

広範囲分野報告

令和3・4年度内閣府委託事業

「我が国が戦略的に育てるべき安全・安心の確保に係る重要技術等の検討業務」

令和5年3月28日

プロジェクト・リーダー

齊藤 考祐 上智大学総合グローバル学部准教授



「我が国が戦略的に育てるべき安全・安心の確保に係る重要技術等の検討業務」

広範囲調査成果報告書（概要）

目的

広範囲調査では深堀調査と異なるかたちで、オープンソースに基づく調査を中心に重要とされる新興技術群の全体像をつかみ、そのなかで各技術分野における国内外の動向や日本の立ち位置について検討

- 特定技術分野において想定・想像されている、またはすでに生じている社会・経済・軍事上の影響（用途・実用化された場合の社会的変化・喪失した場合の社会的影響）について国内外の文献をもとに整理
- 特定科学技術に関する知の生産能力分布や国際連携の状況を検討するために、国内外における知的生産能力の分布を①学術論文データベース、特許、資金情報等、および②研究機関・研究者の所在や連携に関する情報に基づいて把握
- これらの用途分析・影響分析を基礎として、日本の経済安全保障戦略における投資・連携構築のための示唆を検討

広範囲調査の対象技術領域

1. コンピューティング技術 (Advanced Computing)
2. 次世代工業材料 (Advanced Manufacturing Materials)
3. 高度ガスタービン技術 (Advanced Gas Turbine Technology)
4. 先進製造技術 (Advanced Manufacturing)
5. 高度センシング・ネットワークセンシング技術
(Advanced and Networked Sensing and Signature Management)
6. 原子力エネルギー技術 (Nuclear Energy Technologies)
7. AI技術 (Artificial Intelligence)
8. 自律型システムとロボット (Autonomous Systems and Robotics)
9. バイオ技術 (Biotechnologies)
10. 通信・ネットワーク技術 (Communication and Networking Technologies)
11. 指向性エネルギー技術 (Directed Energy)
12. フィンテック (Financial Technology)
13. ヒューマンマシンインターフェイス (Human-Machine Interface)
14. 極超音速技術 (Hypersonics)
15. 量子情報技術 (Quantum Information Technologies)
16. 再生可能エネルギーの生成と貯蓄 (Renewable Energy Generation and Storage)
17. 半導体とマイクロエレクトロニクス (Semiconductors and Microelectronics)
18. 宇宙技術とシステム (Space Technologies and Systems)
19. センサネットワーク／センシング (Networked Sensors and Sensing)
20. 医療・公衆衛生 (Medical technology/Pandemic Preparedness)

* これらの技術領域についてサブカテゴリーを設定し、着目すべきキーワードを具体化。

* 実用化に際して技術のパッケージ化が想定されるため、複合的研究分野にも留意。

個別技術分析：総論

研究者数が増加傾向にある分野、減少傾向にある分野に分かれる

研究者数は米国・中国が多数かつ多くの分野で優勢、英国、日本が続く

●全体の傾向

- 重要技術20分野の研究者数の推移をみると、先端コンピューティング、先端製造技術、センシング、AI、ロボティクス、通信、Fintech、HMI、量子、医療・公衆衛生、サイバーセキュリティ分野で研究者が増加している。一方で、ガスタービン、原子力、指向性エネルギー分野では研究者数が減少傾向にある。研究者を国別属性で計測すると、これらを専門とする研究者数は米国と中国に多く、次いで英国、日本が続く。
- 研究者数で見れば、ガスタービン、原子力、AI、バイオテクノロジー、指向性エネルギー、Fintech、宇宙、医療については米国が優勢であるのに対して、先端工業素材、量子、半導体では中国が優勢であった。一方で、通信とサイバーセキュリティは、インドの比率が高い。
- 組織の属性でみると、全体的に情報工学関連分野は大学が研究の中心となる傾向がみられるが、ガスタービンは企業、原子力は専門機関がリードするという傾向が強い。

個別技術分析：日本の立ち位置

日本の研究者数は多くの研究分野で上位に位置している
共著論文生産面では分野によって同志国、懸念国との連携に差異

●各分野におけるシェア

- 絶対値では米国・中国の優位は揺るがない
- 原子力、先端工業素材、センシング、原子力、バイオテクノロジー、指向性エネルギー技術、Fintechでは日本の研究者数が比較的多い
- ガスタービン、サイバーセキュリティ分野は日本人研究者の割合は小さい
- 複合領域の研究者：日本は米中に次ぐ3位から4位に位置

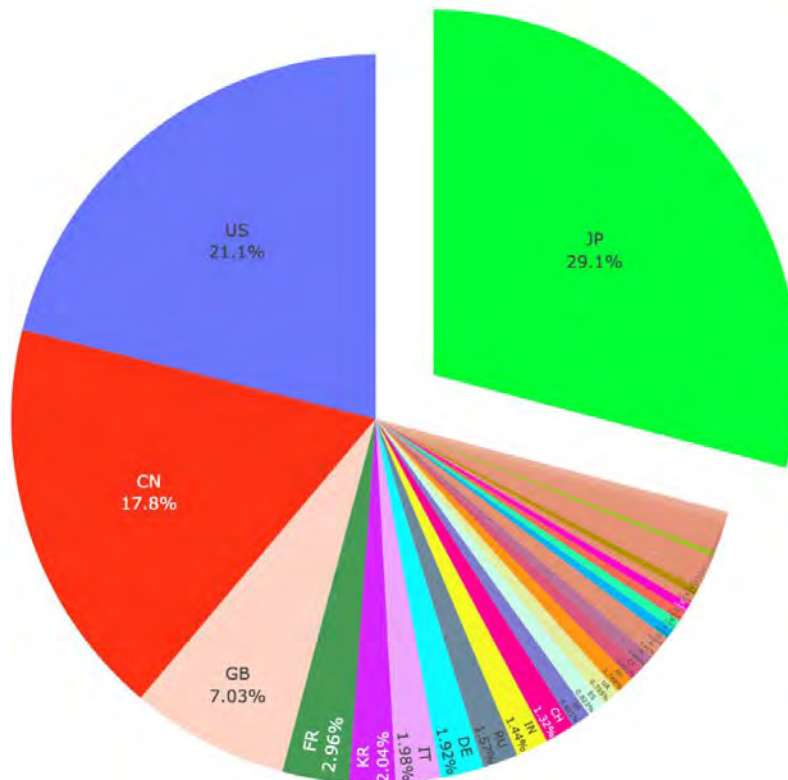
●論文生産における連携

- 日本の研究者が携わった同志国研究機関との共著論文については、AI、量子、半導体、宇宙分野で米国およびEU諸国との成果が他の分野に比して多い
- 懸念国研究機関との共著論文は、先端工業素材、AI、バイオテクノロジー、半導体分野で多い
- AIや半導体分野は、同志国、懸念国双方との共同研究が多く、国際連携のあり方に注意が必要

