

知識ベースに基づく広域避難診断システム†

仲 谷 善 雄††

本研究は広域避難における避難拒否者の拒否理由を知識ベースに基づいて推論するシステムを提案するものである。広域避難は地震などによる被害を最小限にとどめる有効な手段であるが、避難命令に従わない住民は多い。そこでこのような一刻を争う場面で避難担当者をサポートする計算機システムを提案した。避難拒否理由の診断は、避難拒否理由に関する災害心理学の知見に基づく診断ルールと、災害状況に関する診断データに基づいて行う。診断ルールは理解・変更の容易であることが必要なので、個人の意思決定過程にしたがって分類した。また、診断データに基づいた診断を可能にするため、抽象度により階層化した。診断データを診断時の入手可能性と客観性により4種類に分類し、それぞれ入手方法を区別した。本システムは計算機上では、診断ルールと診断データを記憶している知識ベース、知識ベースに基づいて診断を行う診断ユニット、診断結果をユーザの指示により提示する説明ユニット、ユーザとの間でインタラクティブに情報を交換するユーザ・インタフェースから成る。診断ルールはプロダクションルール、診断データはプロパティ・リストで表現され、内容の理解や変更を容易にしている。なお、本システムでは、診断に基づく対応策の提案は、この分野の知識が十分に蓄積されていないことから、扱わない。

1. ま え が き

本研究は、広域避難における避難拒否者の拒否理由を知識ベースに基づいて推論するシステム MOSES を提案するものである。

広域避難は、災害により広域に被害が及ぶ可能性があるときに、地方公共団体などの公共機関が被災予想地域の住民を安全と思われる地域に避難させるものである。災害因を完全に除去することの困難な現在において、広域避難は被害を最小限に抑える唯一の有効な手段である。例えば昭和56年から58年までの3年間に全国の市町村が発令した避難命令数は589回、対象人数は114万人に及んでいる¹⁾。特に火山の噴火、津波、洪水などに対する発令が多く、最近では東海地震に関連して注目されている^{2),3)}。

しかし、広域避難において、避難を拒否する住民が多数存在することが報告されている(表1)。避難拒否者は、自然災害でも人為災害でも、日本でも欧米でも、かなり多いと言われている。避難拒否者がいると貴重な人員や時間をその説得のためにさかねばならず、円滑な避難を妨げる要因になる。

避難拒否者を避難させるためには避難拒否理由を明らかにする必要がある。しかし、現状では避難拒否理由は事後調査で初めて判明する。拒否理由に関する研究は従来より行われており、その成果はようやく蓄積

されてきた¹⁾⁻¹⁰⁾。それによると、避難拒否は対象地域の被災経験、情報の内容、家族の状況、家などへの執着、などの要因が複雑に関連して発生すると考えられる。このような要因を緊急時に詳細に検討することは避難担当者にかかなりの負担を強いる。したがって、避難拒否発生時にさまざまな要因を知識ベースに基づいて即時に検討する診断システムは非常に有用であると思われる。しかし、これまで避難拒否理由を計算機システムにより推定するという考えがなかったため、この種のシステムは現在のところない。

本稿では以上のことを考慮して次の2点を提案する。

①避難拒否理由を推定するための診断知識の使用枠組の提案、

②上記診断知識に基づいて避難拒否理由の診断を行う診断システムの提案。

なお、診断結果に基づく対応策の提案については、参考となる知識の蓄積が不十分なので、本稿では扱わない。また、対象地域の避難拒否者に共通すると考えられる要因のみを扱い、個人に特殊な理由は扱わない。さらに、避難拒否理由にはさまざまな災害に共通するものが多いと考えられるため、できるかぎり通災害的な診断システムの構築を志す。

本システムの意義は以下の2点である。

①緊急時に避難担当者の負担を軽減できる。

②知識表現方法を簡単にしたこと各地域の実情に合ったシステムを避難担当者自身が構築できる。

また、MOSES は診断以外にも、避難命令を出す際

† Diagnosis of Large Scale Evacuation by a Knowledge Based System by YOSHIO NAKATANI (Central Research Laboratory, Mitsubishi Electric Corp.).

†† 三菱電機(株)中央研究所システム研究部

表 1 避難命令に従った人の割合
Table 1 Rates of evacuees.

国名	年	災害名	被災地域	災害	避難者率
日本	1977	有珠山噴火	虻田町	噴火	約 85 %
	1980	倉庫火災	愛知県大府市	化学火災	32.0
	1982	浦河沖地震	浦河町	津波	3.8
	1982	長崎市水害	長崎市	洪水	7.2
	1983	日本海中部地震	秋田県	津波	5.8
	1984	長野県西部地震	王滝村	地滑り	18.8
USA	1979	スリーマイル島原発事故	USA	放射能	50~60

のチェックリストとして、あるいは平時における避難担当者の訓練システムとして利用することもできる。

以下の各章では、2章で避難拒否理由診断システムに関する主要な問題点について述べ、3章でそれらに対する MOSES の対応を示す。4章で MOSES の構成について述べ、最後に実際の避難拒否例を対象とした診断を通して MOSES の有効性を示す。

