

# 線形システム論 (Theory of linear system)

## 第 1 回：講義の目的と日程および基礎線形代数の復習

---

### 概要

- 講義の目的
- 講義の日程

# 1 はじめに

## 1.1 講義の目的

なぜ融合理工学を勉強するべきか

- それを考えるために,  
人間は何のために生きているかを科学的に考えてみよう

## 人間の存在する理由

エントロピーをより速く増大させるため。

- 自然を破壊するため。
- すべてをより速く、ほとんどすべてを約2.7Kの輻射に変えるため。

## 限界

- 持続的な社会と言うけれど。
- 現在のような、1.2%の人口増加が続くと、
  - 120億光年： $L = 120 \times 10^8 \times 356 \times 24 \times 3600 \times 3 \times 10^8 = 1.11 \times 10^{26} \text{m}$
  - 120億光年の球の体積： $V = (4\pi/3)L^3 = 5.69 \times 10^{78} \text{m}^3$
  - 現在の  $P = 7 \times 10^9$  (70億) 人の人間が、宇宙全体で  $1 \text{m}^3$  に1人ずつになるまで増える年  $n$  は、次の方程式を解けば良い。

$$V = P \times 1.012^n$$

- $n = \log(V/P) / \log(1.012) = 68.910 / 0.005181 = \mathbf{13,302}$  年となる。
- 光速を突破できない。  
⇒1.3万年では120億光年に広がることはできない。
- 宇宙にそんな物質もない。
- 増えすぎた人口は宇宙でも吸収できない。

- 人口をコントロールする必要がある。ただ、**まともな手段**では無理。
- **遺伝的進化の呪縛**から脱しなくてはいけない。  
誰もが文化的に生き、自由意志により子供を作るような環境  
⇒ 人口をコントロールしようとする遺伝子より、人口を増やそうとする遺伝子の方が優位になる。
- 現在人口をコントロールしようとする遺伝子が残っている理由は、そのような遺伝子が存在した方が、結局は人口が増やすことができたから。
- 時間が経つほど、人口を増やそうとする性質の遺伝子が増える。
- 結局は、生存できるかできないかぎりぎりのところまで、人口を押し上げてしまう。

⇒ 遺伝子をコントロールする必要がある。

⇒ 人間を設計する必要がある。

- 何を基準にして最適化すれば良い？
- 人間は何のために生きている？

- エントロピー (乱雑さの尺度)
- エントロピー増大の法則
- しかし，乱雑にならずに構造を持ったものが現れる。  
例：対流セル，渦，複雑な化学反応系，生物，人間
- プリゴジン：散逸過程  
「系が熱的非平衡状態 (エントロピーが低い状態) にあった場合，散逸過程 (構造を持ったもの) は，その存在によってより早くその非平衡状態を解消することができるときに生じる。そして，複数の散逸過程が考えられる時は，エントロピー生成速度が最も速いものを選ばれる。」
- 人間はエントロピーを**最速に増大させるもの**であるので存在できる。
- 逆に言えば，同じ資源を使い，人間よりもエントロピーを速く増大させる過程が存在すれば，**人間は存在できなくなる**。
- やはり，エントロピーをより速く増大させる開発こそ人の進むべき道
- **だが，無配慮に開発すれば良いというものではない。**

- **勾配法**：最も勾配が急な方に登っていけば、高いところへ到達できる。
- **極大点** (その近傍で最高な点) に捕まってそれ以上大きくなれない。
- **人間の知恵はこの極大点を捕まらないためにある。**
- **例：火**
  - 酸化反応によってエントロピーをかなり高速に増大できる。
  - しかし、やがて燃えるものがなくなって消えてしまう。
  - **もし、火に知恵あったら、燃えやすいものは逆に取っておく。**
    - ⇒ 雨が降った時などのため
    - ⇒ **その方が長期的にはエントロピーを増大させることができる。**
  - ところが、火はバカだからどんどん燃やして消えてしまう。
- **でも、人間もあまり変わらない？**
  - 化石燃料をどんどん消費して、地球温暖化などの問題を引き起こしている。(この問題を解決することは難しそう。)
  - 自然エネルギーを推進しようという現実逃避も流行している。

- 自然を保護しなくてはいけけない。  
⇒さらなるエントロピー増大のため。
- 自然保護は手段であって、目的でなはない。  
はき違えている方も多いので、念のため。
- 自然保護が目的ならば、人間などいなくなった方がよい。
- 人的資源や資金をもっと開発・科学技術の発展に使うべき。
  - ゼロサムゲーム，無駄な競争，特許回避のための発明
- 目的が幸福というのも良く分からない。
  - 明確な不幸な状況は減らすべきとは思ふ。  
(幸福には普遍性がないが，不幸にはある程度普遍性がある)
  - 普遍的なものではないし，幸福感が設計できるようになったら？  
幸福感を設計する基準が幸福では，どんな不幸な状況でも幸福感を得られるようにすればよい。それでは麻薬と同じ。  
⇒目的ではありえない。

- 人間が存在する目的は，宇宙全体のエントロピーを最大化。
- 現在で宇宙のエントロピーが最大になる条件は，  
ほとんどすべてが約2.7Kの輻射であること。
- 一つの分野ではそれを達成することはできない。
- すべての分野を統合して，発展していく必要がある。
- 1人の人間がすべての分野に関して，一定以上のレベルで精通していることが必要である。⇒ 融合理工学系

### 「線形システム論」をなぜ勉強するか。

- 線形常微分方程式のベクトル版
- 線形代数，フーリエ変換，ラプラス変換
- 時間的に変化するシステムを解析する簡単な手法
  - 状態表現
  - 安定性
  - 可制御性，可観測性

## 1.2 講義予定

- |     |                     |            |
|-----|---------------------|------------|
| 1.  | 講義の概要, 復習: 基礎線形代数   | 9/27       |
| 2.  | 復習: 線形代数(行列式)       | 10/1       |
| 3.  | 復習: 線形代数(固有値固有ベクトル) | 10/4       |
| 4.  | 正弦波とその応用            | 10/8       |
| 5.  | フーリエ変換              | 10/10      |
| 6.  | フーリエ変換              | 10/15      |
| 7.  | ラプラス変換              | 10/18      |
| 8.  | ラプラス変換              | 10/25      |
| 9.  | 中間試験                | 10/29      |
| 10. | 連続システムのモデル化         | 11/1       |
| 11. | 連続システムの応用(古典制御理論)   | 11/5       |
| 12. | 可制御性と可観測性           | 11/8       |
| 13. | 安定性(制御理論)           | 11/12      |
| 14. | $z$ 変換              | 11/15      |
| 15. | 離散システムのモデル化         | 11/19      |
| Ex. | 期末試験                | 11/22 (予定) |

## 2 基礎線形代数の復習

- ベクトル
- ベクトルの和, スカラー積
- ノルム, 内積
- 行列
- 行列とベクトルの積
- 行列と行列の積
- 転置行列, 逆行列
- 行列式とトレース