薬学部物理系実習のルーブリック評価に与える SGD の影響

― 実施順序と学習効果の一考察 ―

Influence of SGD on Rubric Evaluation of Physics Practice in the Faculty of Pharmaceutical Sciences

― A Study of Implementation Order and Learning Effect ―

平野　裕之　　下村　由希　　安藤　　徹
黒井　邦巧　　山原　　弘

投稿日：2022 年 5 月24 日
受理日：2022 年 11 月 6 日

薬学部

（要約）

薬学部２年次の物理系実習の一つである反応速度論に関する実習において、実習内容に関する SGD を組み合わせたプログラムを行った。学生からは、実習の後に SGD を行いたいとの希望が多かったが、ルーブリック評価、自己点検評価のいずれも有意な差はなく、実習と SGD の実施の順序は影響しないことがわかった。又、ルーブリック評価、自己点検評価ともに、過去に行った実習に比べると有意に高い結果となった。実習と SGD のような演習の組み合わせは、学生の自己評価で見る限り、これまでの実習だけの結果と比べて学習効果の向上が期待された。

（Abstract）

In the physics practical training for the second year of the Faculty of Pharmaceutical Sciences, a combined practical training on reaction kinetics and its related SGD was conducted. Though most of the students wanted to do SGD after the practical training, no significant difference both the rubric assessment and the self-assessment assessment on the order of practice and SGD implementation were found. In addition, both the rubric assessment and the self-inspection evaluation were significantly higher than those conducted in the past. The combination of practical training and exercises such as SGD was expected to improve learning effects more than expected.

キーワード：ルーブリック評価、物理化学、物理系実習、SGD、薬学部

Key Words: Rubric Evaluation, Physical Chemistry, Science Experiments, SGD, Faculty of Pharmaceutical Sciences

1. はじめに

薬学部における実験実習は講義によって学習した知識を一つの技能として応用できるようになることが目的の一つとされている。これまで、薬学部2年次の物理系実習では座学で修得した知識と実習で得た技能を融合させることで可能となる目標とすべき能力を具体的に示すためにルーブリックを作成し、評価の導入を試みてきた（平野 2023）。医療系学部の一つである看護師教育の現場でも限られた時間の中で学ぶべき知識が多くなり、カリキュラムが過密になっており、そのため学生は主体的に思考して学ぶ余裕がなく、知識の習得はできたとしても、知識を活用する方法を習得できないことがあると、指摘されている（厚生労働省 2011）。実習において実技（技能）の向上に目覚めると、関連する知識の習得にも熱心になり、技能向上のために理論学習の必要性を感じるとされている（田中 2014）一方、実習に臨むにあたって、学習者である学生が実験実習で何を理解しているのか理解せずに実習書に書いてある通りに、ただ作業を行い、結果を出して終わってしまう学生がいることが報告されており（高尾 2020）、本学においてもそのような学生が少なからず存在すると思われる。2年次の物理系実習においては、これまでも、実習の前に、実習講義を開催し、実習内容を記載した実習テキストを配布しており、実習に臨むにあたっては実習テキストを熟読し、実験の試薬の調製方法や手順等につき操作のイメージトレーニングをし、操作手順をわかりやすくフローチャートや図示したプロトコールシート等を自己点検ノートに記述する事前学習を指導しているが、文章で書かれた実験方法から操作手順を連想することや初見の実習器具名から形状や使用方法を想像することは、学生にとってはかなり高度なものであり、すべての学生にそのレベルを求めることも難しいことが指摘されている（柳下 2020）。

今回、実習科目の学習効果の向上を目的に、実験実習と実験の内容に関連した課題をSGDによって解かせ、技能と知識の両面での学習効果について検証した。すでに報告したように（平野 2022）、新型コロナウイルス感染症の蔓延によって、2022年度前期もクラスを2分し、教室定員の半分の交代制を継続し、対面での授業を行わざるを得なかった。実習についても、クラスを2分し、半分の内容で行う必要があった。そこで、実習の内容は変えずに簡素化できる部分は省略するなどし、1日で実習が終えられるようにし、あとの1日でSGDを実施するプログラムとした。実験とSGDの終了後には全体での発表会を行い、実験の目的や実験操作の意味を再確認することで整理できた知識を活用することで、知識と実技（技能）の向上につながるかどうかについて検証した。なお、実習スケジュールの関係から、実習→SGDと、SGD→実習の異なった順で実習とSGDを実施するグループに分ける必要があったので、実施順序と学習効果についても併せて調査を行った。