シェアの大きい技術分野①

原子力分野は経済安全保障上の利用価値が大きく、日本の研究者数シェアも他分野に比して大きい、組織単位では中国が研究者数トップ

原子力エネルギー技術領域の
国別研究者数シェア（所属機関国籍別）



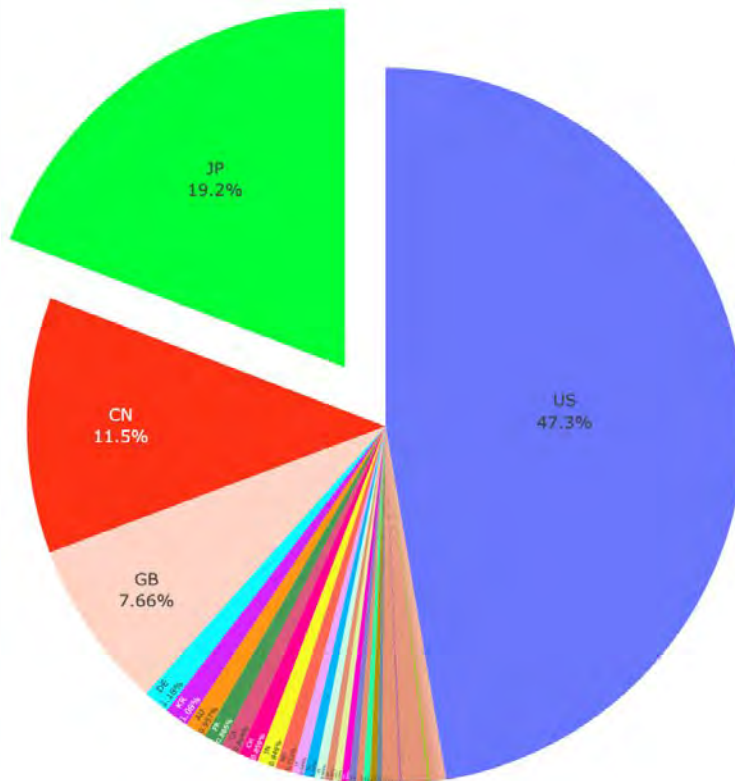
JP
US
CN
GB
FR
KR
IT
DE
RU
IN
CH
SE
ES
UA
AU
CA
PL
FI
CZ
NL
BE
NO
TW
PT
BR
DK
GR
SI
LU
AT
IL
HU

- 優位性：従来型原子力発電、将来的な核融合の実用化等を支える技術を維持することでエネルギー供給上の優位を得ることができ、宇宙領域における利用や軍事利用などの可能性も大きい
- リスク：現段階ではそれほど大きくないが、核融合分野を含めて、懸念国のキャッチアップは長期的にエネルギー・防衛・宇宙等の諸政策分野に悪影響をおよぼしうる。組織単位では中国科学院が研究者数トップ

シェアの大きい技術分野②

バイオ技術の研究者数は米国が半数近くを占め、日本が次いでいるが研究者の推定国籍別では国を挙げて研究開発を推進している中国が逆転

バイオ技術領域の
国別研究者数シェア（所属機関国籍別）



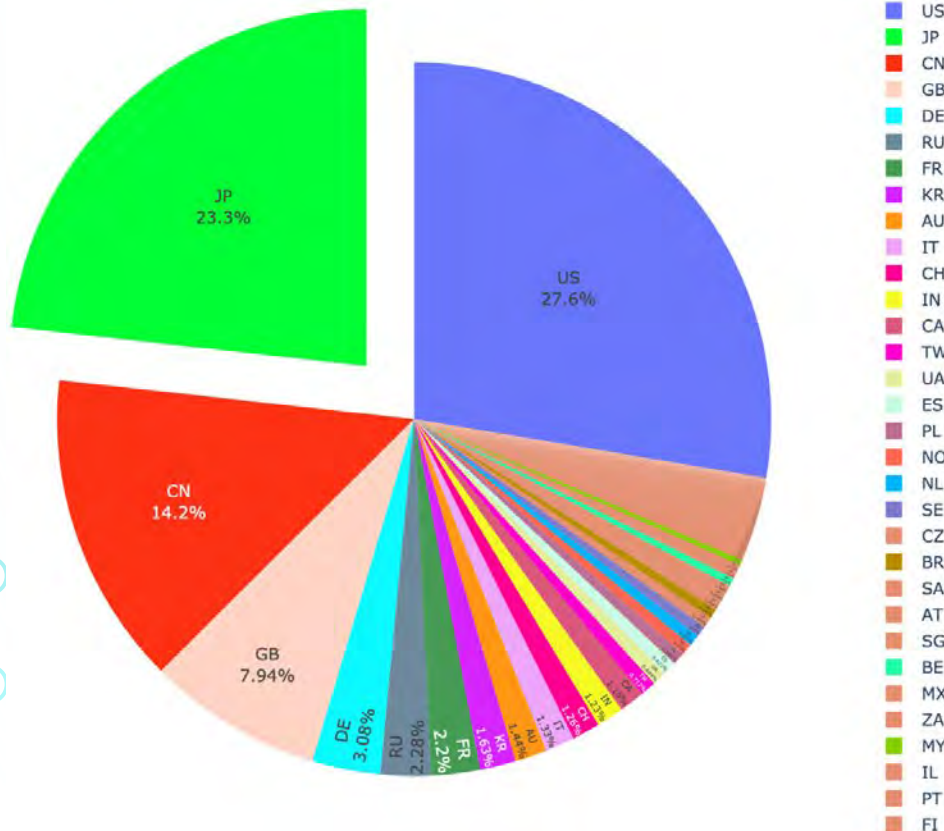
US
JP
CN
GB
DE
KR
AU
FR
CA
CH
IN
NO
IT
NL
ES
DK
UA
TW
SE
IL
BE
BR
RU
SG
AT
FI
IR
PL
PT
SA
ZA
EE

