

エンジニアリング(工学)と 学生に求められている能力

講義「社会のための技術」第1回
(2016年4月11日)

東京大学 人工物工学研究センター
(大学院工学系研究科 システム創成学専攻)

増田 昌敬

講義内容

1. エンジニアリングとは？
2. 技術者に要求されるエンジニアリングデザイン能力
 - エンジニアリングサイエンスとエンジニアリングデザイン
 - PDCAサイクルの重要性
3. 国際的に活躍する人材には何が求められているか？
 - 企業からの要求
 - 学生へのメッセージ
4. 講義のまとめ

1. エンジニアリングとは？



Engineeringとは何か？

● エンジニアリング(技術業)の定義

- 技術業は、医者、薬剤師、弁護士と同じような専門職業であって、その行為に対して**高い基準**を有し、**公衆に対して責任を負う**ことを認識する
- Engineering is a profession like medicine, law, etc. which aspires to high standards of conduct and **recognizes its responsibility to the general public.**

● 科学者と技術者は違う

- 科学者は、自分の知識・能力を新しい発見のために使う
- 技術者は、自分の知識・能力を**利用価値の高い機器、構造物、プロセス等を設計・開発**するために使う。
- Engineers are different than scientists in that scientists use their knowledge to acquire new knowledge, whereas engineers applies knowledge to **design and develop usable devices, structures and processes.**

職業区分

- 科学者・研究者(Scientist)

- 研究を行うという点に関しては技術者と近いが、主目標が知識の拡大、または物理・化学・自然現象プロセスの理解

- 技術者(Engineer)

- 数学・物理等の科学知識を、社会に役立つ機器、構造物、プロセス等を設計・開発するために適用

- 技術専門職・技師(Technologist)

- 確立した技術やプロセスの実践を職業とする。科学知識や原理については、その実践に必要な知識を有しているが、興味の主体は、ハードウェアやプロセス自体。

- 熟練技能者(Technician)

- 機械製図、機械加工、電子技術等の狭い専門技術分野で、確立した技術やプロセスに熟練しており、その操作を職業とする

- 職人(Artisan)

- 溶接工、機械製作工、電気工、大工、塗装工などのように、訓練と経験により、専門技術を有する

技術者の活躍分野 (Engineering Functions)

技術者になると、次のいずれか、または幾つかの仕事を担うようになる


- 研究(Research) - 新しい理論・原理を探索・発見し、その応用を考える (基礎研究)
- 開発(Development) - そのアイディアの実用化に必要な技術開発(応用研究)
- 設計(Design) - アイディアと技術の総合化・複合化(システム創成)
- 生産・試験(Production and testing) - 製品・プロセスの製作・試験
- 販売(Sales) - 製品の販売・プロセスの商業化
- 操業(Operations) - 機器・施設の運転・維持
- 建設(Construction) - 仕様作成・入札, 施行管理
- 管理(Management) - リソース(機器・人員・予算など)の最適化
- コンサルティング(Consulting) - 顧客に対するエンジニアリングサービス

卒業生のキャリア・パス (Career Paths)

工学部出身学生のキャリア・パスとして考えられる進路

1. 大企業に就職 – 企業内で昇進
2. 独立起業家 – 新規事業, 新分野の開拓
3. 政府関係 – 政策立案・実効, 官僚, 政治家
4. 海外で活躍 – エンジニアリング・社会サービス
5. 大学・研究所 – 教育, 研究を継続
6. エンジニアリングを離れる – 科学者へ転身, 科学に没頭, 文系転身

2. 技術者に要求されるエンジニアリング デザイン能力



エンジニアリングデザイン能力とは？

エンジニアリングデザイン(Engineering Design):

単なる設計図面製作ではなく、「必ずしも解が一つでない課題に対して、種々の学問・技術を統合して、実現可能な解を見つけ出していくこと」

エンジニアリングデザイン能力:

技術面・経済面・社会面・環境面などの諸々の制約条件下で、最適な実現可能な製品・プロセス・対策などを構想・企画・設計・検証していくことができる能力

- ➔ 単に高い学力・分析力を有しているだけでは駄目で、**問題発見能力, 構想力, 創造力, コミュニケーション力, チームワーク力, 計画性, 自主性**を持ち合わせ、それらをバランス良く発揮できなくてはならない
- ➔ 自宅で一夜漬けで勉強して試験に合格するといった姿勢では、エンジニアリングデザイン能力は身に付かない
- ➔ **構想したものを図, 文章, 式, プログラム等で表現する能力, 社会のニーズに対する感性も重要**

エンジニアリングサイエンスとデザインの違い

・ エンジニアリングサイエンス科目

- 実践的な工学問題の設定や解を見つけるために使われる基礎科目。材料力学, 流体力学, 熱力学, 材料科学, 地球科学, コンピュータ科学など。
- 数学や基礎科学をベースとして, それらの知識を工学応用へ適用する科目。数学または数値解法, モデリング, シミュレーション／実験手法の構築などが含まれる

