

情報システム開発の実践的講座におけるチーム構成と教育効果の関係

鷺崎 弘宜* 吉田 裕介* 笈 捷彦* 深澤 良彰* 山戸 昭三**
大久保 雅司*** 糸 照彦*** 玉木 学*** 加納 寿一****

Relationship between Team Organization and Education Effects in Practical Lecture Course on Information Systems Development

Hironori Washizaki* Yusuke Yoshida* Kazuhiko Kakehi* Yoshiaki Fukazawa* Shoso Yamato**
Masashi Okubo*** Teruhiko Kume*** Manabu Tamaki*** Toshikazu Kanou****

実務経験を持たない大学生を対象とした演習中心の情報システムの受発注に関する実践的講座において、教育効果を高めるための適切なチーム構成の方法は知られていない。そこで我々は、チーム構成が教育効果にもたらす影響を分析するための枠組みを設計し、その枠組みを実際の2つの実践的講座に適用した。適用結果の分析により、チームにおける個人特性上のメンバのばらつきが教育効果に影響を与えることを明らかにした。

We propose a framework for analyzing impact of team organization on education effects in practical lecture course on information systems development. Moreover we show the result of applying the framework to two lecture courses and several lessons learned.

KeyWords&Phrases : チームマネジメント, 教育効果, 情報システム, 個人特性, FFS 理論

Team management, Educational effect, Information systems, Personal characteristics, FFS theory

1. はじめに

近年の産学における高度 IT 人材育成への危機意識の高まりを受けて、IT 業界における実務に即した内容 (特に情報システムの発注・開発)、プロジェクトマネジメント、それらに付随する実務上のヒューマンスキルを演習中心に教育する実践的講座の設置が様々な大学で進められている[1].

例えば早稲田大学においては、経済産業省・IPA および NEC・NEC ラーニングの協力により 2010 年から、発注側の視点に立った情報システムの企画・活用を教育する「IT 経営プロジェクトマネジメント基礎」講座、および、受注側の視点に立って情報システム開発プロジェクトのマネジメントを教育する「システム開発プロジェクト基礎」講座を、産学連携により継続して実施している[2].

情報システムの受発注の実務は、共通の目的を持った小集団としてのチームの単位で遂行されることが多い。従って、実務に即した内容を教育するためには、受講生を幾つかのチームに分けて、チームの単位で演習させることが望ましい。

情報システムの開発において、異なる指向性を持つメンバがほどよくブレンドされたチームの構成により、当該プロジェクトにおけるリスクの低減に繋がることが報告されている[3]. また、情報システム以外の業務について、メンバを無作為に選択せず互いに補完する形でチームを構成することで、生産性を向上させられることが報告されている[4]. しかしながら、実務経験を持たない大学生を対象とした演習中心の情報システムの受発注に関する実践的講座において、教育効果を高めるための適切なチーム構成の方法は知られていない。

そこで我々は、早稲田大学における上述の2講座の実施にあたり、講座の実施前後における知識や講座実施における演習の活発さ、および、実務経験に依存しない個人特性をそれぞれ測定し、それらの間の関係を分析することにより、教育効果の高いチームの構成に共通する傾向を識別した。本稿では以降において、その識別における問題と我々の解決策、分析の結果を述べる。

2. 実践的講座における教育効果分析の問題

上述のように、大学での情報システム開発の実践的講座におけるチーム構成の教育効果への影響は十分に明らかとされていない。

それを明らかとするにあたり解決すべき問題 P1~P3 を以下に挙げる。

*早稲田大学 (Waseda University)

**筑波大学 (University of Tsukuba)

***NEC ラーニング(NEC Learning, Ltd.)

****日本電気株式会社 (NEC Corporation)

(P1) 教育効果の不明瞭さ

演習中心の実践的講座に限らず、大学における講座の教育効果は、実施中に生み出された成果物の質や、事後のアンケート評価、および、講座中・後の試験結果によって測定評価されることが多い。そのような測定評価は、受講生の受講前の知識や技術の程度を反映しておらず、入力としての受講生に対して知識や技術を獲得させて同じ受講生を出力させるという教育プロセスの効果を近似的に表すに過ぎない。

