

## Maple 版ルフィの仲間たちに試練を!! —ペア評価による数式処理ソフト教育—

関西学院大学 理工学部 (・情報科学科) 西谷滋人 (Shigeto R. Nishitani)  
Department of Informatics  
Kwansei Gakuin University

### 1 まえがき

高等教育においてグループで作業に取り組む協同学習の実践が試みられています。しかし、学生個人の教科の実力アップにつながっているかは大いに疑問のあるところです。著者は長年、数式処理ソフトの浸透を図ってきました [1, 2]。そこでは早い時期から協同学習法の一つであるペアプロ [3] による演習方法を実践していましたが、あまり効果を実感することはありませんでした。そこで、昨年「ペア試験」を試行しました。これは、ペアで試験を受けさせるというものです。学生には好評でしたが、学生個人のスキルアップにはつながらないという結果が出ていました。今年度は、「ペア評価」という方式を導入しました。これは、試験は個別に受けるのだけど、その成績を平均するというものです。その結果、学生個人の教科成績が格段にアップしました。その様子と学生のアンケート調査、および協同学習におけるペア評価の意義について報告します。

### 2 ペアプロからペア試験、ペア評価へ

#### 2.1 取り組みと成績の変遷

対象としている演習は本学の理工学部・情報科学科の3年生に開講している数式処理演習です。この演習では、数式処理ソフト Maple の習得を目的として、プログラミング技法として試行されているペアプロ [3] を進めてきました。詳しいペアの取り組み方や、課題の内容は前報を参照してください [2]。ここでは試験の得点分布を見ながら、前年度までの取り組みと問題点をまとめ、今年度の取り組みを紹介します。

2010年までは、学生にグループを組ませたり、毎回ペアを変えるなど、いろいろ試みました。2010年の「ペアプロ」で見ると、中間試験結果は図1の2010-mで示したとおりで、60点あたりを山にした正規分布に近い成績分布です。合格点は80点としているので、中間の結果が悪いのに驚いて勉強することによって図1の2010-fで示したような成績を取ることができていました。ペアでの取り組みは、授業中の集中度を上げるのですが、どうも試験の点数に反映されないという結果が出ていました。最終試験の上昇は単に、単位という脅しだけで上がっているようでした。

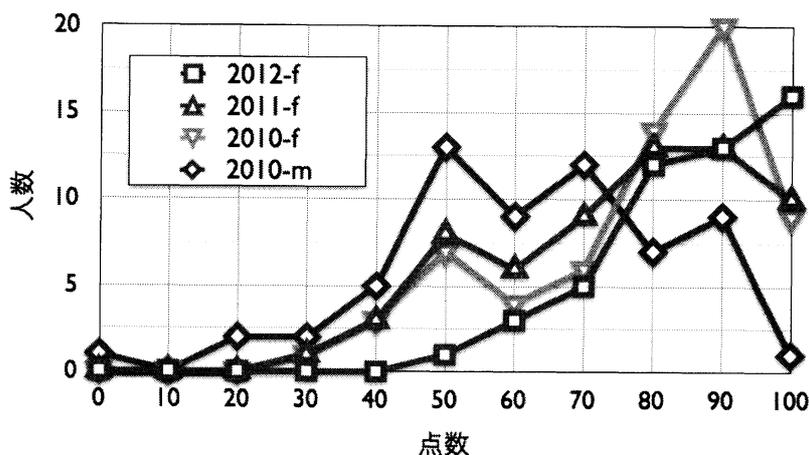


図 1: 個別試験の得点分布.

