Deloitte.
デロイト トーマツ

総務省委託事業

ICT 分野における国際連携推進のための調査検討

報告書概要

令和 5 年 3 月 31 日

有限責任監査法人トーマツ

「ICT分野における国際連携推進のための調査検討　報告書」の概要

調査検討の目的

社会問題の解決の糸口であるICTの利活用を効果的に推進すべく、アジア圏を中心とした国々との効果的な国際連携の実施に向けた我が国の取り組みについて検討するとともに、我が国の企業・大学が自走的に国際連携を進めていくことに資する情報を整理することを調査検討の目的とする。

背景

- 高齢化による生産人口の減少、学力の低下、地球温暖化など、我が国における社会問題は多様化・深刻化していくことが見込まれている。そのような状況下、情報通信技術（以下、ICTと呼ぶ）の利活用がこれら社会問題の解決に貢献することが期待されている。
- インターネットの普及に伴うデータの爆発的増大（ビッグデータ）やディープラーニングを起点とする第三次AIブームなど、ICTを取りまく状況は世界規模で急速に進行している。このような中、ICT分野における技術の研究開発や社会普及、ルール形成については諸外国との国際連携を伴った活動、とりわけ国際連携の形式の中でもより深い連携である国際共同研究を行い、研究開発の初期段階から戦略的に海外パートナーづくりを強化する重要性が増している。
- これまで総務省においては戦略的情報通信研究開発推進事業（SCOPE）等の取り組みの中で国際共同研究を進めており、欧米諸国を中心としたパートナーシップと成果創出が進んでいるものの、今後、国際連携の取り組みを更に発展させていくためには、欧米諸国との連携に加え、経済成長が著しいアジア圏を中心とした他の国々においても、取り組みを拡大していくことが望ましいと考えられる。

調査検討の内容と報告書の構成

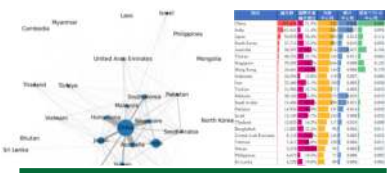
本調査検討では、国際連携の取り組みを定量的・定性的に分析して状況を整理し、ICT分野においてアジア圏を中心とした国々から連携すべきパートナーと連携方法を検討した。
本報告書はその結果を、我が国の目指すべき方向性とこれに向けた企業・大学への提言とともに示す。

第1章 ICTを取り巻く状況と本調査検討について

- 調査検討の背景と目的に加え、**多様な要素の組み合わせから成る膨大な情報の中から本調査検討に有用な情報を抽出**するための、調査検討に当たっての基本的な考え方と進め方、調査範囲と区分を整理した。

第2章
アジア圏を中心としたICT分野の国際共同研究の状況の分析

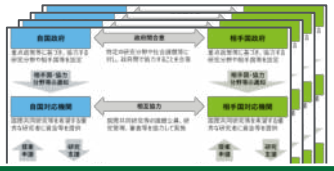
- より深い国際連携「国際共同研究」の成果**「論文」に焦点を当て、ICT分野の国際共同研究状況を定量的に分析**した。



国・機関ごとの定量分析結果

第3章
国際連携の方式の整理と分析

- 世界の国際連携プロジェクト事例を収集、**国際連携の方式をパターン化、メリット・デメリット等の特徴を分析**した。



国際連携の方式パターン分析結果

第4章
ICT分野の国際連携に係るヒアリング調査

- **ICT分野の国際連携の経験者にヒアリングを実施**、取り組みや成功のポイント・課題等、**分析の補完・詳細化**を行った。

ヒアリング調査結果

第5章 アジア圏を中心と下ICT分野の国際共同研究の状況の分析

- 以上の結果を踏まえ、社会問題の解決の糸口であるICTの利活用を効果的に推進すべく、**アジア圏を中心とした国々との効果的な国際連携の実施に向けた我が国の取り組みについて検討するとともに、我が国の企業・大学が自走的に国際連携を進めていくことに資する情報を整理**した。

