

DXに求められる ソフトウェア品質とその計測

IPA 報告書の紹介
「ソフトウェア開発分析データ集」
「組込み/IoT産業に関する動向調査」
「製造分野DX推進ガイド」

2022年10月12日

五味 弘

独立行政法人情報処理推進機構（IPA）

五味 弘 (ごみ ひろし) (独) 情報処理推進機構

2019年に沖電気工業(OKI)から情報処理推進機構(IPA)に出向
OKIでは言語処理系や人工知能、マルチメディア系の開発、金融系などの技術支援に従事
研究テーマに直交表によるソフトウェアテスト

三重大学や名古屋商科大学、群馬高専でソフトウェア工学などの講師を歴任
JEITA ソフトウェア事業基盤専門員会の委員長を歴任

単著: 「はじめてのLisp関数型プログラミング」

共著: 「つながる世界の品質確保に向けた手引き(IPA)」

「定量的品質予測のススメ(IPA)」

「プログラミング言語論」「IoTセキュリティ」など書籍執筆多数

雑誌: 「工場管理 2021年10月増刊号 ゼロから始めるモノづくりDX(IPA)」など

Web: 「IoT時代の組み込み系ソフトウェア品質」

「IoTとAI、ビッグデータ時代のソフトウェアテスト」など多数

講演: 「ランチタイムDX勉強会(IPA)」(毎週水曜日開催中) など多数

受賞: 「情報処理学会研究賞」など

主宰: 「DX研究会 (約1350名)」

情報処理学会シニア会員、三重大学リサーチフェロー、博士 (工学)

リサーチマップ: <https://researchmap.jp/gomihiroshi/>

- ・ **DXに求められるソフトウェア品質とその計測**：前段
- ・ **品質計測からわかるDX時代のソフトウェア開発**
「ソフトウェア開発分析データ集2022」の紹介
<https://www.ipa.go.jp/ikc/reports/20220926.html>
- ・ **組込み動向調査からわかるDXとソフトウェア開発の関係**
「2021年度組込み/IoT産業の動向把握等に関する調査」の紹介
<https://www.ipa.go.jp/ikc/reports/20220510.html>
- ・ (参考) 製造分野DX推進ガイドが示す中小製造業のDX
「製造分野DX推進ガイド」の紹介
<https://www.ipa.go.jp/ikc/reports/mfg-dx.html>
- ・ **DXに求められるソフトウェア品質とその計測**：後段

DXに求められる ソフトウェア品質とその計測：前段

デジタルトランスフォーメーション(DX)とは

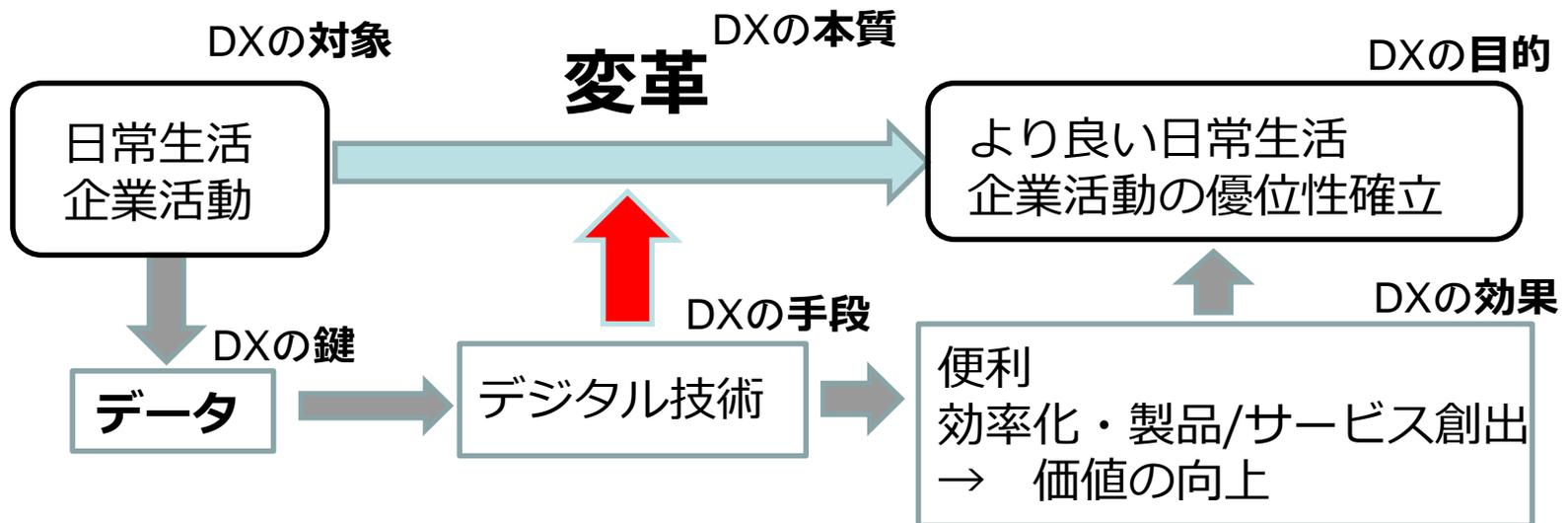
- ・デジタル技術を浸透させることで、生活をより良いものにする

※2004年にスウェーデンのウメオ大学のエリック・ストルターマン教授が提唱

- ・企業がデジタル技術を利用して、業務や組織を変革して優位性を確立

※2018年に経済産業省が策定したDX推進のためのガイドライン

「企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立すること。」



ソフトウェア品質の変遷

1970年代	1980年代	1990年代	2000年代	2010年代
欠陥がない	要求を達成	品質とは価値	ニーズを満たす能力	
Capers Jones	Watts S. Humphrey	Gerald M. Weinberg	JIS X 0129-1 6個の品質特性	X 25010 改訂



DX時代(2018年～)のソフトウェア品質

DXは（コストよりも）顧客価値優先

キーワード

価値、UX、オープン、共創、ユーザ内製化、社会、持続可能、アジリティ、変化

DX時代の品質とは

「持続可能な社会的価値の最大化」ができること

DXで重視される品質特性

JIS X 25010:2013 (ISO/IEC 25010:2011)より

主特性	副特性								
機能適合性	機能完全性	機能正確性	機能適切性	DXは顧客価値優先（再掲） キーワード 価値、UX、オープン、共創、 ユーザ内製化、社会、持続可能、 アジリティ、変化					
性能効率性	時間的効率性	資源効率性	容量満足性						
互換性	共存性	相互運用性							
使用性	成熟性	習得性	運用操作性				ユーザエラー防止性	ユーザインタフェース快美性	アクセシビリティ
信頼性	適切度認識性	可用性	障害許容性				回復性		
セキュリティ	機密性	インテグリティ(完全性)	否認防止性				責任追跡性	真正性	
保守性	モジュール性	再利用性	解析性				修正性	試験性	
移植性	適応性	設置性	置換性						

- 機能適切性** ユーザの目的に合致している機能を提供しているかどうか
- 共存性** 他の製品に悪影響を与えずに機能を実行できること
- 相互運用性** 複数のシステムや組織が連携できること
- UI快美性** ユーザに楽しく満足のいくインタフェースを与えること
- 障害許容性** システムの一部が故障や停止したときでも機能を提供できること

(参考)「つながる世界のソフトウェア品質ガイド」(IPA)
<https://www.ipa.go.jp/sec/publish/20150529.html>

掟

売, 品質計測が中立でないことは秘密
式, 測定はお値打ちなのでやるべし
参, 計測はプロの手でやるべし

テーゼ

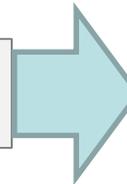
掃除のときに計測はしなくても、部屋
はきれいになる



ソフトウェア開発のときに計測をしな
くても、品質は良くなるか（反語）

宝物

品質データを蓄積



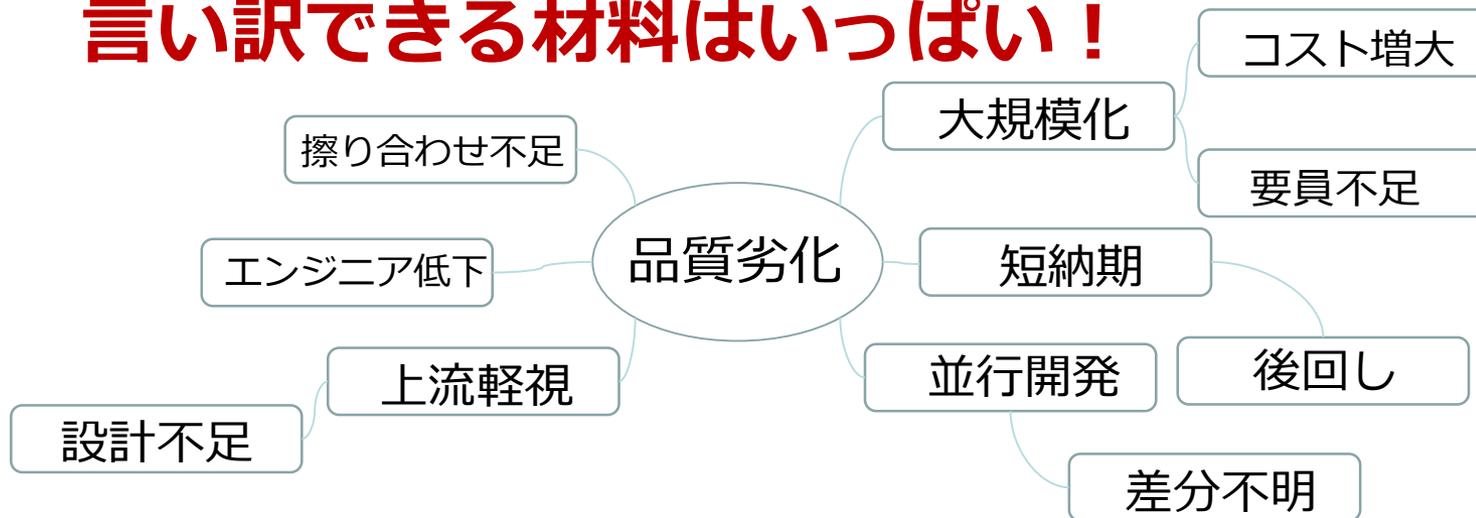
ご神体：参拝対象

品質に(悪)影響するもの

短納期化	大規模化	複雑化	並行開発
技術高度化	エンジニア質的低下	競争激化	オープン化
上流工程軽視	擦り合わせ不足	並行・割り込み	リアルタイム性
デバイス欠陥	ネット不調	クラウド障害	天候・自然災害

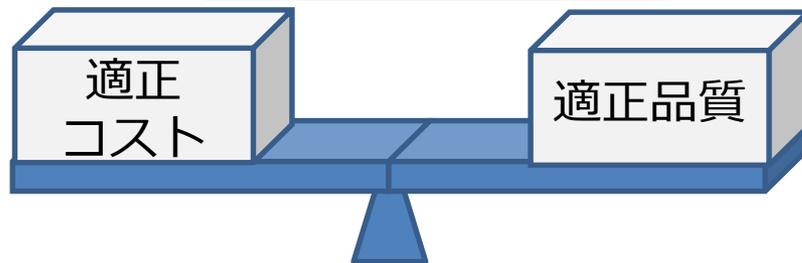
トキ
モ)
カキ
ヒト

言い訳できる材料はいっぱい！

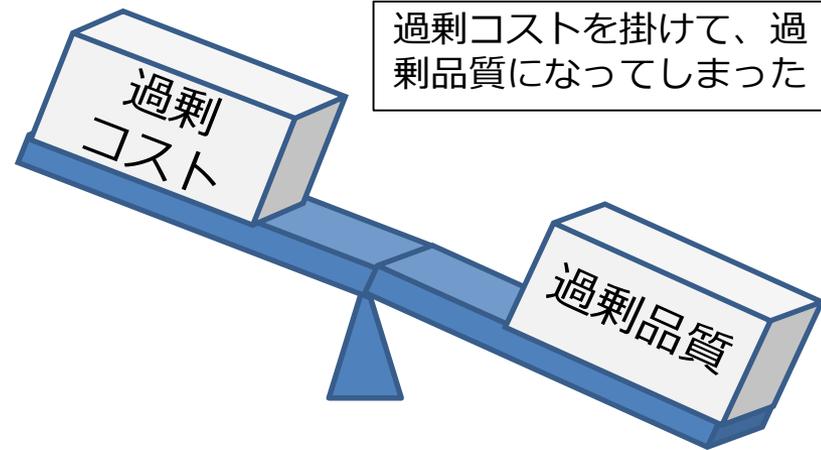


(閑話) テストコストと品質のバランス

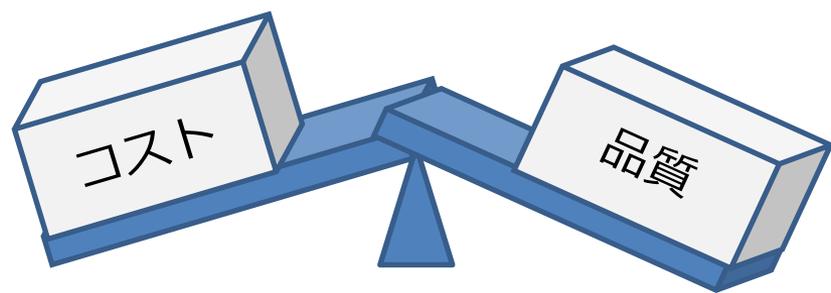
適正コストと適正品質で
バランスが取れている



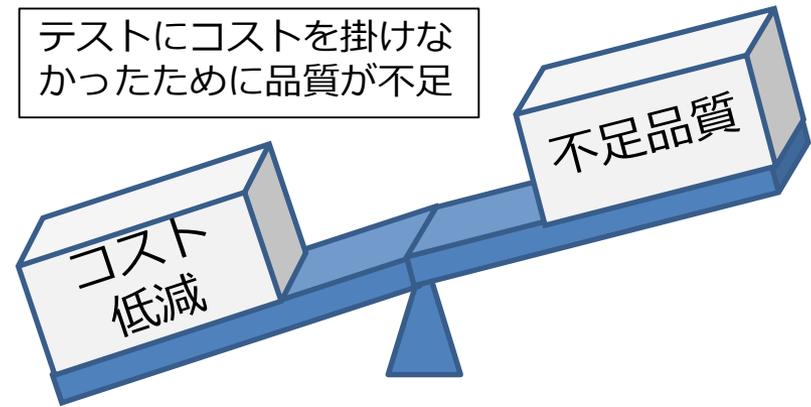
過剰コストを掛けて、過
剰品質になってしまった



コストと品質が共倒れ



テストにコストを掛けな
かったために品質が不足





Information-technology
Promotion
Agency, Japan

品質計測からわかる DX時代のソフトウェア開発

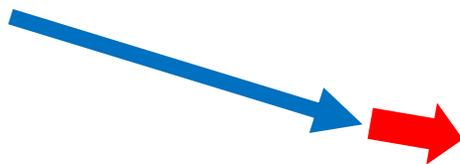
ソフトウェア開発分析データ集2022 サマリー
5,546プロジェクトの定量データからソフトウェアの信頼性を中心に分析

2014年度～2019年度のデータやそれ以前のデータと
今回の2016年度～2021年度のデータの傾向性の比較

1. 近年まで継続していた信頼性の向上傾向は 見られなくなった*
2. 一方、生産性の低下傾向は 弱めながら継続している
3. 工期が少し長くなっているが、その他のデータに大きな変動はない

*わずかに低下しているが、その差は小さいので参考程度

生産性



低下傾向は弱いながら継続

信頼性



向上傾向は停滞 (わずかに低下)

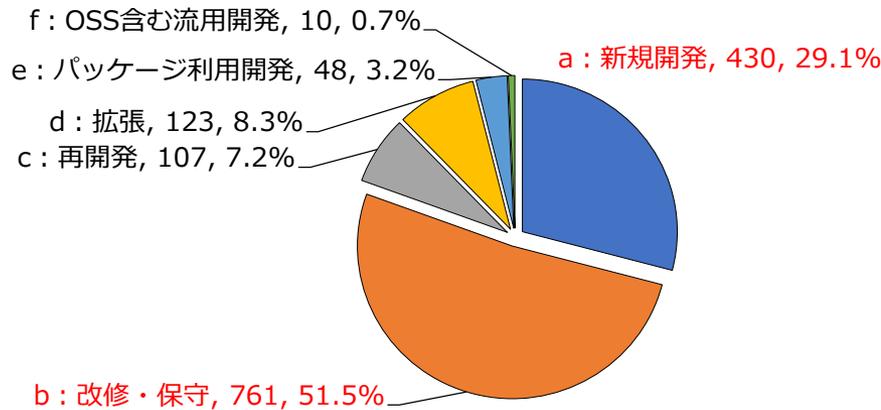
ソフトウェア開発データのプロフィール

以下の図表から断りのない限り、2016年度から2021年度までの6年間のデータを対象
これらは提供されたデータのプロフィールであり、日本全体の平均ではないことに注意

表1-2-2 開発言語

開発プロダクトの種別、開発言語

開発プロダクトの種別



- ・ 新規開発が3割弱、改修・保守が5割強であり、この二つでおよそ8割
- ・ 2014年度～2019年度と比較して、2016年度～2021年度は、新規開発が32.5%から29.1%に減少し、改修・保守が45.8%から51.5%に増加

開発言語	第1回答	比率
a : アセンブラ	1	0.1%
b : COBOL	240	16.3%
c : PL/I	4	0.3%
d : Pro*C	7	0.5%
e : C++	50	3.4%
f : Python	2	0.1%
g : C	83	5.6%
h : VB	58	3.9%
i : PHP	11	0.7%
j : JavaScript	28	1.9%
k : Ruby	1	0.1%
m : PL/SQL	30	2.0%
n : ABAP	3	0.2%
o : C#	112	7.6%
p : Visual Basic.NET	137	9.3%
q : Java	626	42.4%
r : Perl	5	0.3%
s : Shellスクリプト	8	0.5%
t : Delphi	5	0.3%
u : HTML	5	0.3%
v : XML	2	0.1%
w : その他	58	3.9%
合計	1,476	100.0%

- ・ Javaが4割強と最も多い。次いで COBOL、Visual Basic.NET、C#、C の順で多い
- ・ 2014年度～2019年度と同様

SLOC規模別発生不具合密度（新規開発）

表2-1-1 SLOC規模別発生不具合密度(新規開発) 件/KSLOC

SLOC規模	N	最小	P25	中央	P75	最大	平均	標準偏差
全体	171	0.000	0.000	0.000	0.077	2.005	0.100	0.263
40KSLOC未満	76	0.000	0.000	0.000	0.056	1.387	0.098	0.234
40KSLOC以上 100KSLOC未満	36	0.000	0.000	0.008	0.076	2.005	0.122	0.365
100KSLOC以上 300KSLOC未満	33	0.000	0.000	0.007	0.080	1.494	0.123	0.293
300KSLOC以上	26	0.000	0.001	0.010	0.078	0.243	0.047	0.064

- ・全体の平均値が2014年度～2019年度の0.084から0.100になり、P75が0.053から0.077になった
- ・不具合密度がわずかに増加し、信頼性がわずかに落ちている傾向がみられる
- ・過去から不具合密度の減少傾向があったが、その傾向がみられなくなった（あまり大きな差でない）

SLOC規模別発生不具合密度（改良開発）

表2-1-2 SLOC規模別発生不具合密度(改良開発) 件/KSLOC

SLOC規模	N	最小	P25	中央	P75	最大	平均	標準偏差
全体	383	0.000	0.000	0.000	0.036	18.421	0.141	1.018
20KSLOC未満	190	0.000	0.000	0.000	0.035	18.421	0.219	1.426
20KSLOC以上 40KSLOC未満	74	0.000	0.000	0.000	0.030	1.952	0.068	0.242
40KSLOC以上 100KSLOC未満	55	0.000	0.000	0.003	0.057	1.786	0.094	0.288
100KSLOC以上 300KSLOC未満	52	0.000	0.000	0.005	0.017	0.543	0.033	0.096
300KSLOC以上	12	0.000	0.006	0.019	0.043	0.192	0.041	0.057

- ・全体の平均値が2014年度～2019年度の0.153から0.141に減少、P75は逆に0.025から0.036に増加
しかし大きな差ではなく、あまり差はない。

SLOC規模別発生不具合密度（新規開発） 全年度

表2-1-4 SLOC規模別発生不具合密度(新規開発：全年度) 件/KSLOC

SLOC規模	N	最小	P25	中央	P75	最大	平均	標準偏差
全体	730	0.000	0.000	0.010	0.066	5.494	0.109	0.392
40KSLOC未満	266	0.000	0.000	0.000	0.069	5.494	0.125	0.424
40KSLOC以上 100KSLOC未満	172	0.000	0.000	0.021	0.086	4.839	0.123	0.422
100KSLOC以上 300KSLOC未満	157	0.000	0.000	0.012	0.074	4.708	0.122	0.452
300KSLOC以上	135	0.000	0.002	0.015	0.052	0.788	0.048	0.099

- ・ 不具合は10万行で1個の不具合が発生(中央値での概算、平均値であれば1万行で1個)

SLOC規模あたりの基本設計レビュー指摘件数

表4-1-1 SLOC規模あたりの基本設計レビュー指摘件数(全開発種別) 件/KSLOC

N	最小	P25	中央	P75	最大	平均	標準偏差
405	0.000	0.985	2.500	5.121	8,000.000	25.317	397.507

- ・中央値が2014年度～2019年度の2.574から2.500とあまり差はない
- ・なお最大値の8.000件/KSLOCのプロジェクトは、1行の変更だけに対し8件の指摘があったもの

工数あたりの基本設計レビュー指摘件数

表4-1-3 工数あたりの基本設計レビュー指摘件数(全開発種別) 件/1,000人時

N	最小	P25	中央	P75	最大	平均	標準偏差
244	0.0	231.1	625.0	1,564.7	10,119.0	1,212.6	1,652.8

- ・中央値が2014年度～2019年度の580.9から625.0となり、平均値も1211.9から1212.6でやや増加

ページあたりの基本設計レビュー指摘件数

表4-1-4 ページあたりの基本設計レビュー指摘件数(全開発種別) 件/ページ

N	最小	P25	中央	P75	最大	平均	標準偏差
353	0.000	0.112	0.216	0.456	4.300	0.390	0.514

- ・中央値が2014年度～2019年度の0.241から0.216、平均値も0.435から0.390でやや減少

工数あたりの製作工程レビュー指摘件数

表4-2-1 工数あたりの製作レビュー指摘件数(全開発種別) 件/1,000人時

N	最小	P25	中央	P75	最大	平均	標準偏差
240	0.0	181.3	496.9	1,407.4	94,868.4	1,601.8	6,393.8

- ・中央値が2014年度～2019年度の555.1から496.9になりやや減少

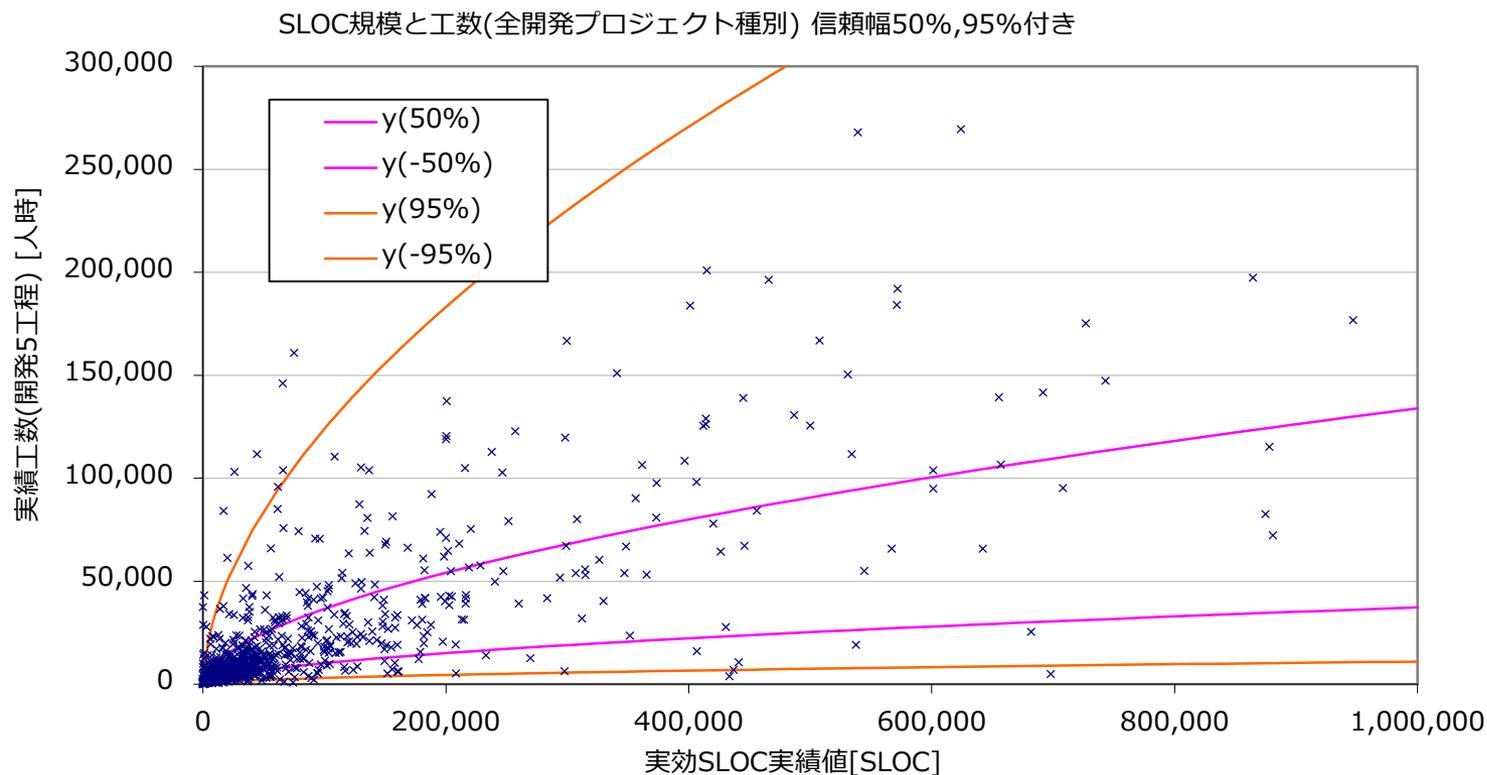
SLOC規模あたりのテストケース数、検出バグ数（全開発種別）

表5-1-1 SLOC規模あたりのテストケース数、検出バグ数(全開発種別) 件/KSLOC

	N	最小	P25	中央	P75	最大	平均	標準偏差
結合テスト(テストケース)	665	0.0	22.2	51.7	120.1	100,000.0	484.9	4,821.2
総合テスト(テストケース)	620	0.0	6.4	16.0	40.7	219,000.0	653.9	9,799.1
結合テスト検出バグ数(現象)	507	0.000	0.468	1.111	2.402	7,846.154	22.866	353.638
総合テスト検出バグ数(現象)	475	0.000	0.051	0.197	0.639	1,000.000	6.049	63.473
結合テスト検出バグ数(原因)	389	0.000	0.373	1.042	1.957	7,846.154	26.351	402.398
総合テスト検出バグ数(原因)	376	0.000	0.063	0.246	0.675	1,000.000	6.783	70.668

- ・ 2014年度～2019年度の結合テスト(テストケース)の中央値の50.2などと比較して、あまり差はない

SLOC規模と工数（全開発プロジェクト種別）

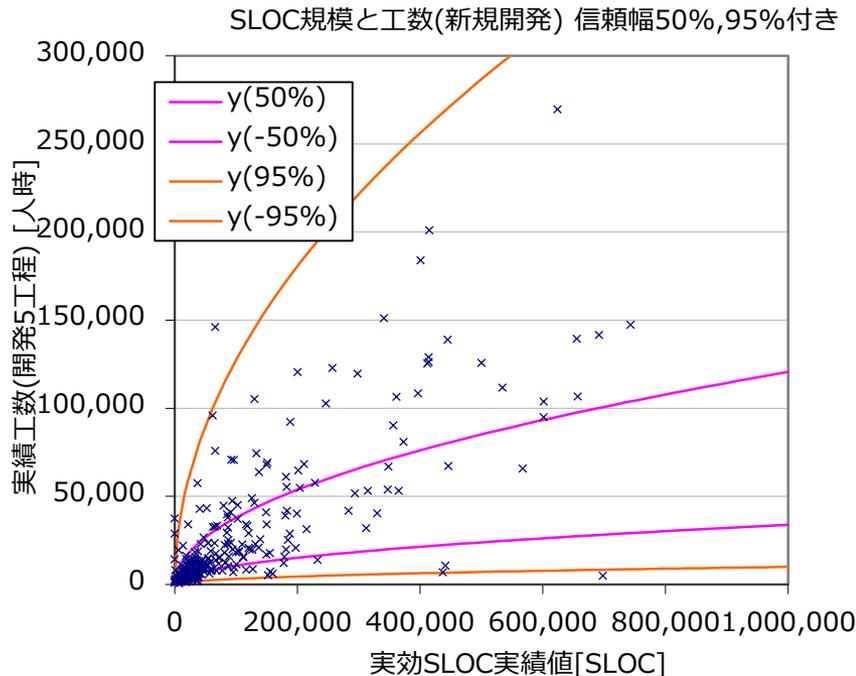


図A1-1-1 SLOC規模と工数(全開発プロジェクト種別)

近似曲線 $y = 29.9x^{0.56}$ $R^2 = 0.55$

- 2014年度～2019年度の近似曲線の係数と指数、 R^2 は13.3と0.64、0.61
- 2016年度～2021年度は指数部が0.56と小さくなり、規模による生産性への影響がやや大きくなった

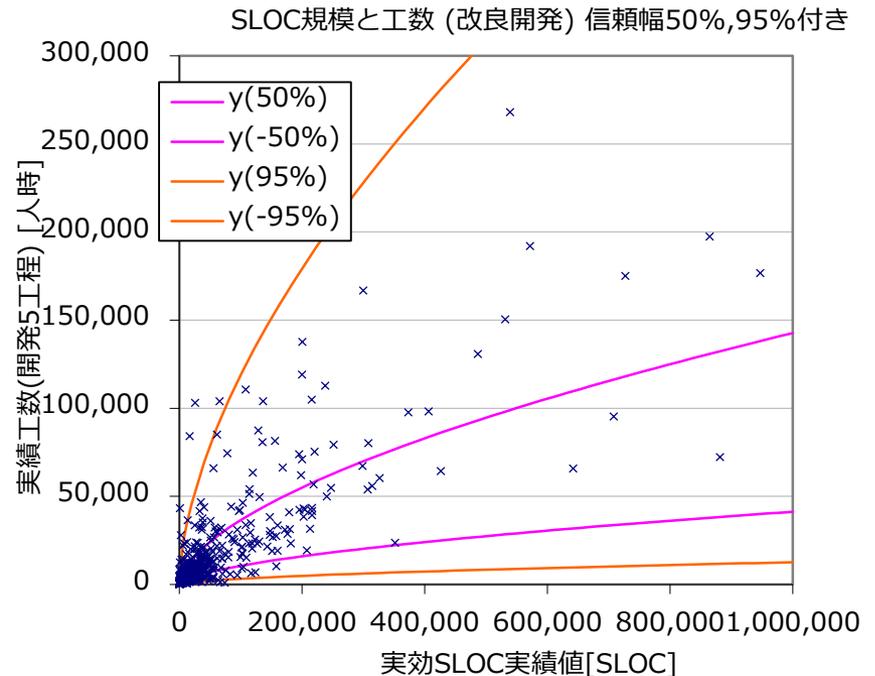
SLOC規模と工数(新規開発、改良開発)



図A1-1-2 SLOC規模と工数(新規開発)

近似曲線 $y = 63.7x^{0.50}$ $R^2 = 0.48$

- ・ 2014年度～2019年度の近似曲線の係数と指数、 R^2 は11.9と0.65、0.62
- ・ 2016年度～2021年度は指数部が0.50に小さくなり、規模による生産性への影響が大きくなった



図A1-1-3 SLOC規模と工数(改良開発)

近似曲線 $y = 21.8x^{0.59}$ $R^2 = 0.59$

- ・ 近似曲線の係数と指数、 R^2 は2014年度～2019年度の13.5と0.64、0.60とあまり差はない

SLOC規模別SLOC生産性（新規開発）

表A1-2-1 SLOC規模別SLOC生産性(新規開発)

SLOC規模	単位	N	最小	P25	中央	P75	最大	平均	標準偏差
全体	SLOC/ 人時	307	0.00	2.27	3.76	6.25	714.25	7.93	41.65
40KSLOC未満		140	0.00	1.97	2.95	5.14	22.92	3.94	3.34
40KSLOC以上 100KSLOC未満		69	0.45	2.31	3.88	5.55	13.88	4.40	2.59
100KSLOC以上300KSLOC未満		58	1.24	3.00	5.21	7.26	28.63	6.58	5.64
300KSLOC以上		40	1.00	3.28	4.97	7.19	714.25	29.94	113.71
全体	KSLOC/ 160 人時	307	0.00	0.36	0.60	1.00	114.28	1.27	6.66
40KSLOC未満		140	0.00	0.32	0.47	0.82	3.67	0.63	0.53
40KSLOC以上 100KSLOC未満		69	0.07	0.37	0.62	0.89	2.22	0.70	0.41
100KSLOC以上300KSLOC未満		58	0.20	0.48	0.83	1.16	4.58	1.05	0.90
300KSLOC以上		40	0.16	0.53	0.79	1.15	114.28	4.79	18.19

- 全体の中央値が2014年度～2019年度の4.15から3.76と減少(平均値は増加)
- 生産性が弱いながらも落ちている

SLOC規模別SLOC生産性（改良開発）

表A1-2-2 SLOC規模別SLOC生産性(改良開発)

SLOC規模	単位	N	最小	P25	中央	P75	最大	平均	標準偏差
全体	SLOC/ 人時	522	0.00	1.54	3.01	4.90	86.97	4.12	5.60
20KSLOC未満		243	0.00	0.95	1.79	3.68	29.61	2.67	2.86
20KSLOC以上 40KSLOC未満		108	0.25	2.25	3.56	5.07	26.71	4.26	3.51
40KSLOC以上 100KSLOC未満		80	0.64	2.52	3.76	6.87	86.97	7.19	11.61
100KSLOC以上300KSLOC未満		70	0.60	2.69	4.80	5.77	18.28	5.04	3.43
300KSLOC以上	21	1.16	3.82	4.38	5.69	14.93	5.55	3.27	
全体	KSLOC/ 160 人時	522	0.00	0.25	0.48	0.78	13.91	0.66	0.90
20KSLOC未満		243	0.00	0.15	0.29	0.59	4.74	0.43	0.46
20KSLOC以上 40KSLOC未満		108	0.04	0.36	0.57	0.81	4.27	0.68	0.56
40KSLOC以上 100KSLOC未満		80	0.10	0.40	0.60	1.10	13.91	1.15	1.86
100KSLOC以上300KSLOC未満		70	0.10	0.43	0.77	0.92	2.92	0.81	0.55
300KSLOC以上	21	0.19	0.61	0.70	0.91	2.39	0.89	0.52	

- 全体の中央値が2014年度～2019年度の3.18から3.01に少し減少(平均値も4.14からわずかに減少)
- 生産性がわずかに落ちている

(参考) 全年度のSLOC生産性

SLOC規模別SLOC生産性の基本統計量（新規開発） 全年度

表A1-2-4 SLOC規模別SLOC生産性(新規開発：全年度)

SLOC規模	単位	N	最小	P25	中央	P75	最大	平均	標準偏差
全体	SLOC/ 人時	1246	0.00	2.95	4.99	8.16	714.25	8.58	25.95
40KSLOC未満		486	0.00	2.33	3.94	7.06	222.22	5.97	11.38
40KSLOC以上 100KSLOC未満		281	0.45	3.14	5.15	8.61	71.69	7.08	7.11
100KSLOC以上300KSLOC未満		261	1.14	3.49	5.76	8.96	261.91	8.75	17.64
300KSLOC以上		218	0.86	3.74	5.92	9.96	714.25	16.10	55.32
全体	KSLOC/ 160 人時	1246	0.00	0.47	0.80	1.31	114.28	1.37	4.15
40KSLOC未満		486	0.00	0.37	0.63	1.13	35.56	0.96	1.82
40KSLOC以上 100KSLOC未満		281	0.07	0.50	0.82	1.38	11.47	1.13	1.14
100KSLOC以上300KSLOC未満		261	0.18	0.56	0.92	1.43	41.91	1.40	2.82
300KSLOC以上		218	0.14	0.60	0.95	1.59	114.28	2.58	8.85

・ 中央値は1人が1時間で約5行

2014年度～2019年度のデータやそれ以前のデータと
今回の2015年度～2020年度のデータの 傾向性の比較 (再掲)

1. 近年まで継続していた信頼性の向上傾向は見られなくなった*
2. 一方、生産性の低下傾向は弱めながら継続している
3. その他のデータに大きな変動はない

*ただしその差は小さいので参考程度の情報となる

全体の傾向 (過去と同様の傾向)

1. 新規開発が3割強、改修・保守が5割弱
2. Javaが4割強と最も多く、COBOL、Visual Basic.NET、C#、Cの順
3. 不具合は10万行で1個 (中央値)、1万行で1個 (平均値)
4. SLOC規模と工数の関係はおよそ0.56乗根の関係
5. 基本設計レビューでは100ページあたり25個の指摘
6. 1000行あたり50個の結合テスト、15個の総合テストを実施
7. 1万行あたり結合テストで12個のバグを検出し、総合テストで2個検出



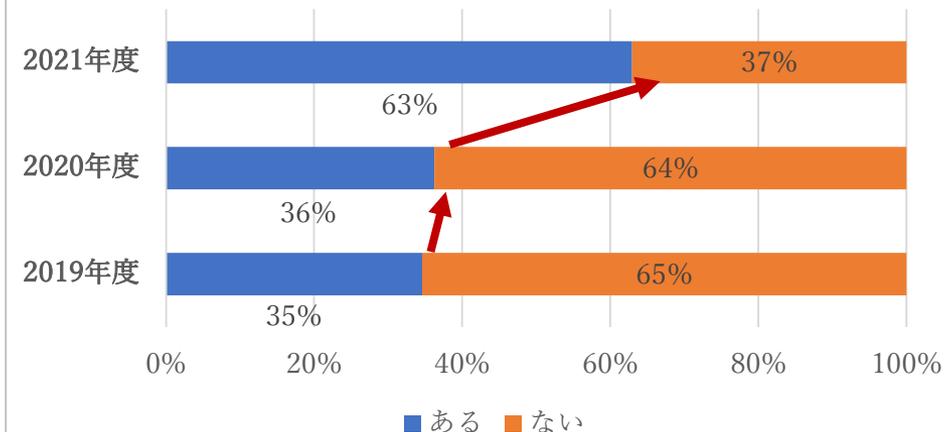
Information-technology
Promotion
Agency, Japan

組込み動向調査からわかる DXとソフトウェア開発の関係

2021年度組込み/IoT産業の動向把握等に関する調査
1,108社のアンケート回答からDXの取り組みや技術動向を分析

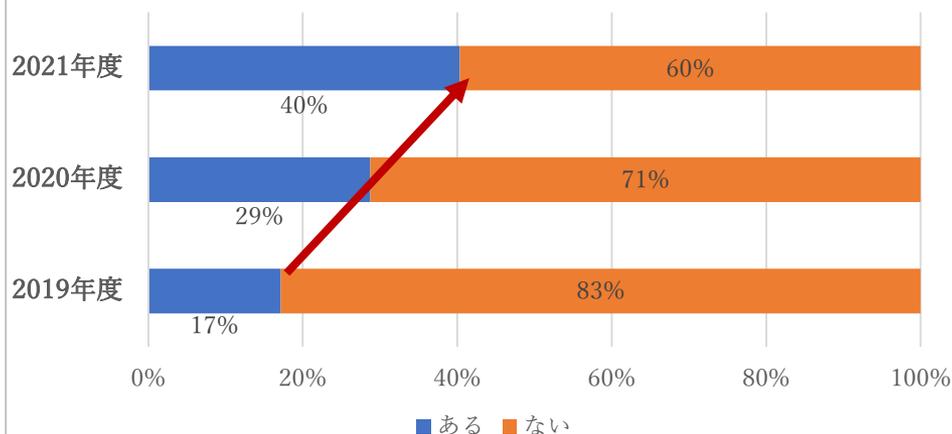
DXの取り組み（経年変化）

DXの影響の経年変化

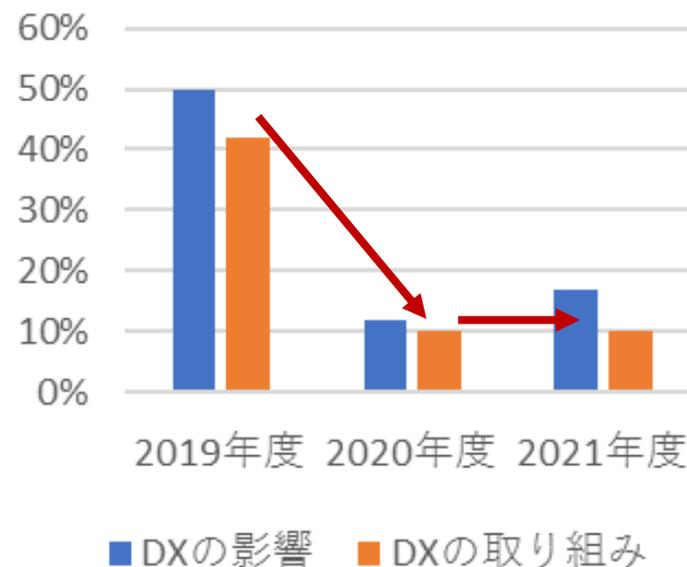


DXの影響やその取り組みは年々増加している
またDXの影響や取り組み状況がわからないと回答した会社が減っている

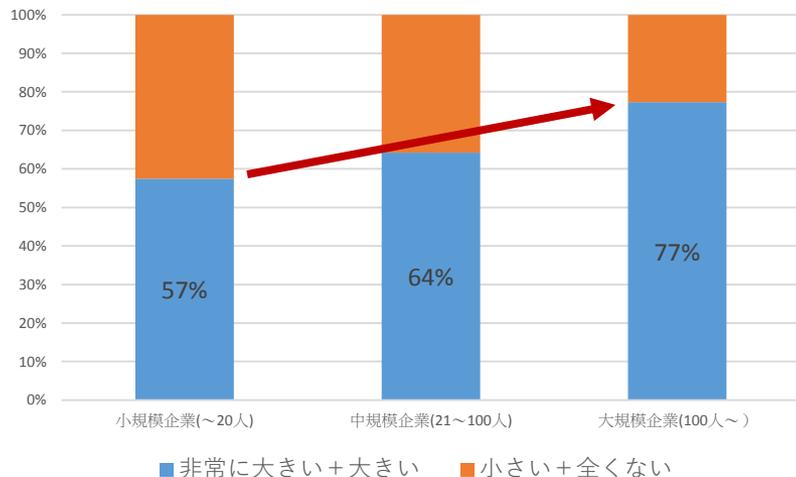
DXの取り組みの経年変化



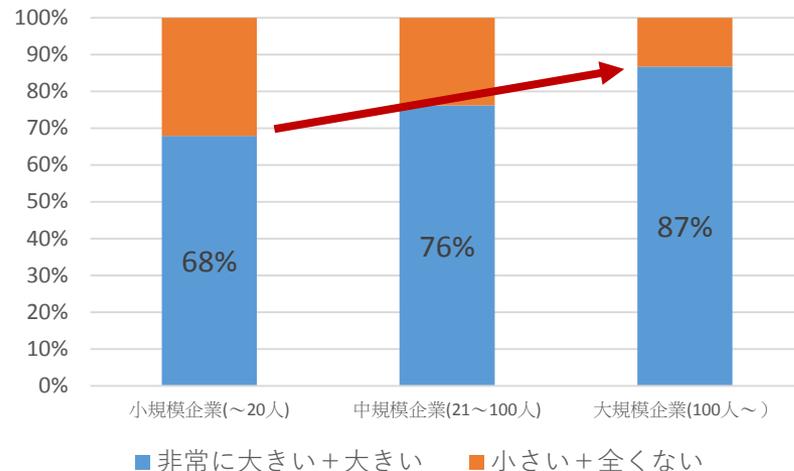
わからないと回答した比率



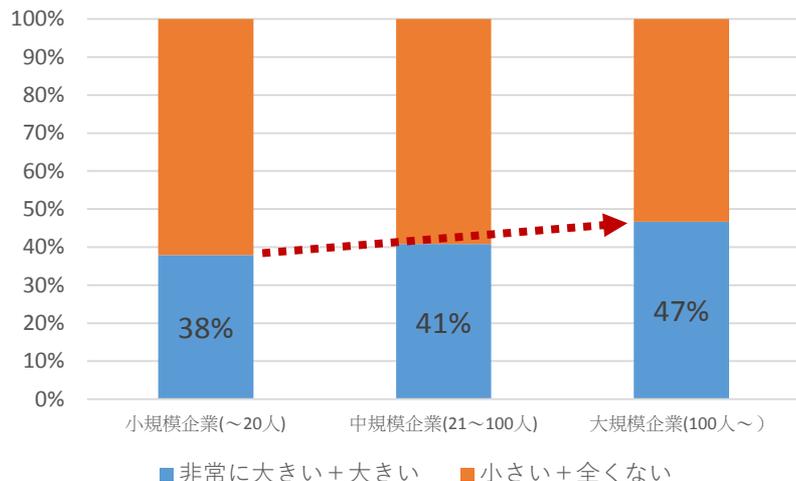
Q13A1 DX全般_事業への影響(比率)



Q13A2 DX全般_必要性(比率：2値化)



Q13A3 DX全般_取り組み(比率：2値化)



DXの影響や必要性は会社の規模に比例するが、取り組みは大きな差は無い(5%有意でない)

DXに取り組んでいると回答した会社とそうでない会社で各項目の関連

DX取り組みと開発スタイルとの関連

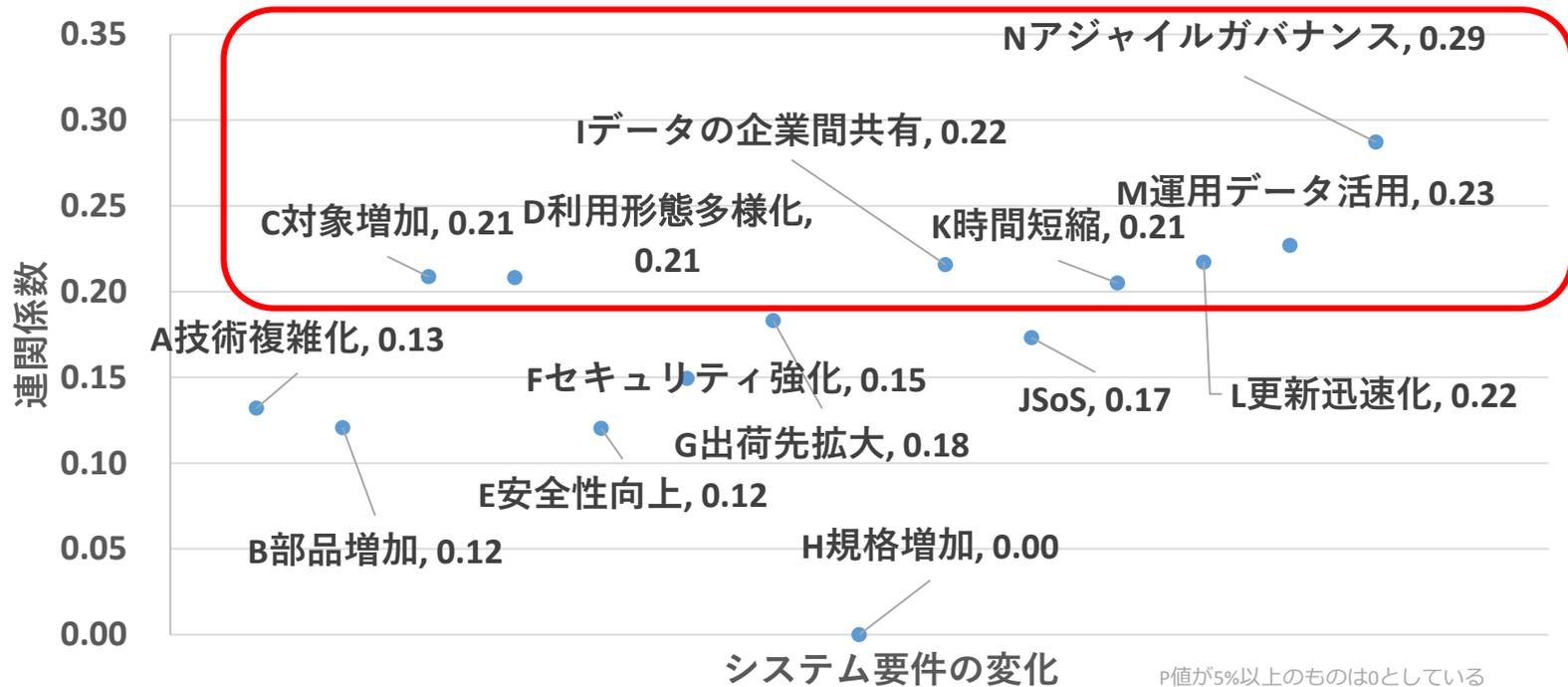


DXとアジャイル、DevOpsには関連がある

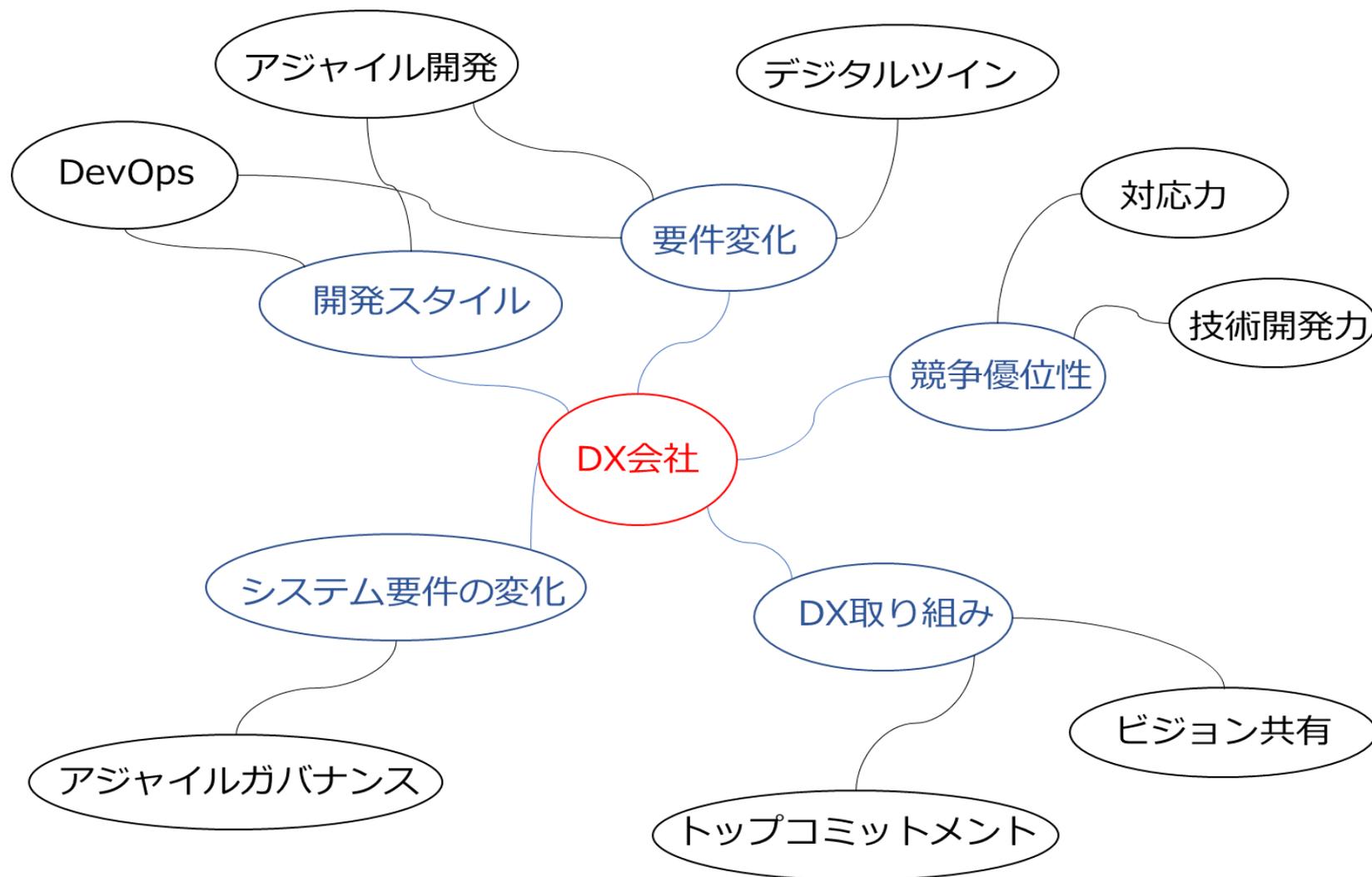
数値はクラメールの連関係数、ただし独立性のP値が5%以下のものは0としている

DXに取り組んでいると回答した会社とそうでない会社で各項目の関連

DX取り組みとシステム要件との関連

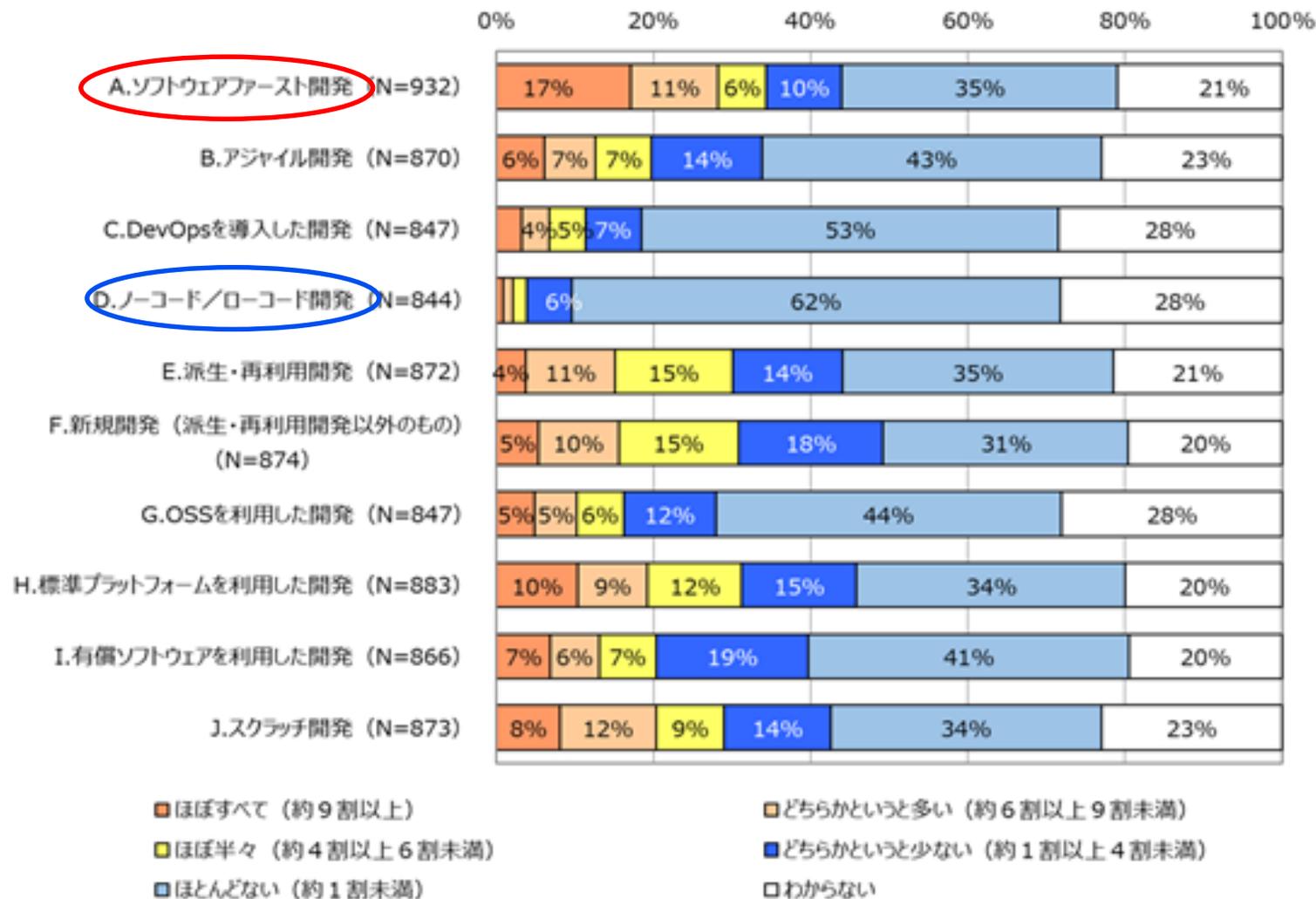


DXとアジャイルガバナンス、データの企業間共有、利用形態多様化、運用データ活用、対象増加、時間短縮と関連がある



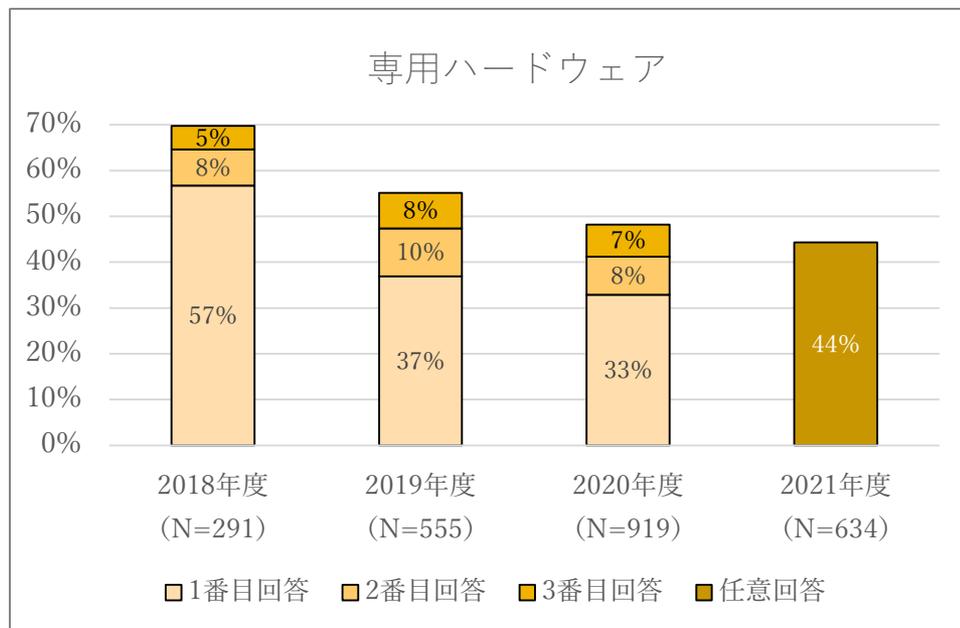
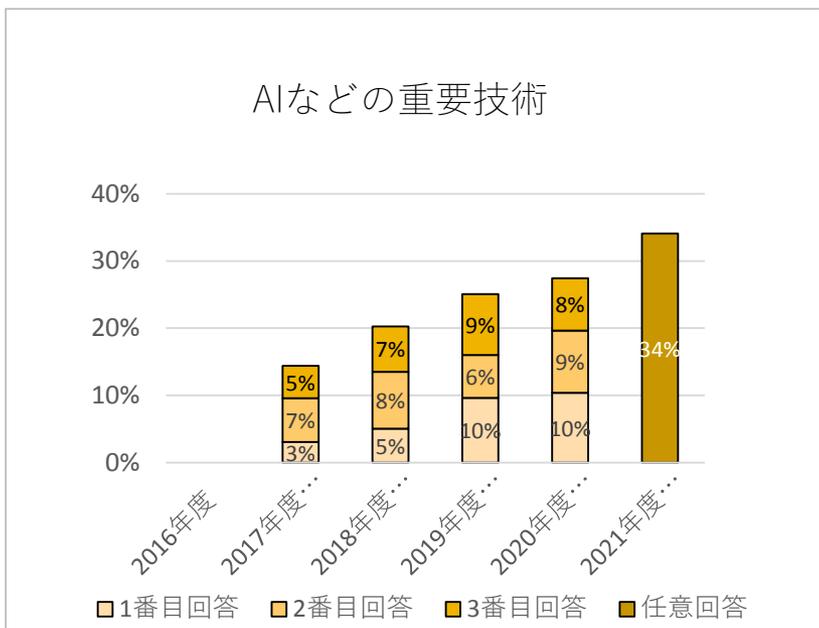
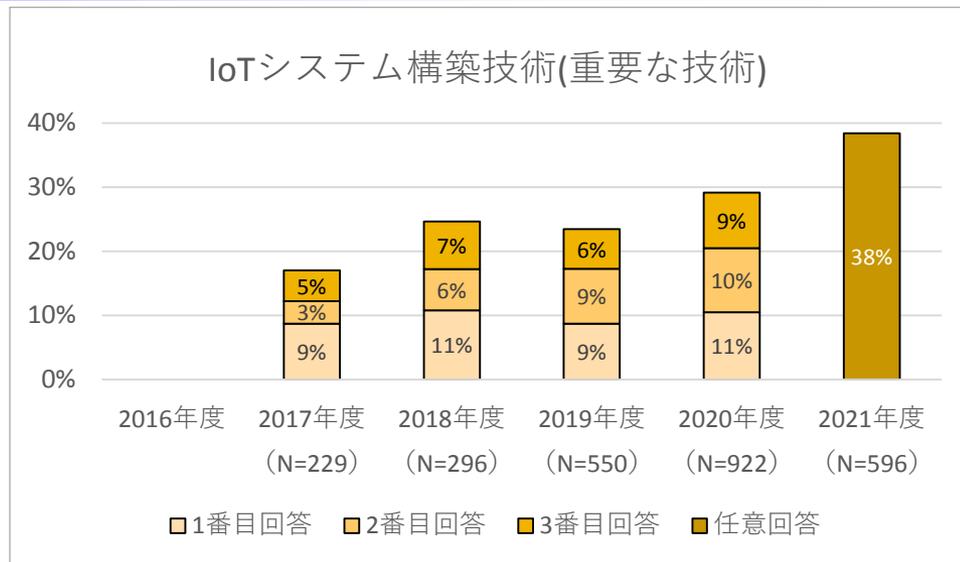
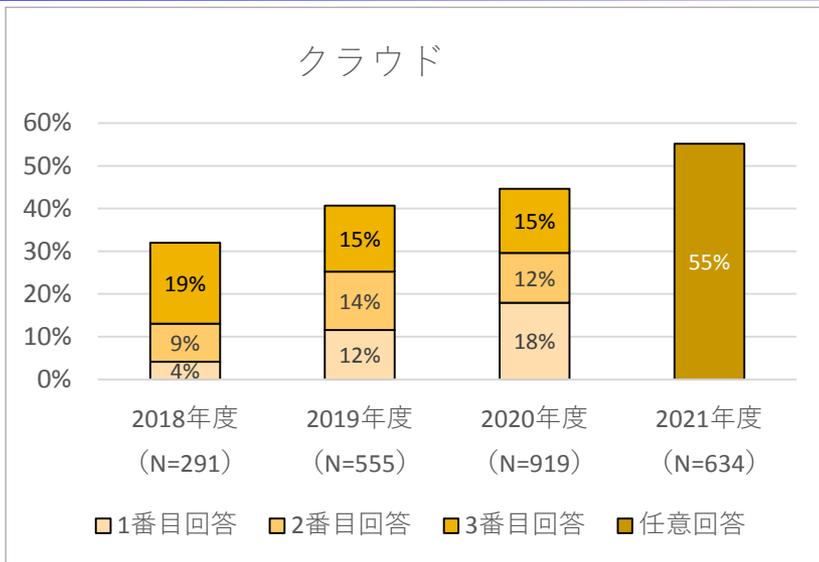
DXと関連のあるものを各項目からピックアップしたもの

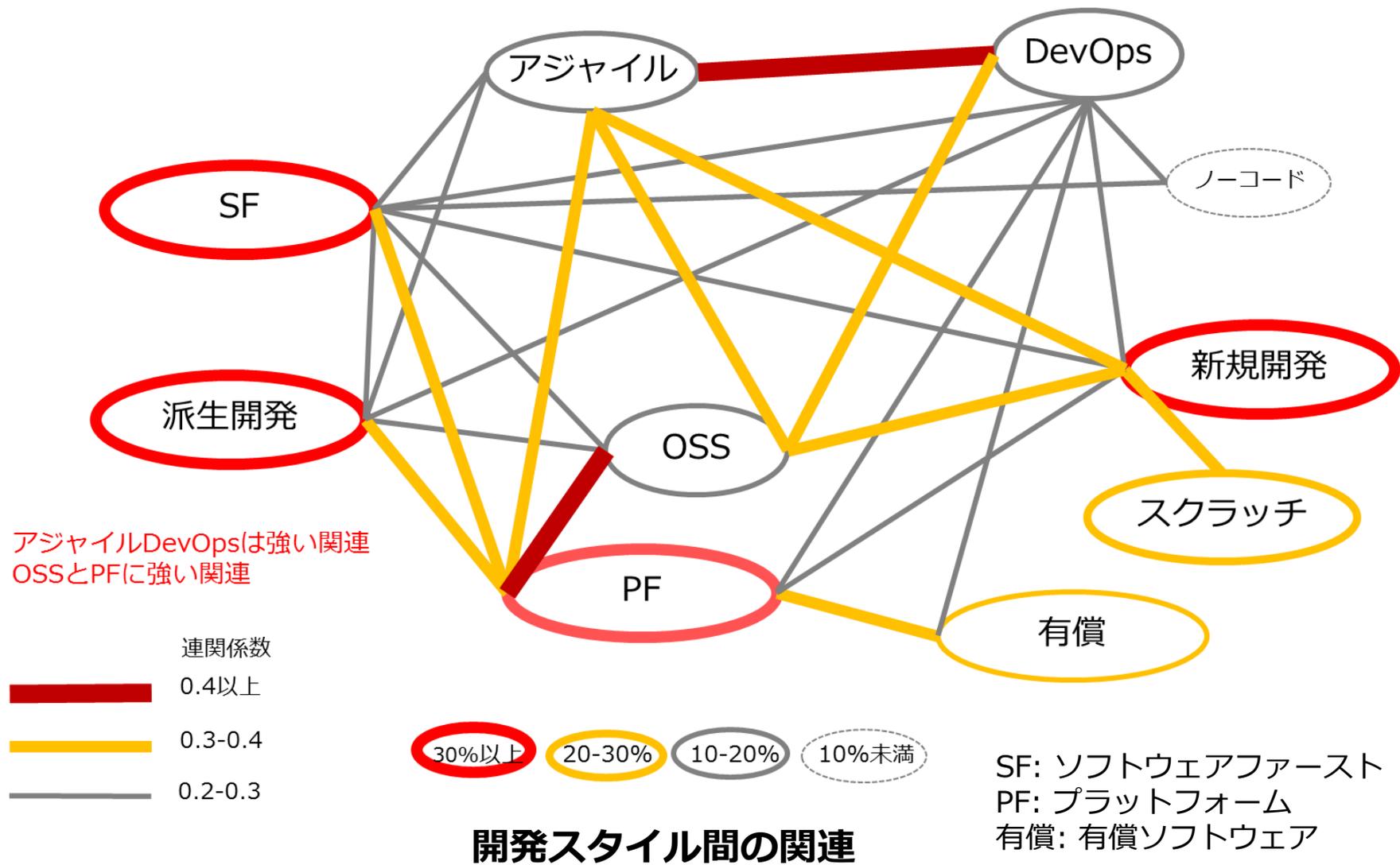
組み込み/IoT産業の技術動向（開発スタイル）



ソフトウェアファーストが多い - ソフトウェアファーストの定義が異なる？
ノーコード/ローコードは少ない - 組み込み系ではまだまだである

組込み/IoT産業の技術動向 (経年変化)





組み込み/IoT産業の技術動向（技術間の関連）

	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	0.41	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	

重要技術間の関連

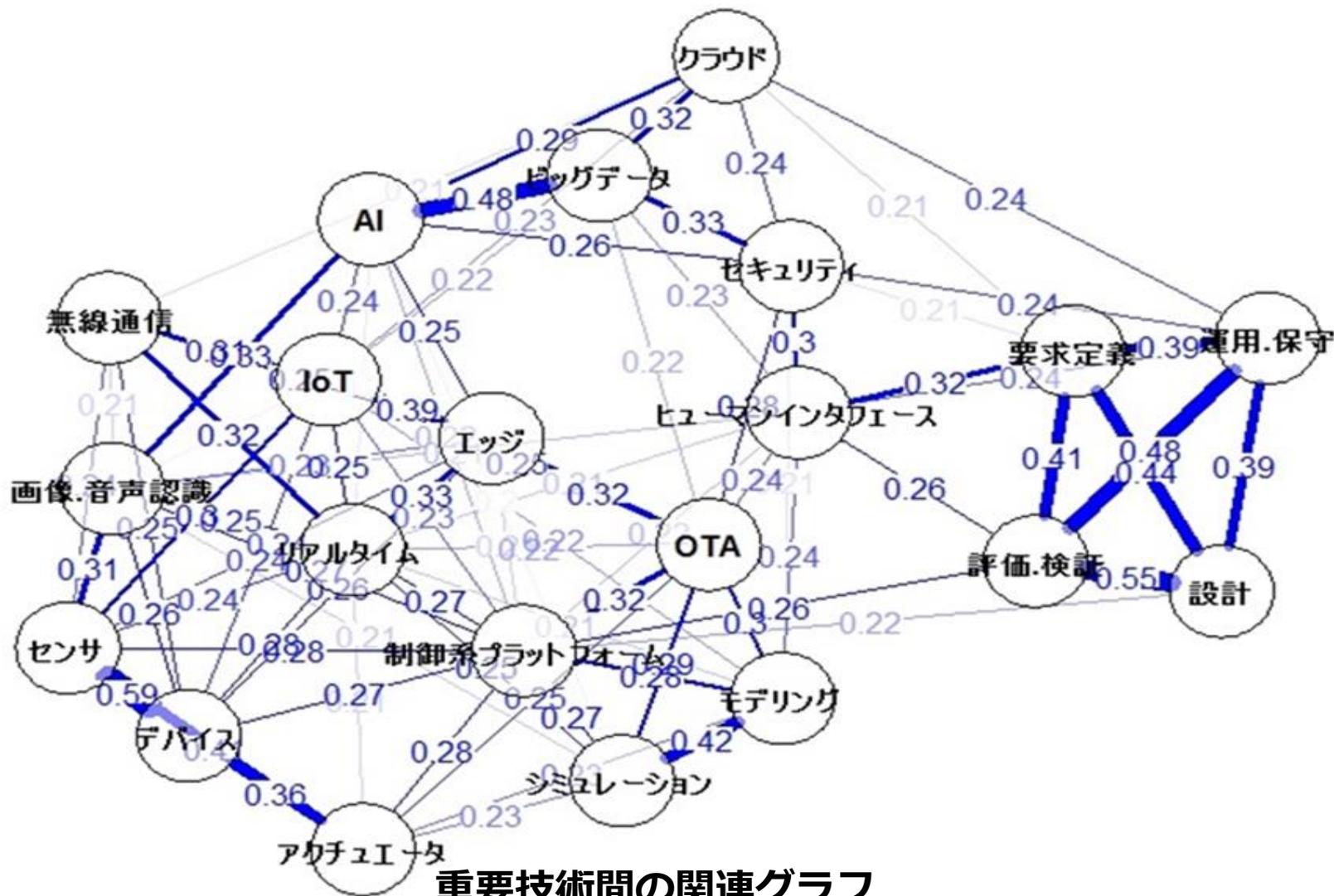
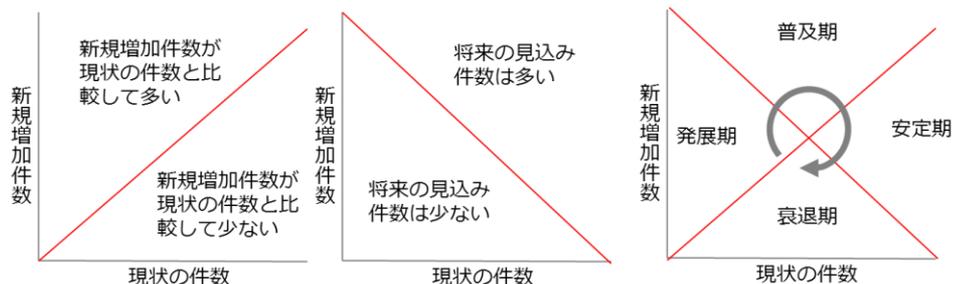




図 2.4 開発スタイルのライフサイクル (グラフ)

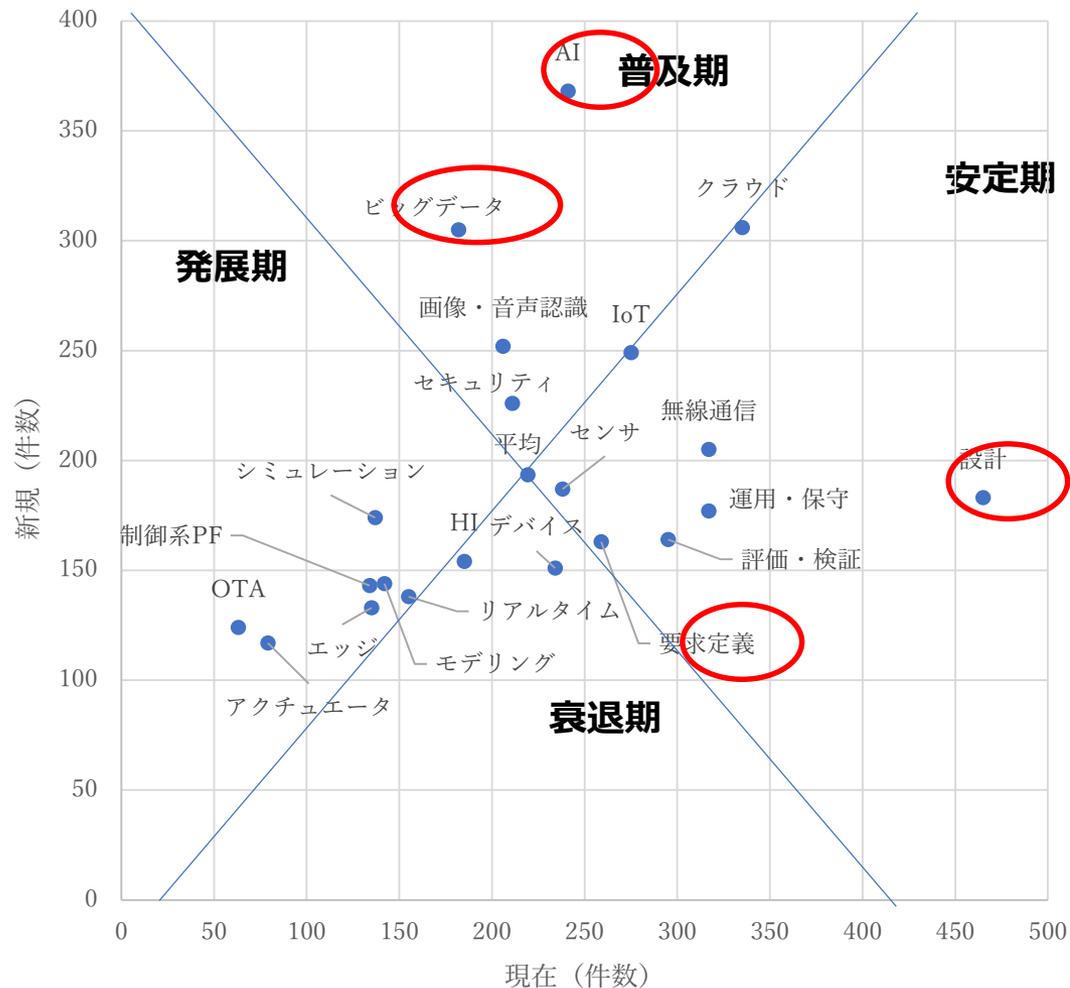
アジャイルは普及期、DevOpsやノーコードは発展期、スクラッチは衰退期

現在と新規（将来）使われる技術の割合から、
発展期、普及期、安定期、衰退期に分類



組み込み/IoT産業の技術動向（ライフサイクル）

技術のライフサイクル



AIやビッグデータは
普及期、設計や要求定義
は安定期

DXの取り組み

- ・ DXの経年変化：年々増加、不明も減少
- ・ DXと会社規模との関連：
DXの影響や必要性は規模に依存、取り組みは大きな差は無い
- ・ DXと各項目（開発スタイルやシステム要件）との関連
アジャイルやDevOps、企業間共有、更新迅速化などに関連
- ・ DXに取り組んでいる会社の典型的な特徴：上記をまとめたもの

技術動向

- ・ 重要技術の経年変化：クラウドやIoT、AI、ビッグデータが増加
- ・ 技術間の関連：アジャイルとDevOps、OSSとPFに関連
- ・ 技術のライフサイクル：
AIやビッグデータが普及期、IoTやクラウドが安定期

製造分野DX推進ガイドが示す 中小製造業のDX



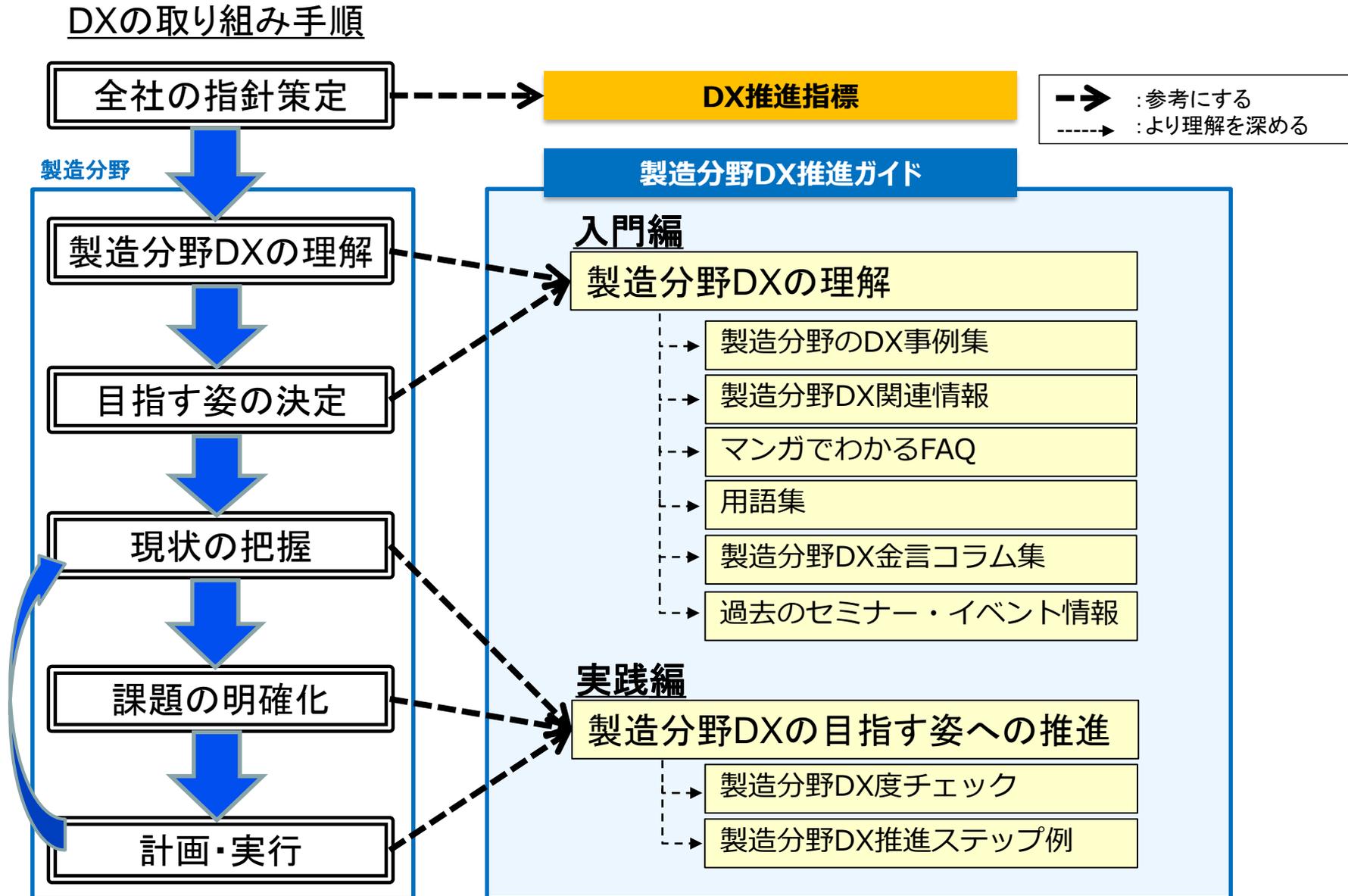
中小規模製造業者の
製造分野における
DX推進のためのガイド

- ✓ 製造分野DXってなに？
- ✓ DXでどうなるべき？
- ✓ どうやってDXを進める？

製造分野DX



<https://www.ipa.go.jp/ikc/reports/mfg-dx.html>



製造分野DXとは

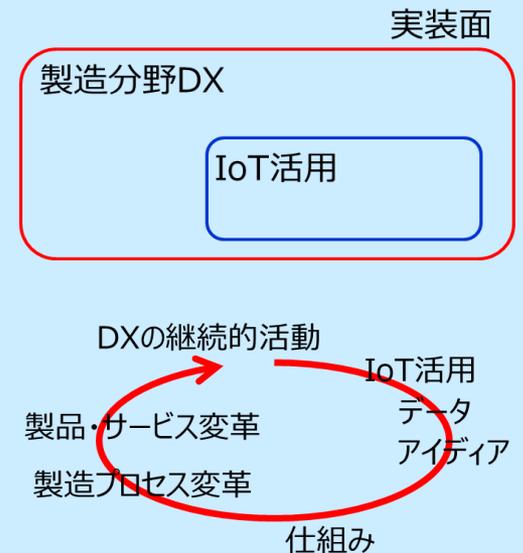
顧客価値を高めるため、製造分野で利用されている**製造装置や製造工程の監視・制御などのデジタル化**を軸に、ITとの連携により、**製品やサービス、ビジネスモデルの革新**を実現すること

<参考情報> 「DX」と「IoT」は違うの??

IoT活用は製造分野DXの実装の一部

DXは、IoTから得られたデータを活用し、次に企業として進む仕組みを作り、それを元に**常に変化し続ける（革新する）**こと

IoT活用で単発の新製品だけではDXとしては不十分。
IoTなどから収集したデータを活用し、継続して革新できる仕組みを構築。



製造分野DXとは

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、ビジネスモデルの革新**を実現すること

OT

製造実行システム
(Manufacturing Execution System, **MES**)
製造オペレーション管理
(Manufacturing Operations Management, **MOM**)
産業監視制御システム
(Supervisory Control And Data Acquisition, **SCADA**)
プログラマブルロジックコントローラ
(Programmable Logic Controller, **PLC**)

IT

サプライチェーン管理
(supply chain management, **SCM**)
エンタープライズリソースプランニング
(Enterprise Resource Planning, **ERP**)
財務会計 (Financial Accounting)
管理会計 (Managerial Accounting)
企業財務 (Corporate Finance)
人事給与 (Human Resource and Payroll System)

製造分野DXの範囲

- 顧客価値向上のため中小製造業が取り組むべき変革の方向性
ただし目指す姿を3つに限定するものではない

目指す姿	説明	定量指標例 (KPI)	DX変革の分類
<u>スマートファクトリー</u> 内向きDX	生産工程の見える化とデータ活用で生産の全体プロセスを最適化 <ul style="list-style-type: none"> ・ペーパーレスの生産 ・職人に依存しない生産 ・場所に依存しない生産 ・顧客要求への柔軟な対応 ・短納期、高品質 	設備稼働率、不良率、労働生産性、原価率、作業効率化、作業負荷軽減	生産プロセス変革 サプライチェーンとエンジニアリングチェーン対象
<u>スマートプロダクト</u> 外向きDX	中核技術とデジタル技術の融合で付加価値向上 <ul style="list-style-type: none"> ・開発力向上により市場で競争力を強化 ・収集データを基に顧客価値を向上 ・データ分析で機能強化・新製品開発 	新製品数、付加価値額、顧客満足度、海外売上比率	製品変革 新製品創出 付加価値向上
<u>スマートサービス</u>	モノ売りから顧客体験のコトづくり <ul style="list-style-type: none"> ・サービスビジネス ・サブスクリプションモデル ・コンサルビジネス 	サービス売上高、新規顧客数	ビジネスモデル変革 サービス事業展開

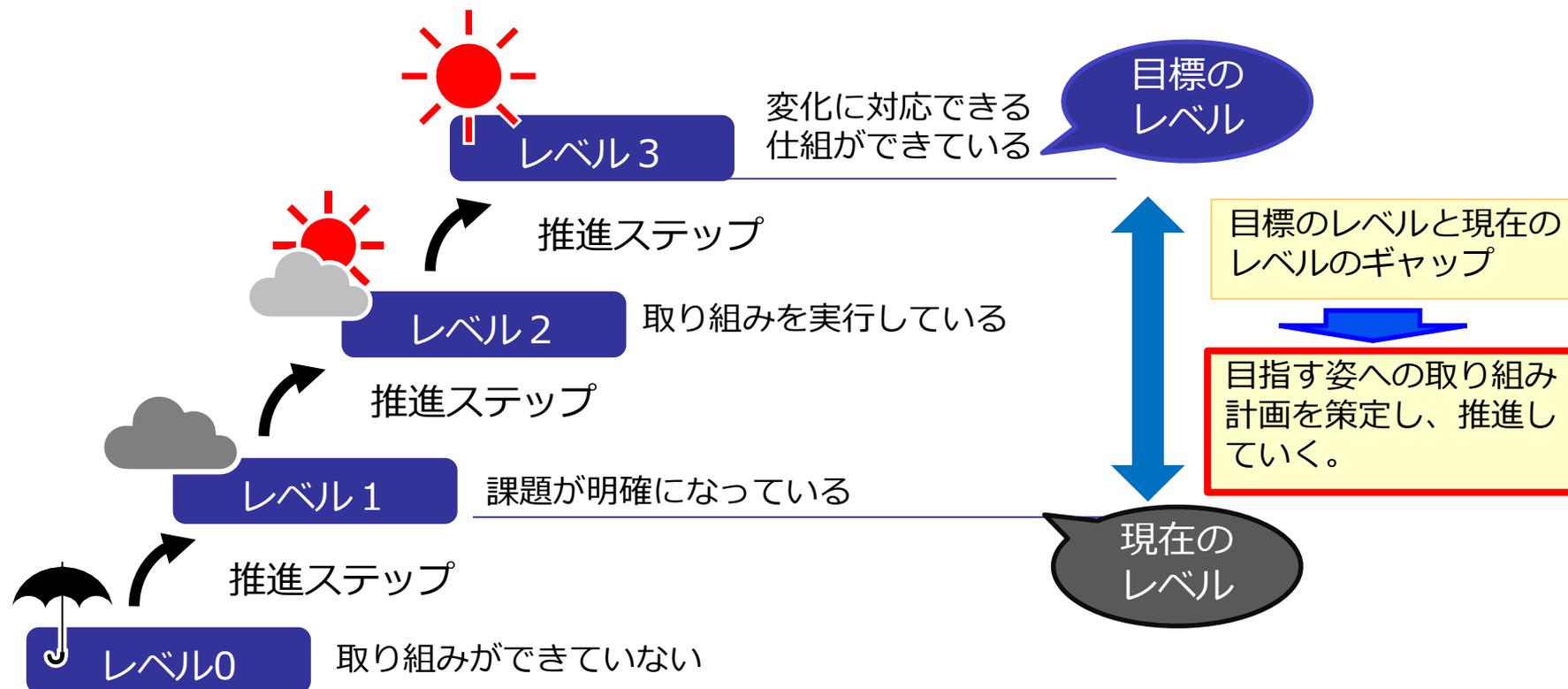
DXフレームワークと目指す姿

	未着手	デジタイゼーション	デジタライゼーション	デジタルトランスフォーメーション
ビジネスモデルのデジタル化				ビジネスモデルのデジタル化 スマートサービス
製品／サービスのデジタル化	非デジタル製品／サービス	デジタル製品	スマートプロダクト 製品へのデジタルサービス付加	製品を基礎とするデジタルサービス デジタルサービス
業務のデジタル化	紙ベース・人手作業	業務／製造プロセスの電子化	業務／製造プロセスのデジタル化	スマートファクトリー 顧客とのE2Eでのデジタル化
プラットフォームのデジタル化	システムなし	従来型ITプラットフォームの整備		デジタルプラットフォームの整備
DXを進める体制の整備	ジョブ型人事制度 リカレント教育	CIO/CDXOの強化 リモートワーク環境整備	内製化	

DXレポート2（デジタルトランスフォーメーション加速に向けた研究会）から引用・編集

中小製造企業の製造分野^(※)におけるDXの課題の抽出 取り組みを実施して課題をクリアするための施策実践ツール

※ 製造分野：製品製造に関わる業務や製造装置、製造工程の監視・制御設備の領域



No.	項目	レベル0	レベル1	レベル2	レベル3
1	競争優位性	未定義	定義	戦略	実行
2	業務プロセス	未定義	部門定義	全体定義	更新対応
3	システム構築	未着手	計画	全社対応	継続対応
4	データ収集	未着手	計画	収集	更新対応
5	データ活用	未着手	実行	活用	更新対応
6	データ連携	未着手	限定	活用	企業間活用
7	セキュリティ	未着手	課題	管理	更新対応
8	外部資源	未着手	計画	活用	更新対応
9	人材	未着手	計画	実行	更新対応

事例ヒアリング調査(2020/2~3) 企業

番号	企業名	事業所	従業員数	企業URL	詳細
事例 1	株式会社IBUKI	山形県	約60名	http://ibki-inc.com/	○
事例 2	株式会社ウチダ	宮城県	約100名	http://uchida-sendai.co.jp/	
事例 3	株式会社ウチダ製作所	愛知県	約20名	https://www.uchida-mc.co.jp/	○
事例 4	オプテックス株式会社	滋賀県	約600名	https://www.optex.co.jp/	
事例 5	久野金属工業株式会社	愛知県	約300名	https://www.kunokin.com/	
事例 6	株式会社木幡計器製作所	大阪府	18名	https://kobata.co.jp/	○
事例 7	株式会社高山プレス製作所	福岡県	65名	http://takayama-press.co.jp/	
事例 8	チトセ工業株式会社	大阪府	約50名	https://www.chitose-kk.co.jp/	
事例 9	株式会社東和電機製作所	北海道	53名	http://www.towa-denki.co.jp/	
事例 10	株式会社南部美人	岩手県	25名	https://www.nanbubijin.co.jp/	
事例 11	日進工業株式会社	愛知県	約350名	https://www.enissin.com/	
事例 12	株式会社富士製作所	東京都	15名	https://www.kk-fujiseisakusyo.co.jp/	
事例 13	株式会社プリケン	埼玉県	約100名	http://www.priken.co.jp/	
事例 14	碌々産業株式会社	静岡県	約160名	http://www.roku-roku.co.jp/	○

(参考) 事例ヒアリング事前調査 (2019/9実施 ガイド未掲載) 別に2022/1~6 に掛けて10数社にヒアリング中

事例 A	HILLTOP株式会社	京都府		https://hilltop21.co.jp/	
事例 B	一般社団法人京都試作ネット (ヒアリング先 株式会社名高精工所)	京都府		https://kyoto-shisaku.com/	○

