

遺伝的アルゴリズムを用いた船殻構造 最適化システムの研究

松岡和彦*・山田貴志**

A Study on Optimum Designing System for Hull Structure using Genetic Algorithms

Kazuhiko Matsuoka* and Takashi Yamada**

Abstract

The environment that surrounds the shipbuilding industry increases a further severity. The optimization of the Hull Structure is from both sides of the performance and the ship value to an important problem therefore. In this research, a past technique was reviewed from the viewpoint with "Practicable design TOOL that the use of the designer was able to be endured", and the design system which newly optimized the Hull Structure was constructed. A large area search for various parameters that provide for the structure is done by using an genetic algorithm for the optimization of the Hull Structure. The utility and the problem are examined.

Keywords : Genetic Algorithms, Optimization of Hull Structure, Designing System, Neural Network

1. 緒言

近年、韓国並びに中国における造船産業の躍進は目覚ましいものがあり、日本の造船をとりまく環境は厳しさを増している。そのため設計者には、船価と性能の両面から設計の最適化が求められている。

特に船殻構造の最適設計は重要な課題であり、研究が盛んである。その研究の傾向は、従来の数値解析や感度解析的な手法に加え、近年のコンピュータの発達に伴って「遺伝的アルゴリズム」(以下略、GA)や「ニューラルネットワーク」の手法を用いた最適化手法が大学や研究機関、造船所より多数発表されている。これらの手法のうち、船殻構造の最適化にはGAを用いた研究が、現在最も一般的と考えられている^{[1][2]}。

これらの手法は、多数の設計変数を組み合わせて設計のシミュレーションを行い、それら多数の設計案の比較検討から最適案を選択する手法である。コンピュータを積極的に活用することで、全検索的かつ網羅的に多数の設計案の比較検討をすることができ、それらの設計案の中からコンピュータが最適案を判断し設計者に結果を示す。この点が主にFEMを用いてコンピュータを最終確認にのみ用いた従来の手法と異なる点である。

これらの最適化手法は、多数の設計案の比較検討から

最適案決定することができるという長所の反面、最適化の過程がブラックボックス化されているため使用者にはその最適解への収束過程が分かりにくいという欠点を持っている。また、船殻構造は多数のパラメータから決定されており、それらのパラメータをすべて数値化してデータを作成することは容易なことではなく、最適構造を判断する基準(例えば船殻重量や溶接長)の推定も容易でない。そのため現在発表されている研究の多くは、構造や設計条件に制約が多くなり、設計者の使用に耐えうる実用的、汎用的な設計TOOLとなり得ていない。

そこで本研究では、「設計者の使用に耐えうる実用的な設計TOOL」との観点からこれらの手法を見直し、設計者の判断を優先しながら、最小限の初期入力で最適化を行う新たなシステムを開発したので報告する。

2. システムの概要

システムの概要をFig. 1に示す。本システムは「構造決定(板厚計算)プログラム」、「構造評価プログラム」、「GAによる最適化プログラム」の3つのサブプログラムから構成されている。設計者が日常的に使用できるよう配慮して、メインプログラムのユーザインタフェースにはMs-Excelを利用し、Windows上で動作するシステ

* 新来島どっく 技術設計本部 造船設計部

** 電子機械工学科

ムとなっている。

まず「構造決定(板厚計算)プログラム」は、比較的少数の構造パラメータから船殻構造の形状と板厚を決定するプログラムで板厚計算にはNKルールをベースとした算式を用いた。

次に「構造評価プログラム」では、構造毎に評価を行い、各構造の適応度を算出する。ここで、「設計者の使用に耐えうる実用的な設計 TOOL」との観点から従来の手法を見直して、解の収束に設計者の判断を優先するシステムとした。本システムでは、設計者が初期入力の際において、優先すべき設計基準・設計変数を指定し重みを与えている。これにより従来の手法では、ブラックボックス化していた最適解への収束過程が、設計者に把握しやすくなったと考えられる。具体的には、「船殻重量を

