



京機短信

KEIKI short letter

No.352 2021.04.05

京機会(京都大学機械系同窓会) tel. & fax. 075-383-3713

E-Mail: jimukyoku@keikikai.jp

URL: <http://www.keikikai.jp> 編集責任者 吉田英生

目次

- ・「変わりもん」の称号?……榎木哲夫 (pp. 2-5)
- ・series わたしたちの研究 (1)固体力学研究室……平方寛之 (pp. 6-14)
- ・series わたしの仕事 (28)日鉄プラント設計株式会社……板倉光大郎 (pp. 15-20)
- ・2020年度(2021年4月就職)の就職先一覧 大学院 工学研究科 機械工学群3専攻、工学部 物理工学科 機械システム学コース・宇宙基礎工学コース……西脇眞二 (pp. 21-24)
- ・3月24日(水曜)晴天の下、令和2年度京都大学卒業式・大学院学位式が挙行されました (p. 25)
- ・設計工学雑話 - QFD・AHP・SPC - ……西本明弘 (pp. 26-32)
- ・アメリカ滞在記(その1)……藤川卓爾 (pp. 33-37)
- ・京都の散歩道 (2)愛宕山と比叡山……編集人 (p. 38)
- ・井上達雄先生叙勲祝賀会・山田井上研OBOG会(オンライン)……今谷勝次 (p. 39)
- ・昭和53年卒 学年同窓会 ZOOM懇親会……上原一浩 (p. 40)
- ・COFFEE BREAK @Zoomのご案内……米田奈生、清水桜子 (p. 41)



2015年4月22日(水) 京都の菜の花の景色で有名なのが伏見の松本酒造の川ベリの景色。

©京都を歩くアルバム <http://kyoto-albumwalking2.cocolog-nifty.com/>

「変わりもん」の称号？



榎木哲夫（S56/1981卒、
京都大学大学院 工学研究科長・京都大学 工学部長）

突然、京機短信に、編集担当いただいている吉田英生さんから原稿寄稿の依頼がきました。先々月末、吉田さんとともに私も参加した学内行事があり、隣に着席された吉田さんから、「榎木さん、研究科長になればいろんな挨拶原稿を書かされるでしょ？ そのどれかと同じ原稿でいいので、京機短信の4月号になんか原稿くださいな」という、完璧なまでに丁寧なご依頼をお受けして、お断りもできずこの執筆をしています。

話の筋が逆になったかもしれませんが、この度、私は4月から2年間、京都大学の第55代工学部長、第14代工学研究科長を拝命することになりました。機械系から工学部長・工学研究科長ができるのは、過去10年間のみに限定しても、小森悟先生（平成22年～平成24年）、北村隆行先生（平成28年～平成30年）以来となりますが、かような頻度で学部長・研究科長を機械系から出せてきましたのは、やはり機械系関連専攻群の先生方が、全学ならびに部局のさまざまな役職を務めてきて貰っているからこそ機械系の学内・部局内プレゼンスが確立され、さらに、現役教員のみならず卒業生の皆様も含めて築き上げてきて貰った京都大学機械系というコミュニティ全体の思いが一つになっていればこそと感じています。京機会の活動やこの京機短信の発行がいかにかその中核となっているかということも実感するところです。

ところで、これまで自身の研究分野や所属する学会役員を務める際の挨拶文は記してきていますが、今回のような立場に突然なると、挨拶文を書けと言われてもどのレベルの話題を持ち出そうか、悩ましさもあります。またここでもおんなじこと書いとるわ（文末脚注）、と思われるのも本意ではなく、なんとかその機会に応じた話題をと考えるのですが、本寄稿に関しては、他の挨拶で書きたかったけど書けなかった話題を取り上げようと思います。それが冒頭の表題に表した話題です。

立場上これまでも、例えば京機会の主催による卒業・修了を祝賀する会などで、卒業生へのはなむけの言葉をお願いします、と頼まれる機会も少なからずありました。その際に私は、皆さんは今後、社会に出て新たな職場でいろんな人と交わるようになってくると思いますが、そういう場でお付き合いする他の方々から、「さすが京大出身ですなあ」と言われることがあるでしょうと。そのとき、褒められたと勘違いしてはいけませんよと釘をさします。

私は生まれも育ちも京都市ですが、詳しく言えば洛外の左京区岩倉の出身で、今はさておき私が育った当時は、洛中の方々にはまさに世隠れや隠遁の場にふさわしい僻地とみなされていたようなところでした。中学から街中（まちなか、と読みますが、この表現も洛外に住む者の歪んだ地域差別意識の表れかもしれません）の私立の中学高校一貫校に進みましたが、京都のど真ん中の洛中から通う同級生達からは、洛中以外は京都にあらず的な反応を目の当たりにし、少年心に「京都人のいけず」というやつを初めて思い知らされました。ただ、誤解なきように申しておきますが、トラウマになるような経験ではまったくなく、むしろ洛中に対して洛外を区別する呼び方の背後に目に見えない境界があるんだと面白く感じました。いま思うと、大学における専門分野の間の境界との類似性を感じています。本来大学での学びには「ここまでが専門分野」という境界はないはずですが、先生の側も学生の側もここまでが境界という線を引きたがるのです。それがどこか自身のアイデンティティの確立と安心に繋がっているのかもしれませんが。

話が逸れてしまいましたが、前言の「さすが京大出身ですなあ」に関する私からの助言は、京都で何年か過ごした以上、逆説的な言い方をされる「京都人のいけず」の文化を忘れないでねということだったのです。すなわち、褒め言葉でなく、その逆ですよと。実際、「おたくのお子さんピアノが上手にならったねえ」という褒め言葉、これを京都人いけず変換しますと、「おたくのガキの下手なピアノの音が聞こえてきて、うるそうてたまらんわ」という意味に変換されますし、「いつみても玄関先きれいにしたはりますなあ」は「毎朝掃き掃除ぐらいしなはれ」になります。同様に「さすが京大出身ですなあ」という言葉は「扱いにくい変わりもんですなあ」という意味になります。だからと言って、その言葉をかけられたらショックを受ける必要はなく、むしろ、京大生としてのステレオタイプを身につけることができた証なのですから、自身の心のうちでは喜んでください、と。ただし褒められたという勘違いの嬉しさを相手に表明してはなりませんよ、

と忠告しています。

ところで本当に京大生は変わりもんなのでしょうか？ 何年か前に「ガリレオ」というテレビドラマがあり、2シーズンに分かれてシリーズ化されていましたから、当たったドラマではあったのでしょうか。主役は福山雅治で大学の准教授役を演じ、未解決事件に潜むミステリーを科学的に解明するというもので、その役柄上の名前は「湯川学」で専門は物理、そしてそのオープニングには、京都大学の正門から時計台まで空中撮影した映像が毎回流れていました。劇中の実際の舞台の設定は東京でしたから、なぜ京大なんだと思ってはみたものの、その主役たる湯川学博士は無類の変わり者であるという設定で、御上や上司のことを一切聞かず、唯我独尊を地でいく人物を描きたかったのでしょうか。そのために京都大学の看板が必要であったのだと腑に落ちましたが、これも製作者の側の大きな勘違いです。京大の変わりもんの本質は、己を知り己の人格を敬うべしとする「自重自敬」の高い品格涵養の精神ですよとクレームをつけたところでした。

変人や変わり者を許容できる文化を醸成するには、幅の広いものの考え方が必須となります。変わったこと、違うことを求める文化は、研究の多様性を生み出す力です。組織が一つの色に染まると価値観が固定されてしまい、変化が生まれにくくなります。京都大学機械系で過ごした人たちが涵養する多様性は、新しいものを生み出すために重要な資質です。一見、標準的なものからの逸脱のように見えたとしても、長い時間が経ってからあれはこういうことだったのかと気づかされることもありましよう。京大にある幅の広いものの考え方が、そうしたそれまでにないものを生み出す普遍的な思考を育むのだと信じています。

ただあえて申せば、その変わり者ぶりをひけらかすような態度は慎むべきです。それは他者が認定する資質であって、自分は変わりもんなのだから受け入れろというのは間違っています。「京都学派」という用語についても、自分は京都学派の学者ですなんて言ってきた人は一人もいません。あくまで周りが認める称号なのです。失礼を顧みず言わせていただくなら、昨年度末をもって定年退職された富田直秀さんと吉田英生さんも、近代稀に見る変わりもんであると私は見えています。かくいう私も、研究室の研究テーマの内容からは機械系の中にあっては変わりもんと呼ばれても仕方がないかもしれませんが。しかしいまは喜んでその称号を受け入れたいと思っています。

以上、長々と戯言を綴ってしまいました。肩肘張って書かねばならない挨拶文

の作成が続いていましたので、そのリバウンドを受けてとりとめのない思いを吐露するだけの拙文になってしまいました。この4月からの研究科長・学部長を実質的に選任して決める選挙が1月末にあり、私を候補者として選任いただきました。それまでは、定年退職までの残された最後の2年間でどのように自由に過ごそうかと夢思い描いていたのですが、いまはそれも吹っ飛び、この残された2年間で「滅私奉公」で頑張りぬかねばと考えています。どうかすべての同窓生の皆様のご協力とご支援を深くお願い申し上げる次第です。よろしくお願いたします。

文末脚注（編集人挿入）

「ちゃんとちがうこと書いとるわ」と、ご確認ください。

- ・学部長あいさつ

<https://www.t.kyoto-u.ac.jp/ja/about/greeting/faculty>

- ・研究科長あいさつ

<https://www.t.kyoto-u.ac.jp/ja/about/greeting/graduate>

- ・わたしの履歴書（工学広報 No.75、2021.4）

<https://www.t.kyoto-u.ac.jp/publicity/no75>

わたしたちの研究 (1)固体力学研究室

平方寛之 (H9/1997卒)

1. はじめに

このたび、吉田先生から「わたしたちの研究」と題して教員が研究を紹介する連載を開始するとのお話をうかがい、その栄えある第一回目にご指名いただきました。いささかプレッシャーを感じつつも、大変光栄に感じて筆をとっています。研究を皆様に知っていただく貴重な機会ですので、どんなことを考えながら研究しているか、何を面白いと思って研究しているかなど、少しでも知っていただけたら幸いです。わたしの所属する研究室は、機械理工学専攻機械材料力学講座の固体力学研究室で、2017年から担任しています。2021年4月現在のスタッフは、教授：平方寛之と准教授：嶋田隆広の2名（[図1](#)）で、所属学生は、博士課程：4名、修士課程：10名、学部4年生：8名です。



図1 筆者（平方：左）と嶋田准教授（右）

2. 現代の錬金術？

その昔、錬金術師といわれる職業がありました。錬金術とは、狭義の意味では卑金属を貴金属に変えることを意味しますが、広義の意味では物質を自在に変えてしまうことを指すようです。これが実在したらとても面白いですが、現代の科学では材料の物性は物質に固有のものと考えられています。機械的特性や強度についても、材料や組織によって決まる材料定数であり、本質的には変えることができないものと信じられています。材料力学は、固有の機械的特性を持った材料を選択して、その「かたち」によって所望の剛性や強度を得ようとする分野です。では、より材料強度の根源的な部分に介入して、機械的特性を自在に操ることはできないのでしょうか。

図2は、わたしどもが過去に行ったアモルファスシリコンのナノ片持ちはり試験片に対する強度実験の結果です。シリコンは典型的なぜい性材料であり、室温下では塑性変形を示さずにぜい性的に破壊します。ところが、電子顕微鏡観察下で実施したナノ試験片は、ぐにゃっと曲がるように変形して、あたかも金属のように大きな延性を示すことがわかったのです。これは、シリコンはぜい性材料であるという常識をくつがえすものです。いったいなぜ、このようなことが起こるのでしょうか？

