

INSS におけるトランスサイエンスとしての安全研究

Safety Research as Trans-Science in INSS

西原 宏 (Hiroshi Nishihara)*

1. はじめに

原子力に関わる者の共通の願いは「技術的安全と社会的安心」であるが、これは古くて新しい課題である。これは「安全性の確立された原子力施設に対する社会の不安を解消する」という、いわゆる public acceptance を達成しようとする方向から、「ある程度のリスクの受容を要請する」という risk communication を伴う方向に変容してきている。

一方、原子力の安全問題に格別の関心と深い造詣を持つ人たちは「安全という状態は一般に安定した常態ではなく、個人並びに組織の不断的努力によって維持できる微妙なバランスの状態である」という認識を持っている。発電所においては、日々注意の喚起が行われ、また不断的教育訓練によって、この認識の徹底が図られている。

このような厳しい認識や不断的努力（安全を最優先とする安全文化）にも関わらず、原子力に対して社会の抱く不安は和らぐことがない。その不安の背景には、科学技術が人間が暗黙の内に容認してきた範囲を超えて発展してきたことに基づく不信感があるといわれている。このような不信感が根元的な対立を生み出している。これは原子力だけに限ったことではない。例えば、遺伝子操作の問題とか、宇宙開発とか、さまざまな問題が同様の問題を抱えている。この対立を Weinberg は trans-scientific issue と名付け、既成の科学による取り扱いが破綻し、人類は今のところ解決の方法を知らないと指摘している¹⁾。Weinberg は著者のように原子炉物理学を勉強した者にとっては懐かしい方である。

INSS は、この行き詰まりを突破するために、trans-scientific mind を持っている人たちに全く自由に意見を交換できる機会を提供するべく「トランスサイエンス研究会 (trans-science task force)」を設け

て、自由な討論によってこの問題への手がかりを求める活動を始めた。この活動の理想は

1. 既存のサイエンスの枠を越えて、全く自由に意見を交換できる機会と場所を設け、これを維持すること。
2. そこで得た着想によって始められた研究を支援し、育てること。

である。

トランスサイエンスとは trans-scientific issue を究明するための新しい包括的な科学に付けた名称であって、先ずはそのような科学が成り立ちうるのかが問題である。村上陽一郎氏は近著「安全学」の「まえがき」のなかで次のように述べている⁽²⁾。「安全」という概念”を包括的な視点から取り上げて論ずることのできるような学問がありうるかどうかという問題と正面から取り組んだものである。

この文の“「安全」という概念”を“trans-scientific issue”で置き換えたのがトランスサイエンスであるということができよう。

この研究会 (task force) の当面のキーワードは、原子力事業とそれを受け容れた社会との全体が構成する「複雑系」における「因果関係」である。因果関係は、後で述べるように仮説 (hypothesis) であって結論ではない。(因果関係が本当に解明されてしまえば「社会の安心」の問題は解消するのではないか。)

この研究会において、アンケート調査のサイエンスに関する研究の提案があり、また従来は技術に携わってきた人にも、将来はアンケート調査のような方法が役に立つかも知れないので、勉強など準備をしておいてはどうかとの指摘があった。ここに紹介するアンケート調査の研究はこの提案・指摘に触発され、計画されたものである。

* (株)原子力安全システム研究所 顧問

2. トランスサイエンス (Trans-Science)

さて、私が trans-scientific issue という概念を知ったのは、一昨年从去年にかけて、ちょうどこの研究所(INSS)ができて5年を経過した機会に、今までINSSで行ってきた研究を振り返り、将来へ向けての展望⁽³⁾を試みた過程においてであった。

「展望」のキーワードは

1. 改良型研究
2. ブレークスルー型研究
3. トランスサイエンス型研究

である。すなわち、1から出発して発展し、新しい局面を開くに至ったのが2である。研究を基礎研究と応用研究に分類するのではなく、改良型研究とブレークスルー型研究に分類することは東京工業大学の市川名誉教授が提唱しておられるものである⁽⁴⁾。それにしたがうと、今までの研究のいくつかはブレークスルー型研究の段階に入っている。その中に私は社会科学と技術との、いわゆるinterdisciplinaryな共同研究を含めようと考えたが、これは実際問題としてはうまくいかない。つまり、社会科学と技術という強い制約をもったディシプリンの間の共同研究の課題を設定して、それを分担して研究するという計画を立てることは実際上非常に難しい。もっと極端に不可能だという意見もある。なぜ不可能か、という理由を一言で言うと、すべてがあまりにも違いすぎるということに尽きる。それで、そういうディシプリンの制約を受けないトランスサイエンスに活路を求めようとしたのである。すなわち、2のなかに「社会科学」と「技術」との interdisciplinary な共同研究を含めようとする試みは破綻し、discipline というしがらみのない3に回答を求めたのである。

