

## 知識処理を適用したシナリオジェネレータの開発

安信 千津子<sup>†</sup> 橋本 和 広<sup>††</sup>  
西松 正 仁<sup>†††</sup> 山 田 弘<sup>†</sup>

現状から将来へ展開する状況を、変化を引き起こすいくつかの変数・要因を相互的に考慮しながら散文的に描写したシナリオは、社会・経済予測に有効とされている。本論文では、予測に影響を及ぼす断片的な因果関係をつないでシナリオを生成することにより意思決定を支援するシステム、シナリオジェネレータを提案する。本システムは、因果関係を記憶する知識ベース、事実・信念とシナリオを記憶するワーキングメモリ、シナリオを生成する推論エンジン、シナリオを文章化する機能、グラフィックユーザインタフェースとから構成される。特徴は、以下の点にある。(1)断片的な因果関係をネットワーク型の知識表現により記憶する。(2)仮説推論の考え方に基づくヒューリスティックな推論方法により、整合性のとれたシナリオで、異なる結論を導くものを自動生成する。(3)要因や因果関係をアドホックに追加・変更でき、生成したシナリオを図と文章により表示するユーザインタフェースを持つ。具体的に、無担保コール翌日物の金利予測シナリオのための知識ベースを開発し、金融ディーリング業務において試用した。その結果、入力された事実から予測シナリオを生成できること、生成したシナリオは知識ベースに含む要因の範囲で専門家が考えるシナリオとほぼ等しいこと、代替案のシナリオが別の見方を気付かせてくれることを確認し、提案するシナリオジェネレータが有効であることを確認した。

### A Scenario Generator Based on Knowledge Processing

CHIZUKO YASUNOBU,<sup>†</sup> KAZUHIRO HASHIMOTO,<sup>††</sup> MASAHIRO NISHIMATSU<sup>†††</sup>  
and HIROSHI YAMADA<sup>†</sup>

A scenario is a description of situational changes from present to future, referring to correlations of variables or factors, and it is necessary for social or economical predictions. In this paper, we propose a system named a scenario generator, which supports decision making by generating scenarios from fragmentary causality. The proposed system consists of a knowledge base storing fragmentary causality, a working memory storing facts and belief, an inference engine to generate scenarios which is a link of causality, and graphical user interface. The proposed system has following characteristics: (1) Network type knowledge representation of causality, (2) Generation of consistent scenarios with different results by a heuristic reasoning method based on a concept of hypothetical reasoning, (3) Graphical user interface which allows users to define factors or causality additionally, and which displays generated scenarios by means of graphs and sentences. Through the development and its application to predicting scenario of money rates for financial traders, it is demonstrated that the proposed scenario generator is effective because of generating plausible and alarming scenarios.

#### 1. はじめに

現状から将来へ展開する状況を、変化を引き起こすいくつかの変数・要因を相互的に考慮しながら散文的に描写したシナリオは、社会・経済予測に有効とされている<sup>1)</sup>。変数・要因間の断片的な因果関係をつない

で、ある条件下でその後起こりうる状況を予測するシナリオを作成し、予測や計画の意思決定者に提示するシステムを開発できれば、有効な意思決定支援ツールとなりうる。

従来、シナリオ作成にともなう意思決定支援そのものを目的としたツールは見当たらない。しかし、類似の利用目的では、因果関係知識の表現方法や推論方法が研究されている。

まず、因果関係が論理的に明確に表現できる場合は、「if 原因 then 結果」というルールとしてして表現される因果関係に基づいて、前向き推論や後向き推論により原因や結果を得ることができる<sup>2),3)</sup>。説明機能として結果を導くルールの連鎖を提示する。しか

<sup>†</sup> (株)日立製作所システム開発研究所  
Systems Development Laboratory, Hitachi, Ltd.

<sup>††</sup> 日立西部ソフトウェア(株)総合企画部  
Planning Section, Hitachi Seibu Software Co., Ltd.

<sup>†††</sup> 日立中部ソフトウェア(株)設計部  
Designing Section, Hitachi Chubu Software Co., Ltd.

し、シナリオの比較検討を必要とするような分野では、矛盾のない知識ベースを構築することは期待できない。

また、因果関係を要因間の関係の有無で表現できる場合は、「要因1は要因2を促進または抑制する。」と表現し、複数の因果関係でつながる要因間の波及効果を定量的に捉える方法が研究されている<sup>4)</sup>。目標とする要因を促進または抑制するのに、制御すると有効な要因の決定を支援するために、波及状況を要因の階層グラフ上に表示することができる。しかし、本論文で対象とする予測シナリオの作成では、因果関係の知識表現として、促進または抑制のみでは不十分である。推論方法としても、目標とする要因が与えられて有効に制御できる要因を選択する問題ではなく、条件に対応する要因と予測に対応する要因がユーザから与えられて、因果関係を選択する問題を扱う。

また、要因や因果関係が不明な場合、要因の抽出や要因間の因果関係の構造化を支援する方法が研究されている。関連樹木法<sup>1)</sup>やKJ法などを計算機化したり<sup>5)</sup>、要因間の関連情報から、要因を構造化して階層的グラフを作成したりする例がある<sup>6)</sup>。予測シナリオの作成には、予測の結果を仮定し、仮定した結論に影響を及ぼす要因を列挙した後、要因間の関連を整理することで利用できる。しかし、異なる結論のシナリオを比較したり、要因を変えると予測がどう変化するかを把握したりするなど、意思決定支援のための機能が不足する。

