

# 研 究 ノ ー ト

## 操舵性を持った無人航空機用緊急パラシュート

An Emergency Parachute system for the Controlled Descent of Unmanned Aircraft.

田村 博\* , 大高 悦裕\*\*

Hiroshi TAMURA and Yoshihiro OHTAKA

Abstract : Unmanned aircraft do not operate with the same high level of safety as is expected of manned aircraft. As a result, there is a constant risk of accidents associated with their operation. This paper documents the study of an emergency parachute system that enables the controlled gliding and safe landing of unmanned aircraft.

Key word: unmanned aircraft , emergency parachute , flight dynamics , aeronautical engineering

### 1. はじめに

近年、小型無人航空機（ドローン）は、世界的にも法整備が進むと共に、規制緩和や政府の成長戦略にも後押しされながら、その有用性や関連する周辺機器技術の急速な発展と相乗して、市場的にも急成長している分野であり、空撮・測量・監視・観測用途をはじめ、輸送業務へもその活躍の場を広げようとしている。コンサルティングを行っている株式会社矢野経済研究所<sup>4)</sup>が2016年の8月に発表した資料によると、図-1のように2020年には民間用ドローンの世界市場規模が1兆円強へ拡大すると予測している。



図-1 無人航空機の世界市場成長予測

しかしながら、急速に市場が拡大するなか、機体に関するハードとソフトは、まだ発展段階にあり、安全面における課題を抱えている。今後の市場成長により、無人航空機の活用範囲の拡大、保有機数の増加に伴い、操縦者の経験や技量不足などの人的要因や、機械的あるいは電気的な内

部要因、バードストライク、電波障害や気象の問題などの外的要因による墜落事故発生リスクがあり、一定数の事故は避けられないと考えられる。現在、無人航空機用には、落下傘型の緊急パラシュートは販売されていて、装備している機体もあるが、開傘降下時は主に風などの影響を受けてどこに落下するか分からないなどのリスクがある。現状の無人航空機は落下を前提とした危機管理設計が十分ではないため、「無人地帯」での飛行が前提となっている。また国によっては商用の無人航空機には、その大きさや機体重量に関係なく緊急パラシュートの装備を義務化している国もある。2015年12月10日に航空法が改正されたからの無人航空機による事故報告は、国土交通省のホームページ<sup>6)</sup>で定期的に更新掲載されるようになった。2016年12月28日までの事故報告内容を、無人航空機の機種別件数ならびに比率として図-2に示す。

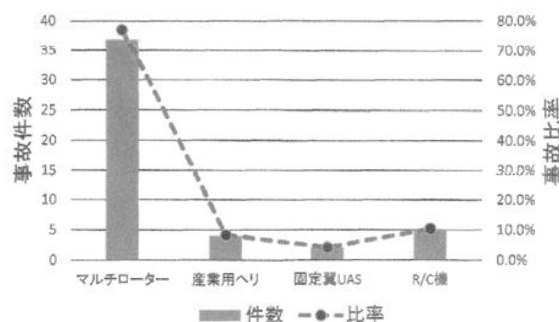


図-2 無人航空機の事故件数と比率

2017年2月1日受理

\* 理工学部 機械工学科

\*\* 株式会社 シーズプロジェクト

無人航空機を活用して高高度を飛行する事が多い空撮事業社には、より安全で安心して空撮業務を行える装備が必要と考え、緊急時には操舵して意図した場所へ軟着陸できる緊急パラシュートシステムを株式会社シーズプロジェクトと共同で研究開発を行うこととなった。

2. 事前検討

2.1 無人航空機用の落下傘式パラシュートと課題

無人航空機の落下時のリスク低減策として現在、数社から落下傘式パラシュート<sup>5)</sup>が販売されている。エアerpックのような射出式(図-3 中国 DJI 社)のものと、投下式(フランス Opale Paramodels 社)である。いずれも落下速度を緩和させる程度の機能を持たせているだけである。



図-3 落下傘式パラシュートの例

また、無人航空機用の落下傘式パラシュートを販売しているフランスの Opale Paramodels 社<sup>3)</sup>の各種パラシュート面積、機体重量による落下速度をグラフ化したものを図-4に示す。これによると、最良値でもパラシュート面積

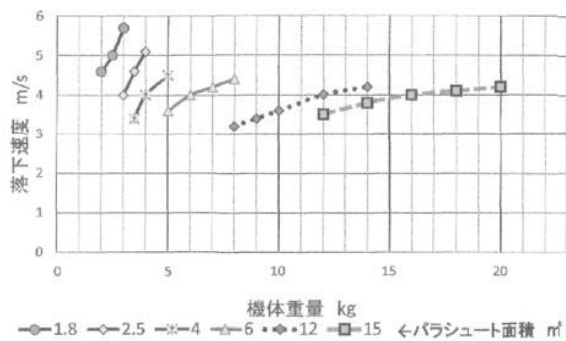


図-4 無人航空機用落下傘式パラシュートの落下速度  
12 m<sup>2</sup>のもので機体重量が 8 kg で落下速度が 3m/s 強となっている。(2 kg の機体でも落下速度は 4.5m/s) 落下傘式パラシュートでは、落下時の任意誘導は不可能であり、着陸点を選ぶことができないため、風の影響などを受けて想定外の場所に着地することもある。最悪の場合、人に危害が

及ぶほか、建造物への衝突、落下時の衝撃による機体の破損、川・池・湖・海などへの水没、それに伴う収集データの喪失といった 2 次的被害を引き起こす可能性がある。

2.2 本研究の目標値設定

図-5 に示すように上空で無人航空機に何らかのアクシデントが発生し、高度の損失が始まり墜落の危険性を感知した場合、急激な高度損失から 3 秒以内にパラシュートが開き、滑空態勢に入ることができる。滑空しながらパラシュートの左右操舵を行い、安全な場所へ移動して軟着陸できる。滑空比<sup>2)</sup>は 3 以上を目標とする。

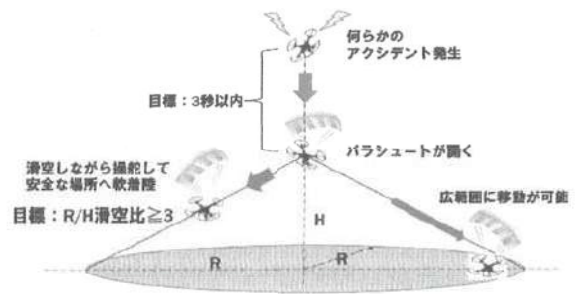


図-5 緊急パラシュートの動作イメージ

2.3 パラシュートの種類と操舵方法の検討

操舵ができるパラシュートとして、スカイダイビング用のパラシュートや、パラグライダー用の体重移動(重心位置移動)で旋回できるエマージェンシーパラシュートや滑空比を得るために、パラグライダーのキャノピー(翼)<sup>1)</sup>そのものを検討した。

各種調査と予備実験などにより、2012 年頃よりパラグライダー用に進化を遂げてきている、シングルサーフェイス(1枚翼式)が有望と考えた。

同形式は通常のパラグライダー用キャノピー(翼)と比較して生地下面分が無く軽量であり、畳み易く、微風でも開きやすく適度な滑空比を持つなどの特徴を有しているため本件に適していると判断した。(図-6)



図-6 シングルサーフェイス翼の一例(パラグライダー)

重心位置を移動して方向操舵をする方法は、図-7 に示す通り、パラグライダー型の翼（キャノピー）にコントロールバーと呼ばれる操舵装置を連結し、そのコントロールバーを傾けることにより、翼の揚力成分に左右の分力を発生させ旋回操舵を行う方法である。通常のパラグライダーのように翼の後縁側をブレイクコードと呼ばれる索を引いて翼に抵抗をつけて操舵する方法<sup>1)</sup>（図-8）の2種類を実験し、操舵性と滑空比を検証した。なお、実験場所である本学のグラウンドでは、無人航空機に関する航空法や国土交通省が定める安全運航に準じて行っている。

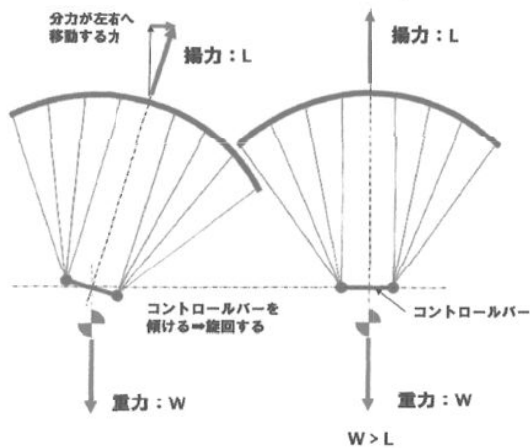


図-7 重心位置を移動して操舵する方法

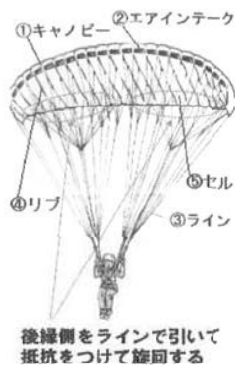


図-8 パラグライダーの操舵方法

2.4 操舵性と滑空比の計測

操舵性と滑空比を実験計測するために図-9（重心位置を移動して操舵する実験機-1）と図-10（通常のパラグライダーの操舵をする実験機-2：シングルサーフェイス翼）に示すような、ラジオコントロール模型のモーターパラグライダー機を準備して、動力飛行にて上空へ上げ、高度 50m

に達してから動力を切り、滑空状態にして操舵旋回性や滑空比を計測した。なお、高度はテレメトリー気圧高度計で読み取り、滑空距離をレーザー距離計で計測した。（図-11）

なお、実験機の諸元を表-1、実験結果を表-2 に示す。



図-9 実験機-1



図-10 実験機-2

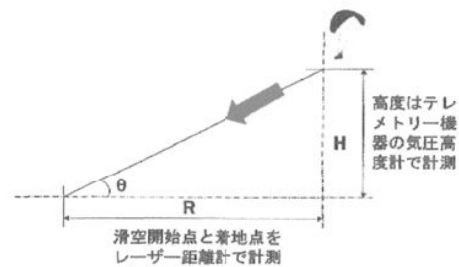


図-11 滑空比の計測方法

表-1 実験機の諸元

	実験機-1	実験機-2
機体名称	パ'ラブ'レースボ'ーツ	ハ'ックハ'ック XXS
機体の総重量	0.83 kg	0.27 kg
翼長	1.12m	1.0m
翼面積	0.97 m <sup>2</sup>	0.50 m <sup>2</sup>
翼面荷重	0.85 kg f/ m <sup>2</sup>	0.54 kg f/ m <sup>2</sup>

表-2：滑空比と操舵性の実験結果

	実験機-1	実験機-2
滑空比	4~5 (風速：2.0m/s)	2~3 (風速：1.7m/s)
操舵性	無動力滑空にて機首変更ができる程度	無動力滑空にて 180° の旋回が可能

以上の実験結果より、翼形状としてシングルサーフェイス（1枚翼）翼にて操舵による旋回性能は十分に確保できることが判った。また、シングルサーフェイス（1枚翼）翼よりも一般的なエアインテークを持ち、ラム圧により袋状の翼形状を形成するパラグライダー翼やスカイダイビング用のパラシュート翼形状の方が、滑空比は良好である事が確認できた。しかしながら両機とも動力飛行時を想定して最適な迎え角になるように翼の取り付け角度が設定されているため、無動力滑空状態では、翼（キャノピー）

の前傾角が大きくなり良好な滑空比 (L/D) が得られていない。よってシングルサーフェイス翼でも滑空を行う最適な迎え角設定ができれば、目標の滑空比 (3 以上) は得られる可能性がある。

### 3. 解決すべき技術課題

#### 3.1 想定される状態

上空でトラブルが発生した場合を想定し、各段階と落下高度ならびに滑空比の関係を図-12 に示す。

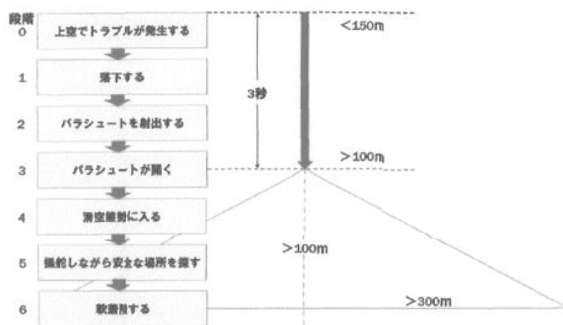


図-12: 緊急状況と落下高度、滑空比の関係

#### 3.2 解決手順

##### 3.2.1 操舵機構

操舵機構として、図-13, 14 に示す 2 種類を設計した。図-13 は機体の上部に操舵装置を持ち、機体が水平状態で滑空することを想定している。図-14 は機体の下部 (脚の下) に操舵装置を持ち、機体の上下が逆転して滑空し着陸時にもカメラなどのペイロードが直接損傷しないことを想定している。



図-13 上部操舵装置式

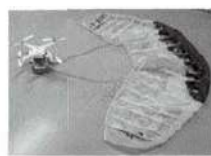


図-14 下部操舵装置式

##### 3.2.2 滑空試験による滑空比計測

図-15, 16 に示すように、操舵装置を機体の上部、下部に搭載した機体はどちらも良好に滑空し、適度な操舵感覚が得られた。



図-15 上部操舵装置式



図-16 下部操舵装置式

シングルサーフェイス翼の面積は、図-13 が  $1.1 \text{ m}^2$ 、図-14 が  $1.5 \text{ m}^2$  となっていて、機体重量を変化させ数回の滑空試験を行った。実験時の風速は向かい風  $0.5 \text{ m/s}$  で行い、投下時の高度は気圧高度計、滑空距離は投下場所と着地点をレーザー距離計で計測し滑空比を計算した。実験結果を図-17 に示す。

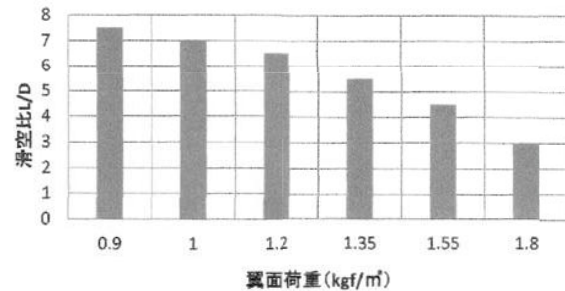


図-17 翼面荷重と滑空比

##### 3.2.3 適正翼面荷重の推測

今回、墜落を想定した実装実験を行う機体は、DJI 社製のファントム-2 とし、機体にパラシュート装置を組付けて飛行可能な総重量を  $1.5 \text{ kg}$  以下と想定した。パラシュートを  $100 \text{ g}$  以下、パラシュートの射出装置または投下装置を  $250 \text{ g}$  以下で設計・試作を行う計画とした。

図-17 より、最低限確保する滑空比を 3 以上とし、パラシュート重量と機体総重量より試算を行い、パラシュート面積を  $0.85 \text{ m}^2$ 、翼面荷重  $1.76 \text{ kg f/m}^2$  と仮定した。



図-18 試作したシングルサーフェイス翼

表-3 翼面積  $0.85 \text{ m}^2$  シングルサーフェイス翼の諸元

翼長: $1.9 \text{ m}$	重量: $90 \text{ g}$	翼厚比: $15\%$
M. A. C: $0.433 \text{ m}$	素材: ナイロン	索: アラミド繊維

注: M. A. C は空力平均弦<sup>2)</sup>

##### 3.2.4 開きやすいパラシュートの畳み方

機体想定重量のおもりを付け、投下実験を行った。パラシュートの折り畳み方を数種類変えて行った実験の結果、パラシュートが開く時間は 3 秒以内、落下高度が  $10 \text{ m}$  程度で開傘可能な畳み方を確認できた。

現状で、最適と考えられる折り畳み方を図-19, 20 に示

す。最初にパラシュートを翼弦方向に翼型形状が維持できるように、ジャバラ折り（アコーディオン式）をして重ねていく。

次に、それを3つ折りにして空気を含まないように全体的に小さくしていき、射出装置へ装填（図-22）して、上部のフタをコックする。

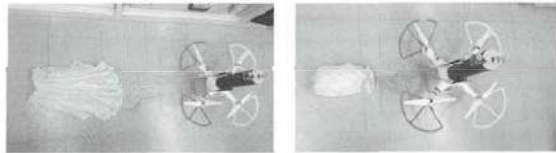


図-19 翼弦方向にジャバラ折り 図-20 さらに三つ折りにする

### 3.2.5 射出式機構と射出力の試算

射出装置は、圧縮コイルバネでパラシュートを射出する機構を設計した。（1次試作品は操舵装置込で340g）

図-20 状態のパラシュートを真上に1m射出できれば、機体の落下速度を利用してパラシュートが開くと想定し、重量90gの物体を真上に1m投げ上げるための力学計算を行い、装置として必要な射出力を得るための圧縮コイルバネのバネ定数を算出した。

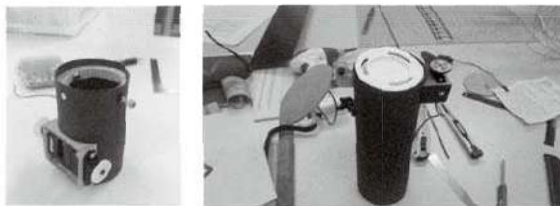


図-21 操舵装置

図-22 射出装置

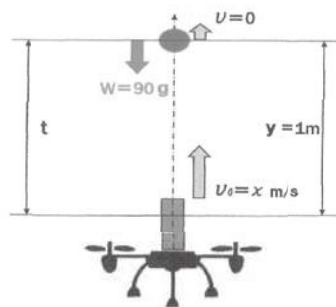


図-23 射出能力を試算する概要図

$v_0$  : 射出速度 m/s

$v$  : 頂点での速度=0 m/s

$t$  : 頂点に達する時間 s

ここでは、簡略化のため空気抵抗や射出装置内の摩擦抵抗は除外して考えると

$$v = v_0 - gt \quad \dots (1)$$

$$y = (1/2)gt^2 \quad \dots (2)$$

$$v^2 - v_0^2 = -2gy \quad \dots (3)$$

上記(1)～(3)式を利用して、射出初速 $v_0=4.4\text{m/s}$ 、頂点に達する時間 $t=0.45\text{s}$ を得る。

この数値をもとに、エネルギー保存則とフックの法則よりバネ定数 $k$ を算出すると(4)式より $k=27\text{N/m}$ となる。

$$(1/2)kx^2 = mgx + (1/2)mv_0^2 \quad \dots (4)$$

装置の精度や摩擦、空気抵抗を考慮し余力として安全率1.3を掛けて、 $k=35\text{N/m}$ の圧縮コイルバネとした。

### 3.2.6 射出実験

この条件をもとに、バネを試作し装置に組込んだ。射出装置の内径( $\phi 70\text{mm}$ )に収まる缶(外径 $\phi 52\text{mm}$ 、高さ $105\text{mm}$ )に水を入れてパラシュートの重量 $90\text{g}$ に調整し、同装置の射出実験を行ったところ、射出高さ $y=0.94\text{m}$ を得た。

空気抵抗や装置内の摩擦を考慮すると、ほぼ計算通りの機能を発揮できた。しかしながらパラシュートを実装すると装置内でパラシュートが広がろうとして、装置の起動時にパラシュートが装置内でこすれてしまい、高く飛び出す威力は無くなってしまったが、パラシュートを射出装置外へ放出することは可能であった。（図-24）



図-24 : パラシュート射出の瞬間

本装置で上空を飛行していて、緊急パラシュートを射出した場合、機体は空中に浮いているため地上での射出実験とは異なり、射出力による反動で機体が挙動し、思わぬ方向を向く可能性があるため、射出時における鉛直方向の反力を計算した。その結果、瞬間的に3N(300g)弱の反力（瞬間的に重量が増える方向）がかかると算出した。

緊急パラシュートと同重量のおもりを上空で射出する実験を行ったが、機体には心配される異常な挙動はなく、おもりは鉛直方向に射出できる事を確認した。

瞬間的な反力であるが、機体の高度や姿勢を維持する制

御には、外見上ほとんど影響は見られなかった。また緊急時には、機体が墜落状況にあるため、射出時の反動は考慮する必要はない。

3.2.7 投下式の機構

緊急パラシュートは、投下放出するだけで、機体の自由落下時による空気抵抗や落下速度を利用して開くことが判っているので、図-14の機体を用いて、図-25に示すようなパラシュートの投下装置を考案し試作した。

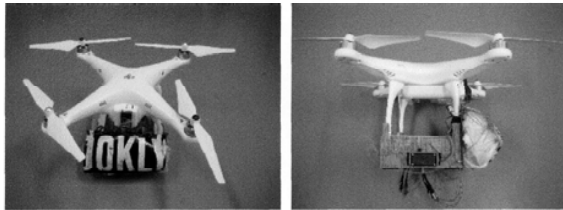


図-25：投下式パラシュートの機体

パラシュートは、射出式の時と同様の手順で折り畳み袋状のカバー内に収めている。サーボモーターによりカバーを固定しているフックを遠隔操作により外して、パラシュートを放出投下する方式となっている。

3.3 実装実験

3.3.1 射出式の実験

墜落時を想定して、上空でモーターを停止させてからパラシュートを射出する実験を行った。

コントロールによりモーターの回転を停止させるまでに約1.5秒かかる。自由落下の場合1.5秒間に11m降下(空気抵抗を無視して)するため、パラシュートが開く安全高度を考慮して高度65mから落下を行うと、図26,27に示すようにパラシュートが2秒以内で開き、滑空しながら360度旋回を行い、安全に着地することができた。

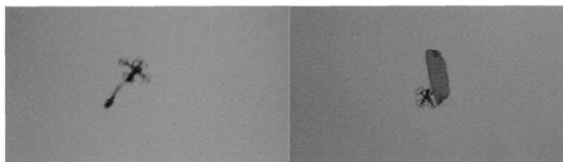


図-26：射出の瞬間 ➡ パラシュートが開く



図-27：滑空状態 ➡360度旋回し着陸態勢へ ➡指定点に着陸  
実測の結果、滑空比は3以上確保できた。また、滑空中

の沈下速度は1.58m/s以下であり、図-4に示す他社製品の落下傘式パラシュートの半分以下にすることができた。

なお、実験日(2016/9/30)の気象データを表-4に示すが、風速は実験中における地上高1.5mでの平均風速を記載している。

表-4：実験日の気象データ

実験日	場所	時間	天気	気温 °C	湿度 %	風速 m/s	風向
2016/9/30	大学グラウンド	11時	曇り	26.5	60.5	0.4	東
2016/11/4	大学グラウンド	14時	晴れ	25.2	38.5	0.6	南

3.3.2 投下式の実験

投下実験の様子を、図-28,29に示す。機体には、滑空時の高度変化や滑空速度を算出できるようにGPSと気圧高度計を設置した。搭載機器名は下記の通り。

- ① GPS：双葉電子工業 SBS-01G
- ② 気圧高度計：双葉電子工業 SBS-02A

得られたデータから各段階における高度差、時間差、対地速度を計算した結果を表-5および6に示す。

表-5：センサーから取得した高度と時間の関係

	離陸時	➡	パラシュート 投下時	➡	滑空開始	➡	着地
標高高度m	67		156		137		67
高度差 m		09		19		70	
時間 s	0		115		117		175
時間差 s		115		2		58	

注：高度についてはGPSから取得した標高で表示している。

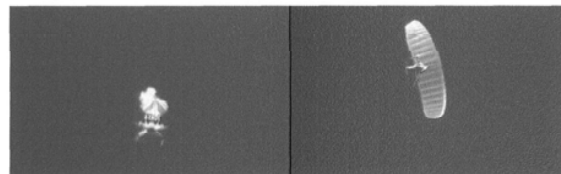


図-28：投下の瞬間 ➡ パラシュートが開く

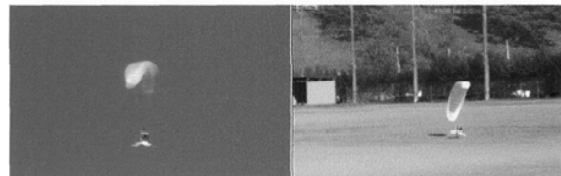


図-29：滑空状態 ➡旋回しながら着陸態勢へ ➡軟着陸

実験日(2016/11/4)の気象データは表-4の通り。

なお、投下式においても、墜落時を想定して上空にてモーターを停止させてからパラシュートを投下している。

パラシュートの開傘時間は、撮影していたビデオより計測すると、投下式も2秒以内に開き滑空態勢に入ることができた。

### 3.3.3 実験結果

搭載したセンサーから取得した滑空時間と滑空速度、および高度の関係を図-30 に示す。

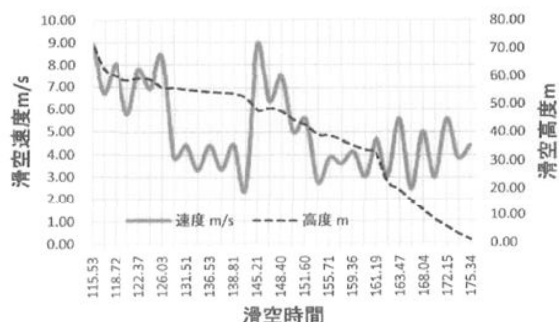


図-30：投下式パラシュートの滑空時間と滑空速度・高度

図-30 の横軸は、飛行開始からの時間軸であり、パラシュートを投下した時間 (116s) から、着陸 (176s) までを表している。また、縦軸 (左) は滑空時における移動の対地速度を表している。表-5 と図-30 より、滑空開始から着陸までの高度差は 70m であり、その滑空時間が 58 秒であることから平均的な沈下速度は 1.21m/s となる。同時撮影のビデオと合わせて検証すると、滑空速度が 7m/s 以上を示している時は操舵旋回中である。表-6 に示す滑空比<sup>2)</sup>は、滑空降下時の平均値としている。

表-6：射出式と投下式の諸元と実験結果

実験機体仕様	機体名	機体重量 kg	パラシュート面積 m <sup>2</sup>	翼面荷重 kgf/m <sup>2</sup>	沈下速度 m/s	滑空比
射出式	ファントム-2	1.52	0.85	1.79	1.58	3.50
投下式	ファントム-1	1.32	0.85	1.55	1.21	4.20

### 4. まとめ

項目 2.2 で以下の機能と性能の目標値を設定した。

- ① 落下後 3 秒以内にパラシュートが開傘する。
- ② 滑空態勢に入ることができる。
- ③ 滑空しながら左右の旋回操舵ができる。
- ④ 安全な場所へ移動できる。
- ⑤ 滑空比は 3 以上を確保する。

実証実験の試作品レベルでは、上記の 5 項目は全て達成することができたが、これらはいくまで基本性能が確認できた状態であり、諸条件を考慮した「製品化」に向けての可能性があるという段階である。射出式と投下式の試作と実験結果より、装置の大きさや重量などを考慮すると投下式の方が有利であると判断できる。

今後は、製品化を目標に改良を行う必要があり、現時点で考えられる改良点は下記である。

- ① 装置の小型軽量化。(有害抵抗軽減を含む)
- ② 急激な高度損失を感知して自動的に開傘する。
- ③ 機体サイズによる適正な翼面荷重の把握。

これらは、今後の研究テーマとして継続していく計画である。

### 5. 謝辞

本研究は、静岡市の株式会社シーズプロジェクトが、静岡県による平成 26 年度補正「ものづくり・商業・サービス革新補助金」(2 次公募分) に応募を行い採択された事案であり、共同研究のテーマ (期間：2016 年 4 月 25 日～2016 年 9 月 15 日、同継続～2017 年 3 月 31 日) をいただいた、同社社長大高悦裕氏の支援と協力に感謝します。

また大学施設を利用することにより、実験や実証、さらに試作などを迅速に行うことができ、短期間で結果を示せたことに感謝します。

### 参考文献

- 1) 赤坂剛史, パラグライダーの飛行性に関する研究, (博士論文, 1999 年) 第 4 章～6 章
- 2) 内藤子生, 飛行力学の実際, (日本航空技術協会, 1970 年) 35, 54, 88, 89 頁
- 3) Opalparamodels  
<http://www.opale-paramodels.com/>  
(参照日 2016 年 7 月 31 日)
- 4) 株式会社矢野経済研究所 プレスリリース  
ドローン世界市場の調査を実施  
<https://www.yano.co.jp/press/press.php/001568>  
(参照日 2016 年 8 月 3 日)
- 5) Parachutedrone.com  
<https://parachutedrone.com/en/>  
(参照日 2016 年 12 月 12 日)
- 6) 国土交通省 ホームページ  
無人航空機の飛行ルール  
[http://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_tk10\\_000003.html](http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html) (参照日 2017 年 2 月 10 日)





# 環境調和型アシルゲルマン合成反応開発の研究：2-Germylated 1,3-dithiane 類と過酸化水素との反応による触媒的脱ジチオアセタール化

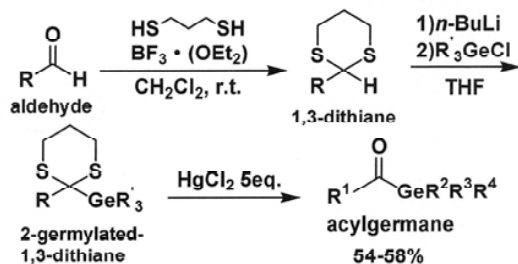
Environmentally benign synthesis of acylgermanes via catalytic dedithioacetalization of 2-germylated 1,3-dithianes with 30% hydrogen peroxide

桐原 正之\*、山崎 研人\*  
Masayuki KIRIHARA and Kento YAMAZAKI

Abstract: Acylgermanes were obtained from dedithioacetalization of 2-germylated 1,3-dithianes with 30% hydrogen peroxide catalyzed by iron(III) acetylacetonate and sodium iodide.

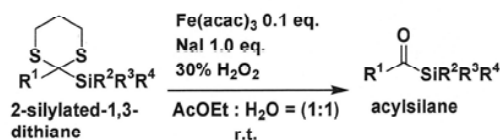
## 1. はじめに

アシルゲルマンはアシルラジカル等価体として有用な化合物である<sup>1)</sup>。しかしながら、アシルゲルマンを合成するためにはアルデヒドを 1,3-dithiane に変換し、これにアルキルゲルマンを導入後、有害な水銀などの重金属を用いて脱ジチオアセタール化する必要があった。そのため環境汚染につながるという問題点があった<sup>2)</sup> (Scheme 1)。



Scheme 1. アシルゲルマンの従来の合成法

我々は既に、2-silylated-1,3-dithiane 類に対して、鉄(III)アセチルアセトネート[Fe(acac)<sub>3</sub>]触媒、ヨウ化ナトリウム(NaI)、30%過酸化水素(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)を反応させると、アシルシランを効率良く合成できることを見出していた<sup>3)</sup> (Scheme 2)。鉄化合物は水銀とは異なり毒性が低く、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> は反応終了後には無害な水に変化するため、本反応は環境調和型反応である。



Scheme 2. アシルシランの環境調和型合成

そこで本反応条件を用いてアシルゲルマンが合成できないか、検討を行った。

## 2. 結果および考察

Brook らが報告した合成法<sup>2)</sup>に従って 2-germylated-1,3-dithiane を合成し、これらに対して酢酸エチル：水混合溶媒中、鉄(III)アセチルアセトネート[Fe(acac)<sub>3</sub>] (0.1 当量)、NaI (1.0 当量)、30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (4 当量) を 30 分かけ加え必要に応じて追加し検討を行った (Table 1)。

Table 1. アシルゲルマン合成の検討

Entry	Starting Material	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (eq.)	Time(h)	Yield(%)
1		4.0	0.8	41
2		12	16.4	complex mixture
3		4.0	0.9	54
4		4.0	1.0	complex mixture
5		8.0	1.0	74

30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> was added dropwise during 30min. (4.0eq/30min.)

2017年3月2日受理

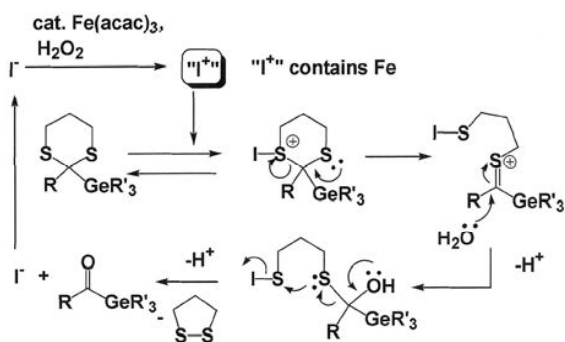
\* 大学院理工学研究科 材料科学専攻

Entries 1,3,5 の基質では首尾良く反応が進行し、目的のアシルゲルマンが中程度の収率で得られた。Entry 2 のような、フェニル基が 4 個置換した嵩高い基質では、反応の進行が遅く、反応完結までには 12 当量の  $\text{H}_2\text{O}_2$  を加える必要があった。しかし目的物は全く得られず、複雑な混合物が生成した。一方、entry 4 のようにメチル基やエチル基のような小さな置換基のみを持つ基質の場合、反応は速やかに進行したが、目的物は全く得られず複雑な混合物が得られた。

反応機構は以下のように考えている (Scheme 3)。

まず、ヨウ素アニオン ( $\text{I}^-$ ) が  $\text{H}_2\text{O}_2$  と鉄触媒によってヨウ素カチオン等価体 (" $\text{I}^+$ ")へと酸化される。一般に、 $\text{I}^-$  は触媒が無くても  $\text{H}_2\text{O}_2$  によって " $\text{I}^+$ " へと容易に酸化されるが<sup>4)</sup>、一般的に  $\text{NaI}$  と  $\text{H}_2\text{O}_2$  だけでは脱ジチオアセタール化は全く進行しないことが明らかになっている<sup>5-7)</sup>。そのため、このヨウ素カチオン等価体 (" $\text{I}^+$ ")は鉄原子を含んでいると考えている。

次にジチオアセタールの一方の硫黄に " $\text{I}^+$ " が付加し、硫黄はカチオンになる。次にもう一方の硫黄からの電子の押し出しによって、ジチオアセタールの一方の硫黄-炭素結合が切断される。その後水の付加、硫黄-炭素結合の切断を経ることで、ジチオアセタールが外れる。

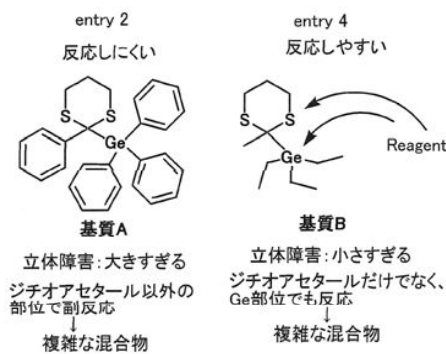


Scheme 3. 反応機構

アシルゲルマンが得られず、複雑な混合物を与えた基質については、その理由を以下のように考えている。Entry 2 の基質 A ではフェニル基が 4 つ置換しているため、立体障害が大きすぎて、反応剤が近づきにくく反応に時間がかかる。そのためジチオアセタール以外の部位でも反応が進行し複雑な混合物になってしまった。一方、entry 4 の基質では、逆に立体障害が小さすぎるため、Ge 部位でも酸化反応が進行し、複雑化してしまったと考えている (Scheme 4)。

### 3. まとめ

2-Germylated-1,3-dithiane 類に対して、 $\text{Fe}(\text{acac})_3$  触媒、 $\text{NaI}$ 、30%  $\text{H}_2\text{O}_2$  を反応させると、アシルゲルマンが中程度の収率で得られることを見出した。また本反応では、2-germyl-



Scheme 4. 複雑な混合物を与えた基質

ated-1,3-dithiane の立体障害が大きく影響し、立体障害が大きすぎたり、小さすぎる場合は複雑な混合物が生成し、アシルゲルマンを得ることができないことが判った。

### 4. 実験の部

赤外吸収スペクトル (IR) は JASCO FT/IR-6100 型を用いて測定した。水素および炭素核磁気共鳴装置は日本電子株式会社の JNM-ECX400 を用いた。内部標準物質として  $^1\text{H}$  NMR、 $^{13}\text{C}$  NMR ではテトラメチルシラン (TMS) を用いて測定した。化学シフトは ppm 値で示し、シグナルの分裂様式は、次の略語を使用した: s=singlet, d=doublet, t=triplet, q=quartet, m=multiplet。結合定数 ( $J$ ) は Hz で示した。質量スペクトル (MS) は島津 GCMS-QP1100EX 質量分析装置を用いて測定した。融点は Yanako MP-J3 融点測定器を用いて測定した。

#### アシルゲルマン合成反応の操作法

2-Germylated-1,3-dithiane (0.5 mmol) を酢酸エチル (1.5 mL) : 水 (1.5 mL) 混合溶媒に加え、ヨウ化ナトリウム (75 mg, 0.5 mmol)、鉄 (III) アセチルアセトネート (17.7 mg, 0.05 mmol) を加えた後、30%過酸化水素水 (1.25 mL, 2.0 mmol) を 30 分かけ加えて室温で攪拌した。反応終了後、氷冷し飽和チオ硫酸ナトリウム溶液 (5 ml) を加えた。水相を酢酸エチル (10 ml  $\times$  3) で抽出し、有機層を飽和食塩水で洗浄後、無水硫酸ナトリウムで乾燥させた。溶媒を溜去し粗生成物を得た。粗生成物をカラムクロマトグラフィーにより精製した。

#### Phenyl(triethylgermyl)methanone<sup>2)</sup>

黄色油状物

$^1\text{H}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 7.77 (d, 2H,  $J = 10.4$  Hz), 7.54-7.46 (m, 3H), 1.17-1.05 (m, 15H).

$^{13}\text{C}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 235.32, 141.96, 132.91, 128.23, 127.48, 9.20, 5.65.

MS: 264 ( $\text{M}^+$ )

IR (neat) ( $\text{cm}^{-1}$ ): 3032, 1617

**1-(Triphenylgermyl)ethanone<sup>2)</sup>**無色結晶 mp: 120-123 °C (lit.<sup>2)</sup> 122-123 °C)<sup>1</sup>H NMR (CDCl<sub>3</sub>) δ: 7.71 (d, J= 9.2 Hz), 7.45-7.37 (m), 2.21 (s, 3H)<sup>13</sup>C NMR (CDCl<sub>3</sub>) δ: 136.25, 134.01, 129.56, 128.19, 24.32MS : 355 (M<sup>+</sup>)**Cyclohexyl(triphenylgermyl)methanone<sup>2)</sup>**

黄色油状物

<sup>1</sup>H NMR (CDCl<sub>3</sub>) δ: 7.55-7.50 (m, 6H), 7.40-7.32 (m, 9H), 1.80-1.54 (m, 5H), 1.28-1.05 (m, 5H)<sup>13</sup>C NMR (CDCl<sub>3</sub>) δ: 240.82, 135.22, 135.10, 129.52, 128.60, 57.58, 26.66, 25.96, 25.50MS :168(M<sup>+</sup>)IR (neat)(cm<sup>-1</sup>): 3032, 2922, 1667, 1239

## 参考文献

- 1) U. Iserloh and D. P. Curran, "Unsaturated acylgermanes isomerize by a chain mechanism involving radical cyclization to the carbonyl group of an acylgermane", *J. Org. Chem.*, **1991**, *56*, 3463.
- 2) A. G. Brook, J. M. DuffPeter, F. Jones and N. R. Davis, "Synthesis of Silyl and Germyl Ketones", *J. Am. Chem. Soc.* **1967**, *89*, 431.
- 3) M. Kirihara, S. Suzuki, N. Ishihara, K. Yamazaki, T. Akiyama, and Y. Ishizuka, "Synthesis of Acylsilanes via Catalytic Dedithioacetalization of 2-Silylated 1,3-Dithianes with 30% Hydrogen Peroxide", *Synthesis* **2017**, *49*, in press.
- 4) M. Kirihara, Y. Asai, S. Ogawa, T. Noguchi, A. Hatano, and Y. Hirai, "A Mild and Environmentally Benign Oxidation of Thiols to Disulfides", *Synthesis* **2007**, 3286.
- 5) M. Kirihara, S. Suzuki, Y. Ishizuka, K. Yamazaki, R. Matsushima, T. Suzuki, and T. Iwai, "Environmentally benign deprotection of dithioacetals using 30% hydrogen peroxide catalyzed by Fe(acac)<sub>3</sub> and sodium iodide", *Tetrahedron Lett.* **2013**, *54*, 5477.
- 6) M. Kirihara, T. Noguchi, N. Okajima, S. Naito, Y. Ishizuka, A. Harano, H. Tsukiji, and R. Takizawa, "Deprotection of dithioacetals with 30% hydrogen peroxide catalyzed by tantalum(V) chloride-sodium iodide or niobium(V) chloride-sodium iodide", *Tetrahedron* **2012**, *68*, 1515.
- 7) M. Kirihara, A. Harano, H. Tsukiji, R. Takizawa, T. Uchiyama, and A. Hatano, "Deprotection of Dithioacetals Using the Tantalum(V) Chloride Catalyzed Oxidation of Iodide Ion by Hydrogen Peroxide", *Tetrahedron Lett.* **2005**, *46*, 6377.



## 授業内クイズのための数学用選択肢問題作成ツールの開発

An Authoring Tool of Mathematical Choice Problems for Facilitating Preparation of Classroom Quiz

長尾 雄行\*

Take-Yuki NAGAO

Abstract: Technology has enabled us to explore new possibilities of education by mixing smart devices, e-Learning software, and classroom equipment. In this article, a classroom quiz is proposed that mixes classroom presentation materials and Web-based quiz. The preparation and design of classroom quiz is discussed and several possible design options are shown. The software named 'ltxgift' is described, which facilitates the lecturers to prepare presentation materials, handouts, and, e-Learning materials.

