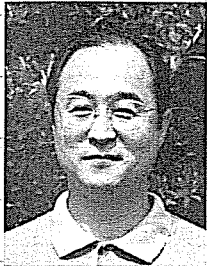


研究者としてやっていくための心構え

Attitudes to Working as a Researcher



畔上 秀幸

Hideyuki Azegami

1956年9月生まれ

1979年山梨大学工学部機械工学科卒業

1985年東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻修了

■主として行っている業務・研究

・形状最適化問題の解法
・脊柱特異性側彎症の成因解明

■所属学会および主な活動

日本機械学会, 日本計算工学会, 日本応用数理学会, 日本側彎症学会, 自動車技術会

■勤務先

豊橋技術科学大学助教授 機械システム工学系

(〒441-8580 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1 / E-mail: azegami@mech.tut.ac.jp)

最も変形しない固体の形や、粘性流れ場を突き進む物体の最も抵抗の少ない形等々を計算によって求めるための理論と、それを機械設計に応用するためのプログラム開発を行ってきた。この研究を始めておおよそ数十年になるが、この研究を思い立ったときのエピソードをお話したいと思う。

私は、大学院修了後、まさに研究者として独り立ちしなければならないときに、Yuan-Cheng Fung 先生と瀬口靖幸先生が書かれた日本機械学会誌のある記事⁽¹⁾に出会った。

「生体システムでは、応力の大きさにより成長 (Growth) と吸収 (Atrophy) が調整され、それが残留応力を変化させる。」「応力制御によって正常化するというこの制御概念は生物学的にはまだ仮説ではあるが、将来の生物機械システムを設計する技術者にとっては、実現可能なアイデアであるように思う。われわれは、積極的にこの方向で考えて下さるよう機械技術者をお願いしたい。」

この記事に出会って、目から鱗が落ちたような気がした。材料が自律的に振る舞って、勝手に最適な形に変化していく様子を想像したのである。建築構造であれば、建築構造自身が痛みを感じ取って楽な姿勢に変化していく様子を想像したのである。現実の世界では不可能かもしれないが、コンピュータの中ではそれが可能であると確信した。

大学院では破壊力学について研究し、き裂先端近くの塑性変形やクリープ変形を解析しながら、材料の非弾性的な振舞いを想像し続けてきた。適切な材料の振舞い則さえ見つければ、すぐにも有限要素法のプログラムを改

良して実現できそうであった。それから1週間、頭の中で、2本の長さの違う棒を剛体で両端を固めて引っ張っては、それぞれの棒がどのように振る舞ったら応力が一樣になるかということに日夜考え続けた。結局、たどり着いた結果は単純で、応力に比例した体積ひずみを発生させればよいということであった。体積ひずみの発生は汎用有限要素法プログラムに備わった熱応力解析の機能で実現できた⁽²⁾。フックの場合には図1のようになる。この方法は瀬口先生の記事で成長ひずみ法と称して紹介された⁽³⁾。

この方法は、その後の研究で不完全であることが明らかとなり、関数解析を基礎にしたより厳密な解法に発展してきた⁽⁴⁾。しかし、ここではFung先生と瀬口先生のユニークな発想に出会って、駆出しの研究者の琴線に触れてこの研究が開始されたことを紹介した。

3 出会い

私の研究グループが力を入れているもう一つの研究は、特異性側彎症の成因についての研究である。この研究は、前述の成長ひずみ法を提案して間もないころ、工学と医療関係者の会合で、私が石田義人先生（石田整形外科院長、当時愛知県身障者コロニー中央病院）と出会ったことが事の始まりであった。

その会合で、私は成長ひずみ法を紹介し、別の方法で変形股関節症や変形性脊椎症の成因を適応挙動として解明しようとする試みが始められていることを紹介して、われわれの方法でも可能であることを述べた。石田先生はこれで患者さんに変形の理由を説明することができるという感動された。患

1 はじめに

この原稿を書いている私が研究者としてきちんとやっているかは棚に上げて、私の心の中にある研究者像についてお話ししたいと思う。ただし、高尚なことは書けないので、いくつかのエピソードをお話しして、雰囲気を感じ取っていただければ幸いである。

2 研究者の琴線

私の研究グループがこれまで力を入れてやってきた研究の一つは、連続体や流れ場などの場の形を最適にする問題を統一的に解く方法を開発することであった。例えば、力を加えたときに

