

機械情報技術学科におけるエンジニアリング・デザインの知識取得科目の実施と改善計画

鈴木 寛[†]

Practice and Improvement Plans of Subject for Knowledge Acquisition of Engineering Design in Department of Mechanical Engineering

Hiroshi SUZUKI[†]

ABSTRACT

In 2010, the author started a new subject for students in Department of Mechanical Engineering for knowledge acquisition of engineering design based on some texts published in the USA and the UK. The subject is named as 'Kikai Souzou'. For two reasons, that is, the subject for knowledge acquisition of the engineering design is not popular in Japan and the author is not an expert for this type education, many points will have to be improved in the subject.

In this report, the lecture contents of 'Kikai Souzou', especially exercises and participant's answers in this year were introduced. Furthermore, some improvement plans of the subject, for example, preparation of the manual for a teaching assistant etc. were described.

Key Words: *engineering design, subject for knowledge acquisition, department of mechanical engineering*

キーワード：エンジニアリング・デザイン，知識取得科目，機械情報技術学科

1. 緒 言

文献1)は、合衆国におけるエンジニアリング・デザイン教育について紹介している。文献1)によれば、米国の認定組織ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology)の認定プログラムでは、1年次において、エンジニアリングについての入門科目

が必須科目として配され、4年次には、卒業研究とは別に、エンジニアリング・デザイン系科目が設定されている。1年次における科目は本学の導入転換科目に相当する。4年次についてもう少し述べれば、エンジニアリング・デザイン系科目として、エンジニアリング・デザインについての知識取得科目およびエンジニアリング・デザイン実践科目の二つの科目、またはその合同科目がカリキュラム上に配されている。合衆国においては、エンジニアリング・デザイン系科目の講義のための教科書も数多く出版されている。文献1)は4冊の教科書を紹介しており、その中の②冊は機械工学系学科向けであ

平成23年1月14日受理

[†] 工学部機械情報技術学科学科・教授

る^{2), 3)}, ただし, 文献2)は著者が購入した新しい版である.

文献1)が述べているように, 日本技術者教育認定機構(Japan Accreditation Board for Engineering Education: JABEE)は, 欧米と同等のエンジニアリング・デザイン教育を受審プログラムに要求している. しかし, エンジニアリング・デザイン教育が日本において浸透していないため, エンジニアリング・デザイン教育を系統的に行っている大学は数少なく, エンジニアリング・デザインと銘打った教科書は文献4)に示した訳本1冊だけである. 文献4)の訳者が文献5)のワークショップで「体系化した教科書を書きたい.」と述べていることから推察して, 日本においてエンジニアリング・デザインは体系的に教授されてこなかったとも言える.

本学機械情報技術学科においては, 文献2)を基礎とし, 文献3)や文献4)を参考にして, 2010年度より2年次前期に開講されている科目「機械創造」の中で, エンジニアリング・デザイン知識取得のための教育を開始した. まったく新しい科目であり, 講義する教員自身も専門としていないことから, 多くの改善すべき事項が存在する.

本稿においては, 最初に「機械創造」の中で行った講義内容, とくに演習問題とそれに対する受講生の解答について紹介する. さらに, 2011年度に向けた改善計画について述べる.

2. 今年度実施した演習問題と実施方法

2.1 エンジニアリング・デザインの流れと 2010年度実施した演習問題

文献2)の裏表紙の図をもとに, エンジニアリング・デザインの流れを概説する. 文献2)では, エンジニアリング・デザインを, 大きく概念設計(Conceptual Design), 実態設計(Embodiment De-

sign), 詳細設計(Detail Design)の3段階にわけている. 概念設計をさらに問題の定義(Define Problem), 情報収集(Gather Information), コンセプト生成(Concept Generation), コンセプトの評価(Evaluation of Concepts)の段階に, 実態設計を, 製品アーキテクチャ(Product Architecture), コンフィグレーション設計(Configuration Design), パラメトリック設計(Parametric Design)の段階にわけている.

エンジニアリング・デザイン知識取得のための科目「機械創造」は2年前期に配されており, 受講生は専門科目をあまり多く学んでいない. これを考慮して, 「機械創造」では専門科目の知識を必要とする実態設計の部分に対応する時間数を少なくして, 概念設計の部分に関して多くの時間を取り講義や演習を実施している. また, 機械情報技術学科のカリキュラムの中でエンジニアリング・デザインの実践科目の一つと位置付けている科目「ロボット創作」の導入として, 2010年度は二つの演習問題を出題した.

Table 1に2010年度「機械創造」の中で実施した14の演習問題の表題を示した. 90分の講義の中で, 概ね50分の時間を取って演習問題を実施した. また, 「I. 問題の定義」の中の②と③, ④と⑤は同一の講義時間の中で実施した. さらに, 「II. コンセプトの生成とコンセプトの評価」の中の⑥は, 1回前の講義ですべての事項について説明し, 講義時間90分のすべてを使って演習問題を行った.

「I. 問題の定義」の中の問題は, ①と②は商品の分類についての理解, ③は顧客の要望の調査方法の習得, ④と⑤は顧客の要望と工学的特性, すなわちエンジニアが行いうることとの関連付けに関する問題である.

