



実証実験直前の、担当教員とマイスターを交えた検討会（後期）



代表者/小林淳哉 [物質環境工学科教授] 博士(工学)

## 創造実験で、モデルコアカリキュラムの分野横断的能力をルーブリック評価

事例⑩ 函館高専 専攻科1～2 学年共通必修  
複合創造実験（生産システム工学 × 環境システム工学）

### 複合創造実験とルーブリック評価

複合創造実験では、企業などから実課題の依頼を受け、専門分野の異なる学生が3～4名のチームでその解決に当たります。企画立案から納品までを専攻科1年生の後期と2年生の前期で学び、スキルを育む長期の実験です。各グループには担当教員とマイスター（企業の現職や退職された技術者）が数名付き、指導とともに評価をします。評価の主眼は、モデルコアカリキュラム（試案）のエンジニアリングデザイン能力他の分野横断的能力です。数年前にPBL手法を取り入れた後、能力の定量的な測定指標としてルーブリック評価を活用するようになり、成果を上げています。

#### 当事例が対応する分野横断的能力項目と到達レベル

VIII - A	コミュニケーションスキル	(4)
VIII - C	情報収集・活用・発信力	(4)
VIII - D	課題発見	(4)
VIII - E	論理的思考力	(4)
IX - A	主体性	(4)
IX - D	チームワーク力	(4)
IX - F	倫理観	(4)
X - B	エンジニアリングデザイン能力	(4)

#### 【学習到達目標】※青字はモデルコアカリキュラム（試案）の分野横断的能力との関連

- ① グループ内での各人の役割と成果目標を明確にした実験計画を立て、創意工夫しながら継続的にすすめることができる。 **課題発見**  
**チームワーク力**
- ② 自分の考えをまとめて他者と話し、チームの一員としての責任を理解して自主的に行動できる。 **コミュニケーションスキル** **主体性**
- ③ 調査や実験等を通して専門分野の知識や実践的な基礎知識を身につける。 **分野別の専門的能力**
- ④ 出身学科が異なるチームメンバーや企業経験者と技術課題や成果についての議論を通じて、システムを構成する要素技術についての理解を深め、複数の解決手法から最適解決策を見出す能力を養い、要求性能を満たすシステムを提案できる。 **エンジニアリングデザイン能力**  
**論理的思考力**
- ⑤ 技術成果を他者に明快な日本語の文章で報告でき、的確にプレゼンテーションができる。 **情報収集・活用・発信力**
- ⑥ 技術成果のプレゼンテーションにICTを利用できる。  
**情報収集・活用・発信力**
- ⑦ 地域や社会のニーズに即した実験課題に取り組み、地域との連携して社会に貢献する意義を理解する。 **倫理観**

授業名	複合創造実験、環境システム工学創造実験、生産システム工学創造実験
代表者	物質環境工学科 教授 小林淳哉 kobayasi@hakodate-ct.ac.jp
年間経費	運営費交付金 約200万円/年(1テーマ10万円)
実施期間	平成19年度～
対象学科	専攻科共通第1～2学年
実施体制	専任教員(10名)、コーディネータ(1名)、事務補佐員(1名)、特任教員(マイスター:14名)

# 地域クライアントからの課題 「高精度の牛の発情検知システムの開発」



## 1 PBL による創造実験のステップ 課題の設定と授業の流れ

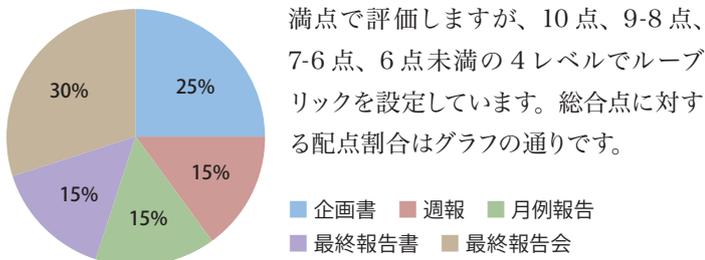
地域クライアントから地域共同テクノセンターへ寄せられた案件を、教員が専門性を考慮して数点選び、各チームが課題として受け持つ仕組みです。各チームでは異なる課題に臨みますが、長期的に受け継ぐものもあります。ここで紹介する事例は、平成 24 年度から取り組んでいる「牛の発情検知システム開発」への評価基準です。PBL 形式の科目であり、企画の作成から最終報告会までの間、要所ではクライアントも参加します。学生たちは乳牛の発情検知技術を開発していく過程でさまざまな経験を積み、ステップごとにルーブリック評価（学生にも開示）を受けています。

