

Title	知識の統合と創造の方法論
Author(s)	中森, 義輝
Citation	システム制御情報学会誌, 52(6): 194-199
Issue Date	2008-06-15
Type	Journal Article
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/8193
Rights	Copyright (C) 2008 システム制御情報学会. 中森, 義輝, システム制御情報学会誌, 52(6), 2008, 194-199.
Description	

知識の統合と創造の方法論

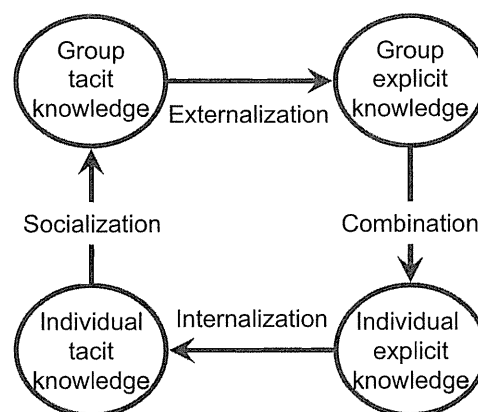
中森 義輝*

1. はじめに

過去 20 年間に知識創造と技術創造に関するいくつかの斬新なアプローチが登場した。これらのアプローチの顕著な特徴は、暗黙知 (tacit knowledge)、感情や本能、直観など、人間の精神に存在する不合理的 (irrational) あるいは非合理的 (a-rational) な側面がもつ創造的な能力を合理的 (rational) に説明しようとしていることである。ブームのきっかけをつくったのは、野中と竹内が 1995 年に国際出版した著書「知識創造企業」[1] の中で紹介されている「SECI スパイラル」である。彼らは、組織的知識創造をプロセスおよびアルゴリズム的原理として提案している。この原理が西洋の認識論にとって革命的であるのは、それが集団協調による知識創造を強調しているのみならず、感情と直観からなる暗黙知である不合理な精神作用を合理的にとらえたところにある。

しかし歴史的に見て、そのようなアプローチとして最初の試みであったのは、意思決定科学およびシステム科学分野において樫木義一が提案した「しなやかなシステムアプローチ」[2] である。それはソフトおよびクリティカル・システム論の影響を受けてはいるが、知識や技術創造のためにプロセス的、あるいはアルゴリズム的方法を特定するのではなく、問題解決のためのいくつかの原理の集合を提案したものであった。これらの原理に含まれるものは次の通りである。直観を使うこと、オープンな精神状態を保つこと、多様なアプローチやパースペクティブを試すこと、適応できる姿勢と間違いから学ぶ心構え、柳のように弾力があるが剣のように鋭くなること、つまり「しなやかな」状態であることである。

筆者は、「しなやかなシステム方法論」と「ナレッジ・マネジメント」の融合を目指した「知識の統合と創造の方法論」を開発中である。それは、「Knowledge Pentagon System」あるいは「i-System」という名で提案しているものである [3]。このシステムは、知識創造へのシステム的かつプロセス的なアプローチである。このシステムの持つ存在論的要素は「Intelligence」(既存の科学的知識)、「Involvement」(社会的モチベーション)、「Imagination」(創造性の一つの側面)、「Intervention」(問題を解決し



第 1 図 SECI スパイラル

ようとする意志)、「Integration」(システム知識)の五つである。これらの存在論的ノードの間で動かすアルゴリズム的方法は存在していない。個人のニーズに合わせた変化はすべて等しく好ましいものである。このように、このシステムは創造的空間のもつ様々な次元の間を自由に動くことの必要性を強調するものである。

2. 組織的知識創造理論

近年の経営手法としてのナレッジ・マネジメントは野中郁次郎の「組織的知識創造理論」に大きく依拠している。野中・竹内 [1] は、知識は暗黙知と形式知の相互作用を通じて創造されるものであるとし、第 1 図に示すような知識変換の四つのモードを提案している。

- 共同化 (socialization) とは、経験を分かち合うことによって、メンタル・モデルや技能のような暗黙知を共有していくプロセスである。
- 表出化 (externalization) とは、メタファー、アナロジー、コンセプト、仮説、モデルなどの形をとりながら、暗黙知を形式知に変換するプロセスである。
- 連結化 (combination) とは、異なる形式知を組み合わせることによって、上述の概念群を知識システムへと体系化するプロセスである。
- 内面化 (internalization) とは、行動による学習 (learning by doing) を通じて、形式知を暗黙知に体化するプロセスである。

野中ら [4] は、知識創造のプロセスにおいて共有され再定義される動的な文脈を「場」とよんでいる。「場」と

* 北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科

Key Words: system methodology, knowledge management, knowledge creation.