	取り組みの観点	取り組み策
1	人材の調達・育成	<p>業務・技術をよく知る元社員を再雇用して登用</p> <p>社内の人材を異動させてゼロから育成</p> <p>大手メーカーの早期退職者キャリア採用</p> <p>品質の見える化と指示の具体化で習熟スピード向上</p>
2	生産活動の見える化	<p>原材料・部品、生産物の状況の把握</p> <p>製造環境、製造設備の稼働状況の把握</p> <p>品質の把握</p>
3	生産活動の改善	<p>各工程の品質状況から不良原因を追跡調査</p> <p>AIを活用した製品の品質化</p> <p>生産設備の故障予知</p> <p>機器のデジタル制御による品質改善、省力化、技術伝承</p>
4	社内部門間連携	販売部門との稼働状況のリアルタイムでの共有
5	社外資源の活用	地域プロジェクトへの参加 による課題共有
6	他の製造業者との連携	<p>柔軟なサプライチェーンの構築</p> <p>製品間・製品-サービス間連携によるソリューション開発</p>
7	見える化の製品への展開	環境や製造物の状態を 見える化する 機能をもつ 製品の開発

(ヒアリングした全社)

》マインドセット・企業文化の変革



課題

- ・トップダウンのDX推進には心理的障壁が存在する
- ・品質や丁寧さを重視する日本の生産現場の風土

対応策

- (1) 経営トップのコミットメント
- (2) 従業員の意識改革、採用・育成、動機づけによるマインドセット、企業文化の変革
- (3) 危機感の共有、明確な課題の共有、成果の共有

》データ活用の推進



課題

- ・「データ活用」に必要な費用の捻出が困難
- ・「データ活用」に必要なデジタル人材の不足

対応策

- (1) 少ない予算や少数人員で「まずやってみる」
- (2) デジタル人材の確保
- (3) 外部資源、外部有識者の活用

6. 他の製造業者との連携

》企業間連携の推進



課題

- ・従来の下請け体質からの脱却
- ・現場のノウハウを他の企業に盗まれるリスク、サイバーセキュリティへの対応

対応策

- (1) 地域に限定されない連携
- (2) 企業連携による柔軟なサプライチェーン構築、顧客要求へのソリューション提供
- (3) 情報漏えいなどのセキュリティ上の課題への対策

》製品・サービス変革



課題

- ・技術がわからない
- ・自社へのメリットがわからない
- ・どうやって取り組めば良いのかわからない

対応策

- (1) 顧客からのクレームや現場で把握した問題意識など「既存の課題」から出発
- (2) ユーザーの課題や社会課題など「新たな課題」への挑戦

1. 人材の調達・育成
2. 生産活動の見える化
4. 社内部門間連携
5. 社外資源の活用

7. デジタル化の製品への展開

目指す姿に向けたDXの取り組みステップを事例で説明 (2022/04/11)

トップと現場によるスマートサービス 実現の秘策

スマート
ファクトリー

スマート
プロダクト

スマート
サービス

1. 本資料の説明
2. 旭鉄工のDXと本資料の目的
3. 旭鉄工でおこなったDXのための心構え
 - 3.1 自動車部品製造業の4つの脅威
 - ⋮
 - 3.5 DXに必要なのは経営者の覚悟
4. 旭鉄工の改善活動
 - 4.1 改善を阻む三ザル
 - 4.2 見えない問題は直らない
 - 4.3 IoTの目的はビジネスへの貢献
 - ⋮
5. iSTCが実現したスマートサービス KaaS
 - 5.1 IoTモニタリングサービス iXacs
 - ⋮
6. スマートサービスに向けた推進ステップ
 - 6.1 ペインポイントを見つける
 - 6.2 本棚に無い本を作る
 - ⋮
7. まとめ

製造分野DXで3つの目指す姿を 実現するための秘策

スマート
ファクトリー

スマート
プロダクト

スマート
サービス

1. 本資料の説明
2. 製造分野DXの進め方
3. スマートファクトリーとは
 - 3.1 スマートファクトリーの説明
 - ⋮
4. スマートファクトリーの進め方
5. スマートプロダクトとは
 - 5.1 スマートプロダクトの説明
 - ⋮
6. スマートプロダクトの進め方
 - 6.1 現状調査と課題やニーズの抽出
 - ⋮
7. スマートサービスとは
8. スマートサービスの進め方
9. 最後に

製造分野DX推進ガイドとあわせて、「**マンガでわかる製造分野DX FAQ編**」、「**用語集**」も公開しています。

「製造分野のDXとは？」をはじめ、「DXとIoTの違い?」、「DXは大企業のもの?」など皆様からいただく疑問に対し、マンガ形式で、解説を添えてお答えする読みやすいコンテンツです。

FAQ編 : <https://www.ipa.go.jp/files/000092893.pdf>

用語集 : <https://www.ipa.go.jp/files/000092894.pdf>

マンガでわかる 製造分野DX

ものづくりデジタルトランスフォーメーション

FAQ 編

繰り返し尋ねられる質問

独立行政法人情報処理推進機構

1

マンガでわかる製造分野DX FAQ編

DXってIoTとどこが違うの？

【質問】製造分野のDXとIoTはどのように違うのでしょうか。両者の関係はどのようなものでしょうか。

IoTは製造分野のDXの実装の一部として捉えることができます。

IoTから得られたデータを活用し、次に企業として進む方向を検討することができる仕組みを作って、その仕組みで常に変化し続ける（変革する）ことがDXです。

一方、IoTでアイデアマンが閃いたことを単発で新製品創出するだけではDXとしては不十分です。それを継続的に推進することがDXでは必要です。

実装面

IoT活用

DXの継続的活動

製品・サービス変革

製造プロセス変革

IoT活用

データ

アイデア

仕組み

・ 改善
お困りに化えることに喜びを感じる職業
・ 意図明確
ヒロインのライバルになる異動令嬢
・ 度しなく、ぼく
しもへとボクは同じかんじ

7

マンガでわかる製造分野DX FAQ編

DXって大企業のものなの？

【質問】DXは大企業がやるものでしょうか。中小企業はやらないのでしょうか。また一般顧客が対象のB2Cでやるものでしょうか。

DXは企業として常に変化するということであり、企業規模には関係ありません。

データやデジタル技術を活用して、顧客価値を向上させることは、規模に関係なく、企業として必要な取り組みです。

一方、B2Cですが、顧客価値というと、一般顧客が利用する製品に対するものと考えられがちですが、自社で提供する材料、部品、技術がどのように顧客価値向上に貢献できるかは常に意識する必要があります。

それにより、新たな製品やサービス化につながる可能性が高まります。

つまりDXは一般顧客だけでなく、どのような顧客も対象にします。

・ 意味わかんない
毎日寝てお出社しない言葉
・ ヒト
人をカタカナ書きするときは人間を意味しないので注意

10

- 製造分野DXの理解
- 製造分野のDXの進め方
- 製造分野のDX事例
- 関連情報（ステップ例、FAQ）

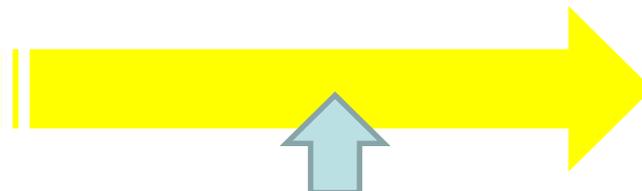
DXに求められる ソフトウェア品質とその計測：後段

ソフトウェア開発

匠の世界
職人氣質

品質重視

ウォーター
フォール



DX

大規模化

複雑化

短納期化

並行開発

DX世界
DX気質

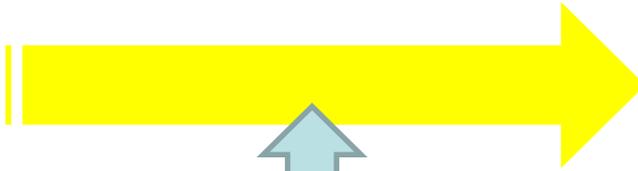
速度重視

変化重視

アジャイル

ソフトウェア品質

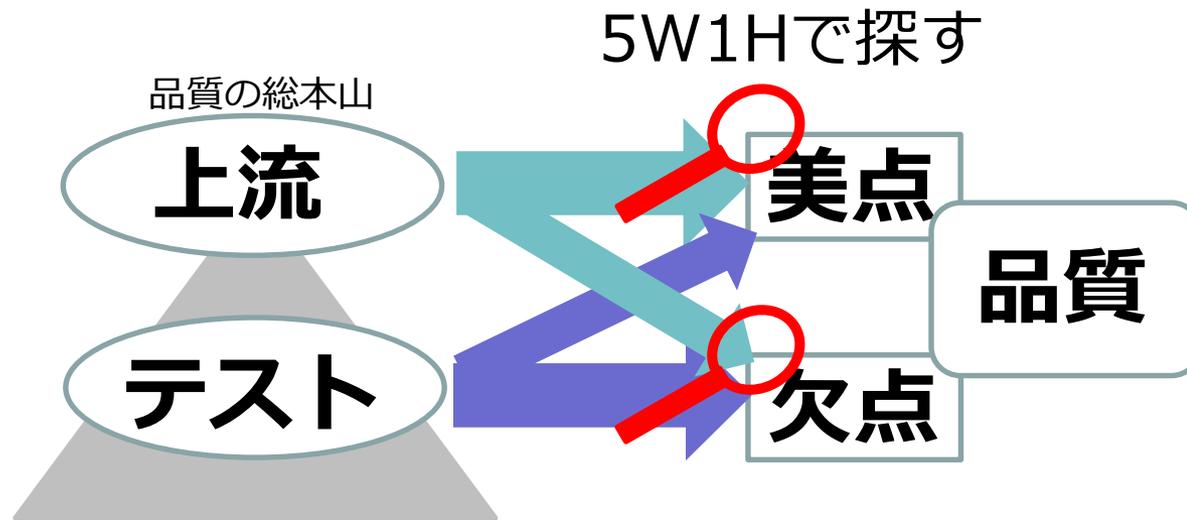
生産性
機能信頼性



DX

俊敏性
価値

テストで品質の弱点、上流で品質の**美点**（価値）



品質計測では弱点ばかりを探すな！
品質計測で美点（価値）も探せ！

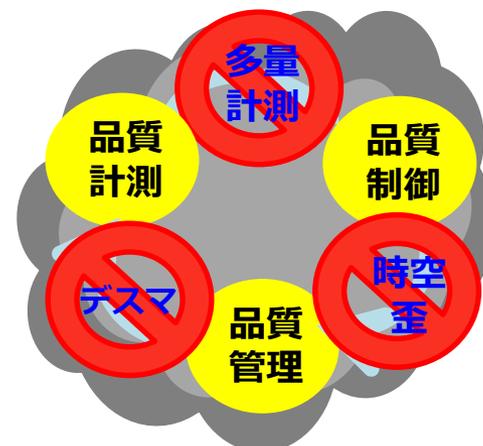
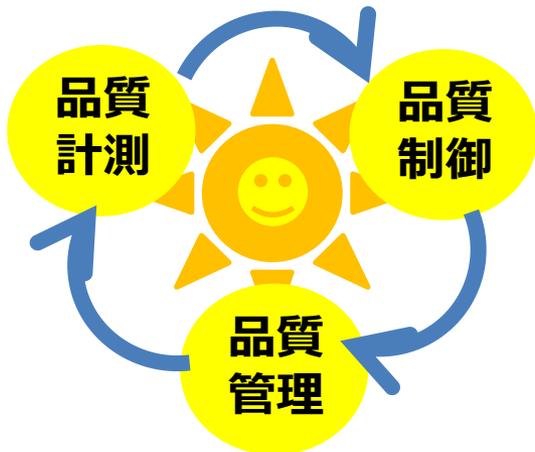
・・・でも困難

品質計測は継続が大事

継続こそ品質の大事、ヒトこそ継続の大事



品質活動サイクル



デスマ:デスマーチ (死の行進) プロジェクト
時空歪: 納期の制御ができず時空間に歪が生じること

生産性

アジャイル開発では仕様変更は当たり前
→最終結果のコード行数(SLOC)や機能量 (FP) は意味がない

ストーリーポイント(SP)のベロシティは相対的な生産性評価
他社や他チームとの絶対的評価には使えない (ベンチマーク ×)

信頼性

製品の信頼性は同じ計測 → 製品のリリース後のバグ密度
開発中の信頼性は違う計測 → 対象範囲を分離して計測
アジャイル開発では複数回にわけて開発するので計測対象範囲を明確に

計測の共通化

信頼性は共通化 (計測対象を限定することで共通化)
生産性は共通化することは難しい

- ・ DXに求められるソフトウェア品質とその計測：前段
- ・ 品質計測からわかるDX時代のソフトウェア開発
「ソフトウェア開発分析データ集2022」の紹介
<https://www.ipa.go.jp/ikc/reports/20220926.html>
- ・ 組込み動向調査からわかるDXとソフトウェア開発の関係
「2021年度組込み/IoT産業の動向把握等に関する調査」の紹介
<https://www.ipa.go.jp/ikc/reports/20220510.html>
- ・ (参考) 製造分野DX推進ガイドが示す中小製造業のDX
「製造分野DX推進ガイド」の紹介
<https://www.ipa.go.jp/ikc/reports/mfg-dx.html>
- ・ DXに求められるソフトウェア品質とその計測：後段



メールマガジン

IT関連の技術動向、イベント・セミナー情報などを発信しています

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



DX SQUARE

学んで、知って、実践するポータルサイト

<https://dx.ipa.go.jp/>

DXに関する情報を発信するポータルサイトです

ランチタイムDX勉強会の案内もあります



Twitter

**【仮称】DXはじめました
@IPA_DX**

DX関連の最新情報をゆるくつぶやいています

お問い合わせ・ご質問等はこちらにお願いします。

IPA 社会基盤センター

送付先アドレス ikc-info@ipa.go.jp