

# テーマ 職業能力開発の実践

副題 高度職業訓練における共同研究としての開発課題実習

「レスキューロボットの開発」の指導と評価および

ロボット製品化に係る事業主支援

独立行政法人 高齢・障害・求職者雇用支援機構

関東職業能力開発大学校 応用課程 生産機械システム技術科

執筆者 小林 崇

共著者 乾 勝典 東北職業能力開発大学校 生産機械システム技術科

共著者 南 公崇 関東職業能力開発大学校 生産技術科

共著者 永野 善己 関東職業能力開発大学校 生産機械システム技術科

## 1. まえがき

平成 26 年度ものづくり基盤技術の振興施策（ものづくり白書）によれば、実質経済成長率は労働投入の伸び、資本投入の伸び、技術進歩（TFP）に分けることができる。2000 年以降、労働投入の伸びや資本投入の伸びによる実質経済成長率は全産業において減少傾向にある。しかし、2000 年からの 11 年間の TFP による製造業の実質経済成長率は 1.50% に対し、非製造業は 0.42% となっており、このことは実質的にもものづくり産業が依然として我が国経済の牽引役であることを示している。したがって、わが国のものづくり産業の衰退はわが国経済の牽引力を失うことになると考えられる。

近年、ものづくり産業を発展・維持させるべく様々な施策が取られてきた。産学官連携を活用した研究開発の推進活動もその一つである。これは大学等と民間企業との共同研究を推進する事業で、2004 年の国立大学の独立行政法人化以降着実に実績をあげてきた。2009 年度はリーマンショックの影響で減少したものの、2010 年以降増加傾向にあり 2013 年度の産学連携による共同研究数は 1 万 7881 件に上っている。しかしながら、この共同研究の実績数のうち、83% が大企業の共同研究で中小企業の共同研究数は 17% 程度であるとの報告もあり、我が国の共同研究の大部分は大企業が行っていると言っても過言ではない。わが国の企業数の 99.7% は中小企業であることから、ものづくり産業全体を発展させるためには中小企業の共同研究の支援をすべきであると考えられる。

この中小企業の産学連携による共同研究の課題として、大きなインパクトのある成果ではないが、短期間で一定の成果を出さなければならないことや、収益のために製品化して販売を確実に行うことなどが求められている。厚生労働省所管、独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構が設置運営する職業能力開発大学校では、地域社会への貢献を目的とし、事業主支援事業として毎年共同研究・受託研究をおこなっており、2013 年度では 109 件の共同研究・受託研究を行っている。また、職業能力開発大学校ではものづくり産業のための人材育成をおこなっているが、後期課程である応用課程では生産現場のリーダーを養成することを目的としている。この応用課程の教育理念は実際の「ものづくり」現場を教育訓練の場に持ち込むこと即ち生産現場に密着した教育訓練の展開であり、高度な教育訓練により新製品の開発能力や創造性の付与および企画開発能力の習得を目指している。したがって、共同研究と関連づけた実践的な教育訓練も行っている。

わが国のものづくり産業のなかで、日本のロボットは 1980 年代以降、製造現場を中心に急速に普及してきた。このロボットは産業用ロボットと呼ばれ、現在に至るまで出荷額、稼働台数において世界第 1 位の地位を維持しており、2012 年時点において出荷額は約 3400 億円で世界シェアの約 5 割を占めている。一方、製造現場以外でのロボットはサービスロボットと呼ばれ、介護、警備、掃除、配膳など人間の業務や活動を代行または支援するロボットである。このサービスロボットは人間の複雑な活動を対象としているため、制御等が難しくこれまで開発が遅れてきたが、少子高齢化社会の到来などの理由から今後進展が著しく期待されるロボットである。このため、2014 年 6 月に公表された「日本再興戦略」改訂版では、ロボット技術をイノベーションの象徴の一つと捉え、2020 年までにサービスロボットなど非製造分野で市場を 20 倍に拡大するという定量目標が掲げられた。しかし、このサービスロボットの分野では、様々なロボットが大学や企業等で開発されてきたが、試作機が多く製品として市場に投入されたロボットが少ないことが現状の課

題となっている。

このサービスロボットの1つにレスキューロボットがある。レスキューロボットとは災害時に人間が入れない場所や崩落などの2次災害の可能性のある場所で人間の代わりに要救助者を探索し救助する目的のロボットで災害対応支援ロボットと呼ばれている。このなかで、要救助者を探索する目的のロボットが実用化・製品化に最も近いため、以下本稿では探索用レスキューロボットをレスキューロボットと呼ぶ。

執筆者は前任地の東北職業能力開発大学校時代から現在の赴任地の関東職業能力開発大学校（以下、関東能開大という）の応用課程生産システム技術系（生産機械システム技術科・生産電気システム技術科・生産電子情報システム技術科）の開発課題実習においてこのレスキューロボットを開発してきた。この実習のなかでは、製品開発のための学生の教育訓練を重要視しながらも同時に将来の製品の实用化を目指した取り組みを行ってきた。その理由として、ロボット分野は前述のように将来的に大きく市場が進展する先端分野であり、開発課題実習の成果物が製品化を目指せば社会に貢献でき、同時に真の実践教育に結びつくと考えたからである<sup>(1)</sup>。

