

ループリックと学習観,学習動機,学習方略 との因果分析

山本 美紀

電気通信大学大学院情報システム学研究科
博士（学術）の学位論文

2016年 3月

ルーブリックと学習観,学習動機,学習方略 との因果分析

博士論文審査委員会

主査 植野 真臣 教授
委員 大須賀 昭彦 教授
委員 田中 健次 教授
委員 南 泰浩 教授
委員 川野 秀一 准教授
委員 中山 実 教授

著作権所有者

山本 美紀

*2016*年

Analysis of the Effects of Rubric in Learners' Conceptions of Learning, Motivation and Learning Strategy

Miki Yamamoto

Abstract

This paper presents the possibility of transformation of learners' conception of learning by practicing the assessment based on the constructivist to learners. Specifically, we performed experimental classes by different methods to creating and presenting rubrics for open-ended and closed-ended tasks. We analyze empirically the effect of using the rubric in learners' conceptions of learning, motivation and learning Strategy.

In general, structural equation model called SEM (Structural Equation Mode) [6] is used in the modeling using the data in fields such as psychology, education. First, we have causal analyzed using SEM. Result show that, (1) according to learning task, goal orientation characteristic to the learner is changed. In some cases, it would suppress the transformation of learners' conception of learning. But, using the rubric allows to directly induce the transformation of learners' conception of learning. (2) In open-ended task, by creating the rubric before challenge implementation in collaboration of teachers and learners, the most transformation of the conception of constructivist learning is induced most. (3) In open-ended task, the transformation of the conception of constructivist learning promotes using cognitive strategies and self-regulation strategies including meta-cognitive strategies, and enhances the learning task performance. (4) In open-ended task, by the learner to participate in creating the rubric, the intrinsic value of

constructivist learning increases and motivation improves.

However, structural equation model, because it is provided by a statistical test of the tentative causal model based on a comparison of endogenous covariance matrix and sample covariance, not possible to infer a causal direction variables. For that reason, causal structure using SEM depends on background knowledge and experience of the modeler, optimality not be guaranteed is problematic.

In contrast, in recent years, LiNGAM (Liner Non-Gaussian Acyclic Model) [36] has been proposed a method for estimating a causal model from the data, and has attracted attention.

Therefore, then, we have constructed a new causal model by applying LiNGAM. As a result, it showed the following thing. To use open-ended task, and to create the rubric in collaboration of teachers and learners before challenge implementation, it is the method that most potential to induce transformation of the conception of constructivist learning. In addition, this method to using the rubric has the most impact on such as motivation and learning strategies on the constructivism learning. Furthermore, by the application of LiNGAM, it revealed that the learners with increased awareness of the conception of constructivist learning improved confidence (self-efficacy) for the learning task in closed-ended task, other than the group has been presented the rubric created by the teacher in advance. In addition, it revealed that promotes self-regard strategies linked to using cognitive strategies in open-ended task, it has been speculated that the performance of this task is difficult only cognitive strategies. On the other hand, the goal orientation of the learner is changed depending on the type of learning task, but there is a case to suppress the transformation of the conception of constructivist learning, it has been suggested that can adjust the goal orientation by using the rubric.

ルーブリックと学習観,学習動機,学習方略 との因果分析

山本 美紀

要旨

近年,教育パラダイムは,知識注入主義から構成主義へ変遷してきた.前者では,「知識」が普遍的に真で分割可能であると考えていたのに対して,後者では,知識は社会によって構築され,体系・理論として意味を持つだけでなく,それが用いられるコミュニティに依存している [56] と考える.すなわち,それぞれ知識を細かい単位に分割して暗記させる知識注入主義と実践的にコミュニティに埋め込まれた知識を獲得する構成主義での学習観は異なってくる.現在の学校教育では知識注入主義に基づく学習観が学習者を支配することが多く,構成主義的学習観への変容は本質的な学習を行うための重要な課題となっている.

本論では,学習観が学習者の評価観に密接に関係していることを利用し,構成主義的学習観に基づく評価を学習者に実践させることによって,学習観の変容を誘発できると考える.具体的には,ルーブリックを活用した実験的な授業を行い,その活用方法(提示方法,作成方法)の違いが学習者に与える影響をクローズエンドな課題(解が一意に決まる),オープンエンドな課題(解が一意に定まらない)を用いて実証的に分析する.

一般に,観察データから現象の因果構造を探索する場合,SEM (Structural Equation Model) と呼ばれる構造方程式モデル [6] が用いられている.本論では,まず,SEMを用いて因果分析を行った.その結果,(1)学習課題の形式によって学習者の目標志向性が変化して学習観の変容を抑制する場合があるが,ルーブリックの活用より課題によらず学習観の変容を直接的に誘発できる,(2)オープンエンドな課題では,課題実施前に教師と学習者集団の共同でルーブリックを作

成した場合、最も学習観の変容を誘発する、(3)オープンエンドな課題では、構成主義的学習観への変容によって認知方略およびメタ認知方略を含む自己調整方略の使用が促進され学習課題の成績が向上する、(4)オープンエンドな課題では、学習者がルーブリックの作成に参加することによって構成主義的学習に対する内発的価値を高め、学習動機を向上させる、ことを明らかにした。

しかし、SEM は、標本共分散と内在共分散行列の比較に基づく仮因果モデルの統計的検定によって提供されるため、変数の因果方向を推定することはできない。そのため、SEM の因果構造は、モデラーの背景知識や経験に依存し、最適性は保証されない問題が顕在化した。

これに対し、近年、データから因果モデルを推定する手法 LiNGAM (Linear Non-Gaussian Acyclic Model) が提案され [36]、注目されている。LiNGAM とは、本来、識別性のない因果方向の推定をデータの非ガウス性を用いて実現しようとする最先端手法である。そこで、次に、LiNGAM を適用することによって、新たに因果モデルを構築した。その結果、オープンエンドな課題を用いて課題実施前に教師と学習者集団の共同によるルーブリックの作成が、構成主義的学習観への変容を誘発する可能性が最も高い活用方法であることを示した。また、この方法は、学習動機づけ、学習方略の使用など、構成主義的学習において最も影響を与えるルーブリックの活用方法であることを明らかにした。さらに、LiNGAM を用いたことで、クローズエンドな課題において、課題実施前に教師が作成したルーブリックを提示した群以外は、構成主義的学習観への認識を高めた学習者は学習課題に対する自信（自己効力感）を向上させることを明らかにした。また、オープンエンドな課題において、認知方略の使用に連動し自己調整方略が促進されることが明らかになり、認知方略のみでは今回のオープンエンドな課題の遂行は困難であることが推測された。一方、学習課題の形式によって学習者の目標志向性が変化し学習観の変容を抑制する場合があるが、ルーブリックの活用により目標志向性を調整できる可能性を示唆した。

目次

第1章 緒言	1
第2章 ルーブリックの定義と関連研究	5
2.1 構成主義的な学習環境に関する研究	5
2.2 学習者個人の認識論（知識論）に関する研究	7
2.3 ルーブリックの定義	8
2.3.1 ルーブリックとは	8
2.3.2 ルーブリックの特長	9
2.3.3 ルーブリックによる問題解決アプローチ	10
2.4 本研究における仮説	12
2.5 影響要因に関する研究	13
2.5.1 学習観	13
2.5.2 目標志向性	14
2.5.3 学習動機と学習方略	15
2.5.4 ルーブリックの学習に与える影響のモデル化	16
2.6 ルーブリックを活用した実践研究	17
2.6.1 教師が作成するルーブリックの活用事例	17
2.6.2 教師と学習者で作成するルーブリックの活用事例	18
2.6.3 学習者のみで作成するルーブリックの活用事例	18
2.7 本研究の位置付け	19
第3章 ルーブリックと学習観,学習動機,学習方略との因果分析	22
3.1 緒言	22

3.2	方法	22
3.2.1	調査概要	22
3.2.2	事前調査	23
3.2.3	実験的授業の流れ	24
3.2.4	ループリックを用いた評価活動	29
3.2.5	事後調査	29
3.3	影響要因の分析	31
3.3.1	分析方法	31
3.3.2	尺度構成	31
3.3.3	分散分析	35
3.4	共分散構造分析 (SEM)	37
3.4.1	分析方法	37
3.4.2	結果と考察	39
3.5	結言	43
第4章 LiNGAMによる因果モデルの構築		44
4.1	緒言	44
4.2	因果構造探索法	44
4.2.1	従来の因果構造探索法の問題点	44
4.2.2	非ガウス性を活用する因果構造探索法	45
4.3	LiNGAM	45
4.3.1	LiNGAM とは	45
4.3.2	DirectLiNGAM アルゴリズム	48
4.3.3	PkDirectLiNGAM アルゴリズム	48
4.4	LiNGAMによる因果モデルの構築	49
4.4.1	分析方法	49
4.4.2	結果と考察	57

4.5 結言	63
<i>第5章 結言</i>	<i>65</i>
5.1 総括	65
5.2 今後の展開.....	67
引用文献.....	68
付録	73
謝辞	80
関連論文の印刷公表の方法及び時期	81

図目次

図 2.1 ルーブリックの例	9
図 2.2 ルーブリックの活用と学習観, 学習動機, 学習方略との関係についての 仮説モデル	12
図 2.3 ルーブリックの活用と学習観, 学習動機, 学習方略との関係についての 仮説モデルと関連研究	19
図 3.1 クローズエンドな課題のルーブリック (実験 1)	26
図 3.2 オープンエンドな課題のルーブリック (実験 2)	27
図 3.3(a) 構成主義的学習観の因子分析モデル (実験 1)	32
図 3.3(b) 構成主義的学習観の因子分析モデル (実験 2)	32
図 3.4 多変量データの一部 (実験 1)	38
図 3.5(a) SEM による因果モデル (実験 1)	42
図 3.5(b) SEM による因果モデル (実験 2)	42
図 4.1 データ行列 X のデータ生成過程からランダムに生成されたモデル	45
図 4.2 外生変数 e_1 と e_2 のガウス性および非ガウス性によるモデルの分布	46
図 4.3 多変量データの一部 (実験 1)	50
図 4.4 事前知識の行列 (実験 1)	50
図 4.5 クローズエンドな課題における LiNGAM (実験 1)	55
図 4.6 オープンエンドな課題における LiNGAM (実験 2)	59

表目次

表 1.1	教育学における教育パラダイムの変遷	1
表 3.1(a)	クローズエンドな課題を用いた授業の流れ (実験 1)	25
表 3.1(b)	オープンエンドな課題を用いた授業の流れ (実験 2)	25
表 3.2(a)	クローズエンドな課題のルーブリック質の χ^2 検定 (実験 1)	28
表 3.2(b)	オープンエンドな課題のルーブリック質の χ^2 検定 (実験 2)	28
表 3.3(a)	Cronbach の α 係数と主な適合度指標 (実験 1)	34
表 3.3(b)	Cronbach の α 係数と主な適合度指標 (実験 2)	34
表 3.4(a)	平均値 (標準偏差) と検定統計量 (F 値) (実験 1)	36
表 3.4(b)	平均値 (標準偏差) と検定統計量 (F 値) (実験 2)	36
表 3.5	各モデルに対する主な適合度指標	42
表 4.1	LiNGAM のパス係数行列 B , 誤差変数, 定数項 (実験 1)	51
表 4.2	LiNGAM のパス係数行列 B , 誤差変数, 定数項 (実験 2)	53
表 4.3	LiNGAM の各モデルに対する主な適合度指標 (実験 1)	62
表 4.4	LiNGAM の各モデルに対する主な適合度指標 (実験 2)	62

第1章 緒言

近年、教育パラダイムは、知識注入主義から構成主義へ変遷してきた(表1.1)。前者では、「知識」が普遍的に真で分割可能であると考えていたのに対して、後者では、知識は社会によって構築され、体系・理論として意味を持つだけでなく、それが用いられるコミュニティに依存している[56]と考える。すなわち、それぞれ知識を細かい単位に分割して暗記させる知識注入主義と実践的にコミュニティに埋め込まれた知識を獲得する構成主義での学習観は異なってくる。現在の学校教育では知識注入主義に基づく学習観が学習者を支配することが多く、構成主義的学習観への変容は本質的な学習を行うための重要な課題となっている。そこで、本論では、学習者を構成主義的学習観へ変容させる手法を考える。

本論では、上述のように実践的にコミュニティに埋め込まれた知識を社会的な営みとして学習者自身が構築していく過程を構成主義的学習と呼ぶことにする。そして、学習者が構成主義的学習こそが本質的な学習であるとする信念を「構成主義的学習観」と呼ぶ。

表1.1 教育学における教育パラダイムの変遷

	知識注入主義	構成主義
学習主体	・ 教師主体	・ 学習者主体
知識観	・ 知識は与える (与えられる) もの	・ 知識は自ら構成するもの
学習観	・ 知識伝達	・ 自ら学ぶ(知識を構成する)
学習課題	・ 学校化された課題	・ 現実味のある課題
評価形態	・ テストによる客観的な評価	・ 学習者のパフォーマンスの主観的な評価

これまでも、学習者のコミュニティとしての学級集団や仲間との相互交渉を通して、知識の構成を支援する学習環境の開発研究として、協調学習など構成主義的学習が教育現場に取り入れられてきた[31][5]. Yamamoto et al.は、関連論文” Knowledge-Building Support through Social Navigation in Learning Community” (2012)において、Web上での探究学習にソーシャルタギングを活用することで、学習者の知識構造と学習コミュニティの知識構造を推定し、学習者が未獲得の知識をシステムが推薦する学習コミュニティの知識構造に基づいてナビゲーションする学習支援システムを開発した。しかし、ここでは学習者に知識の構成の促進を図っているが、ともするとそのような過度な学習支援は、学習者の主体的な目標設定や学習方略の選択の妨げになり、また、評価が困難な課題の遂行は目標の達成感や内省の機会を十分に得られないなどの問題がある。よって、協調学習を機械的に運営するだけでは、学習者はその経験を受動的に受け入れているに過ぎず、構成主義的学習を実現するためには、学習者自身が学習に対して自ら学ぶ（知識を構成する）という認識を持つことが重要である。そこで、構成主義的学習観を育成するために、補完的にそれを実現できる手法の開発が望まれる。

一方、構成主義への教育パラダイムシフトを契機とし、学習活動や課題、評価方法等が現実的なものではなくてはならないという「真正性」が求められるようになった。現実的な課題（真正な課題）と、現実的な文脈を持った学習内容（真正な文脈）のもと、現実に即した活動（真正な活動）によって進められる学習者による自律的な学習は「真正な学習」と呼ばれている。

真正な学習では、継続的に学習者の学習を多面的に評価すること（真正な評価）が求められ、学習の中に評価が埋め込まれていることが特徴である。すなわち、学習者の学習プロセスにおいて評価活動が学習の一部として組み込まれており、学習者によるパフォーマンス（成果物など）の自己評価（self-assessment）および学習者同士による相互評価（peer-assessment）、と呼ばれる手法 [52] [54] が注目されている。

また、このような学習評価における評価基準としてルーブリックを活用した実践研究が盛んに行われている [47] [48] [57]。その中で、教師が作成したルーブリックを提供するだけでなく、ルーブリックの作成に学習者を参加させ

るという試みも行われている。

本論では、学習観が学習者の評価観に密接に関係していることを利用し、構成主義的学習観に基づく評価を学習者に実践させることによって、学習観の変容を誘発できると考える。具体的には、学習課題についてルーブリックを学習者集団に共同で作成させ、それを基に学習・評価させる。

学習者集団で学習課題のルーブリックを共同で作成し、それをを用いた相互評価を授業に取り入れることによって、以下の利点が期待できる。

- A. 学習目標が共同体で構築・共有されることを理解し、普遍的知識観から構成的知識観への変容が起こる。
- B. 他者と評価観を話し合う過程で、自己の評価観が社会的に調整・改善され、学習観も変容する。
- C. 教師から押しつけられた学習でなく、学習者自身で学習目標を設定、評価することにより自律的学習が経験でき、自信と学習動機が向上する。
- D. 学習目標を達成することで社会的評価が得られ、従来の評価とは異なる構成主義的な学習評価の利点が経験できる。

本研究の目的は、これらの利点が最大限に得られるルーブリックの活用方法、すなわち、学習観の変容を誘発するルーブリックの活用方法を明らかにすることである。そのために、ルーブリックの学習者の学習観に与える影響とともに、学習を予測する重要要因となる学習動機、学習方略に与える影響を因果モデルによって示す。

そこで、ルーブリックを活用した実験的な授業を行い、その活用方法（提示方法、作成方法）の違いが学習者に与える影響をクローズエンドな課題（解が一意に決まる）、オープンエンドな課題（解が一意に定まらない）を用いて実証的に分析する。

社会学、心理学、教育学などの社会科学分野における因果構造探索では、一般に、SEM（Structural Equation Model）と呼ばれる構造方程式モデル [6] が用いられている。

本論でも、まず、実験的な授業で得られたデータを基に SEM を用いて分析を行った。しかし、SEM では二つの因果モデルに差異ある場合（例えば、ある変数間の因果方向の違い）でも、適合度指標に大きな違いとして表われない場

合がある。これは、構造方程式モデルが標本共分散と内在共分散行列の比較に基づく仮因果モデルの統計的検定によって提供されるため、変数の因果方向を推定することはできない。そのため、SEM の因果構造は、モデラーの背景知識や経験に依存し、最適性は保証されない問題が顕在化した。

これに対し、近年、データから因果モデルを推定する手法 LiNGAM (Linear Non-Gaussian Acyclic Model) が提案され [36]、注目されている。LiNGAM とは、本来、識別性のない因果方向の推定をデータの非ガウス性を用いて実現しようとする最先端手法である。そこで、本論では、モデルの識別がモデラーに依存しないことを重視し、LiNGAM を適用し新たに因果モデルを構築する。

本論文は、次の全 5 章から構成される。第 1 章では、問題の背景と研究の目的、第 2 章では、これまでの構成主義的な学習環境に関する研究について述べ、その上でループリックによる問題解決アプローチを検討し、本論が最もループリックの利点が得られると期待する仮説因果モデルを提示する。そして、仮説の根拠を示すため学習への影響要因として学習観、学習動機、学習方略に関する関連研究、また、ループリックを活用した実践研究を整理し、理論的位置づけを明確にする。第 3 章では、ループリックを活用した実験的な授業の方法と、実験で得られたデータをもとにループリックの学習観、学習動機、学習方略に与える影響を SEM によって明らかにする。第 4 章では、従来の因果構造探索法の問題点を解決するために、データの非ガウス性を利用する LiNGAM を適用し、新たに構築した因果モデルを示す。第 5 章で、総括と今後の展開を述べる。

第2章 ルーブリックの定義と関連研究

本章では、背景となるこれまでの構成主義的な学習環境での問題点を挙げ、学習者の発達段階における学習観の変容について学習者個人の認識論から概観する。その上で問題解決の鍵となる“ルーブリック”とは何かを定義し、どのようにルーブリックの特長を活かし問題解決を導くかについて述べる。次に、本論が最も期待するルーブリックの影響を仮説因果モデルで提示する。そして、この仮説の根拠を示すため、学習への影響要因として学習観、学習動機、学習方略に関する関連研究、およびルーブリックを活用した実践研究を整理し、理論的位置づけを明確にする。

2.1 構成主義的な学習環境に関する研究

研究背景では、学習者のコミュニティとしての学級集団や仲間との相互交渉を通して、知識の構成を支援する学習環境の開発研究として、協調学習など構成主義的学習が教育現場に取り入れられてきた [31] [5]。

また、近年では、ソーシャル Web 技術を活用したインターネット上での学習活動が多様化している。特に、Wiki、ブログ、そして SNS (Social Network Service) などで形成される集合知に着目した学習支援の研究へと拡大している。

Yamamoto et al.の関連論文 (2012) では、学習者が主体的に知識を獲得する探究学習において、膨大な情報が溢れる Web 上での知識獲得を支援するためにソーシャルタギングの技術を活用することで、学習者の知識構造と学習コミュニティの知識構造を推定し、学習者の未獲得の知識をシステムが学習コミュニティの知識構造に基づいてナビゲーションする学習支援システムを開発し、評価実験を行った。その結果、コミュニティの知識構造から新たな知識発見の機会を得ることができる、また、エキスパート (熟達者) の知識構造を参照することによって、不足している知識に気づくことができるなど学習者の知識の構成を促進するなどの効果が得られた。しかし、一方でシステムによる過度な

学習支援が学習者の主体的な学びの取捨選択を妨げる可能性もある。

これまでの構成主義的な学習環境の開発研究では、協調学習による探究的な学習活動を実現するために学習者を含む共同体の知識の構成過程を可視化することによって、他者とのコミュニケーションを支援し、知識の構成の促進を目的とするアプローチをとるものが多い。

しかし、このような協調学習はオープンエンドでゴールが明確でないため、学習に対する評価が困難であり、コミュニティにとっても、学習者個人にとっても、目標の達成感や内省する機会が十分に得られない場合がある。そこで、自ら学ぶ意欲、構成主義的学習観の育成を実現するためには、補完的な手法の開発が望まれる。すなわち、学習者個人およびコミュニティにおける学習目標の共有、学習計画、学習方略などの協調学習のプロセスや成果物に対する評価について検討する必要がある。

構成主義的な学習環境の開発について、後に Scardamalia [32] [33] は、知識構築共同体を決定する技術的要因と社会的認知要因の 12 項目を設定し、これらによって知識構築共同体が発展することを示唆している。

本論では、その中で特に四つの項目に着目し、真正な学習を実現する構成主義的な学習環境を検討する。まず、第 1 項目は真のアイデアと真正な課題についての必要性。次に、第 2 項目は共同体の知識と集団的認知責任として学習目標の共有、価値付け、そして目標への貢献（責任）に対するより高い評価。さらに、第 3 項目は知識構築の話合い、最後の項目は真正な評価である。

真正な学習では、継続的に学習者の学習を多面的に評価すること（真正な評価）が求められ、学習の中に評価が埋め込まれていることが特徴である。すなわち、学習者の学習プロセスにおいて評価活動が学習の一部として組み込まれており、学習者によるパフォーマンス（成果物など）の自己評価（self-assessment）および学習者同士による相互評価（peer-assessment）、と呼ばれる手法 [52] [54] が注目されている。

また、このような学習評価における評価基準としてルーブリックを活用した実践研究が盛んに行われている。そこで、ルーブリックとその関連研究について調査し、本論が仮定する構成主義的な学習環境におけるルーブリックの活用が学習者に与える影響を検証する。

2.2 学習者個人の認識論（知識論）に関する研究

構成主義的な学習環境において、知識構成過程に適切な影響を与えることで学習者の学習観の変容が可能な学習者の発達段階を個人の認識論から検討する。

認識論とは、個人の”知識”や”知ること”についての信念であり、知識論とも呼ばれる。また、構成主義は、認識論の一つで「知るということは自分の中に意味を構成する」と考える立場である [19] とされる。

構成主義的学習観の根底となる知識観は個人の認識論を前提とし、Perry [29] は個人の認識論が段階的に発達するという段階モデルを提唱している。また、Hofer and Pintrich [12] によって、Perry [29] の発達段階は4つの段階 (1)二項対立主義：知識を正しいか間違っているかという観点から捉える段階。絶対的な答えがあると信じている、(2)多項主義：知識の多様性と不確実性を認識し始めているが、真実があるとまだ信じている段階、(3)相対主義：知識は相対的なものであり、文脈として知識があると認識し、自身の傾倒をもち選択する必要性を理解し始めている段階、(4)相対主義への傾倒：個々がそれぞれの価値、キャリア、関係への傾倒をもち、それをアイデンティティとし形成する段階、に整理されている。Hofer and Pintrich [12] によると、小学生から高校生、および大学生の初めの頃までは二項対立主義の認識論をもつことが多く、大学生の中頃から卒業までに多項主義の認識論へ変容し、相対主義に近づく学生もいる。そして、大学院教育を受けることによって相対主義に至ると言及されている。一方、Scholmmer [34] は、個人の認識論はいくつかの次元で構成されているという多次元モデルを提唱している。多次元モデルでは、「知識の確実性」と「知識の単純さ」（確固たる知識の存在を信じる否か）、「知識の源」と「知識の正当化」（知識が真である根拠を必要と考えるか否か）などの各次元によって発達が異なると述べられている [12] が、次元間の関係は明らかでない。また、これら研究から発達のメカニズムは明らかではないが、個人の認識論は発達すると想定される。大学生の初めの頃までの知識注入主義の一斉授業の影響による二項対立主義の認識論を授業の形態を変えることによって、知識の相対性を理解できる段階が大学生の初めの頃から表われてくるのではない