2. 対象と方法

調査を行った実習内容は、物理化学Ⅱ（反応速度論）と物質の分析Ⅰ（分光分析法）に関するもので、どちらも1年次の後期に修得しているものである。実験内容は、異なる温度で、解熱鎮痛剤として用いられるアスピリンの加水分解速度を比色定量法によって求め、その結果をアレニウスプロットし、そこから活性化エネルギーを算出するものである。SGDでは、表1に示す5つの課題について、グループで解答を導き、その結果をA4用紙に記述し、発表会を行った。

実習は学年の規模から、3グループに分け、3週間ごとに異なる部門をローテーションして行っている。2021年度前期に実習ⅡAを履修した学生数は201人であった。反応速度論に関する実習は表2に示すように、1つのグループをさらに、A、Bグループに分割し、実習の日程の関係から、実習をしたのちにSGDを行うグループと、SGDを行ってから実習を行うようにし、3日目に全体でSGDの発表会を行った。実習は2名で1班とし、SGDは7～8名のグループで行った。

実習にあたっては実習書の他に、実習に関するルーブリック及び知識に関する項目・技能に関する項目の到達度、及び実習の予習を記載するノートをまとめた、自己点検ノートを配布し、実習終了後に、ルーブリックの記録、ならびに到達度の自己評価を行わせたのち、提出を求めた。表3にルーブリック表を示す。また、自己点検ノートに含まれる知識及び技能に関する到達度確認表を表4に示す。到達度確認については、“理解できなかった”から“理解できた”までを5段階で評価させた。さらに、実習とSGDの順番については本人の意思でなく、グループ分けによるものであったため、SGDの発表会ののち、調査の目的と意義を口頭にて説明したうえで、無記名でアンケートを実施した。選択式に対する回答は、「全くそう思わない（1点）」、「そう思わない（2点）」、「あまりそう思わない（3点）」、「少しそう思う（4点）」「そう思う（5点）」、「とてもそう思う（6点）」の6件法とした。解析は3グループの結果をまとめ、学年全体として行った。統計処理はエクセル統計（社会情報サービス（株））にて行った。各ルーブリック及び到達度確認表及び、アンケートの項目を独立変数として、実習とSGDの順序についてはマン・ホイットニーのU検定を行い、年度ごとの解析にはクラスカル・ウォリス検定を用いた。有意水準は1%、5%とした。

表1．SGDの課題

問1	この実験では緩衝液を用いることで，反応中の液性が一定に保たれている．なぜ液性を一定に保つ必要があるのかを答えなさい．
問2	緩衝液をあらかじめ約30分間恒温槽に入れ加温している．なぜ緩衝液を加温しておく必要があるのかを答えなさい．
問3	今回の実験では，分光光度計を用いた比色定量によってアスピリンの分解を求めたが，なぜ，分解物であるサリチル酸の比色定量を行うのか，その理由を答えなさい．また，直接アスピリンを定量するには，どのような分析方法を用いればよいか．その理由とともに答えなさい．
問4	学生実習でアスピリンの加水分解実験を行ったところ，以下の表のように1つの班だけ異なった値が得られた．各班とも同じ条件で実験操作を行ったとして，異なる結果となった．実験操作の誤り等の理由を5つ以上考えなさい．
問5	医薬品の分解反応がアレニウスの式に従う温度依存性を示すとし，その活性化エネルギーEaが92,600 J/mol (22.1 kcal/mol)であるとき，40°C，6か月間の保管条件で，25°Cで3年間の安定性を担保することができること (25°Cにおいて3年後の残存率が90%であること)を証明しなさい．なお，40°Cでの分解速度定数は0.21 $year^{-1}$ であり，6か月後の有効成分の残存率が90%となるとする．また，今回の実習で自らが算出したEaを文献的な活性化エネルギー(92,600J/mol)と比較しなさい．実験結果が出ていない場合は，pH3でアスピリンの加水分解実験を行ったさいのEaは文献的な活性化エネルギー(92,600J/mol)と比較してどうなるかを考えなさい．

