

PBL は教育にどのようなインパクトがあるか

What impact does PBL have in the education?

駒谷 昇一*

Shoichi KOMAYA

1. はじめに

日本経済団体連合会(以下、経団連)は 2005 年に『産学官連携による高度な情報通信人材の育成強化に向けて』¹⁾のなかで、国策としての高度な情報通信人材の育成を産学官が連携して育てる必要性があると述べている。この提言で高度で実践的な教育には、企業教員を活用したPBL(Project Based Learning)が効果的であると紹介されている。

経団連の提言を受けて、2006 年度に文部科学省は高度な IT 分野のソフトウェア技術者を大学院で育成するための『先導的 IT スペシャリスト育成推進プログラム』²⁾(以下、先導的 IT プログラム)の公募を実施した。拠点大学院として、筑波大学³⁾、東京大学、名古屋大学、大阪大学、九州大学、慶應大学の 6 拠点(現在は 8 拠点が選定され、2007 年度から授業が実施されている。

文部科学省委託事業の『拠点間教材等洗練事業』⁴⁾が 2009 年 1 月に実施した PBL に関する調査では、全 8 拠点において PBL が実施されていることが分かっている(2009 年 3 月『先導的 IT スペシャリスト育成推進プログラム・シンポジウム』において、筑波大学 駒谷昇一が各拠点での PBL 実施の実態調査結果を報告)。

PBL は高度で実践的な教育を行う際の効果的な教育手法として、先導的 IT プログラムだけでなく大学教育や工業高校などにおいて実践事例が増えつつある。

次章以降では PBL の特質とそれが教育にどのようなインパクトをもたらすのかを述べる。2 章では PBL がなぜ注目されているのか、3 章では PBL で何を学ぶことができるのかを述べる。4 章では筆者が係わっている筑波大学院における PBL の実践事例を紹介し、5 章では PBL を広めるための課題と解決方法について述べる。

2. なぜ PBL が注目されているのか

情報処理推進機構(IPA)が 2008 年 1 月に公開した『IT人材市場動向予備調査(前編)』⁵⁾では、大学教育と企業側が求める教育には大きな隔りがあることが指摘されている(図1参照)。

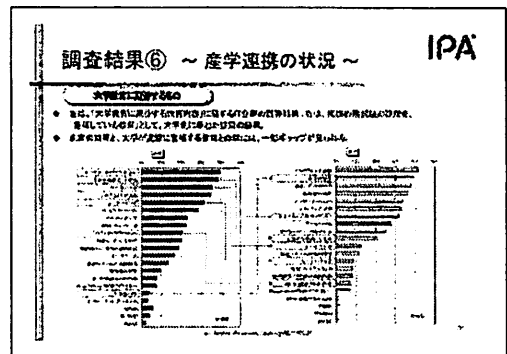


図1 企業の期待と大学教育のギャップ

情報処理推進機構が 2009 年に発行した『IT人材白書 2009』⁶⁾によると、情報系の専門教育の卒業生に実施したアンケートで、『現在の大学・大学院の情報系の専門教育において重要だと思う教育』(白書の図 3-118 参照)の『不足していると思う教育内容』で最も高かったものは『チームワークやコミュニケーション能力の育成』(55%)であり、2 番目は『リーダーシップの育成』である。

同じ卒業生へのアンケートで、『大学・大学院にぜひあったら良いと思う制度・仕組み』(白書の図 3-120 参照)について最も多かったのは『企業と大学が連携して行う実践的な授業(演習など)』(58.5%)、2 番目は『優秀な学生に対する初任給の優遇』(54.5%)、3 番目は『実際に社会で使われているような大規模システムの開発』(53.5%)であった。

経団連の提言にも書かれているが、情報系専

* 筑波大学 大学院システム情報工学研究科 教授

門教育の内容と企業が専門教育に求める内容は図2のように大きく乖離している。この乖離を是正するためにPBLが期待されている。

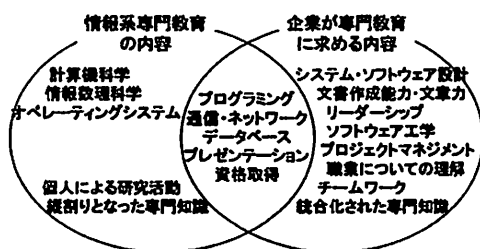


図2 専門教育の内容と企業が求める内容

『拠点間教材等洗練事業』⁹⁾のPBLに関する調査で、『PBLで高められるスキル』について全8拠点に対しアンケート調査を実施した。以下の項目について、はい、どちらとも言えない、いいえの三択で、はいと回答した拠点は以下のとおりであった。