上記の「展望 (future outlook)」を作成の過程において Prof. Hollnagel から貴重なコメントが寄せられた⁽⁵⁾。コメントの要点を3項目に分けてまとめてみたものを次に示しておく。これらについては後にふれることとしよう。

1. Reactive and Proactive Research
2. Breakthrough and Innovative Research
3. Communication in a Free Fashion

1は何かトラブルがあったような事態にリアクティブに、すなわちリアクションとして始める研究と、

そういう動機を持たないプロアクティブな研究があって、“Future Outlook”は主にリアクティブな面を強調しているが、プロアクティブな観点も含めてはどうか、という提案であった。2はブレークスルーが強調されているが、全く新しいイノベティブな研究も重要であるということを目指している。これについては、後で述べる機会があると思う。3は全く自由なやり方で意見交換ができる場所と機会が必要であるが、現在は拘束が強すぎるという指摘である。

さて、原子力発電の安全達成には自然科学と人文科学との融合領域での成果が必要であることは、アメリカにおけるTMI-2号機の事故以来、指摘されて来た。複雑なプロセス制御系では、人間の介在が重要となるため、human factorsという、従来の科学領域を横断する学問が発展した。一方、社会の安心を達成するためには、前節に述べた根元的な対立を解消するという trans-scientific issue を乗り越えねばならない。INSS はこのような状況のなかで、数年にわたる模索を経て Trans-Science という垣塙のような世界における研究活動を構想するに至ったのである。

忘れてならないのは、原子力安全の問題よりずっと以前に、人工知能を中心とする高度情報処理の分野はトランスサイエンスの世界に突入していたと思われることである。人間の知能の機械への移植を成立の条件とするこの学問では、「心の問題」を扱うことになるので、自然科学のみならず、人文科学からの考察を必要としたのであり、今やより広範な学問領域を扱う「情報学」の胎動が見られる。また、前出の安全学も同様である。従って、トランスサイエンスの世界を狭く局限してしまわないことが肝要と思われる。

1998年9月、自動制御連盟 (International Federation of Automatic Control) の分科会 Man Machine Systems '98が京都で開催された機会に、そのPost Conferenceが日本原子力学会とINSSとの共催で、福井県美浜町の INSS において開催された。その際、IFAC Post Conferenceの開催委員長であった京都大学の吉川栄和教授 (日本原子力学会) の要請により「INSS におけるトランスサイエンスとしての安全研究」と題する特別講演が行われ、トランスサイエン

スという新しい観点からの研究活動が提案され、参加者からの広い支持が寄せられた。

3. アンケート調査

前述のように「トランスサイエンス研究会」で出された一つの意見に、「アンケート調査のサイエンスに関する研究を試みてはどうか」また「従来技術研究に携わってきた研究員もアンケート調査に関する研究を試みてはどうか。何か新しい手がかりが得られるのではないか」という指摘があった。

原子力に対する社会の安心というような社会意識あるいは態度の大勢を調べるには、基礎となるデータをアンケート調査に求める。回答は数（数値）で表されているかあるいは coding によって数字が割り当てられ、データ解析の対象となる。その際、アンケートに対する回答がデータの基であって、それらは適当な尺度を用いて数値化されている。現在、比較的頻繁に用いられているアンケートにおける尺度は Likert type scale, Guttman type scale と呼ばれるものが主となっているように見受けられる。この尺度という言葉は使用する人によって意味が異なる。我々が扱う量を絶対尺度（absolute scale）、名義尺度（nominal scale）、順序尺度（ordinal scale）、間隔尺度（interval scale）及び比例尺度（ratio scale）と体系化したのは、後述するように Stevens⁽⁶⁾ の業績であるが、このような尺度の定義が最も普遍的であるように思われる。さて、現在人文系で盛んに行われているアンケートの問題に話を戻すとして、アンケート調査のデータ解析は多変量解析と呼ばれ、非常に浩瀚な方法とそれを実施するコンピュータソフトウェアが用意されている。それらはアンケートのテーマの設定により使い分けられる。INSS においてはこういう手法を用いた調査が多く行われているが、多変量解析の方法には限界があって、先に言及した因果関係をここから導き出すことはできないとされている。