表２．実習及び SGD の日程

	グループ	第1日目	第2日目	第3日目
医薬品の安定性を知る	A	実習	SGD	SGD発表会
	B	SGD	実習	

表３．薬学部２年次の演習実習Ⅱにおけるルーブリック表

○実習に取り組む前に，目標を理解して下さい
○実習が終了した時に，学習到達度の自己評価を行って下さい

スタンダード	キャップストーン	マイルストーン		ベンチマーク	自己評価
	4	3	2	1	到達できたと思う数字に○を付ける
器具の使用法を修得する	器具の精度を熟知し，状況に応じて適切な器具の選択ができ，かつそれを正確に使用できる	使用した器具名がわかり，その器具の精度を理解したうえで，それらを正確に使用できる	使用した器具名がわかり，その使用法を概ね理解している	使用した器具とその名前が一致する	1・2・3・4
代表的な(擬)一次反応の反応速度を測定し，速度定数を求め，反応速度と温度との関係を用いて，医薬品の有効期限を設定できる	アレニウスプロットを作成し，これより求めたアレニウスの式から，医薬品の安定性を理解し，その医薬品に最適な保管方法や有効期限を設定できる	様々な温度における濃度変化と時間の関係から，アレニウスプロットを作成し，これよりアレニウスの式を求めることができる	濃度変化と時間の関係から，積分型速度式を求め，その医薬品の半減期を求めることができる	濃度変化と時間の関係から，速度定数を求めることができる	1・2・3・4

表 4．薬学部２年次の演習実習Ⅱにおける到達度確認表

自己点検シート

Ⅰ．知識に関する項目

	理解できた				理解できなかった
1. 擬一次反応について	5	4	3	2	1
2. 反応速度定数について	5	4	3	2	1
3. 平均値の持つ意味について	5	4	3	2	1
4. 半減期について	5	4	3	2	1
5. 活性化エネルギーについて	5	4	3	2	1
6. アレニウスプロットについて	5	4	3	2	1
7. 検量線について	5	4	3	2	1

Ⅱ.技能に関する項目

	習得				未修得
1. 反応速度定数の求め方	5	4	3	2	1
2. 半減期の求め方	5	4	3	2	1
3. 活性化エネルギーの求め方	5	4	3	2	1
4. 微分方程式の展開	5	4	3	2	1
5. アレニウスの式から有効期限の設定	5	4	3	2	1
6. 検量線の作成	5	4	3	2	1

3. 結果

各グループ５つの課題について発表資料を作成し、課題ごとに発表者を変えて発表させたが、発表後の質疑応答はグループ全体で行わせた。図１にSGDで作成した学生の発表資料の一例を示す。発表内容は文章だけでなく、図を用いて説明した方が良いものは、手書きで図を加えたり、計算式を示したほうが良いものは計算式も発表資料に含めるなどの工夫がみられ、どのグループも比較的よく作成できていた。残念ながら、まとめた結果が他と異なっているグループもあったが、発表会で他のグループの発表内容を聞きながら自分たちの間違いを修正していた。個々の課題について簡単に紹介すると、問１については、大半のグループでアスピリンの加水分解反応が酸塩基特殊触媒の影響を受けることと、加水分解生成物がサリチル酸であるため、液性が変わらないように緩衝液を用いないといけないことを示せていたが、「pHが変わると構造が変わり吸光度が変わるから」や、「アスピリンが反応して別の生成物を生じる恐れがある」と解答したグループもあった。問２については、恒温状態になってから実験を開始する必要があることを理解できていたが、「加温すれば反応が進みやすくなるため」といった表現方法が適切でない解答や、「緩衝液を加温しておくことで活性化エネルギーを小さくすることができる」、「アスピリンの構造を維持することができ、サリチル酸を得られるから」といった解答もあった。問３は比色定量で分離定量を行うためにフェノール性OHを有するサリチル酸と塩化鉄（Ⅲ）による呈色反応を行うことを問う課題であった。どのグループも呈色反応の機構については正しく答えられていたが、アスピリンと分解物のサリチル酸が混在する溶液中で分離定量を行う手段であることまで説明できているグループは少なかった。問４については、使用するガラス器具の誤り、吸光度計セルの汚れや、ブランク補正忘れ、溶解時の共洗いやメスアップの精度や転倒混和が不十分、サンプリング時間のずれ、やサンプリング中の温度低下などの解答があったが、実験結果の数値が半分程度に異なっている点から原因を探るということができていないグループが多かった。ただ、実習で異なった結果を出した班のメンバーがいるグループは、自分たちの結果を考えながら、課題に取り組んでいたように思われた。問５はアレニウス式を用いて、与えられた活性化エネルギーから分解率を算出して証明させる課題であったが、演繹的あるいは帰納的にという違いはあるが、どのグループも正しく結論に導けていた。

