

2021 年度組込み/IoT 産業の動向把握等に関する調査分析

組込み/IoT 産業における 技術動向 に関する調査分析報告書

独立行政法人情報処理推進機構（IPA）

組込み産業動向調査 WG

内容

1. 技術の経年変化	4
1.1 クラウド、IoT、AI、ビッグデータは増加傾向	4
1.2 専用ハードウェアは減少傾向	6
2. 開発スタイルの動向	8
2.1 開発スタイル間の関連	8
2.2 開発スタイルのライフサイクル	10
3. 重要技術の動向	13
3.1 重要技術間の関連	13
3.2 重要技術のライフサイクル	14
4. 製造現場の動向	17
4.1 製造現場のプロファイル	17
4.2 製造現場の主な動向	17
5. SIer とメーカーの技術動向	22
5.1 重要視する技術の現状と将来	22
5.2 強みとする技術の現状と将来	24
6. 技術動向のまとめ	26
6.1 技術の経年変化	26
6.2 開発スタイルの動向	26
6.3 重要技術の動向	26
6.4 製造現場の動向	27
6.5 SIer とメーカーの動向	27
付録. 統計解説、用語説明	28
P 値	28
クラメールの連関係数	28
ライフサイクル分析	29
用語説明	30
[A-Z]	30
[あ行]	30
[か行]	30
[さ行]	30

[た行]	31
[な行]	31
[は行]	31
[ま行]	31
執筆・監修	32

本書の内容に関して

- ・本書の著作権は、独立行政法人情報処理推進機構(IPA)が保有しています。
- ・本書の一部あるいは全部について、著者、発行人の許諾を得ずに無断で改変、公衆送信、販売、出版、翻訳/翻案することは営利目的、非営利目的に関わらず禁じられています。詳しくは「ダウンロードファイルのお取り扱いについて」<https://www.ipa.go.jp/publish/faq.html> をご参照ください。
- ・本書を発行するにあたって、内容に誤りのないようできる限りの注意を払いましたが、本書の内容を適用した結果生じたこと、また、適用できなかった結果について、著者、発行人は一切の責任を負いませんので、ご了承ください。
- ・本書に記載した情報に関する正誤や追加情報がある場合は、IPA/IKC のウェブサイト <https://www.ipa.go.jp/ikc/index.html> に掲載します。

商標

- ※本書に記載する会社名、製品名などは、各社の商標または登録商標です。
- ※本書の文中においては、これらの表記において商標登録表示、その他の商標表示を省略しています。あらかじめご了承ください。

1. 技術の経年変化

ここでは技術動向として各技術の使用がどのように変遷していったかを過去から 2021 年度までの経年変化でみる。

1.1 クラウド、IoT、AI、ビッグデータは増加傾向

ここでは経年変化があるものとして、独立性検定の P 値が 5%以下で連関係数が 0.1 以上のものを紹介する。

なお 2021 年度のデータは使用した技術を最大 10 個まで選択する複数個の任意回答である。一方 2020 年度までのデータについては使用した技術の 1 番目から 3 番目までを回答する方式で、ここでは 1 番目回答から 3 番目回答までを合算して、2021 年度のデータと比較している。なお 2021 年度の回答で平均的な選択数は約 3 個程度であったので、3 番目まで選択した 2020 年度などのものと比較した。

図 1.1 に示すようにクラウドの利用は年々増加している。2018 年度が 30%強だったが、2021 年度には 55%まで上昇している。

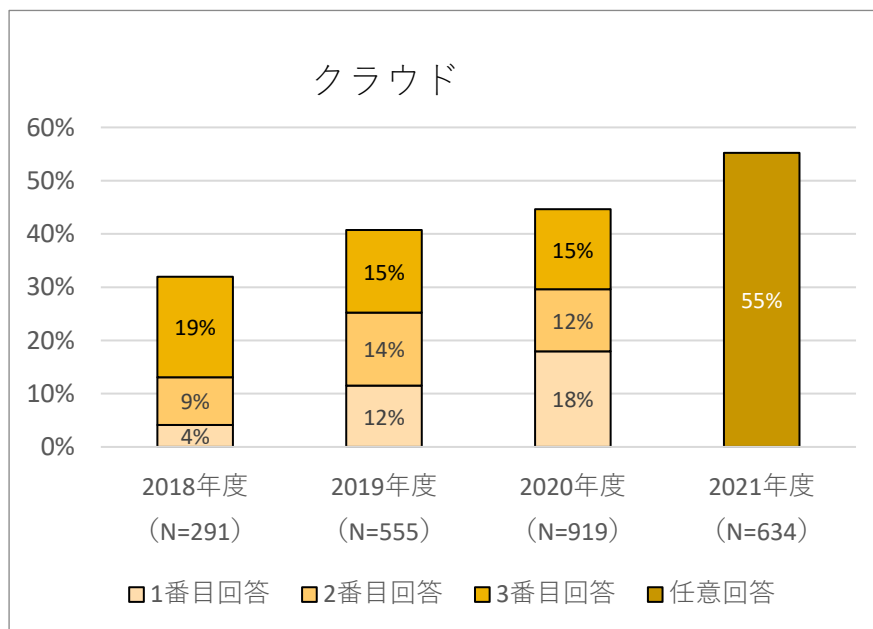


図 1.1 クラウドの経年変化(P 値 0.0% 連関係数 0.15)

これはエンタープライズ系ではクラウドシステムの導入が盛んであったが、組込み/IoT 産業にもクラウドの波は到来していると推測できる。

次に図 1.2 に示すように IoT システム構築技術も年々増加している。2017 年度が 17% であったのが、2021 年度では 38%まで増えている。

これは IoT システムがクラウドと同様に年々増加していることがわかり、IoT システムの波も来ていると推測している。

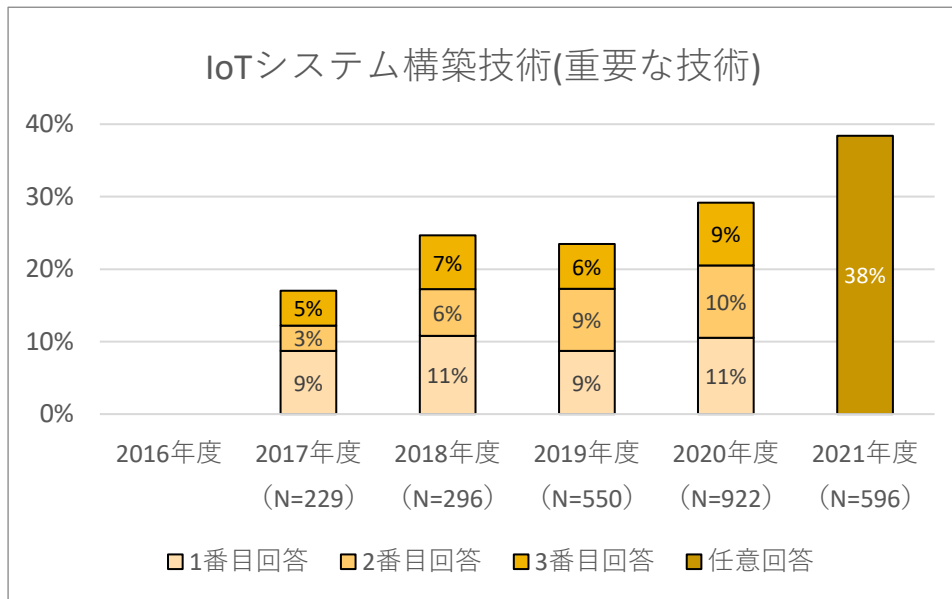


図 1.2 IoT システム構築技術の経年変化 (P 値 0.0% 連関係数 0.14)

AI 技術の経年変化を図 1.3 に示す。これも 2017 年度は 15%であったのが、2021 年度には 34%になり、年々増加している。

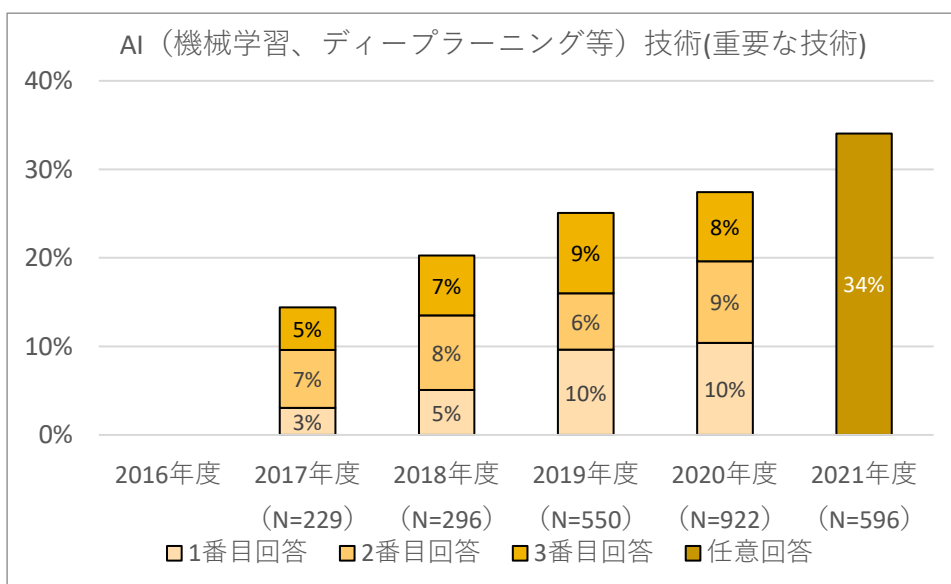


図 1.3 AI 技術の経年変化 (P 値 0.0% 連関係数 0.13)

