

類推の正当化問題に関する論理的分析と一弱正当化法

有馬 淳

I C O T

概要: 2つの事柄がある共通の性質 (S : 類似性) を有している時、一方の持つ性質 (P : 投射性) を他方も持つと推定する類推について考察する。“ある類似性に対してどのような性質が投射されうるか(投射されるべきか)”の問いは長い間、類推研究の本質的な問いであり続けている。本稿はこの問題に直接関係した正当化問題と呼ばれる問題をもとに、類推過程の論理的な分析を行ない、その結果から S と P が満たすべき例証的基準と呼ぶ条件を提案する。

A Logical Analysis of the Justification Problem and a Weak Justification Criterion

Jun ARIMA

I C O T

Abstract: An analogy might be explained as follows: When two objects share a property P , called *similarity*, it is conjectured that one satisfies another property Q , called a *projected property*, which the other satisfies. A question, “What property is to be projected w.r.t. a certain similarity?”, continues to be a central interest to researchers studying analogy. Revisiting the *justification problem* which is directly related to the question, this paper tries to analyze a logical process of analogy and proposes a novel condition, called the *illustrative criterion*, which should be satisfied by P and S .

1 はじめに - 類推の正当化問題

我々はある類推を説明する時、こう言うかも知れない。

‘ B と T はともに S という性質を持っているので似ている。一方、 B は P という性質を満たすから T も P という性質を満たすと推測(類推)できる。’

あるいはこれを少し形式的に次の推論スキーマを使って表すかもしれない。

$$\frac{S(B) \wedge P(B)}{S(T)} \quad (1)$$
$$P(T)$$

(これは、‘ $S(B) \wedge P(B)$ と $S(T)$ が成り立つ時、 $P(T)$ と推論する’ と読める。) ここで T は“ターゲット(target)”、 B は“ベース(base) (またはソース(source))”と呼ばれる個体(事物や状況等を表す)で、 S は“類似性(similarity)”、 P は“投射性(projected property)”と呼ぶ述語(性質、関係などを表す)である。

しかしながら、上述のものはいづれも類推の説明としては不十分である。上記のスキーマの前提部には現れていないが、類推の推論プロセスに大きな影響を与えている暗黙的な条件が存在する。T.R.Davies ら [3] はこの暗黙的な条件の解明を 正当化問題(the justification problem) と称し、上記のスキーマにはないが類推プロセスに関わる暗黙的な条件が存在することを直感的に示すいい例を与えている。ここでは別の例を与えてこの問題を考えることにする。

[例]: Brutus は傷ついたり火傷したりすると痛みを感じる。Tacitus は傷つくと痛みを感じる。よって、Tacitus は火傷すると。。。¹

Brutus と Tacitus は傷つくと痛みを感じるという点で似ている。しかしだからといって我々は、例えば Brutus が力が強いとしても Tacitus も力が強いとは推測しないだろう。しかしながら、Brutus が火傷すると痛みを感じるという事実からは Tacitus もそうであろうと推測するのはありそうなことである。この要点は、上記スキーマの適用に関して前者の性質(力が強い性質)と後者の性質(傷つくと痛みを感じる性質)の間にどんな差異もないのに関わらず、我々は前者の結論より後者の結論を好むし、後者の結論の方がもっともらしく思うという事実である。この事実は明らかに上記のスキーマだけでは類推を表すのに不十分であり、類似性と投射性との関係に関する何らかの条件がスキーマの前提部に欠落していることを示している。このような類推をもっともらしくしている隠れた条件を明らかにすることは非常に重要である。というのは上記スキーマの無制限で表面的な適用は役に立たない無意味な結論を生み出すからである。

この類似性と投射性に関する暗黙的な条件の存在については、T.R.Davies らの指摘を待つまでもなく、類推の研究者たちは早くから気づいており、“ある類似性に対してどのような性質が投射されるか”の問題は長く類推研究の本質的な問であり続けてきた。しかし、実際には類推に関する多くの仕事が投射される性質と無関係に類似性を定義していたり、関係を明らかにしないまま与えられるものと仮定してきた [14, 4, 6, 7]。

¹この例はあるSF小説をもとに作っている [8]。Brutus、Tacitus それぞれの名前の頭文字はどちらがベース(Base)でどちらがターゲット(Target)であったか思い出すのに役立つだろう。

