

N_006

パス図を用いた学習者のモチベーション構造の可視化

Visualization of Learner's Motivation Structure using the Path Diagram

土肥 紳一
Shinichi Dohi

宮川 治†
Osamu Miyakawa

今野 紀子†
Noriko Konno

1. はじめに

18歳人口の減少によって、大学へ入学してくる学生は多様化するようになった。新聞紙上では、学力低下を懸念する記事が目をはく。e-Learningを活用した復習用の教材を自作しこれを活用する例や、1年目の教育を特に見直し退学者数を減らす試み、歯科系の大学ではキャンパス内に寮を建設しカリキュラム全体の見直しを実施している大学もある。これらの試みで共通していることは、学生のやる気をいかに喚起するかという点である。

プログラミング入門教育は、情報系の学部にとって基礎的な科目である。入学者の多様化に直面した今、伝統的に実施してきたプログラミング入門教育、すなわち文法中心の流れ、実数を対象とした数値計算に特化した内容、行列の演算等を継続して教授することは困難な状況となった。さらにプログラミングの授業は座学とは異なり、実際にパソコンを操作しながら学習する。プログラムを入力し、文法上のエラーや実行時のエラーと格闘し、正しい結果が表示されて初めて完結する。これらのプロセスは、初学者にとって大きな障壁である。適切な指導を実施できなければ、学生はやる気を無くしてしまう。難しい課題を押し付けたり、多くのプログラムの作成を強要することも、結果的に学生が理解できる許容範囲を超え、やる気を喪失させてしまう。このような問題点を解決するために、学生のやる気(モチベーション:以下MVと略)を測定し、学生のMVを向上するためにはどうすべきかを研究して来た[1]。

本論文ではこの考え方をさらに発展させ、学生のMVの共分散構造分析を行い、その時間的な変化を可視化して教員に提示することを提案し、有効性を示す。

2. モチベーションの測定

MVの測定は、表1に示す18の項目から構成されるアンケート調査によって行う。これらの調査項目は、授業構成因子(7項目)、自発性因子(4項目)、双方向性因子(3項目)、参加性因子(2項目)の4因子構造となっている。これらの調査項目はARCS理論に基づき作成されており[2]、統計的な手法で標準化を行いSIEMアセスメント尺度として完成した[3]。各々の質問項目に対して、5段階のリッカート尺度「1:まったくそう思わない」、「2:あまりそう思わない」、「3:どちらともいえない」、「4:ややそう思う」、「5:強くそう思う」により学生から回答を得る。学生のMVは調査項目の(17)重要度と(19)期待度の積として算出する。したがってMVの値は、1から25になる。この関係を(a)式に示す。クラス全体のMVは、学生のMVの平均として求める。

$$MV = \text{重要度} \times \text{期待度} \quad (a)$$

† 東京電機大学 情報環境学部, Tokyo Denki University, The School of Information Environment

表1 SIEMアセスメント尺度

因子1: 授業構成因子	
(1) 成功機会度	授業中にできた・わかったという実感がありますか。
(2) 親密度	授業の内容は親しみやすいですか。
(3) 愉楽度	このプログラミングの授業は楽しいと思えますか。
(4) 理解度	このプログラミングの授業は理解しやすいですか。
(5) 知覚的喚起度	自分が入力したプログラムの動作結果を見るのは楽しいですか。
(6) 意義の明確度	授業の意義や目的がはっきりしていますか。
(7) 好奇心喚起度	授業では好奇心を刺激されますか。
因子2: 自発性因子	
(8) 将来への有用度	将来に役立つと思いますか。
(9) 向上努力度	もっとプログラミングの勉強を努力しようと思いますか。
(10) 自己コントロール度	授業で学習したことを基にして、自分で工夫し勉強してみようと思いますか。
(11) 自己目標の明確度	自分の到達すべき学習の目標がはっきりしていますか。
因子3: 双方向性因子	
(12) コミュニケーション度	授業中、学生・教員などとのコミュニケーションはありますか。
(13) 所属集団の好意的反応度	教員やクラスのメンバーは好意的ですか。
(14) コンテンツの合致度	演習問題などは授業内容と一致していますか。
因子4: 参加性因子	
(15) 参加意欲度	休まずに出席しようという意欲が起こる授業ですか。
(16) 参加積極度	授業での自分の参加態度は積極的ですか。
モチベーション評価項目	
(17) 重要度	プログラミングを学習することは重要だと思いますか。
(18) 現状認知度	現在の時点で、プログラミングの知識・技術は身につけていると思いますか。
(19) 期待度	もっとプログラミングの知識や技術を高めたいと思いますか。