は物理的な空間だけを意味するわけではなく、インターネットによるヴァーチャルな空間や、同じ経験の共有、同じアイデアの共有といったよりメンタルな空間を含む。野中らは、「場」を「人間存在の基盤となる時空間を含む場所性の概念」ととらえ、「知識というものは、それが独立して存在しうるものではなく、つねに人々によって共有される文脈としての場に埋め込まれた形でしか存在しえない。したがって、効果的な知識創造を行うためには、その知識の存在基盤となる場を創っていくことが求められる。場は知識創造プロセスにエネルギーを与え、生み出される知識の質を決定する」と主張している。

野中らは、知識創造に結びつく「よい場」の条件として以下のものをあげている。

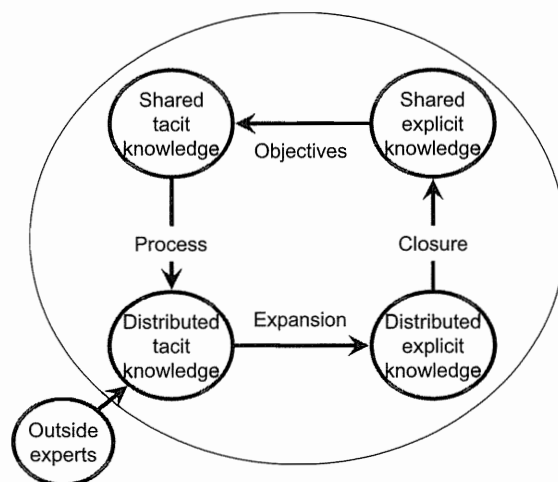
- 独自の意図、目的、方向性、使命などをもった自己組織化された場所。
- 参加者のコミットメントが存在する（場の目的にコミットし、場において生起するイベントに積極的に関与する）。
- 内部からと外部からの二つの視点を同時にもたす。
- 参加者が直接経験をすることができる。
- 物事の本質に関する対話が行われる。
- 境界が開かれている（参加者が自由に出入りし、共有された文脈が絶えず変化していく）。
- 形式知を実践を通じて自己に体化することができる。
- 異種混合が行われる。
- 即興的な相互作用が行われる。

ところで、「SECI スパイラル」を西洋文化において適用するのは困難であるという意見がある。たとえば、Gasson は第2図に示すような SECI スパイラルとは逆向きの「OPEC スパイラル」を提案している。彼女の議論 [5] によれば、西洋企業の組織文化という文脈においては、目標に関する議論である「共有形式知」から始まり、効果的な設計技術に関しての意見の交換である「共有暗黙知」に進む。集団が共有暗黙知では不十分であると認識すると、個々の専門家を特定し、集団と暗黙知を共有するように依頼する。追加的な専門技術を得ると、プロジェクト提出物のような公式的作業手続きを定義して、集団は個人の「分散形式知」活動に戻る。

なお、Wierzbicki は、大学や研究所などの学問の世界におけるいくつかの知識創造モデルを提案し、筆者との共著 [6] において詳しく論じている。

3. 知識を統合し創造するシステム

ここでは、異なるタイプの知識を統合・管理し、また新しい知識を創造するシステムについて考察する。主体は前節のモデルのような集団とは限らない。これは、「正当化された真なる信念」あるいは「システミックな（全体としての）知識」を創造するための知識科学における一つの研究である。この研究は、自然科学と社会科学のアプローチを相互補完的に利用する。物理法則、データ



