

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：平成 19 年度～平成 21 年度

課題番号：19500769

研究課題名 (和文)：高専学生の創造力育成のために数学的発見体験を重視した数学教育に関する実践的研究

研究課題名 (英文)：Practical Research on Mathematics Education Emphasizing on Discovery Experience Concerning Mathematics for Creativity Promotion of Students of Technical College

研究代表者

梅野 善雄 (UMENO YOSHIO)

一関工業高等専門学校・一般教科自然科学系・教授

研究者番号：30042211

研究成果の概要 (和文)：創造性と数学に関するいろいろな側面との関連性を分析し、以下の結果を得た。(1) 高専 1 年から 3 年にかけて創造性得点は全般に上昇している。(2) 創造性得点と数学を含む諸科目の成績との間にはほとんど関連性がない。(3) 試行錯誤を伴う数学課題を未提出の者の創造性得点は低い。(4) 応用物理の実験レポートの考察が優れている者の創造性得点は高い。(5) 創造性得点の高低と性格との間には関連性が見られる。

研究成果の概要 (英文)： We analyzed the relativity with various sides concerning creativity and mathematics, then, obtained the following results: (1) The creativity score rises from 1 to 3 years in our College. (2) There is little relativity with the result of subjects including mathematics and the creativity score. (3) The creativity score of students who were not able to submit the mathematics problem that needs trial and error is low. (4) The creativity score of students whose consideration of the experiment report of the applied physics are excellent is high. (5) Some relativities are found between the character and the score of the creativity.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 19 年度	700,000	210,000	910,000
平成 20 年度	300,000	90,000	390,000
平成 21 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	1,500,000	450,000	1,950,000

研究分野：総合領域：

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：創造性，オープンエンド，グラフ電卓，数学教育

1. 研究開始当初の背景

平成 16～17 年度の本経費による申請者の研究(課題番号 16500566)によれば、さまざまな回答の仕方があるオープンエンドの問題を高専 1 年生(168 名)に課すことにより、学生は成績の上下によらず何らかの数学的性質についての発見があった。事後の感想では、「楽しかった」「おもしろかった」という声が全体の 3/4 以上もある。「数学に対する見方が変わった」「考えることが楽しくなった」等の感想もあり、自分で考えて何かに気づく体験をしたことで、「数学」や「考える」ということに対する学生の意識に、何らかの変化が生じたことが示唆される。

科学技術立国を目指す我が国にとって、理工系学生の創造力を育成することは最重要課題である。そのような創造力は、一つの問題を考え続けて、まず「何かに気づく」ことが最初の出発点になろう。漠然とした問題の中から何か一般性のある性質を見出したときの喜びは、通常の問題を解いた時とは比較できない喜びがある。そのような「発見の喜び」を何度も体験することで学生は「考える」ことへの抵抗が薄れていき、「考えることの楽しさ」を実感するようになることが期待される。それは、数学のみならず、他の科目での取り組みにも好影響を与えるだろうことが期待される。

2. 研究の目的

本研究では、学生にオープンエンドの課題を課すことを繰り返し、「自分で考え」「自分で発見する」ことを何度も体験させる。その体験により学生の「数学」に対する見方や「考える」という行為自体にどのような変化が起きていくのかを調査し、変容の経緯を明らかにする。何らかの変容がみられた場合は変容を引き起こす要因について分析し、どのようなタイプの課題がどのような学生側の要因と重なったときにそのような変容を引き起こしやすいかを明らかにする。

3. 研究の方法

平成 19 年度の本校入学生に対して、入学してから 3 年になるまで様々な検査や調査を行うと同時に、数学に関するいろいろな課題を継続的に課して相互の関連性を分析する。ただし、本研究申請後の状況の変化により、研究代表者が研究対象学生の授業を直接担当することが難しくなった。そこで、本研究の遂行の