### 1. はじめに

大学等の教育機関では、黒板・紙・筆記用具を用いた従来の授業スタイルから、Web・スマートフォン・タブレット等の ICT 技術を活用した新しい授業スタイルへの移行が徐々に進んでいる。特に、黒板や紙を用いて実施していた従来の講義を Web 画面や動画で実現し、講義をデジタル・コンテンツとしてネットワーク上で提供することが可能になっている。例えば、MOOCs (Massive Open Online Courses) と総称される大規模オンライン講義が多数実用化されたことは、従来の講義をデジタル・コンテンツとして蓄積及び共有するソフトウェア・ハードウェア・運用技術が完成に近づいた証拠と言える。一方で、従来の教室や講義を ICT 技術で拡張する方法はまだ研究し尽くされているとは言えず、ICT 技術を使って配布資料のような紙の教材とプロジェクタで投影する講義スライドを融合する新たな手法を確立することは重要な課題である。そこで、本稿では、講義スライド・配布資料・e-Learning 教材を融合したクイズ教材を提案する。そしてクイズ教材を効率良く作成することで、講義における選択肢クイズの実施を支援するクイズ教材作成システム ltxgift<sup>5)</sup> を記述する。

### 2. クイズ教材とその用途

本稿で扱うクイズ教材は、対面授業での利用と自宅での個別学習による復習を想定した、スライドと e-Learning コンテンツを融合した教材であり、Table 1 の三要素を含むデジタル・コンテンツである。

設問スライドは、教室内のプロジェクタで投影し、講義に参加する教員・学生等が授業時間内に利用するものである。教員はスライドに表示される設問を読み上げ、学生はその答えを選択肢から選び、挙手でどの選択肢を選んだのかを提示する。これは対面授業において従来からよく見られる形式のクイズである。例えば、初回の講義において履修予定者の前提知識を調べるためにこのようなクイズを

Table 1 クイズ教材の要素

要素	要素の概要
設問スライド	2, 3 行程度の設問と解答の選択肢を含む PDF (Portable Document Format) 形式のデータで、1 ページあたり 1 設問となっているものとする。
解答スライド	設問スライドの全設問に対する解答例を記した PDF 形式のデータであり、印刷又はデータで配布可能なものとする。
復習用教材	設問スライドと解答スライドの内容をスマートフォン等で復習可能な e-Learning 教材とする。設問スライドの全設問を Web 試験に変換した教材である。

利用することで、教員は学生の知識をある程度把握することが可能であり、また、学生は他の学生がどのような知識を持っているのかを把握することができる。さらに、授業が数週経過した後に、授業で扱った内容の確認のためのクイズを出題することができる。この場合、クイズを授業時間中に実施することで、学生は自身の到達度を把握することが可能である。同時に、他の学生との相対的な学習進捗の進み又は遅れを認識することが可能である。

解答スライドは、クイズの正解を伝えるための資料であり、印刷して授業内に配布するか、又は、デジタルデータとして LMS (Learning Management System) で配布する。クイズの正解に板書や口頭での解説が必要な場合には、印刷版の解答スライドが適している。解答スライドにその場ですぐ書き込むことができる、という印刷物の特徴がこの場合には有用である。現在普及しているタブレットやスマートフォン等のデバイスでは、大学での数学講義に必要なメモ書きを取ることができないからである。さらに、ある設問に正しく答えられなかった場合に、どの文献のどのページを参照すれば良いのかという文献情報を解答スライドに記しておけば、より効率の良い復習や発展的学習のきっかけを作ることも可能である。

2017 年 1 月 31 日受理

\* 総合情報学部 コンピュータシステム学科

復習用教材は、設問スライドの選択肢問題を Web 試験形式で出題するオンライン試験であり、クイズの到達目標を達成できたかどうかを学生が個別学習で確認するために用いる。学生は解答スライドを用いて復習した後に復習用教材が配信されている LMS に接続して利用する。復習用教材では、受験後に正解と不正解と得点が示されるため、復習の成果が得られているかどうかをその場で確認できる。

### 3. クイズ教材の設計上の選択肢

クイズ教材の各要素について、クイズ出題者がクイズ教材の設計を行う場合に考えられる設計上の選択肢を列挙して考察する。

#### 3.1 設問スライド

授業内でクイズを出題する場合、クイズ出題者は授業のシラバスに記載されている学習項目等を参考にして、選択肢問題を作成する。クイズとしては自由記述式のものも考えられるが、本稿では選択肢問題のみを考えることにする。授業内の 5 分から 10 分程度の時間で扱える選択肢問題としては以下のような種類が考えられる。

- A) Yes 又は No の二択問題
- B) 専門用語を選択する問題
- C) 数値・数式を選択する問題

これらの選択肢問題の例を Fig. 1 に示す。

A) の二択問題では、出題時に誤答を個別に設定する必要がないのに対し、それ以外の種類では、問題ごとに個別に誤答を用意する必要がある。作題に割り当てられる時間が限られている場合には A) を、それ以外の場合には B), C) を用いて出題する。教室内でのクイズでは、据え置き型のプロジェクタで問題文を映し出すため、教室の後部座席に座る学生も視認可能な大きさの文字で問題文と選択肢を作成する。A) については、選択肢が少ないため、学生のクイズへの参加が容易になる。設問を複数個に分け、初めの数問は A) の問題を平易な内容で出題し、残り問題では難易度を段階的に上げながら B) 又は C) を用いると参加の敷居が低くなり、クイズがより円滑になることが期待できる。

#### 3.2 解答スライド

解答スライドでは、設問スライドの問題文と選択肢を提示し、さらに、各選択肢を選んだ場合に、正解・不正解のどちらの結果になるのかを明示する。必要に応じて、選択肢の不正解の理由と復習のための情報を記載し、学生が復習時に参照する資料を明示する。解答スライドの例を Fig. 2 に示す。解答スライドでは、各選択肢が正しいかどうかを記号等で明示し、さらに、必要ならば各選択肢に対して追加の説明文を加える。説明文の例は Fig. 2 の問題 3 と問題 4 に示す。

#### 3.3 復習用教材

復習用教材は Moodle 等の LMS に配備して公開可能な e-Learning 教材として作成する。例を Fig. 3 に示す。数学系の科目でクイズを実施する場合には、LaTeX と同程度の

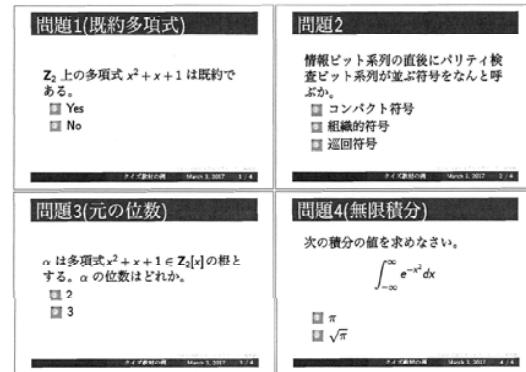


Fig. 1 設問スライドの例 (問題 1 が A), 問題 2 が B), 問題 3, 4 が C) に対応する。)

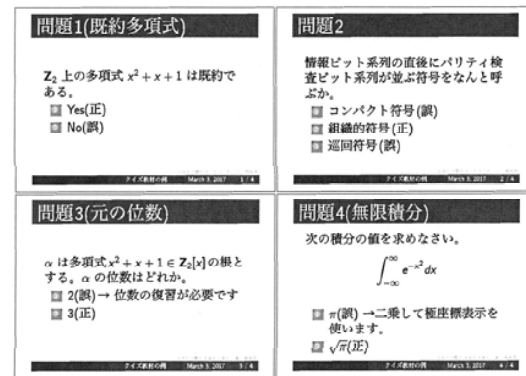


Fig. 2 解答スライドの例 (各選択肢が正答、誤答のどちらかを明示し、必要に応じて復習のための情報を記す。)

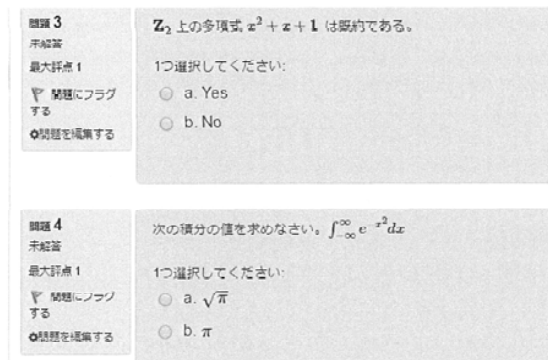


Fig. 3 復習用教材の例 (LMS の小テストとして復習用教材を配備し、教員モードでプレビューしたものである。)

数式表示が必要となる。復習用教材は Web 試験であることを考慮すると、数式表示手段としては以下の方法が考えられる。

- A) MathJax<sup>2)</sup>を用いて LaTeX のコードを HTML ページ内に埋め込み、ページ表示の際に数式を描画する。
- B) LaTeX コードを事前に画像に変換し、画像として数式を表示する。

C) MathML を用いて HTML ページ内に数式を XML で記述する。

ここで、A) の MathJax とは、Web ブラウザ上で数式を表示するためのソフトウェアの一つであり、LaTeX のソースコードを HTML ページ内に埋め込んで数式を表示することが可能である。ただし、本稿執筆時点では描画速度が遅いため、多数の数式を同時に一つのページ内で表示すると画面に乱れが生じるという問題がある(まず LaTeX のコードが表示され、その後、描画が完了した数式が再表示されることで画面が乱れる)。MathJax より前の世代の技術として C) の MathML も存在しているが、単純な数式でも多数の XML コードを記述する必要があるため、普及していない。MathJax は、MathML とは異なり、従来の数学教材や論文作成に用いられてきた LaTeX あるいは TeX のコードを用いて数式の記述が可能であるため、復習用教材の作成に適している。Wikipedia<sup>9)</sup> 等では B) の方式を採用して数式を表示している。この方式は、スマートフォン、タブレット、ノート PC の各種ブラウザで最も汎用的に利用できる方式であるが、一組の数式を画像に変換してしまうため、利用端末の大きさに合わせて表示サイズを動的に切り替えることが難しい。以上のことを考えると、復習用教材では、一つの設問内で利用する数式の数を極力抑え、A) の方式で数式を表現することが適切である。

#### 4. クイズ教材の準備と活用

クイズ教材を用いて授業を実施した場合の、教員と学生の活動とコミュニケーションの様子を Fig. 4 に図示する。

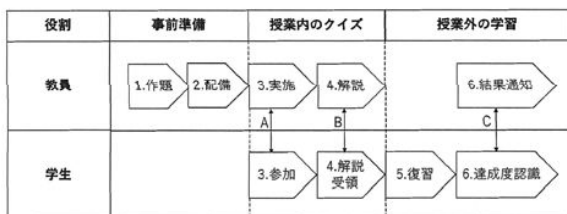


Fig. 4 クイズ実施に関する教員と学生のワークフローを示す(矢印 A~C は教員と学生間のコミュニケーションを意味する)。

##### 4.1 フェーズ 1(事前準備)

教員は事前準備として、クイズ教材を作題する。そして、教材を e-Learning システムへ配備して、学生が利用可能な状態にする。クイズ教材は 3 つのデジタル・コンテンツからなるため、手作業で作成することは困難である。本稿で提案する ltxgift を用いると教材作成の一部作業を自動化し、単一のソースコードからクイズ教材を一括生成することができるため、クイズ作成を効率化することにつながる。この事前準備期間には教員と学生間のコミュニケーションは生じない。

##### 4.2 フェーズ 2(授業内のクイズ)

授業内では、教員がクイズの設問スライドを学生に提示し

てクイズを実施する。挙手による意思表示を用いて学生はクイズに参加する。この際に、教員と学生間での対面でのコミュニケーション (Fig. 4の矢印 A) が生じる。一つの設問が終わると、教員は解答と解説を行う。学生はそれを聞いて復習すべき点を把握し、必要に応じて追加の質疑応答を行う (Fig. 4の矢印 B)。この解説時のコミュニケーションは従来の座学の授業でよく行われてきた講義と質疑応答と同様の機能を持っている。

##### 4.3 フェーズ 3(授業外の復習)

授業外の学習時間においては、学生は授業内の解説を参考に、クイズの内容を復習する。その後、学習項目の達成度を確認するために、復習用教材が提供する Web 試験を利用する。Web 試験では LMS の機能を用いて採点結果が試験直後に学生に通知され、システムに記録される。復習時のコミュニケーションは教員の代理の役割を果たす計算機と学生間の対話となる (Fig. 4の矢印 C)。

#### 5. クイズ教材作成支援ツール ltxgift

本稿のクイズ教材を試作するために開発した Linux 用アプリケーションが ltxgift である。ltxgift は単一の LaTeX ソースコードを入力として与えると、クイズ教材の 3 要素(設問スライド、解答スライド、復習用教材)を一括出力するソフトウェアである。これらの 3 要素を個別に作成する手間を削減するのが本ツールの目的であり、クイズ教材を準備する教員が想定ユーザである。

ユーザはソースコードを LaTeX 形式で準備する。プレゼンテーションのためによく用いられる beamer パッケージを用いて設問スライドを作成する (beamer 以外のクラスファイルも利用可能である)。

```

1 \begin{gift}
2 \begin{frame}{問題 1(\¥QTitle{既約多項式})}
3 \¥Question{
4   ¥(¥ZZ_2¥) 上の多項式
5   ¥( x^2+x+1 ¥) は既約である。
6 }
7 \begin{enumerate}
8 \¥item ¥Correct{Yes}
9 \¥item ¥Wrong{No}
10 \end{enumerate}
11 \end{frame}
12 \end{gift}
    
```

Fig. 5 スライドのマークアップ例

スライドの記述例を Fig. 5 に示す。問題文は ¥Question マクロで、正答と誤答はそれぞれ ¥Correct と ¥Wrong で囲んで記述する。問題文のタイトルには ¥QTitle を用いる。この例では利用されていないが、各選択肢の直後に ¥Response マクロで復習用の説明文を追加することができる。これらのマクロは ltxgift が提供するスタイルファイル (ltxgift.sty) で定義されており、コンパイル時に問題文・正答・誤答等の LaTeX コードを自動抽出し、復習



用教材の MathJax 用数式コードに変換するために利用する。以下ではこれらのマクロを総称して抽出用マクロと呼ぶ。

クイズ教材の生成処理の概要を Fig. 6 に示す。生成処理では、ソースコード quiz.tex を入力として取り、LaTeX でコンパイルして設問スライドを生成する(1)。ltxgift パッケージの解答スライド生成用のオプション (answers) を用いて quiz.tex をコンパイルすると解答スライドが生成される(2)。コンパイル時に抽出用マクロの引数が中間形式としてテキストファイル quiz.pregift に記録される(3)。この中間形式を LMS が対応する多肢選択問題のフォーマット (Moodle<sup>1)</sup> の GIFT 形式<sup>4)</sup> に変換することで、復習用教材が出力される(4)。変換処理(4)の主な内容は、GIFT フォーマット用の文字のエスケープ処理、及び、MathJax 用の HTML コード生成である。一般的に、LaTeX のコードではユーザは独自のマクロを  $\newcommand$  あるいは  $\newcommand$  を定義し、複雑な処理を省略する。このような省略記法を MathJax コードに自動変換することは困難である。そこで、ltxgift では、MathJax コードに変換可能な省略記法を定義するためにマクロ  $\giftdef$  を定義している。

以上のような機能を持つ ltxgift により一つのソースコードからクイズ教材の 3 要素がすべて生成できる。

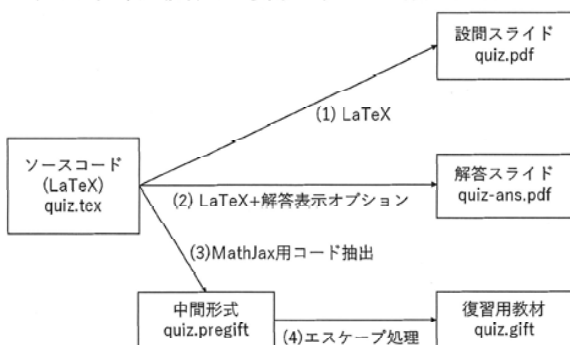


Fig. 6 クイズ支援ツール ltxgift は単一のソースコードから設問スライド、解答スライド、及び、復習用教材を一括生成する。

## 6. まとめ

授業の中でクイズ教材を用いることは、15週にわたる授業の進行中に学生の学習進捗と達成度を認識できる点にある。中間テストや小テストを最終試験の前に実施するという従来の手法と比べると、試験の内容がより平易になるが、より短時間で実施可能なため実施頻度を高くすることが可能となる。このことから、学習上の困難に直面している学生の早期発見と支援材料の提供につながると期待できる。

さらに、Web ベースの復習用教材を用いることで、クイズの内容を授業時間外に再度確認し、達成度を学生自身が確認することが可能となる点が有用である。紙ベースの小テストや中間テストでも同様のことが可能であるが、採点

と結果通知に時間を要するため、特に履修者が多い授業では頻繁に実施することは困難である。復習用教材の Web 試験では、採点と結果通知が自動化されているため、学生は達成度をその場で確認できるという意味がある。

また、授業と試験を動画と Web ベースで実施する手法と比べると、教室を利用したクイズは授業の雰囲気に参加者である教員と学生で共有し、学習活動の現実感を高める効果が期待できる。教室内で教員と学生間・学生と学生間の対話が生じるため、クイズの現場に居合わせることによる新しい対話が生まれる。例えば、自発的な教え合いや他の学生の発言等を参考に自分自身の活動を振り返る等の副次的な活動が生じる。このような教室の臨場感を Web ベースのアプリケーションで再現することは困難であるから、物理的な教室をクイズ教材と併用することは欠かせない要素である。

本稿で記述した ltxgift はこのようなクイズ教材を簡易に作成することができるため、クイズ教材の利用を検討する教員にとって、クイズの準備に関する作業を軽減することが期待できる。現状では、LMS が提供する小テストのごく一部の機能のみにしか対応していないので、今後は自由記述式問題への対応等の機能拡張を行いたい。また、遠隔地からクイズ教材へ参加可能にする方法やクイズ教材を蓄積・共有する汎用的な基盤の検討等も進めていきたい。

## 謝辞

Adam Jenkins 氏には、多肢選択問題のファイル形式 GIFT を紹介していただいた点と Moodle の機能を説明していただいた点を感謝します。

## 参考文献

- 1) Moodle - Open-source learning platform, <https://moodle.org/>, 2017/2/27 参照
- 2) MathJax, <https://www.mathjax.org/>, 2017/3/2 参照
- 3) Wikipedia 日本語版, <https://ja.wikipedia.org/>, 2017/3/2 参照
- 4) GIFT, [https://docs.moodle.org/32/en/GIFT\\_format](https://docs.moodle.org/32/en/GIFT_format), 2017/2/23 参照
- 5) ltxgift, <https://github.com/tyn/ltxgift/>, 2017/3/3 参照

## 普遍法則と因果に関する心性の比較文明論

A Comparative Study on the Mentalities of Universal Law and Causality

榛葉 豊\*

Yutaka SHINBA

Abstract: On our Universe or Society even on our mind, modern western science desires and finds the universal law and causality about them up through feel beauty. Such sensibility or mentality of science is its nature. Many people simply says, that western science's nature was derived from monotheism ( Hebraism ) and rationalism ( Hellenism ). We want to progress to more ahead precisely by studying, needless to say, not only about physics and mathematics point of view, but also other sciences, typically biology and psychology. The important point is the cultural evolutional consideration of science. We compare Western and Eastern civilization, in the viewpoint of mentality for universal law and causality by the axes of hunting-gathering vs cultivating, city vs peripheral, forest vs desert, monotheism vs polytheism and so on. The mental commonality between science and other cultures, eg., architecture, music, garden also mentioned.

## 1. 近代西欧科学の出自を巡って

筆者は前論文で<sup>1)</sup> 近代西欧科学がなぜ西欧で興ったのかについての「研究プログラム」について考察した。そこで言及したことであるが、20世紀には西洋が世界を支配していたことは、誰も異論がないところであろう。それがいつ頃からか、という問には、20世紀の中頃まで、西洋においては K.マルクスの言のように東洋はいつもずっと遅れていたというのが、一般人の感覚であったろう。しかし20世紀後半には、明の永楽帝が1405年から数度にわたり、鄭和にインド洋大遠征を敢行させた頃までは、ずっと中国の方が栄えていたという言説が広まってきた。どの時代まで東西どちらが繁栄していたとか、生活水準が高い、進んでいるとかいう議論は沢山の経済学史などの論者によって行われているわけであるが、何を指標に取るのかによって、そしてどの部分で比較するのかで結論は大違いになる。概に全順序集合的な評価は困難であるといわざるを得ない。

21世紀に入る頃からは<sup>2~4)</sup>、東西が逆転するのは18世紀の間であり、フランス革命の頃に完了したといえるのではという事がいわれ始めている。ここではそのことに関したことは考察しないが、その逆転の駆動力のうち大なるも

のは、何と言っても所謂大文字の科学革命に始まる近代西欧科学と資本主義であろう。そのそれぞれとも、ではそれらが西欧で興ったのはなぜか、他の地域、民族ではなぜ可能で無かったのかという問が次に来るのは当然である。古来この疑問に密接な関係を持つ資本主義の発生については M.ウェーバー<sup>5)</sup>をはじめ多くの提案がされてきた。資本主義と双子の兄弟である近代科学の勃興についてというのであれば、プロテスタントの勤勉と大元の一神教、インド・ヨーロッパ語族説、地理・気候的要因説、地方分権封建主義と中央集権帝国説、大西洋三角貿易説、ゲルマン(フランク王国)民族説、聖俗2重権力説、アメリカ大陸の位置説など枚挙にいとまが無い<sup>6-14)</sup>。そしてどの説に立ったとしても、その説で言っている原因のそのまた原因はということになって混迷を深めてしまうのは必然である。

日本人が身近によく聞くのは、一神教だから神の支配はどこでも誰でも同じで(普遍法則)、すべての原因は神に(因果律)あるという感覚である。そのような感覚は、実は大切でちゃんと追求しなくてはならない。

前論文では、そのようなことについての考察を行ったが、ここでは、西欧近代科学の思考法、感性といったことにつ

2017年3月3日受理

\* 総合情報学部 人間情報デザイン学科

いて考えたい、すなわち統一的な普遍法則を対象の内に見いだす心性、そして何事も区別される原因無しに結果は起こらないという因果律の希求である。そのような心性が、東洋、西洋（はじめいろいろな対立軸）でどう違うのかを本稿では考える。その違いが現代の科学を超えて、なにを帰結するであろうかということは本稿の範囲外である。

西欧科学の心性ということに関しては、前論文で言及した、日本で最初期の国際的物理学者、長岡半太郎のエピソードが思い出される。日本人に科学ができるだろうかと思んだ半太郎は、帝国大学理科大学を休学して中国の春秋、史記、荘子などの古典を渉猟して、古代中国すなわち東洋は科学において西洋に遙かに先んじていたことを確信し、漢学、東洋史ではなく物理学を研究することにしたのであった。文豪、夏目漱石<sup>15)</sup>も英文学を日本人である自分が研究することに違和感を憶えたという。また、シヨパンを日本人の身で弾くという事についてのピアニストの覚悟の話もあった。

このような事柄に発して、科学技術に多大の貢献をしている21世紀の日本では時代錯誤的な感じを受けるであろう事柄ではあるが、日本人が西欧近代科学をできるのか。西欧近代科学の心性と我々の心性はどう異なりどう異なるのか、そして異なっているとしたらその影響はどうなのかを考えていくのである。

ここで注意しておかなければならないことは、半太郎が注目した、天文、暦、磁石、製鉄、エネルギー概念、火薬、大砲などは、科学とはまったく出自も感覚もそれを担うセクターも異なる技術の話であることである。日本では、明治維新からの歴史的経緯と、日本人の感覚から、科学と技術を一緒に取り扱い「科学技術」という言葉で表すことが多いが、それは科学に根拠を持つ技術ということで、科学とは異なるし、また技術一般とも異なる。技術は、そしてその洗練された形である工学は広辞苑によれば、「科学を実地に応用し自然の事物を改変・加工して人間生活に利用する技」だそうであるから、それは科学の先祖であると言われがちで、古代・中世の魔術、そして呪術とおなじである。

魔術・呪術は、何かの人工的な行為をすることにより、ヒトの欲求に応えるものを得ようとする行為である。技術の本質と同じである。中国科学研究の泰斗、J.ニーダムは講演の中で<sup>17, 18)</sup>、中国科学は改良の研究はするが、何が効いているのかの研究はしないと述べている。鍼灸術の改良でも、全体としての結果的改良の努力で、ブラックボックス全体に対する概念を用いた理解の下での探求であり、改善されるメカニズムの近接原因の連鎖を順次探求していくという方向性では無い。要素に分解して近接原因の追及をするという感覚の欠如である。現象を要素に分解して、その原因を追求して、さらにそれをまた次の階層の現象に分解してという連鎖の末、それらを総合し、因果関係のメカニズムを探求するという精神が無いのである。まさにこ

れは近代西欧科学の思潮ではないということである。半太郎はこの違いを意識していなかったのではないかと思われる。

近代西欧科学は、自然界の現象や存在に（神の置いたlaw）法則（law）性を見いだす営みであり、初期には自然神学として、神の御技の真意を探る営み<sup>18-31)</sup>であった。次の項では、近代西欧科学を行うときの、突き上げるような、痺れるような感覚、美とか恩寵の感覚は、何について、どこからどう来るのかを見ていく。

そのようなことを試みたとしても、一神教では無い日本人にとって分からない、分かっても自分を変えることはできないのだから仕方がないという感もたれるであろう。しかし20世紀第2四半期に入る頃からの事を思い出して欲しい。日本の技術力は世界列強に伍して、素粒子という存在の発見から、その記述法の革新など枚挙にいとまが無い。その後21世紀に入ってからはノーベル賞など驚きもしなくなっている。日本人科学者も（たぶん）西欧人科学者と同じ美を理論に感じ、研究行為に痺れを感じていると思われる。人種差別や研究条件、発信環境などを除けば日本人だからということは特段無い、と多くの研究者が言うであろう。科学をする上で西欧人との区別は無い。そうなっている今だからこそ心に留めておきたいことがある。

アフガニスタンからパキスタンにかけて、パシュトゥーン人という民族がいる。彼らはイラン系アーリア人の一派であり先祖はゾロアスター教の老家本元に近い民族である<sup>32-34)</sup>。現に、現在生き残っているゾロアスター教徒である、インドのパルーシーの人々は、その宗教的指導者になるためには、パシュトゥーン人の下に行ってゾロアスター教の印可を受けてこなければならぬそうである<sup>35)</sup>。しかし一般のパシュトゥーン人は典型的なムスリムである。彼らの宗教的心性はこの1000年ほどで入れ替わっているのかも知れない。このようなことがあり得るとすると、我々の科学の心性に関しても、150年間も近代西欧科学を血肉としてきた我々は、普遍法則に関する心性もそうなのではないだろうかとも考えられる。音楽、建築、文学等にしても同工異曲なのかも知れない。

## 2. 近代西欧科学の心性

ここではまず、時空と物質に関する自然哲学の一つの究極である物理学と宇宙論を取り上げる。近代西欧物理学の特徴といえば、通り一遍には、帰納的かつ実証的である、客観的であり普遍的である、数学的記述をする、要素還元論的である、などがあげられよう。

ここで問題にしたいのは、科学の練引き問題としてでは無く、科学の心性のことを問題にしている。旧科学哲学では例えば反証可能性であるとかいろいろなことを議論していたが、今はそのようなことを問題にしているのは無い。自然を追求する際の感覚について言っているのである。

科学はまず、現象や対象物の収集と分類の段階である博

物理学をへて、その整理されたものどもを、部分に分解して研究し、それらを総合して記述する理論を構築していくわけである。特に理論構築の際に何を目標とし何を大切にしているのかということである。それは次のことであろう。

### (2.1) 統一的普遍法則

物理学はいつでもどこで行っても、誰が実験しても確かめられる普遍的、客観的な法則を自然界に見いだすことを目標としている。しかも、いろいろな現象別にそれぞれの法則が成立しているということでは満足できず、1つの法則ですべてが説明できる、統一法則を探索している。

### (2.2) 因果律

D.ヒューム<sup>36)</sup>は、因果関係は事物の側にあるのでは無く、認識する人間の心の内にある習慣だとしているが、西欧人は世界を因果のネットワークで分節したが。何事も原因無くしては起こらない。異なった結果には異なった原因がある。その原因は追及されなければならない。そしてその因果関係は全体論的に了解するのでは無く、要素還元論的に、分解して研究して近接原因を研究し、そのまた原因をさらに分解して探求するという思考をする。

### (2.3) 合理性と証明

言明には証明が必要で、その証明は合理的で無ければならない。

### (2.4) 数量化と幾何学的記述と対称性の尊重

物事は、定量的に記述されるべきで、幾何学的対称性によって説明されればより美しい。特にゲージ原理等が典型である。

以上のようなことを感じながら、理論構築をしていると思われる。勿論実証性がなにより基本であるから、実験事実を説明できるということが満たされた、その上でのことであるのは当然至極である。

2.1と2.2は次のようにヘブライズムから説明されるであろう。キリスト教という一神教のゆえに、唯一の神が置いた普遍法則で、対象ごとに異なった法則というのもあり得ない。物事存在すべての第一原因は唯一神である。

2.3と2.4はヘレニズムからというのが一般の合意であろう。その理由は2.3については例えば次のようなものである<sup>18)</sup>。ギリシャ人は都市国家群からなっていて、ギリシャ以外の地中海世界とも交易をしていた民族である。彼らは、交易相手と合意するために論理的な思考や説明の為の理性をもち、相手を説得、自分の主張を論証する必要性があった。

#### 実験について

なお、実証とか実験ということについては「科学」の当然の要件だとして、科学史上の議論以外では特段の注意が

向けられない嫌いがあるが、受動的な「観察」ではない整備された理想的極限状態での「実験」の集積で自然界の(さらには社会や心理でも同様であるが)法則や機構がわかる筈だという感性は考察されるべき事柄である。F.ベーコンやR.ボイルのいうように、自然を拷問にかけて自白させる「実験」を通して真理に至ることができるかは決して自明ではない。

磁石の性質を調べて改良するために、自然界に存在しない超高磁場での実験を通して低磁場での振る舞いが分かるという感覚は何に由来するのであるか。刑事事件だと拷問による自白は、近代訴訟法では証拠にならない。普通にはあり得ない状況を「実験」で調べることによって得た、あり得ない状況での法則が別の状況でもそのまま「普遍的に」機能して、身の回りのことの秘密が分かるだろうという感性は、まさに要素還元論のさらに上を行くものと考えなければならない。多神教的感性では、状況が異なれば法則も異なるかも知れないと考えるのではないだろうか。この分析は重要なことであるので、別稿で論ずる。

## 3. 微分的記述法と積分的記述法

### 3.1 鳥瞰と虫瞰、一望俯瞰と局所近傍、神とヒト

さて、物理学の色々な分野において、同じ法則の記述に微分形と積分形がある。例えば次のような例がある。

#### ニュートンの運動法則

微分形：ニュートンの運動方程式という微分方程式

積分形：最小作用の原理

微分方程式は、今の状態に対し、(無限小の)直後の状態がどうなるかを、その時点、その場所での条件から与える局所法則である。局所的近傍のことしか記述していない。それを次々に繋いでいって、大域的な(有限時間経過した)状態がどうなるかの解を得る。それに対し積分形である最小作用の原理では、ラグランジアンという対象系を特徴付ける関数の、仮定される運動経路に沿っての始状態から終状態までのすべての時間にわたっての積分(累積)、すなわち作用積分を問題にする。すべての(力学を考えなければ)可能な運動経路について、その積分を求めてその積分の値が最小(最大という場合も分野によってはある)になるような経路が実現する経路であるという形式である。この積分形と微分形は互いに等価であることを示すことができる。

量子力学では、シュレディンガー方程式という微分形と、経路積分という積分形の定式化が等価である。

光学では、屈折に関するスネルの法則という境界面での局所的法則とフェルマーの原理という必要時間が最小になる経路が実現するという事が等価である。

電磁気学でも、一般相対性理論でも、おなじ積分形と微分形の対応がある。

我々は(日本の物理学者も)積分形の方が美しいと感じるのであろう。それは、全空間と全時間を一遍に把握して評

価する、一望俯瞰的記述であるからである。それをキリスト教徒なら神の視点と言うであろう。時間の経過という世界の分節化では無く世界すべての事象を、歴史すべてに涉っての神の評価を静寂の世界で一挙に行うのである。

一方微分方程式の方は、自分の周りのことだけしか分からない被造物が、その分かりうることだけからごく近い未来あるいは見えている範囲ぐらゐのことを決める。つぎに自分自身が以前は見えていなかった少し先に進み、その先で出会った環境のもとで先程とおなじ判断を下し、ということの繰り返しのはてに結果が分かるというのである。

微分形では、法則はその場その場、その時その時のことだけについてしか指針を与えない。その局所近傍でのことだけしか目に入らない決定者が、目に入ってこない外世界・遠方のことは考慮することもできずに行動を決めるのである。すなわち

積分形	=	一望俯瞰	=	鳥瞰	=	神の視点	=	静的
微分形	=	局所近傍	=	虫瞰	=	人間の視点	=	動的

ということになる。神の摂理の偉大さと恩寵に痺れるのは積分形の方であろう。

このような、理論に対する心性の違いが、東洋と西洋の間にもしあるのなら、その理由を考究しなければならないだろう。

### 3.2 生物学、心理学

ここで留意しておくべき事が2点ほどある。まず、2.1から2.4で述べた「西欧近代科学の心性」は、物理学のことを念頭に置いていることである。

20世紀は物理学の世紀、21世紀は生物学の世紀であるなどと言われるが、生物学の心性は物理学とは異なるのではないだろうかということである。生物学と言っても生命科学と言った場合と進化論、生命起源論とは大いに異なるであろう。生命科学は、物理学の心性に近づいているのでは無からうか。だが、進化論は<sup>37)</sup>、それは本質的に1回性の歴史科学であるから、普遍法則という発想は馴染まないとも考えられる。

生命を扱う生物学という学問以外というと、心を扱う心理学がもう一方の大なる分野である。心理学と言っても<sup>38)</sup> 実験心理学や生理学に近い分野は、物理学に似ているであろう。しかし、自分の意識自身を対象とする心の哲学と呼ばれる分野では、法則とか因果とかは、遙か彼方の概念である。

物理学ではあっても、宇宙論は特別であるので次の第4節で論ずる。

### 3.3 東洋と西洋、およびそれ以外。メソアメリカ

近代科学の物理以外の分野という問題に加え、もう一点考えなければならないことは、東西対立だけでは無い、他の文明との比較である。近代科学の思考法、心性といったことを論じたいのであるが、槍玉に挙げられる西欧とは、フランク王国の継承国家群、フランス、イタリア、ドイツ、それからフランクと同じゲルマン民族の成れの果てであるイギリス、アメリカなどである。

ロシアは封建制を経験していない中央集権帝国で、ヨーロッパとは言いにくい面もあり、宗教も東方正教会でカトリック、プロテスタントとは異なる。であるから、西欧科学対ソ連の科学という構図は描かれてきた。

またあまりにも当然であるが、西欧近代科学の元になった知識を西欧世界に伝えたイスラムの科学の研究は、古来行われてきた。

中国についても同様である。そしてインドについても、インド哲学の論理の研究も盛んにされてきた。これらの知見を活用して、西欧対日本の心性比較に役立てるのは当然であるが、後の説でも触れることであるが、メソアメリカのマヤ、アステカ、南米のインカなど、高度の暦法などを持った文明の心性を考慮しなければならないだろう。特に森の文明といわれるマヤ人の、法則と言うことに対する心性の研究が待たれる。

### 4. 宇宙論と人間原理そして多世界と確率

物理学であっても、宇宙論は1回性のしかも実験のできない宇宙の誕生や死を対象にするので、物理学の法則から宇宙を論ずることはあっても、またその逆に宇宙を論ずる中から、物理学の法則の知見が得られることもあるであろうか、宇宙論自身についての普遍法則というのは矛盾した言い回しである。

しかしこの半世紀に、宇宙論の研究を通じて人間原理が提出されて、一般の物理学者の間にも相当な比重を持つ市民権を得ている。(弱い)人間原理とは、我々の宇宙に存在する、複数の物理定数の数値間の奇跡的な調和は、人類が存在できるようにとの神の愛故では無く、物理定数がいろいろ異なる宇宙が無数にあり、その中で生命が発生でき人類にまで進化できるような条件を満たした宇宙もその無数の中にはあって、そこに発生した我々人類がその「奇跡」を観測しているのだ。そうでない宇宙は非常に沢山あるのだが、そこでは人類は発生できず、誰にも観測されないのも無いのも同じなのだ、という説である。確率論で言う観測選択効果そのものである<sup>39-43)</sup>。

この考えは、量子力学の解釈を巡って人間原理より以前から提出されていて(多世界解釈)、こちらも日本以外では市民権を得ていると言うよりむしろ多数派になっている。

いずれにせよ宇宙論と量子力学では、世界(宇宙)が沢山存在するという考えが、20世紀最後の4半世紀に入る頃から普通になっている。宇宙論では宇宙をユニバースと

いう代わりにマルチバース(沢山の宇宙)という場合が多い。そのようなマルチバースあるいはランドスケープ(宇宙の領域ごとに物理定数が異なる)の中では、普遍法則の探求ということは意味がある。

また、経済学、哲学で研究され続けてきた確率論の解釈も、このような多宇宙の文脈では具体的な意味づけができる可能性がある<sup>39-49)</sup>。

ここで興味深いのは、日本の物理学者は多宇宙に対して拒否反応が強いことである。6節以降で論ずるが、西欧人は、たとえSF的であろうとも、普遍法則の存在を含蓄しうる状況に拒否反応が無いのではないだろうか。また、無からの宇宙創成とインフレーションなどという文句は(日本人の寄与も大なのではあるが)、時空の「外」にある創造神が描かれている聖書そのものであり、日本人ほどには抵抗感が無いと思われる。

## 5. 文化進化

### 5.1 近代科学自身の文化進化

科学という文化も文化進化をする<sup>50, 52)</sup>。ただしこの進化はラマルク的な獲得形質の遺伝(科学の成果は通常科学では累積的に進んでいく)を含んでいる。

### 5.2 近代科学を担う個人の心性の進化

科学を研究する個人の心性はどう進化するのだろうか。それは科学者社会環境からの影響、科学理論や科学的事実からの影響も当然あるが、幼少時からの生育環境、一般社会での経済行動、政治的行動などからの影響が強いのではないかと推測する。

## 6. 狩猟採集民について

### 親族の基本構造やクラ交換は微分法則

狩猟採集民については次の7節で論ずるがここである特徴的な事例を2つ取り上げておこう。

#### 6.1 交叉イトコ婚と部族間の団結<sup>53, 54)</sup>

これは南洋のいくつかの部族に見られる結婚規則である。一般に現代社会では3親等以内の結婚は非合法(タブー)であり、4親等も忌避される場合が多い。しかしある部族ではイトコ婚が奨励されていて、しかもそのイトコというのが、父方交叉イトコ(男から見て父方の叔母か伯母の娘。父方の叔父、伯父の娘は並行イトコ)であるとか母方交叉イトコのどちらかが奨励され、それ以外はタブーであると理由不明の規則が守られている。この不思議な規則を遵守していると、世代が変わっていくにつれ女性を家族間で交換していることになることが、図など書いてみると分かる。この家族間の女性の交換は、結婚規則の違いにより、直接的に2家族間の交換になったり、数家族のグループ内での円環状交換になったりする。この仕組みは群論を用いて代数的に説明され、構造主義の先駆的研究事例となった。この場合、結婚規則は家族間の団結に役立っていると解釈された。

この事例は、個体間の結婚規則という自分の周りにいる適齢期異性の中からの選択という局所的「微分形」の法則から、代数学によって(微分方程式だったら積分によってとなる)大域的な家族間の女性の交換という法則が導かれている。だが、微分形の規則が何のためにどうして機能するのは、当事者にとって直接的には理解不能なのである。

しかし、文化進化の観点からすると、このような規則がどうして進化によって精製されるかという問題はなかなか手強い問題である。何世代もこの規則を遵守していかないと、その環境への適応は違いが出ないからである。

#### 6.2 クラ交換<sup>55, 56)</sup>

ニューギニア方面の南洋の島々ではクラ交換と呼ばれる不思議な沈黙交易が見られる。その島々では、一般には言語、文化が異なっているのだが、日常生活上の価値の無い品物を他の集団の者に贈与する。この贈与は多くの島々の間を例えば反時計回りに何十年もかけて円環状に行われるという。これもその海域の部族間団結に役立っているというのであろう。普遍法則的な理由は分からないが、局所的な個人の価値観の中ではなにか大切な気分になるということである。これも局所法則から大域法則へという事例であろう。

## 7. 一神教と多神教 森と砂漠、森と草原、都市と周辺

### そして鳥瞰と虫瞰。浄土真宗の寺内町と他力本願

前節までに、西欧近代科学の心性(2.1)・(2.4)と鳥瞰的・虫瞰的という軸などについて見てきた。ここでそれらの心性が西洋と東洋でどう違うのかについて、またその由来について考えてみよう。2.1と2.2、すなわち普遍法則と因果律が何より大切と思う側を左に、そうではないものを右に書けば、

一望俯瞰的	—	虫瞰的
普遍因果法則	—	局所的
一神教	—	多神教
線分的時間	—	円環的時間
砂漠の民	—	熱帯雨林森の民
森林の民	—	草原の民
封建制の民	—	帝国の民
都市の民	—	周辺の民
イスラム絵画	—	遠近法絵画

のような言説がいろいろな論者によって出されている。

### 砂漠と熱帯雨林

5行目から後を少し説明する。砂漠では生きるのが精一杯で、二者択一の判断を即時にしなくてはならない。敵か味方か、右の道か左の道か。中間や判断保留は死に繋がる。これが統一普遍法則を求め一神教を信仰する様になる理

由である。

熱帯雨林ではそのようなことは無く生きるのは比較的楽である。遠くは見えないし、見える範囲のことで判断していけばよい。別の空間に出れば別の判断になるだろう。これが多神教と局所法則を信奉する理由である。また時間は循環的である。自分の周りが自分にとっての世界である。それぞれの領域にそれぞれの神とそこだけの法則がある。熱帯雨林では狩猟採集の生活は比較的楽で、その音響的環境は人間生理に優しいという<sup>58)</sup>。

また、砂漠では遮る物が無く遠方まで見える。そして身の回りにはほとんど物が無い。そこで超越的思考に入ってしまう、見える限りは同じ法則が適用されることを当然と思う。さらにずっと遠方の見えなくなったその向こうまでも法則があるという抽象的思考を発達させる。物が無いことは絶対時空を考え易いであろう。時間は繰り返し無く直線的なものになる。

6行目は森林が逆の側に入っているが、これはドイツのシュヴァルトツヴァルトのような森のことをいっている。その次の行の封建制の民と対になっている。

#### 封建制と帝国

森林の民とは封建制領邦国家併存という意味である、これはヨーロッパ特有の事情である。比較的温暖な森は領域を隔て、しかしその中をくぐり抜けて比較的容易に別の領域にでることができる。これは一種、洞窟のような感覚である。領域ごとに異なる言語があったりもする。

草原では騎馬軍団が席卷する中央集権的専政帝国となり獨創性などの余地は無くなる。

#### 都市と周辺

そして都市の民ということであるが、ここでいう都市とは城壁を持っている都市のことで、多くの場合教会などの尖塔と市庁舎広場がある。異民族に侵略されたときには、市民はその城塞都市に立て籠もって、領主と運命を共にするのである。日本にはこのような都市はなかった。

ただし浄土真宗が立て籠もった、石山本願寺(後の大阪城)や吉崎御坊は寺内町と呼ばれるが、城塞都市に近いかも知れない。また、秀吉の命による全国大名の包圍攻城によって落ちた、後北条氏の小田原城もその範疇に入るかも知れない。

浄土真宗は、救済ということについての教義についても、「他力本願」や「悪人正機」説はカルヴァン派の「予定説」と類似しているとも思われ、日本にもこの種の感性が存在した(している)証しだとも思われる。このことは稿を改めて論じたい。

都市は異民族から市民を守るため、閉鎖された空間である。上空のみ開けていてそこから天が見えている。洞窟と類似の感覚であろう。ゴシック建築の尖塔など、天を目指しているのは明らかで、その上に抽象的絶対的創造主を感じるのは当然である。

この洞窟の感覚というのはラスコーやアルタミラの洞

窟画のことを思い出してみるとよい。限られて空間にいるのではあるが、そこでの環境で生活するわけでは無く、その外の世界での活動を「見ながら」絵を描いたのである。その時には、そしてその絵を暗闇で見るものも、外の光の空間での超越的な因果法則を感じるようになっていたのだろう。

#### イスラム絵画と遠近法絵画

イスラム絵画やビザンティン様式の絵画は、あまり写実的な描き方では無いというだけではなく、人物や事物を並置的に表現する。これは神の視点であって、神はすべてのものを同時に、鳥瞰的に遠近無く見ているのである。これは時間的にも同様である。

一方遠近法絵画では、写実的に描かれているというだけではなく、視点をまさに描画者の目の位置一点に固定してあくまで局所的な情景を描くのである。これは人間の視点であり、微分法の本質そのものである。