因果関係はわれわれの究極の目標で、これを導くための種々の試みが行われているが、INSS においては、共分散構造分析などの方法を援用することによって因果関係への approach を補強する試みも行われている⁽⁹⁾。いずれにせよ、この問題に対しては

多様な方法による研究が必要であろう。

原子力に対する社会の意識や態度を探る際に「意識構造」あるいは「態度構造」という概念を用いる。ここで構造とは何かというと、それは意識や態度が形成される仕組みを内蔵した骨組みであろう。厳密な意味で形成の仕組みを問題にすると、「複雑系における因果関係の定量的な解明」という未だ解けていない難問題に行き着く。通常、意識構造などという場合には、因果関係と言うよりはむしろ、意識の見掛け上の内部構造を指しているようである。

いずれにせよ、これらの構造を探る出発点としてアンケートによるデータの採取が行われる。各データは名前と値を持っている。値は数（数値）で表される。すなわち、アンケートに対する回答がデータの基である。そこで、アンケートによって得られるデータは、科学の実験から得られるデータと同様の property を持っているのかが問題である。

まず、アンケート調査は「問題の解決策を探り、原因や構造（因果関係）を解明し、あるいは将来を予測する等々のために、その問題に関係している人々あるいは組織に対して同じ質問を行い、質問に対する回答としてデータを収集し、解析することにより、目的にかなった情報を得る」という一連の手続きである。因果関係のような構造は調査と解析の結果から導かれるというよりは、調査の組立あるいは計画に当たって考慮し、設問に適切に反映すべきものである。

要するに、因果関係はアンケート調査の設計に先立つ「仮説」であって、解析の結果、例えば適合度、によって「仮説」に基づいて設定した因果モデルの妥当性を検証するのである。いずれにせよ、アンケート調査が適切に設計・実施され、所期の目的が達成される場合に、そのアンケート調査は健全であるということができよう。

アンケートの回答には尺度の異なるデータが混在する。尺度が異なると解析の方法も結果の性格も異なる。

そこで、尺度の理論に注目することになる。前述のようにアンケート調査に対する回答は数値で表されていない場合にはコーディングによって数値が割り当てられる。データ解析の対象になるためにはコーディングが必要であるが、用いられる尺度には、

実は長い研究の歴史と多くの研究成果の蓄積がある。尺度の研究の発端になった重要な論文は、Stevensが1946年に Science誌上に発表した“ On the Theory of Scales of Measurement ”である⁽⁶⁾。今日でもスケールの理論の心理学への応用が関心を持たれて、研究が続けられているということで、この論文は心理学者にとっては古典の一つとしてよく知られている。

Stevens の論文から十数年を経た1959年に Luce は心理学の学術雑誌 The Psychological Review に論文“ On the Possible Psychological Law ”を発表している⁽⁷⁾。

ここで1959年という年代に注目しよう。著者の記憶では1958年の前後何年かの間は歴史の上で特異な時期であったのではないかという気がする¹。その一つの大きなできごとは、スプートニクショックである。

1957年から1958年にかけてソ連は Sputnik 1,2,3号を打ち上げて地球の周りの軌道に乗せた。2号にはライカという犬が乗っていた。3号は観測機器を積んでいた。ソ連に先を越されて米国には Sputnik shock が起こった。アイゼンハウア大統領は研究用のデータベースと情報通信網の整備に着手し、優れた研究者が軍に集中していたのを改め、広く民間の研究の振興に努めた。これが今日のインターネット文化の発祥であると言ってよいだろう。この情報科学・技術の画期的な進歩は proactive でありまた innovative である。

Luce の尺度に関する理論的研究はこの時期に行われていたのである。

さて、前出の Luce の研究によると、独立変数を x 、従属変数を y とすると、 $y = F(x)$ という関係式は、 x と y に適用する尺度の組み合わせによって定まる関数方程式を満たさねばならないという制約を受ける。Luce はその関数を具体的に与えており、それ以外の関係は存在しないと言う結論を導いている。著者の関心は、「アンケート調査（改善強化されたアンケート調査）から前記の因果関係を含む構造を導き出す可能性が果たしてあるのか」、「あるとすればどんなことをすればよいのか」、ということであるが、これは遠い目標であると言わねばならない。