ために研究分担者(H20 は連携研究者)の協力も得ながら、以下のようなスケジュールで研究を行った。

- (1) 性格との関連性を見るため、主要五因子性格検査(学芸図書)を 1 年次に行った。
- (2) 創造性の変化を捉えるため、S-A 創造性検査(東京心理)を 1 年次と 3 年次に行った。問題が重複しないよう、1 年では A 版を 3 年では C 版を実施した。版は違っても、標準化された点数により相互比較することは可能である。
- (3) 数学に対する見方や物の考え方等について追跡調査するため、2003PISA 調査を参考にして質問項目を設定した。そして、同じ質問紙で毎年調査を行って回答の変化を分析した。
- (4) 成績下位の学生でも解答可能なオープンエンドの問題を収集・作成して、長期休業の課題とした。数学の成績が下位の学生でも試行錯誤による考察が可能なように、数式処理電卓を貸与した。
- (5) 高専における工学系専門科目と創造性との関連性を見るため、実験等における評価の詳細(レポートの考察点等)の提供を受け、創造性検査との関連性を分析した。

以上のような種々の調査を行い、得られたデータをもとに相互の関連性を分析した。そして、高専学生の創造性に関わるものはどのような事項であるかを検討した。

4. 研究成果

(1) 主要五因子性格検査

他の諸要因と性格との関連性を探るため、主要五因子性格検査(学芸図書)を行って学生の性格特性を把握した。この検査では、70 の質問項目への回答により 5 つの性格特性が測定されて偏差値で示される。調査対象とした学生(162 名)の性格特性を分類すると、下記の通りである。以後、性格特性との関係は、この表を元にして分析する。

表 1：主要五因子性格検査の結果(名)

偏差値	40 以下	41～59	60 以上
外向性	38	104	20
協調性	41	104	17
勤勉性	18	120	24
情緒安定性	30	106	26
知性	25	120	17

(2) S-A 創造性検査

学生の創造性を、S-A 創造性検査 (東京心理) を利用して1年次と3年次に測定した。この検査は、理科的領域における創造的素質を見いだすことを主目的としている。「応用力」「生産力」「空想力」の3つの活動領域と、思考の「速さ」「広さ」「独自さ」「深さ」の4つの思考特性について標準化された得点 (10段階の段階点) が得られる。創造性偏差値は、この4つの思考特性に重みをつけて計算される。

表2と表3は、1年次 (A版) と3年次 (C版) の検査結果である。2つの検査を受けた156名の平均値を示した。創造性偏差値や各特性の段階点は、思考の「広さ」と「独自さ」を除いて、1年から3年にかけて増加していることが分かる。特に、思考の「深さ」が大きく増加している。

高校生相当の年代では発達個人差が大きく、この増加が年齢の増加によるものとは必ずしもいえない。「思考の深さ」はアイデアを具体的に記述する能力として評価されている。高専では、実験・実習が多く課されており、ここでは考察が重視される。実験・実習レポートを数多く提出することにより、具体的に記述する能力が鍛えられたのではないかと推測されるが、そのことを裏付ける結果は見いだせなかった。

表2：活動領域ごとの段階点と偏差値

	応用力	生産力	空想力	偏差値
1年	4.52	4.49	5.52	45.60
3年	5.29	5.51	5.61	50.04

表3：思考特性ごとの段階点

	速さ	広さ	独自さ	深さ
1年	4.70	5.00	4.88	4.63
3年	5.53	5.01	4.88	6.93

表4は、創造性偏差値 (3年) を表1にある個々の性格特性ごとにみたものである。外向性、協調性、勤勉性、そして知性の性格特性について、創造性偏差値との間の関連性が認められる。これら4つの性格特性において、「40以下」と「60以上」との差はいずれも統計的に有意 (有意水準5%) である。一般には創造性は協調性と関連しないとされているが、この調査では表4のような関連性が認められた。協調性偏差値と創造性偏差値との相関係数は、1年では0.169、3年では0.199となり、いずれも統計的に有意である。

表4：性格特性別にみた創造性偏差値 (3年) の平均

	40以下	41~59	60以上
外交性	48.19	50.52	52.65
協調性	47.79	50.51	54.44
勤勉性	43.68	50.78	52.04
情緒安定性	51.47	50.37	48.04
知性	49.60	49.68	55.25

創造性は1年と3年で調査している。学年による創造性の変化を性格特性との関係において調べた。まず、1年と3年の創造性偏差値をもとに全体を下層・中層・上層に3分した。表5は、1年と3年の区分をクロスさせたものである。

表5：1年と3年の創造性による区分
3年

		下層	中層	上層	計
1年	下層	16	20	0	36
	中層	17	58	13	88
	上層	0	13	19	32
	計	33	91	32	156

表5の対角線上にある者について個々の性格特性の偏差値平均を求めたのが表6である。創造性偏差値が1年と3年でいずれも上層に位置する者の性格特性の偏差値は、外向性、協調性、勤勉性、そして知性のいずれも高い傾向が見られる。しかし、創造性偏差値が増加した者と減少した者については、性格に関する違いは見られなかった。

