

# ナノテク・材料分野における 計画・評価のためのエビデンス構築の試行

林 隆之

(政策研究大学院大学)

# 「科学技術イノベーション政策における「政策のための科学」 (SciREX) プロジェクト

---

- 文部科学省の科学技術・イノベーション政策においてEBPMを推進するためのプロジェクト
  - 文部科学省と大学研究者が共同して、いくつかのテーマで調査研究プロジェクトを実施
- テーマ：「プログラム評価」に有効なエビデンス構築の模索
  - 施策や事業を「プログラム」（特定の政策目的実現へ向けた行政側の政策介入行為）として捉えて、その有効性を体系的に調査し、新たなプログラム立案へ参照。
  - では、科学技術・イノベーション政策におけるプログラム評価では具体的にどのようなエビデンスの形成が望まれるか／可能か？
- 試行的検討の対象としてナノテクノロジー・材料分野

# 研究開発プログラム評価に必要な視点

---

0) 評価を通じて何を学びたいかの「問い」の設定  
= learning agenda

## 1) セオリー評価

- なぜその施策・事業を行うのか必要性(rationale)  
→ ロジックモデル (ナノプラ資料参照)
- 特に国全体の分野別研究開発やその政策の中で、その施策・事業はどこに位置付けるのか。

## 2) プロセス評価

- 実施過程がプログラムが目指した方向と整合しているか

## 3) アウトカム評価・インパクト評価

- 効果が得られているか。施策・事業の効果と言える部分はどこか

## 4) 研究開発基盤（エコシステム）の形成の評価

- 人材育成がされているか等

# 事例としての「元素戦略プロジェクト」 の分析

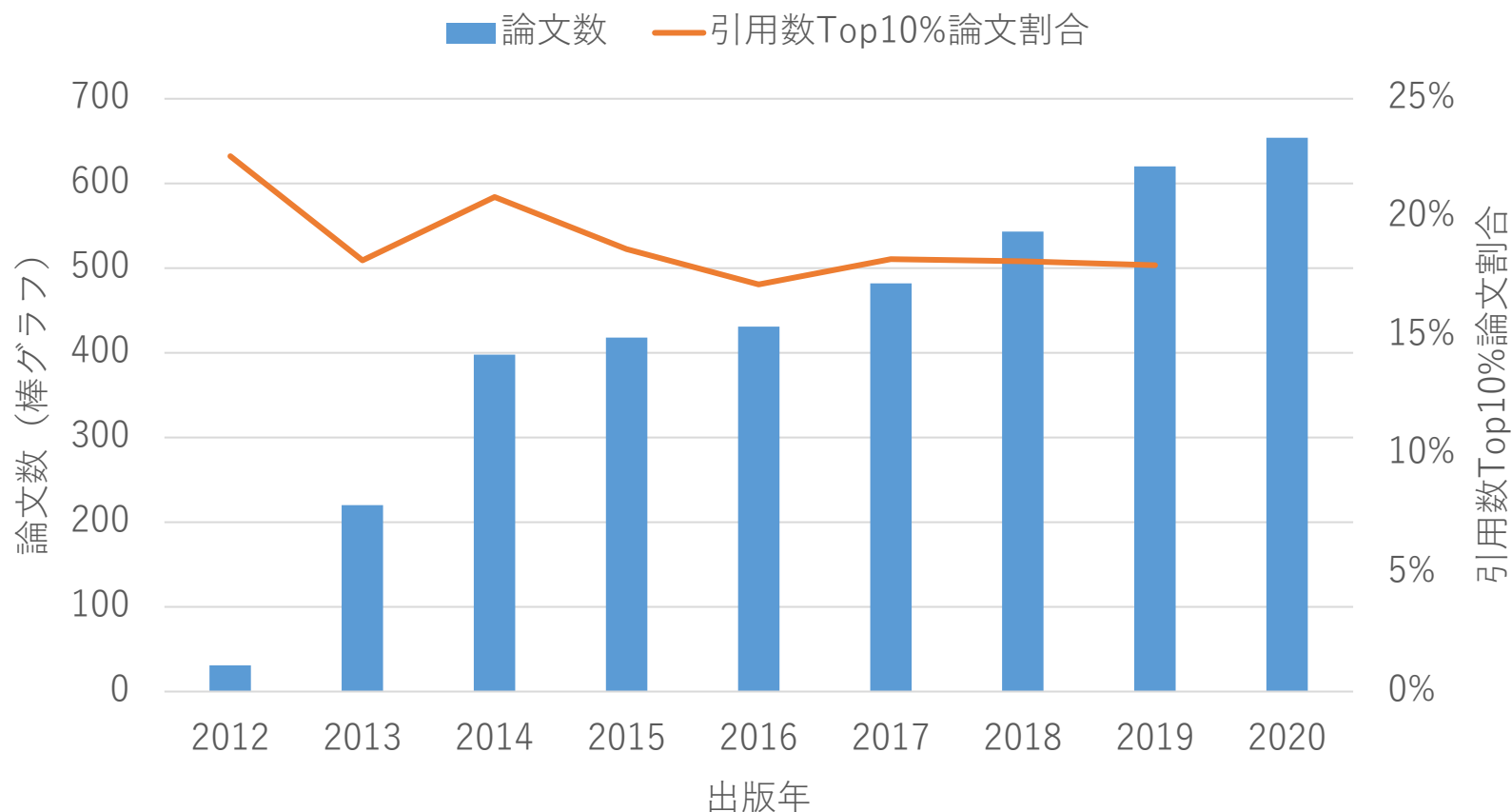
# 元素戦略プロジェクトの分析

---

- 事業成果報告書の記載のみでは分からないエビデンス形成を試行
  - 各拠点に「電子論」「材料創製」「解析評価」の3グループを形成し、物理・化学と材料工学との連携を進めたが、融合がどのように見えるか？
  - 大型施設（Spring-8、J-PARC等）との連携やその効果がみられるか？
  - 商業化に向けた産学連携や知の活用が進んでいるか？

# 元素戦略 4 拠点の論文数推移

引用数の点では、引用数Top10%に入る論文が継続して20%程度あり、極めて高い。  
(同分野・同出版年での引用数Topを計測)

