

高大連携における論理思考を訓練する情報数学の ゲーム課題「フェルミ推定」の教育実践とアンケート分析

清水越[†] 萬木大志[†] 花川直己[†] 富永浩之[†]
香川大学[†] 香川大学[†] 香川大学[†] 香川大学[†]

1. はじめに

本研究室では、高大連携として、「情報処理の考え方」をテーマとする体験講座を実施している[1]。これは、情報科学の入門的な講義とゲーム要素を含む演習を組み合わせたものである[2]。分野を「情報数学」と「情報国語」の2科目に設定している。科目「情報数学」の入門講義のテーマは、「計算機と情報処理を理解するための有限で離散な数学」である。基本演習として、「20の質問」と「フェルミ推定」を扱う。本論では、後者の「フェルミ推定」を取り上げ、問題設定と実施手順を述べる[3]。高校での実践として、解答状況やアンケート結果を考察する。

2. フェルミ推定の概要

フェルミ推定は、「シカゴには何人のピアノ調律師がいるか」のように、雑学的な概数を推測するクイズである[4]。実際に調べるのが難しく、誰も正確な答えを知らないような問題である。物理学者フェルミのエピソードに因んで名付けられた。いきなり出題されても、どう考えていいかわかりそうにないが、知っているかどうかを尋ねる問題ではない。もっともらしい仮説を立て、推論を重ねて範囲を狭めていく。

概算なので、正確な数値は必要なく、桁が合えば良い程度である。考える時間は5分程度であり、長くかけても余り変わらない。特別な知識は必要とせず、常識の範囲で十分に解答することができる。むしろ、仮説の設定の根拠など、導出の過程を重視する。設定した仮説や絞り込んだ概数の幅が、その人なりの解答といえる。これにより、論理的思考の基本である段階的な仮説の組立てを意識付ける。

フェルミ推定は、論理思考の訓練として、欧米の学校教育で活用されている。日本でも企業の社員研修などで用いられている。市場調査の

予備的な推測にも有効である。個人解答だけでなく、グループ活動にも応用されている[5]。

3. フェルミ推定の解答と解法

フェルミ推定を考える上で、幾つかのポイントがある。まず、正解とする概数として、桁が合えば良いとすると、その上限は10の数十乗である。対数で捉えれば、10の指数として3~20程度の範囲で当てれば良い。社会的な題材では、もっと狭い。これは、対数による量的感覚を実感させることに繋がる。

概数として±30%の誤差を許容範囲とすれば、最高位が1でなければ、1桁目が合えば十分である。また、比率などの計算において、細かすぎる値は不要である。これは、有効数字の捉え方に繋がる。

次に、「日本の犬の数」を例として、推論の進め方を述べる。最初の仮定として、日本の人口や面積など、適切な全体数を用いる。身近な知識や経験から、割合や比率を推測する。例えば、「周りで犬を飼っている人をどれくらいか」などである。問題によっては、地域や年齢などによる分布の偏りを考慮し、場合分けが必要なものもある。さらに、主要な部分を見極め、概数に影響しないものは無視する。例えば、日本ではペット以外の野犬や家畜である。

最後に、範囲として狭めていく方法もある。すなわち、多めと少なめの見積もりで範囲の上限と下限を絞り込む。このとき、二分法が有効である。これは、実用的な算想的思考の1つである。どうしても絞り切れない場合は、主観的確率として、全て1/2とみなして先に進む。また、異なる方法で検算し、確信度を高めるなど、修正を行う。

また、「今、世界で空を飛んでいるのは何人か」という出題に対して、解答者から「空を飛んでいるとはどういう意味か」や「今とはいつのことか」という質問が挙がることもある。フェルミ推定の趣旨からは、そのような質問には答えず、解答者が仮説として定義を考えることになる。その定義の揺れが、解答としての概数に本質的な影響を与えるかどうか、出題の要素である。

A Practice Report of Game Problem "Fermi-Estimate" as Group Exercises for Logical Thinking in Open College Seminar for High School Students

[†]Takeru SHIMIZU, Kagawa University

[†]Taishi MANKI, Kagawa University

[†]Naoki HANAKAWA, Kagawa University

[†]Hiroyuki TOMINAGA, Kagawa University

4. フェルミ推定の解答結果

2016年12月に実施した、福山の高校での結果を述べる。高2理系の28名を8班に分けた。120分の授業のうち、60分程度を充て、3問を行った。(1)「日本の犬」は導入として、特に説明を行わずに出題した。説明や解説を行った後、(2)「日本の電柱」、(3)「今、世界で空を飛んでいる人」を出題した。3問の各班の解答を表1に掲げる。

