

# 河邊研究室の紹介



河邊研究室

# 研究テーマの紹介

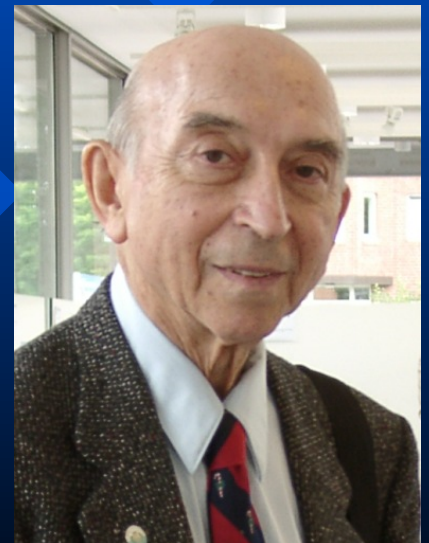
- 曖昧さの数理(言葉・行動・判断の曖昧さ)
  - ファジィ集合・数・順序・関係・論理
  - ファジィ測度・積分・確率・エントロピー
  - ファジィゲーム・制御, 多段階評価問題
- 不確実さの数理(サイコロ投げの不確実さ)
  - 確率論・数理統計学
  - 情報理論・量子情報理論
  - 量子コンピュータ
- コンピュータを活用した数学教材の作成
  - Maple/Mathematica/Javaによる数学教育の視覚化

# ファジィ理論の誕生

- **ファジィ理論**: 1960年代に工学の分野に登場 (L.A. Zadeh; Fuzzy Sets, 1965)

人間の思考形式

感性, 曖昧さ, 嗜好, 予感などの情緒的, 主観的な面を含む





「若い」、「ほぼ」など曖昧さを含んだ情報を  
曖昧なまま理解し、曖昧な形で思考・判断



人間の主観的な思考・判断方法を定量化し、  
コンピュータに組み込み可能な形にするため  
の基礎理論

# ファジィの語源

- *fuzzy* 毛羽立った, ぼやけた  
英語文化圏, 日本, ドイツ, スペイン
- 模糊 中国
- *flou* フランス 発音: フルー

fuzziness



# 曖昧さの数学的表現

## ■ ファジィ集合

人間の主観的な思考や判断の過程をモデル化し、これを定量的に取り扱う表現手段として、“言葉では表現できるが定量的には表現できない” 曖昧な情報を記述するための集合概念

# 従来の集合(クリस्प集合)

$A = \{x : x \text{ は } 5 \text{ 以上の整数}\}$

$B = \{y : y \text{ は直角三角形}\}$

$C = \{1, 2, 3, 4, 5\}$

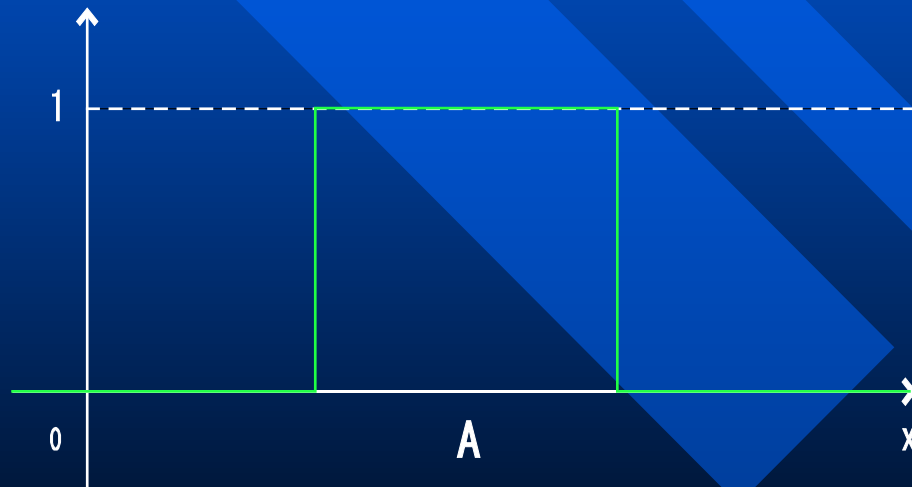
$D = \{\text{日本, アメリカ, カナダ, 中国, タイ}\}$

$7 \in A, 10 \in A, 2 \notin A$

$\text{アメリカ} \in D, \text{中国} \in D, \text{インド} \notin D$

# 従来の集合の特徴

- 与えられた要素が，その集合に属するか属さないかが，明確に判定できる  
(二者択一，真か偽かの2値論理)





