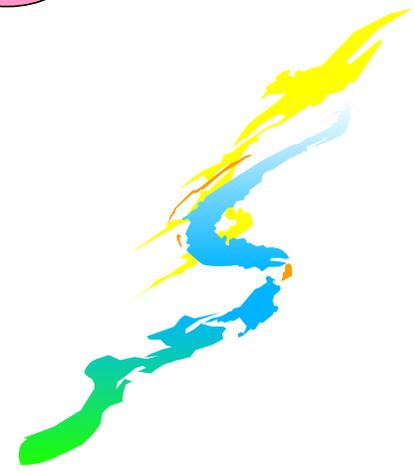


エンジニアリング
デザイン
教育のすすめ

柴山 潔



教育と研究

□ 教育 (education)

- 既存のあるいは新規な概念へ対応（対処）する力の修得
 - 一般性(generality)や普遍性(universality)の追求
 - 原理の講述や体系化

□ 研究 (research)

- 教育によって身につけた原理や一般性を打ち破り，新たな原理や概念を確立したり位置付けようとする過程
 - 独創性(originality)が必要
 - 原理の発見や適用（適応化）

科学/工学/技術

□ 科学 (science)

- 自然現象の解析(analysis)や理解, その体系化や法則化を中心とする発見の学問

□ 工学 (engineering)

- 理学を基に人工物の設計(design)や合成(synthesis)を行う発明の学問

□ 技術 (technology)

- 工学に一般性を与え, 効率良く製品(product, wares)を生産する手法を追求する
技能の一般化/体系化

大学における研究の種々の範ちゅうと 工学教育分野との関係

(1) **基礎研究** (basic research)

⇔ **工学基礎**

➤ 基本的概念や原理についての研究及び科学を基にした知識の発展・追究

(2) **戦略研究** (strategic research)

⇔ **工学設計** = **設計工学**

= **エンジニアリングデザイン** (*engineering design*)

➤ すぐには応用（特に，実用化）できないが，そのために必要となる知識の発展・追究



産業構造の転換 (=ソフトウェア産業の台頭やソフト化) による研究体制の変化

(3) **応用研究** (applied research)

⇔ **工学応用**

➤ 科学的概念の実現性の証明及び実用化研究



[研究の範ちゅう]



[工学教育分野]

大学における戦略研究と

エンジニアリングデザイン教育(1)

- **戦略研究**には、大学における**エンジニアリングデザイン教育**の成果が、**基礎研究**に対してよりも**直接的に**(如実に)効果
- **戦略研究**は、一般性を追求する点で、応用研究よりも**エンジニアリングデザイン教育カリキュラムの影響が大**
- **戦略研究**は、先端科学技術産業と、大学の**エンジニアリングデザイン教育**で学習する**基本的知識とのギャップ**を埋める
 - ◆ 小さくても独創的な**もの**を作る能力を養う**エンジニアリングデザイン教育**が必要.

大学における戦略研究と

エンジニアリングデザイン教育(2)

- ものづくりの実験/演習に補完されたエンジニアリングデザイン教育が戦略研究へのつなぎ
- エンジニアリングデザイン教育の原理や思想が見えることが独創的な知識の普及, 宣伝, ネーミング, さらには, 実践につながり, 戦略研究のシーズに

● 戦略研究は実用化研究あるいは実践的研究



● エンジニアリングデザイン教育は実践的教育

Engineering Design とは？ —ABET EACによる定義—

- ◆ **ABET**: Accreditation Board for Engineering and Technology
- ◆ **EAC**: Engineering Accreditation Commission

□ 基準3 : Program Outcome and Assessment

- 現実的な制約（予算/環境/社会/政治/倫理/健康/安全/製造/持続可能性など）のもとで、望まれるニーズを満たしながら、システム/部品/プロセス(方式, 工程, 手順)を設計する能力

