

数学の学習におけるスモールステップの効果の検証

1200428 河浪 菜々子
高知工科大学 経済・マネジメント学群

1. 概要

本研究では、数学の問題を解く際に問題を小さな段階、すなわちスモールステップに分けその効果を検証する。その際、次のステップに進むときに現段階のステップの内容に関する確認問題を行うか行わないかによって理解度の差が生まれるかを実験によって明らかにする。実験の結果、確認問題を行うか行わないかによる影響があるとは言えないが、アンケート調査によりスモールステップの手法は有効であることが分かった。

2. 背景

教職課程の授業で「スモールステップ」という考えを習った。スモールステップとはスキナーが提唱したプログラム学習の原理の一部である。スモールステップとは、最終目標に至るまでの下位目標を難易度の順に配列し、スモールステップを重ねることで、最終目標に到達できるようにするというものである。

本学の卒業生である河野孝介氏の論文「スモールステップを用いた暗記とその利用」では、個別塾に通う中学校1年生から高校2年生を段階提示グループと一括提示グループ分け、英単語の暗記実験とアンケートによる検証がなされている。暗記実験は1セット5回とし、段階提示グループは1回目に2単語、2回目に1回目に提示した2単語に新しく2単語を追加した4単語、3回目に6単語と最終的に5回目で10単語を暗記し、一括提示グループは5回のすべての回で10単語を暗記する。両グループとも10単語暗記した後にテストを行う。また、暗記実験をした1週間後に再度暗記テストをし、段階提示グループと一括提示グループによる暗記状況の差があるかの検証もされていた。河野氏の実験結果によると、暗記実験におけるテストは河野氏の仮説とは反対に一括提示グループの方が点数が高くなる傾向が見られた。また、1週間後のテストではどちらのグループにも差はみられ

ないという結果になった。ただし、アンケート調査では暗記に対して、もっと多くの単語を覚えたいくなる、暗記教科が好きになると回答した被験者が多かったのは段階提示グループとなった。つまり、自ら暗記できる人は一括提示の方法が、暗記に対して意欲的ではない人は段階提示の方が意欲的になるのではないかと考察されている。

河野氏の研究の中で自身も課題として挙げられていたが、被験者が18名と被験者の数が少なく、もっと多くのデータの必要性が問われる。それに加え、スモールステップは最終目標までを段階的に分け、その段階を一段ずつ乗り越えていくことで最終目標に到達できるようにすることであると考えられる。そのため、今のステップから次のステップへ進む際は、今の段階を確実に習得している必要があるのではないかと考える。これらのことを踏まえ、本研究では高知工科大学生を対象に、ステップから次のステップに進む際に確認テストを行い、今の段階の知識を習得するまで次のステップに進めないように設定する。そのことに効果があるのかを明らかにしたい。また、先行研究とは違い、私自身が数学教師を目指していることもあり英語ではなく数学を用いた。

