

プログラミング力と論理的思考力との相関に関する分析

大場みち子^{†1} 伊藤恵^{†1} 下郡啓夫^{†2}

我々は数学思考力を研くことでプログラミング力が向上できるとの着想から、プログラミングの思考過程の構造と数学の問題解決過程に相関があるとの仮説を立て、プログラミング力向上のための数学学習材の開発を目指している。また、数学学習教材の開発によりプログラミング力向上を目指すだけでなく、論理的文章作成力も同時に養成できると考えた。このためには、プログラミング思考過程での「論理的思考力」と論理的文章力作成に必要な「論理的思考力」の類似性を調べる必要がある。つぎに、類似性がある場合、この類似性と数学学習を行うことで転移される「論理的思考力」との相関を調べる必要がある。そこで、本稿ではプログラミング力と論理的文章作成力との類似性を分析する。両者の類似性を評価するために、初年次プログラミング教育科目の成績とレポート課題による論理的文章作成力との相関を分析し、プログラミング力と論理的思考力の関係を明らかにする。

Analysis of Correlation between Programming Skills and Technical Writing Skills

MICHIKO OBA^{†1} KEI ITO^{†1}
AKIO SHIMOGOORI^{†2}

We had a idea of a programming force can be improved by brushing the math thinking. I hypothesized that there is a correlation structure and mathematical problem solving process of programming of thought process. It is aimed at the development of mathematics learning material for programming force improvement. In addition, we not only aim to programming force enhanced by the development of mathematics learning materials, logical Writing force also I thought to be able to request at the same time. In this paper, we consider the commonality of the programming power and logical Writing force. To confirm the relationship between the two, to analyze the correlation between logical Writing force by results and reporting issues programming exercise courses. We evaluate them in the experiment.

1. はじめに

我々は数学思考力を研くことでプログラミング力が向上できるとの着想から、プログラミングの思考過程の構造と数学の問題解決過程に相関があるとの仮説を立て、プログラミング力向上のための数学学習材の開発を目指している。この開発に向けて、プログラミングの思考過程と数学の問題解決過程の両面から調査分析を実施してきている。まず、従来の初年次プログラミング教育科目のやり方に対して、紙のメモ用紙やクイズを導入して思考の促進や思考過程の状況調査を試みている[1]。この状況調査を踏まえて、プログラミング知識の活用だけでなく、問題解決能力を高める1つの学習方法として、プログラミング思考過程の見える化によりプログラム構造の理解を促進する学習支援の可能性を探っている[2]。具体的には、プログラミング思考過程の段階的詳細化の途中で吹き出しの設問を用意し、プログラミング思考過程をメタ認知する力を育成することを目指した提案である。ここではプログラミングと数学文章問題の解決過程には類似性があり、いずれの解決過程でも論理的な思考力が必要であることを導いている。さらに、初年

次プログラム教育の状況から定着率の低い項目として配列と関数を抽出し、これらの項目の低得点層に対して数学テストと論理性テストの実施・分析により、その課題の特質と要因を推測した。この要因の解決法として Moodle のポテンシャル・レスポンス・ツリー[9]を活用した数学学習教材の手法を提案してきている[3]。

なお、プログラミングの思考過程の構造と数学の問題解決過程の相関として論理的思考力があることは以下の2点に基づいている。これらの論拠からから数学学習教材を開発し、数学学習によって論理的思考力を高め、プログラミングの資質開発を行うことを目指している。

- (1)プログラミング力を支える資質の1つとして論理的思考力を挙げていること[4]
- (2)数学の学習を技能レベルではなく思考レベルで構造化することができれば、より一般レベルでの指向へ転移する可能性があることを指摘している[5]。

一方、筆者等は数学学習教材の開発によりプログラミング力向上を目指すだけでなく、論理的文章作成力も同時に養成できると考えた。このためには、プログラミング思考過程での「論理的思考力」と論理的文章力作成に必要な「論理的思考力」の類似性を調べる必要がある。つぎに、類似性がある場合、この類似性と数学学習を行うことで転移される「論理的思考力」との相関を調べる必要がある。

