

参考資料3 安全対策に利用できるソフト技術の仕様調査

リスク解析

1. 技術の概要

リスクは、ある事象の発生確率とその事象によってもたらされる影響の大きさの積として定義される。安全対策に投入できるコストには限りがあるから、機器の故障や破壊によるリスクを評価し、リスクが大きい故障や破壊に対して重点的に安全対策を実施することにより、システム全体としての安全性を効果的に高めることが可能になる。リスク解析は、通常、次のような手順で実施される。

①対象システムの同定

対象とするシステムの範囲と安全機能を定義する。

②システム情報の収集

リスク解析に必要な、故障・事故情報等を収集する。

③定性的リスク解析

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), FT (Fault Tree), GO-FLOW, ペトリネット等の解析手法によって、故障(破壊)モード、故障の原因、故障によって生じる結果を定性的に評価する。

④定量的リスク解析

定性的リスク解析の結果を基に、故障(破壊)の発生確率、故障によって生じる結果の推定、評価を定量的に行う。

リスク解析を実施するためには、機器の故障率や破壊確率等の統計的データが必要になるため、これらのデータを蓄積していくとともに、少数のデータから精度良く故障率や破壊確率を推定するための技術を開発する必要がある。また、FMEA, FT, GO-FLOW等は確立されつつある解析手法であるが、実際にこれらの解析を実施するためには、システム全体に対する専門的知識が必要であると同時に、試行錯誤的な作業が必要とされるため、エキスパートシステム等を援用した自動化が望まれる。

2. 安全対策への応用

次のような応用が可能と考えられる。

- 1) 安全対策がシステム全体の安全性を向上させるために効果的な箇所の発見。
- 2) 定性的リスク解析による未知の故障モードや破壊モードの発見。
- 3) 機器の故障や破壊による事故の可能性の事前評価。
- 4) 事故調査における原因の究明。

参考文献

- 1) 清水・佐野, 設備信頼性工学, 海文堂 (1987) pp.26-80
- 2) 松岡・小林, GO-FLOW信頼性解析支援システムの開発, 第61回船舶技術研究所研究発表会講演集, (1993) pp.104-109

主観的不確定性の取扱い

1. 技術の概要

機器・構造物の安全性評価における不確定要因のうち、客観的不確定性は従来の確率・統計論で取扱いが可能であるが、主観的な不確定性を取り扱うためには、以下のような理論を適用する必要がある。

(1) ベイジアン信頼性理論

ベイジアン信頼性理論は、経験や直観による主観的不確定性を信頼性解析に取り入れるための理論であり、主としてデータ不足を克服するために利用される。いま、ある事象 A の原因を θ とし、 θ が $(\theta, \theta+d\theta)$ の間を取る確率を $f(\theta) d\theta$ 、 θ がある値 θ の近傍の値を取ったときに A の生じる確率を $P(A|\theta)$ とする。このとき、事後確率密度 $f_1(\theta)$ は事前確率密度 $f_0(\theta)$ を用いて、次式のように表される。

$$f_1(\theta) = \frac{P(A|\theta)f_0(\theta)}{\int P(A|\theta)f_0(\theta)d\theta} \quad (1)$$

この式を利用して、事後確率密度関数を更新することができる。

(2) ファジイ理論

ファジイ理論は、人間の言語が持つあいまいさを数量的に取り扱うのに適した理論である。例えば、一言に「背が低い」といっても、客観的な基準はなく、主観的なあいまいさを含んだものになる。そこで、ファジイ理論では、帰属度関数 (membership function) によって、各要素が対象とする集合に属する程度を表す。帰属度0はその集合に明確に属さないことを表し、1は明確に属することを表す。全体集合 X が無限集合で、その要素 x の帰属度を $\mu(x)$ とすると、 X のファジイ集合 A は次式で表される。

$$A = \int_X \mu(x)/x \quad (2)$$

ただし、記号 \int は積分を表していないことには注意を要する。

あいまいさに対して適当な帰属度関数を設定し、ファジイ集合に対する演算を行うことにより、各種問題におけるあいまいさの取り込みが可能になる。

2. 安全対策への応用

次のような応用が可能と考えられる。

- 1) 運転中のデータや過去の事故の経験を用いた機器・構造物の信頼度、リスク評価の高精度化。
- 2) 事故解析における主観的不確定性の評価。
- 3) 機器の破壊確率評価における主観的不確定性の取り込み。

参考文献

- 1) 市川, 構造信頼性工学, 海文堂, (1988) pp.160-182
- 2) 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, 技法堂出版, (1996) pp.26-104

