

遺伝的アルゴリズムを用いたフェムト秒パルスレーザーの自動調整

野里博和[†] 河西勇二^{††} 村川正宏^{††}
板谷太郎^{††} 樋口哲也^{††} 古谷立美[†]

本論文では、遺伝的アルゴリズムを用いたフェムト秒パルスレーザーの自動調整方法を提案し、進化型フェムト秒パルスレーザーシステムを開発することによりその有効性を検証する。現在、フェムト秒領域の超短光パルスレーザーは、超高速光通信において必要不可欠である。しかしながら、フェムト秒パルスレーザーは、共振器内に凹面ミラーを正確に配置することが必要で、調整が難しい。したがって、その調整に熟練者でさえも3日以上かかることがあり、産業利用を考えたとき実用的でない。この問題を解決するために、我々は、遺伝的アルゴリズムにより、レーザー共振器を構成するミラーの位置最適化が可能な進化型フェムト秒パルスレーザーシステムを開発した。実験の結果、提案手法により15分程度で自動調整が可能になった。

Automatic Adjustments of a Femtosecond-pulses Laser Using Genetic Algorithms

HIROKAZU NOSATO,[†] YUJI KASAI,^{††} MASAHIRO MURAKAWA,^{††}
TARO ITATANI,^{††} TETSUYA HIGUCHI^{††} and TATSUMI FURUYA[†]

This paper describes an evolvable laser system that can generate femtosecond optical pulses. Laser systems must be aligned precisely, because the light has to travel many times within a laser cavity before returning to the focus point with μm resolution. Therefore, it typically takes three days to align a femtosecond laser manually, and the optimized condition is determined empirically. In order to overcome this problem, we propose the evolvable laser system (ELS), which can adjust automatically the positioning of laser cavity components by genetic algorithms (GA). In this ELS, it can align the laser components automatically within 15 minutes.

1. はじめに

レーザーシステムは、1960年代に発見されて以来^{1),2)}、半導体リソグラフィ³⁾、光通信⁴⁾、および計測技術⁵⁾などの様々な分野に応用されている。さらに、ここ10年間においてフェムト秒パルスレーザーの研究開発が急激に進歩した。

フェムト秒領域(出力パルスの時間幅が 10^{-15} オーダ)の超短光パルスレーザーは、超高速光通信や測定技術において必要不可欠である⁶⁾。しかしながら、フェムト秒パルスレーザーに用いられているカーレンズ効果によるモード同期技術は、レーザー共振器内に凹面ミラーを正確に配置することが必要で、その調整はきわめて

難しい。たとえば、凹面ミラーの位置が $10\mu\text{m}$ ずれると、レーザーの発振はとまる。そのため、フェムト秒パルスレーザーのマニュアル調整は、熟練者でさえも3日以上かかることがある。さらに、高出力の得られるレーザー共振器は、カーレンズ効果による非線形性により、励起光パワーに依存してミラーなどの理想構成位置が微妙にずれるため、励起光パワーを変化させたときにはつねに最適位置に再調整されなければならない。このように、ミラー位置の最適調整の難しさがフェムト秒レーザーの産業応用展開の障害となっている。

この調整の問題点を解決するために、我々はコンピュータによる自動位置調整を行うフェムト秒レーザーシステムを開発した。従来、フェムト秒レーザーは手動による調整のみであったが、人工知能の効率的な探索手法である遺伝的アルゴリズム(GA)⁷⁾に基づく調整プログラムを実行することで、レーザー共振器を構成するミラー位置の最適化を実現した。加えて、高速調整を可能にするミラーホルダを新規開発し、フェムト秒

[†] 東邦大学理学部情報科学科

Department of Information Science, Toho University

^{††} 産業技術総合研究所

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

レーザの最適化調整を 15 分で行うことに成功した。遺伝的アルゴリズムは、人工知能の進化型計算に属することから、以下では開発したシステムを、進化型フェムト秒パルスレーザシステムと呼ぶ。本提案システムが持つ具体的な利点は、以下の 3 点に集約される。