^{†1} 公立はこだて未来大学
Future University Hakodate

^{†2} 函館工業専門学校
National Institute of Technology, Hakodate College

そこで、本稿ではプログラミング力と論理的文章作成力との類似性を調べることを目的とする。両者の関係を確認するために、初年次プログラミング教育科目の成績とレポート課題による論理的文章作成力との相関を分析し、プログラミング力と論理的思考力の類似性を明らかにする。

2. 関連研究

プログラムを作成する上で必要な、対象となる問題を手順に分解する力（アルゴリズム思考力）と、論理的な文章力を作成する力には共通性があると考え、アルゴリズム的思考法の教育から論理的な文章作成力の養成の可能性を検討する研究がある[6][7]。ここではプログラミング能力と論理的文章作成能力をテストし、相関があることを確認している。

上記の研究では、木下[8]の主張を参考に「論理的な文章」としてつぎの5項目を定義している。

- ・ 相手が正しく理解できる
- ・ 曖昧性がない
- ・ 事実として意見が分かれている
- ・ 論理の組み立てが適切である
- ・ 読み手の設定が適切である

これらを満たす論理的な文章を作成するためには一貫性のある文章を作成するための「論理力」と文章を構成する各文を正しく作成するための「言語能力」が必要であり、次の要素で構成するとしている。

- (1) 論理力を必要とする要素
 - ・ 記述する事柄の分解・整理
 - ・ 分野文章の順序立てられた組み合わせ
 - ・ 読み手に応じた適切な論述法の選択
- (2) 言語能力を必要とする要素
 - ・ 主語・述語の正しい対応
 - ・ 句読点の位置
 - ・ 格助詞の使い方
 - ・ 読み手に応じた適切な語彙の選択

この関連研究では、アルゴリズム的思考法の教育から論理的な文章作成力の養成の可能性を探ることを目的としているため、実験ではプログラミングのテストとしてアルゴリズム理解度に注目している。このため、実験では基本的な処理（条件分岐、繰り返し）しか対象にしていない。また、被験者としてプログラミング既習者の4年～修士2年までを対象としており、学習レベルが異なるため一律に評価するには問題がある。

3. 実験

プログラミング力と論理的文章作成力との相関を確認することを目的に実験をした。これらの概要を以下に述べる。

3.1 実験対象

本実験では学習レベルをあわせるために、同一学年の学

生を実験対象とする。本学学部2年生を対象に、課題レポート2件を作成させ、論理的文章作成力を所定の基準に従って評価して点数化する。これを、同じ学生の初年次プログラミング教育科目の期末試験の点数から特性を分析する。今回は、プログラミング力と論理的文章能力との特性を明らかにするために、プログラミング力が高い学生とプログラミング力が低い学生の特性を分析することにした。そのため、86名の実験データの中から初年次プログラミング教育科目の点数が上位20%と下位20%の中からランダムに4名ずつ計8名（全体の約10%）を実験対象データとして分析する方針とした。

3.2 実験方法

(1) プログラミング力の把握

プログラミング力を把握するために初学者向けのプログラミング教育で学んだプログラミング能力を判定できる初年次プログラミング教育科目の期末試験の点数を利用する。本科目はC言語を対象にプログラミングの基礎概念である、変数、配列、条件分岐、繰り返し、関数、文字列、構造体などについて学ぶ。講義だけでなく、演習としてプログラミング課題に取り組むことで学習内容の理解を深めることを目的としている。

(2) 論理的文章作成力の把握

論理的文章力の把握では、2年前期の授業で課したレポート2種類とした。レポート(a)とレポート(b)の内容は次の通りである。

- (a) 前回の課題で実施したSWOT分析での自分の強みと弱みに基づいて、目指すべき職業（例えばSE）を想定して自分をアピールする文章(200字程度を作成する。

【実施手順】

1. 目指すべき職業Xを決める
2. 職業Xに求められる主な能力や資質のリストアップする
3. SWOT分析（強み・弱み）の結果と2.での能力や資質とマッチする項目を抽出する
4. 抽出した項目に対して、過去のエピソードを交えて、職業Xに向いていることをアピールする文章を作成する

