

プログラミング導入教育における 提出課題とフィードバックの共有

Sharing Feedback and Assignment Reports in Elementary Programming Education

安田 豊

京都産業大学コンピュータ理工学部

Abstract: Feedback on assignments is essential in elementary programming education. Especially, individual feedback is more effective than collective feedback for students who are slow learners. However, individual feedback is very time consuming for lecturers, and if they concentrate more on the slow learners, high-performance students may lose opportunities for learning. Therefore, we require a method that maximizes the effectiveness of individual feedback and is useful for both high- and low-performance groups of students. The proposed method shares individual feedback with all the students to achieve the following two objectives: The first is to provide personalized and direct educational explanations to the low-performance group. The second is to show both incorrect and excellent codes with feedback to the high-performance group for advanced learning. This paper presents the effectiveness of the proposed method, based on the questionnaire survey conducted after a semester-long class.

Keywords: e-learning, programming education, individual feedback

1. はじめに

プログラミング導入教育では、講義だけでなく演習によってその技術を訓練することが多い。演習では提出結果に対する誤りの指摘や、概念的理解の再整理を促す追加説明などが行われるが、本稿ではこれを総称してフィードバックと呼ぶことにする。

導入教育では受講生の修得速度や理解度に大きな個人差が生じることは避けられないため、理解度が低めの受講生層を主たる対象とした授業進行を図る場合が多い。

フィードバックには受講生各人に対して行われる個別フィードバックと、クラス全体に対して行われる一括フィードバックがあるが、導入段階では個人差の大きさと理解度の低さから前者が適していると考えられる。理由はクラス全体への一括フィードバックでは、理解度の低い受講生には一般化された説明より自分が提出した課題に沿った具体的な説明の方が、より理解を助けてくれるためである。

しかし個別フィードバックは教員側に、多くの作業時間を必要とするため、クラス規模によってはTA 1名程度の補助があったとしても担当教員の負担は大きなものとなる。

また理解度が低い学生に注力するあまり、結果的に素質のある学生を早期に伸ばす機会を失い、漫然と初年度を過ごさせることは専門教育の立場から大きな問題である。むしろそうした学生には、より高い資質に応じてより発展的な学習の機会を提供すべきである。すなわち、教員による個別フィードバックの効果を最大化し、理解度の高い受講生と低い受講生の両方に対して有効な教育方法が求められている。

そこで本研究では各受講生の課題提出結果と、それらに対する個別フィードバックを全員に提示する方法を試み、アンケートによってその評価を行ってもらった。

以下、2章でまず問題を整理し、実現手法について検討する。3章では評価を行い、4章で論文をまとめる。

Yutaka Yasuda
Kyoto Sangyo University
E-mail: yasuda@cc.kyoto-su.ac.jp

2. フィードバック手法の検討

(1) 個別フィードバックを実現する際の問題

初学者向けのプログラミング演習では、一般に小規模な課題が数多く設定されるが、それに対して個別フィードバックを充実させるのは容易ではない。理由は教員側が持てる時間資源の限界と、受講生側の理解度の低さである。

Gallienらの報告^[1]では、一括フィードバックよりも個別フィードバックの方が、より受講生の理解度と満足度の双方を高める一方で、コンピュータを利用した「書くことによる」コミュニケーションはTime Consumingであると指摘されている。大学などで行われるプログラミング導入教育では課題の提出にLMS（学習管理システム）を用いる場合が少なくない。そしてそこでのフィードバックは「書く」コミュニケーションであり、教員側の時間消費量は著しく増える結果となる。

BBS（電子掲示板システム）などを利用してフィードバックを教員だけでなく受講生が相互に出し合う、ピア・レビューを導入する試みもある^{[2][3]}。しかし情報リテラシ系科目^[2]や発展科目^[3]とは異なり、1年次におけるプログラミング導入教育においてはこうした協調学習の導入には不慣れによる限界がある。また他科目での過去の積み重ねや一般常識がある程度通用する分野と異なり、プログラミング分野において、その初学者は他者のプログラムの良否や考え方を感知するには知識や理解力が足りなさすぎることも問題である。

また、対面でのピア・レビューをプログラミング教育に導入する事例もある^[4]が、ここでは大量の訓練された講師が必要と指摘されており、これも多くの導入教育の運用環境には当てはまらない。