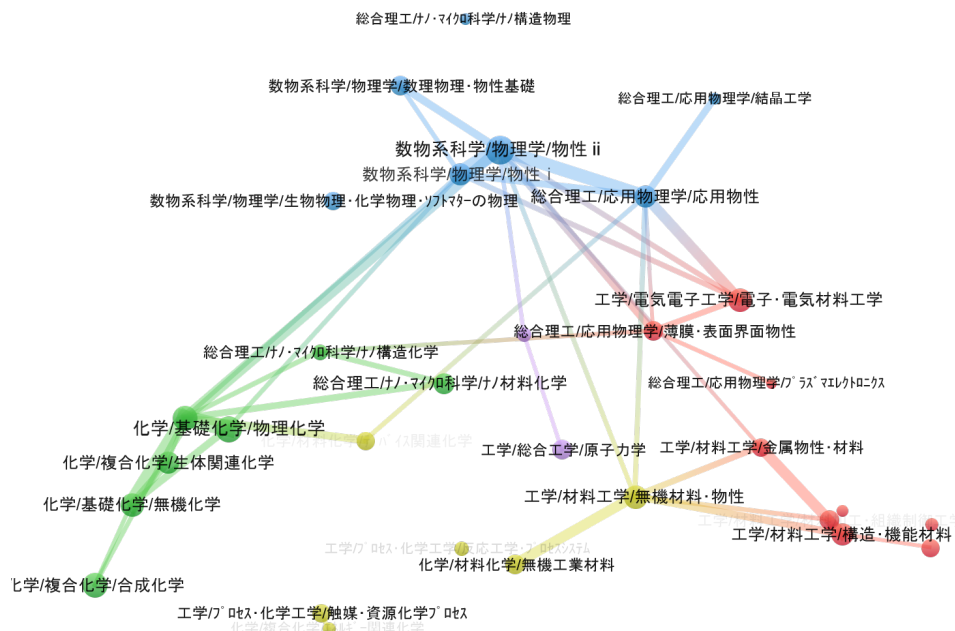
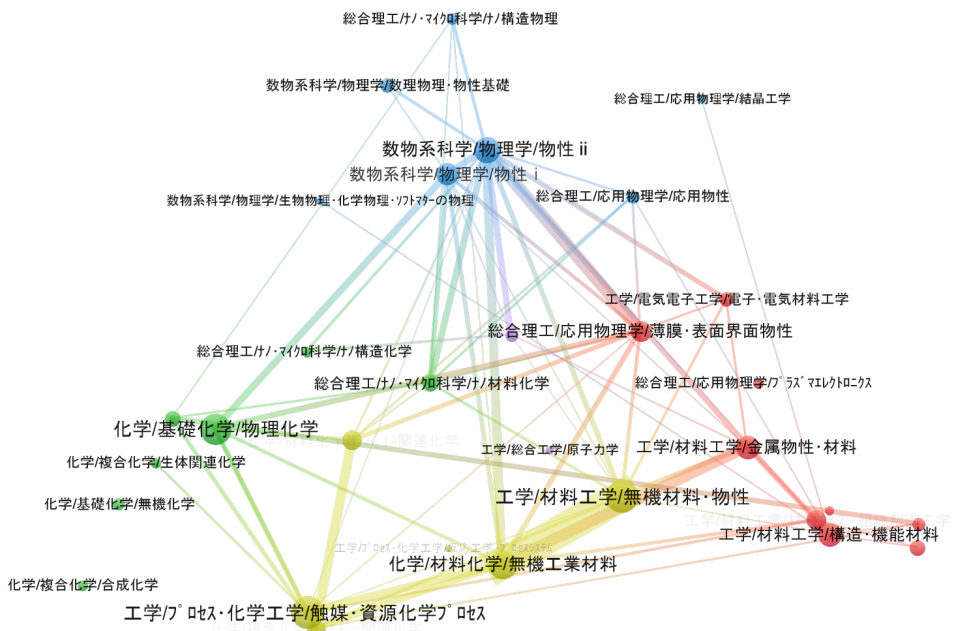


# 元素戦略拠点における専門分野の異なる研究者間の共著関係

研究者に対して、2000年以降の科研費の採択経歴（分担含む）から頻度が最も多い細目を一つ設定。元素戦略拠点の成果（左）と、比較対象の科研費の成果（右）において、研究課題（プロジェクト）参加者内で細目が異なる研究者間の共著論文がどれほどあるかを図示。

## 元素戦略拠点の成果論文

## 参考：同分野研究者の**科研費**成果論文



下部の工学分野と、上部の物理学、左上の化学との結びつき

= 物理・化学と材料工学との連携がみられた？







# 元素戦略と科研費との連携比較 例

	共著相手の専門分野	元素戦略 (N=381)		科研費 (N=10514)		差
		論文数	割合	論文数	割合	
数物系科学/物理学/ 物性 II	総合理工/応用物理学/薄膜・表面界面物性	74	19%	194	2%	18%***
	化学/材料化学/無機工業材料	52	14%	29	0%	13%***
	数物系科学/物理学/物性 I	41	11%	413	4%	7%***
	総合理工/ナノ・マイクロ科学/ナノ材料化学	39	10%	29	0%	10%***
	総合理工/量子ビーム科学/量子ビーム科学	37	10%	103	1%	9%***
	工学/材料工学/金属物性・材料	32	8%	95	1%	7%***
	工学/材料工学/無機材料・物性	29	8%	120	1%	6%***
	工学/電気電子工学/電子・電気材料工学	29	8%	134	1%	6%***
	総合理工/ナノ・マイクロ科学/ナノ構造物理	19	5%	85	1%	4%***
	数物系科学/物理学/数理物理・物性基礎	18	5%	198	2%	3%***
	総合理工/ナノ・マイクロ科学/ナノ構造化学	16	4%	23	0%	4%***
	化学/材料化学/デバイス関連化学	12	3%	77	1%	2%***

	共著相手の専門分野	元素戦略 (N=268)		科研費 (N=2127)		差
		論文数	割合	論文数	割合	
材料工学/金属物性・ 材料	化学/材料化学/無機工業材料	68	25%	9	0%	25%***
	工学/材料工学/材料加工・組織制御工学	33	12%	63	3%	9%***
	数物系科学/物理学/物性 II	32	12%	95	4%	7%***
	工学/材料工学/無機材料・物性	31	12%	158	7%	4%*
	工学/電気電子工学/電子・電気材料工学	13	5%	40	2%	3%***
	総合理工/量子ビーム科学/量子ビーム科学	9	3%	22	1%	2%***

# 大型研究施設との連携・利用

著者住所あるいは謝辞に以下の機関が入っている論文	論文数		引用数 Top10% 割合
SPring8	309	7.2%	19%
J PARC	39	0.9%	13%
KEK	292	6.8%	9%
(参考) 元素戦略拠点全論文			18%

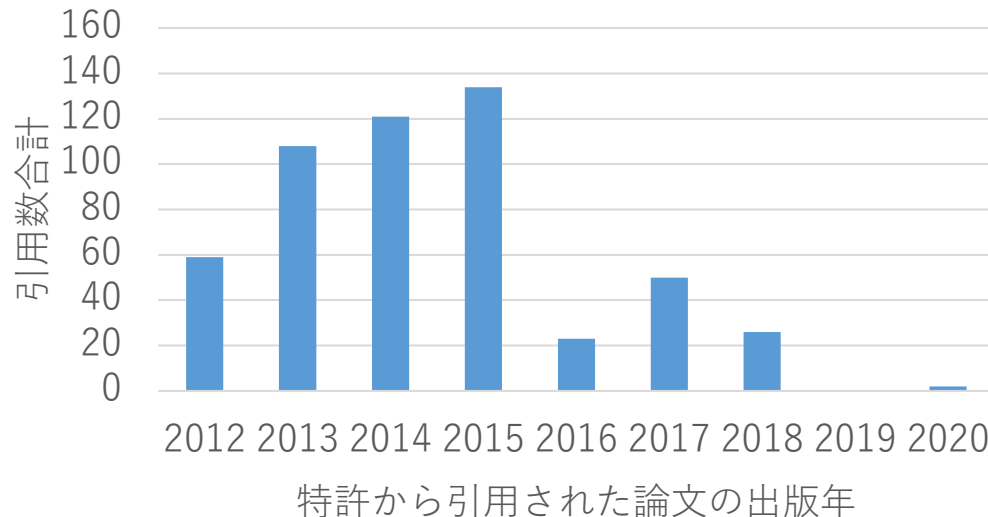
引用数からみると元素戦略拠点は全体的に高く、施設と組んでいる場合に引用数が高いという傾向はない。

# 産学連携・知識の活用

表 民間企業を含む論文

拠点	著者に民間企業が入っている論文	
触媒電池	113	6.4%
磁性材料	61	21.6%
電子材料	43	3.5%
構造材料	45	10.9%

特許から元素戦略論文への引用



データ：SciValを用いた計測

表 特許からの引用が多い論文

拠点	トピック	特許からの引用数
触媒電池拠点	ナトリウムイオン電池,電極,イオンストレージ	32
触媒電池拠点	電極,固体電解質,ガーネット	30
電子材料拠点	アルミン酸カルシウム,電子放出,脱皮膜	23
電子材料拠点	アルミン酸カルシウム,電子放出,脱皮膜	18
構造材料拠点	電解質,バリウムジルコネート,プロトン伝導度	16
触媒電池拠点	固体電解質,エチレンカーボネート,グラファイト	12
触媒電池拠点	有機EL,1H-フェナントロ(9,10-D)イミダゾール,エレクトロ・ルミネッセンス	11

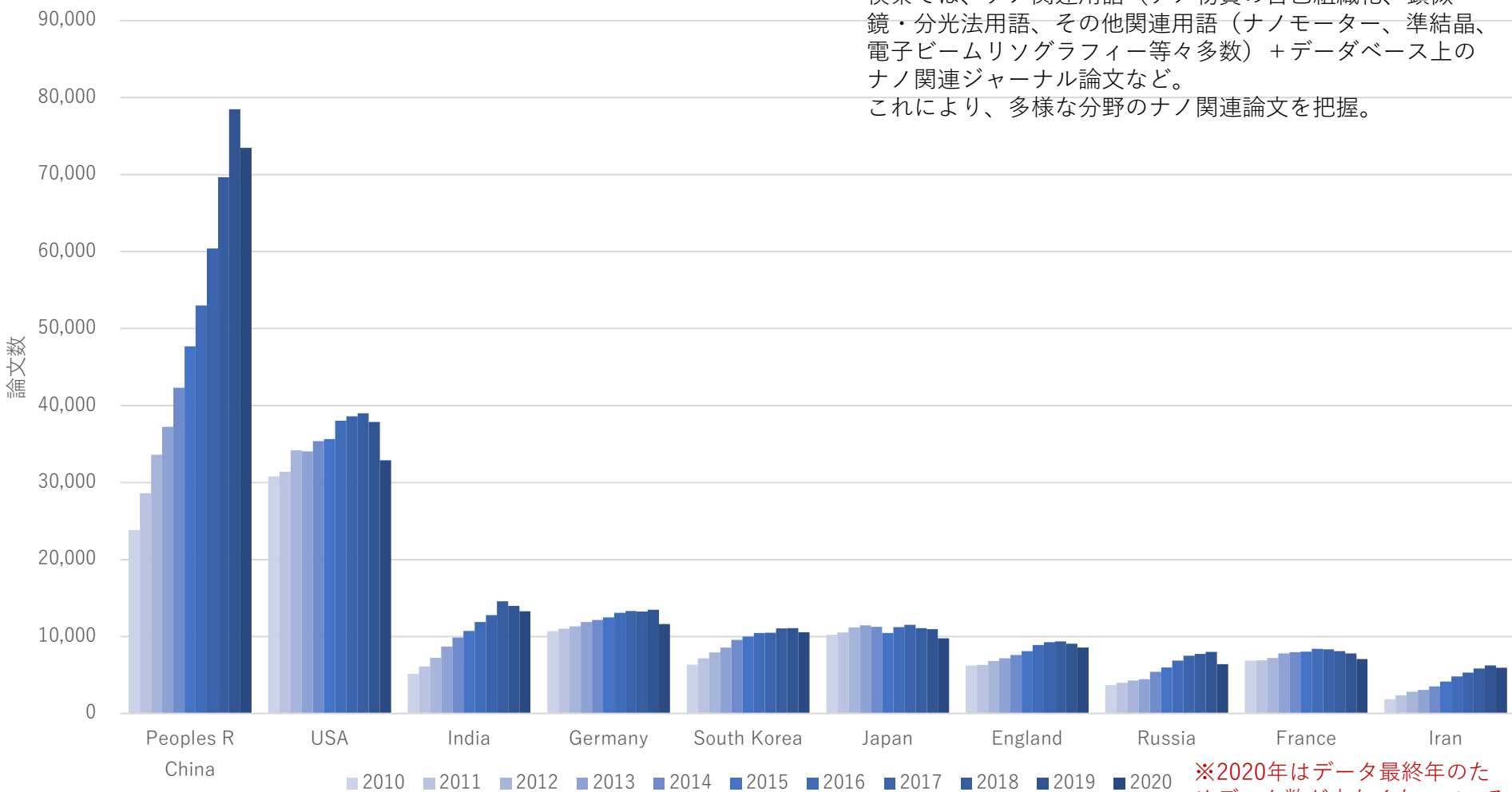
データ：SciValより

# ナノ・材料分野全体の中での各プログラムの効果

# 「ナノサイエンス・ナノテク関連論文」数の推移

- 米国ナショナル・ナノテク・イニシアティブ(NNI)など、2000年代以降、各国でナノナノテク推進政策。
- ナノサイエンスおよびナノテクは多様な学問分野と関係するため、論文数計測のための分野設定が難しい。いくつかの方法が科学計量学において検討されてきた。
- 以下は米国ナショナルアカデミーによる米国NNIの政策評価レポートでも用いられているWang et al.(2019)の方法を用いて測定。

検索では、ナノ関連用語（ナノ物質の自己組織化、顕微鏡・分光法用語、その他関連用語（ナノモーター、準結晶、電子ビームリソグラフィ等々多数）+データベース上のナノ関連ジャーナル論文など。これにより、多様な分野のナノ関連論文を把握。