そこで、平成27年度の開発課題実習ではロボットの製品化を念頭において、ある程度機能を絞ってコストダウンを図ったレスキューロボットの開発を行った。関東能開大のポリテクビジョンで公開したところ、地元の自動車部品メーカーO社から事業主支援としての製品化のための共同研究の依頼があった。平成28年度の開発課題実習ではこの共同研究のもと製品化を目指した新型のレスキューロボットを開発した。一方、製品化を目指すO社は平成27年度のレスキューロボットを原型とする探査型ロボットの製品化案を作成し、国に申請したところ、平成28年度戦略的基盤技術高度化支援事業に採択された。この採択後、一般財団法人地域産学官連携ものづくり研究機構（以下、ものづくり研究機構という）を管理団体とし、国立大学法人群馬大学、国立大学法人宇都宮大学と関東能開大の専門家によるO社のロボット製品化のための支援体制が構築された。関東能開大はものづくり研究機構とO社の両方と共同研究の契約を結び、著者らは開発課題実習でO社の要望を取り入れたレスキューロボットを開発するとともに、O社によるロボット製品化とそのための人材育成を支援することになった。本稿では、関東能開大における平成27年度と共同研究となった28年度の開発課題実習におけるレスキューロボットの開発の結果と指導および評価について述べるとともに、事業主支援としてO社のロボット製品化の支援と人材育成を行った結果について報告する。

## 2. 共同研究「レスキューロボットの開発」における開発課題実習での指導計画

応用課程の考え方<sup>(2)</sup>によれば、開発課題実習で習得すべき具体的能力は以下とされる。

- (1) 専門知識及び技能・技術等のテクニカルスキル
- (2) 課題発見・分析・解決力
- (3) マネジメント力
- (4) チームワーク力
- (5) リーダーシップ力
- (6) コミュニケーション力

これらの能力を習得させるために開発チームの編成を行った。表1に平成27年度と平

成 28 年度の関東能開大応用課程生産システム技術系の開発課題実習の実施体制と指導体制を示す。開発チームは応用課程生産機械システム技術科、生産電気システム技術科、生産電子システム技術科の学生から構成される混成チームで、合計人数は平成 27 年度で 13 人、平成 28 年度で 14 人である。それぞれの科ごとに科のリーダーが 1 人選出されており、所属する科のメンバーに対してリーダーシップを発揮する。また、3 人の科リーダーのうちの 1 人がグループリーダーとして、レスキューロボットグループを代表して各種の会議に参加する。指導体制としては 3 科の指導員による集団指導体制で、1 人が指導リーダーで教員によるグループの代表となる。執筆者は平成 27 年度と 28 年度の教員側のグループリーダーであった。

表 2 に開発課題実習のスケジュールを示す。スケジュールの工程としては、4 月から 6 月が企画段階、7 月から 8 月までが設計段階、9 月から 11 月までが制作段階、12 月が調整段階、1 月から 2 月までが性能評価の段階、2 月から 3 月がまとめ段階となっている。最初に、4 月中旬に開発課題のガイダンスとチーム編成を行う。発表会については 6 月下旬に制作物の企画構想をまとめた構想発表会、7 月下旬に設計をまとめた本グループ独自のデザインレビュー、12 月上旬に動作確認発表会、2 月上旬に関東ポリテクビジョンを兼ねた最終発表会と作品展示会がある。報告会としては全員参加の週 1 回のグループミーティングがあり、週の報告書として週報の提出が義務づけられている。

以上のことを考慮して指導案を作成した。先に指導方針を立て、指導方針から開発課題実習の段階の時系列ごとの指導案を作成した。以下に指導方針を示す。

- (1) テクニカルスキル習得については、役割分担はあるものの各自が企画・設計から制作までを体験するように調整・指導する。
- (2) コミュニケーション力の習得は一番初めに達成することであり、企画段階でブレインストーミング法などを用いたミーティングなどを頻繁に行い養成する。
- (3) リーダーシップについては、指導教員がリーダーとしての手本をみせ、徐々にリーダーに任せていく方法で養成する。
- (4) 課題発見・解決力の養成については、課題が出た時に臨時のミーティングを開き、原因についてはグループで徹底的に議論し、解決策を全員で見い出し実行する。
- (5) 進捗管理（マネジメント力）については週毎のミーティングや週報で進捗状況の管理を徹底させる。
- (6) チームワークについては常に班（チーム）での活動を行うような指導を行う。

以上の指導方針のもと、指導案を作成するが指導項目については以下の点を考慮した。

- (a) 事前に、指導項目を決めるとともに評価項目としても扱い、指導後に評価を行う。
- (b) 指導項目ごとに詳細な指導案を作成し達成度と理由を項目ごとに記入して評価する。

