



# 認知システム工学的アプローチによる社会デザイン

菅野 太郎\*

## Society Design by Cognitive Systems Engineering Approach

Taro KANNO\*

**Abstract**– It is important to understand characteristics of human behaviors in real world settings for society design, because human is a major element of society and human factor is a dominant driving force of real world social behavior. This paper describes an example of applying an interview-based Cognitive Task Analysis (CTA) incorporating with content analysis for eliciting cognitive competencies for disaster nursing. CTA is a methodology from cognitive systems engineering to examine human cognition in real world context by such as field observation, process tracing, interview, and questionnaires and content analysis is a methodology originated in social science to analyze text contents. The result of this study indicates that this interdisciplinary method is more effective for examining human behaviors than a single disciplinary method and is a promising approach for society design.

**Keywords**– cognitive task analysis, cognitive competency, cognitive systems engineering, society design

### 1. はじめに

個々の幾つかの要素が存在していて、その間にインタラクションがあるものをシステムと定義すると、社会もまた一種のシステムである。人工物のシステムとの違いは、系を構成する主要な要素（と認識されたもの）の一つが人間である点である。社会の系としての挙動や属性は、社会の仕組みや制度といったマンメイドの制約や人間の認知行動特性に起因する多様なインタラクションによって人工物システムのそれとは異なる複雑さを呈するため、その分析や合成には人工物とは異なるアプローチが必要とされうる。

一方、自らの振舞いを状況依存的、環境適応的に行う系のことを認知システムという [1]。人間の個体は認知システムの一例であるが、人間が構成要素として積極的に認識される系もまた認知システムである（あるいは Joint Cognitive System）。このような認知システム観は、これまで人間-機械系や作業環境の分析・設計等の工学的問題に対して人間の状況依存的認知行動特性の考慮や系の全体論的理解を志向した様々な分析、設計、支援の手法やモデルを提供してきた [2]。認知システム観に立つと、社会もまた認知システムと捉えることができる。

ゆえに、社会制度の設計や社会問題に対する施策といった社会デザインの問題に対しても認知システム工学的アプローチは有用であろう。

社会デザインのためには、まずは主要素である人間の振舞いを理解することが一つの出発点となる。そこで、本稿では、現実コンテキスト下における人間の認知的行動特性を探るための認知システム工学的手法の一つである認知タスク分析（CTA: Cognitive Task Analysis）を災害時の看護活動のためのコンピテンシー抽出に適用した例を紹介しその有用性について議論する。

### 2. 認知タスク分析

認知タスク分析とは、具体的な現実の状況下における人間の振舞いの背後にある知識やその活用、思考プロセス、態度といった認知的側面に焦点をあて、それらをフィールド観察やプロセス追跡、インタビューやアンケート等によって抽出・整理することをいう [3]。様々な学術領域における人間の振舞いやその認知的側面に近接する方法論にルーツを持つが、認知システム工学では、現実の具体的問題を対象とし、主に専門家やエキスパートの特徴の抽出、チームワークの評価、インタフェースデザイン評価等に認知タスク分析が用いられる [4]。

\*東京大学大学院工学系研究科 東京都文京区本郷 7-3-1

\*The University of Tokyo, Hongo 7-3-1, Bunkyo-ku, Tokyo

Received: 28 July 2010

		対象		
		看護師	患者・家族	環境
主要概念	評価項目	自身 他人	患者 家族	ライフライン 施設被害等 院外、病棟外の情報
情報	徴候 利用可能性 タイミング			
判断	重要度 必要性 フォーカス 程度 類似性			
行動	目標 計画 行動 オプション 優先度 困難度			

Fig. 1: An interview guide

### 3. 災害看護における認知的コンピテンシー分析

医療や看護，航空や発電といった複雑人工物システムの運用など状況依存性の高い領域では，安全・安心，あるいは生産性を維持するためにそれらを担う人々にいかなる能力が必要となるかを理解，整理し，効果的な教育・訓練を設計することが知識技能マネジメントの上で共通する重要な課題である．これは社会の脅威となりうるタスクや事象に関わるキーとなる人間（系の重要要素）の特性を理解し，教育・訓練による要素の性質の矯正・変容によって，系全体の弾力性や効率性を挙げることを目的とする社会デザインの問題でもある．本節以降では，特に災害時における看護活動に必要とされるコンピテンシー，特に認知的なコンピテンシーに焦点を当て，認知タスク分析によるそれらの抽出法および可視化方法例について紹介する．

