

論理的な文章作成力とプログラミング力との関係の分析

大場みち子^{†1} 伊藤恵^{†1} 下郡啓夫^{†2} 薦田憲久^{†3}

概要：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文章作成力との関係を明らかにする。

キーワード：論理的文章力、プログラミング力、相関関係、分析

Analysis of Correlation between Logical Writing Skills and Programming Skills

MICHIKO OBA^{†1} KEI ITO^{†1}
AKIO SHIMOGOORI^{†2} NORIHISA KOMODA^{†3}

Abstract: 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.

Keywords: Logical Writing Skills, Programing Skills, Correlation, Analysis

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。ここで、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。

- (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思考へ転移する可能性があることを指摘している[5]。

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た。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定を用意し、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た[3]。

一方、我々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」と論理的文章作成に必要な「論理

^{†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

^{†3} コーデソリューション株式会社
Code Solution K.K.

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。

上記の背景に対して、プログラミング力と論理的な文章作成力との類似性を調べることを目的に検討を進めている。本稿では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評価とレポート課題による論理的な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との関係性を明らかにする。

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な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. 予備実験

我々は過去にプログラミング力と論理的な文章作成力との相関があるかどうかを確認するための予備実験を実施した[10]。以下に概要を述べる。

3.1 実験概要

プログラミング力と論理的な文章力を図る基準を決めて、双方の相関係数を算出することにより相関関係を分析した。

(1) 実験対象者と実施方法

1年次に初年次プログラミング教育科目Aを受講し、2年次に情報基礎科目Bを受講した学生86名を実験対象者とした。2年前期に課題レポート2件を作成させ、論理的な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。予備実験ではプログラミング力と論理的な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を対象に、論理的な文章作成能力の特性を分析することにした。具体的には初年次プログラミング教育科目の期末試験点数が上位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%）の期末試験点数と2種類のレポートを下記(3)基準に従って評価した点数を実験対象データとして分析する方針とした。

(2) 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。

(3) 論理的な文章能力の把握

論理的な文章力の把握では、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。

- 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】

- 目指すべき職業Xを決める
- 職業Xに求められる主な能力や資質をリストアップする
- 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
- 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。

- 目指すべき職業
- 目指すべき職業に求められる能力や資質
- 自分の強み・弱みの一覧
- 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) 論理的な文章能力の評価方法
- 論理的な文章作成力の評価は対象となる文章 (3) のレポート) を評価基準にしたがって採点し、数値化する。予備実験では 2 章で示した山本等[6]の論理的な文章テストの採点方法を参考にして、つぎの通りとした。
- 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…0 点

3.2 実験の評価

「論理力」、「言語能力」それぞれの点数との相関係数 r を算出した。レポート(a)については、「論理力」が $r=0.81$ 、「言語能力」が $r=0.36$ となった。レポート(b)については、「論理力」が $r=0.69$ 、「言語能力」が $r=0.35$ 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な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 $r=0.88$ となり強い相関を示し、レポート(b)については $r=0.58$ となり中程度の相関があることがわかった。

以上から論理的な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わかった。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。同様に論理的な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。

4. 実験

プログラミング力と論理的な文章作成力との相関をより詳細に確認することを目的に新たな実験をした。これらの概要を以下に述べる。

4.1 実験対象

実験対象者は予備実験と同様であるが、前回 2 種類のレポートのうちレポート(a)のみを実験対象データとした。これと同じ学生の初年次プログラミング教育科目の期末試験点数を基準とした成績評価から特性を分析する。実験対象データは 85 人分の初年次プログラミング教育科目成績評価データとレポートを 3.1(3)の基準にしたがって点数化し

た論理力と言語能力に関する点数データである。今回の実験では、前回の予備実験の 2 種類のレポートのうち、レポート(a)のみを実験対象データとした。この理由は、レポート(a)はレポート(b)に対して、「論理力」の評価に際して、①記述する事柄や文章の順序の自由度が高く、②読み手が教員でなく採用担当者であることより、「論理力」をより適切に把握できると考えたからである。