AIは第3次ブームを迎えているが、組込み/IoT産業においてもその波が来ていると推測している。

図 1.4 にビッグデータの収集・分析・解析技術の経年変化を示す。2017年度は4%しかなかったが2021年度には24%に増加している。

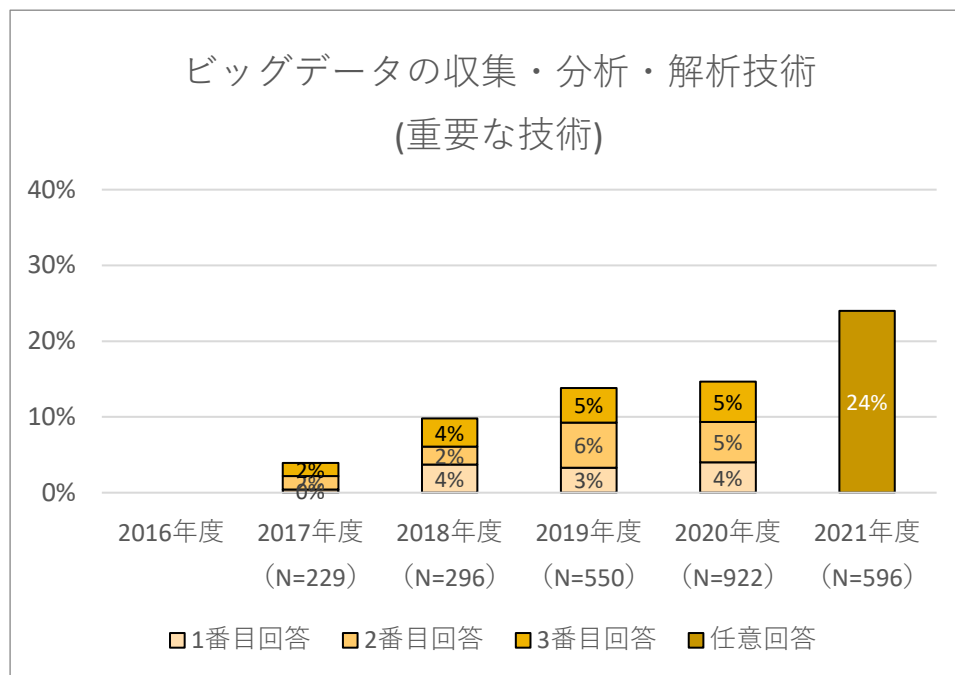


図 1.4 ビッグデータ技術の経年変化(P 値 0.0% 連関係数 0.16)

これは組込み/IoT産業でIoTやそこで扱うセンシングデータが増加し、またAI技術で分析を行い、その活用が進んだと推測している。

1.2 専用ハードウェアは減少傾向

ここでは減少傾向にあるものを取り上げる。ただし経年変化として連関係数が0.1に満たないが、経年変化の傾向がみられるものも紹介する。

専用ハードウェアは図 1.4 に示すように2018年度は70%であったが、2021年度は44%まで減少している。

これは組込み/IoT産業においても専用ハードウェアから汎用ハードウェアへの波が来ていると推測している。

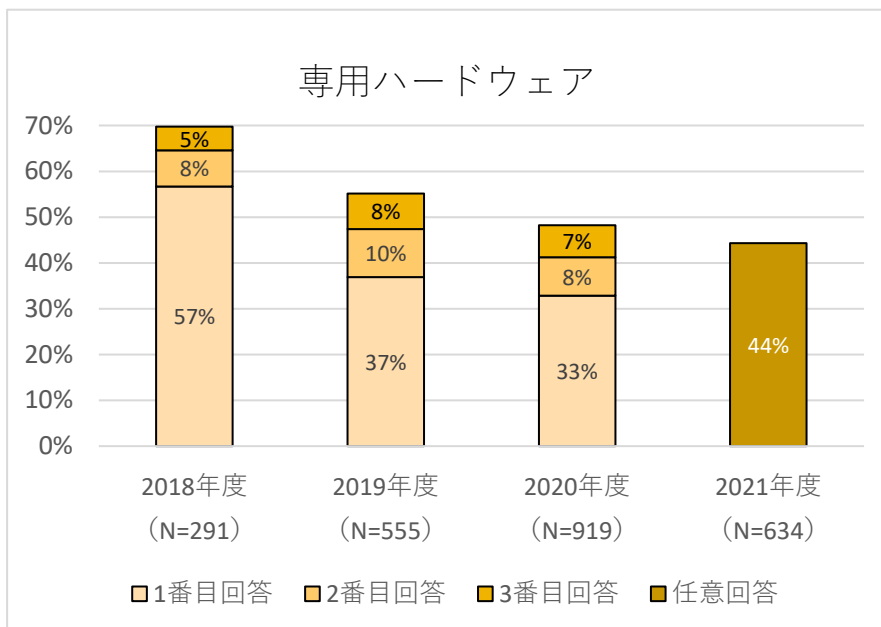


図 1.5 専用ハードウェアの経年変化(P 値 0.0% 連関係数 0.16)

2. 開発スタイルの動向

ここでは開発スタイルの技術動向をみていく。最初に開発スタイル間の関連を分析し、次に開発スタイルのライフサイクルを分析する。

2.1 開発スタイル間の関連

ここでは開発スタイル間の関連を調べるために、それぞれの2項目間での連関係数を求める。

開発スタイルの各項目を「ほぼすべて（約9割以上）」「どちらかというも多い（約6割以上9割未満）」「ほぼ半々（約4割以上6割未満）」の組と、「どちらかというが少ない（約1割以上4割未満）」「ほとんどない（約1割未満）」の組に2値化して、各々の2項目間の独立性検定のP値と連関係数を調査した。P値が5%以上のものは表から除外するが今回は該当はなかった(図2.1)。

なお図中の連関係数の背景の色は、赤色が0.4以上、薄橙色は0.3以上から0.4未満、灰色は0.2以上から0.3未満、白色は0.2未満を示す。また利用率は「ほぼすべて（約9割以上）」「どちらかというも多い（約6割以上9割未満）」「ほぼ半々（約4割以上6割未満）」の全体に対する割合が3割以上のときは赤色、2割以上から3割未満のときは薄橙色、1割以上2割未満のときは灰色、1割未満のときは白色にしている。なおSFはソフトウェアアースト、PFはプラットフォーム、有償は有償ソフトウェアを意味する。

	SF	アジャイル	DevOps	ノーコード	派生開発	新規開発	OSS	PF	有償	スクラッチ	利用率 (%)
SF											34.4
アジャイル	0.260										19.8
DevOps	0.280	0.523									11.3
ノーコード	0.145	0.194	0.272								3.9
派生開発	0.211	0.270	0.294	0.059							30.1
新規開発	0.259	0.312	0.230	0.112	0.182						30.8
OSS	0.233	0.355	0.300	0.062	0.202	0.304					16.1
PF	0.302	0.300	0.226	0.172	0.306	0.260	0.402				31.2
有償	0.142	0.112	0.207	0.184	0.161	0.167	0.166	0.383			20.3
スクラッチ	0.183	0.123	0.080	0.094	0.094	0.376	0.161	0.138	0.168		29.0

図 2.1 開発スタイル間の関連 (連関係数)

上記の表を図 2.2 の相関図で示す。各開発スタイルの項目ノードの色は利用率の色と同じであり、各項目ノードを繋ぐリンクの色は連関係数の色と同じである。ただし 0.2 未満の連関係数のものは省略している。

この図からわかるように、アジャイルと DevOps、OSS と PF のそれぞれに強い関連がある（赤色のリンク）。またアジャイルと PF や OSS、新規開発とはそれぞれ関連があり、PF は SF や派生開発とそれぞれ関連がある。また OSS と DevOps、PF と有償、新規開発とスクラッチにも関連がある。