2. 避難拒否理由診断システムの問題点

本章では、避難拒否理由診断システムが解決すべき主要な問題点を明らかにする。

2.1 使用できる知識に関する制約

現在避難拒否に関する研究は、おもに災害心理学などの分野で行われている¹¹⁻¹³⁾。したがって、避難拒否理由の診断にはこれらの分野で得られた知識を使用することになる。しかし、これらの知識は、災害研究の歴史が浅いこともあって、定性的で、断片的に表現されたものがほとんどであり、しかも抽象度が一定でない。数理モデルを構築する試みもあるが¹⁰⁾、現時点では不十分な点が多い。避難拒否理由診断システムでは、このように制限された知識を有効的に使用するための枠組が必要である。

2.2 データの入手方法に関する制約

診断が現実にもつものであるためには、現実の災害場面に関するデータ（診断データ）に基づいて診断する必要がある。例えば、診断対象地域の地理的条件、災害の種類、災害の進展状況、などが診断データとして考えられる。このような診断データは、診断結果の信頼性を向上させるために、できるだけ具体的かつ客観的なものであることが望ましい。しかし、緊急事態下での診断データの入手はきわめて困難である。現場からの連絡がとどえて現状が把握できないこともしばしば生じる。一方、地理的条件や人口など、平時から蓄積しておける診断データもある。このような診断データの特徴を考慮し、診断データの信頼性を向

上させるための配慮が必要である。

2.3 診断結果の提示方法に関する制約

広域避難では、避難拒否理由が複数存在することが多い（例えば、外出中の家族の安否も気になるし、家にも執着がある）。したがって、避難拒否理由診断システムは、考えられるすべての避難拒否理由を抽出する必要がある。一方、緊急事態下の診断であるため、診断や診断結果の提示を効率的に行う必要がある。

3. 避難拒否理由診断システムの枠組

本章では、2章で述べた問題点を解決するために MOSES で採用した対策について説明する。

3.1 診断ルールによる診断

MOSES は利用できる知識量を考慮し、定性的知識に基づいて診断を行う。MOSES では定性的知識を、特定の理由とそれにより生起する状況から成るルール形式で表現し、診断ルールと呼ぶ。例えば「緊急事態の報知にサイレンだけが使用されると住民には何の情報かわからない」という知識は、「サイレンしか使用しない」という理由により「住民には何の情報かわからない」という状況が生起することを表す。

3.2 診断ルールの構造

診断ルールは数が多く、相互に関連づけられていないため、全体を把握しにくい。そこで、診断ルールを特定の枠組の下で分類することを考える。また、診断ルールの抽象度は一定でなく、抽象度の高い診断ルールについては直接診断データにより検討することができない。そこで、診断ルールを抽象度に応じて階層化することを考える。

診断ルールの分類は、避難命令と避難拒否との関係を把握しやすくするため、個人の意思決定過程にしたがって行った。これは、地域単位の避難行動を考える場合でも、その基礎となるのは個人の意思決定過程であると考えたことによる。また、診断ルールの多くは個人の認知・行動特性に関するものであり、このよう

な分類は容易であり、自然である。

MOSES では、避難命令の受け取りから避難行動に至る個人の意思決定過程を①情報の確認、②情報の信頼度評価、③脅威の認知、④被害の予想、⑤避難の効果予想、⑥避難実行の可能性の評価、⑦避難に要するコストの評価、から成ると考える⁹⁾。避難命令を受け取り、他の情報によって確認した結果、脅威が迫り大きな被害を予想した場合、避難が最善策かどうかを吟味し、最善策であればその実行可能性とコストを評価する。これらの過程の一箇所でも避難に対して懐疑的な評価が下されると、避難行動は生起しないと考えられる。その場合の避難拒否理由は、それぞれ

- ①避難命令が正確に伝達されていない
- ②避難命令が信用されていない
- ③脅威が感じられていない
- ④予想される被害規模が過小評価されている
- ⑤避難が効果的と考えられていない
- ⑥避難の実行には障害がある
- ⑦避難に要する労力が大きい

である。これらの下に、これらに関する診断ルールを分類した。

分類後、診断ルールがすべての避難拒否理由を網羅していない場合が考えられた。そこで、意思決定過程に影響するさまざまな要因を抽出し、診断ルールがそれらの影響のすべてに言及しているかどうかを調べることにし、欠落している診断ルールを探し出すことにした。本システムで考慮した要因は地域特性、脅威特性、社会過程特性、の3種類である(表2)⁹⁾。

地域特性は、被災時における地域社会の防災力のことである。地域特性としては、①物理的・精神的準備、②社会関係、③社会的風土、を考慮した。脅威特性は災害因の特性とその受けとめ方に関する特性である。脅威特性としては、①災害因変数、②状況変数、を考慮した。社会過程特性は、地域特性を背景とし、脅威特性に規定されて現れる、地域社会の災害因への対応過程である。社会過程特性としては、①コミュニケーション、②調整、③遂行されるタスク、を考慮した。

各意思決定過程に影響する要因を以下に示す。

- ①情報の確認
 - 地域特性 (物理的・精神的準備)
 - 脅威特性 (状況変数)
 - 社会過程特性 (コミュニケーション)
- ②情報の信頼度評価

表 2 避難行動に影響する要因
Table 2 Factors which affect evacuation.

