

プロジェクト管理支援エキスパートシステム
"N I N A"

平 雅明 杉尾 俊之 椎野 努
沖電気工業(株) 総合システム研究所

プロジェクト管理には、極めて広汎な知識と深い経験が必要である。本論文では、プロジェクト管理者に対し、知的側面から管理を支援するエキスパートシステム"N I N A"について述べる。"N I N A"は、プロジェクト管理者に質問しながら、プロジェクトの現在の状態を判断し、今後の推移と危険度を予測する。また、プロジェクトの状態の正常化のために対策が助言される。状態の判断、今後の推移の予測、対策に関する導出は、プロジェクトモデルと呼ばれる知識表現を基にして行われる。

Project Management Expert System : NINA

Masaaki TAIRA , Toshiyuki SUGIO and Tsutomu SHIINO
Systems Laboratory, OKI Electric Industry Co., Ltd.
4-11-22, Shibaura, Minato-ku, Tokyo, 108, Japan

In project management, deep experience are necessary with extremely wide knowledge. In this paper, it is mentioned about the expert system "NINA" which supports management to a project administrator from an intelligent side. While making inquiries to a project administrator, "NINA" judges a present condition of a project, and predicts future change and risk. Moreover, countermeasures are advised for normalization of a condition of a project. Judgment of a condition, forecast of future change, guidance with regard to a countermeasure are done and performed based on the knowledge expression which is called the project model.

1. まえがき

人間の知的活動の一つに管理がある。管理には、在庫管理、ホテルの予約・宿泊管理といったように、ある規定や制約条件に照らして、現状を整理・把握し、使用者の便宜をはかる形態のものから、人事管理、プロジェクト管理のように、様々な状況から、ある種の予測を伴って、その場に応じた適格な判断を下さなければならない高度に知的なものまである。前者はほとんど定型業務に近いところから、従来より情報処理の分野で多くの支援システムが構築され、実用システムとして有効に活用されているが、後者においては、部分的な支援ツール(例えばパート図等)は利用されているものの、人間の知的判断の支援という面では、ほとんど有効な手段がないのが現状である。本稿では、管理のうち、最も管理者の能力・知識・経験が問われるものの一つであるプロジェクト管理を、知的側面から支援するエキスパートシステム N I N A (Normality Inspecting and Normalization Advising System for Project Management) について述べる。

N I N A は、実際のプロジェクト管理者が行うように、担当者に対する質問によって、プロジェクトの問題点を把握し、情勢判断、よって来たる原因の究明を行うとともに、今後の推移、危険度の予測、対策案の導出を行う。

ここでは、N I N A の機能、推論機構、診断、予測、対策案導出に用いるプロジェクトモデルの概念等について述べる。

2. プロジェクト管理の過程

プロジェクト管理者は、通常、開発担当者の示すデータにより、現状の進捗状況・問題点の把握、今後のプロジェクト進行の予測、対策案の導出を行なう。このとき、担当者の示すデータは、かならずしも管理者が正しい判断を下すために必要十分な内容となっているとは限らない。

管理者がその点に気付かず、示されたデータの範囲内でのみ判断を行なうと、誤った結果を生じ、管理は破綻する。したがって、優秀な管理者は、担当者に対する質問応答の中から、示されたデータの誤り・矛盾・粉飾・あいまいの度合いを見抜き、新たなデータの提示を求めたり、信頼度の推定、危険度の推定などを行なう。こ

の過程においては、高度の経験と知識、勘に加えて、優れた論理的推論能力を要する。このような判断の後、現状を生み出した原因の究明を行ない、その原因を取り除くための対策を講じる。

3. システムの機能

3.1 状態把握と原因究明

"N I N A" は、上述したプロジェクト管理の過程に沿って、図1に示すような機能の流れにより管理を支援する。

まず、プロジェクトの現在の概略の状態を把握するために「概略状態質問」を発する。

概略状態質問は、次のような項目からなっている。

① 静的状態質問

- 管理体制（組織、人）
- 管理機構（会議体、情報伝達機構など）
- 管理文書（文書、図表、伝票など）
- システム（規模、期間、頻度の類）
- 開発環境（場所、マシン、ツールなど）

