

# 情報の部分性とフレーム問題の解決不能性

## Partiality of Information and Unsolvability of the Frame Problem

松原 仁<sup>\*1</sup>  
Hitoshi Matsubara

橋田 浩一<sup>\*2</sup>  
Koiti Hasida

\*1 電子技術総合研究所知能情報部推論研究室  
Machine Inference Section, Electrotechnical Laboratory, Tsukuba, 305 Japan.

\*2 新世代コンピュータ技術開発機構研究所第2研究室  
2nd Research Laboratory, Institute for New Generation Computer Technology, Tokyo, 108 Japan.

1989年3月2日 受理

**Keywords:** frame problem, partiality of information, knowledge representation, heuristics, constraint.

### Summary

The frame problem is very important in the context of knowledge representation of both humans and computers. The present paper discusses the frame problem for humans from a viewpoint of artificial intelligence. A major claim here is that the frame problem is unsolvable for humans as well. This claim is supported by several examples. Another major claim is that from a viewpoint of partiality of information, the frame problem must be discussed generally in a wide sense of the term, instead of being subdivided into the problem of description and the problem of processing.

The unsolvability of the frame problem for humans should not be regarded as a limitation of human intelligence. Contrariwise, the flexibility of human intelligence is possible thanks to the fact that they cannot solve the frame problem; i. e., the fact that they make mistakes from time to time.

## 1. はじめに

本論文では人間におけるフレーム問題 (frame problem) について、人工知能、その中でも特に知識表現を考える立場から議論する。このフレーム問題というものは人工知能研究から生じた数少ない哲学的な問題 (problems) のうちの一つである。1969年に McCarthy と Hayes が初めてこの問題を形式論理にまつわる文脈の中で取り上げ、その重要性を指摘した<sup>(1)</sup>。フレーム問題はそれ以来、人工知能の知識表現における本質的な問題として (主に形式論理にまつわる文脈の中で) 取り上げられてきた (例えば文献(2))。特に最近になって時間に関する推論などに関連して議論が活発になっている<sup>(3)-(8)</sup>。

ここではまず人間がフレーム問題にどう対処しているかを考察することにする。これは哲学的・認知心理

学的にも興味深い試みであり、既にそれらの分野でもいろいろと議論されている<sup>(9)-(13)</sup>。我々はこれまでもフレーム問題とコンピュータの知識表現について考察を重ねてきた<sup>(14)-(17)</sup>が、ここでは議論をもっぱら人間とフレーム問題の間の関係に絞ることにする。

フレーム問題は、人間にも解決できないことをいくつかの例を具体的に説明することによって明らかにし、さらにそれに関連して、フレーム問題は記述の問題と処理の問題とを区別することなく、広い意味で一般的に議論すべき問題であることを情報の部分性という観点から主張する。そのようにとらえると、フレーム問題は定義によって人間にもコンピュータにも決して解けないことになる。すなわち、形式論理などによる記述に関する問題としてフレーム問題を限定的に解釈することに我々は反対する。さらに、フレーム問題を広い意味でとらえることが、知識表現を考えていく上で有益だと考える。我々の主張するフレーム問題を

元の McCarthy らのものと区別するときには、一般化フレーム問題 (generalized frame problem) と呼ぶ。

解けないというといかにも人間の知能の限界を強調しているように思われるかもしれないが、そうではない。逆にフレーム問題が解けないという性質、すなわち、誤りを犯し得るといふ性質によってこそ人間の知能の柔軟さが成立しているのである。

本論文は、フレーム問題をコンピュータでどう扱えばよいかを考えていくための準備として、フレーム問題の意味を人工知能にとって有意義な形で明確化することを目的とする。

## 2. フレーム問題の意味

フレーム問題は、これまでしばしば指摘されているように、その意味するところが研究者によってかなり曖昧である(定義のいくつかは文献(14),(18)を参照されたい。また、最近では平賀による説明<sup>(19)</sup>が優れている)。人工知能においてコンピュータの知識表現を考える上でフレーム問題は避けて通れない(フレーム問題が、いまの時点で問題になっていない研究領域もあるにはあるが、それは一時的に問題の取扱いを後回しにしているにすぎない)が、議論を進めるためにはまず意味を明確にしておく必要があるものと考えられる。