本論文では、予測に影響を及ぼす断片的な因果関係をつないでシナリオを生成することにより意思決定を支援するシステムである、シナリオジェネレータについて述べる。本システムの特徴は、以下の点にある。

- (1) 断片的な因果関係をネットワーク型の知識表現により記憶する。
- (2) 仮説推論の考え方に基づくヒューリスティックな推論方法により、整合性のとれたシナリオで、異なる結論を導くものを自動生成する。
- (3) 要因の因果関係をアドホックに追加・変更でき、生成したシナリオを図と文章により表示するユーザインタフェースを持つ。

本論文では、まず2章で、シナリオジェネレータの目的と実現の課題について述べる。3章で、開発したシナリオジェネレータの構成と機能について述べる。4章で、金融ディーリング業務を支援するための金利予測シナリオ作成への適用について述べる。

## 2. シナリオジェネレータの目的と課題

### 2.1 シナリオ生成問題

よく利用されているシナリオの例として、日本の経常収支の黒字の変化を予測した例を図1に示す。本論文で扱うシナリオの特徴は、次の点にあると考える。

- (1) シナリオは、要因間の因果関係の連鎖である。

映画などのシナリオが、時間順序による記述

「次に、A。次に、B。……」

であるのに対して<sup>7)</sup>、本論文で扱うシナリオは、因果関係による記述

「AだからB。BとCだからD。……」

となる。図1の文章で書かれているシナリオを因果関係にそって整理すると、図2のようなツリー構造となる。

- (2) 結論の異なる複数のシナリオを作成し比較する。

図1の例では3つのシナリオが作成されており、おのの日本の経常収支の黒字に対して、シナリオ1は「減少する」、シナリオ2は「増加する」、シナリオ3は「一進一退を繰り返す」と、異なる結論を導いている。さらに、起こる可能性に関して、シナリオ2は二重丸、シナリオ1は一重丸、シナリオ3は三角というように、順序付けされている。

- (3) シナリオには、要因や因果関係を意図的に取捨選択して取り入れる。

「AだからB」とあっても、Bを説明する要因はA以外にもCなどがある場合が多い。説得力のあるシナリオを生成するために、Bへの影響が大きいことでAが選択されたと思われる。Bと異なる結論B'を導くシナリオを生成するためには、別の要因Dを用いて「DだからB'」とする必要があり、説得力が劣っても、異なる結論を導く因果関係と要因を選択することが必要となる。因果関係や要因を意図的に取捨選択することにより、シナリオの生成者と利用者が納得できるシナリオや、リスク回避のために留意しておくべきシナリオを生成する。

- (4) 要因には、事実と信念がある。

因果関係の連鎖は、他の要因に基づいて説明しなくてもそのまま受け入れられる要因から始まる。多くの場合、それらは事実である。しかし図1の「海外現地生産」が、シナリオ1では「順調に増加する」、シナリオ2では「増加がやや鈍る」となっているように、異なるシナリオで矛盾している要因もある。要因に

日本の経常黒字どこへ 89年度、GNP比2%割れ

シナリオ1：経常黒字は年に100億ドルのペースで減少する……○

シナリオ2：経常黒字は増加し、91年度は600億ドルを上回る……◎

シナリオ3：経常黒字は500億ドル台で一進一退を繰り返す……△

〈シナリオ1＝年に100億ドルのペースで減少を続け、数年後には国際的問題にならなくなる〉経常収支黒字は四半期ごとに見ると、90年1-3月期でやや増加に転じた。しかし、内需はトリプル安にもかかわらずしほむ気配がなく今後、輸出圧力が急増するとは思えない。

日米構造協議の結果、公共投資が中・長期的に伸びるとの期待は強く、建設関係の設備投資が一層盛んになって建設資材など需給がひっ迫、この面からも輸出余力をそぐ。輸出は海外現地生産の順調な増加が肩代わりすることになる。

一方、輸入は政府の輸入奨励策も手伝って伸びるだろう。石油価格も石油輸出機構(OPEC)の結末が戻るにつれ、中長期的にはジリジリ上がる。この結果、経常収支黒字は年に100億ドル近いペースで減少し、数年後には国際的に問題にならない水準まで落ち込む。

また、米国ではかなりの規模の増税が実施されて景気が後退し、輸入が減るので、経常収支の赤字は速いテンポで縮小する。この結果、二国間の不均衡も是正されるだろう。

〈シナリオ2＝経常収支黒字は増加し、91年度には600億ドルを上回る〉今後は減少に転じるというシナリオ1に対し一時的にしほ、かなり増える可能性もある。

為替相場は今年初めから円安基調が続き、日本製品は価格面で輸出競争力がついている。ここに来てジリジリ円高に動いてはいるものの、「Jカーブ効果」で当面は貿易収支黒字が拡大してくるだろう。

輸出環境もまずまずの状態が推移する。海外生産の増加ペースは91年ごろからはやや鈍ると見られているし、ソ連・東欧の経済再建で、欧州の需要が高まる。東南アジア諸国連合(ASEAN)地域の経済成長も順調で、同地域への輸出も増える見通した。