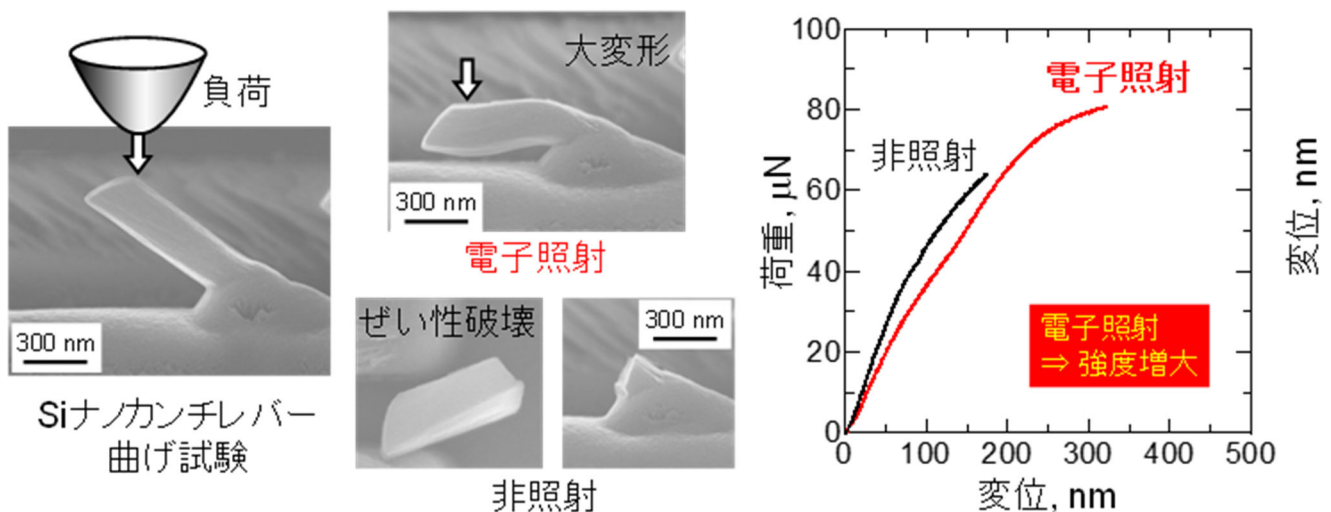


図2 アモルファスSiナノ片持ちはりの強度実験 (文献1)

3. これまでの研究：第一期京大時代

これが今面白いと思って取り組んでいる研究トピックの一つですが、その詳細を述べる前に、これまで実施してきたわたしの研究について少し紹介いたします。わたしはこれまで一貫して、ナノ・マイクロスケールの材料力学に関する研究に取り組んできました。わたしは、同志社大学の修士課程を修了したのち、短期間メーカーに勤めましたが、どうしても研究がやりたくて2000年に本学の博士課程に編入学しました。北村先生のご指導のもと、2000年～2003年まで博士課程の学生として、2003年～2007年は助手として、薄膜などの微小材料の破壊に関する研究に取り組みました。北村先生には、研究の楽しさと厳しさの両面を教えてくださいましたが、とくに、一見複雑に見える材料の破壊現象にも普遍的な法則が潜んでおり、一般性のある力学法則を見出すことが研究の醍醐味であることを教えてくださいました。

当時、電子デバイスなどに用いられるサブミクロンからナノスケールの電極や配線などの要素が用いられ始めていましたが、それらの製造プロセスで生じる異なる要素間の界面はく離が問題となっていました。そこで、界面破壊を支配する力学法則を解明するため、当時はあまり行われていなかった透過型電子顕微鏡によるその場観察下（リアルタイムに観察すること）での強度試験方法を開発しました。ナノ・マイクロスケールの破壊の法則を探っていくには、小さな試験片に対してmN～nNオーダーの微小な荷重を制御して負荷するとともに、変形や破壊を観察する必要があります。しかし、確立された方法はありませんので、独自の実験方法を開発する必要がありました（例えば、[図3](#)）。独自の方法を用いて、nmオーダーの極めて局所的な応力場が支配する界面破壊の法則を明らかにして、その成果は日本機械学会や日本材料学会の論文賞を受けるなど高い評価をいただきました。このような経験は、独自の技術を持つことの重要性を認識することができ、その後の研究活動において大きな武器となりました。

そのころは微小なスケールでの実験技術の進歩が目覚ましく、とくに電子顕微鏡観察下での微小な荷重や変位を制御した力学実験が可能になりました。破壊は突き詰めていくと局所的な現象なのですが、それまでは実際に破壊するところは見えないのが普通でしたので、自ら開発した方法により顕微鏡の中で微視的な変形や破壊を始めてこの目で見られるようになり、実験を共にする研究室メンバーと歓声を上げたことを覚えています。

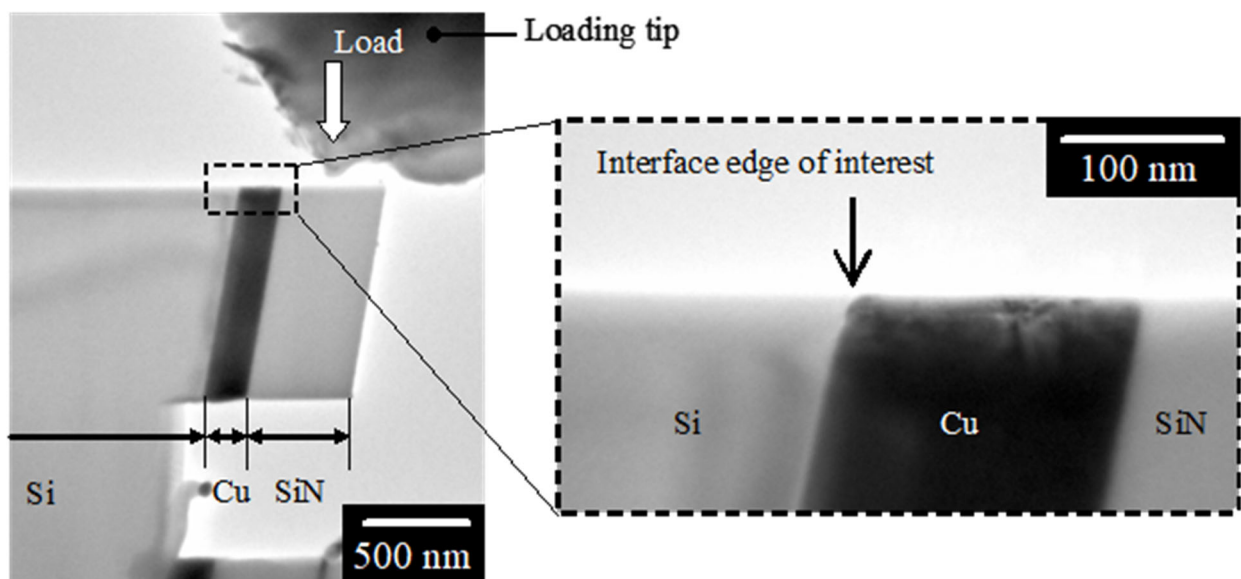


図3 透過型電子顕微鏡観察ナノ薄膜界面破壊実験（文献2）

4. これまでの研究 阪大時代 ～ナノ・マイクロ材料力学～

2007年に大阪大学の箕島先生の研究室に異動しました。本学に戻ってくる2017年まで、講師、准教授として、薄膜や微小材料の強度に関する研究を進めました。材料強度学は、強度が寸法に依存しないことを前提としています。これはマクロな材料ではおおよそ正しいと考えてよく、このため試験片により評価した強度値を実構造物の強度設計に用いることができます。ところが、ナノ・マイクロスケールでは機械的特性や強度が寸法に依存するようになります。ナノ・マイクロスケールの材料力学を確立するには、この寸法効果の法則を解明することが不可欠です。とくに、材料の破壊には、単調に増大する荷重による破壊、繰り返し負荷による疲労破壊、一定荷重下において時間の経過とともに破壊が進行するクリープ破壊など多様な現象があり、現象ごとに強度が異なります。これらを体系的に明らかにしていくためには、対象に特化した実験方法を考えていく必要があります。

良い研究をするには時間をかけて試行錯誤することが欠かせないとの思いから、ナノ・マイクロ材料の作製から実験方法の開発、実験の実施と解析までを同一の研究グループで一貫して行うことにこだわりました。そこで、各種蒸着法による薄膜の製膜技術、確かな強度試験を実施するための基板から分離した薄膜試験片の作製技術、作製した薄膜試験片に繰り返し負荷や長時間の一定荷重を負荷する実験方法などの独自の技術開発に取り組みました。さらに、京大在籍時に鈴木基史先生に教えていただいた斜め蒸着法という自己組織化を利用したナノ構造作製技術によって、形状を制御したナノ構造体を作製できるようになり、これをナノスケールでの強度試験に応用することで、多様な試験ができるようになりました。図2に示したシリコンのナノ片持ちはり、この技術を利用して作製したものです。図4は、独自に開発した装置や実験の例を示しています。このような技術開発は困難を極めますが、できた実験方法は世界で唯一のものであることから、簡単には追いつかれない独自の実験結果を出すことができます。また、学生のアイデアによるところも大きく、思いもよらない方法を提案してくれて、それが成果に結びついたときは研究をしていて最もうれしい瞬間のひとつです。このような独自の実験技術により、ナノ薄膜やナノ・マイクロ構造体の破壊じん性、疲労き裂進展特性、およびクリープ特性に関する寸法効果や破壊機構において、いくつかの成果を上げることができました（例えば、文献3、4、5）。

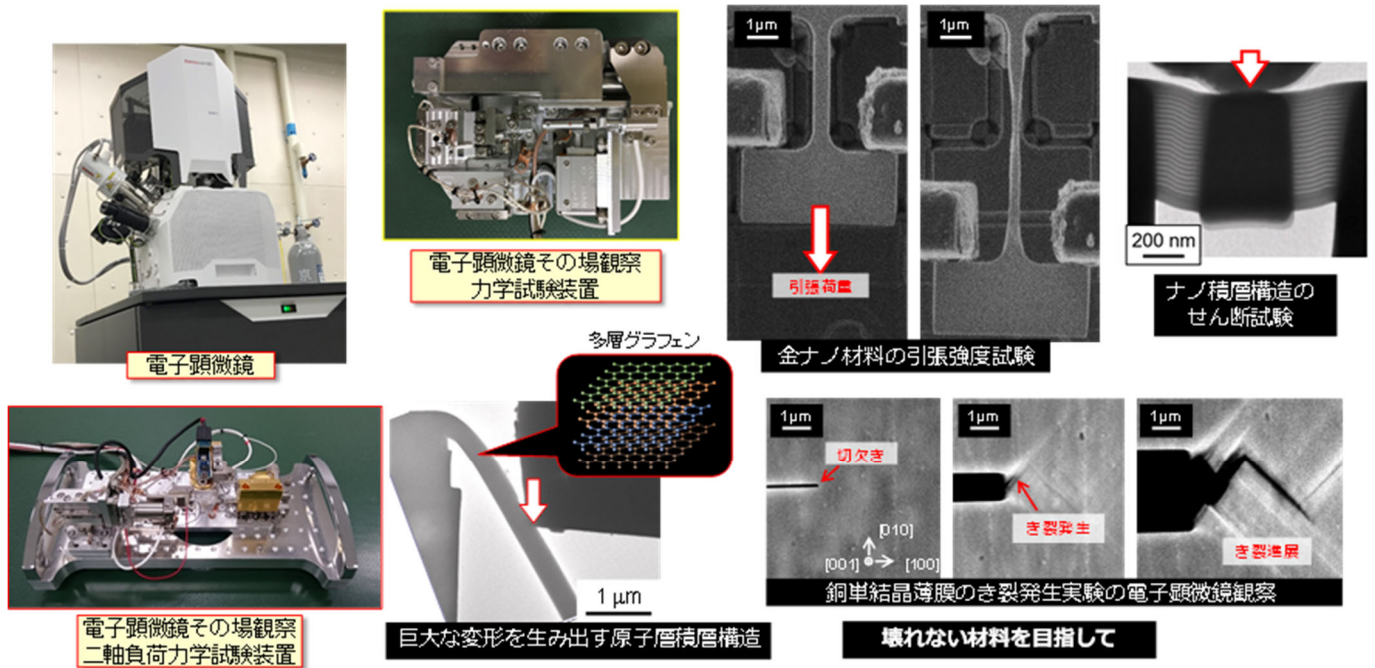


図4 ナノ・マイクロ材料力学実験，独自の実験装置による電子顕微鏡その場観察実験

さて、これらの研究過程で、ある種の研究対象においては電子顕微鏡その場観察試験と大気中の試験では、機械的特性や強度が大きく異なることに気づきました。微視的な機構を見たいから電子顕微鏡その場観察試験をやるわけですが、そもそも挙動が大きく変わってしまうため、大気中の試験と同じ現象を見ているかどうかも疑わしくなってくるわけです。電子顕微鏡内では何かが起きているのです。