看護業務においてはこれまでに，領域専門家による重要項目の抽出，整理によって必須知識や行動特性の包括的整理など，一般的コンピテンシーに関する議論が数多くなされている．一方，具体的な状況下での行動の背後にある思考プロセスや知識活用まで踏み込んだ認知的コンピテンシー整理の試みはまだ少ない．より具体・詳細な教育・訓練内容に対する根拠や説明を与えるためには，そのような認知的コンピテンシーの解明が重要である．早野，菅野らの研究では [5, 6]，災害下の看護活動で具体的に取った行動の背後にある情報処理プロセスや知識活用といった認知的コンピテンシーをインタビュー内容から分析，可視化する方法の開発を行っている．ここで行われたインタビューベースの認知タスク分析では，具体的な質問に対する回答から直接的に認知的コンピテン

シーに近接するトップダウン的手法だけではなく，社会科学的なボトムアップな方法を取り入れた分野協働的手法を提案している．以下その詳細について紹介する．

#### 3.1 目的の設定とインタビューガイドの作成

この研究では，「過去の地震災害時にリーダーシップをとって活動した看護師は，どのような情報を得てどのような判断をし，どのような行動をとったか」という問いが研究目的として設定されている．認知タスク分析では，このような目的に対する効果的なインタビューの質問項目や質問方法が過去の研究によって整理されている [7]．一方，社会科学では具体的な質問や質問方法による回答が意図的なものになることを避ける態度も強調される．そこでここではインタビューイの回答状況によって段階的により詳細な質問を行うように Fig. 1 に示すようなマトリクスでインタビューガイドを構成している．この方法によって，意図的な質問を極力回避し，インタビューイの語りを促進するとともに，機会を最大限活用する効率的インタビューが同時に試みられている．

#### 3.2 内容分析（一次分析）

まず，インタビュー結果に対して内容分析を行い，データに含まれる概念の抽出と整理を行う．内容分析とは社会科学の分野で用いられる方法でテキストデータの内容を体系的に詳細に分析するための方法論である [8]．まず，インタビューの逐語録に対し，研究の問いにおける主要概念である「情報」「判断」「行動」の観点から意味のある文脈を抽出し，さらに意味のある最小の一文もしくは文の一部を記録単位とする（切片化）．これらの記録単位に関する意味を推論・解釈することで適切なラ

Table 1: Results of content analysis

情報	判断	行動
感覚器で得た異常	程度	安全確保
認識した時間	優先度	問題解決
自分の役割	不足	チーム運用
既存の知識	限界	情報管理
自分の家族	必要性	指示
看護師の被災状況	予測	環境作り
看護師の声	効率	看護活動
他者の行動	経過	患者避難
人的資源	適切さ	
入院患者の基本情報	自分の家族	
発災時の入院患者の状態	結果確認	
外来患者の基本情報	自己決定	
外から助けを求めに来る人	安心	
家族ケアの進捗状況	直観	
施設設備の被害状況	知りたい欲求	
物的資源	使命感	
避難場所の特性		
本部機能		
所属病院の地域における役割		
院外の被災状況		

ベルを付け（コード化）、得られたコード群をグルーピングし、主要概念の下位概念としてカテゴリー・サブカテゴリー化を行う。主要概念への分類はインタビュー時に想定した各主要概念に関する質問内容を参照し、次のような意味に当てはまる記録単位をそれぞれの主要概念に分類する。1)「情報」：気付いた情報の内容、情報を得たタイミング等。2)「判断」：考えた内容、重要視した内容、必要性や程度の内容、予測した内容、不確実な内容、困難だった項目等。3)「行動」：行動の内容とその目的、そのための方法等。

また、これらの分析と同時に逐語録データから災害時のイベントの時系列とそれに対する認知的行動の時系列を解釈・推論し分析結果に付与している。

このような定性的な分析手法では、トライアングレーションを行う等して分析の妥当性と信頼性を保証する必要がある。上述の一連の分析プロセスは複数の専門家の議論によって合意を得ながら進めることで一次分析の妥当性・信頼性を担保している。