□ 基準4 : Professional Component

- [**Engineering Design** の定義] 望まれるニーズを満たすようなシステム/部品/プロセス(方式, 工程, 手順)を考案する過程. = 意思決定過程. 反復的であることが多い
- **Engineering Design** 過程では、ニーズを最適な状態で満たせるように資源を活用 → 基礎科学/数学/当該分野における **Engineering Science** の知識を活用

ワシントンアコード(Washington Accord)での指摘

◆Washington Accord: 技術者教育プログラムの加盟団体間の実質的同等性を保証

- 日本の大学教育（工学）では **Engineering Design** が軽視されているのではないかと？
 - WA諸国ではカリキュラムの中に**PBL**（Project Based Learning; 実験/演習などによる**プロジェクト型学習**）などを組み込み
 - 日本の大学で対応しそうな科目は**卒業研究**だが、指導教員ごとにまちまちなのでは？

「デザイン, 設計(する)」 "design" —広義(辞書による)—

(辞書による**広義**での意味)

- **デザイン**する, **設計**をする, **立案**する(Randomhouse)
 - …を**設計** [**立案**, **企画**] する, …の**構想**をまとめる(Randomhouse)
 - 製品の**材質・機能**および**美的造形性**などの諸要素と、**技術・生産・消費**面からの各種の**要求**を検討・調整する (広辞苑)
 - ある目的を**具体化**する作業。計画を立て**図面**その他の方式で**明示**すること (広辞苑)
 - **計画を立てること** (広辞苑)
-
-

(例) **エンジニアリングデザイン** (Engineering Design; **工学設計**, **設計工学**)

方法論としての(広義の)デザイン(1)

- 解(答)がない**問題**に取り組む
- **課題**(what-to)そのものを見つける
- **問題**を様々な観点から(=**グローバル**に)眺める
= **鳥瞰** 
 - **チーム**(での討議)が有効

鳥瞰（参考）

- = マクロ（巨視的）あるいはグローバルな（global; 大局的, 全体的, 世界的な, 地球規模の）観点での考察
- マクロでグローバルな事象や事態の把握に必須
- グローバル化/巨大化の負の側面（=全体像が不詳）を打破するために

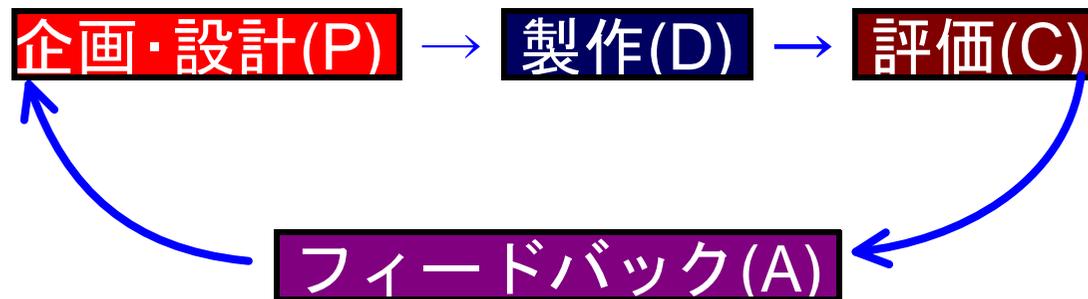
方法論としての(広義の)デザイン(2)

- **なぜ失敗**したかを考える, **失敗**を恐れない
 - **失敗**を受け入れて, **解**(決策)を探る
- ヒトや社会の関心が高い**課題**(例: **医療**, **環境**, **エネルギー**, **健康**, **情報**, **システム**, **インフラ**など)に**創造的**に挑む
 - 「**課題**が達成できれば, **誰**(who)が喜ぶのか」を明示できる**課題**を見つける
 - 科学的な発見をヒトの暮らしに**役立つ**ようにする
- 知識の獲得/保持から知識の**応用**/**創造**へ
 - **チーム**プロジェクト演習 + **PBL** (Problem-Based Learning)