・ エンジニアリングデザイン科目

- エンジニアリングデザインとは, 数学, 基礎科学, エンジニアリングサイエンスを統合化して, 特定の要求に見合った要素, システムやプロセスを開発すること。専門領域に応じた基準や法の制約条件下で, 経済的要因, 安全衛生・環境面での要因, 社会要因などに関連して, 創造的思考, 繰り返し作業を要する過程
- カリキュラムでは, 授業で学んだ知識や手法を適用した重要なデザイン経験をさせる
- 学生にチームワークとプロジェクト管理の概念を与えるのが望ましい
- 研究プロジェクトは, そのプロジェクト達成にデザイン要素が満たされていれば, エンジニアリングデザインとみなせる

研究におけるサイエンスとデザインの区別を考えてみる

・エンジニアリングサイエンス

- － 地下水汚染のシミュレーションプログラムを作成して現象を分析するといった研究
 - ・問題を解くために、シミュレーションというツールの適用
 - ・単にプログラミングして、計算結果を分析するのみ

・エンジニアリングデザイン

- － 地下水汚染のシミュレーションを実施して、地域の汚染防止対策を検討するといった研究
 - ・解はいくつもある
 - ・地域社会の特長, リスク, 住民の意見, 防止対策の経済性などを総合的に判断して, 試行錯誤的に解を得る

➔ 卒論研究は、サイエンス志向のものとデザイン志向のものに分かれる。

➔ 学生には、PDCAの思考サイクルによるデザイン能力の基礎を養ってもらいたい

PDCAサイクルによるデザイン能力の育成

問題認識(発見)・目標設定

What is the engineering problem?

問題解決のために、どのようなアプローチをするかを考えて、実行計画を作る
Think and determine how to solve this problem?

計画を実行する
Execute the plan!

結果を評価:問題が解決したか、そうでない場合はどうすれば良いかを判断
Check your results and find the next action!

改善策を実施・行動
Take action for improvement!

