

マルチモーダルコモンセンス知識の構築

竹林 洋一
静岡大学

ナレッジマネジメントの深化に向けて

本連載では野中郁次郎が提唱した SECI モデルを中心にナレッジマネジメント¹⁾ についてさまざまな側面から解説してきました²⁾。SECI モデルは、知識を個人の頭の中にある暗黙知³⁾ (主観知) と言語・数値・図表で表現できる形式知 (客観知) とに分け、これらの暗黙知と形式知とを共同化・表出化・連結化・内面化という4つのプロセスで循環させ、他者とのダイナミックなインタラクションを通じて、組織の知を創造しようとするものです。

野中は日本的経営の立場から、組織の文化、倫理感、価値観、意識などを考慮した知識創造企業のコンセプトを提案するとともに、SECI モデルに基づく実践的な知識創造の方法論を提示し、企業の経営者から賛同を得ることができました。

そもそもナレッジマネジメントは、「知識」を収集・発見・管理・創造するための各種情報技術と関連が深く、コミュニケーション支援、CSCW (Computer Supported Cooperative Work)、ヒューマンインタフェース (HI) の研究成果をナレッジマネジメントに適用することが可能です。さらに、ナレッジマネジメントを深化させるためには、ツールや方法論の開発に加えて、「暗黙知の形式知化のプロセス」を「形式知化」し、人間の思考、意識、感情や常識の内部構造にまで踏み込み理解を深め、知識表現や常識推論などの人工知能の研究として推進することが必須であると考えられます。

以下では、ナレッジマネジメントの深化に向けての具体例を示すため筆者がこれまでかかわってきた実践的研究を中心に説明します。まず、主観・客観知を扱う知識情報共有システムとマルチモーダル知識コンテンツについて述べま

す。次に、コモンセンス知識という観点から、静岡大学の幼児教育プロジェクトにおける知識創造の実践例を紹介し、さらに Marvin Minsky⁴⁾ が “The Emotion Machine”⁵⁾ で提案している6階層思考モデルと SECI モデルとの関係について考察します。

主観知と客観知を考慮したナレッジマネジメント

AI の分野では1980年代半ばに、エキスパートシステムや知識工学の研究開発が盛んになり、「アルゴリズムから知識の時代への転換期」が到来したように思えました。AI ビジネスなどという言葉も生まれ、設計などのエンジニアリング業務を支援するために各種知識処理システムが開発されました。ところが、特定の応用では知識を的確に表現し順調に動作しても、知識の追加・修正などが加わると正常に働かないという問題が顕在化し、知識の獲得とメンテナンスが本格的実用化の課題となりました。このため広い分野をカバーする大規模常識データベース CYC⁶⁾ の開発が巨費を投じて行われ、日本では、筆者もかかわった EDR 電子化辞書が開発されました。しかし、巨大な知識ベースの構築やメンテナンスは予想以上に困難であり、有望な応用も見つけることができなかったため、当初の目的を達成できませんでした。

1990年代の急速なネットワーク環境の整備に伴い、エキスパートシステムとは別に、企業経営という立場から情報や知識の管理・共有を考えるナレッジマネジメントの研究が盛んになりました。人工知能の知識とは別の流れで、人間・組織のための知識が重要視され、SECI モデルも提案されました。

SECI モデルでは、主観的・解釈的アプローチと客観的・

知識ベース	ノウハウベース
●体系化／構造化	●非体系化／浅い構造
●コンピュータが問題解決に利用	●人間が理解可能
●専門家が業務分析して構築	●組織メンバから獲得

表-1 知識ベースとノウハウベース

分析的アプローチを統合して組織の知識創造を進めるために、テキストマイニングによる連結化や知識情報の可視化による表出化の研究が行われています。複雑で奥の深い暗黙知を含む知識を共有しながら知識創造を進めていくには、人工知能の知識表現やセマンティック Web など AI の研究の利用が必要であり、今後の発展が期待されています。

1990 年代の後半に筆者が東芝の研究開発センターで知識と対話の研究を担当している際に、オフィス業務支援のための知識共有の研究に着手しました。当初は、CYC を参考にオフィス業務用の知識ベースの構築を目指しましたが、エンジニアリング業務よりも、組織の変化や仕事の仕方の変化が激しいことが分かり、知識ベースからのアプローチに疑問を持つようになりました。そこで「仕事のノウハウとは何だろう?」と考え、表-1 に示すように、知識ベースとは別に、人間が理解可能で組織の構成員から獲得可能なノウハウベースのコンセプトを考えました。単なる情報ではなくて、計算機処理向きの知識ベースでもないもの、同一のチームや組織で蓄積された半構造化された浅い知識であると定義することにしました。構造化された知識ベースが不十分な場合でも、人間支援が目的なので、ノウハウベースを充実していけば知識情報共有システムを実用化できるとの見通しを得