- (1) 調整時間の短縮
- (2) 信頼度の高い自動調整
- (3) 小型化

これらの利点は、産業的利用を考えたとき、非常に広い分野での超短光パルスレーザの応用を可能にし、大きな産業的波及効果を生む。本論文では、まず、フェムト秒パルスレーザシステムについて説明し、そのマニュアル調整の難しさを述べる。次に、開発した進化型フェムト秒パルスレーザシステムを説明し、遺伝的アルゴリズムによる自動調整方法を提案したのち、実験結果を報告する。最後に、問題点と今後の課題を議論したのち、結論を述べる。

2. フェムト秒パルスレーザシステム

本章では、進化型フェムト秒パルスレーザシステムの開発母体とした、従来型のフェムト秒パルスレーザシステムについて説明したのち、その調整の難しさについて述べる。

2.1 構成

レーザシステムの構成を図 1 に示す。このシステムは、標準的なチタンサファイアレーザ (Ti:sapphire laser⁸⁾) である。レーザシステムの主要部分は、3 つのミラー (M1, M2, M4)、2 つのプリズム (P1, P2)、半導体過飽和吸収ミラー (Semiconductor Saturable Absorber Mirror: SESAM⁹⁾) (M7)、および中心に置かれた 20 mm 長のプリスタ角のチタンサファイア結晶によって構成される。これらの配置は Z キャビティと呼ばれ、フェムト秒パルスレーザシステムにおいて必要不可欠である。

励起光源は、YVO₄ green laser で、波長は 530 nm である。この励起光は、レンズ、3 つの平面ミラー (M3, M4, M5) と 3 つの凹面ミラー (M1, M2, M6) および SESAM (M7) によって、チタンサファイア結晶に集光されている。そして、M4 から出力されるレーザの光強度は、一般的にパワーメータによって測定される。M4 は、レーザ光の約 2% を出力し、残りを共振器内に反射する平面ミラーである。

2.2 マニュアル調整の難しさ

フェムト秒パルスレーザの調整は、まず、調整が比較的容易な連続光発振 (CW 発振) に調整し、その状態から徐々に調整精度を高くしていき、パルス発振状

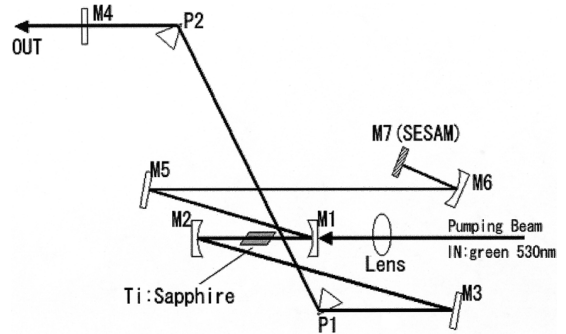


図 1 フェムト秒パルスレーザシステム
Fig. 1 Femtosecond pulse laser system.

態に調整する。そのパルス発振状態のレーザの出力光の状態は、M1 ~ M7 のミラーが理想的な配置からわずかにずれることで、多大な影響を受ける。たとえば、凹面ミラー (M2) の位置が 10 μm ずれると、レーザのパルス発振はとまってしまう。すべてのミラーのこのわずかな位置ずれを最適に調整するためには、配置されたミラーやプリズムなどの位置を、1 つずつ手で調整していく必要がある。しかし、その調整方法では、ミラーの角度、位置に対応したネジを職人の勘を頼りに調整するので、分解能や再現性という概念が存在せず、調整位置を元に戻したり、同じ刻みでミラーを移動したりすることができない。また、1 つのミラーを調整した結果が、その他のミラー全部に影響するので、この調整はすべてのミラーを総合的に調整しなくてはならない。

以上の理由から、熟練者でさえも初期調整には 3 日以上かかることがある。そのうえ、フェムト秒パルスレーザでは、その特徴である高いピーク光強度のために、ミラーやプリズム、結晶などの媒質の屈折率が光強度に応じて変化する非線形カーレンズ効果がある。これにより、調整終了後も、励起光パワーを変化させたとき、レーザシステムの理想構成の配置がずれてしまい、そのたびに再調整をしなくてはならない。

3. 進化型フェムト秒パルスレーザシステム

図 2 に開発した進化型フェムト秒パルスレーザシステムを示す。この進化型フェムト秒パルスレーザシステムの開発にあたり、従来型のフェムト秒パルスレーザに対して新規開発したものは (1) 自動調整方式としての遺伝的アルゴリズムの開発 (2) 高速調整を行うミラーホルダの開発 (3) 遺伝的アルゴリズム実行の高速化を図るための計測系の開発の 3 点である。本章ではこれらについて説明する。