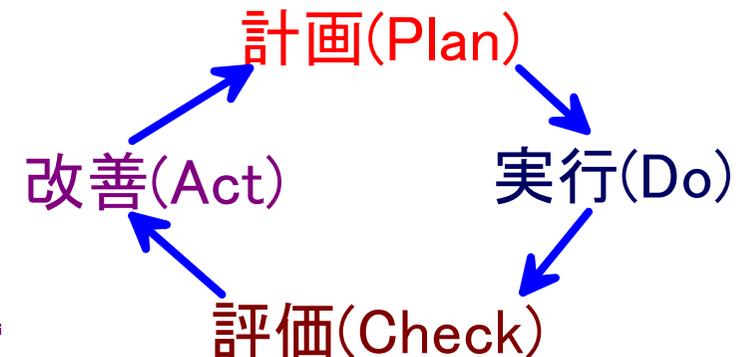
工学 (Engineering)

- 人間社会に役立つものや道具を人工的に作りあげる「ものづくり」に関する学問

□ ものづくり = ものづくりのPDCA (Plan-Do-Check-Act) サイクル



- 製作の前には必ず**企画・設計**が必須
- 製作の後には**評価**過程が必要
- 後過程から前過程への**フィードバック**（**設計・製作**したものの役立ち方を**評価** → 再**設計・製作**）も有り



PDCAサイクル(一般)

科学と工学と技術

広義の科学 = 科学技術

- 工学を中心とし，狭義のすなわち純粋科学から技術に渡る学問分野を代表あるいは象徴する言葉
 - 工学に科学的方法を取り入れたり，工学を科学的方法で始めたりする効果は高
 - 工学に基づいて作った「もの」（例：顕微鏡，望遠鏡，センサ，コンピュータ，システム…）を道具にして，自然を科学的に探求

「エンジニアリングデザイン (Engineering Design; 工学設計, 設計工学)」とは？ — 一字解き —

□ 「工学 (エンジニアリング)」 と 「デザイン (広義) (設計)」 の融合

□ 「工学 (エンジニアリング)」 を 「デザイン (広義) (設計)」 する！

□ 「工学 (エンジニアリング)」 での学修に 「デザイン (広義) (設計)」 という手法を利活用

- 工学に関する知識の蓄積だけではなく、その知識を企画・設計で始めるものづくりに実際に適用・応用
- ものを企画・設計→製作→評価する総合的な技能を修得するための学問分野

エンジニアリングデザイン技能の修得

- **ものづくり (ビジネス) の企画・設計** → 製作 → 評価過程全般を見通しつつ、各過程をこなせる **高度専門技術者 (高度専門職業人)** には必須
 - 設計図や設計書の指示通りに単にものを製作するだけの技能ではなく、ものの **企画・設計** 過程において、製作しようとするものが、「**誰のために、いつ、どこで、どんな風に、役立つか?!**」を明示できる技能の修得

□ 具体的技能 (例)

- **何**が問題なのか？
- **どう**いう方式があるのか？
- **どう**すれば実装できるのか？
- **どれ**が良くて**どれ**が悪いのか？
- **どう**すれば良くなるのか？
- **どう**すれば良いものを作れるのか？
- 仕組みは**どう**なっているのか？

= "**how-to**" だけではなく、"**what-to**" を語れる技能

開発

- **工学**の裏付けがある**技術**，**技術**の裏付けがある**工学**
- **設計**（広義の**デザイン**）で始める**エンジニアリングデザイン**
 - **開発**では，ハウツーすなわち機構（メカニズム）だけではなく，**ホワットツーすなわち方針**（ポリシー）を具体的に示せる**エンジニアリングデザイン**力が必須

方針(ポリシ=ホワットツ)と 機構(メカニズム=ハウツ)

●ものづくりには方針も機構もどちらも必要

- 方針(ホワットツ)と機構(ハウツ)の関係を熟慮しつつも、それらを分離して設計すべき

(ものづくりでの実例)

- ◆1つの方針を立て、その方針に基づく機構を複数個設計して、それらを選択肢として列挙
- ◆選択肢として列挙 = 指標を設定する力 = 評価(Checkステージ)力

