

い意味での) 工学的立場を念頭に議論すればその心配はない。大いに研究してもらいたいものである。つまり、溝口氏らの研究を通してオントロジーの議論をしていくのが健全であると思うと同時に、システム構築のみを盲目的に追求すると不可能なものに挑戦しているのに気づかないかもしれない。

## 7. 研究戦略

最後に“研究”について一言。我々はなぜ研究するのか？ あなたはなぜ研究者になったのか（あるいはならなかったのか）？ 文部省や通産省向けの書類には違うことを書くかもしれないが、本音は“興味があるから”ではないだろうか？ ギリシャ時代以来、自然科学はそのようにして進歩してきた。理論物理学や宇宙論といった一見応用と何の縁もない学問が認められているのも、このような人間の知的興味としてのことである。しかも、研究資金たるや情報系の額とは桁違いに多い分野もある。ハッブル望遠鏡や粒子加速器などがそれである。これらの分野は応用などといわなくても堂々とやっている。しかも、このような分野では着実に進歩など考えられない。誰か天才が新しい理論を構築するのを待っているのである。

\*2 筆者が最も驚いたのは、人間がどう推論しているかとは無関係に、数学的に正しい非単調推論が存在すると主張する研究者がいることであった。

なぜ情報系だけが応用とか着実な進歩を叫ばねばならないのだろうか？ 誤解のないようにいっておくが、応用指向が悪いというつもりは毛頭ない。いや、応用研究は大いにやっていただきたい。問題なのは“基礎”が否定されることである。基礎なしに応用できないのは自明ではないか。しかも、“これまで応用できる理論がなかった”のなら、ますます理論研究に励むべきではないか？

確かに、一部AI研究者は理論のための理論研究を行うきらいがあり、溝口氏と同じ非難をあげたい分野も存在する\*2。特定の方法論については大いに意見を戦わせたいと思う。しかし、概論として理論を否定してはいけないと思うし、若い研究者諸君にはもっと夢のあるおもしろい研究をしてほしいと思う。応用なんてのは年寄りにまかせておけばよいのである。

## 8. 結論

基礎も応用も形式も内容も全部研究すべきである。しかも互いに密接な連系が必要である。一部のみを強調するのは健全ではないと思う。

### ◇ 参考文献 ◇

- [Guha 92] Guha, R. V. and Lenat, D. B.: Language, representation and contexts, *J. Information Processing*, Vol. 15, No. 3, pp. 340-349 (1992).  
 [Schank 72] Schank, R. C.: Conceptual dependency: a theory of natural language understanding, *Cognitive Psychology*, Vol. 3, No. 4, pp. 552-631 (1972).

## 3. 元田 浩氏(大阪大学産業科学研究所教授)\*3

### 1. はじめに

日常生活においても、知らないためことが思いどおりに運ばないことは多々経験する。知っていることの強みは誰もが実感している。頭の良し悪しとは別の問題であり、まさに「知識は力」である。溝口論文の骨子は「知識」を正面から取り上げ、それをまじめに「工学」しようと提言するものである。知識は人間の英知、知恵の集積であり、「知識メディア」の考え方が世に浸透するのは間違いないと思われる。

\*3 原稿依頼時は(株)日立製作所基礎研究所主管研究員

知識は無からは生じない。たとえ、あらゆる文章が有限個の記号と文法で規定されると仮定しても、有限個の公理から常識が導出できるとは誰も考えない。常識の公理はない。常識は時間をかけて経験から学習すべきものである。それができなければ人手でエンコードするしかない。知識は財産であり、共有すべきとの点に関して異論はない。しかし世の中、価値あるものはただではない。共有には対価が求められることも自覚しておく必要がある。

知能に関してマクスウェルの方程式に相当するようなものがあってほしい。しかし、過去40年追い求め続けてきたが見つかっていない。話を問題解決に限定し

でも汎用手法は弱すぎ使いものにならず、知識の有無が勝敗を決する。

筆者もこのような問題意識を持っており、溝口論文の骨子に強く反対するものは何もない。以下は筆者なりの解釈であり、そこに多少の違いがあるかもしれない。

## 2. 人工知能の諸側面

溝口論文は人工知能は社会のニーズに答えなければならぬとの立場をとっている。したがって、宇宙物理学のように「わかる」ことだけを目的とする研究態度を否定している。筆者は人工知能研究をもう少し広く捉えるべきだと考えている。認知科学寄りの人々や、わかるだけで嬉しい人々もいる。大事だとわかっている、興味を示さない人々はつねに存在する。科学は多くの違った視点から攻める人々がいて進歩する。人工知能には科学的な側面もあることは異論はないであろう。

