

米の計量実験を用いたデータ処理能力向上の試み

出川 強志*¹, 渥美 太郎*²

An Attempt for Improving Data Processing using experiments of rice measure

Tsuyoshi DEGAWA, Tarou ATSUMI

We reported the research of An Attempt for Improving Data Processing using experiments of rice measure.

KEYWORDS : attempt for Improving Data Processing, rice measure

1 まえがき

1.1 ねらい

実践的技術者育成を目指す高専教育において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¹⁾が大切である。また筆者は、小山高専物質工学科において主に低学年の実験指導をしている。特に1年生の化学基礎実験は高専生が初めて化学実験を行い実験操作と理論の実践を行う重要な課程である。この2科目において、これまで様々な改善提案^{2),3)}をしてきた。

物質工学科において、情報処理実習は1年生に導入されている。この講義では関数電卓を用いて専門科目に必要な計算や学生実験のデータ処理の初歩を学ぶものである。基礎的な関数電卓の使い方からはじまり、模擬実験データを与えて、データ処理を行い、レポートを作製提出させる実習である。このデータ処理実習を通して、実践的な実

験レポート作成基礎の涵養を目指している。

しかしそのような実習があるにもかかわらず、学年を問わず実験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。学生の実験レポートを調べてみると答えを導き出す過程において様々な計算ミスを犯す場合が多い。様々な原因が考えられるが、求められる回答に記されている単位を見れば計算方法は自明であるのに、計算を間違えるという事は単位についての理解が足りない可能性がある。そこで身近な物の計測から得られたデータの処理方法を学び、同時に単位について考察させる事に着目した。

1.2 歴史的単位について

単位について考える際、比較的計測しやすく正確な値が求められる質量を念頭においた。現在は全世界はS I単位であるキログラムを基本単位とした単位系で統一されているが、過去においては

*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)

各国で違った単位系を使用していた。日本の過去の単位の代表的な物には尺貫法がある。また現在でもアメリカ・イギリスを中心にポンド・ヤード法が広く用いられ、工業規格にも使用されている。

ポンドは約 450 g であるが、これは一日に人間が食べる小麦の重さに由来しており、ポンドの下位単位にグレーンがあるがラテン語由来で文字通り穀物の「麦の粒」を表し、1 ポンド=7000 グレーンが規定されている。質量の測定は量が少なく貴重で産地が限られる金銀や宝石の取引のために必要になったものと考えられている⁴⁾。質量単位を使用する地域が拡大するにつれて、単位の共通性、不変性が必要となり、基準として穀物が選ばれた。古代メソポタミアでは小麦が選ばれ、1 粒の質量が 1 グレーン、1 日の主食量に相当するパンを焼くために必要な量を 1 ポンドとした⁵⁾。現在用いられているポンドは「国際ポンド」と呼ばれており、1958 年にアメリカ、イギリス、オーストラリア、カナダ、ニュージーランド、南アフリカの 6 カ国による国際協定によって共通の値、1 ポンド = 0.45359237 kg と定義された。1 ポンド = 7000 グレーンなので 1 グレーンは 64.79891 mg である。北方中国では主食であるキビが質量の規準に選ばれ、キビ 10 粒を「累 (の古字)」「(るい) といった⁶⁾。

日本固有と思われる質量単位は「両 (仮字)」「(ころ) とされているが詳細は不明であり、固有な単位はなかった可能性もある⁷⁾。日本で使われてきた尺貫法の質量単位、「匁 (もんめ、元は文目) や「貫 (かん) は中国の質量の単位に由来する。宋時代の中国で銭貨 (開元通寶) 10 枚の質量が 1 両という基準で作られ、1 枚あたりの質量を「銭」と呼んでいた。これが日本に伝わり、一文銭の目方であることから「匁」と呼ばれるようになり、1000 匁を 1 貫とした。メートル条約加入後の 1891 年に制定された度量衡法では、1 貫は 4 分の 15 キログラム (3.75 kg) と定義され、匁はその 1000 分の 1 と定められた。

