

研究ノート

過去への祈りは何を求めているのか — ブーメラン因果と世界の選択 —

What is the prayer for the past ask for

— Boomerang causation and choice for the world —

棟葉 豊*
Yutaka SHINBA

Abstract : There is many retrospective prayer paradoxes. Especially, the Newcomb's Problem is related to the perfect prediction paradox and retrospective influence. That problem contains one of the underlying spirituality of capitalism and western sciences. We discuss the problem and propose one kind of boomerang causality view of the world. The reincarnation view of the world applied to secure the probability theory also discussed.

1. 支配戦略を選択しない人々

支配戦略とは、どのような状況になろうとも、その状況下で最も高い効用を与えるような戦略の選択肢が存在する場合、それを指します。これを選ぶのは、合理的判断をする人間にとって、当然であると考えられるでしょう。しかし、そうでない選択をする人たちがいるといいます¹⁾。

筆者はこの15年ほど、意思決定理論、遡及因果、完全な予言、自由意思といったテーマに絡んだニューカム問題という困難について考えてきました²⁾⁶⁾。それはゲームの理論でよく知られた、囚人のジレンマとして解釈できる一面を持っています。ニューカム問題を簡単に述べておきましょう。

ニューカム問題：「ここに箱1と箱2がある。箱1は中が見えていて必ず10万円入っている。箱2は中が見えず、1億円入っているか何も入っていないかのどちらかである。」

あなたの取れる戦略は

(1) 両方の箱の中のものを受け取る。

(2) 箱2に入っているものだけを受け取る、のどちらかである。

しかしここに困った問題がある。箱2に1億円入れるか入れないかは、予言に関して超能力を持つものが決める。彼はあなたの戦略決定を、事前に非常に正確に予言できる。またあなたも彼の予言能力を信じている。彼はあなたの選択を予言し、その予言に依存して以下のことをあなたの選択よりずっと前に行う。

Case 1: もし彼が、あなたは両方の箱をとるとの予言に達した場合、箱2には1億円は入れない。すなわち箱2の中身は0である。

Case 2: もし彼が、あなたが箱1の10万円は放棄して、箱2の中に入っているものだけを受け取るとの結論に達した場合には、1億円を箱2に入れる。

以上の事をあなたは良く理解しているし、またあなたが理解していることも超能力者は知っている。さてあなたの最適戦略は1箱のみ受け取るか、2箱とも取るか、ど

ちらであろう」

この問題は、哲学者ノージックが、(架空の)量子力学者ニューカムから聞いた話だとして、1969年頃提出したものです。

この問題には支配戦略がありるように見えます。それは(I)です。

Case 1: 超能力者はあなたが(I)を採用すると予測した。従って箱1には10万円、箱2にはゼロ円。

Case 2: 超能力者はあなたが(2)を採用すると予測した。従って箱1には10万円、箱2には1億円。

Case 1 だった場合、戦略(I)だと1億10万円、(2)だと1億円。Case 2 だった場合には、戦略(I)だと10万円、(2)だとゼロ円です。いずれの場合でも戦略(I)の方が10万円多くなります。戦略(I)を選ぶのは当然で、(2)を選ぶのは単なる間違い、狂気の沙汰という反応が、私がこの問題を聞いてもらった人全てから返ってきた答えでした。

ここで、ニューカム問題を、経済学で先ずは考えられる期待効用最大原理によって考えてみましょう。期待効用最大原理とは次のような考え方です。ある戦略を選択することにより、発生する状況ごとに得られる効用の値は異なるわけですが、状況の発生確率を重みにして、効用の期待値、すなわち期待効用を計算し、それらの期待効用を比較して最も大きい期待効用を与える戦略を採用すべし、という原理です。そのような意思決定を、何度も繰り返せば、平均的にいって、効用が最大になるということです。

詳細は割愛しますが⁵⁾、予言の当たる確率を p とすると、上での数値設定の場合 $p > 0.505$ であれば、戦略

(2) すなわち空かも知れない箱1つだけを取った方が、期待金額は大きくなります。

こうして

支配戦略原理 → 2つの箱を取る戦略 (1)

期待効用原理 → 1つの箱だけ取る戦略 (2)

というのが最適だということになります。ニューカム問題の場合には、我々の直感は支配戦略原理ですね。従って、ニューカム問題において期待効用原理に納得がいくのは、果たしてどのような状況なのだろうか、またそのような選択をする判断基準はどのような行動原理、性格、文化、信仰を持った人なのだろうか、ということなどを考察していくのがわたしたちの前に投げ出されている問

題です。経済学で、期待効用原理は規範原理であって例外や反例が非常に多い原理ではありますが、第1近似として諸處で採用されているものです。それを否定するにはそれなりの説明が必要です。

ところが、経済学者、政治学者ジャン=ピエール・デュピュイの最近の著書『経済学の未来』¹⁾では、ニューカム問題が扱われているのですが、そこには、ある意味驚くべきことが書かれています。同書の、時間、運命論、カルヴァン主義などといったことが扱われている部分なのですが、

75%の一般人	→	1つの箱
専門的哲学者	→	支配戦略である2つの箱

ということだそうです。サイエンス誌でのアンケートでも、1箱派:2箱派=2.5:1 という結果があるそうなので、専門的哲学者はごく少数ですから、このデュピュイの主張する比率は3:1となって、ほぼ同じです。

つまり、我々日本人と欧米人ではニューカム問題に対する反応が全く違うということなのです。

2. カルヴィニストの勤勉と過去への祈り

日本人と欧米人と感覚が違うのでは、というとそれは近代科学と一神教の関係、それに資本主義とプロテstantの倫理という事どもが思い出されます。資本主義成立の一因をオランダ、イングランドといった覇権国家成立期のプロテstantの勤勉な生活態度と職業倫理に求めた、ヴェーバー・テーゼは有名です⁷⁾。まさにそのプロテstantの勤勉を描いているのが、遡及因果の文脈でよく扱われる「カルヴィニストの勤勉」の話です。それは、

カルヴィニストの勤勉:Ayerによる⁸⁾

「カルヴァン派は運命予定説を信じている。それによると、彼らの神は彼らの誕生以前に既に彼らを救済または断罪してしまっている。しかし自分が救済されるかは死後になって分かるのである。にもかかわらず彼らは勤勉を心がける。彼らは今現在勤勉であることが、彼らの将来には影響しないことをわきまえている。彼らの将来は既に誕生以前に決まっているのであるから。しかし一方彼らは、神の選んだ人のみが誕生後勤勉になりうると信じている。すると彼らの信念に依れば、自分は生まれる前に神に救済されていた、と確信して安心するために現在勤勉であろうとする。」

この話は、日本人には理解困難でないでしょうか。まさに一神教の思考です。世界の通時的辯證が合うように、しかも自分が救済されるという筋書きで時間が進行するための納得法としか見えません。この態度が資本主義を、そして近代西欧科学を生んだ一因かどうかというのは、本稿とはまた別の話です⁷⁾。ただし筆者は、プロテスタンントの倫理感が、仮に近代西欧科学誕生に密接な事柄であったとしても、それは倫理感であるとか勤勉な労働とかいうことを経由してではなく、直接に、このカルヴァニストの勤勉を受け入れられるような精神性が、機械論的自然観を生んだのだろうと考えます。世界には普遍法則がある、物事には原因がある、幾何学的・最適原理的に記述される・・・というような発想はまさにこの話に内包されていると思います。

本筋に戻して、遡及因果という点を考えましょう。Dummett は⁹⁾、

酋長の踊り：「ある部族では成人の条件としてライオン狩りに行って勇敢に振る舞わねばならない。若者は 2 日旅し、2 日間ライオン狩りをし、2 日間かけて帰ってくる。見届け人が若者に同行し、帰ると酋長に若者が勇敢だったかどうかを報告する。その部族では、酋長の行う儀式はいろいろなことに影響しうると信じられている。酋長は若者が勇敢にライオン狩りをするように、と念じて 6 日間踊りを踊る。と言うことは、若者が勇敢であったかどうかが決まってしまった後の 2 日間も、酋長は若者のために踊り続けるのである。これは過去の事件に影響しようとしていると考えられる」。

遡及的な祈り：「私がラジオで「12 時間前に太平洋で船が沈没し、生存者は少数である」と聞いたとする。私の息子はその船に乗っていたはずだ。私は、息子が生存者の中に入っていたように、溺れ死ななかつたように、あるいはその船に乗っていなかつたようにと祈る。」

という様ないくつかの話を持ち出して、既に決まってしまっている過去の出来事に対しての祈りをどう解釈するかについて考察しています。

これらの話は遡及因果をどうとらえるかのための題材です。注意しなければならないのは、ニューカム問題よりもこれらは遙かに単純な構造だということです。なぜなら、まずこれらの話では、過去の出来事と現在の祈りの間に、順方向の因果はありません。若者が卑怯な振る舞いをしたら、酋長は踊りを踊りたくないと思うようになるなどの傾向性はありません。そしてなにより、若者はその行動の結果を選択できるわけではありません。

ライオンを仕留められるかどうかは、偶然です。ニューカム問題では若者に相当する役の超能力者は、酋長の踊りを予知して過去の行動を過去完了的に変え、そこから決定論的に未来の酋長に影響するのです。

酋長の踊り、遡及的な祈り

→ 選及因果

ニューカム問題、カルヴァニストの勤勉

→ 選及因果 + 完全な予知 + 行為の選択

ところで仮に、自分の今の行動が、過去の超能力者あるいは神の予知ひいてはそれを受けた超能力者あるいは神の行動に影響出来るという形の選及因果は不可能であるという常識的な見解を取るとすると、支配戦略を拒否できる人がいる事をどう理解できるのでしょうか。

支配戦略を拒否する人々の感覚は、たぶんプロテスタンント・カルヴァニストの感覚です。ニューカム問題で超能力的予言者を神と言い換えれば、次のような判断をしていることになるでしょう。

「戦略（2）、すなはち 1 つの箱を取るという選択は、もしそれをするなら、神はそれを予測していたはずであり、だとしたら神は中の見えない箱の中に 1 億円を入れていたはずだ。そして私は 1 億円を得る。反対にもし戦略（1）、すなはち 2 つの箱を取るという選択をしたら、神はそれを予見していて、中の見えない箱の中は空である。結果、私は中の見える箱の中の 10 万円を得る。故に戦略（2）を採用しなくてはならない。」

そのうえ、神の予見と違った行動を選択することは本質的に出来ないのであるから、今になって（神の完璧な予測を裏切って）行為主体である私が、戦略（2）を取つて 10 万円受け取ることになることも、本来あり得ないはずです。しかし（非常に低い確率で）予測が外れた状況でどちらかになんてそれは神が決めた事であるに過ぎない。完全な決定論で、私の自由意思などというものはない。選択に悩んだとしても、それは選択が出来ると感じているだけで、神の決めたようにしかならないのです。入不二是ケセラセラ運命論¹¹⁾と呼んでいます。これも日本人にはなじみにくい感性ではないでしょうか。

デュピュイはニューカム問題の考察の中で、「約束ゲーム」を持ち出して分析します。約束ゲームとは次のよう

なゲームです。

約束ゲーム：「ピエールとマリーが共に効用を高める交換は可能である。現状の効用はピエール（0, 0）、マリー（0, 0）である。ただし括弧の中第1項がピエールの効用、第2項がマリーの効用である。交換が成立すれば状態は

（1, 1）となる。ところが、交換の手続きは両者同時に着手ではなくて、まずピエールが交換物を先にマリーに渡さなければならぬ。この時点で状態は（0, 1）になる。次にマリーがそれに応えて、自分の交換物をピエールに渡せば（1, 1）となって、めでたしめでたしである。しかし、マリーがピエールの物を入手しても、自分の物を渡さないということも起こりうる。この場合状態は（-1, 2）になる。」

ピエール	マリー
交換する	→ 交換する → (1, 1)
	しない → (-1, 2)
しない	→ (0, 0)

一目で分かるのは、これは囚人のジレンマに似ているということです。社会として最善の状態にするにはお互に信じて行動すれば良いので、協力の約束を事前にしておけば良いということになります（非協力ゲームの理論ではこういう約束は考慮してはならないのだが）。しかしマリーは自分の手番になったら、裏切りをするに決まっています。そこに倫理という拘束を入れようとしたい人は多いでしょう。約束を破った場合の、良心の呵責をマイナスの効用としようというのですが、そのようなことは取り入れてはなりません。まさに囚人のジレンマで、支配戦略が裏切ることであるのに、それに反した社会レベルでは合理的な協力行動をお互いに取れば社会として最善の状態に至るというのと同じです。約束ゲームでは、遡及的な検討により、ピエールは一步を踏み出せず、交換は成立しないのです。

（多くのゲームの理論の入門書では、囚人のジレンマの定義では同時着手の標準形を用いているのに、その解説となると交互着手型の説明となっています。このことは少々問題ではないかと筆者は考えていますが、本稿では触れません。また繰り返し型囚人のジレンマのように、何回もこのゲームを繰り返すとすれば、まさに良心の呵責などという事柄も有効になってくると思われます。）

デュピュイはこの問題をニューカム問題として扱います。つまりピエールを超能力的了言者の役とし、マリー

を、箱を選択する「私」に比定します。ということは、デュピュイは明示しませんが、ピエールの予測は完璧に近いということでしょう。ピエールは、マリーがどうするだろうかという予想の下に自分の前段の行動を決定します。このときピエールは、マリーの未来の行動について固定されたものとした上での考察の上、判断を下すのです。そのマリーの行動は、マリーの判断時点でのマリーの推論をピエールが推測することによって判断されます。そのマリーの予想される推論は次のようになるでしょう。

「私、マリーも交換物を渡せば、社会の効用は最善になる。反対にもし、私が交換物を渡すのを拒否するなら、そうすることをピエールは予測して、ピエールも交換をしないはずだ。しかし、現に今私はピエールの交換物が渡されているのだから、これは矛盾である。よって、私は交換をする。」

このようなマリーの推論をピエールは推測して行動を起こし、そしてマリーもそれに応え交換が成立します。

確かに上の推論は、ニューカム問題とよく似ています。マリーは、目の前に支配戦略があるというのにそれに反して、過去のピエールの決定と調和するように行動を決めようとするだろうという議論です。マリーには自由意思がないかのようです。このような、過去との調和を目指した解釈は日本人には到底納得できないでしょう。デュピュイは次のような趣旨の解決をしめします。

「マリーは行動を起こす前に選択を行っている。交換拒否、すなわちただ取りを選択することが可能なのは、未だ行為をしておらず、ピエールの選択という過去が未だ決定していないからである。ところが、この過去が確定するのはマリーが行動を決意する時点なのである。上の推論でマリーには交換拒否しか選べなかつたように思われるが、その不可能は、遡及的なものなのだ。行為したあとなら、それと違ったように行行為することは出来ない。しかし、行為する前なら、違った行為も可能であったマリーという行為主体が行為する前には、過去は未決定である。」

このような議論は、測定する以前には世界の状態は重ね合わせという未決定、潜在であるという量子力学の正統解釈を思い起させます。架空の物理学者ニューカムはそのようなことを目論んだのかも知れません。

デュピュイも一神教徒でしょうから、どうしても世界の制作者にして万能の神の存在に、無意識のうちに縛られた議論になるのでしょう。デュピュイは核兵器による「相互確証破壊」のケースも同様に分析して見せます。筆者には、このような考察の仕方をすること自体、全体

に、デュピュイ自らカルヴィニスト的であると思えてなりません。

ここで、一神教徒ではない筆者は、次のような世界観でニューカム問題も含む遡及因果の問題を考えてみたいと思っています。

3. ブーメラン因果と世界の選択

一ノ瀬正樹は、「ブーメラン決定論^{12) p97}」という概念を提出しています。それは、現在から見て過去の状態が分からぬという場合に、過去が決定するとその時点に遡及して、そこから未来、すなわち現在を見ることになるという事を表しています。もともとニューカム問題の文脈で一ノ瀬はこの概念を定義しているのですが、それ以外の遡及因果の問題でも、非常に有効な考え方であると思われます。ここではブーメラン因果と呼びましょう。

さて、過去への祈りは何が起こることを期待して祈るのでしょうか。

ニューカム問題であれば、

- ・超能力者は、今の私がこれから1つだけの箱を取ると予測した。
- そこで、中の見えない箱の中に1億円を入れた。
- 現在、目の前の箱には1億円が入っている。

カルヴィニストの勤勉であれば

- ・神は私を救済される側に入ってくれた
- =神は私が勤勉にはたらくだろうと予測した
- つまり、救済されるに値する人なのである
- 救済されるに値する勤勉（今）
- 救済される（近い将来）

曾長の踊りであれば、

- ・若者は首尾よくライオンを仕留めていた。
- 今日、若者は帰ってきて、ライオンを仕留めた報告をする。

遡及的な祈りであれば、

- ・私の息子は救出されていた
- ラジオが伝える救出者に私の息子が入っている。

いずれも過去のある出来事が起こる／起こらないことを希求し、そしてその結果、現在までは決定論的に物事が推移して、望ましい状態が現出することを祈っています。

ただし、ここでも、ニューカム問題は他のものより複雑です。今これから私が行う行為に、過去が影響されそ

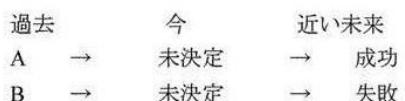
うです。祈りというよりも、自由意志があるかも知れない／ないかも知れない。少し未来の出来事によって過去が、超能力者の予知能力に依存しますが、決定されるという構造です。

また、カルヴィニストの勤勉は、結果と原因を逆転させているという要因を含んでいます。今の勤勉が祈りに当たるわけですが、

神の救済予定 → 勤勉なはず

という確率的な因果関係を逆転させて、勤勉にはたらけるのは、救済される側に入っている可能性が高い、というベイズ推論をしているのです。個別の個人にとってはほとんど何も意味しない因果関係とはいえない蓋然性ですが、それでカルヴィニストは安心できるのでしょうか。また、神が辻褄の合わないことをなさるはずがないという感覚もあるでしょう。

さて、ニューカム問題がいろいろな要素を混在させているとはいって、上に挙げた諸問題は、現在の祈りという原因によって過去の事象に遡及的に影響して、その過去から現在までは決定論的に物事が推移し、現在は未決定である不安な事柄がごく近い未来に佳き事に決定されることを望んでいます。



○普通の祈り
祈り → 成功

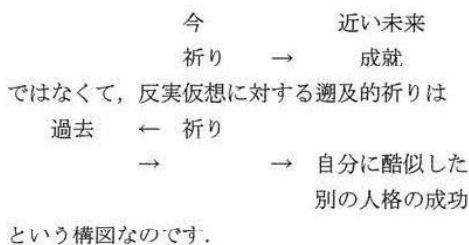
○ブーメラン因果
A or B ← 祈り
A → (決定論) → 成功

現在において、近い将来の成功を希求して祈りを捧げる。それは、一旦、過去に遡及して、近い未来の成功に決定論的に直結する原因が発動することを求めているわけです。過去においてAであったことを神に祈り、その取りなしが反対方向に戻ってきて、現在を少しだけ通り過ぎて、成功を味わえる、という構図を望んでいるのでしょうか。まさにそれは、獲物を狙って投げるブーメランのようです（ただし本当のブーメランは、獲物を持って帰ってくるのではなくて、外れると単に戻ってくるだけ

ですが)。

言い換えると、現在から直接に近い未来の状態を変更して欲しいというのではなく、出発点での可能世界の選択に対する祈りです。ここで重要なのは、過去から近い未来までの因果が決定論的であることです。すなわち過去の原因の選択ということは、過去の原因から近い未来の結果までの、ワンセットになった歴史を選択していることです。世界・歴史の選択ということなら、日本人にも納得しやすいのではないかでしょうか。

しかし、直ちに困難なこともあることに気がつくでしょう。反実仮想的に世界の歴史を選択するということは、それが祈りによって現実になるということは、別の世界、別の歴史が現世界になるということです。(もし現在が未決定だと考えても、なにか自分を生成している事になります。そのブートストラップ的事態は、J.A. ウィーラーのいうウロボロスの蛇のように自分の過去を観測して、今の自分を生成している宇宙のようなことに成るでしょう) そこにいるのは、そこで成功を味わっているのは〈私〉ではないのではないかでしょうか¹³⁻¹⁵⁾。記憶が同じであっても、別人という事態について筆者は長年考察してきました。その本筋からは少し外れますが、確率論の根拠を担保出来るかと考えられるものとして、三浦と渡辺による輪廻転生世界観^{13, 14)}という多世界論的見方があります。自分とスペックが似ている人間は自分の「生まれ変わり」ととらえるのです。実在する反実仮想。そうであったかも知れない自分で。そのような自分にどういう事が起こるかの主観確率はそこから計算できるでしょう。ブーメラン因果で成功に導かれる世界に乗っているのは果たして誰でしょう。自分と同じ記憶を持ち全く同じ肉体、社会関係を持っていても、自分ではないのではないかでしょうか。そうすると、ブーメラン因果的に成功を希求するというのは、それが成了った暁には自分はもう存在しない(あるいは別の並行世界にいる)ことになります。遡及的祈りは自分を消去するのかも知れない。自分は運命と共にある自分でしかない。たしかにケセラセラです。これは一種、転送機問題¹⁶⁾にも似ています。この点をどう解決するかが難問です。



デコピュイは、著書¹⁾で「ニューカムのパラドックスについて何時間、何ヶ月、あるいは何年となく考え抜いてみたひとならほぼいずれも、しばらく経ってこれこそ解決だ、というものを見つけるように感じる。私もその例外でない」といっています。筆者はその確信さえもないのですが、この問題は「わたくし」、「時間」、「世界」の謎の本丸に近い事は確信できます。そしてこの研究に注力していきたいと思っています。

参考文献

- 1) J.-P. Dupui, 『経済の未来』以文社, 2013年, 原著 *L'Avnir de l'Economie* (Flammarion, Paris, 2012)
- 2) R. Nozick, “Newcomb's Problem and Two Principles of Choices”, *Essays in Honor of Carl Hempel*, Reidel(1969)
- 3) D. Lewis, “Prisoner’s Dilemma is a Newcomb Problem”, *Philosophical papers I*, Oxford(1983)
- 4) 棚葉豊, 『頭の中は最強の実験室 一学問の常識を揺るがした思考実験』, 化学同人, 2012年
- 5) 棚葉豊, 「優越戦略と最大期待効用戦略」, 静岡理工科大学紀要, 第17巻 p81, 2009年
- 6) 棚葉豊, 「ニューカム問題 一遡及因果と辯證合せ」, 静岡理工科大学紀要第16巻, p47, 2008年
- 7) 棚葉豊, 「なぜ西欧においてのみ近代科学は興ったのか 一神教・資本主義・帝国と科学の思考一」, 静岡理工科大学紀要第23巻, 2015年
- 8) A.J. Ayer, 『知識の哲学』, みすず書房, 1981年, 原著 *The Problem of Knowledge* (1956)
- 9) M. Dummett, 「結果は原因より先行できるか」, 『真理という謎』, 効草書房, 1986年, 原著, *Truth and Other Enigmas*, (1978)
- 10) 大森莊蔵, 「「後の祭り」を祈る」, 『時は流れず』, 青土社, 1996年
- 11) 入不二基義, 『あるようにあり、なるようになる一運命論の運命』, 講談社, 2015年
- 12) 一ノ瀬正樹, 『原因と理由の迷宮』, 効草書房, 2006年
- 13) 渡辺恒夫, 『く私の死』の謎 一世界観の心理学で独我を超える』, ナカニシヤ出版 (2002年)
- 14) 三浦俊彦, 「人間原理と独我論」, 『和洋女子大学紀要』第40号, 2000年, p17
- 15) 棚葉豊, 「多世界論と「わたくし」の謎」, 静岡理工科大学紀要, 第15巻, 2007年, p77
- 16) D. Parfit, 『理由と人格』, 効草書房, 1998年
原著, "Reasons and Persons", (Oxford; 1984)

技術報告及び資料

鳥人間を目指す飛行機研究会活動報告

SIST Birdman Rally Team “Sky Traveler” Study Report

田村 博*, 鳥人間を目指す飛行機研究会

Hiroshi TAMURA, Team Sky Traveler

Abstract : This year marks the tenth anniversary of the SIST Birdman Rally Team “Sky Traveler”. This paper is summary of the activities of the Sky Traveler team to present, and is intended as a technical reference to assist in the design of future aircraft for the Birdman Rally in the years to come.

Key word: aircraft design , birdman rally , flight dynamics , aeronautical engineering

1.はじめに

鳥人間コンテストとは、読売テレビが主催しパイロットが搭乗する自作航空機により、飛行距離や速度を競うテレビ番組である。本コンテストは、毎年夏季に琵琶湖畔で開催され、2015 年で 38 回目となり歴史のあるコンテストである。当初はハンググライダーなどのスカイスポーツを楽しむパイロットの参加が多くなったが、航空関係の学科を有する大学などが実践教育の場としてサークル活動を支援するようになり、工学系大学や高専の参加、また各大学卒業生による社会人チームの参加へと拡大している。

コンテスト内容も素材や機体製作技術、パイロット技量の進歩とともに見直され、2010 年以降は無動力機で滑空距離を競う「滑空機部門」、人力飛行機で飛行距離を競う「人力プロペラ機ディスタンス部門」と飛行速度を競う「人力プロペラ機タイムトライアル部門」で定着している。静岡理工科大学においては、2008 年 4 月より理工学部機械工学科に航空工学コースが開設された。もちろんやらいか精神で、鳥人間コンテストを目指すサークルは 2005 年に活動を開始し、滑空機部門での挑戦を続けている。2015 年度は残念ながら書類審査で不合格となり 6 回目の出場は果たせなかつたが、本稿では、今年度で 10 年の節目を迎える「鳥人間を目指す飛行機研究会」の活動をまとめ、技術資料として今後の設計に役立てる目的で報告

する。

2. 機体の基本設計

2.1 設計条件

本学のサークル活動であり、毎年新入部員も加わり各学科学年の学生たちが主体となって行うが、ものづくりの基本教育としてエンジニアの育成という側面も有しているため、下記に示す条件を満たすように進めている。

- ① 人が乗って滑空飛行する航空機である。
- ② コンテストの日程が決まっている。
- ③ 製作する学生のスキルに格差がある。

2.2 設計方針と教育的側面

前項の条件を満たすための機体の基本設計方針を次のように設定している。

- ① 人が乗って滑空飛行する航空機の設計および製作をするため、航空機の安全基準に準じた主要部品の強度計算を行う。飛行形態を考慮して荷重倍数を設定する。次に各部の安全率を設定し基本的な強度計算を進める。この設計作業は機械工学科 3 年生を中心に行い 2 年生、1 年生へと指導継承していく。
- ② 主桁は、カーボン繊維を用いて成型する。ここ 5 年間で蓄積されたノウハウを活用し設計上、主翼面積と平面形が決まりしだい、揚力分布計算よりカーボンパイプの径、繊維積層方向、積層数を決める。

2016 年 2 月 10 日受理

* 理工学部 機械工学科

- ③ 特に主桁については、飛行上の必要な強度が保たれているか、揚力に相当する分布荷重を負荷して強度試験（最大負荷に3秒間耐えること）を行い確認する。合わせて、主桁全体の反りを計測し上反角を確認する。
- ④ 例年コンテストに出場するには、1月下旬に行われるコンテスト事務局主催の説明会に参加し、2月下旬までに設計図と設計概要書を提出しなければならない。その合否結果は3月下旬に主催者から通知され、7月末にコンテストが開催される。よってサークル活動における、年間のスケジュール（大日程）は表-1のようになる。このサイクルを毎年経験することで、開発設計スケジュール、工程進捗管理などプロジェクトマネジメント力を育成している。
- また、読売テレビによると応募総数は数百チームほどあるが、全体的な安全性の確保やコンテスト日程と当日の運営、機体検査、テレビ収録の関係などを考慮して出場機数は毎年30～40チームに絞られている。
- ⑤ 機体の部材作成から組立作業は、各学科各学年で分担している。そのため、学生個々のスキルによる製作精度差が発生しにくいように、熟練度が必要な作業には治工具を設計製作し、精度の均一化を図る。各製作工程において、アイデアを出し合い、効率よく精度を維持して組立できる治工具を考案していくことは、企業における「小集団活動」と「改善提案」制度に類似していて、生産技術系の仕事につながる。
- ⑥ 試験飛行は設計製作上の確認事項の一部である。あらかじめ、試験飛行で確認すべき設計要項を決めておく。試験飛行で得られたデータを蓄積し、機体の微調整と設計へのフィードバックを行う。基本設計と実地試験結果の格差を確認し、原因を分析して何をどのようにいつまでに変えるのか対策を講じる。

表-1 鳥人間を目指す飛行機研究会 大日程

TASK	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月
分析と反省会												
交流会												
基本構想												
基本設計												
耐強度試験												
TV局説明会												
設計図締切												
書類審査												
成型と製作												
新入生動講												
耐強度試験												
主翼製作												
コピカ製作												
電装設計・試作												
試験飛行・改良												
コンテスト												

3. 本学における歴史と成績

本学における鳥人間を目指す飛行機研究会の活動と成績を表-2に示す。サークル活動は2005年に発足し、2007年にコンテスト初出場を果たした。その後は書類審査不合格やコンテストの中止もあったが2010年以降は2年連続出場するが前年の記録を上回らず、3年目は不合格となる悪循環が続いている。この間には、学生たちが地道にノウハウを蓄積し、社会人チームとは異なりパイロットが1～2年で交代する中、結果として飛行距離を伸ばしながら技術的に進歩をしている。

表-2 静岡理工科大学の成績

大会数	西暦	トピックス	飛行距離	成績
29	2005	サークル発足		
30	2006	基礎研究		
31	2007	初出場	71.40m	5位/9チーム中
32	2008	書類審査不合格		
2009	大会中止			
33	2010	2回目	89.01m	12位/21チーム中
34	2011	3回目	39.73m	12位/20チーム中
35	2012	書類審査不合格		
36	2013	4回目	186.29m	7位/18チーム中
37	2014	5回目	141.54m	10位/17チーム中
38	2015	書類審査不合格		

コンテストでは、社会人チームや学生チームの区別なく混同でその飛行距離を競う。社会人チームと学生チームでは、飛行技術や機体の製作技術ノウハウの蓄積面で大きな差がある。ここでは、最近の10年間における滑空機部門に出場した4年生大学チームの成績をまとめてみたものを表-3（最終ページ）に示す。表-3は各大学の最高飛行距離を順位化したものであり、この10年間で30校が出場し本学は10番目の成績となるが、30校が残した全93回の飛行記録中では33番目の成績である。

4. 空力設計

4.1 主翼

4.1.1 主翼面積

滑空機部門にて成績上位機の翼面荷重をみると、3～5kgf/m²となっている。機体の大きさや試験飛行あるいはコンテスト当日のハンドリング等も考慮するとパイロットを含んだ全備重量は100kgf以下が理想である。よって主翼の上反角θを考慮して、揚力計算より

$$L = 100 \text{ kgf} = \frac{1}{2} \rho v^2 C_L S \cos \theta \quad \dots \quad (1)$$

(1) 式より翼面積を決めていく。条件として空気密度ρは、コンテスト当日の気温を30°C前後と想定してρ =

0.120kgf·s²/m⁴、翼型は今までの実績を考慮して DAE-41 を使用すると、効率の良い揚抗比より滑空時の揚力係数 $C_L = 0.75$ 、対気速度 $V = 9.5\text{m/s}$ とし最大翼面積は 24.75 m^2 を得る。候補となるパイロットの体重が決まる事で機体重量の目標値も決まる。ここ数年間の経験値より、カーボンパイプを主軸とし、リブはスタイルフォーム、外皮はスチレンペーパーとフィルムで仕上げる構造により、単位翼面積当たりの主翼仕上り重量は 1.41kgf/m^2 として予測できるので、諸条件をもとに、シミュレーションを行い主翼面積 $S = 22.03\text{ m}^2$ とした。DAE-41 の迎え角に対する揚力係数 C_L と抗力係数 C_D の関係を図-1、図-2 に示す。飛行中のレイノルズ数は 6×10^5 である。

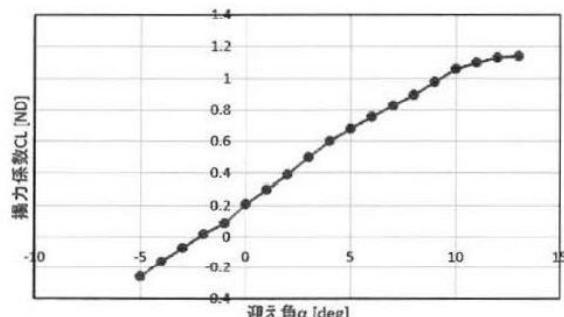


図-1 DAE-41 の揚力係数

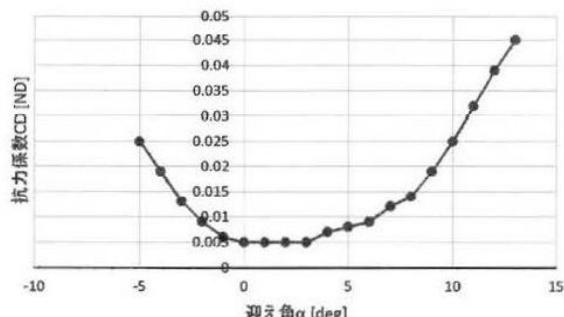


図-2 DAE-41 の抗力係数

4.1.2 主翼の平面形

サークル活動では、第2ステージ目標として理想的な無尾翼機を目指すにあたり、2013年より半無尾翼機での挑戦を開始した。残念ながら2014年度はパイロットの交代もあり記録的には後退してしまった。本年度は、2014年度の反省点を踏まえて、特に主翼接合部やコクピットの空気抵抗削減、製作精度の向上を目的とし前年度の2段後退翼から1段後退翼へとシンプルな形状へ変更した。

4.2 水平尾翼

4.2.1 面積

将来的には無尾翼機を目指しているが、コンテストではパイロットの技量に依存する割合が高いので、適度な操舵性と安定した飛行ができるよう水平尾翼を設定した。

必要最低限の面積とテールモーメントや操舵量を探っている。縦の静安定を評価する式として

$$Vh = \frac{Sh}{Sw} \cdot \frac{lh}{C} \quad \dots (2)$$

Vh =水平尾翼の静ボリューム比

Sh =水平尾翼面積

Sw =主翼面積

lh =テールモーメント

C =主翼平均空力翼弦

また、縦の動安定を評価する式として

$$Ah = \frac{Sh}{Sw} \cdot \left(\frac{lh}{C}\right)^2 \quad \dots (3)$$

Ah =水平尾翼の動ファクター比を示す。

2013年度機を基準に2014年度では、安定性と操舵性を上げるために Vh , Ah ともに増大させたところ、離陸直後の失速からの引き起こしには効果が出たが、定常滑空時には操舵によるピッチングが8回発生し飛行距離を損失したため、2015年度はその中間値として $Vh = 0.068$, $Ah = 0.16$ とした。これを満たす水平尾翼面積 $Sh = 0.64\text{ m}^2$ とテールモーメント $lh = 2.17\text{m}$ と決めた。

4.2.2 翼型

水平尾翼翼型は、製作実績ならびに構造部材に必要な翼厚が得られるため例年同様に NACA0009 を採用した。

4.2.3 平面形

全体的なデザイン目的で、図-3(最終ページ全体図)の形状とした。

4.3 垂直尾翼

4.3.1 面積

方向安定性よりは、滑空時の方向を微修正程度に効かす目的で、外翼に設置した。

操舵時の揚力モーメントにより方向を修正できる面積とした。

垂直尾翼の静ボリューム比 Vv は次式となる。

$$Vv = \frac{Sv}{Sw} \cdot \frac{lv}{b} \quad \dots (4)$$

Vv =垂直尾翼の静ボリューム比

Sv =垂直尾翼面積

Sw =主翼面積

Iv =テールモーメント

b =主翼スパン

$$Av = \frac{Sv}{Sw} \cdot \left(\frac{Iv}{b}\right)^2 \quad \dots \quad (5)$$

Av =垂直尾翼の動ファクター比を示す。

過去の実績より、垂直尾翼を主翼の外翼に配置した場合、面積は主翼面積の2%程度とし、舵角-15°～+15°にて適度なヨーニングモーメントが得られる位置を決めた。

4.3.2 翼型

例年通り NACA0009 で作成した。

4.3.3 平面形

全体的なデザイン目的で、図-3（最終ページ）の形状とした。また、定常滑空時において主翼に上反角がついた状態で、垂直となるように配置した。水平尾翼、垂直尾翼の静ボリューム比と動ファクター比の検討値を表-4 に示す。

表-4 静ボリュームと動ファクター値

	水平尾翼		垂直尾翼		面積比	
	静ボリューム比	動ファクタ比	静ボリューム比	動ファクタ比	水平尾翼	垂直尾翼
2013年	0.042	0.06	13.0×10 ⁻⁴	8.17×10 ⁻⁴	2.82%	2.17%
2014年	0.073	0.18	9.7×10 ⁻⁴	4.50×10 ⁻⁴	2.90%	2.09%
2015年	0.068	0.16	8.1×10 ⁻⁴	3.10×10 ⁻⁴	2.91%	2.09%

4.4 抵抗値の試算

定常の滑空状態での力の釣り合いは図-4 のようになる。 θ =滑空角、 v =滑空速度、 v の鉛直成分 w =沈下速度と呼ぶ。

$$L = W \cos \theta, D = W \sin \theta, w = v \sin \theta, L/D = 1/\tan \theta$$

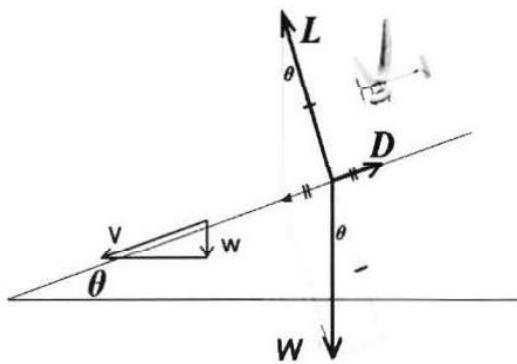


図-4 滑空状態の力の釣り合い

滑空距離を伸ばすためには、滑空角 θ を最小にすることであり、つまり L/D を最大にする姿勢で滑空する事である。また、揚力 L をできる限り大きくする、抵抗 D をできる限り小さくする事であるが、通常は $L < W$ 状態で滑空している。よって滑空距離を伸ばすため揚抗比 L/D を大きくするには、抵抗 D をできる限り小さくする事が必要となる。