第2図 OPEC スパイラル

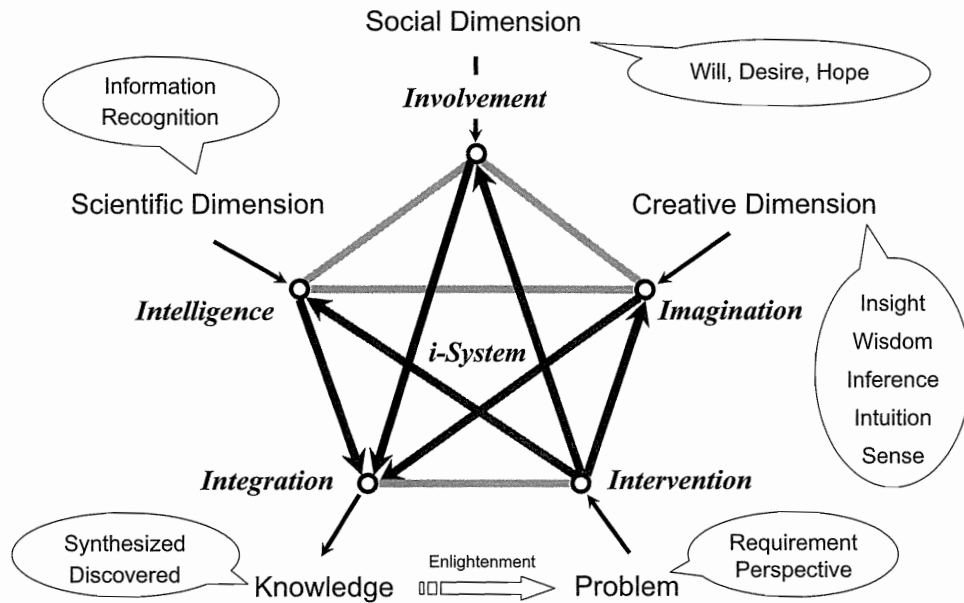
解析手法などを駆使した科学的分析手法、大規模なコンピュータ・シミュレーションという情報科学の手法、組織や社会の構成員のパートナーシップ形成に関する社会科学的手法、知識の統合・変換・創造についての知識科学的手法、およびそれらを総合的に管理するシステム科学的手法を有機的に用いる方法論である。

3.1 i-System

この方法論の目的は、客観的情報と個々の人間のもつ断片的知識を組み合わせて、誰ももっていない知識を導出することである。新しい知識は創発的知識とよぶことができるが、明示的に表現することができない暗黙知である。暗黙知でないとすれば、少なくともシステムがそれをもつことになり、誰ももっていない知識という言い方に矛盾する。したがって、創造された暗黙知を形式知に変換するプロセスをわれわれのシステムは保有していなければならない。これはすなわち、プロジェクトのメンバーあるいは問題関係者が知識創造システムの一部を構成することを意味する。すなわち、知識創造システムは参加型システムである。また、われわれのシステムにおいては、異なる人々の価値観や付加される意味を取り扱う必要が生じることから、ナレッジ・マネジメントの考え方を取り入れている。

第3図に示すように、知識創造システムは五つのサブシステムからなる。ただし、各サブシステムはそれ自体で任務を遂行することは難しく、その内部に、まったく同じ構造の下位システムを内包する。

- **Intervention**：これまで関わっていなかった問題状況に対して行動を起こす。新たな問題を解決するためには、どのような知識が必要であるかについて考察し、以下の三つのサブシステムにそれらの知識を収集することを依頼する。ここでの知識は問題である。
- **Intelligence**：ものごとを理解し学ぶわれわれの能力を高める。必要なデータと情報を収集し、それらを科学的に分析し、シミュレーションや最適化を図る

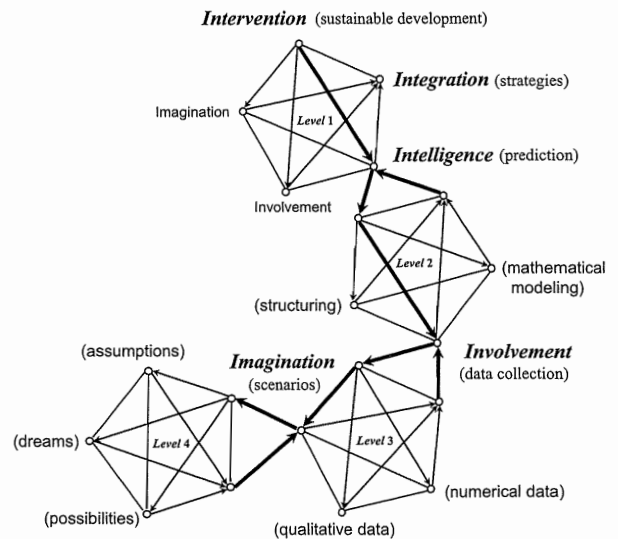


第 3 図 i-System (Knowledge Pentagram System)