4. 尺度の研究

さて、アンケート調査においては各設問に対する回答（データ）の間には何らかの関係が認められる場合と独立である場合（設問の独立性）とがある。独立性の検定は統計的仮説検定による（カイ二乗検定）。

前述のように、Luce によれば「数量の尺度に関する数学的制約は数量間の許容関係に制約を与えており、数学的に受け入れ可能な関係式の多くの部分を決めてしまう」と結論付けている。たとえば、数量 x 及び y の尺度が同じ尺度であったとすると、両変数の関係式 $y = u(x)$ の関数形は変数 x, y の尺度に依存する制約を受ける。関数式に含まれる定数（パラメータ）の値は制約されない。式の形が制約されるのである。

鷲尾・元田両氏は「尺度」の概念に対して高度情報処理という新しい研究の光を当てる試みを発表している。それは、アンケート調査で得られる「データ」の性格を研究するのに、このような新しい研究成果を適用する試みを示唆している⁽⁸⁾。

もちろん尺度の研究については、前述のように鷲尾・元田両氏に先行する長い研究があるが、両氏はやや複雑な電子回路の方程式を Luce の理論に従って導きだし、またさらに音の周波数と人間がこれを聞いて知覚する音程との間の Fechner の法則を導いている。この一連の研究によって Luce の関数関係という制約が現実味を帯びてくると同時に、将来の新しい研究のヒントが与えられている。後述の「アンケートと尺度の研究」のスコープはこの点にある。すなわち、アンケート調査、尺度の理論、Luce の理論、それに鷲尾・元田両氏による新しい情報の科学の新しい組み合わせによってトランスサイエンスに対する一つの試みが始められたのである。ここで「情報科学」が keyword として出てくることに注意を促したい²。

さて、情報科学が果たしてこの期待に応えてくれるであろうか？ 思い出すのは H. G. Wells の短編“The Door in the Wall”及び「自然言語の機械翻訳」の研究である。

“The Door in the Wall”という短編小説を著者が

¹ 1958年前後には多くの歴史的な出来事があった。著者が大学における原子力教育のために教員の再教育の UNESCO fellowship によって留学したのも1958年であった。

² アンケート調査を尺度の観点から実験的に評価する種々の方法提案され「心理学的測定」として重要性が認められている。この研究もその線に沿う一つの試みである。

最初に読んだのは第三高等学校英語の授業であった。この小説はよく知られているが、粗筋は次のようである。

ある子供がロンドンのウェスト・ケンジントンを歩いていると、白い壁に今まで見かけなかった緑の扉がついている。どうしても中に入りたいという衝動にかられてその中に入ると、中には別世界があった。その後もう一度入りたいと思って扉を探すが、探すと見つからない。ところが、何か用事で急いで通るときにはそのドアが現れる。しかし急いでいるのでそのドアに入るのはためらってやめてしまう。そして、最後までとうとう二度と入らなかったという物語である。

比喩的に考えると、この白い壁の向こうにあったのはトランスサイエンスの世界ではなかったか。そこへ入れば trans-scientific issue の解決の糸口が見える。原子力の安心という問題も壁のところまではきているのではないか。思い起こしてみるとこういう問題に到達したのは原子力がはじめてではない。今からおよそ20年前、1970年代にはコンピュータが非常な勢いで発達して、それに伴って、自然言語の機械翻訳が関心を集めた研究テーマであって、多数の優秀な研究者がこの問題を追及した。当時の考えは、自然言語は非常に多くに分かれているけれども、それらに共通な意味の世界があり、自然言語はその意味の世界に投影することができ、また、意味の世界を自然言語に表現することができる。機械翻訳というのは原理的には問題がないので、計算機が発達して行けば必ずできるとみな信じて研究を進めていた。ところが、努力にもかかわらず意味の世界は見つからなかった。それで多くの研究者は撤退していった。私はその時に自然言語の機械翻訳という研究は、トランスサイエンスの白い壁のところへ来たのではないかと思う。それで、緑の扉が見つからず、中に入れずに撤退していった。その結果どういうことが起こったか。その研究は非常に多様化していった。今日でもこの課題に対しては研究成果は上がっているけれども意味の世界は見つかっていない。思えば、自然言語の機械翻訳というのは全く trans-scientificなテーマではないか。それで私どもの先輩である自然言語の機械翻訳という情報学上の重要な研究の歴史が我々にとっては非常に示唆に富んだも

