

戦略的創造研究推進事業  
(社会技術研究開発)  
平成30年度研究開発実施報告書

「人と情報のエコシステム」

研究開発領域

「寡則からみる実社会の共進化研究：  
AIは非平衡な複雑系を擬態しうるか」

研究代表者氏名

東京大学 教授 田中（石井）久美子

## 目次

1. 研究開発プロジェクト名 .....	2
2. 研究開発実施の具体的内容 .....	2
2-1. 研究開発目標 .....	2
2-2. 実施内容・結果 .....	3
2-3. 会議等の活動 .....	9
3. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況 .....	10
4. 研究開発実施体制 .....	10
5. 研究開発実施者 .....	10
6. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など .....	12
6-1. シンポジウム等 .....	12
6-2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など .....	13
6-3. 論文発表 .....	13
6-4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表） .....	14
6-5. 新聞／TV報道・投稿、受賞等 .....	15
6-6. 知財出願 .....	15

## 1. 研究開発プロジェクト名

「寡則からみる実社会の共進化研究： AIは非平衡な複雑系を擬態しうるか」

## 2. 研究開発実施の具体的内容

### 2-1. 研究開発目標

大域的な寡則は、非平衡環境下にあるステークホルダーが、次々と意思決定を行った帰結として、複雑系として成立する。昨今のAIが逐次に生成する系でも寡則は成立するかどうかは問われ、その有効性の一つのカギとなっている。それでは、AIが生成する擬複雑系と実際の複雑系では何が異なるのか。複雑系が非平衡環境を前提とすることを手がかりとして、両者の乖離を見極める。AIの限界を明らかにし、AIを利用する大規模システムを持続可能とするために必要となる概念を、技術の観点から提案する。本プロジェクトは以上を基礎的に研究するテーマ1と、その社会実装を行うテーマ2があり、両者は共進化の関係にある。

テーマ1では、AIが生成する擬似時系列と実データとの乖離を、寡則を指針として解明する。経済データ、言語データを例とし、以下の三つの事柄を定性的に探求する。

1. 複数知られる寡則の中でどれが成り立つのか。
2. 寡則が成り立っていて、なお差異がある部分はどの部分か。
3. 寡則に基づくAIの評価方法の試案を策定する。

また、可能な範囲で「成り立たない寡則は、AIをどのように改良すれば成り立つのか」も考える。

テーマ2ではテーマ1の社会実装を行い、特に日本における投資活動を事例とする。現在、投資界ではITによる意思決定支援が当然視されており、市場に期待される本来的機能を安定的に維持するための方策が模索されている。本プロジェクトでは、

1. アルゴリズム取引に関する調査・議論を深化させる。
2. シナリオ分析：国際的に知られるシナリオ分析を日本に適応し、具体化する。
3. 2をふまえて金融商品取引法を再検討する。本年5月の改正は、事後的ログの解析による規制が主であるが、取引に関わるAIを事前、事中で評価する可能性を探る。

全体計画書からの変更はない。

## 2-2. 実施内容・結果

### (1) スケジュール

実施項目	平成29年度 (H29. 10～ H30. 3)	平成30年 度 (H30. 4～ H31. 3)	令和1年度 (H31. 4～ R2. 3)	令和2年度 (R2. 4～ R2. 10)
テーマ1-1 : データ準備	←→			
テーマ1-2 : 数理モデルが生成する系がどの寡則を満たすかの調査		←→		
テーマ1-3 : 数理モデルが生成する系と自然発生的な系の差		←→		
テーマ1-4 : AIの限界の提言				←→
テーマ2-1 : 体制構築, サーベイ	←→			
テーマ2-2 : アルゴリズム取引の調査		←→		
テーマ2-3 : フォアサイト、政策試案		←→		
テーマ2-4 : 政策提言・コミュニティ結成など社会実装				←→