本章ではフレーム問題の意味を考える上での我々の基本的な立場を簡単に整理しておく。

- (1) 人工知能は人間の知能の仕組をコンピュータを道具として探究するのが目的なので、フレーム問題の意味は人間とコンピュータに共通のものでなければならないと考える。そして、フレーム問題は、人間とコンピュータを含むすべての情報処理の有限な主体には、情報の部分性という理由によって、一般的には決して解けない、という立場をとる。
- (2) フレーム問題の意味については、いくつかの狭い問題に分割してそれぞれを限定解釈する立場(例えば文献(5)~(8))と、全体として広い問題に解釈する立場(例えば文献(9),(11),(12))に大きく分かれる。おおまかに言って、前者はコンピュータにフレーム問題が解決できると主張する傾向にあり、後者はコンピュータにはフレーム問題は解決できないと主張する傾向にある。ここでは後者の立場をとる。この立場をはっきりさせるときには一般化フレーム問題と呼ぶ。

- (3) フレーム問題が解けないということは、知能の限界を意味する否定的な事実であるかのように思えるかもしれない。しかし我々はそうは考えない。人間は、一般化フレーム問題が解けないというまさにその性質によって、知能の柔軟さを得ているものとする。

フレーム問題に関する議論は最近非常に盛んであり、特に Shoham ら<sup>(4)(7)(8)</sup>の時間に関する推論の研究や Ginsberg ら<sup>(5)(6)</sup>の記憶量と処理量の効率の研究は優れたものであると言えよう。Shoham らは、フレーム問題を限定問題(qualification problem)と拡張限定問題(extended prediction problem)とに分割した。Ginsberg らはいわゆるフレーム問題を、(狭い意味の)フレーム問題と分岐問題(ramification problem)と限定問題の三つに分割した。ただし彼らの研究は、我々の立場からすると、フレーム問題の意味を限定解釈し過ぎている(そのことによる具体的な弊害については稿を改めて議論したい)。フレーム問題は人間にもコンピュータにも解けないという我々の立場をとると、フレーム問題を考える上での困難さは、「本来解けないはずのフレーム問題を人間はほとんどの場合にあたかも解決しているかのように振る舞えるのはなぜか」ということに集約される<sup>(14)</sup>。我々はこれを疑似解決(quasi-solution)の問題と名付けた<sup>(16)</sup>(これと区別するときには本来の解決を完全解決(complete solution)と呼ぶ)。本論文は、疑似解決の問題に今後の議論の焦点を絞ることの正当性の根拠を示すものである。

## 3. 人間におけるフレーム問題の解決可能性

ここでは、人間に対してもフレーム問題は存在すること、ならびに人間にも一般的なフレーム問題は決して解決できないこと、を実例をいくつかあげて説明する。人間は現実をめったにフレーム問題に直面しないようである(しばしば直面しては満足に生活を営めないであろう)。むしろ、ほとんどの場合にうまく情報処理が済むように人間が枠の囲い込みを行っていると思ふべきなのであろう。それでもたまには人間もフレーム問題に直面することがあり、直面してしまうと解決はできないのである<sup>(14)</sup>。その意味で以下の例は、通常はうまく機能しているはずの枠の囲い込みが機能しない「例外」である。

我々は便宜的にフレーム問題を記述のフレーム問題と処理のフレーム問題の二つのレベルに分ける(区別

の詳細は4章で述べる。もっともこの区別は、あくまでこれまでのフレーム問題の議論を整理するための便宜であって、本来は区別すべきでないというのが我々の主張である)が、本章で述べる例は、どちらかと言えば、(これまでのフレーム問題の議論ではあまり触れられていなかった)処理のフレーム問題のほうに属しているものである。つまり、莫大な情報のうちのどの部分を参照すればよいかかわからないという例である。

### 3・1 「いいでんでん虫」<sup>(18)</sup>

これは人をからかうための一種の遊びである。この遊びは、まず出題者が手でいろいろな仕草をしながら、「いい? これがいいでんでん虫だよ」とか、「これは悪いでんでん虫なんだ」とか言いながら、何度か解答者の前で「いいでんでん虫」と「悪いでんでん虫」の例をいくつかやってみせる。次になんらかの仕草をして、「じゃあ、これはいいでんでん虫?」とか「いい? それじゃこれはどちらでしょう?」などと聞く。

(ひっかかった)解答者は「いい」ものと「悪い」ものがどう違うのかさっぱりわからず、しばらくからかわれ続けることになる。出題者が手でしている仕草が、「いいでんでん虫」のときと「悪いでんでん虫」のときとそれぞれ一貫した特徴によって区別されるわけではない。実はその仕草はまったく関係ないのである。出題者がその仕草をやりながら「いい?」と言った場合には「いいでんでん虫」であり、言わなかった場合には「悪いでんでん虫」なのである。解答者は、出題者の行為のどの部分に注目すればいいかわからないために、ひどい目に会う。

### 3・2 「この置き方は誰」

この遊びも「いいでんでん虫」と似ている。何人かいるところで、まず出題者は鉛筆をいろいろな方向に向けて置いて、「この置き方は〇〇さんを指している」とか「この置き方は××さんを指している」とか何度か解答者の前でやってみせる。次に「この置き方は誰を指しているか?」と言ってから、鉛筆のある方向に向けて置く。