- 優位性：生物兵器などの軍事用途はもちろんのこと、医療や食糧分野、動植物の品種改良や材料の開発等の民生用途で技術革新をもたらすことが期待されており、さまざまな分野への応用可能性が広がりつつある
- リスク：マルチユースの性格が極めて強く、人類に福祉をもたらすと同時に、生命倫理の挑戦をもたらし得る。米・英が半数以上を占めるが、中国も国を挙げて研究開発を推進しており、研究者数も急増

シェアの大きい技術分野③

指向性エネルギー分野において日本が占めるシェアは比較的大きい
同志国との連携においても一定の影響力を発揮できる可能性あり

指向性エネルギー領域の
国別研究者数シェア（所属機関国籍別）

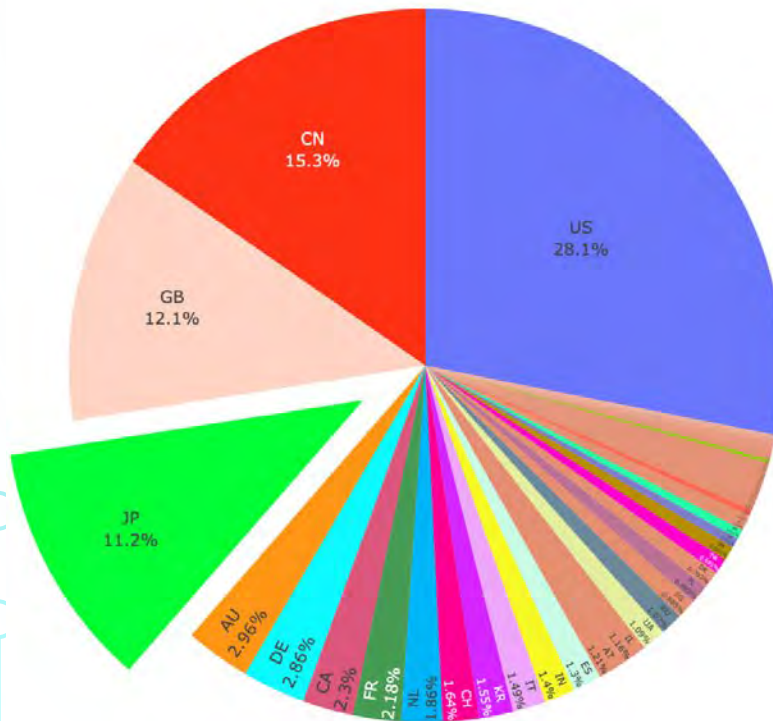


- 優位性：指向性エネルギー兵器として防衛用途に強みを発揮するほか、医療や製造業等をはじめとする用途も幅広く、複合分野を活性化させる挺子にもなりうる
- リスク：優位性の裏返しとして、懸念国による軍事利用が進展した場合に安全保障リスクが高まる可能性があるほか、当該技術分野の停滞が、がん治療や3D造形等の民生技術分野の発展に悪影響を及ぼしうる

シェアの大きい技術分野④

量子情報科学分野における日本のシェア自体は大きいとは言えないが、同志国の連携を通じて影響力を確保できる可能性あり

量子情報科学領域の
国別研究者数シェア（所属機関国籍別）



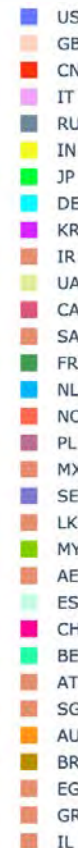
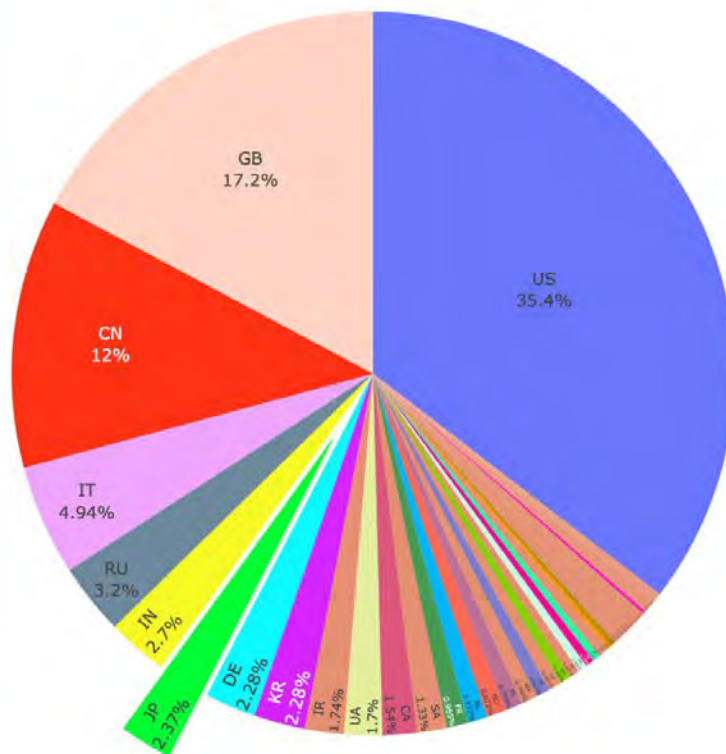
US
CN
GB
JP
AU
DE
CA
FR
NL
CH
KR
IT
IN
ES
AT
IL
UA
RU
SG
PL
DK
TW
BR
SE
BE
HU
FI
NO
CZ
LK
ZA
GR