# ファジィ集合の定義

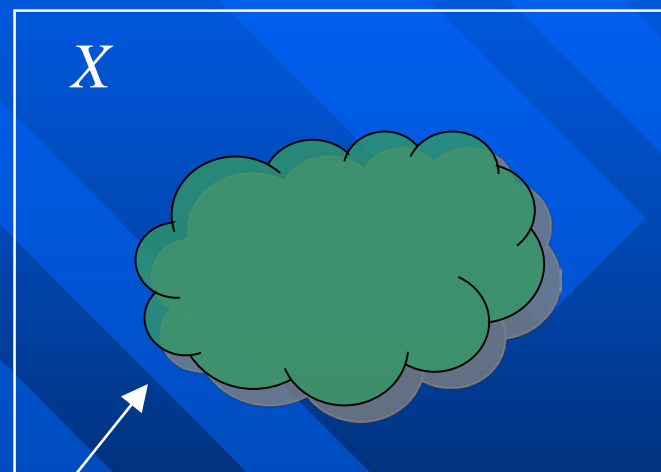
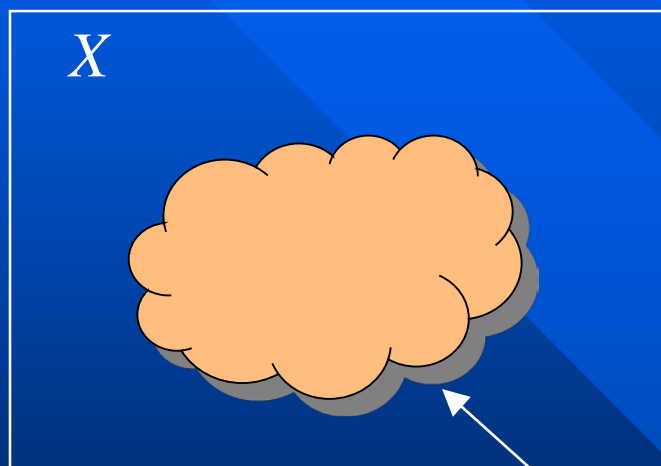
- 彼は若い 18歳～25歳
- 長野は寒い  $-5^{\circ}\text{C} \sim 1^{\circ}\text{C}$
- 駅から家まで近い 0m～500m
- 今日は少し熱がある  $36.9^{\circ}\text{C} \sim 37.5^{\circ}\text{C}$
- 小さい自然数 1, 2, 3
- ほぼ6である 5.5～6.4

