# 重要科学技術領域の検討に向けた 論文情報等の見える化

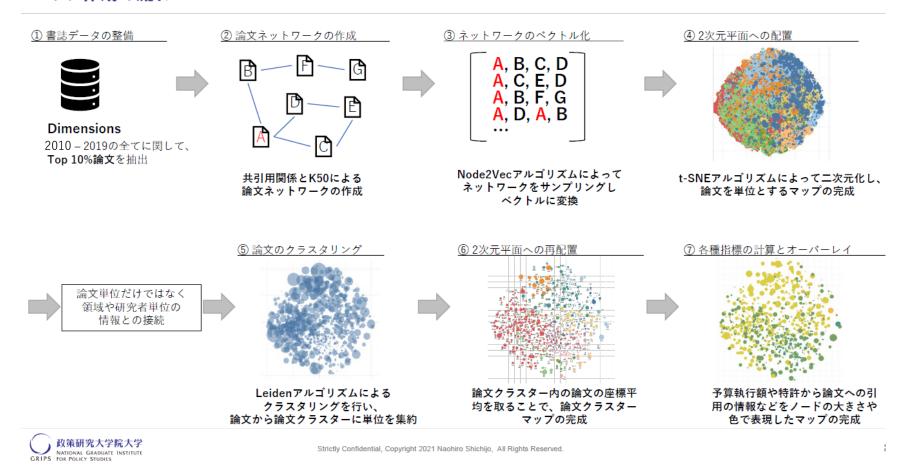
~e-CSTIにおける情報セキュリティ分野を例とした試行的な分析~

2022年9月 内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局 エビデンスG

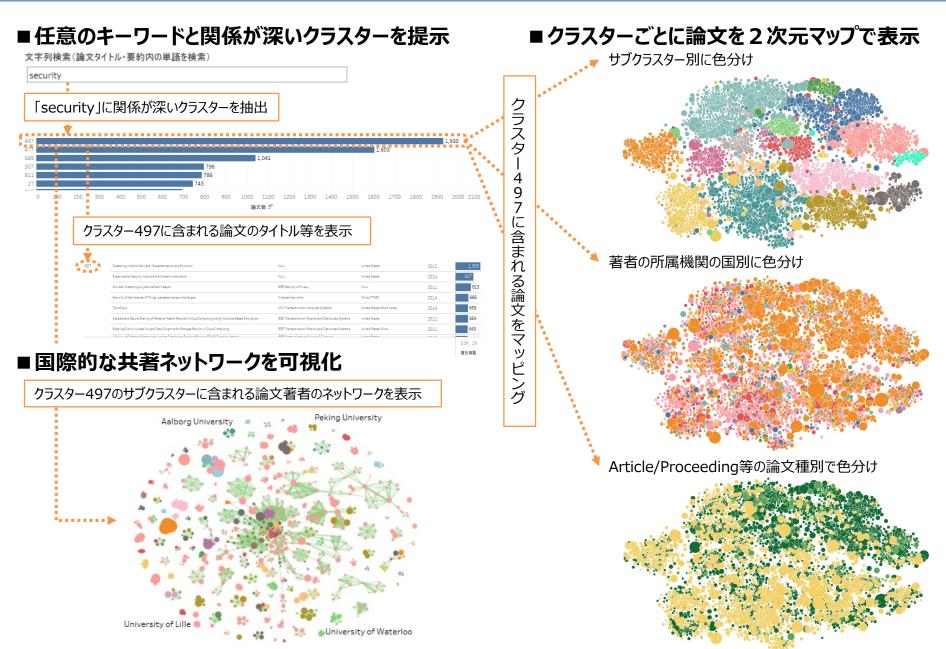
#### 分野全体を俯瞰した研究動向の分析ツール(論文マップ)の開発について

書誌情報データベースにあるTop10%論文(2010~2019年の過去10年間の200万本以上、学会発表等を含む)を、論文同士の共引用関係を元に、1,100程度の論文クラスターに分類。 さらに、各論文クラスターを12,500程度のサブクラスターに分類し、マップ化。注目する技術・論文が含まれるクラスターの特徴を分析することで、注目する技術等の動向や、共著ネットワーク等の分析、強みを有する研究機関の把握等を行う。

#### マップ作成の流れ

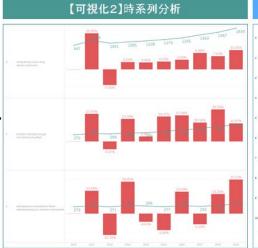


深層学習に基づく自然言語処理を使用することで、任意のキーワードを与えればその内容に関係が深い論文集合を提示する機能を整備。関心を有する技術を含む論文クラスターを特定することが可能。

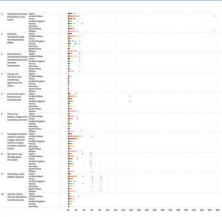


# 分析ツール概要②

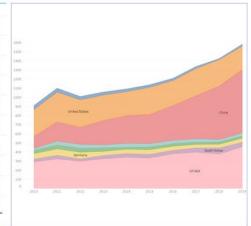
■論文クラスター・サブクラスター ごとに研究動向を可視化



【可視化3】箱ひげ図分析

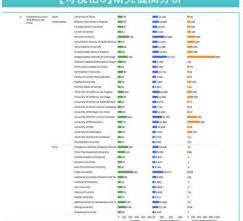


【可視化4】国别時系列分析

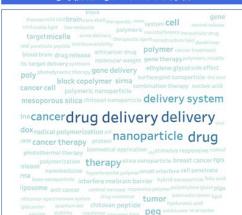


クラスター・サブクラスター毎に<u>論文数、</u> 国際共著論文数等の10年間の推 移を表示 クラスター・サブクラスター毎に<u>国別</u> **の被引用数、分野融合度、分野 波及度、国際性**を表示 クラスター・サブクラスター毎に<u>国別の</u> **論文数、論文シェア等の10年間の 推移**を表示

#### 【可視化5】研究機関分析



【可視化6】ワードクラウド分析



【可視化7】国別ランキング分析



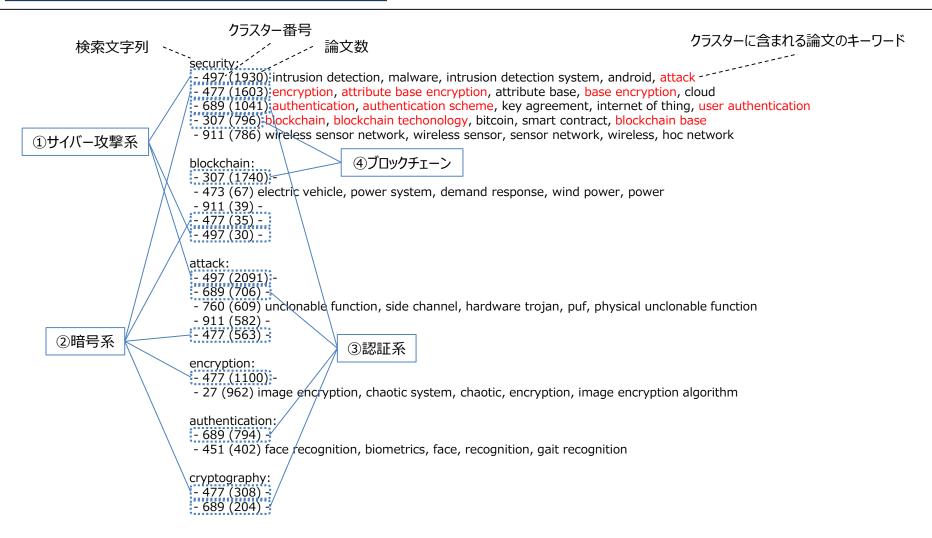
【可視化8】キーワード時系列分析



クラスター・サブクラスター毎に研究機 関別の論文数、論文からの被引用 数、特許からの被引用数を表示 クラスター・サブクラスターに含まれる論 文のタイトル・概要のうち**出現頻度が 高い特徴的なキーワード**を表示 サブクラスター毎に<u>論文数等の国</u> <u>別ランキング</u>(日・米・中・英・ 仏・独・韓・その他各国)を表示 クラスター・サブクラスターに含まれる キーワード別に論文数、平均被引 用数等の10年間の推移を表示