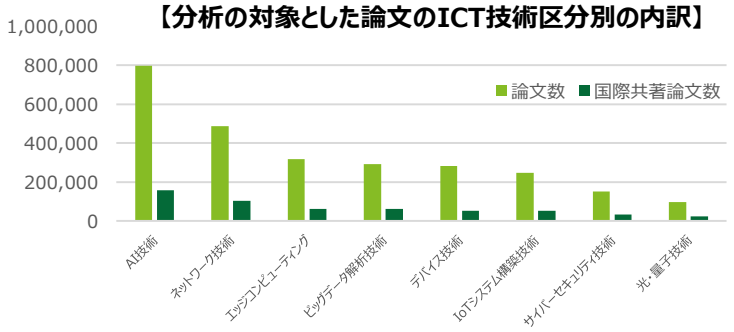
アジア圏を中心としたICT分野の国際共同研究の状況の分析（第2章）

ICT論文を用いた国際共同研究の状況の把握

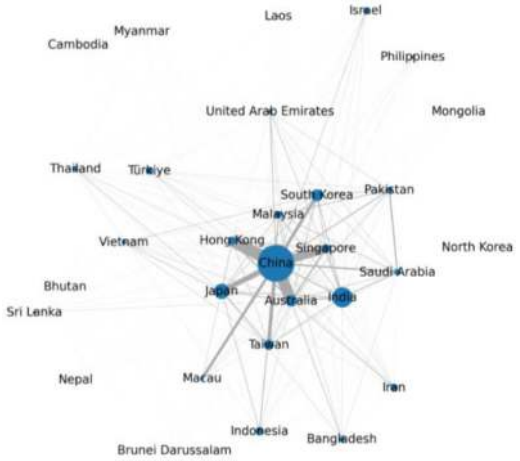
数ある国際連携の方式のうち、より深い国際連携の形式である「国際共同研究」に焦点を当て、その結果である「論文」について、ICT分野の技術区分ごとの論文数や国際共著論文数、さらに共著関係から導かれる国際共著ネットワークを定量的に分析し、国ごとのICT分野の国際共同研究の状況を把握した。

- IEEE Xplore[1]とACM Digital Library[2]の2つの論文データベースに含まれる2016年から2022年に発行された論文について、論文ごとに付与されるメタデータの国・機関名の表記ゆれの対策と、**論文に付与されたキーワードに基づく各論文のICT技術区分への対応付け**を行い、**計1,772,843件の論文を分析**対象とした。
- 分析の対象とした全論文のうち、国際共著論文の割合は、19.1%であった。ICTの技術区分すべてにおいて、この割合は同程度であり（18.6%～22.3%）、技術区分による国際共著論文の割合の目立った違いは見られなかった。
- **国際共同研究における国同士の関係性を分析するため、国際共著ネットワークを作成**した。国際共著ネットワークは、分析対象論文に含まれる著者の所在国をノード（点）とし、分析対象論文のうち、国際共著論文の著者の所在国同士をエッジ（線）で結んだネットワークである。本ネットワークにおける国の関係性を評価するため、各種分析の指標を導入し、**国ごとのICT分野の国際共同研究の状況を把握**した。