いくつかの仮説を考えました。なかでも、ナノ構造体は表面の割合が大きいことを特徴とするため、周囲環境による効果が顕著になることが考えられました。電子顕微鏡は真空下で観察します。大気環境に比べて不活性であるため、周囲環境による酸化などの化学反応が生じにくく、大気中とは異なる破壊が起こりえます。実際に銅薄膜の疲労き裂進展などでは、酸化が大きな影響を及ぼすことも明らかになりました。しかし、それでは説明がつかない現象もありました。その後、電子顕微鏡内の同一実験装置において、電子ビームのONとOFFで強度が異なることに気づきました（図2：シリコンナノ片持ちはり）。電子線を照射することによりナノ材料の機械的特性や強度が大きく変化するのです。ところが照射をやめると元の強度に戻ります。まるで電子によるスイッチON/OFFで自在に機械的特性を変えられるような現象です。

この現象にとっても興味を持ちましたが、そのメカニズムがまったく分かりませんでした。従来の常識では説明がつかない現象のようで、わたしの知識ではアプローチする方法がなく追及するには時期尚早と考えていました。

5. いまの研究とこれから 第二期京大時代

そんな折、2017年に10年ぶりに京都大学に異動して、教授として再びお世話になることになりました。2018年に、できたばかりの研究室に、嶋田先生が准教授として着任してくれました。スタッフが二人になり、ようやく研究室も形になってきました。嶋田先生は、第一原理計算、理論解析を専門とする研究者です。学部から博士まで、さらにはその後も助教として、北村先生の研究室で研究されていました。ナノスケールの構造、力学特性、材料物性・電子物性の相関に着目して、ナノ材料の強度とマルチフィジックスに関する理論研究を進めています（[図5](#)、例えば、文献6、7）。

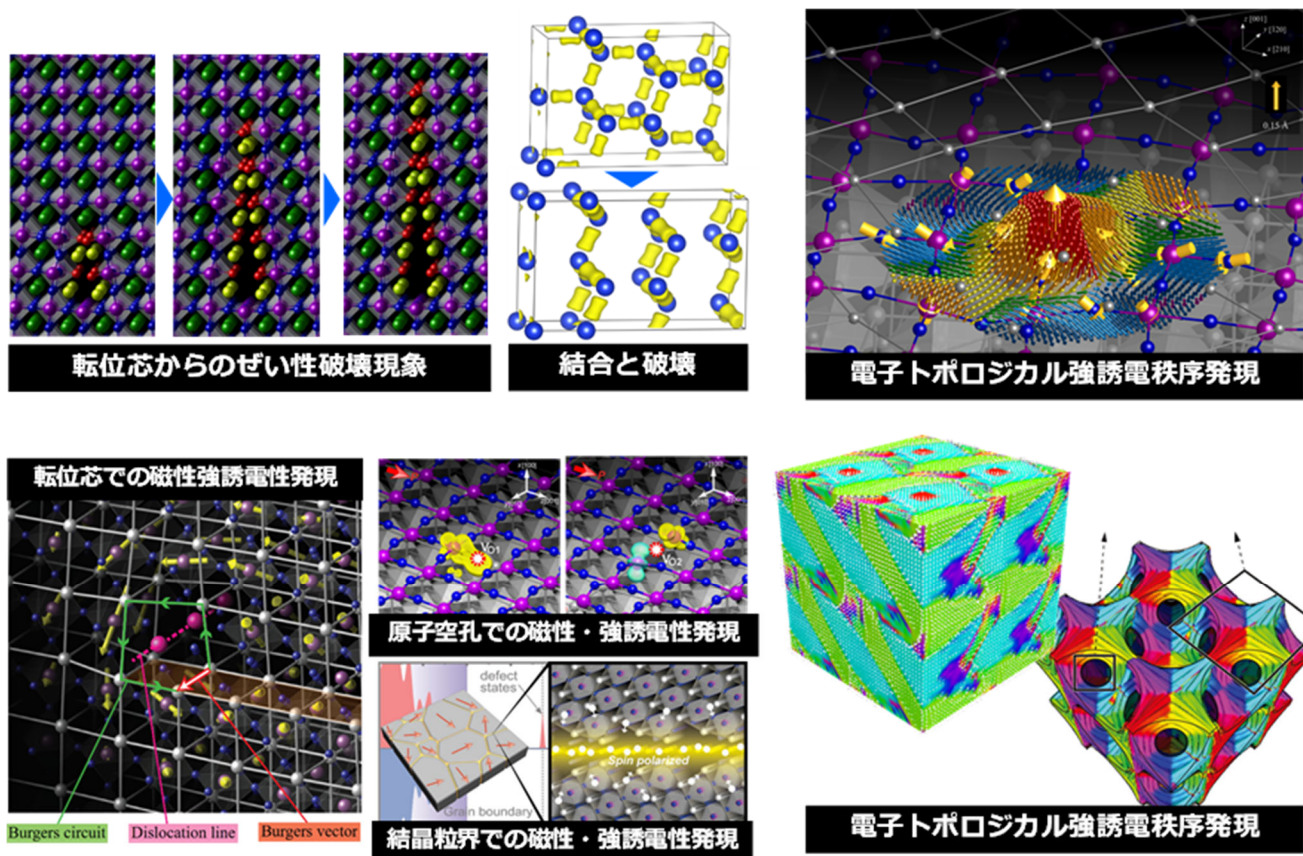


図5 ナノスケールの材料強度・マルチフィジックス解析

わたしは前述のように実験が得意（理論は苦手）なので、理論を専門とする嶋田先生と研究に関する議論は、大きな刺激を与えてくれました。嶋田先生は、材

料力学を原子・電子のレベルから量子力学に基づいて構築する壮大な研究を進めていました。その中で、材料中に本来持ちうる電子とは異なる電子を強制的に注入または排出することにより、材料強度が大きく変化することを量子力学に基づく理論解析により予測していました。材料強度をつかさどるのは究極的には原子間結合ですから、原子間の結合状態・電子構造に介入することにより強度を変化させることができるというものです。研究について議論をするなかで、実験で再三見られた電子顕微鏡観察下での強度特性の変化は、この電子的効果によるものではないかと考えるようになりました。このような視点からの研究は世界的に見ても行われておらず、そこに新たな研究分野があるではないかと考えるようになり、これは面白い研究になりそうだという予感がありました。

そこで、結合強度自体を実測する実験と、それに対応する理論解析に取り組みました。電子顕微鏡の電子銃による電子の制御と局所的なせん断変形による結合強度の実験的評価ができる方法を考案しました。電子線を制御することにより意図的に電子を取り除く状態を作り出したところ、電子が少ない状態では結合強度が低下する結果を得ました。これは、第一原理解析による理論予測と一致したのです(図6)。これらの研究結果から、余剰な電子を強制的に注入したり、取り除いたりすることで、材料の強度を自在に書き換えることができるのではないかと考えています。精密な実験と、原子・電子のレベルから理論解析により、その法則に迫ることができる可能性が拓けたのです。

これは、電子を操ることによって物質を自在に変えてしまうことを目指すもので、機械的特性のみならず他の物性をも変える波及効果を秘めています。大げさに言うと、本研究が進めば、現代の錬金術というべきものになるのではないかと、これからの材料力学は錬金術を可能にする学問へと昇華する可能性を秘めているのではないかと考えています。

この研究は、科学研究費補助金で個人や少人数の研究グループを対象とした基盤研究では最も規模が大きい基盤研究(S)に2020年度に採択されました(「Anomalous電子によるリライタブル材料強度のナノ力学」平方、嶋田)。研究は端緒であり、うまくいくかどうかはわかりません。もしかしたら、今考えている仮説は間違っているかもしれません。しかし、失敗を恐れず、これからも面白いと思うことに挑戦していきたいと考えています。

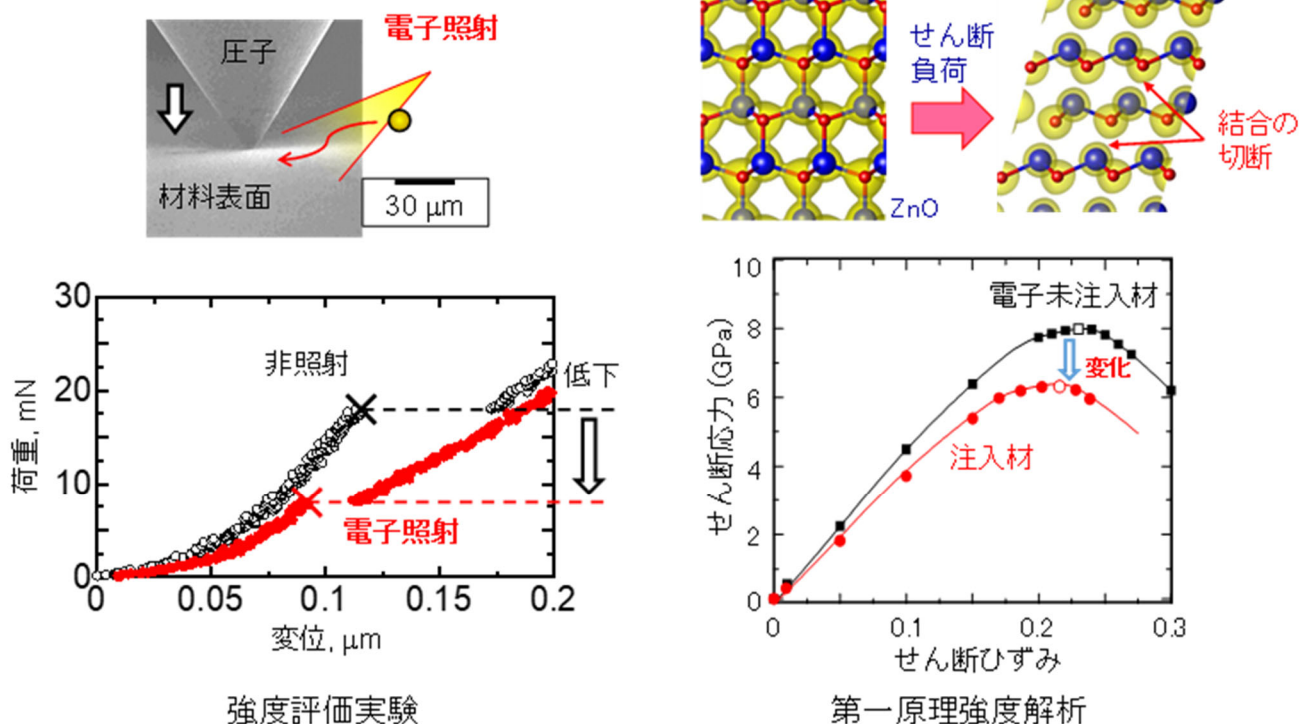


図6 材料の結合強度に及ぼす電子の影響に関する実験と解析（文献8）

6. おわりに

マクロな材料を対象とした従来の材料力学研究から、変形と破壊の現象を実験的にも理論的にも原子・電子のスケールから考えることができるようになり、新しい材料力学へと飛躍する土壌が整いつつあると感じています。これにより、例えば、高い強度といくら変形しても壊れない柔軟性を併せ持つ材料を実現することができるかもしれません。図4の中央の図は多層グラフェンの曲げ試験の結果です。同じグラファイトでも鉛筆の芯はもろく、すぐに破壊してしましますが、緻密に積層したマイクロスケールのグラフェンは破壊せずに巨大な変形を許容するのです。せっかく好きで始めた研究人生なので面白いと思うことを追及し、志を同じくする研究室のスタッフ・学生（図7）とともに一丸となって京大機械発の新しい材料力学を創っていきたいと考えています。さいごになりますが、拙い文章にお付き合いいただきありがとうございました。