最適化した構造」、「溶接長を最適化した構造」、「部材数を最適化した構造」等を得て、設計者が最終的にどの構造を選択するか判断を行う。

また構造評価に用いる各種パラメータ(重量・溶接長)の推定には、ニューラルネットワーク手法を利用した。このニューラルネットワークの教示データには、建造船の実績データを用いており、実用的な推定が可能である。

「GAによる最適化プログラム」では、構造パラメータを遺伝子とし、構造の絞り込みを図る。なお本システムでは、構造パラメータを比較的少数とすることで、システムの使い勝手を良くするとともに解が容易に収束することを狙った。これら3つのサブプログラムを世代毎に実行に、数千、数万ケースの試設計を行い最適な構造を決定する。

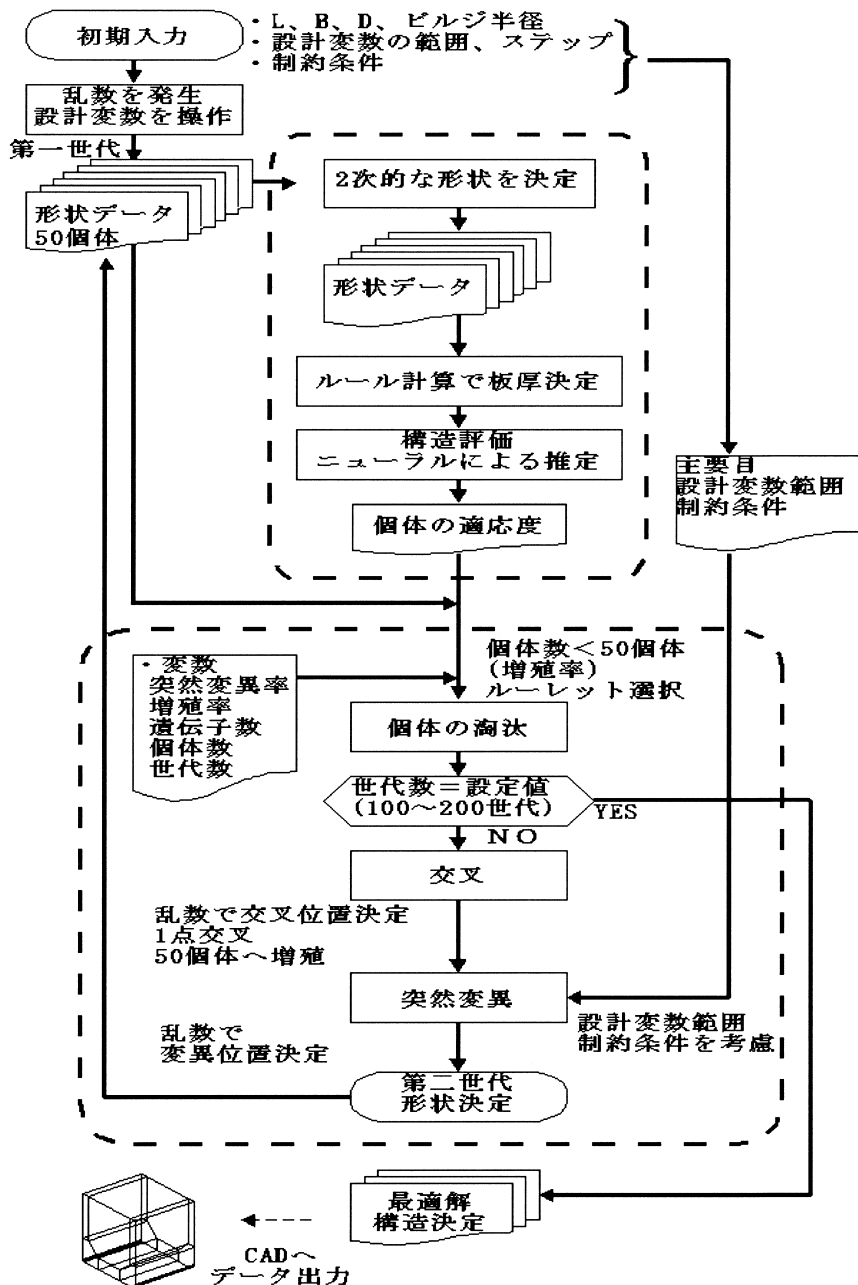


Fig. 1 システム概要

さらに本システムでは、得られた最適解のデータを CAD へ出力できるシステムを別途開発している。これにより設計初期の段階で、CAD の機能を利用して中央断面図、外板展開図、対象部材の物量等の必要な情報の取得を行い、設計作業の支援を行うことを可能としている。

以下の章では、各プログラムに関して言及する。

3. 本システムでの対象船

新来島ドックでは多種多様な選船種の開発を行っているが、本システム開発での今回の対象船は、建造実績も多く主力商品と言えるミドルレンジのケミカル/プロダクトタンカーとした。