問題はバランスであり、ここまできたら工学的な側面に真剣に取り組むべきとの主張と受け止める。現状では、残念ながら、知識工学は人工知能研究の応用であり、入れ物を提供するから中身は現場で考えろ、という立場が強い。筆者は工学的側面を正しく科学すれば、新しい学問が開拓できると信じている。工学は役に立たなければ意味がない。これは正しい。しかし、知識の内容を考えること自体は工学でない側面もある。例えば、図形で表現される知識の取扱いはまだ先が見えていない。工学以前の状況である。

## 3. 形式指向と内容指向

溝口論文では、人工知能の研究を形式指向と内容指向に2分しているが、筆者には内容のない知識は考えにくい。通常、知識を思うときは内容が頭に浮かぶ。したがって、「過去の人工知能研究では知識の研究をまじめにしていけないので、もっと知識の研究をしよう」との主張に読み換える。表現はともかく、主張する点は同感する。

どんな知識がよいのかは難しい。小数の概念でできるだけ多くのことを表現する知識（公理はその典型）がよいとする意見が多いであろう。しかし、実際の応用場面ではこのような知識だけではかゆいところに手が届かない。最終的に性能を発揮するのは細かい個別の知識である。つまり、細かいことまで知っていなければ性能は出ない。したがって、細かい個別の知識が重要だとする主張も正しい。

知識の内容をうたうと性能が指標になり、溝口論文で指摘するように、泥臭い作業からは逃れられない。確かに基礎研究の香りはしない。しかし、個別の問題

を扱わなければならないからこそ、そこに基礎研究のメスを入れる必要がある。性能を上げるためには規模も重要である。そして研究の正当性を規模に求めるなら、それから逃げることは良くない。小規模でうまくいくことがそのままスケールアップするとは限らない。そのためには実問題から目を背けてはいけぬ。量を質に変える実験は簡単ではない。

## 4. 形式は内容から

形式指向と内容指向と分けたとしても、お互いが独立ではあり得ない。内容に応じた適切な表現形式があるはずである。数式表現も、概念を表すのに言葉より演算記号を使ったほうがずっと効率が良いから今の表現がある。しかも、数式は計算機で表現・操作しやすいから質が良い。図や画像の意味表現はそうはいかない。画像はビットの集まりで意味がある。その内容を表現するのにもとの画像とは別に言葉で表現してラベルづけるしか方法がないとすると、意味から画像を検索するのに言葉（別の内容を表した語彙）が必要となる。人間には言葉がなくても画像の意味はわかるように思えるが、これは筆者の思い違いであろうか。

仮に良い表現形式が思いついたとしても、その表現を実装する計算機のアーキテクチャからの制約もある。人間が装置の挙動を図から理解するときの容易さを、そのまま現在の計算機で実現することは難しい。理想的には内容から表現が決まり、それから計算機アーキテクチャが決まるものなのであろう。人工知能研究では知識表現と推論という形で、極論すれば溝口論文のいう内容研究とは切り離して研究が進められてきたため、先に形式ありきの形態を取っている。

## 5. 内容は形式に

計算機で内容を表現するとはどういうことであろうか？ 内容とは意味であるから、表現そのものではなく、それが意味する中身である。計算機上での処理を考えると、意味が同じか違うかを区別するには意味を形式に落とさざるを得ない。意味は構造であるとは言いつてもいいかもしれないが、多くのものがこうして機械的に処理されている。

オントロジーでは表現の対象となる概念が厳密に定義されている。したがって、それを他の言葉で明示的に記述する必要はない。しかし、問題解決のプロセスはオントロジーを要素とする構造体で表現されている。タスク構造が同じものは同じタスクで、何をどうすればよいのかが構造で定義されている。オントロジーどうしの翻訳・変換を考えればオントロジーを記述