- 優位性：情報セキュリティおよび計算資源の観点から国力に直結する先端技術であり、米中をはじめ世界各国がその技術獲得に取り組んでいる。日本の研究者数のシェアは大きくないが、同志国との連携を通じて影響力を確保し得る
- リスク：日本は量子鍵配送(QKD)の速度や標準化の面で一定の強みがあるものの、中国が量・質ともに圧倒的に先行。組織単位では中国が上位を占め、中国は海外での研究者数も多い

シェアの小さい技術分野①

ガスタービン技術のシェアは他分野と比べても小さいが、
米英のシェアが大きく、同志国との連携による対応が望ましい

ガスタービン領域の
国別研究者数シェア（所属機関国籍別）

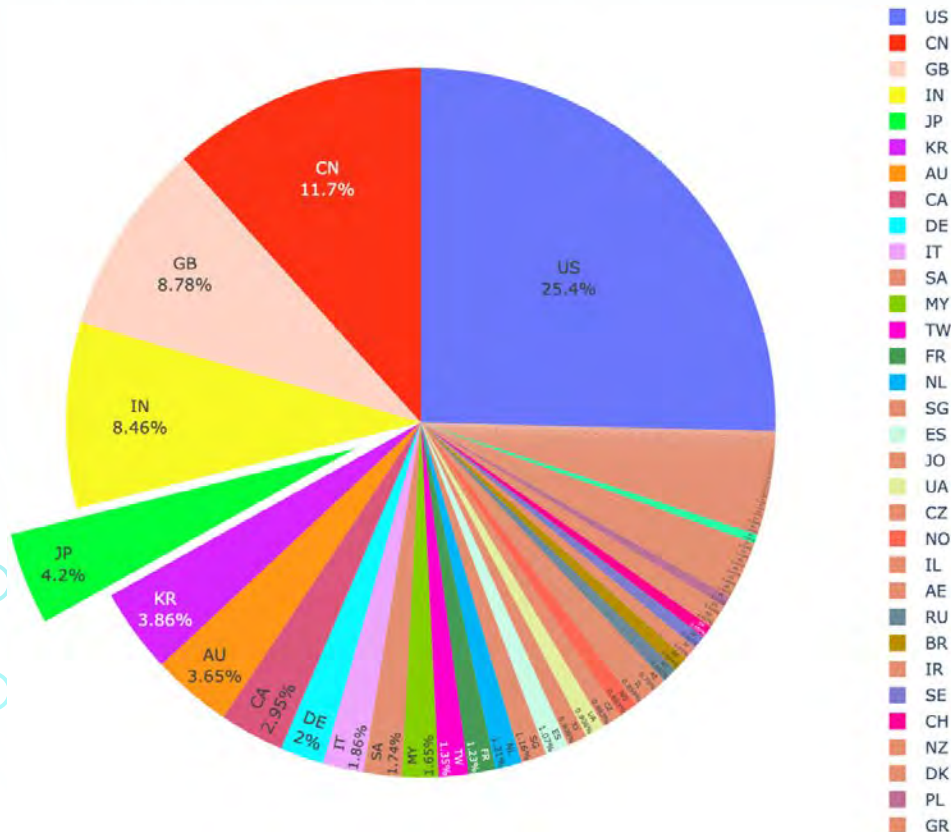


- 優位性：潜水艦の開発において当該技術の重要性が高まる可能性有り。
日本単独のシェアは小さいものの、同志国全体のシェアは一定程度維持されており、技術開発に関しては日本企業に優位性有り（企業がリードする傾向強いため、ここで示されるシェア以上の強みがある可能性）
- リスク：ウクライナ危機後のエネルギー安全保障において、ガスタービン技術の喪失がエネルギー供給等のリスクにつながりうる

シェアの小さい技術分野②

サイバー技術のシェアは小さく、懸念国との研究上の関係も比較的強い
米国に優位があるものの、その他の諸国が割拠している

サイバー領域の
国別研究者数シェア（所属機関国籍別）

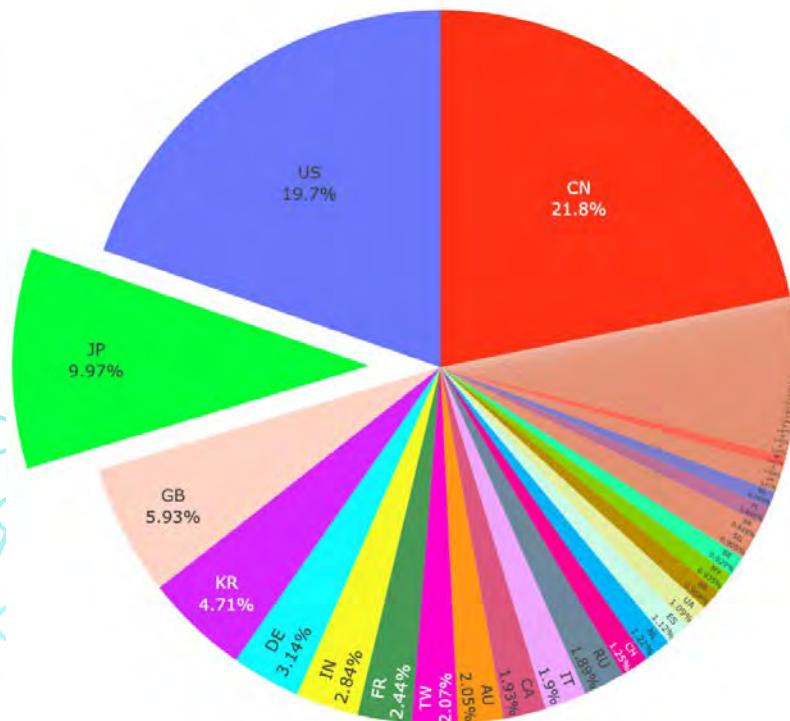


- 優位性：ネットワークセキュリティ分野に優位性があるほか、データセキュリティ分野においては、マイナンバーカードなどの電子認証を含む、インフラとしての優位性が挙げられる
- リスク：ネットワーク観測で分析できる範囲が限定されていることの問題。センサーの観測情報やインテリジェンス分野での協力を進めないと更なる詳細な脅威分析は難しい。また、国産の広く流通している製品に含まれる国産の要素技術が少なく、異常検知において、他国に依存せざるを得ない状況である。

