

文部科学省 平成 28 年度「理工系プロフェッショナル教育推進委託事業」

工学分野における
理工系人材育成の在り方に関する調査研究
報告書

平成 29 年 3 月

千葉大学

本報告書は、文部科学省の調査研究委託費による委託業務として、国立大学法人千葉大学が実施した平成28年度「理工系プロフェッショナル教育推進委託事業」調査研究テーマ：工学分野における理工系人材育成の在り方に関する調査研究の成果を取りまとめたものです。

従って、本報告書の複製、転載、引用等には文部科学省の承認手続きが必要です。

文部科学省 平成 28 年度「理工系プロフェッショナル教育推進委託事業」

工学分野における
理工系人材育成の在り方に関する調査研究
報告書

平成 29 年 3 月

千葉大学

文部科学省 平成 28 年度「理工系プロフェッショナル教育推進委託事業」
「工学分野における理工系人材育成の在り方に関する調査研究」報告書
目 次

1. はじめに

1.1 背景と目的

(1) 背景	1
(2) 目的	2

1.2 調査研究の枠組み

(1) 実施内容	3
(2) 実施体制	4

2. アンケート調査

2.1 アンケート調査の概要

(1) 調査の目的と方法	7
(2) 調査の実施	14
(3) 回答組織の属性	15

2.2 アンケート調査の結果

(1) 教育分野（大学）、関連分野（企業）の現状について	20
(2) 部局横断的な授業科目の実態について	35
(3) 実践的なプロジェクト型教育の実態，課題について	38
(4) 卒業研究・修了研究の実態について	50
(5) 数理・データサイエンスを含む専門基礎教育の実態，課題について	56
(6) 産学連携の実態，課題について	66

2.3 アンケート調査結果のまとめ	71
-------------------------	----

3. ヒアリング調査

3.1 ヒアリング調査の概要

(1) 調査の目的と訪問先	74
(2) ヒアリング調査の実施	76

3.2 ヒアリング調査結果のまとめ

(1) 教育カリキュラムについて	79
(2) 実践的なプロジェクト型教育に関する考え方と実例	81
(3) 教育スタッフについて	83
(4) 産学連携に関する考え方と実例	84
(5) 学生の就職状況と学習意欲について	86

(6) オンライン教育について.....	88
----------------------	----

4. シンポジウム

4.1 シンポジウム概要

(1) 概要.....	90
(2) 参加者.....	92

4.2 講演概要

(1) 講演 1 「みらいを創造する米国マサチューセッツ工科大学のハンズオン教育」 八木 透 東京工業大学工学院機械系 准教授.....	94
(2) 講演 2 「第4次産業革命を支える欧米の科学技術政策と理工系大学のイノベーション」 ～“研究 vs.教育”, “産学連携の閉塞”を打破する オープンイノベーションの戦略マップの重要性～ 藤野 直明 (株)野村総合研究所 主席研究員.....	97
(3) 講演 3 「企業における技術者育成と高等教育の連携」 京谷 美代子 (株)FUJITSU ユニバーシティ エグゼクティブプランナ.....	100
(4) 講演 4 「数学・データサイエンス分野における産学連携教育の現状と課題」 池川 隆司 東京大学大学院数理科学研究科 キャリアアドバイザー, (株)アルテ シニアコンサルタント.....	103

4.3 グループワーク

(1) 目的と進め方.....	106
(2) グループワークのまとめ.....	109

5. おわりに

5.1 成果の概要.....	112
5.2 今後の理工系教育の改善に向けた方策案.....	115

■ 資料

【資料1】会議開催状況

資料 1-1) 連絡調整会議	資 1-1
資料 1-2) 調査研究実行委員会	資 1-3
資料 1-3) 調査研究実行委員会幹事会	資 1-9

【資料2】アンケート調査

資料 2-1) 調査画面	
● 大学対象アンケート	資 2-1
● 企業対象アンケート	資 2-36
資料 2-2) 依頼文, 回答要領など	資 2-47
資料 2-3) 単純集計, クロス集計結果一覧【数表 (検定結果含)・グラフ】	
● 大学 (数表)	資 2-56
● 大学 (グラフ)	資 2-120
● 企業 (数表)	資 2-179
● 企業 (グラフ)	資 2-208
資料 2-4) 自由記述	
● 大学 (特徴的な科目例, PBL や産学連携への意見など)	資 2-228
● 企業 (卒業研究等への意見, PBL や産学連携への意見など)	資 2-249

【資料3】ヒアリング調査

資料 3-1) ヒアリング調査一覧	資 3-1
資料 3-2) 国内ヒアリング調査結果	資 3-3
資料 3-3) 海外ヒアリング調査結果	
● ドイツ	資 3-38
● アメリカ	資 3-48

【資料4】シンポジウム

資料 4-1) 講演 1	資 4-1
資料 4-2) 講演 2	資 4-16
資料 4-3) 講演 3	資 4-31
資料 4-4) 講演 4	資 4-53
資料 4-5) グループワーク ～発表・全体討議の議事要旨～	
● テーマ 1: 産学連携による PBL 教育	資 4-65
● テーマ 2: 数理・データサイエンス教育	資 4-78

1. はじめに

1.1 背景と目的

(1) 背景

少子高齢化に伴い生産年齢人口が減少する中、我が国の持続的な発展を今後も維持促進するためには、イノベーションを担う理工系人材の育成が重要である。高等教育において学術的な専門性の追求だけではなく、高度な技術開発やグローバルな経営を担う質の高い職業能力を身に付けさせることが求められている。

こうした背景のもとに、大学と産業界の双方のコミットメントによるプロフェッショナル教育プログラムを開発し、産業界に必要な人材を輩出する高等教育レベルの一貫した職業教育システムを構築する取り組みが、平成 27 年度概算要求（1 件 1 億円×50 件、総額 50 億円）として文部科学省より立案提出された。しかし、平成 26 年 11 月の行政改革推進会議「秋のレビュー」において、「産業界のニーズの把握が十分でないほか、各大学の学部・大学院のカリキュラムがどの程度産業界のニーズに合っているのか、これらのカリキュラムのどのような点が問題となり得るのかなど、従来の理工系大学教育の問題点の検証が十分に行われているとは認められず、より精緻な分析、検証を行うべきではないか。理工系大学教育のシステム改革を達成するためには、本事業により実務家教員に職業教育プログラムを構築させるだけでは不十分と思われ、その他のいくつかの対策が必要と考えられることから、50 大学で本事業を一斉に実施する前に、まずは、各大学・大学院が研究と教育のバランスをどのように考えているのかを含め、基礎的な調査を実施すべきではないか。その際、調査のために大学にプロジェクトを行わせるとしても、ごく少数の大学に絞って実施すべきではないか。」との指摘を受けた。

このような経過を経て、平成 27 年度に「理工系プロフェッショナル教育推進委託事業」が認められ、千葉大学が調査研究テーマ「工学分野における理工系人材育成の在り方に関する調査研究」を受託し、平成 27 年 10 月から平成 28 年 3 月まで実施した。

平成 27 年度の調査結果より、以下のような課題が明らかとなった。すなわち、幅広い教養、リーダーシップ、新しい価値を創造する能力などを醸成する実践的なプロジェクト型教育が有効な方策となる可能性があること、大学側は人材育成にとって「卒業研究」「修了研究（修士研究・博士研究）」を重要な取組として重視しているが、企業の理解度とは若干の差が見られることから、卒業研究等を「実践的なプロジェクト型教育」として活用する可能性の検討や、企業側の適切な理解を深めるための情報発信の方策の検討等が必要であること、企業との産学連携やインターンシップの取組の拡大のための方策を検討していく必要があること、調査データの更なる分析・検討が必要であることなどが見えてきた。

昨年度に引き続き、平成 28 年度においても千葉大学が、調査研究テーマ「工学分野における理工系人材育成の在り方に関する調査研究」を受託し、平成 28 年 9 月から本事業を開始した。

(2) 目的

平成 28 年度委託事業の調査研究テーマ「工学分野における理工系人材育成の在り方に関する調査研究」では、以下の 5 つの業務を行うことを目的とした。

1. 実践的なプロジェクト型教育を展開するための課題，好事例等の収集，併せて卒業研究や修了研究の実態調査を実施する。
2. 大学と企業の相互理解を深めるための方策の一つとして，インターンシップ等を含む産学連携教育の一層の強化のための課題の実態調査を実施する。
3. 理工系教育（工学分野）の基礎となる数理・データサイエンス教育の実態調査を実施する。
4. 諸外国の大学における工学教育の実態調査，就職状況調査等を実施し，我が国における工学教育との比較調査を実施する。
5. 上記検証結果を踏まえ，より精緻な産業界が求める理工系人材像の把握・検証と理工系人材を養成するための工学教育カリキュラムのマッチング等を検討し，具体的な人材育成方策を示す報告書を取りまとめる。

1.2 調査研究の枠組み

(1) 実施内容

本年度の事業において、上記目的を達成するために、アンケート調査、国内外の理工系大学教育に関するヒアリング調査、シンポジウム開催などを行った。

アンケート調査は、国内の国公私立大学における工学主要7分野（電気・電子，機械，建築，土木，化学・材料，情報・通信，バイオ）に該当する学科・専攻等（175大学の906学科・専攻等），および国内の理工系人材採用に関わる企業（従業員数100名以上の約1万社の中から昨年度の調査結果をもとに抽出した908社・936部門）を対象に，平成28年11月16日から12月20日にかけて実施した。なお，アンケート調査は大学用，企業用の2種類の設問を作成し，紙媒体とWebサイトによる回答方法を併用した。

また，これらの大学と企業に個別に実施するアンケート調査だけでは，①大学側と産業界側の双方向的な議論を通じた新しい方向性にアプローチできないこと，②世界的な動向などの最新情報が不十分な中で回答されたアンケート結果は，従来の枠に囚われた内容にとどまる懸念があることなどに鑑みて，産学の関係者が一堂に会して，アンケート調査，ヒアリング調査などの結果を共有するとともに，それらに基づく具体的な人材育成方策を議論する1泊2日のワークショップ形式のシンポジウムを，平成29年3月3日及び4日に開催した。

さらに，理工系大学（大学院）教育の国際的な実態と先進的な事例に関する情報を入手するために，欧米に実行委員会メンバーを中心として構成する調査団を派遣し，ヒアリング調査を実施した。派遣先は，米国のオーリン工科大学，米国工学教育協会，日本学術振興会ワシントン研究連絡センター，ドイツのシュタインバイス本部，カールスルーエ工科大学，フラウンホーファーIPT，アーヘン工科大学であった。さらに，国内外の工学教育に関する最新の情報や産業界が求める理工系人材像を把握するために，東京工業大学，東京大学，京都大学，慶應義塾大学，（株）野村総合研究所，新日鉄住金ソリューションズ（株）など，国内の大学，企業等にヒアリング調査を行った。

(2) 実施体制

本事業の公募、決定、進捗管理を行うために、文部科学省の下に理工系プロフェッショナル教育推進委託事業委員会が設けられた。千葉大学には、理工系大学教育に専門性を有する有識者から構成される調査研究実行委員会を設けた。調査研究実行委員会委員は、理工系の各主要専門分野のバランス、所属大学の規模、種類（国立、公立、私立）、地域（大都市圏、地方等）の偏りが生じないように配慮して学外委員 18 名を選出し、学内委員と併せ 25 名で構成した。また、調査研究実行委員会のうち、分野のバランスを配慮して選定した 7 名からなる幹事会を設けた。さらに、調査研究実行委員会の活動を実務的にサポートする体制として、調査研究事業推進室を設置し、理工系大学教育の経験者 1 名及びその補助者 2 名と、事務的業務の担当者 2 名を配属した。

本事業の「農学分野における理工系人材育成の在り方に関する調査研究」を受託した静岡大学にも同様に、調査研究実行委員会が設けられており、千葉大学、静岡大学の両受託機関及び文部科学省高等教育局専門教育課によって構成される連絡調整会議を適宜開催した。

a 調査研究実行委員会

委員長	関 実	千葉大学大学院工学研究科	研究科長・教授
学外委員	石井 隆昭	新日鉄住金ソリューションズ（株）	専門部長
学外委員	大山 和伸	ダイキン工業（株）	執行役員
学外委員	大輪 武司	金沢工業大学	客員教授
学外委員	京谷 美代子	（株）FUJITSU ユニバーシティ	エグゼクティブ プランナ
学外委員	工藤 一彦	東京電機大学 教育改革推進室	アドバイザー
学外委員	小林 秀承	日本電信電話（株）研究企画部門	統括部長
学外委員	米田 隆志	芝浦工業大学	副学長
学外委員	佐藤 俊明	（株）大崎総合研究所	代表取締役社長
学外委員	諏訪 泰裕	（株）東芝	参事
学外委員	辰巳砂 昌弘	大阪府立大学大学院工学研究科	工学研究科長
学外委員	辻 太一郎	NPO法人DSS（株） 大学成績センター	代表理事・ 代表取締役
学外委員	野口 博	静岡理工科大学	学長
学外委員	藤野 直明	（株）野村総合研究所	主席研究員
学外委員	間瀬 憲一	新潟大学	名誉教授
学外委員	丸山 武男	新潟大学	名誉教授
学外委員	宮里 心一	金沢工業大学環境・建築学部	教授
学外委員	養王田 正文	東京農工大学大学院工学研究院	教授
学外委員	渡邊 眞理	法政大学デザイン工学部	教授
学内委員	勝浦 哲夫	千葉大学大学院工学研究科	特任教授
学内委員	岩永 光一	千葉大学大学院工学研究科	副研究科長・教授
学内委員	高橋 徹	千葉大学大学院工学研究科	副研究科長・教授
学内委員	塩田 茂雄	千葉大学大学院工学研究科	副研究科長・教授

学内委員	佐藤 之彦	千葉大学大学院工学研究科	副研究科長・教授
学内委員	武居 昌宏	千葉大学大学院工学研究科	副研究科長・教授

b 調査研究実行委員会幹事会

関 実	千葉大学大学院工学研究科	研究科長・教授
勝浦 哲夫	千葉大学大学院工学研究科	特任教授
岩永 光一	千葉大学大学院工学研究科	副研究科長・教授
高橋 徹	千葉大学大学院工学研究科	副研究科長・教授
塩田 茂雄	千葉大学大学院工学研究科	副研究科長・教授
佐藤 之彦	千葉大学大学院工学研究科	副研究科長・教授
武居 昌宏	千葉大学大学院工学研究科	副研究科長・教授

c 文部科学省

土生木 茂雄	文部科学省高等教育局	視学官
辻 直人	文部科学省高等教育局専門教育課	課長補佐
小野 隆彦	文部科学省高等教育局専門教育課	科学・技術教育係長
草田 善之	文部科学省高等教育局専門教育課	科学・技術教育係

d 調査研究事業推進室

勝浦 哲夫	千葉大学大学院工学研究科	特任教授
若林 直子	千葉大学大学院工学研究科	特任研究員
黄 晶石	千葉大学大学院工学研究科	特任研究員
西野 美保	千葉大学大学院工学研究科	事務補佐員
井上 博絵	千葉大学大学院工学研究科	事務補佐員

e 事務局

堀内 伸也	千葉大学学務部	教育企画課長
山口 正人	千葉大学学務部	教育改革推進係長
土屋 正勝	千葉大学工学系事務センター	事務センター長
川名 正信	千葉大学工学系事務センター	副事務センター長（総務室長）
松本 芳久	千葉大学工学系事務センター	副事務センター長（経営・研究支援室長）

2. アンケート調査

2.1 アンケート調査の概要

(1) 調査の目的と方法

a 調査目的

本アンケート調査は、理工系大学・大学院における人材育成の在り方の検討に資する基礎資料を得るため、理工系大学と理工系新卒者の受入企業を対象として実施した。目的は以下のとおりである。

- ① 取り組んでいる分野の実態把握
 - ・ 大学では教育分野，企業では関連分野を調査
 - ・ 分野横断的な授業科目の実態を含む
- ② 実践的なプロジェクト型教育の実態，課題の把握
 - ・ 卒業研究，修士研究，博士研究を含む
- ③ 数理・データサイエンスを含む専門基礎教育の実態，意向の把握
 - ・ 理工系教育の基礎となる教育として上記の実態，意向を調査
- ④ 産学連携の実態，課題の把握
 - ・ インターンシップ，産学共同研究

b 調査対象

本調査対象は、平成 27 年度に実施した同様のアンケート調査と同様、工学主要 7 分野（電気・電子，機械，建築，土木，化学・材料，情報・通信，バイオ）に関わる大学の学科・専攻等と従業員 100 人以上の企業であり、詳細は表 2.1.1 の通りである。

表 2.1.1 アンケート調査の対象抽出方法と抽出数

	調査対象	対象抽出元方法	対象数	想定回答者
大学	国内の国公立私立大学における工学主要 7 分野に該当する学科・専攻等	「平成 27 年度全国大学一覧」より抽出して実施した平成 27 年度の調査対象リストを使用	906 (175 大学)	学科長・専攻長等
企業	国内の理工系人材採用に関わる従業員数 100 名以上の企業，かつ工学主要 7 分野に関連する部門	平成 27 年度の調査結果 (n=3,480) より、「主要設問がすべて無回答」「5 年以内に工学主要分野出身の新卒者を採用した実績がない」などを除外して抽出。 なお、平成 27 年度は「東京商工リサーチ企業データベース」より抽出した 10,230 部門が対象。	936 (908 社)	理工系新卒者を受け入れている技術部門担当者

なお、大学の調査対象である学科・専攻等の対象数は906であり、平成27年度の方が984と多い。これは、平成27年度調査が工学主要7分野ごとに異なる調査票を用いて行われたため、複数の分野を包括する学科・専攻等には分野の数だけ調査票を配布したことによる。本年度は、その学科・専攻等の教育実態をそのまま把握できるよう分野共通の一種類の調査票としている。(実際には、平成27年度同様、専門分野ごとに複数の回答をいただいたケース、改組があったために平成27年度と異なる枠組みでの回答となったケースなどもあった。)

一方、企業の調査対象は、平成27年度調査においても一部門一分野としていたため、上記のような対象の齟齬は生じていない。ただし、表2.1.1に示したとおり、平成27年度の調査対象そのものではなく、同年度の調査回答企業(n=3,480)の中から、新卒採用がない企業等を除いている。その条件は表2.1.2のとおりである。

表 2.1.2 平成27年度調査対象企業から本年度調査対象企業を抽出する条件
(以下の条件にあう企業を除外して調査対象を選んだ)

【企業】調査対象から除外する条件		除外後 n数	配布数を 100%とし た割合	回収数を 100%とし た割合
平成27年度調査の配布数		10,230	100%	
平成27年度調査の回収数		3,480	34%	100%
条件1	以下で「全て無回答」の設問が1つでもある企業 Q2-1 知識や能力、経験等の重視度(22項目) Q3-1 工学系共通基礎科目の重視度(共通7項目) Q3-3 卒論・修士研究・博士研究への意見(4項目) Q4-1 産学連携_重視度(10項目) Q4-1 産学連携_経験(10項目) Q4-1 産学連携_今後の意向(10項目) Q6 今後の産業界に必要な人材1位(MA)	2,004	20%	58%
条件2	採用人数0人、またはすべて無回答の企業	1,828	18%	53%
条件3	産学連携・インターンで以下3条件全てに当てはまる企業 Q4-1 重視度:「3.どちらともいえない」～「5.重視していない」 Q4-1 経験:「3.」～「4.実施したことはない」 Q4-1 意向:「3.どちらともいえない」～「5.重視していない」	1,395	14%	40%
条件4	産学連携・共同研究等で以下3条件全てに当てはまる企業 Q4-1 重視度:「3.どちらともいえない」～「5.重視していない」 Q4-1 経験:「3.」～「4.実施したことはない」 Q4-1 意向:「3.どちらともいえない」～「5.重視していない」	939	9%	27%
条件5	住所・社名不明(IDが切り取られてきた) 他	936	9%	27%

表 2.1.2 の対象企業抽出条件は、平成 27 年度の調査結果 (n=3,480) を再分析し、分野、従業員数 (規模)、地方などに大きな偏りが出ないようにモニタリングしながら決定した。

抽出した結果 (n=936) と平成 27 年度調査結果との比較を図 2.1.1~2.1.2 に示す。条件どおり以下の差は見られるが、その他については有意差はない。

【新卒者の採用人数】←条件 2

- 学卒、修士卒、博士卒とも抽出結果の方が高い。
 - ・ ただし、学卒、修士卒、博士卒のそれぞれについては合計採用人数「0人」も含まれる。

【従業員規模】←条件 2

- 抽出結果の方が、200人未満が少なく、その分1,000人以上が多い。
 - ・ 規模が大きい方が新卒者の採用人数が多いため。

【インターンシップ、大学との共同研究等の重視度、実施経験、今後の実施意向】←条件 3,4

- 抽出結果の方が、各重視度、実施経験、今後の実施意向とも高い。
 - ・ ただし、各重視度、実施経験、意向ともに高い層だけではなく、低い層も常に一割程度含まれている。

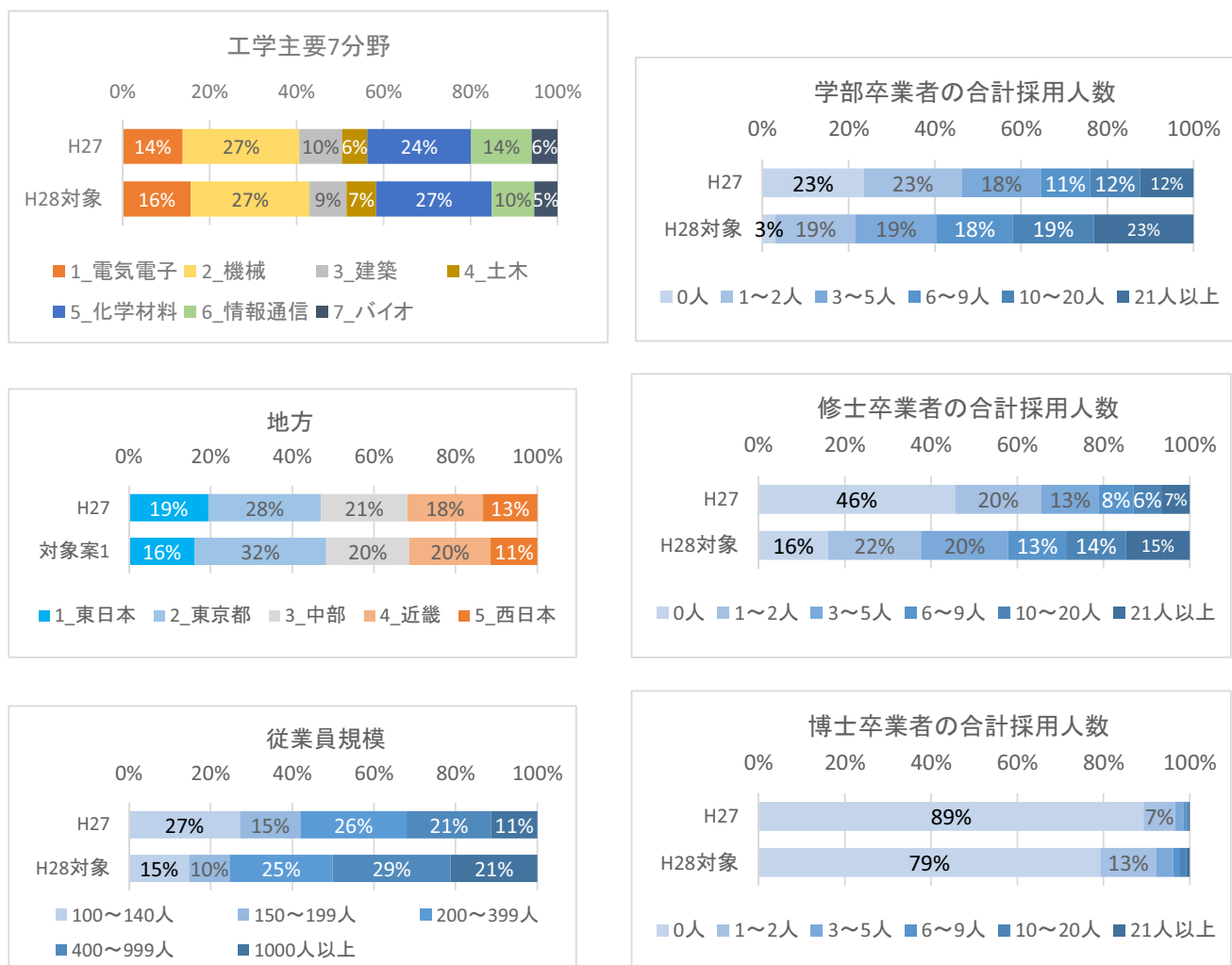


図 2.1.1 【企業】本年度の対象と平成 27 年度調査結果との属性比較 1

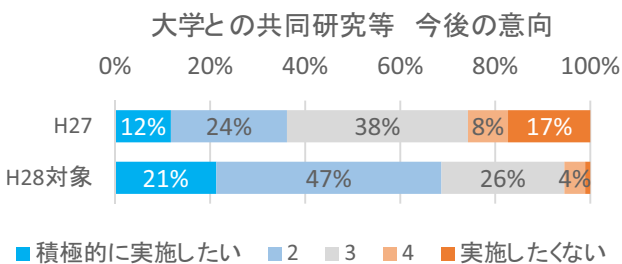
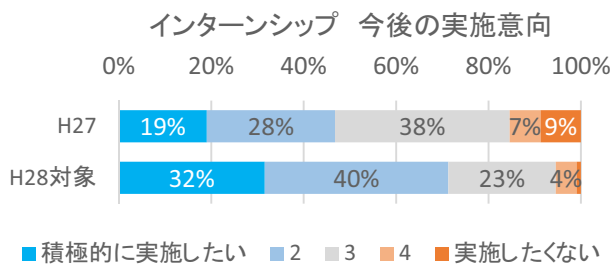
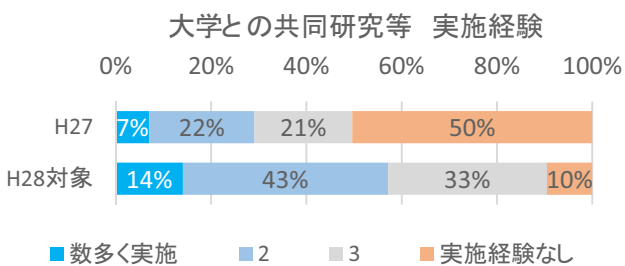
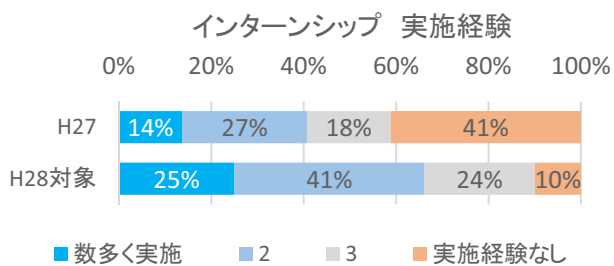
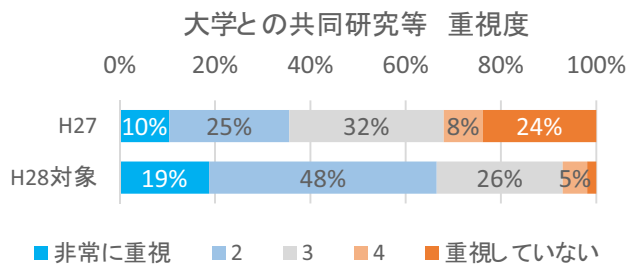
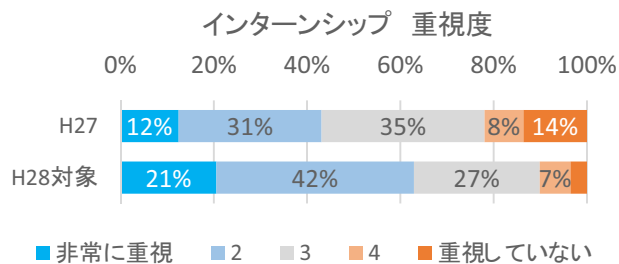


図 2.1.2 【企業】本年度の対象と平成 27 年度調査結果との属性比較 2

c 調査項目

調査項目は、調査研究実行委員会幹事会（以下、幹事会）にて案を検討し、第1回調査研究実行委員会を経て、関係者の意見を調整して決定した。表 2.1.3 のとおり、大学対象の項目が主である。

表 2.1.3 主な調査項目一覧（設問順に表記）

主な調査項目		大学対象	企業対象
属性	回答者個人	・勤続年数	
		・職種	・年齢
	回答組織、部門	・組織・部門名称 ・主要な取り組み分野（大学：教育分野，企業：関連分野）	
		・設置課程，定員数 ・進学率（修士，博士）	・5年以内に採用した新卒者合計人数
専門基礎科目，数理・データサイエンス科目	実態	・開講状況 ・学生の理解度	
	認識・評価	・授業内容の必要性（大学），実務上での必要性（企業）	
部局横断的な授業科目	実態	・開講状況 ・特徴的な開講科目	
卒業研究・修了研究	実態	・開講状況 ・研究テーマの決め方 ・学外への成果発表等の状況	
	認識・評価	・研究において重要だと考える点	・実務に役立っているか
プロジェクト型教育（PBL）	実態など	・開講状況，実施状況 ・特徴的な開設科目 ・育成を重視している能力	・協力実施状況 ・育成を重視すべきと思う能力
	認識・評価	・今後の実施意向 ・発展させるための課題	・今後の協力意向
産学連携	インターンシップ	・実施状況	・実施状況
		・意義，問題点	
	産学協同研究（受託研究，奨学寄附金を含む）	・実施状況	・実施状況
		・意義	
		・学生を参加させる意義，問題点 ・発展させるための課題	
全体に対する自由記述			

d 調査方法

調査用 web サイト上に回答を直接入力してもらう方法（web アンケート）を主とした。ただし、回答者の環境によっては、紙媒体のアンケート（郵送回収）も選べるように紙媒体も準備した。

web アンケートを主としたのは、回答のしやすさはもちろん、本調査の内容によるところが大きい。たとえば、ある科目を開講している学科・専攻等に対してのみ開講状況等を詳しく聞くなど、本調査内容は、設問の分岐や子設問が多い複雑な構造になる。このため、欠測のない正確な回答データを得るためには、回答の必須・未必須や設問の分岐等の設定ができる web アンケートである必要があった。加えて web アンケートには、回答のしやすさ（とくに自由記述）、データ入力の時間・コスト削減などのメリットがある。

調査用の web サイトは専門業者のシステムを使用し、回答の途中でブラウザを閉じても回答内容が保存される、途中で回答内容の確認・修正ができる等、回答のしやすさに配慮した画面構成とした。作成した調査画面のうち、確認・修正等の画面を除いたものを資料 2-1 に示す。

調査は、以下の段取りで行うこととした。

- 事前に、調査の予告ハガキの送付（目的：回答率向上）
- 調査依頼文、調査用 web サイトの URL と個別のログイン ID を記した回答方法の説明資料（巻末資料 2-2）、および紙媒体の調査票と返信用封筒（図 2.1.3）を郵送

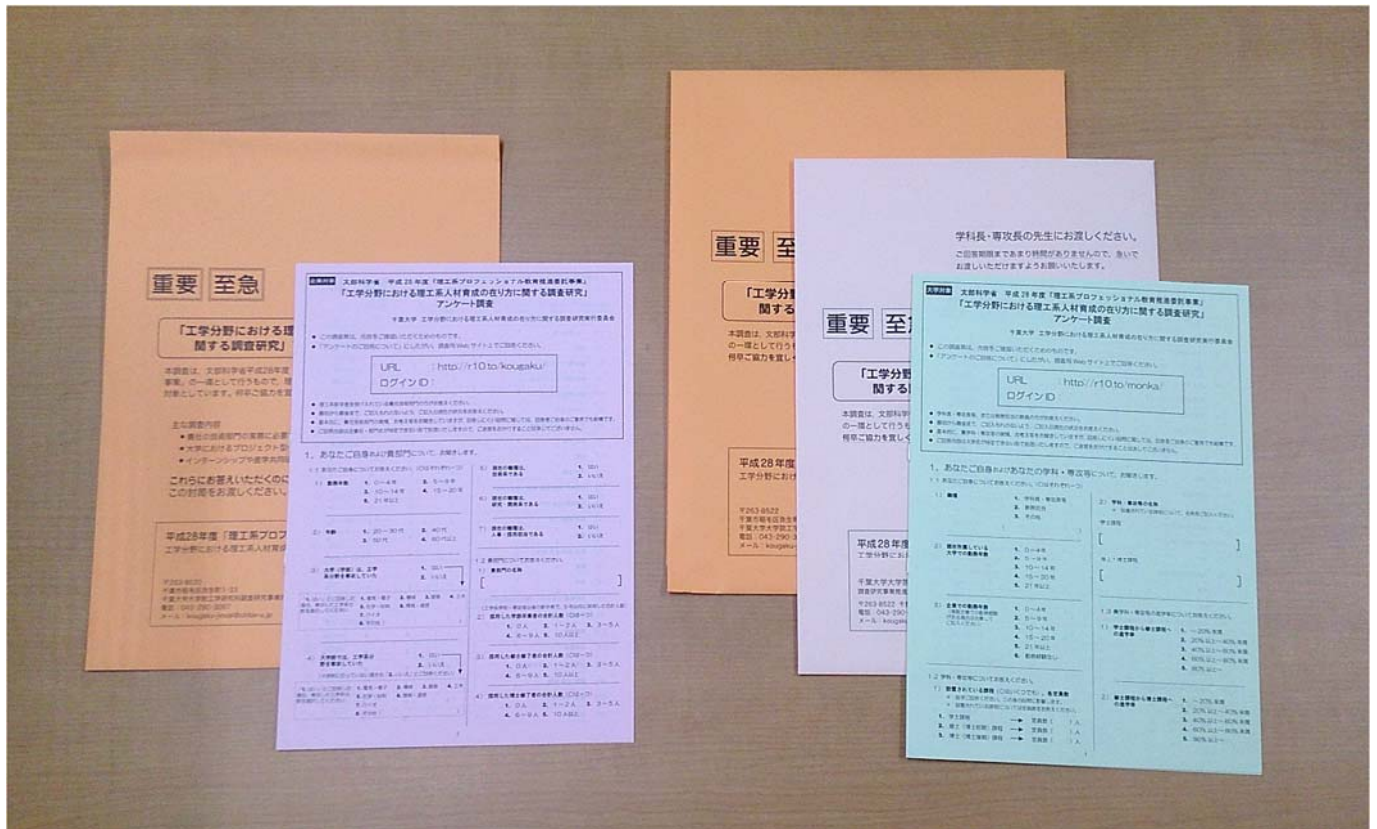


図 2.1.3 調査依頼文等を郵送した封筒と紙媒体の調査票（左が企業対象、右が大学対象）

大学の郵送先は、平成 27 年度調査と同様に、研究科長・学部長である。対象学科・専攻等の資料を内封筒に入れて同封し、想定回答者（学科長・専攻長等）に調査依頼文等を渡していただけるよう依頼した。

企業の郵送先の宛名は、平成 27 年度の調査結果より回答していただきたい部門名が分かる場合はその部門名を記し、分からない場合は「貴社 技術部門ご担当者様」と記した。企業内で、回答していただきたい技術部門の方に調査依頼文等が渡るよう、封筒には以下の調査内容とともに「これらにお答えいただくのに適任と思われる技術部門の方にこの封筒をお渡してください」と記した。

【封筒に記した「主な調査内容」】

- 貴社の技術部門の実務に必要な知識（数理、データサイエンスなど）
- 大学におけるプロジェクト型教育について
- インターンシップや産学共同研究について（課題、今後の方策など） 他

なお、平成 27 年度同様、回収率の向上を目指して、大学に対しても企業に対しても、調査票に記載した回答期限の前後に到着するよう「御礼兼催促はがき」を郵送し、最終的な回収期限を各々1週間延ばした。

(2) 調査の実施

調査は 2016 年 11 月～12 月に実施した。詳細は以下のとおりであり、大学対象も企業対象も同じスケジュールとした。

- 2016.11.08 調査の予告ハガキの到着 (郵送)
- 2016.11.16 調査用 web サイト URL, ログイン ID, 紙媒体の調査票等の到着 (郵送)
- 2016.12.12 Web アンケート最終締め切り
- 2016.12.20 紙媒体アンケート郵送最終締め切り

回収率は、大学対象では 61.6% (n=558)、企業では 62.6% (n=585) と良好であり、多くの方々にご協力いただくことができた。大学の方が回収率が低かったのは、以下の影響が大きいと考えられる。

- 大学の方が項目数が非常に多く複雑な構造のアンケートであった。
- 企業では基本的にダイレクトに想定回答者に調査依頼が届くようにしたのに対し、大学では、コスト削減の観点から、研究科長・学部長を介して想定回答者 (学科長・専攻長等) に届くようにした。

全回収数に占める web アンケート (設定により論理矛盾回答・無回答等はない) の割合は非常に高く、大学では 87.3%、企業では 82.2%であった。紙媒体のアンケートの回答には、論理矛盾回答等も若干含まれていたが、ほとんど回答がない明らかな無効票はなかったため、すべての回答を有効回答とすることにした。

調査に関する問合せは、大学からは 43 件あったが、企業からは 9 件のみあった。

大学からの問合せには、「改組があったので回答できない学科がある」「学科長と専攻長が同じである。複数の依頼が届いたが回答は 1 通でよいか」「昨年度は工学主要 7 分野別のアンケートだったため調査票が複数届いたが、今回は一学科としての回答としてよいか」等であった。

(3) 回答組織の属性

a 大学

回答を得た学科・専攻等の国公私立，地域区分（立地）を図 2.1.4 に示す。

「地域区分」は，企業のデータを含めた全体の分布を見て，平成 27 年度と同様、「東日本（北海道・東北・東京都を除く関東）」「東京都」「中部」「近畿」「西日本（中国，四国，九州・沖縄）」の 5 区分としている。国立は都道府県にほぼ満遍なくあるが，私立は東京都が多く，西日本が少ないのが特徴的であった。

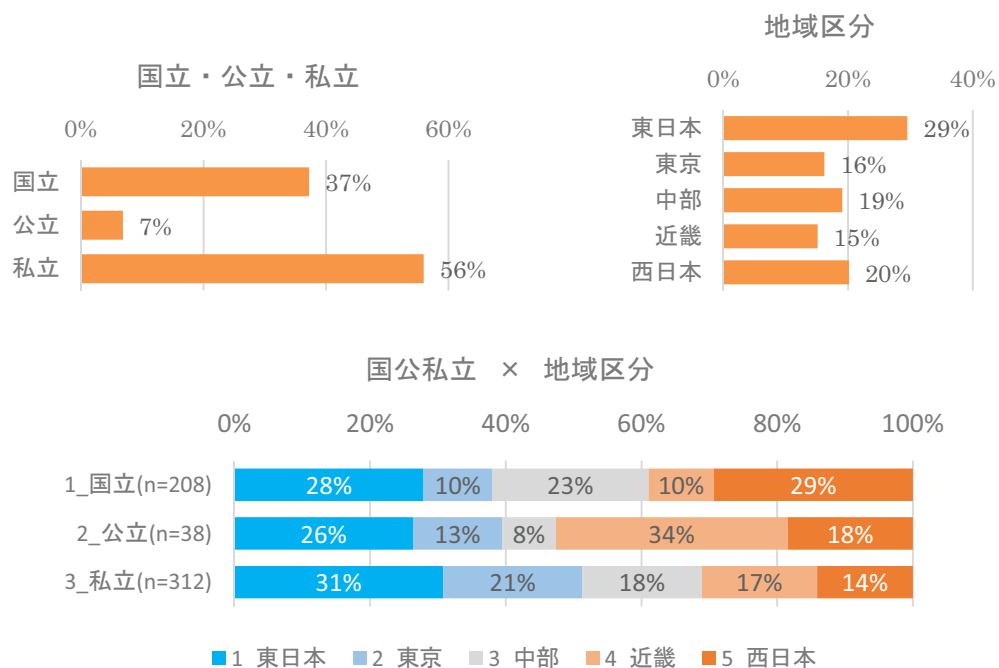


図 2.1.4 学科・専攻等の属性（国公私立，地域区分）

回答者は，9 割以上が「学科長・専攻長等（副学科長等含む）」であり，勤続年数は長い人が多い。企業での勤務は「経験なし」が 38%で最多，次いで「0-4 年」が 30%であった。国公立と私立で差があり，私立の方が大学での勤務年数が短く，企業勤務年数が長い傾向があった。

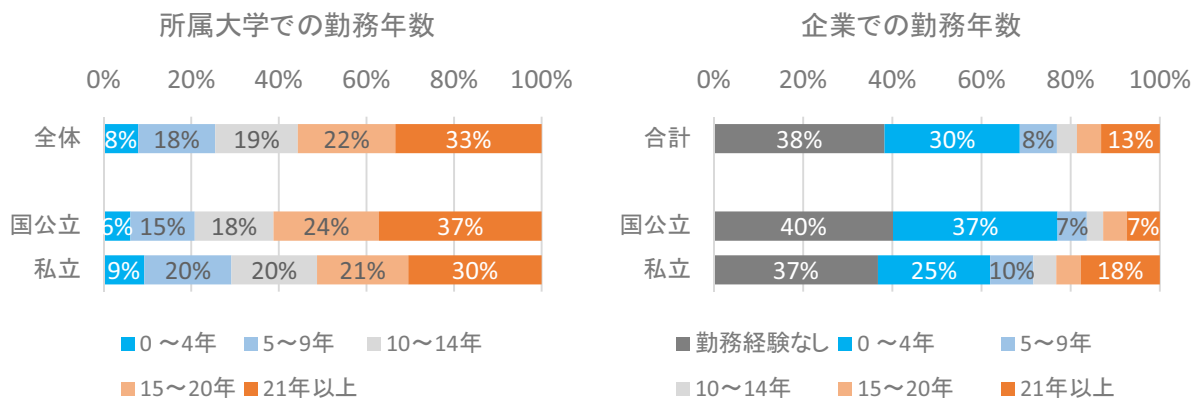


図 2.1.5 回答者の勤務年数（所属大学，企業）

各課程の設置率は、学士課程 94%、修士課程 82%、博士課程 73%だが、修士・博士課程の設置率は国公立と私立で差があり、国公立の方が高かった。

学士から修士への進学率も国公立と私立で大きく異なり、国公立の方が顕著に高い。修士から博士への進学率は「20%未満」が全体では 97%であるが、私立は同比率が 100%、国公立 94%であり、やはり国公立の方が進学率が高いといえる。

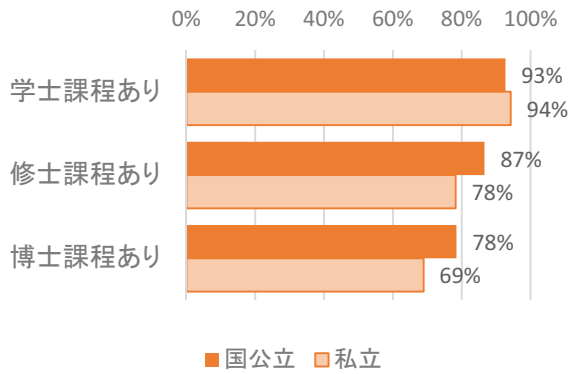


図 2.1.6 各課程の設置率

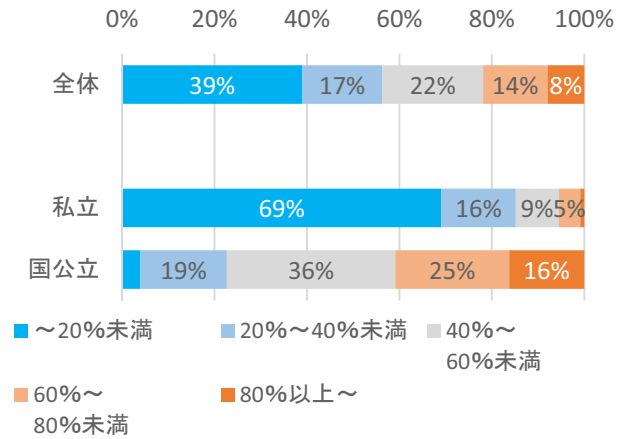


図 2.1.7 学士課程から修士課程への進学率

b 企業

回答を得た企業の従業員規模，地域区分（地方）を図 2.1.8 に示す。大学に比べると東京が突出して多く，しかも東京には従業員数 1,000 人以上の大企業が非常に多いという特徴がある。

参考までに，平成 27 年度調査のデータを用いて回答部門を工学主要 7 分野（平成 27 年度調査における分類）に分けてみると，「化学・材料」と「機械」が多いことが分かる。

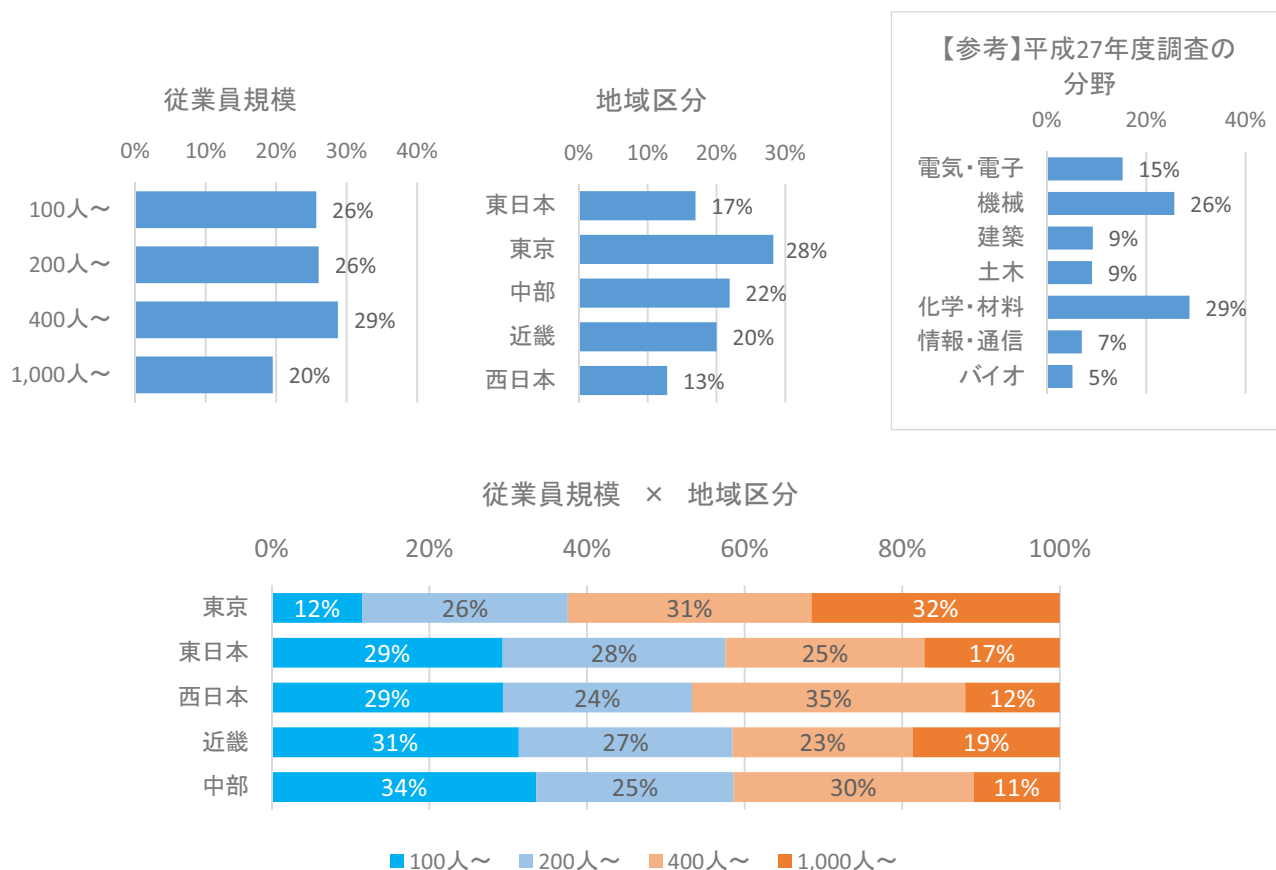
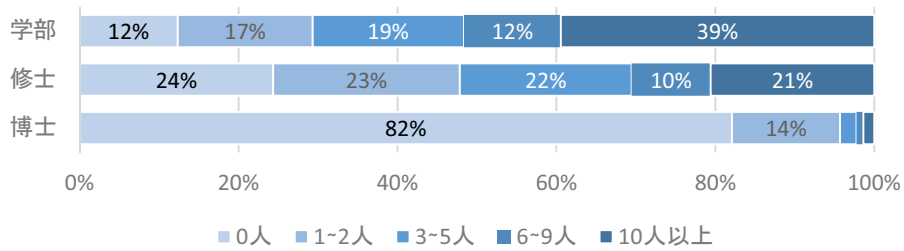


