

パス図を用いた学習者のモチベーション構造の分析

Analysis of Learner's Motivation Structure using the Path Diagram

土肥 紳一 宮川 治† 今野 紀子†
Shinichi Dohi Osamu Miyakawa Noriko Konno

表 1 SIEM アセスメント尺度

1. はじめに

プログラミングの授業は座学と異なり、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、プログラミングを学ぶ初学者にとって大きな障壁となる。適切な指導を実施できなければ、受講者は学習意欲を喪失してしまう。難しい課題を一方向的に押し付けることや、多くのプログラムの作成を強要することも、結果的に受講者が理解できる許容範囲を超え、学習意欲を喪失させることにつながる。このような問題を解決するために、受講者の学習意欲（モチベーション：以下 MV と略）を客観的に測定し、受講者の MV を向上するためにはどうすべきかを研究し続けている [1]。教授者は教育現場における経験知から授業改善の工夫を絶えず行ってきた。しかし、その工夫がどの程度の教育効果を挙げたかについて、客観的に評価することは難しかった。本研究では受講者の MV に着目することによって、これを客観的に測定する方法を探った。受講者の MV を向上するための教授内容と教授方法を開発し、プログラミングの入門教育を対象に受講者の MV を正確に測定できる SIEM アセスメント尺度を完成した。この尺度は授業を担当する教授者や教授内容に依存しない仕組みとなっており、クラス分割によって複数の教授者が一つの科目を担当した場合でも、個々の教授者が担当するクラスについて MV を客観的に測定できる [2]。本論文では受講者の 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授者に提示することによって、MV の向上に役立てる。

2. MV の測定

MV の測定は、表 1 に示す 19 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 [3]、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 [4]。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」により受講者から回答を得る。受講者の 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、受講者の MV の平均として求める。

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

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) 親性度	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、教授者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 C 先生に着目し、2003 年から 2006 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 MV の平均値の変化を図 1 に示す。各年度の前期の値は、母集団の特徴を示している。同様に、基本統計量の変化を表 2 に示す。この教授者の場合、2003 年から 2005 年までは前期の MV は比較的高く、中期にかけて低下し、後期は低下が止まる傾向を示している。2006 年は前期の MV が中期まで維持されるようになり、その後、後期にかけて低下している。

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

表 2 C 先生が担当するクラスの基本統計量の変化

	年度 測定時期	2003年度			2004年度			2005年度			2006年度		
		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	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	20.7	20.7	19.4
	標準誤差	0.62	0.96	0.96	0.75	0.94	1.04	0.80	0.98	0.84	0.63	0.61	0.82
	中央値	20	15	16	25	25	22.5	20	20	20	20	22.5	20
	最頻値	25	25	25	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	5.15	4.88	6.33
	分散	27.3	65.1	65.5	25.9	40.8	49.4	29.9	45.3	32.1	26.6	23.8	40.1
	尖度	-1.02	-1.18	-1.27	4.73	-0.38	0.01	-0.33	-0.82	-0.74	0.78	-0.41	-0.01
	歪度	-0.45	-0.15	-0.2	-2.22	-0.91	-1.04	-0.76	-0.73	-0.57	-1.12	-0.75	-0.92
	範囲	17	24	24	21	21	24	20	21	19	20	19	24
	最小	8	1	1	4	4	1	5	4	6	5	6	1
	最大	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	合計	1387	1047	1097	1026	913	891	944	897	855	1347	1326	1145
上位群 20 ≤ MV	人数(%)	63.4	35.2	40.8	87.0	65.2	65.2	63.8	61.7	60.0	72.3	67.2	61.0
	MVの平均	23.0	23.8	23.8	24.0	24.0	23.8	23.7	23.8	23.0	23.4	23.7	23.8
中位群 10 ≤ MV < 20	人数(%)	32.4	33.8	25.4	8.7	26.1	19.6	31.9	21.3	26.7	23.1	31.3	27.1
	MVの平均	14.2	14.3	14.6	14.0	13.8	14.7	14.7	14.6	15.3	15.1	15.0	15.3
下位群 MV < 10	人数(%)	4.2	31.0	33.8	4.3	8.7	15.2	4.3	17.0	13.3	4.6	15.6	11.9
	MVの平均	63.4	35.2	40.8	87.0	65.2	65.2	7.0	7.6	8.5	6.7	6.0	6.6