指導項目としては共同研究による開発課題実習であることを考慮し、応用課程で身につけるべきテクニカルスキル、課題発見・解決力、マネジメント力、チームワーク力、リーダーシップ力、コミュニケーション力の 6 項目すべてとした。

次に、これらの指導項目についてそれぞれ指導手順を作成した。一例として課題発見・解決力の指導手順を以下に示す。

- (1) 課題発見・解決力の重要性の説明、習得の流れの説明
- (2) 文献調査、市販製品の調査による問題点。課題発見と解決策提案

(3) 解決策の具体化と解決策の実施（実践力の発揮）

(4) 教員、学生による評価

(5) 課題発見、解決策提案、解決策の具体化、解決策の実施の繰り返し

初期に重要性の説明を行い、制作段階以降で実施と評価を繰り返し、必要とする能力を習得させる方法を採用している。この指導方法の流れはすべての指導項目に適用している。

以上の指導手順のもと、指導の段階を考慮した指導案をテクニカルスキル以外のスキルについてすべて作成し指導案とした。

表3に例として課題発見・解決力養成のための指導案を示す。執筆者が以前に作成して指導したものと比較すると簡易的になっている。

表1 開発課題実施体制と指導体制

所属科	学生人数(人)	役割	指導体制
生産機械システム技術科	平成27年度 4人 平成28年度 5人	科リーダー(1人) 科サブリーダー(会計兼務)	主担当教員 (1人) 副担当教員 (1人) 会計担当教員 (1人)
生産電気システム技術科	平成27年度 5人 平成28年度 4人	科リーダー(1人) 科サブリーダー(会計兼務)	
生産電子情報システム技術科	平成27年度 4人 平成28年度 5人	科リーダー(1人) 科サブリーダー(会計兼務)	

表2 開発課題スケジュール

開発の段階	月	内容	発表会・報告書等
企画	4月～ 6月	0社による説明(平成28年度のみ) 目標仕様の決定	班ミーティング・週報 構想発表会
設計発注	7月～ 8月	基本設計(応力計算・トルク計算) 詳細設計・電子回路設計 部品発注・基板設計	班ミーティング・週報 設計発表(デザインレビュー)
加工組み立て	9月～ 11月	加工・組み立て・実装 センサ実験 制御プログラミング	班ミーティング・週報
中間発表	12月	調整・発表準備	班ミーティング・週報 動作確認発表会
性能評価	1月～ 2月	評価実験・報告書作成	班ミーティング・週報
外部発表 (本発表)	2月	関東ポリテクビジョン	展示発表・パネル
まとめ	2月～ 3月	報告書作成	最終報告書提出

表3 課題発見・解決力養成のための指導案

	内容	段階		加工組み立て段階 調整段階	評価発表段階	
		ガイダンス・初期ミーティング	企画段階			設計段階
課題発見・解決力	課題の発見ができる	課題発見・解決力の重要性の説明  課題発見・解決力習得の流れの説明	市販装置、文献の調査分析  問題点発見  解決案提案	解決案の具体化  解決策の図面化	解決策の実行  新たな問題点の発見  解決策の提案と具体化  解決策の実行と改良	課題発見・解決のまとめと文書化
	問題の原因を追究できる					
	課題解決のための提案ができる					
	課題解決のための実践力を発揮できる					
習得確認方法		ミーティングでの学生の反応による	ミーティングと作業報告書の内容による	デザインレビューの内容と質疑応答による	実物による報告の内容と質疑応答による	報告書の内容による

### 3. 共同研究「レスキューロボットの開発」での開発課題実習の実施

#### 3. 1 開発課題実習でのレスキューロボット開発の流れ

平成27年度では、探索空間として、地震で半壊した木造家屋などの1階と2階の部分を想定した。この想定は仙台市の消防署員からのヒヤリングに基づいている。この想定のもとに階段走破性や走行性を検討し、レスキューロボットとしてのさまざまな必要条件を検討した。そしてこの必要条件を満足するように目標仕様を決定し、各種設計を行った。

機械・電気分野ではモータの選定や機構設計および部品製図を3次元CADおよび2次元CADを使用して行った。設計は主として3次元CADにより行い、このアセンブリモデル（組立てモデル）より部品図、組立図を製作した。電子分野では各種センサの選定や回路設計後、電子用CAD/CAMシステムを使用して電子基板を作成した。情報分野では制御アルゴリズムを決定しフローチャートを作成後、各種プログラムを作成した。

製作工程では、機械加工は部品図に基づいてNCフライス盤やNC旋盤を用いて行い、組立ては手順書を作成して行った。構造体の組立て後に電子基板等を装着し、プログラムのデバッグを行ってロボットを完成させた。完成後に各種調整を行い、階段走行実験や悪路走破実験等を行い性能を評価をした。

平成28年度では共同研究先であるO社からの依頼を受け、平成27年度のレスキューロボットを改良した試作機を開発課題実習で制作した。主な改良点は階段の走破性の改良、不整地での走行性の改良、カメラ画像の改良と機体の視認なしでの操縦性能の向上などである。それ以外の流れは平成27年度と同様である。