Plan



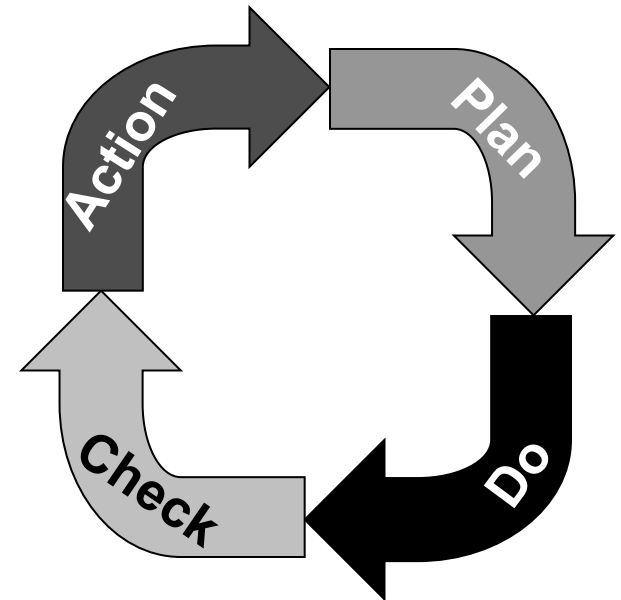
Do



Check



Action →→→ Plan



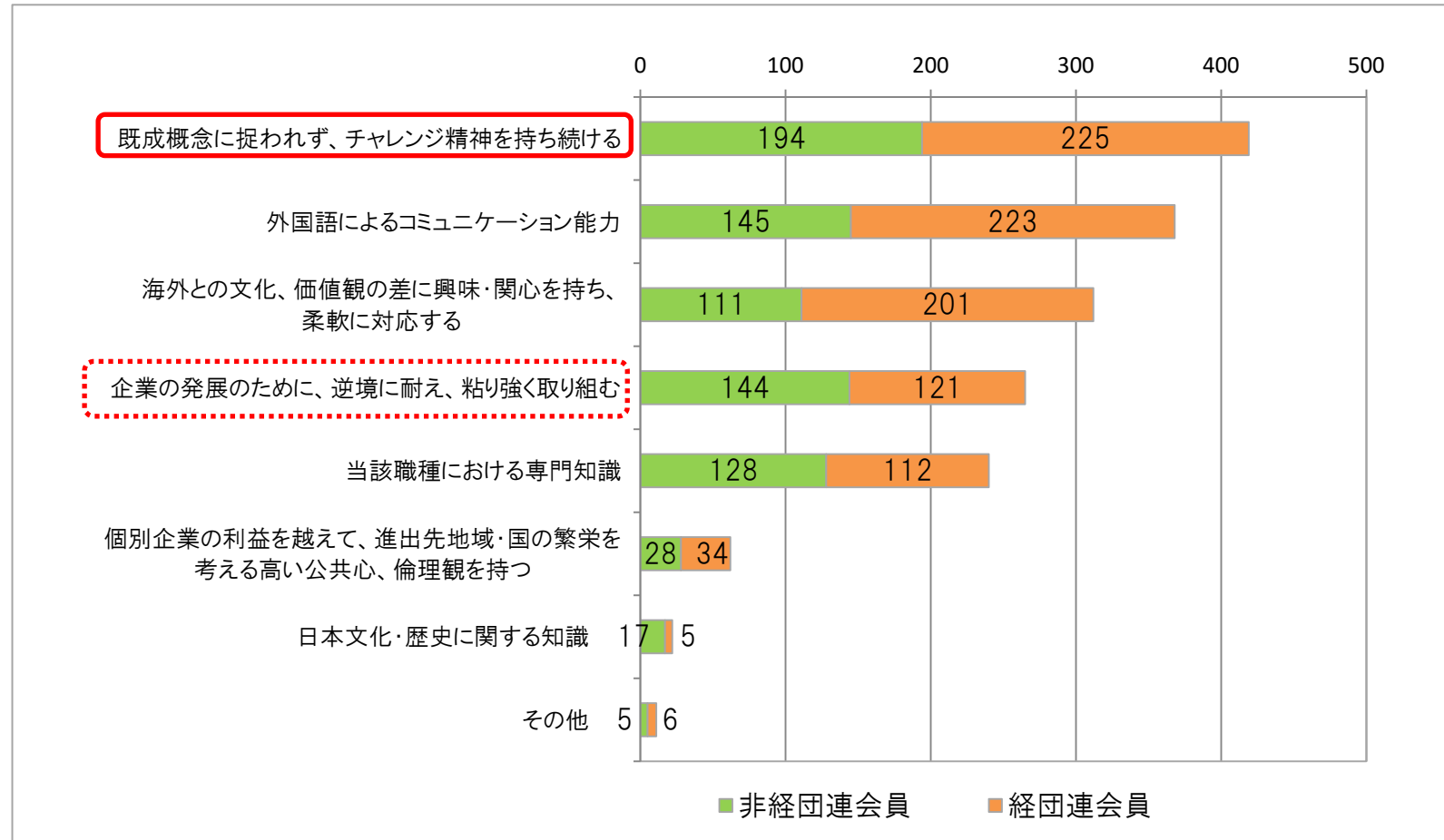
3. 国際的に活躍する人材には何が求められているか？



企業が求める人材

- 基礎学力
 - 狭すぎない専門領域(専門分野に関連した他領域の基礎知識も有する)
 - 主体性と創造力(オリジナリティ)
 - 目的意識と問題設定能力
 - コミュニケーション能力
 - 人間力(協調性, 積極性, 実行力)
- 問題提起型の技術者を望む
- 自分で動機付けができる(志, 主体性)
 - 自らで課題を設定し, それを解決できる(デザイン能力)
 - 周囲を説得できる(誠実さ, コミュニケーション能力)