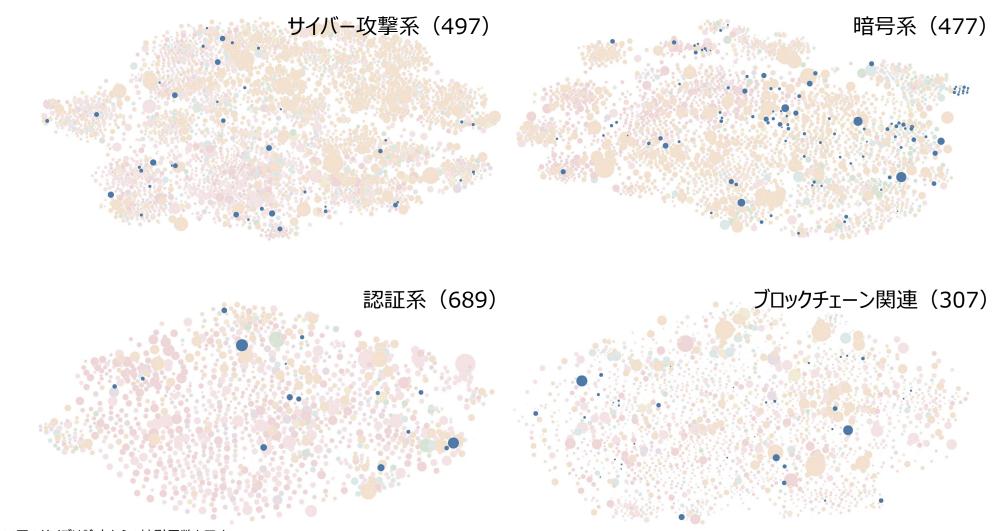
#### 情報セキュリティに関係する論文クラスターの特定

■可視化分析ツール(文字列検索(正規表現)によるクラスター分析)を用いて、情報セキュリティに関係する論文 クラスターを検索したところ、①サイバー攻撃系、②暗号系、③認証系、④ブロックチェーンをキーワードとする4つ のクラスターを特定し、試行的な分析を実施。



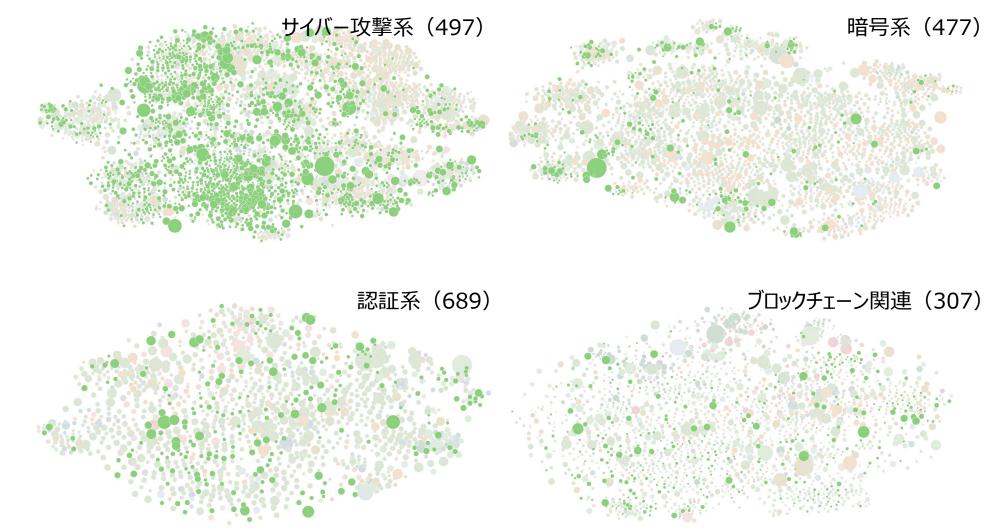
#### 情報セキュリティに関係するクラスターにおける国内研究機関の論文輩出状況

- ■国内の情報セキュリティの研究では、**暗号系の研究が比較的強い**ことが論文数から読み取れる。
- (※) 著者の所属機関の所在地が日本である論文を青色で表示している。



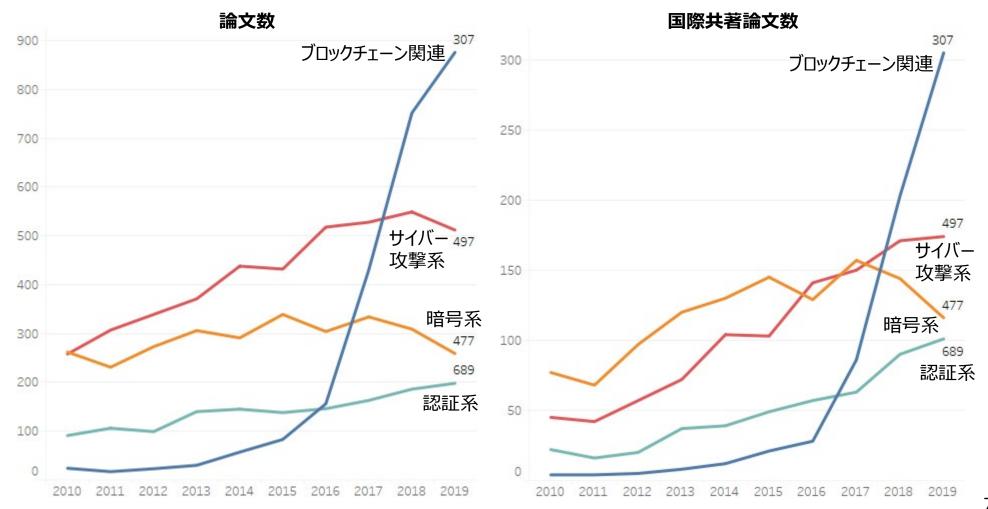
#### 情報セキュリティに関係するクラスターにおけるAI関連の論文輩出状況

- ■いずれのクラスターにおいても、**AIに関連する論文が多数含まれている**ことが読み取れる。サイバー攻撃系の論文クラスターで特に多い。
- (※) 論文分野が「AIと画像処理」である論文を緑色で表示している。



#### 情報セキュリティに関係するクラスターにおける論文数・国際共著論文数の推移(2010~2019)

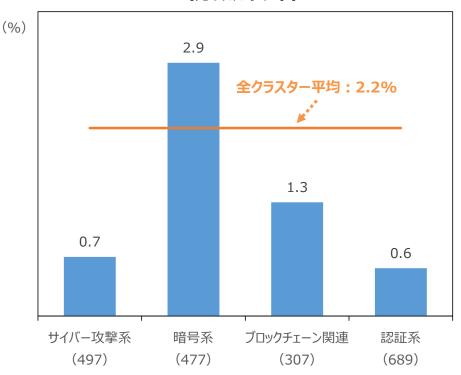
- サイバー攻撃系の研究は近年重要さを増しており、論文数が増加傾向。 国際共著論文も増加。
- ■暗号系(暗号化・プライバシー関連)の研究は、一定の論文数が継続。
- ■認証系の研究も論文数が増加傾向にある。
- ■ブロックチェーンは新しい技術であり、様々な分野への適用の可能性・将来性が指摘される中、論文数が急激に増加している。



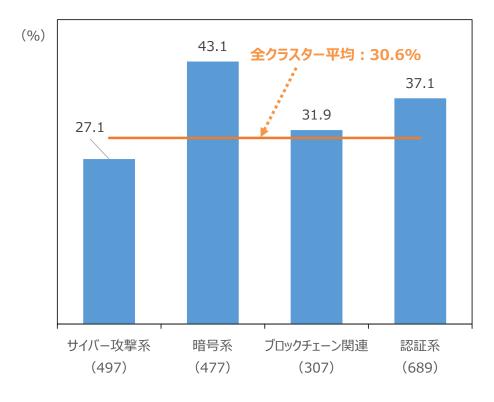
#### 情報セキュリティに関係するクラスターにおける国内研究機関の論文比率・国際共著論文比率

