

対話型人工知能システムにおける 論理矛盾の検出と矛盾状態の解消手法の提案

上野宏法[†] 高田明典[‡]

尚美学園大学芸術情報学部情報表現学科

1. はじめに

我々はこれまでに、心理学的モデルおよび言語哲学的モデルに基づいた対話型人工知能システム(IDES)の研究を行ってきた。それは、「統合されたシステム」として自然知能の機能を模擬的に実現することを目的としたものである。このシステムは、「意識されない」何らかの現象が脳内に存在するという状況を、第0層から第3層までのシステム内部と、外界として第4層の、全5層からなる階層構造を想定したものになっている。第0層は「下意識(非論理展開)」、第1層は「下意識(論理展開)」、第2層は「前意識」、第3層は「内言」として存在する。

対話型人工知能システムである「IDES」の基本機能は大きく二つに分類することができる。一つは「論理展開モデル」であり、もう一つは「動因展開モデル」である。このうち論理展開モデルの主たる機能は、外界からの入力に応じて外界の現実を反映したより妥当な世界写像を内部に形成することである。対話側人工知能システムがあらかじめ定められた動作目的を達成する上においては、この世界写像が、ある程度確かな外界の写像となっていることが必要となる。しかしながら、外界から入力される情報相互の間には「論理矛盾」が残存している場合があり、この論理矛盾を検出・修正する機能が必要となる。

本研究においては、外界からの入力に応じて構築される内部写像空間における論理的整合性を追求するため、自然文により作成される複数の内部論理形式に、矛盾が存在することを検知するための手法、および検知された矛盾を解決するための手法に関する提案を行う。3)

2. IDESの論理モデルと単純矛盾

対話型人工知能システム IDES における論理モデルでは、『A が「成立している」ならば、B が「成立する」』という if-then 関係のデータに基づく論理探索モデルの使用を基軸としている。

IDES は、

(I) If A then B

(II) If A B C then D

というような if-then 関係のデータを集め、組み合わせることで世界写像を構成していく。文中の A や B などは

それぞれ命題を表す。(I)は、「A が成立するならば、B が成立する」ことを表し、(II)は、「A と B と C が成立するならば、D が成立する」というように、前件部に複数の条件を持つ場合もある。まず、矛盾の検出とその解消が比較的容易に行える、単純矛盾状態においての手法を述べる。

(A) If A then B

(B) If A then $\neg B$

というような場合、(A)と(B)は矛盾を構成しているものである。システムは、同じ条件 A において「B が成立する」場合と「B が成立しない」という矛盾状態が発生する場合に、

[1] いずれか一方が誤っている

[2] いずれか一方の前件部に条件が足りない

という二つの可能性を検討する必要がある。

(Ex1) If today is Monday, Tomorrow is Sunday.

上記の文は、「偽」と判定されるべき文ではあるが、

(Ex2) If today is January 11th, Tomorrow is Sunday.

という文は、“in japan” “in 2004”という前件部が欠けていると考えられる。これが日本での 2004 年 1 月に行われた会話ならば、「暗黙の条件」の存在により(Ex2)は成立すると判断されなければならない。このように[1]は(Ex1)、[2]は(Ex2)に該当する。

上記矛盾状態の発生に際して、[2]の可能性を検討することから処理を開始する。まず、(A)と(B)において、「B」および「 $\neg B$ 」が成り立つ場合の、他の前件部の有無を検索する。これにより他の前件部(仮に C と表す)が発見された場合仮に、
(C) if A C then B($\neg B$)
とする。

if-then 形式のデータには、過去にそれが何回成立したかが記録されており、それを「成立値」と呼ぶ。前件部「C」の「成立」を検索するためには、「成立値」の値によりその判断を行う。「成立値」は、過去から現在までに、何回その条件が成立したかをカウントするものである。また、「不成立」であった場合はカウントを-1 とする。そのどちらでもない場合は処理を行わない。これにより(A)(B)(C)のどれが成立するかを決定する。

他の前件部が存在しない場合、および検出された前件部により解決できない場合、「新たな条件文の入力」を必要とする。また「新たな条件文の入力」を対話者に促すことを「質問」と呼ぶ。対話者への「質問」が何らかの理由により成立しない場合、外部のネットワークを利用した情報検索を行う。

3. 組み合わせ矛盾の検出

次に「組み合わせ矛盾」に関しての手法を説明する。「組み合わせ矛盾」とは、単純矛盾が組み合わせられた複

A Proposal of the Detection and Solution Technique of an Inconsistency State for Interactive Artificial Intelligence System.