3. 目的

本研究は、スモールステップを用いた数学の学習を通し、ステップから次のステップへの移動の際に確認問題を行うか行わないかによって、差が出るかどうかを検証する。

4. 研究方法

〈調査対象者〉

高知工科大学、高知大学の学生 93名（男性：63名、女性：30名）

〈調査方法〉

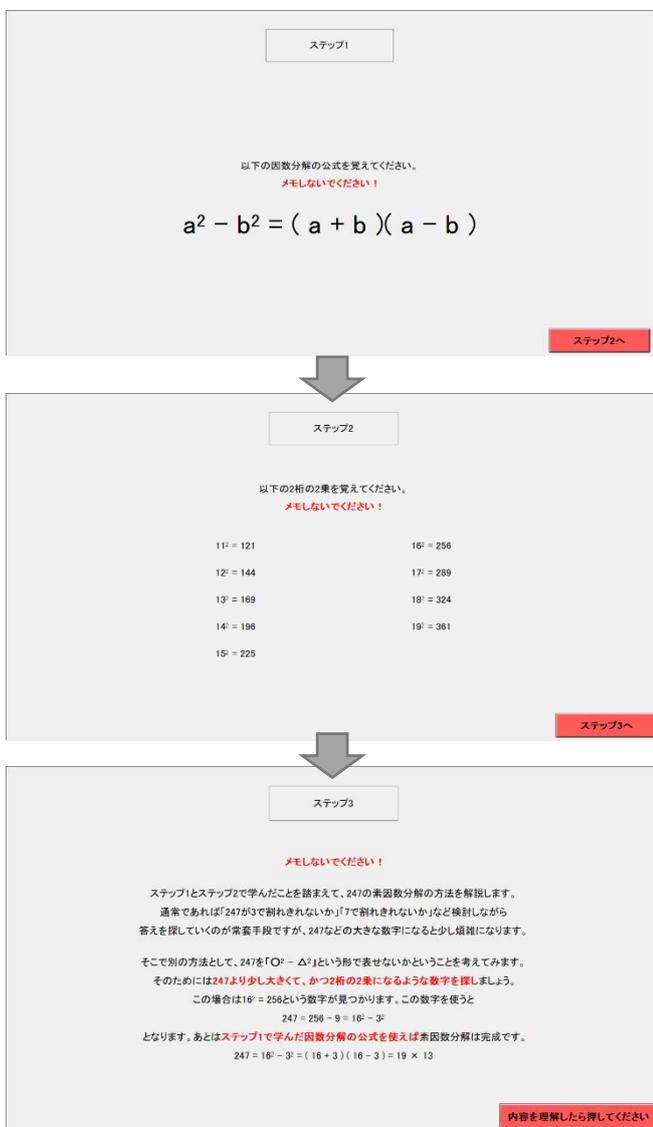
調査対象者をランダムに2つのグループに分け、確認問題ありのグループと確認問題なしのグループとする。各グルー

プとも因数分解を用いた素数の素因数分解の方法をスモールステップの手順を踏んで取り組んでもらい、習熟度を測るため最終テストを行う。その後アンケートに回答してもらう。

〈実験条件〉

実験では計算用紙を配布したが、あくまで計算用紙として利用してもらい、実験中に表示される解説はメモを取らないように伝えた。実験手順は最初に両グループとも実験で扱う問題を事前問題として解いてもらう。実験は最終到達目標を事前問題が解けるようになることとし、事前問題の解き方を3段階に分け、それぞれ解説していく(図4-1)。

▼図4-1 (実験の流れ)



確認問題なしのグループには、個人のペースで進めていき、最終問題を解いてもらう。一方、確認問題ありのグルー

プには、現段階のステップから次のステップに進む際に現段階のステップで解説した内容に関する確認問題を解いてもらう。確認問題を全問正解すると次のステップに進むことが出来るが、1問でも間違えると次のステップに進むことが出来ず、もう一度現段階のステップをやり直してもらう。これを各段階、確認問題を全問正解するまで繰り返し、最後に最終問題を解いてもらう。確認問題は計5問で、1問目から徐々に難易度を上げ、4、5問目は応用問題になるように設定した。

実験終了後に実験内容についてのアンケートに回答してもらう。質問項目は数学に関することと、実験内容に関することについて「非常にあてはまる」「当てはまる」「どちらかという当てはまる」「どちらともえない」「どちらかという当てはまらない」「当てはまらない」「非常に当てはまらない」の7段階評価で答えてもらう。

5. 仮説

《仮説①》 確認問題ありのグループは確認問題なしのグループと比べ最終問題の得点が高くなる。

これは、確認問題をすることで間違えると次のステップに進めず、できるようになるまでステップを繰り返すため、ステップの内容が確実に身につく最終問題での得点が高くなるのではないかと期待できるためである。

《仮説②》 確認問題ありのグループと確認問題なしのグループでは、確認問題ありのグループの方が最終問題での解答時間が短くなる。

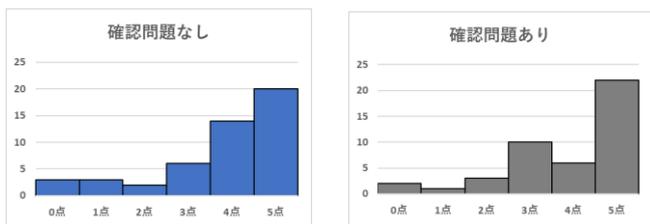
これは、確認問題ありのグループの方が確認問題を解く際に自身で考えながらステップの手順を進んでいくため、最終問題を解く際にステップの内容を再現しやすくなるのではないかと考えられるためである。