例えば、Winston のプログラムではフレーム内の対応する属性値が等しい属性の個数に依存した類似度を採用している。それは投射性とは無関係に先見的に類似性を決められることを意味する。これでは投射性が決められた時点で類似性が決まる類推の側面を捕らえることができない。例えば、足場になるという観点から言えば、石や本でさえ類似する。² T.R.Davies ら [3] は同様の動機の研究を記している。しかし残念ながら彼らの解は必ずしも満足できない。というのは彼らの解法に従って、彼らの示した条件を加えると類推はまさに演えきになる。これは我々の直感に反する。そこで類推を非演えきのままにする暗黙的条件を調べることにした。

2 正当化問題の分析

正当化問題は類似性と投射性の関連を明らかにする問題と捕らえられる。先のスキーマのままでは類似性と投射性の間にどんな関係も論じることができないので、類似性、投射性が何らかの原因の結果として生じている場合も考えられるよう、その背景となる知識も共に考えてみよう。すなわち、ベース B が類似性 S 、投射性 P を満足するのはベースが持つ何らかの性質と何らかの法則 (規則) により生じた結果であるかもしれない。この方向からもう一度類推プロセスを捕らえ直してみる。

知識 A は次の 3 つのクラスに分離できるものとしよう: 領域知識 D は以下の B 、 T が現れない一階述語論理式、 F_B はベース B に関する知識 (一階述語論理式)、 F_T はターゲット T に関する知識 (一階述語論理式)。ここで F_B には T 、 F_T には B が現れないとする。但し、以下では任意の論理式は 非冗長な節集合 で表現されていると仮定する (すなわち、意味を変えずにどのリテラルも削除することはできない)。

すると一般的に先に見た類推は以下のように表すことができるだろう。

$$D, F_B \vdash S(B) \wedge P(B), \quad (2)$$

$$D, F_T \vdash S(T), \quad (3)$$

最初の文はベースが領域知識とベースに関する知識から類似性、投射性を持つことが論理的な帰結として得られることを表し、2 番目の文はターゲットが領域知識とターゲットに関する知識から類似性を持つことが論理的帰結となることを表している。さらに、類推が演えきのでない条件として以下のものを加えることもできる。

$$D, F_T \not\vdash P(T). \quad (4)$$

よって、ターゲットが投射性を持つことがいえるためには前提部に何らかの知識が必要である。これを F_A と表すことにする。すなわち、

$$D, F_T, F_A \vdash P(T). \quad (5)$$

² 例えば以下のような状況を考えてみよう: 石は足場にしたことがあるとして、本が足場になるかは試したことも考えたこともなく知らなかったとしよう。ある部屋の中には石はないが本なら山とある。さて高所のもので取りたい時に、前の経験 (プラン) をいかせるだろうか? “足場になる” 性質を投射性とした時、“安定している”、“高密である” 等の性質が例えば類似性となるだろう。このように投射性と無関係には類似性は決められない。

類推はベースの性質をターゲットに投射することによりなされるから、この F_A はベースが満たす知識の一部をターゲットに写したものにほかならない。よって、ある $f_B \subseteq F_B$ に関して F_A は以下のように表せる。

$$F_A = f_B(T) \quad (= f_B \circ \{B/T\}) \quad (6)$$

次にいよいよ S と P の関係について考えよう。そのために両者を満足しているベースに関してさらに詳細に見る。

ベースに関する知識の中には S や P の導出には関わりをもたない知識が一般には存在している。 S や P の導出に関わるものだけを取り出すために以下のメタな関係を定義する。

[定義]: Γ 、 A は非冗長な節集合。 α は A の部分集合とする。この時、論理式 β が Γ, α から導かれ ($\Gamma, \alpha \vdash \beta$)、かつ、 α が A の極小の部分集合である時、 Γ のもとで A 中の α は β を説明する (*explains*) と言い、それを $\alpha \vdash_{\text{exp}}^{\Gamma} \beta$ s.t. $\alpha \subseteq A$ で表す。

この関係を使うと (2) 式は以下のように表すことができる。

$$f_B^S \vdash_{\text{exp}}^D S(B) \quad \text{s.t.} \quad f_B^S \subseteq F_B \quad (7)$$

$$f_B^P \vdash_{\text{exp}}^D P(B) \quad \text{s.t.} \quad f_B^P \subseteq F_B \quad (8)$$