表５及び図２には、実習、SGD、SGD発表会後に行ったアンケートの結果を示す。興味深いことに、学生は実習をしたうえでSGDを行いたかったという意見が有意に高くなった。しかし、実習を楽しみにしていた、や実習に主体的に参加したか、ということにほとんど差が認められなかった。

実習をしてからSGDを行いたかったとの意見が有意に高かったことにより、ルーブリックや自己点検に差がでるかもしれないと思えたが、表６に示すように、ルーブリック、知識及び技能に関する到達度確認項目のいずれにも差は認められず、実習、SGDの実施の順序にかかわらず、理解度や技能の習得はほぼ同じレベルに到達できることを示していると思われた。

4. 考察

今回、実習と実習内容に関するSGDを組み合わせた実習プログラムを行い、その学習効果について、実習後に提出させたルーブリックや知識及び技能に関する到達度について評価を行った。

これまでは、実習に必要な知識や理論については、実習後の各人のレポートで確認していたが、学生本人への返却を行うだけであり、学生個人間でのレポート内容の確認や考察について共有する機会は設けていなかった。今回、実習の内容に関する課題をSGDを活用してグループで解答に導くということを行ったが、ほとんどのグループで正しい結論に到達できていた。中には表現方法がおかしかったり、誤った解答になってしまったグループもあったが、発表の質疑応答で自分たちの間違いに気づくことができたり、あるいは十分に理解できていなかったことに対しても全体で答えを確認できたことによる一体感も醸成できたように思う。一方で、比色定量法を用いることで分離定量が可能となることや、実験結果の数値から異なったことの原因を究明するといった点については、十分な結論や理解にまで到達できなかったようであり、この点については今後の実習の目的や到達目標の説明に活かせていければと思う。

アンケートの結果から、学生は実習をしたうえでSGDを行いたかったという意見が有意に高かったことは驚きであり、実習プログラムの立て方に参考にしていきたいが、実習を楽しみにしていた、や実習に主体的に参加したか、ということに関してはほとんど差が認められておらず、実習へのモチベーションなどへの影響というほどでもないことがわかる。この結果は、直感的には実験を行ってからSGDを行いたいという気持ちが優先しているようだが、ルーブリックや知識及び技能に関する到達度の評価は実験とSGDの順序に関係なくほぼ同じ値が得られたことからも支持できるものであると思われる。

2022年度の実習は新型コロナの関係で実習時間を短縮し、SGDと組み合わせた内容で行ったので、これまでのルーブリックや知識及び技能に関する到達度の評価が過去に行った結果とどの程度の違いがあるかについて考察してみた。2022年度は実習時間は少ないものの反応速度に関する実習内容は2015年度から同じ内容で実施しているので、新型コロナで実施できなかった2020年度、2021年度を除く、過去5年間の結果と比較した結果を図3に示す。図より明らかなように、2015年度からのすべての年度よりも有意に高い数値を示しており、今回の実習はこれまでの実習だけの結果と比べて技能や知識の向上につながっている結果となった。反応速度に関する内容、及び分光分析法に関する内容はすでに述べたように1年次の後期に授業があり、2年次の学生はこれらを修得したうえで、物理系実習に臨んでいる。2019年度までは、反応速度に関する内容は、2年次の後期に配当されており、実習も2年次の後期に実施されていたので、授業と実習が同時進行になるため、理解度が低い学生が含まれていることも影響しているかもしれないが、すでに報告したように、反応速度以外の他の物理系実習項目についてもルーブリックや自己点検評価を行っているが（平野2023)、それらの結果と比べても、今年度の数値は高かった。