遺伝的アルゴリズムは確率的探索手法の 1 つであり、

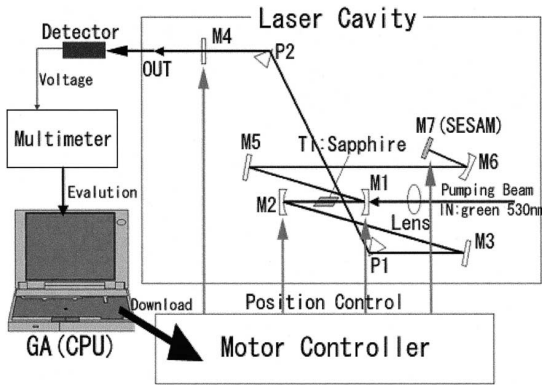


図2 進化型フェムト秒パルスレーザーシステム
Fig.2 Evolvable femtosecond pulse laser system.

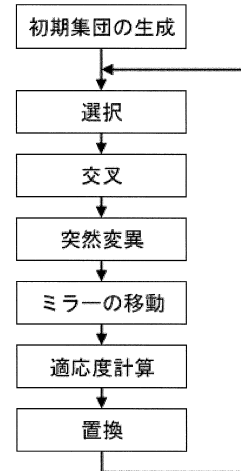


図3 遺伝的アルゴリズムによる調整フローチャート
Fig.3 Flowchart of alignment based on GA.

複数の解候補を並列的に探索することが可能な手法である。まず、解候補である個体（染色体）の集団を考え、その集団に生物の進化のしくみを模倣した操作を行うことにより、より良い解を得ようとする。遺伝的アルゴリズムには多くの種類があるが、本研究では局所解を回避するための多様性の維持、解の収束性に優れた MGG モデル^{10),11)}を用いた。

実際のレーザー調整に遺伝的アルゴリズムを用いる場合には、より良い解を早く求める必要がある。しかし、実際の調整時間に大きく影響するのはアルゴリズムの計算時間ではなく、解を評価する計測時間である。この問題を解決するために、出力光強度の計測系において、従来は2つの計測器で測定していたパルス発振の状態と光強度の2つを、半導体化合物を用いてピークパワーを計測することで一度に計測し、計測時間の短縮を図った。また自動調整のためには、位置調整の精度、再現性が必要不可欠であり、従来の職人が用いる調整用ホルダでは自動調整が不可能である。そこで、本研究では、位置精度、再現性に優れ、ミラーの高速移動が可能な自動調整用ホルダを開発した。

3.1 遺伝的アルゴリズム (GA)

従来、遺伝的アルゴリズムを用いてフェムト秒レーザーなどのレーザーの自動調整を行った例はなく、本論文においてはじめて提案する。図3に本論文で提案する自動調整方法のフローチャートを示す。これに従い、用いた遺伝的アルゴリズムの各処理の特徴について述べる。

(1) GA 染色体のコード化

図4に示すように染色体は12の遺伝子からなり、それぞれの遺伝子はM1, M2, M4, M7 (SESAM)の4つのミラー調整用ホルダにおける、3つの微動調整用ステップモータの変位に対応している。1つの

遺伝子は、正または負の整数で表現され、それぞれのステップモータが初期位置からどれだけ動いたかを表す。

(2) 選択

選択においては、集団からランダムに2つの親個体を選び、これら個体に対して遺伝的操作を行う。なお、初期集団は、 N_p 個の染色体をランダムに生成する。具体的には、初期個体それぞれにおいて $-L$ から L の範囲で、発生させた一様乱数を遺伝子とする。ここで、 L はあらかじめ定めた調整軸の探索範囲である。

(3) 交叉

交叉は選択によって選ばれた親個体 A, B から子個体 A', B' を作る操作である。本研究では、一般的な一点交叉方法を用いる。つまり、染色体中にランダムな交叉位置を設定し、その部分で A と B の染色体を入れ替えて、A', B' を作る。なおこの交叉が発生する確率は P_c とする。