6. 結果

6-0 最終問題の得点と正答率

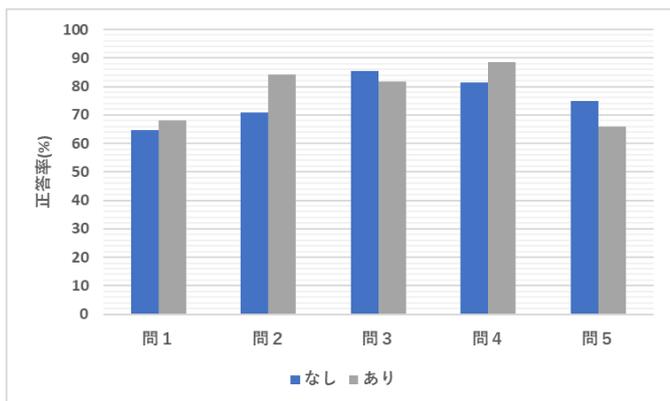
確認問題ありと確認問題なしのグループの最終テストでの得点の分布(図6-0-1)と正答率(図6-0-2)、平均点(図6-0-3)は以下のようになった。

▼図 6-0-1 (最終問題の点数の分布)



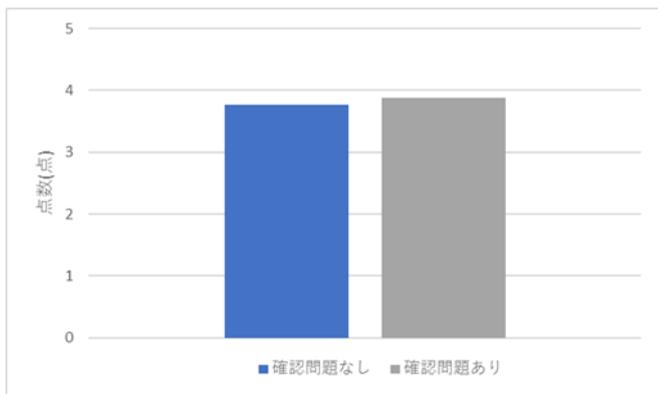
両グループの分布に大きな差が見られないことが分かる。

▼図 6-0-2 (最終問題の正答率)



両グループの最終問題の正答率に大きな差はみられなかった。

▼図 6-0-3 (最終問題の平均点)



確認問題ありのグループは 3.77 点、なしのグループは 3.89 点と両グループに大きな差はみられなかった。

6-1 仮説①の結果

確認問題ありのグループをトリートメントグループ、確認問題なしのグループをコントロールグループとし、確認問

題のあるなしが最終問題の得点に与える影響について単回帰分析を行った (図 6-1)。有意水準を 5% とすると、この結果は有意であるとは言えない。すなわち、確認問題のあるなしが最終テストの得点に影響を与えているとは言えない。

▼図 6-1 (回帰分析の結果(結果変数は最終問題の得点))

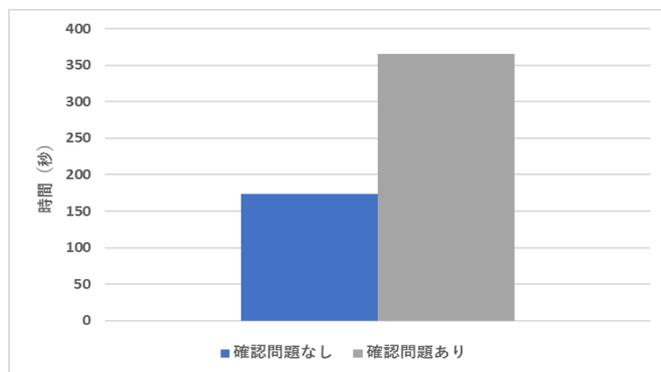
	推定値	標準誤差	95%信頼区間		p 値
			下限	上限	
切片	3.77	0.21	3.35	4.19	0.00
確認ありダミー	0.12	0.30	-0.49	0.72	0.70
決定係数	0.00				
観測数	92				

※ダミー変数 (確認問題ありなら 1、確認問題なしなら 0)

6-2 仮説②の結果

学習時間の平均は以下ようになった (図 6-2-1)。平均学習時間について t 検定を行うと、 $t(55) = 10.49, p < .05$ となるため統計的に有意となる。

▼図 6-2-1 (平均学習時間)



