

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：15401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24650531

研究課題名(和文) 遺伝的アルゴリズムを用いた機械設計能力の評価および最適設計支援システムの開発

研究課題名(英文) Development of optimal design support system and evaluation of mechanical design ability by using a genetic algorithm

研究代表者

川田 和男 (Kawada, Kazuo)

広島大学・教育学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：10300633

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,700,000円、(間接経費) 510,000円

研究成果の概要(和文)：従来から行われている機械設計製図の課題に制約条件を設け、進化的計算法の一つである遺伝的アルゴリズムを用いて最適形状を探索させ、その形状と学生の設計した形状とを比較し、そこで生じたずれを定量的に評価する方法を提案した。

近年、カリキュラムの改訂等により実験・実習系の授業の時間数が減少傾向にあり、短時間で効率の良い設計の指導が急務となっている。そこで、本研究では制約条件を満たした最適な設計を行うために、学生に繰り返し計算をさせているが、最適な形状に近づいている設計計算になっているかをチェックし、近づいていない場合は支援(ナビゲート)する方法について提案し、有効性を確認した。

研究成果の概要(英文)：The "Mechanical Design and Drafting" is positioned as a comprehensive exercise which organically combines "Machine Element Design", "Drafting", "Working Technology" and so on. However, each student is not fairly evaluated on originality and creativity. Moreover, they are mainly evaluated qualitatively, and the rate of quantitative evaluation becomes quite small. In this paper, a new quantitative evaluation scheme is considered using a genetic algorithm(GA) which is one of the evolutionary computation. That is, the optimal form is generated using the GA, and the difference between the optimal form and the form designed by the student is evaluated quantitatively. Furthermore, the optimal design support method is considered.

研究分野：メカトロニクス教育

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学 ・ 科学教育

キーワード：機械工学教育 設計製図 評価法 機械設計能力 進化的計算法 最適設計支援

## 1. 研究開始当初の背景

我が国の製造業の空洞化によって生じているものづくりに対する機運の低下に伴うかのように若者の理工系離れが進み、将来の我が国のものづくり技術力の低下が懸念されている。このような状況に対し、大学理工系学部等では「ものづくりに関わる教育」の重要性が認識され、様々な取り組みの成果や教育方法の改善が提唱されている。

全国の大学理工系学部等において、ものづくりの基本となる工業力学や材料力学等の知識を有機的に活用させ、総合化する力を育成することを目的とした総合的演習の授業に機械設計が導入されているが、新しい工業教育の在り方が課題となっている今日においても古くから行われている帰化設計製図の演習（ねじジャッキの課題）は、機械工学の教育上必要な専門の学習形態であるため、現在も続けられている。しかし、それらの学習に対する評価方法は、定量的な評価の割合は少なく、定性的な評価に頼ることが多く、教員の主観に影響されるという問題も抱えているため、総合的演習の中で重要な意味を持つ工夫・創造した結果や、総合的に考えられる力について細かく分析した評価は困難である。

現在、工学系の機械設計教育においては知識を問う試験以外では、学習結果に対する評価に関して詳細に考察されたものはほとんど見られず、定量的・客観的な基準に関する研究は、国内外の最新の研究成果を精査しても、未だ手つかず状態にあった。設計分野においては、熟練者と初心者との設計の仕方を考察した研究はあるが、熟練者（本研究では遺伝的アルゴリズムの最適設計）に初心者が近づけるための支援や設計プロセスの評価をおこなう研究は見られず急務であると考えられる。

## 2. 研究の目的

本研究は、進化的計算手法の一つである遺伝的アルゴリズムを用いて最適設計を支援する学習支援システムの開発を主目的とする。具体的には、機械設計製図の課題に加えて、個々の学生に対して制約条件（設計条件）を設け、遺伝的アルゴリズムが探索した最適設計解と学生の設計した設計解とを比較し、そこで生じたずれを定量的に評価し、学生が最適設計解に近づくように設計を支援する（ガイドする）システムを開発し、実際に教育現場にて信頼性・有用性の評価・検討をおこなう。

## 3. 研究の方法

機械設計製図の課題として、図1のようなねじジャッキを扱った。このねじジャッキの設計は、図2に示すフローチャートに沿って設計される。このとき、制約条件内におけるコンパクトな最適形状を探索するとき、遺伝的アルゴリズムを用いる。そのときの遺伝的アルゴリズムのフローチャートを示したのが図3である。ここで用いた遺伝的アルゴリズムは、二進数型ではなく実数値型のものを用いた。

学生は、設計計算により制約条件内においてコンパクトに最適な形状を設計させた。学生の機械設計計算結果を図4に示す設計確認プログラムにおいてチェックさせた。このとき、PDAを用いた。この設計確認プログラムは、Microsoft ExcelのVBAを用いて作成しているため、PDAのOSはWindowsのものを使用した。