[†] UENO Hironori

[‡] TAKADA Akinori

Shobi University
Faculty of Informatics for Arts
Department of Digital Expression

雑な矛盾のことである。

(C) if A then $\neg D$
 (D) if A then B then C then D
 (D-1) if A then B
 (D-2) if B then C
 (D-3) if C then D

というような場合のように、if-then 関係を組み合わせることにより出てくる矛盾の場合も考慮しなければならない。たとえば、

A: it is a Beagle
 B: it is a dog
 C: it is a mammal
 D: it is a man

このような場合には、矛盾を発生させている要素が、D-1 ~ D-3 のいずれであるのかも検出しなければならない。

上述のように、複数の if-then 関係における矛盾の検出方法として、複数の if-then 関係を、段階をおって単純形式へと変換し、そこから矛盾のもととなっている前件部を検出する手法をとる。C が成立する場合、成立しない場合の場合の真理値を図 1 に示す。

成立する場合	成立しない場合
C T T T T T T	C F F F F F F F
D-1 F T T F F T F	D-1 F T T F F T F T
D-2 T F T F T F F	D-2 T F T F T F F T
D-3 T T F T F F F	D-3 T T F T F F F T

図 1 真理値表

以下はその方法である。まず、

(C) if A then $\neg D$
 (D) if A then B then C then D
 の二つのデータが存在することを前提とする。文(D)より、
 (D-1) if A then B
 (D-2) if B then C
 (D-3) if C then D
 が成立する。

if A B C D then
 A - - - -
 B 1 - - -
 C 1 1 - -
 D ? 1 1 -

if-then 関係が作成されるたびに、それぞれの真偽値データを、既に登録されているデータから参照し、そこから新しい真偽値データを登録する。また、文(D-3)より、(D-4) if A then D が成立するというデータを構築する。文(C)と文(D-4)は単純形式の矛盾であるが、ここで、文(D-1)(D-2)(D-3)に矛盾のもととなる要因があると考えられる。

4. 組み合わせ矛盾の解消

前節で、文(D)から単純形式へ変換された文(D-1)(D-

2)(D-3)(D-4)と文(C)をもとに、矛盾の解消方法を決定する。(C)(D-1)(D-2)(D-3)における「成立値」の度合いが高い場合、文(C)は成立するが、文(D)も
 (E) if A B C then D

という形で成立するといったデータが新たに作成される。

以上の手法で矛盾が解決されない場合に、どのデータが「確からしい」かを決定する手法は、以下(図 2)を参考に説明する。

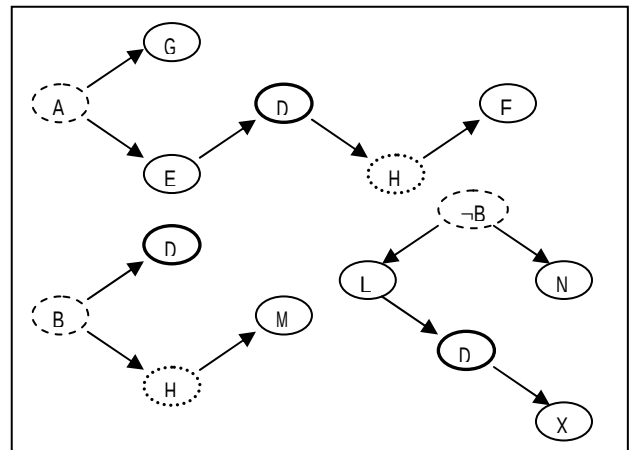


図 2 前件部の展開により出現する後件部

上記の図で、仮に[A][B][$\neg B$]という前件部、後件部の要素があった場合、それらによって成立する後件部を列挙する。図ではその結果、ある時点での[A]と[B]では[D][H]という二つの要素が、[A]と[C]では[D]という一つの要素が合致する。合致する数が最も多いものを「より確からしい」と判断するため、「A が成立するならば B が成立する」という判断を行う。この処理は「A が成立すると仮定した場合において」、その世界における論理的帰結の集合と、「B が成立する世界」もしくは「 $\neg B$ が成立する世界」のそれぞれの論理的帰結の集合との間での「重なり」をカウントし、「重なりが多いほうが、より確からしい」と仮定する手法である。

5. おわりに

本研究では、対話型人工知能シミュレーター(IDES)の基本機能の一つである「論理展開モデル」において生じる論理矛盾の検出、およびそれを解消するためのアルゴリズムの提案を行った。今後は、IDES に組み込み長時間稼働させることで、設計の変更・調整と改良を重ねる必要があると考えられる。

参考文献

- 1) A. Barr, E.A. Feigenbaum(編), 田中幸吉, 淵一博(監訳): 人工知能ハンドブック第 1 巻, 共立出版(1983).
- 2) Stuart Russel, Peter Norvig, 古川康一(監訳): エージェントアプローチ人工知能, 共立出版(1997).
- 3) Marvin Minsky, 安西裕一郎(訳): 心の社会, 産業図書(1990).
- 4) 戸田山和久: 論理学をつくる, 名古屋大学出版界(2000).
- 5) Wesley C. Salmon, 山下正男(訳): 論理学, 培風館(1975)