クラス全体のMVを測定し基本統計量を分析することによって、教員が担当しているクラスの傾向を探ることができる。同一科目を担当する一人の教員に着目し、2003年から2005年に開講したコンピュータプログラミングAの授業の前期、中期、後期におけるモチベーションの変化を図1に示す。同様に、基本統計量の変化を表2に示す。この教員の場合、授業の前期のMVは比較的高く、中期にかけて低下し、後期は低下が止まった傾向を示している。このようなモチベーションの時系列変化は、教員の個性を客観的に示しているものと考えられる。

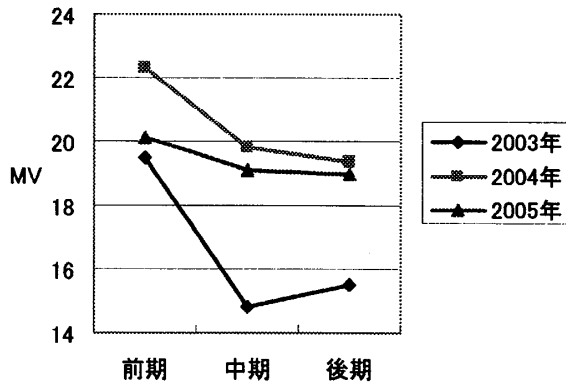


図1 同一科目同一教員によるMVの経年変化

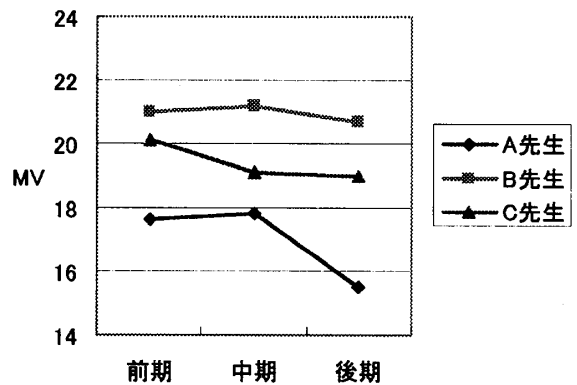


図2 同一科目複数教員によるMVの変化

一方、同じ科目をクラス分割によって複数の教員が担当した場合について、MVの変化に着目することができた[4]。2005年度に開講したコンピュータプログラミングAの授業において、前期、中期、後期のMVの変化を図2に示す。同様に、基本統計量の変化を表3に示す。この授業は、2学科を対象に3クラスに分割した。2クラスは同一学科を学籍番号の奇遇で二分割し、B先生とC先生が担当した。残りの1クラスは別の学科から構成され、A先生が担当した。図2から、学科の差が初期値の違いとして示され、MVの時間的な変化は、教員の工夫がMVの向上にどの程度機能したかを客観的に示している。基本統計量を基にMVの変化を可視化することによって、MVの向上を目指した授業の実施状況を視覚的に表現できる。SIEMアセスメント尺度を使ったMVの測定によって得られた結果は、異なる教員、異なる教授内容であっても客観的に比較できる。さらに教員毎に要因分析を行うことによって授業改善策を提示できる。各教員が提示された授業改善策を基に、担当しているクラスに対して適切な教授方法や教授内容をフィードバックすることで、MVの向上を期待できる。

