

システムズ・アプローチに基づく新たな議論モデルの提案

中島琢郎* 白坂成功**

A Proposal of New Argument Model Based on the Systems Approach

Takuro NAKAJIMA* Seiko SHIRASAKA**

要旨 古くから設計意図の重要性が論じられ、多様な議論モデルが提案されてきた。ところが、設計意図には「システムティック」と「システムック」の2つの観点があるにもかかわらず、既存の議論モデルは主に前者の獲得を狙いとしている。そこで本研究では、両者の設計意図を同時に獲得するため、システムズ・アプローチに基づく実践的な議論モデル(DSN)を提案する。実用上の潜在的欠陥は、実験的観察法によって探索的に調査される。

キーワード Design Rationale 議論モデル システミック システムズ・アプローチ 意思決定

1. はじめに

古くから、設計の背景にある情報を意味する設計意図(Design Rationale)の獲得の重要性が指摘されている(Kunz & Rittel, 1970)。設計意図は、設計者間における相互理解に役立つだけでなく、設計以降のフェーズにおいても利害関係者の理解を助ける、と加藤・堀(2005)は報告している。例えば、設計者の設計意図がライフサイクルの運用フェーズで再利用可能となれば、保守作業を担当する者への一助となる。そのため、設計意図を記録管理する必要性が多く論じられ(Conklin & Begeman, 1988; Moran & Carroll, 1996; Mostow, 1985; 古宮, 2001)、設計過程の議論を構造化して表記する、議論モデルと呼ばれる研究が行われてきた。増尾&桑名(1993)は、議論がどのような過程で行われたかを示すプロセス指向と、議論の中で何が議論されたかを示す空間指向の2つの系譜に議論モデルを分類し、プロセス指向の代表的手法としてgIBIS(Conklin & Begeman, 1998)を、空間指向の代表的手法としてQOC(MacLean et al., 1989)を、両者を融合した手法としてSIBYL(Lee, 1990)を紹介している。

ところが、設計対象物であるシステムの見方には、還元的・分析的・体系的であることを意味するシステムティック(systematic)と、創発特性・階層性・自己組織などを意味するシステムック(systemic)、すなわち「存在論的」な観点と「認識論的」な観点の2通りがあり、互いに区別すべきとの指摘があるにもかかわらず(Checkland, 1983; Kijima & Mackness, 1987; 妹尾, 1988)、既存の議論モデルは主にシステムティックな側面からシステムを捉えようとするアプローチであった。なぜなら、既存の議論モデルは、要素還元主義(Reductionism)、再現可能性(Repeatability)、反

* 清泉女学院短期大学 Seisen Jogakuin College

** 慶應義塾大学大学院 Graduate School of System Design and Management, Keio University

証可能性(Refutation)を基盤にした科学的アプローチを前提にしているためである。既存の議論モデルは、議論全体を要素に分解し、その詳細説明に留めていることから、特に要素還元主義の側面において、その傾向が強いと思われる。

そのため、設計者の設計意図を獲得する上で、既存の議論モデルを用いるだけでは限界があると考えるのが妥当であろう。この主張を援用する根拠は2つある。1つは、既存の議論のモデルの基盤となる科学的アプローチは、中野(1988)が論じるように、要素還元主義、再現可能性、反証可能性を厳格に求めるが故に、①複雑性、②社会科学、③経営管理の現象に対応できない弱点を有するからである。例えば、経営戦略は、競合の動きに応じて自社の戦略も変わり、自社の戦略を実行することで競合の戦略が変わるといった、ダイナミックな散逸構造の性質を有している。又、企業戦略、事業戦略、機能戦略などの階層構造が重層化する傾向にあり、それぞれが相互に影響しあい、互いに制約を受けるといった、非線形性の性質も内包している。したがって、要素還元的アプローチを基盤とする既存の議論モデルでは、このような経営戦略の設計意図を十分に獲得することは困難である。2つ目の根拠は、前述した①複雑性、②社会科学、③経営管理に関わるシステム設計が今後ますます増加すると予想されるためである。黒江(2016)は、我々が取り扱うシステムの対象が工学システムのみならず、生命、エネルギー、環境、経済、社会など広範囲に広がっていることを報告している。したがって、設計者のシステム的アプローチを獲得できることに起因する弊害が、今後膨張する可能性がある。