要因名	項目
地域特性	物理的・精神的準備 <ul style="list-style-type: none"> ●防災設備・機器 ●災害関係情報量 ●防災計画 社会関係 <ul style="list-style-type: none"> ●防災関連諸機関の連携体制 風土 <ul style="list-style-type: none"> ●災害文化の形成 ●政治的状況 ●経済的状況 ●地理的特性
脅威特性	災害因 <ul style="list-style-type: none"> ●災害の規模 ●事前の予測可能性 ●災害の出現頻度 ●進行速度 ●警戒期間 状況変数 <ul style="list-style-type: none"> ●発生時期 (季節, 気候, 時間帯) ●交通機関の状態
社会過程	コミュニケーション <ul style="list-style-type: none"> ●情報の伝達手段 ●情報内容 調整 <ul style="list-style-type: none"> ●防災関連諸機関の連携状況 タスク <ul style="list-style-type: none"> ●避難過程で遂行される一連の対策

- 地域特性 (物理的・精神的準備, 社会関係)
 - 社会過程特性 (調整, コミュニケーション)
 - ③脅威の認知
 - 地域特性 (物理的・精神的準備, 風土)
 - 脅威特性 (災害因・状況変数)
 - 社会過程特性 (コミュニケーション)
 - ④被害の予想
 - 地域特性 (物理的・精神的準備, 風土)
 - 脅威特性 (災害因)
 - ⑤避難の効果予想
 - 地域特性 (風土)
 - ⑥避難実行の可能性の評価
 - 地域特性 (風土)
 - 脅威特性 (災害因・状況変数)
 - 社会過程特性 (タスク)
 - ⑦避難に要するコストの評価
 - 地域特性 (風土)
- チェックの結果、①における状況変数や⑥における

表 3 避難拒否理由モデル

Table 3 Reasons why evacuation-commands are refused.

<ul style="list-style-type: none"> ▽避難命令が正確に伝達されていない <ul style="list-style-type: none"> ●何の情報か不明 <ul style="list-style-type: none"> ●サイレンだけが使用された (O) ●情報に接した人が少なかった <ul style="list-style-type: none"> ▽伝達メディアに問題があった <ul style="list-style-type: none"> ●すべての家庭に情報が伝わるようなメディアでなかった ▽使用された伝達メディアの普及率が低い (E) ▽巡回による避難の指示を行っていない (O) ●伝達メディアが正常に機能しなかった <ul style="list-style-type: none"> ▽街頭メディアが正常に機能しなかった <ul style="list-style-type: none"> ▽故障している (R) ▽音量が小さい (R) ▽音質が悪い (R) ▽機能を妨害する要因があった (R) ▽街頭メディア数が少なすぎる (E) ▽マスメディアが正常に機能しなかった <ul style="list-style-type: none"> ●停電になっている (R) ▽巡回が正常に機能しなかった <ul style="list-style-type: none"> ●巡回が戸別訪問でなかった (O) ▽避難命令の伝達時期が不適当 <ul style="list-style-type: none"> ●忙しい時間帯であった (E) ●就寝中であった (E) ▽避難命令が信用されていない <ul style="list-style-type: none"> ▽緊急事態を告げる放送だと思われていない ▽避難命令の内容に不備がある <ul style="list-style-type: none"> ▽災害因の規模が不明 (S) ▽予想される被害規模が不明 (S) ▽災害の到来予想時刻が不明 (O) ▽避難命令の内容に誤りがある (R) ▽緊急事態と認識させるような伝達方法でなかった ▽サイレンを使用していない (O) ▽街頭メディアを使用していない (O) ▽臨時ニュースで放送していない (O) ▽避難命令に権威がない <ul style="list-style-type: none"> ▽避難の責任の所在があいまい ▽避難命令者名が不明 (O) ▽誰の指示に従えばよいか不明 (O) ▽情報源に権威がない <ul style="list-style-type: none"> ▽気象庁の発言がない (O) ▽大学教授の発言がない (O) ▽避難命令の内容を検討できない <ul style="list-style-type: none"> ▽伝達メディアに問題があった <ul style="list-style-type: none"> ●伝達メディアの種類が少なく情報のチェックが困難 (E) ●伝達メディアごとに内容が異なる (R) ▽専門用語が使用されている (S) ▽避難命令が誤報であったことがある (O) ▽脅威が感じられていない <ul style="list-style-type: none"> ▽危険がさし迫っていると感じられていない <ul style="list-style-type: none"> ▽避難まで余裕があると思われる <ul style="list-style-type: none"> ●災害情報から時間に関する判断ができない <ul style="list-style-type: none"> ▽災害の到来予想時刻が不明 (O) ▽災害因の現在位置が不明 (O) ●災害情報から時間的余裕があると判断された (E) ▽災害の徴候がない (O) ▽地理的に安全であると思われる <ul style="list-style-type: none"> ▽災害因からの距離が遠い (E) ▽災害因より高い位置にある (O) ▽風上に位置する (O) ▽被災確率が不明 	<ul style="list-style-type: none"> ●避難命令が被災確率について述べていない (O) ●避難命令中の被災確率の表現があいまいである (S) ▽防災対策が十分であり、安全だと思われる <ul style="list-style-type: none"> ▽最近当該災害に対して施した対策がよく知られている ▽関係機関が住民への広報活動を行った (O) ▽防災施設を容易に見ることができる (O) ▽当該災害に対する対策が十分だと思われる (S) ▽予想される被害規模が過小評価されている ▽災害の助長要因に関する警報の程度が弱い (O) ▽災害が正しく認識されていない <ul style="list-style-type: none"> ●災害に関する知識がない <ul style="list-style-type: none"> ●初めて経験する災害である (O) ●過去の被災経験が忘れられている (E) ●最近同じ災害を経験している (E) & 被害が小さかった (E) ▽避難が効果的と考えられていない <ul style="list-style-type: none"> ●避難に関する知識がない <ul style="list-style-type: none"> ●避難の経験がない (O) ●避難の経験を忘れた (E) ●避難に対して懐疑的である <ul style="list-style-type: none"> ▽避難せずに留まって助かった経験が地域にある (O) ▽避難で失敗した経験が地域にある (O) ▽避難で失敗した地域が近くにある (O) ▽避難の実行には障害がある <ul style="list-style-type: none"> ▽外出中の家族が心配 <ul style="list-style-type: none"> ▽外出中の家族がまだ帰宅していない <ul style="list-style-type: none"> ●外出時間帯 (E) & 交通機関が麻痺している (R) ▽外出中の家族と連絡がとれない <ul style="list-style-type: none"> ●電話が使用できない ●電話が故障している (R) ●電話が過負荷の状態である (R) ▽移動手段がない <ul style="list-style-type: none"> ●道路が使用できない (R) ▽避難目標を設定できない <ul style="list-style-type: none"> ▽避難目標に関する十分な情報がない <ul style="list-style-type: none"> ●避難目標の指定がない (O) ●避難目標が何度か変更された (O) ●複数の避難目標がある (O) ▽避難目標までのルートに関する十分な知識がない <ul style="list-style-type: none"> ●避難目標の位置をよく知らない <ul style="list-style-type: none"> ●新興住宅地 (E) ●避難目標までの道順をよく知らない <ul style="list-style-type: none"> ●新興住宅地 (E) ▽避難するだけの時間的余裕がない (E) ▽執着する対象がある <ul style="list-style-type: none"> ●家具に執着がある <ul style="list-style-type: none"> ●新興住宅地 (E) & 小さな家が多い (E) ●家に執着がある <ul style="list-style-type: none"> ●新興住宅地 (E) & 家主が多い (E) ●新興住宅地 (E) & 小さな家が多い (E) ●商品に執着がある <ul style="list-style-type: none"> ●商店街 (E) & 店主が多い (E) ●土地に対する愛着がある <ul style="list-style-type: none"> ●古くからの土地 (E) & 老人人口が多い (E) ●農業地域 (E) & 地主が多い (E) ●農繁期である <ul style="list-style-type: none"> ●農業地域 (E) & 作物の収穫期 (E) ●観光客の多い季節である <ul style="list-style-type: none"> ●観光地 (E) & 観光シーズン (E) ▽避難に要する労力が大きい <ul style="list-style-type: none"> ●避難目標が遠すぎる (E)
---	---