(2) 導入した手法とねらい

そこで本研究では、すべての提出物とそれらに対する個別フィードバックを全受講生が共有することでこの問題の改善を試みた。具体的にはLMSによって回収した課題に対し

て個別フィードバックをつけ、それを全員が縦覧できる形で公開する^[1]。

これによって、まず理解度の低い学生は、自身の誤りを直接的に指摘され、かつ正しい理解に導かれるべく最適な説明を読むことができる。

逆に理解度の高い学生は、間違いを犯さないためフィードバックが得られる機会は少ない。しかし初学者はむしろ間違えて指導を受けることで理解を深める場合が少なくない。そこで理解度の高い受講生には、他人の誤ったコードとそのコメントを読むように促し、擬似的に誤りを体験させて学習効果を高めさせている。これはまた他者の優れたコードやそれに対するフィードバックから、より良いプログラミングについて考えるといった発展的学習の機会を提供することにつながる。

そのためにコメントは共有を意識して書くことが重要である。例えばelse句を使わずに常に真偽が逆になる論理式を用いた二つの条件文で処理を分岐させるようなプログラムがあったとする。そのコメントには単にelse句を使うように指摘するだけでなく、補足として冗長な記述を避ける理由（実行時間の短縮やプログラム保守性の向上など）を加える^[2]。誤りを犯して、そのような指導を受ける段階の受講生はelse句の機能を理解するのみで、その必然性までは理解できない可能性があるが、逆に理解度の高い受講生には、保守性を意識するなど一段高い視点でのプログラミングの参考事例となり得るからである。

(3) 適用した環境と運用規模

適用した演習授業は受講生75名、週2回各1コマの半年授業である。これが2クラスあり、筆者ともう一人がそれぞれ担当した。コース内容は筆者の設計による同一のもので、共にフィードバック共有手法を導入して運営された。最終課題（アニメーション作品の自由制作）への途中段階に相当する期間での授業回数は24回程度であり、回収した課題プログラムは筆者の担当クラスで2,500本ほどであった。

毎回の提出・フィードバックは以下のようなルーティーンで行った。

- ① 授業終了時に課題を提示する。多くの場合締め切りは一週間で設定。
- ② 締め切り後、TA（1名）と協力して一週間以内にレビューを行い、コメントをつけて結果を公開・提示する。
- ③ その後、最も近い授業の開始時に公開されたレビュー結果を引用しながら典型的な誤りなどについて補足説明を行う。

3. 評価

筆者が担当したクラスについて、二種のアンケートによる評価を行った。

(1) 授業評価アンケート

全学規模で行われる授業評価アンケート（本学では出席率80%未満の回答を対象とせずに平均等の集計を行っている）45件について、授業方法や満足度に関する項目の5段階評価を表1に示す。

表中の「規模別平均」は当該アンケートにおける全学の同程度規模のクラス（受講者数が41～100名）での各項目の平均値である。本学では、これも出席率80%以上と回答したものに限定して算出されている。

なお無効回答は無かった。

表1 授業評価アンケート（5段階、n=45人）

設問	5段階評価					この平均	規模別平均	差分
	5	4	3	2	1			
考え方の工夫	26	13	6	0	0	4.4	4.0	+0.49
教員の熱意	31	7	7	0	0	4.5	4.2	+0.33
理解・修得度	10	26	8	1	0	4.0	3.7	+0.32
満足度	23	15	4	3	0	4.3	4.0	+0.28

選択肢の設定は「5:非常に良い（強くそう思う）」「4:ややよい（ややそう思う）」「3:普通（どちらとも言えない）」「2:あまり良くない（あまりそうは思わない）」「1:よくない（まったくそうは思わない）」である。

規模別平均との差分はどの項目でもプラスであるが、特に「教え方の工夫」が高く評価されている。

記述式回答では回収した全53件^③の77%に肯定的な意見があり、そのうち課題関連のものが21%あった。内容としては個別フィードバックを肯定したもの（「提出した課題の直

すべき箇所が分かる」「解説が実際のものを使って具体的である」等）が15%あった。これは第1章および第2章(1)節で述べた、個別フィードバックが理解度や満足度を高めることを示すものである。