したがって、システムのシステムティックな側面のみならず、システム的アプローチを表現可能な新しい議論モデルの開発が要請される。坂口(1975)は、システムを分析する上で、①研究対象であるシステムはどのような要素に分解できるかという「要素分析」、②システムを構成している諸要素やその属性の間にいかなる関連、ないしは相互作用的関係があるかという「関係分析」、③「①及び②」での分析をもとにして、システム全体の構造や機能をいかに適切に説明することができるかという「全体分析」、の3つ分析方法が存在することを論じた上で、従来の分析方法は①に重きが置かれている一方で、②③が軽視されていることを指摘した。そして、①②③を包含する分析方法としてシステムズ・アプローチの有用性を論じた。

そこで本研究では、設計者の頭の中にある「システムティック」と「システム的アプローチ」の設計意図を同時に獲得するために、システムズ・アプローチの知見を用いた Decision-making Structuring Notation (DSN)と名付ける実践的な議論モデルを提案する。

2. 提案手法

2-1 前提

システムズ・アプローチの知見を用いた議論モデルを開発するにあたり、あらゆる事象を同一テーブルの遡上で一元的に理解、議論ができるよう、まずはこれまでの先行研究を整理し、概念モデルを設ける。

中野(1988)は、システムズ・アプローチの特徴を以下の7つに集約している。

- 1) 複数個の要素の認識
- 2) 相互関連性(要素間ならびに要素と全体の間の固有の相互作用の認識)
- 3) 全体性、全体論(部分目的よりは全体目的を強調、全体としての統一性・秩序)
- 4) 機能的認識(機能関連)

- 5)階層的認識(認識レベルのシフト)
- 6)I/O認識
- 7)環境適応性

又、奥田(2008)は以下の5つの特徴から説明している。

- 要因分析:分析・評価・最適化手法を駆使
- 全体と部分:大局的視点から解決、全体把握
- ライフサイクル:全体プロセスを対象とする
- 目的指向:あるべき姿・本来の目的
- 進化発展:時間経過を考慮しフィードバック

これらの共通事項を整理してみると、システムズ・アプローチの特徴は図1で示すように、「プロセス指向」あるいは「空間指向」に視点の方向を定め、「要素分析」「関係分析」「全体分析」のレベルに応じて視野の範囲を絞り込むことで焦点を明らかにし、対象物の構造理解を促す方法論であると説明できる。すなわち、ビューとスコープをクロス分析することで、6つの切り口からビューポイントを獲得し、対象物の多面的な理解を試みる認知的な手続きであると換言できる。

前述したように、既存モデルは主に要素分析に重点を置くミクロ的アプローチであることから、DSNがオリジナルな点は、ミクロ的アプローチのみならず、全体分析まで拡張したマクロ的アプローチをも包含する点にある。

しかし、ともすると、設計意図にかかわる多面的な考察を文章で膨大に記述する結果を招き、読み手の認知的負担を強いる蓋然性が高くなることから、逆に設計意図の獲得が困難となることも想定される。そこで、本研究ではノードを用いたプラティカルな議論モデルを提案する。



図1 システムズ・アプローチの概念モデル

2-2 ノードの効能

議論モデルの系譜は、古くはギリシアのアリストテレスが提唱した3段論法まで遡ることができる

が、近年の議論モデルの代表的な研究では、ノードを利用した表記法が主流である。ノードとは符号の一種で、論理や意思決定を成立させるための必要条件を要素分解し、各要素の機能を各ノードに割り当てることで、議論内容をグラフィカルに表現するものである。一例として、Toulminら(1979)の論理モデルを例示する。この論理モデルでは、論理を構成する上で必要となる Claim(主張)、Data(根拠)、Warrants(理由)などの6つの要素を分解し、各要素の機能をノードに割り当てる。利用時は、文章を該当するノード内部に表記することで、論理的な議論を視覚的に支援する。図2と図3は、文字のみで記述した議論と、ノードを用いて記述した議論を左右に並べて対比したものである。

本研究でノードを用いる理由は、設計者の設計意図が平易に構造化可能となるからである。そのため、例えば保守担当者がノードを頼りに文章を読解することで、保守担当者に過度な認知的負担をかけることなく、設計者の頭の中にあった設計意図をより正確、且つ容易にトレース可能にする。その結果、保守担当者の頭の中での忠実な再生を支援する。一般的に、口頭言語は表現力がリッチだが、表現内容の自由度が高いことが特徴である。ノードの利点は、この口頭言語の自由度を統制し、表現内容に規則性を持たせることにある。すなわち、自然言語を形式言語に平易に置換できる点がノードの利点である。これを Shannon(2001)による情報伝達の際の情報損失に関するコミュニケーションモデルを引用して説明するならば、設計意図のエンコードやデコードの変換規約に、異なる人間同士の共通基盤となりうる普遍的な思考形式を適用させることで、エンコード及びデコード時の情報の損失低減を支援するものである。