さて、 S と P の関係は f_B^S と f_B^P の関係に縮約された。もし、 S と P の間に論理的なつながりがあるとすると、 $f_B^P \cap f_B^S \neq \phi$ であり、かつ、

$$\text{a) } f_B^P \subseteq f_B^S \quad (9)$$

$$\text{b) } f_B^S \subseteq f_B^P \quad (10)$$

$$\text{c) } \text{それ以外} \quad (11)$$

の3つの場合があるが、ターゲットが S という性質を持つという情報だけから、 P が満たされることを推測することを考えると、最も正当な条件は a) になることが以下の議論によりわかる。ターゲットは S という性質を満たす。このことはターゲットが f_B^S (正確にはこれはベースに関する知識なので、性質を表すには T を抽象化して、 $\lambda x. f_B^S(x)$) という性質を持っていると仮定すれば説明できる。よって、 f_B^S をターゲットが満たすかもしれないと考えることができる。この推論は結果から原因を推定するアブダクティブ (abductive) なものになっている。さて、b)、c) の場合はすべてターゲットが P を満たすことを導くのに新たな何らかの仮説が必要になることを意味している。しかもそれらはターゲットが満たすどんな保証もない根拠がない仮説である。従って、類推結果が最も正当なものになる条件は a) になる。このことはまた、類推プロセスで投射するのは本質的には f_B^S であることを意味している。すなわち、(6) 式は次のように変更される。

$$F_A = f_B^S(T) \quad (12)$$

結局、以上の考察から得られる類推が満たすべき条件をまとめると以下のようになる。

[定義]: T, B は個体定数。 S, P は述語。 A は非冗長な節集合で、 T, B が現れない D, T は現れるが B は現れない F_T および、 B は現れるが T は現れない F_B の3つの部分集合にわけられるとし ($A = D \cup F_T \cup F_B$)、また f_B^S は F_B の部分集合とする時、
6項組 $\langle T, B, S, P, A, f_B^S \rangle$ が 例証的基準 (the illustrative criterion) を満たすとは以下の3条件が満たされることが十分である。

i) 説明可能性 (explicability):

$$f_B^S \vdash_{exp}^D S(B),$$

ii) 因果的含意性 (causal implicability):

$$f_B^P \vdash_{exp}^D P(B), \quad \text{かつ} \quad \phi \neq f_B^P \subseteq f_B^S$$

iii) 無矛盾性 (consistency):

$$f_B^S(T) \cup A \text{ は無矛盾、}$$

ここで $f_B^S(T)$ は f_B^S における B の現れをすべて T に置き換えたものである。

例証的基準が満たされると明らかに次の命題が成立する。

[命題]:

$$f_B^S(T), A \vdash P(T)$$

すなわち、 $A \not\vdash P(T)$ であっても、 f_B^S の T への転写により $P(T)$ を導けることを表している。

6項組 $\langle T, B, S, P, A, f_B^S \rangle$ が例証的基準を満たす時、 f_B^S を 例証的因果仮説 と呼び、 $P(T)$ は 例証的に正当化される という。また、ある類推において、 T, B, S, P, A に関し例証的基準を満たす f_B^S が存在する時、その類推は 例証的である (illustrative) ということにする。

3 例証的基準を満たす類推の直感的意味について

他人の心の存在に関する古い哲学的問題を取りあげよう。私は自分の経験から心を持っていると知っている。しかし、私はどうして他人も心を持っていると推察するのだろうか？ 明らかにその推論のよりどころは他人に関する観測から得る間接的な情報だけであるのに、我々は適当な結論にたどり着くことができるかのように見える。これをもう少しよくある状況でみて、どうしてまたいかに我々が適当な結論にたどりつくかを考えてみよう。

我々が他人に関して何か推論する時には、自分の身を相手の身に置き換え考えることによって、相手の持つ未知の性質、現在の状態、心の動き、過去や将来の行動などさまざまなことを推察できることがある。こういった推論は次の4つのステップでとらえることができる。1) 未知の領域での現象を既知領域での現象としてとらえ、2) その現象を説明したり理解したりするために必要な隠れた性質、原因等を取りだし、3) その隠れた性質などをもとの未知領域に転写し、4) 転写された性質をもとにさまざまなもつもらしい結論を導き

出す。従って、こういった推論は類推の一つの型と考えられる。すなわち、ターゲットは他人であり、ベースは自分自身、類似性は同じ現象を起こしうるという性質（現象を説明できるだけの性質を持つ）であり、投射性は本質的にはその現象を説明する際に前提として必要となる陽には現れなかった性質であり、結果として投射された性質とターゲットに関する既知の事実からさまざまな推測を行なうことができるのである。