(P2) チーム演習のダイナミズム把握の難しさ

チーム構成が教育効果にもたらす影響を明らかとするにあたり、チームによる演習中の受講生個人の貢献や取り組みの姿勢を把握できることが望ましい。しかしながら、チームによる演習はチームメンバー間の対話や協調作業を通じて進められるため、活動として複雑でありそのダイナミズムを成果物から推し量ることは困難である。個人の貢献を測定する試みとして、活動中の全ての発言を記録する方法がある[5]が、非常に高コストなため、事前に選択されたごく少数の被験者を対象とすることが現実的であり、チーム構成の比較における検討材料を得る方法として適さない。例えば[5]においては、受講生の3グループ中で5名1グループのみを対象としている。

(P3) チームの構成上の特性定量化の難しさ

チーム構成の教育効果にもたらす影響を明らかとするため、チーム構成の特性や教育効果を客観的な形で定量的に測定したうえで、測定値間の関係を分析できることが望ましい。チームの構成上の特性（例えば偏り）を明らかとするためには、各メンバーの個人特性を定量的に測定する必要がある。しかし、情報システム受発注を対象ドメインとして、業務経験のない大学生を対象とした多様な個人特性の定量化はほとんど報告されていない。

3. チーム構成の影響分析枠組み

上述の問題 P1~P3 を解決するために、我々は以下の解決のアイデア S1~S3 からなる影響分析の枠組みを設計した。

枠組みの全体像を図1に示す。図1において、各チームの作業を、与えられた要求を入力として、演習を通じて何らかの成果物を出力するプロセスとして表している。さらに、実践的講座を、各チームを入力として、(知識や技能が獲得された)同一チームを出力するプロセスとして表している。

(S1) 事前事後の知識・技能アンケート評価

成果物の評価や知識・技能に関する事後アンケート評価に加えて、事後アンケート評価と同一の

質問項目群からなる事前アンケート評価を実施することで、講座の実施前後における知識・技能の差分を定量的に測定し、結果として教育効果を精密に明らかとする。これにより P1 を解決する。

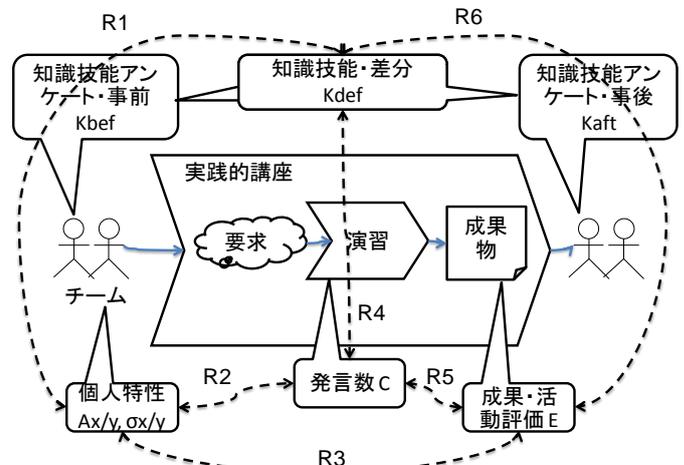


図1: チーム構成の影響分析の枠組み

知識・技能アンケートは、各講座の教育目標に照らし、共通キャリア・スキルフレームワーク[6]を参考とした約40程度の項目群として設計する。各受講生は「0: 知らない ~ 3: 実行できる ~ 5: 評価できる」の6段階で自己評価し回答する。ここで、情報システムの受発注の実務においては、情報システムに限らない一般的なヒューマンスキル（基礎）と、情報システムの受発注に特化した専門知識・技能（専門）の両方が必要である。そこで、知識・技能アンケートの各項目についてあらかじめ基礎系と専門系のいずれかに分類しておく、基礎、専門、および、両者を合わせた総合の3種をそれぞれ集計可能とする。

