

都市ガス分野におけるAI

Applications of AI Technology to the Gas Industry

奥田 浩 二*・宮 阪 信 次**

Koji Okuda

Nobuji Miyasaka

1. はじめに

都市ガスは、毎日の暮らしに欠かせない家庭用エネルギーとして、また、クリーンで効率のよい産業用、空調用、業務用などのエネルギーとして、幅広く利用されている。年々増え続けるエネルギー需要に対処し、都市ガスエネルギーを長期にわたり安定に供給するため、都市ガス業界では、ガスの製造・供給に関する設備の高性能化、安定化、効率化を図ってきた。そのため、コンピュータ技術の高度利用は必須となっている。

また、昨今のライフスタイルの多様化、高度化をはじめとする様々な社会の変革を背景に、お客さまのニーズによりよくマッチしたサービスを提供するためにも新しい技術を積極的に吸収していくことは不可欠である。

一方、コンピュータ利用による高度情報処理の分野で最近注目されている分野にAI（人工知能）がある。

AIは、コンピュータを人間にとってより使い易くすることを目的の1つとして活発に研究が行われてきた。研究初期の段階では、研究の中心は探索、ゲームや定理証明であった。しかし、1980年代中頃以降、知識ベースシステムや機械翻訳システムなどで実用的なものが出はじめ、今や実用期に入ったといえることができる。

ガス業界においても、AIを将来に渡って必要不可欠な要素技術と定め、数年前から研究開発を積極的に進めてきた。

以下では、ガス業界におけるAIのとらえ方、実用システム例、そして今後どのようなことが課題として考えられるか、について述べる。

2. ガス事業へのAIの適用

AIには、

- ・人間の知能の解明
- ・コンピュータに知的な振舞いをさせ、人間にとって使いやすいものとする

の2面がある。前者は認知科学的立場、後者は工学的立場と言えよう。ここでは、産業界への応用という観点なので、後者の立場をとる。

AIを分野別に見ると、

- ・知識ベースシステム
- ・自然言語処理システム
- ・画像認識システム
- ・知能ロボット

に大別できる。

ガス事業に関して、AIの適用可能業務は表1のように示される。

本稿では、紙面の都合上、AIにおいて一番実用化

表1 ガス事業へのAI適用業務例

知識ベースシステム	自然言語処理	画像処理	知能ロボット
プラント運転支援 機器故障診断 プラント設計 生産計画	機械翻訳 音声認識 自然言語インターフェイス	画面読み取り ガス管の漏洩 検査	補修点検ロボット 極限作業

(参考文献(1)より)

* 大阪ガス株式会社総合研究所コンピュータサイエンスチーム研究員
〒554 大阪市此花区西島6丁目19-9

** 大阪ガス株式会社総合研究所コンピュータサイエンスチームマネージャー

が進んでいる知識ベースシステムについて現状を述べる。

2.1 知識ベースシステムへの期待

知識ベースシステムとは、人間が持っている経験的な知識や原理・原則といったものを、コンピュータに貯えておくことにより、コンピュータに人間並みの判断をさせようというものである。

このような知識ベースシステムは、ガス事業においてどのように活かせるのであろうか？

まず、ガス事業には、ガスを安全に、かつ安定して製造・供給する使命がある。このことは、設備を中心にして行なわれるので設備型産業²⁾ということができる。また、今や設備を効率的に稼働させるためには、高度なコンピュータ利用技術は不可欠なものとなっていることから、専門的技術への依存度が高い、ということもできる²⁾。このことから、知識ベースシステムへの以下の2つの期待が生まれる。

- ・現在、専門家がこなしている作業をコンピュータに支援させ、負荷の軽減をはかる。
- ・教育用の知識ベースシステム（知的CAI）により、非熟練作業員の教育を行ない要員の育成を行なう。

次節では、このような期待に答えるべく生まれたシステムについて紹介する。

2.2 知識ベースシステム応用例

ガス事業では、知識ベースシステムは早くからその重要性が認識され、すでに着実に成果をあげつつある。

表2にガス事業において開発された主なシステムを示し、表3に大阪ガスで開発した代表的なシステムを示す。

ガス事業の重要な使命の1つは、ガスを安全かつ安定に製造・供給することであると述べたが、知識ベースシステムはこの重要な問題に適用され、その実用性を評価しようとしていることがわかる。

