



ACT-I 先端研究フォーラム

～「情報と未来」研究者講演会～

- ACT-I 2期生加速フェーズ成果発表会 -

ポスター集

2021年3月13日(土)

オンライン開催

本年は、オンライン開催に致しました。



ACT-I 先端研究フォーラム ～「情報と未来」研究者講演会～ - ACT-I 2期生加速フェーズ成果発表会 - ポスター集 目次

第1部 発表研究者 2期生加速フェーズ

氏名		
1-1.	平原 秀一	p.2
1-2.	山下 聖悟	p.3
1-3.	劉 麗君	p.4
1-4.	佐藤 重幸	p.5
1-5.	栗田 修平	p.6
1-6.	小林 努	p.7

第2部 発表研究者 2期生加速フェーズ

氏名		
2-1.	宮本 崇	p.8
2-2.	チヨ シンキ	p.9
2-3.	吉田 博則	p.10
2-4.	塩川 浩昭	p.11
2-5.	牛久 祥孝	p.12



真に安全な情報通信社会に向けて



安全な暗号の確立に向けた回路最小化問題の計算困難性の解析



国立情報学研究所
National Institute of Informatics

情報学プリンシプル研究系 助教

平原 秀一

1. 究極的な目標：安全な暗号



公開鍵暗号方式 ・ 現代の情報通信社会の通信の秘密を守る基盤技術
しかし... 真に安全な暗号が存在するかどうかは未解決!

例：RSA暗号方式

素因数分解の計算困難性に基づく



量子コンピュータで効率的に解読できる

現代の暗号方式の安全性が崩壊するシナリオ

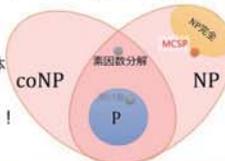
- (大規模な) 量子コンピュータの実現
- ($P = NP$ を示すような) 革新的なアルゴリズムの開発

⇒ そしてそれらの開発者は世界を掌握できてしまう!

P ≠ NP予想 ・ ミレニアム懸賞金問題の一つ (賞金100万ドル)

- P** 効率的に計算できる問題全体
- NP** 効率的に解の正しさを検証できる問題全体 (多くの自然な最適化問題を含む)

もし $P = NP$ だとすると、全ての暗号を破れてしまう!



2. Impagliazzoの五つの可能世界

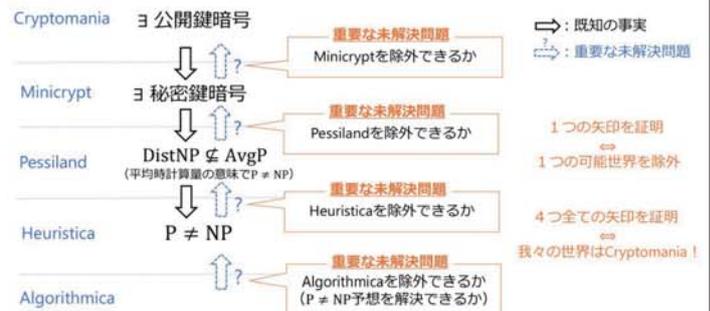
実は $P \neq NP$ を示すだけでは、暗号を構築するには不十分 Russell Impagliazzo

- 平均計算量 (= 入力ランダムに生成されたときの計算時間) を解析する必要がある
- 現在の計算量理論の知識と一貫性のある世界を5つに分類

Algorithmica	Heuristica	Pessiland	Minicrypt	Cryptomania
$P = NP$	\exists 秘密鍵暗号	\exists 秘密鍵暗号	\exists 公開鍵暗号	\exists 公開鍵暗号
	$P \neq NP$	\exists 秘密鍵暗号	\exists 秘密鍵暗号	\exists 公開鍵暗号

計算量理論の究極的な使命

我々の世界がどの世界であるかを決定すること!
(特に、Cryptomaniaであるという予想を解決し、絶対的に安全な暗号を確立すること。)



3. 我々の研究成果

なぜ重要な未解決問題を解決することは難しいのか?

理論的な障壁 既存の証明の技法には限界があり、重要な未解決問題を解決できない。



ACT-本期間では、回路最小化問題という問題を考えることにより、「ブラックボックス障壁」を初めて突破する成果を得た。

ACT-加速フェーズでは平均時計算量に関する長年の未解決問題を解決!

加速フェーズの主要成果 [H. (STOC'21)]

$$UP \not\subseteq DTIME(2^{o(n)}) \Rightarrow DistNP \not\subseteq AvgP$$

UP (素因数分解など) が最悪時計算量の意味で指数的に難しい ($2^{o(n)}$ 時間では計算できない) NP が平均時計算量の意味で難しい

「ブラックボックス障壁」や「困難性増幅」と呼ばれる証明手法では証明できない、ということが知られていた。 [Bogdanov-Trevisan'06] [Viola'05] (「相対化のバリア」が適用できるかどうかは未解決)

メタ計算量理論に基づく証明手法により、同時に突破することに成功!

4. 平均時計算量とメタ計算量

最悪時計算量と平均時計算量

アルゴリズムAの計算時間は最悪時計算量によって評価されることが多い。

$$\max_x t_A(x) \quad (t_A(x): \text{入力}x\text{におけるアルゴリズム}A\text{の計算時間})$$

しかし、現実的な状況では最悪な入力が見れるとは限らない。

アルゴリズムAの (入力分布Dにおける) 平均時計算時間とは、計算時間の期待値 $E_{x \sim D}[t_A(x)]$ のこと。

暗号の安全性を議論するためには平均時計算量が必要!

例：ハミルトン路問題 (NP完全問題)

任意の場所からスタートして、全ての家をちょうど一度だけ通るような経路は存在するだろうか?



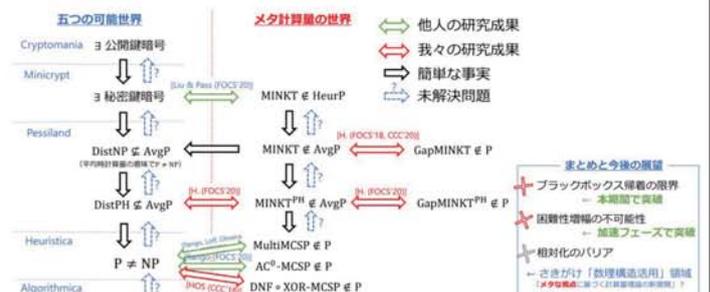
この問題は $P \neq NP$ 予想の下で最悪時計算量の意味で効率的に解けない。 (ハミルトン路問題) $\in P$

一方で、50%の確率で道を作るような入力 (ランダムグラフ) では平均時計算量の意味で効率的に解けることが知られている。 (ハミルトン路問題) $\in AvgP$

証明技法：メタ計算量

メタ計算問題 回路最小化問題は「ブール関数 $f: \{0,1\}^n \rightarrow \{0,1\}$ を計算する最小の回路を計算せよ」の例。 コルモゴロフ記述量問題 (MINKT) = 「文字列 $x \in \{0,1\}^n$ を計算する最小のプログラムを計算せよ」