Table 1 に内容分析の結果得られた各主要概念を構成するカテゴリーを示す。このようにして得られた構造化された概念集合は、災害時の具体的状況下で看護活動を行う際の人間のモデルであるヒューマンモデルの構成要素を表わしており、認知的行動特性を分析するための詳細な視点を提供する。

### 3.3 二次分析

一次分析の結果を用いて具体的な視点から逐語録を再分析することで、認知的コンピテンシーの質的・量的分析を行う。前述の一次分析は内容分析支援ソフトウェアである Atlas.ti を用いて行われている。Atlas.ti は切片化やコード化、カテゴリー分け、分析途中のコメントやメモを一括して管理できるといった内容分析のプロセスに特化したインタフェースや機能が備わっているだけでなく、分析結果を標準データ形式である XML で出力できる。XML には豊富な処理技術が整備されているため、様々な追加的分析プログラムの開発が容易に可能である。以下の二次分析は一次分析結果の XML データ処理によって自動化されている。後述の二次分析結果では、前述の 30 名のインタビューのうち、特に災害時の対応能力が高かったと合意された 6 名の一次分析結果を対象とし、さらに災害看護活動のコンピテンシーが観察されやすい（能力差が顕在化しやすい）と考えられる「看護活動」と「避難活動」に関する発言に焦点を当てて個別に分析したものである。

### 3.4 コンピテンシーの整理、可視化

主要概念である「情報」「判断」「行動」の 3 つのカテゴリーは、認知プロセスモデルの要素ステップと捉えることができる。よって、インタビューの発言におけるこれらの主要概念間の遷移の時系列を追うことで、災害看護活動における認知プロセスの抽出が期待できる。一次分析過程において、具体的な一連の災害対応への言及箇所は「情報」「判断」「行動」カテゴリーや主要概念以下のサブカテゴリーに分類されている。前述のように、災害のイベント発生の時系列や前後の文脈から「情報」「判断」「行動」の要素ステップのつながりである認知プロセスの順序情報が付与されている。逐語録データにこのような分析結果情報が付与されたデータ（「一次分析データ」）を、以下に説明する認知プロセスパターン抽出に用いた。

#### (a) プロセスパターン分析と可視化

「情報」「判断」「行動」間の遷移の組合せは Fig. 2 に示すように 9 通り存在する。一次分析データに対し、この 9 通りの遷移の出現頻度をタスク別に集計することで対象タスクにおける認知プロセスパターンの特徴が得られると考えた。またそれらの集計結果から視覚的にパターンが確認できるように以下の手順で集計結果の可視化を行った。

- 1) 「情報」「判断」「行動」の各主要概念に対応するノードを Fig. 2 のように配置する
- 2) 各主要概念間の遷移がデータ内に確認されたら該当主要概念間に線を描く