1.3 目的

縄文時代末期から弥生時代にかけて水稻の栽培が日本に伝わり、それ以降今日に至るまでコメが日本人の主食である。また、玄米を脱穀、精米するための臼や杵も稲作と共に伝来したことがわかっている。コメが最も生活に密接な食べ物である

ことは間違いない。そこでポンドやグレーンのように、もし古代日本で固有の質量単位がコメから決められたらどようになっていたかを今回の実験結果を用いて考えさせることにした。コメにおいてポンドに当たる架空の質量単位を規定する時に何等かの基準を定める必要がある。弥生時代においては米の生産性は低く、1 人 1 日あたりの米の消費量はせいぜい 1 合 (約 180 mL) 前後だったと考えられている。そこでポンドに該当する架空の 1 単位をコメ 1 合の質量を、グレーンに該当する 1 単位をコメ 1 粒の質量とすることとした。本来ならばコメ 1 合を測りとり、その中に含まれるコメの個数をすべて数える事を複数回繰り返し平均値を求めるべきであるが、限られた実験時間で行うことは困難である。そこで、1 合=180 mL の容量容器で複数回分取したコメの質量の平均値と、コメ一粒の質量を一定量 (80 個) の平均値より算出し、両者より米におけるポンドとグレーンに相当する単位を考え、関係式を求める事とした。

本研究の目的であるが、物質工学科 1 年生の学生がコメ 1 粒およびコメ 1 合の質量を測定し、自然物を単位にする実験を行うことにより、実験レポートの書き方、考察の書き方を学習することによる実験レポート作成能力の向上、電子天秤の使用法の習熟、および全過程を通しての実験データ処理能力の向上を目指した。

今回その準備的段階としてレポートの調査を行ったので実験過程と合わせて報告する。

2. 方法

2.1 実験概要

本実験は情報処理実習の時間に表 1 に記す要領で行われた。

表 1

日時	平成 24 年 6 月 29 日 1, 2 時限
場所	基礎化学実験室
実験者	物質工学科 1 年生 42 名
実験に使用するもの	<ul style="list-style-type: none"> ・コメ (精白米 2 kg) ・電子天秤 (0.1 mg まで測定できる物) 6 台 ・木製一合枴 (容量一合 180 mL) ・アルミ製菓子カップ (コメ 1 粒の計量用)

実験内容はコメの質量を電子天秤を用いて計測するものである。実験は物質工学科 1 年生 42 名を 8 人もしくは 9 人 1 グループで 5 グループに分けそれぞれに適当量のコメを配った。実験前に単位についての歴史的な変遷などの予備知識も含めた目的、方法、などを記した作成テキストに沿って、実験の概要、方法、電子天秤の使い方などを演習も交えレクチャーした後、実験を開始した。

それぞれの実験机上に電子天秤を 1 台置き、班ごとにすべてのコメの計測を 1 台の天秤で測れるようにした。これは測定値のばらつきを防ぐためである。最初に各人がそれぞれコメ 10 粒 (9 人のグループは 9 粒) を不作為に分取し、1 粒ずつすべて質量を測定した。これにより 1 グループあたり 80 粒のコメの質量を計測しその計測値を小数点以下 4 桁のデータとして記録し表を作製させた。この後木製の 1 合枘 (約 180mL) を用い 1 人ずつ摺り切り 1 杯 1 合のコメを分取し、質量を測定した。これにより 1 グループあたり 8 回分のコメ 1 合の質量を計測しその計測値を小数点以下 4 桁のデータとして記録し表を作製させた。以上により 1 グループあたりコメ 80 粒およびコメ 1 合 8 回分における質量の平均値、最大値、最小値、範囲 (ばらつき) 分散および標準偏差を求めることが出来た。

最終的には 1 合と 1 粒のコメの質量より、コメ 1 合が何粒で構成されているかを求めて架空の単位を規定させた。また他単位 (グラム、貫・匁、ポンド・グレイン) との対照比較を行わせ、対照表を作製させた。実験操作的には 1 人当たり 10 回以上電子天秤を使うことにより、その使い方の習熟に努めさせた。レポートについては A4 レポート用紙に手書きで作成することを求めた。記述する際は目的、実験概要、結果を記したのち、そこから導きだされる架空の単位について自分で適当な名前を付けて、単位全般も含めて考察することを求めた。