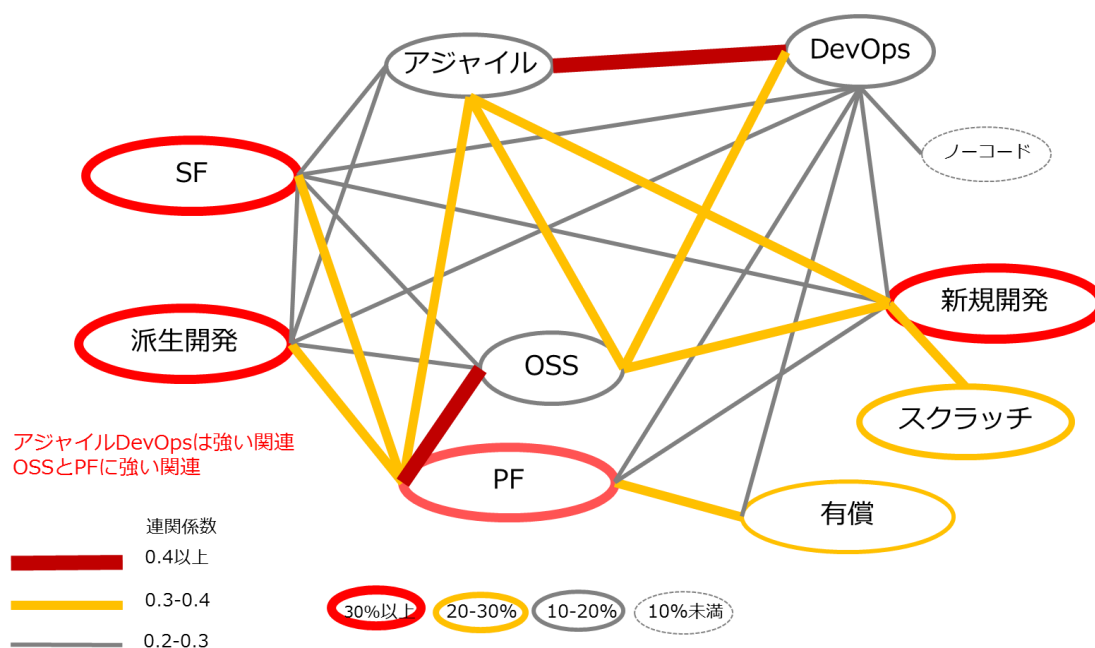


図 2.2 開発スタイル間の関連（相関図）

アジャイルと DevOps はペアで使われることが多いと推測できるので、これらに強い関連があるのには違和感はない。また OSS と PF に強い関連があるのは OSS の PF が使われているか、PF 上で使われるものに OSS が多いと推測できる。

一方、ソフトウェアファースト (SF) は他の多くの項目にほぼ同様の関連があるなど、回答者によってソフトウェアファーストの捉え方にばらつきがあると推測し、これを除いた相関図を図 2.3 に示す。この図では関連の個数が少なくなり、見やすくなっている。

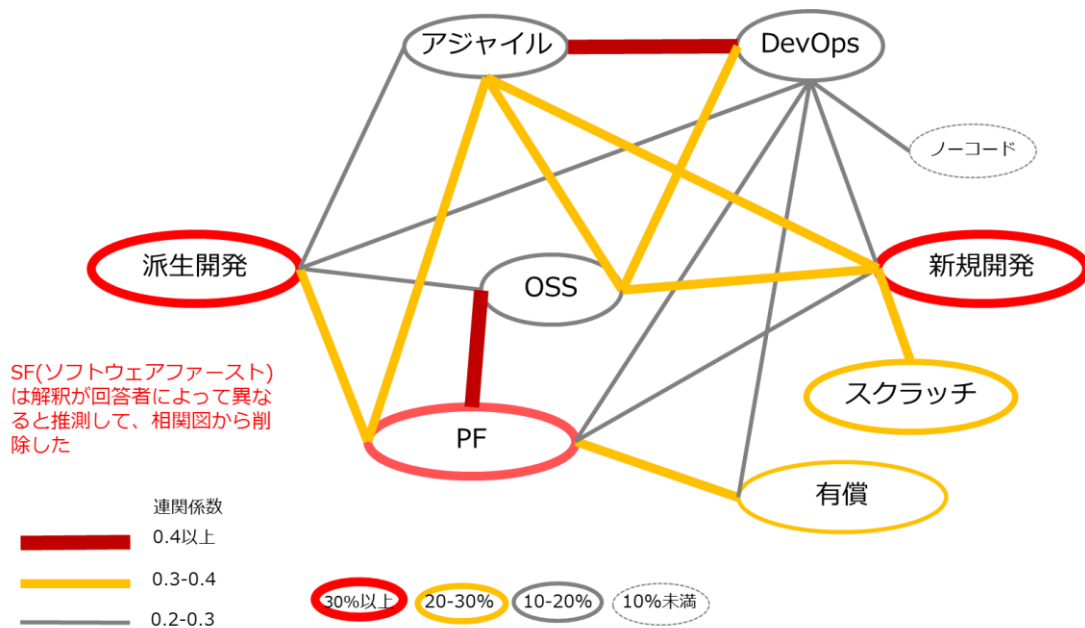


図 2.3 開発スタイル間の関連で SF を除いた相関図

2.2 開発スタイルのライフサイクル

ここでは開発スタイルの各項目のライフサイクルを現状の実績と新規増加分からみていく。今回のライフサイクルでは、発展期（現状と将来の見込み件数[現状と新規増加件数の合計]はまだ少ないが新規増加件数が大きい段階）から普及期（将来の見込み件数も多く、これから新規増加も大きい段階）に移行し、そして安定期（将来見込み件数は多いが、新規増加件数は少ない段階）へ移行し、それがやがて衰退期（将来見込み件数も少なく、新規増加件数も少ない段階）に向かうものとする。

個々の現状と新規増加分から、個々のものがライフサイクルの発展期、普及期、安定期、衰退期のどれに分類するかをみていく。今回は新規増加分と将来見込みの多少の閾値を以下のように相対的に分類している。中心点として現状と新規増加分の各々の平均値の点を選び、現状と新規増加分を同じ目盛りにして斜め 45 度の線で 4 つの対角線ゾーンに分類する。注意としてはこの分類は項目間の相対的なものであることと、中心点に近いものは少しの変動で角度が大きく変わることがある。付録にその詳細を記載している。

図 2.3 に開発スタイルの各項目を現状の割合と新規増加分の割合、中心点からの角度、その角度に応じたライフサイクルの期間を記した。図 2.4 は図 2.3 を散布図にした。

ノーコードや DevOps などが発展期、アジャイルは普及期、安定期には新規開発や派生開発、PF などが入り、衰退期にはスクラッチ開発が入っている。

	現在(%)	5年後(%)	新規(%)	角度	ライフサイクル
SF	34.4	36.1	1.7	348	安定期
アジャイル	19.8	30.2	10.4	115	普及期
DevOps	11.3	20.8	9.5	155	発展期
ノーコード	3.9	13.1	9.2	165	発展期
派生開発	30.1	33.7	3.6	356	安定期
新規開発	30.8	32.7	1.9	345	安定期
OSS	16.1	21.7	5.6	167	発展期
PF	31.2	33.2	2.0	346	安定期
有償	20.3	22.1	1.8	224	発展期
スクラッチ	29.0	24.4	(4.6)	306	衰退期
平均	22.7	26.8	4.1		

図 2.3 開発スタイルのライフサイクル (表)

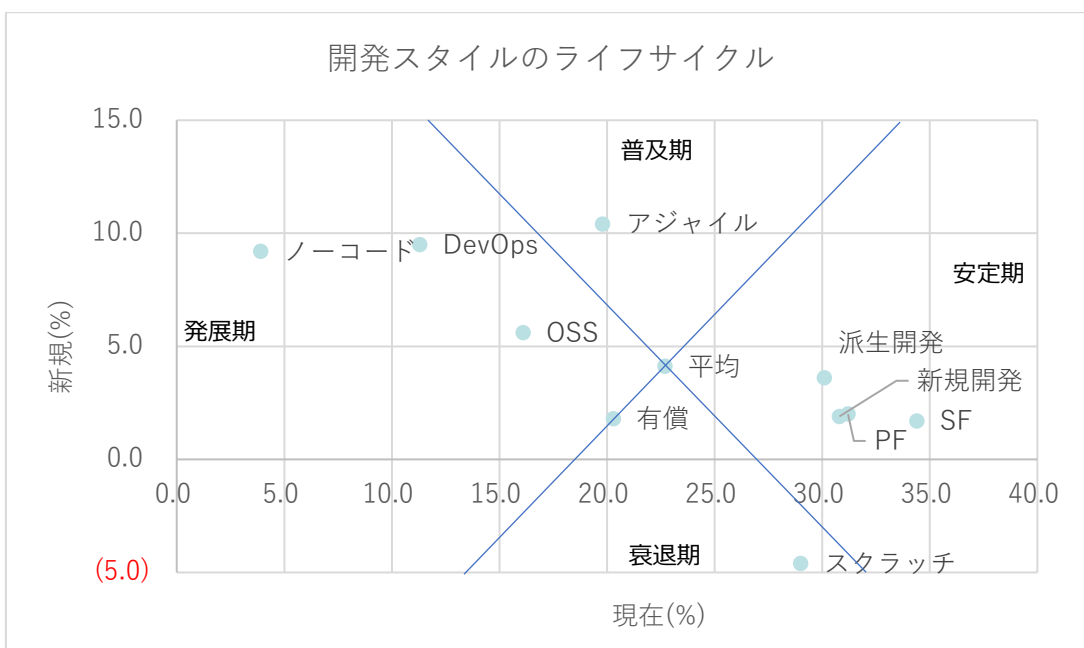


図 2.4 開発スタイルのライフサイクル (グラフ)

アジャイルが普及期、ノーコードは現状が圧倒的に少ない発展期、新規開発や派生開発などが安定期、スクラッチ開発が衰退期に入っているのには違和感はない。

DevOps が普及期でなくまだ発展期にいるのは現状の件数が少ないためであるが、これ

からは現状の件数も増え、数年後には普及期に入ると予想している。

一方、OSS が普及期や安定期ではなく、発展期にあるのは現状の件数が少ないためである。しかし OSS を利用した開発スタイルがこれほど少ないとは考えられず、Java や Linux などの OSS を利用している場合でも、OSS の認識がないのではと推測している。