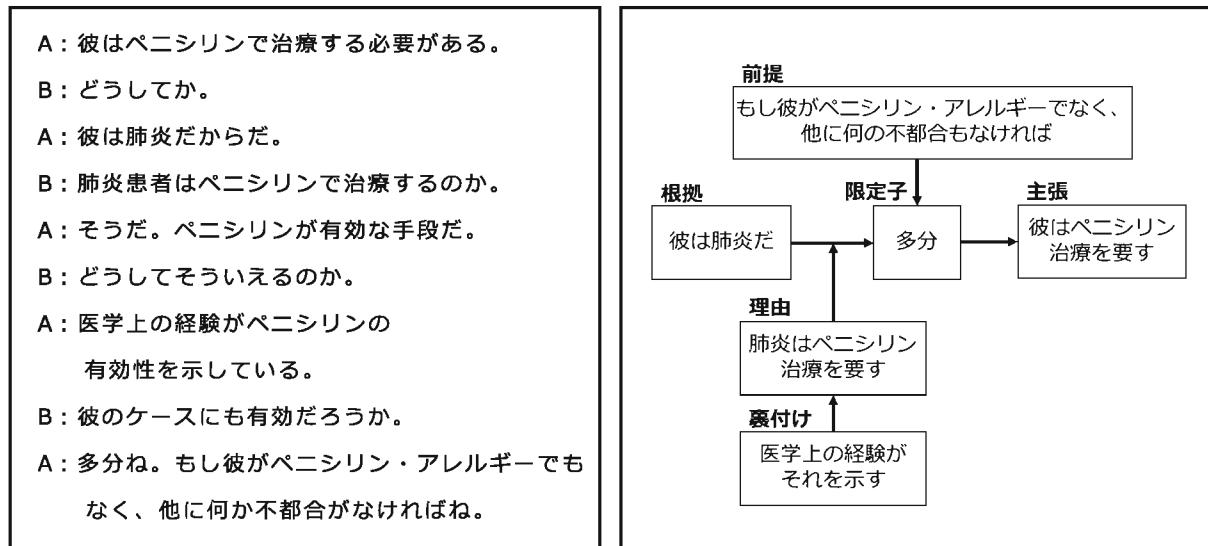


図2 文字のみで記述した議論

図3 ノードを用いて記述した議論

(Toulminら, 1979; 嶋崎, 1986 を修正)

2-3 DSN の基盤となる理論

DSN では、Simon の研究成果を基に、意思決定プロセスの構造を要素分解し、各機能をノードに割り当て、再統合している。ノードに意思決定プロセスの機能をもたせる理由は、システムズ・アプローチがあらゆるシステムの問題解決を図る方法論である、というスタンスに拠って立つのであるならば、今日の問題解決法の礎となっている Simon の意思決定プロセス理論を議論モデルに取り込むことは理に適っているからである。

Simon(1977)は表1で示すように、意思決定プロセスが情報活動(Intelligence)、設計活動(Design)、選択活動(Choice)、再検討活動(Implementation)の4つの活動を経て成り立っていることを明らかにした。そのため、設計者らが何らかの問題解決を図るために議論を行っている際は、情報活動、設計活動、選択活動、再検討活動のいずれかの活動に従事していると換言できよう。

表1 意思決定プロセスの4つの活動

手順	名称	活動内容
1	情報活動	意思決定の対象となる問題を定義する活動
2	設計活動	問題解決を図るために、複数の代替的選択肢を探索する活動
3	選択活動	複数の代替的選択肢から最適解/満足解を選択する活動
4	再検討活動	妥当な代替的選択肢の実行後、上記1~3を軌道修正する活動

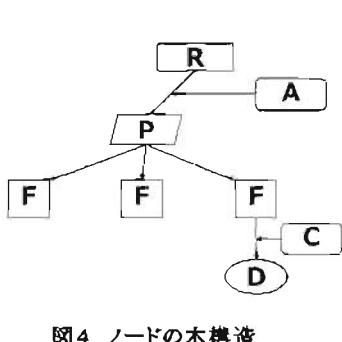
(Simon,1977より作成)