### (2) 各実施内容

2018年度の実施内容：テーマ1

初年度に、人的体制を整えた。具体的には研究員を雇用し、テーマ2との連携体制を整えた。また、追加予算の配分をいただき、機器類の体制、特に、データを格納するためのストレージを整備することができた。これを受けて、二種類の株式データ(NYSE, ロイターデータ)の整備を開始した。さらに、擬似データを複数、大規模に整備途中にあった。2018年は、以上の整備を完了し、数理モデル、実データが生成する系がどのように寡則を満たすのかを探求した。

#### ○実施項目1-2: 数理モデルが生成する系がどの寡則を満たすかの調査

実データ、擬似データなど諸データで、寡則が成立しているかどうかを確認した。

#### ● 自然言語

5つ程度の寡則が成立することが知られているが、そのうちのいくつかについては、未だ成立の是非が疑問であるものがある。寡則を実データで精査し、本研究で stylized facts として扱うものを策定した。その上で、数理モデルが生成する擬似時系列が寡則を満たすかどうかを吟味した。まず、初年度に行った擬似データの生成を完了し、その上で、それらがさまざまな寡則を満たすかどうかを調査した。

- 株式データ

株式データについては、2017年度に高頻度データの整備を開始した。高頻度データはデータ量が多だけでなく、ノイズが多く含まれ、扱いが難しい。高頻度を処理するためのデータベースを整えた。それを利用し、どのような幕則が成立するか既存研究を参考に探求した。2019年に向けて、株式データを学習した数理モデルが、さまざまな幕則を満たすかどうかを調査した。特にGAN (Generative Adversarial Network) が、幕則を満たす時系列を生成しうるかどうかを調査した。

- 実施項目1-3: 数理モデルが生成する系と自然発生的な系の差

2018年度後半に、1-2をふまえ、実データを学習して得られた数理モデルが、実データと何が異なるのかを、時系列モデル、エージェントモデルの二つの観点から探求した。

- 時系列のモデルについて、幕則を満たす数理モデルとそうでないものをふまえ、実データと数理モデルの差異を定性的に明確にした。数理モデルを組み合わせるなどすることで、実データをよく模す数理モデルを考えた。

- エージェントモデルを用いて、以下の二つの研究に取り組んだ。

第一に、Speculation Gameを用いた研究を行った。AIエージェントのモデル化を行い、金融市場の現実により近いSpeculation Gameに新たにAIエージェントを導入した。高次のStylized Factsを含めてより広範囲でAIエージェントにもたらされる影響を調べた。また、AI取引規制の有効性についてもマルチエージェントシミュレーションで検討した。

第二に、別の観点から、エージェントモデルを用い、Grand Canonical Minority Gameモデルを用いた研究を行った。Deep Learningのエージェントを、金融市場の抽象化モデルであるGCMGに導入した。DLエージェントの人数、機能の変化により、価格リターンにおける基本的なStylized Factsの変化を観測し、異なる種類のエージェント間の競争や、協力によってこれらの変化の仕組みを解明した。

## 2018年度の到達点：テーマ2

- 実施項目2-2: アルゴリズム取引の調査

2017年度に構築した関連諸機関と連携をしながら、アルゴリズム取引の現状について把握した。本項目では、主要な事業者や研究者に対してインタビューを試み、アルゴリズム取引市場の状況、そこで活用されている科学技術、将来の展望について把握した。

- 実施項目2-3: フォーサイトの実施と政策オプションの形成

テーマ1から得られた情報を活用し、アルゴリズム取引が社会に対して与える影響の評価(フォーサイト)を実施した。フォーサイトを行うにあたり、2017年度に実施した国際機関ヒアリングから得られた情報を整理し、既存の関連フォーサイトの結果のメタアナリシスを行うことで、フォーサイトを行う上で踏まえるべき論点の抽出を行った。

研究協力者を中心に、アルゴリズム取引とその社会影響に対して関心がある専門家を募り、フォーサイトワークショップを開催した。フォーサイトの結果は複数のシナリオとして取りまとめ、各々のシナリオがアルゴリズム取引にかかわるステークホルダーに対して与える影響と、その際に求められる施策について分析を行い、政策オプションの形式でまとめた。

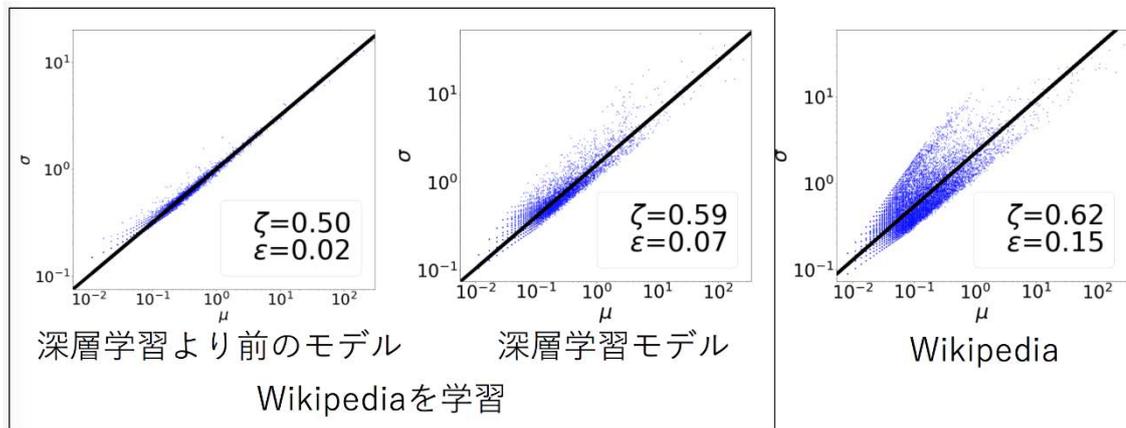
### (3) 成果

2018度の成果：テーマ1

○実施項目1-2: 数理モデルが生成する系がどの幕則を満たすかの調査

- 自然言語

過去に提案されてきた代表的な数理モデルの中で代表的なものを全て列挙した。マルコフモデル、文法的モデル、Simonモデル、深層学習モデルを含む。特に、深層学習については、当初のシンプルなもの、GRU、LSTM、GAN、研究の最前線にある(記憶を強化した)LSTMモデルを含む。それぞれについて、5つの幕則(Zipf則、Heaps則、長相関、ゆらぎの幕則(Taylor則、Ebelingの手法による幕則))が成立するかを吟味した。Zipf則、Heaps則はどれも満たしたが、ゆらぎや長相関については最先端の深層学習モデルだけが満たすことがわかった。たとえばTaylor則については、以下のようになる。



この三図は、いずれもwikipediaを元にしており、左二つが深層学習、最右が自然言語のデータに対して得ている。Taylor則はランダムな時系列に対しては指数が0.50となることがわかっている。上の図は、深層学習より前のモデルに対してはランダムと同じ結果であることを示している。一方、深層学習モデルは、最新のモデルであれば、自然言語と同様のゆらぎを生成できることを示している。

以上の結果は、AIがなぜ有効かに対する社会的な意味付けを与える。つまり、計算機上の数理モデルは、深層学習においてはじめて、言語に知られる諸幕則をすべて満たし始め、それが故に性能が高い、と結論することができる。一方で、上の図は未だ深層学習にある限界を示しているといえる。中央の図は、右図に比べ、点群の並びが未だやせており、また傾きも十分ではない。この限界の内実については、今後吟味することが必要となる。

- 株式データ

株式データについて、同様に既存の株式上の数理モデルを列挙した。これには、GARCHモデルに加え、昨今の深層学習モデル、GANが含まれる。株価データに対してもfat tailと、ゆらぎに関わる一連の幕則が知られる。幕則が成り立つかどうか調査したところ、言語同様の結果、ゆらぎが実現されないことがわかった。特に、株価モデルは、教師有学習のどれに対しても、ゆらぎは実現されない。一方で、GANを用いる

と、工夫をすると幕則が全て実現されることが明らかとなったが、GANは、通常の意味で予測モデルを構成しない。このことから、株価の数理モデルは、言語モデルよりも対象のモデル化ができておらず、大きな課題が残されていることがわかった。