4.4.1 抵抗の分類

飛行機にかかる抵抗は図-5 のように分類される。

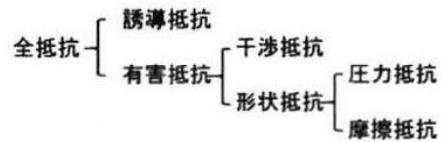


図-5 空気抵抗の分類

抵抗 D は、次式で求められる。

$$D = \frac{1}{2} \rho v^2 C_D S \quad \dots \quad (6)$$

$$C_D = C_{D0} + C_{Di} \quad \dots \quad (7)$$

C_D =全機の抗力係数

C_{D0} =有害抵抗係数

C_{Di} =誘導抗力係数

3.4.2 有害抵抗係数の試算

主尾翼など各部の抵抗係数を定義する基準面積を S_π とし、 S_π を用いたときの抵抗係数を $C_{D\pi}$ とすると

$$C_{D0} = (1 + k) \frac{\sum C_{D\pi} \cdot S_\pi}{S} \quad \dots \quad (8)$$

ここで、 k は干渉などによる補正係数で、人力飛行機設計においては $k=0.1$ が一般的に採用されているので、それに準じた。コクピットの抗力係数は、図面をもとに流線型物体の抗力係数を参考に想定した。

機体各部の S_π と $C_{D\pi}$ の関係を表-5 に示す。

表-5 機体各部の抵抗係数試算表

項目	$S_\pi (m^2)$	$C_{D\pi}$	$S_\pi \cdot C_{D\pi}$
平面図	主翼	0.026	0.57278
	水平尾翼	0.008	0.00512
	垂直尾翼	0.008	0.00368
正面図	胴体	0.100	0.00040
	コクピット	0.050	0.03000
	足(Pilot)	0.000	0.00000
計	23.73		0.61198

表-5 と (8) 式より、 $C_{D0}=0.0306$ となる。

4.4.3 誘導抵抗係数の試算

誘導抵抗とは、3次元翼において揚力の発生にともない翼の上面と下面で圧力差が生じ、翼端では下面から上面への空気の流れが起り、翼後端から図-6のような翼端渦を発生する。

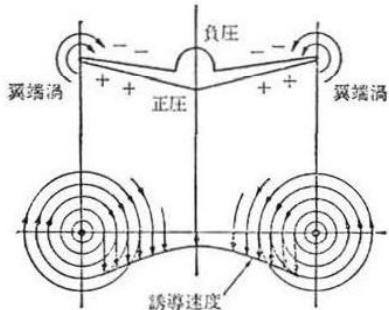


図-6 翼端渦および誘導速度

この渦によって翼面には下向きの速度が誘起される。これを誘導速度と呼び、迎え角を減少させる方向に作用する。

減少した迎え角分だけ揚力が後傾するため、その分が抵抗となる。この成分を誘導抵抗と言う。

主翼の揚力に寄与するのは、図-7のように翼幅 b を直径とする円内の空気量と考えられる。

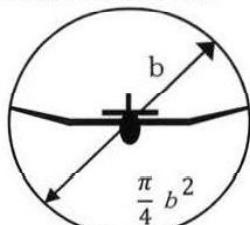


図-7 揚力に寄与する空気流

この空気量変化と揚力の関係より、誘導抵抗係数 $C_{D,i}$ は次式で求められる。

$$C_{D,i} = \frac{C_L^2}{e\pi A_G} \quad \dots \dots (9)$$

ここで、

e =飛行機効率（空力効率係数）

A_G =地面効果を考慮したアスペクト比

$$A_G = \frac{1+33(h/b)^{1.5}}{33(h/b)^{1.5}} \cdot A \quad \dots \dots (10)$$

b =翼幅

h =飛行高度（≤10m）

A =アスペクト比

$e=0.8$ 、 $C_L=0.75$ 、 $b=25.28m$ 、 $A=28.4$ とし、式

(10) より高度 10m のプラットフォームから滑空飛行した場合の各高度における A_G を算出し、式 (9) より誘導抵抗係数 $C_{D,i}$ を求め、それぞれの高度における全抵抗を算出する。2014 年度の機体と 2015 年度の機体について設計図をもとに各高度における全抵抗を比較試算したものが図-8 である。このように誘導抗力が水面に近くなるほど減少するため、図-8 のように全機抵抗が減少し、コンテストでは湖面ぎりぎりで飛行して距離を伸ばすことができる。2015 年度の機体では、パイロットの足が機外に露出しないように改良したことにより抵抗減となり、理論上では、飛行距離を延ばすことが可能となる。

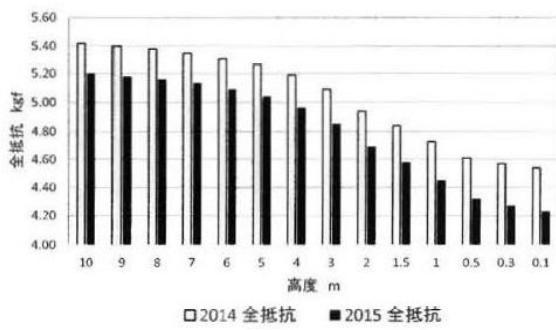


図-8 飛行高度と全抵抗の関係



図-9 2014 年度琵琶湖での飛行

パイロットは中山智太さん（当時：機械工学科 2 年生）

5. 主翼強度

5.1 荷重倍数

人が乗って滑空飛行する航空機であるので、2014 年度のように一度失速に入り高度を損失しながら操舵による引き起こしも想定して、主翼の強度を保ちパイロットの安全を確保する。よって荷重倍数は引き起こしが終了した最下点にて最大になることから、機体重量 W 、速度 V 、引き起こし半径 r の関係は、垂直方向の力の釣り合いより次式

となる。

$$L = W + \frac{WV^2}{gr} \quad \dots \quad (11)$$

$$n = \frac{L}{W} = 1 + \frac{V^2}{gr} \quad \dots \quad (12)$$

n =荷重倍数

ここで(12)式より、引き起こし速度 $V=9.0\text{m/s}$ と仮定し、 r を変化させて n を算出した結果が表-8である。

設計上では、引き起こし半径 $r=6\text{m}$ とし、荷重倍数は、安全側をみて $n=2.5$ とした。

表-8 引き起こし半径と荷重倍数

引き起こし半径r(m)	荷重倍数n
10	1.83
9	1.92
8	2.03
7	2.18
6	2.38
5	2.65
4	3.07

5.2 分布荷重

主翼の平面図より定常滑空における $C_L=0.75$ として分布荷重を計算する。

5.3 主桁のねじり

外翼が後退翼のため、迎え角変化による風圧中心位置の移動に準じて発生する桁へのねじりモーメントを考慮する必要がある。

理論と多くの実験より、翼型の空力中心は翼弦の 25%付近にあることが判っているので、DAE-41の場合も同様に、各迎え角における風圧中心C.Pは次式で求められる。

$$C.P = 0.25 - \frac{C_{mac}}{C_L} \quad \dots \quad (13)$$

C_{mac} =空力中心まわりのモーメント係数

DAE-41 翼型の迎え角と C_{mac} のデータをもとに (13)式より算出した迎え角と風圧中心の位置関係は図-10 のようになる。

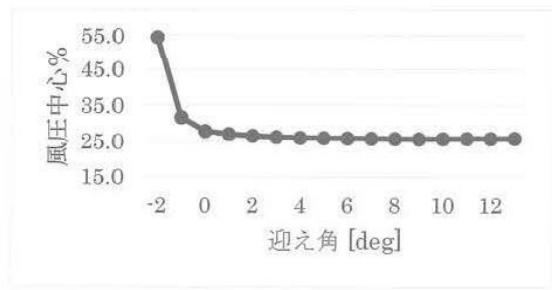


図-10 迎え角変化による風圧中心位置

滑空飛行時の迎え角では風圧中心が、ほぼ 25%付近で安定していることが判る。

主桁の位置は 25%とする。主桁および接合金具の強度計算は、マイナス迎え角になった場合の風圧中心位置を考慮して、ねじりモーメントを加えて計算を行う。

5.4 主桁のカーボン積層構成

主桁のカーボンパイプの仕様は、成型炉の内寸より製作上 1本 1500 mmとなる。また分解運搬も考慮して外翼は 4分割している。カーボン繊維（プリプレグ）は図-11のようにアルミパイプを芯金として手作業で積層していく。

積層を終えたカーボンパイプを専用のバッグにいれ、積層構成の密着度を上げるために真空引きを行いながら、炉内にて図-12に示す温度サイクルで加熱～冷却をする。



図-11 カーボン繊維は手巻きで積層成型している

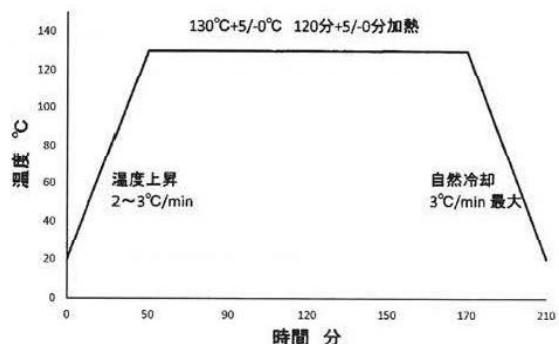


図-12 カーボンの加熱成形における 温度サイクル

強度計算と実荷重試験の結果、表-9 のように 1500 mm 単位で外翼へ行くほど積層数を減らし、定常滑空時には揚力により主桁に適度なたわみが発生し上反角を形成する。

中央桁 : 0 → 1500 2 本接合 全長 3000 mm
 外翼 1 : (1500 → 3000) + (3000 → 4500)
 外翼 2 : (4500 → 6000) + (6000 → 7500)
 外翼 3 : (7500 → 9000) + (9000 → 10500)
 外翼 4 : (10500 → 12000) + (12000 → 13540)

表-9 主桁長さ方向のカーボン積層構成

桁長さmm	0 → 1500	→ 3000	→ 4500	→ 6000	→ 7500
内径 mm	φ100	φ100	φ100	φ90	φ90
積層层数	16層	12層	8層	7層	5層
クロス0-90	6層	5層	4層	4層	2層
クロス45°	4層	4層	2層	2層	2層
一方向	5層	3層	2層	1層	1層
桁長さmm	→ 9000	→ 10500	→ 12000	→ 13540	
内径 mm	φ70	φ70	φ28	φ28	
積層层数	5層	4層	4層	2層	
クロス0-90	2層	2層	2層	2層	
クロス45°	2層	2層	2層	0	
一方向	1層	0	0	0	

また、成型された 1500 mm 単位の桁材を接着接続する際に接続補強材パイプの積層構成を表-10 に示す。

表-10 主桁の接続補強材のカーボン積層構成

翼位置	中央翼	外翼-1	外翼-2	外翼-3	外翼-4
内径 mm	φ95	φ87	φ67	φ25	φ25
積層	10層	5層	4層	4層	4層
クロス0-90	3層	2層	2層	2層	1層
クロス45°	4層	2層	2層	2層	2層
一方向	3層	1層	0層	0層	1層

主翼のねじりモーメントを考慮して、図-3 (最終ページ) ように補助桁を付けた。

5.5 主桁の強度試験

完成した主桁にコクピットフレームを取り付ける。主桁に揚力と荷重倍数に相当する分布荷重のおもりを付ける。図-13 のように全体を逆さに釣り上げて、定常揚力と想定される荷重負荷をかけて主桁の強度を確認する。



図-13 主桁の分布荷重試験で強度を確認する

6. 操縦系

6.1 操縦桿

学生パイロットでは、スカイスポーツのハンググライダーのように体重移動で機体を操舵する経験とスキルが足りないので、図-14 に示すような操縦桿操舵方式を採用している。なお、操縦桿本体のジョイステック部はラジコン模型用無線機から流用した。



図-14 操縦桿装置

6.2 操舵信号

大会の規約上、無線操舵ができないため操縦桿からの信号を読み取るアンプ基盤を作成し、フライバイワイヤー方式で昇降舵と方向舵を動かすアクチュエーターへ電気信号を送っている。また、マイコン制御により操舵量、操舵速度、ニュートラル、ミキシング機能、反比例制御などの調整を可能とした。適度な操舵感覚と滑空姿勢を維持できるように、テスト飛行後の機体の再調整に活用できるようにした。

6.3 アクチュエーター

昇降舵にはトルク 18 kg/cm、方向舵にはトルク 13 kg/cm のラジコン模型用サーボを流用し、電源には 7.4V1,300m Ah のリチウムポリマー電池を使用した。



図-15 アクチュエーターによる昇降舵操作

7. まとめ

機体完成後の各種実測値と飛行試験から得られたデータにより、設計値との比較検討を行い、次年度の機体設計に役立てていく。

鳥人間コンテストに出場し、300m以上を飛行して学内の歴代記録を更新することを目標にサークル活動に取り組む過程にて、学生たちの意識と技術の成長が確実に読み取れる。ここで幾多の失敗や悔しさを経て、大きな感動を得た経験は、社会人になってそれぞれの仕事や生活面で、必ず活かされる局面があるだろう。卒業後、彼らが新たなチームを率いて琵琶湖で再会できることを願っている。



図-16 2007 年度 鳥人間コンテスト初出場 71.4m の飛行
パイロットは内藤小百合さん（当時：物質生命科学科 3 年生）

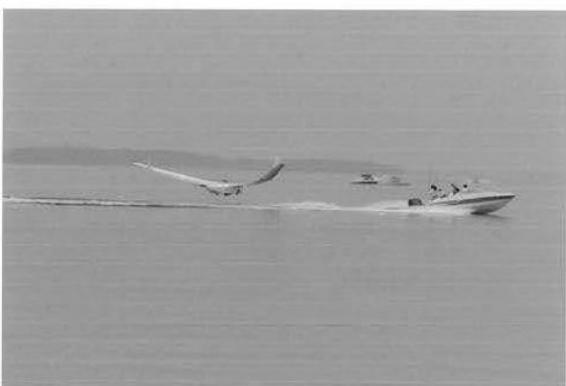


図-17 2013 年度 186.29m の飛行
パイロットは高橋駿介さん（当時：機械工学科 4 年生）



図-18 2015 年度の機体全景

謝辞

大会出場に向けて、宇宙少年団磐田分団の伊藤恵一郎氏、寺田博美氏に全体的なサポートと助言をいただいたことに感謝いたします。

機体の設計製作ではヤマハ発動機㈱の鈴木正人氏、鈴木弘人氏より指導いただいたことに感謝いたします。

治工具の製作、強度試験での重機の手配、大会時の機体運搬など広範囲にわたる、(有)山中建設の山中久仁彦氏の支援協力に感謝いたします。

主桁や補助桁の接続金具や操縦席フレームなど試作面では、工作センターの職員の方々に協力いただいたことに感謝いたします。

本サークル活動の歴代顧問として指導をいただいた榎田勝先生、吉田昌史先生のご尽力に感謝いたします。

本学からは、サークル活動に対して深い理解と支援をいただいていることに感謝いたします。

鳥人間を目指す飛行機研究会では、鈴与教育研究活動支援金を受けて活動ができていることに感謝いたします。

参考文献

- 1) 高柳亮二, 例題で学ぶ航空工学, (成山堂書店, 2014 年) 141~166 頁
- 2) 内藤子生, 飛行力学の実際, (日本航空技術協会, 1970 年) 36, 56, 58~60 頁
- 3) 山名正夫, 中口 博, 飛行機設計論, (養賢堂, 1968 年) 257, 286, 287, 612 頁
- 4) 読売テレビ, “鳥人間コンテスト 2015”
<http://www.ytv.co.jp/birdman/>
(参照日 2015 年 10 月 31 日)

表-3 滑空機部門出場の各大学飛行距離

No.	チーム名	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	各大学の最高飛行距離			
											2013年	2014年	2015年	出場回数
1	C35 みたかもはら(社会人)	-	370.80	258.21	463.47	377.90	421.11	-	501.36	460.07	407.03	258.24	28	
1	C80 九州大学	34.96	-	-	241.56	341.14	371.80	27.18	369.38	390.73	350.77	373.75	33	
2	A50 首都大学東京	92.84	280.77	-	311.38	333.03	355.09	193.92	355.06	51.45	360.09	369.86	20	
3	C87 神奈川工科大学	-	-	102.84	-	-	103.77	-	-	-	-	320.00	8	
4	C70 上智大学	-	225.84	-	-	-	269.08	314.41	312.30	-	35.58	-	15	
5	C06 日本大学生産工学部	-	-	252.67	192.14	失格	233.56	失格	285.04	296.66	66.50	-	11	
6	E70 東京理科大学	-	181.51	-	196.21	48.5	31.57	55.01	258.35	-	228.08	21.06	9	
7	E74 創価大学	-	50.77	157.37	34.56	135.94	-	-	-	-	214.45	250.30	12	
8	E41 日本文理大学	-	-	235.55	35.72	-	-	-	-	-	-	-	不明	
9	A75 工学院大学	-	230.88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	不明	
10	F89 静岡理工科大学	-	-	-	21.4	-	89.01	39.73	-	106.29	141.57	-	5	
11	F44 電気通信大学	-	126.88	156.41	-	-	-	-	-	-	-	-	不明	
12	A78 大阪工業大学	71.37	-	34.86	98.28	140.57	-	-	-	-	-	-	不明	
13	B18 福井工業大学	-	-	-	-	-	-	61.49	88.26	134.41	23.72	-	4	
14	A53 金沢大学	-	-	-	-	-	20.07	122.36	13.97	17.41	-	24.79	5	
15	A72 東京女子大学	-	-	-	-	-	-	-	13.94	88.10	-	-	2	
16	E35 湘南工科大学	-	-	-	70.63	測定不能	-	26.50	19.97	-	-	-	6	
17	B52 優翔大学	63.58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	不明	
18	B13 拓殖大学	-	-	43.21	-	-	-	-	-	-	-	-	不明	
19	B39 法政大学	-	-	-	-	-	22.97	42.97	23.46	-	-	-	17	
20	B31 大阪大学	-	-	-	37.37	-	35.00	-	-	-	-	-	3	
21	B09 茨城大学	-	33.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	不明	
22	C15 滋賀県立大学	-	-	-	-	-	31.90	-	-	-	-	-	1	
23	B75 三重大学	-	-	-	-	-	-	-	-	29.86	-	失格	3	
24	F30 立命館大学	-	-	25.18	-	-	-	-	-	-	-	-	不明	
25	M14 同志社大学	-	20.22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	不明	
26	G76 豊田工業大学	-	-	-	-	-	-	-	-	19.34	-	-	1	
27	G15 北海道工業大学	16.66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.05	2
28	B65 岩手大学	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
29	B95 兵庫県立大学	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.62	1
30	U30 茨城大学	-	-	-	-	-	14.49	-	-	-	-	-	不明	

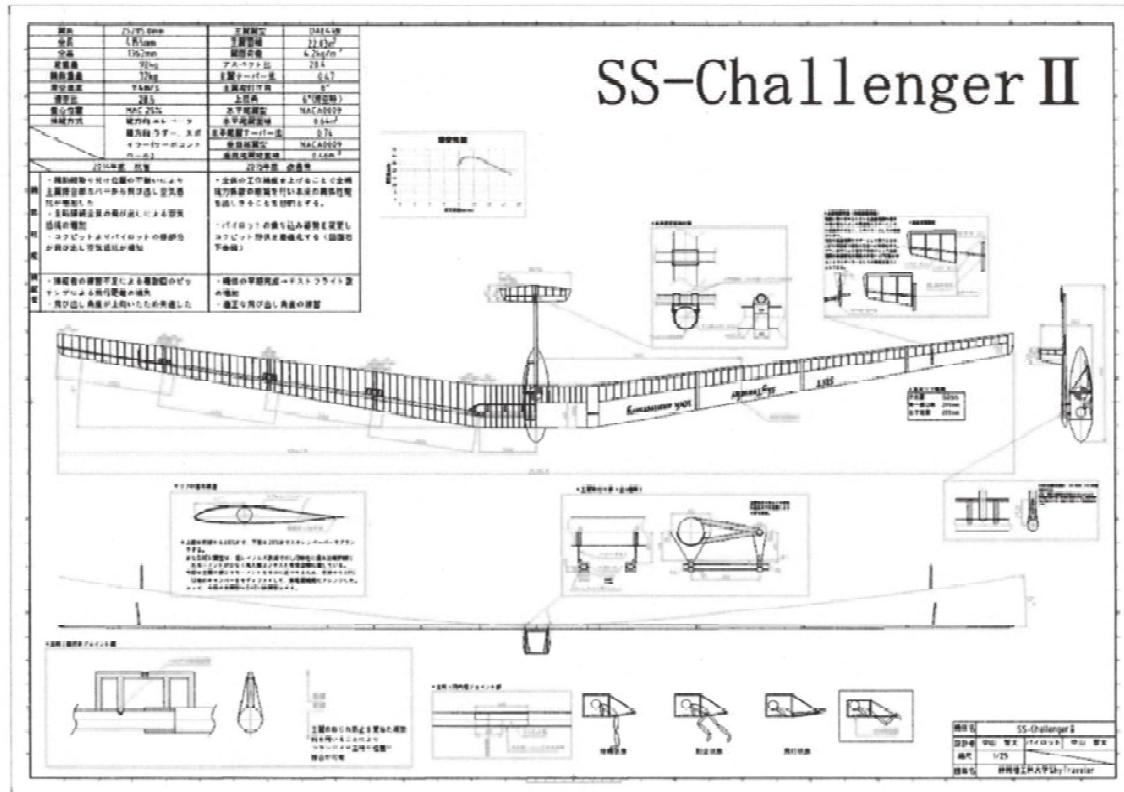


図-3 2015年度機 三面図

教 育 関 連 報 告

大学初年度教育の試みと効果（第2報）

An educational attempt and its effect for freshmen (2nd Report)

後藤昭弘*, 桜木俊一*, * 感本広文*

Akihiro GOTO, Shunichi SAKURAGI and Hirofumi MINAMOTO

Abstract : In this paper, an attempt to assess and improve the academic ability of freshmen is discussed. Recently, in usual private universities, it is commonly said that distribution of academic ability of freshmen is two top shape or flat. The authors have confirmed it is also the case in Shizuoka Institute of Science and Technology (SIST), and have begun to take measures to resolve this phenomenon.

1.はじめに

大学を主とする高等教育機関への進学率が上昇し、同時に大学の数も増加してきた。国民の教育レベルが上がることは望ましいことには違いないが、高等教育、特に一部の上位校を除く私立大学における教育に求められる内容と質には必然的に変化がある。日本の大学の大部分を占めるこれらの大学での教育の場で最近よく聞こえてくるのが、学生の学力の2極化、あるいは、フラット化である(例えば¹⁾)。従来一般的には、どのような集団でも学力にせよ、他の能力にせよその分布は正規分布すなわち一山の分布になるのが当然と考えられてきた。しかし、現在多くの大学では、学力の分布が2極化、さらに極端な場合にはフラット化している。すなわち、2極の場合には母集団が2種類存在する、フラットの場合にはそれ以上の集団が存在するということを意味している。単純な2極の場合には、それなりに勉強する集団と勉強しない集団ということになる。高等教育の場で、「勉強しない」集団を対象にするのかどうかという議論はさておき(例えば²⁾)、大学として受け入れた学生に対しては、「勉強しない」集団のまま放置することは許されず、「非常に勉強する」集団とまではいかないまでも、「それなりに勉強する」集団までは持ち上げ、卒業後受け入れていただけた企業にとって貢献できるようにすることが大学の立場からも、採用していただいた企業にとっても、国家的な観点からも、そして何より学生自身にとって重要であることは間違いない。さらに、このような大学の社会的責任だけでなく、授業や研究という大学の日常の活動を円滑に成り立たせるためにも、重要なことである。

それでは、どのようにして「勉強しない」集団を「それなりに勉強する」集団に変えるかということになる。本来であれば、学生の自主性に任せ、教員は学生にモチベーションを与える役割に徹すべきであろうが、昨今の状況はそのような悠長な構えを許さない状況にある。「自主性」という言葉は聞こえがよく、教育現場の理想ではあるが、

「自主性」が本来の自主性になるためには、しかるべき成長段階に達している必要があることも事実である。人間的にも年齢に相応しい人生の辛酸を経験し、「考える」ことができるだけの学力・能力を有していることが必要である。その点が十分とは言えない学生に理想論だけで当たっても望ましい結果が得られないことは明白である。健全な成長には、どこかの早い段階において、最近では嫌われる言葉ではあるが、「嬌」「訓練」が必要であると考える。

機械工学科では、昨年度より学生の基礎学力アップを目的とした初年度教育を実施している。昨年度後期から、半ば強制的な学習を試み、一定の効果が見られた。今年度は、①初年度教育の前倒し(昨年度は後期から開始したが、今年度は前期から開始)、②初年度教育の手法を変える試み、③昨年度の初年度教育の効果検証を行った。

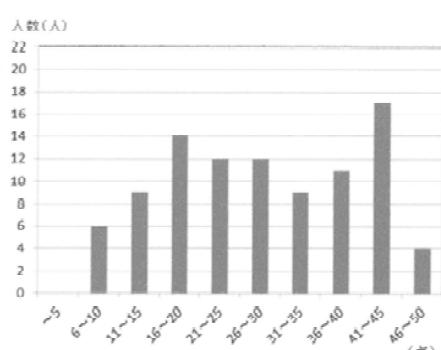
2.入学時の数学学力の把握

本学、静岡理工科大学では、学科毎に入学した学生に「プレースメントテスト」と称する学力診断テストを行っている。内容は、中学・高校数学の範囲の基本的な問題であり、50点満点で採点している。本年度も昨年まで同様にこのテストを実施した。過去数年間にわたり同一の問題を使用しているため、学生の基礎学力の推移を把握するのに都合がよく、本報告中の分析は、この試験を基準としているものが多い。

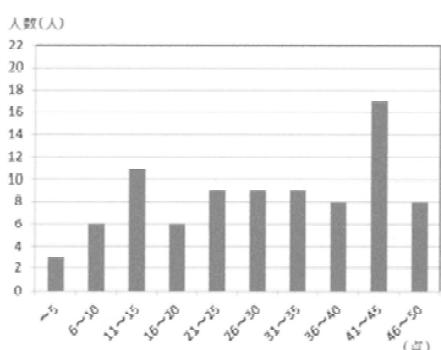
図1は2012年度入学生から2015年度入学生までのプレースメントテストの得点分布である。年度毎に分布が異なってはいるが、いずれの年度も一山の正規分布ではなく、2山乃至フラットに近い分布になっていることがわかる。また、ここ数年、以前はほとんどなかった学力の極めて低い学生(5点以下の学生)が増えていることもわかる。2014年度生の特徴は、2013年度入学生と比べて、点数が満点に近い学生(46~50点のところ)の高い学生が減って31~35点のところに大きな山があることが挙げられる。この2014年度入学生から前報³⁾や本報で述べる初年度教育を始めている。2015年度入学生は、満点に近い学生が若干増えており、中間の点数の高い山が無くなっている。

2016年2月19日受理

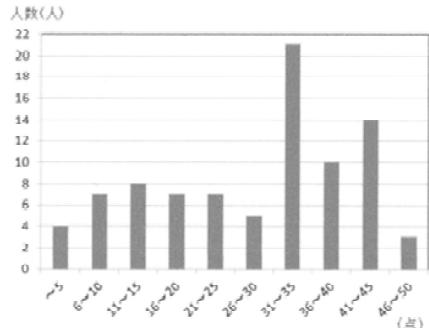
* 理工学部 機械工学科



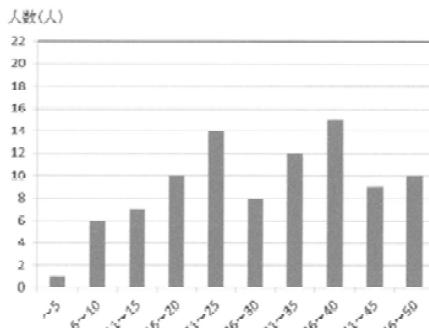
(1) 2012 年度入学生（総数 94 名）



(2) 2013 年度入学生（総数 86 名）



(3) 2014 年度入学生（総数 86 名）



(4) 2015 年度入学生（総数 92 名）

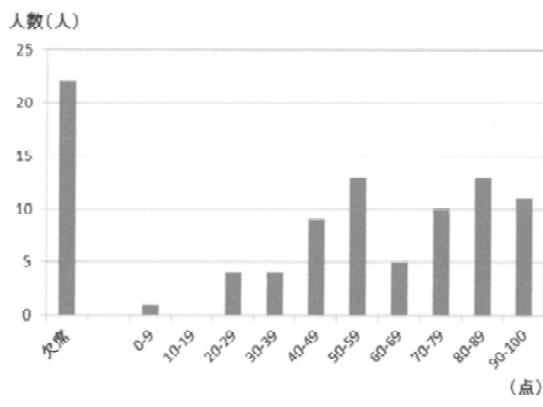
図 1 入学年度別プレースメントテスト得点分布

3. 初年度教育の前倒し

昨年度（2014 年度入学生）後期から、半ば強制的な学習をさせる初年度教育を試みた。数学の基本的な問題を課題として出し、できるようになるまで繰り返し学習させた。同時に、文字の書き方、書類の揃え方、期限の順守等、「鍛」も厳しく行った。このような指導は、大学に入学した直後の緊張感がある時期に行うことが重要であると考えられるので、今年度（2015 年度入学生）は、前期から実施することとした。

1 年生前期に大学生活にじむために設けられた科目である「フレッシュマンセミナー」の時間を一部利用し、数学の基本問題の学習を行い、家庭学習の習慣もつけられるよう、指導を行った。課題の内容は、昨年度後期に実施したものと同じである。さらに、夏休み中に、同じ問題の復習を宿題として課した。強制力を持たせるため、数学の学力が十分でなく、かつ、夏休み課題を提出しない学生は後期必修科目である「機械加工学」、「機構学」の履修を認めない旨通達し、シラバスも変更した。後期には、前期に実施した課題よりも若干難易度の高い問題を課し、4 週間に 1 回の割合で、復習の試験を実施した。後期中に、数学課題を 12 回、復習試験を 4 回実施した。少し難易度の高い問題であることもあり、週の中ほどに詳細な解答を公開し、わからない問題については、解答を見ながら課題を行ってもよいこととした。自習の習慣をつけることを目的としたが、一方で、昨年度のように課題を何度も再提出させて繰り返し学習させることはできなくなった。

12 回の課題の内の 10 回目まで終了した時点で、前期の課題の範囲の問題からなる確認試験（効果確認テスト A）を実施した。昨年度（2014 年度入学生に対して）もほぼ同一時期に同じ問題の試験を実施している。昨年度は、試験の直前まで試験問題とほぼ同じ問題の課題を実施していたのに対して、今年度は前期に行ってしたこと、また、昨年度は試験を実施することを事前に通達していたが、今年度は抜き打ちでおこなったことが異なる。初年度教育を早い時期から始めたことは今年度の学生に対して有利であるが、他の条件は昨年度の学生に有利な条件になっている。試験問題は、指數、対数、三角関数、式の計算、関数のグラフ等、高校数学の範囲の基本的なものであり、問題数 22 問で、100 点に換算した。今年度学生（2015 年度入学生のみ）の得点の分布を図 2 (1) に示す。昨年度（2014 年度入学生のみ）の学生の分布（図 2 (2)）と比べて、以下のことがわかる。上位の学生（60 点以上）は点数が高いほど人数が多い分布になったが、点数の低い学生（59 点以下）も増えた。点数の高い学生（80 点以上）が増えたのは、図 1 (4) のように元々基礎学力の高い学生が多くなったこともあるが、早い時期から学習の習慣をつけられたことも理由の一つであると考えている。一方で、点数の低い学生や試験を欠席した学生が増えているのは、繰り返しの厳しい指導ができなかったからである可能性が高い。



(1) 2015年度入学生

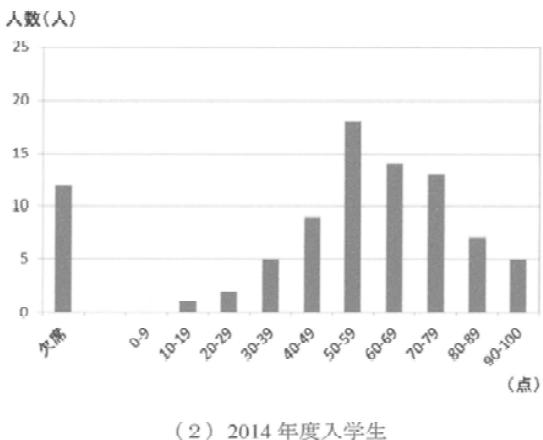


図2 効果確認テストA

2015年度の試験は抜き打ちで実施したため、たまたま欠席した生徒もいるが、半数以上は他の状況から見て学習姿勢に問題のある生徒である。この結果のみから安易な結論を導くことは難しいが、上位の生徒に対しては早くから教育を実施し、自主性を育めたために効果があったが、厳しい指導を行わなかったため、下位の生徒への効果は弱くなつたということが言えるかもしれない。

図3は、2015年度入生のプレースメントテストと今回実施した効果確認テストAとの相関図である。後期に課した12回の課題の内、7回以上未提出あるいはさわめて不真面目な取り組み姿勢であった生徒を●で示している。効果確認テストAで0点のところに点がある生徒は全員試験を欠席した生徒である。ところどころ例外もあるが、おおよそ効果確認テストAの点数が低いところに位置している。また、これらの生徒の後期（数学、物理系）の必修科目である「機構学」と「工業力学2」の成績を調べたところ、これらの生徒の75%が「機構学」を、86%が「工業力学2」の単位を落としていることがわかった。いかに早い時期に正しい学習習慣をつけることが重要であるか

が

効果確認テストA(点)

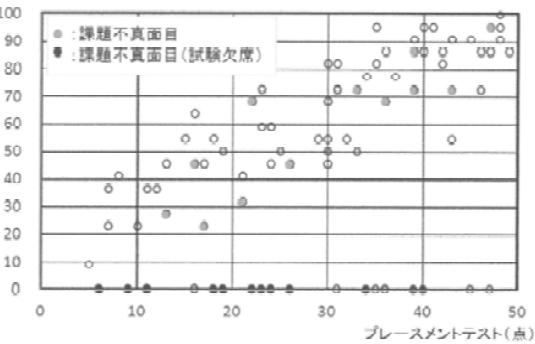


図3 課題の実施態度（2015年度入生）

わかる。特に「工業力学」は機械工学の根幹をなす重要な基礎科目である。この科目の習得なくして機械工学の理解はかなわない。機械工学科では、「工業力学」を学生が理解できるようになることを学科としての最重要課題と位置づけ、学科を挙げての対応を進めようとしている。

4. 昨年度の初年度教育の効果検証

昨年度（2014年度）始めた初年度教育の効果を確認した。図4に効果確認のために実施した試験（効果確認テストB）の結果を示す。2014年度の後期授業の終盤に、当時の2年生（2013年度入生）に対して、基本的な数学の試験を実施した。当時の2年生（2013年度入生）は、本報告で述べている初年度教育を実施していない学年である。この答案を1年間保管し、1年後の今年度（2015年度）後期授業の終盤に同一の試験を今年度の2年生（2014年度入生）に実施した。2013年度入生の答案を1年間保管したのは、2014年度入生の答案と全く同じ採点基準で採点するためである。（基本的に○×採点であるが、○×を悩む答えの場合の基準と同じにするため）問題は19問で、19点満点を100点換算した。図4（1）が2013年度入生（初年度教育不実施）の得点の分布、図4（2）が2014年度入生（初年度教育実施）の得点の分布である。（1）と（2）とを比較すると、2015年度入生のヒストグラムが右にシフトしていることがわかる。図1（2）、2013年度入生のプレースメントテストの分布、図1（3）、2014年度入生のプレースメントテストの分布と比較すると図4の差が顕著であることがさらによくわかる。プレースメントテストでは、2013年度入生の方が高い点数の生徒が多くいたにも関わらず、図4では2014年度入生の方が高い点数の生徒が多くなっている。

図5は初年度教育の効果を示すもう一つの例である。2014年度入生に対しての初年度教育開始から約1年経過した2015年後期の授業のはじめに行った数学試験の結果を示している。問題は同じく基本的な問題であるが、ブ

レースメントテストよりは難しくしている。2年生の必修授業の時間に、実施した。再履修の学生も相当数いるため、初年度教育を実施した学生と実施していない学生との比較ができる。グラフの横軸は、入学時に受けたプレースメントテストの点数、縦軸はこのテスト(50問で50点満点)の点数である。グラフ中の●が2014年度入学生の点、■が再履修、すなわち、2013年度以前入学生を表わす点である。■が再履修の学生であるというバイアスはあるものの、驚くほど明らかな差となっていることがわかる。

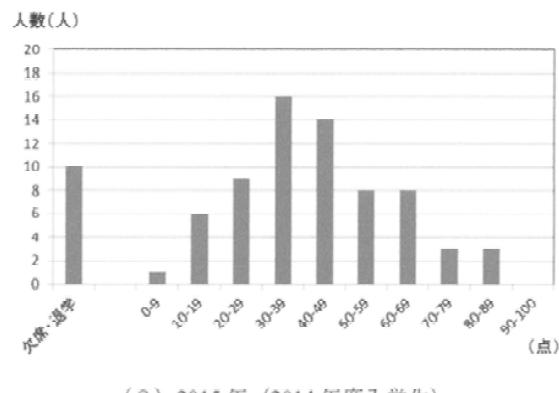
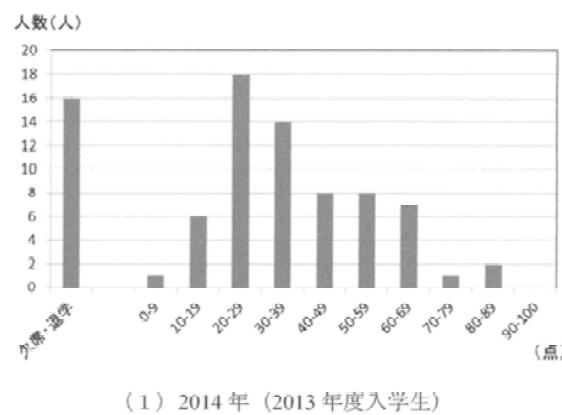


図4 初年度教育の効果1

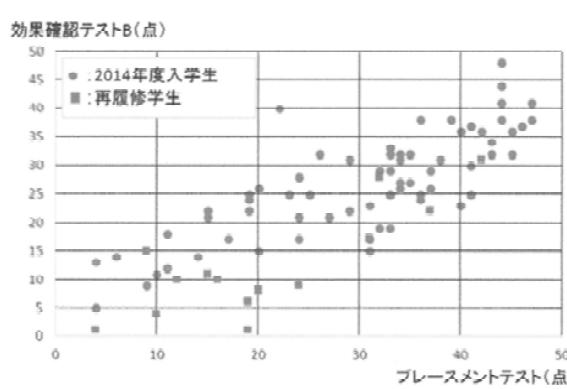


図5 初年度教育の効果2

初年度教育で、以上のような効果をあげられた原因の1つはもちろん数学の学習をさせたことであるが、「懶」の面も同様に大きいものと考えている。この教育方法を進めるにあたり、学生に対して少なからぬ教員がかなり厳しい姿勢で接するようになった。このような雰囲気は自然と学生に伝わり、大人としての常識を感じるようになってくれたものと考えている。また、機械工学科では、2014年度から授業に5分遅刻したら欠席扱いにするという規律を設けて運用している。導入当初は、無理がある、破綻する、等の否定的な意見もあったが、実際に実施してみると大きなトラブルもなく、以前には時折見られたようなだらけた雰囲気を完全にとはいかないまでもある程度払拭できるようになったと感じている。「懶」の改善は、学習の改善につながり、学力向上につながっていったと考えている。

一方で、厳しい教育がリスクを持っているのも事実である。留年率、退学率の上昇につながる可能性はもちろんある。今回の試みでは、実施に際して大学幹部にも、一時的に退学者が増加する可能性があること、留年する学生が増加する可能性があることを説明し、長い目で見てもらうよう依頼した。実際には、懸念したような事態にはならず、高い要求に対応して、学生のレベルが上昇するような結果になっていると考えている。

5. 上位学生への教育

以上、学力の向上策である初年度教育について紹介したが、機械工学科では、上位の意欲の高い学生への教育にも力を入れている。また、同時にはじめは意欲が高くない学生でも意欲の高い学生に成長させるための手法を検討している。1つは研究活動への早期参加である。通常、3年生後期に研究室への配属を行っているが、意欲的な学生にはそれ以前にも研究室の活動への参加を奨励している。希望すれば、教員と相談し、研究活動に参加したり、議論したりし、研究室の雰囲気を味わってもらうことができる。早くから知的好奇心を刺激することで、基礎科目・専門科目への学習意欲を増すことを狙っている。もう1つは学会等学外発表の奨励である。機械工学科では、学生の動機づけとして、学外学会発表を奨励している。学会発表という明確な目標を持つことで、研究・学習に積極的に取り組むようになり、大きく成長していく学生が増えていることは喜ばしいことである。はじめから高いモチベーションを有して研究活動を始める学生もいるが、そうでない学生も多い。そうでない学生でも、研究の意義を理解してもらい、厳しく指導していくと、研究の面白さがわかるようになり、多くのことを身につけて卒業していくようになる者もある。2014年度は、20件の学外発表（学会の学生発表会も含む）を行った。2015年度は、海外の学会にも参加している。他大学の教員・学生、企業の技術者との交流から多くのことを学んでいる。動機づけを行い、高い目標と高い要求を与えれば、学生はどんどん成長するということを感じ

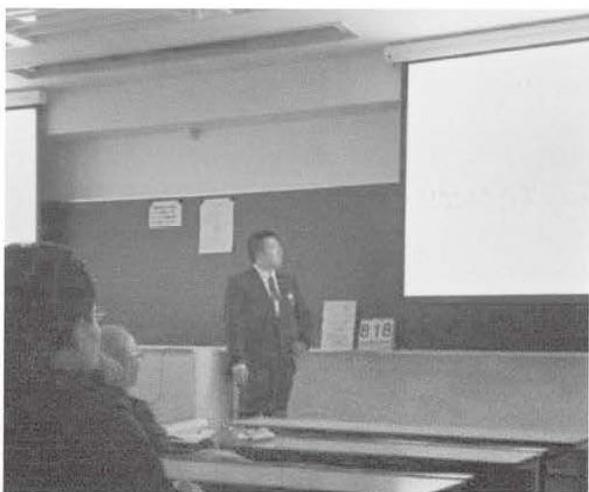


図6 学会発表の様子（2016年精密工学会春季大会）

じている。

8.まとめ

一般的な私立大学の課題として挙げられる学生の学力変化に対して、対策を実施している。その結果、以下のことがわかった。

- ・ 学力がある程度高い学生に対しては、目的的な学習も有効であるが、学習習慣のなかった学力低位の学生には強制的な学習が必要である。
- ・ 学力下位の学生を救済するためには、「獣」の要素が重要であり、教員はある程度厳しく当たることが必要である。
- ・ 1年間厳しい初年度教育を行った結果、学力向上の効果があった。

一方で、教員世代が送った大学生活は、このような強制的な学習とはかけ離れたものであり、筆者らも含めて戸惑ったり疑問に感じたりしているのも事実である。しかし、現在の多くの学生に対してはこのような指導が必要であり効果的であることもより明確な事実である。このような教育が根付き、このようなことを意識して行わなくとも大学教育が順調に進められるような大学にすることが究極の目的である。

謝辞

学生に懇切丁寧な指導を実施いただいた静岡理工科大学教育開発センターの先生方に感謝いたします。

参考文献

- 1) 藤田尚文：学力の二極化モデルー全国学力・学習状況調査を中心として、高知大学教育学部研究報告、第71号(2011)
- 2) 後藤昭弘、桜木俊一、感本広文：大学初年度教育の試みと効果、静岡理工科大学紀要(2015)139-144

平成 27 年度インターンシップ実施報告 — 質の高いキャリア教育を目指して —

The Internship Program in 2015:
Toward Higher Quality Education for Future Career of SIST students

幸谷 智紀^{*1}, 後藤 昭弘^{*2}, 郡 武治^{*3}, 吉川 尚子^{*4}
松永 理恵^{*5}, 松田 健^{*6}, 青島 健夫^{*7}, 深野 竹識^{*7}

Tomonori KOUYA, Akihiro GOTO, Takeharu KOHRI, Naoko YOSHIKAWA,
Rie MATSUNAGA, Takeshi MATSUDA, Hideo AOSHIMA, Takeshi FUKANO

Abstract: Our Internship has been introduced into the curricula of Shizuoka Institute of Science and Technology (SIST) since 1999. This report presents the discussion about the preparation, the organization and the results of the internship program conducted in 2015. In 2015, 104 companies in Shizuoka prefecture were involved in this program by providing their own internship programs for 245 students and 123 students participated in the programs. In addition, another 5 students participated in spring. The results of this program's past 16 years are summarized and its future prospects are presented.