図7 研究室のメンバーと

参考文献

1. Electron-beam enhanced creep deformation of amorphous silicon nano-cantilever, H. Hirakata, K. Konishi, T. Kondo, K. Minoshima, *Journal of Applied Physics*, Vol. 126 (2019), 105102, <https://doi.org/10.1063/1.5116663>
2. Role of plasticity on interface crack initiation at free edge and its propagation in nanostructures, H. Hirakata, Y. Takahashi, D. V. Truong, T. Kitamura, *International Journal of Fracture*, Vol. 145 (2007), 261, <https://doi.org/10.1007/s10704-007-9079-0>
3. Effects of film thickness on critical crack tip opening displacement in single-crystalline and polycrystalline submicron Cu films, H. Hirakata, T. Yoshida, T. Kondo, K. Minoshima, *Engineering Fracture Mechanics*, Vol.159 (2016), 98, <https://doi.org/10.1016/j.engfracmech.2016.03.031>
4. The effect of thickness on the steady-state creep properties of freestanding aluminum nano-films, H. Hirakata, N. Fukuhara, S. Ajioka, A. Yonezu, M. Sakihara, K. Minoshima, *Acta Materialia*, Vol. 60 (2012), 4438, <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2012.04.036>
5. Vacuum effects on fatigue crack growth in submicrometre-thick freestanding copper films, T. Kondo, A. Shin, M. Sakihara, H. Hirakata, K. Minoshima, *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*, Vol.42 (2019), 1118, <https://doi.org/10.1111/ffe.12976>
6. Electron engineering of metallic multiferroic polarons in epitaxial BaTiO₃, T. Xu, T. Shimada, Y. Araki, M. Mori, G. Fujimoto, J. Wang, T.-Y. Zhang, T. Kitamura, *npj Computational Materials*, Vol. 5 (2019), 23, <https://doi.org/10.1038/s41524-019-0163-6>
7. Ferrotoroidic polarons in antiferrodistortive SrTiO₃, T. Shimada, Y. Ichiki, G. Fujimoto, T. Xu, J. Wang, H. Hirakata, *Physical Review B*, Vol. 101 (2020), 214101, <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.101.214101>
8. Electron-beam irradiation alters bond strength in zinc oxide single crystal, H. Hirakata, K. Sano, T. Shimada, *Applied Physics Letters*, Vol. 116 (2020), 111902, <https://doi.org/10.1063/5.0002103>

わたしの仕事 (28) 日鉄エンジニアリング株式会社

板倉光大郎 (H25/2013卒)



1. はじめに

恩師の吉田先生より寄稿のお誘いを頂き、僣越ながら私の会社・仕事をご紹介しますこととなりました。社会人6年目の未熟者ですので、諸先輩方のような読み応えのある記事にはならないでしょうが、筆を執らせて頂きます。特に学生の皆さんにとっては馴染みがないであろう“プラントエンジニアリング”という業種ですので、少しでも興味を持って頂き、企業選びの選択肢を広げて頂ければ幸いです。

簡単な自己紹介ですが、2013年に物理工学科を卒業、2015年に航空宇宙工学専攻を修了しており、在学中は吉田先生・岩井先生・齋藤先生のおられる熱工学研究室で、固体酸化物形燃料電池SOFC (Solid Oxide Fuel Cell) の研究に取り組んでおりました。

2. 当社の紹介

日本製鉄は日本を代表する製鉄会社ですので、皆さん当然ご存知かと思いますが、「日鉄エンジニアリング」という会社の事業内容をご存知の方はほとんどおられないかと思えます。社名からは想像できないほど多岐にわたって事業を展開していますので、その経緯も含めて少し紹介いたします。

当社の源流は1963年発足の八幡製鉄（現：日本製鉄）の工作本部まで遡り、製鉄プラントの販売から事業を始めています。当時から国内に留まらず、海外の顧客にも製鉄プラントを納入しており、1979年に受注した上海宝山製鉄所のプロジェクト（1985年に高炉立上げに成功）は、山崎豊子作の「大地の子」のモデルになっています。主役で中国残留孤児の陸一心（ルー・イーシン、役：上川隆也）の父親である松本耕次（役：仲代達矢）の生涯の一部は、当時の当社の製鉄プラント事業部の方がモデルとなったそうです。

一方で1980年頃には、時代の環境・省エネニーズを先取りし、環境負荷が低くエネルギー効率が高い熔融式ごみ処理設備を開発しました。鉄鉱石を還元・熔融

させる高炉を建設してきたノウハウが、同じようにごみを高温で“熔融”させる設備の開発に繋がりました。この熔融式でのごみ処理設備は、ごみ処理の一般的な方式として主流の“焼却式”よりも最終処分量を大幅に低減できます。この熔融炉を主力とし、都市ごみや産業廃棄物に対応する“環境プラント”の分野が1997年には事業として独立しています。その後環境プラント分野では、ごみ処理での多様な顧客のニーズに応えるべく、下水汚泥固形燃料化システム（従来は埋め立てや焼却により処分されてきた下水汚泥をバイオマス燃料として利活用）やストーカ式の焼却炉も商品ラインナップに加わり、現在に至ります。

さらに、近年はごみ処理事業以外でも持続可能な社会の構築に貢献すべく、バイオマス発電所・地熱発電関連プラント・洋上風力といった再生可能エネルギー関連のエネルギープラントを手掛けています。また、顧客の工場内にコージェネレーション発電設備、バイオマスボイラ、空調設備等のエネルギーシステムを設計・建設し、資金調達および設備の操業・メンテナンスまで含めたワンストップサービスを提供する“オンサイトエネルギー供給サービス”にも取り組んでいます。

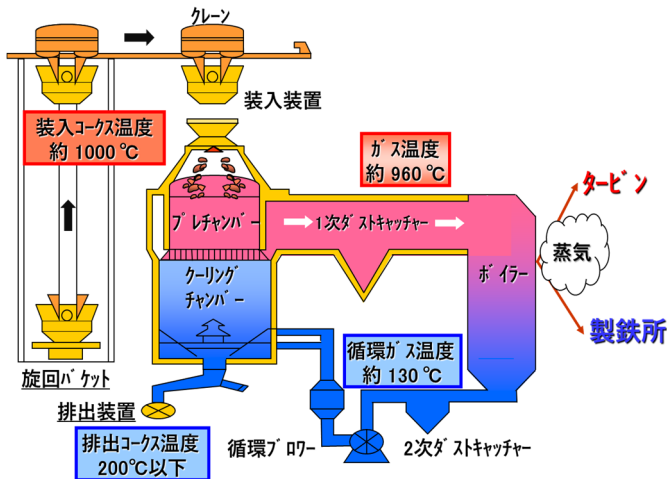
また、“鉄を造る”設備のノウハウが起源となった上記のプラント事業の他に、“鉄を扱う”ノウハウも蓄積してきた当社では、その鋼構造技術を活かして、特殊な部材を活用した鉄工架構の建築物を手掛けているほか（スカイツリーで強度のかかる外塔の太い柱の鋼材部分等を担当）、石油や天然ガスを掘削する上で必須となる海洋プラットフォームの設計・調達・加工・据付を行う事業も展開しています。

3. 私の担当設備の紹介

私はというと、当社オリジナルの事業にあたる、製鉄プラントを手掛ける部署に所属しております。CDQ（Coke Dry Quenching）という製鉄所の中で最大の熱回収設備が私の担当です。

製鉄所では高炉での鉄鉱石の還元に大量のコークスを使用します。コークスはコークス炉という設備で石炭を乾留（空気を断った状態で加熱）して生産されますが、コークス炉から出た段階では1000℃近い高温状態です。高炉まで搬送するコンベアに乗せる為には温度を下げる必要があるのですが、昔は単純に上から水を大量にかけて消火する、といういたって原始的な方法で行っていました。これ

では顕熱を無駄にしているということで、1976年にソ連から技術導入し、CDQの初号機を八幡製鉄所に建設しました。CDQでは、1000℃のコークスを“チャンバー”と呼ばれる冷却ゾーンの一部より装入されます。チャンバー下部より流入した不活性ガス（N₂が主成分）がコークスと熱交換し、コークス冷却するとともにガスは高温になってボイラーに流れ込みます。



CDQ/設備概要図



CDQ/実機写真

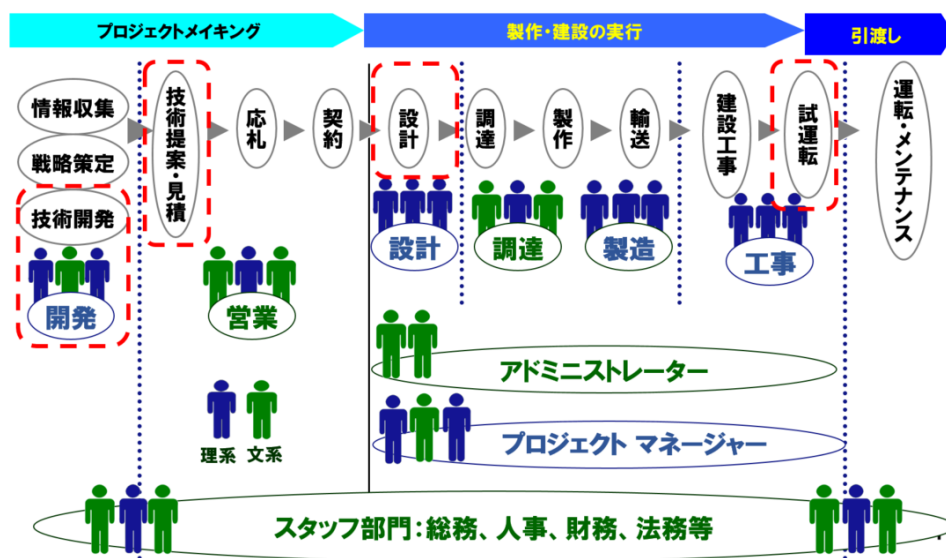
ボイラーではガスの熱源から高温・高圧の蒸気を生産し、発電に用いられる他、製鉄所内でプロセス蒸気として用いられます。ボイラーで熱を奪われ低温になった不活性ガスは、再びチャンバー側へと流れていきます。このように、CDQでは“チャンバー”と“ボイラー”という2つの熱交換器の間を不活性ガスが行き来することで、装入されるコークスから蒸気を連続的に生産しています。

ソ連からの技術導入時、設備の処理能力としてはコークス装入量が時間当たり56トン程度でしたが、当社で研究開発を重ね、今では時間当たり260トンの処理が可能な設備規模まで設計が可能になっています。国内外で130基を超える納入実績があり、またそのうち100基以上は海外顧客への納入です。

4. 私の業務の紹介

当社や他のプラントエンジニアリング会社での主な仕事の流れをフロー図で次ページに示しています。顧客と契約するまでには“プロジェクトメイキング”と呼ばれるフェーズがあり、客先との折衝を通じた基本設計、原価積算などが技術系社員の主な業務になります。契約を勝ち取ると、基本設計をもとに細かく設備

仕様を決定していく詳細設計の業務、決定した仕様を満たす製品を各メーカーから購入する調達業務、設計した図面に従いモノを作らせる製造管理業務、購入したり製作したモノを据付ける工事の業務、と流れていきます。またプラントは建設工事が終われば完了とはならず、仕様・設計通りに作動し、仕様通りの生産能力を発揮できるかの調整を行う“試運転”を最後に行って、顧客に引渡しとなります。



案件出現～契約～引渡し完了までの業務フロー

(赤点線枠は私がこれまで担当した業務)

契約から設備引渡しまでの期間は、案件規模や国に依存しますが2～3年が平均的かと思います。

私は入社から一貫してこのCDQに携わっていますが、入社後約5年間はプロジェクトメイキングのフェーズで所謂“技術営業”のような形で仕事を行ってきました。現在は受注した案件の詳細設計業務を行っています。また並行してCDQの技術開発業務（最近は主に自動運転など）に継続的に携わっている他、インドの案件での試運転業務も経験させてもらいました。ここでは最も経験の長い、プロジェクトメイキングでの仕事内容について少し紹介します。

顧客の設備投資に関する情報を入手し、当社から働きかけるところから業務が始まります。なお、当然ながら当社にも文系出身の本職の“営業”がいるので、案件受注に向けて彼らと協働していくのですが、上記の初動のアクションは彼らが担当しており、そこで顧客と接点ができると技術系の出番になります。顧客が

