



2017年度組込みソフトウェア産業の動向把握等に関する調査事業

「組込みソフトウェアに関する動向調査」

調査報告書

2018年3月

独立行政法人情報処理推進機構

目次

○本資料の利用について	i
1. 背景と目的	1
2. アンケート調査の概要	2
2.1. 調査の概要	2
2.2. 調査の対象	4
3. 配布・回収の結果	6
3.1. 配布回収の実績	6
3.2. 回答者の地域分布	7
4. 調査結果の概要	9
4.1. 調査の対象期間	9
4.2. 日本国内の景気動向	9
4.3. 経年比較、クロス集計について	10
5. 調査結果	12
5.1. 企業活動の状況	12
5.1.1. 従業員数	12
5.1.2. 売上高	12
5.1.3. 全開発費	13
5.1.4. 主要な事業のカテゴリ	16
5.1.5. 「組み込みソフトウェア受託開発・人材派遣」事業で取引先・顧客から評価されているポイント／今後強化したいポイント	18
5.1.6. 現在／将来の取引形態	20
5.1.7. 現在／将来の事業形態	22
5.1.8. 現在／将来の製品・サービスの提供先	24
5.1.9. 事業環境の変化の影響	25
5.1.10. 事業環境の変化が売上・利益に及ぼす影響	26
5.2. 組み込みソフトウェアの複雑化・簡素化	26
5.2.1. 組み込みソフトウェアの複雑化傾向への対応方針	26
5.2.2. 組み込みソフトウェアの複雑化の傾向	29
5.3. モデルベース開発及び開発ツールの導入状況	32
5.3.1. モデルベース開発及び開発ツールの導入状況	32
5.3.2. モデルベース開発技術の導入目的	35
5.3.3. モデルベース開発技術を利用する際の課題	35
5.4. 開発する組み込みソフトウェアの品質	36
5.4.1. 不具合の状況	36
5.4.2. 不具合の原因	38
5.4.3. 不具合を起こした製品・システムの増減傾向	39
5.4.4. ソフトウェアの不具合に起因する品質問題の再発防止策	41
5.5. 組み込みソフトウェア開発の課題と解決策	45
5.6. 組み込みソフトウェア「要素技術／開発技術／運用技術」の高度化に関する取組	49
5.6.1. 現在の時点で重要な技術、今後強化したい、新たに獲得したい技術	49
5.6.2. 「IoTに関連したビジネスの適用分野」と「現時点／今後の重要技術」	51
5.6.3. AIに関する取り組み状況	53
5.6.4. AIに関する取り組みの有無とIoTに関連したビジネスの適用分野	55
5.6.5. AIに関する取り組みの有無と現在／今後の重要技術	56
5.7. 組み込みソフトウェアの「人材」育成に関する取組	58
5.7.1. 組み込みソフトウェア技術者の人数／不足している組み込みソフトウェア技術者の人数	58
5.7.2. 「組み込みソフトウェア技術者の不足の割合」と「組み込みソフトウェア開発の課題」	62
5.7.3. 「組み込みソフトウェア技術者の不足の割合」と「現在／今後の技術」	62
5.7.4. 現在不足している人材とその人数／将来に不足が想定される人材とその人数	64

5.7.5. 技術者不足の割合と現在／今後の人材	68
5.7.6. 「IoTに関連したビジネスの適用分野」と「現在／今後の不足人材」	70
5.7.7. 「AIに関する取り組み状況」と「現在／今後の不足人材」	72
5.7.8. 人材不足に対する施策	74
5.8. 組込みソフトウェア「産業」の市場拡大や地位向上に関する取組	76
5.8.1. つながる状況下でのビジネス上の課題	76
5.8.2. 経済産業省、中小企業庁、日本貿易振興機構(JETRO)の制度やガイドライン等の利活用の状況	77
5.9. その他	77
5.9.1. IPA 報告書・成果物・手法等の活用状況	77
5.9.2. IPA 成果導入のための工夫	79
5.9.3. 政府・IPA 施策への要望	80
5.9.4. 昨年度調査結果の認知状況	80
5.9.5. ヒアリング調査への協力の可否	81
6. アンケート結果の分析とまとめ	82
6.1. 分析とまとめ	82
6.2. 参考資料等	83

○本資料の利用について

本資料は、どなたでも以下の1)～7)に従って、複製、公衆送信、翻訳・変形等の翻案等、自由に利用できます。商用利用も可能です。コンテンツ利用に当たっては、本利用ルールに同意したものとみなします。

1) 出典の記載について

- ・コンテンツを利用する際は出典を記載してください。出典の記載方法は以下のとおりです。
出典:IPA「2017年度組込みソフトウェアに関する動向調査」
- ・コンテンツを編集・加工等して利用する場合は、上記出典とは別に、編集・加工等を行ったことを記載してください。
- ・なお、編集・加工した情報を、あたかもIPAが作成したかのような態様で公表・利用してはいけません。

2) 第三者の権利を侵害しないようにしてください

- ・コンテンツの中には、第三者(IPA以外の者をいいます。以下同じ。)が著作権その他の権利を有している場合があります。第三者が著作権を有しているコンテンツや、第三者が著作権以外の権利を有しているコンテンツについては、特に権利処理済であることが明示されているものを除き、利用者の責任で当該第三者から利用の許諾を得てください。

3) 本利用ルールが適用されないコンテンツについて

- ・組織や特定の事業を表すシンボルマーク、ロゴ、キャラクターデザイン
- ・具体的かつ合理的な根拠の説明とともに、別の利用ルールの適用を明示しているコンテンツ

4) 準拠法と合意管轄について

- ・本利用ルールは、日本法に基づいて解釈されます。
- ・本利用ルールによるコンテンツの利用及び本利用ルールに関する紛争については、当該紛争に係るコンテンツ又は利用ルールを公開している組織の所在地を管轄する地方裁判所を、第一審の専属的な合意管轄裁判所とします。

5) 免責について

- ・IPAは、利用者がコンテンツを用いて行う一切の行為(コンテンツを編集・加工等した情報を利用することを含む。)について何ら責任を負うものではありません。
- ・コンテンツは、予告なく変更、移転、削除等が行われることがあります。

6) その他

- ・本利用ルールは、著作権法上認められている引用などの利用について、制限するものではありません。
- ・本利用ルールは、政府標準利用規約(第2.0版)に準拠しています。本利用ルールは、今後変更される可能性があります。既に政府標準利用規約の以前の版に従ってコンテンツを利用している場合は、引き続きその条件が適用されます。
- ・本利用ルールは、クリエイティブ・コモンズ・ライセンスの表示4.0国際(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.ja> 外部リンクに規定される著作権利用許諾条件。以下「CC BY」といいます。)と互換性があり、本利用ルールが適用されるコンテンツはCC BYに従うことでも利用することができます。

1. 背景と目的

近年、自動車、医療機器、工場設備、家電などの様々な機器に組み込まれたコンピュータシステム「組み込みシステム」は機器の制御だけでなく、データ・センシング、知的なユーザ・インタフェースなど高度な機能を持つようになっている。さらにインターネットにつながることでIoT(Internet of Things)として社会に広がる基盤を形成しつつある。組み込みシステム上のソフトウェアである「組み込みソフトウェア」は、機能の高度化に伴い、大規模化・複雑化が進み、品質確保がより重要な課題となっている。また、インターネットとの接続により、セキュリティ対策も求められている。

政府が2017年6月9日に閣議決定した「未来投資戦略2017－Society 5.0の実現に向けた改革－」においては、「健康寿命の延伸」、「移動革命の実現」、「サプライチェーンの次世代化」、「快適なインフラ・まちづくり」、「FinTech」の5つの戦略分野が挙げられているが、「健康寿命の延伸」ではロボット・センサ等の活用、「移動革命の実現」では無人自動走行、ドローンの活用、「サプライチェーンの次世代化」では工場へのロボット・IoT ツールの導入などが挙げられている。これからの社会においては、各戦略分野で例示された機器等に内蔵される組み込みシステムの役割がより重要になることは明らかであり、組み込みソフトウェアの品質確保やセキュリティ対策も急務となる。

独立行政法人情報処理推進機構 技術本部 ソフトウェア高信頼化センター(以下「IPA」という。)では、わが国の組み込みソフトウェア産業の実態を適切に把握した上で、組み込みソフトウェア開発力強化等により、わが国の国際競争力強化に向けた取組みを行ってきた。

本年度は、昨年度と同様にアンケート調査形式により継続的なデータ収集を行い、産業動向を時系列的に分析するとともに、昨年度調査において明らかとなった課題について設問を追加することで、組み込みソフトウェア産業における、定性的、定量的なデータを中心とした情報収集・分析による実態と動向の把握を行う。

2. アンケート調査の概要

組込みソフトウェア産業における定性的・定量的なデータ収集と、それらの分析による動向の把握を目的として以下の調査・分析を行い、その結果を本調査報告書に取りまとめた。

2.1. 調査の概要

本調査はアンケート調査形式で行った。調査票は、展示会・ 세미나会場等での出展者・関係者・来場者への配布、組込みソフトウェア関連の団体を通じての協力要請、組込みソフトウェアに関連していることが推定される企業への郵送という 3 種類の方法を併用した。また、IPA のホームページ¹と一般社団法人組込みイノベーション協議会(以下、「EI 協議会」と略す。)のホームページ²を通じて電子版(Microsoft Word 形式、同 Excel 形式)の調査票の配布を行った。電子版では、調査票をダウンロードして回答を入力し、電子メールにて IPA または EI 協議会の担当者宛に送信してもらうこととした。

その他の調査に関する概要等は表 2-1 のとおりである。

表 2-1 調査に関する概要

実施期間
2017(平成 29)年 11 月～2018(平成 30)年 1 月末
実施機関
一般社団法人組込みイノベーション協議会
調査項目
下記、7 つの大分類に対して合計で 30 の設問を設定した。 1. 企業活動の状況 2. 組込みソフトウェアの複雑化・簡素化 3. モデルベース開発及び開発ツールの導入状況 4. 開発する組込みソフトウェアの品質 5. 組込みソフトウェア開発の課題と解決策 6. 組込みソフトウェア「要素技術／開発技術／運用技術」の高度化に関する取組 7. 組込みソフトウェアの「人材」育成に関する取組 8. 組込みソフトウェア「産業」の市場拡大や地位向上に関する取組 9. その他 実数値等を回答することが必要な一部の設問を除き選択式の回答として、回答に要する時間はアンケート調査票全体で概ね 30～60 分程度を想定した。
実施項目
<ul style="list-style-type: none">● 調査票の設計及び作成、印刷、配布、回収● 電子版調査票の配布に関するホームページの構築、運用● 回収した回答の入力● 一次分析(単純集計)● 二次分析(クロス集計)● 過去の同種調査、関連調査等との比較・分析● アンケート調査全体のまとめ
その他
<ul style="list-style-type: none">● 同一企業であっても事業部門が異なる場合、回答も大きく異なる可能性があることから、配布・回収・集計は企業単位ではなく、事業部門単位とした。● IPA の実施するヒアリング調査への協力の可否についての確認を行う。

¹ <https://www.ipa.go.jp/sec/info/20171121.html>

² <http://www.esic.or.jp/research/index.html>

本調査での設問を表 2-2 に示す。

表 2-2 全設問

1. 企業活動の状況	
Q1	従業員数／売上高／全開発費
Q2	全開発費の内訳／組込みシステムに関連するソフトウェア開発費の内訳
Q3	主要な事業のカテゴリ(複数選択可) 組込み製品及び同部品事業／特定の組込み製品に特化していない事業／IoT に関連したビジネスの適用分野
Q4	組込みソフトウェア受託開発・人材派遣事業で取引先・顧客から評価されているポイント、今後強化したいポイント
Q5	現在／将来の取引形態
Q6	現在／将来の事業形態
Q7	現在／将来の製品・サービスの提供先
Q8	事業環境の変化の影響
Q9	事業環境の変化の売上・利益への影響
2. 組込みソフトウェアの複雑化・簡素化	
Q10	組込みソフトウェアの複雑化傾向の対応方針
Q11	組込みソフトウェアの複雑化傾向
3. モデルベース開発及び開発ツールの導入状況	
Q12	モデルベース開発及び開発ツールの導入状況
Q13	モデルベース開発技術の導入目的
Q14	モデルベース開発技術を利用する際の課題
4. 開発する組込みソフトウェアの品質	
Q15	扱った製品・システムの数／不具合を起こした製品・システムの数／不具合の総件数
Q16	不具合の原因
Q17	不具合を起こした製品・システムの増減傾向
Q18	ソフトウェアの不具合に起因する品質問題の再発防止策(複数選択可)
5. 組込みソフトウェアの課題と解決策	
Q19	組込みソフトウェア開発の課題及び課題の解決策
6. 組込みソフトウェア「要素技術／開発技術／運用技術」の高度化に関する取組	
Q20	現在の時点で重要な技術、今後強化したい／新たに獲得したい技術
Q21	AIに関する取り組み状況
7. 組込みソフトウェアの「人材」育成に関する取組	
Q22	組込みソフトウェア技術者の人数／不足している組込みソフトウェア技術者の人数
Q23	現在不足している人材とその人数／将来に不足が想定される人材とその人数
Q24	人材不足に対する施策
8. 組込みソフトウェア「産業」の市場拡大や地位向上に関する取組	
Q25	つながる状況下でのビジネス上の課題
Q26	経済産業省、中小企業庁、日本貿易振興機構(JETRO)の制度やガイドライン等の利活用状況
9. その他	
Q27	IPA 報告書・成果物・手法等の活用状況
Q28	IPA 成果導入の工夫
Q29	政府・IPA 施策への要望
Q30	調査結果の認知状況
—	ヒアリング調査の可否

調査票は、IPA 及び EI 協議会のホームページにて確認・ダウンロードすることが可能である。(URL は 2 ページの脚注を参照のこと。回答の収集は締切済である。)

2.2. 調査の対象

アンケート調査は、組込みシステム及び組込みソフトウェアに関連した企業の経営者、事業部門の責任者等を主たる対象とした。具体的には下記に分類される企業を想定した。

- 組込みソフトウェアが搭載されたシステムを開発・提供している企業
- 組込みソフトウェア開発サービス、検証サービス、運用サービス等を提供している企業
- 組込みソフトウェア(OS/ミドルウェア/アプリケーション等)を開発・提供している企業
- 組込みソフトウェアの開発に利用されるツール/開発環境を開発・提供している企業
- 組込みソフトウェアが搭載されたシステムを調達している企業(ユーザ企業等)
- その他、組込みソフトウェアに関連している企業(コンサルティング、教育、等)

注)組込みソフトウェア開発に関連していないと回答しにくい/できない設問が含まれることから、組込みソフトウェアが搭載されたシステムを調達し、かつ、それが自社の製品・サービスの開発にも関係しているユーザ企業(例えば、セットメーカー等の製造業)は対象とするが、単に調達したシステムを利用しているだけと推察されるユーザ企業(例えば、金融サービス業等)は本調査の対象外とした。

上記の対象企業に回答を依頼するために調査票の配布を行った(表 2-3、表 2-4)。

表 2-3 調査票の配布場所

調査票を手渡しで配布
<ul style="list-style-type: none">● 組込み総合技術展(Embedded Technology) 2017/IoT 総合技術展(IoT Technology) 2017()の来場者、IPA セミナの受講者、出展者 主催:一般社団法人組込みシステム技術協会(JASA) 会期:2017年11月15日(水)~17日(金) 会場:パシフィコ横浜(神奈川県横浜市)
下記セミナーの受講者・来場者・ブース出展者等
<ul style="list-style-type: none">● DEOS チュートリアル&シンポジウム 主催:一般社団法人ディペンダビリティ技術推進協会(DEOS) 会期:2017年11月21日(火) 会場:日本大学 理工学部 駿河台キャンパス 1号館(東京都千代田区)● セキュリティウィーク in 沖縄 2017 主催:一般社団法人重要生活機器連携セキュリティ協議会(CCDS) 会期:2017年11月27日(月)~28日(火) 会場:沖縄県市町村自治会館(沖縄県那覇市)● 第2回 STAMP ワークショップ in Japan 主催:IPA、有人宇宙システム株式会社(JAMSS) 他 会期:2017年11月27日(月)~29日(水) 会場:慶應義塾大学 三田キャンパス 北館ホール(東京都港区)● 第15回 クリティカルソフトウェアワークショップ(WOCS) 主催:国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)、IPA 会期:2017年11月29日(水)・30日(木) 会場:慶應義塾大学 三田キャンパス 北館ホール(東京都港区)● 第5回 自動車機能安全カンファレンス 主催:株式会社インプレス(調査票配布窓口はIPA) 会期:2017年12月5日(火)~6日(水) 会場:御茶ノ水ソラシティカンファレンスセンター(東京都千代田区)

表 2-4 調査票の配布先

独自にリスト化し調査票を郵送した企業、電子メール等により協力要請を行った団体等
<ul style="list-style-type: none"> ● 組込みソフトウェアに関連した主要展示会の出展企業、コンファレンス／セミナー開催企業 <ul style="list-style-type: none"> －組込み総合技術展 関西(Embedded Technology West) 2017 ／IoT 総合技術展 関西(IoT Technology West) 2017(2017年7月開催) －組込みシステム開発技術展(ESEC) 2017(2017年5月開催) －CEATEC JAPAN 2017(2017年10月開催) ● IoT 推進ラボ会員企業(企業名は公開情報) ● 過去の戦略的基盤技術高度化支援(サポイン)事業採択企業のうち、組込みソフトウェア関連と推定される企業(企業名は公開情報) ● 昨年度の調査に協力をいただいた企業 組込みソフトウェアに関連した各団体の会員企業 <ul style="list-style-type: none"> ● 一般社団法人組込みシステム技術協会(JASA) ● 一般社団法人組込みスキルマネジメント協会(SMA) ● 一般社団法人組込みイノベーション協議会(EI) ● 一般社団法人重要生活機器連携セキュリティ協議会(CCDS) ● 一般社団法人 JASPAR ● 特定非営利活動法人 TOPPERS プロジェクト ● 一般社団法人 IT 検証産業協会(IVIA) ● 特定非営利活動法人人間中心設計推進機構(HCD-Net)

3. 配布・回収の結果

3.1. 配布回収の実績

調査票の配布及び回収については、表 3-1 に示す結果となった。

表 3-1 配布及び回収の結果

種別	配布数	回収数	回収率
紙の調査票を手渡し			
ET/IoT Technology 2017(11/15～17)			
IPA セミナ受講者、出展者、来場者	900	—	—
イベント・セミナ等			
オープンシステム・ディペンダビリティ・シンポジウム (11/21、DEOS)	60	—	—
IoT 技術高度化委員会(11/22、JASA)	40	—	—
セキュリティウィーク in 沖縄(11/27～28、CCDS)	100	—	—
STAMP ワークショップ/WOCS(11/27～30)	110	—	—
立命館大学 Future Mobility 研究会(12/1)	50	—	—
自動車機能安全カンファレンス(12/5～6)	50	—	—
IPA 主催セミナ 他	200	—	—
手渡し 計	1,510	25	1.7%
紙の調査票を郵送			
昨年度回答企業、組込み関連団体会員企業、 イベント・セミナ関係者(講演者等) 他	398	—	—
サポイン採択企業	302	—	—
IoT 推進ラボ会員企業	226	—	—
郵送 計	926	158	17.1%
紙の調査票 合計	2,436	183	7.5%
電子版調査票			
Microsoft Word 形式	—	21	—
Microsoft Excel 形式	—	40	—
電子版調査票 計	—	61	—
回収数 合計	—	244	—

回収数 244 件のうち、団体等の非企業、重複回答、組込み関連ではない企業の回答 8 件を除いた 236 件を有効回答として集計・分析作業を行った。

昨年度の調査³では、回収数は 182 件(有効回答数 177 件)であり、今年度は回収数で 61 件(+34%)、有効回答数で 59 件(+33%)と大幅増の回答を得ることができた。また、昨年度に続き今年度も、電子版調査票の併用を行ったが、全体の約 25%が電子版調査票による回答となった。

³ <https://www.ipa.go.jp/about/kobo/tender-20161014.html>

3.2. 回答者の地域分布

経済産業省における各地域経済産業局の管轄区域(都道府県)の分類(図 3-1)に従って集計を行った。但し、沖縄県は回答数が少ないため九州・沖縄として九州とまとめた集計とした。

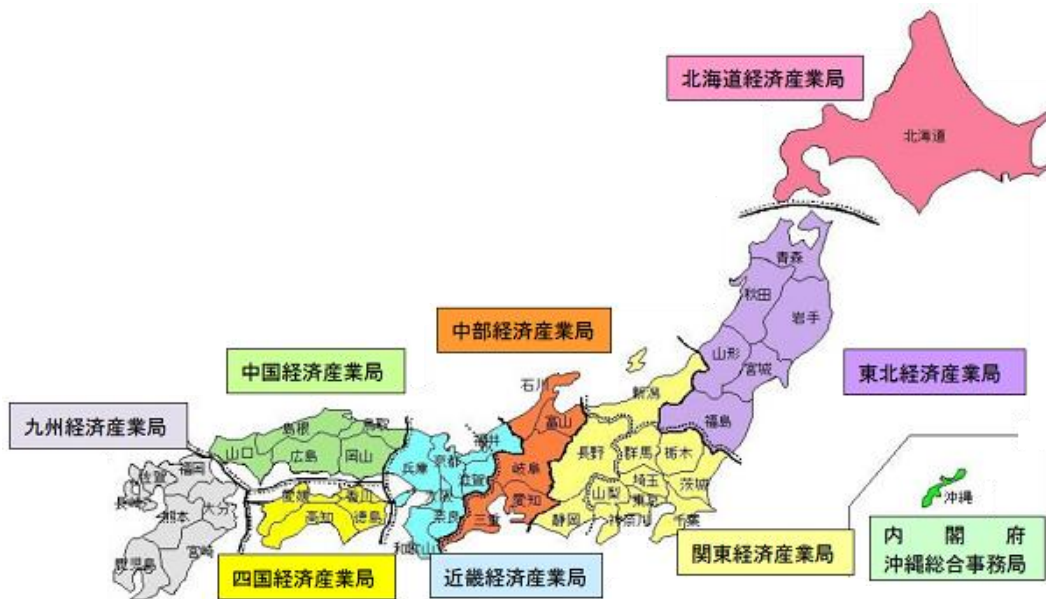


図 3-1 各地域経済産業局の管轄する都道府県

画像出所: 経済産業省 (<http://www.meti.go.jp/policy/consumer/seian/denan/contact.html>)

都道府県別の回収数の詳細は表 3-2 のとおりである。

表 3-2 都道府県別の回収数の内訳

地域(計)	都道府県	回収数	地域(計)	都道府県	回収数
北海道(8)	北海道	8	近畿(41)	大阪府	19
東北(14)	宮城県	10		京都府	12
	岩手県	2		兵庫県	6
	秋田県	1		滋賀県	2
	福島県	1		和歌山県	1
関東(107)	東京都	61	中国(10)	福井県	1
	神奈川県	27		広島県	5
	静岡県	6		岡山県	2
	埼玉県	4		鳥取県	2
	茨城県	3	山口県	1	
	長野県	2	四国(5)	香川県	3
	栃木県	1		徳島県	1
	群馬県	1		愛媛県	1
中部(36)	千葉県	1	九州・沖縄(14)	福岡県	9
	山梨県	1		沖縄県	3
	愛知県	29		大分県	1
	岐阜県	4	鹿児島県	1	
	富山県	2	不明(1)	—	1
石川県	1				

※回答数 0 の県は記載を省略

回答者の地域別の分布は図 3-2、図 3-3 のようになった。回答の 50%近くが東京都をはじめとする関東地区からの回答であった。これに近畿地区、中部地区が続いて多く、関東、近畿、中部の 3 地区合計で約 8 割と都市部の多い結果となっている。

経年比較では、多少の変動はあるものの大きな違いはない結果となった。

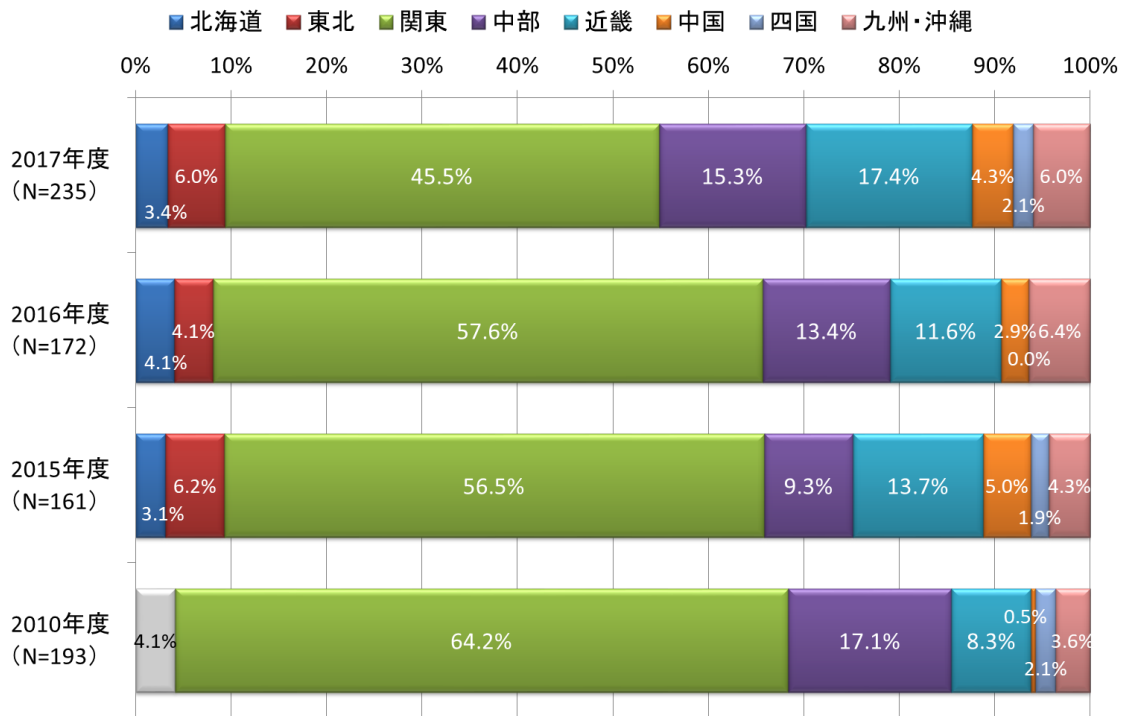


図 3-2 回答者の地域分布
(2010 年度は北海道と東北を合算して集計、2012 年度は設問なし。)

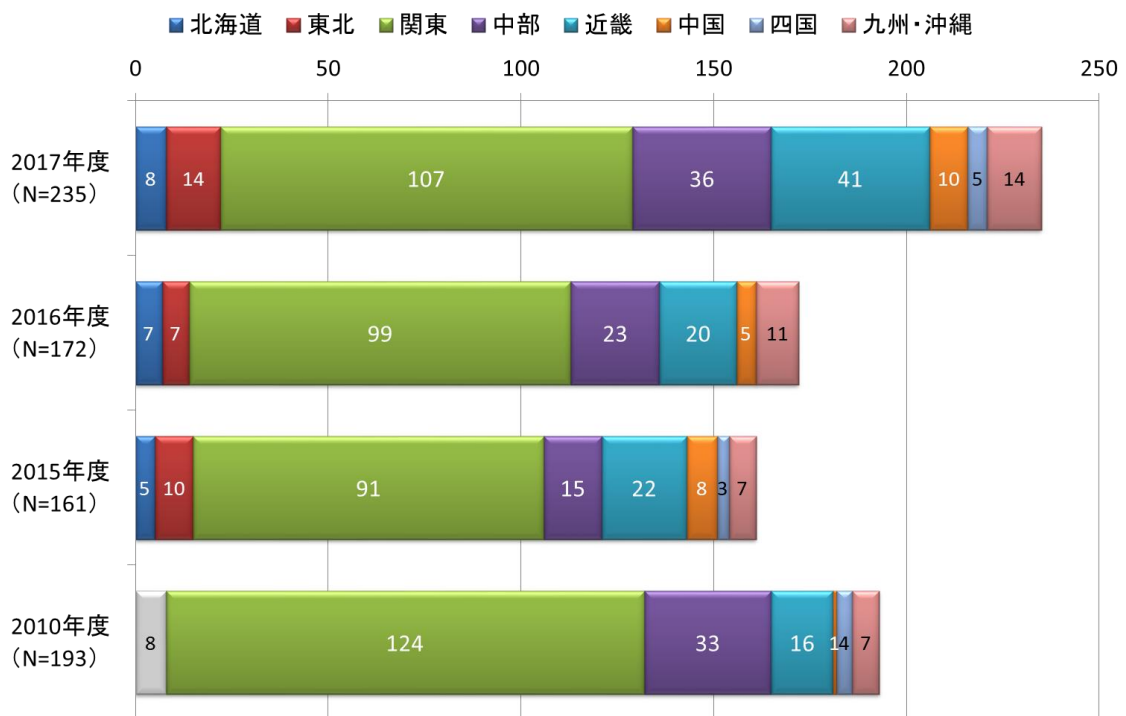


図 3-3 回答者の地域分布(実数)
(2010 年度は北海道と東北を合算して集計、2012 年度は集計なし。)

4.3. 経年比較、クロス集計について

調査項目ごとの一次分析(単純集計)及び二次分析(クロス分析)の結果全体については、本報告書の別紙である「データ編」を参照いただきたい。本報告書では、本年度調査において特徴が見られた事項についてその結果及び分析をまとめる。なお、経年比較については昨年度調査結果を主たる対象とし、一部の調査項目においては、表 4-1 に示す過去の調査結果も参照した。

表 4-1 過年度比較の対象となる調査

本報告書における表記年度	調査事業の名称	実施機関	調査対象年度
2017 年度 (今年度)	(組込みソフトウェア産業の動向把握等に関する調査事業) 組込みソフトウェアに関する動向把握等に関する調査	IPA、EI 協議会	2016 会計年度
2016 年度 (昨年度)	組込みソフトウェア産業の動向把握等に関する調査	IPA、MRI、EI 協議会	2015 会計年度
2015 年度	組込みシステム及び関連ソフトウェアに関する技術課題の検討	NEDO、MRI、EI 協議会	2014 会計年度
2012 年度	ソフトウェア産業の実態把握に関する調査 ⁴	IPA ガートナー・ジャパン株式会社	2011 会計年度
2010 年度	組込みソフトウェア産業実態調査 ⁵	経済産業省、MRI ガートナー・ジャパン株式会社	2008 会計年度

クロス集計は、事業規模の観点では「従業員数 100 人未満/100 人以上」を、開発規模の観点では「全開発費 1 億円未満/1 億円以上」を境界値として設定した。クロス集計の際のそれぞれの集計母数の状況は、図 4-3 のとおりである。

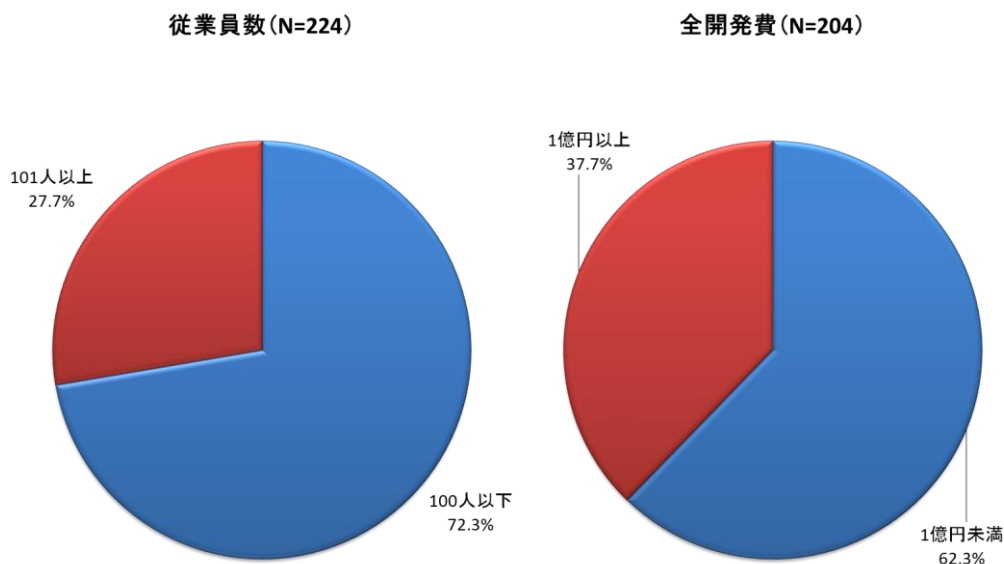


図 4-3 事業規模(従業員数)、開発規模(全開発費)のクロス集計軸とその母数

⁴ 2011 年度から 2012 年度までの 2 年間実施。

(2012 年度版 <http://www.ipa.go.jp/sec/softwareengineering/reports/20130426.html>)

(2011 年度版 <http://www.ipa.go.jp/sec/softwareengineering/reports/20120427.html>)

⁵ 2004 年度版から 2010 年度版までの 7 年間実施。

(http://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/ESIR/)

中小企業基本法では、製造業においては資本金 3 億円以下または従業員数 300 人以下、サービス業においては資本金 5000 万円以下または従業員数 100 人以下を中小企業とすると規定⁶している。

また、組込みソフトウェアの産業構造(図 4-4)を考慮すると、回答者における中小企業は組込みソフトウェアに関するサービス提供事業者が多く含まれると推察されるため、事業規模によるクロス集計は従業員数 100 人を境界値とした。

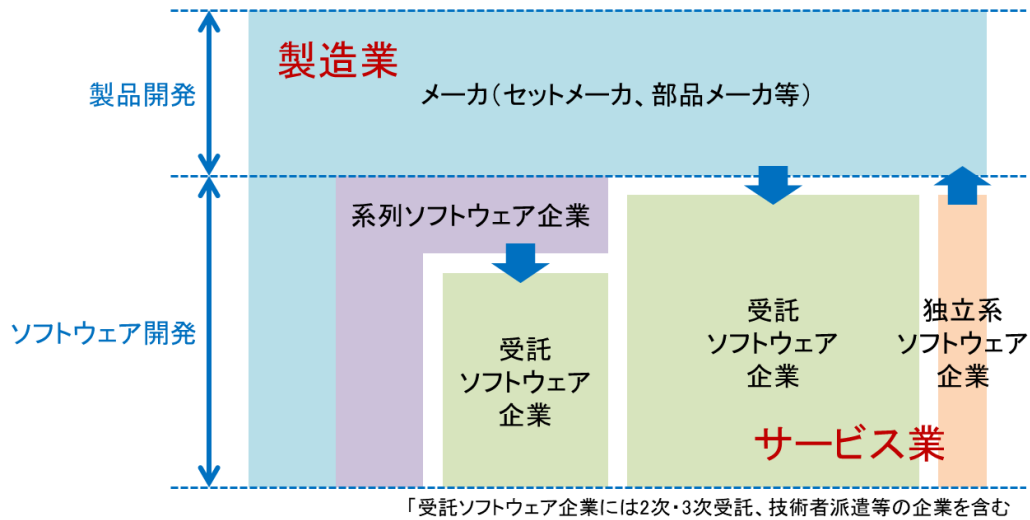


図 4-4 組込みソフトウェアの産業構造
出所:一般社団法人組込みイノベーション協議会

事業規模、開発規模によるクロス集計以外に、不具合の状況、人材の不足といった同一設問群、あるいは、類似設問間でのクロス集計と、IoT や AI への取り組みといった視点でのクロス集計を、主に、技術・人材に関する調査項目を対象として行うことで考察や課題抽出を行った。

⁶ <http://www.chusho.meti.go.jp/soshiki/teigi.html>

5. 調査結果

5.1. 企業活動の状況

5.1.1. 従業員数

回答者の従業員数(図 5-1)による分布は、従業員数 10 人以下の組織が 2 割弱、サービス業における中小企業と定義される従業員数 100 人以下だと 7 割強を占める結果となった。なお、本調査における従業員数には、パート、アルバイト、派遣社員、契約社員、嘱託等の非正規従業員の人数は含まない。

経年比較では、2015 年度の調査以降では従業員数 100 人未満の中小規模の組織(中小企業)の比率が高く、今年度までの 3 年間の傾向はほぼ同じである。2012 年度以前の調査では、工業会を経由して調査表の配布を行っていたために、大規模の組織(大企業)の比率が高い結果となっている点が大きく異なる。

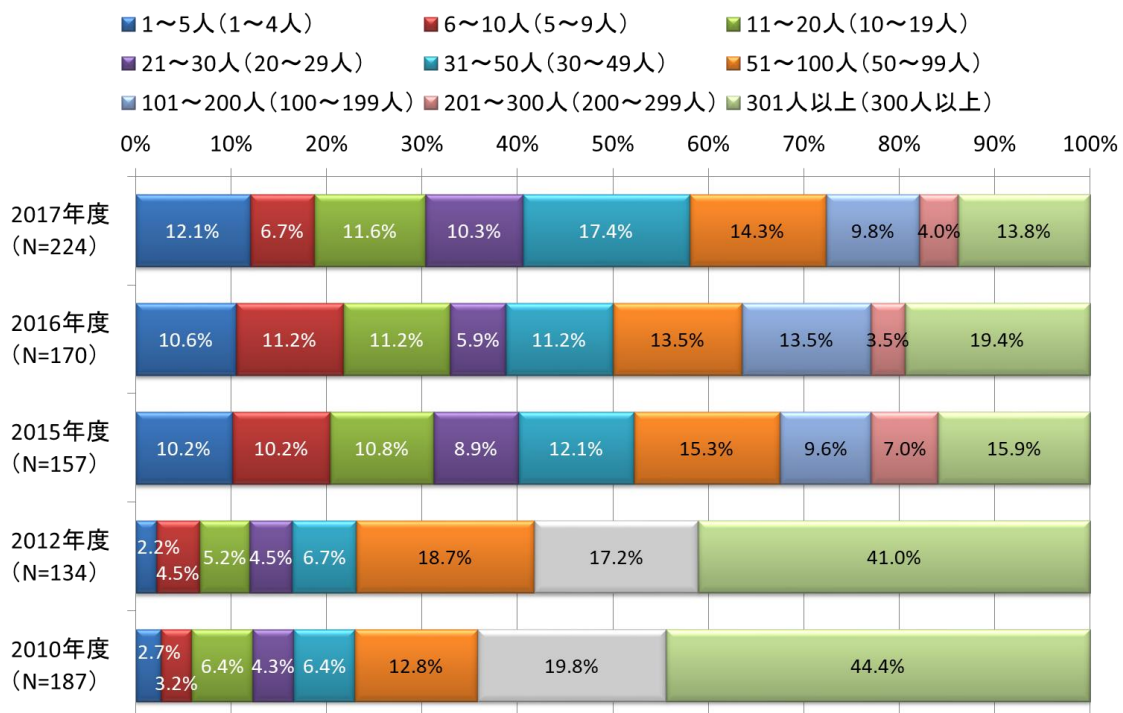


図 5-1 従業員数(経年比較)

※1 2015・2016 年度は選択肢が異なる(括弧内の分類を使用)。

※2 2010・2012 年度は「101~200 人」と「201~300 人」ではなく「101~300 人」で分類。

5.1.2. 売上高

売上高(図 5-2)は、2 億円未満が全体の 1/4、10 億円未満で全体の 6 割強を占め、中小規模の組織が多く、昨年度とも大きな違いはない。なお、2015 年度は 50 億円未満について売上高の分類が細分化されていないため単純比較ができない。