- ■日本の研究機関の論文比率(Top10%論文)は、<u>暗号系は全クラスター平均を上回るが、その他の3つのクラスターでは、全クラスター平均を下回っており、論文から見た日本のプレゼンスは低い。</u>
- ■国際共著論文の比率は暗号系で高く、サイバー攻撃系で低く、研究データの利用可能性が影響している可能性。

# 国内研究機関の論文比率(分数カウント)

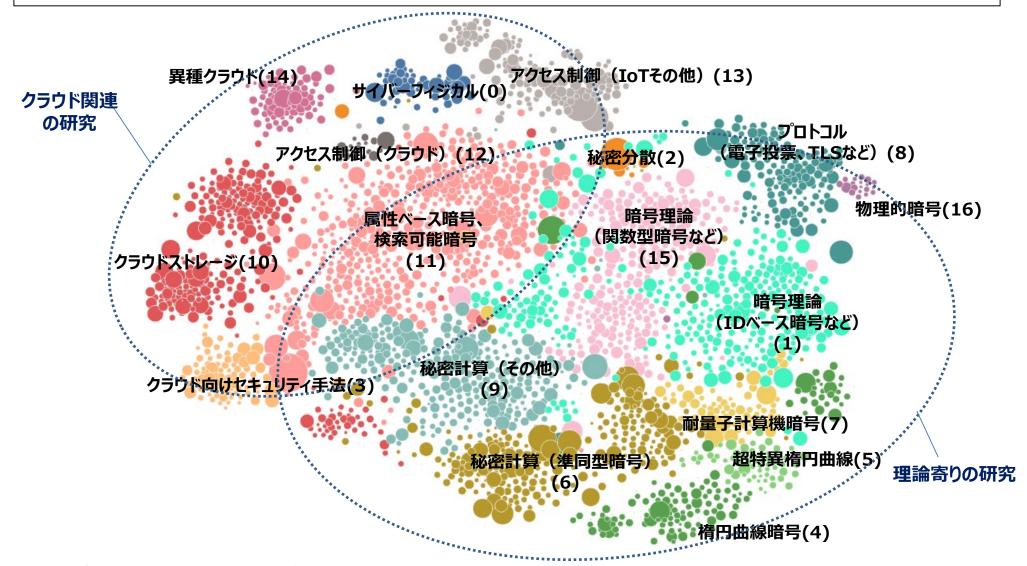


#### 国際共著論文比率



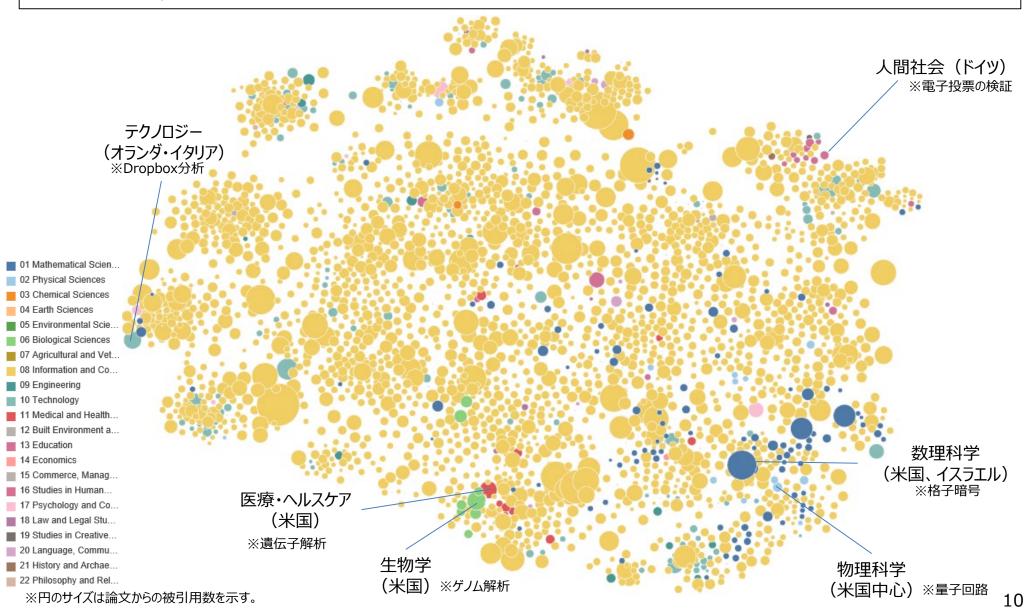
#### クラスター477(暗号系)の論文マップ

■暗号をキーワードとして含む論文クラスターは17のサブクラスターに分類され、それぞれが、手法や対象により、特徴づけられている。クラウドに関連する研究と、理論中心の研究に関する論文集合が重なり合う形で存在している。



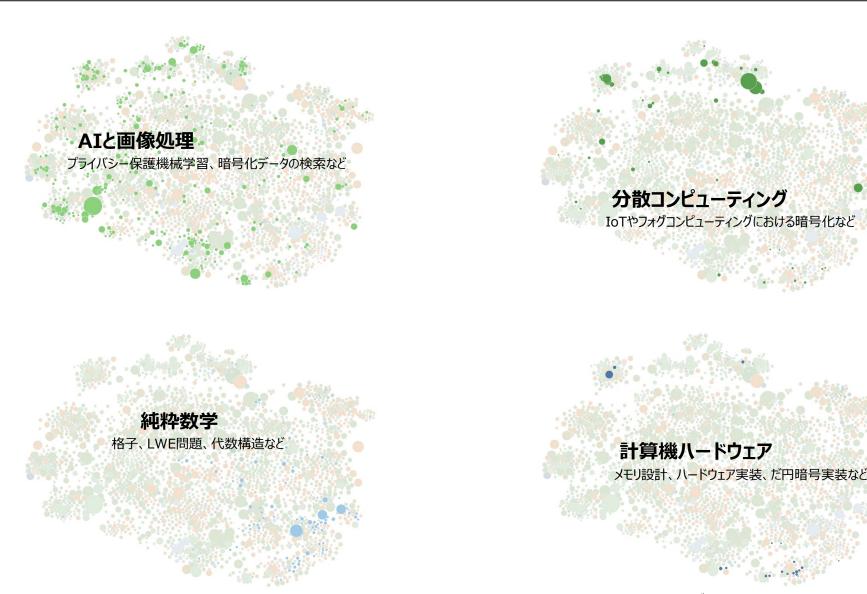
# クラスター477 (暗号系)の論文マップ (論文分野の可視化①)

■大部分は情報。そのほか数理科学や物理科学といった理論が目立ち、いくつかの応用分野が点在している。



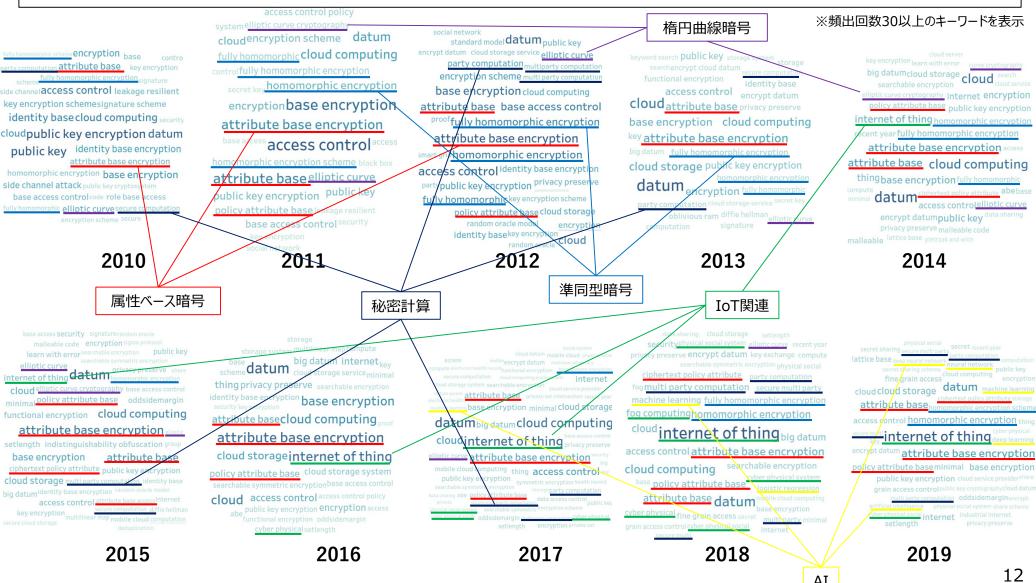
# クラスター477 (暗号系)の論文マップ (論文分野の可視化②)