* Oは客観的データ, Rは探索データ, Sは主観的データ, Eは変換データにより診断されることを示す。

地域特性などに不十分点があった。そのため、過去の避難拒否事例や常識などから妥当と思われる知識を抽出し、診断ルールに使用した。

チェック後、診断ルールを抽象度に従って階層化した。その際、診断ルールの階層がそのまま避難拒否理由の階層である点を明確にするために、下位階層が上位階層を生起させる理由となるように表現した(表3)。診断はこのような診断ルールの構造にしたがって行われる。最下位の診断ルールが診断データにより直接検討される。

以上の手続きにより、診断ルールを理解しやすい構造にすることができた。意思決定過程のどの段階で避難拒否が決定されたのかという概略的な診断ができるだけでも対策が立てやすい上に、将来診断ルールの修正・変更が必要になった場合の対応も容易である。

なお、災害心理学の知見が十分に蓄積されていないため、診断ルールは今後の研究の進展により改善されてゆくものである。

3.3 診断ルール間の関係

同じ状況を生起させる同一レベルの理由間の関係は、相互に排他的な関係と非排他的な関係に分類できる。表3の各理由の前の▽印はその理由と他の同レベルの理由とが非排他的な関係にあることを示し、●印は排他的な関係にあることを示す。例えば「避難の経験がない」と「避難で失敗した経験がある」は、地域を診断単位とする場合には同時に成立しない(排他的)。したがってこの場合は、それらのうちひとつでも避難拒否理由候補(以下候補と略する)として採用されれば他の理由の検討は行わなくてよい。一方、「家に執着がある」と「家具に執着がある」は同時に成立しうる(非排他的)。この場合は非排他的関係にあるすべての理由を検討しなければならない。

排他的関係と非排他的関係を区別することにより、無駄な理由の検討を避けることができる。

3.4 入手方法に基づくデータの分類

データの信頼性は客観性と関係する。入手できるすべてのデータが客観的なものであれば問題はないが、実際には客観的でないデータを用いざるをえない。これは、診断時までに入手可能なデータが限られていることによる。

MOSESでは診断データを、診断時の入手可能性と客観性という観点から分類し、診断ルールによる入手方法を区別した。診断データを①客観的データ、②探索データ、③主観的データ、④変換データ、に分類し

表4 客観性と診断時の収集可能性による診断データの分類

Table 4 Classification of data by objectivity and availability.

