

論文

論理的文章作成力とプログラミング力との関係分析

大場 みち子^{1,a)} 伊藤 恵¹ 下郡 啓夫² 薦田 憲久³

受付日 2016年10月23日, 再受付日 2017年1月29日/2017年7月17日,
採録日 2017年11月11日

概要:我々は、プログラミングの思考過程、文章を論理的に構成する思考過程および数学の問題解決の思考過程が、相互に関係していると仮説を立てている。そこで、プログラミングスキルや文章を論理的に構成するスキルの両方を向上させるような、数学教材を開発できると考えて研究を進めている。本稿では、プログラミングスキルと論理的な文章を作成するスキルとの関係性を、それぞれのスキルのアウトプットに焦点を当てて論じる。プログラミング力判定の指標としての大学初年次プログラミング教育科目の成績評価点および期末試験の素点を利用し、レポート課題に対する「論理力」と「言語能力」それぞれの評価点合計との相関を分析した。大学生 85 人を対象に評価した結果、プログラミング力と論理的な文章作成力のうち「論理力」との間で強い相関が認められた。一方、プログラミング力と「言語能力」の間には部分的に弱い相関が認められた。

キーワード：論理的文章力, プログラミング力, 思考過程, 相関関係, 分析

Analysis of Correlation between Logical Writing Skills and Programming Skills

MICHIKO OBA^{1,a)} KEI ITO¹ AKIO SHIMOGOORI² NORIHISA KOMODA³

Received: October 23, 2016, Revised: January 29, 2017/July 17, 2017,
Accepted: November 11, 2017

Abstract: We infer that programming process, writing process of logical composed text and solving process of mathematical problem have mutuality. It enables us to develop a learning material for mathematics which improves both programming skills and writing skills. In this paper, we discuss the relationship between skills for programming and skills for writing logical text, focusing on each outcome. We analyzed correlation between the programming skills and the grades for two report assignments: those grades are evaluated on logical composition and rhetoric of the reports. We use grade scores and final examination scores of the first-year programming class as indicators for judging programming skills. The study sample consisted of 82 undergraduate students. The result indicates a significant positive correlation between the scores of programming and the grades of logical composition, while it indicates a weak positive correlation partially between programming and rhetoric.

Keywords: logical writing skills, programming skills, correlation, analysis

1. はじめに

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、数学的思考力を磨くことでプログラミング力が向上できるとの着想から、大学や高等専門学校などの高等教育を対象にプログラミング力向上のための数学学習教材を開発している。ここで、プログラミ

¹ 公立はこだて未来大学
Future University Hakodate, Hakodate, Hokkaido 041-8655, Japan

² 函館工業高等専門学校
National Institute of Technology, Hakodate College, Hakodate, Hokkaido 042-8501, Japan

³ コーデソリューション株式会社
Code Solution K.K., Osaka 550-0002, Japan

a) michiko@fun.ac.jp

ングの思考過程の構造と数学の問題解決過程を関係づけるものとして論理的思考力があげられる。これは以下の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があげられていること [1].
- (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が示唆されていること [2].

我々は、上記の開発で Java や C などのプログラミング言語を対象とし、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た [3]。この状況調査をふまえて、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で吹き出しを利用した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た [4]。これらの結果、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た。次に、論理的思考力育成のための数学の作問に、Piaget の数学的知能の発達理論を導入しようと試みた [5]。また、大学での初年次プログラミング教育の状況から知識定着率の低い項目を抽出し、これらの項目の低得点層の特質と要因を推測して数学学習教材を提案してきた [6]。

一方、プログラミングと数学の思考過程における類似性に加えて、文章作成過程にも論理的思考力が関与しているという仮説を立てた。この2つの仮説が正しければ、数学学習教材の開発によりプログラミング力向上だけでなく、論理的文章作成力も同時に養成できることになる。この仮説を検証するためには、プログラミングおよび数学の思考過程での「論理的思考力」のそれぞれについて、論理的文章作成に必要な「論理的思考力」との類似性を調べる必要がある。

上記の動機より、我々は、まず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点とレポート課題におけ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性を明らかにする。

2. 関連研究

プログラムを作成するうえで必要な、対象となる問題を手順に分解する力（アルゴリズム的思考力）と、論理的文章力を作成する力には関連性があると考え、アルゴリズム的思考法の教育から論理的文章作成力の養成の可能性を検討する山本らの研究がある [7], [8]。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 [9] の主張を参考に「論理的な文章」として次の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表現するための「言語能力」が必要であるとされている。「論理力」と「言語能力」それぞれを構成する要素を次に示す。