#### ○実施項目1-3: 数理モデルが生成する系と自然発生的な系の差

##### ● 時系列のモデルについて

総じて、言語でも、株価でも、深層学習モデル(AI)ならば、ゆらぎを満たし始めていることが明らかとなった。一方で、どの結果からも、その満たし方は限界があることも示されている。幕則は、rare eventsの系の中の態様を示すが、深層学習においては、rare eventsの扱いに限界があることがわかる。とはいえ、このrare eventsの処理方法については、少なくとも言語処理の分野においてはさまざまな改善策が提案されてきており、今後、解決されていくであろうことが予測される。一方、株価については、幕則を満たす数理モデルを今後考えなおす必要が生じる。その解決のヒントは、言語モデルにあると考えられる。

##### ● エージェントモデル

本年度では、以下の研究内容を実施し、成果が得られた。

第一、これまで提案した金融市場のエージェントベースモデルの Speculation Game モデルの確立である。金融市場の揺らぎにおける 11 個統計性質うち、10 個の性質を再現することに成功した。この成果は同分野でのトップレベルの水準に達している。また、本プロジェクトの関心である金融市場の幕則の創発機構について、Speculation Game モデル解析からトレーダー間の資産分布の不均一性によるものと新たに提案し、実験結果から実証した。当初計画した AI エージェントの導入に至らなかったが、AI 技術導入後のインパクトの解析についてロバストなフレームワークを構築できたと言える。

第二に、金融市場の揺らぎにおける幕則のもう一つの創発機構であるトレーダーの集団行動に着目し、AI トレーダー等の高度な情報処理能力を想定したモデルである Spy エージェントを金融市場の抽象化モデルである Grand Canonical Minority Game に導入し、AI トレーダーが市場の幕則に与える影響についてエージェントシミュレーションを用いて調べた。シミュレーションの結果、Spy エージェントの導入により価格のボラティリティの長相関が弱くなることがわかった。これは市場の効率性が向上していることを示唆する。今後この成果をまとめ、学術誌への投稿や関連の国際学会で発表する予定である。

## 2018 年度の成果：テーマ 2

#### ○実施項目2-2: アルゴリズム取引の調査

2017年度に構築した関連諸機関(OECD政府フォーサイト会合、欧州委員会戦略的フォーサイトに関する競争力センター、アジア生産性機構)と連携をしながら、アルゴリズム取引の現状について把握した。文献調査およびヒアリングによって、アルゴリズム取引の広がり、機関投資家による公開市場での利用だけでなく、ダークプールと呼ばれる市場外流動性取引での利用、スマートコントラクトによる非金融商品(エネルギー等)の利用など、近年その適用領域が拡大していることが判明した。その全貌の把握は学術的には行わ

れていないものの、北米を中心として金融専門家向け書籍の出版が増加しており、文献に基づき市場での活用状況の把握が可能となった。

#### ○実施項目2-3：フォーサイトの実施と政策オプションの形成

テーマ1から得られた情報を活用し、アルゴリズム取引が社会に対して与える影響の評価（フォーサイト、未来洞察）を実施した。フォーサイトを行うにあたり、2017年度に実施した国際機関ヒアリングから得られた情報を整理し、既存の関連フォーサイトの結果（世界経済フォーラム、マッキンゼー・グローバル・インスティテュート、ランドコーポレーション、欧州委員会等）のメタアナリシスを行うことで、フォーサイトを行う上で踏まえるべき論点の抽出を行った。抽出した論点はメガトレンドとしてまとめ、カード形式の資料として印刷をし、フォーサイトワークショップで使用できるようにした(Figure 1)。