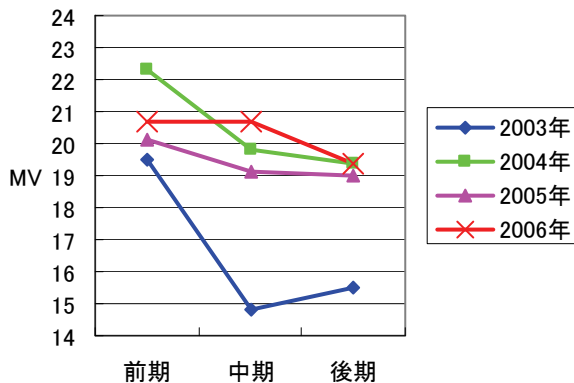


図 1 C 先生が担当するクラスの MV の経年変化

3. MV の要因分析の問題点

(1)2005 年の MV の要因分析

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、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。

(2)2006 年の MV の要因分析

中期における MV は、高い水準が維持・促進されている。受講者は、この授業が将来に有用であることを理解しており、自己の学習目標を持ちながら、授業で学習したことをもとにして、自分で工夫し勉強してみようとしている。また、授業内容を親しみやすいと感じており、積極的に参加しようとする態度が窺われる。それらが高い MV に繋がっている。後期への改善提案としては、このままのスタイルを維持することが提案された。

この提案を受けて、後期の授業に取り組んだ。その結果、受講者は自己の学習目標を明確にしなが、この授業が自分の将来に有用で意義のあることを理解し、授業で学習したことを基にして自分で工夫し学習を進めている。加えて、休まずに出席しようという意欲や積極的参加態度が、このクラスの MV に繋がっていると考えられる。学習への自発的姿勢を保持する要因として、授業が楽しかったこと、授業の意義や目的がはっきりしていたこと、授業で好奇心を

刺激されたことが窺われる。また授業への参加姿勢を保持する要因としては、好奇心が刺激されたこと、授業の楽しさと共に、自分が入力したプログラムの動作結果を見るのが楽しかったこと、授業中に学生・教員などとのコミュニケーションが満足されたことが参加意欲に繋がったものと考えられる。受講学生の今後の学習ステップとして、有意義な動機付けができたといえる。

(3) 要因分析の問題点

これらの分析結果は、教授者にとって MV を向上するために、今後の授業改善策を検討する上で大変有益な情報となる。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ができなかった。これらの分析結果は、授業の方策を検討する上で、教授者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することによって、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必要がある。

4. パス図による MV 構造の可視化

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することを試みた[5]。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、一方の矢印は影響度を、双方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。以下に 2005 年と 2006 年の測定結果を対象に、MV 構造を可視化した。

(1) 2005 年の MV 構造

MV の共分散構造分析を行った結果を

図 2 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。さらに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、愉快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 3 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。

(2) 2006 年度の MV 構造

MV の共分散構造分析を行った結果を図 4 に示す。中期

の MV は、自発性因子が 0.31 と参加性因子が 0.44 の影響度で関与していることがパス図からわかる。さらに、自発性因子を構成する下位因子に着目すると、将来への有用度、自己目標の明確度、自己コントロール度との関係が明らかになった。同様に参加性因子を構成する下位因子に着目すると、参加積極度が関与していることがわかる。