図 2.1.8 回答企業（部門）の属性（従業員規模，地域区分）

工学出身の新卒者を 5 年以内に採用した企業は，学部卒業者については 88%，修士修了者では 76%，博士修了者では 18%であった。合計採用人数も学部卒業者で多く（10 人以上採用した企業は 39%），修士（同 21%），博士（同 1.4%）と進むにしたがって顕著に少なくなる。

新卒者採用人数は，平成 27 年度調査結果と同様，従業員規模が大きい企業ほど顕著に多い。この傾向は学部・修士・博士で共通だが，一部で異なる傾向も見られた。図 2.1.9 では，学部卒業者の採用人数は規模が大きくなるに従って徐々に増えるが，修士修了者は，従業員 1,000 人以上の企業で急に多くなっていることがわかる。さらに，博士修了者の採用人数は，1,000 人未満の企業では規模による差はみられなくなり，1,000 人以上の企業だけ突出して多い。以上より，平成 27 年度調査と同様，高学歴の新卒者の多くは，規模の大きい企業に採用されているといえる。

工学出身新卒者の合計採用人数



【従業員規模別の合計採用人数】

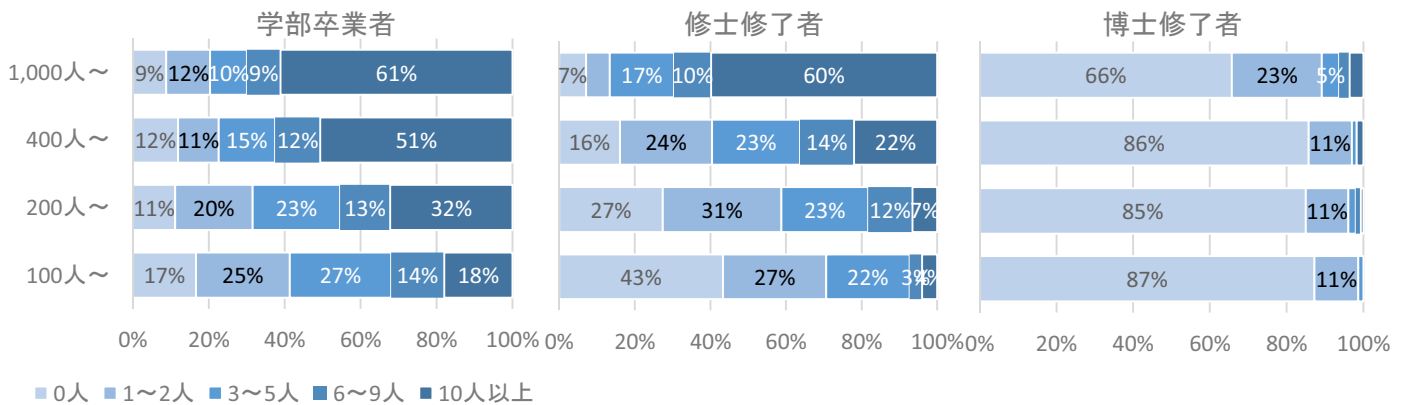


図 2.1.9 工学出身の新卒者の合計採用人数（過去5年間）

企業の回答者の年齢は、50代が46%でもっとも多い。勤続年数は「21年以上」が約7割と大半である。大学では同割合が33%であり、企業の回答者の方が大学よりも所属機関勤続年数の長い人の割合が高いことが分かる。

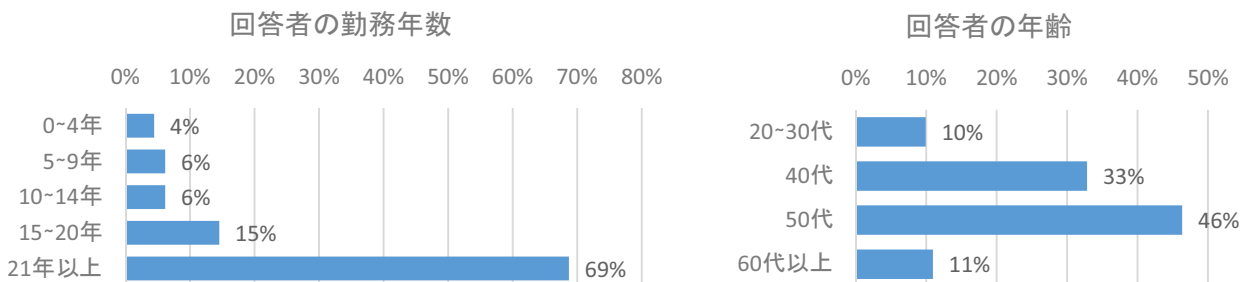


図 2.1.10 規模別の回答者勤続年数，年齢

回答者の現在の職種について、技術系であるか否か、研究・開発系であるか否か、人事・採用担当であるか否かをそれぞれ単独の設問で聞いた。この3問の回答結果を組み合わせるところ、回答者の職種は90%以上が技術系または研究・開発系であることが分かった（人事・採用担当を兼ねている場合もある）。

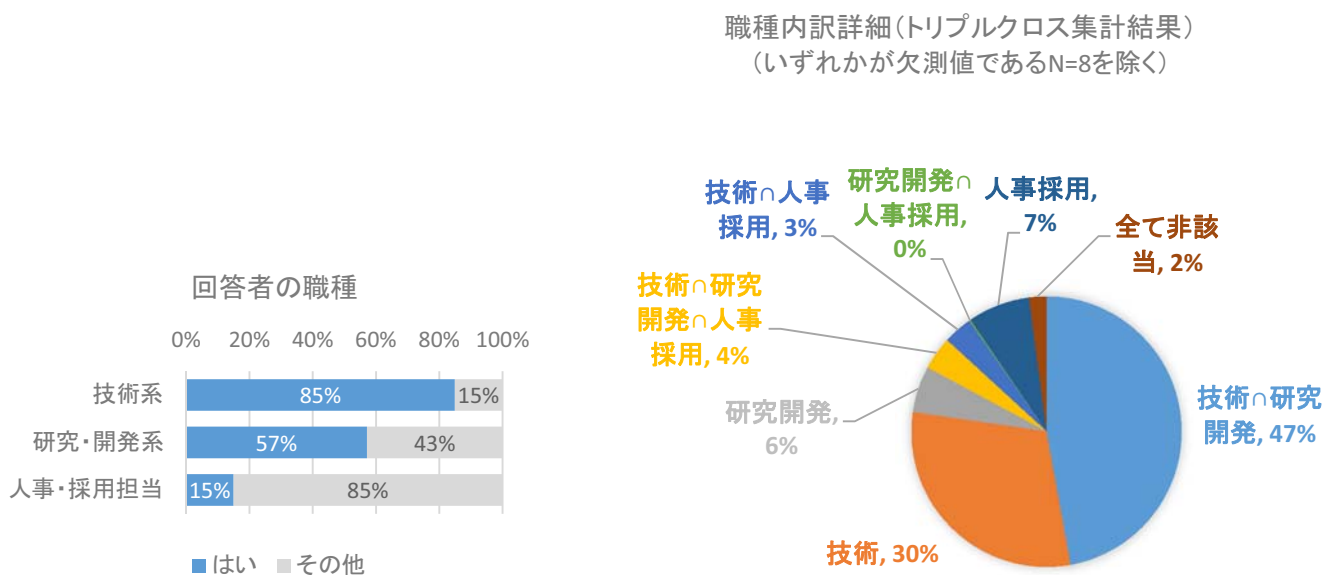


図 2.1.11 規模別の回答者勤続年数, 年齢

回答者の大学時代の専攻分野を聞いたところ、学部の場合、81%が工学系分野であった。内訳は、機械および化学・材料が多く、回答部門の工学主要7分野の分類（平成27年度調査の分類。図2.1.8）と一致する。

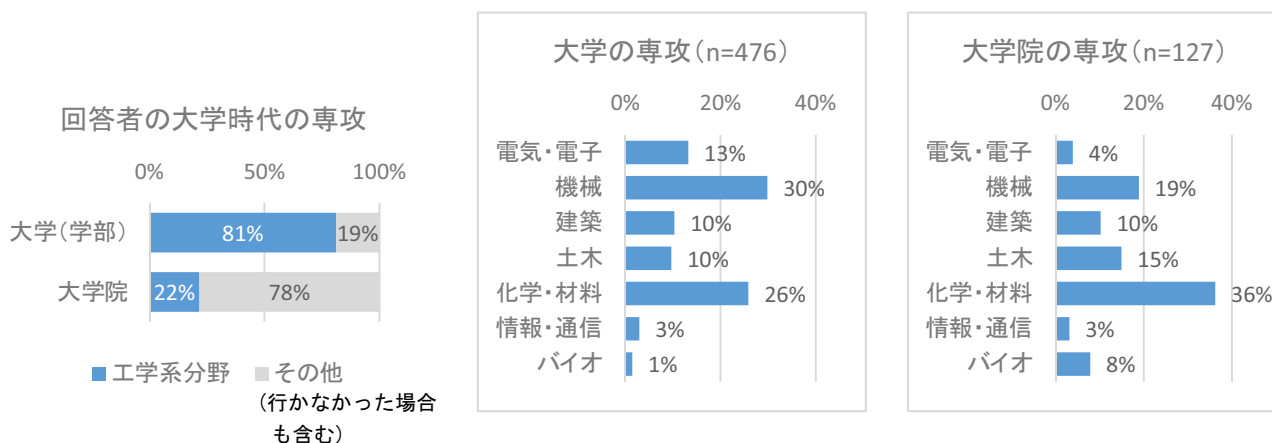


図 2.1.12 規模別の回答者勤続年数, 年齢

以上より、企業の回答者は、工学分野出身の技術系の職種が大半であり、調査実施時の想定回答者と一致するといえる。勤務年数も長いことから、企業の状況をよく知っている人が多いと考えられる。

2.2 アンケート調査の結果

全調査項目（前節で記した組織の属性を含む）の単純集計，およびクロス集計とカイ二乗検定の結果を資料 2-3 に示す。クロス集計は，大学では国公立および 5 地域区分ごと，企業では従業員規模および 5 地域区分ごとのクロス集計である。また，PBL 等の特徴的な開講科目などを含む自由記述（任意回答）を資料 2-4 に示す。

ここでは，調査目的に従って主要な結果について記す。

(1) 教育分野（大学），関連分野（企業）の現状について

大学および企業に対して，「機械」「土木/都市工学」「建築」「電気/電子/コンピュータ」など計 25 の共通項目を示し，大学ではどの程度その分野の教育をしているかを，企業では業務にどの程度関連が深い分野かを各々 4 段階で聞いた（大学：問 1.4，企業：問 1.3）。この設問は，大学や企業がどのような分野に取り組んでいるのか，分野の融合や拡大はあるのか等を把握しようという意図で設けたが，その背景には，あらかじめ工学主要 7 分野を対象を割り振った平成 27 年度調査では，割り振った分野と実際に取り組んでいる分野が必ずしも一致しなかったためである。なお，共通 25 項目は，国際的な分類例として，アメリカで用いられている工学分野の分類（National Academy of Engineering : NAE, American Society for Engineering Education : ASEE）も参考にした。

a 大学と企業の単純集計結果比較

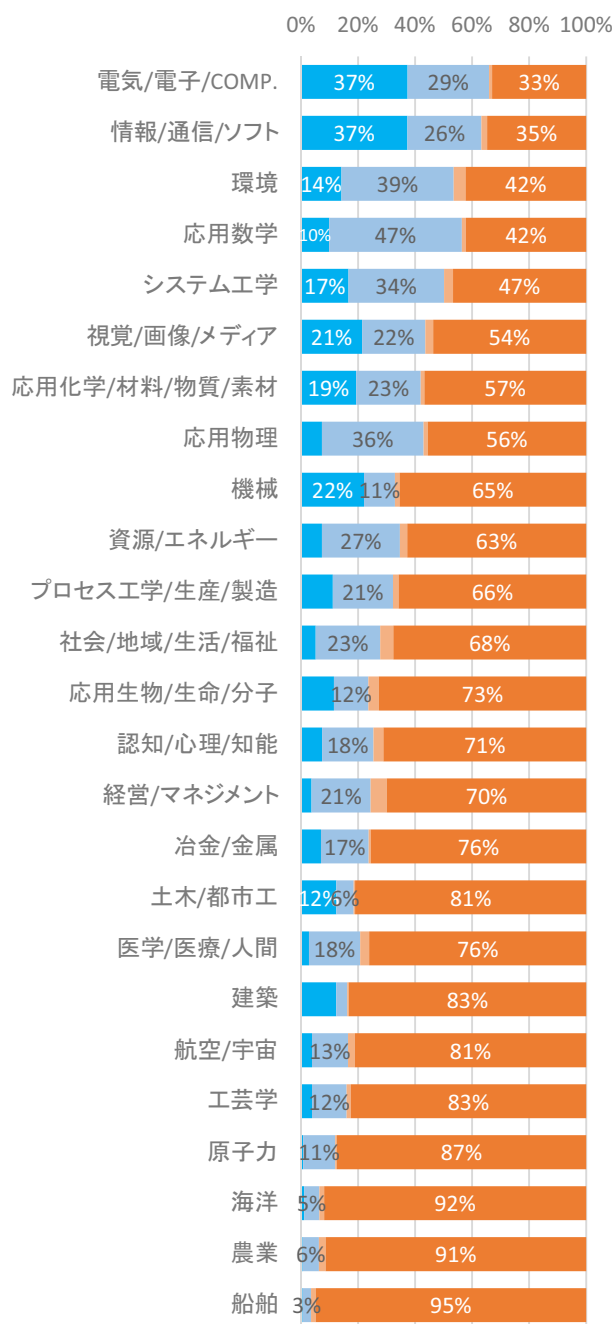
図 2.2.1 に大学，企業ごとに単純集計結果を，図 2.2.2 に企業の平均点（「もっとも関連が深い」を 4 点～「今後も含め関連はない」を 1 点として算出）を縦軸，大学の平均点（「主要な分野として教育している」を 4 点～「現在教育しておらず今後も教育する予定がない」を 1 点として算出）を横軸にプロットした散布図として示す。

どの項目についても，大学は「現在教育していないが今後教育する予定である」が非常に少なく，その分「現在教育しておらず今後も教育する予定がない」が多いが，企業は「現在は関連していないが今後関連が深まると思われる」が 10～30%程度あり，その分「今後も含め関連がない」が少ない。このためどの項目についても企業の方が平均点が高いが，この差には選択肢のワーディングの違いも影響していると考えられる。

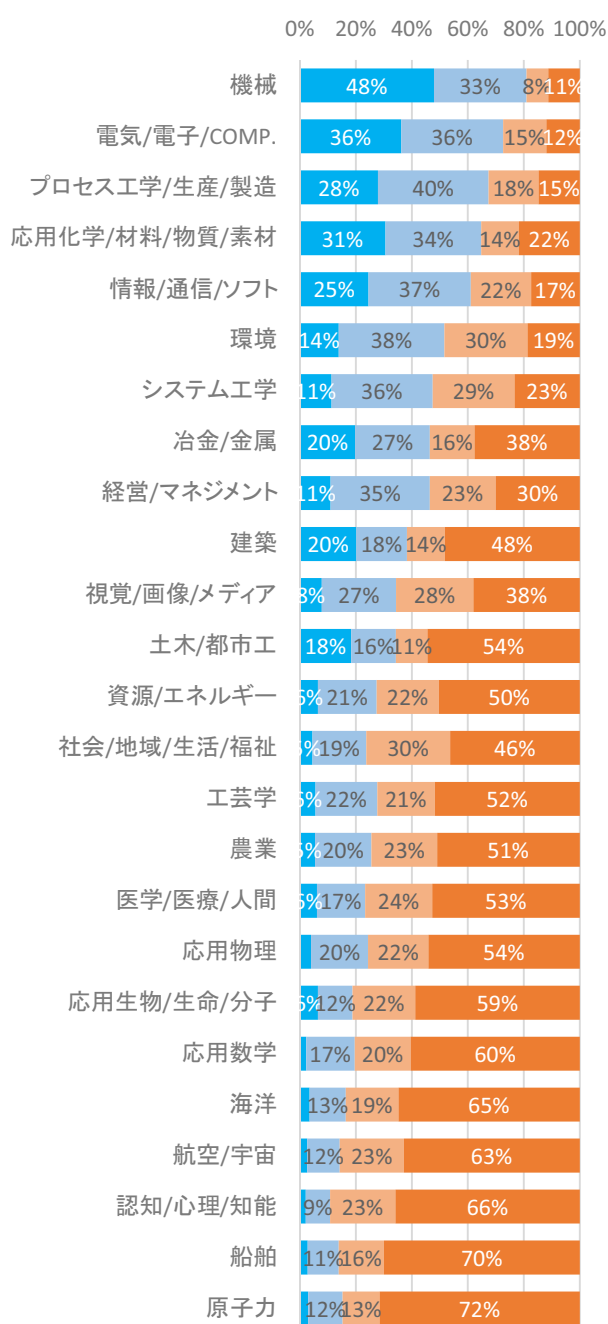
項目ごとには，以下のような共通点，相違点がみられた。

- 共通点 : 「電気/電子/コンピュータ」「情報/通信/ソフトウェア」等の情報系分野が多く，「原子力」「海洋」「船舶」等の割合が非常に少ない。
- 相違点 1 : 「機械」は，とくに企業の方が「関連が深い」としている分野である。他に「プロセス工学/生産/製造」「応用科学/材料/物質/素材」等も，大学の教育分野である割合より企業の関連分野である割合が高い傾向にある。
- 相違点 2 : 「応用数学」「応用物理」は，とくに大学の方が「主要な教育分野である」としている割合が高い。「認知/心理/知能」もその傾向がある。

教育分野(大学)



関連分野(企業)



- 4点 ■ 主要な分野として教育している
 3点 ■ 主要な分野ではないが教育している
 2点 ■ 現在教育していないが今後教育する予定である
 1点 ■ 現在教育しておらず今後も教育する予定がない

- 4点 ■ もっとも関連が深い
 3点 ■ それほど深くはないが関連はある
 2点 ■ 現在は関連していないが今後関連が深まると思われる
 1点 ■ 今後も含め関連がない

※ 凡例の通りに点数化し各項目の平均点を算出して、平均点の高い順に並べ替え（大学、企業ごと）。

図 2.2.1 大学の教育分野，企業の関連分野（単純集計結果）

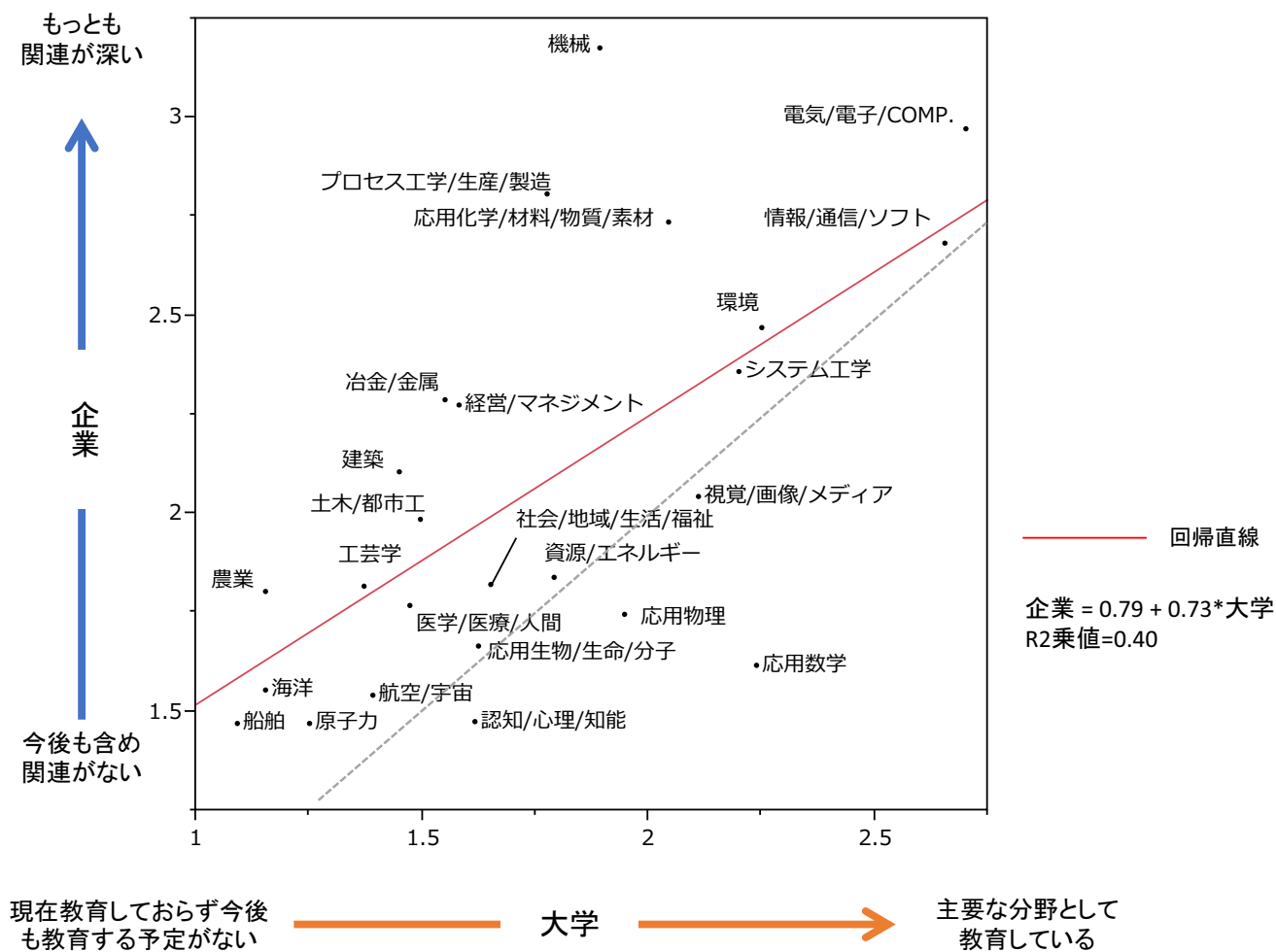


図 2.2.2 大学の教育分野×企業の関連分野 平均点の散布図プロット

b 主な教育分野（大学），もっとも関連が深い分野（企業）

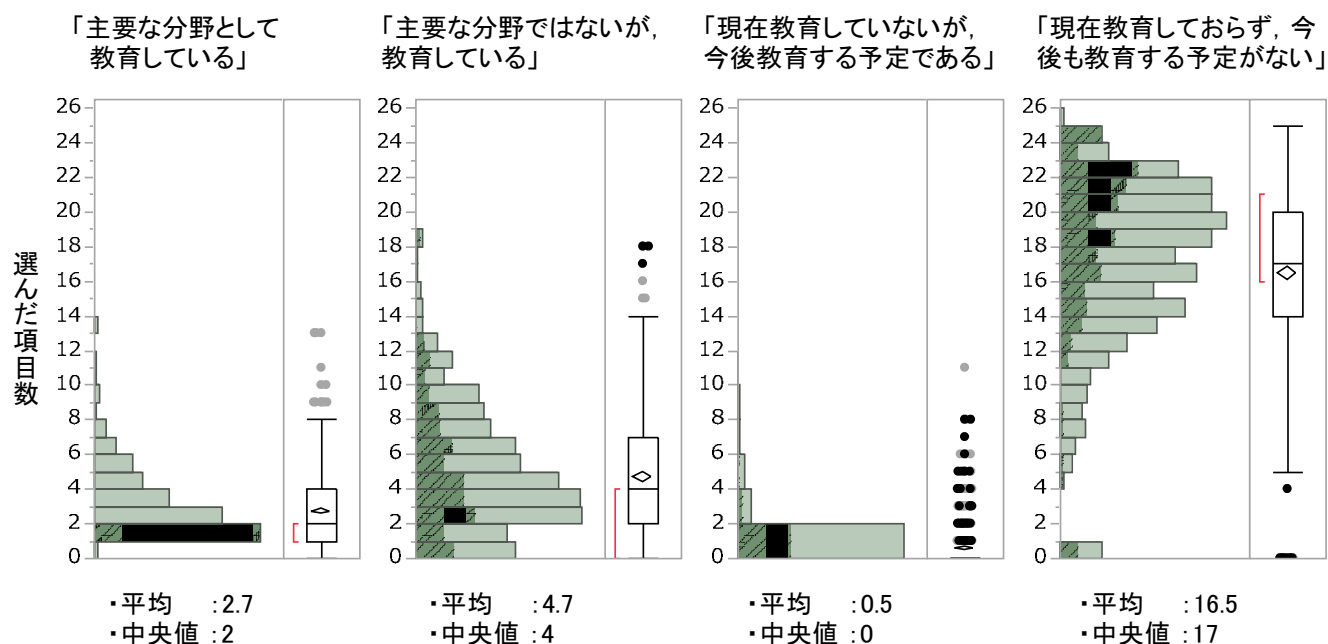
図 2.2.3 および図 2.2.4 は，各大学または各企業が，計 25 項目のうち何項目を「主要な分野として教育している」などとしたかを算出したものである。

大学の「主な分野として教育している（以下、主な教育分野）」として選んだ項目数の平均は 2.7，企業「もっとも関連が深い（以下、もっとも関連が深い分野）」として選んだ項目数の平均は 3.2 であり，大学，企業のいずれでも，複数の項目が選択している組織が多いことが分かる。主な教育分野，もっとも関連が深い分野を 25 項目中ただ 1 つだけ選んだ組織は，大学では全体の 33%（n=184），企業では全体の 22%（n=136）に過ぎない。

図 2.2.5 および図 2.2.6 は，主な教育分野，もっとも関連が深い分野として選択された項目の組み合わせを多い順に並べたものである。

大学でもっとも多かったのは「電気/電子/コンピュータ」と「情報/通信/ソフト」の両方を主要な分野とするケースであり，これに「視覚/画像/メディア」を加えたもの，「システム工学」を加えたものも多い。

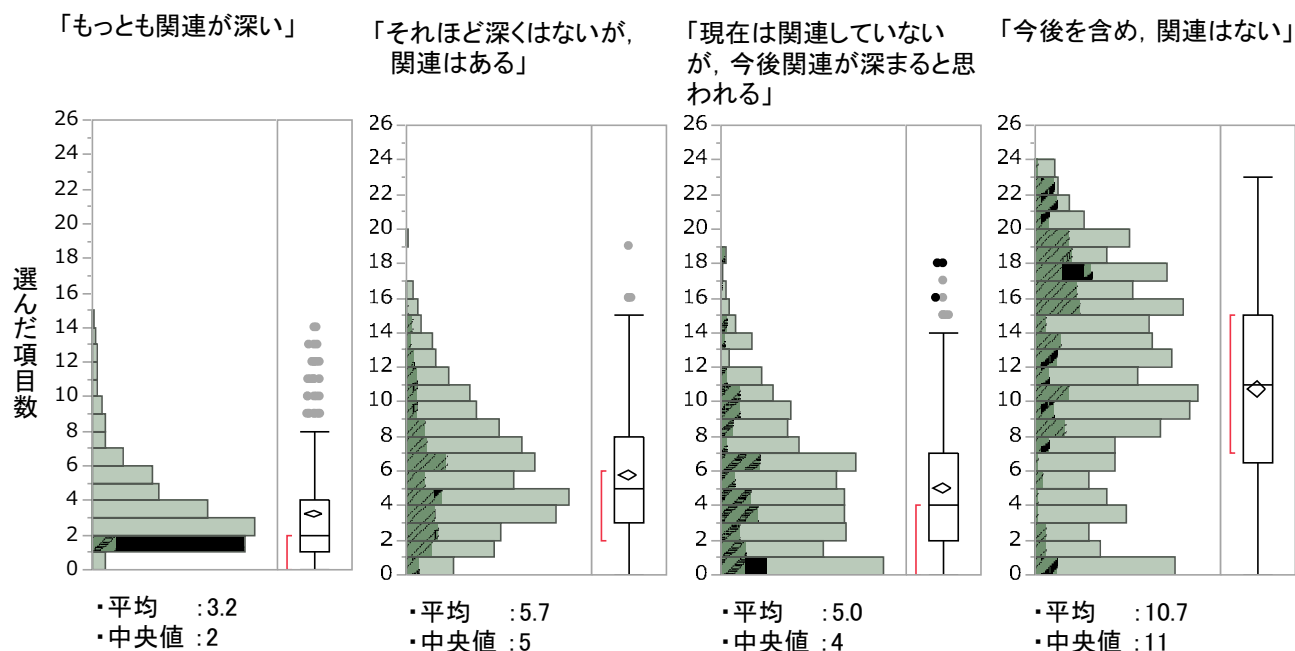
【各学科・専攻等の教育内容】



※ 濃い色は、「主な分野として教育している」を1項目だけ選択した学科・専攻等の回答

図 2.2.3 【大学】各選択肢にあたる項目数（全 25 項目）／学科・専攻等

【各企業の業務関連分野】



※ 濃い色は、「もっとも関連が深い」を1項目だけ選択した企業の回答

図 2.2.4 【企業】各選択肢にあたる項目数（全 25 項目）／企業

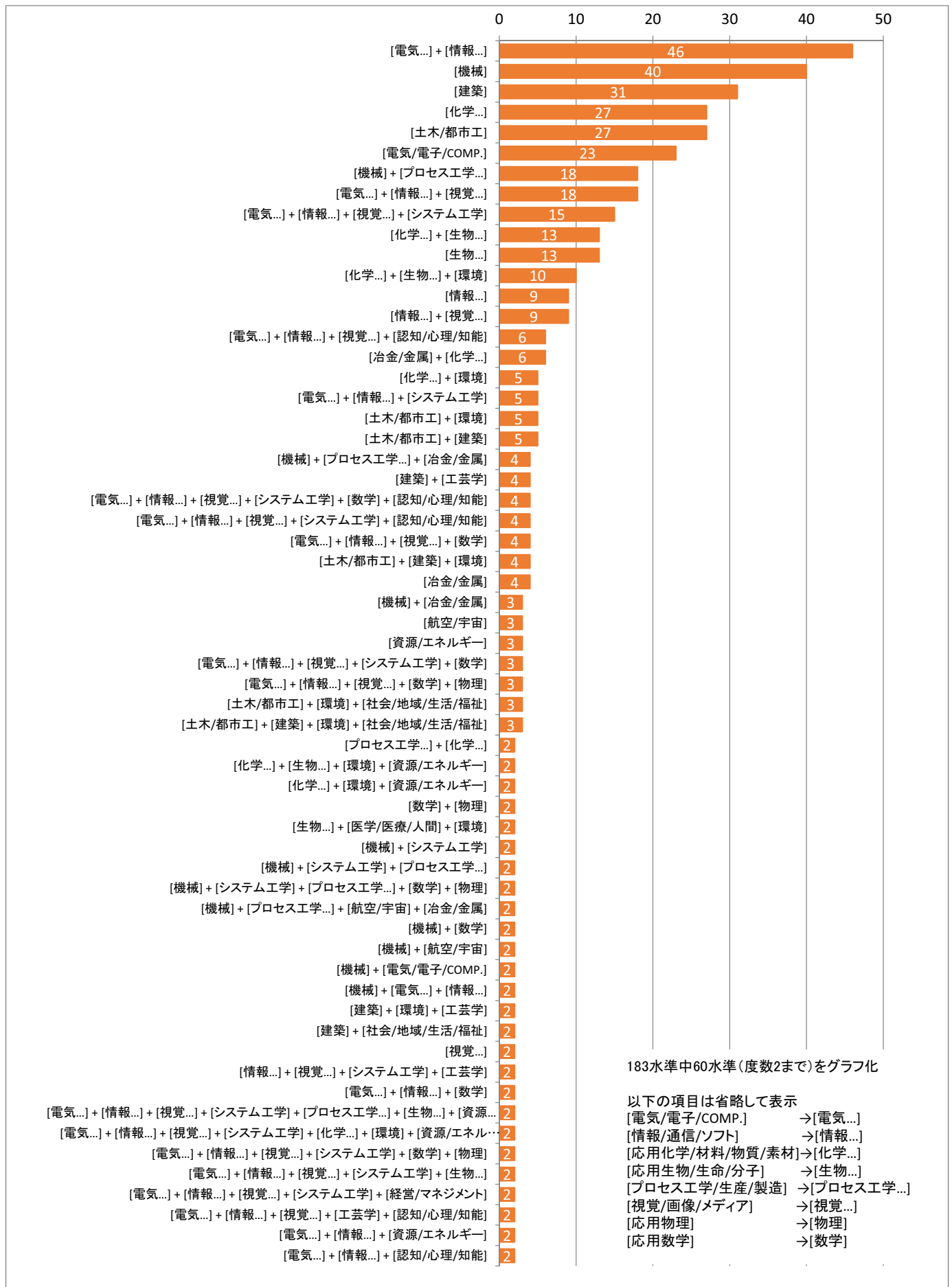


図 2.2.5 【大学】主な教育分野 内訳

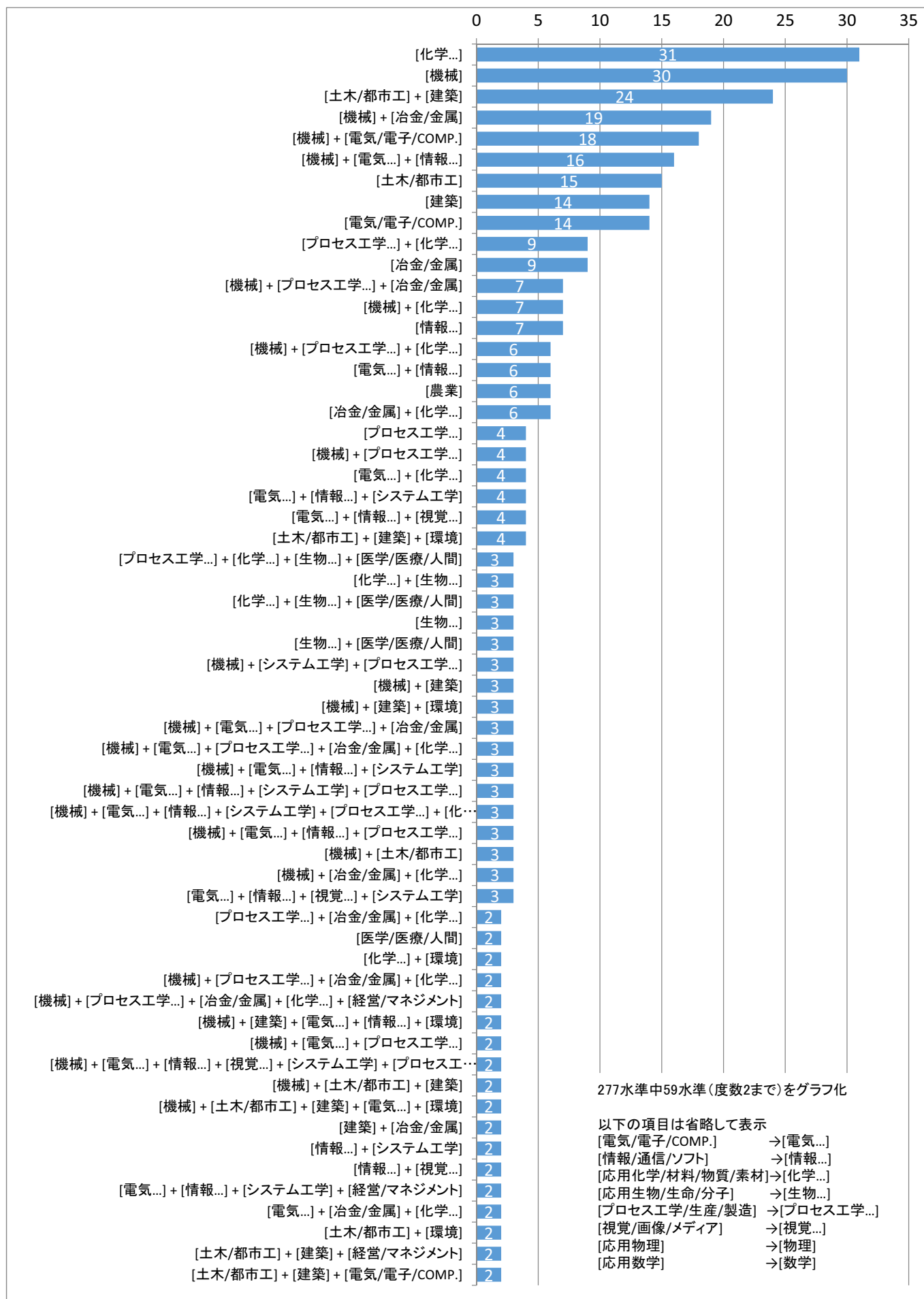


図 2.2.6 【企業】 もっとも関連が深い分野 内訳

企業でもっとも多かったのは単独の「応用化学/材料/物質/素材」だが、次いで多かった「機械」が特徴的であった。全体を通じて「機械」とその他の項目の組み合わせが多いのである。

図 2.2.7 に、大学の国公立別の結果を示す。「建築」単独は私立で多いなど、細かな違いはあるが全体的には類似している。

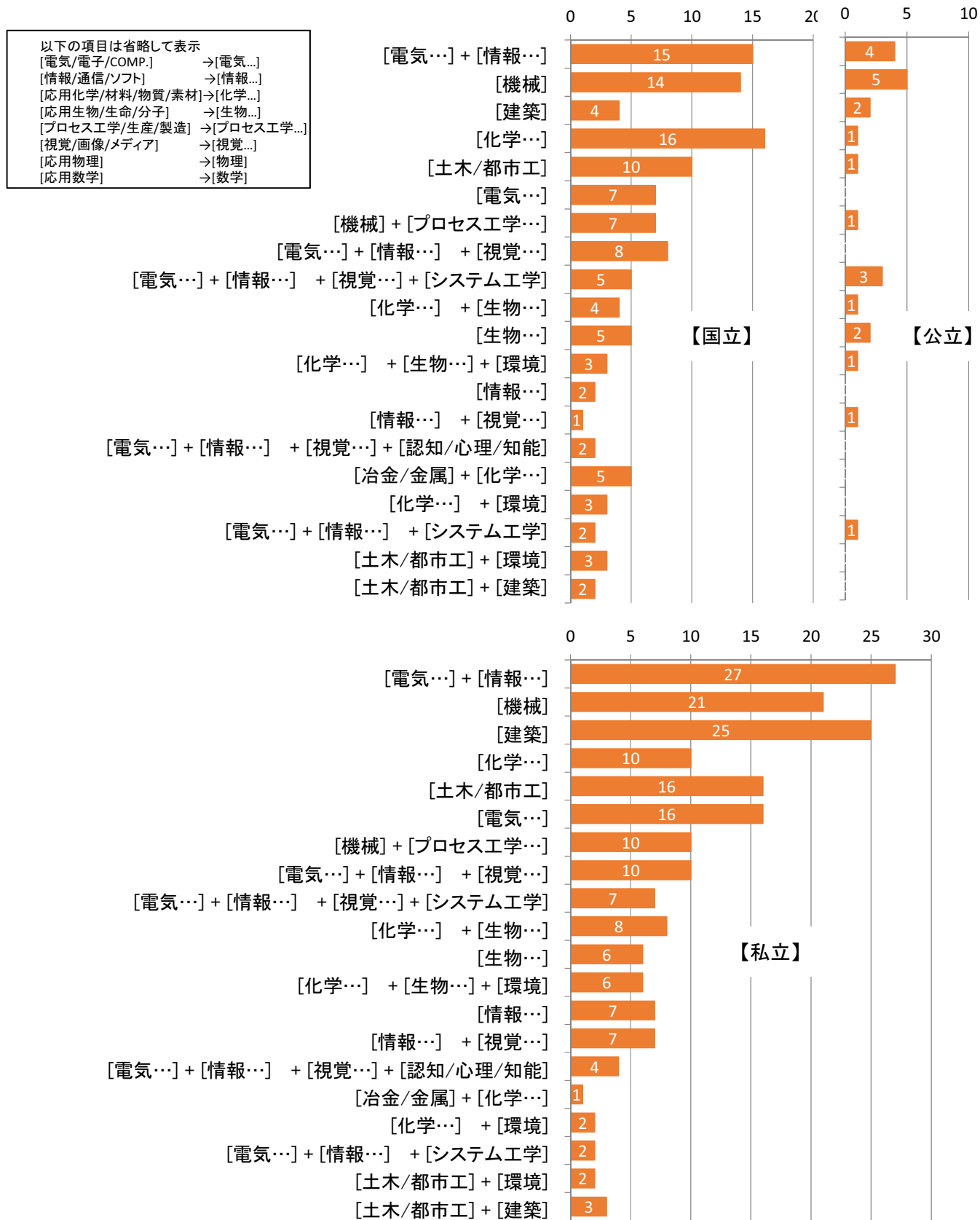


図 2.2.7 【大学】主な教育分野 国公立別の内訳（20水準までをグラフ化）

c クラスタ分析による分野分類

大学の各学科・専攻等および各企業は、各々どのような分野が主要かを分類することを目的として、大学および企業各々についてクラスタ分析（Ward 法）を行った。この分析は、現在関わっている分野を重視し、大学では「現在教育していないが、今後教育する予定である」と「現在教育しておらず今後も教育する予定がない」、企業では「現在は関連していないが、今後関連が深まると思われる」と「今後を含め関連はない」を各々統合し、4 水準を 3 水準に変換して実施した。

大学の分析結果は図 2.2.8 に示すとおり 4 分類とした。図 2.2.9 は、各分野分類の全 25 項目別の平均点（「主要な分野として教育している」を 2 点、「主要な分野ではないが教育している」を 1 点、その他を 0 点として計算）を示したものである。

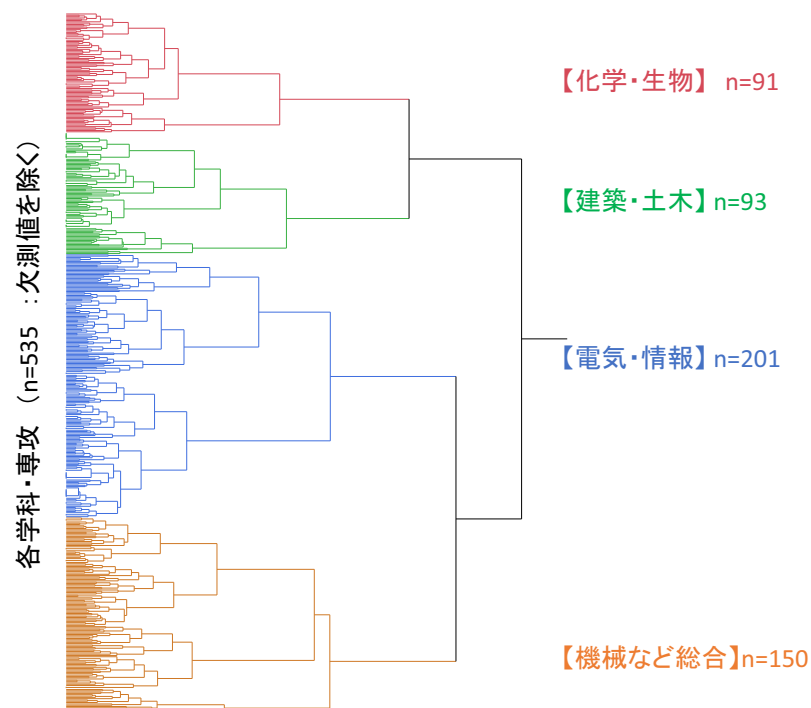


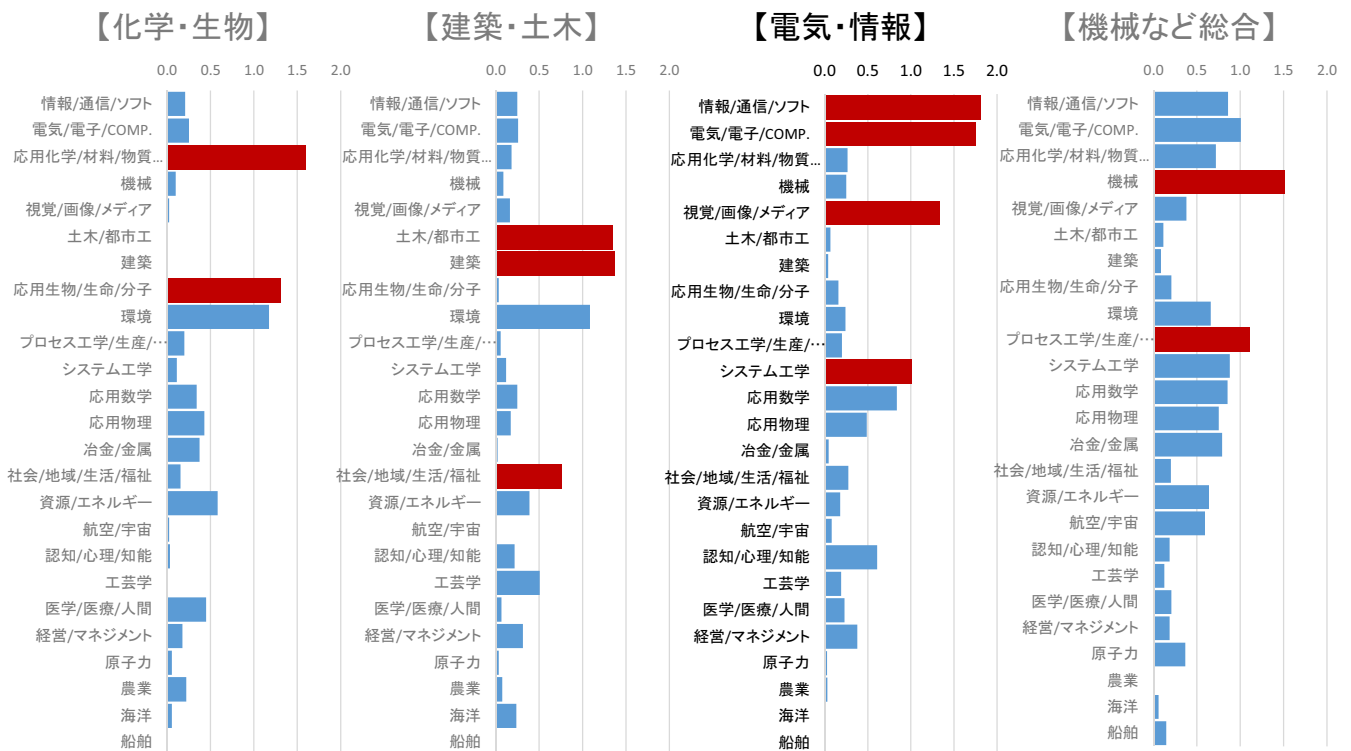
図 2.2.8 【大学】教育分野のクラスタ分析結果

各図より、【化学・生物】および【建築・土木】は独立性が高いが、【電気・情報】および【機械など総合】は類似していることが分かる。このことは、各分類に該当する学科・専攻名（自由記述）にも表れている。各分野分類に相当する学科・専攻名（自由記述）で複数あったものを以下に示す（下線：各分類ごとに多かった学科・専攻名）。