現在の円高基調が定着すれば、輸入数量が増えるが、そう急激に増えることはなさそう。公共投資の伸び率も当面は、インフレや地価再高騰への懸念もあって、公共投資の伸び率も当面はそう高いものになるまい。この面からの黒字縮小効果も限られるだろう。

一方、貿易外収支は、利子や配当など投資収益収支の受取額が増え始め、赤字額は縮小に転じそうだ。

こうした条件が組み合わされると、89年度に534億ドルまで減った経常収支黒字は90、91年度と増え、91年度で600億ドルを上回ることになる。

〈シナリオ3＝略〉

91、92年度を念頭に置いた場合、可能性は2が50%と最も高く、ついで1が30%、3が20%といった具合になる公算が大きい。以下略。

図1 シナリオの例(日本経済新聞1990年7月23日より)

Fig. 1 Sample scenarios.

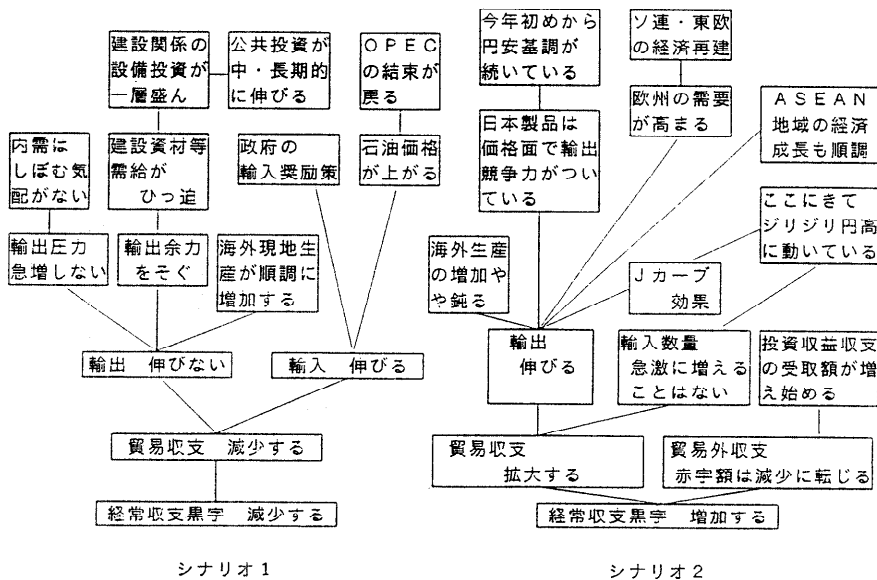


図2 シナリオの図示 Fig. 2 Graphical representation of scenarios.

は、客観的な事実だけでなく、どちらとも言える信念も利用されている。

本論文では、以上の特徴を持つシナリオを生成する問題を扱う。

## 2.2 シナリオジェネレータの目的と概要

本論文で提案するシナリオジェネレータは、2.1節で述べた因果関係の連鎖からなるシナリオを生成する問題を扱い、説得力のあるシナリオの生成、異なる結論を導くシナリオの生成、生成したシナリオの比較などの、予測や予測に基づく計画立案に役立つ情報を提供することにより、意思決定を支援することを目的とする。

シナリオを利用した意思決定支援システムの構成と情報の流れを、図3に示す。システムは、知識ベースと推論エンジンとから構成される。知識ベースは断片的な因果関係を記憶する。推論エンジンは、事実・信念と知識ベースとから、整合性のとれたシナリオ（因果関係の連鎖）を生成する。意思決定者は、知識ベースに思いついた因果関係を登録し、事実・信念を入力し、推論エンジンを起動し、シナリオを見る。

シナリオジェネレータは、さまざまな分野に適用可能性がある。例えば金利や為替の予測シナリオは、ALM（資産負債総合管理）のために必要である。また、製品の需要の予測シナリオは、生産・販売計画立案に用いる。さらに、敵の行動や社会変化のシナリオは、味方の攻撃戦略や政策の立案に用いられる。与えられた予測の結論をそのまま信じるのではなく、予測の根拠を理解したり、自分の判断を加えたり、複数のシナリオを想定したりすることにより、シナリオジェネレータはより良い計画立案と管理に役立つ。

## 2.3 シナリオジェネレータ構築上の課題

2.2節で述べた構成で、ユーザの意思決定を支援す

るシナリオジェネレータを構築するための課題は、大きくシナリオ生成方法とユーザインタフェースとに分けられる。

(1) 断片的な因果関係からなる知識の結び付けによるシナリオ生成方法

シナリオ生成方法には、知識ベースに記憶する断片的な因果関係からなる知識の表現方法と、因果関係知識からシナリオを生成する推論方法との2つの課題がある。知識表現としては、一般的に因果関係の表現には、ルール形式またはネットワーク形式<sup>9)~10)</sup>が利用されている。シナリオ生成では、シナリオを作りながら新しい要因や因果関係を追加したり、因果関係の影響度を変更したりできるように、理解・変更の容易な知識表現である必要がある。

推論は、基本的には整合性のとれた因果関係を選択することにより、シナリオを生成することとなる。生成されるシナリオは、ユーザが入力した事実・信念と予測対象をつないでいる必要がある。選択の基準としては、説得力があること、説得力は低くても結論が異なることがある。