### 【26 年度前期の課題テーマ】

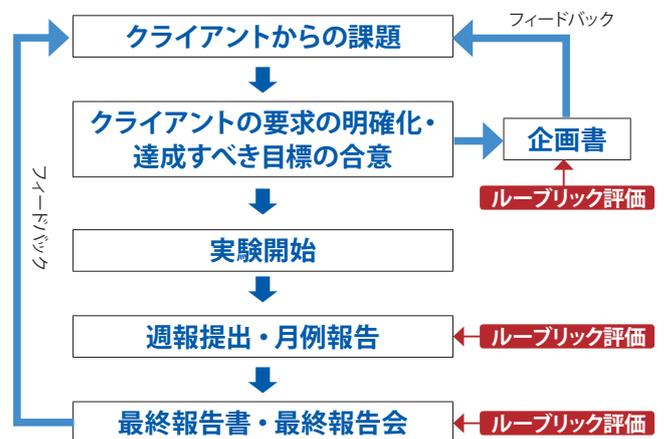
- ・牛の発情検知システム・印刷断裁クズ回収装置・観光アプリの開発
- ・魚道における魚カウント装置・大沼浄化・汚泥活用ほか

### ルーブリック評価のツールと評価割合

ルーブリック評価は「企画書・週報・月例報告書・最終報告書・最終報告会」の 5 項目で実施します。それぞれの項目を 10 点満点で評価しますが、10 点、9-8 点、7-6 点、6 点未満の 4 レベルでルーブリックを設定しています。総合点に対する配点割合はグラフの通りです。



### 【授業における評価項目】



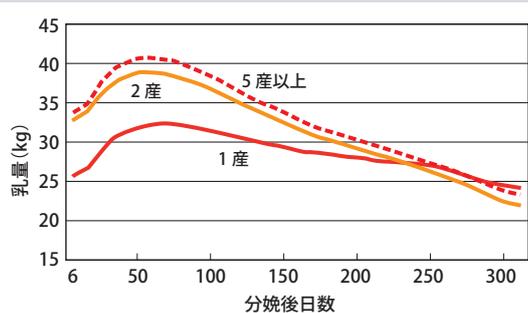
### 教員とマイスターによる評価のしくみ

複合創造実験は、PBL 手法を取り入れた課題設定、企画書、週報、月例報告会、最終報告書、最終報告会の各段階を迫ってモデルコアカリキュラム（試案）の分野横断的能力に結びつく評価を行い、JABEE 基準に照らした詳細な評価項目を設定しています。ここで重要な指導役となるのが、実社会の現役技術者や退職技術者から迎え入れたマイスターです。少人数のチームに複数の教員とマイスターが関わるため、マンツーマン以上の細やかな指導が可能となります。成績につながる評価は専任教員およびマイスターが行いますが、協力いただく地域クライアントとの交流を通じて、学生はエンジニアリングデザイン能力を磨いていきます。