シェアの小さい技術分野③

半導体分野のシェアは比較的大きいものの、中国の優位性も高く、米英韓独をはじめとする同志国の連携による対応がありうる

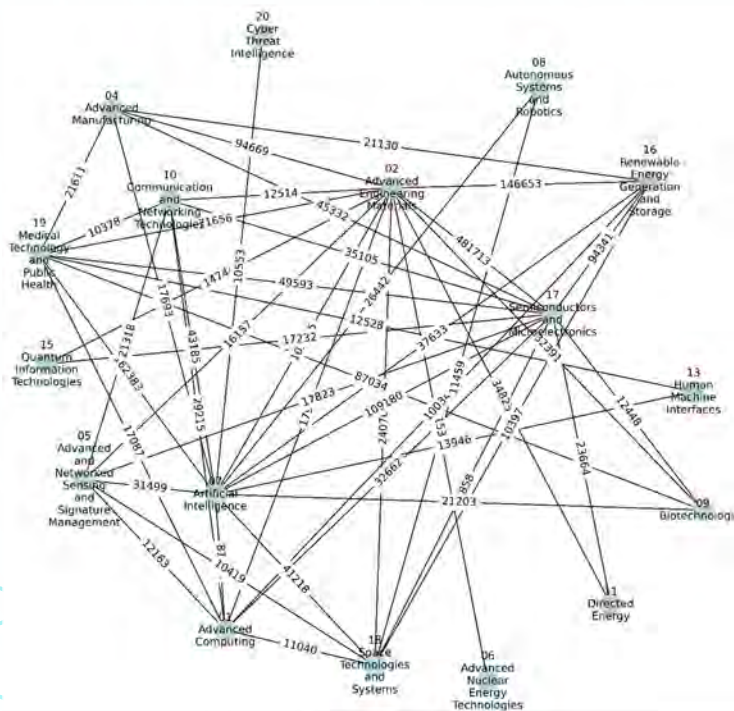
半導体領域の
国別研究者数シェア（所属機関国籍別）



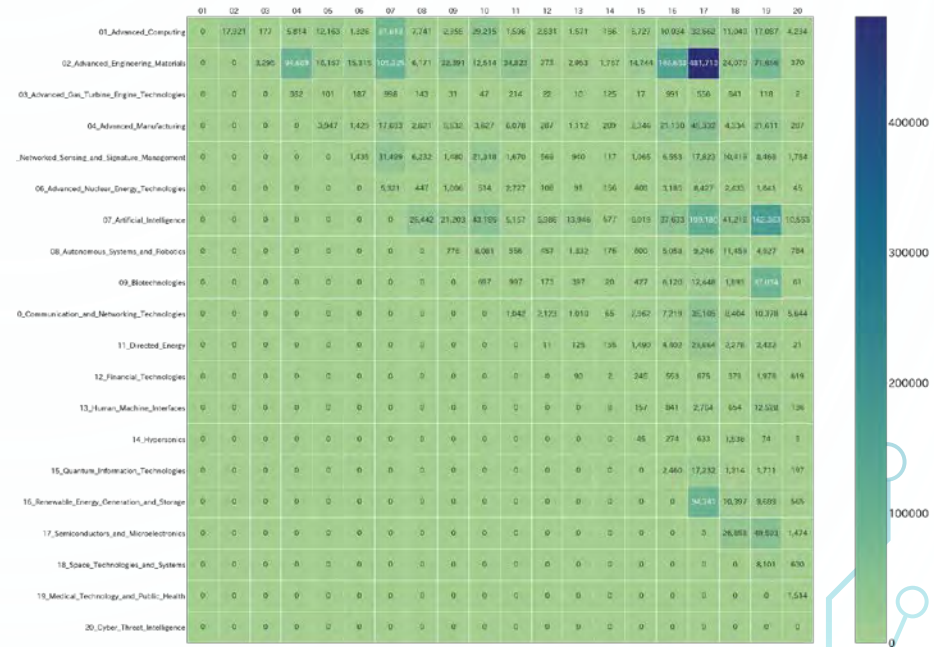
- 優位性：日本はSME、3DICのための半導体装置やマイクロエレクトロニクスの新材料の開発において重要な地位を占めており、競争力を維持。
- リスク：遅れをとるデザイン設計（EDA）関連技術は米国との連携が期待される。領域全体で中国の研究者シェアが大きいため、同志国間の連携の重要性は相対的に高まる。