(2) 人間と推論のフィードバック

シナリオ生成の過程では、因果関係の定義、事実・信念の入力、推論によるシナリオ生成、のフェーズをはっきりと区分できない場合がある。シナリオに取り入れることのできる要因の数が大きく、最初にすべて列挙できない場合などである。生成されたシナリオを見て納得いかなければ、その場で原因を考え、信念を変更したり、要因を追加したり、競合する因果関係の影響度を調整したりする。

システム側は、現在の知識ベース、事実・信念のもとで説得力の高いシナリオや、留意すべきシナリオを自動生成して、シナリオを視覚的に表示して、ユーザを刺激する。ユーザは、システムの出力を見て、知識ベース、事実・信念を変更する。この繰り返しにより、システムとユーザが協力して、良いシナリオを追求できるようにする必要がある。

## 3. シナリオジェネレータ

### 3.1 シナリオジェネレータのシステム構成

提案するシナリオジェネレータは、2.2節の課題を解決できるよう、図4の構成とする。まず、異なる分野に使える汎用的なシナリオジェネレータとするため、構成要素を汎用的な部分と分野に応じて取り替える部分とに分ける。

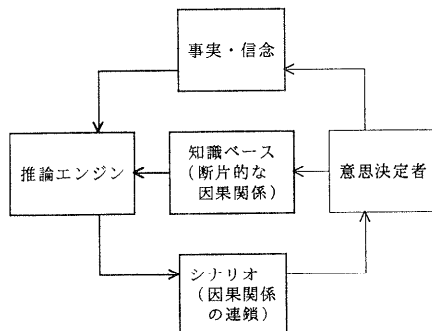


図3 シナリオを利用した意思決定支援システム  
Fig. 3 Decision support system based on scenarios.

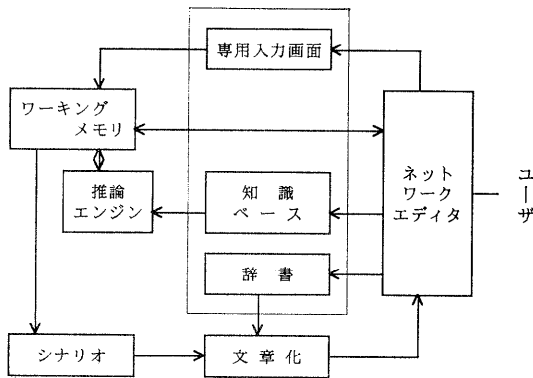


図4 シナリオジェネレータの構成

Fig. 4 Architecture of scenario generator.

対象分野に応じて取り替える部分は、知識ベース、辞書、専用入力画面とからなる。知識ベースは断片的な因果関係を記憶する。辞書と専用入力画面は、必要に応じて用意すればよいものとする。辞書は、生成したシナリオを文章化するときを利用する。専用入力画面は、シナリオを異なる条件下で繰り返し生成する業務で、入力する事実の種類がある程度決まっていデータ入力を容易化したい場合に、定義する。

シナリオの因果関係の構造を理解するためには図2のようなツリー図が役立つので、ツリー図を拡張したネットワーク図を媒介としたユーザインタフェースとする。柔軟なユーザインタフェースを実現するために、ネットワークエディタを利用する。利用するネットワークエディタは、対話的にノードとリンクによるネットワーク構造を定義したり、ノード・リンク属性に応じてネットワークの表示方法を変化させたりすることができる。対話的に指定するだけでなく、アプリケーションプログラムから指定することも可能である。また、アプリケーションプログラムを起動するコマンドを登録することもできる。

ワーキングメモリは、事実・信念、推論の途中経過、推論結果であるシナリオを記憶する。推論は、知識ベースとワーキングメモリを入力とし、ワーキングメモリに出力する。ワーキングメモリ上に生成されたシナリオは、シナリオ部に記憶され、文章化の機能が辞書を参考にして、文章のシナリオを生成・表示する。

以下に、各構成要素の具体的な記憶方法と処理方法を示す。

### 3.2 知識表現と推論方法

#### 3.2.1 ネットワーク型知識表現

因果関係知識を記憶する知識表現方法について説明

する。

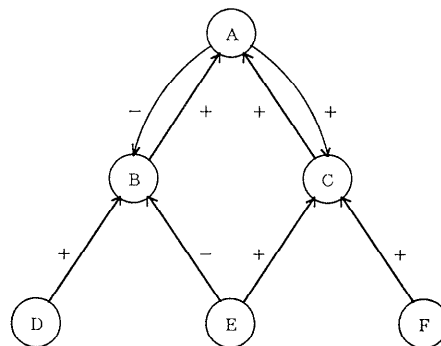
#### (1) ネットワーク構造

シナリオは通常、図1のように文章で記述されるが、シナリオの分析・比較には、図2のように事実・信念をリーフとして予測対象をルートとするツリー図のほうが役立つ。そこで、生成したシナリオをツリー図で表示しツリー構造で記憶するようにする。シナリオを作成するための知識ベースには、シナリオ作成の途中で検討したが最終的には不採用となった要因や因果関係も含む。また、ある要因から別のある要因までの因果関係に複数の連鎖があり、どの連鎖を選択するかがシナリオ生成時の課題の1つであるので、図5のように、知識ベース全体をツリー構造を拡張したネットワーク構造で記憶する。

