力的に取り組まれている「人工知能の医療介護への応用」といったテーマで大いに語っていただきました．

武田　竹林先生，本日はどうもお忙しい中をインタビューにご快諾いただきまして，ありがとうございました．今回の特集は，人工知能のプラクティスということですが，竹林先生は，大学とベンチャーの両方を経験なさって，企業もよくご存じですし，そういう広い観点で，人工知能がどのくらいプラクティスとか実用に向いているのだとか，どれぐらい実践できているかということを読者の方に大いに語っていただければと思います．私自身，非常に楽しみにしておりますので，どうぞよろしくお願いいたします．

竹林　よろしくお願いいたします．

武田　自己紹介を兼ねて，今までどういった活動をされてきたかをご紹介いただけますか．

■ 人工知能との出会い

竹林　慶応義塾大学の4年のときに人工知能と出会いました．博士課程の方のLISPを使ったグラフ理論による回路解析の研究に憧れ，卒業研究はミニコンを使ったLISP処理系でした．

東北大学の大学院では，城戸健一先生から音による機械系の故障診断というテーマを与えられ，音のディジタル信号処理を研究しました．その影響で，現場のことや物理的なデータを考えることが好きです．企業と一緒に，ボールベアリングの異常や水道管の漏水など，音響信号のディジタル処理を試行錯誤しながら研究しました．

武田　当時としては，アナログの情報として処理をすることが当然だったようなところを，いわゆるディジタルの話，手法というのを取り入れられたということですね．

竹林　はい，そうです．人間の聴覚による故障診断の自動化を目指しましたが，途中でディジタル信号処理にしぼりました．博士論文は先行研究がなかったので，「音響信号処理に関する研究」という恥ずかしくなるような大きなタイトルでした．1980年に東芝の情報システム研究所に入りましたが，音声認識だけはやりたくないと思っていました．認識率向上の研究に興味がなかったからです．ところが，大手銀行向けの16単語の電話音声認識の仕事がまわってきて，電話音声データの収集，信号処理や認識システムの開発，そして性能評価までやり，実践的な研究開発にやりがいを感じました．

武田　そのころは，第5世代の計算機とか，人工知能の第2のブームの真っただ中でしたでしょうか．

竹林　もう1世代前です．通産省（当時）のパターン情報処理大型プロジェクトの時代です．経験豊富な先輩たちとハイブリッド型の音声認識方式を実用化しました．1つは，文字認識で実績のある複合類似度法を使った単語音声のパターンマッチングで，部分空間法と関連します．私は，音声特徴の遷移ネットワークによる構造解析的なパターン認識と統合処理を担当し，1983年に銀行向け電話音声認識サービスが実運用されました．

次に，音声ワープロの開発チームに加わりましたが，試作機の動作は不安定だったので，話者適応型音声ワープロのプロジェクトを立ち上げました．部分空間法の学習は計算量が膨大なので専用ハードも開発することにし，研究開発に没頭しましたが，その途中，MITメディアラボに留学することになりました．

1985年のメディアラボは，Marvin MinskyやSeymour PapertがAIラボから移った時期で，混沌としていました．AIラボ所長のPatric Winstonに，メディアラボについて尋ねると，“Too new!”との返答，また，Alan Kayは，“シナジー効果が期待できる”と，肯定的でし

2016 ©Information Processing Society of Japan



竹林洋一氏
1980年東北大学大学院博士課程了，（株）東芝入社．MITメディアラボ客員研究員，研究開発センター技監などを経て，2002年より静岡大学教授．デジタルセンセーション（株）会長兼務．信号処理，人工知能，音声対話，ヒューマンインタフェースの研究に従事．本会理事，AI学会理事などを歴任，現在，本会フェロー，高齢社会デザイン研究会主査，AI学会コモンセンス知識と情動研究会主査，日本子ども学会理事．現場主義で高齢社会デザインと認知症情報学の研究に取り組んでいる．

た．日本では第5世代コンピュータプロジェクトが始まり，スタンフォードのEdward Feigenbaumが主導した「エキスパート・システム」がマスコミを賑わし，AIがブームでした．

武田　あのころは，MITのメディアラボというと，日本の会員企業も多くて，本当に華々しい組織でしたね．カルチャーとして，Demo or Dieというような，独特な，やはり日本の大学だとか，日本の研究機関とは違うスタイルという印象があります．

竹林　斬新なデモシステムを作って，ディジタルメディアの将来性を示すという研究スタイルは，紙芝居的な「フェイク」デモも一部あって，当時の私は研究の意義を理解できませんでした．気分転換のため，AIラボのWinston所長がやっていたマシンラーニングの輪講会に出てみました．少人数なので毎回，発言を求められるので，準備して参加しました．当時，多層ニューラルネットが流行し始めた時期で，それも1つのトピックという扱いでした．コンピュータサイエンス・ラボでも，RSA暗号で有名なRonald Rivest副所長の理論的なマシンラーニングセミナがあり，何度か参加しました．

武田　日本サイドで見ていると，どちらかというと，推論とか，Prologとか，そういう意味では，ロジックを主体にした研究のほうが圧倒的に多くて，いわゆるシグナルプロセッシングとか，機械学習の手法というのはまだまだでしたね．ディジタルデータも少なかったですしね．

竹林　私のテーマは話者適応型音声認識で，当時としては大量の学習用データを収集し，計算量の多い部分空間法の学習と認識実験をやっていたので，Minsky，Winston，Papertと議論することができ，機械学習の研究の多様さを肌で感じました．このため，今の機械学習ブームは，表層的に思えます．たとえば，Minskyの後継者として，AIラボ所長になったWinstonの有名なARCH（積み木の特徴的な構造を帰納的に学習するプログラム）の研究は，ご存じですよね．

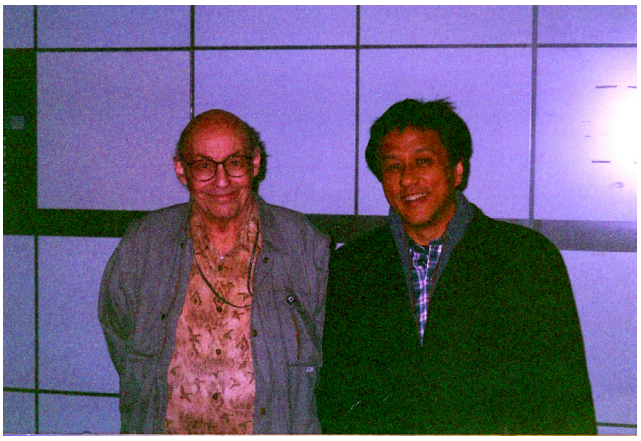
武田　ええ．Winstonの概念学習とか，カーネギーメロン大学（CMU）のグループらが，当時目立っていた印象でしたから．