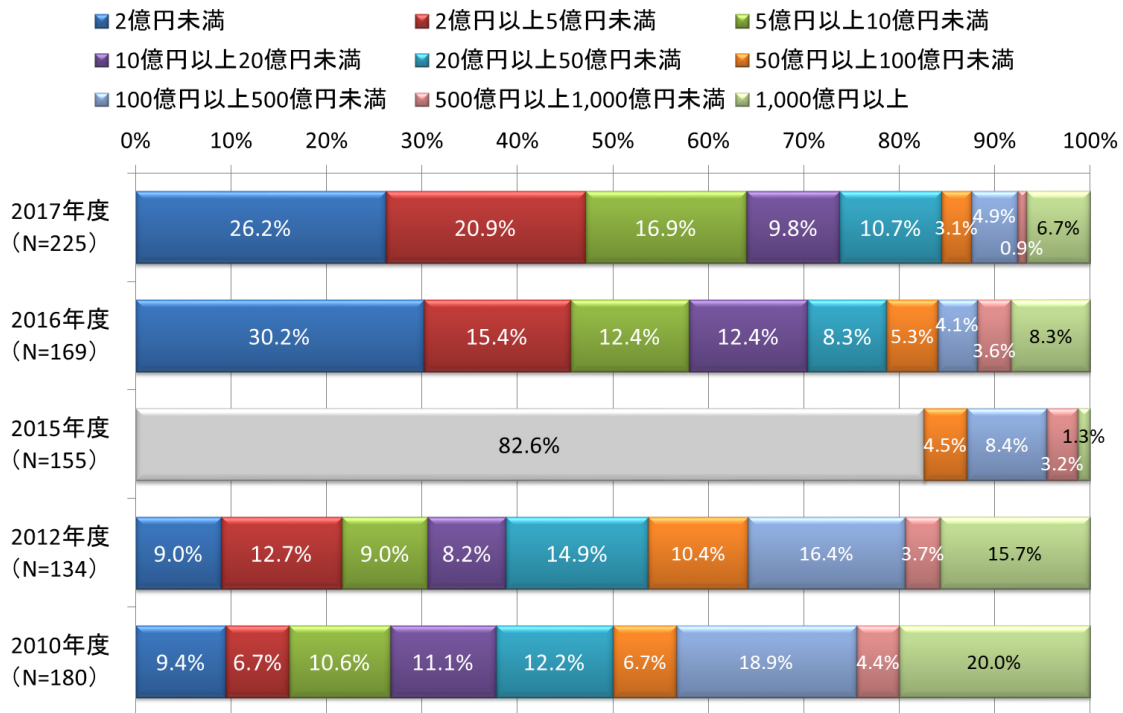


図 5-2 売上高(経年比較)

5.1.3. 全開発費

全開発費(図 5-3)は中小組織中心の回答のため、「なし」が1割弱、「1000万円未満」で2割強、「1億円未満」まででみても約65%と開発への投資額が少ない状況がわかる。

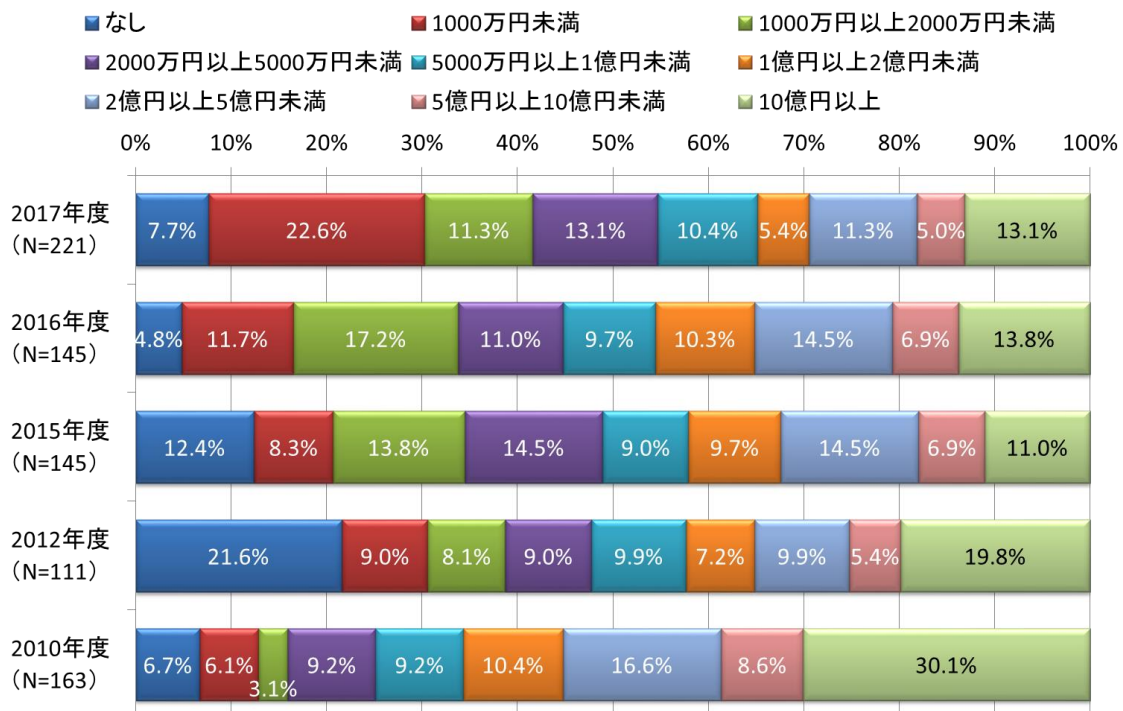


図 5-3 全開発費(経年比較)

売上高と全開発費について、事業規模(従業員数)でクロス集計を行った(図 5-4)。従業員数 100 人以下では売上高 10 億円未満で 9 割弱、全開発費 1 億円未満で 8 割弱を占める。また、従業員数 101 人以上では全てが売上高 5 億円以上、全開発費 5 億円以上が 5 割強と、事業規模(従業員数)との相関が強いことがわかる。

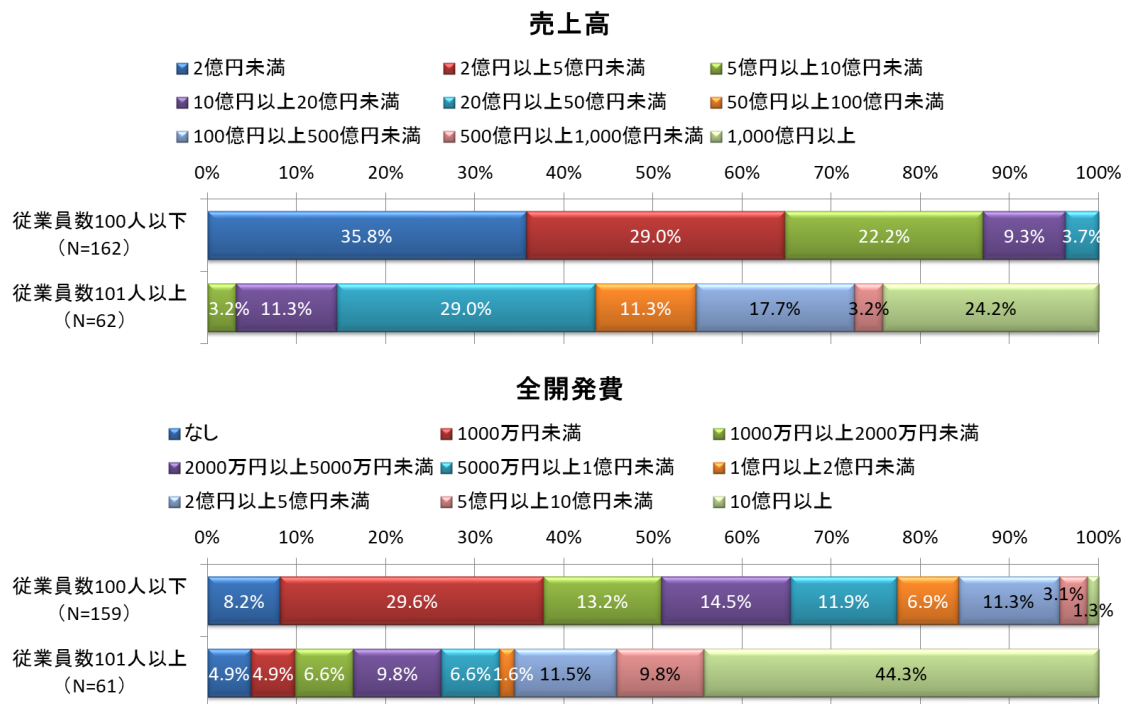


図 5-4 従業員数と売上高・全開発費の関係

全開発費の内訳(図 5-5)は、約 4 割が「組み込みシステムに関連するソフトウェア開発費」で、近年あまり変化がない。なお、2012 年度は設問がなかった。

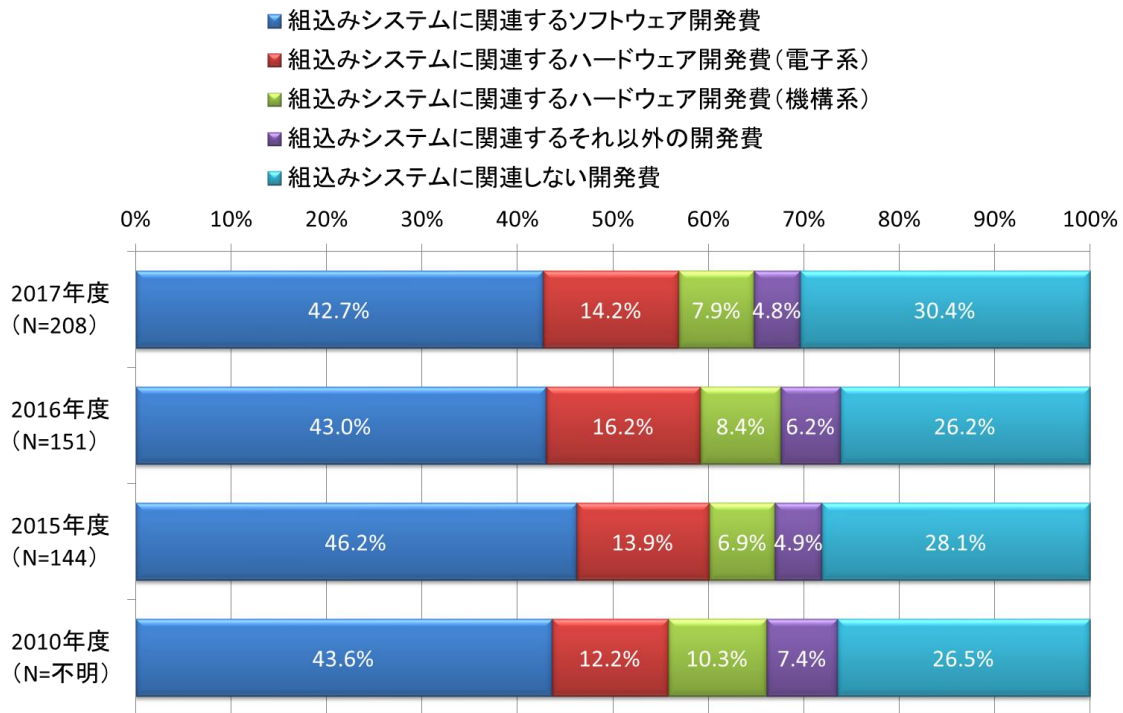


図 5-5 全開発費の内訳(経年比較)

組込みシステムに関連するソフトウェア開発費の内訳(図 5-6)では、内部人件費等の「**それ以外の経費**」が減少し「**その他の外部委託費**」が増加していることから、景気回復により外部への委託が増えていることが推察される。なお、2012年度は設問がなかった。

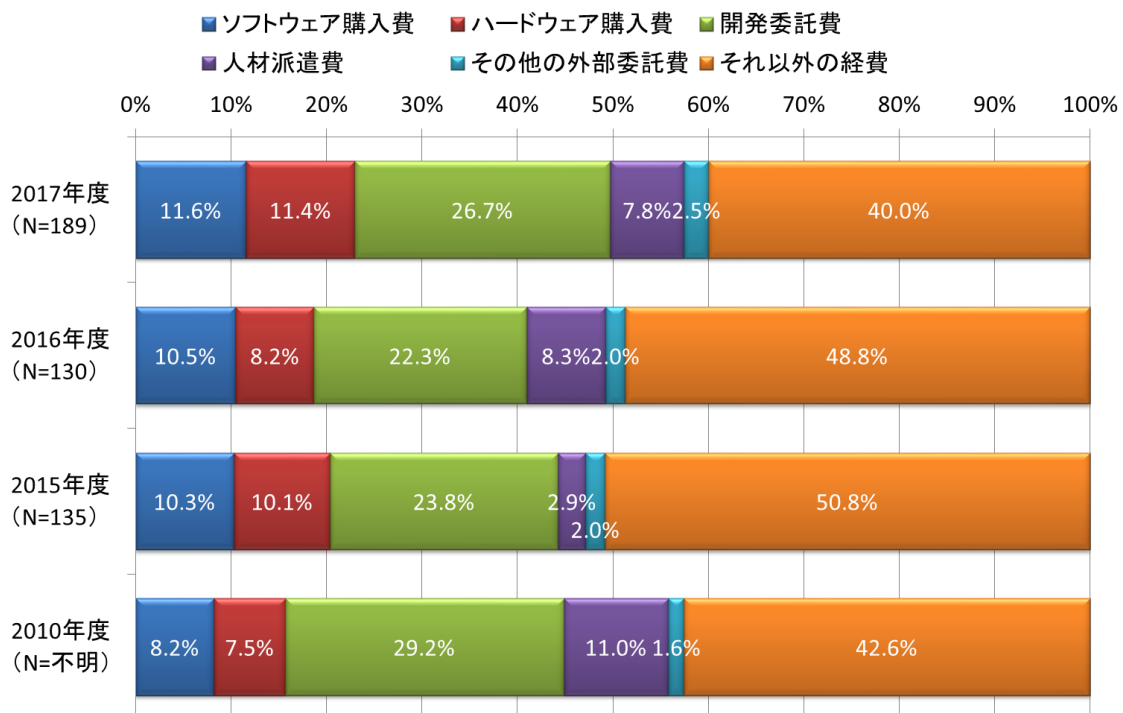


図 5-6 組込みシステムに関連するソフトウェア開発費の内訳(経年比較)

5.1.4. 主要な事業のカテゴリ

「**組み込み製品及び同部品事業**」、「**特定の組み込み製品に特化していない事業**」、「**IoTに関連したビジネスの適用分野**」の3つの領域について、現在取り組んでいる事業または分野として該当するものを選択する設問である(図5-7)。なお、本設問は複数選択可となっている。「IoTに関連したビジネスの適用分野」は、近年のIoT化の流れを受けて新たに設定した。

「**組み込み製品及び同部品事業**」では、自動車産業に代表される日本の基幹産業の「**運輸機器／建設機器**」が1番目に多い。これに続くのが、中小零細規模のユーザ企業が多く、使用される製造装置も一点ものが多いニッチ市場である「**工業制御／FA機器／産業機器**」である。

「**特定の組み込み製品に特化していない事業**」では、組み込みソフトウェアに関連したサービスが事業の中心となっており、中でも7割が「**組み込みソフトウェア受託開発・人材派遣**」を行っている。

「IoTに関連したビジネスの適用分野」では、B2Bの「**工場／オフィス**」、B2Cが多く含まれる「**健康／医療／介護**」の分野でIoT関連の取り組みが既に進んでいることがわかった。

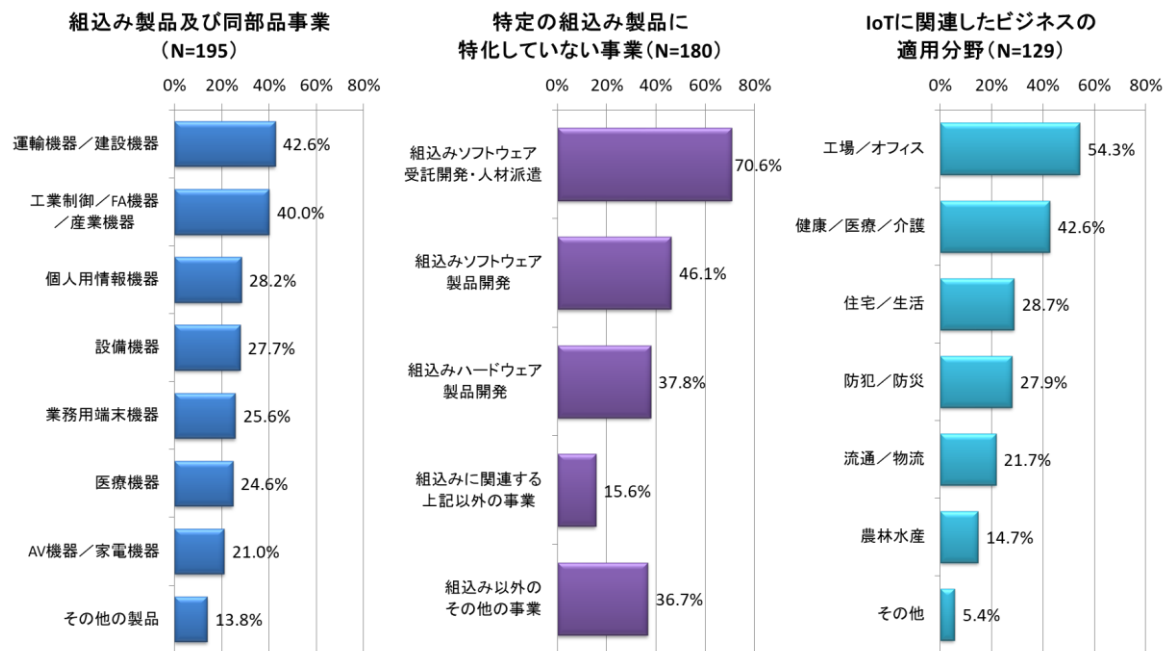


図 5-7 主要な事業のカテゴリ

図5-8は、「組み込み製品及び同部品事業」と「特定組み込み製品に特化していない事業」の経年比較である。いずれもここ3年間で大きな変化は見られない。

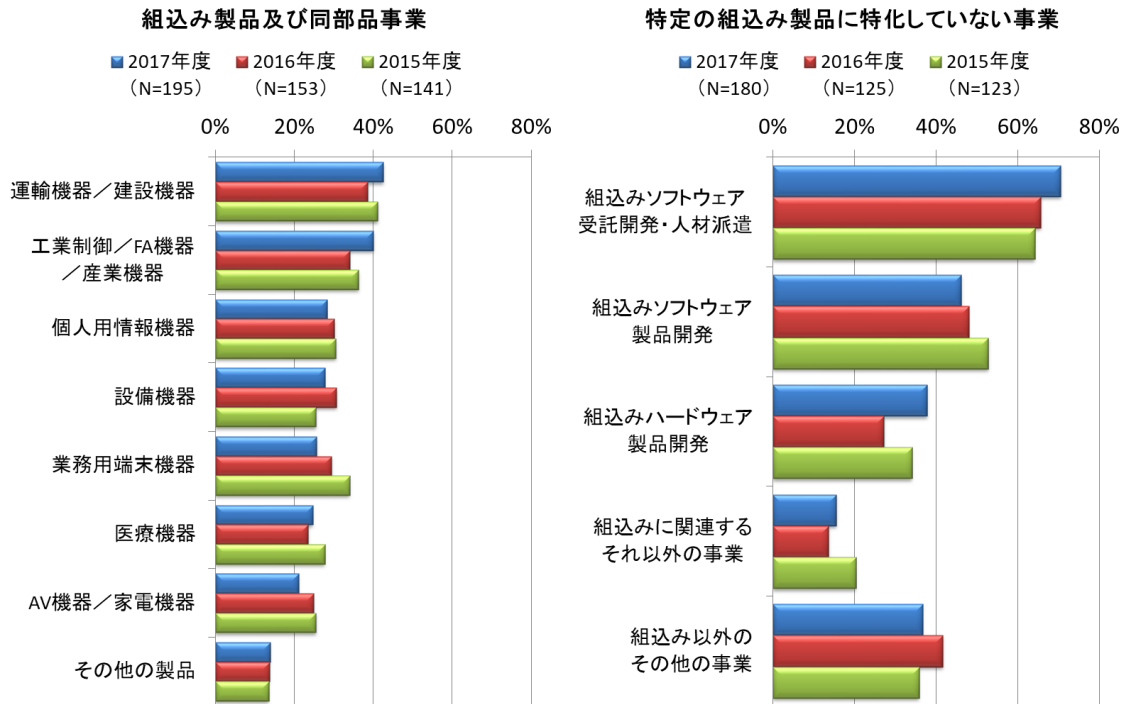


図 5-8 主要な事業のカテゴリ(経年比較)

1件の回答(1事業部門または1企業)でいくつの事業(または分野)の取り組みを行っているかを集計した(図5-9)。

「1事業(のみ)」の回答が多く、「組込み製品及び同部品事業」、「特定の組込み製品に特化していない事業」の両方で4割弱を占める。続いて「2事業」、「3事業」が多く、1事業から3事業までの合計で8割から9割を占めている。また、「IoTに関連したビジネスの適用分野」では、「1分野(のみ)」の取り組みが半数強で、1分野から3分野までの合計で9割弱となっている。

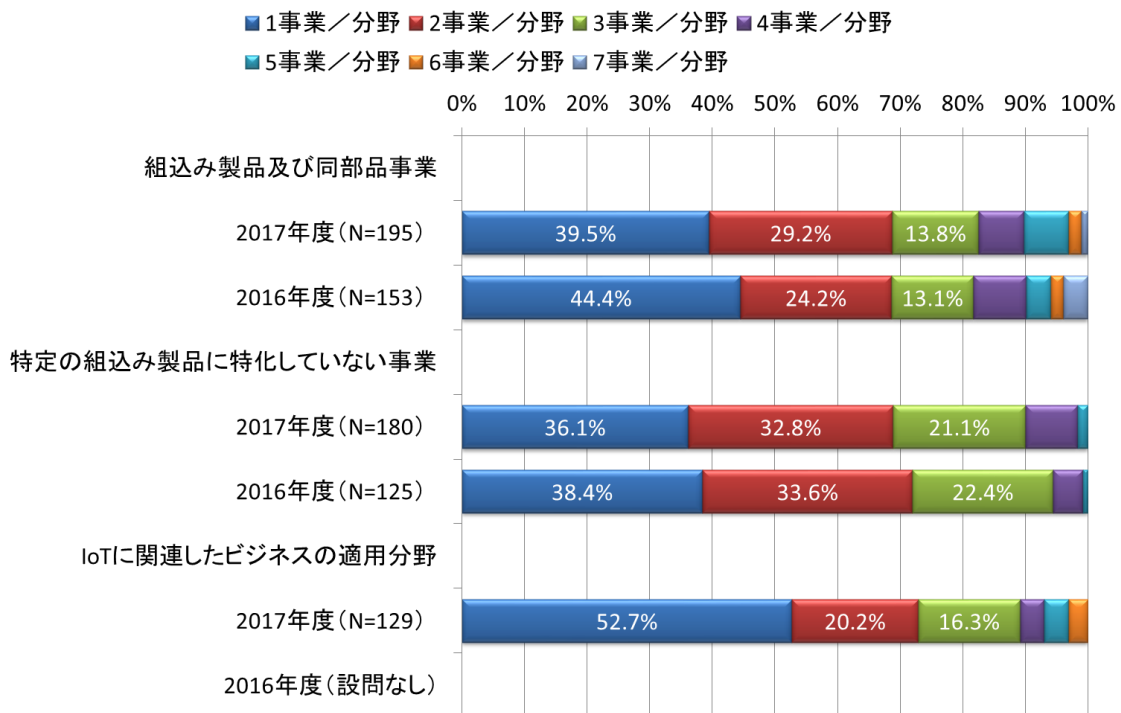


図 5-9 1企業・事業部門あたりの事業/分野の取り組み数(経年比較)

主要な事業のカテゴリについて、「組込み製品及び同部品事業(A)」、「特定の組込み製品に特化していない事業(B)」、「IoTに関連したビジネスの適用分野(C)」の3つの分類のいくつに回答しているかの分布(図5-10)では、全体の約4割で3分類全て((A)・(B)・(C))の組み合わせが見られた。

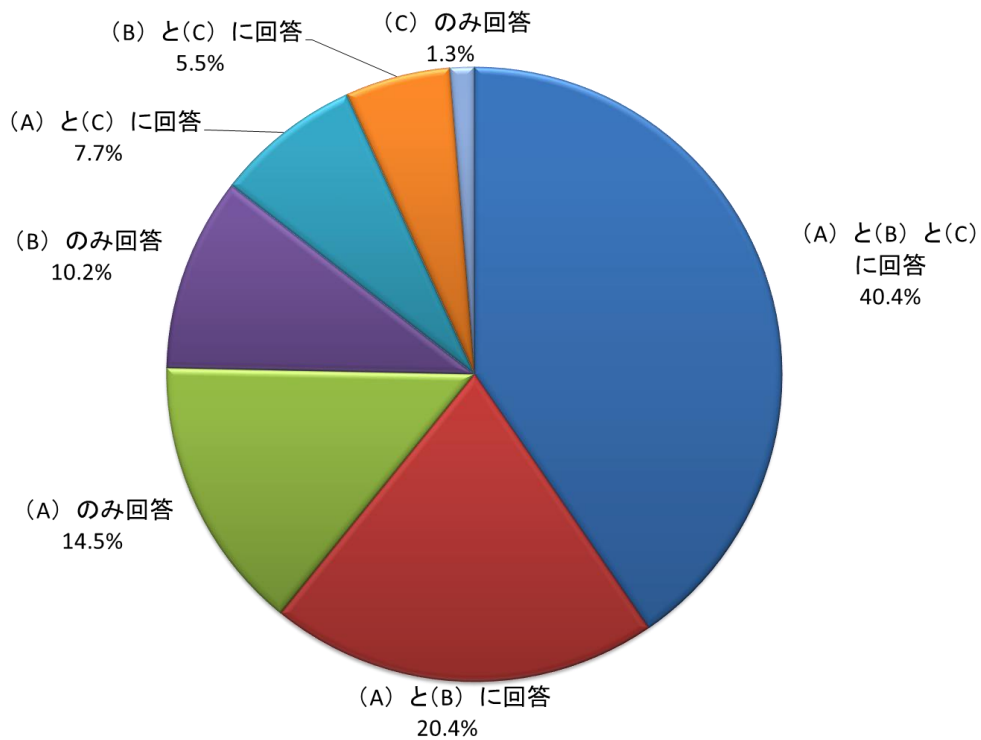


図 5-10 主要な事業のカテゴリの分類ごとの回答の分布

5.1.5 「組込みソフトウェア受託開発・人材派遣」事業で取引先・顧客から評価されているポイント／今後強化したいポイント

この設問は、「主要な事業のカテゴリ」の設問で、「特定の組込み製品に特化していない事業」の「**組込みソフトウェア受託開発・人材派遣**」を行っている回答者だけを対象とする設問である(図5-11)。

現在評価されているポイント、今後強化したいポイントのいずれも「**技術力の高さ**」が目立って多い。品質(Q)、コスト(C)、納期(D)のいずれよりも技術力が高く評価されており、かつ、今後も技術力を高めたいと考えていることがわかる。

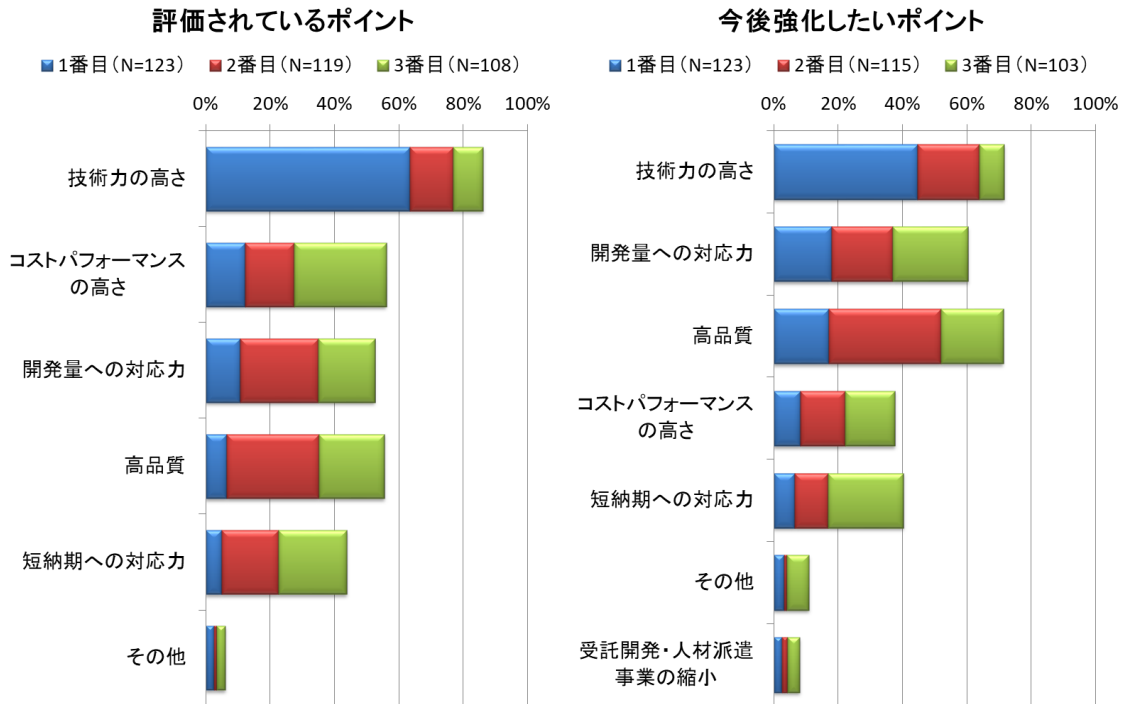


図 5-11 「組込みソフトウェア受託開発・人材派遣」事業で取引先・顧客から評価されているポイント／今後強化したいポイント

「評価されているポイント」と「強化したいポイント」とのクロス集計によりそれぞれの回答の対応関係を調べた(図 5-12)。「**技術力の高さ**」が評価されている場合は引き続き技術力を、というように今と同じものを今後も強化したいという傾向が見取れるほか、「**高品質**」は現在評価されているポイントに関係なく強化したいと考えている傾向が全般に見られる。

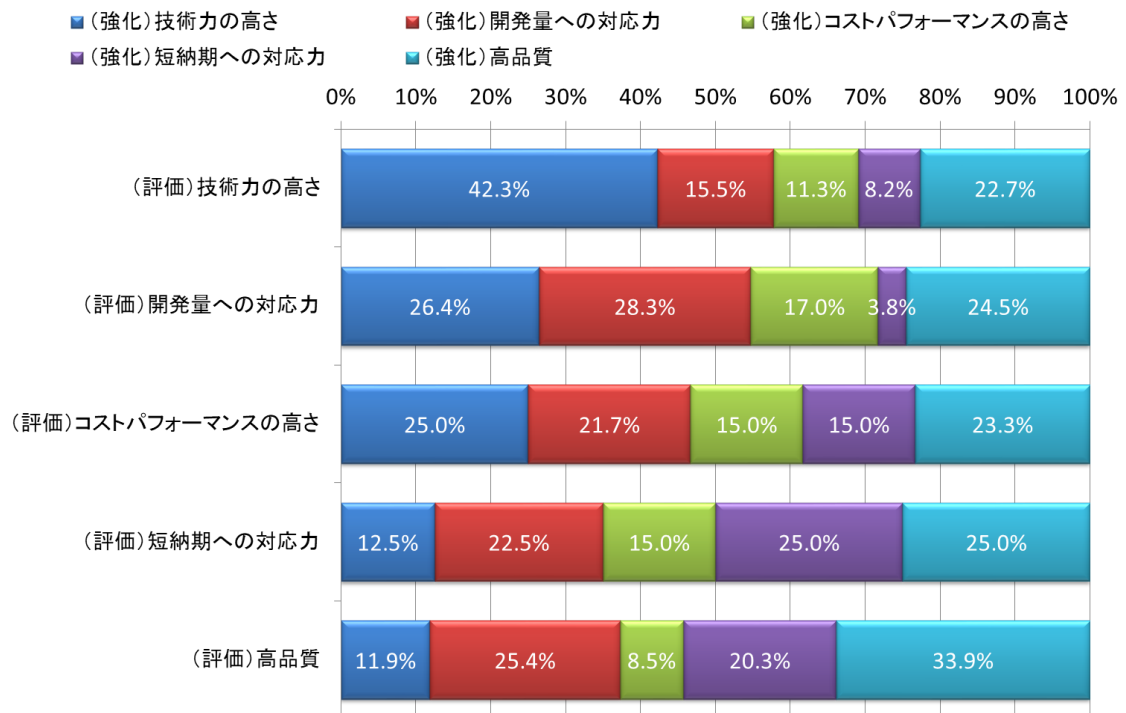


図 5-12 「評価されているポイント」と「強化したいポイント」との対応関係

5.1.6. 現在／将来の取引形態

IoT 等の言葉に代表される「つながる時代」の到来に際し、取引形態(垂直統合型、水平分業型)の現在と今後(約5年後程度を想定した将来)の変化についての意識を調べた(図5-13)。

「垂直統合型」の事業が減少し「水平分業型」が増加する傾向が強い。また、垂直・水平半々が倍増していることから、垂直統合型事業と水平分業型事業の両方に対応することが必要と見られる。

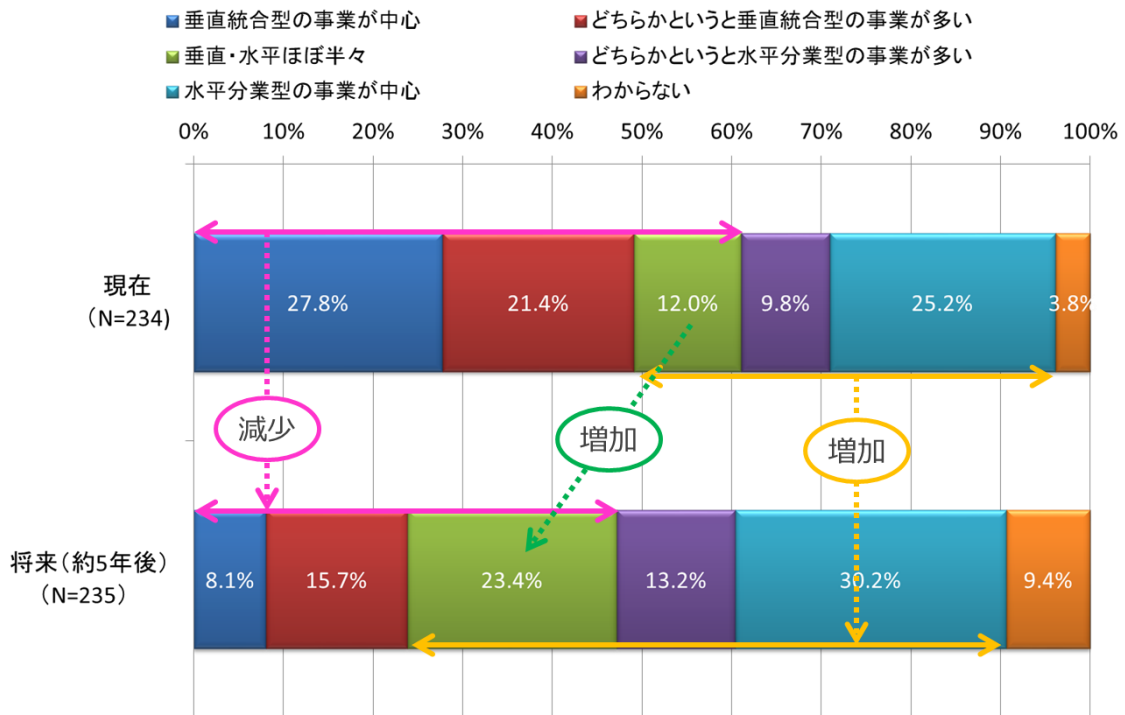


図 5-13 現在／将来の取引形態

経年比較で見てもこの傾向は同様である(図5-14)。なお、経年比較では、「垂直統合型の事業が中心」と「どちらかというと垂直統合型の事業が多い」を「垂直統合型」に、「水平分業型の事業が中心」と「どちらかというと水平分業型の事業が多い」を「水平分業型」にそれぞれまとめて比較を行っている。

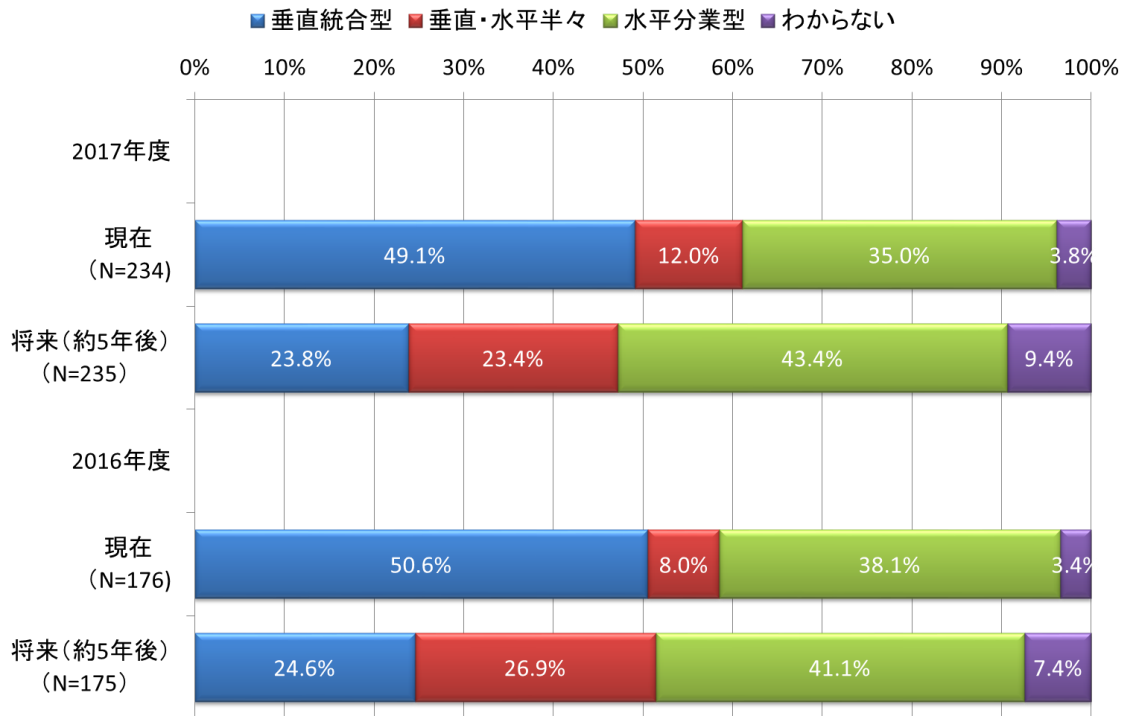


図 5-14 現在／将来の取引形態(経年比較)

これを従業員数と全開発費でそれぞれクロス集計したものが図 5-15 である。

クロス集計する際に、「垂直統合型の事業が中心」と「どちらかという垂直統合型の事業が多い」は「垂直統合型」に、「水平分業型の事業が中心」と「どちらかという水平分業型の事業が多い」は「水平分業型」にそれぞれまとめた。

クロス集計でも図 5-13 と同様の傾向であるが、現在も将来も大規模の組織のほうが中小規模の組織よりも垂直統合型の比率が高い。

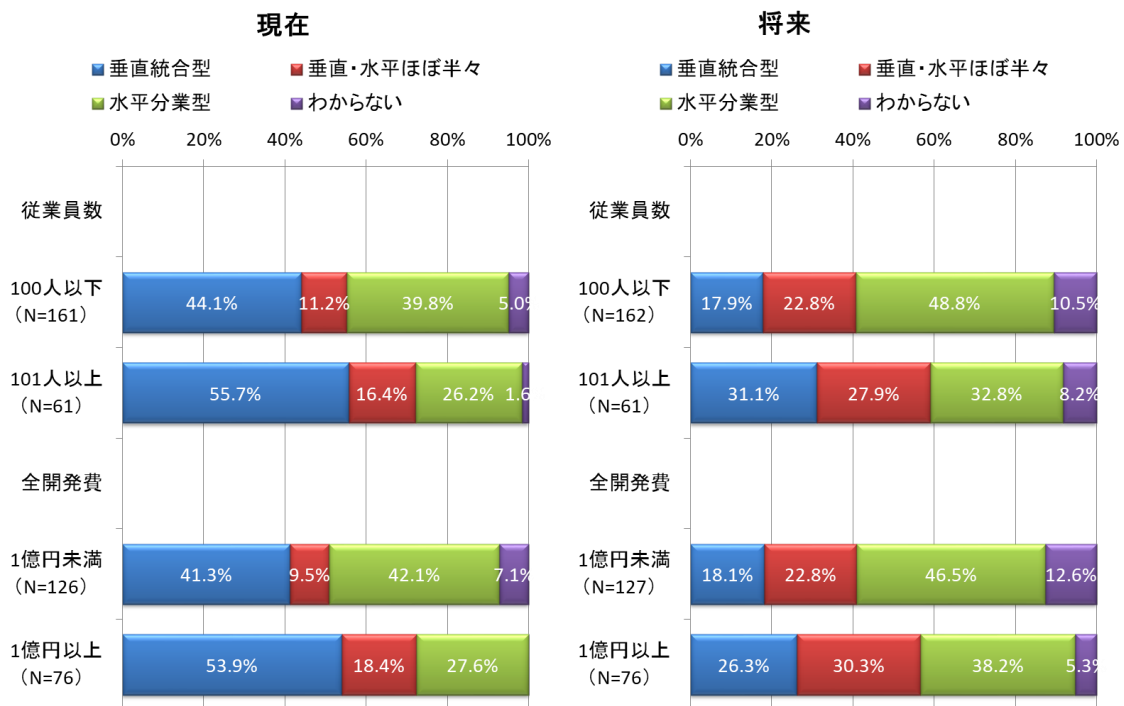


図 5-15 現在／将来の取引形態(従業員数・全開発費によるクロス集計)

