

# 複合領域・新領域価値創造教育プログラムの開発

熊本大学大学院自然科学研究科 情報電気電子工学専攻 松田俊郎

## 1. 概要

熊本大学工学部グローバルものづくり教育センターでは、文部科学省の採択を受けた「グローバルものづくり実践力の協働教育事業」の一環として、将来のアントレプレナーやプロジェクトリーダーとなる人材育成を目的としたトップランナー育成型の教育プログラムである「複合領域・新領域価値創造教育プログラム」を開発している。

このプログラムの特長は、複数の分野・技術が複合した、或いは、新規性・革新性が高い研究・事業領域に於いて、学生自らが産学連携環境で、主体的に企画・構想から製品化/事業化を目標として研究開発を行うことであり、難易度の高い環境で学生の能力向上を図ることを狙いとしている。

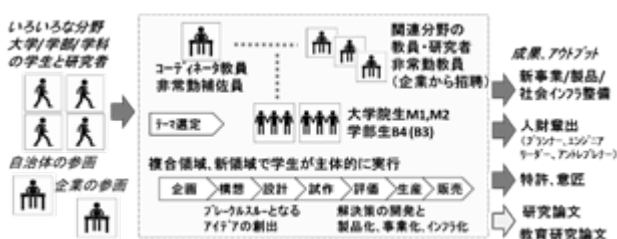


図1 複合領域・新領域価値創造プログラム概念図

本報では、この教育プログラムを開始してほぼ3年が経過し、第一期の学生が教育プログラムを修了する節目を迎えたので、これまでの教育活動を振り返ってプログラムの開発経緯と成果を報告する。

## 2. 教育の目標

本教育プログラムの狙いは、将来のアントレプレナーやプロジェクトリーダーとなるトップランナー型の人材の育成である。従って本教育プログラム修了時点での学生の能力レベルの目標を「コンピテンシー」と「ものづくり技術力」の両面で、企業の中核人材として活躍できるレベルに設定して具体的な目標値を検討した。

### 2.1 コンピテンシー評価方法の構築

コンピテンシー評価は、多くの企業の人事評価で使われており、社会や企業のリーダーには非常に高いレベルのコンピテンシーが求められる。

本教育プログラムでは、コンピテンシーの公知例である経産省の社会人基礎力1)の12の要素(図2)を活用し、要素毎の能力レベルを5段階で評価する方法を開発し導入した。



図2 社会人基礎力の概念(経産省HP)