- 【化学・生物】 : 応用化学科 (14 件), 生物工学科 (4 件), 生命工学科 (3 件), マテリアル工学科 (2 件), 化学システム工学科 (2 件), 環境応用化学科 (2 件), 機能材料工学科 (2 件), 工業化学科 (2 件), 生命科学 (2 件), 物質生命理工学科 (2 件)
- 【建築・土木】 : 建築学科 (23 件), 土木工学科 (3 件), 社会環境工学科 (3 件), 環境社会工学科 (2 件), 建築デザイン学科 (2 件)
- 【電気・情報】 : 電気電子工学科 (17 件), 情報工学科 (12 件), 電気電子情報工学科

(9件), 情報工学科 (8件), 情報学科 (3件), 情報通信工学科 (3件), 電気工学科 (3件), 電気情報工学科 (3件), 電気電子情報工学科 (3件), 情報システム学科 (2件), 情報システム工学科 (2件), 情報メディア学科 (2件), 情報工学課程 (2件), 情報電気電子工学科 (2件), 情報電子工学科 (2件), 情報理工学科 (2件), 電子工学科 (2件), 電子情報 (2件), 電子情報システム学科 (2件), 電子情報通信工学科 (2件), 理学部情報科学科 (2件)

- 【機械など総合】 : 機械工学科 (41件), 機械システム工学科 (15件), 電気電子工学科 (9件), 機械工学課程 (3件), 機械・材料工学科 (2件), 材料工学科 (2件), 知能機械工学科 (2件), 電気・情報生命工学科 (2件), 電気工学科 (2件), 電気電子システム工学科 (2件), 電気電子情報工学科 (2件)



※ 各分野分類に特徴的な項目を赤で表現

図 2.2.9 【大学】教育分野の分野分類別平均点

企業のクラスター分析結果は図 2.2.10 に示すとおり 4 分類とした。各分野分類の全 25 項目別の平均点（「もっとも関連が深い」を 2 点, 「それほど深くはないが関連はある」を 1 点, その他を 0 点として計算）を図 2.2.11 に示す。

両図より, 【電気・情報】に該当する組織の数が多い点, 【建築・土木】の独立性が高い点を含め, 大学の分野分類と類似した結果であることが分かる。異なるのは, 【化学・生物】と【電気・情報】, 【建築・土木】と【機械など総合】が近い点, および【機械など総合】ではどの項目も関連している点 (どの項目でも平均点が高い) などである。

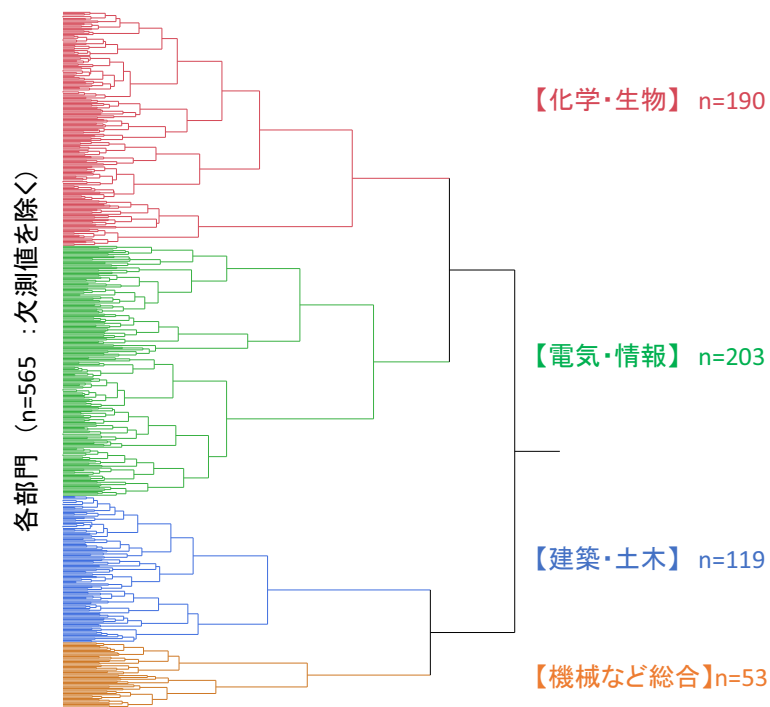
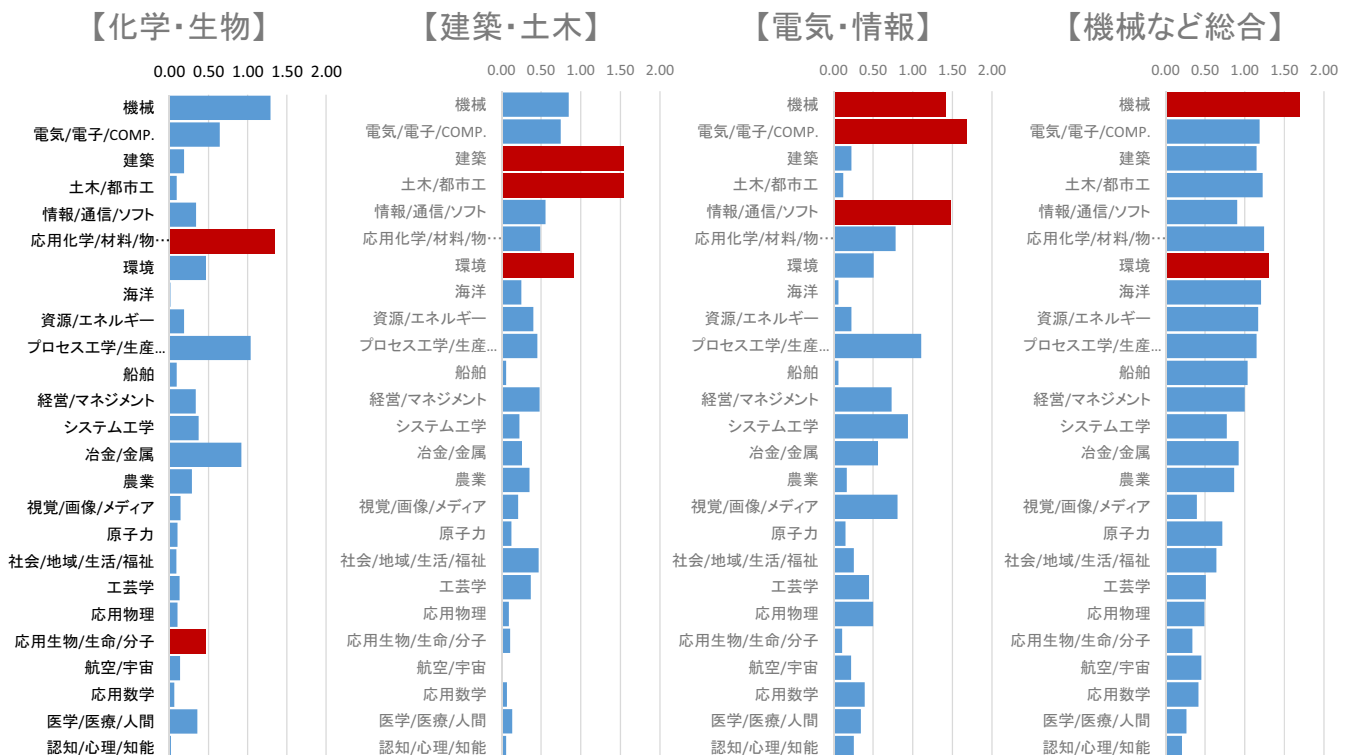


図 2.2.10 【企業】業務関連分野のクラスター分析結果



※ 各分野分類に特徴的な項目を赤で表現

図 2.2.11 【企業】教育分野の分野分類別平均点

参考として、企業のクラスター分析結果の分野分類と、平成 27 年度調査における工学主要 7 分野との関連を図 2.2.12 に示す。各分野分類には以下の特徴があることが分かる。

- 【化学・生物】：「化学・材料」が多い。また「バイオ」が一定数あるのはこの分野分類のみである。
- 【電気・情報】：「電気・電子」が多い。また「情報・通信」が一定数あるのはこの分野分類のみである。
- 【建築・土木】：「建築」「土木」が多い。
- 【機械など総合】：「バイオ」「情報・通信」以外のすべての分野が含まれる。

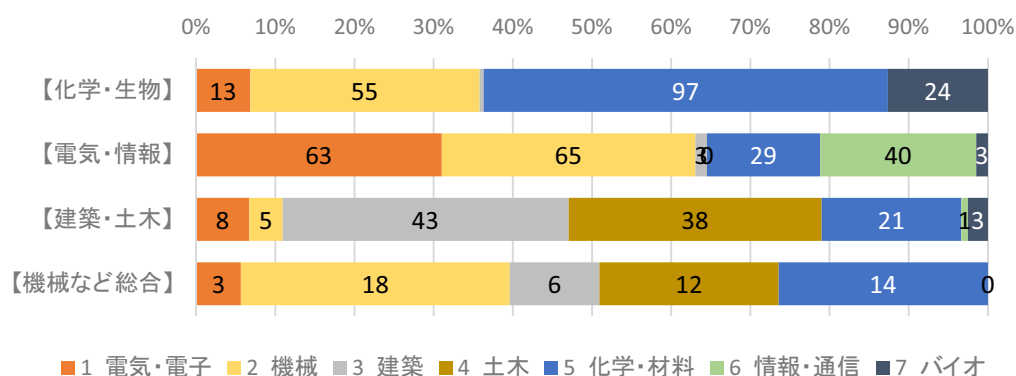


図 2.2.12 【企業】企業の分野分類×平成 27 年度の工学主要 7 分野

d 分野分類ごとの属性の特徴

クラスター分析による分野分類ごとに回答組織の属性をみると（図 2.2.13），以下のような特徴があることが分かった。

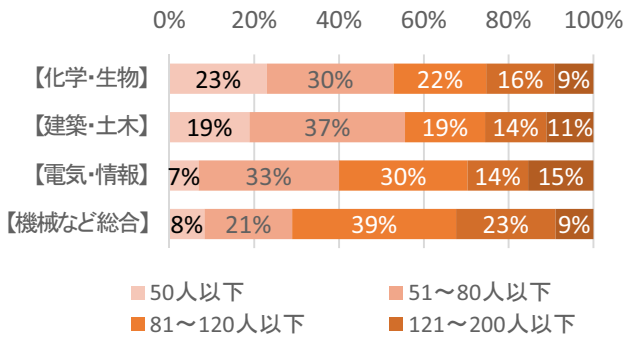
【大学】

- ◆ 学士定員数に有意差があった（修士・博士定員数には有意差なし）。学士定員数が多い学科・専攻等がもっとも多いのは【機械など総合】，次いで【電気・情報】であった。
- ◆ 修士進学率で有意差があった。もっとも進学率が高いのは【化学・生物】，次いで【機械など総合】，【電気・情報】，【建築・土木】の順である。
- ◆ 国公立，地域などによる有意差はみられなかった。

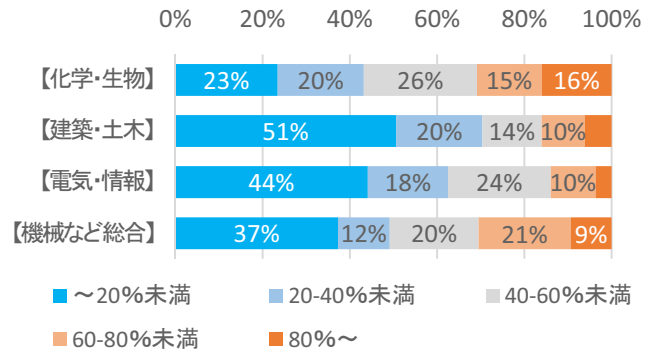
【企業】

- ◆ 従業員規模に一定の差がみられた。従業員数 1,000 人以上の大企業がもっとも多いのが【機械など総合】，次いで【電気・情報】，【建築・土木】，【化学・生物】の順である。
- ◆ 新卒者の採用人数に一定の差がみられた。【化学・生物】は学卒の採用人数は多くないが博士卒は多く，【機械など総合】は修士卒の採用人数が多い。
- ◆ 企業の立地（地域）にも有意差があった。【建築・土木】【機械など総合】は東京に集中しており，【化学・生物】は近畿，【電気・情報】は東日本に多いという傾向がある。

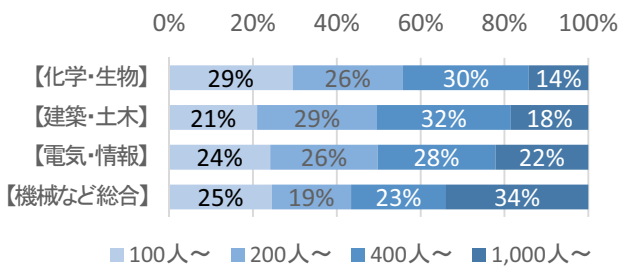
【大学】 学士定員数(分野分類別)



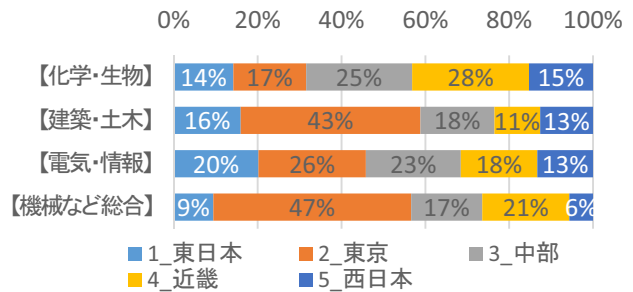
【大学】修士進学率(分野分類別)



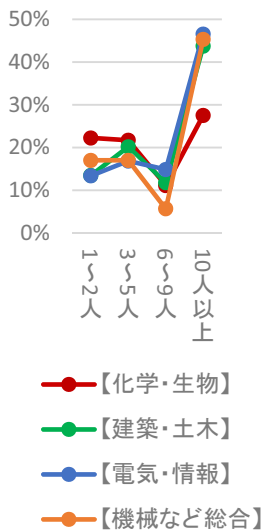
【企業】 規模 (分野分類別)



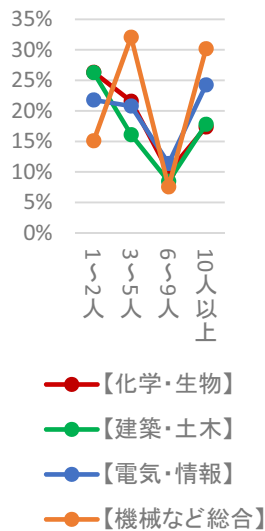
【企業】 地域(分野分類別)



学卒の採用人数 (分野分類別)



修士卒の採用人数 (分野分類別)



博士卒の採用人数 (分野分類別)

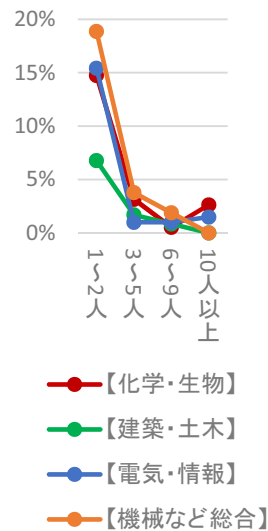


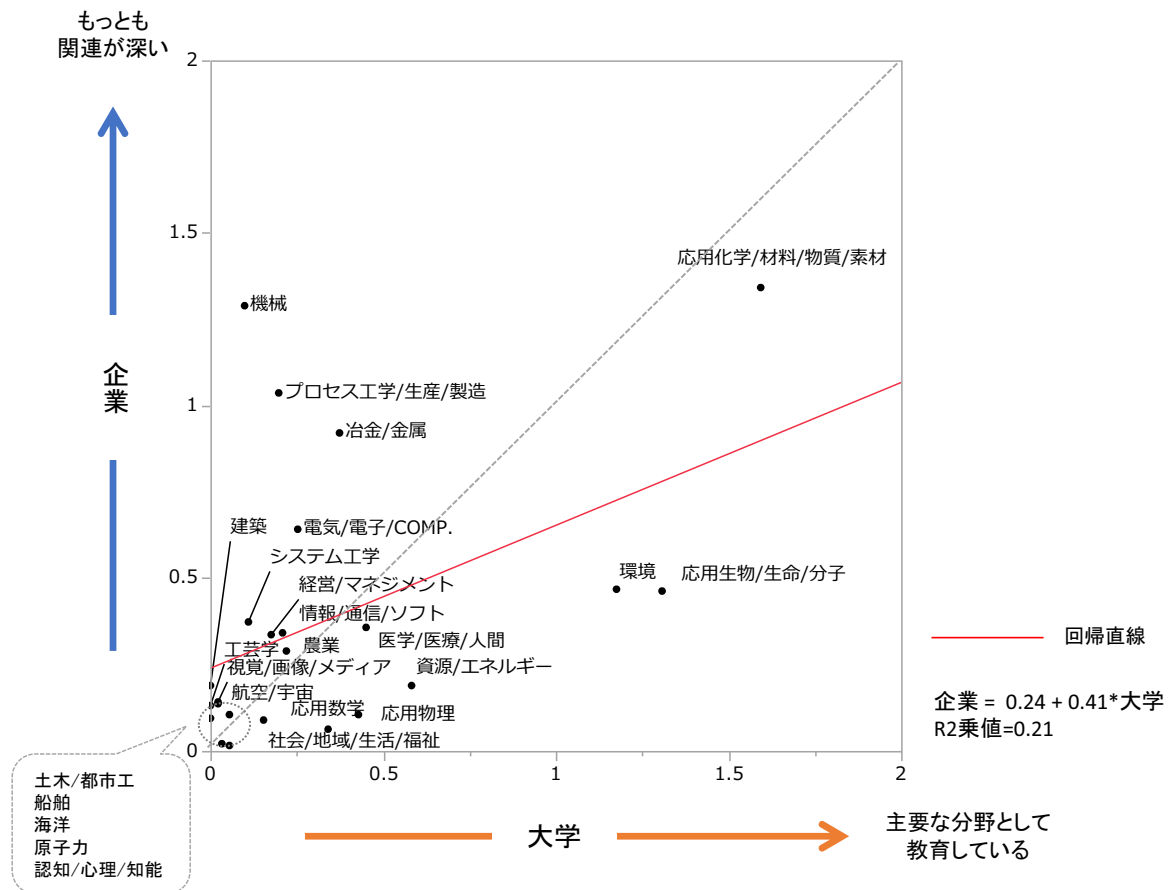
図 2.2.13 組織の属性 ~分野分類による特徴~

e 分野分類別の大学と企業の単純集計結果比較

分野分類別の企業の平均点（「もっとも関連が深い」を2点、「それほど深くはないが関連はある」を1点、その他を0点として算出）を縦軸，大学の平均点（「主要な分野として教育している」を2点、「主要ではないが教育している」を1点，その他を0点として算出）を横軸とした散布図プロットを示す（図2.2.14～17）。

大学と企業の類似度は，大学，企業とも独立性が高い分類であった【建築・土木】で非常に高い。また，大学，企業とも主要分野であった「電気/電子/コンピュータ」「情報/通信/ソフト」が中心となる【電気・情報】でも，大学，企業は類似している。

各項目に着目すると，分野分類によらないほぼ共通の特徴もみられる。たとえば「機械」「プロセス工学/生産/製造」は，大学では【機械など総合】を除き主要な教育分野となっていないが，企業ではどの分野分類においても関連が深くなっている。



*企業の平均点(2点満点): 「もっとも関連が深い」2点, 「それほど深くはないが関連はある」1点, その他を0点として算出

*大学の平均点(2点満点): 「主要な分野として教育している」2点, 「主要ではないが教育している」1点, その他を0点として算出

図 2. 2. 14 分野分類【化学・生物】 大学の教育分野×企業の関連分野 平均点プロット

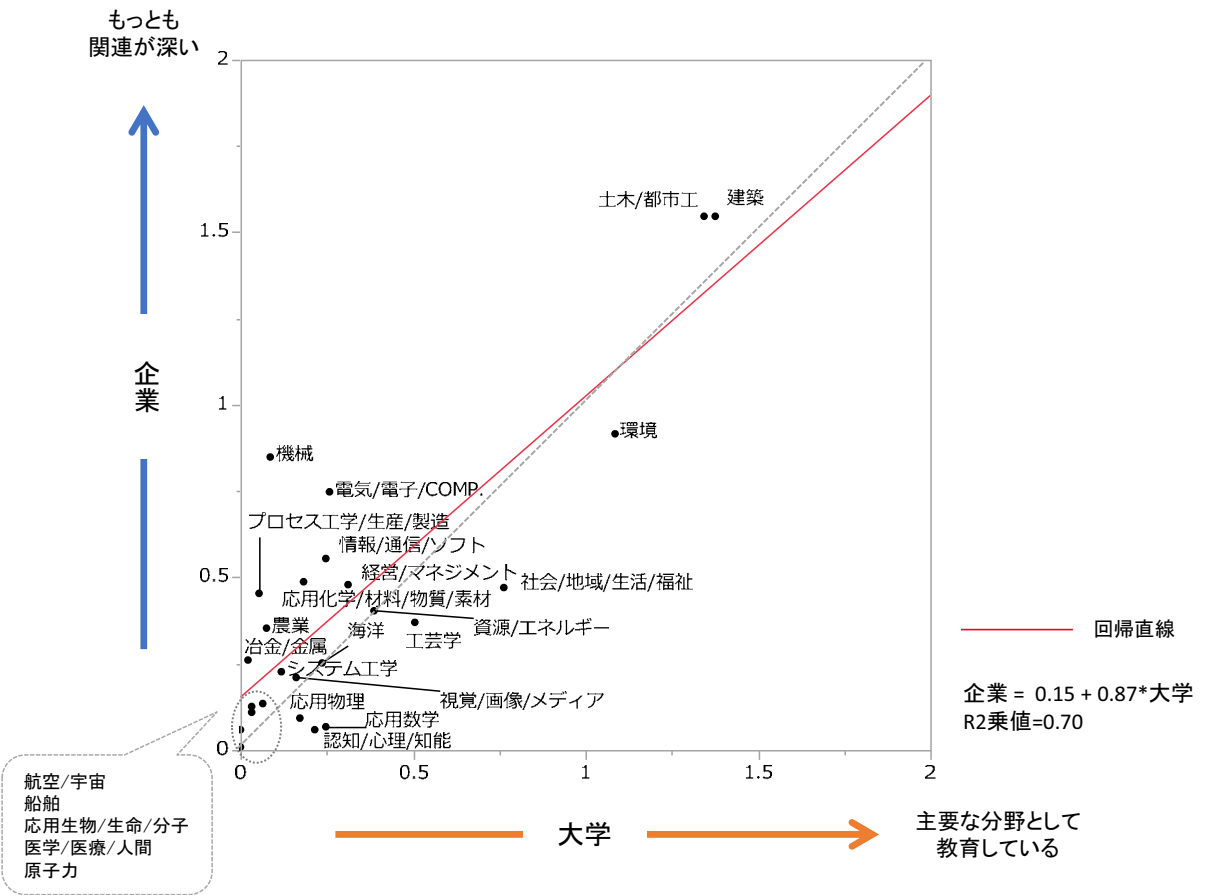


図 2.2.15 分野分類【建築・土木】 大学の教育分野×企業の関連分野 平均点プロット

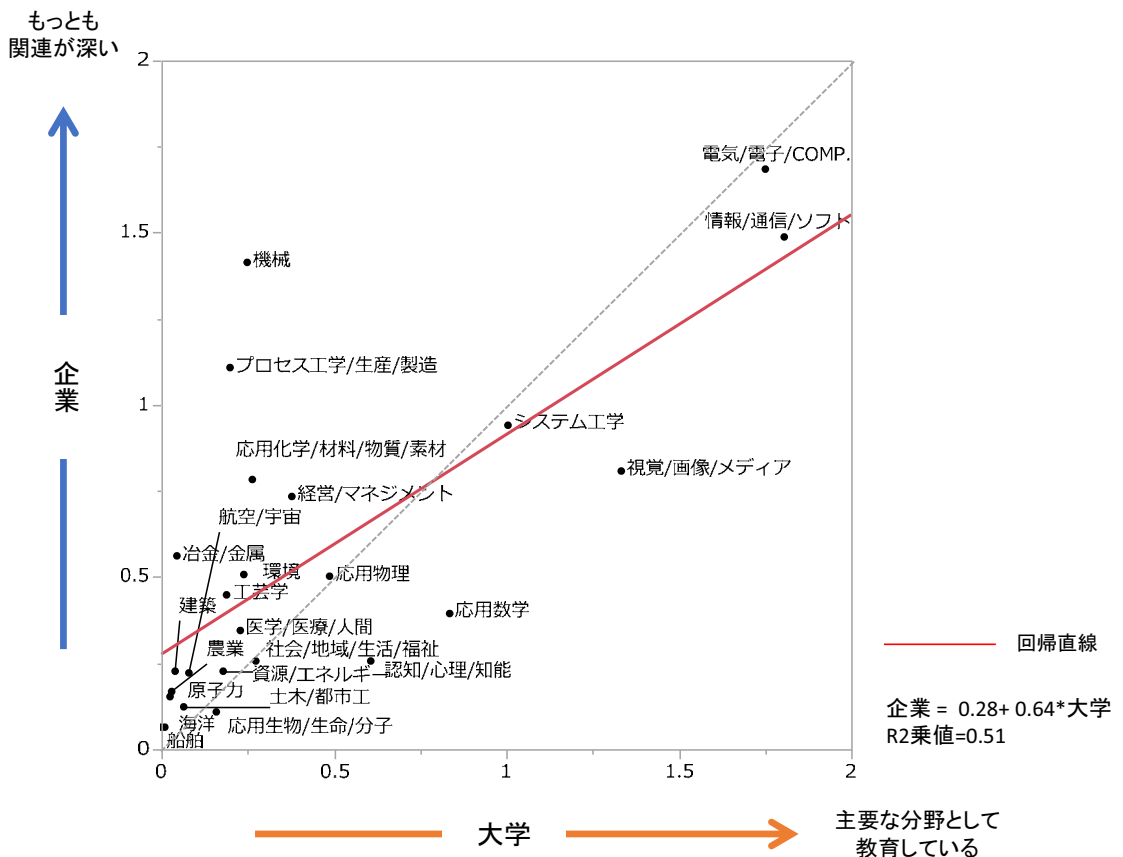


図 2.2.16 分野分類【電気・情報】 大学の教育分野×企業の関連分野 平均点プロット

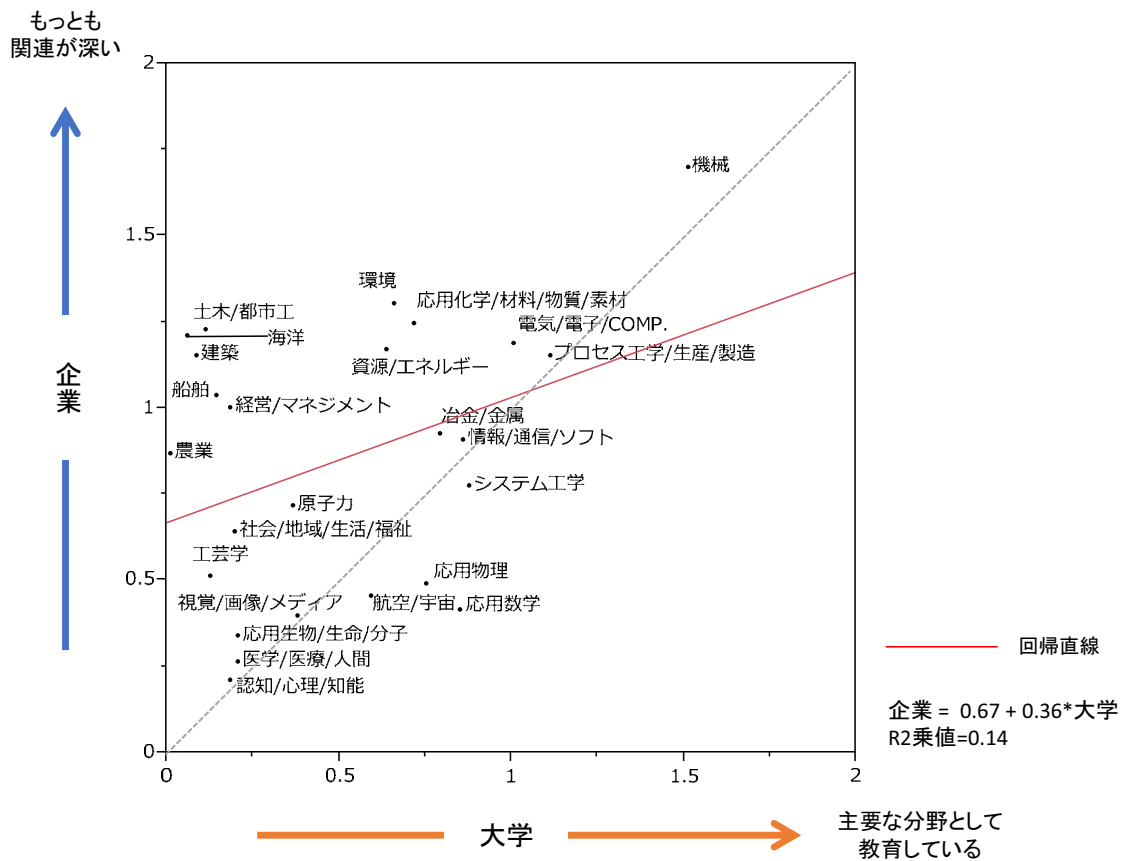


図 2.2.17 分野分類【機械など総合】 大学の教育分野×企業の関連分野 平均点プロット

(2) 部局横断的な授業科目の実態について

大学に対して、部局を横断して開講されている授業科目はあるか、それはどのような内容の科目なのかを、学士課程と修士課程に分けて聞いた（大学：問3）。

a 開講状況

学士課程における開講状況を図 2.2.18 に、修士課程を図 2.2.19 に示す。

該当科目の開講は、学士課程の方が修士課程よりも多い。また、学士課程でも修士課程でも、同じ学科・専攻内で異なる分野の教員と共同で教えている科目がもっとも多く、学科・専攻を超えて共同で教えている科目はそれより少なく、学部・研究科を超えて共同で教えている科目とさらに少なくなる。

なお、国公立と私立とでは、国公立の方が該当科目を開講している率が総じて若干高い。学士課程では有意差はないが、修士課程では専攻を超えて共同で教えている科目および研究科を超えて共同で教えている科目において有意差があった。

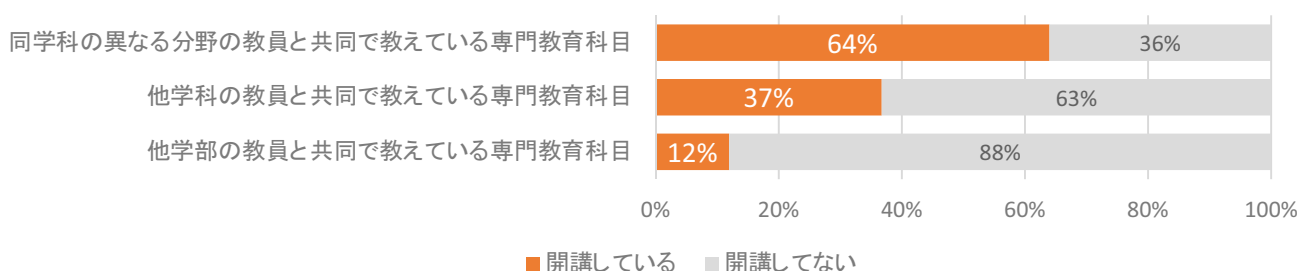


図 2.2.18 学士課程における部局横断的な専門教育科目の開講状況

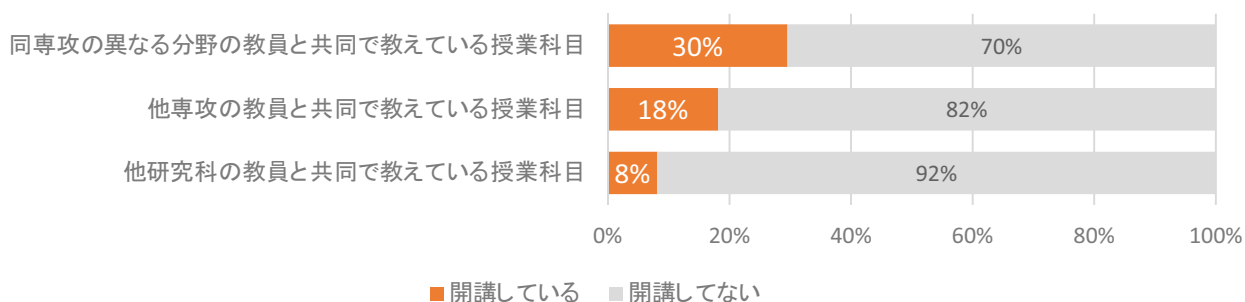


図 2.2.19 修士課程における部局横断的な授業科目の開講状況

開講している科目について、必修・選択等の別、および学部あるいは研究科共通で開講しているか否かを各々聞いた。結果を表 2.2.1 に示す。

表 2.2.1 開講されている部局横断的な授業科目の内訳

		必修科目 がある	必修ではない が選択必修科 目はある	部局共通で開 講している科 目がある
学士課程	①同学科の異なる分野の教員と共同で教えている専門教育科目	70%	12%	34%
	②他学科の教員と共同で教えている専門教育科目	48%	17%	72%
	③他学部の教員と共同で教えている専門教育科目	37%	19%	52%
修士課程	①同専攻の異なる分野の教員と共同で教えている授業科目	30%	34%	36%
	②他専攻の教員と共同で教えている授業科目	25%	22%	77%
	③他研究科の教員と共同で教えている授業科目	22%	38%	70%

b 特徴的な開講科目（自由記述）

開講している科目について、とくに特徴的な科目の名称と概要を各々聞いた（自由記述，任意回答）。記入された延べ数は，学士課程で 419 件（表 2.2.1①：44 件，②：135 件，③：240 件），修士課程で 149 件（同①：19 件，②：50 件，③：80 件）であった。

記述内容は以下のように分類し，分類ごと等の記入数詳細，典型的あるいは特徴的な内容の記述例は巻末の資料 2-4 に掲載した。分類ごとの特徴を以下にまとめる。

【分類 1】工学共通

：工学教育の基礎となる分野共通の内容。形式は「講義」が主である。学士課程での開講が多く，もともと開講数が少ない③（他学部の教員と共同）にも該当科目が多い。

：記入数は，学士課程でも修士課程でも「分類 2：工学専門」に次いで多かった。

1-1 数理・データサイエンス

- ◆ 微積分学，代数学，情報学総論，情報セキュリティ，情報科学演習，情報科学実験など。
- ◆ 分野分類別に差があり，学士，修士，①～③を問わず【電気・情報】の学科・専攻等の記入が多かった。

1-2 物理・化学・自然科学

- ◆ 基礎力学，生物学，物理学実験，化学概論，応用化学基礎演習など。

【分類 2】工学専門

：工学の専門分野別の内容で，学士でも修士でももっとも記入数が多かった。以

下4つの小分類では、「電気・機械・材料，エンジニアリングデザイン」が最多，「都市・環境・建築・土木」が次に多い。「都市・環境・建築・土木」は，もともと開講数が少ない③（他学部の教員と共同）の記述も少なくなかった。

2-1 電気・機械・材料，エンジニアリングデザイン

- ◆ 電気電子特論，機械設計・製図，機械工学実験，電磁気学，材料工学入門など。
- ◆ 学士課程では分野分類別に差があり，もっとも記入数が多かったのが【機械など総合】，次いで【電気・情報】であった。

2-2 都市・環境・建築・土木

- ◆ 建築学概論，環境工学システム特論，建築計画設計，デザインスタジオ，先端建築特論など。
- ◆ 分野分類別に差があり，【建築・土木】でもっとも記入数が多かった。

2-3 科学・技術

- ◆ 科学・技術の最前線，サイエンス工房，先端科学序論など。

2-4 ものづくり，製品，生産，創成

- ◆ ものづくり文化，創成工学実践，食品医薬品開発工学など。

【分類3】技術者教育

：小分類の「倫理，特許，知財，リスク管理，セキュリティ」が主で，①の同学科・専攻内の授業科目よりも，②の他学科・専攻の教員と共同で教えている科目が多いのが特徴である。

3-1 倫理，特許，知財，リスク管理，セキュリティ

- ◆ 知的財産概論，特許法，技術者倫理，工学倫理，リスクマネジメント特講など。

3-2 キャリア，経営，アントレプレナー，企業，インターンシップ

- ◆ 経営学概論，ベンチャー体験工房，学内インターンシップなど。

【分類4】その他

：分類1～3に分けられないものを「その他」とした。記入内容が多かったのは，科学技術英語である。

4-1 ゼミ，セミナー，ワークショップ，卒業研究

- ◆ 新入生セミナー，進路支援セミナーなど。

4-2 PBL，プロジェクト

- ◆ プロジェクトスキル，プロジェクトデザイン実践など。

4-3 他

- ◆ 科学技術英語が主。

(3) 実践的なプロジェクト型教育の実態，課題について

プロジェクト型教育を以下のように説明した上で，大学に対しては，開講状況や実施状況，特徴的な科目などの実態，必要性の認識や今後の意向，課題などについて，企業に対しては，協力状況や意向，必要性の認識等を各々聞いた（大学：問5，企業：問4）。

【大学】

- ◆ プロジェクト型教育（Project Based Learning ; PBL）：課題の解決を目的として，学生がチームを組み，自主的，主体的に取り組む実践的教育手法です。

【企業】

- ◆ 現在，大学では，課題の解決を目的として，学生がチームを組み，自主的，主体的に取り組む実践的教育手法プロジェクト型教育（Project Based Learning ; PBL）が注目されています。
- ◆ このプロジェクト型教育を効果的に実施するには，講師の派遣，テーマや課題の提供，プログラムの作成参加など企業の協力が必要とされています。

a 開講状況，実施状況

卒業研究以外のプロジェクト型教育の授業（以下，PBL型授業）について，過去3年間程度の開講状況を聞いたところ，学士課程では70%，修士課程では29%が開講していることが分かった（図2.2.20）。別の設問「現在積極的に実施しているか」に対しては，「そう思う」22%，「ややそう思う」26%，「どちらともいえない」23%，「あまりそう思わない」10%，「そう思わない」15%という結果であり（その他は「まったくわからない」），積極的に実施している側の回答が48%を占めた。

開講状況は分野分類による有意差があり，【建築・土木】および【電気・情報】で開講が多く，【化学・生物】で少ないという傾向が，学部課程でも修士課程でもみられた。開講単位数はどの分野分類でも1~4単位が最多だが，【建築・土木】学士課程では5単位以上の開講も40%あった。なお，国公立と私立では差はみられなかった。

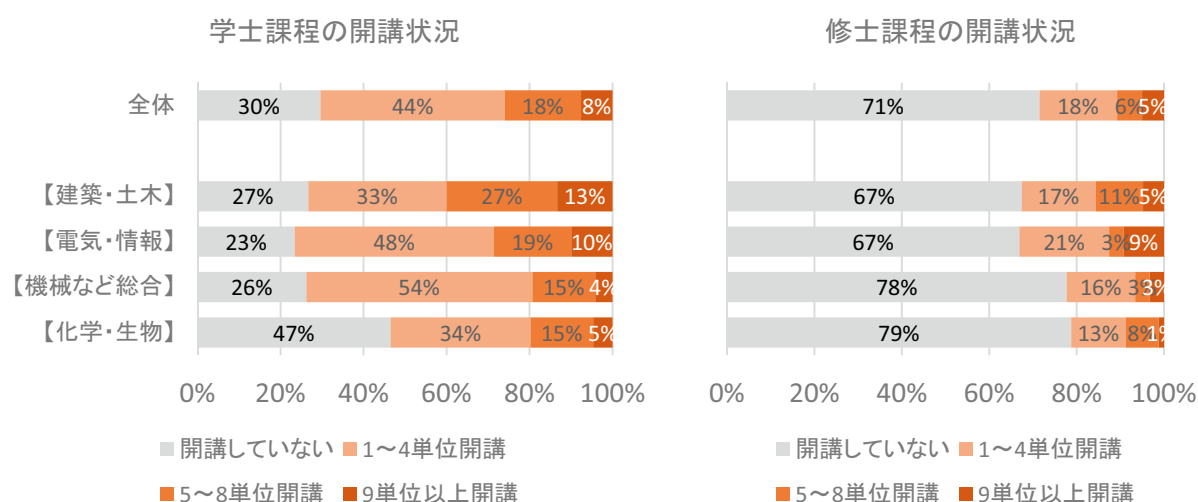


図 2.2.20 PBL 型授業の開講状況（学士課程・修士課程，分野分類別）

開講している場合、学士課程では必修科目であることが多く、修士課程では少なかった。学士課程で何年次から開講しているかを聞いたところ、1年次からの開講が43%と最多であった。

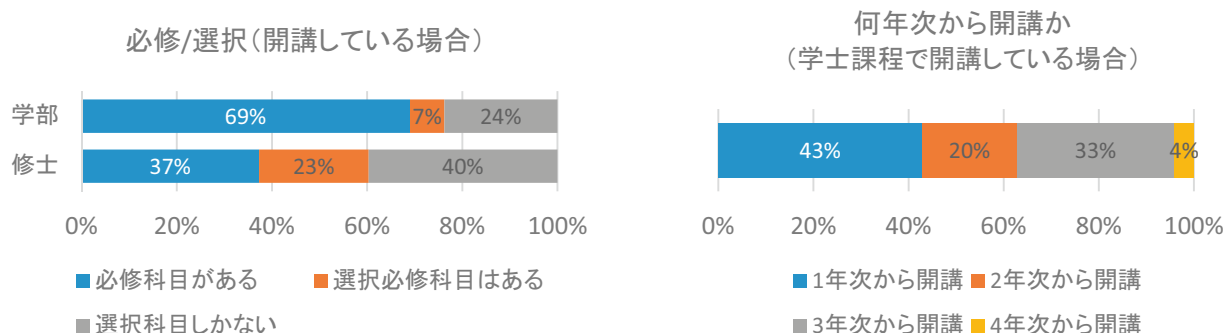


図 2.2.21 開講されている PBL 型授業の内訳

開講している PBL 型授業科目には、「教員に企業実務経験者がいる科目」がある割合が高かった(学部:62%, 修士66%)。また、「レビューや改善を実施している科目」や「テーマを学生主体で決定している科目」も過半数あった(学部:前者57%・後者50%, 修士:前者58%・後者54%)。一方、そのような科目がある割合が低かったのは、「教材を開発している科目」(学部:30%, 修士32%)、「成果を積極的に外部発信している(学部:34%, 修士41%)」等である。いずれの設問でも、学士課程と修士課程は類似した結果であった。

これらの実施状況も分野分類別に有意差があった(図 2.2.22)。もっとも特徴的なのは PBL 型授業科目の開講が多い【建築・土木】であり、学士課程、修士課程を問わず、学外現場にて実施している割合、外部有識者参加の割合、成果の外部発信の割合、教員に企業実務経験者がいる割合等が顕著に高い。

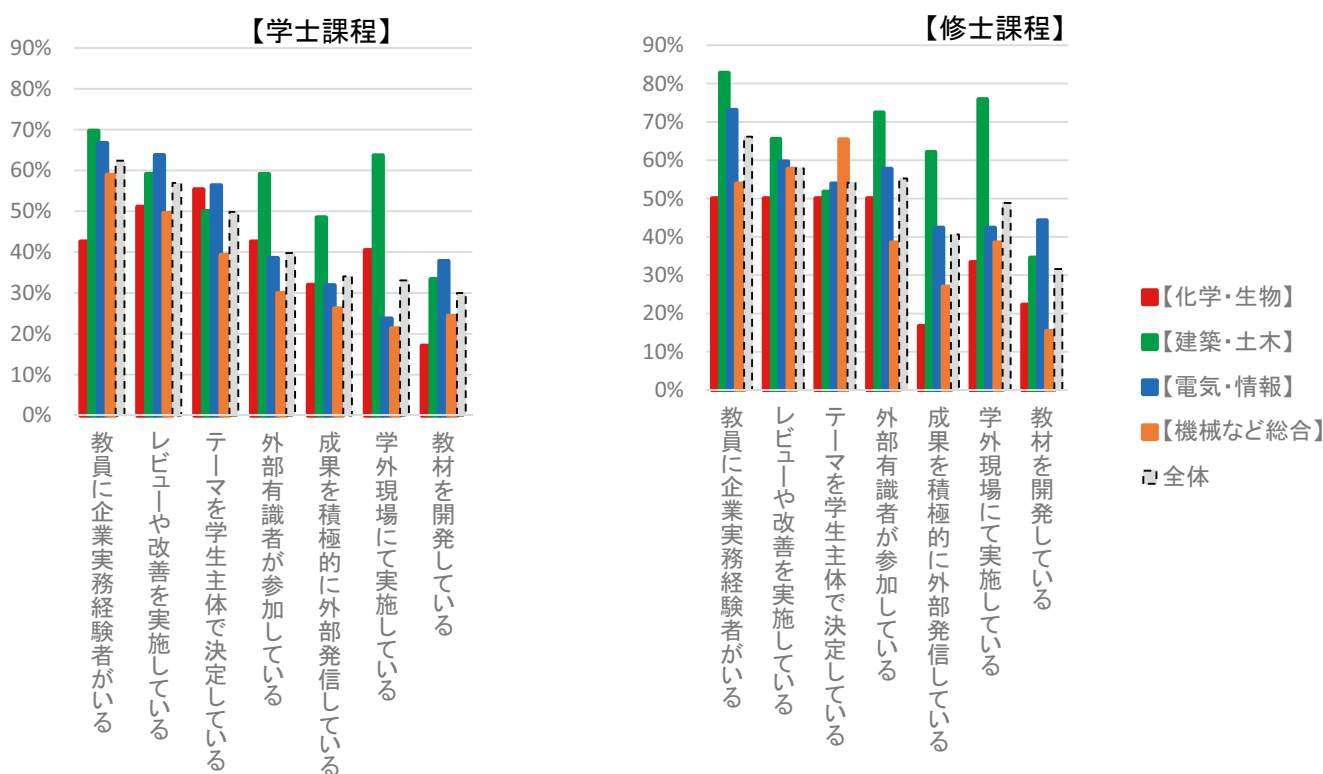


図 2.2.22 開講されている PBL 型授業の分野分類別実施状況(該当科目が「ある」割合)

PBL型授業の実施状況は、国公立・私立にも有意差がみられた（図 2.2.23、公立はもともと少ないのでとくに修士課程は参考程度）。国立と私立を比較すると、学士課程では私立の方がどの項目でも該当科目が多く、教員に企業実務経験者がいる割合、外部有識者参加、成果の外部発信の割合で有意差があった。修士課程では逆転しており、教員に企業実務経験者がいる割合以外、すべて国立の方が該当科目が若干多いという結果であった。学士課程においては、国立よりも私立の方が PBL 型授業に力を入れていることがうかがえる。