「II. コンセプトの生成とコンセプトの評

価」の中で，②～⑤でコンセプトの生成の練習を，⑥でデザイン要素の役割を考える練習を，⑦でコンセプトの評価の練習を行った．①，②，③，⑤の演習問題は4人1組のグループで，⑥は2人1組のグループで，④と⑦は個人で実施した．4人1組のグループで取り組む演習問題では，様々なコンセプトの生成を行うとともに，ブレインストーミングの練習を行った．②と④に関しては，SCAMPER法⁶⁾や，TRIZで一般的に使用される工学的なパラメータ⁷⁾を参考にして，変換演算子（transformation operator）を予め提示した．

「III. 実態設計」の中では，①で製品アーキテクチャの前段階のブロック図の作成の練習を，②でヒューマン・ファクタを考慮した改善の練習を行った．

緒言で述べたように，講義を行う教員自身もエンジニアリング・デザインを専門としていないことから，多くの問題の作題にあたっては，文献2)，3)および4)の演習問題や記述を参考にした．Table 1に示した各表題の最後の上添え字は参考にした文献の番号である．ただし，出題した問題は文献に記載された問題と必ずしもまったく同一ではない．また，「III. 実態設計」の②は文献8)に示された数多くのよくないデザイン(Bad Design)の例の中から，文献2)に述べられたユーザーフレンドリーなデザインを生み出すための11の項目に対応する12の事項を選択して受講生に提示し，その中から二つの事項を選ばせ，改善案をスケッチさせた．

2.2 2010年度講義の実施方法

各回の講義で演習に入る前に，演習に関係する事項を包括するやや広範囲の内容の説明を行った．説明にはスライドを使用した．スライドの大半を，文献2)の記述からキーワードを拾い出し日本語に訳して作成した．スライドをプリントアウトしたものを印刷して初回講義のと

Table 1 エンジニアリング・デザイン知識取得科目「機械創造」の中で取り扱った演習問題の表題

I. 問題の定義
① 静的な商品と動的な商品の商品サイクルの算定
② 人間のニーズの階層構造（5つのニーズ）に基づく商品の分類 ²⁾
③ オリジナル商品の選定とアンケート用紙の作成
④ 洗濯バサミに関する顧客の要望の工学的特性への翻訳 ²⁾
⑤ 冷暖房のデザインプロジェクトのための関係マトリックスと相関マトリックスの決定（品質の家） ²⁾
II. コンセプトの生成とコンセプトの評価
① ブレインストーミングの初回練習 ²⁾
② 自動車のワイパーの改善案の作成 ³⁾
③ 「便利で，安全で，魅力的な広域公共交通システム」のツリー構造の解析 ⁴⁾
④ 暴風雨の後の歩道から水溜まりを排除する方法の案の作成 ²⁾
⑤ 石油や液化天然ガス火力発電から石炭火力発電に転換したときの石炭貯蔵場所の解決案の策定 ²⁾
⑥ チョロQの実際の分解と物理的分解のチャート，概念的分解のチャートの作成
⑦ 過去の「ロボット創作」で作製したロボットのコンセプト評価
III. 実態設計
① 「ロボット創作」で作製されるロボットの操縦，自立自走システムのブロック図の作成
② バッド・デザインの改善提案 ⁸⁾

きに配布した．スライド4枚をA4用紙1ページに配したが，ほとんどすべての説明をスライドで行ったので，説明に関するプリントのみで78ページに達した．また，合衆国でエンジニアリング・デザインの教科書として使用されている文献2)や文献3)には図が少なく，講義で使用したスライドも大半は文字のみが並ぶスライドとなった．

講義前半の説明はスライド投影設備を持たない機械情報技術専門棟3階M305教室で行った．多くの場合は説明が終わると同じ建物の2階M213通称「ITルーム」に移動して，パーソナルコンピュータを使用しながらブレイン

スストーミングなどを実施した。一般に、ブレインストーミングを実施するときには、付箋紙にアイデアなどを書きそれをボードに張り付けて分析など様々なことを行う。あるいは、模造紙などにアイデアを書いていく。しかし、Microsoft Wordを使ってアイデアをパーソナルコンピュータに打ち込み、それを見ながらアイデアを出し合う方が現実的、実社会に近いと考え、ブレインストーミングをITルームで実施した。

Table 1に表題を示した演習問題と解答方法の指示を予めプリントにして配布した。個人で回答する「I. 問題の定義」の①～⑤、「II. コンセプトの生成とコンセプトの評価」の④、⑥、⑦、「III. 実態設計」の①と②については解答用紙もプリントに付けた。このようなことも原因して、演習問題のプリントは全33ページになった。

個人で行う演習問題では、受講生にプリントにとじ込んだ解答用紙に手書きで解答を書き込んでもらった。講義の最終回に解答を書き込んだプリントを提出してもらい、各回分を斜めに見て、個人の解答の採点を行った。