【分析の対象とした論文のICT技術区分別の内訳】



【国際共著ネットワーク】



【国ごとのICT分野の国際共同研究の状況】

国名	論文数	国際共著論文割合	次数中心性	媒介中心性	固有ベクトル中心性
China	571,656	21.3%	245	0.048	0.600
India	167,641	11.4%	216	0.037	0.094
Japan	94,078	20.4%	195	0.013	0.114
South Korea	57,715	23.5%	202	0.010	0.093
Australia	50,597	52.1%	176	0.027	0.194
Taiwan	40,755	22.7%	153	0.011	0.065
Singapore	29,509	55.7%	166	0.008	0.135
Hong Kong	26,661	66.4%	144	0.006	0.170
Indonesia	26,594	10.8%	119	0.007	0.006
Iran	22,460	31.1%	150	0.005	0.030
Türkiye	21,985	22.7%	177	0.003	0.023
Malaysia	20,165	33.5%	172	0.025	0.019
Saudi Arabia	15,406	63.1%	190	0.021	0.050
Pakistan	14,955	46.8%	137	0.014	0.033
Israel	13,169	39.7%	153	0.008	0.035
Thailand	13,033	16.3%	117	0.010	0.008
Bangladesh	11,882	22.4%	95	0.004	0.011
United Arab Emirates	8,110	56.5%	145	0.005	0.025
Vietnam	7,411	43.8%	128	0.006	0.012
Macau	5,270	72.6%	95	0.003	0.037
Philippines	4,673	10.5%	77	0.008	0.002
Sri Lanka	4,220	19.0%	89	0.006	0.004
Myanmar	485	29.5%	21	0.000	0.000
Nepal	288	35.1%	52	0.005	0.000
Laos	251	48.6%	34	0.002	0.001
Brunei Darussalam	238	57.6%	36	0.003	0.000
Mongolia	218	50.5%	36	0.005	0.001
Cambodia	88	55.7%	29	0.013	0.000
Bhutan	60	33.3%	16	0.003	0.000
North Korea	30	56.7%	3	0.000	0.000

【分析の指標】

指標	概要
論文数	ある国・機関から発行された論文の総数。国・機関ごとの研究力や投入された研究資金に概ね相関すると考えられる。
国際共著論文割合	ある国・機関から発行された論文の総数（論文数）に占める国際共著論文数の割合。
次数中心性	ある国・機関と共著が行われたことのある他の国・機関の総数。
媒介中心性	ある国・機関が含まれる共著ネットワークにおいて、ネットワークに含まれる任意の2つのノード間の最短経路に、何度その国・機関が含まれるかを示す指標。
固有ベクトル中心性	ある国・機関が含まれる共著ネットワークにおいて、ネットワークに含まれるその他の中心的な国・機関と、その国・機関がどの程度関連しているかを示す指標。**次数中心性と媒介中心性とは異なり、国・機関同士の関係の強さを考慮する指標であり、他の国・機関との関係性を源泉とした優位性を表すと考えられる。**

[1] IEEE Xplore, https://ieeexplore.ieee.org
[2] ACM Digital Library, https://dl.acm.org