5.1.7. 現在／将来の事業形態

取引形態の設問と同様に事業形態（プロダクト提供型、サービス提供型）についての今後の変化に対する意識を調べた（図 5-16）。

将来は、「プロダクト提供型」と「サービス提供型」の両方が増えるという傾向である。特に、「プロダクト・サービスほぼ半々」が大幅に増えていることから、「プロダクト提供型」と「サービス提供型」の両方の事業を行うことが必要になるようである。

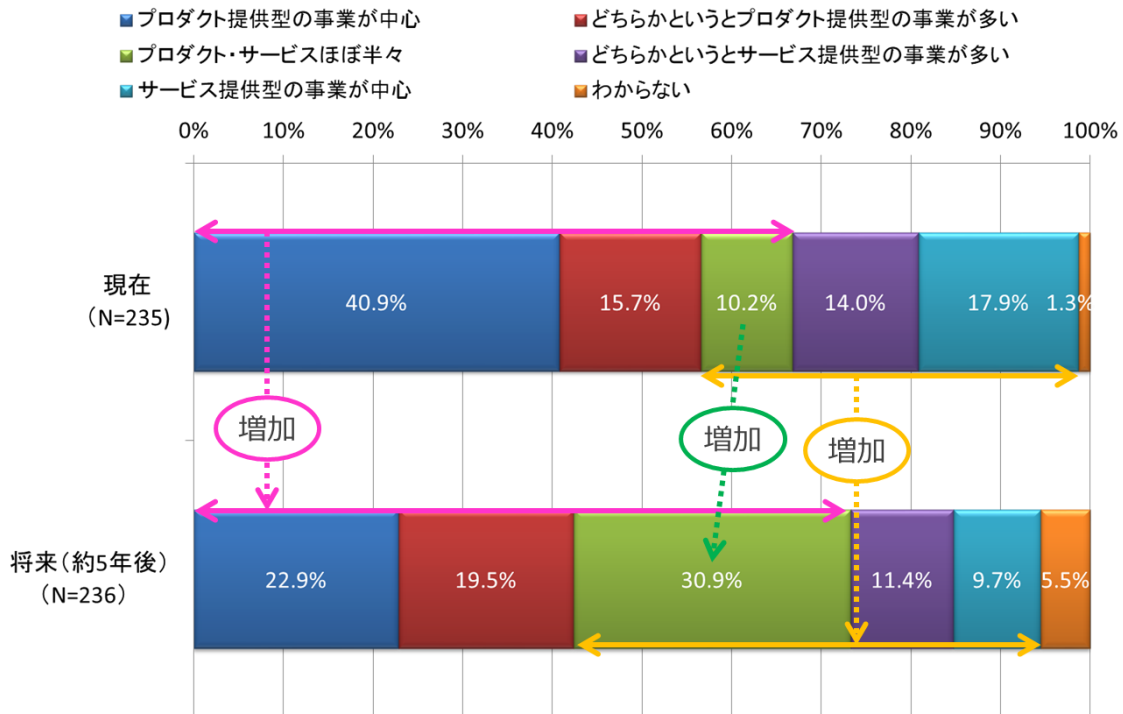


図 5-16 現在／将来の事業形態

経年比較で見てもこの傾向は同様である（図 5-17）。なお、経年比較では、「プロダクト提供型の事業が中心」と「どちらかというプロダクト提供型の事業が多い」を「プロダクト提供型」に、「サービス提供型の事業が中心」と「どちらかというサービス提供型の事業が多い」を「サービス提供型」にそれぞれまとめて比較を行っている。

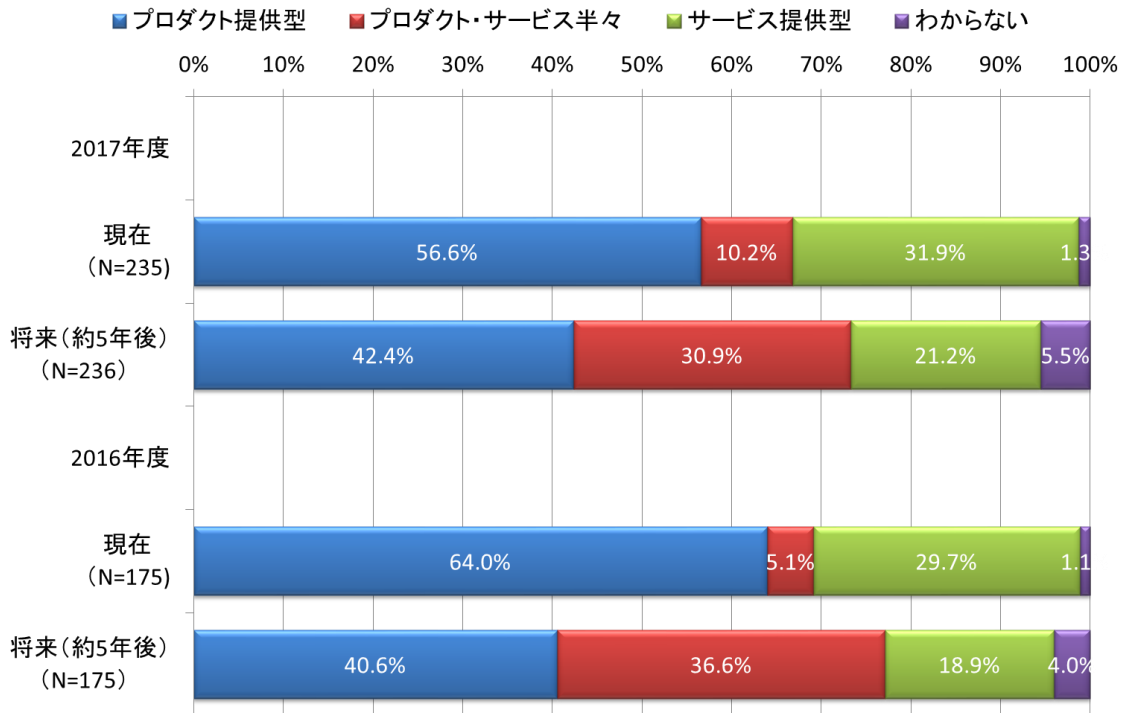


図 5-17 現在／将来の事業形態(経年変化)

これを従業員数と全開発費でそれぞれクロス集計したものが図 5-18 である。

クロス集計する際に、「製品提供型の事業が中心」と「どちらかというと製品提供型の事業が多い」は「製品提供型」に、「サービス提供型の事業が中心」と「どちらかというとサービス提供型の事業が多い」は「サービス提供型」にそれぞれまとめた。

クロス集計でも図 5-16 と同様の傾向であるが、現在も将来も大規模の組織のほうが中小規模の組織よりも製品提供型の比率がやや高めである。

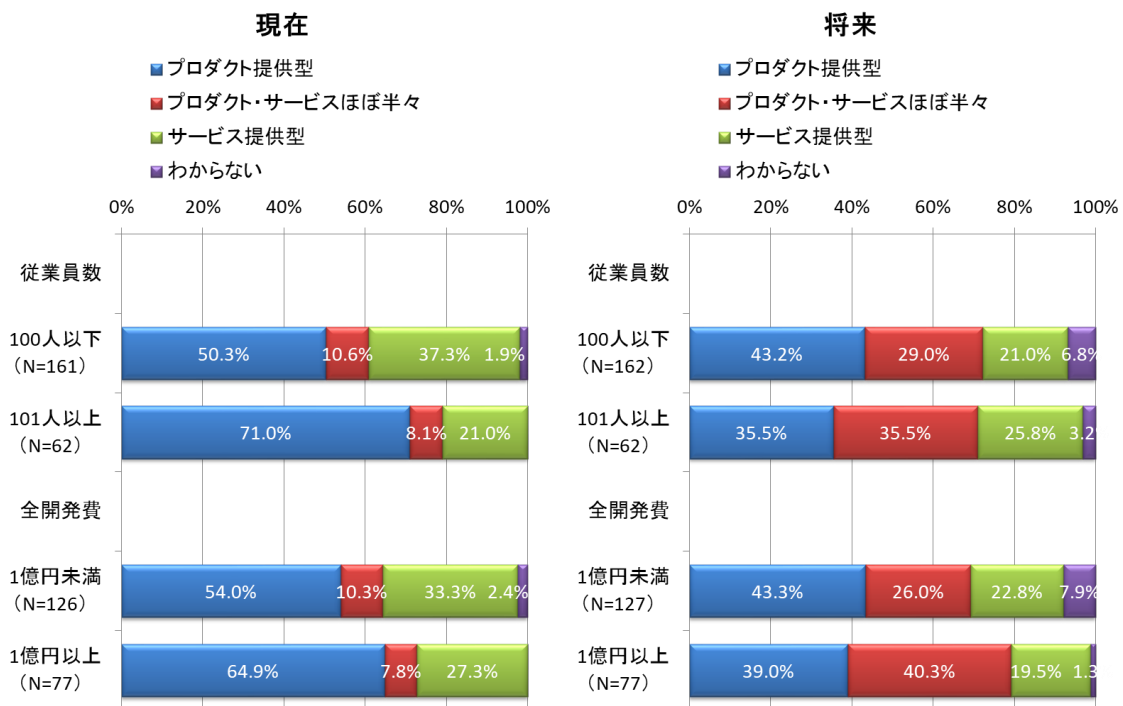


図 5-18 現在／将来の事業形態(従業員数・全開発費によるクロス集計)

5.1.8. 現在／将来の製品・サービスの提供先

取引形態・事業形態の設問と同様に製品・サービスの提供先(B2B 型、B2C 型)についての今後の変化に対する意識を調べた(図 5-19)。

将来は、「エンドユーザへの提供(B2C 型)」が増え「ビジネスユーザへの提供(B2B 型)」がやや減少するという傾向である。特に、「B2C 型・B2B 型ほぼ半々」が大幅に増えていることから、「B2B 型」と「B2C 型」の両方の事業を手がけながら B2C 型を増やすことが重要になるようである。

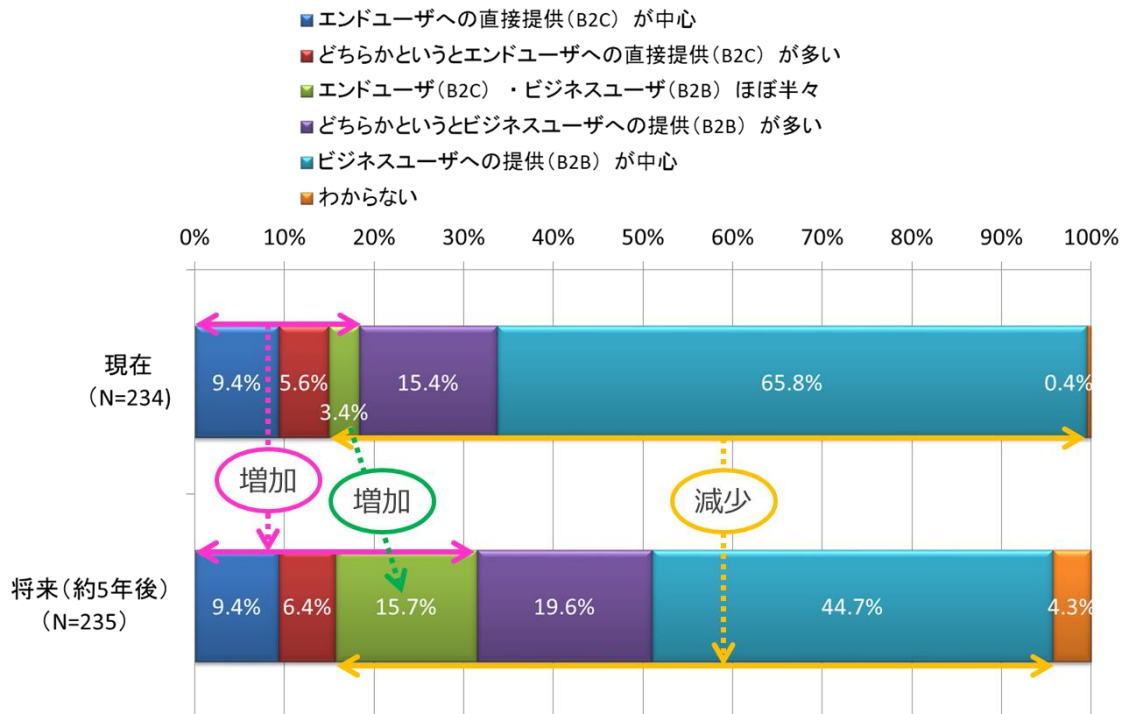


図 5-19 現在／将来の製品・サービスの提供先

これを従業員数と全開発費でそれぞれクロス集計したものが図 5-20 である。

クロス集計する際に、「エンドユーザへの直接提供(B2C)が中心」と「どちらかというとエンドユーザへの直接提供(B2C)が多い」は「B2C 型」に、「ビジネスユーザへの直接提供(B2B)が中心」と「どちらかというとビジネスユーザへの直接提供(B2B)が多い」は「B2B 型」にそれぞれまとめた。

クロス集計でも図 5-30 と同様の傾向であるが、現在も将来も大規模の組織のほうが中小規模の組織よりも B2B 型の比率が高い。

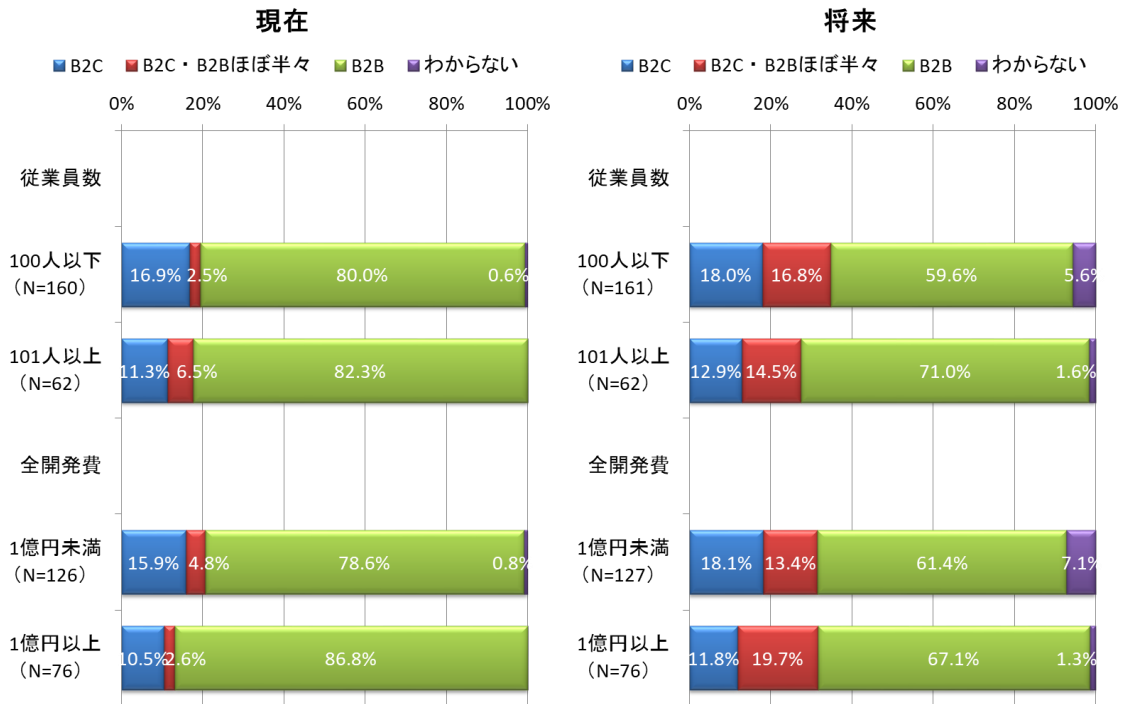


図 5-20 現在／将来の製品・サービスの提供先(従業員数・全開発費によるクロス集計)

5.1.9. 事業環境の変化の影響

事業環境の変化の影響がどの程度あると思うか(図 5-21)では、「サプライチェーンの変化」以外の 5 つについては変化の影響が大きいという結果になった。つながる時代の到来に対する強い意識が現れている。

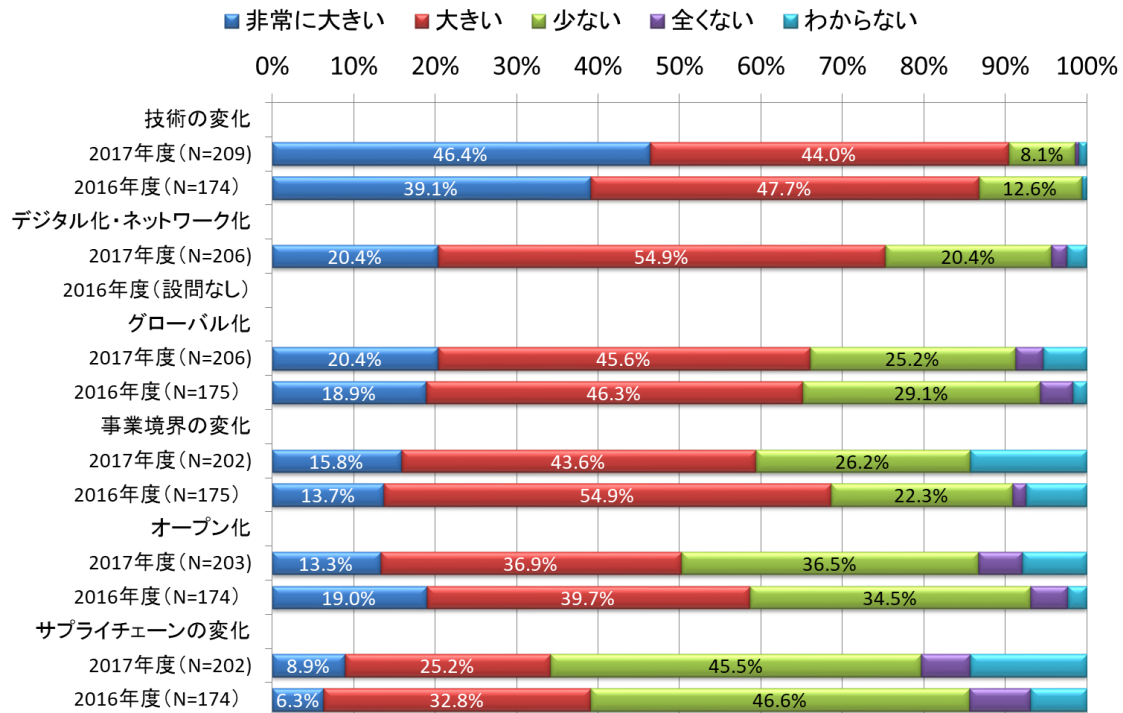


図 5-21 事業環境の変化の影響(経年比較)

5.1.10. 事業環境の変化が売上・利益に及ぼす影響

事業環境の変化が自社の売上や利益にどの程度の影響を与えると思うか(図 5-22)では、「売上」も「利益」も「増加」するものの「利益」は「減少」すると見ている。なお、2017 年度は「利益」、2016 年度は「利益率」で設問している。

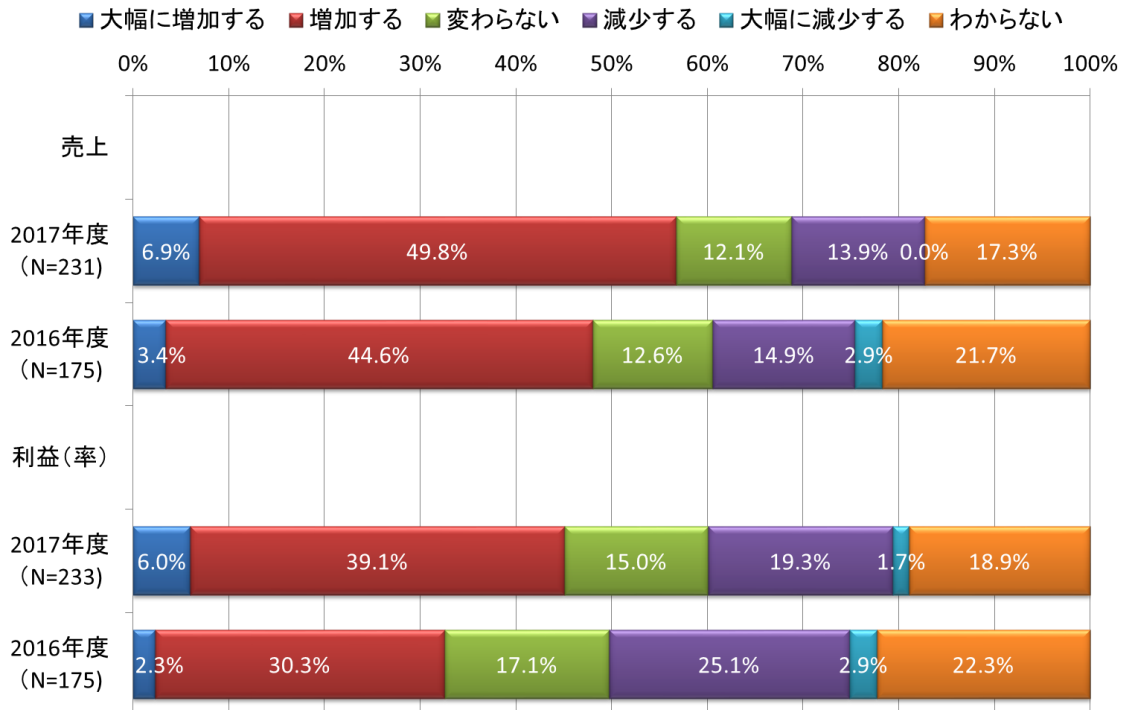


図 5-22 事業環境の変化が売上・利益に及ぼす影響(経年比較)

5.2. 組込みソフトウェアの複雑化・簡素化

5.2.1. 組込みソフトウェアの複雑化傾向への対応方針

組込みソフトウェアの複雑化傾向への対応方針について、今年度新たに設問を行った(図 5-23)。グラフでは、「重要と思う」+「やや重要と思う」の合計で降順に並べてある。また、「技術者の教育・訓練、スキルの向上」と「外部の専門企業への委託」は技術的な対応方針ではないことから、それ以外の技術に関する対応方針と分けて下部にまとめてある。

「モデルベース開発の導入」等の開発技術に関する対応よりも、「ソフトウェア・プラットフォームの導入」、「アーキテクチャの見直し」といったシステムの構造に関する対応方針が目立つ。

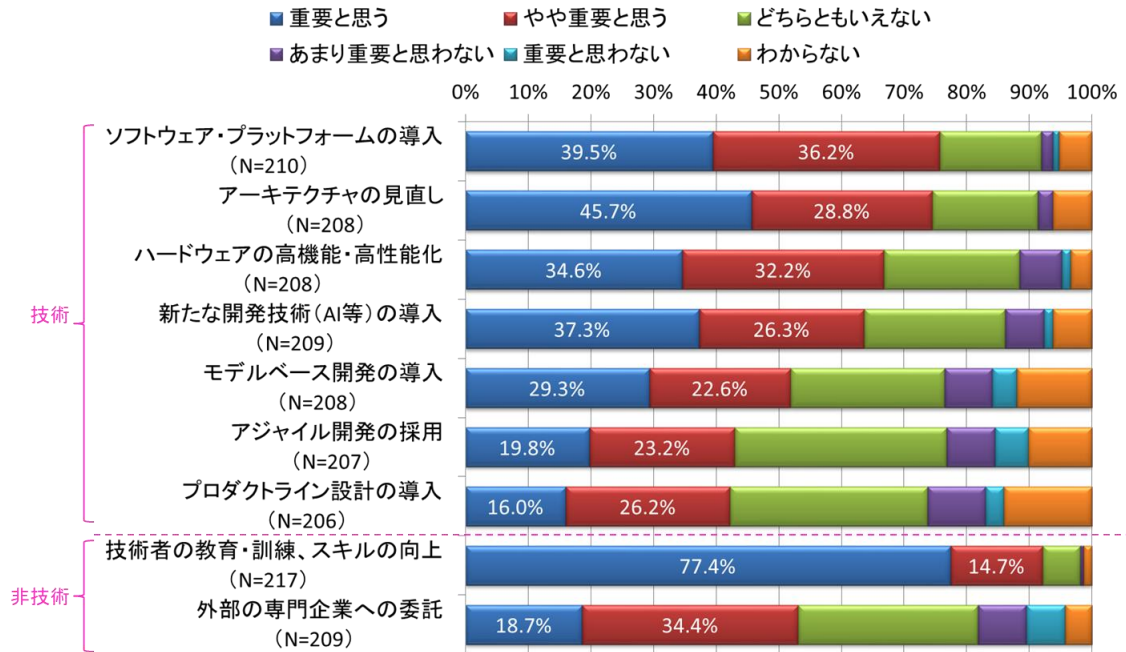


図 5-23 組込みソフトウェアの複雑化傾向への対応方針

従業員数・全開発費とのクロス集計(図 5-24、図 5-25)で見ると、いずれも大規模の組織で対応方針に対する意識がより高いことがわかる。なお、クロス集計では、「重要と思う」と「やや重要と思う」を「重要と思う」に、「あまり重要と思わない」と「重要と思わない」を「重要と思わない」にまとめてある。

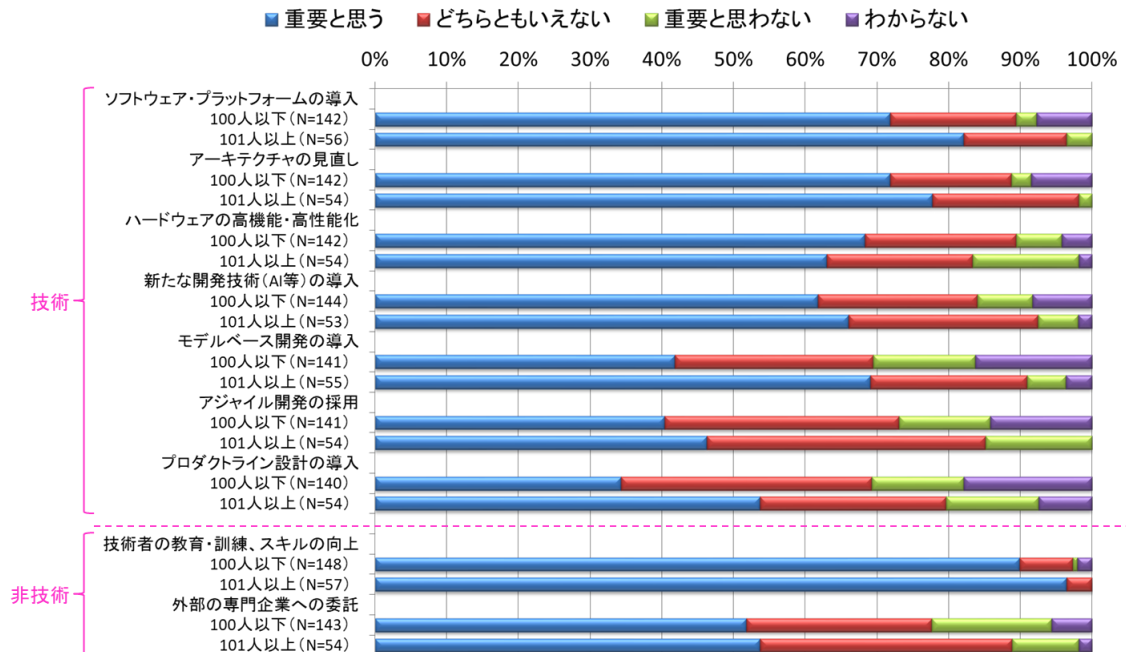


図 5-24 組込みソフトウェアの複雑化傾向への対応方針(従業員数によるクロス集計)

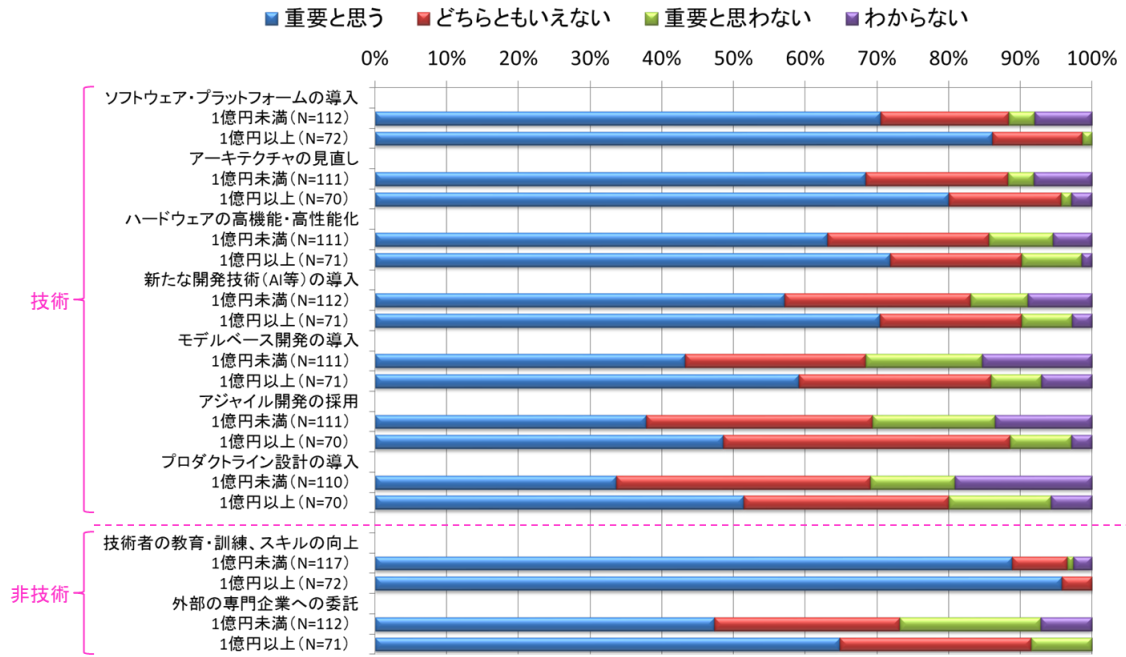


図 5-25 組込みソフトウェアの複雑化傾向への対応方針(全開発費によるクロス集計)

また、重要と考えている対応方針の数(図 5-26)では、全体の半数近くが 6 個以上で、複数の対応方針での対応が重要と考えていることがわかる。

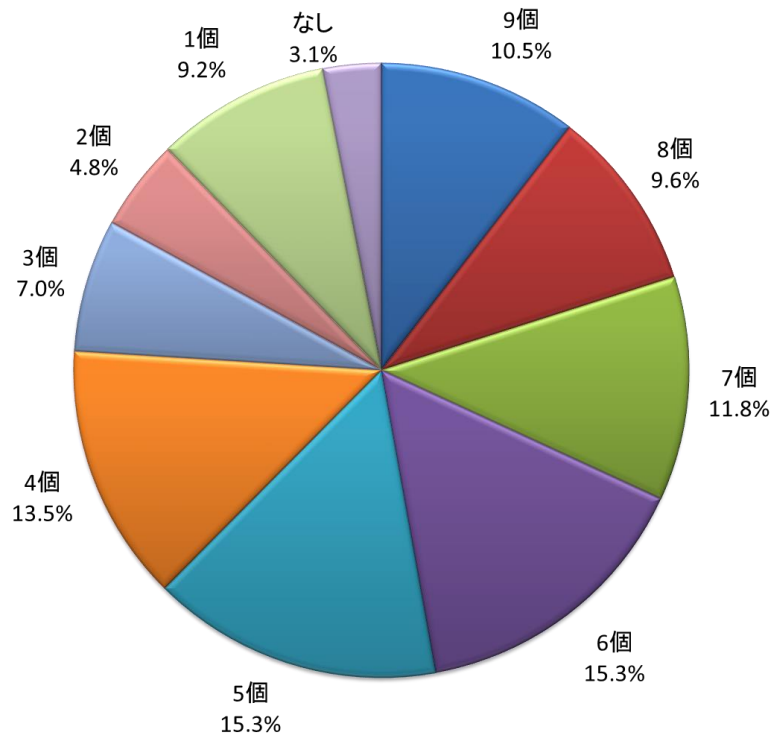


図 5-26 「重要と思う」、「やや重要と思う」の数(N=229)

従業員数・全開発費でクロス集計した結果(図 5-27)では、図 5-24、図 5-25 同様に大規模の組織で重要と考えている対応方針の数がより多い。

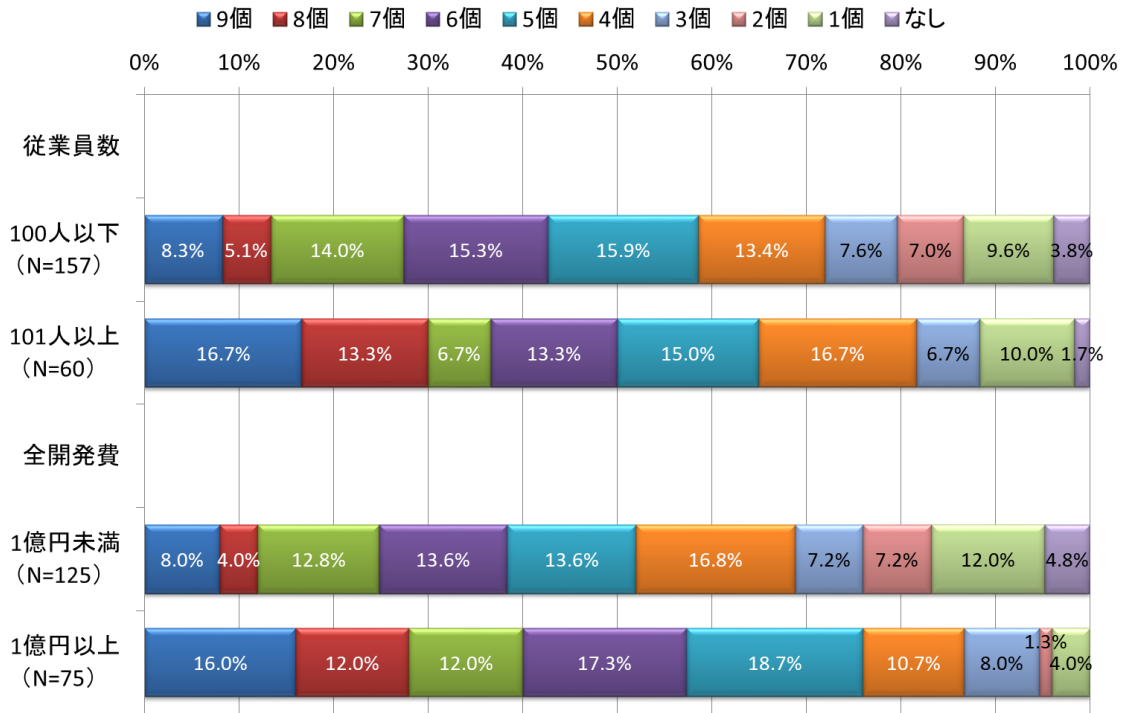


図 5-27 複雑化傾向への対応方針の数

5.2.2. 組み込みソフトウェアの複雑化の傾向

組み込みソフトウェアの複雑化の傾向(図 5-28)では、「適用技術の複雑化・高度化」、「安全性の向上(機能安全への対応等)」、「セキュリティ/プライバシー保護の強化」、「つながる対象が増加」等が上位で目立つ。このグラフは「当てはまる」と「やや当てはまる」の合計で降順に並べてある。

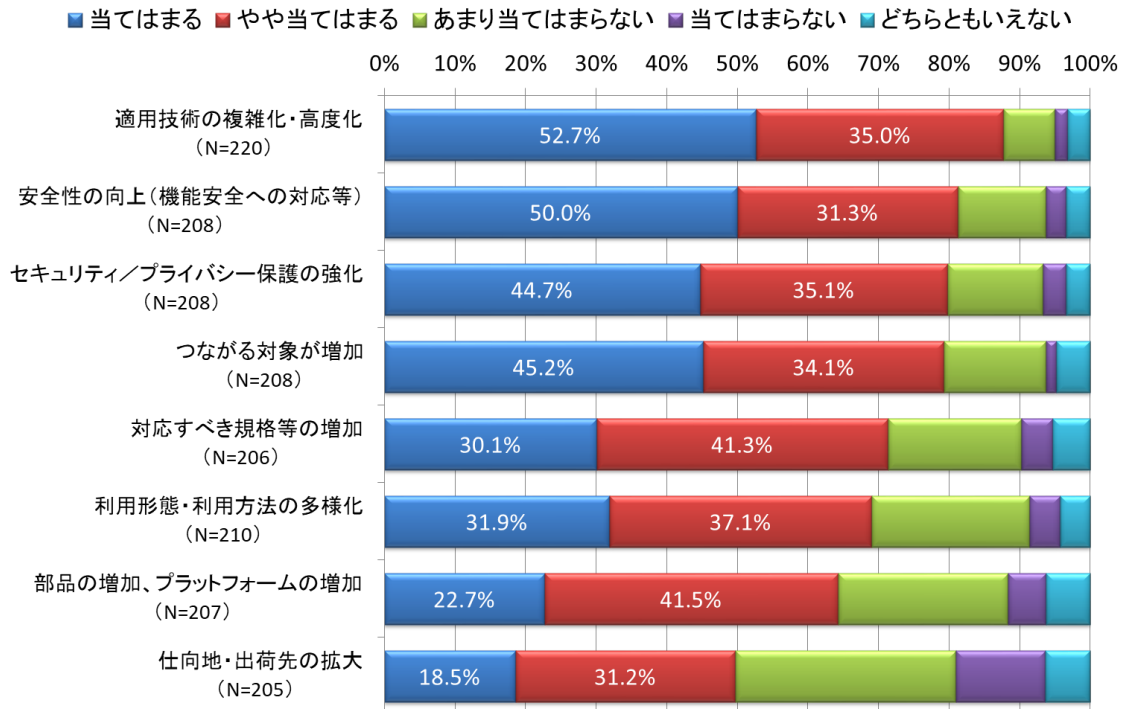


図 5-28 組み込みソフトウェアの複雑化の傾向

従業員数・全開発費によるクロス集計(図 5-29、図 5-30)では、大規模の組織で「当てはまる」がより多い傾向となっている。なおクロス集計では、「当てはまる」と「やや当てはまる」は「当てはまる」に、「あまり当てはまらない」と「当てはまらない」は「当てはまらない」にまとめてある。