以下では、今までに開発されたシステムのうち、作業支援を目的としたシステム例を2件、そして教育を目的としたシステム例を1例示す。

(1) 汎用教育訓練システム (GTS) ^{6),7)}

GTSは、AIを応用したコンピュータによる教育(ICA I) コースを構築するための支援ソフトウェアである。

企業内での教育という観点からICA Iを見てみよう。従来の人のみによる教育では、

- ・教育者の絶対数の不足

表2 ガス事業における知識ベースシステム例

大阪ガス	GTS	知的CAI開発用システム。
	IPCS	知的プロセス制御システム。
	ES-EPA	化学物質分析手順計画の立案を支援するシステム。
	---	貯炭場で、石炭の種類と量に応じた最適配置を決定。
東京ガス	---	コークス炉用消火車の故障診断システム。現場の操作員がエンジニアに通報するために使う。
	---	ネットワーク用オフコンの故障診断システム。営業所やサービスセンターからのトラブルに答える。
	---	ガス吸収温水機の故障診断システム。ラップトップ型パソコン上で再構築し営業現場で利用できるようにした。

参考文献(3), (4)より

表3 大阪ガスグループにおける主なシステム例

P D T S	G T S上で開発した電力系統操作盤の教育訓練システム
I P C S / T E S	I P C S上で開発したT E Sの監視、診断システム
O G - W e l d e x	導管や配管の溶接部のX線検査システム
P A N S E E	小型機で大型機並の性能を持つ機械翻訳システム
---	T E Sの能力決定、材料選定などの設計支援システム
---	厨房設計システム
---	計測技術応用の3次元画像入力システム

表2に含まれているものは除く

- ・学習者のスケジュールがつきにくい
- ・学習者の知識のばらつきを補って教育することは難しい

といった問題点がある。ICA Iを用いることにより、これらの問題点は以下のように解決される。

- ・ICA Iシステムを複数台用意することで教育者の数を補う
- ・学習者の現場で教育を行う
- ・個人個人の学習進度に合った教育を行う

また、本システムでは、文章を中心にした教育に加え、シミュレーションに基づく教育も行なう。この機能により、プラント操作などに関する教育も擬体験的に行なえる。

GTSの構成図を図-1に示す。

GTSの特徴は以下の様にまとめられる。

- (i) 定性的推論に基づくシミュレーションモデルの組み込み
- (ii) 連想データベースによる教材管理

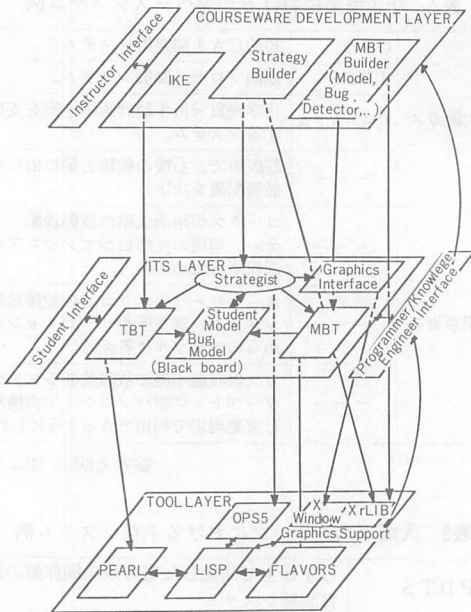


図-1 GTSの構成図

- (iii) ルール形式を用いた指導要領管理
- (iv) 対話型ツールによる容易なコースウェア開発
- (v) バグモデルによる学習者の理解度の同定
- (vi) 構義・演習・補修・再演習の4モードから成る進捗度に応じた教育

本システムは、DEC社のミニコンμVAXでプロトタイプが開発され、現在はデリバリ環境であるソニーNEWSに移植され、実用化レベルに達した。

現在は、GTS上の最初のアプリケーションシステムであるPDTs（電力系統盤操作教育訓練システム）の開発がほぼ終り、実際の運用を待つ段階となっている。PDTsの画面例を図-2に示す。

今後は、他のアプリケーションの構築等を通してGTSを強化していく。また、このGTSは非常に汎用的な枠組みになっているので、ガス事業のみならず、幅広い分野での応用が可能である。

(2) 知的プロセス制御システム (IPCS)

IPCSはプロセス全般に関係する様々な問題（例えば、監視、診断、制御、設計、計画問題等）を解決するシステムを構築するためのツールである。

ガス事業に関係する代表的なプロセスに、ガスの製造・供給プラントがある。プラントの運転に関しては、診断と制御が特に重要な問題であろう。ここでは、診断問題（異常診断）の例を以下に示す。