複合技術分野のシナジー

複合領域について、全体では先端素材×半導体が多く、先端素材、AI、半導体、医療技術・公衆衛生が他領域とのシナジーが大きい



※1万人以上のNetworkのみ表示

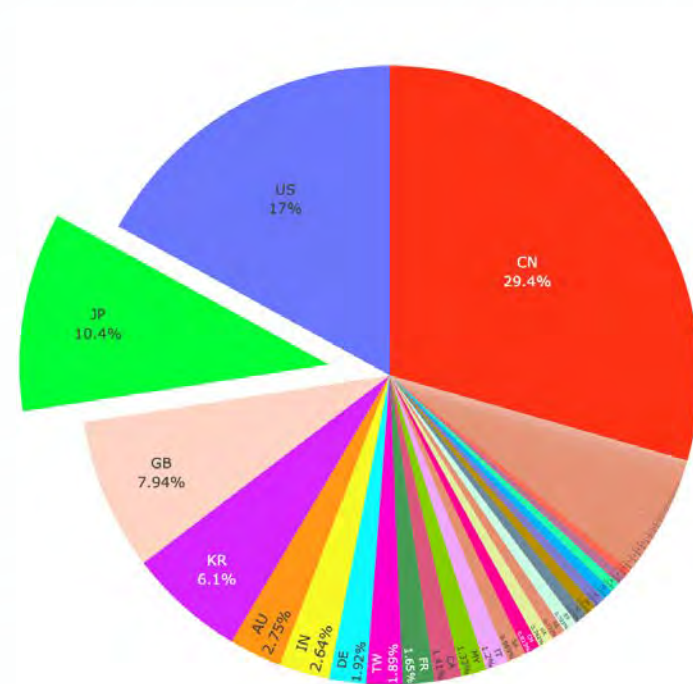
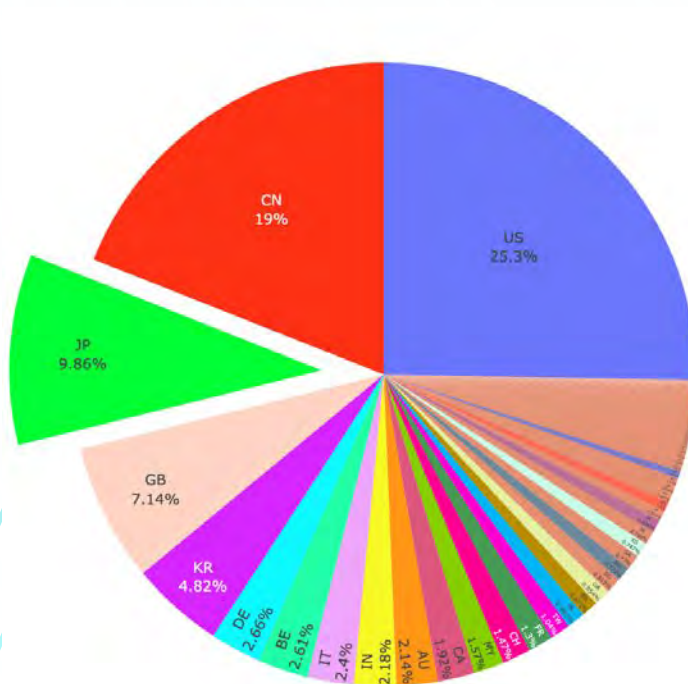