■純粋数学などの理論から、AI、IoT、ハードウェアなどの応用まで関連分野は多岐にわたる。



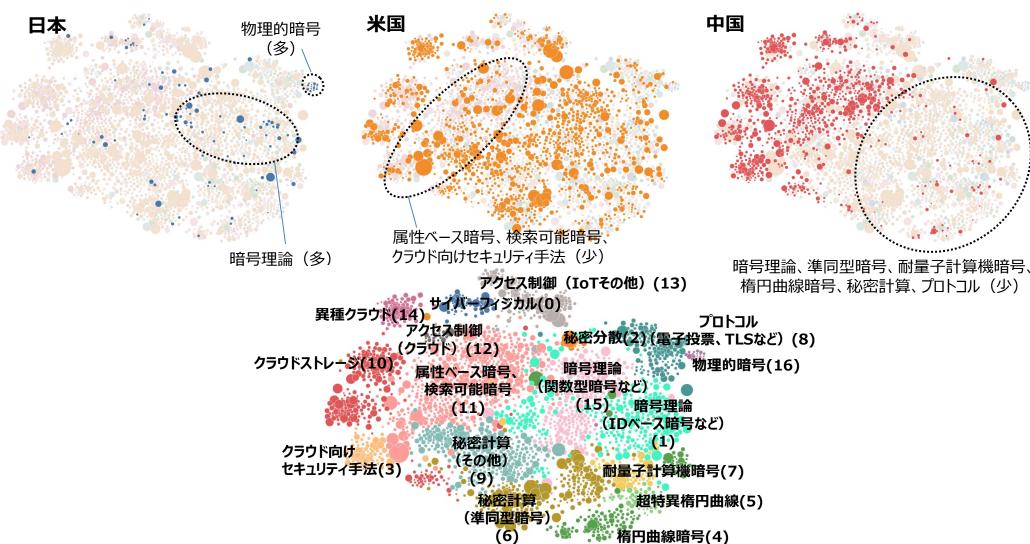
# クラスター477 (暗号系) に含まれるキーワードの変化による研究動向把握

■ 近年は論文のキーワードとしてAIが出てきている他、秘密計算の手法である準同型暗号やマルチパーティ計算、クラウド データに対する効率的なアクセス制御を可能とする属性ベース暗号といったキーワードが継続的にみられている。



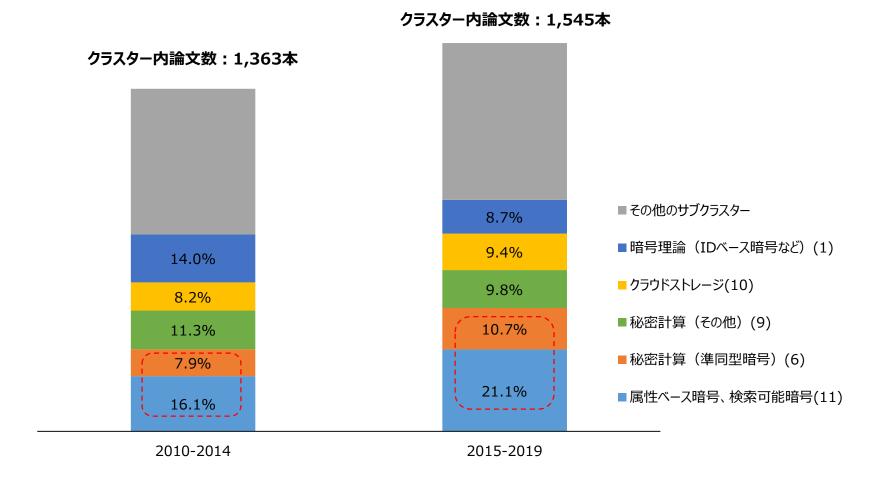
# クラスター477 (暗号系)の論文マップ (国別の論文輩出状況の可視化)

■ <u>米国は全体的に強い</u>。中国は、クラウド関連の論文が多く、理論系が少なく、強みに偏りがある。 <u>日本は全体的に</u> **少ないものの、理論分野の関連で強みが存在**。