- ・システム企画・提案力 7拠点
- ・実装力・プログラミング力 7拠点
- ・システムテスト力 7拠点
- ・コミュニケーション力 8拠点
- ・ネゴシエーション力・折衝力 5拠点
- ・リーダーシップ力 7拠点
- ・プロジェクトマネジメント力 8拠点
- ・技術文書作成力 7拠点
- ・主体性 8拠点

これらは図2の企業が専門教育に求める内容に近く、PBLが産業界の求める人材の育成に効果的な教育方法であるといえる。

筑波大学³⁾ではPBLの前後でどのようなスキルが向上したかを市販のスキル診断ツール⁷⁾で定期的・定量的に測定している。詳細は『実践的PBLによるエンタープライズ系システム企画設計開発の授業実践』⁹⁾に掲載されているのでそちらを参照願いたい。

3. PBLで何を学ぶことができるのか

『拠点間教材等洗練事業』⁹⁾のPBLに関する

調査で、『企業が求める実践力を身に付けるのにPBLは効果的か』という問いに対し、次の項目について、はい、いいえの二択で問うたところ全8拠点がはい、と回答している。

- ・PBLは実践力を高めるのに座学の授業に比べ効果的である
- ・主体性を高めるのに効果的である
- ・問題解決力を身に付けるのに効果的である

PBLは単に実践的な知識やスキルを学ぶというだけでなく、従来から広く行われている座学形式の教育を大きく変える要素を持っている。

この章では『PBLは教育にどのようなインパクトがあるのか』を述べる。

PBLが従来の座学や演習と比べ、大きく異なることとして以下の5点が挙げられる。

- (1) 知識の統合
- (2) チーム活動からの学び
- (3) プロセスからの学び
- (4) マネジメントからの学び
- (5) 学生の主体的な学び

各内容について以下に述べる。

3.1 知識の統合

知識の定着化をはかるために授業のなかで演習を実施することがある。しかしそれでは授業科目どうしの連携が希薄となり、学生は縦割りで『分断された知識』を学ぶこととなる。

社会では様々な知識を統合することやメタな概念を理解していることが必要となるが、PBLや総合演習を実施していない従来の教育カリキュラムではそれらを教えることは難しい。

PBLでは広範囲な知識を必要とする。例えば情報システムの構築をPBLで実施する場合には、システムの設計方法、ヒューマンコンピュータインタラクション設計、ネットワーク設計、データ設計(データベース設計)、セキュリティ設計、プログラミング、テスト技法、ソフトウェア工学、プロジェクト管理などの知識を必要とする。図3はそれを表している。

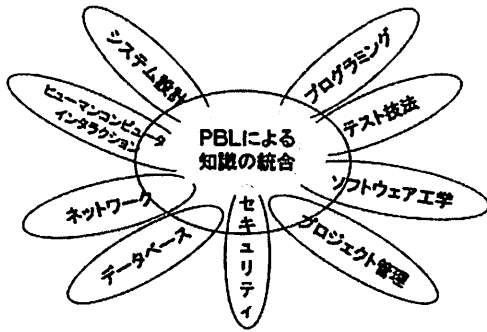


図3 PBLによる知識の統合

技術の進歩や研究は、専門分化を進め、高度な研究や技術を生み出している。しかし一方でそれらの知識の統合が難しくなり、知識の統合を教える必要が生じてきている。

座学の授業が知識の深堀りを目指すのに対し、PBLはそれらの知識を統合し、知識の空間を広げることにも効果的である。

このため、PBLで必要となる専門知識を学ぶ授業とPBLとを連携させてカリキュラムを策定することが肝要である。

またPBLでは『〇〇を知っている』という知識を『〇〇ができる』というスキルに変えることができる。社会では知識を持っているだけでなく、それを活用するためのスキルを身に付けていることが求められる。PBLは知識をスキルに引き上げることができ、問題解決力を高める教育方法である。

3.2 チーム活動からの学び

社会や企業では自分ひとりの世界で生きていくことは不可能であり、他者との共存によって成り立っている。他者との共存の場合、重要なことは信頼関係、他者理解や思いやりである。