また他者のプログラムが読めるとしたものが5.7%、それらを理由に「やる気が出る」と答えたものが3.8%含まれていた。

(2) フィードバック共有の効果

次学期に同一集団に対して、本手法の効果を直接的に尋ねるアンケートを行った。先の授業評価アンケートに倣って匿名・任意提出であり、50件の有効回答を回収した。

まずフィードバックの必要性とその頻度について問うたところ「毎回」が76%、「2回に1回で充分」が22%だった。逆に「4回に1回で充分」は2%、「特に必要ない」は皆無であり、頻繁なフィードバックが強く望まれていることが確認された。

次にフィードバック共有の効果について四段階^④で問うと「非常にあった」が36%、「あった」が42%であり、合わせて80%近い受講生が有効と答えている。対して「あまり効果がない」は12%、「全くない」は2%だった。なお「該当せず」（フィードバックを見ていない、分からないなど）が8%あった。

次に示す図1は、自分あるいは他者のプログラムやそれに対するコメントが、理解度あるいはモチベーションを高めた程度について、同じく四段階で問うた結果である。「該当せず」は「（フィードバックを）見ていな

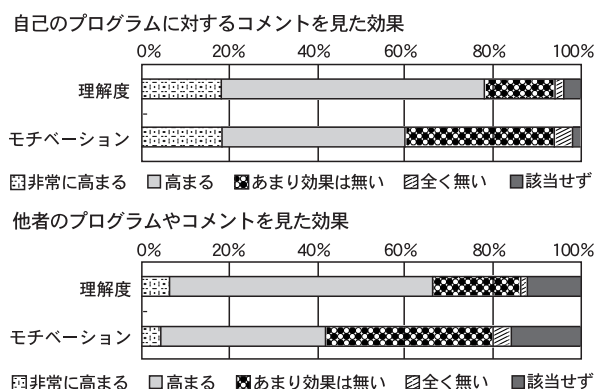


図1 理解度・モチベーションへの効果

い」「分からない」などである。

まず80%ほどが自己への個別フィードバックによって理解度が高まったと回答している。これはおよそ自明のことであるが、全体の60%以上は他者のプログラムとそれに対するコメント（以後単に他者へのフィードバックと表記する）を見ることで理解度が高まると回答している。

一方、理解度と比べてモチベーションを高める効果は弱めであり、特に他者へのフィードバックによってモチベーションが高まる場合は、そうでない場合と差がないように見える。そこで次節では他者へのフィードバックを見ることによって理解度あるいはモチベーションに関する効果があったと回答した受講生の層についてより詳しく分析する。

(3) 理解度が高い層への共有効果

表2は他者へのフィードバックを見ることで効果があったと感じる理由に関する設問に対して「他の間違った事例が参考になった」「他の優れたプログラムが参考になった」選択肢の両方にチェックした受講生（13人）を抜き出し、その傾向を示すものである。

表2 他者へのフィードバックによる効果 (n=13人)

ポイント 合計	累積人数		該当者率
	全 体	該当者	
15	3	2	67%
14	5	4	80%
13	9	7	78%
12	20	10	50%
10	31	12	39%
8	42	13	31%

表中のポイント合計とは、自己あるいは他者へのフィードバックが理解度あるいはモチベーションを高めた度合いをポイント化（四段階の選択肢を効果の高い順に4から1ポイントに設定）して合計した値である。累積人数の「全体」は当該ポイント以上の受講生が何人いるかを示し、「該当者」はそのうちで「他の間違った事例が参考になった」「他の優れたプログラムが参考になった」の両方にチェックした受講生の数である。該当者率は「該当

者」の「全体」に対する割合である。

1行目は15ポイント以上の受講生が全体で3人おり、そのうち2人（67%）が両方にチェックした該当者であることを意味する。14ポイント以上では該当者率が80%、13ポイント以上では同78%である。逆にこれより低いポイントでは全体（累積人数）が急に大きくなったのに比べて該当者はそれほど増えず、該当者率も急激に下がっていく。

ポイントによる順位が非常に高い受講生層は実際の理解度もある程度高いと推定される⁽⁶⁾が、表2からは他者の間違った、および優れたプログラムの両方から学んだと回答した受講生が、まさにその層に多く存在していることが読み取れる。