上述のように、実験実習は講義によって学習した知識を一つの技能として応用できるようになることに加えて、実習によって、関連する知識の習得にも熱心になり、技能向上のために理論学習の必要性を感じるようになることが期待されているとされている。実習と同じタイミングで、実習に関連する項目のSGDを行うことは、これらの実習の目的を達成することにとても効果的であることが示唆された。ルーブリックや知識及び技能に関する到達度の評価はあくまで個人の評価であるため、客観的な評価による結果との違いを明らかにしていく必要はあると思われる。特に実習はペアで行うため、相手と比べ主体的に実習を行えなかったと評価したり、相手が実験を失敗したことが原因であっても、自己評価を低めにしたと答える学生が少なからずおり、個人のルーブリック評

価の課題であるように思われる（平野 2023）。実習のルーブリック評価については、学生自身の評価が成績に影響する場合、あらかじめ観点とレベルを示すことがかえって、学生の擬装を容易にすること（守谷 2016）や、学生が評価に向けて学習する、すなわち傾向と対策的な学習になってしまうこと（白濱 2019）が指摘されており、学生がどこまで誠実に回答しているかまでは読み取ることが困難であるといった点にも注意が必要である。この点については、学生による自己評価を成績と連携させる場合の大きな問題であるため、学生同士のピア評価や教員による第三者評価との整合性については今後の検討課題としていきたい。又、今回の兆候は単年度の結果であるので、引き続き検証をしていかなければならないが、実習とそれに関するSGDの組み合わせは、学生にとって実験内容がより身近になると同時に、学習に対する意欲の向上につながるものではないかと思われた。

5．まとめと今後の課題

今回、薬学部2年次の実習教育において積極的にSGDを導入し、その効果について検証した。実習スケジュールの関係から、実習→SGDと、SGD→実習の異なった順でそれぞれを行わざるをえなかったことに対して、アンケートの結果からは、実習を行った後にSGDを行いたいと希望する学生が多かったが、ルーブリックを用いた自己評価により実習とSGD後の学習効果について調査した結果、実施順序に有意な差は認められなかった。実習にSGDを組み入れた今回の効果は、過去の実習の結果と比較すると、有意に高い結果が得られ、実習とSGDを組み合わせることで、高い学習効果が得られることを示唆している。

薬学教育モデル･コアカリキュラムの改訂（平成25年度）では、それまでの知識偏重のカリキュラムから、教育課程の時間数の7割程度を目安にSBOsをスリム化し、薬剤師としての基本的な資質の修得を前提とした学習成果基盤型教育（outcome-based education）の考え方に力点を置いた薬学教育へと変更された。それから約10年が経過しているが、文科省の調査によると、薬学部の標準修業年限内における2021年度薬剤師国家試験合格率が前年度と比較し、上昇した大学が57校中3校にとどまる実態が報告されており（文部科学省 2022）、薬剤師の養成をいかに効果的に行うかが課題となっている。

今回の結果は単年度の結果であることと、学生の視点からの結果ではあるが、実験実習にSGDを組み入れたプログラムが学生の主体的な学習につながるような効果を示したことは矯味深く、効果的な学生実習の構築のため、今後も検討していきたい。