などのように**確定的に定められない!**

# ファジィ集合のイメージ

$$X = \{x : 36 \leq x \leq 39\}$$

$$X = \{x : 0 \leq x \leq 100\}$$

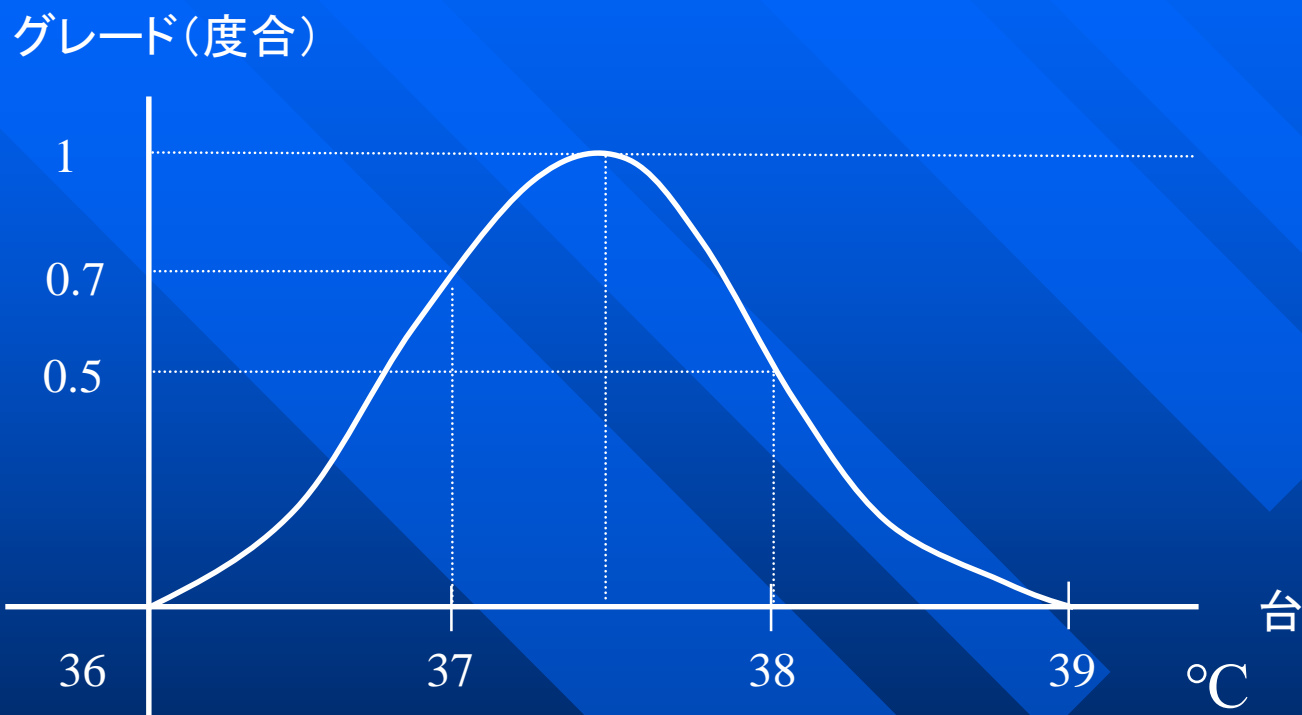


はっきりと定まらない領域

少し熱がある

駅から家まで近い

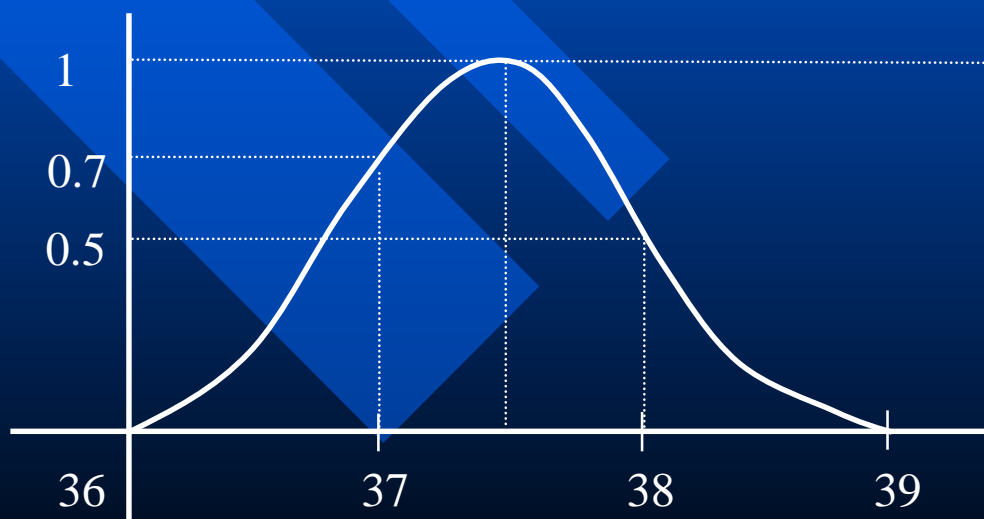
# メンバーシップ関数のグラフ



少し熱があるというファジィ集合

# メンバーシップ関数による表示

- **横軸(=台)**: 台の範囲は対象としている世界に応じて客観的に定める
- **縦軸(=グレード, 度数)**: 0から1までの値
- **曖昧さ**: グレードが0と1の間の色々な値を取ることによって表現する. この値は, 個々が主観的に定める.



# ファジィ集合の定義

ファジィ集合とは

$$\tilde{A} \longleftrightarrow h_{\tilde{A}} : X \rightarrow [0, 1]$$

↑  
台集合

↑  
 $\tilde{A}$  のメンバシップ関数

# ファジィ集合・論理・数・順序・関係

## ■ ファジィ数

$\tilde{2}$  : およそ2,  $\tilde{3}$  : およそ3

方程式, 微分積分, 微分方程式, ...

## ■ ファジィ順序

$x \prec 3$  :  $x$  は3より非常に小さい

$x \cong 5$  :  $x$  はほとんど5に等しい

不等式, 最大・最小問題, 線形計画問題, ...