4.2 実験方法

(1) 論理的な文章作成力の評価方法

論理的な文章作成力の評価方法は前回の予備実験と同様であり、筆頭執筆者が点数付けを実施した。

(2) プログラミング力の評価方法

前回の予備実験では初年次プログラミング教育科目の期末試験の点数をそのまま利用した。今回の実験では期末試験の点数にバラツキがあるため、近い点数をまとめて A~D の 4 群に分類し、プログラミング力として利用する。期末試験の点数と A~D の関係はつぎの通りである。ここではプログラム力の優劣を判断する基準とする。A が最もプログラミング力が高く、B, C, D という順序でプログラミング力が低くなる。

A : 80 点以上

B : 70 点以上 80 点未満

C : 60 点以上 70 点未満

D : 60 点未満

4.3 実験データ

論理的な文章作成力の採点結果に基づいて、プログラミング力と「論理力」・「言語能力」に関する実験データを示す。

- (1) プログラミング力と「論理力」・「言語能力」の関係
- プログラミング能力の各群と「論理力」および「言語能力」の平均点と標準偏差は表 1 の通りである。N は各群のサンプル数である。

表 1 プログラミング能力毎の「論理力」「言語能力」の平均点と標準偏差

Table 1 Average Score of "Logical Thinking Skills" and "Writing skills ", and Standard Deviation Based on Each Programming Skill Level

評価	平均得点/標準偏差		
	論理力	言語能力	合計
A(N=9)	5.44	6.33	11.78
	0.67	0.66	0.87
B(N=12)	4.25	5.42	9.67
	0.92	1.19	1.75
C(N=44)	4.27	5.75	10.02
	1.30	1.07	2.03
D(N=20)	3.85	5.65	9.5
	1.19	0.57	1.32

(2) 論理力平均点数の度数分布

プログラミング力A~D 毎の論理力平均点数の分布を図1に示す。

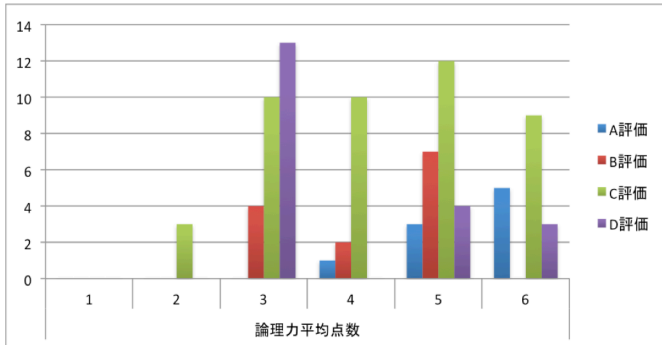


図1 プログラミング力と論理力平均点数分布

Fig. 1 The Average Score of Logical Thinking Skills Based on Each Programming Skills

(3) 言語能力平均点数の度数分布

プログラミング力A~D 評価毎の言語能力平均点数の分布を図2に示す。

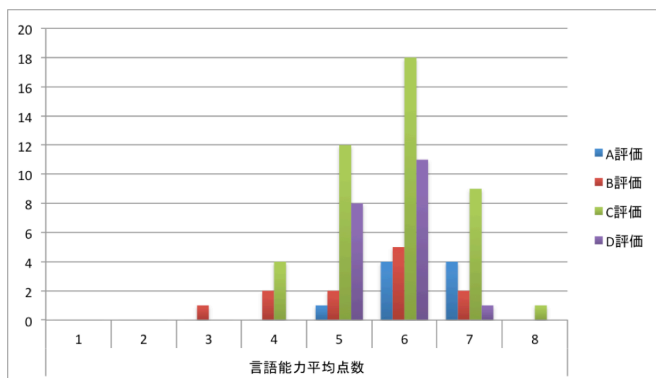


図2 プログラミング力と言語能力平均点数分布

Fig. 2 The Average Score of Writing Skills Based on Each Programming Skills

4.4 論理的文章作成力とプログラミング力の関係分析

論理的文章作成力とプログラミング力の関係性を確認するために、(2)で述べたようにプログラミング力をA~Dの4群に分類し、各群の論理力の平均点、言語能力の平均点それぞれについてWelchの検定(両側検定, 有意水準5%, 1%)を行う。これにより、プログラミング力の高低と論理力や言語能力に差があるかどうかの相関性を分析する。