平均時計算量を最悪時メタ計算量 (MINKT) の概念で特徴づけることにより証明。

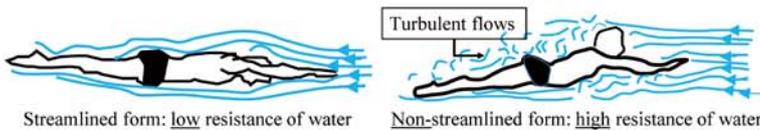
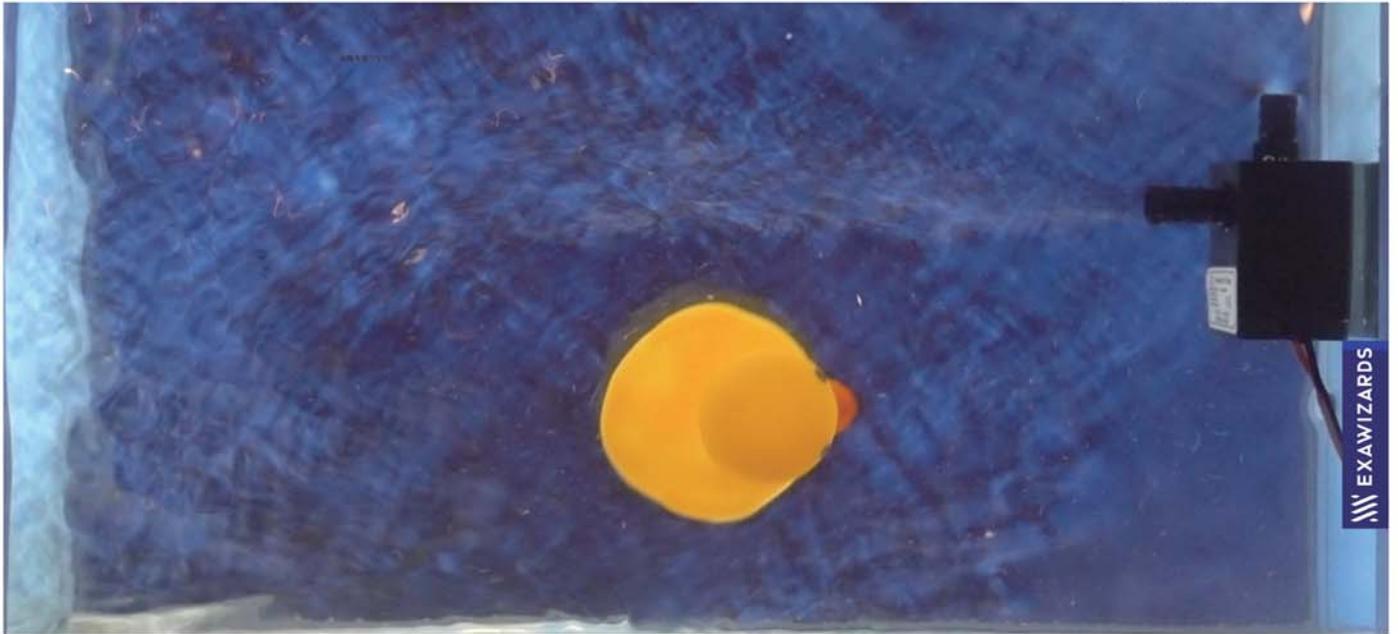


水泳プール中の水の流れを 3 次元計測する技術の開発 3D Water Flow Measurement Technology for Swimming



yamashi@acm.org
https://exawizards.com/
http://yamasy.com/

株式会社 Exawizards. 山下 聖悟



Streamlined form: low resistance of water

Non-streamlined form: high resistance of water

本研究では、水泳プールにおいて 3 次元流体計測を実現する技術の開発を目指した。人の泳動作による水流を計測することで、水中での人の推進を妨げる抵抗の発生原因や位置等を明らかにできる。本研究の成果は、未だに明らかにされていない人の水中での推進メカニズムの解明や、より効率の良い泳ぎ方の発見などに貢献することが期待される。



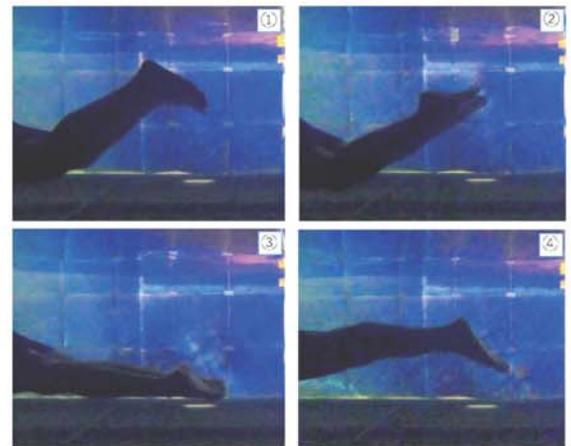
System configuration

A pump creating water flow

Visualized water flow from a pump

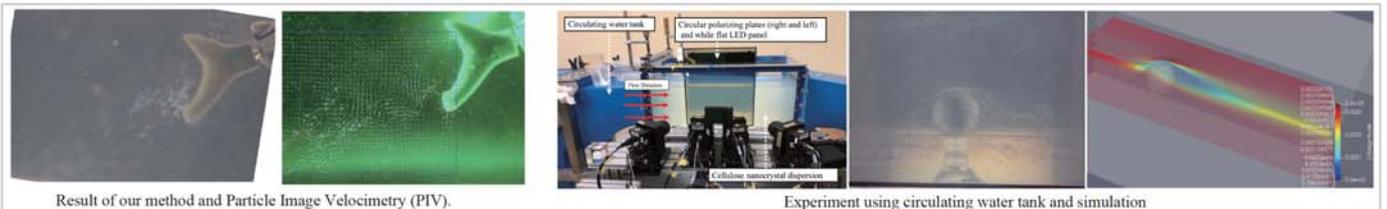
本研究では、人体への危険性が少なく、かつ既存手法より広い 3 次元空間で流体計測を行うことができるトレーサー粒子（流体の動きを可視化するため散布される粒子）とその計測手法の実現を目指した。粒子の可視化には、プール中に設置された 2 枚の直交する偏光角を持つ偏光板（あるいは円偏光板の対）による遮光と、その間を漂う粒子による偏光面の回転によっておこる明暗差を用いた。従来手法の場合、粒子の可視化のために、やけどや失明などの人体への影響が考えられる強力なレーザー光を計測環境に照射する必要がある。本研究で提案した光学系は、室内灯に使われる光源と同程度の光量でトレーサー粒子を可視化し、カメラにより計測可能にする。

図中の流れの可視化には、ナノセルロースがトレーサー粒子として用いられている。セルロースナノファイバー (SNF) は、ナノサイズのセルロース繊維である。SNF は最大で数ヶ月の間、沈殿または浮上せず水中を浮遊し続ける特性を持つ。また、水全体に万遍なく分散した状態を保つことも知られている。加えて、SNF は粒子サイズが微笑であり光を散乱させないため水に散布した場合も水をほとんど白濁させない。SNF を含む水は、流れなどにより力（せん断力）を受けた部分だけが強い複屈折（方向による屈折率の差）を持つ。また、提案する光学系は複屈折を持つ部分だけを周囲に比べて明るく可視化する。そのため、水泳動作などにより水が流れた際には、その部分のみが周囲に比べて明るく観測される。流れが発生した部分のみが可視化されるため、カメラ等による撮影、あるいは目視で流れの概要が把握できる。



Visualized water flow by a swimmer

大型のガラス水槽（幅 2m、奥行き 3m、高さ 1.5m）を用いて人が泳ぐ際に起こす水の流れを観測する実験を共同研究者と共にを行った。実験の際には、0.02wt% のセルロースナノクリスタル懸濁液 5 トンを水槽中に準備した。また、水泳経験者に水槽中で様々な泳法を用いて泳ぐように依頼し、その水流を観測した。例えば、ドルフィンキックにおいては、揃えた足が上から下に移動する際に足の裏の上部に強い渦が発生していること、その渦が足の動きについていくように下方向に移動することで、体に対して後方方向に大きな水の流れを発生していることが観測された。水泳に関する学術的な貢献を提供するためには、水泳プールのような連続的な泳動作が可能な環境において計測を実現する必要がある。本研究では、今後も、計測範囲を更に拡大できる光学系の開発や、更に水の容量の多い環境にて十分な濃度のトレーサー粒子を散布する方法の確立、濃度がより低くとも流れを可視化できる技術の開発などを目標とする。



Result of our method and Particle Image Velocimetry (PIV).

Experiment using circulating water tank and simulation

[Publications]

- Shogo Yamashita, Shunichi Suwa, Takashi Miyaki, Jun Rekimoto, "Feasibility Study on Water Flow Visualization Using Cellulose Particles and Pervasive Display", The 8th ACM International Symposium on Pervasive Displays(PerDis 2019), June 12-14, 2019, Palermo, Italy.
- Shogo Yamashita, Takaaki Kasuga, Shunichi Suwa, Takashi Miyaki, Masaya Nogi and Jun Rekimoto, Fluid-Measurement Technology using Flow Birefringence of Nanocellulose ", SIGGRAPH 2019 Poster, 2019 July.
- Shogo Yamashita, Shunichi Suwa, Takashi Miyaki, Jun Rekimoto, "A Human-Friendly Fluid Measurement Technology using Artificial Fish Eggs as a Tracer ". ACM CHI 2019 ASIAN CHI SYMPOSIUM: EMERGING HCI RESEARCH COLLECTION [Best Poster Award]
- Shogo Yamashita, Shunichi Suwa, Takashi Miyaki, Jun Rekimoto, "Investigation of Tracer Particles Realizing 3-Dimensional Water Flow Measurement for Augmented Swimming Training", The 9th Augmented Human International Conference(AH2018), Article No. 2.9 pages, February 7-9, 2018, Seoul, Republic of Korea, [Best Paper Award]
- Patent Application No. 2018-12298 (2019-13324), "3次元流体計測法", Application Date 29/12/2018

時間と空間の並列計算でものづくり革新!