こういったタイプの推論は人間の推論ではめずらしくない。我々は他人を理解しようとした時、しばしばまさにそういった推論を行なうことがある。感情移入といったものや、同情などもこのタイプに属するだろう。また、シミュレーションによる実験等も技術分野におけるこのタイプとして考えることができる。また、認知科学における原因推定に関する多くの論文の中にこの種の推論を見つけることができる [9, 13]。この推論がいかにもありふれたものかを一つの非常にありふれた状況例で示そう。ある晩、私は都心の裏道を急いで歩いていた。その時、目の前の見知らぬ誰かをちょうどある岐路で追い越すことになった。衝突せずに追い越すためには彼がどの道をとるか予測せねばならない。彼はサラリーマンのようで、鞆を持っていた。そこからすぐに私は彼が駅へ向かう道をとると予測することができ、はたしてそれは正しかった。なぜ私は見知らぬ彼の行く道をとったそれだけの情報から予測することができたのだろうか？ その時の推論のやり方はおおよそ次のようであったと思う。彼に関する知識を得ると自分を彼の立場におき、彼の身になってシミュレートすることによって、彼がとっている行動を説明しようとして原因を探った。その結果、‘私は帰る時まさにそうする’ということがわかったのである。そして、そこから彼も家路を目指しているのだろうと推測したのである。この推測と一般的な知識（例えば、‘都心のサラリーマンは家へ帰る時、通常電車を使う’等）から私は正しく彼のとる道を推測することができたのである。この過程の要点は彼に関する少ない知識を自分に関するものとして置き換え、膨大な自分に関する知識のもとで説明することで少ない知識を補い、合理的な原因を見つけることができた点である。この例が先の例証的基準にいかにもマッチするかを明らかにしてみよう。

- 1) 彼 (T) に関する知識 ($S(T)$) を自分 (B) に関する知識とする ($S(B)$)。2) それを自分に関する知識のもとで説明し ($f_B^S \vdash_{exp}^D S(B)$)、理由、‘家へ帰る’ (f_B^S) を取り出す。3) 彼も家路を目指しているのだろうと推測 ($f_B^S(T)$) する。（ただし、 $f_B^S(T)$ としても無矛盾である場合に限られるだろう。）4) その推論と一般的な知識 (D) から彼のとる道を推測する ($f_B^P(T) \vdash_{exp}^D P(T)$) ただし、ここでは $f_B^P(T) = f_B^S(T)$ 。

例証的基準は類推に対し以下の望ましい性質を与える。

i) 選択性 (selectiveness):

例えば上記の都心のサラリーマンの例において、私に関する性質のうち、例えば私の名等はは投射されない。なぜなら、彼が夜に鞆を持って歩いている説明にこの性質が関与しないからである。

ii) 有根拠 (groundedness):

さらに興味深いことに、例証的基準を満たす類推では現れた現象の原因を転写することが本質であるから、もし、この投射した原因が矛盾していることがわかると、根拠を失い（無矛盾性に抵触するためこの原因は投射されない）、かつて投射できた性質がたとえそれそのものが矛盾を引き起こさなくても導かれなくなる。例えばこれは先の例において、彼が酔いどれ声で‘俺は今夜は帰らないぞ！’と叫んだ状況に対応し、この状況では私は彼の進む道を推測することができなくなっただろう。

4 例証的基準を満たす類推の手続き

この節では例証的基準を満たす類推の手続きを最初の例を使って簡単に示す。最初に簡単のためにターゲット T 、ベース B 、類似性 S 、投射性 P があらかじめ与えられる場合を想定する。そうでない場合に関しては後で述べる。

[例 (続き)]: 事実部分は以下のように書くとする。

$$Suffers(Brutus, Cut) \supset Feels(Brutus, Pain)$$

$$\wedge Suffers(Brutus, Burn) \supset Feels(Brutus, Pain)$$

$$\wedge Suffers(Tacitus, Cut) \supset Feels(Tacitus, Pain)$$

この場合、類似性 S は $\lambda x(Suffers(x, Cut) \supset Feels(x, Pain))$ (‘傷つくと痛みを感じる’ という性質) であり、 P は $\lambda x(Suffers(x, Burn) \supset Feels(x, Pain))$ (‘火傷すると痛みを感じる’ という性質) になる。さらに、 $S(Brutus)$ が説明できるだけの領域知識 D が必要である。ここでは、 D として以下の知識を含むとしよう。

$$\forall x, i.(Animal(x) \wedge Suffers(x, i) \wedge Destructive(i) \supset Feels(x, Pain))$$

$$Destructive(Cut) \wedge Destructive(Burn)$$

すると、例証的基準を満たす類推手続きとして次のものが例えば考えられる。

i) 説明ステップ (explicability):