② 動的状態質問

- 進捗状態（工程、消化率、負荷状況など）
- システム（開発済/残、品質情報、変更状況など）
- 外部インタフェース（部門間、社外など）

これらの概略質問に対する応答から、プロジェクトの状態を表わす"プロジェクト概略カレントモデル"をシステム内に生成する。このモデルは、あらかじめ想定されたマスタモデル（このように管理されていれば十分という値を与えるモデル）と比較され、問題となる点が抽出される。抽出された問題点に対しては、さらに詳しく状態を調査するために「詳細状態質問」が発せられる。この質問の発生に際しては、応答者の応答に応じて、次に行なうべき質問の選択が行なわれ、無駄な質問をしないように制御される。質問の選択および問題点の詳細判断は、先に述べた概略質問の項目別に用意された「部分詳細マスタモデル」と詳細状態質問に対する応答によって生成された「プロジェクト部分詳細カレントモデル」との比較によって行なわれる。以上の質問応答によって得られた状態に関する情報から、このような状態がどういふ原因から起ったかを推論するために、なお不足している情報を「原因究明質問」によって補足する。

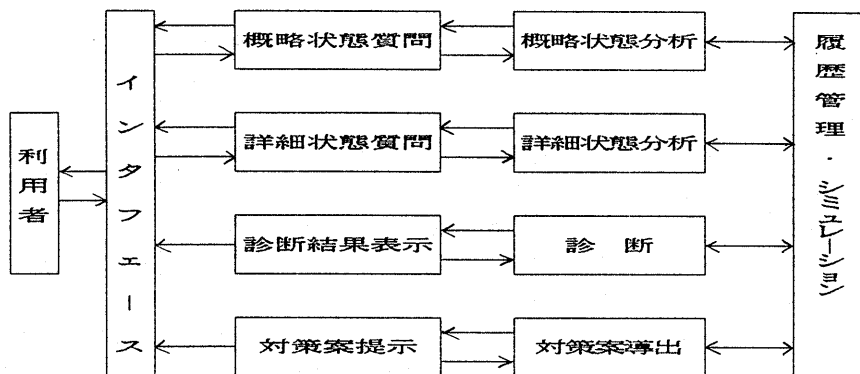


図1：システムNINAの機能の流れ

通常は、詳細状態質問のなかに原因究明に関する質問もある程度含まれているために、原因究明質問の量は必要最少限にとどめられる。

全体として、質問内容は、感覚的なものは避け、事実関係、証拠のある事物に係わるものに限定し、応答に対しては事物間の矛盾点のチェックを行なう。

このような質問応答から、プロジェクトの現在までの経過、現状、よってきた原因が推論される。

3.2 危険度の予測と対策案の導出

次に、現在の延長線上に、今後、プロジェクトが進行した場合の危険度が予測される。

危険度は、「プロジェクトモデル」（プロジェクト概略カレントモデルおよびプロジェクト部分詳細カレントモデルからなる）の各項目の評点に重みづけされたものの総合点として評価される。

対策案は、プロジェクトモデルの各項目の値から、対策案導出知識を用いて導出される。

対策案の項目は、大別すると次の項目からなる。

①強化策

体制の強化	機構の強化
文書の充実	環境の整備

②見直し

仕様の見直し	設計の見直し
部分的作り直し	見積りの見直し
期間の延長	

これらは優先順位をつけて出力され、対策の重要度がわかるようになっている。また、どうしても動かし難い条件（例えば期間等）はあらかじめ制約条件として入力しておくことができる。

3.3 シミュレーション機能

対策案が提示されても、周囲の状況からその通りの対策を打てない場合がある。また、対策案を実施した場合、プロジェクトがどのような経過をたどって改善されるのかを検証することも必要である。そのような要求に応えるため、「NINA」は、次のようなシミュレーション機能を有している。

たとえば、対策案として「経験5年以上のソフトウェア技術者を3人新たに投入すべきである」という指示が出たにもかかわらず、現実には1.5人しか投入できないような場合、まず、1.5人投入したときのプロジェクトの状態がどうなるかの評価を行ない、次善の策の指示を得る。使用者は、このシミュレーション機能を用いて、種々の対策を講じたときの効果を予測し、周囲の状況からできる範囲の最良の方策の選択ができる。