研究課題: 時空間並列計算による高性能マルチスケール解析手法の確立



劉麗君 (大阪大学/工学研究科 助教)

研究概要

<研究背景・解決すべき問題>

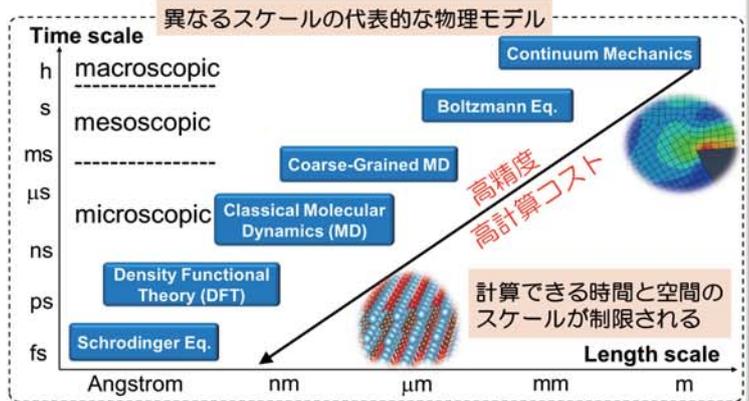
- 連続体力学の計算手法
線形化などの単純な仮定に基づいて経験的に得られる構成関係式を用いるため、実規模の問題を模擬できる一方、計算精度が限られている
- 第一原理や分子動力学
複雑な系を高精度にモデル化できるが、計算コストが高いため、現実的な系の研究に直接使用することは非常に困難である

高精度かつ高計算効率を持つ超高性能マルチスケール解析手法の開発が必要

<解決方法・波及効果>

- 研究項目1: 機械学習に基づく原子間ポテンシャルの開発
- 研究項目2: 時間並列計算手法の開発

機械学習と時間並列計算を用いたマルチスケール解析手法により、高速かつ高精度な物性評価や新規材料開発の実現へ!

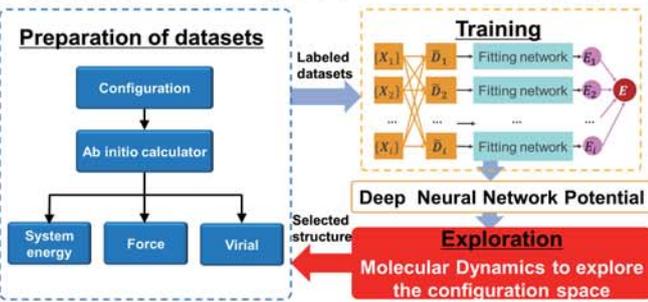


<成果・今後の展開>

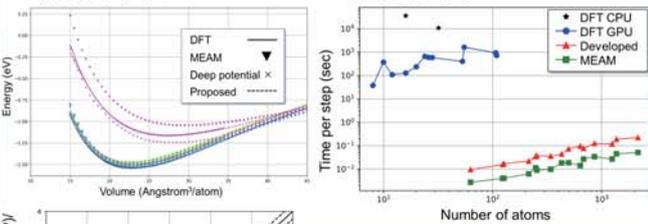
- 第一原理計算に匹敵するくらいの計算精度を持つ深層学習ポテンシャルの開発に成功し、計算速度は10000倍以上の高速化を実現
- 時間並列手法を開発し、古典分子動力学の精度を維持したままで2000倍以上の高速化を実現
- 現在、炭素鋼、新規半導体材料等の不純物拡散解析と材料制御への適用を進めている

機械学習に基づく原子間ポテンシャルの開発

機械学習に基づく原子間ポテンシャルの作成



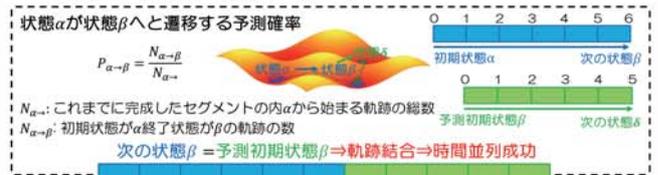
機械学習ポテンシャルの性能評価



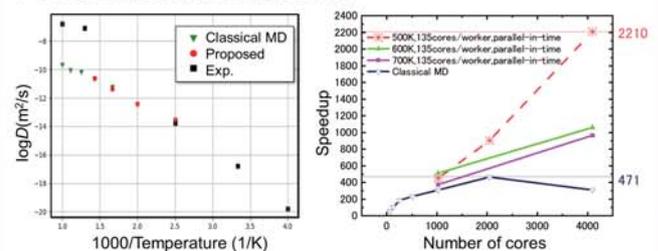
- 作成した原子間ポテンシャルと経験的ポテンシャル(MEAM)をMD計算に適用し、DFTの結果とほぼ一致し、MEAMより高い予測精度が得られた
- DFTより10000倍以上の高速化を実現

時間並列計算手法の開発

時間並列計算手法の概要



時間並列計算の性能評価



- 本提案手法をα鉄中の炭素原子の拡散計算に適用した結果、従来の分子動力学計算と遜色ない高い精度であった
- 並列性能に関して、低温(遷移時間が長く、計算の困難度が高い)になるほど、提案手法が従来の分子動力学計算より顕著な優位性を示した

—職人芸のプログラミングを自動化—

職人芸

- プログラムを**絶大に効率化**
- 属人的で**再利用が困難**

➡
浪費 (人件費と時間)
危険 (持続可能性)

職人芸の自動化
➡

- ✓ 浪費や危険を低減
- ✓ プログラミングの進化を促進

研究成果

- N体ソルバに特化したプログラミング言語処理系
- N体ソルバの職人芸的効率化の**定式化と自動化**
- 《正しさ》を**実験的に評価**するベンチマーク集

```
@solver
def direct(ps : Set[Particle]):
  for pi in ps:
    for pj in ps:
      if pi != pj:
        gravity(pj, pi)
```

対称化

```
def direct(ps : Set[Particle]):
  N = len(ps)
  for i in range(N):
    for j in range(i+1,N):
      gravity(pj,pi); gravity(pi,pj)
      # gravity_mutual(pj, pi)
```

ソルバ対称化

- 対称な部分を分離・抽出
- 対称な部分を折り畳む
- 非対称な部分と合成

```
@kernel(D=int)
def gravity(p1, p2):
  r = [0.0 for _ in range(D)]
  r2 = 0.0
  for i in range(D):
    r[i] = p1.x[i] - p2.x[i]
    r2 += r[i] * r[i]
  r3 = r2 * sqrt(r2)
  for i in range(D):
    da = G * p1.m / r3 * r[i]
    p2.a[i] += da
```

$$\vec{a}_{12} = \frac{Gm_1}{\|\vec{x}_1 - \vec{x}_2\|^3} (\vec{x}_1 - \vec{x}_2)$$

相互化

```
def gravity_mutual(p1, p2):
  r = [0.0 for _ in range(D)]
  r2 = 0.0
  for i in range(D):
    r[i] = p1.x[i] - p2.x[i]
    r2 += r[i] * r[i]
  r3 = r2 * sqrt(r2)
  for i in range(D):
    da = G * p1.m / r3 * r[i]
    _da = G * p2.m / r3 * -r[i]
    p2.a[i] += da
    p1.a[i] += _da
```

カーネル相互化

- 対称な呼出し下での共通した部分計算を特定
- **非対称な部分**に対する計算を構成

SIMD化

```
def direct(ps : Set[Particle]):
  vps: Set[VParticle] = convert(ps, W)
  for i in range(len(vps)):
    for j in range(i+1, len(vps)):
      for _ in range(W):
        gravity_mutual(vpj[j], vps[i])
        cyclic_shift(vpj[j])
```

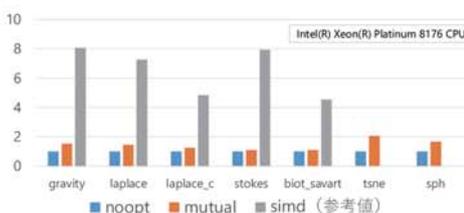
パラメトリックSIMD化

- 粒子のデータ型をベクトル化
- カーネル中のスカラー演算をベクトル演算にオーバーロード
- データ要素を並び替えながら反復処理

自動化の秘訣

- ✓ ソルバとカーネルの明示的構造 (**プログラマの協力**)
- ✓ 対称性やパラメトリック性の仮定 (**ドメイン知識**)

