

2023年度共同利用研究報告書

2023年11月22日

所属・職名 京都大学大学院総合生存学館・教授

池田 裕一

		整理番号	2023a010	
1.研究計画題目	暗号資産の取引データおよびTwitterデータのTopological Data Analysis			
2.新規・継続	新規			
3.種別	プロジェクト研究			
4.種目	短期共同研究			
5.開催方法	ハイブリッド開催			
6.研究代表者	氏名	池田 裕一		
	所属 部局名	京都大学大学院総合生存学館	職名	教授
7.研究実施期間	2023年05月25日(木曜日)～2023年05月26日(金曜日)			
	2023年08月09日(水曜日)～2023年08月10日(木曜日)			
8.キーワード	暗号資産, 異常検出, トポロジカルデータ解析, パーシステントホモロジー, マッパー, ネットワーク科学, ネットワーク埋め込み, 機械学習			
9.参加者人数	24人			

10.本研究で得られた成果の概要

暗号資産の取引データおよびTwitterデータのTopological Data Analysisに関して、(1) ラプリアンの固有値の差でネットワークの距離を表し、その距離でクラスター分析をおこなって、グラフを類型化する方法、(2) 取引ネットワークの埋め込みベクトルの相関テンソルの特異値分解から、価格暴騰の予兆を検知する方法、(3) bitcoinUTXOの金額と生成からの経過時間を二部グラフで表現し、bitcoin UTXOネットワークの確率モデルにより、定常分布を推定する方法、(4) エネルギー取引データをTDAで解析して、ホール生成とエントロピーで取引の特徴を抽出する方法、などを新たに検討した。これと並行して、取引所内のオフチェーンの取引データの解析によるAML (アンチマネーロンダリング) への活用について、今後の研究の可能性を検討した。

本共同研究のテーマと成果をもとに、本共同研究のメンバーが中心となって、RIETIプロジェクト「暗号資産や実体経済における価格ダイナミクスとその複雑ネットワーク」のサブテーマ1「暗号資産の取引・SNS価格時系列の解析による、異常な取引を検出する数理理論」を開始した。本プロジェクトにて引き続き、研究を進めていく。

成果報告書「暗号資産の取引データおよび Twitter データの Topological Data Analysis」

1. 九大 IMI 共同研究 研究会 第 1 回目

2023 年 5 月 25 日 (13:00-17:00), 26 日(9:30-12:00)

出席者： 白井 (オンライン), 池田, 日高, 藤原, 池, 中山, アビジット, 平田 (学生)

5 月 25 日 (13:00-17:00)

(1) 九大 IMI 共同研究について, 自己紹介

(2) 白井, 平田の報告

bitcoin UTXO ネットワークの確率モデルにより, 定常分布を推定する。

(3) 藤原の報告

暗号資産の匿名化技術, 資金洗浄の方法に興味をもっている。ダークウェブ上のサービス Dark Web Monitor をつかって, コインミキシングの資金移動の実験を行った。

(4) 日高の報告

ラプラシアン固有値の差でネットワークの距離を表し, その距離でクラスター分析を行った。バブルクラッシュ前後で, クラスターのグループが変化することが分かった。

(5) 池田の報告

これまでの研究 (相関テンソル解析, モチーフ解析, ホッジ分解, エネルギー取引システムなど) を説明した。今後, 国際送金ネットワークのホッジ分解の循環成分のノードを調べる。

5 月 26 日(9:30-12:00)

(6) 池の報告

数理科学 6 月号「トポロジカルデータ解析の拡がり」の紹介の後, 研究説明: ①階層的クラスタリング, ②TDA のパーシステントホモロジー, ③半径 r を変化させたときに長く保たれる穴が重要, ④バーコード, ⑤パーシステント図 (発生した r を横軸, 消滅した r を縦軸でプロット, 塊: 0 次, 穴: 1 次) があった。頂点に値を与えて, その値になったら点と辺が現れるようなグラフのフィルトレーションを検討する。グラフの分類に応用したい。