(1) 論理力を構成する要素

- 記述する事柄の分解・整理
- 分野文章の順序立てられた組合せ
- 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。

高等学校の生徒を対象に、数学を基礎とした論理的思考の評価問題を作成し、プログラミング学習の前後で論理性の評価を行った研究がある [10]。ここでの評価は、授業アンケートによりプログラミング学習の結果、どのような能力が育成されたかを調査している。この研究では大学などの高等教育ではなく中等教育を対象とし、GUIによるプログラミング環境を利用したものであり、我々が対象としている Java や C などのプログラミング言語ではない。また、論理力の判定に数学を用いているという違いがある。

大学の JavaScript を用いたプログラミング教育で論理的思考力を評価した研究がある [11], [12]。ここでの評価方法は公務員試験の過去問題とナンプレを論理的思考力育成の評価問題として使用しているが、いずれも有意差が見られないという結果である。

3. 実験

我々は過去にプログラミング力と論理的文章作成力との相関があるかどうかを確認するためにサンプルサイズが小

さい予備実験を実施した [13]. 今回は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サンプルサイズを大きくして実験をした. 実験概要を以下に述べる.

3.1 実験概要

プログラミング力と論理的な文章力を測る基準, すなわち採用する実験対象データと評価方法を決めて, 双方の評価値の相関係数を算出することにより相関関係を分析する.

(1) 実験対象データと実施方法

大学1年次に初年次プログラミング教育科目(言語はJava)を受講し, 2年次に情報基礎科目を受講した学生86人の前者の科目の成績と後者の科目のレポート評価結果を実験対象データとした. ただし, 今回は予備実験に対して, レポート(b)課題の提出に不備があった学生1人分の実験データを除く85人の実験データを用いた. 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後述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成績評価点および期末試験の素点から特性を分析する.

(2) プログラミング力を測る実験対象データと評価方法

プログラミング力を測る実験対象データとして, 初年次プログラミング教育科目の成績評価点(以下, 成績点と略す場合がある)と, 成績評価点を構成する期末試験の素点(以下, テスト点と略す場合がある)の2つを採用する. 評価方法としては, 点数そのものをデータとして採用する.

成績点は100点満点で, 期末試験の素点に対して4問中1問正解すれば60点を与え, 2問以上の正解には10点ずつ加算した点数とし, 課題の評価点(5点未満)を加味した点数としている. 期末試験は, プログラムを作成する問題4問からなり, いずれも正解は25点, 部分正解は5点と採点され, その合計が期末試験の素点となる.

プログラミング教育科目の成績評価は, 期末試験や中間試験などの定期テストの素点だけで評価する場合もあるが, 理解度確認のための小テストや定着率を高めるために多数の課題を与えて, これらの評点を加味して成績評価点とすることが多い. これらをふまえて, 成績評価点をプログラミング力把握の指標とする.

また, 成績評価点との比較・評価のために期末試験の素点単体も実験対象データとして採用する. 期末試験などのテストと課題の違いは, ①時間と②環境である. テストの場合は限られた時間内にテスト問題以外, 何の情報も与えられない環境でどれだけ正しいプログラムが作成できるかを問う. 課題は時間制限がなく, 参考書やWebなどの情報を自由に参照できたり, 教員やティーチング・アシスタント(TA)からアドバイスなどを得られたりなど自由度が高い環境のなかで, どれだけ正しいプログラムが作成できるかを問う. この2つを比較した場合, 時間制限や手助け

がない環境でどれだけ正確なプログラムが作成できるかを判定できるテストの点数の方が課題の評価点よりも, プログラミング能力をシンプルに反映していると考えられる.

なお, 今回は, プログラムが正確に動作することを重視し, 保守性の高さ, 効率的な動作, 読みやすさなどは除外する.

(3) 論理的な文章作成力を測る実験対象データ

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)の内容は次のとおりである.

(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(たとえば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. レポートでは下記の内容を盛り込むこと.

1. 目指すべき職業
2. 職業Xに求められる主な能力や資質
3. 自分のSWOT分析(強み・弱み)の一覧
4. 2.と3.でマッチングした項目の組合せ
5. 抽出した項目に対して, 過去のエピソードを交えたアピール文章

(b) ワークフローを適用可能な業務を取り上げ, 次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) 論理的な文章作成力の評価方法

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(a)およびレポート(b))を評価基準に従って採点し, 数値化する. 実験では山本ら[7]の論理的な文章テストの採点方法を参考にして, 次のとおりとする. 点数付けは筆頭執筆者が実施する.