1. はじめに

本学のインターンシップは、平成 11 年度に試行を行い、平成 12 年度から授業の一貫として単位を付与して実施している。本制度も開始から 16 年を経過し、企業との相互理解も深まっている。また参加学生数もこの 2 年間は約 100 名に達している。このように、本事業は人材育成の手段のひとつとして、本学のキャリア教育の中で重要な位置を占める事業として定着している。

本報告は、平成 27 年夏期に静岡理工科大学において行われたインターンシップに関して、事業計画、受入企業に対する依頼、参加学生の募集、実習内容、参加学生の成績評価、実習結果の総括など、各段階における経過および結果を昨年度までのデータと比較可能な形でまとめ、本事業によって得られた成果や問題点を明らかにし、来年度以降の実施に向けた改善に資することを目的としている。

特に、学生および受入企業からの報告書を詳細に分析し、学生がインターンシップにおいてどのような内容の実習を行い、成果として何を得たか、また、企業による学生および実習内容の評価などを検討した。さらに平成 11 年度から平成 27 年度までの 16 年間のインターンシップ実施結果を総括的にまとめ、来年度以降のインターンシップに関する展望についても述べる。また、今年度 4 回目の取り組みとして平成 28 年春期に行われる春期インターンシップについても、その取り組みの概要を紹介する。

2. 平成 27 年度インターンシップの計画

昨年度の申し送りとして、以下の点が挙げられていた。

- ① 本学のキャリア形成教育が学生に広まってきたことにより、インターンシップへの関心も高まり、さらに学生の応募数が増加することが見込まれる。このことから、従来の受入れ企業との関係を深めると共に、さらに新規受入れ企業の開拓が必須である。
- ② 実習生の態度や状況について、企業からの評価の一部に良好とはいえないものもあり、事前研修を通して基本的なビジネスマナーを身につけさせる必要性が年々高まっている。
- ③ 春期インターンシップのあり方についてより具体的

に検討する。

平成 27 年度インターンシップは、これらの問題点を改善するため、以下の事業を取り入れた。

- ① 新規インターンシップ受入れ企業開拓に取り組んだ。
- ② 企業側への受入希望調査を一昨年、および昨年同様 4 月に開始した。
- ③ 企業からの全提出物を昨年同様 Web 上で入力できるようにし、インターンシップ受入れ申込み、実習報告、評価作業等の効率化によって企業の負担を軽減した。
- ④ 学生からの書類提出や手続きを主にキャリア支援課で取り扱い、同時に挨拶や言葉遣いの指導も行った。
- ⑤ 昨年度に引き続き春期インターンシップを行った。

上記施策により、事務的作業の効率化と簡便化を図りながら、学生の積極性の向上と意欲の喚起を図り、より高い教育効果が得られるインターンシップの実施を目指した。

3. 受入企業への協力依頼

地域社会との密接な連携を特色とする本学の教育の中において、インターンシップ制度は地域産業との連携による、地域に役立つ人材の育成、地域の企業や地域社会との交流の推進などの観点から重要な役割を負っている。協力依頼企業の選定にあたっては、過去 16 年間の受入依頼の発送状況や、これまでの就職状況などを充分に考慮し、以下の条件で依頼状送付企業の選定を行った。

- ① 昨年まで依頼状を送付したが返事の全くない企業、インターンシップ不可の返事をいただいた企業を削除。
- ② 平成 26 年度卒業生の就職先企業のうち、通勤可能な地域の企業を追加。
- ③ 春期インターンシップに関する企業アンケートにおいて、夏期インターンシップ受入れが可能と回答のあった企業、インターンシップに前向きな企業を追加。
- ④ 求人ナビ登録企業の中で、インターンシップ受入れが可能で、通勤可能な地域の企業を追加。
- ⑤ 通勤可能な地域の市役所、図書館などを数件追加。

上記条件で選考の結果、インターンシップ受入れの可能性の低い事業所を削除するとともに、新たな事業所を追加し、4 月に昨年度と同数の 550 社に対してインターンシップ事業の協力依頼を実施した。その結果、平成 27 年度においては、104 事業所・228 名分(昨年度は 96 社 226 名分)の実習テーマ受入申し込みがあった。

2016 年 2 月 26 日受理

*¹ インターンシップ WG リーダー, *² 機械工学科, *³ 電気電子工学科, *⁴ 物質生命科学科, *⁵ 人間情報デザイン学科, *⁶ コンピュータシステム学科, *⁷ キャリア支援課

表1 実習先受入企業一覧表(受入回答企業104社、募集人数228名、実習実施企業67社、実習学生123名)

No.	会社名	実習地	テーマ	期間	日数	受入人数	実習人数
1	株式会社アーティス	浜松市中区	ウェブサイト制作に関する業務を理解する	9/7-9/18	10	1	1
2	株式会社RST	静岡市葵区	社会に出て働くとは?実践を通して体感するインターンシップ	9/8-9/14	7	10	5
3	株式会社アイゼン	浜松市南区	求められる精度と高品質を各工程ごとに実現する	8/31-9/11	10	1	1
4	アイテイ・インターナショナル株式会社	静岡市葵区	コンテンツとITの実習	8/31-9/4	5	2	2
5	株式会社森町体験の里 アクティ森	周智郡森町	接客を通してサービス業を学んで頂きます。	8/5-8/18	14	2	1
6	ASTI株式会社	浜松市南区	車載電装品、又は制御機器の設計評価/製造工程分析の補助	8/24-9/4	10	1	1
7	天方産業株式会社(サーバとネットワーク)	浜松市中区	サーバとネットワークについて	8/31-9/11	10	1	1
8	天方産業株式会社(電子・制御システム)	浜松市中区	電気・電子・機械・情報通信のシステム機器と部品取扱い	8/31-9/11	10	1	1
9	株式会社出雲殿	浜松市中区	実施店舗によってアーマは異なる(要相談)	8/5-8/11	7	2	2
10	株式会社ウインウイン ピーターパン(あおいの杜)	静岡市葵区	パン作りを通して、お客様に喜んでいただける仕事をする。(あおいの杜・静岡市葵区)	9/2-9/4、9/7、9/9 9/2-9/6	5	2	2
11	株式会社ウインウイン ピーターパン(するが工房)	静岡市駿河区	パン作りを通して、お客様に喜んでいただける仕事をする。(するが工房・静岡市駿河区)	8/5-8/10	6	2	2
12	株式会社ウインウイン ピーターパン(小麦市場)	焼津市	パン作りを通して、お客様に喜んでいただける仕事をする。(小麦工場・焼津市)	8/13-8/15、8/26-8/31	9	2	1
13	株式会社エーピーアイコーポレーション 袋井工場	袋井市	微生物を用いての発酵実験及び発酵液からの有用物精製実験	8/5-8/7、8/17-8/21	8	2	2
14	株式会社エキスパートパワーシズオカ	静岡市清水区	技術職	8/17-8/21	5	3	3
15	エズカ工業株式会社	磐田市	機械等の部品製作の補助、検査、組立、及び事務業務	9/1-9/12	10	1	1
16	NNP電子株式会社	磐田市	電子制御機器の試作補助、実験、データ取り、検証	8/31-9/11	10	1	1
17	株式会社オーミ	磐田市	ものづくりの基本となる金型作りを体験する	9/14-9/24	9	2	2
18	株式会社小楠金属工業所	浜松市西区	精密機能部品の切削加工と生産技術	8/31-9/11	10	1	1
19	株式会社かきこや	浜松市中区	明るく元気な接客	9/1-9/11	10	2	2
20	掛川市役所	掛川市	地方行政事務	9/14-9/19	5	1	1
21	小泉アフリカ・ライオン・サファリ株式会社(富士サファリパーク)	裾野市	ふれあい動物の提供	8/12-8/25	14	1	1
22	株式会社ユーリツ	磐田市	マニュアルトランスマッision部品の組立作業	8/17-8/28	10	2	2
23	株式会社サイダ・UMS	焼津市	物作りの現場を実際に見て、面白さを体験する	8/31-9/11	10	2	2
24	株式会社サンテック	藤枝市	自動化装置の製作過程及び基本構成の修得	8/31-9/11	10	2	1
25	三明機工株式会社	静岡市清水区	世界トップ水準のロボットシステムメーカーのモノづくりの魅力	8/31-9/4	5	4	4
26	株式会社静岡制御	静岡市葵区	制御盤製作の基本知識習得	9/7-9/18	10	2	2
27	静岡ビルサービス株式会社	袋井市	建物、維持管理	8/31-9/11	12	1	1
28	株式会社ミステック	浜松市北区	インターネットを通じて、「何のために働くか!働く意味・意義」を考える	9/7-9/17	9	2	2
29	株式会社静鉄ストア	掛川市	食に触れる(接客、販売、製造、清掃、荷出しなど)	8/17-8/23	7	1	1
30	株式会社榛葉鉄工所	掛川市	マフラー製造工程の実習とエクセルを使った管理資料作成	8/17-8/28	10	2	2
31	杉山メディアサポート株式会社	浜松市北区	画像処理・デザイン・SE・プログラマ・webデザイン	9/3、9/4、9/7-9/9	5	3	3
32	鈴与システムテクノロジー株式会社	静岡市清水区	チームで協力してひとつの仕事を完成する	9/7-9/11	5	1	1
33	社会福祉法人聖隸福祉事業団	袋井市	日本最大級の社会福祉法人で医療・保健・福祉・介護サービスについて知ってください	9/3、9/4、9/8-9/10	5	1	1
34	タイコエレクトロニクスジャパン合同会社	掛川市	世界最高水準にある製造技術とそれを下支えする改善活動を体験する	9/7-9/11	5	2	2

35	高松電機株式会社	浜松市東区	自動制御装置の組立等	9/7-9/18	10	2	2
36	株式会社田子重	焼津市	ふだんの生活を支えるスーパーマーケットで働いてみませんか	8/17-8/28	10	3	1
37	株式会社島鉄工所	富士市	製造工程における基礎体験	8/5-8/11	5	4	4
38	農事組合法人 茶夢茶夢ランド 苔山園(茶)	牧之原市	食を支えるのは農家だけではない(茶)	8/31-9/4	5	6	2
39	袋井市 月見の里学遊館	袋井市	文化施設での事業の企画運営を体験できます	8/8-8/23	10	2	2
40	東海サーモエンジニアリング株式会社	浜松市東区	空調設備の設計実習、冷媒配管加工実習	9/7-9/9、 9/11、9/15	5	1	1
41	東名電機株式会社	富士市	配電盤・制御盤の組立	8/31-9/11	10	2	2
42	株式会社特電	沼津市	社会人とは?特電とは?電気の基礎からシーケンス制御まで	8/17-8/28	10	5	1
43	豊川信用金庫	愛知県豊川市	研修センターでの講義及び営業店職場実習	8/10-8/14	5	3	1
44	豊橋鉄道株式会社	愛知県豊橋市	大卒総合職における職場実習	8/17-8/28	10	1	1
45	ニチアス株式会社 袋井工場	袋井市	生産技術開発及び製造業務の補助	9/7-9/11	5	1	1
46	法多山 尊永寺	袋井市	参拝者の目線を大切にした境内管理	9/4-9/8	5	3	3
47	浜松鉄工株式会社	磐田市	加工部品の工程設計～機械加工～出荷までの作業を行う	9/1-9/14	10	2	2
48	袋井市役所	袋井市	一般行政事務の補助、事業運営の補助など	8/6-8/12 8/20-8/26 8/27-8/31	5	3	3
49	富士川まちづくり株式会社	富士市	遊びや体験を通して子供達に科学の不思議を伝える	8/5-8/7、 8/23-8/25、 8/29、8/31 8/5-8/7、 8/26-8/29、 8/31	8	2	2
50	富士市役所	富士市	一般事務職、技術職 他(要望により調整)	8/17-8/21	5	2	2
51	富士ゼロックス静岡株式会社 浜松支店 ODPC	浜松市中区	ゼロックス複合機を活用した、オンデマンド印刷業務の流れを学ぶ	8/31-9/11	10	1	1
52	株式会社ブレテック	焼津市	物づくりの実体験	8/17-8/28	10	2	2
53	株式会社プローチ研削工業所	浜松市東区	ワイヤー放電加工などの精密加工及び測定	9/10-9/18	7	2	2
54	ペルファーム株式会社	菊川市	ハウス農園(トマト栽培)	8/5-8/11	5	3	2
55	ポーラ化成工業株式会社	袋井市	製品品質検査(受入～出荷)	8/17-8/21	5	1	1
56	株式会社マイスター・エンジニアリング 東京本社	東京都大田区	外観検査装置デモ機の作成	8/31-9/4	5	1	1
57	松本印刷株式会社	吉田町	営業、制作、印刷、仕上加工	8/17-8/21	5	1	1
58	焼津市立焼津図書館	焼津市	図書館業務一般	9/9-9/13	5	1	1
59	矢崎化工株式会社	静岡市駿河区	現場改善機器の設計・製作体験 等	8/17-8/21	5	1	1
60	やまと興業株式会社	浜松市浜北区	商品開発	9/7-9/18	10	3	3
61	ヤマハモーターエレクトロニクス株式会社	周智郡森町	(未定)〈昨年度実施内容〉技術試作と評価に関する実習	9/7-9/11	5	2	2
62	ユニインフォーメーション株式会社	掛川市	ソフトウェア開発又は品質検査	9/7-9/18	10	1	1
63	ユニクラフトナグラ株式会社	湖西市	生産改善・マシンオペレータ	9/7-9/18	10	2	2
64	ユニ・チャームプロダクツ株式会社	掛川市	製造全般	8/17-8/21	5	3	3
65	リンナイテクニカ株式会社	掛川市	作業工程管理	8/24-8/28	5	2	1
66	株式会社レオパレス 21	静岡市葵区	ビジネスマナー/接客マナーの習得や、マーケティング活動を通しての企画立案	8/17-8/21 9/7-9/11	5	3	3
67	株式会社ロジック	浜松市中区	システムエンジニア・プログラマー	9/7-9/18	10	3	2
68	六興電気株式会社	静岡市葵区	施工管理業務、事務補助業務の体験	9/3-9/9	5	2	2
69	菊川市役所	菊川市	ホームページの更新作業 or イベントの運営補助	8/24-8/28 9/9-9/10、 9/11、9/13、 9/14 9/15-9/19	5	3	3
70	株式会社セイユー 富士芝川工場	富士宮市		8/17-8/22	6	1	1

表2 実習学生の学年・学科別人数

学科	2年	3年	院 1年	計
機械	1	39		40
電気電子		28		28
物質生命	1	20		21
コンピュータ		21		21
人間情報	2	11		13
大学院				
計	4	119		123

表3 実習企業地域別内訳

県・市名	社数	県・市名	社数	県・市名	社数	県・市名	社数
浜松市	15	富士市	4	湖西市	2	裾野市	1
静岡市	9	掛川市	3	沼津市	2	藤枝市	1
磐田市	5	焼津市	3	森町	2	富士宮市	1
東京都	5	神奈川県	2	愛知県	2	牧之原市	1
袋井市	5	菊川市	2	香川県	1	吉田町	1

表4 インターンシップ事前・事後研修会、報告会 出席者状況

学科	第1回	第2回	第3回	報告会	計(のべ)
機械	65	45	39	38	187
電気電子	58	35	25	28	146
物質生命	56	28	22	18	124
コンピュータ	33	23	20	21	97
人間情報	33	17	14	1	65
大学院	0	0	0	0	0
計	245	148	120	106	619

景気概況的には平成27年度は昨年に引き続き円安やアベノミクスによる株高を背景に明るい見通しが続き、後半若干世界経済が不安定になったものの、企業の新卒採用意欲は高く、受入れ企業数、受入れ可能募集人数ともに昨年より増加した。これは本学のインターンシップ制度への地元企業の理解が広まってきたことと、依頼企業の選択に関して、事務局職員の多大なる努力の成果である。

4. 参加学生募集と派遣企業の決定

4月の履修ガイダンスなどを利用し、全学学生に対して事前研修およびインターンシップ実習への参加要請を行った。また、報告書の提出と報告会および事後研修全てに参加しなくては単位の取得ができないことを告知した。その上で、インターンシップ参加希望者には4月14日の第1回の事前研修をはじめとして、全3回の事前研修を実施した。参加希望学生と派遣企業の決定に当たっては、受入企業側から提示された「実習テーマ」をもとに、学生が実習内容をよく検討した上で希望企業を選定し、第5希望までの受付を行った。希望学生が実習定員を上回った企業については、学生の意欲や専門分野と実習内容の関連等を考慮して選考を行った。また、学生の通勤の可能性についても検討し、通勤に特に時間がかかりそうな学生については個別に確認を行い、派遣学生を決定した。このように、極力学生の希望が優先されるよう配慮し、67社(昨年度は61社)に123名(同98名)の実習生を派遣することができた。実習生を派遣した企業ごとの実習期間、派遣実習生の人数などの一覧を表1に示す。また表2および表3に、学年別および学科別の実習生数の内訳および受入企業の地域別内訳を示す。

5. 事前教育について

前述したように、4月14日から3回にわたり事前研修会を開催し、インターンシップを受けるにあたり、基礎的必要事項や心構えなどを説明した。第1回事前研修は、245名(昨年度は238名)の参加があり、300講義室での開催となった。第1回事前研修の内容は、インターンシップの概要とインターンシップに参加する上での考え方や心構え、履修手続き等について説明を行った。また、近年採用

に際して特に重視されている社会人基礎力について改めて紹介し、この力を養うためにインターンシップを役立てができるることを強調して、動機付けを行った。第2回事前研修では、先輩による体験報告、および、実習先決定報告書や履歴書等の作成についての説明を行った。第3回事前研修では、実習に出向くにあたっての諸注意事項、報告書類等提出物の説明をおこなった。以上3回の事前研修によって、学生の動機を十分に高めるとともに、ビジネスマナーの重要性に関する理解の徹底をはかった。

近年は、初年次からキャリア形成教育がカリキュラムに組み込まれ、十分なキャリア教育が行われているため、昨年同様事前研修は3回とした。3回にわたる事前研修によって明確な目的意識を持った学生を実習先に送ることができたと考えられ、回数に関しては3回で必要十分であると思われる。事前研修への参加者数を表4に示した。各事前研修はビデオに収録し、事前研修当日に実験・実習やその他の理由により参加できなかった学生も、後日DVDを見て内容に関するレポートを提出することにより、事前研修の補講を受けることができるよう配慮した。また、このDVDは春期インターンシップの事前研修にも利用した。第1回事前研修参加者245名(昨年度は238名)の内、123名(昨年度は98名)が企業実習を行うこととなった。第1回事前研修参加者中の実習参加率は53.9%(昨年度は41.2%)となり、参加率は昨年度と比べて増加し、参加人数も昨年度を20名以上上回った。ここ3年は概ね100名の参加者を得ており、本年度は過去最高の参加人数になったものの、遅刻や無断欠席による不合格者も5名に上った。従って、いたずらに参加者数・参加割合を増やす段階は過ぎ、今後は学生のキャリアへの覚醒を促しながら、インターンシップ参加者の質を上げるべき時期になっていると言える。

6. 受入企業数と参加学生数の推移

インターンシップの実習を行うにあたって、まず本学と実習生受入企業との間で“覚え書き”を作成した。これは双方の義務や責任を明らかにするとともに、万一の場合に備えて、実習生の受入に関して大学および企業の双方が遵守すべき事項を確認するためであり、双方が署名捺印した。

表 5 インターンシップ実習テーマの分野別分類

[機械設計・開発・などの分野]	ECO製品の設計開発・製造、配電盤・制御盤の設計・製造精密自動車部品・精密家電部品の製造・計測器・ロボットシステムの開発・製作、電気設備工事の施工管理。
[生産・機械加工・試作・もの作り・などの分野]	発酵技術を駆使した医薬中間体・原薬の製造、農業(モモ、ブドウ、キウイ)・ジャム製造販売、農業教育、化粧品製造、研究から生産まで一貫した体制での作り。
[情報関係などの分野]	ウェブサイトの構築と運営、ICTソリューションの提供、インターネットを利用したメディア事業、ウェブシステムの研究開発及び提供、インターネット通販事業、コンテンツ(映像系・Web系)制作、ITシステム構築、物流・商流・航空など幅広いシステム開発やデータセンター・ネットワークサービス、お客様にトータルソリューションを提供するシステムインテグレーター。
[企業経営・管理・などの分野]	山と川に囲まれた自然の中でスポーツや工芸体験ができる観光施設の接客サービス、水産製造加工メーカー直営のマリンステーションの接客サービス、金融業、職場体験・グループワーク、スーパー・マーケットにおける業務、ビルマネジメント総合管理、自動車の買取・販売、ホテルにおける業務、ファイナンシャルプラン業務、農産物を生産から販売する地域資源プロデュース業務、自動車ディーラー。
[検査・測定・実験・などの分野]	地方行政事務、地方公共団体事務、公共文化施設における業務、境内管理(清掃・まき割り・伐採など)、受付業務(参拝者への応対など)、図書業務、子供科学体験館、プラネタリウムでの運営補助と接客業務。
[電気・電子関係の開発・実験・などの分野]	
車載電装品、ホームエレクトロニクス、情報通信機器、制御機器等の製造・販売、自動車用コネクタの開発・生産、生産工場の設備(自動制御装置)の設計・製作・施行、輸送機器などの電装部品の開発・製造・販売、電気・通信機器や放送用機器などの多様な製品のLSI設計ソフトウェアの開発・ハードウェア	

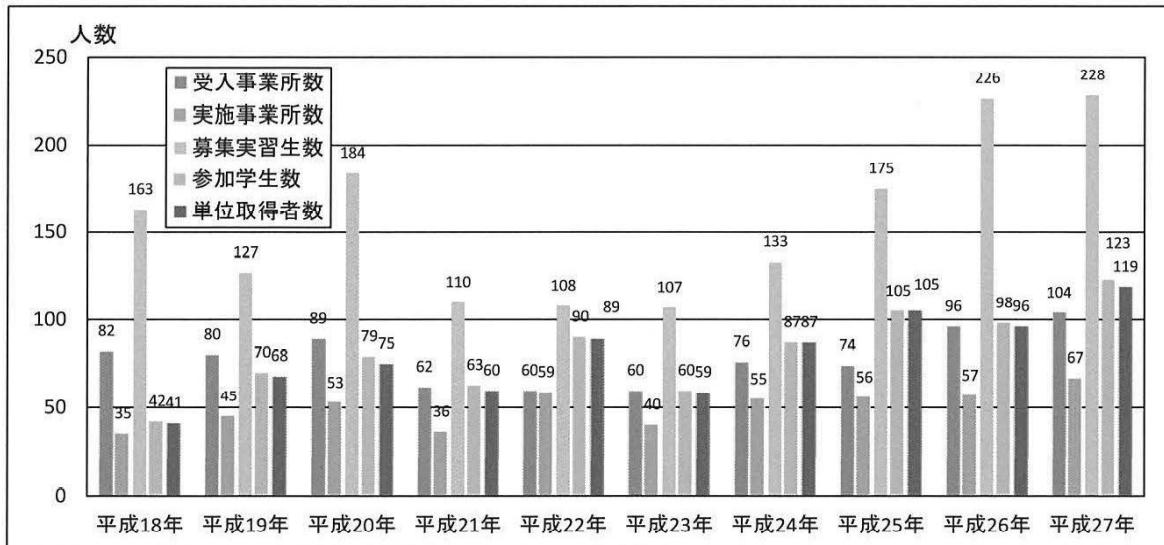


図 1 受入企業等の数および参加学生数(10 年間の変化)

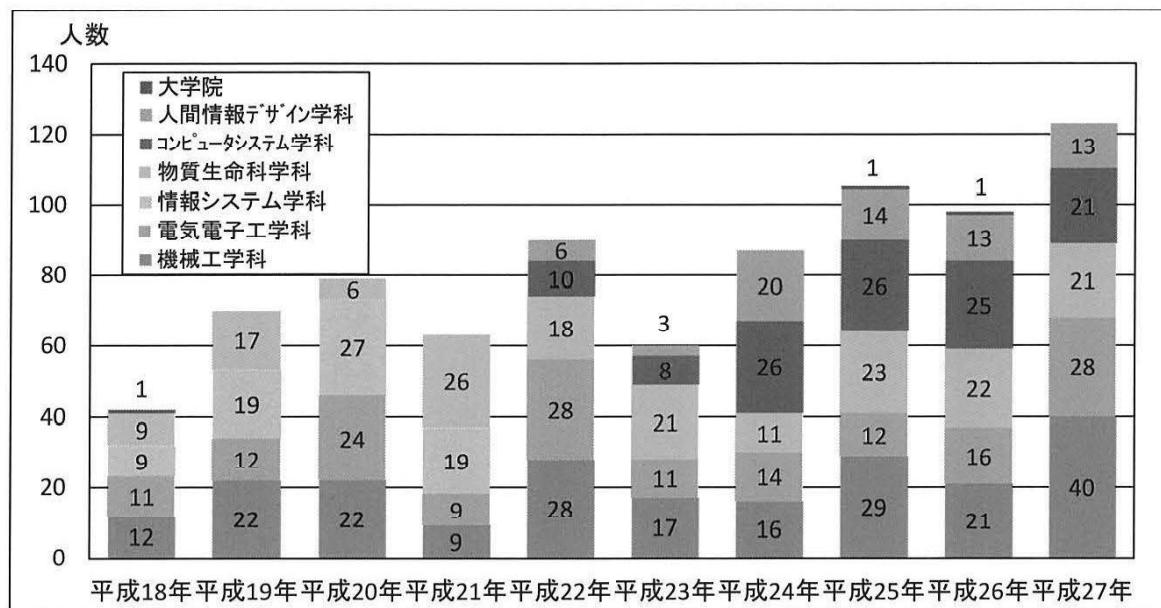


図2 参加学生数の内訳(10年間の変化)

また学生は実習に先立って、参加申込書の提出時に助言教員の承認をうけることになっている。これは本学教員への連絡だけでなく、学生が自から参加の意思を示すことで、キャリア教育への参加の機会を増やすためでもある。

インターンシップ実習は、8月5日から9月24日までの本学の夏期休業期間中に各企業において行われ、滞り無く終了することができた。各事業所における実習期間中は、インターンシップに対する協力の御礼と学生の実習状況の視察を目的として、受入れ企業に担当教員が出向き、実習受入担当者と面談を行った。

本年度に各受入企業等において実施されたインターンシップの実習テーマについて分野別に分類したものを表5に示した。また、本学でインターンシップを実施した10年間の受入企業数、実際に実習を実施した企業の数、募集学生数、参加学生数、単位取得学生数の変化を図1に示した。今年度は受入れ企業・実施事業所数・募集実習生数は昨年とほぼ同等だったが、参加学生数が、キャリア形成教育の成果が現れ、昨年よりも大幅に増加した。10年間の参加学生の累計は817名となった。参加学生の学科別内訳を図2に示した。本年の特徴は、機械工学科・電気電子工学科の学生の参加人数が増加したことである。

7. インターンシップで学生は何を得たか？

以下では、学生の実習報告に基づいて、実習によって得られた成果、実習を行った感想、実習に関する反省などについてまとめた結果を報告する。

7.1 実習内容

学生が実際に行った業務内容の詳細を事項別にまとめ、よく行われていた主要な業務内容を図3に示す。「製作、組立、加工」が36.6%、「営業、接客、販売」は18.7%であった。昨年度とほぼ同様の値であった。「実験、測定、試験、分析」は5.7%で昨年の1/2であった。実験、測定をもう少し多く実習してほしかったが、景気がよく、企業の持つ機械の稼働率が高くなり、結果的に実験、測定作業の余裕がなくなった可能性もある。

7.2 実習によって得られた成果

「実習の成果」についてまとめたものが図4である。1位の「企業や職場の雰囲気がわかった」は28.2%、2位の「人との付き合い方、会話の重要性」は18.7%で、その他の項目も昨年度とほぼ同率であった。どのような職場へ行っても、学生の感じる所は等しいと思われる。

アンケートの自由記入欄に“実際に企業に行って職場の雰囲気、仕事への責任の重さなどを体感できて貴重な体験が出来たと思います”など、インターンシップでの実習が自分のためになった旨の記述が多くみられた。さらに、“5日間は短く感じてしまった10日間ぐらいが適切”など実習期間延長の要望も数件あった

7.3 実習に関する感想

「実習に関する感想」についてまとめたものが図5である。1位の「貴重な体験ができた」は26.3%、2位の「経験を生かして自分の進路をきめたい」は17.0%で昨年度4位であった。今回も経験を生かし今後につなげる目的は達成されたと考えられる。3位の「実習担当者の助言がためになった」は、昨年度6位であった。インターンシップ先の配慮が垣間見える。さまざまな仕事から充実感を味わえたものと思われる。「問題点の解決が面白かった」は3.8%であり、昨年度の3.5%と比べほぼ同率である。

インターンシップは、現実の厳しさを知り、自分の進路を決めるためのトリガを与える貴重な機会を提供しており、重要な実習の一つであると思われる。今後も、多くの学生をインターンシップに参加させる方策を検討していく必要がある。

7.4 実習に関する反省

実習に関する反省として記載された事項を整理したものを図6に示す。昨年度4位の「うまく話や説明ができなかった」ことが20%で1位に、「もっと質問すべきだった」が18%で2位になった。昨年度3位であった「基礎的、応用的な知識が足りなかった」は、今年度4位になったが、昨年度とほぼ同率で17.7%から16%になった。本学学生の実力不足が感じられる。第3位の「集中力が途切れてしまった」は、昨年度の4位13.4%から17%になってしまった。1位から4位まではほぼ同じような率で、

順位については昨年度に比べて変化しているが、本質的には昨年同様であると言える。

アンケートの自由記入欄に“富士宮の市役所もインターンシップに加えることは出来ないか”, “菊川市役所でもう1週間増やしてほしい。”との意見があった。受入れ先企業の開拓に対する要望が多いように思われる。また、「日程や服装、実習に必要なもの等に関する情報をもう少し早く知りたかった。(今回は実習が始まる直前に資料が郵送されてきた)」, 「求人ナビの募集の時点では組み込みシス

テムについて書いておらず、インターンシップマッチング会で実習内容に組み込みシステムがあることを知ったので、募集の方にも記載してほしかったです」など事前準備に関わる情報提供を求める意見があった。情報提供は早期に確実に行う必要があると考える。また、“準備期間を増やしてほしい。”などの意見もあった。これらの要望について、すぐに対応することは難しいかもしれないが、徐々に改善していく必要はあると感じた。

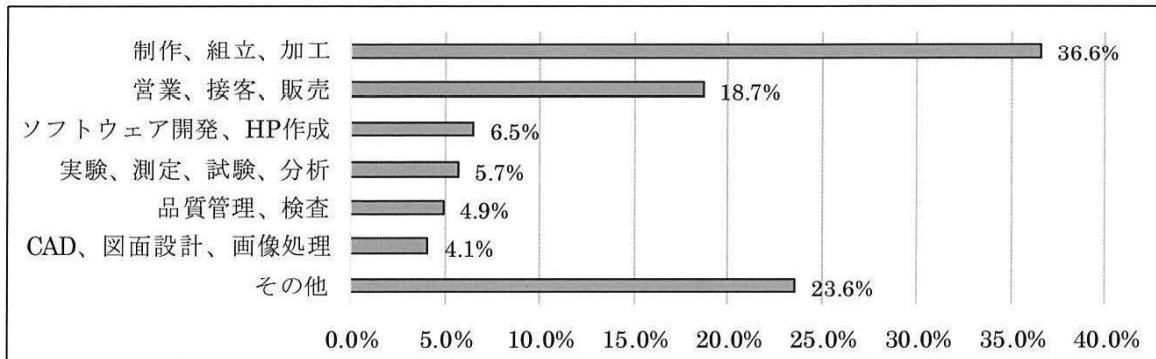


図3 実習内容の詳細

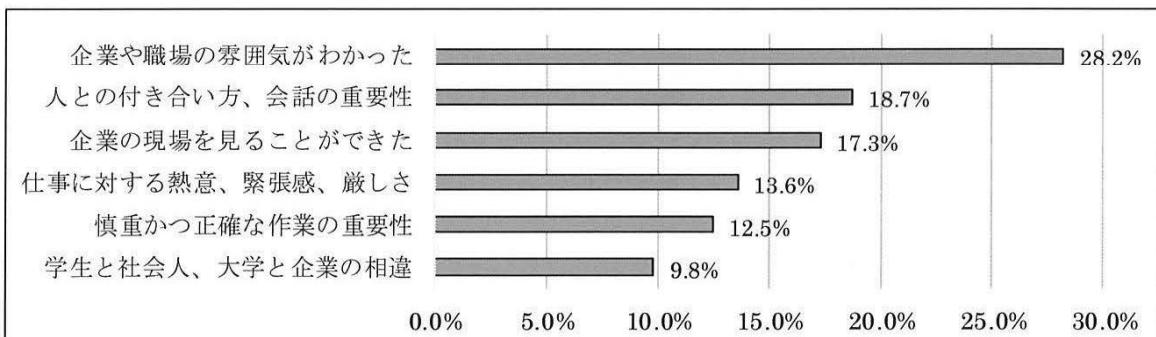


図4 実習によって得られた成果

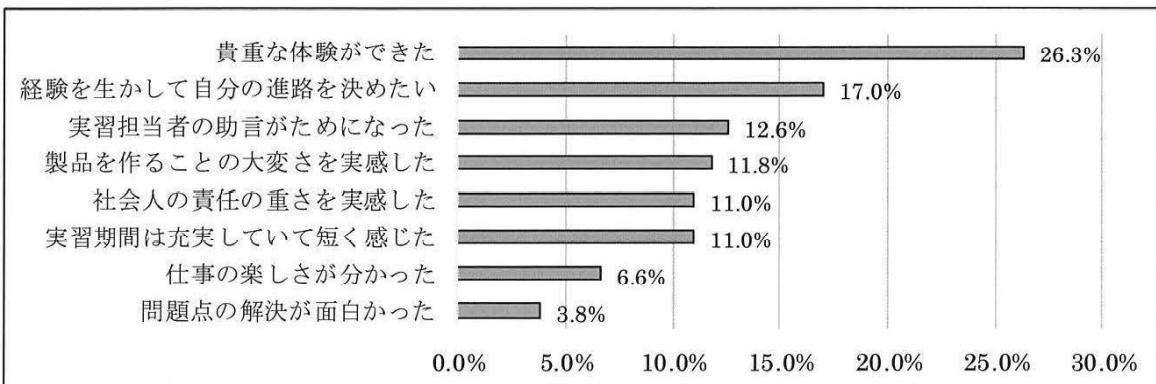


図5 実習に関する感想

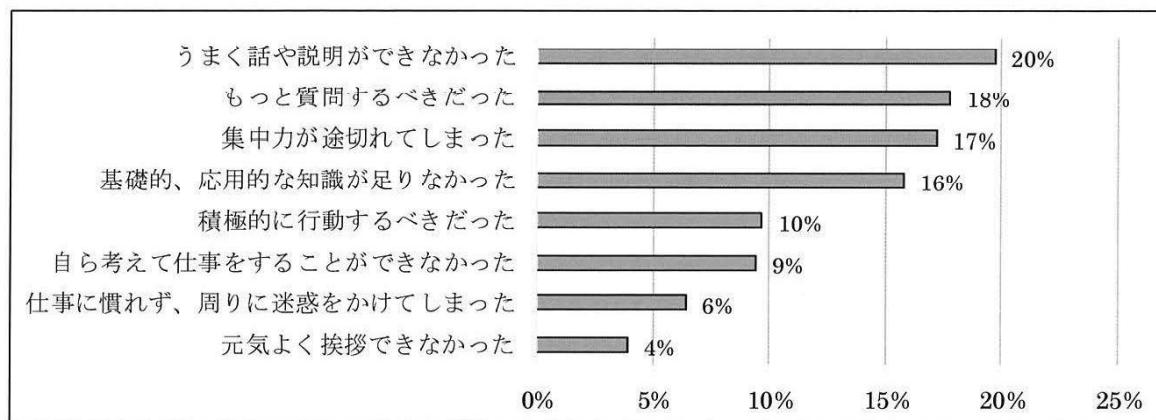


図6 実習に関する反省

表6 インターンシップ実習生に対する個人別評価 (5段階評価, 回答数 123)