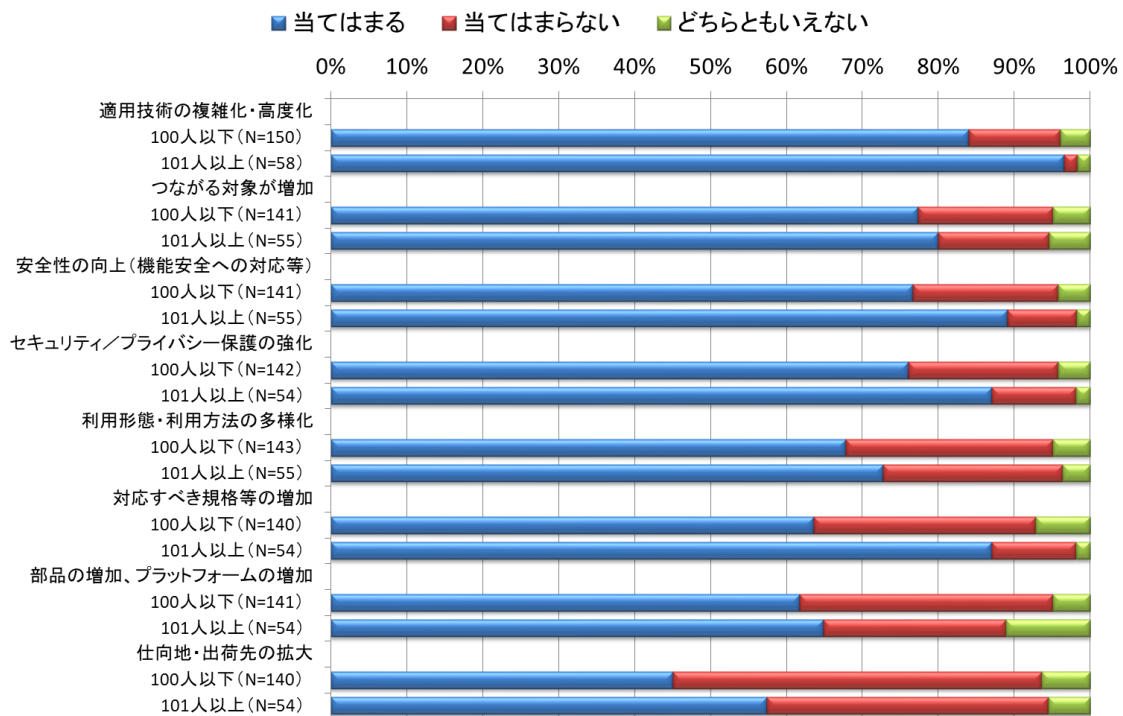


図 5-29 組込みソフトウェアの複雑化の傾向(従業員数によるクロス集計)

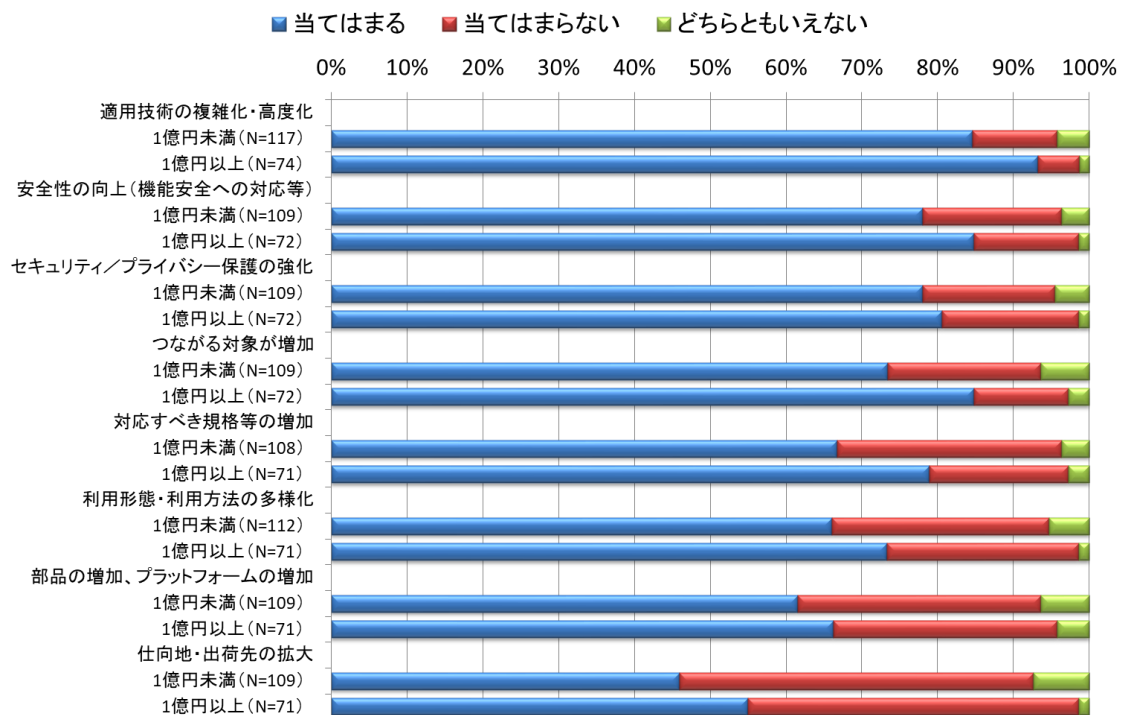


図 5-30 組込みソフトウェアの複雑化の傾向(全開発費によるクロス集計)

当てはまると考えている複雑化傾向の数(図 5-31)では、全体の6割近くが6個以上となり、多数の複雑化の傾向が現れていることがわかる。

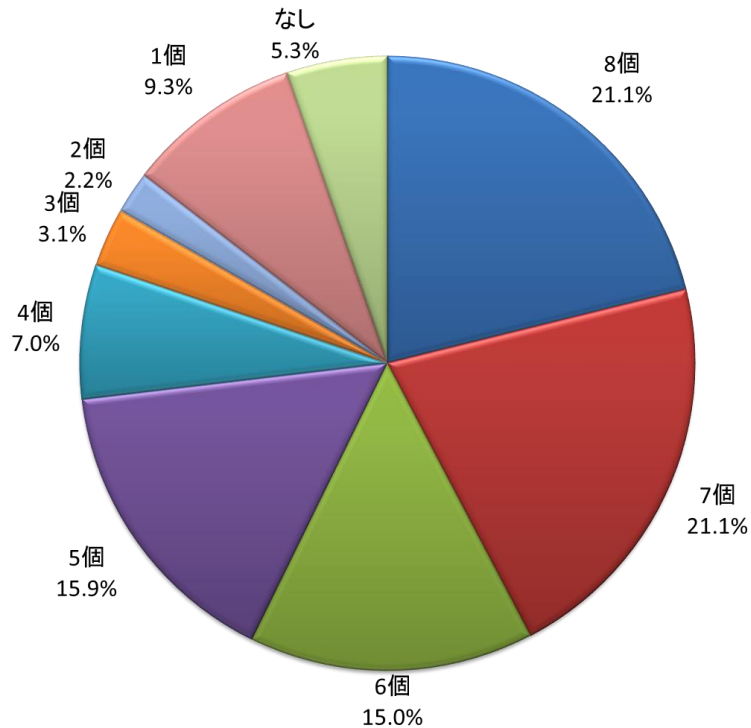


図 5-31 「当てはまる」、「やや当てはまる」の数(N=227)

従業員数・全開発費によるクロス集計(図 5-32)では、大規模の組織で複雑化傾向の数がより多い結果となっている。

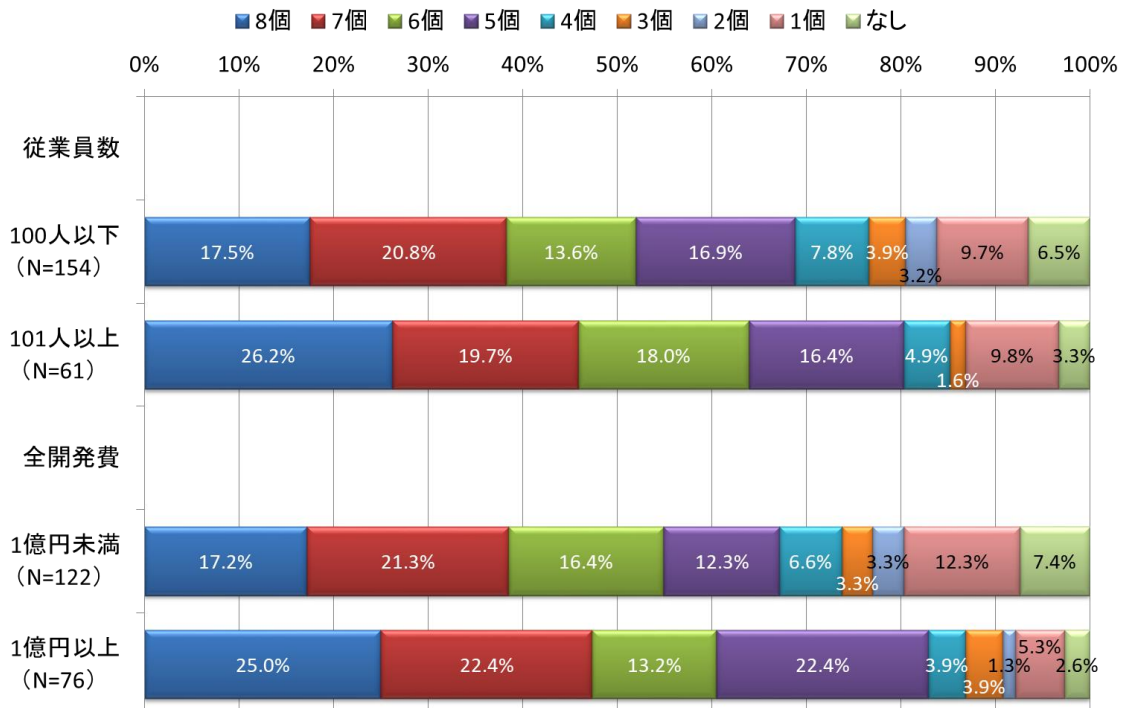


図 5-32 複雑化の傾向の数

5.3. モデルベース開発及び開発ツールの導入状況

5.3.1. モデルベース開発及び開発ツールの導入状況

モデルベース開発及びモデルベース開発ツールの導入状況(図 5-33)では、「試験／評価ツール(シミュレータ等)」と「状態遷移モデル(図／表)」、「UML／SysML」は半数以上で導入が進んでいるが、それ以外はまだこれからという結果になった。なお、グラフは「すべてのプロジェクトで導入」と「一部のプロジェクトで導入」の合計で降順に並び替えてある。

ここでいう「モデルベース開発技術」等は、下記の定義⁷を用いた。

- モデリング： 対象の特性を抽象化(簡易化)して、機能が定義されたオブジェクト間の関係にマッピングする工程
- モデル： モデリングによって得られた成果物
- モデルベース開発技術： 上記に提示した「モデル」の作成、あるいはモデルによる製品開発で利用される技術

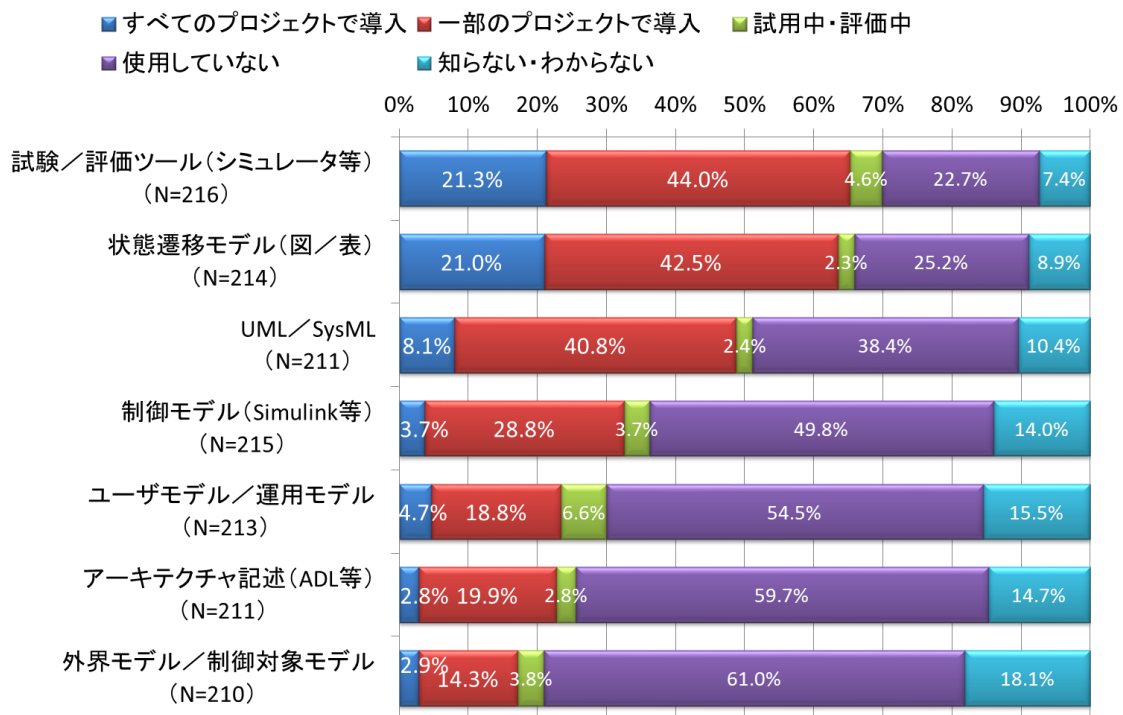


図 5-33 モデルベース開発技術・開発ツールの導入状況

従業員数・全開発費によるクロス集計(図 5-34、図 5-35)では、大規模の組織で導入がより進んでいることがわかる。

⁷ 「モデルベース設計検証技術者スキル体系化調査報告書」(IPA、2012/2/29)より引用。

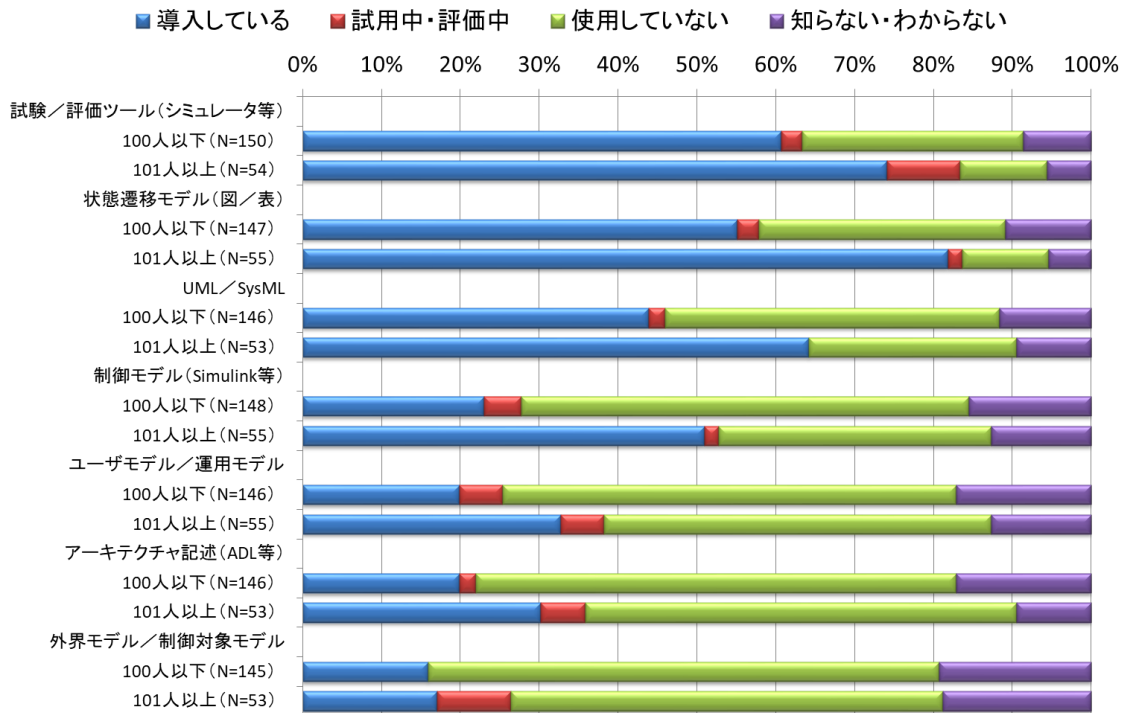


図 5-34 モデルベース開発技術・開発ツールの導入状況(従業員数によるクロス集計)

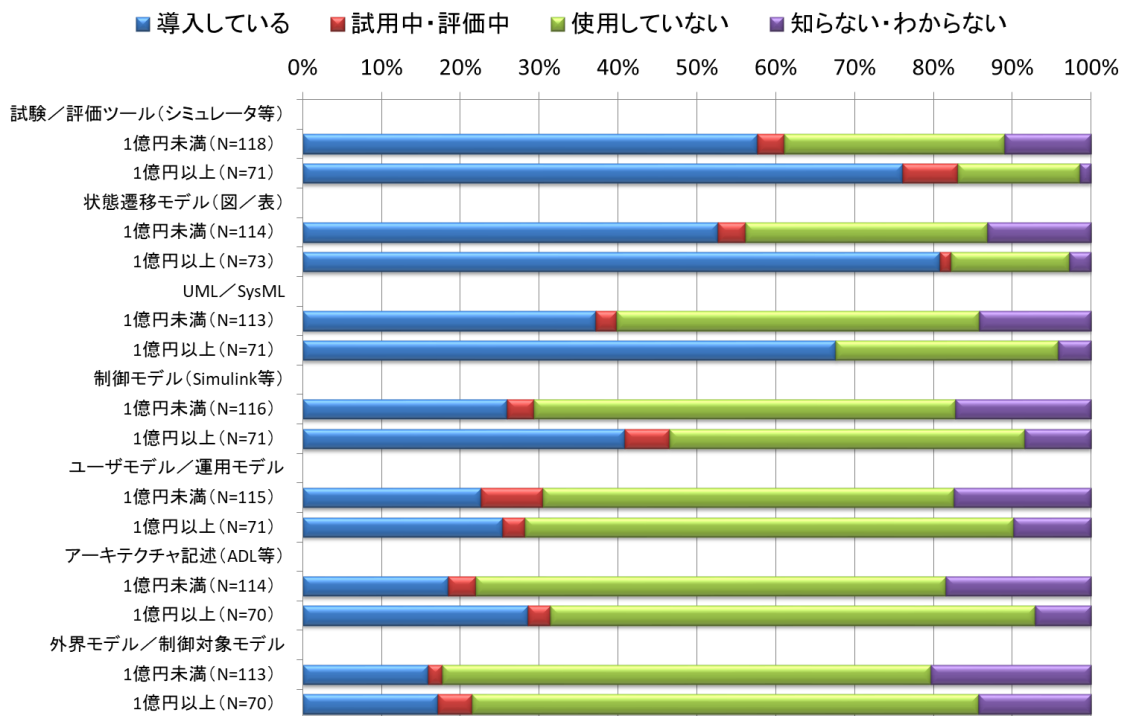


図 5-35 モデルベース開発技術・開発ツールの導入状況(全開発費によるクロス集計)

1企業・事業部門で開発技術・開発ツールを何種類導入しているか(図5-36)では、全体の半数以上で3種類以上の手法やツールを導入している一方で、約/4近くが未導入という結果になっている。

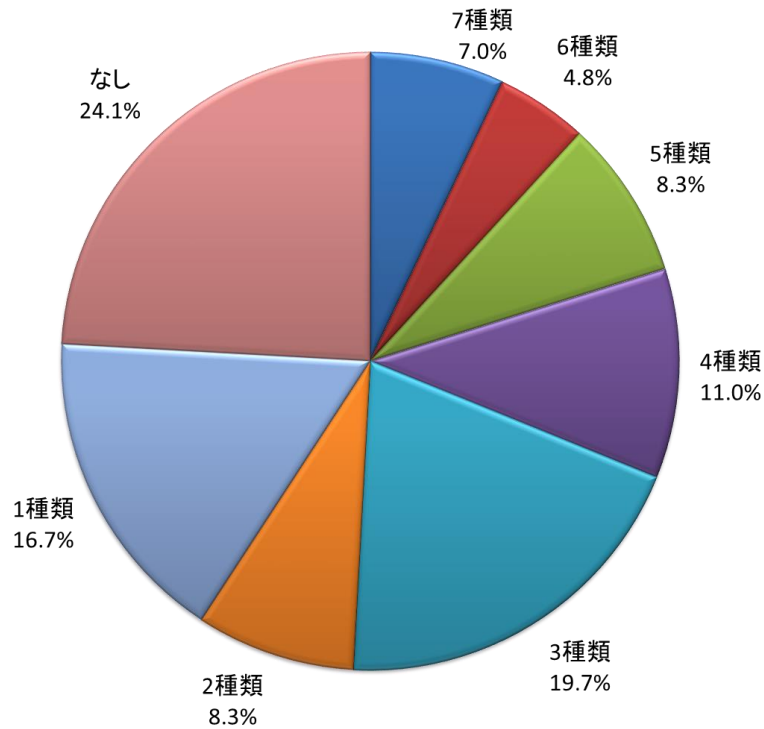


図 5-36 「すべてのプロジェクトで導入」、「一部のプロジェクトで導入」の数(N=228)

従業員数・全開発費によるクロス集計(図 5-37)では、図 5-34、図 5-35 同様に大規模の組織で導入がより進んでいることがわかる。

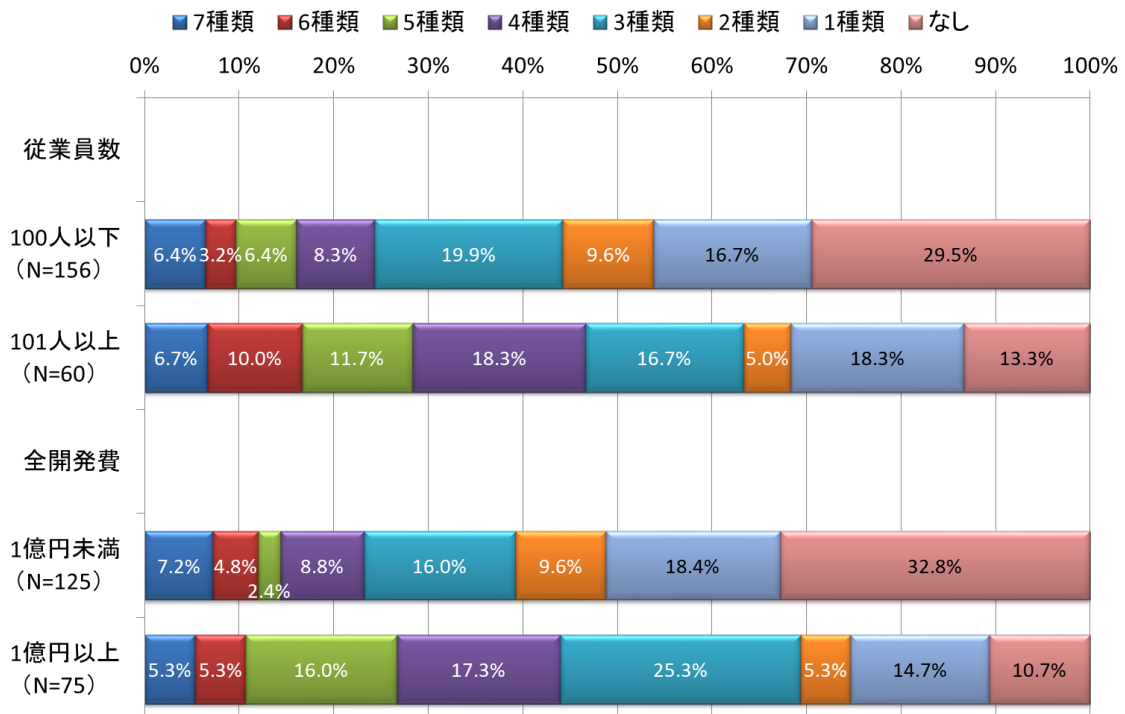


図 5-37 モデルベース開発技術・開発ツールの導入の数

5.3.2. モデルベース開発技術の導入目的

モデルベース開発技術の導入目的(図 5-38)では、「品質向上のため」が「1 番目」でみても、「1 番目から 3 番目までの合計」でみても圧倒的に多い結果となった。複雑化への対応や生産性の向上等の視点よりも品質目的が重視されていることがわかる。

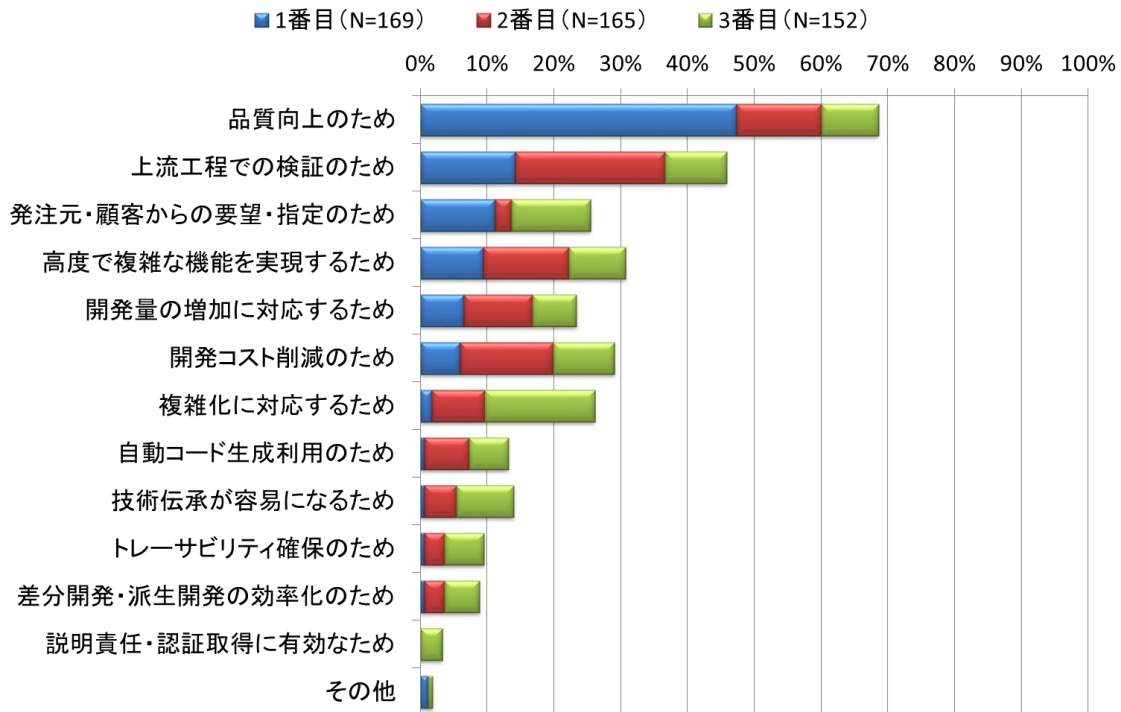


図 5-38 モデルベース開発技術の導入目的

5.3.3. モデルベース開発技術を利用する際の課題

モデルベース開発技術利用の際の課題(図 5-39)としては、「モデルベース開発技術を扱える技術者が少ない」が「1 番目」でみても、「1 番目から 3 番目までの合計」でみても圧倒的に多い結果となった。回答者に中小規模の組織が多く、技術者のスキル等の不足がモデルベース開発技術導入を阻む要因のひとつになっていることを示しているが、モデルベース開発技術を扱える技術者が増えたとしても導入が促進されるとは限らず、この課題については深掘りが必要である。

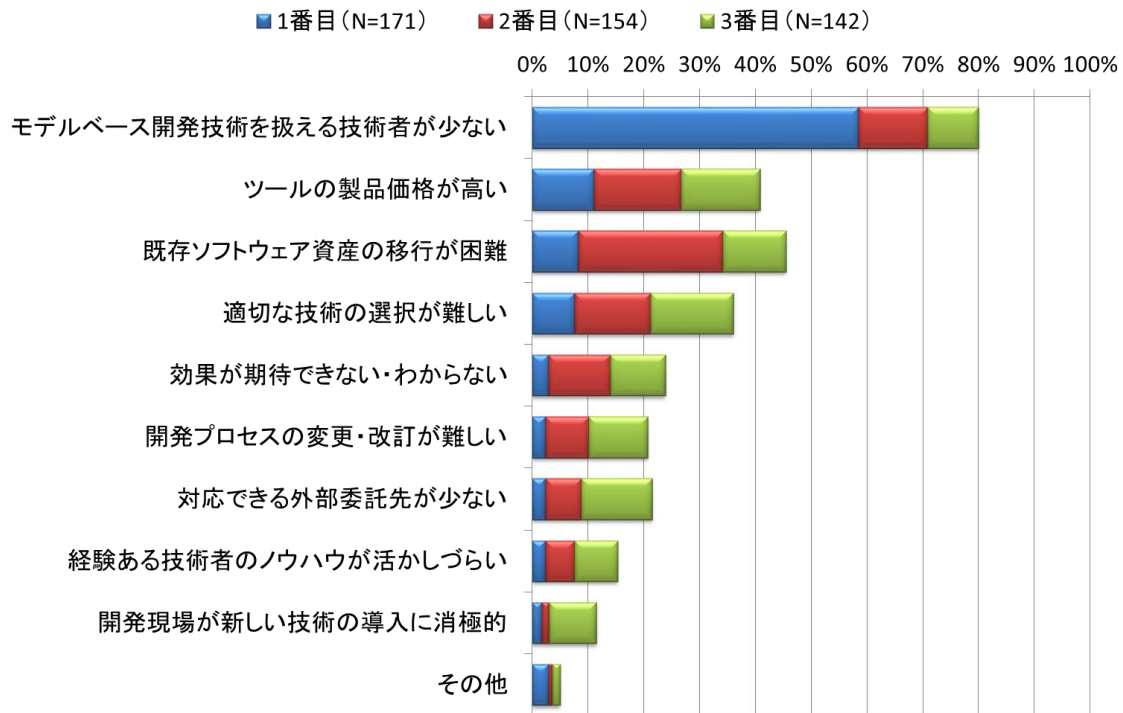


図 5-39 モデルベース開発技術を利用する際の課題

5.4. 開発する組み込みソフトウェアの品質

5.4.1. 不具合の状況

開発・改良した製品・システムの数(図 5-40)は、経年比較では微増の傾向を示しているようである。近年の景気回復の影響を受けていると推察される。

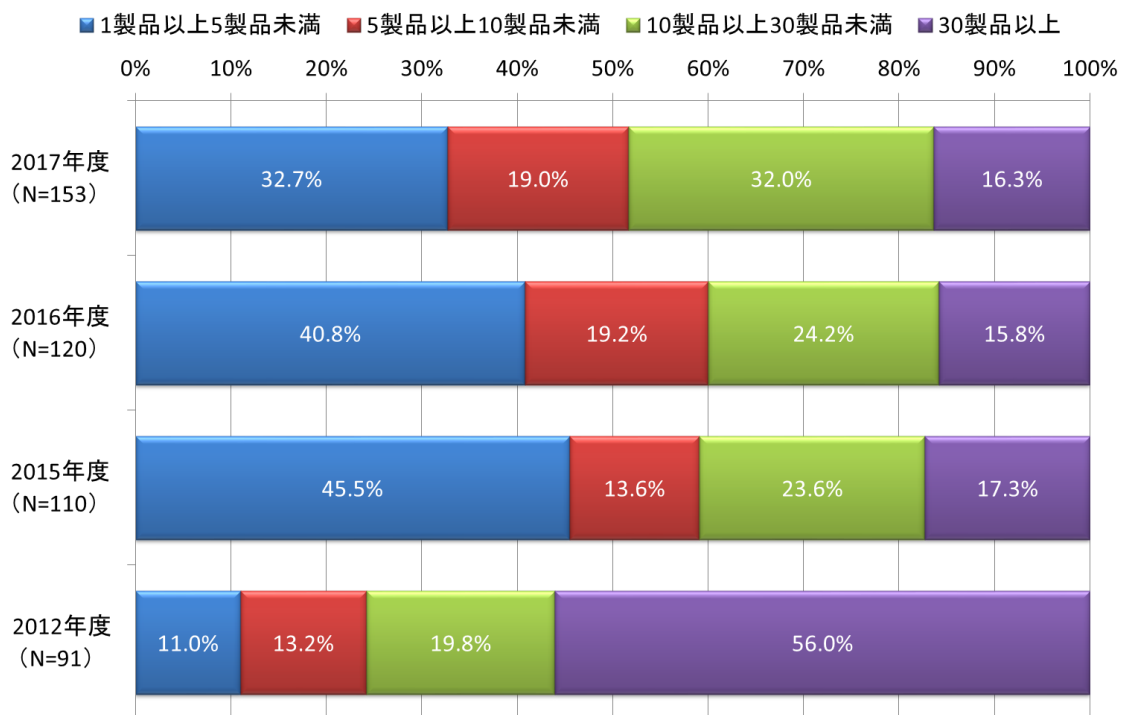


図 5-40 開発・改良した製品・システムの数(経年比較)

不具合を起こした製品・システムの割合（「不具合を起こした製品・システムの数」を「開発・改良した製品・システムの数」で割った値、図 5-41）と、1 製品・システムあたりの不具合の件数（「不具合の総件数」を「不具合を起こした製品・システムの数」で割った値、図 5-42）では、いずれも「なし」が減少しており、「開発・改良した製品・システムの数」の増加傾向を受けて不具合も微増の傾向であることが推察される。

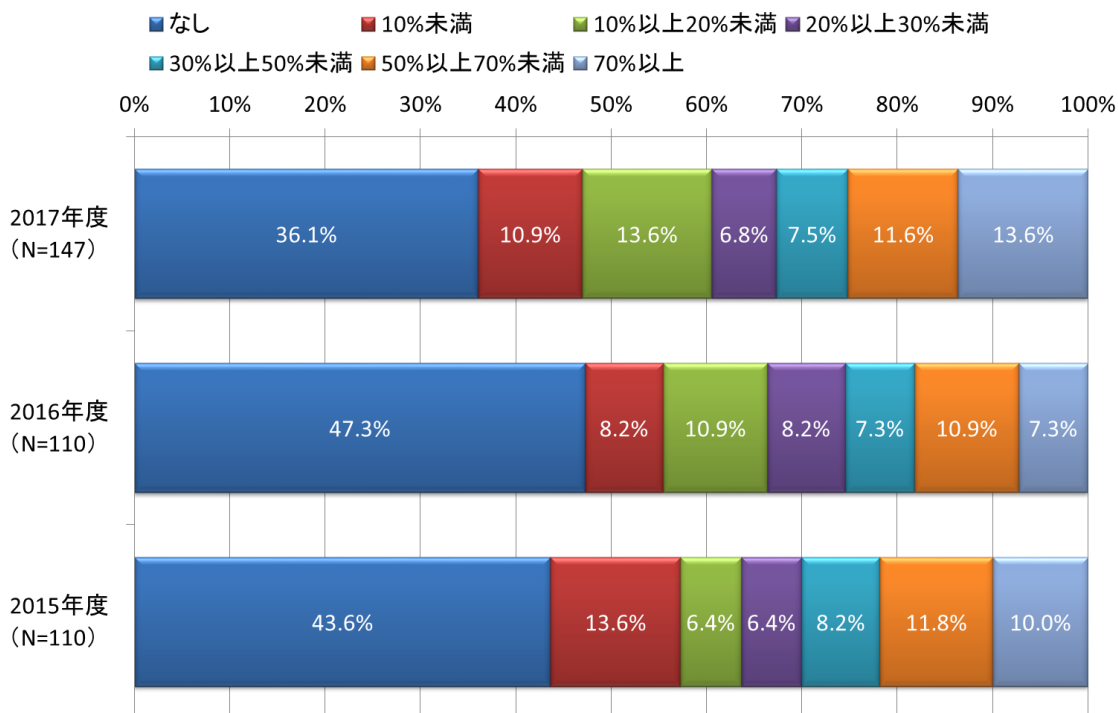


図 5-41 不具合を起こした製品・システムの割合（経年比較）

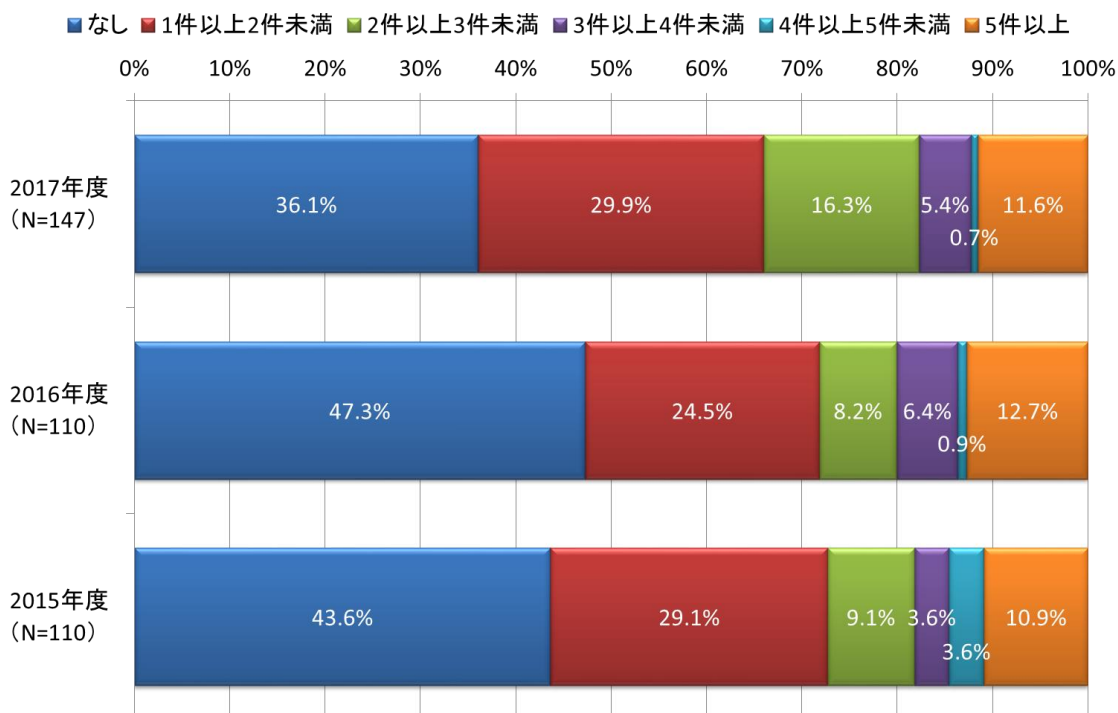


図 5-42 1 製品・システムあたりの不具合の件数（経年比較）

5.4.2. 不具合の原因

不具合の原因(図 5-43)では、「ソフトウェアの不具合」が半数を占めており近年の傾向には変化がないが、「製品・システムの企画・仕様の不具合」と「ハードウェアの不具合」が大きく減少している一方で、「他製品・他システムとの接続に起因する不具合」と「表示・操作・使用環境等使用状況に関連する不具合」の 2 つが大幅に増加する結果となっている。

中小企業や受託開発の立場では、これまでは自社の責任範囲外と考えていたものが、自社の責任範囲にあると再認識された結果、原因に変化が生じた可能性がある。この点については、設問の設定の工夫や副設問等により詳細を探るといったアプローチが必要と考えられる。

また、不具合に関する設問は、企業の機密情報に関わることもあり情報を提供してもらうことが難しく集計母数も不足しがちである。いかに有効回答数を高めるかの工夫も重要である。

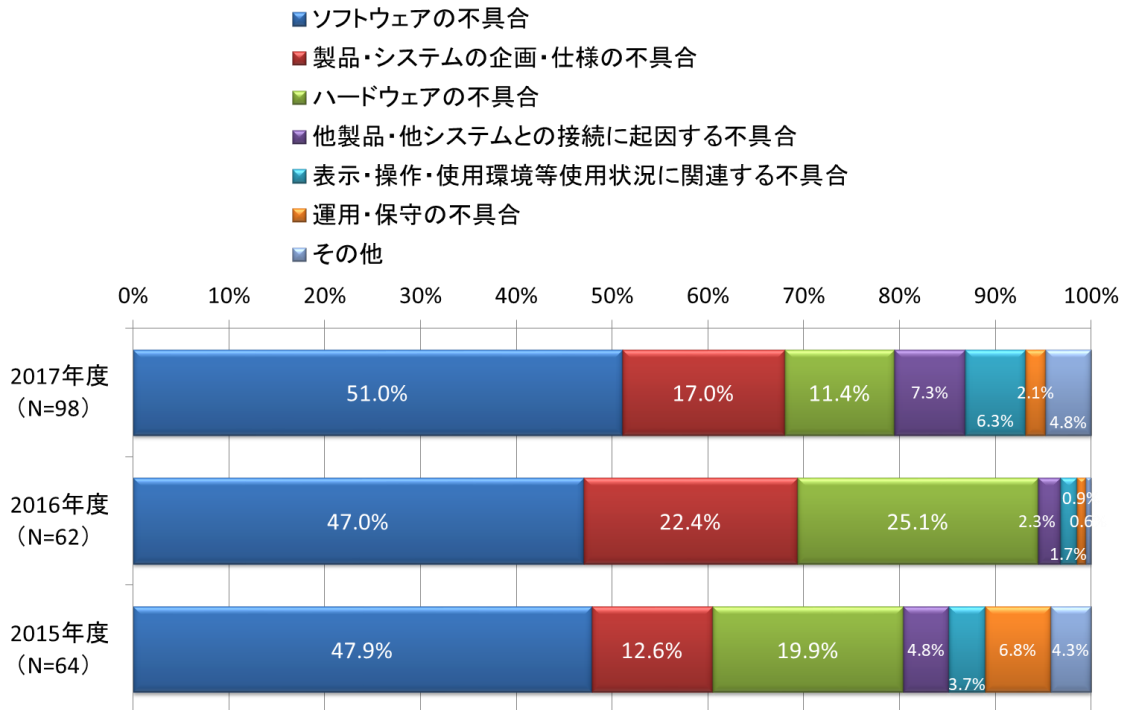


図 5-43 不具合の原因(経年比較)