#### 3. 2 製作したレスキューロボットの概要と性能評価

平成27年度では図1に示すレスキューロボットを制作した。完成したレスキューロボットの仕様を表4に示す。外形寸法は390mm×446mm×324mmで一般家屋の部屋にも十分侵入が可能な大きさとなっている。重量は17.9kgfで20WのDCモータ2個で駆動する。電源としてリチウムポリマーバッテリーを1個採用した。駆動はクローラによる方

式で移動速度は 14.1 m/min である。活動時間は 1 時間 10 分である。本体はクローラ部と車体部およびカメラ部から構成される。車体部前面に障害物までの距離を計測する目的で距離センサを装備する。カメラ部は透明な半球で覆われ、内部のカメラはパン・チルトが可能となっている。本体には障害物を乗り越えるための機能として「リフター」を前部と後部に搭載している。これはロボット前後 2 軸に様々な形状の金属板を取り付け、ロータリエンコーダで回転角を検出しながら回転させるものである。前部のリフターは障害物に引っ掛け、後部のリフターは本体を支える補助の役割を行う。これによりロボット本体を傾けさせ、障害物や階段を走破する仕組みになっている。リフター形状を図 2 に示す。

図 3 にシステムのブロック構成図を示す。操縦装置からの信号は無線 LAN を介してマイコンボードへ送られ、そこで処理される。処理された制御信号はモータドライバへ送られ、左右のモータを個別に回転させ機体を制御する。無線通信は短距離無線通信規格である Zig-Bee 方式を採用している。このモジュールによる無線通信によりロボットに対する操作信号を送信するとともにセンサ情報を受信し操作画面に表示する。

走行実験として、遠隔操作による斜面走行実験を行った。斜面走行実験では角度 30° のベニヤ板の坂を登ることができた。また、遠隔操作による階段走行実験では、前部と後部のリフターを使用して校舎の階段 15 段を昇降することができた。

平成 28 年度では図 4 のようなロボットを制作した。階段の走破性と不整地での走破性の改良のためにメインクローラとアームクローラの 2 重クローラ方式とした。カメラ画像の改良のために高解像度のカメラ 2 個を採用し、機体の視認なしでの操縦が可能となった。外形寸法は 700 mm×500 mm×200 mm で平成 27 年度の機体より大型化した。駆動は市販のチェーンを利用したクローラによる方式で移動速度は 26.9 m/min である。活動時間は 1 時間 10 分である。表 5 に仕様を示す。図 5 に操縦装置を示す。

階段走破実験として遠隔操作による階段実験を行った。メインクローラとアームクローラを利用して 15 段の階段を昇降下降することができた。また、暗い教室で模擬探索訓練を実施した。教室の隅の探索目標を発見するのに 5 分程度であった。

総合的な性能評価については、平成 27 年度と平成 28 年度のロボットとも企画段階で設定した目標仕様（数値目標）はほぼ達成した。また、両ロボットとも関東ポリテクビジョンにおいて、動作展示することができただけでなく、その後の防災展等での展示会で動作を披露することができた。また、平成 27 年度のロボットは新聞報道された<sup>(3)</sup>。

表 4 仕様（平成 27 年度）

項目	仕様
寸法	390(リフター収納時)～ 660(リフター使用時) ×446×324mm
本体重量	17.9kgf
最大登坂角度	30°
活動時間	1時間10分
最大速度	14.1m/分