2-4 DSN の構造

DSN ではまず、情報活動、設計活動、選択活動の3つの活動をノードによって記述することで、設計者の意思決定プロセスを明らかにする。図4は、意思決定プロセスの3つの活動を分解し、各活動の機能をノードに割り当て、再統合したものである。各ノードは表2で示すように、3つの活動に対応するよう、Rノード、Aノード、Pノードなどの名称と役割が与えられており、それぞれのノードは矢印の流れによって結束している。このように、DSN は意思決定プロセスの3つの活動が6つのノードを用いて木構造で表現される。

そして、再検討活動を通じ、設計者が情報活動、設計活動、選択活動に何らかの修正を加えた場合には、該当するノードを書き換え、設計者の意思決定プロセスの変化の軌跡を記録していく。例えば、環境(Aノード)の変化に伴い、代替的選択肢の最適解(Fノード)が変更になった場合には、設計意図の変更過程を記述する。つまり DSN は、ある一時点の設計意図を記録する静的な議論モデルではなく、設計意図の変更軌跡をも記録に反映させ続ける動的な議論モデルである。

表2 ノードの役割



活動	名称	役割
情報活動	Rノード	Requirementsの略で「要求(目的)」を意味する
	Aノード	Assumptionsの略で「前提条件」を意味する
	Pノード	Problemの略で「問題」を意味する
設計活動	Fノード	Functionの略で「機能(手段)」を意味する
	Cノード	Criteriaの略で「判断基準」を意味する
選択活動	Dノード	Dataの略で「データ」を意味する