PDAにより、学生の機械設計計算の確認をおこなうが、繰り返し計算により最適設計の方向に向かっていない場合、最適設計に関するパラメータ（今回は、ねじ棒の有効径）を具体的に示すのではなく、パラメータの増減を示すようにし、最適設計に関する事項に気付かせ支援するようにした。

## 4. 研究成果

学生にねじジャッキの設計計算の確認をおこなわせた。被験者数が20名で、設計支援なしの結果を図5に示す。この図から繰り返し数が増えてもずれはあまり小さくなっていないことがわかる。被験者数が6名ではあるが、今回提案した設計支援ありの結果を図6に示す。これより、ずれの大きさが明らかに小さくなっていることがわかる。また、設計支援により最適化するためにはどうすればよいか論理的に考えながら設計できていることが計算書等の計算過程を見ることで読みとることができた。

しかし、図6を見ると、繰り返し回数が増えてもずれが小さくならない学生がいることがわかった。このことより、パラメータの増減を表示しても最適設計ができない学生に対して、次の設計支援策として、設計に用いる式（例えば、座屈荷重の式やねじ斜面の傾斜角度の式）を表示し、ねじ棒の有効径を大きくすると座屈荷重がどのように変化するか、ねじ斜面の傾斜角がどのように変化するかをわかりやすく示すことで、学生自ら最適設計の次の改善活動につながるように工夫をする必要があることがわかった。



図1 ねじジャッキ

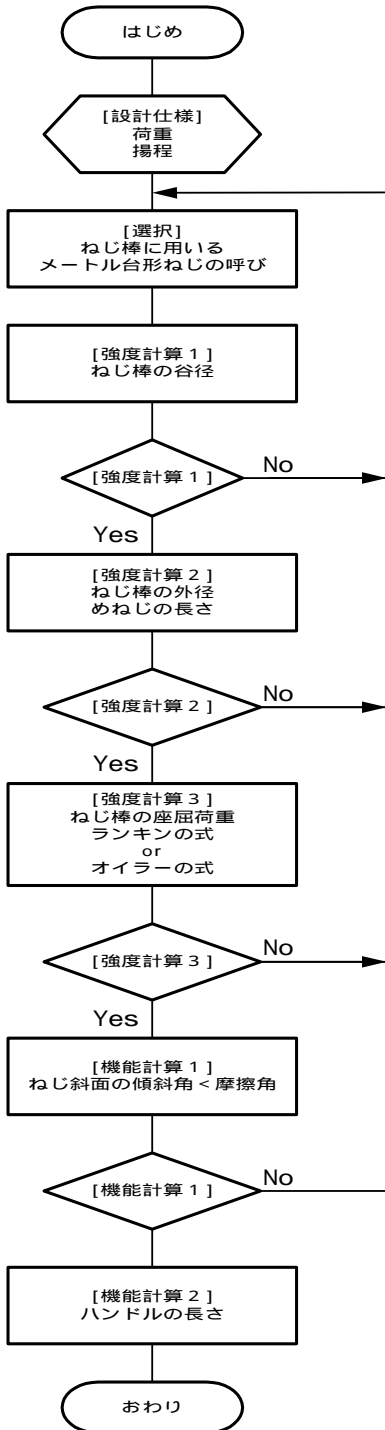


図2 ねじジャッキ設計フローチャート

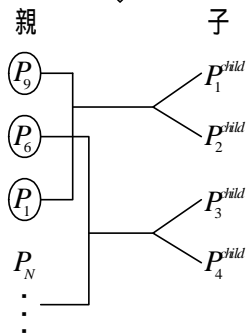
初期集団

|       |                    |                |                |
|-------|--------------------|----------------|----------------|
| $P_1$ | ねじ呼び<br>(Tr XXxYY) | おねじの材質<br>(M1) | めねじの材質<br>(M2) |
| $P_2$ | ねじ呼び<br>(Tr XXxYY) | おねじの材質<br>(M1) | めねじの材質<br>(M2) |
| $P_3$ | ねじ呼び<br>(Tr XXxYY) | おねじの材質<br>(M1) | めねじの材質<br>(M2) |
| $P_4$ | ねじ呼び<br>(Tr XXxYY) | おねじの材質<br>(M1) | めねじの材質<br>(M2) |
| ⋮     |                    |                |                |
| $P_N$ | ねじ呼び<br>(Tr XXxYY) | おねじの材質<br>(M1) | めねじの材質<br>(M2) |