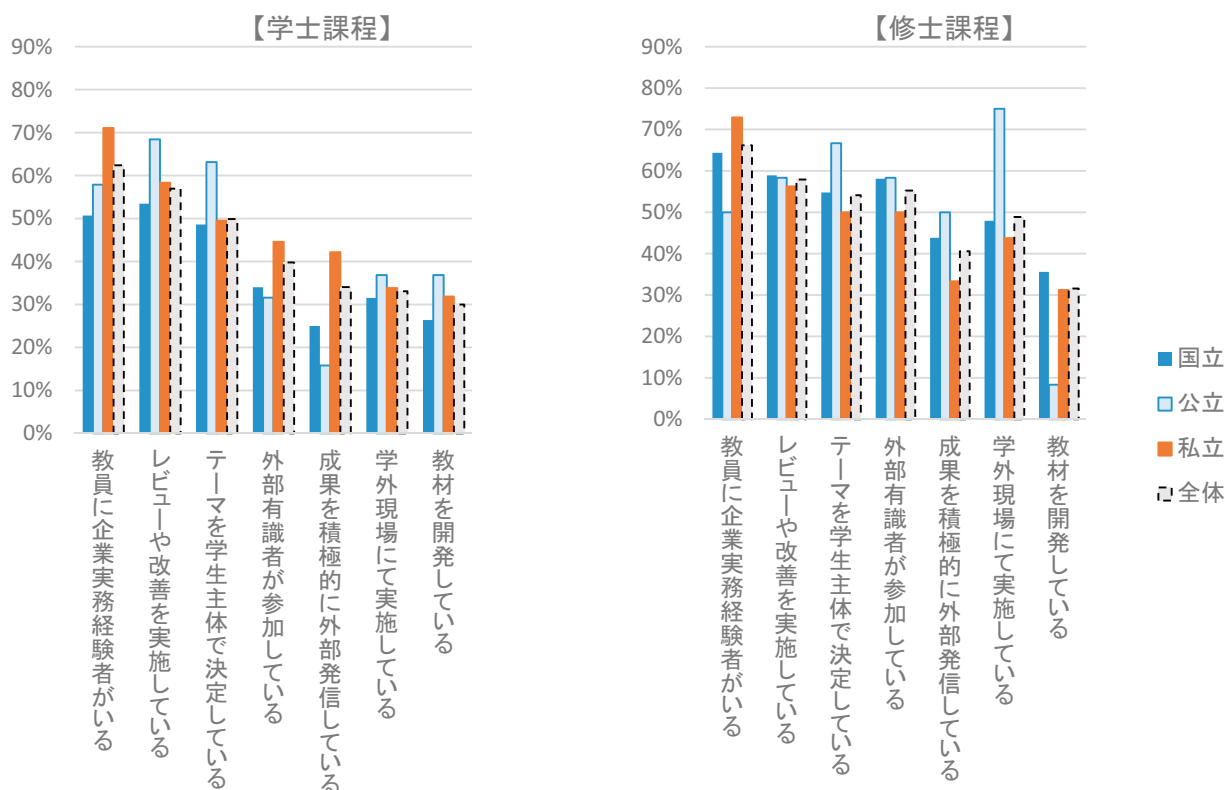


図 2.2.23 開講されている PBL 型授業の国公私立別実施状況（該当科目が「ある」割合）

b 特徴的な開講科目（自由記述）

開講している科目について、とくに特徴的な科目の名称と概要を各々聞いた（自由記述、任意回答）。記入総数は、学士課程で 228 件、修士課程で 92 件であった。

記述内容は以下のように分類し（結果的に前記の「部局横断的な授業科目」とほぼ同様の分類となった）、分類ごと等の記入数詳細、典型的あるいは特徴的な内容の記述例は巻末の資料 2-4 に掲載した。分類ごとの特徴を以下にまとめる。

【分類 1】電気・機械・材料，エンジニアリングデザイン

- ◆ 機械工学実験，電気電子工学実験，材料基礎実験，応用機械設計製図，機械設計製作，ロボットデザインなど。
- ◆ 演習，実習，実験などが主である。
- ◆ 学士課程で記入数が顕著に多い。分野分類別には，【機械など総合】の記入数が多

く、次いで【電気・情報】である。

【分類2】都市・環境・建築・土木

- ◆ 建築設計製図，環境デザイン演習，デザイン探求演習，構造力学実験，建築学特別課外活動など。
- ◆ 演習，実習，実験などが主で，フィールドワークや建設現場見学など，学外の活動も多いのが特徴である。
- ◆ 学士課程でも修士課程でも記入数が多い。分野分類別には，学士課程，修士課程を問わず【建築・土木】の記入数が顕著に多い。

【分類3】数理・データサイエンス

- ◆ 情報工学実験，情報デザインプロジェクト演習，プログラミング演習，ソフトウェア設計及び実験など。
- ◆ 演習，実習，実験，およびワークショップが主である。
- ◆ 分野分類別には，学士課程，修士課程を問わず【電気・情報】が顕著に多い。

【分類4】ゼミ，セミナー，ワークショップ，卒業研究

- ◆ フレッシュマンセミナー，モノづくりワークショップ，卒業研究。
- ◆ 新入生向けの授業科目（フレッシュマンセミナー，入門ゼミナール，基礎ゼミ，キャリア基礎など）も多く含まれる。別の設問で，学士課程では1年次からの開講が43%と最多であったが，このためと考えられる。

【分類5】物理・化学・自然科学

- ◆ 応用化学実験，環境生命化学実験，応用物理学実験など。
- ◆ 演習，実習，実験などが主で，修士課程はほとんど記述がなかった。
- ◆ 分野分類別には，【化学・生物】の記入数が多い。

【分類6】ものづくり，製品，生産，創成

- ◆ ものづくりゼミ，創成工学，生産実習など。

【分類7】キャリア，経営，アントレプレナー，企業，インターンシップ

- ◆ キャリア基礎，学士インターンシップ，経営実践など。

【分類8】PBL，プロジェクト

- ◆ 「プロジェクト」など，具体的な科目名の記載がないもの。

【分類9】その他

- ◆ 英語など。

なお，記述内容から企業の協力が得られていると思われる科目を探したが，上記分類によらず全体的にごく少数であり，内容も「企業から講師を招く」「インターンシップ」などが主である。特徴的な例としては，以下があった。

- 近隣の企業，地方公共団体からの依頼により，制作物を納品する。ポスターから，ロゴ，看板，案内表示，マスコットキャラクターなどのデザインをクライアントの意見を調整しながら作成。
- 5～6人1チームとして，1台のオートバイ（50cc）を完全にばらし，その機械要素の役割を理解し，再び完全に組み立てる。オートバイは企業からの寄贈品。

参考までに，「代表的な開講科目名」の記述を学士課程の中から32科目抽出し，(株)大学成績センターより提供を受けたGPAデータを用いて，その科目のGPAとその大学の工学部等の平均GPAの比較を行った。結果は，図2.2.24のとおり，PBL型授業科目の方がその他の科目のGPAよりも高い傾向があるというものであった。本調査の自由記述意見でも書かれているが，PBL型授業の評価の難しさはよく言われている。「PBLは評価が甘くなりがちである」という仮説は，今後検証に値するのではないかと思われる。

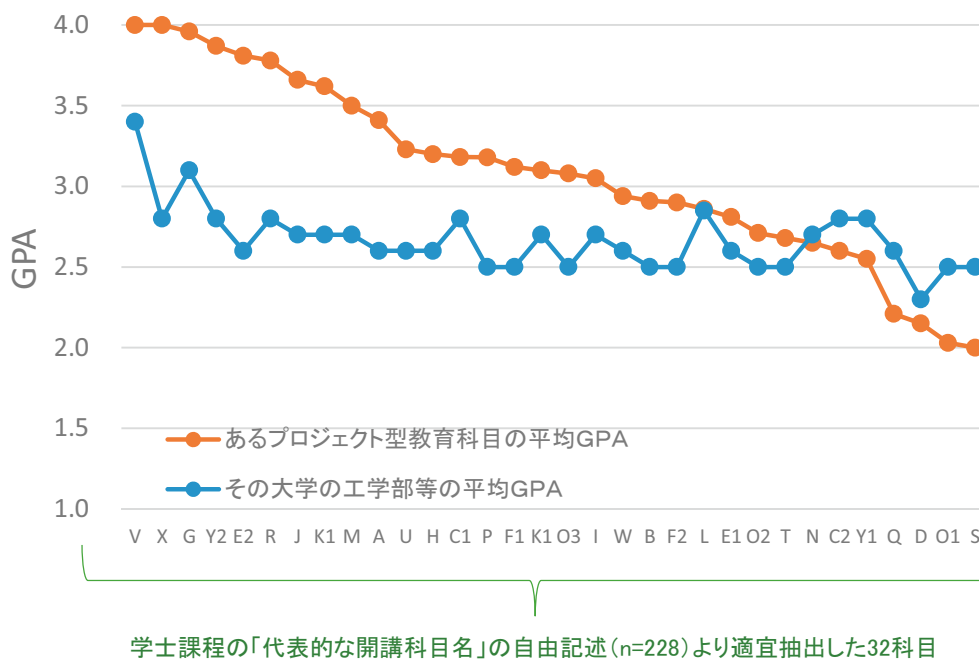


図 2.2.24 「代表的な開講科目名」の自由記述（任意回答）より抽出した科目の平均 GPA とその大学の工学部等の平均 GPA の比較

c 大学と企業の比較 ～現状認識・実績と今後の意向～

企業の回答部門に対し，大学におけるプロジェクト型教育への協力状況（過去3年間程度の実績）を4段階で聞いたところ，「数多く協力している」2%と非常に少なく，「数多くはないが協力したことがある」14%という結果であった（図2.2.25左列）。

協力実績は，従業員規模別，および分野分類別に有意差があった。規模が大きい企業ほど協力実績があるが，とくに1,000人以上の大企業で顕著である。分野分類別では【機械など総合】

がもっとも実績があるが、この分類には大企業が多いことの影響と考えられる。

協力実績がある回答部門に協力内容を回答してもらった結果（自由記述，任意回答）を，巻末の資料 4-2 に掲載した。記述内容には，講師の派遣，テーマや課題の提供，設備の提供などもあったが，インターンシップや共同研究など，PBL 型授業への協力とは捉えにくい実績の記述も少なくなかった。回答企業によってプロジェクト型教育の捉え方がまちまちであり，統一した認識とはなっていないことがうかがえる。

今後の協力意向として，「機会があれば，プロジェクト型教育へ積極的に協力したい」と思うかを 5 段階で聞いたところ，35%（「そう思う」11%+「ややそう思う」24%）が意向ありという回答であり，実績よりも意向の方が高いという結果となった（図 2.2.25 右列）。今後の意向も従業員規模別および分野分類別に差があり，協力実績同様の傾向がみられた。

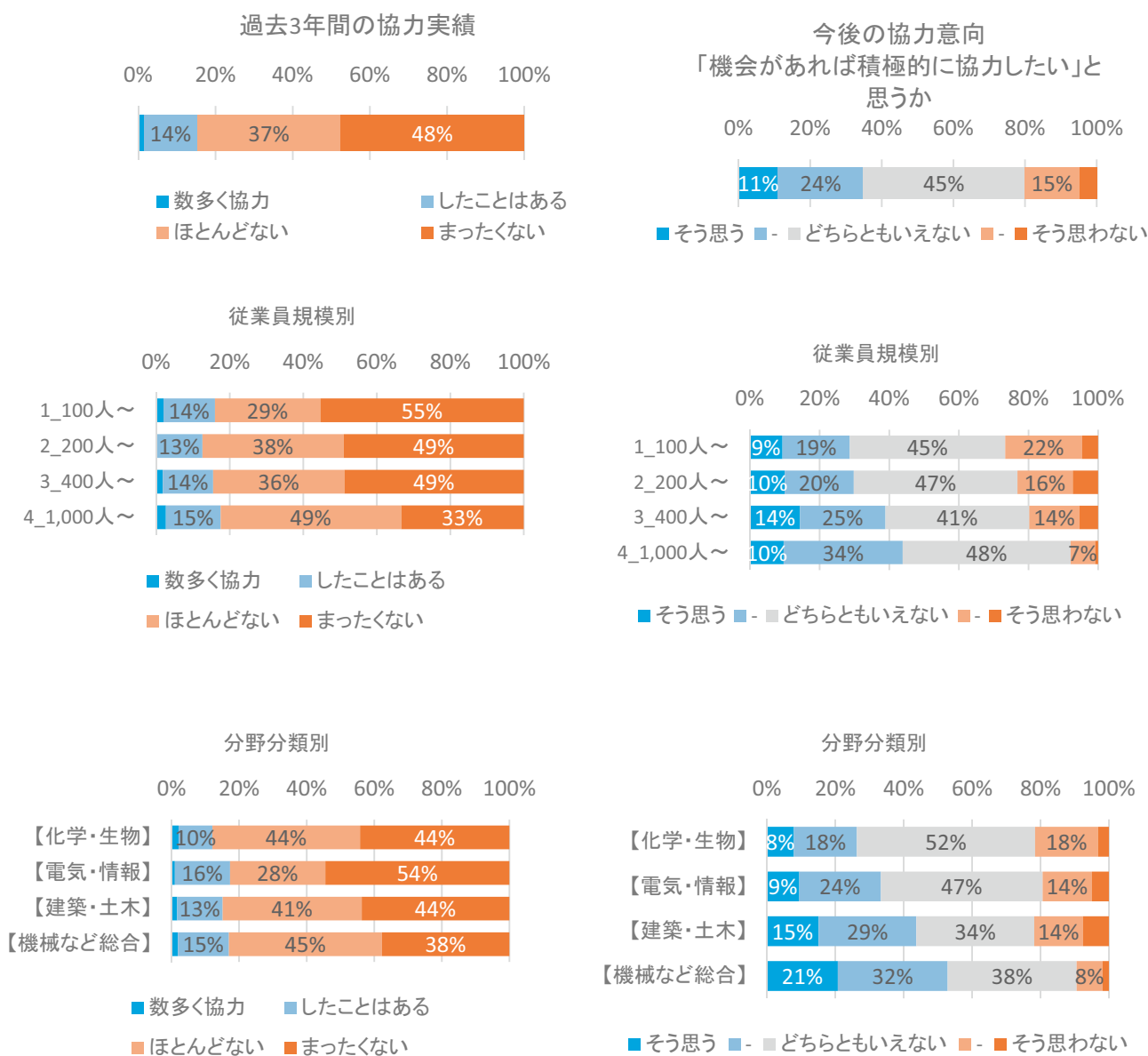


図 2.2.25 【企業】プロジェクト型教育への協力状況，今後の協力意向

大学に対して、今後の意向として、プロジェクト型教育を「今後積極的に実施したい」と思うかを聞いたところ、「そう思う」側が 48%（「そう思う」26%+「ややそう思う」33%）と多く、「そう思わない」側は 1 割程度と少ないという結果となった（図 2.2.26）。「今後の実施には企業の協力が必要である」に対しても、「そう思う」側（合わせて 35%）が「思わない」側（同 18%）よりずっと多い。なお、「教育効果に疑問がある」というネガティブな意見も少なかった。

今後の意向でも、PBL 型授業科目の実施状況等と同様に、分野分類別、国公立で差がみられた。国公立よりも私立の方が若干意向が高く、分野分類別では現在の実施率が低い【化学・生物】で意向が低いという結果である。

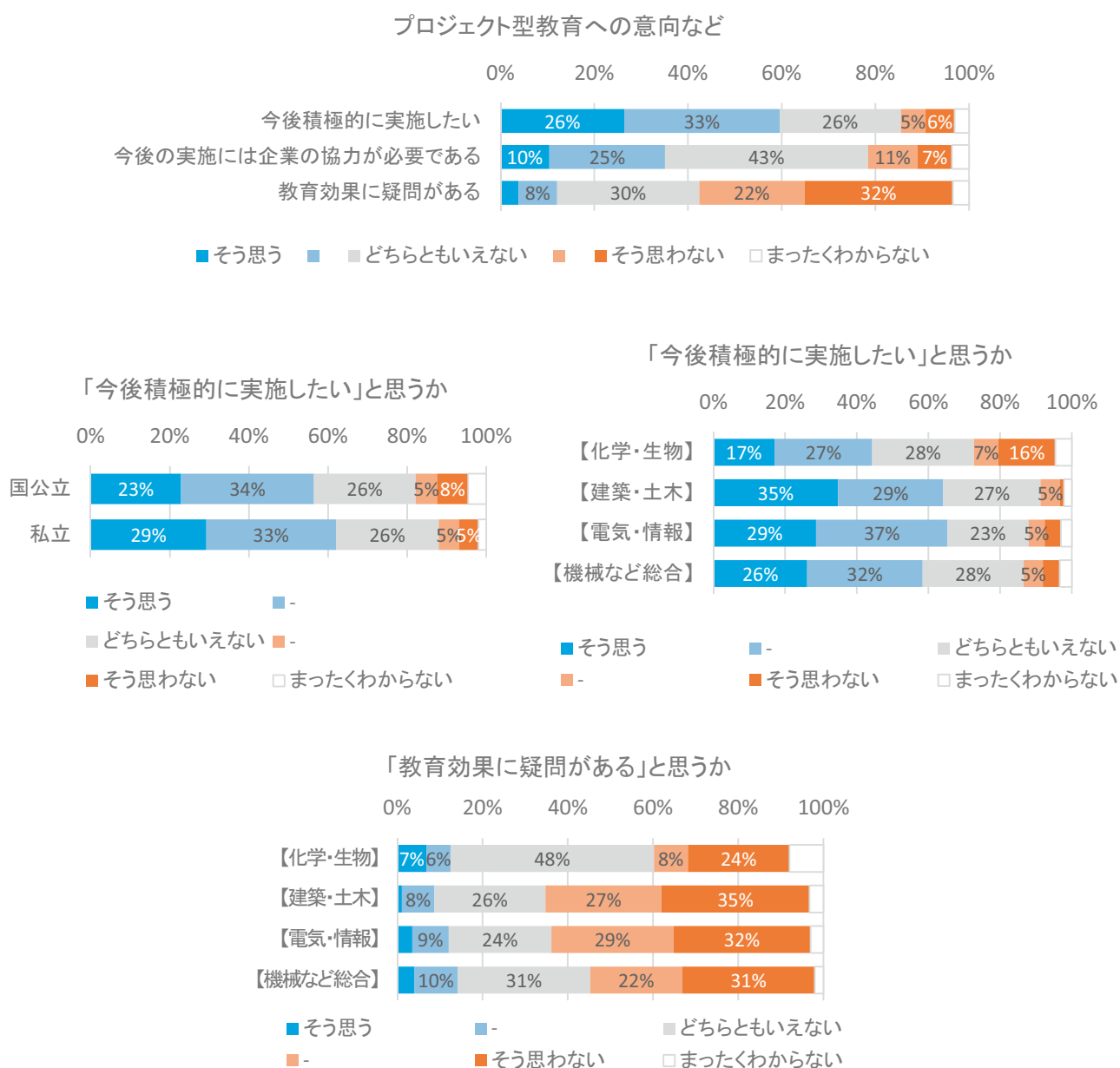


図 2.2.26 【大学】プロジェクト型教育への意向など

プロジェクト型教育を必要性について、大学と企業の双方に対し同じ5段階で聞いたところ、「大学教育として行う必要性は高い」という意見がいずれも7割以上と大半であった(図2.2.27)。分野分類別にみると、大学では【建築・土木】等で高く、【化学・生物】で低いなど分散しているのに対し、企業ではいずれの分野分類でも一様に高くなっていることがわかる。

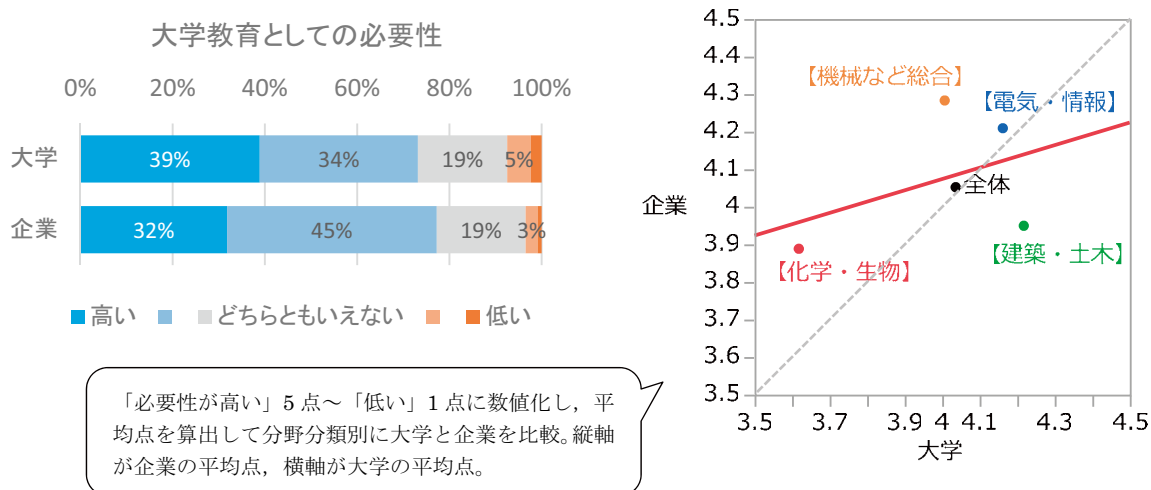


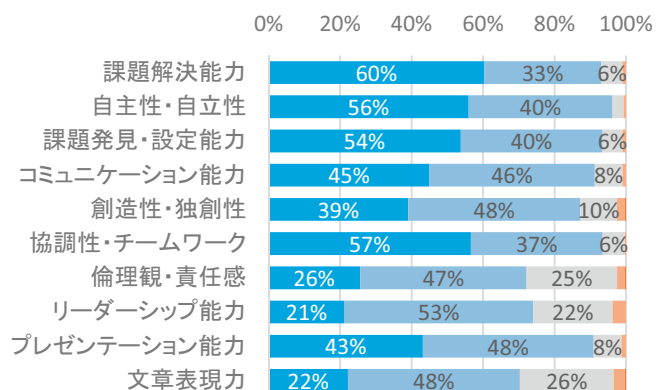
図 2.2.27 【大学】【企業】プロジェクト型教育の必要性の認識

d プロジェクト型教育で育成している能力（大学）、すべき能力（企業）

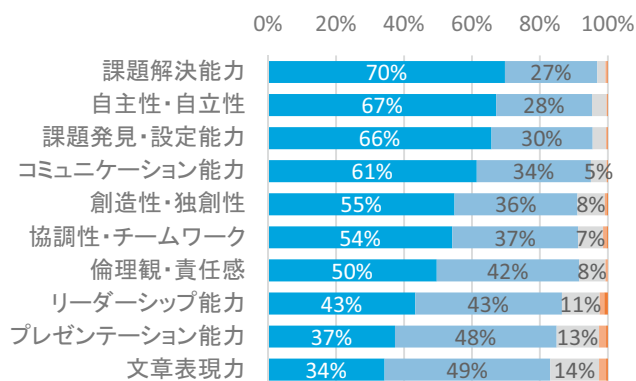
「創造性・独創性」「自主性・自立性」など共通の10項目を用いて、大学（PBL型授業を開講している大学）がプロジェクト型教育で育成している能力、企業が「育成すべき」と考える能力をそれぞれ重視度5段階で聞いた。その結果を図2.2.28に示す。

図2.2.28より、今回のアンケートで用いた項目はどれも「重視している」（大学）、「重視すべきと思う」（企業）とされていることがわかる。図は企業の重視度順に並べたが、大学と企業で大きな違いはない。大学の学士課程と修士課程も類似した結果である。もっとも重視している、重視すべきと考えられている能力は、大学、企業とも「課題解決能力」「自主性・自立性」「課題発見・設定能力」などである。

【大学・学士課程】育成を重視している能力

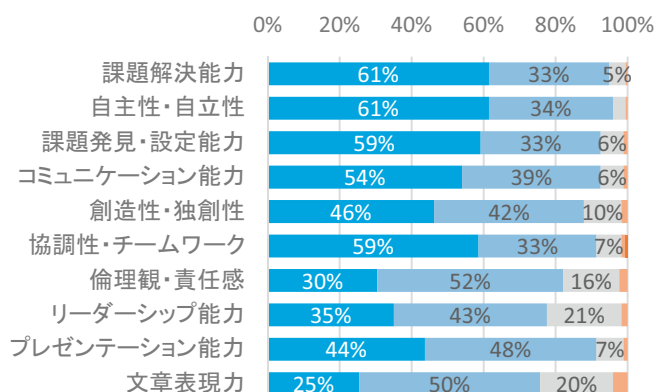


【企業】育成を重視すべきだと思う能力



■ 重視している ■ - ■ どちらともいえない ■ - ■ 重視していない ■ 重視すべき ■ - ■ どちらともいえない ■ - ■ 重視すべき

【大学・修士課程】育成を重視している能力



■ 重視している ■ - ■ どちらともいえない ■ - ■ 重視していない

図 2.2.28 【大学】PBL で育成を重視している能力，【企業】育成を重視すべき能力

図 2.2.29 は、縦軸に企業の各項目の平均点（「重視すべきである」を 5 点～「重視しなくてよい」を 1 点として算出）、横軸に大学の学士課程および修士課程の平均点（「重視している」を 5 点～「重視していない」を 1 点として算出）をプロットした散布図である。

大学と企業を比較すると、大学は、どの程度重視しているかが項目によって若干変わるのに対し、企業はどの項目についても「重視すべき」とする傾向があることがわかる。大学の学士課程と修士課程とでは、修士課程の方が、どの項目についても重視している割合が高くなっているため、学士課程よりも、企業との一致度が高くなっている。

項目別にみた大学および企業の相対的な特徴は以下のとおりである。

- 大学では、とくに「プレゼンテーション能力」、さらには「協調性・チームワーク」の育成を重視している傾向がある。
- 企業では、とくに「倫理感・責任感」や「リーダーシップ能力」、さらには「コミュニケーション能力」「課題発見・設定能力」「課題解決力」の育成を重視すべきと考える傾向がある。

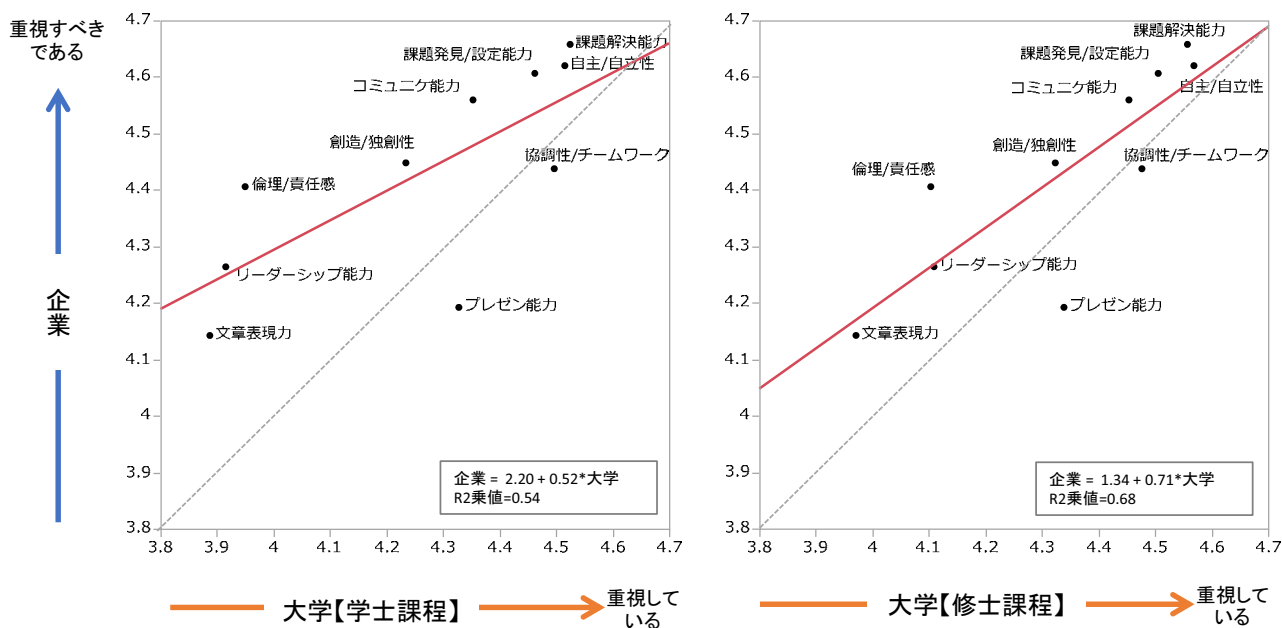


図 2.2.29 【大学】PBL で育成を重視している能力×【企業】育成を重視すべき能力 平均点プロット

図 2.2.30～31 に、分野分類別の散布図プロットを示す。

大学、企業とも、どの分野分類でも「課題解決能力」「自主性・自立性」「課題発見・設定能力」などの重視度が高く、「文章表現力」等は比較的低いなど、共通の特徴がある。4つの分野分類の中では【建築・土木】で大学と企業の一貫度が高くなる。その他の分野分類では、企業は相対的に「倫理観・責任感」「リーダーシップ能力」等が、大学は「プレゼンテーション能力」等が重視される傾向がある。

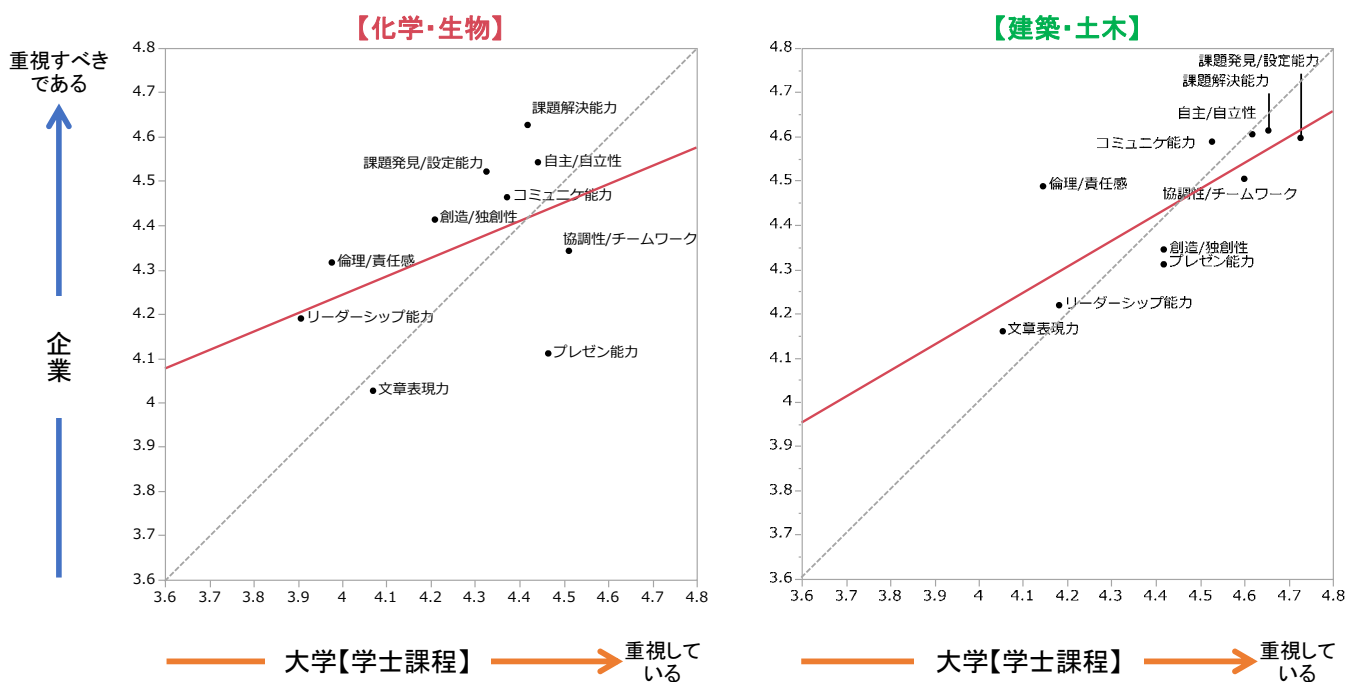


図 2.2.30 【大学】PBL で育成を重視している能力×【企業】育成を重視すべき能力 平均点プロット
分野分類別（【化学・生物】，【建築・土木】）

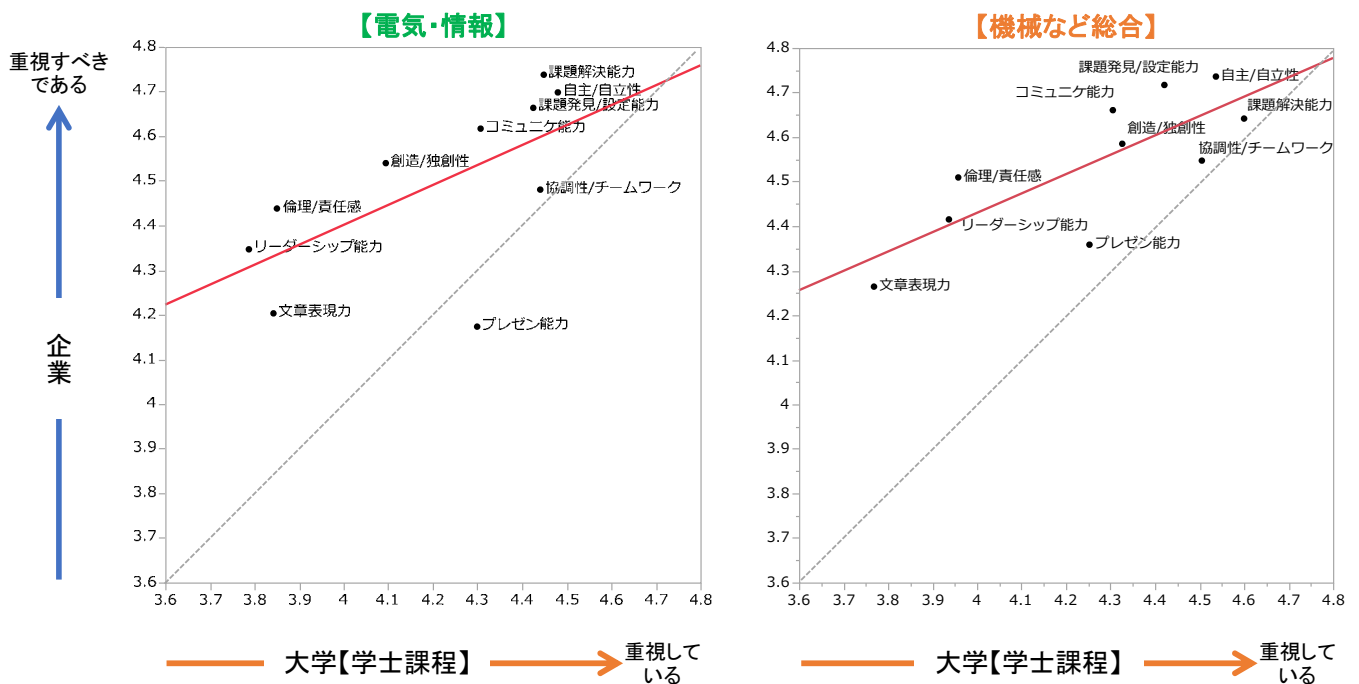


図 2.2.31 【大学】PBL で育成を重視している能力×【企業】育成を重視すべき能力 平均点プロット
分野分類別（【電気・情報】，【機械など総合】）

e プロジェクト型教育を発展させるための課題（大学）

大学に対し、プロジェクト型教育をさらに発展させるための課題について5段階で聞いたところ、「指導にかかわる大学教員の負担が大きい」「予算が不足している」「教育を実施する時間が不足している」「学生個人に対する個人評価が難しい」等をはじめ、多くの項目に対して「そう思う」という回答が多いという結果となった（図 2.2.32）。設問で挙げた課題の中では、「学生の参加意欲が低い」は唯一「そう思わない」側が「そう思う」側を上回り、「PBL の必要性に関する社会の理解が不足している」「企業の協力が得られない」「企業実務経験を持つ教員が不足している」は両側が拮抗したが、その他はすべて「そう思う」側の回答が多いという結果である。企業、学生などの問題ではなく、教員の負担、予算、時間、大学の支援、評価方法など、運営側に課題があるといえる。

この課題の認識は、分野分類別、国公立私立で差がみられた（図 2.2.33）。

分野分類別には、もっとも PBL に取り組んでいる【建築・土木】で「そう思わない」側の回答が多く、とくに「学生の参加意欲が低い」「企業の協力が得られない」で他の分野分類との差が大きい。もっとも取り組んでいない【化学・生物】では多くの項目で「そう思う」側の回答が多いといった傾向もみられる。

国公立と私立では、多くの項目で国公立の方が私立よりも「そう思う」という回答が多いという結果である。とくに差が大きかったのは「予算が不足している」である。

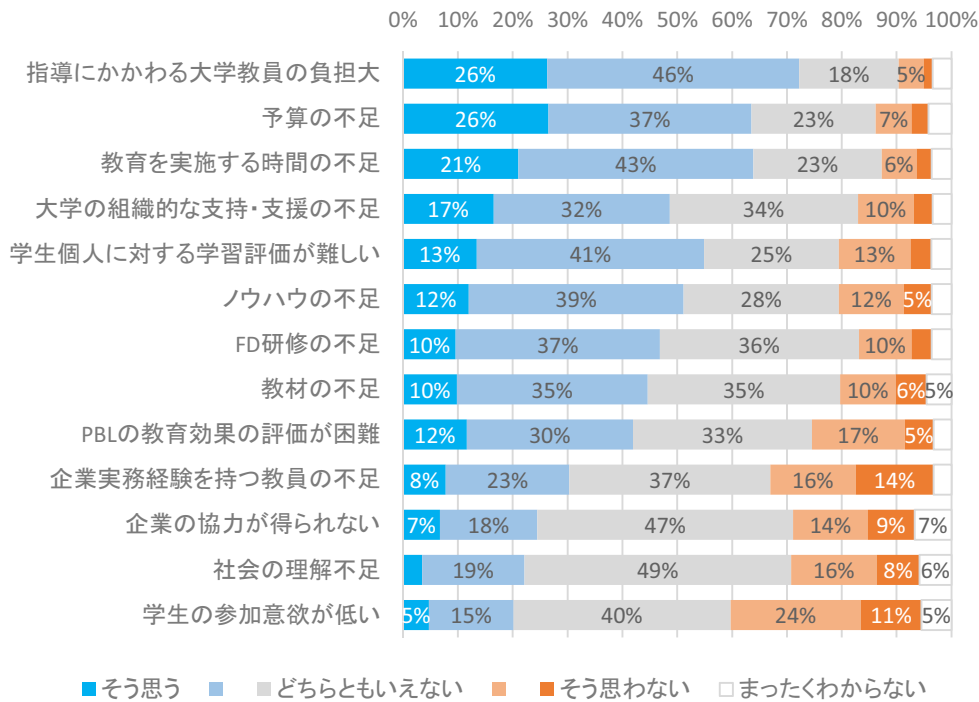


図 2.2.32 【大学】PBL を今後さらに発展させるための課題

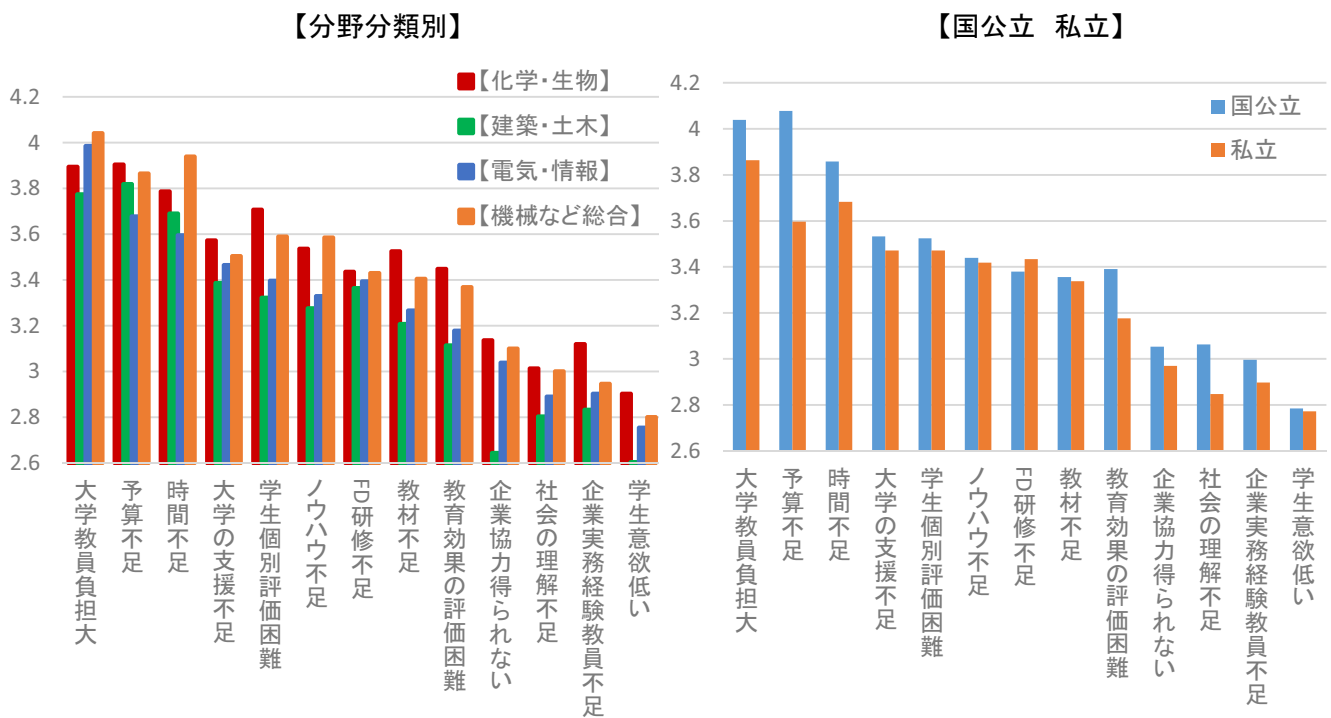


図 2.2.33 【大学】PBL を今後さらに発展させるための課題 平均点比較
 (「そう思う」5点～「そう思わない」1点に数値化し、項目ごとに平均点を算出して比較)

(4) 卒業研究・修了研究の実態について

大学に対しては、卒業研究・修士研究・博士研究に分けてそれぞれの実施状況、目的などの考えを、企業に対しては、卒業研究や修了研究に対する回答者や周囲の工学系出身者の考えを聞いた（大学：問4，企業：問3）。

a 卒業研究の開講状況（大学）

卒業研究は、ほとんど全ての学科で必修科目として実施されている（99%）。実施時期は4年次前期からの開講が85%と大半である。私立の方が国公立より開講時期が早い傾向がある。3年次からの開講が私立では16%、国公立では8%であった。卒業研究の単位数は、5～6単位が39%、7～8単位が33%である。

b 研究テーマの決め方（大学）

どのようなテーマの決め方をしている研究室が多いと思うかを、卒業研究・修士研究・博士研究に分けて聞いた結果を図2.2.34に示す。学士，修士，博士の順に「教員がテーマを学生に与えている研究室」および「企業との共同研究をもとに教員と決めていく研究室」は少なくなり、「教員が設定したテーマの中から学生が選択し教員と相談して決めていく研究室」は多くなる。「学生本人の希望と提案をもとに教員と相談して決めていく研究室」は学士，修士，博士とも少ない。

研究テーマの決め方は、分野分類，国公立・私立，および修士進学率によって異なっていた（図2.2.35）。分野分類では，学士，修士とも【建築・土木】【電気・情報】で「学生本人の希望と提案をもとに相談」が多く、「教員が設定したテーマから学生が選択」が少ない。国公立の方が私立より，また修士進学率が高い方が「教員が設定したテーマから学生が選択」「企業との共同研究をもとに相談」が多い。

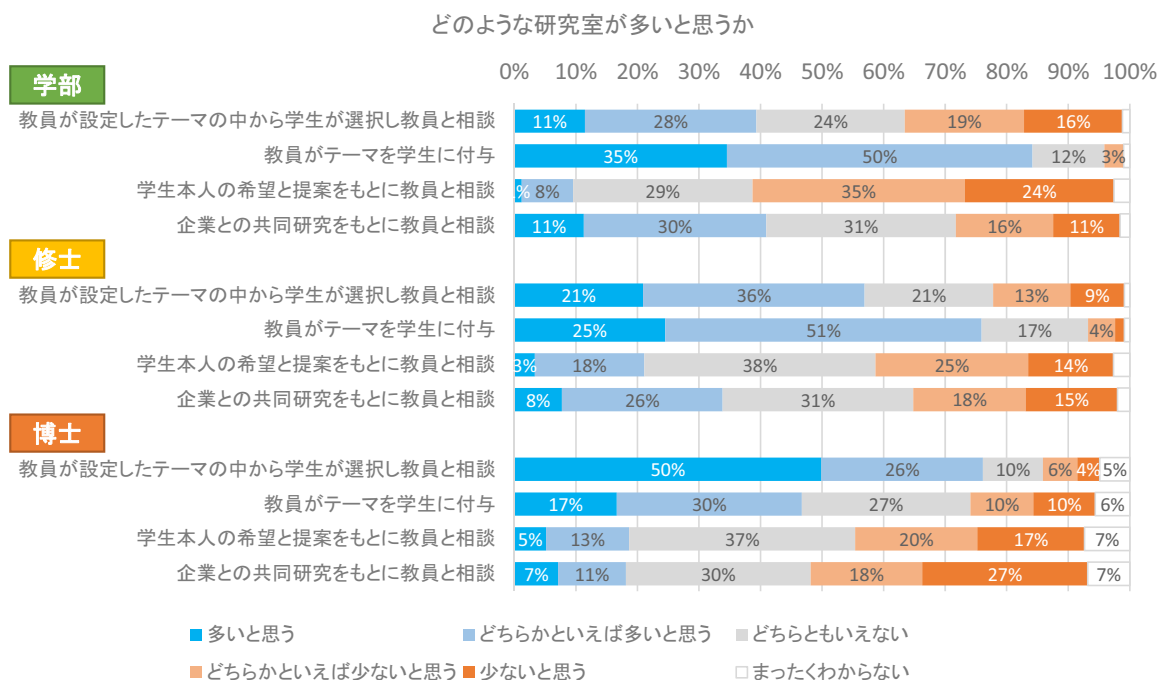


図 2. 2. 34 【大学】卒業研究・修了研究のテーマ決め

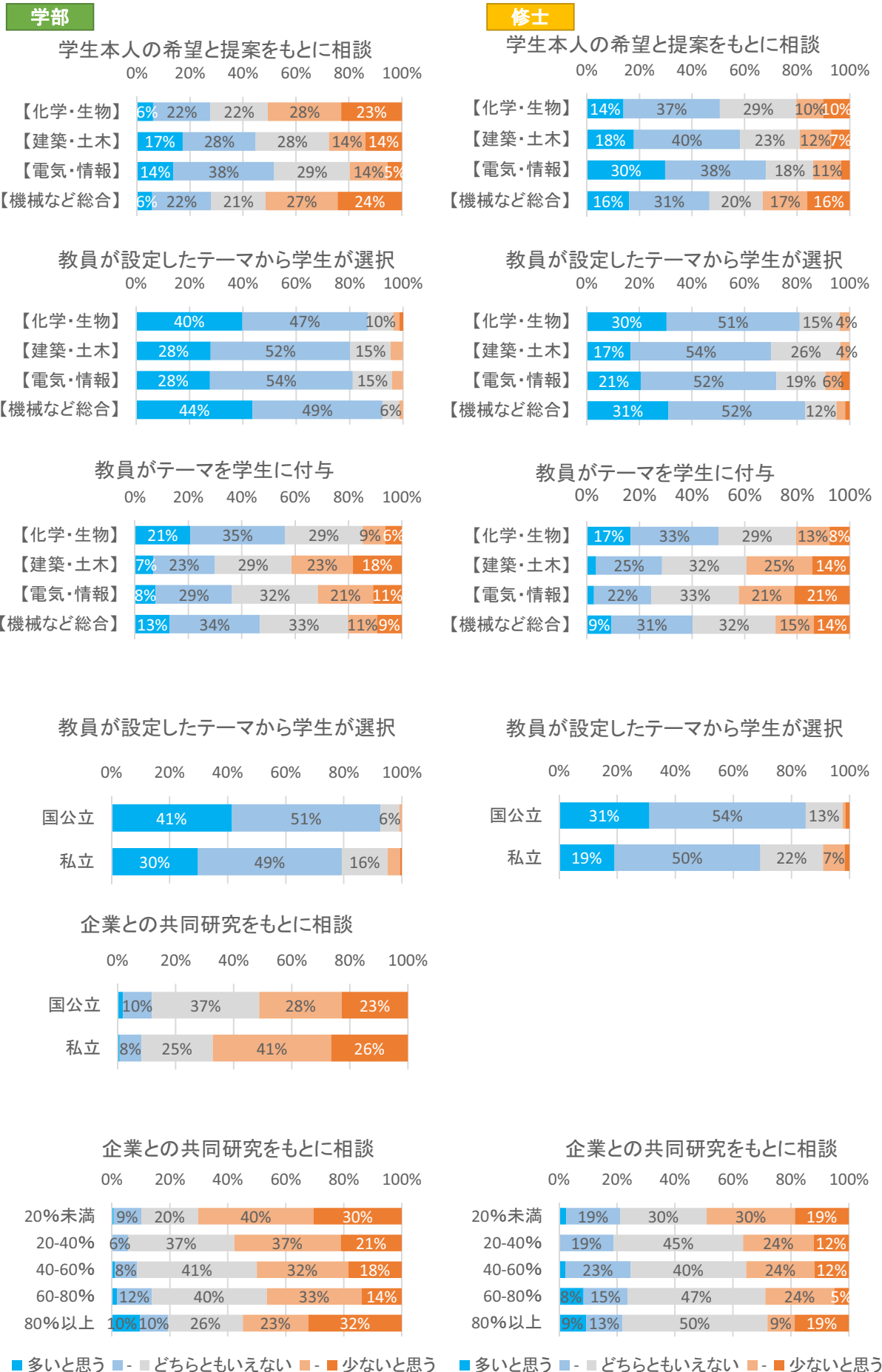


図 2.2.35 【大学】どのような研究室が多いと思うか ～卒業研究・修士研究のテーマ決め～
(分野分類, 国公立・私立, 修士進学率によって有意差があったもの)

c 研究において重要な点（大学）

卒業研究・修士研究・博士研究の各々において何がどの程度重要だと思うかを5段階で聞いた結果からは(図 2.2.36),ほとんどの項目で重要度が高いと考えられていることがわかる。「その分野の研究発展」「実社会で活用できる応用能力の習得」は学士では低いものの,修士,博士と進むに従って高くなる。学士,修士,博士の順に高くなるという傾向は,「授業で学んだ知識と技術の総合的理解」を除き,ほぼ全項目に共通である。