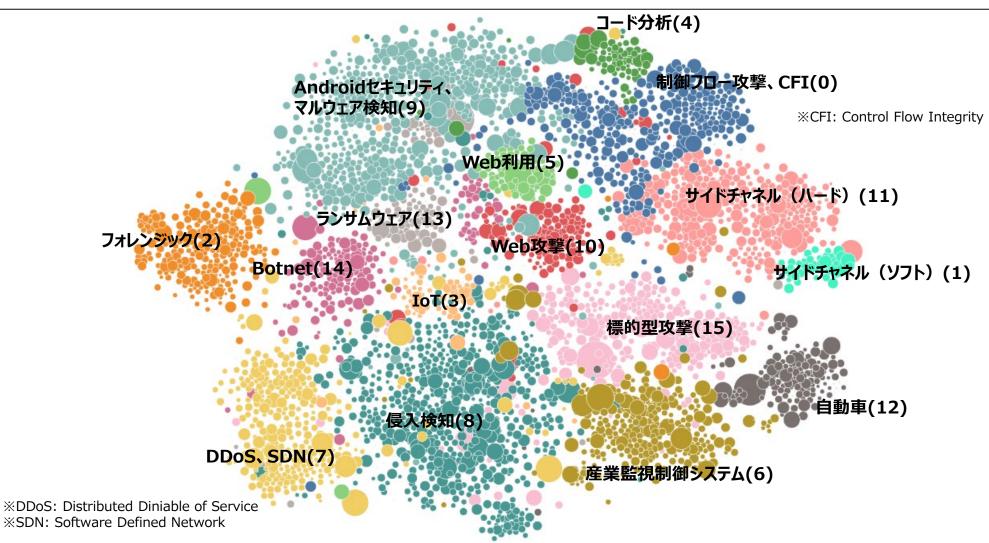
# クラスター477 (暗号系) のサブクラスターごとの論文数の変化

■直近5年間で、**属性ベース暗号・検索可能暗号や、秘密計算に関連するサブクラスターに含まれる論文数が** 増加している。



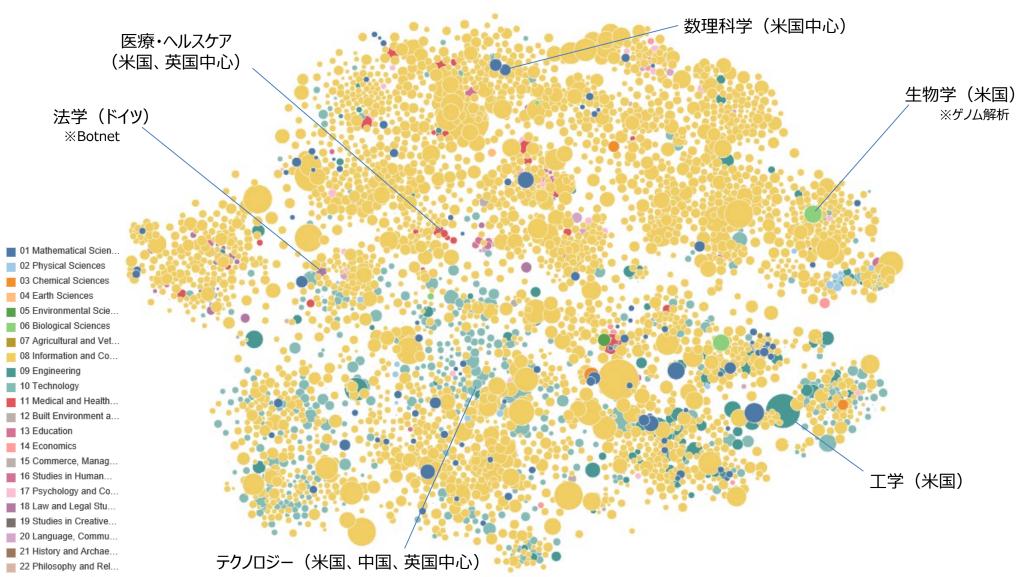
#### クラスター497(サイバー攻撃系)の論文マップ

■攻撃をキーワードとして含む論文クラスターは16のサブクラスターに分類され、それぞれが、攻撃対象や手法により、 特徴づけられている。



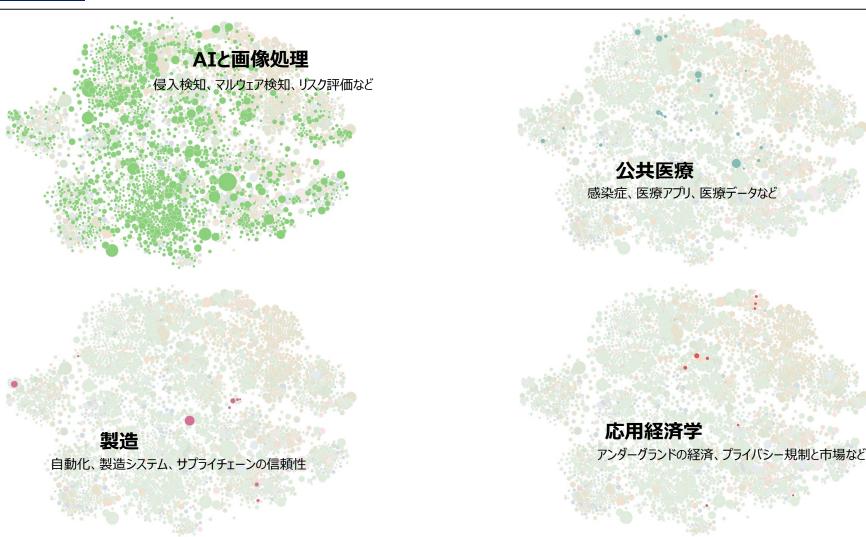
# クラスター497(サイバー攻撃系)の論文マップ (論文分野の可視化①)

■大部分は情報。ネットワーク攻撃においては特にテクノロジーが目立ち、全体的に数理科学が点在している。



# クラスター497(サイバー攻撃系)の論文マップ (論文分野の可視化②)

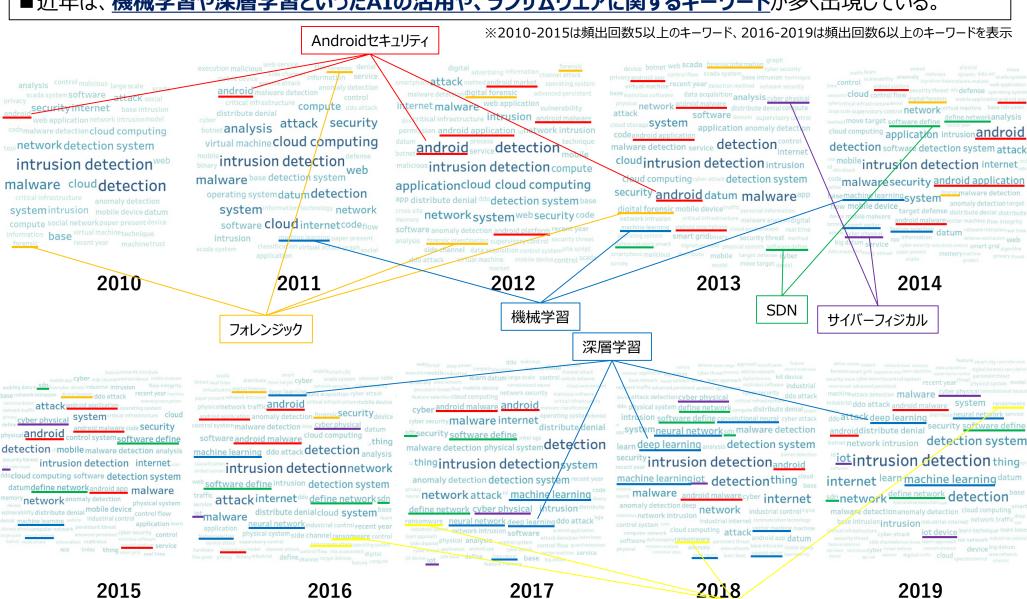
■AI、公共医療、ハードウェア、経済学まで、サイバー攻撃系分野の関連分野は多岐にわたる。特にAIとの融合分野の論文が多い。



# クラスター497(サイバー攻撃系)に含まれるキーワードの変化による研究動向把握

Dimensions: Data sourced from Dimensions, an inter-linked research information system provided by Digital Science (https://www.dimensions.ai/).

#### ■近年は、機械学習や深層学習といったAIの活用や、ランサムウエアに関するキーワードが多く出現している。

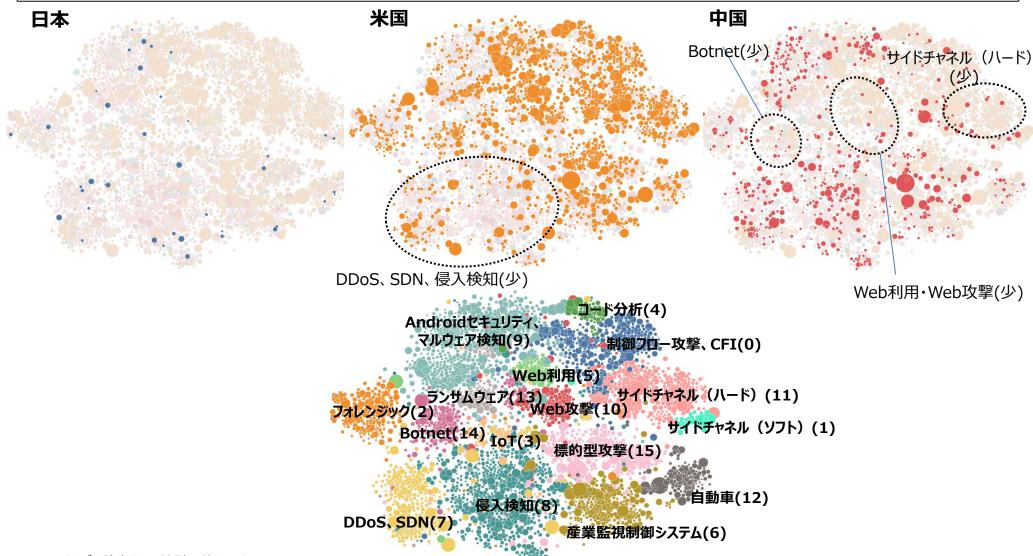


18

ランサムウェア

#### クラスター497(サイバー攻撃系)の論文マップ (国別の論文輩出状況の可視化)

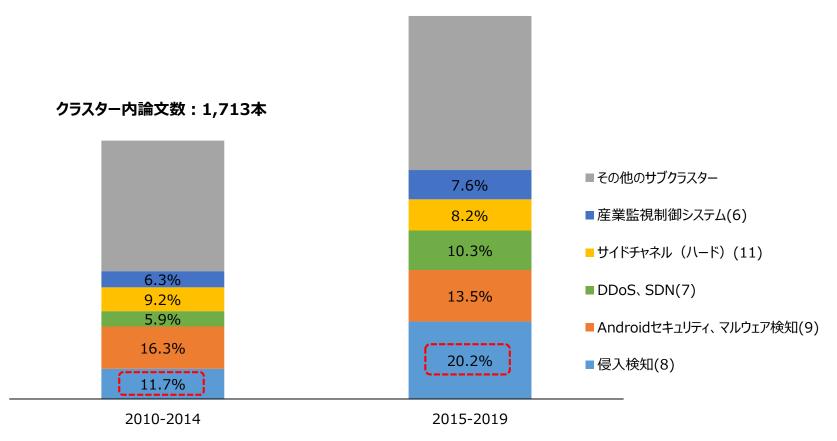
- ■米国が全体的に多くの論文を輩出。中国と若干の棲み分けがなされている。
- ■日本は米中に比べ論文数が少ない。



