

動的システム制御学領域 —理想的な研究室の構築を目指して—

大阪大学大学院工学研究科
機械工学専攻教授

大須賀 公 一

1. はじめに

本研究室は2009年4月1日に発足した新しい研究室です。私が着任したときは研究室全体が入る部屋のみで、机類も無く学生も居らず真っ新の状態、文字通り新しい研究室を一から構築する機会を与えられました。当研究室で行っている研究テーマの紹介などは研究室 URL (大須賀・石川研究室 HP) [1] をご覧頂くことにして、本稿では、研究室をゼロから構築する機会が与えられたことを機に私が考えた「理想的な研究室」について考察して、現在の研究室がそれに近づいていることを示したいと思います。

そのためにまず、まったくの独断と偏見によって「理想的な研究室像」について述べてみたいと思います。次章で紹介しますように、私自身はこれまで色々な組織に所属して来ましたが、そのような経験を通して到達した一つの理想像について述べます。それはまとめると次の様になります。

研究：実用化（指向）研究と基礎研究のバランス
形態：教員室、学生室、実験室が一カ所に集約
位相：教員の研究指向の位相差は ± 90 度以内
関係：教員＝師匠、学生＝弟子の師弟関係
方針：教える教育と教えない教育のバランス
そしてそのような研究室像を的確に表していると思われる表現は「道場+ a 」ということになります(図1)。



図1 道場+ a

次章以降で、なぜこのように思うに至ったかということと「+ a 」の実態について述べていきます。それには、私のこれまでの歴史的経緯や考え方の変遷が関係しますのでそれらについて述べます。

2. 「場」の歴史

大学院（修士）を修了して就職した後の私の経歴を紹介いたします。

(a) 1984.4～1986.9: (株) 東芝総合研究所エネルギー機器研究所（研究員）に勤務しました。場所は川崎市の浮島でした。図2がその当時の私の居室の見取り図です。

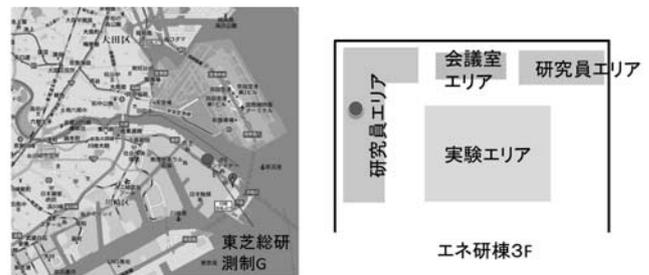


図2 東芝時代の居室

私はこの東芝時代、ある種の金銭感覚を身につけたように思います。すなわち、非常に大雑把に言って(かつ私の分野についてのみ限定すれば)、基礎原理の検証試作実験は数万円でできますが、実験装置による基礎実験は数十万円かかるでしょう。さらに、実験室レベルでの対外デモを成功させるなら数百万円でできますが、外での展示デモに耐えられる実験装置を用意するには数千万円かかります。そしてもっと進んで、実証機試作になると数億円必要で、最後に商品化を実現するのであれば数百億円は投入すべきであろうということです。要するに、実用化には非常にお金がかかるということです。

(b) 1986.10～1998.4: 大阪府立大学工学部機械工学科でお世話になり、助手、講師、助教授と過ごしました。図3がそのときの居室です。



図3 府大時代の居室

(c) 1998.5 ~ 2003.11: 縁あって、京都大学大学院情報学研究科システム科学専攻の助教授として勤務いたしました。図4が当時の居室です。場所は宇治キャンパスで、ある意味で雑踏から隔離された研究には非常にいい場所でした。

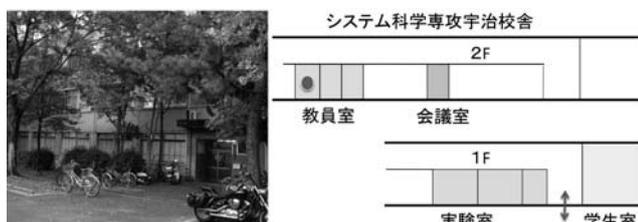


図4 京大時代の居室

(d) 2003.12 ~ 2009.3: 神戸大学大学院工学研究科機械工学専攻教授として採択されお世話になりました。ちょうど工学部の建物の改修が進んでいたところで、大変きれいになった部屋に入ることができました。図5参照。