「不具合の原因」の上位 3 つについて「1 製品・システムあたりの不具合の件数」でクロス集計を行った(図 5-44)。いずれの原因についても「5 件以上」が大幅に増加する結果となっており、この設問でも品質悪化の傾向が見られる。

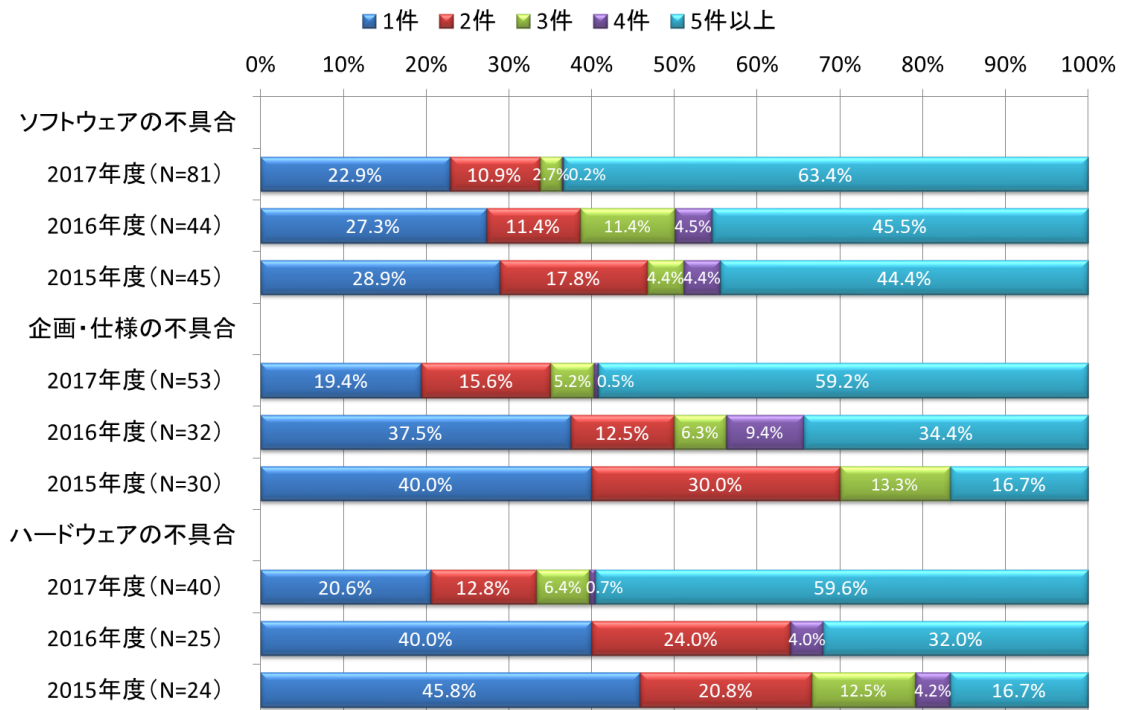


図 5-44 不具合の原因別の不具合件数

5.4.3. 不具合を起こした製品・システムの増減傾向

「不具合を起こした製品・システムの割合」と「1製品・システムあたりの不具合の件数」のそれぞれの不具合の増減の傾向(図 5-45)では、いずれも「増加傾向」は1割程度、9割は「変わらない」か「減少傾向」であった。「不具合を起こした製品・システムの割合(図 5-41)」と「1製品・システムあたりの不具合の件数(図 5-42)」、あるいは、「不具合の原因別の不具合件数(図 5-44)」に見られる傾向とは異なる結果となっている。

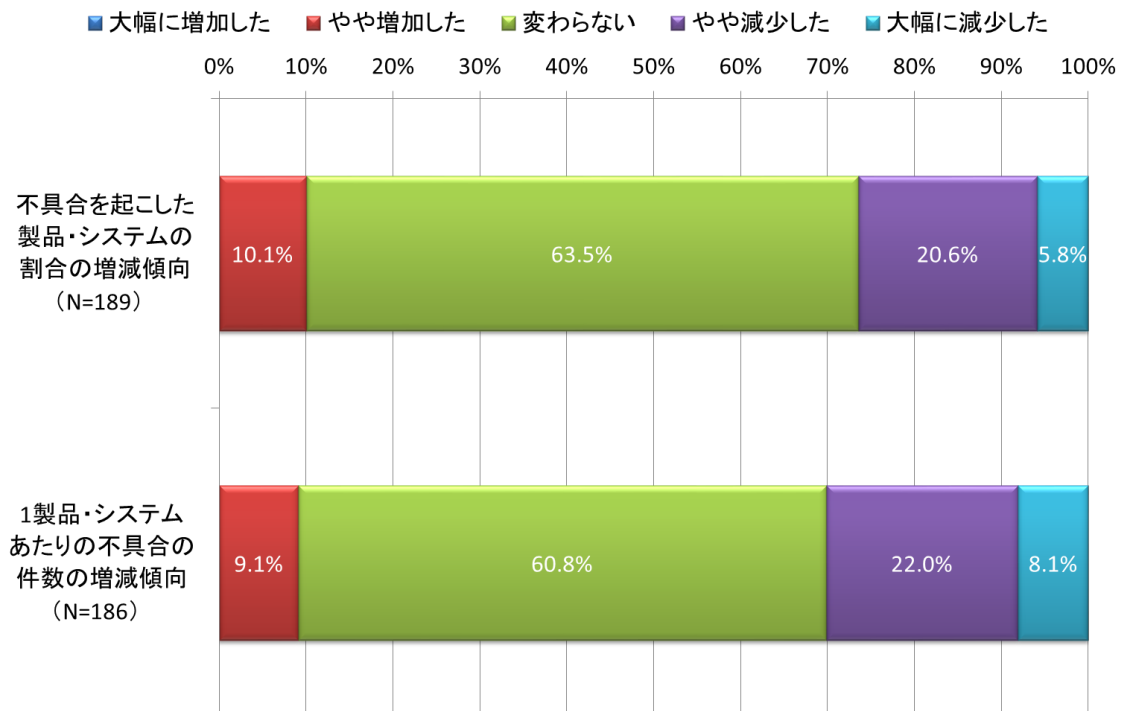


図 5-45 不具合の増減傾向

「不具合を起こした製品・システムの増減傾向」について、「不具合を起こした製品・システムの割合」と、「1製品・システムあたりの不具合の件数」でそれぞれクロス集計を行った(図 5-46、図 5-47)。

図 5-46 では、増減傾向が「変わらない」グループのみ不具合の割合が高い一方で、図 5-47 では増減傾向が「変わらない」グループも「増加した」、「減少した」グループと大きな傾向の違いは見られない。偶発的に生じた結果なのか、何か特別な背景があるのか、本調査結果だけでは読み取ることが難しいため、今後ヒアリング調査等別の方法による精査の必要性がある。

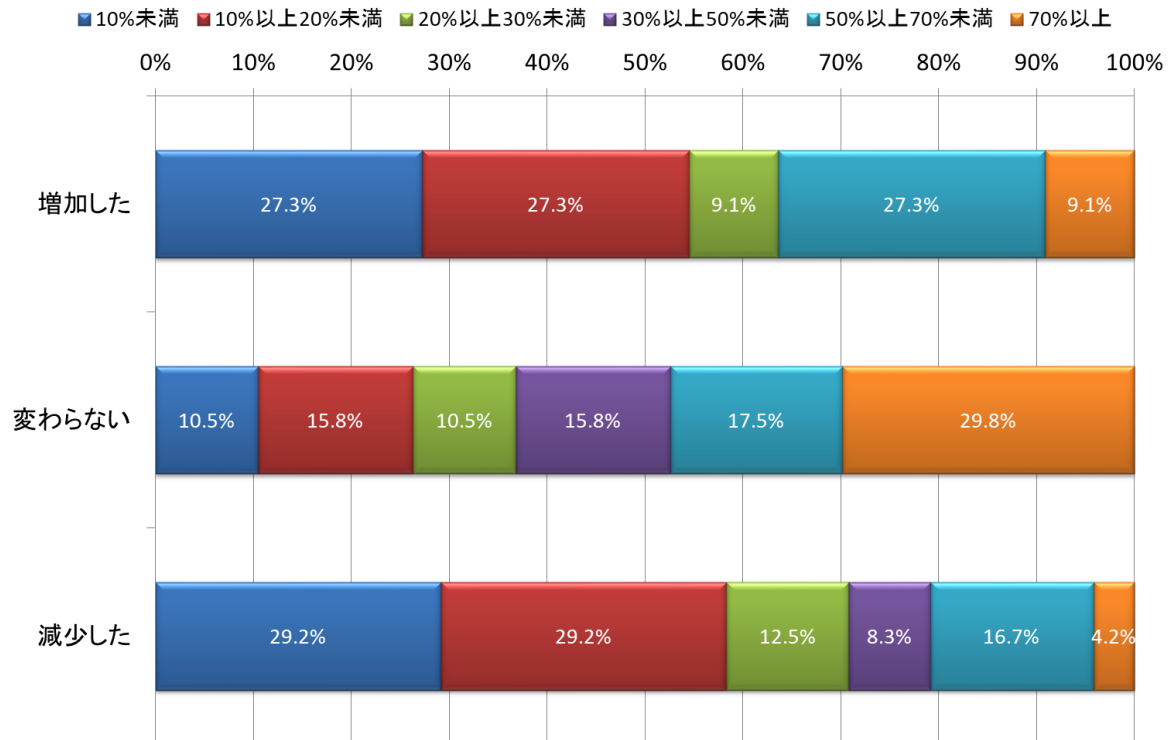


図 5-46 不具合の増減傾向と不具合の割合

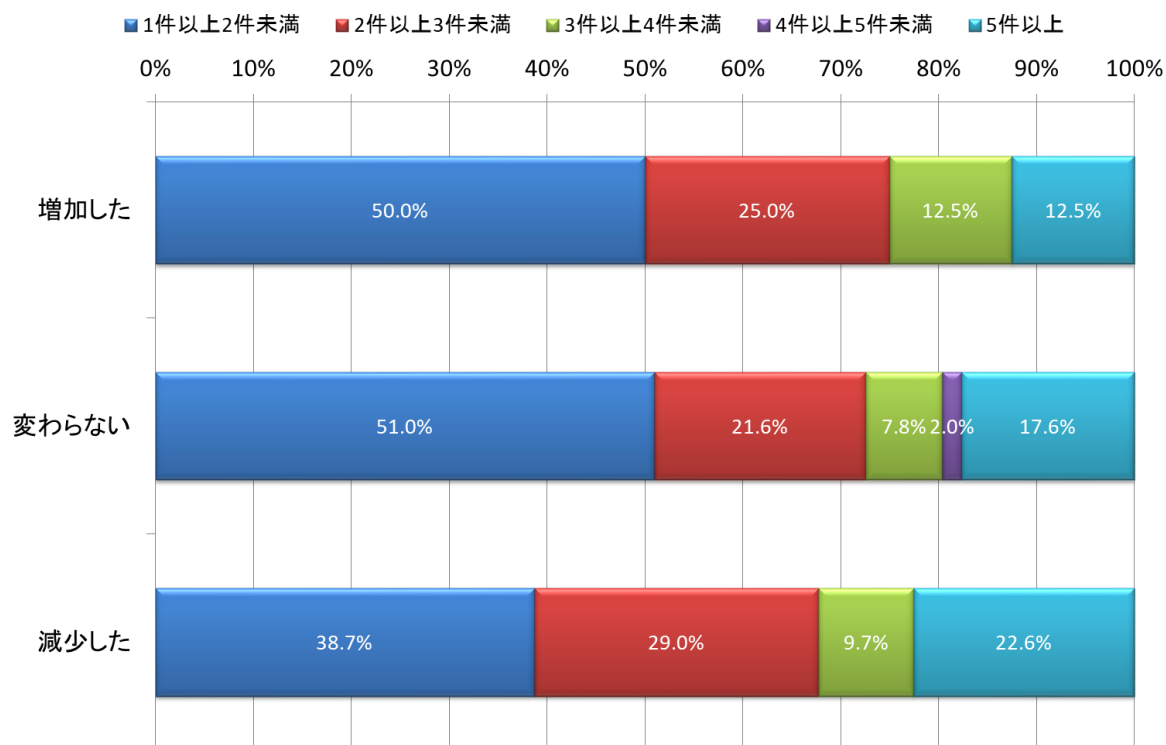


図 5-47 不具合の増減傾向と不具合の件数

5.4.4. ソフトウェアの不具合に起因する品質問題の再発防止策

ソフトウェアの不具合に起因する品質問題の再発防止策(図 5-48)では、昨年度と同様の傾向となった。「技術者への品質管理教育の実施、教育・研修の見直し・強化」、「ソフトウェア開発プロセス、製品出荷にいたる業務プロセスの見直し」、「障害情報の共有」の3つの取り組みが多く見られる。

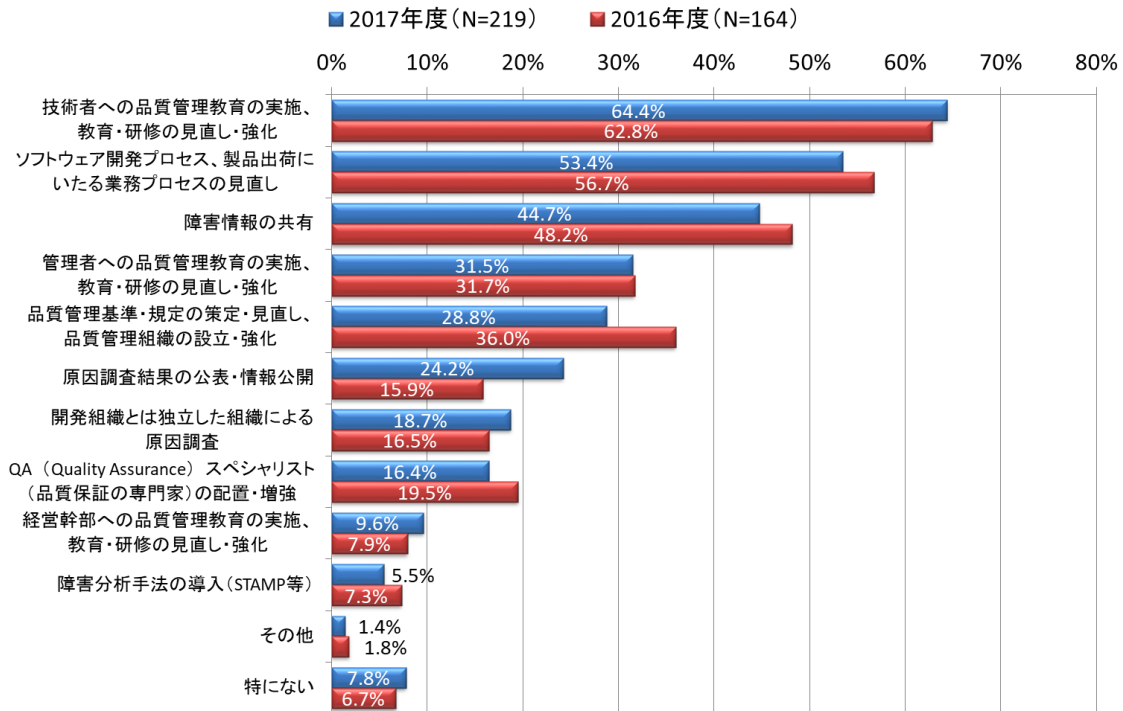


図 5-48 ソフトウェアの不具合に起因する品質問題の再発防止策(経年比較)

従業員数、全開発費によるクロス集計(図 5-49、図 5-50)では、いずれも大規模の組織で中小規模の組織よりも取り組みが進んでいる様子が見て取れる。特に、「品質管理基準・規定の策定・見直し、品質管理組織の設立・強化」、「開発組織とは独立した組織による原因調査」、「QA (Quality Assurance) スペシャリスト(品質保証の専門家)の配置・増強」等は、中小規模の組織では取り組みが難しいことが推察される。また、「特にない」が中小規模の組織で多いことが目立つ。

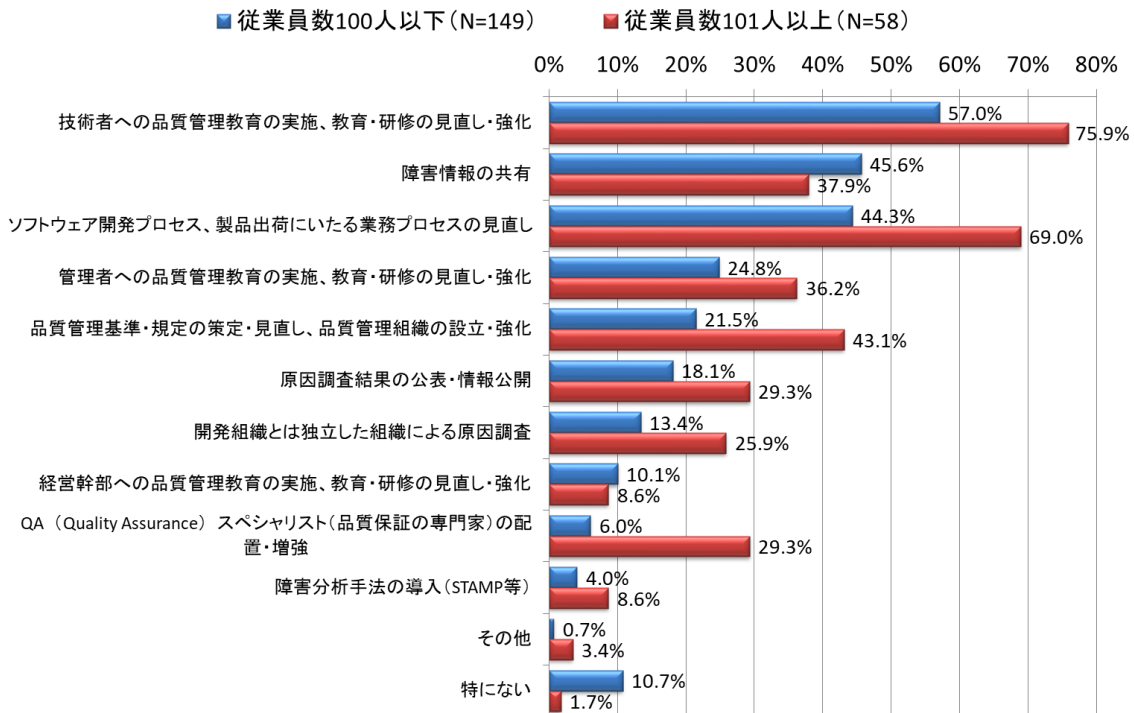


図 5-49 ソフトウェアの不具合に起因する品質問題の再発防止策(従業員数によるクロス集計)

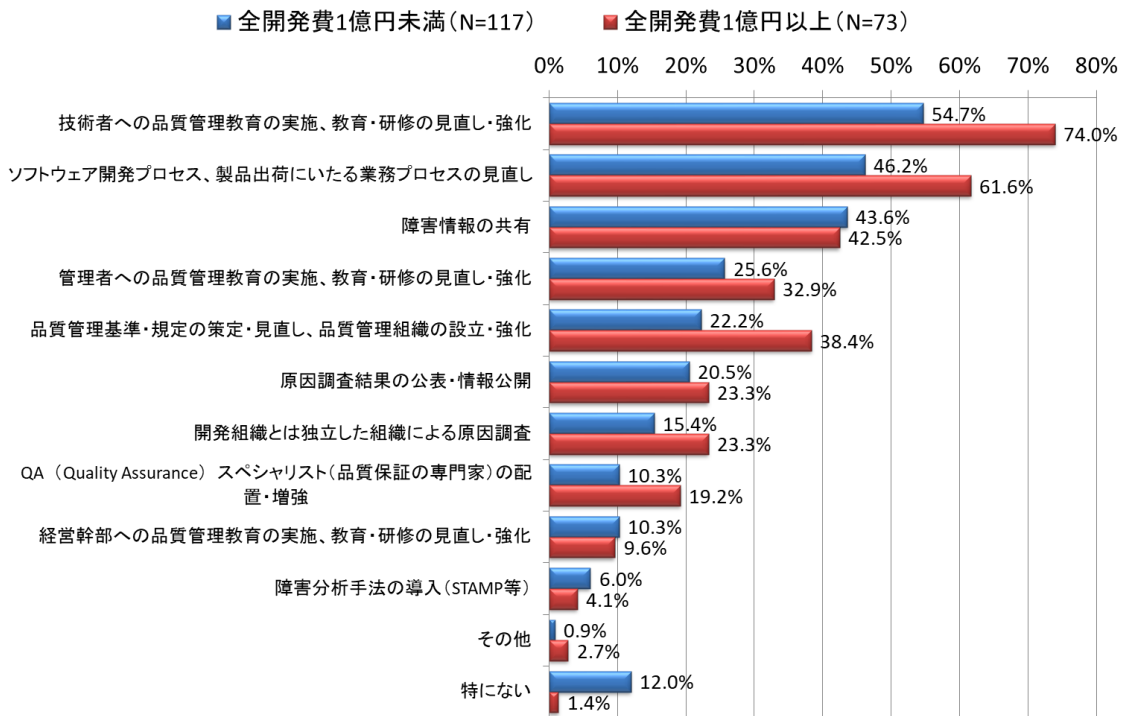


図 5-50 ソフトウェアの不具合に起因する品質問題の再発防止策(全開発費によるクロス集計)

1 企業・事業部門あたりの再発防止策の取り組み数(図 5-51)も昨年度同様の傾向である。1~3 個の取り組みで 6 割近くと、取り組み数はそう多い状況ではない。

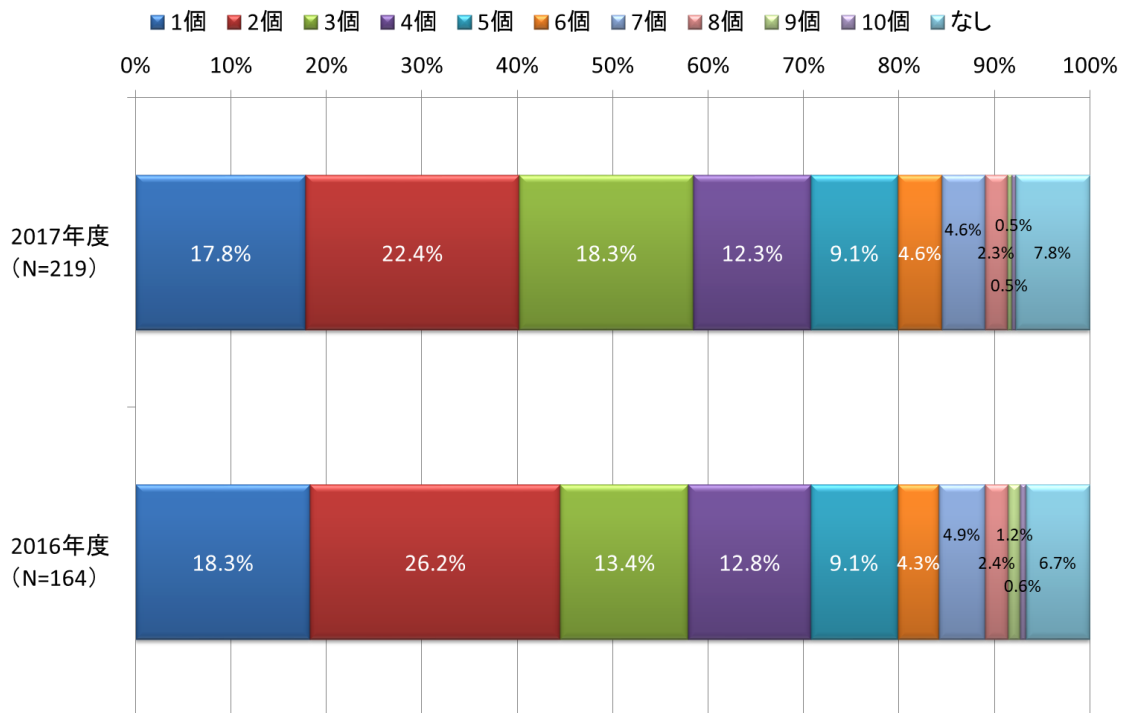


図 5-51 再発防止策の取り組み数(経年比較)

従業員数、全開発費によるクロス集計(図 5-52、図 5-53)では、いずれも大規模の組織のほうが中小規模の組織よりも取り組みの数が多く、中小規模の組織での取り組みを増やすことが必要である。

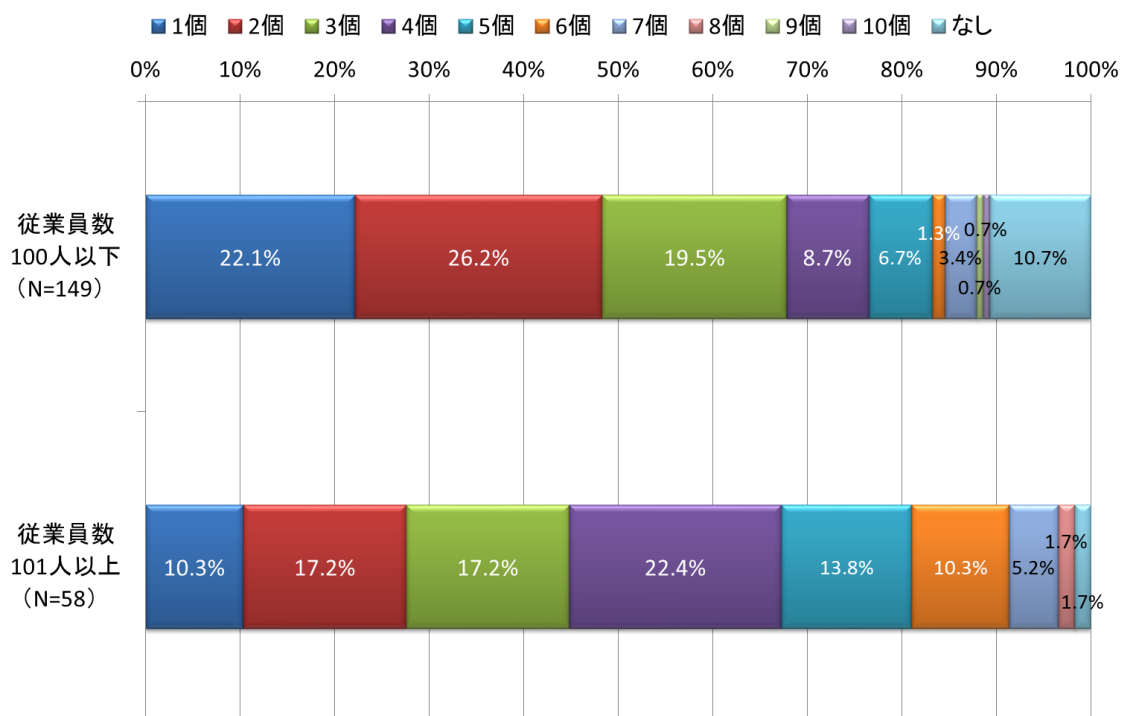


図 5-52 再発防止策の取り組み数(従業員数によるクロス集計)

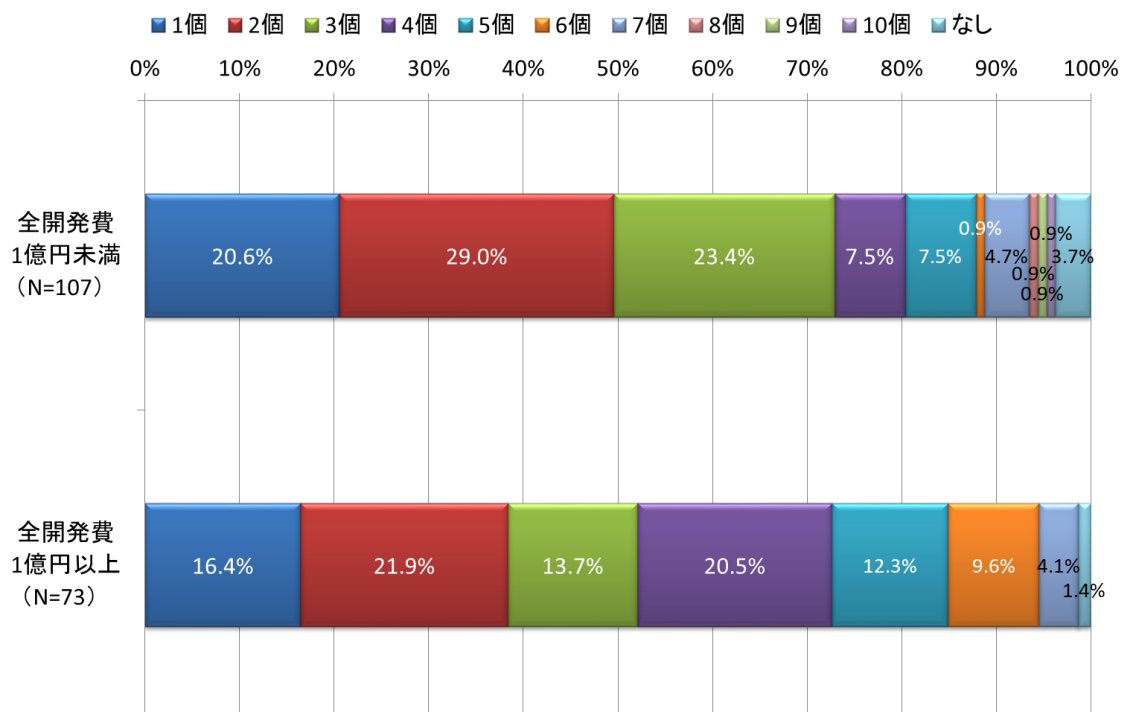


図 5-53 再発防止策の取り組み数(全開発費によるクロス集計)

再発防止策の内容と取り組み数について、不具合の有無との関係(図 5-54、図 5-55)では、不具合のあった組織で「**障害情報の共有**」が多く取り組まれているが、共有して終わりとなっていないかが懸念される。

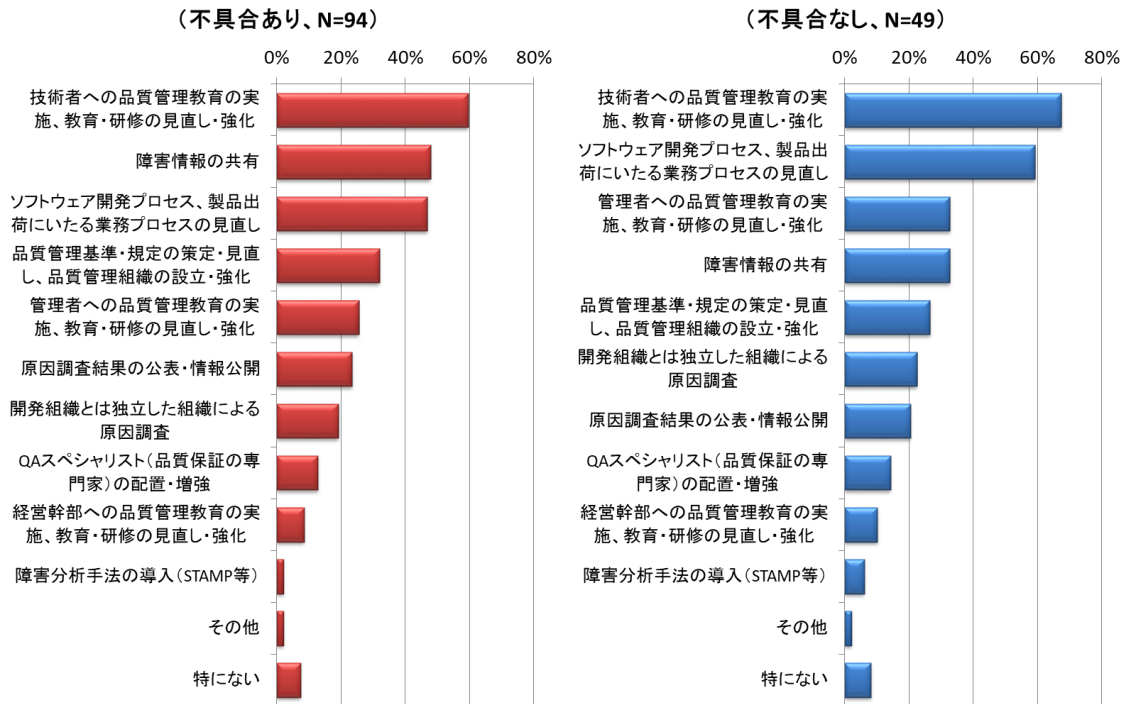


図 5-54 不具合の有無と再発防止策

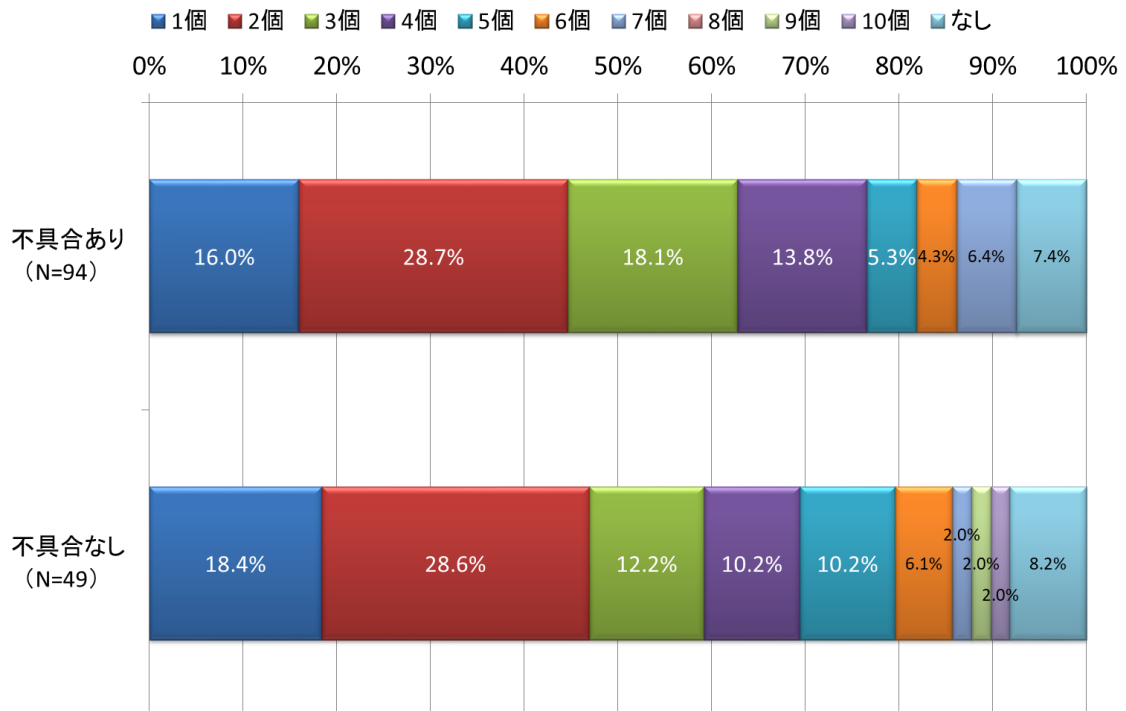


図 5-55 不具合の有無と再発防止策の取り組み数

5.5. 組込みソフトウェア開発の課題と解決策

組込みソフトウェア開発の課題(図 5-56)では、「**設計品質の向上**」が最も多い回答となった。「1 番目」で見ても「1 番目から 3 番目までの合計」で見ても最多である。過去の調査でもこの傾向は同じであるが、2 番目以下については景気動向等による変動が見られるようで、今回は昨年度同様に「**開発能力(量)の向上**」が 2 番

目となった。景気回復の影響を引き続き受けていると推察される。

1 番目から 3 番目までの合計でみると「技術トレンドへの対応 (IoT、ビッグデータ、AI 等)」も課題意識が高い。

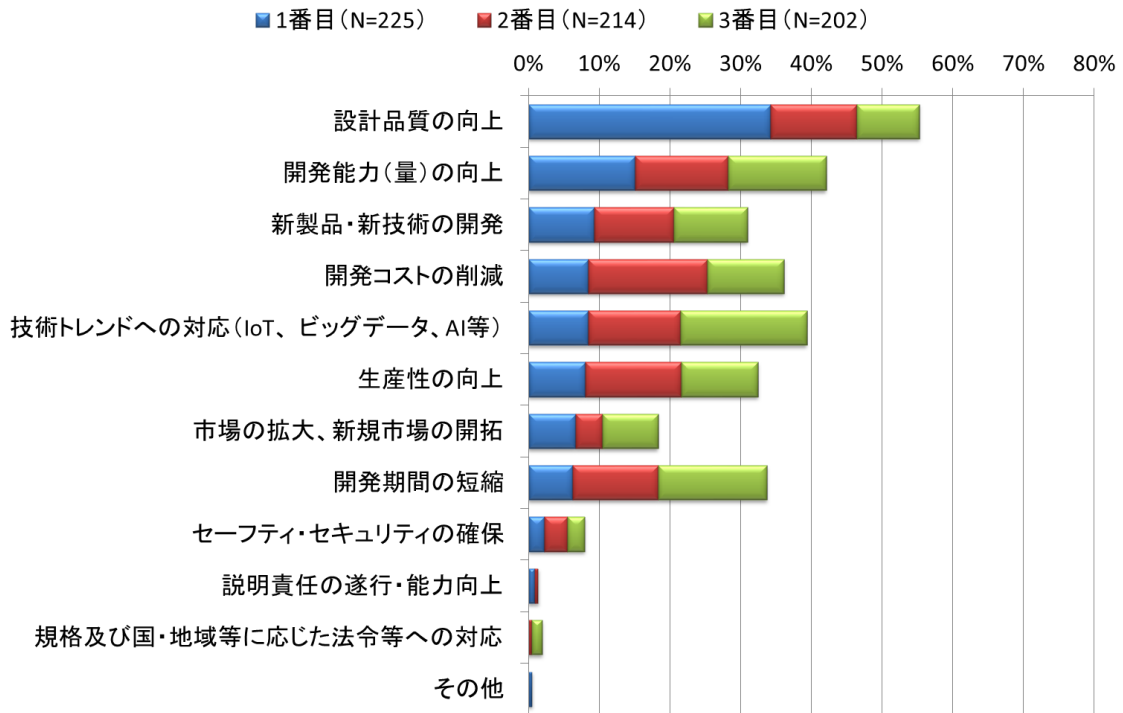


図 5-56 組込みソフトウェア開発の課題

昨年度との比較(図 5-57)では、多少の順位の変動はあるものの概ね同様の傾向と見ることができる。

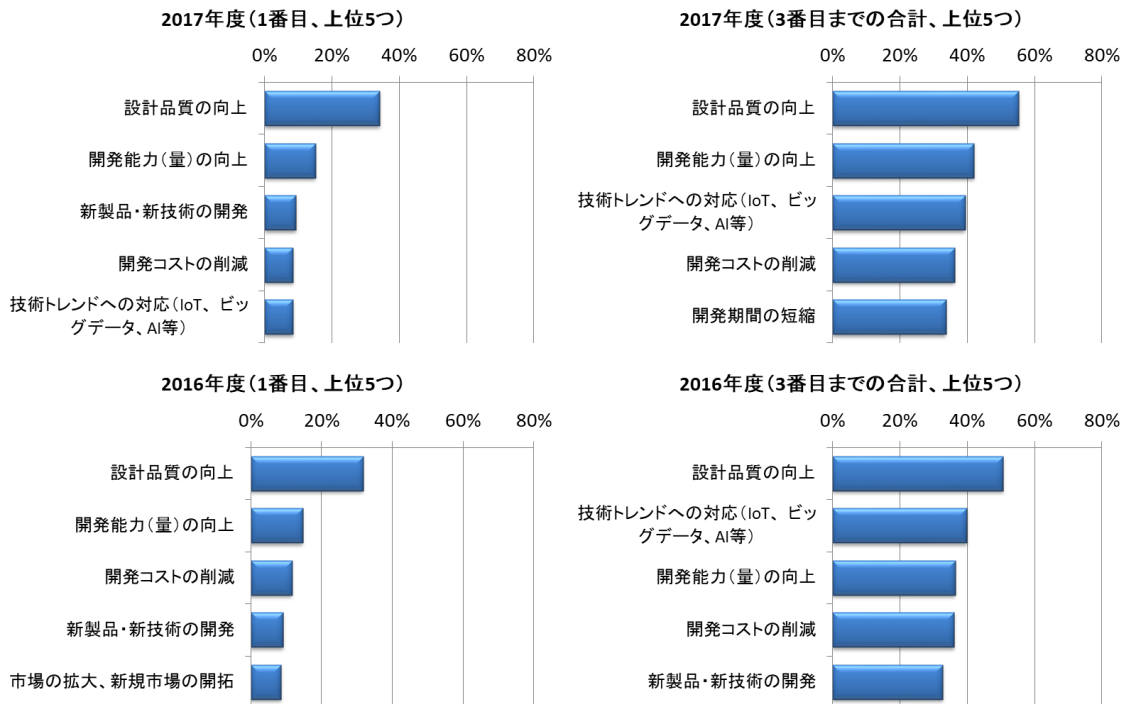


図 5-57 組込みソフトウェア開発の課題(経年比較)