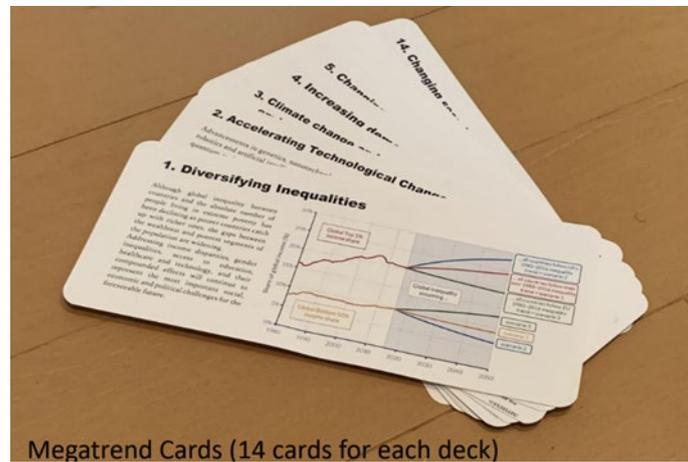


Figure 1 作成したメガトレンドカードの印刷例。フィンテックの将来を考える際に考慮すべき社会の潮流を14のカテゴリにまとめ、ビジュアルとなるデータとともに提示したもの。

#### ○実施項目2-3：フォーサイトの実施と政策オプションの形成

研究協力者を中心に、アルゴリズム取引とその社会影響に対して関心がある専門家を募り、フォーサイトワークショップ(Future Value of Data, APO Foresight Workshop)を開催した(Figure 2)。フォーサイトの結果は複数のシナリオとして取りまとめ、各々のシナリオがアルゴリズム取引にかかわるステークホルダーに対して与える影響と、その際に求められる施策について分析を行い、政策オプションの形式でまとめた(Figure 3)。



Figure 2 ワークショップ開催の様子(Future Value of Data)英国から招聘したスピーカー(Tim Jones 氏)による話題提供を基に、データの価値の近未来での変容に関してフォーサイトを行った。



Figure 3 自動取引が経済社会に与える影響に関するフォーサイトの事例を示したもの。未来社会に最も影響を与える要因(ドライビングフォース)として、「データ・コードの自由度」(≒入手可能性)と「計算資源の独占度」を選び、その各々の進展状況によって4象限に分けてシナリオを作製した。

(4) 当該年度の成果の総括・次年度に向けた課題

本プロジェクトでは、以下の三つの問を立てている。

1. 複数の幕則群の内、AIはどれを満たすか。
2. 幕則を満たしてなお、AIと人は何が異なるか。
3. 以上の理解をAIの評価として如何に社会実装するか。

1と2については、一定の理解に到達しつつある。全幕則を同時に満たすAIを、深層学習に基づいて作ることができ、深層学習以前のモデルではそれはできない。つまり、AIがなぜ影響力を持ったのか、に対して、「幕則を満たし始めた」という社会的な観点から一つの

解釈を与える。

しかし、深層学習の寡則の満たし方には未だ限界がある。端的に言えば、rare events(希少単語)を確率的に生成するのに対し、人はrare eventsを必然的に用いるという点が異なる。数理モデルのrare eventsの態様の精密な分析、ならびに、寡則の観点からの数理モデルの改良そのものについて、残りの計画の期間で、研究を進める必要があるだろう。

3の社会実装については、グループ長同士で、議論を重ねているところである。成果のフィードバックを今後ステークホルダーに行っていく。また、アウトリーチ活動の一貫で1,2の結果を含む成果を書籍の形態として出版する。

また、2018年度は実施項目1との綿密な連携のもとにシナリオ分析を行い、寡と非寡という観点から現実味のあるシナリオ作成を行うことができたが(Figure 3)、2018年度後半において実施項目1で得られた自動取引に関する主要な知見(長期相関の有無)についてはシナリオに反映できていない。2019年度以降において実施項目1の成果を取り入れつつ、シナリオの精密化を行っていく。

また社会実装をする上で、関連官庁や市場運営機関との連携(共同でのフォーサイトの実施など)は重要であり、その実現にむけ、短時間で実施可能なワークショップ手法について開発し、その利用によるシナリオ評価を実践していく。