この船種は、Fig. 2 に示すような横断面形状の二重船殻構造を有しており、建造船の中から一例を挙げて、その主要目を紹介する。なお紹介しているのは、(株)新来島どっくにて過去に建造した40,000DWT のプロダクトタンカーである。(Fig. 3 参照)

DWT : 40,000t
 Lpp : 168.00m
 B : 32.20m
 D : 17.00m

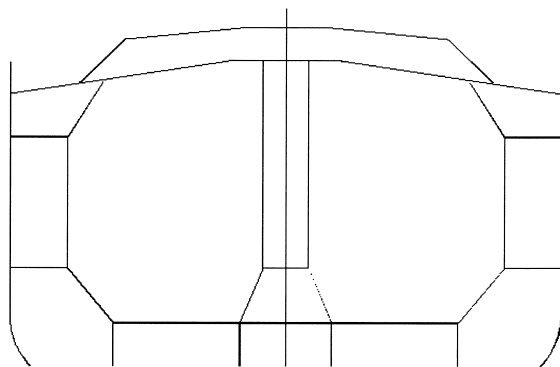


Fig. 2 対象船の横断面形状



Fig. 3 対象船の全景

4. 構造決定プログラム

船殻構造は、その幾何学的な形状に加えて部材の板厚、縦通材のサイズ等を要素として構成される。そこで船殻構造の決定には、形状の入力と部材計算が必要である。本システムでは、このサブプログラム部分を設計者が日常的に使用できるよう配慮して、Ms-Excel を利用し、Windows 上に動作するシステムとして設計した。設計者は Excel の Sheet 上に必要な入力をすればよい。そのインタフェースを Fig. 4 に示す。本システムでは、船体中央部における構造を最適化するようにシステムを構築しており、入力もそれに応じたものとなっている。

板厚計算及び縦通材のサイズ決定は、VBA を用いてプログラム化しており、その算式には、NK ルールをベースとした算式を用いている。NK ルールでは、船種毎に算式が違う場合があるため、必要な場合に各算式を呼び出すようなシステム構成とし、今後のルール変更や他船種への適応に対応可能としている。