(4) 突然変異

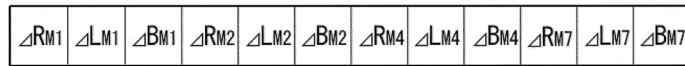
突然変異は、交叉後の各染色体に発生し、染色体の一部分を書き換える。本研究では、正規乱数型突然変異¹²⁾を用いる。その方法は、交叉によって得られた子個体の遺伝子を $X_j (j = 1, 2, \dots, 11, 12)$ とする。そのとき、突然変異により

$$X'_j = X_j + \sigma N(0, 1) \tag{1}$$

に従って、新しい遺伝子 $X'_j (j = 1, 2, \dots, 11, 12)$ が発生する。なお、 $N(1, 0)$ は、平均0、分散1の正規乱数を表し、 σ は定数とする。なお、この突然変異が発生する確率は P_m とする。

(5) 適応度評価

次に、上記遺伝的操作によって発生した子個体の適応



$$R_i = R_{i0} + \Delta R_i, L_i = L_{i0} + \Delta L_i, B_i = B_{i0} + \Delta B_i \quad (i=M1, M2, M4, M7)$$

図4 染色体のコード化

Fig. 4 Coding to a chromosome.

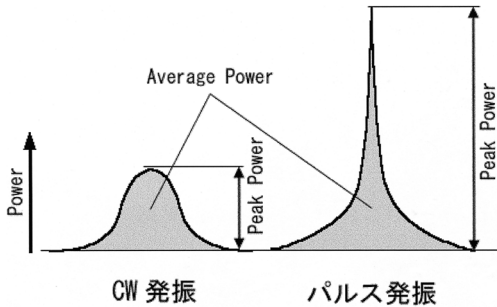


図5 パルスとCWの波形

Fig. 5 Wave profiles of pluse and continuous wave.

度評価を行う。本手法では、染色体が表すミラーの位置に移動させた後、3.2節で詳しく説明する半導体化合物が示す電圧値を、マルチメータで測定し、その値を個体の適応度としてそのまま用いる。たとえば、ミラー移動後の測定電圧が、1.800 Vであったとき、適応度の値は、1.800となる。

(6) 置換

子個体 A', B' の適応度評価が完了した後、置換の操作が行われる。その方法としては、親個体 A, B と子個体 A', B' の4個体のうち、適応度が高い上位2つの個体を選び、親個体と置換する。文献10)で提案されている MGG モデルでは、上位2つの個体ではなく、最良の1個体と確率的に選んだ1個体が選ばれるが、本論文では簡略化のために、上位2つの個体を選ぶ。なお、置換操作後、再び(2)の選択操作に戻り、図3に示すように、遺伝的操作を繰り返し行うが、これら操作は、探索開始から適応度を G 回評価した時点で打ち切る。

3.2 レーザ光出力計測系の高速化

一般的な出力光強度を測定するパワーメータは、出力光の平均出力を測定しているため、そのレーザがパルスなのかどうかの判断には別の波形解析装置が必要である。図5にレーザの2種類の波形を示す。従来のパワーメータでは波形の面積の平均値を光強度として測定するため、2種類の波形の出力エネルギーの面積合計が同じ場合、パワーメータでは同じ値となり、それらを見分けることができない。

本研究では、出力計測時間の高速化を目的とするた

め、半導体化合物のフォトディテクタを光強度測定に用いることで、パルス発振の検出と光強度の2つを同時に評価する。この化合物は、2光子吸収¹³⁾という原理により、レーザの光強度(ピークパワー)の2乗に比例して電圧を出力する特性を持つ。そのため、この計測方式により、半導体化合物の電圧値を測定するだけで、高いピークパワーをより感度良く検出し、パルス発振状態を見分けることができる。したがって、波形解析装置による解析を必要としないので、レーザ出力の計測時間を高速化できる。なお、電圧測定には、最も一般的なマルチメータを用いて、半導体からの出力電圧を測定する。

3.3 自動調整用ミラーホルダ

従来のミラーホルダには、分解能やその移動精度に限界があり、自動調整による調整では用いることができない。そこで、図6に示す新しい自動調整用ミラーホルダを開発した。このミラーホルダは、図7に示すような調整軸(R, L, B)を持ち、それぞれをステップモータで調整可能なホルダである。これら3つの調整軸の変位量の関係から、ミラーの角度(傾り、振れ)と位置が決まる。このような調整機構を持つホルダの特徴を以下の4つにまとめる。