- (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し, それぞれの合計点数で「論理力」と「言語能力」を把握する.
- (2) 配点は各項目の要素(2章(1)および(2))に対して次のとおりとし, 「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 実験対象データと散布図

実験対象データおよびプログラミング力と論理的な文章作成力に関する散布図を表1および図1, 図2, 図3, 図4, 図5, 図6, 図7, 図8に示す. なお, 散布図はR[14]のjitter関数により点が重なる部分をずらして表示している. 実験対象データの成績点, テスト点, レポートごとの論理

表 1 成績点, テスト点, レポート (a)・(b) の「論理力」「言語能力」の平均点と標準偏差

Table 1 Average point and standard deviation of “Grade point”, “Programming test score”, “Logical thinking skills” and “Writing skills” of each report.

N-85	成績点	テスト点	レポート(a)		レポート(b)	
			論理力 合計点数	言語能力 合計点数	論理力 合計点数	言語能力 合計点数
平均	52.6	29.9	4.24	5.75	3.67	5.27
標準偏差	28.8	23.3	1.20	0.919	0.886	1.10

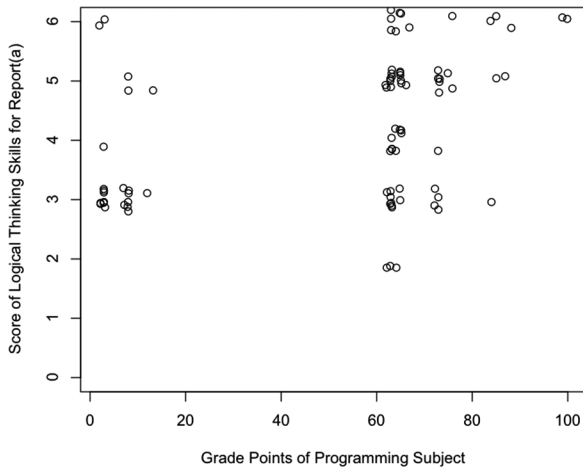


図 1 成績点とレポート (a) の論理力合計点数の散布図

Fig. 1 Scatter diagram of grade point and logic thinking skills based on report (a).

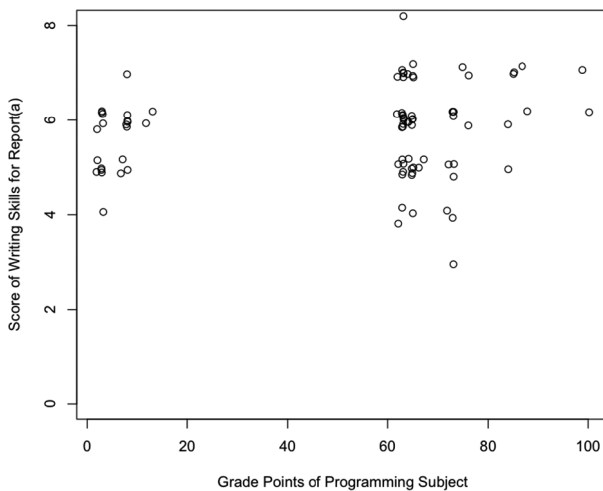


図 2 成績点とレポート (a) の言語能力合計点数の散布図

Fig. 2 Scatter diagram of grade point and writing skills based on report (a).

力合計点数および言語能力合計点数のそれぞれの平均点と標準偏差を表 1 に示す。

(1) 成績点とレポート (a) に基づく「論理力」「言語能力」との関係

成績点とレポート (a) 論理力合計点数との散布図を図 1 に示す。成績点とレポート (a) 言語能力合計点数の散布図を図 2 に示す。

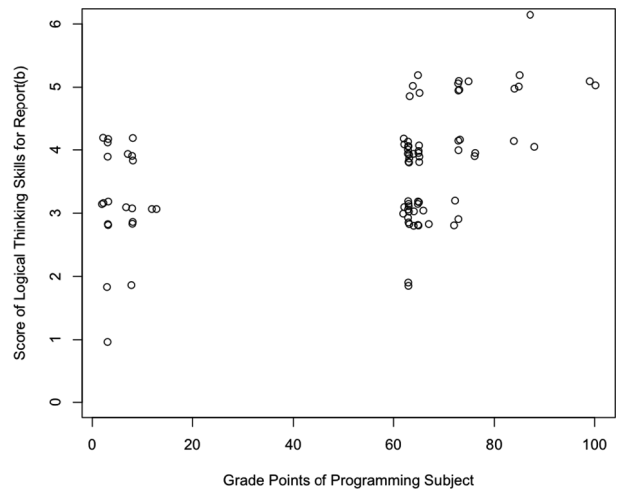


図 3 成績点とレポート (b) の論理力合計点数の散布図

Fig. 3 Scatter diagram of grade point and logic thinking skills based on report (b).