※2020年はデータ最終年のためデータ数が少なくなっている

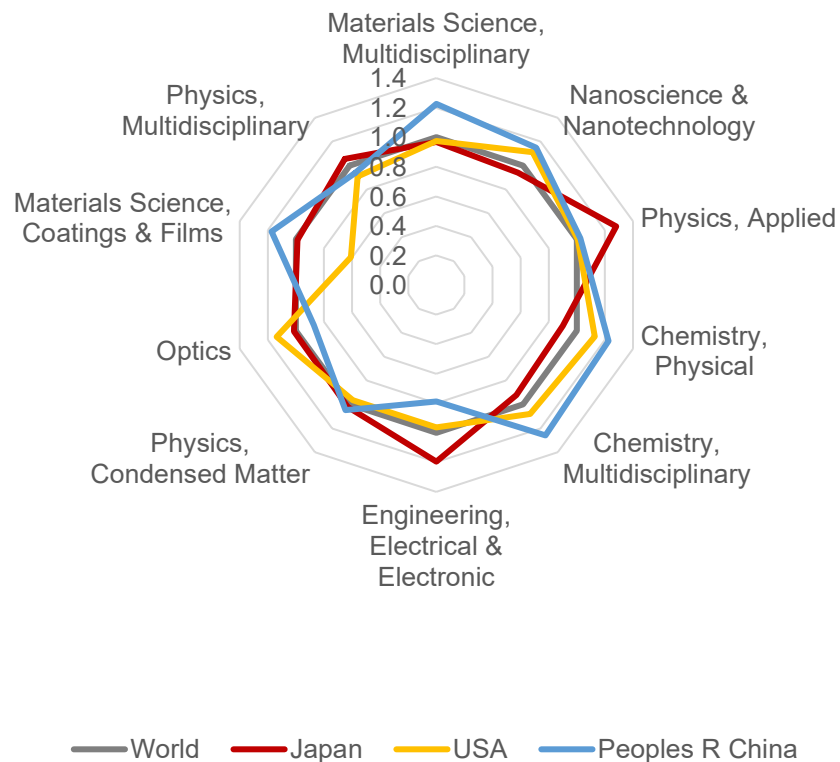
# ナノサイエンス・ナノテク関連論文の分野構成

論文データベース上の分野カテゴリ (WC)	論文数	割合 (重複があるため、合計は100%を超える)
Materials Science, Multidisciplinary	637,719	30%
Nanoscience & Nanotechnology	474,804	22%
Physics, Applied	468,339	22%
Chemistry, Physical	329,975	15%
Chemistry, Multidisciplinary	252,419	12%
Engineering, Electrical & Electronic	244,742	11%
Physics, Condensed Matter	214,631	10%
Optics	153,893	7%
Materials Science, Coatings & Films	92,909	4%
Physics, Multidisciplinary	91,277	4%
その他		
<b>合計</b>	<b>2,151,586</b>	<b>100%</b>

日本はPhysics, appliedやPhysics MultidisciplinaryおよびEngineering, Electrical & Electronicの割合が他国よりも相対的に高い

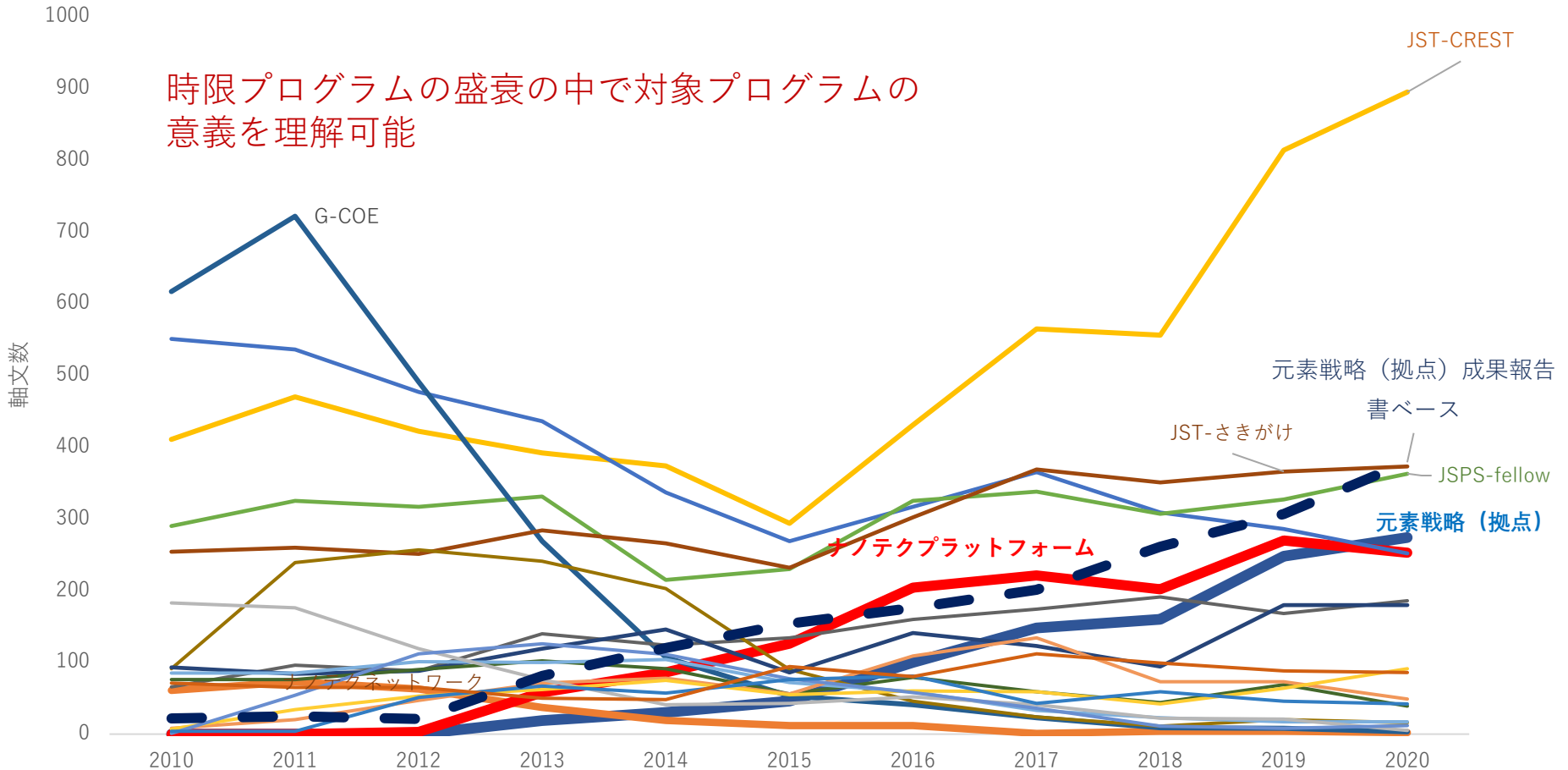
(ただし、Engineering, Electrical & Electronicは近年大幅に減少)

