

# 円周率が任意の進数で正規数であることのプログラミングを用いた検証

長野県松本県ヶ丘高等学校自然探究科2年 岩波 理咲

## 研究の背景

正規数とは、無限小数表示において数字列が一様に分布しており、各桁の数字が表れる頻度に偏りがないという性質を持つ実数のことである。また、人工的に作られていない数が正規数であることの証明は難しいことされており、現在も円周率が正規数であるという証明はなされていない。

そこで、この研究では証明を目指すのではなく、実験的な手法で円周率が正規数であるという仮説を検証する。

## 手段

Pythonを用いて円周率を任意の進数で表す

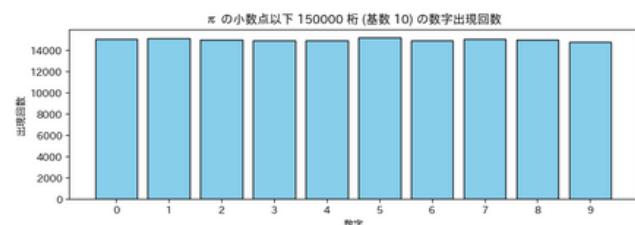


150000桁までの数字の出現頻度を調べる

## 結果①

プログラミングを用いて調べたところ、各数字が一様に出現することがわかった。

○基数が10である場合



以下の割合で出現した（百分率）

0 : 10.051	5 : 10.117
1 : 10.069	6 : 9.9707
2 : 9.9973	7 : 10.039
3 : 9.9360	8 : 10.001
4 : 9.9680	9 : 9.8506

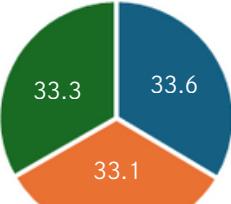
## 結果②

いくつかの進法で円周率を表したとき、以下のような割合で数字が出現した。（グラフ上の数字は百分率である）

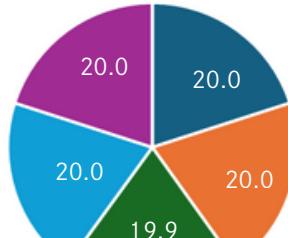
### 2進法



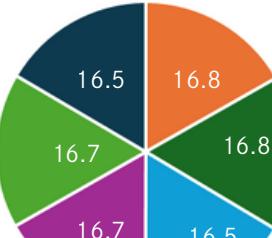
### 3進法



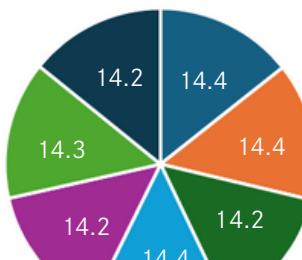
### 5進法



### 6進法



### 7進法



## 今後の展望

- ・検定を行い、結果の信頼性を評価
- ・「任意」の進法で表したときに同じような結果が出るのか
- ・分数進法や無理数進法ではどのようになるのか

## 参考文献

ON NORMAL NUMBERS WOLFGANG M. SCHMIDT 著 1960年  
A Number System with an Irrational Base George Bergman 著 1957年