(ひっかかった)解答者は、どの置き方が誰を指しているかさっぱりわからず、しばらくからかわれ続ける。出題者の鉛筆を置く方向は誰を指すかとはまったく関係なく、鉛筆を置き終えてから最初に声を出した人を指しているのである。からかわれている人は、どの情報に注目すればよいかかわからないために、同様にひどい目に会う。

これらの遊びは、人間に一般化フレーム問題が解けないからこそ面白いのである。解答に必要な情報はすべて解答者に与えられているにもかかわらず、その情報があまりにも膨大であるために、その中のどの部分に注目したらよいかかわからないのである。一般に人間を取り巻く環境の情報量は非常に多い。人間は日常的にそれに対処するために、情報のごく一部だけに注目するという習慣を身につけている(こうしていればフレーム問題にはあまり直面しなくて済む)。これらの遊びはその習慣を巧みに利用して裏をかいたものである。

### 3・3 「今度の土曜、いつもの所で5時」

先の二つの遊びはいかにも人を騙すものなので、例として適当でないと思われるかもしれない。今度の例は遊びではない。友人どうしの二人の間で、「今度の土曜、いつもの所で5時」という約束をしたという設定である。このようなかなりあいまいな表現でも約束が成立するというのも人間が枠の囲い込みをしているという証拠であるが、ここでは話を約束を守る守らないの話に絞ろう。この約束にはキャンセルの条件がまったく明示されていないが、「いつもの所」で大地震が起きたときとか、二人のうちの一方が40℃もの熱を急に出したときとか、たとえキャンセルの連絡をあらかじめしなくても許される場合がある。二人の間で、約束を破っても許される場合についてはほぼ一致した枠を共有しているのである。さもないとキャンセルの可能性をあらかじめすべて数え上げなくてはならなくなるが、それは無限に多く存在するので不可能である。二人の囲む枠はほぼ一致はしていても微妙なところで異なっている。そのため、一方はキャンセルしてもやむを得ないと思うが、もう一方は不誠実な約束破りと思うような場合が存在することになる。

### 3・4 「詰め将棋」

詰め将棋がゲームとして成立しているのも人間に一般化フレーム問題が解けないことが理由である(指し将棋や碁がゲームとして成立しているのも同じ理由によるが、簡単のために詰め将棋について述べる)。詰め将棋のルール自体は有限で単純なものである。また将棋の盤面の広さ(9×9)も有限で駒の数も有限なので、可能な指し手の数も有限である。詰め将棋の初心者(初心者でもルールは正しく理解している)は、詰め将棋の問題を頭の中だけでは解くことができず、実際に駒を盤の上で動かして苦しむことが多い。その人はフレーム問題に直面して解決ができなくなっ

ているのである。処理の量ないしは記述の量（この区別は微妙である）が、その人が扱うことのできる範囲を越えているのである。それに対し上級者は多くの問題をほぼ一目で頭の中だけで解く。その人はフレーム問題に直面していない（したがって解決する必要がない）のである。それでも問題によっては初心者より上級者のほうが考えるのに時間がかかる（極端な場合には初心者にすぐ解ける問題が上級者には解けない）ことがある。これは上級者が詰め将棋を解く際に情報に何らかの枠を囲っていることの裏をかいて、その枠の外側に解が存在するように仕組んである問題と理解できよう。

（ふつうの）人間は、日常生活に関する上級者であることを考えれば、先の遊びも詰め将棋もその面白さは同じところ（人間にフレーム問題が解けないこと）から生じているものと言える。先の遊びの場合は情報の系がオープン（情報が無限に存在する）であり、詰め将棋の場合はクローズド（情報が有限である）であるとも解釈できる（遊びのほうもクローズドであると解釈することは可能で、境界はあいまいである）が、後述するように、情報処理について有限の能力しか持っていない主体である人間からすれば、両方とも同じ問題であり、区別に現実的な意味はない。

これらの例をフレーム問題に入れるべきではないという考え方も存在するかもしれない。しかし我々は、これらの例がフレーム問題の難しさを示す立派な実例であると考えている。それはこれから4章で述べるように、フレーム問題の意味は広く一般的にとらえなくてはならないからである。

#### 4. 情報の部分性とフレーム問題

フレーム問題のそもそもの原因は、情報の部分性、つまり問題解決者が情報を部分的にしか参照できないことにある<sup>(20)</sup>、と我々は考えている。ここでは、この情報の部分性という一般的な観点からフレーム問題を吟味して、フレーム問題の意味は広く一般的にとらえるべきであることを示す。ある立場からは、この観点が過剰に一般的であるように感じられるかもしれない。しかし、以下で示すように、これは回避し得ない一般化であると同時に、フレーム問題に対する統一的なアプローチを示唆するという意味において、有意義な一般化でもあることがわかる。