例として「IT経営プロジェクト基礎」において用いた知識・技能アンケートを表1に示す。

表1: 知識・技能アンケートの質問項目（抜粋）

知識や技能	分類
企画	基礎
プレゼンテーションの構成、作成	基礎
プレゼンテーションの実践	基礎
意思疎通	基礎
効果的な話し方	基礎
...	...
スケジュール管理	専門
コストの見積もり、予算化	専門
契約管理	専門
品質管理	専門
リスクマネジメント	専門

(S2) メンバの単位時間あたり発言数の測定

各個人の発言は演習時間内で極端に偏って行われないとの仮定のもと、演習における単位時間(次

節の事例の場合は5分間)内の発言回数を各個人について測定する。これにより P2 を解決する。

(S3) FFS 理論に基づく個人特性の定量化

業務経験のない大学生に適用可能で、多様な個人特性を識別するモデルには、ハーマンモデル[7]や FFS (Five Factors & Stress) 理論[4]など幾つか提案されている。それらの中で、30問という少数の問い(例えば「思ったことはすぐ口に出してしまう: はい・どちらかといえばはい・どちらかといえばいいえ・いいえ(4段階評価)」など[4])からなる FFS アンケートに答えるのみで複数の側面について容易に定量化可能な FFS 理論を採用し、各受講生の個人特性を定量化する。

具体的には、FFS 理論においては状況や考えの凝縮・受容に関する指向性(X)と、変化・安定に関する指向性(Y)の2つの側面により、図2に示す4タイプに個人を分類する。本稿では、XおよびYは、FFS アンケートの結果に基づき-15~15の間の整数をとる。Xについて値がプラスなほど、自身の経験に合うものを凝縮させる傾向にあり、値がマイナスなほど、外部の状況を受け入れる傾向にある。Yについて値がプラスなほど、外部のエネルギーを取り込んで自身を拡張・変化させる傾向にあり、値がマイナスなほど、自身を保全・安定させる傾向にある。各タイプの意味を以下に示す。

- リーダシップ(率先垂範)型: チームを先導する。
- アンカー(絶対死守)型: 保守的であり知識の定着や規則の遵守を率先する。
- タグポート(先見偵察)型: 新しい知識の吸収に意欲的である。
- マネジメント(改善支援)型: 安定的でありマネジメントを先導する。

チーム構成の特性としては、メンバの個人特性であるX、Yの平均や標準偏差を用いることとする。これにより P3 を解決する。例として、2011年の「IT 経営プロジェクト基礎」において、Xの標準偏差の最大・最小チームについてメンバをプロットした結果を図3に示す。なお本稿では、上述の離散化されたタイプ分類を分析に用いない。

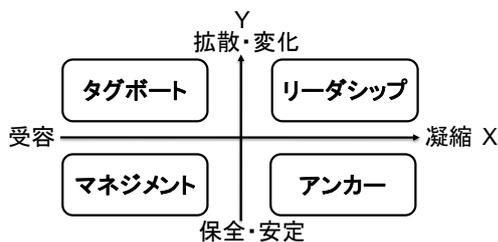


図2: FFS 理論におけるタイプと指向性

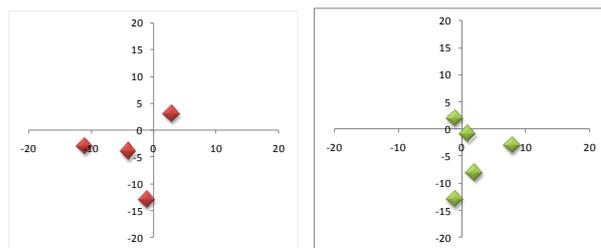


図3: Xの標準偏差の大きいチーム(左), 小さいチーム(右)

4. チーム構成がもたらす影響の分析

設計した枠組みに基づき、2011年における2講座を対象として、図1における測定値間で結ばれた各関係 R1~R6 について分析を行った。以下にその手続きと結果を述べる。

