

学 位 論 文 題 名

数理モデル・ソルバーの利用者参加型選択法の研究

－APSソフトウェアの選択を例に－

学位論文内容の要旨

意思決定者が直面する問題に対して適当なソルバーを選択するためには、“意思決定者が直面する問題”と“ソルバーによって解くことのできる問題”を比較・対照することが必須である。意思決定者が直面する問題は、現実世界の中で特定される。これに対して、ソルバーによって解くことのできる問題は、数理世界における当該問題の記述である数理モデルによって特定される。すなわち、ソルバー選択のためには、現実世界と数理世界の異なる世界で整理される情報を比較・対照することが要求される。こうした状況の中で、数理モデルに不慣れな意思決定者が、直面する問題に対してソルバーを選択する作業に主体的に参加するためには、現実世界と数理世界の繋がりが明らかになっている必要がある。

本研究ではまず、現実世界と数理世界の繋がりを明確にするのに十分な記述となっているかという観点から、問題記述に関する先行研究を整理した。問題記述に関する先行研究を、その記述対象により、“数理世界を記述対象とするもの”と“現実世界及び数理世界を記述対象とするもの”の2つに分類し、それぞれにおいて記述される情報を分析した。この分析により、数理世界が記述対象となる場合、数理モデルの構成要素が現実世界のどの要素に対応するかを明らかにする情報が整理される傾向を示した。数理モデルに不慣れな意思決定者を想定した場合、それらの情報だけでは、問題記述の内容を理解することが難しく、直面する問題との対応を判断することが困難であることを示した。現実世界が記述対象となる場合、整理される情報は、実質的に数理モデルにおいてパラメータとなる量的特性のみに限られており、それ以外の特性、特に数理モデルの構造を決定する質的特性が記述対象になっていないことを示した。現実世界の記述が手薄であることから、直面する問題と当該数理モデルの対応関係が不明確であるという難点が、現実世界を記述する研究によっても解決されていないことを示した。また、記述される情報が量的特性に限られているという点で、意思決定者が、直面する問題を整理する方法として不十分であることを示した。

以上の分析結果に対して、本研究では、“意思決定者が直面する問題”及び“ソルバーによって解くことのできる問題”を、意思決定者の理解できる現実世界のレベルで明示的に記述すること（問題定義の作成）を提案した。ソルバー選択プロセスの観点から、問題定義が満たすべき、以下の3つの性質を明らかにした。

性質① 意思決定者が、問題定義の記述内容を理解しやすく、自身の直面する問題との対応を判断しやすいこと

性質② 意思決定者が、直面する問題を整理して問題定義を作成することが容易な様式であること

性質③ 問題定義の間の相違が明確であること

本研究では、上記の性質を満たす問題定義の手法として、GERM による問題定義を考察した。GERM は、論議領域における自然な認識対象を問題記述の基礎とすることで、抽象化の過程で生じがちな認識の混乱を防いでいる。既存の問題記述方法が量的特性のみを記述していたのに対して、GERM は、質的特性も記述対象としており、現実世界との関係を特徴付ける情報を多く記述することができる（問題定義を満たすべき性質①、②に対応）。GERM による問題定義はオブジェクト型の集合として記述されるため、当該問題定義の特徴は、それを構成するオブジェクト型によって表される。GERM は、問題定義の構成要素の違いにより、その記述対象の相違を明確に識別することができる（問題定義を満たすべき性質③に対応）。

上記の考察から、著者は、GERM による問題定義が現実世界と数理世界の繋がりを明らかにするための仕組みとして有効である、と考えた。本研究では、数理モデルに不慣れな意思決定者が主体的に参加できるソルバー選択の仕組みとして、GERM による問題定義を活用するソルバー選択手順を提案した。提案する選択手順は次のようなものである。はじめに、（意思決定者が直面する問題に対して適用の候補となるソルバーに対応する問題定義を含めた、）当該問題と類似の問題分野においてこれまでに作成した既存の問題定義を統合することにより、汎用的問題定義を作成する。これは、意思決定支援者側の作業である。次に、この汎用的問題定義を参照情報として利用することにより、意思決定者の直面する問題に対する問題定義を作成する。その後は、作成した問題定義を、適用の候補となる個々のソルバーに対応する問題定義と比較・対照することによって、適用可能なソルバーを選択する。最後に、必要なデータの収集・整備を行い、ソルバーを実行し、その結果を分析する。