チームで行う演習問題では、Microsoft Wordを使って作成しプリントアウトした解答を、M305教室の所定の位置にマグネットで張り付けてもらった。最終回までそれを張り付けてもらっておき、他のグループの解答を閲覧できるように配慮した。最終回終了後、張り付けられた解答を回収し、グループの解答の採点を行った。

3. 受講生の解答と改善計画

3.1 講義の全体的な改善計画

日本語で書かれた資料もほとんどなく新しく始めた講義ということもあって問題点が多く、問題点を項目ごとに分類することができなかった。ここでは、講義についての全体的な改善計画について述べる。講義の全体的な改善項目は

以下のとおりである。

- (a) TA (Teaching Assistant) の導入とTA向けマニュアルの作成
- (b) 受講生が完成した解答の授業時間内で確認およびそのための確認ポイントの作成
- (c) 採点基準の明確化
- (d) 「ロボット創作」に直接繋がる演習問題の増強
- (e) 予習を行わせる工夫と解答の提示
- (f) 受講生提出物の電子データ化

(1) TAの導入とTA向けマニュアルの作成

「機械創造」は、何のノウハウもなく、まったく新しく始めた科目である。したがって、TAを指導するノウハウもなかったもので、2010年度はTAの導入を見合わせた。

前期半年間「機械創造」を担当して、TA向けマニュアルを用意し、事前にそのマニュアルに基づいてTAと打ち合わせを行い、講義にあたることの必要性を痛感した。1回の講義に出席する受講生60名に対して教員1名では、アイデア出しなどを行う受講生に目が行き届かない。さらに来年度は受講生が90名に増える。複数名のスタッフで講義にあたらなければいけない。

2011年度に向けて、現在TA向けマニュアルの作成を行っている。岡山大学塚本真也氏はエンジニアリング・デザイン系科目を補助する学生のためのマニュアルを作成している⁹⁾。また、大学生向けではないが、エンジニアリング・デザイン教育のファシリテータ向けマニュアルをIntel Corporationが作成している¹⁰⁾。大学院の学生などに受講生の指導を依頼する場合、彼らに向けたマニュアルの作成は必須である。

現在作成中のマニュアルには各回のところに

- (a) 演習問題の出題意図
- (b) 受講生が完成した解答を授業時間内に確認するときのポイント

(c) 各回 10 点満点での採点基準

(d) 演習問題の解答の例

(e) 2010 年度受講生の解答のまとめを記載してある。

「(a) 演習問題の出題意図」は T A 向けマニュアルの各演習問題の該当部分の冒頭に記述した。たとえば、Table 1 に表題を示した「I. 問題の定義」の「⑤ 冷暖房のデザインプロジェクトための関係マトリックスと相関マトリックスの決定（品質の家）」の出題意図を次のように記述した。

「顧客の要求は必ずしも工学的特性と一対一対応ではない。また工学的特性間にも相関がある。仕事を進めていく上では、顧客の要求から工学的特性の優先順位を決めて行くことは重要である。その一步として、品質の家を使った顧客の要求と工学的特性の関連付けの演習を行う。下の問題を和訳して出題している。」マニュアルにはさらにオリジナルの英文の問題を記載してある。

演習問題の出題意図は著者自身が受講生や T A に問題などを説明するときの覚書の意味も持つ。なお、Table 2 に⑤の問題を、Fig. 1 に著者が作成した解答例を示す。品質の家に関しては、例えば文献 11) を参照されたい。

「(b) 受講生が完成した解答の授業時間内で確認およびそのための確認ポイントの作成」の中の「確認ポイントの作成」は、2010 年度の演習問題に対する受講生の解答の中で、受講生の間違いが多かった点などから作成した。たとえば、Table 2 に示した問題の受講生の解答では、① 「部屋 5」や「部屋 6」のすべてのカラムを埋めている、② 「部屋 6」の一つの行や一つの列についてすべてを埋めている、③ 一つの行や一つの列がすべて空白になっている、④ 指定した数字や記号以外を記入など、問題の理解が不十分な解答が多数見受けられた。この 4 点をチェック項目とした。受講生に①～④がチェック項目であることを予め

Table 2 冷暖房のデザインプロジェクトための関係マトリックスと相関マトリックスの決定（品質の家）の演習問題

品質の家に関する冷暖房のデザインプロジェクトのために、関係マトリックス(部屋 6)と相関マトリックス(部屋 5)を完成しなさい。顧客の要求は、低い運用経費、現金流量の改良、管理されたエネルギー供用、居住者の安らぎを増加させる、メンテナンスが簡単。工学的特性は、エネルギー効率比 10 以上である、区域に分けてコントロール、プログラマブル・エネルギー・マネジメント・システム、元本回収 1 年以下、2 時間のスベアパーツ渡し。

	エネルギー効率比 10 以上	区域に分けてコントロール	プログラムできるエネルギー管理システム	元本回収 1 年以下	2 時間のスベアパーツ渡し
低い運用経費	9				
現金流量の改良				9	
管理されたエネルギー使用			9		
居住者の安らぎを増加させる		9			
メンテナンスが容易					9 or 3