問題(1)で、日本の犬は、約1200万匹だと言われている。解答では、半数近くの班が妥当な数字を挙げていた。正解に近い班は、概ね、日本の人口から世帯数を見積もった上で、犬を飼っている世帯の割合を推定していた。一方、大きな値に見積もった班は、世帯数を考慮しない解法が多く見られた。また、盲導犬や警察犬などの使役犬や野良犬の頭数を計算に入れている班もいた。これには、無視できると注意を促した。

問題(2)で、日本の電柱は、約3000万本と言われている。この問題でも、かなり妥当な解答が得られている。大半の班は、日本の面積が40万平方kmであることから、解法を設定していた。解法は、大きく2つに分かれていた。1つは、道路脇に電柱が立っていると推定する、一次元的な解法である。もう1つは、住宅街の面積を想定し、その中の電柱の数という、二次元的な解法である。大きめの値を解答した班は、二次元的な解法を採用していた。電柱間の距離を7mと極端に狭く設定していたため、値がずれていた。

問題(3)は、半数の班が、200~400万人と解答している。解法としては、空港の数から見積もる班が多かった。また、北半球と南半球の経済格差を、考慮した解答も見られた。しかし、設定した係数に根拠が無いなど、当てずっぽう的な解答も多く見られた。

5. フェルミ推定のアンケート結果

演習後のアンケートの結果について述べる。まず、情報科学の講義について、「理解できた」「ある程度理解できた」が14名であった。一方、「余り理解できなかった」「理解できなかった」が11名であった。さらに、「情報科学に興味を持った」「少し興味を持った」が16名、「持たなかった」「余り持たなかった」が10名、「興味を持ったが自分には向いていない」が1名いた。

次に、フェルミ推定に関する結果を述べる。フェルミ推定の演習について、「理解できた」が16名、「まあまあ理解できた」が1名、「理解できなかった」が5名、「説明に納得が行かなかった」が1名、「説明は理解できたが、問題に取り組むのは難しい」が1名であった。前問と合わせ、肯定的な意見が半数あり、否定的な意見

が1/3程度といえる。フェルミ推定の考え方で何が重要かは、回答がほぼ4通りであった。最も多いのが、「事前の知識や経験」である。続いて、「推定や仮定をする」である。「思考過程」「概数的に求める」もみられた。

最後に、出題者として、フェルミ推定の問題を出題するならば、どのような問題を設定するかを質問した。日本の猫の数や、信号機の数、スーパーで売れる米俵の数など、身近な題材を挙げる生徒が多かった。一方で、サハラ砂漠の砂の個数を挙げた生徒もいた。

事後に、高校の先生とも意見を交換した。生徒のほとんどが進学希望であるが、情報系への興味は、理工系か看護系かに大きな相関があるようである。情報系を余り全面に出さず、数学の一環である方が興味を持ちやすいのではないかという意見も得た。これは、他の高校でも聞いたことがあり、高校での情報教育の全般に関わる問題であるとの認識を得た。

6. おわりに

高大連携の情報系分野の体験講座として、「情報処理の考え方」を開講している。本論では、科目「情報数学」の演習「フェルミ推定」に焦点を当てた。問題設定と実施手順を述べた。2016年度の福山の高校での教育実践について、演習結果とアンケート回答を考察した。今回の分析を今後活かしていきたい。

表1 フェルミ推定の問題の解答

	(1)	(2)	(3)
01	2700万	3000万	80万
02	1600万	2000万	100万
03	1000万	2400万	5万
04	1000万	30000万	100万
05	7500万	—	300万
06	1000万	4000万	200万
07	6000万	3000万	400万
08	3000万	3000万	400万

参考文献

- 1) 香川大学工学部：出前講座，http://www.kagawa-u.ac.jp/kagawa-U_eng/deli_lecture/.
- 2) 富永浩之：社会人や高校生を対象とする論理的思考と算想的思考のゲーム実習，ゲーム学会 研究報告，Vol.2014-GE-1，pp.11-14 (2014).
- 3) 花川直己，富永浩之：高大連携における言語技術と論理思考を訓練するグループ演習のゲーム課題 - フェルミ推定の採点項目と解答状況 -，情処研報，Vol.2016-CE-133，No.9，pp.1-6 (2016).
- 4) 細谷功：地頭力を鍛える 問題解決に活かす「フェルミ推定」，東洋経済新報社 (2007).
- 5) 小林里沙，米谷雄介，永岡慶三：フェルミ推定を用いた効果的なグループディスカッションの構成人数の考察，日本教育工学会 研究報告集，Vol.15，No.1，pp.533-540 (2015).