日本はナノバイオがナノ・材の視点から抜けがちなことが懸念されたが、論文数割合では若干低い程度で顕著な差は見られなかった。



# 日本住所のナノサイエンス／ナノテク関連論文(2010-2020年)の謝辞に記された資金源ごとの論文数推移(WoSを用いて計測)

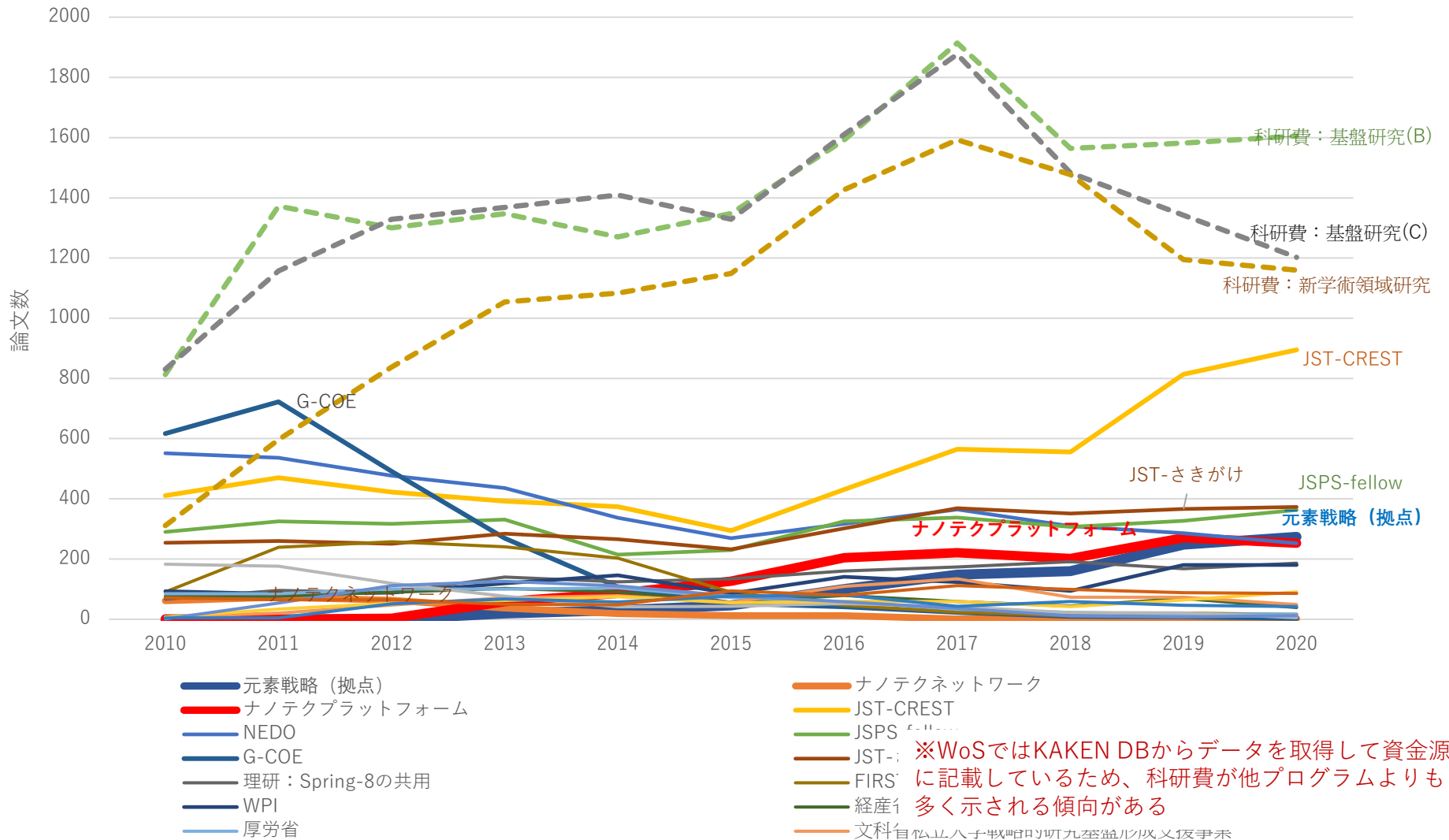
時限プログラムの盛衰の中で対象プログラムの意義を理解可能



- 元素戦略 (拠点)
- ナノテクネットワーク
- ナノテクプラットフォーム
- JST-CREST
- NEDO
- JSPS-fellow
- G-COE
- JST-さきがけ
- 理研：Spring-8の共用
- FIRST
- WPI
- 経産省
- 厚労省
- 文科省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業
- 振興調整費
- JST研究成果最適展開支援プログラム
- NEXT
- 文科省HPCI戦略プログラム
- ERATO
- 元素戦略 (拠点) 成果報告書ベース