だろうか。

野村・丸野 [24] は、高校生と大学生の認識論の比較から認識論の変容を示唆している。しかし、野村・丸野 [24] が提言するように、大学院で専門的な訓練を受けなければ自分自身の考えを含めて相対化することは容易ではなく、授業観（教師や学習者による授業の捉え方）ほど容易に変化しない。

本論は、学習者個人の認識論の巨視的な時間軸上のごく一部に焦点を当て、学習観の変容を検証する。しかし、微量な変容であったとしても、その積み重ねによって構成主義的学習観が育成されることが期待される。

そこで、個人の認識論における二項対立主義から多項主義の発達段階にあると考えられる専門学校 1 年次（入学して 3 ヶ月程度）の学生を被験者とし、実験的な授業を実施する。それまでの知識注入主義の一斉授業の形態ではなく、ルーブリックを活用した授業を経験させることで被験者の学習観の変容を示すことは、この発達段階においてルーブリックを活用することで構成主義的学習観を育成できる可能性を示すことになる。

2.3 ルーブリックの定義

2.3.1 ルーブリックとは

ルーブリックは、「朱書き、もしくは特別な字体の表題」という意味をもつ。もともとは聖書の教典のなかで教会の儀式のあり方を朱書きで示したところから、行動規範といったような意味で使われるようになった。教育用語としては、米国で1980年代からポートフォリオ評価とともに、絶対評価の判断基準表を意味する用語として広く使われるようになってきた。

文部科学省中教審大学教育部会（2011年12月9日）の説明資料の一部抜粋では、「学生が何を学習するのかを示す評価観点と学生が学習到達しているレベルを示す具体的な評価基準をマトリクス形式で示す評価指標のこと」と定義されている。また、現代教育方法事典（図書文化社）評価指標（ルーブリック）[23]では、「ルーブリックとは、成功の度合いを示す数段階程度の尺度と、尺度に示された評点・評語のそれぞれに対応するパフォーマンスの特徴を記した記述語から成る評価基準表である」と定義されている。

これらの定義から、ルーブリックとは「評価基準表」に集約される。具体的には、図 2.1 のように、①評価観点（課題が求める具体的なスキルや知識）、②評価尺度（達成レベル）、③評価基準（評価観点に対して各レベルに到達するための具体的なパフォーマンスの内容）、の3つの要素で構成される。

課題：アルゴリズム「基本三構造」演習問題					
評価尺度 (レベル)	非常に良い	良い	普通	不十分	完全な失敗
評価観点	5	4	3	2	1
アルゴリズム	問題1、2両方とも正しい	反復構造(反復条件)までできている	選択構造(条件式)までできている	順次構造(四則演算変数への代入)までできている	全くできていない
フローチャート (流れ図)	他の人が見ても大変分かりやすい	反復構造の記号が適切に書かれている	選択構造の記号が適切に書かれている	順次構造の記号が適切に書かれている	何を書いているのか分からない
トレース	全て、正確に行われている	一問正解、残りの問題に誤りがある	一問のみ正解している	二問とも一部に誤りがある	全くできていない

図 2.1 ルーブリックの例

評価基準

2.3.2 ルーブリックの特長

ルーブリックを用いる主な特長について [55]，評価者と学習者（被評価者）の各側面から利点を以下のようにまとめられる。

【評価者側の利点】

- ・評価者が一貫して客観的に適用することができる基準を設定することにより、評価の信頼性を高める。
- ・確立された基準によって、学生の作品を評価するバイアスが低減される。
- ・パフォーマンス評価のための基準を定め、その基準を満たす具体的なパフォーマンスの内容を説明することは、教師が目標を明確にし、教育を向上させる。
- ・ルーブリックは、教師が学習者への合理的かつ適切な期待を設定し、学習者がそれらをどれだけ満たしているか一貫して判断できるように、教師が品質の維持のために目印を設定するのに役立つ。
- ・良く設計されたルーブリックは、カリキュラム、教授、および評価課題に評価基準を合わせて評価の構造とコンテンツの有効性を増加させる。

【学習者側の利点】

- ・ルーブリックは、学習者が学習目標を設定し、学習のための責任を果たすことを助ける。
- ・学習者は何が最適なパフォーマンスになるかを知って、それを達成するために努力することができる。
- ・自己評価や相互評価で使用した場合は、学習者が自身のパフォーマンスの質を判断する能力や他者のパフォーマンスの改善を支援することができる。
- ・学習者は、自らの強みと弱点のそれぞれの領域について、また、その能力を向上させる方法についての具体的なフィードバックを受け取る。
- ・学習者は、自分の努力とパフォーマンスを評価し、それを提出する前に学習の調整を行うためにルーブリックを使用することができる。

2.3.3 ルーブリックによる問題解決アプローチ

研究背景の問題点に対して、学習評価活動においてルーブリックを活用することによって、問題解決の糸口を探る。本研究では、ルーブリックを教師が評価基準として使用するのではなく、学習者自身が学習評価活動においてルーブリックを活用する。前述の評価者（すなわち、ルーブリックを作成し提供する教師）側と学習者（ルーブリックを受け取る）側のメリットに注目し、学習者をルーブリックの作成主体にすることによって、学習者は評価者側のメリットも得られることになる。また、学習者集団で作成した場合、教師と学習者集団の共同で作成した場合のメリットは、以下にまとめられる。

(1) 学習者がルーブリックを作成するメリット

- ・学習課題を複数の学習観点（評価観点）から理解し、問題解決する方法を自ら発見することができる
- ・各学習観点到レベル（評価尺度）を設定し、レベルを満たすための具体的なパフォーマンス（評価基準）を自ら設定することができる

これらによって、さらに、現時点の自分のレベルを認識し、ベストな目標を立て、学習目標達成のための計画や方略を立てることができる。すなわち、「自ら学ぶ」方法を身につけることができると考える。

(2) 学習者集団でルーブリックを作成するメリット

- ・学習目標（評価基準）を集団で共有し、構築する過程で、個々の学習者は自身の学習目標（評価基準）を改善できる
- ・他者との相互作用によって、学習動機が向上する

(3) 教師と学習者集団でルーブリックを作成するメリット

- ・教師が、学習者集団の話合いに参加、助言によって、学習目標（評価基準）互いに合意がなされたことになる。よって、学習動機、目標達成への自信が向上する
- ・教師の助言は、学習者に学習への新たな価値を発見する機会を与える

(4) 最終的に、作成したルーブリックを用いて集団内で相互評価を行うことにより、学習課題の成果と同時に、(1)、(2)のプロセスを自ら見直し、改善できる。また、他者と双方向で改善への支援ができる。

学習者は、これらの構成主義的な学習評価の利点を経験することによって、学習目標を共同体で構築・共有されることへの理解が促され、普遍的知識観から構成的知識観への変容を誘発し、また、他者と評価観を話し合う過程で自己の評価観が社会的に調整・改善され、学習観の変容を誘発する可能性が期待できる。

そこで、ルーブリックの活用方法の違いによる学習者へ与える影響を明らかにするため、ルーブリックの提示時期（課題実施前／実施後）、および作成主体（教師のみ／教師と学生）を取り入れ、さらに、本研究では、作成主体としてこれまで検証がなされていない「学生のみ」の集団を加え、2つの提示方法と3つの作成方法を組み合わせた2×3の活用方法を用いて、その影響を比較する。

2.4 本研究における仮説

前節で述べたルーブリックを学習者集団で作成するメリットを基に、本研究における仮説(1) ルーブリックの活用によって、知識注入主義の学習観から構成主義的学習観への変容が誘発される、仮説(2) ルーブリックの活用によって自信と学習動機が向上し、その相乗効果によって構成主義的学習観への変容がさらに促される、仮説(3) 構成主義的学習観への変容は、学習方略の使用を促進し学習課題成績を高める、を図2.2に提示する。また、本論では、特にルーブリックの活用方法で、学習課題実施前に教師と学習者集団が共同で作成することによって仮説(1)、仮説(2)、仮説(3)の最も期待する影響が与えられると予測する(仮説(4))。

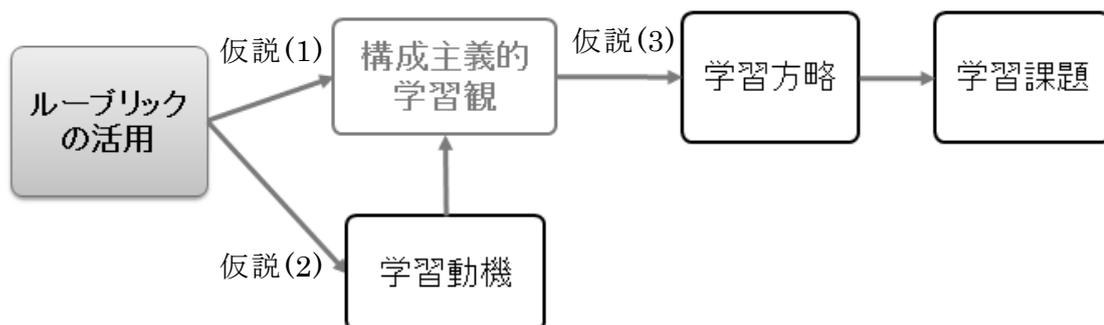


図 2.2 ルーブリックの活用と学習観，学習動機，学習方略との関係についての仮説モデル

本研究では、構成主義的学習観への変容を誘発するルーブリックの活用方法を明らかにするため、ルーブリックと学習の成立における重要要因に与える影響をモデル化することを目指す。

そこで、次節において、モデルを構成する各要因と要因間の関係に関する関連研究について紹介する。

2.5 影響要因に関する関連研究

本節では、ルーブリックの学習への影響を明らかにするために、学習に影響を与える要因と要因間のモデル化に関する研究について整理する。まず、学習観の重要性と、本論でいう学習と学習観について述べる。さらに、学習に影響を与える要因として目標志向性、学習動機と学習方略が知られている[30][14][46][51][22]。本節では、目標志向性、学習動機と学習方略を紹介し、これらと学習観の関係のモデル化に関する研究を紹介する。

2.5.1 学習観

学習とはどのようにして成立するのか。どのようにすれば、学習は効果的に進むのか。植木[51]は、「学習観」をこのような学習成立に関する信念と限定し、その構造を明らかにした。また、学習観と学習行動の関係、すなわち、学習者の学習観の違いによって学習方略の使用が異なることを示し、学習観の重要性を提示した。しかし、植木[51]が示した、学習観の因子構造は、「環境志向」、「方略志向」、「学習量志向」で構成されており、学習観の土台となる「学習とは何か」、すなわち、「学習の主体」また「知識構築の過程」の観点からの考慮がなされていない。

一方、中山[22]は「目標志向性」と「学習方略」を規定する中間要因として「学習観」を取り上げ、「目標志向性」と「学習観」および「学習方略」のモデル化を検討した。その結果、「自己能力に対する学習観」（すなわち、語学学習に対する自信）が学習方略の選択に影響を及ぼす因果モデルを提示し、学習観を考慮した英語学習指導の必要性を示唆した。

中山[22]は、学習観とは「学習方略に影響を与える思い込みや信念」と定義している。しかし、この研究で学習方略の使用に影響を与える「自己能力に対する学習観」の質問項目内容は「最終的に今学習している外国語をとてとても上手に話せるようになると信じている」、「自分には外国語学習に対するセンスがある」、「誰でも外国語を話せるようになる」であることから、学習動機の学習に対する自信（自己効力感）と同様のものの様にも捉えられる。

これまでの研究における「学習観」は学習の成立をどのようにすれば多くの知識を獲得することができるかという観点から捉えている，すなわち，知識注入主義に基づく学習観に支配されているといえる。

本論では，学習とは「真正な学習」すなわち学習者による自律的な学習をいう。そして，実践的にコミュニティに埋め込まれた知識を社会的な営みとして学習者自身が構築していく過程を構成主義的学習と呼ぶ。そこで，本論では，学習観とは「構成主義的学習観」すなわち学習者が構成主義的学習を本質的な学習であると考えた信念と定義する。

中山 [22] では，学習観に影響を与える目標志向性の概念に，Dweck [8] の達成目標理論における「学習目標 (learning goal)」と「遂行目標 (performance goal)」の二つの枠組みが用いられている。そして，遂行目標の因子を構成する質問項目には接近傾向の目標と回避傾向の目標が混在している。このような伝統的な達成目標に対して，Elliot and Harackiewicz [9] は，「遂行接近目標」と「遂行回避目標」の有効性を示した。そして，Elliot and Church [10] は，目標志向性の三つの枠組みを提唱した。

次に，「遂行回避目標」を考慮し，これを含む三つの目標志向性について述べる。

2.5.2 目標志向性

中山 [22] は，学習観に影響を与える要因として目標志向性を取り上げた。目標志向性とは，どのような目標をもって学習をするかという学習者個人の意識の特性である。ルーブリックの活用方法の違いによって，構成主義的学習観への変容の効果が異なると考えるが，学習者個人の特性にもそれは影響されると考えられる。本論では，この学習者個人の特性である目標志向性を学習者の学習観および学習動機に影響を与える要因として取り上げる。

また，本論で着目するのは，Elliot and Harackiewicz [9]，Elliot and Church [10] が提唱した，達成目標理論における目標志向性の概念を整理し，次の三つの枠組みである。

・習得目標 (mastery goal) : 能力を伸ばしたい，何か新しいことを理解したい，身につけたいという目標志向

・遂行接近目標 (performance-approach goal) : 自分の能力に対して肯定的な評価を得たいという接近的な目標志向

・遂行回避目標 (performance-avoidance goal) : 能力に対する否定的な評価を避けたいという回避的な目標志向

Elliot and Church [10] は、大学生を対象とした目標志向性に関する調査を行い、習得目標の高い志向性は内発的動機づけ、遂行接近目標の高い志向性は学業成績を促進し、遂行回避目標の高い志向性は内発的動機づけと学業成績の両方を低めることを指摘した。

また、これらの概念化の妥当性を確認するため田中ら [46] は、Elliot and Church [9] が検討した因果モデルを日本の小学生・中学生に適用し、遂行接近目標の高い志向性が学習への内発的興味や成績にポジティブな影響があることを示した。しかし、目標志向性が直接的に学業成績へ影響を与えるとは、これまでの関連研究の調査から考え難い。中間要因として、学習観、また、学習動機、学習方略の影響を考慮する必要がある。

2.5.3 学習動機と学習方略

学習方略とは、「学習の効果を高めることをめざして意図的に行う心的操作あるいは活動」[45] と定義されている。また、これまでの研究から学習方略を規定する様々な要因の一つとして学習動機があることが知られている [17]。

学習動機づけの領域では、これまで膨大な研究の知見が蓄積されてきた。

本論では、学習観が学習方略の使用に影響を与えると考え、さらに、学習動機との関係も取り上げる。

学習動機づけと学習方略との関係に関する研究としてはPintrich and De Groot [30] が知られている。彼らは、学習動機づけと学習方略の関係を明らかにするため、質問紙 MSLQ (Motivated Strategies for Learning Questionnaire) を作成し、中学生を対象として調査を実施した。その結果、動機づけ要因として「自己効力感」、「内発的価値」の2因子が抽出されている。

自己効力感とは、課題遂行の可能性に対する能力への期待 (効力期待) と結果をもたらす方略への期待 (結果期待) であり、とりわけ、前者の期待を自覚したときに生じる自信のこと [4] である。

内発的価値とは、活動遂行から得られる個人的な楽しさや、課題に対する個人的な価値づけである。

また、自己調整学習方略として「認知方略」と「自己調整方略」の2因子が抽出されている。

認知方略は、新しい知識を過去の知識に結びつけながら理解し、リハーサルなどの浅い処理、または精緻化、体制化などの深い処理を行う方略である。

自己調整方略は、プランニングやモニタリングなどのメタ認知方略や努力、調整などの方略である。

彼らは、さらに、「動機づけ要因の自己効力感は、学習方略の使用を経て、間接的に学習行動の要因となり、また、認知方略よりも自己調整方略の方が重要で、実際の学業成績に影響を与える」ことを指摘している。

Pintrich and De Groot [30] の質問紙MSLQを適用した結果は、伊藤 [14] の研究などによっても検証されている。伊藤 [14] は、原因帰属のあり方（成功・失敗の原因として能力、努力、運、課題のいずれかに帰属）と学習方略の程度が、自己効力感とどのように関係があるのかを多重比較によって示している。さらに、質問紙MSLQは、学習動機づけと学習方略の関係に関する多くの研究において使用されてきた。

2.5.4 ルーブリックの学習に与える影響のモデル化

近年、前述した学習に影響を与える要因に対して、ルーブリックの影響を調査する研究が行われている。

鈴木 [41] [42] は、学習者のテスト観に着目し、フィードバック時のルーブリックの提示が、テストに対するネガティブな認識を改善し、内発的動機づけを高め、学習方略に及ぼす影響のメカニズムを検証した。ここで、テスト観とは「テストの実施目的・役割に対する学習者の認識」[41] [42] と定義されている。

この研究は、ルーブリックの活用がテストでのクローズエンドな（解が一意に決まる）課題におけるルーブリックの提示に留まっている。しかし、構成主義的学習では、現実的な場面でのオープンエンドな（解が一意に定まらない）問題解決が重要視されている（例えば、Vygotsky [56]）。また、ルーブリック

の活用はテストよりも、むしろ、授業中の学習に活用されることにより、学習者の学習に対して直接的に作用し、学習観を変化させる可能性が高いと考えられる。

そこで、本論では、クローズエンドな課題とオープンエンドな課題においてルーブリックの活用による構成主義的学習観の変容を誘発する可能性と、学習者の学習動機、学習方略との関係を明らかにする。学習観の変容は、学習動機とともに学習活動への効果的な学習方略の選択に影響を与えると予測される。

次に、ルーブリックを学習評価に組み込んだ実践研究を整理し、ルーブリックの活用方法を検討する。

2.6 ルーブリックを活用した実践研究

ルーブリックは、評価基準として用いられるだけでなく、ルーブリックの作成を授業に組み込んだ実践研究も進められている。ルーブリックの作成主体に着目すると、これまでの実践研究は、教師が事前に作成するルーブリック、教師と学習者集団の共同で作成するルーブリック、学習者のみの集団が共同で作成するルーブリックの三つに大別できる。

2.6.1 教師が作成するルーブリックの活用事例

寺嶋・林 [47] は、学習者の自律性を重視した大学の問題解決型の授業において、ルーブリックを事前に学習者に提示し、その評価基準を基に学習活動を自己評価する授業を実施した。その結果、学習目標を意識化し、その目標に従って学習を進め、学習における成果や課題を把握するなどの効果があることを示した。

しかし、学習者が学習の肯定的な成果よりも、学習に対する難しさを実感していたことも明らかになった。その理由として、彼らはルーブリックの構築段階において、学習者側から提案された評価視点はなく、双方向で授業を作り上げるということが確立していないためであると述べている。

2.6.2 教師と学習者で作成するルーブリックの活用事例

塚本・清水 [48] は、中学生を対象として細胞分裂の観察時に、ルーブリックを教師と生徒で作成する取り組みが、学習者に与える効果の分析を行った。その結果、ルーブリックの作成が学習成果を高め、情意面についても「評価の規準を事前に知ることに対する意識」と「学習結果に対する自信」を高める効果があることを示した。しかし、「学習結果に対する自信」の調査などは、その有無にとどまっており、情意面への影響がどのように及ぼされたのかについては、詳しく調査されていない。

2.6.3 学習者のみで作成するルーブリックの活用事例

山崎・瀬端 [57] は、学習促進的評価の考え方を基本にしたポートフォリオ評価におけるルーブリックの開発・実践を行った。ここで、学習促進的評価とは「学習そのものを促進させるための学習者自身による評価を主とし、学習目標に対して学習活動を自己コントロールするための評価」と定義されている。小学生を対象とした調査の結果、学習者自身が個々に作成するルーブリックの活用が学習促進的評価に有効であることを示した。しかし、ルーブリックの作成が自己コントロールに対してどのように影響するかについては、深く考察されていない。

以上の各事例では、ルーブリックの活用はどれも教師がねらいとする構成主義に基づく自律性、自己コントロールなどを促す効果があることが報告されている。しかし、このような構成主義的な授業の実践によって、学習者自身の学習観に変容があるのか、またはルーブリックのどのような活用方法において変容が大きいのか、ということは、明らかにはされていない。

一方、ルーブリックの作成主体に着目したLewis, Berghoff and Pheaney [16] は、3つのアプローチ（テスト仕様の提示；教師が作成したルーブリックの提示；教師と学習者との話し合いによるルーブリックの作成）の効果を比較した。その結果、教師と学習者との話し合いによってルーブリックを作成した場合、学習意欲の低い学習者に有益であったことが分かった。さらに、学習意欲の高い学習者は、どのような課題でも独自の評価規準を構築し、ルーブリックと同等のものを使用することが分かった。しかし、ルーブリックの作成が学習意欲、

学習動機というような学習者の内面的な活動にどのように影響を与えるかのメカニズムについては、明らかにされていない。

そこで、ルーブリックの活用方法の違いによる学習者へ与える影響を明らかにするため、ルーブリックの提示時期（課題実施前／実施後）、および作成主体（教師のみ／教師と学生）を取り入れ、さらに、本研究では、作成主体としてこれまで検証がなされていない「学生のみ」の集団を加え、2つの提示方法と3つの作成方法を組み合わせた2×3の活用方法を用いて、その影響を比較する。

2.7 本研究の位置付け

本研究では、構成主義的学習観への変容を誘発するルーブリックの活用方法を明らかにするため、ルーブリックの活用が学習の成立において重要要因となる「学習観」、「学習動機」、「学習方略」に与える影響をモデル化することを目指している。ルーブリックの活用とこれらの重要要因との関係を検証した事例は未だ見当たらない。

そこで、本研究の仮説モデルと関連研究の成果を図 2.3 に示し、本研究を位置づける。図 2.3 において、太線は本研究で仮定している変数間の関連を示し、破線は先行研究で明らかにされている変数間の関連を示している。

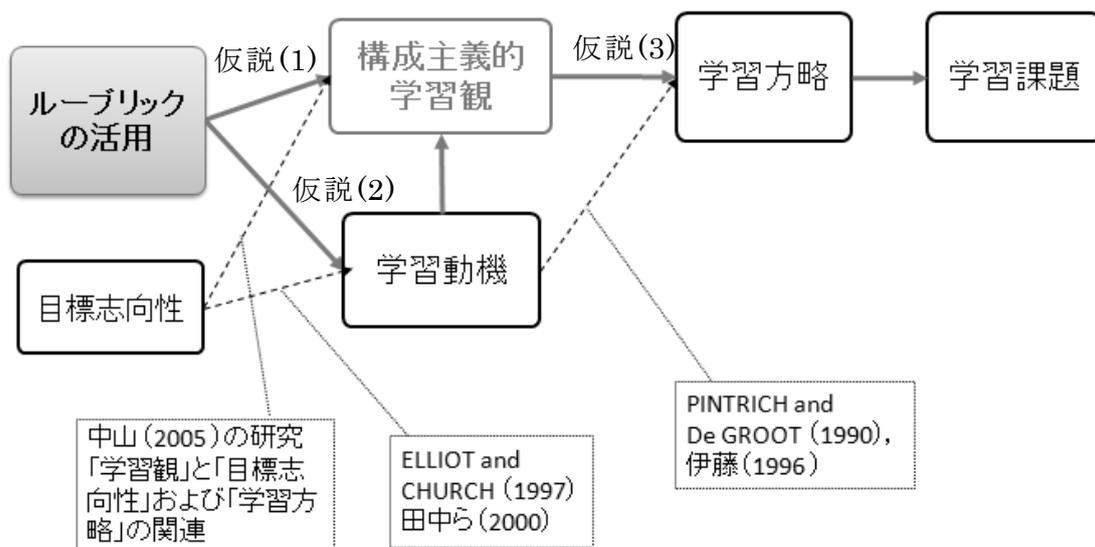


図 2.3 ルーブリックの活用と学習観，学習動機，学習方略との関係についての仮説モデルと関連研究

2.1節で述べたルーブリックを学習者集団で作成するメリットを基に、仮説(1) ルーブリックの活用によって、知識注入主義の学習観から構成主義的学習観への変容が誘発される、仮説(2) ルーブリックの活用によって自信と学習動機が向上し、その相乗効果によって構成主義的学習観への変容がさらに促される、仮説(3) 構成主義的学習観への変容は、学習方略の使用を促進し学習課題成績を高める、を立てた。

しかし、関連研究に基づくと、学習観は目標志向性と学習方略の中間要因となり得る [22]、また、目標志向性は学習動機を向上させる [9] [10] [46] ことから、学習者個人の特性である「目標志向性」についても取り上げる。

ルーブリックを課題実施前または課題実施後に提示した場合、また、教師が作成したルーブリックを提示した場合と学習者集団に作成させた場合では、学習者の学習目標設定および学習方略への影響が異なることが簡単に予測される。すなわち、学習者集団に作成させ、共同体内でルーブリックに対する合意がなされ、個々の学習者の学習目標設定が改善された場合は、他者の評価を意識した目標志向性（遂行接近目標、遂行回避目標）の影響が出なくなるだろうと考える。

次に、学習動機と学習方略間の関係については多くの研究で実証されている。しかし、学習動機と学習観の関係について検証された事例は見当たらない。

仮説(2)において、学習動機の向上によって学習観の変容が促され、学習方略の使用を促進するとしたが、関連研究における学習動機と学習方略の直接的な因果関係にルーブリックの活用によって学習観の変容が中間要因として影響するのかについても検証する。

仮説モデル（図 2.3）は、課題実施前に、教師と学習者集団の共同によるルーブリックの作成によって最も期待する影響（仮説(1), (2), (3)）が得られると予測する、これを本研究における仮説（4）とする。本論の仮説をまとめ、次に示す。

【本論の仮説】

- (1) ルーブリックの活用によって、構成主義的学習観への変容が誘発される。
- (2) ルーブリックの活用によって、自信と学習動機が向上し、その相乗効果によって構成主義的学習観への変容がさらに促される。
- (3) 構成主義的学習観への変容は、学習方略の使用を促進し学習課題成績を高める。
- (4) 課題実施前に、教師と学習者集団の共同によるルーブリックの作成によって最も期待する影響（仮説(1), (2), (3)）が得られる。

ルーブリックの活用とこれらの因果関係を明らかにするため、関連研究におけるルーブリックの提示時期（課題実施前／実施後）、および作成主体（教師のみ／教師と学生）を取り入れ、さらに、本研究では、作成主体としてこれまで検証がなされていない「学生のみ」の集団を加え、2つの提示方法と3つの作成方法を組み合わせた2×3の活用方法を用いて影響を比較する。具体的には、「クローズエンドな課題」と「オープンエンドな課題」を用いて、ルーブリックの活用と自己評価、相互評価を学習活動に組み込んだ実験的な授業を実施する。

各授業において、活用方法の異なる6グループを編成し、ルーブリックの活用が構成主義的学習における学習者の内面的な活動へ与える影響を実践的に検証する。

これによって、ルーブリックの活用による学習者の構成主義的学習観への変容、および学習に与える影響の新たなモデル化を試みることは、本研究分野において有意義なことであると考えている。

第 3 章 ルーブリックと学習観, 学習動機, 学習方略との因果分析

3.1 緒言

本章では, 第 2 章で立てた仮説を検証するためにルーブリックを活用した実験的な授業を行う. そして, ルーブリックの活用方法 (提示方法, 作成方法) の違いが学習者に与える影響をクローズエンドな課題 (解が一意に決まる), オープンエンドな課題 (解が一意に定まらない) を用いて実証的に分析する. 分析には, 多変量解析では一般に多く用いられている SEM (Structural Equation Model) を用いて, ルーブリックと学習観, 学習動機, 学習方略との因果モデルを構築した.