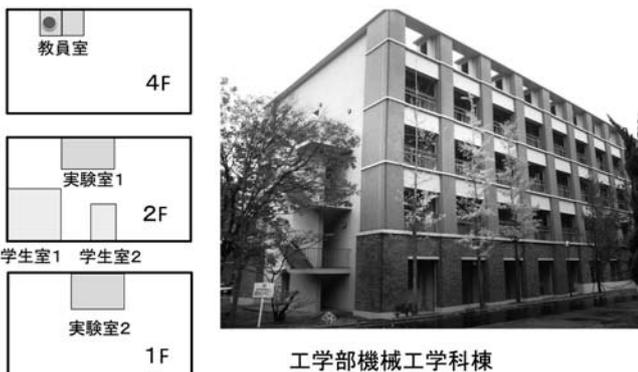


図5 神大時代の居室

(e) 2009.4 ~ 現在: そして現在、大阪大学大学院工学研究科機械工学専攻に教授として勤務しています。現在の居室は図6のとおりです。特徴は基本的に研究室機能が一部屋に集約しているところです。これまでは異動先にはそれまでの研究室が残っておりそこに入っていく形だったのに対して、阪大の場合には文字通り空っぽの状態でした。



図6 阪大時代の居室

このように、私が移ってきた各組織によって(その時の諸事情によって)、「ある種の金銭感覚」「研究室居室の様子(教員室や学生室などの配置)」について色々を知ることができました。また、それぞれの場所では非常に優秀な同僚や諸先輩方、そして学生達に恵まれてきました。すなわち「人との関係の重要性」も学びました。

3. 「考」の歴史

次に、私がこれまでロボットや制御の研究を続けてきた中で、影響を受けたり気がついたりしたいくつかの考え方について紹介いたします。

10年以上前から私は、制御対象を制御する際、そのダイナミクスを巧みに活用することで、結果的に、自然かつ効率よく制御しようとする考え方(制御方策)に魅せられ「ダイナミクスベースド制御」などと呼んで悦に入っています [2]。以下では、私が「ダイナミクスベースド制御」を制御の中心に据えるようになった背景になっている他分野における同様の教え「こころ」を示します。

3.1 守破離

日本の武道や芸事には「守破離」という考え方があります。これは、弟子が師匠から技を学びはじめ、徐々に独り立ちしていくまでの過程を表現したもので、技の習得度に応じて『守』・『破』・『離』という順に段階を進んでいくという考え方です。私自身は学生時代に少林寺拳法をかじった時に教わりました。その内容は以下の通りです [3]。

守: 弟子は師匠の「技」を見よう見まねで真似をして、とにかく「形」を模倣する。その際、全身フルコントロールで全身に力が入る。

破: 弟子は師匠の「技」の「意味」がわかる。「形」の意味、すなわち「型」を体得。その結果、必要な所に必要なタイミングで力を入れることを覚える。いわば「コツ」の体得段階である。

離：弟子は体得した師匠の「型」を基に自分なりの「型」を生み出し、独自の「技」を生み出す。すなわち、新たな「流儀」が誕生する。

少林寺拳法では突き技や蹴り技（あるいは関節技）を練習しますが、その場合、同じだけの回数を練習しても弟子と師匠では疲労の度合いが断然違います。当然弟子の方が疲労困憊になります。それは「守」の段階の弟子は無駄な力が入っており、身体の特徴を十分使い切れていないことを意味します。

3.2 宮大工の口伝

西岡常一氏は、法隆寺の昭和大修理や薬師寺金堂復興などに携わってきた宮大工棟梁でした。



図7 薬師寺

特に、400年前に消失した薬師寺金堂の復元（昭和最大の木造建築）（図7）では、日本中から集まった37人の若い大工を束ねてその偉業を成し遂げました。その彼は、宮大工棟梁の口伝として[4]、「木には癖がある。癖はなにも悪いもんやない、使い方なんです。」と述べており、また、次のようなことも言っておられました。「…職人というのは頑固ですわ。人のいうことを簡単に聞きません。…根性の曲がったのもおりますわ。それでも辞めさせたりはしませんな。また学校の先生のように、性根が曲がっているから直してやろうということもありませんな。その人はそれでちゃんとした職人ですし、性根というのは直せるもんやないんですわ。やっぱり包含して、その人なりの場所に入れて働いてもらうんですな。曲がったものは曲がったなりに、曲がったところに合うようにはめ込んでやらないといかんですな…。」

人を使う場合、できるだけその人の個性を活かしながら全体を思うように動かしていく、これはまさに「ダイナミクスベース制御」です。

4. 陰的制御理論

ここで、私の研究歴を振り返ってみると確かに「守」「破」「離」の段階を踏んできていると捉えられることを見てみましょう。

まず、初期のころは非線形制御理論に興味を持ち、複雑な非線形制御則が高級なものという感覚をもっていました。そこでは、とにかく制御対象の特性を押さえ込んで制御することをヨシとしていました。いわば、「守」の段階だといえましょう。それが1990年前後にRaibertのホッピングロボットやMc Geerの受動的動歩行に関する研究を知ってからは、その考え方は真逆になりました。ホッピングロボットや受動的動歩行では制御則は非常にシンプルです。特に受動的動歩行は緩やかな坂道を歩き下る歩行機械で（図8）、制御則は必要としません。それでも歩行という意味のある運動を実現することができるという興味深いものです。

