

フェルミ推定 FEAT.ハザードマップ

数学班

[キーワード] フェルミ推定 入善町の面積

1.目的・理由

東日本大震災では想定外という言葉が目立った。想定外を想定外のままにしておけばまた同じような被害が起きかねないと思い、数学の知識を活かして自分たちで予想できる事はないかと調べていくうちにこのフェルミ推定に出会い、興味を持った。今回、入善町や日本をテーマにフェルミ推定をすることを決めた。

2.フェルミ推定とは？

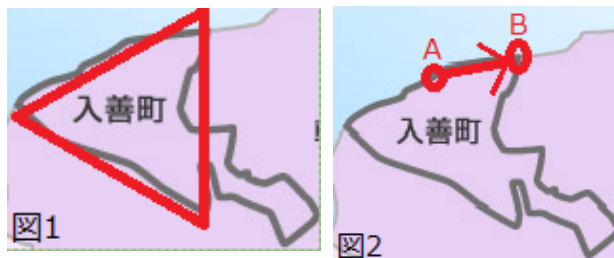
実際に測ることで答えが出せない、あるいはすぐに答えを出すことができない問題に対して、仮定や推定を繰り返すことによって短時間で概算することである。知識がなくても自分の頭で答えを導き出す能力(地頭力)を鍛える最高のトレーニングとも言われている。

3.フェルミ推定①

3.1 入善町の面積の大きさはどれだけか？

まず僕たちが住んでいる入善町の面積をフェルミ推定で求めてみる。

入善町は図 1 のように正三角形に近い形をしている事から、正三角形の面積を求めることで入善町の面積を推定する。



まず正三角形の一辺の長さを求める班員の K 君が自転車で走り自転車の分速とかかった時間の積で求める すべて測るのは大変なのであ図 2 のように 1 辺の半分くらいになるような区間の長さを求めた。

K 君は自転車で、自宅から入善高校までの約 3 km を約 15 分で登校しているから、K 君の自転車の速さを 200m 毎分と仮定できる。一般には、自転車の分速は 200~250 m と言われているので、適していると考えます。K 君が AB 区間を自転車で走ると約 25 分かかったので、正三角形の 1 辺の長さ l は

$$l = 200[\text{m/分}] \times 25[\text{分}] \times 2 = 10000[\text{m}]$$

より、約 10 km であると推定できる。

次に正三角形の面積を求めるために正三角形の高さを求める。三角比を用いる(図 3.4)と正三角形の高さ h は $10:h = 2:\sqrt{3}$ より

$$h = 5\sqrt{3} = 8.66 \dots \approx 8.7[\text{km}]$$

であることが分かる。

したがって、正三角形の面積 S は、

$$S = \frac{1}{2}lh = \frac{1}{2} \times 10 \times 8.7 = 43.5 \approx 44[\text{km}^2]$$

と推定することができた。

3.2 実際の入善町の面積

インターネットで実際の面積を調べてみたところ、入善町の面積は約 70 km^2 であることが分かった。

実際の面積より小さく推定してしまった原因として、K 君が AB 間を自転車で走った回数が 1 回だったためデータが正確でなかった事や、図 1 で置いた正三角形からはみ出ている野中地区と船見地区の面積を考慮できなかったことなどが考えられた。入善町役場に問い合わせたところ、野中地区と舟見地区の面積は合わせて約 15 km^2 であり、それでも推定結果と 11 km^2 少なかった。これは東京ドーム約 230 個分少なく、推定が甘かったことがいえる。