ました。

図-1 に体系化された知識ベースと体系化されていないノウハウベースから構成される知識情報共有システム KIDS (Knowledge and Information on Demand System) を示します⁷⁾。当時は、組織や個人が保有する暗黙知をいかにして形式知化するか、また、どのような形式で蓄積し、検索し、組織の構成員からの発信を促すかなどの試行錯誤をしていました。そんなとき野中の知識創造企業の理念と SECI モデルによる知識創造の存在を知りました。

KIDS では主観知の段階は個人の経験やノウハウをノウハウベースとして構築し、ノウハウが大量に蓄積された時点で知識表現言語により記述される客観知としての知識ベースとして構築し、人間と計算機の両方で知識共有できるような構造としました。また、ノウハウベースでは、例外処理を許容するので、知識の変更や追加がある場合でも、論理的に首尾一貫した知識ベースを構築する必要がなくなり、実用的な知識情報の共有が推進できると考えました。主観知と客観知を扱える実践的なナレッジマネジメントシステムとして発展が期待されます。



マルチモーダル知識コンテンツへの拡張

最近の情報関連産業は、音楽、映画、ゲームなどの魅力的なコンテンツの開発をめぐる競争が激化してきました。ユビキタス情報社会では、いつでも、どこでもネットワークにアクセスできる情報基盤が前提となるため、「箱屋(機器)」や「土管屋(ネットワーク)」などの専門技術という呪縛にとらわれていると、豊かな価値は創れないことが明らかになってきたようです。

ナレッジマネジメントにおけるコンテンツは知識ということになります。現状ではテキスト・記号・図面が知識コンテンツの主な表現メディアとなっていますが、映像の利用は有望です。人間の視覚に働きかける映像は情報量が多く刺激的で表現能力が豊かです。その反面、言葉のように概念や意味を表現できません。これらを相補的に活用できれば、ナレッジの表出能力は向上します。

図-2 はマルチモーダル知識コンテンツの広がりを目指す概念図です。映像や音声で構成されるマルチメディアコンテンツはリアリティに溢れ、視聴覚に訴え

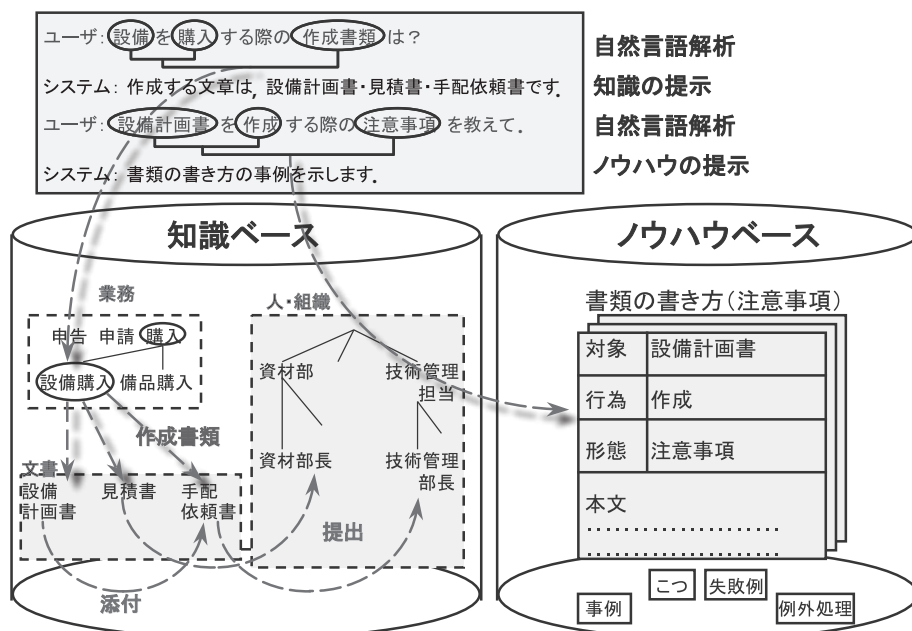


図-1 知識情報共有システム KIDS の構成

る力は強いがある意味では表層的です。これに対してテキスト、自然言語、知識(ナレッジ)情報は奥が深く含蓄があります。これらの各種メディアは、それぞれ異なる特徴があり、筆者らはこれらを統合して扱うマルチモーダル知識コンテンツを提案しました⁸⁾。

映像や音声情報に他のセンサ情報を付加することで豊かさと広がりを増大させます。さらに、テキストや知識を付加することで、深みが増すわけです。つまり、従来型の表層的な映像・音声・記号のコンテンツに、知識を組み入れることで、深層的なコンテンツに進化させることができ、ナレッジマネジメントの知識の表出にも利用可能となります。

