

工学部の卒業研究における産学連携の効果

—主体的学習の重要性に着目した「公募型卒業研究」の事例—

藤墳 智一（宮崎大学）

1. はじめに

文部科学省が2015年に公表した「理工系人材育成戦略」には、高度な専門性を有しつつ起業家精神と創造力を兼ね備えたエンジニアを待望する産業界の思いがにじんでいる。「理工系人材育成戦略」を待つまでもなく、工学部の人材育成には長らく新しいアイデアが求められてきた。次世代の人材像は、たとえば ABET（1997）の新基準 Engineering Criteria 2000、工学における教育プログラムに関する検討委員会報告書（1999）、中央教育審議会答申（2008, 2012）、日本学術会議における各参照基準検討部会の基準（e.g. 日本学術会議機械工学委員会機械工学分野の参照基準検討部会 2013）や米国の先進事例（藤墳 2014a）に垣間見られる。共通の認識は、既存の狭い専門領域にとらわれた既知の知識や理論の理解だけでなく、文脈に応じて価値や技術を創造する力が求められているということだ。それを実現するための新しい教育方法は、（1）プロジェクト型学習、（2）産学共同による教育の開発、（3）学際的な教員集団によるチームティーチングの3つのエッセンスに集約できるだろう（藤墳 2014b）。卒業研究における産学連携はこの3つを同時に満たすもので、国内外の事例がその高い教育効果を報告している（小林ほか 2012, 武沢ほか 2012, 古川ほか 2016）。そこで、本研究では卒業研究に産学連携を取り入れた場合の効果について考察したい。

2. 目的と意義

本研究では、以下の疑問について実証的に明らかにする。「学外の技術者との交流など、工学部の教育への産学連携の導入は学生の主体的学習にどのような影響を与えるのか。とくに、卒業研究において産学連携はどのような効果を持つのか。また、主体的学習の促進要因は何か。主体的学習をとおして学生はどのような知識・スキルを習得するのか。」

分析の対象はA大学工学部である。卒業研究を中心にデータを収集した。前半は公募型卒業研究事業関係者へのインタビュー調査を用いた質的研究で、後半はA大学工学部の学生調査を分析する量的研究である。この2つのアプローチを用いて産学連携の卒業研究が主体的学習に与える影響を検証する。

工学部における卒業研究の効果を明らかにする意義は3つある。第1に、学部レベルの教育に関する分野別特性を分析する点である。筆者の研究関心は、エンジニア育成全体における大学の役割というより、むしろ、工学部教育そのものにある。これまで大学教育の分野間比較は行われてきたが、そこに分野固有の問題が議論され、反映されることは少なかった（小方 2008, 両角 2009, 浦田 2009）。これに対して本研究の特色は、学外の技術者による指導、研究室における卒業研究

の指導、工学的な考え方や技術者倫理の習得など、工学分野固有の指導の形態や学習の課題に関する実態を扱う点にある。

第2に、コースワークに対するラボワークの効果に着目する点である。わが国の学士課程教育では実験の授業に加え、卒業研究が一定の役割を果たしてきた。国際的に短いといわれている学習時間は、4年間の集大成である卒業研究によって埋め合わされている¹⁾。卒業研究は、学習時間の伸長に貢献しているだけではない。学科内に研究室というコミュニティを形成することでコースワークでは達成されない独自の質の高い指導を提供している（愛媛大学教育・学生支援機構 2010, 小笠原 2014）。一方、研究室の閉鎖性が教育の質保証と標準化を困難にするというデメリットも指摘されている（梅宮ほか 2013）。

第3に、卒業研究が主体的学習に与える影響を検討する点である。卒業研究の特徴は、一般的には、学生が特定のプロジェクトに参加し、課題に主体的に取り組み、解決への試行錯誤のプロセスにおいて専門知識を個別の課題へ応用する点にあると理解される（鳥越 2012）。主体的学習の促進は、近年、大学改革における緊急の課題として位置づけられているが、その一方で、内容、方法、および支援体制の変革を必要とする難題である（中央教育審議会 2012）。効果的な卒業研究の指導は主体的学習を促進させる重要な手段である。

主体的学習と公募型卒業研究は、本研究のキーとなる概念である。そこで、分析に先立ちこの2つを定義しておきたい。本研究では主体的学習を（1）授業の予習復習、（2）授業に関連していない自習に限定する。公募型卒業研究は学外の企業や団体と連携して卒業研究を進める試みである。研究テーマを企業から募り、教員、学生、テーマ提案者の3者が協力して課題解決を図る。学生は必要に応じて企業の施設を利用することもできる。

表1は本研究における主体的学習の範囲と特性を示している。この表は、中央教育審議会（2008, 2012）の2つの答申、「学士課程教育の構築に向けて」および「新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて：生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ」での提言に基づき、筆者が学士課程教育の質的転換の方向を場所、内容、方法、成果の視点からまとめたものである。答申は、講義による一方的な知識の注入を従来の大学教育を象徴する実践としてとらえている。この従来型教育の限界は、アクティブラーニングの要素を加えていくことによって克服すべきであると答申は提言する。