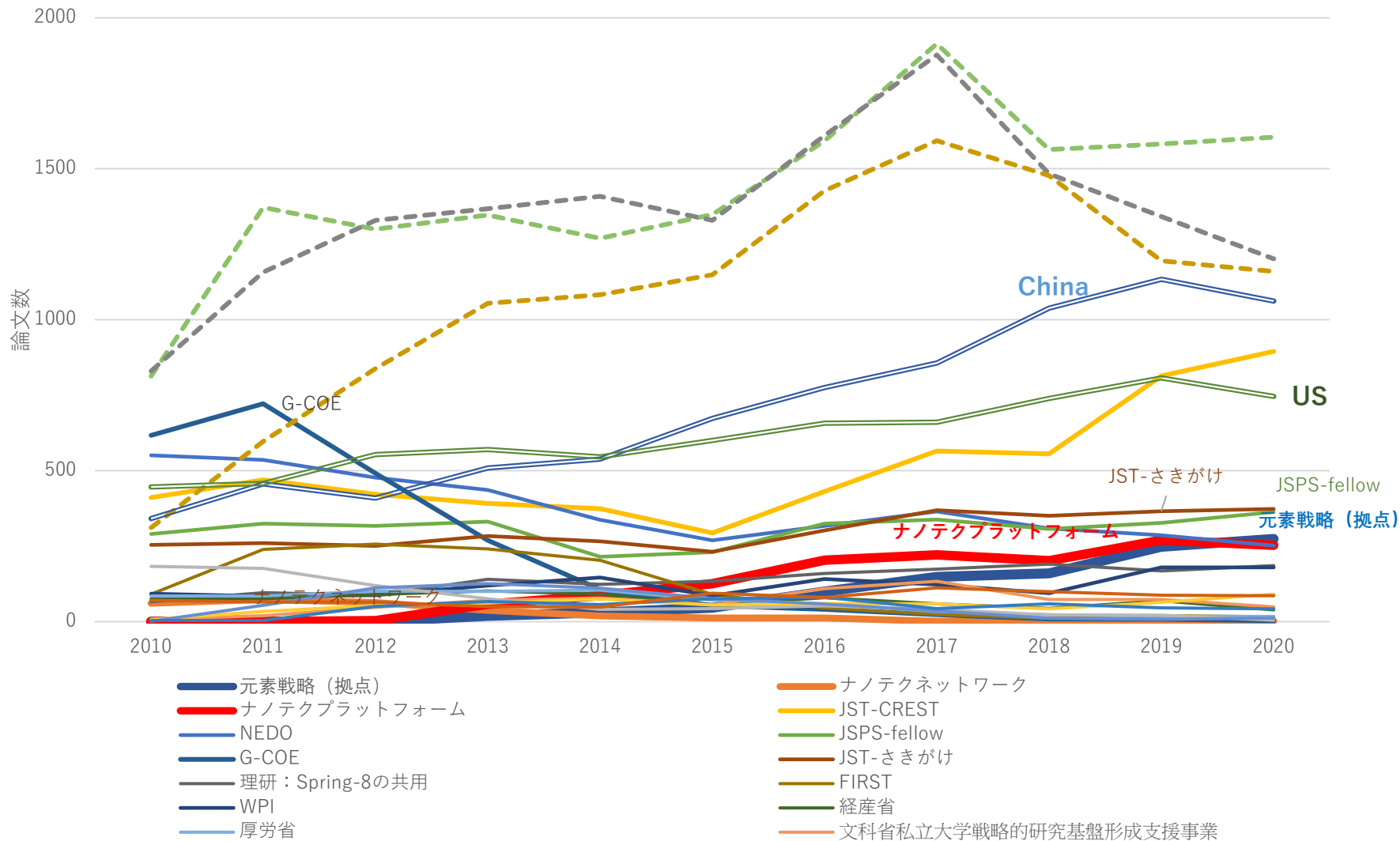
※JSTのCREST, さきがけは謝辞でなく住所への記載も多いため、それも含む

## 日本のナノサイエンス、ナノテク関連論文における資金源への謝辞



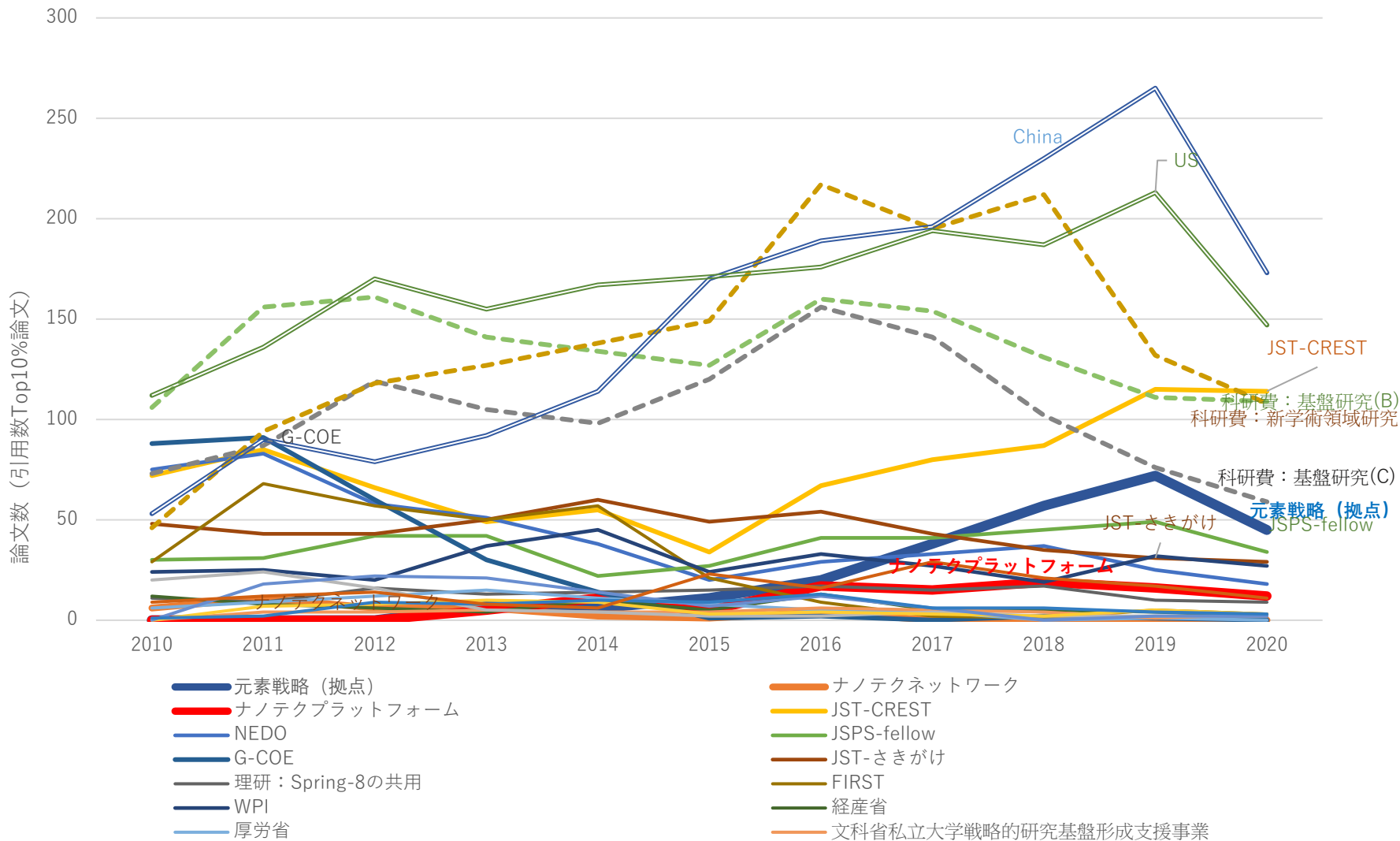


# 日本のナノサイエンス、ナノテク関連論文における資金源への謝辞



# 日本住所のナノサイエンス／ナノテク関連引用数Top10%論文(2010-2020年)の謝辞に記された資金源ごとの論文数推移(WoSを用いて計測)

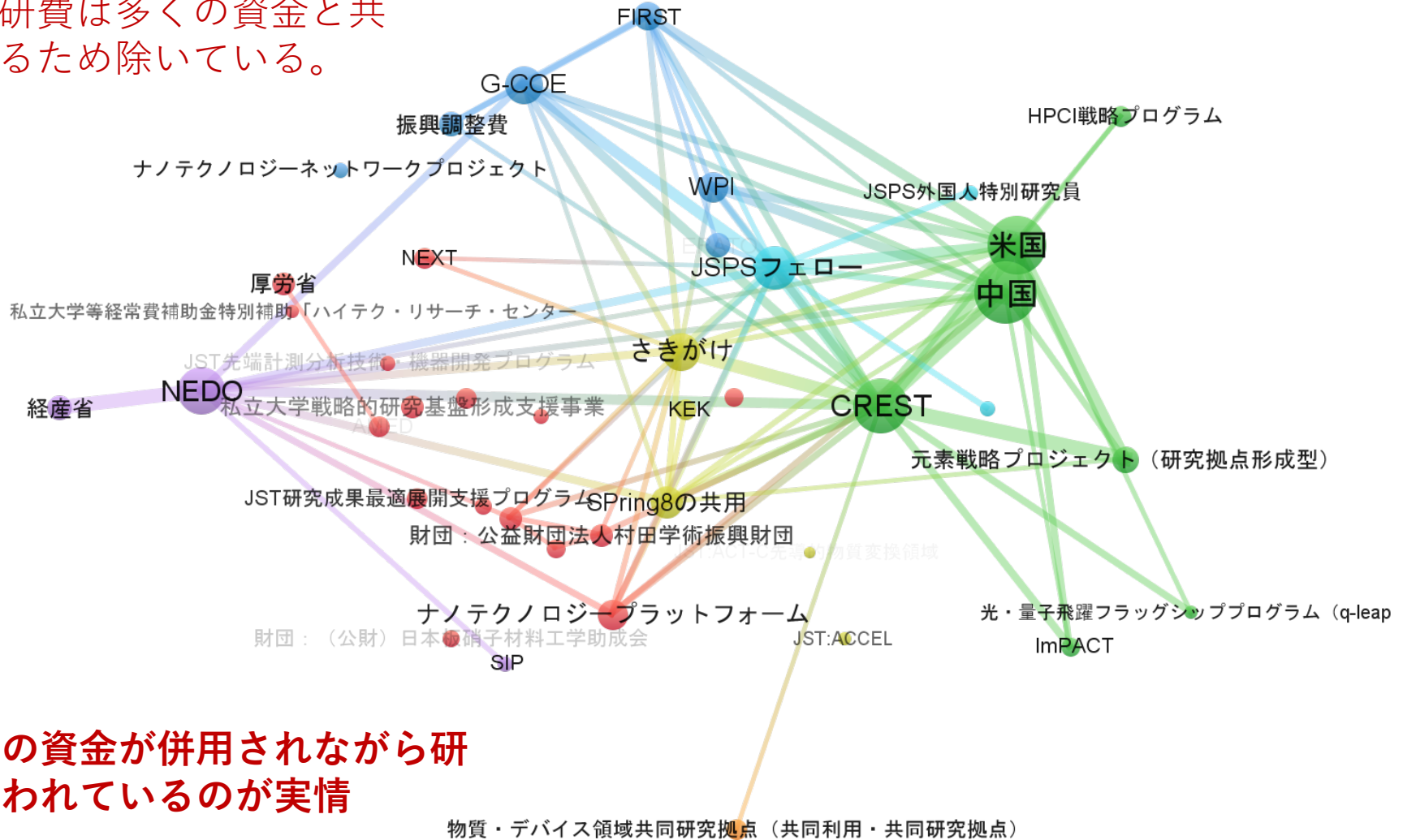
日本のナノサイエンス、ナノテク関連論文における資金源への謝辞



# ナノサイエンス・ナノテクの研究成果における 資金源の共起(2010-2020年)

次世代スーパーコンピュータプロ:

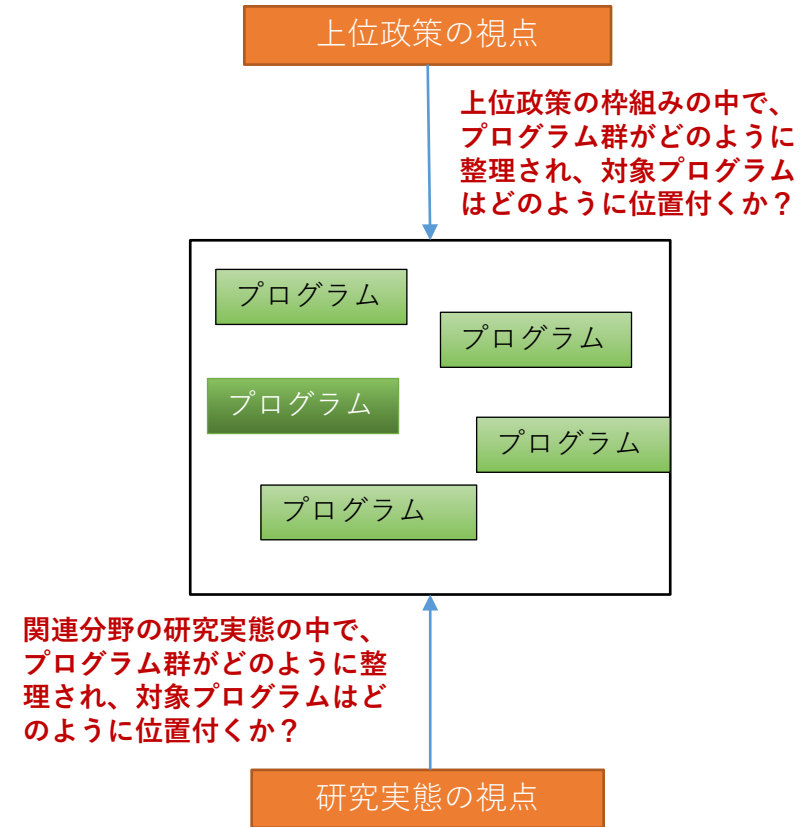
※科研費は多くの資金と共起するため除いている。



※多くの資金が併用されながら研究が行われているのが実情

# 政策の構造の変化

- 内閣府の司令塔機能強化にともない、分野別戦略が内閣府により作成され、各府省の施策・事業はそれとの関係を踏まえて正当化されるようになりつつある。