## ■ ファジィ関係

花子と太郎の恋愛問題, ゲーム理論, ...

# “ファジィ測度”って何？

- “測度”って何？ 重さ，長さ，従来の確率



: 20 g



: 30 g

$$m(\text{🍌}) = 20,$$

$$m(\text{🍇}) = 30$$

$$m(\text{🍌}, \text{🍇}) = 50 = 20 + 30 = m(\text{🍌}) + m(\text{🍇})$$



加法的

## ■ “ファジィ測度” とは？



: 8 単位／時間



: 10 単位／時間

$$m\left(\begin{array}{c} \text{Red background} \\ \text{Man icon} \end{array}, \begin{array}{c} \text{Blue background} \\ \text{Woman icon} \end{array}\right) > m\left(\begin{array}{c} \text{Red background} \\ \text{Man icon} \end{array}\right) + m\left(\begin{array}{c} \text{Blue background} \\ \text{Woman icon} \end{array}\right)$$

三本の矢（毛利元就）：助け合い

$$m\left(\begin{array}{c} \text{Red background} \\ \text{Man icon} \end{array}, \begin{array}{c} \text{Blue background} \\ \text{Woman icon} \end{array}\right) < m\left(\begin{array}{c} \text{Red background} \\ \text{Man icon} \end{array}\right) + m\left(\begin{array}{c} \text{Blue background} \\ \text{Woman icon} \end{array}\right)$$

船頭多くして，船，山に登る：足を引っ張る

非加法的！



# ファジィ測度・積分・確率・エントロピー

## ■ ファジィ測度・積分

実社会における人間行動・経済活動をより適切にモデル化可能（期待効用理論，多属性決定理論，協カゲーム）

## ■ ファジィ確率（非加法的確率）

従来の確率論では説明できなかった現象の解明に有効な新理論

## ■ ファジィエントロピー

曖昧さの度合いを測る尺度

# ファジィ理論の応用領域

- ファジィ線形計画法
- ファジィ最短経路問題
- ファジィスケジューリング問題
- ファジィゲーム理論
- ファジィ制御
- 多属性意思決定論・期待効用理論
- 非加法的確率論
- その他多くの領域で応用可能

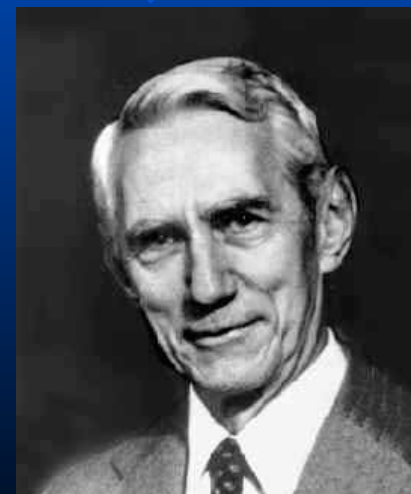
# (量子)情報理論・量子コンピュータ

- 「不確かさ」の尺度としてのエントロピー  
C.E.Shannon (1948)
- アナログ通信に対する情報理論
- 光通信に対する量子情報理論
- 量子状態を利用する量子コンピュータ