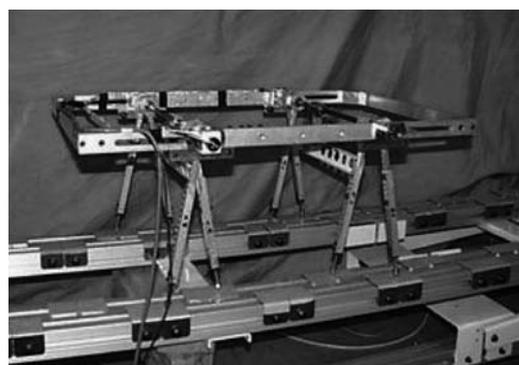


図8 受動的動歩行機械 Quartet II (1998)

これは歩行という運動の「コツ」をつかんだ状態とみなすことができ、制御対象の動特性を巧みに活かした制御（実際には非制御：No control is the best control）がなされています。すなわち、私の中では「破」の段階に至った状態であるとみなすことができます。

このように、制御対象の特性を引き出すことの重要性を感じてそのカラクリを探求していた時、科研費特定領域研究「移動知」が始まりました（2005～2010）[5]。この研究では、生き物のリアルタイム環境適応機能のメカニズムを究明することが目的とされていました。私はその中でも様々な生き物に共通的に存在する「移動知の共通原理」を探るD班の班代表をさせていただきました。

この移動知研究と先の受動的動歩行が結びつき、最終年度に生まれたのが次に紹介する「陰的制御」という考え方です。この考え方は、『およそ動きのあるも

のは全て「表から見える制御則」のみで制御されているのではなく、「制御対象と場との相互作用によって表出する制御則」が存在し、これら二つの制御則が巧みに関連して運動制御をサポートしている』という仮説です（そのようにみなした方が色々と巧く説明がつく）。私達は前者の制御則を「陽的制御則」と呼び、後者の制御則を「陰的制御則」と呼んでいます。この考え方を図で表現したのが図9です。

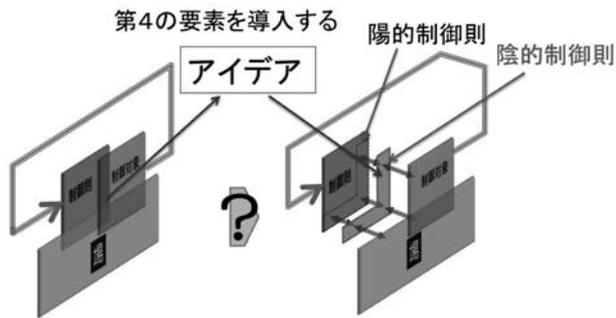


図9 陰的制御と陽的制御

そもそも、生物は図9の左のように制御対象、制御則、場の境界が不明確であることは明らかですが、生物制御のメカニズムを理解したければ、この不明確さをなんとか巧く取り扱う必要があります。そこで私達はこの感覚を同図右のように第4の要素を想定すること（それを「陰的制御則」と呼んで）で定量的に理解してみようとしています。

詳細は省略しますが、受動的動歩行では、陽的制御則がなく陰的制御則のみで歩行していると捉えることができ、その制御則を定式化することができます。また、「陰的制御則は制御対象と場との相互作用があるとその間に表出し、その相互作用がなくなると消失する性質を持っている」ことが最も興味深い点です。実際、上述の受動的動歩行における陰的制御則は受動的動歩行機を斜面から話すと消えてなくなります。すなわち、制御対象と場とは陰的制御則で繋がっているとみなすことができます。

従いまして、より上位の制御を考える場合、その関連をうまく活かすことで非常に単純な陽的制御則を設計することができる可能性があります。このような考え方は、昆虫の微小脳とその行動野知的さのギャップを埋めるのではないかと推察しています。この研究テーマからは制御における「場」の重要性を学ぶことができます。