そこで、昨年は「ペア試験」を導入しました。これは、試験をペアで受けさせようというものです。半期の演習を通して組むペアは、好きなもの同士で、試験の最中は、話し合いありで二人で一枚の答案を提出させようというものです。その結果は驚くべきものでした。問題は平均30-40点ぐらいを狙ったそこそこ難しいレベルにしていたのですが、6割以上のペアが60点を上回るいい成績でした。感想として多くの学生から「楽しかった」という声上がり、さらに、それだけ集中した動機として、「ペアを解消したくないから」が多かったのも驚きでした。また、試験中寝ている学生がいませんでした。大学での試験をご存じだと分かるのですが、できない学生はさじを投げて普段の寝不足を解消するために、寝てしまいます。それが一切なかったのです。もちろんしゃべっているからですが、真剣にそして楽しく試験問題に取り組んでいる様子が伝わってきました。

中間試験として課したこのペア試験の結果を受けて、技能の定着が深まっていると大いに期待しました。ところがこの後でおこなった最終試験での個別試験では成績はあまり良くありませんでした。図1の2011-fで示したとおりで、80点以上は37/64でした。2010-fが43/64であったのに比べて分布が左寄りである平均点が下がっているのが読み取れると思います。つまり、ペアでの作業には集中するが、個人の技能アップにはあまり真剣に取り組んでいないことが露見しました。ペアやグループでの協同学習や経験学習を仕掛けたときに、周りのみんなに頼って主体的に取り組まない学生をフリーライダーと言いますが、これによく似た学生が多かったようです。のりはいいのだけど、流されてしまって自分の実力に結びつかないようです。

さて、このように、好きなもの同士だと仲良く取り組む。そんなおともだちを流行りの漫画から「ルフィの仲間たち」と名付けています[2, 4]。仲間だと集中するけど、実力に結びつかない。そんな彼らにさらなる試練を与えようとしたのが、「ペア評価」でした。つまり、最後の試験の結果をペアで平均するとしました。すると、……

結果は図1の2012-fに示したとおりです。見事に理想的な指数関数の得点分布となりました。80点を突破した学生が、41/50で8割を越えていました。「ペア試験」だけでは

上がらなかった個人の技能が「ペア評価」によって突然上がった訳です。課題や問題などは変えずに、単に評価をペアですと宣言しただけでこれほどの劇的な効果があった訳です。この理由は次のアンケート結果から読み取ることができます。

## 2.2 アンケート結果

アンケートは、大学が導入している Learning Management System(LMS) を使って、無記名でネットから取りました [5]。まず驚くのは、有効回答数が50名中37名もあったことです。また、比較的まじめに記述式の設定に回答してくれていることです。このあたりは、LMSによるスマホからの回答に慣れている現代の若者の様子が見て取れます。すべてのアンケート回答を web に上げています [6]。

### 2.2.1 ペアでの取り組みと、がんばり具合

どの程度がんばったかのアンケート結果を表1に示しました。「ペアだったので、他の科目よりもがんばった。」が過半数を占めています。

表 1: ペアでの取り組みと、がんばり具合。

ペアだったので、他の科目よりもがんばった。	20
ペアとは関係なしに、他の科目よりもがんばった。	5
他の科目とかわらなかった。	11
ペアに頼って、他の科目よりもがんばらなかった。	1

具体的にどのように感じたかを「ペアでの取り組みについて具体的な感想」として聞いてみました。一人で取り組んだとの感想もありますが、それ以外でのキーワードとしては、「責任」「相補的」「協力」「楽しめた」などが上がってきました。

**責任** 自分がサボるとペアに迷惑をかけてしまうので、頑張りました。分からないところはお互いに教えあいながら取り組むことができました。

**相補的・楽しめた** どちらかが何かを忘れていたとしても、もう一方がそれを補うことができるので安心感があった。お互いに相談しながら授業を進めていけるので、授業の理解がよかった気がする。友達と一緒に会話しながら授業を受けるため、楽しめた。アイデアを出し合っていて答えにたどり着く過程も楽しめた

**協力・楽しめた** わからないところを聞けたり、お互いの苦手なところを補えるので課題がスムーズに進めることができた。協力してやることで、一方がやらなかったらもう片方が苦労するという気持ちがあるので積極的に取り組めた。

### 2.2.2 演習時間外での取り組み

学習習慣を定着させるために、「演習時間外での取り組み」を聞いています。あまり、「週何時間取り組みましたか」というのには、慣れてきてまともに答えてくれないので、もうすこし具体的な設問にしました。ペアでの取り組みはそれほど活発ではなかったのですが、少なくとも普段の会話に勉強の話となる Maple の話題が出てくるのがまず第一歩でしょう。

表 2: 演習時間以外の取り組み (複数選択可).