選択

|       |                    |                |                |     |
|-------|--------------------|----------------|----------------|-----|
| $P_9$ | ねじ呼び<br>(Tr XXxYY) | おねじの材質<br>(M1) | めねじの材質<br>(M2) | 0.9 |
| $P_6$ | ねじ呼び<br>(Tr XXxYY) | おねじの材質<br>(M1) | めねじの材質<br>(M2) | 0.8 |
| $P_1$ | ねじ呼び<br>(Tr XXxYY) | おねじの材質<br>(M1) | めねじの材質<br>(M2) | 0.8 |
| $P_N$ | ねじ呼び<br>(Tr XXxYY) | おねじの材質<br>(M1) | めねじの材質<br>(M2) | 0.7 |
| ⋮     |                    |                |                |     |
| $P_3$ | ねじ呼び<br>(Tr XXxYY) | おねじの材質<br>(M1) | めねじの材質<br>(M2) | 0.1 |

交叉



上位個体による交叉

突然変異

|               |                    |                |                |
|---------------|--------------------|----------------|----------------|
| $P_k^{child}$ | ねじ呼び<br>(Tr XXxYY) | おねじの材質<br>(M1) | めねじの材質<br>(M2) |
|---------------|--------------------|----------------|----------------|

3つのセルの中から無作為に選び、探索範囲内の乱数に置き換える

図3 GAのフローチャート

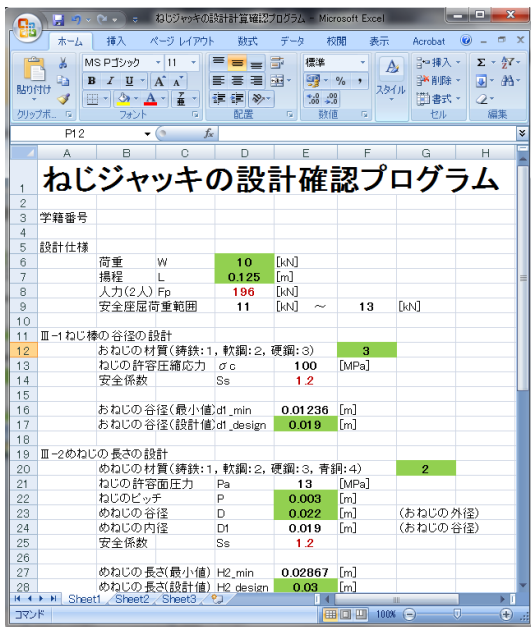


図4 設計確認プログラム (設計支援) 画面

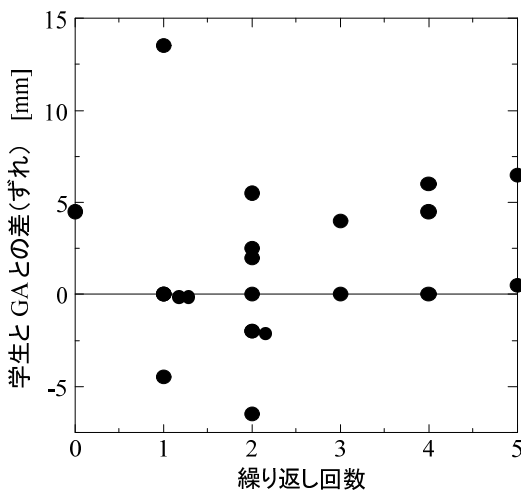


図5 設計支援なしの結果

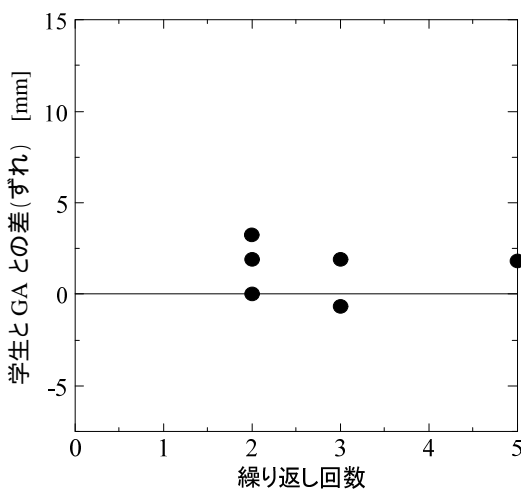


図6 支援ありの結果

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 2 件)

[1] 川田和男: 機械設計における最適設計支援に関する一考察, 電気学会研究会「制御工学・制御技術の新しい展開」, 2013年12月3日, 首都大学東京(秋葉原サテライトキャンパス)

[2] 川田和男: 遺伝的アルゴリズムを用いた機械設計能力の評価および最適設計支援に関する一考察, 日本産業技術教育学会第56回全国大会(山口), 2013年8月23日, 山口大学教育学部

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

川田 和男 (KAWADA KAZUO)

広島大学・大学院教育学研究科・准教授

研究者番号: 10300633

(2)研究分担者

( )

研究者番号:

(3)連携研究者

( )

研究者番号: