

二極化した学生学力に対応する専門基礎カリキュラムの構築 —実学を重視したコース制について—

内田 浩二* 里永 憲昭** 齊藤 弘順**

Construction of a New Specialized Basic Curriculum that Corresponds to the Polarized Student Academic Ability — Course System from the View Point of Practical Learning —

by

Koji UCHIDA *, Noriaki SATONAGA ** and Hironori SAITOH **

要 旨

近年、急激な18歳人口の減少に伴い、大学は定員充足の観点から大学全入時代と称されている。これに伴う入学者全体の学力低下が著しく、10年以上前から学力の二極化が顕在化している。特に私立大学では、退学者低減を意識するあまり、教員は低学力層への教育的対応に追われ、講義内容の希薄化を招き、在学生の質保証が困難になるという“負のスパイラル”に陥るケースは少なくない。このような背景から本学では教育刷新プロジェクト SEIP (Sojo Educational Innovation Project) が2010年に答申された。この答申はガイドラインではなく、教員および学生の意識改革を基本とし、学生と教員の双方向教育によって学生個々の能力を引き出すための教育の方向性を示した指針である。この理念を踏まえ、本学機械工学科では学生自身の持つ能力に“気づき”を与え、専門知識を活用できるアクティブラーニングを盛り込んだ“緩やかなコース制”を有するカリキュラムを再構築し、2013年度から運用を開始した。本報告では、そのカリキュラムを紹介するとともに教育実績と今後の課題について記述する。

Key Words : 学力の二極化、コース制、教育刷新、アクティブラーニング、科目間リンク

1. はじめに

少子高齢化により深刻化する我が国の18歳人口の減少は、定員充足を求められる大学運営にとって死活問題である。図1に我が国の18歳人口と大学進学率の推移を示す¹⁾。図より18歳人口は1992年以降急激な減少を辿り、2008年以降2020年ごろまでは横ばいに推移し

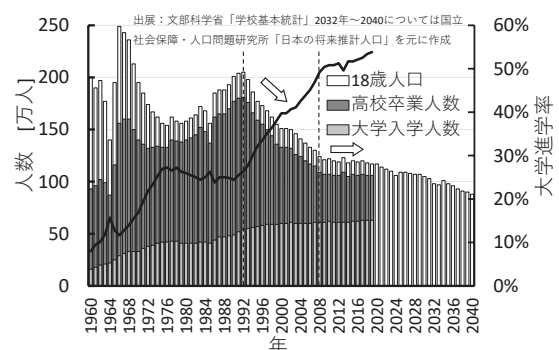


図1 我が国の18歳人口と大学進学率の推移

*崇城大学工学部機械工学科准教授

**崇城大学工学部機械工学科教授

ていることが分かる。一方で大学進学率は上昇傾向にあるが、18歳人口が減少している分、大学入学人数としては横ばいに推移している。これは、大学運営としては定員確保が至上命題であり、結果的に大学全入時代と言われる状況になっているものと考えられる。文部科学省によれば、2020年頃から18歳人口は更に減少傾向を辿り、2040年には88万人まで減少することが予測されており、更に大学入学者の学力差が大きくなることは明白であると言える。

地方私立大学では既に上記問題が顕在化している。高校生が少ない地方に立地する私立大学においては、定員確保のために多様な入試制度を導入したことで生じる入学時の高校数学の習熟度の違い、普通高校、実業高校の数学に関する履修の違い、更に近年では合理的配慮の必要な学生の入学も相まって、その学力差は開く一方である。

そこで本稿では、現在の崇城大学（以下、本学）機械工学科のカリキュラムを構築するにあたって大きな変曲点となった、「緩やかなコース制を有する専門共通カリキュラム」（2013年度開始）の設計、内容、成果および課題について述べることにする。

2. 教育刷新と機械工学科カリキュラム

2-1. 崇城大学教育刷新

本学では中・長期構想を検討するワーキンググループが招集され、その検討結果として崇城大学教育刷新プロジェクトSEIP (Sojo Educational Innovation Project) ²⁾ が2010年に答申された。この答申は教育改革に対するガイドラインではなく、建学の理念である体・徳・智に基づき、教員および学生の意識改革を目指し、学生個々の能力を引き出すための教育の方向性およびそれを実現するために必要な施策（チューター制度、キャリア教育および教員評価）を盛り込んだ指針で、SEIPの全体構想図を示したものが図2である。教育刷新SEIPにおける「体・徳・智」の三育増進によるグローバル実践力育成プログラムによれば、「ローカルなニーズをグローバルに展開できる実践力」