5. 実験結果と評価・考察

4.4節での章での実験結果とこれに基づくプログラミング力と論理的な文章作成力の相関に関して評価した内容を示す。

5.1 プログラミング力A群・D群と「論理力」・「言語能力」の関係分析

プログラミング能力の各群と「論理力」および「言語能力」の平均点との検定を試みた。

(1) プログラミング能力A群とD群に対して「論理力」の平均点での検定

図3に各群に対する「論理力」の平均点とバラツキをエラーバーで示した。このケースについて平均値に確率的に有意差があるかを有意水準 $\alpha=0.01$ で検定した結果、A群とD群では優位な差があることがわかった。

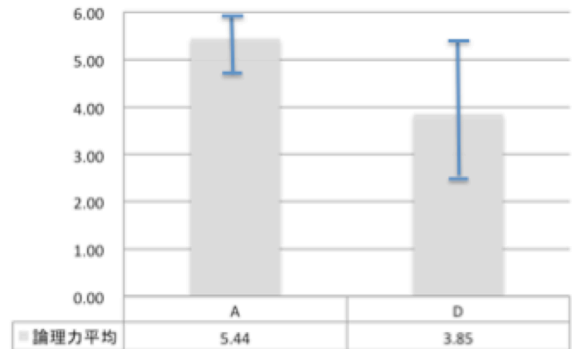


図3 プログラミング能力A群とD群に対する「論理力」の平均点とバラツキ

Fig. 3 The Average Score and Variation of the "Logical

(2) プログラミング能力AとDに対して「言語能力」の平均点での検定

図4に各群に対する「言語能力」の平均点とバラツキをエラーバーで示した。このケースについて平均値に確率的に有意差があるかを有意水準 $\alpha=0.05$ で検定した結果、A群とD群では優位な差があることがわかった。

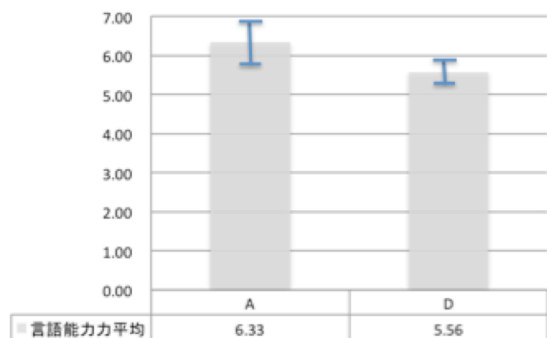


図4 プログラミング能力A群とD群に対する「言語能力」の平均点とバラツキ

Fig. 4 The Average Score and Variation of the "Writing Skills" for Groups A and B

5.2 プログラミング力 D 群とその他の群と「論理力」・「言語能力」の関係

プログラミング力 D 群とその他の群と「論理力」平均点との組み合わせすべてについて、有意水準 $\alpha=0.05$ で検定した。たとえば、B 群と D 群、C 群と D 群、A+B 群と D 群、A+B+C 群と D 群などである。しかし、検定結果では優位な差はでなかった。

同様にプログラミング力 D 群とその他の群と「言語能力」平均点との組み合わせすべてについて、有意水準 $\alpha=0.05$ で検定したが、優位な差はでなかった。

6. 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成績評価 4 群 (A~D 群) 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た。論理的文章作成力とプログラミング力の関係性を確認するために、プログラミング力の A~D の各群の差について、論理力の平均点、言語能力の平均点それぞれについて Welch の検定 (両側検定、有意水準 5% および 1%) を行った。この結果、もっともプログラミング力の高い A 群ともっとも低い D 群では「論理力」に関して有意水準 1% で優位な差があり、「言語能力」に関して優位水準 5% で優位な差があることがわかった。

しかし、今回の実験ではレポート 1 種類での評価に留まった。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, アルゴリズムの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.
- 10) 大場みち子, 伊藤恵, 下郡啓夫, 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, 情報処理学会研究報告. 情報学基礎研究会報告 2015-IFAT-118(2), 1-4, 2015-03-23, 2015