3.2 方法

本節では, ルーブリックを活用した実験的な授業, および事前事後の調査について述べる. 表 3.1(a), 表 3.1(b)に実験的授業の流れを示す.

3.2.1 調査概要

専門学校 IT 系学科 1 年次の学生を対象として, ルーブリックの作成と相互評価を学習活動へ組み込んだ実験的な授業を 2 回行った.

各回 2×3 の被験者間計画とし, 第一要因はルーブリックの提示方法 (課題実施前 / 実施後), 第二要因はルーブリックの作成方法 (教師のみ / 教師と学生 / 学生のみ) とした. 第 1 回 (以降, 実験 1 と記述する) では参加者 46 名, 第 2 回 (以降, 実験 2 と記述する) では参加者 52 名に対し, 無作為に 6 グループ (2×3 の活用方法) を編成した.

実験 1 では「クローズエンドな課題」として、アルゴリズムの基礎問題（二変数の大小比較のフローチャート作成とトレース）と応用問題（時間の単位変換のフローチャート作成（穴埋め）とトレース）の各 1 問ずつを出題したプリントを用いて、テスト形式で実施した。

実験 2 では「オープンエンドな課題」として、アルゴリズムの「制御構造」から「配列」の範囲で授業ノートをうまく書くという課題を実施した。「授業ノートの書き方」は、学習者が日常的に触れてきた学習方法（メタ学習）にかかわる課題であると同時に解答が一意に定まらない課題である。ループリックを提示、作成する際に、一般的に良いと思われるノートの傾向 [26] を基にして、アルゴリズムとデータ構造における「良いノートの書き方」についてのポイントを説明した。

3.2.2 事前調査

クローズエンドな課題（実験 1）、オープンエンドな課題（実験 2）の課題実施前に、次の質問紙による調査と、事前テストを行った。

（1）目標志向性

ループリックの活用において、学習者のどの目標志向性が高いかによる内面的な活動への影響を明らかにするため、Elliot and Church [10] が作成した目標志向性の質問紙を基にして、16 項目からなる質問項目（付録 1.1, 付録 2.1）を使用して学習者の目標志向性を測定する。

各質問項目に対し、5 件法（1 全く思わない、2 そうは思わない、3 どちらでもない、4 ややそう思う、5 非常にそう思う）の回答形式で質問した。それぞれの目標志向性において、得点が高いほど志向性が高いことを意味するよう得点化した。

（2）学習動機

ループリックの活用と学習動機との関係を検証するため、学習動機の測定に、Pintrich and De Groot [30] の学習動機づけ方略質問紙（MSLQ : Motivated Strategies for Learning Questionnaire）を利用する。

実験 1 では、伊藤 [14] が Pintrich and De Groot [30] の MSLQ を日本語に訳したものを参考にし、実験的授業の科目を「アルゴリズムとデータ構造」

として学習動機を測るための 8 項目 (付録 1.2) を用いた。実験 2 では, Pintrich and De Groot [30] の MSLQ の動機づけに関わる要因尺度として自己効力感尺度および内発的価値尺度の 18 項目 (付録 2.2) を使用した。

各質問項目に対し, (1)と同様に 5 件法の回答形式で質問した。得点が高いほど内発的価値, および自己効力感がそれぞれ高いことを意味する。

(3) 事前テスト

対象教科の学習者の理解度を測るため, 事前テストを行った。

実験 1 の事前テストでは, アルゴリズムの作成とそのトレースを行う基本問題 2 問を出題し, 試験時間は 15 分とした。実験 2 の事前テストでは, 「オープンエンドな課題」の範囲の基本アルゴリズムの記述問題 2 問を出題し, 試験時間は 20 分とした。

それぞれ, 10 点満点で採点し, 2 分の 1 したものを事前テストの得点とした。

3.2.3 実験的授業の流れ

授業は, 6 グループ (2×3 の活用方法) 同一の教室で行った。まず, 事前テストを行った後に, ルーブリックの概要, 作成方法, ルーブリックを用いた評価手順などを説明した。

クローズエンドな課題 (実験 1) では 50 分授業×3 コマ, オープンエンドな課題 (実験 2) では 50 分授業×4 コマでグループ毎に学習・評価活動を行った (表 3.1(a), 表 3.1(b))。また, 授業には, 授業者教師 1 名, 補助教員 1 名, 観察者 1 名で指導にあたった。

表 3.1(a) クローズエンドな課題を用いた授業の流れ (実験 1)

課題実施前提示			課題実施後提示		
教師のみ	教師と学生	学生のみ	教師のみ	教師と学生	学生のみ
教師が事前に作成したルーブリックを配布	評価基準の一部が記述されたルーブリックを配布	評価基準の一部が記述されたルーブリックを配布	クローズエンドな課題 (30分) ↓		
↓	↓	↓	教師が事前に作成したルーブリックを配布	評価基準の一部が記述されたルーブリックを配布	評価基準の一部が記述されたルーブリックを配布
評価基準の理解 (20分)	ルーブリックの作成 (50分)	ルーブリックの作成 (50分)	↓	↓	↓
↓	↓	↓	評価基準の理解 (20分)	ルーブリックの作成 (50分)	ルーブリックの作成 (50分)
クローズエンドな課題 (30分)	クローズエンドな課題 (30分)	クローズエンドな課題 (30分)	↓	↓	↓
↓	↓	↓	自己評価と相互評価 (40分)	自己評価と相互評価 (40分)	自己評価と相互評価 (40分)
自己評価と相互評価 (40分)	自己評価と相互評価 (40分)	自己評価と相互評価 (40分)	↓	↓	↓
↓	↓	↓	事後テスト (15分)	事後テスト (15分)	事後テスト (15分)
事後テスト (15分)	事後テスト (15分)	事後テスト (15分)	↓	↓	↓
↓	↓	↓	自習	自習	自習

表 3.1(b) オープンエンドな課題を用いた授業の流れ (実験 2)

課題実施前提示			課題実施後提示		
教師のみ	教師と学生	学生のみ	教師のみ	教師と学生	学生のみ
教師が事前に作成したルーブリックを配布	評価基準の一部が記述されたルーブリックを配布	評価基準の一部が記述されたルーブリックを配布	オープンエンドな課題 ノートのまとめ・整理 (50分) ↓		
↓	↓	↓	教師が事前に作成したルーブリックを配布	評価基準の一部が記述されたルーブリックを配布	評価基準の一部が記述されたルーブリックを配布
評価基準の理解 (20分)	ルーブリックの作成 (50分)	ルーブリックの作成 (50分)	↓	↓	↓
↓	↓	↓	評価基準の理解 (20分)	ルーブリックの作成 (50分)	ルーブリックの作成 (50分)
オープンエンドな課題 (50分)	オープンエンドな課題 (50分)	オープンエンドな課題 (50分)	↓	↓	↓
↓	↓	↓	自己評価と相互評価 (50分)	自己評価と相互評価 (50分)	自己評価と相互評価 (50分)
自己評価と相互評価 (50分)	自己評価と相互評価 (50分)	自己評価と相互評価 (50分)	↓	↓	↓
↓	↓	↓	事後テスト (20分)	事後テスト (20分)	事後テスト (20分)
事後テスト (20分)	事後テスト (20分)	事後テスト (20分)	↓	↓	↓
↓	↓	↓	自習	自習	自習

教師が作成したルーブリック提示では、作成したルーブリックを対象グループの各学習者に配布した。ルーブリックを作成するグループには、予め評価規準の一部が記入済みの表を配布した。教師と学習者集団の共同によるルーブリックの作成では、教師は一部の評価規準について説明を行い、グループの話し合いに参加した。学生のみでの作成では、教師によるアドバイスは行わず、各グループで話し合いながらルーブリックを作成した。図 3.1（実験 1）と図 3.2（実験 2）は、課題実施前に提示、作成したルーブリックである。

(a)教師のみ

	非常に良い	良い	普通	不十分	完全な失敗
	5	4	3	2	1
アルゴリズム	問題1、2両方とも正しい	反復構造(反復条件)までできている	選択構造(条件式)までできている	順次構造(四則演算変数への代入)までできている	全くできていない
フローチャート(流れ図)	他の人が見ても大変分かりやすい	反復構造の記号が適切に書かれている	選択構造の記号が適切に書かれている	順次構造の記号が適切に書かれている	何を書いているのか分からない
トレース	全て、正確に行われている	一問正解、残りの問題に誤りがある	一問のみ正解している	二問とも一部に誤りがある	全くできていない

(b)教師と学生

	5	4	3	2	1
アルゴリズム	問題1、2両方とも正しい	片方が正しい 処理条件が正しく 正解している	どちらか合っている	処理条件がどちらかが 正解している	全くできていない
フローチャート(流れ図)	他の人が見ても大変分かりやすい	アルゴリズムと同じ			何を書いているのか分からない
トレース	全て、正確に行われている	片方+半分正解	片方が正しい	どちらか正解がある 半分正解	全くできていない

(c)学生のみ

	5	4	3	2	1
アルゴリズム	全部あってる	2ヶ所ミス	どちらか正解	2ヶ所あっている	全くできていない
フローチャート(流れ図)	全部あってる	2ヶ所ミス	どちらか正解	2ヶ所あっている	何を書いているのか分からない
トレース	全部あってる	2ヶ所ミス	どちらか正解	2ヶ所あっている	全くできていない

図 3.1 クローズエンドな課題のルーブリック（実験 1）

(a)教師のみ

	非常に良い	良い	普通	不十分
	A	B	C	D
レイアウト	項目を5つ以上満たしている	項目を3つ以上満たしている	項目を1つ以上満たしている	項目を1つも満たしていない
フローチャート(流れ図)トレース	右記に加え、フローチャートおよびトレース等に色を付けて分かりやすく書かれている	フローチャートおよびトレース等が定規を用いて書かれている	フローチャートおよびトレース等が書かれている	フローチャートおよびトレース等が書かれていない
コメント(「重要」、「ポイント」、「注意」など)	重要な事柄について自分が間違えやすい点などを踏まえながらコメントしている	重要な事柄について自分の言葉で具体的にコメントしている	重要なことから指摘している	コメントが書かれていない
補足事項などの説明	右記に加え、図やイラストを用いてより分かりやすく問題解決の手順を説明している	色を使ったり、吹き出しなどで説明を書いたりすることで、問題解決の手順を説明している	法則や、式、その他根拠となるものを説明の途中に書き込んでいる	途中式を書いているだけ、または黒板の内容がほとんど書かれていない
授業の流れが分かる	細かく授業の流れを記録している(休んでいた人もノートだけで授業内容が理解できる)	文書で書いたり、会話形式やQ&A形式だったりなど、「疑問→解決」の展開が分かりやすい	問題解決の手順が明確で、何をやっているかが分かる。接続語や矢印で、学習内容をつないでいる	問題がほとんど解かれていない
友達の考えと比較検討、さらに考えを発展させる	友達の考えに自分なりの説明を加え、さらに発展させた考えまで記述している	友達の考えに自分なりの説明を加えながら記述している	友達の考えを記述している	友達の考えについての記述がない

レイアウト<項目>
 ・見出しがついている
 ・重要なことを色ペンで書いている、または下線を引いている
 ・見やすい余白を取っている
 ・一貫したノートの書き方をしている
 ・図記号を使うことで文字を少なく見やすくしている
 ・始端、終端また適切な図記号がきちんと書かれている

(b)教師と学生

	A	B	C	D
レイアウト	項目を5つ以上満たしている	項目を3つ以上満たしている	項目を1つ以上満たしている	項目を1つも満たしていない
フローチャート(流れ図)トレース	右記に加え、フローチャートおよびトレース等に色を付けて分かりやすく書かれている	フローチャートおよびトレース等が定規を用いて書かれている	フローチャートおよびトレース等が書かれている	フローチャートおよびトレース等が書かれていない
コメント(「重要」、「ポイント」、「注意」など)	分かりなかつたところが明確に書かれており分かりやすいように解説が書かれている	分かりやすいように解説が書かれている	分かりなかつたところが明らかになっている	コメントが書かれていない
補足事項などの説明	右記に加え、図やイラストを用いてより分かりやすく問題解決の手順を説明している	色を使ったり、吹き出しなどで説明を書いたりすることで、問題解決の手順を説明している	法則や、式、その他根拠となるものを説明の途中に書き込んでいる	途中式を書いているだけ、または黒板の内容がほとんど書かれていない
授業の流れが分かる	自分の考えが書かれている	解答の手順が明確に記述されている	問題が解かれている	問題がほとんど解かれていない
友達の考えと比較検討、さらに考えを発展させる	友達の考えに自分の考えが書かれている	友達の考えが明確に記述されている	友達の考えを記述している	友達の考えについての記述がない

(c)学生のみ

	A	B	C	D
レイアウト	項目を5つ以上満たしている	項目を3つ以上満たしている	項目を1つ以上満たしている	項目を1つも満たしていない
フローチャート(流れ図)トレース	大きさが一定でとって見やすい	線が分かりやすい	フローチャート or トレースがきちんと書かれている	フローチャートおよびトレース等が書かれていない
コメント(「重要」、「ポイント」、「注意」など)	カラーペンを使っていて分かりやすい	図やポイントが書かれている	下線が引かれている	コメントが書かれていない
補足事項などの説明	自分のものと黒板のものが書かれている	自分の考えが書かれている	黒板の内容が書かれている	途中式を書いているだけ、または黒板の内容がほとんど書かれていない
授業の流れが分かる	予習している	復習している	問題がとれている	問題がほとんど解かれていない
友達の考えと比較検討、さらに考えを発展させる	記述、自分の考えと比較している	記述とほかに対する考えが書かれている	記述はある	友達の考えについての記述がない

図 3.2 オープンエンドな課題のルーブリック (実験 2)

3.2.4 ルーブリックを用いた評価活動

グループ毎に、まず自己評価を行った後、順次メンバーが作成した課題に対して相互評価を行った。

クローズエンドな課題（実験1）は、グループのルーブリック（図3.1）に従い、各評価観点に対して5段階評価を行い、最終的に対象の学習者の課題への一評価者の評価の平均点を集計し、平均した点数を学習課題成績とした。

オープンエンドな課題（実験2）は、グループのルーブリック（図3.2）に従い、各評価観点に対してA（非常に良い：4点）からD（不十分1点）の4段階評価を行い、最終的に対象の学習者の課題への一評価者の評価の平均点を集計し、平均したものを5.0点満点に変換し、学習課題成績とした。また、両実験においてあてはまるものは無かったが、評価尺度（レベル1）の基準を満たさない解答、白紙等は0（ゼロ）とした。

3.2.5 事後調査

クローズエンドな課題（実験1）、オープンエンドな課題（実験2）を各グループで相互評価した後に、次の質問紙による調査と、事後テストを行った。

（1）構成主義的学習観

学習観の尺度は、「結果主義」「暗記主義」「物量主義」[13]、「方略志向」「学習量志向」「環境志向」[51]など多様な観点から提案されてきたが、構成主義的学習観に関して提案した文献は見当たらない。

その中で、高山[44]は、一般的な学習観、「学習とはどのようなものか」に関する、より包括的な学習観に関する研究成果において、学習観の尺度構成を行い、日本の大学生の学習観の特徴と関係構造を実証的に明らかにしている。

その結果、詰め込み的な学習観、実用的な学習観、自律的・充實的な学習観と偶発的な学習観を提案している。詰め込み的な学習観の下位尺度「記憶」の「学習は、テストでうまく答えられるように、知識を詰め込むことだ」、「学習は、試験などでうまく答えられるように、習ったことを繰り返し覚えることだ」など6項目は、知識を細かい単位に分割して暗記させる知識注入主義の観点から捉えられる。また、自律的・充實的な学習観の下位尺度「主体的探究」の6項目は、構成主義的学習における学習者の自律的・能動的態度に当てはまる。

また、実用的な学習観の下位尺度「応用」の7項目は社会的文脈における知識の活用と捉えられる。

そこで、本研究において、構成主義的学習観への変容を測るため、これらの高山 [44] の学習観の尺度を参考にし、以下のように質問紙を作成した。詰め込み的な学習観に関しては尺度の方向を逆転させて、詰め込み的な学習観ほど得点が小さくなるように修正した。また、学習は、「知識」の記憶（暗記）だけではないという認識を問う質問項目 q1「覚えることよりも、なぜそうなるかを考えることが重要だ」、q6「知識をたくさん暗記しているよりも、論理的に考えられる能力の方が重要だ」など5項目を新たに作成した。そして、学習者の自律的・能動的態度を問う質問項目 q2「先生から学ぶことと同様に、友達から学ぶことも多い」、q7「人の請け売りだけでなく、自分自身で考えることが大事である」の2項目、知識の活用を問う質問項目 q5「すぐに役に立たなくても社会のためになることこそ、勉強しなければならない」の1項目の計8項目（付録 1.3, 付録 2.3）を作成した。これを用いて5件法で質問し、高得点ほど構成主義的学習への認識が高くなるように得点化した。

(2) 学習方略

ループリックの活用方法の違いが、構成主義的学習観、学習動機へ影響を与えることによって、学習方略が異なってくると考えられる。そこで、Pintrich and De Groot [30] のMSLQの学習方略に関わる尺度として認知方略尺度および自己調整尺度から、21項目（付録 1.4, 付録 2.4）を使用した。

各質問項目に対し、事前調査と同様に5件法の回答形式で質問した。その中に含まれる逆転項目に対しては、6との差を取って、得点を変換した。そして、高得点ほど学習方略の使用が促進されたことを意味するように得点化した。

(3) 事後テスト

実験1の事後テストでは、事前テストの類題1問と「クローズエンドな課題」の応用問題の類題1問を出題し、試験時間は15分とした。実験2の事後テストでは、事前テストの類題1問と「オープンエンドな課題」の範囲の応用問題1問を出題し、試験時間は20分とした。

それぞれ、10点満点で採点し2分の1したものを事後テストの得点とした。

3.3 影響要因の分析

本節では、ループリックの影響と学習の成立における重要要因として取り上げる「学習観」、「学習動機」、「学習方略」および「目標志向性」尺度の下位尺度構成について分析する。

3.3.1 分析方法

実験において未回答、未提出のものを除き、事前事後テスト、学習課題、質問紙の回答全てが整っている学習者（実験 1 は 43 名、実験 2 は 50 名）を分析の対象とした。

まず、尺度構成のために各質問紙の項目の因子分析を行った。分析には、Muthén and Muthén [21] によって開発されたソフトウェア Mplus Version 7 を使用した。

3.3.2 尺度構成

構成主義的学習観尺度を求めるために、最尤推定法を用いて、因子間の相関はないと仮定してバリマックス回転による探索的因子分析を行った。

クローズエンドな課題（実験 1）の分析では、固有値が 1 を超えている因子は 3 つあったが、1 つ目の因子（固有値：2.469）から、2 つ目の因子（固有値：1.565）にかけて固有値の落ち込みがあった。そこで、1 因子の場合の標準化係数が 0.35 以下の 3 項目を除いた 5 項目で、再度、探索的因子分析を行った結果、適合度が改善された。次に、探索的構造方程式モデリング（ESEM）を用いて 1 因子モデルを表現し、各因子がどのような係数で影響を与えているかという分析を行った。最後に、探索的因子分析と ESEM の適合度指標が同じ値であることを確認した。

オープンエンドな課題（実験 2）では、固有値が 1 を超えている因子は 2 つであったが、1 つ目の因子（固有値：4.081）から、2 つ目の因子（固有値：1.244）にかけて固有値の落ち込みが急であった。そこで、1 因子の場合の標準化係数が 0.35 以下の 3 項目を除いた 5 項目で、再度、探索的因子分析を行った結果、

適合度が改善された。最後に、探索的因子分析と ESEM を用いた場合の適合度指標が同じ値であることを確認した。

実験 1 および実験 2 で抽出された第 1 因子（付録 1.3, 付録 2.3）は、構成主義的な知識獲得に関する項目が高く負荷していることから、学習者の構成主義的学習に対する認識として「構成主義的学習観」因子と命名した。構成主義的学習観の因子分析モデルを図 3.3(a), と図 3.3(b)に示した。また, Cronbach の α 係数と主な適合度指標を表 3.3(a), と表 3.3(b)に示した。

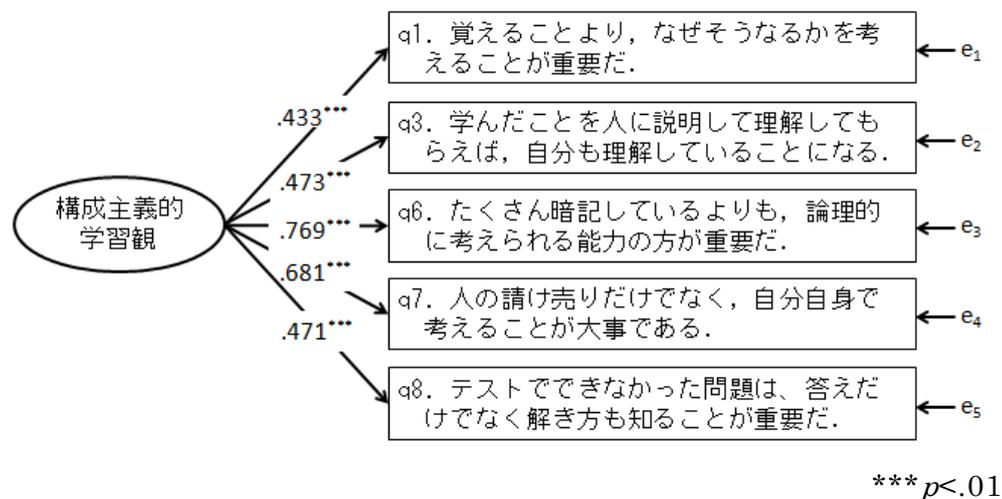


図 3.3(a) 構成主義的学習観の因子分析モデル (実験 1)