収集可能性	データの客観性	
	客観的	主観的
可能	客観的データ	変換データ
不可能 or 困難	探索データ	主観的データ

た(表4)。

客観的データは、疑いようがないか、あるいは経験的に真と言えるデータで、診断以前あるいは診断時に入手可能なデータである。対象地域における被災経験や避難目標までの距離などがこれに相当する。診断以前に入手できるものについてはデータベースに記録しておき、それ以外は診断時に計算機端末より入力する。

探索データは、本来客観的データであるが、緊急時であるために確認が困難なデータである。例えば、伝達メディアごとに情報の内容が異なっていたかどうかの確認は、即時にはできないのが普通である。探索データはすべて診断時に計算機端末から入力するものとし、ユーザが推測するか、判断を保留しておく。

主観的データは、「新しい」や「多くの」などの主観的な判断を伴うデータで、客観的データからは推測できず、診断時には収集が困難なデータである。例えば、避難命令の内容に対する住民の評価は、事後のアンケート調査などからしかわからない。したがって、ユーザが推測するか、判断を保留しておく。

変換データは、主観的な判断を伴うが客観的データから推測できるデータである。例えば、避難指定地域までの距離が住民に遠いと感じられているかどうかは、事後のアンケート調査でしか確認できない。しかし、これまでの研究や事例からある程度高い信頼度で客観的データから推測することができる。客観的データから変換データを推測する基準例を表5に示す。基準はひとつのデータに対してひとつとは限らないが、表5では代表的な基準をひとつだけ示した。変換データは診断中に随時客観的データより変換される。

なお、表3の最下位の理由についている O, R, S, E という記号は、各診断ルールがそれぞれ客観的データ、探索データ、主観的データ、変換データにより検討されることを示している。

3.5 診断方法

MOSESは診断ルールを網羅的に検討する。

表 5 変換データを判断するための基準例
Table 5 Correspondence of subjective data with objective data.

変換データ	基準
メディアの普及率が低い	普及率が全世帯の 25% 以下
街頭メディア数が少なすぎる	可住地面積 1km ² 当たり二つ以上 ¹⁾
避難までの距離の余裕	火災の場合、避難未経験者では、火災現場から 100m 以上の距離 ²⁾
被災経験を忘れた	10 年以上過去の経験*
外出時間帯	平日の場合、朝から夕方まで ³⁾
新興住宅地	建設後 5 年未満の住宅地*
家主が多い	家主が 75% を越える
避難目標が遠すぎる	2km 以上、あるいは歩行 30 分以上 ³⁾

注) 基準の後の数字は基準を支持する参考文献番号, * は事例からの判断, その他は暫定的な基準

推論方式には、前向き推論と後向き推論があるが、診断時に診断データがそろっていないことが多いため、後向き推論を採用した¹¹⁾。例えば診断ルール P の下に診断ルール Q1, Q2 があり、それぞれの下に最下位診断ルール R1, R2 がある場合 ((3.1)式),

$$P \left\{ \begin{array}{l} Q1 - R1 \\ Q2 - R2 \end{array} \right. \quad (3.1)$$

P を検討するために Q1 や Q2 を検討し、それらを検討するためにさらに最下位の R1 や R2 を検討する。下位の診断ルールが候補になった場合には、ひとつ上位の診断ルールも候補となる。例えば R1 が候補となれば Q1 も候補となる。もし Q1 と Q2 が相互に排他的であれば、Q2 を検討することなく P を候補とする。もし Q1 と Q2 が非排他的であれば、Q1 の採用後引き続き Q2, R2 の検討を行う。R2, Q2 が棄却された場合でもすでに R1, Q1 が候補となっているため、P も候補とする。

最下位の診断ルールの検討は、診断ルールを支持する診断データの存在を確認すればよい。例えば、「電話が過負荷の状態にある」ことは、電話が過負荷であるという診断データがあれば候補として採用され、電話の負荷は小さいという診断データがあれば棄却される。関連する診断データがない場合には計算機端末からの入力及要求される。

データの inputs は、緊急時における inputs を単純にするため、基本的には選択肢から選択する (図 1)。探索データや主観的データを inputs する場合には、判断を保留すること (図 1 の 3 番の選択肢) がある。その場合は、その診断ルールの棄却を積極的に支持する証拠がないため、候補として採用する。

診断ルールには、特定の災害などにしか適用されないものがある。例えば、対象地域が風下にあるかどうかは、放射能などには関係があっても洪水には関係が

▷ 電話に何か異常がありますか?

- 1 故障している可能性もある
- 2 過負荷の可能性もある
- 3 いいえ
- 4 わからない

⇔ 3

図 1 診断中の質問例
Fig. 1 Example of a question.

番号	該当原因	原因内容
1		避難命令が正確に伝達されていない
2	●	避難命令が信用されていない
3	●	脅威が感じられていない
4	●	避難が効果的と考えられていない
5	●	予想される被害規模が過小評価されている
6	●	避難の実行に障害がある
7		避難に要する労力が大きい

図 2 診断結果の表示
Fig. 2 Display of diagnosis.

ない。このような診断ルールについては、最下位診断ルールの中に適用される条件を明記しておく。

なお、診断データのうち常に必要とされるものについては、診断の開始時に収集している。それらは①対象地域名、②災害の種類、③災害の前兆、④季節、⑤年月日、⑥曜日、⑦時間帯、⑧天候、である。災害の種類は火災、津波、洪水、原子炉の放射能もれ、地滑り、地震、高潮を考慮した。災害の前兆は地震、台風、梅雨などを考慮した。季節は春夏秋冬、曜日は平日、土曜日、休日に分類した。時間帯は 2, 3 時間を単位として、便宜的に早朝、午前、正午、午後、夕方、夜、深夜に分類した。天候は晴れ、雨、曇り、雪などを考慮した。

診断結果の表示は、候補の意思決定過程における位置をわかりやすくするため、図 2 のような表形式で表

現した。特定の候補をさらに詳しく知りたい場合には、その番号を指定すると、下位の候補を示す同様の表が表示される。

4. システムの構成

以上で効果的な広域避難拒否理由の診断の実現性を明らかにしたが、本章では、これを計算機上で実現できることを示す。本システムの性質上、診断ルールの理解・発展や診断データの変更が容易であるようシステムを構築した。