効率化による性能向上



実験的評価

- 相互化の利得はカーネル依存
- パラメトリックSIMD化はいつでもできるとは限らない
- パラメトリックSIMD化ができると性能利得が大きい
- 《正しさ》は怪しい

《正しさ》の評価

- 演算誤差を無視した効率化
- 通常のコンパイラは保守的にやらないことをやっている
- N体ソルバは本質的に近似計算
- ➔ 正しさの指標を伴ったベンチマークを開発して評価中

大規模テキストからの知識獲得と 深層学習・意味解析による知識活用

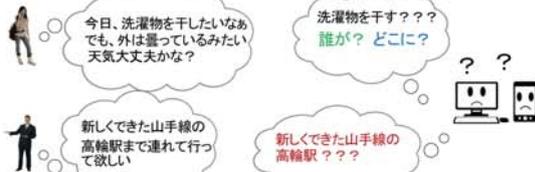
理化学研究所 AIP
栗田 修平

テキストから獲得した知識を活かすAI

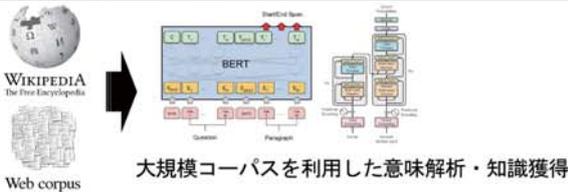
テキストの意味・知識理解と実世界への応用

自然言語文章を理解する？

大規模テキストからの知識獲得・意味理解



自然言語には、直感的なインターフェイスを提供できるメリットがあるが、その指しす意味の解析や固有表現の解決、曖昧さの解決などを行わなければならない



自然言語でロボットに指示を出す？

現実世界における言語理解

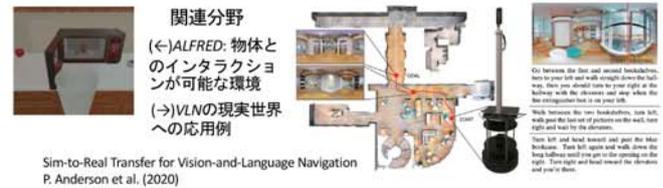


視覚と言語によるナビゲーション

Vision-and-Language Navigation (VLN)

現実の家屋を模した
仮想環境中のエージェント
に対し
自然言語によるナビゲーション
指示を出す

Instruction: Head upstairs and walk past the piano through an archway directly in front. Turn right when the hallway ends at pictures and table. Wait by the mouse anters hanging on the wall.

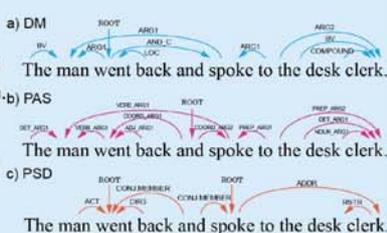


深層強化学習を用いた意味解析

Introduction & Task

We propose a new novel parsing algorithm: Iterative Predicate-Selection (IPS). We apply reinforcement learning for exploring unseen parsing graphs.

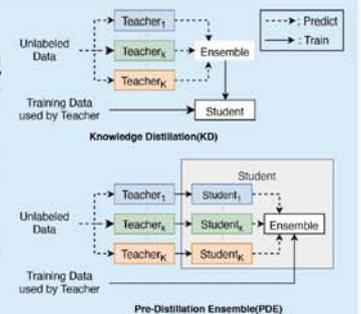
- Semantic relations between two words in a sentence are represented in a directed acyclic graph.
- This can express various semantic relations including local and global structures.
- Application to SRL.



PDE:リソース構築のためのアンサンブル手法

Introduction

- Wikipediaからの固有表現抽出タスクにて、多数のモデルの予測結果を、一つの大きなニューラルネットワークモデルで学習する手法
- 森羅タスク (関根) およびTACRED関係抽出タスクにて有効性を確認

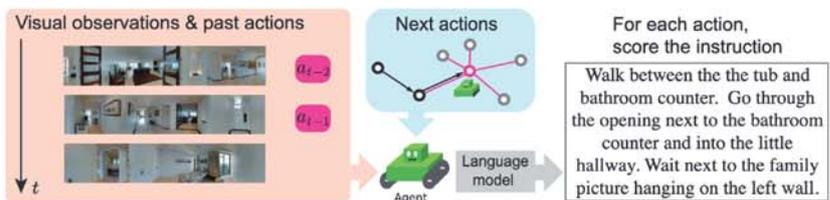


Pre-Distillation Ensemble:リソース構築タスクのためのアンサンブル手法
中山功太, 栗田修平, 小林峻雄, 関根聡

視覚と言語によるナビゲーション

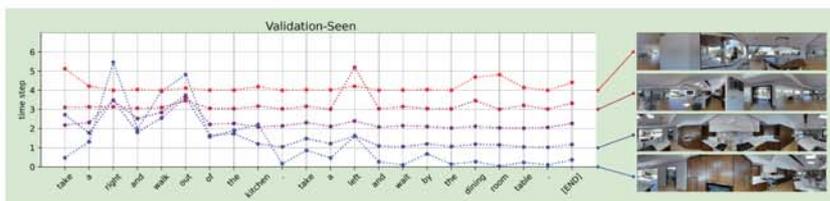
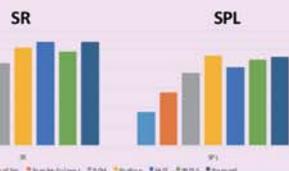
Introduction

- 非常に写実的な仮想環境で動作するエージェントに対し、言語指示に従って動作するだけでなく、**視覚・動作情報と言語情報との対応付け**が課題となっていた
- 視覚と動作情報から言語指示を生成する手法により、**未知環境での精度的な貢献**に加え、**言語指示のどこに着目して動作判断を行っているか可視化**する手法を提案



(上) 視覚情報と動作情報から言語指示を言語生成モデルでスコア付けする提案手法
(下) 各時刻トークンごとの予測エントロピー(1 - TENT)可視化

Result



Generative Language-Grounded Policy in Vision-and-Language Navigation with Bayes' Rule
Shuhei Kurita and Kyunghyun Cho

To appear in ICLR2021



研究の概要

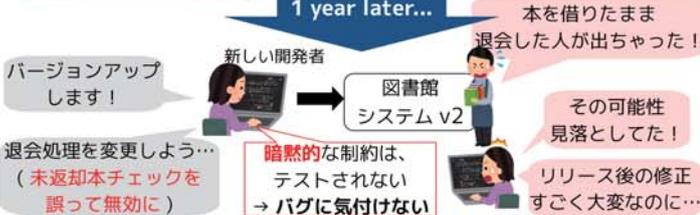
背景：ソフトウェアシステムのビジネスルール

- ソフトウェアシステムが現実世界で解決する問題は多様
- 問題ごとに異なる文脈とルールがある

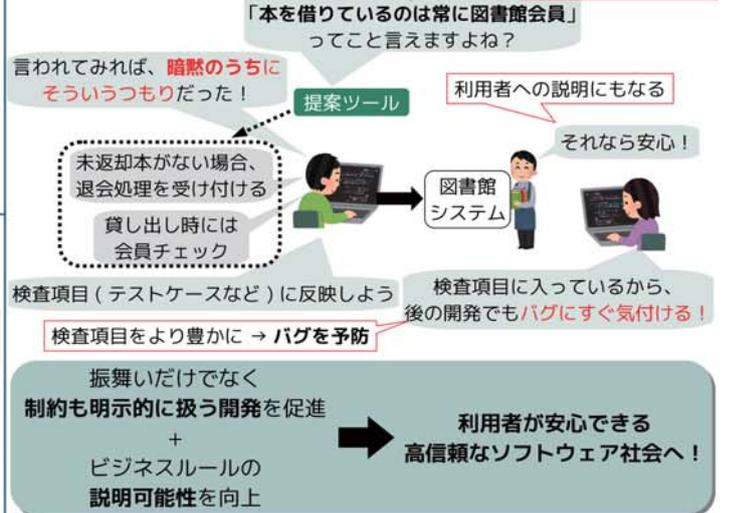
本を借りているのは常に図書館会員
 ダブルブッキングが起こらない
 A部門の人が読めるファイルにファイルXの内容がコピーされることはない