本研究では、製造企業において重要な生産スケジューリング問題分野を取り上げ、提案するソルバー選択手順を、APS ソフトウェアを選択する状況に適用することを試みた。APS ソフトウェアは生産計画及びスケジューリング問題を統合的に扱うソフトウェアである。APS ソフトウェアを利用する場合、利用者は、問題記述言語に従って直面する問題を記述する必要がある。しかしながら、問題記述言語を利用して記述できる生産計画問題及びスケジューリング問題を仕様書から読み取ることが難しいことが、導入すべき APS ソフトウェアの効率的で正確な絞込みを困難にしている。これに対して、本研究では、各 APS ソフトウェアによって解くことのできる問題に対する問題定義を作成することを提案した。4 つの代表的な APS ソフトウェアを例に、その記述方法を示した。議論の過程においては、問題定義と APS ソフトウェアへの入力データの違いを明らかにした。

本研究では、提案するソルバー選択手順を、APS ソフトウェアを選択する状況に適用し、

その有効性を、実在する機械加工工場への適用事例により実証した。

APS ソフトウェア選択手順の適用事例により、提案するソルバー選択手順において、意思決定者は、自身の直面する問題に関する情報を整理するための問題定義の作成と、選択されたソルバーを実行した結果の分析を行う作業に参加することを示した（これらの作業は、従来の意思決定プロセスにおいても参加していた作業である）。これらに加えて、提案する選択手順では、意思決定者は、ソルバーの選択結果に対する判定を行うことができるようになることを示した。ソルバーを選択する段階において、意思決定者は、“自身が中心となって作成した問題定義”と“選択されたソルバーに対応する問題定義”を比較・対照した過程の説明を受けることによって、どのように当該ソルバーが選択されたかを確認することができる。このことは、問題定義を活用することによって、意思決定者と意思決定支援者との間で意思疎通を図る機会が拡大されたことによる結果である。この結果、意思決定者は、自身の直面する問題に対して選択されたソルバーの適合性に関して自信を持つことができるようになる。

上記のように、本研究では、意思決定者参加型のソルバー選択法として、問題定義を活用する新しい方法を提案した。提案する選択法は、問題定義を活用することで、意思決定者と意思決定支援者の間で意思疎通を図る機会を拡大することを特徴とする。APS ソフトウェア選択への適用事例により、提案する選択法の有効性を検証した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 関 口 恭 毅

副 査 教 授 木 村 俊 一

副 査 教 授 毛 利 峻 治

学 位 論 文 題 名

数理モデル・ソルバーの利用者参加型選択法の研究

－ A P S ソフトウェアの選択を例に－

高度情報化社会において情報の高度利用の発展が待たれる分野の1つに意思決定支援がある。意思決定支援の高度化のためには、意思決定者と意思決定支援者との間の意思疎通に適した問題状況の記述方法を確立することが求められる。数理計画問題の問題記述言語 (AMPL, GAMS, etc) や情報システム設計のためのシステム記述言語 (UML, etc) などに関する研究があるが、いずれも数理モデルやシステムエンジニアリングの立場からの記述であって意思決定の問題そのものの記述ではないことから、意思決定者にとっては使い難い。そのため、意思決定者と意思決定支援者との間で意思疎通が不十分になり、意思決定支援の内容や方法が意思決定者の意図・必要を十分に反映しているか否かを判断することが困難になる。そこで、意思決定支援の質を向上させるためには、意思決定者と意思決定支援者の意思疎通を改善することが有効と考えられる。