CDQに設備投資したいと思っても、その設備仕様まで決まっているケースはほぼなく、「コークスの処理能力を時間当たり〇〇tonにしたい」というような数少ない基本的な要求から検討が始まるのが主です。顧客要望を満たすには、循環させる風量はいくらにするか、発生する蒸気量がいくらになるか、というプロセス検討をもとに、設備を構成する機器の主仕様を決定していきます。並行して、設備のサイズがどうなるか、それを現状の顧客の工場レイアウトに落とし込んで成立するのか、また図面上では成立しているように見えるが、大型重機を用いて据付を行う上で必要なスペースが確保できているかといった全体のレイアウト検討も進めます。決定したレイアウトや各機器の主仕様から、契約から設備納入までにかかるトータルコスト（数十億円規模になります）がいくらになるかを推算する為の原価積算も技術営業が主担当で行います。原価に利益を乗せて見積提示を行います（利益率は本職の“営業”が主担当で考えます）、客先が確保できる予算を超えている場合は、様々な方法でコストダウンを模索することもあります。海外で製作することで製作コストを抑えられないか、設計を海外の協力会社に可能な限り外注することで設計コストを押さえられないか、等です。ただしこの場合、品質面でのリスクが許容できる範囲か、詳細設計部門・調達部門・製造管理部門などと協議して判断することになります。原価積算の際に見込み不足があると受注後の収益悪化につながる一方、不安だからと多めの原価を計算していると、顧客の予算になかなかマッチしなかったり、競合他社との金額差が大きくなったりする為、“適切に”リスクを見込んだ上で、妥当な原価を先産する必要があり、会社の収益に直結する重大な作業・判断になります。

また、ほとんどのケースで競合会社との競札になりますが、当然ながら相手の会社を意識した立ち回りが必要になります。当社の設備を納入すると、競合他社に比べてどのようなメリットがあるかを定量的に示すことは勿論ですが、顧客側をある程度味方につけておき、正式な見積依頼をもらう際に、当社にとって有利になるような条件（例えばコークス1トンあたりの蒸気発生量は〇〇トン以上であること等）をあらかじめ織り込んでもらう様な働きかけを行うこともあります。※CDQの場合、競合会社が海外の会社となり、当社は金額面では劣る（高い）ものの、設備性能・安定した稼働率という点で上回っており、客先の担当者もそれを分かっている、内心は当社に発注したい、ただし金額は高いので社内で投資の決裁を得る上では何らかの理由や仕掛けが必要、といったケースが多くあ

ります。従って上述のような戦略的な立ち回りが有効になり得るのです。プロジェクトメイキングの段階で行う検討や顧客との折衝は他にもたくさんありますが、全てを説明することはできませんので割愛します。自分の所属部門のみでは十分な検討が行えない為、営業・設計・調達・製造管理・工事と、あらゆる関係部門と協力しながら受注に向けて一丸となって進めていくのが特筆すべきところだと感じています。受注に至らなければ全ての努力は水の泡、という仕事ですが、その分受注出来た際の感慨はひとしおです。

5. 最後に

私が当社を志望した理由は、概ね以下が理由でした。

- ・ つくりあげる設備が巨大で（金額も）、完成したときの達成感が大きい。
- ・ 関わる人が大勢おり、チームワークが重要となる為、一体感が得られる。
- ・ グローバルに活躍できる。

入社前に抱いたイメージと全てが同じだったわけではありませんが、上記三項目に関しては、現在になっても「思っていた通りだった」と言えるものです。本稿を読んで、少しでも学生の皆さんが”プラントエンジニアリング”に興味を持って頂ければ幸いです。



※紙面が余りましたので、上記三項目のうち本文では余り触れなかった“グローバル”な要素（？）を写真でおまけ程度に紹介します。

←インドで試運転を行った際の写真。インド人のオペレーターが椅子を並べて熟睡中。撮影は深夜2時くらいですが、特筆すべきは、彼らは昼から働いて頑張ったから眠いのではなく、夜勤勤務のシフトで夜10時から勤務開始しているのに、この姿勢で寝ていること。日本ではあり得ない光景ですが、日本人が逆に「真面目過ぎる」だけなのか？とも取れるのかもしれませんが。

2020年度（2021年4月就職）の就職先一覧

大学院 工学研究科 機械工学群 3専攻、 工学部 物理工学科 機械システム学コース・宇宙基礎工学コース

2020年度機械系就職担当 西脇眞二（S61/1986卒）

1. はじめに

機械系就職担当は、工学大学院の機械工学群3専攻（機械理工学専攻、マイクロエンジニアリング専攻、航空宇宙工学専攻）と、工学部の物理工学科2コース（機械システム学コース、宇宙基礎工学コース）に所属する学生の求人を希望する企業に対して「学校推薦」を実施している。本稿では2020年度（2021年4月入社予定）の状況について報告する。

2. 学校推薦事務の経過

昨年度と同様に、企業からの面談依頼は2019年12月末頃から始まった。2020年2月までは多くの企業の方の訪問があったが、3月頃にはコロナウィルスの影響が深刻化し、採用試験等の方法について懸念されたが、多くの企業がオンラインでの面接に切り替え、大きな問題も無く、採用活動を進めていただいたようである。なお、近年では、学校推薦による採用の場合でも、「ジョブマッチング」あるいは「予備面接」を行う企業も多く、実質的に採用活動は以前より早まっている感を得た。

2020年度は経団連の指針はなくなったが、ここ数年と同様に、3月1日に広報活動開始、6月1日に採用選考開始を前提にして学生への対応を行い、近年同様5月の連休明けに学生に学校推薦の希望先を提出してもらい、6月の選考開始をしていただくよう学校推薦書を準備した。

以下に、1年の経過を示す。

2019年

12月3日 博士交流会および進路指導ガイダンス

2020年

2月 7日 就職説明会（1）

3月 1日 企業の広報活動開始

4月10日 就職説明会（2）

コロナウィルスの影響が深刻化したため、対面での説明会を中止
資料の配付のみにて実施

5月 7日 学校推薦の希望提出（締切日）

5月14日まで 希望調整（必要な場合）、推薦先の決定

5月末 学校推薦書および必要書類の企業への送付

6月 1日 採用選考（面接）開始

6月以降～ 未内々定者への対応

8月院試後 院試不合格の学部生への対応

なお、学校推薦と自由応募の両方を扱っている企業に対しては、本年度も従来通り、機械系学生の採用に関しては、企業側に学校推薦か自由応募のどちらかを選択していただいた。学校推薦は1学生1社すなわち「専願」で他社に行かないことを保証しており、推薦後は全ての他の応募活動も止めることを前提としている。一方、企業側にはこの趣旨を理解していただき、自由応募との違いを明確にいただき、学生に不利のな

いご対応をお願いした。

3. 就職の状況

表1に、学校推薦と自由応募に分けた就職先一覧を示す。学校推薦の比率は、2007年度：50%、2008年度：56%、2009年度：61%、2010年度：58%、2011年度：66%、2012年度：57%、2013年度：61%と50%～60%で推移してきた後、2014年度：77%、2015年度：77%、2016年度：78%、2017年度：68%、2018年度：72%、2019年度：67%、今年度：69%と、70%前後で推移している。

表2に、業種別就職数の推移を示す。過去2年と比較すると、自動車、医療・計測はほぼ横ばいであるのに対して、重工は増加傾向に、電機、鉄鋼・材料は減少傾向にある。

4. 所感

過去の就職状況との比較については、以下の過去の京機短信をご覧ください。以下、本年度気になった点について示しておく。

年度	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010
No.	339	323	310	295	281	255	227	203	174	147

(1) コロナウィルスの影響

2020年度の就職活動で最も影響を与えたのは、コロナウィルスの感染拡大である。2月頃までは、企業側から就職担当への面談依頼があったが、3月になると影響が深刻化し、面談の依頼がほぼなくなった。3月1日から本格的に企業の広報活動が開始となり、学生も企業へのアプローチを始め、当初は支障が生じるのではないかと懸念したが、企業側の迅速な対応により、面談等オンラインで円滑に行われたようであるが、学生の企業訪問ができなく希望の企業を肌で実感する機会を逸してしまったのは残念である。また、OBの方の訪問も出張自粛のためほぼなく、学生が直接お尋ねすることもほぼ無かったことも残念である。コロナウィルスの問題が早く解決することを祈るばかりである。

(2) ジョブマッチングおよび予備面接

電機系の企業を中心に多くの企業では、3月から4月初旬において、ジョブマッチング面談を実施されている。このジョブマッチング面談は、就職希望学生が特定の職種に適合しているかの面談であると聞いているが、ジョブマッチング面談が不合格となると、多くの場合採用が見送られるようで、学校推薦を出す前には、ジョブマッチングに合格している必要がある。その結果、採用の決定が正式ではないにしても、4月中旬を意味することになり、実質上選考の時期を早期化させてしまっているように感じた。また、ジョブマッチング面談が不合格の学生を学校推薦してもほぼ合格となることはなく、学校推薦の意義が形骸化してきているようにも思える。その他にも、6月以降の本面接の前に予備面接を行う企業もあり、この場合も、予備面接が不合格の学生を学校推薦してもほぼ合格となることはなく、ジョブマッチング面談と同様に、学校推薦の意義が薄くなってきており、今後学校推薦のあり方を検討すべき時期に来ているように感じた。もっとも、ジョブマッチング面談・予備面接は課題ばかりではなく、早い段階から学生本人の希望・適性・将来を判断していただき、より適切な部署を選択できる機会をいただいているとも思う。また、学校推薦を出してから不合格となる学生がなかったのも、学生にとって良かったと考える。

(3) 学校推薦と自由応募

前述のように、学校推薦と自由応募の両方を扱っている企業に対しては、本年度も従来通り、企業側に学

表2 業種別就職数の推移
(空欄はその年度にカウントしていない)

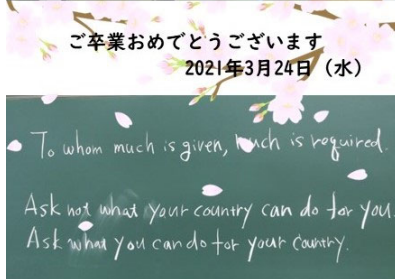
業種	企業名	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	計
自動車	トヨタ	2	5	8	9	8	7	4	7	6	7	4	4	9	7	87
	ホンダ	5	2	1	1	3	0	5	0	1	0	1	1	1	3	24
	日産	1	1	1	3	3	3	4	3	0	1	1	0	1	1	23
	三菱自動車	0	0	0	0	2										2
	マツダ	2	1	2	1	1										7
	いすゞ自動車	1	0	1	1											3
自動車部品	デンソー	1	2	1	1	1	3	4	0	0	0	4	4	4	1	26
重工	三菱重工	7	4	2	2	8	10	6	4	7	3	7	7	8	5	80
	川崎重工	5	3	4	7	9	7	9	9	10	4	6	3	2	3	81
	IHI	3	7	4	2	7	4	4	6	5	2	0	0	0	2	46
電機	パナソニック	1	7	4	3	3	3	5	0	3	6	3	2	9	3	52
	三菱電機	2	2	5	6	6	6	6	6	6	6	4	5	1	3	64
	パナソニック電工	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	5	0	2	9
	日立製作所	3	3	2	2	2	2	0	1	2	3	1	4	1	1	27
	住友電工	1	2	2	1	2	3									11
	ソニー	2	4	1	0	3										10
計測	島津製作所	5	5	0	1	2	2	1	2	3	2	6	4	1	2	36
医療	オリンパス	0	0	0	0	1	2	2	1	0	1	3	3	1	0	14
鉄鋼・材料	新日鉄住金,JFEスチール, 東レ,旭化成,神戸製鋼	2	6	2	8	2	4	7	3	6	11	8	6	10	10	85
電力		1	2	0	2	2	2	3	4	2	4	3	6	3	3	37
JR		2	5	4	5	1	1	2	2	0	2	3	3	4	3	37
国家公務員	経産省,国交省,特許庁等	0	2	2	2	2	1	2	1	4	0	3	3	2	2	26

3月24日(水曜)晴天の下、令和2年度京都大学卒業式・大学院学位式が挙行了されました



～ 京都大学ホームページより ～

機械系専攻でも、学部・大学院共に会場を3部屋に分け人数制限も行うと共に手指消毒の徹底等、感染予防には細心の注意を払った上で、吉田キャンパス物理系校舎にて学位授与式を実施いたしました。



修士修了おめでとうございます
2021年3月24日(水)