最近では他者とのコミュニケーションの手段として携帯電話のメールが主流となってきている。企業においてもメールがコミュニケーションの中心となってきているが、メールでは情報や指示といったHowを伝えることはできても、Whyを伝えることは難しい。その結果職場から『なぜ』というキーワードが消えようとしている。

チームでの活動は、スポーツやクラブ活動を

通じて体験できる。しかしチームでWhyを議論することは少ない。作業を分担し、出来上がったものを結合するだけで済んでしまうようではチーム活動から学ぶものは殆どない。

チームにWhyまでを考えさせる活動では、議論を戦わせることが行われ、その過程で自分の主張が通らなかつたり、自分の思い描いたとおりに事が進まなかつたりすることを体験する。これを通じて自己についての理解、他者に対する理解を深めることができる。

心の知能指数と言われるEQ(Emotional Intelligence)は、自己や他者の感情を知覚し、自分の感情をコントロールするスキルであり、社会で生きるために必要なスキルであるといわれている。筑波大学³⁾のPBL³⁾では、PBLの前後でEQが向上していることが分かっている。

チームによる学びとは、自己や他者の気持ちを理解し、チームの目標を達成するために自分がどのような振る舞いをしてよいかを学ぶことである。多くの授業科目は個人の学びであるが、PBLはチーム内での他者理解までを学ぶことができる、コミュニティの空間的な広がりをもった教育方法であるといえる。

3.3 プロセスからの学び

空間的な広がりに対して、PBLは時間的な広がりをもった教育方法でもある。

仕事や私たちの生活は、プロセスによって構成されている。食事の場合、必要な材料を購入し、調理し、食し、後片付けをする、というプロセスがある。電車に乗るにも、切符を買い、改札を通り、ホームに移動し、電車に乗りといったプロセスがある。

『電車』、『切符』、『改札』などの知識を得ても電車に乗ることはできない。システム開発に必要な知識を得ても、情報システムを構築することはできない。なぜならばその知識を使ってどのような方法や手順でシステム構築するかが分からないからである。

物事の理解には、静的な側面と動的な側面がある。知識を学ぶことは静的な側面である。理解を深めるためには、それに動的な側面で教えることが重要である。

例えば、子どもに自転車の乗り方を教える場合、子どもに重心や慣性とは何かという知識を

教えても乗れるようにはならない。

まずは補助輪を付けてペダルを動かす練習をし、徐々に補助輪と地面との間を広げていくのである。できるようになるには、プロセスを通じて学ぶということが必要である。

授業の演習は、1～数コマで完結するものが多い。PBL では半年から1年をかけて実施されるため、適切なプロセスで進めることが不可欠である。プロセスを意識し、どのような手順で物事を進めたらよいかを考えることは PBL では不可欠であり、プロセスを通じて学ぶというのが PBL の特徴である。

3.4 マネジメントからの学び

PBL では、半年から1年をかけてチームでの活動を行うため、数多くの種類の作業が発生し、それぞれの作業が絡み合っている。

作業に漏れが生じたり、予期しないトラブルにより作業が遅れたりする。チームとプロセスによる学びを成功させるためには、マネジメントが必要となる。PBL では、役割分担、全体の作業項目の洗い出し、そのスケジュール策定、懸案事項やリスクの管理、進捗状況の管理、チーム内での情報や連絡事項の共有などのマネジメントが必要となる。

作業内容が少なく単純である場合、マネジメントは必要ではない。しかし PBL ではマネジメントができないと PBL が進まない。

マネジメントには、個人におけるマネジメントと、チーム全体に関するマネジメントとがある。

社会人として、自分の仕事や作業を管理できていることは不可欠であるが、その教育を座学の授業で教えることは難しい。個人のマネジメントとは、作業項目を列挙し、それらを緊急度と重要度に分類し、優先度に応じた作業のスケジュールを立てることである。PBL 以外の訓練の方法としては、夏休みの計画を立てたり、旅行の計画やその準備をしたりすることである。

またマネジメントとは PDCA (Plan Do Check Action) のマネジメントサイクルを回すことも重要である。計画を立案し、実施し、評価をし、計画どおりに出来なかった原因を分析し、次の計画立案に生かすということである。

PBL では、チームで作業を分担するため、各

作業の進捗状況を定期的に確認することが生じる。その際に計画との乖離がなぜ生じたのか、それをどうリカバリするかをチームで検討する。これがチームとしてのマネジメントである。