表6：創造性の変化と性格特性の偏差値平均

	下層 (16名)	中層 (58名)	上層 (19名)
外向性	47.33	46.26	54.32
協調性	42.40	47.21	49.84
勤勉性	47.60	51.02	53.74
情緒安定性	48.60	47.00	48.84
知性	48.20	48.57	56.05

(3) 数学に対する考え方

2003PISA 調査で用いられた質問項目を用いて、数学に対する考え方や、学習の仕方に変化がおきていないかどうかを3年間継続調査した。調査事項と使用した主な質問項目は、下記の通りである。

- ① 数学に対する興味・関心
 - ・数学の授業が楽しみである
 - ・数学で学ぶ内容には興味がある
- ② 数学に対する道具的動機付け
 - ・将来就きたい仕事に役立ちそうだから数学は頑張る価値がある
- ③ 数学学習に対する不安感
 - ・数学でひどい成績を取るのではないかと心配になる
- ④ 数学学習における自己概念
 - ・数学では良い成績をとっている
 - ・数学はすぐ分かる
- ⑤ 数学の学習に対する制御方略
 - ・数学の試験勉強をするときは、一番大事な部分を押さえるようにする
- ⑥ 数学の学習に対する精緻化方略
 - ・数学の問題を解くときは、他にも解き方がないか、よく考える
- ⑦ 数学の学習に対する記憶方略
 - ・数学の勉強をするときは、できるだけ暗記しようとする

これらは、それぞれ4~5個の質問項目で構成され4件法で回答が求められる。表7は、1年次と3年次でこの調査を受けた146名の結果である。得点が高いほど数学学習では望ましい方向にあることを示している。ただし、学習への不安感については、得点が低いほど数学の学習に対する不安感が低いことを示す。これをみると、数学に対する興味・関心が僅かに増加しているが、他の項目では学年の進行による変化は特に見られない。なお、興味・関心の増加には統計的な有意差が認められる。

表7：数学に対する情意的側面、学習不安、学習方略の推移

	1年	3年
数学への興味・関心	9.16	9.69
道具的動機付け	12.24	11.79
学習への不安感	13.23	12.87
学習に対する自己概念	10.76	10.68
数学学習の制御方略	13.90	13.84
数学学習の精緻化方略	10.65	11.03
数学学習の記憶方略	9.42	9.71

この数学に対する考え方の違いにより、創造性の高低による「ものの考え方」の違いを検出できるのではないかと予想し、創造性偏差値との関係を様々な角度から調べたが、統計的に有意な関連性は見いだせなかった。

ただし、性格特性との間では関連性がみられた。勤勉性と関連することが特徴的である。表8は、勤勉性の偏差値で全体を区分して数学に対する考え方(3年)をみたものである。勤勉性の高い層は数学に対する考え方も望ましい方向にあることが分かる。1年でも同様の傾向がみられた。また、表は省略するが、知性の偏差値の高い者は、数学学習の制御方略や精緻化方略の得点が高い傾向が見られた。

表8：勤勉性の区分別にみた数学への考え方の違い(3年)

勤勉性	40以下 (18名)	41~59 (120名)	60以上 (24名)
興味・関心	8.06	9.56	11.32
動機付け	10.53	11.60	13.27
学習不安	15.06	12.90	11.32
自己概念	9.59	10.44	12.55
制御方略	12.88	13.72	14.73
精緻化方略	10.18	10.94	12.45
記憶方略	9.06	9.74	9.91

(4) 試行錯誤を伴う数学課題

研究対象とした平成19年度の入学生には、いろいろな数学課題を課し、数式処理電卓を利用して試行錯誤を伴う考察を行わせた。

当初は、そのような考察を継続させて行わせることで創造性が上がるのではないかと予想したが、そのような結果を得ることはできなかった。ただし、このような課題と創造性偏差値との関連性をみると、以下のような傾向がみられた。

- ① 試行錯誤を伴う課題の評価が優れている者の創造性偏差値が、特に高い傾向にあるとは必ずしもいえない。
- ② 試行錯誤を伴う課題を提出できなかった者の創造性偏差値は全般に低く、特に応用力が低い傾向がみられる。