～ みなさんには、撮影時一瞬だけマスクを外していただきました。三蜜防止は厳守！～
今春、新社会人となられるみなさんにはこれからのご活躍を心よりお祈りいたします

京機会関係者一同

設計工学雑話 — QFD・AHP・SPC —

西本明弘（S51/1976卒）プロセス設計塾

1. はじめに

QFD : Quality Function Deployment (品質機能展開) とは、顧客要望に即した製品を開発するための手法で、2元表を用いて顧客要望⇒機能⇒機構⇒部品の順に重要度を展開していくものです。AHP : Analytic Hierarchy Process (階層分析法) は、QFDの入り口である顧客要望の把握手段として利用されます。ネットのQFD塾 (1) に紹介されており、JAXAでも使っているようです (2)。入口で間違っただけでは後ろをどんなに精密にやっても無意味ですので、AHPについて吟味しました。世間ではあまり見かけない考察だと思いますのでお楽しみ下さい。(以下、ものづくり.COM に掲載した解説記事2本を一部修正・転記します。SPCについては後半の記事 (3) に出てきます)

2. 曖昧な主観を数値化して意思決定を行う AHP : Analytic Hierarchy Process (階層分析法) とは

AHPは、主観に基づく意思決定を構造的・数値的に扱うことで、人々の合意形成や意図の伝達に寄与する手法です。1970年代からトーマス・サーティが政策科学の分野で提唱し、その後多くの分野で応用されてきました。簡単な例を図1に示します。A社、B社、C社のどの製品を購入するか? という選定問題です。上段に意思決定の総合目的、中段にそのための評価基準、下段に代替案 (選択肢) の3階層を設定します。

それぞれの重要度 (もしくは優位性) が図1のように与えられた場合、図2のように行列計算をして総合重要度を求めます。各社製品の評価基準ごとの重要度 (優位性) に評価基準自体の重要度を掛けて総和をとったものが総合重要度です。この場合、A社製品が最も高得点で購入選定となります。評価基準を変えれば、就職企業の選択などにも使えます。

総合目的	購入品選定					
評価基準	価格	保守体制	性能	操作性	設置面積	合計
重要度	0.42	0.26	0.16	0.10	0.06	1
代替案		A社	B社	C社	合計	
	価格	0.60	0.20	0.20	1	
評価基準ごとの重要度(優位性)	保守体制	0.25	0.50	0.25	1	
	性能	0.12	0.23	0.65	1	
	操作性	0.20	0.20	0.60	1	
	設置面積	0.17	0.17	0.67	1	

図1 階層構造

	価格	保守体制	性能	操作性	設置面積		0.42		
A社	0.60	0.25	0.12	0.20	0.17	×	0.26	=	0.37
B社	0.20	0.50	0.23	0.20	0.17		0.16		0.28
C社	0.20	0.25	0.65	0.60	0.67		0.10		0.35
							0.06		
	評価基準ごとの代替案の重要度(優位性)						評価基準の重要度		代替案の総合重要度

図2 総合重要度計算方法

各重要度の算出方法を図3と図4に示します。1対比較法を用います。各升目に、行の基準の列の基準に対する重要度(優位性)スコアを、図5 サーティの1対比較表に従って記入し、対角位置にはその逆数を記入します。表にはない中間値(偶数)を用いても構いません。各行の幾何平均(図3であれば5つのスコアを掛けた5乗根)を算出し、その総和で各行を割って正規化したものが重要度となります。

(計算方法の根拠は紹介記事の範疇を超えるので割愛します。計算方法は他にもあります。)

評価基準	価格	保守体制	性能	操作性	設置面積	幾何平均	重要度	下位との比
価格	1	2	3	4	5	2.61	0.42	1.58
保守体制	1/2	1	2	3	4	1.64	0.26	1.64
性能	1/3	1/2	1	2	3	1.00	0.16	1.64
操作性	1/4	1/3	1/2	1	2	0.61	0.10	1.58
設置面積	1/5	1/4	1/3	1/2	1	0.38	0.06	
					合計	6.24	1.00	

図3 評価基準の重要度算出

価格	A社	B社	C社	幾何平均	重要度	下位との比
A社	1	3	3	2.08	0.60	3.00
B社	1/3	1	1	0.69	0.20	
C社	1/3	1	1	0.69	0.20	

保守体制	A社	B社	C社	幾何平均	重要度	下位との比
A社	1	1/2	1	0.79	0.25	
B社	2	1	2	1.59	0.50	2.00
C社	1	1/2	1	0.79	0.25	

性能	A社	B社	C社	幾何平均	重要度	下位との比
A社	1	1/2	1/5	0.46	0.12	
B社	2	1	1/3	0.87	0.23	
C社	5	3	1	2.47	0.65	2.82

操作性	A社	B社	C社	幾何平均	重要度	下位との比
A社	1	1	1/3	0.69	0.20	
B社	1	1	1/3	0.69	0.20	
C社	3	3	1	2.08	0.60	3.00

設置面積	A社	B社	C社	幾何平均	重要度	下位との比
A社	1	1	1/4	0.63	0.17	
B社	1	1	1/4	0.63	0.17	
C社	4	4	1	2.52	0.67	4.00

図4 評価基準ごとの重要度（優位性）

スコア	定義
1	同じくらい重要
3	少し重要
5	かなり重要
7	非常に重要
9	極めて重要

スコア	定義
1	同じくらい重要
1.5	少し重要
2	かなり重要
3	非常に重要
5	極めて重要

図5 サーティの1対比較表

図6 西本の1対比較表

このように、AHPを用いると意思決定の根拠が明確かつ数値化されるので、複数人の1対比較を集計・平均すれば集団の合意形成もスムーズになります。工学分野ではQFDの最上流である顧客要望の数値化にも使われます。が、1対比較する要素が増えると升目が二乗で増えるので、要素数は最大9が推奨されています。

以上が文献や学会で紹介されるAHPのサマリーですが、実務家視点で以下の注意点を上げておきます。図5 サーティ表に従って記入すると、少しの差を拡大した重要度となります。図4を丹念に見ると、“少し重要3”を記入すると重要度は3倍、“ほんの少し重要2”は重要度2倍です。図3で、隣り合う評価基準の差は“ほんの少し重要2”ですが、重要度の比は概ね1.6倍です。“価格”は“性能”より

“少し重要3”ですが重要度は0.42 対 0.16 (2.6倍) の大差です。その結果、優秀だが価格が“少し劣る” C社は破れ、価格のみが“少し優位”なA社が選定されます。レーダーチャートだと、また違った判断になるでしょう。

では、少しの差を拡大する利点はどこに有るのでしょうか？ AHPはもともと政策科学の分野で考案されたとされています。公共事業の意思決定で、公園緑地か図書館か体育館か？といった場合、35 : 33 : 32で公園に決定と言うより、数学的検証の結果50 : 30 : 20で公園と言ったほうが行政は進めやすいでしょう。1対比較表で、結果をある程度恣意的に操作できるという事ですが、各種統計処理でも設問やその他操作で同様の事はあると推察します。

しかし、工学分野でサーティ表を妄信するのは問題ありです。図3は顧客要望の把握でも利用可能ですが、“価格”は“性能”より“少し重要”という顧客の気持は、重要度0.42 対 0.16 (2.6倍) として開発に伝わります。この差を、QFDで下方展開して良いのか？顧客要望に即した製品が開発されるのか？違和感がぬぐえません。このような結果になるのはサーティ表に従うからですが、文献・学会などではサーティ表がバイブルになっているようで、この点についての議論を目にしませんので以下に改善策を提示します。

要は、主観とマッチした重要度になるようにすれば良い訳です。対処療法としては、妥当な1対比較表を作る事です。図6に例を示します。図7に、図6 西本表を使った場合の例題結果を示します。C社が選定されました。隣り合う評価基準の差“ほんの少し重要”の重要度比は概ね1.2倍となり、常識的なところと思われます。(1.2倍に違和感を覚える人は、1対比較表を自由に変えて下さい。)

	価格	保守体制	性能	操作性	設置面積		0.28		
A社	0.43	0.31	0.24	0.29	0.27	✕	0.23	=	0.32
B社	0.29	0.38	0.30	0.29	0.27		0.19		0.31
C社	0.29	0.31	0.46	0.43	0.47		0.16		0.37
							0.13		
評価基準ごとの代替案の重要度(優位性)							評価基準の重要度		代替案の総合重要度

図7 西本の1対比較表による総合重要度結果

ただ、重要度の結果が1対比較表に影響される面はまだ残ります。では、顧客の気持ちをそのまま数値化したい場合はどうするか？ 価格と性能の重要度が6 : 4と感じるなら、それをそのまま1対比較に使う事です。“少し”や“かなり”といった曖昧表現を排除することで精度も上がります。この手法をSPC : Spec

Priority Confirmation（スペック優先確認）と呼んでおり、重要度計算のカラクリを含めて以下に説明します。

3. シンプルな1対比較（6対4など）を用いて意思決定を行うSPCとは（4）

図8にSPCにおける1対比較記入例を示します。AHPのような図5 サーティの1対比較表は使いません。価格と性能の重要度が6：4と感じるなら、価格行と性能列の交点に6、対角位置の性能行と価格列の交点に4と記入します。10点スコアの按分を基本とするので、対角線は自分どうしの比較なので5とします。この方法なら、サーティ表の“少し”や“かなり”といった曖昧表現に惑わされる事なく、主観をストレートに記入できます。

評価基準	価格	保守体制	性能	操作性	設置面積
価格	5	5.5	6	6.5	7
保守体制	4.5	5	5.5	6	6.5
性能	4	4.5	5	5.5	6
操作性	3.5	4	4.5	5	5.5
設置面積	3	3.5	4	4.5	5

図8 評価基準の1対比較（按分スコア）

図9にSPC重要度の算出方法を示します。図8の行の按分スコアを比較している相手（対角位置）のスコアで割り、スコア比に変換します。価格行と性能列の交点は $6/4=1.5$ 、性能行と価格列の交点は $4/6=0.67$ 。対角線は自分どうしの割り算で1となります。その後は前記事と同様、各行の幾何平均（5つのスコアを掛けた5乗根）を算出し、その総和で各行を割って正規化したものが重要度です。

この例では、隣り合う基準の1対比較スコアは全て 5.5：4.5（比1.22）としましたが、算出された隣り合う重要度の比は1.23 となり、SPC重要度は主観のスコア比と大きく乖離しない事が判ります。また、SPC重要度は、前記事で紹介した西本の1対比較表を使った場合とほぼ同じ結果となっています。（図7赤字参照）

顧客要望をQFDに入力する際、顧客の気持ちの少しの差を拡大するAHP重要度（サーティ表）を用いるより、気持ちの差をストレートに反映するSPC重要度を用いたほうが、より要望にマッチした製品が開発されると期待されます。（図3のAHP事例と見比べて下さい）

評価基準	価格	保守体制	性能	操作性	設置面積	幾何平均	重要度	下位との比
価格	1	1.22	1.50	1.86	2.33	1.51	0.29	1.23
保守体制	0.82	1	1.22	1.50	1.86	1.23	0.24	1.23
性能	0.67	0.82	1	1.22	1.50	1.00	0.19	1.23
操作性	0.54	0.67	0.82	1	1.22	0.81	0.16	1.23
設置面積	0.43	0.54	0.67	0.82	1	0.66	0.13	
					合計	5.22	1.00	

図9 評価基準のSPC重要度算出（按分スコア比）

次に、重要度算出のロジックを図10を使って概説します。重要度は総和が1となるように正規化しますので、絶対値ではなく各重要度の比が判れば良いのですが、各比較要素A・・・Eの絶対値重要度a・・・eを仮定します。a・・・eの真値が最初から明確なら1対比較などする必要は有りませんが、値が曖昧（a=真値+誤差）なので1対比較から真値に近い値を推定したい訳です。

そのための手順が、前出の“行の按分スコアを、比較している相手（対角位置）のスコアで割る”という操作で、図10では各升目にa/cなどの分数（絶対重要度の比）で示されます。次に、誤差を平準化して真値に近い値を推定するために“各行の幾何平均を算出”すると、便利なことに分母がすべて同じ5乗根（abcde）となります。ここで、幾何平均を縦に見ればa・・・eの絶対値は判らずとも、a:b:c:d:eの比が判明します。また、各升目は各重要度の1対比ですから、10点スコアを按分した6:4などを互いに割った数字で代用できます。よって、図9の計算が成り立つ次第です。

比較要素	A	B	C	D	E	幾何平均
A	a/a	a/b	a/c	a/d	a/e	a/5乗根(abcde)
B	b/a	b/b	b/c	b/d	b/e	b/5乗根(abcde)
C	c/a	c/b	c/c	c/d	c/e	c/5乗根(abcde)
D	d/a	d/b	d/c	d/d	d/e	d/5乗根(abcde)
E	e/a	e/b	e/c	e/d	e/e	e/5乗根(abcde)