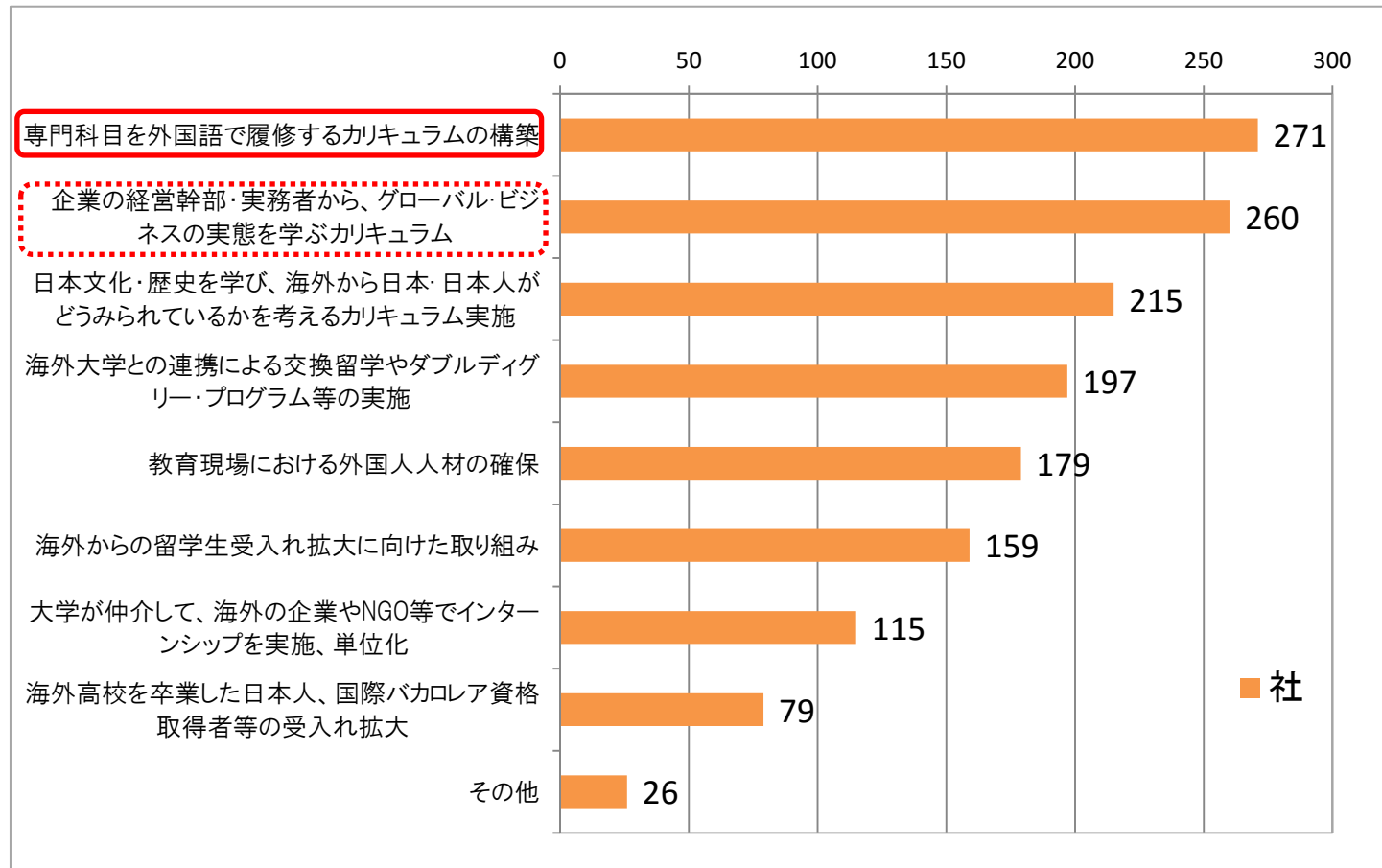
グローバルに活躍する日本人人材に求められる素質、知識・能力



[図2]グローバルに活躍する日本人人材に求められる素質、知識・能力(複数回答) n=542社

(出所)産業界の求める人材像と大学教育への期待に関するアンケート結果(経団連, 2011.1.18)

グローバル人材育成に向けて、大学に優先的に取り組んでほしいこと



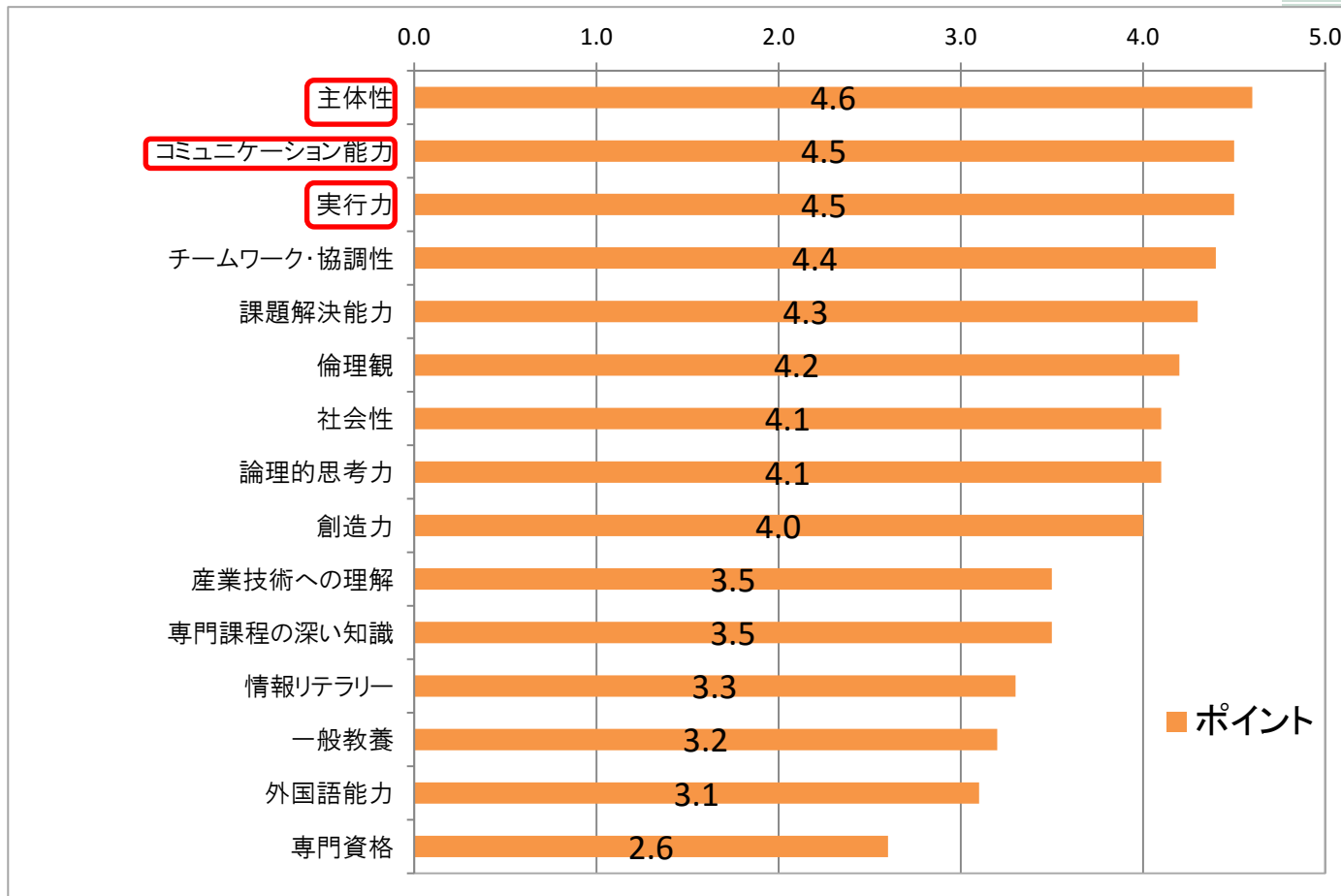
[図10]グローバル人材育成に向けて大学に期待する取り組み(複数回答) n=514社