表9は、学生に貸与したグラフ電卓を利用して関数(媒介変数表示)のグラフで絵(アート)を作成させる課題(3年次)を出したときの評価と、創造性偏差値、ならびに創造性検査の各活動領域や思考特性ごとの段階点の平均である。未提出者の偏差値や段階点は、特に低いことが分かる。未提出者と提出者の創造性の平均を比較すると、統計的に有意な差が見られた。図1は、学生の作成した作品例である。

表9：グラフアート課題への評価別にみた創造性偏差値と段階点(3年)

課題	未提出	普通	やや優	優
数	46	59	30	22
偏差値	47.65	51.54	50.37	51.59
応用力	4.61	5.51	5.50	5.82
生産力	5.17	5.73	5.47	5.68
空想力	5.28	5.83	5.63	5.64
速さ	5.04	5.80	5.50	5.86
広さ	4.52	5.39	4.90	5.14
独自さ	4.39	5.07	5.17	5.00
深さ	6.33	7.14	7.17	7.32

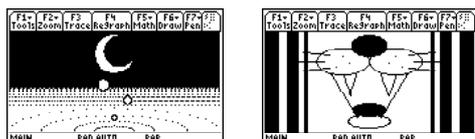


図1：グラフアートの作品例

(5) 専門科目との関連性

高専では、実験・実習に関わる時間数が多い。それらの科目の評価は創造性と関連することが期待されるが、3年の学年末評価をもとに創造性偏差値と専門実技系科目との関連性を調べると、一部の科目を除きほとんど関連性はみられなかった。3次元CADを利用して独自のロボットを設計させ、それを実際に作製する科目もある。その科目の細かい評価と創造性との関連性も調べたが、関連性は全く見いだせなかった。専門の座学系科目でも同様である。

関連性がみられた一部の科目は、制御情報工学科の工作実習と、物質化学工学科の有機化学実験である。創造性偏差値との相関係数は、工作実習は0.394、有機化学実験は0.341であり、いずれも統計的に有意(有意水準5%)である。工作実習では旋盤や溶接などを学ぶ。実習レポートでは考察が重視され、考察の文章量が多いと評価も高くなる傾向があるとのことである。有機化学実験では、実験日の外気温やバーナーの火加減等のいろいろな条件を勘案して自分で考えながら実験を進めていく必要がある。どの程度自分で考えて実験を進めたかを評価しているとのことである。

レポートの考察が重視されることや、自分で考えながら実験を進めなければならないことは他の実験・実習でも同様と思われるので、これらの科目で創造性との関連性が見られた理由については、実験方法や評価方法等の違いなどをさらに詳細に分析する必要がある。

表10：応物実験レポートの考察の評価別にみた創造性偏差値の平均(3年)

考察	普通	やや優	優
人数	128	15	14
偏差値	49.20	53.93	55.07

応用物理の実験レポートの評価と創造性偏差値との間にも、統計的に有意な関連性が見られた。表10をみると、応物の実験レポートの考察が優れている者の創造性偏差値は高いといえる。創造性の個々の活動領域や思考特性の段階点でも表10と同様の結果が得られており、考察内容が優れている者は創造性の段階点も高い傾向が見られる。

なお、応用物理の成績は、試験点に実験レポートの評価点が加味されて最終評価がなされる。担当教員の話によれば、実験レポートの考察が優れていても、必ずしも応用物理の成績が良いわけではない。表11にあるように、最終的な成績と創造性偏差値とはほとんど無相関である。

このように幾つかの実技科目で創造性との関連性が現れたことは、実験の手法や評価の仕方によっては、創造性と関連するような成績評価が可能であることを示唆しているのではないかとと思われる。

高専の3年は学科ごとの科目が多いため、実験・実習や専門科目に関する調査は40名前後の数を母数とせざるをえない。表11は、3年の全学科を教員1名で担当する科目について創造性偏差値との相関係数を求めたものである。英語との相関係数が少し高いが、統計的に有意なものではない。理系科目である微分積分、物理、そして応用物理との相関は、ほとんど無相関に近いといつてよい。