および「グローバルな視点を持ってローカルに貢献できる実践力」を有する人材の育成を教育目標として掲げている。つまり、この共通目標の下、各学科の特徴を生かした独自の教育体制を再構築することが、各学科の答申となる。この理念や構想は「学生に学修させる大学づくり」、「学生が主体的に学修する大学づくり」を掲げたSEIP II ³⁾ へと引き継がれ、現在更なる教育改革が進められている。機械工学科ではSEIP IIの構想を踏まえ、学生達が身につけた専門知識を実際に活用できる“実学”を重視した新カリキュラムを構築し、実施しているところである。

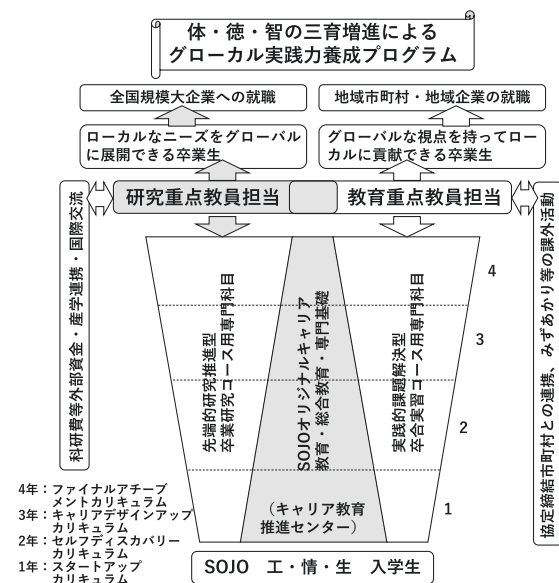


図2 SEIP全体構想図

2-2. 機械工学科学生の基礎力

まず機械工学科1年生の基礎学力の現状を把握しておきたい。図3は現在機械工学科のリメディアル教育として行っている数理補習（数学・物理の基礎力強化を目的とした補習）で実施した試験結果の一例を示したものである。出題内容は機械工学の力学系科目で重要な微分積分を活用した運動の表現（式の導出とグラフ化）に関するものである。図は座学を受講した後に行った1回目の確認試験結果を示しており、明らかな学力の二極化が確認できる。

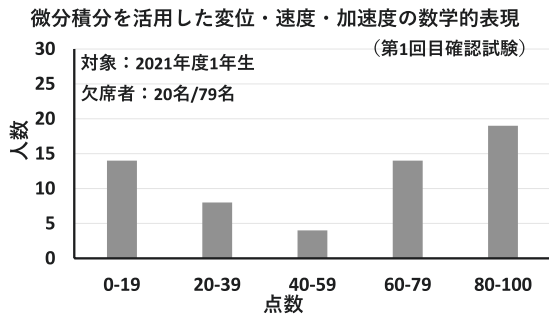


図3 数理補習における確認試験結果

また、前述のSEIPにおけるグローバル実践力育成プログラムを機械工学科の出口目標として捉えれば、以下のように表現することができる。

『実践的課題解決型』⇒据付・保守、製造、技術営業（現場主体）
『先端的研究推進型』⇒研究開発、設計・開発（設計主体）

機械工学科は「ものづくり」の総合分野であるため、就職先の裾野は広く、職種も多岐にわたる。学生の能力も個々様々であり、就職活動時には自身の能力と機械系職種を把握しておくことが重要となる。また、学生の能力の面から考えると、二極化した学力であっても興味深い事実が見えてくる。例えば、数学や物理等で要求される理論的数式認識に長けた学生であっても機械図面や機械加工で要求される空間認識が弱い学生や、逆に空間認識が強くとも理論的数式認識が弱い学生、その双方が弱い学生など、個性は様々である。