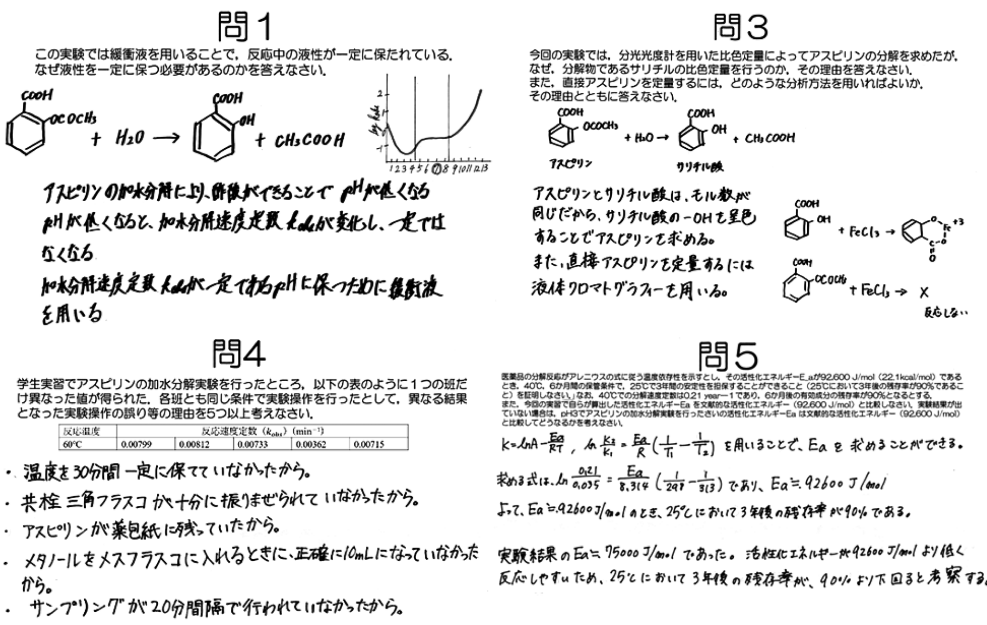

図１．SGD の発表資料の一例

表 5．実習と SGD の順序ごとのアンケート結果のまとめ

	実習 → SGD		SGD → 実習		p
	mean	S.D.	mean	S.D.	
問6　この順で受けられてよかった	5.450	0.783	3.554	1.315	P<0.001**
問7　逆の順に受けた方がよかった	2.480	1.068	4.070	1.265	P<0,001**
問8　実習を楽しみにしていた	4.099	0.954	4.079	1.056	0.8454
問4　実習に主体的に参加できた	5.307	0.958	5.168	0.722	0.1008
問9　SGDを楽しみにしていた	3.673	0.884	3.574	1.043	0.3029
問5　SGDに主体的に参加できた	4.861	0.813	4.594	1.041	0.0823

