

大学院専攻横断型 PBL 必修科目 「創成工学プロジェクト」の実施とその評価

Evaluation of A Compulsory PBL Program for Master's Degree Course Students
in the Graduate School of Engineering, Utsunomiya University

渡 邊 信 一^{*1, *2}
Shinichi WATANABE

高 木 淳 二^{*1, *2}
Jyunji TAKAKI

丸 岡 正 知^{*1, *2}
Masatomo MARUOKA

原 紳^{*1, *2}
Shin HARA

長谷川 光 司^{*1}
Hiroshi HASEGAWA

入 江 晃 亘^{*1}
Akinobu IRIE

杉 山 均^{*1}
Hitoshi SUGIYAMA

横 田 和 隆^{*1, *2}
Kazutaka YOKOTA

The Graduate School of Engineering, Utsunomiya University introduced a PBL program for Master's Degree course students in 2008. A team consists of four to six students from different departments, thus, they have different technical backgrounds. They are expected to exercise skills and apply their specialized knowledge to the problem of their own choice, regardless of their major subjects in their departments. Senior engineers from various industries act as technical advisers for students, and give advices and comments on the progress and management of the project and the student team. In this program students are organized into groups of six students from different major fields, and are expected to find a technical or social challenge to solve, and declare a project on it. The program is effective to cultivate students motivation and leadership, and to give opportunities to experience to exercise problem-finding and problem-solving skills.

Keywords : PBL, Postgraduate Students, Engineering Design

キーワード : PBL, 大学院生, エンジニアリングデザイン

1. はじめに

宇都宮大学工学部では、附属ものづくり創成工学センター（以下、本センターと略記）が中心となり、ものづくり感性の涵養、自主性、創造性の育成を目的に、学部学生を対象とした創造性教育プログラムの開発整備を実施し、様々な改善を積み重ねてきた。一方、近年、産業・経済のグローバル化・多様化に伴い、科学技術の急速な進展や技術革新など社会の激しい変化に対応し得る高度専門技術者の養成が、大学院教育に求められている。そこで、本センターでは、創造性と自主性に富み専門的知識と幅広い視野を有する技術者の育成を目指して、従来の学部教育に加え大学院教育プログラム開発も実施し、平成20年度から大学院博士前期課程の学生を対象にPBL形式科目「創成工学プロジェクト」を実施してきた¹⁾⁻⁷⁾。本報では「創成工学プ

ロジェクト」の授業内容、実施方法について述べる。

2. 螺旋型教育プログラムとPBL科目

従来工学部においては、「積み上げ型教育」の考え方に従って専門教育が行われてきており、この方法論では、工学の持つ意義、理論の重要性、社会的役割等が学生に実感を伴って理解されるのは、卒業間際であるきらいがあった。また、この方法では創造性、独創性が自然と育まれることを期待するのは難しいと考え、初期教育の段階から学生が有している知識を統合する実践体験の機会を与えられるような「螺旋型」教育プログラムの開発を行ってきた⁵⁾⁻⁷⁾。

この中の「創成工学実践」は、螺旋型教育の基点となるエンジニアリング・デザイン教育科目である。工学部全学科の1年生が履修する必修のPBL科目である。ものづくりのテーマの実践を通して「自主性」、「創造性」、「独創性」、「プレゼンテーション能力」、「問題解決能力」の育成、さらにはグループ活動を通じて「コミュニケーション能力」を身につけさせることを教育

2013年3月28日受付

*1 宇都宮大学大学院工学研究部

*2 宇都宮大学工学部附属ものづくり創成工学センター

目標としている。異なる学科の学生4～5名で1チームを編成していることも大きな特徴である^{8)～13)}。

しかしながら「創成工学実践」は、学部1年次の科目であり、高学年次学生を対象とした授業科目を別途整備していく必要があった。このため、次章で述べる大学院博士前期課程の学生を対象としたPBL科目「創成工学プロジェクト」を新たに企画した。