#### クラスター497 (サイバー攻撃系) のサブクラスターごとの論文数の変化

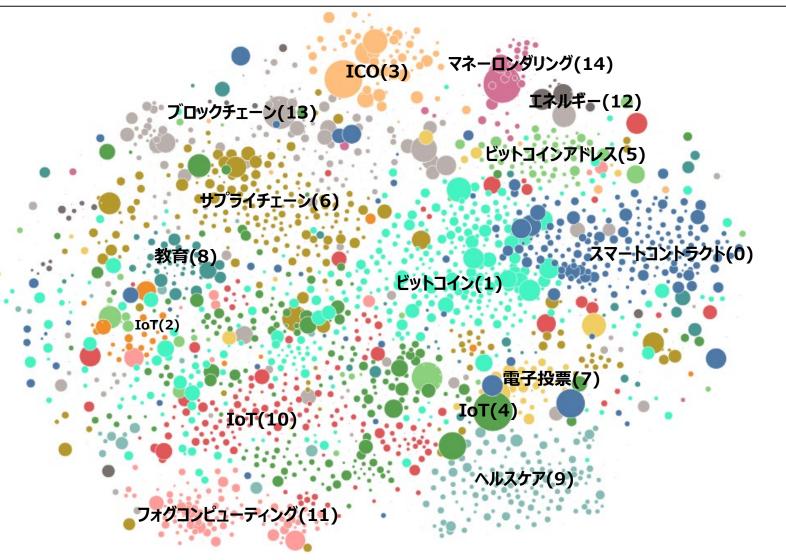
■直近5年間で、特に**侵入検知に関連するサブクラスターに含まれる論文数が増加**している。Androidセキュリティ・マルウェア検知の関連も、シェアは低減しているが、比較的大きなシェアを維持している。





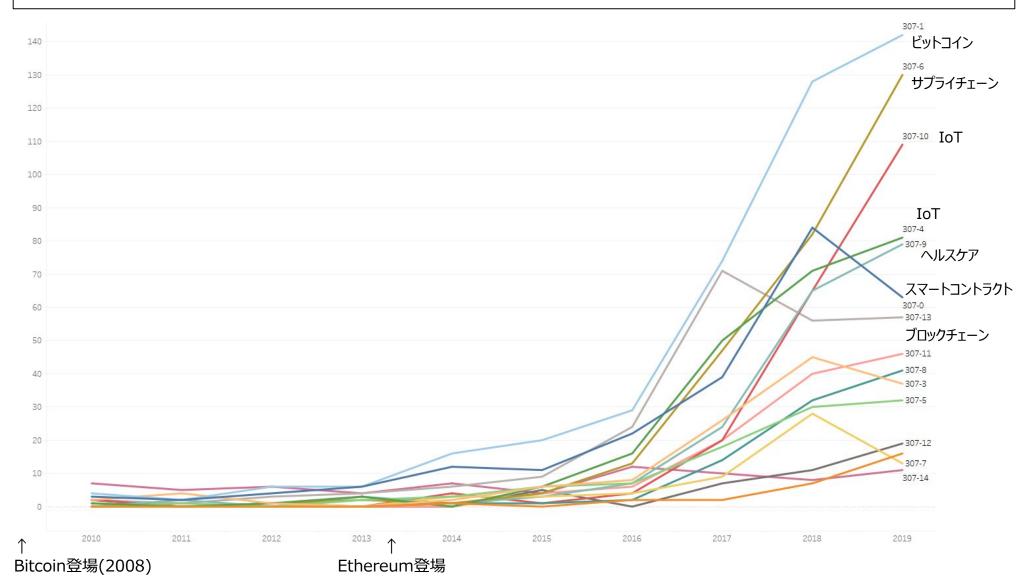
#### クラスター307(ブロックチェーン関連)の論文マップ

■ブロックチェーンをキーワードとして含む論文クラスターは15のサブクラスターに分類され、それぞれが、ブロックチェーンの 適用分野や関連技術により、特徴づけられている。



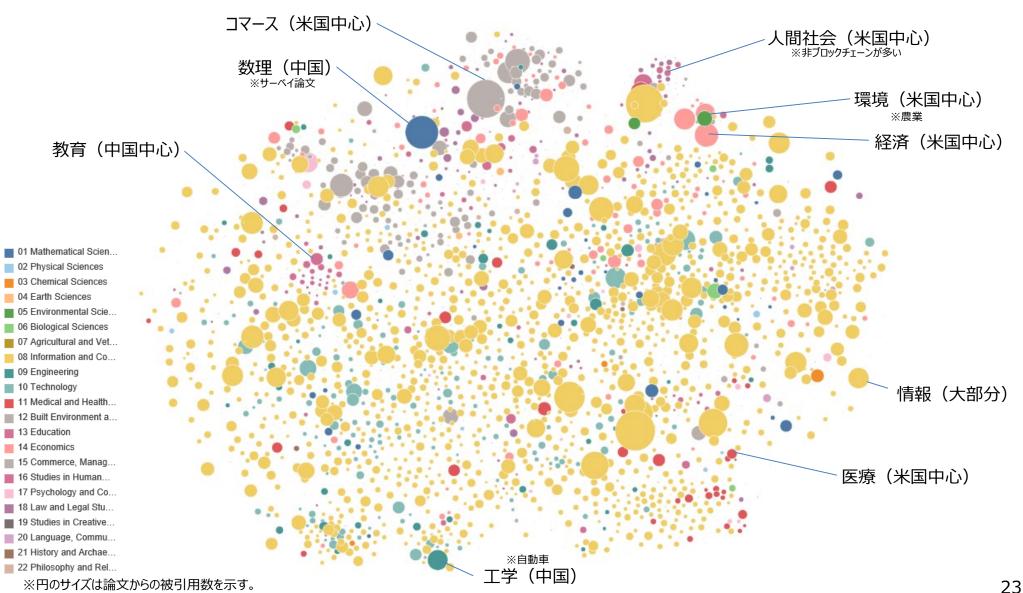
# クラスター307(ブロックチェーン関連)のサブクラスターにおける論文数の推移

■多くのサブクラスターにおいて、論文数は増加傾向にある。



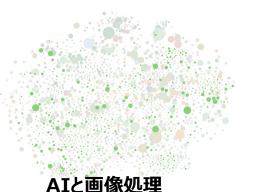
# クラスター307(ブロックチェーン関連)の論文マップ (論文分野の可視化①)