演習時間以外でペアで課題に取り組んだ.	8
演習時間以外でペアで試験対策をおこなった.	9
演習時間以外でペアと, Maple について話をした.	16
演習時間以外では具体的な取り組みはしなかった.	8

具体的な記述からは、次のような項目と回答があがってきました。

**ペアで試験対策** ● 資料集めをした.

- お互いわからなかった対角化の問題などを一緒に解いて理解した.
- ペア試験の反省を踏まえ個人試験では協力して試験対策をおこなった.

**ペアで課題** 空いている時間を見つけ、二人とも一緒に課題をし、片方がわからなかったら、もう片方が教える.

**フォルダー作成** ● 演習中に頻出すると感じたコマンドをルーズリーフにまとめて、ファイルの最初に用意しておくようにした。結果、最終試験の際に必要なコマンドを調べる手間が大幅に削減でき、余裕を持って取り組むことが出来た.

- 資料の量があまりに膨大で、いささか管理に困ったことはあったが、わかりやすくまとめてしまえばかなり便利に利用できたので、資料の効果的なまとめ方をおのずと習得できた気がする。その点を考えても、リングファイルにまとめる事は、今後も推奨していいと思う。

試験にはプリントや課題を綴じた2穴のフォルダーの持ち込みを可としています。昨年の学生の反省でもフォルダー作りをしなかったという項目が多くあがっていましたが、今年も同程度に失敗するだろうと踏んでいたのですが、ほとんどの学生がフォルダーを作ってきていました。やればできるのに...

### 2.2.3 演習全般について意見や感想

全般的な意見を聞いてみました。とにかく楽しめたのは確かのようにです。具体的な記述では、ペアを楽しめたという趣旨の回答がダントツでした。

表 3: 演習の全体的な感想.

この演習は、とても楽しめた.	33
この演習は、他と変わらなかった.	3
この演習は、他よりもつまらなかった.	0
あまり感想はない.	1

- 1人で黙々と課題を解いていくより、2人で話して解いていく方が楽しかったです.
- ペアをくんで問題を解くということは大学で初めてだったので新鮮でおもしろかった.
- 微積分や共通一次の問題は自分はよくわかっている、ペアの子はベクトルについてよく理解していた。中間テストでお互い分からない、知識が足りないところがよくわかって、最終試験までにとりくむべき所がよくわかりました。過去問を何回も解いていくうちに全然覚えてなかったコマンドも見ずにすぐに打てるようになったし、いいペースで勉強が進んだので、たのしかったと思います。ペアプロはペアの相性によって二極化するような気がしました。成績が悪い所は少ないけど、おそらく個人の頑張りで伸びたペアが結構いるんじゃないかなと思います。おしゃべりの効用など、仲良くて気軽に話せるペアなら、1人で勉強するよりどんどん知識が入ってくると同時に、お互い足りない所がわかるので、どう知識をいれていくか、というところもわかっていくと思うので、ペアプロでやった点はたのしかったです.

また、数式処理ソフト Maple への積極的な記述も目立ちました.

- maple を使うのは楽しかった.
- Maple というソフト自体が面白かった。普段の数学の知識や情報をそのまま入力すれば答えが出てくるという反応の良さもよかった。質問をすれば、授業でやることではない知識も教えてもらったので、ただ授業を受けるよりもいろいろな情報を得ることができた。Maple が優秀すぎたため、この授業以外での計算が非常に面倒くさく感じるようになってしまった.
- 情報理論実習で固有値を求める問題などがあったので、手計算でやったあと、Maple の使い方のおさらいと、検算をかねてやってみたりしました.

しかし、中にはやはりペアがうまくいかなかった学生もいました.