するプリミティブが必要となり、オントロジーの意味とは複数のプリミティブで表現された構造体となる。構造体が同形であれば意味も同じとなり、意味も形式に落ちる。もちろん、オントロジーやプリミティブを正しくかつ厳密に定義することが第一義的に重要であるとの主張には異論はない。

#### 6. 人間を取り込んだシステム

「知能の本質は形式理論で記述できないもやもやし部分にある」と溝口論文は推測する。そうかもしれない。しかし、このもやもやを内容指向の研究で埋められるのかは自明ではない。人間やコンピュータが知的に振る舞うためには、環境との相互作用が重要であるという最近の指摘は正しい。多くのシステムは人間をシステムの一要素として取り込んでいる。これが問題をさらに難しくする。教育における AI、メディア統合における AI、企業統合における AI、皆すべて人間が関与する。溝口論文では、研究のパラダイムシフトとして捉えられ、人間指向、情報指向、内容指向の研究が基本であると述べられている。

筆者には、具体的な解決法がまだ想像できない。AI マップの北野論文 [北野 93] のアプローチが直ちに役に立つとも思われない。同じ松原論文 [松原 93] に述べられているように Brooks 流のアプローチで問題が解決するとも思えない。工学的な問題解決に焦点を絞れば、従来の閉じた人工知能研究の範囲であっても知識の中身を溝口論文の意味で工学することにより、多大な貢献ができる。しかし、それには限界があることも認識しておくべきである。溝口論文は、限界に到達するはるか手前で、ニュートン力学でできることをしないで量子力学が必要だと叫んでもしょうがない、と主張しているものと筆者は解釈する。

#### 7. 非科学領域への挑戦

人工知能の研究はデカルト流の西洋近代科学の方法論に基づいて行われてきた。人間が関与するシステムでは、この方法に限界があることは想像に難くない。人間を取り込むと客観性に限界がでてくる。主観的な経験に頼らざるを得ない心の世界は科学的世界の外に追いやられてきた。しかし、病気や健康を心の機能と切り離して論ずることはできないし、今では神経免疫学の発達によって意識が免疫の機能を左右することがわかっている。意識の客観的実在とはみなさないで、普通の因果率では説明できない現象が生じていることになる。このことが直接、内容思考の問題と関係するわけではないが、環境とのインタラクションが提起する問題と同じく、人間を一要素とするシステムでは問題になり、科学と非科学の領域に入り込まざるを得ないと感じている。

#### 8. おわりに

溝口論文に対する適切なコメントになっていないことを承知のうえ、基本的に同じ立場の一研究者として、思うことを述べた。研究テーマの設定には慎重であるべきで、かつ食らいついたら 10 年は離さないくらいの気構えで取り組むことが必要である。その意味で「内容指向」研究は正しい選択だと思う。大半の研究は 10 年もやれば夢を追いつけていただけかどうかはわかる。地に根の生えた研究をして世界に誇れる成果を出してほしい。

#### ◇ 参 考 文 献 ◇

- [北野 93] 北野宏明：AI における科学革命，人工知能学会誌，Vol. 8, No. 6, pp. 744-751 (1993).  
 [松原 93] 松原 仁：AI マップ 辻 三郎先生の記事へのコメント，人工知能学会誌，Vol. 8, No. 5, pp. 543-550 (1993).

### 4. 大須賀節雄氏(早稲田大学理工学部情報学科教授)

溝口理一郎氏の AI マップ「形式と内容 内容指向人工知能研究の勧め」(以下溝口論文と呼ぶ)を拝読しました。溝口氏の AI 研究に関する情熱がひしひしと感じられ、優れた研究成果をあげている理由の一端を垣間見た気がします。

この論文の前半は AI 研究に対する溝口氏の立場あ

るいは主張に関する部分、後半は同氏の研究内容と将来問題の提起となっています。前半の、AI 研究に関する主張の部分は一般的な AI 研究者の心構えに関する議論と、AI 研究を形式指向と内容指向に分類し、近年 AI が低迷している一つの原因を AI 研究が形式指向研究に偏っているためとして内容指向の研究を促進す