

人間の進歩・進化と私の研究

ダーウィンの「種の起源」150年とテイヤール・ド・シャルダンを記念して

孤独な進化

B0978020

理工学研究科 理工学専攻 機械工学領域 精密工学研究グループ

博士前期過程 1年

中村 恭子

1. 要約

孤独な進化．世に広めたが理解されなかった研究，世に批判された研究，そして世に出せなかった研究を私はこう定義づけた．

ダーウィンは論争および批判を恐れて20年間自分の研究を世にださなかった⁽¹⁾⁽²⁾．その苦悩から心身症を負いながらも次のような言葉を自分の心で繰り返した⁽³⁾．

「私は最大限に厳しく，細心の注意をはらって仕事に取り組んだのではないか．これほどの情熱で取り組んだ人は他に誰もいないはずだ．」⁽¹⁾⁽⁴⁾

この言葉が丁度私の心に響いた．なぜなら，その頃私は自分の研究に関してある数式を考えたばかりであり，またそのことに関していささか問題を抱えていたからである．私は長く孤独な進化を続けた人物だからこそ「これほどの情熱で」と言えるのだと考える．自分の内に秘めながら研究を続けることや世に批判され失望しながらも研究を続ける機会があるからこそ返って情熱が増すのだと考える．その理由をダーウィンの生涯と，まだ始めてから間もないが，研究から経験した自分の進化から述べた．

一方，ダーウィンと同じ時代に遺伝の法則で有名なメンデルが生きていたが，彼も孤独な進化の一人であったために，ダーウィンに知られることもなく1884年に世を去った．しかしメンデルのモデルはダーウィンが直面していた困難のすべてを解決してくれるものであり⁽⁵⁾⁽⁶⁾，私はもしこの両者が互いに認めあい，互いの研究を刺激することができたなら歴史はどうなっていただろうかととても惜しく思う．世に認められ，脚光を浴びる研究，これを私は「明瞭な進化」と定義づけた．

本文では上記，孤独な進化と明瞭な進化について検討した．情報化社会になり，また学問の自由が保障されている現代，ダーウィンやメンデルが経験したような悲しい孤独な進化は少ないが，それでも孤独な進化が必要だということを結論として述べている．ダーウィンやメンデルが描いた情熱の進化を，ひいては研究者という人類の進化について私は考察した．

2. 緒言

そもそもなぜダーウィンはその時代に種の起源を調べる気になったのだろうか？その素朴な疑問がダーウィンの生涯と思想を調べるきっかけとなった。

調べていくうちに、ダーウィンの苦悩と情熱および思想を目の当たりにすることになるのだが、それがちょうど私の心に響いた。私はその頃自分で自分の研究に関してある数式を考え、意見を述べたばかりだったが、その数式がなかなか認められなかったからである。本論文ではダーウィンに出会ったことによる私の心情の変化とそこから結論付けた自分の考えを、ダーウィンの生涯と私の研究を通して説明していく。

3. 私の研究

私は工作機械における結合部接触剛性の評価について研究している。工作機械とは機械部品を作り出す機械のことである。日本は1982年から今日に至るまで26年間、世界最大の工作機械生産国として世界中のユーザから評価され、今後ますます技術向上が期待されている⁽⁷⁾。

現在工作機械の技術向上において注目されているものは、主として作業能率、加工精度がある。加工精度を支配する要因のひとつとして機械の剛性があげられるが、現実に利用されている多くの工業製品や工作機械は、機能上や運搬上などの理由から多数の要素に分割され、それらが互いに結合部を構成しており、これが存在すると結合部を有さない一体形のものの精度とは大きく異なる特性を示すため、構造体に静荷重、動荷重、熱などの外乱が作用した場合は、その変形挙動が複雑化するため予測が困難なものとなっている⁽⁸⁾⁽⁹⁾。

