

# 計算幾何学特論：計算折り紙入門

上原 隆平

北陸先端科学技術大学院大学

情報科学系 教授

[uehara@jaist.ac.jp](mailto:uehara@jaist.ac.jp)

10月11日(水)

14:50-16:20

16:40-18:10

10月12日(木)

13:00-14:30

14:50-16:20

16:40-18:10

10月13日(金)

13:00-14:30

14:50-16:20



手取川



金沢

能美市

白山山系



# JAISTの特徴(上原私見)

## 大学院大学なので、学部がない

- 研究に強い大学院(教員が研究をする時間が比較的ある)
  - スパコンが3台あって無料で自由に使える
  - ネットワーク回線が太い
  - 図書館等は365日24時間開いてる
- 4セメスター制:授業は2カ月単位で進む(週に2回×15回)
- 学生と教員の「距離」が近い
  - 教職員は400人くらいで学生数は1000人くらい?
- ついに石川キャンパスの留学生率が50%を突破した
  - 必然的に国際化 ☺



### refine by author

- Ryuhei Uehara (158)
- Erik D. Demaine (39)
- Takeaki Uno (27)
- Yota Otachi (27)
- Yushi Uno (26)
- Martin L. Demaine (22)
- Toshiki Saitoh (19)
- Takehiro Ito (17)
- Yoshio Okamoto (16)
- Takashi Horiyama (13)
- 127 more options

### refine by venue

- CCCG (18)
- ISAAC (14)
- WALCOM (12)
- Theor. Comput. Sci. (12)
- CoRR (11)
- IEICE Transactions (9)
- TAMC (7)
- Bulletin of the EATCS (6)
- FUN (4)
- Discrete Applied Mathematics (4)
- 37 more options

所属:

北陸先端科学技術大学院大学

情報科学系 教授

DBLP情報:

エルデシュ数=2  
(Pavol Hell氏と共著)

JAIST ギャラリーの...  
(10000点余のパズル  
コレクション)

今日、ここにいる理由

## 専門分野: 理論計算機科学

### • アルゴリズム

特にグラフアルゴリズム

### • 計算量

特にパズル/ゲームの計算量  
レクリエーション数学

### • 計算幾何学

特に計算折り紙

# 計算折り紙(Computational ORIGAMI)とは？

- 折り紙(ORIGAMI)
  - 1500年代, おそらく紙の普及とともに自然発生的に...?アジアで...
  - 現在, ORIGAMI はすでに英語化していて, 書店にも ORIGAMI コーナーがある.
  - 折り紙っぽいものも...

「折ってない」「紙じゃない」  
Origami も増えてきた... おそらくNSFのビッグファンドのせいでと思っていますが...?





# 計算折り紙(Computational ORIGAMI)とは？

- 折り紙の急激な発展

- 1980年代~1990年代, 折り紙が急速に複雑化した.



前川の「悪魔」  
1980年頃発表  
(正方形1枚から  
折れる！)



川崎ローズ  
1985年頃発表  
(正方形1枚  
から折れる！)



Robert Lang のハト時計  
1987年頃発表  
(1×10の長さの長方形の紙  
1枚から折れる！)

# 計算折り紙(Computational ORIGAMI)とは？

- コンピュータの利用と折り紙への応用

- 1990年代以降, コンピュータを用いた折り紙デザインが発展



Robert Lang のハト時計  
1987年頃発表  
(1×10の長さの長方形の紙  
1枚から折れる！)



館知宏のOrigamizer  
2007年発表  
(長方形の紙1枚から  
10時間くらいで折れる)



三谷純の回転対称な折り紙  
2010年頃発表  
(長方形の紙1枚から折れる)

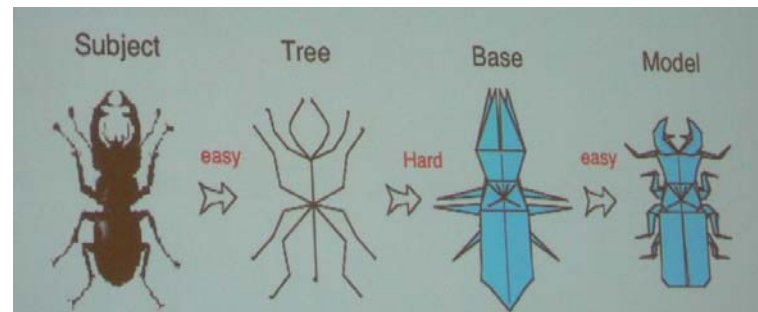
2016年、  
シン・ゴジラと  
Death Note の  
両方に登場!!

2017年、  
「正解するカド」に  
ちょっと登場!!