ためのモデルを構築する。ここでの知識はモデルである。

- **Imagination** : 新しいあるいは既存のものごとに関するわれわれ自身のアイデアを作り出す。情報技術を駆使して、部分的な情報に基づいて複雑な現象をシミュレートする。ここでの知識はシナリオである。
- **Involvement** : われわれと他の人々の関心や情熱を高める。会議を開催したり、聞き取り調査などにより、人々の意見を収集する。ここでの知識は意見である。
- **Integration** : 異質の知識を密接に関連するように結合する。上述の三つのサブシステムからのアウトプットの信頼性・正当性を検証する。ここでの知識は解決策である。

この方法論は、「階層的構造」「創発的性質」「通信の機能」「フィードバックと制御の機能」もつことから「システム」である。たとえば、持続的発展について考えよう(第 4 図参照)。Intelligence の役割は、科学的知識に基づく予測である。これを達成するために、このサブシステムは下位のシステムに数学モデルの作成を依頼する。下位のシステムの Involvement においては、関与する人々に相談して必要なデータを収集する。このとき、さらに下位のシステムが作動し、定量的データ、定性的データ、およびシナリオ・データを収集する。このレベルのシステムの Imagination は、さらに下位のシステムに仮説やアイデアをそれらの可能性とともに収集するように依頼する。このように、知識創造システムは通信と制御の機能をもった階層構造をなしている。また、統合される知識を創発とみなすことができる。

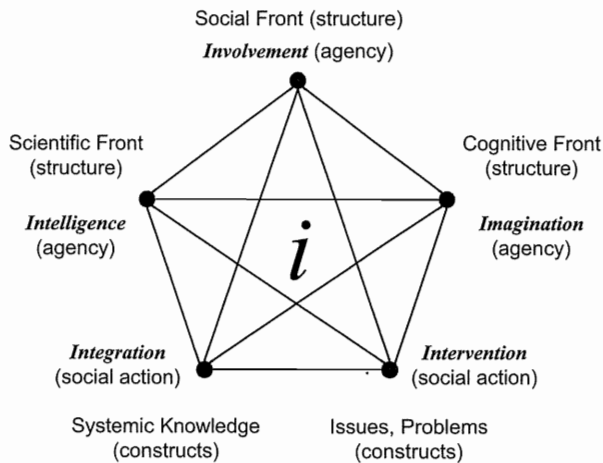


第 4 図 階層構造の例

3.2 社会科学からの解釈

知識は組織や社会において人々によって構成され消費される。他の要因を想定しなければ、この単純な視点自体、社会学者の意図的な支持がなければ知識の一般モデルやナレッジ・マネジメントは考えられないことを示唆している。ここで、以下のキーワードを導入する。

- **構造 (structure)** : 全体論的・集合的な文脈、および基本原理であって、人間の行動を制限あるいは逆に促進する。
- **能力 (agency)** : 社会的存在であるアクターたちが世界を再生産し変換する能力。
- **構成 (construction)** : アクターたちが構造と能力を再生産し変換するプロセス。



第5図 社会学的解釈

知識はアクターたちによって構成されるが、アクターたちは社会的構造によって行動が制限、あるいは逆に促進される。第5図に示すように、社会的構造は、第3図の三つの次元 (scientific, social and creative dimensions) に対応して、原理・事実の領域 (scientific-actual front), 社会・関係の領域 (social-relational front), 認識・心理の領域 (cognitive-mental front) からなるものとみなす。それぞれの領域においてアクターたちに要求される主要な能力を、集合力 (intelligence), 連携力 (involvement), 想像力 (imagination) と想定する。また、それぞれの領域におけるアクターたちの行動は、それぞれ合理的 (rational), 評価的 (evaluative), 予見的 (projective) なものとなる。「知ること (integration, or in-formation)」と「行うこと (intervention)」は互いを触発する (知行合一)。これにより、知識は創造され具現化され、さらに社会構造とアクターたちの能力にフィードバックされる。なお、第5図では、構成 (construction) を社会的行動 (social action) とその結果としての構成物 (constructs) にわけて表現している。

文献[7]においては、制度論 (institution theory) [8], 構造化理論 (structuration theory) [9], 批判的实在論 (critical realism) [10], アクター・ネットワーク理論 (actor-network theory) [11], さらに極東の弁証法的思考 (儒教, 道教, 禅仏教) を引用して *i*-System を解釈している。