先に述べた知識情報共有システム KIDS をマルチモーダルに拡張して開発したのが、MKIDS⁸⁾です。映像・ナレッジを融合し、マルチモーダル知識(MPEG4 映像、音声、テキスト)を、オンデマンドで配信するシステムです。マルチモーダル知識コンテンツは MPEG7 の枠組みを利用して構造化し、音声対話で膨大なナレッジデータベースから適切なマルチモーダル知識コンテンツにアクセスできるように構成しました。

図-3 にマルチモーダル知識コンテンツのオーサリングツールを示します。映像の任意の時刻に対応するテキストやコメントが簡単に入力できる構成にしました。このようにして、映像、音声の豊かな表現力のある情報メディアと奥の深い知識を表現できる知識メディアとを簡単に統合できる環境を構築しました。この例では幼児教室の知識映像コンテンツを示しています。

ユビキタス社会の知識創造現場

ナレッジマネジメントを考える際に重要なことは、実測データや物理的情報など、センサ情報が潤沢に得られる環境の構築です。人間の暗黙知も形式知も、実世界のセンサ情報の上で形成されるのであり、ユビキタス情報社会の基盤技術としてセンサネットワークの研究が進められています。

図-4 はユビキタス情報社会の健康管理システムの例を示しています。この場合は、人体がある種のコンテンツ提供者となり、多様なセンサと各種センシング技術、信号処理技術、パターン処理技術、知識処理・診断技術を開発することにより、人間の身体からさまざまなセンサ情報が獲得され、