なかでも,もっとも重要度が高いと考えられているのは,学士と修士では「自分の考えをまとめ,文章で表現できる能力の修得」および「考えを適切に伝えるためのプレゼンテーション能力の修得」であり,博士では「課題設定と課題解決の過程の経験と修得」および「技術や知識を統合して研究を計画し実施する能力の修得」であった。

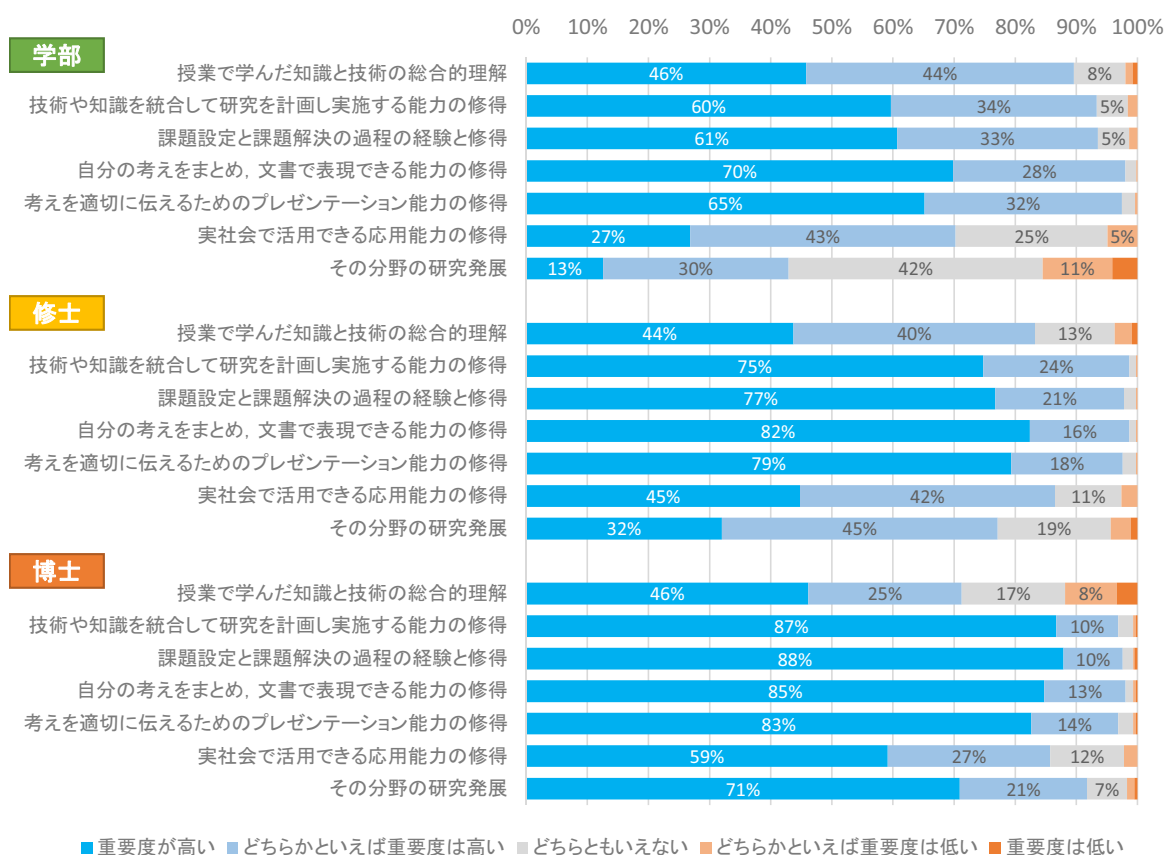


図 2.2.36 【大学】卒業研究・修士研究において重要な点

d 学外への成果発表等の状況（大学）

卒業研究・修士研究・博士研究の学外への成果発表等について,どのような研究室が多いと思うかを聞いた結果を図 2.2.37 に示す。いずれの項目でも,学外への成果発表を求める研究室が,学士,修士,博士の順に多くなるという傾向がある。とくに「国内学会発表の推奨」は学士では低い,修士課程で一気に高まる。また「国際会議での発表の推奨」「論文発表の推奨」は,博士課程で一気に高まる。

この結果も,研究テーマの決め方と同様に,分野分類,国公立・私立,および修士進学率によって異なっていた(図 2.2.38~2.2.39)。

分野分類で特徴的だったのは【建築・土木】である。学士、修士ともに「コンペ、賞などへの応募・参加を強く推奨」が、学部では「論文発表を強く推奨」が他の分野分類より多く、修士で「国際会議での発表を強く推奨」が少ない。

修士進学率が高い大学、国公立の大学で、学外への成果発表等を推奨している研究室が押しなべて多いという傾向があった。とくに修士進学率ではその傾向が顕著であった。

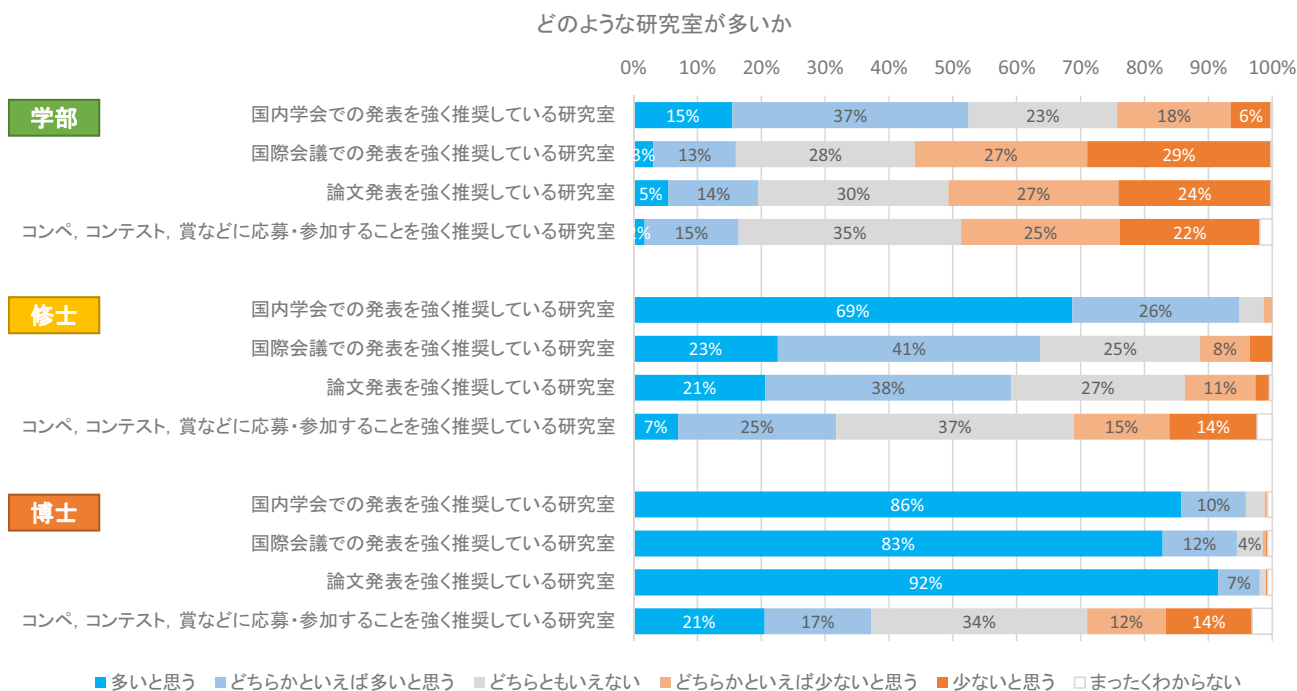


図 2.2.37 【大学】学外への成果発表等の状況

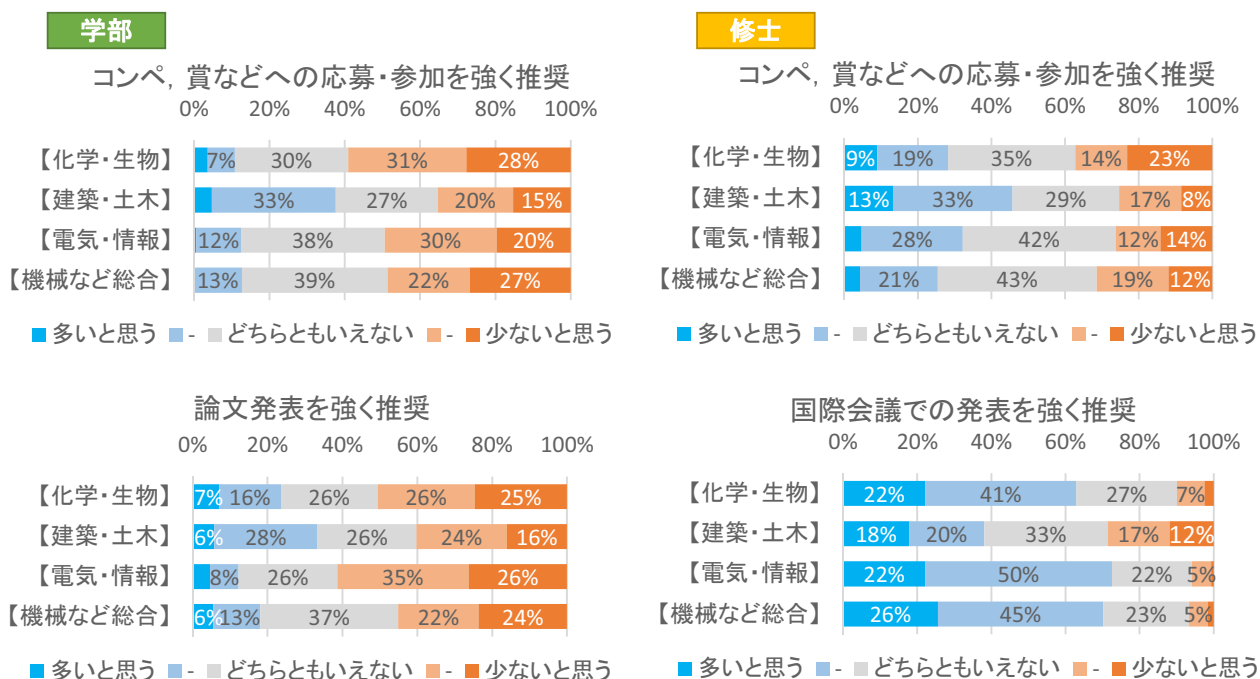
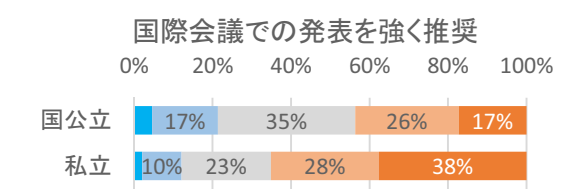
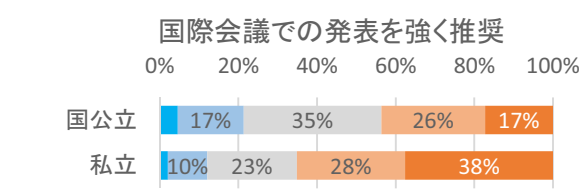
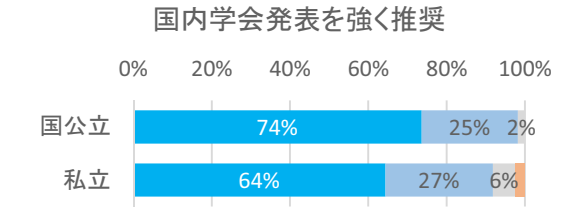
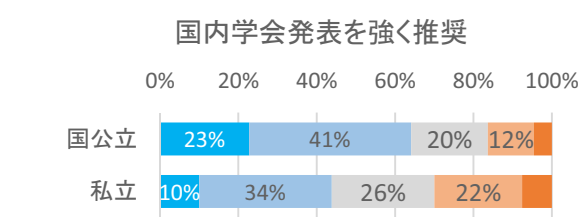
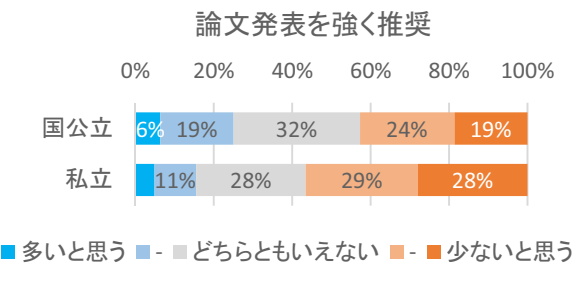
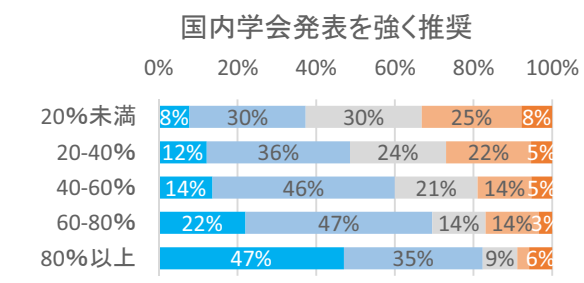
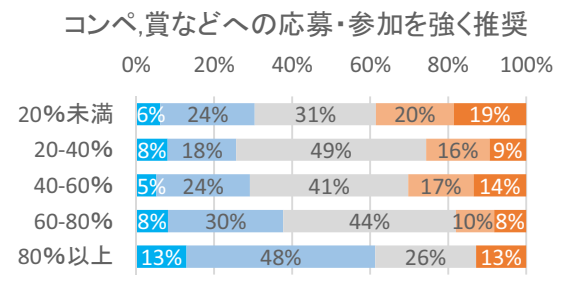
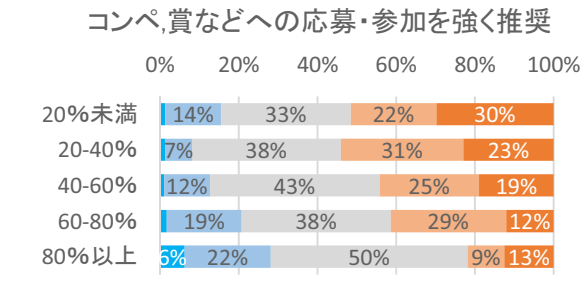
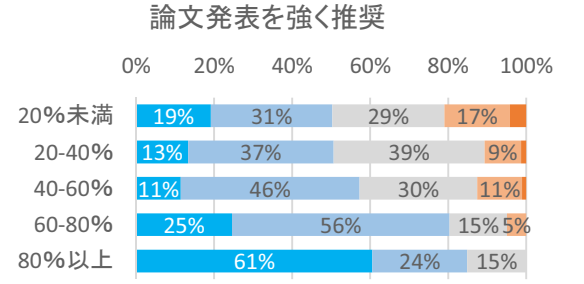
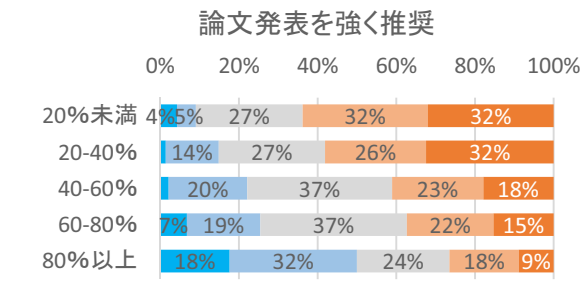
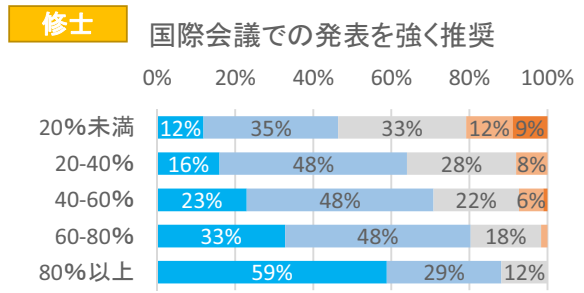
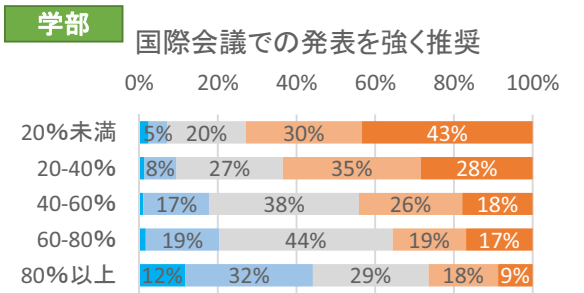


図 2.2.38 【大学】どのような研究室が多いと思うか ～学外への成果発表等の状況～
(分野分類によって有意差があったもの)



■ 多いと思う ■ どちらともいえない ■ 少ないと思う ■ 多いと思う ■ どちらともいえない ■ 少ないと思う

図 2.2.39 【大学】どのような研究室が多いと思うか ～学外への成果発表等の状況～
(修士進学率, 国公立・私立によって有意差があったもの)

e 卒業研究・修了研究の実務役立ち度（企業）

「貴社の技術部門では、大学における卒業研究・修了研究についてどのようにお考えですか。ご自身や周囲の工学系出身者のお考えを教えてください。」という設問の回答結果を図 2.2.40 に示す。卒業研究・修了研究に対する否定的な意見はごく少数であり、肯定的な意見が過半数を占めた。三者を比較すると、実務に役立っているのは「専門知識」（53%）というよりも「課題解決などの能力」とする意見（76%）が多いこと、また、「実務では役立っていないが行った経験は生きている」とする意見も同程度に多いこと（76%）がわかる。

図 2.2.41 に、平成 27 年度調査結果より今年度の回答企業のデータを抽出して再集計した結果を参考までに掲載する。卒業研究や修士研究への意見だが、いずれも肯定的な意見が大半であり、「専門性」よりも「情報収集力、課題解決力」が培われるという意見が多い点は今回の結果と一致する。

卒業研究等で習得した能力や経験で実務に役立っているものを自由記述で任意に回答してもらったところ、「論理的思考」「数値解析」「仮説を立て、問題を提議し、論理的に解決する能力」「目標達成に向けてアプローチを複数立案し、アクションの優先順位を決めてスケジュールを組む力」「PDCA を組み立て回す能力」「試験や発表で失敗した経験、次に繋げる物事の考え方」「未知の課題に取り組んだ経験」「学生時代の最後の時間を研究に注力し、一定の結果を出して論文にまとめた達成感や自負」「プレゼンテーション能力」「忍耐力」「基礎力」などさまざまな記述があった。何よりこの設問への記述数は突出して多く、卒業研究・修了研究が多くの現場で直接的、間接的に実務に活かされていることがわかる。

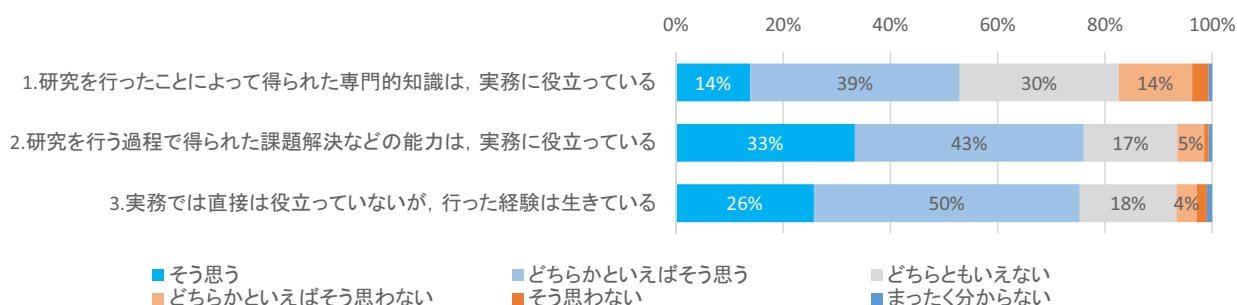


図 2.2.40 【企業】卒業研究・修了研究の実務役立ち度

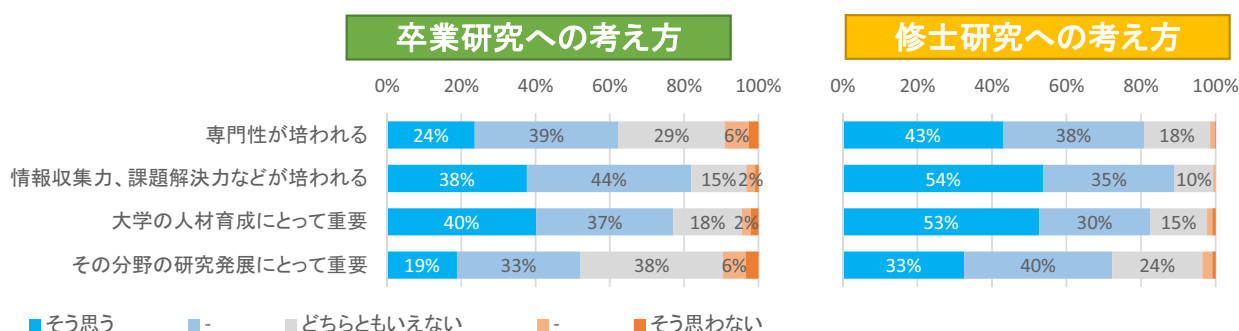


図 2.2.41 【企業】卒業研究・修士研究への考え方

（平成 27 年度調査結果より今年度の回答企業のデータを抽出して再集計）

(5) 数理・データサイエンスを含む専門基礎教育の実態，課題について

理工系教育の基礎となる数理・データサイエンスを含む専門基礎教育について，大学と企業とで共通の項目を用いて，大学に対しては，開講状況や学生の理解度，授業内容の必要性等を，企業に対しては，回答部門の実務上の必要性を各々聞いた（大学：問2，企業：問2）。

設問で用いた共通項目は，表 2.2.2 の 30 項目である。なお，大学の修士課程に対しては，表に示す通り 14 項目に絞っている。

表 2.2.2 数理・データサイエンスを含む専門基礎教育の調査項目

	調査した科目	学士課程 に対して	修士課程 に対して		調査した科目	学士課程 に対して	修士課程 に対して
1	微積分学	○		16	データ構造とアルゴリズム	○	○
2	線形代数学	○		17	プログラミング言語	○	○
3	微分方程式	○		18	情報ネットワーク	○	○
4	偏微分方程式	○		19	情報セキュリティ	○	○
5	複素解析	○		20	基礎化学	○	
6	統計学	○	○	21	力学	○	
7	確率論	○	○	22	熱・統計力学	○	
8	多変量解析	○	○	23	電磁気学	○	
9	最適化理論	○	○	24	物理・化学基礎実験	○	
10	数理計画法	○	○	25	造形演習	○	
11	シミュレーション技法	○	○	26	図学演習	○	
12	データマイニング	○	○	27	工学倫理	○	
13	機械学習	○	○	28	知的財産権	○	
14	コンピュータアーキテクチャー	○	○	29	マネジメント	○	
15	オペレーティングシステム	○	○	30	アントレプレナー	○	

数理・データサイエンス科目

a 開講状況，開講している科目に対する学生の理解度（大学）

学士課程における開講状況と，開講している場合の（「独立した科目として開講」＋「ある授業科目の一部として開講」）各科目に対する学生の理解度を図 2.2.42 に示す。

数理・データサイエンス科目の開講状況は，「統計学」「確率論」を除き，「開講していない」学科が多いことがわかる。この開講状況は分野分類によって異なるが（図 2.2.43），数理・データサイエンス科目の開講状況についてはどの分野分類でもあまり変わらない。「独立した科目としての開講している」割合が過半数を超える科目は，「線形代数学」と「微積分学」のみである。

学生の理解度は，「ご回答いただいている方の主観でも構いません」として，「学生の理解度は高い」から「低い」までの 5 段階で聞いた。いずれの科目でも「どちらともいえない」が最多である。理解度が比較的高い科目には「物理・化学基礎実験」「図学演習」「造形演習」等が，低い科目には「複素解析」「偏微分方程式」，および数理・データサイエンス科目である「多変量解析」「最適化理論」等がある。学生の理解度も分野分類による差が大きい（図 2.2.44），数理・データサイエンス科目で開講率が高い「統計学」「確率論」はいずれの分野分類でも高くないという結果である。

なお，学生の理解度は，いずれの科目においても修士進学率が高いほど高いという明確な傾向がみられた（図 2.2.45）。国公立の方が私立より理解度が高い傾向もある。

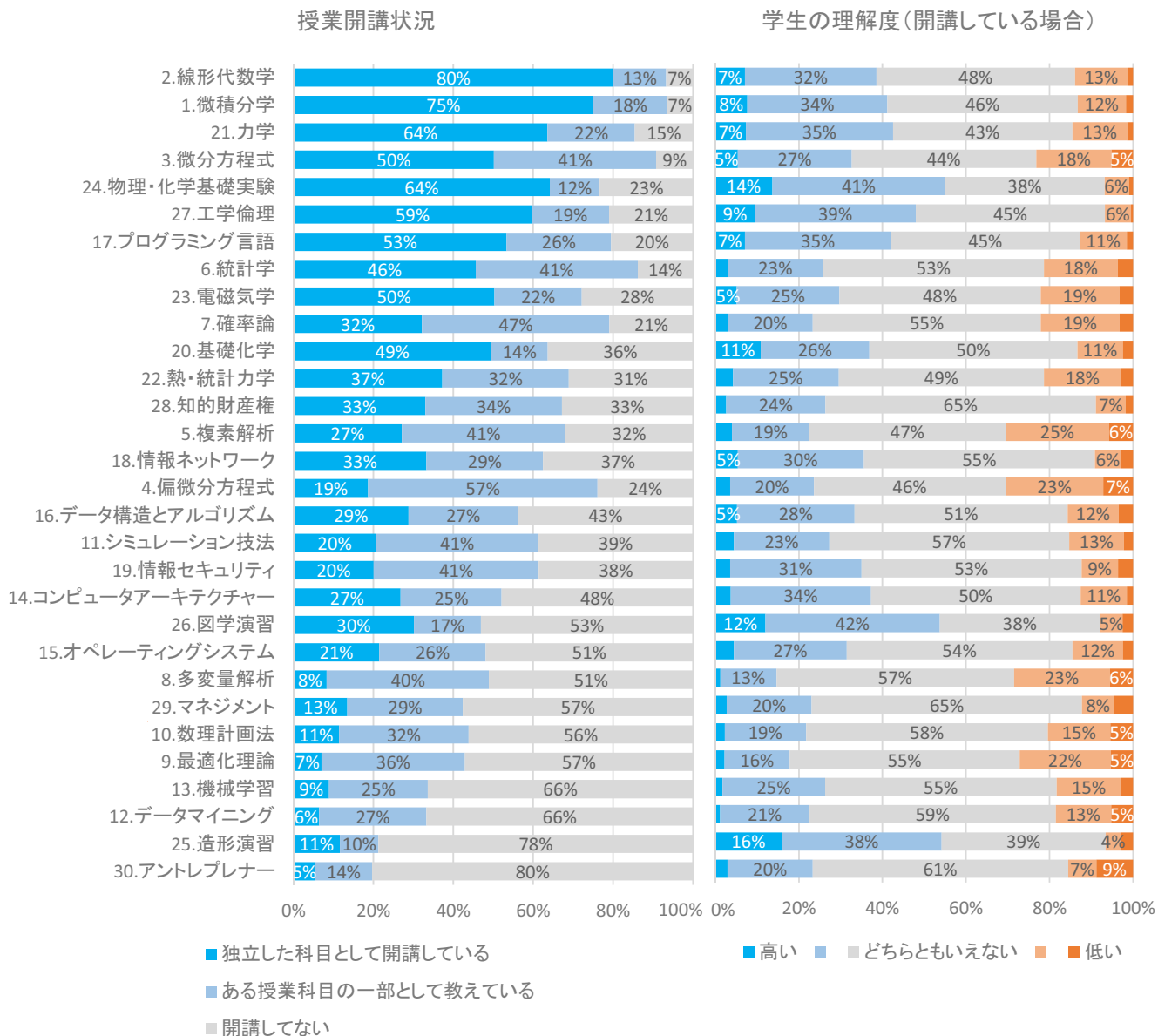


図 2.2.42 【大学・学士課程】数理・データサイエンスを含む専門基礎教育の授業開講状況と開講している場合の学生の理解度

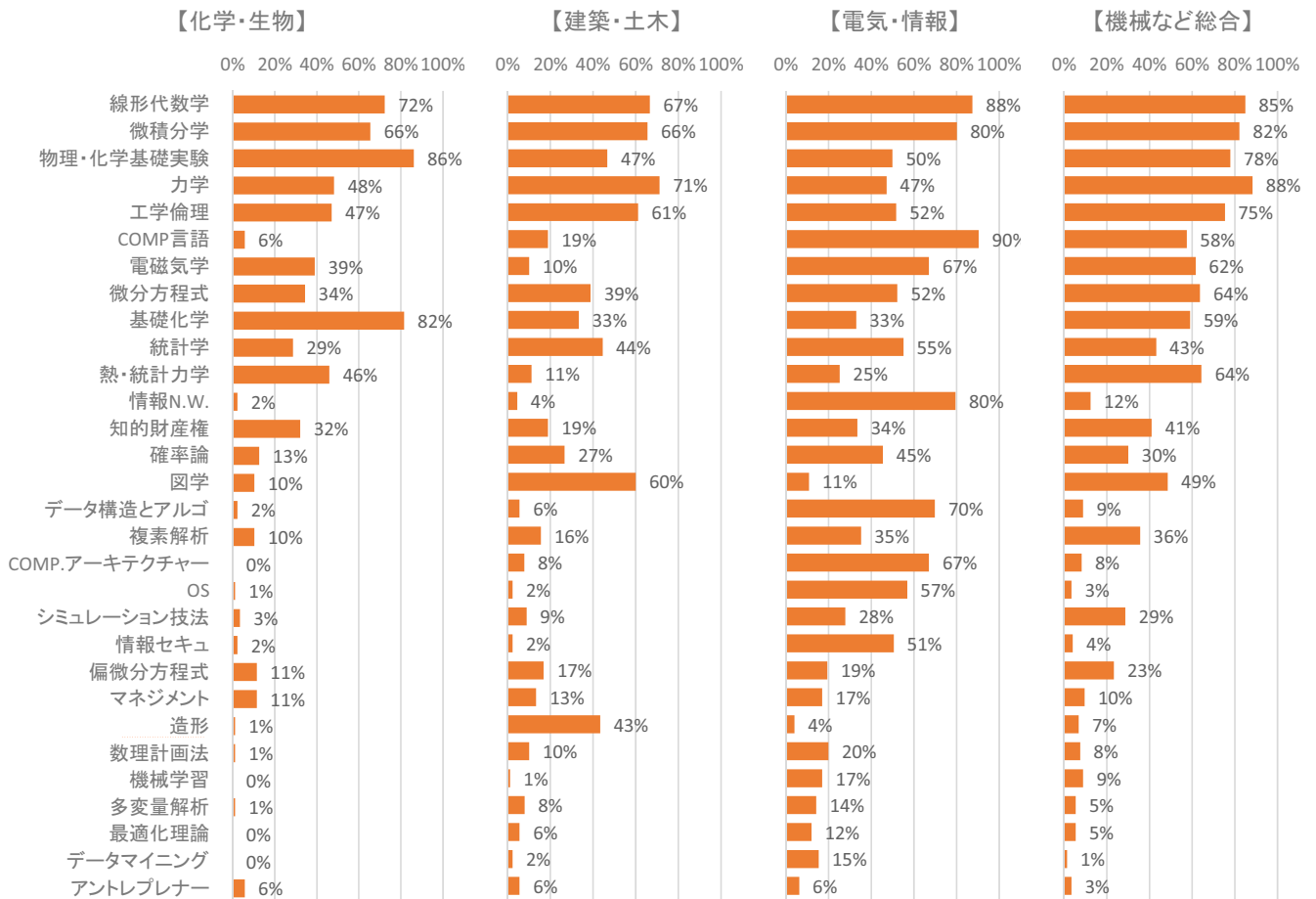


図 2.2.43 【大学・学士課程】数理・データサイエンスを含む専門基礎教育の授業開講状況（分野分類別）

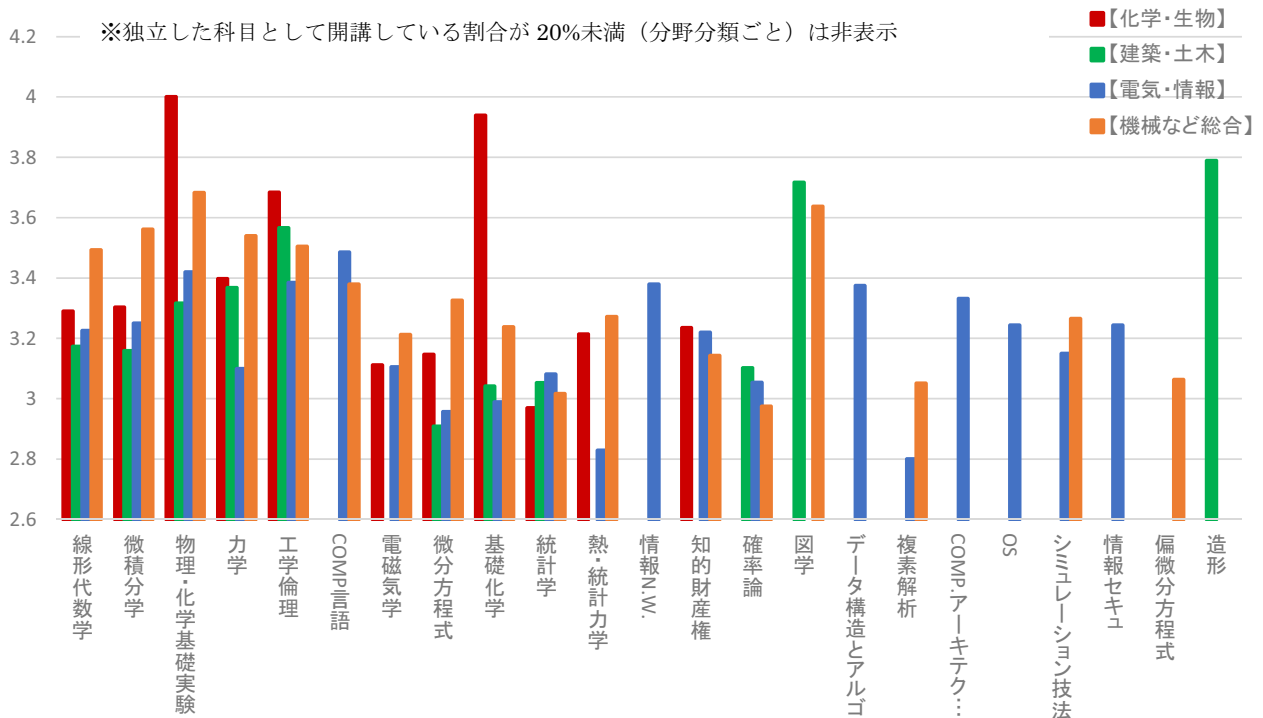


図 2.2.44 【大学・学士課程】数理・データサイエンスを含む専門基礎教育の学生の理解度平均点（「理解度は高い」5点～「低い」1点として算出）の分野分類別比較

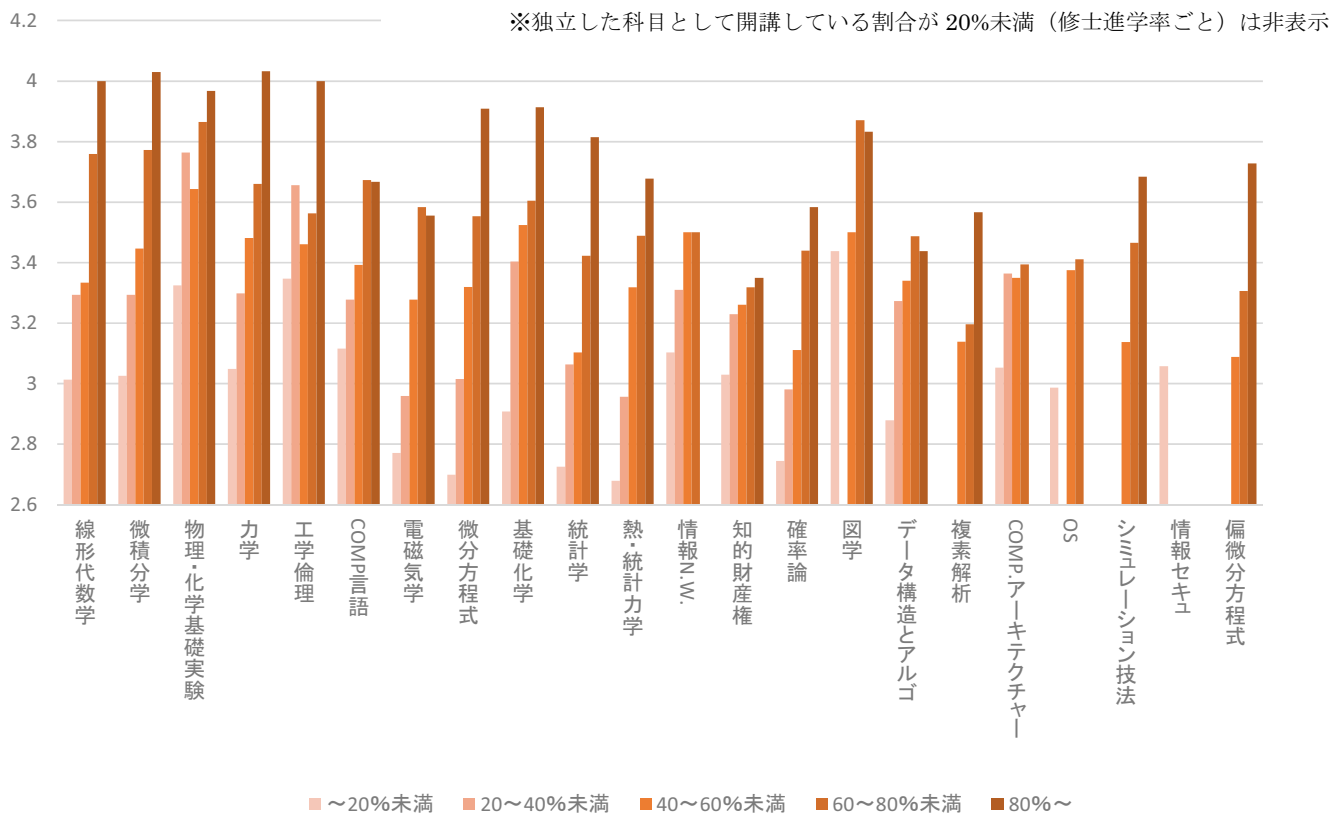


図 2. 2. 45 【大学・学士課程】数理・データサイエンスを含む専門基礎教育の学生の理解度平均点（「理解度は高い」5点～「低い」1点として算出）の修士進学率別比較

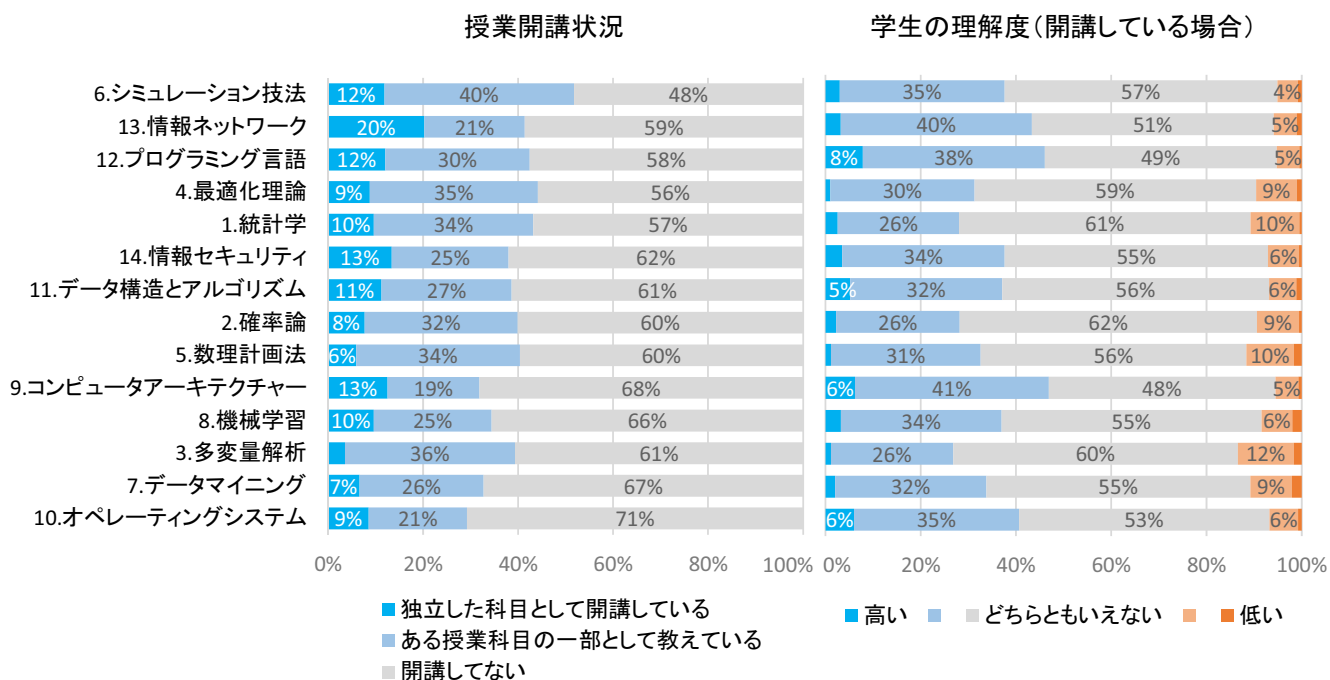


図 2. 2. 46 【大学・修士課程】数理・データサイエンスを含む専門基礎教育の授業開講状況と開講している場合の学生の理解度

修士課程における開講状況（30項目中14項目）と、開講している場合の各科目に対する学生の理解度を図 2.2.46 に示す。いずれの科目においても「独立した科目としての開講」はごくわずかであり、「シミュレーション1技法」を除くすべての科目で「開講していない」が過半数を超える。

学生の理解度は、学士課程同様、いずれの科目でも「どちらともいえない」が最多で、科目による大きな違いはない。

b 授業内容の必要性（大学）、実務上の必要性（企業）

大学に対しては各項目の内容が各学科・専攻等においてどの程度必要なのかを、企業に対しては各項目の工学系知識が回答部門の実務においてどの程度必要なのかを、「必要性は高い」から「低い」までの5段階で聞いた。必要性のイメージを明確にするために、大学では「全ての学生に必要」「必要な学生とそうでない学生は半々」「必要とする学生は少ない」、企業では「多くの業務で役立つ」「役立つ業務は少ない」という文言を該当する選択肢にカッコ書きで加えた。学士課程の結果を図 2.2.47、修士課程を図 2.2.48、企業を図 2.2.49 に示す。

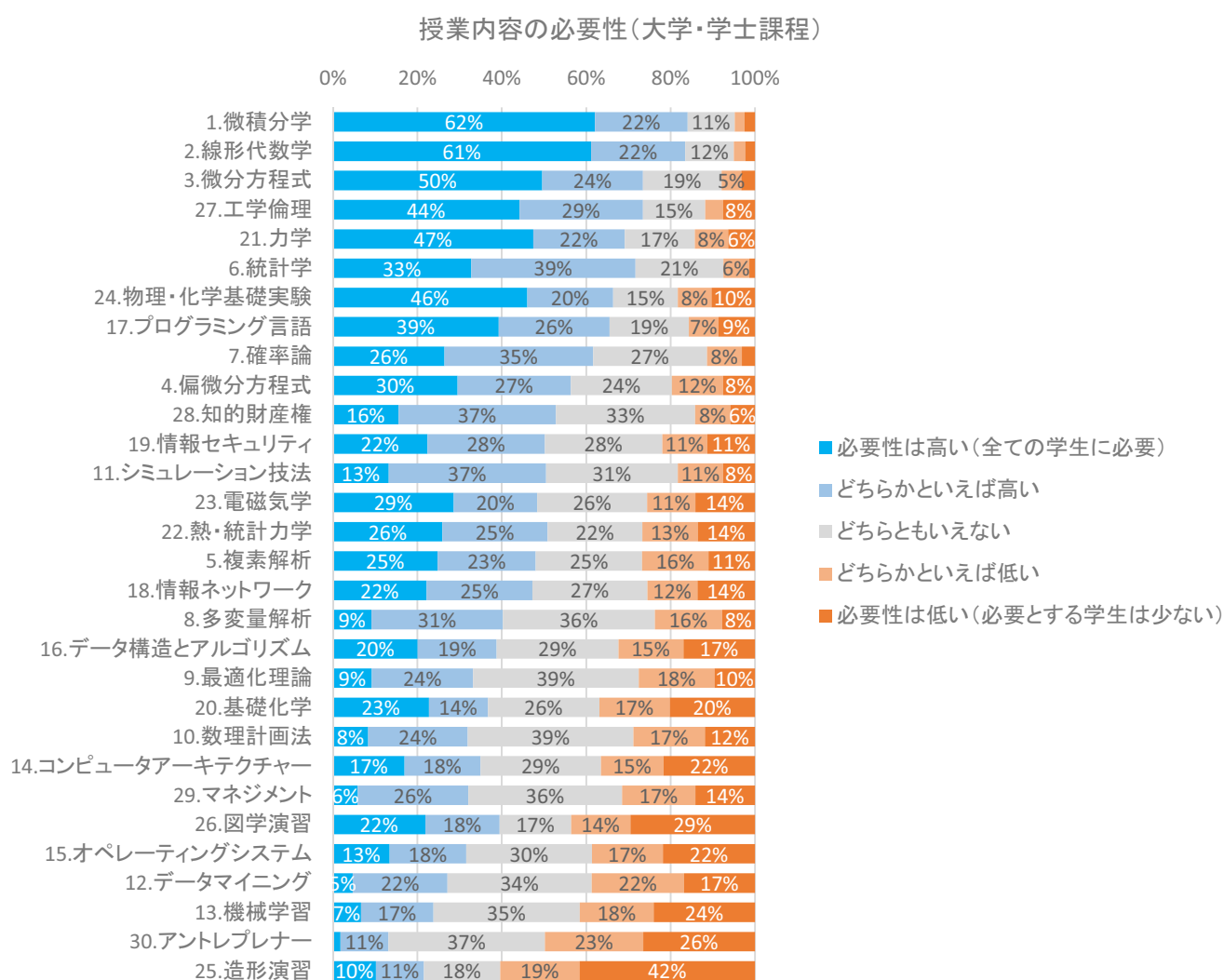


図 2.2.47 【大学・学士課程】数理・データサイエンスを含む専門基礎教育の授業内容の必要性

授業内容の必要性(大学・修士課程)