学習内容を従来型の教育と比較した場合、アクティブラーニングの特徴は自分で設定した目標や課題をそれぞれの学生が追求する点にある。具体的な実践例に授業の事前準備、事後展開、産学連携による課題解決があげられる。本研究では、これらの実践が学生に内容の決定を許し、学習を多様化させ、高度化させると想定する。そこで、ある程度学生に学習内容を決定することが認められている授業の事前準備と事後展開を本研究の主体的学習として設定し、それらに対する卒業研究の影響を検証していく。

本研究では、産学連携の卒業研究の事例として公募型卒業研究の取り組みを取り上げる。表2は、産学連携の教育実践を授業形態、場所、活動の視点からまとめたものである。この表が示すように、公募型卒業研究の特徴は講義や実験によって一定の専門知識を身につけた学生が学外の専門家とゆっくり時間をかけて実際の開発に携わる点にある。

表1 本研究における主体的学習

	教員による講義形式の教育 (従来型)	学生の能動的な学習への関与 (アクティブラーニング)	アクティブラーニングの実践例
場 所	教室	教室外, キャンパス外	サービスラーニング, インターンシップ, 留学など
内 容	教員が準備, 同じ内容	学生が決定, 異なる内容	授業の事前準備・事後展開, 課題解決における産学連携
方 法	一方向, 同じペース	双方向, 異なるペース	協同学習, チームティーチング
個人レベル の成果	専門知識	幅広い視野, 高い到達度	
集団レベル の成果	アセスメント による標準化	内容の多様化, 到達度の格差	

□=本研究が主体的学習として扱う活動の定義と特性.

出典：中央教育審議会（2008, 2012）に基づき筆者作成

表2 本研究における公募型卒業研究

授業形態	産学連携教育の実践例			
	オンキャンパス		オフキャンパス	
	場所	活動	場所	活動
講義	講義室	学外講師による 講演	生産・開 発の現場	見学, 現地調査
実験・実習	実験室	学外技術者によ る指導	生産・開 発の現場	短期インターン シップ
卒研・演習	研究室	学外技術者との 共同開発	生産・開 発の現場	長期インターン シップによる開発

□=本研究が公募型卒業研究として扱う活動の定義と特性.

出典：筆者作成

3. 「公募型卒業研究」の事例

(1) 事業の概要

本節では、A大学の「公募型卒業研究」を紹介する。A大学は西日本に位置する国立大学で、文系理系を含む複数の学部、研究科から構成されている。地域内の高等教育機関によって組織されたコンソーシアムに属し、2010年度よりコンソーシアムが運営する公募型卒業研究事業に参加し、教育に関する産学連携を進めてきた。工学部ではこの事業をとおして実社会における課題を2016年度までの7年間に20件採択した。また、2002年度から2009年度はA大学独自の「公募型卒業研究」事業を通じて学外から研究テーマを受け入れた。

(2) 開発に求められるコンピテンシー

筆者は2014年から2015年にかけて、公募型卒業研究事業に携わったA大学関係者10人にインタビュー調査を実施した。内訳は大学経営者1人、工学部教員3人、工学部学生1人、工学部卒業生4人、研究テーマを応募した学外のパートナー1人である。4人の卒業生はいずれも製造業に就職し、

開発に携わっていた。以下にコンピテンシーとコミットメントに関する言及を紹介する。

「目的を失っている学生が、企業の方から感謝の言葉をもらうことによってやるべきものが見えてくることがあります。企業からほんとうに助かったと言われ成功体験を味わうと、もう研究にはまってしまう。(教員 電子工学)」

「企業の技術者の方から回路設計の助言をもらいました。教科書に載っていない、プロの技術者だけが知っているパターンを知る機会でした。(卒業生 電子工学)」

「エンジニアとしては、公募型卒業研究で作ったものが実用化されるということが一番うれしいわけです。モチベーションが上がります。(教員 機械工学系)」

「公募型卒業研究では会社の人と議論できます。そこでは異なる視点から次々とアイデアが出てきます。コスト、事業化、安全性など大学とは違った視点です。(教員 材料工学)」

「社会人になると自分で結果を出さなくてはいけなくなり、他の部署のあの技術者に聞いてみてはどうかということも考えながら進めます。(卒業生 材料工学系)」

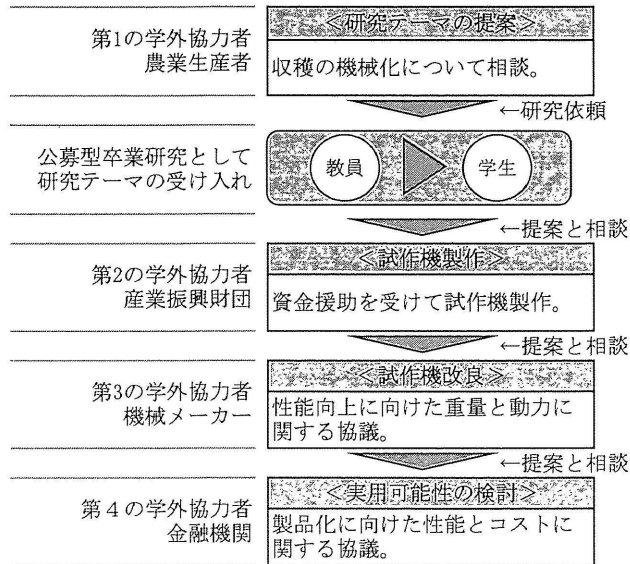
「企業の技術者の方からは製品としてこのようなものを作ってはどうかという実用面からのアドバイスをいただきました。研究における何十年先の結果ではなく製品への技術の使い道が見えるとモチベーションが上がります。(卒業生 電子工学)」

回答者の指摘に共通するのは、卒業研究を通して教員以外の社会人と関わることの面白さである。それが、学習の緊張感を高め、学習そのものを魅力的なものにしている。学部教育と職務能力の2つが、知識・スキルだけでなく、意識や感情を含む多様な価値によって結びついていることがわかる。

(3) 根菜類収穫機械化プロジェクト

次に、「公募型卒業研究」事業によって工学部が2011年に採用した根菜類収穫機械化のプロジェクトの例から、具体的な学習の内容をみていきたい。この卒業研究は、製品の実用化には至らなかったものの、多くの興味深いプロセスを含んでいる。

まず、高齢によってゴボウなどの根菜類の収穫が困難になった農業生産者からA大学工学部に相談があった(図1)。その後、機械工学系の研究室が「公募型卒業研究」事業として収穫の機械化に取り組み、学生は地方自治体から助成を受けながら機械メーカーと共同で試作機を開発した。商品化の可能性が見えてきた時点で地元の銀行が関心を示し、学生はそのヒアリングに立ち会うことになった。農業生産者、機械メーカー、地方自治体の産業振興担当部署、金融機関との交流と協働は、いずれも、担当する学生の視野を広げ、また、いっそう高度な専門性を学生に求めた。その要求がたとえ大学で学んだ範囲を越えようとも、学生は責任を持ってそれに応えなくてはならない。こうしたことは学外の企業や団体と連携することによってはじめて経験できる。以下に学生の主体性と責任感に関する関係者の発言を紹介する。



出典：筆者作成

図1 根菜類収穫機械化における学生の体験

「試作機は工学部の学生がインターンシップでうちに来て組み立てました。学生は優秀だったのでうちの会社に入ってもらえないかなと思ったこともありました。(協力した機械メーカー経営者)」

「いつまでに何を確実に達成させるか。多く人が結果を待っていますから、作業の手を止めず、期日を守らなければなりません。(教員 機械工学)」

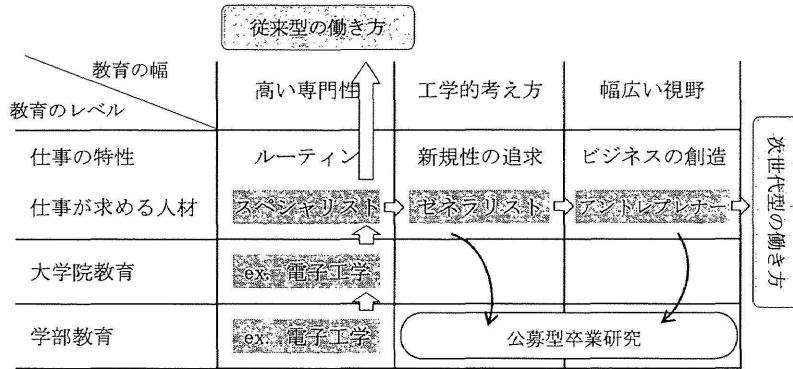
「重い機械は深く掘ることができますがパワーが必要になります。改良して軽くすると深く掘れなくなります。こうしたジレンマに遭遇したとき、はじめて性能とコストのウエイトづけをしてこれを克服していくことになります。(教員 機械工学)」

プロジェクトの進展にともない、学生は、時間、コスト、性能のバランスについて自分で考え、結論を出し、成果まで至らなければならなかった。指導に当たった教員と企業の専門家は、それをすべて一人で取り組んだことに大きな意味があると言う。

(4) 学習者の主体性に関する仮説

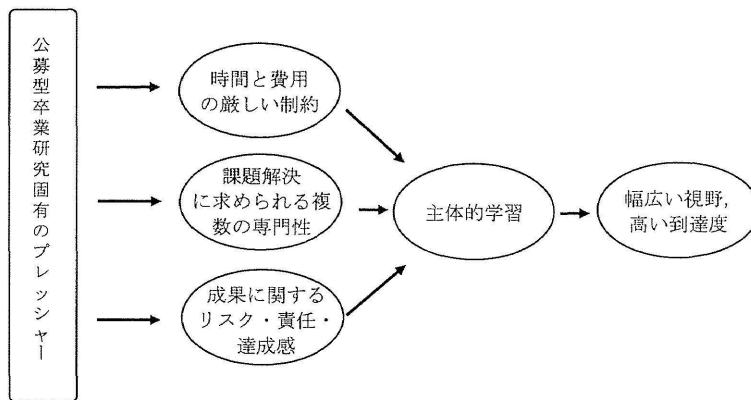
本節で議論した主体的学習の意義について整理しておきたい。図2は専門性の高さ(縦軸)と視野の広さ(横軸)によってエンジニアに必要な知識・スキルを類型化したものである。学部教育において狭く浅い知識(図中左下)の習得がはじまり、就職後は高い専門性と幅広い視野(図中右上)が求められることを示している。公募型卒業研究では、技術者が仕事を通して学んできた内容を卒業研究として学部教育に組み込み、学生に疑似体験させることによって予測困難な未来への適応力を育成している。

図3は、インタビュー調査から得た知見を公募型卒業研究と主体的学習との関連について要約し



出典：筆者作成

図2 公募型卒業研究によって身につく幅広い視野



出典：筆者作成

図3 公募型卒業研究による主体的学習の促進

たもので、このあとの分析の理論的枠組みを示している。公募型卒業研究は次の3つの角度から技術者としての意識に刺激を与えた。すなわち、時間と費用の厳しい制約、課題解決に求められる複数の専門性、成果に関する責任である。こうした公募型卒業研究固有のプレッシャーが学生の学習に目標を与え、学生を深く学習に関与させる。つまり、学生は内発的動機 (Deci 1975, 1980) ともいえる強く安定した動機に駆り立てられて学習に向き合っており、次に何を学ぶべきであるかということも自分自身で決定していった。強い学習動機は、様々な場面で専門領域間の壁を突破する原動力となり、幅広い視野や高い学習到達度を成果としてもたらしたと考えられる。次節では、主体的学習の促進要因と主体的学習の学習成果に関する量的研究によってこの点を検証したい。

4. 学外の技術者が主体的学習に与える影響

(1) 変数と分析モデル

筆者は2016年1月にA大学工学部学生を対象にアンケート調査を実施した²⁾。ここからはアンケート調査の分析である。表3は学習時間数を学年で比較した結果である³⁾。講義・実験の時間は4年生で短く、それにとまって授業の予習復習が短くなる。授業に関連していない自習は3年と4

年で長い。4年生では卒業研究の占める割合が圧倒的に高い。これが4年生の学習を特別なものに行っている。また、4年生の学習は卒業研究によってすでに十分アクティブである可能性がある。分析では、授業の予習復習と授業に関連していない学習の合計を主体的学習の時間として考える。この指標は、教員から与えられた学習内容に、学生の興味や判断に基づくより能動的な自習を加えたものとなる。これが重要な意味を持つのは、学習成果を多様かつ高度に発展させるにはこの2つのタイプの自習によって知識・スキルを量的にも質的にも充実させる必要があるからである。

表3 学年別学習時間数

学習時間(hour)	講義・ 実験**	卒業 研究**	授業の 予習復習	授業に関連 していない 自習**	授業の予習復習＋ 授業に関連して いない自習
					主体的学習
1年	17.58	—	6.90	3.39	10.30
2年	19.33	—	7.26	3.53	10.78
3年	16.95	—	8.16	5.83	13.99
4年	10.03	26.39	6.59	5.15	11.74
平均	15.45	—	7.12	4.44	11.56

**： p<0.01 (一元配置分散分析)

=本研究における主体的学習の指標。

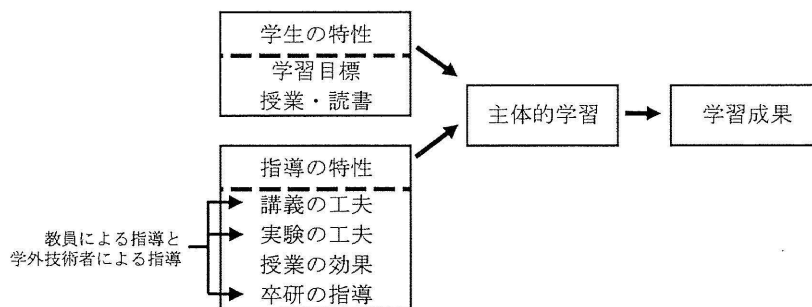


図4 分析モデル

表4 主成分分析結果「学習目標」

質問項目	第1主成分	第2主成分
仕事に役立つ能力	0.909	0.043
専門知識	0.725	0.431
幅広い視野	0.122	0.934
工学全般の理解	0.560	0.538
固有値	2.30	0.73
寄与率(%)	57.5	18.2
累積寄与率(%)	57.5	75.8

第1主成分：仕事と専門知識への関心

第2主成分：幅広い教養への関心

数値はバリマックス回転後の主成分負荷量。

図4が示すのは分析で採用する変数である。主体的学習に影響を与える要因に学生の特性と指導の特性を設定した。学外技術者による指導などの産学連携の要素は講義の工夫、実験の工夫、卒研の指導に含まれている。

主体的学習の促進要因は主体的学習を従属変数とした重回帰分析によって検証する。学生の特性と指導の特性に関する独立変数には主成分分析で得た主成分得点を用いる⁴⁾。表4～表8は主成分分析の結果である。在学中の「学習目標」では第1主成分「仕事と専門知識への関心」と第2主成分「幅広い教養への関心」を抽出した⁵⁾。「講義の工夫」「実験の工夫」は「企業の専門家からの指導」を含み、第1主成分「個人の指導」との間に強い相関関係がある。「卒研の指導」の「企業の

表5 主成分分析結果「講義の工夫」

質問項目	第1主成分	第2主成分
個別面談	0.830	-0.056
企業の専門家から指導	0.830	0.061
出席重視	-0.176	0.880
興味を持たせる	0.477	0.619
固有値	1.68	1.12
寄与率(%)	41.9	28.1
累積寄与率(%)	41.9	70.1

第1主成分：個人の指導 第2主成分：集団の指導
数値はバリマックス回転後の主成分負荷量。

表6 主成分分析結果「実験の工夫」

質問項目	第1主成分	第2主成分
企業の専門家から指導	0.866	0.015
個別面談	0.851	0.072
出席重視	-0.165	0.871
興味を持たせる	0.313	0.791
固有値	1.70	1.29
寄与率(%)	42.5	32.2
累積寄与率(%)	42.5	74.7

第1主成分：個人の指導 第2主成分：集団の指導
数値はバリマックス回転後の主成分負荷量。

表7 主成分分析結果「授業の効果」

質問項目	第1主成分	第2主成分	第3主成分
専門知識	0.895	0.197	0.166
仕事に役立つ能力	0.871	0.275	0.146
批判的思考力	0.187	0.888	0.131
幅広い視野	0.282	0.828	0.189
工具・装置のスキル	0.202	0.208	0.957
固有値	2.86	0.82	0.69
寄与率(%)	57.1	16.3	13.8
累積寄与率(%)	57.1	73.4	87.2

第1主成分：専門知識 第2主成分：ジェネリックスキル
第3主成分：工学的スキル
数値はバリマックス回転後の主成分負荷量。

表8 主成分分析結果「卒研の指導」

質問項目	第1主成分	第2主成分	第3主成分
企業の専門家から指導	0.867	0.102	0.155
後輩への指導	0.824	0.186	-0.058
教員の個別指導	0.142	0.902	0.039
応用力・創造力が重要	0.157	0.752	0.348
希望通りの配属	-0.068	0.205	0.857
講義の内容と密接に関連	0.521	0.095	0.635
固有値	2.51	1.16	0.83
寄与率(%)	41.9	19.4	13.9
累積寄与率(%)	41.9	61.3	75.2

第1主成分：相互学習 第2主成分：教員の指導力
 第3主成分：研究室の選択
 数値はバリマックス回転後の主成分負荷量。

表9 主体的学習の促進要因（全学年）

独立変数	従属変数	
	授業の予習復習の時間	授業の予習復習+授業に関連していない自習 <主体的学習時間>
	β	β
学生の特性		
[学習目標]		
仕事と専門知識への関心	-0.011	-0.009
幅広い教養への関心	0.030	0.000
[授業・読書]		
講義・実験の時間	0.405 **	0.303 **
成績	0.030	0.048
読書習慣	0.073	0.141 **
指導の特性		
[講義の工夫]		
個人の指導	0.112 *	0.098
集団の指導	0.002	0.015
[実験の工夫]		
個人の指導	0.179 **	0.207 **
集団の指導	-0.024	-0.046
[授業の効果]		
専門知識	-0.070	-0.092
ジェネリックスキル	0.018	-0.012
工学的スキル	-0.004	-0.014
F値	15.68 **	12.21 **
自由度調整済決定係数	0.241	0.195
N	555	555

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ (強制投入法による重回帰分析)