■大部分は情報。医療、経済、教育、人間社会といった応用分野が目立つ。

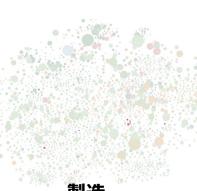


# クラスター307(ブロックチェーン関連)の論文マップ (論文分野の可視化②)

■AI、ハードウェア、ビジネス、法学、経済、公衆衛生まで、ブロックチェーン分野の関連分野は多岐にわたる。特にAI との融合分野の論文が多い。



医療インテリジェンス、自律的IoT、 ブロックチェーン解析など



製造システム、工場ネットワーク、 製造情報の管理など



ビットコイン市場、エネルギー市場、 セルフィッシュマイニングなど



臨床試験、ヘルスケア、 医薬品サプライチェーンなど



クラウドファンディング、ビジネスモデル、 サプライチェーン管理など



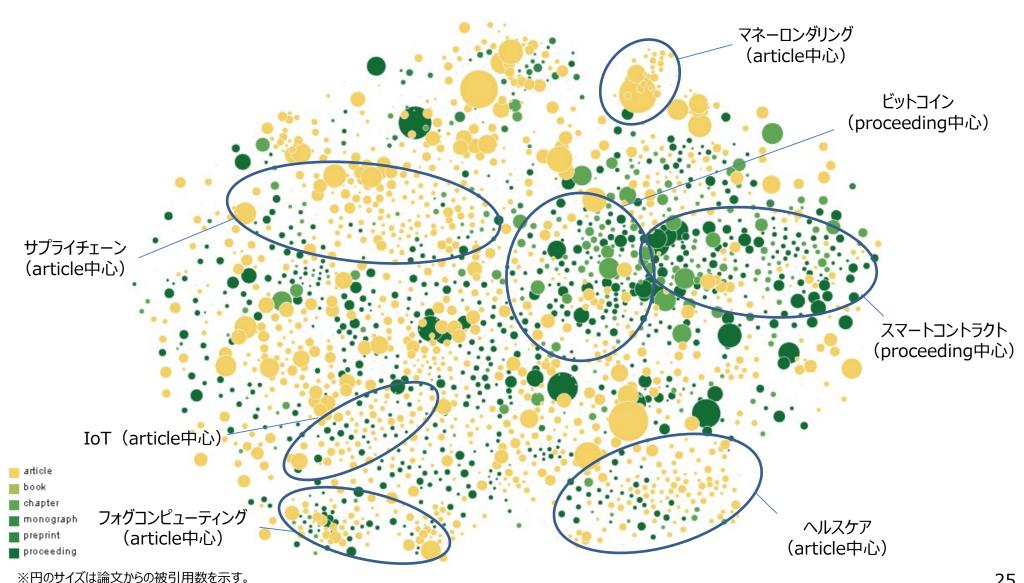
マネーロンダリング防止、電子政府、 著作権など



**銀行、金融、投資** クラウドファンディング、ICO、 コーポレートガバナンスなど

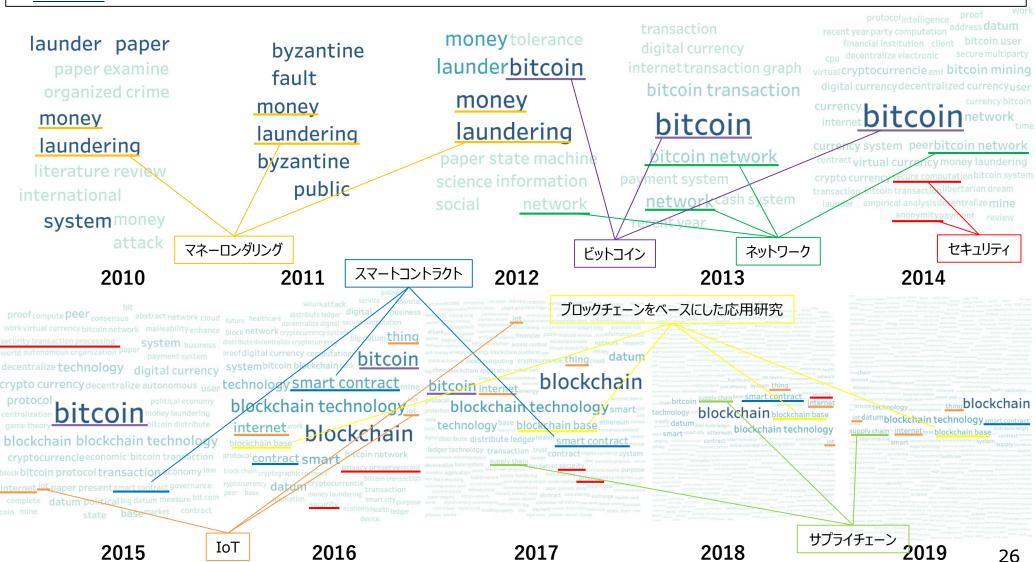
# クラスター307(ブロックチェーン関連)の論文マップ (論文種の可視化)

■論文(article)のみならず、スマートコントラクト関連など、Proceedingsが中心となって発表されている分野も多い。



# クラスター307(ブロックチェーン関連)に含まれるキーワードの変化による研究動向把握

■ 当初は、マネーロンダリングへの懸念から関連の論文が多かったが、ビットコインやセキュリティ強化、サプライチェーンへの活用 等、様々な研究が実施されていることが示唆される。最近では自律分散型プログラム(スマートコントラクト)もキーワードと して出現している。 ※2010-2015は頻出回数2以上のキーワード、2016-2019は頻出回数3以上のキーワードを表示



■ 論文のキーワードからは、金融、サプライチェーン、医療、エネルギー、著作権、保険、契約管理等さまざまな分野への適用に 向けた研究が行われていることが示唆される。

2015

datum micro gris political economy of bitcoin official currency law and economic advanced meterring social identity profoundly influencestandard for thought recent proliferation proliferation of bitcoin compute include electronic individual group member technology of bitcoir protocol that facilitate hybrid advanced meterrigbehavioral choice blockhain base decentralizenormative standard consensus online communication protocol-meter infrastructure law payment system behavioral inhibition system social coincryptocurrencie bit coin political economy money laundering decentralize autonomous stream bit decentralize autonomous organization cloud governance distribute cryptographic protocol internet of thing user transaction processing advanced metering infrastructure include electronic payment base decentralized governance meter infrastructure design smart contract paper present social identity conflict protocol decentralize decentralized governance ilterature online communication communication communication game theory model conomic literature game theory model generate complete regulation internet complete

Political economy (政治経済学) Governance (ガバナンス) Money laundering (資金洗浄) Decentralized autonomous organization (DAO) Internet of things (IoT) Smart contract (スマートコントラクト) Cryptographic protocol (暗号プロトコル) Healthcare (ヘルスケア) crowdfund (クラウドファンディング) Supply chain (サプライチェーン) Contract management (契約管理) Economic theory (経済理論)

cash system healthcare peer block chain bitcoin digital venture capital base smart bank equity crowdfunde byzantine fault rust decentralized ledger current research inti money laundering bitcoin cryptocurrency program smart contract literature review bitcoin network distribute ledger technology supply chain decentralize digital currency iot decentralized cryptocurrency systemcode bitcoin protocol cryptographic currency raditional business model money laundering cryptographic primitive distribute ledger contract management electronic health servicebitcoin transaction edger contract lawfraud purpose digital ledger crowdfunde market security, big datum capital segurity, big datum capital capital

2017

bitcoin system control system bigfinancial service machinedigital currency model literature review central authority electric vehicle egal chain management paper investigate introduction clinical performance analysis electricity market inancial institutionemergence of artificialbase on block digital identity datum integrity industrial revolution launder software define network blockchain application case study high performance european union blockchain technology enable distribute ledger system inctrust third party emerge technology industry shallenge information and communication recently gain jain widespread adoption sustainable development goal pharmaceutical supply chain purpose this paper supply chain management communication technology ayment sustainable development blockchain revolution public entity cryptocurrencie purpose the purpose private technological innovation blockchain platform seer to peer access control system information share fogacces control policy industrial internet construction inthentication anti money peer land transaction gain widespread highly sensitive review sensor network transparency

Data analytic (データ分析) Electric vehicle (電気自動車) Clinical (臨床) **Electricity market** (電力市場) Digital identity **(デジタルアイデンティティ)** Software define network (ソフトウェア定義ネットワーク) Sustainable development (SDGs) Fog (フォグコンピューティング)

Manufacturing (製造) Energy (エネルギー) Smart city (スマートシティ) **Intellectual property** (知的財産権) Medical datum (医療データ) Copyright (著作権) Corporate governance (コーポレートガバナンス) Insurance (保険) Maritime industry (海事産業) Clinical trial (臨床試験)

open source
manufacturingtraisparency blockchain world
city infrastructure health information paper focus
energy internet bitcoin transaction smart city network
access management
intellectual property
medical datum performance analysis revolution
develop countryaccess control system energy trading
legal healthcare datum base distributepotential
managementblockchain implementationmonetary policy
object abstract blockchain cryptocurrency base
base privacy preserve anti money laundering
economic growth characteristic of decentralization
nowadays practical byzantine fault anti money
smart contract enable blockchain base privacy
control byzantine consensus datum integrity
apply blockchain technology support smart contract
practical byzantinebase architecture real world
copyright smart city infrastructure
information and datum
pki corporate governance electric vehicle
blockchain revolution scalable blockchain

regular basis health care system modern economyonline

2018

2019

decentralization paper present payment
world 's population iot system
gain much popularity develop rapidly
security threat secure energy trading
factor modern business process pharmaceutical
insight ambient assist live intelligence
product deletion receive considerable attention
mobile business process management product
attribute base access financial service
health datumdecentralized storage care
remote byzantine fault tolerance artificial
distribute denial blockchain base privacy
secure datum sharing
blockchain base trust base architecture
blockchain empower overview of blockchain
bitcoin blockchaincommunication channel
public ledger technology future research
control system digital forensic ledger
lot of interest security perspective data mining
attention in recent chain network trade