通信路の数理モデル

入力 → 符号化 → 通信路 → 復号化 → 出力

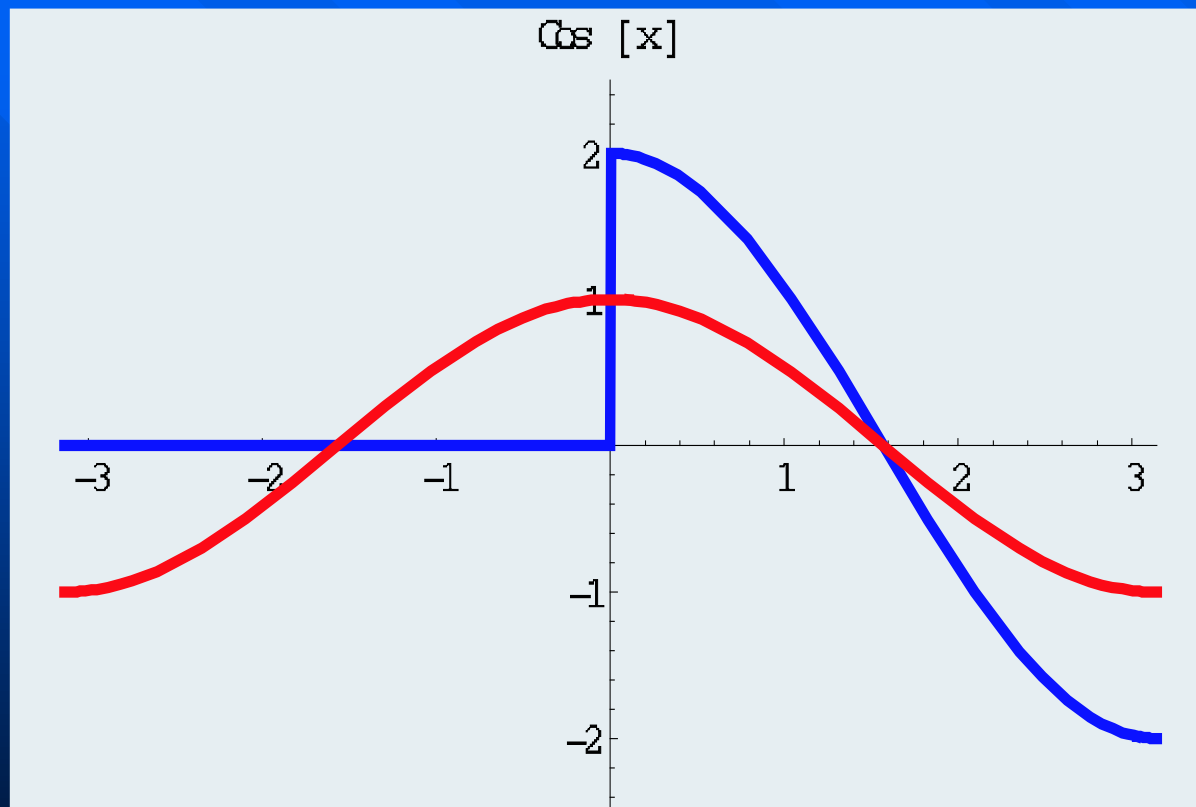
↑  
雑音



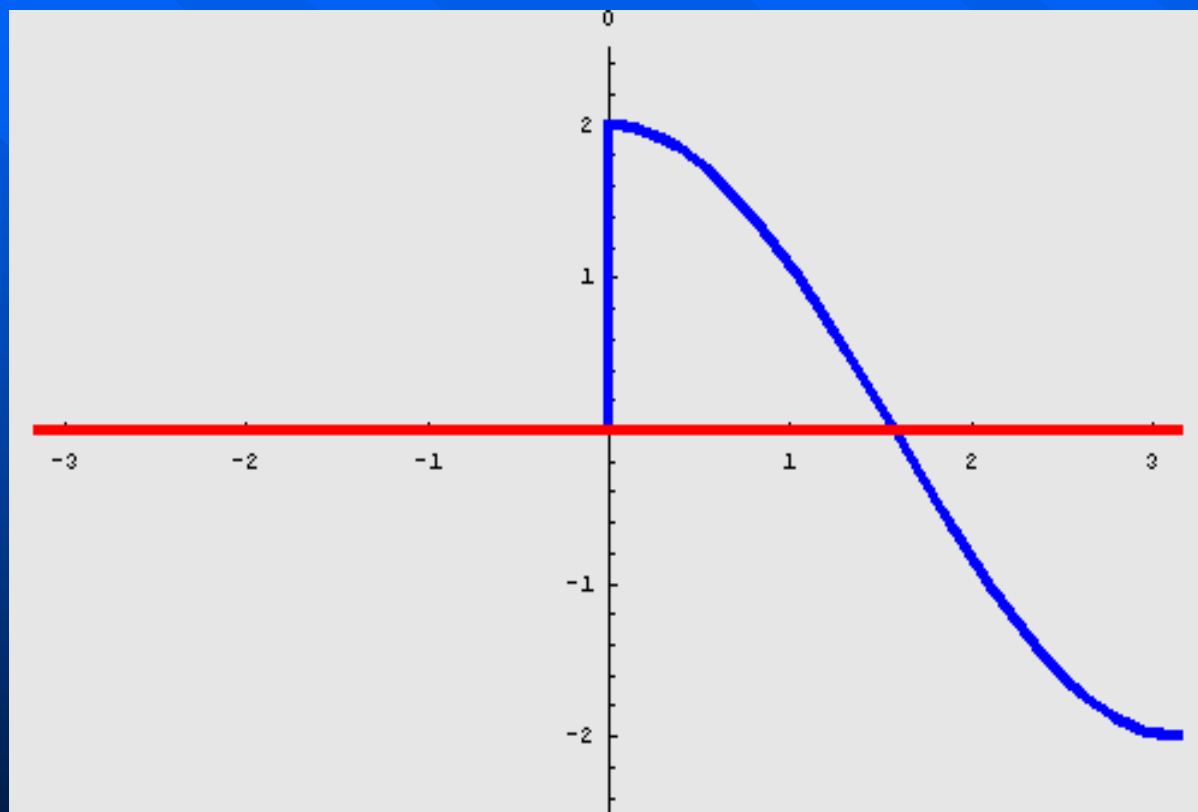
# Maple/Mathematica/Javaによる 数学教育の視覚化

- **応用数学の視覚化**に重点を置いたマルチメディア時代の数学教育の研究・実践
  1. フーリエ級数の収束の様子
  2. 空間曲線上の接線・法線・従法線ベクトルの動き
  3. 波動・熱伝導方程式の解のアニメーション
  4. その他……………