Fig. 1 冷暖房のデザインプロジェクトための関係マトリックスと相関マトリックスの解答例

提示し、授業時間内でこれらの項目について確認を行う。他の演習問題においても、出題者が意図した形式に解答がなされるようにチェック項目を予め受講生に提示し、解答回収時に確認を行う。

「(c) 各回 10 点満点での評価基準」の例を述べる。Table 2 に示した問題の解答では、「関係マトリックス（部屋 6）が注意事項を満たす」を 2 点、「相関マトリックス（部屋 5）が注意事項を満たす」を 1 点、「解答が解答例にほぼ等しい」を 2 点として採点する

・この回は問題が2問あるので、この問題は5点満点となる。

「(e) 2010年度受講生の解答のまとめ」の例は3. 2に示す。

(2) 「ロボット創作」に直接繋がる演習問題の増強

「機械創造」は3年時後期に開講されるエンジニアリング・デザイン実践科目「ロボット創作」への導入科目の位置づけも持っている。ところが、**Table 1**からもわかるように、2010年度は「I I. コンセプトの生成とコンセプトの評価」の「⑦ 過去の「ロボット創作」で作製したロボットのコンセプト評価」と「I I I. 実態設計」の「① 「ロボット創作」で作製されるロボットの操縦、自立自走システムのブロック図の作成」の二つの課題しか、「ロボット創作」へ直接結びつく演習問題が設定していない。そこで、「I I. コンセプトの生成とコンセプトの評価」の「⑤ 暴風雨の後の歩道から水溜まりを排除する方法の案の作成」と「⑥ 石油や液化天然ガス火力発電から石炭火力発電に転換したときの石炭貯蔵場所の解決案の策定」を廃して別の課題を行うこととした。

⑤については、これまでの問題と同じくSCAMPER法を利用する「ロボット創作」に関するオリジナル課題に変更する。⑥は完全に廃止し、その分を後述するように最終回にまったく異なる課題を設定する。⑥の課題を行う前に講義の中で紹介したTRIZは優れた発想法であるが、手法が複雑で今なお発展段階にある。中途半端な講義を行っても学生の身につかない。そこでこの部分を講義の中から削除する。

「ロボット創作」で作製したロボットは、毎年12月開催のロボットコンテストで競い合わせる。毎年課題の変更はあるが、競技は大きく三つの段階に分かれている¹²⁾。第1段階では、予めPICマイコンに組み込んだプログラムだけで位置を制御して障害物を避けながらコースを進む。第2段階では、年によっては球体、年

によっては円柱、三角柱、四角柱を確保する。第3段階では、確保した物体を保持しながら移行して、決められた場所に挿入する。

第2段階と第3段階については、2010年度は**Table 1**に標題を示した「I I. コンセプトの生成とコンセプトの評価」の「⑦過去の「ロボット創作」で作製したロボットのコンセプト評価」で取り上げた。第1段階の予めPICマイコンに組み込んだプログラムだけで位置を制御して障害物を避けながらコースを進む部分についての改善提案の演習を2011年度から新たに行う。演習ではSCAMPER法を用いる。**Table 3**に演習問題を行うときに使用する変換演算子および記述を示した。文献12)に記載された変換演算子や記述を日本語訳し、一部修正して使用する。

第1段階の予めPICマイコンに組み込んだプログラムだけで位置を制御して障害物を避けながらコースを進む部分は、第2、3段階に比べ後回しにされがちであるが、参加する多くのロボットがここで躓いている。1年後にはロボットの設計・製作を行う受講生に取って有益な課題であると考えている。

「ロボット創作」では、各要素の物理的な配置を決定し、各部品の材質やサイズを選択する必要がある。これは、実態設計の製品アーキテクチャやコンフィグレーション設計にあたる。これらのことをよりスムーズに行うためには、予めロボットの「構造の理解」を行い「機構に関する課題を見つけておく」ことが有効である。このために、前年度作製したロボットの分解を計画した。さらにロボットを分解し、各種考察や部品の分別回収を行うことにより、「軽量化」、「コスト低減」、「リサイクルの重要性や方法」などについての理解も深まると考えている。