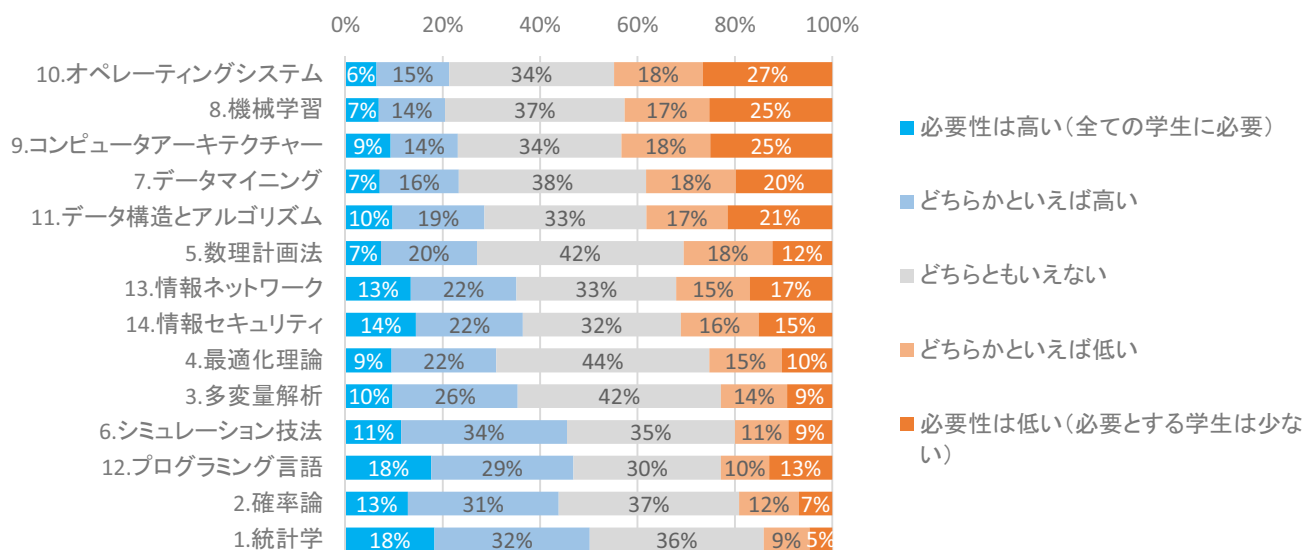


図 2.2.48 【大学・修士課程】数理・データサイエンスを含む専門基礎教育の授業内容の必要性

実務上での必要度

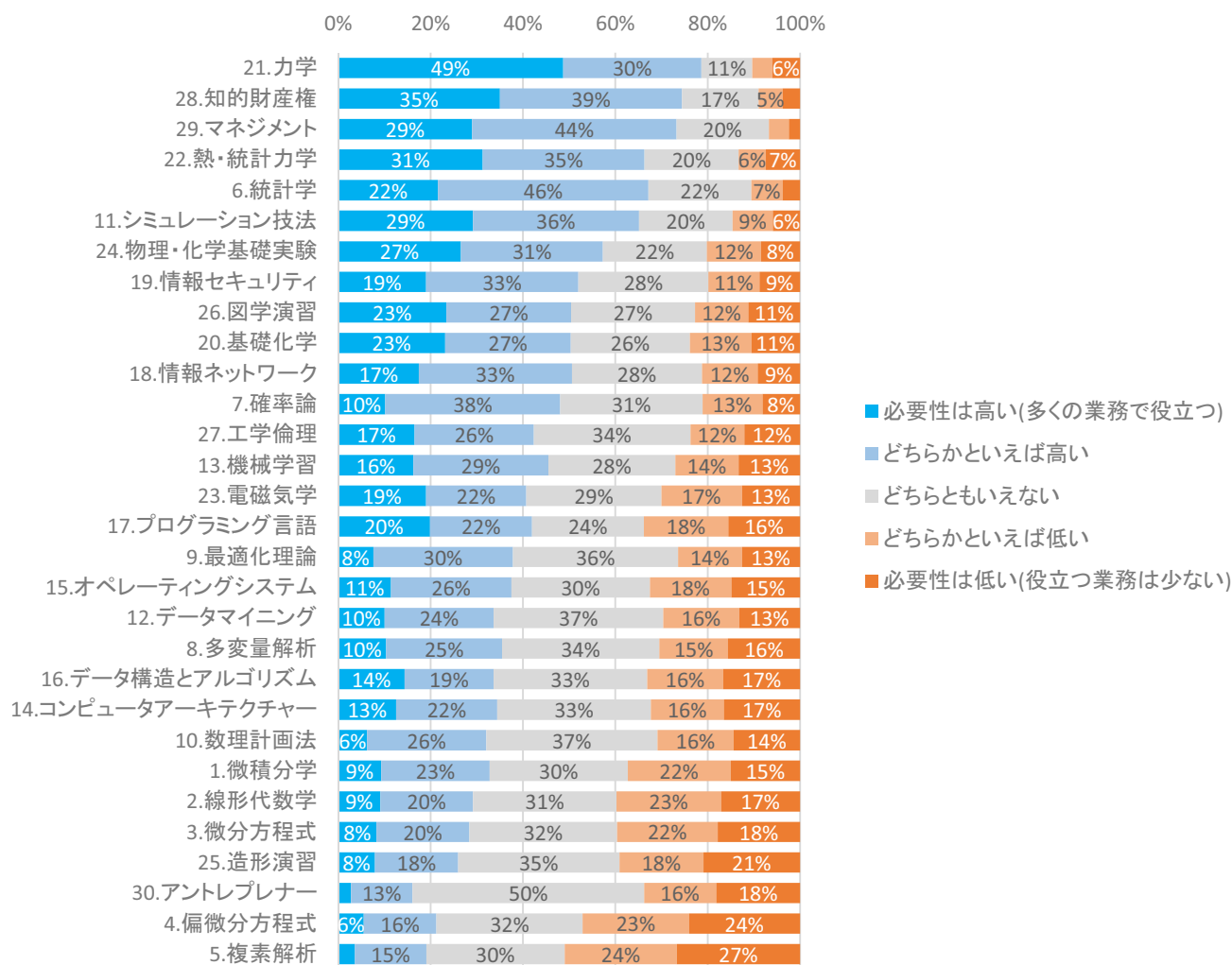


図 2.2.49 【企業】数理・データサイエンスを含む専門基礎教育の業務上の必要性

学士課程では、必要性が高い内容は概ね授業科目として開講している率が高い傾向があった。ただし、学生の理解度とは関連しておらず、たとえば理解度が低かった「偏微分方程式」の必要性は「必要性は高い」が30%、「どちらかといえば高い」が27%と高率である。

修士課程と学士課程の結果は類似している（図 2.2.50）。全般的に学士課程の方が必要性を高く認識している項目が多いが、数理・データサイエンス科目である「多変量解析」「最適化理論」「数理計画法」などは、修士課程でも学士課程と同程度の認識であることがわかる。

企業では、とくに「力学」「知的財産権」「マネジメント」「熱・統計力学」「統計学」「シミュレーション技法」などを実務で必要と考えている。これらは大学の授業科目として開講している率が高いわけではない。とくに「マネジメント」は「開講していない」が57%もあった。

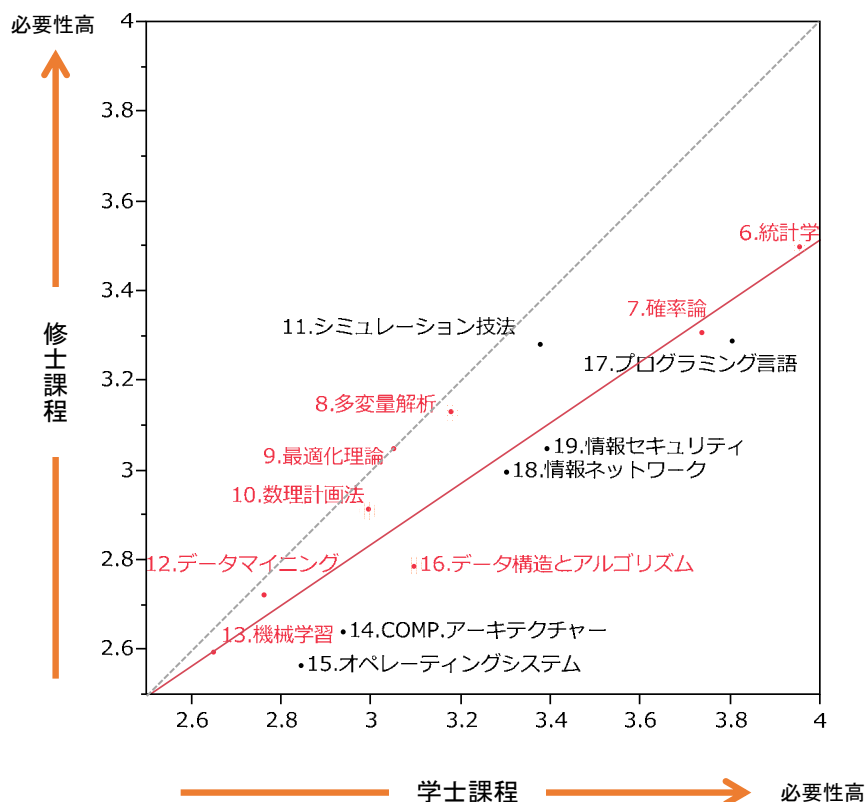


図 2.2.50 【大学】授業内容の必要性 学士課程×修士課程 平均点の散布図プロット
 (平均点は「必要性は高い」を5点、「低い」を1点として数値化して算出)

図 2.2.51 は、「必要性は高い」を5点、「低い」を1点として数値化して算出した平均点の散布図プロットで、大学（学士課程）と企業の結果を比較したものである。大学の方がデータのばらつきが大きく、必要性が高い内容から低いものまでであるが、企業は総じて必要性が低いとしているものは少ない。内容別にみると、「力学」「統計学」等は必要性が高く、「造形演習」「アントレプレナー」等は低いなど、大学と企業の必要性の認識が一致している項目もあるが、全体的には一致度は高くはないといえる。たとえば、大学では必要性が高いとしているが企業ではそれほど高くはないものに「微積分学」「線形代数学」「微分方程式」等が、企業では必要性が高いとしているが大学ではそれほど高くはないものに「マネジメント」等がある。

数理・データサイエンス科目に対する必要性は、企業では「統計学」を除いて中間（「どちらともいえない」）付近に集中している。大学でも「統計学」「確率論」を除くと、やはり中間付近に集中している。なお、「統計学」と「確率論」は大学でも企業でも必要性が比較的高いと認識されているが、開講科目に対する学生の理解度は低めである。

分野分類別にみても（図 2.2.52～2.2.55），【建築・土木】を除いて，大学と企業の必要性の認識の一致度は高くないといえる。

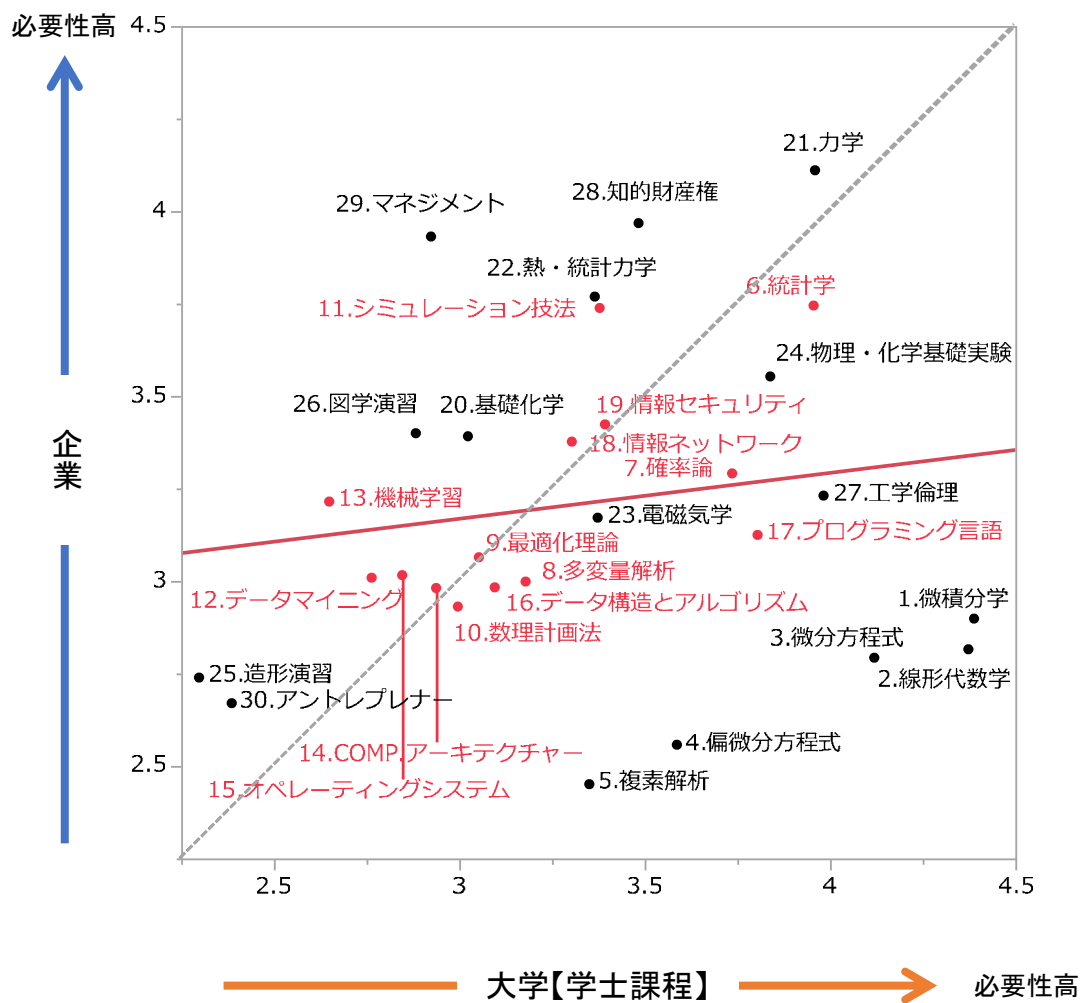


図 2.2.51 【大学・学士課程】授業内容の必要性×【企業】各内容の業務上の必要性
平均点の散布図プロット
(平均点は「必要性は高い」を5点、「低い」を1点として数値化して算出)

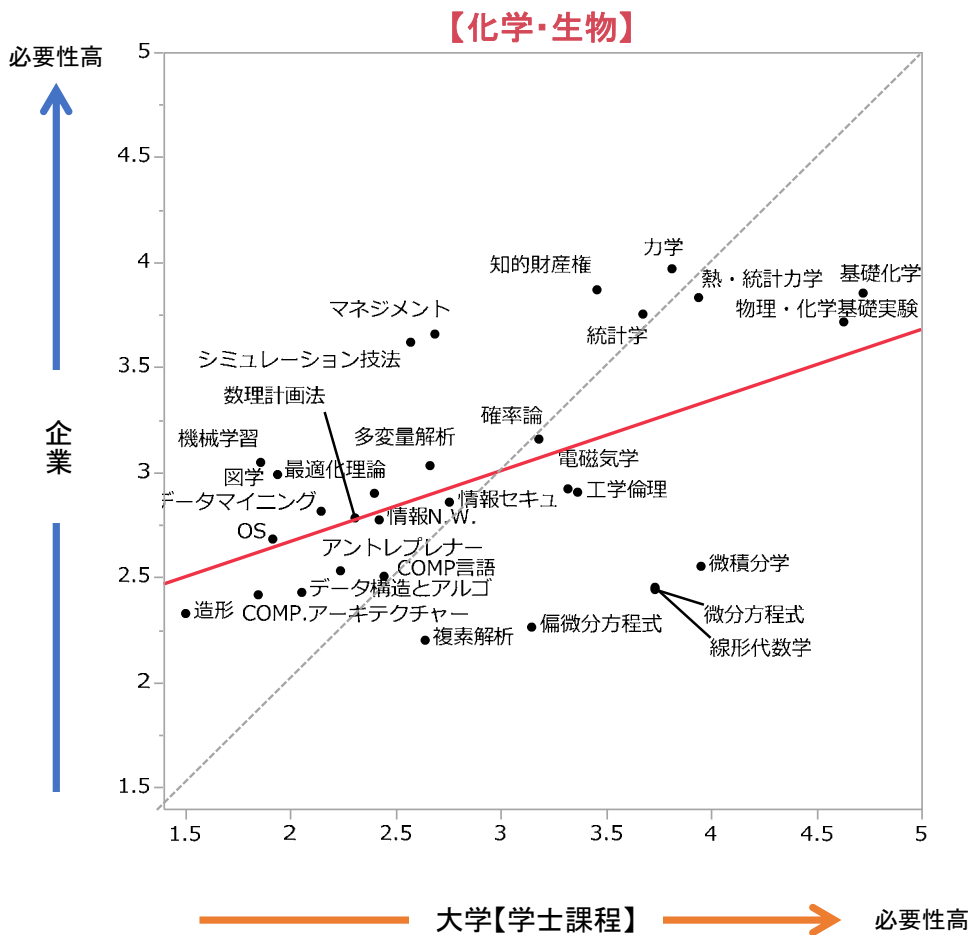


図 2.2.52
 【大学・学士課程】授業
 内容の必要性×【企業】
 業務上の必要性
 平均点の散布図プロット
 (分野分類別
 【化学・生物】)

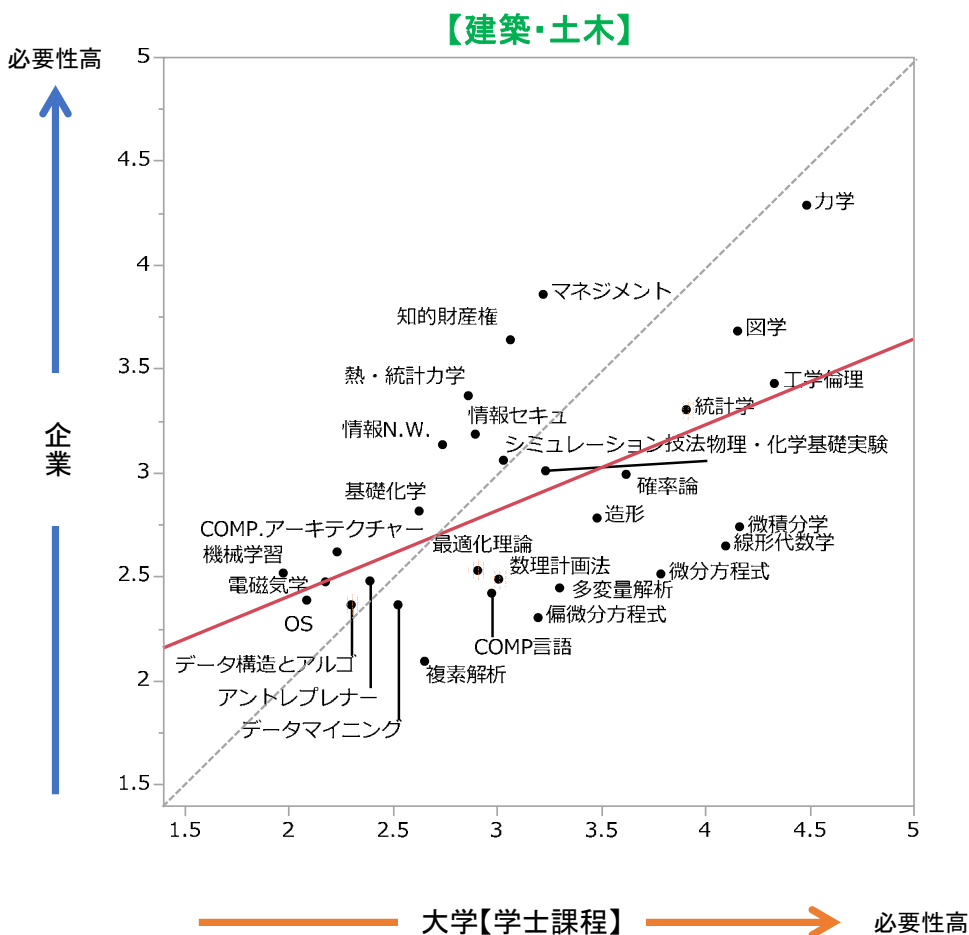


図 2.2.53
 【大学・学士課程】授業
 内容の必要性×【企業】
 業務上の必要性
 平均点の散布図プロット
 (分野分類別
 【建築・土木】)

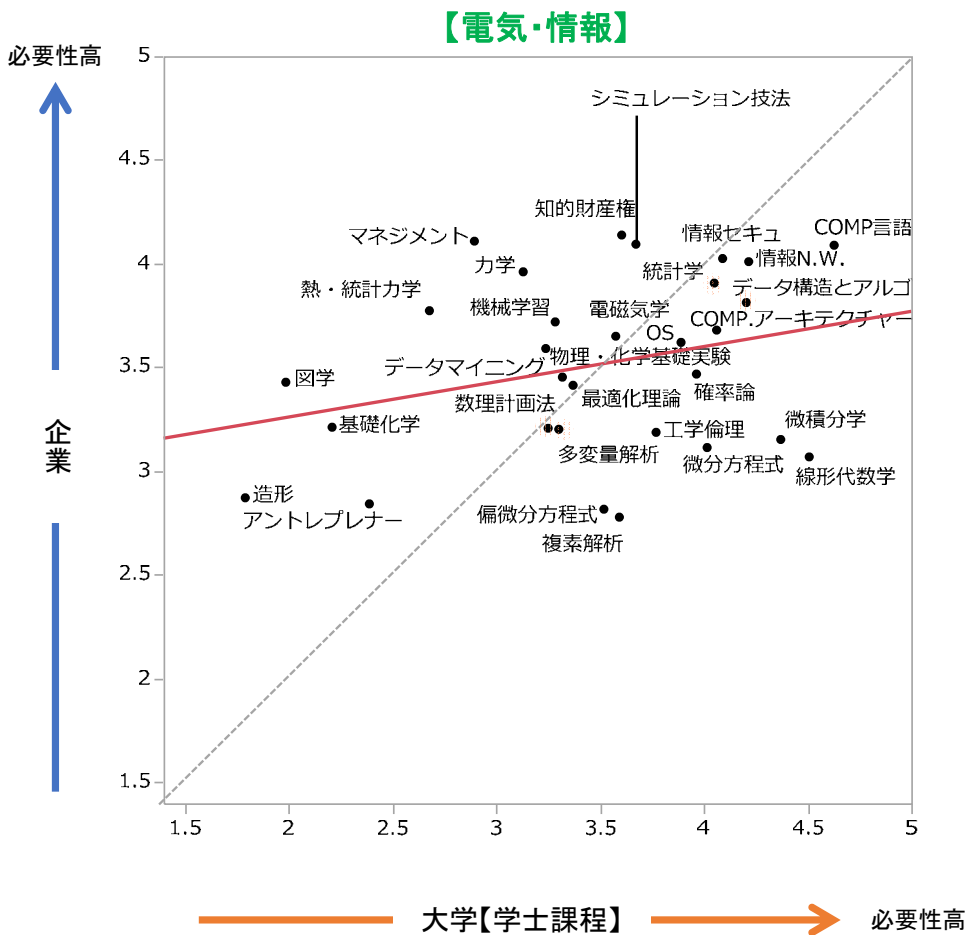


図 2.2.54
 【大学・学士課程】授業内容の必要性×【企業】業務上の必要性
 平均点の散布図プロット
 (分野分類別
 【電気・情報】)

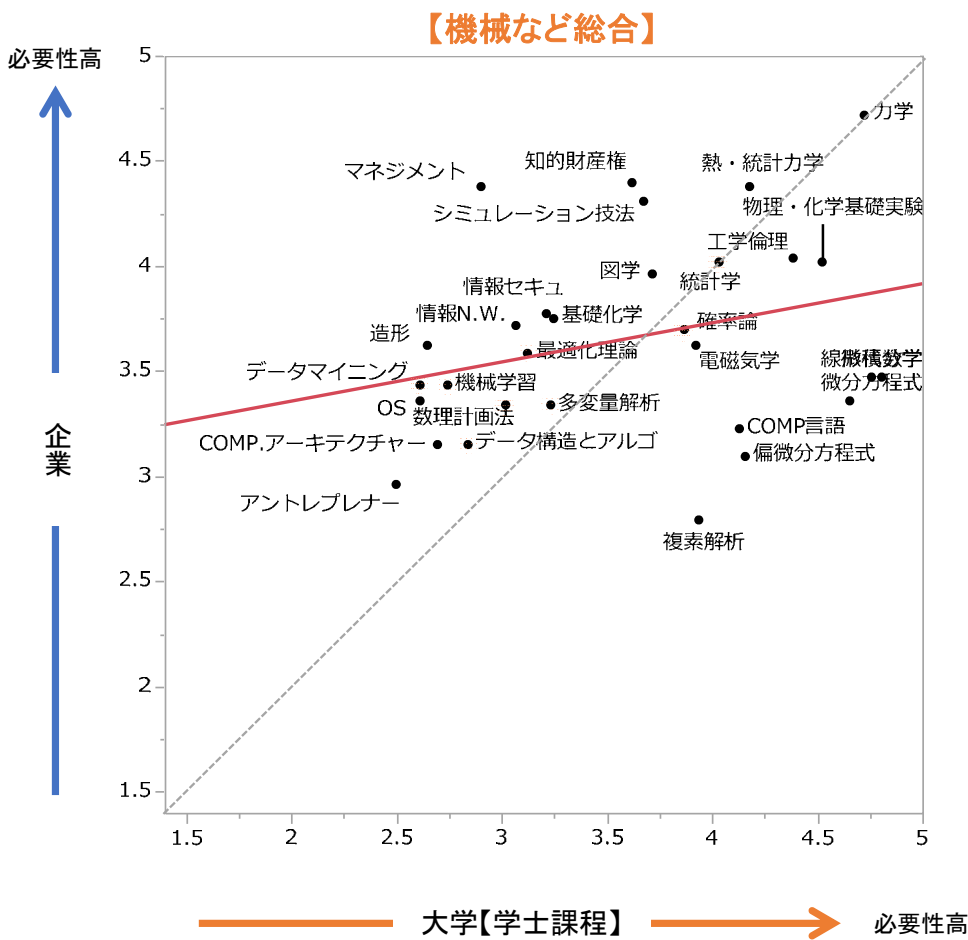


図 2.2.55
 【大学・学士課程】授業内容の必要性×【企業】業務上の必要性
 平均点の散布図プロット
 (分野分類別
 【機械など総合】)

(6) 産学連携の実態、課題について

平成 27 年度調査では、大学および企業に対して、産学連携の具体例として「企業の博士課程学生の受入れ（大学）、博士課程学生としての社員の再教育（企業）」「企業からの非常勤講師の採用（大学）、大学への非常勤講師の派遣（企業）」など 10 項目を挙げ、重視度、実施経験、今後の実施意向を聞いた。結果はどの項目においても大学の方が熱心であり、企業は重視度、実施経験、意向ともに非常に低かった。ただし、「学生の企業におけるインターンシップ」および「大学との共同研究、委託研究、奨学寄附金の提供」の 2 項目だけは、大学ほどではないが、他に比べると顕著に高かった。

そこで本調査では、産学連携として、インターンシップと産学共同研究（受託研究・奨学寄附金を含む）に絞り、大学と企業に対して各々の実態と課題等について聞いた（大学：問 6、企業：問 5）。

a インターンシップの実施状況、意義と問題点（大学、企業）

過去 3 年程度の実績を聞いたところ、大学は 99%が「参加した学生がいる」、企業は 66%が「社内の技術部門で実施したことがある」と回答した。大学の回答内訳は、「条件を満たせば単位認定をしている」83%（国公立 90%，私立 78%）、「単位認定はしていない」16%である。また、企業は、平成 27 年度同様、従業員数が多い企業ほど実施経験があるという結果であった（1,000 人～：83%，400 人～：69%，200 人～：61%，100 人～：57%）。

インターンシップの意義と問題点に関して、大学と企業の回答結果を図 2.2.56 に示す。散布図は、両者にほぼ共通の 5 項目の平均点（「そう思う」5 点～「そう思わない」1 点として算出）を比較したものである。

大学の回答と企業の回答は非常によく似ている。ともに「学生に企業の状況を知ってもらうことができる」という意義を感じており、「期間が短く、学習効果は低い」、「内容が不十分で学習効果は低い」という否定的な意見は少ない。もっとも多かった否定的な意見は、企業の「企業側の負担が増加する」で、「そう思う」側は合わせて 49%であった。

ただし、自由記述意見では大学、企業ともに否定的な意見も多かった。とくに目立ったのは、期間が短いことに関する意見である（以下例）。

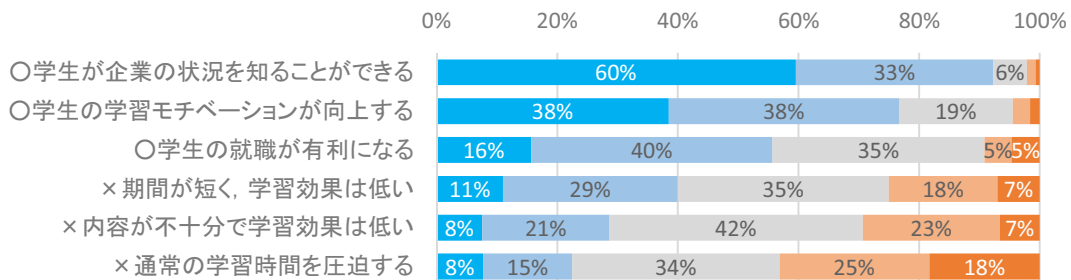
【大学】

- ◆ 受け入れ先企業の理解とインターンシップの期間によって、その効果は異なると思う。1 か月以上であれば Yes だが、1 週間程度では受け入れ先企業の負担が増えるだけで、インターンシップに対する企業の理解が得られにくいと思う。
- ◆ インターンシップの性格による。休暇中を使い長期にわたって行うインターンシップであればすべて Yes だが、現在「1 Day インターンシップ」などと称して行われているものは実質的な企業説明会以上の意味はなく、多少は企業を知るきっかけにはなるものの、モチベーション向上は期待できない。
- ◆ 短期のインターンシップに参加する学生が多い。就職等の動機付けとしては有効だとは思いますが、就職に有利になるとは考え難い。
- ◆ 形式と時期による。休暇中の長期インターンシップであれば内容・効果とも期待でき、学習時間を圧迫しないが、学期中に行われる「1 Day インターンシップ」などは、効果が期待できない上、学習の妨げになる。

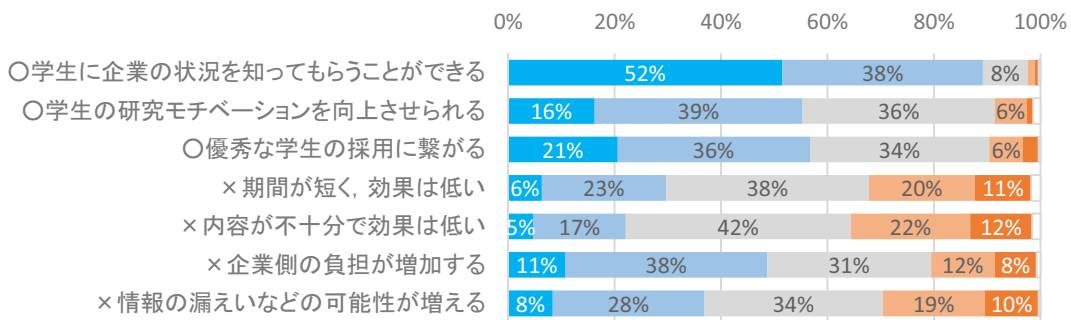
【企業】

- ◆ 私の時代は、企業研修（2～4weeks）は必修科目であった。企業の探索決定も企業への依頼も自分で行なう必要があった。教育の観点からも有効である。
- ◆ 期間として極端に短いワンデータイプもあるが、やはり最低でも1～2週間は必要。
- ◆ 企業の内容を知る上では非常に効果があると思う。また、学んでいる内容が仕事にどう役立つのかを知る良い機会と思う。しかし、期間が短く内容が薄くなってしまい、どこまで学生が知識習得できているか疑問を感じる。
- ◆ 短期間すぎて互いにメリットが少ない（学ぶ内容も表面的）。

【大学】



【企業】



■ そう思う ■ どちらともいえない ■ そう思わない □ まったく分からない

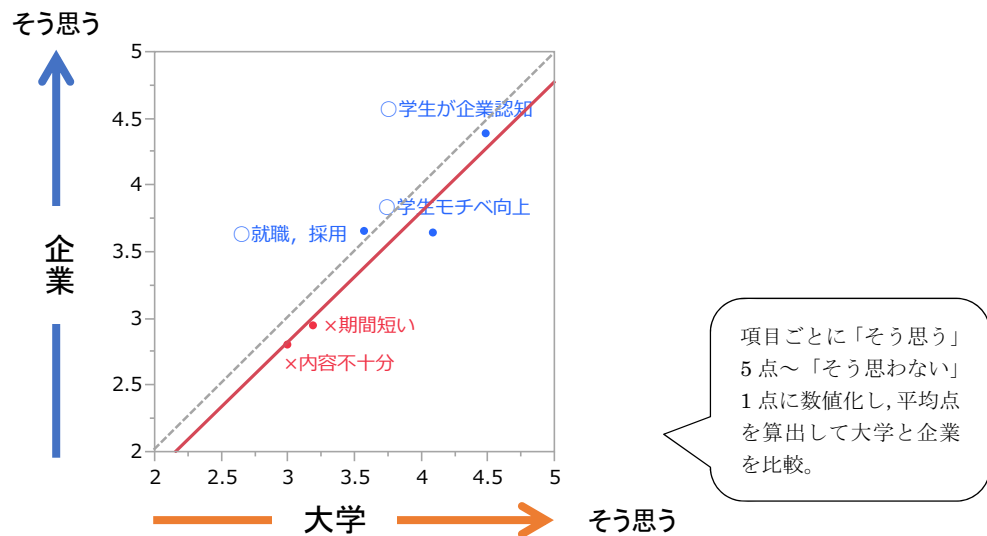


図 2.2.56 【大学】【企業】インターンシップの意義と問題点に関する認識

b 産学共同研究の実施状況、意義と問題点（大学、企業）

過去 3 年程度の実績を聞いたところ、大学では「毎年定期的に実施」67%、「不定期だが実施（実施している年としていない年がある）」22%で、企業では 52%が「社内の技術部門で実施したことがある」と回答した。

大学では、インターンシップ同様、国公立の方が私立よりも実施率が高かった（定期的な実施：国公立 78%、私立 58%）。また、企業でも、インターンシップ同様、従業員数が多い企業ほど実施率が高いという結果であった（1,000 人～：69%、400 人～：55%、200 人～：41%、100 人～：45%）。

企業に対し、5 項目を提示して産学連携を行う意義を聞いたところ、非常に肯定的な意見が多いという結果であった（図 2.2.57）。とくに「その分野の人的ネットワークづくりに役立つ」ことに意義を感じている企業が多くを占めることが分かった（「そう思う」側 83%）。一方で「優秀な学生を見出し採用することができる」は、批判的な意見は一割程度と少ないものの、「どちらともいえない」が 39%と最多であり、「そう思う」側は半数に満たなかった。

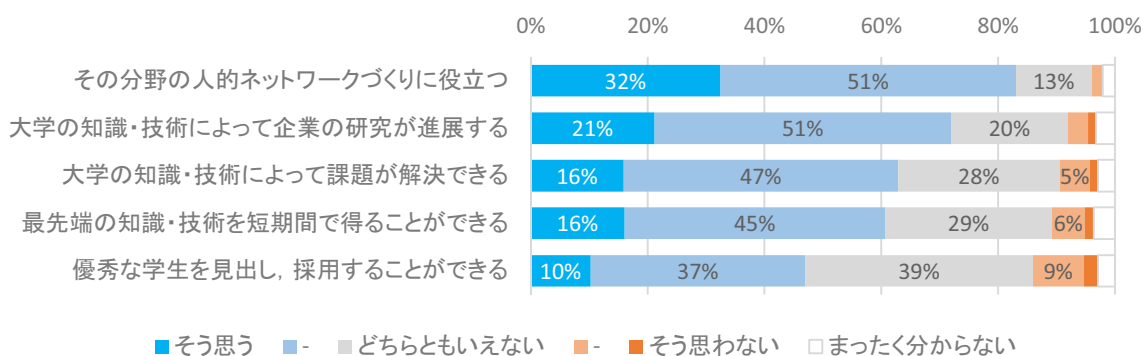


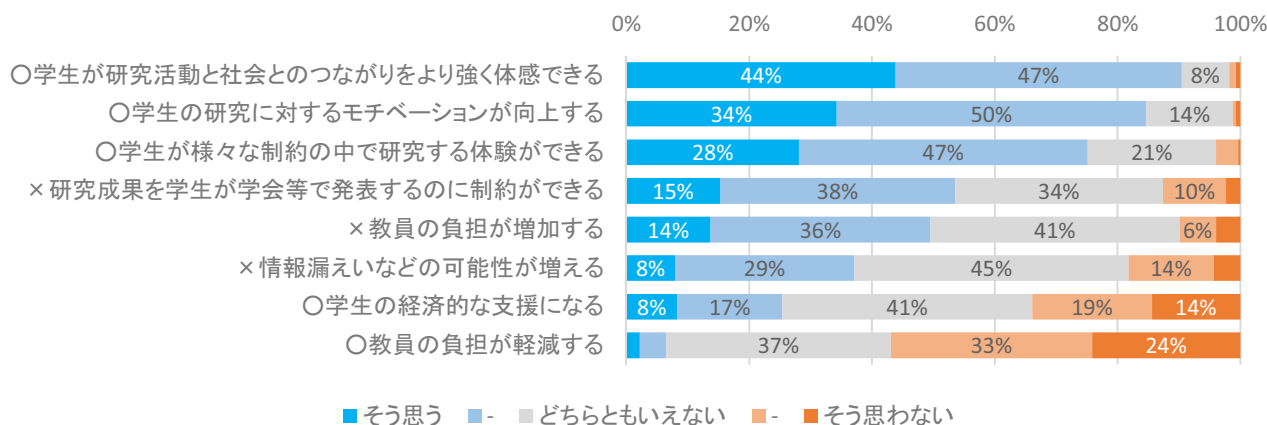
図 2.2.57 【企業】産学共同研究を行う意義に関する認識

産学共同研究に学生を参加させることの意義や問題点に関する大学と企業の回答結果を図 2.2.58 に示す。

大学では、「学生が研究活動と社会のつながりをより強く体感できる」（「そう思う」側 91%）、「学生の研究に対するモチベーションが向上する」（84%）など、学生の参加を高く評価している。ネガティブな意見としては、「教員の負担が増加する」が 50%と多く、「軽減する」という意見は一割に満たなかった。

企業では、「産業界の人材育成に繋がる」点を高く評価している（74%）。「学生のアイデアを得ることができる」「学生の参加で共同研究が進展する」は半数に満たなかったが、「そう思わない」側の回答は少ない。ネガティブな意見としては、「情報漏えいの可能性が増える」が 41%（大学では 37%）と若干多い。

【大学】



【企業】

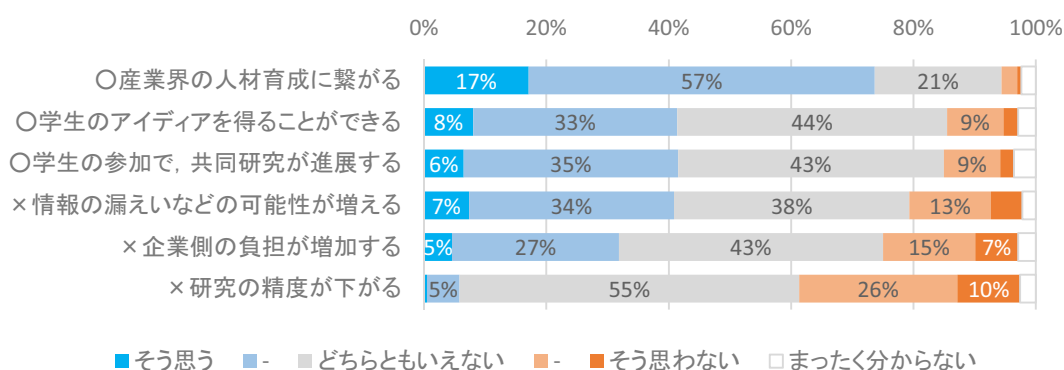


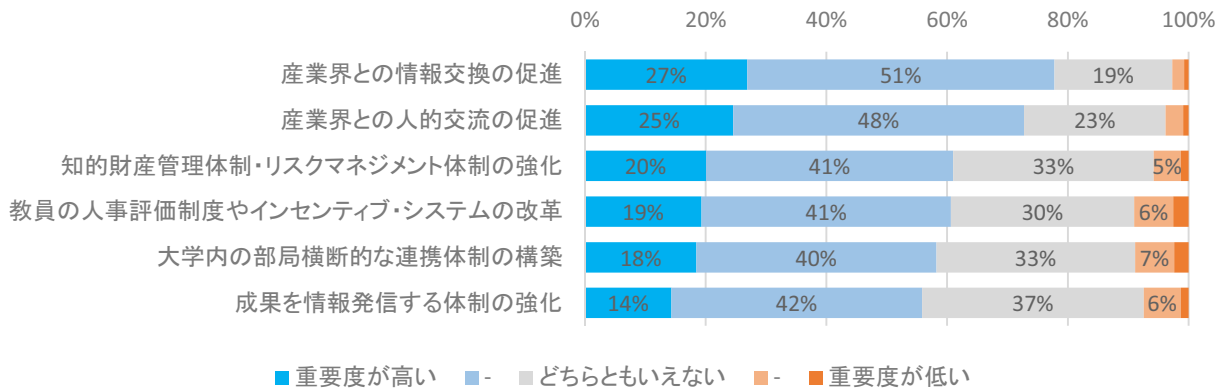
図 2.2.58 【大学】【企業】産学共同研究に学生を参加させる意義・問題点の認識

a 産学共同研究を発展させるために重要だと思うこと（大学，企業）

今後、産学連携を発展させるために重要だと思うことに関する大学と企業の回答結果を図 2.2.59 に示す。散布図は、両者にほぼ共通の 5 項目の平均点（「重要度が高い」5 点～「重要度が低い」1 点として算出）を比較したものである。

大学の回答と企業の回答は非常によく似ている。ともに「産業界と大学との情報交換の促進」（「重要度が高い」側：大学 78%，企業 83%），および「産業界と大学との人的交流の促進」（大学 73%，企業 77%）をもっとも重要と考えている。その他の項目についても「重要度が低い」と考える人はほとんどいないという結果であった。

【大学】



【企業】

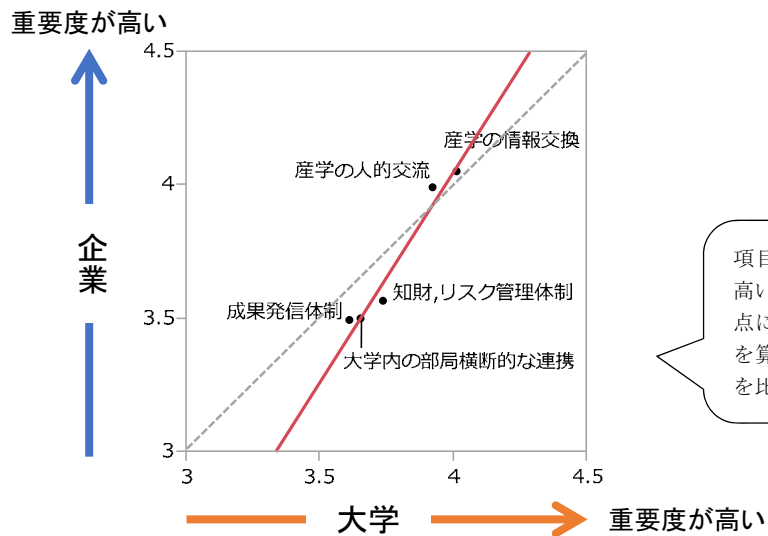
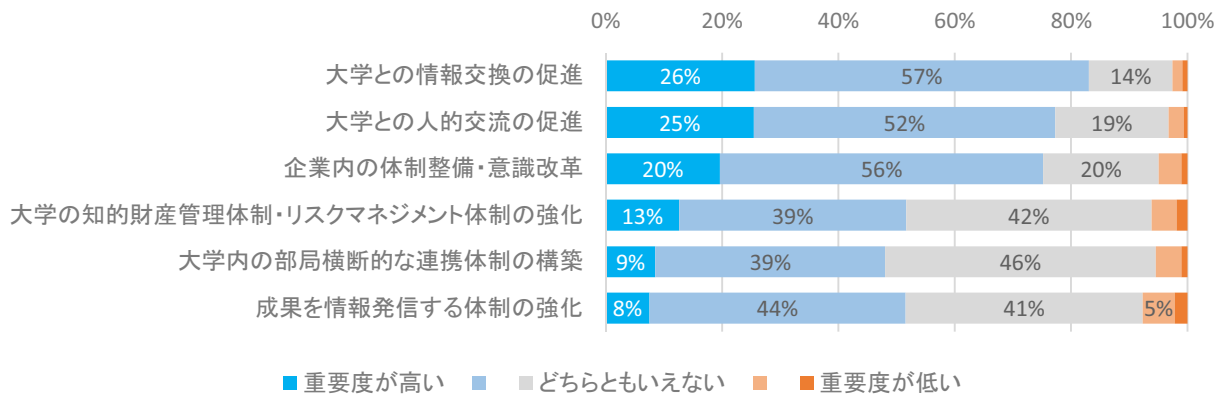


図 2. 2. 59 【大学】【企業】産学共同研究を発展させるために重要だと思うこと

2.3 アンケート調査のまとめ

国内の国公立大学における工学主要7分野（電気・電子，機械，建築，土木，化学・材料，情報・通信，バイオ）に関わる学科・専攻等（175大学の906学科・専攻等），および国内の理工系人材採用に関わる従業員数100名以上の企業（908社の936部門）に対して実施した本アンケート調査（有効回答率は大学61.6%，企業62.6%）により得られた主要な知見を，調査目的に沿って簡潔に示す。

a 取り組んでいる分野の実態

- 大学および企業に対して，「機械」「土木/都市工学」「電気/電子/コンピュータ」など計25の共通項目を示し，取り組んでいる分野を聞いたところ，大学が「主な分野として教育している」として選んだ項目数の平均は2.7，企業が「もっとも関連が深い」として選んだ項目数の平均は3.2であった。主な教育分野，もっとも関連が深い分野をただ1つだけ選んだ組織は，大学では33%，企業では22%に過ぎず，多くの場合，複数の分野に取り組んでいることが分かった。
- 大学でもっとも多かったのは「電気/電子/コンピュータ」と「情報/通信/ソフト」の両方を主要な分野とするケースであり，これに「視覚/画像/メディア」を加えたもの，「システム工学」を加えたものも多かった。企業では，全体を通じて「機械」とその他の項目の組み合わせが多かった。

b 実践的なプロジェクト型教育の実態，課題

- プロジェクト型教育（以下，PBL）の授業は，過去3年程度の実績として，学士課程では70%，修士課程では29%が開講されている。また，回答学科・専攻等の48%が「現在積極的に実施」しており，59%が「今後も積極的に実施したい」としている。
- 企業のPBLへの協力実績として，過去3年程度で「数多く協力している」「数多くはないが，協力したことはある」は合わせて15%と多くはない。しかし，今後「機会があれば，プロジェクト型教育へ積極的に協力したい」は35%と，実績以上に多い。
- PBLを大学教育として行う必要性は，大学でも企業でも非常に高く評価している（大学：73%，企業77%）。また，PBLによって，大学が育成することを重視している能力と，企業が「育成を重視すべき」と考えている能力はほぼ一致していた。もっとも重視されているのは，大学，企業とも「課題解決能力」「自主性・自立性」「課題発見・設定能力」などである。
- 大学のPBL開講状況，意向，必要性の認識等は，分野分類による違いが大きかった。もっとも積極的なのは【建築・土木】であり，消極的なのは【化学・生物】である。分野による違いも考慮する必要があると思われる。
- 項目選択式設問の結果からは，全体的には，大学も企業もPBLに積極的であるようにみえる。しかし，大学が開講している授業科目の具体的な内容（自由記述）をみると，フレッシュマンセミナー，入門ゼミナール，卒業研究なども数多く含まれており，専門教育としてのPBLの実施にはまだ課題が残るといえる。また，企業の具体的な協力内容（自由