また、経験の浅い管理者、あるいはこれから管理者として育成すべき要員の教育訓練システムとして、次のような利用形態を探ることもできる。

すなわち、問題となるプロジェクトの診断の後、対策案をシステム側から与えず、使用者にまず対策案をたてさせ、その対策を実施した場合のシミュレーションを行

なう。その結果から、対策案が正しかったかどうか、どこに問題があったかなどを疑似体験させる。このような体験から、種々の場合の対策の打ち方、管理の手法を習得させることができる。

4. プロジェクトモデル

4.1 モデル概念

“NINA”のシステム構成を図2に示す。質問の発生、状態の診断、対策案の導出等は、すべてプロジェクトモデルを基にして行なわれる。プロジェクトモデルは、前述した質問項目に対応して次のような管理項目を要素（以下、プロジェクト要素と略す）として構成されている。

① 静的状態要素

- 管理 — 体制、組織、機構、人員構成、管理文書など
- システム — 規模、開発期間、難易度など
- 開発規模 — 場所、マシン、ツールなど

② 動的状態要素

- 進捗 — 工程、工数、負荷など
- システム — 仕様変更、見積変更、品質情報など
- 外部インタフェース — 関連部門、ユーザなど

これらのプロジェクト要素は、さらに細分化され階層的に体系づけられる。それぞれのプロジェクト要素には一つ以上の状態が対応づけられており、それらの状態を総合評価することで、そのプロジェクト全体の状態を明らかにすることが可能となる。

プロジェクトモデルには、考え得る最大のプロジェクト要素からなる「マスタモデル」と、現在評価中のプロジェクトの状態を表わす「カレントモデル」、および、「マスタモデル」のプロジェクト要素に標準的な状態値を与える「標準値」がある。

4.2 マスタモデル

マスタモデルは、プロジェクトの管理に必要な最大限の専門的知識を備えており、プロジェクトの状態の把握、診断を行なうときの判断基準となるモデルである。

マスタモデルには以下に示す知識が表現されている。

- ① プロジェクト要素が表わす状態の知識
- ② プロジェクト要素に対応する状態が成立するための条件（以下、状態規則と略す）知識
- ③ 状態質問を生成するための知識
- ④ 該状態の原因を推測するための知識
- ⑤ 診断文、対策文導出のための知識
- ⑥ 応答値間の矛盾を検出するための知識

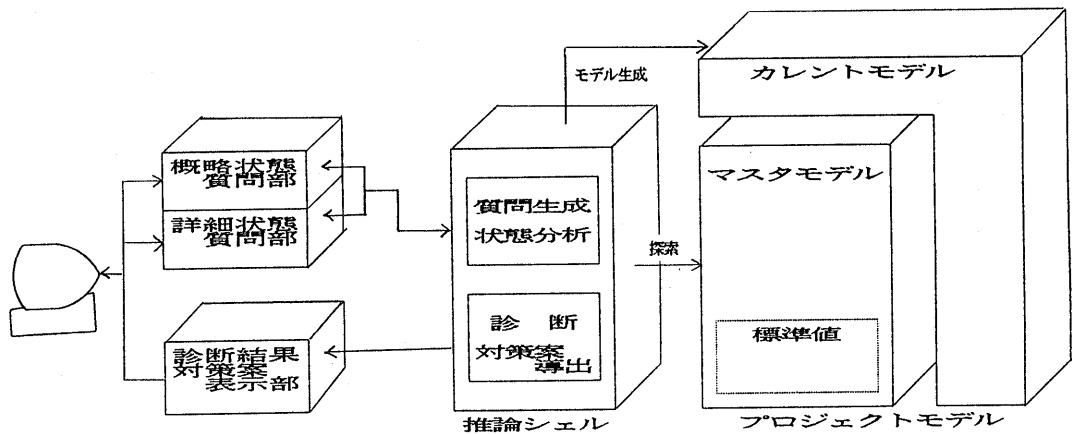


図2：システムNINAの構成

これらの知識を表現するために、マスタモデルにはフレームとして表現されたプロジェクトの要素(以下、プロジェクト要素フレームと略す)が階層的に格納されている。それぞれのフレームは、「標準値」を埋め込むためのスロット(以下、標準値スロットと略す)と利用者からの応答値を埋め込むためのスロット(以下、応答値スロットと略す)を持っており、加えて、標準値スロットの標準値と、質問で得た応答値とを比較するための状態評価規則を持つ。また、階層関係では表わせない、プロジェクト要素フレーム間の依存関係をより正確に表わすための意味ネットワークも導入されている。