4.1 対象

早稲田大学情報理工学科では学部3年生・4年生向けに、発注側と受注側の両視点で、情報システムの活用、マネジメント、ヒューマンスキルを体験的に習得させることを目的として以下の2講座を実施している。2011年の実施にあたり上述の枠組みを適用し、分析のための各種測定値を得た。

- IT 経営プロジェクト基礎(以降, L1): 3コマ×5日間, 受講生15名, 個人特性を考慮せず無作為に構成した3チーム(各5名)。経営戦略策定, IT戦略策定, IT資源調達, ITサービス導入, ITサービス活用を演習中心に教育する。
- システム開発プロジェクト基礎(以降, L2): 3コマ×5日間, 受講生26名, 個人特性を考慮せず無作為に構成した6チーム(各4~5名)。情報システム開発における顧客役の講師との対話を通じた基本計画, 要件定義, システム設計, プロジェクトマネジメントを演習中心に教育する。

チームについて得た測定値および導出される値の一覧を、略記のためのラベルと共に以下に示す。

- Ax: FFS アンケートによる個人特性 X の値のチームにおける算術平均
- Ay: FFS アンケートによる個人特性 Y の値のチームにおける算術平均
- σ_x : FFS アンケートによる個人特性 X の値のチームにおける標準偏差
- σ_y : FFS アンケートによる個人特性 Y の値のチームにおける標準偏差
- Kbef: 知識・技能アンケート・事前の総合の自己評価結果のチームにおける算術平均。た

だし、Kbef (基礎), Kbef (応用) はそれぞれ評価結果における基礎, 応用のみの平均を指す。Kaft, Kdef についても同様とする。

- Kaft: 知識・技能アンケート・事後の総合の自己評価結果のチームにおける算術平均
- Kdef: 知識・技能アンケートの自己評価結果の総合の差分の平均, $Kdef = Kaft - Kbef$
- C: 単位時間あたり発言数の講座全体を通じた合計のチームにおける算術平均
- E: チームの成果や活動に対する評価。L1 では、他チームからの当該チームの成果物を含む活動全般に対する評価結果と、当該チーム内の相互個人評価との積のチームにおける平均であり、7.7 (悪い) ~ 8.2 (良い) となった。L2 については提出された各種成果物の教員による評価得点のチームあたりの合計であり、12 (悪い) ~ 22 (良い) の整数をとった。

4.2 分析の方法と期待

図 1 における各関係 R1~R6 について、それぞれ以下を期待して分析した。

(R1) L1, L2 のいずれも、演習の序盤においては議論を发散させて様々な意見を出し、中盤以降においては議論を収束させて成果物 (企画書やシステム設計書) としてまとめあげることが各チームに期待される。そこで、チーム内の個人特性のばらつきが大きいほど、各メンバがそれぞれ得意とする段階において大きな役割を果たし、結果として各メンバの知識・技能の習得に繋がることを期待した。そこで、 σ_x と σ_y の間に強い相関がないことを確認したうえで、 σ_x と σ_y を説明変数、Kdef を目的変数とする回帰分析を行う。関連して、知識・技能の (差分ではなく) 事後の結果と個人特性のばらつきが幾らか関係することも期待されるため、合わせて分析する。さらに、チームの個人特性の平均が知識・技能の差分と関係していないことも確認する。

(R2) チーム内で個人特性がばらついているほど、R1 と同様の理由により、5 日間のトータルで見て活発な議論が行われることを期待した。そこで、 σ_x および σ_y を説明変数、C を目的変数とする回帰分析を行う。

(R3) チーム内で個人特性がばらついているほど、R1 と同様の理由により、5 日間のトータルでよりよい成果物が生み出され、またよい活動と評価されることを期待した。そこで、 σ_x および σ_y を説明変数、E を目的変数とする回帰分析を行う。