図3に5段階評価の考え方を示す。

評点5(最高レベル)は社会や企業のリーダーとして活躍する人のレベルとし、生涯学習に使えるように大学生から社会人まで一貫して使える評価法とした。

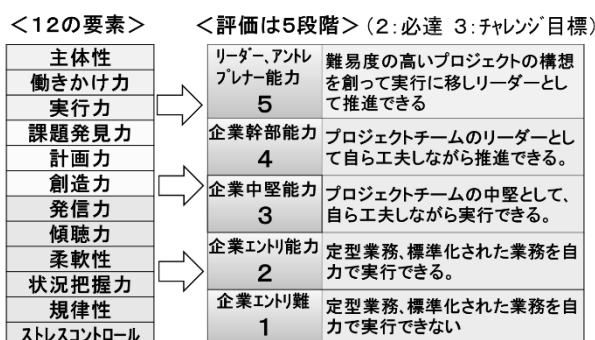


図3 コンピテンシーの5段階評価

図4に要素毎の評価基準の例として、主体性、働きかけ力、計画力の例を示す。それぞれの要素毎に5段階の能力レベルを定義している。

	主体性	働きかけ力	計画力
リーダー、アントレプレナー能力 5	プロジェクトを起業し目標設定から実行完了迄の全てに責任を持って実行できる	プロジェクトの構想を創り実行する為に、必要となる多くの人々を巻き込み組織化できる	社会、市場、地域の課題から目標、方策群、中長期日程、実行体制を含めたプロジェクト構想を創る
企業幹部能力 4	プロジェクトの目標、方策、日程を設定し創意工夫しながら責任を持って実行できる	プロジェクトの目標達成の為、必要な人を新規に巻き込める	中期的、機能横断的課題の目標、実行日程を作り進捗管理できる
企業中堅能力 3	自己の業務の目標、方策、日程を設定し創意工夫しながら仕事を進めることができる	自己の業務の目標達成の為絶えず関係者に働きかけている	目標を定量化し、方策をまとめて実行日程を作り進捗管理できる
企業エントリー能力 2	自己の業務の背景、目標や日程を理解し、納得して仕事を進めることができる	上司や関係者と報告・連絡・相談をしている	定型業務の内容を理解して実行日程を作り、進捗を管理できる
企業エントリー難 1	自己の業務の背景、目標や日程を理解せず指示されたことだけを行う	上司や関係者との報告・連絡・相談が殆ど無い	仕事の手順や実施日程が曖昧なままで仕事を進める

図4 要素毎の評価基準(抜粋)

## 2. 2 コンピテンシーの目標

学生が達成すべき能力レベルは、全要素で評点2以上を必達とし、評点3達成をチャレンジ目標とした。

評点2は、企業で与えられた定型業務を自力で確実に実行可能な能力レベルを想定している。

評点3は、企業の開発チームの中堅もしくは小集団のリーダーとして非定型の業務を自ら工夫しながら実行できる能力レベルを想定している。

学生の能力評価については、まず学生自身が自己評価を行ない、次に教員、他の学生、共同開発企業からの客観評価を加える多面評価方式とする。評価の対象は学生本人の人物イメージではなく、実際の開発における学生本人の具体的行動を評価する。

## 2. 3 ものづくり技術力の目標

本教育プログラムでは、学生が主体的に複合領域・新領域における新しい製品や事業を開発するが、この企画から評価迄の開発プロセスを高いレベルで実行する為に、学生がものづくりの技術/手法を修得し実際の開発で発揮することを、ものづくり技術力の目標とする。(図5に技術/手法の一覧を示す)

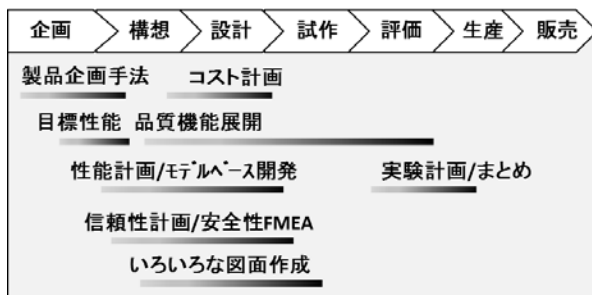


図5 ものづくりに必要な技術/手法

## 3. 教育プログラムの活動経緯

3年間の活動経緯を図6に示す。

年度	教員活動			学生プロジェクト活動						
	領域選定	環境整備	教材開発	テーマ選定	企画	基礎研究	構想	設計	試作	評価
H26年度	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
H27年度			■	■	■	■	■	■	■	■
H28年度				■	■	■	■	■	■	■

(記号の意味 ■ 開始,実行 ■ 実行,完了)

図6 教育プログラム活動経過

### (1) H26年度 (参加: 学部生 7名)

教員活動として、活動領域を農工連携領域とし産学官連携開発体制を構築した。また学生の活動として、農業の現状調査と課題抽出、検討領域の絞り込みを行い、開発テーマを「スイカ収穫で使用する電動運搬機の開発」とした。さらにシミュレーション環境で性能や制御の基礎研究を開始した。

### (2) H27年度 (参加: 大学院生 4名、学部生 3名)

学生の主体的活動が本格化(教員はサポートのみ)し、基礎研究として性能試験車両を試作し運動性能設計手法を構築した。また、製品企画を行って、製品の具体的な構想検討と設計に着手した。

### (3) H28年度 (参加: 大学院生 6名、学部生 3名)

製品の構想決定、設計、試作、評価を行い、開発を完了した。(生産、販売は共同開発企業が主体で検討予定)