評価項目	評点					平均点
	大変良い	やや良い	普通	やや劣る	劣る	
勤務状況(欠勤、遅刻、相対などの状況)はいかがでしたか?	90	23	7	2	1	4.6
	73.2%	18.7%	5.7%	1.6%	0.8%	
勤務態度(言葉遣い、挨拶、返事などは)はいかがでしたか?	59	34	22	6	2	4.2
	48.0%	27.6%	17.9%	4.9%	1.6%	
実習内容はよく理解できていましたか?	40	48	32	3	0	4.0
	32.5%	39.0%	26.0%	2.4%	0.0%	
仕事に対し、よく実行・行動・努力していましたか?	42	48	29	3	1	4.0
	34.1%	39.0%	23.6%	2.4%	0.8%	
仕事は正確で良い結果を出していましたか?	31	53	35	3	1	3.9
	25.2%	43.1%	28.5%	2.4%	0.8%	
創意工夫の姿勢は見られましたか?	23	45	44	10	1	3.6
	18.7%	36.6%	35.8%	8.1%	0.8%	
仕事に対する積極性はいかがでしたか?	34	42	34	12	1	3.8
	27.6%	34.1%	27.6%	9.8%	0.8%	
責任感を持てていましたか?	39	44	37	3	0	4.0
	31.7%	35.8%	30.1%	2.4%	0.0%	
協調性はいかがでしたか?	34	54	29	4	2	3.9
	27.6%	43.9%	23.6%	3.3%	1.6%	
全体評価	44	52	23	4	0	4.1
	35.8%	42.3%	18.7%	3.3%	0.0%	

8. インターンシップ実習の評価（受入企業、訪問教員）

インターンシップ終了後、実施状況をできるだけ詳しく調査して問題点を把握するために、昨年と同様に受入企業、参加学生および訪問教員に対してアンケート調査を実施した。それらの結果について以下に述べる。

8.1 受入企業による実習生の評価

単位認定のため、学生の実習状況の評価を行う必要がある。そのため企業の実習担当者に依頼して、個々の実習生の実習状況に関する評価を求めた。評価は 10 の評価項目について 5 段階で評価するものとした。その結果(回答数 123)を表 6 に示した。全体評価の平均点は、昨年よりも 0.1 下がり 4.1 であった。個々の評価項目の平均点を比較すると、「勤務状況」と「勤務態度」は昨年と同じ値であったが、「創意工夫」と「積極性」は-0.1、「内容理解」、「実行・行動・努力」および「責任感」は-0.2、「正確さ」と「協調性」は-0.3 となり、全体的に昨年を下回る評価であった。さらに、各評価項目においては、「やや劣る」の評価を受けた学生の比率が、「勤務態度」および「協調性」を除いた全ての項目で増加していた（昨年度：「勤務状況」：1.0%、「勤務態度」：5.1%、「実習理解」：1.0%、「実行・行動・努力」：1.0%、「正確さ」：0%、「創意工夫」：2.1%、「積極性」：3.0%、「責任感」：2.0%、「協調性」：4.1%、「全体評価」：2.1%）。特に、「積極性」と「創意工夫」においては昨年よりも 6% 程度上昇しており、受身の姿勢で実習に参加し、積極性に欠ける学生の割合が増加したものと思われた。一方、「大変良い」の評価を受けた学生の割合は、「勤務態度」は昨年と同様であったものの、他の全ての項目が昨年を下回っていた（昨年度：「勤務状況」：78.6%、「実習態度」：48.0%、「実習理解」：41.8%、「実行・行動・努力」：48.0%、「正確さ」：39.8%、「創意工夫」：19.4%、「積極性」：35.7%、「責任感」：43.9%、「協調性」：49.0%、「全体評価」：44.9%）。特に顕著な低下が認められたのは、「協調性」に対する評価であり、コミュニケーション力に問題が見られた学生の割合が昨年よりも増加している傾向が認められた。

表 7 にはインターンシップ実習生に対する個人別評価の所見として述べられた主要なものを示した。多くの学生については積極的な行動が評価されていたが、「挨拶ができない」、「積極性に欠ける」、「コミュニケーションをとってほしい」等の問題点を指摘する意見も多く、「仕事内容を理解せずに参加したのではないか」、「同じことを何度も聞いてくる。メモをとらない」、「年配者や初対面者に対する言葉遣いに注意すべき」、「他人への配慮・気遣いが足りない」といった指摘も見受けられた。表 6 の結果を改善するためにも、今後、実習前の事前教育で、社会人としてのマナーを徹底させる指導が必要であると考えられた。

8.2 受入企業によるインターンシップの評価

受入企業担当者によるインターンシップに関する評価結果を図 7 に示した。昨年同様、いずれの項目も、90%以上の回答が「適切」あるいは「ほぼ適切」という結果となった。今年度は、3 つの項目で「不適切」が 0.0% となりこの点については昨年度と比べると改善されたが、昨年度と今年度の結果と比較すると「実習内容」については「不適切」の割合が 3.9% から 7.7% に増加しているため、実施内容について見直しが必要である。また、「実習態度」については「不適切」の割合が昨年度 8.0% から今年度 4.5% と減少したものの、この点については、事前研修の強化や、インターンシップを受けるのに相応しくない学生の受け入れ見合わせなどの措置も引き続き必要と考えられる。しかし、「実習内容」について「不適切」と回答した一部の企業からは、「怪我をさせられない」、「学生のやりたい仕事とマ

ッチングしない」、「仕事内容を理解せずに参加しているのでは」などの意見が出ており、これらの点は来年以降の実施にあたっての検討課題といえる。

8.3 学生によるインターンシップの評価

参加学生達自身によるインターンシップに対する評価結果を図 8 に示した。「実習内容」、「実習環境」、「指導内容」の満足度は昨年と同様高くなっているが、また「適切」、「ほぼ適切」、「やや不適切」、「不適切」の回答数の比率も、昨年度とほぼ同じであったが、「実習内容」について「不適切」という割合が 0.8% あったため、「実習内容」に関する事項については検討が必要である。例年 11 月に学内で開催される、参加学生によるインターンシップ報告会では、短い期間のインターンシップの中でもさまざまな体験を得たことが報告され、また、そのことにより学生が一步成長した様子が見られたのは喜ばしいことであった。この体験が学生の就職活動をはじめとした今後の人生に役に立つことを願ってやまない。

8.4 実習先訪問担当教員の報告

平成 27 年 8 月 7 日～9 月 24 日の期間、本学教員 47 名が 61 社の実習先企業を訪問し、インターンシップ先への御礼のご挨拶と本学学生の実習状況を確認した。具体的には、各企業のインターンシップ学生の受け入れ担当者および実習学生本人と面談し、仕事の内容、状況、学生の対応などの観察・聞き取りを行った。その後、教員にはアンケート調査が実施され、インターンシップ先での学生の実習への取り組み、意欲、そして、インターンシップ先企業の実習内容、それぞれに対して回答することが求められた。アンケート結果を、図 9 から図 11 にまとめる。

図 9 は、学生の実習への取り組みに対する教員の評価結果を示す。教員は 93.4% の学生の取り組み(非常に真面目である 72.1%+ 真面目である 21.3%) を真面目であると評価していた。この割合は、昨年度の割合(非常に真面目である 74.0%+ 真面目である 22.0% = 96.0%) とほぼ同じであった。

図 10 は、実習生の意欲に対する教員の評価結果を示す。教員は 93.4% の学生が意欲的に取り組んでいる(非常に意欲的 67.2%+ やや意欲的 26.2%) と評価していた。この割合も、昨年度の割合(非常に意欲的 82.0%+ やや意欲的 14.0% = 96.0%) とほぼ同じである。

図 9 と図 10 の結果を総合すると、インターンシップに参加した今年度の学生の実習態度は、昨年度の学生と同程度に、真面目、かつ、意欲的であると教員は評価したといえる。

図 11 は、インターンシップ先企業の実習内容に関して、訪問教員が 4 つの問に対して回答した結果を示す。その 4 つの問とは、(a) 教育的であったか、(b) 実習プログラムは充実していたか、(c) 指導状況は良好か、(d) 指導困難な様子はなかったか、である。図 11 に見られるように、全ての項目において、「そう思う」、「ややそう思う」の評価合計が概ね 80% を超えていた。この結果から、実習内容や、企業の指導者と学生の関係は、第三者である教員から見ても、概ねポジティブなものだったといえる。なお、「(d) 指導困難な様子はなかったか」という項目に対して、「そう思わない」という回答が 10% 程度あったが、この結果に対する解釈は慎重にならなければならない。このことは、「そう思わない」と回答した教員の個別の所見では、(d)への回答と矛盾して、「非常に丁寧に指導してもらっている」という回答が見られたことによる。さらに、別の教員から「質問事項の(d)は答え方が分からぬ」という指摘もあった。これらの点を考慮すると、(d)に関する結果は、「指導困難な様子はなかったか」という否定表現に対して、一部の教員による混乱を反映していた可能性がある。(d)の質問項

目の表現については次年度、修正しなければならない点といえよう。

最後に、訪問教員による訪問所見をまとめる。昨年度と同様、多くの教員はインターンシップの効果に関して肯定的な意見を提出していたが、以下のような今後解決すべき意見も散見された。

- ・学生側と受け入れ側との想いの間に、多少のミスマッチがあったかもしれません。
- ・受け入れ部署が2箇所しかなく一度に複数の学生を受け入れることは難しく時間をずらしての対応にならざるを得ないということであった。

- ・今のところ本学の学生は特に問題はないが挨拶・服装に難のある実習生もいるところでマナーについての事前学習はきちんとやってほしいということであった。
- ・コミュニケーション能力が必要とされている現場で、学生も実感できている様であった。
- ・現在参加している学生に関してはコミュニケーション能力の欠如を指摘された。

これらの意見から、学生個人と企業とのマッチング、学生の礼儀やコミュニケーション能力などが重要な課題であることがわかる。このような貴重な意見を基に、来年度以降のインターンシップを、就職活動の支援、就職への意欲向上、そして学生の今後の社会人としての活動の糧となるように、種々の改善を行っていきたい。

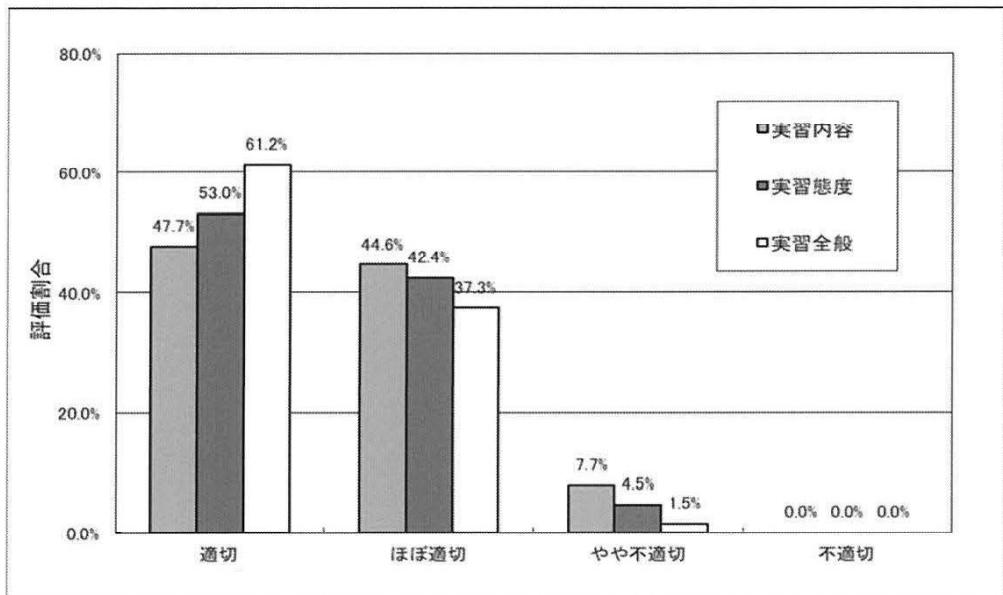


図7 受入企業担当者によるインターンシップへの評価

表7 インターンシップ実習生に対する個人別評価の所見

<積極的な行動が評価された>	
・ 真面目に取り組んでいて大変良かったと思います。	
・ 予定しておりました期間内で、台風の影響で困惑させましたが、一生懸命取り組んでいただきました。	
・ 積極的に仕事を理解しようとする姿勢が見られました。作業を改善してくれるなど大変貢献してくれました。	
・ 最初は緊張のせいもあり遠慮がちでしたが、徐々に主体性を発揮し卒なく取り組むことができたと思います。	
・ ただ、本来能力があると思いますので、目標を持って取組み成長に繋げていただきたいと思っております。よい習慣化を期待しております。	
・ 積極的に質問やコミュニケーションを図ることで、一層様々な事を学び感じることができていると感じました。	
・ 協調性を持って作業に当っておりました。農業に対する質問もあり社員が具体的な説明を致しました。将来の職業選択に役立ったことかと思います。	
・ どんな作業も真面目に行い、一つ一つの業務をやり遂げる達成感を実感してもらいました。	
・ 期間が短かったため、慣れてきた頃に終了という感がありました。はじめは少し大人しい印象を受けましたが、笑顔での接客ができていました。子供の接客という特殊な業種の中で、慣れようとする努力が見られました。色々な業種の仕事があること、それぞれのやりがいや楽しさ、厳しさがほんの少しではありますが、体験できたのではと思います。夏休みの忙しい時期に積極的にお手伝い頂き、当方も本当に助かりました。ありがとうございました。	
・ 3DCADの操作概念をよく理解でき、課題を要領よくこなしていました。途中からは他者の応援に回るなど、協調性も概ね良好だったと思います。挨拶と返事がしっかりと出来ていて、とても印象が良かったです。	
・ 積極的に学ぶ姿勢が見られました。大変良くやってくれました。	
・ 疑問に思ったことは積極的に質問していました。声が大きく、常に笑顔であったため、好感の持てる学生でした。	
・ 全般的に高いレベルで実習をすることができております。楽しんで取り組むことができている為、成長も実感され	

たのではないでしょうか?また気付きが多く、自己観照もできる学生だと思います。是非、大局観、多面的に事象を捉えるよう努力してみてください。更なる成長を大いに期待しております。

- ・挨拶と返事がしっかりと出来ていてとても印象が良かったです。
- ・大変時間が短い中の実習でしたが、その限られた時間の中で実際に「大雨警報」による災害対応に当たるという貴重な体験ができたと思います。この災害対応の時に感じたかもしませんが、どんな職種の仕事でも、「顧客」、私達で言うと「市民」からの様々な要望を的確に把握するとともに優先順位を判断し、迅速な対応が求められます。便利な世の中になればなるほど、これからますます住民ニーズは高まりを見せるることは間違ひありません。これから本格的に就職活動が始まると思いますが、信念を持ってやり遂げられる仕事を見付けられるようこれから頑張って下さい。
- ・加工、機械操作、段取りなどを素早く理解できており、順調に仕事していました。自ら機械や工具に興味を持ち、質問に対してもすぐに返答できていた、やる気を感じました。前向きで作業態度も良かったです。
- ・個別で話をすると、声が小さく心配していました。しかし、従業員全員の前で自己紹介をした際、大きな声ではっきりと自分の意志を伝えることが出来ていました。実習中、積極的な行動が目立ちました。
- ・言われなくとも始業就業時の挨拶が出来ていました。
- ・一層物事を明確に伝えることができれば、更に色々な考え方や知識等を聞くことができたように思います。
- ・初日から挨拶が良く、印象に残りました。担当者が説明をしていると、細かいところや疑問点などを積極的に質問していく、仕事に対するこだわりや前向きさが感じられました。将来の夢ややりたい仕事のことも話してくださいり、積極的で良かったです。
- ・言われなくとも始業就業時の挨拶を実行できました。
- ・今回の実習で、機械加工でのライン作業を問題なく実施することができました。また、作業をしながら製品を加工している様子の観察や機械名、ツール名、測定具の使い方など、様々な知識を前向きに覚えようという姿勢に好感が持てました。日や週のレポートで覚えた知識のまとめ方も社会人としての仕事の一環として指導させて頂きました。短期間でしたが、今回の実習で感じ得たことを今後に活かして頂きたいです。
- ・実直に向上心を持って作業に当たっていました。インターンシップ終了後も8月末までアルバイト生として留まり種々の体験をされたと思います。
- ・与えた課題の意図を正確に捉えられず苦戦していました。責任感が人一倍強いせいか、何とか一人で解決したいという傾向が強くみられましたが、指導により仕事での協調性の大切さについて理解していくだけだと思います。
- ・受け答えに対してはっきりと大きな声で答えられ与えられた仕事に対し責任感を持ち楽しみながら取組めた。
- ・今回の実習では、スターター部品の製造ラインで自動車部品完成品箱詰め作業及びラインオペレーター補助作業を行って頂きました。品質教育や実際の現場作業で、安全作業、正確な作業の大切さを理解して頂けたと思います。また、ロボットシステムに大変関心があり、多くの質問をするなど熱心な姿にとても感心しました。今後、専攻されている勉学に活かして頂きたいと思います。
- ・電子部品の調査選定に興味を持って熱心に取り組んでおられました。言葉遣い、返事もはっきりされており、大変好印象を持ちました。今後のご活躍を期待しております。
- ・実習については説明した内容を理解して正確に作業出来たと思います。実習以外の面でもう少し積極性があると良いと思います。
- ・周りを見ながら気付き、先回りして取り組めていたと思います。声が小さい点は必ず直した方が良いと思います。
- ・業務を通して、正確にかつ真面目に取り組んでいた。
- ・課題や実習に取り組む姿勢、自発的に質問する積極性は評価出来ます。プレゼン資料製作においては、Overtimeの作業も苦とせず、アニメーション等を駆使して完成度を上げようとしている姿も好感が持てます、フォームメールが届きました。
- ・アジサイの手入れにすごく達成感を感じてもらえたようでした。普段しない作業に興味を持つてもらいました。
- ・やる気、意欲が感じられとても良かったです。
- ・興味を持って作業を行っており、休みの日にはお寺や神社巡りも行くみたいで、最終日にはご朱印も書いてもらいました。
- ・電気電子工学科ということで、当社の機械系のお仕事に対応できるか心配していましたが、概ね問題なくこなせていたと思います。
- ・どの業務においても真面目に取り組んでおり、チームのメンバーとも進んでコミュニケーションを取っておりました。
- ・特に電子回路の分野では、持っている知識を十分に活かし、難しい課題にも積極的に挑戦していました。理解力にも優れており、基本をすぐに習得して応用編に活かすことができており、全ての分野の課題をクリアすることが出来ていました。どんなことに対しても『素直に学ぶ姿勢』がとても素晴らしいと感じました。
- ・電気工事に対し興味を持っており、前向きな姿勢に見えた。態度もいつも笑顔で、事あるごとに『ありがとうございます』と発言し印象がとても良かった。実習態度も大変真面目で、とても好感が持てました。
- ・とても礼儀正しく真摯に仕事をしていただき、環境政策課としても非常に助かりました。もう少し居て欲しいぐらいでした。ありがとうございました。
- ・協調性を持って仲間とも溶け込み、積極的に仕事を習得する姿勢が感じられました。

- ・ 実験から結果のまとめ,プレゼンまで,積極的にインターンシップに参加してもらいたい,インターンシップに参加した目的を達成できた様で,良かったと思います。
- ・ 慣れるまで少し時間がかかりましたが,真剣に取り組んでいました。
- ・ 任された業務については,責任を持って取り組みました。子育てを取り巻く現状の一部ですが,この経験が今後の進路に少しでも役立てばと期待しております。
- ・ 事前課題に対する取り組みが,過去で最も良かったと思います。インターンシップ中も積極的に取り組んでいただき,インターンシップに参加した目的を達成できたとプレゼンで発表していましたので,良かったと思います。
- ・ 従業員とも積極的にコミュニケーションをとるなど,前向きな姿勢が感じられました。
- ・ 明るく感じの良い人柄でした。次に何をやればいいかを聞き,メモを取り積極的に動いてくれました。
- ・ 夜間のスポーツ教室にも積極的に参加してもらいました。
- ・ 勉強されていることと,少し当社でのインターンシップ実習内容が異なっており,苦労されたと思いますが,積極的に取り組んでくれていたように感じました。少しでもこうした業界のこと興味を持っていただけたとしたら嬉しいと思います。短期間,広く浅くの実習で大変だったと思いますが真面目に取り組んでいただけました。挨拶もししっかりでき,IT分野の知識も豊富で優秀だと思います。コミュニケーション能力をさらに高めることにより,より立派になると思います。
- ・ ソフトウェア開発が主な研修内容でしたが,要求仕様に対して独自の視点での工夫が見られ,創意工夫の前向きな姿勢を感じられました。
- ・ 施設実習では,患者さんの視線の高さに合わせた声かけ,身体にやさしく触れながらの傾聴など,初めて介護という仕事に携わったのが不思議なほどの積極性があった。業務内容も覚えが早く,2日目からは,2手,3手先を考えて補助に入っており,自分自身が行うべきことを考えて率先して行ってくれていた。「人と接する仕事がしたい」という気持ちを大切にし,これから自分がどうありたいかをゆっくり考えて欲しいと思う。得意,不得意を自分なりに理解している様子なので,不得意な部分は今より意図的に取り組むようにすれば,今よりもっと思考の幅が広がり,様々なことに取り組めるようになると思う。
- ・ どの実習内容についても,まじめに取り組んでおり,やる気のある学生さんでした。ありがとうございました。
- ・ 細々した雑用から子供達が制作した映画に出演したりと大活躍でした。真面目に取り組んでいただきありがとうございました。仕事をしていく上での心構え等をしっかりと持ち,今後の活動に生かしていってください。
- ・ 素直な姿勢で責任感,積極性をもって業務に取り組んで下さいました。グラフィックデザインでの就職は専門的に学んだ美大生や専門学生が中心の採用となりますので,就職活動が始まるまでにデザインとアプリケーションの勉強をして作品集を制作される事をお勧めします。
- ・ ワークショップの企画運営という難しい仕事を率先してやっていただきました。ありがとうございました。短期間でしたので上記項目中,(5)の結果や(6)の創意工夫といった面で良い評価結果とすることはできませんが,勤務態度やこちらからの指示に対して,メモを取る姿や真摯に業務をこなす姿から非常に好感が持てました。今後も是非頑張って下さい。
- ・ 第一印象から好感を持てました。挨拶は特に良いと思います。対応する人の目をしっかりと見て丁寧に答えていました。わからないことは積極的に聞き真剣に取り組む姿を見せていただきました。インターンシップで何名かを担当させていただきましたが抜群の評価をしたいと思います。貴校のコミュニケーション教育の素晴らしいを感じさせられました。また,自分の子供にもインターンシップ実習生の話をしました。とても良い人に会えました。

<問題点の指摘があった>

- ・ 会社組織や仕組みなどを知りたがっていたようですが,当初はその希望もわからず現場作業に従事しておりました。後半に時間をとって対応しましたが,本人もどうして良いのかわからずに困惑していました。事前に本人とのすり合わせが必要だと感じました。
- ・ もう少し積極的行動と社員とのコミュニケーションをしていただけたら良かったと思います。
- ・ 大学で学んでいる事と今回の実習業務が全く違う為,興味関心が薄い。指示された作業は確実に出来るが,それ以外の事は興味関心がない。これまでの人生でも,これからの人生でも経験することがない仕事かもしれないのだから,その期間だけでも積極的に興味関心を持って体験して欲しかった。
- ・ 最初は暗くて大人しい印象を受けましたが,理解が早く,一人でできていました。旋盤工に向いていると思います。真面目にこつこつと作業をしており,皆より多少時間はかかりましたが,最後までしっかりとやりきってくれました。もう少し相手を見て話すことが出来れば,さらに良かったです。
- ・ 骨折の影響があったのかもしれません、率先して行動を起こすことがありませんでした。また,社内での挨拶が出来ないことも残念でした。
- ・ 控えめな印象を持ちましたが,積極性や,自発性が更に出せると良かったように思います。
- ・ 安全面に配慮した仕事ができていた,同じ工程を繰り返す作業も忍耐強くやっていました。たまに落ち着きがなく,担当者が話している際に見をしていることもあります。丁寧で飲み込みも早いですが,もう少し積極的だと良かったです。
- ・ インターンシップを受けるのが初めての職場もあり,教え方が下手なところもあったようで,申し訳なかったと思います。そのような時にこそ,質問や突っ込みが欲しいですね。大人しいところがありますね。

- ・与えられた取り組みは真面目にこなしてくれました。積極性に欠けていると感じました。また挨拶(社内)がなかつたことが残念でした。
- ・コミュニケーション(挨拶・報連相など)が率先してできない部分があった。慣れない環境であるため仕方がないが、挨拶はしっかりして欲しい。
- ・解らない所の質問等が少ないように感じました。
- ・緊張しているせいか声が小さい。こちらからの問い合わせにも反応が鈍い。多分、当社の仕事内容を理解せずに参加したのではないかと思う。それでは、何も得られないのではないか?
- ・年配者や初対面者と接する際の言葉使いに注意したほうが良いと思います。良く取れば、何でもフランクに発言する積極的な若者となります。悪く取ると、思慮の浅い無礼者と受け取られます。
- ・指導している中で、早とちりする処が有りました。
- ・全体的に真面目に取り組むことができておきます。ただ控えめな性格、自信がない為か前に出てくる場面が少ないよう感じました。ただ思慮深さはあり、発言にも周囲が驚かせられる部分もありました。弱みを克服しようとする姿勢もすばらしいと思います。これから多くのものを主体的に経験し自信と達成感を味わってください。期待しております。
- ・もう少し積極的行動と社員とのコミュニケーションをしていただけたら良かったと思います。
- ・接客はよく、ハキハキ大きな声を出している。同じことを何度も聞いてくる。メモをとらない。
- ・言葉遣い&勤務姿勢は良かったが、挨拶、他人(お客様など)への配慮・気遣いが足らない点があった。
- ・指導担当者が離席することが多い中、他の社員に相談するなどして、期間内に問題解決することができました。少ない時間の中で指導担当者への相談・報告も漏れの無いよう工夫して頂ければより良かったかと思います。
- ・実習内容(wordpress インストールからお知らせ表示プログラム、お問い合わせフォーム制作)まで一通り期間内で制作が行えました。さらに使いやすくするにはどうしたら良いかなど使う人目線で考えられ工夫できればもっと良いかと思います。
- ・コミュニケーションをしっかり取り、相手が何を求めているのかを把握することを今後も心掛けて行って下さい。
- ・事前予習の実施や不明点に関して自ら調査を行う点など、積極的な行動が見受けられ、大変良かったと思います。1点、実習結果に対して、自信が持てない面があり説明を求めた際の声が小さくなってしまう傾向がありました。
- ・一生懸命、積極的に動いてくれました。次に何をやるかを聞き前向きに取り組んでくれました。頭髪、ネクタイの締め方等、見た目の意識がもう少し必要です。
- ・もう少し元気があると良いです。仕事ぶりについては、正確で丁寧な印象です。

9. 平成 27 年度インターンシップのまとめ

本年度のインターンシップの取り組みを振り返り、以下のようにまとめる。

9.1 事前研修について

今年度の事前研修は、昨年度、昨年度と同様に 3 回とした。全学的にもキャリア形成教育も進んでいることから、回数については 3 回の事前研修で必要十分であると考えられた。参加者数については、昨年度から特に第 1 回事前研修への参加者が 200 名を超えるようになりました。本年度は 245 名の参加となった。特に第 1 回事前研修については、今後とも本年度と同様に 300 講義室以上に大きなキャパシティのある講義室の確保が必要である。なお各学科、学部別の学生の参加率についてみると、総合情報学部の 2 学科については、いずれも昨年度の参加者数を若干上回ったが、理工学部の 3 学科(機械、電気電子、物質生命)については昨年度の参加者数より上回っている。インターンシップ参加が就職活動のマストになりつつある昨今の状況を学生自身は理解していると思われる。このような好状況を生かすべく、とにかく第 1 回の事前研修には参加してもらえるように、ガイダンスの機会なども活用して様々な方法で学生へのアピールを今後も強化すると共に、社会人としての自覚を促す必要がある。

9.2 実習受入れ企業数について

今年度は依頼企業の状況を分析し、受入れの可能性のある企業に絞って依頼を行った。また、卒業生の就職先の中からもインターンシップ受入れの可能性がある企業を選別し、昨年度と同じ計 550 社に依頼を行った。この結果、104(昨年度は 96) 事業所、228(同 226) 名分の実習テーマ受入申し込みがあった。このように、受入企業社数、人

数については、昨年度を上回る数の実数を用意し、本年度のインターンシップ参加者数は過去最高を記録するに至ったものの、大学の講義のノリで出席すればよいという感覚で参加する学生が増えたことは残念である。インターンシップ参加が就職活動のマストになった昨今の状況を本学の学生にも広く自覚させ、質の高いインターンシップ体験にしていくためには、事前のマッチング会や助言教員の企業訪問を通じて、より厳しい、ためになる実習を企業サイドにもお願いしていく必要がある。

9.3 インターンシップ実習の評価

受入れ企業および学生自身の評価においては、例年「積極性」、「コミュニケーション能力」などの不足が指摘されているが、2015 年度はこれに加えて「創意工夫」と「積極性」の不足についての指摘が大幅に増加した。もちろん学生個人による差が大きく、学生の大半は真面目に参加しているのだが、今回初めて 5 名の無断欠席・遅刻による不合格者が出了ことを考えると、インターンシップの事前研修ではハッキリと「大学の講義とは異なる社会人経験」であることを訴える必要がある。入学時からのキャリア教育全般や、PBL、アクティブラーニングの手法などを取り入れた初年度からの地道で継続的な指導がますます重要であると考えられる。大学全体として、さらなる改善に取り組む事が必要である。

9.4 春期インターンシップについて

過去 3 年間に引き続き、2016 年春も春期インターンシップを行った。春期インターンシップについては事前のアンケートで受入れ可能と回答のあった企業に加えて、夏季インターンシップ実施時に春季も受入れを検討下さる意向を表明されていた企業 57 社(2015 年は 51 社)に受入

れ依頼状を送付し、そのうち28社（同27社）からの受入れ申し込みがあった。学生募集については2年生、3年生を中心募集中で、第1回事前説明会には35名（昨年は12名）の参加があったものの、最終的に実習を行った学生は5名（昨年度は6名）であった。

事前説明会の参加者数多かったにもかかわらず、最終的には参加者が昨年並みに留まった理由としては次のものが考えられる。

- ・3年生についてはすでに夏季において参加した学生が多くなっている
 - ・2017年春卒業学生の就活日程が2016年度より前倒しになっており、3年生は2月以降は就職活動に入ってしまっている
 - ・就職活動に積極的な学生は、企業が独自に行っている1dayインターンシップ等の行事に自主的に参加するようになっている
 - ・2年生に関しては、単位修得が1回きりであること、夏のインターンシップに比べて企業数が少なく意中の企業が参加していない
- という理由が考えられる。

過去4年間、春季インターンシップを続けてきたが、夏季インターンシップの参加者数が過去最高となり、不真面目な学生も参加するようになっていっていることを考えると、インターンシップ参加者を増やすという目的は既に達成しており、春季に数名程度の参加者のために費やす事務手続きの手間を考えると引き合っておらず、廃止する時期に来ていると考える。次年度以降についてはまた別の形で自主的な学生の社会参加を即す施策を考えることとし、インターンシップWGを通じて各学科の意見を聞き、反対がないことを確認した上で、本年度までのスタイルの春季インターンシップは廃止することとした。

9.5 その他

これまで、インターンシップ報告会については10月から12月まで、様々な時期に開催してきたが、12月では実習終了からの期間が開きすぎているという意見が多く出されていた。他方、報告会はできるだけ学生および企業担当者双方の印象に残っている間に開催することが望まれるので、その点で10月の開催には利点があった。しかし、10月開催ではプレゼンテーションで報告を行う学生の指導を依頼した助言教員の一部からは、準備期間が少な

すぎるという意見もあった。このため、本年度の報告会については11月16日に行った。次年度以降の報告会についても、10月末から11月上旬の間に開催することが望ましいと考えられる。

なお本年度のインターンシップ実施に際しては5名の無断欠席・遅刻による不合格者が初めて出た。また例年、以上に積極性や創意工夫の不足を指摘をする企業が増え、学生の資質や態度の問題等が指摘されている。さらに過去においては挨拶に訪問する教員の応対等の問題が指摘されたこともあった。今後も事前研修等で、学生にその点を徹底するとともに、教員各位に依頼する際にも、念のため丁寧な対応について、ご配慮いただくよう改めて依頼するとともに、しっかりと指導を企業にお願いしておく必要がある。今後も事前研修や日常の教育の機会を活用して、一人の学生の態度が、本学全体の評価を下げることも、また向上させることもあるという点について指導していくことが大切である。本年度は、実習中の事故や怪我の報告が1件あったものの、幸い軽微なもので済んだ。過去においても、深刻な事例ではないとはいえるが、慣れない環境において、学生が事故を起した事例もあることから、来年度以降も、事前研修等を通じ、事故発生防止の指導を徹底していく必要がある。

最後に、様々な大学の先行的な事例によって、より長期のインターンシップや海外インターンシップなどが学生のキャリア教育に大きな効果をもたらすことが明らかになっている。また、就職活動の一環としての企業独自のインターンシップ活動も盛んになりつつある。インターンシップで企業とより深い関わりを学生に持たせることについては、正課の授業との両立や海外の安全面の確保、費用負担等の問題もあるが、コミュニケーション能力の高いグローバル人材への産業界の要望も年々強くなっていることから、本学に相応しい、質の高いキャリア教育のあり方について、今後のさらなる検討が必要であると考えられる。

10. 謝辞

本年度のインターンシップ・プログラムを実施するにあたり、ご協力をいただいた企業および事業所の担当者の皆さん、報告会で発表をご担当いただいた皆さんに心から感謝致します。

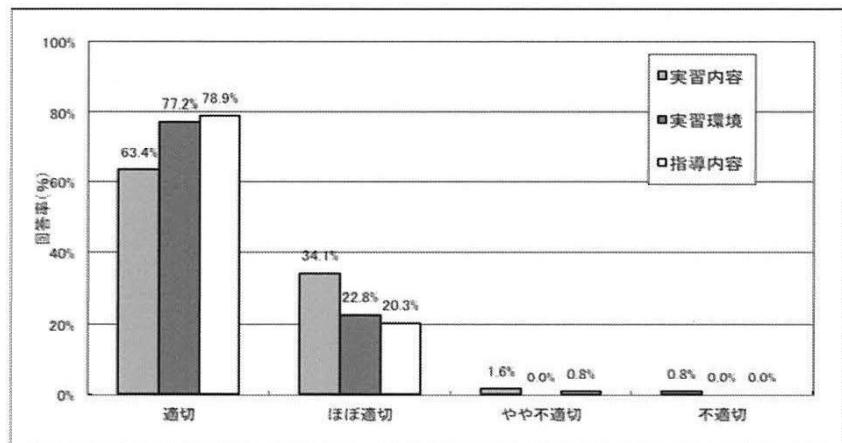


図8 参加学生による実習内容、環境、指導内容への満足度

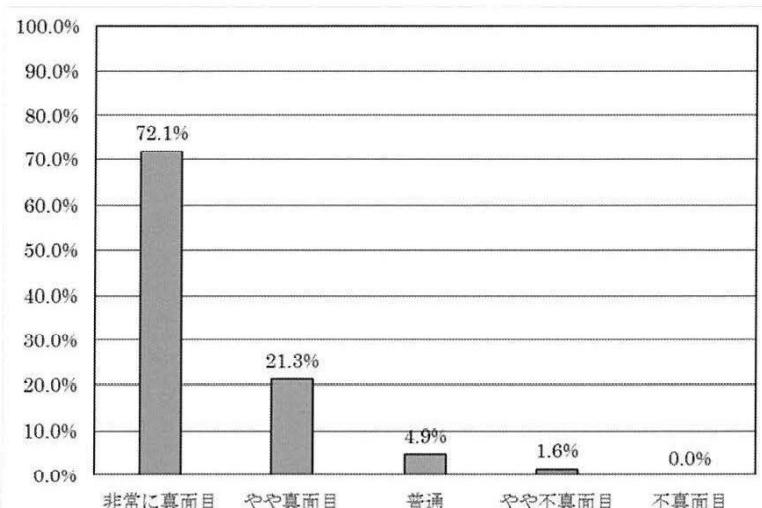


図 9 実習学生の取り組みに対する訪問教員の評価

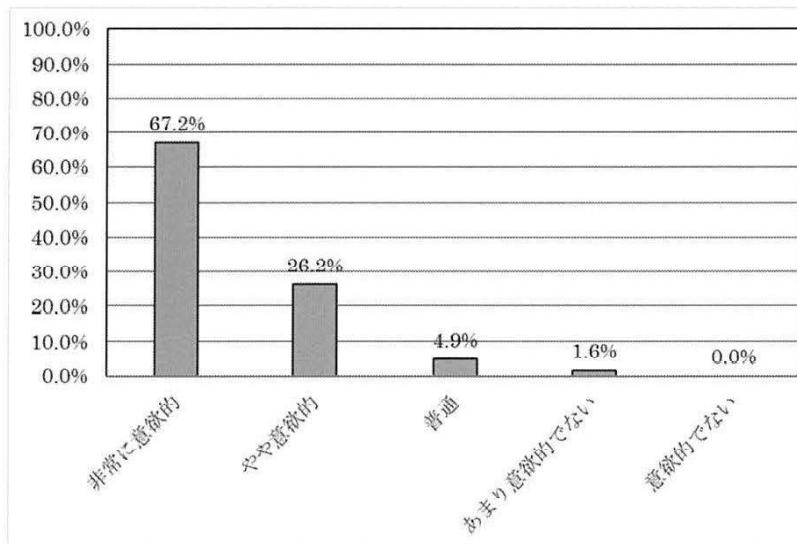


図 10 実習生の意欲に対する訪問教員の評価

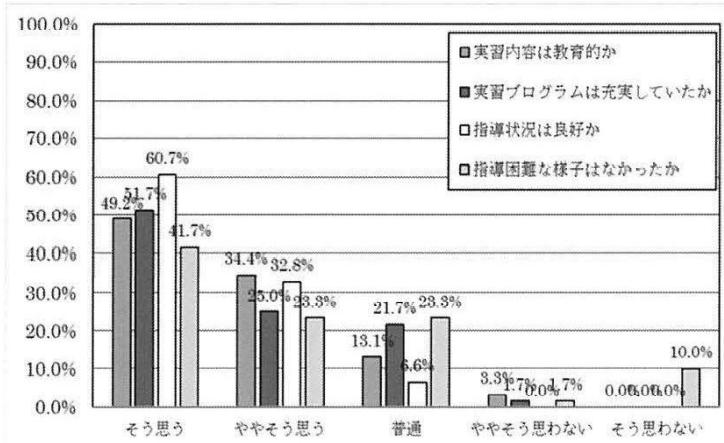


図 11 訪問教員の受入事業所への評価と要望

参考文献

- 1) 文部省編, インターンシップ・ガイドブック, インターンシップの円滑な導入と運用のために, 1998.
- 2) 丹羽昌平 他, インターンシップで学生は何を得たか?—平成14年度インターンシップ実施報告—, 静岡理工科大学紀要, 第11巻, 2003, 281–303.
- 3) 丹羽昌平 他, インターンシップ実施5年間のまとめとこれからの展望—平成15年度インターンシップ実施報告—, 静岡理工科大学紀要, 第12巻, 2004, 299–320.
- 4) 丹羽昌平 他, 平成16年度インターンシップ実施報告—インターンシップの教育効果の向上のために—, 静岡理工科大学紀要, 第13巻, 2005, 95–104.
- 5) 丹羽昌平 他, 地域社会との連携による実習体験教育, 工学教育, 第53巻第4号, 2005, 23–29.
- 6) 惣田昱夫 他, 平成17年度インターンシップ実施報告—事前教育の充実による教育効果の向上—, 静岡理工科大学紀要, 第14巻, 2006, 163–174.
- 7) 富田寿人 他, 平成18年度インターンシップ実施報告—キャリア教育メイン・プログラムを目指して—, 静岡理工科大学紀要, 第15巻, 2007, 127–139.
- 8) 富田寿人 他, 平成19年度インターンシップ実施報告—参加学生の増加を目指して—, 静岡理工科大学紀要, 第16巻, 2008, 117–129.
- 9) 富田寿人 他, 平成20年度インターンシップ実施報告—参加学生の増加を目指して—, 静岡理工科大学紀要, 第17巻, 2009, 163–174.
- 10) 山庄司志朗 他, 平成21年度インターンシップ実施報告—参加学生の増加を目指して—, 静岡理工科大学紀要, 第18巻, 2010, 145–155.
- 11) 山庄司志朗 他, 平成22年度インターンシップ実施報告—参加学生の増加を目指して—, 静岡理工科大学紀要, 第20巻, 2012, 119–131.
- 12) 石田隆弘 他, 平成23年度インターンシップ実施報告—参加学生の増加を目指して—, 静岡理工科大学紀要, 第20巻, 2012, 107–118.
- 13) 石田隆弘 他, 平成24年度インターンシップ実施報告—貫したキャリア教育を目指して—, 静岡理工科大学紀要, 第21巻, 2013, 153–166.
- 14) 奥村哲 他, 平成25年度インターンシップ実施報告—より多くの学生のためのキャリア教育を目指して—, 静岡理工科大学紀要, 第22巻, 2014, 105–119.
- 15) 奥村哲 他, 平成26年度インターンシップ実施報告—より多くの学生のためのキャリア教育を目指して—, 静岡理工科大学紀要, 第23巻, 2015, 163–177.

