

学位論文題名

知識構造の獲得法とその応用に関する研究

学位論文内容の要旨

知識の構造化は、コンピュータによる高次の問題解決を実現するための知識表現として有効な手段であり、構造化された知識の利用範囲はエキスパートシステムをはじめとする知的問題解決システムの知識ベースとして必須なものとなる。ところで、人間は時々刻々と変化する問題環境に応じて柔軟に知識を構造化していくことが知られている。このような知識の構造化の枠組みを定式化することで、多くの知的問題解決に対するより有益な知識ベースを提供できる可能性を持つ。

本研究は、構造モデリングの視点から知識の構造化法を提案するものである。はじめに、構造化のプロセスを拡張して人間の自由な発想・柔軟な思考をサポートする構造モデリング法及びそのシステム化について理論展開を行っている。さらに、構造化知識の獲得に関する問題領域および構造化された知識を有効に活用するための問題領域について検討を行っている。これらの展開した理論は具体的問題への応用を通して、その正当性が評価される。すなわち、前者は計算機言語の文法習得のための学習項目順序を決定するための文法構造モデリングの方法およびその複雑度に関する評価法の提案、実験および考察、後者に関しては、帰納推論の分野における事例からの概念学習に関する新しい問題解決アルゴリズムの展開、実験および考察を行い展開した理論の評価を行っている。

これらの成果は以下のように要約できる。

1. 構造モデリングおよび発想支援による知識の構造化に関する方法論について検討し、試作システムによりその有効性を検討した。
2. 知識の構造化の応用事例として、計算機言語の文法構造から文法習得のための学習項目順序の抽出法およびその評価法を開発した。
3. 構造化された知識を背景知識として導入した事例からの概念獲得技法を構築した。

論文は、6つの章によって構成されている。

第1章では、従来のシステム構造化技法を知識の構造化へ応用するという立場から、その研究背景と目的について述べている。

第2章では、知識構造化の基盤となる基本的技法について紹介している。まず、数学的準備として集合論及びグラフ理論に関する必要事項について述べている。また、構造モデリングの代表的手法であるISM法について、その概要とアルゴリズムを簡単に紹介している。

第3章では、知識の構造化を支援するシステムに関して議論している。はじめに、発想・思考の形態について検討を行い代表的な4つの発想・思考の特徴について明らかにしている。またこれを基に知識の構造化に必要と思われるシステムが持つべき機能について検討している。以上の議論を基に、知識の構造化と密接に関連のある発想支援のアプローチを導入した、統合型発想支援システム FISM のシステム構成および機能構成について述べている。さらに、試作システムによって、システムによる問題解決の適用例を示している。

第4章では、構造化知識の利用の立場から、事例からの概念獲得問題を取り上げている。事例からの概念獲得問題は帰納推論の一分野であり、与えられた事例に対して構造化された背景知識を用いて一般性の高いルールを導き出す方法論である。4.1節では、これまでこの分野の代表的な手法とされてきた Version Space 法に関する問題点を明らかにしている。その問題点は事例の逐次処理的概念構成法に基盤をなす学習アルゴリズムを推論に用いるために発生する、(1) 選言的概念獲得への拡張が困難である、(2) 推論途中で“もっともらしい”仮説を構成できない、(3) ノイズと呼ばれる誤った訓練例が与えられたら、仮説を構成できない、(4) 正例のみによる概念獲得ができない、(5) 推論途中で表現言語が変更されたら仮説を構成できない、等の内容であった。次節以降で、これらの問題点を解決するために開発した、遺伝的アルゴリズムを推論のベースとした概念獲得のためのアルゴリズムについて説明している。開発した概念獲得アルゴリズムは従来の方法と比較して以下の特長がある。

1. 従来法では獲得概念の記述形式を単一連言概念に限定していたのに対して、開発したアルゴリズムは選言的概念の記述形式を扱うことができる。
2. 正提示からの概念獲得が可能となっている。
3. 事例に含まれるノイズを抽出することが可能となっている。
4. 事例の逐次追加が可能となっている。

また、これらの特長に関して計算機実験を通して、その有効性を論じた。

第5章では、知識構造化の応用例として計算機言語の構造モデリングおよびその複雑度評価に関して述べている。計算機言語の文法は一般にBNF等の表記法で記述されるが、この記述は文法を構成する要素間の構造を内包しており、この構造を明らかにすることは、例えば文法を学習するための課題提示順序を設計するための指標として用いることが考えられる。また、その全体構造の複雑さから、その言語の持つ“学びやすさ(learnability)”を分析する手掛かりを得ることができる。このような観点から計算機の文法構造に対する知識構造モデリングの方法論について提案し、その構造的特徴からその複雑度を計算する方法について提案している。また、提案した方法を、幾つかの計算機言語に対して適用しその結果について検討を加えている。