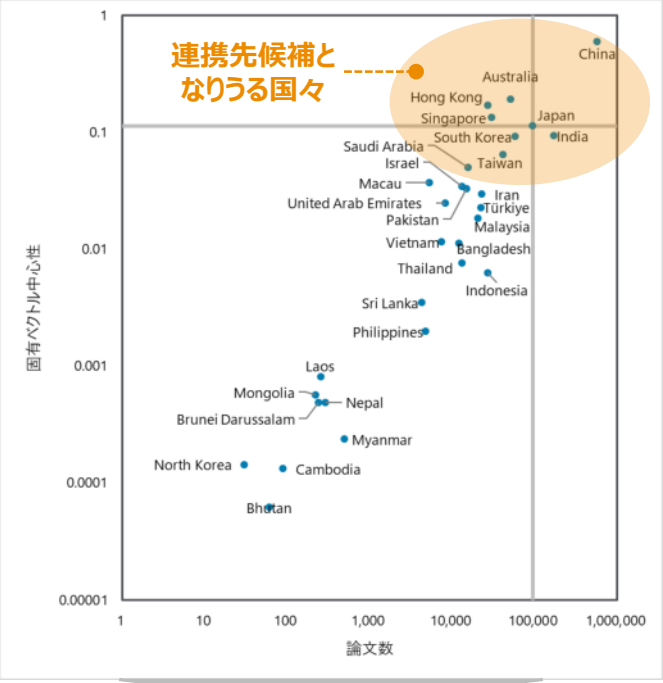
アジア圏を中心としたICT分野の国際共同研究の状況の分析（第2章）

連携先候補となりうる国々と25機関の特定

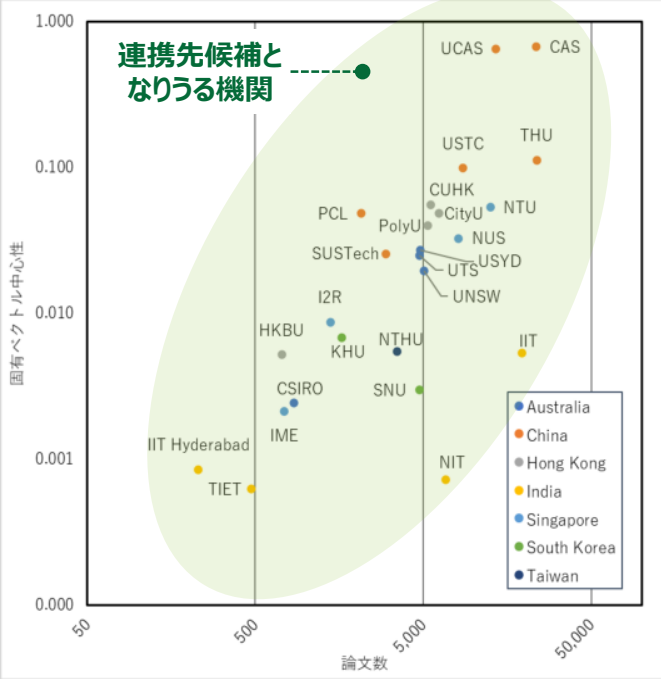
研究力を示す「論文数」と関係性を示す「固有ベクトル中心性」を用いて国・機関ごとの特徴を分類・整理し、連携先候補となりうる国々と25機関を特定した。各国のICT技術区分の得手・不得手、並びに、国際共同研究の突出した成果に寄与しうる25機関それぞれの取り組みを調査・分析した。

- 連携先候補となりうる国々として、グローバルを牽引する「中国」、交流を核とする「オーストラリア」「香港」「シンガポール」、独自路線を突き進む「インド」、日本と近い状況にある「韓国」「台湾」を特定。それぞれの**得手・不得手の分析**を実施。
- 連携先候補となりうる機関として、上記国々において突出した成果を上げている25機関を特定。**国際共同研究の突出した成果に寄与しうる25機関それぞれの取り組みの調査・分析**を実施。

【国ごとのICT分野の国際共同研究の状況】



【機関ごとのICT分野の国際共同研究の状況】



【各国のICT技術区分の得手・不得手】

ICTの技術区分	得手とする国	不得手とする国
AI技術	（ICT分野全体のプロットと技術区分ごとのプロットと比べて相対的な位置に大きな差が見られなかったため、得手・不得手の分析はできなかった）	
IoTシステム構築技術	オーストラリア シンガポール 韓国 インド	日本
エッジコンピューティング	韓国	該当国なし
サイバーセキュリティ技術	オーストラリア インド	日本
デバイス技術	日本 韓国 台湾 インド	オーストラリア
ネットワーク技術	韓国	オーストラリア
ビッグデータ解析技術	香港	該当国なし
光・量子技術	日本	インド

【各機関の国際共同研究に係る取り組み（大項目のみ）】

	ヒト（人材、人材間の関係、コミュニケーション、組織等）	モノ（技術、設備、情報、知財、ルール、規制等）	カネ（資金、支援、事業、時間等）
入口（国際連携のきっかけ）	• 国際教育 • 学際教育 • キャリア教育 • 国際連携支援	• 国際連携を目指した情報開示 • 目的の明確化と戦略の策定	• 機関独自の奨学金制度の整備 • 国の奨学金制度の整備
中身（国際連携中の取り組み）	• スタッフの国際性 • 企業の人材育成サポート	• 有益な中間成果物の出し合い • 世界への方針や姿勢の発信 • 海外法規則等への対応に係るナレッジの共有	• 助成金・補助金の整備 • 奨学金制度の整備
出口（国際連携の成果）	• 企業へ人材の紹介	• 知的財産の管理 • ライセンスの供与 • 国際標準化への参加 • 連携プラットフォームの強化	• 商業化 • 産業界コンソーシアムの形成