大学院理工学研究科修士論文概要

(2015年9月修了生)

(1) システム工学専攻

李 偉 129

(2016年3月修了生)

(1) システム工学専攻

大井 孝文 131

岡井 建太 133

河合 雅史 135

江 潔 137

新崎 竜平 139

晁 会亮 141

陳 翰星 143

丁 級 145

濱川 和希 147

増田 壮志 149

楊 伊芯 151

(2) 材料科学専攻

北川 紗央合 153

木下 由香里 155

胡 徳 157

松島 謙 159

(掲載順)

固体触媒を用いる BDF の合成と応用*

Bio diesel Fuel (BDF) Synthesis Based on and its Application

李 偉 †
Wei LI

1. 緒言

近年、地球温暖化の影響でバイオディーゼル燃料 (Bio-Diesel Fuel : BDF) の合成と利用には注目が集まっている⁽¹⁾。

本研究は、これまでの研究成果^(2,3)をもとに、液体状のアルカリ性触媒の代わりに、固体触媒である塩基性ゼオライトを用いる超音波 BDF 合成法の提案と検証を目的とするものである。研究では、まず、MATLAB によるキャビテーション現象における数値解析を実施し、粘度によるキャビテーション発生への影響について考察した。続いて、固体触媒の調製及び活性の比較を検証したうえ、回分式と流通型反応装置を用いて BDF 合成試験を行い、様々な条件における BDF 生成率を算出した。このほか、現行の流通型反応装置合成効率の向上を図るために、Solidworks による装置の流体解析を行うとともに、孔隙率や流路構造による反応物への影響を検討した。最後に BDF の酸化安定試験および動粘度測定試験を実施した。

2. MATLAB によるキャビテーションの数値解析

2.1 解析原理

今回の実験は MATLAB を用いてキャビテーション現象を評価する Noltingk-Neppliras の式(1)を解析し粘度による超音波反応への影響を検討する⁽⁴⁾。

$$RR + \frac{3(R)}{2} = \frac{I}{\rho} \left[\left(p_0 + \frac{2\sigma}{R} \right) \frac{R}{R} \right]^3 - \frac{2\sigma}{R} - 4\mu \frac{R}{R} - p_0 + p_0 \sin m \quad (1)$$

2.2 解析結果

粘度による気泡半径比への影響の解析結果を図 1 に示す。メタノールの粘度が 0.545×10^{-3} Pa・s、植物油の粘度が 37×10^{-3} Pa・s のため、今回は粘度の変化範囲は $0.5 \sim 50 \times 10^{-3}$ Pa・s とする。図 1 からは気泡半径変化の最大値は 11、最小値は 1.74 になることが分かった。

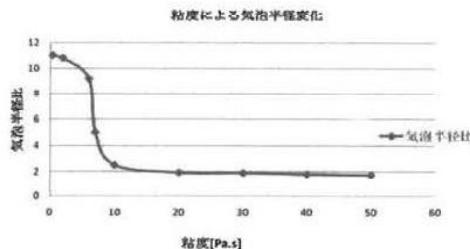


図 1 粘度による気泡半径への影響

また、粘度が低いほど、気泡の半径比が大きくなる傾向があり、キャビテーションが発生しやすいことも確認できた。

* 2015 年度修士論文概要

† 静岡理工科大学 大学院理工学研究科 システム工学専攻

3. BDF 合成原理

超音波 BDF 合成における化学反応式を図 2 に示す。この式は、植物油とメタノール・触媒に超音波を照射することで、BDF とグリセリンを生成する。

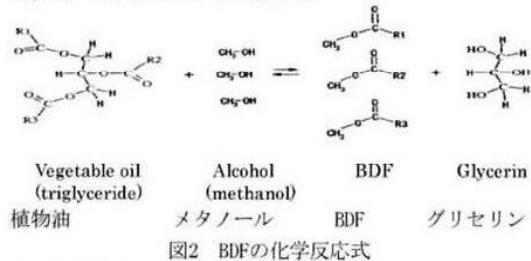


図2 BDFの化学反応式

4. 固体触媒の調製および活性評価

各種ゼオライト (A3, A4, A5, F9) 10 g に 2.5 と 5 モールの水酸化ナトリウム水溶液 50 ml をそれぞれ添加し、24 時間攪拌させてから、673 K で 2 時間焼成した。調整された触媒を走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いて各ゼオライトの表面観察 (図 3) および水酸化ナトリウム水溶液を吸着させた際の Na 原子増加率 (図 4) を確認する。

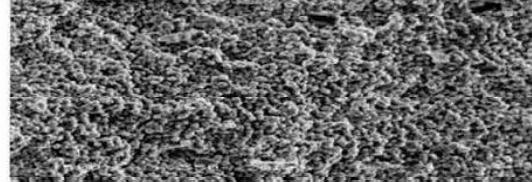


図3 F9 表面観察

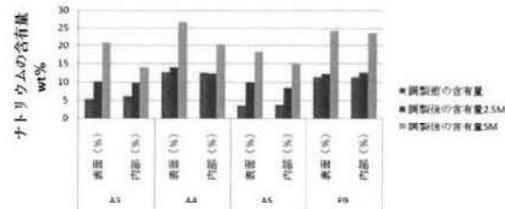


図4 Na 原子の割合の変化

結果はゼオライト表面に凹凸の構造があることが分かる、反応に促進できることを推測する。そして、調製の時に使われた水酸化ナトリウムの濃度は大きいほど調製後のナトリウム增加量が多い。

5. 回分式及び流通型装置による固体触媒の合成

図 5 流通型超音波 BDF 合成システムの概略図を示す。流通型試験装置の試験管 (約 16ml) に 5 モールの水酸化ナトリウム水溶液で調製された 10g ゼオライト A5 を詰め込むことにより、多孔質の反応装置を作製した。測定の結果、本反応装置の孔隙率がおよそ 0.4 であった。BDF 合成率は約 70% であった。

成では、ゼオライト(5A) 10 g, 油 50ml, メタノール 10ml を用意し、流量 5ml/s の条件で合成実験を行った。BDF 生成率の測定では、超音波照射の条件で 20 分置きに反応液のサンプルを取り出し、ガスクロマトグラフを用いて定量分析を実施した。なお、反応時間は 100min とした。

一方、回分式では、合成条件は流通型と同じものとした。図 6 に反応時間と BDF 生成率の関係を示す。流通型反応では、約 40 分の時点に合成率は最大値になるが、回分式の場合では約 85 分の時点に合成率は最大値になる、回分式より、流通型の場合は、最大値に達する合成時間が短縮できることが分かった。しかし、この二つの合成方法の最大合成率はほぼ変わらない。

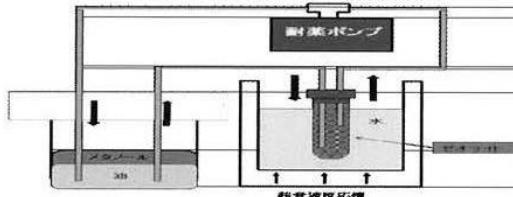


図 5 流通型超音波 BDF 合成システムの概略図

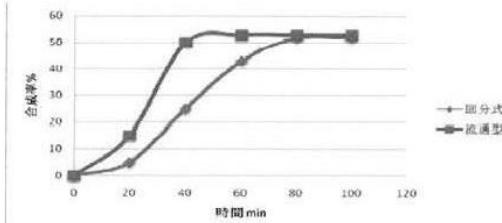
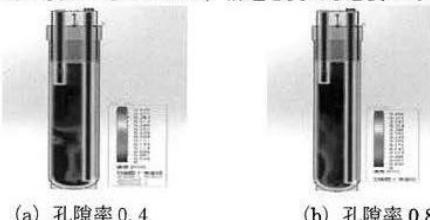


図 6 回分式と流通型による合成率の比較

6. 流通型装置合成効率を図るために流体解析

孔隙率と試験装置構造は流速にどんな影響を与えることを理論分析されてないため、今回は Solidworks で解析モデルを作成して上、実際の流通型反応装置と同じ流量条件で、孔隙率を 0.4 (現行品) よりも 0.8 とし、流体解析を実施した。なお、解析では乱流と層流が共存する条件とする。

図 7 に孔隙率変化における管内流速分布変化を示す。孔隙率の低い方は管内の流速が速い。一方、孔隙率の高い方は管内の流速が遅くて、合成反応に適すると考えられる。しかし、いずれも管内の流速分布は一定でなく、触媒と十分的に接触できないため、構造を変える必要がある。



(a) 孔隙率 0.4 (b) 孔隙率 0.8

図 7. 孔隙率変化における管内流速分布

7. BDF 燃料の酸化度安定および動粘度の測定試験

BDF 酸化することにより、燃料内にスラッジが発生し、フィルターの目詰まりなどの原因となるため、酸化防止剤 BHT の添加による BDF 酸化安定性の影響について CDM 試験を実施する。この試験では、試料を加熱槽で一定の試験温度に加熱しながら、その中に清浄空気を送り込み、試料の酸化により生じた揮発性分解物(主に蚁酸や酢酸といった有機酸)を水中に捕集し、捕集した水の導電率が急激に変化する変曲点までの時間を測定する。

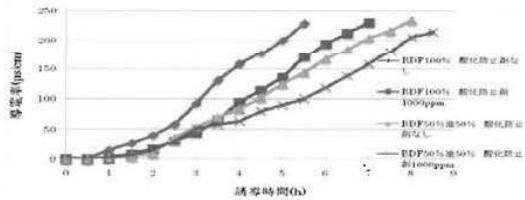


図 8. 各酸化誘導時間における導電率

結果(図 8)より、酸化防止剤による BDF の酸化安定性の向上が確認することができた。また、油との混合時における酸化防止剤の安定性にも改善が確認された。

一方、軽油代替燃料として BDF で運転した場合、動粘度が高いため霧化特性が悪化し、燃焼室内で昇温するのに時間を使い、着火遅れ期間が長くなり、機関性能に悪影響を及ぼす可能性があるため各種 BDF の温度における動粘度の変化(図 9)を測定した。

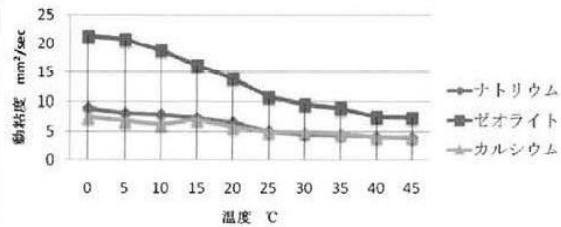


図 9. 各種 BDF の温度における動粘度の変化

図から、温度が上昇するにつれ粘度が下がっていくことが分かった。

触媒カルシウムと触媒ナトリウムにより合成された BDF の 40°C における動粘度はそれぞれ $4.005\text{mm}^2/\text{s}$ と $4.022\text{mm}^2/\text{s}$ となった。しかし、触媒ゼオライトにより合成された BDF は合成率が低いため、40°C における動粘度は $7.471\text{mm}^2/\text{s}$ であった。

8. 結言

(1) MATLAB による数値解析の結果より、粘度が小さくなるほど、気泡半径の変化比 R/R_0 は大きくなる。

(2) ゼオライトの塩基点量が増加すればするほど、BDF の生成率が増加することが分かった。

(3) 流通型超音波 BDF 合成装置を構築し、回分式に比べて植物油とメタノールをよく混合できるし、合成時間の短縮や合成効率の向上につながった。

(4) SolidWorks 流体解析で孔隙率変化による流速の影響を分析し、適切な孔隙率と装置構造は BDF 合成に影響を与えることが確認された。

(5) 酸化安定性実験において、BDF100% 及び油との混合物に対して BHT による酸化防止効果が得られた。

9. 今後の課題

今後は下記に示す課題に取り組む必要がある。

(1) 合成ゼオライトによる BDF 合成の生成率の向上方法の検討、(2) 流通型反応装置の改良及び試験的検証、(3) 新しい酸化防止剤の導入。

10. 参考文献

- 坂志朗, バイオディーゼルのすべて, IPC(2006)
- 十朱寧, 越前友紀, 土屋高志他, ソノケミストリ効果によるバイオディーゼル燃料(BDF)の高効率合成および応用, 第 46 回日本伝熱シンポジウム講演論文集(2009)
- 梁海斌, GC による脂肪酸メチルエステルの調査, 化学工程 (2010)
- 高木堅志郎, 超音波便覧(1999)

トルクセンサレス ESP の制御に関する研究*

A study of a Control of Electric Power Steering without Torque Sensor

大井 孝文 †

Takafumi OI

1. はじめに

今日、自動車は人の足となり私たちの豊かな生活づくりに貢献している。一方で、自動車の排出ガスによる地球温暖化が大きな問題となっている。

自動車業界では、地球温暖化を抑制するために二酸化炭素（以下、CO₂と略す）排出量削減を目的とした自動車の燃費規制の強化が世界的に進んでいる⁽¹⁾。現在は、燃費改善の一つとして、パワーステアリングシステムの改良が進められている。現在は、油圧によりアシストを行う油圧式パワーステアリングシステム（以下 HPS と略す）が主流であるが、HPS はアシスト用ポンプをエンジンによって動作させるため、エンジンに負荷が掛かり、燃費効率が低下する。このため、近年は電動式パワーステアリングシステム（以下 EPS と略す）の普及が進んでいる。EPS は、HPS と異なり電気モータによってアシストを行うため、エンジンの負荷が軽減され燃費効率を向上できる⁽²⁾。EPS は、トルクセンサにより、人がステアリングに加えた力を計測し、適切なアシストを行っているが、トルクセンサは製造コストの上昇を招く。また、トルクセンサ故障時には操舵性を損ねる⁽³⁾。

本研究では、トルクセンサを用いない EPS の制御手法を提案する。ここでは、操舵者がステアリングに加えたトルクを推定し、推定されたトルクを用いてアシストする手法について、実機によって確認したので報告する。

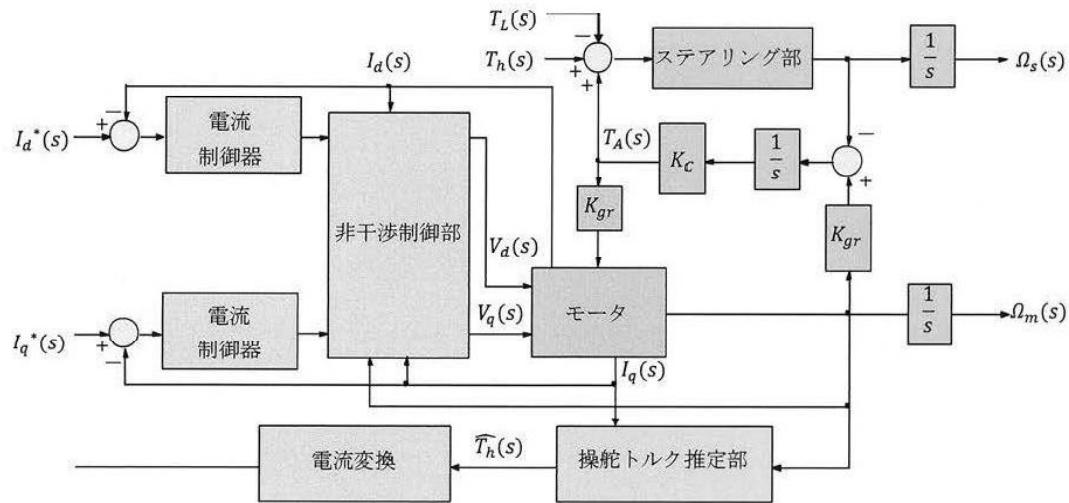


図 1 提案システム簡易図

* 2015 年度修士論文概要

† 静岡理工科大学 大学院理工学研究科 システム工学専攻

2. 提案システム

簡易に測定可能なモータ巻線電流やモータ回転速度から、人がハンドルに加えたトルクを推定し、推定したトルクを用いてアシスト制御を行うシステムを提案する。図 1 に提案システムを示す。

3. 実機試験準備

実機評価を行う前に、評価を行うために必要な I/F 回路の設計および製作を行った。また、提案システムを動作するための C 言語プログラムを作成した。

4. 試験用装置の構成

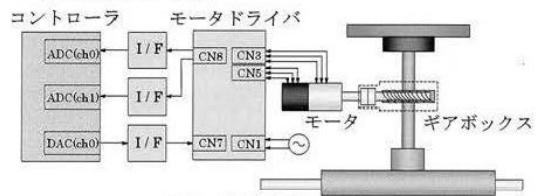


図 2 評価用装置の構成

図 2 は、実機試験に使用した装置の構成図である。本研究では、ステアリング機構に取り付けられたモータを、コントローラ（マイコン SH シリーズ）とモータドライバを用いて制御する。

5. 実機試験

本項では、実機試験による評価結果を述べる。評価項目を以下に示す。

(1) 操舵トルクの推定

提案した操舵トルク推定システムにより操舵トルクが推定可能か評価を行う。

(2) 提案システムを用いたトルクセンサレス EPS 制御

提案システムによりトルクセンサレスでアシスト制御が可能か評価を行う。

(3) アシストゲインの調整によるアシスト倍率の変化

アシストゲインの変更により、アシスト量が調整可能か評価を行った。以降に、評価結果を示す。

(1) 操舵トルクの推定

本項では、評価用の操舵トルクセンサを使用し、操舵トルクセンサで測定したトルクと推定されたトルクを比較することで評価を行った。評価結果を表 1 に示す。誤差は非常に小さく実用上問題ない範囲であると考えられる。以上より、操舵トルクが推定できていることが確認できた。

表 1 測定操舵トルクと推定操舵トルク

実操舵トルク [Nm]	推定操舵トルク [Nm]	誤差 [Nm]
3.57	3.50	0.07
3.97	4.05	0.08
8.13	8.11	0.02
8.23	8.23	0.00
9.12	9.16	0.04

(2) 提案システムを用いたトルクセンサレス EPS 制御

本項では、提案システムを用いてトルクセンサレスアシスト制御が可能か評価を行った。図 3 に、アシスト制御 OFF の波形、図 4 に提案システムを用いてアシスト制御を行った時の波形を示す。

赤線で示す波形は操舵トルク、青波形はステアリング転舵角度である。図 3 と図 4 を比較すると、図 4 は、図 3 に比べて小さな力で同じステアリングを転舵できていることが確認できる。よって、提案システムを用いることでトルクセンサを用いずに、アシスト制御を行うことができる。

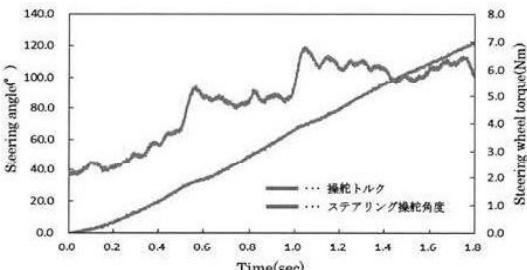


図 3 アシスト制御 OFF

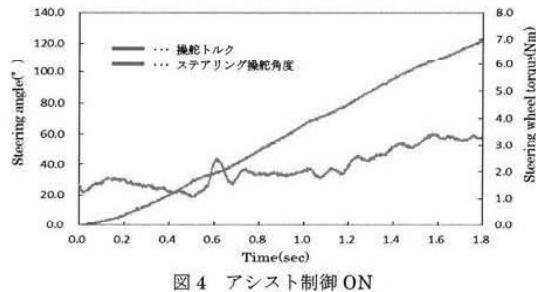


図 4 アシスト制御 ON

(3) アシストゲインの調整によるアシスト倍率の変化

図 5 に、1.8 秒で約 90 度ステアリングを転舵した時の各アシストゲイン時の波形を示す。

赤線で示す波形はステアリング転舵角度、青波形はアシストゲイン 0 の時の操舵トルク、黄色波形がアシストゲイン 2 の時の操舵トルク、緑色波形がアシストゲイン 3 の時の操舵トルクである。アシストゲインを大きくすることで、90 度転舵する時に印加する操舵トルクを小さくすることができる。これは、アシストゲインを大きくすることで、小さな力でステアリングを転舵できることを示す。以上より、アシストゲインの調整により、アシスト量を調整できることが確認できた。

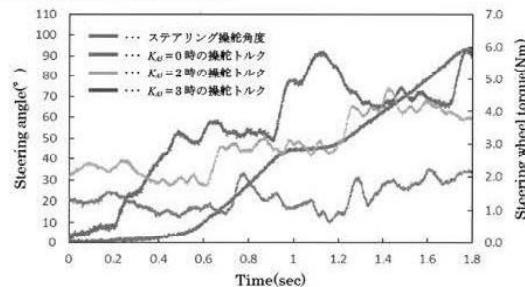


図 5 アシストゲイン変化による操舵トルクの変化

6. まとめ

トルクセンサレス EPS 制御の手法を提案した。また、実機試験を行い、本研究で提案したトルクセンサレス EPS 制御システムの有用性を確認した。しかし、実際は車両運動特性が加わるため、車両運動特性を考慮した評価が必要である。今後の課題として、運動特性を考慮したシステムの開発の構築および評価が残されている。

謝辞

本研究の遂行にあたり、お忙しい中携わって頂きました関係者の皆様に感謝の意を表すと共に、お礼申し上げます。

文献

- (1) 西野浩介：「世界で強化される自動車燃費規制とその影響」（2015）
- (2) 竹原伸：「電気自動車の最新制御技術 電動パワーステアリング制御技術」, pp182-192 (2011)
- (3) 井藤賀久岳・藤田英樹・横井隆治・河井和彦：「電動パワーステアリングにおける故障時の操舵力変化」, 中日本自動車短期大学論文集 28, pp.63-67 (1998)

サービスロボット用非接触給電システムに関する研究*

Research on Wireless Power Feeding System for Service Robots

岡井 建太†

Kenta Okai

1. はじめに

商用電源を利用しないサービスロボットは、LiBなどの二次電池が電源として利用され、これらを安全、簡易に充電できるシステムの開発が望まれている。また、充電装置、サービスロボット共に充電を行うための電極があり、感電の可能性や水濡れなどによる障害が発生する可能性がある。このた安全な電力伝送方式の開発が望まれている。

本研究は、サービスロボットのバッテリーを充電するための電力を安全に供給することができる非接触電力給電(1)(2)について検討している。ここでは安全で高効率な伝送方式の実現、二次電池への電荷の流入出を低減させた、二次電池の長寿命化手法を論じている。

2. 電界結合方式を用いた非接触給電方式

〈2.1〉 提案方式

電界結合方式を用いた非接触給電回路を図1に示す。本回路は、送電側に伝送用キャパシタ C (C_1 と C_2 の直列接続静電容量を C とする) とインダクタンス L_1 による直列共振回路を基本とした回路構成である。本提案手法は、インダクタンス L_2 を負荷抵抗 R に並列に入れることによって、負荷端子間電圧(受電出力電圧)を高くでき、より効率よく電力を伝達できる。以降、この回路を並列 L 付加直列共振回路と呼ぶ。

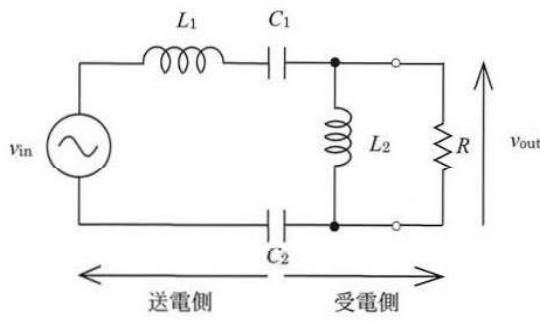


図1 並列L付加直列共振回路を用いた非接触給電システム

〈2.2〉 電力伝送原理 供給電圧を \dot{V}_{in} 、 L_1 と L_2 の合成インダクタンスの電圧を \dot{V}_L 、キャパシタ C の電圧を \dot{V}_C 、電流を \dot{I} 、 \dot{V}_L と \dot{V}_C の合成ベクトルを \dot{V}_Z すると、共振時の電圧ベクトルは図2になる。図2に示すように受電電圧 \dot{V}_{out} は、供給電圧 \dot{V}_{in} よりも高くなる。

* 2015年度修士論文概要

† 静岡理工科大学 大学院理工学研究科 システム工学専攻

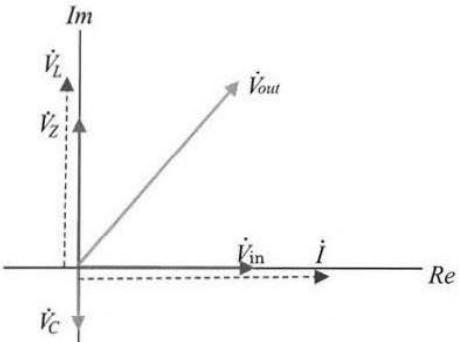


図2 共振時のベクトル図

3. デュアル非接触給電方式

〈3.1〉 提案方式

提案するデュアル非接触給電方式は、単位面積当たりの伝送電力を高める手法である。電力の伝送は前章に提案した電界結合方式に磁気共鳴を用いた伝送システムを併用したものである。提案する非接触デュアル結合システムの回路構成を図3に示す。また電力伝送の結合部の断面図を図4に示す。本提案回路では、1組の電界結合部と2組の磁気共鳴部から構成され、各結合部から得られた電力を電力結合器によって最大電力を抽出すると共に、1つの電力として取り出すものである。電界結合部では数100kHz、磁気共鳴部では数10kHzの電源電圧を使用している。そのため、電界結合部は高周波用の整流回路を用いている。また、送電の周波数は、周波数自動調整回路によって、電極間のギャップ長や位置ずれなどにも対応している。

磁気共鳴を用いた受電部は、LC共振部と粗に結合され

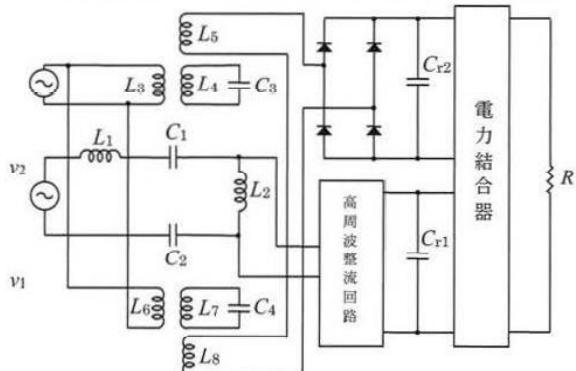


図3 非接触デュアル結合回路

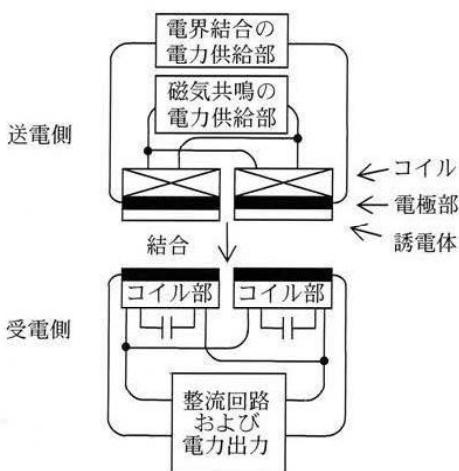


図 4 非接触面の断面図

たコイルによって構成され、負荷、位置やギャップ長の影響を受けにくい構成になっている。

(3・2) 実験結果 図 4 に示すシステムを用いて電力伝送実験を行った。実験条件は、電界結合部の面積は 0.0165 m^2 , L_1, L_2 共に $100\mu\text{H}$, 伝送周波数は 500kHz を中心に自動調整される。磁気共鳴部の伝送周波数は 50kHz 程度である。伝送できた電力は 450W である。電界結合部、磁気共鳴部共に伝送効率は 85% であった。

4. バッテリーの劣化防止

4.1) 実験結果

LAB と EDLC の間に昇降圧双方向 DC-DC コンバータを挿入し、キャパシタ端子を昇圧する回路構成を図 5 に示す。昇降圧双方向 DC-DC コンバータを挿入した場合、EDLC の端子電圧 V_C を LAB の電圧 V_B より昇圧できる。図に示す電流を I_1, I_2, I_3 とするとき、電位差のために I_1 より I_2 が大きくなる。これにより、LAB への電荷の移動量をより低減することができ劣化を抑制できる。

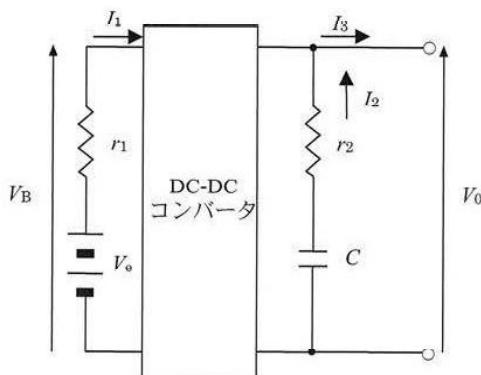


図 5 LAB と EDLC の間に昇降圧双方向 DC-DC コンバータを挿入した場合

<4.2> 電荷の総移動量

バッテリー単体の場合、キャパシタをバッテリーに並列に接続した場合、キャパシタとバッテリー間に昇降圧双方向 DC-DC コンバータ挿入(50F および 500F)した場合のバッテリーに流入・流出する電荷の総量をシミュレーションによって確認した。シミュレーション結果を図 6 に示す。総電荷量はバッテリー単体を用いた場合と比較して、バッテリーと 50F のキャパシタを並列接続したとき、バッテリーと昇降圧双方向 DC-DC コンバータと 50F のキャパシタを併用したとき、次に昇降圧双方向 DC-DC コンバータと 500F を並列接続したときの順に電荷の移動量が少なくなっていることが確認できる。このことはバッテリーの劣化を減じていることになり、長寿命化が可能であることを示している。

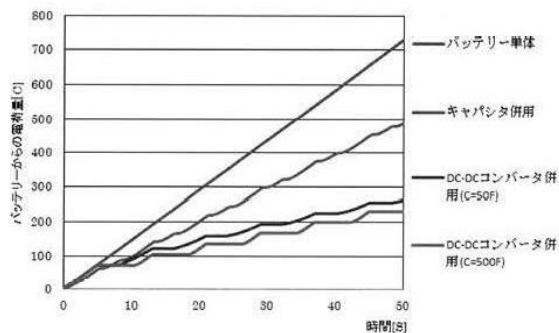


図 6 電荷の総移動量

5.まとめ

サービスロボットのバッテリーを充電するための電力伝送としてデュアル非接触給電方式を提案した。またキャパシタを用いてバッテリーの劣化を防止する手法について検討した。本研究によって、以下の結論を得た。

- (1) 新しい電界結合方式を提案し、受電側の出力電圧を高くすることができ、電路内のジュール損を低減することができ、効率よく電力を伝送することができた。
- (2) 提案した電界結合と磁気共鳴を組み合わせたデュアル非接触給電を用いることで、單一面積当たりの伝送電力を高めることができた。
- (3) バッテリーとキャパシタ間に昇降圧双方向 DC-DC コンバータを挿入することにより、バッテリーへの電荷の移動量を低減できることを確認し、その有用性を確認した。

謝辞

本研究を行うに当たり、関係者の方々から多くのアドバイスを頂きました。感謝申し上げます。

文献

- (1) 阿部, 金子：“非接触給電技術”，電気学会誌, Vol.128, No.12, pp.796-799, 2008.
- (2) “Contactless Charging System (Fourth Report)” System (Fourth 保田, 井田, 阿部, 金子, 鈴木, 山之内：非接触充電システム (第4報), 2011 年自動車技術会秋季大会予稿論文 81-201157

受聴者正面に設置した

指向性制御型パラメトリックスピーカによるバイノーラル再生*

Binaural Reproduction System by Steerable Parametric Loudspeaker in front of the listener

河合 雅支 †
Masashi KAWAI

1. まえがき

3次元音場再現とは、ある場所で録音した音源を別の場所で再生しても、受聴者が音源を録音した場所にあたかもいるかのような臨場感を得られるものである。現在3次元音場再現には、ヘッドホンを用いたバイノーラル再生や図1のような複数のスピーカーを用いたトランスポーラルシステム(以下従来法)が広く研究されている。これらのシステムは、共に耳の位置で音場の再現ができる利点があるが、前方定位しない、クロストークの発生による逆フィルタの設計が困難、環境ごとに伝達関数を測定する必要があるなどの問題点があった。

パラメトリックスピーカ(以下PAL)は、指向性が鋭く音が直線的に進むことが知られている。また本研究室では、PALへのアレイ制御の導入をすることにより方向制御や多方向出力の研究を進めてきている¹⁾。そこで本研究ではこれらの問題点に対して、図2に示すように指向性の鋭いPALによって両耳を狙うことでクロストークの影響を抑えるバイノーラルシステムを提案する。本法はスピーカを正面に設置していても無処理で大きなレベル差を得ることができ、受聴範囲が広いという従来の近接設置型従来法の利点を有し、逆フィルタの安定条件が緩和され、また指向性が鋭いことから周囲の環境の影響を受けづらいといった利点が考えられる。

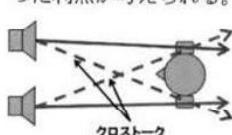


図1 トランスポーラル

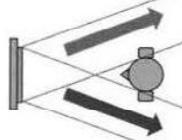


図2 提案システム

2. トランスポーラルシステム

提案手法にもクロストークの影響があるため、従来法同様に逆フィルタの設計が必要になる。図3に従来法の概念図を示す。X成分は入力したい信号、H成分は逆フィルタ成分、Y成分はスピーカに入力される信号、G成分はクロストーク成分、Z成分は実際に入力される信号となる。