3. 創成工学プロジェクト

3.1 社会背景

近年の技術革新は、広範な分野の多くの科学的・技術的知見・要素技術を融合することによりもたらされており、専門知識だけではなく、自らが問題を発見し、異分野の研究者・技術者と連携しながら解決できる能力をもつ人材が産業界で強く求められている。しかしながら、従来型大学院教育では、細分化が進み専門分野のみの閉鎖的な教育にとどまる傾向があり、産業界等で求められる技術者として必要な素養が十分涵養されているとは言えない状況である。そこで、本センターでは従来の大学院教育に加え、企画力、社会ニーズに沿った問題発見解決能力、異分野統合能力、マネジメント能力等を有する技術者養成のための教育プログラムを整備する必要があると考え、企画実践型PBL型授業科目「創成工学プロジェクト」を開発、実施を行った。

3.2 創成工学プロジェクトの概要

「創成工学プロジェクト」は、工学研究科博士前期課程1年生の全6専攻（機械系、電気電子系、化学系、建設系、情報系、これら5分野を学際的に統合した独立専攻）の学生を対象の共通選択科目（2単位）として平成20年度に初めて開講し、平成23年度からは全専攻の必修科目となった。受講生がプロジェクトチーム（4～6名）で、学内および地域の問題、要望などを調査・発掘し、それらの課題を、これまでに身につけた専門知識を活かしながら解決していくPBL科目である^{1)～7)}。

大学院生対象の本科目では、学部1年生時のPBL科目「創成工学実践」の発展型として、「創成工学実践」における教育目標に、自ら課題を洗い出しプロジェクトを設定する「問題設定能力」が加わり、さらにグループのチームワーク力の発揮が期待されている。PDCAサイクルをスパイラルアップ状に繰り返しながらプロジェクトを進め、社会の多様な要請に柔軟に対応できる高度な専門性と問題解決能力の育成を狙いとしている。

本科目が必修化された平成23年度の実施体制を図1に示す。必修化にともなって学生数、教員数ともに飛躍的に拡大したため、専門委員会を設け、教育プログラムの企画と改善策の検討を行った。必修化された平成23年度以降の受講生は平成23、24年度、それぞれ244

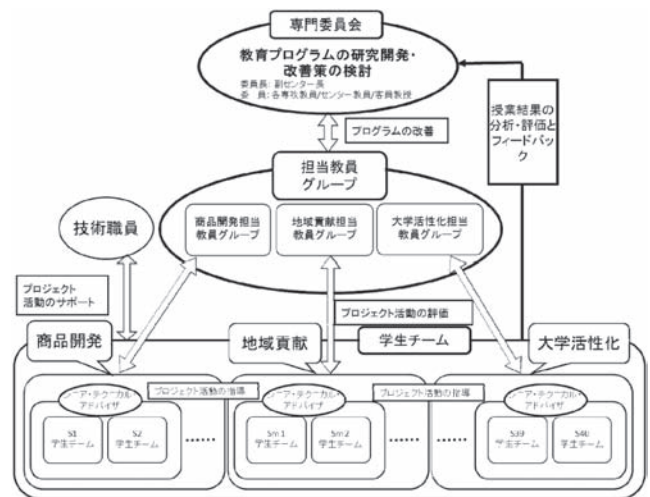


図1 創成工学プロジェクトの実施体制

名、211名であり、1チーム5～6名のメンバー構成でそれぞれ50、42チームを編成した。学生チームの実質指導はシニア・テクニカル・アドバイザー（以後、SA）と呼ばれる企業等でプロジェクト管理の経験を有する方を平成23年度は17名、平成24年度は13名任用し、SA1名に対して3チームを割り当て、プロジェクトの実施指導を行っている。SAの出身企業は機械系が11名、化学系が1名、建築系が1名であるが、長年の企業経験を通じて様々な分野に精通しており、学生チームからの技術的な課題に対しては、複数名でアドバイスをを行い、必要に応じて学内の教員のサポートが得られる体制となっている。さらに、本授業の運営・評価・改善のために、企業等において研究開発事業プロジェクトの管理に携わった経験者を客員教授（2名、出身は電気情報通信系および化学系）として任用し、教育内容の評価や実施方法の検討、改善提案を本学教員と協同しながら行っている。

本科目は博士前期課程1年生の前期に16回の予定で開講し、平成24年度の授業の進行の概略を表1に示す。学生は第1週のオリエンテーション時に配布されたプロジェクトの実施希望アンケートに取り組みたいプロジェクトを2日以内に記入し提出し、担当教員が希望調査に基づきチーム編成を行った、第2週目からはチームに分かれてプロジェクトの具体的な目標や計画な

表1 授業実施スケジュール

第1週	オリエンテーション プロジェクト・知的財産権に関するミニ講義 プロジェクトの実施希望調査
第2～4週	プロジェクト課題検討、計画立案、計画書の作成
第5～6週	SAによる計画の審査、計画の再検討
第7週頃	中間発表
第8～15週	プロジェクトの実施 チームの報告書・個人の自己評価書の作成
第16週	成果発表会、片付け、アンケート

どをSAのアドバイスを参考に検討、立案し、計画書を作成する。担当のSAはチームから提出されたプロジェクトの計画書の内容を審査し、プロジェクトの実施に値すると判断すれば、プロジェクトが実施される。また、各SAが担当している3チームの計画が揃う第7週頃に必要に応じて中間発表を行った。これは、他のチームへのアナウンス効果と公の場でプロジェクトの目標を宣言させることにより、プロジェクトを実施する意識と責任を自覚させるねらいがある。その後は、SAからのアドバイスを参考にプロジェクトが実施され、最後に成果発表会が行われた。また、チームとしてプロジェクトの報告書と自己評価書を第14週に担当SAに提出し、第15週に修正等の指導が行われた。

3.3 創成工学プロジェクトの特徴

本授業の特徴をまとめると以下ようになる。

- 1) 工学研究科博士前期課程全専攻の必修科目である。
- 2) 学生は専攻をまたぐ5～6名で1チームを編成する。チーム編成は学生の実施希望を参考にする。
- 3) チームが取り組むプロジェクトは、チームで議論し、計画を立案、計画書を作成する。SAは必要に応じてチームにアドバイスをを行う。
- 4) 授業は、センター教員（専任、兼任および客員）6名とSAで担当し、直接の学生指導はSAが行う。
- 5) SAは非常勤講師であるため、本授業時間しか来校しない。そのため、授業時間はSAとの打ち合わせの時間とし、作業等は授業時間外に行うこととする。
- 6) チームの活動費用は平成24年度は3万円を上限とし、大学が負担する。

1), 2) は、学部1年生のPBL科目「創成工学実践」でも同様であったため、本学工学部から大学院に進学した学生にとっては、特に違和感なく受け入れられていると考えられる。

3), 4), 5) は「創成工学実践」とは大きく異なる部分である。学部向けの「創成工学実践」では、学生が取り組む課題はあらかじめ教員が用意しており、その設定の範囲内で学生が創意工夫を凝らすことになっていたが、大学院の「創成工学プロジェクト」では、学生自身が自分たちの取り組む課題を決め(問題発見、課題設定)、活動内容を計画、実施することを求めている。

学生の指導はSAにお願いしているが、課題そのものの技術的な内容へのアドバイスや相談に乗っていただくというよりも、プロジェクトのマネジメントの経験から、学生の自主的な課題遂行に対してアドバイスをしていただくことを意図している。6)の活動費用については、あくまで上限を示すものであり、これまでに上限一杯まで費用を使った学生チームはなかった。

表2 プロジェクト課題内訳

実施年度	平成22年	平成23年	平成24年
選択/必修	選択	必修	必修
受講生数	38	244	211
グループ総数	9	50	42
課題内訳			
社会貢献	4	21	8
大学活性化	2	10	5
商品開発	2	14	23
建築物	0	5	4
その他	1	0	2

3.4 学生が取り組む課題

学生チームが取り組むプロジェクトは、学生自身が発掘することになっており、表2に年度別の課題内訳を示す。また、課題内訳の内容については文献6)を参照されたい。

3.5 指導指針

本授業の指導方針は下記のとおりである。

- 1) プロジェクトは学生の自主運営を原則とする。
- 2) SAは計画の立案時からチームの議論に積極的に関与する。
- 3) 成績は、チームの成果に各個人が果たした役割を加味して、個人に対して評価を行う。評価は日常の活動、報告書および発表会を総合して行う。

上記の方針を実行に移すには、指導の「さじ加減」が難しく、放任してしまうことの弊害も、過干渉による弊害も、ともに容易に考えられるため、SAは、下記のことを心がけて指導を行っている。

- PDCAサイクルが、学生自身によって複数回繰り返されるプロジェクト運営を想定してアドバイスを与える。
- 実社会で必要とされる「期限」「品質」「コスト」などの視点を反映したアドバイスを行う。
- 最終的に目標に対する達成度が十分とはいえないチームがあった場合には、積み残された課題の要素分析を指導することで、実践的なプロジェクト運営を学生に体験させる。
- チームワークを重視する観点から、「お客さん化」している学生がいるチームに対しては、メンバー間コミュニケーションの重要性に気付かせる。
- 発表会ではチームメンバー全員を発表にかかわらせ、また発表の場の質疑応答に際して、学生個人の果たした役割を問うたり、質問に対する回答者を指名するなどして、個人のパフォーマンスを明らかにする。また報告書は、チームとしての報告書と個人が作成する報告書の2種類とする。
- チーム活動の進捗状況とメンバー個人の活動を観察・記録し、プロジェクト運営へのアドバイスと成績評価の参考資料とする。

なお、学生の発案する課題内容によっては、業務として類似の経験を持ったSAがないこともありうる。しかし技術指導が目的ではなく、プロジェクトの進行を監視することが主たる任務であるので、課題の持つ専門性とアドバイザーの専門性については柔軟に考えている。

4. プロジェクトの事例と成果とアンケート結果

4.1 プロジェクトの実施例と成果

いずれの学生チームにおいても、プロジェクト課題は学生自身が自主的に見出し、具現化していくことができた。この中で、子供向け工作教室の教材開発をした学生チームが、実際に宇都宮市内の小学生を相手に製作指導を行った際の様子を図2に示す。他には、震災の影響を受けて、震災時に使用できるような、簡易トイレ、簡便に収納できるパーティションの提案と試作、ポリ袋を飲料水運搬可能にできるような治具の開発について取り組んだ。また、学生の目線から考えだされた大学改善の提案として、構内に掲示されているキャンパスマップや案内表示の改善、食堂の昼食時の混雑緩和の提案などがあった。これらのプロジェクト



図2 工作教室「望遠鏡の製作」の実施風景

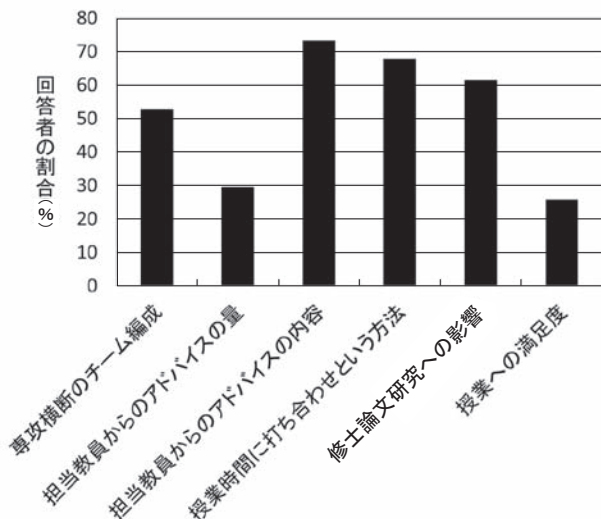


図3 授業の評価アンケート結果

活動の成果として知的財産権を平成22年度および平成24年度にそれぞれ1件ずつ学生自身が申請を行った。

4.2 学生からのアンケート結果

期末に学生向けの授業に対するアンケートを実施した。図3は5段階評価で回答する質問の代表的な結果を示している。縦軸の回答者数の割合は質問に対する結果のうち片側2つの評価の回答者数の割合の和を示している。つまり、「専攻横断のチーム編成」は良かったかという質問に対して5段階で回答してもらい、そのうちの「とても良い」と「良い」の割合の合計を示している。図3より、専攻横断のチーム編成は良い方法であると回答した者が約50%であり、専攻横断のチーム編成には理解があったと考えられる。担当のSAからのアドバイスの内容は約70%の学生が適切であったと回答しており、アドバイザーとして機能していたことがうかがえる。アドバイスの量に関しては約30%が適量であったと回答しており、チームの自主的な活動を尊重する指導方針のため、SAが積極的にアドバイスを行うことや、また明確な回答もしくは指導・指示を行うことはないため、学生から見れば少なく感じたのかもしれない。

授業時間に打ち合わせを行う方法と時間外活動が修士論文研究へおよぼす影響については約60~70%が否定的で影響があったと回答している。自由記述の回答欄にも時間外に作業することに否定的な記述が目立ったが、ほとんどのプロジェクトが授業時間内だけの作業時間で目標を達成できるとは考えにくいことと、専攻横断のメンバーであるため、他の授業や研究室の活動との関係で集まって作業を行う時間の調整が難しかったようである。次年度は学生のスキルとプロジェクトの目標と時間のバランスを考えて計画を立案するように指導していきたい。これらの結果から授業への

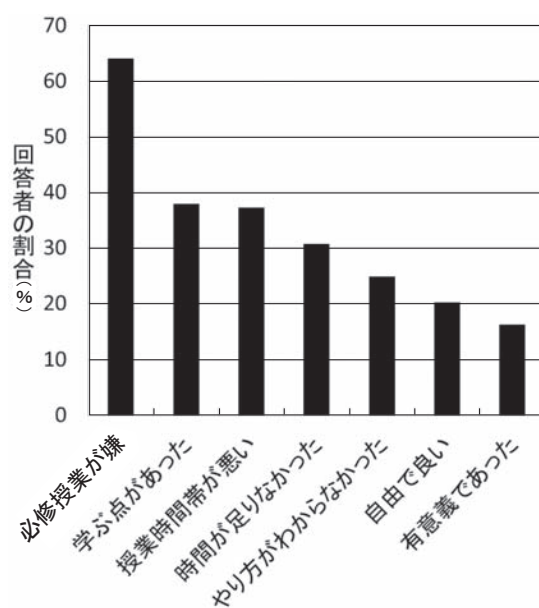


図4 授業の感想（複数回答）

満足度は約25%が満足であったと回答している。

図4は授業の感想について、当てはまる項目を複数回答する質問内容である。この結果、「必修授業が嫌」であったと回答した者が約65%いた。必修授業であるため必ずしも全員が授業に対するモチベーションが高いわけではないが、この授業の意義が十分に理解されていなかったと思われる。一方、この授業のオリエンテーションが第1週のみで、さらにプロジェクトの進め方や知財に関するミニ講義も行うため説明時間が十分では無かった。このため、次年度は2週に亘り、学生時代に異分野のメンバーとのプロジェクト活動を体験しておくことによる企業での社会生活におけるメリットや、インターンシップなどの他の授業科目と有機的に連携することによるさらなる教育効果の向上に対する期待などについて説明するように改善したいと考えている。次に「学ぶ点があった」との回答が多く、やらされ感は多少あるものの、その中から「工作機械の操作方法」、「チームのメンバーと合意を得ること」、「SAから企業や社会に出て働くこと」について学んだという意見もあった。

4.3 SAからのアンケート結果

実際に学生チームを直接指導されたSAからは以下のようなコメントがあった。

(a) 授業に対する評価

【良い点】

- 多様性を持った考え方のメンバーで一つの課題解決に向けて、PDCAをまわしながら実行するという経験は学生にとって役立つ。
- 専攻横断的PJは、社会性を磨け、卒業後の実践に知見活用の自信を匂わせている。
- 理解の水準は浅くとも、頭でわかったつもりになっているよりも遥かに大きな成果であると思う。