4.1 構成

MOSES は図 3 のような構成を持つ。知識ベースは診断ルールをプロダクション・ルールで表現した知識ユニットと、診断データをプロパティ・リストで表現したデータ・ユニットから成る。推論ユニットは、知識ユニットとデータ・ユニットの内容を比較しながら診断を実行する部分である。説明ユニットは、推論の結果をユーザの要求に従ってインタフェース・ユニットを通じて提示する。インタフェース・ユニットは、ユーザとの間でデータの入出力を計算機端末を通じて行う部分である。

4.2 知識の表現形式

次に、診断ルールおよび診断データの表現形式について説明する。本システムは定性的な知識の処理を主とするため、計算機言語には Prolog を用いている¹²⁾。MOSES の推論アルゴリズムは Prolog の推論機構を利用することで容易に実現できるため、すっきりした表現形式が可能である。

(1) 診断ルールの表現形式

「状況 P を生起させる理由は Q である」という診断ルールを (4.1) 式のようなプロダクション・ルールで表現した。状況 P を生起させる理由が n 個 ($Q_1 \sim Q_n$) あり、それらの関係が排他的であれば

$$P :- \text{exc} (Q_1). \\ \vdots \quad (4.1)$$

と表し、非排他的であれば

$$P :- \text{or} (Q_1). \\ \vdots \quad (4.2)$$

と表す。例えば「災害に関する知識がない」という状況を生起させる排他的理由（「初めて経験する災害である」、「過去の被災経験が忘れられている」）は

$$\text{ignorant_of_disaster} :- \text{exc}(\text{first_experience}).$$

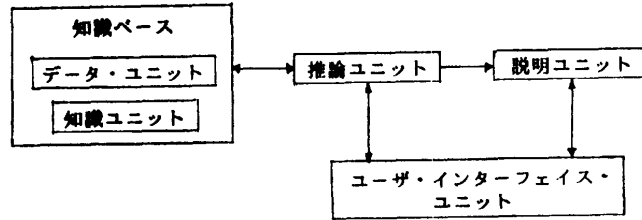


図 3 システムの構造
Fig. 3 Structure of MOSES.

$\text{ignorant_of_disaster} :- \text{exc}(\text{forget_experience}).$

と表現し、「予想される被害規模が過小評価されている」という状況を生起させる非排他的理由（「警報の程度が弱い」、「災害が正しく認識されていない」）は、

$\text{underestimated_damage} :- \text{or}(\text{weak_alarm}).$

$\text{underestimated_damage} :-$

$\text{or}(\text{mistaken_disaster}).$

と表現される。

また Q_n が m 個の連言的理由 $Q_{n1} \dots Q_{nm}$ から成る場合は (4.3) 式あるいは (4.4) 式のように表現する。

$$P :- \text{exc} ((Q_{n1}, \dots, Q_{nm})). \quad (4.3)$$

$$P :- \text{or} ((Q_{n1}, \dots, Q_{nm})). \quad (4.4)$$

このような表現形式により、表 3 の診断ルールをそのままのイメージで表現でき理解しやすいとともに、診断ルールの変更も容易である。

(2) 診断データの表現形式

診断データは、避難担当者自身が容易に作成・変更できることが望ましい。例えば、特定の地域の人口は地域に独自のものであり、しかも変動する。MOSES ではすべての診断データをプロパティ・リスト形式で表現し、データの記述を容易にした。

診断データは、表現形式により属性データ、メンバ・データ、距離データに分類できる。

A. 属性データ

さまざまな対象の属性を表現するデータで、(4.5) 式のようなプロパティ・リストで表現した。

$$\text{fact} (\text{対象名}, \text{属性名}, \text{属性値}). \quad (4.5)$$

属性値は名詞、数値、形容詞、yes/no, unknown をとる。例えば、診断の対象地域名が a 地域であることは $\text{fact} (\text{area}, \text{name}, \text{area}(\text{a}))$ 。

のように表す。特別な場合として、過去に被災した災害に関するデータを (4.6) 式のように表現した。

$$\text{fact} (\text{災害の種類}, \text{災害名}, \text{被災年}, \text{被災地域}, \text{対象名}, \text{属性名}, \text{属性値}). \quad (4.6)$$

例えば、1970 年に起こった津波 A により B 地域に死

者が10人出たことは、

fact (tsunami, tsunami(a), 1970, area(b),
damage, death, 10).

と表現する。

なお、避難対象地域として500m四方程度のメッシュを一応想定しているが、厳格な基準ではない。

B. メンバ・データ

対象地域内の各種施設などに関するデータをメンバ・データと呼び、(4.7)式のように表現した。

fact (対象名, 属性名, リスト). (4.7)

リストは特定の対象が所有する属性の具体例の集合である。例えば、a地域の所有する街頭広報メディアがサイレンと広報車である場合、

fact (area(a), street_media,
(siren, broadcasting_car)).

と表現する。

C. 距離データ

特定の2対象間の距離を表現したデータを距離データと呼び、(4.8)式のように表現した。

fact (対象A, 対象B, AB間の距離). (4.8)

地域間の距離は地域の中心からの直線距離とし、距離の単位はメートルである。例えば、

fact (area(a), sea(b), 3000).