(3) 講義や提出物のまとめの効率化

2011年度に計画している1回ごとの講義の流れを示す。授業時間内に、① 前回提出物の返却、② 前回の問題の答え合わせ、③ 当該

Table 3 著者が講義で使用する SCAMPER 法の変換演算子と記述

変換演算子	記述
置き換え Substitute	①成分, ②材料, ③工程 (プロセス), ④動力源, ⑤場所・位置, ⑥取りかかり方 (アプローチ)
組み合わせ Combine	①以下のもの「混ぜたなにか (ブレンド), 合金化 (アロイ), 詰め合わせ (アソートメント), 調和がとれたもの (アンサンブル)」, ②要素 (ユニット), ③目的, ④アイディア
あてはめ Adapt	①現状に似たもの, ②他のアイディアから何を導く, ③昔のアイディア, ④コピーする, ⑤まねする
修正, 拡大, 縮小 Modify, magnify, minify	①以下のものを加える「時間, 頻度, 強さ, 高さ, 長さ, 厚さ, その他」, ②他の成分を加える, ③2重にする, ④増やすまたは減らす, ⑤一部を拡大する, ⑥新しいひねり, ⑦以下のものを変える「形状, 形態, 動き, 意味, 色, いおい, その他」
他の活用 Put to other uses	①そのままこれを使用する新しい方法, ②それを修正すれば他のことに使える
省略 Eliminate	①数・量・程度などを少なくする, ②分割する, ③簡素化する, ④省略する, ⑤軽量化する, ⑥短くする, ⑦低くする, ⑧小型化する, ⑨濃縮する, ⑩小さくする, ⑪取り去る
再配置, 逆転 Rearrange, reverse	①スケジュール変更, ②ペース変更, ③原因と結果を入れ替える, ④他の順序, ⑤他のレイアウト, ⑥他のパートナー, ⑦構成要素を交換する, ⑧常識を取り払う, ⑨主客転倒する, ⑩立場を逆にする, ⑪役割を逆にする, ⑫マイナスとプラスを逆に出来ないか, ⑬前後, 上下, 内外を反対にするとどうなるか

回の講義, ④ 次回問題説明, ⑤ 当該回演習問題実行, ⑥ 当該回受講生解答チェックおよび回収, を行う計画である. 2. 2で述べたように, 2010年度は受講生に解答を最終回に

まとめて提出させた. 実際には次年度計画に利用できるようにすべての受講生の答案を確認したが, チェックなしと思った学生もいるらしく, 緊張感を持った講義ができなかった. そこで, (1)でも述べたように, 解答回収時にチェックを行い, 次の週に解答を返却して答え合わせを行う. また, 次の回の課題を受講生に予め考えておいてもらい, 演習問題実行時間を短縮するために, 次の回の問題説明を行う. このようにして講義の効率化を図る.

提出物まとめの効率化のために, ユニバーサルパスポートのアンケート機能を用いて解答を提出させることも検討したが, 受講生が完成した解答の授業時間内での確認は紙ベースの方が行いやすい. そこで, 受講生にMicrosoft Wordを使って解答を作成してもらい, プリンタで印刷したものを提出してもらう. 印刷物をスキャナで読み込み, たとえばアドビ・アクロバットのOCR機能を用いて文字認識をさせてデータをまとめ, 次年度の講義に役立てるための提出物のまとめを行う.

3.2 アイディアを出すことを練習するための二つの演習問題の受講生の解答と改善計画

(1) 自動車のワイパーの改善案の作成

この講義に特徴的なアイディアを出すことを練習するための二つの演習問題の受講生の解答のまとめと改善計画について述べる.

Table 1に標題を示した「II. コンセプトの生成とコンセプトの評価」の「②自動車のワイパーの改善案の作成」の問題を**Table 4**に示した.

この問題は, 文献2)の演習問題を和訳し, さらにワイパーがフロントガラスに凍りつくことを付け加えて出題している. 前述のように, SCAMPER法や, TRIZで一般的に使用される工学的なパラメータを参考にして, 変換演算子を予め受講生に提示した. 提示した変換演算子は, 「材質の変更」, 「形状, 機構の変

Table 4 「自動車のワイパーの改善案の作成」の問題

過去の 10 年間、自動車の製造では多くの改善がなされているが、ワイパーは劇的に変化しなかった一つの構成要素である。大雨や大雪のとき、ワイパーあまり有効でなくなる。氷点下になると、ワイパーはフロントに凍りつく。また、空気力学的な特性を向上させるためにもワイパーの改善は必要である。グループに組織しなさい。そして、どのような気象条件においても前方視界を保つための解決策を発展させるようにブレインストーミングを使用しなさい。

更」, 「配置の変更」, 「熱, 空気の利用」, 「拡大, 縮小, 増加, 減少」, 「ワイパーを使用しない前方視界の確保」の六つである。

15 の各班が出したアイディアの総数を **Table 5** に示す。各班のアイディアの総数は最少で 4, 最多でも 18 と、ブレインストーミングを 45 分程度行ったときに出されるアイディアの数としてはあまりに少ない。ブレインストーミングの行い方に関する説明・指導、アイディアの出し方についてのツールの導入が望まれる。

次に、六つの変換演算子ごとに出されたアイディアを分類した結果のまとめを **Table 6** に示す。表には、各変換演算子でのアイディア数の合計とアイディアの分類を示した。アイディアの分類の各事項後のカッコ内の数字は、さらに複数に分類できる数である。**Table 6** より、「材質の変更」について 23, 「形状、機構の変更」について 16, 「配置の変更」について 5, 「熱, 空気の利用」について 15,

Table 5 自動車のワイパーの改善案についての各班のアイディアの個数

班	個数	班	個数
1	11	9	13
2	6	10	5
3	6	11	18
4	4	12	8
5	11	13	6
6	8	14	13
7	10	15	6
8	11		