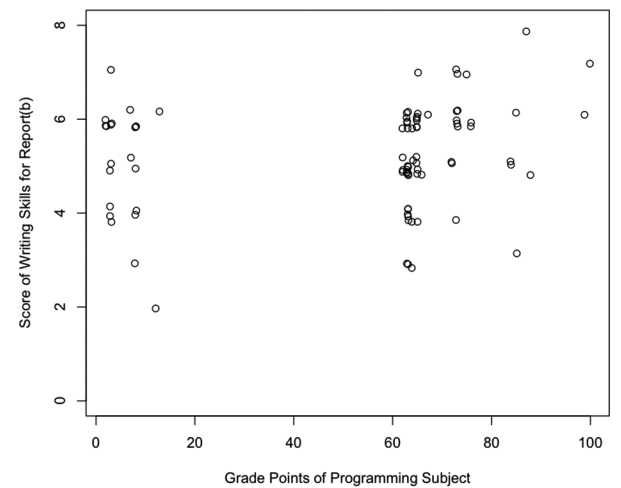


図 4 成績点とレポート (b) の言語能力合計点数の散布図

Fig. 4 Scatter diagram of grade point and writing skills based on report (b).

(2) 成績点とレポート (b) に基づく「論理力」「言語能力」との関係

成績点とレポート (a) 論理力合計点数との散布図を図 3 に示す。成績点とレポート (a) 言語能力合計点数の散布図を図 4 に示す。

(3) テスト点とレポート (a) に基づく「論理力」「言語能力」との関係

テスト点とレポート (a) 論理力合計点数との散布図を図 5 に示す。テスト点とレポート (a) 言語能力合計点数の散布図を図 6 に示す。

(4) テスト点とレポート (b) に基づく「論理力」「言語能力」との関係

テスト点とレポート (b) 論理力合計点数との散布図を図 7 に示す。テスト点とレポート (b) 言語能力合計点数の散布図を図 8 に示す。

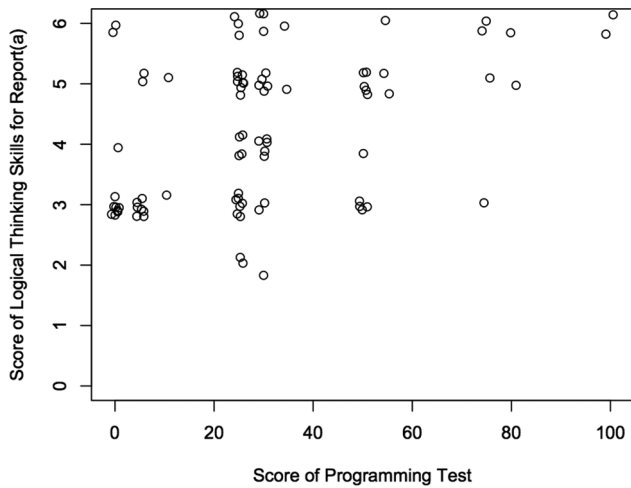


図 5 テスト点とレポート (a) の論理力合計点数の散布図

Fig. 5 Scatter diagram of programing test score and logic thinking skills based on report (a).

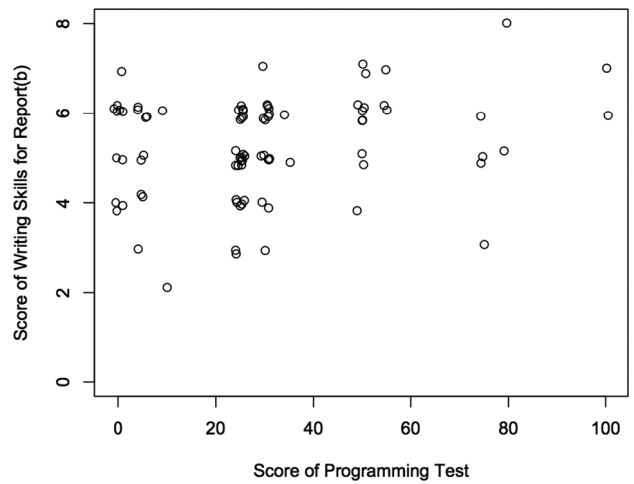


図 8 テスト点とレポート (b) の言語能力合計点数の散布図

Fig. 8 Scatter diagram of programing test score and writing skills based on report (b).

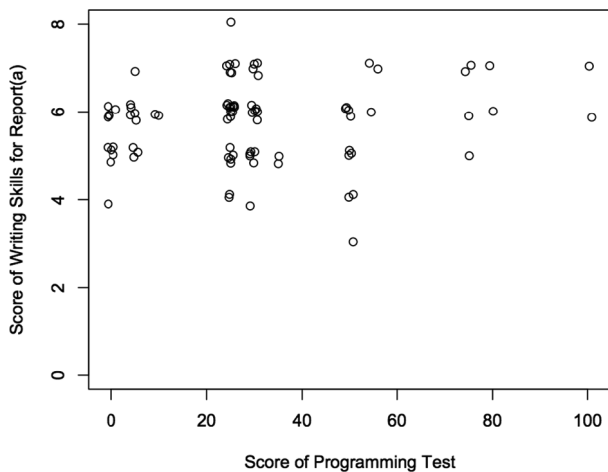


図 6 テスト点とレポート (a) の言語能力合計点数の散布図

Fig. 6 Scatter diagram of programing test score and writing skills based on report (a).

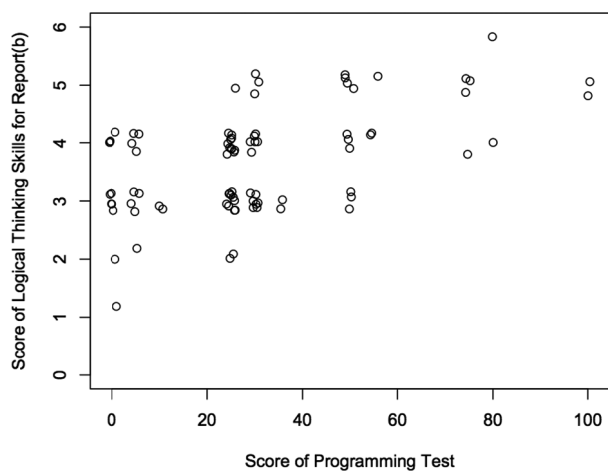


図 7 テスト点とレポート (b) の論理力合計点数の散布図

Fig. 7 Scatter diagram of programing test score and logic thinking skills based on report (b).

4. 実験の評価・考察

3章の実験に基づいてプログラミング力と論理的な文章作成力の関係性を評価・考察する。

成績点およびテスト点と各レポートに基づく「論理力」および「言語能力」の合計点数との相関関係を分析するため、スピアマン順位相関係数での検定（有意水準 5%）をする。スピアマン順位相関係数（以下、相関係数と呼ぶ）を利用する理由は実験対象データが正規分布に従っていないことと、評価点が順序尺度だからである。スピアマン順位相関係数はこの順位尺度に適用できる相関係数である。実験対象データの扱いは次のとおりとする。

成績点はテスト点を調整した点数に課題の評価を加味した点数となっているため、成績点の差を、プログラミング力としての数値の差としてとらえられない。このため、成績点を間隔尺度ではなく順序尺度として扱うことにする。テスト点は4問で同じ点数配分であるがそれぞれの問題の難易度は異なる。不正解であるが一部正解の場合に一律5点の部分点を与えているが、正解部分の割合には差がある。このため、テスト点は必ずしも間隔尺度で扱えない。「論理力」と「言語力」のそれぞれの評点は能力の高い、低いを表現することはできても数値の差を能力の差としてそのまま扱えない。以上より、実験対象データを順序尺度として扱うことにする。

表 2 に成績点とレポート (a)、レポート (b) に基づく「論理力」「言語能力」の合計点数の相関係数と無相関の検定結果を示す。表 3 にテスト点とレポート (a)、レポート (b) に基づく「論理力」「言語能力」の合計点数の相関係数と無相関の検定結果を示す。

表 2 成績点, レポート (a) とレポート (b) の「論理力」「言語能力」の相関係数

Table 2 Correlation between “Grade point” and “Logical thinking skills”/“Writing skills”.

	レポート(a)		レポート(b)	
	成績点-論理力 合計点数	成績点-言語能 力合計点数	成績点-論理力 合計点数	成績点-言語能 力合計点数
N-85				
相関係数 r_s	0.417	0.141	0.481	0.223
t値	4.18	1.30	5.00	2.11

表 3 テスト点, レポート (a) とレポート (b) の「論理力」「言語能力」の相関係数

Table 3 Correlation between “Test score” and “Logical thinking skills”/“Writing skills”.