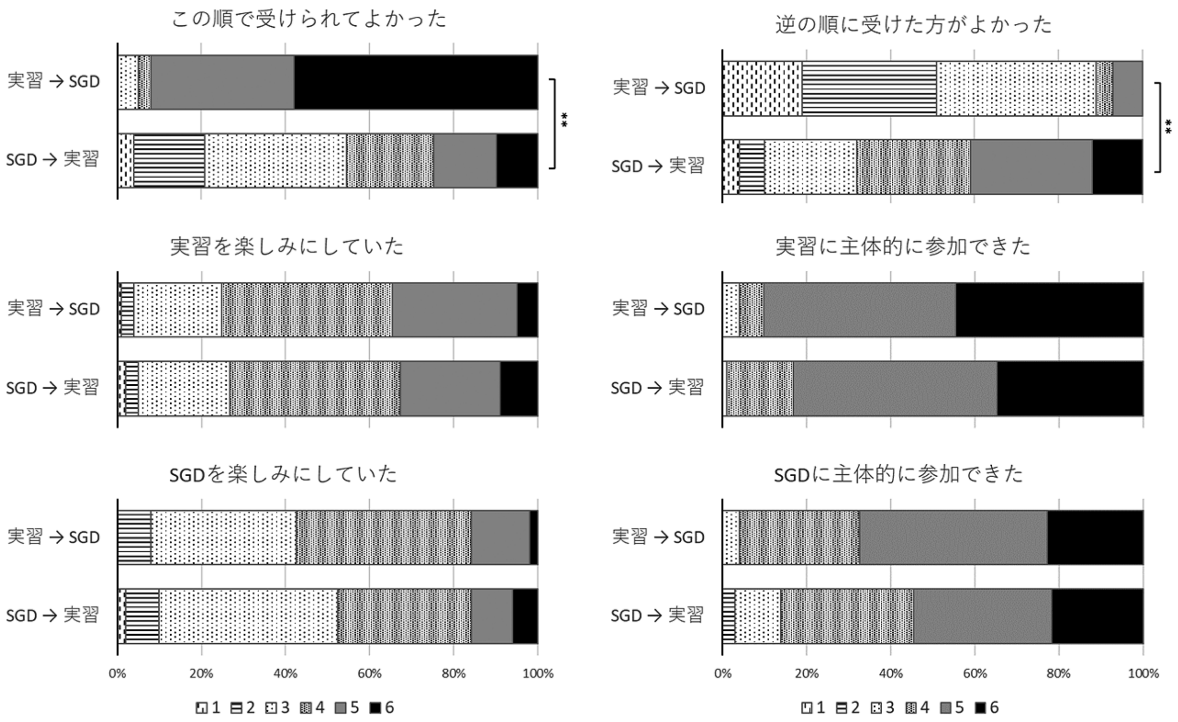

図 2. 実習と SGD の順序ごとのアンケート結果の詳細

表 6. 反応速度論に関する実習についてのルーブリック及び自己評価に関する実習と SGD の順序の影響

		実習 → SGD		SGD → 実習		
		平均	S.D.	平均	S.D.	p 値
レポート評価		3.44	1.57	3.66	1.53	0.31
ルーブリック	器具の使用法を修得する	3.54	0.62	3.60	0.53	0.70
	代表的な(擬)一次反応の反応速度を測定し、速度定数を求め、反応速度と温度との関係を用いて、医薬品の有効期限を設定できる	3.16	0.70	3.19	0.68	0.83
知識に関する項目	擬一次反応について	4.16	0.77	4.14	0.77	0.83
	反応速度定数について	4.28	0.81	4.32	0.74	0.86
	平均値の持つ意味について	4.29	0.76	4.29	0.78	0.93
	半減期について	4.32	0.82	4.34	0.76	0.99
	活性化エネルギーについて	4.20	0.87	4.33	0.75	0.37
	アレニウスプロットについて	4.18	0.85	4.25	0.78	0.63
	検量線について	4.25	0.90	4.38	0.74	0.44
技能に関する項目	反応速度定数の求め方	4.35	0.71	4.37	0.71	0.82
	半減期の求め方	4.32	0.85	4.45	0.72	0.35
	活性化エネルギーの求め方	4.26	0.89	4.33	0.71	0.89
	微分方程式の展開	3.95	0.90	4.05	0.83	0.49
	アレニウス式から有効期限の設定	4.06	0.88	4.06	0.81	0.89
	検量線の作成	4.38	0.79	4.47	0.70	0.47