きちんと考えないと、正しく作ったつもりでも望まぬ結果に…
 - 文脈やルールの設計を中心とした開発手法が目まぐるしく変化する

課題：表に表れないビジネス上の制約



切り拓く未来

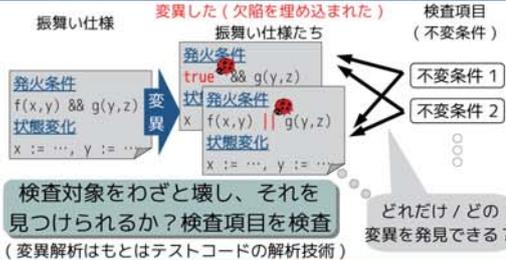


成果

- ソフトの振舞いの形式仕様での表現に対し振舞いが常に満たす制約 (不変条件) を自動で獲得する手法
 - 変異解析・自動修正問題として定式化
 - 論理式の性質を利用した変異操作を定義
 - 実装・事例研究
 - プログラムコードと形式仕様の接続手法構築の試み
- ソフトの振舞いの本質を論理式で抽出したもの
 ビジネスルールの本質に焦点を当てる
 ソフトウェア工学分野でホットな自動修正のアプローチ

成果の詳細

基本方針：変異解析を応用した不変条件の解析



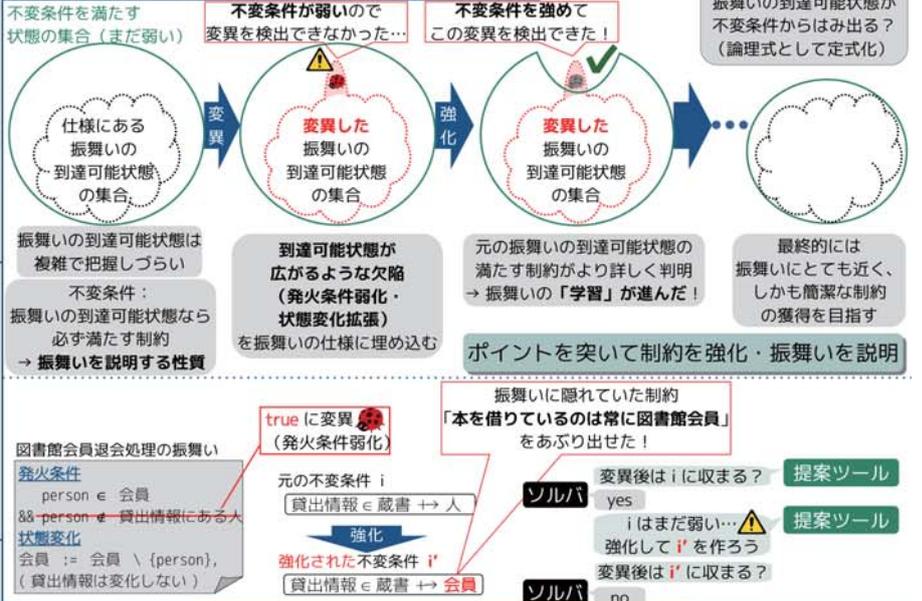
式の強化操作・弱体化操作

- 形式仕様記述言語 Event-B の全ての述語と式について操作を定義 - 述語を確実に強化 (弱体化)
- PvQ を強化 ... \perp , P, Q, PvQ, (強化版) PvQ, ...
 - $S \subseteq T$ を強化 ... T , (S の subset) $\subseteq T$, $S \subseteq (T$ の superset), ...
 - 集合の式を確実に拡張 (縮小)
 - S を拡張 ... (全体集合), Su (仕様に出現する同じ型の式), ...
 - S から T への関数を縮小 ... \emptyset , (S の subset) から T への関数, S から T への全単射関数, ...
- 既存の変異解析手法よりも体系立った変異

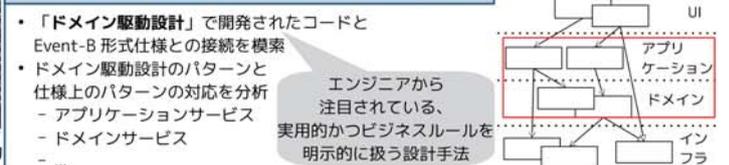
実装・事例研究

- 形式仕様記述言語 Event-B の開発環境 Rodin のプラグインとして実装
- フラッシュメモリ用のファイルシステムの仕様
 - 水星探査プロジェクト BepiColombo の X 線分光計ソフトの仕様
 - Ada プログラムコードから抽出された、衛星の姿勢・軌道制御システムの仕様などに適用
- 対象の不変条件と振舞いを選択
 自動で強化された不変条件を出力

振舞い仕様の変異と検出・不変条件強化の定式化



プログラムコードと形式仕様との接続の試み



人の知識と機械の知能を結集した地震被害の検知

衛星リモートセンシングから得られる
時空間ビッグデータの機械学習による地震被害の判別

山梨大学 スマート社会基盤創造研究ユニット 宮本 崇

1. 研究成果の概要

背景：人工衛星画像を活用した地震被害の把握

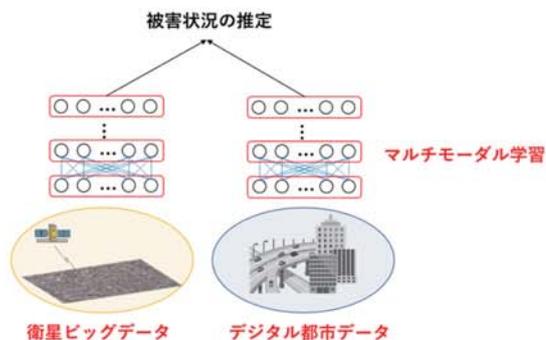
- 広範囲を高速に撮影する有力な技術
- 一方で、低い画像解像度のために検知精度に限界

目的：AIを用いた種々のビッグデータ分析による被害検知

- 衛星によって撮影・蓄積された時系列衛星画像の活用
- 都市のデジタルデータを援用した検知精度の向上

成果：被害検知精度を77%から92%まで向上

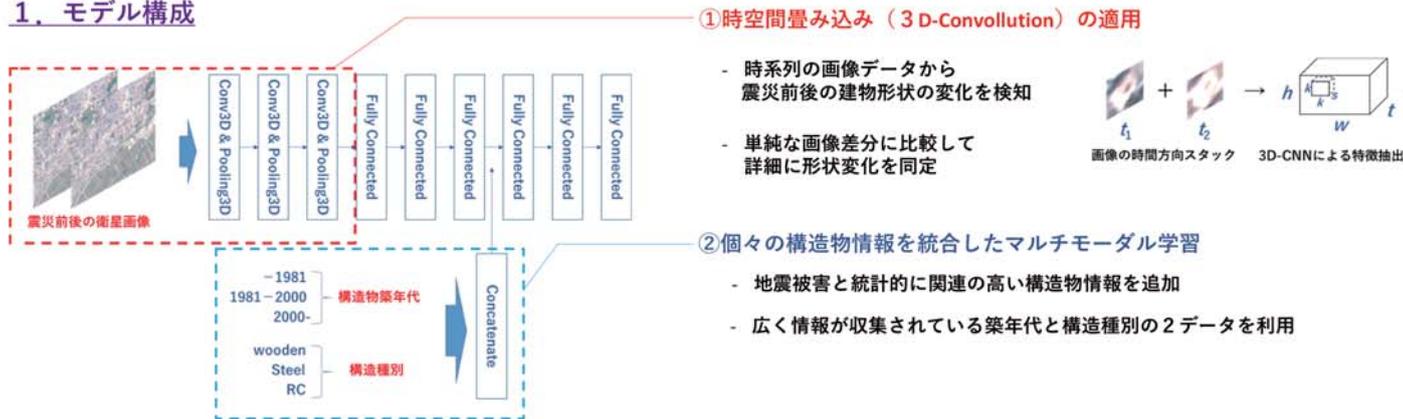
- 地域ごとの被害状況を確実に把握
- 災害対応の意思決定までに要する人手や時間を大幅に短縮