さて、以上の事柄に対して、もう一度科学法則の表現についての対比を、7節最初の左右対置に並置してみると、

静的	—	動的
大域的	—	近隣の
積分的	—	微分的

ということになる。

7節はじめの左右対置は、きれいに分かれているというのでは無く、普遍的法則の心性が必ずしも左側にはなっていないことに注意されたい。

ところで、いずれの軸でも日本人は一部を除いて右側の民である。その右側の民が、左側の民の領分で大成功を取ってきているのである。

## 8 .認知的不協和の東西比較

21世紀に入ってから立ち上げた行動経済学に、認知的不協和という現象の研究がある。これは極東の民にはほとんど見られない現象で、相矛盾する考えを同時に持つことによる不安のことを言う。

たとえば、「酸っぱいブドウ」という童話である。狐はブドウを食べたいのだが、飛びついてもなかなか取ることができない。食べたいのと取るのが大変ということの間の認知的不協和である。そこで、ブドウは酸っぱくて、そんなもの食べたくないや、という考えをでっち上げて自分の行動のつじつま合わせをすることで、この認知的不協和を解消するのである。

認知的不協和で不安になるのはまさに統一普遍法則を求める心性の反映である。多神教の極東の民は物事を突き詰めて二者択一の決断を求めることはあまりしないのである。判断停止、保留、それぞれにいろいろであるという思考なのである。

この認知的不協和の考察からも、科学の心性についての何らかの知見が得られるのでは無いだろうか。現代はダーウィンの世紀と呼ばれることもある。宇宙もなにも、たまたまのものであるという世界観である。西欧世界もそういう風潮に向かっているのかも知れない。

ここでちょっと不思議なのは、幾何学的なフランス庭園に対し、自然のままのようなイギリス式庭園である。またロマン主義のイギリスで見られた廃墟趣味である。このような感性が、普遍法則を求める心性とどのような関係なのか興味深い。邦楽と西洋音楽、トルコ音楽、アフリカ音楽などの比較研究も、より生理学的反射に近いと思われるだけに重要であろう。

#### 参考文献

- 1) 榎葉豊, 『なぜ西欧においてのみ近代科学は興ったのか：一神教の思考と科学の思考』, 静岡理工科大学紀要第22巻, 2015
- 2) K.ポメラント, 『大分岐：中国, ヨーロッパ, そして近代世界経済の形成』, 名古屋大学出版会 2015年, 原著は2000年
- 3) E.L.ジョーンズ, 『ヨーロッパの奇跡：環境・経済・地政の比較史』, 名古屋大学出版会, 2000年
- 4) I. モリス, 『人類5万年 文明の興亡：なぜ西洋が世界を支配しているのか』 筑摩書房, 2014年
- 5) M. ウェーバー, 『プロテスタンティズムの倫理と資本主義の精神』, 岩波書店, 1989年, 原著は1905
- 6) J. ダイアモンド, 『銃・鉄・病原菌』, 草思社, 2012
- 7) J.ダイアモンド, 『文明崩壊』, 草思社, 2012
- 8) J.ダイアモンド, 『昨日までの世界』, 日本経済新聞社, 2013
- 9) 大澤真幸, 『〈世界史〉の哲学；古代編』講談社, 2011年  
『中世編』, 講談社. 2011年  
『東洋編』, 講談社 2014年  
『イスラーム編』, 講談社, 2015年
- 10) 大澤真幸, 『美はなぜ乱調にあるのか：社会学的考察』, 青土社, 2005年
- 11) 柄谷行人, 『世界史の構造』, 岩波書店, 2010
- 12) 柄谷行人, 『哲学の起源』, 岩波書店, 2012
- 13) 柄谷行人, 『帝国の構造』, 青土社, 2014
- 14) 川崎謙, 『神と自然の科学史』, 講談社, 2005
- 15) 関廣野, 『なぜヨーロッパで資本主義が生まれたか：西洋と日本の歴史を問いなおす』 NTT, 2016
- 16) 夏目漱石, 『文学論』, 岩波書店, 原著 1907
- 17) J.ニーダム, 『中国科学の流れ』, 思索社, 1984
- 18) 山崎正大, 『世界文明史の試み：神話と舞踏』, 中央公論新社, 2011年
- 19) 榎葉豊, 『干政復古期の科学と郷土階級：王立協会と好学者』, 静岡理工科大学紀要第18巻, 2010
- 20) 長尾伸一, 『ニュートン主義とスコットランド啓蒙：不完全な機械の喩』, 名古屋大学出版会, 2001
- 21) 内井惣七, 『ライブニッツ・クラーク論争から何を読み取るか』, 科学哲学科学史研究, 1 (2006), p1
- 22) A.E.マクグラス, 『科学と宗教』, 教文館, 2000年
- 23) 標宜男, 『科学史の中のキリスト教』, 教文館, 2004
- 24) J. ポーキングホーン, 『自然科学とキリスト教』, 教文館, 2003年
- 25) 伊東俊太郎, 『比較文明：新装版』東大出版会, 2013
- 26) 伊東俊太郎, 『12世紀ルネサンス』, 講談社, 2006
- 27) 伊東俊太郎, 『近代科学の源流』, 中央公論社, 2007
- 28) 澤井忠夫, 『ルネサンス文化と科学』, 山川出版, 1996
- 29) 伊東, 村上, 広重, 『思想史の中の科学』, 平凡社, 2002
- 30) 古川安, 『科学の社会史：ルネサンスから20世紀まで』, 南窓社, 2001
- 31) 伊東, 村上編, 『西洋科学史の位相』, 倍風館, 1989
- 32) 青木健, 『古代オリエントの宗教』, 講談社, 2012
- 33) 青木健, 『アリア人』, 講談社, 2001年
- 34) 青木健, 『ゾロアスター教』, 講談社, 2008
- 35) 岡田明憲, 『ゾロアスターの神秘思想』, 講談社, 1988
- 36) D.ヒューム, 『人間本性論』法政大学, 2010, 1737
- 37) 松本俊吉, 『進化論はなぜ哲学の問題になるのか』, 勁草書房, 2001
- 38) 高橋澤子, 『心の科学史：西洋心理学の背景と実験心理学の誕生』, 講談社, 2016
- 39) 榎葉豊, 『遅延選択と確率的適及因果：確率ほどの段階で崩壊するのか』, 静岡理工科大学紀要15巻, 2007
- 40) 榎葉豊, 『人間中心原理と確率の本性：確率過程量子化のために』静岡理工科大学紀要第12巻, 2004
- 41) 榎葉豊, 『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
- 42) 榎葉豊, 『意志決定理論における自己位置づけ：眠り姫問題を通じて』静岡理工科大学紀要第17巻, 2009年
- 43) 榎葉豊, 『頭の中は最強の実験室：学問の基礎を揺るがした思考実験』, 化学同人, 2012
- 44) 榎葉豊, 『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』, 静岡理工科大学紀要, 23巻, 2016年
- 45) 社会技術研究開発センター編, 『科学技術と知の精神文化IV』, 丸善プラネット, 2013
- 46) 栗本慎一郎, 『全世界史 経済人類学が導いた生命論としての歴史』, 技術出版社, 2013年



- 47) 梅原猛,『人類哲学へ』, NTT 出版, 2013
- 48) 村上陽一郎,『文明の中の科学』, 青土社, 1994 年
- 49) 村上陽一郎,『奇跡を考える』, 岩波書店, 1996 年
- 50) A.メスーディ,『文化進化論』NTT 出版,2016 年
- 51) R. アンジェ編.『ダーウィン文化論』. 産業図書, 2004 年
- 52) S.ブラックモア,『ミームマシンとしての私』,草思社, 2000 年
- 53) 榛葉豊,『交又イトコ婚による外婚制の通時的考察』, 静岡理工科大学紀要, 19 卷, 2011 年
- 54) レヴィ=ストロース,『親族の基本構造』, 青弓社, 2001, 福井訳
- 55) 中沢新一,『カイエ・ソバージュ 1.人類最古の哲学』,『2.熊から王へ』,『3.愛と経済のロゴス』,『4.神の発明』,『5.対称性人類学』, 講談社, 2002 ~2004
- 56) M.モース,『贈与論』筑摩書房, 2009,
- 57) 榛葉豊,『科学と技術の交易圏:ピジンからクレオールへ』静岡理工科大学紀要, 第 11 卷, 2003 年
- 58) 大橋力,『文明と音』, 岩波書店, 2003 年
- 59) 玉木俊明,『近代ヨーロッパの誕生』, 講談社, 2009
- 60) 玉木俊明,『近代ヨーロッパの形成:個人と国家の近代世界史システム』, 創元社 2012
- 61) 下田淳,『ヨーロッパ文明の正体:何が資本主義を駆動させたか』, 筑摩書房 2013
- 62) 下田淳,『「棲み分け」の世界史:欧米はなぜ覇権を握ったのか』NHK 出版, 2014
- 63) 岡崎勝世,『キリスト教的世界史から科学的世界史へ:ドイツ啓蒙主義歴史学研究』, 勁草書房, 2000
- 64) 古田博司,『ヨーロッパ思想を読み解く:何が近代科学を生んだか』, 筑摩書房, 2014
- 65) W. ゲーテ,『色彩論』, 筑摩書房, 原著は 1810
- 66) E. シュレディンガー,『我が世界観』, 共立出版, 1987
- 67) A. ケストラー,『偶然の本質』, 蒼樹書房, 1974
- 68) J. ジェインズ,『神々の沈黙:意識の誕生と文明の興亡』, 紀伊國屋書店, 2005
- 69) 橋本毅彦,『科学の発想を訪ねて』, 放送大学, 2010
- 70) 菅野他,『東の科学西の科学』, 東方出版, 1998 年
- 71) G.フロイト,『モーセと一神教』, 筑摩書房, 2004 年, 原著 1938
- 72) 山我哲雄,『一神教の起源:旧約聖書の「神」はどこから来たのか』, 筑摩書房, 2013
- 73) 内田樹,『私家版・ユダヤ文化論』文藝春秋, 2006
- 74) 木村凌二,『多神教と一神教:古代地中海世界の宗教ドラマ』, 岩波書店, 2005 年
- 75) 木村凌二,『ローマ帝国と地中海文明』, 講談社, 2013
- 76) 祖父江孝夫,『文化人類学入門』, 中央公論社, 1990
- 77) 安田喜憲,『一神教の闇:アニミズムの復権』, 筑摩書房, 2006 年
- 78) 青山昌文,『比較思想:自然について』, 放送大学, 1990 年
- 79) 尾本恵一,『ヒトと文明:狩猟採集民から現代を見る』, 筑摩書房, 2016 年
- 80) 鈴木秀夫,『森の思考・砂漠の思考』, NHK,1978
- 81) 青柳正規,『人類文明の黎明と暮れ方』, 講談社, 2009 年
- 82) 原聖,『ケルトの水脈』, 講談社, 2007 年
- 83) 菊池章太,『ユダヤ教キリスト教イスラーム:一神教の連環を解く』筑摩書房, 2013
- 84) 橋爪, 大澤,『ふしぎなキリスト教』, 講談社, 2011
- 85) 橋爪, 大澤, 宮台,『おどろきの中国』, 講談社, 2013
- 86) 橋爪, 大澤,『ゆかいな仏教』サンガ出版, 2013
- 87) 山下博司,『古代インドの思想:自然・文明・宗教』, 筑摩書房, 2014
- 88) 荒松雄,『ヒンドゥー教とイスラム教:南アジア史における宗教と社会』, 岩波書店, 1996

# 教育 関 連 報 告

## 平成 28 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 2016:  
Toward Higher Quality Education for Future Career of SIST students

幸谷 智紀\*1, 桜木 俊一\*2, 服部 知美\*3, 笠谷 祐史\*4  
小栗 勝也\*5, 飯倉 宏治\*6, 青島 偉夫\*7, 渡邊 慎也\*7

Tomonori KOUYA, Syunichi SAKURAGI, Satomi HATTORI, Hirofumi KASATANI,  
Katsuya OGURI, Koji IIGURA, Hideo AOSHIMA, Shinya WATANABE

**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 2016. In 2016, 116 companies in Shizuoka prefecture were involved in this program by providing their own internship programs for 277 students and 136 students participated in the programs. The results of this program's past 17 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 17 年を経過し、企業との相互理解も深まってきている。また参加学生数もこの 3 年間は 100 名を超えており、学生の参加意識は高止まりしている。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 28 年夏期に静岡理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、成果として何を果たしたか、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 28 年度までの 17 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。

### 2. 平成 28 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 本学のキャリア支援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、インターンシップの内容の質向上が必要である。
- 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。

2017 年 3 月 3 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 物質生命工学科, \*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

平成 28 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 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。
- ② 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。
- ③ 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。また、正当な理由のない無断欠席、遅刻があれば単位認定を行わないことを周知徹底した。

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あつて、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 17 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十分に考慮し、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 27 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 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。
- ④ 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して、4 月に昨年度より若干少ない 523 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 28 年度においては、116 事業所・277 名分(昨年度は 104 社 228 名分)の実習テーマ受入申し込みがあった。

No	会社名	実習地	実習テーマ	実習期間	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	8/29～9/9	10日間	1	1
2	アート電子株式会社	浜松市北区	プリント基板、パターン設計、部品実装体験	9/5～9/7	3日間	2	2
3	株式会社アイゼン	浜松市南区	高精度・高品質を支える技術力・現場力を肌で感じる。	9/5～9/9	5日間	1	1
4	株式会社アクティ森	周智郡森町	接客を通してサービス業を学んでいただきます。	8/4～8/17	14日間	2	1
5	A S T I 株式会社	浜松市南区	車載電装品または制御機器の設計評価、製造工程分析の補助	8/29～9/9	10日間	3	2
6	株式会社アットエフ	南都留郡山中湖村	接客業と犬好きが集まるペットと泊まれるホテルの運営に携わる仕事です。	9/11～9/24	10日間	10	1
7	天方産業株式会社	浜松市中区	マイコンを使用したソフト作成	8/29～9/9	10日間	4	4
8	株式会社出雲殿	浜松市中区	打合せにて決定	8/8～8/12	5日間	5	4
9	磐田信用金庫	磐田市	信用金庫を理解しよう	8/15～8/19	5日間	2	2
10	株式会社エキスパート パワーシズオカ	静岡市清水区	3DCAD 体験	8/22～9/2	10日間	5	3
11	エズカ工業株式会社	磐田市	製造業におけるいろいろな業務	9/6～9/17	10日間	1	1
12	榎本工業株式会社	浜松市北区	工作機械設計の基本を学ぶ	8/16～8/26	10日間	2	1
13	株式会社遠鉄ストア	浜松市中区	小売・流通業の業務内容について	8/10～8/16	5日間	10	5
14	株式会社オーミ	磐田市	物づくりの基本となる金型づくりを体験する	9/5～9/16	10日間	2	2
15	株式会社かきこや	浜松市中区	相手（お客様、一緒に働く従業員）をおもいやれる接客	9/5～9/16	10日間	1	1
16	掛川市役所	掛川市	地方行政事務	8/22～8/26	5日間	1	1
17	株式会社恭和	静岡市駿河区	CATIA V5 を利用し、ソリッド、サーフェイス 3Dモデリングの実務経験	8/8～8/12	5日間	2	2
18	クオリテックファーマ 株式会社	東京都港区	CMO 企業の仕事について知ろう	8/24～8/26	3日間	2	2
19	株式会社コーリツ	磐田市	就業を通じ、実際に働くということの厳しさや喜びを体験し、将来の就職活動に生かす。	8/29～9/9	10日間	2	2
20	株式会社サイダ・UM S	焼津市	ものづくりの現場を実際に見て、おもしろさを体験する。	8/29～9/9	10日間	3	2
21	サイバーエアリサーチ 株式会社	三島市	希望職種による	9/12～9/16	5日間	2	2
22	坂井モーター株式会社	袋井市	身近だが意外と知らない「車」の基礎技術を実車で学ぶ。	8/29～9/9	10日間	2	1
23	三栄ハイテックス株式 会社	浜松市東区	マイコンボードを使用した音響機器の開発体験	8/29～9/2	5日間	1	1
24	三明機工株式会社	静岡市清水区	最先端の機械開発に挑む研究開発型の機械メーカーでの、“ものづくり”の醍醐味、楽しさ、面白さを存分に感じ取れる5日間を体験して下さい!!	8/12～8/16	5日間	2	2
25	株式会社静岡制御	静岡市葵区	制御盤製作の基礎知識の勉強と実習	9/5～9/16	10日間	2	1
26	静岡ビルサービス株式 会社	袋井市	建物維持管理	8/22～8/30	9日間	1	1
27	株式会社システック	浜松市北区	インターンシップを通じて「何のために働くか」「働く意味・意義」を考える	9/5～9/16	10日間	2	2
28	株式会社静鉄ストア	近隣店舗	商品を売る!!	9/5～9/14	10日間	2	2
29	島田市役所	島田市	市役所の幅広い業務の中から、関心のある業務を体験できます。	8/22～8/26	5日間	2	2
30	社会福祉法人春風会	沼津市	高齢者との触れ合いの中で、福祉の一端を理解して今後の生活に役立てる。	8/29～9/2	5日間	2	1
31	株式会社食鮮館タイヨ ー	静岡市葵区	接客	8/4～8/14	10日間	1	1
32	株式会社親和製作所	湖西市	部品加工の工程細分化で最新設備によるテクニカルな部分と人間のオペレーション技術の入門実習	8/4～8/11	6日間	2	1

33	杉山メディアサポート株式会社	浜松市北区	印刷とは	9/5~9/9	5日間	2	2
34	鈴与システムテクノロジー株式会社	静岡市清水区	社会人としての基礎知識やビジネスマナーを学ぶ	8/29~9/2	5日間	3	3
35	株式会社スペースクリエーション	浜松市南区	自動車研究開発動向と試験機の機能の理解・把握	8/29~9/9	10日間	2	1
36	株式会社セイユウ	富士宮市	未定	9/5~9/9	5日間	1	1
37	高松電機株式会社 浜松事業本部	浜松市東区	自動制御がどういうものか、どのようなところで必要とされているのか見て頂く。	9/5~9/16	10日間	2	2
38	株式会社田子重	静岡、焼津、他	スーパーマーケットでの作業	8/29~9/2	5日間	3	3
39	茶夢茶夢ランド菅山園	牧之原市	新しい食文化の創造	8/22~8/31	10日間	6	1
40	中部フーズ株式会社	島田市	成長著しい中食専門企業の製造や衛生管理	8/8~8/19	10日間	5	1
41	株式会社ティージェイエス	静岡市清水区	お客様に喜ばれるシステムを作ってみよう	9/5~9/16	10日間	1	1
42	株式会社テクノサイト	島田市	Java Webアプリケーション開発(プログラミング~システムテスト)	8/29~9/9	10日間	2	2
43	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、現場見学、フロンガス回収実習	9/1~9/8	6日間	2	2
44	東名電機株式会社	富士市	配電盤・制御盤の組立	9/5~9/16	10日間	4	3
45	株式会社東横イン掛川駅新幹線南口	掛川市	ホテルの顔でもあるフロントでのお客様対応	8/24~8/28	5日間	2	2
46	トッパン・フォームズ東海株式会社	掛川市	生産設備の保全のうえで必要な、機械、電気についての技能の確認	9/5~9/16	10日間	4	3
47	豊橋鉄道株式会社	豊橋市	大卒総合職における職場実習	8/18~8/31	10日間	1	1
48	株式会社ニッパ	浜松市南区	画像処理を使用した最先端検査工程と3DCADを使用したダントツ金型設計を体験しよう!	9/5~9/16	10日間	2	2
49	株式会社ハウジーホームズ	静岡市葵区	各部署の業務を体験していただき、皆さんに住宅業務の理解を深める。	9/9~9/13	5日間	5	5
50	法多山尊永寺	袋井市	相手の気持ちを考える(参拝者の視線を大切にされた境内管理)	8/27~9/5	10日間	3	3
51	株式会社浜松ハイテック工業	浜松市東区	将来の自分の仕事を体感して、夢につなげて下さい。	8/18~8/20	3日間	3	1
52	株式会社ヒノデ スーパーオートボックス静岡中原	静岡市駿河区	「整備士資格の取得はオイル交換から」	8/22~8/26	5日間	2	2
53	袋井市文化協会グループ 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。	8/25~8/29	5日間	2	2
54	袋井市役所	袋井市	一般行政事務、事業運営の補助	8/24~8/30	6日間	3	3
55	袋井設備株式会社	袋井市	顧客の求める住環境、生産環境を創造し地域社会に貢献する。	9/5~9/16	10日間	2	2
56	富士市役所	富士市	要望により調整	8/17~8/23	5日間	2	1
57	富士ゼロックス静岡株式会社	浜松市中区	お客様にゼロックスの複合機を快適にお使いいただく為の保守・サービスの現場を体験。	8/29~9/2	5日間	1	1
58	株式会社藤田鉄工所	掛川市	打合せにて決定	9/12~9/22	9日間	2	1
59	株式会社富士ホンダ	富士市	先輩社員との同行等を通じて働く事を学ぶ	8/4~8/12	9日間	2	1
60	ベルファーム株式会社	菊川市	次世代型農業の現場を体験して「日本農業」の重要性を考える	8/8~8/22	10日間	5	1
61	ポーラ化成工業株式会社 袋井工場	袋井市	製品品質検査(受入~出荷)	9/5~9/9	5日間	1	1
62	株式会社ホテル銀水荘	静岡県賀茂郡	おもてなしトップクラスの旅館でおもてなしを学んでみませんか?	8/5~8/20	15日間	3	2
63	牧之原市役所	牧之原市	市役所業務	8/15~8/17 9/1~9/2	5日間	6	1
64	松本印刷株式会社	榛原郡吉田町	多種の職種が経験できます。	8/22~8/26	5日間	1	1
65	株式会社メガネ流通センター	近隣店舗	メガネ製作までの流れを知る	9/1~9/8	6日間	1	1
66	焼津市役所(焼津図書館)	焼津市	図書館業務一般	9/6~9/10	5日間	1	1

67	矢崎化工株式会社	静岡市 駿河区	現場改善機器の設計・制作体験 等	8/22~9/2	10日 間	1	1
68	やまと興業株式会社	浜松市 浜北区	商品の開発から納入まで	9/5~9/16	10日 間	2	1
69	山梨金属工業株式会社	藤枝市	日本の自動車産業に於ける金型の役割とものづくり原点を知る。	9/5~9/9	5日間	2	1
70	株式会社ユーシ・イレブン	富士宮 市	パッケージを通してブランディングについて知ってもらおう。	8/29~9/9	10日 間	3	3
71	ユニインフォメーション株式会社	掛川市	ソフトウェア開発プロセス	9/5~9/16	10日 間	1	1
72	ユニ・チャームプロダクツ株式会社	掛川市	モノ創り、技術者の魅力	8/4~8/9	5日間	3	3
73	株式会社Link・ambition	静岡市 葵区	「人財」のプロとして雇用を創出	9/5~9/9	5日間	2	1
74	リンナイテクニカ株式会社	掛川市	工程管理技術の基本を学び、現場作業の改善を実施	8/22~9/2	10日 間	2	2
75	株式会社レオパレス 21	浜松市 中区	ヒューマンスキルの重要性和実地体験を通じたビジネスフレームワーク	9/5~9/9	5日間	2	2
76	株式会社ロジック	浜松市 中区	エンジニアの仕事とは。	9/9~9/16	6日間	2	2
77	株式会社ワールドエンジニアリング	三島市	見積書作成、設計図作成、工事現場監督	9/5~9/16	10日 間	3	1
78	静岡市役所	静岡市 葵区	地方行政事務	8/9~8/14	5日間	公募	1

表2 実習学生の学年・学科別人数

学科	学年		大学院	計
	2	3		
機械工学科	3	22	0	25
電気電子工学科	3	25	0	28
物質生命科学科	1	25	0	26
コンピュータシステム学科	0	28	0	28
人間情報デザイン学科	0	29	0	29
計	7	129	0	136

表3 実習企業地域別内訳

地区	事業所数	地区	事業所数	地区	事業所数
浜松市	23	富士市	3	沼津市	1
静岡市	12	富士宮市	2	西伊豆町	1
掛川市	8	三島市	2	森町	1
袋井市	7	牧之原市	2	吉田町	1
磐田市	4	湖西市	1	豊橋市	1
島田市	3	菊川市	1	山梨県	1
焼津市	3	藤枝市	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
機械工学科	52	29	23	23
電気電子工学科	42	33	26	24
物質生命科学科	37	28	27	24
コンピュータシステム学科	46	32	28	27
人間情報デザイン学科	54	35	29	27
計	231	157	133	125

景気概況的には平成28年度は昨年に比べて好況感薄れたものの、企業の新卒採用意欲は引き続き高く、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て過去最高を記録した。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事と、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19日の第1回事前研修をはじめとして、全3回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、78社(昨年度は67社)に136名(同123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19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、231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ることができることを強調して、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、実習に向かう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支援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。第1回事前研修参加者231名(昨年度は238名)の内、136名(昨年度は123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58.9%(昨年度は53.9%)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10名以上上回った。ここ3年は概ね100名を超える参加者を得ており、本年度は過去最高の参加人数になった。昨年度は無断欠席・事前連絡なしの遅刻者が目立った分、本年度は事前研修でそのようなことがないよう厳重注意したことで、態度不良による不合格者は出なかったが、受講態度の悪さ、社会人としての能力、学習能力の欠如を指摘する声の一部企業から伝えられた。従って、いたづらに参加者数・参加割合を増やす段階はとうに過ぎ、今後は学生自身の人生を構築するための職業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であると言える。

#### 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。

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ある。

インターンシップ実習は、8月4日から9月23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。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よりも10%程度増加している。参加学生数も、キャリア支援教育の継続的な成果が現れ、昨年よりも10%程度増加し、順調な増加傾向にある。10年間の参加学生の累計は920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、人間情報デザイン学科・コンピュータシステム学科の学生の参加人数の増加が顕著であった。

表5 インターンシップ実習テーマの分野別分類

<p><b>【機械設計・開発・などの分野】</b> 産業用機械器具の設計・製作・メンテナンス。機械制御装置の設計・試作・販売。試作機の性能確認。自動化・省力化装置及び各種検査装置等の設計・製作。物流改善機器・福祉介護機器・プラスチック製品・自動車内装部品の開発・生産から販売。輸送用機器部品製造と光技術応用製品の開発・製造・販売。</p> <p><b>【生産・機械加工・試作・もの作り・などの分野】</b> 自動車・オートバイ用クラッチ・製造。物づくりの基本となる金型作りを最新の設備と職人の技と若手技術者が一体となった物づくり。自動車・オートバイ・農業機械等の精密機能部品製造。銑鉄鋳物製造(プレス金型用、工作機械・産業機械用鋳物製造)。自動車輸送用機器部品製造販売。二輪用マフラー製造。各種プラスチック生計加工品の製造。二輪車・四輪車・汎用機械用エンジン部品及び車体部品の製造。ゼロックス複合機を活用したオンデマンド印刷業務全般。チラシ・カタログ・パンフレット・広報誌などの紙媒体としての印刷。ペーカリー(製造小売業)。紙オムツ・生理用品等の製造。</p> <p><b>【検査・測定・実験・などの分野】</b> 空気調和設備(温度・湿度・空気清浄度などの室内環境の調整)。電気・電子・機械・情報通信のシステム機器と部品取扱い。</p> <p><b>【電気・電子関係の開発・実験・などの分野】</b> 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</p>	<p>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。</p> <p><b>【物質科学関係の開発・実験・などの分野】</b> 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もの作り。</p> <p><b>【情報関係などの分野】</b> 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。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。</p> <p><b>【企業経営・管理・などの分野】</b> 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。ビルマンション総合管理。自動車の買取・販売。ホテルにおける業務。ファイナンスプラン業務。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。</p> <p><b>【福祉活動・団体活動などの分野】</b> 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(参拝者への対応など)。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。</p>
--	---

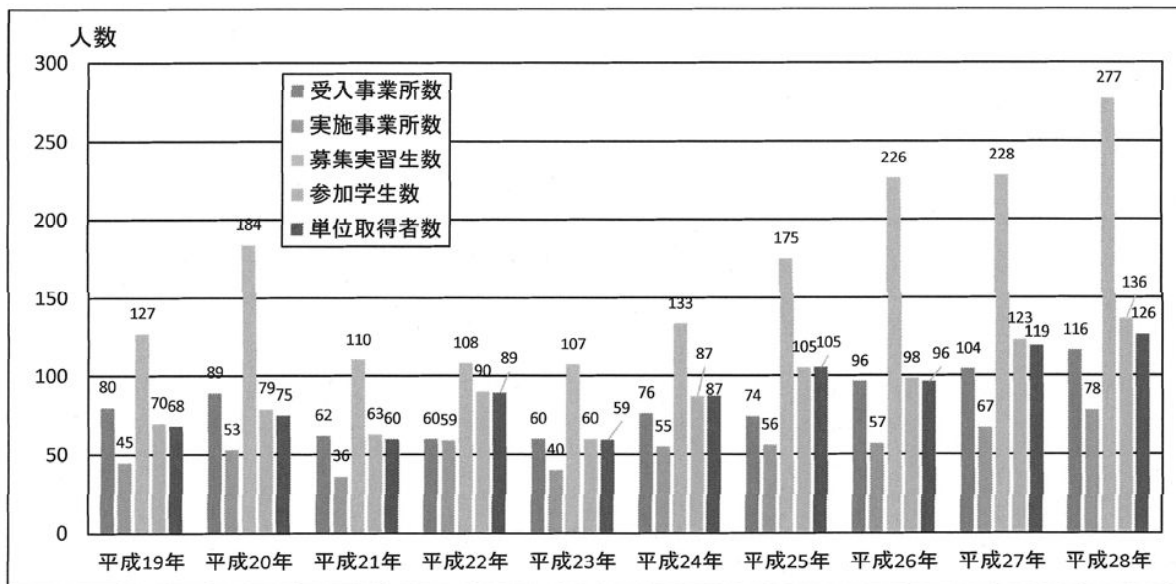


図1 受入企業等の数および参加学生数(10年間の変化)



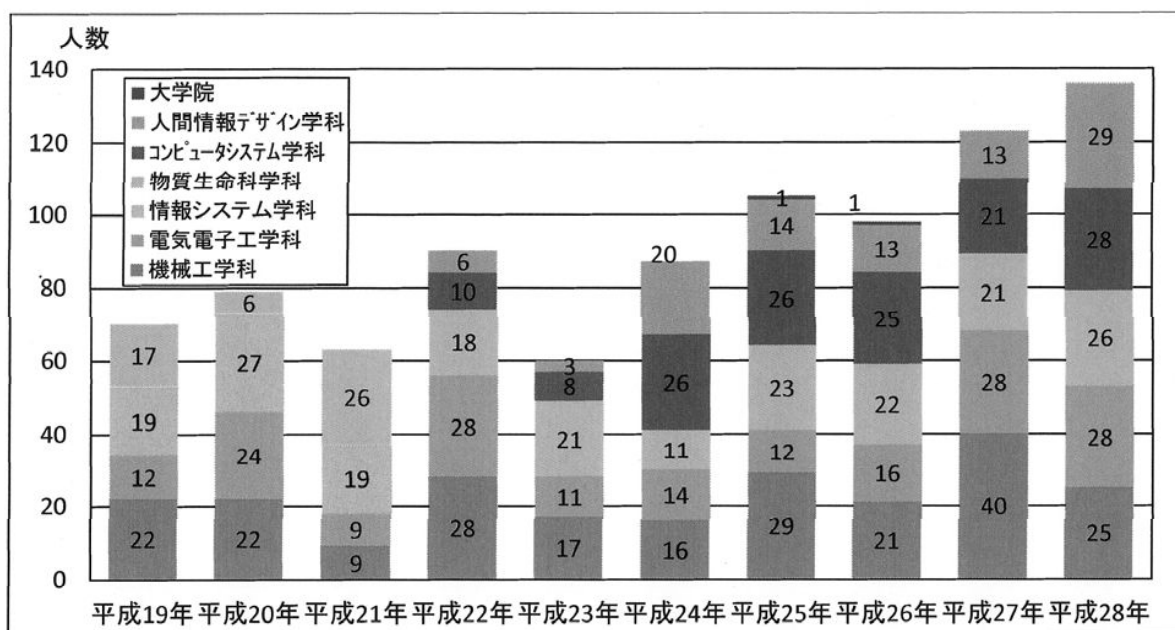


図2 参加学生数の内訳(10年間の変化)

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

学生が実際にを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。同率25.4%で1位は、「製作、組立、加工」と「営業、接客、販売」であった。前者は昨年度より3割減、後者は昨年度より4割増であった。3位「CAD、画面設計、画像処理」は昨年度の3.5倍、4位「ソフトウェア開発、HP作成」は昨年度の1.5倍に増加しており、ソフト寄りの実習が増加した。一方、「実験、測定、試験、分析」は2.2%で、昨年度の4割、一昨年度の2割に減少した。実験、測定をもう少し多く実習してほしいと思ったが、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28.1%、2位の「企業の現場を見ることができた」は17.7%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「インターンシップはとても貴重な体験ができると感じた」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、「インターンシップに行くことにより、勉強意欲が上がるので、3年生ではなく2年生の時に強く勧めた方が良くと思う」との意見もあった。

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25.9%、2位の「経

験を生かして自分の進路を決めたい」は15.2%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。同率で3位の「社会人の責任の重さを実感した」、「実習担当者の助言がためになった」は14.9%であった。前者は、昨年度は5位で11%であり、本年度は若干増加した。後者は昨年度とほぼ同率であり、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とともに、社会人としての責任の重さを実感したものである。「問題点の解決が面白かった」は1.2%であり、昨年度の4.0%より減少している。

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。1位から3位までの「うまく話や説明ができなかった」、「基本的、応用的な知識が足りなかった」、「もっと質問するべきだった」は、昨年度とほぼ同率であった。本学学生のコミュニケーション能力や学力不足が感じられる。4位の「集中力が途切れてしまった」は、昨年度の17%から13.4%となり、一昨年度と同率となった。1位から4位までは、順位に多少変化があるものの、一昨年度、昨年度と本質的には同様であると言える。

アンケートの自由記入欄に「電話可能期間に入ってから企業に電話したにも関わらず、自分の履歴書がまだ届いておらず誤解が生じたため迅速に行ってほしい」、「インターンシップ先との連絡や情報の共有をもう少し密にしてほしい」との意見があった。これらの要望について、改善する必要があると感じた。

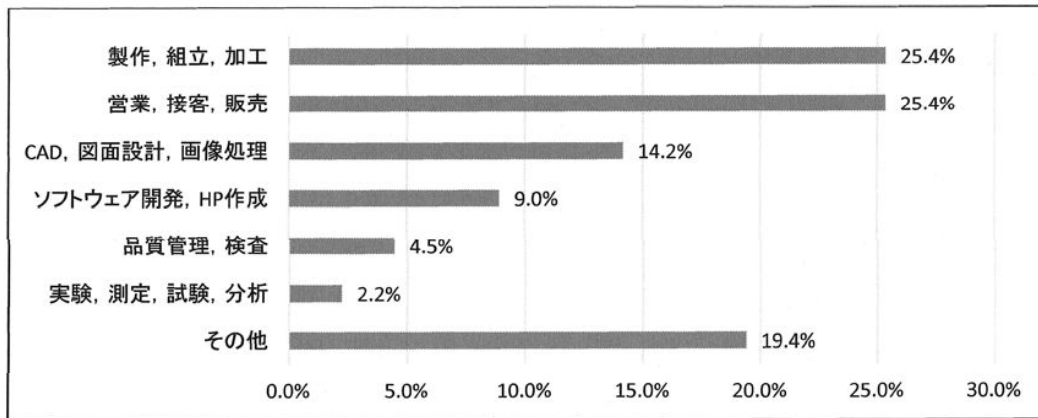


図3 実習内容の詳細

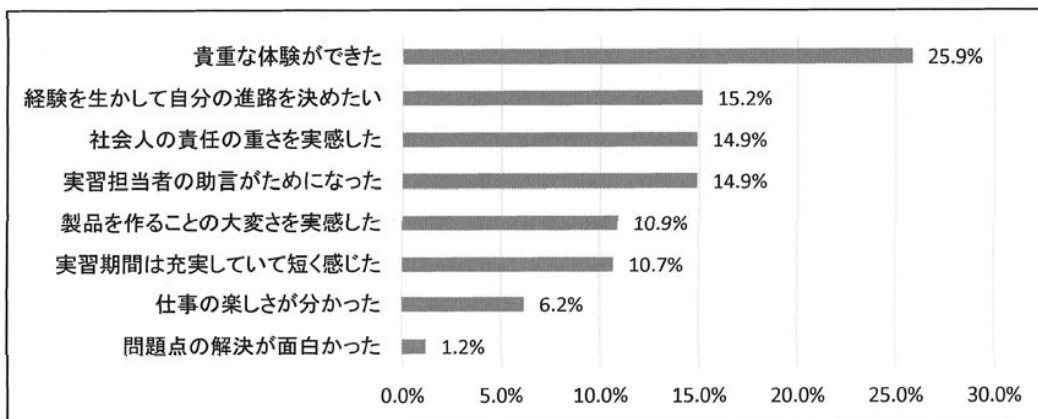


図4 実習によって得られた成果

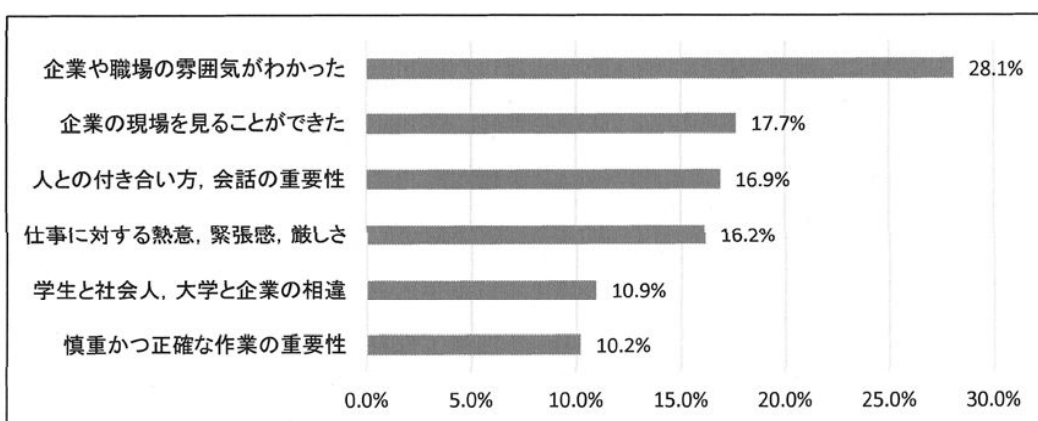


図5 実習に関する感想

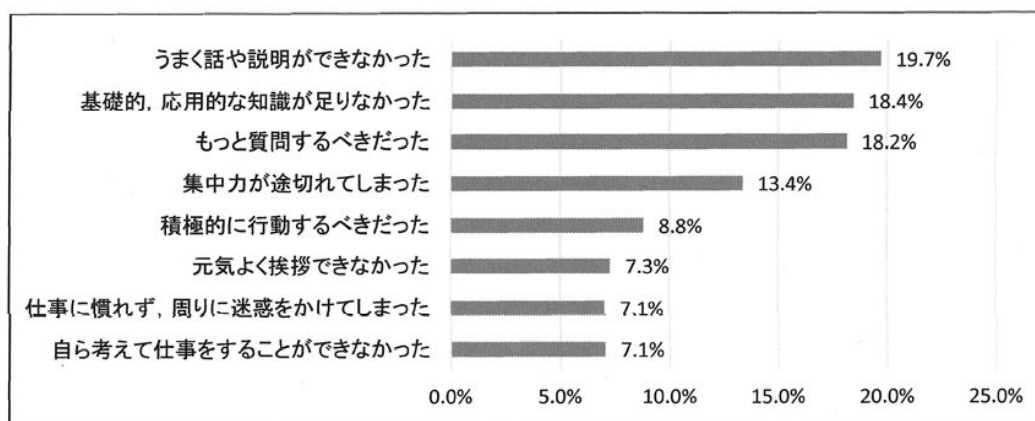


図6 実習に関する反省

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 136)

評価項目	評点					平均点
	大変良い 5	やや良い 4	普通 3	やや劣る 2	劣る 1	
勤務状況(欠勤、遅刻、早退などの状況)はいかがでしたか?	96 70.6%	22 16.2%	16 11.8%	2 1.5%	0 0.0%	4.6
勤務態度(言葉遣い、挨拶、返事などは)いかがでしたか?	55 40.4%	46 33.8%	27 19.9%	7 5.1%	1 0.7%	4.1
実習内容はよく理解できていましたか?	45 33.1%	59 43.4%	32 23.5%	0 0.0%	0 0.0%	4.1
仕事に対し、よく実行・行動・努力していましたか?	51 37.5%	59 43.4%	24 17.6%	2 1.5%	0 0.0%	4.2
仕事は正確で良い結果を出していましたか?	41 30.1%	47 34.6%	46 33.8%	2 1.5%	0 0.0%	3.9
創意工夫の姿勢は見られましたか?	30 22.1%	50 36.8%	50 36.8%	5 3.7%	1 0.7%	3.8
仕事に対する積極性はいかがでしたか?	42 30.9%	56 41.2%	36 26.5%	2 1.5%	0 0.0%	4.0
責任感を持てていましたか?	50 36.8%	58 42.6%	24 17.6%	4 2.9%	0 0.0%	4.1
協調性はいかがでしたか?	45 33.1%	49 36.0%	38 27.9%	3 2.2%	1 0.7%	4.0
全体評価	56 41.2%	55 40.4%	22 16.2%	3 2.2%	0 0.0%	4.2

## 8. インターンシップ実習の評価（受入企業、参加学生、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、昨年度と同様に受入企業、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、個々の実習生の実習状況に関する評価を依頼した。評価は10項目について各5段階で評価するものとした。その結果(回答数136)を表6に示した。全体評価の平均点は、昨年度よりも0.1上がり4.2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「正確さ」は昨年度と同じ値で、「勤務態度」は-0.1、「実習内容理解」、「責任感」及び「協調性」は+0.1、「実行・行動・努力」、「創意工夫」及び「積極性」は+0.3となり、全体的に昨年度を若干上回る評価であった。

各評価項目において、「大変良い」の評価を受けた学生の割合は、「勤務状況」と「勤務態度」が昨年度を下回り、他の全ての項目で昨年度を上回っていた(昨年度の“大変良い”の評価の割合は、「勤務状況」:73.2%、「実習態度」:48.0%、「実習内容理解」:32.5%、「実行・行動・努力」:34.1%、「正確さ」:25.2%、「創意工夫」:18.7%、「積極性」:27.6%、「責任感」:31.7%、「協調性」:27.6%、「全体評価」:35.8%)。昨年度に顕著な低下が認められた「協調性」に対する評価や「正確さ」「創意工夫」及び「責任感」等が、今年度は上昇しており、昨年度のコミュニケーション力に問題が見られた学生の割合が今年度は改善されつつあることが認められた。

一方で、「やや劣る」の評価を受けた学生の比率は、「責任感」で若干昨年度を上回った以外、全ての項目で昨年度を下回っていた(昨年度の“やや劣る”の評価の割合は、「勤務状況」:1.6%、「勤務態度」:4.9%、「実習理解」:2.4%、「実行・行動・努力」:2.4%、「正確さ」:2.4%、「創意工夫」:8.1%、「積極性」:9.8%、「責任感」:2.4%、「協調性」:3.3%、「全体評価」:3.3%)。特に、「積極性」と「創意工夫」においては昨年度よりも、それぞれ4.4%及び8.3%下回っており、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やや減少したと思われる。

