



手を動かして食べ物を口に運ぶこと、雑踏の中で人をよけながら歩くこと、限られた予算の中で買い物をする事など、日常の生活の中で私たちは知らず知らずのうちに「最適化」を行っています。人間の行動だけでなく、工学、産業においても常に作業を「最適化」することが求められています。これまでに、最適化問題解法にはさまざまなアルゴリズムが提案されています。代表的な最適化法として、階層型神経回路網を模した誤差逆伝搬法、熱力学の系を模したシミュレーテッドアニーリング、生物の遺伝と進化のしくみを模した遺伝的アルゴリズムなどが挙げられます。

最適化問題というと、ともすれば数学、制御工学、計算機科学などの研究対象という印象が強かったと思いますが、ここ数年におけるコンピューターの性能の飛躍的な向上とともに、プログラムが市販されたり、また、フリーソフトウェアがウェブ上で公開されるようになり、さまざまな分野において道具として用いられるようになりました。

光学の分野でも最適化は常に重要な課題です。複雑な光学系の設計や調整の最適化は、従来、設計者や技術者の知識・経験・勘に大きく依存します。熟練した研究者がやれば数十分で済む光学系の調整作業を学生や入社間もない新人にやらせると一日経っても終わらないという経験はだれしもあると思います。

最近、これらの煩雑な作業を最適化アルゴリズムによって簡素化、効率化しようという動きが出てきました。今回の WEB WATCHER では、最近よく耳にする遺伝的アル

ゴリズム (genetic algorithm: GA) をとりあげ、これまで報告されている光学における適用例や成果の一例を紹介したいと思います。そして、みなさんの周りにある複雑な問題も、遺伝的アルゴリズムによって解いてみませんか。

1. 遺伝的アルゴリズム

遺伝的アルゴリズムはいろいろなウェブサイトで紹介されていますが、アルゴリズムそのものを理解するのにお勧めなのが、「Soft Computing lab.」の遺伝的アルゴリズムのサイト [http://kyu.pobox.ne.jp/softcomputing/ga] です (図 1)。用語集のサイトもあるので、はじめての人でも理解しながら読み進めることができます。また、このサイトでは遺伝的アルゴリズムのほかに、ファジー理論、ニューラルネットワーク、カオスなども紹介されています。

富士通(株)計算科学技術センターが運営している研究者・エンジニアのためのネットコミュニティ「Net Laboratory」の「Salon」内の技術紹介におけるサイト [http://venus.netlaboratory.com/salon/chiteki/ga/] にも遺伝的アルゴリズムの特徴などがわかりやすく簡潔にまとめられています。また、富士通(株)計算科学技術センター知的システム研究部における適用事例、発表論文も紹介されています。

視覚的に遺伝的アルゴリズムを理解できるように、サイト上で実行可能プログラムのデモが体験できるサイトも国内外合わせていくつかあります。阪南大学筒井茂義先生のサイト [http://www.hannan-u.ac.jp/~tsutsui/research.html] などが挙げられます。迷路からの脱出経路を遺伝的アルゴリズムによって解く「Genetic Algorithm Maze Solver」[http://home.online.no/~bergar/mazega.htm] もゲーム感覚で楽しめます。これらのサイトは、GA オペレーターやパラメーターの理解を助けてくれるでしょう。

2. 遺伝的アルゴリズムの光学への応用例

光学レンズの設計では、経験的にトリプレットレンズ (凸凹凸の組み合わせ) が各種収差補正に最適であるということはわかっていますが、従来の方法では、トリプレットレンズの最適解を効率よくみつけることは不可能でした。東京工業大学小林重信教授のグループ [http://www.toshiba.co.jp/magazine/sci_talk/cont97/learn/learn3.htm] は、遺伝的アルゴリズムを用いてトリプレットレン



