

分析化学実験及び情報処理実習における データ処理能力向上の試み (2)

出川 強志*¹, 渥美 太郎*², 田中 孝国*²

An Attempt for Improving Data Processing for Experiments of
Analytical Chemistry and information Processing Practice (2)

Tsuyoshi DEGAWA, Tarou ATSUMI, Takakuni TANAKA

There is much data processing that is not based on statistical knowledge in the report of experiments of analytical chemistry and is seen and lacks the training of the data processing of student experiments in the information processing practice.

And then we perform a mutual cooperation for experiments of analytical chemistry and information processing practice. We report an attempt for improving data processing for experiments of analytical chemistry and information processing practice.

KEYWORDS : report , experiments of analytical chemistry , statistical knowledge, information processing practice, mutual cooperation, an attempt for improving data processing

1. まえがき

分析化学実験は定量実験の基礎の習得に最適である。また実験データの取扱いには、統計的知識に基づいたデータ処理の能力が必要であり、情報処理実習も必須である。

物質工学科において、分析化学実験¹⁾は2年生に、情報処理実習は1年生に導入されている。しかし分析化学実験のレポートにおいて統計的知識

に基づかないデータ処理が多く見られ、情報処理実習においてのデータ処理実習の経験が生かされていないことが多い。

これは、学生が分析化学実験で初めて定量的なデータを扱い情報処理実習で習得したデータ処理技術の実際の実験への応用に不慣れであること、学生の実験技術は未熟であり測定データのばらつきが大きくデータ処理に困難をとまなうことが原因として挙げられ、基礎的なデータ処理技術の復習、低学年からの実際の実験に即した応用的なデ

*1 技術室(Technical Office) E mail : degawa@oyama-ct.ac.jp

*2 物質工学科(Dept. of Materials Chemistry and Bioengineering)

ータ処理技術の習得が必要である。

一方情報処理実習では、実際の学生実験データの実習が不足している。そこで分析化学実験において学生が得た実験データを情報処理実習において扱うことにより、ばらつきの大きい実際の学生実験データのデータ処理実習を行い応用的なデータ処理能力の向上を目指したい。

分析化学実験では、実験を通して情報処理実習で一度履修した実験データ処理を復習することにより、データ処理技術の向上を目指したい。

2008年度はこの研究の準備的段階として分析化学実験の容量分析実験の実験データのばらつき等を、標準偏差値として算出し報告した。²⁾

2009年度は分析化学実験で得られた実験データを、1学年下の1年生の情報処理実習のデータ処理実習に用いこれを報告した。³⁾

2010年度は分析化学実験で得られた実験データを、情報処理実習のデータ処理実習に用いその後1, 2年生双方でアンケートを採り、検討しこれを報告した。⁴⁾

2011年度は2010年度に情報処理実習を履修した学生が2011年度になって分析化学実験を履修した。この学年において2年間に渡りレポート内容からのデータ処理技術調査とアンケートによる意識調査を行ったのでこれを報告する。

2. 方法

2.1 分析化学実験

分析化学実験は容量分析(酸塩基滴定、酸化還元滴定、沈殿滴定、キレート滴定)及び器具(ホールピペット、ビュレット)の公定校正⁴⁾を行い1年間25テーマほどの実験を行う。実験は3~4人1組の班10班で全員同じテーマの実験を行っている。容量分析ではまず標準試薬を分析天秤で秤量し標準液を作製する。また測定試料も秤量後、ホールピペット、メスフラスコ等を用いて希釈試料溶液を作成する。標準液で希釈試料溶液を滴定し、滴定値を実験データとする。滴定値の平均値をとった後、これを用いて計算式より資料溶液中の目的元素の濃度を算出する。器具の公定校正は、25mlホールピペット及び50mlビュレットをJISにおける化学分析法通則 K 0050に準拠し行った。

2.2 データ収集

容量分析においては一人当たり1~2回程度の滴定を行い最終的に1班あたり有効数字4桁の測定値が複数得られる。これが実験データとなる。この測定結果を班ごとに実験条件等と共にデータシートに記録させた。器具の校正実験も同じデータシートに記入させた。