専門家からの指導」は「後輩への指導」と並び第1主成分「相互学習」と相関が高い。

(2) 主体的学習の促進要因

全学年を対象とした重回帰分析の結果は表9のとおりである。左は比較のための従属変数を授業

表10 主体的学習の促進要因（4年生のみ）

独立変数	従属変数	
	授業の予習 復習の時間	授業の予習復習+ 授業に関連して いない自習 <主体的学習時間>
	β	β
学生の特性		
[学習目標]		
仕事と専門知識への関心	0.000	-0.044
幅広い教養への関心	-0.124	-0.140
[授業・読書]		
講義・実験の時間	0.532 **	0.433 **
卒業研究の時間	0.037	0.056
成績	-0.118	-0.013
読書習慣	0.071	0.039
指導の特性		
[卒研の指導]		
相互学習	0.274 **	0.275 **
教員の指導	-0.027	-0.029
研究室の選択	-0.002	0.046
F値	8.57 **	5.65 **
自由度調整済決定係数	0.410	0.299
N	98	98

** p<0.01（強制投入法による重回帰分析）

の予習復習にした結果である。右は授業の予習復習と授業に関連していない自習の合計時間（これ以降「主体的学習時間」と表記。）を従属変数にして分析した結果である。講義・実験の時間数、読書習慣、実験での個人の指導が主体的学習時間に正の効果を与えており、主体的学習の促進要因だと考えられる。

学生の特性である学習目標と成績は影響を与えていないが、授業や読書などの学習への関与が大きな影響を与えている。

指導の特性である講義の工夫、実験の工夫、および授業の効果の比較では、主体的学習は実験の工夫、とりわけ個人の指導から強く影響を受けていることがわかる。これに対して、従属変数を授業の予習復習時間にした場合の分析結果では、講義・実験の時間から影響を受け、読書習慣から影響を受けていない。授業の予習復習と読書の関連性が低いということから、授業に関連したリーディングの課題に長時間取り組む学生が少ないということが考えられる。

次に、98人の4年生について主体的学習への卒業研究の影響を検証する。表10が示すとおり、授業の予習復習と主体的学習の間に傾向の違いはない。主体的学習に有意な正の影響を与えているのは講義・実験の時間と卒研の指導における相互学習である。

読書習慣と卒業研究時間数は4年生の主体的学習に対して影響を与えていない。実験における個人の指導と卒研における相互学習はともに企業の専門家からの指導に強く関連していた。したがって、全学年の分析に関しても、4年生のみの分析に関しても、産学連携は主体的学習の伸長に重大な正の影響を与えていることがわかる。

(3) 主体的学習の学習成果

主体的学習は学生が身につけた能力にどのように影響するのだろうか。表11は学習成果に関する主成分分析の結果である。第2主成分は批判的思考力、幅広い視野などのジェネリックスキルに関連があると考えられる。これは、専門分野を超越した幅広く高い能力の習得をあらわす。

表12では、学習成果と関連があるのは授業の予習復習、授業に関連していない自習、およびこの2つの合計である主体的学習であり、講義・実験との関連は認められない。そして、ジェネリックスキルとの相関係数をもっとも大きいのは主体的学習時間であった。

4年生のみに関する分析では、表13が示すとおり、学習時間と身につけた能力との対応は必ずしも明確ではない。4年生は他学年に比べ学習成果のスコアが高いために学習時間による差があらわれにくい。その中で、主体的学習時間は唯一ジェネリックスキルの習得に正の効果を示した。つまり、講義・実験や卒業研究への長時間の関与がそのまま能力の習得につながるのではなく、教員による指導や学内外の様々な人材との交流が主体的学習を刺激し、主体的学習時間が伸びることに

表11 主成分分析結果「学習成果」

質問項目	第1主成分	第2主成分	第3主成分
仕事に役立つ能力	0.885	0.264	0.142
専門知識	0.862	0.249	0.235
批判的思考力	0.216	0.903	0.102
幅広い視野	0.325	0.746	0.316
工具・装置のスキル	0.228	0.219	0.941
固有値	3.01	0.70	0.63
寄与率(%)	60.3	14.1	12.7
累積寄与率(%)	60.3	74.4	87.0

第1主成分：専門知識 第2主成分：ジェネリックスキル
第3主成分：工学的スキル
数値はバリマックス回転後の主成分負荷量。

表12 主体的学習と学習成果の関係（全学年）

学習時間(hour)	講義・実験	授業の予習復習	授業に関連していない自習	授業の予習復習+授業に関連していない自習<主体的学習>
学習成果				
専門知識	0.006	0.168 **	0.078	0.151 **
ジェネリックスキル	0.025	0.110 **	0.110 **	0.131 **
工学的スキル	0.003	0.084 *	0.046	0.079

数値は相関係数. *: p<0.05, ** p<0.01

表13 主体的学習と学習成果の関係（4年生のみ）

学習時間(hour)	講義・実験	卒業研究	授業の予習復習	授業に関連していない自習	授業の予習復習+授業に関連していない自習<主体的学習>
学習成果					
専門知識	0.062	-0.026	0.113	0.125	0.144
ジェネリックスキル	0.023	0.016	0.135	0.124	0.159 *
工学的スキル	0.075	-0.099	0.110	-0.012	0.069