■ Minskyから受けた刺激

竹林　Minskyが今年（2016年）の1月に亡くなって，Minsky追悼シンポジウムが，3月にMITのメディアラボで，それと，スタンフォードのAAAI（米国人工知能学会）で開催され，両方参加しました．WinstonやRay Kurzweilなど，Minskyの歴史的な大物弟子たちから，当時のAI研究の雰囲気と突拍子もないエピソードを，まとめて聞くことができ，これまで長年にわたってMinskyからいろいろ聞いてきた話の断片が一挙につながり，MinskyとAIの研究の全貌が急に見えた気がしました．

武田　それはすさまじい，豪華絢爛なメンバだったんでしょうね．

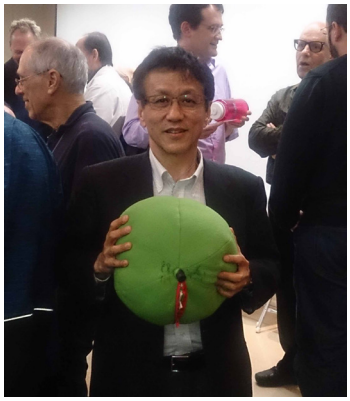
竹林　日本の場合，何が弱いかというと，高次の人工知能の研究が抜け落ちている点だと思います．たとえば，Carl HewittのPlanner．それがどういう経緯でできたかとか，Terry WinogradやHewittがどんな経緯で着想したのか，日本ではあまり知られていません．MinskyがHewittのところへ，ある日やって来て，「プランニングシステムを作ろう．ゴール，プラン，アサーションに基づく人工知能言語を！」と唐突に言ったのが事の始まりだったとのこと．Minskyの影響で，高次の人工知能研究が発展し，それでMinskyが多くのAI研究者に尊敬されてきたのだと，再認識しました．日本では，LISPだPrologだと言っていましたが，それはあまり重要ではないとのことです．Plannerは実装がイマイチだった



Minsky氏（左）と竹林氏（右）



AAAI の Minsky 追悼シンポジウムの様子
左から 1 人目が Hewitt（Planner を設計），7 人目が Kurzweil（Singularity を提唱），8 人目が Winograd（Google 創業者 Larry Page を指導），9 人目が Whitfield Diffie（公開鍵暗号で Turing 賞受賞），12 人目が Daniel Bobrow（元 AAAI と認知科学会会長）



追悼シンポジウムでは，登壇者や親交のあった参加者がリレー式にエピソードを紹介．竹林氏はマイク付クッションボールを受取り，「"The Emotion Machine" の翻訳で膨大な時間 Marvin と交流した．Marvin は私の Imprime（刷り込みをした人）だ」と発言．

ので，改良版としてMicro-Plannerを作り，その開発にWinogradもメンバとして参画．WinogradはMicro-Plannerを使って，有名なSHRDLU（「積み木の世界」の物体を自然言語で操作できるプログラム）を作ったわけです．AIラボと日本との関係は希薄だったので，このあたりのストーリーを，私は知りませんでした．

武田　そうですね．私もあまりそのあたりの話というのは，詳しくは知りません．

竹林　今回の追悼シンポジウムで，Minskyが，Winogradの研究姿勢を批判してきた理由が初めて分かりました．Winogradは，SHRDLUという画期的なAI応用システムを開発したわけですが，その後，数人の博士課程の学生が，SHRDLUの一般化に挑戦しましたが，すべて失敗．Winograd自身はスタンフォードに移って，「人工知能の実現には限界がある」と考え，ネットワーク環境を活用した応用研究に方針変更．だから，高次の人工知能の基礎研究は，おざなりになってしまった，という話です．

ところが，1985年頃，AIビジネスが脚光を浴び，MCC（Microelectronics and Computer Technology Corporation）では，Douglas Lenatが大規模知識ベースCycを10年計画で開発を始めました．Lenatがどうして Cycの開発を思い立ったのかご存じですか？　メディアラボに講演に来たときに，定理の自動発見の学習で学位をとったが，実際は十分な知識や常識がないと，機械学習する際の価値判断ができないので実現できない，と力説していました．Ryszard Michalski，Jaime CarbonellとTom Mitchellが共同編集した機械学習の黒表紙の本を示し，機械学習のためには，常識が必要なので，大規模知識ベースCycを開発すると気合十分でした．衝撃的でそのときのことを鮮烈に覚えています！

武田　気持ちはよく分かりますよね．今の研究で，ウィキペディアなしにやれと言われると，すごく大変だし，当時はやはり100万件のファクトを集めるというのが話題になりました．

竹林　それは意味がちょっと違います．さまざまな構造の高次の知識ベースを的確に設計し，大規模なものを構築しようとしたのがポイントです．

武田　そうですね．知識表現のための言語も定義をして．

竹林　そうです．複雑な多面的知識や常識を，どのように記述するかがポイントです．だから，フラットなファクトや，浅い構造だけでは不十分なわけです．Minskyは，大規模知識ベースのCycはロジックの一貫性を重視しすぎたので，知識ベースの拡張や発展がむずかしくなった，と言っていました．

Minskyが亡くなる前の年に，ボストンの自宅で聞いた話ですが，彼はNavyの支援のおかげで研究費のことを心配しないで，自分より優秀な学生を見つけて，やりたいことを研究してきたとのことでした．

世界初の学習型のニューラルネットSNARC（Stochastic Neural Analog Reinforcement Calculator）を真空管で作って，脳の3次元イメージングのために共焦点顕微鏡を発明して実機を制作．さらに，ニューラルネットは重み付けの学習をしても，特定の問題を解けるだけで，結局，何も残らない．そのようなニューラルネットの限界を，『パーセプトロン』という本で指摘し，記号的な研究にシフトし，人間の認知特性に基づく知識表現としてフレーム理論を考えたとのこと．AI研究の発展には，高次の知識表現，アナロジー，知識獲得など，多面的なAI研究が必要であり，いろいろなAI技術を開発し，高次の知識処理で，複数のAI技術を臨機応変に統合するのが必須というのが彼の考えでした．

武田　そうですね．たぶん，当時はもっと記号的に考えていたのですね．

■ ディープラーニングには何が足りていないか

竹林　少し専門的な話になりますが，MIT滞在中に，部分空間法の学習は，「ベクトルパターンからのクラス記述のパターン認識的学習」と考えると，WinstonのARCHは「記号事例からのクラス記述の人工知能的学習」であり，両者は似ていることに気付きました．Minskyは興味を持ってくれたので，Winstonに説明したところ，「Marvinから話を聞いている」と言われ，自信がついたことを思い出します．企業秘密が入っていたので，1992年の日本音響学会英文ジャーナルに，「部分空間法の学習は，AIの記号的クラス記述学習に相当する」という論文を，地味に発表しました．部分空間法の提案者でフィンランドの科学技術会議の議長にもなったErkki Ojaも関心を持ってくれました．

Minsky家の地下に住んでいたDanny Hillisは，シンキングマシンズ社を設立した大物で，追悼シンポジウムで，「ディープラーニングは，MarvinのSNARCと本質は同じ」と断言していました．私は，シンキングマシンズ社でバイトしていた学生と，全米囲碁チャンピオンを招いた社内講演会に参加し，囲碁のAI研究を知りました．Minskyは，勝ち負けが決まっている囲碁や将棋などのゲームは，いつか，コンピュータが勝つと断言していました．

ディープラーニングツールができても，それは問題解決の一部にすぎないのですよね．たとえば，IBMでワトソンとディープラーニングをつなごうと思ったら，結構大変だと思います．最近，限界や課題はあまり聞く機会がありませんが，そのあたりは，どうなのですか．

武田　そうですね．やはり私たちの分野での一番の関心というのは，自然言語のレガシーな処理のスタックと，機械学習とどうつなぐかという問題で，とても難しいです．今まで主に記号的につくられたものですから．

竹林　そういう状況なのですね．自然言語に関しては，検索や翻訳という応用があるので実践的に研究が発展しました．課題はアンダースタンディング（理解）のところだと思います．これに対してロボットは，表現能力は豊かで，タスクが決まっていれば，かなり動作しますが臨機応変に状況を理解するのは困難です．

Minskyはずっとそのあたりを見据えていて，重要なのはコモンセンスであり，複数の知識表現や複数のAI技術，つまり，マルチプリシティが必要であると力説していました．日本語に訳しにくいのですが，マルチプリシティがないと，画像と検索をつないでも，そのタスクのためにだけ最適化してしまう．レガシーと重み付け系を組み合わせれば，特定の問題解決はできますが，拡張性はありません．

武田　メディアラボ時代に，そういう意味では非常に視界が開けて，いろいろな人と出会われたということですね．

竹林　MITのMinsky，Alan Kay，Nicholas Negroponte，Papert，Winston，Rivestなど，卓越した研究者と話をして分かったことは，みんな教養があって，研究のコンセプトが明快で，実用化への関心が高いという点でした．

武田　そうですね．主に，当時のアメリカ人研究者の方たちは，汎用問題解決ということをすごく意識されていたと思いますし，それはCMUも一緒だったと思います．日本は何かこう，問題は推論の形で解こうというのが意識としてはすごくあったのかもしれない．

竹林　CMUはHerbert SimonとAllen Newellの汎用的な問題解決で有名で，2015年に文化功労者として顕彰された安西祐一郎先生が立派な研究をされました．人間の認知や思考を高次の情報処理システムとして捉える認

知科学的な研究が盛んでしたね．一方，日本は推論へのこだわりが強かったかもしれません．80年代のMITでは，Minskyの影響で，アナロジー，知識表現，概念獲得など，高次の人工知能の研究が盛んで，オープンな雰囲気があり，優秀なプログラマーが評価されていて，フリーソフトウェアの元祖Richard StallmanはAIラボで寝泊りし，活動していました．

武田　80年代にいろいろ考えていたことというのは，今はあまり議論されなくなっていていますね．

竹林　それを痛感します．どうも成果のことを考え，自分の専門と流行の研究以外は，あまり関心がないようで，70年代や80年代の重要な人工知能の研究や技術が軽視されているのは残念です．デジタルプラクティスという観点では，今の人工知能は何ができて，何ができないかなど，研究の立ち位置を含めて議論しないと，本質を見失う恐れがあると思います．それから，いろいろなセンサデータを利用した異常検知などの研究が増えましたが，ベースとなる信号処理が間違っている場合が多いので，気になります．

武田　シンボルのレベルでしょうか．

竹林　信号のレベルです．最近のスマートフォンにはマイクロフォン，カメラ，GPS，ジャイロ，加速度，距離センサが組み込まれ，さまざまなセンサデータがビッグデータとして増え続けています．テキストや画像情報は人間が観て分かりますが，多くのセンサデータは「観ること」が困難なので，人工知能研究者が，信号処理を十分に理解しないで，お手軽にライブラリを使うのは危険です．

私の場合は，どんなセンサを使うのか，サンプリング周波数をどうするか，どんな信号処理をするのか，分析する際の時間窓の形状や時間長をどうするかなど，相当考えます．現場の問題を熟知し，機械や物理系に強い方が，信号処理やパターン認識を勉強して，さらに，ディープラーニングをやれば，鬼に金棒だと思います．

武田　そうですね．やはり実際，下位データとのつながりで，かなりそういう部分が今，多くなっているので．

竹林　先日，名古屋大学の間瀬健二さんと立ち話をして，今度のAIブームは，1990年代のコンピュータグラフィクス（CG）ブームと似ていて，シリコングラフィクスが成長し，CGのハードウェアは売れ，講習会も儲かるという状況で，AIブームも実践的な応用やビジネスに重心が移るということで意見が一致しました．

何をなすべきか，どのように問題を解決するかというあたりが，ビジネス開発やベンチャーの話とつながると思います．

武田　日本に戻られて，それで静岡大学に行かれてから，いわゆる今のデジタルセンセーション（株）につながるプロジェクトが始まるわけですね．

竹林　はい，実にいろいろなプロジェクトをやりました．東芝の研究所に1987年に戻り，音声研究からはずされて，文書図面レイアウトシステムの商品化や次世代ワークステーションの開発を検討していましたが，音声認識のチームをつぶすと言われたので，私が引きとって音声研究を再開しました．ところで，私が音声を研究していたのをご存知でしたか？

武田　いいえ，先生の音声分野のご研究にはあまり詳しくないです．

竹林　大語彙音声認識の研究が盛んだった1990年代初めに，私たちは音声を対話メディアと考え，マルチモーダル音声自由対話システムTOSBURG Ⅱを世界に先駆けて開発しました．複数の学会から表彰していただき，私のことを覚えている方もおられるので，お聞きしました．