3. モチベーションの向上を目指した授業の工夫

MVの向上を目指した教育を実践するために、いくつかの工夫を取り入れている。主なものを以下に示す。

(1) グループ学習しやすい環境

プログラミングの授業は、一般的にデスクトップパソコンが設置されたコンピュータ教室で授業を行うことが多い。規則正しく配列された机の上は、機器で占領され、ノートや教科書を広げるスペースが乏しい。機械に学生が向かい合い、個々に分離された学生が、教材提示装置から指示される内容を見ながら授業を受ける。このような環境は、機械を重視した環境であり、人間が学習することに関する妨げとなっている。このような問題を解決するために、プログラミングの授業は、四角いテーブルもしくは丸いテーブルを教室内に分散配置し、各テーブルには電源と情報コンセントを設置している。座席は自由席とし、学生は好きな場所を選んで着席する。初回の授業は、席を選択するのに戸惑いが隠せないが、一度、席が決まると、2回目以降は同じ席に着席するようである。このような場の提供は、テ

表2 同一科目同一教員による基本統計量の経年変化

	クラス 測定時期	2003年			2004年			2005年		
		前期 9月	中期 11月	後期 12月	前期 9月	中期 11月	後期 12月	前期 9月	中期 11月	後期 12月
全体	平均	19.5	14.8	15.5	22.3	19.8	19.4	20.1	19.1	19.0
	標準誤差	0.62	0.96	0.96	0.75	0.94	1.04	0.80	0.98	0.84
	中央値	20	15	16	25	25	22.5	20	20	20
	最頻値	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	標準偏差	5.2	8.1	8.1	5.09	6.39	7.03	5.47	6.73	5.66
	分散	27.3	65.1	65.5	25.9	40.8	49.4	29.91	45.34	32.09
	尖度	-1.02	-1.18	-1.27	4.73	-0.38	0.01	-0.33	-0.82	-0.74
	歪度	-0.45	-0.15	-0.2	-2.22	-0.91	-1.04	-0.76	-0.73	-0.57
	範囲	17	24	24	21	21	24	20	21	19
	最小	8	1	1	4	4	1	5	4	6
最大	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
合計		1387	1047	1097	1026	913	891	944	897	855
上位群 20 ≤ MV	人数(%)	63.4	35.2	40.8	56.3	42.3	42.3	63.8	61.7	60.0
	MVの平均	23.0	23.8	23.8	24.0	24.0	23.8	23.7	23.8	23.0
中位群 10 ≤ MV < 20	人数(%)	32.4	33.8	25.4	5.6	16.9	12.7	31.9	21.3	26.7
	MVの平均	14.2	14.3	14.6	14.0	13.8	14.7	14.7	14.6	15.3
下位群 MV < 10	人数(%)	4.2	31.0	33.8	2.8	5.6	9.9	4.3	17.0	13.3
	MVの平均	8.7	5.0	6.0	5.0	6.8	6.3	7.0	7.6	8.5

ーブル毎にコミュニティが誕生し、授業中に発生した疑問点等を教え合えるようになる。人が学ぶための情報環境を重視している。なおパソコンは、学生が個人で所有するノート型パソコンを使用する。

(2)講義ノート

講義ノートはブラウザで閲覧することを前提としている。紙の媒体で提供する教科書とは異なるため、表示内容が過密にならないよう、注意を払っている。一例であるが、1つの説明項目は1画面で完結させ、強調のための書体や配色に注意し、学ばなければならないことが明確になるよう工夫している。必要なことを必要なときに必要なだけ教えることが重要である。なお、教材全体の構成は、インストラクショナルデザインに沿って作成している。