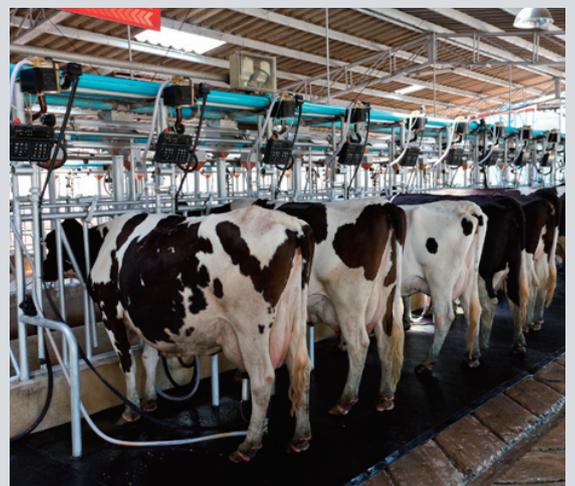
### 【課題テーマの例】

#### 受精率 100% をめざす、乳牛の発情検知システム

酪農王国北海道の酪農家にとって切実な問題は、効率的に搾乳ができる生産管理の徹底、つまり牝牛の確実な授精・出産が行えるかどうかです。21 日周期で短時間訪れる牝牛の発情サインを見逃さず人工授精できるように、各種のセンサーが使用されています。しかし、精度の問題や牛へのストレスによる乳量減少など、課題が多いのが現状で、新規参入の余地が見込める分野です。



泌乳曲線（平成 24 年度後期「PBL 報告書」より）／出産は年 1 回行い、分娩後 50～85 日以内に妊娠させ、分娩後 10 ヶ月で次の出産に備えて搾乳を停止。



酪農ファームでは安定した出産が経営安定の要。乳量と後継牛を確保するために発情サインの把握が欠かせません。

# 課題を明確化し、計画立案できるスキルを評価

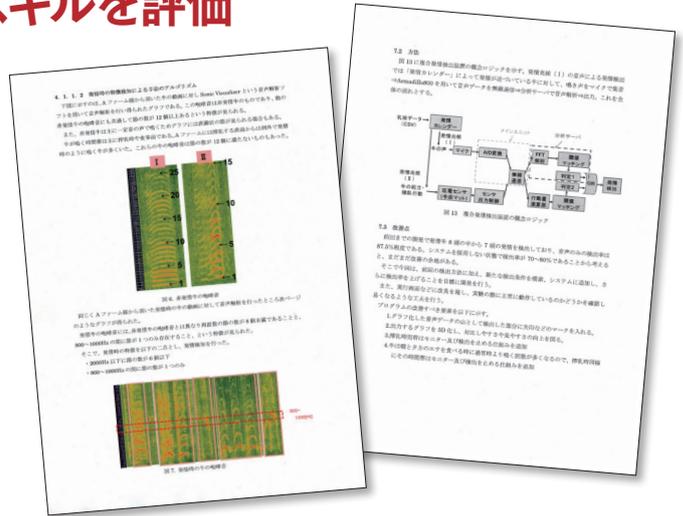
## 2 PBLによる創造実験のステップ 企画書の作成

複合創造実験は3-4名程度のグループで行うPBL形式の授業で、クライアントの実課題を解決します。授業の流れは、課題を受け取って、まず、要求を明確化した企画書を下図の手順で作成します。そして、開発すべきシステムの具体的な目標を設定し、開発スケジュールや、各人の役割を決定します。

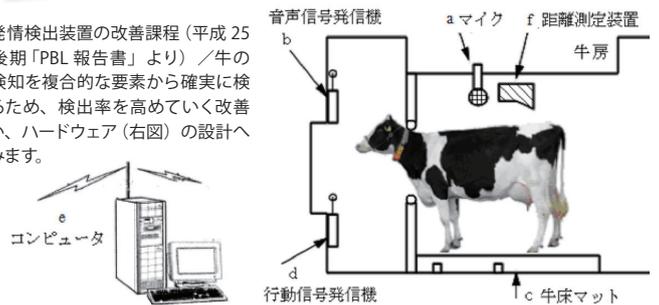
PBLによる企画書作成の流れ



この企画書でクライアントとの合意が形成されたら実験を開始します。途中、週報や月例報告などで情報共有を密にしながら進行し、最終報告会、最終報告書の提出で完了です。これらの各段階で、モデルコアカリキュラム(試案)の記載事項に対して常勤教員とマイスターがルーブリック評価をします。指導において主役となるのがマイスターで、企業などで課題解決のために用いら



複合発情検出装置の改善課程(平成25年度後期「PBL報告書」より) / 牛の発情検知を複合的な要素から確実に検出するため、検出率を高めていく改善を行い、ハードウェア(右図)の設計へと進みます。