(1) 高精度

駆動動力にステップモータを用いているので、PCからの制御により、1ステップ=50 nmで調整が可能。また、PC側でステップ数を記憶しておくことで、以前調整した場所などに復帰することができる。

(2) 高速駆動

高速なステップモータ(2 msec/step)を使用しているためミラー移動が高速にでき、また、複数のモータを同時駆動できるため、制御軸数が増加しても、移動時間に影響しない。

(3) 小型ミラーホルダ

駆動機構をミラー下部へ配置したことにより、従来のミラーホルダのような手動調整用のスペースを必要としない。そのため、ミラーホルダおよびそれを用いるレーザ共振器の構造を小型化できる。

(4) 汎用性の高い駆動範囲

1つの調整軸には、粗動(± 1.2 mm)、微動($\pm 7.5 \mu\text{m}$)

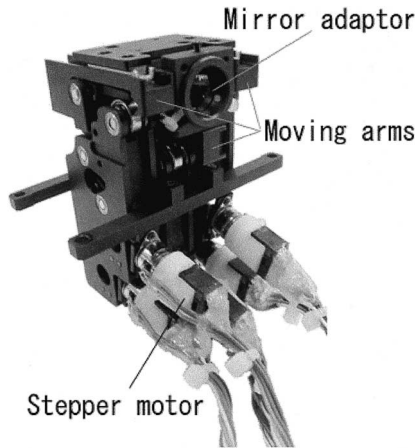


図6 自動調整用ミラーホルダ

Fig.6 Mirror holder for automatic alignment.

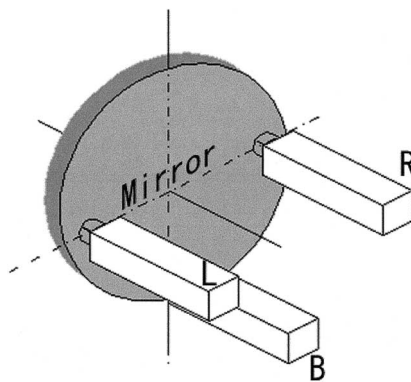


図7 ミラーの調整軸

Fig.7 Alignment axes of mirror.

の2つの調整機構が組み込まれているので、この2つを組み合わせることで、配置や結晶の交換などによる、大きなミラー位置の変化などに対応し、幅広い自動調整を可能にする。

4. GA 以外の探索手法

遺伝的アルゴリズムの有効性を検証するために、山登り法とランダムサーチの2手法を比較対象とする。

4.1 山登り法

山登り法は、人の手による調整手順に最も近く、ミラーの調整軸を1つずつ手で調整するように、探索していく。この山登り法の結果とGAの結果を比較することによってGAの多点探索が有効に働いているかが評価できる。その山登り法は以下の手順による。

- (1) 現在位置でのマルチメータの値 F_0 を読む。
- (2) $i = 1, \dots, 12$ について順番に

$$S_i := \sigma_i N(0, 1)$$

$$X_i := X_i + S_i$$

ミラーの駆動素子 i を X_i に移動させる。

マルチメータの値を F_i に保存。

$$X_i := X_i - S_i$$

ミラーの駆動素子 i を X_i に移動させる。

- (3) $F_i (i = 1, \dots, 12)$ の中の最大値 F_m を選ぶ。

- (4) $X_m := X_m + S_m (m = 0$ の場合は行わない)。

- (5) (1) に戻る。

- (6) 一定回数 (H_{max} 回) 繰り返したら停止。

なお、 X_i は、遺伝的アルゴリズムにおける遺伝子に相当する。この山登り法とGAの結果を比較することによって、GAの多点探索が有効に働いているかが評価できる。

4.2 ランダムサーチ

ランダムサーチは、人手による調整の勘に相当する調整方法である。ランダムに設定した複数の位置において、そのときのマルチメータの値を読みとる。GAとの比較のため、ランダムサーチでの計測点数は、GAの1試行における全評価回数 G と同一にし、探索範囲もGAと同一にする。