(出所)産業界の求める人材像と大学教育への期待に関するアンケート結果(経団連, 2011.1.18)

海外赴任者に求められる外国語能力

- 海外赴任者に求められる外国語能力については、「客観的基準は設けていない」とする回答が多い(501社)
 - ・ 語学力より現地で求められる専門的知識, マネジメント能力を重視している
 - ・ 語学力は赴任後に集中的に学習する機会を与えることで伸びる
 - ・ 外国語能力の基準を設けることで人選の幅が狭まり, 有能な社員のチャンスを摘んでしまう
 - ・ 外国語能力も判断要素の一つではあるが, 専門知識, 本人の適性, 経験等を総合的に勘案して判断する
- 設けている場合(54社)は, TOEIC, 中国語検定をあげる回答が多い【英語】
 - ① TOEIC
 - ・ 総合基準:500 点以上, 600 点以上, 730 点以上, 800 点以上 等
 - ・ 事務系700 点以上, 技術系500 点以上
 - ② 研修で派遣する場合:TOEIC 450 点以上, 600 点以上, 650 点以上
 - ③ 海外駐在員の場合:TOEIC 600 点以上, 700 点以上, 730 点以上
 - ④ 海外留学の場合:TOEIC 700 点以上, TOEFL iBT 100 点以上
 - ・ MBA の場合, TOEIC 800 点以上
- 【中国語】
 - ・ 中国語検定4級以上, 3級以上

大学生の採用に当たって重視する素質・態度, 知識・能力



(出所)産業界の求める人材像と大学教育への期待に関するアンケート結果(経団連 2011.1.18)

[図11]大学生の採用に当たって重視する素質・態度、知識・能力 n=594社

[非常に重視する=5ポイント、重視する4ポイント、普通で良い=3ポイント、あまり重視しない=2ポイント、重視しない=1ポイントで計算]