# 折り紙とコンピュータサイエンス

- 近年、むしろ海外で脚光をあびている
- 方法論の確立とソフトウェアの開発：
  - 1980年代：前川さんの「悪魔」
    - CAD的に「パーツ」を組み合わせる
    - コンプレックス折り紙の発祥
  - 2000年代：Langさんの TreeMaker
    - 与えられた「木構造」(距離つき)
    - を正方形上に展開するソフト
    - さまざまな最適化問題を現実的な時間で計算

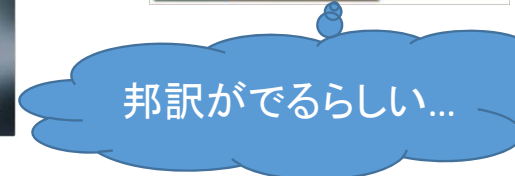
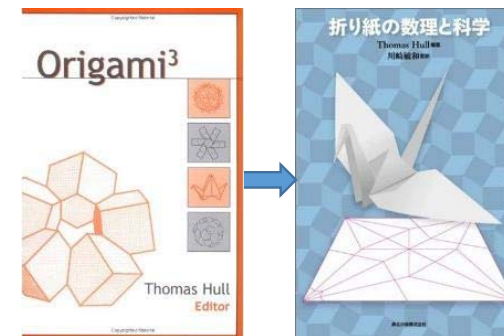
NP完全問題も  
解いている





# 折り紙の科学に特化した国際会議

1. 1989年12月 @ Italy  
The International meeting of Origami Science and Technology
2. 1994年 @ 滋賀県大津
3. 2001年3月 @ アメリカ  
The International meeting of Origami Science, Mathematics, and Education (3OSME)
4. 2006年9月8日-10日 @ アメリカ  
4OSME
5. 2010年7月13日-17日 @ シンガポール  
5OSME
6. 2014年8月10日-13日 @ 東大  
6OSME
7. 2018年9月5日-7日: 7OSME @ Oxford, UK!



# 計算折り紙(Computational ORIGAMI)とは？

- “Computational Origami”の提案

1990年代~

計算幾何学の分野で「計算幾何」や「最適化問題」として「折り」の問題をとらえ始める

この分野の**超**著名な研究者: Erik D. Demaine

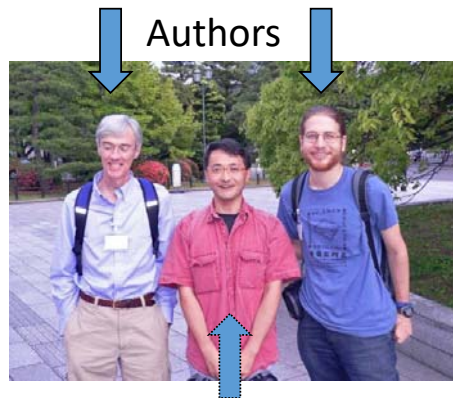
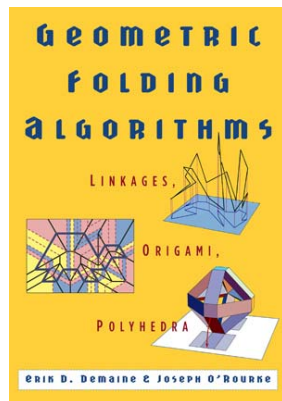
- 1981年生まれ
- 20歳でカナダで博士号を取得し,  
そのままMITの教員になり, 現在に至る
- 彼の博士論文のテーマが計算折り紙であった.



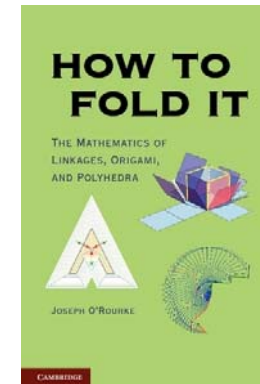
# 計算折り紙(Computational ORIGAMI)とは？

- 文献紹介

*Geometric Folding Algorithms: Linkages, Origami, Polyhedra*  
by J. O'Rourke and E. D. Demaine, 2007.



I, translated it to Japanese (2009).



2011



2012

# 本講義のトピック

計算幾何

## そのA: 展開図とそこから折れる凸立体の研究

- 展開図と立体のとても悩ましい関係: 最大の未解決問題
- 与えられた「展開図」を折って作れる(凸)「立体」をどうやって計算するか?
  - 数学的な特徴づけ/アルゴリズム/計算パワー

## そのB: 「折り」のアルゴリズムと計算量の関係

- 折り紙の基本操作
- 折り紙のアルゴリズムと計算量
  - 1次元の紙における効率のよい折り方(アルゴリズムと計算量)
    - 高速に折るアルゴリズム(折る回数を減らせるか?)
    - 「良い折り畳み状態」を評価する指標のモデル
  - 1次元の紙における計算不能性(計算の理論)
    - 計算モデル

アルゴリズム  
計算量理論  
(計算理論)

## そのC: 最新の成果たち

未解決問題が多くて、若手の活躍がめざましい分野