Secure energy trading (安全な電力取引) Pharmaceutical (製薬) Ambient assist live (自立生活支援技術) Digital forensic (デジタルフォレンジック)

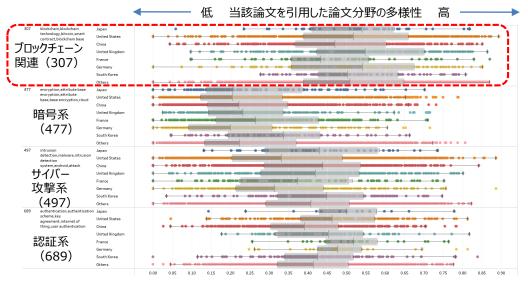
2016

# クラスター307 (ブロックチェーン関連) の波及度と融合度

■情報セキュリティに関する4つの論文クラスターの中で、ブロックチェーン関係は、波及度、融合度が高く、萌芽的な分野として、多様な分野の知見が活用される同時に、多様な分野の論文に影響を与えていることが示唆される。

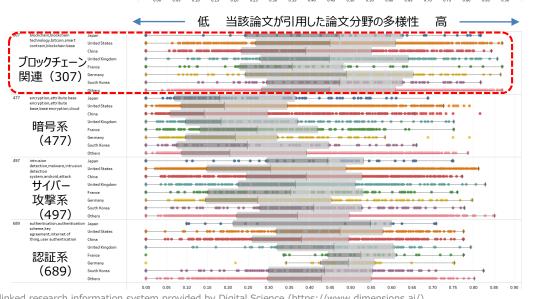
#### 論文の波及度

当該論文を引用した論文の分野の多様性 (多様な分野の論文から引用される論文ほど数値が高い)



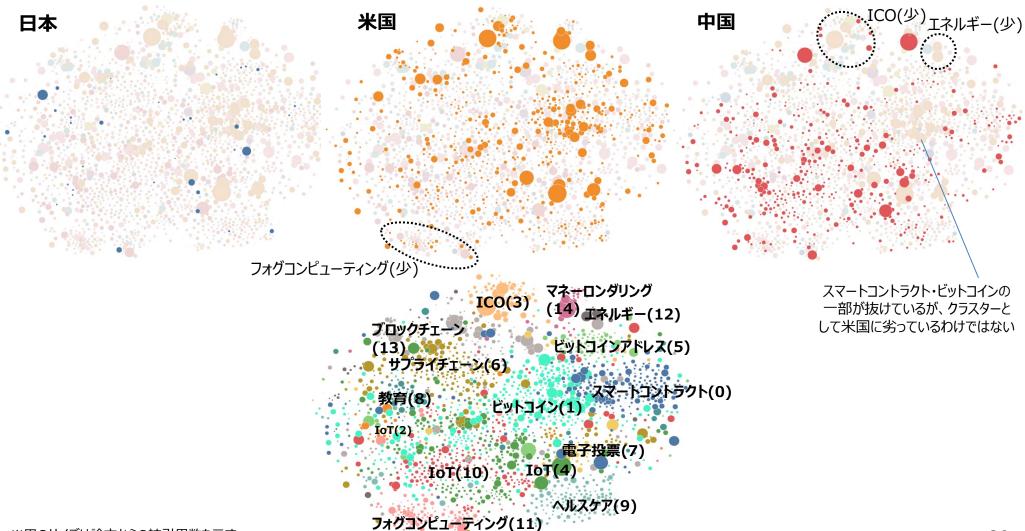
# 論文の融合度

当該論文が引用する論文の 分野の多様性 (多様な分野の論文を引用 する論文ほど数値が高い)



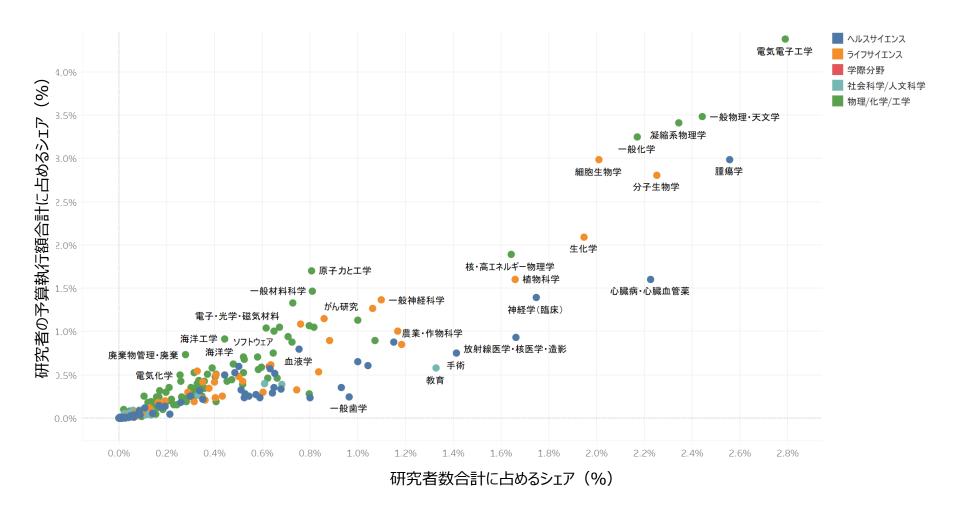
#### クラスター307(ブロックチェーン関連)の論文マップ (国別の論文輩出状況の可視化)

- ■米国と中国で若干の棲み分けがなされている。米国はフォグコンピューティングが特に弱く、中国はICO(Initial Coin Offering)とエネルギーが特に弱い。
- ■日本は米中に比べ論文数が少ない。

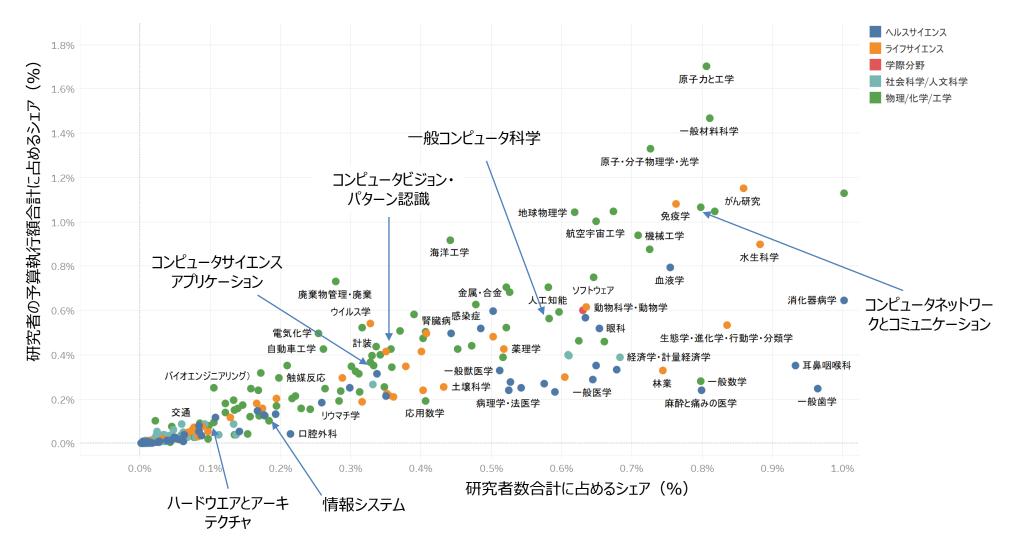


#### (参考1) 国立大学・研究開発法人における研究者数と予算執行額のシェア(論文分野別)

■内閣府が全国立大学・研究開発法人から研究者単位で収集する予算執行データについて、研究者が出版する論文(Top10%論文以外も含む)の分野情報を元に、分野別に集計。分野毎の研究者数・予算の執行状況を可視化。



#### (参考2)国立大学・研究開発法人における研究者数と予算執行額のシェア(論文分野別)



# (参考3) その他の分野における日本の論文数の多い論文クラスター例