最近の大学生に不足していると思われる素質・態度, 能力・知識

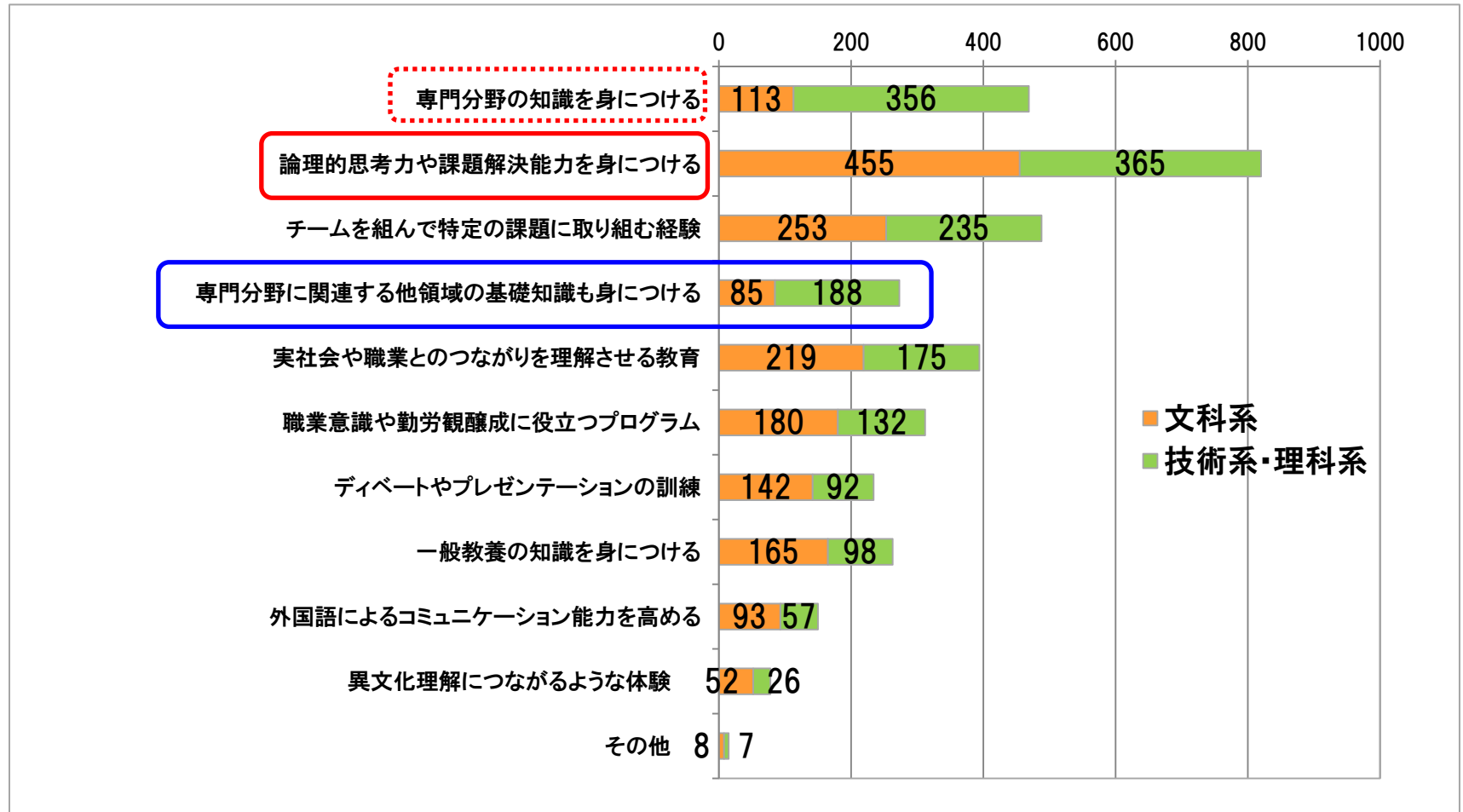
[表3]最近の大学生に不足していると思われる素質・態度、知識・能力

	第1位	第2位	第3位
素質・態度	主体性 / 523 社	職業観 / 361 社	実行力 / 322 社
知識・能力	創造力 / 407 社	産業技術への理解 / 396 社	コミュニケーション能力 / 346 社

- ・ 素質・態度については, 主体性, 職業観, 実行力の不足を指摘
- ・ 知識・能力については, 創造力, 産業技術への理解, コミュニケーション能力の不足を指摘

(出所) 産業界の求める人材像と大学教育への期待に関するアンケート結果(経団連, 2011.1.18)

大学生・大学院生を採用する立場から、大学教育に期待するもの



[図12]文科系、技術系・理系大学生に期待するもの(複数回答) n=592社(文科系), n=580(技術系・理科系)

(出所)産業界の求める人材像と大学教育への期待に関するアンケート結果(経団連, 2011.1.18)

4. 学生へのメッセージ

学生時代にどのような能力を修得すべきか？



1. 専門知識・能力の修得(Ⅱ型の能力)

■ I型

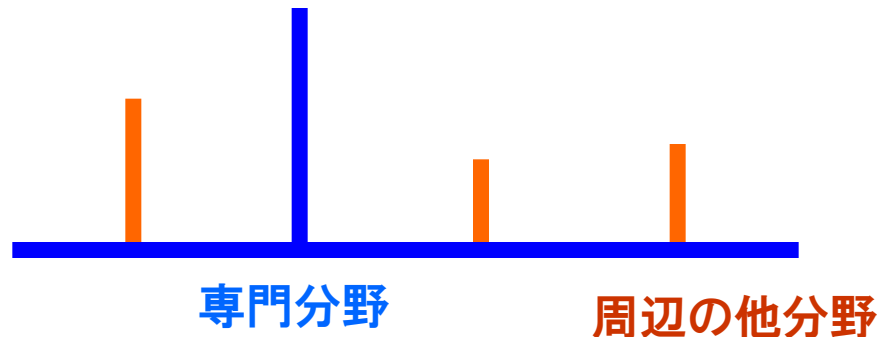
- ✓ 自分の専門分野の基礎知識・能力を修得
- ✓ 原理・原則, スキル

■ T型

- ✓ 専門分野に関連した他領域の基礎を身につけ, 広い視野を持てるようにする

■ Ⅱ(パイ)型

- ✓ さらに専門を増やし, 物事の本質を見抜く力を身につける



→ 問題解決のための
素養

2. 主体性・創造力・実行力の涵養

- 自ら手を汚しかつ汗をかく(自分でやる)
 - 自分の頭で考える
 - 評論家にならない
 - データの捏造などをしない
- インターネットで情報にすぐにアクセスできる時代なので、ともすると「コピペ型人間」に陥りやすい
- 卒論研究やプロジェクト演習などの機会を利用して、自分で考える習慣を身に付ける
 - 受験勉強スタイルからの脱却
 - 人の批判をする前に、自分で何ができるのかを考える

主体性・創造力はどう磨く？（常に考える）

- ホリプロの堀威夫取締役の言葉【日経産業新聞(2006.2.23)「眼光紙背」】
 - ✓ プロなら教える気のない人から盗まないといけない。教えるつもりの人から学ぶことは何もない。
 - ヤマト運輸の故小倉昌男元社長の言葉（一例）
 - ✓ 当初は「どこへでも、どんな荷物でも運べる会社」を志向したが、うまくいかなかった。牛井の吉野屋の新聞記事を読み、「家庭から出る荷物に絞ろう」と発想を転換して成功した
-
- ➔ 自分で問題を発見する
 - ➔ 与えられたものだけで満足しない
 - ➔ これができるようになれば、本物のプロになれる

