

論文の内容の要旨

論文題目「経験により得られる能力に着目したプログラミング学習方法の
提案」

学位申請者 菊池 智

キーワード：プログラミング教育、スキーマ、経験、反復的出題方式

本研究はプログラミング学習の改善を目的として、現状で重視されている理解や知識の応用以外のアプローチである経験から得られる能力に着目し、経験により得られるプログラミング能力の分析を行うと共に、その結果から導き出される最適な学習方法の提案を行い、その効果の測定を従来方法の学習方法と比較検討したものである。

プログラミング教育は大学の情報系学部カリキュラムにおいて基礎となり重要な科目である。しかしながら、その学習は容易ではなく、大学生が講義を受講したとしても基礎的な内容の理解ができない場合もあり、世界中で研究が行なわれている。

プログラミング教育に関する研究としては、研究対象が多岐に渡り、使用するプログラミング言語や理解するための教材、理解のモデル、授業の進行方法などがある。これまでに提案されている手法としては、その多くがいかに関心をさせるか、またその理解した知識をどのように応用させるかという点を重視するアプローチであるものの教育効果として決定的に効果が認められる手法はまだ見られない状態である。一方で、プログラミング能力の調査として、過去のプログラミング経験が大きな影響を与える、また、学習手法ではなくて学習時間が重要であるという報告があるなど、経験を重視する報告もある。また、経験により学ぶという方針の反復的な学習方法も研究されており、経験から得られる能力も重要であると考えられる立場もある。しかしながら、そのような学習方法については、学習形式や問題作成方法について科学的な裏付けが無く、確立した手法が存在していない。

そこで本研究では、プログラミングにおいて経験が与える影響と、経験から得られる能力について学生を対象とした実験を通じて調査を行い、その調査から得られる結論を踏まえて、一貫性のある学習理論と方法を提案し、その効果を従来型の学習方法と比較する。

第1章では以上の背景ならびに本研究の目的をまとめ、第2章においてプログラミング学習の課題と提案されている各種手法について紹介を行うとともにその課題を示す。

第3章では認知科学的な知見として経験を通して得られる能力や、人間の認知的な能力の冗長性、重層性と並列的な処理の理論について記載する。

第4章では経験により得られる能力に着目したプログラミング学習方法の仮説を提案する。

第5章では経験とプログラミング能力との関連について行った調査実験を記載した。実験として、経験がプログラミング能力に与える影響の調査を行った。結果として、アルゴリズム理解の場合は、経験による群間の得点差は見られない ($p = 0.16$) もの、その実装を行う場合はプログラミング経験による群間の得点差が大きい ($p < 0.001$) 事が示された。また経験による分類の群間差の信頼度は、その他の分類である入門授業成績 ($p = 0.11$) や応用授業成績 ($p = 0.016$) の群間得点差より高い信頼度のため、経験は重要であることが示された。次の実験として、プログラミングの知識構造の調査を行った。コードの出力結果を記載する問題を45問出題し、それらの問題をクラスタ分析にて分類

した．分析に使用したパラメータは当該の問題の平均点と分散，そして別に出題されたコードを書く課題の得点との相関値である．結果として反復処理において，典型的な処理（1ずつ値を加算して制御変数の値を出力）は容易な問題に分類され，同じ制御であっても文字のみを出力する場合は中難度，2以上加算される場合は高難度に分類された．もしも教科書のように定義された反復処理の知識が存在し，その習得が行われる場合は上記のような結果にはならないと考えられる．要素の一部が入れ替わるという意味で，変数化されるかのような知識形態の発展が示されたため，認知科学的な知識表現構造であるスキーマがプログラミング知識と関連していると見なせる．スキーマとは，多数の経験によって得られる特定の知識構造（階層構造，スロットと呼ばれる部分入れ替えが可能な知識構成、デフォルト値と呼ばれる情報欠損時の初期値）である．また，別の調査として，プログラミングにおける演繹以外のアプローチの能力について類推的な力の調査を行った．プログラミングの読み問題の得点上位群と下位群で得点差を比較したところ10問のうち7問が95%以上の信頼区間で優位に差があったものの，同様の分類でプログラミングコードを修正する課題（望まれる出力結果となるようにコードを修正する）の得点差においては10問のうち1問のみしか優位とならなかった．これにより出力結果がわからないとはいえ，コードの修正は部分的に可能であることが示され，演繹的な力だけでなく，類推的な力も合わせて使用しているという可能性が示された．

第6章では経験的な学習方法がプログラミング力に与える影響について行った調査を記載した．初めにコード読み学習する群と，コード書き学習する群に分けて事後試験の得点を比較した．出力結果記載（トレース）問題の結果としては書き学習（ $p = 0.07$ ）は優位ではなく，読み学習（ $p = 0.045$ ）のみ優位な結果となったため，要素学習において同一条件であれば，読みの方が書きの学習より効果的である可能性が示された．また，多数の出力結果選択問題を解いて学習する群（経験群）と，従来手法（可視化教材で理解をして，書き問題を回答して学習）の学習群（理解群）と比較したところ，事後試験の問題種別により異なる結果となった．経験群はトレース問題が向上した（ $p = 0.003$ ）ものの理解群は改善しなかった（ $p = 0.069$ ）．しかし，コードを記憶する課題においては逆の結果となり，経験群（ $p = 0.524$ ）理解群（ $p < 0.001$ ）であった．ただし，コードの行の並び替え課題においては経験群（ $p = 0.027$ ）が理解群（ $p = 0.156$ ）より良い結果であり一定の効果が認められた．

第7章では，これまでの実験から導かれる学習方法を提案した．多数の出力結果選択問題を基本としつつ，それを改善した手法を提案し，従来型の学習方法と比較した．提案手法は，スキーマ構造を効率的に会得することを目的として同一問題の反復的な出題方式となる．スロットとデフォルト値を形成させる事を目的として，中心的な問題を設定し，それを反復的に出題する（中心問題→類似問題1→中心問題→類似問題2→中心問題→類似問題3…）．従来型の学習方法と比較した実験では，書き課題において，提案手法（ $p = 0.004$ ）が従来手法（ $p = 0.023$ ）より事前事後得点の向上に寄与したため，従来手法より同等かそれ以上の効果があることが示された．

第8章では以上の研究結果を統括し，結論を述べた．本研究において提案した，出力結果の選択問題を多数回答する学習方法が従来手法と比較して，読みと書き課題において効果的であることが示された．その他の課題については同等であることが示された．中心問題を設定してそれを反復的に出題する方式は特に効果が期待される．この手法は経験から得られる能力に注目しながらも基礎的な学習に応用でき，また自習学習や課題としても応用しやすい特長があることから有用であることが期待される．