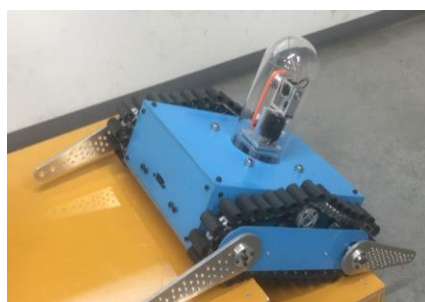


図 1 ロボット本体（平成 27 年度）





図2 リフター（平成27年度）

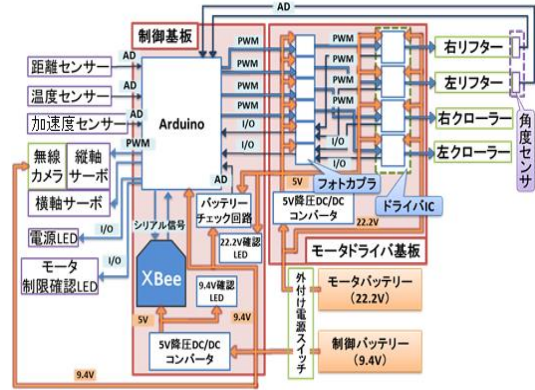


図3 システム構成（平成27年度）

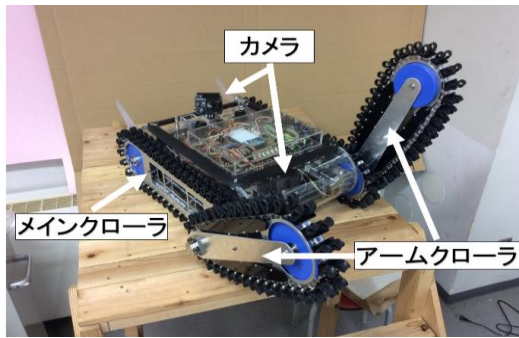


図4 ロボット本体（平成28年度）

表5 仕様（平成28年度）

項目	仕様
全長×全幅×全高	700×500×200 mm
質量	22.5kg
駆動方式	無限軌道
段差踏破装備	アームクローラ×2
登坂力	33.0°
最大速度	26.9 m/min
稼働時間	1時間10分
搭載機能	防滴性能 内圧防爆構造 音声通信機能

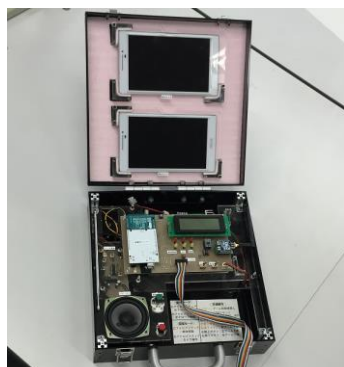


図5 操縦装置（平成28年度）

#### 4. 開発課題実習における成果物と習得能力の評価

##### 4.1 成果物の技能・技術的評価と外部評価

以上のものづくり教育訓練としての成果物から技能・技術的評価を行った。表6に平成27年度と平成28年度の技能技術評価と外部評価を示す。

技能・技術的な評価項目として、新しいことに挑戦したかどうかの「新規性」、課題を発見し解決して完成させたかどうかの「完成度」、技能技術の挑戦度を示す「技能技術挑戦度」、実用化に発展するかの「発展性」とした。A、B、Cの評価はそれぞれ「高評価」、「普通評価」、「低評価」とした。新規性と完成度については、平成27年度も平成28年度も高評価であった。新規性については、一般大学のレスキューロボットと比較して多くの新規部分があったからである。また、完成度については、両年度とも走行性などの課題をすべて分析して改善提案をし、最終的に解決しており高評価とした。技能技術の挑戦度としては、平成28年度では駆動部分に精度の高い加工を施しており高評価とした。外部評価としては、両年度もO社の評価は高かった。しかし、レスキュー隊員の評価は平成28



年度のロボットの方が高く、現場の走破性のニーズに適合したと考えられる。

#### 4. 2 習得した能力評価

本開発課題実習で習得すべき能力は前述のようにテクニカルスキル、課題発見・解決力、マネジメント力、チームワーク力、コミュニケーション力、リーダーシップ力などである。以下、個別に評価する。

最初に、習得した技術・技能をテクニカルスキルとして、製作物と報告書および報告書の学生の自己評価から機械分野について評価を行った。表7に習得したテクニカルスキルの分野と年度ごとの評価を示す。本表によれば習得した分野は、企画分野から設計分野、加工分野、生産管理分野まで多くの分野に及んでいる。これは特定の分野に偏らない実機の開発を行ったためであり、今後の就職後の製品開発などを遂行するにあたり機械系としてのテクニカルスキルの基礎を習得できたと思われる。ただ、生産管理については、小日程計画などの生産計画が緻密に立てられていないため普通評価とした。

課題発見・解決力、マネジメント力、チームワーク力、コミュニケーション力、リーダーシップ力などについては、前述の指導計画に対し、達成度と理由を述べた項目を追加して評価を行った。その一例として表8に課題発見・解決力達成のための指導計画と評価を示す。企画段階では、市販の装置や文献調査を徹底したことにより、ミーティングにより課題・問題点を発見し解決案を提案できたため、達成と評価した。最終的には、ほとんどの課題・問題点を解決できたことにより、ほぼ達成と総合評価をした。

表9にこれらの達成度を基にした課題発見・解決力、マネジメント力、チームワーク力、コミュニケーション力、リーダーシップ力の年度毎の習得度の評価を示す。A、B、Cの評価はそれぞれ「高評価」、「普通評価」、「低評価」とした。リーダーシップに対する評価は高かったが、初期の段階で科内でのチームのまとまりがよかったため、グループ内でリーダーシップが容易に浸透できたためである。コミュニケーション力については両年度とも高評価であったが、チームメンバーが初期の段階で科を超えて作業を行ったためである。チームワークについても良好な評価であったが、チーム内の良好なコミュニケーションが初期段階で築かれたことを基礎とし、リーダーシップが発揮されたことによるのが原因と思われる。

課題発見・解決力については両年度とも高い評価であった。これは両年度ともほとんどの課題を発見し解決したためである。マネジメント力については、両年度とも高評価ではなかった。これは12月の動作確認発表会までに完全に完成しなかったため進捗管理ができなかったためである。この原因を開発課題実習終了後に生産機械システム技術科の学生と教員で話し合った。