最も課題とされる「設計品質の向上」の解決策としては、「技術者のスキル向上」と「プロジェクトマネージャのスキル向上」、「開発手法・開発技術の向上」が目立つ結果となった(図 5-58)。これも近年変化がない。

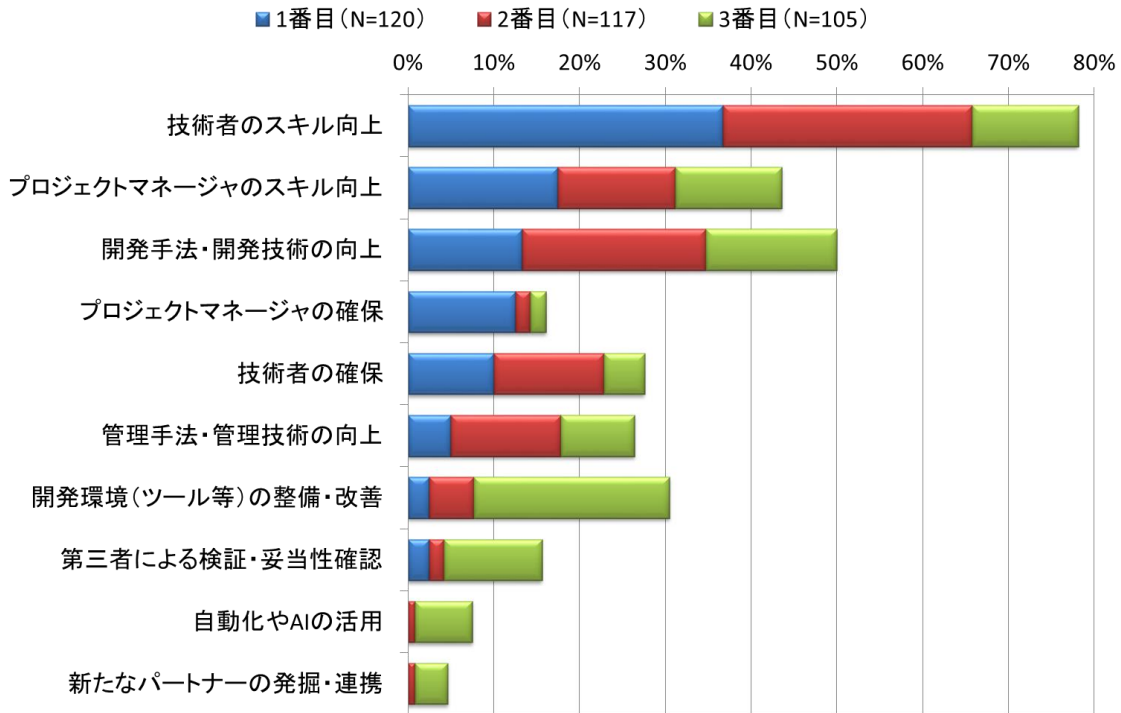


図 5-58 「設計品質の向上」課題の解決策

昨年度との比較(図 5-59)でも、課題同様、多少の順位の変動はあるものの概ね似た傾向である。

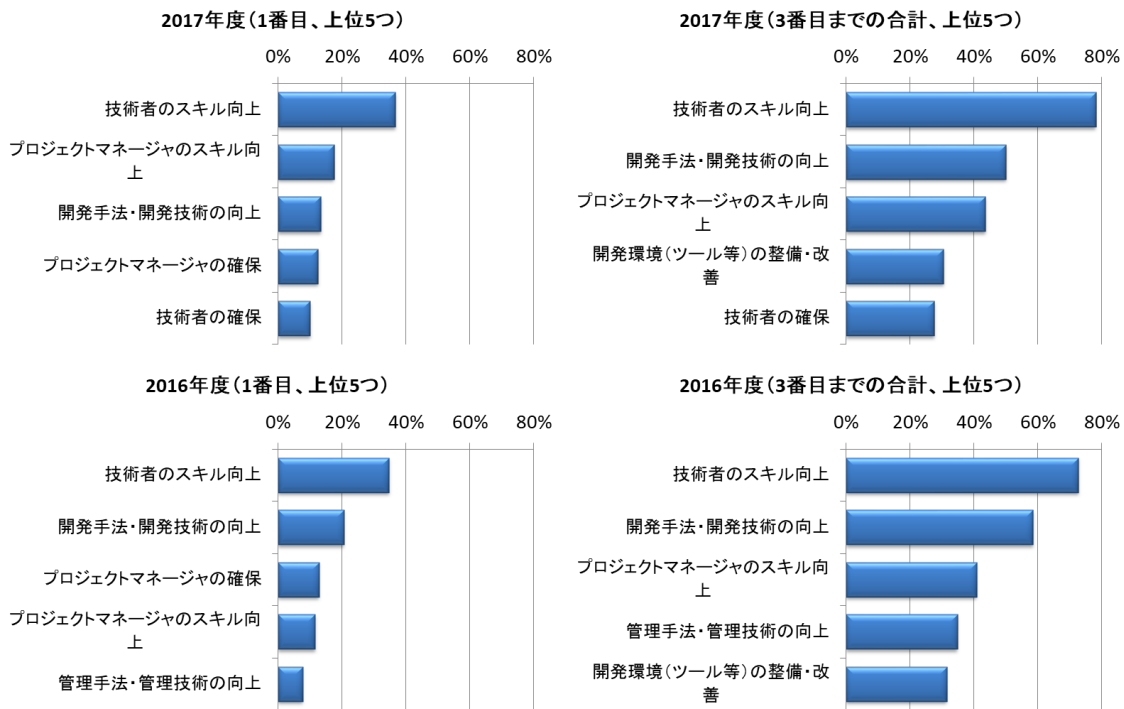


図 5-59 「設計品質の向上」課題の解決策(経年比較)

2 番目の課題である「開発能力(量)の向上」の解決策(図 5-60)としては、「技術者の確保」、「技術者のス

「スキル向上」が特に多い。1 番目から 3 番目までの合計で見ると、「新たなパートナーの発掘・連携」、「開発手法・開発技術の向上」が多く、外部の力を借りる、開発技術等で補うという解決策も有効と考えられる。

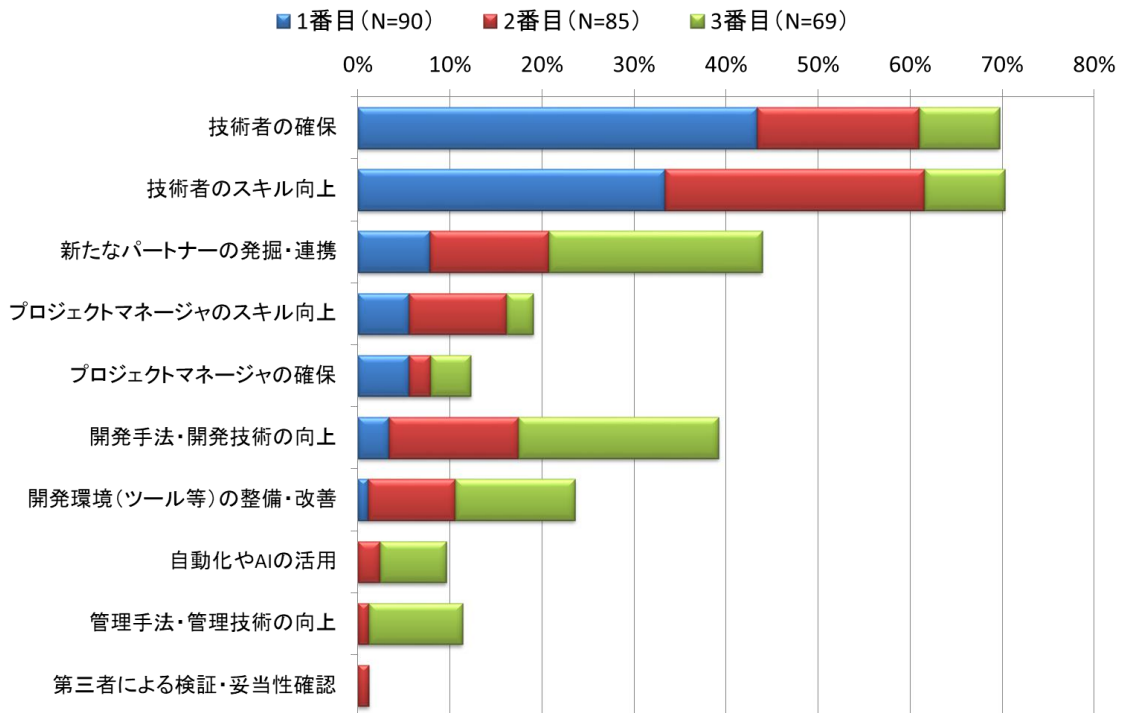


図 5-60 「開発能力(量)の向上」課題の解決策

昨年度との比較(図 5-61)でも、図 5-59 同様に順位の変動は若干あるものの有意な違いはない。

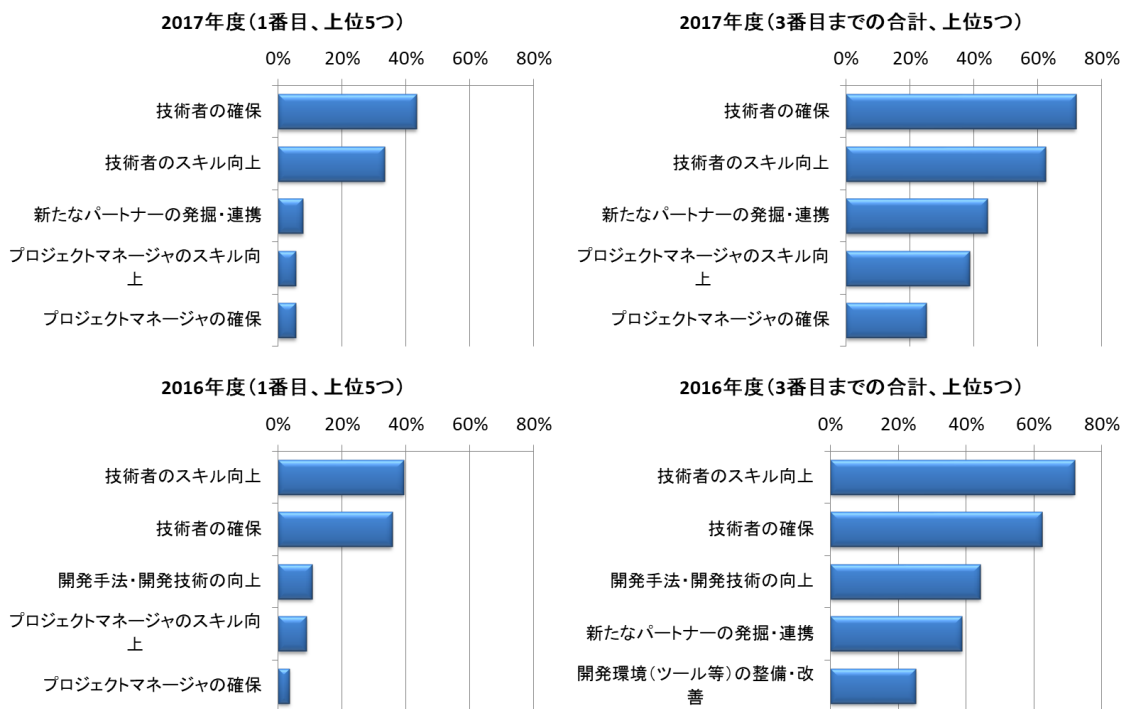


図 5-61 「開発能力(量)の向上」課題の解決策(経年比較)

「課題」と「解決策」の回答の対応関係(表 5-1)では、色が濃いものほど回答数が多いことを示している。これを見ると、「技術者のスキル向上」、「開発手法・開発技術の向上」、「技術者の確保」等は比較的多くの課題の解決策として有効と考えられていることがわかる。また、「自動化やAIの活用」は現時点では効果や期待が高い状況ではないようである。他に、「説明責任の遂行・能力向上」、「規格及び国・地域等に応じた法令等への対応」は、課題としては多くなかったが有効な解決策もあまりない状況である。

表 5-1 課題と解決策の回答の関係

	技術者の スキル向上	開発手 法・開発 技術の向上	プロジェ クトマ ネージャ のスキル 向上	開発環境 (ツール 等)の整備・改善	技術者の 確保	管理手 法・管理 技術の向上	プロジェ クトマ ネージャ の確保	第三者に よる検 証・妥当 性確認	自動化や AIの活用	新たな パート ナーの発 掘・連携	その他
設計品質の向上	91	57	50	33	32	30	19	17	8	5	
開発能力(量)の向上	60	30	16	18	60	8	10	1	7	34	
技術トレンドへの対応 (IoT、ビッグデータ、AI等)	49	25	11	13	35	5	9	2	18	40	4
新製品・新技術の開発	45	19	12	7	32	3	16	1	7	31	
生産性の向上	42	33	19	26	14	17	8	1	12	16	
開発期間の短縮	38	35	16	18	26	18	7	3	8	15	
開発コストの削減	33	30	22	23	15	20	9	3	21	16	1
セーフティ・セキュリティの確保	12	4	4	4	2	3		7	2	7	
市場の拡大、新規市場の開拓	8	7	7	3	16	2	11	2	5	28	2
説明責任の遂行・能力向上	1		2		1	3	1	1			
規格及び国・地域等 に応じた法令等への対応	1		1			1	1	2	2	1	
その他										1	1

5.6. 組み込みソフトウェア「要素技術／開発技術／運用技術」の高度化に関する取組

5.6.1. 現在の時点で重要な技術、今後強化したい、新たに獲得したい技術

現在の時点で重要な技術は何か、今後強化したいあるいは新たに獲得したい技術は何かについての設問(図 5-62)では、「現時点」では従来型の要素技術や開発技術が上位となり、「今後」では「AI(機械学習、ディープラーニング等)技術」、「IoT システム構築技術」、「ビッグデータの収集・分析・解析技術」等、つながる時代の新技术が目立つ結果となり、それらへの対応が今後の課題であることがわかる。

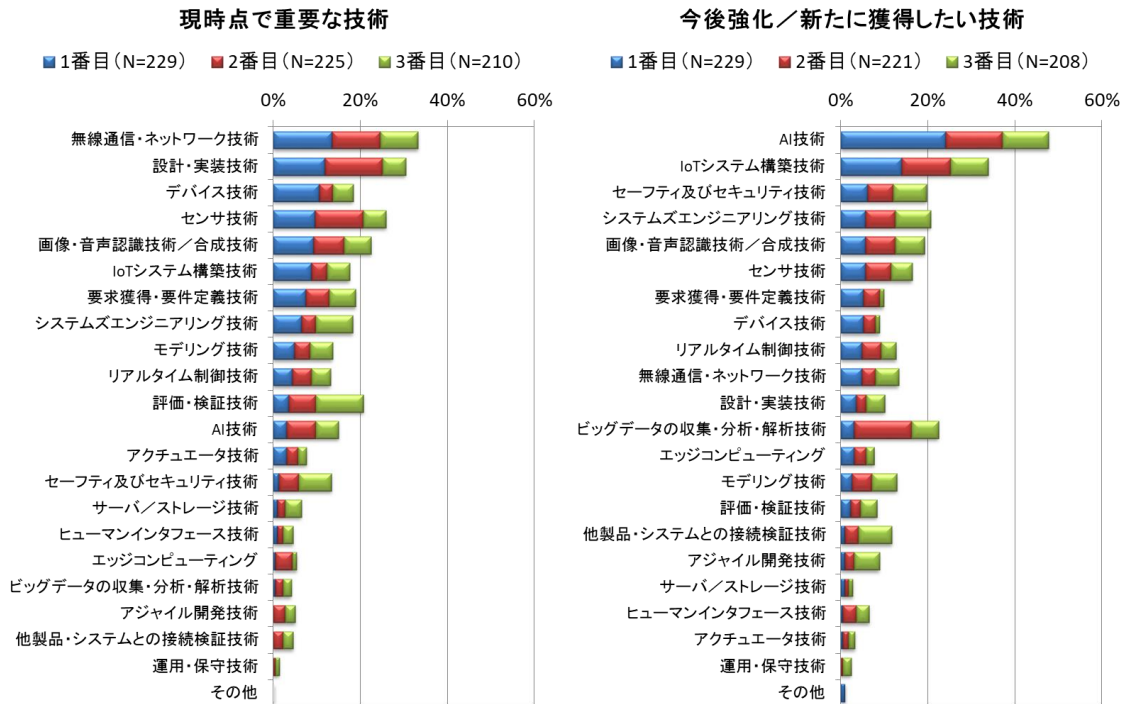


図 5-62 現時点で重要な技術、今後強化／新たに獲得したい技術

図 5-62 の現時点と今後の回答の対応関係を散布図で表現したものが図 5-63 である。「AI(機械学習、ディープラーニング等)技術」、「IoTシステム構築技術」は、今後、より重要となることがわかる。

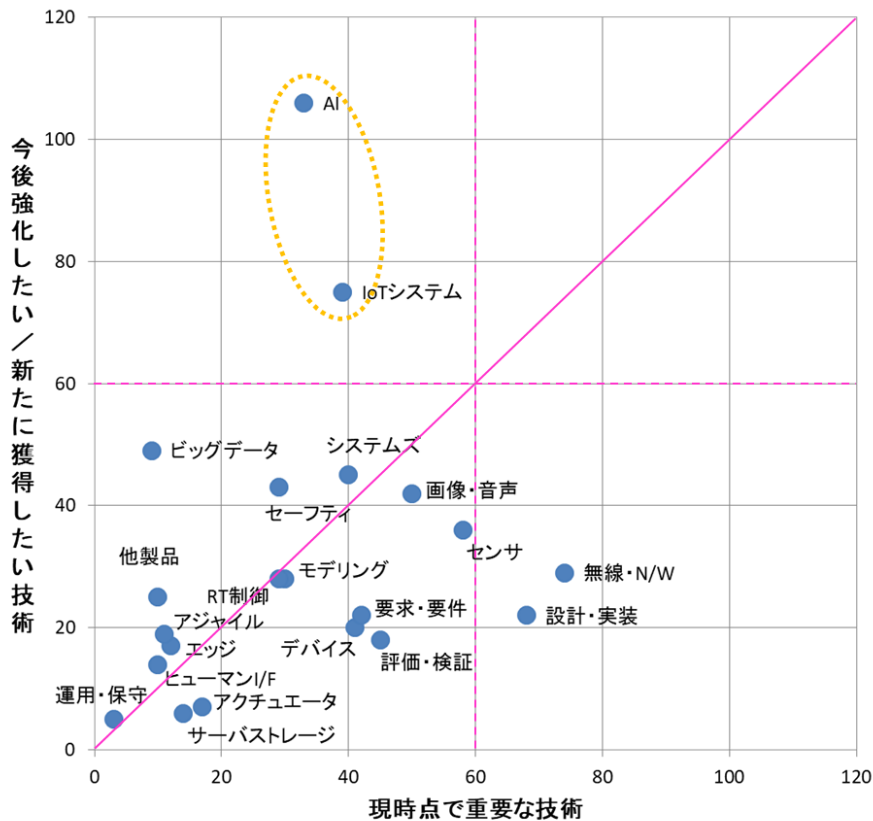


図 5-63 現在／今後の技術の重要性の関係(N=229)

図 5-62、図 5-63 で示した各技術の現時点と今後の回答数の比率(図 6-64)では、その技術が今後何倍程度重要かを示している。ここでは、特に「ビッグデータの収集・分析・解析技術」の重要性が群を抜いて高い。

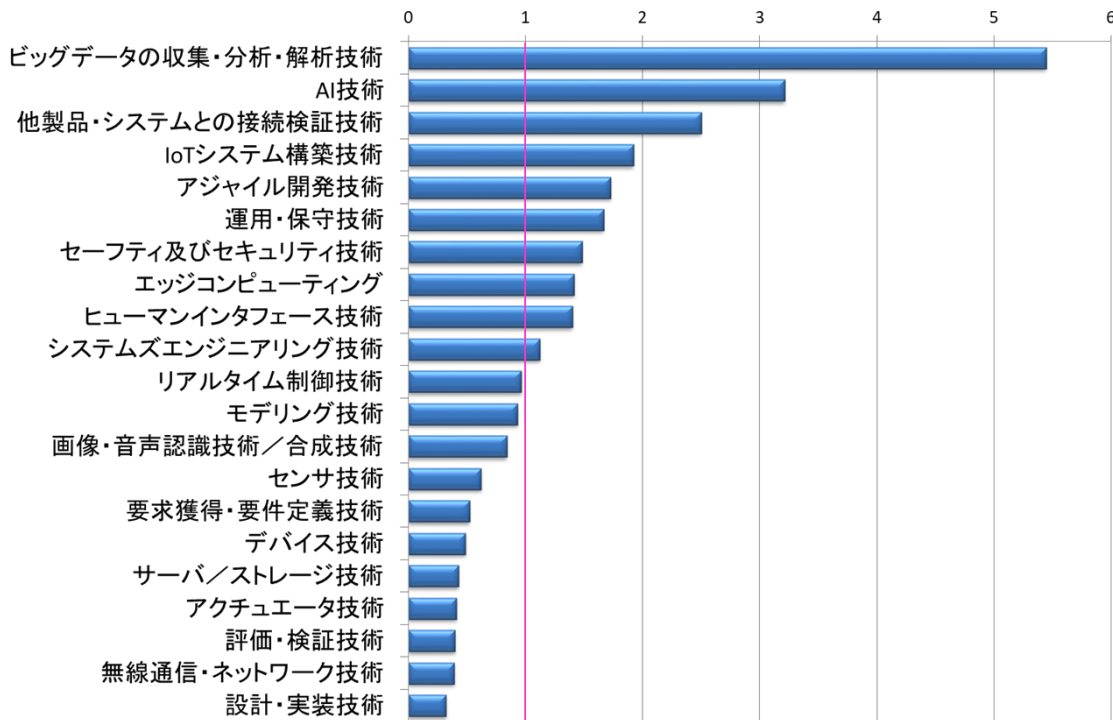


図 5-64 現在／今後の回答数の比率

5.6.2. 「IoT に関連したビジネスの適用分野」と「現時点／今後の重要技術」

「主要な事業のカテゴリ」の設問で「IoT に関連したビジネスの適用分野」のいずれかへの回答の有無と「現時点で重要な技術、今後強化／新たに獲得したい技術」との関係について調べた。図 5-65、図 5-66 は「IoT に関連したビジネスの適用分野」が「なし」のグループ、図 5-67、図 5-68 は「IoT に関連したビジネスの適用分野」が「あり」のグループとなっている。

「IoT に関連したビジネスの適用分野」が「なし」のグループの現時点では、「設計・実装技術」、「要求獲得・要件定義技術」、「評価・検証技術」等の開発プロセスに関連した開発技術が目立つ。今後では、「AI(機械学習、ディープラーニング等)技術」、「IoT システム構築技術」、「セーフティ及びセキュリティ技術」等の新技術の順位が高い。

「IoT に関連したビジネスの適用分野」が「あり」のグループの現時点では、「無線通信・ネットワーク技術」、「デバイス技術」、「センサ技術」等の要素技術が上位である。今後では、「なし」のグループ同様に「AI(機械学習、ディープラーニング等)技術」、「IoT システム構築技術」等の順位が高い。

また、「なし」、「あり」いずれのグループでも現在・今後の比率で見ると、「ビッグデータの収集・分析・解析技術」が今後の重要性が最も高い結果となっている。

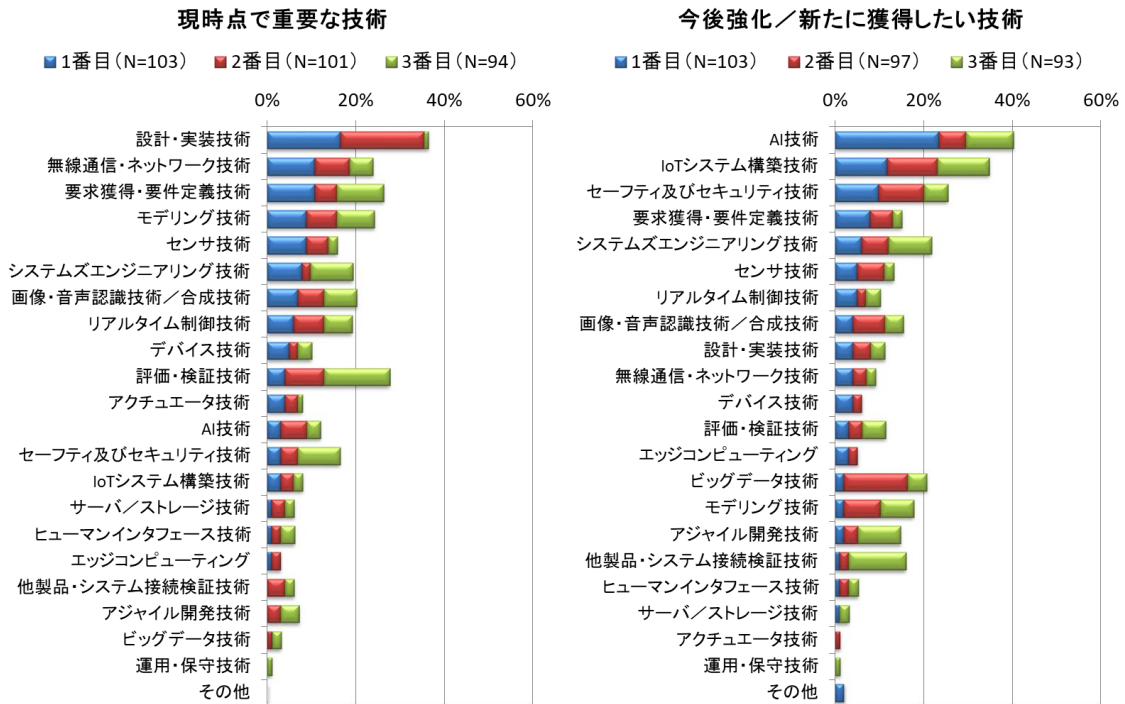


図 5-65 現時点で重要な技術、今後強化／新たに獲得したい技術 (IoTに関連したビジネスの適用分野なし)

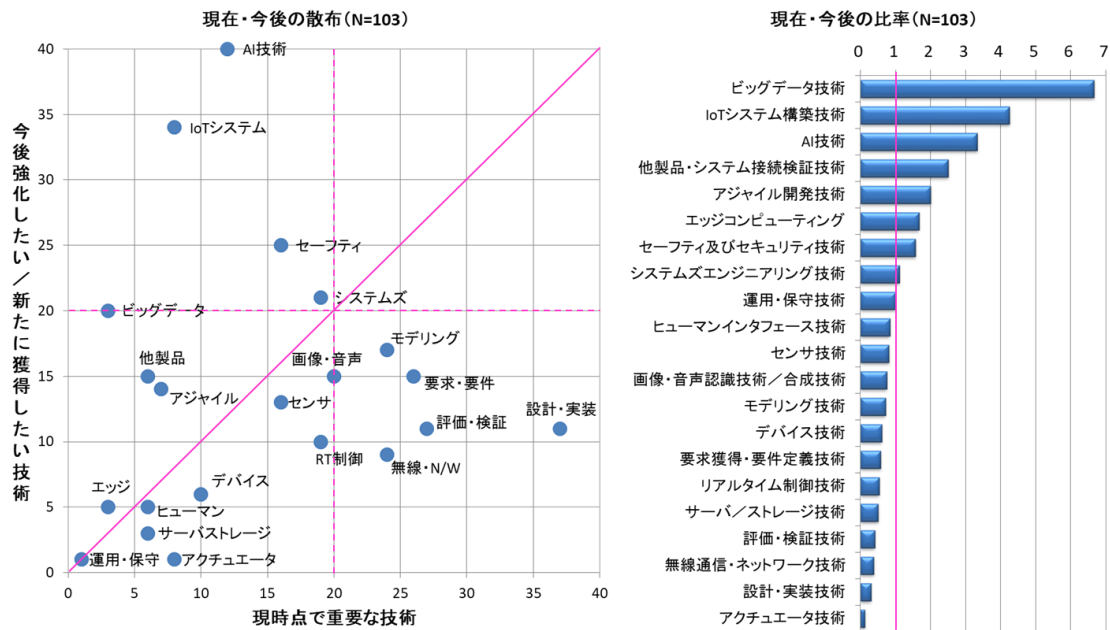


図 5-66 現在／今後の技術の重要性の関係(左)、現在／今後の回答数の比率(右) (IoTに関連したビジネスの適用分野なし)

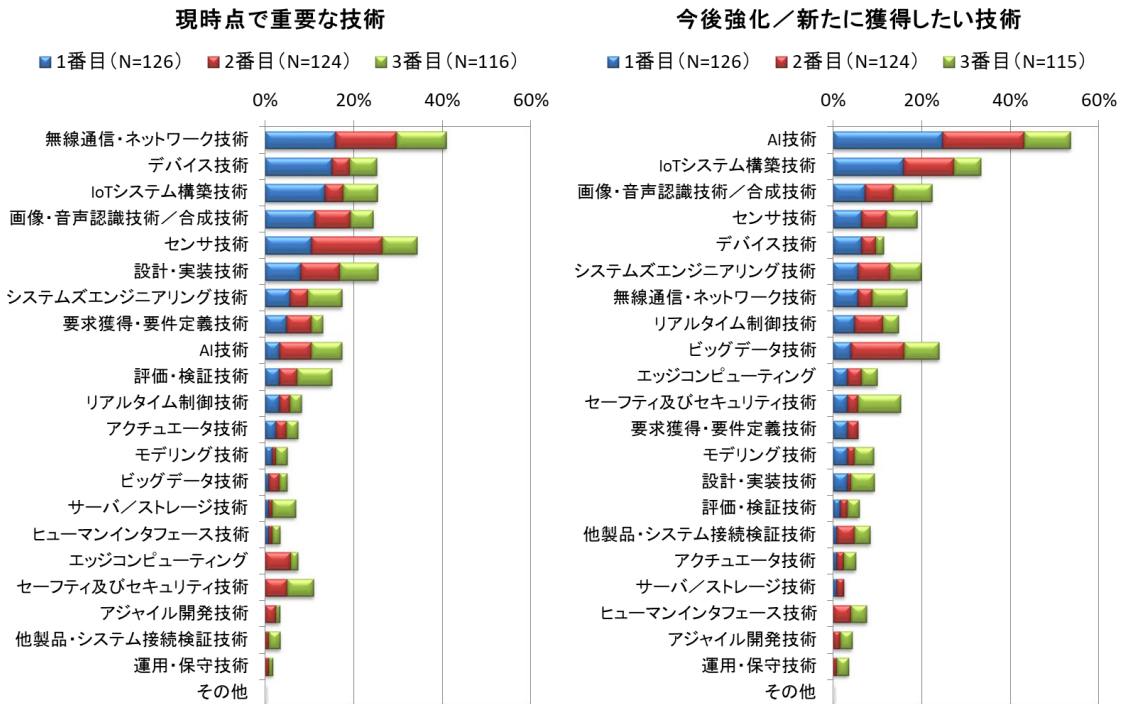


図 5-67 現時点で重要な技術、今後強化／新たに獲得したい技術 (IoTに関連したビジネスの適用分野あり)

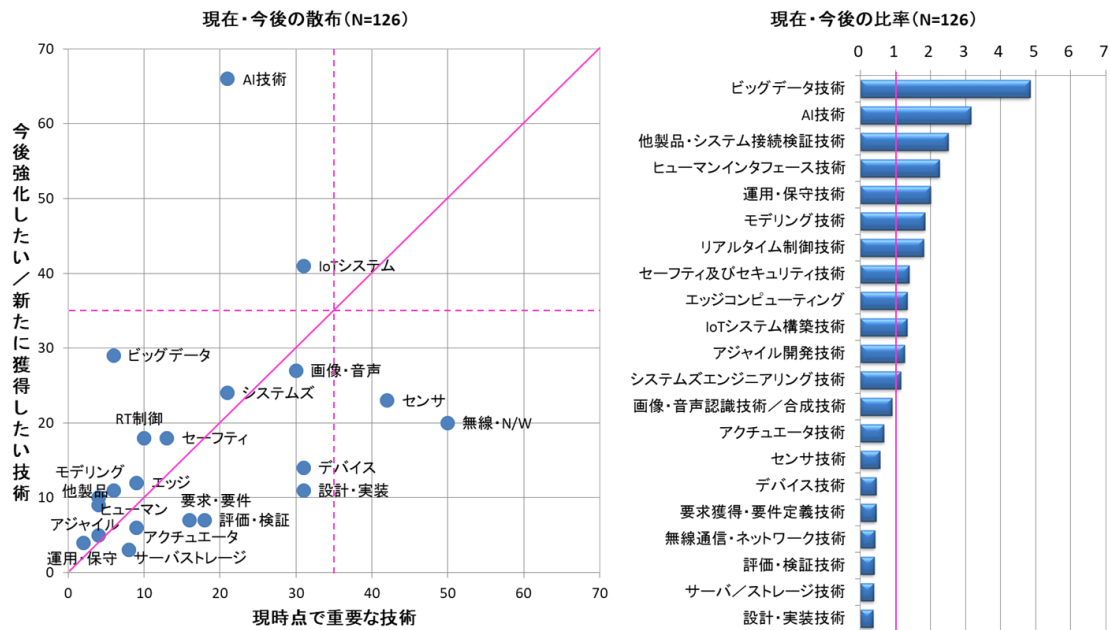


図 5-68 現在／今後の技術の重要性の関係(左)、現在／今後の回答数の比率(右) (IoTに関連したビジネスの適用分野あり)

5.6.3. AIに関する取り組み状況

AIに関する取り組み状況(図 5-69)では、現時点での AI に関する取り組みの状況を「製品・サービスの提供」、「ソフトウェア開発の受託」、「製品・サービスの利用」という3つの取り組みについて、「提供中・実施中」、「開発中・準備中」、「調査中・検討中」、「していない」のいずれに該当するかで確認した。

3つの取り組みのいずれも「提供中・実施中」は1割程度であり、「開発中・準備中」を加えても2割前後という状況である。また、「していない」も5~6割程度あり、取り組みについてはまだまだこれからという状況であることがわかった。

3つとも「していない」は全体の約38% (85件)、3つとも「調査中・検討中」は全体の約11% (25件)、3つとも「提供中・実施中」は全体の約4% (8件)となっている。

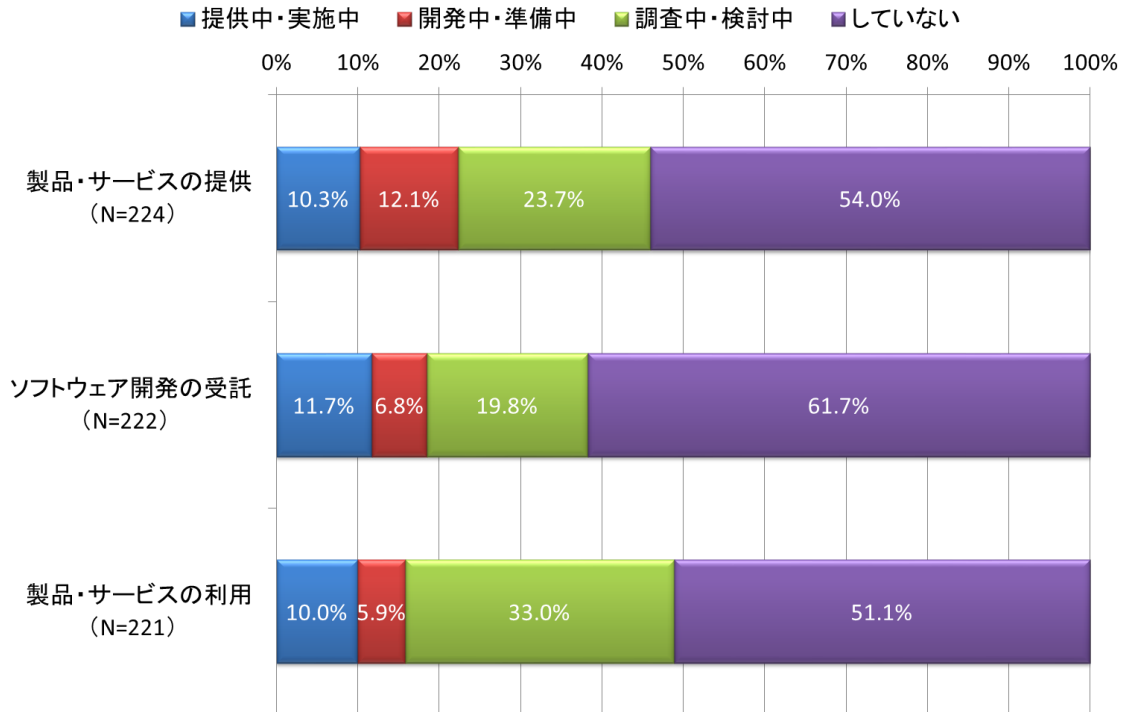


図 5-69 AIに関する取り組み状況

従業員数、全開発費によるクロス集計(図 5-70、図 5-71)では、「提供中・実施中」は中小規模の組織が多く、「開発中・準備中」は大規模の組織のほうが多いことから、中小の組織のほうが大規模の組織よりも AI に関する取り組みがやや先行しているように見て取ることができる。

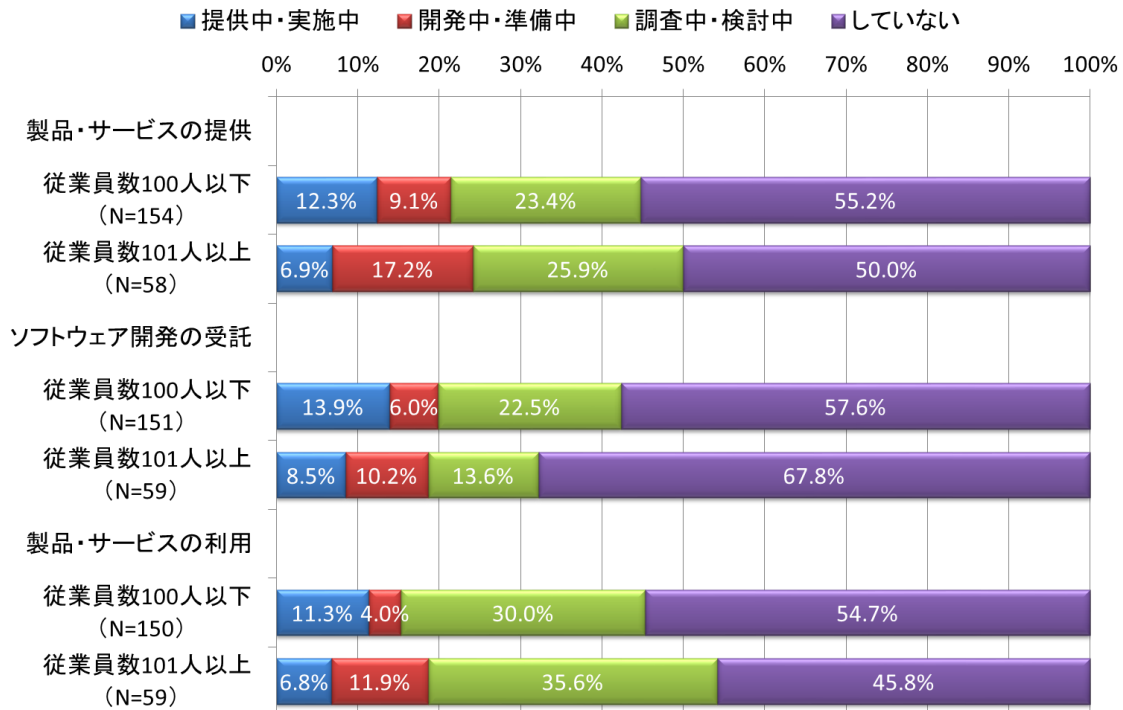


図 5-70 AIに関する取り組み状況(従業員数によるクロス集計)