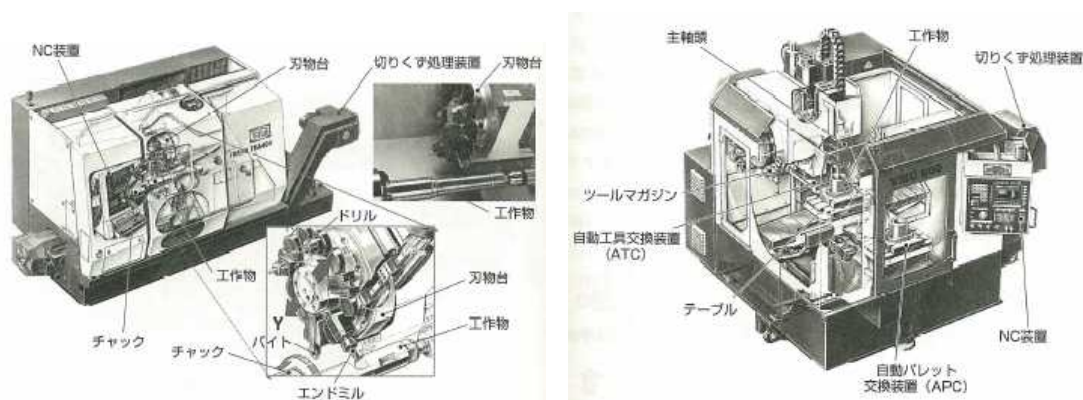


図1. 結合部を多数有する工作機械(例)⁽⁹⁾

この変形挙動を正確に評価するためには、結合部の特性を明らかにする必要がある。そこでこれまで結合部の静特性・動特性・熱特性に関する評価が多く行われてきた。なかでも静特性の1つである静剛性(静的な荷重と静的な変位の関係で規定される剛性)は、動剛性の基礎にもなっており注目すべき要因であるため⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾、当研究室では結合部における静剛性の評価法を確立させてきた⁽¹²⁾。しかしながら、これらの研究は同種材料間の結合部を対象としており、工作機械に多く

存在する異種材料間の結合部には適用できないのが現状である。現実には多くの異種材料間の結合部が存在しているものの、それらの接触剛性については、まだ十分に検討されていない状況である。そこで私の研究では異種材料の結合部における接触剛性の定量化について検討し、今後の異種材料間の結合部の設計指針を明らかにすることを目標としている。

図 2 は金属と金属が接触している接触面の拡大図である。接触剛性評価の検討方法としては、図2のように、粗さの凸凹をばねに置き換えて、このばね1本あたりの剛性、つまり単位接触ばね剛性 k を実験により算出することにより、全体の接触剛性を評価する方法を採用している。

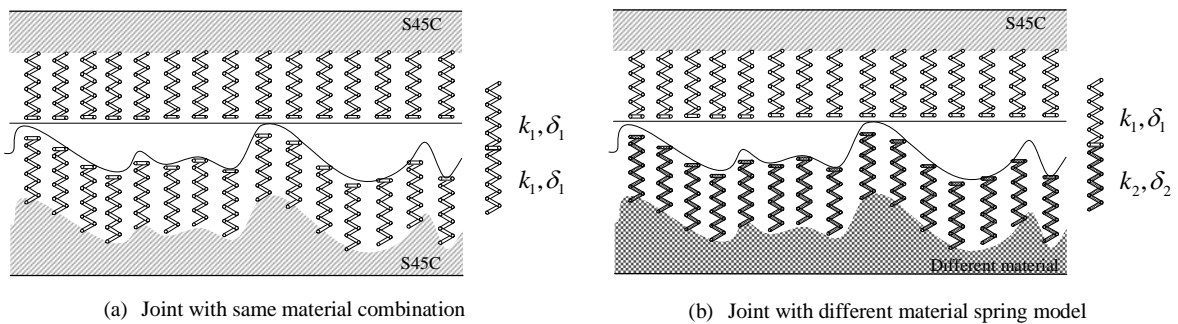
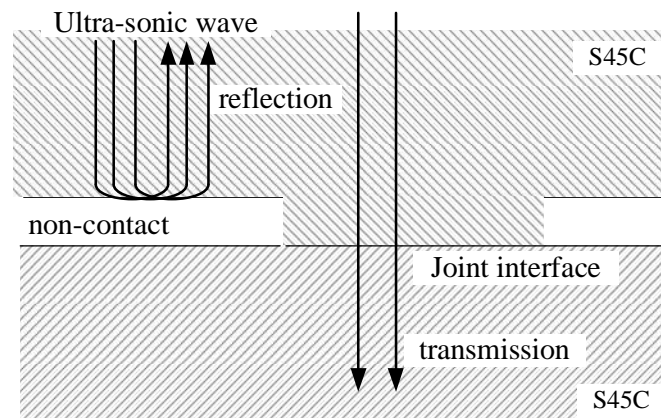