ハンバーガー店の小規模タスクですが，実時間で自由に対話できました．ディープニューラルネットと関連している部分空間法による雑音免疫学習で雑音が重畳した単語音声の特徴抽出を行い，雑音に強く，「ああ」とか「えー」とか言っても，安定に動作しました．

このころから学会活動を始め，その後，本会のヒューマンインタフェース研究会の主査をやり，異分野横断のインタラクション・シンポジウムを創設，社内にはヒューマンインタフェース技術センターを作りました．異部門経験という制度で，WebDVDプロジェクトを担当し，マイクロソフトやタイム・ワーナーと交渉しました．プロジェクトは中止になりましたが，メディア関係者とのつながりができました．

武田　何か規格とか，メディア業界は独自のソサイエティとかコミュニティでの活動が重要でしょうね．

竹林　事業部に出たおかげで，メディア業界と少しつながりましたね．1998年に，日経新聞やマルチメディアコンテンツ振興協会と連携し，MITメディアラボで2日間のワークショップをして未来の社会を検討し，Wearables Tokyoというファッションショーと連動したシンポジウムをやりました．ヘッドマウント・ディスプレイ各社と活動しましたが，早すぎましたね．

■ 将来を見据えるということ

竹林　それと，Alan Kayの影響を受けました．彼から直接聞いた話では，4カ月間何もやらないで，Marshall

MacLuhanの難解な本を読みふけり，半導体のムーアの法則を考慮して，将来何が起こるか，考えたとのこと．人間の知的能力を増幅するために，何をどのようにすべきかを考え，Dynabook（Personal Dynamic Media：ダイナブック）の構想を示し，その後，暫定版ダイナブックとして，画期的なワークステーションAltoを開発し，斬新なソフトウェアを次々と開発しました．Steve Jobsの元祖です．

安西先生と通産省（当時）の先導研究「知的社会基盤工学技術」の研究会で活動したおかげで，Wearables Tokyoのときに，社会インフラとウェアラブルの連携を考え，「安心，安全」が私のキーワードになりました．

研究やビジネスは効率や価格の競争では，勝ち組・負け組を作るだけで価値は生まれません．Alan Kayや安西先生が主張してきたように，情報技術で社会インフラやプラットフォームを作れば，持続的に成長が可能です．知的能力の増幅や良好な学習環境を創りたいと思うようになりました．ベンチャーを作る際の理念は，そのようにしてできました．学習や教育や医療，福祉のような分野ですね．

武田　社会基盤，そういう分野が成長するだろうということですね．

竹林　そのように考え，忙しい中でしたが，創設されたUbicompのプログラム委員を引き受け活動し，Ubicomp 2002の日本開催を要請されました．ところが，例の9.11同時多発テロでUbcomp 2001に参加できなかったので，流れました．また，BluetoothのAVワーキンググループのリーダとして，エリクソン，マイクロソフトなどと頻繁に会議を行い，複数の事業部を巻き込んで活動しました．2002年に音声認識機能が付いたBluetoothユビキタス・ヘッドセットを開発し，静岡大学に移りました．

武田　そのタイミングで移られたわけですか．

竹林　いろいろありましたが，大学でウェアラブル・ユビキタス関連をやろうと思っていました．静岡大学ではイメージング関連の知的クラスター創成事業が始まり，私のチームに大規模な予算がつきました．車応用を依頼され，映像系のストリーミング配信とか，安全運転支援などを研究し，その成果をベースに，静岡大学教員としては初めての大学発ベンチャーを設立しました．

武田　静岡大学の初のベンチャーだったのですか？

竹林　国立大学教員の役員兼業としては，国内初めてでした．社長の坂根裕さんと会長の私もウェアラブルに縁があるので，Wearables Tokyoのときのコンセプト「デジタルセンセーション」を会社の名前にしました．ITを機軸に小規模でも社会で役立つ事業をやりたいと思いました．ところが，教育，医療には参入障壁がいろいろあり，成功までもう一歩というところで足踏みしました．実は今まさに，認知症や学習関連のビジネスの正念場です．

■ 人工知能の医療介護への応用

竹林　5年ほど前，母が手術入院する日に開催された講演会で，認知症専門医の話を聞き，子どもの認知機能の発達と高齢者の認知機能の衰退が双対関係にあることに気付き，認知症の研究とかかわるようになりました．

日本は高齢化率でトップなので，日本は実験国家であると，未来医療研究機構の長谷川敏彦先生は言っています．この数年，数千億円規模で医療介護費が増え続けていますが，認知症は予防や治療が困難なので，認知症とともに生きるというイノベーションが必要であり，ある意味，ビジネスチャンスだと思います．

そこで，私たちは「認知症は個性です」というコンセプトで，認知症の人と家族を支援することにしました．「認知症アシストフォーラム」というWebサイトで，知識映像コンテンツを提供しています．また，精神科医の上野秀樹先生と，5年後に役立つ研究として提案した人工知能学会の近未来チャレンジ「認知症の人の情動理解基盤技術とコミュニケーション支援への応用」は，3年目に入り，成果が出てきました．

武田　そうですね．何かを計算する，という計算機の側ではなくて，サービスを受ける主体である人の理解というのが進まないとこれからは駄目だという，そういう理解ですね．

竹林　おっしゃる通りです．ユーザとシステムが対話するとき，システムを十分理解していないと，円滑に対話できません．介護者と認知症の人とのコミュニケーションを考えると，介護の達人は認知症の人の個性を調べ，発話や行動から意図感情を読み取り，臨機応変に対話を進行しているので，それをモデル化しようと思いました．

ところが，2013年の夏に，フランス生まれの認知症ケア技法“ユマニチュード（Humanitude）”と，出会いました．当初は，怪しいと思いましたが，介護現場で有効性を確信し，わたし自身，のめり込んでしまいました．

武田　人工知能学会で少し書いておられました．日本ではテレビで報道もされていましたね．

竹林　ええ．“ユマニチュード”は，HumanとAttitudeからできている造語で，人間愛の哲学に基づくマルチモーダル・コミュニケーション・ケア技法です．認知症

の人も人間として尊重し，個性や認知能力を考慮して，複数の感覚器を通じて心身へ働きかけると，認知症の人の症状が大幅に改善できる「魔法のようなケア技法」とテレビで何度も紹介され，日本への紹介者，本田美和子医師が翻訳された日本語の著書は10万部以上売れました．“ユマニチュード”の教育には，解剖学や神経生理学が盛り込まれていますが，これらに加えて情報学や人工知能学を使って,“ユマニチュード”を説明できると考えました．