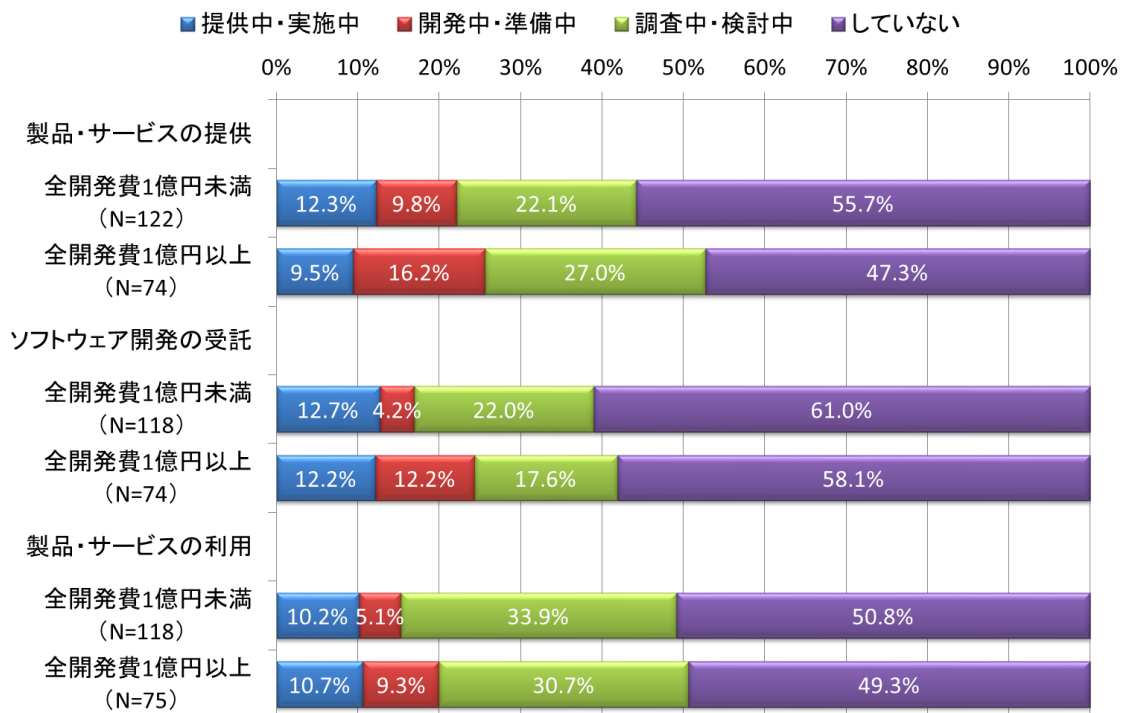


図 5-71 AIに関する取り組み状況(全開発費によるクロス集計)

5.6.4. AIに関する取り組みの有無とIoTに関連したビジネスの適用分野

「AIに関する取り組み」の有無と「主要な事業のカテゴリ」の設問で「IoTに関連したビジネスの適用分野」のいずれかの分野への回答の有無の関係について調べた(図 5-72)。左のグラフは「AIに関する取り組み」が

「提供中・実施中」のグループ、右のグラフは AI に関する取り組みを「(何も)していない」グループとなっている。

「提供中・実施中」のグループでは、「工場／オフィス」での取り組みが進んでいるようである。B2B で投資余力のあることが導入を促進している可能性がある。また、「住宅／生活」、「健康／医療／介護」といった B2C での領域でも「ソフトウェア開発の受託」が多くなっており、今後パーソナルユース等でのサービス提供が増加することが想定される。

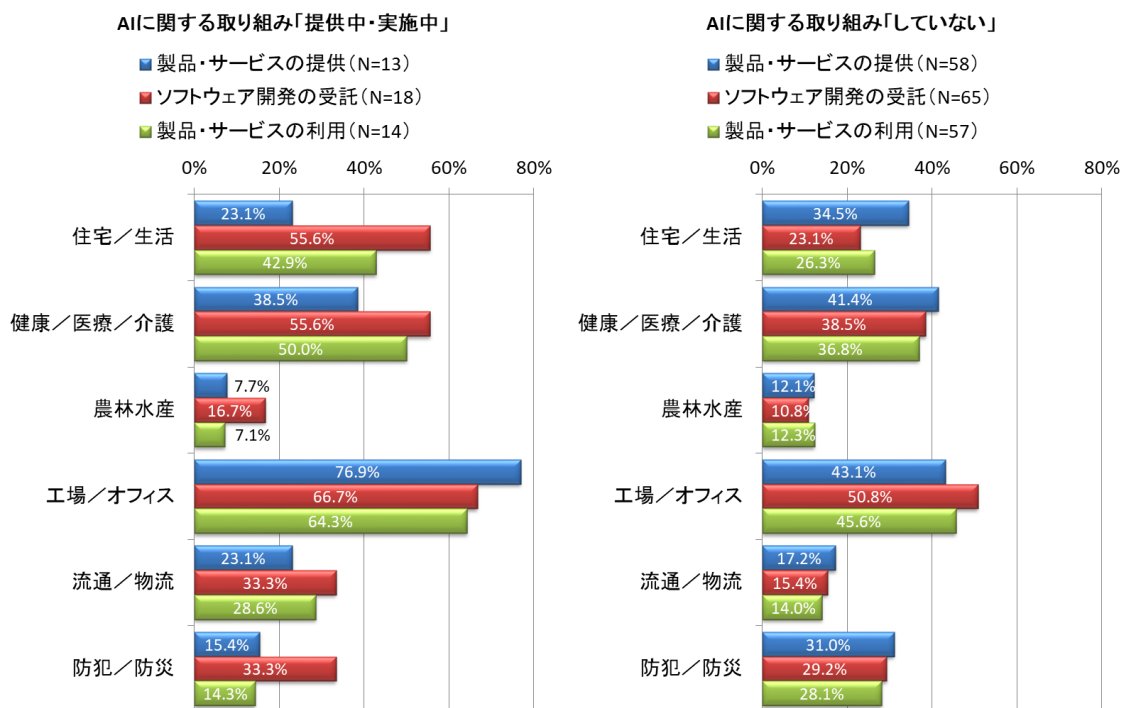


図 5-72 AI に関する取り組みの有無と IoT に関連したビジネスの適用分野

5.6.5. AI に関する取り組みの有無と現在／今後の重要技術

「AI に関する取り組み」の有無と「現時点で重要な技術、今後強化／新たに獲得したい技術」の関係について調べた。図 5-73、図 5-74 は「AI に関する取り組み」が「なし」のグループ、図 5-75、図 5-76 は「AI に関する取り組み」が「あり」のグループとなっている。

現時点については、「なし」と「あり」の間で順位の変動はあるものの有意な差は見られない。今後については、「なし」のグループでは、「IoT システム構築技術」、「AI(機械学習、ディープラーニング等)技術」が同じ程度の評価であるのに対し、「あり」のグループでは、「AI(機械学習、ディープラーニング等)技術」のほうが「IoT システム構築技術」よりも大幅に回答数が多くなっている。AI に既に取り組んでいるほうが AI の今後の重要性を認識しているようである。

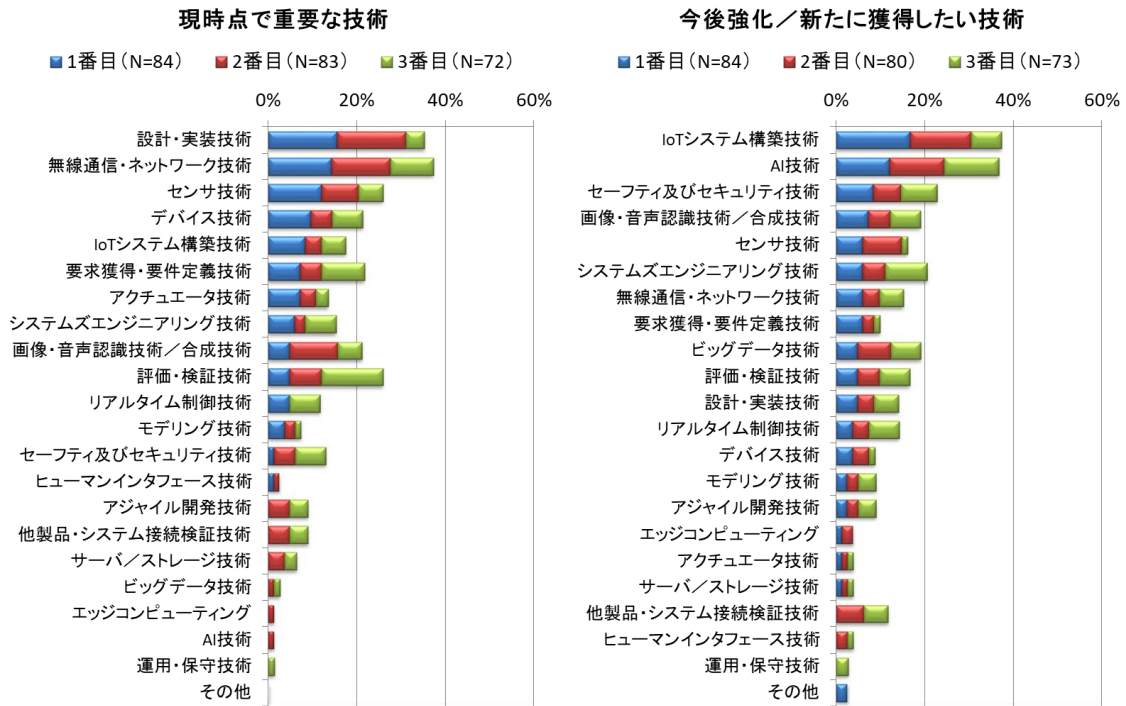


図 5-73 現時点で重要な技術、今後強化／新たに獲得したい技術 (AI 関連の取り組みなし)

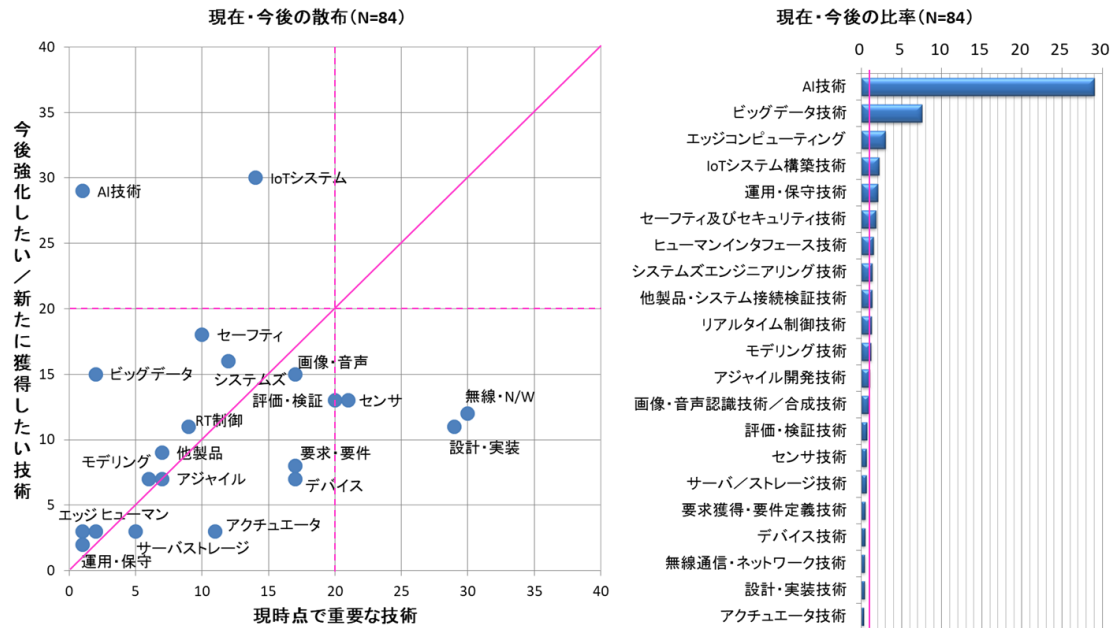


図 5-74 現在／今後の技術の重要性の関係(左)、現在／今後の回答数の比率(右) (AI 関連の取り組みなし)

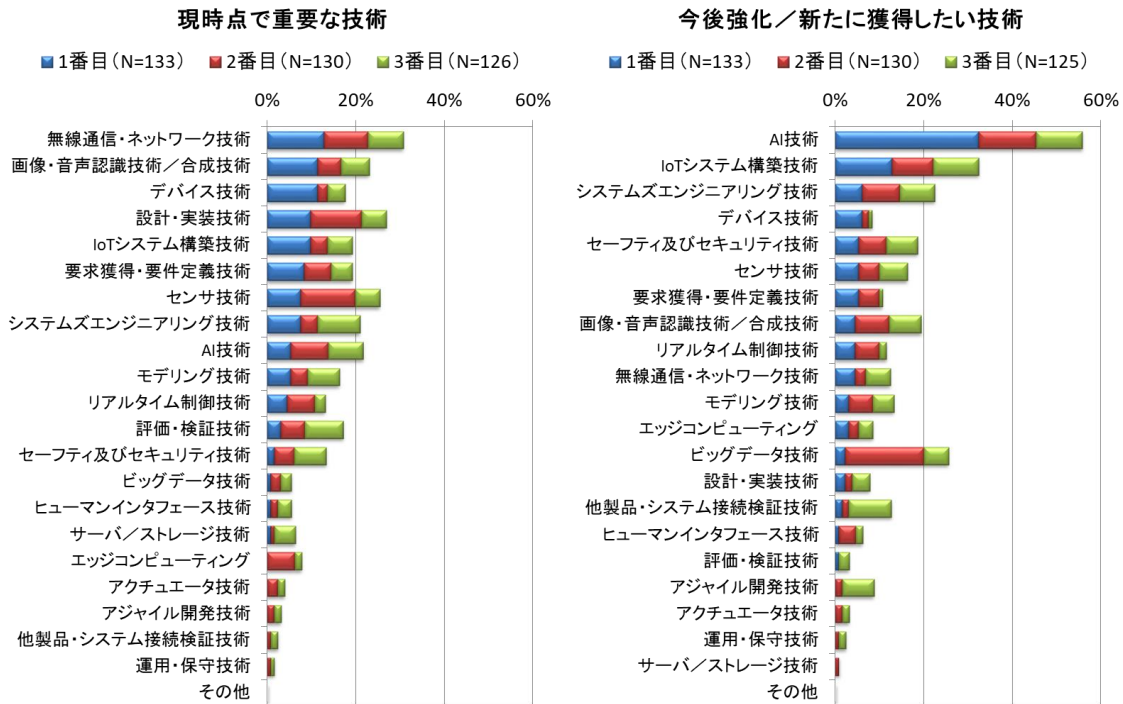


図 5-75 現時点で重要な技術、今後強化／新たに獲得したい技術 (AI 関連の取り組みあり)

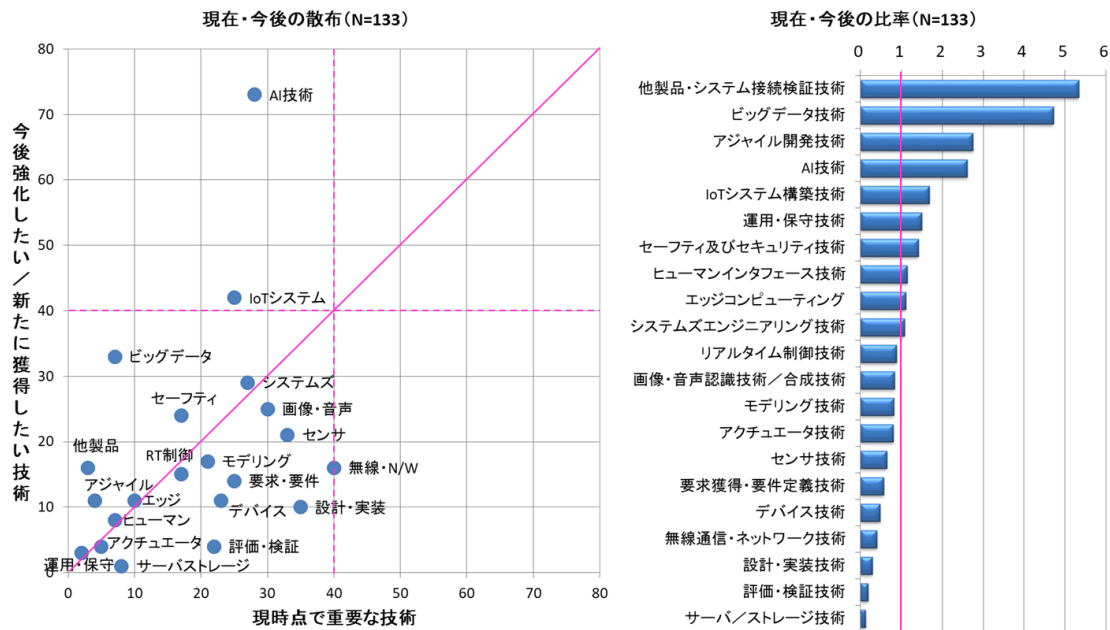


図 5-76 現在／今後の技術の重要性の関係(左)、現在／今後の回答数の比率(右) (AI 関連の取り組みあり)

5.7. 組み込みソフトウェアの「人材」育成に関する取組

5.7.1. 組み込みソフトウェア技術者の人数／不足している組み込みソフトウェア技術者の人数

現在の組み込みソフトウェア技術者の人数と、どの程度組み込みソフトウェア技術者が不足しているかについて聞いた(図 5-77)。昨年度との比較では傾向はあまり変わらない。「1～5 人」の組み込みソフトウェア技術者を抱

える組織が 4 割前後で、組込みソフトウェア技術者が「1～5 人」不足している組織が 5 割前後である。

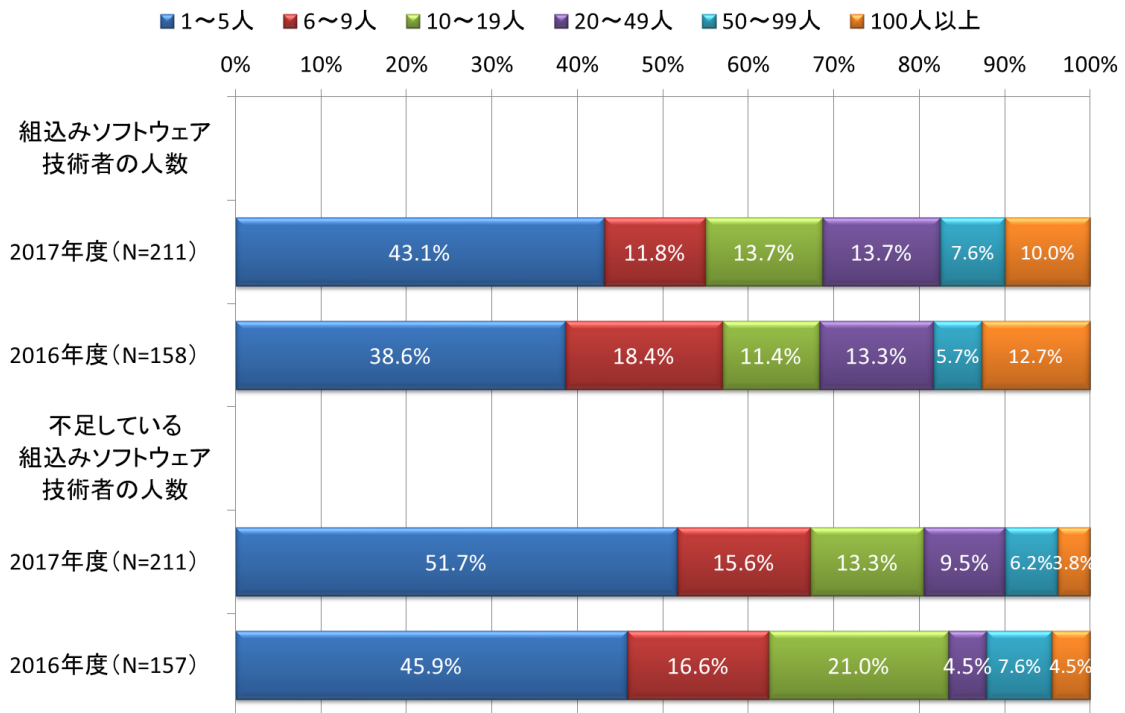


図 5-77 組込みソフトウェア技術者の人数、不足している人数

これを従業員数、全開発費でクロス集計した結果が図 5-78、図 5-79 である。大規模の組織のほうが組込みソフトウェア技術者の人数が多く、不足している人数も多くなっている。

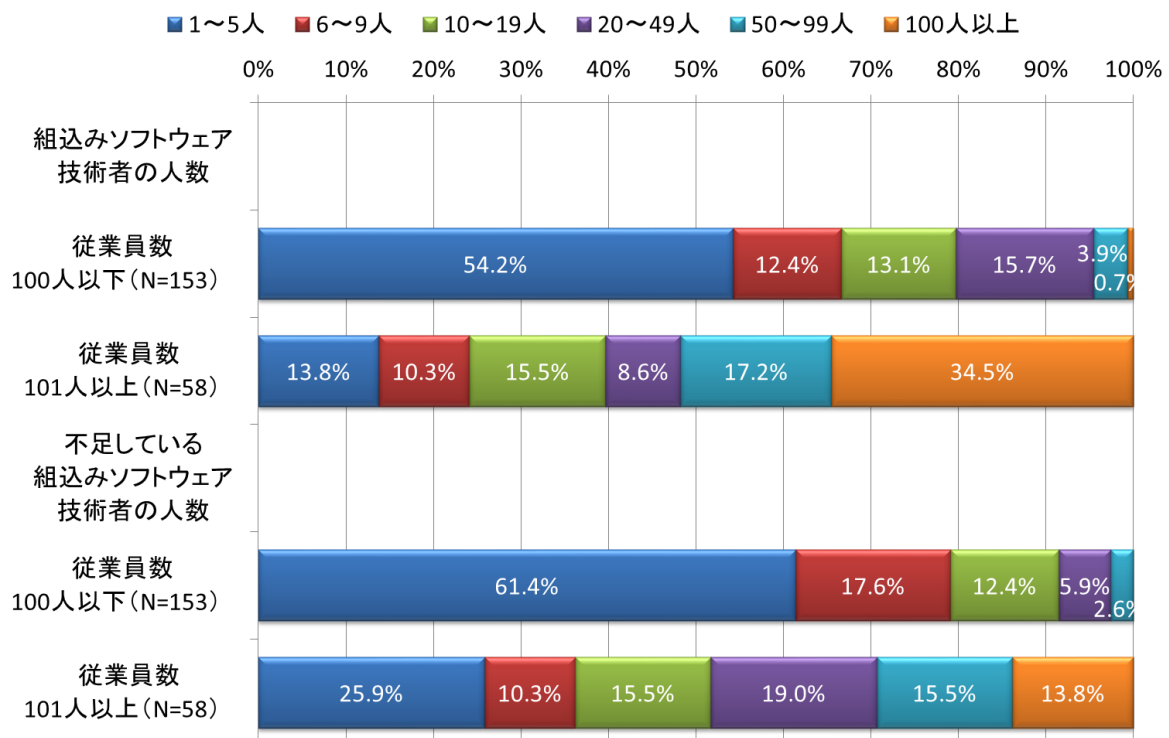


図 5-78 組込みソフトウェア技術者の人数、不足している人数(従業員数によるクロス集計)

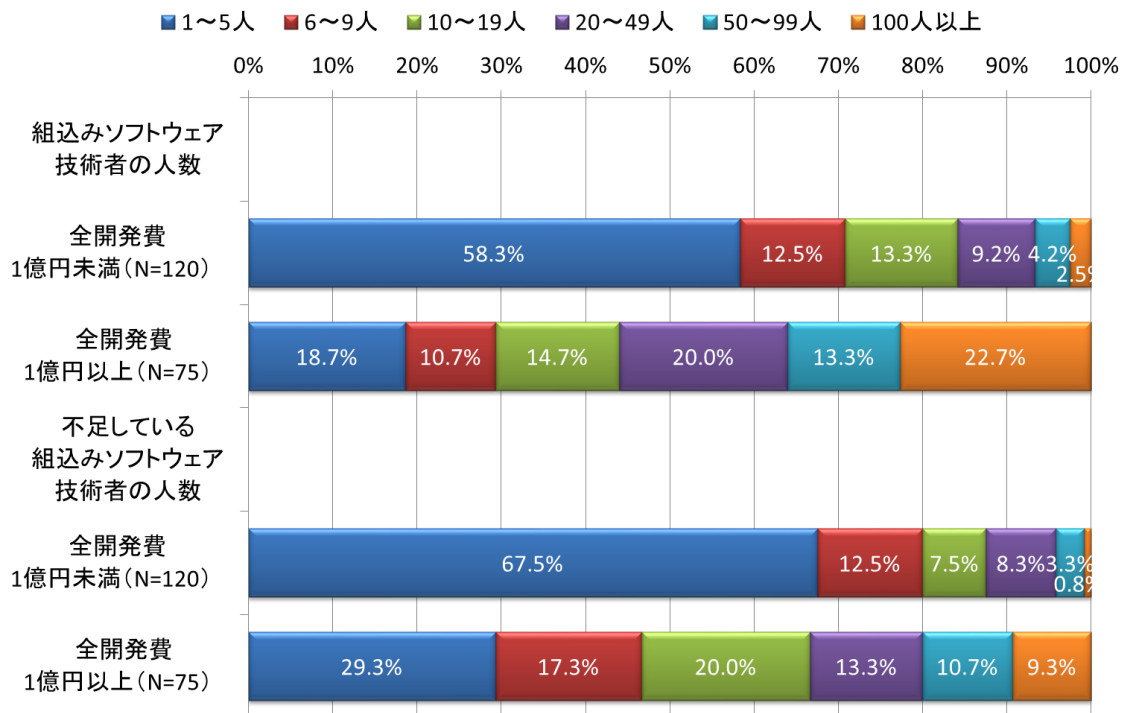


図 5-79 組込みソフトウェア技術者の人数、不足している人数(全開発費によるクロス集計)

図 5-80 は、現在の人数と不足している人数の割合をクロス集計で見たものである。不足人材の割合は、「今後不足が予想される人材」の回答数を「現在不足してる人材」の回答数で割って算出をしている。これによると、半数近い組織が組込みソフトウェア技術者の人数を現在の 1.5 倍から 2 倍程度に増やす必要があることがわかる。2 倍以上を加えると 6 割の組織でその傾向であり、技術者の不足感が強いことがわかる。

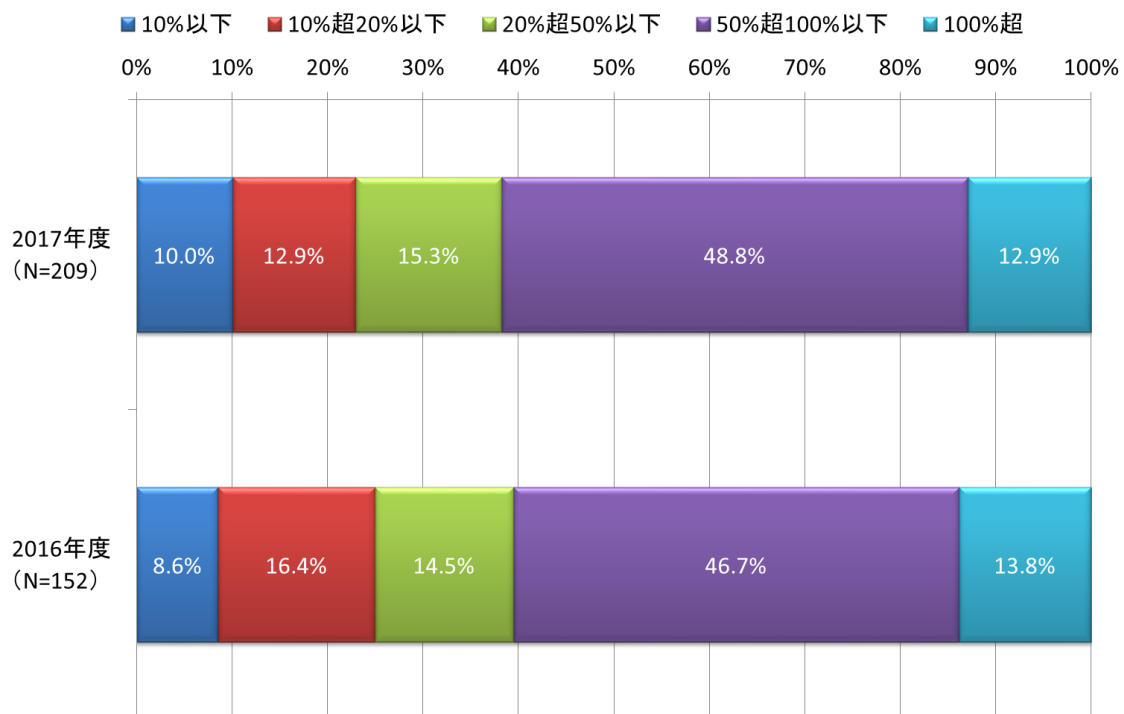


図 5-80 不足している組込みソフトウェア技術者の割合(経年比較)

これを従業員数、全開発費でクロス集計した結果(図 5-81、図 5-82)で見ると、中小規模の組織で不足の割合が高く、約 7 割が 1.5 倍から 2 倍に増員が必要となっている。一方、大規模の組織ではそれほどでもなく 5~6 割の組織が今いる人数の 1.5 倍以内となっている。

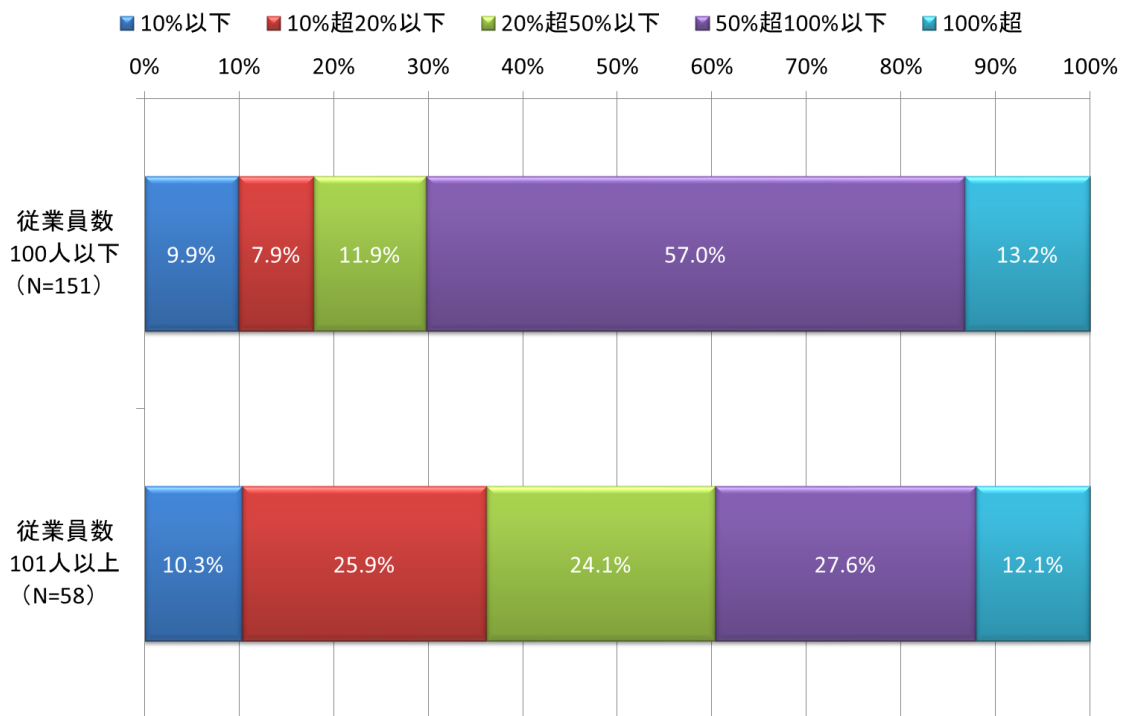


図 5-81 不足している組込みソフトウェア技術者の割合(従業員数でクロス集計)

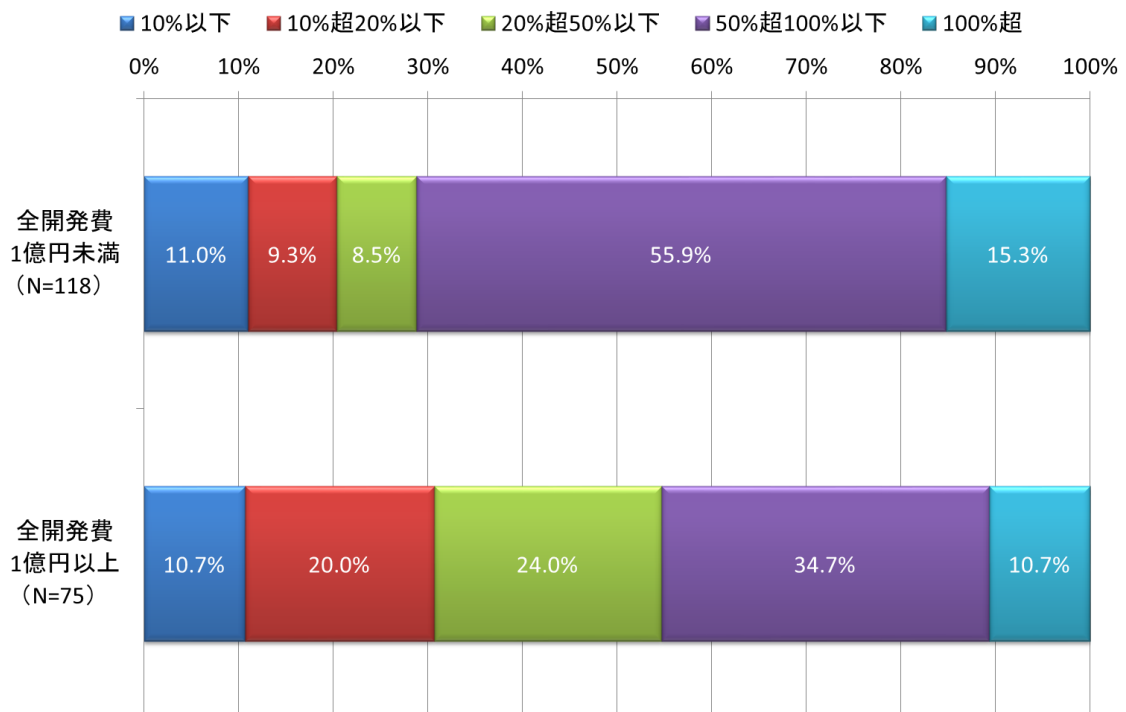


図 5-82 不足している組込みソフトウェア技術者の割合(全開発費でクロス集計)

5.7.2. 「組み込みソフトウェア技術者の不足の割合」と「組み込みソフトウェア開発の課題」

「組み込みソフトウェア技術者の不足の割合」と「組み込みソフトウェア開発の課題」の関係について調べた(図5-83)。左のグラフは不足の割合が「50%以下」、右のグラフは不足の割合が「50%超」となっている。「技術トレンドへの対応(IoT、ビッグデータ、AI等)」、「開発期間の短縮」等が技術者不足の割合の違いに関係する課題と見て取ることができる。

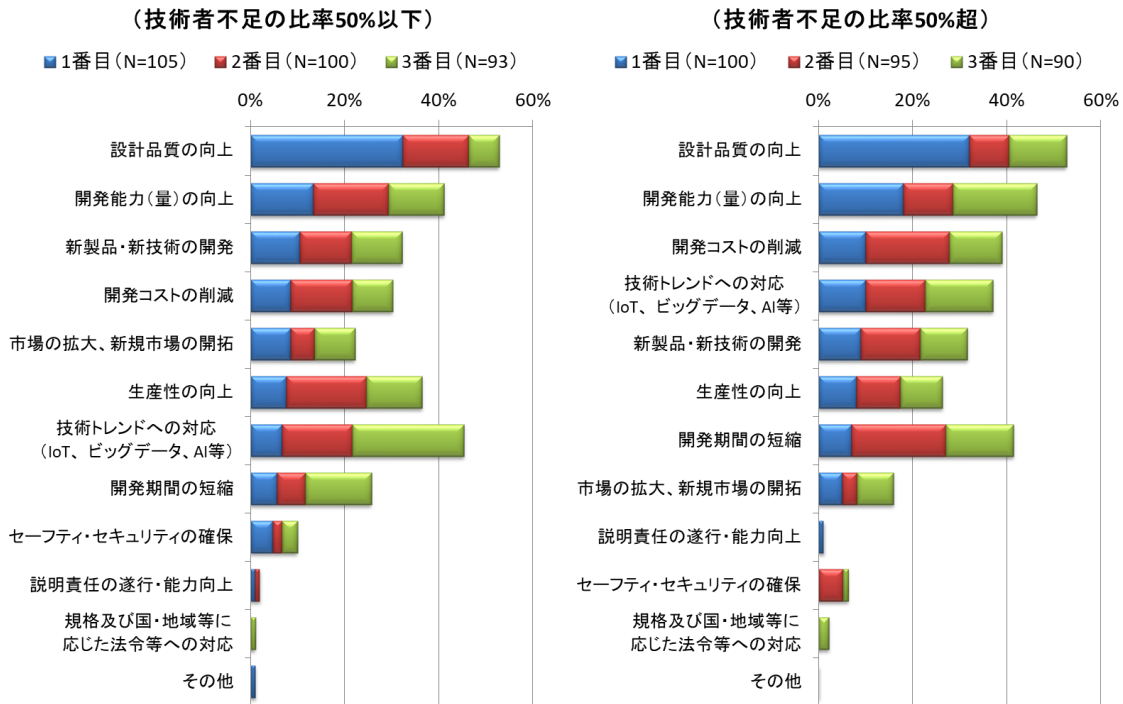


図 5-83 技術者不足の割合と組み込みソフトウェア開発の課題

5.7.3. 「組み込みソフトウェア技術者の不足の割合」と「現在／今後の技術」

「組み込みソフトウェア技術者の不足の割合」と「現時点で重要な技術、今後強化／新たに獲得したい技術」の関係について調べた。図5-84、図5-85は不足の割合が「50%以下」のグループ、図5-86、図5-87は不足の割合が「50%超」のグループとなっている。