5. 私案：理想的研究室

以上、2～4章から得られる「理想的研究室像を考える際のポイント」をまとめると次のようになります。

・第2章から：

P1) 実用化への道のり（→研究の質を考慮）

P2) いい雰囲気をつくる（→人と部屋の大切さ）

・第3章から：

P3) 何事も見よう見まねから（→師匠になるべし）

P4) 性根を矯正しない（→開智をめざせ）

・第4章から：

P5) 適切な「場」を造る（→陰的制御則の役割を）

一方で、大学の研究室が持っているべき役割とそれを実現するのに近い組織を対応してまとめてみると、

S1) 研究活動の場である（→道場）

S2) 教育活動の場である（→学校）

S3) 社会人養成の場である（→企業）

となります。そこで両者を併せて考えると次のような研究室の姿が見えてきます。

研究室の姿1) 道場としての研究活動の場

・教員＝師匠、学生＝弟子の師弟関係

・教員の研究指向の位相差は±90度以内

・教員室、学生室、実験室が一カ所に集約

研究室の姿2) 学校としての教育活動の場

・教える教育と教えない教育のバランス

（教員室、学生室、実験室が一カ所に集約）

研究室の姿3) 企業感覚の香り漂う社会人養成所

・実用化（指向）研究と基礎研究のバランス

これらを集約してまとめると次のような図が得られます（図10）。これが現在のところ「私が考える」理想的研究室である、ということです。

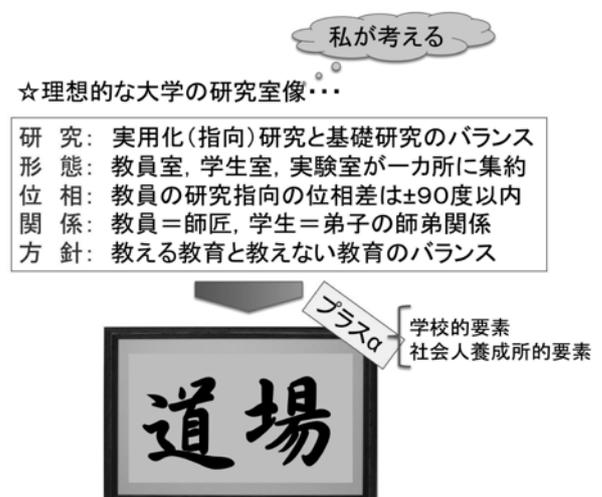


図10 理想的研究室の姿

現在の研究室は、図6に示しましたように教員室、学生室、実験室などが一カ所に集約しています。また現在の構成員は非線形システムをキーワードに集まっています。このように現在、理想的な研究室が実現されつつあります。

そして、基本が道場ということなので現在図11のような学生心得をつくって周知することにしていきます。実際にはさらに細則がありますがここでは省略しておきます。

大須賀研 五ヶ条の学生心得

- 第一条 研究は自ら進める。
- 第二条 教員（と自分）を動かすつもりで。
- 第三条 報連相を習慣に。
- 第四条 研究室では節度をもって。
- 第五条 自由の適切な活用を

図11 学生心得

6. おわりに

以上本稿では、社会人になって20数年たった現在考える、大学工学系の理想的な研究室の姿を考えてみました。その結果見えてきた姿は、「道場」を規範として学校と社会性を含んだ組織です。ただし、まだ20年近く研究者生活は続きます。ここで考えた理想像にどれほど近づくか、理想像が今後変わっていくかは定かではありません。

私は異動が多かったですが、各異動先で上司に恵まれており、以下のように多大なる影響を受けてきました。阪大基礎工時代には前田浩一先生より「緻密な理論」を、大阪府立大学時代には小野敏郎先生より「概念の重要性」を、東芝時代の上司である浅野郁司様には「カンジニアリング」という考え方を、そして、京大時代には杉江俊治先生から「本質を見抜く」という姿勢を教わりました。

また、学生さんにも感謝いたします。京都大学から神戸大学に異動するときには、ドクター3人（原口林太郎君、杉本靖博君、岩野優樹君）が一緒についてきてくれました。また、神戸大学から大阪大学に異動するときには、修士1年生と2年生がやはり一緒についてきてくれました。学生さんにとっては非常に面倒なことだと思いますが、一方では貴重な経験になったのではないかとポジティブに考えています。

ここで書かせていただきました話は、第52回自動制御連合講演会における制御工学教員研究集会での講演（2009年11月22日）がもとになっています。

<参考文献>

- 1) 大須賀・石川研究室 URL : <http://www-dsc.mech.eng.osaka-u.ac.jp/>
- 2) 大須賀公一:メカニカルシステムに対する制御系設計理論, 計測と制御, Vol.40, No.6, pp.403-410 (2001)
- 3) 宗道臣:少林寺拳法-その思想と技法, 日貿出版社 (1971)
- 4) 西岡常一:木のいのち木のころ (天), 草思社 (1993)
- 5) 浅間, 矢野, 石黒, 大須賀:移動知一適応行動生成のメカニズム, オーム社 (2010)

(学界)

海外赴任または海外在住の皆様へ

海外にお住まいの終身会員の皆様には、エアーメールで会誌を送付させていただきますので、海外赴任されます場合は、必ず送付先をお知らせ下さい。なお、ご転居・ご帰国の際は、速やかにお届けいただきますようお願いいたします。

年会費会員の皆様には、誠に申し訳ございませんが、赴任後の会費納入が困難となりますので、終身会員への移行をお願いいたします。