2-5 DSN の有用性

図5は、設計者の頭の中にある設計意図を DSN によって表記した例である。ここでは、企業経

営を想定し、経営陣の経営戦略の設計意図を例示している。ただし、ノード内に具体的な文章は記述していない。

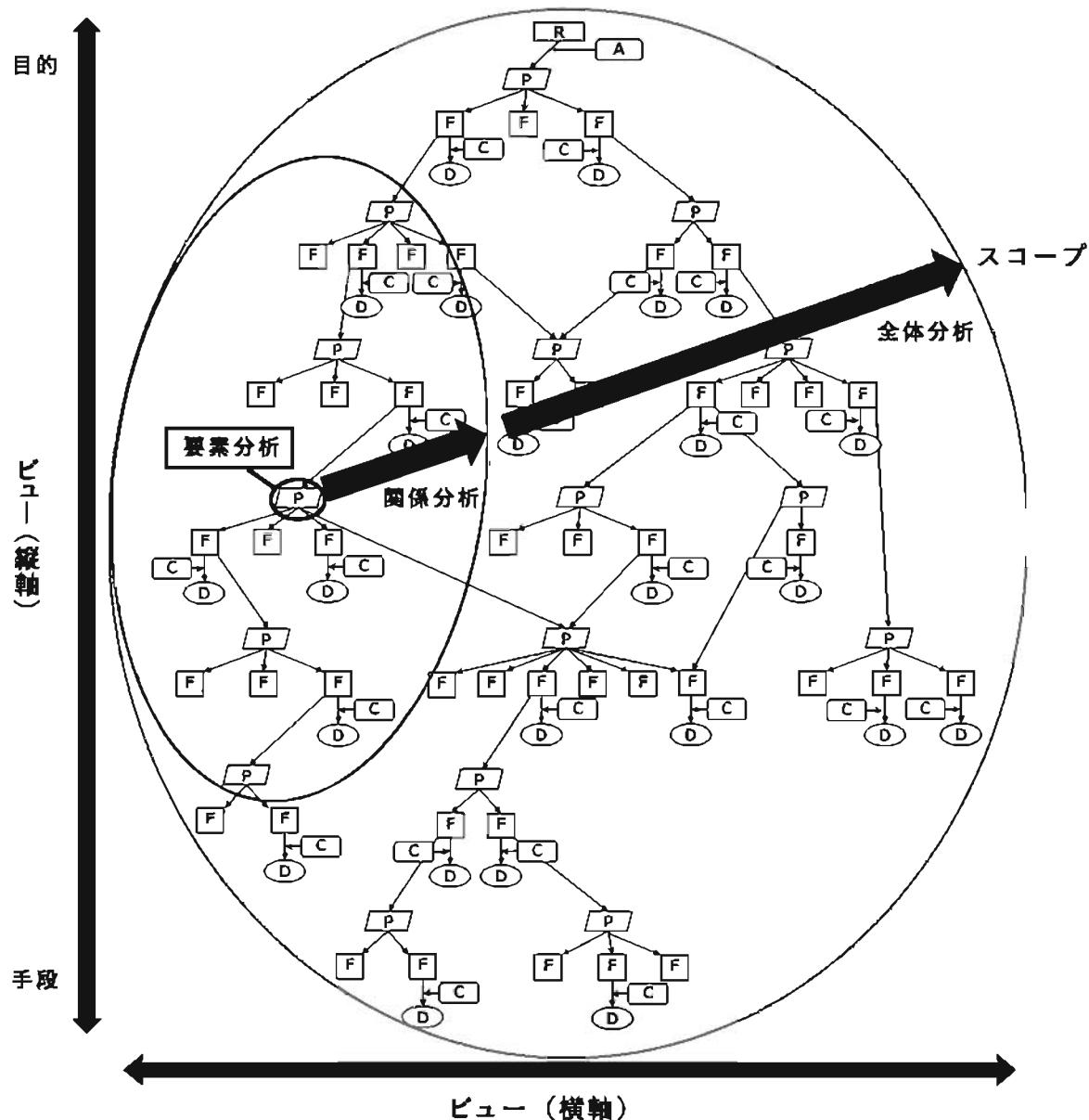


図5 DSN の表記例と活用方法

木構造の最上位には経営目的(要求)のノードが置かれ、その経営目的実現のために実施することが決まった手段(機能)のノードは、下位へ数珠つなぎで展開される。一方、その過程で議論がなされた内容は、ノードによって位階構造別に整理され、階層構造化される。この結果、経営者の設計意図が2次元の平面上にビュー(視点の方向)とスコープ(視野の範囲)を伴って表現されることになる。

ビューは、縦軸と横軸によって表現され、縦軸は「プロセス指向」を意味し、横軸は「空間指向」を意味する。これにより、どのような過程で、且つ何が議論されたのか、設計者の設計意図が一元的に理解可能になると期待できる。例えば、数珠つなぎになっているノードを従業員が上から下へトレースすることで、最上位の外部環境(A ノード)に変化が起きた際、経営陣は外部環境に適応

するためにどのような意思決定したのか、経営陣の設計意図(How)を理解しやすくなる。あるいは逆に、数珠つなぎになっているノードを従業員が下から上へトレースすることで、経営陣がその判断を下したのは何のためなのか、経営陣の設計意図(What for)を理解しやすくなる。更に、横に並列しているノードを従業員が観察することで、ある問題(Pノード)に対して、どのような手段(Fノード)を検討し、どういう基準(Cノード)と根拠(Dノード)によって決定に至ったのか、経営陣の意思決定の背景を理解しやすくなる。

一方、スコープは、2次元の平面上に点在しているノード群を境界線(boundary)で囲うことで表現される。これにより、議論の範囲を①ノード単体(要素分析)、②ノード間の関係(関係分析)、③システム全体(全体分析)のどのレベルに絞り込むか明確になり、議論の効率化が期待できる。例えば、複数の代替的選択肢(Fノード)の中から最適な解決案を選択する議論において、スコープの境界線を最上位の経営目的(Rノード)まで拡張させることで、その選択(意思決定)が経営目的にどの程度寄与するのか、全体最適の観点から議論が可能となろう。

このように、経営陣らが設計した経営戦略の設計意図をノードという符号に置換し、2次元の平面上に表記することで、経営戦略に対する従業員らの「理解容易性」及び「議論効率性」の向上を支援できると考える。

3. 調査

3-1 アプローチ

本研究では、実務への適用を想定したプラティカルな議論モデルの提案を前提としている。したがって、仮にDSNが設計者の設計意図を有意に獲得する実効性が高い議論モデルであるとしても、ユーザがDSNの使用方法を理解できなければ実用性が低いと評価せざるを得ない。そこでまず、DSN使用時における潜在的欠陥を見出すため、実験的観察法を用いたユーザビリティに関する探索的調査を行った。それ故、DSNの有効性を評価する検証的調査は、本研究の範疇ではない。