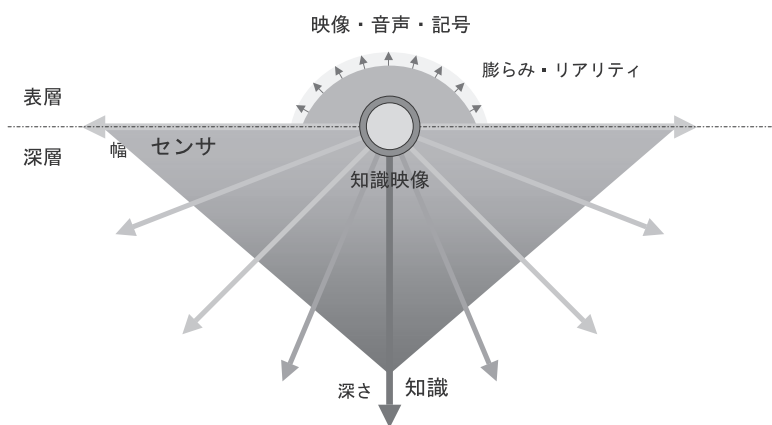


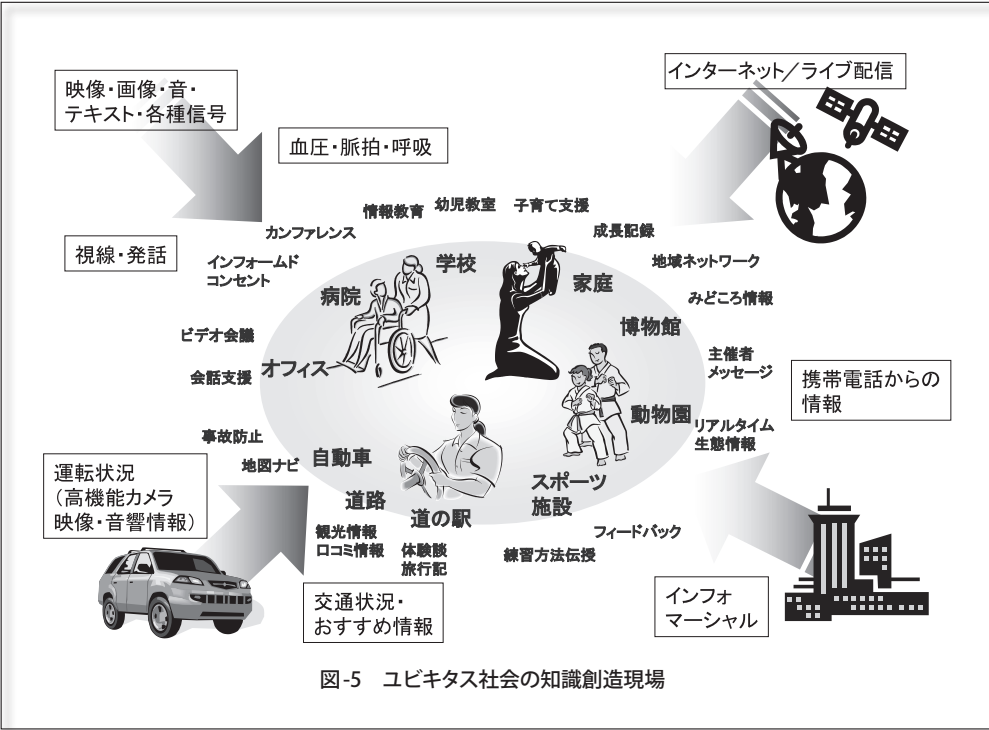
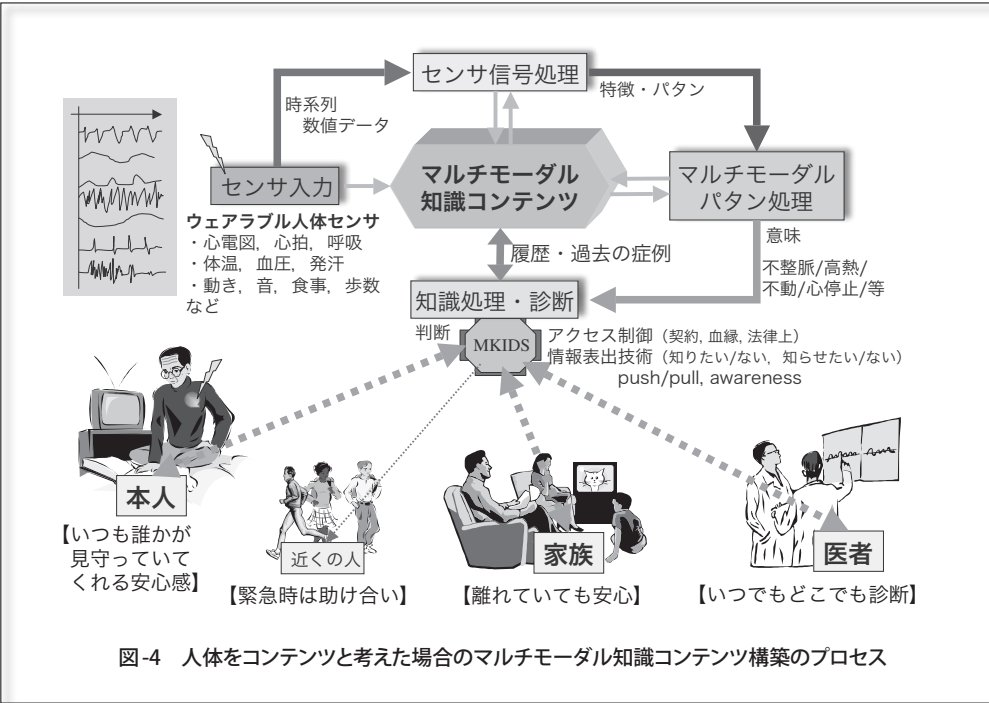
図-2 マルチモーダル知識コンテンツの広がりを示す概念図



図-3 マルチモーダル知識コンテンツオーサリングツール (幼児教育への応用例)

それらの流通・編集・蓄積が高度化することにより、マルチモーダル知識コンテンツを充実させることができます。人間の日常生活を安心・安全・豊かにするようなマルチモーダル知識の創造と産業の創出が可能と思われます。

静岡大学の筆者らの研究チームは、図-5 に示すように「世界(人間・環境・人体)はユビキタス社会の知識創造現場」という思想に基づき、ドライビング支援、マルチモーダルコンテンツ配信、障害者支援、サイクリング支援、幼児教育などの実世界指向の文工融合研究に取り組んでいます。いつでも、どこでも、大量の情報を利用(消費)できるようなユビキタス情報社会では、生活や仕事のさまざまな場面で大量・多様・複雑な情報が氾濫し、さまざまな知識コンテンツやサービスの提供が可能となります。多様なセンサやデバイスが人間・社会・環境に埋め込まれてネットワーク化され、そこから価値ある情報を選択し、知識を創造することで、新しい技術やビジネスモデルが生まれ、人間生活を豊かにす



ることができるでしょう。

ユビキタス情報社会では世界はコンテンツの宝庫であり、知識創造のエキサイティングな現場となりました。知識創造を念頭にバウンダリーレスな姿勢で研究開発に取り組む時代に至ったといえるでしょう。

幼児教育の現場でのマルチモーダル知識コンテンツ

人間の常識を形式化し計算機向きにモデル化することが、情報システム・ロボットの高度化に必要です。大人に比べて幼児はナイーブであり、複雑な思考過程や行動が比較的にストレートに表出しやすいため、行動観察による自然知能