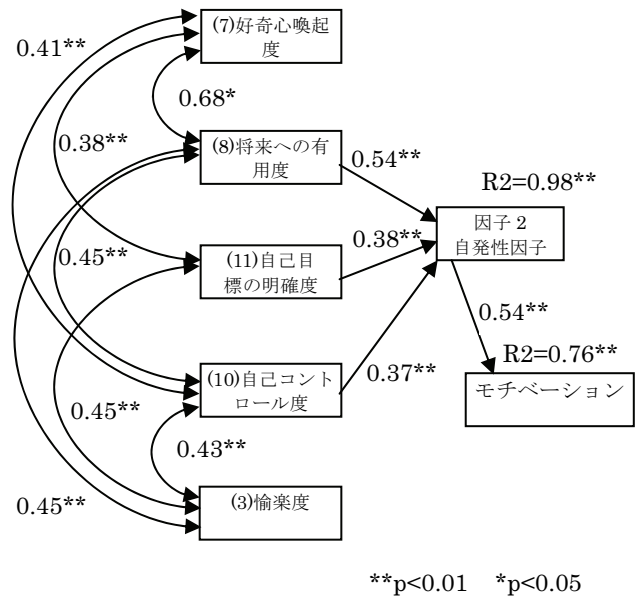


図 2 中期 SIEM 構造分析パス図(2005 年)

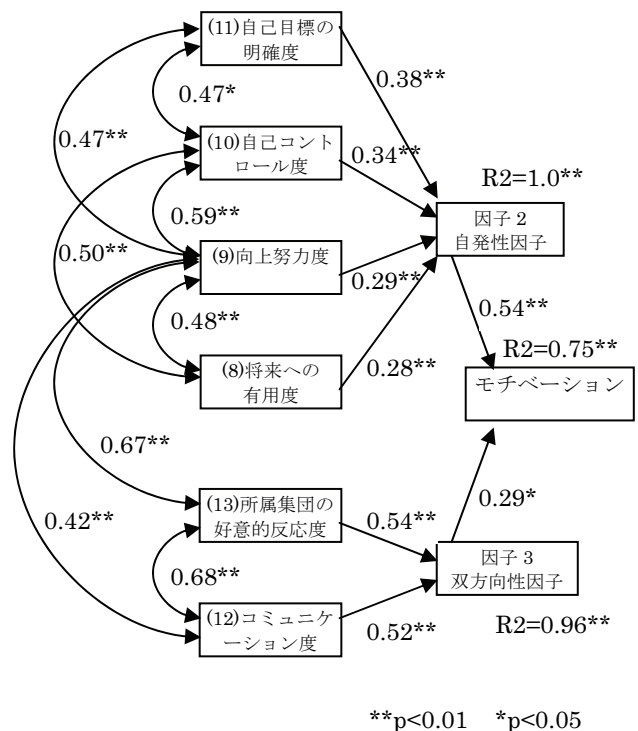


図 3 後期 SIEM 構造分析パス図(2005 年)

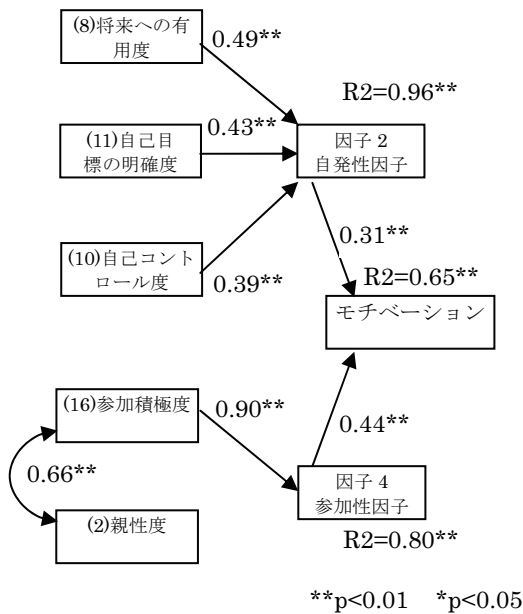


図 4 中期 SIEM 構造分析パス図(2006 年)