一般に、問題は制約 (constraint) によって規定される。制約とは、何らかの対象 (object; 対象指向プログラミングの意味での対象ではなく、ごく素朴な「モ

ノ」という意味での対象) の構造に関する情報 (information) である。例えばソーティングの問題は、ある対象 X の構造に関する次のような制約によって規定される。

X は数値  $a_1 \dots a_n$  を要素とする列であり、その要素たちは、ある順序関係について昇順に並んでいる。

ある種の問題においては、制約をくまなく参照することができ、したがって、対象の構造を唯一に決定できる。このような問題を、完全情報問題 (total-information problem) という。完全情報問題は、これまでコンピュータでうまく扱えた人工的な特殊な問題である。普通、与えられた制約を満たすような対象の構造を求めることを、問題を解くと言うが、これが可能なのは完全情報問題の場合である。

ところが、実際的な問題においては、ほとんどの場合、制約を十分に参照することができない。このことを、情報の部分性 (partiality of information) と言い、そうした問題を、部分情報問題 (partial-information problem) と呼ぼう。人工知能の問題はすべて部分情報問題である。部分情報問題においては、対象の構造が唯一に決まらない。したがって、部分情報問題は上のような意味においては解くことができない。

情報の部分性は、二つの原因によって生ずる。第1は知識の部分性、すなわち、制約が初めから部分的にしか与えられていない、ということである。第2は処理の部分性、すなわち、与えられた制約を部分的にしか処理できないということである（ただし、この二つの区分はあくまでも議論を進めるための便宜上のものであり、実際には厳密な区別が不可能な場合が多い）。どちらの原因も、日常的にごく普通に生ずる。知識の部分性とは、要するに世の中の関係のあることが全部わかっているわけではないという当り前の話である。例えば飛行機に乗るとき、その飛行機が落ちないという保証はない、という具合に、我々の行動は不完全な知識に基づいている。また、処理の部分性というのは、与えられた制約の許容するすべての可能性を吟味する（ないしはそうしたのと論理的に等価な処理を行う）ことはできない、というこれもまた当然の話である。そんなことができたなら、将棋も碁もゲームとして成立し得ない。また、それほど複雑な話でなくとも、考え違いとか見落としなどは日常茶飯事である。

こうした事情は、人間のみならず、一般に生体やロボットなど、巨大な世界の中で行動する有限な主体において必然的に生ずる。人工知能の問題がすべて部分

情報問題であるというのは、このような意味においてである（ただし、すべての部分情報問題が人工知能の問題であるわけではない）。そして、制約を部分的に取り込み、取り込んだ制約を部分的に処理するだけで大抵の場合は何とかする、というのが、そうした有限な主体すべてに課された宿命であり、人工知能における究極の課題の一つである。そして、これから論ずるように、フレーム問題を「解決」するとは、実はこの課題に答えることにほかならない（この意味での一般化フレーム問題は原理上決して完全解決できない。ここで「解決」と言っているのは疑似解決<sup>(15)(16)</sup>のことである）。

フレーム問題に関しては、これまでに異なる切り口から多様な議論がなされており、そのためにフレーム問題の本質が見え難くなってしまっている。ここではまずそれらの議論を大きく二つの流れにまとめ、それに応じてフレーム問題を仮に二つの部分問題に分類する。その後に情報の部分性の観点から二つを統合する立場を提出したい。

第1のフレーム問題は、記述のフレーム問題とでも言うべきものである。最初に指摘されたとき<sup>(1)</sup>、フレーム問題とは、状態変化において何が変化し何が変化しないかを完全に書き上げようとする莫大な量の記述になってしまうという問題であった。また、否定的な知識の扱いに関しても同様に記述の量が爆発してしまう、という形のフレーム問題もある。これらに対する解決案として、フレーム公理、閉世界仮説、非単調論理、極小限定などのさまざまな形式的な枠組が提出された<sup>(21)-(23)</sup>。

こうした議論の流れを一般化すると、フレーム問題とは、世の中の知識を完全に記述し尽くすことが事実上不可能だという問題になる。これは、上で述べた情報の部分性の第1の原因、つまり知識の部分性に相当する。このような形でとらえた場合のフレーム問題は、不完全な知識をどのように記述すれば、記述が簡単になり、また欠けた知識を補うような推論が行えるようにできるか、という問題となる。この、知識のフレーム問題は、非単調論理などの形式的体系に関する議論に結び付く。