のモデル化における格好の対象となります。一方で、少子高齢化や凶悪犯罪の若年化などの問題が顕在化し、幼年期の学習や家庭環境が重視され、子どもの健やかな成長に資する教育の場が切望されています。

こうした観点から筆者らは、人間の根源的なコモンセンス知識の抽出と良質な幼児学習環境の構築を目的として幼児教育プロジェクトを進めています。趣旨に賛同する親子・長年のキャリアを持つ幼児教育専門家・文工融合研究者チームの連携体制によって、学内に幼児教室を開いて2005年6月から定期開催しています。図-6のような杉材のやぐらで構成された教室は、マルチアングルでの映像撮影、マルチチャンネルの音声収録が可能な設備を持ち、教室はもとよ



図-6 杉材による幼時学習・行動収録環境

り、子供が自由に遊べるプレイルームとしても活用できるため、子供同士、子供と親・先生、子供と教材という幅広い形態のインタラクションでの音と映像が収録できます。マルチモーダル知識オーサリングシステムを用いることで、収録データは研究者によって幼児の振る舞いや言動についてアノテーションがつけられ、マルチモーダル幼児行動コーパスとして蓄積されます（共同化）。文工融合の研究者チームが定期的に集まってカンファレンスを開催し、音声言語、身体言語（ジェスチャ）の獲得、他者とのコミュニケーションスキルの発達といった多彩な観点からコーパスを分析し、コモセンス知識を抽出します（表出化）。獲得されたコモセンス知識は、教育環境の向上のために教材コンテンツの開発・改良に活用されます（連結化）。開発された教材コンテンツは幼児教室での取り組みに使用され、幼児・親・教師の間の新たなインタラクションを創出します（内面化）。図-7に示すように、幼児教育プロジェクトの取り組みは、SECIモデルに基づく知識創造を幼児教育という現場で実践するものにほかなりません。

コモセンス知識の形式知化の核となるカンファレンスの場は、学内のプロジェクト関係者による定期ミーティングの場に限りません。個人ごと・分野ごとに異なる「コモセンス知識」という主観知を客観知に昇華させるには、脳科学・言語学・発達心理学・知識処理・音声言語処理・ヒューマンインタフェース・医療・スポーツ・教育等の関連分野の研究者・実務家を巻き込んだ学際的な議論の場が必要です。この

ような場の創出を目的として、筆者らは、「幼児のコモセンス知識研究会（<http://minny.cs.inf.shizuoka.ac.jp/SIG-ICK/>）⁹⁾」を設立しました。従来型の研究会とは異なり、だれもが気軽に参加し、異分野の先端研究や実践の場について学び、お互いに意見を述べやすい「場」を実現したいと思います。

ナレッジマネジメントが必要なのは、企業や組織だけではなく、ある種の研究コミュニティも同様だと考えられます。新設の研究会では「そもそもコモセンス知識とは何か」という議論から出発して問題意識を共有し、さまざまな角度からの率直な議論により、真に学際的なコモセンス研究を指向しようと考えています。講演会・発表会・意見交換の模様は映像で記録し、Webコンテンツとして共有して、コミュニティ内での活発な議論を誘発し、知識創造研究会を目指そうと思います。



コモセンス知識による人間の思考

今年は1956年にMcCarthy, Simon, Minsky他の第一線の研究者がAIについて議論したダートマス会議から50年目にあたります。当時は心がどのように常識（コモセンス）による推論を行うかが重要課題でした。これに対して、McCarthyは論理的・数学的な基礎理論を、Minskyはパターン認識や類推を用いた実用的でヒューリスティックな推論研究を提案し、数学と工学が結びついたAI研究のビジョンを示しました。MinskyとMcCarthyが参画したMITのAIプロジェクトは若い研究者に夢を与え、まさにSECIモデルによる知識創造を実践し、「知識」の研究に多大な影響を与えてきました。