### (4) 参加学生の分野

参加学生の専攻(研究室)は当初は電気工学専攻(電気自動車研究室)の学生のみであったが、H27年度後半から機械システム工学の研究室の参画を得て、複合分野をまたがった理想的な体制を作ることができた。

### (5) 開発費

計測器や試作用材の購入等として、H26年度から年度毎に185万円、60万円、60万円を使用した。

## 4 教員として指導した内容

本教育プログラムでは、企業が実践する製品開発と同様のコンピテンシーとものづくり技術力を学生が発揮する必要があるが、従来の大学、大学院の専門課程では教えない項目なので、本教育プログラム特有の教育内容として下記を実施した。

### 4. 1 コンピテンシーの教育

コンピテンシーの概念と、社会や企業のリーダーには高いコンピテンシーが求められることを教えた。

コンピテンシーの具体的内容については、社会人基礎力の12の要素を理解させ、実際の開発で発揮された自らの行動を振り返って、自己の能力レベルを評価すること、さらに他者評価も含めて自己の強み弱みを把握して自発的な改善を行うことを指導した。また、教員として、学生の好ましい行動は誉め、好ましくない行動は学生自らが気付くようにコーチングを行った。

### 4. 2 ものづくり手法の教育

製品企画の一般的手法や、製品構想に役立つ品質機能展開、電気自動車の性能計画方法、信頼性で重要な安全性 FMEA など、ものづくりに重要な数々の手法を学生に教え実践指導を行った。

さらに、これらの知見をまとめた拙著「電気自動車の開発」を執筆して教科書として使用した。(以下に代表的な事例を図7~図9に示す)

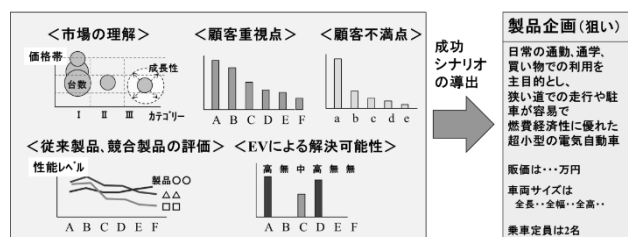


図7 製品企画手順の説明資料

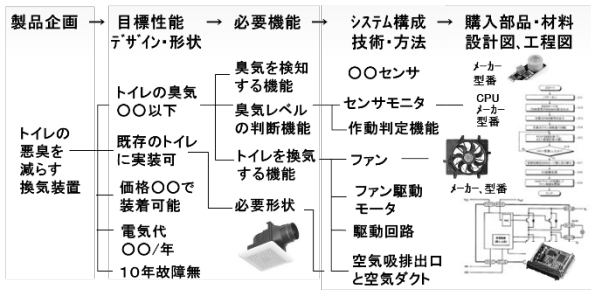


図8 品質機能展開の説明資料

部品	故障モード	故障原因	影響評価	致命度	発生可能性評価	頻度	検知可能性評価	検知度	総合評価
アクセル開度センサー出力値号ハーネス	断線 接触不良・引ひ張り・腐食 でハーネスが断線する	ハーネス断線時、アクセル開度センサー電圧が0Vとなるので、モーターに最大トルクが指示され車両が発進(加速)する	ハーネス断線時、アクセル開度センサー電圧が0Vとなるので、モーターに最大トルクが指示され車両が発進(加速)する	5	作業不良で断線不良やハーネス引ひ張りが生じ得る。作業は長期使用で有り得る	3	断線が生じるとすぐに急発進が起きる。運転者が安全な対応を要するとは難しい	5	対策あり 75点 = 5×3×5

図9 安全性FMEAの説明資料。

## 5. 学生が実施したプロジェクト活動内容

### 5. 1 ものづくり技術力の発揮状況

#### (1) PBLに基づくテーマの選定

熊本の農業全体を俯瞰的に詳しく調査して、熊本の施設園芸の特産品であるスイカの栽培に絞り込み、スイカの収穫作業で使われる「農業用電動運搬機」を開発テーマに選定した。