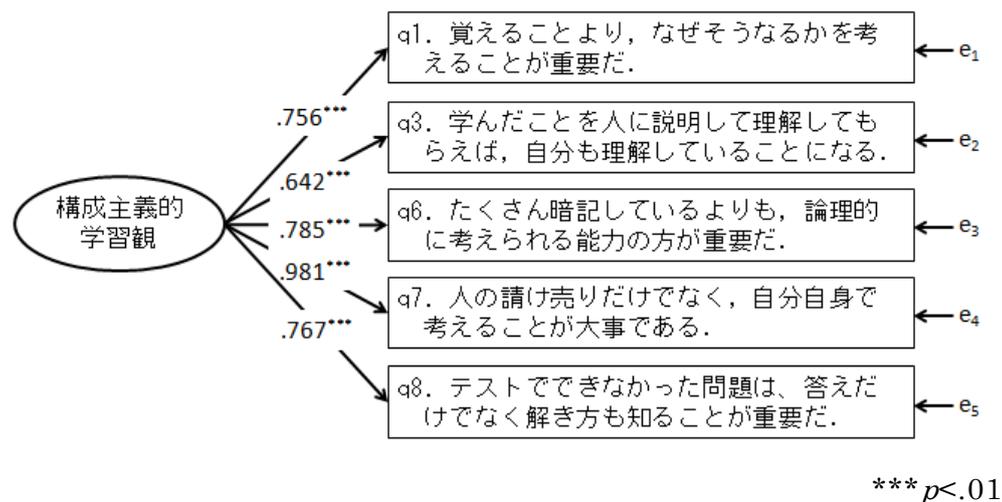


図 3.3(b) 構成主義的学習観の因子分析モデル (実験 2)

目標志向性尺度，学習動機尺度，および学習方略の尺度の構成を確認するために確証的因子分析を行い，最尤推定法によって因子解を求めた．また，構成主義的学習観の尺度の構成を求めるためには探索的因子分析を行い，最尤推定法によって因子解を求め，バリマックス回転により最終的な因子を求めた目標志向性尺度について，**Elliot and Church [10]**の研究における3因子モデルの尺度構成で各因子間の相関を仮定し，確証的因子分析を行った．

実験1では，仮定したモデルはデータとの適合が良いモデルとは言えないものであった．そこで，推定値の確認を行い，標準化係数が0.35以下で各観測変数にそれほど影響していないと考えられる質問項目を除くことで仮説モデルの修正を繰り返した．最終的に，標準化係数が低い質問項目8項目を除いた8項目を対象とした因子分析の結果，第1因子「習得目標」，第2因子「遂行接近目標」，第3因子「遂行回避目標」が確認された（付録1.1）．「習得目標」は項目g3「広く深い知識を習得したい」，および教材に関する項目g4，項目g6，「遂行接近目標」は他者から良い評価を得るための努力ややる気の項目g10，項目g11，「遂行回避目標」は項目g12「悪い成績をとったらどうしよう」，および悪い評価を意識する項目g15，項目g16で構成される．

実験2も同様に，仮説モデルの修正を繰り返し，最終的に，9項目を対象とした因子分析の結果，3因子モデルが確認された．「習得目標」は項目g3および項目g1「できるだけ多くのことを学びたい」，g2「授業の内容をできる限り完全に理解する」，「遂行接近目標」は項目g10，項目g11に加え項目g9「自分が良くできることをみせたい」，「遂行回避目標」は項目g12，および項目g13「成績が下がることを不安に思う」，項目g14「努力不足を避けたい」で構成される．各項目の内容を，付録2.1に示した．

学習動機尺度および学習方略尺度について，**Pintrich and De Groot [30]**の研究における2因子モデルの尺度構成で各因子間の相関を仮定し，確証的因子分析を行った．因子分析の結果，実験1，実験2ともに学習動機尺度では2因子モデル「自己効力感」，「内発的価値」が確認され（付録1.2，付録2.2），学習方略尺度では2因子モデル「認知方略」，「自己調整方略」が確認された（付録1.4，付録2.4）．また，Cronbachの α 係数と主な適合度指標を表3.3(a)，と表3.3(b)に示した．

表3.3(a) Cronbachの α 係数と主な適合度指標 (実験1)

尺度	Cronbach の α 係数	$\chi^2(df)$	p値	RMSEA	CFI	SRMR
習得目標	0.87					
目標志向性						
遂行接近	0.91	29.665(24)	0.196	0.069	0.974	0.085
遂行回避	0.75					
学習動機						
自己効力感	0.90					
内発的価値	0.85	14.998(13)	0.308	0.055	0.990	0.044
構成主義的学習観	0.84	2.347(5)	0.799	0.000	1.000	0.027
学習方略						
認知方略	0.88					
自己調整 方略	0.77	10.691(13)	0.637	0.000	1.000	0.045

表3.3(b) Cronbachの α 係数と主な適合度指標 (実験2)

尺度	Cronbach の α 係数	$\chi^2(df)$	p値	RMSEA	CFI	SRMR
習得目標	0.87					
目標志向性						
遂行接近	0.91	29.665(24)	0.196	0.069	0.974	0.085
遂行回避	0.75					
学習動機						
自己効力感	0.90					
内発的価値	0.85	14.998(13)	0.308	0.055	0.990	0.044
構成主義的学習観	0.84	2.347(5)	0.799	0.000	1.000	0.027
学習方略						
認知方略	0.88					
自己調整 方略	0.77	10.691(13)	0.637	0.000	1.000	0.045

3.3.3 分散分析

ルーブリックの活用による影響を検討するため、グループごとの各尺度値を計算し、平均値の差を比較するための分散分析を行った。分散分析に対して、帰無仮説「すべての群間での母平均は等しい」と対立仮説「群間の母平均はそれぞれ等しくない」を立て、帰無仮説について有意水準 10% で検定を行いその結果を表 3.4 (a) と表 3.4 (b) に示した。検定には、シャピロ-ウィルク (Shapiro-Wilk) 検定を拡張した方法を用いて F 値を求めた。

表 3.4 (a) では、ルーブリックの作成方法において構成主義的学習観は有意水準 1% 以下で平均値に有意差があることを示し、有意水準 10% 以下で 6 群間の平均値に有意差があることを示している。これより、学習課題実施前に学生集団のみでルーブリックを作成した群は構成主義的学習観への認識が高い傾向にあることが分かる。また、ルーブリックの提示方法において自己効力感は有意水準 10% 以下で 6 群間の平均値に有意差があることを示している。これより、課題実施後に提示した群は学習課題達成に対する自信が低い傾向にあることが分かる。

表 3.4 (b) では、ルーブリックの提示方法において構成主義的学習観は有意水準 10% 以下で平均値に有意差があることを示している。これより、学習課題実施前にルーブリックを提示した群は構成主義的学習観への認識が高い傾向にあることが分かる。また、ルーブリックの提示方法において二つの学習方略は有意水準 1% 以下で平均値に有意差があることを示し、認知方略は有意水準 1% 以下で 6 群間の平均値に有意差があることを示している。これより、課題実施前教師と学生集団でルーブリックを作成した群は認知方略の使用が高い傾向にあることが分かる。

分散分析で有意差が示され、平均値 (標準偏差) の大小を確認できるが、これらの結果にルーブリックの活用が直接的に影響しているのか、変数間の関連があるのかは明らかではない。そこで、次に共分散分析 (SEM) を用いて本仮説の因果モデルを検証する。

表3.4(a) 平均値 (標準偏差) と検定統計量 (F 値) (実験1)

	課題実施前			課題実施後			提示方法	作成方法	提示*作成
	教師のみ	教師と学生	学生のみ	教師のみ	教師と学生	学生のみ			
	$n=6$	6	8	6	8	9			
習得目標	3.33 (0.47)	3.83 (0.86)	4.17 (0.78)	3.89 (0.46)	3.96 (0.88)	4.11 (0.44)	0.75	2.16	1.27
目標志向性	2.83 (0.61)	3.33 (1.37)	3.31 (0.84)	2.92 (1.20)	3.00 (1.00)	3.22 (1.23)	0.12	0.51	0.27
	3.61 (1.00)	3.83 (0.87)	3.29 (0.84)	3.11 (0.86)	4.08 (0.85)	3.81 (0.93)	0.40	1.65	1.19
構成主義的学習観	4.20 (0.66)	3.67 (0.55)	4.40 (0.39)	4.30 (0.47)	3.90 (0.57)	4.29 (0.36)	0.05	5.24***	2.22*
学習動機	2.92 (0.97)	2.42 (1.02)	3.00 (1.16)	2.75 (0.42)	2.00 (0.93)	2.11 (1.02)	3.62*	1.44	1.46
	3.58 (0.49)	3.58 (0.92)	4.19 (0.59)	4.00 (0.55)	3.19 (1.10)	3.72 (0.87)	0.73	2.11	1.46
学習方略	3.50 (0.21)	3.50 (0.71)	3.95 (0.38)	3.77 (0.43)	3.73 (1.02)	4.09 (0.41)	1.15	2.30	1.14
	2.90 (0.33)	3.33 (0.55)	3.63 (0.46)	3.40 (0.58)	3.20 (0.82)	3.24 (0.93)	0.06	0.61	0.87
学習課題成績	4.93 (0.12)	4.39 (0.95)	3.77 (1.40)	4.82 (0.15)	4.26 (1.39)	4.89 (0.32)	1.38	1.29	1.78
事後テスト	4.75 (0.61)	4.75 (0.61)	4.13 (0.95)	4.92 (0.20)	3.94 (1.66)	4.78 (0.36)	0.01	1.14	1.48

*** $p<.01$; ** $p<.05$; * $p<.10$ 表3.4(b) 平均値 (標準偏差) と検定統計量 (F 値) (実験2)

	課題実施前			課題実施後			提示方法	作成方法	提示*作成
	教師のみ	教師と学生	学生のみ	教師のみ	教師と学生	学生のみ			
	$n=10$	7	8	9	8	8			
習得目標	3.7 (0.76)	3.90 (0.63)	3.92 (0.85)	3.63 (0.72)	3.17 (0.91)	3.71 (0.68)	2.24	0.59	1.00
目標志向性	3.7 (0.91)	3.05 (1.43)	2.75 (1.14)	3.15 (0.71)	2.96 (0.58)	3.29 (0.81)	0.09	1.20	1.07
	3.83 (0.67)	3.48 (0.79)	3.17 (1.15)	3.37 (0.61)	3.04 (0.58)	3.67 (0.44)	1.44	0.56	1.03
構成主義的学習観	3.80 (0.48)	4.20 (0.38)	3.60 (0.88)	3.49 (0.63)	3.53 (0.72)	3.58 (0.65)	3.13*	0.61	1.30
学習動機	2.20 (0.96)	2.75 (0.50)	2.97 (0.98)	2.50 (0.59)	2.41 (0.67)	2.47 (1.09)	0.35	0.91	0.90
	3.07 (1.09)	3.90 (0.53)	3.71 (0.68)	3.19 (0.87)	2.83 (0.96)	3.42 (0.56)	2.23	1.13	1.86
学習方略	3.63 (0.52)	4.04 (0.60)	3.56 (0.81)	3.36 (0.42)	3.19 (0.35)	3.22 (0.81)	7.42***	0.35	2.08*
	3.53 (0.79)	3.76 (0.88)	3.75 (0.87)	2.89 (0.53)	3.13 (0.69)	3.21 (0.91)	7.84***	0.46	1.73
学習課題成績	3.40 (1.38)	2.56 (0.58)	4.89 (0.05)	3.02 (0.50)	2.78 (0.74)	4.07 (1.48)	1.14	14.37***	6.65***
事後テスト	1.30 (1.16)	1.57 (1.24)	1.44 (1.70)	1.78 (0.83)	1.50 (1.04)	2.19 (1.28)	1.37	0.06	0.80

*** $p<.01$; ** $p<.05$; * $p<.10$

3.4 共分散構造分析 (SEM)

本節では、第 2 章の仮説モデルの検証を分析データを基に共分散構造分析 (SEM: Structural Equation Model) を用いたモデル化によって行い、その結果について考察する。SEM とは、観測変数間の共分散を方程式モデルの母数で表現し、観察データから現象の因果構造を探索する手法であり、多変量解析では一般に多く用いられている。

3.4.1 分析方法

前節の因子分析の結果をもとに、各因子を構成する項目を観測変数として扱い、共分散構造分析によってルーブリックの活用と構成主義的学習観、学習動機 (自己効力感、内発的価値)、学習方略 (認知方略、自己調整方略) および学習課題の成績、事後テストの関連をモデル化し、仮説モデルの構成概念間の因果を検証する。

SEM を用いて分析するデータ (csv ファイル) は、縦に観測対象、横に観測変数を並べた多変量データ行列 (図 3.4) とする。ただし、Mplus の仕様によって、観測対象の学習者識別コードおよび観測変数名は入力していない。観測変数は、提示方法「課題実施前」、「課題実施後」、作成方法「教師のみ」、「教師と学生」、「学生のみ」、「ルーブリックの質」、「学習課題成績」、「事前テスト」、「事後テスト」、「習得目標」、「遂行接近目標」、「遂行回避目標」、「自己効力感」、「内発的価値」、「学習観」、「認知方略」、「自己調整方略」の順序で並べている。ここで、質的独立変数「提示方法」は、課題実施前を 1、実施後を 0 としてダミー変数化している (パス上の数値は課題実施後に対する実施前の増分を表す)。「作成方法」は、クローズエンドな課題では教師と学生によるルーブリックの作成を基準として他の 2 水準をダミー変数化している (パス上の数値は教師と学生の作成に対する増分を表す)。オープンエンドな課題では、教師のみの作成を基準として他の 2 水準をダミー変数化している (パス上の数値は教師のみの作成に対する増分を表す)。ダミー変数化において、ルーブリックの活用による構成主義的学習観への変容の誘発 (正の影響) に焦点を置き、作成方法につい

ては異なる基準を設定した。

以下に、多変量データ行列の一部を示す。

	提示方法		作成方法			ループ学習 リック課題事前事後 の質成績テストテスト					目標志向性			学習動機		学習観		学習方略		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R		
1	1	0	1	0	0	5	5	5	5	4	3	235	35	4	5	32	34	学習者1		
2	1	0	1	0	0	5	5	35	5	367	35	5	3	4	34	36	28	学習者2		
3	1	0	1	0	0	5	47	5	5	333	35	4	2	3	38	34	3	学習者3		
4	1	0	1	0	0	5	5	5	5	267	25	433	35	3	4	38	24	学習者4		
5	1	0	1	0	0	5	48	4	35	3	25	3	15	35	4	36	28	学習者5		
6	1	0	1	0	0	5	5	5	5	333	2	3	4	4	5	34	3	学習者5		
7	1	0	0	1	0	45	5	5	5	5	5	5	3	5	4	42	42	学習者5		
8	1	0	0	1	0	45	5	5	5	3	3	233	2	4	4	32	28	学習者5		
9	1	0	0	1	0	45	5	35	35	3	4	367	25	3	38	46	32	学習者5		
10	1	0	0	1	0	45	33	25	5	467	1	4	1	25	26	3	3	学習者5		
11	1	0	0	1	0	45	5	3	5	333	3	4	2	3	36	3	3	学習者5		
12	1	0	0	1	0	45	3	45	5	4	4	4	4	4	4	3	38	学習者5		
13	1	0	0	0	1	45	49	25	4	267	15	267	2	4	42	36	34	学習者5		
14	1	0	0	0	1	45	22	5	3	467	4	4	4	4	42	44	3	学習者5		
15	1	0	0	0	1	45	49	25	5	433	4	3	3	4	48	46	34	学習者5		
16	1	0	0	0	1	45	5	5	5	5	3	167	5	5	5	38	42	学習者5		
17	1	0	0	0	1	45	25	35	25	333	35	433	15	45	38	36	36	学習者5		
18	1	0	0	0	1	45	4	5	5	467	4	367	2	45	44	4	44	学習者5		
19	1	0	0	0	1	45	17	5	45	433	3	333	3	45	46	4	36	学習者5		
20	1	0	0	0	1	45	5	35	4	433	35	367	35	3	42	36	34	学習者5		
21	0	1	1	0	0	5	48	5	5	333	3	367	3	3	36	36	3	学習者5		
22	0	1	1	0	0	5	47	5	45	4	2	267	3	4	48	42	38	学習者5		
23	0	1	1	0	0	5	49	5	5	4	2	167	3	45	44	34	3	学習者5		
24	0	1	1	0	0	5	49	5	5	467	5	4	2	4	42	32	32	学習者5		

図 3.4 多変量データの一部（実験 1）

仮説モデル（図 2.2）に基づき、モデルを作成する際に外生変数に質的独立変数「提示方法」、「作成方法」と量的独立変数「習得目標」、「遂行接近目標」、「遂行回避目標」を設定した。また、内生変数に「事前テスト」、「ループリックの質」、「自己効力感」、「内発的価値」、「構成主義的学習観」、「認知方略」、「自己調整方略」「学習課題成績」、および「事後テスト」を設定した。

3.4.2 結果と考察

(1) クローズエンドな課題における因果モデル

それぞれのパスの標準化係数と p 値を確認し、有意差のあるパス ($p < .10$) を残しながら収束するまで分析を繰り返した。ルーブリックの提示方法、作成方法による事前テストおよび作成したルーブリックの質への有意なパスは確認されず、また、事前テストおよびルーブリックの質から他の変数への有意なパスも確認されなかったため、これらの変数を除外した。

適合度の改善をもとに、最終的に導かれたモデルを図 3.5(a)に示す。推定法は、最尤推定法を用いて解を求めた。主な適合度指標(表 3.5 の実験 1)より、モデルは受容できると判断した。ここで、パスの上の数値は標準化係数 (** $p < .01$; * $p < .05$; $p < .10$)を示し、数値が正の場合は実線、負の場合は破線、絶対値が 0.35 以上の場合は太線としている。

クローズエンドな課題の因果モデルでは、他者の評価を重視する学習者個人の特性が、学習観の変容に最も大きな影響を与えることが明らかになった。中でも、低い評価を避けたいというネガティブな遂行回避目標の高い志向性の学習観の変容への負の影響 (-.60) が際立って大きいことが分かる。よって、クローズエンドな課題に対して遂行回避目標が高い傾向にある学習者は、学習者自身によって学習観の変容を抑制する可能性がある。

しかし、このような学習者個人の特性に対して、ルーブリックのどのような活用が学習観の変容を誘発させるかが明らかになっている。最も大きな影響を示したのは、学生のみでの作成 (.33) である。これは、クローズエンドな課題でも、ルーブリックを学習者集団で共同して作成させることで、学習目標が共同体で構築・共有されることを体験し、学習に対する新たな認識が生じたと考えられる。さらに、構成主義的学習観が、内発的価値による学習動機の向上とともに、認知方略および自己調整方略の使用を促していることが示された。また、二つの方略のうち、暗記や理解などの認知方略の使用がクローズエンドな課題の成績を高めることが分かる。

次に、学習動機に注目すると、課題実施前、および教師が作成したルーブリックの提示によって、自己効力感が高められることが示された。課題実施前の提示によって学習目標を設定し、その目標を達成するための計画を立てること

が可能となり、また、教師が作成したルーブリックは確かな道標となって、学習目標達成に対する自信が向上したと推測される。

(2) オープンエンドな課題における因果モデル

クローズエンドな課題の場合と同様に、有意差のあるパス ($p < .10$) を残しながら収束するまで分析を繰り返した。事前テストおよびルーブリックの質から他の変数への有意なパスは確認されなかったため、これらの変数を除外した。また、オープンエンドな課題では、目標志向性の遂行回避目標から他の変数への有意なパスも確認されなかったため、変数から除外した。

最終的に導かれたモデルを図 3.5(b)に示す。推定法は、最尤推定法を用いて解を求めた。主な適合度指標 (表 3.5 の実験 2) より、モデルは受容できると判断した。

オープンエンドな課題の因果モデルにおいて、学習観の変容を誘発させるルーブリックの活用方法は、課題実施前の提示 (.25)、および学習者集団と教師の共同でのルーブリックの作成 (.22) であることが明らかになった。これは、学習目標の設定が難しいオープンエンドな課題では、学習者が主体となってルーブリックを作成する過程で学習者同士のコミュニケーションと、教師の助言が足場かけとなって、明確な学習目標を調整できたためであると考えられる。

さらに、学習者がルーブリックを用いて構成主義的学習観に変容することによって、認知方略およびメタ認知方略を含む自己調整方略の使用が促進されることが示された。また、オープンエンドな課題では、課題実施前にルーブリックを提示することによって、直接的に学習方略の使用を促進させることが明らかになった。これより、ルーブリックを共有した学習目標の設定と、同時に、学習方略の計画が促されたと考えられる。また、オープンエンドな課題の成績に対して、認知方略のみの使用よりも、自己調整方略の使用によって効果が得られることが明らかになった。

次に、学習動機に注目すると、学習者がルーブリックの作成に参加することによって、学習に対する内発的価値が高められ、学習動機を向上させることが明らかになった。そして、学習者集団および教師の援助によって、新たな知識を獲得する機会、共同体における知識の再構成の機会を提供されたことが、内発的価値を向上させたと推測される。

ところで、オープンエンドな課題では、学習に対してポジティブな目標志向である習得目標および遂行接近目標の高い志向性が学習観の変容に影響を与えているのに対して、遂行回避目標志向性の影響は受けないことが分かる。また、習得目標および遂行接近目標は、課題に対する内発的価値を高めていることが分かった。しかし、内発的価値と自己効力感と各学習方略との関係は確認されなかった。

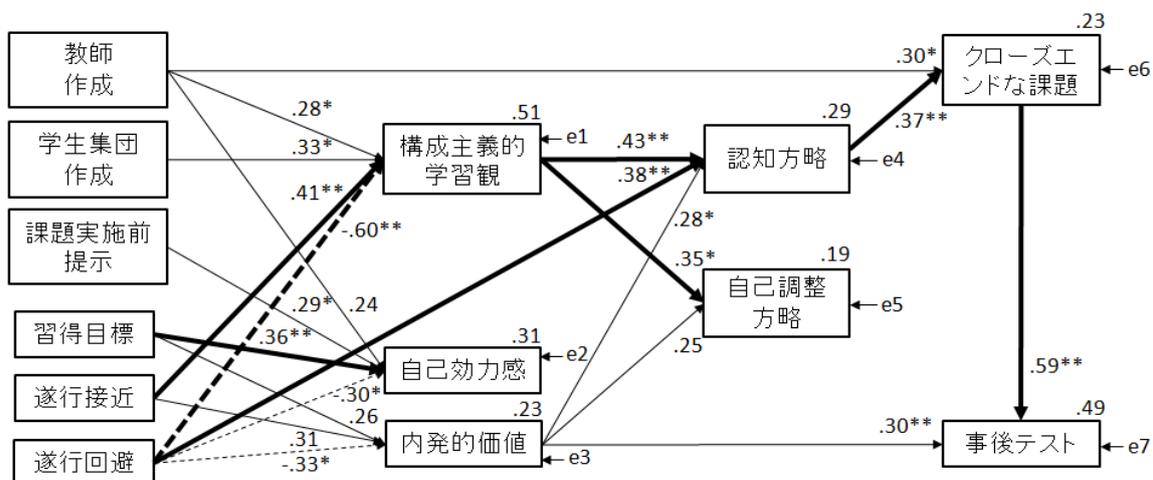
以上より、オープンエンドな課題の因果モデルにおいて本論の仮説(1) ルーブリックの活用によって、構成主義的学習観への変容が誘発される、仮説(2)の前半部分であるルーブリックが学習動機を向上させる、仮説(3) 構成主義的学習観への変容は、学習方略の使用を促進し学習課題成績を高める、仮説(4) 課題実施前に教師と学習者集団が共同で作成することによって最も学習観の変容を誘発する可能性がある、が成り立つことが示された。しかし、学習動機の向上によって構成主義的学習観への認識が高まるという結果は得られなかった。一方、クローズエンドな課題においても、ルーブリックの活用によって学習観の変容を誘発する可能性が示された。

したがって、構成主義的学習における学習方略を身につけるためには、学習動機の向上だけでなく、構成主義的学習観への変容が重要であると示唆される。また、学習課題の形式によって、学習者の目標志向性が変化して、学習観の変容を抑制する可能性があるが、ルーブリックを用いることにより、課題によらず学習観の変容を直接的に誘発できる可能性が示された。