2.3 データ処理実習

情報処理実習に用いる実験データは表1に記した実験テーマから用いた。

表1 実験番号および実験テーマ

実験番号	実験テーマ
なし	50mLビュレットの公定校正
実験2	0.1mol/L塩酸標準液の調整と評定
実験3	0.1mol/L水酸化ナトリウム標準液の調整と評定
実験5	水酸化ナトリウム・炭酸ナトリウム混合物の定量(ワーダー法)
実験4	食酢中の酢酸の定量

また実習前に実験テーマごとに実験概要(テーマ名、実験目的及び滴定反応中における反応式等実験内容)を説明した。このデータ処理実習を行った時期であるが、1年生の実験科目「基礎化学実験」において酸塩基の中和反応滴定実験を行った時期にあわせて行った。これは2年生の分析化学実験と同内容の簡易実験で、深い内容理解の上でのデータ処理実習を心がけた。ビュレットの校正は目盛体積とそのときの純水の質量より補正量を導き、最小二乗法により検量線を作成させるものである。また実験2, 3, 5, 4においてはテーマごとの実験値(3~5個)について平均値、正の誤差、負の誤差を算出し、これより誤差の検討⁵⁾を行わせた。

2.4 データ処理における数値の扱い方

情報処理実習において習得されたデータ処理能力が分析化学実験のデータ処理に活用されるかを確認するために、50mlビュレット校正に着目した。これはJIS 化学分析法通則 K 0050に従い純水を用い0→5mL、0→10mL、・・・0→50mLの各容量を三角フラスコで採り、その質量を小数点以下4桁(0.1mg)まで計量できる分析天秤を用いて秤量する。この質

量を W (mg) とおき次式によって補正する数値 D を算出する。

$$D = \frac{W}{1000000 - (w + w')} - C$$

$$1000$$

ここに、

D : C (ml) に対する補正值 (ml)

W : $0 \rightarrow C$ ml の水の質量 (mg)

w : 室温が 20°C 、気圧が 101.325kPa における補正值 (mg)

w' : 室温が 20°C 、気圧が 101.325kPa から外れていることによる補正值 (mg)
 室温 $\pm 1^\circ\text{C}$ に付き $\mp 4.0\text{mg}$
 気圧 ± 0.133 に付き $\pm 1.3\text{mg}$

C : ビュレットの目盛のよみ (ml)

よって C なる見かけ上の値 (ml) に D なる補正値を加えたもの ($C+D$) が正しい数値 (ml) になる。 $(C+D)$ を用いて検量線を作成するのでこの値が重要である。尚 w の補正量は JIS によって附表が与えられておりこれを使用した。

前年度の1年生の情報処理実習において前々年度の2年生が測定したデータを用い、 C および $(C+D)$ を算出させ、この値を用い 50ml ビュレットの検量線を作成させた。この1年生が今年度2年生になったとき分析化学実験において、 50ml ビュレットの校正実験を行い、自ら測定したデータから C および $(C+D)$ を算出させ、この値を用い 50ml ビュレットの検量線を作成させた。 C および $(C+D)$ は純水の質量に換算されるため、分析天秤の性能により小数点以下の桁数は最大4桁までであり、それ以上の桁数の数値は望ましくない。この値を適切に扱うことは基本的な考え方であり、学生のデータ処理の理解程度をはかるのに適当である。そこで算出された C および $(C+D)$ の小数点以下の桁数を調べその桁数毎の個数を算出し比較した。尚各グラフの総個数に差があるのは未記入の箇所があったためである。