(R4) R1, R2 における期待が成り立つとの前提があり、さらには、議論を伴う演習中心で講座が進められたため、発言が活発なほど知識・技能の

向上もより多くみられることを期待した。そこで C と Kdef の相関係数を求める。

(R5) 議論を伴う演習中心で講座が進められたため、発言が活発なほどよりよい成果物が生み出され、活動としてよいと評価されることを期待した。そこで C と E の相関係数を求める。ただし、発言の全てが直接に成果物・活動評価に結び付くわけではないため、弱い相関を想定する。

(R6) 知識や技能は、成果物を生み出す過程で獲得されるため、よい成果物を生み出しているチームほど知識・技能の獲得が多いことを期待した。そこで E と Kdef の相関係数を求める。ただし、成果物や活動の評価時には直接に識別されない知識・技能も存在しうるため、弱い相関を想定する。

4.3 分析結果と考察

R1~R6 について分析した結果を以下に示す。

(R1) L1 について σ_x と σ_y の相関係数は -0.75 と大きく強い相関が見られた。そのうえで、 σ_x と σ_y のそれぞれ一方および両方を説明変数、Kdef を目的変数とした全ての組み合わせについて回帰分析を行った結果、自由度調整済み決定係数がすべてマイナスの値となり、有効な回帰式を得られなかった。説明変数の数が 1~2 に対してデータ数が 3 と非常に少ないためである。説明変数を Ax や Ay に変更した場合、目的変数を Kbef, Kaft に変更した場合も同様であった。

一方、L2 について σ_x と σ_y の相関係数は 0.22 と小さく、両者に強い相関がないことを確認した。そのうえで、 σ_x と σ_y のそれぞれ一方および両方を説明変数、Kdef, Kbef, Kaft を目的変数とした全ての組み合わせについて回帰分析を行った結果、 σ_y のみを説明変数、Kaft (専門) を目的変数とした単回帰分析により得た回帰式について自由度調整済み寄与率が最大となり (0.67)、相関係数は 0.86 と大きいものであった。その散布図および回帰式 $Kaft(\text{専門}) = 1.36 \sigma_y + 16.64$ を図 4 左に示す。

以上より L2 において、変化・安定の指向性についてばらついたチームほど、講座後に特に専門系の知識・技能をチームとしてより多く備えていることが分かった。これは当初の期待通りであり、変化や安定の指向性が偏ったチームでは、意見の发散と収束の両方が必要なシステム開発の演習において、専門知識・技能の習得がしにくかったと考えられる。なお、凝縮・受容の指向性については顕著な関係が見られなかった。

教育効果を高精度に表すメトリクスとして検討した知識・技能の差分 Kdef については、個人特性のばらつきとの関係が認められなかった。理由としては、各受講生にとって講座実施前の適切な知

識・技能アンケート回答が困難であった可能性や、講座実施前における程度知識や技能を習得済みの学生にとってはチーム構成の如何に関わらず知識・技能が伸びる余地が少なかった可能性などが考えられる。

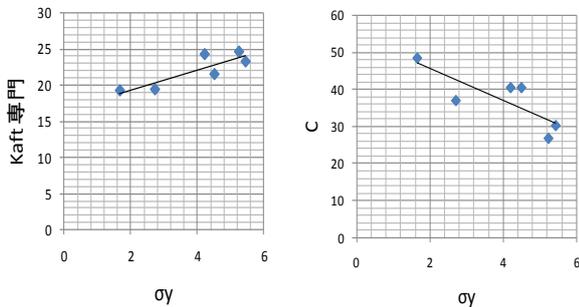


図4左: σ_y と Kaft (専門), 右: σ_y と C

(R2) L1 については R1 と同様に、有効な関係を得られなかった。

一方、L2 について σ_x と σ_y のそれぞれ一方および両方を説明変数、C を目的変数とする全ての組み合わせについて回帰分析を行った結果、 σ_y のみを説明変数とする単回帰分析により得た回帰式について自由度調整済み寄与率が最大となり (0.56)、相関係数は 0.80 と大きいものであった。その散布図および回帰式 $C = -4.24 \sigma_y + 54.04$ を図 4 右に示す。この結果から L2 において、期待に反し、変化や安定の指向性についてまとまった (ばらついていない) チームほど議論が活発なことが分かった。これは、変化・安定の指向性が共通である方が、意見が出やすかったと考えられる。なお、凝縮・受容の指向性については R1 と同様に顕著な関係が見られなかった。