数値は相関係数. *: p<0.05

よって高い学習成果がもたらされるのではないか。

5. まとめと考察

質的研究では、まず、A大学工学部における公募型卒業研究固有の教育効果として次の4点が明らかになった。

- (1) 時間とコストの制約：学生は厳しい時間とコストの制約の下で研究を遂行し、一定の成果を出すノウハウを学習する。
- (2) 複数の専門性：すでに学んだ専門知識だけでは解決できない現実の課題に取り組むことで、学生は複数の専門性について自ら学ぶことを経験し、そのノウハウを学習する。それによって、学生の関心が知識から創造性、人間関係の構築、社会への貢献へと発展する。
- (3) 責任：企業の技術者等と協働することで研究の成果に対する責任感が学生に生まれる。責任感を持って課題に取り組むことによって、思うような成果が出ない場合はリスクと真剣に向き合い、期待通りの成果に到達した場合には大きな達成感が得られる。
- (4) 主体性：上記の3点が学生に大きな学習動機をもたらしている。とくに学習内容を学生が決定すること、企業の技術者等からの指導や激励を得ること、製品の実用化に向けて複数の条件を念頭に置きながら開発を進めることなどが学生の意欲を劇的に向上させる。

このように、産学連携による卒業研究は、学生がより幅広い視野を身につけ、より高い学習到達度へと至ることを可能にする。公募型卒業研究を経験した卒業生によれば、産学連携による卒業研究で経験したことは就職後の開発の現場で求められるコンピテンシーと深く結びついているという。

A大学工学部の学生に対しておこなったアンケート調査の結果は、学外の技術者との交流が学生の主体的学習に大きく影響するという上記の仮説を裏づけた。量的研究では、主体的学習の促進要因と主体的学習の成果について次の4点が明らかになった。

- (1) 実験における産学連携の効果：実験において教員あるいは企業の専門家による個人の指導が主体的学習に重大な正の影響を与えている。
- (2) 卒業研究における産学連携の効果：卒業研究では企業の専門家からの指導や後輩を指導する経験が主体的学習に重大な正の影響を与えている。
- (3) 主体的学習の促進要因：主体的学習は、授業時間数や読書習慣などの学生サイドの要因と教員や学外の専門家による個別指導などの指導者サイドの要因が影響を与えている。
- (4) 主体的学習の学習成果：主体的学習によってジェネリックスキルが高められているのに対して、学生が講義、実験、卒業研究に携わる時間はジェネリックスキルに明確な影響を与えていない。したがって、ジェネリックスキルの伸長には、授業内容の自己決定など、学生を学習により深く関与させることが必要であると考えられる。

実際の大学の教育改革に対してこれらの発見はどのような意味を持つのか。最後にその含意を考察したい。本研究で取り上げた根菜類収穫機械化の事例は、産学連携による卒業研究が学生に対して複数の刺激を与え、その中で学生は主体的に学習するを経験した。これを制度として保証するならば、学部のカリキュラムにはこの複雑な学習を想定して、様々な経験を意味ある学習へと変換させる機能が必要となる。アンケートの分析結果は、そのための有効な方法が学生の学習への深

い関与であり、同時に、個人の指導の充実であることを示している。個人の指導では教員とともに学外の専門家が重要な役割を果たしていた。工学部には、一般的に、産学間の共同研究に長い歴史と伝統がある。公募型卒業研究とは共同研究のネットワークを学生の教育に転用する企てだと言えよう。講義や実験において個人の指導を強化し、公募型卒業研究という学習機会をいっそう有効に機能させるならば、共同研究で教員がそうしてきたように、学生は自らの学習を設計し、答えのない出口に道筋をつけることを学ぶはずである。

注

- 1) たとえば、東京大学の大学経営・政策研究センターが2007年に実施した「全国大学生調査」では人文系における学部4年生の学習時間は授業8.7時間、卒業研究7.3時間、自習9.3時間であり、合計25.3時間となる。理工農系学部では授業9.1時間、卒業研究20.4時間、自習10.4時間で、合計39.9時間であった。いずれも授業時間以外の学習時間数は4年生で2倍以上に増えている。このことから、とくに理系分野において、卒業研究が主体的学習の中で大きな割合を占めていることがわかる。
- 2) 学年ごとのアンケートの回収率は1年生41.1%、2年生31.7%、3年生27.6%、4年生43.1%である。
- 3) 学習時間は典型的な1週間の学習時間を次の8段階で聞いている。「0時間」「1-5時間」「6-10時間」「11-15時間」「16-20時間」「21-25時間」「26-30時間」「31時間以上」。集計ではそれぞれのカテゴリに「0時間」「3時間」「8時間」「13時間」「18時間」「23時間」「28時間」「33時間」の数値を割り当て、単位を「時間 (hour)」として計算した。
- 4) 本研究の統計解析にはIBM社の統計ソフトSPSS (Ver.22) を用いた。
- 5) 「学習目標」に関するデータは次の質問文と選択肢から得た。質問文：「大学在学中の目標としてどのようなことが重要ですか。(a) 将来の仕事に活かせる能力を身につける、(b) 専門分野の知識・理解を深める、(c) 工学全般の理解を深める、(d) 広い教養、ものの見方を身につける。」回答の選択肢：「重要ではない」「あまり重要ではない」「ある程度重要」「重要」