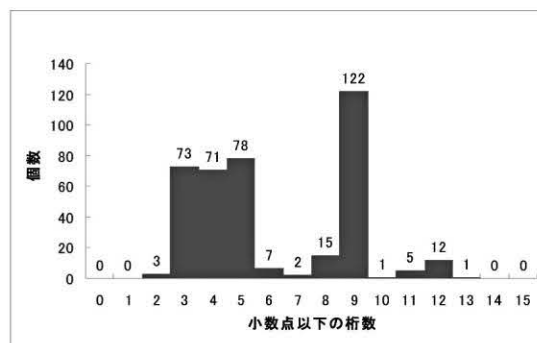


図1 1年情報処理実習で得られた C の小数点以下の桁数の集計

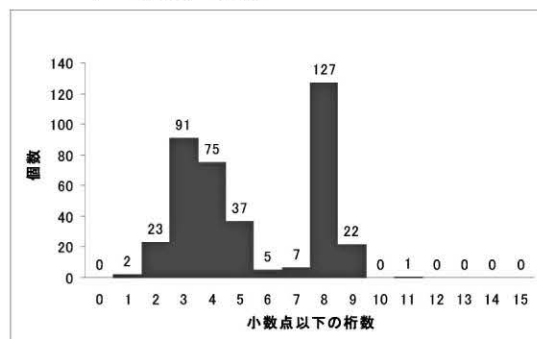


図2 1年情報処理実習で得られた $(C+D)$ の小数点以下の桁数の集計

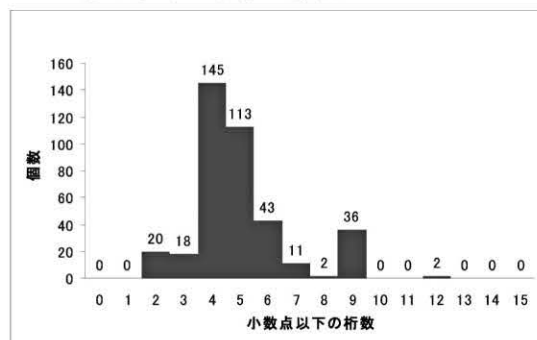


図3 2年分析化学実験で得られた C の小数点以下の桁数の集計

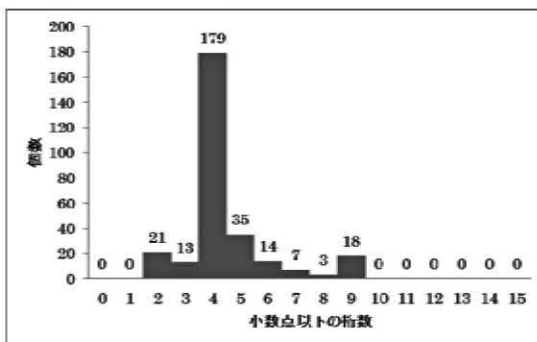


図4 2年分析化学実験で得られた $(C+D)$ の小数点以下の桁数の集計

集計結果より1年生の情報処理実習においては大きな桁数が使われていることが非常に多い。こ

れは測定値の有効数字に対する理解が進んでいないことを示している。小数点以下8、9桁の値が多いのは電卓で計算したとき出てくる数値をそのまま記録したためであることが考えられる。2年生の分析化学実験においてはかなり改善され極端に多い桁数を算出している個数は減っている。特に2年分析化学実験で得られた(C+D)の小数点以下の桁数では全体に良好である。しかしまだ大きな桁数を算出している学生も散見され今後の検討課題である。

2. 5 学生へのアンケート

現2年生が1年生の時に履修した情報処理実習においてアンケートを実施した。これは事前に行った分析化学実験の概説や、分析化学実験に使用する器具使用方法の演示が情報処理実習のレポート作成に役立ったかを確かめるために行ったものである。尚このアンケート集計は小山高専研究紀要第43号「分析化学実験及び情報処理実習におけるデータ処理能力向上の試み」中の再掲である。以下にアンケートの質問、回答項目及び回答数を記す。(40人回答)

設問1. データ処理実習に用いた分析化学実験の説明が、情報処理実習の報告書作成において参考になりましたか。

表2 設問1の回答結果

回答項目	1年生回答者数(人)
非常に参考になった	5
参考になった	29
あまり参考になっていない	5
全く参考になっていない	1

設問2. (設問1で1、2を選んだ人) 報告書作成において具体的にどこが参考になりましたか。(複数回答可)

表3 設問2の回答結果

回答項目	2年生回答者数(人)
数値計算	22
表作成	13
グラフ作成	16
その他	21

その他(一部)

- ・ 報告書を書く時に実際に実験を見たのでイメージしやすかった。

- ・ ビュレットを実際に見て説明を受けたのですが扱い方の説明になっていただけで意味がなかったように思います。(以下略)
- ・ 例題をもう少しふやしてくれると作業がスムーズに進むと思った。
- ・ 先に器具の説明があったので誤差はどのくらいかなど、見当をつけながら計算できたので分かりやすかったです。(以下略)
- ・ 用語の説明などが書いてあったので考えやすかった。
- ・ 計算の時公式をどう使えばいいか分かりづらかった。