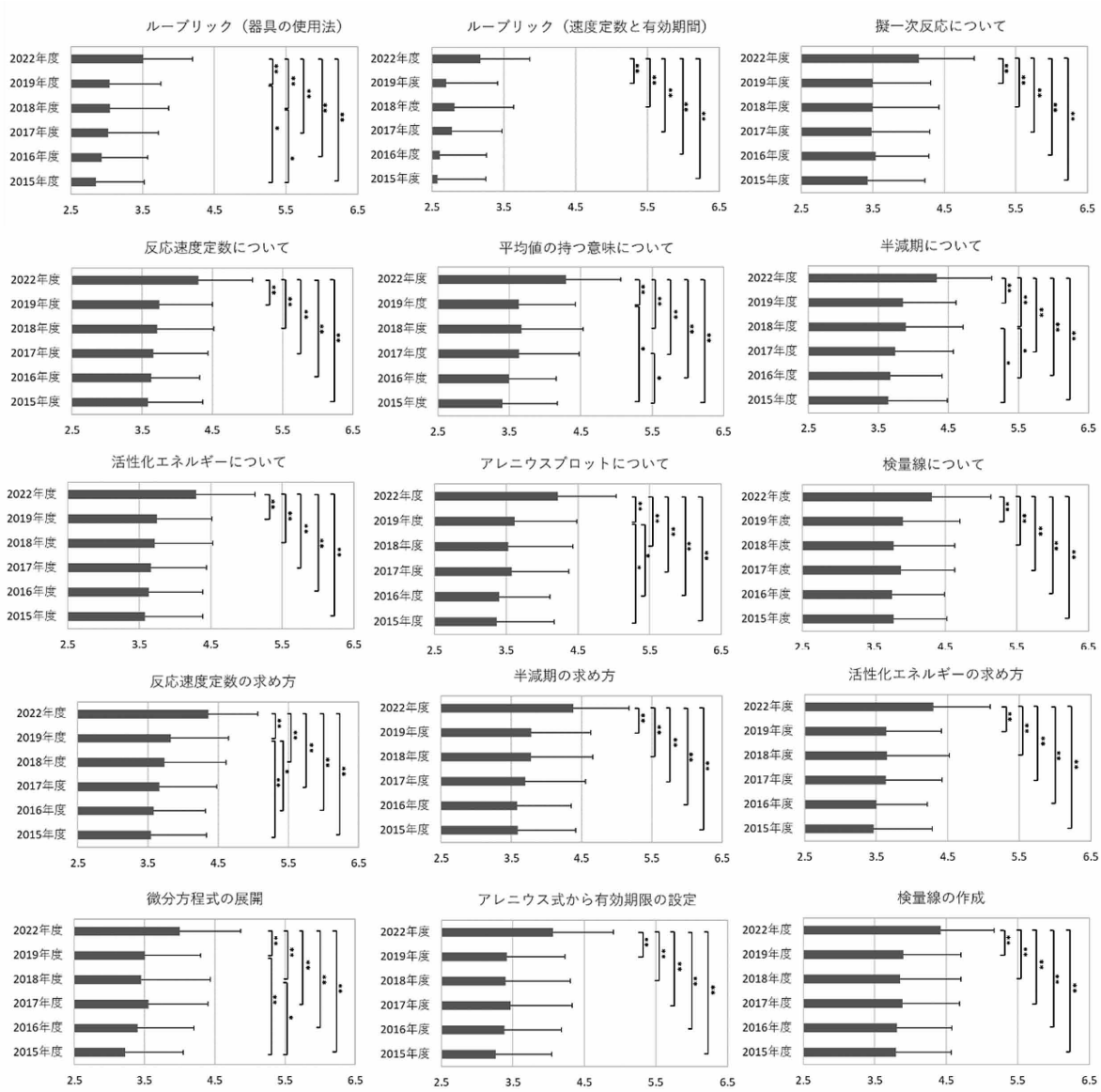

図 3．物理系実習で身に付けるべき技能に関するルーブリック及び自己評価の結果の比較

参考文献

[1] 厚生労働省：看護教育の内容と方法に関する検討会報告書、(2011).

[2] 白濱正尋、(2019)、「実験スキル評価シートを利用した電気情報工学実験の改善　その 1. 電子回路実験」、都城工業高等専門学校研究報告、54、32-41.

[3] 高尾郁子、木村　徹、千原佳子、有光健治、内藤行喜、木村寛之、河野亨子、平山恵津子、徳山友紀、安井裕之、藤原洋一（2020)、「学生実習に取り入れたピア評価による実技検定の実践と学生の意識変化」、京都薬科大学紀要、1、103-112.

[4] 田中萬年（2014)、「実習の意義と役割」、産業と教育、12 月号、2-7.

[5] 平野裕之、下村由希、藤田まい、松本まり絵、山原　弘（2022)、「コロナ禍における薬学部 2 年次の実験実習オンライン化の取り組みの一例」、教育開発ジャーナル、第 12 号、11-24.

[6] 平野裕之、下村由希、松本まり絵、山原　弘（2023)、「薬学部物理系実習におけるルーブリック評価の試み」、教育開発ジャーナル、第 13 号、1-14.

[7] 守谷智恵、川上賀代子、坪井誠二、(2017)、「学生実習におけるルーブリック評価導入の試みと学生の意識調査」、就実大学薬学雑誌、4、37-42.

[8] 文部科学省：薬学部における修学状況等　2022 年（令和 4 年）度調査結果

[9] 柳下真由子、青柳　充、有馬寿英、大竹才人、小林謙介、五味正志、内藤佳奈子、西村和之、西本　潤、三苫好治、米村正一郎、橋本　温（2022)、「実験実習系科目の予習動画の活用による学習効果の向上～新型コロナウイルス流行時の化学実験を例に～」、県立広島大学大学教育実践センター紀要、2、53-58.