【学生の気質・評価】

- 自己アピールだけは上手で、自分が果たした役割などは過大評価である。
- Leadershipなどは重要性を実感している学生は多い。

【本授業への提言】

- 大きな壁にぶつからない為、そこを乗り越える感動や手法を体験することが無いのは惜しい。その意味でも難易度の高い目標に取り組ませなければならぬ。
- チャレンジ精神、オリジナリティ、本当の意味での問題解決能力とリーダーシップを育成させるまでには至っていない。

などの意見が寄せられた。

(b) 学生の能力と産業界で求められる人材とのギャップについて

【本授業への提言】

- 今時の学生はおとなしく自分を表に出すことが不得

手である。従ってブレインストーミング（ロールプレイング）により、自分の考え・意見を積極的に表現する練習を重ねることが必要かと考える。その点この授業では、計画から実施まで個々の考えなど意見を出せる環境が整っているので、いかに発展させるかが鍵である。

- 本カリキュラムはこれらの能力を推し量ることのできるものである。これらの四要素を「創成工学プロジェクト」を通して、宇都宮大学の学生にあてはめてみると、「未だし」の感じである。また、これらを授業で習得させ、如何に早く自覚させるかを考慮すると、安易な成績評価レベルを廃止し、厳しい評価を導入する方が効果が出ると思う。
- この授業の狙いは的を射ていると思うが、学生が取り組むテーマの内容が稚拙すぎる。
- もっと難しいテーマに挑戦させないと本当のPJ活動の意味が体験できない。
- 予算管理、日程進捗管理など知識・経験は皆無に等しい。この点が実社会とGapがありすぎる。

【学生への提言】

- 社会に出てからは知識と経験の両方が必要となってくる。大学では基礎知識の習得が最も大切であり、その上で何にどうやって応用できるかが理解できればよいと思う。
- 企業によって必要な知識技能は違うが応用力は必要と思う。この授業でそれを理解してほしいが、テーマをこなすことに集中しているので成果が出るかはわからない。しかし、自分たちでテーマを考え仮説を立てて実行していくプロセスは役に立つと思う。
- 企業の求める人材は多様であり、基本的には専門学科の基礎知識と応用力に加え「積極性」「創造力」「責任感」などを備えていれば、大抵の企業で活躍できる。
- 失敗し、それを乗り越えることで人は大きく成長する。必死になれば多くの方法を見つけ出し、問題も解決できます。
- 知識や理論だけでは、問題は解決しないこと。実行し行動することより物事は進んで行くこと。あきらめないこと。必死になること。一人ではできないことなど基本的なことを認識させることが重要である。

【学生の気質・評価】

- 学生はなるべく苦勞せずに単位の取得を狙うのでチャレンジはしない。
- 今の学生は、失敗の経験が少ないように感じられる。
- 頭が良いので何かを行う時に、自分のできる範囲内で、できる結果を想定したうえで進める。よって、失敗をしない結果になっているし、チャレンジしない、必死にならない傾向になっていると思う。
- 自主性が不足しており、指示待ちになっている学生も多く、協調性はあるが、積極性、行動力が不足し

ているように見受けられる。

5. おわりに

本稿では、宇都宮大学で博士前期課程1年生に対して実施されているPBL科目「創成工学プロジェクト」を紹介した。必修授業として2年を含めたこれまでの活動は個々のプロジェクトが完遂されたという意味では、本科目の教育目的は達成されたと言えるが、前期16週間で実施しているために時間的な制約が大きいことが問題である。授業時間外の活動を推奨しているが、他の授業科目や修士論文研究との兼ね合いで、学生がこの科目に割ける時間にはおのずと限界がある。

また、学生の未熟さゆえに、最初の課題設定から、その詳細化、具体化までに時間がかかり、プロジェクトの実質的な立ち上げまでのタイムラグが大きい。PDCAサイクルの体験という見地からは、学生の活動期間と時間の確保は重要であり、改善の余地がある。