#### (2) 要因

シナリオのツリー構造では、ノードが要因を示し、リンクが両端の要因間に因果関係があることを示す。ネットワーク構造の知識表現も同様とする。ノードの数が增大するのを防ぎ、知識の整理とシナリオの比較を容易にするために、要因を主語と述語に分解し、主語が共通の要因を1つのノードにまとめ、述語の違いをノード値を用いて表現する。例えば、「輸出が伸びる」「輸出圧力が急増しない」という要因があると、「輸出」「輸出圧力」をノード、「伸びる」「急増しない」をノード値とする。事実、信念を入力することは、ノード値を決定することになる。

さらに、結論の異なるシナリオを生成し、シナリオ相違を明確にするために、ノード値は連続値ではなく離散値として扱う。例えば「経常収支の黒字」は本来



A-F: ノード、値は全て上昇と下降  
 +: 正の相関 (上昇の時、上昇)  
 -: 負の相関 (上昇の時、下降)

図5 知識表現の例

Fig. 5 Sample knowledge.

連続値であるが、「減少する」「増加する」「一進一退を繰り返す」の3つの離散値に変換して利用する。

### (3) 因果関係

因果関係は要因を結びつけ、原因から結果へと方向性を持つ関係であるため、有向リンクを用いて表現する。例えば、「輸出圧力」から「輸出」へ向くリンクがあることは、「輸出圧力」が「輸出」に影響を及ぼすことを示す。さらに、「輸出」が「輸出圧力」に影響を及ぼすと考える場合（例えば、「輸出が増加すれば、輸出圧力が減少する」）は、有向リンクが2本あると考える。

さらにリンクには影響度と、因果関係の内容を定義する。影響度は、0と1の間の数値である。リンクの影響度は、ノード間の因果関係の強さを定義する。影響度が0の場合は、リンクがないと考える。

因果関係の内容は、両ノードの値の組みで表現する。例えば、ノードAからノードBへのリンクがあり、 $a$ をAのノード値、 $b$ をBのノード値とすると、因果関係の内容の定義として、「Aが $a$ だからBが $b$ 」が考えられる。影響度をノード値に応じて調節したい場合のために、因果関係別の影響度も定義可能とする。

リンクの影響度と因果関係の影響度はともに、0と1の間の数値で、省略時は、1.0である。影響度は、シナリオの説得力を定義するのに利用する。後述の推論方法では、2つの影響度の積を用いるので、因果関係の影響度があればリンクの影響度は不要であるが、ユーザが直感的に定義しやすいよう2種類設ける。

#### 3.2.2 仮説推論を応用した推論方法

3.2.1項で述べた知識ネットワークから生成するシナリオの特徴と、シナリオを生成する推論方法について述べる。

##### (1) シナリオ

シナリオは、知識ネットワークの部分集合であるツリー構造と、ツリー構造に含まれるノードの値により定義される。シナリオとなるツリー構造は、事実・信念がノード値として設定されているノードをリーフとし、予測対象に対応するノードをルートとする。リンクは、リーフからルートへ向かい、中間のノードの値も設定されている。シナリオの説得力は、ツリーを構成するリンクとノード値から、影響度を用いて評価する。

##### (2) 入力項目

事実・信念の入力は、システムの質問に受動的に答えるのではなく、利用者が知っている事実や思いこん

でいる信念を与えるようにする。知識ネットワークの中から任意のノードを選択（事実ノード）、ノード値を設定する。あるノード値が事実・信念のどちらであるかは区別しない。値を変更して推論を行うノードが信念であると考えられる。同じ分野の知識ネットワークを用いても、予測対象が変わる可能性もあるので、予測対象のノード（目標ノード）も設定する。予測結果を想定してその結論を導くシナリオを生成したい場合は、目標ノードの値も設定する。

設定されたノードのノード値の任意の組み合わせに対して、シナリオが生成可能とは限らない。いずれの事実ノードからも、目標ノードへリンクが到達不可能な場合や、到達可能なリンクがあっても設定されたノード値の因果関係が定義されていない場合などである。このようにシナリオ生成が不可能な場合は、途中結果を表示し、利用者が信念を変更したり、知識ベースを変更したりした後、繰り返し推論を行うことにより、シナリオが生成されるよう支援する。

### (3) 推論方法

不完全な知識ベースの中から無矛盾な知識の部分集合を見いだす仮説推論<sup>11)</sup>の考え方を応用し、与えられたノード値のもとで、説得力の高いリンクと中間のノード値の組み合わせを選択する推論方法とする。説得力は、選択されたリンクとノード値から定める。具体的には、選択された各リンクについて、リンクの影響度と、両端のノード値から定まる因果関係の影響度の積を求め、それらを合計する。この定式化では、推論は説得力を最大化する組み合わせの探索問題となる。

本論文では、準最適解を生成するヒューリスティックな推論方法を採用する。ノードを、確定ノード、目標ノード、未確定ノードの3種類に分ける。確定ノードはノード値が定まったノード、目標ノードは予測対象ノード、その他が未確定ノードである。処理の基本は、図6のように、

- (a) 未確定ノードと目標ノードの中から、確定ノードから因果関係で導かれるノード（処理対象ノード）を見つけだし、処理対象ノードの中から1つのノード（次ノード）を選択し、
  - (b) 次ノードの値を仮定し、次ノードを確定ノードに移す
- ことである。
- (c) 処理の基本(a)(b)を、目標ノードが確定ノードに入るまで繰り返す。
- さらに、