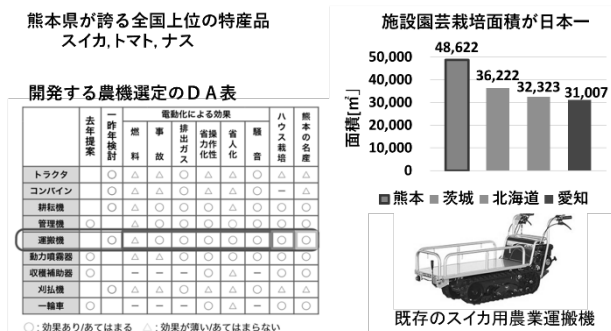


図10 学生資料抜粋：開発テーマの選定

#### (2) 現状課題調査

スイカ収穫の現場に通い、多数の農家の声を聴き、学生も収穫作業を体験する中で、現状課題をまとめた。

#### 農家の課題

- ・積み込みがキツイ
- ・積み下しがキツイ
- ・人件費がかかる
- ・排出ガス、騒音など

#### 既存運搬機の課題

- ・始動が面倒
- ・ギアが入りにくい
- ・旋回性が悪い
- ・エンストするなど



図11 学生資料抜粋：課題調査まとめ

#### (3) 製品の企画と構想

現状課題を抜本的に解決する為に、電動運搬機という製品を企画し、製品の狙いと設計コンセプト（電動化、荷台位置の最適化、集中操作盤、等）を立案した。

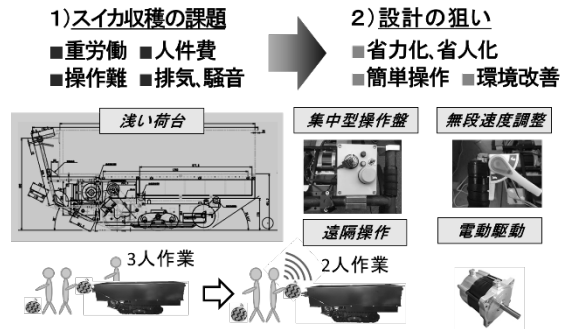


図12 学生資料抜粋：電動運搬機の構想

#### (4) 運動性能モデルの開発

オフロード走行車両の運動モデルを作り性能検討用試作車両で実験、検証して、電動運搬機の運動性能、航続距離の計画ができるようにした。

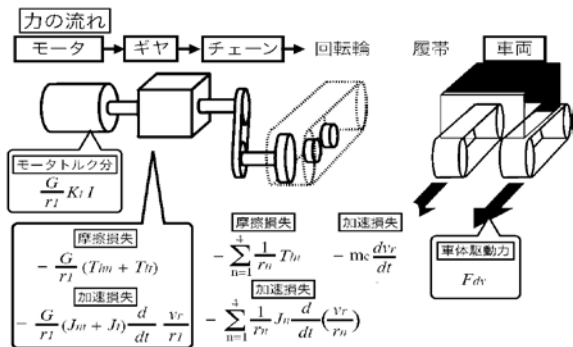


図13 学生資料抜粋：運動モデル（一部）

#### (5) 計画と設計

性能計画、車両計画、システム設計、バッテリーとモーターの選定、制御設計、信頼性設計（FMEA）、電気回路設計、強度解析、操作系設計等を行った。車両の機構設計は共同開発企業が実施した。（設計した電動運搬機の諸元を図14に示す）

機体寸法	全長 (mm)	1967
	全幅 (mm)	689
	全高 (mm)	865
機体質量 (重量) (kg)		295
動力源	駆動方式	1モーター
	定格/最大出力 (kW)	2/4
	バッテリー種類	鉛蓄電池
	バッテリー電圧 (V)	60
	バッテリー容量 (Wh)	3076
荷台	最大作業能力 (kg)	250
	クローラ外幅 (mm)	390
走行部	走行速度 (km/h)	0.5~5.2
	操向方式	サイドクラッチ