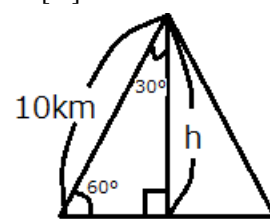


図3

三角比 $1:2:\sqrt{3}$

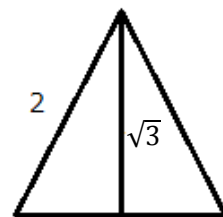


図4 1

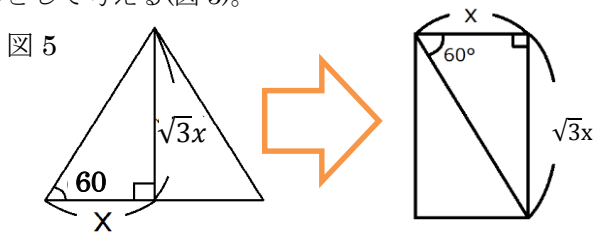
4.フェルミ推定②

4.1 入善町にマンホールはいくつあるか？

マンホールは道路上に一定間隔にあることから、入善町の道路の総距離を求め、マンホールがある間隔で割ることでマンホールの数を求めることにした。道路の総距離は、

道路 1 本の長さ×道路の本数＝総距離
で求める。また、すべての道路は縦と横のみとし、端から端まで続いているとした。

まず正三角形の形をした入善町をと変形して長方形として考える(図 5)。



今回は、入善町を長方形とみなし、推定を進めた。

また、**縦と横の道路の長さ**を求めるために長方形の横の長さを x とおいた。このとき、 60° の直角三角形の比から、縦の長さは $\sqrt{3}x$ となる。長方形の面積は縦×横であり、3.2 の結果から入善町の面積 70 km^2 だから、

$$\sqrt{3}x \times x = 70$$

よって、横の長さ x は 6.3 km となり、縦の長さを 11 km と推定した。故に、縦と横の道路の長さは、長方形の縦と横の長さと同じであるから、縦の道路は 11 km 、横の道路は 6.3 km である。

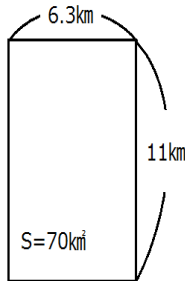


図 6

次に、道路の本数を求めるために道路と道路の間隔について考えた。マンホールは下水管が流れる場所にあり、処理場に向かって流れることから、山から海に向かう縦の道路に比べ

道路の間隔
て、黒部から朝日に向かう横の道路はマンホールが少ないと考え、縦の道路がある間隔を 200 m 、横の道路がある間隔を 400 m とした。(図 7)

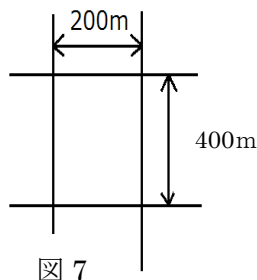


図 7

道路の間隔から道路の本数は、縦の道路は 200 m おきに 6.3 km 並んでいるので 32 本、横の道路は 400 m おきに 11 km 並んでいるので 28 本と求めた。

縦と横それぞれの道路の長さで道路の本数から縦の道路は 352 km 、横の道路は 176 km である。よって、道路の総距離は $352 \text{ km} + 176 \text{ km} = 528 \text{ km}$ とした。

最後にマンホールの数を求める。マンホールの間隔が感覚的に 50 m であったから 50 m と仮定する。道路の総距離 528 km より、

$$\begin{aligned} \text{マンホールの数} &= \text{総距離} \div \text{間隔} \\ &= 528000 \text{ [m]} \div 50 \text{ [m/個]} \\ &= 10560 \text{ [個]} \end{aligned}$$

よって、入善町には 10560 個のマンホールがある。

4.2 実際の入善町のマンホールの数

入善町役場に実際のマンホールの数も問い合わせると、入善町には 8148 個のマンホールがあることがわかった。今回は実際のマンホールの数よりも多く推定していた。原因として、人の少ない場所のマンホールの数を考慮していなかったことや、予想していたよりもマンホールがない道路が多かったことなどが考えられる。

5.まとめ

今回の研究で呉羽山断層による地震について入善町のハザードマップを作ることを目標にしていたが、専門用語や断層など自分たちの理解がまだ薄かったため、正確に計算をすることが出来なかった。これから勉強して知識を増やし、入善町のハザードマップ完成を目指していきたい。

6.参考文献

- 細谷功 (著) 『地頭力を鍛える 問題解決に活かす「フェルミ推定」』
- 東大ケーススタディ研究会 (著) 『現役東大生が書いた 地頭を鍛えるフェルミ推定ノート』
- ローレンス・シュタイン/ジョン・A・アダム (著) サイエンス脳のための フェルミ推定力養成ドリル