	レポート(a)		レポート(b)	
	テスト点-論理 力合計点数	テスト点-言語 能力合計点数	テスト点-論理 力合計点数	テスト点-言語 能力合計点数
N-85				
相関係数 r_s	0.403	0.152	0.479	0.226
t値	4.01	1.40	4.97	2.11

4.1 成績点に基づくプログラミング力と「論理力」・「言語能力」の関係分析

成績点は 3.4 節 (2) の算出方法から成績点 60 点以上と 25 点以下の 2 つのサブグループ (クラスタ) に分かれる。これは、期末試験で 1 問正解すれば 60 点以上の成績点となり、1 問も正解がなければテスト点は部分点 (最大 5 点 \times 4 問 = 20 点) と課題評価点 (最大 5 点) を加算となるためである。以上の成績点の特性をふまえて、全体での関係分析に加えて、2 つのクラスタ (成績点で 60 点以上を上位クラスタ, 25 点以下を下位クラスタと呼ぶ) での相関も調べる。

(1) 成績点とレポート (a) に基づく「論理力」との関係

成績点とレポート (a) に基づく「論理力」の合計点数との相関係数は全体では $r_s = 0.417$ (95%信頼区間 [0.225, 0.597]) で、有意である。

2 つのクラスタに分けると、上位クラスタでの相関係数は $r_s = 0.328$ (95%信頼区間 [0.088, 0.533]) で、有意である。下位クラスタでは成績点とレポート (a) に基づく「論理力」の合計点数との相関係数は $r_s = 0.024$ (95%信頼区間 [-0.401, 0.442]) で、有意な相関が認められなかった。

図 1 の散布図より、成績点 60 点台にレポート (a) の論理力最高点である学生の比率が高くなっており、成績点 10 点未満にも論理力最高点の学生が存在する。これは、成績点と論理力との間に全体として相関は認められるものの相関から外れる学生が少数名いることを示している。つまり、論理力は高いがプログラミング力が低い学生がいるといえる。2 つのクラスタに分けた相関分析で、下位クラスタに相関が見られないことからこれが裏付けられる。

(2) 成績点とレポート (a) に基づく「言語能力」との関係

成績点とレポート (a) に基づく「言語能力」の合計点数との相関係数は $r_s = 0.141$ (95%信頼区間 [-0.074, 0.344])

で、有意な相関が認められなかった。

2 つのクラスタに分けると、上位クラスタでの相関係数は $r_s = 0.0380$ (95%信頼区間 [-0.211, 0.283]) で、有意な相関が認められなかった。下位クラスタでは成績点とレポート (a) に基づく「論理力」の合計点数との相関係数は $r_s = 0.436$ (95%信頼区間 [0.017, 0.724]) で、有意である。

図 2 の散布図より、全体としては成績点下位層の学生の「言語能力」の合計点数が左下方になく、成績点 60 点付近の学生の中に言語力最高点の学生がおり、成績点上位層の学生の「言語能力」の合計点数も右上に集中していない。散布図からも相関が見てとれない。

(3) 成績点とレポート (b) に基づく「論理力」との関係

成績点とレポート (b) に基づく「論理力」の合計点数との相関係数は $r_s = 0.481$ (95%信頼区間 [0.289, 0.629]) で、有意である。

2 つのクラスタに分けると、上位クラスタでの相関係数は $r_s = 0.473$ (95%信頼区間 [0.255, 0.645]) で、有意である。下位クラスタでは成績点とレポート (a) に基づく「論理力」の合計点数との相関係数は $r_s = -0.0200$ (95%信頼区間 [-0.438, 0.405]) で、有意な相関が認められなかった。

図 3 の散布図より、論理力最高点は成績点 80 点台の学生であり、60 点台の学生は論理力最高点はおらず中間点付近に集中しており、成績点下位層は論理点も低い傾向にあり、おおむね正の相関があるように見て取れる。これは図 1 の散布図の傾向とは異なるため、その理由を考察する。各レポート課題で指定している文章量がレポート (a) では 200 文字程度と少ないのに対し、レポート (b) では A4 用紙 2 枚と多い。この文章量の相違から、前者の少ない文章量では論理力を十分に判定できなかったためと考えられる。

(4) 成績点とレポート (b) に基づく「言語能力」との関係

成績点とレポート (b) に基づく「言語能力」の合計点数との相関係数は $r_s = 0.227$ (95%信頼区間 [0.015, 0.42]) であり、有意である。