この演習のやり方については非常に楽しさを感じました。ふたりに話し合うことによりお互いどこが分からないのかを確認することができお互いの能力を向上させることが出来ると思います。しかし、私のような者もいるので少し考える必要は感じました。私は、初めの授業に遅刻し、自分で

ペアを選択することができませんでした。最初はそれでもよいかと思っていましたが、他の二人は授業にも来ず、ほぼ私は一人で演習をこなしました。それだけならまだ良かったのですが、来ても何もしない、遅刻は当然のような態度を見ていると来ても腹が立ち逆に集中できないという場面がありました。また、ペア試験ではギクシャクしたペアで気まずい話し合いだったのであまり頭は働かず、最終試験では私はギリギリでしたが合格点を一応とったのですが、グループ得点は70以下という納得の出来ない結果となりました。私にも非があった（初めの授業で遅刻した、最後のテストで十分に点を獲得することが出来なかった）と思いますがこれで単位を落とした場合は納得できません。ちなみに、最初の遅刻以来1回も遅刻していませんし、全て出席しました。

このあたりの扱いは難しいです。このような最初にうまく組めない学生が5組ほどありました。そのうち途中で投げ出した学生が出たグループは2つで、その片方の学生の感想のようです。もう1つのグループでは、あきらめた学生は、履修を取り消しましたので、相方は、他のグループと一緒にになって、受けました。他の3グループは、いろいろコンフリクトがあったようですが、最終試験は優秀な成績でクリアしました。このようなグループが頻出するようになると運営上の問題が大きくなります。ただ、工学部の実験科目では、レポートをグループで出すことは常識です。数学だけが個人成績でなければならないという必然性はなく、次節でもうすこし大きな視点から議論します。

### 3 協同学習におけるペア評価の意味

議論を高等教育における協同学習からはじめます。これは、Active learning とか、Peer learning と呼ばれ、旧来の座学だけでは知識を定着できない学生が増えている現状を打破する講義法として盛んに実践されています。実際に社員研修や成人教育では大いに成功していますし、コミュニケーション能力の涵養のためにも不可欠という見解もあります。また、数学に対する非常に実践的なガイドも存在します [7]。しかし、単に協同作業をさせただけでは、「動機が低く」「学習習慣が身についていない」大学生に知識や技能の定着を促進することは困難です。さらに、その知識や技能の個人レベルでの「評価が難しい」ことから、協同学習の効果に疑問が持たれます。それぞれの問題点とそれに対して「ペア評価」がどのように有効かを吟味していきます。

#### 3.1 動機が低い大学生

学習動機が低い大学生に協同学習の授業法をとると、単なるおしゃべりに終わったり、あるいはフリーライダーと呼ばれる他の学生にただ乗りする学生が現れます。activeな参加者を増やすために、楽しいとか、役に立つという事を強調する課題や作業が多くなります。すると、逆に実質的なレベルの低下や作業量の不足が起こり、最終到達点を下げるか、あるいは、自習に頼らざるを得なくなります。

これに対してペア評価は、学習への動機を強制します。前報[2]で紹介したとおり、現代の学生は「仲間」を非常に大切にし、友達をなくしたくないという気持ちを強く持っています。そんな彼らを、単なる仲のいい「ともだち」ではなく、「苦難を乗り越えた」友達にしてあげるためにも、ペア評価は役立ちます。そして、アンケートにあるとおり、見事にはまってくれています。

### 3.2 学習習慣が身につけていない大学生

今時の大学生は、あまり高校で勉強してないようで、勉強をする習慣がついていません。さらに、受験をしてきた子たちも、単に塾で解き方を見てきただけのようで、自分で演習書を仕上げるとか、レポートをまとめるという経験がありません。従って、学習における基本となる、

- 自分で問題を解く
- プリントをファイリングする
- ノートを取る
- 時間を管理する
- 遅刻しない
- 無断で休まない

という基本的なことができません。これらはある意味技能なんで、初年次教育で紹介はするのですが、それが日常的な習慣として定着することはありません。知っているけどできない訳です。そしてやらないうち、知らないとなります。ICTやユビキタス学習環境の充実が、さらにそんな風潮に拍車をかけているのかも知れません。