表7に、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ものを示した。多くの学生については良い評価がされていた。一方で昨年度と同様に「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あった。学生の性格によるものと思われるが、これを機会に社会人としてのマナーや学生と社会人の違い等を本人が考え、今後改める様に努力して欲しいものである。

### 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。「実習内容」「実習態度」「実習全般」いずれの項目も、95%以上の回答が「適切」あるいは「ほぼ適切」という結果で昨年度の90%を上回っており、「不適切」は今年度も昨年度同様全項目で0.0%であった。昨年度と今年度の結果と比較すると「実習内容」と「実習態度」が昨年度の50%前後から今年度は60%後半に大きく増加し、「ほぼ適切」は昨年度の40%前後から今年度20%後半に減少していることから、昨年度の課

題であった内容の見直しが適切に行われたものと考えられる。

一方、「実習全般」についての「やや不適切」の割合が昨年度1.5%から今年度4.6%と増加しており、事前研修の更なる充実や、インターンシップへの参加に相応しくない学生の受け入れを見合わせる等の措置も引き続き必要と考えられる。昨年度に提示された、「実習内容」について「不適切」と回答した一部の企業からの「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」などの意見は、今年度は無くなっており、唯一「この業態にはあまり関心が無いような感じを受けました」との所見があり、来年度の実習先の決定の際、考慮する必要があるかもしれない。

### 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」のいずれの項目も、満足度は昨年度に引き続き高くなっており、「適切」、「ほぼ適切」、「やや不適切」、「不適切」の回答数の比率も、昨年度と大きく変化していない。唯一、「実習内容」について「やや不適切」の割合が昨年度の1.1%から今年度は3.7%と上昇しており、昨年度同様に「実習内容」に関わる事項については、今後も継続的な検討が必要と考えられる。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、今年度も短い期間のインターンシップ期間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成長した様子が見られたのは喜ばしいことであった。インターンシップでの体験が、学生の今後の就職活動をはじめとした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28年8月7日～9月21日の期間、本学教員53名が71箇所の実習先企業・事業体を訪問し、インターンシップ先への御礼の挨拶と本学学生の実習状況を確認した。具体的には、各企業の実習先学生への受け入れ担当者または企業側代表者、および可能な場合には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。教員にはその結果をアンケートの形で報告することが求められており、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、その他についての回答が寄せられた。その結果を図9から図11に示す。

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している。教員は97%の学生の取り組み(非常に真面目である79.1%+やや真面目である17.9%)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72.1%+やや真面目である21.3%=93.4%)よりも若干上回っている。

図10は、実習生の意欲に対する教員の評価結果を示している。教員は95.4%の学生が意欲的に取り組んでいる(非常に意欲的63.6%+やや意欲的31.8%)と評価していた。この割合は、昨年度の割合(非常に意欲的67.2%+やや意欲的26.2%=93.4%)よりやや上回っているが、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か、それ以上に、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している。4つの問とは、(a)実習内容は教育的であったか、(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 84.6%~90.9%の高い値を示している。この値もほぼ昨年度と同じである。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であったといえる。

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」が 3.1%、実数で2人の教員から回答されているが、この結果に対する解釈は慎重にならなければならない。なぜなら、「そう思わない」と回答した教員の個別の所見では、(d)への回答とは逆に、学生の関心に沿った内容を用意して頂けたので学生にとって「非常に大き」な意義があったと考える、とか、教育実習プログラムは「大変充実」していた、という回答が見られたからである。昨年度も一部に同様の傾向が見られた。このことは、(d)の質問項目の表現について修正が必要であることを示唆している。実際に今年の教員アンケートでも、「(d)「学生の指導に困難な様子はなかったか?」という文言は、困難が「ない」としたいときに「そう思う」と答えるのか、「そう思わない」(=困難があると思う)なのかの判別ができない、という指摘が1件あった。この点は昨年も指摘されていたが、適切な修正が間に合わなかったということになる。早急な対応が必要であると思われる。

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、一部ではあるが以下のように今後解決すべき意見も散見された。

- ・実習期間が3日間と短いためプログラムがやや消化不良になりそうな印象だった。
- ・先方は忙しくて、挨拶だけに行っても先方の迷惑であると感じた。
- ・(教員が訪問した際に)現場を訪問したので多忙な様子だった。
- ・大変お忙しい中でのご対応であるのが明らかで、訪問しない方が先方にとって良かったかもしれないと感じた。
- ・インターンシップの目的を受け入れ側がどのように理解しているか、受け入れてくれる場所や担当者との事前の十分な打ち合わせが必要と感じた。
- ・(インターンシップは)初めての企業であったので、戸惑っているようであった。初めての企業には丁寧な説明も必要では。
- ・(企業側は)来年度以降もインターンシップを継続しても良いが、学生にはスタッフが付いて指導しなければならないため、受け入れ人数は1人が限界、と言われた。
- ・学生の実習態度は作業が速いとの評価であった。しかし声が出ない笑顔が少ないとの感想であった。

一部ではあるが、これらの意見から、本学と受入企業とのより綿密な事前打ち合わせが必要な場合があることや、本学教員の訪問方法の改善、また、本学学生の資質向上の必要性など、インターンシップの実施に関してなお課題があることも伺える。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と考える。

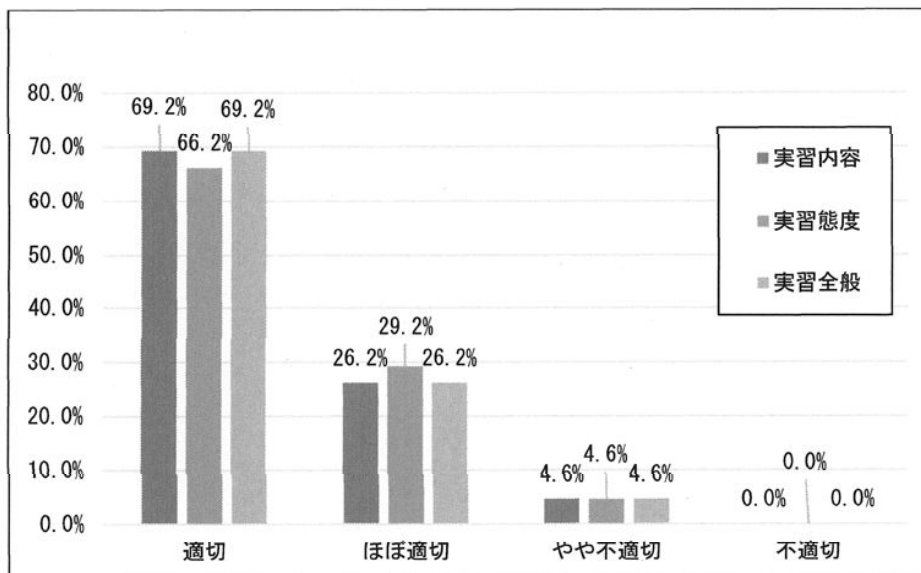


図 7 受入企業担当者によるインターンシップへの評価

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

## ＜好評の所見＞

- ・ 初日から、あいさつができて良い印象をもてた。コミュニケーションもよくでき、いろんな人と話ができている。
- ・ やや線が細い感じはありましたが、協調性が特に良い感じに感じました。また知りたい事があれば、要望して来るなど積極的にインターシップ期間を過ごしていたと思います。
- ・ システム設計の経験はないとのことでしたが、臆せず積極的に課題に取り組んでいました。加えて、協調性もあり、チームのメンバーとの連携も良くとれていたと思います。最終的には自分なりの工夫を凝らしたシステムを作成することができました。また、質問をするときは、単に答えを求めるのではなく、自分の意見を述べてくれたのは非常に良かったです。最終日の発表会でも、自分なりの考えを言えていたため、社員や他の学生からも賛同を得られていました。
- ・ 作業をしながら考えて動いていた様子がうかがえました。
- ・ 自分が率先して行動しようとするやる気がうかがえました。
- ・ 初めての3次元CADにも関わらず、講師の指導をしっかりと理解し、期待水準以上の成果を出してくれました。
- ・ 大人しい性格で目立たない存在でしたが、作業は堅実に取り組み、成果も期待水準に達していました。
- ・ 取り組み姿勢は全般的に良好でした。失敗を恐れず積極的に発言・質問できるようになると、一段と成長できると思います。
- ・ どんどん積極的に動き行動力がある面が強みであると感じました。他大学のインターンシップ生や当社社員ともコミュニケーションが良く取れていました。10日間の実習お疲れ様でした。
- ・ 研修の初めは、緊張からか暗い顔をしておりました。途中から慣れてきて明るい雰囲気になりました。非常によく考え行動し責任感を感じました。
- ・ 初日と最終日の笑顔はまるで別人のようでした。日本人は礼儀作法がしっかりと出来る人には仕事出来る云々の前に評価するものです。是非、笑顔で元気の良い挨拶を習慣にしましょう。
- ・ 短い期間でしたが、スタッフの一員という自覚を持ち、積極的に動いていただきました。また、その時々で状況を判断し、お客様のちょっとした反応や要望にも、柔軟な対応と丁寧な接客をすることができました。
- ・ 真面目に人の意見を聞き、手帳に記入していました。誠実にコツコツと作業をしていただきました。
- ・ 挨拶や接遇などについてしっかりとでき、終始前向きな態度でのぞんでいました。公務員の仕事の一端について、理解していただいたのではないかと思います。
- ・ コミュニケーション力がもう一人の学生よりやや劣るが、その他の点に関しては、上出来でした。
- ・ 実習態度は良く、メモを良く取れていたのが大変良かったと思います。長い期間でしたがお疲れ様でした。
- ・ 多くの気付きができる学生で将来が楽しみであります。
- ・ 積極的に取り組む姿勢が見られました。ご本人が気づかないところで姿勢が崩れるところがありますが、その点も真摯に受け止め改善ができています。がんばってください。
- ・ 日々新たなりで成長をしておりました。是非、継続は力なりで頑張っていたいただきたいと思います。
- ・ 興味を持って研修にのぞんでいました。
- ・ 慣れない場所で緊張しながらの実習でしたので、心身ともにお疲れの事と思います。ご苦労様でした。
- ・ 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きました。作業を行う際に焦らず一つ一つ落ち着いて取り組む姿がみられました。
- ・ ITの知識もあり優れていると思います。
- ・ 慣れない環境で緊張している中、しっかりと自分の言葉を物事を伝えようとする前向きな姿がみられました。
- ・ 声が小さい点が気になっていたが最後の成果発表は堂々と発表出来ていた。
- ・ 課題を進める上で積極的に質問をしてくれた。成果発表は内容も発表態度も素晴らしかった。最初に決めた事で立ち止まらず進んでしまう面もあったので途中で確認、振り返りをしながら進める事も必要です。
- ・ 言葉づかい、返事もしっかりされており、礼儀をわきまえた行動に好印象を持ちました。今回の実習ではマイコンが何らかの理由により破壊してしまい、目標としていた成果を得られませんでした。設計試作を行う上での注意点等は学べたものと思っております。今後のご活躍を期待しております。
- ・ 言葉使い、返事もしっかりされており、好印象を持ちました。成果を出すための積極性は強く、良かったと思います。今後のご活躍を期待しております。
- ・ 1時間30分以上の通勤時間にもかかわらず、一度の遅刻も無く、会社のボランティア活動にも積極的に参加してくれました。おとなしめで派手な性格の人間ではありませんが、控えめな笑顔を絶やさず、社員も好印象に受け取っています。本人の希望でもあるようですが、デスクでじっくり取り組むような仕事が合っていそうです。2週間は、あっという間でしたが、本当にご苦労様でした。と同時に若い風を入れてもらいありがとうございます。
- ・ 常に笑顔で好印象でした。就職の検討先の1社として頂ければと思います。

- ・ まじめに取り組み、習熟が早くテキパキと作業を行っていました。
- ・ 個人情報も多く扱う市役所のシステム全般を総括する部署であったことから、あまり根幹のシステム業務について研修してもらうことができず、研修生にとっては少々物足りなかったのではないかと思います。しかし、研修部署が総務課であったため、システムだけでなく市役所業務の基本について学ぶことができたと思います。研修生本人も非常に真摯に研修に取り組み、大変良かったと思います。
- ・ 毎日朝から夜まで一生懸命動いてくださいました。自ら学ぼうとする姿勢も見られ、こちらも指導のし甲斐がある学生さんでした。今後のご多幸を、心よりお祈りしております。
- ・ 飲食店でのアルバイト経験があるせいか、挨拶・接客が上手でした。
- ・ 期間中、頑張ってくださいました。事前に「中食産業」のこと、「パローグループ」についてお互いに話し合いがしたかったです。
- ・ 短期間の研修で、設計（作図）から機械加工、組立と一通り行い成果物もできました。良い技術者になるには、これからの経験と勉強による知識の吸収の積み重ねになると思います。弊社での経験を今後に活かしていただきたいものです。たいへん良くがんばったと思います。
- ・ 常に先のことを予測して行動することができ、周囲への気遣いも評価できるものでした。また、派遣先で専攻の分野に関連した事業を行っていたこともあったことから、大変積極的に取り組んでいた様子がうかがえました。
- ・ 積極的に業務に取り組みました。仕事の意味や全体像をイメージすることができ、創意工夫がみられました。様々な業務を依頼されても、的確に処理することができました。挨拶、返事もしっかりとしていて、業務に対する前向きな姿勢が感じられました。
- ・ 電車遅延により遅刻しましたが、事前に電話連絡を入れてくれました。連絡してこない学生もいるなかでしっかりしていると思いました。
- ・ 全体としてはとてもよく業務をこなす指示に対しても理解が早いなどよくできています。
- ・ 会社から出された課題に対し、積極的に取り組むことが出来ました。また、分からない部分は自分で対応策を考えようで相談することが出来ました。
- ・ 決められた期間内で結果を出すことが出来ました。思い通りにできない部分があっても、原因と対策を自分で考えたうえで、相談することが出来ました。
- ・ 社交的な性格のおかげで、多くの職員から様々なことを教えてもらえたと思います。ただ一方的な情報の提供となってしまったため、どの程度保健福祉センターの役割を理解していただけたか、少々不安が残りますが、全般的には、積極的な態度で研修に臨むことができたと思います。
- ・ 他校生を含め計4名での実習でしたが、4名の中では一番知識がありました。今回の弊社における実習で、自分の未熟さと学校での勉強が基礎に過ぎないことを実感していただけたようですので、今後の成長に期待いたします。
- ・ 勤務態度、作業内容、共に良かったと思います。疑問点についても、都度、質問があり、積極性がありました。
- ・ まじめに業務に取り組んでいただきありがとうございます。
- ・ 態度や周りに対しての接し方に好感がもてて、みんなに可愛がられていました。積極的に質問をするなど、内容も的確で良かったです。
- ・ 積極的に質問する姿勢があり、課題（スケッチ、作図）作成も早くこなすなど充実した実習だったと思います。
- ・ 弊社スタッフとペアで作業を行った際は、作業手順を把握しスタッフの先を読んでサポートやフォローを行っていた。全体の理解力が高いだけでなく、指示待ちにならず積極的に行動していたところを、弊社スタッフも褒めていました。自動車整備という本人が興味のある業種ではないにも関わらず、2週間前向きに取り組んでくれました。ありがとうございました。
- ・ 明るく元気な性格で、特に、理解力が良く、非常に優秀であると感じました。
- ・ 5日間、真面目に作業に取り組んでいました。
- ・ 朝は、30分前には出勤し、真っ先に仕事に取り掛かっていた。挨拶もはきはきと出来ていた。仕事に対しても真面目で就業時間が過ぎても完了するまで真剣に取り組んでいた。身なりも指示した通り完璧の服装でした。全体的に人間として完成されており社会人として今すぐに働ける人物であると思われます。5日間という短い期間であったため一人の人間として評価することは難しいとは思いますが、ここ数年の生徒でこんなにも真面目で律儀な生徒を見るのは初めてでした。
- ・ 大変、真面目に研修に参加いただけたと感じています。はじめはやはり遠慮しているようにも感じましたが、次第に環境にも慣れ積極性も感じました。
- ・ 非常に集中して研修のカリキュラムをおこなっていたように思います。他校からのインターンシップ学生や、社員とも円滑にコミュニケーションも図れていたように感じました。
- ・ 難しい業務にも前向きに取り組んで頂きました。
- ・ 好奇心があり良い学生でした。
- ・ 積極的に仕事に取り組みました。
- ・ 目的意識をしっかりと持って実習に取り組まれていましたが、コミュニケーションがとても難しい高齢者のケアです。どうして良いか戸惑ってしまった感がとてもあって苦労されたと思います。

- ・ 本人と事前に話した際、知らない人と話をするのはどちらかという苦手とっていましたが、全てのセッションで不明な点はすぐに質問するなど非常に積極的に取り組んでくれていました。
- ・ 最初はおとなしかったのですが、すぐに他の実習生とも打ち解け、前向きに、積極的に取り組んでいただきました。
- ・ 他の実習生とも協調し、前向きに、積極的に取り組んでいただきました。
- ・ 「葬祭」という未知の業界での経験だったと思いますが挨拶はしっかりと出来、現場担当からも一つ一つの仕事を誠実にやったとの報告を頂いております。今回のインターンシップを今後活かして頂きたいと思います。
- ・ 2年生という事で、まだ就職についてもこれから考えてく、という感じでしたので将来を考える上で今回の研修が少しでも役に立てば、と思います。他の生徒さん同様、挨拶は出来ていましたし、分からないなりに教わったことをしっかりやるという姿勢で頑張っていました。
- ・ 与えられた課題/作業をこなすことについては問題ありません。最初は緊張が伝わりましたが、徐々に周囲と打ち解け、カリキュラムに真剣に取り組まれていました。とても真面目で誠実にコツコツ作業を進めておられた印象です。協調性もあり、人前で自分の意見をしっかりと述べることができました。話す前に内容を整理できれば、なお良くなると思います。
- ・ 謙虚な姿勢ながらも積極的に周囲とコミュニケーションしたり、講師に質問するなど、意欲的にカリキュラムに取り組まれていた印象があります。最終日のプレゼンでは少し緊張され、本来の力を出し切れなかったかもしれませんが、ご自身のキャラクターで十分にカバーされていました。
- ・ 社会的で周囲とよくコミュニケーションを図り、グループワークではリーダーシップを発揮されていました。全体発表では一番手で発表をしたり、堂々と自分の意見を述べたりと、積極的な姿勢を伺うことができました。現在の情熱・姿勢を失わず、ビジネスコミュニケーションを磨けば、なお良くなると思います。
- ・ 実習開始前から弊社についてよく調べてくれており、実習中も前のめりになって業務に参加してくれていました。新規開拓の営業電話で、企業様に一生懸命電話がけをする姿に他の社員一同も良い刺激を受けました。
- ・ はきはきと大きな声で話をしていた点が良い。質問も積極的にに行い、やる気を感じた。全体的に非常に好感が持てた学生さんでした。
- ・ コミュニケーションが上手に取れていました。実習中の課題も真剣に取り組みができておりました。
- ・ 積極性があり態度も良く印象は良かった。仕事に関しては、まじめで指示した事は確実に行って、一緒に作業したリーダーからも良い評価でした。少し大人しいので声を大きく話し話をすればもっと良くなると思います。大変良い生徒さんでした。
- ・ 仕事に対して積極性が見受けられた。率先し言葉を発してアピールしていました。
- ・ リケジョのメンバーとして、日頃からまちづくりに関心を持っているため、今回のインターンシップについても積極的に取り組めたのではないかと思います。シティプロモーションは、市としても取り組みが画一でない業務でもあり、事業効果が不明な点多々ありますが、市民の皆さんの理解と協力が不可欠な事業であります。今後も本市事業にご協力いただきたいと思います。

#### <問題点の指摘があった所見>

- ・ 接客業なので、もう少し積極的に挨拶が出来ると良いと思います。
- ・ 集中力に欠ける面がありますが、今後のご本人の取り組み姿勢の改善に期待したいと思います。
- ・ 日本人は礼儀作法がしっかりと出来る人には仕事出来る云々の前に評価するものです。是非、笑顔で元気の良い挨拶を習慣にしましょう。
- ・ たいへん真面目であるが、より積極的に自分を出してもらっても良いのではと判断される。
- ・ まとめのレポートなどがメモの羅列になり、何を学んだのか分からなかったかも知れません。自分の言葉で書き、何を学んだのか深掘りして書き、自分なりの意見を加えるとさらに良いものができると思います。
- ・ 研修中に居眠りをしていました。
- ・ 大きな声でコミュニケーションをはかることで、より立派になると思います。
- ・ 集中作業出来た点は問題無いが、周りに聞くタイミングを逃したり、課題に対する時間配分がうまく行っていない事があった。
- ・ おとなしく積極性に欠ける印象がありましたので、就職活動ではもっと貪欲な姿勢を見せたほうが良いでしょう。
- ・ 依頼した事項を忘れてしまう等、一緒に受けた実習者への配慮がもう少し有ると良かったと感じました。
- ・ 今回は、実作業というのはあまりさせてあげることができませんでした。まだ就職活動も本格的にしていることもあり言葉づかいや姿勢については改善していければいいと思います。
- ・ いろいろな場面で少し誤解を受けそうな態度が見受けられました。おそらく、悪気は無いと思いますが、実習も1日ずらした最終日まで出てほしかったです。
- ・ 厳しい見方をすれば、話し方が不適切なシーンが有りました。誤解を受けない為にも、社会でどう人と接して行くべきか、今後意識して経験も積んでもらいたいです。



- ・ 挨拶等、全般的に声が小さい。メモを取るという事に慣れていないためか、打合せや指導の際、自分からメモを取っていないかった。
- ・ 全般的に声が小さい。(挨拶は元気よく)
- ・ 現場での実習を予定していましたが、天候の都合と本人の適正を鑑み、総務部でのデスクワーク実習に変更しました。卒業までに、挨拶、返事、身だしなみ等を身につけていただきたいと思います。
- ・ ひとつだけ残念だったことは、後半に風邪で体調を崩し、業務を予定通り行えなかった点でしょうか。体調管理も仕事のうちと捉えてゆくこともいいでしょう。
- ・ 全体評価でも記載しましたが、学校での講義レベルに止まっており、プラス・アルファの知識/技術力がなく技術者としては魅力に欠けるように感じました。
- ・ 静かでおとなしい印象でしたので、今後の就職活動では自己アピールを意識的に行うことを心がけていただきたいです。
- ・ コミュニケーションについては、積極的に取るタイプではないと感じました。
- ・ お疲れ様でした。もう少し声を出しましょう。
- ・ 特に問題なし。言われたことはしっかりとやれたと思います。ただ、この業態にはあまり関心が無いような感じを受けました。
- ・ 笑顔、挨拶を積極的に行えるようになってもらいたいと感じました。
- ・ インターンシップの以前に同業所で暫くバイトをしていた為に挨拶・積極性に欠けた姿が見受けられた。

## 9. 平成 28 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、一昨年度、昨年度と同様に 3 回とした。全学的にもキャリア支援教育も進んでいることから、回数については 3 回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、本年度は 231 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下回っている。とはいえ、全体的に参加社数が高止まりしていることは確かであり、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のある企業を選別し、昨年度より若干少ない計 523 社に依頼を行った。この結果、136 (昨年度は 104) 事業所、277 (同 228) 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なるよう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 年度からはこれに加えて「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、社会人基礎力以上に学力の低下を指摘する声が聞こえてきたことを考えると、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体験」であることを訴え、1 年生からの地道な学習積み上げの重要性を認識させる必要がある。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 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、報告会で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、その点では 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 7 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、例年以上に積極性、創意工夫、学力の不足を指摘する企業が増え、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、念のため丁寧な応対について、ご配慮いただくよう改めて依頼するとともに、しっかりした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。本年度は幸い実習中の事故や怪我の報告は皆無であったが、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きている。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ま、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。

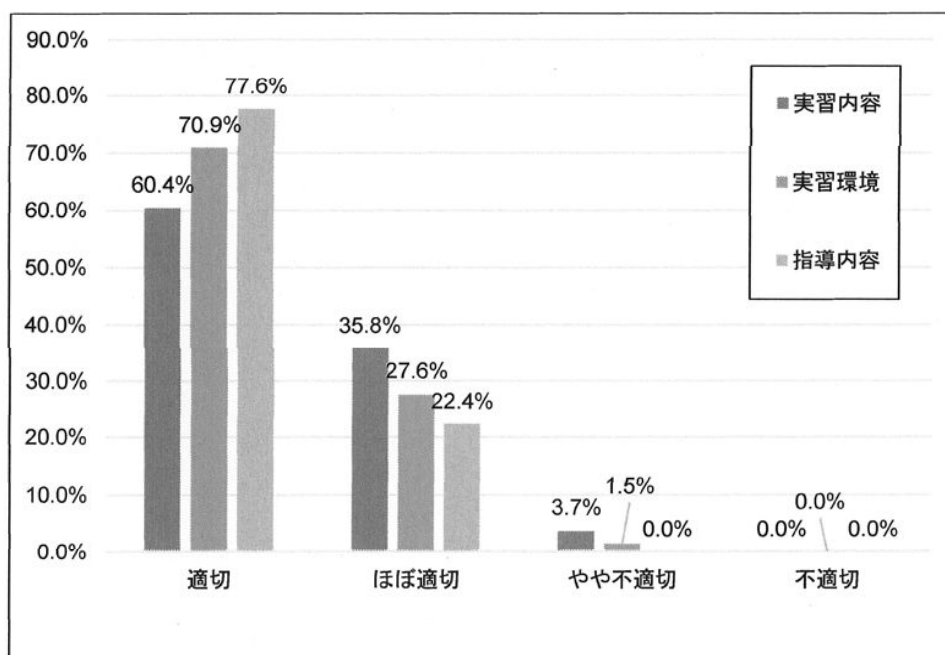


図8 参加学生による実習内容、環境、指導内容への満足度

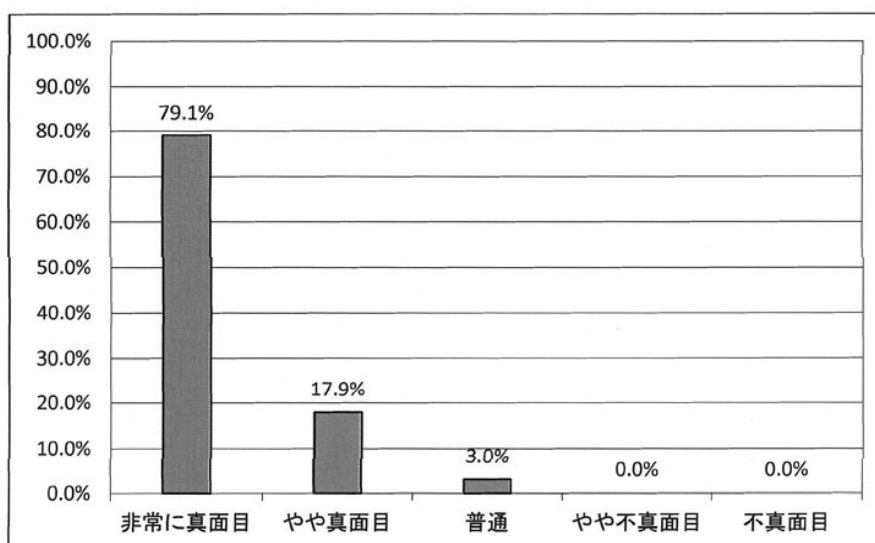


図9 実習学生の取り組みに対する訪問教員の評価

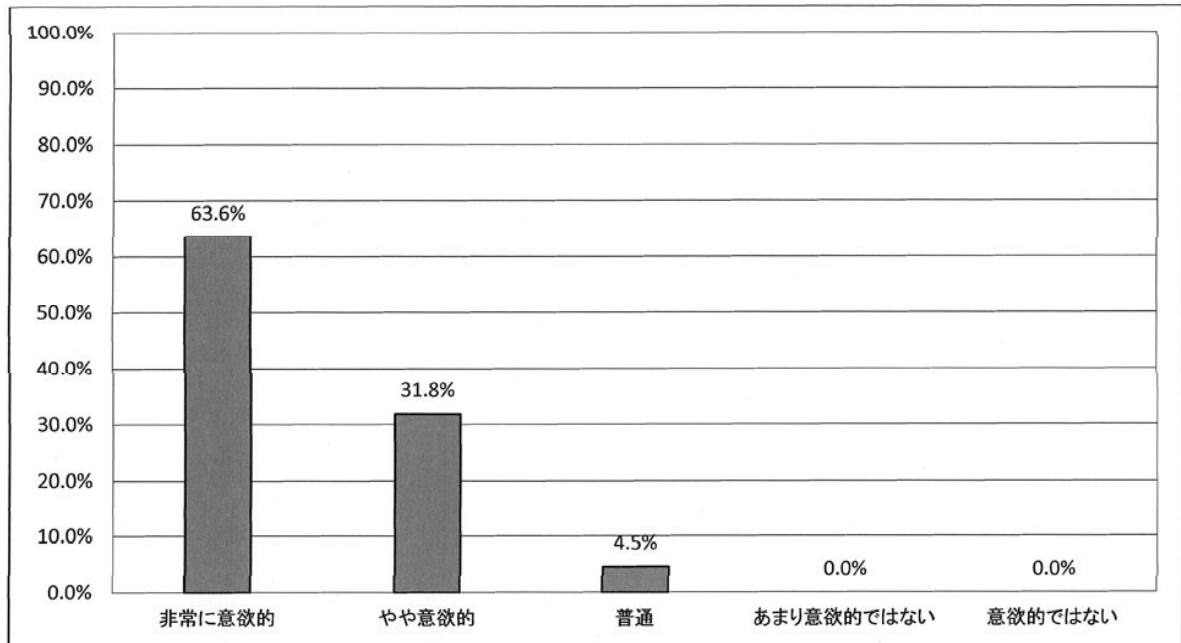


図 10 実習生の意欲に対する訪問教員の評価

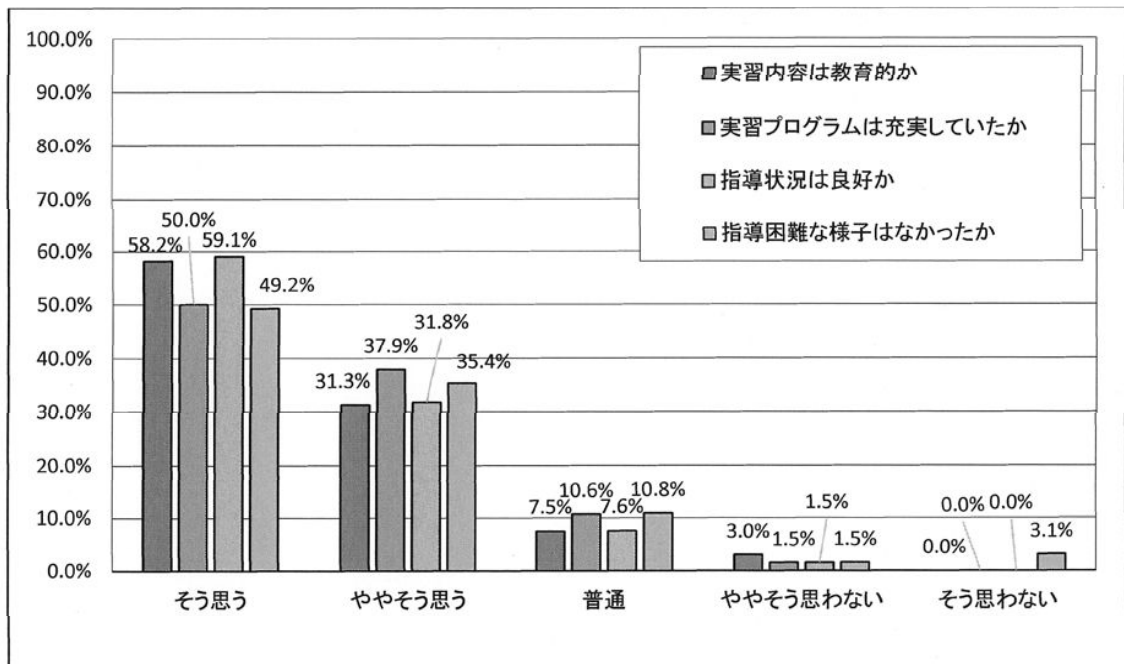


図 11 訪問教員の受入事業所への評価と要望

## 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—一貫したキャリア教育を目指して—, 静岡理科大学紀要, 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—静岡理科大学紀要, 第23巻, 2015, 163-177.
- 15) 幸谷智紀 他, 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—静岡理科大学紀要, 第24巻, 2016, 110-125.

## 学生による学生のための Web プログラミング教材の開発

A Development of Educational Materials of Web Programming  
by and for SIST Undergraduate Students

幸谷智紀\*

Tomonori KOUYA

Abstract: Dynamic Web programming including various programming languages such as SQL, PHP, JavaScript, HTML and CSS, is too complex to be understood fully by standard undergraduate students in SIST. We therefore have been developing comprehensive educational materials in order to learn Web programming techniques to construct CRUD(Create, Read, Update, Delete) Web application, and then confirmed the effectiveness through real our "JY-OUHOU seminar 2" (seminar for junior undergraduate students) in 2016. In this paper, we describe these educational materials in details.

### 1. 初めに

我々は卒業研究を通じてオリジナルの Web プログラミングテキストを2年間かけて作り上げ、本年初めて実際に「情報セミナー2」において使用してその効果を確認した。またその後、JavaScript, jQuery を利用したファイルの Drag&Drop アップロード UI を適用するためのテクニックの解説も追加し、7章からなるテキストを Web 教材として完成させた。その内容は「Web アプリケーション開発入門」として高性能計算研究室(幸谷研究室)の Web サーバ上で公開されており、

<https://cs-tklab.na-inet.jp/phpdb/>

において閲覧することができるようになっている。本稿ではこの教材の狙いと内容について述べる。

本学における Web プログラミングに関する講義科目としては、「マークアップ言語」や「Web プログラミング」が用意されている。また、意欲ある上位学生向けには PBL(Project Based Learning) 形式の「Web デザイン特別プログラム」も1年を通じて実施されている。しかし、前者の科目を受講したからと言って、Web ページデザインや動的ページ構築が全員できるようになる訳ではなく、多くの学生にとってはせいぜい「一度は触れた」程度の効果しかない。本科目に限らず、本学の場合、教員の努力の割には受講した学生の知識の定着率は非常に悪いと言わざるを得ない。GPA の高い学生を集めて毎週2回3コマずつ実施してきた後者の PBL でも、視覚的效果を担う HTML, CSS, JavaScript についてはかなりの習熟が見られるが、せいぜい PBL 11 回分しか使っていない PHP, SQL の理解度は、世間的には高いとは言えない。本学においては優秀とされる後者の学生に対してもかような有様であるので、本学の大多数の学生は実用的なレベルの動的 Web サイトを構築したこともなければ、その賭場口にもたどり着いていないというのが実態である。

従って、必ずしも人気が高いとは言えない本研究室に集う3年生の多くも同様で、一部例外的にプログラミング能力の高い学生が1~2名存在していれば良い方である。このような学生に対して現代の Web プログラマーの入り口に立つ程度のスキルを身に付けさせるには、相応の教材が必要となる。本教材はこのような実情の元に構築されたものである。

2017年3月3日(金)受理

\*総合情報学部コンピュータシステム学科

本稿では、まず Web プログラミング教材開発の経緯を述べ、教材の作成方針を論じる。次に、完成した教材の内容を詳細に解説する。最後にまとめと今後の展開について述べる。

### 2. 教材制作の履歴と作成方針

ここでは本資料制作の履歴、Web プログラミング環境についての考察、完成した Web プログラミング教材の方針について論じる。

#### 2.1 教材制作の履歴

本教材の土台となったものは2014年度の卒業研究<sup>2)</sup>の制作物である。既存のテキスト<sup>9)13)</sup>や Web 資料<sup>5)</sup>から Web プログラミングを学んだ卒研生に対して、幸谷がおおよそその作成方針を示して構築されたものである。しかし、完成したものは Web サーバにアップロードされたものの、画像の剥落、解説不足等等、およそ大学のテキストとしてふさわしいレベルに到達していなかった。

そのため、2016年度の卒業研究で再びこの題材に取り組んだ時には、まず不満足な出来の2014年度制作物の訂正作業から入る必要があった。またそれと並行して、その後の Web 開発環境の進化に従って内容を改変し、2016年度後期に「情報セミナー2」において実際に訂正・改変した教材を使用するに至った。更に使用しながら発見したミスや改変すべき事項を適宜修正し、2016年度の卒業研究<sup>3)</sup>として一応区切りをつけた。本教材を使用した結果、市販のテキスト<sup>9)</sup>を使用した場合、統一的な Web アプリを書くためには12月初旬まで実施する必要があったものが、11月末で全課程を終えることができた。また、修了者のうち Web 開発未経験の情報デザイン学科の卒研生も、JavaScript + PHP を用いた卒業研究に取り組むことができおり、一定の効果は上がっていると思われる。

しかしながら、それでも完成した教材には多くの細かい問題点が残っており、卒業研究終了後の2月中旬~下旬にかけて幸谷が全面的に HTML のレベルから書き直し作業を行った。その結果、ようやく「日本人が違和感をそれほど感じないレベル」にまで解説全体をブラッシュアップできた。

従って、本教材はおおよそ幸谷のポリシーに基づくものであり、最終形についても幸谷が全面的に責任を持っている。しかし、題材として作られた個々の HTML, PHP ソースコードは、JavaScript の後半の部分を除いて殆ど卒研生が自主的に作り上げていったものである。結果として、自身の3年生の「情

報セミナー2」受講時の記憶に基づいて作られた教材になっていることから、「1年前の自分にやさしいレベル」に取まっており、「学生による学生のための」Webプログラミング教材であると言える。

## 2.2 Webプログラミング環境についての考察と選択

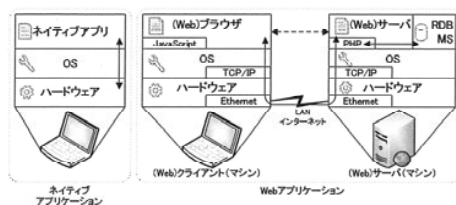


Fig. 1: ネイティブアプリケーションと Web アプリケーションのソフトウェア階層

1990年代後半に訪れた Web 勃興期の「ホームページブーム」の時代とは異なり、現在の Web アプリケーションは (Web) ブラウザと Web サーバの間で HTML ファイルのやり取りを行えば済むというものではない。Web サーバ側には PHP, Java, JavaScript, C#, Visual Basic.NET などの動的 Web ページを構築するための言語を駆使したページが介在し、バックエンドに控える RDB (Relational DataBase) システム等とデータのやり取りを行うことが当たり前になっている。ブラウザ側でも JavaScript を介して Ajax を利用した複雑な機構を備えたインターフェースを提供することが一般的なものとなっている。これを図解したものが Fig.1 である。

Hoar ら<sup>10)</sup>は、現在の Web 開発は前述した各種言語を自在に組み合わせつつサイト構築を行う必要があり、魑魅魍魎を描きつつ調和の取れた絵画作品に仕上がっているボッシュ「快樂の園」のようだと言っている。社会的な要請が高まる一方で、学生にも教員にもハードルの高いテーマであり、世界的には大学における総合的な Web 開発コースは縮小傾向にある。現に、Hoar らが出版したコーステキスト<sup>11)</sup>は 1024 ページの大著であり、O'Reilly から出版されている Robbin Nixon の包括的な Web 開発テキスト<sup>13)</sup>は 2012 年の第 2 版では 556 ページだったものが、2014 年の第 4 版では jQuery の解説も加えて 780 ページに増加している。従って、Web 開発を行うための知識の効率的な習得のためには、現在の開発環境を適切に取捨選択しつつ、必要最小限の知識から出発し、最短距離で徐々にハードルを上げていくタイプのコンパクトな教材が不可欠である。

そこで、2017 年現在の Web 開発環境を考えると、HTML5 や CSS を静的な Web ページ構築に使用し、Web サーバ側には HTML に埋め込んで利用できる PHP<sup>5)</sup>を、RDB サーバにはフリーで利用できる CS (Client-Server) 型の MySQL 互換のものを使用するのがスタンダードとしては妥当と判断している。その理由としては、WordPress<sup>16)</sup>や Moodle<sup>17)</sup>を筆頭に有力な CMS (Contents Management System) が PHP + MySQL ベースで提供されていること、それに伴って PHP や MySQL 互換の MariaDB<sup>4)</sup>が現在も活発にバージョンアップされているということがあげられる。

これらのソフトウェアに加え、Web サーバとしては現段階で世界 No.1 のシェアを誇る Apache<sup>8)</sup>を同梱した XAMPP for Windows<sup>6)</sup>が Web アプリケーション開発環境の中ではポピュ

ラーであるということから、教材の前提としてはこの XAMPP 環境を想定している。本研究室が運用している外部 Web サーバ (<https://cs-tklab.na-inet.jp/>)においても標準的な PHP, MySQL, Apache を使用しており、卒業研究において制作した Web アプリケーションをそのままの形で外部公開できるようになっている。

Web プログラミング環境としては、XAMPP 以外にも、Windows Server を土台とした SQLserver + C#, JavaServlet 等があるが、今のところ XAMPP で出来ないことができる、という事例が見当たらないため、今後もこの Web プログラミング環境を使っていく予定である。

なお、XAMPP を利用した「情報セミナー 2」と卒業研究をここ数年に渡って続けてきたおかげか、本研究室の 4 年生が Web プログラミングテクニックを生かした就職を行う事例がチラホラみられるようになっている。

## 2.3 教材の作成方針

以上の方針に基づいて作成した教材は、後々改変しやすいように、そして、広報宣伝用に公開することを前提に、全て静的 Web ページとしてファイル化してある。教材の内容が HTML5 に基づいて構築されていることから、全てのページも HTML5 でタグ手打ちで作成した。加えて、現在の Web 閲覧環境は PC よりスマートフォンが圧倒的に多いことから、様々な画面サイズに柔軟に対応できる Responsive デザインであることが望ましい。そのため、静的 Web ページに相応しい Responsive フレームワークとして、Twitter の開発チームが作り上げた Bootstrap<sup>7)</sup>を利用することとし、卒研生が作り上げたオリジナルページ<sup>1)</sup>の精神を生かしたデザインになるよう、全てのページを Bootstrap でラッピングして Responsive 化した。

以下、Bootstrap フレームワークを用いて構築した教材作成の方針について述べる。

**HTML ファイルの Coding style の共通化** Bootstrap は様々なクラスが用意されており、これらを使いこなすことで整ったデザインのページを作り上げることができる。半面、機能が多すぎるので、全てを使いこなすことが難しい。従って、理解した上で使えそうなところをつまみ食いしながら利用していくことになり、本教材もそのようになっている。従って、現在の HTML ファイルが Bootstrap 的に正しいものかどうかは確信が持っていない。しかし、PC、タブレット、スマートフォンの環境下でブラウザ上の見栄えをチェックしながら構築しているので、大きなミスがない限りこのまま利用していくと考えている。

本文にあたる body 部分の HTML 構成を Fig.2 の左図に示す。各ページは本文のヘッダとフッタを “container-fluid” クラスの div タグでくくり、ページの上下に前ページ、次ページ、トップページへのリンクを設け、教材を学習していく順番を明確化してある。

本文については、解説文を p タグでくくり、Web 文書としては珍しく、デフォルトで段落開始時の一字下げを行うようにした。卒論執筆時においても Web の悪文書に馴染んでしまった学生が Word 文書でも字下げを行わないため、本教材に親しんだ後は「一字下げがないと気持ちが悪い」と思わせる効果を狙ったものである。