複合分野の相対的優位性①

先端工業素材技術を軸にAI、半導体、先端製造技術、再生エネルギー、宇宙技術等を組み合わせた複合技術の研究に相対的な強み

先端工業素材分野×AI分野

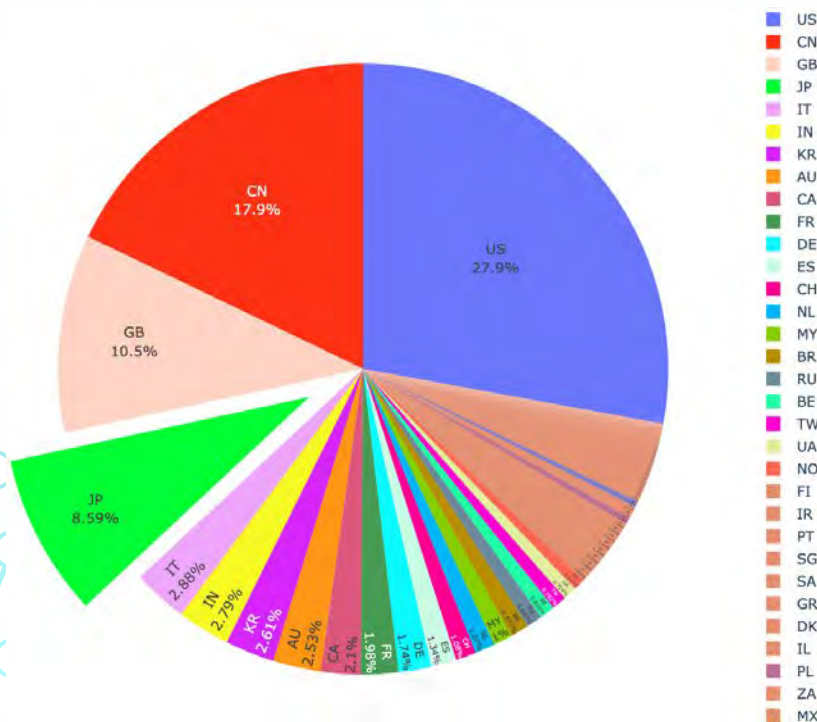
先端工業素材分野×再生エネルギー分野



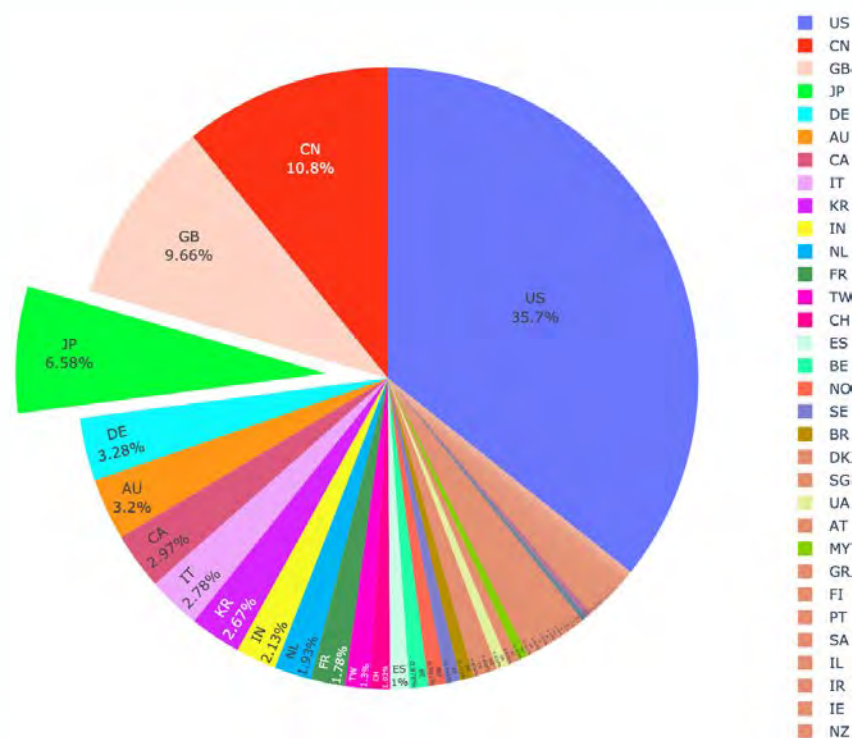
複合分野の相対的優位性②

AI分野単独では強みを発揮しにくい、宇宙分野や医療分野との複合分野では立ち位置が若干上昇（シェアは大きくない）

宇宙分野×AI分野



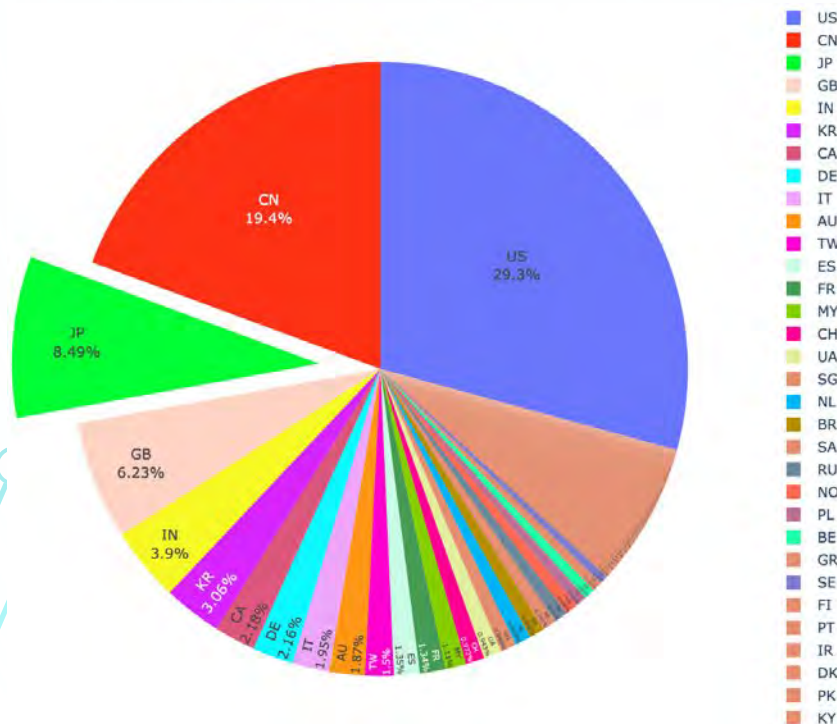
AI分野×医療分野



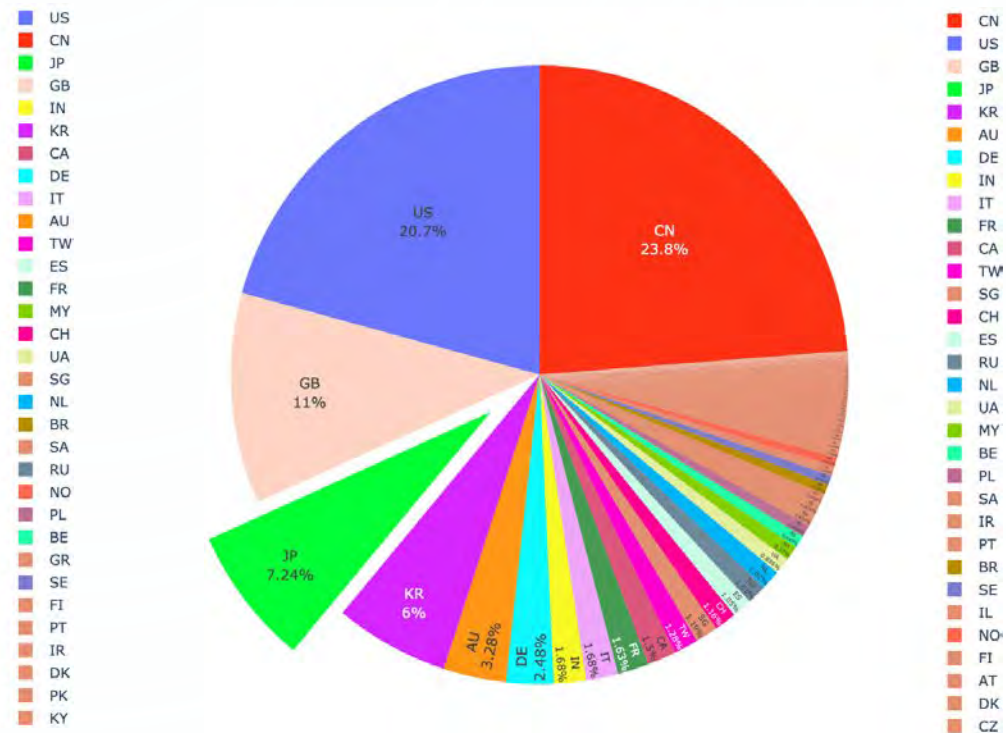
複合分野の相対的優位性③

日本に強みがあるとされてきた分野だが、
横断研究としての強みも模索する必要がある

先進コンピューティング分野×AI分野



先進工業素材分野×先進製造分野

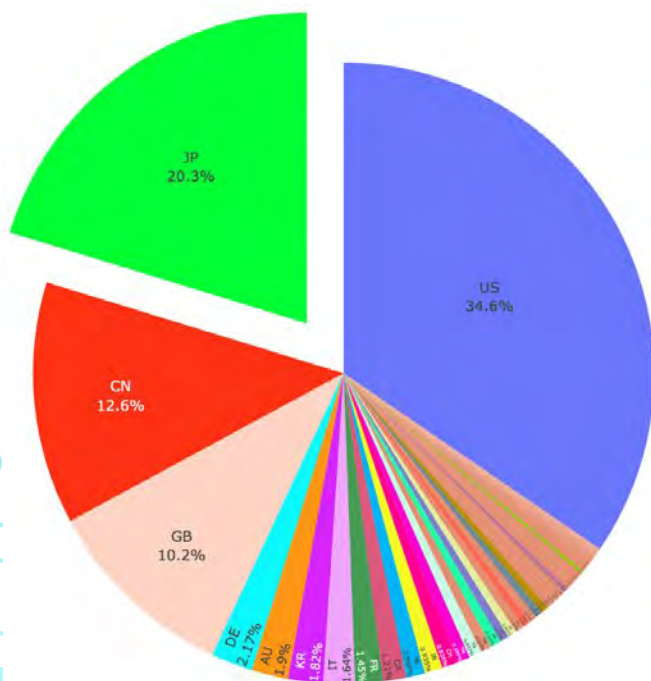


複合分野の相対的優位性④

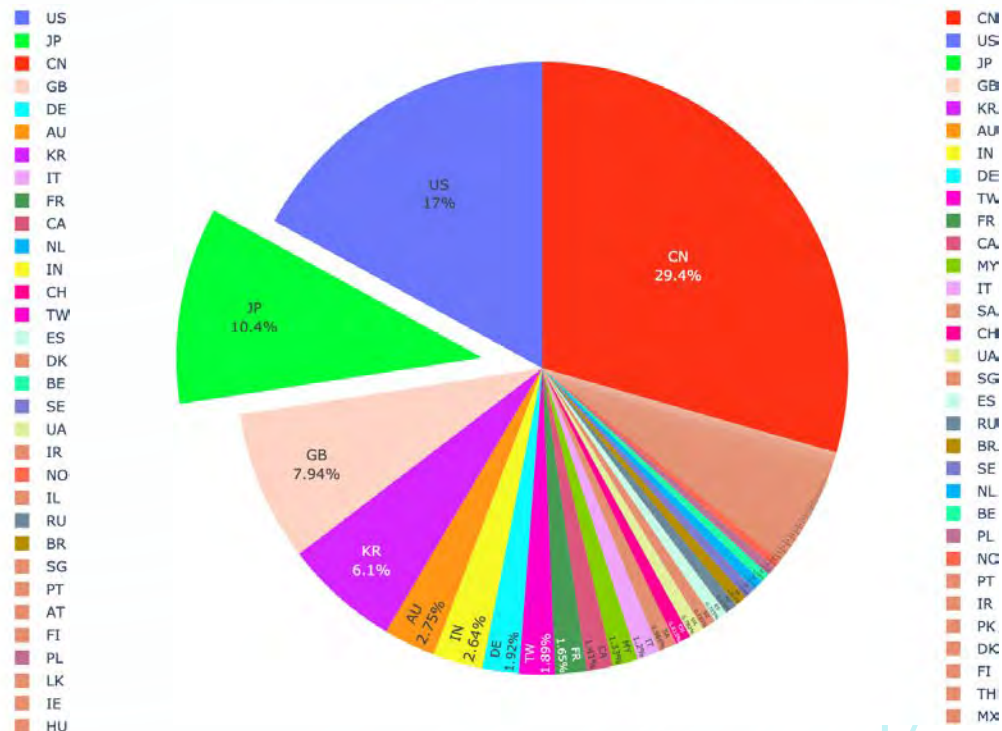
バイオ分野の優位性を活かした医療・公衆衛生分野との複合研究

再生可能エネルギーと先端工業材料の複合研究にも一定の強み

バイオ分野×医療・公衆衛生分野



再生可能エネルギー分野×先端工業材料分野



政策的示唆①：技術の維持・確保

弱いことも強いことも投資の理由になりうる

リスクシナリオを深堀することで投資順位を明確化

●技術維持・優位確保の必要性について

- 一般論として、日本の研究者が少ない、研究機関が少ないことリスクと捉えらると、重要技術20分野のいずれにおいても一定水準を保持することが理想的ではある
- 極超音速、再生可能エネルギー、半導体、ガスタービン、サイバーセキュリティ分野において、日本は研究者数、研究機関数ともに主要国と比較して相対的に少ないが安全保障上重要なものが含まれるため、強化が必要