図 2. 結合部における単位接触ばねモデル(金属同士が接触する面の拡大図)

k の算出に関しては、まずこの接触面(以下結合部)に荷重をかけることから始まる。図 2 のような接触面に、荷重を負荷し、結合部近くに取り付けられているセンサで結合部における接近量を測定し、次に超音波短傷器により接触率を測定する。図 3 はその超音波短傷器の原理である。超音波は光の様に、ある物質から他の物質へ移動する時、反射を起こす性質があるため、その反射を利用して接触率を算出する。つまり金属同士が結合部において接触している場合は超音波が全透過し(同種間材料接触の場合)、接触していない場合は全反射することを利用して、その全反射した超音波の割合を測定することにより、接触率を算出するのである。



(a) Joint with same material combination

図 3. 結合面における超音波の様子

このように私の研究では、接近量と、接触率の値を利用することにより、単位接触面積あたりの剛性値 k を求めるのである。しかしこの研究は、私の属する精密工学界では基礎研究に近く、機械の工具およびレーザなど機械として成り立っているものを直接研究しているわけではないため、どちらかというと華々しく脚光を浴びている研究とは言い難い。しかしこの研究は何十年以上も前から研究されてきている伝統あるものであり、企業の人々が心の奥底に抱えている課題となっていることは確かである。精度が益々高くなってきている現代、そろそろこの課題が無視できないという傾向がある。すなわちその時を待ちながらこの研究は長年ひそかに進化しつづけてきたのである。

4. 偉人達の進化

4.1 ダーウィンの進化

そもそもなぜダーウィンは生命の根源を調べ上げる気になったのだろうか。人類が、植物の種が、生命全体が何から出来たのかを調査し、150年経過した今日に至るまで有名になり本にするからにはなにか理由があるのではないだろうか。その素朴な疑問がダーウィンの生涯および思想について調べる理由となった。

チャールズ・ダーウィンは1859年に『自然選択』または『存続をめぐる争いにおいて有利な種族の保存』による種の起源について』を出版したが⁽¹³⁾、彼は種の起源を執筆する事に20年かけた。それは基本的な考え方をまとめることに20年間費やしたのではなく、自分の理論がどんな批判にも確実に反論できるように用意していたのである。種の起源第14章に以下の様な言葉がある⁽¹⁴⁾「多くの、そして容易ならぬ反論が、この自然選択を通じた変化による由来の理論に対して示されるだろう。私はこれを拒まない。私はそれらが、その持てる力を最大にふるえるように努めてきた。」

彼にとっては自分の理論が科学的観察により確認されることが重要であり、そのために何年もかけて理論を裏付ける証拠や事実を集め、調査を行った⁽²⁾。

その理由は1844年の10月に、ある出版社が、「創造の自然史の痕跡」を出版したことにある。その本は種の進化を説くだけでなく、ダーウィンが集めたような地質学や比較解剖学からの証拠も示すもので、瞬く間に評判になった。自分以外にも同じようなことを考えている人間がいたことに驚愕したダーウィンは先を越されたというショックを起こしたであろう。しかし出版後、世間の激しい批判が起こった。科学界の上層部は「こんなものは科学ではない」と言い、特にダーウィンのかつての地質学の恩師は、「著者は自分が書いていることを少しも理解していない」と猛烈に批判したのである。

これを見たダーウィンは種の転成を説くと、どうなるかということを知った⁽²⁾⁽¹⁵⁾。彼は植物学や分類学など多岐については素人同然であり、またある哲学者が「実際に具体的な分類の仕事に携わったことがない人間には、種の問題を論じる資格はない」と言ったのを聞き、彼の心を深く刺したと考えられる。その後、彼は蔓脚類の分類に8年を費やした⁽¹⁵⁾。

ダーウィンが種の起源を好評したがいなかった理由はもうひとつある。それは彼が論争を好まない性格だということだった。上記のように彼の理論が世間を騒がすことは最初からわかっており、それによって悪い評判が立つことは避けたかった。このような理由があったため、彼はなかなか自分の

理論を公表できなかったのである⁽²⁾。

それにもかかわらず、彼は種の起源を出版することを決めた。それは科学者として自分の理論を明らかにする義務があると考えたからだと言われている⁽¹⁶⁾。自分の考えを世に公表することは科学者としての選択であり、また責任でもあると考え、何が起ころうとも出版しようと決意した。