はa地域とb海の距離が3kmであることを表す。

5. 診断例

MOSESの有効性を調べるために、3種類の避難拒否実例を事後診断した。事後診断なのでMOSESが実際に使用される場面での有効性を必ずしも保障しないが、ある程度の指標にはなると思われる。

診断対象は、表1から浦河沖地震(津波)¹³⁾、長崎市水害(洪水)¹⁴⁾の2例と、表以外から酒田大火(火災)¹⁵⁾をとりあげた。これらの災害では被災後住民への避難拒否(酒田大火の場合は遅延)理由に関するアンケート調査が実施されているため、診断結果と比較することができる。具体的な診断対象地域として、浦河沖地震では北海道日高郡浦河町東栄地区、長崎市水害では長崎県長崎市古川町、酒田大火では秋田県酒田市二番町を選んだ。

浦河沖地震は3月21日(土)に発生した。天候は雨。規模は震度6の烈震であったが、死者や火災はなかった。津波警報は沿岸8地区に対して11時45分、避難命令は正午に発令された。メディアは広報車、各地区2名ずつの町役場職員の指示、ラジオ、などであ

る。浦河町は地震多発地帯で、1981年の有感地震は32回、1965年以降だけでも20回震度4以上の地震を経験しているが、津波の経験はない。避難場所である町の中央の高台に避難したのは50人程度であった。

長崎市水害は7月23日(金)に3日間続く豪雨で中島川と銅座川が氾濫し発生した。短時間の降雨量としてはわが国観測史上最大級であった。大雨洪水警報は被災10日前から4回発令されていたが、被害はなかった。当日も同警報は発令されていた。避難命令は午後7時40分頃に発令された。伝達率は7%。メディアは広報車、ラジオ、人づてなど。避難命令発令時点では、被災地区はすでに1m程度浸水していた。なお、長崎市近郊の大型の豪雨災害は昭和32年以来である。

酒田大火は1976年10月29日(金)午後5時40分頃に発生した映画館の火災が原因である。最大瞬間風速30mという突風にあおられて被害は焼失戸数1,017戸、被災面積22.5ha。二番町は火元から400mほど離れているが、警察や消防の広報、サイレンなどにより6時までには半数以上の人が火災に気づいていた。避難誘導にもかかわらず、9時を過ぎても半数程度の避難率で、二番町より火元から遠い地区の方が早かった。他の地区が古くからの商店街であるのに対し、二番町は比較的新しい住宅街である。延焼速度は1時間100m程度であった。酒田市は80年前に大火を経験している。

アンケート調査は市町村単位で行われており、診断対象地区ごとの避難拒否理由は調査されていない。そこで診断には市町村全体の回答を参考にした。また、データを端末から入力する場合は、被災当時の状況を十分に考慮し、確実に情報が入手できたと思われる場合を除いて保留とした。

表6は、被災後のアンケート調査結果とMOSESによる診断結果とを要約して比較したものである。アンケート調査が個人の自由回答を頻度順に示したものであるため、診断結果と多少異なる部分もある。また、海岸線の単調さなど、予想しなかった要因がアンケート結果にあり、今後考慮する必要性を示唆する。全体としては診断結果とアンケート結果はよく対応しており、MOSESの有効性が証明されたと言える。特に長崎市水害の場合は、被災後に避難命令が出され、被災予防を目的とするMOSESの本来の診断対象ではないが、診断結果は良好である。また、診断内容も十分に納得のゆくものであり、診断ルールの妥当性も支持さ

表 6 アンケート結果と診断結果の比較
Table 6 Comparison of results of diagnosis and enquete data.

災害名称	アンケート結果	診断結果
浦河沖地震 (津波)	<ul style="list-style-type: none"> ● 津波は来ない <ul style="list-style-type: none"> ● 海岸線が単調で安全 ● 今まで来たことがない ● 避難命令を聞いていない ● 過去の津波警報の時も安全であった ● 来ても大したことはない <ul style="list-style-type: none"> ● 地震も揺れの割に大した被害がなかった 	<ul style="list-style-type: none"> ● 避難命令が正確に伝達されていない <ul style="list-style-type: none"> ● 街頭メディアが少なすぎる ● 停電 ● 巡回が個別訪問でなかった ● 避難命令が信用されていない <ul style="list-style-type: none"> ● 予想災害規模が不明 ● サイレンを使用していない ● 街頭メディアを使用していない ● 脅威が感じられていない <ul style="list-style-type: none"> ● 被災確率が述べられていない ● 防災対策が十分 ● 予想災害規模が過小評価されている <ul style="list-style-type: none"> ● 初めて経験する災害である ● 避難が効果的と考えられていない <ul style="list-style-type: none"> ● 避難の経験がない ● 避難せず助かった経験がある ● 避難の実行に障害がある <ul style="list-style-type: none"> ● 土地に対する愛着がある
長崎市水害 (洪水)	<ul style="list-style-type: none"> ● 避難が危険であった <ul style="list-style-type: none"> ● 道路が浸水で使えない ● 家にいる方が安全 <ul style="list-style-type: none"> ● これ以上増水はひどくならないだろう ● どこにいても危険 ● 家族がそろわなかった ● 老人・子供がいた ● 避難命令を聞かなかった 	<ul style="list-style-type: none"> ● 避難命令が正確に伝達されていない <ul style="list-style-type: none"> ● 巡回による指示をしていない ● 街頭メディアの音が小さい ● 街頭メディアへの妨害要因 (雨音) ● 街頭メディアが少なすぎる ● 停電 ● 忙しい時間帯であった ● 避難命令が信用されていない <ul style="list-style-type: none"> ● 予想被害規模が不明 ● サイレンを使用していない ● 誰の指示に従えばよいか不明 ● 脅威が感じられていない <ul style="list-style-type: none"> ● 防災対策が十分だと思われている ● 被害規模が過小評価されている <ul style="list-style-type: none"> ● 被災経験が忘れられている ● 避難が効果的と考えられていない <ul style="list-style-type: none"> ● 避難の経験がない ● 避難の実行に障害がある <ul style="list-style-type: none"> ● 外出中の家族が帰宅していない ● 外出中の家族と連絡がとれない ● 道路が使用できない ● 避難目標の指定がない ● 土地に対する愛着がある
酒田大火 (火災)	<ul style="list-style-type: none"> ● ここまで火災はこない <ul style="list-style-type: none"> ● 大火の経験がない ● 大火の経験を忘れた ● 火元から遠い 	<ul style="list-style-type: none"> ● 避難命令が正確に伝達されていない <ul style="list-style-type: none"> ● 街頭メディアが少なすぎる ● 個別訪問をしていない ● 避難命令が信用されていない <ul style="list-style-type: none"> ● 街頭メディアが使用されていない ● 脅威が感じられていない <ul style="list-style-type: none"> ● 災害因からの距離が遠い ● 被害規模が過小評価されている <ul style="list-style-type: none"> ● 被災経験が忘れられている ● 避難が効果的と考えられていない <ul style="list-style-type: none"> ● 避難の経験がない ● 避難の実行に障害がある <ul style="list-style-type: none"> ● 避難目標の位置をよく知らない ● 避難目標への道順をよく知らない ● 家具・家に執着がある