しかし、情報の部分性にはもうひとつの原因、すなわち処理の部分性という原因もあり、こちらに対応するフレーム問題も考えられる。これを処理のフレーム問題と呼ぼう。例えば、Dennett<sup>(11)</sup>が論じているロボットは、自分の持つ知識から得られる結論のうち、時限爆弾から身を守るという当面の問題に無関係なものを次々に捨て続けている最中に、爆発が起こって

木っ端微塵になってしまうが、この例は処理のフレーム問題を巧みに指摘している。また、3章で述べた例も、処理のフレーム問題の例になっていると考えられる。すなわち、処理のフレーム問題とは、持てる知識を部分的にしか処理できない場合、どの部分をどのように処理すればよいか、という問題である。手持ちの知識を処理することによって得られる結論のほとんどは当面の問題に無関係であるから、この問題は、いかにして無用の処理を避けるかという問題と同じであり、そう言い換えたほうが上の例には合うだろう。

処理のフレーム問題は形式論理で扱えるような問題ではない。なぜなら、そこで問題にされる体系においては、処理が部分的にしか行われなから、知識の中に相互に矛盾する部分が共存し得るからである。論理で語りつくすことができるのは無矛盾な体系のみであり、矛盾を含む体系に関する数学的理論などというものはない。例えば、Gödelの不完全性定理を考えても、その条件は、問題が無矛盾であるということを含んでいる。したがって、人間の知能を語る上で不完全性定理を持ち出すのは場違いである。不完全性定理のゆえに機械は人間のような知能が持てないという主張は、このような洞察を欠いた空虚なものと言えよう。より重要なのは、無矛盾性が保証されないために既存の形式的・分析的な方法がほとんど適用不能だという事実を正しく認識することである。

このような事情により、処理のフレーム問題は当然、フレーム問題に関する前者の議論の流れにおいては論じられていない。それどころか、処理のフレーム問題は人工知能の一般的な問題（general AI problem）であって、これをフレーム問題として論ずるのはフレーム問題の過剰な一般化である、という議論すらある（例えば文献(10)においてHayesがそう主張している）。しかし、ここでは逆に、それが回避し得ない一般化であり、記述のフレーム問題と処理のフレーム問題を分けて論ずるべきではないこと、特に、記述のフレーム問題に話を限定して解こうというアプローチが不毛であることを示す。記述のフレーム問題と処理のフレーム問題という分類は実際には無意味であり、むしろ積極的に両者を統合する観点に立ったほうがフレーム問題にアプローチする上で有意義な視点が得られるのである。

まず第1に、知識の部分性による情報の不足と処理の部分性による情報の不足は実際上区別不可能であり、これを補う方法を区別して論ずるのは無意味である。ある情報（例えばある命題の真理値）がさしあたって得られていないとき、その原因は知識の部分性ない

しは処理の部分性である。もしも処理の部分性によるものだとすれば、真面目に考えればその情報が得られるだろうし、もしも知識の部分性によるものだとすれば、いくら考えてもその情報は得られないことになる。しかし、いずれの理由であるかは有限な主体にとって基本的にはわからないはずである。なぜなら、それを知るには完全な処理を行わなくてはならないからであり、そもそもそれが不可能であるというのが、処理の部分性なのであった。

したがって、知識の部分性による情報の欠如があるヒューリスティクスで補い、処理の部分性による情報の欠如を別のヒューリスティクスで補うという、ヒューリスティクスの使い分けは不可能である(ここで、ヒューリスティクスと言ったのは、そこで下される判断が完全な情報に基づいたものではなく、常に正しいとは限らないからである)。つまり、知識の部分性から生じる情報の欠如をいかにして補うかという(記述のフレーム問題に属する)問題と、処理の部分性から生じる情報の欠如をいかにして補うかという(処理のフレーム問題に属する)問題とを、分けて論ずるのは無意味である。

それでは、情報の欠如を補う方法と部分的な処理を実現する方法とを分けて論ずることはできるだろうか。情報の欠如を補う問題は、上述のように、記述のフレーム問題と処理のフレーム問題の両方にわたる話であるが、部分的な処理をいかにして行うかという問題は、一見したところ、処理のフレーム問題のほうだけにかかわっているかのように思われるかもしれない。しかし実は、これら二つの問題の間の区別もまた意味のないものであることが、以下のように考えればわかる。

つまり、いずれの問題も何らかのヒューリスティクスによって対処することになるが、それらのヒューリスティクスの間に区別を立てることはできない。まず、情報の欠落を補う問題は、いくつかの競合する結論(例えば、イェール射撃問題の場合には、撃たれた人が生きているという結論と死んでいるという結論)のうちのいずれを優先するかということに関するヒューリスティクスをどのように与えるかという問題である。また、部分的な処理に関する問題は、制約のうちのどの部分をどういう順序で処理すればよいかという、処理の優先度に関するヒューリスティクスをいかに与えるかという問題である(つまり、どちらの問題も結局は、広い意味で情報の不足を補う問題である)。