4.3 標準値

標準値は、プロジェクトの管理の好ましい状態を表すための数値のセットである。標準値は、数値そのものを事実として表現する場合と、いくつかの標準値を組み合わせた評価関数をルールの形で表現する場合とがある。これらの値は、質問応答時に探索され、マスタモデル中のプロジェクト要素フレームの標準値スロットにセットされる。

4.4 カレントモデル

カレントモデルは、該プロジェクトの現在の状態を表すモデルであり、質問で得た応答値をマスタモデルの標準値と比較することにより生成される。カレントモデルには、質問応答のたびにマスタモデルのプロジェクト要素フレームの一部が切り出されて結合され、空きスロットになっていた応答値スロットに応答値がセットされる。また、フレーム間の意味リンクは、マスタモデルからの切り出しの際に不整合となるので、アクティブなリンクを検査して再結合する。カレントモデルは、質問応答が進むにつれて生長し、プロジェクトの状態を逐次詳細化して表現するようになる。

5 推論過程

5.1 質問生成方式

(1) 概略状態質問の生成

概略状態質問は、マスタモデルのプロジェクト要素フレームの構造の第1階層のみを横方向に探索し、そのフレームに対する状態規則を適用することで生成される。状態規則の中には評価すべき標準値とそれに比較される状態値が指示しており、推論シェルが即座にそれらの値を引用できない場合は、マスタモデル中のパラメータ評

価知識やそれまでの応答が格納されているカレントモデルを参照しその値を計算する。それでもなお値を引用できない場合に状態質問生成知識に従って対応する質問が生成され使用者に対して質問が発せられる。

概略状態質問時には、質問の探索方法の変更はない。すなわち、概略状態質問は、マスタモデルの第1階層のフレームに対応する質問が網羅されるまで続けられる。

(2) 詳細状態質問の生成

詳細状態質問は、それまでの質問によってマスタモデルから抽出されたカレントモデル中のプロジェクト要素フレームの状態のうち、標準状態にてらして問題のある要素を、より詳細に説明するために発せられる質問であり、該フレームの下位フレームの状態を明らかにするための応答を要求する。詳細状態質問を繰り返すことにより、新しいフレームがマスタモデルより抽出されるので、カレントモデルは生長を続け、その結果また次の詳細状態質問が発せられることになる。

質問の詳細度は、プロジェクト要素フレームの構造を縦方向へ探索することにより次第に深くなっていくが、推論シェルが深さの制限を行なうので、ある深さに達すると、カレントモデル中の別のフレームが選択され、異なる観点からの詳細状態質問が行なわれる。このとき、次にどのフレームを選択するかは、フレームに付加されている評点で決定する。この評点は、最初から決められた値でフレームに付加されているのではなく、フレーム中の状態規則の重要度・緊急度に基づく評点を合計したものである。したがって、同じフレームでもその抽出過程が異なれば評点の大きさも異なっており詳細状態質問時に選択される順序も変わってくる。

ところで、詳細状態質問を続けていくと、1つの応答が複数の状態規則に適用される状況や、質問の内容によっては、他の特定の質問が終っていないと意味を成さない状況が起こり得る。これは、質問の順序を決めるプロジェクト要素フレームの間に、階層関係の他に意味を持つ依存関係が存在するために起こる現象である。このため、フレームの階層構造を縦方向に探索するだけでは適切な質問の発生順序を規定することができなくなる。そこで、プロジェクト要素フレーム間の依存関係を規定する関係枝(以下、次候補リンクと略す)を導入する。この次候補リンクは、フレームの階層関係には影響を受けないリンクで、階層構造を規定する従来のリンク(以下、階層間リンクと略す)よりも強い結合度をもつ。推論シェルは、階層間リンクと次候補リンクを使い分け、的確