最終問題での各問題に対する平均解答時間は以下ようになった (図 6-2-2)。これらについてそれぞれ t 検定を行った。結果は次の通りである。

問 1 : $t(90) = 0.6, p > .05$

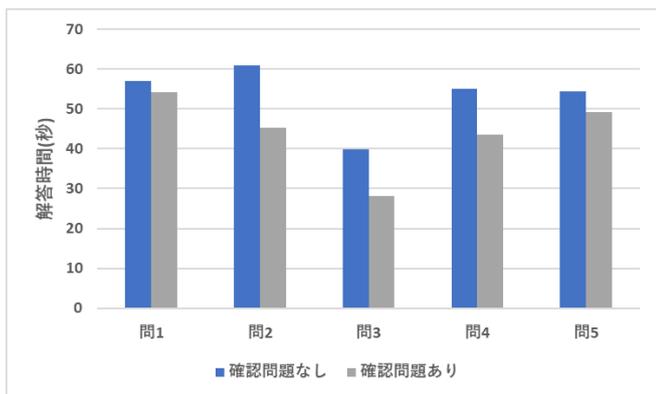
問 2 : $t(89) = 3.1, p < .05$

問 3 : $t(84) = 2.75, p < .05$

問 4 : $t(90) = 2.55, p < .05$

問 5 : $t(90) = 0.1, p > .05$

▼図 6-2-2 (最終問題での各問題に対する平均解答時間)



以上のことより、確認問題を行うことで学習時間は増えるが、最終問題での解答時間が問題によっては短くなることが分かった。ただし、その差も 10 秒程度とあまり大きな差とは言えない。

6-3 もとものの数学意識が与えた影響

今回の実験結果にもとものの数学に対する意識が影響しているか検討すべく、実験後に行ったアンケートの「数学が得意である」の項目を使い、苦手意識と最終問題の結果に対して回帰分析を行った (図 6-3-1)。「数学が得意である」の項目を数学意識という 7 段階の変数にし、数値が高いほど数学が得意でとした。有意水準を 5% とすると、この結果は統計的に有意となる。つまり、全体として、数学が得意な人ほど得点が少しだけ増加するが、数学に対する意識による差は少ない。

▼図 6-3-1 (回帰分析の結果(結果変数は最終問題の得点))

	推定値	標準誤差	95%信頼区間		p 値
			下限	上限	
切片	2.56	0.37	1.82	3.29	0.00
数学意識	0.30	0.08	0.14	0.46	0.00
決定係数	0.13				
観測数	92				

6-4 アンケート結果

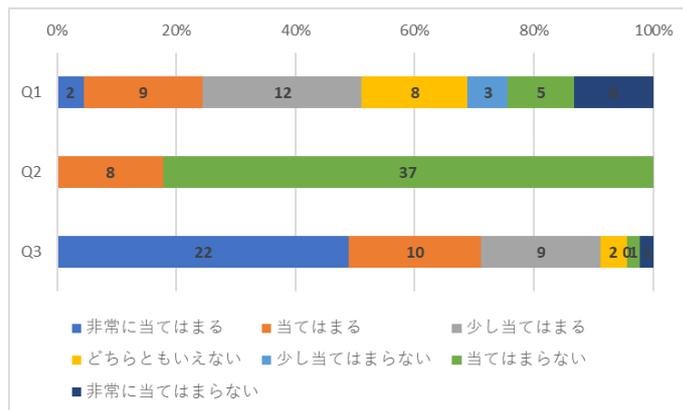
【共通問項目】

Q1: 「数学は得意である」

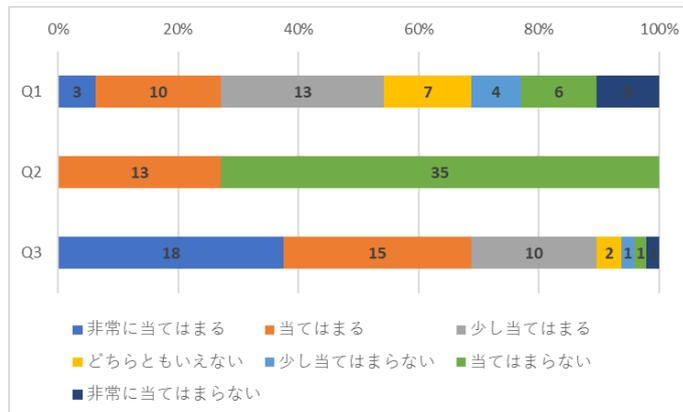
Q2: 「実験で紹介した素因数分解の手法を知っていた」

Q3: 「実験で紹介した素因数分解の方法が理解でき、使えるようになったと感じる」

▼確認問題あり



▼確認問題なし



Q1 と Q2 の項目に対して確認問題ありと確認問題なしのグループでは大きな差はみられなかったが、Q3 に関しては確認問題ありのグループの方が非常に当てはまると回答した人が多い。