出版後、予想通り種の起源はすぐに売れ、爆発的な反響を呼び、恐れていたような批判が起こった。ダーウィンは人間もこのような進化によって出現したということをあえて種の起源では論じなかったが、関係なかった。「彼は、私達がサルの子孫だと主張しているのか？私達は、神の姿になぞらえて創造されたのではないと、よくもいえたものだ。この本は聖書に対する侮辱だ⁽²⁾。」

このことに失望したダーウィンだったが、その後休暇をとり再び研究に情熱を注いでいる。病気はますます悪化していたが、家に引きこもり研究を続けていた。その間一方で世間では、種の起源が有名になっており、ダーウィンは新しい物の見方をする偉人としてたたえられていた⁽¹⁷⁾。だが彼はこのことを以下のように語る。

「『起源』の成功は、「その問題はすでに通念になっていた」とか、「人々の心にはすでに準備ができていた」とかいうことを証明するものだといわれたことが、時々あった。私はこれは厳密に正しくないと思う。なぜなら、私は折に触れ、少なからず数の博物学者を打診してみたが、種の永久性について疑っているように見える人には、ただの1人も出会わなかったからである。(友人の)ライエルとフッカーさえ、興味を持って私の言うことを聞いてはくれたが、けっして同意するようには見えなかった⁽¹⁸⁾。」

4.2 メンデルの進化

ダーウィンが生きていた同じ時代にグレゴール・メンデルが生きていた。彼はチェコ共和国東南部にあるアウグスチノ修道院の修道院長だった。修道院には植物の見本園や温室、ガラス室、その他植物のための設備があり、メンデルはそれらを利用して遺伝の法則を実験し、発見したといわれる。

メンデルは1865年2月に3回にわたる講演会を開き、彼が8年間かけた研究成果(遺伝の法則)を発表した。だが最初の講演は1時間で打ち切りとなり、さらに3回にわたる公演はほとんど理解されず、何の質問も討論もなく出席者は黙々と帰って行ったという⁽¹⁹⁾。

自分の発見した法則が世に認められないまま世を去ったメンデルは、晩年に「私の時代がきっと来る」と確信していたことで有名である。しかしこの確信はどこから来たものであろうか。その経緯を以下に詳述する。

メンデルは講演会を行った後、ヒエラキウムについての研究を行っている。ヒエラキウム属は菊科の植物で、彼はこれらを11種類以上について雑種を作る実験を試みていた。だが講演会で発表したような法則を発見したときのように実験は進行しなかったのである。

ヒエラキウムの実験に執着した理由に、ミュンヘンの学者ネーグリの存在があった。彼は当時ヨーロッパ第1級の植物学者といわれていたが、ネーグリはメンデルの研究をさほど理解しなかった。だがネーグリはメンデルに対し、ヒエラキウムの種類について雑種形成の可能性を暗示した文書で書

簡を送ったのである。そこでメンデルは、ネーグりが関心を持つヒエラキウムについて自分の発見した法則が適合することを証明して、彼の同意を得なかったと考えられる⁽²⁰⁾。

このような経緯から実験を行ったメンデルであったが、その結果がうまくいかず、ヒエラキウムについてはより高次の法則があるのではないかと悩み続けた。だが考えても実際にヒエラキウムの実験結果は期待通りにでない。メンデルは大いに悩み、その悩みの中にあつて、彼はヒエラキウムを栽培する畑の中に立ち、いつの日にか必ず「私の時代が来る」とつぶやいたのである。自説が適用できない植物だと感じながらもその悩みを超越して「私の時代がきっと来る」と信じたのであった⁽²⁰⁾。

5. ダーウィンへの尊敬と私の進化

3章で述べたとおり、単位真実接触面積あたりのばね剛性 k の値は、荷重 F に対する接近量 δ と、荷重 F に対する接触率の増加量 t の値を利用することにより算出する。図 4 はその算出に必要な座標系とそれぞれの実験値のモデルを示したものである。(a)が荷重に対する真実接触面積の値で、(b)が荷重に対する接近量の値である。

算出に関しては、以下の式を用いていた⁽²¹⁾。

$$\delta = \frac{1}{k \times t} \ln \left(\frac{F_s + F'}{F_s} \right) + \delta_s \quad (1)$$