クローズエンドな課題とオープンエンドな課題を用いた実験的な授業は異なる日に実施したので、対象クラスは同じであったが、参加人数、および分析データの数が異なるため、因果モデルを一つにせずそれぞれのモデルを構築し、それぞれの場合におけるルーブリックの活用との因果関係を示した。そのため、学習課題形式を要因とした影響は言及していない。

しかし、二つの因果モデルを構築したことによって一つの因果モデルにするとう表に出ないかもしれない興味深い結果がそれぞれの学習課題形式において得られたことは確かである。

(a) クローズエンドな課題（実験 1）



(b) オープンエンドな課題（実験 2）

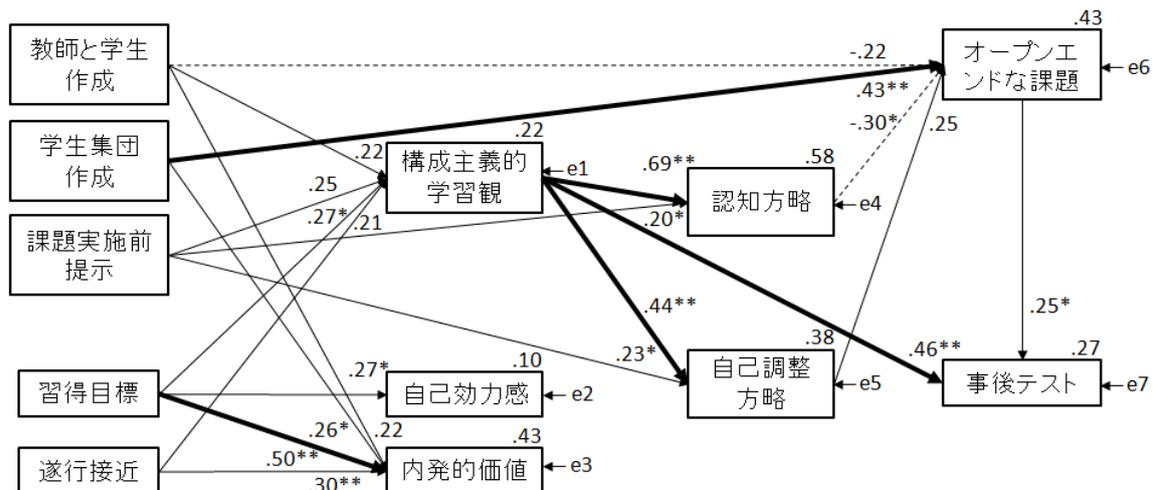


図 3.5 SEM による因果モデル

- (i) パス上の数値は標準化係数 (** $p < .01$; * $p < .05$; $p < .10$)
(ii) 変数の右上の数値は決定係数
(iii) 実線はパス上の数値が正の場合, 破線は負の場合,
太線は絶対値が 0.35 以上の場合を示している

表 3.5 各モデルに対する主な適合度指標

モデル	$\chi^2(df)$	p 値	GFI	AGFI	CFI	RMSEA	SRMR	AIC	BIC
実験1	28.401(38)	0.871	0.902	0.788	1.000	0.000	0.068	649.780	718.467
実験2	33.327(34)	0.500	0.904	0.792	1.000	0.000	0.066	807.495	876.328

3.5 結言

本章では、第2章で立てた仮説を検証することによって、構成主義的学習観の変容を誘発する可能性のあるルーブリックの活用方法を明らかにした。具体的には、学習観が学習者の評価観に密接に関係していることを利用し、ルーブリックの活用方法（提示方法・作成方法）の違いが学習者に与える影響をクローズエンドな課題、オープンエンドな課題を用いて実証的に分析した。その結果、次のことが明らかになった。

(1) 学習課題の形式によって、学習者の目標志向性が変化して学習観の変容を抑制する場合があるが、ルーブリックを用いることにより、課題によらず学習観の変容を直接的に誘発できる。

(2) オープンエンドな課題では、課題実施前の提示、および教師と学習者の共同でルーブリックを作成した場合、最も学習観の変容を誘発する。

(3) オープンエンドな課題では、構成主義的学習観への変容によって、認知方略およびメタ認知方略を含む自己調整方略の使用が促進され、学習課題の成績が向上する。

(4) オープンエンドな課題では、学習者がルーブリックの作成に参加することによって構成主義的学習に対する内発的価値を高め、学習動機を向上させる。

(5) オープンエンドな課題では、課題実施前にルーブリックを提示することによって、直接的に学習方略の使用を促進させる。

以上より、オープンエンドな課題を用いた場合に、本論の仮説(1)、(2)の前半部分、(3)、(4)が成り立つことが示された。すなわち、課題実施前に学習者自身にルーブリックの作成をさせることによって、学習動機が向上するとともに、学習観の変容を誘発させ、構成主義的学習観が学習方略の使用を促進することが明らかになった。しかし、ルーブリックの学習観と学習動機への影響は明らかになったが、仮説(2)の学習動機の向上によって構成主義的学習観への認識が高まるという相乗効果は得られなかった。学習観と学習動機は独立なものだろうか、今後もさらに研究を深めていきたい。

第4章 LiNGAMによる因果モデルの構築

4.1 緒言

社会学，心理学，教育学などの社会科学分野では，観察データから現象の因果構造を探索する場合，一般に，SEMと呼ばれる構造方程式モデル [6] が用いられている．しかし，SEMの因果構造はモデラーの経験とデータによる探索的推定により決定されるが，最適性は保証されないことが問題である．これに対し，近年，因果モデルを推定する手法 LiNGAM が提案され [38]，注目されている．本章では，第3章で用いた従来の因果構造探索法の問題点について検討する．次に，データの非ガウス性を利用することで，従来よりも多くの因果構造を同定可能とした最新の手法 LiNGAM について紹介する．そして，LiNGAMを適用し，ループリックの学習の成立における重要要因に与える影響分析をさらに深め，新たに構築した因果モデルについて述べる．

4.2 因果構造探索法

本節では，従来の因果構造探索法とデータの非ガウス性を活用する因果構造探索法について説明し，従来の探索法の問題点を検討する．

4.2.1 従来の因果構造探索法の問題点

SEM (Structural Equation Model : 構造方程式モデル) は，データから現象の因果構造 [6] を探る多変量解析の一般的なモデルとして広く用いられている．

しかし，従来の構造方程式モデルは，標本共分散と内在共分散行列の比較に基づく仮因果モデルの統計的検定によって提供されるため，変数の因果方向を推定することはできない [6] [27] [28]．例えば，図4.1のモデル1，モデル2のように観測変数が2つの場合は，比較する2つのモデルが互いに等価である

ため、2つの変数間の因果方向を見つけることは不可能である。そのため、SEMの因果構造は、モデラーの背景知識と経験に依存し、最適性は保証されないことが問題である。

これに対し、近年、観測変数の非ガウス性を用いて、因果方向を発見するための新たな統計的手法LiNGAMが提案された [35]。

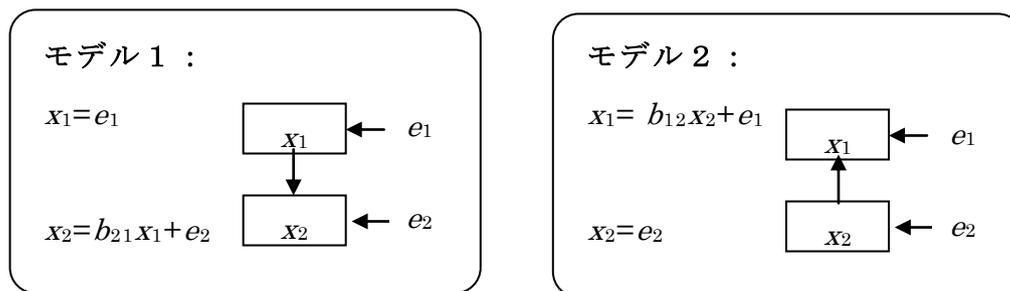


図 4.1 データ行列 X のデータ生成過程からランダムに生成されたモデル ($b_{21}, b_{12} \neq 0$). ここで、 e_1 と e_2 は独立な潜在変数

4.2.2 非ガウス性を活用する因果構造探索法

観測変数の非ガウス性を活用するとは、例えば、前節のモデル1、モデル2において e_1 と e_2 がガウスの場合にはどちらのモデルも同じガウス分布 (図4.2の左) となるが、 e_1 と e_2 が非ガウス (一様分布) の場合は異なる分布 (図4.2の右) となり、パス係数行列 B を識別することが可能となる [37]。

近年、非ガウス因果構造探索の適用されている分野として、脳科学 (Smith et al. [40])、遺伝子 (Bühlmann et al. [7])、経済 (Moneta et al. [20])、心理学 (Takahashi et al. [43]) などがある。しかし、教育の分野においては、まだ見当たらない。

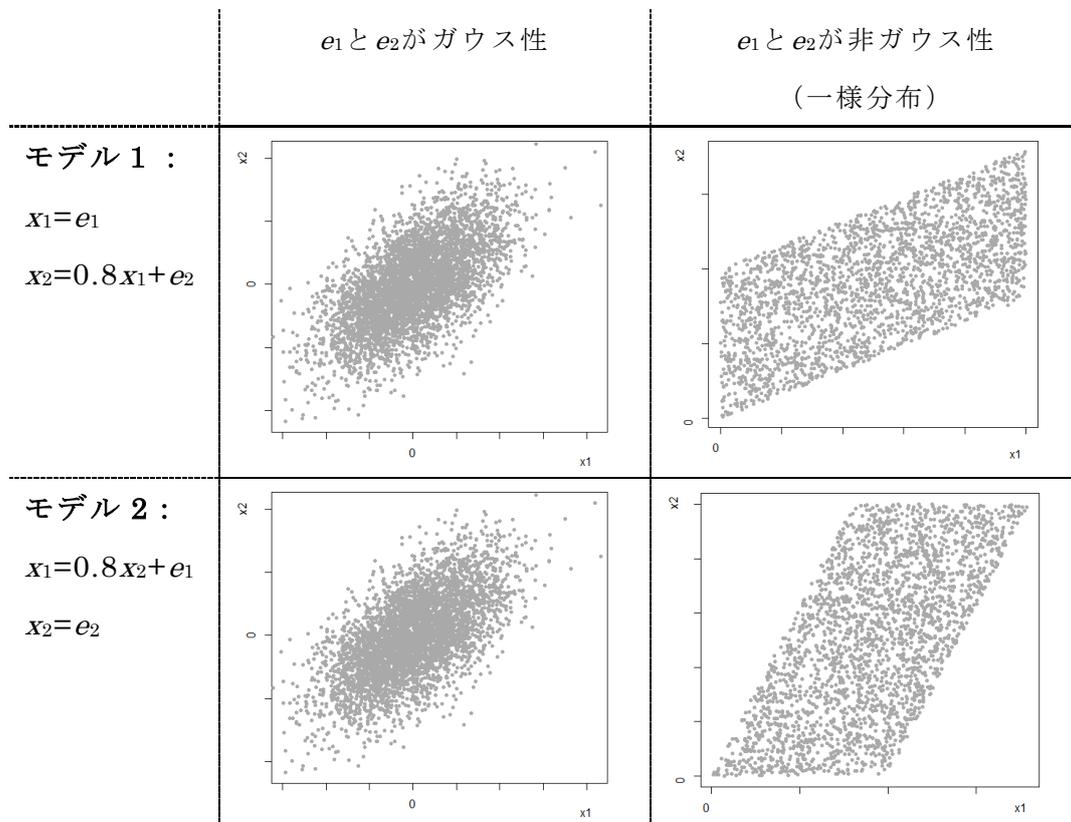


図 4.2 外生変数 e_1 と e_2 のガウス性および非ガウス性によるモデルの分布
(参考 : Shimizu 2012 日本行動計量学会第 40 回大会チュートリアル資料)

4.3 LiNGAM

本節では、LiNGAM (Liner Non-Gaussian Acyclic Model) および LiNGAM の構造探索アルゴリズムである DirectLiNGAM と PkDirectLiNGAM について紹介する.

4.3.1 LiNGAM とは

LiNGAMは、データの生成過程に線形非巡回、外生変数に非ゼロ分散の非ガウス分布を仮定する構造方程式モデルの拡張モデルである [35].

LiNGAMは、データの非ガウス性と独立成分分析を利用することで、構造方程式モデルのパス係数行列 $B=\{b_{ij}\}$ と観測変数の因果的順序 $k(i)$ をデータから一意に推定することができる.

まず、 p 次元の観測変数ベクトルを x 、 p 次元の誤差変数ベクトルを e とし、観測変数 x_i の因果的順序を $k(i)$ とすると、LiNGAMは次の式で表される.

$$x_i = \sum_{k(j)<k(i)} b_{ij} x_j + e_i + c_i \quad (1)$$

ここで、定数項 c_i は、 x_i の切片を表す. また、式 (1) は行列を用いて次のように表される.

$$x = Bx + e \quad (2)$$

非巡回性の仮定により、パス係数行列 B は、観測変数の因果的順序 $k(i)$ に従って行と列を同時に並べ替えると、厳密な下三角形行列 (すなわち、対角線上のすべてが0の下三角形行列) に変形できる [6]. 式 (2) は、 $A=(I-B)^{-1}$ を用いて次のように表すことができる.

$$x = Ae = (I - B)^{-1} e \quad (3)$$

ここで、 A は因果的順序 $k(i)$ に従って下三角形行列 (この場合、厳密な下三角形行列ではなく、対角要素は非0になる) に並べ替えることができる.

変数 x_i は、モデル内の他の全ての変数 x_j ($j \neq i$) から変数 x_i への有向パスが存在しないとき、外生変数と呼ばれる. 非巡回の仮定および推定に必要な変数が全て観測されていると仮定すると、どのようなモデルの場合についても、外

生変数は少なくとも1つ存在する [37].

4.3.2 DirectLiNGAM アルゴリズム

LiNGAMの構造探索アルゴリズムの1つとして、DirectLiNGAMと呼ばれるアルゴリズムが提案されている [38]. DirectLiNGAMは、(1) 単回帰、(2) 変数と誤差の独立性評価、の2つを繰り返し、モデルが正しくサンプルサイズが十分であれば、変数の数と同じステップ数で正しい解に収束することが保証されている。また、DirectLiNGAMは、外生変数が事前知識に基づいて同定される場合、その事前知識を利用することによって、より正確に迅速に推定できることが特徴である [11].

本章では、事前知識としてループリックの活用方法を外生変数、また、目標志向性以外を内生変数、そして、目標志向性をどちらとも判断できない変数として、DirectLiNGAMアルゴリズムにより因果構造をデータから推定する。

4.3.3 PkDirectLiNGAM アルゴリズム

DirectLiNGAM [38] は、構造上の予備知識を必要としないが、構造の一部がいくつかの事前知識に基づいて同定される場合、その事前知識を利用することによって、より効率的な推定ができる。

DirectLiNGAMの事前知識として利用する行列 $A^{knw} = [a_{ji}^{knw}]$ は次のように定義されている。

$$a_{ji}^{knw} := \begin{cases} 0 & x_i \text{ から } x_j \text{ への有向パスがない. すなわち } a_{ji} = 0 \\ 1 & x_i \text{ から } x_j \text{ への有向パスがある. すなわち } a_{ji} \neq 0 \\ -1 & \text{上の2つのどちらが正しいかを判断できる事前知識がない.} \end{cases}$$

この事前知識を用いる DirectLiNGAM アルゴリズムを PkDirectLiNGAM (Prior knowledge Direct LiNGAM) アルゴリズム [15] と呼ぶ。

4.4 LiNGAM による因果モデルの構築

ループリックの活用による学習観，学習動機，学習方略および目標志向性に与える影響をさらに深く分析するため，第3章の因子分析によって抽出された各因子を構成する下位尺度と，学習課題の成績，および事後テストを変数として扱い，変数間の因果モデルを観測データより推定した．因果構造分析には，因果方向を決定する際に，モデラーの主観に依存しないことを重視し，LiNGAM [37] を適用した．

質的変数であるループリックの活用方法（2つの提示方法×3つの作成方法）に対して，該当する活用方法を用いた群に属する場合は 1，その他の場合は 0 として，ダミー変数化している．また，量的変数として「習得目標」，「遂行接近目標」，「遂行回避目標」，「自己効力感」，「内発的価値」，「構成主義的学習観」，「認知方略」，「自己調整方略」，「学習課題の成績」，および「事後テスト」を用いた．因果構造探索には，Shimizu [39] によって提供されている DirectLiNGAM アルゴリズムを実装した MATLAB パッケージ（Version1.2）を利用した．

4.4.1 分析方法

実験調査で得られたデータをもとに未回答，未提出のものを除き，事前事後テスト，学習課題，質問紙の回答全てが整っている学習者（実験 1 は 43 名，実験 2 は 50 名）を分析の対象とした．

LiNGAM [39] に，観測データおよび事前知識を入力し，DirectLiNGAM アルゴリズムによってパス係数行列 B ，誤差変数，定数項を出力した．

LiNGAM で分析するデータ（Excel ファイル）を縦に観測変数，横に観測対象（学習者の識別コード）を並べた多変量データ行列（図 4.3）とする．ここで，観測変数はループリックの活用方法 `rubric`，習得目標 `goal1`，遂行接近目標 `goal2`，遂行回避目標 `goal3`，学習観 `learning`，自己効力感 `motivation1`，内発的価値 `motivation2`，認知方略 `strategie1`，自己調整方略 `strategie2`，学習課題 (`closeend`, `openend`)，事後テスト `posttest` とする．各要素は，因子を構成

する質問項目の得点の平均値とする．ここで，ルーブリックの活用方法は「提示方法」と「作成方法」を組み合わせた6つの活用方法をそれぞれダミー変数化している．（例えば，パス上の数値は課題前の提示，教師と学生の作成を1とし，それ以外は0）．

事前知識としてルーブリックの活用方法を外生変数，また，目標志向性以外を内生変数，そして，目標志向性をどちらとも判断できない変数とし，学習観と学習動機は因果の方向が判断できない変数とした．

多変量データの一部および事前知識の行列を以下に示す．

		学習者1	学習者2	学習者3	学習者4	学習者5										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
		st1	st2	st3	st4	st5	st6	st7	st8	st9	st10	st11	st12	st13	st14	st15	
活用方法	rubric	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	
目標志向性	goal1	3.67	3.33	4.33	3	2.33	4	4.33	4.67	3	4.33	4.33	3	4	5	3.67	
	goal2	3.67	2	3.33	3	3.33	4	4.67	5	3.33	4.67	4	2.67	1	5	4.33	
	goal3	4	3	4	4.33	3	4	5	3.67	3	4.33	4	4.33	3.33	2.33	4.33	
学習観	learning	4.4	3.8	4	3	3.8	3.8	4.4	3	4	3.8	4.2	4	3.8	5	4.2	
学習動機	motivation1	1.25	2.25	3	1	1	3	3	3.25	3	1.25	3.5	2.5	2.5	3	2.25	
	motivation2	1.33	2.67	3.33	2.33	1.67	3.67	4.33	4.67	3	3.67	4	4	3.67	5	3.67	
学習方略	strategie1	4.25	3.75	3	3	3.5	3.75	4.5	3	3.75	3.75	4.5	4	3.25	5	4.25	
	strategie2	4.67	3	3	3	3.67	4	5	2.67	3.33	3	4.33	3.67	3	5	4	
課題成績	closeend	2.68	5	2.79	4.33	4.84	3.73	2.35	5	1	2.32	3.23	2.78	2.36	2.99	2.12	
事後テスト	posttest	2.5	3.5	0.5	2	2.5	2.5	4.5	3	0	2	2.5	2	3.5	1.5	3.5	

図 4.3 多変量データの一部（実験 1）

		活用方法	目標志向性			学習観	学習動機		学習方略		学習課題成績	事後テスト	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
		rubric	goal1	goal2	goal3	learning	motivation1	motivation2	strategie1	strategie2	closeend	posttest	
活用方法	rubric	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
目標志向性	goal1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	goal2	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	goal3	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	
学習観	learning	1	1	1	1	0	-1	-1	0	0	0	0	
学習動機	motivation1	1	1	1	1	-1	0	-1	0	0	0	0	
	motivation2	1	1	1	1	-1	-1	0	0	0	0	0	
学習方略	strategie1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
	strategie2	1	1	1	1	1	1	1	-1	0	0	0	
課題成績	closeend	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
事後テスト	posttest	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	

図 4.4 事前知識の行列（実験 1）

次に、観測データおよび事前知識を入力し、LiNGAMによって出力された結果のパス係数行列 $B=\{b_{ij}\}$ を表4.1、表4.2に示す。ここで、各成分 b_{ij} は変数 x_j から変数 x_i への結合強度を表わしている。

表4.1 LiNGAMのパス係数行列 B ，誤差変数，定数項（実験1）

(a) 提示：課題実施前，作成：教師のみ

パス係数行列 B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	誤差変数	定数項
1 提示・作成	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.35	0.14
2 習得目標	-0.68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.64	4.01
3 遂行接近	0.08	0.60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.93	0.76
4 遂行回避	0.05	-0.09	0.46	0	0	0	0	0	0	0	0	0.77	2.56
5 構成主義的学習観	0.23	0.15	0.24	-0.41	0	0	0	0	0	0	0	0.39	4.30
6 自己効力感	0.75	0.41	0.07	-0.36	0.29	0	0	0	0	0	0	0.83	0.67
7 内発的価値	-0.06	0.18	0.25	-0.25	-0.03	0.22	0	0	0	0	0	0.70	2.71
8 認知方略	-0.26	0.08	-0.05	0.27	0.54	-0.06	0.21	0	0	0	0	0.49	-0.19
9 自己調整方略	-0.43	0.13	-0.08	0.16	0.44	0.07	0.16	0.03	0	0	0	0.56	-0.14
10 クローズエンドな課題	0.57	-0.22	0.07	-0.31	-0.19	0.01	0.06	0.79	-0.17	0	0	0.84	4.23
11 事後テスト	0.31	0.26	0.01	-0.26	-0.32	0.02	0.22	0.13	0.10	0.53	0	0.63	1.62

(b) 提示：課題実施前，作成：教師と学生

パス係数行列 B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	誤差変数	定数項
1 提示・作成	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.35	0.14
2 習得目標	-0.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.68	3.93
3 遂行接近	0.31	0.59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.92	0.75
4 遂行回避	0.10	-0.10	0.46	0	0	0	0	0	0	0	0	0.77	2.59
5 構成主義的学習観	-0.52	0.08	0.25	-0.40	0	0	0	0	0	0	0	0.36	4.56
6 自己効力感	0.26	0.27	0.02	-0.27	0.50	0	0	0	0	0	0	0.86	0.26
7 内発的価値	-0.17	0.19	0.27	-0.27	-0.10	0.22	0	0	0	0	0	0.70	3.03
8 認知方略	-0.08	0.14	-0.03	0.23	0.47	-0.08	0.21	0	0	0	0	0.49	-0.05
9 自己調整方略	0.40	0.22	-0.12	0.16	0.52	0.01	0.16	0.08	0	0	0	0.56	-0.93
10 クローズエンドな課題	0.16	-0.31	0.03	-0.21	-0.01	0.07	0.09	0.74	-0.25	0	0	0.86	3.93
11 事後テスト	0.46	0.22	-0.07	-0.15	-0.06	0.04	0.25	0.11	0.01	0.54	0	0.62	0.68

(c) 提示：課題実施前，作成：学生のみ

パス係数行列 B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	誤差変数	定数項
1 提示・作成	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.39	0.19
2 習得目標	0.31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.67	3.86
3 遂行接近	0.06	0.58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.93	0.83
4 遂行回避	-0.53	-0.05	0.47	0	0	0	0	0	0	0	0	0.74	2.49
5 構成主義的学習観	0.06	0.10	0.23	-0.40	0	0	0	0	0	0	0	0.40	4.47
6 自己効力感	0.29	0.25	0.03	-0.28	0.39	0	0	0	0	0	0	0.86	0.78
7 内発的価値	0.27	0.17	0.23	-0.23	-0.04	0.20	0	0	0	0	0	0.70	2.75
8 認知方略	0.04	0.14	-0.04	0.25	0.50	-0.08	0.21	0	0	0	0	0.49	-0.19
9 自己調整方略	0.19	0.20	-0.07	0.12	0.36	0.02	0.14	0.07	0	0	0	0.57	-0.09
10 クローズエンドな課題	-1.18	-0.29	0.10	-0.33	-0.08	0.11	0.15	0.76	-0.14	0	0	0.75	3.85
11 事後テスト	-0.43	0.19	0.02	-0.27	-0.26	0.07	0.26	0.16	0.08	0.46	0	0.62	1.77