プラントに異常が生じると、それは通常アラームとしてオペレータに知らされる。単純な異常の場合は問

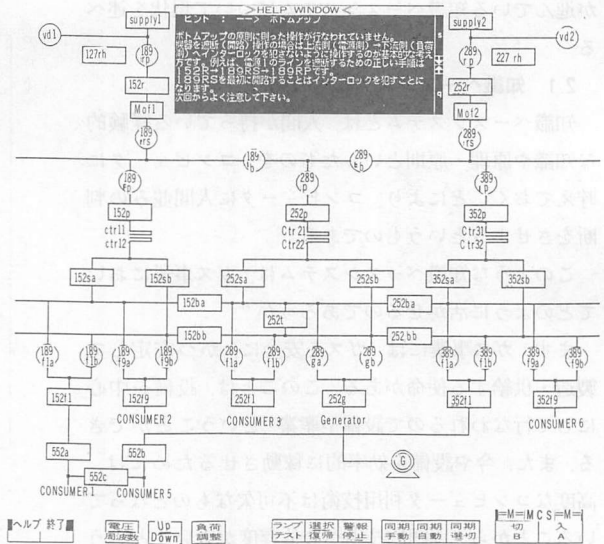


図-2 PDTsの画面例

題ないが、複雑な異常が生じると多数のアラームが起動され、オペレータがパニックに落ち入る場合もある。にもかかわらず、その異常時への対応については、

- ・アラームで知らせる
- ・異常時対応マニュアルを作る

程度のことしか成されておらず、実状としては、オペレータの経験と勘にその処理はまかされてしまっている。そこでIPCSではまず、この異常時対応を第1の問題としてとらえ、システムの監視と診断に対してプロトタイプシステムを構築し、大阪ガスのコジェネレーションプラントに適用を試みている (IPCS/ TES)。このようなシステムをプラントにすえつけることにより、あまり経験のないオペレータでも、常に冷静な熟練オペレータ並みの処置ができる。

IPCS/ TESの特徴は以下のようにまとめられる。

- (i) プロセスに基づいたモデリング
- (ii) 階層的なモデルの記述
- (iii) モデルに基づいた診断の実現
- (iv) オンラインリアルタイム型診断
- (v) グラフィックプログラミングの活用

現在、IPCS/ TESのプロトタイプ構築を終え、昭和64年3月よりフィールドテストに入る予定である。

今後は、制御機能等の付加を行ない、IPCSを強化させていく。

このようなシステムは、

- ・プラント知識付きの付加価値システム
- ・診断問題等各個別問題専用ツール

表4 ガス事業におけるAIの展開

分野	1987	1990	1995	2000
製造分野	*プラント診断 *操作訓練システム	*プラント設計	*プラントの自動運転	*自立型パトロールロボット
販売／営業	*診断相談システム	*お客様相談支援システム	*知的意志決定システム	
供給分野		*知的ガス洩れ検知 *自動ガス管検査システム	*ガス供給管理システム	
関連事業	*化学分析計画支援システム	*コンピュータ教育 *計画作成支援システム		

・本来の目的である統合型プロセスツールと様々な展開が考えられる。

(3) コークス炉消火車故障診断システム¹⁾

本システムは、東京ガス株式会社により開発されたシステムである。内容を参考文献1)より引用する。

東京ガスでは、工場の安定操業、保安の確保等の観点からプラントの故障診断システムの構築を有望視した。その中でも特に消火車を選んだのは、

- ・故障頻度が高い
- ・無人運転をしている
- ・知識獲得がしやすい

等の理由による。

本システムの開発にあたっては、故障関連木を用いて高速でシャープな推論実行をめざしたり、不十分な情報のもとでも結論が出せるような工夫がなされている。

なお、このシステムは、昭和61年末時点ですでに試用段階に達したものであり、初期の代表的なエキスパートシステムといえよう。

東京ガスは、その後も着実に成果をあげ、最近では、ガス吸収冷温水機の故障診断システムが有名である。これは、ラップトップ型パソコン上で実現されており、作業員が現場でシステムを利用できる。今後はこのような実現法が重要視されてこよう。

3. 今後の展開と課題

本章では、AIがガス事業に今後、どのように展開されていくか、そしてAIをより実用的なものとするにはどのような課題があるか、について述べる。

3.1 ガス事業における今後の展開

今までは、ガスの製造・供給部門を中心としてAI

参考文献(1)を参考に作成

はガス事業に侵透してきた。このことには、以下の3つの理由が考えられる。

- ・常に高い信頼性を要求されている分野である
- ・専門家が多く、知識の蓄積が豊富である
- ・AIがまず、故障診断エキスパートシステムとして実現され、これは製造・供給部門に一番適応しやすかったこと