ここで F とは図 4 のように任意の荷重地点を F_s と置き、そこを $0N$ としたときの座標系であり、 δ_s とは任意荷重 F_s に対する接近量の値である。この式に δ , F' , F_s および δ_s の実験値を代入することにより、剛性値 k を算出する。なお、導出過程においてはここでは省略する。

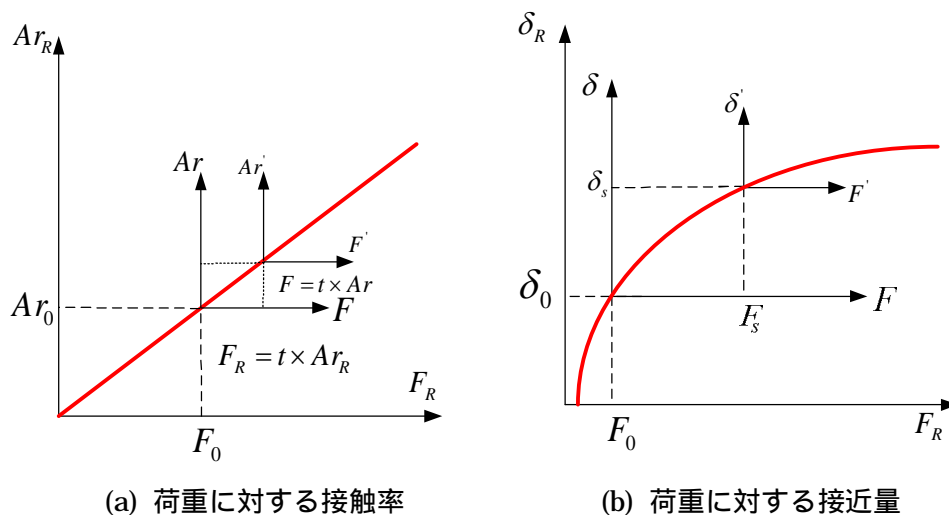


図 4. 剛性値 k の算出に必要な実験値

私は研究を始めてから間もないが、この式についてそれなりにそれなりの改善式を考えた。式(1)は図 4 の F 座標系を基準とした式であり、 F_R 座標系を基準とした式ではない。実験の都合上測定可能な範囲は荷重 F_0 に対する δ_0 からであるので、 F 座標系を基準としているのであるが、実際には、 δ_0 以下の接近量も存在しているので、その存在を考慮した式を考えた。以下がその式である。

$$\delta = \frac{1}{k \times t} \ln \left(\frac{F_0 + F}{F_0} \right) \quad (2)$$

ここで F_0 とは変位測定開始地点における荷重(初期荷重)である。これも導出に関してはここでは省略する。要するに式(1)と式(2)の決定的な違いは、基準とする座標系を F 座標系とみるか、 F_R 座標系とみるかである。

この式を考え付いた私はあまりにもうれしくてすぐミーティングで報告した。だが F 座標系は初期荷重 F_0 の値を小さくすればするほど F_R 座標系に近づくから結局は同じ式だ、これらの式の問題点の解決にはつながらないという意見が出された。導出過程も大した差はなく、確かに F_0 の値を小さくすれば F 座標系は F_R 座標系の一致に近づく。 F_0 を 0 にすることは測定上不可能であるが、その F_0 以下の荷重領域における接近量の値が小さくなればほとんど無視できる状態になるではないか。

しかし私はどうしても(1)式と(2)式が異なることを示したかった。2つの式には違いがあると思っていたがそれがどのように言葉にすればよいかわからなかったのである。

ミーティングの後に落胆していた私に元助手の先生が以下のように話した。

「自分の考えた式が今認められなかったからってそこであきらめず、ずっと自分の頭の中であたためて、もっとみなが納得してくれるような式に育て上げてからまた言いなさい。」

その時の私はどうしても今認めてほしいという悔しさがあったためにその言葉をどうしても受け入れられなかった。私はそんなことできませんと先生の言葉を否定し、ずっとなぜ自分はこの式を考えたのだろうかと考え直して決定的な違いを見つけ出そうとし、先生達に話をした。結局は「同種材料間の結合部の測定においては F_0 の値を小さくした低荷重域からの測定が可能だが、異種材料間の結合部の測定の場合、装置の構造上 F_0 が低い領域ではセンサが不安定になり接近量が測定不能になる。したがってある程度荷重をかけた、つまり F_0 を大きくしないと測定が不可能なことから、 F_0 以下の荷重領域も考慮した式(2)が必要になってくる」という結論でとどまっている。その測定不能な領域を頑張って測定可能にしるといわれればそれまでだが、この式のおかげで測定はかなりやりやすくなった。