ペア評価は、どうやって学習習慣を定着させるかを学生たちが自主的に解決してくれます。アンケートにあるとおり、やり方は分かっているので、自分のためではなく、仲間迷惑をかけるために効率的な学習法を積極的に採用してくれる訳です。仲間を大切にするルフィの仲間たちは、自分の悪習を直す努力すら惜しまないのです。

### 3.3 協同学習は評価が難しい

協同学習は、学生個人の知識の定着だけを目標にしている訳ではないので、その成果の評価が難しくなります。この評価について、「協同学習の技法」のバークレイらは[8, p.71]、「グループ評価」と「グループ活動スキルの評価」を区別した上で、

教科の成績を評価する方法は良く理解されており、大学教育に受け入れられています。しかし、グループ活動を評価する効果的な方法はまだ開発途上です。

としています。つまり一般的な教科の内容の定着度を調べる評価法と、グループ活動のスキルの定着度を調べる評価とを別物として調べる必要性を強調しています。

また、グループ活動の成果物に対する評価となる「グループ評価」を「個人評価」に反映することは公平ではなく、賢くない方法であるとしています [8, pp.67-68]。その理由は、

- 学生はグループメンバの成績によって不利益を被ったり、根拠のない報酬を得たりすることがある。
- ほかのメンバの能力を部分的に反映しているグループ評価は学生個人の成績表(大学の成績証明書)の妥当性を低める
- 自分が直接関与していない結果(チームメイトの成果)で評価された学生は欲求不満を感じるかも知れない。
- グループ評価は協同学習に対する抵抗感をうむ。
- 差異が認められないグループ評価は法律違反にあたるかもしれない(優秀な学生の成績が、できの悪いチームメイトによって引き下げられたとすれば訴訟になりかねません)

と引用して、グループ評価を個人評価に反映するなど断定しています。

一方で、協同学習のバイブルとなる Johnson, Johnson, Smith の最新版 [9] によると協同学習の評価法についてのいくつかの提案として、

**個別の点数に加えて、すべてのメンバがある基準まで到達した場合のボーナス点:** グループメンバは一緒に勉強し、与えられた教材をすべて習得する。それぞれが個別に試験を受け、点数を与えられる。グループメンバすべてがある基準を超える成績を得た場合は、それぞれがボーナス点を受け取る。

**個別の点数に加えて、どれだけ成績が伸びたかのボーナス点:** 協同グループのメンバは個別に試験準備をする。個別に試験を受け、個別の点数を受ける。これに加えて、過去の点数の平均よりもどれだけ成績が伸びたかを基準にして、ボーナス点を与える。

**個別の点数をトータルする:** メンバの個別の点数を加え合わせて、その点数を全メンバに与える。

**一つの成果物に対してグループに点数をつける:** グループ全員が一つのレポート、プレゼンテーション、問題プリント、あるいは試験の作業を行う。それを評価し、すべてのメンバがその点数を与えられる。

**個別の教科の点数と協同学習スキルに対してボーナス点を加える:** グループメンバは与えられた教材を学習する。個別に試験を受ける。同時に、彼らの活動を観察して、特定の協同スキル(リーダーシップとか建設的な行動など)をどの程度行ったかを

記録する。グループの協同スキルに点数を与え、教科の点数に加えてトータルの点数とする。

とあげています。これらでは、先ほどのバークレイらの指摘とは反対に、グループ評価を個人評価に反映することをより奨励しています。特に3番目「個別の点数をトータルする」は、本研究で提案している「ペア評価」そのものです。

ペアに対する評価として2011年度に取り入れた「ペア試験」では前述の通り学生個人の能力を上げるものではありませんでした。一般的なレポートや発表を課すと、フリーライダーをさらに助長します。米国で行われた個別の教科の能力測定によると、Peer learningでの学習時間が長くなると、成績が下がるという相関が報告されています[10]。単純に協同学習を導入すれば知識の定着が促進される訳ではなく、協同学習に適した授業内容のデザインが必要と考えられ、協同学習導入のハードルを上げていました。あるいは、協同学習が目的とするスキルが単なる日常的なコミュニケーションや教科の内容を越えて、より現実社会の問題にむきあった内容が必要とされるのも事実です。一方で、大学の役割として、学生の基礎学力を上げるために知識を定着させる教科も必要です。