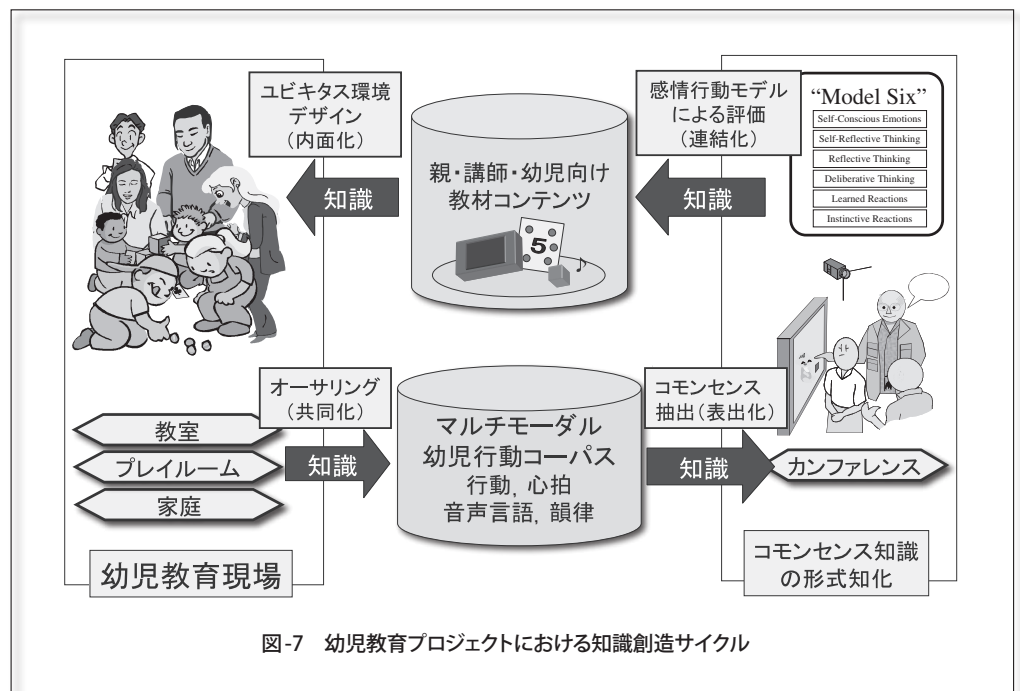


図-7 幼児教育プロジェクトにおける知識創造サイクル

野中は知識創造理論を説明する際に、アリストテレスの実践哲学とプラトンの形而上哲学、主観的・解釈的アプローチと客観的・分析的アプローチに言及しています¹⁰⁾。定量的・定性的方法論の相互補完性を追及する多元的アプローチが必要との主張など、Minskyのコモンセンス知識による常識推論の研究アプローチとの共通点が多いようです。

Minskyは20年を費やして執筆した著書“The Emotion Machine”の中で、野中と同様にアリストテレスの言葉を引用しており、図-8に示すような人間のコモンセンス知識による思考を形式知化するために6階層の思考モデルを提案しています。

幼児期は下位の本能、資質、衝動、意欲により行動や思考が左右され、成長するにつれて自我が生まれ、大人になると、上位の価値観、理想、検閲、タブーという思想や倫理観が複雑に絡み合って、思考や行動に影響を与えることを示しています。

筆者らは幼児教室を開設し、幼児の成長を観察しながら、幼児の発話や行動や仕草を観察し、幼児のコモンセンス知識の表現と獲得に関する研究をスタートしました。その理由は、現状の人間の姿を真似たロボットは開発され人間らしく振る舞っていても、実際は人間の思考や感情とはまったく違うメカニズムで動作しているので、人間とロボットの共生には限界がくると考えたからです。将来的にはコモンセンス知識と、それを用いた常識推論の研究が不可欠で、さまざまな分野に活用できると考えています。

野中は、アリストテレスの提唱した「フロネシスは倫理／価値を志向しつつ、錯綜した文脈を的確に素早く見抜いて、最善の行為を演ずる高質の暗黙知である」と述べています。図-8を用いることにより、フロネシスの概念を6階層モデルで形式知化し、上位の価値観に基づき、多層に渡る思考を総合しながら俊敏に行動するコモンセンス知識であると説明できます。

図-9はコモンセンス知識による思考の基本となる、Critic-Selector（批評家-選択家）の思考モデルを示します。ここでは要領の良い人は、抱えている問題の種類を分析し、これまでの経験やコモンセンス知識を用いて、思考形態を選択して最善の解決法を導き出します。その一方で要領の悪い人は、頭の中に批評家が大勢いて、それらの細かな意見を多数聞いてしまい、何も決められなくなり、判断が遅くなります。どちらが良いとは一概にいえませんが、コモンセンス知識と推論方法の獲得の状況により人間の思考は変化します。