3-2 対象者

観察対象者は16名で、そのうちの14名が社会人経験を有する者であり、更にそのうち8名がビジネススクールに在学している修了間近の研修生であった。性別は男性10名、女性6名であり、年代は20代7名、30代3名、40代3名、50代3名であった。DSNの利用にあたっては、経営戦略への造詣が深い者でなければそもそも利用が難しいという危惧があったため、観察対象者をビジネススクール生とそれ以外の者に分類し、それぞれ別日程で実施した。更に、社会人経験期間の観点からつり合わせ手続きを行った上で、2~4名のグループを組成して実験を実施した。観察対象者は、実験条件、統制条件のいずれか、又は両方に参加した。両方参加の場合は、カウンターバランスをとらず、統制条件、実験条件の順で実験を行った。実験前にDSNの利用方法が記された簡易的なテキストを配布し、ノードを記述する模擬訓練を計30分程度行った。ビジネススクール生以外の対象者一部は、14日間のインターバルをおいて計2回実験に参加した。

3-3 手続き

実験は、ケースメソッドに準じて経営戦略の設計を行い、その設計意図に関する記述、読解、議論を行った。具体的には、あるX時点におけるケース教材(ある企業が直面している経営課題を記述した教材)を観察対象者に配布し、当該企業の経営戦略を個人単位で設計させた。その後、時間経過を経たY時点のケース教材を渡し、前段設計した経営戦略を個人単位で修正させ

た。そして、当該企業の経営課題を解決するための最善の経営戦略を設計するよう、グループで討論させた。以上のセッションを、DSN を用いない統制条件下と DSN を用いる実験条件下で実施し、それぞれ一連の作業過程を Nielsen(1994) が提案する5つのユーザビリティ特性の観点に基づき、観察を行った。

4. 結果と考察

4-1 結果

以上の調査手続きを経て観察した結果を要約したものが表3である。

表3 観察結果の要約

【学習しやすさ】 馴染みやすく、容易に使用可能か？	実験前に行った DSN の説明方法如何によって、ノードの記述量に変化が見られた。又、グループ討議において、発言の量・質に変化が見られた。特に、口頭による補足説明の有無によって、その差異は顕著であった。
【効率性】 学習後の生産性は向上するか？	DSN を利用したグループの方が、適切な論点を抽出し、効率的な議論を開いている様子が観察された。ただし、DSN の記述・読解方法の理解度が低いと思われる個人に関しては、その逆の傾向が見られた。
【記憶しやすさ】 時間経過後、容易に操作方法を思い出せるか？	1回目の実験で記述・読解方法を理解した多くの者は、2回目の実験の際に滞りなく作業にうつしたことを確認した。ただし、2回目の実験前にも DSN に関する説明時間を割いたため、厳密な想起の程度を確認できていない。
【間違えにくさ】 エラーが簡単に回復でき、致命的エラーが起こらないか？	木構造の上流過程で記述方法を間違えると、後工程の作業に悪影響が及び、最初から書き直す事例が個人単位で散見された。しかし、グループ単位では確認されなかった。
【主観的満足度】 ユーザは快適に利用し、満足しているか？	グループ討議の際、DSN の使用方法の理解度が高い者が議論をファシリテートしていた場合、参加者の発言量が多く、議論が活性化していたことが観察された。一方、その逆のグループは議論そのものにストレスを示していた。

4-2 考察

実験的観察による調査では、主に学習のしやすさ、効率性、間違えにくさ、主観的満足度の項目において、ユーザビリティに関する問題が一部観察できた。これらの問題に共通する要素は、DSN の習得度の低さに起因する可能性が高く、その差異が生じる程度は説明時における教示者の教示能力如何によって顕著にあらわれた。

DSN のユーザビリティが DSN そのものの有効性を左右する影響が大きいと推測されることから、DSN の実用化を図るために、教示者の個々の教示能力に依存することなく、ワークショップなどのような体系的な枠組みの中で計画的に習得度向上を支援する手法の開発が望まれる。尚、期待通りにユーザの習得度が向上されない場合には、ノードの構成など、DSN の記述ルールそのものに改良を加える必要があろう。

5. まとめと今後の課題

本研究では、設計者の頭の中にある「システムティック」と「システムミック」の設計意図を同時に獲

得するために、システムズ・アプローチの知見を用いた Decision-making Structuring Notation (DSN)と名付ける実践的な議論モデルを提案し、その可能性を示した。今後は、ユーザビリティの向上のみならず、DSN の有効性を実証することも研究課題の1つとなる。