4. システムの応用

前節で述べた *i*-System の応用事例を紹介する。内容は、技術アーカイブの構築, 知識創造場の評価, ロードマッピング, および需要予測である。

4.1 技術アーカイブ

i-System の考え方にしたがって、技術アーカイブシステムを構築し、九谷焼産業の技術革新に関する情報や知識を収集・整理した [12]。技術革新に関する情報や知識は「原理・事実の領域」, 「社会・関係の領域」, 「認識・心理

の領域」それぞれにおいて収集する。原理・事実の領域では、これまでどのような技術革新が行われてきたのかを調査する。社会・関係の領域では、文献や問題関与者にあたり、技術革新と社会・文化の関係を調査する。認識・心理の領域では、伝統的工芸品産業を守り発展させてきた関係者からその想いを語ってもらう。収集された技術革新に関する情報や知識は、五つのサブシステムに合わせて分類・整理する。その際、収集した情報や知識を容易に分類・整理できるようにするために、五つのサブシステムをより具体的な言葉で表現することを試みた。

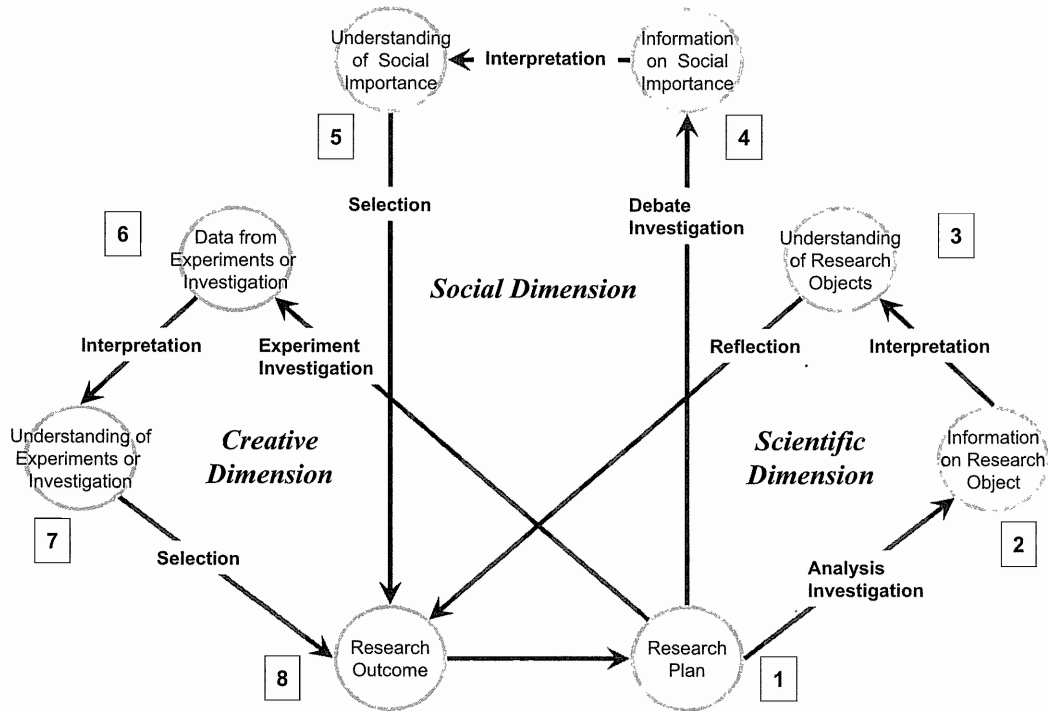
たとえば、透光性磁器の研究開発プロジェクトにおいては以下のような整理を行っている。なお、下記の記述は要約であって、詳しい内容はアーカイブシステムに格納しており、必要に応じて検索ができる。

- **Intervention (問題設定)** 透光性磁器の研究を進めるうえで客観的に透光性を測定するための評価方法が必要だった。
- **Intelligence (研究内容)** 試料を段階的にスライスし、透過測定器と濁度計を使って透光率を測定した。解膠剤の種類と添加量が透光性に及ぼす影響、焼成条件が透光性に及ぼす影響を調べた。
- **Involvement (社会・文化的背景)** シンプル・デザインの流行を受けて、デザインに映える素地の開発が求められていた。
- **Imagination (アイデア)** 透光性については水質の濁度を計測する濁度計を使用することを思いついた。
- **Integration (研究結果)** 試料を段階的にスライスし、透過測定器と濁度計を使って透光率を測定する方法を確立。透光性を高めるためには、成形時に内在する気孔量を減少させる。素地が焼き締まる時の気泡の巻き込みを最小にする。