Minskyの多層思考モデルによると，「人間は考えることについて考える」ことによって，問題解決能力を向上させました．しかし，それがマイナスに働くと，心身の老化によって自己喪失感を覚え，家族に迷惑をかける惨めな自分の姿を想像して，心身の状況を悪化させます．“ユマニチュード”は，「あなたを人間として愛していますよ」とメッセージを送ることで，認知症の人のマイナス感情をプラスに変え，心身の状況を改善していると，私は考えました．

ところで，Minskyは，『エモーション・マシン（The Emotion Machine)』という原著のタイトルを，ジョークで付けたと言っていました．恐縮ですが，武田さんは，エモーションって何だと思いますか？

武田　いや，ちょっとお恥ずかしいですけど，感情ってある意味ミステリアスな感じです．私はある意味，ラショナルな部分をずっと研究の対象にしてきたので，それに影響を与える，高次な何か，ステータスみたいな理解です．

竹林　感情（エモーション）はスイッチであり，単純な思考方法であると，Minskyは言っていました．高次ではありませんが，脳の状態であり，武田さんのステータスという説明も成り立ちますね．急にお尋ねして申し訳ありませんでした．

武田　そうですか．感じたことは，何かこう，タスク指向な今の手法というのは, スナップショットとして, 個々のステートで最適化する話ですね．一方で，エモーションにしても意識の問題にしても，80年代の人工知能研究の美しいところはそれを1つ高次のレベルから見ようとしたり，変化で捉えようとしたりするところで，そういう部分はたぶん今はあまり研究しないかもしれないですね．

竹林　同感です．Minskyは，多階層思考モデルを基盤に人間の高次の思考を考えました．再帰的な「考えることについて考えることについて考える」という能力が，人間とチンパンジーの違いです．「怒り」は自分より弱かったらアドレナリンを出して相手を攻撃し，「恐怖」は自分より相手が強かったらストレスを感じてコルチゾールというホルモンを分泌し，ぶるぶると震えて逃げるといった感じです．このように考えると，感情は，学校へ行って基礎を学ぼうとか，アナロジーで思考しようとか，そういった「思考方法」と同じです．本能に相当する低次の思考方法が感情です．脳の状態なので，カテゴリーに分けられないのです．ロボットが人間の感情を細かく分類して認識するなどという研究がありますが，私はあまり意味がないと思います．

疲れたり，寝不足になると，思考が豊かではなくなって，ストレスホルモンが増え，心身の状況が悪くなり，表情は暗くなりますね．

認知症の正式な定義は，「正常に発達した認知機能が継続的に衰え，日常生活が困難になった状態」となっています．認知症は病気ではなく，「状態」を示すのです．脳画像で認知症を診断できると思いますか？

武田　うーん．全然分からないですね．

竹林　分からないでしょう．現状の認知症に関する学術的研究は，脳内の情報処理モデルがないところで進められています．ホルモンの分泌など脳内の化学的な状態もかかわっていることは間違いありません．

認知症の研究を始めたころ，Minskyに，「認知症ケアではエモーションは重要」と言ったことがあります．すると，「自分も実は心筋梗塞を起こして手術をしたとき，呼吸も乱れて，少しエモーショナルになり，感情が重要なことが分かった」と，Minskyは賛同してくれました．高齢者は脳細胞が徐々に死滅し，脳の機能は継続的に衰えます．歳をとることが，認知症の最大のリスク要因となるわけですので，避けようがありません．認知症予防をすると，長生きをする傾向があり，長く生きれば，認知症になるリスクは高くなります．

そのように考えると，長寿社会では，エモーションというのは重要で，お年寄りになっても，自分らしく生き，ネガティブな感情や精神症状が起こらないように，生活環境や人間関係をデザインすることが必要です．

介護の場合も，介護鬱にならないようにするのが大切なわけです．有効なケア技術を身に付け，認知症の高齢者と上手に付き合うことができれば望ましいと思います．介護者も認知症の高齢者もハッピーでいられるわけです．そのために有効な1つの介護技術が“ユマニチュード”だと思います．

ところが，脳科学の研究は「画像」中心なので，オキシトシンのようなホルモンとの関連などは検討されていますが，脳内情報処理モデルは視野に入っていませ



左：武田浩一，右：住田一男

ん．ストレスというと扁桃体とか，あるいは交感神経，副交感神経，自律神経とか断片的で，全体を捉えていないのが現状です．でも，高次の人間の知能を人工知能的に考えると，複数のゴールがあって，ステートがあって，複数のゴールが矛盾している状態や，あるいは，現在のステートとゴールとの間のギャップが大きいときに，人間はストレスを感じるわけです．それを現代医学では表現できません．それを可能とするのが，情報学であり，人工知能学だと私は思っています．

高齢者が穏やかに暮らして，自分の心身の機能を上げて，幸せ度指数を上げられるようにすれば，介護離職も減り，薬も少なくて済むし，長寿社会を豊かにできる．“ユマニチュード”上級者がケアをすると，8割ぐらいの高齢者の症状が改善するとのことですが，現在，エビデンスを収集して，評価研究を進めています．

静岡大学では，“ユマニチュード”をスキルサイエンスとして研究を進めています．どのようにスキルを表現するか，スキルが本当に身に付くためにはどうやったらいいか，どういうふうに状況が変わっているか．オブザベーションサイエンスともかかわってきます．ビッグデータの研究の前に，オブザベーションサイエンスが必要で，自然言語処理研究が必須だと思います．自然言語の場合は，ある程度構造に落とせるわけではないですか．

武田　それでも元の情報に人手で付加情報をアノテートしてもらわないと．

竹林　そうですね．専門家による何らかのアノテーションが必要です．医療画像情報と自然言語によるIBMのワトソンの素晴らしいマルチモーダル研究が先日紹介されましたが，認知症についても，是非，「認知症に関する知の情報基盤」を構築したいと思います．診断や観察情報をどのように標準化するかが課題です．本会の高齢社会デザイン研究会では，ケア・オントロジーを，多職種連携でつくろうと考えています．

武田　ええ．やはり，言葉が違うと全体で情報を共有できないですしね．

竹林　はい．認知症に限っても，医療カルテ，看護記録，介護記録など，言葉や文化が違います．内科医，精神科医，歯科医，看護師，薬剤師，介護士，理学療法士，作業療法士，栄養士に限定しても，それぞれ違うので，ケア・オントロジーを作るための作業をワークショップで行う予定です．