一方で、講義の面から見ると、二極化する学

生学力に対して同一教室での講義を実施するうえで、留年の発生に留意する意味では低位層に照準を合わせざるを得ない。これは教育の質保証として問題があり、成績上位層の学生にとって不十分な教育にしかない。加えて留年生を抑えるため、成績下位層の救済処置や面倒を見ることになれば、教員はその負荷によって本来の教育活動に支障をきたすことも懸念される。

このように生じた学力差に対応するためには、単純な講義内容の変更だけでは限界があり、二極化した学力にも対応できるカリキュラムの開発が必要不可欠である。

2-3. 機械工学科専門共通カリキュラム

以上のような問題の解決策として、SEIPが答申された当時の機械工学科長の齊藤教授（SEIPメンバー）取りまとめの下、著者は図4に示す緩やかなコース制を有する専門共通科目のカリキュラムを提案した。このカリキュラムの大きな目的は二極化した学力に対応できる教育体制を構築することであるが、一方では早い段階で自分の将来を考えさせるため、学生個々の能力適性に気づきを与え、その適性に合った能力を伸ばすことを第一に考えた施策である。

カリキュラムでは1年次に導入および振り返りができる科目を配置し、2年次では専門基礎科目を学び、それを応用できる科目を配置している。3年次ではこれまで学んだ専門知識を活用し、実践的な設計および実習が可能な科目を配置している。具体的には1年前期の「ロボッ

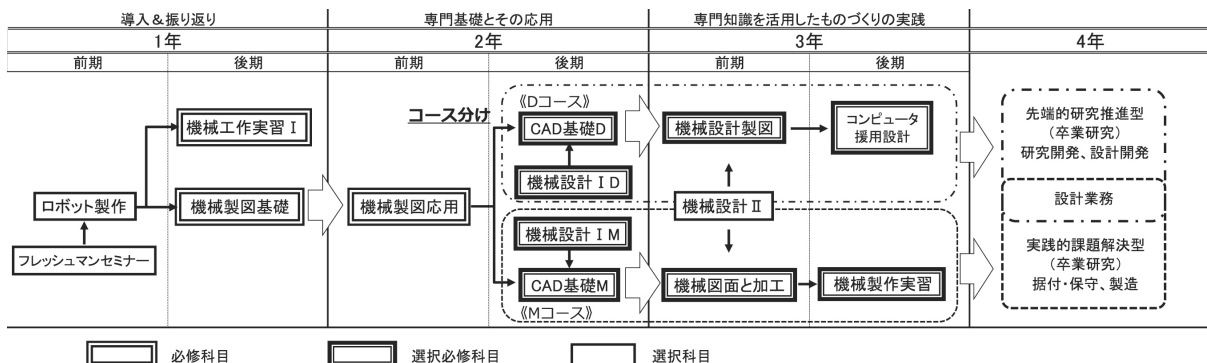


図4 緩やかなコース制を有する専門共通カリキュラム

ト製作」で機械工学の導入として“ものづくり”を経験させ、作る楽しさや難しさを感じた後、後期の機械工作実習および製図で“ものづくり”を振り返りながら専門知識の重要性を認識させる。2年生前期では専門基礎科目（4力学）が開講され、更に製図の力を高めることで専門基礎力を向上させる。

ここまで来ると、学生達は自分の得意・不得意分野が見えてくる。職種についてはこの段階で理解できている学生は少ないが、彼らに将来の方向性を考えさせるには良い時期であると思われる。そのため、2年前期が終了した時点でコース分けを実施する。コース分けは基本的に学生にアンケートを取り、本人の希望に沿って行うが、これに力学系科目、製図および工作実習の成績を照らし合わせ、最終的に決定する。もちろん、学生の中には学習していく過程で将来の自分の姿に気づき、コース変更を希望する者も現れる。この場合は担任との協議により各学期終了時点でコース変更を許可するなど柔軟に対応できる。

コースは設計主体の職種を目指すD (Design) コースと生産技術や加工製造等の現場主体の職種を目指すM (Manufacturing) コースに分かれる。これは前述のSEIPの育成プログラムにある「先端的研究推進型」と「実践的課題解決型」の内容にそれぞれ合致している。コース分け以降、それぞれの選択必修科目を習得すれば自然とコースに則した技術者としての素養が身に付くよう、科目が配置されていることもこのカリキュラムの大きな特徴である。