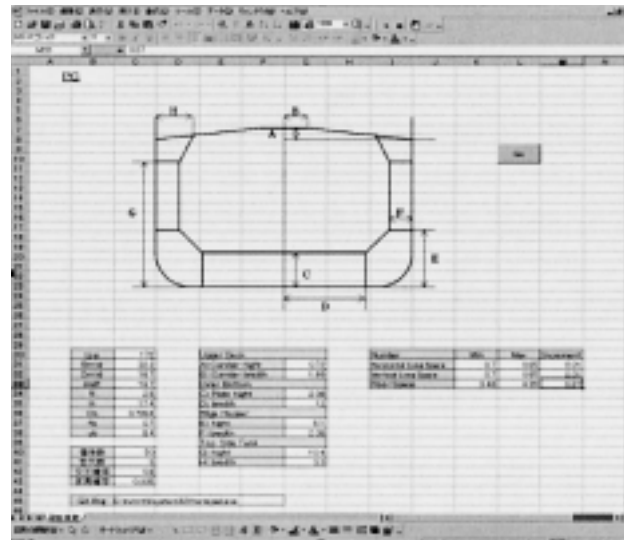


Fig. 4 ユーザインタフェース

5. 構造評価プログラム

5.1 ニューラルネットワークの特徴

本システムでは構造評価に必要な物量に必要な物量の推定にニューラルネットワークの手法を取り入れている^[3]。船殻構造の物量は、線形性を持たない場合が多く、従来の推定法では誤差が大きくなる場合がある。そこで推定法に非線形な問題を取り扱うことができるニューラルネットワークを選択し、精度の向上を図った。

ニューラルネットワークとは、脳の神経回路の働きをモデル化したものである。神経回路はニューロンと呼ばれる神経細胞がシナプスと呼ばれる神経繊維で結合された Fig. 5 に示すような構造となっており、多数のニュー

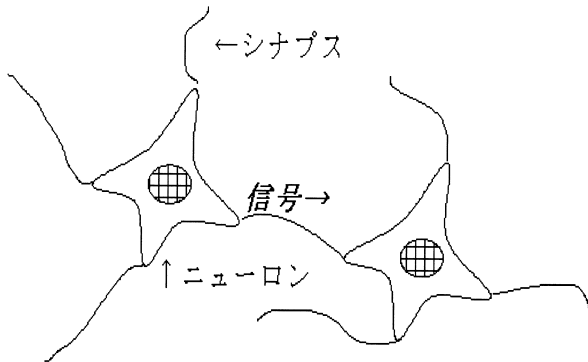


Fig. 5 脳の神経回路

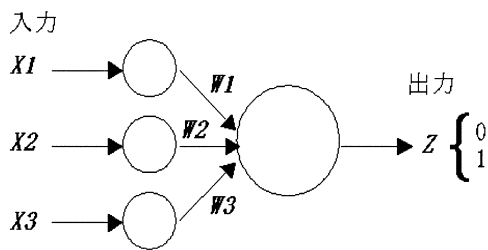


Fig. 6 パーセプトロン

ロンが結合してネットワークを作り上げているのが脳である。各ニューロンが興奮したり、興奮を止めたりすると信号がシナプスを通して他のニューロンへ伝達され、それを次々に他のニューロンへ伝達する仕組みになっている。脳の中ではこのような信号の伝達により情報が表現され、処理されている。

この脳の動きをモデル化したものが Fig. 6 に示すパーセプトロンと呼ばれる数学モデルである。パーセプトロンの構造は、左の入力ニューロンから右の出力プロトンへ一方通行で信号が伝えられる単純なものである。ニューロンが信号を入出力する際には、その間に重み w がかかっているので出力される信号は重み付き信号となる。パーセプトロンでは重み w を学習により決定し、望まれる入出力関係を実現するように調整する必要がある。

ニューラルネットワークの構造には、様々な方法があるが、本システムでは学習型多層パーセプトロンと呼ばれる構造のネットワークを用いた。これは文字通りパーセプトロンを階層型に繋いで構成したものである。このネットワークはパターン認識、信号処理、制御等の幅広い分野で用いられており、最も一般的なネットワーク構造といえることができる。

5.2 ニューラルネットワークの同定

本システムのニューラルネットは、バックプロパゲーション学習法を用いて同定を行う。またニューラルネットワークの同定に用いる教師データは、新来島ドックの建造船の実績データを用いた。