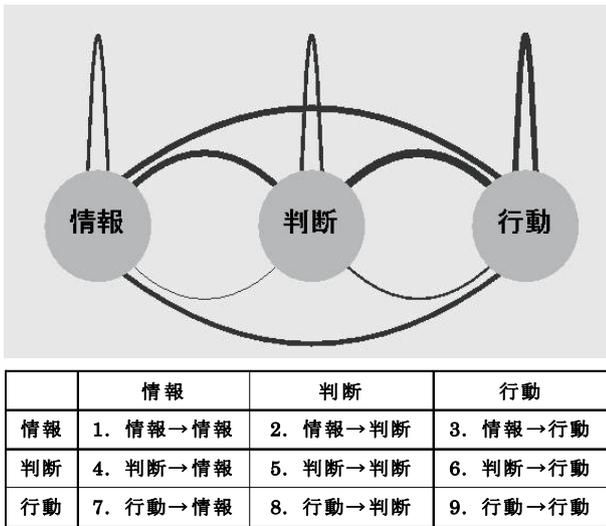


Fig. 2: Visualization of cognitive process

3) ノードの上側の線分は左から右への遷移を表し、ノードの下側の線分は逆方向の遷移を表す

4) 出現回数に応じて線の太さを太くする

Fig. 3は6人の全発話のうち左から「看護活動」に関する発話、「避難活動」、「その他のタスク」に関する発話における認知プロセスパターンを可視化したものである。可視化結果から例えば、看護活動に関する発話には「判断」に関する言及が比較的少ないことが分かる。これは看護活動に類される言及は患者や患者家族に対する安全安楽を目的とする行為に言及しているものであり、通常の看護行為の延長にあるものが多いと考えられ、反射的に行われる行為やルーティンの行為が多いことが反映されたためと考えられる。一方、避難活動に関する言及では行動に繋がる言及が多い。情報 - 行動の遷移も多く、獲得した情報に基づいた素早い行動実践がなされていたことが示唆される。各タスク間の独立性の検定 ( $\chi^2$  分析) ではタスク間で極めて高い相関性 ( $p < 0.01$ ) が示された。さらに残差分析によっていくつかの遷移箇所において有意差が確認された。ここからタスクの内容に依存した特徴的な認知プロセスパターンが存在することが示唆される。一方、看護師別の分析では有意な相関性は見られず、リーダーシップを取った看護師に共通した認知プロセスであることが示唆された。

(b) 発話内容傾向と可視化

文章データを数理的に分析することで文章内容の特徴を調べる研究が自然言語処理の分野で数多くなされている。このような手法はコンテキストを直接的に扱うことはできないが、そこに立ち現われる表層的な特徴から本質に近接する一手法として位置付けることができる。一次分析データの記録単位(切片)には「情報」、「判断」、

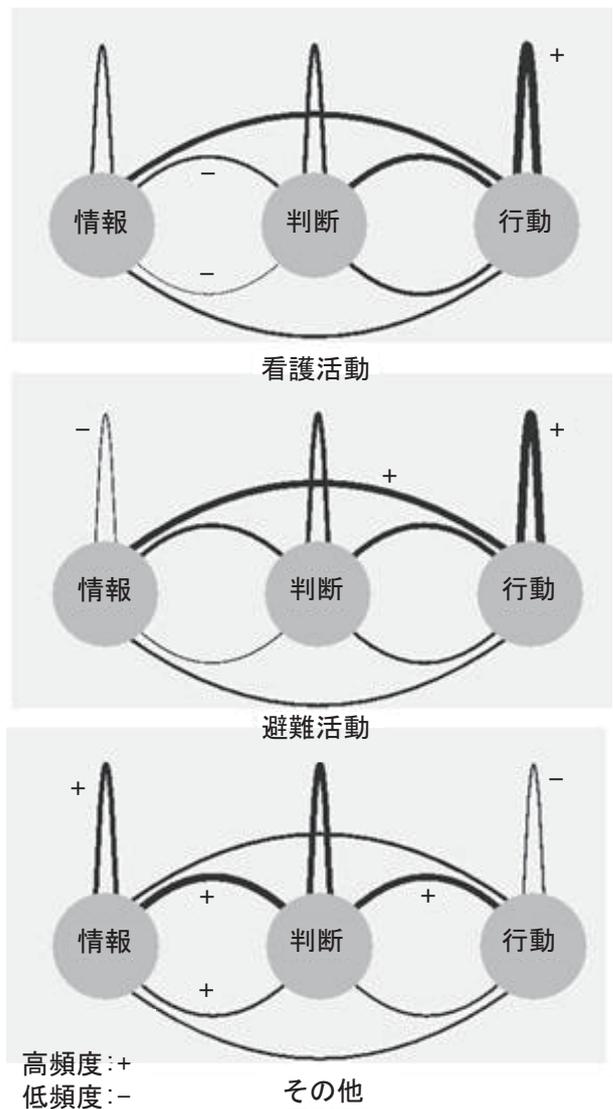


Fig. 3: Cognitive process patterns in different tasks (normal nursing, evacuation, and other tasks)

「行動」といったカテゴリーや、さらに下層のサブカテゴリーに関する情報が内容分析の結果付与されているため、通常の記事の分析よりも詳細な分析が可能である。ここでは、「情報」カテゴリーに含まれる発言の中の名詞の出現頻度を観察することで、災害下でどのような対象に注意を払い、関心を持っていたかを分析することを試みている。