な詳細状態質問を生成する。

また、詳細状態質問時には、応答の妥当性のチェックが行なわれる。応答値間の矛盾を検出するための知識として、質問で得た応答値と既にカレントモデルに登録されている他の応答値の依存関係が規則の形で表現されており、応答が入力されるたびにこの規則によって応答の評価を行なう。もし、入力された応答が、カレントモデルの内容と矛盾するものであったなら、表現を変えて再質問が行われる。以下に、推論シェルの詳細状態質問の生成戦略を示す。

- ① 詳細状態質問の初期は、マスタモデルのプロジェクト要素フレームの縦方向探索で質問を生成する。
- ② 質問を発生させるために使用されたプロジェクト要素にはマーク付けを行ない同じ質問を2度繰り返さないようにする。
- ③ 探索されたプロジェクト要素フレームから次候補リンクが出ていたときは、探索を階層間リンクの縦方向探索から、次候補リンクへの探索に切り換える。
- ④ 1つのフレームから複数の次候補リンクが出ている場合は、それぞれの次候補リンクの重みを評価し、選択する次候補リンク順序を決定する。

⑤ 次候補リンクの行き先のフレームにおいて、そのフレームから次候補リンクが出ていない場合、もしくは、すべての次候補リンクが選びつくされた場合、もとのフレームへ立ち戻り、縦方向探索に制御を戻す。

⑥ 既に質問済のマーク付けがなされているフレームへの階層間リンク、及び、次候補リンクは切断し、探索の対象とはしない。

詳細状態質問は、カレントモデル中のプロジェクト要素フレームの状態をすべて解明し終えたとき、すなわち、探索すべきフレームをすべて網羅し、関連する可能な質問が終って、カレントモデルの成長が止まったときに終了する。

5.2 カレントモデルの生成方式

(1) 概略カレントモデルの生成

概略状態質問では、マスタモデルのプロジェクト要素フレームの階層構造の第1階層のフレームについての質問が行なわれる。その応答とフレームの標準値スロットの値を比較し、両者に相違がみられる(応答値の数値が標準値よりかけ離れた状態にある)と、推論シェルはマ

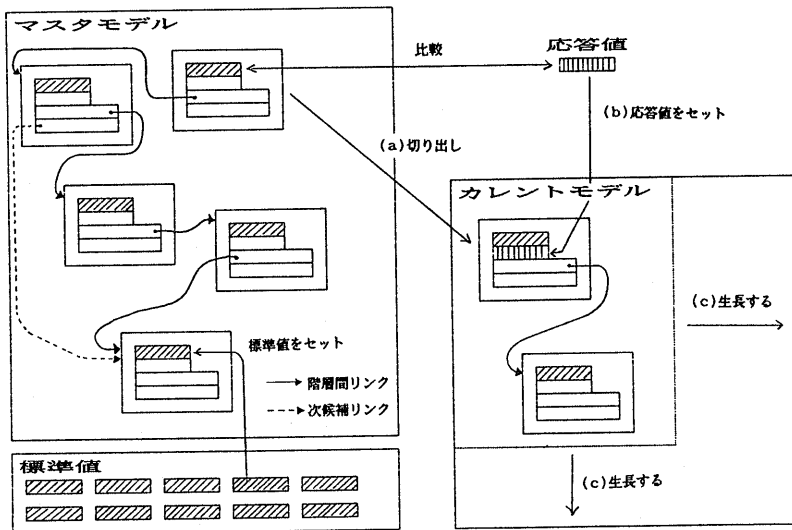


図3：プロジェクトモデルの構成

スタモデルから該当するプロジェクト要素フレームを切り出し、カレントモデルへ登録する(図3の(a))。このとき、マスタモデルでは空きスロットとなっていた応答値スロットにこの質問で得た応答値がセットされる(図3の(b))。登録されたフレームにおいて、下位のフレームに対するリンクは未定であり、これは、詳細カレントモデル生成時にセットされる。

(2) 詳細カレントモデルの生成

詳細カレントモデルの生成において、質問に対する応答と標準値を比較し、その相違をモデルに登録するという方式は、概略カレントモデルの場合と同じである。しかし、詳細状態質問が進むにつれてカレントモデルに追加されるプロジェクト要素フレームは増え続けるため、カレントモデルは生長を続ける(図3の(c))。