(3)授業アンケート

授業毎に、学生の理解度を知るためにアンケート調査を実施している。学生が要点を理解できているか否かについて、数項目の調査項目を設け、「はい」「いいえ」の2択で回答してもらう。また、授業に対する要望、感想を自由記述できるようにしている。これらの集計結果は、次の授業の冒頭で解説を行う。自分だけが分かっていないのではといった疑心暗鬼に陥る学生がいるが、アンケート調査結果の公開によって、学生へのフィードバックが働くと共に、教員自身へのフィードバックが働き、学生と教員が丸となった授業を運営できる。MVの測定は、授業の前期、中期、後期における授業アンケートの中に含ませて、収集している。なお、アンケート調査は煩雑な作業になるため、専用のアンケートシステムを開発した。

(4)週複数回の授業開講

コンピュータプログラミングAの授業は、1コマ50分授業を2コマ連続で、月曜と水曜に週2回開講している。1コマの時間を短くし、週に複数回開講することで、集中力を維持できる。

(5)学費の単位従量制

1単位に単価を設定し、単位数に応じた金額を授業料として支払う制度である。科目の価値が金額で明確に示され、不合格になると授業料が無駄になるといった心理効果が働き、いい加減な気持ちで履修する学生は皆無である。

4. モチベーションの要因分析の問題点

表3に示したC先生のクラスを対象に、中期のMVを分析したところ、MVの水準が高い集団であり、自発性因子がMVに有意($R=0.76, P<0.01$)に影響していることが判明した。その中でも「自己コントロール度」「将来への有用度」「自己目標の明確度」が有意($R=0.98, P<0.01$)に関与していた。今後の更なるMV向上・維持のための授業改善策として「学生の能力に応じて、基礎的な問題から応用問題までバリエーションのある課題や、学生が自分で工夫できる自由度のある課題を提示すること、折に触れて「授業内容がこれからどのように役立つものなのかについて言及すること」「この授業で身につけるべき事柄を明確にさせること、下位群については「親しみやすさ」と「楽しい」という実感が乏しいことが判明したため、学生に身近な話題や例などを取り入れる工夫が効果的であることが提案された。

この提案を受けて、C先生は後期の授業に取り組んだ。その結果、後期のMVは低下を免れ中期のMVとほぼ同水準であり、下位群の人数が3.7%減少し、86.7%が中位群以上のMVとなった。後期のMVを分析したところ、自発性因子・双方向性因子がMVに有意($R=0.75, P<0.01$)に影響していることが判明した。「自己コントロール度」「将来への有用度」「自己目標の明確度」「向上努力度」といった自発性因子とともに、「教員やクラスメンバーの好意的反応やクラスへの所属感(居場所感)が得られていた」こと、「授業中、学生・教員などとのコミュニケーションが計られていた」ことが学生にとって満足するものであったことがMVの向上・維持の要因であったと考えられる。同様にB先生も提案を受けたが、A先生は提案を受けていない。

これらの分析結果は、教員にとって大変有益な情報である。しかし、MVの変化の原因となっている因子が、どのような関係になっているか、その全貌を知ることはできなかった。これらの分析結果は、授業の方策を検討する上で、教員にとって分かりやすく提示できることが重要である。特に、MVの要因分析結果が因子間の関係として可視化できれば、表示された内容を一目で理解でき、その時間的な構造の変化を容易に読み取れるようになる。