れる多様な手法を駆使して技術者としての各種能力を教育します。また、学生はクライアントへのヒアリングからも地域企業の実状を知り、技術者としての使命感(倫理観)を身に付けます。

### 評価項目の到達度を「企画書」で評価するためのルーブリック

10点	9~8点	7~6点	<6
<b>課題発見 論理的思考力</b> 問題解決のために複数の解決手法を考案し、それらを評価して最適な解決策を提案できる (10点満点)			
現状において解決しなければならない課題を明確化し、そのための適切な提案ができるとともに、最適な方法への絞り込みができる。	現状において解決しなければならない課題を明確化し、そのための適切な提案ができる。	解決のための提案はできるが、必ずしも課題を明確に捉えたものではない。	解決手法の提案ができない
<b>コミュニケーションスキル</b> 技術的課題について自分の考えをまとめ討論できる (10点満点)			
対象者(クライアント、仕事を進めるメンバー、他の聴講者等)によらず、自身の考えを的確にまとめ、論理的に討論できる。	対象者によらず、自身の考えをまとめ、十分に討論できる。	質問に対する討論はできるが、論理性を欠く場面もややある。	左記の配慮が全くなされていない。
<b>倫理観</b> 技術者としての実務を理解するとともに、社会に貢献することの意義を理解している (10点満点)			
クライアントからの課題の背景を踏まえ、より効果的で意義のある成果を提示しようと行動できる。	クライアントからの課題の背景を踏まえ、十分な成果を提示しようと行動できる。	クライアントからの課題の背景を踏まえ行動できる。	左記に達していない。
<b>エンジニアリングデザイン能力</b> 複数の分野の専門技術を組み合わせ、要求を満たすシステムを提案できる (10点満点)			
課題解決のためにどのような専門性が関係しているかを明確にでき、関連する専門性を組み合わせる要求を満たす提案をしようとする。	課題解決のためにどのような専門性が関係しているかが明確化されていれば、関連分野の観点から要求を満たす提案をしようとする。	課題解決のためにどのような専門性が関係しているかが明確化されていれば、自らの専門分野で要求を満たす提案をしようとする。	専門性を組み合わせた観点からの提案をしようとする。

### モデルコアカリキュラム(試案)に記載の評価項目

#### 課題発見 (4: 分析レベル)

現状と目的を把握し、その乖離の中に課題を見つけ、課題の因果関係や優先度を理解し、論理的解決策を立案し、実行策を絞り込むことができる。

#### 論理的思考力 (4: 分析レベル)

課題を発見し、解決策を立案し、具体的な実行策を絞り込むことができる。また、複雑な事象の本質を整理・構造化して結論の推定をするために、論理的に展開できる。

#### コミュニケーションスキル (4: 分析レベル)

技術者や一般市民など、コミュニケーションの対象者によらず手を理解した上で、説明の方法を工夫しながら、自分の意見や考えをわかりやすく伝え、十分な理解を得ることができる。

#### 倫理観 (4: 分析レベル)

技術者が社会に負っている責任と独創性を認識し、技術の成果が社会に受け入れられるように行動できる。

#### エンジニアリングデザイン能力 (4: 分析レベル)

エンジニアリングデザインについて理解し、クライアントの要求を解決するために創案した設計解が要求を解決できるものであるかを評価するための行動ができる。

# チームの一員としての責任ある行動を評価

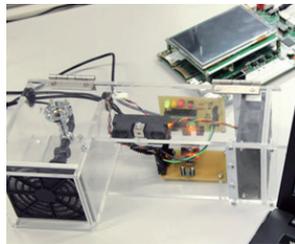
## 3 PBLによる創造実験のステップ 週報と月例報告会

### 週報で細やかな進行状況把握と軌道修正

策定した計画に対して成果を得るためのプロセス、目標や施策展開の軌道修正の必要性といった進捗管理のため、学生には定期的な進捗報告を義務づけます。週報はPBLの開催日(火曜日)からその週の土曜日まで(アクションがあれば日曜も含む)の実績を、翌週の月曜中(17:00まで)に、各学生がe-Learningシステム(WebClass)へ登録・提出する形式です。月例報告会では報告書の提出はありませんが、口頭での質疑応答などで各観点を評価しています。報告会で特に重視するのは、モデルコアカリキュラム(試案)の「主体性」に関連した継続的に仕事を進める能力です。