3. 重要技術の動向

ここでは重要技術の動向をみていく。最初に重要技術間の関連を分析し、次に重要技術のライフサイクルを分析する。

3.1 重要技術間の関連

ここでは重要技術間の関連を調べるために、それぞれの2項目間での連関係数を求める。なお2x2の分割表で値が0と1の場合は相関係数と連関係数は絶対が同じになるので、相関分析をした相関係数でみていくことにする。

重要技術の設問で選ばれた重要技術を1、選ばれなかった重要技術を0にして、すべての重要技術のペアに対して相関分析をした(図3.1)。またその相関図を図3.2に示す。

デバイスとセンサ、アクチュエータの関連が大きく、要求定義と設計、評価・検証、運用保守にも相互に強い関連がある。

またクラウドと要求定義に0.21の関連があり、クラウドと運用・保守の関連は0.24ある。

	デバイス	センサ	アクチュエータ	画像・音声認識	無線通信	リアルタイム	エッジ	制御系プラットフォーム	IoT	OTA	モデリング	シミュレーション	AI	ビッグデータ	セキュリティ	ヒューマンインタフェース	クラウド	要求定義	設計	評価・検証	運用・保守	
デバイス	1.00																					
センサ	0.59	1.00																				
アクチュエータ	0.36	0.44	1.00																			
画像・音声認識	0.26	0.31	0.16	1.00																		
無線通信	0.25	0.24	0.15	0.21	1.00																	
リアルタイム	0.28	0.24	0.21	0.25	0.32	1.00																
エッジ	0.26	0.24	0.20	0.23	0.25	0.33	1.00															
制御系プラットフォーム	0.26	0.28	0.28	0.27	0.17	0.27	0.21	1.00														
IoT	0.24	0.30	0.13	0.20	0.30	0.25	0.38	0.23	1.00													
OTA	0.18	0.13	0.25	0.14	0.14	0.22	0.31	0.32	0.25	1.00												
モデリング	0.18	0.15	0.23	0.19	0.08	0.21	0.19	0.28	0.22	0.30	1.00											
シミュレーション	0.13	0.14	0.23	0.21	0.09	0.25	0.17	0.27	0.18	0.29	0.42	1.00										
AI	0.10	0.16	0.06	0.33	0.12	0.20	0.25	0.22	0.24	0.16	0.17	0.20	1.00									
ビッグデータ	0.07	0.09	0.06	0.16	0.08	0.14	0.17	0.12	0.22	0.22	0.17	0.18	0.48	1.00								
セキュリティ	0.09	0.11	0.13	0.08	0.19	0.17	0.18	0.17	0.19	0.28	0.21	0.16	0.26	0.33	1.00							
ヒューマンインタフェース	0.12	0.14	0.13	0.21	0.16	0.21	0.18	0.22	0.18	0.24	0.24	0.18	0.20	0.23	0.30	1.00						
クラウド	0.05	0.03	-0.02	0.11	0.21	0.16	0.19	0.02	0.23	0.15	0.10	0.08	0.28	0.33	0.24	0.16	1.00					
要求定義	0.02	-0.01	0.04	0.08	0.11	0.16	0.17	0.17	0.12	0.19	0.13	0.08	0.14	0.17	0.21	0.32	0.21	1.00				
設計	0.08	0.07	0.12	0.08	0.08	0.11	0.11	0.22	0.13	0.12	0.17	0.05	0.04	0.08	0.08	0.20	0.04	0.44	1.00			
評価・検証	0.17	0.11	0.13	0.12	0.11	0.14	0.17	0.26	0.09	0.19	0.18	0.17	0.07	0.11	0.16	0.26	0.07	0.41	0.55	1.00		
運用・保守	0.01	-0.07	0.05	-0.01	0.07	0.09	0.06	0.06	0.06	0.15	0.07	0.07	0.07	0.18	0.24	0.24	0.24	0.39	0.39	0.48	1.00	

図 3.1 重要技術間の関連 (相関係数)

デバイスとセンサ、アクチュエータ間の関連、要求定義と設計、評価・検証、運用保守にも相互の関連には、それぞれ密接な関係があると推測できるので違和感はない。またクラウドと運用・保守に関連があるのも頷ける。

一方、クラウドと要求定義に関連があるのは興味深い。推測できる理由は要求定義をする

ときにクラウドシステムの存在が重要になってきているからだと推測している。

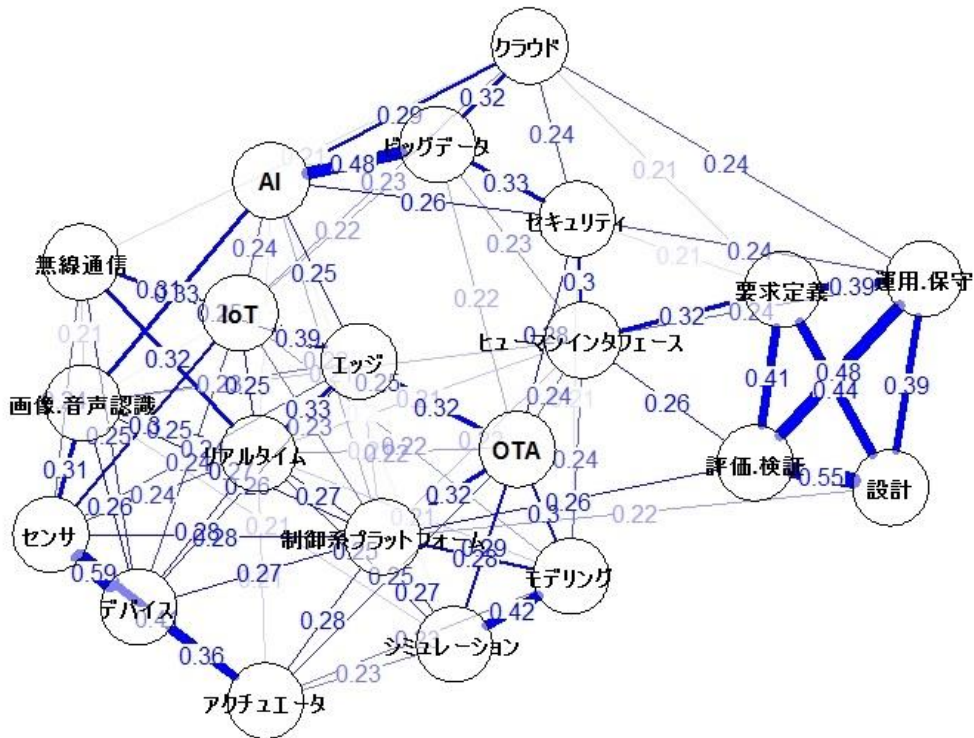


図 3.2 重要技術間の相関図

3.2 重要技術のライフサイクル

ここでは重要技術の各項目のライフサイクルを現状の実績と新規増加分からみていく。このために開発スタイルのライフサイクルを分析した方法と同じものを採用する。今回のライフサイクル分析は相対的な分析であり、今回取り上げた重要技術の中での相対的なライフサイクルであることに注意する必要がある。また中心点に近いものは少しの変動でライフサイクルの分析が大きく変わるので注意する必要がある。詳しくは付録のライフサイクルの項を参照すること。

このライフサイクル分析をした結果を図 3.3 の表と図 3.4 のグラフに示す。これらの表とグラフから、重要技術の各項目がどのライフサイクルにあるかをみると、AI やビッグデータが普及期にあり、クラウドや IoT は普及期の境目に近い安定期にあり、デバイスは衰退期、発展期には OTA などがある。

	現在(件数)	新規(件数)	角度	ライフサイクル
デバイス	234	151	289	衰退期
センサ	238	187	341	安定期
アクチュエータ	79	117	209	発展期
画像・音声認識	206	252	103	普及期
無線通信	317	205	7	安定期
リアルタイム	155	138	221	発展期
クラウド	335	306	44	安定期
エッジ	135	133	216	発展期
IoT	275	249	45	安定期
OTA	63	124	204	発展期
モデリング	142	144	213	発展期
シミュレーション	137	174	193	発展期
制御系 PF	134	143	211	発展期
AI	241	368	83	普及期
ビッグデータ	182	305	108	普及期
セキュリティ	211	226	104	普及期
HI	185	154	229	衰退期
要求定義	259	163	322	安定期
設計	465	183	358	安定期
評価・検証	295	164	339	安定期
運用・保守	317	177	350	安定期
平均	219	193		

図 3.3 重要技術のライフサイクル (表)

AI やビッグデータが普及期にあり、IoT やクラウドが普及期から安定期に移行しつつあるのは違和感がない。また設計や運用・保守が安定期にあることも頷ける。

一方、要求定義が安定期にあるとはいえ、衰退期に近い位置にあることには違和感がある。要求定義の新規増加が相対的には見込めないことから衰退期に近いが、DX 時代になり、顧客価値を第一に迅速に各種の変更に対し、開発する必要があることを考えれば、もっと要求定義の新規増加があるべきだろう。

またアクチュエータが衰退期にあることにも違和感を覚える。この原因は現状の件数が少ないため、この位置に座することになっているが、アクチュエータはもっと現状件数が多い