3. 失敗を恐れない(チャレンジング精神)

■ 住友重機械工業社長 日納義郎氏

✓ 失敗を恐れず大きな夢を掲げて壁を突き破る人が企業人として成長していくのだと思う。こじんまりとまとまって器用に物事をこなすことのできる人よりも、こうした人材こそ今、企業が必要としている人材

→ 失敗経験のないのは、挑戦していないことの証拠・・・

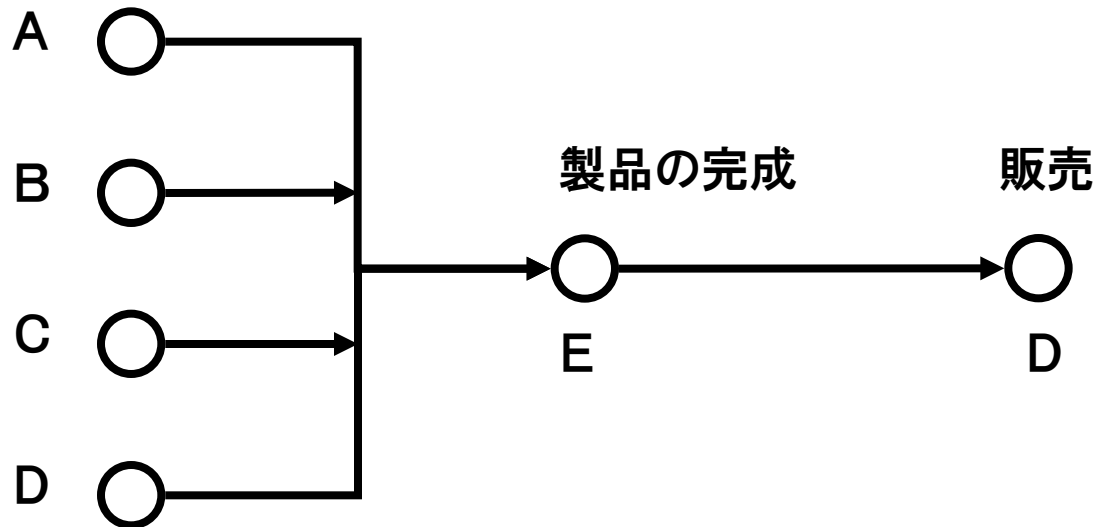
- 解答のある数学の問題を解くのではなく、解のない問題 (Open-ended problem) に挑戦して問題解決する
- はじめから成功することはない
- 物事から逃げない(一度逃げると逃げる人生になる。負けを知ることは大事。将来、きっと役に立つ)
- PDCAのサイクルを機能させて、試行錯誤の繰り返しで成功に導く
- 成功経験は自信につながる

4. チームワーク力

- チームワークとは、仲良く物事を行うことではなく、**チームの中で与えられた役割(Mission)を責任を持って果たすこと**
- **日本代表ジーコ監督の言葉**
 - ✓ チームには個人能力だけでなく、プロ意識も足りなかった
 - ✓ 指示されて動くのではなく、選手自らが状況判断を下す自主性も求めた
 - ✓ 指導者が全てを決めてくれないと動けないようではサッカーはできない。選手が状況に応じて判断を下し、思うままにプレーする。それがサッカーでないか？

チームワーク力の涵養

- チームワークとは、仲良く物事を行うことではなく、**チームの中で与えられた役割(Mission)を責任を持って果たすこと**



チームワークは個性をなくすことではない。

サッカーで言えば、フォワードは点を入れることがMission, ディフェンスはゴールを守りながら中盤からフォワードに点に繋がるような流れを作ることがMission。

誰かが機能しないとチームワークはできない

5. 自分の殻に閉じこもらない(成長力)

■ 倉田真由美(漫画家)の言葉

- ✓ 絶対的な信念に凝り固まって、そこから動けない人って成長力がない。成長できないと歳を取るのが悲劇になる。内的に成長していないと、魅力のない人になってしまう。

■ 長友佑都(サッカー選手, インテル)の言葉

- ✓ インテルに加入した5カ月間を自分で採点するとしたらという問いに対して, 「(10点満点で)6点かな。まだいろんな面で成長しなくてははいけないし。10点をつけたら成長しない。向上すべき点は把握しているので頑張りたい。」