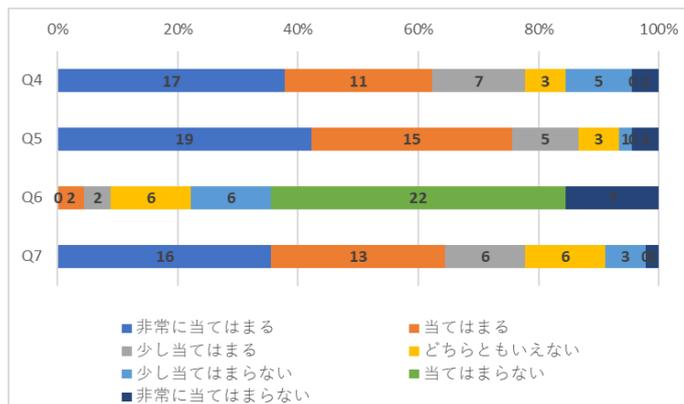
【確認問題ありのグループのみの項目】

Q4:「ステップごとに問題を解くことは面白いと感じた」

Q5:「ステップをクリアしていくことは、やる気につながると思う」

Q6:「ステップごとに問題を解くことは退屈を感じた」

Q7:「今後、機会があればステップごとに課題を達成していく方法を使ってみたいと思う」



確認問題ありのグループについて、実験に関してどのように感じたかのアンケートの結果は上図のようになった。これらのことから、スモールステップで問題に取り組むことはポジティブな効果があるのではないかと考えられる。

7. 考察と今後の課題

今回の実験では、私が立てた仮説とは裏腹に、スモールステップを使って問題を解く際に確認問題をステップの間ごとに入れても最終問題の得点に影響を与えないことが分かった。一方、解答時間は少しの差ではあるものの10秒程度短くなることから確認問題による影響が垣間見えたのではないかと考えられる。また、アンケート調査よりスモールステップで問題に取り組むことを面白いと感じ、やる気につながると回答した人が多いことからこの手法を使って問題に取り組むこと自体、有効なものであるのではないかと考える。今回の実験では、もともとの数学の能力に依存せず、あまり知られていないような素因数分解の方法を用いた。しかし、大学生には少し簡単すぎた可能性も否めない。教える側としては、相手にどう伝わっているか、理解できているかを確認したくなるものだと思うが、もしかしたら余計なお世話になってしまうのかもしれない。簡単な問題ではなおさら、その可能性が高い。そのため、対象を中学生や高校生に変えるとど

うなるか、難しい問題を取り扱うとどうなるか、数学に対する意識や能力ごとでステップをわけるとどうなるか興味深い。

今回の実験では、もともとの数学に対する意識を量るものとしてアンケート項目の1項目のみとなってしまったが、それだけでは不十分である。数学に対する意識や能力を測る指標を準備する必要がある。また、今回は実験の被験者に対して、報酬を一律で支払った。そのことが被験者に対して何らかの影響を与えてしまった可能性もある。

今後の課題として、先ほども述べたように対象を変えるとどうなるか、数学に対する意識や能力ごとに実験を行うことで違った結果が得られるのか、今回は短期的にスモールステップの効果を見たが長期的のものではどうか、実験後に日にちを開けもう一度確認問題をするとうなるか、ステップの段階を増やしたら結果は変わるのかなど様々な方向から検討の余地がある。

引用文献

- ・中澤潤編『よくわかる教育心理学』ミネルヴァ書房
- ・Albert Bandura and Dale H. Schunk (1981)『Cultivating Competence, Self-Efficacy, and Intrinsic Interest Through Proximal Self-Motivation』
- ・河野孝介『スモールステップを用いた暗記とその利用』