2 つのクラスタに分けると、上位クラスタでの相関係数は $r_s = 0.343$ (95%信頼区間 [0.102, 0.546]) で、有意である。下位クラスタでは成績点とレポート (a) に基づく「論理力」の合計点数との相関係数は $r_s = -0.284$ (95%信頼区間 [-0.630, 0.157]) で、有意な相関が認められなかった。

図 4 の散布図より、成績点下位層の学生の「言語能力」の合計点数にバラツキがある。しかし、成績点 60 点以上のサブグループに対しては、相関があるように見える。これは、2 つのクラスタに分けた際の相関分析の結果と一致する。

4.2 テスト点に基づくプログラミング力と「論理力」・「言語能力」の関係分析

(1) テスト点とレポート (a) に基づく「論理力」との関係
テスト点とレポート (a) に基づく「論理力」の合計点数

との相関係数は $r_s = 0.403$ (95%信頼区間 [0.208, 0.568]) であり、有意である。

図 5 より、4.1 節 (1) の図 1 の考察で述べた内容と同様のことがいえる。

(2) テスト点とレポート (a) に基づく「言語能力」との関係
テスト点とレポート (a) に基づく「言語能力」の合計点数との相関係数は $r_s = 0.127$ (95%信頼区間 [-0.089, 0.331]) であり、有意な相関が認められなかった。

図 6 の散布図より、4.1 節 (2) の図 2 の考察で述べた内容と同様のことがいえる。

(3) テスト点とレポート (b) に基づく「論理力」との関係
テスト点とレポート (b) に基づく「論理力」の合計点数との相関係数は $r_s = 0.479$ (95%信頼区間 [0.297, 0.629]) であり、有意である。

図 7 の散布図より、4.1 節 (3) の図 3 の考察で述べた内容と同様のことがいえる。

(4) テスト点とレポート (b) に基づく「言語能力」との関係
テスト点とレポート (b) に基づく「言語能力」の合計点数との相関係数は $r_s = 0.226$ (95%信頼区間 [0.013, 0.419]) であり、有意である。

図 8 の散布図より、4.1 節 (4) の図 4 の考察で述べた内容と同様のことがいえる。

4.3 プログラミング力と「論理力」・「言語能力」の関係分析の考察

(1) 成績点とテスト点でのプログラミング力の把握

3.1 節実験概要の (2) で、テスト点単体の方がよりシンプルにプログラミング力を反映していると考えた。しかし、表 2、表 3 より、成績点とテスト点とレポート (a) およびレポート (b) との相関係数および検定の結果はおおむね同じ傾向を示している。これは次の 2 点の要因が考えられる。

- 成績点はテスト点に対して、時間および情報量などの環境の許容量が大きい課題の評価点を含むが、テスト点を重視した点数配分としていることが要因として考えられる。
- 成績点とテスト点をいずれも順序尺度で扱ったためと考えられる。

以上より、テスト点を基準とした成績点であれば、プログラミング力の把握の指標として利用できると考えられる。4.1 節、4.2 節の結果より、成績点に基づくプログラミング力と 2 種類のレポートでの「論理力」・「言語能力」との関係分析の結果とテスト点に基づく同様の関係分析の結果では同じ傾向を示していることが分かる。

(2) プログラミング力と「論理力」・「言語力」との関係

プログラミング力と論理的文章作成力では、論理的文章作成力のうち「論理力」とプログラミング力との関係性が強いと判断できる。一方、論理的文章作成力のうち、「言語能力」とプログラミング力との関係性はレポート (a) とでは

関係性がみられず、レポート (b) とでは弱い関係性があることが判明した。これは、「言語能力」は高いがプログラミング力が高くない学生が無視できない程度いることを示していると考えられる。

(3) 結論

以上より、プログラミング力と論理的文章作成力との関係性の分析から、特に、プログラミング力と文章作成での「論理力」に強い関係を確認した。一方、プログラミング力と「言語能力」の間には部分的に弱い相関が認められた。プログラミングや文章作成の過程では「論理力」、言い換えると論理的な思考力が共通に必要なといえる。

これらより、「論理力」を向上させればプログラミング力および論理的文章作成力、双方の向上が期待できる。先行研究の論理的思考力を向上させる数学教材の研究はこれを解決する一助になるであろう。さらに、言語能力が高くてプログラミング力が高くない学生が少なからずいることから、言語能力を向上させてもプログラミング力の向上は望めないといえる。