しかし、前者のヒューリスティクスは実は後者に含まれる。例えば、情報が不足しているために、いくつ

かの競合する可能性のうちのどれを結論とすべきかがはっきり決められない場合には、何らかのヒューリスティクスに従って最も確からしいと思われる結論を下すことになる。ところが、この判断は、いくつかの競合する可能性がある場合にそのうちのどれを優先的に調べるかに関する判断と同一のものである。すなわち、最も確からしいと思われる可能性は、優先的に調べるべき可能性に等しい。

さらに言えば、いくつかの競合する可能性のうちのどれを結論とするか、ということが問題になる前に、それ以上は計算せずにそこで結論を出してしまおうという判断を行わなくてはならない。どこで思考停止するかというこの判断は、その問題に関しては考えるのをやめて他の問題を考えようという判断だから、やはり処理の優先度に関するヒューリスティクスから導かれる。

したがって、処理の優先度に関するヒューリスティクスは、競合する結論の間の優先度に関するヒューリスティクスを真に含む。換言すれば、情報の不足を補って結論を出すにはどうするかという問題は、部分的な処理を行う方法に関する問題の部分問題である。実際の人工知能システムを考えても、暫定的な結論を下したり、処理の順序を決定したりするために、例えば、確信度のようなものを共通に用いているようなプログラムはかなり多いが、それはここで述べた意味で正しい処理方法なのである。

結局のところ、いかなる形にせよ、フレーム問題を複数個の部分問題に分割して論ずる試みは不毛である。知識の部分性と処理の部分性は、それらがもたらず情報の欠如に関して区別できないばかりか、前者を補う方法と後者を実現する方法の間の区別も無意味である。したがって、必然的にフレーム問題の定義は一般化されなければならない。すなわち、フレーム問題とは、情報の部分性に対処する方法を問う問題である、ということである。

そして、上記の論考からわかるように、フレーム問題はまた、部分的な処理を実現するためにはどうすればよいか、という問題と見なしてもよく、そのための一つの統一的なアプローチとして、処理の優先度をうまく与えるという方法が示唆される。フレーム問題の定義をこのように一般化することは、必然的であるだけでなく有意義なことでもある。

さて、情報の部分性に対処するとは、世界に関する莫大な量の知識を部分的に取り込み、さらにそれを部分的に処理するだけで、大部分の場合にうまくいくようにする、ということである。その場合、情報を部分

的にしか参照していないから、間違いが起こり得ることを覚悟しなければならない。そして、その誤りによる被害を最少に抑えるということが、すなわちフレーム問題を「解く」ということなのである。この意味において、フレーム問題とは程度と効率と実践の問題であり、形式論理の問題ではない。また、この問題の深遠さは、人間の知能の柔軟性が、誤りを犯し得るという代償を払うことによって初めて可能となっている、という点にある。よって、フレーム問題は確かに人工知能の一般問題とならざるを得ない。

## 5. 一般化フレーム問題

我々の考え方によれば、一般化フレーム問題はとても難しい問題（まともには解けない）ということになる。これは人工知能に否定的な哲学者の主張と同じなので、我々も人工知能に否定的であるかのように思われるかもしれない。しかし、そうではないということをここで述べる。

Fodor<sup>(9)</sup>や Dreyfus<sup>(24)</sup>は、フレーム問題を、人間とコンピュータとの間に本質的な違いが存在するという、コンピュータには知性が持たないということの論拠と考えているようである（Dreyfusは、陽にフレーム問題という用語を用いてはいないが、彼が言いたかったのはそういうことである）。しかし彼らの主張は、人間にはフレーム問題が存在しない、あるいは人間はフレーム問題を解決できる、という誤解に基づいている。フレーム問題は定義により、必然的にコンピュータにも人間にも解けない。人間は疑似解決をしているだけである。コンピュータではいまだ疑似解決に成功してはいないが、それが不可能であるという理論的な証拠はない。むしろ、なぜ人間に疑似解決ができるのかを明らかにするためには、実験可能な情報処理の主体としてコンピュータは不可欠な道具であると考える。