参考文献

- Accreditation Board of Engineering and Technology, 1997, *Engineering Criteria 2000*, The third edition, Baltimore, MD; Accreditation Board of Engineering and Technology.
- 中央教育審議会, 2008, 「学士課程教育の構築に向けて (答申)」.
- 中央教育審議会, 2012, 「新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて：生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ (答申)」.
- Deci, E.L., 1975, *Intrinsic Motivation*, New York: Plenum Press. (= 1980, 安藤延男, 石田梅男訳, 『内発的動機づけ：実験社会心理学的アプローチ』誠信書房.)
- Deci, E.L., 1980, *Psychology of Self-Determination*, Lexington, MA: D.C. Health & Company. (= 1985, 石田梅男訳, 『自己決定の心理学：内発的動機づけの鍵概念をめぐって』誠信書房.)
- 愛媛大学教育・学生支援機構, 2010, 『愛媛大学における研究室教育の現状と課題』愛媛大学教

育・学生支援機構.

藤墳智一, 2014a, 「革新的教育のマネジメント：理工系分野のケーススタディ」『教育学研究紀要』中国四国教育学会, 60: 336-41.

藤墳智一, 2014b, 「大学における革新的教育の社会的文脈」日本教育社会学会第66回大会発表, 愛媛大学・松山大学, 2014年9月12日(同発表要旨集録, 130-31).

古川修, 長谷川浩志, 山崎敦子, 井上雅裕, 間野一則, 2016, 「産学・地域連携PBLによる実学教育の試み」『工学教育』日本工学教育協会, 64(3), 35-40.

小林信一, 稲永由紀, 大来雄二, 玖野峰也, 齋藤芳子, 2012, 「アメリカの工業教育改革を牽引するオーリン・カレッジ」『工学教育』日本工学教育協会, 60(5), 18-23.

工学における教育プログラムに関する検討委員会, 1999, 「平成10年度工学における教育プログラムに関する検討委員会報告：8大学工学部長懇談会への報告」工学における教育プログラムに関する検討委員会.

両角亜希子, 2009, 「学習行動と大学の個性」『IDE—現代の高等教育』515: 26-31.

日本学術会議機械工学委員会機械工学分野の参照基準検討部会, 2013, 「大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準—機械工学分野」日本学術会議機械工学委員会機械工学分野の参照基準検討部会.

小笠原正明, 2014, 「工学分野におけるFDの背景と課題」『工学教育』日本工学教育協会, 62(2), 3-8.

小方直幸, 2008, 「学生のエンゲージメントと大学教育のアウトカム」『高等教育研究』11: 45-64.

武沢英樹, 中島幸雄, 雑賀高, 中山良一, 2012, 「プロジェクトベース産学連携型ECP」『工学教育』60(5): 45-49.

鳥越一平, 2012, 「熊本大学工学部・機械システム工学科における卒業研究の位置づけ」『工学教育』60(5): 39-44.

梅宮直樹・小西伸幸・坪根千恵, 2013, 「『日本型工学系高等教育』の有効性と課題」『工学教育』61(4): 72-79.

浦田広朗, 2009, 「授業実践と学習行動」『IDE—現代の高等教育』515: 20-25.

Educational Effects of University-Industry Collaborative Graduation Research in Undergraduate Engineering Programs: An Empirical Analysis of Self-Motivated Learning in the Case of the Publicly Proposed Graduation Project

Tomokazu FUJITSUKA (University of MIYAZAKI)

In this paper, the author demonstrates the promotional factors for self-motivated learning in undergraduate engineering education. Two of the most important focuses of the study are the function of graduation research and collaborative instruction with industry. The study includes qualitative analysis using data from interview surveys and quantitative analysis of questionnaire survey data.

In the qualitative analysis, the author cites a case of university-industry collaborative graduation research in the engineering department of a small national university. Case study analysis reveals that engaging in problem-solving activities and interaction with external experts enable students to be more self-determinative owing to overcome time and cost constraints, acquisition of interdisciplinary knowledge and skills, and success in product development with responsibility.

In the quantitative analysis, the author examines the educational effects of lecture courses, laboratory courses, and graduation research through analysis of a student questionnaire survey. The result indicates that coaching by external experts significantly stimulates self-motivated learning among students in laboratory courses as well as those engaged in graduation research. This supports the findings from the qualitative analysis. Through analysis of learning outcomes, the author also clarifies that self-motivated learning effectively accelerates acquisition of broader views and skills as well as expertise.