

CS-74

工学的システムにおけるニューラルネットワーク利用の位置付け

(財)電力中央研究所 正会員 山本 広 祐

(財)電力中央研究所 正会員 朱牟田善治

1. まえがき

ニューラルネットワークの工学的応用が広まって既に久しい感があるが(例えば文献1),2), 工学的システム論あるいはシステム設計論の中でその位置付けが論じられたことは少ないように感じられる(例えば文献3))。本論では、まずシステム設計の捉え方を明確にし、ニューラルネットワーク(最も利用の多い階層型に焦点を絞って述べる)がいかに使われているかについて著者らの私見を交えて問題整理を行うものである。

2. 工学的システムの定義と取り扱い

1) 工学的システムの定義

工学的システムとは、入力、内部メカニズム、出力の関係があり、全体として目的を持つものと定義する。

2) 取り扱う問題の構造(外部構造と内部構造の定義)

・外部構造＝(入力と出力)

・内部構造＝(入力から出力に至る内部メカニズム) 例： $Y=f(X)$ ； Y, X が外部構造， f が内部構造

3) 問題の分析

問題の分析とは、目的を満たす内部構造を与えて、未知の入力または出力を求めることである。すなわち、

入力 → 内部構造 → 【出力】：順問題

【入力】 ← 内部構造 ← 出力：逆問題 ここで、【 】内が分析により決定される。

4) 問題の総合

総合とは、外部構造から内部構造を求めることである。ニューラルネットワークの工学的応用は、この総合型問題に該当するものが多い。

入力 → 【内部構造】 ← 出力 ここで、【 】内が総合により決定される。

3. システム設計における演繹モデル、知識工学モデル、ニューラルネットワークの用法の違い

演繹モデルは「疑いのない一般の理論から特殊な事柄を導き出すモデル」、知識工学モデルは「経験に裏付けされた知識から特殊な事柄を導き出すモデル」であるのに対して、ニューラルネットワークは「演繹モデル、知識工学モデルでは橋渡しができない部分のメカニズムを近似するモデル」と位置付けることができる。演繹モデルや知識工学モデルが構築できない場合とは、具体的に以下のような事例をさす。

・内部構造を構成する要素(パラメータ)が多い、あるいは内部構造を構成する要素の次元が高い。

・内部構造を構成する要素間の相互依存的な性質が強い、あるいは要素間の関係が複雑である。

・内部構造が階層的(直列的あるいは並列的)である。

4. システム設計におけるニューラルネットワークの効果

最大の効果は、総合型問題において予め演繹モデル(数式モデル)を仮定する必要がないことにある。このことは、単純化を強いられた演繹モデルを構築するより、実態にあうモデルの実現が可能になることを示唆している。また、主観に基づくデータを取り扱えること、経験的知識をニューラルネットワークの設計(開発過程)に活かせること、データの追加によるネットワーク(あるいは、それが出力する値)の微調整が容易であることなどの利点がある。但し、ネットワーク結合の数値的意味付けが困難といった短所もある。

5. 土木工学における応用事例

1) 典型的な応用例(土木情報システム委員会・人工知能小委員会の調査結果より)

キーワード：工学的システム、ニューラルネットワーク、分析、総合

連絡先：〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子1646, Tel (0471) 82-1181 (代), Fax (0471) 83-2962

若干統計が古い¹⁾が、文献1)によると、応用先の多い順に維持管理（37%）、計画（26%）、施工（14%）、設計（11%）、測定（6%）となっている。機械・建築分野まで調査対象を広げれば、制御および設計の比率が飛躍的に増大するはずである。また、利用機能はパターン分類（54%）と最適解探索（30%）が大勢を占めている。

2) 維持管理に関する応用例（ダム洪水吐きゲートの劣化診断への応用）

維持管理の着目点として、外観状態4項目（主要部材・止水板・補助部材の腐食状態、局所の変形）、機能性3項目（全閉時の漏水、操作時の片吊り、放流時の振動）、管理情報2項目（重要度、経過年数）から、ゲートの劣化診断を行うシステムを検討する。診断結果は実務のニーズに即して「現状のまま使用可（レベルⅠ）／板厚調査を実施（同Ⅱ）／応力調査を実施（同Ⅲ）／取り替えを検討（同Ⅳ）」の4段階評価で出力される。

工学的システムの用法から見れば、入力を上記の9項目、出力を劣化診断の4項目（段階）とする総合型問題に分類することができ、利用機能は典型的なパターン分類である。少なくとも演繹モデルの構築が容易でない点、問題が主観的であるという点からニューラルネットワークの長所を有効活用できる問題である。

総合を目指す工学的システムの問題解決シナリオに経験的知識を活用するため、図1にニューラルネットワークの開発過程で経験的知識の導入効果が期待できるフェーズを抽出して示す。収束条件は取り扱う問題に応じて必然的に規定されるが、その他は経験的知識の占める割合が大きい。この中でも、ネットワーク構造の決定には問題の理解度が強く結びついている。以下に、想定できるネットワーク構造を例示する。

- 単純に要因（9項目）と結果（維持管理レベル）しか分らないという最も原始的な構成（図2）
- 外観状態、機能性、管理情報を独立に評価する構成（図3）

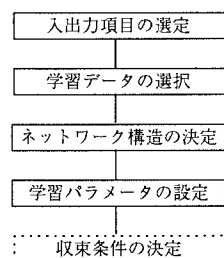


図1 経験的知識の導入が期待できる開発フェーズ

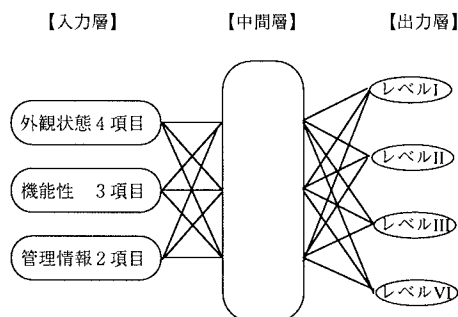


図2 最も単純なネットワーク構造（中間層を共有）

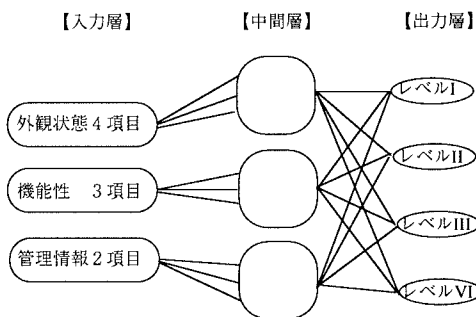


図3 外観状態などを独立に評価する構造（中間層を分離）

6. まとめ

ニューラルネットワークは、既にパターン認識、制御、診断、予知・予測、最適化などに応用され、成果を上げているが、適用上のメリットをより明確にするため、浅学をかえりみず、その位置付け、役割についてシステム設計の立場から言及・例示した。特に、否定されがちな経験的知識を表だって位置付けたことに留意願いたい。今後、工学問題におけるブレイクスルーになるまでこの技術を高めるためには、開発事例の拡大にとどまらず、適用論の高度化や問題解決シナリオの明確化も重要であると著者らは強く感じている。

参考文献

- 土木学会土木情報システム委員会・人工知能小委員会：平成5年度研究報告書，平成6年6月
- 土木学会構造工学委員会・AL（人工生命）技術の構造システム最適化への応用に関する研究小委員会：新しい構造システム最適化手法-人工生命技術の応用-，平成8年9月
- 日本機械学会編：工学問題を解決する適応化・知能化・最適化法，技報堂出版，平成8年10月