(d) 提示：課題実施後，作成：教師のみ

パス係数行列B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	誤差変数	定数項	
1 提示・作成	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.35	0.14
2 習得目標	-0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.68	3.92
3 遂行接近	-0.21	0.59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.93	0.86
4 遂行回避	-0.52	-0.10	0.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75	2.70
5 構成主義的学習観	-0.01	0.11	0.24	-0.41	0	0	0	0	0	0	0	0	0.40	4.49
6 自己効力感	0.05	0.27	0.05	-0.30	0.40	0	0	0	0	0	0	0	0.87	0.73
7 内発的価値	0.20	0.19	0.25	-0.23	-0.03	0.21	0	0	0	0	0	0	0.70	2.61
8 認知方略	-0.02	0.14	-0.04	0.24	0.51	-0.08	0.22	0	0	0	0	0	0.49	-0.19
9 自己調整方略	0.06	0.21	-0.07	0.11	0.37	0.03	0.15	0.07	0	0	0	0	0.57	-0.17
10 クローズエンドな課題	0.27	-0.31	0.05	-0.20	-0.07	0.07	0.07	0.74	-0.24	0	0	0	0.85	4.15
11 事後テスト	0.09	0.21	0.00	-0.20	-0.25	0.05	0.22	0.09	0.06	0.54	0	0	0.64	1.52

(e) 提示：課題実施後，作成：教師と学生

パス係数行列B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	誤差変数	定数項	
1 提示・作成	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.39	0.19
2 習得目標	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.68	3.91
3 遂行接近	-0.18	0.59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.93	0.84
4 遂行回避	0.62	-0.12	0.48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.73	2.52
5 構成主義的学習観	-0.05	0.11	0.23	-0.40	0	0	0	0	0	0	0	0	0.40	4.47
6 自己効力感	-0.37	0.29	0.02	-0.26	0.39	0	0	0	0	0	0	0	0.86	0.73
7 内発的価値	-0.41	0.22	0.21	-0.20	-0.04	0.18	0	0	0	0	0	0	0.69	2.70
8 認知方略	0.02	0.14	-0.04	0.24	0.51	-0.08	0.22	0	0	0	0	0	0.49	-0.21
9 自己調整方略	0.04	0.21	-0.06	0.10	0.37	0.03	0.16	0.07	0	0	0	0	0.57	-0.17
10 クローズエンドな課題	-0.03	-0.32	0.05	-0.23	-0.08	0.07	0.07	0.74	-0.23	0	0	0	0.86	4.25
11 事後テスト	-0.40	0.24	-0.03	-0.18	-0.26	0.04	0.18	0.09	0.07	0.54	0	0	0.62	1.66

(f) 提示：課題実施後，作成：学生のみ

パス係数行列B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	誤差変数	定数項	
1 提示・作成	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.41	0.21
2 習得目標	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.67	3.86
3 遂行接近	-0.01	0.59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.93	0.82
4 遂行回避	0.18	-0.12	0.46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.77	2.63
5 構成主義的学習観	0.23	0.08	0.24	-0.42	0	0	0	0	0	0	0	0	0.39	4.54
6 自己効力感	-0.63	0.31	0.00	-0.22	0.55	0	0	0	0	0	0	0	0.83	-0.05
7 内発的価値	0.12	0.18	0.26	-0.26	-0.06	0.23	0	0	0	0	0	0	0.70	2.85
8 認知方略	0.19	0.12	-0.03	0.22	0.45	-0.06	0.21	0	0	0	0	0	0.49	0.04
9 自己調整方略	-0.26	0.23	-0.09	0.13	0.43	0.00	0.16	0.10	0	0	0	0	0.57	-0.48
10 クローズエンドな課題	0.47	-0.37	0.09	-0.28	-0.20	0.13	0.07	0.68	-0.18	0	0	0	0.84	4.85
11 事後テスト	0.12	0.19	0.01	-0.22	-0.28	0.07	0.23	0.08	0.07	0.54	0	0	0.64	1.73

表4.2 LiNGAMのパス係数行列B，誤差変数，定数項（実験2）

(a) 提示：課題実施前，作成：教師のみ

パス係数行列B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	誤差変数	定数項
1 提示・作成	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.40	0.20
2 習得目標	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.76	3.66
3 遂行接近	0.65	0.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.89	2.22
4 遂行回避	0.40	0.33	0.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0.66	1.78
5 構成主義的学習観	0.11	0.29	0.14	-0.15	0	0	0	0	0	0	0	0.59	2.67
6 自己効力感	-0.51	0.25	0.16	-0.09	0.23	0	0	0	0	0	0	0.74	0.67
7 内発的価値	-0.35	0.49	0.22	-0.07	0.12	0.29	0	0	0	0	0	0.60	-0.04
8 認知方略	0.05	0.01	0.03	0.05	0.69	0.08	-0.04	0	0	0	0	0.42	0.59
9 自己調整方略	-0.01	0.24	0.06	-0.02	0.20	-0.07	-0.06	0.59	0	0	0	0.60	-0.05
10 オープンエンドな課題	0.26	0.29	-0.07	-0.29	-0.41	0.23	0.04	-0.67	0.55	0	0	1.05	4.85
11 事後テスト	-0.42	0.06	-0.03	0.42	1.18	0.35	-0.42	-0.42	-0.06	0.23	0	1.13	-2.01

(b) 提示：課題実施前，作成：教師と学生

パス係数行列B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	誤差変数	定数項
1 提示・作成	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.35	0.14
2 習得目標	0.28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75	3.63
3 遂行接近	-0.22	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.92	2.31
4 遂行回避	-0.03	0.32	0.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0.67	1.73
5 構成主義的学習観	0.56	0.25	0.16	-0.13	0	0	0	0	0	0	0	0.56	2.63
6 自己効力感	0.08	0.29	0.12	-0.16	0.19	0	0	0	0	0	0	0.76	0.94
7 内発的価値	0.48	0.50	0.21	-0.12	0.01	0.32	0	0	0	0	0	0.59	0.33
8 認知方略	0.29	0.03	0.06	0.04	0.64	0.08	-0.09	0	0	0	0	0.41	0.72
9 自己調整方略	-0.04	0.24	0.06	-0.02	0.20	-0.07	-0.06	0.59	0	0	0	0.60	-0.07
10 オープンエンドな課題	-1.00	0.24	-0.12	-0.24	-0.34	0.16	0.15	-0.49	0.54	0	0	1.01	4.15
11 事後テスト	0.02	0.05	-0.08	0.37	1.15	0.39	-0.37	-0.44	-0.05	0.21	0	1.14	-1.80

(c) 提示：課題実施前，作成：学生のみ

パス係数行列B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	誤差変数	定数項
1 提示・作成	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.37	0.16
2 習得目標	0.30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75	3.62
3 遂行接近	-0.59	0.27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.90	2.27
4 遂行回避	-0.36	0.35	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0.66	1.77
5 構成主義的学習観	-0.18	0.31	0.14	-0.15	0	0	0	0	0	0	0	0.59	2.68
6 自己効力感	0.52	0.22	0.14	-0.11	0.24	0	0	0	0	0	0	0.74	0.67
7 内発的価値	0.24	0.48	0.20	-0.09	0.12	0.31	0	0	0	0	0	0.60	0.01
8 認知方略	0.21	0.00	0.05	0.07	0.71	0.05	-0.06	0	0	0	0	0.41	0.50
9 自己調整方略	0.55	0.20	0.11	0.03	0.30	-0.11	-0.11	0.51	0	0	0	0.57	-0.19
10 オープンエンドな課題	1.60	0.25	0.13	-0.13	-0.06	0.07	-0.14	-0.72	0.29	0	0	0.93	4.31
11 事後テスト	-1.47	0.03	-0.23	0.30	0.92	0.47	-0.24	-0.25	0.08	0.42	0	1.07	-2.38

(d) 提示：課題実施後，作成：教師のみ

パス係数行列B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	誤差変数	定数項
1 提示・作成	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.38	0.18
2 習得目標	-0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.76	3.67
3 遂行接近	-0.02	0.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.93	2.33
4 遂行回避	-0.07	0.32	0.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0.67	1.75
5 構成主義的学習観	-0.24	0.29	0.15	-0.14	0	0	0	0	0	0	0	0.59	2.69
6 自己効力感	0.02	0.29	0.11	-0.16	0.21	0	0	0	0	0	0	0.76	0.90
7 内発的価値	-0.12	0.51	0.19	-0.12	0.08	0.33	0	0	0	0	0	0.61	0.15
8 認知方略	0.01	0.01	0.03	0.05	0.69	0.07	-0.05	0	0	0	0	0.42	0.57
9 自己調整方略	-0.46	0.26	0.07	-0.04	0.15	-0.06	-0.08	0.59	0	0	0	0.57	0.19
10 オープンエンドな課題	-0.47	0.34	-0.02	-0.29	-0.43	0.21	-0.02	-0.60	0.47	0	0	1.04	4.99
11 事後テスト	0.33	0.01	-0.09	0.39	1.18	0.39	-0.35	-0.47	0.00	0.23	0	1.13	-2.06

(e) 提示：課題実施後，作成：教師と学生

パス係数行列B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	誤差変数	定数項
1 提示・作成	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.37	0.16
2 習得目標	-0.60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.73	3.76
3 遂行接近	-0.13	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.93	2.41
4 遂行回避	-0.26	0.29	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0.67	1.92
5 構成主義的学習観	-0.06	0.28	0.15	-0.14	0	0	0	0	0	0	0	0.59	2.68
6 自己効力感	0.02	0.29	0.11	-0.16	0.21	0	0	0	0	0	0	0.76	0.89
7 内発的価値	-0.25	0.48	0.19	-0.13	0.09	0.33	0	0	0	0	0	0.60	0.31
8 認知方略	-0.23	0.00	0.04	0.03	0.69	0.08	-0.07	0	0	0	0	0.41	0.78
9 自己調整方略	0.08	0.25	0.06	-0.01	0.19	-0.07	-0.06	0.60	0	0	0	0.60	-0.12
10 オープンエンドな課題	-1.05	0.23	-0.02	-0.34	-0.30	0.25	-0.09	-0.83	0.58	0	0	1.00	5.78
11 事後テスト	0.23	0.06	-0.08	0.39	1.14	0.38	-0.35	-0.39	-0.07	0.24	0	1.14	-2.14

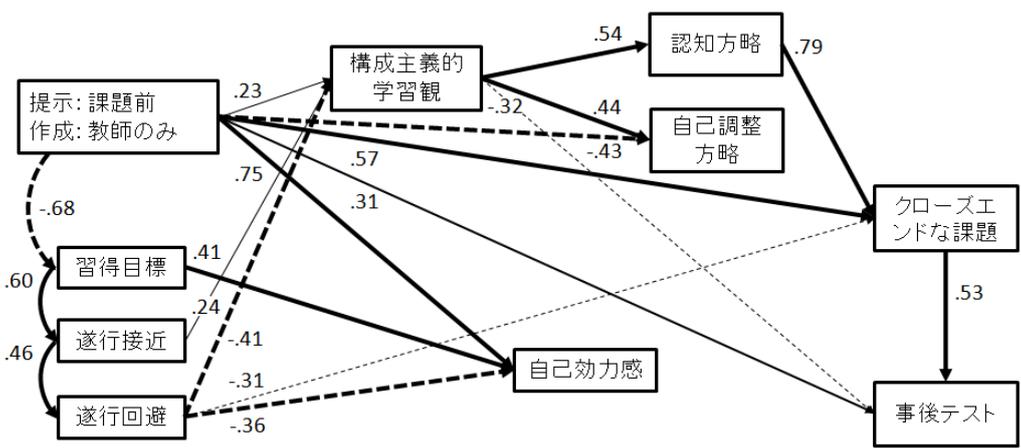
(f) 提示：課題実施後，作成：学生のみ

パス係数行列B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	誤差変数	定数項
1 提示・作成	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.37	0.16
2 習得目標	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.76	3.66
3 遂行接近	0.13	0.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.93	2.31
4 遂行回避	0.23	0.32	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0.67	1.72
5 構成主義的学習観	-0.14	0.28	0.15	-0.12	0	0	0	0	0	0	0	0.59	2.62
6 自己効力感	-0.03	0.29	0.11	-0.16	0.21	0	0	0	0	0	0	0.76	0.91
7 内発的価値	0.13	0.50	0.18	-0.12	0.10	0.33	0	0	0	0	0	0.61	0.08
8 認知方略	-0.25	0.01	0.04	0.07	0.68	0.07	-0.04	0	0	0	0	0.41	0.59
9 自己調整方略	0.01	0.24	0.06	-0.02	0.20	-0.06	-0.06	0.59	0	0	0	0.60	-0.05
10 オープンエンドな課題	0.69	0.32	-0.04	-0.32	-0.45	0.21	-0.02	-0.53	0.55	0	0	1.03	4.62
11 事後テスト	0.82	0.08	-0.10	0.29	1.07	0.41	-0.40	-0.33	-0.02	0.15	0	1.11	-1.67

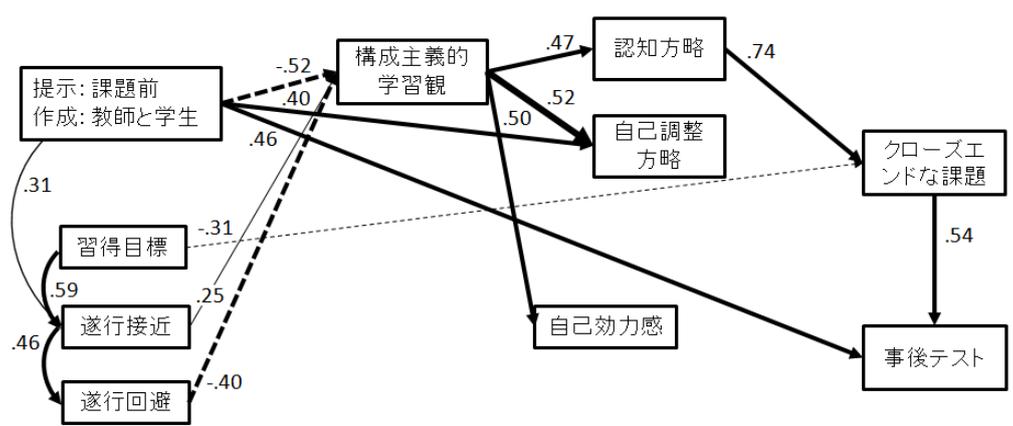
パス係数行列において変数間の結合強度が $b_{ij} > .30$ のパスを抽出し、さらに、学習観の変容を誘発する要因を探するため、構成主義的学習観との結合強度が $b_{ij} > .20$ のパスを抽出し、LiNGAM による因果モデルを有向非巡回グラフで表し

た (図 4.5, 図 4.6). ここで, 結合強度が正の値の場合は実線, 負の値の場合は破線, 絶対値が 0.35 以上の場合は太線で示している.

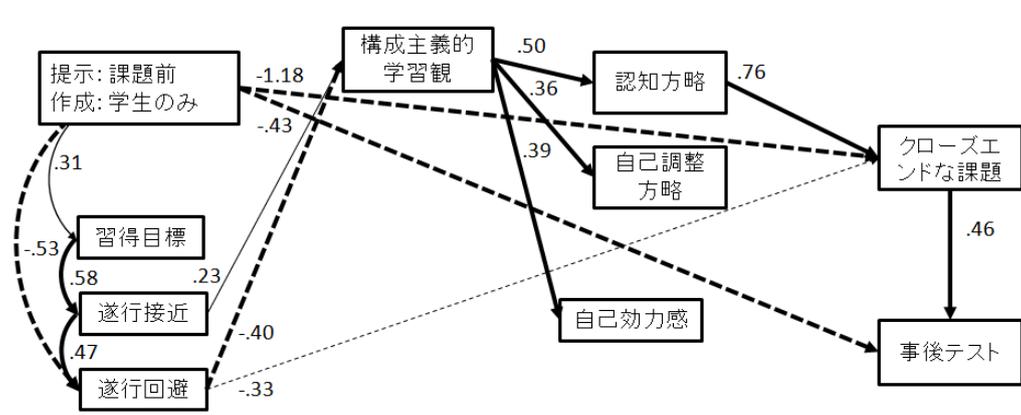
(a) 提示 : 課題実施前, 作成 : 教師のみ



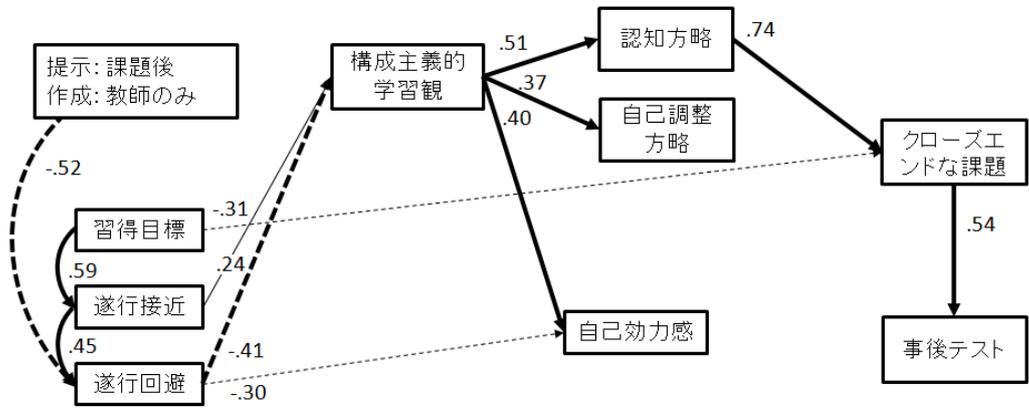
(b) 提示 : 課題実施前, 作成 : 教師と学生



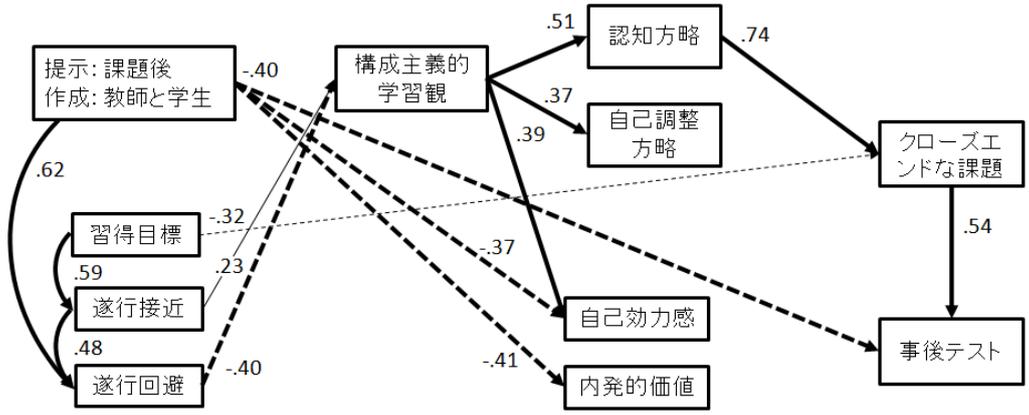
(c) 提示 : 課題実施前, 作成 : 学生のみ



(d) 提示：課題実施後，作成：教師のみ



(e) 提示：課題実施後，作成：教師と学生



(f) 提示：課題実施後，作成：学生のみ

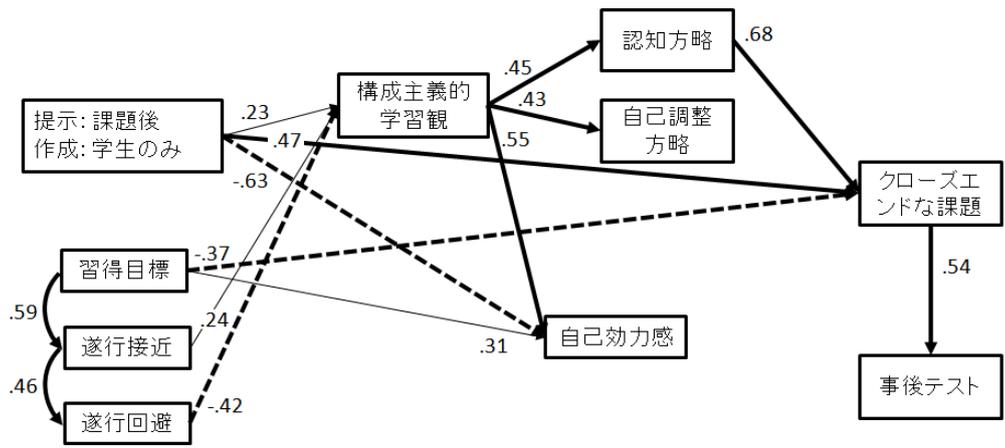


図 4.5 クローズエンドな課題における LiNGAM (実験 1)
ここで、実線は変数間の結合強度が正の値の場合、破線は負の値場合、太線は絶対値が 0.35 以上の場合を示している

4.4.2 結果と考察

(1) クローズエンドな課題における LiNGAM

課題実施前に、教師が作成したルーブリックを提示した場合（図 4.5(a)）、学習観の変容を誘発する可能性を示している。また、この場合、ルーブリックの提示は直接的に動機づけ要因の自己効力感に影響を与えている。課題実施前の提示によって、学習者の目標設定の指標となり、課題に対する自信が高められたと考えられる。

次に、教師と学生によるルーブリックの作成（図 4.5 (b)）は、学習観の変容を抑制していることが明らかになった。学習者の想定する評価基準と教師が求めるものに差があり、学習者は強制と捉え、受動的になったと考えられる。この場合、教師の助言によってルーブリックの作成が直接的に自己調整方略の使用を促している。教師の支援によって、目標設定が明確になり、学習方略の計画が容易になったと考えられる。

そして、学生集団のみでルーブリックを作成した場合（図 4.5 (c)）、学習観、学習動機および学習方略に影響を与えていない。課題実施前に目標設定する機会があったものの、明確な指標が得られないため、互いの合意、目標達成への自信にはつながらなかったと考えられる。

一方、課題実施後は、学生集団のみでルーブリックを作成した場合（図 4.5 (f)）、学習観の変容を誘発する多少の可能性を示している。クローズエンドな課題を実施することによって、学生同士の話し合いで容易に評価基準を設定することができたと考えられる。また、互いの合意による評価基準の設定が、学習観の変容の要因と考えられる。しかし、この場合、動機づけ要因の自己効力感を低めている。また、教師が作成したルーブリックの提示（図 4.5 (d)）、教師と学生によるルーブリック作成（図 4.5(e)）は、学習観の変容に影響を与えていないことが分かる。さらに、教師と学生によるルーブリック作成（図 4.5 (e)）は、自己効力感、および内発的価値の二つの学習動機を低めていることを示している。課題実施前に目標が明確にされていないため、このような結果になったといえる。

クローズエンドな課題では、ルーブリックのどのような活用方法においても、他者の評価を重視する遂行接近目標および遂行回避目標の高い志向性が、学習

観の変容に影響を与えることを示している。高い評価を得たいというポジティブな遂行接近目標の高い志向性は、学習観の変容を誘発する要因となっている、しかし、低い評価を避けたいというネガティブな遂行回避目標の高い志向性の学習観の変容への抑制（負の値）の方が大きいことが分かる。

その反面、課題実施前の教師が作成したルーブリックの提示は、学習プロセスそのものを目的とする習得目標の志向性を低め、自己調整方略の使用を抑えている。また、課題実施後の学生のみでのルーブリックの作成は、自己効力感を低下させている。

一方、構成主義的学習観は、クローズエンドな課題において認知方略および自己調整方略の使用を促進している。また、二つの方略のうち、暗記や理解などの認知方略の使用がクローズエンドな課題の成績を高めていることが分かる（図 4.5 (a)～(f)）。