既にカレントモデルに登録されているフレームのスロット値が、後の詳細状態質問の応答値と矛盾する場合、推論シェルは、プロジェクトの状態の一部として認識していた事実を誤認であったと判断し、カレントモデルからそのフレームを取り除く。取り除かれたフレームについては、その履歴を保守することにより、ある時点までは問題点として認識していたということを残しておき、後の診断時に、そのフレームの状態の真偽をチェックする。

5. 3 原因究明方式

推論シェルは、既に明らかになった詳細状態から、該状態を生じた原因を見込み違い、初期設定、制約条件、プロジェクト環境の変化などの体系的な観点から仮説として設定する。仮説の設定はマスタモデル中にある「該状態の原因を推測するための知識」を用いて行われ、カレントモデルにあるプロジェクト要素フレームが表わすそれぞれの状態に関連する幾つかの原因が明らかにされる。

さらに推論シェルは、その仮説を検証することによって原因の絞り込みを行い、真の原因が何であるかを特定する。仮説の検証は原因究明質問によって行われる。原因究明質問は、仮説として示された複数の原因のどれが成立するかを検証するための条件規則をもとに、詳細状態質問と同様に使用者に対して現状を確認する方式によって発せられる。

このように原因究明のための仮説の設定・検証をすべての詳細状態に対して繰り返すことにより、それぞれの状態から真の原因へ至る過程が後ろ向きに推論される。

その過程は節形式(以下、原因結果節と略す)に変換されカレントモデルへ登録される。これは、後に診断文として編集され使用者に対して示される。

6. 診断文生成

質問応答および原因究明が終った時点で、カレントモデルには、プロジェクトの状態を表わすプロジェクト要素フレームのネットワークが格納されている。推論シェルは、そのカレントモデルを分析し、プロジェクト要素フレームの結合状況に対応した診断文を生成していく。階層間リンクを用いることによって体系的な判断を示す診断が、次候補リンクを用いることによって様々な観点から判断した診断が、原因結果節を用いることによってある状態の原因を探る診断がそれぞれ可能となる。

診断文は、ある状況を述べた後、その状況を別の診断文で詳しく述べるという形式で出力され、それぞれの診断文中には、状態を定量的に表現するための数値パラメータが埋め込まれる。推論シェルは、プロジェクト要素フレームの標準値スロット、応答値スロットから値を取り出し、診断文へ埋め込むべき値の評価を行なう。

7. 対策案導出

推論シェルは、カレントモデル中のプロジェクト要素フレームの示す状態に照合する対策案を導出する。対策案は、対策項目に関するマクロな表現と、具体的な施策群という形式で生成される。そのとき、下位に示される施策案群の間には、その実施形態を規定する3つの関係(and, or, exclusive or)が成立し、推論シェルはそれぞれの関係を考慮して対策案を編集する。

さらに、推論シェルは対策案中に埋め込まれる数値パラメータを評価・計算する。このパラメータは、予め設定されているプロジェクトの制約条件を評価して、そのプロジェクトに妥当な値として算出される。

8. あとがき

人工知能技術を利用し、プロジェクトの状態診断、対策案の導出等を行なう、プロジェクト管理支援エキスパートシステム“NINA”について述べた。

“NINA”は現在社内においてソフトウェアプロジェクト管理者の支援として、あるいは管理者教育用のシステムとして試用中である。

本システムは、知識を入れかえることにより、他の分野のプロジェクト管理にも適用可能であり、今後は適用範囲を拡大して行く予定である。

【参考文献】

- (1) D. Shiram, M. D. Rychener : Expert System for Engineering Applications, IEEE Software, Vol. 3, No2, pp. 3-5, 1986
- (2) 平, 羽端, 杉尾, 椎野 : プロジェクト診断エキスパートシステムの構成, 情処第33回全大3G-2, 1986
- (3) J. Martin, 成田光彰 (訳) : 管理職のための情報戦略, 日経マグローヒル, 1986
- (4) 黒川利明著 : Prologのソフトウェア作法, 岩波書店, 1985