技術という知識、技術を創造するという知識 (メタ知識) を *i*-System に基づいて整理する試みである。インタビューによる社会・文化との相互関係の整理、特に技術マネジメントの観点から解釈を加えている。また、知識創造がなされた「場」の特徴を明らかにし、知識基盤の整備において、その中に「意味」をどのように付け加えるかという課題に対して貢献できるものと考えている。技術という「知識」を生み出すための「メタ知識」の収集・分析、および解釈に重点を置くものである。

4.2 知識創造場の評価

技術系大学院の研究室、国や企業の技術系プロジェクトなどに対して「知識創造の場」としての評価を実施した。第6図に示すように *i*-System を少し変形して8項目のチェックリストを作成し、大学院生、研究者、教員による自己評価および場の評価を行ったものである。その結果、場と結果の出ている研究室の関係、大学院生と教員との意識の相違、大学院生の意識の変化、研究分野の違いによる場の評価の差異等を明らかにした [13-15]。



第6図 知識創造場の評価スキーム

4.3 ロードマッピング

最近、技術マネジメントに関する研究においてロードマッピングが盛んに行われている。i-System はロードマップ作成の指針を与えることができる [16].

- Intervention は動機の次元である。ここでは、ロードマップ作成者たちには「どのようなものを作成するか」、「その利点は何か」、「何を計画するか」、「誰を作成に参加させるか」、「どのようなスケジュールで実施するか」などに関する深い洞察が要求される。
- Intelligence は合理的・形式的であるとともに直観的・暗黙的であるという二つの側面をもつ。コーディネータは参加者に形式的な情報を探索させる義務がある。そのためには、テキストマイニング・ツールを用いた科学データベースの探索などが要求される。エキスパートを集めてのワークショップにより、直観的知識を有効利用することも重要である。
- Involvement は社会の次元であり、社会的動機と参加者の合意形成という二つの側面がある。ここでは、多くの研究者、専門家、利害関係者、意思決定者を巻き込む必要がある。カスタマイズされたテンプレートやインターネットを利用したグループウェアが利用できる。
- Imagination はロードマップ作成プロセスを通じて必要である。参加者は将来目標について「where should we go」「how to get there」という想いをめぐらす。グラフィック・ツール、シミュレーション、批判的ディベート、ブレインストーミング、対話的計画法などが利用できる。

- Integration はロードマップ作成プロセスにおいて何度も実行する必要がある。初期のもの、少し洗練されたもの、そして最終バージョンの作成のそれぞれにおいて実行する。しかし、Integration は必ずしも合理的・明示的に実行できない。直観的・感性的な知識に頼らなければならない側面がある。そのためにはヒューリスティックな推論を支援するソフトウェアの開発が望まれる。

4.4 需要予測

食品スーパーマーケットでは、需要予測を基に廃棄ロス、値引きロス、機会ロスといった損失を最小限に抑えることが経営活動において重要な位置を占める。需要予測に関する研究は、おもに数学・統計学での研究成果を基に、システム工学や情報工学など様々な分野で発展してきた。しかし、需要予測には数学的思考のみで完結できないレベルの複雑性があり、過去の販売データから需要量を算出する従来のシステム工学的なアプローチと、ナレッジ・マネジメント的なアプローチを融合した需要予測システムの構築が必要である。

応用研究 [17] では、Intelligence において過去のデータに基づいた需要予測モデルとソフトウェアを開発し、廃棄ロスと機会ロスのバランスを考えるリスク分析を実施した。しかし、過去の売上データのみでは完全な需要予測は困難であり、Imagination において長年担当している専門化の経験知を収集、Involvement において消費者の意見を収集し、システム工学による数値予測やリスク分析に修正を加えることが必要である。

5. おわりに

本稿では「しなやかなシステム方法論」と「ナレッジ・マネジメント」の融合を目指した知識の統合と創造の方法論「*i*-System」と、そのシステム論的解釈および社会学的解釈を紹介した。知識科学的解釈は文献 [6] に詳しく記述している。さらに、技術アーカイブ、知識創造場の評価、ロードマッピング、需要予測という応用事例によって方法論の利用法を紹介した。方法論は、存在論的要素の英語の頭文字から *i*-System または五つの創造空間の次元に注目することから Knowledge Pentagram System とよんでいる。