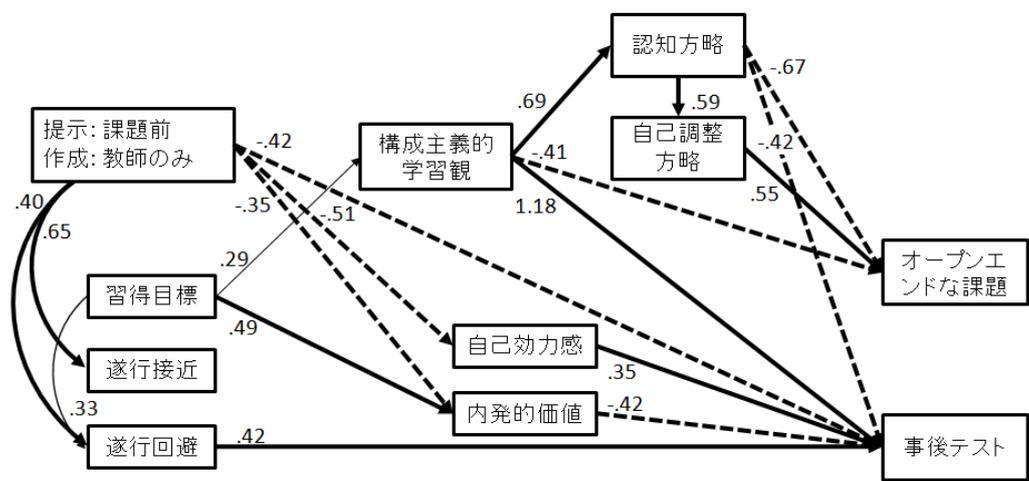
したがって、クローズエンドな課題では、学習観の変容は生じるものの、それは主に遂行接近目標の高い志向性の影響によるものが大きい。そのため、学習に対する有能さを他者に誇示しようとするのが学習目標となり、学習そのものに対する価値や興味を見出す機会が少なかったのではないかと懸念される。これは、動機づけ要因である内発的価値への影響が無いことから分かる（図 4.5 (b)～(f)）。

ところが、課題実施前に学生のみでグループにルーブリックを作成させた場合（図 4.5 (c)）と、課題実施後に教師が作成したルーブリックを提示する場合（図 4.5 (d)）、遂行回避目標の志向性を抑えることが明らかになった。また、表 4.1(c)、表 4.1(d)よりこれら二つの活用方法は、今回の実験で学習観の変容への影響は無かったが、内発的価値に直接的影響を与えていることが分かる。

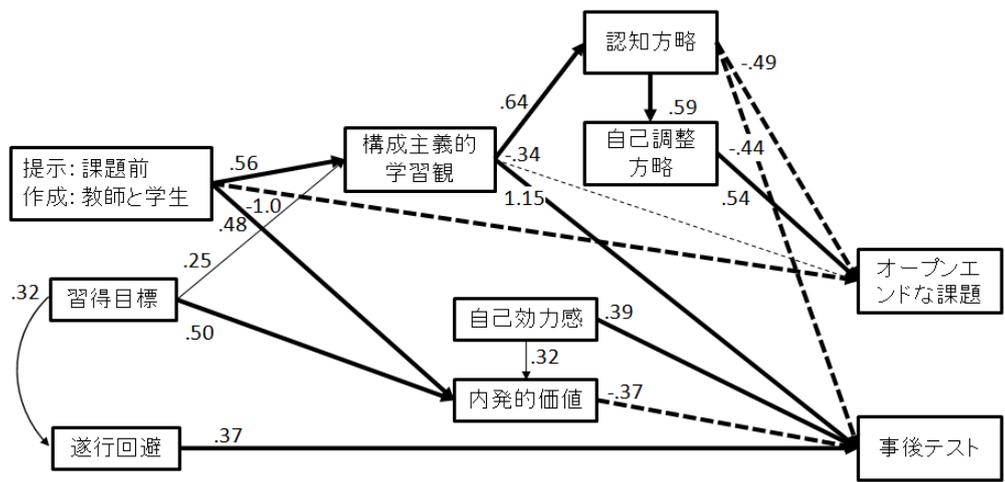
クローズエンドな課題において、課題内容やルーブリックの活用経験などによって、学習者個人の特性である目標志向性を調整し、学習観の変容を誘発する可能性は考えられる。

クローズエンドな課題における各 LiNGAM モデルに対する主な適合度指標が良好であることを表 4.3 に示した。

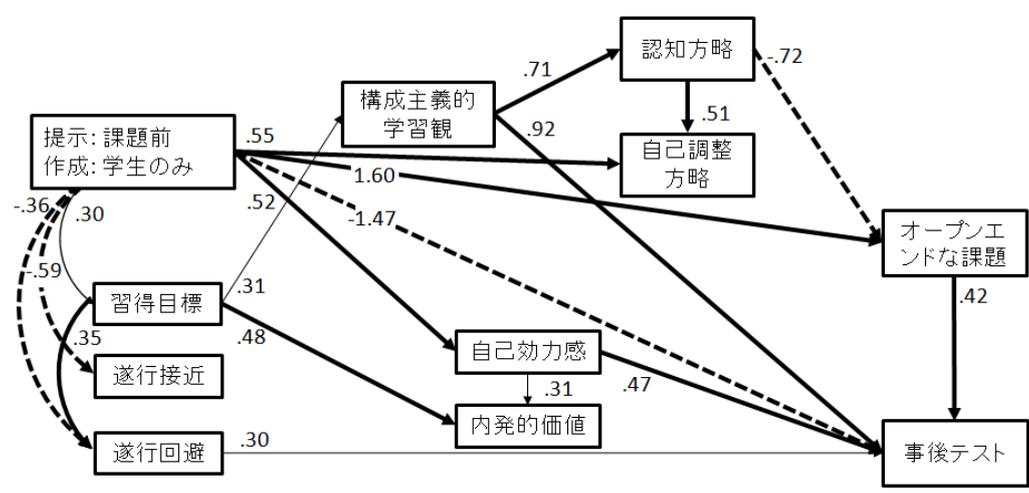
(a) 提示：課題実施前，作成：教師のみ



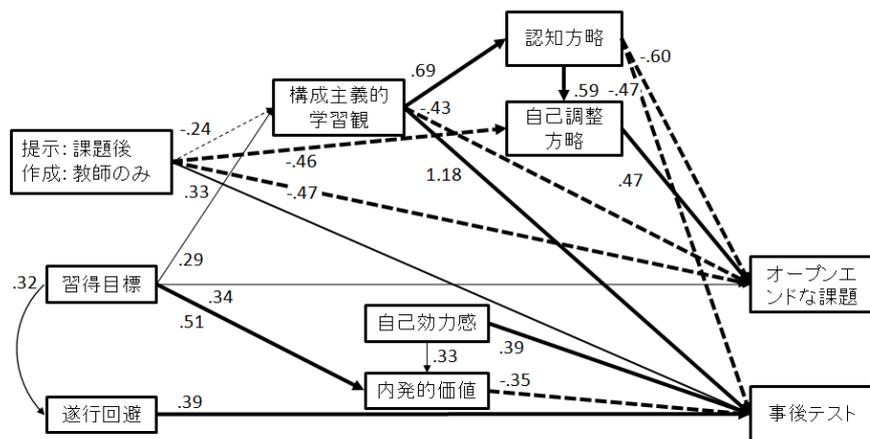
(b) 提示：課題実施前，作成：教師と学生



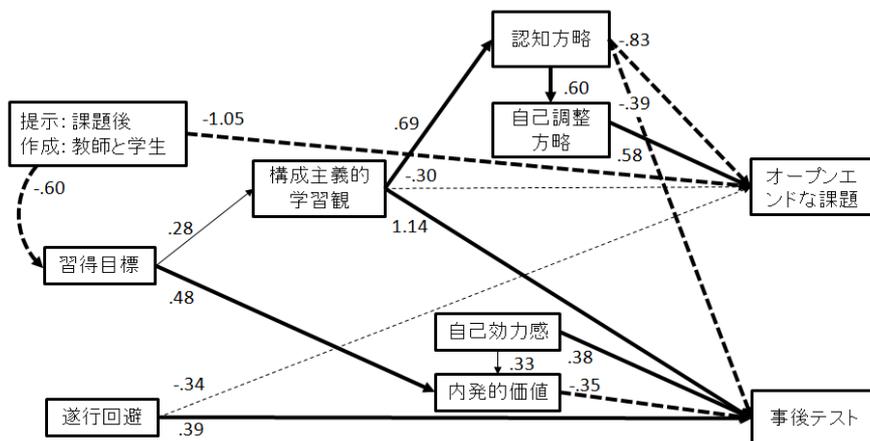
(c) 提示：課題実施前，作成：学生のみ



(d) 提示：課題実施後，作成：教師のみ



(e) 提示：課題実施後，作成：教師と学生



(f) 提示：課題実施後，作成：学生のみ

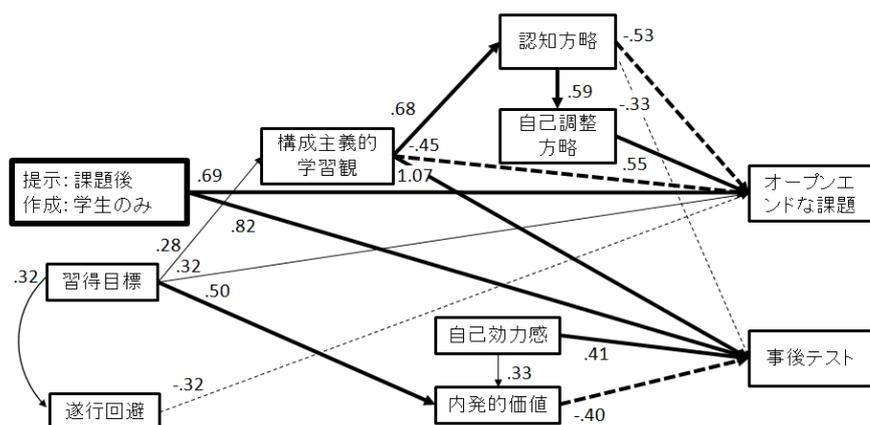


図 4.6 オープンエンドな課題における LiNGAM (実験 2)

ここで，実線は変数間の結合強度が正の値の場合，破線は負の値場合，太線は絶対値が 0.35 以上の場合を示している

(2) オープンエンドな課題における LiNGAM

オープンエンドな課題の因果モデルにおいて、学習観の変容を誘発させるルーブリックの活用方法は、課題実施前に教師と学生の共同でのルーブリックの作成であることが明らかになった(図 4.6(b)). これは、目標設定が難しいオープンエンドな課題では、学習者が主体となってルーブリックを作成する過程で学習者同士のコミュニケーションと、教師の助言が足場かけとなって、明確な目標を調整できたためであると考えられる。

一方、学習者個人の特性である習得目標の高い志向性が学習観の変容を誘発し、内発的価値を高めることが明らかになった(図 4.6(a)~(f)). オープンエンドな課題では、遂行接近目標、遂行回避目標の志向性の影響は受けていないことが分かる。よって、学習目標設定において、学習プロセスを重視した設定が行われたと推測される。

また、課題実施前、学生のみでのグループ作成(図 4.6(c))は、学習観の変容に直接的影響を与えていないが、遂行接近目標、遂行回避目標の志向性を低め、習得目標を高めていることが分かる。

次に、学習動機に注目すると、課題実施前に教師と学生の共同による作成は内発的価値を高め(図 4.6(b))、課題実施前に学生のみでのグループによる作成は自己効力感を高めている(図 4.6(c))ことが分かった。さらに、課題実施前に教師が作成したルーブリックの提示以外(図 4.6(b)~(f))は、自己効力感の向上が内発的価値を高めることが示された。これは、学習者グループおよび教師の援助によって、新たな知識を獲得する機会、共同体における知識の再構成の機会を提供されたことが、内発的価値を向上させたと推測される。

学習方略については、構成主義的学習観への変容によって認知方略の使用が促進されることが明らかになった。また、認知方略の使用にともなって自己調整方略の使用が促されることが示された(図 4.6(a)~(f))。

さらに、オープンエンドな課題の成績は、自己調整方略の使用によって高められることが明らかになった。しかし、課題実施前に学生のみでのグループにルーブリックを作成させた場合(図 4.6(c))は、自己調整方略への直接的な影響が示されているが、実際的にはオープンエンドな課題に対して自己調整方略は使用されていない。また、このルーブリックの活用方法は直接的にオープンエンド

な課題成績に影響を与えている。

したがって、構成主義的学習においては、構成主義的学習観への変容による適切な方略の使用を身につけることが重要であると示唆される。

オープンエンドな課題における各 LiNGAM モデルに対する主な適合度指標が良好であることを表 4.4 に示した。

表 4.3 LiNGAM の各モデルに対する主な適合度指標（実験 1）

提示	作成	$\chi^2(df)$	p値	GFI	AGFI	CFI	RMSEA	SRMR	AIC	BIC
課題実施前	教師のみ	25.030(24)	0.404	0.903	0.777	0.988	0.032	0.105	879.605	948.291
	教師と学生	28.599(25)	0.281	0.893	0.764	0.959	0.058	0.112	788.257	849.899
	学生のみ	28.572(28)	0.435	0.885	0.774	0.994	0.022	0.110	872.497	934.139
課題実施後	教師のみ	25.326(29)	0.661	0.897	0.805	1.000	0.000	0.109	787.602	842.199
	教師と学生	34.321(34)	0.452	0.875	0.758	0.997	0.015	0.119	888.013	954.938
	学生のみ	27.571(27)	0.433	0.875	0.758	0.993	0.022	0.108	786.874	844.994

表 4.4 LiNGAM の各モデルに対する主な適合度指標（実験 2）

提示	作成	$\chi^2(df)$	p値	GFI	AGFI	CFI	RMSEA	SRMR	AIC	BIC
課題実施前	教師のみ	41.996(33)	0.136	0.863	0.726	0.923	0.074	0.125	1087.806	1162.375
	教師と学生	16.406(24)	0.873	0.940	0.863	1.000	0.000	0.072	807.438	868.622
	学生のみ	30.345(31)	0.500	0.902	0.792	1.000	0.000	0.111	1178.708	1262.837
課題実施後	教師のみ	14.174(22)	0.895	0.947	0.867	1.000	0.000	0.067	814.276	879.285
	教師と学生	27.646(25)	0.324	0.905	0.792	0.977	0.046	0.102	815.279	874.552
	学生のみ	16.939(24)	0.851	0.939	0.860	1.000	0.000	0.076	811.017	872.202

4.5 結言

本章では、ルーブリックの学習の成立における重要要因に与える影響を、モデラーの背景知識や経験への依存を避け、LiNGAM [39] を適用することによって、変数間の因果モデルを観測データのみから推定する手法を試みた。

その結果、次のことが明らかになった。

(1) ルーブリックの目標志向性への影響

ルーブリックの活用方法が学習者個人の特性である目標志向性に影響を与える外生変数であることが示された。オープンエンドな課題では、習得目標の高い志向性が学習観の変容を誘発する要因となり、クローズエンドな課題では、遂行回避目標の高い志向性が学習観の変容を抑制する。また、どちらの課題においても、課題実施前に学習者のみの集団にルーブリックを作成させると、遂行回避目標の志向性を低められる。

(2) ルーブリックの学習観の変容への影響

学習観の変容を最も誘発するのは、オープンエンドな課題を用いて、課題実施前に教師と学習者の共同でルーブリックを作成した場合である。クローズエンドな課題において、課題実施前に教師と学習者の共同でのルーブリック作成は、学習観の変容を妨げる。

(3) ルーブリックの学習動機の影響

オープンエンドな課題では、課題実施前の教師と学習者の共同による作成は内発的価値を高め、学習者のみの集団による作成は自己効力感を高める。さらに、自己効力感の向上によって、内発的価値が高まる。

クローズエンドな課題では、課題実施前の教師が作成したルーブリックの提示は、直接的に自己効力感を高める。しかし、内発的価値を伴わない。

(4) 学習観の変容と学習方略、課題成績の関係

オープンエンドな課題を用いた場合、構成主義的学習観への変容によって認知方略の使用が促進される。また、認知方略の使用に連動してメタ認知方略を含む自己調整方略の使用を促すことが示された。そして、オープンエンドな課題成績は、ほとんどの場合、認知方略のみではなく自己調整方略の使用によっ

て高められる。

クローズエンドな課題では、構成主義的学習観は、認知方略および自己調整方略の両方を促進している。しかし、クローズエンドな課題成績は、認知方略の使用のみで高められる。

一方、Pintrich and De Groot [30] が示したような学習動機づけによる学習方略への大きな影響は、ルーブリックの活用によっては示されなかった。けれども、構成主義的学習観への変容によって学習方略の使用への影響が示されたことは、学習者にとって、まず学習とは何かを明確にすることが学習方略の使用を身につけるために重要であることが示唆される。

以上より、オープンエンドな課題を用いた場合、SEMを用いた分析と同様に本論の仮説(1), (2)の前半部分, (3), (4)が成り立つことが示された。すなわち、課題実施前に教師と学習者集団の共同によるルーブリックの作成が、構成主義的学習観への変容を誘発する可能性が最も高い活用方法であることが示された。また、その方法は、学習動機、学習方略の使用など、構成主義的学習において最も影響を与えるルーブリックの活用方法であることが明らかになった。

さらに、LiNGAMの適用によって、クローズエンドな課題を用いた場合、課題実施前に教師が作成したルーブリックを提示した群以外は、構成主義的学習観への認識を高めた学習者は学習課題に対する自信（自己効力感）を向上させたことが新たに明らかになった。これは、仮説(2)の学習動機の向上によって学習観の変容が促されるとは逆の相乗効果が得られことになる。大変興味深い結果が得られた。また、オープンエンドな課題においては認知方略の使用に連動して自己調整方略の使用が促進されることが明らかになった。認知方略のみでは今回のオープンエンドな課題は遂行が困難であることが分かった。一方、学習課題の形式によって学習者の目標志向性が変化し、学習観の変容を抑制する場合があるが、ルーブリックの活用により、目標志向性を調整できる可能性が示唆された。

第5章 結言

5.1 総括

本研究では、構成主義的学習観の育成において、それを実現できる手法としてルーブリックの活用方法を調査した。学習観が学習者の評価観に密接に関係していることを利用し、ルーブリックの活用方法（提示方法・作成方法）の違いが学習者に与える影響をクローズエンドな課題、オープンエンドな課題を用いて実証的に分析した。その結果、次のことを明らかにした。

第一に、従来の因果構造探索法SEMを用いた因果モデルにおいて、(1) 学習課題の形式によって、学習者の目標志向性が変化して学習観の変容を抑制する場合があるが、ルーブリックを用いることにより、課題によらず学習観の変容を直接的に誘発できる、(2) オープンエンドな課題では、課題実施前の提示、および教師と学習者の共同でルーブリックを作成した場合、最も学習観の変容を誘発する、(3) オープンエンドな課題では、構成主義的学習観への変容によって、認知方略およびメタ認知方略を含む自己調整方略の使用が促進され、学習課題の成績が向上する、(4) オープンエンドな課題では、学習者がルーブリックの作成に参加することによって構成主義的学習に対する内発的価値を高め、学習動機を向上させる、(5) オープンエンドな課題では、課題実施前にルーブリックを提示することによって、直接的に学習方略の使用を促進させる、ことを示した。

第二に、データの非ガウス性を利用することで、従来よりも多くの因果構造を同定可能とした最新の手法 LiNGAM [39] を適用した因果モデルにおいて、(1) 学習観の変容を最も誘発するのは、オープンエンドな課題を用いて、課題実施前に教師と学習者の共同でルーブリックを作成した場合である、(2) オープンエンドな課題では、課題実施前の教師と学習者の共同による作成は学習に対する内発的価値を向上させ、学習者のみの集団による作成は目標達成への自信を高める、一方、クローズエンドな課題では、内発的価値を伴わないで自信

を高める、(3) オープンエンドな課題では、新しい学習観への変容によって認知方略の使用に連動して自己調整方略の使用が促進される、(4) ルーブリックの活用は学習者個人の特性である目標志向性に影響を与える、ことを示した。

以上より、オープンエンドな課題を用いた場合、SEMを用いた分析と同様にLiNGAMの分析においても、本論の仮説(1)、(2)の前半部分、(3)、(4)が成り立つことが示された。すなわち、課題実施前に教師と学習者集団の共同によるルーブリックの作成が、構成主義的学習観への変容を誘発する可能性が最も高い活用方法であることが示された。また、その方法は、学習動機、学習方略の使用など、構成主義的学習において最も影響を与えるルーブリックの活用方法であることが明らかになった。

そして、LiNGAMを適用することによって、モデラーの背景知識、経験からでは、仮定できなかつた変数間の因果関係を見つけることが可能となった。すなわち、LiNGAMの分析によって、次のことが新たに明らかになった。

- ・クローズエンドな課題を用いた場合、課題実施前に教師が作成したルーブリックを提示した群以外は、構成主義的学習観への認識を高めた学習者は学習課題に対する自信（自己効力感）を向上させる。
- ・オープンエンドな課題においては認知方略に連動して自己調整方略の使用が促進される。
- ・学習課題の形式によって学習者の目標志向性が変化し、学習観の変容を抑制する可能性があるが、ルーブリックの活用により、目標志向性を調整できる可能性がある。

本研究において、調査対象とした学習者は、高校を卒業し専門学校に入学して3ヶ月が経った程度で、個人の認識論における二項対立主義（普遍的知識を信じている段階）から多項主義（知識の多様性と不確実性を認識し始めている段階）の発達段階にあると考えられる学習者であるが、彼らがこれまでの知識注入主義の一斉授業の形態ではなく、ルーブリックを活用した授業を経験することによって学習観の変容を誘発したことは、この発達段階においてルーブリックの活用を継続することで構成主義的学習観を育成し、自ら学ぶ（知識を構成する）構成主義的学習の実現が期待される。

5.2 今後の展開

本論は、構成主義的学習観への変容を最も誘発するのは、オープンエンドな課題を用いて、課題実施前に教師と学習者の共同でループリックを作成した場合であることを示した。しかし、この活用方法によって得られる効果を一般化するには、一つにオープンエンドな課題において多様な課題内容を用いてのさらなる実験を重ねていくことが必要とされる。また、学習者の他の発達段階においても検討することが必要とされる。例えば、中高校生や大学院生においても、同様のループリックの活用方法によって、同じ結果が得られるかを再度検討する必要がある。そこで、この二つを今後の課題としたい。

そして、今後は、長期的な実験計画とともに、ループリックの質に関する着目していきたい。

さらに、構成主義的学習観を問う尺度について「構成主義に関わる信念を測定する方法は、長時間の面接 [4] [29]、学習状況を想定させた自由記述式の質問票 [18] から推測する以外には確立されていない。その一因には、構成主義の中核概念である”知識を構成する”という側面をあらかじめ自己評価によって測定することが容易でないという方法論上の困難さがある。」[25] という。そこで、今後の展開として、構成主義的学習観を測定する質問項目の改善し、尺度構成を行うことを挙げたい。

一方、本研究で用いた分析手法LiNGAMについて、LiNGAMのコードをオープン化されていることに感謝し、教育、心理学などの分野における分析手法として確立し発展していくことを期待したい。

引用文献

- [1] Arief, D. L., Shun, L. (2008) The role of self-efficacy, task value, and achievement goals in predicting learning strategies, task disengagement, peer relationship, and achievement outcome. *Contemporary Educational Psychology*, 33(4):486-512
- [2] 朝野熙彦, 鈴木督久, 小島隆矢 (2005) 入門共分散構造分析の実際, 講談社, 東京
- [3] Bandura, A. (1977) Self-efficacy : Toward a Unifying Theory of Behavioral Change. *Psychological Review*, 84(2):191-215
- [4] Belenky, M., Clinchy, B. M., Goldberger, N., and Tarule, J. (1986) Women's ways of knowing: The development of self, voice, and mind. Basic Books, New York.
- [5] Bereiter, C. (2002) Education and mind in the knowledge age. Lawrence Erlbaum Associate, Mahwah, NJ.
- [6] Bollen, K. A. (1989) Structural equations with latent variables. John Wiley and Sons, North Carolina
- [7] Bühlmann, P. (2013) Causal statistical inference in high dimensions. *Mathematical Methods of Operations Research*, 77(3):357-370
- [8] Dweck, C.S. (1986) Motivational processes affecting learning. *American Psychologist*, 41:1040-1048,
- [9] Elliot, A. J. and Harackiewicz, J. M. (1996) Approach and Avoidance Achievement Goals and Intrinsic Motivation: A Mediational Analysis. *Journal of Personality and Social Psychology*, 70:461-475
- [10] Elliot, A. J. and Church, M. A. (1997) A hierarchical Model of Approach and Avoidance Achievement Motivation. *Journal of Personality and Social Psychology*, 71:218-232
- [11] Hoyer, P. O., Shimizu, S., Kerminen, A., and Palviainen, M. (2008) Estimation of causal effects using liner non-gaussian causal model with hidden variables, *Int. J. Approximate Reasoning*, 49(2):362-378
- [12] Hofer, B. K., and Pintrich, P.R. (1997) The Development of epistemological theories : Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning.