結局は現状の問題点や新しい考えを解決する式ではなかったが、とりあえず私はこれで満足をしてしまった。だがその後にダーウィンの伝記を読み、以下のような言葉を目にしたのである。

「私は、自分がしくじりをしたり、あるいは自分の仕事が不完全だったと気づいたときにはいつも、また、侮辱的に批判されたとき、さらに、悔しく感じるほどほめられすぎたときにさえ、何百篇も『私は、出来るだけ一生懸命に、出来るだけ良くやったのだ。誰もこれ以上には出来ない』と独り言を言うのが最大の慰めだった。グッド・サクセス湾で、私は自然科学にわずかの貢献をすること以上の良い生涯を送ることは自分にはできないと考えたことを記憶している。これを私は、私の能力の限りを尽くして実行してきた。批評家は好きなことを言うかもしれないが、彼らが、私のこの信念を崩すこと出来ない。(4)」

また以下の言葉も目にした。

「私は、自分の理論をはっきり心に抱いた 1839 年ごろから、1859 年まで発表を遅らせたために、多くを得たということはあっても、それによって失ったものは何もなかった⁽²²⁾。」

これらの言葉が自分の心を突き刺した。それとともに先生の言葉を思い出したのである。自分は人に認められなかったからと 1 日たりとも我慢できなかったのにダーウィンは 20 年間も自分の頭の中で自分の理論をあたためてきたのである。私はどうしても認めてもらいたいという情熱はあったが、誰が好きなことを言っても自分の情熱だけは誰にも譲れないというものが薄かった。その誇らしい情熱と信念が私にはなかったのである。

6. 孤独な進化と明瞭な進化

自分しかその感動を味わえない孤独な進化と、人々と感動を分かち合うことができる明瞭な進化。一見相反しているように思えるが、実は表裏一体なのではないかと考える。

ダーウィンは孤独な進化と明瞭な進化の両方を経験している。だが 4 章の最後で述べた言葉のように、確かに自分には誰にも認めてくれなかった時代がある、自分は孤独だったと宣言している。

私はダーウィンの場合、長年の大きな孤独の進化があったからこそ明瞭な進化を得たと考える。大きな波乱や批判を呼ぶかもしれないという恐怖に 1 人で怯えながらもその恐怖に 1 人で立ち向かおうとする孤独な進化を遂げた結果、明瞭な進化が存在したと考える。孤独な進化は紛れもない孤独である。人々には理解はされないし自分の苦労や感動もわかってもらえない。だが孤独な進化は孤独だからこそ周りには見えないものだが、大量の汗と涙を持っており、その中の 1 滴が明瞭な進化と変化する可能性がある。つまり、孤独な進化の一部が明瞭な進化なのである。たくさんの苦労があってその一部が成功なのだと言われるが、それではなく要は孤独を味わったかどうかの問題となる。みんな一緒に苦労してとかではなく、自分だけが、自分 1 人だけが悩んでいるという経験が必要なのである。メンデルの場合、どうしてもこの研究の感動を他に認めてもらいたいという孤独を経験するうちに情熱が信念となり、1 人で悩み畑の中に立ちながら、いや自分はこれほどまでにこの研究と対峙してきた、いつか私の時代が来ると確信することができたのだと思う。

動物達は常に進化し続けているが、明瞭な進化を達成することはない。明瞭な進化を遂げることができるのは人間だけである。それは他の動物とは異なり、異常なくらいの情熱を人間は持つことができるからだと考える。その情熱は、他人に批判され悔しい思いあるいは「自分しか長年この研究と対峙していない、自分がこの研究を一番よく知っている、これだけは誰にも譲れない」という思いによって増幅される。時にはそれがやめられない情熱となりその情熱がさらなる情熱を生み出す可能性もある。やっと私の頭のなかで 1 つ答えがでた。ダーウィンがそもそも種の起源をここまで調べ上げる気になったのは長年の孤独による情熱の増幅の結果なのではないだろうか。誰かの批判を受けた時、一度は落胆するが、「いや私は最大の努力を尽くしてきた。私だけが一番この研究と対峙してきた」という思いによってさらに進化していく。種の起源出版前に上記のような言葉を何百篇と繰り返したのはこのためではないだろうか。