ニューラルネットを用いて船体主要目から船体の鋼材重量を求めた結果を Fig. 7 に示す。比較よく推定され

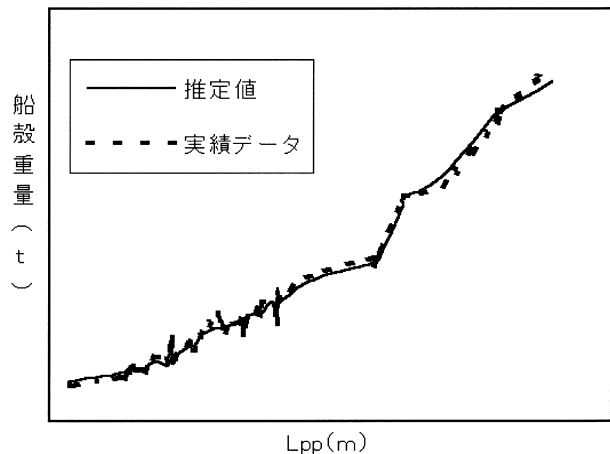


Fig. 7 船殻重量の推定

ているが、教師データの少ない箇所等で誤差が大きくなっている。そのため教師データの選択方法、各種パラメータの決定等に注意してさらなる推定精度向上が必要であり、現在、プログラムの見直しを進めている。

6. GA による最適化プログラム

6.1 GA の特徴

GA とは、名前が示す通り生物の遺伝と進化（適者生存の法則）のメカニズムをコンピュータの中でシミュレーションすることにより、効率よく最適解を見つける手法である^[4]。環境（条件）への適応度が高い個体の遺伝情報が次世代へと優先的に伝えられ、一方で適応度の低い個体は淘汰され、集団としての適応度を高めていく。従来の最適化手法が、候補を逐次改善していくのに対して、集団を一度に評価して改善を図る点が優れている。また、GA は以下のような特徴を有しており、船殻構造のような複雑高度な組み合わせ最適化問題に対して有効な手法であると考えられる。

- (1) 単純な全探索法より効率的に最適解を得ることができる。
- (2) ランダムサーチを行うため局所安定に陥り難い。
- (3) 設計変数を連続関数でなく、離散問題として取り扱える。
- (4) 微分演算が不要で比較的アルゴリズムが単純である。

6.2 船殻構造へ GA 適用に関して

船殻構造に GA を適用するにあたり、その特性から一般的な GA 手法のプログラムと異なるシステムを開発する必要があった。

第一に、船殻構造は形状と板厚から構成される。しかし、形状から2次的に板厚が決定されるので、これらを一つの遺伝情報とは取り扱うことができない。そのため形状のみを遺伝子として取り扱い、板厚は形状が変化する毎に再計算するシステムとした。

第二に、一つ一つの形状には、関連性がある。そのためランダムに交叉を行うことができない。そこで繁殖させる際には、一点交叉の並行入れ替えのみの操作とした。

第三に、形状には取りうる範囲が存在する。そのため通常の遺伝子情報を2進法で取り扱い、突然変異を発生させる手法は困難である。よって遺伝情報は10進法のまま取り扱い設計変数の範囲内でのみ値を変化させることとした。

7. 結 言

「設計者の使用に耐えうる実用的な設計 TOOL」との観点から GA 手法を用いた船殻構造最適化システムを構築した。今後、本システムに対して計算精度の向上、ニューラルネットワークの同定等の問題を解決し、46,000 DWT のケミカル/プロダクトタンカーの構造最適化を図りたいと考えている。

参考文献

- [1] 古野, 北村: Double Hull Tanker の構造初期計画システムの構築 (その3 遺伝的アルゴリズムによる重量最適化), 西部造船会会報, 第102号, pp. 253 - 258 (2001)
- [2] 北村, K. ジェノド, 中森, 山中, 山本: 遺伝的アルゴリズムを用いた船体構造の最適設計と解の収束に関する研究, 西部造船会会報, 第101号, pp. 185 - 194 (1995)
- [3] 中野, 知能システム研究会: C でつくる脳の情報システム, 近代科学社 (1995)
- [4] 石田, 村瀬, 小山: パソコンで学ぶ遺伝的アルゴリズムの基礎と応用, 森北出版株式会社 (1997)