役割りとしてプロジェクトマネージャーがあるが、その者だけがチームのマネジメントをするのではない。チームのメンバが全員でチームの課題をどう解決するかを話し合い、解決方法考え、チーム内で調整することがチームとしてのマネジメントである。

PBL ではそれら個人としてのマネジメント、チームとしてのマネジメントの両方を学ぶことができるのである。

3.5 学生の主体的な学び

多くの教員が学生のやる気の低下を問題視しているが、その原因は学生よりも教える側にある。例外的に、全てにおいてやる気の無い学生もいるが、殆どの学生は、それまでの人生において何かに没頭した経験を持っている。

すなわち学生にやる気が無いのではなく、やる気にさせる授業ではないことが問題なのである。

入学したばかりの学生は、私から細かい指示を受けようとする。それまで学生は教員から細かい How To の指示を受けて育ったのだろう。指示された通りに実施しなかったら叱られたりしたのかも知れない。そのような学生は、リスクを冒すことをせず教員から指示された通りに作業を行う。その方が楽だと考えているからだ。しかし企業にいと、細かいところまで指示する上司は煩わしくて困る。細かいところまで指示され上司の奴隷のように働いていたら、やる気まで失ってしまう。まさに学生がそのようなになっている。

PBL では、決めることが無数にあるため、教員が細かいところまで指示をしていたら破綻してしまう。このため、学生が主体的に考え、主体的に行動することが必須となる。

細かい指示を出すことは、学生の主体性を阻害する要因となる。PBL を成功させるためには、学生が主体的に動くように、しかし誤った方向に進まないように教員は留意する必要がある。

その効果的な方法は、教員は、

- ・学生を信頼・期待すること
- ・学生に考えさせること
- ・学生に答えや指示を安易に言わないこと

- ・学生の決定を尊重すること
- ・学生の良い工夫を褒めること
を行うことである。

このような教育を実施していると、学生の意識が変わってくる。PBL に対して、やらされ意識で取り組むのではなく、主体的に取り組むようになり、寝食を忘れるほどに PBL にのめり込んでしまう。

主体的な学びが行われるため、学生は必要な知識やスキルを教員に頼るのではなく、自分たちで修得するような行動が起こる。

PBL の目標を学生は自分たちで決め、その目標を達成するために必要なことを自分たちで考え、行動するようになる。

『勉強しなさい。将来必要となるんだから』と言われても子供は勉強する気になれない。大人も同様である。これは、ゴールの押し付け→現状とのギャップを説得→強制的な学習機会の提供という学習モデルである。

主体的な行動を身につけた学生の学習モデルは、自分でゴールを設定し→現状とのギャップを自己認知し→主体的な学習態度 という学習モデルとなっている。

主体的な学習が進むように留意することで、学生の自律エンジンに火が付き、積極的な学びの場が広がるのである。

現在の学校教育において、学生の主体的な学びが行われていないことは、社会的な最も重大な欠陥のひとつである。主体的でない何事も『他責』にし、『言い訳』ばかりの人生を送ることになってしまう。

社会において主体的に行動することは、自分の人生を取り戻すことにつながり、それは真の幸せを得るための必要不可欠なことなのである。

PBL で学生の人生が変わるといのは少々大袈裟だが、私が指導している学生を見ていると1年間で主体的な行動を身に付け、学生の学習に対する意識や態度が変化している。

この変化は、学生の様々な行動にも表れる。自分以外のことを考えるようになり、直接自分が恩恵を得ないことに対しても積極的に貢献するようになる。視点が自分に向くのではなく、自分の外に向くような変化が現れる。

PBL を受講した学生の感想は次のようなものであった。

- ・リアルな情報システムの設計やテストなど実践的な技術を得ることができ有意義であった。
- ・PBL では寝る間も惜しんで演習にのめり込んでしまった。完成したときには大きな達成感を感じ、自信がついた。
- ・Why, Whatをよく考えるようになった。
- ・物事を主体的に考え、取り組むことができるようになった。与えられるのを待つのではなく、自分で課題解決の方法を考え行動できるようになった。
- ・リアルな顧客から色々なことを学んだ。
- ・チームで作業することの難しさ(人間関係)と利点とを学んだ。
- ・将来、PBL の講師をやってみたい。