これらの関係を行列式に表すと、

$$Z(z) = \begin{bmatrix} G_{11}(z) & G_{21}(z) \\ G_{12}(z) & G_{22}(z) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} H_{11}(z) & H_{21}(z) \\ H_{12}(z) & H_{22}(z) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1(z) \\ X_2(z) \end{bmatrix}$$

となる²⁾。H成分がG成分の逆行列 G^{-1} ならばX成分とZ成分が一致するため音場再現ができるので、G成分を求める必要がある。このG成分を含むインパルス応答を測定するためにTSP信号を用いる。

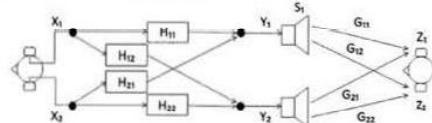


図3 従来法の概念図

3. PALによるインパルス応答の測定

インパルス応答とは、システムに対して単位インパルスを入力したときの応答、TSP信号などを用いて測定される。TSP信号とは、インパルスの位相を周波数の2乗に比例して変化させることにより、時間軸を引き延ばした信号である³⁾。しかし通常TSP信号は、PALで出力できない。これはPALの出力が、超音波の空気伝搬に伴う非線形歪を音源としており、トランズデューサそのもののへの入力信号は超音波に変調する必要があるからである。一方、2本の超音波が出力された場合、その差音成分が可聴音として復調されることが知られている。そこで本研究ではそれら差音成分に着目し、40kHzを中心として差音が0~24kHzの信号となる2本の正弦波のTSP信号の生成を試みた。

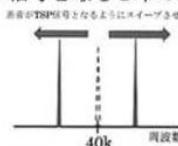


図4 PAL用TSP概念図

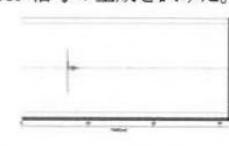


図5 無響室でのインパルス応答

3. 提案システムによるバイノーラル制御

基礎実験としてPAL用TSP信号を用いて測定した伝達関数から逆フィルタを算出し、2kHz純音に関して左耳では

* 2015年度修士論文概要

† 静岡理工科大学 大学院理工学研究科 システム工学専攻

元の信号が入力され、右耳では零となるような処理を行つた。ただし、PAL の複調波の振幅は出力された超音波信号レベルに対して必ずしも線形ではないので、出力レベルに関しては事前に測定した入出力関係から逆算した。図 6 の測定結果から、得られたレベル差は約 28dB 程度で、所望の効果を得られている様子がわかる。



図 6 PAL 用 TSP 信号によるインパルス応答測定結果

4. ダイナミックスピーカとの比較

従来法との比較として、無響室と防音室で PAL と従来法からダミーヘッドの左耳に TSP 信号を出力した際の左右の耳の周波数特性の測定を行つた。図 7 から、PAL は環境の影響を受けず無処理で左右レベル差を保ち続けることを確認した。また防音室での逆フィルタを算出し前項と同様の制御で生成した従来法音源を受聴すると、キンキンと高い音が鳴り続いて所望の制御を行えなかつた。これは図 8 のように左右のレベルが一致、ノッチの発生の影響で逆フィルタが発散することが原因だと考えられる。提案システムを用いて同一空間で同様の制御を行つた際には、所望の結果を得られとから、PAL を用いることで、容易に逆フィルタの生成が可能であることが確認できる。

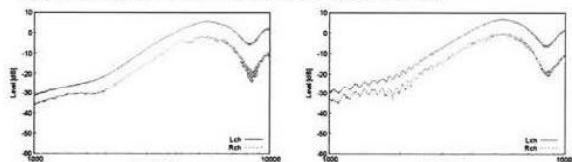


図 7 PAL の周波数特性(左:無響室、右:防音室)

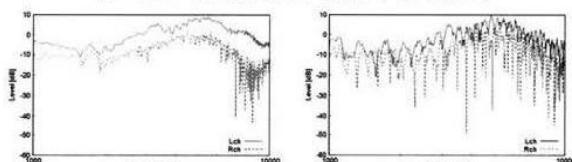


図 8 従来法の周波数特性(左:無響室、右:防音室)

5. 環境変化における影響

環境変化の影響を検証するため無響室の伝達関数からそれぞれの手法の制御信号を生成し別の環境でも同信号で制御が可能か検証実験を行い、同時に受聴者を中心として左右前後 1m、0.1m 刻みに音圧分布の測定を行つた。この測定は、無響室、防音室、反響のある部屋で行う。測定結果から従来法は、測定環境の変化で両耳間レベル差がほぼなくなる。提案システムは、環境が変化しても大きく

両耳間レベル差を下げずに安定して得ることができている様子がわかる。また従来法が実現されている無響室の波面においても、ダイナミックスピーカかつ角度をつけた設置では再生波面が極めて複雑で、制御がピンポイントに行われている様子が分かるが、提案システムではビーム上で両耳に向けて放射されており、特に前後方向には広いスイートスポットになることが想像できる。以上の結果から、提案手法が環境の変化に頑強であることが確認できた。

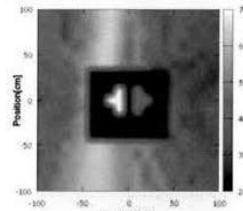


図 9 提案法(無響室)

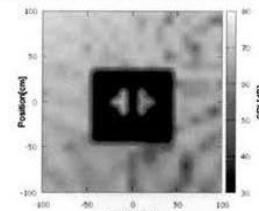


図 10 従来法(無響室)

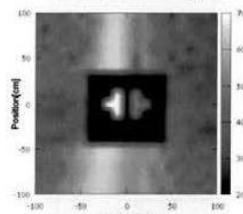


図 11 提案法(防音室)

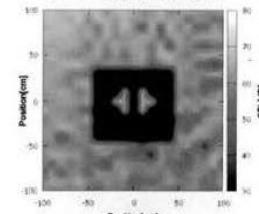


図 12 従来法(防音室)

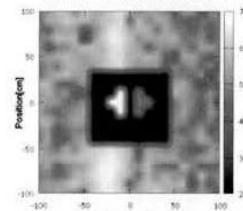


図 13 提案法(反響部屋)

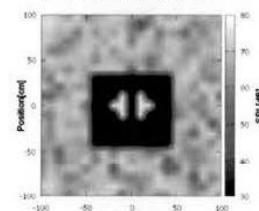


図 14 従来法(反響部屋)

6. むすび

受聴者正面に設置した指向制御型 PAL を用いたバイノーラル再生について検討した。具体的には、PAL に特化した TSP 信号を生成し、PAL の出力ビームの方向の検討および逆フィルタの生成を行い純音に対する信号処理を行つた。また既存のシステムとの環境変化に対する比較を行い有効性を確認した。今回は、純音のみの制御であり音楽信号などの複雑な信号への応用などが課題に残った。

文献

- 1) 武岡, 信学技報 EA, 112(76), 31-36, 2012.
- 2) 大賀, 山崎, 金田 “音響システムとデジタル信号処理”, 電気情報通信学会, 2005.3
- 3) 鈴木, 浅野, 金, 曾根, 信学技報, vol. EA92-86, Dec. 1992.

日本人と中国人の英語を話す意欲に影響を与える要因についての研究*

Exploring the Factors Affecting Japanese and Chinese EFL Learners' willingness to Communicate in English

江 濱†

Jie Jiang

1. Introduction

With the increasing exchanges between countries in the world, English, as an international language, is widely used in international communication. In the field of English education, many teachers are trying to improve the English proficiency of learners through a variety of ways. The ultimate goal of the learning process should be to engender in language students the willingness to seek out communication opportunities and the willingness actually to communicate in them. However, many language learners have mastered good grammar and vocabulary, but are not willing to communicate in English. In the field of second language acquisition (SLA) research, willingness to communicate (WTC) emerged as a motivational concept to account for the probability of language learners' engagement in second/foreign language (L2) communication when they have a free choice to do so (MacIntyre, Clément, Dörnyei & Noels, 1998). Previous studies revealed that L2 users' WTC is associated with various motivational, situational, and personality variables (MacIntyre et al., 1998). For example, Yashima showed that perceived competence, motivation, and international posture are two important precedents of WTC, while Peng & Woodrow (2010) found that classroom environment plays an important role in learners' WTC. Their studies implied that these motivational factors can be predictors of L2 learners' WTC.

According to the previous studies, relationships among individual difference (ID) variables (e.g., motivation, WTC) can be different from context to context (Mystkowska-Wiertelak & Pietrzakowska, 2011). Therefore, it is worth analyzing the motivational and situational structures of WTC in various contexts. This study attempts to investigate relationships between WTC and other ID variables and how they can be different in Japanese and Chinese contexts. As neighbors in Asia, a large part of Japanese culture was influenced by Chinese culture, so Japanese and Chinese cultures have a lot of similarities. Chinese culture has been developed based on Confucianism. Liu and Jackson (2008) showed that Confucianism affects Chinese students' motivation and WTC. Influences from Confucianism can also be seen in many parts of East Asian culture. Therefore, it was assumed that Confucianism is also associated with Japanese students' motivation and WTC.

This study incorporated various types of factors

affecting Japanese and Chinese learners' WTC, drawing on previous studies. The purpose of this study was to investigate the relationship between motivational variables and WTC in English of Japanese and Chinese learners, with the hypothesis that the ideal of Confucianism is subsumed in their motivation to learn English.

2. Context of this study

Based on previous studies, various types of factors that would affect WTC were incorporated. This study attempted to establish models of WTC of Japanese and Chinese learners to verify the hypothesized relationships among these variables. The main factors include international posture, classroom environment, motivation, perceived competence, perceived anxiety, risk-taking and social obligation.

There were three research questions (RQs) in this research. The first was to test and verify whether the models of WTC suggested by previous studies (Peng & Woodrow, 2010; Yashima, 2002) are applicable to English as foreign language (EFL) learners in Japan and China. The second one was to investigate whether the concept of Confucianism is related to Japanese and Chinese EFL learners' WTC. The last one was to examine whether there are differences in structures of motivation and WTC between Japanese and Chinese EFL learners. Through these purposes of this research, it was aimed to explore the factors that affect WTC in East Asian contexts, such as Japan and China, and to find whether the concept of Confucianism influenced Japanese and Chinese EFL learners' motivation and WTC.

3. Research method

A total of 296 Japanese and 55 Chinese college students participated in the present study. Based on the previous studies (e.g., Fukuda, 2015; Peng & Woodrow, 2010; Yashima, 2002), two versions of questionnaires were designed using a 5-point and 6-point Likert scale in Japanese and Chinese to measure the psychological states of Japanese and Chinese EFL learners. This questionnaire consisted of 122 questionnaire items and the following 14 subscales: WTC in general, WTC in class, WTC out of class, perceived competence, perceived anxiety, ideal and ought-to L2 selves, intrinsic and extrinsic motivation, classroom environments, international posture,

* 2015 年度修士論文概要

† 静岡理工科大学 大学院理工学研究科 システム工学専攻

motivation, risk-taking, and social obligation.

It is the case that the idea of Confucianism has various perspectives. However, this study operationally defined the idea of Confucianism as social obligation.

4. Results and Discussion

In order to examine motivational characteristics of Japanese and Chinese EFL learners, *t* tests were performed. The results demonstrated that compared to Japanese EFL learners, Chinese students had higher perceived competence, motivation to learn English (e.g., ideal L2 self, intrinsic motivation), and WTC. On the other hand, Japanese learners showed higher anxiety and extrinsic motivation. It suggests that Chinese students are more motivated to learn English than Japanese students.

Then, in order to examine relationships between WTC and motivation, correlation and regression analyses were carried out. The results demonstrated that each of WTC variables is associated with different variables in Japanese and Chinese EFL learners. Further, regression analysis was performed using variables showing relatively strong correlations with each WTC variable as independent variables and WTC variables as dependent variables. It was found that for both Japanese and Chinese EFL learners, perceived competence was an important predictor of WTC in general, while classroom environment was a significant predictor of WTC in class. However, it was found that WTC outside of class of Chinese learners was predicted by extrinsic motivation, while that of Japanese learners was predicted by ideal L2 self. These results suggest that Yashima's (2002) model is applicable to the model of WTC in both Japanese and Chinese EFL context. However, results also showed that Yashima's model is not applicable to WTC in specific situations (i.e., inside and outside the classroom).

Finally, cluster analysis was performed to examine non-linear relationships between WTC and the concept of Confucianism. The results displayed that both motivated Japanese and Chinese learners perceived social obligation strongly. It can be said that the perception of social obligation is the important source of motivation and WTC. However, detailed analysis of the data showed that social obligation was similarly high across all groups of Chinese students, and there was no significant difference among them. This implies that Confucianism had limited effects on their motivation. On the other hand, the result showed that in the case of Japanese EFL learners at SIST, only motivated students showed a strong perception of social obligation.

5. Conclusion

The results displayed that Japanese and Chinese EFL learners share the similar structures of WTC at the general level and in the classroom. Results showed that in the motivational structure of WTC in general, perceived competence was the strongest predictor of WTC of both groups of students, as was found in the previous studies (e.g., Peng & Woodrow, 2010, Yashima, 2002). Moreover, classroom environment in both cases of Japanese and Chinese EFL learners played the most important role for WTC in the

classroom. In this respect, Japanese and Chinese EFL learners had a similar structures of motivational structure and WTC in English, although Japanese EFL learners displayed a more complex motivational structure of WTC than that of Chinese EFL learners.

However, in the case of WTC outside the classroom, results showed some slight differences in the motivational structure of WTC outside the classroom. Chinese students' WTC outside the classroom was dominated by extrinsic motivation, while that of Japanese students was predicted by ideal L2 self.

The perception of social obligation was associated with motivation and WTC for Chinese and Japanese EFL learners in different ways, Japanese students who have strong learning motivation would have a similar ideology with Confucius, that is to say, Confucianism probably has a positive impact on Japanese students' learning motivation. On the other hand, as a national way of thinking, although the Chinese students are greatly influenced by Confucianism, but it didn't show correlations with social obligation and motivation. Therefore, Confucianism has no direct impact on the language learning motivation of Chinese students, while its importance and influence on other aspects in learning cannot be denied.

As a result, in East Asia, in this limited study, there was a similar motivational structure of WTC in general. However, perhaps because of their national conditions, culture or other reasons, different countries may show difference in relationship between motivational variables and WTC in English.

6. Acknowledgement

I'd like to express my deep gratitude to Professor Kenji Akiyama, Gregg McNabb, and Katsuyuki Konno.

7. References

- 1) Fukuda, T. (2015, March). *Two kinds of WTC and speaking amount*. Paper session presented at the meeting of American Association of Applied Linguistics (AAAL), Toronto, Canada.
- 2) Liu, M-H., & Jackson, J. (2008). An exploration of Chinese EFL learners' unwillingness to communicate and foreign language anxiety. *The Modern Language Journal*, 92, 71-85.
- 3) Mystkowska-Wiertelak, A., & Pietrzykowska, A. (2011). L2 willingness to communicate (WTC) and international posture in the Polish educational context. *Studies in second language learning and teaching*, 1, 119-134.
- 4) Peng, J-E., & Woodrow, L. (2010). Willingness to communicate in English: A model in the Chinese EFL classroom context. *Language Learning*, 60, 834-876.
- 5) Yashima, T. (2002). Willingness to communicate in a second language: The Japanese EFL Context. *The Modern Language Journal*, 85, 54-55.

環境機器の最適化設計と実験的検証*

The optimization design of the environmental apparatus and experimental inspection

新崎 竜平†

Ryuhei SHINZAKI

1. 緒言

H 社では、環境機器として降雪地域での積雪・凍結の被害を極力少なくし、室外機の能力を安定して発揮させるため、防雪フードを開発した。また、電子部品などの信頼性を検証するために使用される、-75°Cから+200°Cまでの冷熱衝撃試験を実施できるヒートショック試験装置を開発・販売してきた。

しかし、防雪フードを取り付けると、風量の損失率が高くなり、室外機の効率が下がってしまう恐れがある。そこで、本研究では、既製品より風量損失率が10%以内に抑制する新型防雪フードの開発を研究目的とする。

研究では、まず、Solid Works を用いて室外機のモデルを作成する。続いて、現行品を含めて種々な防雪フードのモデルも作成し、室外機解析モデルに取り付けた状態で解析を行はるほか、予め定義した風量損出率をもって、種々な防雪フード使用時の風量損失率を検討する。さらに、いくつかの防雪フードを製作し、実機に取り付け、実験的検証を行う。

一方、ヒートショック試験機では、冷気を作り出す低温槽の問題点として、構造上、一定の長さを持つダクトが蓄冷板の上部まで伸びており、そのため、運転時、試験槽から低温槽に戻る空気の流路が狭く、流動抵抗が大きくなり、低温槽へ流れ込む流量に影響を与えると考えられる。そこで、本研究は、熱流体解析による低温槽内の流動状況および温度変化を明らかにすることで、ヒートショック試験装置のダクトの長さによる流量変化と蓄冷板温度変化より、風量向上し、蓄冷板から迅速に熱伝達できる最適なダクト長さを提案することを研究目的とする。

研究では、まず、Solid Works を用いて低温槽解析モデルを作成する。続いて、作成したモデルを Flow Simulation にてダクトの長さによる流速・流量・温度の解析を行う。

2. 防雪フード形状最適化

2.1 防雪フード

図1に防雪フードの形状を示す。軸流ファンが稼動して、室外機の側面と背面から空気が吸い込まれ、上昇しながら熱交換器を通過してから、防雪フードに沿って左へ吐き出される。

このとき、防雪フードの上部の板の勾配や長さなどの形状が流量損失に影響を与えるものと考えられる。

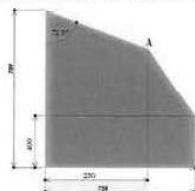


Fig.1 防雪フードの形状

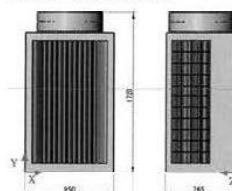


Fig.2 室外機解析モデル

2.2 風量低下率の定義

風量低下率 δ の定義式は式1に示す。

$$\delta = 100 \times (Q_0 - Q_1) / Q_0 \quad (1)$$

ここで、 Q_0 は防雪フードなしときの流量、 Q_1 は防雪フード付き時の流量とする。なお、流量は H 社が定めた方法、つまり、いくつかの空間に分割された室外機吸い込み面の風速と面積の積および総和により算出する。

2.3. 解析

H 社から頂いた該当室外機と防雪フードの図面を参照し、Solid Works にて防雪フード付きの室外機解析モデル（図2）を作成。解析では、ファン回転数は 760rpm に設定し、熱交換器は解析モデルの簡易化のため無しで行う。また解析領域は、ファンの中心を基準とした距離 X±3.5m, Y±3.5m, -1.8m, Z±3.5m とした。防雪フードの最適形状を求めるために、図1に示すように、防雪フードの形状を角度 $\theta=72.5^\circ$ 、第二曲げ高さを 400mm で固定し、第一曲げ奥行きを 200-700mm の間で 10mm ずつ変更し、解析を行って、それぞれの形状における風量低下率を算出する。

2.4. 実験的検証

R227 に設置する実機のエアコン室外機 RAS-AP224DS4 (750×948×1580) に従来の防雪フード、および計算に基づいて探し出した最適な形状を有する防雪フード（Fig.3）を取り付ける。

H 社が定めた方法で、室外機の三面の吸い込み口の流速（Fig.4, 64か所）を測定し、風量低下率を算出する。なお、ファンの回転数はファンステップ 23 (765rpm~780rpm) にて実験を行う。



Fig.3 作成した防雪フード

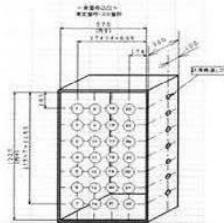


Fig.4 風速測定点



Fig.5 解析結果 1 フード無



Fig.6 解析結果 2 フード有

* 2015 年度修士論文概要

† 静岡理工科大学 大学院理工学研究科 システム工学専攻

2.5 結果と考察

2.5.1 シミュレーションの結果

図 5 と図 6 に、それぞれ防雪フードなしとありの条件における流速分布を示す。防雪フードなしのとき、軸流ファンによる引き起きた気流が回転しながら上昇していく様子が分かった。一方、防雪フードをつけた場合は、上昇した気流がフードに当たり、フードの形状に沿って外へ流れていくことも確認できた。図 7 には、解析により得られた流量損失率と第一曲げ奥行きとの関係を示す。第一曲げ奥行きの距離を長くすることにより風量低下率は増加する。200~400mm の間では風量低下率が緩やかに上昇し、550mm を超えると低下率が 10% を超えた。

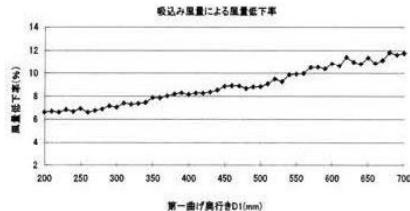


Fig.7 解析による流量損失

2.5.2 風速と流量の測定結果

表 1 に測定した風速をもとに算出した風量と風量損失を示す。解析値と実験値を比較した結果、新型防雪フードの最適なモデルとして角度 $\theta = 72.5^\circ$ 、第二曲げ高さ 400mm、第一曲げ奥行きが 320mm の防雪フードが妥当である。

Table.1 測定結果

角度	現行品	$\theta=72.5^\circ$ (mm)						
		75°	230	320	400	420	450	550
合計風量	[m³/min]	1598	1439	1470	1460	1451	1440	1435
風量低下率	(%)	0	100	80	87	92	89	102
								11.7
								12.7

3. 流体解析を用いたヒートショック試験装置低温槽の性能改善

3.1 体積流量の評価方法

風量低下率の定義は式 (1) とする。

3.2 伝熱量の評価方法

蓄冷板の平均温度を Solid Works Flow Simulation の全てのダクト短縮長に対し、解析結果より Fig1 に示す位置で測定し、下に示す式を用いて算出する。

$$\psi = \frac{mc|T - T_0| - mc|T_1 - T_0|}{mc|T_1 - T_0|} \times 100 \quad (2)$$

ψ : 蓄冷板の伝熱量增加率 [%]

m : 蓄冷板の質量 [kg]

c : 蓄冷板の比熱 [$J/(m \cdot K)$]

T_0 : 蓄冷板の初期温度 [K]

T_1 : 計算時間 300 秒後の現行品蓄冷板の平均温度 [K]

T : 計算時間 300 秒後のダクト短縮長変更の平均温度 [K]

3.3 流体解析

図 8 に示したヒートショック試験装置低温槽の解析モデルに対して、解析ソフト Solid Works Flow Simulation で解析を行った。シロッコファン直径 230 [mm]、吸込み面積 0.0432 [m²] で解析条件をシロッコファンの回転速度を風量を合わせるために 2500 [rpm]、空気温度 20.0 [°C]、全圧 101325 [Pa] の空気とした。また解析の時間ステップを

0.7 秒とし、物理時間 300 秒、計算領域内のセルの分割を x 方向 25, y 方向 15, z 方向 25 とした。ダクトの変更パターンは表 2 に示す通りである。

3.4 热解析

热解析では、モデル化した蓄冷板（図 9）に対して、解析ソフト Solid Works Flow Simulation で解析を行った。流入は流体解析の結果を用い、速度は一様とした。空気温度 20.0 [°C]、全圧 101325 [Pa] の空気とし、蓄冷板初期温度を -80.0 [°C] とした。ダクトの変更パターンは表 2 に示す通りである。また、热解析に際し蓄冷板の材料は A5025-H2、比熱 $c=880$ [$J/(kg \cdot K)$] を使用した。

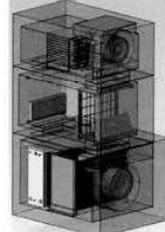


Fig.8 流体解析モデル

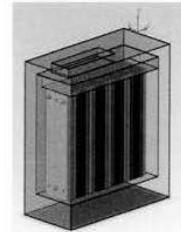


Fig.9 热解析モデル

Table.2 ダクト変更パターン

ダクト短縮長 [mm]	現行品	62	77	93	108	124	165	187	205
0(現行品)	62	77	93	108	124	165	187	205	

3.5 結果と考察

3.5.1 流体解析の結果

図 10 から低温槽ダクトの短縮により 20%以上の体積流量の増加を確認できた。これは、ダクトを短縮することによる圧力損失の低減が流量の増加となった現れた。

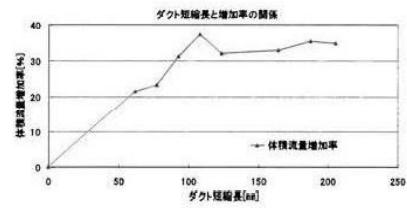


Fig.10 流体解析結果

3.5.2 热解析の結果

図 11 から蓄冷板伝熱量增加率はダクト短縮長 124mm より短くなると、増加率は 5% を下回った。

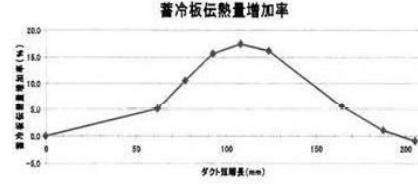


Fig.11 热解析結果

4 結論

室外機防雪フードの最適化設計では、流体解析と実験検証の結果、角度 $\theta = 72.5^\circ$ 、第二曲げ高さ 400mm、第一曲げ奥行きが 320mm の防雪フードが妥当であることが分かった。

一方、ヒートショック試験装置低温槽の性能改善では、流体解析と熱解析を行った結果、ダクト短縮長 92mm から 124mm の範囲内で圧力損失を低減し、蓄冷板の伝熱効率の向上させることができると考えられる。

超大偏心量許容形等速軸継手の研究*

Study of Ultra-large Eccentricity amount Permissible type Constant Velocity Coupling

晁 会亮 †
Huiliang CHAO

1. 諸言

超大偏心量許容形等速軸継手(以下軸継手)は、従来の機構では実現できなかった二軸間の大きな許容偏心量を有し、主要部はポールと溝の転がり伝達機構を用い、軸方向長さが短い構成で、等速伝達を可能としていることである。

本研究では、この軸継手の無負荷と負荷状態の比較により、等速性(回転変動率)および部品間に作用する力を明確にする。

2. 軸継手の設計

1) 軸継手構造

軸継手の構造を図1に示す。軸継手は、軸方向で対向するプレートの対向面に、複数の案内溝を相手側の案内溝と直交するように設け、両プレートの案内溝の交差位置に配されたポールが、保持器の孔に回転部材の径方向の移動を拘束された状態で、駆動側の回転部材に押され、案内溝内を転がりながら、従動側の回転部材を押して動力を伝達する。両プレートの案内溝は常に直交し、その直交位置に転動体が配置されることにより、回転中の等速性が維持される。

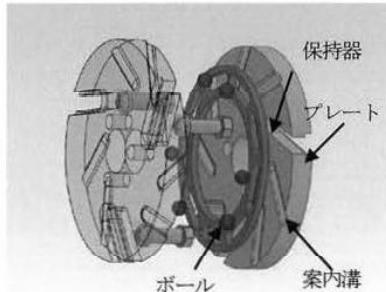
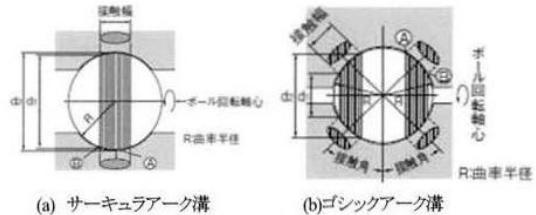


図1 本研究の軸継手

2) 案内溝

案内溝には、サーキュラーアーク溝とゴシックアーク溝の二種類が考えられる。それぞれの構造を図2に示す。

本研究では、製作が比較的容易なサーキュラーアーク溝を選択した。



(a) サーキュラーアーク溝 (b) ゴシックアーク溝

3) Hertz の接触面圧 (図3)

案内溝とポール間に作用する力から生じる Hertz の接触面圧により、負荷トルクを推定した。第二種梢円積分は、Brewer and Hamrock (1997)の近似式を使用した。

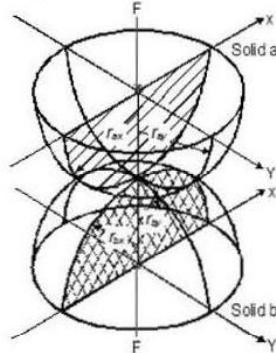


図3 二物体間の点接触

3. 解析 (ソフトウェア ADAMS)

解析で用いるソフトウェア ADAMS は、三次元非線形動力学解析が可能な機構解析ソフトウェアである。軸継手の等速性や部品間に作用する力に関する解析を行った。

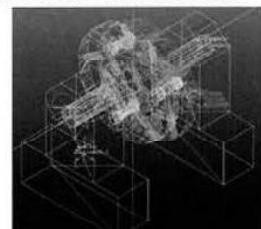


図4 解析モデル (ADAMS)

* 2015年度修士論文概要

† 静岡理工科大学 大学院理工学研究科 システム工学専攻

解析モデルは、それぞれの部品の材料特性を設定し、部品間の自由度を拘束し、摩擦係数等の境界条件を設定する。解析モデルを図4に示す。本研究の解析のパラメータは、偏心量(0mm, 1mm, 2mm)、入出力回転数、および入出力トルクである。最大回転数1000rpmまでの解析を行った。また、無負荷と負荷状態(トルク2Nm迄)で解析を行った。

4. 実験装置(動力吸収型)

本研究の実験装置は、無負荷と負荷状態での等速性と動力損失を測定するため、トルクメータとパウダーブレーキを使用し、設計を行った。図5は、実験装置(動力吸収型)である。また、0mm, 1mm, 2mmの偏心をさせることにより、偏心量をパラメータとした出力回転数の変化も測定できる。

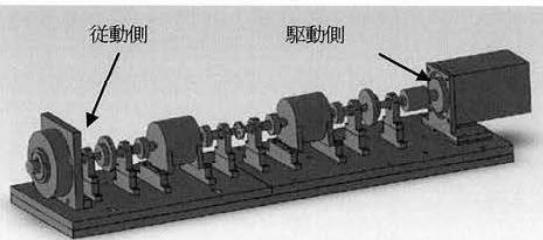


図5 実験装置(動力吸収型)

5. 実験結果と解析結果との比較

図6, 7, 8に、実験結果と解析結果(回転変動率)を示す。
(回転変動率) = (出力回転数の変動幅) / (入力回転数)

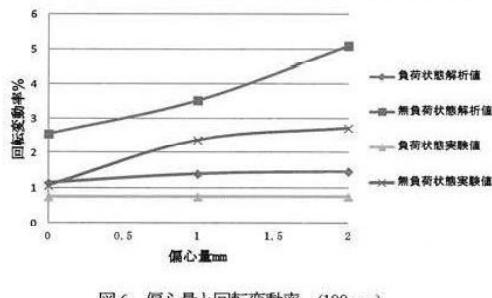


図6 偏心量と回転変動率(100rpm)

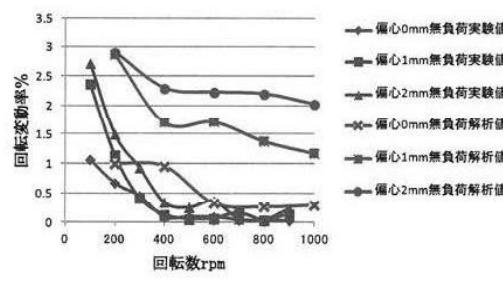


図7 回転数と回転変動率

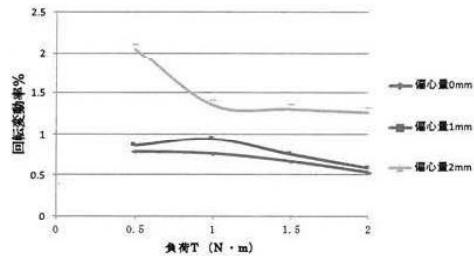


図8 負荷トルクと回転変動率(100rpm)

図9には、偏心量と部品間に作用する力の関係の解析結果を示す。偏心量が大きくなるにしたがい、保持器とポール間の力が増加していることがわかる。

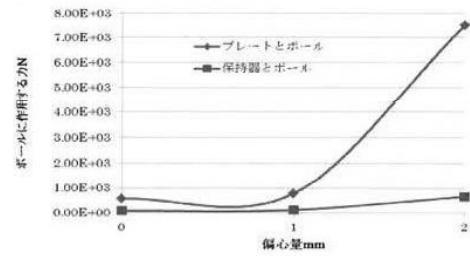


図9 偏心量と部品間に作用する力(100rpm 解析)

6. 考察

負荷と無負荷を比較した結果より、無負荷の場合は、すき間が影響し、回転変動率が大きくなると考えられる。偏心量が大きくなるにしたがい、保持器とポール間の力が大きくなることは、案内溝が交差し、その分力が保持器に作用していることが考えられる。

7. 結言

- ① 偏心量が大きくなるにしたがい、保持器とポール間の力が大きくなり、案内溝の分力が保持器に作用している。
- ② 偏心量が大きくなると、回転変動率も増加する。
- ③ 回転数が増加すると、回転変動率は減少する。
- ④ トルクを作用すると、回転変動率は減少する。

8. 今後の課題

解析と実験は定性的には一致するが、定量的には一致しない。解析の摩擦係数等を調整し、定量的に一致させる。また、溝形状の違いによる影響の比較検証を行う必要がある。

文献

- (1) 野崎 孝志, 晃 会亮, 叶 慶澤, 日本機械学会2015年次大会講演論文集, 2015/9/13.