Review of Educational Research, 67:88-140

- [13] 市川伸一, 堀野緑, 久保信子 (1998) 学習方法を支える学習観と学習動機 市川伸一 (編) 認知カウンセリングから見た学習方法の相談と指導. ブレーン出版, 東京
- [14] 伊藤崇達 (1996) 学業達成場面における自己効力感, 原因帰属, 学習方略の関係. 教育心理学研究, 44(3):340-349
- [15] Inazumi, T., Shimizu, S. and Washio, T. (2010) Use of prior knowledge in a non-Gaussian method for learning linear structural equation models. International Conference on Latent Variable Analysis and Signal Separation (LVA/ICA2010), 59:221-228
- [16] Lewis, R., Berghoff, P. and Pheeny, P. (1999) Focusing students: Three Approaches for Learning Through Evaluation. Innovative Higher Education, 3(3):181-196
- [17] 金子功一, 大芦治 (2010) 学習方略に関する研究についての近年の動向. 千葉大学教育学部研究紀要, 58:79-87
- [18] Magolda, M.B.B. (2001) A constructivist revision of the Measure of Epistemological Reflection. Journal of College Student Development, 42:520-534
- [19] Miller, S.M., and Miller, K.L. (2000) Theoretical and practical considerations in the design of Web-based instruction. In B. Abbey(Ed.), Instructional and cognitive impacts of Web-based education. 156-177. Hershey, USA: Idea Group Publishing.
- [20] Moneta, A., Chlaß, N., Entener, D. and Hoyer, P. O. (2011) Causal search in structural vector autoregressive models. In JMLR Workshop and Conference Proceedings, Causality in Time Series, 12: 95-118
- [21] Muthén, B.O. and Muthén, L.K. (2012) Mplus User's Guide Version 7. Muthén & Muthén, Los Angeles, CA
- [22] 中山晃 (2005) 日本人大学生の英語学習における目標志向性と学習観および学習方略の関係のモデル化とその検討. 教育心理学研究, 53(3):320-330
- [23] 西岡加名恵 (2004) 評価指標(ルーブリック), 日本教育方法学会(編), 現代教育方法事典. 図書文化社, 東京, pp.293
- [24] 野村亮太, 丸野俊一 (2010) 高校生と大学生の認知的信念はどのように異なるか. 日本認知科学会, 第 27 回大会予稿集, 177-178

-
- [25] 野村亮太, 丸野俊一 (2014) 授業を協同的活動の場として捉えるための認識的信念 – 仮説的世界観 指定仮説の検証 –. 教育心理学研究, 62(4):257-272
- [26] 太田あや (2008) 東大合格生のノートはかならず美しい. 文藝春秋, 東京
- [27] Pearl, J. (2000) *Causality: Models, Reasoning, and Inference*, Cambridge University Press.
- [28] Peter, S., Clark, G. and Richard, S. (2000) *Causation, Prediction, and Search*, 2nd ed. MIT Press.
- [29] Perry, W. G. (1970) *Forms of intellectual and ethical development in the college years : A scheme*. Holt Rinehart and Winston, New York.
- [30] Pintrich, P. R. and DE GROOT, E. (1990) Motivation and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational and Psychology*, 82:33-40
- [31] Scardamalia, M. and Bereiter, C. (1994) Computer support for knowledge building communities. *Journal of the Learning Sciences*, 3(3):265-283
- [32] Scardamalia, M. (2002) Collective Cognitive Responsibility for the Advancement of Knowledge, In B. Smith (Ed.), *Liberal Education in a Knowledge Society*, 67-98. Chicago: Open Court.
- [33] Scardamalia, M. and Bereiter, C. (2006) *Knowledge Building: Theory, Pedagogy, and Technology*. In K. Sawyer (Ed.). *The Cambridge handbook of the learning sciences*, 97-115. New York: Cambridge University Press.
- [34] Schommer, M. (1990) Effects of beliefs about the nature of knowledge on comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 82:498-504
- [35] Shimizu, S., Hoyer, P. O., Hyvärinen, A. and Kerminen, A. (2006). A Linear Non-Gaussian Acyclic Model for Causal Discovery. *Journal of Machine Learning Research*, 7(8): 2003--2030
- [36] Shimizu, S., Hyvärinen, A., Hoyer, P. O. and Kano, Y. (2006) Finding a causal ordering via independent component analysis. *Computational Statistics & Data Analysis archive*, 50(11):3278-3293
- [37] Shimizu, S. (2008) Learning linear acyclic models using independent component analysis. *Japanese Journal of Statistical Society, Series J*, 37(2):223-237

-
- [38] Shimizu, S. (2011) DirectLiNGAM: A Direct Method for Learning a Linear Non-Gaussian Structural Equation Model. *Journal of Machine Learning Research*, 12:1225-1248
- [39] Shimizu, S. (2014) LiNGAM: Non-Gaussian methods for estimating causal structures. *Behaviormetrika*, 41(1): 65--98
- [40] Smith, S. M. (2012) The future of fMRI connectivity. *NeuroImage*, 62(2):1257-1266
- [41] 鈴木雅之 (2011a) ルーブリックの提示による評価基準・評価目的の教示が学習者に及ぼす影響—テスト観・動機づけ・学習方略に着目して—. *教育心理学研究*, 59:131-143
- [42] 鈴木雅之 (2011b) ルーブリックの提示が学習者に及ぼす影響のメカニズムと具体的事例の効果の検討. *日本教育工学会論文誌*, 35(3):279-287
- [43] Takahashi, Y., Ozaki, K., Roberts, B. W. and Ando, J. (2012) Can low Behavioral Activation System predict depressive mood?: An application of non-normal structural equation modeling. *Japanese Psychological Research*, 54(2):170–181
- [44] 高山草二 (2000) 大学生の学習観の特徴と構造. *島根大学教育学部紀要 人文・社会科学*, 34:1-10
- [45] 辰野千尋 (1997) *学習方略の心理学*. 図書文化, 東京.
- [46] 田中あゆみ, 山内弘継 (2000) 教室における達成動機, 目標志向, 内発的興味, 学業成績の因果モデルの検討. *心理学研究*, 71:317-324
- [47] 寺嶋浩介, 林明美 (2006) ルーブリックの構築により自己評価を促す問題解決学習の開発. *京都大学高等教育研究*, 12:363-371
- [48] 塚本泰平, 清水誠 (2006) ルーブリックを教師と生徒で作成する効果—体細胞分裂の観察を事例に—. *埼玉大学紀要教育学部 (教育科学)*, 55(1): 1-6
- [49] 豊田秀樹 (1998) *共分散構造分析 入門編—構造方程式モデリング*, 朝倉書店, 東京
- [50] 豊田秀樹 (2000) *共分散構造分析 応用編—構造方程式モデリング*, 朝倉書店, 東京
- [51] 植木理恵 (2002) 高校生の学習観の構造. *教育心理学研究*, 50(3):301-310
- [52] 植野真臣 (2007) *知識社会におけるeラーニング*. 培風館, 東京.

- [53]植野真臣 (2010)新時代における学習評価.教育テスト研究センター 第 18 回研究会報告書, 1-10
- [54]植野真臣, 宇都雅輝 (2011) 他者からの学びを誘発する e ポートフォリオ. 日本教育工学会論文誌, 35(3):169-182
- [55] University of Minnesota (2013), www.carla.umn.edu/assessment/vac/evaluation/p_5.html
- [56] Vygotsky, L. S. (1978) *Mind in Society : The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press, Cambridge, MA
- [57]山崎保寿, 瀬端 淳一郎 (2003) 学習促進的評価に基づくルーブリックの活用に関する研究. 信州大学教育学部附属教育実践総合センター紀要, 4:9-18

付録

付録 1.1. 実験 1：目標志向性尺度の因子分析の結果

質問項目	第1因子	第2因子	第3因子	標準誤差 S.E.	両側検定 P-Value
[習得目標]					
g6. 新しいことを学ぶために、チャレンジできる教材の方が好きだ。	0.783			0.092	0.000
g3. 授業の内容についてもっと広く深い知識を習得したい。	0.760			0.098	0.000
g4. 授業で提示される教材を完全に習得したい。	0.737			0.098	0.000
g1. 私は、できるだけ多くのことを学びたい。					
g2. 授業の内容をできる限り完全に理解することは、私にとって重要だ。					
g5. 少し難しくても好奇心をそそるような教材の方が好きだ。					
[遂行接近目標]					
g11. 家族や友達や他の人たちに良くできるところを見せるために、努力したい。		0.853		0.112	0.000
g10. まわりの仲間より上回りたいと思うと、やる気が出る。		0.645		0.119	0.000
g7. 他の学生よりも努力することは、私にとって重要だ。					
g8. 私の目標は、他の多くの学生よりも良い成績とることだ。					
g9. 他の人に対して自分が良くできるところをみせたい。					
[遂行回避目標]					
g12. “悪い成績をとったらどうしよう。”と、思うことがよくある。			0.969	0.100	0.000
g16. 悪い点をとらないようにしたい。			0.671	0.103	0.000
g15. 先生またはTA（補助員）に愚かな質問をして、頭が悪いと思われるのは嫌だ。			0.395	0.148	0.008
g13. 成績が下がることを不安に思うので、やる気を出している。					
g14. 努力不足を避けたい。					
第2因子と第1因子の相関		0.484		0.174	0.005
第3因子と第1因子の相関		0.253		0.167	0.129
第3因子と第2因子の相関		0.661		0.130	0.000

付録 1.2. 実験 1：学習動機尺度の因子分析の結果

質問項目	第1因子	第2因子	標準誤差 S.E.	両側検定 P-Value
[自己効力感]				
m2. クラスの他の学生と比べて、私は、アルゴリズムが得意な方だ。	0.941		0.104	0.000
m3. アルゴリズムで、良い成績をとれるだろうと思う。	0.930		0.103	0.000
m1. これから先、アルゴリズムが得意になると思う。				
m4. アルゴリズムを学んでいくことができるだろうと思う。				
[内発的価値]				
m7. アルゴリズムで学んでいることは、私にとって役に立つことである。		0.813	0.176	0.000
m5. アルゴリズムを学ぶことは、わたしにとって大切なことだ。		0.762	0.170	0.000
m6. アルゴリズムで学んでいることが、好きだ。				
m8. アルゴリズムで学んでいることは、面白いと思う。				
第2因子と第1因子の相関	0.446		0.152	0.003

付録 1.3. 実験 1：構成主義的学習観尺度の因子分析の結果

質問項目	第1因子	標準誤差 S.E.	両側検定 P-Value
q6. たくさん暗記しているよりも、論理的に考えられる能力の方が重要だ。	0.769	0.123	0.000
q7. 人の請け売りだけでなく、自分自身で考えることが大事である。	0.681	0.126	0.000
q3. 学んだことを人に説明して理解してもらえば、自分も理解していることになる。	0.473	0.146	0.001
q8. テストでできなかった問題は、答えだけでなく解き方も知ることが重要だ。	0.471	0.147	0.001
q1. 覚えることよりも、なぜそうなるかを考えることが重要だ。	0.433	0.160	0.007
q2. 先生から学ぶことと同様に、友達から学ぶことも多い。			
q4. 正解が一つの問題を解くよりも、正解が一つに定まらない問題を考える方が楽しい。			
q5. すぐに役に立たなくても社会のためになることこそ、勉強しなければならない。			

付録 1.4. 実験 1：学習方略尺度の因子分析の結果

質問項目	第1因子	第2因子	標準誤差 S.E.	両側検定 P-Value
[認知方略]				
q26. たとえわからなくても、先生の言っていることをいつも理解しようとする。	0.802		0.090	0.000
q23. テストのために勉強するとき、授業や教科書から情報を集めようとする。	0.740		0.098	0.000
q30. 新しい課題をするために、以前に学んだことや教科書を活用する。	0.660		0.110	0.000
q28. 勉強するとき、習ったことを思い出せるように、もう一度ノートにまとめ直す。	0.554		0.125	0.000
q27. テストのために勉強するとき、できるだけ多くことを思い出そうとする。	0.426		0.142	0.003
q24. 教科書を読むとき、その中で最も大切なことが何であるかを読み取ることは、私には難しい。				
q29. テストのために勉強するとき、何度も何度も大切なことがらを思い浮かべて復習する。				
q31. ある単元を勉強しているとき、すべてが一緒に収まるようにしてみる。				
q32. 教科書を読んでいるとき、覚えられるように、何度も繰り返し心の中で考える。				
q33. 私が勉強するのに役立つ本の各章の概要を説明する。				
q34. 何かを読んでいるとき、読んでいることと自分が既に知っていることとを関係づけようとする。				
[自己調整方略]				
q39. 勉強を始める前に、勉強するために必要なことについて考える。		0.785	0.119	0.000
q38. 勉強する内容が退屈でもおもしろくなくても、終わりまでやり続ける。		0.573	0.136	0.000
q42. 本を読んでいるとき、一度中断して、読んだことを繰り返してみる。		0.544	0.142	0.000
q35. 私が勉強してきた教材を知っていることを確認するために自問する。		0.520	0.147	0.000
q37. 私は、する必要なくても、練習問題をする。		0.476	0.157	0.002
q36. 問題が難しいとき、あきらめるか、簡単なところだけをする。				
q43. 授業を好きではないときでも良い成績を得るために懸命に勉強する。				
第2因子と第1因子の相関	0.372		0.185	0.044

付録 2.1. 実験 2：目標志向性尺度の因子分析の結果

質問項目	第1因子	第2因子	第3因子	標準誤差 S.E.	両側検定 P-Value
[習得目標]					
g1. 私は、できるだけ多くのことを学びたい。	0.913			0.058	0.000
g3. 授業の内容についてもっと広く深い知識を習得したい。	0.846			0.064	0.000
g2. 授業の内容をできる限り完全に理解することは、私にとって重要だ。	0.719			0.081	0.000
g4. 授業で提示される教材を完全に習得したい。					
g5. 少し難しくても好奇心をそそるような教材の方が好きだ。					
g6. 新しいことを学ぶために、チャレンジできる教材の方が好きだ。					
[遂行接近目標]					
g10. まわりの仲間より上回りたいと思うと、やる気が出る。		0.914		0.041	0.000
g9. 他の人に対して自分が良くできることをみせたい。		0.880		0.045	0.000
g11. 家族や友達や他の人たちに良くできるところを見せるために、努力したい。		0.833		0.054	0.000
g7. 他の学生よりも努力することは、私にとって重要だ。					
g8. 私の目標は、他の多くの学生よりも良い成績とることだ。					
[遂行回避目標]					
g12. “悪い成績をとったらどうしよう。”と、思うことがよくある。			0.789	0.089	0.000
g13. 成績が下がることを不安に思うので、やる気を出している。			0.780	0.090	0.000
g14. 努力不足を避けたい。			0.609	0.118	0.000
g15. 先生またはTA（補助員）に愚かな質問をして、頭が悪いと思われるのは嫌だ。					
g16. 悪い点をとらないようにしたい。					
第2因子と第1因子の相関		0.259		0.149	0.082
第3因子と第1因子の相関		0.407		0.155	0.009
第3因子と第2因子の相関		0.300		0.159	0.058

付録 2.2. 実験 2 : 学習動機尺度の因子分析の結果

質問項目	第 1 因子	第 2 因子	標準誤差 S.E.	両側検定 P-Value
[自己効力感]				
m17. 私の学習スキルは、この授業で他の学生と比べて優れている。	0.934		0.032	0.000
m16. この授業では良い成績をとるだろうと思う。	0.873		0.042	0.000
m13. この授業で非常に努力したい。				
m18. この授業の他の学生と比べて、私はテーマについて多くのことを知っていると思う。	0.780		0.063	0.000
m14. この授業の他の学生と比べて、私は良い生徒だと思う。	0.743		0.071	0.000
m11. この授業の他の学生よりも、私は努力したい。				
m12. この授業で教えられる考え方を理解することができるかと確信している。				
m15. この授業で解決すべき問題やタスクに対して、優れた結果を出すことができると確信している。				
m19. この授業で使用する教材を理解することができるようになると思う。				
[内発的価値]				
m22. この授業で学んでいることが好きである。		0.934	0.060	0.000
m27. この授業で学んでいることは面白いと思う。		0.826	0.069	0.000
m23. この授業で学んだことを他の授業で使用できると思う。		0.649	0.098	0.000
m20. 新しいことを学ぶことができるように挑戦している授業を好む。				
m21. この授業で何を教えられているかを学ぶことが、私にとって重要である。				
m24. 紙ベースの資料から何かを学ぶことを好む。				
m25. テストで十分な実力がでない場合でも、失敗から学ぶことができると思う。				
m26. この授業で学んでいることは、私が理解すれば利用できると思う。				
第 2 因子と第 1 因子の相関	0.586		0.109	0.000

付録 2.3. 実験 2：構成主義的学習観尺度の因子分析の結果

質問項目	第1因子	標準誤差 S.E.	両側検定 P-Value
q7. 人の請け売りだけでなく、自分自身で考えることが大事である。	0.981	0.039	0.000
q8. たくさん暗記しているよりも、論理的に考えられる能力の方が重要だ。	0.785	0.081	0.000
q8. テストでできなかった問題は、答えだけでなく解き方も知ることが重要だ。	0.767	0.093	0.000
q1. 覚えることよりも、なぜそうなるかを考えることが重要だ。	0.756	0.093	0.000
q3. 学んだことを人に説明して理解してもらえば、自分も理解していることになる。	0.642	0.121	0.000
q2. 先生から学ぶことと同様に、友達から学ぶことも多い。			
q4. 正解が一つの問題を解くよりも、正解が一つに定まらない問題を考える方が楽しい。			
q5. すぐに役に立たなくても社会のためになることこそ、勉強しなければならない。			

付録 2.4. 実験 2 : 学習方略尺度の因子分析の結果

質問項目	第 1 因子	第 2 因子	標準誤差 S.E.	両側検定 P-Value
[認知方略]				
q27. テストのために勉強するとき、できるだけ多く ことを思い出そうとする。	0.856		0.051	0.000
q28. たとえわからなくても、先生の言っていること をいつも理解しようとする。	0.853		0.051	0.000
q23. テストのために勉強するとき、授業や教科書か ら情報を集めようとする。	0.849		0.051	0.000
q24. 教科書を読むとき、その中で最も大切なことが 何であるかを読み取ることは、私には難しい。	0.669		0.087	0.000
q28. 勉強するとき、習ったことを思い出せるよう に、もう一度ノートにまとめ直す。				
q29. テストのために勉強するとき、何度も何度も大 切なことがらを思い浮かべて復習する。				
q30. 新しい課題をするために、以前に学んだことや 教科書を活用する。				
q31. ある単元を勉強しているとき、すべてが一緒に 取まるようにしてみる。				
q32. 教科書を読んでいるとき、覚えられるように、 何度も繰り返し心の中で考える。				
q33. 私が勉強するのに役立つ本の各章の概要を説 明する。				
q34. 何かを読んでいるとき、読んでいることと自分 が既に知っていることとを関係づけようとする。				
[自己調整方略]				
q38. 勉強する内容が退屈でもおもしろくなくても、終 わりまでやり続ける。		0.838	0.063	0.000
q39. 勉強を始める前に、勉強するために必要なこと について考える。		0.791	0.070	0.000
q37. 私は、する必要なくても、練習問題をやる。		0.745	0.079	0.000
q43. 授業を好きではないときでも良い成績を得る ために懸命に勉強する。		0.620	0.101	0.000
q35. 私が勉強してきた教材を知っていることを確 認するために自問する。				
q36. 問題が難しいとき、あきらめるか、簡単などこ ろだけをする。				
q42. 本を読んでいるとき、一度中断して、読んだこ とを繰り返してみる。				
第 2 因子と第 1 因子の相関	0.700		0.099	0.000

謝辞

本研究を遂行するにあたり，電気通信大学大学院 情報システム学研究科 社会知能情報学専攻 知識創産システム学講座の植野真臣教授には，適切なご指導を賜りました．また，日本教育工学会全国大会，日本テスト学会大会，日本行動計量学会大会へ参加する機会を与えていただきました．心より深く感謝申し上げます．

また，電気通信大学大学院 情報システム学研究科の大須賀昭彦教授，田中健次教授，南泰浩教授，川野秀一准教授，そして，東京工業大学大学院の中山実教授の各先生からは，本論文の審査過程において，数々の貴重なご助言，ご指導を賜り，深く感謝申し上げます．

全国大会においてご専門の立場から貴重なご意見，ご教示をいただきました諸先生に深く感謝申し上げます．

また，情報システム学研究科事務系および学生課の方々にも，様々なご支援を頂き，心より感謝申し上げます．

末筆ながら，植野研究室の皆様，そして植野研究室から卒業された OB の皆様には筆者の大学院生活の再チャレンジを暖かく支えていただきました．心からお礼申し上げます．

以上，本研究および研究活動に対して，ご指導，ご協力をいただいた多くの皆様に，改めてお礼申し上げます．

関連論文の印刷公表の方法及び時期

査読付き論文（本学位申請論文）

- (1) 全著者名：山本 美紀，植野 真臣
- (2) 論文題目：構成主義的学習におけるルーブリックの活用方法が学習者に与える影響分析 — 目標志向性，学習観，動機づけ，学習方略，学習課題成績に着目して —
印刷公表の方法及び時期：日本教育工学会論文誌，vol.39, no.2, pp.67-81, 2015年11月20日

国際会議

- (1) 全著者名：Miki Yamamoto, Fumihiko Anma, Toshio Okamoto
- (2) 論文題目：Knowledge-Building Support through Social Navigation in Learning Community
印刷公表の方法及び時期：Proceedings of The Fourth International Conference on Mobile, Hybrid, and On-line Learning (IARIA Conference 2012) <http://www.iaria.org/conferences2012/>, pp66-71, January 30th- February 4th, 2012

その他（学会等発表）

○山本 美紀，安間 文彦，岡本 敏雄，” ソーシャルブックマークを活用した知識構造の推定と学習支援”，教育システム情報学会，2010 年度 第 1 回研究会，JSiSE Research Report, vol.25, no.1, p55-58, 2010 年 5 月（明治大学）。

○山本 美紀，安間 文彦，岡本 敏雄，” 学習コミュニティにおける知識構造の推定と学習支援”，教育システム情報学会，2010 年度 第 6 回研究会，JSiSE Research Report, vol.25, no.6, p35-38, 2011 年 3 月（九州工業大学）。

○山本 美紀，安間 文彦，岡本 敏雄，” 学習コミュニティの知識構造を活用したソーシャルナビゲーションによる学習支援”，教育システム情報学会，JSiSE 第 36 回全国大会講演論文集，p100-101, 2011 年 8 月（広島市立大学）。

○山本 美紀，安間 文彦，岡本 敏雄，” 学習コミュニティにおけるソーシャルナビゲーションによる知識構築支援”，電子情報通信学会技術研究報告，教育工学研究会，IEICE Technical Report, ET2011-41, vol.111, no.213, p29-34, 2011 年 9 月（山口大学）。

○山本 美紀，安間 文彦，岡本 敏雄，” 学習コミュニティの集合知を活用した学習支援システムの評価”，電子情報通信学会技術研究報告，教育工学研究会，IEICE Technical Report, ET2012-22, vol.112, no.166, p7-12, 2012 年 7 月（東北学院大学）。

○山本 美紀，安間 文彦，岡本 敏雄，” ソーシャルブックマークを活用した集合知の抽出と学習支援”，教育システム情報学会，JSiSE 第 37 回全国大会講演論文集，p22-23, 2012 年 8 月（千葉工業大学）。

○山本 美紀，丸島浩史，倉重 明，” サウジアラビア電子機器・家電製品研修所（SEHAI）における人材育成協力と教務管理システムの開発”，電子情報通信学会，IEICE 2013 年総合大会講演論文集，情報・システム(1), p 179, 2013 年 3 月（岐阜大学）。

○山本 美紀，張 東林，植野 真臣，” ループリックを活用した学習と評価が学習者に及ぼす影響”，日本教育工学会，第 29 回全国大会講演論文集，p913-914, 2013 年 9 月（秋田大学）。

○山本 美紀, 植野 真臣, ” 課題形式とルーブリック活用方法の違いによる構成主義的学習への影響分析”, 日本テスト学会, 第 12 回大会発表論文抄録集, p138-141, 2014 年 8 月 (帝京大学).

○山本 美紀, 植野 真臣, ” ルーブリックの活用による構成主義的学習へ影響”, 日本教育工学会, 第 30 回全国大会, 講演論文集, p121-122, 2014 年 9 月 (岐阜大学).

○山本 美紀, 植野 真臣, ” LiNGAM によるルーブリックの構成主義的学習への影響のモデル化”, 日本行動計量学会, 第 43 回大会抄録集, p.118-121, 2015 年 9 月 (首都大学東京).

○山本 美紀, 植野 真臣, ” 項目反応理論によるルーブリックの自己評価力への影響分析 — 評価者特性と目標志向性, 学習観, 動機づけ, 学習方略に着目して —”, 日本教育工学会, 第 31 回全国大会講演論文集, p.459-460, (2015 年 9 月 (電気通信大学)).