

生物進化の理論を応用した送電用鉄塔最適設計システムの開発

最適な設計をスピーディーに行い、建設コスト削減を可能に

Applying the Theory of Biological Evolution to the Development of Optimal Design System for Transmission Steel Towers
Optimal Design at Lower Cost and Quickness

(電力技術研究所 土木建築G 構築T)

送電用鉄塔設計における最適化に要する時間を飛躍的に短縮でき、1基当たりの鉄塔建設費も最大で6%程度削減することが可能である鉄塔最適設計システムを開発した。本システムは、生物の遺伝メカニズムをモデルとした「遺伝的アルゴリズム」を適用しており、鋼材の接合位置や使用する鋼材種類の組み合わせを高速に最適化することにより、鉄塔重量を軽量化する国内初のシステムである。

(Construction Engineering Team, Civil & Architectural Group, Electric Power Research Institute)

A system for optimal design of transmission steel towers by applying the theory of biological evolution to the design process, which can reduce construction cost per tower by about 6% (maximum) has been developed. This is the first system in Japan to apply a model of biological genetic mechanisms, as expressed in genetic algorithm, to the design process and reduce tower weight by optimizing the joint positions and combinations of structural steels to be used.

1 開発の背景

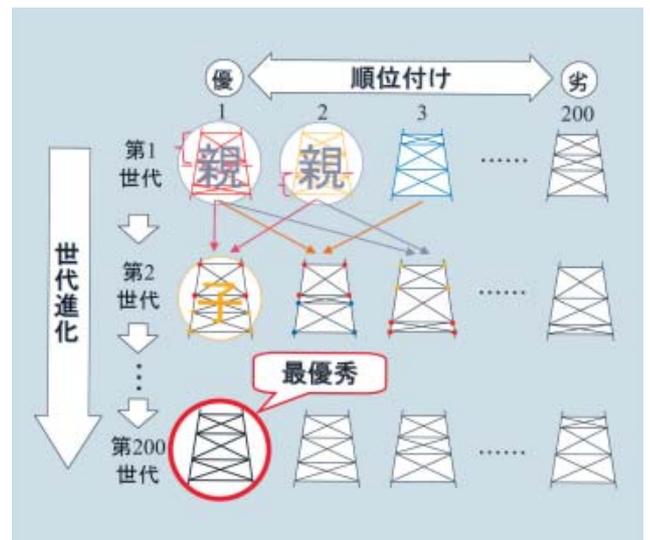
送電用の鉄塔は、送電電圧や送電線の太さ、地形・地域に関する風の強さ・隣の鉄塔との距離・送電線の角度などの条件が多様であるため、非常に多くの設計が必要となる。しかし、どういった既製鋼材をどの位置で接合すれば、必要な強度を保持しながら最大限のコストダウン(最も総重量を軽くすること)が図れるのか、考えられる数1000万の組み合わせケースについて徹底的に検討するには、1基につき数10ヶ月もの時間が必要となってしまう。そのため、従来は過去の設計事例を頼りに、より経済的な設計を2ヶ月程度で検討し、その時点で得られた最適な設計を採用していた。従って、更なるコストダウンを実現するには、従来方法では限界が生じており、短時間で最適化を可能にする設計システムの開発が望まれていた。

2 最適設計システムの概要

本システムで用いた「遺伝的アルゴリズム」は、生物の遺伝メカニズムをモデルとしたもので、世代進化を繰り返すごとに、より優秀な遺伝情報が次世代に継承されていき、最終的に最も優秀な世代が生まれてくるという理論である。特に、膨大な組み合わせ問題に対して、高速かつ効率的に解を見つけ出すのに適している。

本システムではこの理論を応用し、鋼材の接合位置を遺伝子情報に見たて、鉄塔重量が軽い優秀な「親」の遺伝子情報を「親」から「子」、「子」から「孫」へと受け継がせ、数百世代後に進化した子孫として、重量を