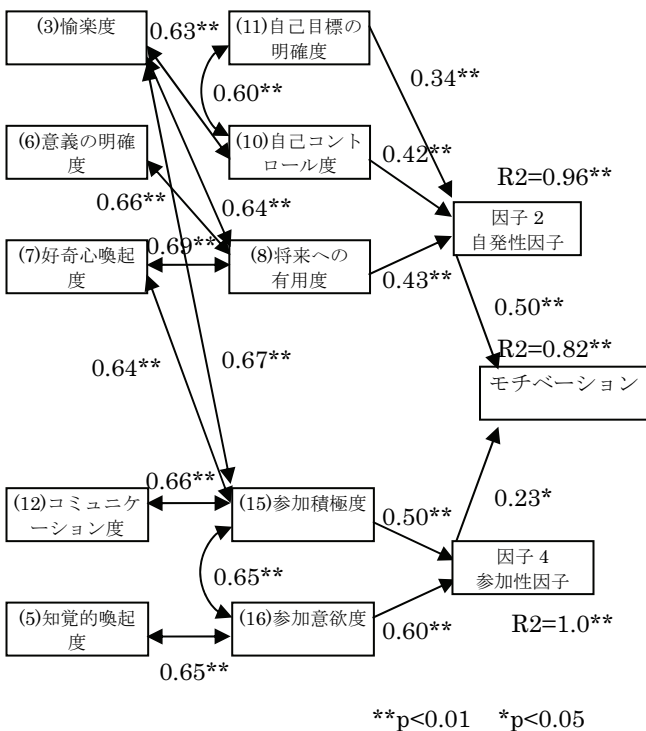


図 5 後期 SIEM 構造分析パス図(2006 年)

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 5 に示す。後期における MV は、自発性因子と参加性因子が有意に影響していることが判明した。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、将来への有用度がそれぞれ関与している

ことがわかる。さらに参加性因子を構成する下位因子に着目すると、参加積極度、参加意欲度が関与していることも明らかである。

(3) 2005 年と 2006 年の MV 構造の比較

2005 年の中期における MV 構造は、自発性因子の影響が大きかった。一方 2006 年は、自発性因子に加え、参加性因子の影響を受けていることがわかった。主な原因として母集団の違いが考えられるが、2005 年の反省を基に 2006 年度に取り組んだ教授者が MV を向上するための工夫や努力の影響が大きいと考えられる。後期における MV 構造の比較では、2005 年が自発性因子と双方向性因子の影響が大きかった。一方 2006 年は自発性因子と参加性因子の影響が大きくなっている。2006 年に着目すると、中期と後期が共に自発性因子と参加性因子の影響を受けていることがうかがえる。これらの傾向は、今後、測定と分析を続けていくことによって、教授者固有の MV 構造に収束していくものと考えられる。

5. おわりに

SIEM アセスメント尺度を活用することによって、プログラミング入門教育における受講者の MV を客観的に測定できるようになり、共分散構造分析を導入することによって MV の構造を客観的に示せるようになった。さらに学習者の MV 構造の可視化によって、下位因子の関係を含めた全貌も容易に把握できるようになった。このことは、MV の要因分析結果から提案された授業改善策を基に、教授者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。また MV 構造の変化を継続的に追跡することによって、担当する教授者の個性を客観的に表現できることが期待される。毎年、受講者は変わる。このことを考慮しないで、毎年同じように授業を実施するだけでは能力の良い授業はできない。受講者の MV を科学的に分析し、受講者に適した授業戦略を立てることによって、その向上を期待できる。今後は、受講者の MV 構造を活用しながら、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 およびハイテク・リサーチ・センターのプロジェクト重点研究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) 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)
- 3) Keller, J.M., & Suzuki, K. (1988). Use of the ARCS motivation model in courseware design (Chapter 16). In D.H. Jonnassen(Ed.), Instructional designs for microcomputer courseware. Lawrence Erlbaum Associates, U.S.A.
- 4) 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)
- 5) 土肥紳一, 宮川治, 今野紀子, パス図を用いた学習者のモチベーション構造の可視化, 情報科学技術フォーラム, 一般講演論文集第 4 分冊, p329-p332(2006.9)