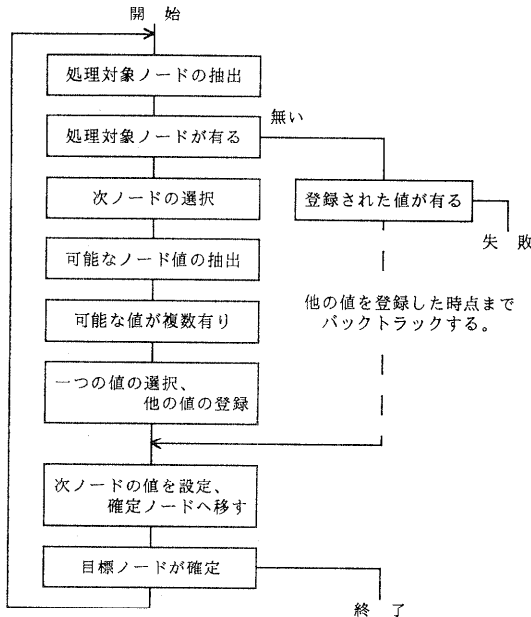


図 6 推論処理の基本的な流れ  
Fig. 6 Basic flow of reasoning.

- (d) (b)で次ノードの値が複数仮定できる場合は、代替案として登録しておく、
- (e) (b)で処理対象ノードがなくなった場合や、目標ノード値が設定された値とあわない場合に、バックトラックして利用する。
- (a)の処理対象ノードから次ノードを選択する方法は、ノードの目標ノードまでの距離（到達するまでに通るリンクの数の最小値）とリンクの影響度により定める。多くの要因をシナリオに取り入れるため距離が長いノードを優先し、同じ距離の場合は影響度が大きいリンク・因果関係でつながれるノードを優先する。
- (b)の次ノードの値を決定する方法は、リンク・因果関係の影響度の高いノード値を優先する。複数のリンクで同じノード値を導く場合、すべてのリンク・因果関係の影響度を合計し、シナリオの構成要素として記憶しておく。

以上の処理を、図5の知識ベースの例で説明する。D、E、Fのノードにそれぞれ、上昇、上昇、上昇がノード値として設定され、目標ノードとしてAが選択されているとする。処理対象ノードは、未確定ノードB、Cと目標ノードAであり、その中から、例えばBを次ノードとして選択する。Bのノード値としては、Dからは上昇、Eからは下降が導かれるが、例えば影響度により上昇と仮定される。次に、次ノードとして

Cが選択され上昇が決定される。最後に、Aが上昇と決定されて、最初のシナリオが完成する。

### 3.3 ユーザインタフェース

知識ベースの概要を示すネットワーク図を中心とし、ネットワークエディタを利用する。

#### (1) ネットワークエディタによる知識編集

知識編集は、ノードとリンクの追加、削除、属性変更により行う。ノードは、ノード名とマークが、利用者の指定した位置に表示される。ノード属性として、ノード値のとりうる値も定義する。リンクは、直線または円弧状で表示され、線種と線幅は、属性のひとつである影響度により変える。リンク属性として、因果関係の内容と影響度を定義する。

#### (2) データ設定とシナリオ表示

データ設定は、ノード属性の1つであるノード値の設定により行う。目標ノードも、ノード属性として定義する。目標ノードにノード値を設定すれば、結論を与えてシナリオを生成することとなる。

シナリオ生成の起動は、メニューにより行う。一度シナリオが生成された後であれば、別のシナリオの生成を指示できる。

シナリオの表示は、シナリオを構成するリンクを表示する線の色を変えることにより行う。線の色は、推論中に随時変わる。

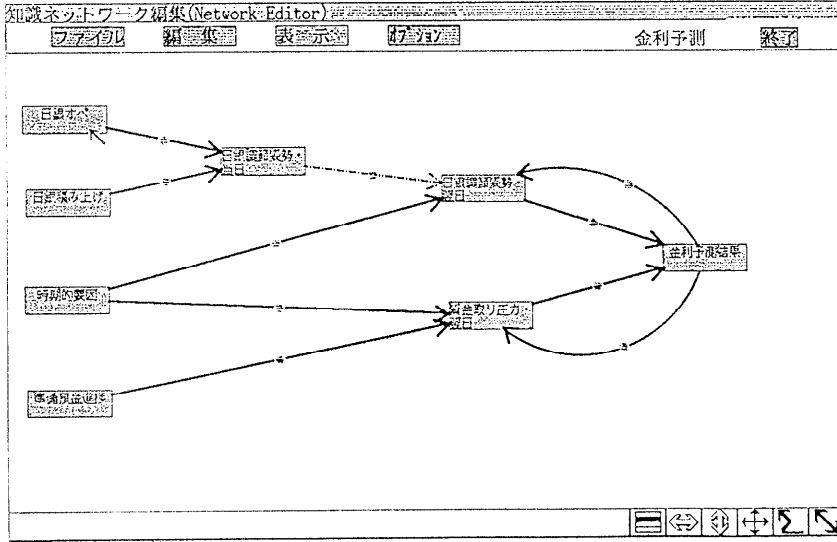
#### (3) 文章化

シナリオをレポートする場合のために、ネットワーク状のシナリオを辞書を用いて文章化する。辞書は、各ノードに対応する主語、各ノード値に対応する述語からなる。シナリオに含まれるノードから、リーフのノードを除き、目標から遠い順にソートする。先頭のノードから1つずつ順に、そのノードの値を導くリンクでつながっているノードとノード値を抽出し、次の文型に埋め込む。

「Aがaこと……、Bがbことから、Cがc」  
Cが対象とするノード、cがその値、AとBがCを導くノードで、aとbがそれぞれノード値である。

## 4. 金利予測支援システムへの適用

3章で述べたシナリオジェネレータを開発し、金利予測支援へ適用した。シナリオジェネレータ本体は、プロトタイプングアプローチと、知識編集と推論処理の繰返しを容易に実現するために、Unixのワークステーションで、Prolog言語を用いて開発した。ソースリストの規模は、ネットワークエディタを含めて約



(a) Knowledge Base

シナリオ用語辞書編集(イベント)

値	シナリオ
ノード名 日銀オペ	→ 今日日銀
範囲 1 実施&回収	→ 手形オペを実施する一方貸し出し回収を行った
2 手形オペ実施	→ 手形オペを実施した
3 貸し出し実施	→ 貸し出しを実施した
4 貸し出し回収	→ 貸し出し回収を行った
5 手形オペ決済	→ 手形オペ決済を行った
6 何もない	→ 動かなかった

終了

(b) Dictionary

図 7 金利予測シナリオへの適用

Fig. 7 Application to prediction scenario of money rate.

19k ステップである。知識ベースはネットワークエディタを用いて開発する。

シナリオジェネレータを、金融ディーリング業務におけるファンダメンタルズ分析に適用した。ファンダメンタルズ分析は、チャートのテクニカル分析とともに、市場価格の予測手法である<sup>12)</sup>。テクニカル分析が過去の市場価格データを利用するのに対して、ファンダメンタルズ分析は市場価格に影響を与える外部要因を分析する。例えば、重要な経済指標の1つである米国の失業率が発表され、上昇していたとする。

「米国失業率の上昇 → 米国景気の悪化 → 米国金利の低下 → 米財政利払い負担軽減 → 米財政

赤字改善 → ドル高」

というシナリオを考え、外国為替市場のドルが高くなると予想する。一方、途中から

「→ 米国金利の低下 → 内外金利差縮小 → ドル安」

というように、ドルが安くなると予想することもできる。さまざまな市場参加者の考えを考慮して、取引戦略を立案する。

具体的に短期金融市場の無担保コース翌口物の金利予測を取り上げ、図7のような知識ベース、辞書、データ入力画面を開発した。知識ベースの概要を、シナリオジェネレータの画面を用いて、図7(a)に示



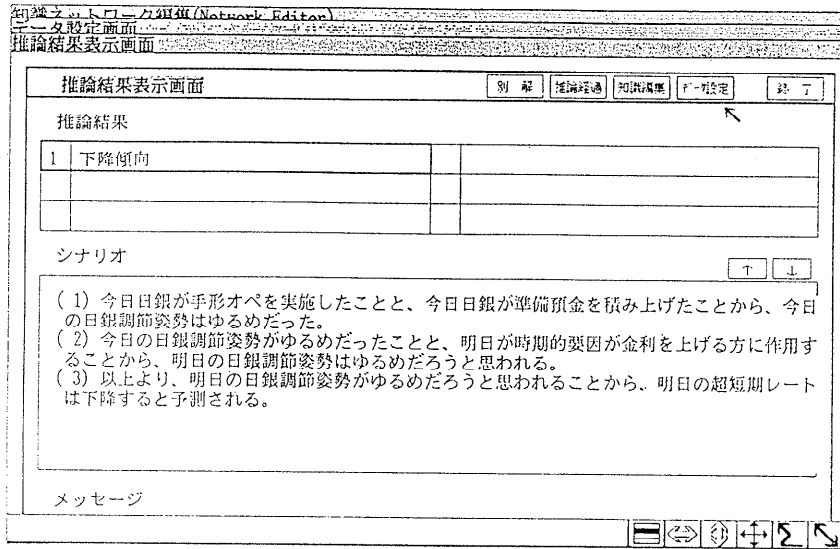


図 8 文章化されたシナリオの出力例  
Fig. 8 Sample output of scenario sentences.

す。規模は、ノードが8個、ノード値が32個、リンクが10個、因果関係ルールが40個である。「金利予測結果」が、通常的目標ノードで、上昇傾向、横ばい、下降傾向の3つの値をとる。「日銀調節姿勢・翌日」と「資金取り圧力・翌日」から、直接的に影響を受ける。「日銀調節姿勢・翌日」がきつめで、「資金取り圧力・翌日」が高いほど、「金利予測結果」は上昇傾向となる。準備預金の残高、日銀の金融調節オペレーションの額などの数値データと専門家の感覚を分析して、離散化してノード値とする方法を決め、因果関係ルールの内容と影響度を定義した。

辞書は、全ノードに用意した。「日銀オペ」のノードの辞書の例を、図7(b)に示す。主語が「今日日銀」で、6つのノード値に対応して述語が6つある。この金利予測システムは毎日利用するので、入力を容易化するために、4ノードに対応するデータ項目の入力画面を作成した。