2.2 予備実験

学生に実験を行う前に、筆者 (出川) は同一条件で予備実験を行った。これは限られた実験時間内で電子天秤という精密機器を取り扱う実験を 1 年生が行えるか確かめるためである。結果を表 2 および表 3 に記す。

表 2

コメ 1 粒の質量 (80 サンプル)

平均値 (g)	0.0191
最大値 (g)	0.0232
最小値 (g)	0.0146
範囲 (ばらつき) (g)	0.0086
分散 (s^2)	3.16911E-06
標準偏差 (s)	0.0017802

表 3

コメ 1 合の質量 (同じ容器で 8 回繰り返し分取)

平均値 (g)	165.9120
最大値 (g)	170.2021
最小値 (g)	162.3653
範囲 (ばらつき) (g)	7.8368
分散 (s^2)	9.010323425
標準偏差 (s)	3.0017201

実験は実験者 1 人が 30 分で終了し、1 年生の学生が時間内 (50 分程度を想定) に十分に実験を終えることが出来ることを確認した。

測定値よりコメ 1 合の平均質量をコメ 1 粒の平均質量で除するとコメ 1 合はコメ 8686 粒となる。

$$165.9120(\text{g}) / 0.0191(\text{g}) \approx 8686(\text{粒/合})$$

つまり 1 合中のコメの質量を架空の単位 α 、コメ 1 粒の質量を α の下位単位 β とすると下記の関係式が成り立つ。

$$1 \alpha \approx 8,700 \beta$$

1 ポンド = 7000 グレーンと規定されているから、 β の係数はそれと大きい差が出ていないことになる。模擬実験では白米を使用した。これはコメの状態 (モミ、玄米、白米) で違う値が出ると思われるが、白米に比べて、粒計の大きい玄米やモミを使用すると、粒間の空隙が大きいことが予想され、 β の係数が小さくなる可能性が大きい。つまりポンド・グレーンの数量関係に近くなることが予想され興味深い。コメ 1 合の平均質量をコメ 1 粒の平均質量で除する必要があるため、両者とも同じ電子天秤を用い、最小桁は 0.1mg オーダーまではかり、グラムで示した。このことにより、コメ 1 粒では有効数字 3 桁、コメ 1 合では有効数字

6 桁の測定値を得た。



図1 木製一合枡と漏斗



図2 アルミ製菓子カップ



図3 電子天秤によるコメ1合の測定

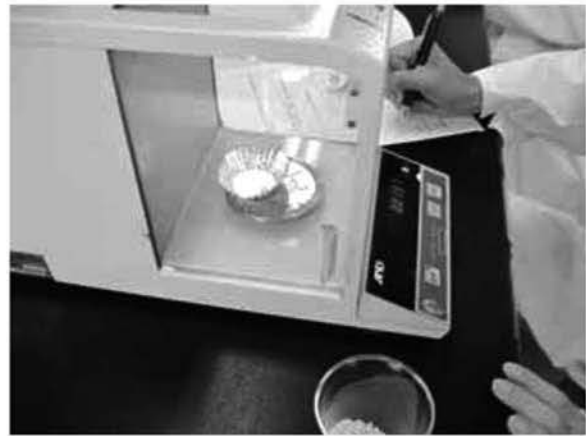


図4 電子天秤によるコメ1粒の測定

3. レポートの評価結果および考察

3.1 評価項目と評価段階

評価は提出レポートの調査により行った。配布テキストにレポート作成のための手順や、考察を手助けする単位についての概説が全て記されている。この記載通りレポートを作成すれば必要最低限のレポートは作成できるはずである。テキストに記載されている項目を挙げ、この項目の達成度を調査した。(報告者数 38 名) 評価項目は表 4 に記す。