いのではないかと、アクチュエータを正しく認識せずに回答しているのではないかと推測している。

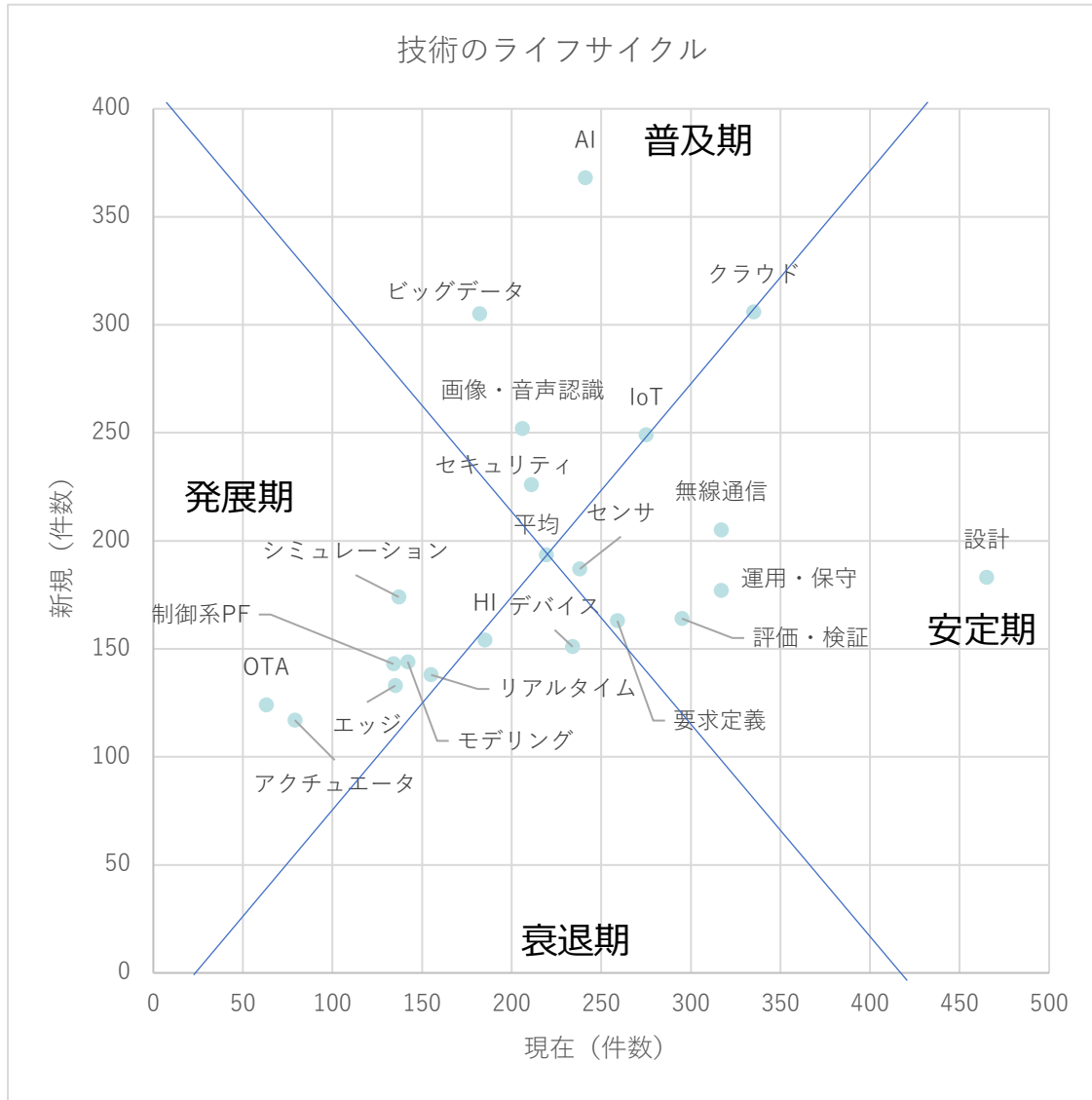


図 3.4 重要技術のライフサイクル (グラフ)

4. 製造現場の動向

ここでは製造現場を持つ企業の動向、特に DX の取り組みについてみていく。

4.1 製造現場のプロファイル

製造現場として、大きく分けてソフトウェア製品を製造している企業とハードウェア製品を製造している企業がある。この中でソフトウェアとハードウェアの両方を製造している企業もある。

今回のアンケートで回答した企業のうち、製造現場を持つ企業について上記の内訳を図 4.1 に示す。

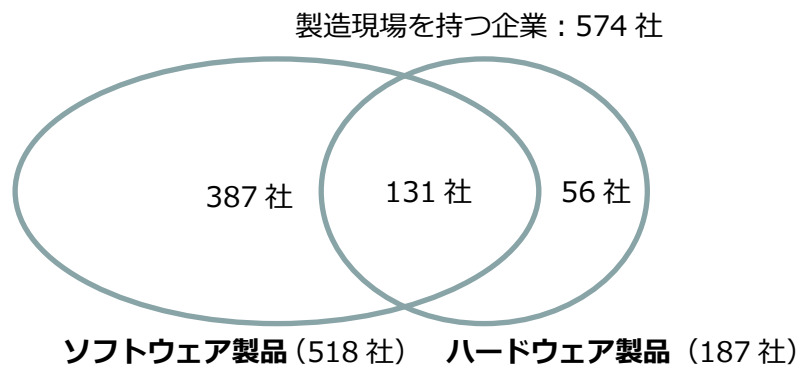


図 4.1 製造現場を持つ企業数

今回のアンケート調査では製造現場を持つ企業では、ソフトウェア製品の製造現場を持つ企業が多く、ハードウェア製品の製造現場は少ない。以降の分析をみるにも、この点に注意する必要がある。

4.2 製造現場の主な動向

製造現場を持つ企業と持たない企業で DX の取り組みを比較した。この結果、図 4.2 に示すように製造現場を持つ企業が持たない企業と比較して DX の取り組みが多いことがわかった。

これは製造現場では DX の機会があり、DX の取り組みが求められているからであると推測している。

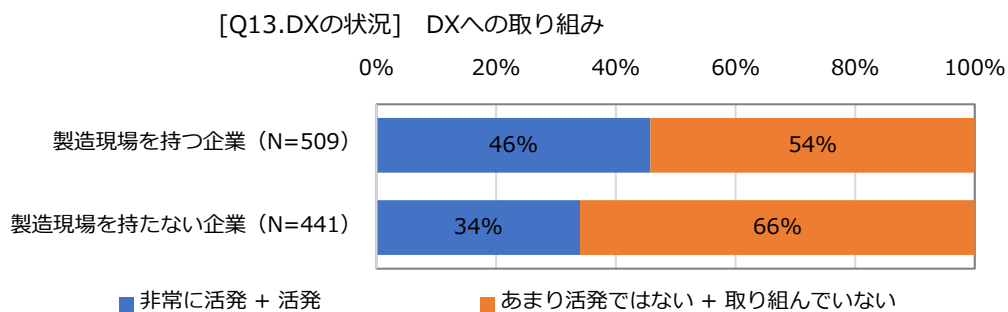


図 4.2 製造現場の有無による DX の取り組み(P 値 0.0%, 連関係数 0.12)

次に要件の変化に対応して、安全性の向上（機能安全への対応等）が DX の取り組みとして実施されているかどうかを、製造現場の有無でみた。図 4.3 に示すように差はなかった。

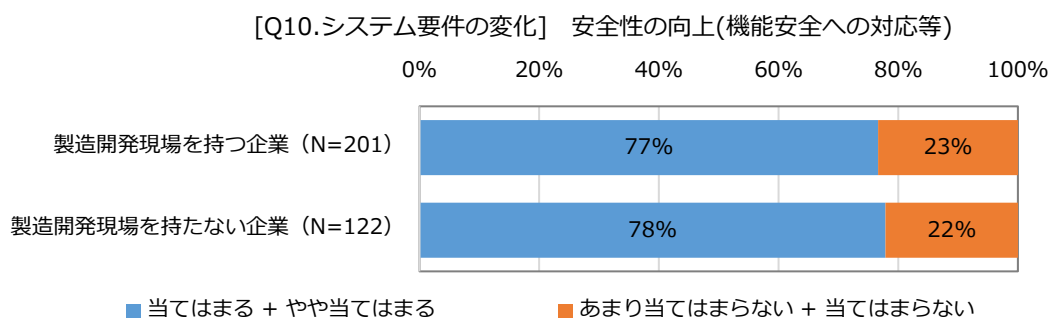


図 4.3 製造現場の有無による安全性の取り組み(P 値 79.5%, 連関係数 0.01)

これは機能安全など安全性の取り組みは、特に製造現場を持つ企業にとっては重要な施策であるからと推測している。

次に要件の変化に対応して、モデルベース開発が DX の取り組みとして実施されているかどうかを、製造現場の有無でみた。図 4.4 に示すように差はなかった。

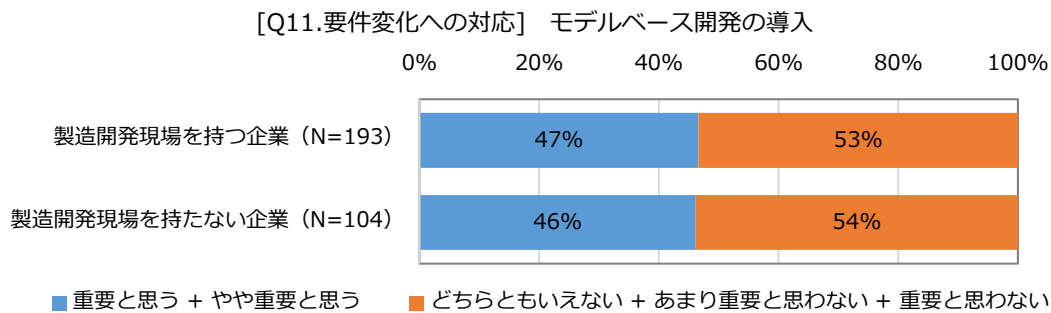


図 4.4 製造現場の有無によるモデルベース開発の取り組み(P 値 93.7%,連関係数 0.01)

次に要件の変化に対応して、アーキテクチャの見直しやソフトウェア・プラットフォームの導入が DX の取り組みとして実施されているかどうかを、製造現場の有無でみた。図 4.5 に示すようにアーキテクチャの見直しは製造現場を持つ企業の方が多いことがわかった。一方、ソフトウェア・プラットフォームについては有意な差はなかった。

アーキテクチャの見直しは、製造現場を持つ企業、特にソフトウェアの製造現場を持つ企業にとっては重要な施策になっているからと推測している。

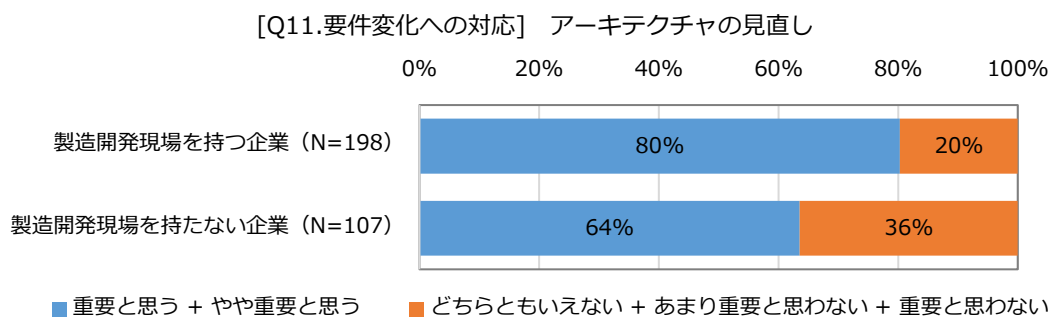


図 4.5 製造現場の有無によるアーキテクチャの見直し (P 値 0.1%,連関係数 0.18)

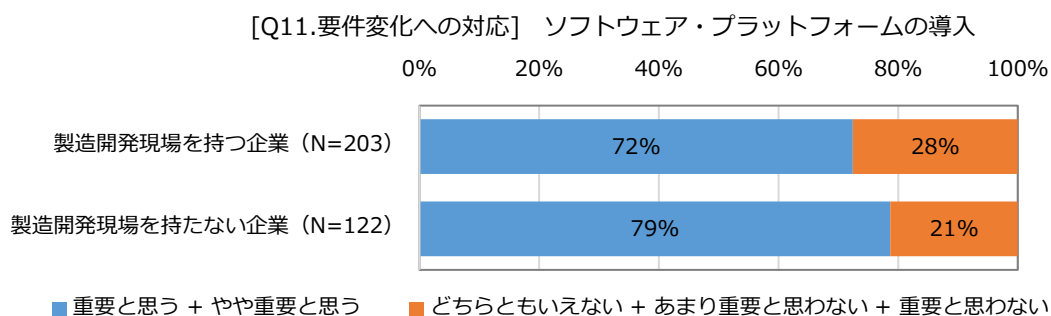
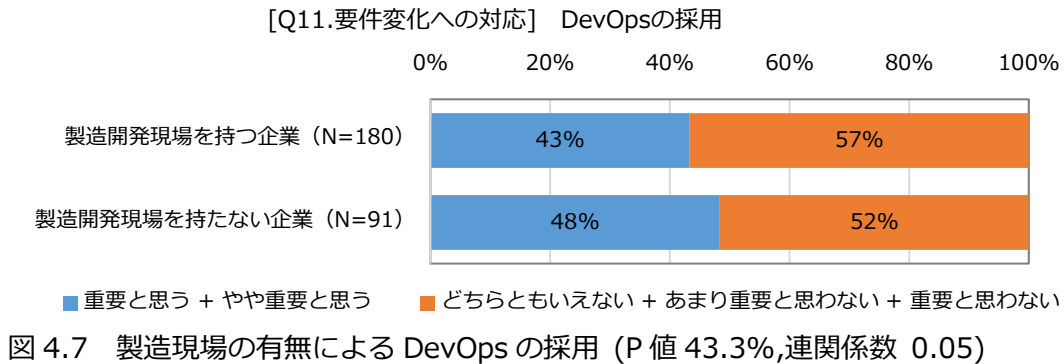
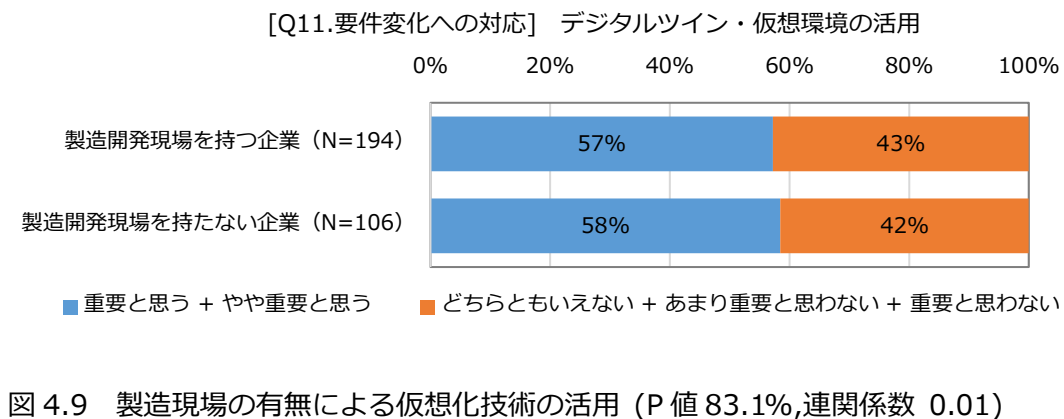
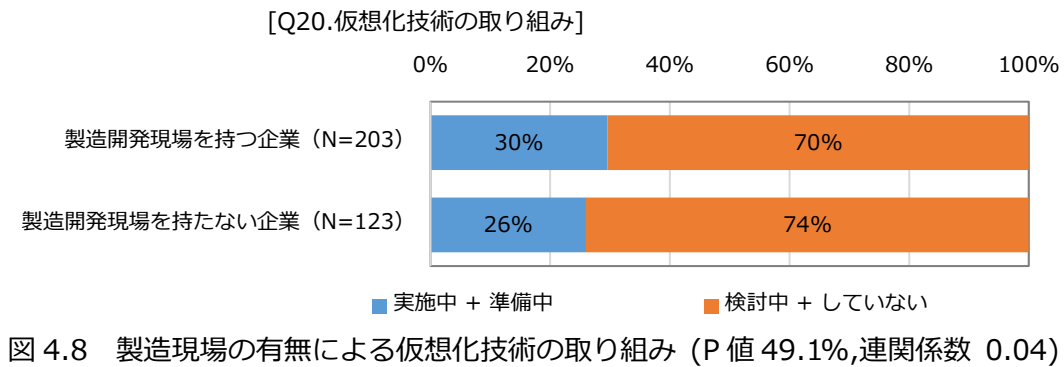


図 4.6 製造現場の有無によるプラットフォームの導入 (P 値 20.7%,連関係数 0.07)

次に要件の変化に対応して、DevOps の採用が DX の取り組みとして実施されているかどうかを、製造現場の有無でみた。図 4.7 に示すように差はなかった。



次に仮想化技術の取り組みや活用状況について、製造現場の有無でみた。図 4.8 と図 4.9 に示すように差はなかった。



上記で紹介した以外のもので製造現場を持つ企業と持たない企業の比較で有意な差が出なかったものを紹介する。

(1) 業務効率化による生産性の向上

DX の目標として、業務効率化による生産性の向上に関しては有意な差がなかった。これ

は製造現場を持たない企業でも業務効率化は必要な施策であるからと推測している。

(2) 自動化やツール、AI等の活用

また同様に人材不足への取り組みとして、自動化やツール、AI等の活用による生産性向上や標準プラットフォーム・標準部品の活用においても、有意な差がなかった。これも上記と同様に製造現場を持たない企業でも必須な施策であるからと推測している。

(3) セキュリティ/プライバシー保護

要件の変化に対するセキュリティ/プライバシー保護の強化に関しても有意な差がなかった。これも同様にセキュリティなどは製造現場の有無に依存せずに必要な施策であるからと推測している。

5. SIer とメーカーの技術動向

ここでは SIer(サブシステム提供企業とサービス提供企業)とメーカー企業の技術動向についてみていく。

5.1 重要視する技術の現状と将来

ここでは SIer とメーカー企業で、現状の重要技術と将来に強化したい技術について比較する(図 5.1)。この図ではメーカーと SIer で個々の技術に対する取り組みにどのような差異があるかに注目する。図中の AI やセンサなどの技術ごとに、メーカーと SIer それぞれが、現在の重要技術/将来強化したい技術と回答した割合の数値を線で結んでいる。