学生から原因の候補として上がったのは、前述の小日程計画が緻密でなかったことに加えて、進捗が遅れたことについての認識が甘かったことなどが挙げられた。一方、教員側からは、今までの課題制作はすべて教材あるいはモデル（模型）であり、本物の実機を作るのは初めてであったため時間の余裕がなかったなどの反省案が出された。いずれにしても開発課題実習では進捗管理によるマネジメント力の実践・習得が最大の課題となっており、そのためには、前段階の課題実習において進捗管理に失敗したならば原因を学生とともに徹底的に議論し、実機制作に必要な対抗策を議論すべきであると思われる。また、習得した能力とは別に、実機開発の共同研究を取り入れた開発課題実習

では、企業の開発者と学生が直接意見交換などが出来るため、最後までモチベーション（やる気）が下がらなかったとの報告が平成28年度の報告書に示されている。これはテクニカルスキルやヒューマンスキルなどの養成に好影響を与えていると考えられる。また、平成28年度の報告書によれば、実機開発の共同研究を取り入れた開発課題実習では実機の制作を完成させた場合、学生の感じる達成感は非常に大きく、企業からの依頼に応えられたことは大きなものづくりに対する自信につながっていると考えられる。

表6 ものづくり力評価と外部評価

	ものづくり力評価				外部評価	
	新規性	完成度	技術・技能 挑戦度	発展性	〇社	レスキュー 隊員
平成27年度 レスキュー ロボット	A	A	A	A	A	B
平成28年度 レスキュー ロボット	A	A	A	A	A	A

表7 習得したテクニカルスキルの分野

分野	内容	平成27年度	平成28年度
企画分野	創造的開発技法	A	A
設計分野	3次元CAD2次元CAD	A	A
	機構設計、材料設計	A	A
	CAE(構造解析)	A	A
	材料力学(応力計算)	A	A
	工業力学(負荷計算)	A	A
加工分野	NC工作機械	A	A
	汎用工作機械	A	A
生産管理	生産管理	B	B
安全衛生	安全衛生管理	A	A

表8 課題発見解決力達成のための指導計画と評価（平成28年度）

	内容 段階	ガイダンス・初期 ミーティング	企画段階	設計段階	加工組み立て 段階 調整段階	評価発表段 階
課題発見・解決 力	課題の発見ができる	課題発見・解決 力の重要性の説明  課題発見・解決 力習得の流れの 説明	市販装置、文献 の調査分析  問題点発見  解決案提案	解決案の具 体化  解決策の図 面化	解決策の実行 新たな問題点 の発見 解決策の提案 と具体化 解決策の実行 と改良	課題発見・解 決のまとめと 文書化
	問題の原因を追及で きる					
	課題解決のための提 案ができる					
	課題解決のための実 践力を発揮できる					
習得度確認方法	ミーティングでの 学生の反応による	ミーティングと 作業報告書の 内容による	デザインレビ ューの内容と 質疑応答による	実物による報告 の内容と質疑 応答による	授業アンケー トの内容による	
達成度	達成	達成	達成	やや達成	ほぼ達成(総 合評価)	
理由	重要性の理由を 返答できたため	問題点と解決 案を具体的に 述べられたため	課題解決の 内容について 答えられたた め	調整段階で一 部破損したため	ほとんどの問 題を解決でき たため	

表 9 習得度総合評価

	課題発見・解決力	マネジメント力	チームワーク力	コミュニケーション力	リーダーシップ力
平成27年度	A	B	A	A	A
平成28年度	A	B	A	A	A

## 5. 共同研究先企業と共同研究「レスキューロボットの開発」の製品化の流れ

### 5. 1 製品化に向けた実施・支援体制の確立

〇社は従業員約300人の中堅企業で、主としてプレス加工機による様々な自動車部品などを受注して製作して来た。また、経営の多角化という意味で様々な製品機器を開発している。今回、〇社では受注型企業からの脱却を目指すとともに、IT技術などの最新技術を取り入れて自社技術の高度化を図る目的で、関東能開大との共同研究の申請を提出した。その結果、平成28年4月に事業主支援事業として関東能開大のロボット開発グループが〇社とのロボットの製品化のための共同研究を開始した。製品化を検討していく段階で国からの支援を要請する目的で戦略的基盤技術高度化支援事業に応募した。この際、平成27年度に制作された関東能開大のレスキューロボットが原型となった。