我々はフレーム問題に対する Dennett<sup>(11)</sup>の考え方に基本的に賛成である。彼が言うように、フレーム問題はすべての情報処理の主体にとって共通の問題であり、さらに人工知能はそれまで哲学が発見できなかったフレーム問題を最初に発見したという点で評価されるべきであって、決してフレーム問題の存在は非難されるべき問題点ではないのである。また、フレーム問題をいくつかの狭い問題に分割してそれぞれを限定解釈する立場（実は最初にフレーム問題を言い出した McCarthy と Hayes はこちらの立場である。我々はこのオリジナルな立場を逸脱している）は、その狭い

部分問題の「解決」において（真に考えるべき）困難を広い問題のほうに押し付けてしまうので、本来の意味での解決には絶対に結び付かない。やはり人工知能の一般問題のほうを（一般化）フレーム問題と名付けるべきである。その一般化フレーム問題の原因が、情報の部分性にある（人間もコンピュータも情報処理に関して有限な主体である）ためである、というのがその先につながる我々の主張である。

解けないという言い方をすると、いかにも知能の限界を意味しているかのような印象を持つかもしれない。事実、コンピュータにフレーム問題が解けないということから Fodor や Dreyfus のようにコンピュータの知能の限界を見出す議論も少なくない。限界という意味では確かに限界であるが、有限の主体にとっては決して越えることのできない限界なのである。したがって、コンピュータの知能の限界ではなく、いわば知性一般の限界と考えるべきである。枠を囲んでその中しか対象としないことによって、人間は多くの場合にフレーム問題への直面を避けることができる。その仕組のために、枠からはみ出した場合、あるいは枠が作れない場合にはフレーム問題に直面して解けなくなるのである。

3章では、人間にもフレーム問題は一般的には決して解決できない、ということ为例をあげて示した。4章では、フレーム問題は広い意味にとらえるべきである（その意味においてコンピュータには解けない）ということ述べた。人間にもコンピュータにも解けない問題としてフレーム問題をとらえなくてはならないのである。それでも人間はフレーム問題にほとんど悩まされていないという事実がある。したがって、コンピュータにおけるフレーム問題についても、疑似解決の問題として考察すべきであるという結論が導かれることになる。

## 6. おわりに

フレーム問題に関する議論が盛んになされているが、①はたして人間は解決できているのかいないのか、②広い意味でとらえるべきか、狭い意味でとらえるべきか、という基本的なところでコンセンサスが得られていない。我々は本論文でそれらに対する解答を与えたつもりである。

すなわち、ここではフレーム問題について、①人間にも決して解決できない、②情報の部分性という観点から広い意味で一般的に考えるべきである、という主張を述べた。

我々のこの解答は、ある人工知能研究者たちにとっては、あるいは受け入れがたいものであるかもしれない。人間に解けないからコンピュータでも解けなくてかまわない、という議論よりも、人間にも解けているからコンピュータにも解けるはずだ、という議論のほうが生産的な印象がある。意味が広くて難しい問題に解けないと悩むよりも、意味が狭くて限定されたやさしい問題を本来の問題と勘違いして解けた解けたと喜ぶほうが心地よいに決まっている。そういう意味では、我々の主張は一見人工知能にとって厳し過ぎるように感じられるかもしれない。しかし、5章で述べたように、我々の主張は決して人工知能に対して否定的ではない。フレーム問題が非常に難しい問題であることを十分に認識した上でコンピュータでの取扱いを考えるべきだ、と言っているのである。

本論文ではコンピュータの知識表現におけるフレーム問題への対応にはほとんど触れなかったが、ここで

述べた主張に基づいて具体的に考えていくつもりである。例えば、最近非単調論理の分野で話題となったイェール射撃問題<sup>(25)(26)</sup>とフレーム問題との関係に関する考察については文献(16)を参照されたい。これから新しい知識表現の枠組を設計していくに当たり、ここで述べた疑似解決の問題に対してある解を与えていることを必要条件の一つにしたいと考えている。

#### 謝 辞

電子技術総合研究所の中島隆之知能情報部長ならびに佐藤泰介室長をはじめとする推論研究室の皆様にご感謝します。また、日頃からフレーム問題について御討論いただく、電総研フレーム問題勉強会・人工知能研究グループ AIUEO・認知哲学研究会寺子屋の各メンバーの皆様にご感謝します。