Table 6 自動車のワイパーの改善案についてのアイディアの分類

変換演算子	アイディア数の合計	アイディアの分類
材質の変更	23	吸水(3), 撥水 (2), ワイパーの透明化, 低温で性能が低下しない, 低温で凍りつかない材質, 熱を発生する素材の使用, 熱に耐えるワイパー, よくわからない目標・材料 (13)
形状、機構の変更	16	形状・機構の変更 (5), 動き(4), 新たな機構 (4), 目標 (2), 他の方式の適用
配置の変更	5	取り付け位置(4), その他
熱, 空気の利用	15	熱(7), 空気 (6), その他 (2)
拡大, 縮小, 増加, 減少	7	数 (2), サイズ, 速度 (2), 重量, 収納
ワイパーを使用しない前方視界の確保	22	空気の利用(4), 熱の利用 (2), 超音波等その他の物理現象の利用(3), 構造変化 (4), カメラ (3), その他(6)

「拡大, 縮小, 増加, 減少」について 7, 「ワイパーを使用しない前方視界の確保」について 22 のアイディアが出されていることがわかる。これを合計すると 88 となる。「自動車のワイパーの改善案の作成」について受講生が潜在的に数多くのアイディアを出しうることがわかる。潜在能力を引き出すために、一端出されたアイディアをさらに発展させるといった指導が必要であろう。

(2) 「便利で, 安全で, 魅力的な広域公共交通システム」のツリー構造の解析

Table 1 に標題を示した「II. コンセプトの生成とコンセプトの評価」の「③ 「便利で, 安全で, 魅力的な広域公共交通システム」のツリー構造の解析」の問題を **Table 7** に示す。

この問題は、文献 4) の p. 70 に掲載されたツリー構造の分析の例を正解として問題を作成している。文献で紹介された分析の例につい

Table 7 2010 年度「便利で、安全で、魅力的な広域公共交通システム」に関する問題

広域公共交通システムの依頼者は、「便利で、安全で、魅力的なシステム」との曖昧な目標を示した。デザインエンジニアチームは、これを受けて、目標の一つひとつを明確化することから始めなければならない。「便利」とは何か、「安全」とは何か、「魅力的」と何かを具体的に示すツリー構造を次ページの例を参考にしてグループで完成させなさい。

て少し詳しく説明する。文献4)では、「便利で、安全で、魅力的な広域公共交通システム」が、2段目で「便利」、「安全」、「魅力的」の三つ枝に分かれている。「便利」はさらに「所要時間が短い」と「低料金」に枝分かれしている。「所要時間が短い」に対しては最終段で五つの具体的な目標を設定している。「低料金」の下段では、「適切な価格設定」とのみ記述されている。

「安全」は「死亡事故が少ない」、「損傷事

故が少ない」、「対物事故が少ない」の三つの事故の分類に枝分かれしている。その下段には「事故時の救急活動が素早く行われる」、「事故あたりの損傷発生が少ない」、「事故が少ない」の事故後の対策についての目標と二つの事故を少なくする目標を記述している。

「魅力的」は「利用者」にとつてと「周辺住民」にとつてに枝分かれしている。「利用者」にとつては、「快適」、「低騒音」、「洗練されたデザイン」に、「周辺住民」にとつては、「低騒音」と「環境にマッチしたデザイン」という目標に枝分かれしている。

受講生の解答のまとめを**Table 8**に示した。大きくわけて四つ、すなわち「全体」、「便利」、「安全」、「魅力的」の大きな確認項目を設定し、それぞれについていくつかの具体的な確認項目を設けた。「全体」は「解答がツリー構造となっている」、「公共交通機関を電車と考えた」、「公共交通機関をバスと考え

Table8 「便利で、安全で、魅力的な広域公共交通システム」のツリー構造の解析についての学生の確認

班	全体			便利		安全			魅力的						
	ツリー構造となっている	電車と考えた	バスと考えた	所要時間		料金		事故の分類	事故が起こらない対策	事故が起こった後の対策	利用者			周辺住民	
				所要時間	所要時間を短くする方策	料金	料金を安くする方策				快適	低騒音	デザイン	低騒音	見た目
2	1		1	1		1		1			1				
3						1		3						1	
4				1		1		3	1		1	1	1	1	1
5				2			1	4						1	
6	1		1	1	6	1		1							
7		1			2	1		1			2			1	
8				1		1		2			1			1	
9				1	1	1		2							
10					2	1		1							1
11			1												
13					3	1		3							
14				1	1	1		4						1	
15					2			1						1	
16					2	1		3	3		1			1	1
17				1	2	1		2			1			1	1

た」について、「便利」は「所要時間」と「料金」にわけ、「所要時間を短くする方策」あるいは「料金を安くする方策」が書かれているかどうか確認した。「安全」は「事故の分類」、「事故が起こらない対策」、「事故が起こった後の対策」について、「魅力的」は「利用者」と「周辺住民」にとって文献4)とほぼ同様の目標に至っているかを確認した。項目に関することが書かれていれば1, 複数の事項に分析が及んでいればその解答数を記載した。

全部で15の班の中でツリー構造となっている班は二つの班しかなかった。これまでの受講生が受けた教育の中ではこの問題のように物事を系統的に分析することを行わないのかもしれない。また、著者自身は広域公共交通システムといえば路面電車やモノレールを指すと考えるが、電車と認識した班が一つ、バスだと考えた班が三つと多くない。他の班は、道路の整備を念頭において分析していた。