#### 週報 例-1 (抜粋)

**今週の内容：ユニットの改良を検討した  
明らかになった課題・工夫した点など：**  
今の設計では、ユニット前部にマイクに風を当てないための部屋が設けられている。この部屋にかなり余裕があるので、部屋を狭くして、その分だけ赤外線センサを前に移動することで、問題として挙げられていた配線の窮屈さを改善できる。赤外線センサが移動したことにより空いたスペースにPICを取り付け、赤外線センサとかぶらない程度までパイプ取り付け穴を前に移動すれば、問題を解決できると考えた。パイプ取り付け穴は新たな追加部品とする。



#### 週報 例-2

・今週の内容：咆哮音の回数を数える関数のプログラミング

・明らかになった課題・工夫した点など：中継ユニットより出力される6秒間のデータに対して、その中に牛の咆哮音があるか否かを判断する関数を作成し、互換性を考慮し咆哮音解析プログラムに追加した。

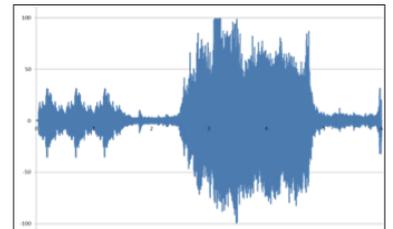
統一実験の結果、得られた音データに対し咆哮音の有無の判断を行うことに成功したが、音の大きさや長さの閾値として最適なものを求めることはできていない。従って、次週に最適な閾値を探す必要がある。また、牛の咆哮音であるか否かの判断に加えて、これをカウント、発情判定を行う関数のプログラミングが必要である。

統一実験を通して、中継ユニットと音源を有線接続した場合は十分なレベルの音量を得ることができるが、マイクを介した場合は十分なレベルの音量を得ることができなかった。どこに問題があるのか明らかになっていないので、どれほどの減衰がみられるのかを資料にまとめ、どこに問題があるのかを調べる必要がある。これによりスケジュール外の調査実験が必要となるので、スケジュールに後れを出さないように時間外の作業が必要となる。