- ナノ・材料（マテリアル分野）の国の戦略の中で、関連する施策・事務事業群とはどのような範囲か？
  - 様々な研究開発事業や普及促進事業の中で、各施策・事業の位置づけを検討する必要がある。
  - 分析：分野別戦略文書を基に、関連施策・事務事業を識別。



# 分析：具体的方法



マテリアル・AI・バイオ・環境・量子 の5分野に関して、  
研究分野の戦略を規定する文書

マテリアルに関しては  
内閣府「マテリアル革新力強化戦略」or 文部科学省「ナノテクノロジー・材料科学技術研究開発戦略」  
それ以外の4分野に関しては内閣府 分野戦略・統合戦略該当章・CRDS 俯瞰報告書ES



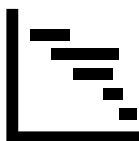
分野を特徴づけるキーワードと重みの抽出

- ① 上記文書からJST科学技術シソーラス及び大規模辞書に含まれる名詞（複合名詞を含む）と出現頻度を抽出
- ② 5分野全てに出現する単語及び省庁名・機関名・長さ一文字の単語を除外
- ③ 今回は材料分野に注目するため、材料分野の出現頻度が3回未満の単語を除外
- ④ 各単語・各分野ごとのtf-idf値を計算し、tf-idf値を単語ごとに5分野の平均が0、標準偏差が1になるように標準化
- ⑤ 分野ごとに標準化したtf-idf値の上位最大100単語をキーワードとし、標準化前のtf-idf値をそのキーワードの重みとする