ここで提案している「ペア評価」は旧来の教科試験そのままの問題ありません。あるいは、授業内容も変える必要がないかもしれません。一般的な講義では、グループ活動のスキルを目的として、それを記録するのは余分な手間となります。「ペア評価」は、お互いが議論・検索したり、分かっているところを教え合うという、ある意味「手段」を評価するのではなく、それぞれがどれだけ知識や技能を定着させたかという「目的」を評価する事ができます。「ペア評価」によって、共同学習のスキルを別個に教えるのではなく、動機として共同学習を導入することが可能となります。

## 4 まとめ

大学で行う数式処理ソフトの習得を目指す演習において、ペアで作業をする「ペアプロ」から、「ペア試験」、さらに「ペア評価」を導入しました。その結果、「ペア評価」と宣言するだけで、学生個人の教科成績が格段に向上する結果が得られました。好きなもの同士を組ませた「ペア評価」によってお互いが責任を感じ、協同で学習する強い動機を得、学生個人の学習にも工夫を凝らすようになりました。

ここで紹介した「ペア評価」は協同学習の一つの形態として非常に有効であると思われます。ペアとかグループでの演習や講義を実践されているなら、ぜひ試してください。好きなもの同士で組ませてペアで評価する。ペアでの作業、例えば、課題の提出や教室での発表を記録すると絆が深まりますが、試験だけを「ペア評価」するだけでも、試験の結果に過剰に反応する現代学生には、効果が出るかもしれません。これは、実験演習のグループレポートを拡張したものとも捉えられます。また、米国での最先端の評価法としても、賛否はあるようですが、採用されています。

## 参考文献

- [1] “Mapleを利用した応用数学教育”, 西谷滋人, コンピュータ&エデュケーション Vol.13, (2002), 33-39.
- [2] “数式処理教育でのペアプロの効果”, 西谷滋人, 「RIMS 研究集会『数学ソフトウェアと教育-数学ソフトウェアの効率的利用に関する研究-』報告書」清水 克彦, 高遠節夫編, 京都大学数理解析研究所講究録 (ISSN 1880-2818), 1780, (2012), pp.40-49.
- [3] “ペアプログラミング—エンジニアとしての指南書”, ローリー・ウィリアムズ, ロバート・ケスラー, (ピアソンエデュケーション, 2003).
- [4] “ルフィの仲間力『ONE PIECE』流、周りの人を味方に変える法”, 安田雪, (アスコム, 2011).
- [5] “関西学院大学における LMS の全学導入と活用状況”, 西谷 滋人, 内田 啓太郎, 武田 俊之, 角所 考, AXIES(大学 ICT 推進協議会) 2012 年度 年次大会, (2012/12/17-19 at 神戸国際会議場).
- [6] “Maple ペア試験アンケート (2012)”, <http://ist.ksc.kwansei.ac.jp/~nishitani/?MaplePairQuestionnaire12-2>.
- [7] “Practical Guide to Cooperative Learning in Collegiate Mathematics (MAA Notes, Number 37)”, Barbara E. Reynolds, Keith E. Schwingendorf, Draga Vidakovic, Ed Dubinsky, Mazen Shahin, and G. Joseph Wimbish, Edited by Nancy L. Hagelgans, (Mathematical Association of America, 1995).
- [8] “協同学習の技法, 大学教育の手引き”, エリザベス・バークレイ, パトリシア・クロス, クレア・メジャー著, 安永悟監訳, (ナカニシヤ, 2009).
- [9] “Active Learning: Cooperation in the College Classroom”, David W. Johnson, Roger T. Johnson, and Karl A. Smith, (International Book Comp., Minnesota, 2006), pp.9:19-20.
- [10] “Academically Adrift: Limited Learning on College Campuses”, Richard Arum, and Josipa Roksa, (Univ of Chicago Pr, Chicago, 2011) pp.100-101.