Rapaport(1953)が論じるように、本来科学とは、自然科学の学術領域で営まれてきた分析的方法のみを指すのではなく、工学の学術領域で試みがなされている統合的方法も含めて包括的に捉えるべきであろう。その意味において、システムティックとシステムックの設計意図を同時に獲得しようとする本研究の試みは、学術上意義があると考えられる。又、例証を重ねることで DSN のより確かな実用性が実証されれば、実務への貢献も期待できよう。

参考文献

- Checkland, P. (1983). OR and the systems movement: mappings and conflicts. *Journal of the Operational Research Society*, 34(8), 661-675.
- Conklin, J., & Begeman, M. L. (1988). gIBIS: A hypertext tool for exploratory policy discussion. *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, 6(4), 303-331.
- Kijima, K., & Mackness, J. (1987). Analysis of soft trends in systems thinking. *Systems Research and Behavioral Science*, 4(4), 235-241.
- Kunz, W., & Rittel, H. W. (1970). *Issues as elements of information systems* (Vol. 131). Berkeley, California: Institute of Urban and Regional Development, University of California.
- Lee, J. (1990). SIBYL: A qualitative decision management system.
- Lee, J. (1990, September). SIBYL: a tool for managing group design rationale. In *Proceedings of the 1990 ACM conference on Computer-supported cooperative work* (pp. 79-92). ACM.
- MacLean, A., Young, R. M., Bellotti, V. M., & Moran, T. P. (1991). Questions, options, and criteria: Elements of design space analysis. *Human-computer interaction*, 6(3-4), 201-250.
- Moran, T. P., & Carroll, J. M. (1996). *Design rationale: Concepts, techniques, and use*. L. Erlbaum Associates Inc..
- Mostow, J. (1985). Toward better models of the design process. *AI magazine*, 6(1), 44.
- Nielsen, J. (1994). *Usability engineering*. Elsevier.
- Rapaport, A. (1953). *Operational philosophy: Integrating knowledge and action*. NY: Harper & Brothers.
- Shannon, C. E. (2001). A mathematical theory of communication. *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, 5(1), 3-55.
- Simon, H. (1977). *The new science of management decision*. Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall.
- Toulmin, S. E. (2003). *The uses of argument*. Cambridge university press.
- Toulmin, S., Rieke, R., & Janik, A. (1979). *Argumentation in science. An Introduction to Reasoning*. Macmillan Publishing Company.
- 奥田孝之.“平成 20 年 12 月度技術士 CPD 中央講座(第 90 回) | 公益社団法人 日本技術士会”. 公益社団法人日本技術士会. 2018-02-02.
https://www.engineer.or.jp/c_topics/000/attached/attach_119_1.pdf, (参照 2018-02-05)
- 加藤義清, & 堀浩一. (2005). 論証の枠組みに基づく設計意図の獲得. In 人工知能学会全国

- 大会論文集 2005 年度人工知能学会全国大会（第 19 回）論文集 (pp. 42-42). 社団法人 人工知能学会.
- 黒江康明. (2016). 境界と進化よりシステムを見る—新たなシステムズアプローチの構築に向けて. 計測と制御, 55(8), 657-664.
- 古宮誠一. (2001). ソフトウェア設計上の意思決定とその根拠の情報を再利用する方法. 電子情報通信学会論文誌 D, 84(1), 78-89.
- 坂口博. (1975). システムズ・アプローチの問題点. 城西経済学会誌, 11(1), 164-179.
- 嶋崎隆. (1986). 立証の構造について:「トゥールミン図式」を中心にして. 一橋論叢, 95(3), 467-475.
- 妹尾堅一郎. (1988). ソフト・システム方法論 (SSM) の実務有効性 (<特集> ソフト・システムズ・アプローチ). オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学, 33(7), 327-331.
- 中野文平. (1988). システムズ・アプローチとは何か (<特集> ソフト・システムズ・アプローチ). オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学, 33(7), 301-304.
- 増尾剛, & 桑名栄二. (1993). 議論情報に対する構造化手法の一提案. 情報処理学会研究報告情報メディア (IM), 1993(21 (1992-IM-010)), 1-8.

SUMMARY

The purpose of this study is to develop a practical argument model that acquires systematic and systemic Design Rationale simultaneously. In this paper, we proposed a new argument model named Decision-making Structuring Notation (DSN) based on the systems approach. Usability of DSN is investigated exploratory by experimental observation method.