表3 同一科目複数教員による基本統計量の変化

	クラス 測定時期	A先生			B先生			C先生		
		前期 9月	中期 11月	後期 12月	前期 9月	中期 11月	後期 12月	前期 9月	中期 11月	後期 12月
全体	平均	17.6	17.8	15.5	21.0	21.2	20.7	20.1	19.1	19.0
	標準誤差	0.91	1.01	0.95	0.74	0.64	0.71	0.80	0.98	0.84
	中央値	18	20	16	25	25	25	20	20	20
	最頻値	25	25	16	25	25	25	25	25	25
	標準偏差	6.57	7.24	6.81	6.12	5.16	5.57	5.47	6.73	5.66
	分散	43.14	52.47	46.33	37.40	26.62	31.02	29.91	45.34	32.09
	尖度	-0.30	-0.55	-0.83	1.40	1.55	1.62	-0.33	-0.82	-0.74
	歪度	-0.59	-0.66	-0.23	-1.52	-1.37	-1.32	-0.76	-0.73	-0.57
	範囲	24	23	23	21	21	24	20	21	19
	最小	1	2	2	4	4	1	5	4	6
	最大	25	25	25	25	25	25	25	25	25
合計	917	909	789	1426	1377	1264	944	897	855	
上位群 20 ≤ MV	人数(%)	50.0	51.0	37.3	75.0	75.4	68.9	63.8	61.7	60.0
	MVの平均	23.1	23.8	22.6	24.0	23.7	23.9	23.7	23.8	23.0
中位群 10 ≤ MV < 20	人数(%)	34.6	33.3	37.3	16.2	20.0	27.9	31.9	21.3	26.7
	MVの平均	14.7	14.5	14.5	15.4	15.2	14.9	14.7	14.6	15.3
下位群 MV < 10	人数(%)	15.4	15.7	25.5	8.8	4.6	3.3	4.3	17.0	13.3
	MVの平均	6.6	5.4	6.4	5.3	6.3	2.5	7.0	7.6	8.5

5. パス図による構造分析の可視化

このような問題を克服するために、因子に関する共分散構造分析を行い、その結果をパス図で可視化した。パス図は、四角形と矢印で構成されている。個々の四角形は因子を、一方向の矢印は影響度を、双方向の矢印は相関を示す。矢印の途中にある数字は、関係の強さを示す。R2は分析の精度(適合度・寄与率)を示す決定係数である。主な判断基準は、R2の値が0.8以上の場合は「非常に良い」、0.5以上0.8未満の場合は「やや良い」、0.5未満の場合は「あまり良くない」としている。パス図に因子を表示するか否かの判断基準となる有意水準は $p < 0.01(**)$ 、 $p < 0.05(*)$ とし、これに該当する因子を表示している。

表3に示したC先生のクラスを対象に、MVの共分散構造分析を行った結果を図3に示す。中期におけるMVは、自発性因子が0.54の影響度で関与していることがパス図からわかる。自発性因子を構成する下位因子に着目すると、好奇心喚起度、将来への有用度、自己目標の明確度、自己コントロール度、愉楽度との関係が明らかになる。さらに特徴的なことは、下位因子間の関係の強さを表現できるようになったことである。たとえば、好奇心喚起度と将来への有用度は、0.68のやや強い相関関係があることがわかる。

同様に後期におけるMVの共分散構造分析を行った結果を図4に示す。後期におけるMVは、自発性因子が0.54、双方向性因子が0.29の影響度で関与していることがわかる。自発性因子を構成する下位因子に着目すると、自己目標の明確度、自己コントロール度、向上努力度、将来への有用度との関係が明らかになった。一方、双方向性因子の下位因子に着目すると、所属集団の好意的反応度、コミュニケーション度との関係が明らかになった。さらに、自発性因子、双方向性因子を構成する下位因子相互の関係の強さを表現できるようになった。所属集団の好意的反応度とコミュニケーション度は0.68、向上努力度とは0.67のやや強い相関関係があることがわかる。