表 4

表題、目的など基本的項目 (5 項目) ①表題、②氏名、③目的、④実験方法、 ⑤参考文献
コメ 1 粒に関するデータ項目 (7 項目) ⑥全試料の質量表、⑦平均値、⑧最大値、 ⑨最小値、⑩ばらつき(範囲)、 ⑪分散 (s^2)、⑫標準偏差 (s)
コメ 1 合に関するデータ項目 (7 項目) ⑬全試料の質量表、⑭平均値、⑮最大値、 ⑯最小値、⑰ばらつき(範囲)、 ⑱分散 (s^2)、⑲標準偏差 (s)
コメ 1 合と 1 粒に関するデータ項目 (3 項目) ⑳1 合中の米粒数、㉑コメについて仮定命名した新単位間の換算式、㉒グラム、貫・匁、ポンド・グレーン、新単位の相互換算表
考察に関する項目 (2 項目) ㉓歴史的単位など単位全般を述べているか、 ㉔新単位について妥当性などを述べているか

この24項目において表5に記したABCの3段階評価をした。記載されているか否かに着目し、内容の間違ひは考慮に入れていない。

表5

A. 必要最低限以上が記載されている
B. 記載されているが内容が明らかに不足
C. まったく記載されていない

また電子天秤の操作については、実験過程を観察した。

3.2 評価

表題、目的など基本的項目(5項目)について表6に記す。

表6

評価項目	評価段階		
	A	B	C
①表題が記されているか	38	0	0
②氏名が記されているか	38	0	0
③実験の目的が記されているか	38	0	0
④実験方法が記されているか	38	0	0
⑤参考文献が記されているか	23	2	13

レポートを記述する際の基本的な項目についてはかなり記述されていた。レポートを記述する際の基本的な約束事は守られている。しかし参考文献について配布テキストに記述されているのにもかかわらず記述していない学生が30%ほどいた。これは単純に記述するのを忘れたか、参考文献を読まず、テキストに書いてある概説だけでレポートを書いている可能性がある。

コメ一粒(80サンプル)の質量計測に関するデータ項目(7項目)についての評価を表7に記す。

表7

評価項目	評価段階		
	A	B	C
⑥全試料の質量表を作製したか	35	0	3
⑦平均値が記されているか	38	0	0
⑧全最大値が記されているか	38	0	0
⑨最小値が記されているか	38	0	0
⑩範囲が記されているか	35	3	0
⑪分散(s^2)が記されているか	7	0	31
⑫標準偏差(s)が記されているか	38	0	0

測定したコメ1粒のデータ表示およびデータ解析も総じて良く記述されている。しかし分散

(s^2)が記述されていない学生が非常に多い。分散を求めてから標準偏差を求めるという手順を踏まずに回答を出している可能性が大きい。分散の平方根が標準偏差であるから、本来ならば分散を算出してから標準偏差を算出すべき所を省略していることになる。単純に省略したのかもしれないが、テキストには分散も書き示すことを求めているので、ばらつきの概念の理解が乏しい事を示している可能性がある。

コメ1合(同じ容器で8回繰り返し分取)に関するデータ項目(7項目)についての評価を表8に記す。

表8

評価項目	評価段階		
	A	B	C
⑬全試料の質量表を作製したか	36	0	2
⑭平均値が記されているか	37	0	1
⑮最大値が記されているか	38	0	0
⑯最小値が記されているか	38	0	0
⑰範囲が記されているか	36	2	0
⑱分散(s^2)が記されているか	6	0	32
⑲標準偏差(s)が記されているか	38	0	0

コメ1粒の計測データの解析と同じ傾向である。総じて良くできているが、やはり分散(s^2)が記述していない学生が非常に多い。

コメ1合と1粒に関するデータ項目(3項目)についての評価を表9に記す。

表9

評価項目	評価段階		
	A	B	C
⑳1合中の米粒数が計算され記されているか	35	0	3
㉑コメについて仮定命名した新単位間の換算式が記されているか	25	1	12
㉒グラム、貫・匁、ポンド・グレーン、新単位の相互換算表が記されているか	27	0	11