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成績点および期末試験のテスト点と、レポート課題 2 種類による論理的文章作成力（「論理力」と「言語能力」）との関係性を無相関の検定（両側検定、有意水準 5%）を行った。この結果、プログラミング力と文章作成での「論理力」に強い関係を確認できた。つまり、プログラミングや文章作成の過程では論理的な思考力が共通に必要なといえる。「論理力」を向上させればプログラミング力および論理的文章作成力の双方のスキル向上が期待できる。

今後の課題として、論理的文章作成力の把握手法の改善がある。今回は「論理力」および「言語能力」に分けて複数の項目を同じ点数付けで評価したが、各項目は難易度に差があるので重み付けなどの補正が必要である。ルーブリックなどの適用なども検討していく。

さらに、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関係性と、数学学習を行うことで醸成される「論理的思考力」との相関も調べる必要がある。ここで相関がある場合、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。

今回の実験およびこれまでの研究でプログラミング、数学、国語に「論理的思考力」が共通に関与している見通しが立った。今後はこの共通に関与する汎用的論理的思考力を精緻化していく。そのうえで、汎用的論理的思考力を基盤としたメタ認知能力の育成を可能とする教材・教授方法

の開発につなげていく。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 16K04798 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 三重野博司 (編著): 絵ときプログラマと SE の適性検査, pp.103-115, オーム社 (1991).
- [2] 岡本真彦, 西森章子, 加藤久恵, 三宮真智子, 高橋哲也, 川添 充: 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 (2005).
- [3] 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, Vol.28, No.6, pp.59-64 (2014).
- [4] 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, pp.73-76 (2015).
- [5] 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, Vol.29, No.6, A-2-3 (2014).
- [6] 下郡啓夫, 大場みち子: 初期プログラミング教育支援のための数学問題作成の研究, 全国数学教育学会第 34 回研究発表会 (2011).
- [7] 山本 樹, 國宗永佳, 香山瑞恵: アルゴリズム的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, Vol.2010, No.5, pp.171-176 (2010).
- [8] 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, Vol.25, No.2, pp.24-29 (2010).
- [9] 木下是雄: レポートの組み立て方, ちくまライブラリー (1990).
- [10] 足利裕人: ドリトルによるプログラミングを用いた論理的思考能力の育成, 第 14 回上月情報教育研究助成論文集, pp.217-238 (2008).
- [11] 吉田典弘, 篠澤和久: 手順的な自動処理による論理的思考力育成の評価結果の検討, 情報処理学会研究会報告, コンピュータと教育研究会報告, 2014-CE123(4) (2014).
- [12] 吉田典弘, 篠澤和久: 手順的な自動処理による論理的思考力育成の評価結果の検討その 2, 情報処理学会研究会報告, コンピュータと教育研究会報告, 2014-CE126(6) (2014).
- [13] 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, 情報処理学会研究会報告, DD [デジタル・ドキュメント] 2015-DD-97(2), pp.1-4 (2015).
- [14] The R Project for Statistical Computing, available from (<https://www.r-project.org/>).



大場 みち子 (正会員)

1982 年 (株) 日立製作所入社, 同・システム開発研究所. 1990 年同・ソフトウェア事業部. 2001 年大阪大学大学院工学研究科博士後期課程修了. 博士 (工学). 2010 年公立はこだて未来大学教授. 日本学術会議連携会員, 電気学会, 電子情報通信学会, ソフトウェア学会, 人工知能学会, 日本教育工学会等の各会員.



伊藤 恵 (正会員)

1998 年北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士後期課程修了. 博士 (情報科学). 同年同研究科助手. 2001 年公立はこだて未来大学講師. 2013 年同大学准教授. ソフトウェア学会, 教育システム情報学会, 観光情報学会, IEEE CS 各会員.



下郡 啓夫 (正会員)

1997 年北海道大学大学院理学研究科数学専攻修士課程修了. 同年北海道私立北星学園大学附属高等学校教諭. 2012 年独立行政法人国立高等専門学校機構函館工業高等専門学校一般科目理数系准教授. 2016 年独立行政法人国立高等専門学校機構函館工業高等専門学校一般理数系教授. 日本教育工学会, 教育システム情報学会, 大学教育学会各会員.



薦田 憲久

1974 年大阪大学大学院修士課程修了 (電気工学専攻). 1974~1991 年 (株) 日立製作所勤務. 工学博士. 1991 年大阪大学助教授. 1992 年大阪大学教授. 2015 年大阪大学名誉教授, コーデソリューション (株) 顧問. IEEE, 電気学会の終身会員.