平成28年9月に競争率約2.5倍の中、〇社グループのレスキューロボット製品化案が平成28年度戦略的基盤技術高度化支援事業に採択された。その後このレスキューロボット製品化事業の実施体制が図6のように決定された。事業の中心にあるのは〇社で、研究責任者（執行役員）と新設のロボット開発室に開発室員（7名）がいる。支援体制としては企業開発チームと研究（開発）チームに分かれている。企業開発チームはソフトウェア開発のR社、炭素繊維強化プラスチック等を手掛けるH社から構成されている。また、アドバイザーとして宇都宮大学の工学部と農学部の専門家が企業開発チームに入っている。研究（開発）チームとしては、ロボット本体の開発を支援する関東能開大とセンサ関連の開発を担当する群馬大学の専門家から構成される。また、ロボット製品の販売を担当する目的でT社が支援体制の中に入っている。さらに、このレスキューロボット製品化事業の実施・支援事業全体を管理する法人として一般財団法人地域産学官連携ものづくり研究機構があり、全体の方針を決めるレスキューロボット製品化戦略会議を開催している。関東能開大はこのものづくり研究機構とも共同研究を実施しており、〇社との共同研究はロボット本体の開発支援を担当し、ものづくり研究機構との共同研究では、レスキューロボットを発展させた移動体型ロボット等の製品化のための開発を担当し、両者のすみ分けを行っている。また、〇社はこのレスキューロボットを開発するのは初めてであり、関東能開大で開発されたレスキューロボットの技術移転とロボット開発室員の人材育成も依頼されている。図7に支援体制によるレスキューロボット製品化戦略会議の様子を示す。

### 5. 2 製品化に向けた特許申請と広報活動

前述のロボット製品化実施体制のもと、まず着手したのが特許申請である。地元の特許事務所に依頼して特許申請を行った。特許申請における発明の名称は探査用ロボットである。発明者は〇社代表役員で特許出願人は〇社である。図8に無限軌道を備えたロボッ

ト本体の申請図を示す。前軸と後軸にリフターと呼ばれる簡易的障害物乗り越え機構を備えており、この機構が本特許申請の最大の特徴となっている。

広報目的で新聞掲載や防災展などでの展示を目指している。新聞掲載として、平成 29 年 2 月 1 日付の日刊工業新聞に O 社グループのレスキューロボット製品化事業の体制と計画が掲載された<sup>(4)</sup>。また、関東能開大で平成 28 年度に制作されたレスキューロボットを名古屋市国際展示場で開かれた「第 5 回 中部ライフガード TEC2017 ～防災・減災・危機管理展～」で展示した。この展示会は南海トラフ巨大地震に備える中部地方最大級の総合防災展で、O 社グループの探査形ロボットの試作機として展示したものである。

### 5. 3 製品化に向けたニーズ調査

レスキューロボットを製品化するためにニーズ調査をインターネット等により行った。使用される対象組織を全国の消防団・消防署レスキュー隊とすると、約 2300 以上の対象組織があることが判明した。また、レスキューロボットに関する必要な機能について、栃木県足利市の消防局レスキュー隊と意見交換会を 2 回行った。最初の意見交換会は足利市役所で行われ、関東能開大で制作したレスキューロボット 2 号機を動作させながら、災害時におけるロボットの有効利用についての概要について説明した。その後このレスキューロボットの製品化について意見交換会を行ったところ、ほぼ全員のレスキュー隊員からロボットの製品としての有効性を示す意見が出された。2 回目の意見交換会は足利消防署において行われた。災害時の要救助者探索用にレスキュー隊が使用する「棒カメラ」という装置を提示された。これは長さ 4.5 m の金属棒の先にカメラとスピーカを装備した装置で要救助者をカメラで探索し音声で安否を確認する装置である（図 9 参照）。したがって、レスキューロボットの製品化としては、棒カメラの探索距離を上回る 20 m 以上の遠隔操縦能力の必要性などの数値目標を確定することができた。

### 5. 4 O 社のレスキューロボット製品化の流れと人材育成

O 社のロボット製品化事業の取り組みと人材育成の流れは以下のようになっている。

- (1) 全社員への新事業展開の告知
- (2) ロボット開発室の新設と基礎教育
- (3) ロボット（試作機）開発による OJT

第 1 段階は社員全員への新事業展開の告知である。図 10 にあるように執筆者が O 社全社員に製品化するロボットの概要について説明を行った。この後、第 2 段階としてロボット開発室が組織化された。室長が 1 人、室員は 8 名で、関東能開大の専門課程と応用課程の若手卒業生が半数を占めている。分野的には機械分野が 4 人、電子情報分野が 4 人で関東能開大の開発課題実習の構成人員とほぼ同じである。ヒヤリング調査から全員が若手ではあるが製品開発の基礎的な能力は備わっており、初期の教育訓練では能力開発セミナーによるロボットの機構の基礎と応用について座学と実習を行った。初期の教育訓練が終了後、共同研究の契約に基づいて、平成 27 年度に開発された関東能開大のレスキューロボットの報告書や設計・加工・制御全データを公開し、勉強会を開いて技術移転型の人材育成を行った。第 3 段階はロボットの開発の段階での OJT で、共同研究の契約に基づいて開発会議を行い、問題解決の議論や開発のためのアドバイスによりロボット分野の若手の人材育成を支援している。