領域知識 D とベースに関する知識 F_B から、ベースがいかにある類似性 (S) を持つかの説明をする ($f_B^S \vdash_{exp}^D S(B)$ 、ただし、 $f_B^S \subseteq F_B$)。

$$f_B^S: \quad Animal(Brutus)$$

$$S(B): \quad Suffers(Brutus, Cut) \supset Feels(Brutus, Pain)$$

ii) 関連性チェックステップ (causal implicability):

領域知識 D と説明ステップで引き出された (例証的因果) 仮説、 f_B^S から、ベースが投射性 P をいかに満足するかを説明しようとする ($f_B^P \vdash_{exp}^D P(B)$ 、かつ $f_B^P \subseteq f_B^S$)。もしそれに失敗すれば、説明ステップに戻り、別の f_B^S を探す (すなわち、別の説明を求める)。

$$f_B^P: \quad Animal(Brutus)$$

$$P(B): \quad Suffers(Brutus, Burn) \supset Feels(Brutus, Pain)$$

iii) 無矛盾性チェックステップ (consistency):

上記の説明で使われた仮説 f_B^S をターゲットに投射し (すなわち、 $f_B^S(T)$)、もともとの知識に矛盾しないこと ($f_B^S(T) \cup A$ は無矛盾) をチェックする。もしそれに失敗すれば説明ステップに戻り、別の f_B^S を探す。それ以外の場合は $f_B^S(T)$ を出力し、投射性 $P(T)$ は例証的に正当化される。

$f_B^S(T)$: *Animal(Tacitus)*

上記の手続きでは T, B, S, P, A が与えられることが想定されたが、この条件はもっと緩めることが可能である。例えばより一般的に、全体の知識 A のもとで、 $P(T)$ が類推できるか否かを考えよう。この場合、ベース B に何をとってくるか、 T (および B) が満足する性質のうち、どの性質を類似性 S とするかが問題になる。これは B と S の組を数え挙げてゆくことにより例証的基準を満たす f_B^S が存在するような組を発見することができる。ベースを決めた上で類似性を探すか類似性を決めてベースを探すかは例証的基準を満たす組を発見する効率に大きく影響するが、一般にその問題領域に依存することである。同じことは上記の手続きにもいえる。説明ステップ、関連性ステップ、無矛盾性チェックステップの順序は基本的に変える。要点は例証的基準を満たす組を見つけることであり、その手続きは一般に半可解であるが、少なくとも多くの研究で手つかずであったベースの選択に対し手続きが与えられることである。

5 考察

- 例証的な類推はまた 非冗長性問題(*the non-redundancy problem*)[3] に関して一つの解答になっている。その問題というのは、ある類推の枠組ではベースが類推結果についてのなんらかの新しい情報を付与するという事実を説明できないというものであった。例証的類推の結果得られた非演繹的な結果はすべて、ベースの情報 f_B^S がターゲットに転写されることにより生まれる。つまり、ベースに関する情報が確かに使われている。
- ここで得られた基準はある特定のシステムに依存しない論理的アプローチであるという点で一般的である。実際、これまで行なわれてきた多くの類推研究と、ただ得られる解がより選択的になるのに役立つだけで、なんら矛盾しないように思える。しかしながら、T.R.Davies *et al.* が [3] で扱ったタイプの類推 (*functional analogy* [2] に属する) は例証的でないとしてしまう。この好ましいタイプの推論を包含した一般的な条件を見つける試みは次の論文で報告する予定である。
- 例証的類推はアブダクションと強い関係がある。先の章で述べたとおり、例証的基準を満たす手続きはいろいろ考える。もしベースでなくターゲットがある性質 (類似性の候補) を満たすことの説明から例証的因果仮説の候補を取り出すとように変更すれば、アブダクションにおいて現象を説明するための極小の仮説を与えられた仮説集合から取り出す操作と非常に似ることになる。ただし、例証的類推では仮説集合を陽に与える必要はない。仮説はある類似した (例証的基準を満たす) ベースから取り出される (生み出される) ことになる。
- 例証的類推は発明のメカニズムとも関連しているかも知れない。(使える?) 液晶ディスプレイの発明にまつわるエピソード³を考えてみよう。液晶ディスプレイは当初非常に暗く読みにくいものであった。これを改良しようと夕暮れの海岸で考えていた某氏は、あたりに比べ海面が異常に明るいのがつき、反射面をギザギザ (*notched*) にすればよいことに気がついたそうである。これを例証的類推の立場から次のように捕らえることができる。まず、液晶ディスプレイ B は反射型 (自分では光らない) であり、かつ、明るい ($Bright(T) \wedge Reflex(T)$): ここで T は発明しようとしている液晶ディスプレイを表