4. 筑波大学における PBL 事例

先導的 IT プログラムに採択された筑波大学の『高度 IT 人材育成のための実践的ソフトウェア開発専修プログラム』⁹⁾(以下、本プログラム)は、2008 年に文科省が実施した先導的 IT プログラムの中間評価において最も高いレベルの評価であった。本プログラムは、2007 年に大学院博士前期課程(修士課程)の新たなプログラムとして開設され、その特徴は次のとおりである。

- ・修了に必要な単位数は 50 単位
- ・修士論文は必須ではない
- ・定員は 20 名
- ・経団連の連携企業 13 社から約 70 名の企業講師と約 35 名の学内教員が授業を担当
- ・豊富な実務経験のある常勤教員 2 名を採用
- ・電気通信大学、東京理科大学と連携し、遠隔講義の実施と単位互換協定を締結
- ・組み込みソフト系科目とエンタープライズ系科目の 2 つのプログラムを用意
- ・講義と演習の実践型科目群と、PBL 型科目群との連携したカリキュラム体系
- ・FD(Faculty Development)への取り組みとして、授業計画検討会、企業講師講習会、スキル診断による達成度評価を実施
- ・学内の教員会議、推進委員会、FD 委員会などと経団連の筑波大学企業連携 WG とが連携してプログラムを推進

図4はカリキュラム体系を表している。



図4 カリキュラム体系

PBLは1年次1学期から2年次1学期まで実施されているが、1年次2学期から組み込みソフト系とエンタープライズ系に分かれて実施している。

1年次2,3学期の『PBL型システム開発』のエンタープライズ系PBLの特徴は次のとおりである。

- ・授業単位数は6単位
- ・授業時間数は3コマ×75分×10週×2学期
- ・授業時間外での演習時間 10～20時間/週 (チームでの会議2時間程度を含む)
- ・システム開発経験をもつ常勤教員が担当
- ・情報システムの企画・設計から実装・テストを体験
- ・学生数は16名程度
- ・4人/チームのプロジェクトチームによる演習
- ・リアルな顧客の課題解決を目的とした情報システムを構築
- ・リアルな顧客は、学生が探してくるか教員からの紹介で、学内の職員の場合もある。
- ・テーマは学生が決める
- ・教科書は『ずっと受けたかったソフトウェアエンジニアリングの授業1,2』⁹⁾を利用

これまで2年間に実施したPBLのテーマは次のとおりである。

- ・自動車部品製造会社の生産管理システム
- ・大学書籍販売部のWeb注文システム
- ・幼稚園バスのロケーション案内システム
- ・学生情報の一元管理システム
- ・レポート提出管理システム
- ・就職情報Web検索閲覧システム

これらのシステムは既実際に運用され、地元のIT企業や学内技術室により運用管理されている。

例えば、筑波大学厚生会書籍部(以下、書籍部)での注文は、従来は紙の台帳に記入する方式が採用されており、学生にはそれが不満であった。そこで学生が書籍部のWeb注文システムを提案し、1年後にシステムを完成させ、現在実際に運用中である。Web注文のニーズを把握するために学内学生100名以上に対するアンケート調査や、個人情報漏洩のリスクがないか企業の専門家からセキュリティ診断を受診、運用会社に引き継ぐために運用マニュアルと設計ドキュメントを作成している。現在、筑波大学内でWeb注文サービスが実施されている。

図5は幼稚園バスのバスロケーション案内システム構築のため、幼稚園でのヒアリングを学生が実施しているところである。



図5 学生が幼稚園においてヒアリングを実施

PBLでの成果物は、システムの企画提案書、要件定義書、外部設計書、試験項目表、運用マニュアル、ドキュメント作成規約、議事録、レビュー記録、WBS表、EVMグラフなどドキュメントが約1000頁、ソースプログラムの規模は約10kstep、単体試験項目数2000、総試験項目数3000であり、開発言語はJava, PHP, Perl, Ruby, C#など

である。

筑波大での PBL の取り組みは、日刊工業新聞¹⁰⁾や日経 IT Pro¹¹⁾にも掲載された。

5. PBL を広めるための課題と解決方法

『拠点間教材等洗練事業』⁹⁾の PBL に関する調査で、『PBL の課題は何か』という問いに対し、全 8 拠点のうち以下の数の拠点がはい、と回答している。

PBL を教えられる教員が不足していること

5 拠点

PBL に関する情報交換の場が少ないこと

6 拠点

PBL 型授業に使える教材が少ないこと

7 拠点

これに対し、『拠点間教材等洗練事業』⁹⁾では次の施策を実施する計画である。

PBL の実施には、システム開発経験のある企業教員と大学教員との連携による実施が望ましい。このため、PBL を教えることができる教員を養成するため、企業のソフトウェア開発経験者を対象に講義設計法などを教える教育教材を 2009 年度に開発し、その教材を使った教育を実施する。