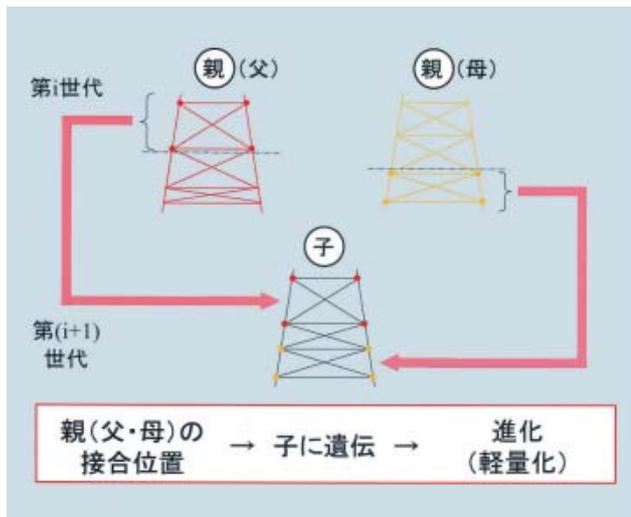
低減した送電用鉄塔の設計を可能としたものである(第1図)。



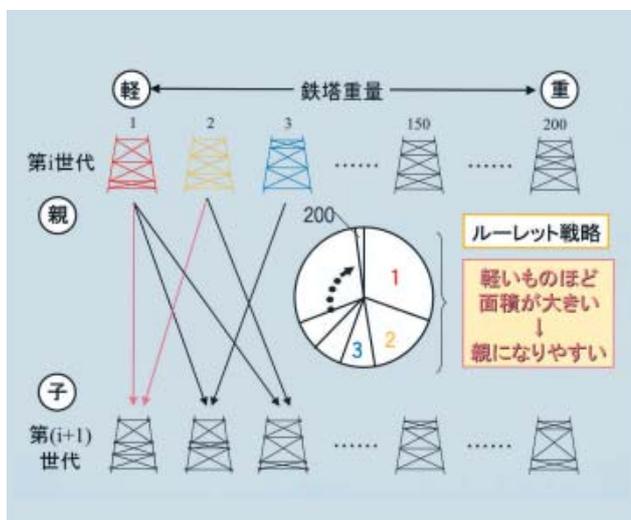
第1図 本システムの最適化イメージ

具体的には、まず適当に鋼材の接合位置を決めた鉄塔を1つ入力する。すると、パソコンの中で自動的に例えば200通りの接合位置の異なる設計が「第1世代」として作成される。次に、このうち2つを「親」として選び出し、遺伝子情報である「親」の鋼材の接合位置を組み合わせさせて「子」である「第2世代」を生み出す(第2図)。この時、総鋼材重量が軽いものほど「親」として選ばれやすくする(第3図)。そして、第2世代同士を組み合わせたものを「第3世代」としていき、最終的に例えば「第200世代」で鉄塔の総鋼材重量が最も軽い、鋼材の接合位置や使用する鋼材種類が得られるものである。

なお、本システムは認可プログラムを利用しており、



第2図 鋼材接合位置情報の遺伝イメージ



第3図 「親」の選び方と次世代の生成

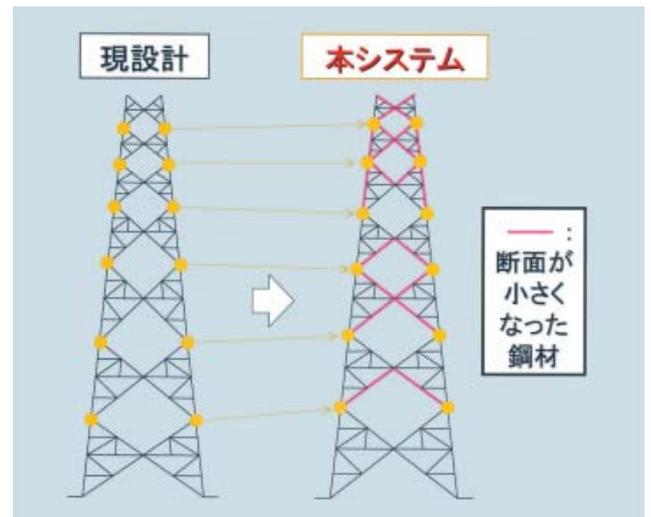
鉄塔設計に必要な基準を全て満足するようになってくる。

3 効果の検証

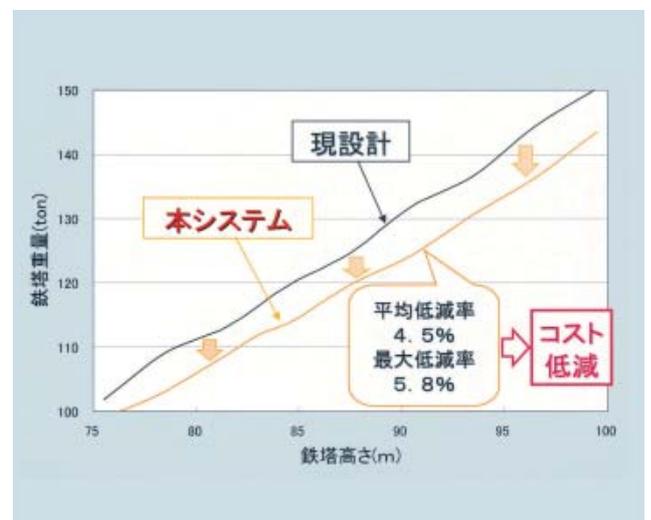
既に設計が完了しているいくつかの送電用鉄塔に対して、同じ設計条件で本システムを用いて最適化を行い、本システムによる効果を検証した。

その結果、鋼材の接合位置が微妙に移動し、鋼材断面が小さい、即ち軽い鋼材がいくつか用いられるようになり(第4図) 規模の大きいものでは数千万円にもなる送電用鉄塔本体のコストを、平均で3~4%、最大で6%程度削減可能であることが確認できた。第5図は、その一例である。これは、既製鋼材の力に耐える能力を、その接合位置を調整することでできるだけフル活用するようになったためである。

また、この最適化に要する時間は鉄塔1基について



第4図 最適化による鋼材接合位置の移動と鋼材の軽量化の例



第5図 最適化による鉄塔重量低減効果の例

わずか90分程度で済み、従来より飛躍的に早く最適化できることも確認できた。

4 今後の展開

既に、7万7千V送電用鉄塔である下村拳母線6基(愛知県)と15万4千V送電用鉄塔である泰阜南信線4基(長野県)の建て替え設計に、本システムを試行適用しており、平成13年度末には実鉄塔が完成予定である。また、今後は本システムを超高圧送電用鉄塔の設計にも適用していく予定である。

さらに、送電用鉄塔と同様な構造形態を持つ携帯電話通信用の鉄塔などにも展開が可能であるため、関係会社である愛知金属工業(株)が、送電用鉄塔、通信用鉄塔の設計受託等に本システムを使用していく予定である。

執筆 河村精一
Kouchi.Seiichi@chuden.co.jp