### 2-3. 会議等の活動

年月日	名称	場所	概要
毎週	研究ミーティング	東京大学駒場キャンパス	グループA内のHITEに関する研究ミーティング
隔週	研究ミーティング	東京大学柏キキャンパス	グループB内のHITEに関する研究ミーティング
2018. 11. 15	グループ長ミーティング	東京大学駒場キャンパス	グループ長3名で今後の方針などを相談した

### 3. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況

### 4. 研究開発実施体制

グループA(テーマ1) グループリーダー 田中久美子

東京大学大学院先端科学技術研究センター 教授

実施項目

2-1に記載したテーマ1の内容の中で、エージェントモデル以外の部分を担当する。

グループB(テーマ1) グループリーダー 陳 昱

東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授

実施項目

2-1に記載したテーマ1の内容の中で、エージェントモデルに関する部分を担当する。擬データの生成、霧則に関する事前研究が含まれる。

グループC (テーマ2) グループリーダー 七丈直弘

東京工科大学 教授

実施項目

2-1に記載したテーマ2の内容を実施する。

### 5. 研究開発実施者

研究グループ名：A

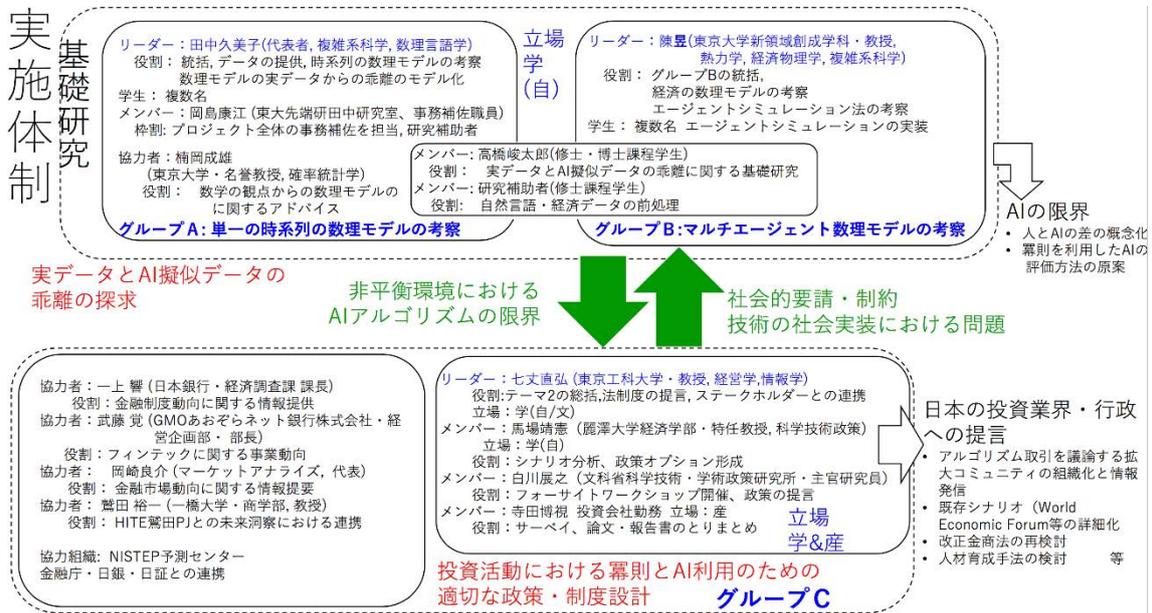
氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
田中 久美子	タナカ クミ コ	東京大学	先端科学技術研究センター	教授
高橋 峻太郎	タカハシ シ ユンタロウ	東京大学	大学院新領域創成科学研究科人間環境学専攻	修士課程 学生
岡島 康恵	オカジマ ヤ スエ	東京大学	先端科学技術研究センター 田中久美子研究室	事務補佐 員

研究グループ名：B

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職(身分)
陳 昱	チン ユ	東京大学	大学院新領域創成科学研究科	教授
片平 啓	カタヒラ ケイ	東京大学	大学院新領域創成科学研究科人間環境学専攻	博士課程学生