PBL 教材洗練 WG を 2009 年度に新たに発足し(主査 筑波大学 駒谷昇一)、WG では PBL の類型化、PBL に関する指導方法や評価方法などのノウハウを集約し、PBL 支援システムの設計・構築を行う。PBL に関するコミュニティに展開していく。

PBL などの授業のビデオアーカイブを収録し、教材公開ポータルサイトを設置し、大学教員などに対して無料で公開する(2009 年 8 月に β 版を公開予定)。このポータルサイトでは、教材の提供者は教材をダウンロードした人の連絡先が分かるような仕組みを組み込む予定であり、ポータルサイトの教材を通じたコミュニティが創られることを支援する。

6. まとめ

3 章で述べたように、PBL には教育の在り方を大きく変える強い影響力を及ぼす可能性がある。

PBL はソフトウェア開発スキルを高めるための単なるチーム演習ではなく、知識の統合、チームやプロセスからの学び、マネジメント力を高め、主体的な思考と行動ができるように育てることができ、現在の学生の目的意識とやる気の失われた学校教育を立て直すための特効薬となるかもしれない。

本論文の後半 4 章以降では筑波大学大学院での PBL の事例について紹介したが、3 章までの話は、初等教育や中等教育での PBL の進め方においても参考になると思われる。

PBL の実施には、学生と教員の時間とエネルギーが求められる。義務教育の中で実施することは難しいかも知れないが、PBL の価値認識が広まることで初等教育にも組み込まれるようになることを願っている。

高校の教育においても、多くの時間を要する PBL を実施することは困難であろう。しかし高校生レベルであればマネジメントもできるようになり、興味のある学生を対象に自由に実施させることは可能であろう。

4 章ではシステム開発の事例であったが、企画提案書作成のみの PBL もあり、研究開発型の PBL もある。プログラミングスキルが無い高校生などに対しては、LEGO のマインドストームを活用したロボット作成の PBL などが考えられる。

謝辞

本稿を執筆する機会をいただいた情報処理学会 コンピュータと教育研究会 情報教育シンポジウム 2009(SSS2009)のプログラム委員会の方々、拠点間教材等洗練事業運営委員会、筑波大学大学院 システム情報工学研究科 コンピュータサイエンス専攻 高度 IT 専修プログラム推進室ならびに関係者の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 日本経済団体連合会『産学官連携による高度な情報通信人材の育成強化に向けて』

2005年6月21日

<http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/2005/039/index.html>

- 2) 『先導的ITスペシャリスト育成推進プログラム』
http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/it/
- 3) 『高度IT人材育成のための実践的ソフトウェア開発専修プログラム』
<http://www.cs.tsukuba.ac.jp/ITsoft/>
- 4) 『拠点間等教材洗練事業』
http://grace-center.jp/prj_kyozai.html
- 5) 『IT人材市場動向予備調査』
<http://www.ipa.go.jp/about/press/20080129.html>
- 6) 情報処理推進機構 IT人材育成本部『IT人材白書2009』, オーム社, 2009年
- 7) ITスキル研究フォーラム(iSRF)『企業向けスキル診断システム ITSS-DS』
http://coin.nikkeibp.co.jp/coin/nip/isrf/itssds_gaiyou.html
- 8) 駒谷昇一著, 『実践的PBLによるエンタープライズ系システム企画設計開発の授業実践』情報処理学会 第107回情報システムと社会環境研究会, 2009年
- 9) 鶴保征城, 駒谷昇一著, 『ずっと受けたかったソフトウェアエンジニアリングの授業DVD版』, 翔泳社, 2008年
- 10) 『筑波大学院、産学でIT専門家を育成』, 日刊工業新聞, 2007年11月7日
http://j-net21.smrj.go.jp/watch/news_tyus/entry/20071108-07.html
- 11) 『筑波大がIT人材育成の成果発表会を開催, 2カ月で課題抽出から提案書策定までを実施』, 日経IT Pro, 2007年
<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20070627/276005/>