2-4. D(Design) コース

このコースは将来設計職を目指したいと思っ



図5 「機械設計製図」のプレゼン風景

ている学生をターゲットに構築されている。そのため「CAD基礎D」ではツールである3D-CADソフトSolidWorksの使い方のみならず、これを設計にどのように生かすのか、設計において図面と3Dモデルに要求される事項は何か、という点に軸足を置き、設計要素を多く盛り込んだ演習問題によって図面を描く能力の向上を図っている。

この能力は上位科目である「機械設計製図」に引き継がれ、ここでは実務的な設計作業を中心に講義が構築されている。対象は“二段減速機”であり、受講生個人にはそれぞれ異なる設計要件が与えられる。その要件を満たすよう理論的検討を繰り返しながら各寸法を自ら決定し、CADを用いて3Dモデルや図面を作成する。設計検討にはコストも考慮され、最終的には図5に示すようにマーケットを想定した検討内容を発表する。更に、この講義の後に配置される「コンピュータ援用設計」では、SolidWorksに搭載される強度解析や流体解析ツールを用い、近年企業の設計でも多く採用されているCAE (Computer Added Engineering) による設計手法を経験させる。

このようにDコースでは製品の設計、つまり要求される設計仕様を満たすよう技術的検討を繰り返し、自らの考えで寸法(数値)を決定できる能力を身に付けさせることを目標としている。これらの能力は4年次の卒業研究におけるOJT (On the Job Training) において更に磨かれ、物事を探求することへの自己啓発を狙っている。

2-5. M(Manufacturing) コース

このコースは将来製品製造(生産管理)や



図6 「機械図面と加工」のプレゼン風景

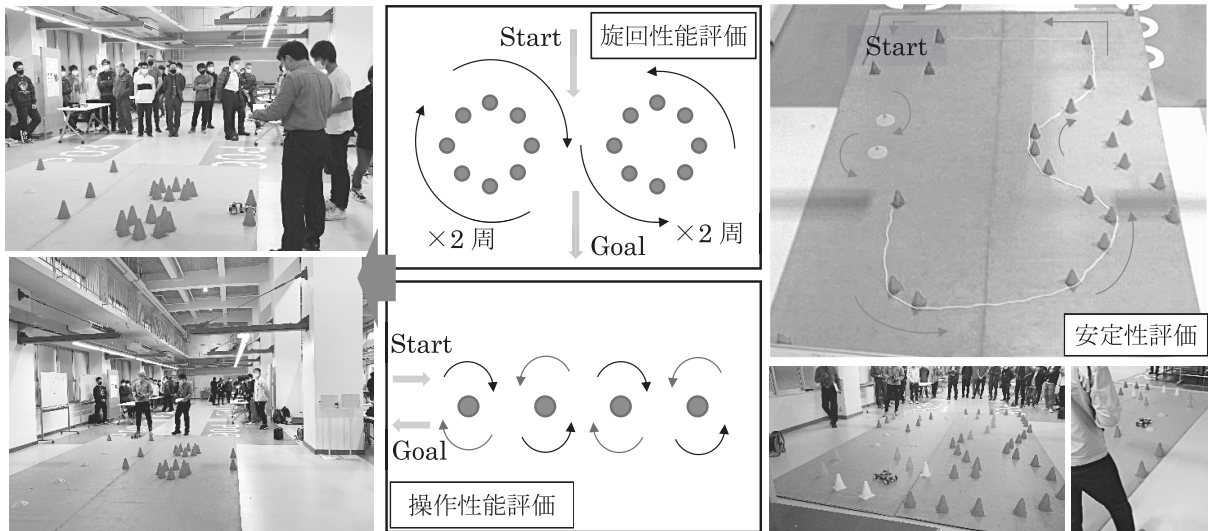


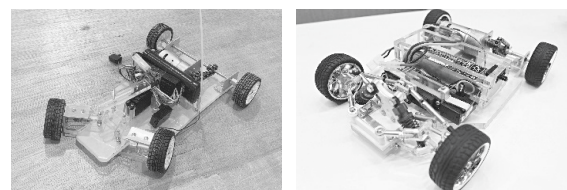
図7 車両走行性能評価 (タイムトライアル)