5. 調整実験

5.1 実験システム

図8に実験に使用したシステムを示す。励起光源は、昭和オプトロニクス製のJUNO500を用い、そのノイズ成分は出力光強度の0.5%以下である。各ミラー、プリズムおよびM3, M5, M6, P1, P2のホルダはシグマ光機製の光学部品を用いた。自動調整用の駆動ミラーホルダM1, M2, M4, M7およびそのモータコントローラは本研究のために新たに開発したものである。出力光計測に用いた半導体化合物は、浜松フォトリクス製のGaAsPフォトダイオードG1117を用い、その電圧値を、HP製のデジタルマルチメータHP34401Aにより計測した。

5.2 実験条件

このシステムを用いて、調整実験を行った。実験では、熟練者により調整されたCW発振状態(パルス発振の最適化には、さらに調整を必要とする状態)を初期状態とした。その状態から、提案したアルゴリズムによって、自動調整が可能かどうかを検証する。また、提案手法の比較として、山登り法による実験、およびランダムサーチによる実験も同様の初期状態から行った。実験で用いたパラメータは、 $N_p = 20$, $L = 150$, $\sigma = 1.5$, $G = 240$, $P_c = 1.0$, $P_m = 1.0$, $G = 240$, $H_{max} = 20$ である。これらの値は、予備実験によって決定した。なお、このパラメータにより、山登り法とGAにおける初期個体からの評価回数は同一に

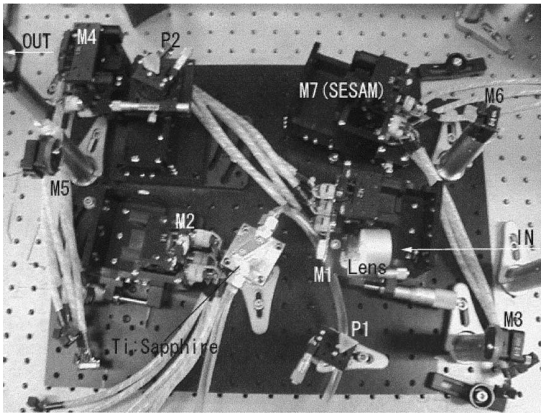


図8 実験に使用した進化型フェムト秒パルスレーザシステム
Fig. 8 Evolvable femtosecond pulse laser system for experiment.

なっている。

5.3 GA と山登り法との比較

図9にGAと山登り法の収束の結果を示す。調整時間は、20回の評価に約75秒かかるので、GAによる収束時間(240回)は15分程度である。また、収束の様子から、GAでは探索初期時にパルス発振状態の解を見つけ、そこから徐々に最適調整解を探索している様子が分かる。一方、山登り法では、初期位置のCW発振状態からパルス発振状態へ抜け出せず、局所解にはまってしまっている様子が分かる。このことにより、フェムト秒パルスレーザの調整には多点探索が非常に有効であることを確認した。

表1に、GAと山登り法による収束時点での結果を示す。GAでは、調整の平均結果がスタート時の評価時0.502から1.805に上昇し、約3.6倍になっていることが分かる。また、2光子吸収はピークパワーの2乗に比例するので、計算すると、GAによりピークパワーが約1.9倍に調整されたことが分かる。また、GA調整後の最高出力時のパルス幅測定結果を図10に示す。この図より、GA調整によりフェムト秒パルスが出力されていることが確認でき、2光子吸収方式を用いた評価方法が、有効的にパルス発振への調整に機能したことが分かる。

また、山登り法では、表1の結果から、10試行すべてにおいて、パルス発振することなく調整が終了している。このことから、初期位置付近に局所解が存在し、さらにその局所解の周りには平坦な適応度分布があることが予想される。このことから、パルス発振になっていない状態からの調整には、山登り法は不向きであることが分かる。

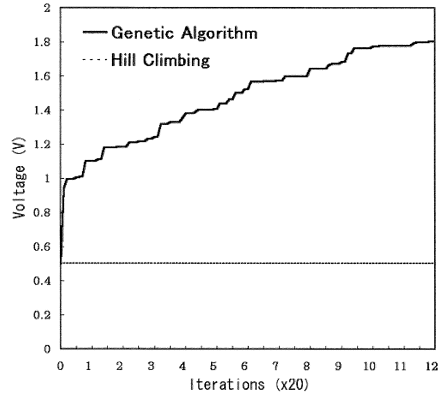


図9 調整実験の収束の様子(10試行の平均)
Fig. 9 Fitness versus iterations for the experiments.