2016年熊本地震被災地の分析事例

2. 地震被害検知モデルの構成と性能

1. モデル構成

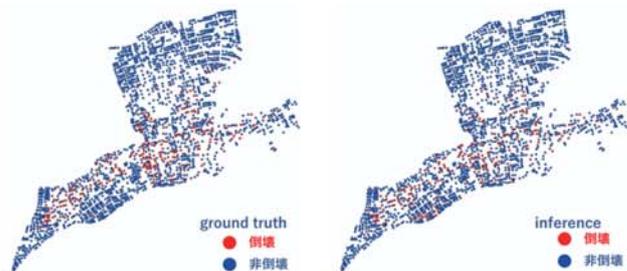


2. モデル性能

- 衛星画像や構造物情報を単体で用いるよりも高い精度を実現
- Recallが低い ⇒ AuC-RoCが高いことから、閾値の調整によって対応可能

モデル	分類精度			
	Accuracy	Recall	Precision	AuC-RoC
衛星画像のみ (3D Conv)	0.79	0.79	0.36	0.82
構造物情報のみ (SVM)	0.70	0.74	0.27	0.74
衛星+構造物情報 (3D Conv)	0.92	0.47	0.88	0.90

倒壊310棟、非倒壊2030棟のデータセットの塔分割交差検証、テストデータに対するスコア



光学衛星Pleiades (50cm/pixel) を用いた被害検知結果と実測値の比較

視覚に基づく言い換えの分野開拓 (視覚に基づく言い換えのセマンティック類型)



チョ シンキ (CHU, Chenhui)
京都大学 特定准教授



1. 言語・視覚理解における言い換え認識の重要性

- 視覚的質問応答 [Wu+ 2017]

ユーザ1: what is **the man** doing?
ユーザ2: what is **the baseball player** doing?
システム: he is throwing a ball.

- 画像キャプション生成 [Vinyals+ 2015]

出力: a costumed **girl** stands near a shelf.
正解: a **girl in a cat costume** is standing near shelving.
評価値 = 0.95

2. 視覚に基づく言い換え (VGP)

Caption 1: a baseball player in a red jersey throwing a ball at the pitchers mound.
Caption 2: a baseball team pitcher throwing a ball to the batter.
Caption 3: a little league pitcher in a red shirt.
Caption 4: a male is standing on a base pitching a ball.
Caption 5: the pitcher is wearing a red uniform shirt.

VGP set 1 a baseball player a baseball team pitcher a little league pitcher a male the pitcher	VGP set 2 a red jersey a red shirt a red uniform shirt VGP set 3 the pitchers mound	VGP set 4 a base VGP set 5 a ball
---	--	--

VGP: Visually Grounded Paraphrase

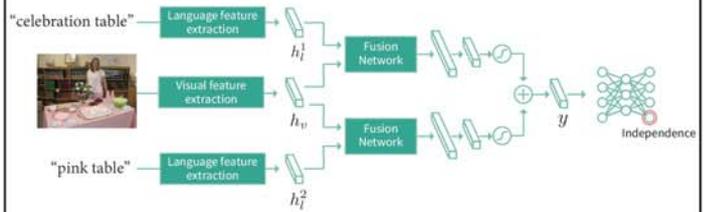
3. VGP研究の全体像



4. VGPのセマンティック類型と分類モデル

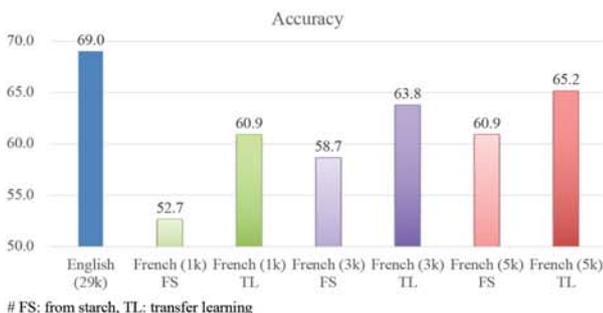
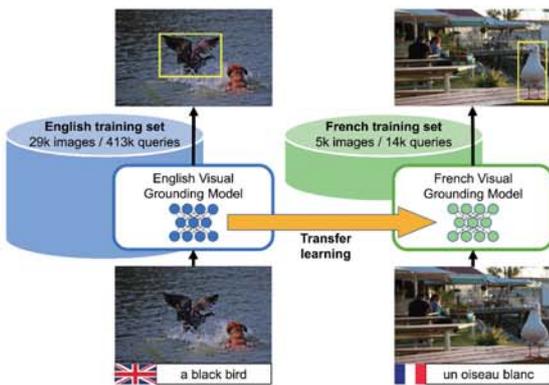


新しいセマンティック現象の発見



VGPを分類するには言語・画像表現の同時学習が重要である

5. 言語横断ビジュアルグラウンディング



6. まとめと今後の予定

まとめ

- VGPという新しい言語・視覚の概念の提案
- VGPという研究分野を整理
- VGP類型と言語横断ビジュアルグラウンディングの研究

今後の予定

- VGP生成
- VGPを視覚的質問応答や画像キャプション生成へ応用
- VGP研究をソーシャルメディアや映像データへ発展
- 最終的にはVGPという研究分野を確立

適材適所システム: 広葉樹林業で発生する多様な小径木の家具および建築への応用

「つかえない材をつかえる材に」

50230 吉田 博則 東京大学 RIISE

(1) 解決したい課題: 廃棄されている不揃いで径の細い木の枝を付加価値の高いデザインへ活用

本課題の狙いは、従来はチップ化され燃やすしかなかった小径木や枝のような多様かつ繊細な材を、より高付加価値を持つ家具や建築に活用できるようにすることである。

林業では択伐や間伐のためこのような材が恒常的に発生し、薪やシイタケの原木等に使われているが、高付加価値な用途とは言い難い。一方家具や建築デザインでは、あえて節や虫食いといった欠点をあえて強調するデザインも、工業製品で構成されたモダンデザインにはない個性として受け入れられている。しかしこのような、いわゆる一品モノのデザインの多くはシステムティックな大量生産には向いていないため、経験豊富な職人の監修や手作業が必須となっている。

そこで本研究課題では、多様な形状の枝を例に、効率的かつ多様なデザインを可能にするデザインサポートツールの提供を目指す。効率的なデザインを達成するためにデザインと生産プロセスが直結したデジタルファブリケーションを応用する。多様なデザインのため、ユーザーが自由に編集できるUIや、3次元スキャンを用いて材料の個性をそのままデザインに利用できるワークフローを確立する。



枝は輸送や管理手法も確立されておらず、チップ等に活用されず森林に就地材として放置されることも珍しくない。



Christoph Schindlerによるスツールデザインの事例。枝の樹皮のテクスチャや枝分かれ部をアクセントとしてうまくデザインに取り入れている。

(2) 切り拓く未来: 個性を活かした多様なものづくりをサポートしたい

曲がりが強かったり虫食いや樹皮が部分的に残っている材も個別に識別し生産工程まで一貫して扱えると、独特なテクスチャや曲がりもうまく全体デザインにフィットさせて活かせる可能性が広がる。このような適材適所が実現されると小径木にも需要が生まれる。需要があると落葉広葉樹林に恒常的に手が入り、本来の森林の姿である適地適木にもつながる。多様なデザインを容易にし身近にするようなツールを開発することで、持続可能な循環型社会の実現に貢献することも可能である。

現在3Dプリンタなどのデジタルファブリケーションによって、ユーザーが自由に設計した形状を生生活空間に取り入れることが可能になっている。形状だけでなく素材の固有性も取り入れることで、デザインを多様にするだけでなく、多様性の裏にあるストーリー、例えば素材の地域性やデザインの成り立ちなどもエンドユーザーに伝わるようなものづくりをサポートしていきたい。



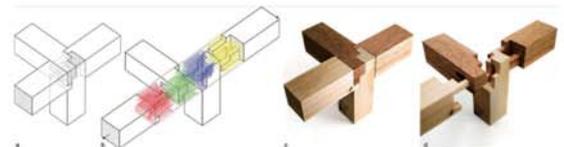
伝統的な落葉広葉樹林の管理手法である機木(こりき)林業から、カブコギやスタジといった希少な樹種入手した。これらを用いて構造を設計・製作する。



広葉樹の枝で構成したオブジェの事例。一本一本の曲率や径を参照し、最適に配置している。本オブジェは日本科学技術未来館で展示されている。

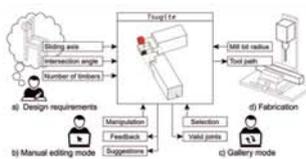
(3) ACT-Iでの成果: 家具スケールでのディテールデザインUIと、建築スケールでの適材適所システム