本論文は、問題状況を意思決定者が慣れた現実世界の用語を用いて記述したものである“問題定義”を活用することで、意思決定者と意思決定支援者との間の意思疎通を改善できることに着目したソルバー選択手順を構築し、意思決定支援を促進し、また、意思決定の質や効率性を向上することを目的としている。ここでソルバーとは、意思決定問題の数理モデルを解くソフトウェアを指す。

本論文は7つの章と付録からなる。第1章は序論であり、上述のような本研究のスタンスと目的を述べている。第2章は先行研究のサーベイであり、ソルバーの選択に関わる先行研究、及び、問題記述方法に関する先行研究を整理している。第3章では、本研究の目的に照らして既存の問題記述方法における記述内容を分析して、それらがシステムやアルゴリズム開発者向けであり、(1)意思決定者自身が直面する現実問題を整理して記述するのに利用するのが容易でない、(2)意思決定者にとって記述された問題内容を理解することが容易でない、という2つの解決すべき課題を明らかにしている。これらの課題を解決する仕組みとして、第4章では、ソルバーが解くことの出来る数理モデルに対応する問題定義を活用することを提案し、問題定義の方法としてGERMを概説するとともに、これを活用したソルバー選択手順を提案している。このような問題の解決には、一般には個々のソルバーの提供する機能やデータ入力範囲等をそのまま利用し、与えられた

問題と個々のソルバーを比較して適合するソルバーを決定するという方式がとられるが、これが容易でないことは第3章で述べられているとおりである。そこで、提案された手順では、まず、複数のソルバーが解くことの出来る問題を詳細にわたり徹底的に分析して、その問題定義を利用者の立場から見て理解できる用語を用いて作成し、ついで、それらを統合し汎用的問題定義を作成し、それを活用して意思決定者は自分の問題定義を行い、それに適合するソルバーを選択するという独創的な方式を提案している。このソルバー選択手順の実行可能性と有効性は、第5章と第6章で生産スケジューリング問題のソルバー、いわゆる、APS ソフトウェアの選択を事例として、検証される。第5章では、APS ソフトウェアの仕様書や解説書で、許容される入力データを規定するという方法で暗黙に特定される意思決定問題を、GERMによる問題定義として明示的に記述する方法を説明し、ついで、誰もが理解できる用語によるこの分野では例を見ない「スケジューリング問題の汎用的問題定義」(付録に収録)を作成している。第6章では、提案するソルバー選択手順を実在する機械加工工場に対する APS ソフトウェアの選択に応用し、その実行可能性と有効性を検証している。第7章は、まとめである。付録は、第5章で作成する4つの APS ソフトウェアに対応する問題定義、第6章で利用する汎用的問題定義、及び、第6章の事例研究において作成した実在する機械加工工場に対する問題定義を収録したものである。

以上のように、提案するソルバー選択手順が、①汎用的問題定義を活用することによって、意思決定者と意思決定支援者との間の意思疎通を円滑にすること、②“意思決定問題を特定する作業”及び特定された意思決定問題に対する“適切なソルバーを選択する作業”に意思決定者が効果的に参加することを可能にすること、③効率的なソルバー選択を可能にすること、を本論文は明らかにしている。

しかしながら、汎用的問題定義を直接参照して解くべき問題の問題定義を作成するという本研究の方法は、対象となる問題の複雑度によって、必ずしも①②が有効に働かない場合がありうる。意思決定者と意思決定支援者をつなぐ中間言語としての汎用的問題定義の柔軟性をより高める工夫が必要である。対象とする意思決定問題の範囲を狭めるなどすれば、この点は一層の発展が見込まれるところであり、今後の研究に期待したい。

本論文は意思決定支援の高度化を促進しうる新しいソルバー選択方法を提案し、実在の工場に適用してその実行可能性と有効性を検証したものであり、博士(経営学)の学位を授与するのに十分な学術的貢献を有すると判断する。