およそ85%の学生が事前におこなった学生実験の概説および分析化学実験に使用する器具の説明が情報処理実習のレポート作成において参考になると感じている。具体的に何が参考になったかの問いには、各回答が満遍なくあるが、数値計算において参考になったとの回答が幾分多いことがわかる。しかし例えば自由意見の中に、公式をどう使えばいいかわかりづらかった、器具の扱いは意味がない、というものもあり、器具操作の演示の仕方や説明の仕方に工夫が必要であり、今後の検討課題である。

彼らが上記アンケートを取った1年後2年生になって分析化学実験において実験が終了後に、アンケートを実施した。これは1年生のときに行った「基礎化学実験」の中で行った中和滴定実験を覚えているかどうか、また2年生になったときの分析化学実験のレポート作成の際1年生時に履修された情報処理実習が役立ったかどうかを調査した。このアンケートは昨年の2年生にも行っているが昨年度より設問数を増やしてよりきめ細やかな意見収集をした。以下に設問、回答項目及び回答数を記す。尚アンケート指示に従わず回答した者があり、回答者数と合致しない。(39人回答)

設問1. 1年生の化学基礎実験において実験4(食酢中の酢酸の定量実験)と同様の実験を行ったことを覚えていますか。

表4 設問1の回答結果

回答項目	2年生回答者数(人)
よく覚えている。	2
覚えている	10
あまり覚えていない	16
全く覚えていない	10

設問1は1年前に行った実験を回答者の30%程度が覚えていた。

設問2. (設問1で1、2を選んだ人) 昨年度より内容が理解できましたか。

表5 設問2の回答結果

回答項目	2年生回答者数 (人)
よく理解できた。	7
理解できた	4
あまり理解出来なかった	1
全く理解できなかった	0

設問2は設問1において覚えていた学生に対して1年次と同じ実験を2年次にやることによる実験の理解度の調査である。これは回答者の90%以上が理解度を増しており、内容理解のためには繰り返し実験を行うことは非常に有効な方法であることを示している。

設問3. 1年生時履修の情報処理実習において2年生が提供したこれらの実験データ(実験2, 3, 5, 4)を使用してデータ処理実習をしたことを覚えていますか

表6 設問3の回答結果

回答項目	2年生回答者数 (人)
鮮明に覚えている。	18
覚えている	20
あまり覚えていない	1
全く覚えていない	0

設問3は1年生の時の情報処理実習において2年生の実験データを使用したことを覚えているかとの調査であるが、回答者の95%程度が覚えており、関心の高さを示している。

設問4. 1年生の情報処理実習においてこれらの実験データ(実験2, 3, 5, 4)を使用してデータ処理実習をしたことが今回の分析化学実験のレポートにおいてデータ処理の理解に役立っていますか。

表7 設問4の回答結果

回答項目	2年生回答者数 (人)
非常に役立っている。	3
役立っている	24
あまり役立っていない	10
全く役立っていない	2

設問4は本研究の目的でもあり、非常に役立っていると役立っているとの回答を合わせると回答数の約70%となり、一定の効果がみられた。

設問5. (設問4で1、2を選んだ人) どのように

役立っていますか具体的にかいてください。(複数回答可)

回答(一部)

- ・ 電卓の使い方など
- ・ 早く理解できる。
- ・ レポートを書く時に役に立った。
- ・ 今回のレポートを書く時に簡単にグラフを書くことが出来た。
- ・ グラフの書き方、数値の求め方、有効数字
- ・ 前に理解できなかったことがわかってすっきりした。
- ・ 表やグラフの書き方が分かった。
- ・ グラフの書き方 (2件)
- ・ グラフの書き方が分かった。
- ・ データの理解が出来た
- ・ グラフ等の書き方などで思い出すことが出来た。
- ・ グラフがうまく書けた
- ・ グラフを描くのに役立った。(2件)
- ・ わかっていたことがもっとわかった。
- ・ グラフの計算が楽に出来た。
- ・ 計算方法
- ・ 計算の仕方が1回やっていたのでわかりやすかった
- ・ 電卓とグラフに役立っている
- ・ 1年生時でデータ処理を体験しておくことでグラフなどの書き方が参考ながら役に立った。
- ・ 同じ実験を行った際の参考になった。
- ・ 補正量の求め方の式
- ・ 1年生の時に使用したデータと今回自分達でとったデータがほとんど同じもので1年生の時と同じようにでき、見本になった

