

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」の教育実践における状況分析の試行

重松亜夢^{†1} 清水赳^{†2} 富永浩之^{†3}
香川大学^{†1} 香川大学^{†2} 香川大学^{†3}

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。これは、情報科学の入門的な講義と、ゲーム要素を含んだ演習を組み合わせたものである。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[1][2]。

本論では、情報数学の基本演習として扱うゲーム課題のうち、「フェルミ推定」を扱う。2018年度の高校での実施について述べる。グループ活動の状況分析の方法を検討する。特に、解答と会話の状況に着目する。

2. フェルミ推定の概要

フェルミ推定は、雑学的な概数を推測するクイズである。実際に調べることが難しく、誰も正確な答えを知らないような問題を扱う。解答者は、もっともらしい仮説を立て、推論を重ね範囲を狭めていく。正確な値を求める必要はなく、桁が合えば良い程度である。特別な知識は不要で、常識の範囲で十分に解答することができる。講義では、仮説の設定の根拠などの導出の過程を重視する。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。

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。正解する概数として、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、より狭い。これは、対数による量的感覚の実感に繋がる。

概数として±30%の誤差を許容範囲とすると、最高位が1でなければ1桁目が合えば十分である。これは、有効数字の捉え方に繋がる。

また、範囲として解の候補を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、実用的な算法的思考の1つである。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。

4. フェルミ推定の実施状況

2018年12月に、福山の高校で実施した。高2の理系19名を4班に分けた。120分の授業で3問を行った。問題は以下である。

- (1)「日本に犬は何匹いるか」
- (2)「日本に電信柱は何本あるか」
- (3)「今、地球上で、空を飛んでいるのは何人か」

各班に解答用紙を用意した。解答用紙には、何を基数としたか、何を係数と考えたか、計算式、無視できる事項を記述するように指示した。問題に取り組みせる前に、ヒントを提示した。

問題(1)では、場合分けの必要性を説明した。例えば、都会と田舎における、世帯当たりの犬の飼育頭数の差異などである。また、使役犬や野犬などの少数な群を無視できるかどうかを考慮する必要がある。さらに、「小学生の数よりも犬の数の方が多い」という情報を与えた。

問題(2)では、単位面積中における電信柱の数から算出する方法と、道沿いにおける本数から算出する方法があることを説明した。さらに、敷地の中には電信柱が無いことも説明した。

問題(3)では、現在飛行している航空機数を提示した。また、就航路線や飛行場の数など、地域の偏りを考慮する必要性を説明した。さらに、ジャンプした人間の数は無視できると説明した。

5. 実践における解答状況

解答状況を述べる。全問に渡る傾向として、自身の身の回りの状況を手掛かりに導出する解答者が多かった。近所で犬を見かける頻度、学校から家に帰るまでの電信柱の本数、修学旅行で乗った飛行機の規模や待ち時間などである。

各問題について、解答状況を述べる(表1)。学生による解法は、全て提示したヒントを基にした方法だった。

問題(1)について述べる。日本の犬の数は、約900万匹と言われる。解答は、最小値が300万、最大値が2000万匹であった。解法は、大きく2通りに分かれた。ひとつは、日本の全人口から

求める方法である。都会と田舎など地域による差を考慮していた。一方は、センター試験の受験者数から、小学生の数を導き推測する方法である。大きく逸れた値を答えた班は、場合分けが不十分であった。地域の差や、一軒当たりの飼育頭数、試験の受験割合が考慮されていない。

次に、問題(2)について述べる。日本の電信柱の数は、約 3600 万本であると言われる。解答は、最小値が 2 万、最大値が 90 万であった。全ての班が、少なく見積もった。解法は、大きく 2 通りに分かれた。どの班も、電信柱の間隔や、立地場所の想定に時間を要した。外の状況を確認する学生もいた。電信柱の間隔は、全ての班が、20~40m の間と想定した。場合分けとして、平地と山地を考慮していた。全ての班が、少なく見積もった理由を示す。単位面積における電信柱の数から見積もった班は、巨大な数の演算を誤った。道沿いにおける電信柱の数から見積もった班は、時間が足りず、計算に至らなかった。

問題(3)について述べる。解答は、最小値が、80 万、最大値が 300 万人であった。解法は大きく 2 通りに分かれた。ひとつは、航空機の台数から見積もっている。一方は、飛行場の場所から見積もっている。会話の内容から、どの程度の距離から飛行機を利用するか検討する班も見られた。この問題では、他の問題と比べ、無視できる事項や群の検討が活発に行われていた。無視できる理由として、「人数が少ない」「滞空時間が短い」の 2 つが挙げられている。また、旅客機以外は、輸送人員が少数であることから無視できるという意見があった。さらに、遊園地のアトラクションや、スキーのスポーツなどで地上を離れている人も無視できると考えていた。

班によっては、発言する人や量に偏りがみられた。一方で、メンバの一人が、場を仕切り、円滑な議論を進めていた班もあった。また、「出した解答をグループ外の人に笑われたら嫌だ」という発言も見られた。ここから、円滑に発言できる環境づくりが重要であると思われる。

6. 過去の実行結果との比較

問題(2)について、今回と、過去の結果を比較する。過去の実践として、2016 年度と 2017 年度を対象とする。表 2 に過去と今回の結果を示す。どちらも同じ高校で実施した。2016 年度は、高 2 理系の 28 名を 8 班に分けた。2017 年度は、高 2 文理混合の 56 名を 10 班に分けた。

2016 年度の解法は、2018 年度と同様だった。2017 年度は、人口と世帯数から求める解法を用いていた。両年とも、妥当な解答を得られた。

今回の結果は、過去と比較して、実際の値か

ら大きく乖離している。これは、助言の量を少なくしたことが要因であると考えられる。過去は、補助者が解答を確認し、学生に助言を行った。一方、今回は、学生の思考過程を重視した。しかし、巨大な数の演算を誤った班があった。このことから、今後は、学生の解答進捗と状況に応じ、補助者による適切な助言が必要である。

7. フェルミ推定のアンケート結果

演習後にアンケートを実施した。参加者全員を対象とした。「フェルミ推定の考え方で何が重要だと考えたか」という質問に対して、日常的な値や、基本的な知識から類推することが重要だという意見と、概算的に算出すれば良いという意見が多く挙げられた。このことから、演習の意図を、学生に概ね伝達できたと考える。

さらに、「情報科学に興味を持ったか」という質問では、「興味を持った」「面白かった」が 11 名いた。質問の趣旨とは異なるが、「難しい」という解答も 6 名あった。

8. 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。2018 年度の福山の高校での教育実践について、解答と会話の状況から、グループ活動の状況を分析した。例年と比べ、助言を少なくした結果、正解からかけ離れた解答をする班が多く見られた。そのため、今後は、事前にヒントを作成し、解答にどの程度の変化が見られるか検証したい。

表 1 フェルミ推定の問題の解答

	(1)	(2)	(3)
01	2000	70	80
02	300	2	300
03	300	5	300
04	800	90	200

(単位: 万)

表 2 問題 2 における各年の結果

	2016	2017	2018
最大値	30000	10000	90
中央値	3000	4000	37.5
最小値	2000	1000	2

(単位: 万)

参考文献

- 1) 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).
- 2) 清水魁, 萬木大志, 花川直己, 富永浩之: 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, 情報処理学会 第 79 回全国大会講演論文集, Vol.2017, No.1, pp.717-718 (2017).