フィールドエンジニア（製品保守や機器据付）を目指す学生をターゲットとし、製造現場における実務遂行力の養成や“作業段取り”および加工精度・組立精度と実際との違いを体得させることを目指している。それ故、「CAD 基礎 M」ではソフトの使用に加え、図面から 3D モデルを作成することによる“読図”力の強化を主体に構成している。

「機械図面と加工」では、自ら作成した図面（加工精度を含む）をベースに、実際の加工を行うことで、機械加工を進める上で要求される作業段取りの重要性を認識させる。また、実際の機械加工を経験することで、図面上では簡単に描ける形状でも、実際の加工では実現不可能なものがあることに気づきを与えている。これにより、図面を書くという能力が“ただのお絵描き”から機械加工を考慮した“生きた図面”が描ける能力へと強化される。一方では、完成したそれぞれの部品を組立て、加工精度が組立精度にどのように関連するのか、動作評価（回転運動時の振動や軸のブレ等の計測）を行う中で、その重要性を経験的に実感させている。図面作成⇒加工・組立⇒動作評価によって得られた成果は図6に示すように、D コースと同様、成果報告を行わせることで、自分達の作業の振り返りを行わせている。報告では特に実際の加工と組立評価に関する考察を重視している。

このようにして培われた実践力は M コース

の集大成となる「機械製作実習」へと引き継がれる。この講義では 1 年次前期で実施した「ロボット製作」の強化版として、3~4 名でチームを組み、1 台のラジコン車両を製作させる。特に車両性能（旋回性能、操作性および耐久性）を重視し、企画・設計（SolidWorks によるレイアウト検討）⇒図面作成⇒製作⇒品質管理⇒評価という企業における一連の製造工程を経験できるよう内容を構築している。これにより学生達に製造の各工程である“職種”を理解させ、自分の能力がどの工程で発揮できるか、気づきを与えることを狙っている。また、部品製造において生じる生産コストの考え方も盛り込んでおり、製作した車両の生産コストも算出させている。一方で本講義は設計・製作に掛かる時間が多く、製作スケジュール管理が求められる。バックキャストによりスケジュールを立案し、これを厳守する能力についても実務的に要求される事項であるため、それらを含めて指導している。最終的な成果物は車両走行評価会に



ロボット製作 (1 年生) 機械製作実習 (3 年生)

図8 ロボット製作と機械製作実習の成果物

においてその運動性能を評価し、同時並行して実施するポスター発表にて自分達の車両をPRする場を設けている。車両走行性能評価会における各競技内容（タイムトライアル）を図7に示す。1年次の講義“ロボット製作”では「走行するロボットの完成」を主目的としているため、簡単なオーバル（楕円）コースを採用し、走行を実施している。これに対し、本講義では車両運動性能を重視するため、図7に示すように格段にレベルの高い複雑なコースを採用している。旋回性能評価では8の字旋回によって車両の左右旋回性能および安定性を評価する。操作性評価では間隔の狭いパイロンをターンさせることで、ドライバーの意思に追従できる車両性能を評価する。安定性評価ではS字コーナー、スラロームおよびシケインを盛り込んだ複合コースを走行させることで、車両全体のバランスを評価する。このように本講義で製作する車両には、その本質である“走る・まがる”という性能が要求されることになる。それ故、本講義で製作された車両は、全加工機械の使用と3年までに身につけた専門知識も相まって、図8に示すように1年次よりもはるかに完成度が高まる。

Mコースの学生達には自己の能力を自ら理解し、どこでその能力を発揮できるか、経験をベースに気付かせることが何よりも重要であると言える。この本質に立ち返り、Mコースでは企業における実務に焦点を当て、実際の業務の厳しさを肌で感じさせるとともに、自ら考えて行動できる力の養成を大きな目標としている。

3. 実際の成果と今後の課題

今回紹介した緩やかなコース制を有する専門共通カリキュラムをスタートさせて既に9年が経過したが、その間、非常に大きな教育効果を実感することができた。

まず、講義内容についてはコース分けにより科目を選択必修科目として分けたため、学力が二極化していても、学力差をあまり気にせず、各講義に適した範囲で内容を構築することが可能となった。つまり、Dコースでは更に高度な設計手法まで範囲を広げることができ、かつ、