コメについて自分で仮定命名した単位名を用いて換算式を作り、他の既存単位との相互換算表を記さない学生が30%ほどいる。単純に省略したのかもしれないが、テキストには丁寧に作例が記

してあり、書き示すことを求めているので、これがこの実験の重要な点でもあることから、実験内容を完全に理解していない学生が一定以上の割合でいるということを示している。

考察についての(2項目)評価を表10に記す。

表10

評価項目	評価段階		
	A	B	C
②③歴史的単位など単位全般について述べているか	26	6	6
②④コメの新単位について妥当性などを述べているか	4	26	8

考察の評価については、テキストには簡単な単位についての歴史的歴史的な流れが記述され、添付の参考資料も調べれば簡単に述べることができる。テキスト内容程度の記述は全体の70%ほどが記述している。自然物から今までにない単位を作るという過程を通して単位への理解が進んだと言える。しかし新単位については、標準偏差からコメを質量の単位にすることについての妥当性の検討など、より深い考察を述べる事を期待していた。1年生には難しいと予想していたがやはりほとんど述べられていない。この点がこの実験のもっとも重要な点ではあるが、1年生前期の段階で難しいと言える。項目設定について再考が必要である。

また全く考察文を記述していない学生が全体の15%ほどもいた。

電子天秤の操作において実験中特段のトラブルはみられなかった。

4. まとめ

今回の取り組みは、物質工学科1年生の学生がコメ1粒およびコメ1合の質量を測定し、自然物を単位にする実験を行うことにより、実験レポート作成能力の向上、電子天秤の使用法の習熟、および全過程を通しての実験データ処理能力の向上を目的に行った。学生の実験レポートを見る限り、配布テキストに項目を挙げて細かく書き方が指示されていることもあり、配布テキストに記されている項目をそのまま写してレポートを作成している学生が多い。本当は更に文献調査し、考察を深めることにより良いレポート作成を目指すことが大切であるが、これは短期間で身につくものではなく、長期間の訓練による習得が必要である。今回

はどのように指導すればよいかのアプローチの端緒をつけたといえる。

電子天秤の操作習熟においては、学生は実験前に操作概略を演示してみせたとおりの操作を行い、特段のトラブルはなかった。機器操作習熟の一助になったといえる。

データ処理能力の向上においては、測定したデータ表示およびデータ解析も総じて良く記述されている。これは平均値、最大値、最小値、範囲など直観的に理解できる項目は内容理解ができて記述していること可能性が高い。しかし分散が記述せずに標準偏差を記述するという事は、機械的に電卓のデータを記すだけで内容理解の上での記述ではない可能性がある。データ処理は実験内容の深い理解のもとに行われるべきであるが、確率・統計を学んでいない1年生にどのようにばらつきを理解させ、データ処理技術の向上に結び付けたらよいか、レポート作成と同様これから様々な取り組みが必要である。

今回の実験時間は2時限の授業時間内で終了した。今後この実験は授業としての継続や、公開講座などへの応用も考えられるが、実験内容変更や難易度の妥当性について更なる考慮が必要と思われる。また評価もレポート調査だけではなくアンケートの実施など今後も様々な面で改良しつつ研究を継続していきたい。

参考文献

- 1) 小山工業高等専門学校編：平成24年度シラバス
- 2) 出川ら：小山工業高等専門学校研究紀要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
- 3) 出川ら：小山工業高等専門学校研究紀要44号(2011)
[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)]，pp.177-182
- 4) 小泉袈裟勝 著：『歴史の中の単位』，総合科学出版，pp.76-78(1974)
- 5) 伊藤幸夫，寒川陽美 著：『図解入門 よくわかる最新単位の基本と仕組み』，秀和システム，pp.84-93(2004)
- 6) 小泉袈裟勝 著：『歴史の中の単位』，総合科学出版，pp.249-250(1974)
- 7) 小泉袈裟勝 著：『歴史の中の単位』，総合科学出版，pp.280-281(1974)

【受理年月日 2013年9月30日】