記述)では、講師の派遣、テーマや課題の提供、設備の提供などの記述も若干あったが、インターンシップや共同研究など、PBL型授業への協力とは捉えにくい実績の記述が少なくなかった。PBLの捉え方がまちまちであり、統一した認識とはなっていないことがうかがえる。

- PBLを今後さらに発展させるための課題として、大学は、「指導にかかわる大学教員の負担が大きい」(72%)、「予算が不足している」(63%)、「教育を実施する時間が不足している」(64%)とする回答が多く、これらと比べると、学生の学習意欲をはじめ、社会の理解、企業の協力などについては問題視する傾向はみられなかった。PBLを発展させるためには、教員の負担、予算、時間、大学の支援、評価方法など、運営側の課題を解決する必要があるといえる。
- PBLの設問とは別の設問で卒業研究・修了研究について聞いたところ、大学では、学士課程と修士課程で「自分の考えをまとめ、文章で表現できる能力の修得」および「考えを適切に伝えるためのプレゼンテーション能力の修得」がとくに重視され、博士課程では「課題設定と課題解決の過程の経験と修得」および「技術や知識を統合して研究を計画し実施する能力の修得」がとくに重要とされていることがわかった。
- 企業に対して、卒業研究・修了研究が実務に役立っているか等を聞いたところ、否定的な意見はごく少数で、肯定的な意見が多くを占めた。とくに、実務に役立っているのは「専門知識」(53%)とする意見より「課題解決などの能力」とする意見(76%)および、「実務では役立っていないが行った経験は生きている」とする意見(76%)が多い。また、卒業研究等で習得した能力や経験で実務に役立っているものを自由記述で任意に回答してもらったところ、非常に多くの記述が得られ、卒業研究・修了研究が直接的、間接的に実務に活かされていることがうかがえた。

c 数理・データサイエンスを含む専門基礎教育の実態、意向

- 大学における授業開講率は、「統計学」「確率論」以外の数理・データサイエンス科目(「多変量解析」「最適化理論」など)はあまり高くないことが分かった。この傾向は分野分類を超えてほぼ共通である。開講している学科・専攻等に対し、科目ごとに学生の理解度を聞いたが、「図学演習」など一部を除き、全般的に理解度は高くはなかった。数理・データサイエンス科目でこの傾向は顕著である。
- 各内容に対して、大学には授業内容の必要性を、企業には実務上の必要性を聞いて両者を比較したところ、「力学」「統計学」等は必要性が高く、「造形演習」「アントレプレナー」等は低いなど一致する点がみられた。ただし、全体的には一致度は高くはなかった。たとえば、大学では必要性は高いとしているが企業ではそれほど必要と感じていないものに「微積分学」「線形代数学」「微分方程式」等が、企業では必要性が高いとしているが大学ではそうではないものに「マネジメント」等があった。実際、「マネジメント」の開講率は高くない。分野分類に分けて大学と企業の結果比較も行ったが、どの分野分類においても一致度は低かった。大学の授業内容と企業で実務上必要となる知識には違いがあるといえる。

d 産学連携の実態, 課題

- インターンシップには、ほぼすべての大学の学生が参加しており（99%）、企業でも 66%は過去 3 年間に実施した経験を持っている。
- インターンシップに対する認識は大学、企業でよく似ていた。一番の意義は、大学、企業ともに「学生に企業の状況を知ってもらうことができる」（大学 93%、企業 90%）であり、次に、学生のモチベーション向上、および学生の就職（学生の採用）となる。
- PBL と同じく、項目選択式設問では否定的な意見は少なかったが、自由記述意見では、大学、企業ともに「期間が短すぎることを問題視する記述が多く見られた。この点も、大学と企業の認識は似ているといえる。
- 産学共同研究については、89%の学科・専攻が毎年定期的あるいは不定期に実施しており、52%の企業で、過去 3 年間に実施したことがあるとしている。なお、企業は、産学共同研究を「その分野の人的ネットワークづくりに役立つ」（83%）、「大学の知識・技術によって企業の研究が進展する」（72%）など、非常に肯定的にとらえている。
- 産学共同研究に学生を参加させることに対しても、大学、企業ともに肯定的にとらえており、否定的な意見は少ない。大学では「学生が研究活動と社会のつながりをより強く体感できる」（91%）、「学生の研究に対するモチベーションが向上する」（84%）などの点、企業では「産業界の人材育成に繋がる」点（74%）が高く評価されている。学生参加のリスクとしては、「情報漏えいの可能性が増える」（大学 37%、企業 41%）がある。
- 産学共同研究を今後さらに発展させるために重要だと思うことでも、大学と企業の認識は一致しており、ともに、「産業界と大学との情報交換の促進」（大学 78%、企業 83%）、および「産業界と大学との人的交流の促進」（大学 73%、企業 77%）をもっとも重要と考えている。

3. ヒアリング調査

3.1 ヒアリング調査の概要

(1) 調査の目的と訪問先

a 調査の目的

日本の工学分野における理工系人材育成の実態を明らかにすると共に、先進的な事例を収集し、理工系教育の問題点等を見出すために、国内外の大学、研究機関、産業界を訪問した。ヒアリングでは「カリキュラム」、「実践的なプロジェクト型教育」、「教育体制」、「産学連携」、「学生の就職状況・学習意欲」、「オンライン教育」などの内容を中心として調査した。

b 訪問先

国内の訪問先一覧：

海外の工学教育に詳しい有識者：

- ・ 藤野直明 （(株)野村総合研究所 グローバル製造業コンサルティング部 主席研究員）
- ・ 茨木 希 （オハイオ州立大学公衆衛生学部，地球科学部 准教授）
- ・ Dr. Wieland Eins （ドイツ学術交流会 東京事務所 所長代理）
- ・ 八木 透 （東京工業大学工学院機械系 准教授）
- ・ 小山慎一 （千葉大学大学院工学研究科 准教授）
- ・ 山崎貴明 （Toyota Tsusho Europe S.A. Germany Branch・Head of Department）
- ・ 小尾晋之介 （慶應義塾大学理工学部教授 理工学部国際交流委員長）

産学連携に詳しい有識者：

- ・ 黒岩眞吾，小柏猛 （千葉大学産学連携研究推進ステーション 教授，特任教授）
- ・ 石井隆昭 （新日鉄住金ソリューションズ(株) 人事部 専門部長）

大学成績に詳しい有識者：

- ・ 辻 太一朗 （NPO 法人 DSS 代表，(株)大学成績センター 代表取締役）

数理系教育に詳しい有識者：

- ・ 池川隆司 （東京大学大学院数理科学研究科 数理キャリア支援室 キャリアアドバイザー，(株)アルテ シニアコンサルタント）

オンライン教育に詳しい有識者：

- ・ 飯吉 透 （京都大学 高等教育研究開発推進センター センター長・教授）

海外の訪問先一覧：

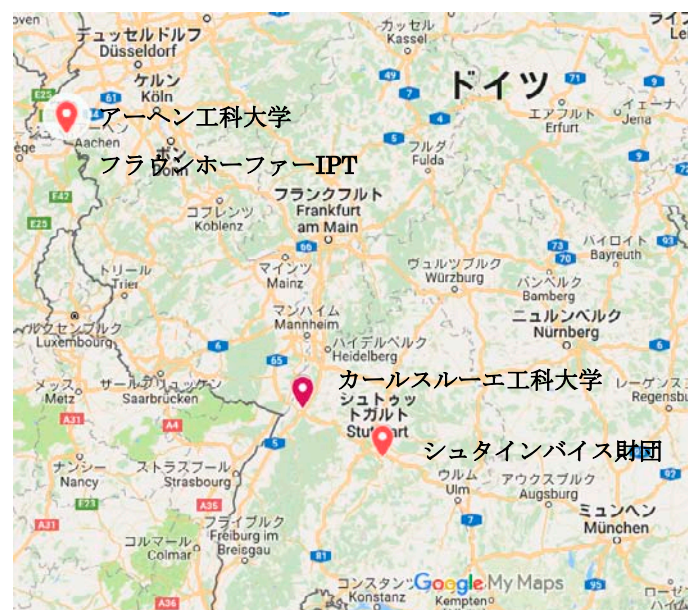
アメリカ：

- ・ オーリン工科大学 (Olin College of Engineering)
- ・ 米国工学教育協会 (American Society for Engineering Education; ASEE)
- ・ 日本学術振興会ワシントン研究連絡センター



ドイツ：

- ・ シュタインバイス財団
- ・ カールスルーエ工科大学 (Karlsruhe Institute of Technology)
- ・ アーヘン工科大学 (Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen)
- ・ フラウンホーファーIPT (Fraunhofer Institute for Production Technology)



(2) ヒアリング調査の実施

① 国内調査は 2016 年 11 月～2017 年 2 月に、計 12 ヲ所でヒアリング調査を行った。

- 2016/11/1 (株) 野村総合研究所
 - ・ グローバル製造業コンサルティング部の主席研究員である藤野直明氏より、ドイツ・カールスルーエ工科大学、エスリンゲン工科大学等の海外産学連携教育に関する状況を調査した。
- 2016/11/21 (株) 野村総合研究所
 - ・ オハイオ州立大学公衆衛生学部、地球科学部の茨木希准教授より、オハイオ州立大学のカリキュラム、工学教育、産学連携に関する状況、アメリカと日本の大学の工学教育の違いについて調査した。
- 2016/11/21 ドイツ学術交流会 東京事務所
 - ・ Wieland Eins 所長代理と事務スタッフの大山美由紀氏より、ドイツの大学における工学教育、産学連携等に関する状況、日本との違いについて調査した。
- 2016/11/29 東京工業大学工学院
 - ・ 八木透准教授より、米国 MIT の工学教育、産学連携教育等に関する状況を調査した。
- 2016/12/7 千葉大学 産学連携研究推進ステーション
 - ・ 産学連携研究推進ステーションの黒岩眞吾教授、小柏猛特任教授より、千葉大学の産学連携研究推進ステーションの業務概要、産学連携の課題等について調査した。
- 2016/12/8 新日鉄住金ソリューションズ (株)
 - ・ 石井隆昭人事部専門部長より、企業における採用人事の状況と課題に関する状況を調査した。
- 2016/12/9 NPO 法人 DSS・(株) 大学成績センター
 - ・ NPO 法人 DSS の代表、(株) 大学成績センターの代表取締役である辻 太一朗氏より、現行の大学成績システムの問題点、成績の見える化の意義と、産業界、大学での取り組み状況について調査した。
- 2016/12/13 千葉大学大学院工学研究科
 - ・ 小山慎一准教授より、シンガポール・ナンヤン理工大学の工学教育、産学連携等の状況について調査した。
- 2017/1/23 千葉大学東京サテライトオフィス
 - ・ Plastics Department, Toyota Tsusho Europe S.A. Germany Branch の Head of Department である山崎貴明氏より、留学先のドイツ・アーヘン工科大学における工学教育・研究の実態を調査した。

- 2017/2/2 慶應義塾大学理工学部
 - ・ 国際交流委員長である小尾晋之介教授より、フランス・グランゼコールとの学部生ダブルディグリープログラム、欧州等の有名大学との大学院生ダブルディグリープログラム、慶應義塾大学の工学教育等の実態に関する状況を調査した。
- 2017/2/17 東京大学大学院数理科学研究科
 - ・ キャリアアドバイザーである池川隆司先生より、数理・データサイエンス教育の在り方、教育方針、産学連携の実態、欧米との違いについて調査した。
- 2017/2/22 京都大学高等教育研究開発推進センター
 - ・ 飯吉透センター長・教授より、京都大学におけるオープンエデュケーション（Open Course Ware, MOOC）の実態、大学教育改革の課題等の状況について調査した。

② 海外調査（米国）は2016年12月に米国の計3ヵ所でヒアリング調査を行った。

- 2016/12/19 オーリン工科大学（Olin College of Engineering）
 - ・ Director of SCOPE, Associate Professor of Bioengineering である Alisha Sarang-Sieminski 先生より、オーリン工科大学の教育システム、PBLの実態等の状況について調査し、学生発表会（Olin Expo Fall 2016）を見学した。
- 2016/12/20 米国工学教育協会（American Society for Engineering Education; ASEE）
 - ・ Executive Director である Norman L. Fortenberry 氏と Managing Director である Ashok Agrawal 氏より、米国の大学における工学教育、産学連携、教員等の実態等について調査した。
- 2016/12/20 日本学術振興会ワシントン研究連絡センター
 - ・ Director である野崎光昭氏と Deputy Director である藤野隆弘氏より、米国の大学における研究支援体制について調査した。

③ 海外調査（ドイツ）は2017年1月に、ドイツの計4カ所でヒアリング調査を行った。

- 2017/1/16 シュタインバイス本部 (Steinbeis Headquarters at Stuttgart)
 - ・ CEO of Steinbeis Center of Management and TechnologyであるPeter Schupp氏より、シュタインバイスの運営理念、ドイツにおける中小企業と大学間の産学連携活動の体制と実態等について調査した。

- 2017/1/17 カールスルーエ工科大学 (Karlsruhe Institute of Technology)
 - ・ Vice President for Higher Education and Academic AffairsであるAlexander Wanner氏、電子情報学科の教授であるSören Hohmann、機械工学科の教授であるCarsten ProppeとExecutive OfficerであるOliver Schmidt氏より、カールスルーエ工科大学における工学教育・研究の実態について調査した。

- 2017/1/18 フラウンホーファーIPT (フラウンホーファー生産技術研究所, Fraunhofer Institute for Production Technology)
 - ・ Executive DirectorであるFritz Klocke教授とHead of DepartmentであるAxel Demmer氏より、フラウンホーファーの運営体制、産学連携研究の実態等について調査した。

- 2017/1/19 アーヘン工科大学 (Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen)
 - ・ 日本からの留学生である長浜陽生氏より、アーヘン工科大学の教育の実態について調査し、GaN研究所を見学した。

3.2 ヒアリング調査結果のまとめ

(1) 教育カリキュラムについて

教育カリキュラムについて、アメリカ、ドイツの事情、そして日本と比較して異なる部分をまとめました。内容は以下のとおりです。

【アメリカ】

- 工学系の学部教育のカリキュラムの中で、一般教養 HASS/AHS（芸術、人文・社会科学、ビジネス、デザイン）の授業科目は必修であり、全学年で履修することが可能となっている。オーリン工科大学の場合、このような科目は他大学で履修することが一般的である。
- 専門分野を極める教育は主に大学院で行われている。
- 授業の科目数が少なく、大きな授業（MIT の場合、1 授業が 12 単位数）として開講しているため、履修する授業数は少なくなり、自由な学習時間（セルフ学習）を確保できる。
- 授業内容が充実している。アメリカの授業は基本的に講義以外に演習・実験実習、予習・復習等をトータルにして行い、単位を授与することが多い。難しい宿題（一週間以上で解ける）を配布し、学生が授業以外の時間で独自に思考し、完成させる。このような自学能力は今後の生涯学習へ繋がる。
- プロジェクト型授業（PBL 授業）の割合が非常に高い。オーリン工科大学の場合、1 年次から 1 人単位のミニ PBL 授業があり、卒業までに平均 6 つ以上の PBL 授業を履修する必要がある。
- 数理・データサイエンス授業の内容について、オーリン工科大学の場合、「確率統計」、「ベイズ推論とベイズ統計・計算」、「地域分析」、「データサイエンス」のような応用数学授業が選択必修科目となっている。

【ドイツ】

- アメリカと同様に、授業のボリュームが大きく、一授業は平均 6 単位となっている。
- 授業内容は非常に実践的である。ドイツの工学系授業は生産への応用・活用を常に意識して行っている。単に知識を教える講義形式だけではなく、授業中にエンジンの実物を持ち込んで、解体しながら説明するようなことがよくみられる。授業中に、技術面での知識を教えるだけでなく、技術の応用性やマーケティングの対応性なども含め、幅広い実践的な内容の授業構成となっている。
- アメリカと同様に、ドイツでも PBL 授業の割合が非常に高い。大学と連携している研究機構が PBL 授業の実施場所、設備とテーマを提供している。

- 学士課程の設置が少なく、修士学位に相当する 4.5 年制のディプロマコースが一般的である。
- 博士課程の設置がない。アーヘン工科大学の場合、フラウンホーファーIPT のような研究機構で博士学生をエンジニアとして雇用し、プロジェクトの現場で鍛え、学位を授与する制度となっている（現場の責任者がアーヘン工科大学の教授である）。

【日本】

- 日本は、講義型の教育が多く、授業の科目数や履修密度が高い。欧米と比べ、授業以外の自習時間がかかなり圧迫されている。
- 理工系学生向けに経済・経営戦略、デザインなどを含む人文社会系（ビジネス関係）の授業の開講数、特に必修科目が欧米と比べて少ない。
- 数理・データサイエンス授業の開講数は少ない。アメリカの場合、かなり多くの大学で応用数学を教えているが、日本の場合、極めて少数の大学しか開講していない。

(2) 実践的なプロジェクト型教育に関する考え方と実例

実践的なプロジェクト型教育に関して、アメリカ、ドイツ、日本の教育現場での考え方や実例等をまとめた。内容は以下のとおりである。

【アメリカ】

- hand-on 授業が充実している。オーリン工科大学の場合、実技（機械操作等）の授業数がかなり多い。工作工房の入口に‘Who knows what’（機械操作資格一覧表）の電子掲示板が設置しており、学生の履修状況を公示している。
- 卒業までに、複数の PBL 授業を必修か選択必修で開講している。大半の授業はチームで行い、チーム内で役割分担してプロジェクトを実施している。一般的に言われているチームワーク能力、コラボレーション能力、コミュニケーション能力、リーダーシップ能力等をこれらの PBL 授業を通して育成している。
- PBL 授業は学科横断的に開講している。オーリン工科大学の PBL 授業はテーマによって学生メンバーを決めるので、基本的に複数の学科の学生によって構成されている（場合によって、他大学からの参加もある）。
- 在学中に夏休み（3 ヶ月）を利用し、長期的なインターンシップをしに行くことはよく見られる。
- 実例：
 - ・ **アクティブラーニング授業「デザインネイチャー」**：1 年生の初学期に全員履修する授業である。大自然をテーマにして、生物からアイデアをもらい、機械設計とプロトタイピングに活かすものである。製作は、学内のスタジオ（エンジニアリングデザインに対する実践と理解を深める環境）で、個人とチームのプロジェクト型授業として行われている。プロジェクトは、ホッピング、スライディング、クライミングのメカニズムを含む実践型授業である。最終的なプロジェクトは、10 歳の子供のために楽しく遊べるおもちゃを設計する。これらのプロジェクトの成果を評価するために、地元の小学校の 4 年生が授業に参加し、連携するシステムを構築している。
 - ・ **Senior Capstone Program in Engineering (SCOPE) プロジェクト**：企業や他の機関のスポンサーにとって重要な、挑戦的な実社会のエンジニアリング問題を課題として提供され、学生が学科横断的なチーム（5～7 名）を結成し、1 年間通してエンジニアリングソリューションを考える産学連携プロジェクト型の最終授業である。

【ドイツ】

- 「具体的な現場のテーマを解決するために必要な技能を習得する」という実践的なアプローチの授業を中心として開講している。
- 1学期間のインターンシップ/プロジェクト学習は必修科目となっている。
- 実際に働く職場を想定し、参考書や電卓等の持ち込みは自由で試験を行っている。試験では簡単な計算で解けるような問題は少なく、実社会の問題に対する解決案のようなエンジニアとしての考え方を問う問題が多い。

【日本】

- 実践的な教育事例もあるが、数が少なく、現場での技術的な応用に関わる内容も少ない。
- 近年、日本の大学でのインターンシップの実施は増えているが、短期的な実施期間（1週間以内）が主である。
- 企業側に長期間のインターンシップを受け入れる体制がない。

(3) 教育スタッフについて

海外大学の教育・研究・事務スタッフは日本より非常に多い。具体的な内容は以下のとおりである。

【アメリカ】

- 教員の人数は日本と変わらないが、教員をサポートする事務スタッフは日本の約5倍と非常に多い。教員は教育・研究に専念することができる。
- 大学の運営、企業との連携などについて、マネジメントに強い専門スタッフが管理している。
- オーリン工科大学の場合、教員の雇用は全員契約制で行っており、大学の裁量によって教員数は調整されている。

【ドイツ】

- 教授の人数が非常に少なく（1学科数名程度）、地位は非常に高い。
- アメリカと同様に、研究を支援するスタッフの人数は非常に多い。さらに、大学の教員は産学連携機構での兼職が認められており、数多くの研究や博士人材の育成をそれらの機構で行っている。このシステムを支えているのは、数多くの教育・研究専門スタッフとエンジニアとして雇用されている博士学生である。
 - ・ カールスルーエ工科大学の場合、教授1人あたり、教育スタッフ（准教授・講師・助教等）が13名で、事務スタッフが8名となる。
 - ・ アーヘン工科大学の場合、教授1人あたり、研究スタッフが21名（産業界から6名）で、事務スタッフ10名である。

【日本】

- 欧米大学と比べると、日本は教育・研究をサポートできるスタッフと事務的なスタッフの人数が非常に少ない。結果として、研究の面で、ドイツのような緊密に産学連携を実行できる体制・人的資源を確保できず、大学の管理・運営の面でも、アメリカのようなマネジメントに強い専門のスタッフがおらず、事務的な仕事が教授のかなりの時間を占め、教育・研究と管理運営のバランスをとらなければいけない状態となっている。しっかり教育・研究の時間を確保できない。

(4) 産学連携に関する考え方と実例

欧米では、産学連携が日本より緊密に行われている。具体的な内容は以下のとおりである。

【アメリカ】

- アメリカの企業は大学と連携し、PBL 授業などの支援を積極的に行っている。その理由としては、以下のようなことが考えられる。
 - ・ 専門領域の最新動向を把握できる。アメリカの大学は最先端の技術開発等を積極的に行っているため、大学と連携すると関連する情報が入手できる。
 - ・ 優秀な人材をリクルートできる。
 - ・ 学生のアイデアがもらえる。オーリン工科大学の場合、産学連携プロジェクトにおける知的財産権は出資したスポンサー企業が 100% 所有する。企業は数多くの共同プロジェクトを行い、その中から良いテーマを選別し、社内で引き続き開発することが多い。出資した金額と比べ、優秀な学生からのアイデアがもらえるため、割安と感じている。
 - ・ 連邦政府から、企業が大学と連携して出資した場合、税金を優遇する制度があるので、企業が資金的な面でもメリットを感じる。
- 1 プロジェクト当たりの投資金額は大きい。オーリン工科大学の場合、55,000 ドルの定額となっている。
- スポンサーがプロジェクトの実施へ全面的にサポートをする。テーマの出題だけではなく、企業内にプロジェクト担当の社員を指定し、実施中に必要となる技術、設備、マーケット経験等、企業が持っている資源を調達し、提供している。
- 大学教員の給料は基本的に 9 ヶ月分しか支給しなく、残りの 3 ヶ月分は自分で調達しなければならない。そのため、多くの教員は積極的に外部から研究資金の調達を図っている。産業界出身の大学教員は少ないが、このような活動によって、スポンサー企業・産業界のニーズ把握に長けている。

【ドイツ】

- ドイツは、企業からの研究依頼が多く、応用的・実践的研究の割合が高い。専門的な産学連携機構も設置され、産学間の連携が緊密である。
- 工科大学 (TU9 等) の研究資金の 1/3 が企業からの出資となっている (2/3 は州政府や EU からの公的資金)。

- フラウンホーファーのような産学連携機構が大学に隣接し、機構の運営なども基本的に大学教員が行っているので、緊密な連携体制が構築されている。プロジェクトの内容によって実施期間は柔軟に対応している（3 ヶ月～2 年程度、多くは半年程度）。
- 大学教員は産業界出身の教員の割合が高い。研究スタッフも含み全員の 4 割程度を占める。ある範囲内（平均的に勤務時間の 3 割程度）で学外の研究機構での兼職が認められている。

【日本】

- 欧米では経営戦略に関する産学連携が多く見られるが、日本の場合はこのような連携は極めて少ない。
- 産学連携のプロジェクトで生じた知的財産権は大学もかなりの割合で保有するので、出資企業の参加意欲が低くなっている。
- 大企業の参加は限られている。地方大学の場合、地元の中小企業との連携はあるが、大企業との連携は極めて少ない。大企業は海外の有名な大学や国内の限られた大学としか連携を組まない。
- 運営資金の管理に課題がある。多くの企業は産学連携プロジェクトを実施する際に大学へ支払う管理費（間接経費）を高く感じている。公的な資金投入も例年減っており、大学の研究活動の維持は困難となっている。
- 数理系専攻の場合、企業の出資なしに行う共同プロジェクトもある。例：東京大学、九州大学のスタディグループ（産業界から課題を出し、学生メインで 1 週間かけて解決する）。
- ドイツのような組織的な連携体制がない。多くの産学連携活動は企業と大学の間で 1 対 1で行っており、組織的に連携し調整することがない。

(5) 学生の就職状況と学習意欲について

海外の就職環境は日本より自由で、博士人材の採用も積極的である。学生の学習意欲も日本の学生より高い。具体的な内容は以下のとおりである。

【アメリカ】

- 就職の時期は決っていない。卒業後半年まででの採用が一般的であるが、基本的に「能力採用」の体制なので、3年次に内定するケースもあるし、1年卒業を伸ばして就職するケースもある。仕事に必要な能力さえ持っていれば問題なく採用する社会となっている。
- 面接時に成績を重視する。GPAは非常に重要な指標となっている（特に大企業へ就職する場合）。
- 就職時に、即戦力が求められている。新卒にも関わらず、専門知識以外に実務経験が要求される。そのため、プロジェクトへの参加も熱心であるし、卒業を伸ばしてもインターンシップに参加し、実務経験を積む学生が多数いる。
- 博士号を取得すると就職に有利になる。その背景は、博士人材に対する厳しい教育システムの構築と非常に実践的な教育環境があるので、企業側が戦力になる高度な人材と認め、大学との信頼関係も成り立っている。
- 勉強をせざるを得ない環境が作られている。アメリカの大学は高額な学費（オーリン工科大学の場合、学費は学生全員に半額免除で2万ドル、寮費が年間2万ドルで、計4万ドル）と厳しい試験を行っているので、学生は一生懸命に勉強する。
- 多様な授業内容（人文社会学・経済学・技術の応用等）・厳密な学習プラン（難しい宿題、授業予習・復習等）と実践的な課程設定（機械操作技能、hand-onアプローチ等）によって、学生の学習意欲を高めている。

【ドイツ】

- 就職活動がなく、インターンシップ期間で内定するケースが多い。
- 理工系大学卒の学生は比較的就職しやすい。特に「電気工学」、「機械工学」のようなエンジニアを育成する専攻の卒業生は人気がある。
- 授業成績やインターンシップ期間に身に付けたスキルや実力を重視する。例：機械操作経験、参加したプロジェクトの経歴、プログラムを組む能力等。
- 工学系の博士人材は社会的な認識度が高く、就職しやすい。アーヘン工科大学の場合、博士号を取得できる確率は半分以下なので、かなり厳しい目でチェックされている。その代わりに修了できた博士は専門的な能力をもちろん、コミュニケーション能力、リーダーシップ能力等の一般的能力も高い。

- 競争の激しい勉強環境が作られている。ドイツの大学は公立の場合、学費は無料だが、試験が難しく（同じ科目の試験に二回落ちると再受験が不可能となり、必修科目の場合、専攻も変更せざるを得なく、他大学でも同じ専攻の勉強はできなくなる）、中退率が非常に高い（4割）ため、学生は一生懸命に勉強する。
- 学生に考えさせることを重視する。授業内容はアウトプットを先に見せ、到達する手段を考えさせることを中心している。試験問題も簡単に解けるものはほとんどなく、エンジニアとしての考え方を問おうものが多い。

【日本】

- 就職時期が早すぎるし、集中しすぎている。就職時に学力をチェックする体制が整っていない。卒業した大学と学部で採用が決まるケースも多い（特に偏差値の高い大学の体育会系学生）。
- 博士人材の就職は非常に困難である。企業は博士人材の価値が分からず、採用を躊躇している。
- 近年、入試科目数が減少し、大学全入化に伴い学力も低下している。
- 学生は、企業で必要となる知識が何かかわかっていない。大学も教える必要性が低いと思っている。産学間には人材育成の目標に対してギャップが存在する。
- 大学や科目によって、成績評価にバラつきがあり、全体的に良い成績をつける傾向があり、学生間の学習成果の差を成績として反映できていない。
- 日本の企業は学生の学習成果を正當に評価していない。

(6) オンライン教育について

【アメリカ】

- MIT などから始まった **Open Course Ware (OCW)**, **Massive Open Online Course (MOOC)**。MIT では様々な分野にわたる大学レベルの授業（2000 の講義内容）を無償提供しているが、反転授業の内容は非公開である。これらの授業内容は学習を支援するために作られており、単位の授与ができないものが多い。
- 近年、MIT, コロンビア大学等より、**MicroMasters Programs** の実施も行っている。オンラインで自分の興味がある専攻を選び、自己ペースで学習し、修了条件を満たせば証明書を発行する。この証明書を認める企業では職場でキャリアアップができ、認める大学で学位を目指す学業を引き続き勉強することができる。
- カーネギーメロン大学の **OLI (Open Learning Initiative)**。アメリカの各大学や短大で教えられている典型的な講義の現状調査を行い、必ず必要となる 12 の基礎科目を対象を絞って作成した。受講者等のフィードバックによって、授業内容の改善も進み、かなり完成度の高い自習教材になっている。

【日本】

- 日本はオンライン教育の受け入れの意欲、受講率が共に低く、年齢層も高い（日本：50, 60 代中心；イギリス：30 代中心）。
- 自発的にものを学ぶ雰囲気は全体的に薄いと感じている。例えば、edX など登録して勉強する日本人の割合は全体の 0.5% しかいない。日本語版の JMOOC の受講率も同様に低い。
- 京都大学の **Panda (Cyber Learning Space for People and Academe)**。京都大学の教員・学生向けに授業の学習支援等で利用するため、平成 25 年度より学内向けにオンラインコースサイトを運用開始した。授業資料の配布、学生からの課題提出、小テストの実施等を行うことができる。
- 京都大学 OCW の数学(行列)自習用補助教材「ベクトルから行列へー線形性とは何かー」。最近、日本の高校がベクトルと行列の内容を教えなくなった。その知識を身に付けないまま理工系学生が大学に進学してきており、全学共通で教える京都大学の教員が危機感を感じ、補助教材を自分たちで作ろうと計画した。内容は 10 本の動画ビデオ（授業風景ではない）より構成され、1 本あたり 2 コマ程度の内容で計 10 分前後の長さになる。最後に練習問題もあり、学習効果を自ら確認することができる。
- 日本はオンライン教育システムに対する支援がかなり欠けている。ハーバード大学の edX システム作成・管理・運営について、60 名の専任職員を配置することに対して、日本の大学（東京大学、京都大学、東北大学）の場合、関わる職員は各大学 10 人以下で、しかもほとんど兼職の形で参加している。

- 限られた大学しかオンライン教育システムの制作に取り込んでいない。全体的な数は少なく、統一した管理も行っていないので、影響力も限られている。
- 企業の独自学習プロジェクトがあるが、現行のオンラインシステムと統合・補完は行っていない。

4. シンポジウム

4.1 シンポジウム概要

(1) 概要

本委託事業では、大学側と産業界側に大規模なアンケート調査を行うと共に、国内外の工学教育に関する最新の情報や先進的な事例の収集のためにヒアリング調査を実施したが、さらに産学の関係者が一堂に会して議論する1泊2日のワークショップ形式のシンポジウムを開催した。本シンポジウムでは、大学および産業界の世界的な動向などの最新情報を含む4つの講演と、小グループでのグループワークで「産学連携PBL教育の在り方」「数理・データサイエンス教育の在り方」について大学側と産業界側の双方向的な議論を行い、さらに全体討議を行った。本シンポジウムにより、アンケート結果やヒアリング調査で得られた成果を補強し、工学分野における理工系人材育成の在り方に関する貴重な情報を得ることができた。

a 日時

平成 29 年 3 月 3 日 (金) 14 時～17 時 20 分 (18 時から懇談会)
3 月 4 日 (土) 9 時～12 時

b 場所

クロス・ウェーブ幕張 (千葉市美浜区中瀬 1-3)

c プログラム

3 月 3 日 (金)

- 14:00 開会の辞(佐藤 之彦 調査研究実行委員・千葉大学大学院工学研究科副研究科長)
- 14:02 ご挨拶(小野 隆彦 文部科学省高等教育局専門教育課 科学・技術教育係長)
- 14:10 本事業の背景・概要説明(関 実 調査研究実行委員長・千葉大学大学院工学研究科長)
- 14:20 調査結果概要および方策案(勝浦 哲夫 千葉大学大学院工学研究科調査研究事業推進室特任教授)
- 14:50 休憩
- 15:00 講演 1 「みらいを創造する米国マサチューセッツ工科大学のハンズオン教育」
(八木 透 東京工業大学工学院 准教授)
- 15:30 講演 2 「第4次産業革命を支える欧米の科学技術政策と理工系大学のイノベーション」
～“研究 vs.教育”, “産学連携の閉塞”を打破するオープンイノベーションの戦略マップの重要性～
(藤野 直明 (株)野村総合研究所 主席研究員)
- 16:00 講演 3 「企業における技術者育成と高等教育の連携」

- (京谷 美代子 (株)FUJITSU ユニバーシティ エグゼクティブプランナ)
- 16:30 講演 4 「数学・データサイエンス分野における産学連携教育の現状と課題」
(池川 隆司 東京大学大学院数理科学研究科 キャリアアドバイザー・(株)アルテ
シニアコンサルタント)
- 17:00 「本調査研究の主要な論点の提案とグループワークの説明」
(佐藤 之彦 調査研究実行委員・千葉大学大学院工学研究科副研究科長)
- 18:00 懇談会(20:00 まで)

3月4日(土)

- 9:00 グループワーク 1
- 9:40 休憩
- 9:50 全体討議 1
- 10:30 グループワーク 2
- 11:10 休憩
- 11:20 全体討議 2
- 12:00 終了

(2) 参加者

池川 隆司	東京大学大学院数理科学研究科 株式会社アルテ	キャリアアドバイザー シニアコンサルタント
石井 隆昭	新日鉄住金ソリューションズ株式会社	専門部長
石川 孝重	日本女子大学家政学部住居学科	教授
大輪 武司	金沢工業大学	客員教授
京谷 美代子	株式会社 FUJITSU ユニバーシティ	エグゼクティブプランナー
工藤 一彦	東京電機大学教育改革推進室	アドバイザー
工藤 奨	九州大学大学院工学研究院	教授
小西 博雄	国立研究開発法人産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー研究所	招聘研究員
阪田 史郎	千葉大学大学院融合科学研究科	グランドフェロー
佐藤 俊明	株式会社大崎総合研究所	代表取締役社長
諏訪 泰裕	株式会社東芝	参事
田邊 裕治	新潟大学工学部	工学部長
辻 太一郎	NPO 法人 DSS 株式会社大学成績センター	代表 代表取締役
鳥山 優	静岡大学農学部	教授
中山 良一	工学院大学先進工学部	教授
藤野 直明	株式会社野村総合研究所	主席研究員
本間 弘一	日本工学教育協会	専務理事
間瀬 憲一	新潟大学	名誉教授
丸山 武男	新潟大学	名誉教授
三崎 雅明	ブランド・ハプンスタンス・ライフ研究所	代表
宮里 心一	金沢工業大学環境・建築学部	教授
八木 透	東京工業大学工学院	准教授
養王田 正文	東京農工大学工学研究院	教授
渡邊 眞理	法政大学デザイン工学部	教授
小野 隆彦	文部科学省高等教育局専門教育課	係長
関 実	千葉大学大学院工学研究科	研究科長
勝浦 哲夫	千葉大学大学院工学研究科	特任教授
岩永 光一	千葉大学大学院工学研究科	副研究科長
高橋 徹	千葉大学大学院工学研究科	副研究科長
塩田 茂雄	千葉大学大学院工学研究科	副研究科長
佐藤 之彦	千葉大学大学院工学研究科	副研究科長
武居 昌宏	千葉大学大学院工学研究科	副研究科長
若林 直子	千葉大学大学院工学研究科	特任研究員
黄 晶石	千葉大学大学院工学研究科	特任研究員
堀内 伸也	千葉大学学務部	教育企画課長

土屋 正勝	千葉大学工学系事務センター	事務センター長
川名 正信	千葉大学工学系事務センター	副事務センター長 (総務室長)
松本 芳久	千葉大学工学系事務センター	副事務センター長 (経営・研究支援室長)
西野 美保	千葉大学大学院工学研究科	事務補佐
井上 博絵	千葉大学大学院工学研究科	事務補佐

4.2 講演概要

(1) 講演1「みらいを創造する米国マサチューセッツ工科大学のハンズオン教育」

八木 透 東京工業大学工学院機械系 准教授

今日は、みらいを創造する教育、特に理工系の教育を実現するには何をどうしたらいいのかについて講演する。人・物・金などの資源をどうしたらいいのか、コミュニケーションとかチームワークといった連携性が教育にもっと必要なのではないかと、など色々と必要な事柄があるかとは思いますが、一つの例として、私が数年前に過ごしたアメリカのマサチューセッツ工科大学 (MIT) の教育現場の話をする。

2012年、13年の1年間、日米教育委員会のフルブライトジャパンの支援を受け、フルブライト研究員としてMITにて教壇に立った。そして「デジタルネイティブ世代を対象にした工学教育における創造的育成」という調査研究を実施した。この研究では、東工大とMITのそれぞれ何が共通していて何が違うのだろうかということ調べ、実際に授業で教えながら関連するデータを集め、比較検討した。

実は東工大もMITもロボコン発祥の地として知られている。ロボコンは、学生が限られたパーツを与えられて、特定の課題を解決するようなロボットを作り、それをコンテスト形式で競い合っていて創造性を高めていくという授業である。80年代に東工大、MIT、ほぼ同時に同じような授業が立ち上がって以来、この2校の間で交流が続いている。

学生は夢中になってロボットを作り上げる。なかなか学生が勉強しないという話が先ほどの講演であったが、このようなものづくりの授業においては、夢中にさせれば時間を忘れて学生は取り組む。そのような授業の工夫というのも非常に重要ではないかと思う。

MITでは、2.007 Design and Manufacturing 1がそのロボコンの授業だが、私はこの授業の複数いるインストラクターの一人として学生の指導にあたった。このロボコン授業は「MITで最も有名な授業」といわれており、個人でコンテスト競技用のロボットを開発する。Making from scratch (いろいろな部品、部材を自分で組み合わせながら一から作る) や Learning by doing (実際に物を作りながら、その中でいろいろなことを学ぶ) というスローガンもよく聞かれる。機械工学科を中心に約180人の学生が受講して、スタッフ20名、TA20名の非常に大きな所帯で授業を行っている。

スポンサー企業も数社ほどついており、500万~600万円の予算を使ってその授業を展開していたと思われる。

学生は自分でロボットを手作りして、その中で多くのことを学んでいく、非常に優れた創造性育成の授業だと思う。実は同じような授業が東工大でもあり、東工大の学生も本当に一所懸命取り組んでいる。

もう一つの授業、2.009 Product Engineering Processesは、社会の問題を解決するような機械とかシステムを作る授業である。起業力を身につけるといことが2.007と大きく違う。授業の中から出てきたいろいろなアイデアを使ってスタートアップ企業がたくさん生まれている。こちらにはスポンサー企業が5社とか6社どころではない、かなりたくさんの方が入っているようで、正確な数字はわからないが予算は2.007よりもずっと多いと思われる。受講生は機械工学

系の 150 人で、スタッフ 14 名、TA5 名で実施していた。

2.009 の最終発表会は、さながらスタートアップ企業の資金集めの発表会のようで、実際かなり多くのベンチャーキャピタリストが発表会場に来てくれる。これはと思ったものに対しては授業が終わったらすぐにスタートアップ企業が立ち上がるなど、それぐらい注目されている授業であり、学生もこの授業期間中は昼夜を問わず必死に取り組んでいる。実は MIT は米国の中でも数少ない卒業研究を行う大学なので、学生はこの授業と卒業研究の両方やらなくてはいけないからかなり忙しいと思う。

私が MIT での体験を通じて感じたことをまとめてみた。

- 起業家との接点が毎日のようにある。

起業家がリクルートも兼ねて授業に来てくれる。例えば 2013 年の卒業式では Dropbox の創業者がスピーチをした。

- ヒーロー・ヒロインづくり

大学が積極的に顕著な研究を行っている人をヒーロー・ヒロインとして応援している。

Web, 広報誌, あるいは報道で、このように面白い技術があり, こんな研究者がいる, などのように積極的に取り上げる。

- 何につけてもマネジメントが上手い

こうした広報活動がまたお金を集める手段にもなっている。このようなマネジメントが非常に上手いと感じる。授業や研究が投資家につながり, 新しい市場開拓をしていく。これがアメリカ版のイノベーションだと思う。

- 24 時間年中無休の学びのコミュニティ

これは日本の学生, あるいは日本の大学にとって非常に羨ましいのだが, 24 時間年中無休で学べるのがアメリカの大学の大きな特徴ではないかと思う。これは MIT だけではなくて, ほぼすべてのアメリカの大学は寮を持っており, そこに住み, 学内にいながら学生が朝から晩まで勉強できるような環境が整っている。

MIT と東京工業大学の基本データ (2012 年) を比較すると, 面積や教員の数は大体似たようなものである。大きく違うのは, その他の教員 (レクチャラー) の存在である。このレクチャラーが教育を担当しており, 非常に重要な教育の担い手である。また, 学部生数は同じだが, MIT は学部の男女比がほぼ 1 対 1 である。これは入試システムが日本とは全然異なり, 点数だけで選ばないからである。女性をもっと入学させたいと思ったら女性を入れて, 男女比を 1 対 1 にしている。授業料もずいぶん違い, MIT は年間 500 万円ぐらいである。しかし学生は奨学金をもらうので, 自費で負担する人は非常に少ないようである。

財政データ (2012 年度) を比較すると, MIT の教育支出は東工大の大体 10 倍以上である。企業から資金を集めてきて, これを先ほどの例のように教育に回している。

MIT のシンボルマークは *Mens et Manus* という。右側の人物は本を読んでいる学者で, 左側はハンマーを持った鍛冶屋である。学者は理論や基礎研究を表わし, 鍛冶屋は実践や応用研究を表わしている。この両方を大切に教育・研究していることがこのマークに込められている。

MIT の学内には物を作るスペースが至る所にある。ホビーショップという木工所は, 1938 年の設立で 80 年ぐらいになる。ここでは, 学生がプロトタイプを作るだけではなく, 教職員や, あるいはその家族も自分の趣味で使うことができる。

ここで野球の覚え方を日米比較したいと思う。日本では、まずキャッチボールやランニングや素振りなどの基礎的な訓練をしてから、それができるようになって初めて試合をする。アメリカでは、まず試合をする。全然投げることもできない。バットもろくろく振ることもできなくても、いきなり試合から始めて、試合をしながら少しずつその技術を高めていく。これがものづくりの授業についても言えて、かなり早い段階からどんどん物を作らせていく。技術も理論も、物を作りながらだんだん学んでいこうというのが MIT 流の授業である。それが **Leaning by Doing** という言葉に凝縮されていると思う。

MIT 機械工学科の時間割は、月曜日から金曜日まで、空き時間が結構たくさんある。日本の大学、たとえば東工大では9時から4時半までびっしり詰まっているが、MIT は週 20 時間ぐらいしか授業がなく、それ以外は空き時間である。この空き時間が実は非常に重要で、学生は寮の部屋に戻って勉強したり、あるいは夜も引き続き学内で勉強したり、物を作ったりもしている。また寮では先輩が後輩の面倒を見て、学習面でいろいろなサポートもしている。つまり 24 時間学びのコミュニティの中で生活している。その中で自分自身の学びや研究のスタイルを発見していく。そういう環境が整っているのは非常にいいことだと思う。

MIT は私立大学なので可視化に非常にお金をかけている。ガラス張りの研究施設、展示室、会議室などたくさんある。また、オープンスペースも整えられていて、自由にくつろぎながら学習ができるスペースも充実している。

本日の内容は、日本工学教育協会の学術誌『工学教育』の 60-5, pp.13-17, 2012 及び 64-5, pp.22-27, 2016 に掲載している。

まとめとして、キャンパスを学びのコミュニティとして、ハード、ソフト、それぞれのバランスを考えて、大学という生活環境が整えられている。プラス遊び心ということで学生の学習の意欲を高める工夫がいっぱいされている。

その工夫の一つ、例えば食べ物で人を集める。学内で毎日どこかでフリーのピザが配られている。また、定期的にピクニックと称して学内で皆が軽食を食べながらリラックスできるような時間があったりする。

また学生のお金の集め方が、集める方もお金を払う方もウィンウィンになるような関係の集め方をしている。こうした ファンドレイジングの考え方が小さい時から身につけているのが面白いと思った。

(2) 講演 2 「第 4 次産業革命を支える欧米の科学技術政策と理工系大学のイノベーション」
～ “研究 vs. 教育”，“産学連携の閉塞” を打破するオープンイノベーションの戦
略マップの重要性～

藤野直明 (株) 野村総合研究所 主席研究員

本日は、ERC というアメリカの試みを最終的に紹介したい。研究と教育の対立、それから産学連携の閉塞、これを打破する仕掛け、これを ERC はある程度成功していると思うからである。

第 4 次産業革命というのが 2011 年ぐらいから出てきた。これについて経済産業省、文部科学省、日本学術会議でいろいろ話をして、ドイツの大学の先生ともいろいろ話をする機会があった。こういう問題意識で今日は話をしたいと思っている。

まず日本の理工系大学を取り巻く環境変化について、予算が削減されたことが一番大きな問題である。学生数が減少したから予算削減される、企業からの評価がよくわからない、卒業生の評価もよくわからない、共同研究もよくわからない。社会からの政策評価、政策提案をドイツはやっているのになぜ日本ではやってくれないのか。

日本の今をどう捉えるか。日本はすばらしい、ノーベル賞級の人材を多数輩出している、競争力のある輸出型製造産業の人材育成に成功してきた、目標が明確な場合は圧倒的に強い、お客さんから言われたことはきちんと何でも作っていくという資質がある、特に素材研究は強い、多数の科学技術者が活躍している、中小企業の生産技術、匠の技は高い水準にある、大企業でもいわゆる製造現場の現場力が高く評価されている。

こんな話だと思いますが、半分正しくて半分間違っている。最近、非常に有名なデビッド・アトキンス (David Atkinson) というゴールドマンサックスのアナリストだった方が、『新・所得倍増論』という本を書かれた。この中で、日本は GDP 世界第 3 位の経済大国だというのが 1 人当たりの GDP は何と世界 27 位、世界第 4 位の輸出大国というのが 1 人当たり輸出額は世界第 44 位、ものづくり大国というのが 1 人当たり製造業生産額は G7 平均以下である。研究開発費世界第 3 位は、1 人当たりでは世界第 10 位、ノーベル賞受賞者数は、1 人当たりでは世界 39 位である。これが直近の日本の実態である。