図 1 ソフトコンピューティングラボの遺伝的アルゴリズムホームページ。

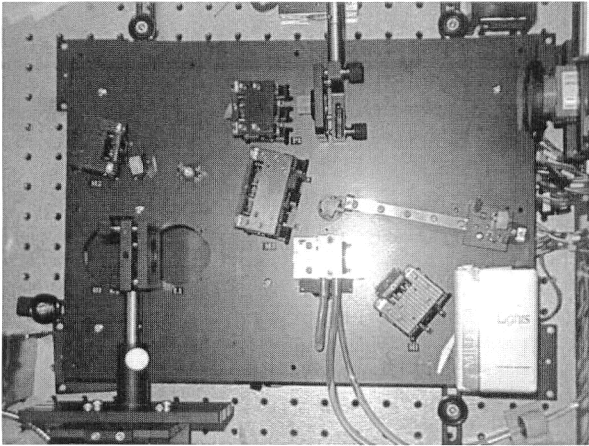


図2 進化型フェムト秒レーザー。

ズの最適解を導き出すことに成功しました。この技術を用いて、現在、レンズの自動設計に取り組まれています。

独立行政法人産業技術総合研究所の実世界知能研究班と光技術研究部門は、世界初の進化型フェムト秒レーザーシステムの開発 [http://www.aist.go.jp/aist-j/press_release/pr20011002_3/pr20011002_3.html] に成功しました(図2)。フェムト秒レーザー共振器の調整作業は可動箇所が多く煩雑で、手作業ではたとえ熟練者でも1週間程度かかってしまいます。遺伝的アルゴリズムに基づいた自動調整システムを用いると、調整時間が従来の100分の1以下である30分になります。また、レーザー共振器内の光学部品の位置合わせをリアルタイムで行うことで、外乱によらず最適状態が維持できるようになりました。このように遺伝的アルゴリズムを使うことで再現性と信頼性の高いフェムト秒レーザーシステムが実現できました。

光通信ネットワークの設計でも、遺伝的アルゴリズムは用いられています。光分岐素子の設置点と光ファイバーケーブルの心線数を可能な限り減らすことがネットワークのコスト削減に直接つながります。NTTアクセス網研究所の武田和時氏は、ネットワークのコスト削減とネットワーク網の最適化を両立させるために遺伝的アルゴリズムを用いる手法を提案しています。

また、筑波大学のシステム工学科では遺伝的アルゴリズムを用いた画像認識、レーザーの波面制御などを研究しており、その修士論文が [http://www.sie.tsukuba.ac.jp/H13syuron/cs.htm] に pdf ファイルで公開されています。

東京工業大学の和田昭英研究室 [http://www.res.titech.ac.jp/~kiso/index-j.html] のホームページでも面白い応用例が紹介されています。この研究室では、ローダミン610色素の蛍光スペクトルを制御するのに必要な最適励起パルス波形を遺伝的アルゴリズムによって設計してい

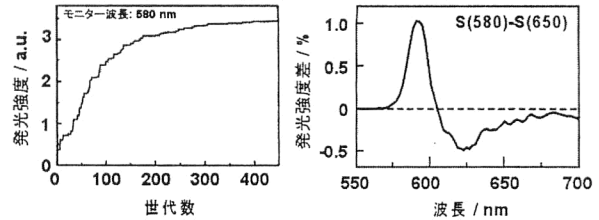


図3 最適励起パルス波形を用いたローダミン610の580 nm, 650 nmの蛍光強度差。

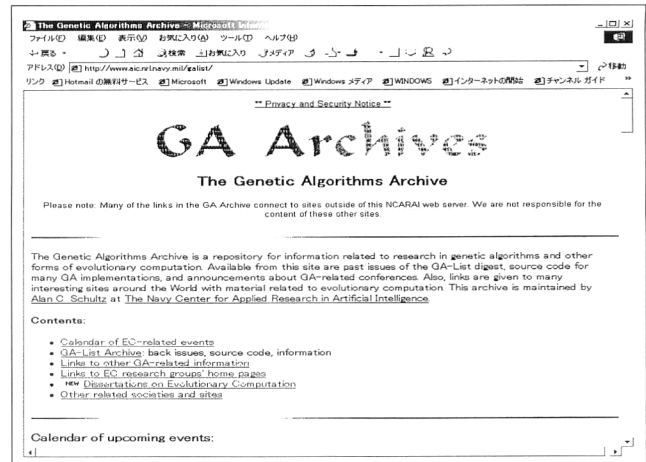


図4 GA archives のホームページ。

ます。ウェブで公開されている実験グラフ(図3)から580 nmと650 nmの蛍光強度を最大にするには異なるパルス波形が必要なことがわかります。

3. 遺伝的アルゴリズムをもっと知りたい方のために

光学の分野でも、遺伝的アルゴリズムを用いることで最適化を求める手法は、大きな成果を残してきています。さらに遺伝的アルゴリズムを知りたい方、使ってみたい方のためのサイトを紹介します。

「GA Archives」[http://www.aic.nrl.navy.mil/galist]は、関連学会カレンダー、GAに関連した情報のリンク集などGAに関するさまざまな情報を得ることができます。GAに関連したサイトと数多くリンクしているため、ほしい情報を探し求めることができるとおもいます(図4)。また、GAを実現するために必要なソースコードも公開されています [http://www.aic.nrl.navy.mil/galist/src]。言語もC/C++、Eiffel、FORTRAN、Java、Lisp、matlabなどがそろっており、環境にあったソースコードをみつけられることと思います。どうぞお試しください。

この記事に関する問い合わせは kato@optsun.riken.go.jp もしくは tanida@ist.osaka-u.ac.jp までお寄せください。

(清水 賀代)