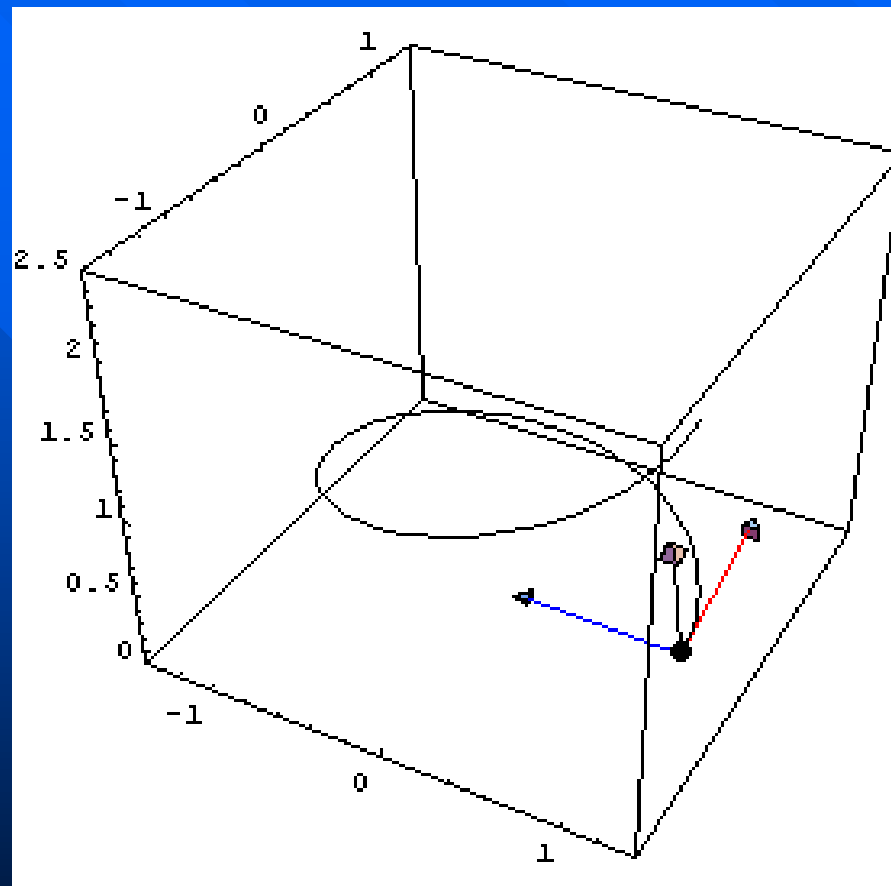
# フーリエ級数の収束とGibbs現象



# フーリエ級数の収束とGibbs現象



# フレネー・セレーの公式





# The Charles River / MIT / Harvard





# 河邊研究室へようこそ



## 所属学生数実績

- 18年度: 院生2人+2人
- 19年度: 院生1人+3人
- 20年度: 院生2人+3人
- 21年度: 院生2人
- 22年度: 院生1人
- 23年度: 2人
- 24年度: 院生2人+2人
- 25年度: 院生2人+1人
- 26年度: 院生1人+1人
- 28年度: 院生1人+1人
- 29年度: 2人