

認識プロセスの相関論理モデルにおける 認識的縮約操作について

5AH-2

道添 亮幸 程 京徳

九州大学大学院 システム情報科学研究科 情報工学専攻

1. はじめに

科学的発見は、まだ認識されていない経験的または論理的帰結関係に関する知識を得たり、その存在を確かめる認識プロセスが必然的に伴う。相関論理は帰結関係を取り扱う論理体系であるので、科学的発見における認識プロセスの相関論理モデルが提案されている [1, 2]。本論文では、このモデルの認識的縮約の操作についての性質について述べる。

2. 相関論理モデル

相関論理モデルにおいて、行為者の信念の状態は、論理式の集合の演繹閉包（前提の集合 P の、相関論理体系 Ec に基づく形式的理論 $T_{Ec}(P)$ ）によってではなく、論理式の集合（前提の集合 P ）によって表現される。また、相関論理モデルは閉世界仮説をとらない。

$F(Ec)$ を Ec のすべての論理式の集合、そして $P(F(Ec))$ を $F(Ec)$ のべき集合であるとする。行為者の認識的操作は、行為者の信念を表現する論理式の集合と、行為者が受け入れるかあるいは排除しようとする事実や仮説を表現する論理式をとり、認識的操作の結果、修正が行われた行為者の信念を表現する論理式の集合をかえす写像 $f: P(F(Ec)) \times F(Ec) \rightarrow P(F(Ec))$ として定義される。また、信念の認識的演繹、信念の認識的拡張、信念の認識的縮約を基本的な認識的操作とする。ただし、これらの操作は、以下のように定義される（図1参照）。

$K \subseteq F(Ec)$ は信念集合と呼ばれ、行為者の信念を表現する論理式の集合である。

●任意の論理式 $A \in T_{Ec}(K) - K$ （ただし $T_{Ec}(K) \neq K$ ）について、 A の K からの認識的演繹は、 K^{d+A} と表記され、 $K^{d+A} =_{df} K \cup \{A\}$ として定義される。

●任意の論理式 $A \notin T_{Ec}(K)$ について、 A による K の認識的拡張は、 K^{e+A} と表記され、 $K^{e+A} =_{df} K \cup \{A\}$ として定義される。

●任意の論理式 $A \in K$ について、 A による K の認識的縮約は、 K^{-A} と表記され、 $K^{-A} =_{df} K - \{A\}$ として定義される。

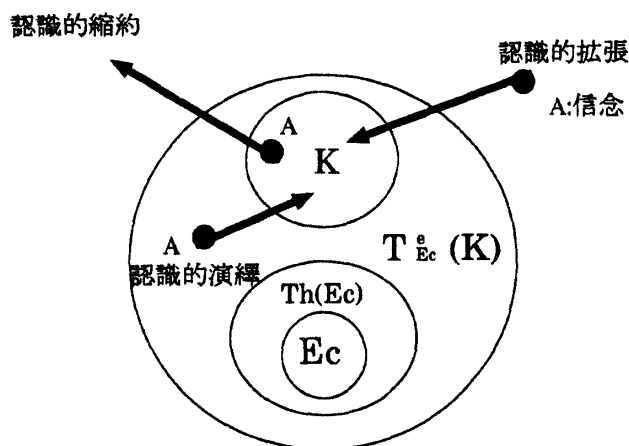


図1. 相関論理モデルの操作

以上の基本的な認識的操作の定義に基づき、行為者の認識プロセスは次のような系列として表現される。

$K_0, o_1, K_1, o_2, K_2, o_3, K_3, \dots, o_i, K_i, \dots, o_n, K_n$ ただし、 $K_i \in F(Ec) (0 \leq i \leq n)$ はその時の行為者の信念を表現する論理式の集合であり、認識プロセスにおける認識状態と呼ばれる。また、 $o_{i+1} (0 \leq i < n)$ は三種類の基本的な認識的操作のいずれかであり、 K_{i+1} は認識的操作 o_{i+1} を K_i に対して行なった結果である。特に、 K_0 は認識プロセスの初期認識状態、 K_n は認識プロセスの終了認識状態と呼ばれる。

3. 認識的縮約の操作について

論理式は、信念集合 K に含まれるか、 K には含まれず $T_{Ec}(K)$ に含まれるか、そのいずれにも含まれないかの3つの状況が考えられる。ここで、認識的操作において信念の遷移の状況が明確なのは、認識的拡張、認識的演繹の二つのみである。つまり、認識的縮約における操作では、信念は信念集合 K から $T_{Ec}(K)$ に移るのか、 $T_{Ec}(K)$ に含まれない状況に移るのかが明確ではないが、ほかの二つの操作については明確である。

この相関論理モデルにおける認識的縮約については、以下のような性質が定義されている [2]。

- (C1) $K^{-A} \subset K$
- (C2) $T_{Ec}(K^{-A}) = T_{Ec}(K)$ iff $A \in T_{Ec}(K^{-A})$
- (C3) $T_{Ec}(K^{-A}) \subset T_{Ec}(K)$ iff $A \notin T_{Ec}(K^{-A})$
- (C4) $K^{-A} = K^{-B}$ iff $A = B$

On Epistemic Contranction in the Relevant Logic Model of Epistemic Process
Katsuyuki MICHIZOE and Jingde CHENG
Department of Computer Science and Comm. Eng.
Kyushu University