- これらの分野については、分野横断的な要素技術となるAIやサイバーセキュリティ分野に特化して重点的に強化するという方法も考えられる
- ただし、個々の技術のリスクシナリオは大きく異なってくる。政策としての具体化に際しては全体の傾向に基づくだけでなく、日本固有の用途想定や国際環境にも照らし合わせてリスクシナリオのさらなる深堀調査を要する

政策的示唆②：同志国との連携

対米連携を基軸としつつ、利害の差異や技術分布の状況にかんがみて第二、第三の連携先を模索

●あらゆる技術領域で米中の技術覇権競争の影響

- 大半の技術領域でこの2国のシェア合計が全体の半分近くを占める
- 米国とのさらなる連携強化の重要性

●その他の国との連携

- イギリスは先進コンピューティング、ガスタービン、先進製造、センシング、AI、量子など多くの技術領域においてシェアが大きく、包括的な技術連携先として重要
- ネットワーク技術やフィンテックといった分野においてはインド、サイバーやHMI技術では韓国、オーストラリアといった諸国も連携強化の選択肢となりうる

政策的示唆③：技術実装に向けて

単に市場ニーズを満たすだけでなく、経済安全保障上の目的に従って先端技術の社会実装を進めるための政策デザインが必要

●マルチユースの検討を行う意義

- ①技術の用途、②技術の利用主体、③技術獲得のための資金の出し手等に着眼した整理
- 技術の予見可能性、社会実装の可能性を高めるための概念
- 公的・民間における個別の技術利用を模索するだけでなく、それぞれに出口を想定しながら投資のあり方をデザイン

●技術獲得・実装における注目点

- 技術の性質や用途に従って多様化する実装プロセス
- 民間企業の協力から公的支援（アンカーテナンシーや試験環境提供等）まで、目的や市場の状況に応じた実装支援のデザイン
- シンクタンク機能をつうじた諸外国における「マルチユース」研究領域の探索