**評価** 10点/企画書の全体計画や前週からの計画を踏まえ、一週間という期間区切りでの自らの進捗状況を客観的に把握して、活動計画に沿って着実に仕事をまとめていくことができる。

・次週の検討項目：咆哮音の回数を保持する手法の検討・咆哮音の回数により発情非発情の判定を行う関数の作成・開発環境の整備

牛の鳴き声の回数によって発情を検知します。咆哮音を横軸時間、縦軸音量のグラフに変換した例を右図に示します。発情時期には咆哮音が多くなります。



### 評価項目の到達度を「週報」で評価するためのルーブリック

10点	9~8点	7~6点	<6
<b>主体性</b> 自ら仕事を計画して継続的に実行し、まとめ上げることができる (10点満点)			
企画書の全体計画や前週からの計画を踏まえ、一週間という期間区切りでの自らの進捗状況を客観的に把握して、活動計画に沿って着実に仕事をまとめていくことができる。	企画書の全体計画や前週からの計画を踏まえ、一週間という期間区切りでの自らの進捗状況を把握し、仕事をまとめていくことができる必ずしも計画に沿って十分に進められなかった週が1-2割程度ある)	企画書の全体計画や前週からの計画を踏まえ、一週間という期間区切りでの進捗状況の確認がある程度できる。その後仕事をまとめていくことができる(3-4割の週で進捗状況が十分とは言えない)	進捗状況を踏まえた継続的な課題解決の計画を立てられず、行動をとれない。
<b>チームワーク力</b> チームの一員としての役割と責任を理解して自主的に行動できる (10点満点)			
企画書の全体計画の中で、自らの遅れがチーム全体や他者に与える影響を把握して、他者が信頼できる責任ある行動ができる。チームの情報共有のツールとしての週報であることを踏まえて十分詳しく記述している。	企画書の全体計画の中で、自らの遅れがチーム全体や他者に与える影響を把握して、行動できる。チームの情報共有のツールとしての週報であることを踏まえてある程度詳しく記述している。	自らの進捗状況がある程度把握して、行動がとれる。(他者への影響を十分には配慮できない) チームの情報共有のツールとしての週報であることを踏まえて記述しているが、十分に成果が伝わらない場合もややある。	進捗状況が把握できず、他者に指示された行動しかとれない。週報を書いていない。
<b>エンジニアリングデザイン能力</b> ものづくりのための創意工夫をすることができる (10点満点)			
毎回の成果に照らした翌週の計画を、実現可能性も踏まえ、多面的な観点から工夫できる。(十分練られた計画を提示できる) ※課題解決への独創性や発想力の評価とを考えてください。	毎回の成果に照らした翌週の計画を、実現可能性も踏まえ、工夫できる。	毎回の成果に照らした翌週の計画を、工夫しようとしている。(必ずしも実現できるアイデアとは限らない場合が3-4割ある)	自ら工夫しようとはしない。

### モデルコアカリキュラム(試案)に記載の評価項目

#### 主体性 (4:分析レベル)

より多様な環境の中で周囲の状況と自分の立場を照らし、主体的な行動により仕事の推進に貢献できる。

#### チームワーク力 (4:分析レベル)

組織やチームの目標や役割分担を理解し、役割を越えた行動をとることができる。

#### エンジニアリングデザイン能力 (4:分析レベル)

エンジニアリングデザインについて理解し、クライアントの要求を解決するために創案した設計解が要求を解決できるものであるかを評価するための行動ができる。

# 専門能力と成果を報告・発信できるスキルを評価

## 4 PBLによる創造実験のステップ 最終報告書・最終報告会

最終報告会では、チームごとにパワーポイントによるプレゼンテーションを行います。ここに教員、マイスターに加えてクライアントが参加することで、学生にとって依頼主を明確に意識した緊張感を伴うプレゼンテーションとなり、活発な質疑応答も行われます。最終報告会での主な評価対象は、モデルコアカリキュラム（試案）の「情報収集・活用・発信力」としてのプレゼンテーション能力です。1年生後期と2年生前期で1年間継続してきた複合創造実験の成果が問われ、少人数のチームでありながら、持てる専門能力をいかに複合していったかが研究発表の醍醐味でもあります。



25年度後期最終報告書

機械・電気・情報系を専門とする学生による牛の発情検知システム製作風景

### 評価項目の到達度を「最終報告書」で評価するためのルーブリック ※最終報告書の評価4項目のうち2項目を抜粋

10点	9～8点	7～6点	<6
<b>専門的能力の実質化</b> 実験や実習、演習を通して専門工学における実践的な基礎技術を身につけている（10点満点）			
実践的な課題解決において、データ分析・考察を自らの専門分野の知識を駆使して論理的に行うことができる。（課題解決の達成状況を自らが客観的に評価できるくらい高い専門性を身につけている）	実践的な課題解決において、データ分析・考察を自らの専門分野の知識を駆使して十分に行うことができる（1-2か所理論の飛躍や考察の甘さがある）	実践的な課題解決において、データ分析・考察を自らの専門分野の知識を駆使して行うことができる（理論の飛躍や考察の甘さが散見する）	実践的な課題解決に専門的な知識を使うことができない。
<b>情報収集・活用・発信力</b> 技術的な成果を正確な日本語を用いて論理的な文章にまとめることができる（10点満点）			
構成は読み手を考えて配慮されており、誤字脱字、文法上のミスがなく、得られた結果や成果から論理的な考察をして文書としてまとめることができる。	構成はほぼ適切で、数か所の誤字脱字、文法上のミスはあるが、結果や成果を論理的な考察としてまとめることができる。	やや冗長な構成・文章があり、誤字脱字も散見するが、結果や成果を最低限の論理的な考察としてまとめることができる。	構成が不適切で、結論や考察に論理性がない。考察がなされていない。