研究グループ名：C

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職(身分)
七丈 直弘	シチジョウ ナオヒロ	東京工科大学	コンピュータサイエンス学部	教授
馬場 靖憲	ババ ヤスノリ	麗澤大学	経済学部	特任教授
白川 展之	シラカワ ノブユキ	文部科学省	科学技術・学術政策研究所	主任研究官



## 6. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など

### 6-1. シンポジウム等

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2018. 4. 24	Future Value of Data	文部科学省科学技術・学術政策研究所 会議室	35名	英国を拠点とするシンクタンク「future agenda」と共同で開催したワークショップであり、データの価値が将来どのように変化していくかをテーマにした洞察をワークショップ形式で行った。議論は3時間に及び、前半においてメガトレンド（あらかじめ選択された30個）の優先順位付けが行われ、後半では、優先度が高いと評価されたメガトレンドについてシナリオの作成とそのデータの価値に対する含意について議論された。
2018. 10 . 8-9	OECD Government Foresight Network	OECD本部	30名	OECDでは年に1回、世界各国の政府や国際機関で未来洞察を行う実務家を集めたワークショップを開催している。ワークショップは2日間で構成され、自らが用いている手法の紹介、最近の未来洞察結果の紹介、OECDが行う未来洞察へのコメント、によって構成されている。研究分担者である七丈と白川はHITE田中プロジェクトで実施中の内容（テーマと手法）について紹介した。
2018. 11 . 13-14	Talpiot Program Workshop	文部科学省科学技術・学術政策研究所 会議室、および j-feel会議室	60名	イスラエルにおけるエリートプログラムとして知られるTalpiot（イスラエル防衛軍が運営するエリート養成プログラム）において副指令官として教育プログラムの設計を行

				<p>っていたTomer Shussman氏を招き、同プログラムの紹介、イスラエルのハイテク産業におけるAI等先進技術の展望について話題提供を受けた。また、Shussman氏からの話題提供に対する日本での含意について、グループディスカッションを行った。</p>

## 6-2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など

### (1) 書籍・冊子等出版物、DVD等

- ・Self-Similarity in Language, Kumiko Tanaka-Ishii, Springer International Publishing AG, 2020年出版予定

### (2) ウェブメディアの開設・運営

なし

### (3) 学会(6-4.参照)以外のシンポジウム等への招聘講演実施等

なし

## 6-3. 論文発表

### (1) 査読付き( 10 件)

#### ●国内誌( 1 件)

- ・七丈直弘・白川展之「Society5.0を具現化する上で世界的な課題となるデータとその価値に関するイマージング・イシューの抽出の試み」STI Horizon, Vol.4, No.3, pp.16-21, 2018年9月

#### ●国際誌( 9 件)

- ・Kumiko Tanaka-Ishii and Tatsuru Kobayashi. Taylor' s law for linguistic sequences and random walk models. Journal of Physics Communications, 2(11), November 2018.
- ・Shuntaro Takahashi and Kumiko Tanaka-Ishii. Cross entropy of neural language models at infinity—a new bound of the entropy rate. Entropy, 20(11), November 2018. Online Journal <https://www.mdpi.com/1099-4300/20/11/839/htm>.
- ・Kumiko Tanaka-Ishii. Long-range correlation underlying childhood

language and generative models. *Frontiers Psychology*, September 2018.  
Section Quantitative Psychology and Measurement.

- Daiki Hirano, Kumiko Tanaka-Ishii, and Andrew Finch. Extraction of templates from phrases using sequence binary decision diagrams. *Natural Language Engineering*, 24:1-33, July 2018.
- Naohiro Shichijo, Shin-ichi Akaike, Japan 's Policy Making Process and Science & Technology Foresight, pp.25-28, ITB infoservice13. *Schwerpunktausgabe* 12/18, 2018年12月
- Kei Katahira, Yu Chen, Gaku Hashimoto and Hiroshi Okuda. "Development of an agent-based speculation game for higher reproducibility of financial stylized facts," *Physica A*, 524, pp 503-518, 2019.
- Shuntaro Takahashi, Yu Chen, Kumiko Tanaka-Ishii. "Modeling financial time-series with generative adversarial networks," *Physica A*, 527, 121261, 2019
- Kei Katahira and Yu Chen. "Heterogeneous wealth distribution, round-trip trading and the emergence of volatility clustering in Speculation Game," submitted to PNAS.
- Yushi Yoshimura and Yu Chen. "A mathematical formulation of order cancellation for the agent-based modeling of financial markets," submitted to *Physica A*.