(7) Abhijit の報告

XRP の相関テンソル解析を説明した。第 2 のバブルについても, 解析を進めている。

(8) 中山の報告

オフチェーンの取引所内の取引データを解析した。「疑わしい取引」は当局に届け出る。取引所ごとに AML (アンチマネーロンダリング) ポリシーを公開している。

(9) 今後のすすめかた

・8 月 9 日, 10 日の研究会は, ひろくアナウンスする。共同研究+各自の発表を行う。

・主担当を決めるが, 全員で研究を進める共同研究テーマも設定したい。①ネットワークのクラスタリングと TDA (主: 日高, 池), ②循環成分 (コインミキシング, XRP セトルメ

ント) (主: 藤原, 池田), ③確率モデル (確率分布をしらべる) (主: 白井), ④データをドロップボックスに置く。ビットコイン・XRP・ETH (池田), SBI データ (中山)

2. 九大 IMI 共同研究 研究会 第2回目

2023年8月9日(13:00-17:00), 10日(9:30-12:00)

出席者: 白井, 池田, 日高, 平田(学生), 中山(オンライン), アビジット(オンライン, 9日のみ), 藤原 (YouTube ビデオ, 欠席), 池 (COVID のため欠席)

8月9日(水) (13:15-16:45)

(1) 公開講演1 (13:15-13:30)

講演者: 池田 裕一 (京都大学)

講演タイトル: 暗号資産取引の異常検出研究 ~これまでの成果と今後の計画~

(2) 公開講演2 (13:30-14:30)

講演者: Chakraborty, Abhijit (Kyoto University)

講演タイトル: The Correlation Tensor Analysis of Crypto-Asset Transactions

(3) 全体討論 (14:30-14:45)

質問: 特異値の計算方法 (二回特異値分解) と既存の方法との関係は? ⇒ 回答: 類似の方法として, テンソル分解がある。詳細比較は未実施である。

以下, 非公開の研究会 (15:00-16:45)

(4) 池田の報告

EDSION のエネルギーデータの TDA を説明した。

⇒ ・3成分の TDA だとマッパーが使える (ホムクラウド)。⇒ 3成分の選択を試行錯誤する。・エントロピーの解析解から, 参加者数で決まる。

(5) 白井, 平田の報告

UTXO の金額と生成からの経過時間を記録, 二部グラフで表現した。コインベースの発生と, 送金の発生を確率的に調べた。時間発展を計算して, べき分布の指数を議論した。

8月10日(水) (9:30-11:45)

(6) 藤原の報告 (YouTube ビデオ)

コメント: 教師データの収集送金業者のアドレスからたどってデータを集める。実際には, 通常のユーザがノイズとなる。過去の事件をおこした業者のアドレスからたどってみる。

(7) 日高の報告

ビットコインの取引データで, (対称正規化した) グラフラプリアンの固有値をつかって, グラフ間の距離を求めた。クラスター解析 (ウワード法など) から, グラフを分類した。

⇒ ・コーフェン相関係数でクラスターリングの良さを判定する。・等スペクトル問題 iso-

spectrum problem のように、逆問題として設定する。⇒固有値が同じときには、グラフのどのような性質が同じなのか？ ループ数などか？

(8) 中山の報告

・オープンデータソースの活用を検討してはどうか。paxful では、取引所のオフチェーンデータが公開されている。

・海外送金のデータ解析をおこなった論文: Clemens Graf von Luckner et al, Decrypting new age international capital flows, Journal of Monetary Economics, 138, 2023, pp 104-122, <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2023.05.015>.