ニューラルネットワーク

1. 技術の概要

ニューラルネットワークは生物の神経系の仕組みをモデル化することにより、人間の脳に似た学習・推定・最適化能力を工学的に実現しようとするものである。ニューラルネットワークでは、ノイマン型コンピュータのようなプログラムは必要とされず、学習によって知識を習得し、問題に対する回答能力を獲得する。生物の神経系は多数のニューロン（神経細胞）から構成されているが、各ニューロンは、図1のような数理モデルで表されるような多数入力/1出力の非線形要素であり、これらが極めて複雑な結合（ネットワーク）を構成することによって、多様な情報処理機能が実現される。ニューラルネットワークのモデル化に関しては、数多くの提案がなされているが、現在、工学上よく利用されているのは、図2に示すような階層型のニューラルネットワークである。図2で W_{ij} はニューロン U_i とニューロン U_j の結合の強さを表しており、学習とは W_{ij} を適応的に変化させていくことをいう。ニューラルネットワークは汎化能力を有しており、学習した知識に関連する問題を解くことができるようになる。また、学習には時間を要するが、一度学習が終了すると、演算時間は極めて短いという特徴を有している。

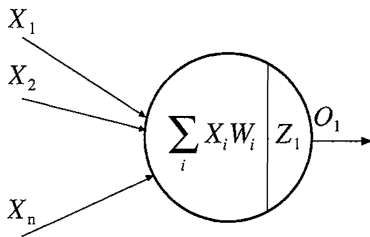


図1 ニューロンの数理モデル

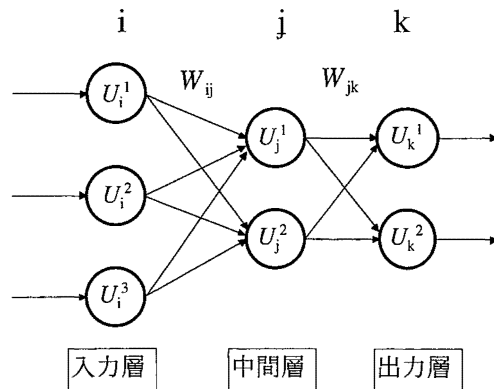


図2 階層型ニューラルネットワークの一例

2. 安全対策への応用

次のような応用が可能と考えられる。

- 1) 危険区域への作業者の立ち入りを監視するTVカメラ出力のパターン認識。
- 2) リスクの評価・分類。
- 3) 故障診断用各種センサー出力の評価・解析。
- 4) 安全装置設計の最適化。

参考文献

- 1) 菊池，入門ニューロコンピュータ，オーム社（1990）
- 2) 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，技法堂出版，（1996）pp.111-124

遺伝的アルゴリズム

1. 技術の概要

遺伝的アルゴリズムは、生物の進化の過程を模倣した最適化アルゴリズムである。ダーウインの進化論やメンデルの法則で示されるように、生物は生殖、淘汰、突然変異を繰り返しながら環境に適応し、進化する。これを（ノイマン型）コンピュータ上でシミュレートするために、まず、対象とする問題の解の候補を遺伝子として2進数などの形でコーディングする。そして、その遺伝子の集合に対して再生、交叉、突然変異等の遺伝的オペレータを繰り返し作用させることにより、遺伝子の集団が最適解へと収束していく。図1に遺伝的アルゴリズムのフローチャートの一例を示す。

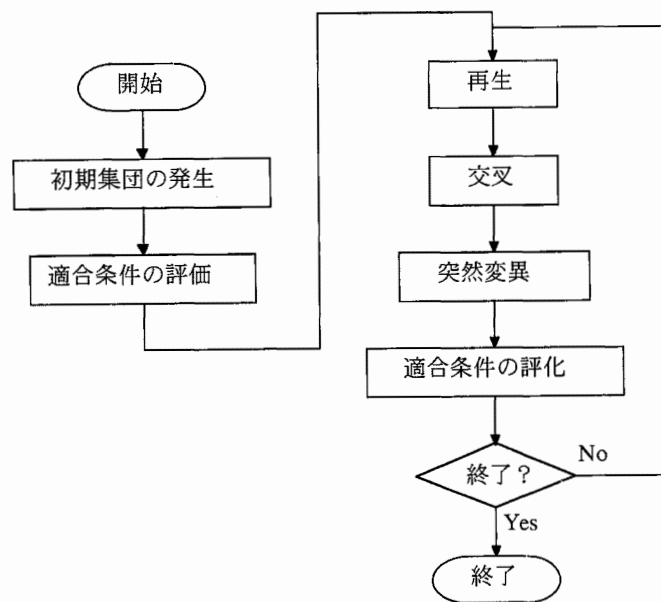


図1 遺伝的アルゴリズムのフローチャート

従来の最適化アルゴリズムは、局所最適解しか探索できないが、遺伝的アルゴリズムはグローバルな最適解を探索できるという特長を有する。また、微分演算を必要としないため、微分が不可能な問題に対しても適用可能である。

2. 安全対策への応用

次のような応用が可能と考えられる。

- 1) 構造物の信頼性指標（破壊確率）の評価。
- 2) 機器のメンテナンス（または供用中検査）スケジュールの最適化。
- 3) 機器の信頼性（安全性）とコストの最適化。

参考文献

- 1) 坂和・田中，遺伝的アルゴリズム，朝倉書店，1995
- 2) 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，技法堂出版，(1996) pp.124-142