この連結した線が AI の線のように右上から左下になれば、右上にあるものにとって、その技術は現在も重要で将来も強みにしたいものであることを示している。一方、IoT の線のように左上から右下の線になっていれば、右下のものにとって、現在は重要であるが、何らかの理由で将来は強化しない技術となる。

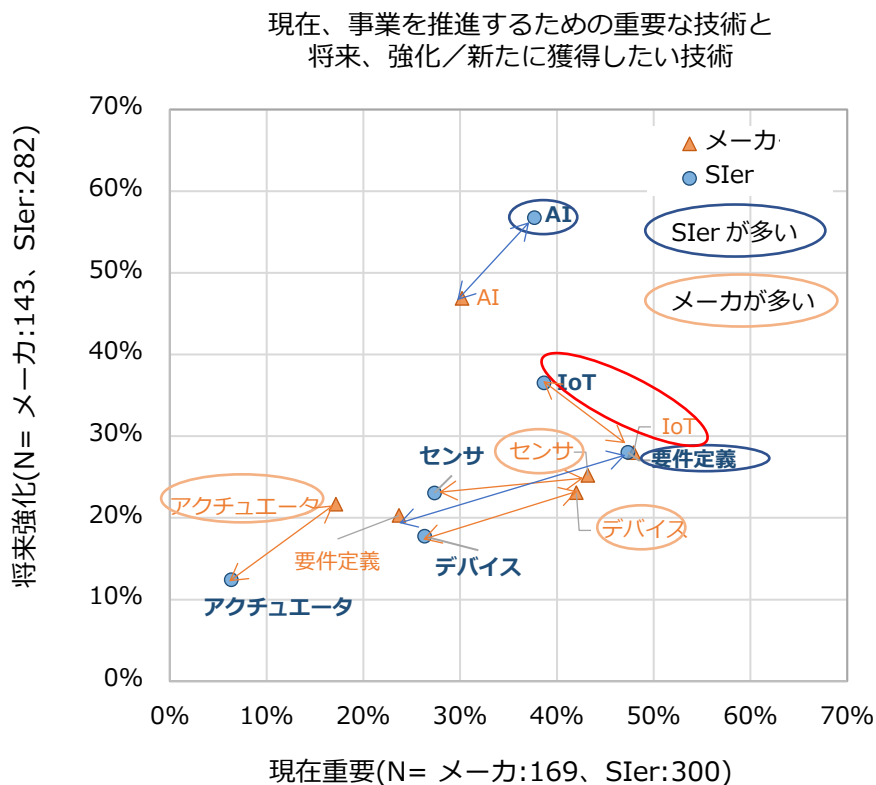


図 5.1 SIer とメーカーの重要技術の現状と将来

図 5.1 より SIer がメーカーと比較して現在重要視している技術であり、将来も強化したい技術として、要件定義と AI がある。一方、メーカーが SIer と比較して重要視しているのはセンサやデバイス、アクチュエータのデバイス関連になっている。

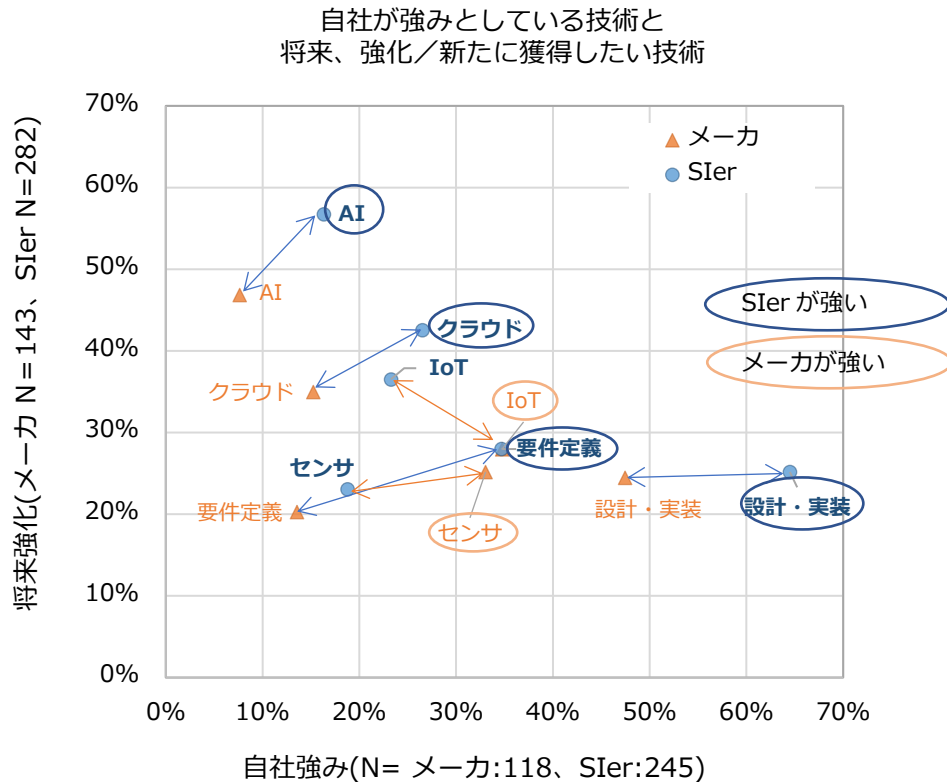
これは SIer がメーカーに対してサブシステムやサービスを提供するときに、要件定義を始め開発工程でのさまざまな支援をしているからと推測している。また SIer が AI をメーカーと比較して重要視しているのは自社のサブシステムやサービスに組み込み、それをメーカーに提供する、またメーカーに AI の導入提案とその支援を進めるためと推測している。

一方、IoT に関して SIer とメーカーを線で結ぶと SIer の左上からメーカーの右下の線になる。これは SIer が現在はメーカーと比較してそれほど重要としていなくても、将来はメーカーよりも強化する技術として捉えている。これは SIer が IoT を今後必要となる技術として認識し、一方メーカーは既に重要な技術として確立された技術という認識で、当たり前になっている技術であると推測している。また SIer の IoT に対する現在重要と将来強化がともに 40%弱で違和感のない値を取っているのに対し、メーカーは現在重要と将来強化の差が 20%程度ある。これからメーカーは十分 IoT 技術を確立して、それよりも強化したい DX 関連の技術を求めていると推測している。

この他の技術について SIer とメーカーでは大きな差異はなかった。

5.2 強みとする技術の現状と将来

ここでは SIer とメーカ企業で、現状の強みとする技術と将来に強化したい技術について比較する。図 5.2 にこれらを比較した図を示す。



設計・実装や要件定義などの開発工程に関するものは重要視する技術と同様に、SIer がメーカと比較して強みの技術と認識している。また同様に AI も SIer の強みとしている。重要視している技術では大きな差がなかったクラウドでは、SIer がメーカと比較して強みの技術としている。一方、メーカはセンサを強みとしている。

IoT はメーカが SIer より強みとしている。しかし将来強化する技術としては SIer の方が高い。これは 5.1 節において記載したことと同様の理由によるものと推測している。この他の技術については大きな差はなかった。

ここでみてきたようにクラウドや設計・実装が 5.1 節の図 5.1 から追加され、アクチュエータなどがなくなっている。これらの分析は 5.1 節で推測したものと同様になる。

ここまでみてきたように SIer は開発工程に関する技術や AI、クラウド技術そのもの、およびそれらを使用しているサブシステムやサービスを、デバイスを重要視しているメーカ

に提供し、これらにより両者が相互補完し、共創していくことになるだろう。

6. 技術動向のまとめ

ここまで技術動向の経年変化をみて、開発スタイルや重要技術の技術動向を項目間の関連とライフサイクルからみてきた。

6.1 技術の経年変化

技術の経年変化をみてみるとクラウドや IoT、AI、ビッグデータが年々増加していることがわかる。これらの技術の波が組込み産業にも到来していることが推測できる。一方で専用ハードウェアは年々減少していることがわかる。これは汎用ハードウェアに移行しつつあることが推測できる。

6.2 開発スタイルの動向

開発スタイル間の関連からは、アジャイルと DevOps、OSS と PF のそれぞれに強い関連が有り、これらの関連は当然のことでもあるが、それぞれのペアで一体化した技術導入の検討やその実施を行うのがよい。

次に開発スタイルのライフサイクルからはアジャイルが普及期で、それと関連がある DevOps がまだ発展期にあることから、今後は一層 DevOps の導入が進むと予想できる。この流れに応じて、DevOps の導入がまだのところでは、その導入の検討をする必要があるだろう。

6.3 重要技術の動向

重要技術からはクラウドと他の重要技術の関連に注目している。クラウドと運用・保守を同時に並列して実施するのは当然ながら重要であるが、今回、関連があるとわかった要求定義とクラウドも考慮すると、クラウドを念頭に置いて要求分析するのも重要になってくるであろう。

ライフサイクル分析からは、AI やビッグデータが普及期にあり、IoT やクラウドが普及期から安定期に移行しつつあるので、これらの技術は既にあるにあって当然の技術である。まだ導入していない技術があれば、その導入を検討すべきである。一方、ライフサイクル分析からは要求定義が衰退期に近い位置にあるが、この分析結果に関わらず、要求定義は重要であると予想できるので、力を入れていくべきである。