そういう情報基盤ができれば，どんなコミュニケーションをすると，どういうことが起きているか分かってきて，現場のエビデンスが蓄積され，研究も発展すると思います．

武田　そうですね．やはり人によって表現が違うとか，そういうことがデータとしてはばらばらに見えてしまうことがありますね．

竹林　おっしゃる通りで，データ化されていない世界に，実践的にどのように切り込んでいくかが重要だと思います．それで，包括的な機能を持たせるために，昨年（2015年）高齢社会のデザイン研究会を設立しました．たとえば地域の移動については，省庁の管轄でいうと国土交通省，ロボットについては経済産業省，文部科学省は大学がやっている学術研究，厚生労働省は医療介護福祉のように，分断されているのを連携させることが必要だと考えています．

学会活動だけでは不十分で，社会事業に落とさないと何も世の中は変わらないと思います．地域の活動が大切ですが，都市のど真ん中にあるのと，過疎地とでは，移動手段も違うし，人間関係や家族関係も違うと思います．単純な方法論や個別の取り組みでは問題の解決は困難です．

現場実践的に，家族をどう記述するか．地域をどう記述するか．個人をどう記述するかなど，情報技術やAI技術は必須です．活動している人が少ないと痛感しています．認知症は喫緊の社会問題なので，認知症情報学として本気で取り組めば，膨大なビジネスができ，情報関連の仕事が増え，社会貢献できると思います．

武田　そうですね，技術にかかわるというか，サービスを受ける人がものすごく多くなりますからね．

竹林　静岡大学がやっている興味深い研究の一例を紹介しますね．認知症のお年寄りの在宅介護の現場では，奥さんと，子どもさんと，複数の介護士などがいて，それぞれ個性があり，関係者間の人間関係は，みんな違います．相性がいいとか，コミュニケーションが下手だとか十人十色で複雑です．お姑さんと誰かだと具合悪いけど，嫁とだといい関係になるということがあります．認知症の人には複雑な個性があり，さらに，心や感情の状態は変動します．それで，周囲の人からは，１人ひとりが全然違うように見えることがあるわけです．私たちは，複数の介護者による認知症の人の行動観察を継続的に行い，その利活用を検討しています．

たとえば，私の場合，お会いする前に武田さんのご専門を調べていたから，少し深いお話ができるわけです．こうやってお話しをさせていただきながら，信頼できそうな方だなと思って，また，住田さんと那須川さんは以前から存知あげているので，今日は，このように，突っ込んだお話をさせていただいています．認知症の人とのコミュニケーションも，どうかかわったらいいかという対話戦略と状況理解が重要なわけです．

また，認知症の人の状況と感情を理解する上で，「意識」が重要ですが，医師や意識の科学の研究者は，動物か霊長類レベルの意識を対象にしていて，人間のレベルの意識の研究はやっていません．動物レベルは，もう，かなりサイエンスになってきました．ところで，人工知能を研究されてきた住田さんにお聞きしたいのですが，意識とは何だと思いますか？

住田　えっ，意識ですか，いや，考えたことはないですね．

竹林　おそらく，お考えになっていないと思っていました．私が日本語に翻訳したMinskyの『ミンスキー博士の脳の探検（The Emotion Machine)』の第４章にありますが，意識にはさまざまな意味が入り交ざっているので，「スーツケースワード」と呼んでいます．意識には，「あっ，誰か来た」とか，「誰かに怒られてしまいそう」，「脚を骨折しているのだ」，「ここで事故を起こしたら将来どうなるか」など，同時にさまざまなことを意識しているわけですが，統一されているように感じますね．“ユマニチュード”は，「あなたのことを大好きで愛していますよ」というふうに思って，好きな人に，優しい眼差しで，温かい声で，気持ちよく触れ，それらを同時に行います．そうすれば，相手はどれだけ落ち着くか，そう思いませんか．逆に，苦手な上司だと中々，上手にコミュニケートできませんよね．

たとえば，犬は，誰か好きな人や，自分よりも強い犬や，怖い経験をした場所の前では，人間と同じように，扁桃体でまず，瞬間的に安全か危険か，敵か味方かなど見分けます．人間の場合も，まず，目を覚ましてもらって気付かせて，愛情あふれる笑顔で話しかけ，アイコンタクトできれば，そこで関係性が成立するので，もう受け入れOKという感情状態になります．

武田　まず最初にassumptionみたいな形で作って，意味付けというか，理由をちゃんと後で考えてそれを強化するように教えるような形ですかね．

竹林　そうそう，子どものときはそれができてしまうのですよ．しかも，認知症になっても，あの人嫌だったかどうかというのは残っているのですよ．

武田　だから，理由を付ける前に，もう嫌いというのが分かってしまう．

竹林　そうそう，分かってしまうのです．アルツハイマー病の認知症のお年寄りは，名前や約束やエピソードは忘れてしまっても，感情記憶が残っている場合がかなりあります．保育園などで帰るときとか，子どもとスキンシップや笑顔でバイバイとかやるでしょう．同じように，おじいちゃん，おばあちゃんも，別れるときに，笑顔で約束や別れの挨拶をすると，その感情が残ります．次に再会したとき，良い関係性と感情の記憶は残るのでコミュニケーションが円滑にできます．これは人間以外の動物でも同じで，扁桃体と海馬が関連する感情記憶によるものです．

これに対して，人間の大脳新皮質を働かせるのは言葉です．たとえば，介護者が「右の肩，温かくて気持ちいいですか？」と身体を優しく拭きながら，高齢者に笑顔で話しかけます．音声は聴覚に，表情は視覚，手からの動作刺激は触覚など，複数の感覚器官を通じて，マルチモーダルセンサ情報は脳内の視床という部位に入力されます．「右の肩，気持ちいいですか？」という触られた触覚と，鼓膜から入った音声言語情報があって，それを視床を通じて瞬時に扁頭体に送って心地良いと瞬時に判断し，少し遅れて，大脳新皮質で，複数の感覚情報を認識し，その意味を理解統合するので，脳のさまざまな部位が働き，心身が活性化するわけです．

“ユマニチュード”の「立つ」という技術も効果的です．ベッドで上を向いて寝ているときは，誰にも声をかけられず，見つめられず，一日中，天井しか見ないわけでしょう．介護者のアシストで「立つ」と，人間らしい世界を知覚できるようになり，動くと，視覚や運動機能，さらに脳内に蓄えてきた知識や経験や記憶に関するメカニズムが，次々と働き出すのですよ．足からのフィード


那須川哲哉

バックも含めて，立っているときの刺激や情報は，すべて視床に入るのです．立つ行為や歩く行為を積極的にアシストして実行すれば，高次の脳機能が働き，脳や心や身体が活性化します．今，多くの病院や介護施設は，広々として清潔そうですが，実は安全重視で，お年寄りを，ある意味でクルマ椅子に拘束し，認知症の人を増やしているように感じます．

何が脳で起こっているかは，情報技術や人工知能技術を使わないと表現できないと思います．言葉と絵とグラフではなく，プログラミングや知識表現技術が必要です．脳の内外の情報処理モデルや化学反応も含んだモデルを考慮し，新しい学問分野を創れそうだと，大きな夢を持っています．この分野は産業としても規模が大きく，成長は確実です．ロボットとも部分的にはかかわりますが，機械制御よりも，人間の自然知能を考慮したコミュニケーション技術の開発が必要です．身体介護よりは心の介護のほうが社会的なニーズは高くなると思っています．

人工知能についていうと，ディープラーニングは重要な手法で，ワトソンの系統のAI技術も必要だと思います．しかし，両方ともパーツであって，両者の統合というよりは，意識や感情や自己など自然知能に関する研究やエビデンス構築の研究を推進する実践的な人工知能研究が必要だと思います．

EBM（エビデンスベースドメディスン）については，ワトソンが画像，血液検査や遺伝子情報を用いた癌の治療や診断などで素晴らしい成果をあげていますが，認知症に関しては，脳や心の複雑な働きとかかわっており，完全な治療法がないので，EBMは限定的になると考えています．EBMは，画像処理に加えて，診断情報を記号に落とせば，かなりのことはできますが，認知症は画像や記号ではなく，オブザベーション（観察）からしか入れません．EBC（エビデンスベースド・ケア）やケア・オントロジーが必要とされる理由でもあります．

武田　私たちはどちらかというと，タスクのような形で，記号で書けて，記号で結果が渡るようなものしかやらないので，介護みたいに，人そのものを相手にするということを避けてきたわけですね．ですので，何と言うか，残された課題というか，もっと難しい問題が，人をどう分析してどう記述するか，それが残っている．

竹林　ところが，人間の思考や行動を，情報学的，あるいは，人工知能学的に研究している人はきわめて少数です．社会学系の研究や，行動科学系の研究は，自然言語や数値データや映像を使っていますが，計算モデルがないので表層的に感じます．言語学の世界も同様でしたが，記号，記述，モデルというような情報学的アプローチで一変しました．医療や介護の世界も，情報学で革命が起こせると考え，「認知症情報学」という学術領域を提案しました．

武田　でも，そこでやはり竹林先生が昔，人工知能を学ばれた基礎が今になって，考え方としてすごく大きな影響があるわけですね．

竹林　大きいですね．特に，Minskyの『心の社会』と『ミンスキー博士の脳の探検』は，人間社会の問題解決を考える際の，ネタの宝庫と考えています．それで最近，「認知症情報学」や「医学教育における共感力」についての講演で，Minskyの話を少し詳しく紹介したところ，アマゾンでの販売部数が増えるようになりました．

武田　なるほどね．たぶん，Minskyはその著書を書いたときというのは，そういう認知症の問題を全然考えていなかったのに，今になってそれが活きているというか．

竹林　Minskyは，人間が120歳まで長生きするのは時間の問題で，コモンセンスを持った多機能介護ロボットの開発が必須と考えていました．私が指摘するまで，Minskyは認知症の人の増大と介護は考えていませんでした．Yves Gineste さんのような介護の達人と呼ばれる人は，「認知症の人の感情や状況理解，さらに，身体知を含めた介護やコミュニケーションに関する膨大な知」を持っています．現在想定しているロボットでは，到底できないことをやっているのです．現状のロボットも，複数のタスクについて，ポッシブルワールドを広げれば，多様なことはできると思います．確かにエンジニアリング的な手法で，相応に役立ちますが，多様な認知症の人の意図感情の理解は，コモンセンスと臨機応変な解釈と対応が必要です．一般化とはちょっと違いますが，マルチプリシティを前提に抽象化するという格好です．しかし，つないで重みづけというのをやっている人が結構いるわけです．エンジニアリングとしてはいいのですけれど，本当はその構造をどうするかですよね，

武田　若い人にも魅力があると映るのですね．IBMはどちらかというとレガシー企業なので．

竹林　ロボットやディープラーニングは若い人に理解されやすいですね．介護については，アメリカでは富裕層

は自分で対処法を考えるので社会的関心は高くないと思います．ヨーロッパでは，社会システムとして，よく整備されています．スウェーデンはIT関連やエビデンスの研究も進んでいると思います．フランス生まれの“ユマニチュード”は医療との連携は遅れていますが，日本では，内科医の本田美和子先生と東京医療センターが中心となって活動し，全国の病院や施設で導入が検討されるようになりました．今後，市民の認知症への理解を深めるとともに，薬物に頼らない認知症ケア技法として，“ユマニチュード”を活用した革命を起こしたいと考えています．実践的情報技術や人工知能技術をしっかり開発し，認知症ケアのエビデンスの蓄積を日本で進めていけば，急速に定着が始まると思っています．

国民の生活の質に直結し，経済効果も高いので，現状のロボット開発の努力の一部を，認知症対策と実践的研究に投入すれば，急に世の中が変わるのではないかと思います．

武田　どうもありがとうございます．エキサイティングな感じで．私ばっかり聞いているのですけれど，住田さんや那須川さんはいかがですか．

■ DPの読者には自分の専門を壊してもらいたい

那須川　そうですね，静岡大学で修論発表を聴かせていただく機会があったのですが，竹林先生の研究室で“ユマニチュード”にかかわっている学生さんは何かこう生き生きしてるんですよね．

竹林　私の学生は「現場」に積極的に出かけ，真摯で礼儀正しく，医療介護関係者からも感謝されます．私自身も今時の学生とは思えない真摯な姿勢に刺激を受けています．

那須川　そこがすごい素晴らしいと思ったのですけれども．感謝されると，もっと頑張ろうと積極的になるんでしょうね．

武田　大学での教え方というのも，何か，相当考えられたのですか．

竹林　いろいろと試行錯誤しました．まず，Minskyの『ミンスキー博士の脳の探検』を徹底的に学べるようにしています．ヒューマンインタフェースの講義では，信号処理，パターン認識，知識，そして，Minskyを学びます．たとえば，『ミンスキー博士の脳の探検』の第3章「痛み」を読んで，その内容を「絵」や「図」で描くという課題を出します．それを学生が発表．私が解説を加えるという形式です．一度，MITでMinsky先生の前でやっていたら，ほかの研究者も集まってきて好評でした．この取り組みは，学生の「考えることについて考える」ことに関する思考力を向上させます．考えたものを表出しないと中身は分からないと思います．それを私のコメントで理解したかどうか，修正し，深めるというプロセスで，主観の客観化の訓練ができると思います．

武田　それはいずれ，教育の仕方も，今おっしゃっている社会基盤の1つとして変えていこうというような．

竹林　私はそう思っています．特に，「自分自身で考えることについて考える」教育が必要で，それ抜きで，コミュニケーション能力や共感力を身に付けることは困難です．もう1つ，MinskyとAlan Kayから学んだことですが，プログラミングを学べる環境を創ることが重要だと思います．コンピュータが出る前は，微分積分や確率などの数学が複雑なことを表現する最強のツールで，それを使って科学技術は発展しました．ところが，小学校の算数で，素早く間違わないように計算して，高い点数をとるため，間違いをしないように成長します．中学や高校の数学も同様だと思います．そんな教育の影響かもしれませんが，ベンチマークで性能を競う研究や製品が多いように感じます．

実世界では正解がない場合が多く，未来は予測できないので，自分でプログラミングして，ソフトウェア作品を制作することで，価値創造ができるわけです．

竹林　情報学というのは，プログラミングをやったり，ハードウェアやWebをデザインしたりすることではなくて，人間社会や経済の状況やニーズを知って，それに対して，価値を提供したり，問題解決することだと思います．

最近，人工知能の研究に注力している（株）リクルートホールディングスの石山洸RIT推進室長が，地方創生関連の会議で，「ビッグデータとはデータ量の問題ではなく，イノベーションを生み出すデータのことだと捉えている」と発言していました．育児，進学，就職，結婚，旅行，美容，住宅など，人間の生活にかかわる事業を手がけ，実世界データを大量に保有し，さまざまなデータを活用して価値創造ビジネスを開発してきただけに説得力がありました．

地方創生のような大きな社会的問題を検討するためには，個々の問題や局所的な問題を別々にやっているだけでは駄目で，地域の地形や気候，歴史や文化，人口構成や産業構造とかが，みんな絡んでいるので，そういう大きな仕事を情報学の観点でやるのが得策と考えています．

そのためには，今まで専門と言われた枠を取り去ることが必要です．私自身は自分の「専門」を，たまたま何

度も壊してきたので，その重要性が分かるようになりました．デジタルプラクティスの読者の方には，ご自分の専門をちょっと壊してほしいですね．

那須川　壊すリスクを感じることもあると思いますが，現状維持では大きな進歩を望めないということですね．

竹林　その上で，もう少し長いスパンで広く社会全体に目を向けると，高齢化や長寿化に絡むところ，つまり，健康，介護，福祉には膨大な成長市場があることが分かります．ちなみに，デジタルプラクティスの読者は，ハードウェアとソフトだとどちらが多いのでしょうか．

住田　一応，読者として想定しているのは，あまり限定せずにということですが，実際はやはり情報処理系が多いですね．

竹林　そうですか．ヘルスケアや介護関連で，今後，ディジタル化された機械や機器デバイスが次々に出てくると，情報処理学会の会員の関係者の活躍の場が広がると思います．スマートフォンの次に，さまざまなウェアラブルやユビキタス機器，センサやアクチュエータが地域や生活の場に組み込まれていくと，急激にビジネスの構図が変わります．

武田　事業にしても，研究にしても，80年代から続く人工知能とか，音声の研究をしてこられたころの体験というのがすごく連続しているわけですよね．ですので，そういう部分が，やはり2時間のインタビューでお話ししていただくことで初めて分かる．

竹林　熱心に聴いていただいたので，話が散漫となってしまいました．どんな人間でもシステムでも，入力を解釈して，判断し，応答しているので，情報処理の観点で同じように考えることができます．実践的な人工知能システムを開発する場合に，さまざまなセンサやKnowledge，さらに，価値判断基準があると，気の利いたことができるようになります．システム全体を考えることと，豊かなコモンセンスが大切だと思います．

武田　そうですよね．良い翻訳をするときには，書かれた文のみを訳すというのではほとんどダメで，コモンセンスなり文脈を持たないと，やはり，翻訳は決まらないです．そういった問題は本当に嫌というぐらい考えますよね．

竹林　なるほど．しっかりと考えるせいか，実践的な自然言語処理の開発を経験すると，成長する人が多く，教育効果が高いように感じます．情報処理を縦断的に考えることができ，限界もあるので謙虚になれるし，頑張れば技も効きます．人間や世界に関する理解が深まるからでしょうか．

先ほどお話したCycの第一段階の応用は自然言語処理でした．自然言語は人間の本質と深くかかわっているので，もう少し深いところ，セマンティックスやコモンセンスなど息の長い研究をやっていただきたいと願っています．

武田　そうですね．今，問題を解こうとする人は，そういう手間のかかることを避けたいという気持ちのほうが強い感じですね．ディープラーニングで入力と出力だけ与えて．

竹林　先日，産総研人工知能研究センター長の辻井潤一先生と話をする機会があり，ディープラーニングは強力なツールになったが，センサやアクチュエータ，さらに，意味や価値について考えることが大切と指摘されていました．私も同感です．そうすると，人工知能技術が世の中で役立ち，ビジネスも技術も成長すると思います．

武田　いや，非常にいい話を伺いました．80年代は，本当に理想的な，人工知能は何かというのを求める風潮がありましたよね．ものすごく真面目にそういう問題を解こうとしていましたしね．

竹林　亡くなったMinskyの影響を受けてきたので，今のAI研究に少し警鐘を鳴らしたい気持ちがあって，いろいろな話をさせていただきました．ところで，IBMは，日本のAIブームを，どのように見ているのでしょうか．

武田　アメリカから見たら．研究資金だとか，勢いだとか，スピードと，ありとあらゆる面で，アメリカはものすごい勢いで進んでいますから，日本のブームについてあまり気にしていないでしょうね．

竹林　やはり，そうなんですか．実践的なAI技術という面では，実世界のセンサデータベースを充実させることが必須だと思います．認知症に関しては，ロボットの利用促進よりも，介護に関するセンサデータなどエビデンスを収集し，皆さんと人工知能の研究を加速させたいと考えています．今日は言いたい放題でした．お許しください．

武田　本当にありがとうございました．