³このエピソードは原口誠氏より紹介いただいた。ここで感謝致します。

しているとする)を事実(F_T)とし、類似性の候補($S(T)$)とする。反射型で明るい海面(B で表す)を発見する。これは $Bright(B) \wedge Reflex(B)(S(B))$ が与えられたことに相当する。なぜ、 $S(B)$ なのかを説明することにより、 B がギザギザであることがその原因であるとわかる(だとすると $\forall x(Notched(x) \wedge Reflex(x) \supset Bright(x))$ といった知識が背景知識 D にあると仮定してもよいであろう。従って、 $f_B^S \vdash_{exp}^D S(B)$ なる例証的因果仮説 f_B^S の候補は $f_B^S = Notched(B) \wedge Reflex(B)$ となる。投射性 P を $Notched$ とすると例証的基準を満たすことは明らかである。すなわち、例証的類推によって $Notched(T)$ が得られ、望みのディスプレイがギザギザであることが推定される。

謝辞

本論文は[1]を修正した論文であり、修正に関しては匿名の査読者からの意見が参考になった。また、有益なコメントをいただいた岡夏樹氏、井上克巳氏、原口誠氏、古川康一氏に感謝致します。

参考文献

- [1] Arima, J.: Analogy by Simulation - a Weak Justification Method, in *Proc. of The First International Workshop on Algorithmic Learning Theory* (1990) 164-173.
- [2] Collins, A., Warnock, E. H., Aiello, N., & Miller, M. L.: Reasoning from incomplete knowledge, In D. G. Bobrow and A. Collins (Eds.), *Representation and understanding: studies in cognitive science*, New York: Academic Press (1975).
- [3] Davies, T. & Russel, S. J.: A logical approach to reasoning by analogy, in *IJCAI-87* (1987) 264-270.
- [4] Gentner, D.: Structure-mapping: Theoretical Framework for Analogy, *Cognitive Science*, Vol. 7, No. 2 (1983) 155-170.
- [5] Georgeff, M. P.: Many Agents Are Better than One, in *Proc. of The Frame Problem Workshop 87* (1987) 59-75.
- [6] Grainer, R.: Learning by understanding analogy, *Artificial Intelligence*, Vol. 35 (1988) 81-125.
- [7] Haraguchi, M.: Analogical reasoning using transformation of rules, *Bull. Inform. Cybernetics*, Vol. 21 (1985).
- [8] Horgan, J. P.: *The two faces of tomorrow*, Tokyo: Tokyo Sogensha (New York: Ballantine Books INC.) (1979)
- [9] Kanouse, D. E.: Language, labeling, and attribution, In E. E. Jones, D. E. Kanouse, H. H. Kelley, R. E. Nisbett, S. Valins & B. Weiner (Eds.), *Attribution: Perceiving the causes of behavior*, General Learning Press (1972) 121-135.
- [10] Keder-Cabelli, S.: Purpose-directed analogy, in *the 7th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates (1985) 150-159.

- [11] Lifschitz, V.: Formal Theories of Action, in *Proc. of The Frame Problem Workshop 87* (1987) 35-57.
- [12] McCarthy, J. and Hayes, P.: Some philosophical problems from the standpoint of artificial intelligent, in Meltzer, B and Michi, D. (Eds), *Machine Intelligence 4* Edinburgh: Edinburgh University Press (1969) 463-502.
- [13] Nisbett, R.E. & Ross, L.: *Human inference: Strategies and shortcomings of social judgement*, Prentice-Hall (1980).
- [14] Winston, P.H.: Learning Principles from Precedents and exercises, *Artificial Intelligence*, Vol. 19, No. 3 (1982).