「魅力的」に関しては、解答の深さの差はあるもののほとんどの班が「所要時間」および「料金」に考えが及んでいた。

「安全」については「事故が起こらない対策」についてはほとんどの班がアイデアを出していたが、「事故が起こった後の対策」に考えが及んだ班は二つしかなかった。考えが及んだ班を褒めるべきなのだろう。

「魅力的」について具体的分析はあまりなされていなかった。「魅力的」という抽象的な言葉に対して具体的なアプローチは難しい。別の回でそれとなくヒントや方向付けを示すこともアイデア数を増やす一つの方法かもしれない。たとえば、「あなたに取って魅力的な自動車とは」といった質問も考えられる。

(3) これらの問題についての立案中の問題の改善計画の現状

(1) と (2) で紹介した例で、受講生がアイデアを出すことを苦手としていることと、物事を系統的に考えることを苦手としていることを示した。この二つの問題の中で、アイディ

アを出すことを阻む原因と、それによって生じることを著者なりに考えてみた。

この講義の目的の一つに、アイデアを出す練習を行うことがある。しかし、練習を行っても、受講生すべてがアイデアを出せるようになるとは期待していない。いくら訓練してもアイデアを出すことができない人もいる。このような人はさておき、経験不足によりアイデアを出すことができないということは、もう少し具体的には

- (a) アイデアを出すことをブロックする作用が働く
 - (b) アイデアを出すための情報や種の蓄積がない
 - (c) 受講生にとって問題が難しすぎる
- であると考えた。さらに、これらを原因として以下のことが生じると考えた。
- (d) 蓄積したものを取り出すことができない
 - (e) アイデアを膨らますことができない
 - (f) 考えの範囲が狭い
 - (g) 課題を具体的な問題に掘り下げたり結びつけたりすることができない
 - (h) 他人の考えの上や他人の視点に立てない
 - (i) 現在の課題にしか目が行っていない
 - (j) 問題の意味がわからない

通常、アイデアを出すための会議では上に挙げた(d)～(j)のためにアイデアが出てこない場合には、ファシリテータと呼ばれる人が問題をより具体化したり方向付けしたりする。学生に真の意味でのファシリテータの役を担ってもらうことは期待できないので、問題の中である程度方向付けを行うように変更を行う。

たとえば、(1)の「自動車のワイパーの改善案の作成」の問題でもTable 3に示した著者が講義で使用するSCAMPER法の変換演算子や記述を使用する。具体的には、最初に変換演算子や記述を端から見ていき、課題に対して直感的に使えるような事項に○をつける。

次に、○がついた項目についてアイデアを出す。さらに、すでに出されたアイデアを見直し、発展させることを考える。

講義中に出すべきアイデアの数の下限値を30と設定し、ある程度追い込まれた状況にして、アイデアを絞り出す作業を行う。2010年度出されたアイデア数の最高値は18であったが、この数のアイデアを出した班の記述を見直すとまだ種の段階で、発展の余地が十分に見られた。アイデアの数の下限値30は不可能でない数と考えている。

(2)の「便利で、安全で、魅力的な広域公共交通システム」のツリー構造の解析においては、問題をより具体化した。改作した問題を**Table 9**に示した。

Table 7に示した2010年度の問題に比べて、改作した問題がより具体的になっていることがわかるであろう。これで、広域公共交通システムについて勘違いする人は出ないであろう。さらに、アイデアが出ない原因となるハードルを下げるために、いくつかの方向付けや注意を加えた。項目を挙げると以下のようになる。

- (a) ツリー構造となるための注意
- (b) 利用者、周辺住民の立場の見方
- (c) 広域公共交通システムの設計者の見方
- (d) 便利についての方向付け
- (e) 安全をより具体的に

(b)においては、一般的な注意事項に加え、利用者や周辺住民を主人公としたいいくつかのシナリオを加えた。(e)では、「自動車保険は何のために入るか」といったヒントも加えた。

(4) 新たなツールの導入

講義担当者が専門家ではないので、専門とする人が作成したいいくつかのツールの導入も検討中である。具体的には次の二つである。

- (a) B I S C U E ビジネスDVD
- (b) B u z a n s i M i n d M a p

(a)のB I S C U E ビジネスDVDの中から次の6本の教育用動画を購入し、現在講義で

Table 9 2011年度「便利で、安全で、魅力的な広域公共交通システム」に関する問題

【架空のはなし】八戸市では階上町との合併にともない、階上町役場のあるところと本八戸駅を結ぶ広域公共交通システム（モノレール、路面電車、地下鉄と行った近距離移動鉄道）を計画した。何社でコンペを行い、最も優れた提案をした会社が仕事を落札する。計画では、階上町役場のある位置から国道45号線の上を路面電車方式かモノレール方式で類家1丁目交差点の位置まで進み、そこから本八戸駅までは地下鉄方式となる。