## (2) 査読なし ( 2 件)

- 片平啓、鈔宇通、陳昱 「投機ゲームにおける価格変動パターン」第22回 人工知能学会 金融情報学研究会 (SIG-FIN) 予稿集 2019.
- 吉村勇志、陳昱 「遺伝的プログラミングによる市場価格変動の時系列モデルの構築」第22回 人工知能学会 金融情報学研究会 (SIG-FIN) 予稿集 2019

## 6-4. 口頭発表 (国際学会発表及び主要な国内学会発表)

### (1) 招待講演 (国内会議 4 件、国際会議 4 件)

- 田中久美子(東京大学). "Towards a Philosophical grounding of Universal Statistical Properties Underlying Human Language: Mirroring Nature and Rule-Following". 科学基礎論学会講演. 千葉. 2018/6/17
- 田中久美子(東京大学). 「言語に内在する Taylor 則」. 最先端自然言語処勉強会. 東京. 2018/8/3
- 田中久美子(東京大学). 「Mathematical Properties of Language」. ミュンヘン大学 東京大学訪問先端研講義. 東京. 2018/9/10
- 田中久美子(東京大学). 「言語に内在する数理的普遍: 複雑系科学の観点から」. 東京大学メディアコンテンツ特別講義 II. 東京. 2018/12/20
- Naohiro Shichijo, "Shaping S&T Policy in Turbulent Environment", The 4<sup>th</sup> Asian Innovation Forum, Korea Institute of S&T Evaluation and Planning (KISTEP), The Grand Hotel, Taipei, Taiwan, 2018/7/10.
- Shin-ichi Akaike, and Naohiro Shichijo, "Foresight for Visioning Science, Technology and Innovation Policy", Merck Curious 2018, Darmstadt, Germany, 2018/7/16.

- Naohiro Shichijo, “What is Disruptive Technology? Possible Consequences of Automation and Machine learning. An Overview”, Forum on Disruptive Technologies and Technology-driven Productivity, Asian Productivity Organization (APO), Gran Melia Jakarta, Jakarta, Indonesia, 2019/3/26.
- Naohiro Shichijo, “Society 5.0: Human-centered Cyber-physical Society”, The 1st Baodi Forum Medical Innovations in Health and Disease, China Overseas-Educated Scholars Development Foundation (COSOF), Jingjin New City Hyatt Regency, Baodi, Tianjing, China 2018/10/26

(2) 口頭発表 (国内会議  0  件、国際会議  0  件)

- Tatsuru Kobayashi and Kumiko Tanaka-Ishii. Taylor’ s law of human linguistic sequences. Annual Conference of Association for Computational Linguistics, pages 1138-1148, 2018.

(3) ポスター発表 (国内会議  0  件、国際会議  0  件)

なし

**6-5. 新聞／TV報道・投稿、受賞等**

(1) 新聞報道・投稿 ( 0  件)

なし

(2) 受賞 ( 1  件)

- 高橋峻太郎が修士研究の成果で東大新領域創成科学研究科人間環境学専攻長賞を受賞 (修士研究は田中との協同研究による対外発表論文発表4編を元に構成されている)

(3) その他 ( 1  件)

- 秋山ゆかり「2030年のデータ価値、美容業界は何を考えるべきか。Future Agendaの問いかけ」 BeautyTech. jp <https://beautytech.jp/n/n5b9bca2d6e59>

**6-6. 知財出願**

(1) 国内出願 ( 0  件)

なし

(2) 海外出願 ( 0  件)

なし