第6章では、本研究の全体的なまとめと今後の研究課題について論じている。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 大 内 東
副 査 教 授 宮 本 衛 市
副 査 教 授 伊 達 惇
副 査 教 授 嘉 数 侑 昇

学位論文題名

知識構造の獲得法とその応用に関する研究

情報処理の分野において、計算機援用による高次の問題解決を実現するための重要な課題の一つに、効果的かつ効率的な知識の獲得に関する問題がある。知識獲得技術は、エキスパートシステムをはじめとする知的問題解決システムの知識ベース作成等に必須なものであるが、知識獲得ボトルネックとして知られるように、この分野のもっとも困難な課題の一つでもある。

この問題に対して本論文では、新しい知識獲得の方法として知識の構造化法を提案している。この方法では、人間の自由な発想・柔軟な思考をシステム構造モデリングの立場から定式化することによって、構造化知識の獲得に対する計算機援用を可能にしている。また、これらの展開した理論の正当性評価を行うために、この方法論の応用について検討を行っている。応用事例として、計算機言語の文法習得のための学習項目順序を決定するための文法構造モデリングの方法およびその複雑度に関する評価法の提案、実験、考察、および帰納推論の分野における事例からの概念学習に関する新しい問題解決アルゴリズムの展開、実験、考察を行い展開した理論の評価を行っている。

これらの成果は以下のように要約できる。

1. 構造モデリングおよび発想支援による知識の構造化に関する方法論について検討し、試作システムによりその有効性を検討している。
2. 知識の構造化の応用事例として、計算機言語の文法構造から文法習得のための学習項目順序の抽出法およびその評価法を開発している。
3. 構造化された知識を背景知識として導入した事例からの概念獲得技法を構築している。

論文は、6つの章によって構成されている。

第1章では、従来のシステム構造化技法を知識の構造化へ応用するという立場から、その研究背景と目的について述べている。

第2章では、知識構造化の基盤となる基本的技法について紹介している。まず、数学的準備として集合論及びグラフ理論に関する必要事項について述べている。また、構造モデリングの代表的手法であるISM法について、その概要とアルゴリズムを簡単に紹介している。

第3章では、知識の構造化を支援するシステムに関して議論している。はじめに、発想・思考の形態について検討を行い代表的な4つの発想・思考の特徴について明らかにしている。またこれを基に知識の構造化に必要と思われるシステムが持つべき機能について検討している。以上の議論を基に、知識の構造化と密接に関連のある発想支援のアプローチを導入した、統合型発想支援システム FISM のシステム構成お

よび機能構成について述べている。さらに、試作システムによって、システムによる問題解決の適用例を示している。

第4章では、構造化知識の利用の立場から、事例からの概念獲得問題を取り上げている。事例からの概念獲得問題は帰納推論の一分野であり、与えられた事例に対して構造化された背景知識を用いて一般性の高いルールを導き出す方法論である。はじめに、この問題の代表的解法とされている Version Space 法を取り上げ、その問題点を明らかにしている。従来法の問題点は、(1) 選言的概念獲得への拡張が困難である、(2) 推論途中で”もっともらしい”仮説を構成できない、(3) ノイズと呼ばれる誤った訓練例が与えられたら、仮説を構成できない、(4) 正例のみによる概念獲得ができない、(5) 推論途中で表現言語が変更されたら仮説を構成できない、等である。

この論文では、これらの問題点を解決するために、遺伝的アルゴリズムを推論の基盤とした概念獲得のための新しいアルゴリズムを提案しており、以下の特長がある。

1. 従来法では獲得概念の記述形式を単一連言概念に限定していたのに対して、開発したアルゴリズムは選言的概念の記述形式を扱うことができる。
2. 正提示からの概念獲得が可能となっている。
3. 事例に含まれるノイズを抽出することが可能となっている。
4. 事例の逐次追加が可能となっている。

また、これらの特長に関して計算機実験を通して、その有効性を検証している。

第5章では、知識構造化の応用例として計算機言語の構造モデリングおよびその複雑度評価に関して述べている。計算機言語の文法は一般にBNF等の表記法で記述されるが、この記述は文法を構成する要素間の構造を内包しており、この構造を明らかにすることは、例えば文法を学習するための課題提示順序を設計するための指標として用いることが考えられる。また、その全体構造の複雑さから、その言語の持つ”学びやすさ (learnability)”を分析する手掛かりを得ることができる。このような観点から計算機の文法構造に対する知識構造モデリングの方法論について提案し、その構造的特徴からその複雑度を計算する方法について提案している。また、提案した方法を、幾つかの計算機言語に対して適用しその結果について検討を加えている。

第6章では、本研究の全体的なまとめと今後の研究課題について論じている。

これを要するに、著者は、計算機援用による知識獲得とその応用に関する研究において、構造モデリング法を適用する方法論およびその応用事例について新知見を得たものであり、情報工学の進歩に対して寄与すること大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。