Mコースでは設計から加工まで学習範囲を広げつつ、実務として要求される能力を十分時間を掛けて身につけさせることができる体制が整ったことを意味する。

このことは学生達の意識改革に大きく影響しており、Dコースの学生は実際の設計を通して“自ら考える力”が備わりつつあるようで、それは学生達からの質問内容の変化から窺い知ることができる。例えば、これまでの多くは「どの公式に代入すればよいですか？」という質問、つまりは方法だけを知ろうとする質問が多かったが、それが「このように考えたが、これは正しいですか？」というように自らの考えの正当性を確認する内容に変化している。これこそ我々が求める本質的な学びの姿勢であると言える。また、Mコースの学生の中には、自らの能力を発揮できる“職種”に気付き、その実績に自信を持つことで飛躍的に能力を向上させた学生も数多く見られる。これは本学の学生には「ここまでではできない」と決めつけるのではなく、学生への負荷のかけ方によっては、個人の持つ能力をきちんと引き出すことができることを裏付けるものと言える。

就職活動においては、早い時期に行ったコース分けによって学生個人がそれぞれ自覚を持ち始めており、そのコースに沿った業界&職種を選択しているように感じている。もちろん、すべての学生という訳ではないが、彼らの中に「自分がやりたい職種」という意識が芽生えていることは実感できる。著者は3年生後期の際、希望職種を必ず問いかけているが、概ね自分の所属するコースから話が始まり、ある程度具体的な道筋を説明する学生が多くなっている感触を得ている。また、各コースに本気で向き合った学生の中には更なる達成感を求め、大学院進学の動機付けとして影響し、進学者の増加につながっている感触もある。

近年、学生の成功体験の重要性が取り上げられている。しかしながら、それらを学生に経験させることは容易なことではない。これらの体験は何かを行えば得られるものではなく、失敗を繰り返しながら課題を解決し、完成に導くか

からこそ感動があり、達成感として成功体験を得られるものと著者は考えている。正直なところ、本学科における専門共通科目の課題は、学生から見ると非常に負荷が高い。このような負荷を与えている本来の目的は学生達を「自分で考えなければ先に進めない」という状況に追い込むことにある。自分の知識を全て使って自らの“解”を見出し、仲間とともに難題を克服する、これこそが真の意味での成功体験であり、課題解決力を培う方法であろうと著者は考える。このように鍛えられた学生は逆境にあっても踏ん張る力が培われる。この経験の積み重ねによって得られる「考える力」、これによって、自分の希望する就職内定を勝ち取っているものと考えられる。

以上のように本カリキュラムでは着実な成果を上げているところであるが、課題も多い。一つは本カリキュラムが各コースによって連続性を持たせなければならない点である。各科目独立では意味がなく、そのコースの各科目担当者間の情報共有が必須である。勿論、総合教育センターとの連携も同様であり、特に機械工学の基礎となる「基礎数理」、「物理学」との科目間リンク無しには本カリキュラムは成立しない。科目内容の一部だけが改変されても、全体的なバランスが悪く全体が崩壊する可能性もある。これを踏まえ、機械工学科では現学科長里永教授を座長とした共通科目 W.G. が稼働しており、毎年振り返りとして成果報告および改善提案を纏めながら科目間リンクを強化している。現在実施している SEIP II の下での新カリキュラムでは、D・M コースの講義内容を互いに理解し合える環境提供として、D・M コース合同の発表会を実施している。

現在実施している教育改革 SEIP II では、「学生に学修させる大学づくり」、つまりは「如何に学生に勉強させるか」を具体化した構想が盛り込まれている。問題・課題解決型 (PBL: Problem Based Learning) などの能動的学習 (AL: Active Learning) を盛り込んだ講義によって学生の思考力、表現力、発信力、協働力およびリーダーシップを引き出し、ポートフォリオによって常に学生に自らを振り返る習慣を