【留意点】以下を書くこと。

- a. 目指すべき職業
 - b. 目指すべき職業に求められる能力や資質
 - c. 自分の強み・弱みの一覧
 - d. 2. と 3. でマッチングした項目の組み合わせ
 - e. アピール文章
- (b) ワークフローを適用可能な業務を取り上げ、つぎの内容を盛り込んだレポートを作成せよ。分量はA4用紙2枚以内（最低1/2ページ）
 1. 対象業務の概要

2. ビジネスプロセスの改善前と改善後を示せ
3. 改善後の効果予想

4. 実験結果と評価・考察

3章で実験結果とこれに基づくプログラミング力と論理的文章作成力の相関に関して評価した内容を示す。

4.1 論理的文章作成力の評価方法

論理的文章作成力の評価は2章で示した山本等[6]の論理的文章テストの採点方法を参考にして、つぎの通りとする。

- (1) 2章の「論理力」に関する項目と「言語能力」に関する項目の両面から採点する。
- (2) 配点は各項目の要素(2章(1)および(2))に対して次の通りとし、「論理力」は6点満点、「言語能力」は8点満点とする。
 - ・ 適切に記述されている場合…2点
 - ・ 適切な箇所と不適切な箇所が混在する場合…1点
 - ・ 不適切に記述されている場合…2点

4.2 プログラミング力と論理的文章作成力の結果

初年次プログラミング教育科目の試験成績上位20%と下位20%からそれぞれランダムに選んだ4名の試験点数を表1に示す。87名分の実験データ全体の平均点は53.5点(標準偏差28.2)であった。表1に示す実験対象データの平均点は45.5点(標準偏差40.6)であった。上位20%と下位20%から抜粋した実験対象データは全体より平均点が低く、当然ながら標準偏差は40以上と上位と下位の点数の差からばらつきが大きいデータとなっている。

表1 初年次プログラミング教育科目試験の点数

Table 1 Score of programming test.

	被験者	期末試験
下記20%から 選抜	a	2
	b	3
	c	7
	d	8
上記20%から 選抜	e	84
	f	85
	g	87
	h	88

4.3 プログラミング力と論理的文章作成力の結果・考察

論理的文章の採点は4.1節に基づき実施し、レポート(a)とレポート(b)の結果を表2、表3に示す。レポート(a)とレポート(b)の論理力、言語能力を比較すると、いずれも平均点ほぼ同等である。詳細に分析するとつぎのようになる。

レポート(a)では実施手順で記述する事柄を分解・整理し、文章として再構成する方法を提示している。しかし、下位層では論理力の要素である事柄の分解・整理、文章として

の組み立て、筋道が通った文章という観点で部分的に満たしていない文章が多い。一方、上位層では3要素ともすべて適切な文章を書いている学生が半数を占める。しかし、記述する事柄が分解・整理されていても、文章を組み立てる際に適切な整理・再構成ができていない文章を書く上位層も一部いた。言語能力では主語述語の対応はほぼ正しい。句読点の位置や格助詞の使い方に誤りがある文章が部分的にある。

レポート(b)では、レポート(a)と比較して、論理力では事柄の分解・整理に成績と関連しないばらつきがあり、文章としての組み立てや筋道の通った文章という観点では下位層は不適切な箇所が多く、いずれも適切な記述をしているのは上位層の半数のみである。

表2 レポート(a)の論理的文章作成テストの結果

Table 2 Score of Logical Writing Test: Report(a).

被験者	論理力	言語能力	合計
a	3	5	8
b	5	6	11
c	3	6	9
d	3	6	9
e	6	6	12
f	5	7	12
g	5	7	12
h	6	5	11
平均	4.5	6.0	10.5

表3 レポート(b)の論理的文章作成テストの結果

Table 3 Score of Logical Writing Test: Report(b)

被験者	論理力	言語能力	合計
a	3	6	9
b	3	6	9
c	4	4	8
d	4	6	10
e	4	5	9
f	5	6	11
g	8	8	16
h	6	6	12
平均	4.6	5.9	10.5

4.4 プログラミング力と論理的文章作成力の相関

プログラミング力と論理的文章力との相関の確認には、初年次プログラミング教育科目の期末試験の点数と「論理力」、「言語能力」それぞれの点数との相関係数を算出した。これを表4に示す。レポート(a)については、「論理力」が0.81、「言語能力」が0.36となった。レポート(b)については、「論理力」が0.69、「言語能力」が0.35となった。つぎに、初年次プログラミング教育科目の期末試験の点数と論理的文章把握テストの合計点数との相関係数を算出した。