また、筆者が担当したクラスでは成績と関連付けるアンケート結果が得られなかったが、別担当者によるクラスでは回収率が40%程度と低いものの、成績との関連付けが可能な結果が得られた。有効な回答（29件）から、表2と同様に「他の間違った事例が参考になった」「他の優れたプログラムが参考になった」選択肢の両方にチェックした受講生（6人）を抜き出し、成績順に並べたものを表3に示す。期末得点の項目が成績であることを除いて、他の項目の意味は表2と同じである。なお、同点のものは該当者にはなかった。

表3 成績との関連 (n=6人)

期末得点	累積人数		該当者率
	全 体	該当者	
99	3	1	33%
96	4	2	50%
93	5	3	60%
89	12	4	33%
86	15	5	33%
36	29	6	21%

抜き出した6人の中での最高点は99点であり、上位3人中の1人（33%）が両方にチェックしたことがわかる。96点以上では該当者率が50%、93点以上では同60%である。これより低い得点では、やはり全体（累積人数）の増加に対して該当者はあまり増えず、該当者率は下がってしまう。

ここでも表2と同様に、理解度が非常に高い層に、他の間違っただけ、および優れたプログラムの両方が参考になったと回答した受講生が多く含まれていることが確認できた。

これらは第2章(2)節に示した、「理解度の高い受講生に、より発展的な学習の機会を提供する」ねらいが結果に現れたものと考えられる。なぜなら理解度が非常に高い受講生には他者の単純な誤り事例の再確認だけでは、もはや参考にならないと思われるためである。つまり彼らは他者へのフィードバックを、第2章(2)節で示したような何らかのより高い視点でのプログラミング事例などとして参考にしたと考えられる。

4. まとめ

本研究ではプログラミング導入教育に対して、個別フィードバックを全受講生が共有することによる効果について検討し、アンケートによって手法の有効性を確認した。そこでは自己に対する直接的なフィードバックが有効であるだけでなく、他者へのフィードバックの共有が理解度の高い受講生層に対して発展的学習機会を提供することが示された。

なお当該手法は従来の個別フィードバックを行っている授業であれば、ほとんど追加作業を必要とせず容易に導入可能である。また、手法自体にはプログラミング教育に限定される要素が含まれていないため、他分野での適用についても可能性があると考えられる。

謝辞

本演習に多く協力をいただいた京都産業大学の荻野晃大氏に感謝します。

参考文献

- [1] Gallien, T, Oomen-Early, J. :Personalized Versus Collective Instructor Feedback in the Online Courseroom: Does Type of Feedback Affect Student Satisfaction, Academic Performance and Perceived Connectedness With the Instructor? *International Journal on E-Learning*7(3), pp.463-476, 2008.
- [2] 笠見直子: BBSを用いてピアレビューとフィードバックを強化した情報リテラシー教育. 私立大学情報教育協会IT活用教育方法研究10(1), pp.36-40, 2008.
- [3] 谷口るり子: Wikiを利用した協調的プログラミング学習. 私立大学情報教育協会IT活用教育方法研究 8(1), pp.56-60, 2005.
- [4] 駒谷昇一: 新入社員に対するレビューを中心としたプログラミングの教育方法. コンピュータと教育 38(12), pp.67-72, 1995.

注

- (1) 一つのWebページに全提出プログラムとコメントを連結してまとめ、受講生はスクロールするだけですべてを見ることができる。
- (2) 完全な理由の説明は長くなりすぎ、書くのも読むのも困難なため、短い説明と教科書の該当ページ紹介などが良い。
- (3) 出席率80%未満の回答を含む。なお当該アンケートは授業時間中に匿名・任意提出で行われた。履修者75名に対する22件は欠席あるいは不提出であった。
- (4) 選択肢の設定は「4:非常に高まった」「3:高まった」「2:あまり効果がない」「1:全く効果がない」である。
- (5) 本来は成績と関連付けるべきだが、このアンケートは筆者のクラスでは匿名で行われた。しかし「理解度が非常に高まった」等を多く選択した受講生の理解度が低いケースは、あったとしても多くはないと考えられる。