図14 電動運搬機の諸元


### (6) 試作

車両を製作し機能評価を行なった。電気回路、制御系、操作系の製作は学生が担当し、車両構造部分の加工と組み立ては共同開発企業が実施した。

### (7) 評価

試作機の評価試験を行い農家から良い評価を得た。

#### スイカ農家に評価頂き概ね狙い通りの評価を得た

評価のまとめ(複数農家の評価)			農家のコメントを聞く場面
改善項目	効果	評価	
環境面	ゼロエミッション	○	
形状面	腰の曲げが少ない	○	
操作面	エンストしない	○	
	操作が簡単になった	△○	
	好きな速度を出せる	○	
	ギア操作がない	○	
	速度が速くなった	△○	

○:効果がある △:効果があまりない

図 15 学生資料技粋：農家の評価。

### (8)プロジェクト進捗管理

開発日程表を作り進捗が見えるようにした。また開発に参加する企業と学生で毎週の定例会議を実施して進捗の確認と方針論議を行ない、議事録を作成した。



図 16 進捗管理の事例 (日程表、議事録、定例会議)

## 5. 2 コンピテンシーの発揮状況

未知未体験の領域で課題を発見し、自らの工学知識を基にいろいろなアイデアを創出して、社会人と対等に議論しながら製品開発を進めてゆく過程で学生のコンピテンシー能力レベルが向上した。

### (1) コンピテンシーの発揮例

- 未知の農業の課題を調査する過程で、主体性、働きかけ力、課題分析力等を培うことができた。
- 複合分野をまたがった産学連携開発を行う中で、計画力、創造力、柔軟性などを培うことができた。
- モーターやバッテリーなどの開発、調達プロセスでいろいろな企業のエンジニアと業務を進める中で、働きかけ力、発信力、傾聴力などを培うことができた。

### (2) 学生のコンピテンシー評価

コンピテンシーの自己評価と他者評価を定期的に実施した。当初は自己評価が甘い傾向にあったが、回数を

重ねる毎に、自己の行動を客観的に評価できるようになり他者評価との差も少なくなった。

(図 17 に学生のコンピテンシー自己評価例を示す)

12の要素	定義	評点	評価の根拠、理由
主体性	物事に進んで取り組む力	2	開発プロジェクトを立ち上げのリーダーとして研究開発に責任を持ち自身の仕事に取り組みようとしているが、創意工夫が少ない
働きかけ力	他人に働きかけ巻き込む力	2	企業や関連各所に対して自身(研究室)の目標や背景を理解してもらい、協力やアドバイスを求められたが、常にとは言い難い
実行力	目的を設定し確実に行動する力	1.5	その時々における開発プロジェクトの目標に対して、遅れやミスが多少みられるが取り組み、進捗してきている
課題発見力	現状を分析し目的や課題を明らかにする力	2	実際に顧客調査などで課題についてはおおむね把握し、ブレインストーミングなどを行ったが、使い勝手など後回しになっているものもある
計画力	課題の解決に向けたプロセスを明らかにし準備する力	1.5	大きな計画目標は立てられているが遅延などが発生した際に次に対する見解や優先順位の問題がまだ甘い場合がある
創造力	新しい価値を生み出す力	1.5	問題点や改善点を洗い出すことができるようになってきたと考えているが、独創性がやや希薄で画定調査にとらわれることが多い
発信力	自分の意見をわかりやすく伝える力	2	プレゼンする力は研究室で磨かれてきたと感じているが、業務依頼などでわかりにくい説明をしてしまうことがある
傾聴力	相手の意見を丁寧に聴く力	2.5	自身に関する項目に関しては相手の意見をおよそ理解できているが、意識的視点で取り入れているかは自信を持って言えない
柔軟性	意見の違いや立場の違いを理解する力	2	周囲の意見や考えを取り入れて行動を取れていると考えるが、最適化できているかは定かではない
状況把握力	自分と周囲の人々や物事との関係性を理解する力	2	このプロジェクトにおける自身への期待や立場の理解はできていると考えるが、忙しさを遅延に対する懸念がやや欠けていると考える
規律性	社会のルールや人との約束を守る力	2.5	仕組やルールは作れていないが、本学的な大学自体および研究室におけるルール等は守れている
ストレスコントロール	ストレスの発生源に対応する力	2.5	自身のストレス管理は行っているが、メンバーの仕事が多いなどの場合の管理がやや甘いと感じている