(R3) L1, L2 のともに、自由度調整済み寄与率がプラスとなる有効な回帰式を得られなかった。以上より、チーム構成と成果物・活動評価の関係は認められず、その理由としては、成果物や活動に対する評価はチームの取り組みの一部を見ているにすぎないためと考えられる。

(R4) L1 について発言数と知識・技能差分との間で強い相関 (相関係数 0.76) が見られた。ただしデータ数が少ないため、信頼性の高い結果ではない。一方 L2 については、相関は弱いとみなすことができた (相関係数 0.18)。以上より、発言数と知識・技能の差分に関係はみられず、その理由として、今回の講座における演習内容はすべての作業について議論を必要とするものではなく、議論以外にも個人作業や個人思考・学習を経て知識や技能を獲得あるいは定着させている面も大きいためと考えられる。

(R5) L1 について相関係数は 0.44 であったが、

データ数が少なく信頼性は低い。L2 について相関係数は -0.63 とマイナスの値をとり、期待に反して議論が活発なチームほど成果物評価がやや低い傾向がみられた (図 5 参照)。理由としては、発言の全てが直接に成果物・活動評価へと結びつくわけではないこと、および、L2 の演習は特に中盤以降において設計書 (画面遷移図, ER 図など) を作成する作業が多いため、チーム内で長く活発に議論するよりも、早期に方針を決定して各メンバー別に個人作業に取り掛かったほうが結果として複数種類のよい成果物を効率よく生み出したためと考えられる。

(R6) L1 について相関係数は 0.21 と低く、データ数の少なさも明らかな関係は見られなかった。L2 について相関係数は -0.32 となり、期待に反して成果物評価が高いチームほど、チーム全体における知識・技能の差分は幾らか小さい傾向にあった。その理由としては、成果物評価は、講座として本来確認する知識や技能の範囲のごく一部を捉えているためと考えられる。

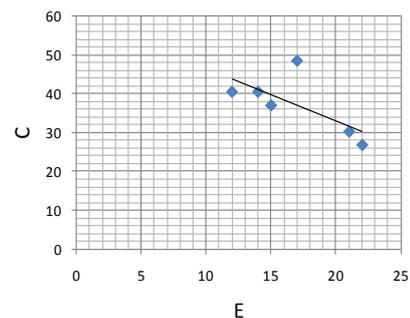


図5: L2 における E と C の散布図

4.4 得られた知見

前節で得られた知見を、以下にまとめる。

(1) 「IT 経営プロジェクト基礎」についてチーム数が 3 と少なく、チーム構成が教育効果にもたらす影響を明確には識別できない。

(2) 「システム開発プロジェクト基礎」について、変化・安定の指向性がばらついたチームほど、講座後に特に専門系の知識・技能をチームとしてより多く備えているが、議論は静かなものとなる。また、議論が活発なチームほど、成果物評価がやや低い。

以上より、情報システム開発の実践的講座において専門系の知識・技能のより多い習得を第一とするのであれば、変化・安定の指向性がばらついたメンバ構成とすることが教育効果の観点から望ましい。一方、様々な視点を洗い出し議論の活発化を重視するのであれば、変化や安定の指向性についてまとまったチーム構成とするとよい。ただ

しその場合、複数の成果物を作成することが求められる講座において、意見の集約に時間を要して成果物の評価の低下に繋がり、結果として専門系の知識・技能の習得が少なくなる可能性がある。

4.5 妥当性評価

1名の教務補助員が、レコーダ等の音声・映像記録装置を用いず全チームの発言数の測定にあたった。さらに、演習において受講生の発言が時間的に偏って現れる可能性があることから、発言数のデータとしての信頼性は他の測定値よりも低く、内的妥当性への脅威といえる。今後、類似の実践的講座の実施にあたり、記録装置の使用や、教務補助員の増強といった対策が考えられる。