れたと言える。なお、各例の診断に要した時間は入力などの時間を含めても1分以内であり、実際に使用する場合にも問題は無いと思われる。

今後の課題として、重要な診断ルールを重点的に検討することが考えられる。例えば、上記3例では避難命令の伝達状況や被災経験などが共通した原因となっており、重要な理由であることを示唆する。

6. あとがき

避難拒否理由モデルに基づく広域避難の診断システムを提案した。診断のための診断ルールを推論システムと分離し構造化したことにより、診断ルールに変更がある場合でもシステム全体への影響を少なくすることができる。推論に要する時間も問題になるものではないと思われる。また、避難拒否実例を事後診断した結果も良好であった。このように本システムは緊急時において避難担当者の負担を軽減するのに有効であると思われる。しかし診断ルールの内容および診断・説明機能には不十分点が残っており、また診断データの収集方法にも改善すべき点が多い。今後災害心理学や診断技術の進歩を踏まえて改善していきたい。また対応策の提案機能についても今後考慮したい。

謝辞 最後に、日頃より多方面に渡り御教示いただいている三菱電機(株)中央研究所の田中千代治博士、福田豊生博士、築山誠博士、同社情報電子研究所 武田捷一博士に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 東京大学新聞研究所(編): 災害と情報, 東京大学出版会, 東京(1986).
- 2) 安倍北夫: 災害心理学序説, サイエンス社, 東京(1982).
- 3) 山本敬三郎, 磯本英一: 都市と防災と安全, 都市と防災・安全, 明日の都市 16, 中央法規社, 東京(1982).
- 4) 広瀬弘忠: 生存のための災害学, 新曜社, 東京(1984).

- 5) 池田謙一: 災害時における意思決定, 広瀬弘忠(編), 災害への社会科学的アプローチ, 新曜社, 東京(1981).
- 6) 柳田邦男: 災害情報を考える, NHK ブックス, 日本放送出版協会, 東京(1978).
- 7) Turner, R. H.: Earthquake Prediction and the Public Policy, *Mass Emergencies*, Vol. 1, pp. 179-202 (1976).
- 8) 三上俊治: パニック理論の回顧, 東洋大学社会学部紀要, No. 20, pp. 125-154 (1983).
- 9) Quarantelli, E. L.: *Evacuation Behavior and Problems: Findings and Implications from the Research Literature*, Disaster Research Center, Columbus, Ohio (1980).
- 10) Mileti, D. S. and Beck, E. M.: Communication in Crisis Explaining Evacuation Symbolically, *Commun. Res.*, Vol. 2, No. 1, pp. 24-49 (1975).
- 11) Shortliffe, E. H.: *Computer-Based Medical Consultations: MYCIN*, American Elsevier, New York (1976).
- 12) Pereira, F.: *C-Prolog User's Manual Version 1.5*, Nihon DEC & Edinburgh Computer Aided Architectural Design, Edinburgh (1984).
- 13) 東京大学新聞研究所「災害と情報」研究班: 1982年浦河沖地震と住民の対応, 東京(1982).
- 14) 東京大学新聞研究所「災害と情報」研究班: 1982年7月長崎市水害における住民の対応, 東京(1984).
- 15) 災害行動科学研究会: 酒田大火における避難行動の心理学的分析, 東京(1978).

(昭和62年1月14日受付)

(昭和62年5月13日採録)



仲谷 善雄 (正会員)

昭和33年生。昭和56年大阪大学人間科学部卒業。同年三菱電機(株)入社。以来、中央研究所にて社会システムにおける心理学的要因の研究に従事。現在は、認知科学の方法論を防災、OA、設計支援などの領域に応用することに興味を持つ。日本心理学会会員。