表1 GAと山登り法の調整結果(試行数:10)

Table 1 Alignment results for the experiment.

Fitness	START	AVE	MAX	MIN	STD
GA	0.502	1.805	2.271	1.611	0.2236
Hill Climbing	0.502	0.503	0.504	0.502	0.0004

表2 ランダムサーチの調整結果(計測点数:240)

Table 2 Alignment results with the random search.

Fitness	AVE	MAX	MIN	STD
Random Search	0.522	1.520	0.415	0.1041

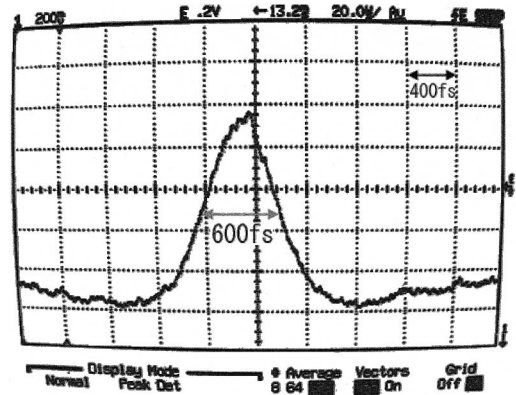


図10 GA調整後の出力パルス波形
Fig. 10 Wave profiles after GA alignment.

5.4 ランダムサーチとの比較

表2にランダムサーチの結果を示す。この結果と表1のGAの結果を比較すると、GAの結果がランダムサーチの結果を上回っており、遺伝的操作の有効性を確認することができる。また、GAの10試行中の最小値に関しても、ランダムサーチの最大値を上回っており、パルス状態を見つけてからも調整が有効に行われている。

6. おわりに

本論文では、遺伝的アルゴリズムを用いた、フェムト秒パルスレーザの自動調整方法を提案し、それを実現する高速駆動ミラーホルダを開発し、従来にはない短時間での自動調整が可能なフェムト秒パルスレーザシステムを開発した。実験の結果、熟練者により3日以上かかることもあったレーザ共振器の最適化調整を、提案手法により、15分というきわめて実用的な時間で達成した。

今後の課題として、本研究では提案方式の有効性の検証を主目的としたために、交叉方法としては一般的な一点交叉を用いたが、さらなる調整時間の短縮のためには、実数値空間上で効率的な探索ができるとされている実数値GAの各種交叉方法¹⁴⁾の適用を検討したい。また、本論文では比較対象とした山登り法を、GA調整後に適用することで、山登り法の特徴を生かし、GA調整結果のばらつきを抑えることも検討したい。さらに、4つのミラーに加え、レンズや、プリズムも自動調整可能なシステムの開発が、実用化を考えると重要な課題である。

本論文で提案した手法は、フェムト秒パルスレーザの自動調整のみならず、光ファイバの調芯¹⁵⁾や様々な光学システムに広く応用することができる。現在、光学システムを利用している様々な分野で同様な問題をかかえており、この提案手法がそれにブレークスルーを与えることを期待する。

参考文献

- 1) Maiman, T.H.: Stimulated Optical Radiation in Ruby, *Nature*, Vol.187, pp.493-494 (1960).
- 2) Siegman, A.E.: *Lasers*, University Science Books (1986).
- 3) Moreau, W.M.: *Semiconductor Lithography*, Plenum Press (1988).
- 4) Yariv, A.: *Optical Electronics in Modern Communications*, Oxford University Press (1996).
- 5) Valdmanis, J.A.: *Semiconductor and Aemimetics, Chapter 4*, Academic Press (1990).
- 6) Kamiya, T., Saito, F., Wada, O. and Yajima, H. (Ed): *Femtosecond Thechnology*, Springer (1999).
- 7) Goldberg, D.E.: *Genetic algorithms in search, optimization and machine learning*, Addison Wesley (1989).
- 8) Keller, U., Hooft, G.W., Knox, W.H. and Cunningham, J.E.: Femtosecond pulses from a continuously self-starting passively mode-locked Ti:sapphire laser, *Opt. Lett.*, Vol.16,

pp.1022-1024 (1991).