ACT-Iの期間ではディテールと全体を対象スケールを分けてデザイン支援ツールを開発した。ディテールデザインのためのUIとして、ジョイント部のデザインをサポートする「Tsgite」を提案し、ディテールデザインの多様性向上に努めた。建築スケールにおいては、枝を3次元のターゲットデザインに最適に配置し組むためのワークフローを提案した。日本科学技術未来館で現在展示中の「Swirled Branches」は提案手法を用いて設計・製作されている。また、ジョイント部の製作を3Dプリンタにより効率的にした、「Tsgiki」も現在進めている。



左 TsgiteのUI。ボックス空間でジョイントデザインの編集ができる。デザインはそのままCNC加工機のパスに変換できる。右 4つの部材から成るジョイントを実際に製作した事例。

家具スケールで多様なディテールデザインを支援するUI

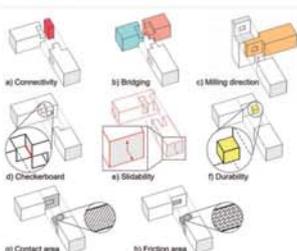


Tsgiteのシステム概要。入力にはユーザーによるデザインのほか、CNC加工機の制約や、材料の異方性も考慮している。まずユーザは接合部の加工性、組み立て可能性、強度など性能に関するリアルタイムフィードバックを受け取りながら、接合部を設計する。そして角を丸めるなどの処理をして、計算機制御の切削加工機により接合部が完成する。

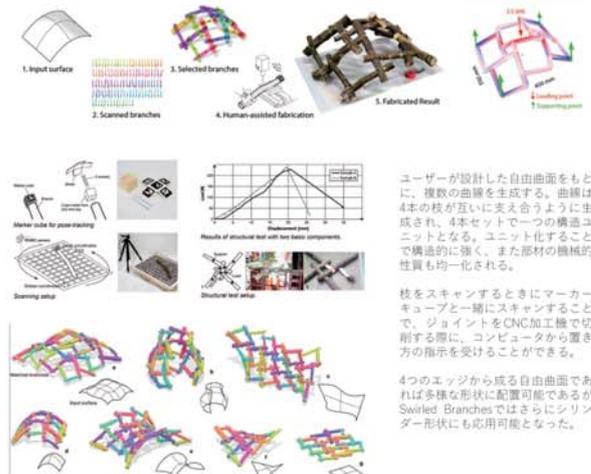
編集中にシステムは加工可能性、組み立て可能性、強度など継手・仕口の性能を自動的に分析することにより、ユーザによる設計支援を実現している。

提案しているシステムには、手動編集モードとギャラリーモードの2つのモードがある。手動編集モードでは、ユーザは接合部を構成するブロックを押し引きしたりして接合部の形状を直接操作する。ブロックが追加されると、相手の木材の対応するブロックが自動的に差し引かれ、重複したブロックや空のブロックがないことが保証される。

さらに、モデリング中に接合部の性能に関するリアルタイムのフィードバックを提供する。手動編集モードは、多くの解があるような接合部や、指数関数的に多数の可能性があるために組み合わせ検査が実行できない高解像度の接合部の設計に適しています。ギャラリーモードでは、システムが自動的に有効な接合部の形状を判断してユーザに提示します。このモードは、可能な解の数が少ない難しい接合部や、操作に慣れないユーザに適している。



建築スケールで多様な部材を用いたデザインを実現するワークフロー



ユーザーが設計した自由曲面をもとに、複数の曲線を生成する。曲線は4本の枝が互いに交差合うように生成され、4本セットで一つの構造ユニットとなる。ユニット化することで構造的に強く、また部材の機械的性質も均一化される。

枝をスキャンするときマーカーキューブと一緒にスキャンすることで、ジョイントをCNC加工機で切削する際に、コンピュータから書き方の指示を受けることができる。

4つのエッジから成る自由曲面であれば多様な形状に配置可能であるが、Swirled Branchesではさらにシンダー形状にも応用可能となった。

超高速なビッグデータ解析法

Data Skewnessを捉えた超高速・省メモリな大規模データ処理

塩川浩昭 (筑波大学 計算科学研究センター・准教授)

✉ shiokawa@cs.tsukuba.ac.jp



筑波大学
University of Tsukuba

研究概要

● 解決したい課題

限られた計算資源の中でいかにして大規模データを高速に計算するか？

【現在の大規模データ処理の課題】

- ・大規模データ処理に必要な計算コストと普及した計算機の性能にはギャップがある

【本研究の目的】

- ・高速・省メモリなデータ処理アルゴリズムの開発により、ギャップの解消を目指す

● 成果概要 (ACT-I & ACT-I加速フェーズ)

数億件のデータを約数千倍高速に計算可能

【グラフデータ処理】

- ・Modularityクラスタリングの高速化 【IJCAI'19】
- ・構造的クラスタリングの高速化 【DEXA'18 & '20】
- ・不確実グラフの信頼性検索高速化 【DEXA'20】

【多次元データ処理, データベース処理】

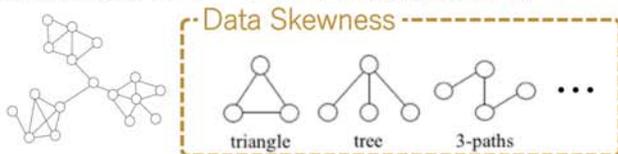
- ・クラスタリングの高速化 【AAAI'21】
- ・グラフデータベースの高速化 【DEXA'20, WISE'20】
- ・知識データベース類似度検索の高速化 (投稿中)

研究成果の詳細

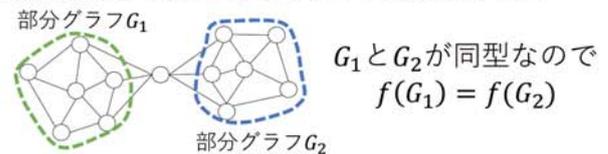
● 基本的なアプローチ: Data Skewnessを捉えた計算コスト削減

- ・Data Skewness = 「実データのみが持つ頻出する(特徴的な)部分構造」に着眼
- ・Data Skewnessを捉えることで、冗長な計算を大幅に削減する

【着眼点①】 実データ偏った局所構造を持つ

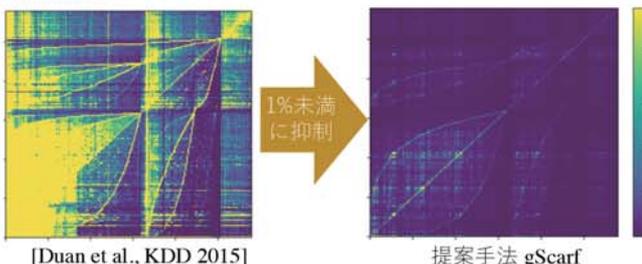
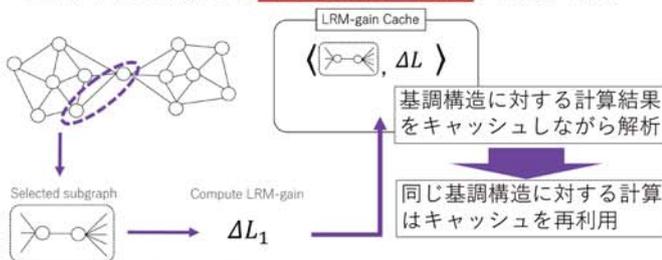


【着眼点②】 局所構造に対して決定性がある



● 研究成果①: gScarf法

- ・Modularityクラスタリングに対する高速化手法
- ・正確な処理結果を1,000倍以上高速に計算可能



[Duan et al., KDD 2015]

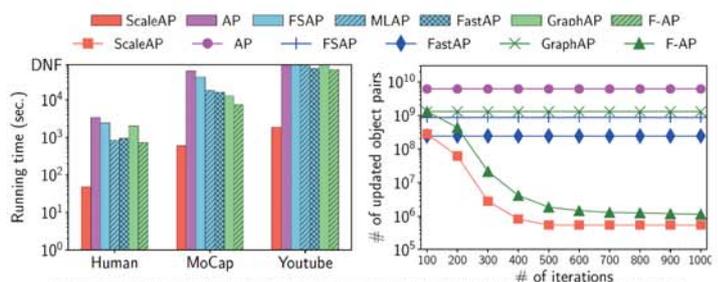
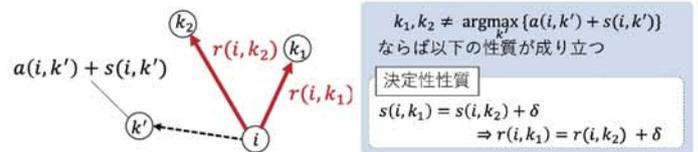
提案手法 gScarf

H. Shiokawa, T. Amagasa, H. Kitagawa, "Scaling Fine-grained Modularity Clustering for Massive Graphs," In Proc. IJCAI 2019.