これで果たして日本はきちんとエリートを養成してきたのだろうかというのが、私の最近の問題意識である。企業経営者の方々と 1 対 1 で話すと、このように必ず言われる。最近、ハーバード大学ビジネススクールがケーススタディを出した。新幹線東京駅 7 分間の奇跡、東京にのぞみが入ってきて 7 分間で掃除をやって切り換える。あの現場の対応力はすばらしいというわけである。ハーバード大学のビジネススクールの学生、イェールもウォートンもオハイオ大学の学生も年に 2 回ぐらい日本に来ている。必ず東京駅と、福島震災、それから水俣病などを見に行くのであるが、ここで何を教えているのか。日本の現場力が大変すばらしいということを教えているのか。

そこで、ハーバード大学に行った人間を集めて、本当にハーバード大学ではそんなことを教えていると思うかと聞くと、全員、ノーである。学生を東京駅に連れて行ってすばらしいと言った後、帰ってきて先生が、日本の現場はすばらしい、日本はすばらしい国だって手をたたいて、それで済ますはずはない。こんなすばらしい現場がいるのにエリートがちゃんとマネジメントしないと、20 年間 GDP は上がらないのだと教えているに違いない。

製造業の国際競争力は日本の理工系教育の評価と直結するか。80年代半ばの日米貿易摩擦は日本の優れた技術力の証明なのか。あれは単なるレーガン政権のレーガノミクス失敗の結果、景気が悪くなったので、日本車を槍玉にあげて壊したというのがハーバード大ビジネススクールの教え方である。その後、アメリカの理工系教育は完全に変わった。

ドイツではシーメンス、ボッシュ、BMW、すべて博士を取った幹部がR&Dの戦略を決めている。しかし、日本の企業は、博士課程ではなくて、高卒と高専卒で勝つんだという方がいる。かなりマジョリティではないかと思う。日本企業はいまだに80年代の勝ちパターンで行動している。これは大変大きな課題だと思う。

日本の企業は技術戦略と一体化した戦略発想に乏しい。弱点はシステム発想、デザイン思考とか言われているが、ビジネスモデルとかシステム、ファイナンスを含めて全部ビジネスモデルを作ろうとしたときにこの弱点を露呈する。

コンサルタントの経験から、日本の大規模システム産業は伝統的に弱かった。それからマーケティングが弱い、特にテクノロジーのマーケティングが極めて弱い。製品やビジネスが複雑になってきたので、研究開発部門の目標設定が難しくなってきた。家電が難しくなってきたのはこのせいである。

民間部門の研究者でも実は要素技術が中心で、事業化領域への関心が薄い人が多いのではないかと懸念を経営者は持っている。国際標準に疎く、そもそも関心が薄い。オープンイノベーションが苦手で、大学側も企業側も相互に関心が薄い。それから博士課程の学生の評価が上がらない。民間研究開発において事業化への連携の弱さがいろんなところで指摘されている。技術で勝る企業が経営で負ける、オープンイノベーションの遅れでリスクマネーの投入が遅れていると言われている。

ビジネススクールの機能不足というのもあると思う。今、アメリカのビジネススクールの中でPOM (Production & Operations Management) の先生が1万人以上いるが、日本には今49人しかいない。こういう状況で日本のマネジメント層のエリート教育は果たして成功しているのかと本当に最近思っている。

そういう意味で、我々の問題は何か。この日本という空間の中でイノベーションを加速していくために、研究と教育と社会実装(テクノロジートランスファー)についてのダイナミックな関係をマネジメントする仕組みを科学技術政策として設計構築して、そこに理工系大学の位置づけと役割を明確にしていくことが極めて重要なことだと思う。

実はアメリカもドイツもイギリスもフランスも、80年代半ばからこれについて大変頭を悩ませて、理工系教育のあり方を変えてきた。米国はNSF (National Science Foundation) 中のファンディングエージェンシーとして、ERC (Engineering Research Center) を作った。ドイツはブラウンフォーファーモデルを作り上げた。英国はカタパルト・プログラム、フランスはカルノー機関という形で動いている。

この中で今日はアメリカのERCを紹介したい。一言で言うと、21世紀型の科学技術政策と理工系教育の整合性にどう取り組むか。垂直モデルからコンカレントモデルへの転換ということである。垂直モデルは基礎、応用、実装、これが時系列に垂直でつながるモデルである。要素技術とモジュール技術と技術移転、この3つを同時に協調して行うのがコンカレントモデルである。一番典型的なのはERCの3階層モデルである。科学技術イノベーションの戦略マップを紹介する。論文は木村英紀先生のものであるが、木村先生は制御工学の専門家で、イタリアのジョルジョパッツァ賞(制御工学のノーベル賞と言われている)を獲得された先生である。

もともと ERC は 80 年代のアメリカの迷走から始まった。大学はこの ERC を自らのコアコンピタンスを社会に売り込む手段として用いた。1983 年に NSF から National Academy of Engineering にセンター構想の諮問があり、その答えがこの学際的 (cross-disciplinary) で、国際的な競争力のある産業を作るための大学研究拠点、ERC であった。アメリカのインダストリーと生産性をイノベートすることに貢献できる人材をたくさん作るため、エンジニア教育の改革のためのものである。

ERC の人材育成はノーベル賞を目指した英才教育はしない。企業の研究活動を主導できる優秀な研究者の創出を目的としている。社会実装についてはプリコンペティティブの段階にとどめる。研究についての制約はない。

1985 年の開始以来、64 拠点到資金援助を行い、かなり高い成果を挙げている。ポイントはいくつかあるが、一つは、この ERC の資金援助に対して、それ以外の機関もファンディングして、そこに産業もファンディングする。つまり一つのテーマに対して国がここを一つのインテグレートリサーチセンターと認定すれば、それに関心のある企業がどんどんファンディングしてくる。そこにある種テーマを集中させていこうということである。

研究戦略の三層マップの一番下に要素技術があり、この一個一個の要素技術を社会実装に結びつけるためには、いくつかのモジュールを作り、さらにシステムとして作っていかなくてはならない。システムを設計してそれをモジュールに分解して、さらに構成要素技術に分けていく作業を、研究の企画の段階から作っていくということである。こうすることによって社会との接点を意識しながら要素技術も研究できる。これは時系列モデルではなく、コンカレントに全部が変わる。毎年少しずつ見直しされるそうである。

一例として、都市の水道事業の三層マップがカリフォルニア工科大学で作られている。マップを作ることでリニアモデルから完全脱却していき、技術移転はシステムの形をとることでスムーズに進む。学生の感想として、自分の研究の意味がよく理解できる、多くの教授たちと対話ができる、多くの学生と知り合いになれる、企業の技術者と接点ができる世界が広がったなどがあげられている。このマップがあると、一体何のために何をやっているかがわかる、すぐにコミュニケーションができるということである。

ERC の予算は大学院生を正規の研究員として雇用できる。学部学生も参入できる。それから学生が高校や中学に出向いてアウトリーチ活動をする。企業人による学生へのメンター、たとえば水道事業というのはこれから世界中に展開できるから面白いんだよとか、そういうメンターもやる。学生をラボの狭い空間から解放して企業との接点を通して研究を広い社会的な文脈で把握するということである。

日本では、サブテーマに分解してテーマと人を決めれば大体終わり、How については研究者任せになっている。依然としてリニアモデルである。基盤研究という名のもとで基礎研究の集積が行われているだけである。

ERC は分野の多様性、組織の多様性、国籍・人種・性別の多様性を重視している。それから人材育成と社会実装との結合として、大学院生を正規の研究員として位置付けている。また、学生を Labor として扱っていない。

各 ERC に対して NSF がかなり強い指導力を発揮している。つまり配って終わりではなくて、成果を確認しながら 10 年間転がして PDCA が回るわけである。かつ、最終のシステムに対して常に見直しがある。ERC はこういう形で運営されている。

(3) 講演 3 「企業における技術者育成と高等教育の連携」

京谷美代子 (株)FUJITSU ユニバーシティ エグゼクティブプランナ

私が入社した 1980 年代には、情報処理産業はアカデミックな研究支援に加えて、コンピュータを使った事務処理の効率化・生産性向上を目指していた。そして 90 年代にはインターネットやメールが身近に使用され、携帯電話がつながり、ネットワークセントリックな時代がきた。今はヒューマンセントリック、人間が中心で知恵を創造していく、そのためにコンピュータを使う、そういう時代になってきている。

イノベーションを支える ICT 基盤だが、すべてのものがネットワークにつながり、システムやサービスもこの上で価値提供をするためには今までのビジネスモデルを変えていかなければいけないという時代である。ソフトウェアとハードウェアそれぞれの技術を持っており、それを組み合わせることで価値提供できるというのが日本の強みであるので、ハードウェアの技術者にもソフトウェアを理解し使いこなしてほしいというのが私の思いである。

ソフトウェアの規模はどんどん膨れあがってきている。つながるデバイスの数も 2020 年には 500 億を超えるといわれている。世界の総人口は 73 億なので、その 7 倍以上のデバイスがネットワークにつながるということである。IDC (International Data Corporation) によると、第 4 のプラットフォームとして人と ICT のさらなる連携の時代が来る。体にチップを埋め込めばその人のバイタルな情報が吸い上げられて、健康管理だけでなく、さらに付加価値を創出するということである。

そういう中で、プロダクトの価値というものを考えてみると、通常は物を買った後は、機能はそのままの状態なので価値は下がっていくということになる。例えば、クレジットカード決済のシステムで、suica とか、nanaco が出てきた際に、決済システムでそれらのカードが使えないとシステムとしての価値は下がっていくことになる。決済システム運用開始後も nanaco や suica などの機能を追加していかないとシステムの機能・価値が保たれない。これは、今はソフトウェアの世界で言われていることだが、これから、ネットワークにつながるハードウェアも機能を追加していかないと価値が保てない、そういう時代になってくると思う。最近のメガトレンド、CAMBRIC (Cloud, AI, Mobility, Big Data, Robotics, IoT, Cyber Security)、技術の進化はスピードを増しているのだから、これらの技術も進化し形を変えて新たな価値創造へと向かう。

もう一つ紹介したいのは、ものづくりプロセスの変革である。ソフトウェアの世界では、ハードウェアとも連携しつつ Waterfall 型で長い間開発してきた。Waterfall 型は最初に仕様を決めてから開発を開始し最後にテストをして出荷するというもので、長いものだと数年かけて開発する。ところが最近では Agile という、開発サイクルを短くして顧客の要求に合ったものを短納期で出していくプロセスが主流になってきている。さらにそれが進んだものが DevOPS で、作りながら継続的に提供していくというプロセスである。

最近ではプロトタイプを顧客と一緒に作り、それを成長させていくというモデルが増えているが、以前の Waterfall 型ではプロトタイプを作った後、from scratch で (ゼロから) 製品版を開発していた。しかし DevOPS では開発したプロトタイプをそのまま製品として成長させていくというモデルになっている。従って最初に開発するプロトタイプの品質が非常に重要で、開発メンバーは素早く良い品質のものをつくる必要がある。

Agile に関してだが、アジャイル開発宣言で、「プロセスやツールよりも個人との対話を、包括的なドキュメントよりも動くソフトを、契約交渉よりも顧客との協調を、計画に従うことよりも変化への対応を」という思想を基本とすると述べている。これはもともとソフトの世界で言われてきたことだが、顧客のニーズへの対応はこういうものづくりが必要だと思う。その Agile をやるためのスキルであるが、メンバーには素早く良質な開発をするための高い技術力と自律性、より良い価値を実現するための変化への受容・対応力、進んでメンバーを支援する行動、会話力が求められる。

次に富士通での技術者育成について紹介する。富士通は NetCampus という学習システムを持っている。従来は社内ネットワーク環境の中に学習システムを置いていたが、どこでも学習できる環境を目指して今年の春からこの学習システムを社内ネットワークの外のクラウドに置くことにした。これにより受講者はいつでもどこでも学習できる環境になり、eラーニング、動画を活用して学習ができる。

企業の人材育成は、人材の持つべき能力を研修プログラムだけではなく、OJT（実務）やナレッジ化と連動させスパイラルに回し、長い期間をかけてやっていく。重要なのは、アサインメントにつなげていくことである。

人材育成における4つの柱は、グローバルビジネスリーダーの育成、プロフェッショナル化の推進、ベースラインの強化、多様な“個”が活躍する風土の醸成、である。グローバルビジネスリーダーの育成については、最近の育成の関心のひとつは経営層の育成である。また、若い世代に対しても早くからビジネスリーダーの候補者を見つけ出して、若いうちから教育とアサインメントで育成することを行っている。

プロフェッショナル化の推進について、プロフェッショナルというのは自律的に困難な課題とか新しい課題にチャレンジできる人材であり、そういった人材を目指して育成している。富士通は、SE 向けのプロフェッショナル制度と、事業部、プロダクト開発者向けのプロフェッショナル認定制度という2つの体系をもっている。後者のプロフェッショナル認定制度 PPE (Professional Product Engineer) では、技術のイノベーターとして富士通グループ全体に価値貢献するというミッションと、コア技術のノウハウを組織に伝承するというミッションを持たせている。

ベースラインの強化ということで、グレード（役割／職位）ごとに昇格時に研修をしている。最近の特徴としては通信教育と集合研修を融合させているということである。

企業の中でも二十代、三十代、四十代、五十代とそれぞれの節目にキャリア研修を行い、自分のキャリアを考えることを人材育成の中に取り入れている。

以上、4つのカテゴリについて紹介したが、これらに加えて知の創発と実践の場づくりを強化している。これは多様な人々とネットワークを構築できる、メンバーとの間で信頼関係を構築できる、そういう人材の育成を目指して強化しているものである。プロフェッショナルコミュニティでプロ同士が鍛え合う場、論文を発表し合う場、技術交流会で社外の有識者を招いて意見交換をする場などをもっている。また、アメリカの西海岸で、いろいろなスタートアップ企業、スタートアップの人たちとアイデアを交換し合う場ということで、Open Innovation Gateway をサンフランシスコにも開設した。

もう一つ、ハッカソンというイベントがあり、これはもともとソフトウェア開発者同士が集まって短期間にアイデアを出し合って物を作るというイベントだったが、富士通にはハードウェアの技術者もいるので、ハードウェアの技術も含めてハッカソンを行っている。こういう場になるとみんな元気である。これは社内だけではなくて、社外との交流も非常に盛んにやっている。

地域創生のための場とか、異業種の企業との協創の場などである。

最後に、高等教育と企業の連携について述べたい。連携は4つの種類に分けられるが、優秀な学生の送り出しと学びの場の提供ということにフォーカスする。

変革の時代においては、しっかりした基礎力と最新の専門力を持つ学生が企業に入ってきて旧人と創発し合うことが重要だと思っている。新入社員の状況について調査した結果を、2014年に日工教の論文で発表した。新入社員の上司アンケートで、「実物に向き合って自分で考え課題を解決する能力の低下をどう思うか」という設問に対して、大いに問題があるが30パーセント、どちらかという問題であるが56パーセントで、4分の3以上が、問題があると答えている。では実際どういう学生を受け入れているかという、電気、電子、物理、機械、情報、などの学部出身者である。実験の経験があるかどうか、修士修了者では22パーセントがないと答えている。オシロスコープが使えるかという、学士卒では47パーセントが使えない、といった状況である。

新人教育の期間を通して個々人が実際に測定器を使い、実験レポートを書いている。レポートの評価で優秀な成績を取った者は、受講前後のデータから、新人教育での学習効果が高い。これは出身学部ではなく、性格に依存するという結果が出ている。積極的、質問する、明るい、といったことがプラスに作用する。消極的、質問しない、柔軟性に欠ける、独りよがりの傾向が強い新入社員は学習効果が低いということがわかった。

情報処理推進機構（IPA）で出しているIT人材白書2016のデータで、情報系教育機関はどういうことに重点を置いて教育しているか、企業はどういうことに重点を置いて教育してほしいかが示されている。どちらも、基礎力を非常に重視している。そして専門力と、企業の場合はコミュニケーション力というのを挙げているところが非常に多いということがわかった。ただし、同じ基礎力といっても認識が合っているのだろうか。例えばプログラミング演習で、プログラムが書けるというのはどのレベルであろうか。そもそも良いプログラムとはどういうことかを自分でしっかり考え、自分の意見を持つことを情報処理科出身者には期待している。正しく動作するプログラムを書けることは学部共通のゴールである。

IT人材白書2016では、日本のIT人材の職種別人員は、テクニシャン1に対してプロフェッショナルレベルが0.75という割合になっている。欧州の場合はテクニシャン1に対してプロフェッショナルが3から4であり、プロフェッショナル人材の方が多い。プロフェッショナルの人材像を共有し、必要な情報や研修を提供し合う事も産学連携の重要なアクションの1つと考える。

最後に学びの場の提供についてお話ししたい。産学が連携したプログラムは多数あると考えるが、喫緊の課題はICT教育である。例えば弊社は農学部の先生方と一緒に授業を企画させて頂いている。農学部の学生にはICTはまったく遠い世界である。そこにICT関連の技術者が入って一緒にアイデアを出し合うことで、農業分野においてもICTが様々な形で活用できることを理解し、学生自身のアイデアとして湧き上がってくる。〇〇×ICTという形で、学生が学ぶ分野とICTの関わりを考える場、必要なICT技術を学ぶきっかけ作りをお手伝いできればと考えている。

(4) 講演 4 「数学・データサイエンス分野における産学連携教育の現状と課題」

池川隆司 東京大学大学院数理科学研究科 キャリアアドバイザー、
(株)アルテ シニアコンサルタント

今日は数学やデータサイエンス分野における産学連携教育の現状を東京大学大学院数理科学研究科（東大数理）での事例を中心に紹介するとともに、課題について簡単に触れたい。

数学が産業に役立つ簡単な例として、ネット検索での Web サイトのランク付けをあげる。このランク付けのアルゴリズムは、行列やマルコフ連鎖などの数学を駆使して考案された。考案者はグーグルの創業者であるラリー・ページ（Larry Page）氏である。今日、数学は様々なビジネス分野で役に立っており、週刊ダイヤモンドや毎日新聞等のメディアによってこの数学ブームが取り上げられている。

科研費の細目表のキーワードを調べてみると、多くの研究領域で数学が使われていることがわかる。数式を使ってあらゆる物事を記述できる数学は科学の女王といわれている。日本では、数学と諸科学や産業との協働を推進し、数学を使ってイノベーションを創出しようという契機は 10 年ほど前にあった。現在その機運は大きく高まっている。

この契機となったものは、2006 年に文部科学省（文科省）により報告された『忘れられた科学—数学』である（これについては後述する）。数理を基盤技術とする産業分野の顕在化の流れを受け、第四期科学技術基本計画に数理科学という文言が盛り込まれた。その基本計画に基づき文科省の中に数学イノベーションユニットが設置された。続いて、産業界と学術界の有識者からなる数学イノベーション委員会が設置され数学イノベーション戦略について議論されるようになった。

同時期、文科省は喫緊の課題であったオーバードクター問題（常勤職に就けない博士修了生が多数いる問題）を解決するため、博士課程教育リーディングプログラム事業を始めた。この事業は、産業界でリーダーとなり得る博士人材を育成することを狙いとする。東大数理として「数物フロンティア・リーディング大学院」が採択された。発表者はその大学院の枠組みの中で、社会連携活動を通じた数学人材の育成を実践している。

昨年、第 5 期科学技術基本計画がスタートした。第 5 期科学技術基本計画のキーワードは超スマート社会「ソサエティー 5.0」である。超スマート社会の基盤技術として数学が挙げられており、数学をさらに推進しようという流れになっている。

数学イノベーションを推進する契機となった、数学分野の研究教育の実態調査報告書『忘れられた科学—数学』を説明する。当時、日本は純粋数学のノーベル賞といわれるフィールズ賞受賞者を 3 人も輩出しており、数学レベルは世界でもトップクラスとされていた。ところが、世界的に見ると論文数は世界 6 位であり、研究費はアメリカの 550 億円に対して日本は 20 億円しかない状況であった。数学教育に関して、アメリカは数学教育の強化を提言した。現在、これを受け STEM 教育を推進している。この STEM の M は mathematics（数学）である。このように、世の中の潮流は数学を推し進める方向にあった。

世の中の潮流に乗り遅れた日本の政府はしっかりした戦略を作るために、文科省内に数学イノベーション委員会を設置して、「数学イノベーション」戦略をまとめた。その戦略での重要な施策として、数学協働プログラムがある。これは数学のニーズをもとに産業界と協働して成果を生み出す取り組みである。

数学履修生の進路について説明する。以前は、中学、高校や大学の教員、保険業界のアクチュアリー（保険数理士）、情報、電機分野の研究・開発職程度であった。昨今の情報通信技術の進展により、クオンツ（高度な数学的手法を用いて市場や金融商品や投資戦略を分析する専門職）や様々な領域の研究・開発職が加わった。さらに、最近ではデータサイエンティストという新しい職が生まれた。

アメリカでの職業評価（収入、今後の成長性、ストレスの度合などを基に総合評価）によると、数学関係の職業（データサイエンティスト、Statistician, Mathematician, アクチュアリー）が高い評価を得ている。数学の学生の進路は、非常に頼もしく夢のある方向にある。

育成すべき数学分野の人材については、パイ（ π ）型が求められる。数学の学生は、縦軸の要素である専門の学力、研究力は極めて高い。しかし、横軸の要素であるトランスファラブルスキル（情報収集力、コミュニケーション力、組織対応力等）は低い。もう一つの弱点は、縦軸のもう一つの要素である「数学以外のスキル」は極めて低い点である。例えばプログラミング能力は非常に低い。したがって、このトランスファラブルスキルやプログラミングスキルをどう醸成するかというのが大きな課題になっている。

さらに、数学科の学生は白い塔にこもりたがる傾向にあるため、社会連携という意識が希薄になってしまう。そこで、社会連携の意識の向上方法が課題である。

次に、東大数理では、このような課題を、産学連携によりどのように解決しようとしているかについて紹介する。インターンシップ以外の特色のある取組として、スタディグループと社会数理実践研究の Project Based Learning (PBL) がある。スタディグループは、オックスフォード大学で始まった取組みであり、産業界が課題を提示して、学生、ポスドク、教員が一週間かけて解決するというものである。社会数理実践研究はインターンシップの大学版で、企業の方が大学にお越しいただいて学生とともに研究を行う。これらの PBL を通して、トランスファラブルスキルの醸成を図ろうとしている。この他、社会連携の意識を向上させるために、社会数理先端科学や社会数理コロキウムと呼ばれる実務家による講義を行っている。

先に述べたスタディグループの知的財産の取り扱いについて説明する。企業が提示する課題についてはオープンである。このオープンとしての扱いについて、企業の人は非常に敏感に反応する。そこで、議論の流れによってはクローズドの扱いにするか、もしくはスタディグループを共同研究に発展させて、知的財産の問題をクリアしている。

社会連携教育の段階とその対応についてお話しする。社会連携教育の段階は、現在、立ち上げ期にある。立ち上げ時における社会連携の基本方針として、lose-lose 関係の回避、つまりお互い損になる関係構築の回避を考えている。具体的には、以下を実践している。知的財産権などは基本的に企業側のポリシーに任せる。仮に発明が生じた場合には、学生個人の判断に任せている。ただし、学生個人の判断に任せたとときに不利にならないように助言をする。

次にインターンシップの人選について説明する。インターンシップに誰でも送るようなことはしない。双方の人事レベルの面談を通して、要件を満たす学生を送っている。特に、1回目の人選が大事である。1回目に要件にあわない学生を送ってしまうと2回目から断れることが多い。

続いてデータサイエンティストの人材育成について述べる。データサイエンティストの定義はいろいろある。データサイエンティスト協会によると、「データサイエンス力、データエンジニアリング力をベースにデータから価値を創出し、ビジネス課題に答えを出すプロフェッショナル」と定義されている。大事なところは、コンサルティング業務ができるかである。

日本におけるデータ分析の訓練を受けた大学卒業生の数は、世界で 11 位である。これは 2008

年度のデータだが、遅れているという状況である。

データサイエンティストのスキルには様々なレベルがある。データサイエンティスト協会によると、5段階のレベル（世界レベルのトップランナー、チームマネージャー、独り立ち、見習い、一般）がある。

このような状況の中、日本もデータサイエンティストを育成しようという試みがなされている。最近、2017年2月に東大に数理・情報教育研究センターを設置した。文科省の施策によりデータサイエンティストを育成する五つの大学をコンソーシアム化した。その幹事校が東大である。

最後に課題について、簡単に述べる。教員の意識改革が必要である。さらに、アドミニストレーション体制を構築することも必要である。大学では、トップダウンでの組織運営が難しい。この改善も必要である。

数学人材の育成のためには、プログラミングスキルの修得環境の整備、トランスファラブルスキルやプログラミングスキル向上のための学生へのインセンティブが必要である。データサイエンティスト人材の育成には、スキルに応じた人材育成環境の整備が必要である。産学連携教育については、安定期にもっていきたい。そのためには、産と学の関係が win-win 関係になる必要がある。そのための課題の一つとして、学生の知的財産権の取り扱いの業界標準化がある。最後に、費用対効果を評価して PDCA サイクルを回す体制構築があげられる。

4.3 グループワーク

(1) 目的と進め方

a グループワークの目的とテーマ

グループワークの目的は、工学分野の人材育成について大学関係者と産業界関係者がそれぞれの視点から意見を出し合い、何をどの程度身につけさせるべきかの共通認識を探り、大学と産業界が連携して取り組める効果的な具体策を検討することとした。

限られた時間の中で効果的な議論を行えるよう、テーマは以下の2つに絞って実施した。

【テーマ1】産学連携によるPBL教育

： 効果的で持続可能な連携のための具体策の提案を目指す。

● テーマ1の論点

- ・ 大学内で閉じるのではなく、産学が連携することにより、どのような学習・教育の成果が期待できるのか？
- ・ これまでのPBL教育の限界は何か？ それは産学連携で乗り越えられるのか？
- ・ 教育の産学連携を継続的に実施する際に何が問題点となるのか？
- ・ 産業界が積極的に教育に参加したいと思えるモチベーションはどのように作るか？
- ・ 産学連携コンソーシアムは有効か？
など

【テーマ2】数理・データサイエンス教育

： 工学分野の人材育成において、今後期待される知識・能力の共通認識を形成するとともに、その具体的な教育の実施方法の提案を目指す。

● テーマ2の論点

- ・ 各専門分野の視点から必要と考えられる知識・能力とは、どのようなものか？
- ・ 教育の充実により何を期待するか？
- ・ 工学全般の学生に学ばせるための標準的なカリキュラムはどのように構築すべきか？
- ・ e-learningの活用は有効な手段か？
- ・ どのような形態で教育すべきか？
- ・ どのような教員が必要か？（教員のバックグラウンド、育成方法など）
- ・ 産学連携により教育効果を高めることはできるか？
- ・ 単なる知識ではなく、実践につなげる能力を身につけさせるにはどのような学ばせ方がよいか？
など

b 進め方

グループワークの基本単位は、大学関係者と産業界関係者のバランスにも配慮して構成した5～6名のグループとした。テーマごとにグループに分かれてワークショップを行った後、その結果を全体に向けて発表し、シンポジウム参加者全体で共有した。

ワークショップは、模造紙・付箋紙等を用いて、基本的に以下の方法で行った。

① 意見・アイデア出し（ブレインストーミング）

- ・ テーマに対する意見，アイデア等を個々人が付箋紙に自由に記入し，模造紙に貼り付けた。
- ・ 「現状（問題点など）」をピンク色，「目標，目指すべき成果など」を青色，「提案，アイデアなど」を緑色の付箋紙に，一付箋紙一情報を簡潔に記した。

② KJ 法的分類によるまとめとディスカッション

- ・ グループ全員で貼られた付箋紙を整理し，テーマについてディスカッションしてグループの意見をまとめた。



図 4.3.1 グループワークの様子

以上の目的，テーマと論点，方法は，シンポジウム1日目の講演の最後に説明した。また，参加者個々人に，「現状（問題点など）」，「目標，目指すべき成果など」，「提案，アイデアなど」の記入欄があるメモ用紙を配布し，グループワークまでに自分の意見を整理するよう依頼した。

(2) グループワークのまとめ

グループワークでは、短い時間ではあったが、中身の濃い充実した意見交換がなされ、時間延長や継続的な実施を望む声も寄せられた。

グループごとの結果のシート、および発表と討議の議事要旨は、本報告書巻末の資料 4-5 に収録したとおりであるが、各テーマに関する主な意見を以下に総括する。

a テーマ 1：産学連携による PBL 教育

【現状（問題点など）】

- PBL の定義・目的が曖昧である
- 企業側は PBL 教育にどう関わったらいいかわからず、メリットが見えない
- 大学側も企業に何を要求すべきかわからない
- 大学と企業の人的交流が不足している
- PBL の成績のつけ方や運営方法（役割分担など）が難しい
- 講義・演習など他の科目が多く、PBL を行う時間・人が足りない
- PBL のテーマ選択が難しい
- 身近で小さなテーマでは企業側にはメリットが感じられない
- PBL を継続することが難しい（数年続けるとテーマが不足する）
- 知的財産権の帰属が問題になることも
- 奨学寄付金、共同研究費の用途が限られ使い勝手が悪い

【目標、目指すべき成果など】

- 教育効果を向上させる
- 低学年には広い視野を身につけること、高学年には異なる意見をすり合わせより良い解決を見出だすことが目標
- 学生の勉学意欲（モチベーション）を向上させる
- コミュニケーション力、チームワーク力、マネジメント力を向上させる
- 産業界との連携を強化する
- 企業のリクルートにつなげる（参加企業のメリットにもなる）

【提案、アイデアなど】

- 簡単に答えのない大きなテーマで、企業が参加する価値を感じるようにする
- 企業側からテーマを公募する
- 産学連携だけでなく、地方自治体や地域コミュニティなどとの域学連携 PBL も推進すべきである
- 分野別に PBL テーマ分類集を作成する
- 産学 PBL 研究チームを設立してテーマの研究を行う
- 産学連携コンソーシアムを設立し、PBL 授業を実施する
- 比較的簡単なテーマを行い、産学の日常的な交流の場とする
- 企業人がコメントやアドバイスを与える場を設け、学生のモチベーションを高める

- PBL 授業の時間を確保するために演習時間，単位数を見直す
- 卒業研究と PBL 授業を選択制にする
- PBL 授業のノウハウに関する教員向け電子教材を作成する
- 適切な成績評価法を確立する
- PDCA サイクルを意識して授業を進める
- 授業名に PBL を入れて企業が注目するようにする
- ドロップアウトする学生に対するケアも必要
- インターンシップを大学で PBL として行う
- 企業のリクルート活動と PBL をリンクさせる（win-win の関係になるように）
- OG, OB, 上級生，院生を活用する
- 専属のコーディネーターを配置する
- 社会全体で人材を育てるという意識を高める

b テーマ 2：数理・データサイエンス教育

【現状（問題点など）】

- 学生の理解度が低い
- 何を教えるのか，なぜ必要なのかの共通認識がない
- 同じ数理でも材料，機械，電気，ソフトウェアなどの分野によって異なる
- 数学が社会にどう生かされているかがわからない
- 数理・データサイエンスの定義が曖昧である
- 数学やデータサイエンスのプロフェッショナルといったスキル標準がない
- 標準的なカリキュラムが確立していない
- 企業，大学ともに有用性について懐疑的であり，それを払拭する必要がある
- 初等中等教育からの数学教育も問題である
- 教えられる人材が不足している
- 教育の実施体制が十分でない
- 他の工学教育科目との関連が不明確

【目標，目指すべき成果など】

- 質の高いモノづくりに貢献できる人材を育成するためには基礎学力の向上が必要
- 数理・データサイエンスの可能性と限界の両方を教えることが重要
- 学生に面白いと思わせ，必要性を理解させ，勉学のモチベーションを高める
- 数理・データサイエンスの具体的な内容や効用，応用などの情報を産学で共有する
- 数理・データサイエンスの「社会実装」を示す

【提案, アイディアなど】

- ICT を活用した電子教材などで授業の質を高める
- 授業形式を反転授業とする
- 予習・講義・実習をモジュール化して効率的に学習させる。結果的に科目数を減らすことになる
- ソフトウェアの開発・評価は短期間でできるので、アジャイル型のソフトウェア開発を授業で体験させる
- ベンダー教育とユーザー教育を分けて体系的に教える
- 今はソフトウェアの開発・利用は安価にできるので活用すべきである。ただし、ただソフトウェアを使えるだけではなく、アルゴリズムを理解した上で利用すべきである
- 修士課程では数理・データサイエンスを必修とする
- 数理・データサイエンスを分類し、専門人材・利用人材をマッピングする
- なぜ必要なのかについて社会全体の認知度上げるために、雑誌や新聞などでわかりやすく発信する
- 海外先進国から遅れないよう、教員・教材不足を早期に解消するために、スピードが速いベンチャー企業や海外の企業と連携する
- 大学の学内組織横断的な体制を構築する（異分野、他分野の連携体制の構築）
- 教えられる教員の確保、育成を行う
- 初等中等教育における数学教育を充実させる
- プログラミングや統計解析などの知識やスキルは小中高の早い段階から教える
- 数学教育に関する小中高大の連携を図る

5. おわりに

本年度委託事業では、昨年度の調査結果を踏まえ、実践的なプロジェクト型教育を展開するための課題、卒業研究や修了研究の実態、大学と企業との相互理解を深めるための方策であるインターンシップや共同研究などの産学連携教育の実態、理工系教育の基礎となる数理・データサイエンス教育の実態、海外大学における工学教育の実態などを明らかにするためにアンケート調査及びヒアリング調査を実施した。さらに産学の関係者が一堂に会するシンポジウムを開催し、グループワークで具体的な理工系人材育成の方策を議論した。これにより、我が国の持続的な発展を支える理工系人材の育成方策について方向性が把握できたと考えている。以下に、成果の概要、今後の理工系教育の改善に向けた方策案について述べる。

5.1 成果の概要

本委託事業において、国内の国公立大学における工学主要7分野（電気・電子、機械、建築、土木、化学・材料、情報・通信、バイオ）に関連する学科・専攻等（175大学の906学科・専攻等）、および理工系人材を採用している国内企業（従業員数100名以上の10,230社から昨年度の調査結果を元に抽出した908社・936部門）に対して、プロジェクト型教育、卒業研究・修了研究、産学連携教育、数理・データサイエンスを含む理工系専門基礎教育などの実態に関するアンケート調査を実施し、大学の有効回答率61.6%、企業の有効回答率62.6%を得た。この結果に基づいて、大学と企業における理工系教育に関する意識について分析した。さらに国内外のヒアリング調査、それらを踏まえて実施したシンポジウムにおける議論を通して、以下のような成果が得られた。

a プロジェクト型教育の実態と課題

- プロジェクト型教育（PBL）を大学教育として行う必要性は、大学では「高い」、「どちらかといえば高い」（73%）と考えており、企業でも大学教育として行う必要性を高く評価している（77%）。大学がPBLで育成することを重視している能力は、「課題解決能力」、「自主性・自立性」、「課題発見・設定能力」、「協調性・チームワーク」などであり、企業が大学のPBLで育成することを重視すべきとする能力も、「課題解決能力」、「自主性・自立性」、「課題発見・設定能力」、「コミュニケーション能力」などでほぼ共通する回答が得られた。
- 大学では、PBLを「現在積極的に実施」しており（48%）、「今後も積極的に実施したい」（59%）と考えている。また、35%は、「今後の実施には企業の協力が必要である」と考えている。企業のPBLへの協力実績として、過去3年間で「数多く協力している」、「数多くはないが、協力したことはある」は、15%と多くはないが、今後の協力意向「機会があれば、プロジェクト型教育へ積極的に協力したい」は、35%に増加している。
- PBLを今後さらに発展させるための課題として大学は、「指導にかかわる大学教員の負担が大きい」（72%）、「予算が不足している」（63%）、「教育を実施する時間が不足している」

(64%) とする回答が多かった。また、チームで行う PBL 授業の運営方法や適切な成績評価に課題があることが指摘された。さらに、シンポジウムにおける議論の中で、「PBL の定義や目的が曖昧である」、「企業側は PBL 教育にどう関わったらいいかわからず、メリットが見えない」等の指摘もあり、PBL についての研究・周知が必要である。

b 卒業研究・修了研究の実態と課題

- 大学では、卒業研究、修了研究（以下、卒業研究等）を「自分の考えをまとめ、文章で表現できる能力の修得」、「考えを適切に伝えるためのプレゼンテーション能力の修得」、「課題設定と課題解決の過程の経験と修得」、「技術や知識を統合して研究を計画し実施する能力の修得」などの点で、非常に高く評価している。企業においても卒業研究等を「研究を行う過程で得られた課題解決などの能力は実務に役立っている」、「実務では直接役立っていないが行った経験は生きている」、「研究を行ったことによって得られた専門的知識は実務に役立っている」として、高く評価している。
- 卒業研究等は、研究室に所属して比較的クローズドな環境で行うため、ややもすれば蝸壺教育になってしまうとの批判がある。また、研究テーマを決めるときに、「教員がテーマを学生に付与」が、卒業研究や修士研究で非常に高く、博士課程でも、「教員が設定したテーマの中から学生が選択し教員と相談」が最も高く、学生が研究に自主的、主体的に取り組む姿勢がやや希薄であるようにも思われる。

c 産学連携教育の実態と課題

- インターンシップは、ほぼすべての学科・専攻（99%）で実施しており、企業でも 66%は過去 3 年間に実施した経験を持っている。インターンシップの意義として、大学、企業共に「学生に企業の状況を知ってもらうことができる」（大学 93%、企業 90%）を挙げている。「期間が短く、学習効果は低い」、「内容が不十分で学習効果は低い」などのインターンシップに対するネガティブな評価は、大学、企業共に低く、アンケート調査の回答からは、インターンシップの問題点を明確に認めることができなかった。しかし、アンケート調査の自由記述では、「学期中に行われる“1 Day インターンシップ”などは、効果が期待できない上、学習の妨げになる」、「1 週間程度では受け入れ先の企業の負担が増えるだけで、インターンシップに対する企業の理解は得られにくい」、「最低でも 1~2 週間は必要」などと書かれており、短期間のインターンシップには、ネガティブな意見が多かった。短期間のインターンシップは実質的に企業のリクルート活動の一環であることが多く、本来のインターンシップとしての機能を果たしていない現状があるものと思われる。欧米の大学での長期間（数ヶ月）で、必修科目であるインターンシップと比べると、我が国のインターンシップは、質・量共に不足していると言わざるをえない。
- 産学共同研究については、89%の学科・専攻が毎年定期的あるいは不定期に実施しており、52%の企業で、過去 3 年間に実施したことがあると回答している。産学共同研究に学生が参加することの意義として、大学では、「学生が研究活動と社会のつながりをより強く体感できる」（91%）、「学生の研究に対するモチベーションが向上する」（84%）などの点で高く評価している。企業でも「産業界の人材育成に繋がる」（74%）ということの評価している。一方、大学、企業共にネガティブな評価は比較的低い。

- 産学共同研究を今後さらに発展させるためには、大学も企業も「産業界と大学との情報交換の促進」、「産業界と大学との人的交流の促進」を重要と考えているが、実態では、情報交換、人的交流のための仕組みは不足している。意識・方向性は、大学と企業でほぼ一致しており、今後さらなる発展が期待される。

d 数理・データサイエンスを含む専門基礎教育の実態と課題

- 「専門分野の基礎知識」は、大学、企業ともに大学教育として非常に重視し、期待しているが、一方、特に企業では、学部新卒者の身につけていないと考えている（H27年度調査より）。
- 企業では、専門基礎科目の「力学」、「知的財産権」、「マネジメント」、「熱・統計力学」、「統計学」、「シミュレーション技法」、「物理・化学基礎実験」などは、実務で必要と考えている。しかし、特に「マネジメント」は、大学での開講状況は半数に満たず低い。
- 大学において、数理・データサイエンスに関する専門基礎科目の開講状況は、「統計学」、「確率論」を除き全体的に低いが、企業では、これらの実務での必要性を比較的高く考えている。こうしたことから、数理・データサイエンスを含む、数学・物理等の専門基礎科目を今後さらに充実して教育していくことが必要である。
- 欧米の学生と比較して学修時間が少ない日本の学生を教育するためには、大学教育の抜本的な見直しが必要であろう。授業内容が、個々の教員に任せられているケースが多く、教員によって授業内容が異なり、学生の理解度も高いとは言えないのが現状である。また、欧米に比較して、教員の教育・研究などをサポートするスタッフの数が圧倒的に少ないことも明らかになった（米国の1/5）。

5.2 今後の理工系教育の改善に向けた方策案

本委託事業の成果を踏まえ、今後の理工系教育の改善に向けて、以下の方策を提案する。

a 産学連携プロジェクト型授業の実施

- 企業（後述の「産学連携コンソーシアム」参加企業など）から解決したい課題を募集する。大学教員と企業関係者からなる PBL 課題選考委員会で検討し、PBL 授業として実施する課題を選考する。提案企業（スポンサー企業）は、研究費（奨学寄付金等）を支援する。
- PBL の課題としては、実施する学年によって、簡単な課題や、簡単には答えの出ない課題も必要である。また、複雑なシステムを有する製品を設計するなどの課題で、全体を俯瞰し、問題点を見出すような PBL 授業も実施すべきである。
- 産学 PBL 課題研究会を設置し、課題研究を行い、分野別の PBL 課題分類集を作成する。
- 工学系学科横断的な科目として開講し、複数の学科・分野の学生からなる複数のチームを編成して、各課題に取り組む。場合によっては、複数の学年にまたがったチームを編成する。
- 大学教員、提案企業の担当者、卒業生（OB、OG）、上級生 TA 等からなるアドバイザーグループが指導、進捗管理などを担当する。
- PBL の最終成果発表は、公開の発表会で行い、産学連携の場としても活用する。
- 得られた成果の知的財産権等について、あらかじめ産学で検討しておくことが必要である。
- 産学連携 PBL 授業を行うことによって、産業界に大学教育に関わってもらうことが重要である。
- 限られた教員リソースの活用のためには、既存の演習授業を産学連携 PBL 授業に振り替える、異分野、他学部・他学科との連携を含めた、数学・物理等の専門基礎科目の充実、カリキュラムの改善、また、講義部分を電子教材に置き換えるなど、抜本的な授業改革が必要である
- PBL 授業の適切な成績評価法を開発する。
- PBL 授業の時間を確保するために演習時間、単位数を見直す。
- PBL としては、この他、学生が自ら課題を発見し、その解決策をチームで検討し提案するものなども行うべきである。
- 課題解決型ではなく、課題発見型のプロジェクト授業も重要である。
- 産学連携だけでなく、地方自治体や地域コミュニティなどとの域学連携 PBL も推進すべきである。

b 卒業研究、修了研究成果の公開発表の促進

- 蛸壺教育の弊害をなくすためには、常に研究内容をオープンにして、批判や助言を受ける体制が必要である。そのためには、学会などを大いに活用し、研究成果を公開発表することが必要である。
- 1 人の教員による研究指導では偏りも懸念されるので、学生の視野を広げるために複数の教員による指導体制が望ましい。また、学会等での発表の他、中間報告会、最終報告会など出来るだけ多くの機会に公開で発表するべきである。

c 卒業研究等の研究テーマ決めに学生の自主性・主体性の重視

- 研究テーマ決めについては、学部，修士，博士で異なると思われるが，テーマの妥当性を考慮しつつ，学生の自主性・主体性も重視することが必要である。

d 産学共同研究を卒業研究等のテーマに

- 実社会とのつながりを考慮すると，産学共同研究のテーマを卒業研究等で行うことも意味がある。産学共同研究の内容を精査した上で，積極的に卒業研究等で行うことも必要であろう。
- 卒業研究等として期待される能力を身につけることができ，なおかつ，蛸壺教育とならないような様々な分野を巻き込んだ PBL 授業の開発の検討も必要である。

e 産学連携コンソーシアムの設立

- 大学と企業の情報交換，人的交流を図るための場として，複数の大学，企業団体からなる産学連携コンソーシアムを設ける。産学連携コンソーシアムの集会を定期的で開催し，大学・企業からの研究発表・話題提供や懇談会を行い，人的交流や研究交流を促す。
- 産学共同研究に学生が参加することについて，大学，企業共にポジティブな意識があり，今後も推進していくべきものと思われる。そのために，「a 産学連携プロジェクト型授業の実施」で述べたように，PBL の一環として産学共同研究を実施することを提案する。課題の提案については，上記の産学連携コンソーシアム参加企業を中心に行ってもらおう。
- 産学連携教育を促進するためには，大学の知的財産管理体制・リスクマネジメント体制などを強化する必要がある。

f インターンシップの実質化

- 専門教育課程に位置付けた長期のインターンシップの推進が必要であり、大学側の積極的な関与も必要である。
- 企業側も，インターンシップを単にリクルート活動として行うのではなく，人材育成の一環として長期的な視座で捉えるべきである。

g 数理・データサイエンスを含む専門基礎科目の充実に向けた取組み

- Society 5.0 の実現に向けた数理・データサイエンス教育の充実のために，これらの科目を含む工学系専門基礎教育の一段の改革が必要である。限られた教員のリソースを効率的に活用し，適切な授業内容を担保し，質の高い専門基礎教育を行うためには，講義に相当する部分については，電子教材を活用することが必要と思われる（注 1）。
- この電子教材は，単に教員の講義風景を撮影したようなものではなく，各科目の専門家，教育学者，デザイナーなどの有識者グループによって十分に練られたものを作成する（カーネギーメロン大学の Open Learning Initiative のようなもの）。講義内容には，その授業内容と社会とのつながりなどをわかりやすく解説し，学生のモチベーションを高める工夫をする。
- 学生は，電子教材を用いて時間外に学習し，時間割で決められた授業時間に疑問点への質問を行う復習や，科目によっては演習を行う（反転授業）（注 2）。このときの指導は，専

- 任教員の他、複数名の上級生 TA 等が担当する (TA は事前にガイダンスを受ける)。
- 各科目の講義に相当する部分の成績評価は、問題作成委員会によって作成された統一試験によって行い (受験機会は複数回可能とする)、成績評価の厳正化も検討すべきである。
 - このような電子教材を用いることによって、担当教員がその学部にはないような科目 (たとえば、マネジメント (MOT) など) も開講できる。
 - この電子教材を一般にも公開することによって、広く社会人教育や生涯学習にも活用できる。
 - すでに我が国で実施されているオープンコースウェア (OCW) や JMOOC (日本オープンオンライン教育推進協議会) 等の取り組みとの連携も視野に入れるべきであろう。
 - 数理・データサイエンス教育の運営のために、異分野、多分野が連携できる学内組織の横断的体制の構築が必要である。また、数理・データサイエンス教育の効用や応用例を、情報交換する場として産学共同の勉強会の開催も必要である。
 - なぜ数理・データサイエンス教育が必要なのかについて、社会全体の認知度を上げるために、雑誌や新聞などでわかりやすく発信する。
 - 海外先進国から遅れないよう、数理・データサイエンスの教員・教材不足を早期に解消するために、スピードが速いベンチャー企業や海外の企業と連携する。
 - 教材の電子化を、一般教育科目、専門科目の一部にも今後広げていくことも検討すべきであろう。
 - 限られた教員のリソースを効率的に活用するため、蝸壺教育の弊害をなくし、異分野、他学部・他学科との連携を含めた、数学・物理等の専門基礎科目の充実、カリキュラムの改善を検討することも必要と思われる。

(注 1) こうした無料で大学の講義等を受講できるプラットフォーム (Massive open online course; MOOC) は、欧米を中心として多数ある (たとえば、edX, Coursera, NovoEd, Open2Study, Kadenze) が、その多くは英語での授業であり、日本の大学での本格的な活用には無理がある。世界最高水準の教材を作成することは、理工系人材育成として非常に意義がある。

(注 2) ネット配信による多くのオープンエデュケーションでは、実際の教室での授業 (対面授業) がなく、十分な理解やモチベーションの維持が困難である。上記の提案では、必ず時間割に定められた復習授業、演習授業をセットで設け、学生の理解とモチベーションを高めることとする。