#### ◇ 参 考 文 献 ◇

- (1) McCarthy, J. and Hayes, P. J. : Some philosophical problems from the standpoint of artificial intelligence, *Machine Intelligence*, Vol. 4, pp. 463-502 (1969).
- (2) Sandewall, E. : An approach to the frame problem and its implementation, *Machine Intelligence*, Vol. 7, pp. 195-204 (1972).
- (3) Brown, F. M. (ed.) : The frame problem in artificial intelligence : Proceedings of the 1987 Workshop (1987).
- (4) Shoham, Y. : Reasoning about change : Time and causation from the standpoint of artificial Intelligence, MIT Press (1988).
- (5) Ginsberg, M. L. and Smith, D. E. : Reasoning about action I : a possible worlds approach, *Artif. Intell.*, Vol. 35, pp. 165-195 (1988).
- (6) Ginsberg, M. L. and Smith, D. E. : Reasoning about action II : the qualification problem, *Artif. Intell.*, Vol. 35, pp. 311-342 (1988).
- (7) Shoham, Y. and McDermott, D. : Problems in formal temporal reasoning, *Artif. Intell.*, Vol. 36, pp. 49-61 (1988).
- (8) Shoham, Y. : Chronological ignorance : experiments in nonmonotonic temporal reasoning, *Artif. Intell.*, Vol. 36, pp. 279-331 (1988).
- (9) Fodor, J. A. : The modularity of mind, MIT Press (1983).
- (10) Pylyshyn, Z. W. (ed.) : The robot's dilemma : the frame problem in artificial intelligence, Ablex Publishing Corp. (1987).
- (11) Dennett, D. (信原幸弘訳) : コグニティブ・ホイールー人工知能におけるフレーム問題 ((10) の一部の翻訳), 現代思想, Vol. 15-5, pp. 128-150, 青土社 (1987).
- (12) 黒崎政男 : アンドロイドの行為論序説—フレーム問題の形而上学のために, 現代思想, Vol. 16-1, pp. 106-118, 青土社 (1988. 1).
- (13) 黒崎政男 : 行為と知能, 現代思想, Vol. 16-12, pp. 220-228, 青土社 (1988. 10).
- (14) 松原 仁, 山本和彦 : フレーム問題について, 人工知能学会誌, Vol. 2, No. 3, pp. 266-272 (1987).
- (15) 松原 仁, 山本和彦 : フレーム問題と知識表現, 日本認知科学会 R&I 研究会 SIGR&I 88-1 (1988).
- (16) 松原 仁, 山本和彦 : フレーム問題, 非単調論理, イェール射撃問題の間の関係についての一考察, 人工知能学会誌, Vol. 4, No. 1, pp. 70-76 (1989).
- (17) 松原 仁 : AI 研究者は今日も夢見る, 現代思想, Vol. 17-3, pp. 227-232, 青土社 (1989. 3).
- (18) 橋田浩一 : 機械の知, 吉本隆明(他編)「いま, 吉本隆明 25 時」, pp. 80-105, 弓立社 (1988).
- (19) 平賀 譲 : フレーム問題, AI 事典, UPU, pp. 358-359 (1988).
- (20) 橋田浩一 : AI とは何でないか—情報の部分性について, bit, Vol. 20, No. 8, pp. 896-908, 共立出版 (1988).
- (21) McDermott, D. and Doyle, J. : Non-monotonic Logic I, *Artif. Intell.*, Vol. 13, pp. 41-72 (1980).
- (22) McCarthy, J. : Circumscription : a form of non-monotonic reasoning, *Artif. Intell.*, Vol. 13, pp. 27-39 (1980).
- (23) Reiter, R. : A logic for default reasoning, *Artif. Intell.*, Vol. 13, pp. 81-132 (1980).
- (24) Dreyfus, H. L. : What computers can't do—the limits of artificial intelligence, Harper & Row (1972).
- (25) Hanks, S. and McDermott, D. : Nonmonotonic logic and temporal projection, *Artif. Intell.*, Vol. 33, pp. 379-412 (1987).
- (26) 佐藤 健 : Yale Shooting 問題とその解決へのアプローチ, 人工知能学会誌, Vol. 3, No. 2, pp. 132-138 (1988).

[担当編集委員・査読者：石塚 満]



---

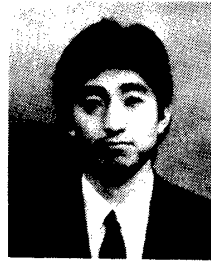
著者紹介

---



松原 仁 (正会員)

1981年東京大学理学部情報科学科卒業。1986年同大学院工学系研究科情報工学専門博士課程修了。工学博士。1986年電子技術総合研究所入所。現在、知能情報部推論研究室所属。専門は人工知能で特に知識表現に興味を持つ。AIUEO, 情報処理学会, 日本ロボット学会, 日本認知科学会各会員。



橋田 浩一

1981年東京大学理学部情報科学科卒業。1986年同大学院理学系研究科博士課程修了。理学博士。同年、電子技術総合研究所入所、パターン情報部推論システム研究室勤務。1988年(財)新世代コンピュータ技術開発機構へ出向。認知言語学の研究に従事。人工知能、絵画、料理などに興味を持つ。AIUEO, 日本認知科学会, 情報処理学会, ソフトウェア科学会, ACL各会員。