図10 重要度算出ロジック（按分スコア比）

ここで、按分スコア $a : b = 7.5 : 2.5$ 、 $a : c = 7.5 : 2.5$ 、 $b : c = 5 : 5$ の事例を検討します。このスコアなら、“Aがかなり重要”との思いでしょう。

比較要素	A	B	C
A	5	7.5	7.5
B	2.5	5	5
C	2.5	5	5

図11 按分スコア 事例

スコア比に変換すると3、1/3となり、重要度を算出するとするとAはB、Cの3倍で、スコア比どうりとなります（余りにシンプルで誤差の入り込む余地が無いという事です）。

比較要素	A	B	C	幾何平均	重要度	下位との比
A	1	3	3	2.08	0.60	3.00
B	1/3	1	1	0.69	0.20	
C	1/3	1	1	0.69	0.20	
			合計	3.47	1.00	

図12 按分スコア比 事例

ところで、図12はサーティの1対比較表の指示に従って、“Aは他に比べて少し重要”の記入例と同じです。すなはち、サーティ表を信じて3および1/3と記入するのは、按分スコアで7.5 : 2.5 と記入するよう誘導されたのと同義です。これが、少し重要のつもりで回答したのに重要度は3倍にカウントされるカラクリです。教科書や先行事例を妄信する事なく、手法の素性を吟味して実務に役立てましょう。

4. おわりに

顧客要望を取り違えて開発しては、壮大な手戻り、工数の無駄使いとなります。サーティ表を信じてこのような事故に会う事の無いよう、本考察を紹介しました。また、参考文献(2) JAXA論文に提示されている“設計開発プロセスの問題点 ①ノウハウ伝承 ②情報連携 ③システム全体のバランスを考えた設計”を解くのが「わたしの仕事」(5)ですが、本考察は③に寄与するアプローチの1つです。なおSPCの特許は審査請求していませんので、どなたでも活用できます。

参考文献

- (1) QFD塾 ツール紹介ページQFD塾 (qfda.jp)
- (2) JAXA基幹ロケットバルブの信頼性向上に向けた開発の情報化
<https://stage.tksc.jaxa.jp/jedi/essay/pdf/2007-2.pdf>
- (3) ものづくり.COM キーワード記事 AHPのキーワード解説記事 シンプルな1対比較（6対4など）を用いて意思決定を数値的に行う：SPC とは — ものづくりドットコム (monodukuri.com)
- (4) 特開2012-099074 “仕様優先順位確認システムおよび方法”
- (5) 京機短信 No.131 “設計プロセス設計のすすめ” 2010.03.20

アメリカ滞在記（その1）

藤川卓爾（S42/1967）

今から46年前の昭和50年（1975年）4月から1年間アメリカに滞在しました。筆者は当時三菱重工業長崎造船所に勤務していました。仕事は発電用蒸気タービンの設計でした。当時三菱重工業はアメリカのウエスチングハウス社と技術提携しており、ライセンス料を支払って蒸気タービンの設計・製造・据付・運転関係の技術を導入していました。習う方のライセンシーの側では、蒸気タービンの計画段階から発電所での運用段階までの各過程で色々と質問が出てきますので、これらの質問をライセンサーであるウエスチングハウス社に提出して回答を貰います。この業務を円滑に行うためにフィラデルフィアにあるウエスチングハウス社のレスター工場に駐在員を派遣していました。本社から係長クラスの主駐在員、事業所から担当クラスの副駐在員が出ていました。

結婚後大方4年でようやく授かった長女が生まれた日に副駐在員を命じられ、長女が生後2か月のときに単身赴任に出発しました。それまでは香港に出張に行ったことがあるだけで2回目の海外出張が駐在員赴任でした。

当時の日本航空のニューヨーク便はDC-8型機を使用しており、羽田からニューヨークまでノンストップで行くだけの航続距離がなかったのでアラスカのアンカレッジに寄港して給油していました（写真1）。



写真1 DC-8型機 <<https://middle-edge.jp/articles/DizYq>>

現在のようなビジネスクラスはなくファーストクラスとエコノミークラスだけで一般社員はもちろんエコノミークラスです。機内は中央通路を挟んで左右に3席ずつで現在のボーイング737等の小型機と同じです。長時間の飛行中に食事の

他、映画の上映もありましたが、中央通路の上部に天井からスクリーンを吊るして上映するというものでした。

初めての長距離飛行で緊張していたからか余り疲れも感じずに昼前にニューヨークのJFK空港に着きました。何を食べたかは忘れましたが食堂でランチを食べたときに、ウエイトレスが「キャッシュで払うのか？」と言ったように思ったのですが、よく聞いたら「ケチャップがいるか？」と聞いたようでした。

国内線のナショナルエアラインに乗り換えてフィラデルフィアの空港に着きました。ここでは主駐在員と出張中の日本人が迎えに来てくれました。

早速、翌日に主駐在員の一家にワシントンの桜見物に連れて行って貰いました。有名なポトマック川の桜です（写真2）。ホワイトハウスや国会議事堂、独立記念塔やリンカーン記念館も見えました。教科書の写真で見た建物の実物を見てとても感動しました。でも、一番印象深かったのは「とても寒い」ということでした。日本ではもうコートを手放している季節だったので、コートを持たずに渡米しましたがこれが失敗でした。また、道路の交差点ではワイアで吊り下げられた信号灯が風で揺れているのも印象的でした。46年経った今でも時々思い出します。



写真2 ポトマックリバーの桜

フィラデルフィアに到着してから数日をホテルで過ごした後、下宿に移りました。単身赴任でアパートに一人で住むよりはアメリカ人の家に下宿した方が早くアメリカの生活に慣れるからという先輩方のアドバイスに従いました。フィラデルフィアの西の郊外のスワースモアというところで、住所は1332 Park Lane Road

です。写真3のような2軒1棟の家で、家主はウエスチングハウス社に勤める50代の未亡人です。もう一人同居人がいました。彼もウエスチングハウスに勤める20代のエンジニアでした。Google MapのStreet Viewで見ると今も昔と同じ風景が見られます（写真4）。



写真3 スワースモアの下宿先の家



写真4 現在のスワースモアの風景

<<https://www.google.co.jp/maps/@39.886961,-75.3483853,3a,75y,197.86h,91.05t/data=!3m6!1e1!3m4!1sk4lx7BfTJ3dWOQ6nMW7Eeg!2e0!7i3328!8i1664>>

1年間のアメリカ滞在で身に着けたものが3つあります。

1つ目は英会話です。中学校から高校、大学の教養課程でずっと英語の授業を受けていました。会社に入ってから英会話の講座を受講しました。でも、結果は先ほどの「ケチャップ」です。アメリカ人と面と向かって話しているとなんとか通じるのですが、一番困ったのは電話です。何を言われているのか全く分かりません。しかしそれでは仕事できませんので、開き直って分からない時には「あ

なたの言っていることがよく聞き取れないので、アルファベットの文字でスペリングを言ってくれ」と言いました。努力の甲斐があって、1年経って帰国する頃には電話も聞き取れるようになりました。

2つ目は英文タイプです。日本から来た質問をウエスチングハウス社に提出するのに先ず英訳して次にタイプします。家内から貰ったタイプの練習書を見ながら「a s d f ; | k j」と毎日一所懸命に練習しました。助かったのは事務所に当時最新鋭のIBMの電動タイプライターがあったことです。それまでに日本で稀に手動のタイプを使ったときは、活字の支持アームが絡まったりして余りいい印象は残っていませんでした。IBMの新鋭機は全く違いました。活字もボールヘッドです(写真5)。

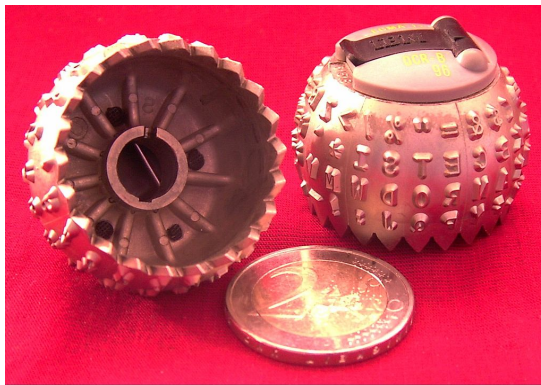


写真5 IBM電動タープライターのボールヘッド

<出典 : Wikipedia <https://ja.wikipedia.org/wiki/タイプライター>>

30代の初めにタイプをした経験が後に50代になって職場にパソコンが導入されたときに役立ちました。同年代では右手の人差し指1本でキーボードを押している人が多いのに、私は一応は両手を使って打つことができました。

3つ目は高速道路での運転です。アメリカで初めて高速道路を走りました。当時、九州では福岡県から佐賀県の途中まで高速道路ができていましたが、長崎県には高速道路がありませんでした。アメリカで最初に高速道路に入ったのは夜でした。日本からの出張者が助手席に乗っていて周辺の状況を監視してくれたのでスムーズに合流できました。アメリカの高速道路網は当時から整備されていました。国土を南北に走る道路は奇数の番号、東西に走る道路は偶数の番号が付いています。日本の東海道と同じように国道1号線は東海岸を南北に走っています。東海岸を南北に走る新しい国道は95号線です。私は走ったことはありませんが、東西を結ぶ道路で有名なのはルート66です。

会社から貸与の車はクライスラーのPlymouth Valiantでした。当時のアメリカではサブコンパクトカーと呼ばれていました。L6エンジンで行程容積約3,000ccの

当時の日本では堂々たる普通車です。写真3で家の前に写っているのがその車です。アメリカでは車のナンバープレートはネジ止めされているだけで使用後は取り外し可能なので日本に持ち帰りました。ナンバープレートは各州で特徴のある意匠を凝らしています。当時のペンシルベニア州のナンバープレートは有名なりバティベルと”BICENTENNIAL STATE”の文字が入れています（写真6）。



写真6 車のナンバープレート

翌年の建国200周年を前にアメリカはお祭りムードでした（写真7）。フィラデルフィアはアメリカの独立宣言が出された場所で市内にはインデペンデンスホールがあってリバティベルが保存されています。また、初めてアメリカの国旗を作ったベスティロスの家もあります（写真8）。アメリカが独立したときは州の数が13だったので最初の星条旗は縞も星も13です。その後、星条旗の縞の数は13のままで星の数が州の数の増加とともに増えていき、現在の星の数は50です。



写真7 建国200周年前年祭の
フィラデルフィアのメインストリート



写真8 ベスティロスハウス

つづく

京都の散歩道 (2) 愛宕山と比叡山

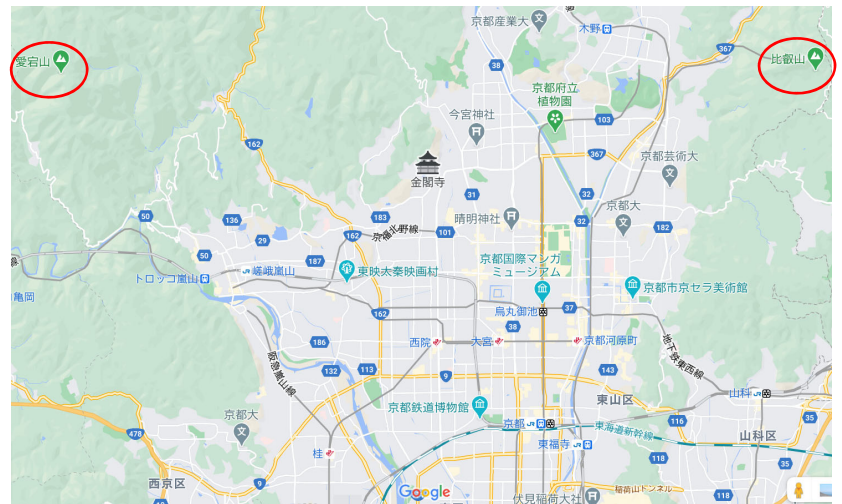
先月は左京区北端の三国岳を話題にしましたので、今月はその延長で山について取り上げたいと思います。

京都の人にとってまず思い浮かぶ山といえば、西の愛宕山(924m)と東の比叡山(848m)でしょう。特に、愛宕山は京都市で一番高いと思っておられる方も少なくないようですが、高さでは皆子山(971m)、峰床山(970m)、地蔵山(948m)の次です。なお、比叡山については