● 研究成果②: ScaleAP法

- ・Affinity Propagation (AP)に対する高速化手法
- ・APと同じ結果を1,000倍程度高速に計算可能

AP内部で生じるメッセージ更新を決定性性質を利用することでN分の1にまで抑制する



H. Shiokawa, "Scalable Affinity Propagation for Massive Datasets," In Proc. AAAI 2021.

研究課題：多様なデータへのキャプションを自動で生成する技術の創出

OMRON SINIC X 牛久祥孝

あなたの見たものを言葉にする技術

未来ビジョン

- 言語をクエリとしたメディアの検索・生成
- 視聴に時間のかかるメディアをキャプション生成して表示



多様なデータへのキャプション生成

個人の属性や傾向への対応

個人へのキャプション生成転移に向けた現実的なドメイン適応

ドメイン適応：教師付きデータ（ソースドメイン）から教師が無い/欠けたデータ（ターゲットドメイン）への転移
ただし通常のドメイン適応はラベルノイズが無く、ソースとターゲットでクラスが一致している
→ラベルノイズがあり、ソースとターゲットで潜在的にクラスが一致していないドメイン適応

2つの識別器による Noisy Universal Domain Adaptation

A) ノイズ除去ステップ:

1. ソースデータでの学習
識別器間の意見の食い違いと推定された確率 + 損失が大きい = ノイズ
上記のようなサンプルを除外した上でモデルの初期値を学習
2. ターゲットデータの学習
2つの識別器の食い違いまたは識別器での確率が一定以下
→ソースにも存在するクラス
一定以上 → ターゲットにしか存在しないクラス

B) クロスエントロピー最大化ステップ:

2つの識別器の食い違いを最大化するように識別器を更新

C) クロスエントロピー最小化ステップ:

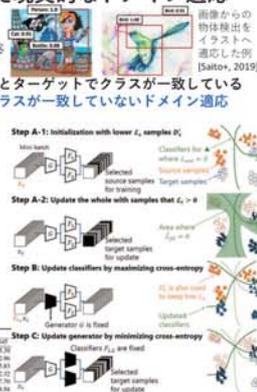
2つの識別器の食い違いを最小化するよう分布（特徴量）を更新

上記Step BとStep Cをミニバッチごとに繰り返す

実験結果

提案手法が最もノイズ(5/Pix)に強いことを複数データで確認

CVPR 2021 投稿中



未来ビジョン達成のために必須 + 未達の4要求機能

(i) 個人の属性や傾向への対応

(ii) 詳細な表現への対応

(iii) 教師キャプションがないデータへの対応

(iv) ストーリーの多様性への対応



詳細な表現への対応

人がすばやく見分けられる差分に注目した記述生成

CGデータセットの収集 + 公開

ランク学習と視覚的顕著性 + アテンションによる生成モデル

提案手法は目立つ物体に言及

ICCV 2019 採録!



行って帰ってくるロスによる詳細表現

単語ごとに注目する情報を可視化

行って帰ってくるロスによる詳細表現

教師キャプションがないデータへの対応

疑似キャプションを用いた教師なしキャプション生成

画像と文がバラバラのデータ → 含まれる物体が同じ画像と文を疑似的にペア化・学習

ゲートの活用

- ✓ 画像を用いた単語推定
- ✓ 生成中の文を用いた単語推定

ゲートの疑似教師

- ✓ ゲートの教師情報は存在しない
- ✓ だが疑似ペアリングの範囲になった物体は画像を用いるべき
- ゲートの疑似教師情報

定量的な実験結果

先行研究[Feng+, 2019][Laina+, 2019]と比較 → 提案手法はよりシンプルかつ高精度

BLEU-x, METEOR, ROUGE-L, CIDEr, SPICE → 文生成の評価尺度 値が高い方が正解文に近い

Method	BLEU-1	BLEU-2	BLEU-3	BLEU-4	METEOR	ROUGE-L	CIDEr	SPICE
Prop. (Ours)	0.10	0.02	0.01	0.01	0.24	0.25	0.26	0.1
Gen.	0.07	0.01	0.01	0.01	0.18	0.19	0.18	0.02

Objects	man, bozeman, uniform
Prop.	portrait of a happy young man in uniform
Ours	young man in a white uniform holds a baseball bat
Ours + Prev.	young man in a white uniform holds a baseball bat

Objects	elephant
Prop.	elephant walking through the river in the sand, in
Ours	an elephant in an elephant
Ours + Prev.	an elephant in an elephant

Objects	dog
Prop.	cute dog lying on the bed in the morning
Ours	a dog with a cat and a bear
Ours + Prev.	a dog is sitting on a bed with a cat

EACL 2021 採録!

まとめ

• 複数の要求機能を満たすキャプション生成技術

- ✓ 行って帰ってくるロスによる詳細表現
- ✓ 疑似教師情報による教師データ不足への対応
- ✓ 材料統合ツリーを用いた作業動画のストーリー理解

• 今後の展望

- ✓ コロナ禍で遅滞した個人の属性や傾向を含む総合データセットの整備 (クックパッド社との共同研究)
- 個人への対応を含めた総合評価
- 画像キャプション生成 = 異なるモダリティ間の変換 → 今後はより多様なモダリティ間のクロスモーダル変換へ

ストーリーの多様性への対応

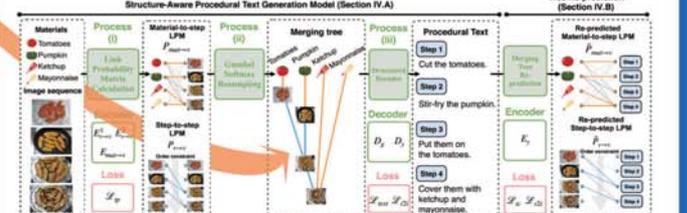
構造に配慮した写真列からの手順書生成

動画 = 主要な静止画の系列とみて材料 + 静止画系列 → レシピ生成

画像列・レシピ、材料リストからなるデータセット vSIMMR の構築・公開

Datasets	Recipes?	Ingredients?	Structure?	Visual data	#Recipes
Breakfast [6]	✓	✓	✓	Video	N/A
EPCIC: Kitchen [7]	✓	✓	✓	Video	N/A
YooCook2 [8]	✓	✓	✓	Video	89
Recipe4JA [9]	✓	✓	✓	Image sequence	19,779
Story Boarding [1]	✓	✓	✓	Image sequence	16,405
Cookpad Image Datasets [10]	✓	✓	✓	Image sequence	1,715,595
Recipe Flow Graph [5]	✓	✓	✓	N/A	266
Action Graph [4]	✓	✓	✓	N/A	133
SIMMR [3]	✓	✓	✓	N/A	260
MMR4S [11]	✓	✓	✓	Image sequence	9,850
vSIMMR (ours)	✓	✓	✓	Image sequence	2,103

材料の統合ツリー (Merging tree) からのレシピ生成 + レシピからのツリー再推定

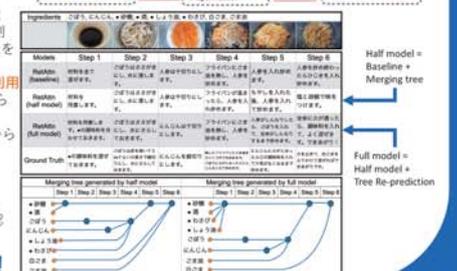


Ingredients	Process (i)	Process (ii)	Process (iii)
Tomatoes	1. Cut the tomatoes.	1. Cut the tomatoes.	1. Cut the tomatoes.
Pumpkin	2. Stir-fry the pumpkin.	2. Stir-fry the pumpkin.	2. Stir-fry the pumpkin.
Ketchup	3. Put them on the tomatoes.	3. Put them on the tomatoes.	3. Put them on the tomatoes.
Mayonnaise	4. Cover them with ketchup and mayonnaise.	4. Cover them with ketchup and mayonnaise.	4. Cover them with ketchup and mayonnaise.

vSIMMRを用いた実験結果

Ablation studyから材料ツリーとレシピの生成結果の正確さを確認

IEEE Access 採録!





国立研究開発法人
科学技術振興機構
Japan Science and Technology Agency