国際連携の方式の分析とヒアリング調査（第3章、第4章）

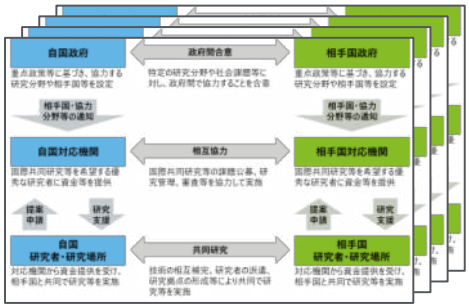
国際連携プロジェクトの事例収集と連携方式の整理

世界で実施されている国際連携プロジェクトの事例を幅広く収集し、これを国際連携の方式の観点でパターン分類して整理、それぞれのパターンにおけるメリット・デメリット等の特徴の分析を行うことで、相手先候補の特徴に適した国際連携の方式の検討を可能にした。

【国際連携プロジェクトを収集（151件）】

国際連携の主たる目的	国際連携の形式	国際連携の方式の例
つくる（技術獲得・研究推進）	研究	二国間共同研究
		多国間共同研究
		国際懸賞金事業
		国際研究委託
	コミュニティ形成	国際学会・国際シンポジウム
	教育	留学支援
広める（社会普及）	展示・宣伝	国際見本市・国際展示会
守る（ルール形成）	協定	国際協定
	標準	国際標準

【国際連携の方式を12パターンに分類】



➢ 「資金」、「研究場所」、「政府等の関与」、「対応機関等の関与」、「研究者等の関与」の**5つの分類軸を設定しパターン分類、整理**

分類軸ごとのメリット・デメリットの分析により、連携先の特徴に適した国際連携の方式の検討が可能に

ICT分野における国際連携のヒアリング調査

ICT分野における国際連携について、経験・知見を持つ方々へ、取り組み事項や成功のポイント・課題等のヒアリングを実施。以上の調査と分析における分析の観点の補完、及び、より詳細な情報の取得を行った。

【ヒアリング対象者（合計11名）の国際連携の取り組み等の内訳】

関連する業界	関連する技術分野	国際連携の取り組み	役職
情報・通信（7）,電気・製造（3）,金融（1）,製薬（1）,ヘルスケア（1）,宇宙（1）	画像・映像・音声（3）,情報・通信（2）,符号化技術（2）,金融インフラ（1）,製薬（1）,センシング（1）,データベース（1）,バイオメトリクス（1）	国際共同研究（6）,国際標準化（4）,国際組織開発（3）,国際事業展開（2）,国際法規対応（1）,国際渉外（1）,国際調査（1）,国際教育（1）,国際知財戦略（1）,オープンソースプロジェクト（1）	研究員（5）,国際組織長（3）,研究所長（2）,渉外活動責任者（1）,標準化団体国際議長（1）,教育者（1）,経営者（1）

【ヒアリング対象者の国際連携の取り組み事項】

	ヒト（人材、人材間の関係、コミュニケーション、組織等）	モノ（技術、設備、情報、知財、ルール、規制等）	カネ（資金、支援、事業、時間等）
入口（国際連携のきっかけ）	・個人的な人間関係の国際連携への発展	・強みの強化 ・弱みの補完 ・国際的プロジェクトへの参画	・国内外の研究支援事業の公募・応募 ・国際的事業活動 ・品質とコストの最低帰化を狙った国外への業務委託
中身（国際連携中の取り組み）	・目的の共有 ・プロジェクト推進方法の合意 ・上層部の巻き込み ・仲介的な組織・人材の関与 ・国際的なコミュニケーション能力の発揮 ・人材の育成もしくは獲得	・連携に係る契約 ・連携先の強みを基に活動 ・世界への方針や姿勢の発信 ・有益な中間成果物の共有 ・海外法規制等への対応	・継続的な支援・投資 ・連携先の利益を踏まえた協働
出口（国際連携の成果）	・人材の成長もしくは獲得 ・スタートアップとの連携による自社人材の意識醸成	・成果物の獲得 ・成果物以外のモノの獲得 ・成果物の取扱い ・海外法規制等への対応	・連携の収益化

【国際連携の成功のポイント・課題】

	ヒト（人材、人材間の関係、コミュニケーション、組織等）	モノ（技術、設備、情報、知財、ルール、規制等）	カネ（資金、支援、事業、時間等）
入口（国際連携のきっかけ）	・中長期目線での国際的な人材関係の構築 ・海外組織との連携による国際的意識の醸成 ・産官学間での役割分担と連携	・国際連携の準備	・品質とコストの最適化を狙った国外への業務委託
中身（国際連携中の取り組み）	・左記取り組み事項の「ヒト」x「中身」の「コミュニケーション能力の発揮」は課題。それ以外は成功のポイントとして挙げられる	・有益な中間成果物の出し合い ・海外法規制への対応は課題	・継続的な支援・投資 ・連携先の利益を踏まえた連携の推進
出口（国際連携の成果）	・成果物の再定義	・成果物の取扱いについての調整は課題	・連携の収益化

ICT利活用の効果的な推進に向けた国際連携の在り方（第5章）

目指すべき方向性

以上の結果を踏まえ、アジア圏における相手方候補の特徴とそれに適した国際連の方式を整理し、ICT分野における国際連携について我が国が目指すべき方向性を定めた。この方向性に沿った活動を推進すべく、我が国の企業・大学それぞれが実施すべき事項を提言として整理した。

【アジア圏における相手方候補の特徴と連携方式】

➢ 連携国候補が取りうる**5つの特徴「グローバルを牽引する国際共同研究」「交流を核とする国際共同研究」「独自路線を突き進む研究」「日本と類似した国際共同研究」「国の発展を支える初期研究」**それぞれについて、**適した国際連携の方式を特定**

【目指すべき方向性の全体像】

	ヒト（人材、人材間の関係、コミュニケーション、組織等）	モノ（技術、設備、情報、知財、ルール、規制等）	カネ（資金、支援、事業、時間等）
入口（国際連携のきっかけ）	• 技術領域外での国際交流機会の拡大 • 中長期目線での国際的な人材関係の構築 • 海外組織との連携による国際的意識の醸成	• 国際連携を目指した情報開示 • 目的の明確化と戦略の策定	• コストの最適化
中身（国際連携中の取り組み）	• 明確なビジョンの共有 • 仲介的な組織・人材の集中的強化 • 国際的な活動の自由化	• 有益な中間成果物の出し合い • 世界への方針や姿勢の発信 • 海外法規則等への対応に係るナレッジの共有	• 継続的な支援・投資 • 連携先の利益を踏まえた連携の推進
出口（国際連携の成果）	• 成果物の再定義	• 成果物の取扱いの全体把握と有効な方式の特定	• 国際連携による収益効果の可視化

企業・大学に向けた提言

	企業	大学
役割	企業それぞれの事業領域はICT全体の領域からは狭いため、企業内の知見だけでなく、他の企業含め、学・官が持つ幅広い情報取得と連携を行うべきと考えらえる	産業や社会への展開と密接にかかわるICT分野において、産の呼び込みを意識し、官との連携による研究成果の海外展開や海外企業等の誘致を進めるべきと考えられる
実施すべき事項	1. 海外人材の取り込み 2. オフショア活用によるイノベーション人材の獲得 3. 国際連携の中心的組織・人材の配置 4. 国内連携の意識 5. 海外への情報発信 6. 社員へのインセンティブの設計 7. 国際連携の成果展開	1. 国際共同研究・留学の相談窓口の設置 2. 国際経尾堂研究室等の国際連携の場の設定 3. 産業へのアウトプットを意識した活動 4. 海外への情報発信 5. 海外への情報発信研究者・教員・学生へのインセンティブ設計

官

官においては、我が国における産・学が実施すべき事項、すなわち、「産」「学」に向けた提言の内容を促進する取り組みやインセンティブ設計を行う役割を担うべきと考えられる