「厳密に言えば、比叡山という山はない。北から水井山(みずいやま、七百九十四メートル)、横高山(よこたかやま、七百六十七メートル)、三石岳(さんごくだけ、六百七十五メートル)、大比叡(おおびえ、八百四十八メートル)、四明岳(しめいがたけ、八百三十五メートル)の総称である。一番高いのはその名の通り大比叡。しかし、これは京都側からは同じ峰続きなので、手前の四明岳の陰になって見えない。だから、京都で比叡山といえは四明岳ということになっている。市内あちこちの見る位置によっててっぺんの形がちがうのは、この大比叡と四明岳の重なり具合が原因なのだ。」(倉部きよたか、『京都人は日本一薄情か』、文春新書、2005、p.81)

とのことです。

地図で見ると愛宕山と比叡山は岩倉の京都国際会館とほとんど同じ緯度で西東に並んでいることも分かります。何かと対比される愛宕山と比叡山については、京都で育った子どもなら一度ならず聞かされる昔話があるそうですね。



「幼い頃に祖母がこんな話を聞かせてくれたことがある。昔、愛宕山と比叡山が背比べをした。結果は愛宕山の方が少しだけ背が高かった。悔しがった比叡山が愛宕山を殴った。しかし振り下ろしたゲンコツが一番高いところから少しだけ逸れてしまった。その結果、愛宕山には窪みができたが、背比べでは比叡山が負けてしまったという。これは京都の町の東西に聳える比叡山と愛宕山との関係を知る上で示唆に富んだ昔話である。話の背後には、比叡山延暦寺と愛宕修験との競い合いが秘められているのだろうか。」(鵜飼均編著、『愛宕山と愛宕詣り』、京都愛宕研究会、2004、pp.4-5)

「愛宕山の祭神は中世に入ると、後の縁起にあるような具体的な名を持つ祭神となってあらわれるようになる。(中略)このように、呪詛や恨みといった怪しさをもって愛宕山や天狗が語られていることが注目される。ここから考えられることは、当時の愛宕山が、中央ではなく少し異端の位置付けであったことである。現任京都でよく語られる、愛宕山と比叡山が喧嘩して、比叡山が叩いて愛宕山のこぶができたという話は、比叡山と愛宕山の権力闘争、更に言えば愛宕山が敗れたことを示唆するとも考えられる。」(同、pp.24-25)

編集人

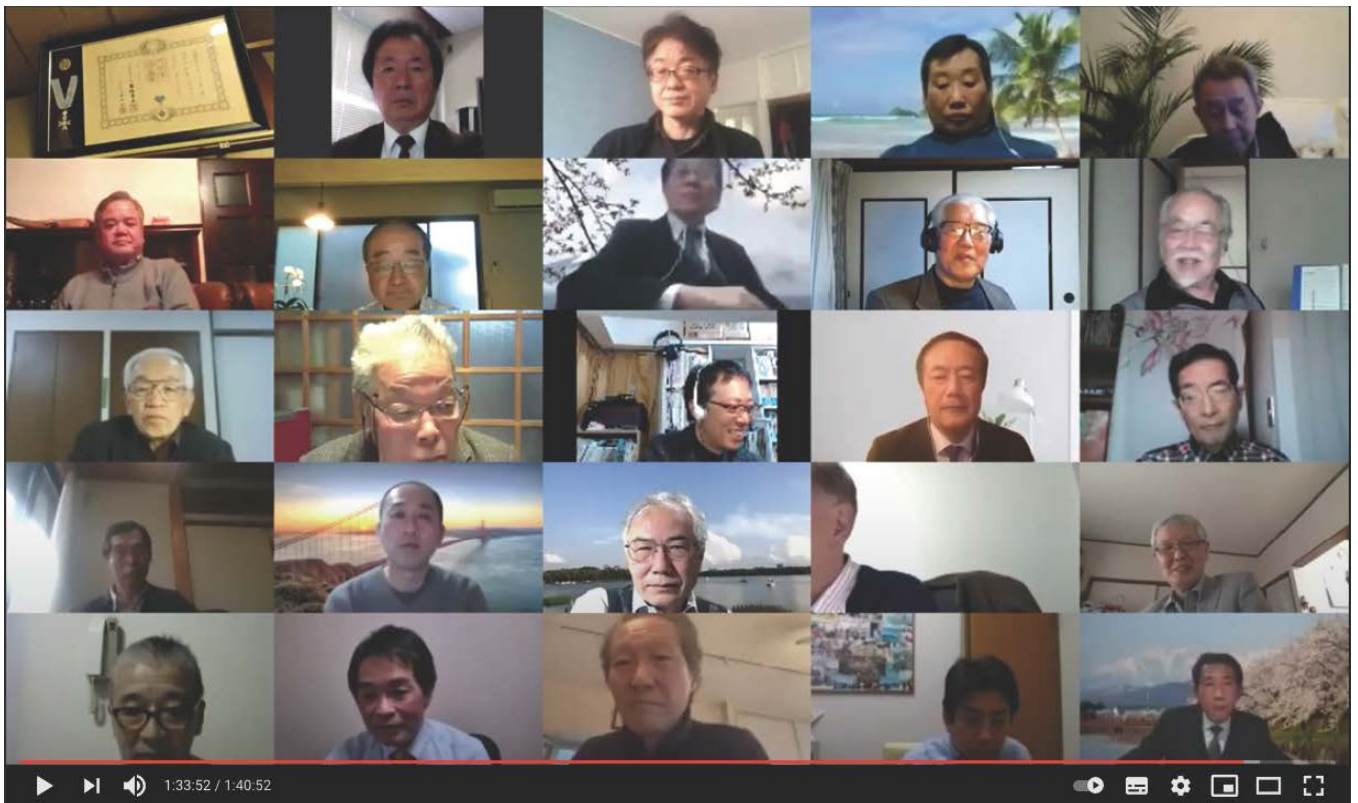
井上達雄先生叙勲祝賀会・山田井上研OBOG会（オンライン）

今谷勝次（S58/1983卒）

井上達雄先生が、令和2年春の叙勲で瑞宝中綬章を受賞されました。コロナ感染症が長期化する中で、祝賀会開催の計画変更や延期を繰り返し、直接の対面と会食を避けた形式として、3月6日（土） 15:00～17:00、Zoomによるオンライン祝賀会となりました。

山田井上研1期生（1969年卒）から神田、西坂、服部の3氏をはじめとして、参加者は41名でした。祝辞、記念品贈呈、乾杯の後、井上先生から近況のご報告を兼ねたご挨拶をいただきました。ついで卒業年次の早い方からお祝いの言葉をいただき、予定時刻を超えたところで、後半は近い卒業年次で構成したブレイクアウトルームに分かれての懇談となりました。

オンラインでの祝賀会は初めてで、開催の1ヶ月以上前から「接続テスト」と称した習熟のための懇談会を重ねての開催でした。当日の様子はYouTubeで視聴できます。写真は祝賀会での様子（Zoom画面のスクリーンショット）です。



昭和53年卒 学年同窓会 ZOOM懇親会 (2021年3月6日)

上原一浩 (S53/1978卒)

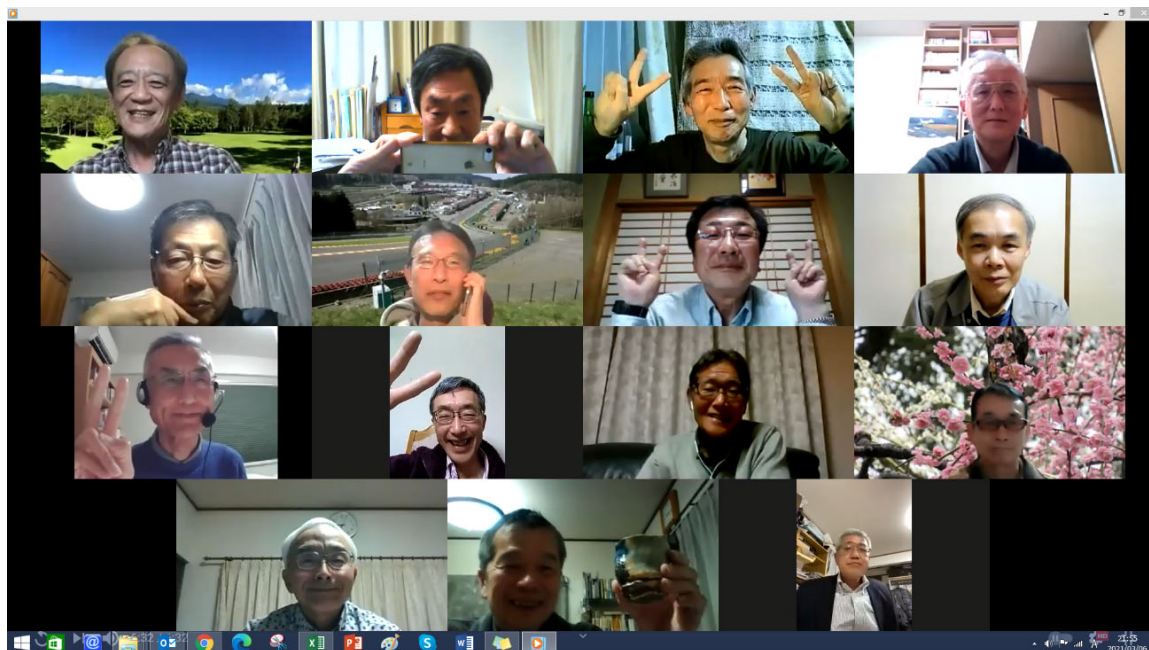
先日 3月6日(土) 19時から初めてのZOOM学年同窓会を行いました。出席者は下記の通りです。(敬称略。順不同) 岡部、仁張、佐々木、森、政友、福尾、五味、鎌居、伊勢、神永、平松、渡辺(旧姓 多田)、打方、宮内、上原(計15名)

初めて同窓会に参加された神永さん、平松さん、渡辺さん、打方さん、久々に参加された五味さんに自己紹介を頂いてからZOOM機能のブレイクアウトルームを使い、3~4回、4~5名に分かれて懇談する形式で行いました。(メンバーはその都度できるだけ同じ人同士にならないようにしたつもりですが・・・)

皆で集まってから、政友さんが学生時代の研究室の懐かしい写真を披露してくれ、十一月祭でのコンピュータ占いの屋台での女子高校生との記念写真や伊勢さんの若い時のハンサムな姿(今もハンサムですが・・・?)などで盛り上がりました。

最後に琵琶湖周航の歌をユーチューブで6番まで流し、記念写真(添付します)を撮ってお開きになりました。あっという間の2時間でした。

初めてのZOOM同窓会で、しかも私としては初めてブレイクアウトルームを試したのでうまくいくかどうか不安でしたが、結果はうまくいきホッとした次第です。



伊勢清貴
平松哲郎
神永 浩

上原一浩
鎌居健一郎
森 敏雄

打方佳郎
佐々木眞治
仁張 修

五味 健
渡辺和弘
政友弘明

岡部好男

宮内 直

福尾幸一

COFFEE BREAK @Zoomのご案内

米田奈生 (H29/2017卒、蓮尾研 新D3)

清水桜子 (H30/2018卒、榎木研 新D2)

C3 Coffee Break

April

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
				1	2	3
4	5	6	7	8	9 ☕	10
11	12	13	14	15	16 ☕	17
18	19	20	21	22	23 ☕	24
25	26	27	28	29	30 ☕	

15:00-16:00

@Zoom

☕ : 開催日



今月のカレンダー写真：嵐山 天龍寺の桜（上）と桂の時計塔（右下）

こんにちは！春ですね。新学期ですね。

2021年度も桂機械系で「人とつながる」「息抜きをする」「情報を得る」ことのできる場所として、**Coffee Break**により多くの人に参加してもらえよう、試行錯誤していきます。一昨年までのようにC3棟カフェテリア *Soleil* に集まり、コーヒーを飲みながら自由に話をする形式はまだ少し難しそうなので、もうしばらく**Zoom** を使って開催していきます。4月の開催日は毎週金曜日の15時～16時です。

学生向けガイダンスでの紹介なども頑張っています。

応援よろしくお祈いします！

ホームページを作りました！

Zoom へのリンク、日程、各種情報取り揃えております。ぜひブックマークお願いします！