これらは、逆に言えば、現在では製造・供給分野における診断問題を主な対象としていることがわかる。

しかし、製造・供給分野においては、診断問題の他にも、

- ・製造所の稼動計画
- ・製造所内の各機器の制御・保守
- ・地震等災害緊急時の供給計画作成

等様々な問題が含まれている。さらに、他の分野、例えば営業分野等における様々な問題にもAIが適用され成果をあげていくであろう。例えば、営業分野においては、最近重要視されている、多様化されたお客様のニーズに対応するための意志決定支援などが特に有望であろう。

表4に、参考文献¹⁾に示されていた資料をガス事業向けに修正したものを示す。

一方、知識ベースシステムの観点から見れば、診断→計画・設計→制御・高度な意志決定支援と、次第に対象が広がってくるであろう。

しかし、真に知識ベースシステムを実用的・有効的なものとするには、様々な課題を解いていかななくてはならない。これらについて次節で述べる。

3.2 知識ベースシステムにおける今後の課題

今まで、知識ベースシステムは様々な問題に対して、有効な手段を提供してきた。しかし、多くのシステム

が構築されるにつれ、問題点も明確になってきている。本節では、これらの問題点や課題、並びに今後の展望について述べる。

まず、現在までに提示されている問題のうち、代表的なものについて述べ、それらを解決するために克服すべき課題について、

- ・ハードウェア／ソフトウェア
- ・システムとしての使い勝手
- ・研究開発者の教育・育成
- ・システム開発時の技術的課題

の4つの観点から述べる。

(1) ハードウェア／ソフトウェア

知識ベースシステムでは記号処理を行なうため、通常の数値処理システムに比べ、より多くのコンピュータパワーを必要とする。このため、システムの処理効率等を考えて、AI専用マシンや大型マシン上でのインプリメントが多い。しかし、AIのより一層の普及をはかるには、使い勝手のよい小型の汎用マシンが望ましい。知識ベースシステムのために、わざわざAI専用のコンピュータを購入するのでは、初期コストが高くつきすぎるからである。この課題については、最近環境がそろいつつある、32ビットのEWS（エンジニアリングワークステーション）が有望である。

また、ソフトウェアについては、今はAIの基幹言語であるルールやフレームが中心であるが、今後は、各対象・各問題によりふさわしい形での表現が必要となる。このことについては、技術的課題の所で詳しく述べる。

(2) システムとしての使い勝手

システムの使い勝手は、

- ・入力デバイス
- ・マンマシンインターフェイス
- ・処理速度

の面から評価されよう。

入力デバイスについては、従来のキーボード入力に加え、マウスが現在のところ有効である。しかし、今後の展開としては、音声認識システムの実現化に期待がかかる。

また、マンマシンインターフェイスについては、従来の文字中心の形式に加え、グラフィックを通して、さらに、音声等を通しての、人とコンピュータの交流が不可欠である。

処理速度については、(1)でも少し触れたが、現在の32ビットEWSさらに、今後開発されるであろうより

高機能なEWSに期待がかかる。

(3) 研究開発者の育成・教育

日本では、AIについて十分な知識を貯える前に、システム開発が先行してしまった感じがある。このことが、AIに関する過度の期待もしくは、過度の不信につながっているともいえる。

しかし、今後AIをより実用的なものとし、より多い結果を得ようとするならば、確固たる土台作りは不可欠であろう。幸い、最近では、日本においても、AIに関して情報を得る機会は増えている。これらを積極的に活用してAIに関する理解を深め、しっかりとした土台に基づいたシステム開発が必要である。大阪ガスの例では、AI研究開発に従事する研究員を、アメリカを中心とした主要研究機関に送り込み、最先端の技術を吸収してきた。そこで得られた経験や知識は着実に現在のシステム開発に活かされている。

従来のSE的な知識のみでは、知識工学者としては不十分である。知識ベースシステムの各分野に精通し、それに加えて、システム工学等にも精通した知識工学者の育成が急務である。

(4) システム開発時の技術的課題

知識ベースシステム開発経験から得られた技術的課題のうち、ここでは、

- ・知識獲得の問題
- ・深い知識の利用

の2点について、少し詳しく述べてみよう。

まず、知識獲得の問題としては、その手順が不明確であることが挙げられる。

知識工学がシステム工学と比較して良く言われることに、システム工学は良構造問題を扱い、知識工学は悪構造問題を扱う、ということがある。さらに、悪構造問題＝モデル化が困難と思われ、このため知識獲得時に、何に基づいて知識獲得を行なえば良いかがわかりにくくなってしまっている。現状では、インタビューを通じて経験的に知識を獲得するのが知識ベースシステム構築の中心的役割りとなっている。