このような学際的な知識創造理論をどのように正当化・検証すればよいであろうか。工業化社会における還元主義から知識基盤社会に向けての創発原理などの新しい認識論が台頭している現代において、一つの観点からの検証は差し控えるべきであろう。長い時間をかけて有効性が認められてきたブレインストーミングのように、様々な応用において直観的に正当化されていく、あるいは修正されていくものであろう。今後、システム科学や社会学、知識科学におけるシステム方法論、知識創造モデルとの比較や、多くの応用研究の実践により方法論を深化させていく予定である。

(2008年2月28日受付)

参考文献

- [1] I. Nonaka and H. Takeuchi: *The Knowledge Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*, Oxford University Press (1995)
- [2] Y. Sawaragi, M. Naito and Y. Nakamori: Shinayakana systems approach in environmental management; *Proceedings of the 11th World Congress on Automatic Control, Automatic Control in the Service of Mankind*, Pergamon Press, Vol. V, pp. 511-516 (1990)
- [3] Y. Nakamori: Systems methodology and mathematical models for knowledge management; *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, Vol. 12, No. 1, pp. 49-72 (2003)
- [4] I. Nonaka, R. Toyama and N. Konno: SECI, ba and leadership: A unified model of dynamic knowledge creation; *Long Range Planning*, Vol. 33, pp. 5-34 (2000)
- [5] S. Gasson: The management of distributed organizational knowledge; *Proceedings of the 37 Hawaii International Conference on Systems Sciences (HICSS37)*, IEEE Computer Society Press (2004)
- [6] A. P. Wierzbicki and Y. Nakamori: *Creative Space - Models of Creative Processes for the Knowledge Civilization Age*, Springer (2005)
- [7] Y. Nakamori and Z. C. Zhu: Exploring a sociologist understanding for the *i*-System; *International Journal of Knowledge and Systems Sciences*, Vol. 1, No. 1,

- pp. 1-8 (2004)
- [8] P. Jarzabkowski: Strategy as practice: Recursiveness, adaptation, and practices-in-use; *Organisation Studies*, Vol. 25, No. 4. pp. 529-560 (2004)
- [9] A. Giddens: *Central Problems in Social Theory: Action, Structure and Contradiction in Social Analysis*, Macmilian (1979)
- [10] R. Bahskar: *The Possibility of Naturalism*, Harvester (1989)
- [11] B. Latour: *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers through Society*, Harvard University Press (1987)
- [12] Y. Yamashita and Y. Nakamori: Knowledge integration methodology for designing a knowledge base of technology development in traditional craft industry; *Proceedings of 2007 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC2007)*, pp. 332-337 (2007)
- [13] Y. Nakamori and T. Kikuchi: Design and evaluation of creative environments in academia; *Proceedings of the First World Congress of the International Federation for Systems Research*, in CD (2005)
- [14] Y. Nakamori: Designing, utilizing and evaluating technology-creating ba in a Japanese scientific research institution; *Systems Research and Behavioral Science*, Vol. 23, pp. 3-19 (2006)
- [15] T. Kikuchi, L. Rong, Z. Wang, A. P. Wierzbicki and Y. Nakamori: Evaluation of research capabilities and environments in academia based on a knowledge creation model; *International Journal of Knowledge and Systems Sciences*, Vol. 4, No. 1, pp. 14-24 (2007)
- [16] T. Ma, A. P. Wierzbicki and Y. Nakamori: Establish a creative environment for roadmapping in academy - from the perspective of *i*-System methodology; *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, Vol. 16, No. 4, pp. 469-488 (2007)
- [17] Y. Nakamori, Y. Yamashita and M. Ryoke: Knowledge integration on fresh food management; *Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Science, Engineering and Management*, pp. 630-635 (2007)

著者略歴

なかもり よしてる (正会員)
中森 義輝



1949年4月18日生。1979年3月京都大学大学院工学研究科数理工学専攻博士課程修了。甲南大学理学部応用数学科勤務を経て、1998年4月より北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科教授となり現在に至る。システム方法論、環境システム論、感性データ解析などの研究に従事。日本知能情報ファジィ学会、計測自動制御学会、環境科学会、日本感性工学会、IEEEなどの会員。