しかしながら、問題発見、課題設定から学生に自主的に取り組ませ、企業技術者から指導を受ける教育的な意義は大きいと考えている。今後さらなる改善を行い実施体制と指導体制の充実を図り、専門知識のみならず、問題発見解決能力、異分野統合能力、マネジメント能力を有する、リーダー型人材の育成につなげてゆきたい。

参 考 文 献

- 1) 長谷川光司, 渡邊信一, 高木淳二, 植竹一郎, 永森弘之, 杉山 均: 大学院でのPBL科目「創成工学プロジェクト」の実施について, 工学・工業教育研究講演会講演論文集 平成21年度, pp.186-187, 2009
- 2) 渡邊信一, 高木淳二, 長谷川光司, 杉山 均: 大学院生によるPBL科目「創成工学実践」のテーマ開発および指導とその評価, 工学・工業教育研究講演会講演論文集 平成21年度, pp.530-531, 2009
- 3) 荒川直大, 大谷真広, 渡辺太一, 入江晃亘, 横田和隆, 杉山 均: 大学院生による, 学部学生向けPBL科目テーマの開発と実践-ユニットから作るスピーカー, 工学・工業教育研究講演会講演論文集 平成22年度, pp.132-133, 2010
- 4) 入江晃亘, 渡邊信一, 高木淳二, 横田和隆, 杉山均: 宇都宮大学における企画実践型PBLを機軸とする大学院教育プログラムの開発について, 工学・工業教育研究講演会講演論文集 平成22年度, pp.574-575, 2010
- 5) K.Yokota, M.Maruoka, J.Takaki, S.Watanabe: PBL Based Engineering Education to Cultivate Leadership Spirit in Postgraduate Students, 2nd

Asian Conference on Engineering Education (ACEE2011), p.36, 2011

- 6) 横田和隆, 渡邊信一, 高木淳二, 丸岡正知, 長谷川光司, 入江晃亘, 杉山 均: 宇都宮大学大学院PBL必修科目「創成工学プロジェクト」, 工学教育, 59-5, pp.109-114, 2011
- 7) 渡邊信一, 高木淳二, 入江晃亘, 横田和隆: 大学院生によるPBL科目のテーマ開発と指導および評価, 工学教育研究講演会講演論文集 平成23年度, (59), pp.704-705, 2011
- 8) 横田和隆, 高木淳二, 淵澤定克: 螺旋型工学教育プログラムの開発と実施, 工学・工業教育研究講演会講演論文集 平成17年度, pp.686-687, 2005
- 9) 杉山 均, 渡邊信一, 高木淳二, 長谷川光司: 「螺旋型工学教育プログラムの開発整備」事業の外部中間評価, 工学・工業教育研究講演会講演論文集 平成20年度, pp.410-411, 2008
- 10) 渡邊信一, 高木淳二, 杉山 均, 入江晃亘, 他: 「螺旋型工学教育プログラムの開発整備」事業の総括, 工学教育, 59-5, pp.23-29, 2011
- 11) 横田和隆, 高木淳二, 淵澤定克, 鏡重次郎, 西田靖: 工学部初年度学生に対する創成科目「創成工学実践」, 工学・工業教育研究講演会講演論文集 平成16年度, pp.375-376, 2004
- 12) 長谷川光司, 渡邊信一, 高木淳二, 横田和隆, 入江晃亘, 杉山均: 宇都宮大学工学部における学科横断的必修科目「創成工学実践」の実施について, 工学教育, 58-4, pp.21-27, 2010
- 13) 渡邊信一, 高木淳二, 長谷川光司, 入江晃亘, 杉山均, 横田和隆: 学科横断的PBL形式科目「創成工学実践」における授業評価, 工学教育, 59-2, pp.47-51, 2011

著 者 紹 介



渡邊 信一
学 歴 2003年, 宇都宮大学大学院工学研究科博士後期課程修了博士(工学)
職 歴 宇都宮大学工学部附属ものづくり創成工学センター副センター長 准教授
表 彰 関東工学教育協会賞業績賞
日本工学教育協会賞業績賞
所属学会 工学教育協会, 日本機械学会, 日本感性工学会, 日本ロボット学会
連絡先 swtnb@cc.utsunomiya-u.ac.jp