しかし、例えば、機器の故障診断システム等では、対象となるものの構造や機能はわかっている。よって、何らかのモデル化を行なうことにより、知識獲得をより工学的に行なえるはずである。つまり、AIにおいて、モデル構築技術の確立が必要なのである。これは、従来のAIでは、システムを構築するときに、対象システムをブラックボックスとして見なしていたのを、できるだけホワイトボックス化することに値する。こ

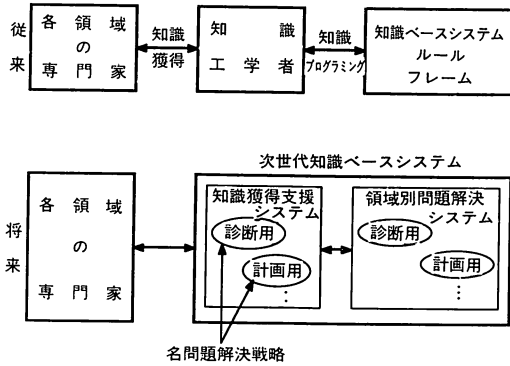


図-3 知識ベースシステムの展望

のためには、従来の知識工学的手法に加え、他の工学的手法、特にシステム工学的手法を導入することが必要となるであろう。

対象のモデルを構築するためには、モデルを記述するための知識表現手法が必要である。次に、この知識の表現について述べよう。

知識の表現に関する問題としては、現在では、浅い知識が中心だということが挙げられる。知識の浅い深いは相対的なものなので、一概には決めにくいですが、ここでは、対象システム（物理システムに限らない）をブラックボックスとして扱い、その入出力関係に注目した知識を浅い知識という。そして、対象システムをホワイトボックスとして表現した知識を深い知識と呼ぼう。例えば、物理システムの場合には、機器の機能や構造、また、物理原理や原則に基づいて表現した知識は深い知識の一例である。

深い知識を用いることによって始めて、対象システムのモデル化が行なえ、そこからシステムの振る舞いの予測や知識の生成等が行なえる。この問題については、定性的推論⁵⁾が、かなり成果をあげてきており、今後の展開が期待される。

現段階でのAIは、まだ導入期、もしくは第1世代的なものである。つまり、ルールやフレームといった言語レベルでの操作のみによる処理が中心であった。しかし今後は、もっと各問題にふさわしい知識の表現、並びに処理が要求されてくる。また、この流れと並行して、システム開発形態も変化してくるであろう。つまり、各問題にAI技術がより接近することにより、各領域の専門家が、自分でもっと容易に知識ベースシステムを構築できるようになるであろう。

このような流れは、知識ベースシステム構築用ツールにも波及するものと思われる。ツールの今までの発

展段階としては、

- ・第1世代：ルール/フレーム単体型
(ルール記述言語のOPS5など)
- ・第2世代：ルール/フレーム統合型
(ルールとフレームの両方使える
KEEやARTなど)

とされている。これに続く次世代型ツールとしては、

- ・各問題別ツール (例えば、診断用ツール)
- ・知識獲得支援機能を持ったツール
- ・学習・類推等高等機能を持ったツール

の出現が期待され、一部では成果も出つつある。

(図-3参考)

AIは今後、ある限られた人のみが扱うものではなく、問題解決にたずさわる全ての人々にとって必要不可欠なものになっていくであろう。

4. おわりに

本稿では、現在ガス事業においてAIがどのように活用されているか、そして今後どのように展開されていくかについて述べた。

現在までも、すでに数多くのAIを応用したシステムが開発され、実用段階に入っているものも多い。しかし、AI自身、まだまだ発展中の研究分野である。また、最近では、神経回路網の方から新しい波が訪れつつある。

こういった状況のもとで、今後とも、これらの新しく有効な手段を実問題解決のために利用していくには、

- ・長期的な視野に立った基礎研究
- ・実問題を対象とした応用開発研究

の調和をとっていくことが不可欠であろう。

参考文献

- 1) ICOT-JIPDEC AIセンター編; AIビジョン (1987), 日本経済新聞社
- 2) 鈴木道夫; 人工知能とエネルギーシステム
エネルギー・資源, 9巻, 3号 (1988), 9~14
- 3) 日経AI, 1987 1/19号付録
- 4) 日経AI, 1988 1/18号付録
- 5) 西田豊明; 本格的な応用期が近づく定性推論, 日経AI別冊 (1988), 190-207
- 6) K.Kawamura et al.; Development of a Model-Based Intelligent Training System, AI 87 JAPAN 予稿集 (1987), 295-306
- 7) 宮阪, 乾; 物理シミュレーションモデルをベースにした知的訓練システムの開発, 知識工学と人工知能56-8 (1988), 57-64