HTML, JavaScript, PHP のソースコードは “well” クラスの div タグで囲み、実行結果・ブラウザのキャプチャ画面のビットマップとは区別しやすいように塗りつぶしてある。またソースコードは全てビットマップ化し、コピー (Copy & Paste) す

るだけで事足りる間の抜けたに実習ならないよう、「手打ちしながらプログラミング言語のキーワードを覚える」ように心がけた。

**Responsive 化** 前述したように、本教材ではソースコードをビットマップ化しているため、実行画面のキャプチャ画像と同様に、ソースコード部分も画像用の Responsive 化を行う必要がある。Bootstrap にはそのための “img-responsive” クラスが用意されているので、全ての img タグにこれを適用して Fig.2 右図に示すように Responsive 化してある。

結果として、スマートフォンのように狭い画面で閲覧した時にはソースコードの字が縮小され読みづらくなる。そこで、画像は全て元サイズのファイルにリンクを貼り、読みづらい時には画像をクリックして単独で取り出し、拡大して楽に読めるように措置した。セミナーの際には、教材の当該ページをプロジェクトで投影しながら解説するが、その際にもソースコードだけを単独で取り出すことができるので、この工夫は重宝すると思われる。

### 3. Web プログラミング教材の詳細

最終的に完成した 2017 年 3 月現在のページ構成を以下に示す。現段階では全 7 章構成で、HTML の基礎から jQuery を使った Ajax の解説まで行っている。

- 第 0 章 はじめに
- 第 1 章 静的 Web ページの基礎
- 第 2 章 PHP
- 第 3 章 リレーショナルデータベース (RDB) の基礎
- 第 4 章 PHP + データベースのシステム作成
- 第 5 章 Web アプリケーションシステムの制作
- 第 6 章 JavaScript

完成した Web プログラミング教材のトップページを Fig.3 に示す。

以下、各章の内容について簡単に解説する。

**第 0 章 はじめに** 本章は、Fig.1 を示しつつ、Web アプリケーションの概要を解説する。本学の学生は抽象的思考が著しく苦手であるため、このような概念図を所要所に示すことで、具体的なイメージとしてシステムを理解し、自分でも説明できるようにすることが期待できる（大概裏切られるが）。

この部分は「情報セミナー 2」の最初に幸谷が解説を行い、次回以降の受講生自身による解説と指導に備えるため、XAMPP for Windows の簡単な解説とインストール作業についても触れている。

過去に幸谷が行った講義では、Linux サーバのホームディレクトリに直接 Web ページを記述させる形式を取ったことがある。しかし、「情報セミナー 2」及び卒業研究では、受講生が自分の Note PC を使っていつでもどこでも開発ができる環境を持っている必要があり、今のところ Windows + XAMPP という選択が better であると考えている。

**第 1 章 静的 Web ページの基礎** 本章では、静的な Web ページを作るための HTML, CSS, フォームの解説を行う。HTML は大体知っているが、CSS やフォームについてはよく理解していない学生が多いので、ここで復習も兼ねて下記の内容を順次解説し、基礎を固める。

#### HTML

#### CSS

#### フォーム

#### 練習問題

最後の練習問題ではアンケートフォームを作る。以降の章で、このフォームと連携する PHP スクリプトを作り上げていく。

**第 2 章 PHP** PHP スクリプトの基礎をここで学ぶ。本学総合情報学部の学生は例外なく C プログラミングの基礎は学んでいるため、標準的な学生であれば、文法的にはよく似ている PHP プログラミングの基本的習得にそれほど時間はかからない。それよりは、PHP が Web サーバ側で実行されるという概念的な理解と、フォームの入力を受け取る流れの理解に時間がかかるようである。

#### Apache の起動

#### PHP の基礎

#### フォーム入力の受け取り

#### ファイルメニューとチェックボックスの受け取り

#### PHP によるフォームの生成

#### if 文の使い方

#### セッション

#### 練習問題

PHP は、現在利用されている Version 5 以降は完全なオブジェクト指向言語となっており、標準的な関数・クラスに限っても膨大な機能を備えているため、全て学ぶことは現実的ではない。ここではフォームの入出力と、今後必要となるログインチェックのために利用するセッション機能、フォームやセッションで利用される固定名の配列、必要最小限の制御文の事例紹介に留めている。それ以外の機能については、必要に応じて PHP の公式マニュアル<sup>5)</sup>へのリンクを貼り、解説と具体例を読み取ることで自主的な学習の役に立つように配慮している。最後の練習問題では、本章の解説が理解できているかどうかを確認するため、第 1 章の練習問題で作成したフォームからの入力データの受け取りを行う PHP スクリプトを作成する。

**第 3 章 リレーショナルデータベース (RDB) の基礎** MySQL サーバとのデータのやり取りを行うため、ここでは CRUD を可能とする最小限の RDB の知識と SQL 命令を解説する。

#### データベースについて

#### 新規データベースの作成

#### テーブルの作成:CREATE

#### データ型の説明

#### データの挿入・変更・消去・検索

#### 練習問題

データベースを扱う講義は本学にいくつかあるが、単位を取得した学生が本研究室に配属されることはあまりない。そのため、RDB に関する知識は皆無であるという前提の元、集合論に基づく理論的な解説をしている余裕はないため、正規化については全く触れず、データベースとテーブルの作り方、

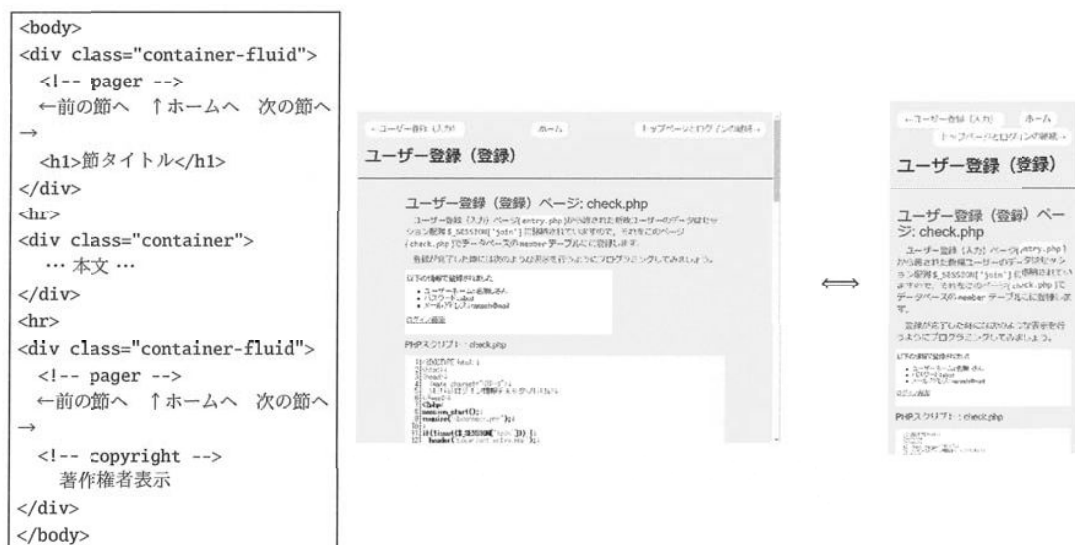


Fig. 2: 解説ページ Body タグ構成 (左) と画面幅に応じた Responsive 表示例 (右)

データ型, CREATE, INSERT, UPDATE, DELETE, SELECT の単純な使い方のみ解説する. 練習問題では第 2 章のアンケートフォームの入力を格納するデータベースとテーブルを作成する.

**第 4 章 PHP + データベースのシステム作成** 本章で初めて RDB と Web サーバをブリッジする PHP スクリプトを作成する. 第 2 章, 第 3 章の解説を薄めにしたため, その内容だけを踏まえたごく基本的なデータの出入力方法, SQL 文の実行の仕方を学ぶ.

#### PHP と MySQL のリンク

##### SQL 文の実行

##### データベース接続の共通化

##### 練習問題

本章の練習問題では, アンケートの入力を第 3 章で作ったテーブルに格納する PHP スクリプトを作る. SELECT を使った集計方法については発展問題としており, 各自で考えるようにしてある.

市販の Web プログラミングのテキストが分厚いのは, HTML, CSS, PHP, MySQL の解説が手厚くなるからである. 参考資料としては良いとしても, 「情報セミナー 2」の限られた時間内で Web アプリケーションを作る知識を得るには, 必要最小限の内容に絞って解説を行う必要がある. そのため, 詳細な解説はリンクで外部リソースを示すに留め, ここに至るまでの解説は極力少なくしてある.

**第 5 章 Web アプリケーションシステムの制作** 本章が「情報セミナー 2」で学ぶ内容の集大成となる. ここで構築するのは, シンプルな講義支援システムで, 下記の機能を持つものである.

#### 1. 個人を特定するためのログイン情報管理システム

2. 受講生が自分のレポート提出状況を確認するための個人別提出状況表示
3. 管理者を特定し, 教材の登録・削除, 受講生のレポート提出状況一覧を可能にする

この機能を持つ Web アプリケーションを構築するために, Fig4 に示すように 10 の PHP スクリプトをくみ上げていく. それぞれの PHP スクリプトの役割を考慮して, アクセス制限を行う部分もある.

PHP スクリプトと HTML フォームからなる単純な機構だけ学習していても, このような複雑な機構を実現することはできない. 面倒でもこの程度のシステムをくみ上げることで, 実用レベルの Web アプリケーションを構築するスキルを得ることができる.

本章では, システムとデータベースの構造を解説した後, 下記の順にスクリプトを組んでいく.

#### システムの構造

##### データベース構造

ログインシステム … index.php

ユーザー登録 (入力) … entry.php

ユーザー登録 (登録) … check.php

トップページとログインの継続 … top\_page.php

ログアウト … logout.php

教材管理システム … learning.php

共通する機能をまとめる

教材の消去 … delete.php

課題提出システム … task.php

提出課題の内容変更 … change.php

全体の提出内容の表示 … submission.php

システムの改良

途中の「共通する機能をまとめる」では, セキュリティに考慮し, データベース接続処理を行う PHP インクルードファ



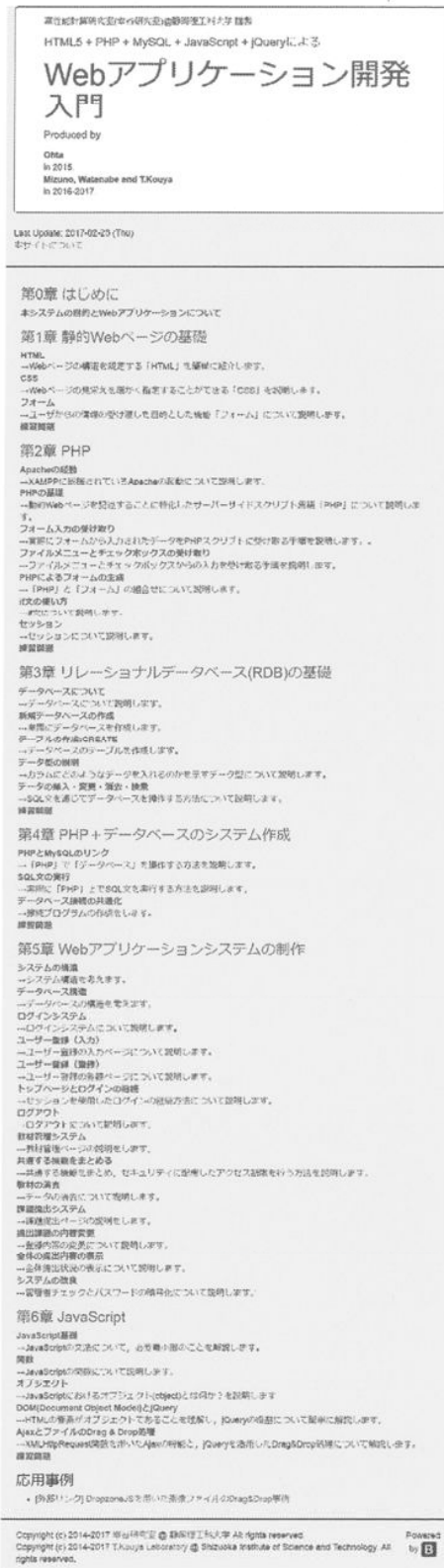


Fig. 3: 「Web アプリケーション開発入門」トップページ

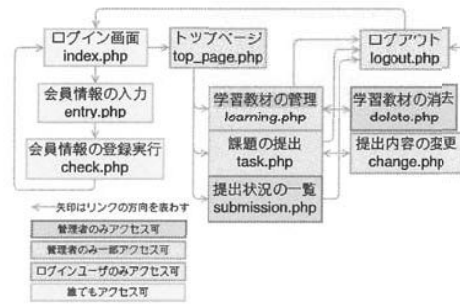


Fig. 4: 教材管理・レポート登録システムの PHP スクリプト構成

イルへの直接アクセスを禁止する措置について解説した。また、最後の「システムの改良」では、パスワードは PHP 5.5 以降に実装された PHP ファンクションを使って暗号化したものを利用するように変更し、管理者しかアクセスできない機能を実現する手法について解説している。このように、既にくみ上げた PHP スクリプトを改良しながら実装するようにすることで、具体的に不足する機能を付け加える作業を体験でき、自力でシステムの改良ができるようになることが期待される。

**第 6 章 JavaScript** 本研究室の「情報セミナー 2」では、第 5 章までの内容を学んだところで一旦終了し (9 月～11 月下旬)、残りの期間 1 か月程 (12 月中旬～1 月中旬) かけて自分のプランに基づいて Web アプリケーションを作る「自由制作」を実施している。これにより、HTML、CSS、PHP、SQL についての理解を深めるとともに、どの程度の力量があるかを卒業研究に入る前に知ることができる。

本教材の第 5 章までを学ぶことで、卒業研究を実施するために最小限必要な知識はある程度習得できたとしても、実用的で見栄えのする Web アプリケーションを作るためには JavaScript の習得が欠かせない。Ajax の利用には不可欠であるし、近年標準的な JavaScript ライブラリのフレームワークである jQuery についての知識がなければ、グラフを描いたり、使いやすい UI を取り込んだり、JSON データの利用もままならない、この不足を補うために第 6 章を 2016 年度に追記した。

第 6 章では、現代的な Web アプリケーションを作るために必要な JavaScript についての最小限の事項を解説している。HTML を DOM ツリーとして理解する必要もあるため、Fig.5 のように、具体的な HTML の例を使って DOM ツリー化した図も使用して jQuery のセレクタの解説を行っている。また、XMLHttpRequest 関数や jQuery を用いた Ajax の使い方も具体例で示している。この部分についてはまだ解説が十分ではないため、今後充実させていく必要がある。

練習問題では、第 5 章で作った講義支援システムの使い勝手を良くするため、ファイルアップロード機能を Drag & Drop 操作で実現できるよう改良を行っている。

**JavaScript 基礎**

関数

オブジェクト

DOM(Document Object Model) と jQuery

Ajax とファイルの Drag & Drop 処理



Fig. 5: DOM の解説図: 元の HTML ファイル (左), タグのみ抽出 (中央), DOM ツリー (右)

### 練習問題

時間的に「情報セミナー2」で触れることはできない章であるが、本年度に本教材の旧バージョン<sup>1)</sup>を使った際には、初級者には適しているが上級者には退屈な内容であるという意見も出てきたため、少し背伸びして高度な事例を本章に設けた。願わくば、このような上級者は第5章までさっさと終わらせて第6章まで自主的に学び、更にUIを高度化したWebアプリケーションを自由制作や卒業研究で構築できるようにしてもらいたいものである。

### 4. まとめと今後の展開

以上、2年間に渡って構築してきたWeb教材「Webアプリケーション開発入門」成立の背景、作成方針、内容について縷々説明を行った。内容的に不満なところは多々残っており、全体的に手直したとはいえ、記述の不正確なところ、用語の不統一などがまだ目につくところがある。しかし、PHPもVersion 7が登場し、MySQLもMariaDB<sup>4)</sup>に置き換わりつつ2017年2月にVersion 10.2.4が出ており、これらの最新の開発ツールをまとめたXAMPP for Windowsもこまめにアップデートされていることから、当面は本教材の内容を大幅に変更する必要はなく、今後も「情報セミナー2」を通じて目につくところ、古くなったところを小修正しつつブラッシュアップしていきたいと考えている。

今後の展開としては、次の4点が挙げられる。

1. 本教材の「応用事例」としてTips集を積み上げ、卒業研究時における躰きのフォローをできるようにしていきたい。
2. セキュリティを考慮した統一的なログインシステムを共有化し、卒業研究で制作された優秀なWebアプリケーションを動的展示していくと共に、本教材にその内容をフィードバックさせていきたい。
3. Web開発環境の延長線上に存在しているネイティブアプリケーションフレームワークを作り上げていきたい。代表的なものとしては、IoT開発に使用されるRaspberry PI等の安価なPCボードで利用できるnode.js<sup>14)</sup>や、node.js環境下でスマートフォンのネイティブアプリケーションが構築できるApache Cordova<sup>15)</sup>が挙げられる。これらの開発に資する教材を開発していきたい。
4. Deep Learningに適した使いやすいWebシステムを構築したい。既にNVIDIA DIGITS<sup>18)</sup>や、一部にWebUIを持つTensorFlow<sup>19)</sup>が存在するが、ユーザーに適した

カスタムWebページへのニーズは今後増えることはあれ、減ることはないと思われる。卒業研究を通じて実用的なDeep Learning込みのWebシステムを構築するノウハウを蓄積していく所存である。

### 謝辞

本教材開発に携わった歴代の卒研生と、有益な助言を頂いた読者に感謝する。

### 参考文献

- 1) Web教材「Webアプリケーション開発入門」(旧バージョン), <https://cs-tklab.na-inet.jp/~tkouya/semi/2016/phpdb/>
- 2) 太田裕之, 「PHPとMySQLによるアプリケーション開発のための教材作成」, 2014年度静岡理工科大学卒業論文.
- 3) 水野祐昭, 「3年生情報セミナーで用いるWEBプログラミング教材」, 2016年度静岡理工科大学卒業論文.
- 4) MariaDB, <https://mariadb.org/>
- 5) PHP, <http://php.net/>
- 6) XAMPP for Windows, <https://www.apachefriends.org/>
- 7) Bootstrap3 公式サイト, <http://getbootstrap.com/>
- 8) Apache Foundation, Apache, <https://www.apache.org/>
- 9) たにぐちまこと, よくわかるPHPの教科書5.5ver対応, ソフトバンク.
- 10) Ricardo Hoar & Randy Connolly, The Garden of Earthly Delights: Constructing and Revising a Web Development Textbook, Web Education WWW 2016.
- 11) Ricardo Hoar & Randy Connolly, Fundamentals of Web Development, PEASON, 2015.
- 12) W3C Web Education Community Group, <https://www.w3.org/community/webed/>
- 13) Rovin Nixon, "Learning PHP, MySQL, JavaScript" 4th ed., O'Reilly.
- 14) node.js, <https://nodejs.org/>
- 15) Apache Cordova, <https://cordova.apache.org/>
- 16) WordPress, <https://wordpress.org/>
- 17) Moodle, <https://moodle.org/>
- 18) NVIDIA DIGITS, <https://developer.nvidia.com/digits>
- 19) Google TensorFlow, <https://www.tensorflow.org/>

## 文化計量学実習での分類と系統の観点

Phylogenetic point of view for cultural metrics

榛葉 豊\*

Yutaka SHINBA

Abstract : We argue the theorem of ugly duck by S. Watanabe to think about the affinity, so that the multivariate analyses, especially Hayashi's quantification methods, are discussed. The usage of the Phylogenetic point of view in the cultural metrics is analyzed.

## 1. 多変量解析, 特に数量化理論

静岡理科大学出は人間情報デザイン学科のカリキュラムに多変量解析関係や科学計量学, 世論分析, マーケティング関係などの科目が複数用意されている. その中で筆者は, 人間情報デザイン実験を担当している. 実験では文化計量学的題材の中から, 統計的文体論であるとかテキストの情報理論的分析を実施している<sup>1)8)</sup>.

学科の卒業研究でも人間情報デザイン学科では, 心理学, 感性評価, テキストマイニング, 社会調査, 教育学など, 人間の行為に関する統計的手法を含むテーマを実施している研究室が多い. データの山からコンピュータ上のツールを用いて, 対象を何らかの観点で2次元平面などに布置するという事は, 現在では手軽にできる. 複数の観点から対象集団を計量し, (特に主成分分析, 因子分析などでは)その多変量データから対象の特徴を先ずは1つの変数に集約するのである. 次の段階ではさらに残された情報から第2の合成変数を作って, 第1と第2の変量のなす平面に対象を, そして元の変量達も, 布置して分類考察するのである.

多変量解析の手法には具体的には重回帰分析, 主成分分析, 因子分析, 判別分析, クラスタ分析などがある. (多変量データが, 実数で表されるような変数では無く, yesとnoのような質的データである場合には数量化理論といわれる手法が用いられる.) 重回帰分析と判別分析は, 外部から与えられた目的変数があり, それにたいしどの説明変数がどのように効いているのかという事, すなわち因果関係の推定が問題になる. それに対し主成分分析やクラスタ分析では, 外部から与えられた目的変数は無く, 対象

集団についての計量されたデータ自身から分類を行うのである.

しかしそのようなことをコンピュータで実行させると, 手軽すぎて, どういう原理を用いて, 何のために, 何をどう空間に布置しているのか, ということあまり学生の関心の対象として浮かんでこないようである. ここでいっているのは勿論数学的な手法の詳細などという事では無く何をやっているのかの理解ということを行っているのである.

学問の基本は, そして実務の基本も同じであろうが, 標本採集, 未知の現象の発見と観察などの博物学的段階をすぎたら, とにかく分類するという事である. その後理論構築が来て, 仮説演繹法の最終段階の実証が来るのである.

分類というのは, 何かの意味で「似ている」対象を分別することである. そこで, 似ているというのはどういう事なのかが, 大切な問題になるのである.

## 2. 類似しているとは

近代西欧科学の一つの特徴は, 対象や現象を数量化して記述するという事である. ある対象集団を, ある観点で数量化して類似性でグルーピングしようという場合, その特定の観点から漏れたそれ以外の特徴は捨てているのである. そうでなければ研究の第一歩が始まらないわけである. そうした態度こそが, 要素還元論的態度の特徴である「第一近似」という考え方である.

こうしたわけで数量化されて, 各個体に与えられたた数値 (複数の観点を採用しているのならベクトル) を根拠

2017年3月7日受理

\* 総合情報学部 人間情報デザイン学科

にして、似ているとか似ていないとかを判断することになる。その際に取られる判断法は「距離」という概念によって、(数学的には、距離よりもっと一般の、位相という概念になる。) 2つの個体間の距離とは、その2つの個体が似ていない度合いを数量で表すもので、逆にいうと、距離が小さいのなら似ているということである。その2つの個体  $x$  と  $y$  との距離を  $d$  と書くことにする。この数値は負の距離ということはないのだから正の実数で無ければならない。最も似ている、ということは距離が0と言うことで、似ていない度合いが増すごとにその数値は増えていくのである。すなわち  $d(x,y) \geq 0$  である。この汎関数に対する要請は、距離の3公理といい、次の3つである。

$$\begin{aligned} d(x,y) &= d(y,x) \\ d(x,y) &= 0 \quad \Leftrightarrow \quad x=y \\ d(x,y) + d(y,z) &\geq d(x,z) \end{aligned}$$

一番目は、2つの個体のどちらを基準にしても似ている度合いは同じであるということ。第2のものは距離が0ならそれらは同じもの(と見なす)。また逆に同じものの似ていない度合いは0である。3つめは三角不等式といい、第3の個体を考えたとき、第1のものと第2のものを直接考察したときより、第3のものを導入してそれ経由で考えたときには、直接考えたときと同じかそれ以上であるということである。平面上の距離なら自明なことである。

このような距離という、似ていない度合いの指標を用いて、クラスター分析ではグルーピングを行うのであるし、また他の多変量解析の手法でも個体間の距離という概念は頻用される大切なものである。

よく使われる距離には、平面上の距離と同じユークリッド距離も勿論のこと、市街地距離などいろいろな形の距離が用いられる。また距離の3公理のうち、第3のものだけ満たさない擬距離というものを採用することもある。統計的文体論や科学計量学<sup>9)</sup>では、距離として共出現(共起)という概念が使用されることも多い。例えば、科学計量学では2つの単語それぞれが出現する論文の数を  $C_i, C_j$  とし、両方の単語が出現する論文の数を  $C_{ij}$  とすると、

$$J_{ij} = \frac{C_{ij}}{C_i + C_j - C_{ij}}, \quad \text{ジャカル指標}$$

であるとか、

$$S_{ij} = \frac{C_{ij}}{\sqrt{C_i C_j}}, \quad \text{コサイン指標}$$

のような擬距離指標で、ある研究分野の論文集号の中での

2つの単語の近縁度を表したりする。1つの小説の中での2つの単語の近縁度というのなら、論文数が小説中の文の数ということになる。この近縁度を使って、単語の地図を作成したりする。論文の共著者ということを用いれば、同様にして学者の共著地図が作成できる。

符号化理論では誤り訂正などでハミング距離というのが用いられる。ハミング距離は、2つの同じ桁数の文字列間で、異なった文字が用いられている桁の数である。数量化理論のように質的変数、特に yes と no の2値の場合(0と1という2進数一桁で表される)だと、これは2つの2進数の間で、0, 1が異なっている桁の数である。

このように、色々な分野で類似度を測る指標としてさまざまな距離が用いられているが、いずれにせよ、2つの個体について測定した複数の変数から、全順序である(任意の2つの個体は必ず比較ができて、順序づけができる)ところの、距離なる1つの数値を使って類似度の大小判断をするというわけである。これが分類の大本である。

### 3. 醜いアヒルの仔定理

ところがここに、渡辺慧によって証明が与えられた「醜いアヒルの仔定理」<sup>11-13)</sup> というものがある。この定理は、個物はどの2つをとっても同じぐらい似ているという驚くべきことを主張している。(醜いアヒルの仔は実は白鳥の子供なのであるが、仔アヒルの中に混じっていると区別がつかない。アヒルの仔同士の類似度と、アヒルの仔と白鳥の仔の類似度は同じであるということからの命名) 簡単な場合で説明しよう。

まず、より似ているとは、共通に当てはまる形容詞の数が、より多いことであると定義する。

さて、4つの個物を分類することにする。そのためには最低2つの形容詞(述語)がなければならない。それを  $A, B$  とする。個物がその形容詞に当てはまるかどうかで、0または1の値を取るとすれば、2つの形容詞の組み合わせで4つの個物を識別できる。

次に  $A$  と  $B$  から作られる原子命題を考えよう。原子命題とは、それ以上他の命題の選言(「または」として作られない命題である。具体的に言うとなン図上で区別された領域ただ1つに対応する命題のことである。形容詞が2つの場合これは4つある。すなわち  $\neg(A \vee B)$ ,

$A \wedge \neg B$ ,  $\neg A \wedge B$ ,  $A \wedge B$  である。これらの4つの原子命題のうち(異なる)2つから作られる選言(2位の述語という)は6つある。それは  $A, B, \neg A, \neg B, (A \wedge \neg B) \vee (\neg A \wedge B), \neg((A \wedge \neg B) \vee (\neg A \wedge B))$  である。

最後から2つめは排他的論理和である。原子命題3つの選言(3位の述語)は4つで、 $A \vee B, \neg A \vee \neg B, A \vee \neg B, \neg A \vee B$  となる。以上14個に、恒真命題  $\square$  と恒偽命題  $\odot$  を加えた16個の命題はブール束を作っている。これ

ら 16 個の命題を拡張された形容詞という。

この拡張された形容詞群は、分類が分類者の持つ嗜好やものの見方に影響されないためには、重要度の点において対等に扱わねばならない。

さてここで 4 つの個物の中からどの 2 つをとっても、その 2 つの個物に共通に当てはまる形容詞の数、すなわち 1 の数は同じで、16 個の拡張された形容詞中の 4 つであることが表を書いてみればわかる。16 個の拡張された形容詞に当てはまるか当てはまらないかを順に記して、個物を 16 桁の 2 進数として表せるということである。ということは 4 つの個物の中から任意に選んだ 2 つの個物間のハミング距離は 12 である。

4 つの個物は最初の仮定から、2 つの形容詞から作られた原子命題の 1 つ 1 つに対応している。2 つの個物に共通な原子命題は定義からあり得ない。拡張された形容詞のうち 2 位の述語には、まさに 2 つの個物が対応するそれぞれの原子命題の選言 1 つが共通である。3 位の述語ではその 2 位の共通述語にもう一つ別の原子命題を加えたものである。これが 2 つある。最後に恒真命題を付け加えて全部で 4 つの命題が 2 つの個物に共通に真となるというわけである。

白鳥の仔 1 羽とアヒルの仔 3 羽がいるとすると、アヒルの仔どうしも区別できるのならば、アヒルの仔同士でも白鳥とアヒルでも類似度はまったく同じということを主張しているのである。このことは、個物数が多くなっても同様に成り立つ。つまり、分類という行為は、それが客観的あるいは先験的なものであるのならば、不可能であるということである。

勿論現実には何らかの意味で「客観的」な、距離による分類は可能である。形容詞、すなわち変数の間に重要度の差があれば醜いアヒルの仔定理は成り立たない。我々が行う分類という行為は、変数は限りなく沢山あるのにその中から、何らかの変数を選び出して計測して分析することなのであって、それ自体が恣意的であったり、もしくは分析者の価値観を強烈に反映した行為なのである。

多変量解析をするとき、説明変数として何を取るかということはどうのように決定されるのだろうか。先行研究でそれらが採用されていたから、それらが計測しやすい変数だから、なんとなく思いついた変数、その研究対象について頭の中で考えて、それらの変数にこそ違いが出るであろうと思われる、等々。ということもあるであろう。だが、変数の取捨選択ということこそが（変数の間の相関などによる、数学的な計算上の問題は別として）、分類を決めているのだということを肝に銘じなくてはならない。研究で大切なのは、まずは変数を熟慮の上で決めて、多変量解析なりをして、重要な変数、無駄な変数を探る。そして可能なら元に戻って新しい変数を見つけ、それを計測する手段を開発するというサイクルを行うことなのである。

#### 4. 数量化理論Ⅱ類、Ⅲ類では何を数量化しているのか

数量化理論Ⅱ類は、数量的変数の場合の線形判別分析に対応するもので、2 値の複数の変数から 1 次の判別関数に相当する合成変数を作りその値によって（多くの場合、正負の別でという形にする）2 つのグループに分ける。この合成変数を作る原理は次の通り。

外部から与えられた 2 値の目的変数の値で分けた 2 グループが、その合成変数値の上でできるだけ離れるようにする。この分離具合は相関比  $\eta$  と呼ばれる量で表される。つまり  $\eta$  が最大になるように合成変数（サンプルスコアと呼ばれる）の係数を決めるのである。

結果として得られたサンプルスコアという数値はグループの個体の持つ特徴の強さを表しているのだから、サンプルスコアの差は距離を表している。この距離を使って、個体についてのさらなる議論もできる。

サンプルスコアを与える関数は、 $N$  個の説明変数の分析の時、個体を表す  $N$  桁の 2 進数に対してサンプルスコアという実数値を与えるものだと言ってよい。

一方、数量化Ⅲ類は、数量的変数の場合の主成分分析に相当し、分析者が外部から与えられた目的変数は無い。個体と変数を縦横の並びとする表で、対角線に近いところに反応が集まるように、個体と変数の両方を並べ替え、相関が高くなるようにすることを目標とする。そのやり方は、個体の数量化ウェイト、変数（カテゴリー）のウェイトを考え、その間の相関が最大になるようにウェイトを決めるのである。この問題を線形代数で扱うと複数の解（固有値）が得られるが、その最大のを 1 軸、次に大きなものを 2 軸と呼び、1 軸—2 軸平面に変数達、または個体達を布置して考察するのである。すなわち平面上で固まっている個体は似た個体のグループであり、同じ平面に変数を布置した図からは、平面上で固まっている変数のグループは、多くの個体に対して同じような値を与える、似た変数なのである。

Ⅲ類の場合も、Ⅱ類同様であるが、1 軸、2 軸など。あるいはこの平面上のユークリッド距離は、距離が近いもの同士は似ているという分類をするための距離として機能しているのである。個体を平面に布置しているときにはやはり、個体を表す 2 進数に対して、数量化した 1 軸の値、2 軸の値をきめ、平面上の位置を与えているのである。

#### 5. 分類学と系統学

以上の節で、多変量解析や数量化理論で個物を分類するという行為について何を強調して教えるべきか考えてきた。しかしそこで言及したことはすべて、「今」という時間軸上の切断面上での、現時点での類似からの分類である。そこには歴史とか由来とか言う系統学の観点は全くない。生物の分類で、現在観察されている形態からの分類ということと同じである。だが、もし化石というものが発見されたらどうであろうか。その場合には過去の事物との整合性が

とれるように分類をしなくてはならない。また現時点でのデータだけから分類する場合であっても、ある生物種はずっと昔から変化していなくて、あるものは途中から分岐したものののかも知れない、そうならある種は別の種と現時点で類似しているというだけではなく、その先祖なのかも知れない、などといういろいろなことが出てくる。

特に生物学でよく言われる、「相似と相同」という問題がある。例えば袋オオカミとオオカミは形態も生態学的地位もよく似た種であるが、片方は有袋類、片方はほ乳類と大きく異なる。これは相似である。器官についても、鳥の羽と昆虫の羽のように相似器官がある。逆に、現状が異なっても由来や先祖を同じくするものは相同である。人間の手とコウモリの翼は相同器官である。このような事を考慮すると、歴史を復元するという系統の推定は非常に難しい。

遺伝子の系統というようなことになると、系統推定法はいろいろなアルゴリズムが開発されて使用されているが、考え方に大きな違いがあり、分岐分類学、進化分類学などいろいろな考え方があり、樹形図もそれが系統を表しているのか単なる分岐図なのか、意味はまったく異なる。

我々は卒業研究などで、典型的には、写本の系統分析のような、文化計量学分野のことを行わせようとするのであるから、この分野の手法を取り入れるだけでは無く、上記のいろいろな事情や概念の理解を深めさせなければならない。系統学の方が優れていると言いたいわけではない。現時点での分類がすべてであって、人間にとって知りうるのはそれがすべてなのだという立場も勿論あり得る。現時点で見いだし得ない差異しか無いのなら、「本当は」詳細な差異があるというのかもしれないが、それらは現時点では同じなのかも知れない。

系統ということについては、いろいろな立場があるろうが、本学の実習では系統の観点を含んだ実習を開発していきたい。

#### 参考文献

- 1) 榛葉豊、『分類するということ』静岡理科大学紀要, 第14巻, (2006年)
- 2) 榛葉豊、『テキスト間のクラスター解析における Kullback - Leibler Divergence 型距離』, 静岡理科大学紀要, 10巻 (2002年) 175-185
- 3) 金明哲、『テキストデータの統計科学入門』, 岩波書店 (2009年)
- 4) 村上政勝、『シェークスピアは誰ですか』, 文藝春秋 (2005年)
- 5) 堀江, 奥田, 川村, 山下, 尾畑, 「作者識別の一例」, 『人文科学における数量的分析』, 総合研究大学院講演録 (1999年)
- 6) 小田晋, 『グリコ森永事件 21世紀型犯罪を分析する』, 朝日出版社 (1985年)
- 7) 前川守, 『1000万人のコンピュータ科学:文章編』, 岩波書店 (1995年)
- 8) 山内保典, 「科学事件により新聞報道はどう変わるのか? -考古学報道を題材に-」, 科学技術社会論学会 2005年大会 (名古屋大学) 予稿集 (2005年)
- 9) 藤垣裕子他編, 『研究評価・科学論のための 科学計量学入門』, 丸善 (2004年)
- 10) 増田直紀, 今野紀雄, 『複雑ネットワークの科学』, 産業図書, (2005年)
- 11) S. Watanabe, 'Knowing and Guessing', Wiley(1969)  
村上陽一郎訳, 『知識と推測-科学的認識論』, 東京図書 (1975年)
- 12) 渡辺慧, 『認識とパタン』, 岩波書店 (1978年)
- 13) 渡辺慧, 『知ること-認識学序説』東京大学出版会 (1986年)
- 14) 池田清彦, 『分類という思想』, 新潮社 (1992年)
- 15) 村上政勝, 『文化を量る』, 朝倉出版 (2003年)
- 16) 村上政勝, 『真贋の科学』, 朝倉出版 (1995年)
- 17) E.ワイリー他, 『系統分類学入門:分岐理論の基礎と応用』, 文一総合出版 (1992年)
- 18) 中尾央, 三中信宏編著, 『文化系統学への招待』, 勁草書房 (2012年)
- 19) E.ソーバー, 『過去を復元する』, 勁草書房 (2010年)
- 20) 三中信宏, 『系統樹思考の世界』, 講談社 (2006年)
- 21) 三中信宏, 『分類思考の世界』, 講談社 (2009年)
- 22) 廿利俊一, 長岡浩司, 『情報幾何の方法』, 岩波書店 (1994年)

# 教育課程論から始めるアクティブ・ラーニング

## Beginning Active Learning from 2nd year Curriculum Theory

伊藤 律夫\*

Ritsuo ITO

Abstract: Applying Active Learning in Education Courses

### 1 はじめに

本学は平成20年に教職課程を設置し、以来9年が経過している。平成28年度末には、第6期目の学生が卒業した。その間、58人が教員免許を取得し、うち22人が教員(常勤、非常勤講師を含む)として教壇に立っている。

取得可能な免許は、工業(理工学部・機械工学科、電気電子工学科)、理科(理工学部・物質生命科学科)、教養、情報(総合情報学部)で、いずれも高等学校一種である。

教職課程を受講する学生は、1年次は30人程度である(40人を超える年度もある)。それが、様々な理由で、4年生まで残るのは10人ほどとなる。学部学科以外に教職の科目の学習にも励まねばならず、資格の一つでも取っておこうという安易な動機では、4年間は続かない。

教職担当教員は、教育開発センター内の「教職支援室」に常勤し、授業を行うとともに、学生へのサポートに当たっている。

筆者は、平成28年度で教職支援室勤務3年目となったが、それ以前に勤めていた高等学校での経験も活かしつつ業務に臨んでいる。

### 2 テーマ設定について

近年、「アクティブ・ラーニング」(以下ALと記す)が盛んに話題になっている。

もともとALは、大学教育における講義方法に対する改善方策として出てきたものがある。平成12年8月の中央教育審議会答申「新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて」の用語集では、ALを「教員による一方的な講義形式の教育とは異なり、学修者の能動的な学修への参加を取り入れた教授・学習法の総称」と定義した。

大学教育におけるALが、初等・中等教育にも導入されるのに、時間は掛からなかった。

次期学習指導要領改訂の眼目にもなり、平成29年2月に文部科学省が公表した改訂案では、ALという表現は使わないまでも、「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善を促している。また、「教師が何を教え

るかではなく、児童・生徒たち自身がどう学び、どんな力を主体的に身に付けるか」という解説もある。

ただし、このALについては、戦前から「能動的学習」という形態は存在していた。また、終戦直後、昭和22年の学習指導要領では、GHQの指導もあり、アメリカの教育方法を手本として、「児童・生徒自らの経験を大切にする(経験主義)」が根幹となっていた。さらには、昭和52年の学習指導要領改訂では、その基盤となる4本柱の一つとして、「自己教育力の育成」が掲げられている。まさに、ALである。そして、ほぼ10年ごとに学習指導要領は改訂されているが、「主体的な学び」は常に謳われてきている。

それが、なぜ今、カタカナ表記されて注目されているのか、筆者自身も生徒のころの授業で体験したことがあり、高校教員となって実践したこともあるが、「なぜ今か、についての中教審答申のさらなる引用は、今回控える。

しかしながら、ALは、全ての教育の場において、全ての教員に、その実践が求められているのである。そして、筆者自身も改めてALを強く意識せざるを得なかった。

以上のような経緯により、教職課程受講者のみの対象であるが、考察のテーマとしたところである。

ただし、上述した通り、学部・学科の講義ではなく、多少形態を異にする教職課程の講義である。また、特に目新しいことをしたという訳でもない。故に、あまり参考にしていただける考察内容ではないという点は、ご容赦願いたい。

### 3 1、2年生の授業

筆者は1年生から4年生まで、すべての学年の教職関係の授業を担当している。1年生は「教職概論」、2年生は「教育課程論」を学んでいるが、科目内容が大量である。そのため、AL的要素は、授業中の発問等に加える対話形式や、数回のグループ意見交換などが中心となってしまう。

ただし、「教育課程論」においては、「高等学校学習指導要領解説 総則編」をもとに、一人ひとりが独自のカ

2017年2月10日受理

\* 教育開発センター 教職支援室

リキュラム（大学進学者が多い高校用と就職者が多い高校用の2種類）を編成し、それに沿った一週間の時間割を作成する演習を実施している。多くの高校では、1時限50分で1日6時限、週30時限の授業を行っている。そこで、まず必修科目（総合的な学習を含む）とHR活動の単位数を、帯状のカリキュラム表に書き込む。すると、30時限の3分の1近くが埋まってしまう。ここから、学生が苦慮するところである。教員に質問しながら、互いに話し合いながら作業を進め、それでも他者のものを真似ることなく、なんとかオリジナル版の提出に辿り着いている。

その他、「自分の考えをまとめて、人前で話すことが出来る」ように、1年生では3分間、2年生では5分間のスピーチを全員が行っている。

#### ※ 実施後の考察

独自のカリキュラム作成の演習では、幾つかの高校のカリキュラムが筆者の手元にあるが、予めそれを見せるのではなく、学生の創意工夫の力と互いの情報交換の力を高めることを目指している。特に、大学進学者の多い高校用では、文系・理系のためとセンター試験対応のために、いかに工夫が必要であるかということ、身をもって体験することになる。

#### 4 3年生の授業「教職総合演習Ⅰ」

筆者がALを多く行っているのが、3年生の「教職実践演習」である。

3年生は毎年10人程度であるが、年度始めに4年生で実施する「教育実習」の内諾依頼を、自ら高校に向向いて行うこともあり、学生の自覚も高まってきている。

課題意識を持って、自ら考えをまとめ、そして他者に分かりやすく伝える事が出来るようになる。他者と協働してコミュニケーション能力を高める。これらのことを、目標として学生に伝えている。

##### （1）10分間スピーチ

「どのような教師を目指すか」というテーマで、各自10分間のスピーチを行った。1、2年生でもスピーチは実施したが、3年生はより論理性、具体性を重視して原稿を作成した。本番では原稿は出来る限り見ないで、他の学生を見渡しながら話すように指導した。このスピーチで、声が小さかったり、他の学生に語り掛けられなかったりした学生には、事後、教職支援室で個別の指導を行った。

#### ※ 実施後の考察

本学には、人前で堂々と話すことが不得手な学生が少なからずいる。場数を増やして、自信を付けさせるには

効果的である。ただし、10分間は、学生にとっては長いと感じるようなので、「スピーチの途中で、聞いている学生たちに、質問をしたり、話題を投げ掛けたりすると良い。」との指示を与えた。しかし、7分程度で終わってしまう学生がほとんどであった。「後期で行う模擬授業は30分間、教育実習で行う授業は50分間、その時間を自分で構成することになる。」と自覚を促した。

また、この「どのような教師を目指すか」というテーマは、4年生になり「教員採用選考試験」受験申込み時の、志望動機記載にも役立つ。

##### （2）個人研究レポートと発表

教育問題をはじめ、現代日本や世界が直面する様々なトピック（話題）の中から、賛成・反対など意見が分かれているようなテーマを学生自らが選び、調査した結果、明らかになったことを記述するとともに、結論として自分の考え（見解・主張）をまとめ、レポート（A4用紙5枚以上）にして提出した。

レポートの基本的な書き方（構成）としては、

- ① テーマ（自分の選んだタイトル・題）
- ② テーマ設定理由（なぜ、このテーマを選んだのか）
- ③ 調査内容・方法（テーマに関して、どのような内容を、どのような方法で調べたのか）
- ④ 調査結果（上記③の結果、どのようなことが明らかになったのか）
- ⑤ 結論（上記④の中から、自分の考えを要約してまとめる）
- ⑥ 関連資料（使用したデータ・資料を添付する）

と示し、学生は約1カ月間で作成をした。その後、提出されたレポートを人数分印刷して配布し、教壇での発表となる。

発表が終わると、聞いていた学生の中から司会者を指名し、発表者自らの振り返りを含めて、すべての学生が質問や感想を述べ合った。と同時に「個人研究発表評価表」に記入して、提出をした。

評価表の項目は、「評価の対象」「評価の観点」「評価点」「コメント」となっている。「評価の対象」「評価の観点」「評価点」は、以下のとおりである。

- ① テーマ及びテーマ設定理由（興味・関心を持ったか）（3点満点）
- ② 調査内容・方法（調査は妥当であったか）（5点満点）
- ③ 調査結果（十分な成果が得られたか）（7点満点）
- ④ 結論（説得力があったか）（7点満点）
- ⑤ 関連資料（資料は適当であったか）（3点満点）
- ⑥ 話し方・姿勢（発表としてふさわしかったか）（5点満点）
- ⑦ 総合評価（全体を通して）（①～⑥を通して30点満点）



なお、それぞれのコメント欄には、良かった点があれば、積極的に評価するように指示をした。その上で、それぞれの評価表を筆者がまとめ、学生にフィードバックした。

以下に、平成 27・28 年度の 2 年間、学生が考えたテーマを幾つか挙げる。

「クローニング、遺伝子操作と人間との向き合い方」「子どもたちにとってのデジタル社会」「これからの新エネルギーについて」「教育問題の変化とその対応」「クジラを食べること・イルカを飼うこと」「センター試験は廃止になるべきか」「18 歳成人の考察～他国との比較を含めて～」「奨学金拡充の問題点」「集団的自衛権によって徴兵が行われるか否か」「医療大麻の合法化の是非」「原子力発電所再稼働の課題」

#### ※ 実施後の考察

インターネットで調べただけの、安易なレポートもあったが、他者の評価を受けることで、後期の模擬授業を行う素地となり得た。

#### (3) プレインストーミング法 (BS法) と KJ法によるグループ作業と発表

BS法とKJ法を取り入れた授業は、教職支援室の前任者の授業方式を、平成 27 年度踏襲したものである。

BS法は、アレックス・F・オズボーンによって考案された会議方式の一つである。集団思考、集団発想法、課題抽出ともいわれ、集団でアイディアを出し合うことにより、相互交錯の連鎖反応や発想の誘発を期待する技法である。

KJ法は、文化人類学者の川喜田二郎氏が、データをまとめるために考案した手法である (KJは考案者のイニシャルに因んでいる)。データをカードに記述し、カードをグループごとにまとめて、図解し、論文等にまとめていく。共同での作業にもよく用いられ、「創造性開発(または創造的問題解決)」に効果があるとされる。

授業は、以下の順序で行った。

- ① 3 年生 10 人が、全員が関わり合いのある事柄で、何らかの改善策を検討するに値するテーマを、話し合いにより決めた。ただし、漠然としたテーマの模索であるので、教員がヒントを示す場合もある。
- ② 同一のテーマに対して、5 人ずつ 2 つの班に分かれて、それぞれが様々な意見を述べ、その意見をカード (以下、実際使用した付箋とする) に書き込んでいった。この段階で肝要なことは、全員が意見を述べることを、他者の意見に対して判断・結論を述べないこと、ユニークな意見を歓迎すること、質より量を重視すること、アイディアを結合し発展させることである。この、各自が発想して考えを述べ、付箋に書くのにはや

や長い時間が費やされた。しかし、大切な行程である。

- ③ 2 つの班が模造紙を用意し、数多くの付箋の中から似通ったものを幾つかのグループに分類してまとめ、模造紙に貼った。その上で、それぞれのグループに見出しを付けた。
  - ④ 次の授業で、班ごとにプレゼンテーションを行うことを予告し、班員全員が分担して発表することを指示した。
  - ⑤ ホワイトボードに模造紙を貼り、班ごとに発表を行い、最後に、全員が感想を述べ合った。
- 平成 27 年度、学生が考えたテーマは、「静岡理科大学をより知ってもらうためには？」であった。
- 結果としては、2 つの班で、それぞれ分類したグループの見出しは異なったが、模造紙に貼られた付箋の数は、58 枚と 66 枚という多さであった。

#### ※ 実施後の考察

同じテーマで行っても、自分と他者との発想の違いに気付く。学生によって取組みに若干の差はありつつも、多様かつ多角的な視点を自らに取り込むきっかけとなった。

#### (4) ディベート

平成 28 年度の総合演習 1 は、10 分間スピーチと個人研究レポートについては継続をした。しかし、BS法とKJ法を取り入れた授業が数年間続いたので、この年度はシラバスの内容を一部変更して、ディベートを実施した。

ディベートは、BS法とKJ法以上に名称及び方法は知られていて、学校教育や社会人研修だけでなく、英会話の練習法にも取り入れられている。ゲーム性も伴うので、小・中学校でも行われることがある。実際、学生の中でも、体験したことはなくとも名称を知っている者が数人いた。

また、アメリカの大統領選挙の年でもあり、これから行われる候補者の公開討論は、ディベートの典型的な例であるからと、学生の関心を喚起した。

一般的なディベートの定義は、「ある特定のテーマの是非について、2 グループの話し手が、賛成・反対の立場に分かれて、第三者 (審判) を説得する形で議論を行うこと」である。試合形式は、「立論」「質疑」「反論」の 3 つのパートが交互に行われて、最後にジャッジ (審判) が「判定」を下すことになる。

そして、ディベートは以下の能力が身に付くとされている。

- 客観的・批判的・多角的な視点が身に付く。
- 論理だった思考ができるようになる。
- 自分の考えを筋道立てて、人前で堂々と主張できる

ようになる。

○ 情報収集・整理・処理能力が身に付く。

これらはいずれも、教職に就く者の資質能力として必要なものである。

まず、資料を配布して、ディベートとは何か、またその方法と上記の目標を学生に説明した。その後、2回、ディベートを実際に行った。

平成28年度の3年生は、12人であった。そのため、任意に4人ずつの2つのグループに分けるとともに、審判をする4人を指名した。2回行ったので、審判は勿論、グループのメンバーを出来るだけ入れ替えると同時に、立論、質疑、反論のいずれかを体験するようにした。

授業は、以下の順序で行った。

① 導入 — 論題の設定 —

論題設定は、学生に考えさせる仕方もある。しかし、前年度のBS法とKJ法の実施でも、テーマ決定に時間を費やし、結局、筆者がヒントを出した経緯もあったので、筆者が7つのメニューを示して、その中から学生が2つを選んだ。論題は、「日本は学校給食を廃止すべきである」「日本は高校までの制服を廃止すべきである」の2つとなった。

② ゲーム — 議論の体験 —

肯定側立論 (2分)・否定側質疑 (2分)

否定側立論 (2分)・肯定側質疑 (2分)

準備時間 (5分)

否定側反論 (2分)・肯定側反論 (2分)

検討時間 (2分)・講評、判定 (2分)

③ 振り返り — 体験の見直し —

グループを解いて、学生が感想や反省と本音はどうだったのかを述べた。肯定・否定以外の第三の立場があるかどうか考えた。

④ まとめ — フィードバック —

最後に、教師の気付きを学生にコメントした。

※ 実施後の考察

初めての体験で、ゲーム感覚もあるので、学生には好評であった。1回目に負けた学生が、2回目には「今度は、絶対に勝つぞ」と意気込む声もあった。相手側の意見をメモする姿、審判がメモする頻度も2回目の方が増した。

ただし、筆者としては幾つかの課題を残した。まず、論題に対して学生が考察する時間を、もう少し与えるべきであった。2回目は1週間後に行ったので、1回目より内容が深まったことからとも言えることであり、論議となる資料等を読ませればさらに良かったであろう。次に、立論とはどのようにするか、モデルのプリント等を配布して、それを参考にさせるべきであった。さらに、ディベート学習で一番難しいのが反論である。そのコツをも

う少し丁寧に教えておくべきだった。次年度も続ける予定なので、改めていきたい。論題も、2つ選ぶならば、教育問題の他に、時事的・社会的問題を扱っても良いであろう。主権者教育にも繋がる。

しかし、15回の授業では、その他に後期で行う模擬授業のために、「効果的な板書」「正しい筆順」などの指導もある。授業内容の精選も図らねばならない。

(5) 授業観察

教職総合演習Ⅰの授業内ではないが、学生が高校に出向き、授業観察をすることを3年生に課している。

これは、本学の教育実習連携校となっている県立掛川工業高等学校が、毎年6月に実施している、授業公開週間に行うものである。有難いことに、掛川工業高校は3年前から、校長名の文書をもって参加を呼び掛けてくださっている。

学生は、予め送られてきた1週間の時間割を見て、訪問する日時を決める。自分が免許を取得する予定の教科・科目が中心となるが、筆者が前年までに見学した中で、A.L.を取り入れている授業も観察を勧めている。

学生は、観察のポイントを示され、事後、レポートを提出している。これは、礼状とともに高校側に送ることを伝え、丁寧に観察するように促している。学生は、自らが高校生であった時とは異なる視点で、観察に臨んでいる。週に2回3回と訪問する積極的な学生もいる。

5 3年生の授業「教職総合演習Ⅱ」

後期で実施する「教職総合演習Ⅱ」は、「模擬授業」が中心となり、まさにA.L.の要素が多く含まれている。

なお、この授業は、「教育開発センター」の古橋亘先生とT.T.で行っている。

模擬授業を行う学生が「高校の教師」、それ以外の学生が「高校の生徒」という設定で、いかに生徒に教え、考えさせ、理解させるかという演習である。授業の途中で、生徒(学生)が質問することもある。

学生1人が30分の模擬授業を2回行い、自己評価を含め、他の学生及び担当教員の評価を受ける形態である。

授業の流れは、まず1人目が30分間の模擬授業を行い、その後、15分間、司会の学生が授業者に自身の感想を述べさせ、続いて学生全員を指名して感想を求め、最後に教師の助言を引き出すというものである。2人目が同様に行って、計90分。

① 模擬授業の準備

まず、学習指導案の書き方を、学生が学ぶ講義を設ける。県教育委員会が作成した、指導案作成の手引き書を見ながら理解する。1回日の模擬授業の前に、全員がパソコンを持参して、様式を入力するとともに、指導案作成に取り掛かる。

同時進行で、教職支援室にある高校の教科書を見て、自分が模擬授業を行う教科・科目の部分のコピーする。豊富な内容の教科書であるが、自分自身で選び出して決める。他の学生と該当部分が重ならないこと、2回目は異なる分野を行うことは指示しておく。この時点で教師が指摘するのは、30分間でできる分量であるかどうかだけであり、授業計画は学生の取組みに任せる。

模擬授業を行う前の週までに、学習指導案を作成して、古橋先生の助言を受ける。授業の導入、展開、まとめ、発問内容等が適切であるか否か、また、修正すべき点についての助言である。ただし、授業で扱う箇所は既に決まっているので、原則として学生の原案に重きをおいている。

要は、学生自身がどこまで教材研究をするかであり、模擬授業を行ってみて、どのような課題が出てくるか、その体験を大切に考えている。

完成した指導案を人数分印刷して、当日を迎える。

## ② 模擬授業の実施

模擬授業の流れは、前述のとおりである。

交代で司会を兼ねる学生が、授業の始めと終わりに、「起立」「礼」「着席」と号令を掛け、高校での授業の雰囲気をつくる（筆者の授業は、あくまで教職を目指すことを前提としているので、1年生の時から、席を指定し、号令を掛けさせている）。

## ③ 模擬授業の事後

授業内で、本人を含めて感想は述べ合っているが、授業後、予め配布してある「授業観察カード」を、全員が提出している。

評価項目と評価の観点は、以下のとおりである。

<導入として>

- ア 生徒の興味・関心を惹きつけているか
- イ 本時の目標・ねらいを示しているか

<展開として>

- ア 発問…意図が明確で分かりやすいか
- イ 説明…丁寧で分かりやすいか
- ウ 板書…分かりやすいか、正しい筆順か、誤字がないか
- エ 話し方…声の大小、テンポ・速さ、間の取り方
- オ 生徒への対応…熱意が感じられるか、発言に対する評価は
- カ 生徒の反応…授業に熱心に取り組んでいるか
- キ 教材教具…適切で工夫されているか
- ク 時間配分…バランスは適切か

<まとめとして>

- ア 本時の目標・ねらいを達成しているか
- イ 次回の授業内容を予告しているか

<総合評価>

以上12の項目に対して、11から1まで、4段階

で評価をする。また、項目ごとに、評価理由、気付いたことを記入し、かつ、感想（コメント）欄にも総合的な観点で記載をする。

授業をした学生本人も自己評価をし、担当教員2人の評価したものを加えて、表にしてまとめ（この作業は、古橋先生がしてくださっている）、本人に返している。責任をもって評価するように、誰がどのように評価しているのかが分かるように、各学生の氏名も明記している。

1回目の模擬授業後に表を渡された学生は、その評価を参考にして、2回目に臨むこととなる。このフィードバックが、PDCAサイクルとなれば効果的である。

## ※ 実施後の考察

普設、授業を共に受けている顔見知りの学生（生徒役）を前にしても、教壇に立つ学生はかなり緊張する。次年度行う教育実習への備えであるが、ここで自らの授業力の至らなさを痛感することになる。筆者としては、ほぼ全ての学生が教材研究不足である点を強く伝え、個々の課題解消には別途助言をしている。例年、4年生のアンケート結果で、「模擬授業をもっとやってほしかった」との回答が多いので、貴重な演習であると予告もしてある。

準備から実施へ、さらに振り返りと、AIとして成り立っている。しかし、課題は、前述したとおり、学生の教材研究・自主学习がまだまだ不足している点である。そのためには、専門教科・科目の基礎学力の向上が必要である。1年生の時から、その重要性を、継続して説いていきたい。

## 6 4年生の「教育実習」

4年生になり、4月の初旬には教員採用選考試験の要項が届く。学生は、受験申込みの書類を作成すると平行して、教育実習の正式申込みをするために、高校へ出向く。この際も、幾種類かの書類作成が必要である。また、7月に実施される1次試験への勉強も本格的になる。自ずと、学生の自覚もさらに高まってくる。

教育実習は、高校により時期が分かれる。5月下旬から6月中旬に行う「前半組み」と、9月初旬から中旬に行う「後半組み」である。

4年生の授業、「教育実習の事前及び事後の指導」の中で、再度、教育実習の意義と心構え（注意事項を含め）を行って送り出す。と同時に、個別指導も増す時期でもある。多くの学生が「不安だ」と言う中、「楽しみだ」という学生もいる。

そして、2週間の実習開始。

学生は、授業だけでなく、クラスの指導、高校によっては部活動の指導、その他、教員の授業以外の仕事を、身近に観察することになる。高校の指導教員からの様々な指導はあるが、学生が主体的に取り組むことで、AI

になっている。ただし、場面が多岐に亘るので、ここでの詳述は省く。

#### ※ 実施後の考察

僅か2週間(殆どどの高校が10日間)の実習であるが、学生たちには、精神的にも体力的にも厳しい期間となる。

毎日、学生には指導教員や他の教員から多くの指導があり、話し合いがなされる。教材研究と学習指導案作り、加えて「教育実習録(大学から持参)」にその日の反省や感想を丁寧に書き入れ、指導教員に提出する。自ずと、帰宅時刻も遅くなる。

実習期間後半に、学生が「研究授業」を行う。これには、同じ教科・科目の教員だけでなく、多くの教員が見学を訪れる。校長など、管理職が見学する高校もある。その研究授業の日は、筆者も高校を訪問して、事後指導のためにメモを取ったり、写真を撮影したりしている。

学生が最も緊張するのが、この研究授業である。予め、写真撮影をすることを伝えてあるが、筆者が立っている教室の後ろの方まで見渡す余裕すら無く、撮影に苦勞する学生もいる。

そして、この実習が学生に与える影響は大きい。実習後、「高校の生徒から、真剣に『先生』と呼ばれた。どうしても教員になりたい。」或いは、「実習前は、教員の仕事にあまり魅力を感じることが出来ず、憂鬱だった。しかし、実習を終える頃には、教職の素晴らしさに気付いた。大学院卒業後は、教職を目指したい。」という学生がいれば、「自分には、人に教える力が足りない」と実感した。教員になることは諦めざるを得ない。」という学生もいる。そのような、弱気になった学生には、良かった点を挙げて励ましていく。

いずれにしても、大学の授業ではないが、学生にとっては、「主体的・対話的で深い学び(AL)」の2週間となっている。また、この教育実習がキャリア教育の一環としても位置付けられよう。

#### 7 4年生の「教職実践演習(高等学校)」

全ての学生が教育実習を終えた後期に、この演習を実施している。文科省の規定により、近年、教職課程に設けられた科目であり、本来は、いよいよ次年度から教壇に立つ学生の4年間の総仕上げとなる、「実践」演習である。

しかし、その演習内容をどのようにするのか、県内の教職課程を置く各大学が試行錯誤している。年に1度開催される、「静岡県教育委員会と大学等との連携推進連絡会」においても、この演習の扱いについて、事前に各大学の取組みを調査し、その資料をもとに話し合うということを2年前まで続けていた。だが、これという提示もなされないまま、立ち消えになってしまった。

というのも、ほとんどの学生が教職に就く大学ならば、教職のみに特化した演習も可能であろう。しかし、本学もそうであるが、教職に就く学生の割合が少ない場合は、その実情に合った授業内容を講じなければならない。筆者も、再度の模擬授業、高校授業見学等検討してみたが、現実的ではなかった。

そこで、テーマとして、「教育的課題」と「望ましい社会人になるための課題」をほぼ半半ずつ扱った。

平成28年度に行った「教育的課題」の主なものは、「次期学習指導要領案」、「カウンセリングの実際」「教職課程4年間を振り返って」である。「望ましい社会人になるための課題」の主なものは、「社会人基礎力」「正しい日本語」「主権者意識」である。

演習内容は、以下のとおりである。

##### (1) 次期学習指導要領案について

新聞や雑誌に掲載された、次期学習指導要領案(小学校から高校まで)やその解説を配布し、筆者が説明をした後、学生が話し合いをした。

2年生の時、及び採用試験のための準備で、現行の学習指導要領を学んでいる学生なので、関心は高かった。まず、現行と改訂案を比較して、改訂案に評価出来る点と評価出来ない点を、2人ずつのペアで話し合った後、その根拠を示しながら、全員に対して発表をした。

著者にとって少し意外だったのは、改訂案を評価するという意見が多数だったことである。この学生たちは、旧学習指導要領で教育を受けた、所謂「ゆとり世代」である。「小学校から、教科として英語が勉強出来るのは良い。個人差はあるが、自分は中学校からいきなり始まった英語だったので、不得意になった。」「小学校からプログラミングの学習が出来るのは、ゲームに慣れている現代の子どもにとって、違和感はないであろう。グローバル化に対応したものである。」「詳しい内容は分からないが、高校の国語や地理歴史の科目名に、探究という言葉が使われているのは、新鮮味がある。」などであった。

別の根拠を挙げての意見は、「評価出来ないという訳ではないが、不安に感じるのは、小学校で英語のために授業時間数が増えることと、英語を専門に教えられる教師を改訂までに確保出来るのか。」「これも不安材料であるが、センター試験に代わる試験の時、これだけ細分化された科目をどのように指定されるか、受験生の負担が増えるのではないか。」などであった。

印象的な意見としては、「上の世代からは、『ああ、あいつはゆとり世代だからな』と言われていて、将来、子どもの世代からは、『お父さんは、小学校で英語を勉強していなかったんだね』と言われてしまう。」というものがあった。

筆者からまとめとして、「児童・生徒、保護者、一般

社会人、さらに教員にも、学習指導要領に関心のない人たちもいるであろう。しかし、戦後の学習指導要領の変遷を学んだ君たちは、どのような背景があって、その都度の改訂がなされたのか知っている。学習指導要領が児童・生徒、学校に与える影響、またその人の生涯にも大きく関わることもあり得ると認識出来ている。今後、教壇に立つ人は勿論、そうでない人も、日本の教育の動向には関心を持ち続けてほしい。」と語った。

## (2) カウンセリングの実際

予め、学生それぞれに教育相談の事例を、任意に配布し、次週から2回の授業で、その相談に対するカウンセリングの仕方をどのようにするのか考えておくように指示をした。事例としては、進路の悩み、いじめ、不登校、家庭内の不和などである。

授業では、1人ずつ、自身が担当する事例に対するカウンセリングの内容を発表し、他の学生が、自分なら他にどうするかを述べた。その後、模範となる対応例を配布して、全員で確認し合った。2年生の時、「教育相談」という講義を受け、また、採用試験のための教職教養の問題集にも扱われているので、以下のような肝要な点は、全ての学生が押さえていた。

「第一に、相談者の話に対しては傾聴に努める。カウンセラーが決め付けるのではなく、まず、相談者の胸の内を整理する手助けをする。続いて、相談者の良い所を見出して、それをきっかけにして、解決策を具体的に考えられるようにする。相談者が、何らかの形で自ら行動に移れるようになることが、最も重要である。」

## (3) 教職課程4年間を振り返って

「教職課程4年間を振り返って」というタイトルで、A4用紙1枚以上にレポートを書いて提出することを、1カ月前に指示をした。提出されたレポートは、次年度の3年生に配布すると予告してあったので、裏面に書かれていた。

そして、この演習の最後の授業で、各自がレポートを読むのではなく、要旨を発表した。

発表が終わった後、筆者が「今まで、互いに批評し合うことが多かった。だから、今日はその人の良い所を褒めてあげよう。」と指示してあったので、授業の始めにくじ引きで決めてあった学生が、発表した学生を褒める時間を設けた。学部・学科を超えて、4年間教職課程で学んで来たので、互いの性格は良く分かっている。褒められた学生は、顔を赤くしたり、真剣な顔で俯いたりしながらも、嬉しそうな活き活きとした表情を浮かべていた。他人を褒めることの大切さを改めて知ることが体験出来、和気藹々とした最後の授業であった。

## (4) 社会人基礎力

経済産業省のホームページに、「『社会人基礎力』とは」として、「職場や地域社会で多様な人々と仕事をしていくために必要な基礎的な力」を3つの能力(12の能力要素)から成る『社会人基礎力』と定義づけている」と掲げられている。

3つの能力と12の能力要素とは何か、以下に記す。

- ① 前に踏み出す力(アクション)～一歩前に踏み出し、失敗しても粘り強く取り組む力～
  - ア 主体性、イ 働きかけ力、ウ 実行力
- ② 考え抜く力(シンキング)～疑問を持ち、考え抜く力～
  - ア 課題発見力、イ 計画力、ウ 創造力
- ③ チームで働く力(チームワーク)～多様な人々とともに、目標に向けて協力する力～
  - ア 発信力、イ 傾聴力、ウ 柔軟性
  - エ 状況把握力、オ 規律性
  - カ ストレスコントロール力

幾つかの要素には、A.Lに必要とされる項目も含まれているが、まず、資料を基にして学生が自身の現状をレーダーチャートに記載する。続いて、レーダーチャートの形状が自分と同じような仲間を探す。平成28年度の4年生は9人であったが、偶然にも3人ずつ3つのグループが出来た。そして、その3人で、自分たちが低いと認めた能力要素を伸ばすためには、どのような取組みが必要か話し合った。最後に、各グループが皆の前で発表をすると同時に、他の学生や筆者が助言を述べた。

## (5) 正しい日本語

社会人として、正しい言葉遣い出来るようにと設けた演習である。

間違った表現を含んだ会話文を、9種類作成して配布し、1人ずつ場面を想定して、他の学生の前で筆者と会話をした(部分的に学生が話す箇所は空欄とした)。そして、聞いていた学生が間違いを指摘するという流れである。学校と会社の場面、顔を合わせての会話と電話での会話と、設定も幾通りになるようにした。

間違った表現としては、尊敬語と謙譲語、「ら」抜き言葉、最早一般に定着したかのような、「千円からお預かりいたします」や「コーヒーでよろしかったでしょうか」などである。

今まで、筆者が話題にしてきたこともあり、多くの間違いは指摘されたが、会話を自分で考えるところには苦慮していた。特に、苦情対応には時間を費やしたので、筆者が助言を与えた。さらに、過剰敬語には、全ての学生が気付かなかった。

### (6) 主権者意識

平成28年から、選挙権年齢が18歳以上となったこともあり、高校生、或いは若者に政治への関心を抱かせ、主権者意識を向上させる方策を考える演習である。

4年生全員が投票の経験があったので、意見は出やすかった。しかし、高校での模擬投票、立候補者の公約の比較、模擬討論会など、メディアで紹介のあった事例に留まっていた。そこで、筆者が「高校生になってからの、所謂『俄か仕込み』ではないような方策は。」と尋ねた。すると、「次期学習指導要領案の英語のように、小学生くらいから意識付けを図る。」という意見が出た。

ここで、筆者が神奈川県教委の取組を紹介した。「神奈川県教育委員会では、平成20年度から、全ての県立高等学校において、キャリア教育の一環として、シチズンシップ教育（主権者教育）を行って来ている。そして、平成22年度からは、参議院議員選挙の度に、模擬投票を行い、独自に開票結果も出している。さらに、小学校高学年の授業において、自分が住む地域のことを記事にした新聞を、グループで作成して発表するなど、社会に関心を向ける眼を育てて来ている。当時の小学校の児童が、平成28年の選挙にはどう関わただろうか。その投票率で、18歳、19歳ともに神奈川県は全国第2位（1位は学生が格段に多い東京都。因みに、本県は22位）。全体の投票率でも、神奈川県が全国第2位。家庭でも選挙のことが話題となり、若者と大人で相乗効果が出ていると分析出来る。」

やや長い箱足となったが、主権者教育の今後の取組みについて、大いに参考になったとの学生の感想であった。

### ※ 実施後の考察

4年生も後期となり、学生は筆者の授業方式にも慣れ、進路先もほぼ全員が内定している時期なので、各演習テーマに対して、落着き、かつ真摯に取組んだ。

まず、自分で考え、続いて複数仲間と話し合い、最後に全体の前で発表して、他の視点でさらに深めることができないかを検討してまとめる。ALの流れは、一応押さえることが出来た。

課題としては、卒業研究と平行しているので、授業に臨む前にもっと各自が準備する時間が確保できれば、さらに内容の深まりが図れたのではないかとこの点である。

### 8 まとめ

本学は、「ものづくり、ことづくり」に関わる人材の育成を目指している。一方、教職課程は、高校生を教える教員の育成、つまり、「ひとづくり」に関わる人材の育成を目指している。ただし、「ひと」を「つくる」という表現は高慢である。あくまで、生徒の発達と成長を支援するのが高校教育である。しかし、人材の育成という点で

は、大学も高校も同じであり、生徒の発達と成長の支援のためには、高校教員にも「ことづくり」の発想が必要である。

そして、AL。教職課程では、教員としての資質・能力を身に付けさせることが、第一の目標である。そのため、学生の教科・科目の専門性を向上させ、コミュニケーション能力を向上させなければならない。そこで、ALが有効である。

まず、教科・科目の専門性の力については、学部・学科での関連する授業、3年生の前期・後期の教科教育法の授業、そして、模擬授業において向上を図っている。その他、過去の問題を使って、各自に学習をさせている。その中で、前述した模擬授業が、ALの典型であると考えられる。

次に、コミュニケーション能力であるが、この力は、教職だけでなく、企業でも必須な能力として強く求められている。特に教職では、授業は勿論、生徒との関わりで、この能力の高低で教師への評価が大きく分かれる。生徒だけでなく、同僚、保護者、地域住民との、円滑なコミュニケーションも、現代の「開かれた学校」の教員には必要不可欠である。上述した様々な授業、演習において、主体的に考え、その考えをまとめ、他者と意見交換をして、皆の前で発表するというALの成果は、数値での検証はしていないが、学生の4年生までの成長で確認することが出来る。4年生最後の振り返りや卒業生の感想として、「これから教師として、生徒に信頼されるよう、コミュニケーション能力をさらに高めて行きたい。」「自分は教師になれなかった（ならなかった）が、教職課程を履修して有意義であった。特に、コミュニケーション能力が高まったことは、明確に自覚出来る。」と述べている者がほとんどであることも証となるであろう。

今後の課題としては、「自らの課題発見」の機会を増やすこと、つまり「主体性」を一層導き出すことが挙げられる。また、1年生の授業にも、さらにALを取込んで行くことが必要である（100人を対象とする授業でもALは可能である）。当然、そのためには、筆者自らがALを行う技量を高めて行かなければならない。

### 謝辞

教職支援室の前任者、沼倉昇先生は、本学の教職課程設置に携わり、筆者に懇切丁寧に業務内容を教えてくださった。占橋亘先生には、特に教職総合演習Ⅱで、TTとして大変お世話になった。同じく教育開発センターの藤田重晴先生には、多くのご助言をいただいた。また、教職課程運営委員会、教育実習連絡協議会の委員の教職員の皆様には、様々な観点からご指摘をいただいた。その他にも、教職課程の学生に対して、関係の教職員の皆様は、親身にご対応くださった。

ここで、皆様に深く感謝申し上げます。

最後にお詫びであるが、紀要に寄稿することになったのが、後期の授業も終りの時期であった。予め、寄稿する予定であれば、様々な場面の画像を記録しておき、掲載すれば視覚的に有効であった。文字ばかりの単調なものになってしまったことを、お許し願いたい。

#### 参考文献

- 1) 溝上慎一、『アクティブラーニングと教授学習パラダイムの転換』、東信堂、2014年
- 2) 松下佳代、『ディープ・アクティブラーニング』、剏草書房、2015年
- 3) 小林昭文、『アクティブラーニング入門』、産業能率大学出版部、2015年
- 4) 川喜山二郎、『発想法—創造性開発のために』、中央公論新社、1967年
- 5) 西部直樹、『はじめてのディベート—聴く・話す・考える力を身につける』、あさ出版、2009年





## 大学院理工学研究科修士論文概要

(2017年3月修了生)

### (1) システム工学専攻

板羽 嶺 .....	189
川口 諒 .....	191
CAI YANBO .....	193
仙島 和成 .....	195

### (2) 材料科学専攻

秋山 智美 .....	197
鈴木 達也 .....	199
藤田 浩亨 .....	201
村松由香利 .....	203
横山 将史 .....	205
渡辺 富夫 .....	207

(掲載順)

## SR モータの位置センサレス高効率制御手法に関する研究\*

A study on position sensor-less high-efficiency control methods for SR motors

板羽 嶺

Ryo ITABA †

### 1. はじめに

近年、高速回転の用途が増えており、多くの場合、永久磁石を用いたモータ（永久磁石同期モータ）が利用されている。しかし、永久磁石同期モータは高速回転による磁石の割れや飛散、高温での保持力の低下など高温環境での運転に不向きという問題がある<sup>(1)-(3)</sup>。そのため、永久磁石を使わないスイッチトリラクタンスモータ（以下 SRM と記す）に対する期待が高まっている。SRM を駆動するにはロータの突極位置を正しく知る必要がある。ロータ位置検出センサとして、エンコーダやレゾルバなどがあり、さまざまなモータの磁極位置検出に使用されている。しかし、モータに位置センサを取り付けることで、サイズの増大化、耐温度特性の低下、故障率の増加、信頼性の低下、コストアップなどにつながる。そのため、磁極位置センサを使用しないセンサレス化が望まれている。

本研究では、SRM を駆動するために必要なロータ位置を精度良く検出する手法<sup>(4)</sup>と、高効率駆動を実現するためにロータ位置や磁気飽和などによって起きる巻線インダクタンスの変化を考慮し、巻線電流の立ち上がり、立ち下がり特性を考慮して、適切なタイミングで駆動電圧の印加、切断のタイミングを制御する手法を提案する。

### 2. ロータ位置推定法

図 1 は、1 相の巻線インダクタンス推定回路の構成を示したものである。この回路では、トロイダルコアの磁束が打ち消されるように配線が行われている。そのトロイダルコアに検出用巻線を設置し、その巻線（a・b 端子間）のインピーダンスを測定することで、ロータ位置の推定を行う。本回路は、パワーエレクトロニクス回路から供給される電流の影響を受けずに、モータ巻線のインピーダンスを観測することができるため、モータの駆動状況にかかわらずロータ位置を検出できる。

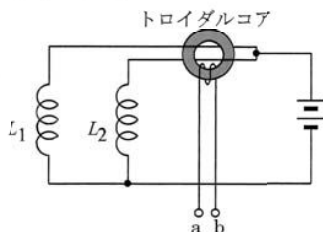


図 1 1 相の巻線インダクタンス推定回路

### 3. 本研究で提案する制御システム

SRM は、(1)式に示すように巻線電流と巻線インダクタンスの変化量によって、トルクを発生する。

$$T = \frac{1}{2} \frac{dL}{d\theta} i^2 \quad \dots (1)$$

効率よくトルクを発生させるには、回転角に対するインダクタンスの変化 ( $dL/d\theta$ ) が正のときに電流を流し、 $dL/d\theta$  が負のときには電流をゼロにする必要がある。そのため、適切なタイミングで巻線に電流を流すことで高効率制御が実現できる。

制御システムは、図 2 に示すように SRM、システム制御部、高効率制御部、スイッチング信号発生回路、ロータ位置・速度推定部、パワー回路から構成されている。提案する制御手法を以下に示す。

#### (1) 高効率制御の導入

高効率制御は、磁気飽和を考慮し、巻線電流を適切に流すことで実現できる。SRM の巻線電流は、巻線抵抗と巻線インダクタンスによる電氣的時定数により、立ち上がり立ち下がりに遅れが生じる。このため、適切なタイミングで巻線に電流を流すことが必要となる。図 2 に示すようにトルク指令に基づき、回転速度、各巻線電流、推定されたロータ位置から最大トルクを発生するための巻線電流を流すタイミングを調整する進角を計算し制御する。

#### (2) 磁気飽和特性の導入

インダクタンスは巻線電流によって起きる磁気飽和によって変化する。磁気飽和特性は、使用する電磁鋼板によっても変わるが、SRM は磁気飽和を起こして駆動することが多い。この磁気飽和を考慮するために、実験によって得られた複数の電流とロータ位置に対するインダクタンスをテーブル化する。駆動時にはモータ電流とロータ位置、大きく離散化したデータから補間して、連続したインダクタンスを得ている。このため、データ量を低減し、メモリ容量を小さくしてマイコンに組み込みやすくなる。

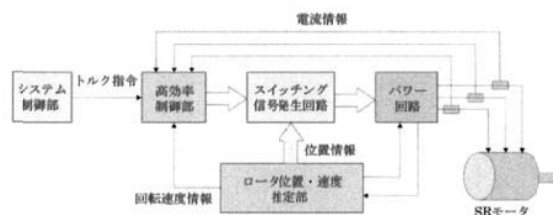


図 2 SRM の制御システムブロック図

\* 2016 年度修士論文概要

† 静岡理科大学 大学院理工学研究科 システム工学専攻

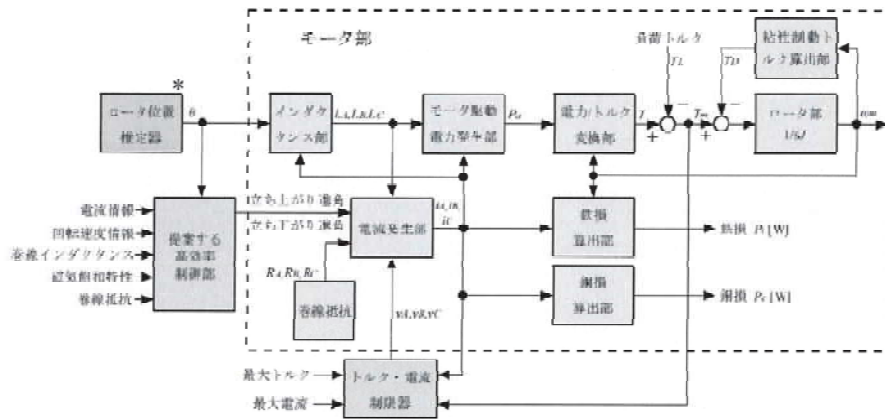


図3 シミュレーションブロック図

4. シミュレーション

シミュレーションは図3に示すブロック図に基づいて行った。図中、点線で囲まれた部分がモータ部（青）、\*印で示すブロックがロータ位置推定部（赤）、残りは制御部（緑）を示している。

ロータ位置に対する巻線電流、巻線電圧、インダクタンスの関係を図4、5に示す。図中縦点線は切り替えタイミングを示している。高効率制御を行わない場合、 $dL/d\theta$ が負のときに正の電流が流れているため、負のトルクが発生する。一方、提案する高効率制御を行った場合、電圧を印加、切断するタイミングが制御され、インダクタンスの位置部分が正であるときに、電流が流れるように調整されている。このため、モータ発生トルクが大きくなり、高効率制御が実現できている。

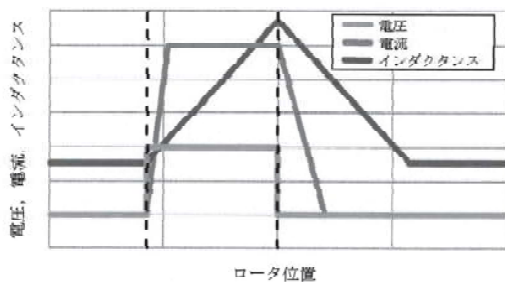


図4 高効率制御なし

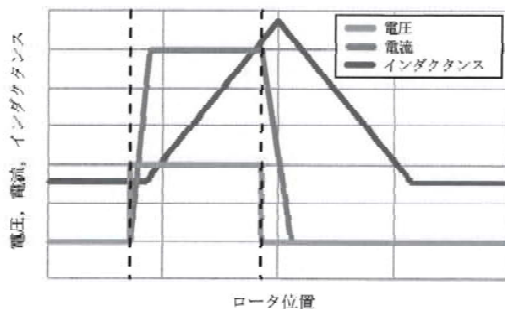


図5 高効率制御あり

C言語を用いて構築したプログラムによって、負荷トルクを0.1Nmとしたとき、回転速度が10,000 $\text{min}^{-1}$ および20,000 $\text{min}^{-1}$ のときの高効率制御なしと高効率制御ありのモータ効率比較結果を表1に示す。高効率制御を行った場合、効率が高くなっている。回転速度が高くなると駆動周期が短くなり、巻線インダクタンスと抵抗による電氣的時定数による立ち上がり時間、立ち下がり時間の割合が駆動周期に対し大きくなる。このため、表中に示すように高速回転領域では、モータ効率がより高くなるのがわかる。

表1 高効率制御なし、ありの場合のモータ効率の比較結果

	回転速度 [ $\text{min}^{-1}$ ]	トルク [Nm]	モータ効率 [%]	増加分 [%]
高効率制御なし	10,000	0.1	52.9	4.8
高効率制御あり			57.2	
高効率制御なし	20,000		60.8	5.1
高効率制御あり			65.9	

5. まとめ

提案した巻線インダクタンス推定回路を用いて、巻線電流の影響を受けずに高精度な位置推定を行うことができた。また、推定した位置情報を用いたSRMの高効率制御システムを構築し、シミュレーションによって有用性を確認した。今後、より高効率駆動を実現するために適切な鉄損算出法の開発や精密な制御を行えるアルゴリズムの検討を行う予定である。

文献

- (1) 山本健司、高橋久、後伸昌、白沢幸希、植野真由：「駆動電流の影響を受けないSRMのセンサレスロータ位置検出法」、電学論D、Vol.135、No.5、pp.521-530(2015)
- (2) R. Krishnan: "Switched Reluctance Motor Drives: Modeling, Simulation, Analysis, Design, and Applications", CRC Press, (2001)
- (3) 見城 尚志: 「SRモータ」、日刊工業新聞社 (2012)
- (4) 板羽嶺・山本健司・高橋久・富崎猛・池田宏史: 「並列接続型SRMのロータ位置検出の検討」, 電気学会産業応用, MC-2-3-72, pp375-380, (2016)

ミカエリス-メンテン式のパラメータ値推定に対するSCW法の適応と解析\*

Application and Analysis of SCW method for the Estimation of Michaelis Constant

川口 諒<sup>1</sup>  
Ryo KAWAGUCHI

1. はじめに

本研究では、機械学習の一つの方法であるSCW (Soft Confidence-Weighted Learning) <sup>1)</sup>を用いた新たな推定方法により、ミカエリス定数の算出を行い、最小二乗法により算出したミカエリス定数との比較を行った。学生実験時の8グループによる酵素反応実験の測定データを用いて、両方法により得られた直線について、直線と各データ点との距離の総和を算出し解析した。また、SCWの手法は外れ値を含むデータに対してその影響を受けにくいことが予想されるので、わざと実測データの一部を外れ値に置き換えたデータによる解析も行った。

2. Soft Confidence-Weighted Learning

SCWは線形な超平面を表す式 $\sum w_i x_i$ の正負によってデータを2つのクラスに分類するための機械学習のアルゴリズムであり、以下の式によりパラメータの更新を行う。

$$\mu_{t+1} = \mu_t + \alpha_t \cdot y_t \cdot \sigma_t \cdot x_t$$

$$\sigma_{t+1} = \sigma_t - \beta_t \cdot \sigma_t \cdot x_t^T \cdot x_t \cdot \sigma_t$$

$$\alpha_t = \min \left\{ C, \max \left\{ 0, \frac{1}{v_t \zeta} \left( -m_t \psi + \sqrt{m_t^2 \frac{\phi^4}{4} + v_t \phi^2 \zeta} \right) \right\} \right\}$$

$$\beta_t = \frac{\alpha_t \phi}{\sqrt{u_t + v_t \alpha_t \phi}}$$

$$u_t = \frac{1}{4} \left( -\alpha_t v_t \phi + \sqrt{(\alpha_t)^2 (v_t)^2 \phi^2 + 4v_t} \right)^2$$

$$v_t = x_t^T \sigma_t x_t, m_t = y_t (\mu_t, x_t)$$

$$\phi = \Phi^{-1}(\eta), \psi = 1 + \frac{\phi^2}{2}, \zeta = 1 + \phi^2$$

( $x_t$ : データ (実数))

$w_i$ : 平均  $\mu_i$ , 分散  $\sigma_i$  の正規分布に従うパラメータ)

ミカエリス定数の推定値を求めるには直線の方程式の「傾きと切片」の値を計算する方法が用いられる。今回のSCW法では「傾きと切片」の値を確率分布 (平均 $\mu$ 、分散 $\sigma^2$ の正規分布) の形で推定する。学習が進むにつれ分散が小さくなることになり、推定の保証 (Confidence) 精度の向上が期待される。その結果、データに対する直線の当てはまり具合が良くなるものと考えられる。<sup>2-3)</sup>

3. 酵素反応実験データ

Alkaline phosphatase(ALP)の酵素活性について、p-Nitrophenyl phosphate(pNPP)を基質 (S) とし、p-Nitrophenol (pNP)の生成量を、EDTA 非存在下で測定した実験データを用いた。(学生実験時の8組のデータ) 表1にその1組の結果例を示す。

表1

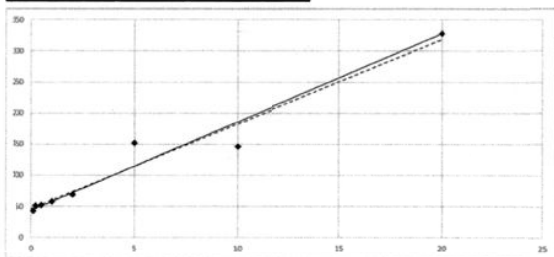
[S] (mM)	V ( $\mu$ mol/min)	1/[S]	1/V
0.05	0.00448	20	223.30
0.1	0.00752	10	133.02
0.2	0.01175	5	85.10
0.5	0.01728	2	57.86
1	0.02084	1	48.00
2	0.02391	0.5	41.82
5	0.0259	0.2	38.61
10	0.02605	0.1	38.39

4. 両方法による比較結果

8組のデータに対してSCW法と最小二乗法で算出した直線を比較した。両者から得られたそれぞれの直線について、直線と各データ点との距離を測り、その総和を出した結果、直線とデータの点との距離の総和の値が小さいものに関しては両者に顕著な差はみられなかったが(表2、データ1,2,3,6,7,8)、総和の値が大きいものでは、最小二乗法と比較し、SCWの方が実験データと直線との当てはまりが良い結果が得られた(表2、データ4,5)。グラフ1にデータ4から得られた結果を示す。実線がSCWで得られた直線、破線が最小二乗法で得られた直線である。

表2

実験データ	SCW	最小二乗法
1	1.902	1.362
2	2.402	2.41
3	0.846	0.348
4	6.258	7.182
5	3.383	3.309
6	0.69	0.391
7	1.019	1.031
8	0.689	0.391



グラフ1

\* 2016年度修士論文概要

<sup>1</sup> 静岡理科大学 大学院理工学研究科 システム工学専攻

次に、実験測定上での違った値など、性質の異なる値(外れ値)が入力された場合どのような変化が起きるのかを検討した。実験データと理論直線とのあてはまりが良い結果が得られているグループ3のデータに着目し、その一部をはずれ値に変えたデータで、両方法を用いて $K_m$ 値と $V_{max}$ 値を算出し比較した。その結果、 $x=1/[s]$ が5,10,20と離れている点での $y=1/v$ 値を外れ値にした際は、どちらかと言えば、最小二乗法の方が外れ値による影響が少ない傾向が見られたのに対して、 $x=1/[s]$ が0.1,0.2,0.5と密集している点での $y=1/v$ を外れ値にした際は、SCW法の方が外れ値による影響が少ない傾向が見られた。例として、 $1/[s]=20$ の $1/v$ を表3のような外れ値にした際の $K_m$ 値について表5とグラフ2に、また、 $1/[s]=0.1$ の $1/v$ を表4のような外れ値にした際の $K_m$ 値を表6とグラフ3に示す。

表3

1/[s]	20	10	5	2	0.5	0.2	0.1
1/v	370	133.02	85.1	57.86	41	41.82	38.61
	235	133.02	85.1	57.86	41	41.82	38.61
	270	133.02	85.1	57.86	41	41.02	38.61
	255	133.02	85.1	57.86	41	41.82	38.61
	240	133.02	85.1	57.86	41	41.82	38.61
	<b>223.3</b>	<b>133.02</b>	<b>85.1</b>	<b>57.86</b>	<b>41</b>	<b>41.82</b>	<b>38.61</b>
	210	133.02	85.1	57.86	41	41.82	38.61
	195	133.02	85.1	57.86	41	41.82	38.61
	180	133.02	85.1	57.86	41	41.82	38.61
	165	133.02	85.1	57.86	41	41.82	38.61
150	133.02	85.1	57.86	41	41.82	38.61	

表4

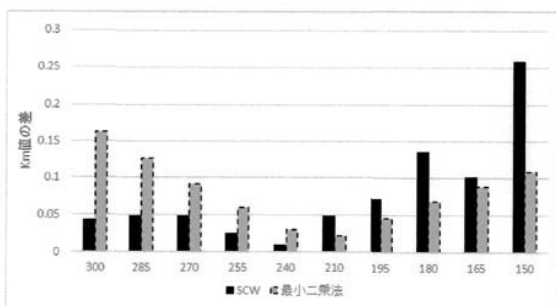
1/[s]	20	10	5	2	0.5	0.2	0.1
1/v	22.3	133.02	85.1	57.86	41	41.82	38.61
	22.3	133.02	85.1	57.86	41	41.82	38.61
	22.3	133.02	85.1	57.86	41	41.82	38.61
	22.3	133.02	85.1	57.86	41	41.82	38.61
	22.3	133.02	85.1	57.86	41	41.82	38.61
	<b>223.3</b>	<b>133.02</b>	<b>85.1</b>	<b>57.86</b>	<b>41</b>	<b>41.82</b>	<b>38.61</b>
	22.3	133.02	85.1	57.86	41	41.82	38.61
	22.3	133.02	85.1	57.86	41	41.82	38.61
	22.3	133.02	85.1	57.86	41	41.82	38.61
	22.3	133.02	85.1	57.86	41	41.82	38.61

表5

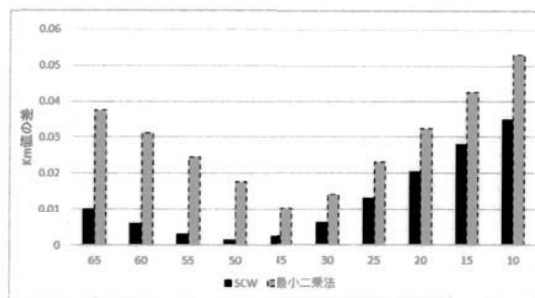
1/[v]	Kn	
	SCW	最小二乗法
300	0.043176	-0.162893
285	0.04845	-0.125614
270	0.04889	-0.091298
255	0.024821	-0.059604
240	0.009373	-0.030244
<b>223.3</b>	-	-
210	-0.04893	0.0224351
195	-0.07118	0.0461553
180	-0.13566	0.0683533
165	-0.10125	0.089171
150	-0.25829	0.1087332

表6

1/[v]	Km	
	SCW	最小二乗法
65	0.010136	0.0375417
60	0.006005	0.0311818
55	-0.00301	0.0245256
50	-0.00151	0.0175518
45	0.002455	0.0102371
<b>38.39</b>	-	-
30	-0.0062	-0.014022
25	-0.01311	-0.022984
20	-0.02039	-0.032446
15	-0.02801	-0.042449
10	-0.03481	-0.053043



グラフ2



グラフ3

また、外れ値を含めたデータから得られた直線に対して、外れ値を除いた元の実測値データ7点と直線との距離の総和についても比較したところ、同様の傾向が見られた。

### 5.まとめ

酵素反応の実験データについて、SCW法と最小二乗法により、ミカエリス定数の算出をした結果、直線とデータの点との距離の総和の値が小さいものに関しては両者に顕著な差はみられなかったが、総和の値が大きいものでは、最小二乗法と比較して、SCW法の方が実験データと直線との当てはまりが良いという結果が得られた。これにより、SCW法は、ミカエリス-メンテン式の $K_m$ 値、 $V_{max}$ 値の推定に有効であると考えられる。

また、データの一部を外れ値に変更したものに関して、両者の方法で算出した直線を比較した結果、データが密集していない点を外れ値にした際は最小二乗法の方が、密集している点を外れ値にした際はSCWの方が外れ値による影響が少ない傾向が見られた。

### 謝辞

本論文を作成するにあたり、指導教員の大相弘順先生ならびに、松田健先生(現:長崎県立大学・情報システム学部)に多大なご指導をいただきました。ここに感謝いたします。また、静岡理科大学・理工学部・物質生命科学科の「生命化学実験」から実験データを提供いただきました。物質生命科学科の斉藤明広先生および学生の皆様に感謝いたします。

### 文献

- 1) Jialei Wang et al. Exact Soft Confidence-Weighted Learning, International Conference on Machine Learning, pp.121-128, 2012.
- 2) 川口諒,大相弘順 “ミカエリス-メンテン式のパラメータ値推定の新たな方法、SCW外れ値に有効な機械学習法”, 第75回日本癌学会学術総会 P-3382 (2016)
- 3) 川口諒,松田健,大相弘順 “ミカエリス-メンテン式のパラメータ値推定における新たな方法[SCW法]が示す外れ値に対するロバスト性”, 第39回日本分子生物学会年会 1P-0901 (2016)

# 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 by using an abandoned bamboo

CAI YANBO †

## 1. 結論

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ている。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も現実である。これらの問題を解決するために、バイオマスの利用が注目されている。

一方、静岡県には竹の量が多すぎることから、竹を燃料として利用して、竹の直接燃料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に示すように本研究でのこの竹燃料を用いる温室暖房システムでは、ボイラーで竹を燃やして得られた熱エネルギーを利用して、昨年度の研究と異なるのは、温水の代わりに温風を生成させ、その温風を温室に流し込むことによって温室を加熱することである。水循環を使わないため、コスト的には温風による温室加熱システムの構築が簡単になると考えられる。

研究内容としては、第一段階として、まず、炭の混入による竹の熱分解性についてTG-DTA/MSの装置を利用して調査する。続いて、高温条件下で遭遇する竹の灰の溶融固化(クリンカ)の問題に関連して竹の灰成分分析実験を実施し、SEMによる竹と広葉樹の灰成分分析を考察する。また、温風を生成する竹ペレットボイラーを構築し、昨年度の研究成果を踏まえて、新しい温室モデルの伝熱損出量を見積もる。さらに、SolidWorksを用いて温風による温室加熱における熱エネルギー供給過程を解析するとともに、竹の消費量を求める。

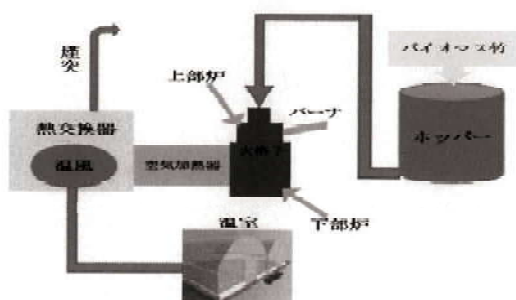


図1 竹燃料を用いる温室暖房システム

## 2. 竹の熱分解調査

### 2.1 TG-DTAによる熱分解性調査実験

本学に設置してあるTG-DTA/MS装置を用いて、昇温速度60°C/minで、異なる炭と竹の粉の混入比による混合物の熱重量測定への影響を調べる。この後、次に示す活性化エネルギーの計算式(1-3)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。

$$a = \frac{W_0 - W}{W_0 - W_\infty} = \frac{\Delta W}{\Delta W_\infty} \tag{1}$$

$$-\ln(1 - a) = \frac{K}{\psi} T \tag{2}$$

$$\ln K = -\frac{E}{RT} + \ln A \tag{3}$$

図2に炭の量の違いによるTGの変化を示す。380°Cのとき、100%竹は、急激に質量損失が生じた。対して、100%炭は、520°Cに達したとき、緩やかに質量損失が起こった。また、炭の質量パーセントが減少するにつれて、質量損失は徐々に大きくなるのが分かった。これは、炭が竹の熱分解性を抑制する効果があると考えられる。

図3に炭の質量と活性化エネルギーの関係を示す。100%竹の場合、活性化エネルギーが37.29kJ/molであるが、混入した炭の割合は40%になると、活性化エネルギーが38.27kJ/molとなり一番高い。しかし、炭の割合が40%を超

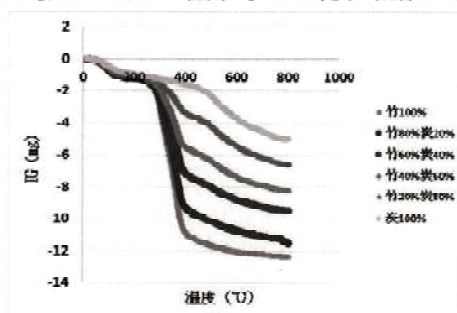


図2 炭の量の違いによるTGの変化

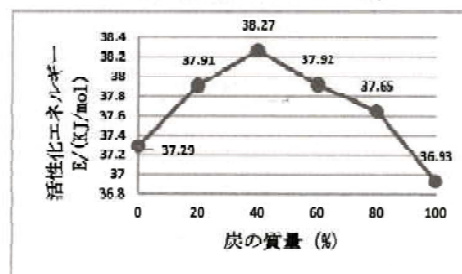


図3 炭の質量と活性化エネルギーの関係

\*2016年度修士論文概要

†静岡理科大学 大学院理工学研究科 システム工学専攻

えると、活性化エネルギーは下がりつつ、100%炭の時に、36.93 kJ/mol となり、熱分解効率が良いと考えられる。

## 2.2 バイオマス灰分の分析実験

バイオマスの灰はアルカリ金属、アルカリ土類金属の濃度が高いことが知られている。本実験では2種類のバイオマスについて灰組成を分析した。実験では、まず、竹と広葉樹のサンプルペレットを作る。続いて、電気炉(最高温度1150度)による灰化実験を実施する。最後に、SEMによる灰組成を分析する。

実験の結果、広葉樹に比べて、竹の灰分はきわめて少ないことが分かった。また、竹にはKが多く含まれていることも確認した。

## 3. 小型ペレットボイラーの提案と竹消費量の算出

### 3.1 小型ボイラーの模式図

図4は本研究で提案した煙管ボイラーの模式図である。

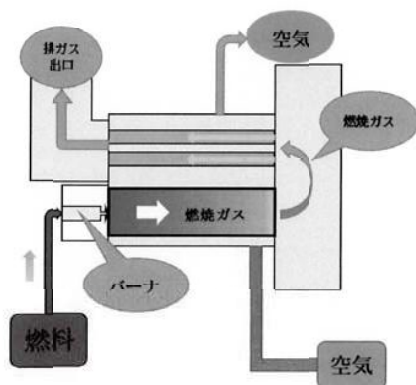


図4 煙管式ボイラー

本実験では、煙管式ボイラーの模式図の上部は熱交換器で、下部は燃焼炉である。燃料はスクリュー搬送装置で燃焼炉の中に入れ、燃料を燃焼する。燃焼炉の下に1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空気(温風)を温める。その後、その温風を温室に配置する配管に送られ、温室室内の温度を一定にする。

### 3.2 温室モデルの解析

本研究で考案する温室モデル(図5)は長さが10m、壁の厚さが0.001m、アーチが直径4mの半円、総体積が62.8m<sup>3</sup>

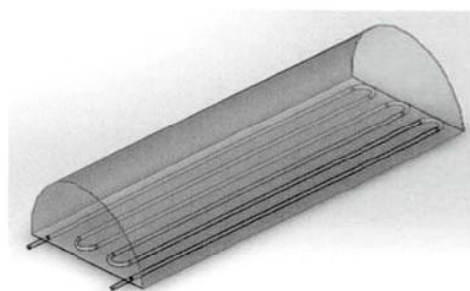


図5 温室モデル

であり、アーチ型をしている。また、温室内の空気を加熱する伝熱管は外径が0.1m、厚さが0.05m、内径が0.095mで、空気の入口体積流量を0.08m<sup>3</sup>/sに設定する。

ボイラーの効率を60%と設定し、SolidWorksを用いて温室内の温度変化を解析し、様々な入口空気温度、外気温度および太陽輻射量の条件下において、竹の燃料消費量を求めた。

図6に入口空気温度と竹の投入量の関係を示す。外気温度2℃、太陽輻射量500W/m<sup>2</sup>のとき時に、入口空気温度40、50、60℃の竹消費量は0.340kg、0.720kg、1.117kgであった。

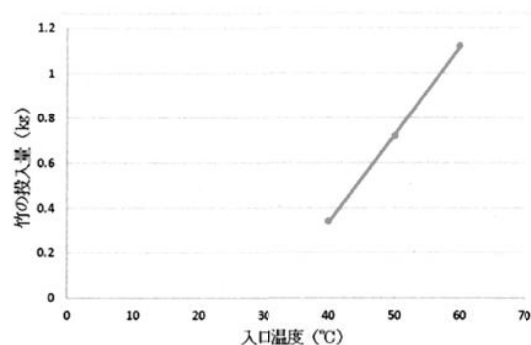


図6 入口空気温度と竹の投入量の関係

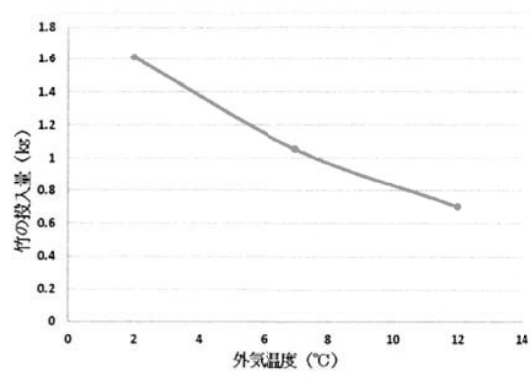


図7 外気温度と竹の投入量の関係

一方、図7に外気温度と竹の投入量の関係を示す。温室が25℃、太陽輻射量0W/m<sup>2</sup>の条件下、外気温度2℃、7℃、12℃の時、竹消費量は1.611kg、1.053kg、0.704kgであった。また、ボイラーの効率と竹の熱発量をもとに算出したボイラー容量が最大6.6kWとなった。

## 4. 結論

- (1) 竹の熱分解実験では、炭を混入すると、熱分解性が改善されてなかった;
- (2) 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;
- (3) 外気温度2℃、太陽輻射量0W/m<sup>2</sup>の時、最大熱発生量6.6kwのボイラーを設計する必要がある。

## 前後輪二輪駆動電動バイクの制御システムに関する研究\*

Study on the control system of the front and rear wheel drive electric bike

仙島 和成 †

Kazunari SENJIIMA

### 1. 研究目的<sup>1) 2)</sup>

現在インホイールモータを用いた電動バイクが、普及している。インホイールモータは、前輪にも取り付けることが容易であることから、後輪駆動だけでなく、前後輪二輪駆動の電動バイクが考えられる。前後輪二輪駆動の電動バイクは、悪路走破性に優れることから、災害支援などの用途に使用される可能性がある。二輪車は、後輪の滑りに対しては運転者による転倒抑制が可能であるが、前輪の滑りに対しては運転者による転倒の抑制はほぼ不可能である。特に、前輪のトラクション制御により、転倒の可能性を大きく低減させることができる。

本研究では、前後輪二輪駆動電動バイクのトラクション制御を行う。

### 2. 前後輪二輪駆動電動バイクの構成

前後輪二輪駆動電動バイクは、HONDAのZ50J(モンキー)のカスタム用フレームでモノサスペンション、ロングスイングアームのアルミフレームを使用する。(図1, 図2)



Fig.1 In-wheel motor

Fig.2 Structure

モータは、定格出力 500W のインホイールモータを前後二つ使用する。バッテリーは、58V リチウムイオンバッテリー二つを並列で使用した。さらに保安部品用に別途 12V のリチウムイオンバッテリーも使用する。ブレーキは、フロントを油圧式ディスクにし、リアは機械式リーディングトレーリングドラムブレーキを使用している。また、ブレーキスイッチとリレーを設け、ブレーキ作動時にモータへ流れる電流をカットし、さらにブレーキランプも点灯する構成とした。アクセルは、スロットルワイヤに回転式可変抵抗を取り付け、スピードをコントロールしている。

### 3. トラクション制御システム

前後輪二輪駆動電動バイクが発進・加速を行う際に、車輪へと伝わる駆動力は、路面の摩擦係数の関係から車輪の空転(滑り)を引き起こす場合がある。これにより、二輪駆動電動バイクの車体のふらつきが発生し、操縦安定性に大きく影響を及ぼす場合がある。この状態を抑制するためには、操縦者がブレーキやスロットルで調整する必要があった。トラクション制御システムは、車両速度と車輪の回転速度等から、車輪の空転を検知し、エンジンからの出力を低下させ、調節することによって滑りを抑制するシステムである。これにより、凍結した路面など摩擦係数が低下している路面において、操縦者の能力とは別に、車両の操縦安定性が高まることになる。これらのことから、トラクション制御システムは、二輪車のアクティブセーフティを実現する機能の一つである。

#### 3.1 システム構成

今回構築した制御システムの構成は、車輪の空転をセンサが検知すると、その信号が ECU である H8 コンピュータに入力され、モータドライバへと送られる。モータドライバへと送られた信号は、アナログ電気信号へ変換され、インホイールモータへ送られ、出力を低下させる。これにより、車輪の空転が抑制される。その後、タイヤの空転が抑制されると、同じようなサイクルを繰り返し、インホイールモータへと電気信号が送られ、出力が回復する。(図3)

トラクション制御を行うに当たり、車体に加速度センサを取り付け、車体の速度を検知する。前後輪に、ロータリエンコーダを取り付け、車輪の速度を検知する。車体と車輪の速度を比較することによって、滑りを判断する。ロータリエンコーダは、一回転あたり 2500 のパルスを出力する。

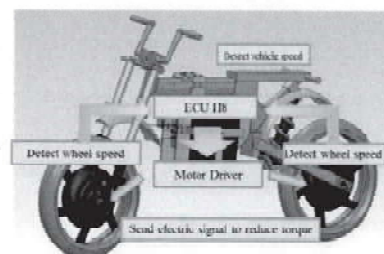


Fig.3 Traction control system

\* 2016年度修士論文概要

† 静岡理科大学 大学院理工学研究科 システム工学専攻



### 3.2 制御の流れ

車輪に取り付けたロータリエンコーダより、前後輪二輪駆動電動バイクの車輪の回転速度を読み取る。車体に取り付けた加速度センサより、車体の速度を読みとる。読み取ったデータを組み込み型コンピュータマイコン(H8)に入力し、滑りを検知したらトルク（電流）を下げる命令をドライバに送り、空転を回避する制御を行う。（図4）

プログラムの流れを、フローチャートで示す。（図5）

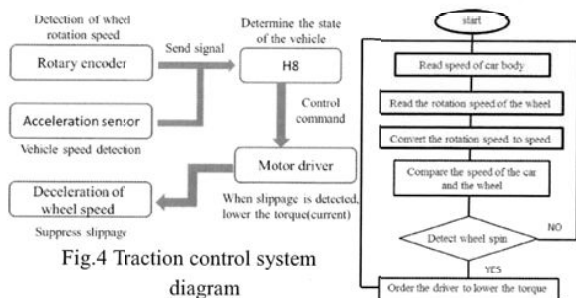


Fig.4 Traction control system diagram

Fig.5 Flow chart

### 3.3 トラクション制御実験方法

実験の構成図を図6に示す。今回の実験では、車体を固定し、後輪のみの実験を行う。車体の速度を 0, 5, 10, 20[km/h]と仮定して実験を行う。車体の速度よりも車輪の速度が速い場合は滑りが発生したと判断し、アクセルに流れる電流を止め、車体と車輪の速度が等しくなったら、電流を増加するという制御を行う。アクセルは、車体の設定速度以上となるように回し続ける。F/V コンバータで電圧に変換したロータリエンコーダのパルス数と、スロットル開度の波形を測定し、トラクション制御が機能しているかを検証実験する。

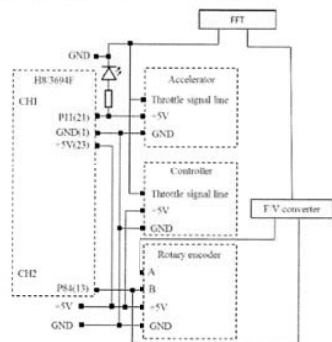


Fig.6 Experimental diagram

### 3.4 実験結果

車体の速度を10[km/h]としたときの実験結果を図7に示す。車輪の速度が10[km/h]になると、アクセルに電流が流れる結果となっており、プログラム通りに、トラクション制御が行われている。

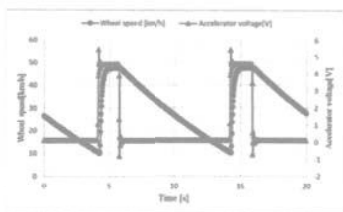


Fig.7 Experimental result

### 4. 制御系解析モデル

MATLAB/Simulink を使用して、前後輪二輪駆動電動バイクの制御系モデルを作成する。モデルでは、車体に作用するトルクと地面との摩擦力を比較し、滑りを表現している。摩擦係数は max:0.1, min:0.001 と仮定した関数を用いる、

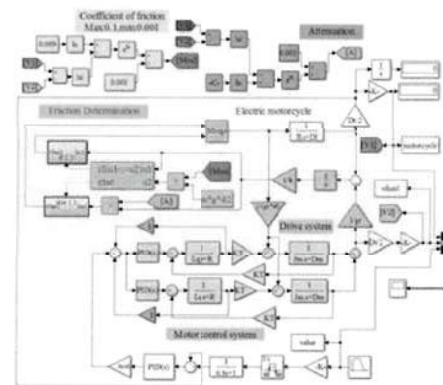


Fig.8 Simulation model

### 5. 制御系解析

滑りを発生させるために、目標値を 1 秒間で 60[km/h]まで加速し、10 秒間で 60[km/h]減速する設定とし、解析を行う。1 秒間で 60[km/h]加速すると、滑りが発生し、10 秒間で 60[km/h]減速すると、滑りは発生しない。定常偏差を減らすために PI 係数を調節していく。K<sub>p</sub>=38, K<sub>i</sub>=18 とした時を図9に示す。解析結果から、滑りが発生しても、トラクション制御が行われ、目標値に速度が近づいていることが読み取れる。

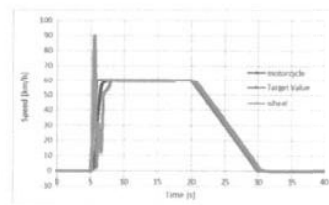


Fig.9 K<sub>p</sub>=38, K<sub>i</sub>=18

### 6. まとめ

- ・トラクション制御プログラムが完成した。
- ・シミュレーションにより、制御性能を確認した。

### 7. 今後の課題

- ・前後輪トラクション協調制御を行う。
- ・シミュレーションモデルの精度向上（摩擦係数、滑り時のトルクの減少率等）を行う。

### 8. 文献

- 1) 寺岡, 二輪駆動バイク前後輪制御に関する研究, 日本機械学会東海支部学生員卒業発表講演会, 2015/03/12
- 2) 保崎, 前後輪二輪駆動電動バイクの制御に関する研究, 日本機械学会東海支部学生員卒業発表講演会, 2016/3/16.

## 次亜塩素酸ナトリウムを用いる求電子的ハロゲン化反応\*

Electrophilic Halogenation Using Sodium Hypochlorite

秋山 智美 †

Tomomi AKIYAMA

### 1. はじめに

有機化合物のハロゲン置換体は、医薬品や新素材物質合成の中間体として多く見られる構造である。そのため、求電子的ハロゲン化反応は有機合成化学上、重要な反応である。しかし従来のハロゲン化の方法は、有毒・危険性がある、廃棄物が大量に生成、試薬が高価などの問題点が多くあった。一方、筆者の研究室では、次亜塩素酸ナトリウム (NaOCl) を用いる酸化反応が多く開発されていた。NaOCl は、酸化剤とした場合の廃棄物が NaCl であるため環境にやさしい反応ができ、爆発性もなく、安価である。そこで筆者は、NaOCl を活用した求電子的ハロゲン化反応の開発に着手した。

### 2. 求電子的ハロゲン化

NaOCl は塩素陽イオン等価体 ("Cl<sup>+</sup>") であるため求電子的塩素化が起こることが期待できる。しかし、NaOCl は低濃度の水溶液としてしか用いることができず、さらに不安定であるせいか、有機化合物の塩素化剤に用いられる例はほとんどなかった。また、Br<sup>+</sup>やI<sup>+</sup>をNaOClによって酸化すれば、臭素陽イオン等価体 ("Br<sup>+</sup>") やヨウ素陽イオン等価体 ("I<sup>+</sup>") となると考えられる。"Br<sup>+</sup>"も "I<sup>+</sup>"も、Br<sub>2</sub>やI<sub>2</sub>よりも求電子反応の活性が高いと予想される。また、NaBrやNaOClは、Br<sub>2</sub>よりも取り扱いが容易であるという利点がある。ところが、このようにして "Br<sup>+</sup>"や "I<sup>+</sup>"を生成させ、求電子的臭素化やヨウ素化を行った例はほとんどなかった。

近年 NaOCl · 5H<sub>2</sub>O の工業的合成法が確立され、NaOCl · 5H<sub>2</sub>O は市販されるようになった<sup>3)</sup>。この NaOCl · 5H<sub>2</sub>O は、結晶であるため正確に秤量でき、有効塩素濃度が41%と高く、低温保存しても長期間安定という利点がある。

当研究室では、NaOCl · 5H<sub>2</sub>O を用いて、求電子的にスルホニルクロライドを生成することを報告している<sup>1)</sup>。また、NaOCl · 5H<sub>2</sub>O と NaBr から、次亜臭素酸イオンが生成し、この次亜臭素酸イオンを用いることによって、求電子的にスルホニルブロマイドが合成できることも報告している<sup>2)</sup>。

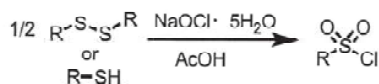


図1 スルホニルクロライドの合成

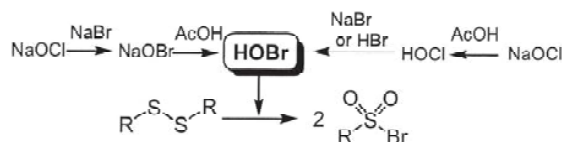


図2 スルホニルブロマイドの合成

今回筆者は、Br<sup>+</sup>やI<sup>+</sup>がNaOClにより酸化されてきたBr<sup>+</sup>やI<sup>+</sup>や、NaOCl由来のCl<sup>+</sup>を用いて、各種有機化合物の臭素化・ヨウ素化・塩素化を行うことにした。

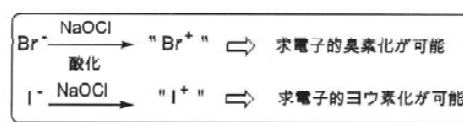


図3 求電子的ハロゲン化

### 3. 芳香族化合物のハロゲン化反応

室温下 AcOH 中で NaOCl · 5H<sub>2</sub>O と NaBr を用いて、各種の芳香族化合物と反応させると、芳香環の臭素化に成功した。

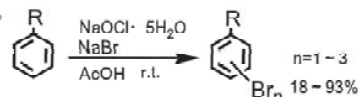


図4 AcOH 溶媒中での芳香族化合物の臭素化

AcOH 以外の溶媒も検討した結果、室温下 1, 2-ジクロロエタン-水混合溶媒中、NaBr と H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、NaOCl · 5H<sub>2</sub>O をよく攪拌したところに、アニソールを加えると芳香環の臭素化が行えることがわかった。

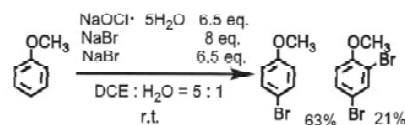


図5 有機溶媒中での芳香族化合物の臭素化

また、トルエンを対して、同様の条件で反応を行ったところ、芳香環の臭素化ではなく、興味深いことに、ベンジル位の臭素化が起こり、ジブロモメチルベンゼンが得られた。

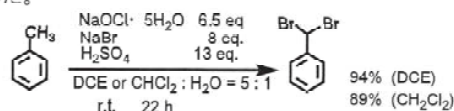


図6 トルエンのベンジル位の臭素化

\* 2016年度修士論文概要

† 静岡理科大学 大学院理工学研究科 材料科学専攻

本反応は  $\text{Br}^-$  の酸化によって " $\text{Br}^+$ " ではなく、臭素ラジカル ( $\text{Br}\cdot$ ) が生成したために進行したと考えている。室温下  $\text{AcOH}$  中で  $\text{NaOCl}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$  と  $\text{NaI}$  を十分に反応させてから、芳香族化合物を加えると、芳香環のヨウ素化が進行することを見出した。

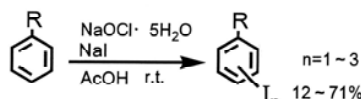


図7 AcOH 溶媒中での芳香族化合物のヨウ素化

臭素化反応と同様に、AcOH 溶媒を用いない方法の検討も行った。有機溶媒—水中で  $\text{NaOCl}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$  と同当量の AcOH を用いたが、臭素化の場合とは異なり、反応は進行しなかった。しかし、 $\text{H}_2\text{SO}_4$  のような強い酸を用いて反応を行うと、芳香環のヨウ素化が進行することが分かった。

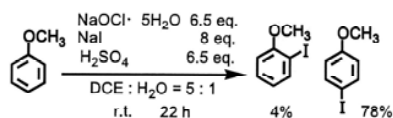


図8 有機溶媒中での芳香族化合物のヨウ素化

また、トルエンを対して、同様の条件で室温下 1,2-ジクロロエタン—水混合溶媒中、 $\text{H}_2\text{SO}_4$  と  $\text{NaOCl}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NaBr}$  を用いて反応を行ったところ、芳香環のヨウ素化体が得られた。

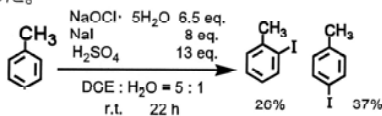


図9 トルエンの芳香環のヨウ素化

AcOH 中で  $\text{NaOCl}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$  だけを芳香族化合物と反応させたところ、芳香環の塩素化が進行した。

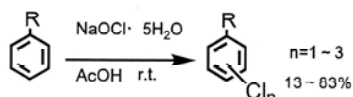


図10 AcOH 溶媒中での芳香族化合物のヨウ素化

臭素化・ヨウ素反応と同様に、有機溶媒—水の混合溶媒中で、 $\text{NaOCl}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$  をそれぞれ同当量用いて反応を行ってみた。強酸を用いることで塩素化を高収率で得られた。

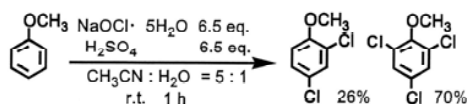


図11 有機溶媒中での芳香族化合物の塩素化

#### 4. アルケンの臭素化反応

アルケンとして、シクロヘキセンとシス-スチルベンをそれぞれ用いた。無溶媒条件で、アルケン類と、 $\text{KBr}$ 、塩酸水溶液をよく攪拌しているところに、 $\text{NaOCl}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$  から調整した 10% $\text{NaOCl}$  水溶液を一滴ずつ滴下した。シクロヘキセンを室温で 22 時間反応させたところ、トランスのプロモヒドリン体が収率 52% で、トランスのジプロモ

体が収率 22% で得られた。シス-スチルベンも同様の条件で 28 時間反応させたところ、こちらはジプロモ体のみを 88% で得ることができた。

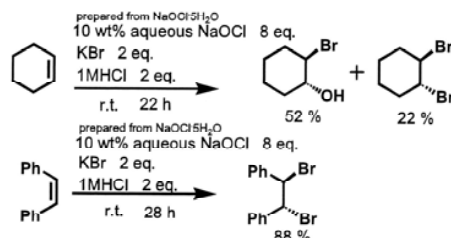


図12 アルケンの臭素化

#### 5. ハロラクトン化反応

含水酢酸エチル中で  $\text{NaOCl}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NaBr}$ 、 $\text{AcOH}$  を加えて十分攪拌してから、酢酸エチルに溶解した 2-メチル 4-ペンテノン酸を加え、70 度に加温したところ、シス:トランスの選択性はよくなかったが、プロモラクトン体が収率 78% で得られた。

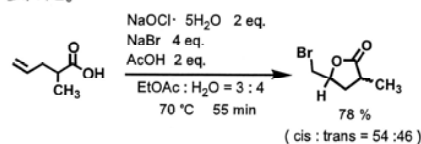


図13 プロモラクトン化

また  $\text{NaBr}$  の代わりに  $\text{NaI}$  を用いて、2-メチル 4-ペンテノン酸と反応させたところ、収率よくヨードラクトン体を得られた。そして、 $\text{NaBr}$  を用いずに本反応をおこなったところ、この場合も、低収率ながらクロラクトン体が生成した。

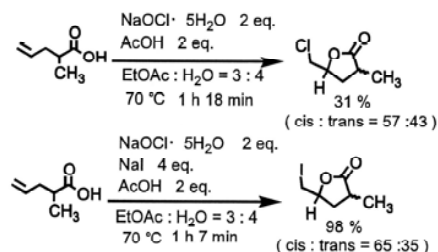


図14 クロラクトン化・ヨードラクトン化

#### 6. まとめ

$\text{NaOCl}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$  と " $\text{Br}^+$ " や " $\text{I}^+$ " との反応を用いて、芳香族化合物の臭素化、ヨウ素化、塩素化、アルケンの臭素化、プロモラクトン化、クロラクトン化、ヨードラクトン化に成功した。

#### 文献

- 1) M. Kirihaara et al., *Chem. Lett.* 2015, 44, 185.
- 2) 木下由香里 静岡理工科大学大学院 材料科学専攻 2015 年度 修士論文
- 3) 浅輪智丈ら、次亜塩素酸ソーダ 5 水和物の製造法 特許 4211130 (2008)

# 人工乾燥が木材に与える影響\*

The effect of artificial drying on lumber

鈴木 達也 †

Tatsuya SUZUKI

## 1. はじめに

木材の乾燥には、木材を自然の風でゆっくりと含水率を下げていく天然乾燥と、乾燥機に木材を投入し加熱することで強制的に含水率を下げる人工乾燥がある。現在の木材乾燥は短時間で乾燥を行える人工乾燥が主流であるが、人工乾燥材に比べて天然乾燥材の方が色・艶・香りが良く品質が良いとされている。人工乾燥材の品質の低下の要因の1つとして、人工乾燥時の乾燥温度が考えられる。

本研究では乾燥温度 40℃、80～180℃ (10℃刻み) の条件で 10cm<sup>3</sup> のスギ・葉枯らし材(天竜 T.S.ドライシステム協同組合提供)を電気炉および恒温恒湿器(光産業創成大学院大学)を用いて人工乾燥を行い、人工乾燥が木材に与える影響を調査した。

## 2. 実験

### ① 木材の人工乾燥

木材乾燥は文献<sup>1)</sup>の乾燥温度スケジュールを参考に、電気炉を用いて温度 80～180℃ (10℃刻み) に温度を設定し、115 時間の乾燥を行った。また、恒温恒湿器で温度 40℃ に設定し、116 時間の乾燥を行った。

評価として乾燥前後の含水率・重量変化を測定した。

### ② 割れ評価

木材の木口面をスキャナーで取込み画像化し、画像処理ソフトウェア (ImageJ) を用いて割れを抽出した。抽出した割れから割れの総面積と木口面あたりの割れの割合を求めた。

### ③ 吸湿量測定

天然乾燥材及び 40℃、80～170℃ 乾燥材から試験片をそれぞれ 2 片ずつ取り出した。器内湿度 RH90% にしたデシケータ中に試料片を入れ、室温で 30 日間保存した。保存前後の重量及び全乾燥重量から全乾燥含水率を求めた。

### ④ 強度測定

天然乾燥材及び 80、90、120、130、160、170℃ 乾燥材から試験片をそれぞれ 3 片ずつ取り出し、曲げ試験及びせん断試験を行った。それぞれの試験から試験力 (N) とストローク (mm) を測定し、これらの値から曲げ強度及びせん断強度を求めた。

## 3. 結果・考察

### ① 木材の人工乾燥

人工乾燥温度が高いほど材色が暗色化し、より収縮した (図 1)。暗色化はフェノール成分の酸化や水分の揮発による着色成分の集積と考えられ、収縮は木材細胞の結合水が揮発する期間が長くなったためであると考えられる。

木材は含水分布がそれぞれ異なるため人工乾燥前の含水率・重量にばらつきがある。乾燥後の含水率はほぼ均一となった (図 2)。乾燥後の重量は、180℃ 乾燥材以外はほぼ均一となった (図 3)。180℃ 乾燥材は一部が炭化と見られる状態となっており、加熱により水分と共に木材成分も揮発したと考えられる。

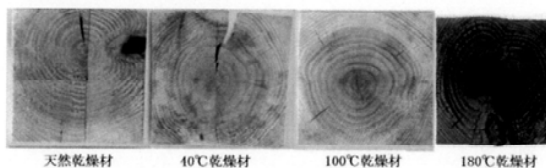


図 1 天然乾燥材と人工乾燥材の木口面

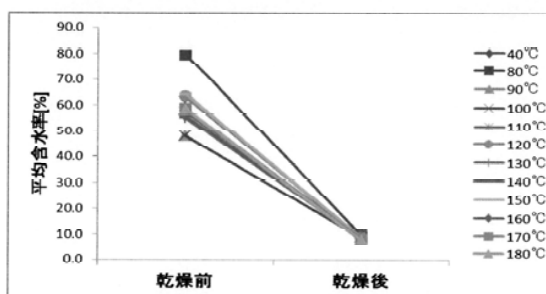


図 2 人工乾燥前後の柁目の平均含水率

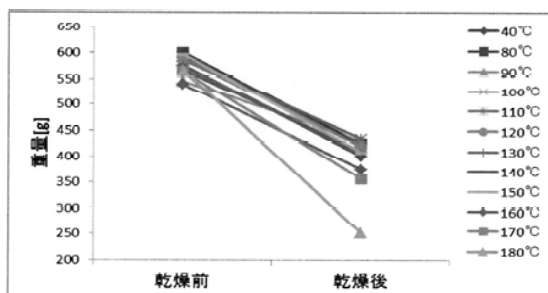


図 3 人工乾燥前後の木材重量

\* 2016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

### ① 割れ評価

全ての乾燥温度で割れが生じた。乾燥温度が高くなるほど表面及び内部の割れの数が増加した。40℃、80℃は楕日に大きな割れが生じ、細かな割れは少なかった。表面割れは乾燥温度が高くなるほど数が増加するが、割れはあまり拡大していない。内部割れは乾燥温度が高くなるほど拡大・増加し、表面割れよりも割れの面積は大きくなった。

180℃乾燥では内部割れが非常に大きくなり、木口面積の1割が割れとなった。

低温乾燥は木材表面層がゆっくり乾燥するため表面層の収縮にばらつきが生じ、最も弱い部分が割れたと考えられる。高温乾燥は表面層と内層の乾燥時期に差が短いため表面割れが生じにくい。乾燥により内層の細胞が落ち込むため収縮が大きくなり、内部割れが生じたと考えられる。

### ② 吸湿量測定

乾燥温度が高くなるほど吸湿性が低下した(図4)。天然乾燥材は吸湿性が最も高く、30日目の全乾燥含水率も人工乾燥木材よりも高くなった。

吸湿量の低下は加熱乾燥による木材のセルロースが結晶化し、分子間の水分を保持できる空間がなくなるからであると考えられる。

木材は水分を吸着・放出すると膨潤・収縮する。その為、人工乾燥の吸湿性の低下は木材の寸法安定性の向上と考えることができる。

### ③ 強度測定

乾燥温度が高くなるほど曲げ強度、せん断面強度は低下する傾向が見られた(図5、6)。80～130℃乾燥材の平均曲げ強度は同程度であったが、160℃、170℃乾燥材は曲げ強度は極端に低下した。80℃乾燥材は天然乾燥材よりもせん断面強度が向上し、乾燥温度80℃以降は乾燥温度が高くなるほどせん断面強度が低下する傾向が見られた。

160℃、170℃乾燥材は年輪と放射組織(年輪間の組織)の境で破断することが多く、乾燥温度が高い試験片は年輪間隔が狭いとせん断面強度が低下する傾向が見られた。天然乾燥材、80～130℃乾燥材は放射組織が破断することが多く、乾燥による割れや細胞の落ち込み、組織の座屈などが原因となっていると考えられる。