開発した金利予測支援システムを、無担保コール翌日物を含む金利を予測し他部署に情報提供している専門家が試用した。1カ月間毎日、データ項目入力画面から4つのデータを入力し、「金利予測結果」について得られるすべてのシナリオを確認した。実行例として、文章化されたシナリオの例を図8に示す。試用の結果、得られるシナリオは、1日を除いてほぼうなずける内容であった。知識ベースについては、特別変更の必要性は生じなかった。

試用の結果、予測精度としては約80%であり、専門家が考えるシナリオを模擬している、たまに意外なシナリオに気づかせてくれる、市況情報サービスに適用できそうであるということが判明した。さらに、シナリオの文章の中に、

「Aが0.5と高いこと」

のように数値を盛り込んで欲しいという要望もできた。提案したシナリオジェネレータが、金利予測の意思決定支援に対して基本的に有効であることを確認した。今後、知識ベースを定義するための分析機能のサポートが必要であると考えた。

## 5. おわりに

知識処理を応用したシナリオジェネレータを、ネットワーク型の知識構造、仮説推論の枠組みの推論方法、ネットワークエディタによるユーザインタフェースを用いて開発した。具体的な適用例として、金融ディーリングを支援する金利予測システムを開発して試用し、金利予測の意思決定支援に役立つことを確認した。

本論文で述べた実現方式には知識表現方法や推論方法などで残されている課題も多いが、シナリオジェネレータというアプリケーションには展開の可能性があると考えた。

謝辞 研究の機会を与えていただき便宜をはかっていただいた(株)富士銀行の田中英雄氏、債券先物

ディールングについて教えていただいた同行の重美一秀氏と島崎誠氏，短期金融市場について教えていただいた同行の古沢健司氏，ならびに本研究にご指導いただいた(株)日立製作所の森文彦博士と小坂満隆博士に心から感謝いたします。

### 参 考 文 献

- 1) 三浦，浜岡：現代システム工学概論(改訂2版)，オーム社(1991)。
- 2) 新田：エキスパートシステムにおける知識表現と推論，情報処理，Vol. 28, No. 2, pp. 158-166(1987)。
- 3) Wick, M. R. and Slagle, J. R.: An Explanation Facility for Today's Expert Systems, *IEEE Expert*, Vol. 4, No. 1, pp. 26-36 (1989)。
- 4) 榎木，ほか：因果関係知識に基づく意思決定支援と波及効果の定量化および決定者の主観的判断基準の導入，計測自動制御学会論文集，Vol. 22, No. 6, pp. 629-636 (1986)。
- 5) 春名，ほか：目的樹木作成技法—PPDS—の開発，計測と制御，Vol. 22, No. 2, pp. 185-200(1983)。
- 6) 上田，ほか：知識獲得支援のためのグループウェア GRAPE における仮説構造化，計測自動制御学会，第11回知識，知能システムシンポジウム，pp. 19-23 (1990)。
- 7) 原田，小川：シナリオプロセッサ，一概念レベルのシナリオ作成支援環境，信学技報，DE 91-21, pp. 67-72 (1991)。
- 8) 石田：ネットワーク形式の知識表現で知識獲得/保守を容易にしたリアルタイム AI ツール，日経 AI 別冊 1990 夏号，pp. 88-99 (1990)。
- 9) Miller, R. S. et al.: Towards a Tool to Support Semi-Quantitative Modelling, *Proc. of International Conference on Advanced Research on Computers in Education*, pp. 161-166 (1990)。
- 10) Hori, K. et al.: Toward Computer Aided Creation, *Proc. of Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence '90*, pp. 607-612 (1990)。
- 11) 國藤：仮説推論，人工知能学会誌，Vol. 2, No. 1, pp. 22-29 (1986)。
- 12) 富士銀行資金証券営業部債券営業室編：金利・相場がわかる本，東洋館出版社(1991)。

(平成4年6月5日受付)

(平成5年9月8日採録)



安信千津子(正会員)

昭和29年生。昭和52年東京大学工学部計数工学科卒業。同年(株)日立製作所システム開発研究所に入所。エキスパートシステムの研究開発に従事。人工知能学会，日本オペレーションズ・リサーチ学会各会員。



橋本 和広(正会員)

1986年京都工芸繊維大学機械系学部生産機械工学科卒業。1988年同大学院修士課程修了。同年，日立西部ソフトウェア(株)入社。(株)日立製作所システム開発研究所でエキスパートシステムの研究開発に従事した後，現在日立西部ソフトウェア(株)システム開発センタに所属。ユーザインタフェース構築ツールの製品開発に従事。システム制御情報学会会員。



西松 正仁

昭和38年生。昭和63年名古屋大学理学部数学科卒業。同年日立中部ソフトウェア(株)入社。(株)日立製作所システム開発研究所にてエキスパートシステムの研究開発に従事した後，現在日立中部ソフトウェア(株)開発本部に所属。CASE ツールの開発に従事。



山田 弘(正会員)

昭和38年生。昭和60年東京理科大学理工学部情報科学科卒業。昭和62年同大学大学院修士課程修了。同年(株)日立製作所システム開発研究所に入所。同所にて，知識工学，エキスパートシステム構築ツール，ユーザインタフェースの研究開発に従事。現在，(株)日立総合計画研究所に出向中。人工知能学会会員。