レポート(a)については 0.88 となり強い相関を示し、レポート(b)については 0.58 となり中程度の相関があることが分かった。

実験結果から論理的文章作成力としては、「論理力」がプログラミング力との間でより強い相関を示すことが分かった。しかし、厳密には「論理力」および「言語能力」の各項目は難易度に差があり、重み付けなどの補正が必要である。同様に論理的文章作成力を単純に今回の実験結果を合計したものとは言えない。

以上より、数学学習教材の開発によりプログラミング力向上に加えて論理的文章作成力も同時に養成するためには、「論理力」だけでなく、「言語力」も養成できる方策が必要なが分かった。論理的文章作成力の把握手法に課題があるといえる。

5. おわりに

本稿ではプログラミング力と論理的文章作成力との関係を確認するために、初年次プログラミング教育科目の期末試験の成績とレポート課題による論理的文章作成力との相関を分析した。論理的文章作成力は「論理力」を必要とする要素と「言語能力」を必要とする要素からなるという先行研究を利用し、分析した結果、プログラミング力は主に「論理力」を必要とすることが分かった。このため、数学学習教材の開発によりプログラミング力向上に加えて論理的文章作成力も同時に養成するためには、「論理力」だけでなく、「言語能力」の養成も必要であることが分かった。

しかし、今回の実験では全対象者 86 名に対して、初年次プログラミング教育科目の期末試験点数上位 20%と下位 20%から抽出した学生 8 名（全体の約 10%）の論理的文章力との関係を分析するのみにとどまった。プログラミング力と論理的文章作成力との全体的な傾向は掴めたと言えるが、より多くの実験データで精査する必要がある。また、論理的文章作成力の把握手法に課題があり、解決する必要がある。

今後は、今回判明したプログラミング力と論理的文章作成力との類似性と、数学学習を行うことで転移される「論理的思考力」との相関を調べる必要がある。ここでの相関がある場合、数学学習教材を開発し、数学学習によって論理的文章作成力の資質開発が可能かどうかを検証していく。この際に、「論理力」と「言語能力」の双方が向上しているかどうか、不足の場合はそれを補う方策を検討する必要がある。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 25381285 の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 伊藤恵, 大場みち子, 下郡啓夫, プログラミング教育における紙使用による学習者の思考促進と調査の試み, 教育システム情報学会研究会報告, 28(6), pp.59-64, 2014.
- 2) 下郡啓夫, 大場みち子, 伊藤恵, 問題解決能力育成のためのプログラム作成に向けた学習方法の提案, 日本科学教育学会研究会研究報告 Vol. 29 No. 4, pp73-76,, 2015.
- 3) 下郡啓夫, 木元利歩, 倉山めぐみ, 大場みち子, 伊藤恵, Moodle のレスポンスツリーを活用したプログラミング能力育成法の提案, 教育システム情報学会研究会報告, 29(6), A-2-3, 2014.
- 4) 三重野博司編著, 絵ときプログラマと SE の適性検査, オーム社, pp103-115, 1991.
- 5) 岡本真彦・西森章子・加藤久恵・三宮真智子・高橋哲也・川添充 (2005) 数学的思考から論理的思考への転移を導く教授プログラムの開発, 文部科学省科学研究費補助金 特定領域研究「新世紀型理数科系教育の展開研究」平成 15・16 年度研究成果報告書
- 6) 山本樹, 國宗永佳, 香山瑞恵, アルゴリズムの思考と論理的な文章作成力との相関についての考察, 日本教育工学会研究報告集 2010(5), pp171-176, 2010.
- 7) 山本樹, 國宗永佳, 香山瑞恵, アルゴリズム的思考による論理的な文章作成力養成のための一検討, 教育システム情報学会研究会報告 25(2), pp24-29, 2010.
- 8) 木下是雄, レポートの組み立て方, ちくまライブラリー, 1990.
- 9) 袁雪, 新保茜, 柿木彩香, 浅本紀子, LMS 利用環境での学習者および教師支援のための機能拡張, 情報知識学会誌 23(2), 213-218, 2013.