知識・技能アンケート評価は、各受講生の自己評価であり、意図せず、あるいは故意に、実情とは異なった回答がなされている可能性を完全には否定できない。これも内的妥当性への脅威である。

外的妥当性への脅威としては、本稿で扱った対象は同一大学における2つ（データの信頼性の観点からは事実上1つ）の講座における10未満のチームであり、得られた知見が他大学や企業の新人研修等における類似の実践的講座に適合する保証はない。ただし、実施した講座の内容は、情報システムの企画や開発における特別な知識、環境、プロセスを前提としたものではない。他大学における将来的な展開の可能性を考慮したIPAの事業のもとで開発されているため、他大学においても類似または同一講座の実施にあたり、知見が参考になると考えられる。また、講座内容はもともと企業における研修内容をベースとしたものであるため、企業内研修においても得られた知見を参考にできる可能性がある。

5. 関連研究

各メンバーのプロジェクトマネージャとしてのタイプや要求するタイプを詳細に評価することで、当該チームにおいて最適なメンバーをプロジェクトマネージャとして選出する取り組み[8]がある。ただし、同取り組みはプロジェクトマネージャ以外の役割について言及していない。対して我々の枠組みは、マネージャといった個別の役割の選出ではなく、チーム内のメンバーの指向性のばらつきについて言及している。

シニアマネージャをチームに参加させて教育効果の向上を図るプロジェクト型講義の取り組みがある[9]。本稿の2講義においては今後、教務補助員について各チームへの助言の役割も担わせることで、類似の取り組みを実現できる可能性がある。

6. おわりに

我々は、チーム構成が教育効果にもたらす影響を分析する枠組みを設計し、実際の2つの実践的講座に適用した。適用結果の分析により、チームにおける個人特性上のメンバーのばらつきが教育効果に影響を与えることを明らかとした。

今後は、4.5節で述べた妥当性への脅威の対策、個人単位の分析、ならびに、早稲田大学における2012年以降の同一講座や他の関連講座への適用を通じた知見の一般性・妥当性の検証を予定している。特に、今回得られた知見に基づいて、教育効果が高くなるように意図的に構成したチーム群における教育効果の測定と比較評価が必要である。

謝辞

経済産業省、IPA、NEC、NECラーニングの各位のご協力により実践的講座の設置と実施の機会を得ています。ここに御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 情報処理推進機構 (IPA) IT人材育成本部産学連携推進センター, “実践的講座構築ガイド: 大学の情報系学科における産学連携教育の進め方”, 2011.
<http://www.ipa.go.jp/jinzai/renkei/itaku/index.html>
- [2] IPA IT人材育成本部産学連携推進センター, “大学における産学連携教育事例: 平成23年度実践的IT教育講座紹介”, 2011.
<http://www.ipa.go.jp/jinzai/renkei/itaku/index.html>
- [3] Gary Klein, et al., “Wanted: Project teams with a blend of IS professionals orientation,” Communications of the ACM, Vol.45, No.6, 2002.
- [4] 小林恵智, “プロジェクトリーダーのためのチームマネジメント”, PHP研究所, 2001.
- [5] 大島純ほか, “協調学習のプロセスと個人の貢献を測定する試み,” 日本教育工学会論文誌, Vol.33, No.3, 2010.
- [6] 経済産業省, 情報処理推進機構, “共通キャリア・スキルフレームワーク”, 2008.
http://www.ipa.go.jp/jinzai/itss/csfv1/csfv1_08102_1.pdf
- [7] Ned Herrmann, “The Whole Brain Business Book,” McGraw-Hill, 1996.
- [8] 白川清美ほか, “ソフトウェア開発演習のためのチーム編成: PMのタイプを考慮したチーム編成法の評価”, 信学技報KBSE, 109, 2009.
- [9] 大隈智春ほか, “プロジェクトベース教育の効果に関する考察”, プロジェクトマネジメント学会研究発表大会予稿集1999(秋季).