### モデルコアカリキュラム（試案）に記載の評価項目

#### 専門的能力の実質化（5: 評価レベル）

複数の専門工学が応用されている現場で起こっている事象を、多様な観点から分析・体系化を行い、企業活動を多面的に判断して必要な対応をすることができる。

#### 情報収集・活用・発信力（4: 分析レベル）

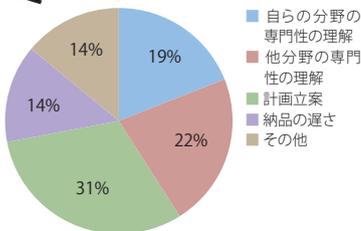
ICTやICTツール、文章等を自らの専門分野での情報収集や情報発信に活用できる。



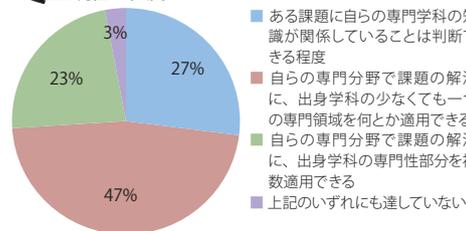
クライアントの前での最終報告会

### 学生へのアンケート結果（平成25年度後期／抜粋）

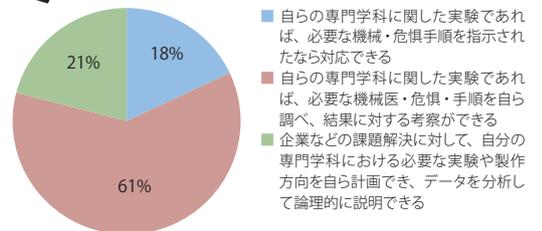
Q1 課題に取り組む上で苦労した点は？



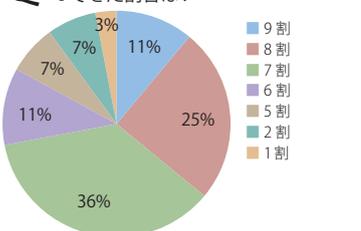
Q2 課題解決に用いるべき専門分野のスキル現在の程度は？



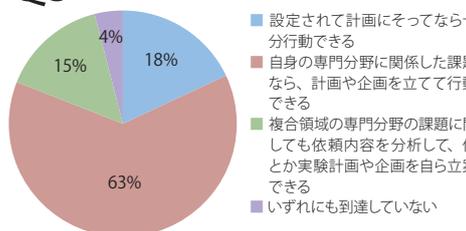
Q3 自身の実験実習能力に対する自信度は？



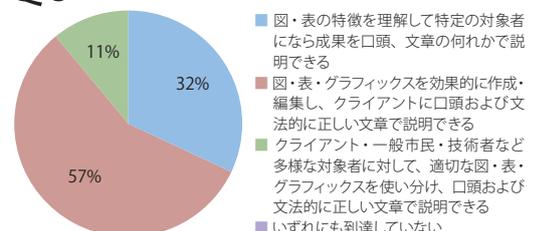
Q4 企画案で個人の役割として達成できた割合は？



Q5 計画力・企画力ほどの程度ある？



Q6 プレゼンテーション能力ほどの程度ある？





生産システム工学専攻 井口泰隆君

専門分野の異なる学生がチームを組んで長期間に渡り課題に取り

## 自分がどこまで到達しているかを意識する授業

組む過程で、学生どうしのコミュニケーションを円滑にするためには、まずお互いを知ることが大切です。PBLと直接関係ない話でも仲間意識が芽生えました。異分野だからこそそのアイデアが飛び出して相乗効果を生んだ例もあります。たとえば、牛の発情を検知するセンサやマイクを保護するケースを製作するに当た

り、断線や外乱性を考慮することで、改善ができました。

この授業では段階を追って「ルーブリック評価」を受けるため、最終の結果ではなく、自分が今どこまで到達しているかという過程を常に意識できるようになったのが収穫です。実際に企業が行うような製品開発を経験して、できるまで頑張る