●シンプルな方針がシンプルな機構を生み出す

- 方針(ホワットツ)と機構(ハウツ)によって実現する「もの」やその「もの」づくりは美しい

simple is beautiful

- 堅固な1つの方針の裏付けのある機構には、多彩な選択肢がぶら下がる

エンジニアリングデザイン力

- **構想力**, **問題設定力**, **創造力**, **表現力**

(具体的には)

- **構想**を練って表現
- **問題**を設定あるいは創造
- **継続的**に計画および実施
- 制約条件下で**解**を見出す
- 工学と技術を**総合的**に応用

(実際のな能力)

- 必ずしも**(正)解**が1つでない**課題**に対して, 実現可能な複数の**解**を見つけ出して**比較・評価**できる
- **Plan**(**設計**, **広義のデザイン**)ステージで始めるものづくりの**PDCA**サイクル全般を**総合的**に見渡せて, かつ**PDCA**のどのステージもこなせる
- **革新**(innovation)(工学では**革新的な「もの」**)を生む

エンジニアリングデザイナー

= 高度専門技術者, 高度専門職業人

- 「目的を達成するために1つの方針を打ち立てて, それに基づく複数の機構を選択肢として列挙し, さらに, それらの機構を相対的に比較・評価して, それらのうちから目的に最適なものを選ぶ」技能を修得し装備
- ものづくり学の実践者として, 「つく(作, 創, 造)る『もの』の設計(広義のデザイン)ステージにおいて, つくる『もの』の開発戦略すなわちホワットツ-を明示できる」技能を修得し装備

エンジニアリングデザインの学修プログラム

□対象とするもの

- 私たち人間の身の回りにある日用品や道具から高度システムまで多岐に渡り、ヒトや社会の関心が高いもの



- それぞれについて、複数の仕組みや方式を選択肢として列挙・比較・評価する実際的な設計技能を豊富な実験や演習によって取得
- その技能を講義によって得た知識でさらに補完



- それぞれのものづくり(過程)における企画・設計→製作→評価の総合的・専門的な技能を修得

エンジニアリングデザインのプログラム(実例)(1)

● PBLの全学年への導入

◆ チーム(グループ)学習/協調的学習→演習/プロジェクト

➤ チームの構成を柔軟に

→ タコツボ(=研究室にこもる)型また個人(修士)研究からの脱出

↑↑↑(実際には)簡単ではないけれど↑↑↑

← 大学評価; 学位認定; 就職活動; 成績(GPAなどの個人評点)重視...

➤ 若学年でこそ導入し易い, 1年ではない数年に渡るプロジェクト演習を

➤ 研究室間(○○専攻内)→専攻間(工学研究科内)→研究科間(独立研究科/専攻/スクール/プログラム)
(間 = にまたがる)

● 課題発見型プロジェクト演習は(教員ではない)学生中心プログラム

➤ 教員はアドバイザー(課題設計において, 内容/実力/時間/費用...)

➤ つくる「もの」は設計思想(方針, ホワットツ一)を具現する原型(prototype)でよい

エンジニアリングデザインのプログラム(実例)(2)

● 6年(学部-修士)一貫プログラム

- 従来の卒研を課題発見(=Planステージ)型プロジェクト演習に
- 6年でPDCAサイクルをすべて回す
- Act(改善/改良)ステージによる再Planステージへのフィードバック(=再設計)を終える
- 修論だけではない課題型チームプロジェクトによる修了評価
 - (修論ではない)課題型チームプロジェクトによる修了可に
 - 評価: できあがりではなくて, 設計力を

エンジニアリングデザインの実際（まとめ）

- 作るものについての、役立ち方の定性的あるいは定量的な明示，あるいは，モデル化やモデルの試作，などの設計が主
- 設計過程では，複数の仕組みや方式を選択肢として列挙し，それらを比較・評価する技能が必要
 - エンジニアリングデザイン修了者 → 高度な開発技術者 = 高度専門職業人

● ものづくり（過程）はエンジニアリングデザイン無くして語れない！



● エンジニアリングデザインの学修はものづくり（過程）の学修