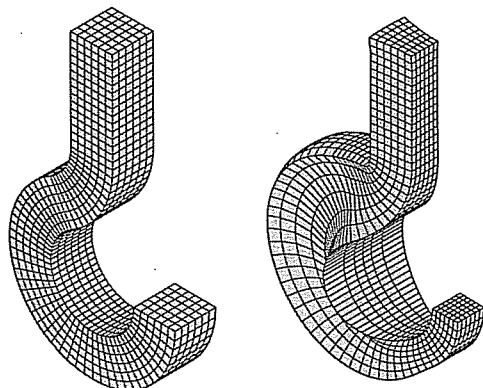


図1 フックの形状最適化

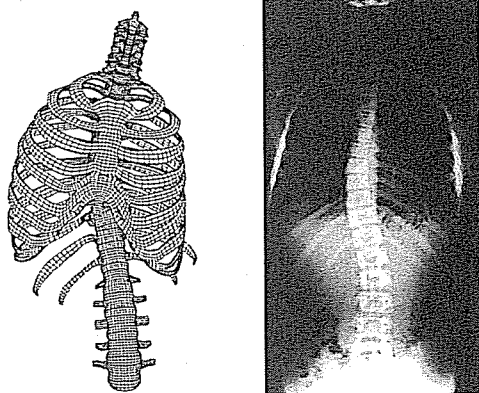


図2 脊柱特発性側彎症の成因解明

者さんに、「あなたの骨は壊れたところをかばって一生懸命適応しようとした結果、変形してしまったんですよ」「遊んでいた訳ではないんですよ」と説明できるというのである。医学の先生方の感性に触れた思いがした。それから意気投合して、とにかく何か一緒に研究しましょうということになった。形についての疾患で原因不明なものに、脊柱特発性側彎症があることを知らされ、今の研究が始まった。

石田先生が幹事役となって研究会が発足し、整形外科の専門家や比較解剖学の先生を巻き込んでますます盛んになっている。現在、特発性側彎症の成因は、成長期における椎体の成長に伴う4次あるいは6次の座屈現象であるとする仮説を提唱している（図2参照）。今では構造最適化理論を応用して治療法の評価にまで及んでいる⁽⁵⁾。

振り返れば、石田先生の感性との出会いがこの研究の原点であった。

4 門をたたく

成長ひずみ法が不完全であることに気付いた後の話に戻ろうと思う。成長ひずみ法を穴形状の最適化問題に適用すると、本来だ円に収束するはずが、き裂に向かってしまう現象が現れた。理論に欠陥があることを疑ったときに、ミシガン大学の菊池昇先生の研究室で在外研究を行う機会を得た。そこで、菊池先生に紹介された文献を読み、J.E. Taylor先生の講義を拝聴し、関数を設計変数にした最適化問題の構

造を理解した。そんなとき、日本では、あるシンポジウムで我が研究グループの片峯英次先生（岐阜高専）が成長ひずみ法の発表をしたところ、重要な欠点を指摘されていた。さっそくその知らせを受けて、勉強したての関数最適化理論でその欠点を補ったとき、感度関数に比例した成長ひずみを発生させるのではなく、感度関数で境界を引っ張ればいいことに気付いた。帰国後、文献を調べたが、そのような方法は見当たらなかった。そこで、その方法を力法と呼んで発表した⁽⁶⁾。

この方法が巧くいくことは数値解析ですぐに確認できた。しかし、関数解析の定義に基づくこの配法であると明解に言い切るまでにはさらに5～6年の歳月を要した。私は、学部卒業後の浪人中に、教育学部の数学科聴講生としてルベグ積分論やヒルベルト空間論の授業を受けて、いたく感動した体験をもっていた。その体験があつて働くのであるが、厳密さには自信がなかった。周りは工学者ばかりで、相談できる相手がいなかったことが何よりの閉塞感を生んでいた。

あるとき、萩原一郎先生（東京工業大学、当時日産自動車（株））にそんな心情を話したところ、海津聡先生（茨城大学、当時電気通信大学）を紹介された。それからの行為が忘れられない思い出である。紹介されてすぐに、見ず知らずの海津先生に電話をかけ、心情を訴えたのである。とにかく約束を取り付けて、お会いできることになった。海津先生には日が暮れるのも忘

れて丁寧なご教示をいただいた。それ以来、現在まで長いお付き合いをいただいている。

私にとって、こんな経験は今のところ最初で最後である。海津先生にとっても、突然、教えてくれと門をたたく若造が現れたのは初めてであると言われていた。加えて、「こうして研究は進んでいくんですね」と言われたことを記憶している。

5 おわりに

研究とは、分からないことを明らかにしていく行為である。まさに、大海に小船でこぎ出すような行為である。研究者は、感性を研ぎ澄まして、行き先を見つけ出していく覚悟が必要である。ただし、あまり心配し過ぎる必要はない。何かの偶然の出会いがきっとヒントを与えてくれると確信する。

文献

- (1) Fung, Y. C., 瀬口靖幸, 生体システムにおける力学, 日本機械学会誌, 88 (1985), 290-296.
- (2) 畔上秀幸, 成長の構成則を用いた形状最適化手法の提案 (静的弾性体の場合), 日本機械学会誌論文集 54-508, A (1988), 2167-2175.
- (3) 瀬口靖幸, 構造最適化問題, 日本機械学会誌, 92 (1989), 485-491.
- (4) 畔上秀幸, 形状最適化問題の解法, 計算工学, 2 (1997), 239-247.
- (5) 畔上秀幸, 構造最適化理論の医療への応用, 日本機械学会講習会教材 No.00-84 構造解析技術とモデル化技術の最前線, (2001-2), 67-76.
- (6) 畔上秀幸, 領域最適化問題の解法, 日本機械学会論文集, 60-574, A (1994), 1479-1486.