- 9) Keller, U., Weingarten, K.J., Kartner, F.X., Kopf, D., Braun, B., Jung, I.D., Fluck, R., Honninger, C., Matuschek, N. and Aus der Au, J.: Semiconductor sturable absorber mirrors (SESAM's) for femtosecond to nanosecond pulse generation in solid-state lasers, *IEEE Selected Topics in Quantum Electronics*, Vol.2, pp.454-464 (1996).
- 10) Satoh, H., Yamamura, M. and Kobayashi, S.: Minimal Generation Gap Model for GAs Considering Both Exploration and Exploitation, *Proc. 4th International Conference on Soft Computing (IIZUKA96)*, pp.494-497 (1997).
- 11) 佐藤 浩, 小野 功, 小林重信: 遺伝的アルゴリズムにおける世代交代モデルの提案と評価, *人工知能学会誌*, Vol.12, No.5, pp.734-744 (1997).
- 12) Schwefel, H.P.: *Evolution and Optimum Seeking*, John Wiley & Sons (1995).
- 13) 南 茂夫, 合志陽一(編): *分光技術ハンドブック*(株)朝倉書店, 東京(1990).
- 14) 小野 功, 山村雅幸, 喜多 一: 実数値GAとその応用, *人工知能学会誌*, Vol.15, No.2, pp.259-266 (2000).
- 15) 村川正宏, 野田芳弘, 樋口哲也: 遺伝的アルゴリズムを用いた光ファイバの自動調芯システム, *電子情報通信学会論文誌*, Vol.J84-D-I, No.6, pp.878-887 (2001).

(平成 14 年 2 月 4 日受付)

(平成 14 年 3 月 20 日採録)



野里 博和

1975年生。2000年東邦大学大学院理学研究科博士前期課程修了。現在同研究科情報科学専攻博士後期課程在学中。遺伝的アルゴリズム、進化型光学システムの研究に従事。



河西 勇二

1963年生。1987年筑波大学工学研究科にて工学修士(物質工学)。同博士後期課程を経て1988年電子技術総合研究所入所。高速電子デバイスの作製と評価の研究に従事。1999年から遺伝的アルゴリズムの応用に関する研究に従事。電気学会、応用物理学会、日本太陽エネルギー学会各会員。電気学会電子・情報・システム部門ミレニアム最優秀論文賞受賞。



村川 正宏

1972年生。1999年東京大学大学院工学系研究科機械情報工学専攻博士課程修了。同年電子技術総合研究所入所。現在独立行政法人産業技術総合研究所研究員。遺伝的アルゴリズム、ニューラルネットワーク、適応型ハードウェアの研究に従事。博士(工学)。1999年第2回進化システム国際会議最優秀論文賞、2000年度つくば奨励賞若手研究者部門、2001年電気学会電子・情報・システム部門ミレニアム最優秀論文賞各受賞。電気学会会員。

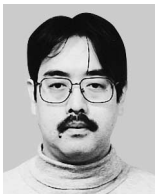
リズム、ニューラルネットワーク、適応型ハードウェアの研究に従事。博士(工学)。1999年第2回進化システム国際会議最優秀論文賞、2000年度つくば奨励賞若手研究者部門、2001年電気学会電子・情報・システム部門ミレニアム最優秀論文賞各受賞。電気学会会員。



樋口 哲也

1955年生。1982年慶應義塾大学大学院工学研究科博士課程修了。工学博士。1983年電子技術総合研究所入所。1990～1991年カーネギーメロン大学客員研究員。筑波大学連

携大学院教授兼任。進化型ハードウェア、遺伝的アルゴリズムの研究に従事。第25回市村学術賞受賞、電気学会電子・情報・システム部門ミレニアム最優秀論文賞等。現在、産業技術総合研究所次世代半導体研究センター回路システムグループ長(MIRAIプロジェクト)。



板谷 太郎

1965年生。1990年東京大学工学部電気工学科卒業。1992年同大学院修士課程修了。同年電子技術総合研究所に入所。高速デバイス技術、レーザー制御技術に関する研究に従事。電

気学会、電子情報通信学会、レーザー学会、応用物理学会、OSA、IEEEの各会員。平成10年科学技術庁注目発明賞を受賞。



古谷 立美(正会員)

1947年生。1973年成蹊大学大学院電気工学専攻修了。同年電子技術総合研究所入所。1994年東邦大学情報科学科教授。現在に至る。生物の原理を応用した情報処理に興味を

持っている。