あなた達のチームは、方式の選定、道路のどの位置にどのように線路を設置するか案の決定、駅の場所の選択および駅舎の付帯施設も含むドラフトデザイン、駆動方式も含めた車体のドラフトデザインなどを行って、コンペに臨まなければならない。ところが、八戸市の担当者は「便利で、安全で、魅力的なシステム」と曖昧な目標しか示してくれない。あなた達のチームは、目標の一つひとつを明確化することから始めなければならない。「便利」とは何か、「安全」とは何か、「魅力的」と何かを具体的に示すツリー構造を次ページの例を参考にしてグループで完成させなさい。ただし、方式の選定等はこの解析の後に行うものとする。

実際に使用可能か検討している。具体的タイトルは「① 実践ブレインストーミング 1. 基礎知識, 2. 準備から実施まで」, 「② アイデア発想法 1. 独創的な発想のために, 2. 様々な技法」, 「③ 仕事に役立つ図解のポイント 1. 手順と注意, 2. 種類別のコツ」である。

この6本の教育用動画を研究室の学生に見てもらい、内容について吟味し、学生の立場からよりわかりやすいブレインストーミングの教授方法についての改善とより多くのアイデアを短時間に出すための工夫について検討している。またそれぞれの教育用動画は1本30分と長いので、最低限必要な部分のピックアップも行っている。

(b)のi M i n d M a p (アイマインドマップ)は、ウィキペディアによれば¹³⁾、現在マインドマップの開発者トニー・ブザンが唯一公認したマインドマップ作成ソフトで、人間の思考プロセスとコンピュータを融合させた初めて

のソフトウェアとうたっている。今流行のアイデアをまとめる方法らしく、著者自身、小学生がアイマインドマップを作成している写真を掲載したブログを見たことがある。アイマインドマップとはうたっているが、これはアイデアをツリー構造でまとめていくためのツールである。このようなソフトウェアを使いこなせるようになれば、より多くのアイデアを短時間に出すことができ、物事をツリー構造で解析できるようになると考えられる。ただし、1 ライセンスの価格が1万2千円で、100ライセンス程度が必要となると考えると、一つの講義のためだけに使用するには値段が高い。導入を働きかけるか迷っている。

5. 結 言

本稿においては、2010年度から開講したエンジニアリング・デザインについての知識取得科目「機械創造」の中で行った講義内容、とくに演習問題に関して最初に紹介した。次に、講義全体を通じた改善計画、すなわち、TAの導入とTA向けマニュアルの作成とそこに記述される事項の紹介と記述目的、エンジニアリング・デザインの実践科目「ロボット創作」に直接繋がる演習問題の増強、講義や提出物のまとめの効率化について述べた。最後に、この講義に特徴的なアイデアを出すことを練習するための演習問題を二つ挙げ、受講生の解答のまとめとそこから見えてきた問題点に対応するための改善計画について述べた。

参 考 文 献

- 1) 大中逸雄：エンジニアリング・デザイン教育の改善に向けて、「JABEEにおけるエンジニアリング・デザイン教育への対応 基本方針」参考資料、(2009)、日本技術者教育認定機構。
- 2) Dieter, G. E.: Engineering Design A Materials and Processing Approach, 3rd Revised edition (2000), McGraw Hill Higher Education.
- 3) Ertas, A. and Jones J. C. : The Engineering Design Process (1993), John Wiley & Sons Inc.
- 4) N. クロス(荒木(監), 別府・高橋(訳))：エンジニアリングデザイン[製品設計のための考え方] (2008), 培風館。
- 5) 別府俊幸：日本企業におけるエンジニアリングデザインよりエンジニアリングデザイン教育を考える、第3回ワークショップ「エンジニアリング・デザインの指導法」(2009), (社)日本工学教育協会。
- 6) たとえば、「The SACMPER Technique」
<<http://www.adb.org/Documents/Information/Knowledge-Solutions/The-SCAMPER-Technique.pdf>>(2010/11/11 アクセス)。
- 7) たとえば、「TRIZ ホームページ」
<<http://www.osaka-gu.ac.jp/php/nakagawa/TRIZ/>>(2010/11/11 アクセス)。
- 8) 「Bad Designs」
<<http://www.baddesigns.com/examples.html>> (2010/11/11 アクセス)。
- 9) 塚本真也：創造力育成の方法—JABEE 対応の創成型教育(2003), 森北出版。
- 10) 「Design and Discovery Curriculum Facilitator Guide」<http://download.intel.com/education/common/en/resources/DD/DD_Full_Curriculum_FG.pdf> (2010/11/11 アクセス)。
- 11) D. クロージング(富士ゼロックス TQD 研究会 訳): TQD—品質・速度両立の製品開発 (1996), 日経 BP 社。
- 12) 機械情報技術学科, 工作技術センター(編): 八戸工業大学機械情報技術学科・ロボット創作による第12回ロボットコンテスト報告書 (2009), 八戸工業大学工作技術センター。
- 13) 「OPTIMUM PERFORMANCE TECHNOLOGIES」
<<http://optimumperformancetechnologies.blogspot.com/2009/04/visimap-gallery-scamper-technique.html>> (2010/11/11 アクセス)
- 14) 「iMindMap」
<<http://ja.wikipedia.org/wiki/IMindMap>>(2010/11/11 アクセス)