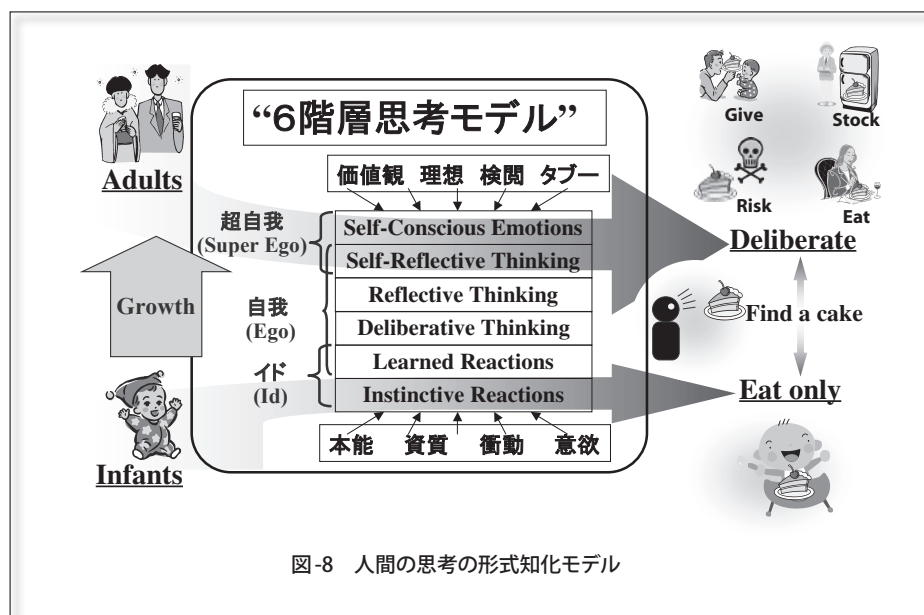


図-8 人間の思考の形式知化モデル

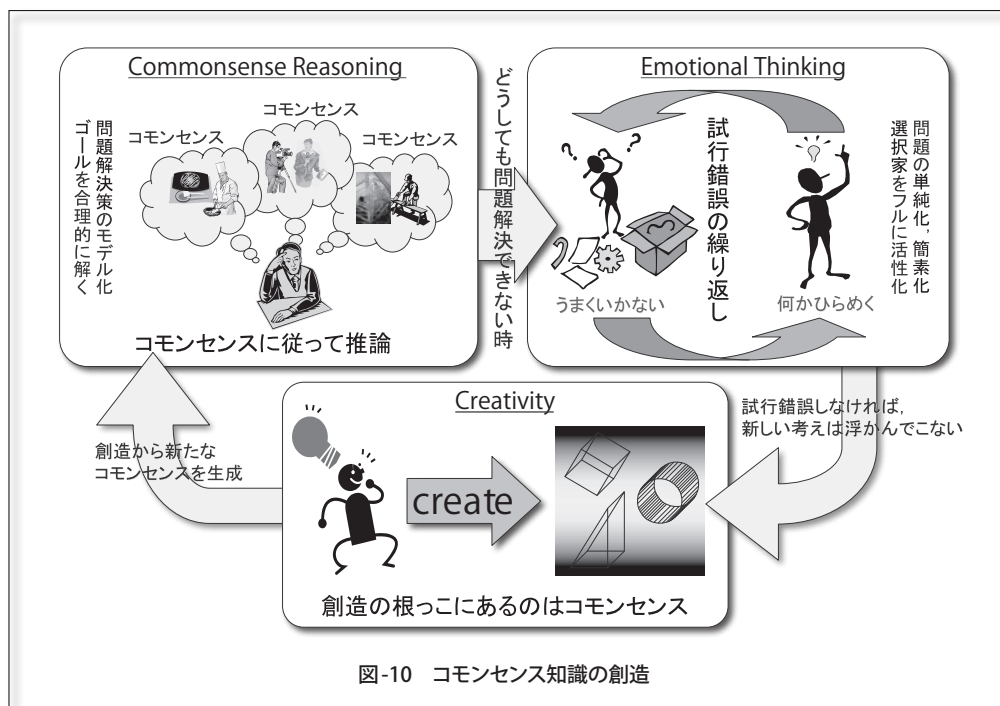
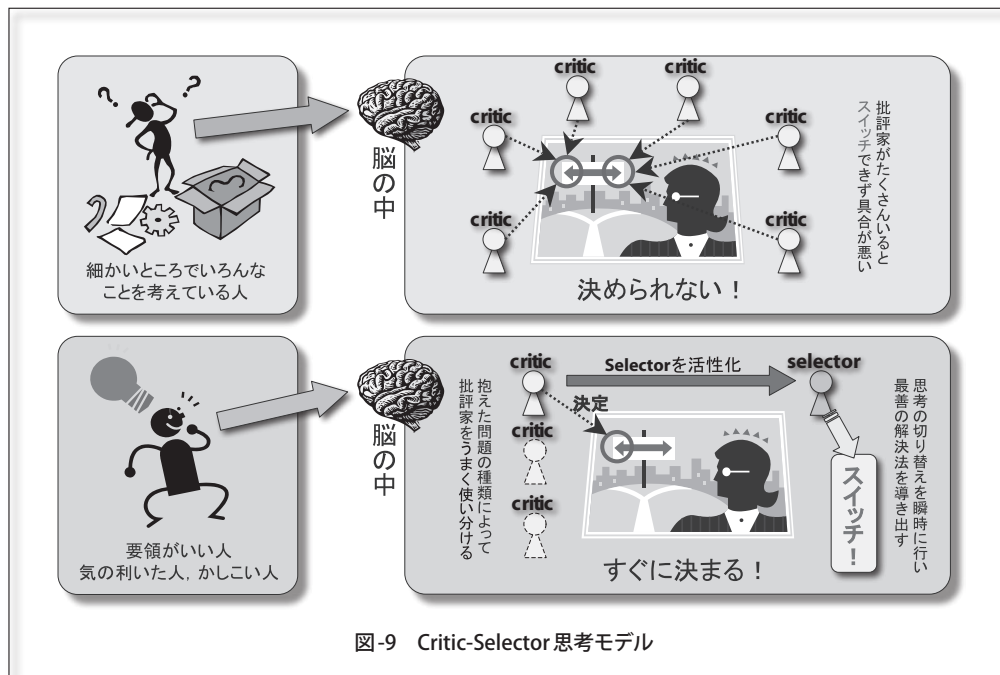
マルチモーダルコモンセンス知識の創造に向けて