行政事業を一覧する文書

行政事業レビューシートの「事業名」と「事業の目的」と「事業概要」を連結したテキストを用いる



行政事業と分野別戦略の関連度の定量化

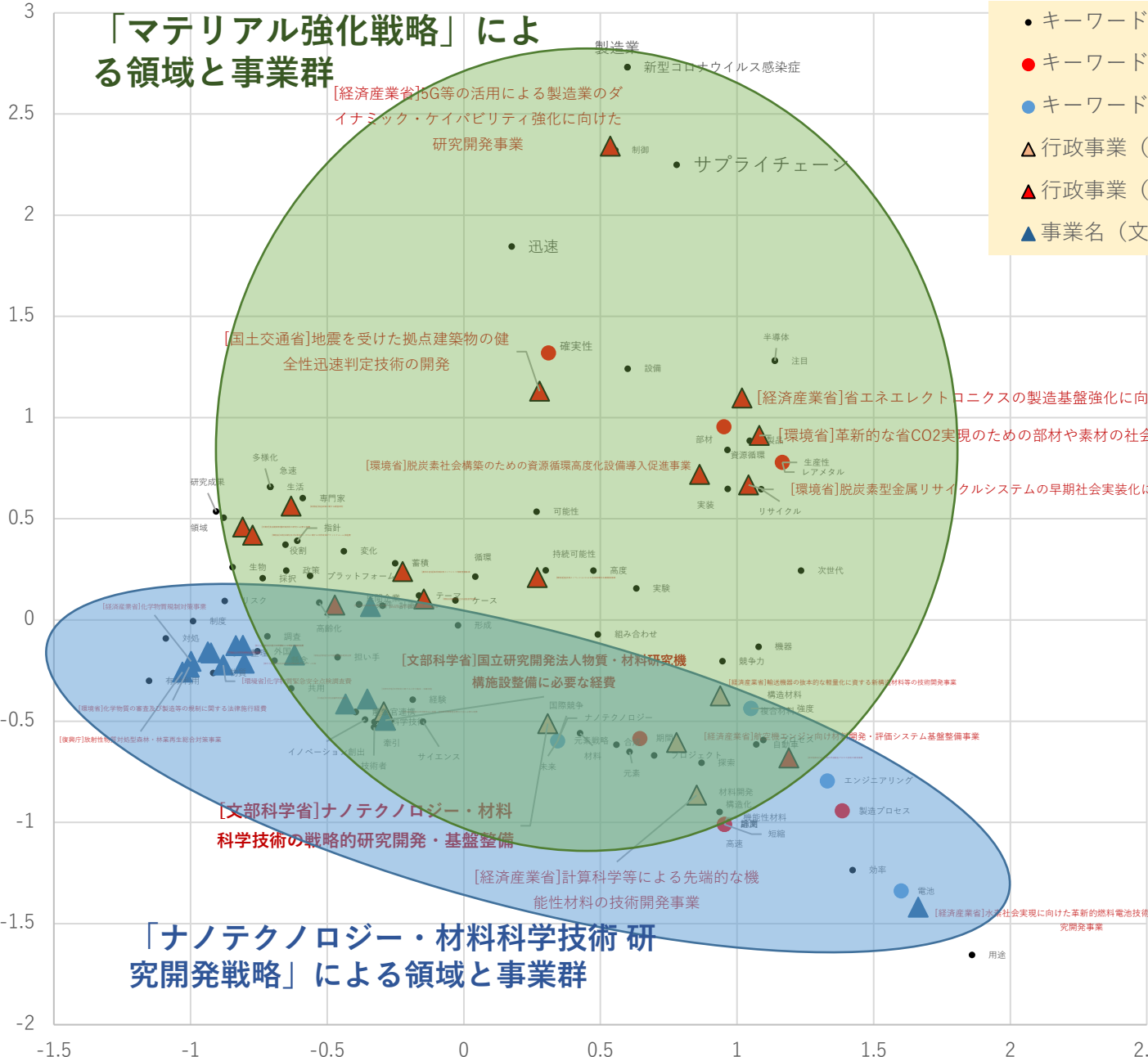
各事業のテキストを上記のキーワードを重み×出現頻度でスコアリンク

分析の視点：

これまでの基本文書である**文部科学省（2018）「ナノテクノロジー・材料科学技術研究開発戦略」**と  
新たな基本文書である**内閣府（2021）「マテリアル革新力強化戦略」**とでど  
のように全体像は変わるのか

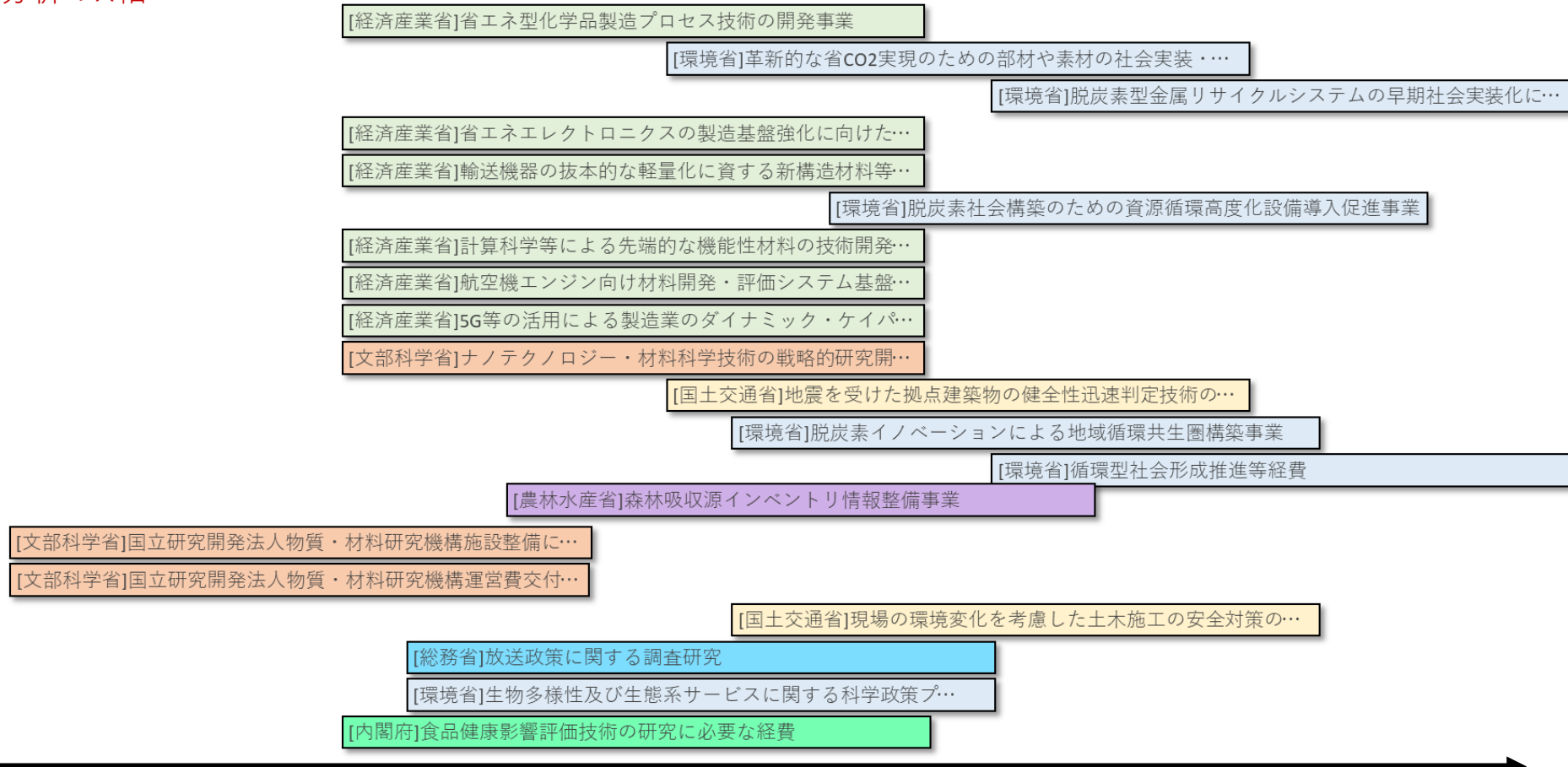
# キーワードと行政事業のコレスポンス分析

- キーワード
- キーワード (内閣府 マテリアル戦略 上位20)
- キーワード (文科省 ナノ材戦略 上位20)
- ▲ 行政事業 (内閣府・文科省 共通上位20)
- ▲ 行政事業 (内閣府マテリアル戦略 上位20)
- ▲ 事業名 (文科省 ナノ材戦略上位20)



# 橋渡し構造の検討

コレスポンデンス  
分析のX軸



運営費交付金、研究開発のため  
の資本財調達

研究開発

実用化・事業化

普及

CSTI科技判定に基づく  
TRLの指標化

# まとめ

---

- 様々なデータをもとに、分野の専門性を有する方々が議論をすることが必要
  - 「元素戦略拠点」のようなプログラムの中では何が実現されたのか。
  - 分野全体のマクロな視点からみて、プログラムについて何を考えるべきか。
- 本日の資料等を契機に、どのようなことが知りたいか (learning agenda) が表明されると、エビデンスに基づく政策形成がより発展することが期待される。