6.4 製造現場の動向

製造現場を持つ企業と持たない企業で比較をした。全般的には製造現場を持つ企業の方がDXの取り組みやその他の施策を多く実施している傾向にあることがわかった。一方、業務効率化や自動化、AI、セキュリティなどの施策は製造現場の有無に依らず、ある程度実施されていることがわかった。

6.5 SIer とメーカーの動向

SIer とメーカーの技術を比較した。SIer はメーカーと比較して設計や要求分析などの開発工程に関する技術を重要視し、また強みとしていることがわかった。またAIやクラウドについても重要視または強みとしていることがわかった。一方、メーカーはデバイス関連の技術やIoTを重要視する技術、または強みとする技術としていた。

本書では開発スタイルと重要技術について各種の分析をし、特に製造現場を持つ企業の動向に着目した分析を加えたが、これらを踏まえて、今後の技術導入や推進を検討していくようにしてほしい。

付録. 統計解説、用語説明

ここでは本書で使用した統計の解説をする。

P 値

帰無仮説(否定して無に帰したい仮説、証明したい仮説[対立仮説]の逆)が真になる確率。P 値が 5%以下であれば統計的に問題がないとして採用するが、5%を超える場合は統計的に問題があるとして、分析をしない。

つまり、この P 値の 5%基準では、20 回に 1 回(5%)はその帰無仮説が真になり証明したい仮説は否定(棄却)されるが、20 回に 19 回(95%)は帰無仮説が否定され、証明したい仮説が支持される。P 値の 5%基準は統計、特に実験系で多用されるが、1%基準も使われる。P 値は対象の件数が増えると小さくなり、1000 件程度もあると 5%以下になることが多い。

ここでは独立性の検定として χ (カイ) 二乗検定を用いて、「2 つの分布は独立でない(関連がある)」という仮説を証明するために、帰無仮説として「2 つの分布は独立である(関連がない)」を立て、その P 値を求める。

クラメールの連関係数

クロス集計表(分割表)の関連性を比較するために使われる係数。クロス集計表は質的変数(連続的に変化しない変数)間の集計数を記載した表。例えばアニメ好きと鉄道好きで、アニメと鉄道が共に好き、アニメ好き鉄道嫌い、アニメ嫌い鉄道好き、両方とも嫌いのクロス集計表が考えられる。

連関係数は χ (カイ) 2 乗分布で検定され、0 から 1 の値を取る。状況に応じて連関係数の解釈は調整する必要があるが、0.4 以上あれば強い関連、0.2 以上あれば関連があると解釈する場合がある。連関係数は件数に依存せずに比率だけに依存する。

量的変数(連続的に変化する変数)の相関係数に対して、質的変数の関連を調べるときに使われる。

なお四分点相関係数(2x2 分割表での相関係数)で 0 と 1 しか取らない場合は、連関係数と絶対値が同じになる。

ライフサイクル分析

個々のものがライフサイクルのどの段階にあるかを見つけるための分析。本書でのライフサイクルでは、発展期（現状と新規増加件数の合計[将来の見込み件数]はまだ少ないが新規増加件数が大きい段階）から普及期（将来の見込み件数も多く、これから新規増加件数も大きい段階）に移行し、そして安定期（将来見込み件数は多いが、新規増加件数は少ない段階）へ移行し、それがやがて衰退期（将来見込み件数も少なく、新規増加件数も少ない段階）に向かう。そして何らかの新たなエポックがあると、衰退期にあったものが再び発展期に移行し、サイクルを回ることになる。

本書の分析では、将来見込み件数の多少と新規増加件数の多少を、それぞれの平均の点（今回の中心点）を元に4つのゾーンに分けている(図 A.1)。図的には平均の点から斜め45度の2本の線で4個のゾーンに分割している。ここでは平均の点を元に判断しているので、対象となったものに対する相対的なライフサイクルになる。

また中心点に近いものは変動が大きく、このライフサイクル分析の解釈は難しくなる。

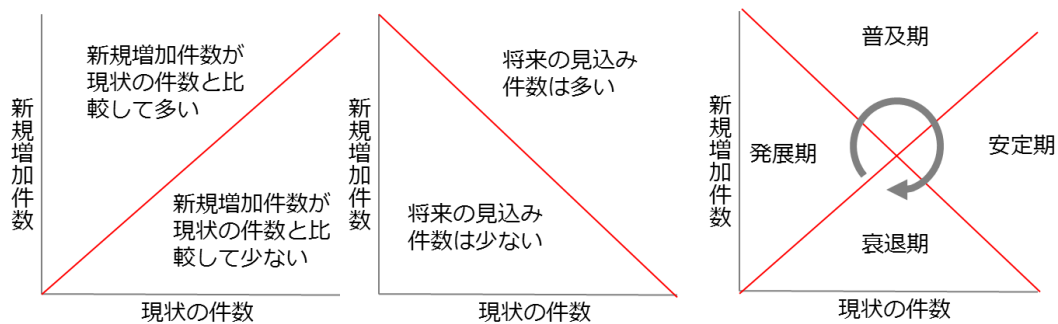


図 A.1 ライフサイクル分析の説明

用語説明

[A-Z]

AI スペシャリスト

AI 技術に精通した人材

CI/CD (Continuous Integration/Continuous Delivery)

ソフトウェアの変更を常にテストして自動で本番環境にリリース可能な状態にしておくこと

DevOps (Development Operations)

開発担当と運用担当が連携・協力し、柔軟性かつ迅速性を踏まえて開発すること

UX デザイナー

デジタルビジネスに関するシステムのユーザー向けデザインを担当する人材

[あ行]

アジャイルガバナンス

政府、企業、個人・コミュニティといったさまざまなステークホルダーが、自らの置かれた社会的状況を継続的に分析し、目指すゴールを設定した上で、それを実現するためのシステムや法規制、市場、インフラといったさまざまなガバナンスシステムをデザインし、その結果を対話に基づき継続的に評価し改善していくモデル

オープンマインド

より大きな価値を得るために、自社に閉じず、あらゆるプレーヤーとつながること

[か行]

組み合わせ開発

標準化したインターフェース、プラットフォームを前提に、部品等を組み合わせること

[さ行]

サービスアーキテクト

ことづくりのビジネスに関するアーキテクチャを設計する人材

システムオブシステムズ

ライフサイクルの異なる複数のシステム群が統合されているシステム

スクラッチ開発

パッケージなどを利用せず、一からオリジナルのシステムを開発すること

擦り合わせ開発

調整や試行錯誤を繰り返してより高性能・高品質な製品をつくり込んでいくこと

製造分野向け DX

顧客価値を高めるため、製造分野で利用されている製造装置や製造工程の監視・制御などのデジタル化を軸に、IT との連携により、製品やサービス、ビジネスモデルの変革を実現すること

ソフトウェアファースト開発

IT と IT を構成するソフトウェア活用をベースとした事業や開発を進めること

[た行]

データサイエンティスト

データ解析に精通した人

[な行]

ノーコード/ローコード開発

既存のプログラム開発言語を使わずにアプリケーションを開発すること

[は行]

ビジョン駆動

過去の成功体験や罫（しがらみ）を捨て、自らが持つビジョンを目指すこと

ビジネスアーキテクト

デジタルを踏まえてビジネス全体の企画・立案・推進等を担う人材

標準プラットフォーム

汎用ボードまたは組込み向け OS とミドルウェアで構成される開発共通基盤のこと

プロダクトアーキテクト

ものづくりのビジネスに関するアーキテクチャを設計する人材

プロダクトライン開発

複数のプロダクトで共通利用可能な資産を体系的に開発し、その資産を基に個々のプロダクトを開発すること

[ま行]

モデルベース開発

仕様となるモデルを仮想環境に作成し、それにシミュレーションなどを活用して期間やコストを短縮する開発のこと

執筆・監修

独立行政法人情報処理推進機構 社会基盤センター

IPA/社会基盤センターは、社会に向けて新たな情報発信や指針を示し、IT 利活用を促進させ、安全な IT 社会や社会変革のための基盤を構築する各種活動を行っています。

URL <https://www.ipa.go.jp/ikc/index.html>

所在地 〒113-6591 東京都文京区本駒込 2-28-8 文京グリーンコート センターオフィス

執筆(順不同)

主査	渡辺 晴美	東海大学
委員	大西 新吾	ダイキン工業株式会社
	金子 博	株式会社東芝
	長谷川 勝敏	イーソル株式会社
	服部 博行	株式会社ヴィッツ
	渡辺 博之	株式会社エクスモーション
	田丸 喜一郎	一般社団法人組込みイノベーション協議会/IPA
	牛山 雅弘	IPA
	羽鳥 健太郎	IPA
	松田 充弘	IPA
	五味 弘	IPA

2021 年度組込み/IoT 産業の動向把握等に関する調査分析
組込み/IoT 産業における技術動向に関する調査分析
2022 年 10 月 3 日 発行

監修者 独立行政法人情報処理推進機構 社会基盤センター

発行人 高橋 伸子

発行所 独立行政法人情報処理推進機構 (IPA)

〒113-6591

東京都文京区本駒込二丁目 28 番 8 号 文京グリーンコート センターオフィス

URL <https://www.ipa.go.jp/ikc/index.html>

Copyright 独立行政法人情報処理推進機構 社会基盤センター 2022