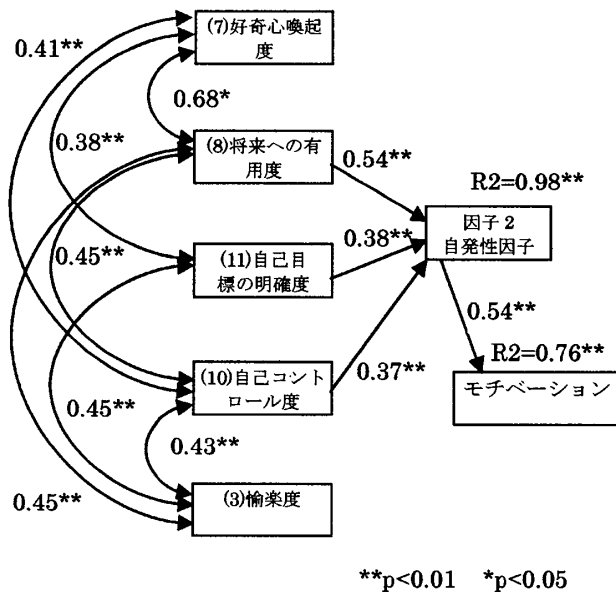


図3 中期SIEM構造分析パス図(C先生)

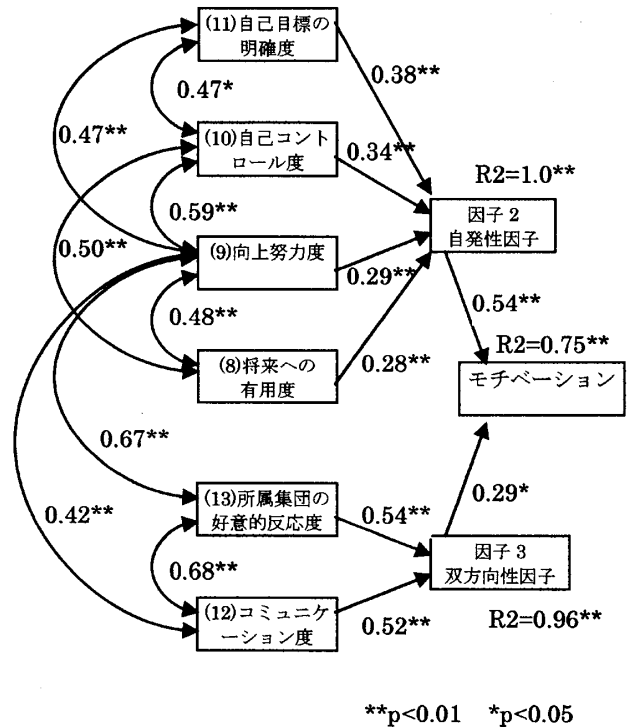


図4 後期SIEM構造分析パス図(C先生)

6. おわりに

学生のモチベーションの要因分析結果から提案された授業改善策の情報は、教員にとって断片的な状況しか把握できなかった。パス図を用いた学習者のモチベーション構造の可視化によって、下位因子の関係を含めた全貌を把握できるようになった。このことは、提案された授業改善策を基に、教員が教授内容や教授方法をアレンジする上で、大変重要な手掛かりとなる。今後は、提案された授業改善策とパス図を用いた学習者のモチベーション構造の両方を教員に提示し、モチベーションに着目した教育効果の有効性を検証して行く計画である。

本研究は、東京電機大学総合研究所研究 Q06J-13 として行っているものである。

参考文献

- 1) 土肥紳一, 宮川治, 今野紀子, SIEMによるプログラミング教育の客観的評価, 情報科学技術フォーラム, 情報科学技術レターズ Vol.3, no.3, p347-p350 (2004.9)
- 2) Keller, J.M., & Suzuki, K. (1988). Use of the ARCS motivation model in courseware design (Chapter 16). In D.H. Jonnasen(Ed.), Instructional designs for microcomputer courseware. Lawrence Erlbaum Associates, U.S.A.
- 3) 土肥紳一, 宮川治, 今野紀子, SIEM アセスメント尺度によるプログラミング教育の分析, 情報処理学会, No4, p361-p362(2005.3)
- 4) 土肥紳一, 宮川治, 今野紀子, SIEM アセスメント尺度による異なる教員のプログラミング入門教育の分析, 情報処理学会, No4, p377-p378 (2006.3)