設問5においては設問4において役立ったと記している理由を聞いた。グラフ等の作成において理解が深められているとの意見が多かった。

設問6. (設問4で3,4を選んだ人) データ処理に役立たなかった理由があったら具体的にかいてください。(複数回答可)

回答(一部)

- ・ 計算の公式が難しいから
- ・ 昨年やっていることが理解できなかったため
- ・ とくに使用しなかったから
- ・ 使わなかった
- ・ 機会がない

昨年度アンケートでは役立っていないと答えた学生に対してその理由を聞いていないが、本

年度は役立つと返答に対して理由を聞いている。着目すべきはデータ処理がほかで使う機会がなかったとの回答であり、1年生から定期的に定量的な実験を行うことが必要と思われる。

設問7 (設問4で1、2を選んだ人) 今回の実験において得られたデータが現在の1年生のデータ処理実習に使用されることを知って実験操作になんらかの影響をうけましたか。

表8 設問7の回答結果

回答項目	2年生回答者数(人)
非常に影響を受けた。	5
影響を受けた	7
あまり影響を受けていない	11
全く影響を受けていない	4

設問6においては、2年生に実験前に分析化学実験データが1年生のデータ処理実習に使用される旨を説明していた。回答者の45%程度は影響を受けている。

設問8 (設問7で1、2を選んだ人) 受けた影響はどんなことですか。具体的にお書きください。(複数回答可)

回答(一部)

- ・ 恥をかかないようにならなくていいにやった
- ・ 身を引き締めてやろうと思った
- ・ 実験誤差が小さくなるように気をつけた。
- ・ できるだけ正確にしようとおもった
- ・ 丁寧にやるようにと心がけが強くなった。
- ・ 数値が変なものだと1年生が大変だから
- ・ 1年生がデータ処理に用いるためより一層よいデータが得られれば良いと思った

設問8では概して、実験操作上好ましい影響が多かった。これは自分の実験データが公開されることに対する責任感であると思われる。

設問9. 最後に分析化学実験やレポートにおけるデータ処理などにおいて気づいたことがありますら書いてください。

(複数回答可)

回答(一部)

- ・ とてもむずかしくなっているとおもいます。頑張ります。
- ・ とくに今のところ何もないので今のままで大丈夫だとおもいます。
- ・ 手書きだと大変すぎるのでPCでもOKにし

てほしいです。

設問9は全般的な感想である。

2年生に行ったアンケート集計結果から学生は1年生で行った情報処理実習について覚えており、またそれが分析化学実験のレポート作成におけるデータ処理に役立つと感じた学生は多かった。また自分たちのデータが公開されることに責任感をもった学生も少なからずいた。このことはこの数年の一連のアプローチが1年生から2年生になる過程で一定の効果を挙げつつあると言える。

3. まとめ

この研究は予備的研究から数えると4年目になる。昨年度は同年度の違う学年(1年生と2年生)においてアンケート調査を行い検討した。その結果、分析化学実験の内容の理解および情報処理実習のレポート作成などにおいては一定の効果が認められたが、分析化学実験の実験レポート作成において情報処理実習でのデータ処理技術が役立っていないとの回答が大きな割合を占めた。

今年度は同じ学生が1年生から2年生の間、情報処理実習と分析化学実験履修する過程でレポート調査および学生へのアンケートを実施してその影響を調べた。結果双方でいい影響が認められた。今後も継続して調査研究を続けていきたい。

4. 謝辞

紀要を記すにあたり小山高専物質工学科糸井康彦教授および川越助教に教を頂いた。また紀要作成の際技術室の加藤技術職員に技術的助言を頂いた。謝辞を記したい。

参考文献

- 1) 浅田誠一、内出茂、小林基宏：図解とフローチャートによる定量分析[第二版]、技報堂出版(1998)
 - 2) 出川強志：2008年度技術室年報(2009)
 - 3) 出川強志：2009年度技術室年報(2010)
 - 4) 出川強志ら：小山高専研究紀要第43号(2010)、[分析化学実験及び情報処理実習におけるデータ処理能力向上の試み]、pp.179-184
 - 5) 日本分析化学会編：分析化学実験ハンドブック、丸善(1987)
 - 6) 平井昭司監修、日本分析化学会編：現場で役立つ化学分析の基礎、オーム社(1996)
- 【受理年月日 2011年9月30日】