また、O 社グループのレスキューロボット製品化の流れは以下のようになっている。

- (1) 原型機（試作 1 号機）開発の段階
- (2) 実証機（試作 2 号機）開発の段階
- (3) 製品機（試作 3 号機）開発の段階

第 1 段階は原型機（試作 1 号機）開発の段階である。O 社ではロボット開発の経験がないため、試作 1 号機は平成 27 年度に制作された関東能開大のレスキューロボットを参考に改良を行う。ロボット開発の基礎的な技術・技能を養う段階である。第 2 段階は実証機（試作 2 号機）開発の段階で、前述のレスキュー隊員からのヒヤリングに基づく機能を実現したロボットを開発する段階である。最後の第 3 段階は製品機（試作 3 号機）開発の段階で第 2 段階の機能を維持しつつ大幅にコストダウンを図ったロボットを開発する段階である。現在は第 1 段階の終了の段階で、図 11 のようなロボットが完成することができた。今後は検討を重ねて要求機能を満たした試作 2 号機を開発する第 2 段階に突入する。

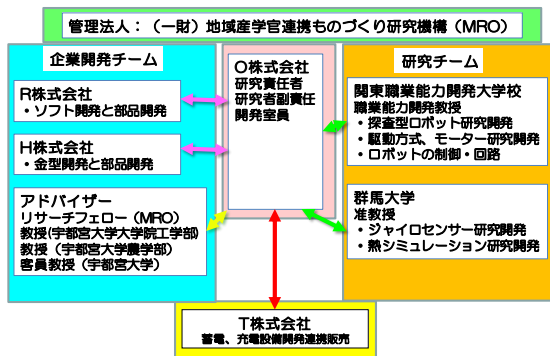


図 6 ロボット製品化支援体制



図 7 ロボット製品化戦略会議

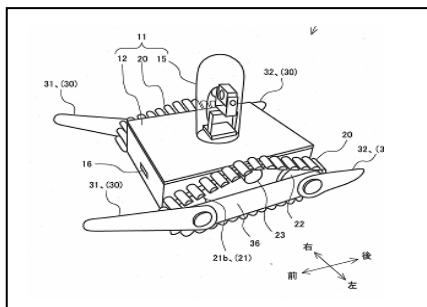


図 8 特許申請図



図 9 棒カメラ



図 10 O社でのロボット講演会



図 11 O社ロボット1号機

## 6. あとがき

高度職業訓練の課程である関東職業能力開発大学校応用課程生産システム技術系の開発課題実習において、製品化を目指した実践的な指導計画に基づいてレスキューロボットの開発と指導を行った。平成 27 年度は大学校単独で、平成 28 年度は共同研究として、学生に所要の能力を養成しながら製品に近いレスキューロボットを完成することができた。同時に、事業主支援として O 社のロボット製品化の支援と人材育成の支援を行った。結果として以下の結論を得た。

- (1) 開発課題実習の成果物についての外部専門家からの評価は、共同研究としての成果物である平成 28 年度の方が高かった。これは共同研究の場合の方がより顧客からの的確なニーズに対応できるからだと思われる。
- (2) また、共同研究の場合の方が、ヒューマンスキルなどの習得には良い影響を与えことが学生からのヒヤリングの結果から出た。これは、企業との連携によりモチベーションが高く維持出来たためであると考えられる。
- (3) 共同研究の場合の開発課題実習では、成果物を完成させた場合、学生の感じる達成感是非常に大きく、企業からの依頼に応えられたことは大きな自信につながっている。
- (3) 事業主支援として企業の製品化を支援する場合、技術移転だけでなく、特許申請から OJT による人材育成まで広範囲に及ぶ。したがって、対応する指導員はさまざまな要求に対応する力が求められることになる。

課題として、学生のマネジメント力に関しての進捗管理が挙げられる。製品開発ではさまざまな問題が起こるが、それらの対応に学生の経験が追い付いていけないことが原因だと思われる。

また、高度職業訓練を担当する職業能力開発大学校の指導員としては、本稿のように製品開発を想定した実践的な教育訓練を行いながら、中小企業の本物の製品開発の支援を行うことは社会に貢献することだけでなく、指導員自身の教育訓練へのフィードバックに繋がることから大変重要であると考えられる。

最後に、O 社のように中小企業がロボットのような先端分野で製品開発を行うことは、ノウハウを持っていないため多くの困難を伴うことが予想される。しかしながら、ロボットの市場は前述のように大幅な拡大が予想されるため、一旦製品化に成功すれば大きな影響力をもつことが予想される。したがって、ロボット分野で職業能力開発大学校が中小企業の製品化を支援することは重要であり、わが国のものづくり産業の発展に寄与することになると考えられる。

## 参考文献

- (1) 小林 崇、乾 勝典：探索型レスキューロボットの開発－東北職業能力開発大学校と関東職業能力開発大学校における取り組み－、砥粒加工学会誌、Vol. 61、No. 7、(2017. 6)、367-368.
- (2) 独立行政法人雇用・能力開発機構大学校部：応用課程の考え方、配布冊子、(2009. 3).
- (3) 災害探索ロボ扱いやすく-関東能開大が簡易構造型-、日刊工業新聞、(2016. 3. 10).
- (4) 災害時探査ロボ開発-関東能開大などと連携-、日刊工業新聞、(2017. 2. 1).