7. 結言

研究は何が正しいのか分からない時がある。他人は間違っていると批判する、実験値も信用できない、理論も完璧でない、もっと良い方法がある、原因がなんだかわからない、なにが事実なのかわからない、もう研究をやめたい……。そんな時、「でも自分は長年これと対峙してきた、自分だけが一番近くで、現場でこの研究と対峙してした。これだけは誰にも譲れない」という情熱さだけが紛れもない事実として残る。その情熱さがお金にも名誉にも何の特にもなっていないけれどそれが誇らしく思えるのだと思う。そしてなぜかそう思っていると、ふと疑問がわいた時にまた研究に没頭したくなる。メンデルもダーウィンも晩年は自分の研究について満足をしていた⁽²⁰⁾⁽²³⁾。2人とも長い孤独の進化を続けてきた結果、満足の行く研究ができたのだと思う。

私は研究者を目指そうと思うが、孤独の進化を経験することが研究者としての条件であれば、それがいささか恐ろしくもある。先述のように1日も我慢できなかつたし、だれにも理解されないという孤独は耐えがたいものである。しかし何十年か経過してふと考えたとき「だって自分はこれだけ尽くして研究と対峙してきたのだよ。なにも悲しむことはないじゃないか」と誇ることができ、満足出来るような研究者になっていた。

8. 参考文献

- (1) ダーウィン, アリス・B・マクギンティ著, 千葉茂樹訳, BL 出版, 2009
- (2) ダーウィンと進化論-その生涯と発想をたどる-, 大森充香訳, 丸善, 2009, pp133-137
- (3) ダーウィンの足跡を訪ねて, 長谷川真理子, 集英社, 2006, p143
- (4) ダーウィン自伝, チャールズ・ダーウィン著, 八杉龍一・江上生子訳, 筑摩書房, 2000, p157
- (5) ダーウィンと進化論-その生涯と発想をたどる-, 大森充香訳, 丸善, 2009, p166
- (6) ダーウィン「種の起源」を読む, 北村雄一, 化学同人, 2009, pp40-41
- (7) 工作機械技術の返還, 長尾克子, 日刊工業新聞社, 2002, pp1-9
- (8) 工作機械, 伊藤鎮, 内藤俊雄, 共立出版株式会社, 1983, pp4-5
- (9) 初歩から学ぶ工作機械, 清水伸二, 工業調査会, 2009, pp46-47
- (10) 工作機械-要素と制御, 吉田加太郎 他, コロナ社, 2001, 序文
- (11) 工作機械設計マニュアル-工作機械の設計学(基礎編)-, 日本機械工業連合会, 日本工作機械工業会, 1998, pp88-89
- (12) 平方伸治, 結合面接触剛性のモデル化とその FEM 解析への導入法, 上智大学理工学研究科機械工学専攻修士論文, 2004, pp27-31
- (13) ダーウィン自伝, チャールズ・ダーウィン著, 八杉龍一・江上生子訳, 筑摩書房, 2000, p365
- (14) ダーウィン「種の起源」を読む, 北村雄一, 化学同人, 2009, p282
- (15) ダーウィンの思想-人間と動物の間-, 内井惣七, 岩波書店, 2009, pp72-77
- (16) ダーウィンと進化論-その生涯と発想をたどる-, 大森充香訳, 丸善, 2009, p93
- (17) ダーウィンと進化論-その生涯と発想をたどる-, 大森充香訳, 丸善, 2009, p144
- (18) ダーウィン自伝, チャールズ・ダーウィン著, 八杉龍一・江上生子訳, 筑摩書房, 2000, p154

- (19)メンデル散策-遺伝子論の数奇な運命-, 中沢信午, 新日本出版社, 1998, pp96-100
- (20)メンデル散策-遺伝子論の数奇な運命-, 中沢信午, 新日本出版社, 1998, pp126-127
- (21)清水伸二他3名, 結合部を有する構造体の曲げ変位挙動のFEM解析法-結合面接触剛性の高精度同定法-, 2007年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, pp5-6
- (22)ダーウィン自伝, チャールズ・ダーウィン著, 八杉龍一・江上生子訳, 筑摩書房, 2000, p155
- (23)ダーウィン自伝, チャールズ・ダーウィン著, 八杉龍一・江上生子訳, 筑摩書房, 2000, p179