本稿ではナレッジマネジメントの高度化に向けて、人間の常識や感情にまで踏み込んだ知識創造について説明してきました。図-10はMinskyのコモンセンス知識創造のサイクルを単純化して図示したものであり、野中のSECIモデルとの共通点を見出すことができます。人間は定型的な問題や経験済みの問題に対しては、コモンセンス知識に従って推論し、瞬く間に問題解決できます。ところが困難な問題に直面した場合、問題を単純化したり、いろいろな専門家に聞いたり、試行錯誤を繰り返して問題を解こうとし、そして、ある瞬間にアイディアが閃いて問題が解決できたりします。これは個人でもチームでも同様で、知識創造のプロセスそのものとなります。その創造の根幹にあるのは、継続的なコモンセンス知識の獲得であるといえます。

幼児を対象にし、音声言語や概念獲得、さらにはジェスチャ、表情、コミュニケーション能力などのマルチモーダルコモンセンスの獲得に関する研究を進めていると、人間の創造性、表現能力、学習能力の豊かさに感動することが何度もありました。そのような場合に、図-8～10に示すようなEmotion Machineの思考モデルを用いると、幼児の問題解決や創造的思考を形式知化して理解することが容易になり、研究グループの内部での知識共有が進みました。

知識創造のためのナレッジマネジメントを深化発展させるためには、人間の意識、感情、思考や常識推論に関する理解を深めることが必要です。さらに、ナレッジの対象範囲をマルチモーダル知識にまで拡張し、共同化・表出化・連結化・内面化を促進する情報システムの構築と場のデザインが重要となります。

野中が知識創造型企業の戦略は「未来創造」と述べてい



るように、個人の抱いた想いをベースに、他者と環境のインタラクションを通じて、マルチモーダルなコモンセンス知識の創造が進み、さまざまなコミュニティが活性化することを期待したいと思います。

参考文献

- 1) 人工知能学会編：人工知能学事典，pp.788-802，共立出版（2005）。
- 2) 野中郁次郎，竹内弘高：知識創造企業，東洋経済新聞社（1996）。
- 3) マイケル・ボラニー著，佐藤敬三訳：暗黙知の次元，紀伊国屋書店（1980）。
- 4) Minsky, M. : The Emotion Machine, Simon & Shuster (2006)。
- 5) Minsky, M. Website, <http://web.media.mit.edu/~minsky/>
- 6) Lenat, D. B. : CYC : A Large-Scale Investment in Knowledge Infrastructure, Communications of the ACM, Vol.38, No.11, pp.33-38 (1995)。
- 7) 中山康子，真鍋俊彦，竹林洋一：知識情報共有システム (Advice/Help

on Demand)の開発と実践：知識ベースとノウハウベースの構築，情報処理学会論文誌，Vol.39, No.5, pp.1186-1194 (May 1998)。

- 8) 竹林洋一他：ユビキタス環境における音声対話システム MKIDS の開発，日本音響学会 2002 年春季研究発表会講演論文集，2-5-13, pp.99-100 (2002)。
- 9) 幼児のコモンセンス知識研究会：<http://minny.cs.inf.shizuoka.ac.jp/SIG-ICK/>
- 10) 野中郁次郎：知識経営の戦略，情報処理，Vol.47, No.5, pp.547-552 (May 2006)。

(平成 18 年 10 月 13 日受付)

竹林 洋一(正会員)

takebay@inf.shizuoka.ac.jp

1980 年東北大学院博士課程修了。パターン認識，ヒューマンインタフェースの研究に従事。東芝研究開発センター知識メディアラボラトリー技監を経て，2002 年から静岡大学教授。2004 年からデジタルセンション(株)会長兼務。