まず、分析対象(「情報」カテゴリーに含まれる)の切片に対して形態素解析を用いることで切片に含まれる単語を品詞別に自動的に切り分ける。次に、切り分けられた単語群から名詞のみを対象に各語の頻出回数を自動的に数え上げる。次に、名詞単語の出現回数を集計しただけでは分析結果を解釈しにくいので、サービスモデルにマッピングして可視化を行う。サービス研究では、サービスを記述する基本モデルがいくつか提案されている。災害看護のみならず、看護や医療、災害対応は広

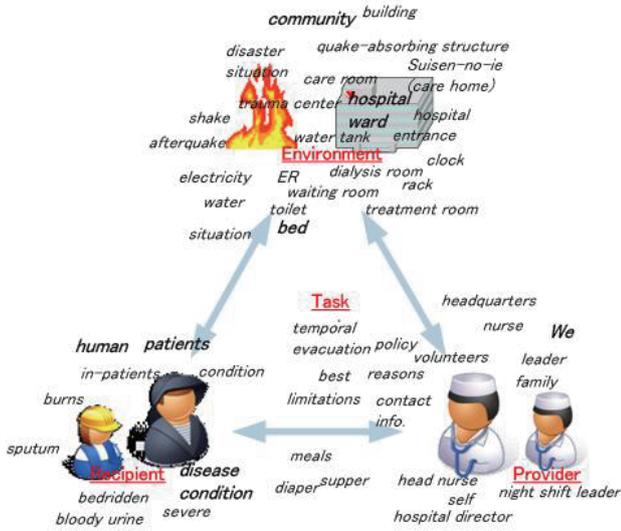


Fig. 4: Attention and concerns

義のサービスに分類できるため、これらのモデルを基にした記述には親和性がある。サービス基本モデルでは主に、1) サービス提供者、2) サービス受容者、3) サービス媒体、4) 環境、5) これらの要素のインタラクション、によってサービスを捉える視点を与える。本研究では Fig. 4 に示すように、看護師、患者・家族、災害環境・病院、とそれらの間のインタラクションによって災害看護を捉えるモデルを用い、各名詞単語をモデルの各要素の関連性に従い手作業で配置した。Fig. 4 は分析対象としたある看護師の対象発言のうち 3 回以上出現した単語をサービス基本モデル上にマッピングしたものである。図からこの看護師は、患者や災害状況に関するもののみならず、看護師自身やチーム、病院全体、さらには院外に関することにも言及しており、災害看護に関する情報を網羅的に入手していた、もしくは関心があったことが視覚的に容易にわかる。このことはこの看護師が病棟師長としてリーダーシップを発揮したことから予想される結果と大きく矛盾するものではない。

(c) 認知的コンピテンシーの整理

前節で述べた認知プロセスパターン抽出は、具体的な個別の行動の背後にある要素ステップの遷移を加算することによって全体としての特徴を抽出する方法である一方、個別のデータの詳細内容にも有益な特徴が含まれている。そこで個別の認知要素ステップの遷移にどのような認知的行動が含まれているかを、再度逐語録データの内容を参照・分析し整理した。具体的には、各遷移(例えば「情報 判断」)に分類されている逐語録データの該当箇所の個別内容を吟味し、分類を行った。Table 2 がその結果である。行要素は認知要素ステップの始点を、列要素は終点を表している。該当セルに確認された具体的認知的行動要素のカテゴリーを配している。例えば一

Table 2: Elements of cognitive competencies

	情報	判断	行動
情報	同時・逐次的情報獲得、気付き 情報と知識の関連付け 関連情報収集	状況認識 (SA2, 3)	ルーティン適用 ルール適用 暫時的対応 実行条件の解消・緩和 による行動への移行
判断	判断中の状況変化への気付き 問題発見	想起・関連付け メンタルシミュレーション 行動計画	計画・判断事項の実行
行動	目的的情報収集 問答 行為中の情報獲得	問題発生への気付き オプション考慮 次タスク、懸案 事項への移行	一連の行為・タスクの実行