(C5) $T_{Ec}(K^{-A}) = T_{Ec}(K^{-B})$

iff $B \notin T_{Ec}(K^{-A})$ and $A \notin T_{Ec}(K^{-B})$

(C6) $T_{Ec}(K^{-A}) \supset T_{Ec}(K^{-B})$

iff $B \in T_{Ec}(K^{-A})$ and $A \notin T_{Ec}(K^{-B})$

(C7) $K_1^{-A} = K_2^{-A}$ *iff* $K_1 = K_2$

(C8) $K_1^{-A} \subset K_2^{-A}$ *iff* $K_1 \subset K_2$

(C9) $T_{Ec}(K_1^{-A}) = T_{Ec}(K_2^{-A})$ *iff* $T_{Ec}(K_1) = T_{Ec}(K_2)$

(C10) $T_{Ec}(K_1^{-A}) \subset T_{Ec}(K_2^{-A})$ *iff* $T_{Ec}(K_1) \subset T_{Ec}(K_2)$

まず、仮に信念集合 K から信念 A が排除されたとするとき、信念 A が移る先は次の二通りが考えられる。

(1) K^{-A} のとき、 $A \in T_{Ec}(K^{-A})$

(2) K^{-A} のとき、 $A \notin T_{Ec}(K^{-A})$

このことを考慮して、先の認識的縮約の性質をみると、(C5),(C6)について修正を加える必要がある。(C5)が成り立つのは、(C5)の条件における K^{-A}, K^{-B} のそれぞれの認識的縮約の操作において、信念 A が $T_{Ec}(K^{-A})$ に含まれずかつ、信念 B が $T_{Ec}(K^{-B})$ に含まれない操作が行われた場合においてのみである。また (C6) は、(C6)の条件における K^{-A}, K^{-B} のそれぞれの認識的縮約の操作において、 $T_{Ec}(K^{-A})$ に信念 A が含まれずかつ、 $T_{Ec}(K^{-B})$ に信念 B が含まれる場合以外のときのみ成り立つ。

また、これと同様のことが (C9),(C10) についても言える。(C9)を満たすのは、 $A \in T_{Ec}(K_1^{-A})$ and $A \in T_{Ec}(K_2^{-A})$ であるか、 $A \notin T_{Ec}(K_1^{-A})$ and $A \notin T_{Ec}(K_2^{-A})$ であるときのみである。また、(C10)を満たすのは、 $A \in T_{Ec}(K_1^{-A})$ and $A \notin T_{Ec}(K_2^{-A})$ 以外のときとなる。これらの条件を満たすときのみ、(C9),(C10)は成立する。このように、上記に示した条件を満たす時に、(C5),(C6),(C9),(C10)は正確にその性質を成り立たせることが出来る。このように、相関論理モデルにおける認識的縮約の操作について考えるときは、取り除かれる信念 A が、 $T_{Ec}(K^{-A})$ に含まれるか含まれないかを考慮した上で性質を考える必要がある。

4. 認識的縮約に関連する一連の操作

相関論理モデルにおいて、認識的縮約により信念集合 K から排除される論理式は、 $T_{Ec}^c(K)$ へと移るか、 $T_{Ec}(K)$ の外へと移る。このとき、排除された論理式と関係を持つ論理式も続いて取り除きたいことがある。つまり、排除された論理式を推論規則の前提に持って得られた論理式や、排除された論理式を導いた推論規則の前提である論理式も、排除した論理式と関連して除きたい場合がある。相関論理モデルにおける操作では、一度の操作でこれを行なうことはできない。そこで、この操作を行なうには一連の操作が必要となる。以下にその操作について述べる。

信念集合に含まれる信念は、認識的演繹か認識的拡張によって加えられたものであり、それ以外の方法で加わ

ることはない。そこで、信念 A が、認識的演繹によって得られたものであれば A^d と、認識的拡張によって得られたものであれば A^e と信念を表すとする。

認識的演繹の操作 o_j において前提である $A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_n$ から A^d を得たとする。このとき、認識的縮約が行なわれた場合に、一連の操作は次のように行なわれる。

• $K_j \xrightarrow{o_j} K_{j+1} (= K_j^{-A^d})$ となる操作が行なわれた時、

$K_m \xrightarrow{o_{m+1}} K_{m+1} (= K_m^{-A^d})$ ($j+1 \leq m$)

となる操作を行なう。

($A_i: A^d$ を導くために必要な前提である信念。)

• $K_j \xrightarrow{o_j} K_{j+1} (= K_j^{-A^e})$ となる操作が行なわれた時、

$K_m \xrightarrow{o_{m+1}} K_{m+1} (= K_m^{-A^e})$ ($j+1 \leq m$)

となる操作を行なう。

($A^d: A_i$ によって得られた信念。)

上記の場合でなされる一連の操作は、その操作の中の認識的縮約についても、ここで定めた状況にあれば再びそれに対して一連の操作を行なう。つまり、この操作が終了するのは認識的縮約によって取り除かれる信念が、取り除かれる段階で信念集合に含まれる他の信念との認識的演繹による関係をもたずに独立していることである。そしてこれ以外では、前の操作に関連しておこる操作は続けて行なうことが出来る。ただし、この操作は、行為者が行ないたい時になされるのであって必須の操作ではない。

5. おわりに

ここでは、認識的縮約の操作の定義されている性質における必要な修正について述べた。また、認識的縮約における一連の操作について述べた。今後の課題としては、相関論理モデル以外の他のモデルについて比較を行なう。そして、相関論理モデルにおける認識状態の変化についての性質やその変化の操作の相違を調べることで相関論理モデルにおいて新たに付け加える点がないかを調べる必要がある。

参考文献

- [1] J.Cheng, "The Fundamental Role of Entailment in Knowledge Representation and Reasoning," Journal of Computing and Information, Vol.2, No.1, Special Issue: Proc. 8th International Conference on Computing and Information, pp.853-873, 1996.
- [2] J.Cheng, "Epistemic Programming - Toward a New Programming Paradigm for Scientific Discovery," Proc. 1996 IEEE Annual International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, pp.2400-2406, 1996.