のであって、その歴史を調べてみることによって重要なてがかりが得られるかもしれないし、さらにはトランスサイエンスの研究においては「情報科学」が必ずキーワードとして浮かび上がってくるのは偶然ではない。そう考えてくると、H.G.Wellsという人自身がトランスサイエンティフィックな人であったような気がする。トランスサイエンスという視点でH.G.Wellsを詳しく調べてみるのは興味深いことだと思われる。

5. INSS の活動の構想

INSS は 1998年「安全トランス・サイエンス研究会」を設けて、自由な討論によってこの問題への手がかりを求める試みを始めた。この研究会で「アンケート調査に関わるデータの科学」の研究が示唆され、後述の「アンケートと尺度の研究」が開始された。さらに、Trans-Science Forum on Safety Research (会議室) をインターネット上に開設することとした。

この活動の理想は

1. 既存のサイエンスの枠を越えて、全く自由に意見を交換できる機会と場所を設け、これを維持すること。
2. そこで得た着想によって始められた研究を支援し、育てること。

である。

なお、今後の活動の主体としてTrans-Science Forum on Safety Researchを組織する。ただし、当面の運用上の配慮から、第一次計画においては構成メンバーを比較的少数にとどめる。

6. INSS における研究の経緯と現状

6.1 HF (Human Factors) 研究会について

この研究会は、東北大学の北村教授とINSS技術システム研究所の合意によって、1993年に発足した。そのメンバーは、大学側は、原子力(マンマシン・システム, human factors)の関係者に加えて、高度情報処理(情報学)、高度知識処理、信頼性理論、および化学プロセス工学の日本を代表する研究者が

ら構成されている。この研究会は日本では他に例を見ないもので、広い分野にわたる研究者のネットワークとして長期的に見て大きな意義をもつであろう。

研究会活動の目的は、

1. 発電所の現状からの要請をINSSから提示し、大学側メンバーからは最新の技術の紹介があり、それらをベースとした自由な討議を通じて創造的な意見交換を行うこと。
2. 重要な課題や魅力ある新手法などについては、必要に応じて、メンバーの中の有志が将来における研究の足がかりを創る実質的な活動を行うことである。すなわち、この研究会では直ちに現場応用が期待できるような短期的研究ではなく、真に有意義な研究の枠組みを設定するためにINSSと大学との両者の切磋琢磨する場の形成を目指している。

本研究会が挑戦しようとする問題は、trans-scientificな要因の存在を抜きにしては考えにくい特徴を有する。しかし一方で、trans-scientificな問題へ正しくアプローチするためには、技術的観点から挑戦し解決すべき困難への取り組みと将来予測についての的確な認識を前提とすべきであり、技術の現状をスナップショット的にとらえることは回避せねばならない。挑戦すべき課題の持つこのような2面性に対する的確に対処できる活動主体を構成するという目的に対して、技術システム研究所と社会システム研究所の両者を包含するINSSは他に例を見ない望ましい立場にある。

6.2 アンケートと尺度の研究

大規模プラントおよび人間或いはその集団である社会が構成する複雑系を何らかの方法で把握し、複雑系に関わる予測あるいは問題解決を可能にするために多くの努力が費やされてきたが、得られた結果の多くは、系に何らかの操作を加えて反応を見る、いわば操作主義的アプローチから得られた「記述」に過ぎない。科学は本来、エネルギーおよび質量の保存則のように、それ自身常に厳密に成立し（真であり）、他の命題の前提となる「強い制約」、すなわち「公理（規範）」を追求する。複雑系に関わる問

題解決のためには公理に基づいた制約式（記述）が必要となる。しかし、複雑系の科学的記述（モデル化）をいわゆる「強い制約」から導く試みは、成功に至っていない。不成功の原因は、あるいは「強い制約」に拘泥することにあるかも知れない。