行一列の「情報 情報」のセルには「情報」「情報」の遷移において「同時・逐次的情報獲得」、「情報・知識の関連付け」といった認知的行動が確認されたことを示している。

この分析では、ルーティンの適用や、将来の状況を断片的な利用可能情報から予測するメンタルシミュレーションといった専門技能を必要とされる他領域のエキスパートの認知的特徴と共通する特徴が確認された。また、新しく獲得した情報を知識や経験、既に獲得した情報と結び付けて文脈化し行動につなげるといった関連力が災害看護でリーダーシップを担った看護師に特徴的な認知コンピテンシーとして確認された。

4. 認知システム工学と社会科学の協働

本研究プロジェクトは災害看護という具体的な領域において、好業績者の行動成果の背後にある思考プロセスを系統的に導くことを目指した、社会科学と認知システム工学との協働でもあった。3.1 節で述べたインタビューガイドの作成はその一例である。その他にも、例えば、認知タスク分析では通常、インタビューの回答の内容を詳細に分析・吟味するという手順は踏まないが、内容分析によって詳細にインタビュー内容の整理を行うことでより情報量の多いデータを得ることができ、その結果、より詳細な二次分析が可能となった。一方、社会科学では内容分析を持ってデータ分析を終了し、その後二次分析や可視化を行うことは稀である。しかしながら、内容分析はその結果から直接的に現場にフィードバックすべき具体的知見や施策を導くことには向いていない。認知システム工学等が提供するモデルや自然言語処理技

術等を用いて目的志向の二次分析，可視化によってさらに有益な知見が得られる可能性は高い．実際，このプロジェクトを通して得られた内容は教育用 DVD としてまとめられて実際の教育・訓練に活かされている [9]．

## 5. まとめ

本稿では，社会デザインの問題に対して，人間中心的にシステムを捉える認知システム工学の適用，および分野協働的アプローチの例を示した．具体的には，現実状況下における人間の認知行動特性を探るための認知システム工学的手法である認知タスク分析を内容分析手法と相補的に組み合わせて，災害時の看護活動における認知的コンピテンシーの抽出に用いた例を紹介した．人間中心の工学アプローチをとる認知システム工学は，人の振舞いの理解という点において，社会科学的アプローチと少なからず動機を共有しているため，社会デザインの問題に対して工学と社会科学を結ぶインタフェースとして貢献することが期待できる．

## 参考文献

- [1] E. Hollnagel and D. Woods: Joint Cognitive Systems –Foundations of Cognitive Systems Engineering–, CRC Press, 2005.
- [2] D. Woods and E. Hollnagel: Joint Cognitive Systems – Patterns in Cognitive Systems Engineering–, CRC Press, 2006.
- [3] R. Hoffman and L. Militello: Perspectives on Cognitive Task Analysis, Taylor & Francis, 2009.
- [4] B. Candall, G. Klein, and R. Hoffman: Working Minds, MIT Press, 2006.
- [5] 早野 他: 災害時の看護活動におけるコンピテンシーモデルの開発 –震災発生直後の看護活動におけるコンピテンシー要素の抽出と構造化–, 日本災害看護学会誌. (投稿中)
- [6] 菅野 他: 災害時の看護活動におけるコンピテンシーモデルの開発 –認知的コンピテンシー分析手法の開発–, 日本災害看護学会誌. (投稿中)
- [7] 例えば, G. Klein, R. Calderwood, and D. Macgregor: Critical Decision Method for Eliciting Knowledge, IEEE Trans. on SMC, Vol.19, No.3, 1989.
- [8] A. Straus and J. Corbin: Basics of Qualitative Research, Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory, Sage Publications, 1998.
- [9] 小原 他: 被災病院における発災直後の看護活動 –入信患者と職員の安全を守るための情報・判断・行動, 日経映像.

---

### 菅野 太郎



東京大学工学系研究科修士課程修了，東京大学工学研究科博士課程修了，博士（工学）．専門は認知システム工学．2002 年社会技術研究開発センター 専任研究員．2007 年より東京大学大学院工学系研究科准教授．チーム協調，組織連携，サービス認知などの研究に従事．Human Factors and Ergonomics Society, ヒューマンインタフェース学会，人工知能学会などの会員．

---