身につけさせながら、PDCA スパイラルアップによって継続的な将来設計を行えるよう教育する狙いがある。その中でも SOJO プロジェクト科目⁴⁾⁵⁾は「企業提供課題の専門基礎的解決」を想定した PBL 型の講義であり、正に“**大産接続**”を意識した科目である。この構想の下、機械工学科ではこれまでに培ってきた、緩やかなコース制による学生の適性に合った能力を高める施策を、より現代の実社会での即戦力養成に繋がるよう日々講義内容を進化させるべく学科教員一丸となって協力しているところである。将来的には D・M コースの集大成である「コンピュータ援用設計」、「機械製作実習」に発表会見学や課題提供という形で企業を巻き込み、意見交換によって本学の進める教育の方向性と企業の求める人材像とのギャップを埋めることが今後の課題と言える。

もう一点は、学生の基礎学力強化である。前述のとおり、今回紹介したカリキュラムによって一定の成果は得られている。しかしながら、一定の基礎学力に達していない学生にとっては、このカリキュラムの本質的な意味を理解できず、全く無意味な状況であることも否定できない。これらの学生は結局のところ、「やらされている感」だけが強く、人の指示のとおり作業を実行するだけにしかない。このような学生を出さないためにも、また本カリキュラムによる成果をさらに高めるためにも、基礎学力強化が絶対条件である。入学定員充足のために入学生学力低下が今後加速することを考えれば、尚更のことである。このことを踏まえ、機械工学科では既に在学生の基礎力強化を目的とした補習システムを構築し、実施している。現在この補習システムは本学総合教育センターの数学教室ならびに物理教室と学科で組織される“数理 W.G.”にて振り返り&検証を行い、その教育効果向上に向けた議論を進めている段階にある。この補習システムにより学生個々の基礎学力強化が実現できれば、今回報告した緩やかなコース制を有する専門共通カリキュラムの本質的な効果が得られるものと期待している。

4. おわりに

今回報告した“緩やかなコース制を有する専門共通カリキュラム”の提案ならびに実施によって、以下の知見が得られた。

- (1) カリキュラムに緩やかなコース制を持たせることで、二極化した学力にも対応できる講義構築が可能である。但し、各科目間リンクの強化が必須である。
- (2) 多様化する学生能力にあっても負荷のかけ方によっては、その個人の持つ能力を十分に引き出し、自信を付けさせることができる。
- (3) 素晴らしいカリキュラムや教育的施策を作り上げたとしても、学生の基礎学力が伴わなければ、その本質は伝わらない。低学年における基礎学力強化のための施策が必要不可欠である。

なお、機械工学科の専門基礎カリキュラムの成果については定性的な評価で述べたが、直接評価とあわせて、学生の間接評価をランク付けした定量的な評価をもって測定する必要がある。これらについては、後日の別稿に期すことにしたい。

謝 辞

本稿で紹介した専門共通科目のカリキュラム遂行は、機械工学科の全教職員&教務職員のご協力によって成り立っている。また、カリキュラム変更における事務手続き等、教務課および関係各課のご協力無しには成立しない。ここに記し、心より謝意を申し上げる。

参考文献

- 1) 文部科学省 HP 「18 歳人口と高等教育機関への進学率等の推移」,
https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/afieldfile/2018/02/16/1401001_4.pdf, 2022 年 9 月 30 日閲覧
- 2) 小野長門ら, 「EI プロジェクト答申 (SEIP: Sojo Educational Innovation Project)」, p. 1-41 (2010 年), ※本学独自の教育的施策であるため, 学外には公表していない.
- 3) 松下琢ら, 「令和元年度 崇城大学 教育刷新プロジェクト II (SEIP II) 推進のための全学説明会資料 (趣旨説明)」, p. 1-32 (2019 年), ※本学独自の教育的施策であるため, 学外には公表していない.
- 4) 藤本元啓, 「初年次教育科目「SOJO 基礎」について - 初年次教育と理工系専門教育との連動による大学と産業界との接続教育プログラムの試み -」, 『崇城大学紀要』, 第 46 巻, pp. 37-55 (2021 年)
- 5) 藤本元啓, 「企業へのアンケート調査結果からみた今後の崇城大学の教育のありかたについて」, 『崇城大学紀要』, 第 48 巻 (2023 年刊行予定)