廃竹を用いる小型ペレットボイラーの開発*

Development of a small pellet boiler
using an abandoned bamboo

陳 翰星*
Hanxing Chen

1. 緒論

現在、エネルギーをはじめプラスチックで代表される様々な材料や工業原料を石油に依存した。化石資源の大量消費は大気、海洋汚染を生じ、生態系を乱し、地球温暖化等の環境問題を引き起こしたこと現実である。これらの問題を解決するために、バイオマスの利用されることが注目されている。

一方、静岡県の竹の量が多すぎることから、竹を燃料として利用することも考えられる。

2. 研究目的

図1に示すように本研究は、静岡県に多く余っている廃竹を利用して、竹の直接燃焼が実現できる小型ペレットボイラーの開発と温室加熱システムの構築を研究目的とする。

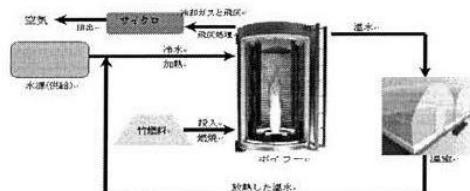


図1 竹燃料を用いる温室暖房システム

3. 基礎実験

3.1 水膨潤性実験

シャーレに溶媒(水)を入れ、竹ペレットを静かに投入し、変化の様子を経時的に観察した。水膨潤性の過程を図2に示す。

図2から、竹ペレットの密度が水膨潤性に影響しないと思われる。

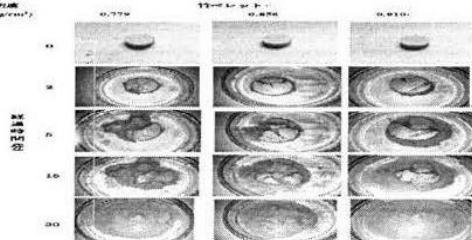


図2 竹ペレットの水膨潤性

* 2015年度修士論文概要

* 静岡理工科大学 大学院理工学研究科 システム専攻

3.2 結構観察実験

SEM装置を用いて、竹粉の構造を観察する。比較のために、木粉も同時に観察する。

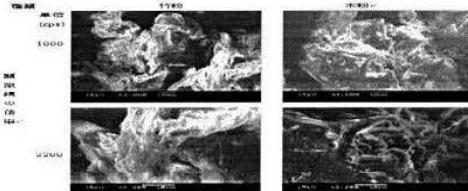


図3 竹粉と木粉の構造

顕微鏡観察の結果を図3に示して、竹の燃焼性能が高いだろうと考えられる。

3.3 パルス強度測定実験

XRD装置を用いて、竹粉と木粉のパルス強度を測定する。

測定の結果は木の粉末より竹はパルス強度が高い。このことから、燃焼の安定性が高いと思われる。

3.4 熱分解実験

TG-DTA/MS装置を用いて、様々な昇温速度と触媒NaCl、Ca(OH)₂の混入質量の条件下、竹粉の熱重量測定TGへの影響を調べる。この後、TGの測定値と活性化エネルギーの計算式(1)、(2)、(3)をもとにして様々な条件下、活性化エネルギーを求めて、熱分解効率を比較する。

$$\alpha = \frac{W_0 - W}{W_0 - W_\infty} = \frac{\Delta W}{\Delta W_\infty} \quad (1)$$

$$-\ln(1 - \alpha) = \frac{K}{\phi} T \quad (2)$$

$$\ln K = -\frac{E}{RT} + \ln A \quad (3)$$

図4はこの結果に示す。

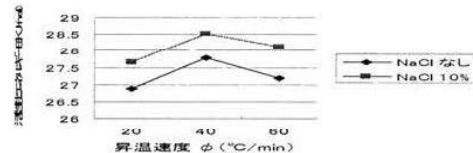


図4 NaClなしと10% 昇温速度による活性化エネルギー変化の比較

図4から、NaClを混入することで、熱分解を抑制する働きがあったと考思われる。

4.小型ボイラーの設計模式図

図5は本研究で提案した煙管ボイラーの模式図である。

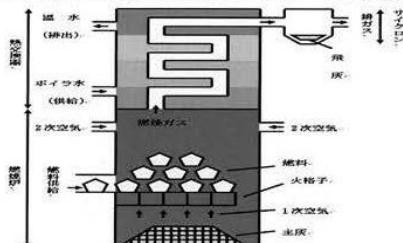


図5 煙管式ボイラー

模式図の上部は熱交換器で、下部は燃焼炉である。ボイラーの運行プロセスでは、まず、燃料はスクリュー搬送装置で燃焼炉の中に入れ、火格子の上で燃料を燃焼する。続いて、燃焼炉の下と上に1次空気と2次空気を送り、燃焼ガスは煙管を通して熱交換器に入り、煙管を加熱することによって給水を温める。最後、燃焼ガスはサイクロに入り、飛灰を取り除いてから、外気へ排出される。

5.温室モデルの解析

5.1 温室モデルの伝熱損失量

本研究では、温室モデル(図6)はアーチ型であり、長さが10m、壁の厚さが0.001m、アーチが直径4mの半円、総体積が62.8m³である。また、温室内の空気を加熱する伝熱管は外径が0.06m、厚さが0.01m、内径が0.05mで、水流量を0.004m³に設定する。



図6 温室モデル

温室室温が25°Cを設定し、外気温度を2,7,12°Cとしたときに、式(4)、(5)、(6)、(7)をもとにして温室の伝熱損失量を求める。

$$Gr_D = D^3 g \beta (T_i - T_o) / \kappa^2 \quad (4)$$

$$Nu = a D / \lambda = C (Gr_D \cdot Pr)^{0.5} \quad (5)$$

$$1/k = 1/\alpha + \delta/\lambda \quad (6)$$

$$Q = k(T_i - T_o)A \quad (7)$$

計算した結果、外気温度2,7,12°Cのときの伝熱損失量はそれぞれ19326, 14577, 10039Wであった。

5.2 竹の消費量の算出

ボイラーの効率を75%と設定し、Solidworksを用いて温室内の温度変化を解析し、様々な外気温度と太陽輻射量と入口の条件下において、温室モデルの温室を保つために、竹の成分)をもとに目標温度である温室内温度を25~30°Cとする際の燃料消費量を求めた。

解析条件は下記のように示す。

①温室表面の材質はPVC(ポリ塩化ビニール)で、水管の材質は銅である；②乱流；③温室モデルの格子数は200,000と設定する。なお、SolidWorksでの計算時間は30分とする。

図7に竹消費量と外気温度の関係を示す。入口水温60°C、太陽輻射量770W/m²の時、外気温度2,7,12°Cの竹消費量は89.1kg、75.1kg、65.8kgであった

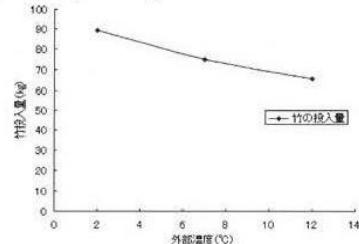


図7 竹消費量と外気温度の関係

図8に竹消費量と太陽輻射量の関係を示す。入口水温60°C、外気温度2°Cの条件下、太陽輻射量が大きいほど、温室の熱損失が小さく、竹の消費量が少なくなったと考えられる。

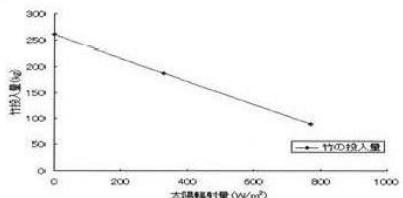


図8 竹消費量と太陽輻射量の関係

6.まとめ

- (1) 一般的な木燃料より竹燃料の形態の安定性が高い。
- (2) 竹の熱分解実験では、昇温速度が低いほど、竹の活性化エネルギーが低く、熱分解性が良い。Ca(OH)₂を混入すると、熱分解性が改善した。
- (3) 外気温度が高いほど、太陽輻射量が大きいほど、竹の消費量が少なくなったと考えられる。
- (4) 外気温度2°C、太陽輻射量770W/m²、入口水温40、50、60°Cの条件下、入口水温40°Cの時、竹の消費量が一番少なくなった。
- (5) 外気温度2°C、太陽輻射量0の時、最大熱発生量1075kwのボイラを設計する必要がある。

BDF 燃料を使用したけん引式レンジエクステンダーの特性*

The Properties Of Trailer Range Extender Use Of Bio-fuel

丁 霖†

Ding Lei

1. はじめに

近年、地球問題に対する関心が高まり、電気自動車を導入して、自動車の排気ガスを緩和することが期待されている。しかし、電気自動車の普及を図るには、一充電当たりの走行距離の飛躍的な延長が必要であり、その問題を解決するために、レンジエクステンダの開発が進められている。

レンジエクステンダは電気自動車の航続距離を延長することを目的としているが、発電モジュールは出力に余裕を取りすぎると、発電機質量が増大して電費の悪化を引き起こす可能性があり、けん引式レンジエクステンダの発電機出力特性について考察することが重要である。

本研究では、電気自動車に電源供給を行うことで電気自動車の航続距離を延長すること、また、バイオ燃料を使用することにより、カーボンニュートラル化を図ることを目的としている。

2. 実験設備および実験方法

2.1 実験装置

本研究は EV である「コミューター」を車両として使用した。車両仕様を Table.1 に示し、全体図を Fig.1 に示す。



正面図 側面図
Fig.1 車両全体図

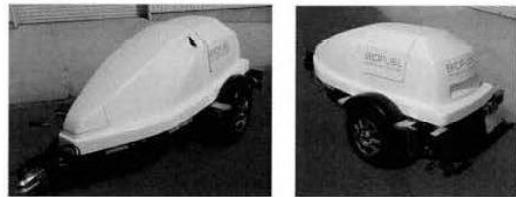
Table.1 車両仕様

タイプ	小型 EV コミューター
車両サイズ	2780mm×1400mm×1500mm
出力	5kW×2
車重	590kg
搭載電力量	4.1kWh(103.6V)
車載充電器出力	3kW(公称)

本研究に使用した牽引式レンジエクステンダの仕様を Table.2 に示し、全体図を Fig.2 に示す。

Table.2 レンジエクステンダの仕様

けん引式レンジエクステンダー				
全体	全長×全幅×全高(m.m)	2350×1200×940		
	総重量(kg)	300		
発電モジュール	発電形式	ディーゼル	電池タイプ	リチウム
	燃料	バイオ燃料	電圧	59V
	燃料タンク	17L	電力量	2960Wh
	出力	3.4kW	出力	1.4 kW
	電圧	200V	出力電圧	100 V
	周波数	60Hz	重量	60kg
	重量	100kg	充電時間	3Hr



(a) レンジエクステンダ(フロント) (b) レンジエクステンダ(リア)

Fig.2 レンジエクステンダの全体図

2.2 牽引式レンジエクステンダの使用パターン

牽引式レンジエクステンダは発電機の着脱が可能となり、短距離なら電気自動車だけでの走行、長距離時は、発電機を引っ張っての走行。さらに非常時は、けん引式発電機のみで非常用電源として使用できる

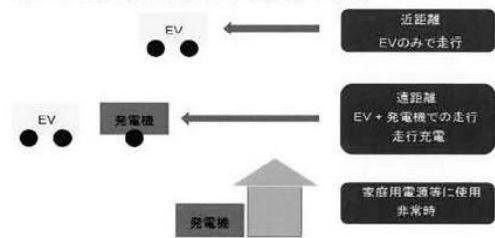


Fig.3 牽引式レンジエクステンダの使用パターン

2.3 走行実験方法

本研究では、電気自動車の走行距離の向上率を求めようめようために、走行テストを Table.3 に示した条件で実施した。

* 2015年度修士論文概要

† 静岡理工科大学 大学院理工学研究科 システム工学専攻

Table.3 走行テストの条件

①	車両のみでの走行
②	車両+レンジエクステンダ(蓄電ユニット付)+充電走行
③	車両+レンジエクステンダ(蓄電ユニット付)+非充電走行
④	車両+レンジエクステンダ(蓄電ユニット無)+充電走行
⑤	車両+レンジエクステンダ(蓄電ユニット無)+非充電走行

定形の0の字状コースを、同一走行パターンに周回した。各テスト条件において、加減速度を合わせる（同一ポイントと同じ速度で通過する）様に負荷を調整して走行した。

2.4 走行実験結果

テスト結果を、Table.4に示す。

Table.4 テスト結果

No.	①	②	③	④	⑤
走行時間 (s)	3183	3021	1842	4174	2230
走行距離 (km)	30.8	29.7	18.4	38.6	20.2
モーター消費量 (kWh)	2.66	3.63	2.41	4.72	2.42
充電電力量 (kWh)		1.41		2.14	
総重量 (kg)	650	940	940	870	870

車載充電器の仕様上の問題があったため、レンジエクステンダよりの充電電力が、設定の3kWに対し、実際は1.8kWと少なかった。

充電電力が3kWに増加させた場合の充電電力量を推定し、Table.5に示す。

Table.5 3kW 充電時の充電電力量

No.	①	②	③	④	⑤
充電電力量 (kWh)		2.52		3.48	

バッテリに消費した電力量を収支電力量と定義し、バッテリの単位消費電力量に対する走行距離を収支電費と定義する。3kW充電した時、収支電力量と収支電費を、Table.6に示す。

テスト②とテスト④をテスト①で比較した。充電走行時、蓄電ユニット有無に対する向上率を、Table.7に示す。

Table.6 3kW 充電時の収支電力量と収支電費

No.	①	②	③	④	⑤
収支電力量 (kWh)	2.66	1.11	2.41	1.24	2.42
収支電費 (km/kWh)	11.6	26.7	7.6	31.1	8.3

Table.7 蓄電ユニット付と蓄電ユニット無の向上率

	蓄電ユニット付	蓄電ユニット無
収支電費 (km/kWh)	26.7	31.1
向上率	2.3	2.68

2.5 バイオ燃料

本研究では、カーボンニュートラル化を図るために、発電機にバイオ燃料を使用した。

バイオ燃料は第四種類危険物として扱われ、無届けの場合、最大貯蔵量は2000Lであり、軽油と比較すると、約10倍になる。

このことより、一般家庭で十分な量の貯蔵が可能であるため、非常用燃料としての可能性があると考えられる。

3. まとめ

けん引式レンジエクステンダーを牽引し充電を行ないながら走行することで、計画値である1.35倍を大きく上回り、実力値としての目標であった、2.65倍と達成する航続距離の延長が可能であることが確認できた。蓄電ユニット無のほうが蓄電ユニット付きよりも大きく向上しているのは、牽引時の車両総重量が軽くなるためである。

車載電力量は4.1kWhであるため、蓄電モジュール無しの場合、電気自動車でレンジエクステンダーを牽引し、充電しながら走行する時、継続走行距離は127.5kmとなる。電気自動車のみでの47.5kmより、航続距離が2.68倍延長することができる。

謝辞

本研究を行うに当たり、終始御指導鞭撻を賜っている静岡理工科大学理工学部機械工学科 土屋高志教授、十朱寧教授、益田正教授に対して、謹んで深く謝意を表します。また、研究に使用した部品を御提供していただいたタジマモーターコーポレーション株式会社様に心よりお礼申し上げます。

御支援、御協力いただいた機械工学科の先生方及び土屋研究室の諸氏に心より感謝いたします。

文献

- 1) 山根浩二，“バイオディーゼル-天ぷら鍋から燃料タンクへ” -(2006.5.17)
- 2) 坂下翔吾：ディーゼルエンジンを用いたディーゼルエンジンのマルチ燃料化、平成17年卒業研究論文
- 3) 林田正守、成澤和幸、鄭四発、ハイブリッド電気自動車の排気ガス、燃費計測方法に関する考

窒素プラズマによるサファイア基板上へのAlN 単結晶成長に関する研究*

Study on AlN Single Crystal Growth on Sapphire Substrates under Nitrogen Plasma

濱川 和希 †
Kazuki HAMAKAWA

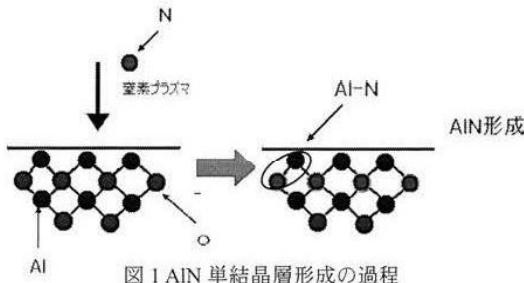
1. はじめに

窒化物半導体 GaN, InN, AlN やその混晶半導体は、0.8 ~ 6.3[eV](近赤外~遠紫外)の幅広いバンドギャップを有する。混晶半導体の混晶比を変化させることで、バンドギャップが可変可能であり、発光・受光デバイス材料として期待されている。しかし、窒化物半導体育成の問題点として、800°C~2200°Cあるいは 10MPa~6GPa といった高温、高圧下での育成条件が必要である。また、窒化物半導体デバイス作成の基板となるサファイア(Al₂O₃)基板との格子不整合率が数十%と大きいため、多結晶化、転位が生じる。この問題を解決するために、Al₂O₃ 基板の表面に AlN 単結晶層を形成し、格子不整合の緩衝層とする方法を用いる。

本研究では Al₂O₃ 基板上への AlN 単結晶層の形成において、窒素プラズマにより、Al₂O₃ 基板中の酸素原子を窒素プラズマ中の活性化窒素原子により置換する窒素プラズマ AlN 転換技術を開発した。この技術によって、低温、低圧で高品質 AlN 転換層形成が期待できる。研究の目的は、(1)AlN 転換層形成における圧力依存性、(2)AlN 転換層における時間依存性、(3)窒素による酸素置換過程の検討、(4)CL により結晶品質の解析をし、さらに(5)AlN 転換層上への InAlN 混晶層形成を行った。

2. 実験方法

図 1 は窒素プラズマによる AlN 転換層の形成過程の原理図である。窒化ホウ素(BN)坩堝内に設置した Al₂O₃ 基板に窒素プラズマを照射すると、酸素原子が活性化した窒素原子により置換し、Al₂O₃ 基板の上に AlN 単結晶層が形成できる可能性がある。



* 2015 年度修士論文概要

† 静岡理工科大学 大学院理工学研究科 システム工学専攻

実験手順は、マイクロ波プラズマ CVD 装置を使用し、成長装置内を真空度 2.3×10^{-3} Pa 付近まで真空引きした。窒素ガスを導入し、マイクロ波により、窒素プラズマを発生させ、Al₂O₃ 基板上に照射した。窒化する基板は、単結晶 Al₂O₃(0001)ウエハーを 17×17mm に切断し、BN 坩堝に基板を水平に置き、装置内に設置した。窒化には窒素流量 100ccm、プラズマ照射時の圧力を 500~1500Pa、窒素プラズマ照射時間を 2~8 時間の間で順次変化させて試料を作成した。また、In_xAl_{1-x}N 混晶成長は窒素プラズマ溶液法を用いてプラズマ照射時間 3 時間、プラズマ照射時の圧力を 1000Pa とした。原料組成比は、In : Al=25:75, In : Al=50:50 [mol.%]とした。作成した試料は、EPMA による成分分析、表面観察を行い、CL で発光波長から結晶品質を解析し、結晶品質構造解析は XRD を用いて行った。

3. 実験結果

図 2 には圧力 1000Pa におけるプラズマ照射時間 2~8 時間と変化させて成長させた試料の XRD 測定結果を示す。いずれの試料も AlN(0002)の回折ピークが検出された。この結果は Al₂O₃(0001)基板の面方位に対して同方向の AlN(0002)が成長していることを示唆しており、基板方位を受け継いだ AlN 転換層を得られることが確認された。

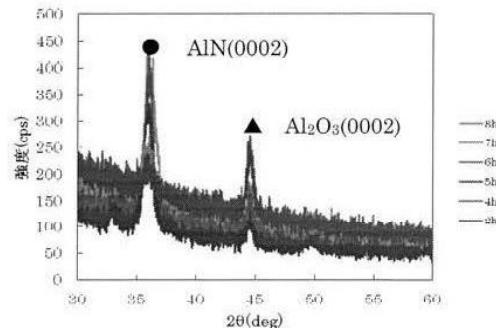
図 2 Al₂O₃(0001)基板上へ形成した AlN 転換層の時間変化における XRD 測定結果

図 3 は、Al₂O₃(0002)回折ピークに対する AlN(0002)回折ピークの X 線強度比とプラズマ照射時間の関係を示す。プラ

ズマ照射時間が2hから5hの間で,X線強度比は急激に増加し,AlN(0002)回折強度ピークが増加することが確認できた。AlN転換層には依存性がみられ、照射初期に転換層厚さが急激に成長し、その後飽和することが示唆された。

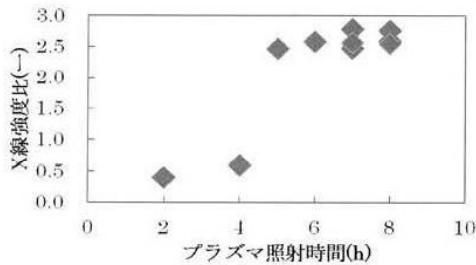


図3 Al₂O₃ピーカに対するAlNピーカのX線強度比

図4に作成平均温度525°Cと675°Cのプラズマ照射時間の平方根とAlN転換層の膜厚の関係を示す。時間の平方根に対して、AlN転換層の膜厚が線形的に増加する傾向が見られた。拡散係数を求めた結果525°Cは、 $4.5 \times 10^{-12} [\text{cm}^2/\text{s}]$ 、675°Cは、 $1.7 \times 10^{-11} [\text{cm}^2/\text{s}]$ となった。この値はAlへの窒素プラズマ照射における窒素の拡散係数 $1.86 \times 10^{-13} [\text{cm}^2/\text{s}]^1$ 、 $4.6 \times 10^{-14} [\text{cm}^2/\text{s}]^2$ と比較して一桁から二桁大きいため、Al₂O₃(0001)基板中に活性化した窒素原子が高速で拡散していると考えられた。得られた拡散係数からアレニウスの式を用いて活性化エネルギーを算出した。525°C～675°Cの温度範囲で、活性化エネルギーは13.3kcal/molとなった。この結果はGaAsのAsの自己拡散の活性化エネルギーである236kcal/mol³⁾と比較すると1/18倍であった。GaAsに比べ高融点のAl₂O₃におけるAl-O結合を低い活性化エネルギーで切断し、Al-N結合を形成したことが示唆された。

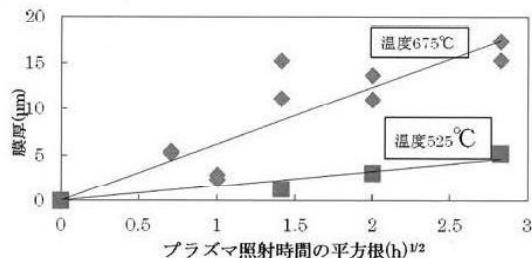


図4 プラズマ照射時間の変化によるAlN転換層の膜厚の変化

図5にAlNバンド端発光を含む準位の半値幅を示す。バンド端発光の半値幅は、0.60～0.63(eV)であり、圧力100～2000Paの間では、市販のPVT法の半値幅と比較すると半分以下であり、結晶の品質としては、本研究の窒素プラズマ

によるAlN転換層の方が勝っていることが分かった。

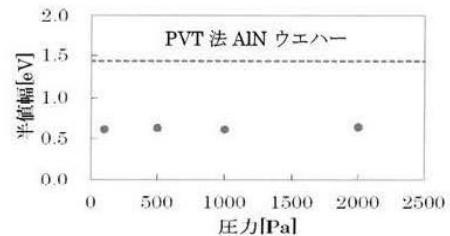


図5 AlNバンド端発光を含む準位の半値幅

図6には原料組成比を変化させたIn_xAl_{1-x}NのXRD解析結果を示す。In:Al=25:75, In:Al=50:50ともにIn_xAl_{1-x}N混晶のピークが確認された。面間隔から混晶比xを求めた結果In:Al=25:75は、x=0.61, In:Al=50:50は、x=0.57となった。混晶相は確認できたが、AlN相も析出しており、非混和が生じ、In_xAl_{1-x}Nが単相成長できなかったと考えられる。

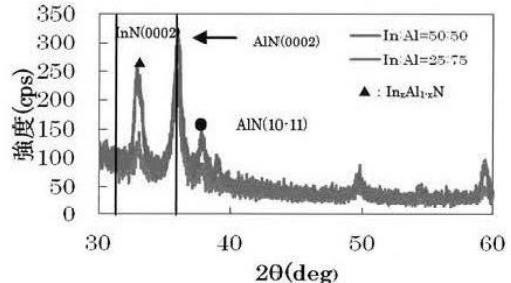


図6 原料組成比を変化させたInAlNのXRD解析結果

4.まとめ

窒素プラズマを用いてAl₂O₃基板上に低温、低圧下でAlN転換層の単結晶形成に成功した。プラズマ照射時間と拡散係数、活性化エネルギーを算出した結果、Al-O結合が強固にも関わらず、低い活性化エネルギーでAl-N結合へ転換することができた。AlNバンド端発光を含む準位の半値幅から高品質なAlN単結晶層の形成が確認された。AlN転換層上にInAlN混晶を成長させたが、多相成長となった。

5.参考文献

- P.Visuttipitukul,T.Aizawa,H.Kuwahara,Materials Transactions,Vol.44,No.7,pp.1412-1418(2003)
- Y.Lu,G.Cong,X.Liu,D.C.Lu,Q.Zhu,X.Wang,J.Wu and Z.Wang,J.Appl.Vol.96,pp.4982-4988(2004)
- 青山昌治,徳山巍,“電子材料工学”,電気学会(1982)

永久磁石型同期モータの振動抑制制御法に関する研究*

Study on Suppression Control Method for Motor Frame Vibration of Permanent Magnet Synchronous Motors

増田 壮志 †
Takeshi MASUDA

1. はじめに

近年、永久磁石型同期モータ（PMSM: Permanent Magnet Synchronous Motors）が産業・家電分野で多数使用されている。しかし、PMSM はインバータの動作特性、制御系の不完全性、モータ構造の特徴等から駆動時にトルク脈動が発生し、振動・騒音の発生の一因となる。本研究では PMSM のトルク脈動に起因する周期的なフレーム振動を学習制御により抑制することを目的とする。

2. 振動抑制制御系

本研究で検討した補償信号学習制御系および振動抑制制御系の構成図を図 1、図 2 に示す。ここで、 α_F はフレーム振動、 α_{Fnf} は α_F の n_f 振動成分（モータ動作点 f の n 倍の周期で発生している振動成分）、 i_{qnc} は α_{Fnf} に対する補償信号、 θ_{re} は磁極位置、 T_r は繰返し制御およびフーリエ変換の周期である。図 1 の補償信号学習制御系では、抑制対象とする振動成分 α_{Fnf} を入力とする繰返し制御系を実行することにより、補償信号 i_{qnc} が学習され、同時に α_{Fnf} が抑制される。

本研究では、まず図 1 の補償信号学習制御系を用いて、抑制対象とするすべての振動成分に対して各モータ動作点において補償信号を学習し、その振幅および位相 ($\theta_{re} = 0$ を基準) を測定する。測定結果から、補償信号の振幅および位相をモータ動作点を変数として関数化する。次に、関数化した補償信号を補償信号発生器から出力する図 2 の振動抑制制御系により、振動抑制制御を行う。

これまでの研究¹⁾では、補償信号学習点をモータ動作点 1Hz 刻みとしていたため、多くの手間と時間がかかることが問題であった。そこで本研究では、補償信号学習点の削減手法の検討をした。以降、これまでの手法を従来法と呼ぶ。モータフレーム振動はモータ動作点によって変動する。従来法での測定結果より、振動振幅の傾向が変化するモータ動作点付近において、補償信号の傾向も変化することがわかった。そこで、振動振幅の傾向が変化するモータ動作点のみを補償信号学習点とし、補償信号を関数化する手法を検討した。以降、この手法を提案手法と呼ぶ。なお、提案手法の詳細については 4.1 節で説明する。

3. 実験システム

本研究で検討する手法の有効性を確認するために、実機実験を行った。図 1 および図 2 に示す振動抑制制御系を DSP により構築した。供試機として 120W の SPMMSM (4 極対)，負荷として摺動抵抗を接続した直流発電機 (DCG) を用いた。モータトルク T_e および負荷トルク T_L (電流指令値 i_{qcmd} および摺動抵抗の大きさ) を変化させることにより、モータ動作点を変動させた。

電流指令値 i_{qcmd} を 1.0A, 1.5A, 2.0A とし、抑制対象を $2f$, $4f$, $6f$ 振動成分とした。モータ動作点の変動範囲は、電流指令値 i_{qcmd} が 1.0A では 9Hz から 26Hz, 1.5A では 9Hz から 48Hz, 2.0A では 9Hz から 80Hz とした。

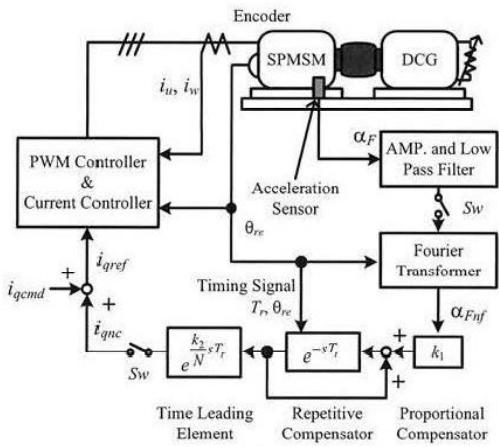


図 1 補償信号学習制御系

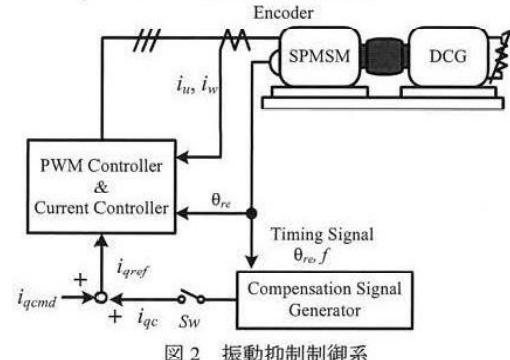


図 2 振動抑制制御系

* 2015 年度修士論文概要

† 静岡理工科大学大学院 理工学研究科 システム工学専攻

4. 実機実験結果

4.1 提案手法による補償信号の閾数化 電流指令値を1.5Aとした場合の、 $6f$ 振動成分の振動振幅の測定結果を図3、 $6f$ 振動成分に対する補償信号の測定結果を図4に示す。図3と図4を比較すると、振動振幅の傾向が変化するモータ動作点(図中の黄色い点)で、図4の補償信号の傾向も変化していることがわかる。そこで、提案手法では振動振幅の傾向が変化するモータ動作点のみを補償信号学習点とし、補償信号の閾数化を行った。各図中の黄色い点が提案手法による補償信号学習点である。

4.2 振動抑制制御実験結果 実験結果を図5に示す。図5(a)は振動抑制制御前、図5(b)は提案手法による振動抑制制御中、図5(c)は従来法による振動抑制制御中の各振動成分、モータ動作点の波形である。図5(a)より、モータ動作点の変化により各振動成分が変化していることがわかる。特に、 $6f$ 振動成分では機械系の共振現象により、振幅が大きく変化している部分があることがわかる。図5(b)より、振動抑制制御中はモータ動作点に対応した補償信号により、各振動成分が抑制されていることがわかる。図5(b), (c)を比較すると、提案手法と従来法の振動抑制効果に大きな差はないことがわかる。しかし、 $2f$, $4f$ 振動成分は抑制効果が若干低い箇所があることがわかる。これに関しては、今後の課題として改善していく予定である。

また、モータ駆動条件によっては従来法と比較して振動抑制効果が薄いモータ動作点が発生することがある。この場合は抑制効果が低いモータ動作点において補償信号を学習し、補償信号閾数を補正することで従来法と同じ抑制効果が得られることを実験により確認した。

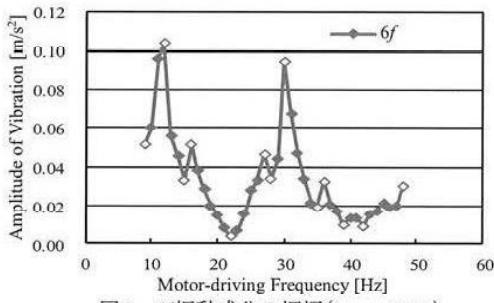


図3 $6f$ 振動成分の振幅($i_{qcmd}=1.5A$)

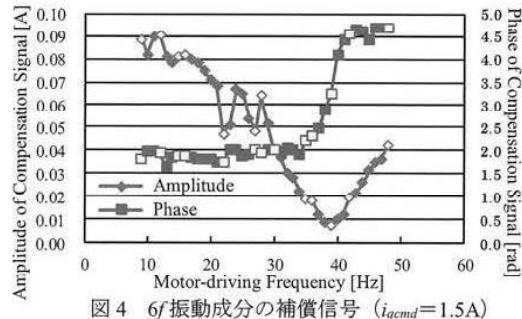


図4 $6f$ 振動成分の補償信号($i_{qcmd}=1.5A$)

5. まとめ

これまでの研究では、補償信号学習点を1Hz刻みとしていたため、多くの手間と時間がかかることが問題であった。そこで本研究では、振動振幅の傾向が変化するモータ動作点で、補償信号の傾向も変化することを利用し、補償信号学習点の削減手法を検討した。その結果、本研究で検討した手法により、振動抑制効果を低下させることなく補償信号学習点を約5分の1に削減できることを確認した。

なお、従来法での補償信号学習点は390、提案手法での補償信号学習点は73となった。

謝辞

本研究の遂行にあたり、終始ご指導を賜りました静岡理工科大学講師、服部知美先生に心から感謝し、深く御礼申し上げます。

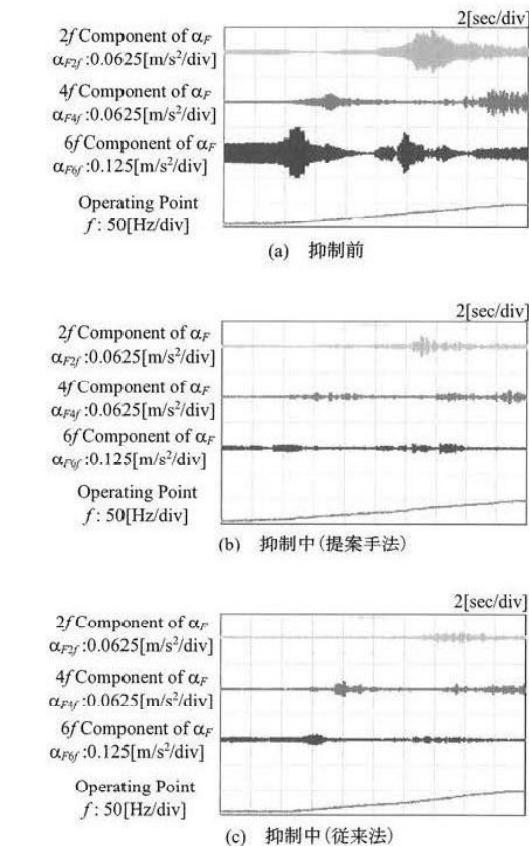


図5 振動抑制制御結果 ($1.5A = i_{qcmd}$)

文献

- 1) 増田壮志、服部知美 “動作点変動に対応したPMSMの振動抑制制御法 - モータトルク変動および負荷変動対応 - ”、電気学会回転機、リニアドライブ、家電・民生合同研究会(2014. 8)

コーパスに基づく中日ヴォイスの機械翻訳規則*

A corpus based approach to Chinese Japanese machine translation rules of grammatical voice

楊 伊芯 †

YiXin YANG

1.はじめに

本論文は中日機械翻訳における難題の一つである「ヴォイス」という複雑な言語表現について、中国語から日本語への翻訳の問題点を分析して、対訳コーパスにより、翻訳規則を提案、実験、評価したものである。

文法的類型論では、中国語は孤立語で、使役や受身を“使”、“叫”、“让”など、「前置詞」とよばれる特定の動詞によって示すのが普通である。日本語は膠着語で、使役の「(さ)せる」や受身の「(ら)れる」というような述語の語尾の特定の形態変化を通して示す。現在の中日翻訳のウェブサイトでは、形態変化の脱落、助詞の誤用、語順混乱などの誤訳が見られる。本研究はヴォイスの述語形式に焦点をしぼって有効な翻訳規則の提案を目指す。具体的には、対訳コーパスを利用することによって、「使役」と「受身」について中国語の構文条件と日本語訳の対応をまとめ、翻訳規則を提案する。提案した規則は、オンライン翻訳サイトの翻訳結果と比較して、手作業で有効性を確認した。

言語学の知見をいかした規則の作成と、コーパスからの頻度情報を利用する点で、本研究は機械翻訳でのルールベースとデータ主導型の両方の特徴を取り入れた研究であると位置づけられる。

2. コーパスを利用した研究方法

LCMC (The Lancaster Corpus of Mandarin Chinese) を利用して中国語の前置詞の構文分析を行った。中日対訳コーパスとして、京都大学の「日英中基本文データ」、太宰治『人間失格』と燐伊訳から作成した「小説対訳テクストデータ」、TCSE (TED Corpus Search Engine) から取り出した「TED talk の字幕対訳」の三つを利用した。これら三つの対訳から使役文 161 例、受身文 146 例を収集してまとめた翻訳規則が表 1 及び表 2 である。

3. 翻訳規則

3.1 受身文

動作主の有無により「X+被+V」と、「X+被+Y+V」「(X+)被+Y+所+V」の 3 種類の構文に分けた (X : 主語、Y : 目的語、V : 動詞を表す)。一般的に“被”構文は日本語の受身形式「Vれる」と訳されるが、自動詞または語彙的受身動詞の場合は能動文の「する」に対応する。さらにこれら

の規則には収まらない受身の慣用句の翻訳をまとめた。

3.2 使役文

“让、使、令” の 3 つの前置詞を中心に、特定の語の共起の有無を構文条件にして、9 種類の構文の翻訳規則を作成した。使役の典型的構文は「(X+) 让+Y+V」(X が Y に /を V させる)であるが、目的語が“人”または“我(们)”、並列動詞 (V1V2) などの述語の種類、否定の“不”、願望の“想”、語氣助詞の“吧”的有無を使って、適切な訳し分けを提案した。

機械翻訳に応用可能な使役表現の翻訳の流れを図 1 に示した。使役構文には述語の種類や目的語の人称などの特徴的な要素が多いことを利用している。

4. 規則評価

TED talk から使役と受身を 302 例無作為に抽出し、オンライン翻訳サイトで日本語に翻訳して、誤訳を集めた。

提案した翻訳規則を誤訳に適用した結果、受身の誤訳 65 例のうち、57 例が正しい翻訳になり (87.7%)、使役の誤訳 125 例のうち、102 例が正しい翻訳になった (81.6%)。302 文のうち、正訳の割合が 37.1% から 89.7% に改善された。

5. まとめ

本研究では中日機械翻訳において問題とされるヴォイス表現について、複数のコーパスから構文に共起する要素と頻度を調査して翻訳規則を作成した。本研究で提案した翻訳規則を取り入れると、中日ヴォイス機械翻訳の精度をあげることができる。

参考文献

- 1) Tony McEnery and Richard Xiao
The Lancaster Corpus of Mandarin Chinese
<http://www.lancaster.ac.uk/fass/projects/corpus/LCMC/>
- 2) 日英中基本文データ <http://nlp.ist.i.kyoto-u.ac.jp/index.php?日英中基本文データ>
- 3) Hasebe, Yoichiro. (2015) Design and Implementation of an Online Corpus of Presentation Transcripts of TED Talks. Procedia: Social and Behavioral Sciences 198(24),

* 2015 年度修士論文概要

† 静岡理工科大学 大学院理工学研究科 システム工学専攻

174-182.

- 4) 方丹・陳劭毓・松本忠博(2012)「日本語から中国語への機械翻訳における使役表現の処理」『言語処理学会年次大会発表論文集』18:2-16.
 - 5) 黄曉兵・王帙謙・薛明惠・池田尚志(2008)「日中機械翻訳における使役等の翻訳処理について」『言語処理学会第14回年次大会発表論文集』877-880.

- 6) 米麗英・任福継・黒岩眞吾(2005)「機械翻訳における使役表現の翻訳規則について」『情報処理学会研究報告自然言語処理』117:171-176.
 - 7) ト朝暉・王軌謙・浅井良信・穆貴彬・池田尚志(2006)「日本中機械翻訳における構文上の対応のずれに関する考察ー受動態と能動態のずれ、品詞のずれを中心にしてー」『情報処理学会研究報告』176(5):33-40.