気力体力が身に付いたり、弱点だった信号処理に関するフィルタ技術が自分のものにできたりといった成長があったと思います。

マイスターの方に指導いただくことは広範囲に渡りますが、企業OBとして様々な経験をお持ちだからそのプレゼンテーション技術も学ばせていただきました。

## 企業が求める「専門的コミュニケーション能力」を育成

私が函館高専のマイスター制度で期待されている役割は、専攻科学生の「課題形成力、課題発見能力の向上」「創造力の育成」に教員とともに力を注ぐことです。

複合創造実験終了後の学生アンケート（平成25年度後期）では「マイスターが加わることで参考になった点は？」という問いに、課題への取り組み姿勢が参考になったという

答えが45%と最も多く、市場意識が32%、専門的知識は18%となっていました。また、求人票送付企業へのアンケートによると、新卒者に求める能力として「専門的コミュニケーション能力」と答えた企業が81社中48社と最多になっています。その育成にはPBLの手法が基礎になります。マイスターの多くは企業OBですから、まさに社内教育でもこうし

た課題に長年対応してきました。

PBLのテーマを1年後期（6ヶ月）と2年前期（6ヶ月）の、一年間を通じて育成する中で、「企画報告会」「成果報告会」では1年生・2年生ともに、企画力（計画力）の向上や成果報告におけるプロセスの報告やプレゼンテーション力の向上が確認できています。そうした成果は、着実な現状分析力、ベンチマーキング



稲垣 悟 マイスター

力によって得られるものですので、段階ごとのルーブリック評価が到達度の目標として役立っています。

### ルーブリック評価導入のポイント



ルーブリックのメリットは、学生のモチベーションを高め、どういった専門分野が関与する可能性があるのかを判断できるようになることです。必ずしも、本人が関係する専門分野をすべて駆使するというわけではありませんが、最終報告書に至るまで、すべての過程において必要となる日本語を書く能力についても、ルーブリック評価に沿って採点します。

なお、課題の選出に当たっては、地域共同テクノセンターに持ち込まれる技術相談案件の中から緊急性が低く複合領域の専門性が必要なものを選んでいきます。本校と専門分野でのつながりが低い企業でも、地域インパクトがあればセンターを通じてテーマを持ちかけることもあります。

### より高度な到達レベルを目指して

小林 淳哉 物質環境工学科 教授

協クライアントには創造実験の課程や結果についてアンケートを実施して、そこで出た課題を次年度の授業へフィードバックしています。往々にしてクライアントの満足度が下がるのは、コミュニケーション不足を指摘された時で、エンジニアリングデザイン能力に関わる問題として積極的に対応してきました。

学内関係者用の企画書ではメンバーの役割分担とタイムスケジュールが盛り込まれており、学生は自身の仕事と他者との関わりが明確なので、最優先事項を判断してポイントを絞った議論ができます。

分野横断的能力の定量的評価にルーブリックは効果を発揮します。常勤者である教員と企業技術者としてのマイスターでは、PBL実施当初は課題発見能力の合格水準にもばらつきがありましたが、いまではほとんどありません。さらには、あらかじめルーブリックを提示することで、この授業ではどこまでの水準を望んでいるか学生が理解した上で、最終的に自分の到達レベルを把握できる意味は大きいです。JABEEとの対応では、もともとモデルコアカリキュラム（試案）はJABEEが求める到達目標と完全に整合性がとれているのですが、加えてどの水準まで到達しているかという、より詳細な根拠を提示することができるようになっています。



独立行政法人 国立高等専門学校機構 東京都八王子市東浅川町 701-2 電話：042-662-3120（代表） <http://www.kosen-k.go.jp/>

国立高等専門学校機構では、エンジニアリングデザイン教育事例を、総合データベース（KOALA）上で公開しています。

また、高専機構の公式サイト（<http://www.kosen-k.go.jp/>）でも、本事例集をご覧いただけます（トップページ右側のメニューから、広報誌をクリックしてください）。