80℃乾燥材のせん断面強度が高くなったのは、セルロースの結晶化と含水率の低下により放射組織の細胞構造が強固になったためと考えられる。

## 4. 結論

人工乾燥材は乾燥温度が高くなるほど材色の悪化、収縮、割れ、強度の低下など、木材の品質の低下が見られた。しかし、寸法安定性の向上やせん断面強度の向上など長所とみることができる部分がある。天然乾燥材は人工乾燥材と比較して強度が高く、吸湿性が高いという長所が見られた。

木材の用途は多岐にわたり、人工乾燥材、天然乾燥材の長所を生かせる場所に利用すべきである。天然乾燥材は

壁材や押入れなど吸湿が期待される場所に利用し、人工乾燥材は箆笥などの家具や柱材など寸法安定性が求められる場所に利用するのが望ましいと考える。

### 謝辞

木材の提供及び助言をして下さいました榊原商店 榊原正三様と榊原康久様及び榊原商店、天童 T. S. ドライシステム協同組合の皆様にご挨拶を申し上げます。

共同研究にて御指導、助言を頂きました光産業創成大学院大学の藤田和久教授、酒井浩一様に御挨拶を申し上げます。

### 文献

- 1) 栗崎宏、塚本英子、水本克夫：高温乾燥したスギ心材のオオウズラタケに対する耐朽性、木材保存 27-2 (2001)
- 2) 今村博之、安江保民、岡本一、横田徳朗、後藤輝男、善本知孝：木材利用の科学、共立出版(1983)
- 3) 寺沢眞：木材乾燥のすべて[改訂増補版]、青海社(2004)

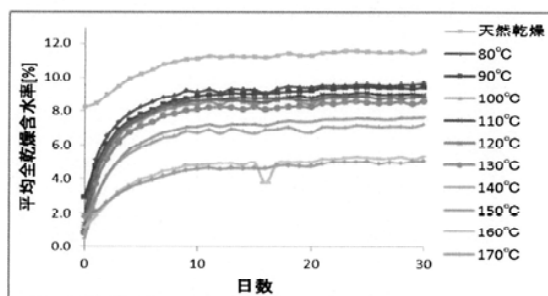


図4 吸湿による各乾燥木材の全乾燥含水率変化

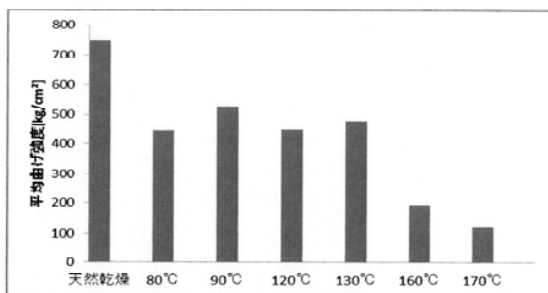


図5 天然乾燥材と人工乾燥材の平均曲げ強度

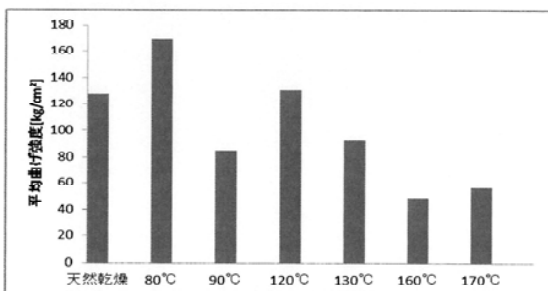


図6 天然乾燥材と人工乾燥材の平均せん断面強度

## 顕微メスバウア分光装置を用いた鉄鋼材料の組織観察\*

Observations of Iron and Steel Microstructures by Mössbauer Spectroscopic Microscope

藤田 浩享†

Hiroataka FUJITA

### 1. はじめに

自動車用の鋼板は軟らかく、且つ強度が高いものが求められる。この相反する特性は、鋼中の炭素量の制御と生成相（オーステナイト相、マルテンサイト相、セメンタイト相等）の組織制御によって行われる。近年、特に、低炭素領域の鉄鋼材料が注目されており、メスバウア分光による研究も報告されている<sup>1)</sup>。しかしながら、鉄中の炭素の拡散は非常に速く、室温でも1時間で10nmも移動してしまう。このため材料中の炭素分布や拡散を観測による攪乱を系に与えずに“見る”ことは容易ではない。本研究では、まず、高温焼入れした鉄鋼材料の焼鈍温度を変化させ、透過メスバウア・スペクトルを室温で測定した。次に、各スペクトルの差分を解析して、異なるスペクトル成分変化から出現相を詳細に解析した。さらに、数ミクロンの識別能を有する「メスバウア顕微鏡 (MSM)」を用いて、スペクトル成分毎にマッピング測定を行い、微細組織を観察した。これにより、マルテンサイト相や残留オーステナイト相及びセメンタイト相、さらに相境界近傍の炭素の状態や拡散挙動を原子スケールで解明することを目指した。

### 2. 実験

新日鐵住金(株)から提供された、中炭素鋼 MC10(組成: Fe-2.7C-1.0Mn at%)を5枚測定に使用した。試料は焼き入れままと、100、200、400、700℃で20分間焼き戻し後、空冷したものを用いた。この熱処理は図1に示す。この5種類の試料を室温、大気下でメスバウア分光装置を用いて各成分のマッピング測定を行った。このときの測定使用したγ線レンズの集光スポットサイズは100μmであった。

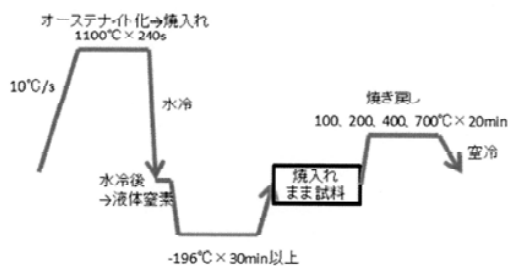


図1 試料の熱処理条件

### 3. 結果・考察

図2に焼鈍温度毎のメスバウア・スペクトルを示す。(a)は強磁性の6本の吸収ピーク(緑)で、内部磁場が33Tであることからフェライトからのピークだとわかる。また、(b)は中央に常磁性の吸収ピーク(赤)は、残留オーステナイトのピークである。さらに200℃以下の焼き戻しサンプルでは、6本の吸収ピーク(c),(d),(e)という成分も存在する。(c)の強度は焼き戻しを行っても大きな変化がなかった。さらに、Mn濃度から予想される成分比がスペクトル成分の面積比と一致したため、この成分はMnの影響を受けた鉄成分だと考えられる。(d)は内部磁場26.5Tであり、400℃、700℃焼き戻して成分が消えてしまったことから、Oサイトに存在する第1近接の炭素の影響を受けた鉄成分<sup>2)</sup>であることが考えられる。(e)は内部磁場34Tで、同様に400℃、700℃の焼き戻しのときには消えていることから、Oサイトに存在する第2近接の炭素の影響を受けた鉄の成分<sup>2)</sup>だと考えられる。400℃、700℃の焼き戻しの後には20Tの成分(f)と10Tの成分(g)が出現する。これは構造の異なる2つのセメンタイト(Fe<sub>3</sub>C)<sup>2)</sup>と考えられる。

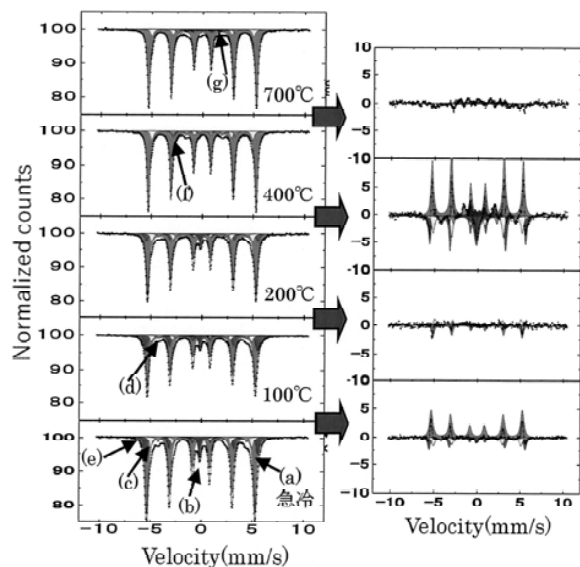


図2 熱処理温度毎のメスバウア・スペクトル(左)

図3 差分スペクトル(右)

\*2016年度修士論文発表概要

†静岡理科大学 大学院理工学研究科 材料科学専攻

次にこれらの成分がどのように変化するかをそれぞれの焼鈍後のスペクトルから差分を取ることによって、より詳しく検討した。差分スペクトルを図3に示す。100°C焼き戻しの差分では、主にオーステナイトとOサイト炭素の第2近接、さらにMnの成分が減少し、フェライト成分が現れている。これはオーステナイトが準安定であり、焼き戻しを行うことで安定なフェライトに変化するためである。また、Oサイトの炭素は、焼入れによって過飽和に固溶している状態である。これが100°Cの焼き戻しによって、炭素が熱拡散し、炭素同士が出会うことで炭化物クラスターが出現する。そして、それによってOサイトの炭素が減少するためだと考えられる。

次に200°C焼き戻しは、差分の値が非常に小さく、この熱処理過程では成分の大きい変化はないことが判った。

400°Cの焼き戻し後は、他の差分とは異なり、成分が大きく変化していることが確認できる。オーステナイトとOサイト炭素の第1近接、第2近接、さらにMnの成分が減少し、フェライトとセメンタイト並びに炭化物の成分が現れている。これはOサイトの炭素がフェライトから排出され、集まり、セメンタイトに変化していることを示している。それに加えて、残留オーステナイトがより安定なフェライトに変化していることも確認できた。

700°Cの焼き戻しは、差分の値が非常に小さいことから、この熱処理では成分の大きい変化はなく、セメンタイト成長が起こっていることがわかった。この結果が低炭素鋼でも同様に現れるかが炭素の動きを探るうえで重要になると考えられる。

最後に、鉄の各成分に共鳴条件を合わせて、顕微メスバウアマッピング測定を行った。図4はMC10の急冷試料で(A)フェライトとオーステナイト、(B)Oサイト炭素の第1、第2近接鉄成分の内部転換電子マッピング像の重ね合わせを行った結果である。ここでは、各成分の共鳴条件に合わせたマッピングデータから、非共鳴条件のマッピングデータを差し引き、メスバウア効果起因の電子のみを色付けしている。さらに、色はメスバウア・スペクトルの各成分の配色と同じにした。マッピング像は、フェライトが分布している箇所にオーステナイトが分布しており、Oサイト炭素の第1近接の影響を受けた鉄成分と第2近接の影響を受けた鉄成分も同様の箇所に分布していることが見て取れる。また、(A)と(B)を比較すると(B)がほぼ同じ位置で重なっているのに対して、(A)の重なり合いは比較的小さく見える。この結果から、フェライトとオーステナイトが同じ箇所に分布している理由は定かではないが、Oサイト炭素の第1近接、第2近接鉄成分が同一の箇所に分布していることから、(d)と(e)のピークの解釈がOサイト炭素の第1、第2近接の影響を受けた鉄成分であること示している。

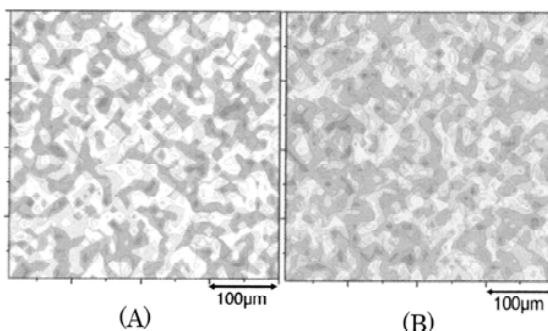


図4 内部転換電子マッピング像((A)・(B)急冷試料) : (A) フェライト(緑)とオーステナイト(赤), (B)Oサイト炭素の第1近接鉄(水色), 第2近接鉄(濃緑)

#### まとめ

メスバウア・スペクトルから鉄プローブの周りの局所環境が異なる7種類のサイトを示す成分が確認できた。また、熱処理温度毎の差分スペクトルから炭素の挙動を考察することができた。このことから、炭素濃度の異なる試料を複数枚測定することで、炭素の挙動を詳細に探ることが可能となるだろう。さらにメスバウアマッピングでは、それぞれの鉄成分の分布が得られ、フェライトとオーステナイトの重ね合わせを行った像では比較的小さな重なりであるのに対して、Oサイト炭素の第1、第2近接鉄成分の重ね合わせを行った像ではほぼ同一の重なりが見られた。この結果から、ぼんやりとした像ではあるが、鉄の成分毎の分布と対応関係を見ることができた。今後、集光スポットサイズの小さいレンズが得られれば、より詳細にそれぞれの成分の分布が得られると期待される。

#### 謝辞

多岐にわたり暖かいご指導下さいました指導教員である本大学 理工学部物質生命科学科 吉田豊教授並びに客員教授 久保絃氏に深く感謝します。実験装置開発のご指導していただきました、静岡理科大学・機器センター・早川一生氏、工作センター・行平憲一氏に心からお礼申し上げます。試料を提供して下さった、新日鐵住金(株) 丸山直紀氏並びに大阪大学大学院工学研究科(新日鐵住金共研講座) 杉山昌章特任教授に深く感謝いたします。

#### 文献

- 1) D.T. Pierce, D.R. Coughlin, D.L. Williamson, K.D. Clarke, A.J. Clarke, J.G. Speer and E. De Moor, *Acta Materialia*, **90**(2015) 417-430.
- 2) メスバウア分光入門 - その原理と応用 藤田英一編著.

## 含フッ素シクロプロパン化合物の合成・反応の研究とその応用\*

Synthesis and Reaction of Fluorinated Cyclopropanes and Their Applications

村松 由香利 †

Yukari MURAMATSU

## 1. はじめに

フッ素は全元素の中で最も電気陰性度が高く、水素に次いで原子半径が小さい。また炭素と非常に強固な結合をつくる。このような特徴から、生理活性物質にフッ素原子を導入することで、生理活性が増強することが多いことが知られている。一方、シクロプロパン骨格を有する化合物は、大きな歪みを持つ形状から生物活性を持つものが多くあり、医薬品などに含まれている。そのため、これら二つを有するフルオロシクロプロパン骨格は非常に興味深く、有用であるといえる。

## 2. シクロプロパン環を有する含フッ素生物活性物質誘導体合成研究

## 2-1 ジフルオロトラニルシプロミン誘導体の合成

トラニルシプロミン(1)はMAO阻害薬の一種で抗うつ薬として用いられている。薬理活性物質にフッ素原子を導入することで、薬理活性が向上することが多いことから、当研究室では、トラニルシプロミンにフッ素を導入したジフルオロトラニルシプロミン(2)の合成方法が開発され、その塩酸塩の合成を達成している<sup>1)</sup>。

そこで、ジフルオロトラニルシプロミンの炭素鎖を1つ増やしたジフルオロトラニルシプロミン誘導体である *trans*-(2,2-difluoro-3-phenylcyclopropyl)methylamine(6)でも生物活性が見られるのではないかと考え、この研究を開始した。

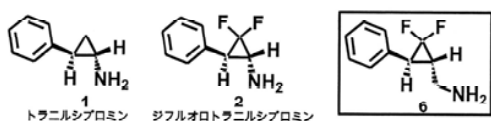


図1. トラニルシプロミン類の構造

ジフルオロシクロプロピルメタノール(3)を、メシルクロライドと反応させることでメシラート(4)を合成し、次にこれをアジ化ナトリウムと反応させ、アジド体(5)を得た。そしてこのアジド体に対して接触水素化を行うことで、目的の化合物である *trans*-(2,2-difluoro-3-phenylcyclopropyl)methylamine(6)のラセミ体を得ること

に成功した。しかし、この化合物は非常に不安定であったため、合成後ただちにアセチル化を行った。得られたアセチル体(7)を安定な化合物として単離することに成功した。

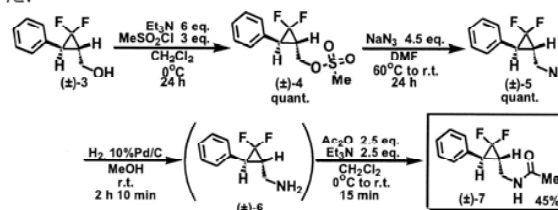


図2. 合成ルート

また、出発物質(3)に光学活性体を用いて同様の反応を行い、メシラート体(4)、アジド体(5)、アセチル体(7)の両エナンチオマーを合成することに成功した。

得られた各種化合物のマウスの脳に対する薬理活性を調べることも計画した。この場合は、調べたい化合物の濃度が分かっている水溶液を調製する必要があるため、合成したメシラート体(4)、アジド体(5)、アセチル体(7)の水に対する溶解性と安定性を調べた。その結果、メシラート体は不溶だったが、アジド体とアセチル体は溶解した。安定性は、アジド体は2日で分解を確認したが、アセチル体は7週間以上安定であることがわかった。今後は、薬理活性評価を行っていきたい。

表1. 水に対する溶解度と安定性

	水に対する溶解度	水に対する安定性
	不溶	—
	0.016 [mol/L-H <sub>2</sub> O]	2日で分解
	0.12×10 <sup>-2</sup> [mol/L-H <sub>2</sub> O]	7週間以上安定

## 2-2 ジフルオロミルナシبرانの合成

また、同じく抗うつ薬であるミルナシبرانにフッ素を

\* 2016年度修士論文概要

† 静岡理科大学 大学院理工学研究科 材料科学専攻



導入したジフルオロミルナシブラン(10)を合成するために、3-フェニル-2(5H)-フランオン(8)<sup>2)</sup>のジフルオロシクロプロパン化を行った。その結果、重要合成中間体(9)を収率15%で得ることに成功した。

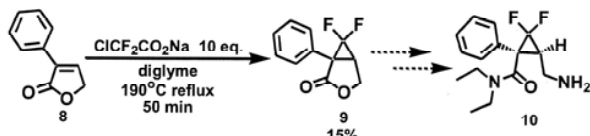


図3. ジフルオロミルナシブラン重要合成中間体の合成

### 3. シクロプロピルメタノール類の環開裂フッ素化反応

シクロプロパン環を有する含フッ素生物活性物質誘導体合成研究の過程で、含フッ素化合物を合成するためにシクロプロピルメタノール(11)に対して、ジエチルアミノ硫酸トリフルオリド(DAST)を反応させたところ、予想に反してシクロプロパン環が開裂し、フッ素原子の導入された、ホモアリルフロライド(12)のみが生成することを見出した。

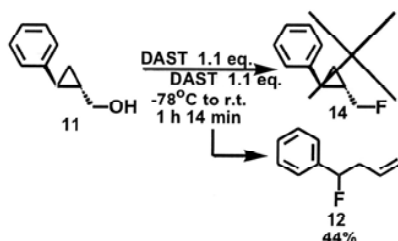


図4. シクロプロピルメタノールと DAST の反応

そこで、他のフッ素化剤として石川試薬(CF<sub>3</sub>CHFCF<sub>2</sub>NEt<sub>2</sub>)やアトランプチルアンモニウムフロライドを用いるとどうなるかも検討してみた。

その結果、石川試薬を用いても環開裂フッ素化反応が進行し、ホモアリルフロライド(12)が生成した。一方、メシラート体(13)をテトラブチルアンモニウムフロライドと反応させた場合は、シクロプロパンの開裂はおこらず、メシロキシ基がフッ素に置換された化合物(14)が生成した。

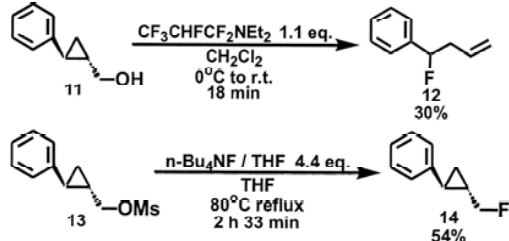


図5. シクロプロピルメタノール類での検討

次に、ジフルオロシクロプロパン環を有するシクロプロピルメタノール(3)でも検討を行った。この場合でも、DASTや石川試薬の場合は環開裂フッ素化反応が進行して、ホモアリルフロライド(15)が生成した。一方、テトラブチルア

ンモニウムフロライドとメシラート(4)との反応では、環開裂が起こらずにフッ素化された化合物(16)が生成した。

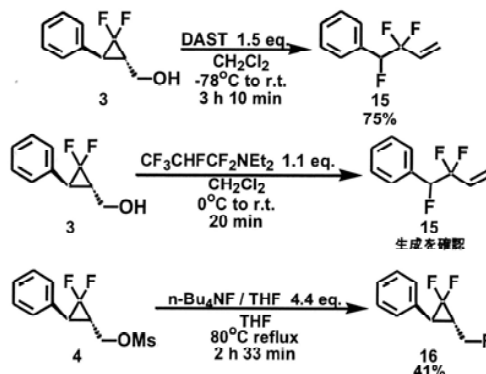


図6. ジフルオロシクロプロピルメタノール類での検討

### 4. ジフルオロシクロプロピルシリルエーテルの反応

溶媒にメタノールを用いてシクロプロピルシリルエーテル(17)に[ビス(トリフルオロアセトキシ)ヨード]ベンゼン(PIFA)を反応させると、開裂体(18)が得られることが既に筆者の研究室で報告されている<sup>3)</sup>。

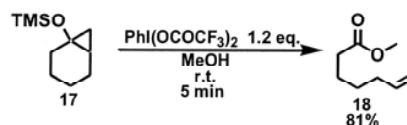


図7. シクロプロピルシリルエーテルと PIFA の反応

そこで、ジフルオロシクロプロピルシリルエーテルでも同様の反応が進行するか検討することにした。その結果、ジフルオロシクロプロピルシリルエーテル(19)に PIFA を反応させたところ、同様に環開裂反応が進行し、開裂体(20)が得られることがわかった。

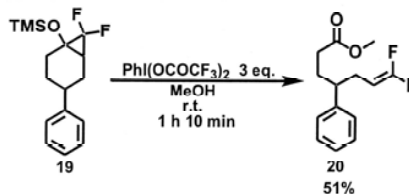


図8. ジフルオロシクロプロピルシリルエーテルと PIFA の反応

### 文献

- 1) 岸田真里 静岡理科大学大学院 理工学研究科 材料科学専攻 2014年度 修士論文
- 2) Kayser, M. M.; Morand, P., *Can. J. Chem.*, **1980**, *58*, 2484.
- 3) Kirihara, M.; Yokoyama, S.; Kakuda, H.; Momose, T., *Tetrahedron.*, **1998**, *54*, 13945.

# ドライフルーツ由来の耐糖性 *Bacillus* 属細菌に関する研究\*

Study on sugar tolerant *Bacillus* spp. isolated from dried fruits

横山 将史 †

Masafumi YOKOYAMA

## 1. はじめに

ドライフルーツや蜂蜜といった糖蔵食品は浸透圧が高いため水分活性が低く、通常の微生物は生育・生残が困難である。しかしながら、その様な環境下においても生残し、増殖可能な微生物が存在する。40%以上の糖濃度環境下でも増殖可能な微生物は耐糖性微生物と定義される場合があり<sup>1)</sup>、糖蔵食品の保存上問題となっている。微生物の耐糖機構は、細胞内に浸透圧調節物質を産生する事によると考えられている。糖蔵食品を腐敗させる微生物として、*Zygosaccharomyces rouxii* 等の酵母が知られているが<sup>2)</sup>、耐糖性細菌に関する報告はほとんど認められていない。

本研究は、ドライフルーツから分離された耐糖性 *Bacillus* 属細菌の耐糖機構の解明を目的とした。

## 2. 実験方法

### 試料

本研究室においてドライフルーツ 60 種類から分離された細菌のうち、耐糖性の認められた菌株として、イチゴドライフルーツ由来の DF1 株～DF7 株が得られている。本研究においては、高濃度のグルコース下において生育の良好な、*Bacillus subtilis* DF-7 株を用いた。

### 生育限界濃度の検討

各濃度に調製したグルコース添加乾燥ブイオン培地に DF-7 株を接種し、24 時間毎に吸光度を測った。比較対象として、塩化ナトリウムおよび抗菌性を有さず、浸透圧にのみ影響を与えるエチレングリコールについても検討を行った。

### 浸透圧調節物質の同定

DF-7 株をグルコース添加 (30%濃度) および無添加条件下で培養することで得られた菌体の無細胞抽出液中から浸透圧調節物質として知られているアミノ酸およびアミノ酸類縁体の検出を実施した。また、エチレングリコール添加乾燥ブイオン培地中で、培養を行った DF-7 株の無細胞抽出液中のアミノ酸およびアミノ酸類縁体を検出し、グルコースとの比較を行った。遊離アミノ酸およびアミノ酸

類縁体の検出にはアミノ酸自動分析計を用いた。

### タンパク質の同定

DF 7 株をグルコース添加 (30%濃度) および無添加乾燥ブイオン培地中で培養し、細胞破碎、硫酸、透析後に得られた硫酸画分を SDS-PAGE に供した。グルコース添加および無添加条件におけるタンパク質発現の比較を行い、グルコース添加条件下で増加の認められたバンドに関して、プロテインシーケンサを用いてタンパク質の同定を行った。さらに、塩化ナトリウムおよびエチレングリコール添加乾燥ブイオン培地中で培養した DF-7 株においても、同様にタンパク質発現の比較を行った。

### 酵素活性測定

グルコース添加条件下で培養した際に細胞内に産生された、 $\beta$ -アミノイソ酪酸 ( $\beta$ -AiBA) の生合成に関与するアミノイソ酪酸オキシグルタル酸アミノトランスフェラーゼの活性測定を行った。生合成経路は以下に示す通りである<sup>3)</sup>。

$L$ - $\beta$ -アミノイソ酪酸 + 2-オキシグルタル酸

$\leftrightarrow$   $L$ -メチルマロン酸セミアルデヒド +  $L$ -グルタミン酸

## 3. 結果および考察

### 生育限界濃度の検討

グルコース添加乾燥ブイオン培地では、グルコース濃度として 40%までの生育が認められた。塩化ナトリウムおよびエチレングリコール添加乾燥ブイオン培地においては両培地ともに、10%濃度までの生育が認められた。一般的な細菌は、10%塩化ナトリウムにおいて生育が阻害されるため、DF-7 株は耐塩性も有することが明らかとなった。

### 浸透圧調節物質の同定

グルコース無添加乾燥ブイオン培地で培養した DF-7 株の無細胞抽出液中では、グルタミン酸 (Glu) 含量が高い値を示したが、グルコース添加サンプルにおいては、Glu 含量の大幅な減少が認められた。このことから、Glu は高浸透圧下において、浸透圧調節物質の生合成の前駆体として働いている可能性が示唆された。

\* 2016 年度修士論文概要

† 静岡理科大学 大学院理工学研究科 材料科学専攻

また、リン酸化セリン(P-Ser)、アラニン(Ala)、シトルリン(Cit)、 $\beta$ -アミノイソ酪酸( $\beta$ -AiBA)含量は、2~5倍の増加が見られ、これらの物質が浸透圧調節物質として機能している可能性が示唆された(図2)。

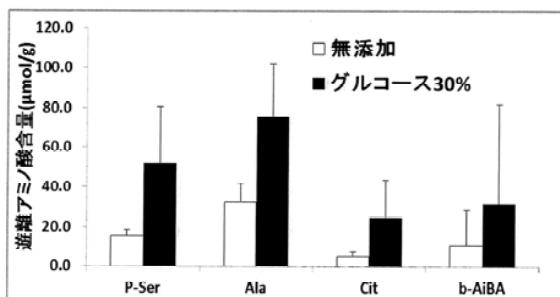


図2 含量増加が見られた遊離アミノ酸

エチレングリコール添加乾燥ブイオン培地で培養したDF-7株の無細胞抽出液中では、トレオニン(Thr)、Cit、バリン(Val)、イソイロシン(Ile)およびロイシン(Leu)含量に3~11倍の増加が見られた。これら物質が浸透圧調節物質として機能していることが示唆された(図3)。Citは、両添加物質において増加が見られたが、それ以外のアミノ酸に関しては、異なるアミノ酸の増加が見られたことから、グルコースとエチレングリコールでは異なる機構でそれぞれの物質に対する耐性を獲得していると考えられる。

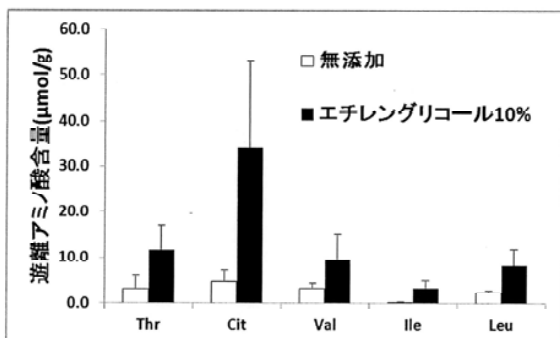


図3 含量増加が見られた遊離アミノ酸

#### タンパク質の同定

グルコース無添加および添加条件下で培養したDF-7株のタンパク質発現の比較を行った結果、グルコース添加サンプルでは、45kDa付近のタンパク質の著しい発現量増加が認められたため、このタンパク質について同定を行った。

グルコース添加条件下で増加の認められた45kDa付近のバンドを切り出し、TCA沈殿後、再度電気泳動することでタンパク質精製を行った。その後、PVDF膜に転写し、プロテインシーケンサによりN末端アミノ酸配列を決定し、Blast検索を行った。その結果、グリセルアルデヒド-3-リン酸デヒドロゲナーゼであることが明らかとなり、この酵素と耐糖性の関係が示唆された。

DF-7株を塩化ナトリウムおよびエチレングリコール添加乾燥ブイオン培地中で培養を行い、細胞破碎、硫酸、透析後に得られた硫酸画分をSDS-PAGEに供したところ、両条件下ともにグルコース添加で培養を行ったサンプルとは異なるタンパク質の発現量の増加が認められた。このことから、それぞれの添加物質において異なる機構で耐性を獲得していることが示唆された。

#### 酵素活性測定

$\beta$ -AiBAは微生物中から検出された報告は見当たらない。そのため、この物質の生合成に関わるアミノイソ酪酸オキシグルタル酸アミノトランスフェラーゼの活性測定を30%グルコース添加乾燥ブイオン培地で培養した菌株抽出液を用いて行ったところ検出された。

#### 4. まとめ・今後の展開

塩化ナトリウム10%濃度でも生育が認められたため、耐塩性も有することが明らかとなった。グルコース添加乾燥ブイオン培地で培養したDF-7株においては、P-Ser、Ala、Cit、 $\beta$ -AiBA、エチレングリコール添加乾燥ブイオン培地で培養したDF-7株ではThr、Cit、Val、Ile、Leu含量の増加が見られたため、これら物質が浸透圧調節物質として機能していることが示唆された。また、添加物質の違いにより発現量の増加するタンパク質の違いが見られたため、それぞれの物質に対し、異なる機構で耐性を獲得していることが考えられた。 $\beta$ -AiBAの生合成経路に関して検討を行ったところ、アミノイソ酪酸オキシグルタル酸アミノトランスフェラーゼ活性が認められたため、生合成経路を特定することが出来た。

今後、 $\beta$ -AiBAの生合成経路に関して、さらに検討を行う必要がある。また、発現量の増加したタンパク質と耐糖性の関連性についても検討していく必要がある。

#### 文献

- 1) K. Tokuka, Sugar- and salt-tolerant yeasts, *Journal of Applied Bacteriology* 1993;74:101-110
- 2) Lemka Pribylova, Jacky de Montigny, Hana Sychrova, Osmoresistant yeast *Zygosaccharomyces rouxii*: the two most studied wild-type strains differ in osmotolerance and glycerol metabolism, *Yeast* 2007;24:171-180
- 3) Purification, Properties, and Sequencing of Aminoisobutyrate Aminotransferases from Rat Liver (2000) Nanaya Tamaki, Shigeko Fujimoto Sakata, Koichi Matsuda, ENZYME CLONING, EXPRESSION, AND PURIFICATION

## 多結晶シリコン中の鉄不純物の挙動

## Behavior of iron impurities in multi crystal silicon\*

渡辺 富夫†

Tomio WATANABE

## 1. はじめに

多結晶シリコン太陽電池には、製造過程において鉄不純物が混入し、発電効率低下の大きな要因となっている<sup>1, 2)</sup>。格子間鉄不純物はシリコンバンドギャップ中に深い準位を形成し、キャリア捕捉中心となることが知られている<sup>2)</sup>。多結晶シリコン中の格子欠陥と鉄不純物の相関については、これまでに様々な研究がなされてきた。鉄で故意汚染した多結晶シリコンでは、粒界近傍の EBIC (電子線誘起電流法)<sup>3)</sup> や PL (フォトルミネッセンス)<sup>4)</sup> の観察から、小傾角粒界は電氣的に活性で、鉄で修飾されているのではないかと考えられている。また、過飽和固溶体では無秩序に析出粒子が生成し溶質が除去されるが、格子欠陥が存在し弾性応力場が生じる場合は原子の拡散に影響を及ぼす。しかしながら、直接、鉄不純物を粒界や転位近傍で捉えた実験はこれまでに報告されていない。

本研究の目的は、<sup>57</sup>Fe で故意汚染した多結晶シリコン中の鉄不純物の挙動を顕微メスバウア分光法により明らかにすることである。結晶粒界の影響を受けて拡散する鉄原子が成分ごとに違った拡散挙動を示すことを予想し、多結晶シリコン中の粒界近傍の結晶歪場の影響を受けて分布する鉄不純物を、<sup>57</sup>Fe 原子の電荷状態や格子位置を区別して直接マッピング観察した。

更に、<sup>57</sup>Fe 真空蒸着および熱処理後、シリコンウェーハ表面の酸化被膜の影響を最小限に抑えるため顕微メスバウア分光装置の改造を行った。

## 2. 装置開発

多結晶シリコン試料を <sup>57</sup>Fe 蒸着から熱処理、顕微測定を一貫して真空条件下で行うための装置改造を行った。図 1 に改造した装置の概略図を示す。計画した実験手順は以下の通りである：(1)試料を導入室へ設置し、蒸着台まで搬送。(2)試料に <sup>57</sup>Fe を真空蒸着後、測定室まで搬送し測定。(3)再び蒸着室へ搬送し赤外線導入加熱装置で熱処理。測定室で測定。

測定は図 1 の手前方向から奥行方向へ  $\gamma$  線を照射し、測定台の手前と後方に設置した検出器によって、それぞれ電子と透過  $\gamma$  線を検出する。装置の改造は XY ステージの交換、赤外線導入加熱装置とロードロック(搬送機構・導入室)の取り付け、測定台、蒸着台、試料ホルダの設計と作製を行い、XY ステージ交換に伴ってマッピングプログラ

ムを調整した。

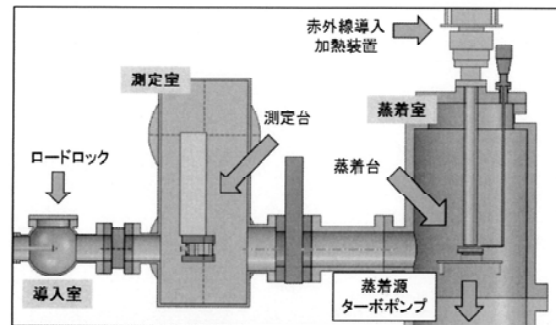


図 1 装置改造の概略図

## 3. 実験

1×30×30mm の p 型多結晶シリコン(B ドープ  $10^{16}/\text{cm}^3$ ) を 800 $\mu\text{m}$  厚まで研磨し、ラマンマッピングと PL マッピングを行った。再び 500 $\mu\text{m}$  厚まで試料を研磨し、アセトン、メタノールで超音波洗浄した後、5%の HF 溶液で表面酸化膜を除去した。改良装置に試料を設置し、<sup>57</sup>Fe を 2nm 蒸着後、200°C で 1h 熱処理を行った。Fe<sub>s</sub><sup>0</sup>, Fe<sub>i</sub><sup>0</sup>, Fe<sub>i</sub><sup>2+</sup>成分のアイソマーシフトにそれぞれ共鳴条件を合わせ、100 $\mu\text{m}$  のスポットサイズを持つ  $\gamma$  線集光レンズを用いて、ラマンマッピング領域を含む 4×4mm の範囲でメスバウア・マッピングを行った。ヒーター断線の為、試料を改良装置から取り出しシリコン炉を用いて 800°C で 1 時間の熱処理を行った。その後、再び各成分に共鳴条件を合わせてメスバウア・マッピングを行った。

## 4. 結果・考察

試料から得られたラマンマッピング像を図 2(a)、PL マッピング像を図 2(b)に示す。図 2(a)では方位ごとに色付けされた結晶粒が確認でき、図 2(b)で PL 強度が低下し青く色づけされた結晶粒界と転位の分布を観察した。また、結晶粒内部でも PL 強度に分布が見られ、図 2(a)で青、緑で示した結晶粒に比べ、赤で示した結晶粒で PL 強度の低下が見られた。PL マッピングで得られた欠陥分布とメスバウア・マッピングの結果を比較する。

\* 2016年度修士論文発表概要

† 静岡理科大学 大学院理工学研究科 材料科学専攻

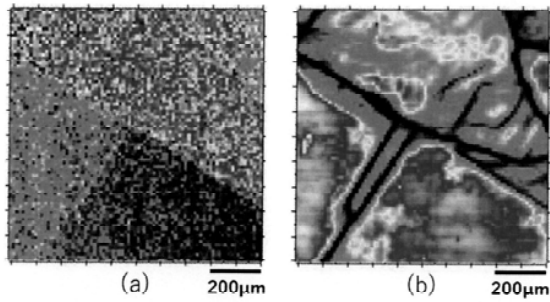


図2 (a)ラマンマッピング像(b)PLマッピング

4×4mm<sup>2</sup>のメスバウア・マッピング領域の内、PLマッピングと同一領域で得られた Fe<sub>i</sub><sup>2+</sup>成分のメスバウア・マッピング像を図3に示す。図3(a)は200°C、(b)は800°Cで1時間熱処理後の Fe<sub>i</sub><sup>2+</sup>成分のメスバウア・マッピング像を等高線表示した図であり、色の濃い領域は鉄濃度が高いことを示している。更に、図2(b)で得られた結晶粒界と転位の分布を白い点線で示した。報告されている格子間拡散する鉄原子の拡散係数 D は

$$D[\text{cm}^2/\text{s}] = 1.3 \times 10^{-3} \exp\left(\frac{-0.68}{kT}\right)$$

の式で与えられ、拡散距離 $\sqrt{Dt}$ は200°C×1時間でおおよそ5µm、800°C×1時間で550µmである。200°C1時間の熱処理では1×1mm<sup>2</sup>の測定範囲に比べ拡散距離が短く、結晶粒界や転位などの近傍の歪み分布の影響がなければほぼ均一に分布しているはずである。しかしながら、図3(a)のマッピング結果は Fe<sub>i</sub><sup>2+</sup>が偏在していることを示唆している。結晶粒内部でも鉄の偏在がみられ、図2(b)で赤く示された領域よりも PL 強度の低い緑色で示された領域により多く偏在している事が確認できる。図3(b)では図3(a)と異なる分布を持って偏在する Fe<sub>i</sub><sup>2+</sup>を観察した。測定視野に対して十分な拡散距離の熱処理を行ったが、結晶粒界と転位に対応する分布は得られなかった。

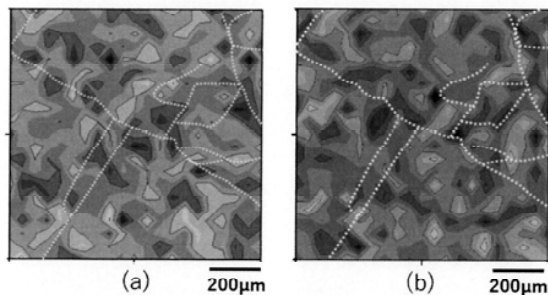


図3 (a)200°C(b)800°Cで1時間熱処理後の Fe<sub>i</sub><sup>2+</sup>成分のメスバウア・マッピング

より詳細に200°Cと800°Cの熱処理後の Fe<sub>i</sub><sup>2+</sup>の分布の変化を検討するために、それぞれの測定結果を平均値が100となるよう規格化し、平均値以上の値で色付けして図4に示す。図4(a)は200°C(b)は800°Cで1時間熱処理後の Fe<sub>i</sub><sup>2+</sup>成分のメスバウアマッピング像であり、図2,3の領域を黒枠で示した。また、図2(b)で緑と赤で示す PL 強度が

大きく異なる結晶粒の間に存在する結晶粒界を青点線で示した。図4(a)では点線で示した結晶粒界より右上の領域で Fe<sub>i</sub><sup>2+</sup>が集中して偏在している。一方、800°Cで1時間の熱処理を行った後の図4(b)では点線で示した結晶粒界より左下の領域で Fe<sub>i</sub><sup>2+</sup>の集中した偏析が観察された。拡散距離550µmを考慮すると、この結果は報告より早く Fe<sub>i</sub><sup>2+</sup>が拡散する事を示唆している。

結晶欠陥と Fe<sub>s</sub><sup>0</sup>, Fe<sub>i</sub><sup>0</sup>成分の分布の対応についてと、800°C熱処理による成分ごとの拡散挙動についても同様に検討した。

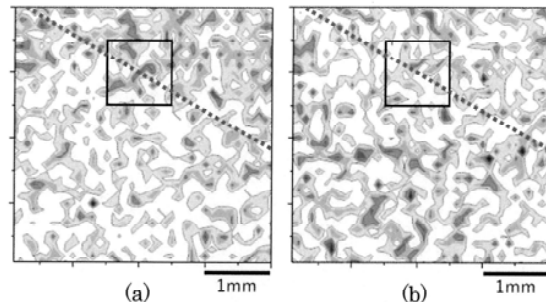


図4 (a)200°C(b)800°Cで熱処理後の規格化した Fe<sub>i</sub><sup>2+</sup>成分でのメスバウア・マッピング

#### 謝辞

多岐にわたり暖かいご指導下さいました本学 理工学部物質生命科学科 吉田豊 教授に心からお礼申し上げます。貴重な示唆をいただきました本学 客員教授 久保 紘氏に深くお礼申し上げます。機器開発にあたり様々なご指導いただきました。本学 先端機器分析センター 早川一生氏、工作センター 行平憲一 氏、河野厚志氏に深く感謝します。試料を提供くださった名古屋大学大学院 工学研究科 マテリアル理工学専攻 宇佐美徳隆 教授、高橋勲 助教に厚くお礼申し上げます。

#### 文献

- 1) 小長井誠, 半導体物性, 培風館(1992) 159
- 2) 志村史夫, 半導体シリコン結晶工学, 丸善, (1993) 348
- 3) J. Chen, T. Sekiguchi, R. Xie, P. Ahmet, T. Chikyo, D. Yang, S. Ito, F. Yin, Scripta Materialia 52 (2005)
- 4) M. Tajima, Y. Iwata, F. Okayama, H. Toyoka, H. Onodera, T. Sekiguchi, J. Appl. Phys., 111 (2012) 113523
- 5) "Defects and Impurities in Silicon Materials: An introduction to atomic-level silicon defect engineering", Eds. Y. Yoshida & G. Langouche, Springer (2015), in Chap. 8 "Nuclear methods to study defects and impurities in Si materials"

編集委員 委員長 山崎 誠志  
益田 正  
武岡 成人  
長尾 雄行  
定國 伸吾  
事務局 久留島康仁  
向島 佑介

静岡理工科大学紀要 第25巻

2018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