表 1 使役文の翻訳規則

使役文の翻訳規則			
中国語使役構文	構文条件	翻訳提案	頻度の高い述語
(X+) 使/让/令+人+V	人の後ろに“的”“类”“与”がない Vが心理動詞、認識動詞	Vする/人をVさせる	惊奇、惊讶、吃惊(驚く)、激动(感動する)、觉得、感到(感じる)、空息(息を呑む)、信服(信服する)、担心(心配する)、快乐(楽しめる)、高兴(嬉しい)、心烦、烦恼(悩む)
(X+) 使/让/令+我(们)+V	我(们)の後に“的”がない Xは無生物(原因) Vが心理動詞、認識動詞	Vする	意识(意識する)、丧失(失う)、理解(理解する)、痛苦(苦しむ)、感到(感じる)、觉得(思う)、快乐(楽しめる)
	我(们)の後に「的」がない Xは有生物 Vが意志動詞	Vさせる	介绍(紹介する)、举(挙げる)
X+使/让+Y+V1V2	V1V2の二動詞並列 V1が得到(得る)、成为(なる)、产生(生み出す)	XがYに/V2させる (生み出す)	得到(得る)、获得(得る)、成为(なる)、导致(招く)、发生(発生する)、产生(生み出す)、感到(感じる)
X+使/让+Y+V変化+V	V変化が变得、变(変える) Vが心理動詞、状態動詞	XがYに/Vするようになる	害怕(恐れる)、有效率(有効になる)、有价值(価値がある)、有意义(意義がある)、出色(優れる)、可行、可能(可能にする)、可见(見える)
X+使/让+Y+V変化+NA/A	V変化が变得、变(変える)	V(A)、V(NA)させる	严重(深刻)、简单(簡単)、好(よい)、聪明(賢い)、美丽(美しい)、高(高い)、小(小さい)、大(大きい)、容易(容易)、盲目(盲目)
(X+) 不+让+Y+V	Vが意志動詞、認識動詞	YがVないようにする	打扰(邪魔する)、碰触(触る)、看见(見る)、进入(入る)、发现(発見する)
(X+) 想+让+Y+V	Yが二人称“你、您、你们(あなた、あなたたち)” Vが意志動詞、認識動詞	(Yに)Vてほしい	知道(知る)、想象、假象(想像する)、看(見る)
(X+) 让+Y+V+吧	Vが意志動詞	Vよう/Vさせよう	庆祝(祝う)、举例(例を挙げる)、试(試す)、讲述、说(話す)、问(聞く)、告诉(教える)
(X+) 让+Y+V	Vが意志動詞	YがVようにする	发挥(活躍する)、做(する)、玩(遊ぶ)
	Yが有生物 Vが意志動詞、認識動詞	(Yに)Vてもらう	写(書く)、帮忙(助ける)、理解(理解する)、知道(知る)、买(買う)、治病(治す)、了解(理解する)
	Vが上記以外	Vさせる	分别(分ける)

表2 受身文の翻訳規則

受文身の翻訳規則			
中国語受身構文	構文条件	翻訳提案	頻度の高い述語
X+被+V	Vが自動詞、話乗的受身動詞	Xが/はV	因(因る)、逗笑(笑う)、遮挡(隠れる)、対待(扱いを受ける)
	Vが上記以外	Xが/はVれる	称(呼ぶ)、分(分ける)、允许(許す)、禁止(禁止する)、攻击(攻撃する)、解雇(解雇する)
X+被+Y+V	Vが自動詞、話乗的受身動詞	Xが/はYにV	授(満れる)、授予(受賞する)、打败(負ける)、激怒(怒る)、称(呼ぶ)
	Vが上記以外	Xが/はYにVれる	认为(考える)、询问(尋ねる)、欺负(虐める)、注意(気づく)
(X+) 被+Y+所+V	Yが必須	(Xが/は)YにVれる	吸引(引く)、惹く、魅了する)、伤(傷つく)、知(知る)、驱动(動く)、感動(感動する)、包围(囲む)、接受(受け入れる)、取代(代わる)、信任(信頼する)、束缚(縛る)、提醒(注意する)、主宰(支配する)

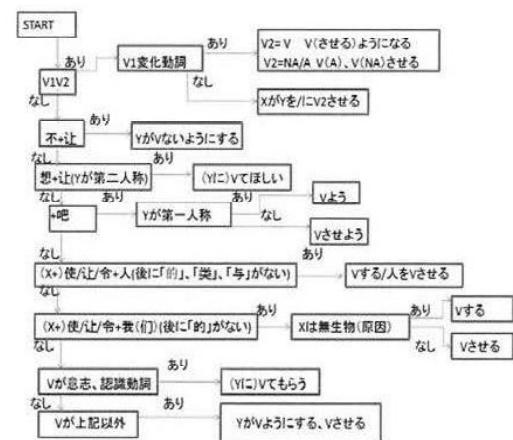


図1 使役の翻訳システムの流れ

次亜塩素酸ナトリウムを利用した有機合成反応の開発*

Environmentally Benign Oxidation Using Sodium hypochlorite

北川 紗央合†
Saori KITAGAWA

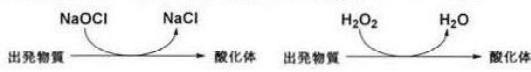
1. はじめに

酸化反応は、有機合成上重要な反応である。しかしながら、従来の酸化方法は爆発性のある酸化剤や毒性の高い重金属などの試薬を化学量論量以上使用する場合が多く、反応終了後、酸化剤由来の還元体が大量の廃棄物として生成する場合があるなど、多くの問題点があった。



Scheme 1

当研究室では、以前より次亜塩素酸ナトリウム (NaOCl) を用いた酸化反応や、低濃度の過酸化水素 (H_2O_2) を用いた酸化反応の研究をおこなってきている。これらの試薬は、反応後に無害な食塩や水となるため、従来の酸化方法の問題点を解決する方法の一つである。



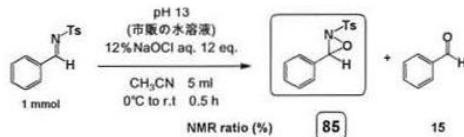
Scheme 2

今回私は、 NaOCl を用いたオキサジリジンの合成反応と、次亜塩素酸ナトリウム五水和物 ($\text{NaOCl} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) を用いたスルフィドのスルホキシドへの酸化反応を見出した。

2. 次亜塩素酸ナトリウムを用いたオキサジリジンの合成反応

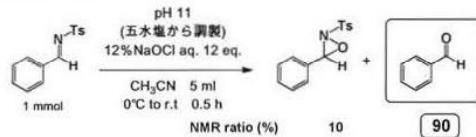
オキサジリジンは、炭素、窒素、酸素で三員環を形成している化合物で、たいへん歪んでいるため窒素と酸素の結合が切れることで、酸化反応や窒素官能基導入反応を行うことが出来る¹⁾。従来のオキサジリジンの合成法では、イミンに対して化学量論量の *m*-CPBA などの酸化剤を使って酸化する反応²⁾ が主流だった。しかし、この反応で用いられる酸化剤には爆発性があり、還元体も廃棄物として残ってしまうという問題点があった。

今回、環境調和型オキサジリジン合成法の開発を目指して *N*-スルホニルイミンの酸化反応の検討を行った。その結果、12% NaOCl 水溶液 12 当量をアセトニトリル中で *N*-スルホニルイミンと反応させると、目的のオキサジリジンが NMR 比率で 85% で生成することを見出した (Scheme 3)。



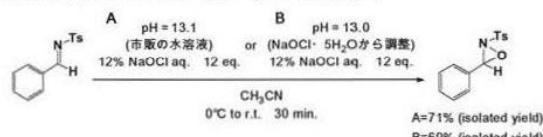
Scheme 3

一方、従来の 12% NaOCl 水溶液ではなくて、 $\text{NaOCl} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 結晶を水に溶かして調製した 12% NaOCl 水溶液を用いるとオキサジリジンはわずかしか得られず、イミンが加水分解されたベンズアルデヒドが主に得られてきた (Scheme 4)。



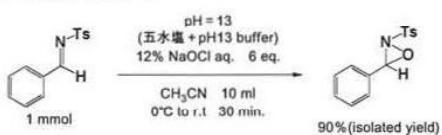
Scheme 4

12% NaOCl 水溶液と $\text{NaOCl} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ から調製した 12% NaOCl 水溶液との大きな違いは、それらの pH にある。12% NaOCl 水溶液の pH は 13 であるのに対して、 $\text{NaOCl} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ から調製した 12% NaOCl 水溶液の pH は 11 と低い。そこで、市販の 12% NaOCl 水溶液と $\text{NaOCl} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ から調製した 12% NaOCl 水溶液に NaOH または HCl を加えて、pH を変化させて検討を行った。その結果、pH を 13 にするとどちらの水溶液でも収率良く目的物が得られることがわかった (Scheme 5)。



Scheme 5

さらに、収率の向上を目指して検討を行ったところ、基質 1 mmol に対してアセトニトリル 10 mL 中、 $\text{NaOCl} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ と pH 13 緩衝液から調製した 12% NaOCl 水溶液を用いる場合に、オキサジリジンを収率 90% で得ることが出来た (Scheme 6)。

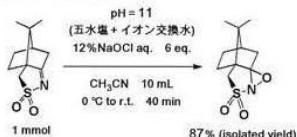


Scheme 6

* 2015 年度修士論文概要

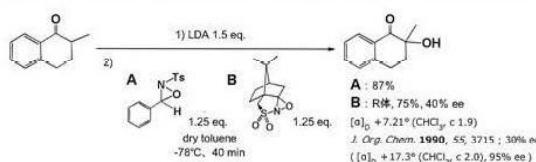
† 静岡理工科大学 大学院理工学研究科 材料科学専攻

また、キラルなオキサジリジンの検討も行った。(+)-カンファースルホニルイミン 1 mmol に対してアセトニトリル 10 mL 中、酸化剤として NaOCl・5H₂O とイオン交換水から調整した pH 11 の 12%NaOCl 水溶液 6 当量を反応させるとキラルな Davis オキサジリジンを合成することができた (Scheme 7)。



Scheme 7

また、今回的方法で合成したオキサジリジンを用いて文献に従って³⁾ケトンの α 位への水酸基導入反応を行ったところ、目的の化合物を得ることが出来た (Scheme 8)。



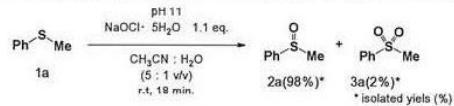
Scheme 8

3. 次亜塩素酸ナトリウム五水和物を用いたスルホキシド化反応

スルホキシドは、独特な化学的性質を有しており、導入や除去が容易に行えるため有機合成化学的に有用な官能基である⁴⁾。

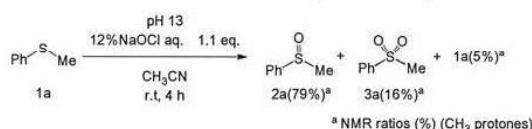
スルフィドからスルホキシドを選択的に合成する反応は数多く報告されているが、酸化剤に由来する大量の廃棄物が生じるなどの問題点が残っていた。一方、環境に優しく、安価な酸化剤として NaOCl は魅力的である。しかし、NaOCl を用いて選択的にスルホキシドを生成する反応としては TEMPO 触媒を使用した報告が一例あるだけであった⁵⁾。

そこでまず、原料のチオアニソールに対して、アセトニトリル：水=5：1 の混合溶媒中、NaOCl・5H₂O を加えて反応を行った。その結果、短時間かつ高収率でスルホキシドを選択的に合成することが出来た。 (Scheme 9)。



Scheme 9

一方、市販の 12%NaOCl 水溶液を 1.1 当量用いて反応を行ったところ、NaOCl・5H₂O を用いて反応を行った時よりも反応の進行が遅く、スルフィドが残り、スルホンがかなりの割合で副生成していた (Scheme 10)。



Scheme 10

先ほど述べたように、市販の 12%NaOCl 水溶液は pH 13 であるのに対して、NaOCl・5H₂O を水に溶かしても pH は 11 程度にしかならない。そこで次に NaOCl・5H₂O を水に溶かして調製した 12%NaOCl 水溶液と市販の 12%NaOCl 水溶液の pH を変えて反応性をみた。その結果、本反応も pH によって生成物は異なり、市販の水溶液を用いても、NaOCl・5H₂O を用いても、pH 10~11 とした時に最も高収率かつ高選択性にスルホキシドを得ることが出来た (Table 1)。

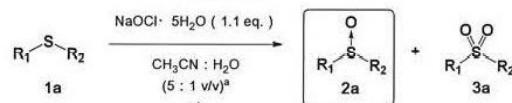
Table 1

Run	NaOCl	pH	Time	NMR ratios (%) (CH ₃ Protones)		
				1a	2a	3a
1	prepared from NaOCl·5H ₂ O	11	20 min	1	99	0
2	conventional aqueous solution ^a + H	11	20 min	0	27	3
3	prepared from NaOCl·5H ₂ O+NaOH	13	4 h	18	66	16
4	conventional aqueous solution ^a	13	4 h	5	79	16
5	prepared from NaOCl·5H ₂ O+HCl	10	20 min	1	98	1
6	prepared from NaOCl·5H ₂ O+HCl	9	20 min	8	88	4
7	prepared from NaOCl·5H ₂ O+HCl	8	4 h	37	8	55
8	prepared from NaOCl·5H ₂ O+HCl	7	4 h	38	7	55

^aNikkei ZiosTM.

チオアニソール以外の様々なスルフィドでもこの反応が進行するのか調べるために、各種スルフィドに対して、アセトニトリル：水=5：1 の混合溶媒中で 1.1 当量の NaOCl・5H₂O との反応の検討を行った。いずれの場合でもスルホキシドを選択的に高収率で得ることが出来た (Table 2)。

Table 2



R ₁	R ₂	time (min)	isolated yield(%)		R ₁	R ₂	time (min)	isolated yield(%)	
			2a	3a				2a	3a
Ph-	-CH ₃	18	98	2	PhCH ₂ -	-CH ₃	39	76	0
4-MeOC ₆ H ₄ -	-CH ₃	6	99	1	Me(CH ₂) ₆ -	-CH ₃	9	quant.	0
4-ClC ₆ H ₄ -	-CH ₃	11	93	5	Ph-	-Ph	25	95	5
4-O ₂ NC ₆ H ₄ -	-CH ₃	10	83	7	*-CH ₃	-S-CH ₂ -	23	84	7
Ph-	/	8	86	2	*-CH ₂ -	-S-CH ₂ -	24	86	6
Ph-	-CH ₂ -Ph	7	86	trace	*-Bu ₄ NHSO ₄	(0.05 eq.) CH ₂ Cl ₂ (2.5 ml)			
PhCH ₂ -	-CH ₂ -Ph	7	86	trace					

文献

- Kevin. S. W, David. J. M, Tehshik. P. Y, *Chem. Rev.*, **2014**, 114, 8016.
- Davis. F. A, Stringer. O. D, *J. Org. Chem.* **1982**, 47, 1775.
- Davis. F. A, Sheppard. A. C, Chen. B. C, Haque. M. S, *J. Am. Chem. Soc.* **1990**, 112, 6679.
- 高田 十志和, 村井 利昭, 小川 智, 佐藤 総一, 化学同人, 現代有機硫黄化学, 2014
- Siedlecka. R, Skarzewski. J, *Synthesis*. **1994**, 401.

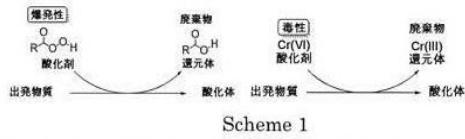
有機化合物の環境調和型酸化反応及びハロゲン化反応*

Environmentally Benign Oxidation or halogenation of organic compounds

木下 由香里†
Yukari KINOSHITA

1. はじめに

酸化反応は、有機合成化学上重要な反応である。しかし、従来の酸化方法は毒性の強い酸化剤を使用する場合や、酸化剤由来の廃棄物が大量に生成する場合があり、多くの問題点があった(Scheme 1)。



Scheme 1

環境調和型酸化剤のひとつに次亜塩素酸ナトリウム(NaOCl)がある。これを酸化剤として用いた場合に生じる還元体は無害な食塩(NaCl)だけなので、環境に負担をかけることがない(Scheme 2)。また、NaOClは求電子ハロゲン化剤としての活用も期待できる。そこで、NaOClを用いた酸化反応の検討を行った。また、NaOClは求電子的ハロゲン化剤としても用いることができるので、これも併せて検討した。

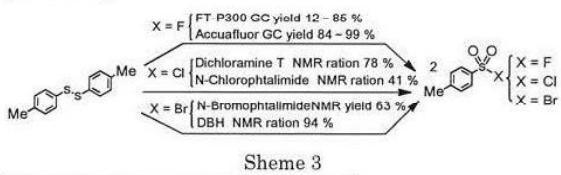


Scheme 2

2. 求電子ハロゲン化剤を用いたスルホニルハライドの合成法

筆者の研究室ではジスルフィドに対して、求電子的フッ素化剤である selectfluor を反応させると、チオスルホナートやスルホニルフロライドが合成できることを見出していた^{1) 2)}。さらに、求電子塩素化剤である *N*-chlorosuccinimide (NCS)³⁾を反応させるとスルホニルクロライドが合成でき、求電子的臭素化剤である *N*-bromo-succin-imide (NBS)³⁾を反応させるとスルホニルプロマイドが合成できることも報告していた。

今回、これらの試薬以外の求電子的ハロゲン化剤を用いて、ジスルフィドからスルホニルハライドを合成する検討を行った。その結果、様々な求電子的ハロゲン化剤がスルホニルハライド合成に有効であることを見出した(Scheme 3)。



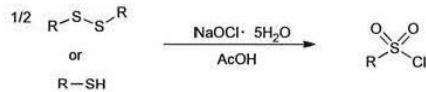
Scheme 3

* 2015年度修士論文概要

† 静岡理工科大学大学院 理工学研究科 材料科学専攻

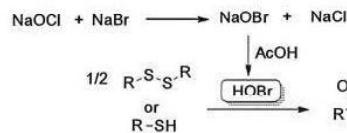
3. 次亜塩素酸ナトリウム・五水和物と臭化ナトリウム(NaBr)を用いたスルホニルプロマイド合成反応

上記のスルホニルハライドを合成するための求電子ハロゲン化剤は、安定性が高いため取り扱い易いが、これらの試薬は高価であり、大量に使用しなければならない問題点があった。筆者の研究室ではジスルフィドやチオールに對して、酢酸中で安価な試薬である NaOCl・5H₂Oを反応させるとスルホニルクロライドを合成できることも見出されている(Scheme 4)⁵⁾。



Scheme 4

この反応条件下で臭化ナトリウムが存在すれば、これとジア塩素酸ナトリウムと反応して次亜臭素酸が生じ、これがジスルフィドやチオールと反応することでスルホニルプロマイドが合成できるのではないかと考え、検討を行った(Scheme 6)。



Scheme 5

酢酸溶媒中に 8 当量の NaBr と 6.5 当量の NaOCl・5H₂Oを加え 20 分間攪拌を行い、ここにジスルフィドを反応させた。芳香族ジスルフィドでも脂肪族ジスルフィドいずれの場合も、スルホニルプロマイドを収率良く合成することができた(Table 1)。

Table 1

Entry	R	Time (min)	Yield (%)	NaOCl・5H ₂ O (6.5 eq), NaBr (8 eq)
				AcOH, r.t.
1	p-tol	80	85	
2	p-MeOC ₆ H ₄	30	62	
3	p-ClC ₆ H ₄	40	73	
4	Cyclohexyl	40	92	
5	CH ₃ (CH ₂) ₉	10	79	

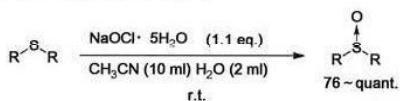
チオールも同様に反応させると、いずれの場合も収率良くスルホニルプロマイドを得ることができた(Table 2)。

Table 2

Entry	R	Time (min)	Yield (%)	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{S}}{\text{Br}}}$
				$\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{S}}{\text{H}}}$
1	Ph	50	quant	
2	p-tol	42	91	
3	p-MeOC ₆ H ₄	27	quant	
4	p-ClC ₆ H ₄	40	61	
5	Cyclohexyl	27	quant	

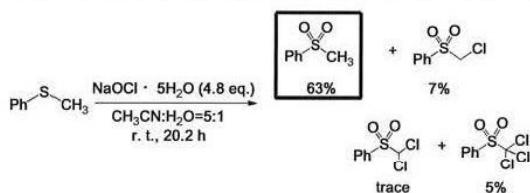
4. NaOCl・5H₂O を用いたスルフィドからスルホンへの酸化反応

これまでに当研究室では、スルフィドに対して、含水アセトニトリル中で1.1当量のNaOCl・5H₂Oを反応させると、いずれの場合もスルホキシドが高収率で得られることも報告している(Scheme 6)⁶⁾。



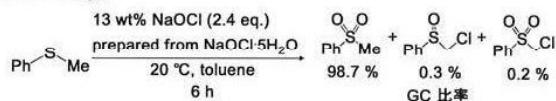
Scheme 6

そこで次に、同様の方法で過剰量のNaOCl・5H₂Oを用いればスルホンまで酸化できると考え、チオアニソールを含水アセトニトリル中でNaOCl・5H₂O 4.8当量と反応させた。しかし、対応するスルホンを得ることはできたが、メチル基が塩素化されたものも得られた(Scheme 7)。



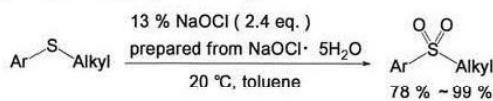
Scheme 7

そこで、塩素化体の副生を抑える反応条件を見つけるための溶媒検討を行った。その結果、溶媒をトルエンにすると目的のスルホン体を収率良く得ることができた(Scheme 8)。



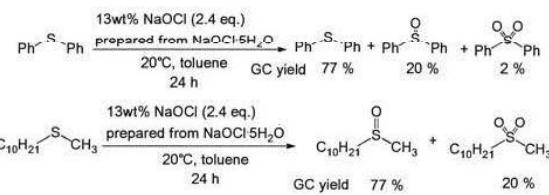
Scheme 8

本反応は各種アリールアルキルスルフィドに対して有効で、トルエン溶媒中でNaOCl・5H₂Oから調製した13wt%NaOCl水溶液を反応させた場合、スルホン体を収率良く得ることができた(Scheme 9)。



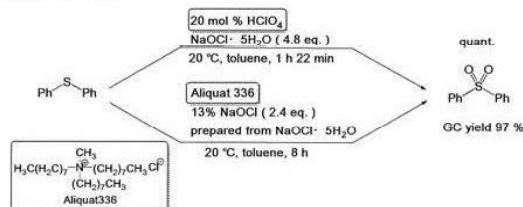
Scheme 9

一方、ジアリールスルフィドとジアルキルスルフィドはトルエン溶媒を用いて反応させても良い結果が得られなかった(Scheme 10)。



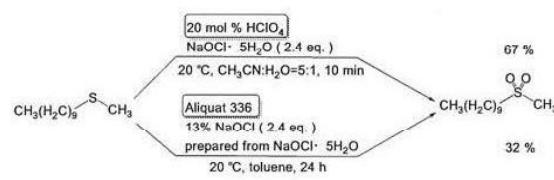
Scheme 10

そのため、酸触媒や相間移動触媒を用いて再検討を行った。ジアリールスルフィドに対して、トルエン溶媒中で酸触媒として過塩素酸を用いてNaOCl・5H₂Oを反応させると反応時間が短く収率良くスルホン体を得ることができた。また相間移動触媒としてAliquat336を用いた場合も同様に、収率良く目的物を合成することができた(Scheme 11)。



Scheme 11

ジアルキルスルフィドに対して、酸触媒として過塩素酸塩を用いた場合、反応時間が短くなり、スルホンまで酸化が進行し、収率良くスルホン体を得ることができた。しかし、塩素化されたものも複数副生した。また相間移動触媒としてAliquat336を用いた場合、反応時間を短縮することができ、スルホンまで酸化されたものが得られたが、この場合も塩素化された副生物が生成した(Scheme 12)。



Scheme 12

参考文献

- 1) 西村優希 静岡理工科大学 理工学部 物質生命科学科 2009年度卒業論文
- 2) 内藤小百合 静岡理工科大学大学院 理工学研究科 材料科学専攻 2010年度修士論文
- 3) M. Kirihara et al., *Tetrahedron Lett.* 2011, 52, 3086-3089.
- 4) M. Kirihara et al. *Chem. Lett.*, 2015, 44, 185
- 5) T. Okada, H. Matsumuro, S. Kitagawa, T. Iwai, K. Yamazaki, Y. Kinoshita, Y. Kimura, M. Kirihara, *Synlett*. 2015, 26, 2547-2552.

薬酸カルシウムの結晶成長 *

Crystal Growth of Calcium Oxalate

胡 德[†]

HU DE

1. はじめに

尿路結石症は、近年増加し続き、一生に一度はかかる病気と考えられている。一般に尿路結石の80%以上は薬酸カルシウム結石とされている。薬酸カルシウムは無色の結晶で水に難溶性であり、最も多く存在する一水和物は单斜晶系である。本研究は主に溶媒のpH、温度、クエン酸が薬酸カルシウム結晶に与える影響について検討した。また乳酸は尿路結石に与える影響について調査実験を行った。

2. 実験

① 尿路結石の成分分析

走査型電子顕微鏡(SEM)、粉末X線回折装置(XRD)、電子プローブマイクロアナライザ(EPMA)で腎結石患者の体内から摘出した尿路結石(図1)を分析した。

② pH、温度、時間と薬酸カルシウムの結晶成長
0.01mol/L 薬酸カルシウム、0.15mol/L 塩化ナトリウム、0.01mol/L 塩化カルシウム二水和物を使用し、薬酸カルシウムを調合する。また、溶液pH 1～pH12、温度10°C～90°C、成長時間1日～11日、それぞれ条件で成長した薬酸カルシウムの結晶をSEMで観察した。

③ クエン酸の影響

クエン酸薬はカルシウム塩の析出を防止する働きを持つため、幅広い結石に対しての治療薬として認可された。本実験では0.8L溶液に添加したクエン酸製剤(0g～1.0g)が薬酸カルシウムの結晶に与える影響をSEMで観察した。

④ 乳酸の影響

乳酸が歯の表面を腐蝕するのは虫歯になる一つの原因である。リン酸カルシウムは歯と一部尿路結石の共通成分であるため、乳酸は尿路結石に与える影響について調査実験した。

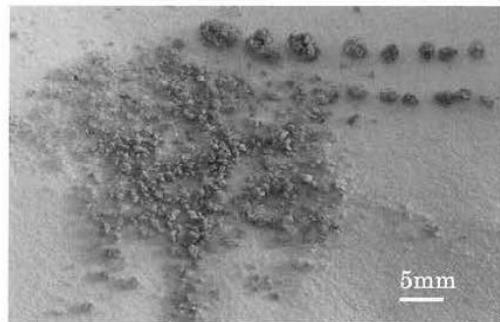


図1. 腎結石患者の体から摘出した尿路結石

3. 結果・考査

① 尿路結石の分析

観察された尿路結石は薬酸カルシウムを含む規則形とリン酸カルシウムを含む不規則形がある(図2)。

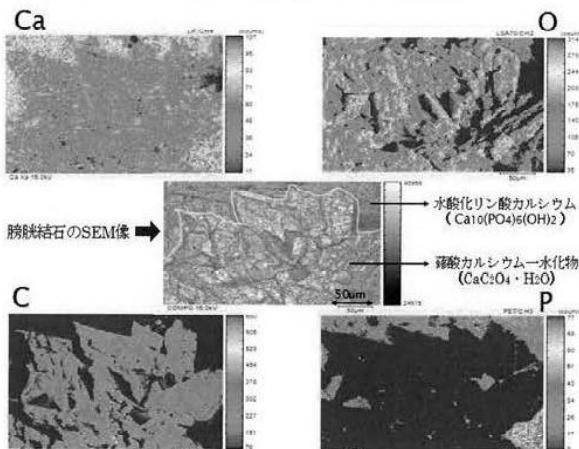


図2. 尿路結石のEPMA分析

② pH、温度、時間と薬酸カルシウム結晶成長

実験中成長した薬酸カルシウム結晶は主に体外に排泄し易い六角形と、生理組織に引っかかり易く排泄し難い形である。

* 2015年度修士論文概要

† 静岡理工科大学 大学院理工学研究科 材料科学専攻

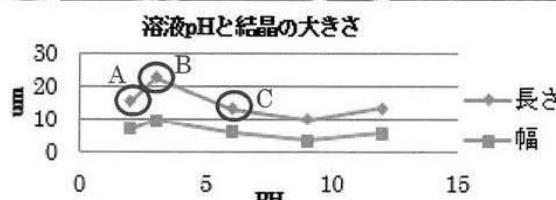
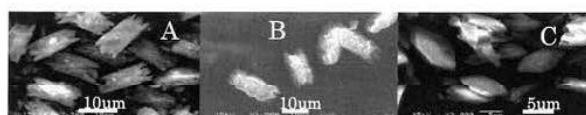


図3. pHが亜酸カルシウム結晶に与える影響

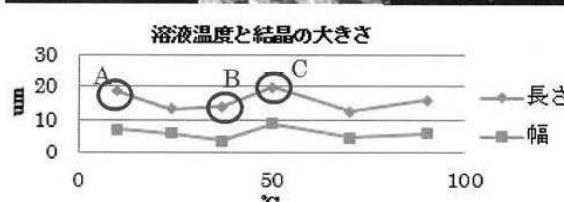
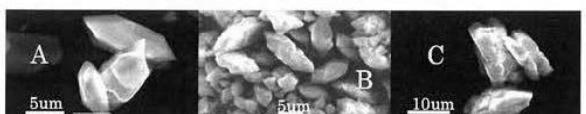


図4. 温度が亜酸カルシウム結晶に与える影響

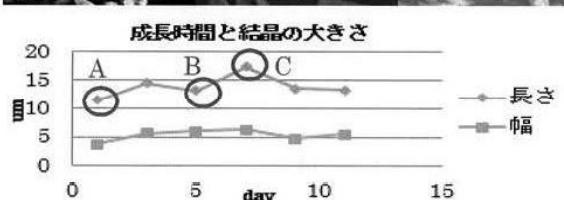
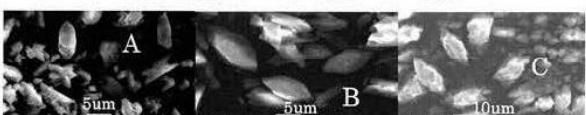


図5. 成長時間と亜酸カルシウム結晶の関係

③ クエン酸の影響

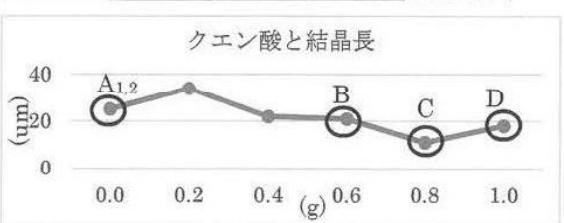
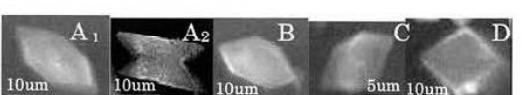


図6. クエン酸が亜酸カルシウム結晶に与える影響

4. 結論

- 1) 亜酸カルシウム結晶は溶媒環境に強く影響される。弱酸性の場合結晶が大きくなり、組織に引っかかり易い形で成長し、結晶凝集や結石化の確率が増加する（図3）。
- 2) 体温よりやや高い温度で成長した亜酸カルシウム結晶は普通より大きく、組織に引っかかり易い形が多めになる（図4）。長期ストレスや高い基礎代謝などの原因で微熱が続く場合、尿路結石が出る可能性が高くなると考える。
- 3) 亜酸カルシウム結晶の成長時間が長ければ長いほど組織に引っかかり易くなり、結晶凝集の危険があると考えられる（図5）。積極的に水分摂取と運動で結晶排出を促すことが重要である。
- 4) クエン酸濃度が高い尿液に存在する亜酸カルシウム結晶は角が取れており、組織と接触する面積が小さくなり、結石になり難い（図6）。クエン酸は果物、野菜に多く含まれ、高蛋白質と高糖飲食はそれの吸収を阻止する。食事生活と尿路結石の深い関係を示している。
- 5) 乳酸はリン酸カルシウム結石を溶解する効果が高く、亜酸カルシウム結石の材質も脆くさせるため、尿路結石治療に役に立つと考えられる。

5. 主な参考文献

- 1) 片岡喜代徳：「尿路結石症患者における亜酸カルシウム結晶形成に関する研究」、日泌尿誌、78巻、2号（1987）
- 2) 日本尿路結石症学会：『尿路結石症のすべて』医学書院（2008）
- 3) 高崎悦司：「日本における尿路結石症の歴史」、泌尿器外科、25号（2012）
- 4) 欧阳建明：「不同模拟体系中草酸钙结晶的比较研究」、高等学校化学学报、12号（2002）

6. 謝辞

本修士研究にご指導して頂いた志村史夫教授に心より御礼申し上げます。また、研究にアドバイスと指導をして頂いた吉川尚子講師と笠谷裕史教授、早川一生技術課長に深く感謝の意を示します。

* 2015年度修士論文概要

† 静岡理工科大学 大学院理工学研究科 材料科学専攻

環境調和型グリコール開裂反応の開発とその応用†

Environmentally Benign Glycol-Cleavage and Its Application

松島 諒二‡
Ryoji MATSUSHIMA

1. 環境調和型グリコール開裂反応

筆者の研究室で既に見出されていた、ヨードベンゼン(PhI)触媒と次亜塩素酸ナトリウム(NaOCl)を用いた触媒的グリコール開裂反応¹⁾の機構を明確にするため、筆者は今回この反応の詳細な検討を行った。ジオールの向きが固定化されているグリコールに対し、NaOCl単独(無触媒条件)でも検討を行った。その結果、従来法では開裂の難しい*trans*-グリコールを速やかに開裂できることが分かった。一方、*cis*-グリコールの場合ではNaOCl単独では反応完結までに時間を要するが、PhI触媒が存在すると反応が加速された。(図1)。

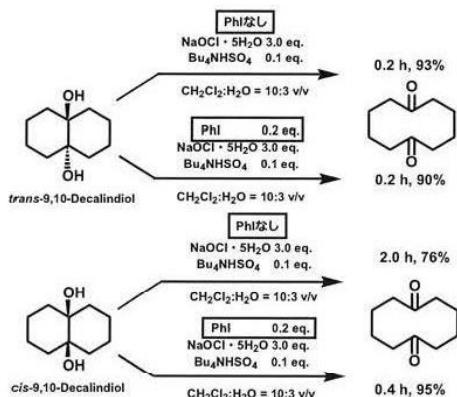


図1 環状グリコールの開裂検討

trans-グリコールでは、ジオールがアンチペリプラナーの関係にある。NaOCl 単独での反応がすばやく起こったので、NaOCl は Grob 型の開裂反応が進行していると考えられる。まず、片方の水酸基に NaOCl が反応した後、電子の押し込みと引き出しにより開裂するというものである(図2)。

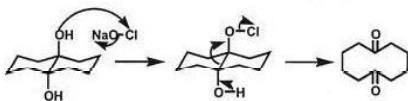


図2 *trans*-グリコールの反応機構

cis-グリコールの場合では、ジオールはシンペリプラナーの関係にある。この場合、電子の押し出しによる Grob 型の開裂は起こりにくいため、反応完結までに時間がかかるてしまう(図3)。

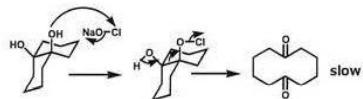


図3 *cis*-グリコールの反応機構 1

一方、PhI触媒が存在する場合は、これがNaOClと反応して超原子価ヨウ素が生成する。*cis*-グリコールの場合は、これが五員環中間体を形成することができるので、すみやかに開裂反応が進行したと考えている(図4)。

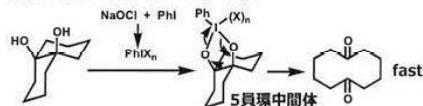


図4 *cis*-グリコールの反応機構 2

次に各種鎖状グリコールに対してNaOCl単独の条件(Table 1)とPhI触媒とNaOClの条件(Table 2)で検討を行った。芳香族二級グリコール(Entries 1,2)の場合、PhI触媒がなくてもNaOCl単独で開裂反応は完結することが分かった。しかし、脂肪族や芳香族三級グリコール(Entries 3,4)の場合、NaOCl単独では極めて遅いが、PhI触媒が存在すると反応は速やかに完結した。

Table 1 PhIなし

Entry	Glycol	Bu4NHSO4 0.1 eq.	NaOCl · 5H2O 3.0 eq.	Yield (%)		Total Yield (%)
				CH2Cl2 : H2O (10 : 3 v/v) r.t.	Aldehyde or Ketone or Carboxylic Acid	
1				18	97	97
2				10	47	47
3				155	7	89
4				100	94	94

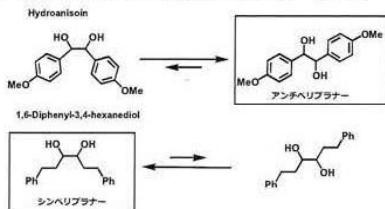
Table 2 PhIあり

Entry	Glycol	PhI 0.2 eq.	Bu4NHSO4 0.1 eq.	Yield (%)		Total Yield (%)
				NaOCl · 5H2O 3.0 eq.	CH2Cl2 : H2O (10 : 3 v/v) r.t.	
1					84	84
2					63	63
3				30	18	73
4				25	89	89

† 2015年度修士論文 概要

‡ 静岡理工科大学大学院 理工学研究科 材料科学専攻

これらの結果より、芳香族二級グリコール(Entries 1,2)のような基質では、ジオールはアンチペリプラナーを、脂肪族や芳香族三級グリコール(Entries 3,4)の基質ではシンペリプラナーをとりやすいのではないかと推測している。(図 5)。



cis-グリコールの開裂を促進している、反応活性種である超原子価ヨウ素が何であるかを確認するために PhI と NaOCl を反応させた。その結果、ジクロロヨードベンゼン(PhICl₂)とヨードキシベンゼン(PhIO₂)が出来ることを確認した(図 6)。また、PhIO₂ は PhICl₂ が加水分解して生じるヨードシリルベンゼン(PhIO)を経て、生成している可能性があるため、PhI 触媒・NaOCl-5H₂O を用いるグリコール開裂の活性種は PhICl₂、PhIO、PhIO₂ である可能性がある。

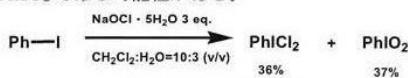


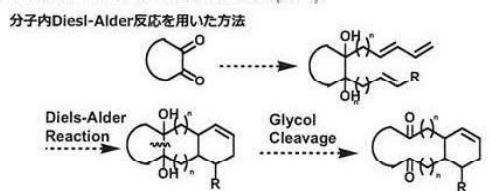
図 6 超原子価ヨウ素の開裂検討

ジクロロメタン(CH₂Cl₂)中での検討では、PhICl₂ と PhIO は *cis*-グリコールを開裂出来るが PhIO₂ は溶媒に不溶で反応しなかつたため、今回の触媒的グリコール反応の活性種は PhICl₂ および PhIO であると推定している。

また、NaOCl が不均化を起こすことで、NaClO₂、NaClO₃ または NaClO₄ が生成する可能性があり、これらが活性種になっていることも考えられた。しかし、開裂反応を試みても全く反応は進行しなかったので、これらは活性種ではないと考えている。

2. グリコール開裂反応の応用

グリコール開裂の応用例として、各種環化反応を用いて二環性グリコールを合成し、これを開裂することで、環拡大を起こすことが出来ると考えた。そこで私は、分子内 Diels-Alder 反応とルテニウム触媒による[4+2]環化反応を利用して二環性グリコールを合成した後、グリコール開裂反応を利用して中・大員環化合物を合成する計画をした(図 7)。



分子内 Diels-Alder 反応を用いた方法



ルテニウム触媒による[4+2]環化反応を用いた方法

分子内 Diels-Alder 反応を用いた方法の場合、いくつかの環状基質を用いて検討を行った。しかし、ジエンを持つ炭素鎖を導入³⁾した後、アルケンを持つ炭素鎖を導入³⁾して Diels-Alder 反応前駆体の合成を試みた。しかし、複雑な生成物が得られるという結果に終わった(図 8)。

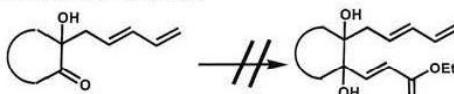


図 8 分子内 Diels-Alder 反応を用いた方法

ルテニウム触媒を用いる方法⁴⁾では、ジオールとジエンをルテニウム触媒存在下で加熱を行うことにより、二環性グリコールを合成した。ついで、ヨードベンゼンジアセテートと PhI 触媒と NaOCl を用いた開裂を行うことで、10 員環化合物を合成することに成功した。

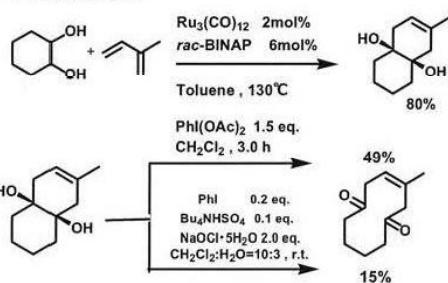


図 9 ルテニウム触媒による[4+2]環化反応を用いた方法

3. シクロヘキセンのクロロアミド化

アルケンの *cis*-ジオール化の新しい方法として鉄触媒-次亜塩素酸化による方法を計画した。

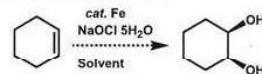


図 10 *cis*-ジオール化成計画

FeCl₃触媒存在下の含水アセトニトリル中でシクロヘキセンと NaOCl を反応させてみた。その結果、目的の *cis*-ジオールは得られなかったが、無色結晶を得ることができた。そこで、この結晶を良く解析したところ、シクロヘキセンがクロロアミド化された化合物であることが判明した。

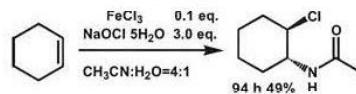


図 11 クロロアミド化反応

この反応はアルケンのクロロアミド化の良い方法になるのではないかと考えている。

参考文献

- 1) 山崎 研人 静岡理工科大学 材料科学専攻 2014 年度修士論文.
- 2) D. Seydel, et al., *Organometallics*, 1982, 1, 1651-1658
- 3) S. F. Nelsen, et al., *J. Org. Chem.*, 1984, 49, 1845-1848
- 4) M. J. Krische et al., *Chem. Comm.*, 2014, 50, 7545-7547

編集委員 委員長 山崎 誠志
藤原 弘
本井 幸介
工藤 司
長尾 雄行
事務局 久留島 康仁
向島 佑介

静岡理工科大学紀要 第24巻

2017年1月31日

編集 静岡理工科大学 大学広報委員会

発行 静岡理工科大学

〒437-8555 静岡県袋井市豊沢 2200-2

TEL 0538-45-0111 FAX 0538-45-0110