→ 学生時代は社会へのスタート地点

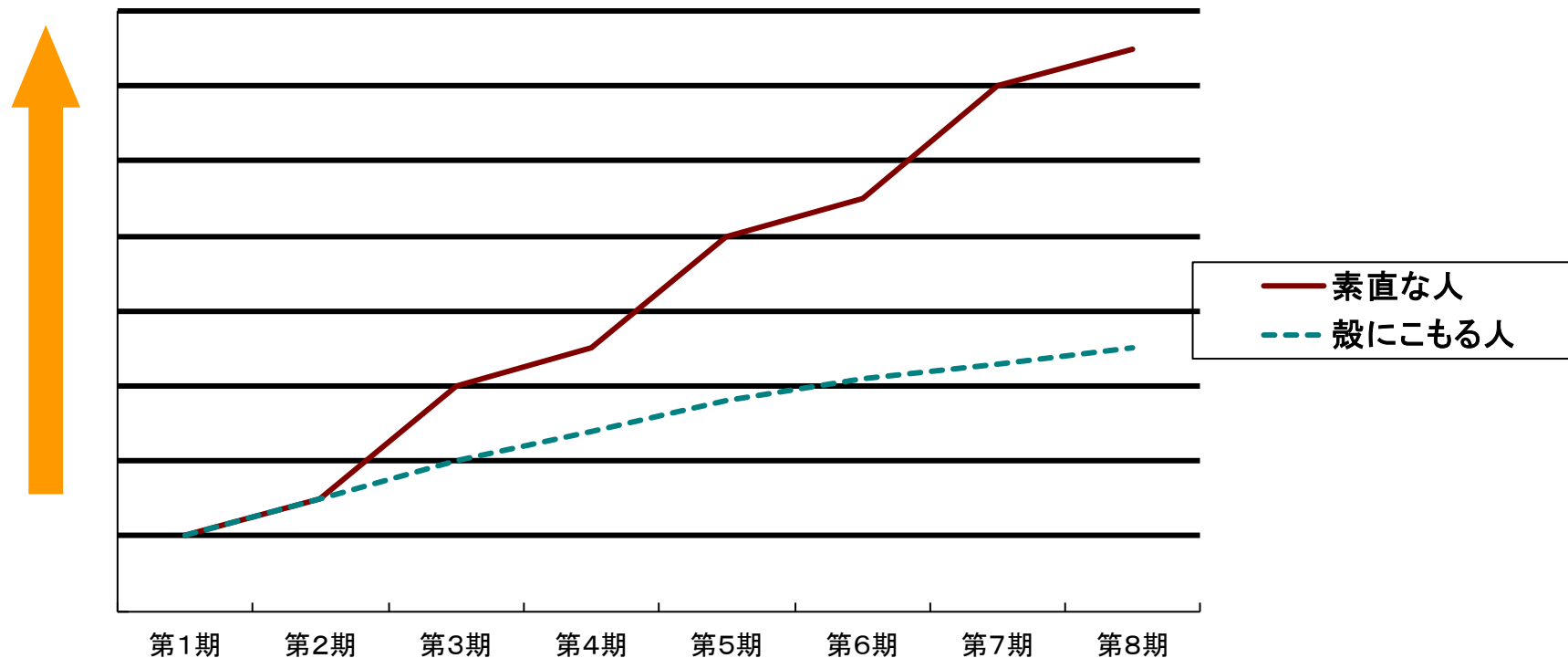
→ 大学や企業に入ったことで満足しない

→ 成長力が重要

成長力の重要性

- 鋭い感性を持って素直に行動できる人間は伸びる
- 絶対的な信念に凝り固まって、そこから動けない人は成長しない

実力



4. 講義のまとめ



学部生へのメッセージ

これからエンジニアリング(工学)を勉強するにあたって、デザイン能力の重要性、社会が学生に要求している能力などを教えた。

1. 国際的に活躍できるエンジニアになるため(キャリア・パスを順調に昇っていくため)には、学生時代に、デザイン能力の素養を身に付けなくてはならない
2. 自己トレーニングによって、P(Plan), D(Do), C(Check), A(Action)のサイクルを修得することが、デザイン能力の向上につながる
→ PD, PD, PD, ...のような使い捨て(やりっ放し)の思考回路は、人間を墮落させる。『問題の上に問題を作らず!』, フィードバックループを頭に叩き込む!
3. 問題発見能力, 創造力, コミュニケーション能力などを, 本授業でのグループ討論, 応用・領域プロジェクト, 英会話クラスなどの授業で鍛えて欲しい
4. 社会を対象とする問題は, 白(0)黒(1)のどちらかに決まった解が存在するわけではなく, 選択肢として正しい解はいくつもある。これと同様に, 自分がこれからどのような進路に進み, またどのような人間になっていくかは, 個々のデザインに依存する。→ 自分にとっての最適解を見つける!

本講義を履修した学生のこれからの健闘を期待する

アダムスの成功の法則

$$\text{Success} = [(\text{EE} + \text{CT} + \text{SA}) \times \text{DD}]^{\text{C}}$$

EE: Education and Experience(基礎学力と経験)

CT: Creative Thinking(独創力)

SA: Sales Ability(表現力)

DD: Direct Drive(やり抜く精神力と体力)

C: Chance(チャンス, べき乗に注意)

- (EE+CT+SA)が大きくても, DDが小さいと成功しない
- **DDが一番重要**
- 成功はハードワークからしか生まれない(モーゼの言葉)
- チャンスはいずれ来るので, そのときを逃がさないように能力を高めておくことが重要