図 17 学生のコンピテンシー自己評価 (H27 年度)

### (3) 学生のコンピテンシーの向上

本教育プログラムの実施により学生のコンピテンシー能力は確実に向上した。図 18 に学生の年度毎のコンピテンシー評価を示すが、評点が大きく向上していることがわかる。(教員の視点でも同等の評価である)

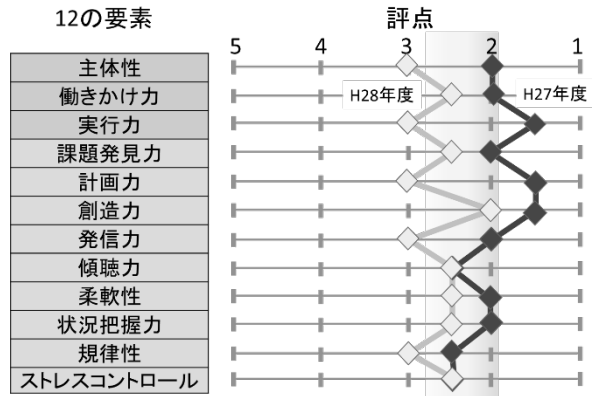


図 18 学生のコンピテンシーの向上 (H29 年 1 月)

### 5. 3 学生の成果と能力のまとめ

学生が、難易度の高い産学連携プロジェクトに主体的に取り組み、工学の専門知識とものづくり技術を発揮して農業用電動運搬機の開発に成功した。

また学生が主体的に難易度の高いプロジェクトを実行して、課題発見と創意工夫を行い、レベルの高いチーム活動を行う中で、コンピテンシーを十分に発揮した。

(共同開発企業からも学生のプロジェクト活動の取組みは高く評価されている)

結果として、本教育プログラムを修了する大学院 2 年生のコンピテンシー能力レベルは全項目で評点 2 点以

上を達成した。(図 19 に学生 6 名のコンピテンシーの他者評価結果を示す)

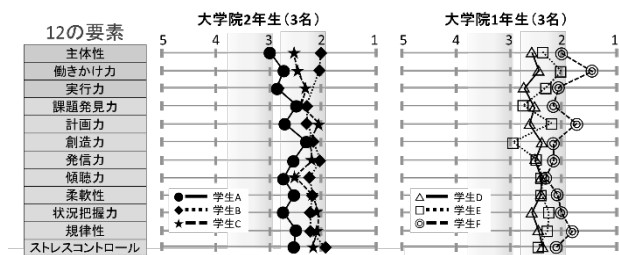


図 19 学生 6 名のコンピテンシー評価 (H29 年 1 月)

## 6.まとめ

(1) 複数の分野・技術が複合した,或いは,新規性・革新性が高い研究・事業領域に於いて,学生自らが産学連携環境で,主体的に企画・構想から製品化/事業化を目標として研究開発を行う教育プログラムである「複合領域・新領域価値創造教育プログラム」を開発した。

(2) 教育の目標を,将来のアントレプレナーやプロジェクトリーダーとなる人材の育成とし,学生の「コンピテンシー」と「ものづくり技術力」を評価指標とした。

(3) コンピテンシー能力の評価方法として,社会人基礎力を活用した新たな評価方法を開発し教育に導入した。

(4) 教員として教育研究領域の選定,教育環境の構築,コンピテンシーとものづくり手法の教育,プロジェクト運営方法の指導,教科書の執筆を行った。

(5) 学生が,農工連携領域における産学連携プロジェクトに主体的に取り組み,工学の専門知識とものづくり技術を発揮して農業用電動運搬機の開発に成功した。

(6) 学生が難易度の高い開発プロジェクトを推進する中でコンピテンシーを向上することができた。

結果として,本教育プログラムを修了する学生のコンピテンシー能力レベルは全項目 2 点以上に向上し,教育の目標を達成することができた。