大阪大学の鷲尾・元田両氏は従来から、現象を表現する「式」の制約について、また最近は特に「尺度」に注目して研究を進めている。さきに、Luce (1957) は同型のあるいは異なる尺度を用いて数値化された2変数（独立変数と従属変数）間には一定の制約式（関数方程式）が成立することを発見し、さらに、この制約式から両変量間に成り立つ具体的な式の形を導いたことを既に述べた。これらの式は尺度間の「公理的な制約式」に他ならない。尺度間の制約は保存則のような強い制約ではないから「緩やかな（弱い）制約」と呼ぶことが出来よう。鷲尾・元田は、高度情報処理や高度知識処理の最近の目覚ましい発展を援用して、Luceの導いた尺度間制約式を多変数系に拡張して複雑系の記述をも可能にした。それはまさに trans-scientific なアプローチの成功例である。

両氏はさらに、科学における操作主義的なパラダイムを排除するために、実験の為の操作を行わずに系から直接得られるデータのみで、「公理的」な表現式を導くことができるよう研究を進めている。

一方、INSSでは、社会科学の基礎となるアンケートによるデータの健全性を確認する方法に関心があり、ここに鷲尾氏とINSSの丹羽との共同研究が発足した。研究の端緒としては、出来るだけ簡単な問題を設定することが望ましい。初年度の研究課題として取り上げたのは「不動産の取得と地震のリスク感覚」についてのアンケート調査である。

本研究は端緒についたばかりであるが、その成果は次の通り、2.及び3.は発表済み、1.及び4.は発表の予定（1999年6月末日現在）である。

1. T. Washio, H. Motoda and Y. Niwa: "Discovering Admissible Model Equation from Observed Data Based on Scale Types and Identity Constraints", International Joint Conference on Artificial Intelligence 99 (Sweden 1999)
2. T. Washio, H. Motoda and Y. Niwa: "Automated Scientific Modeling from Observed Data and its

Application to Socio-Psychology”, International Workshop on Qualitative Reasoning (1999)

3. 鷲尾, 元田, 丹羽: 「観測データからの科学的法則発見とその社会心理学への適用」, 1999年度人工知能学会全国大会予稿, (1999)
4. Y. Niwa, T. Washio and H. Motoda: “An Elementary Study on the Representation of Safety Issues by Trans-scientific Approach”, The 3rd International Conference on Human Factors Research in Nuclear Power Operation, (Fukui, Japan, 1999)

6.3 ヒューマンシナリオジェネレータ

PSA (Probabilistic Safety Assessment) に関する技術的な進展の中で, 新しい人間信頼性評価法 (Human Reliability Analysis) の研究が注目されはじめている. その中には, Prof. HollnagelのCREAM, NRCのATHEANA, EDFのMERMOS等が含まれている. それらは, NRC が主催する次世代の人間信頼性評価法を研究する国際プロジェクト「MOSAIC」に提案されている.

一方, INSS は平成 9年度に「シナリオジェネレータ」の原型を開発した. この原型を基に, ヒューマンに係わる「ヒューマンシナリオジェネレータ」を開発し, 更に進んで, 両者を統合し, システムと人間の両方の信頼性評価が出来る「統合シナリオジェネレータ」に発展させるという計画は魅力的であり, MOSAIC への提案の有力な候補とし期待できるであろう.

6.4 ガイアの科学など

Trans-science というとガイアを連想する人があ
る. ラヴロックのガイアの科学は地球を含む太陽系
の惑星を生命体と考えることから出発する. 諸科学
からトランスサイエンスへの昇華は Fritjof Capra の
説く科学のパラダイム・シフトに通じるのではない
かという見方がある.

文献

- (1) 北村正晴, 私信, (1997)
- (2) 村上陽一郎, 「安全学」, 青土社, (1998)
- (3) Hiroshi Nishihara, “Future Outlook for Research at the Institute of Nuclear Safety System”, June 1997
- (4) 市川惇信, 「ブレイクスルーのために」, テクノライフ選書, オーム社, (1996)
- (5) Erik Hollnagel (Professor, Linkoping University, Sweden), Private communication
- (6) S. S. Stevens, “On the Theory of Scales of Measurement”, Science, Vol. 103, No. 2684, pp. 677 ~ 680 (1946)
- (7) R. O. Luce : On the Possible Psychological Laws, The Psychological Review, Vol.66, No.2 (1959)
- (8) 鷲尾隆, 元田浩: 「尺度の理論」, 日本ファジイ学会誌 (印刷中)
- (9) 角田勝也(1998): 「原子力発電に対する態度構造 共分散構造分析による大学生の態度構造把握」, 日本原子力学会1998年秋の大会予稿集 I・35