3. 国際ワークショップ Blockchain Kaigi 2023 の開催 (九大 IMI は共催)

(1) 日時: 2023 年 10 月 28 日 (土) ~29 日 (日)

(2) 場所: 理化学研究所 神戸キャンパス 融合連携イノベーション推進棟 (IIB)

(3) 目的とスコープ: Blockchain Kaigi 2023 は、ブロックチェーンとその応用で活躍する研究者や様々な分野の実務家が一堂に会して知識を集積することを目的とする。スコープは、ブロックチェーン技術、暗号の技術と数理、中央銀行デジタル通貨 CBDC, スマートコントラクト, エネルギー・環境問題・金融包摂・送金・デジタル ID への応用などである。

(4) 基調講演者は Wakefield Scott Stornetta (Creative Destruction Lab), Aanchal Malhotra (Ripple Lab Inc.) の 2 名, 招待講演者は, 笠原正治 (奈良先端科学技術大学院大学), Victor Fang (Anchain.AI), 巳波弘佳 (関西学院大学), 井手剛 (IBM), Wang Qin (CSIRO Data61), 藤本真吾 (富士通), 山本周雅 (ガイアックス), 横山真由 (日本郵船) の 8 名, このほか, 一般講演者は 12 名であった。

(5) その他

・ <https://blockchain.innovationkyoto.org/bck2023/>

・参加者 (講演者含む) の総数は 66 名で, 内訳は, 国内大学: 30 名, 海外大学: 3 名, 国内企業: 26 名, 海外企業: 7 名であった。

・日本物理学会が刊行する JPS proceedings の出版が, 11 月 22 日に承認された。すべての講演者へ論文投稿を依頼するメールを送る。

・2024 年の Blockchain Kaigi 2024 (BCK24) は, チューリッヒ大学にて開催する。

4. 経済産業研究所 (RIETI) プロジェクト

本共同研究のテーマと成果をもとに, 本共同研究のメンバーが中心となって, RIETI プロジェクト「暗号資産や実体経済における価格ダイナミクスとその複雑ネットワーク」のサブテーマ 1 「暗号資産の取引・SNS 価格時系列の解析による, 異常な取引を検出する数理理論」を開始した。本プロジェクトにて引き続き, 研究を進めていく。

以上

開催日：2023/08/09～2023/08/09

暗号資産の取引データおよびTwitterデータのTopological Data Analysis | 共2023a010

カテゴリ：イベント タグ：プロジェクト研究 短期共同研究

開催概要

- 開催方法：九州大学 伊都キャンパスとZoomミーティングによるハイブリッド開催
- 開催場所：九州大学 伊都キャンパス ウエスト1号館 C棟 5階 中講義室 (W1-C-512)
- 主要言語：日本語
- 共催：京都大学ソーシャルイノベーションセンター, 理化学研究所iTHEMS, 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所, SBIホールディングス株式会社
- 種別・種目：プロジェクト研究-短期共同研究
- 研究計画題目：暗号資産の取引データおよびTwitterデータのTopological Data Analysis
- 研究代表者：池田 裕一 (京都大学大学院総合生存学館・教授)
- 研究実施期間：[非公開]2023年5月25日 (木)～2023年5月26日 (金), 2023年8月10日 (木) [公開]2023年8月9日 (水)
- 公開期間：2023年8月9日 (水)
- 研究計画詳細：https://joint1.imi.kyushu-u.ac.jp/research_chooses/view/2023a010

プログラム

5月25日 (木) 13:15-17:00 非公開 対面のみ

5月26日 (金) 9:30-12:00 非公開 対面のみ

8月9日 (水) 公開

13:15-13:30

池田 裕一 (京都大学・大学院総合生存学館) *日本語
暗号資産取引の異常検出研究 ～これまでの成果と今後の計画～

13:30-14:30

Chakraborty, Abhijit (Graduate School of Advanced Integrated Studies in Human Survivability, Kyoto University) *英語
The Correlation Tensor Analysis of Crypto-Asset Transactions

14:30-14:45

全体討論 *日本語

8月9日 (水) 14:45～ 非公開 対面のみ

8月10日 (木) 午前中 非公開 対面のみ