表11：座学科目と創造性との相関係数

英語	微分積分	物理	応用物理
0.157	0.015	-0.010	0.026

(7) まとめと今後の展望

高専学生の創造性を育成するにはどのような事項に留意すべきかについて、S-A創造性検査の検査結果との関連性を中心に様々な観点から調査した。

当初は、数学に関する試行錯誤を伴う課題を継続的に課すことによる創造性の変化を捉えようとしたが、これらの間の関連性を示す結果は得られなかった。また、ものの考え方

として、数学に関する学習方略と創造性との関連性も探したが、それらの間の関連性を示す結果も得ることはできなかった。ただし、試行錯誤を伴う課題を提出できない者の創造性には、若干低い傾向がみられた。

創造性と学業成績との間では、従来から知られているように関連性はほとんどみられなかった。理数系科目との関連性には無相関に近いものがある。しかし、幾つかの専門学科の実験・実習では創造性との関連性がみられた。これは、実験・実習の内容やその評価方法によっては、創造性と関連させることができることを示唆していると思われる。実験手法のあり方や実験レポートの考察の評価方法なども含めて、さらに慎重に検討する必要がある。

創造性と性格との関連性に関しては、あまり関連しないとされる協調性との関連性がみられた。ただし、この調査は高専学生に対するものであることから、一般的傾向とは異なる可能性がある。工学における技術開発は協同作業によることが多いと思われるので、工学における創造性と協調性がどのように関わっているのかは、さらに検討する必要がある。

この検査で測定した創造性は、主に理科的思考に関する創造性である。この創造性が、実際のもの作りに関する創造性とどのように関わっているのかは、今後も継続して調査していきたい。また、数学的思考における創造性との関わりについても、別途検討することが必要と思われる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 4 件)

- ① 梅野善雄, 数式処理電卓を最大限活かした工学教育の可能性, 工学教育, 査読有, 第 58 巻, 2010, 2-7
- ② 梅野善雄, 高専における数式処理電卓を利用した数学教育, 数式処理, 査読有, 第 15 巻, 2008, 39-47
- ③ 梅野善雄, 媒介変数を利用した高専 2 年生のグラフアート, 数学教育研究, 校閲有, 第 10 号, 2008, 125-128
- ④ 梅野善雄, 数学的な気づきと試行錯誤を伴う課題の評価方法について, 論文集「高専教育」, 査読有, 第 31 巻, 2008, 589-594

[学会発表] (計 5 件)

- ① 梅野善雄, 創造性検査と数学に対する意識との関連性に関する縦断調査, 数学教育学会春季年会, 2010.3, 慶応大学矢上キャン

パス

- ② 梅野善雄, 数式処理機能のリメディアル教育への利用, T³Japan 第 13 回年会, 2009.8, 龍谷大学深草学舎
- ③ 梅野善雄, 高専における数式処理電卓を利用した数学教育, RIMS 研究集会「数式処理と教育」, 2007.8, 京都大学数理解析研究所
- ④ 梅野善雄, 媒介変数を利用した高専 2 年生のグラフアート, 2007 年数学教育の会・夏の集会, 2007.8, 学習院大学理学部
- ⑤ 梅野善雄, 媒介変数を利用したグラフアートの作成, T³Japan 第 11 回年会, 2007.8, 甲南高等学校

[発表予定 (申込済)] (計 2 件)

- ① 梅野善雄: 創造性検査と数学に関する諸要因との関連性, 日本数学教育学会第 92 回算数・数学教育研究 (新潟) 大会高専・大学部会, 2010.8, 新潟コンベンションセンター
- ② 梅野善雄: S-A 創造性検査による実技系専門科目と創造性との関連性に関する考察, 平成 22 年度全国高専教育フォーラム・教育教員研究集会, 2010.8, 長岡高専

[その他]

ホームページ「数ナビの部屋」

<http://www.ichinoseki.ac.jp/>

gene/mathnavi/

6. 研究組織

- (1) 研究代表者
梅野 善雄 (YOSHIO UMENO)
一関工業高等専門学校・一般教科自然科学系・教授
研究者番号: 30042211
- (2) 研究分担者
高橋 英則 (HIDENORI TAKAHASHI)
一関工業高等専門学校・一般教科自然科学系・教授
研究者番号: 40042189
(H19 H20: 連携研究者)
高橋 知邦
(TOMOKUNI TAKAHASHI)
一関工業高等専門学校・一般教科自然科学系・准教授
研究者番号: 50259793
(H19 H20: 連携研究者)