現在／今後の重要技術について、技術者不足の割合に応じた有意な傾向の違いは見られなかった。

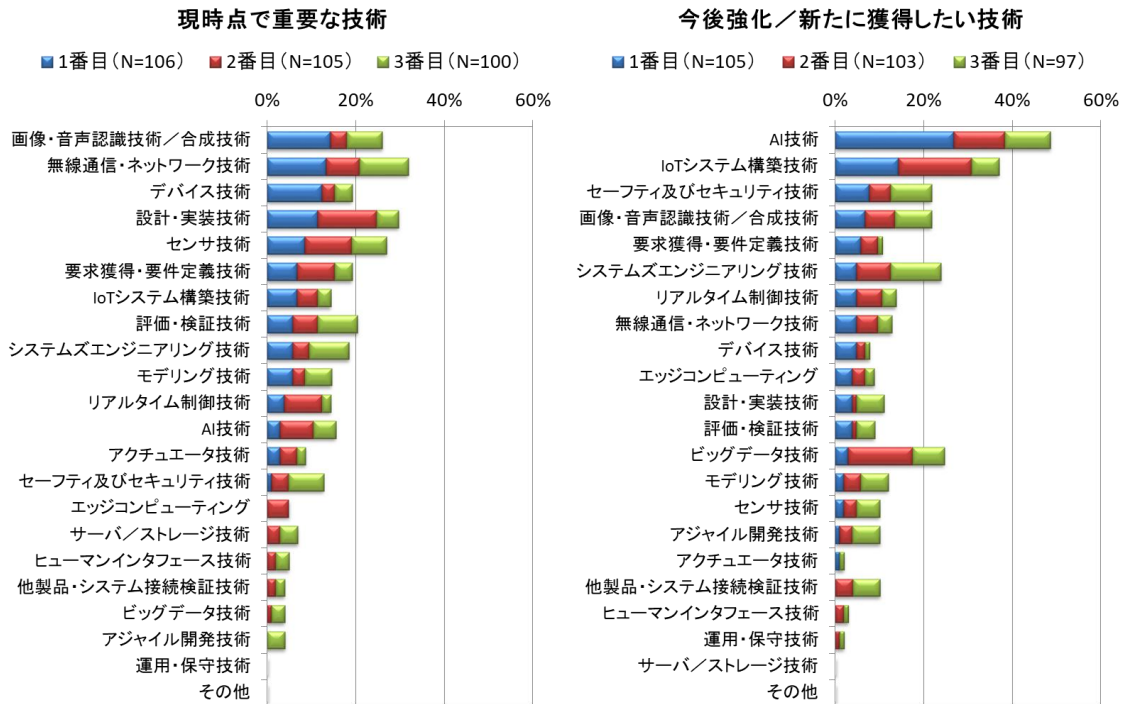


図 5-84 現時点で重要な技術、今後強化／新たに獲得したい技術
(技術者不足の割合 50%以下)

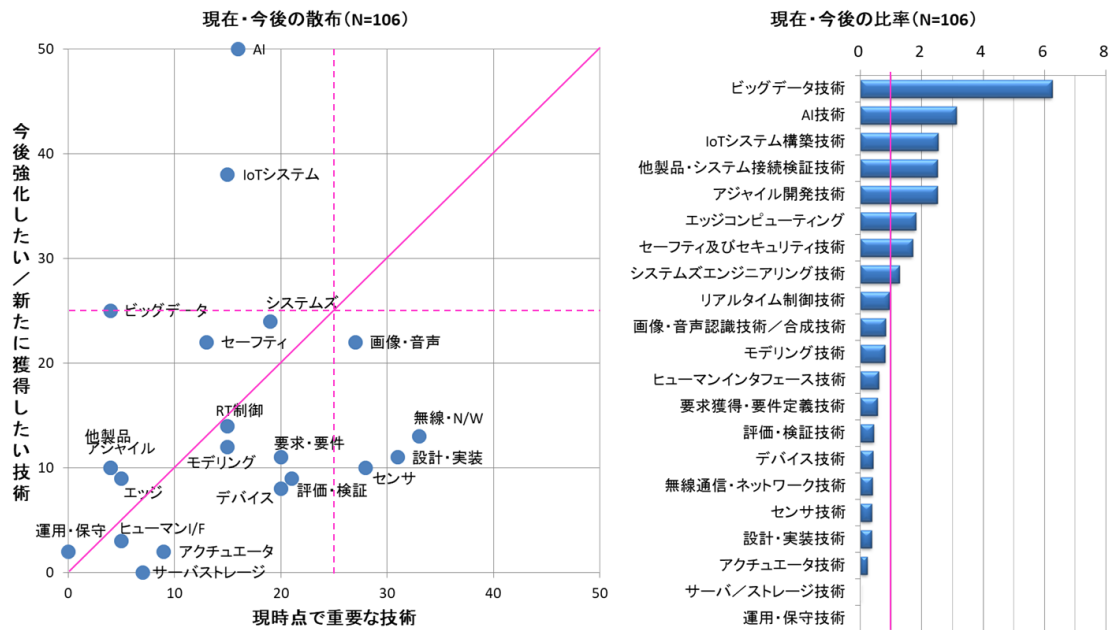


図 5-85 現在／今後の技術の重要性の関係(左)、現在／今後の回答数の比率(右)
(技術者不足の割合 50%以下)

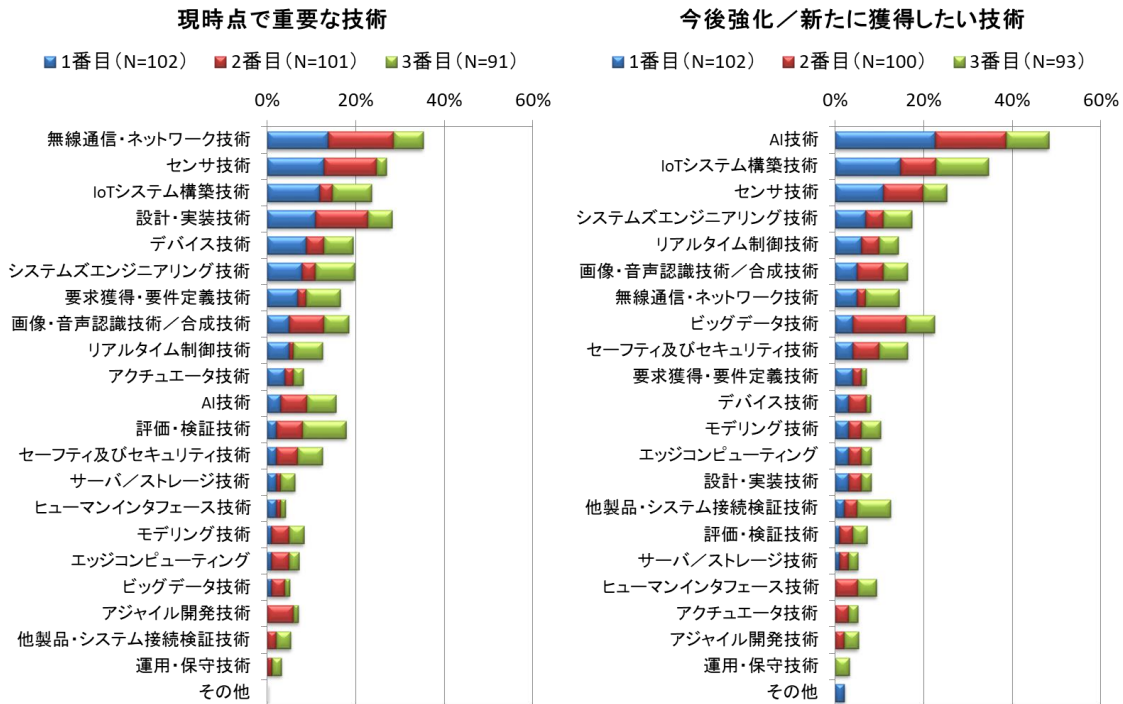


図 5-86 現時点で重要な技術、今後強化／新たに獲得したい技術 (技術者不足の割合 50%超)

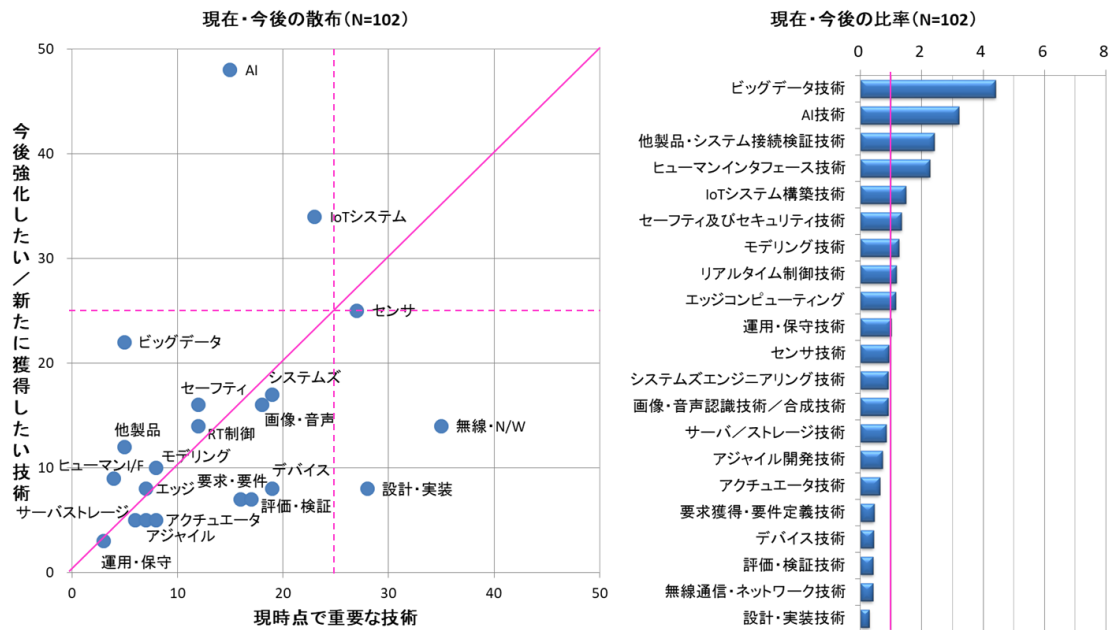


図 5-87 現在／今後の技術の重要性の関係(左)、現在／今後の回答数の比率(右) (技術者不足の割合 50%超)

5.7.4. 現在不足している人材とその人数／将来に不足が想定される人材とその人数

技術者だけでなく、現在と今後でどのような人材が不足している／不足するかと、その人材が何人程度であるかの確認を行った(図 5-88)。

「ビジネスをデザインできる人材」、「システム全体を俯瞰して見ることができる人材」の 2 つは現在も不足しており今後も不足が目立つ。また、「IoT 等新技術の専門技術者(セーフティ、セキュリティ、センサネットワー

ク、AI、ビッグデータ等)」、「複数の応用分野をまたいでとりまとめができる人材」、技術者で「プロジェクトリーダー」、「設計技術者」等も不足感が見られる。

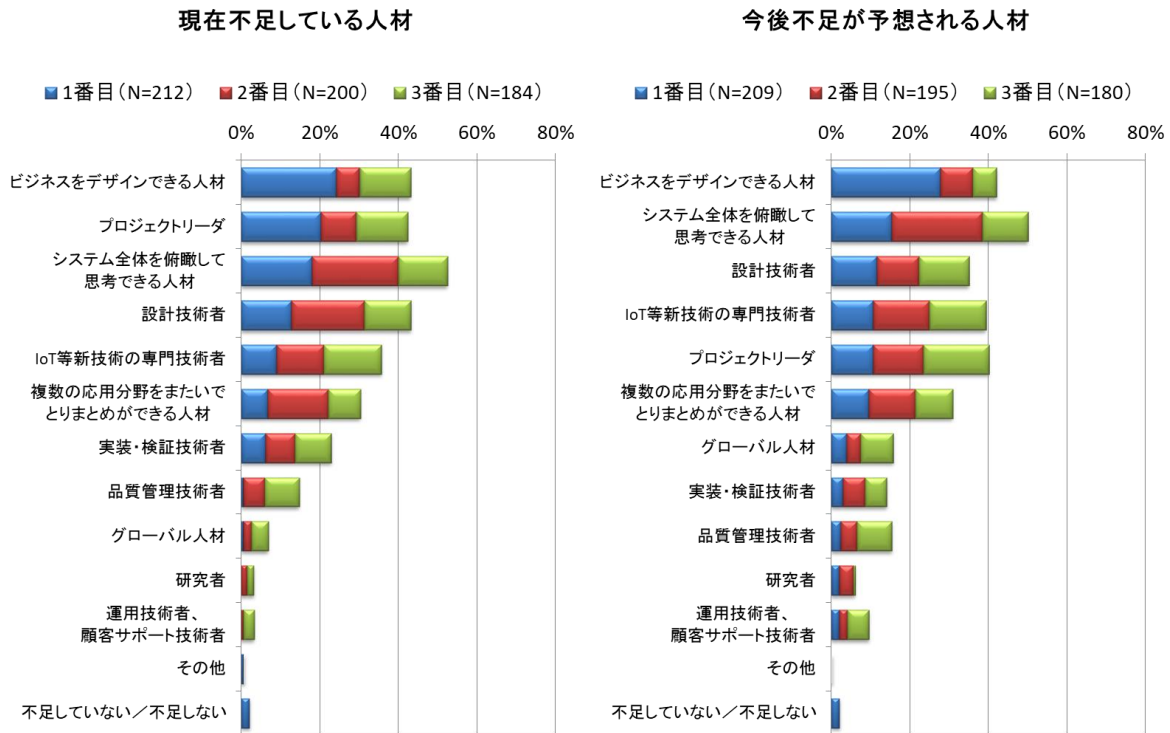


図 5-88 現在不足している人材、今後不足が予想される人材 (不足人数による重み付けなし)

図 5-88 に不足人数による重み付けをしたものが図 5-89 である。現時点では、「プロジェクトリーダー」、「設計技術者」等の開発に関する技術者が不足しており、今後も不足傾向であることが目立つ。

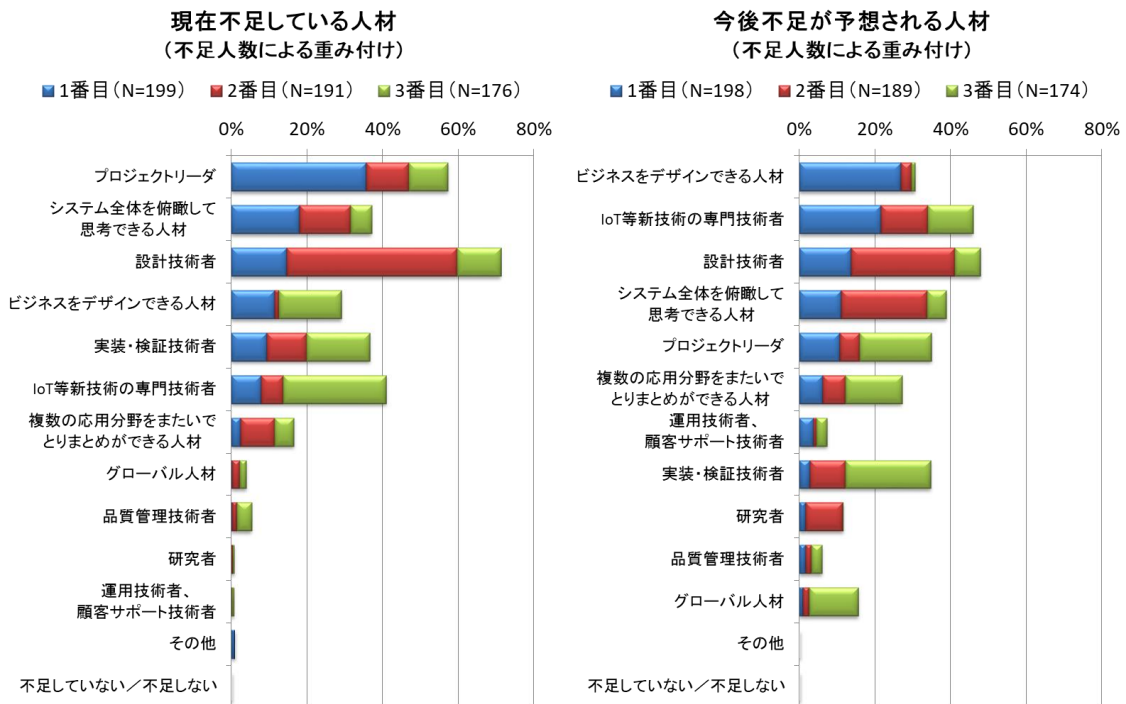


図 5-89 現在不足している人材、今後不足が予想される人材 (不足人数による重み付けあり)

現在と今後の不足人材の関係を示した散布図(図 5-90、図 5-91)では、45 度のライン周辺にほぼすべての人材が位置していることから、現在も今後も同程度に不足している(不足する)ことがわかる。また、大きく 2 つのグループに分れる傾向があり、右上は現在も今後も不足が多く、左下は現在も今後もそれほど不足していないと読むことができる。

不足人数による重み付けあり(図 5-91)では、右上のグループの領域が広がっていることから、このグループの人材では不足人数がより多い一方で、左下のグループは領域が小さくなっていることから、このグループの人材では不足人数がそれほど多くないことがわかる。

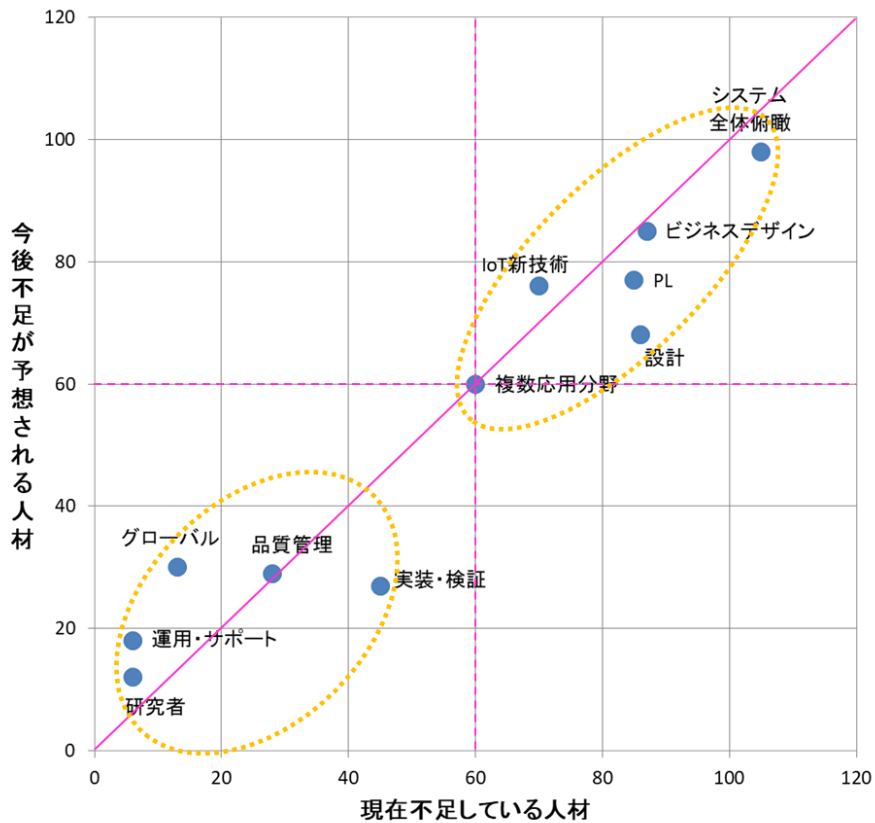


図 5-90 現在／今後の不足人材の関係(不足人数による重み付けなし、N=212)

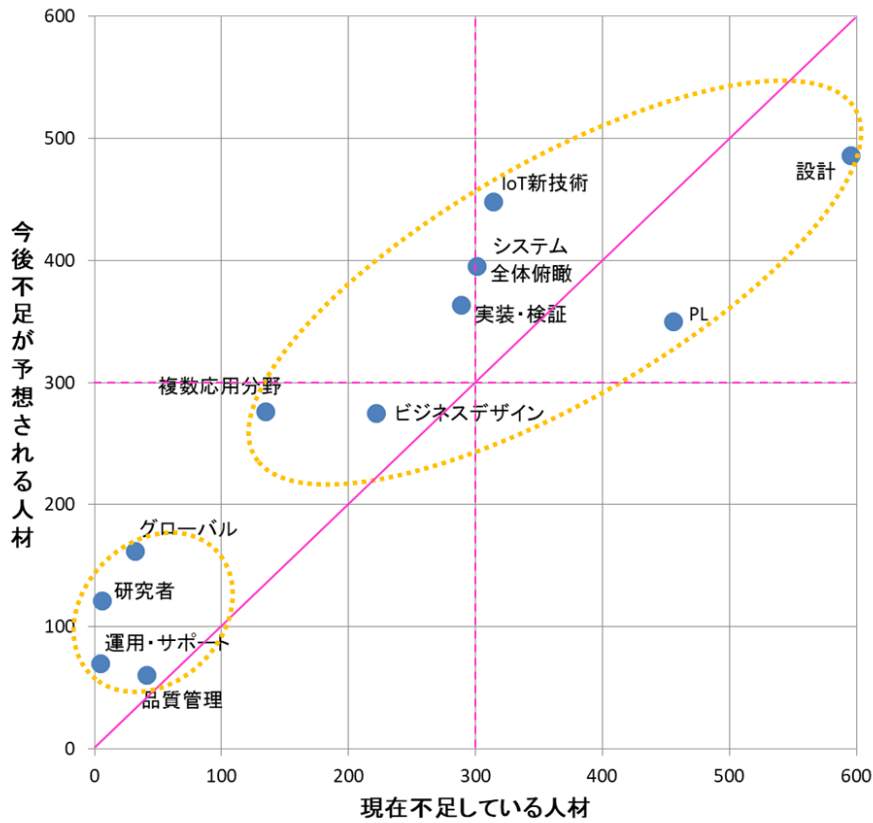


図 5-91 現在／今後の不足人材の関係(不足人数による重み付けあり、N=199)

現在と今後の比率(図 5-92、図 5-93)で見ると、「**運用技術者、顧客サポート技術者**」、「**グローバル人材**」、「**研究者**」等は必要人数はそう多くないものの一定の不足感(需要)があることがわかる。

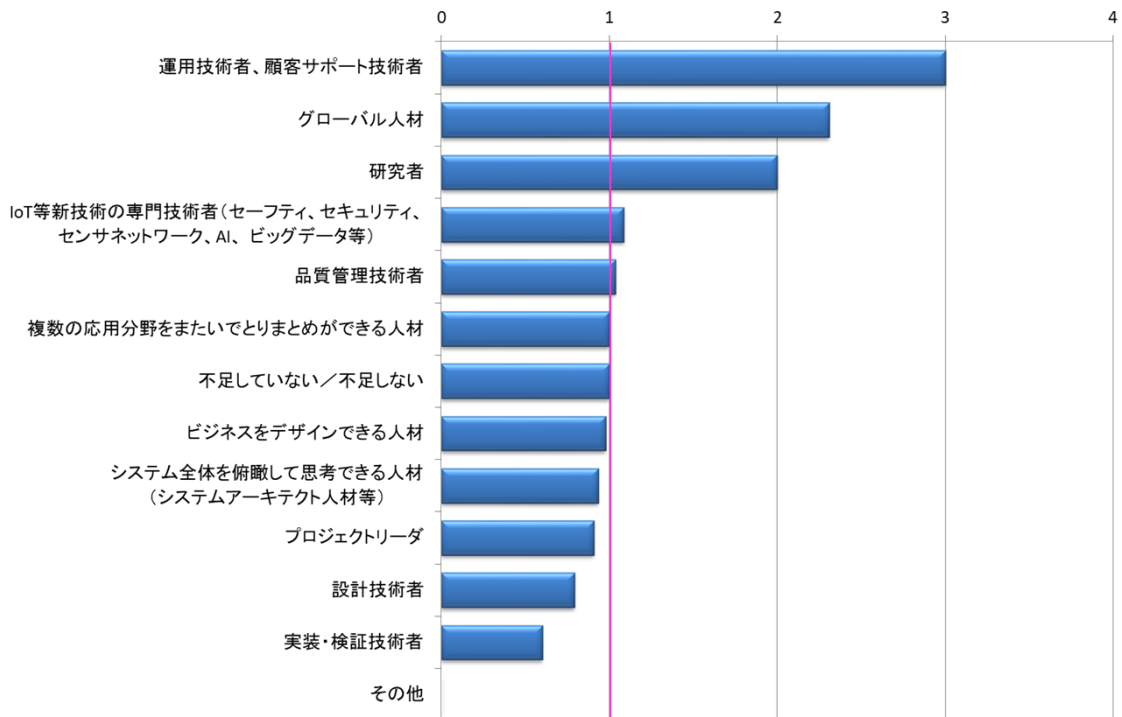


図 5-92 現在／今後の回答数の比率(不足人数による重み付けなし)

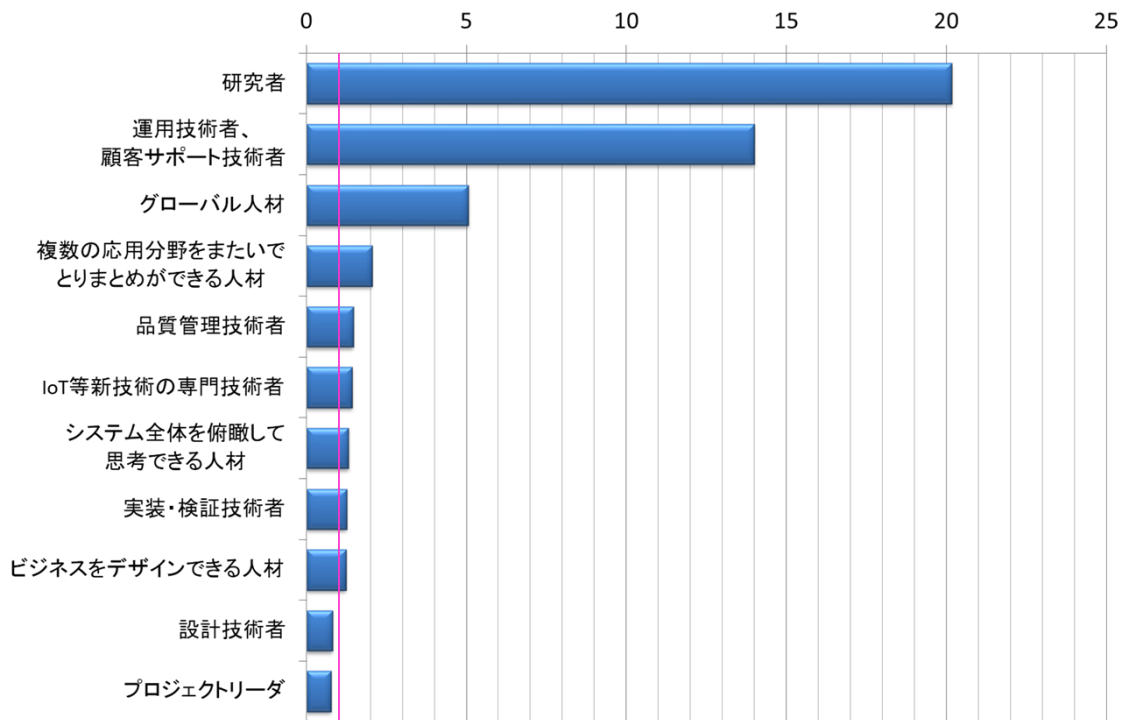


図 5-93 現在／今後の回答数の比率(不足人数による重み付けあり)

5.7.5. 技術者不足の割合と現在／今後の人材

「技術者不足の割合」と「現在不足している、今後の不足が予想される人材」との関係について調べた。図 5-94、図 5-95 は不足の割合が「50%以下」のグループ、図 5-96、図 5-97 は不足の割合が「50%超」のグループとなっている。

現在／今後の不足人材について、技術者不足の割合に応じた有意な傾向の違いは見られなかった。

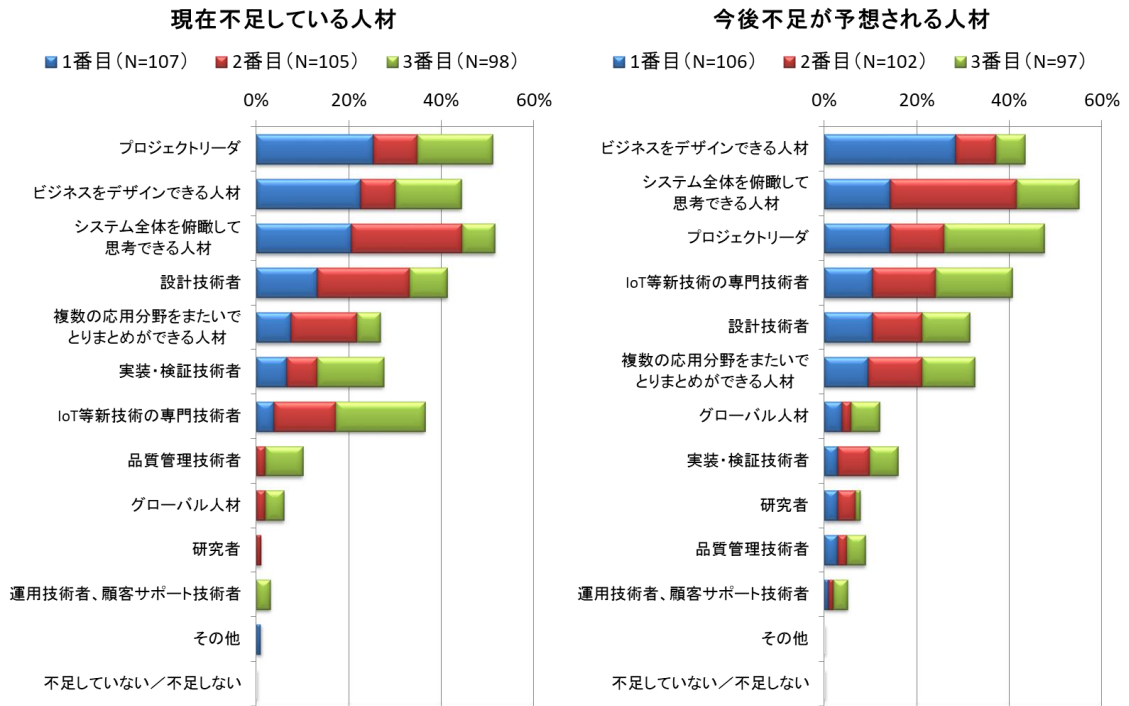


図 5-94 現在不足している人材、今後不足が予想される人材 (技術者不足の割合 50%以下)

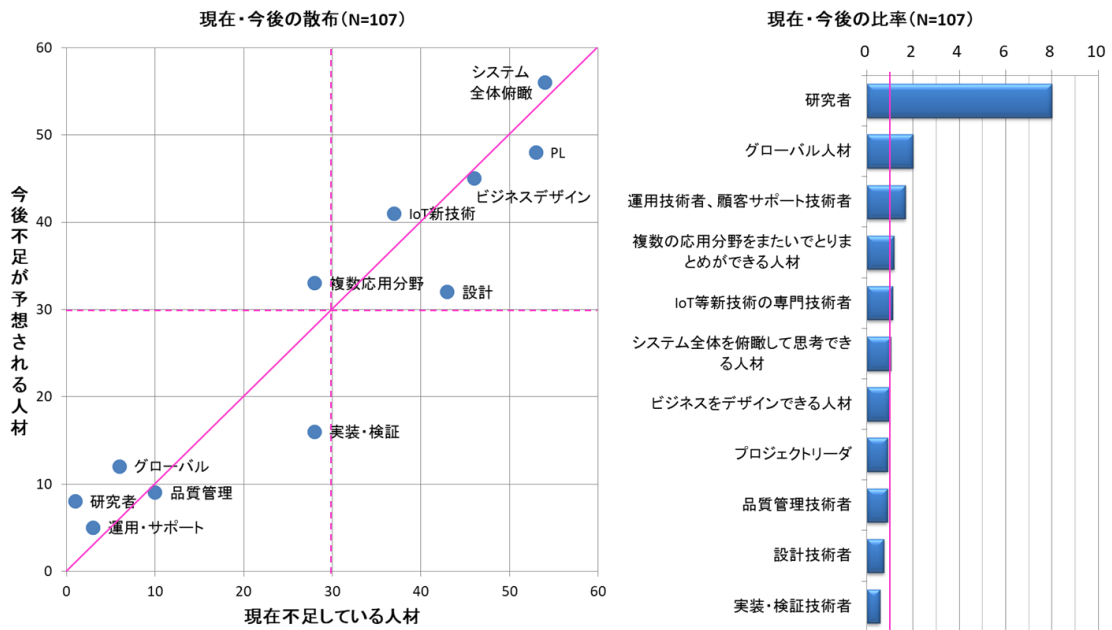


図 5-95 現在／今後の不足人材の関係(左)、現在／今後の回答数の比率(右) (技術者不足の割合 50%以下)

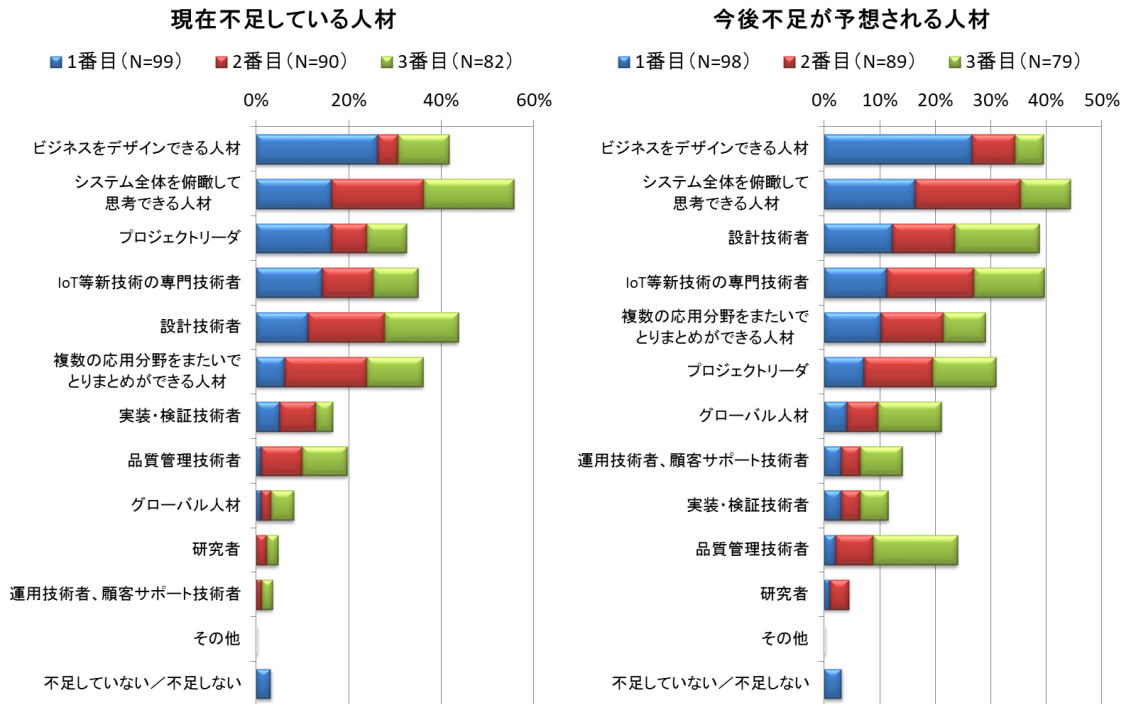


図 5-96 現在不足している人材、今後不足が予想される人材
(技術者不足の割合 50%超)

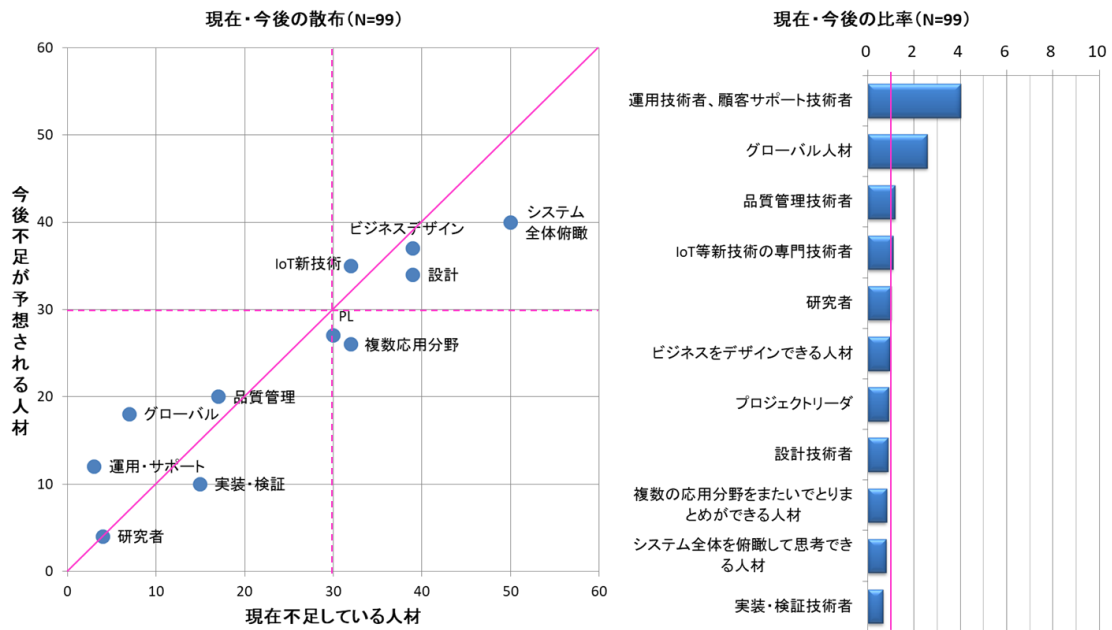


図 5-97 現在／今後の不足人材の関係(左)、現在／今後の回答数の比率(右)
(技術者不足の割合 50%超)

5.7.6 「IoTに関連したビジネスの適用分野」と「現在／今後の不足人材」

主要な事業のカテゴリの設問で「IoTに関連したビジネスの適用分野」のいずれかが「あり」の回答と、「現在不足している人材／今後不足が予想される人材」の関係について集計を行った。図 5-98、図 5-99 は「IoTに関連したビジネスの適用分野」が「なし」のグループ、図 5-100、図 5-101 は「IoTに関連したビジネスの適用分野」が「あり」のグループとなっている。

現在／今後の不足人材について、IoT に関連したビジネスの適用分野の有無に応じた有意な傾向の違いは見られなかった。

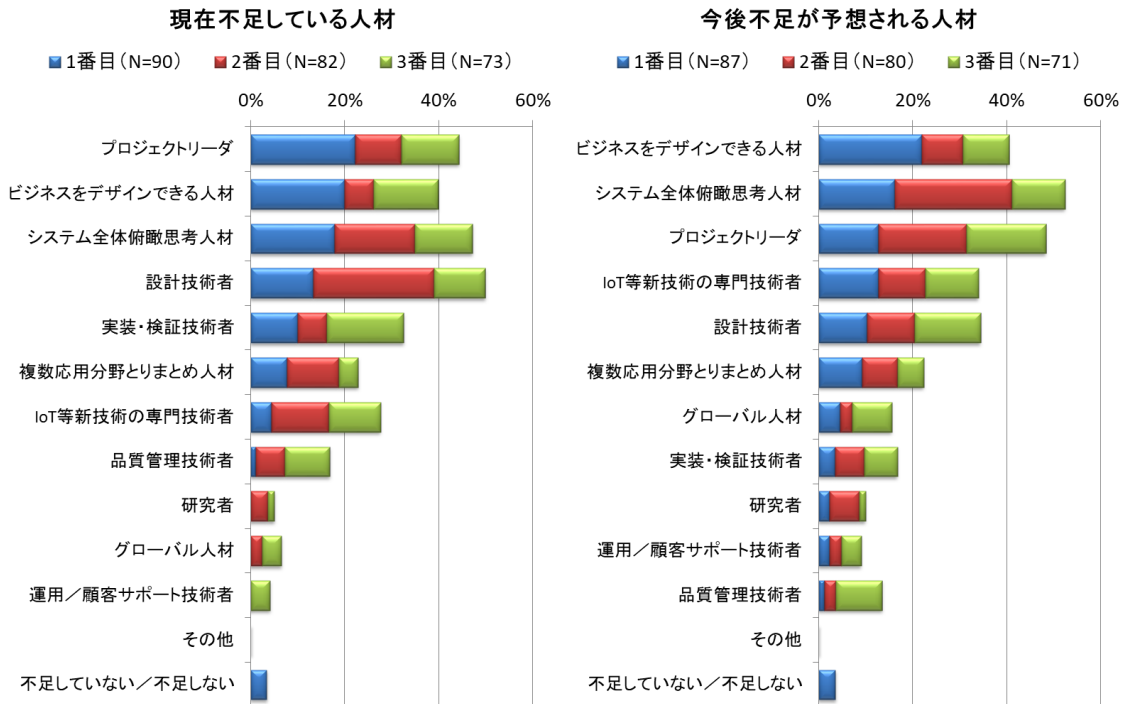


図 5-98 現在不足している人材、今後不足が予想される人材 (IoT に関連したビジネスの適用分野の選択なし)

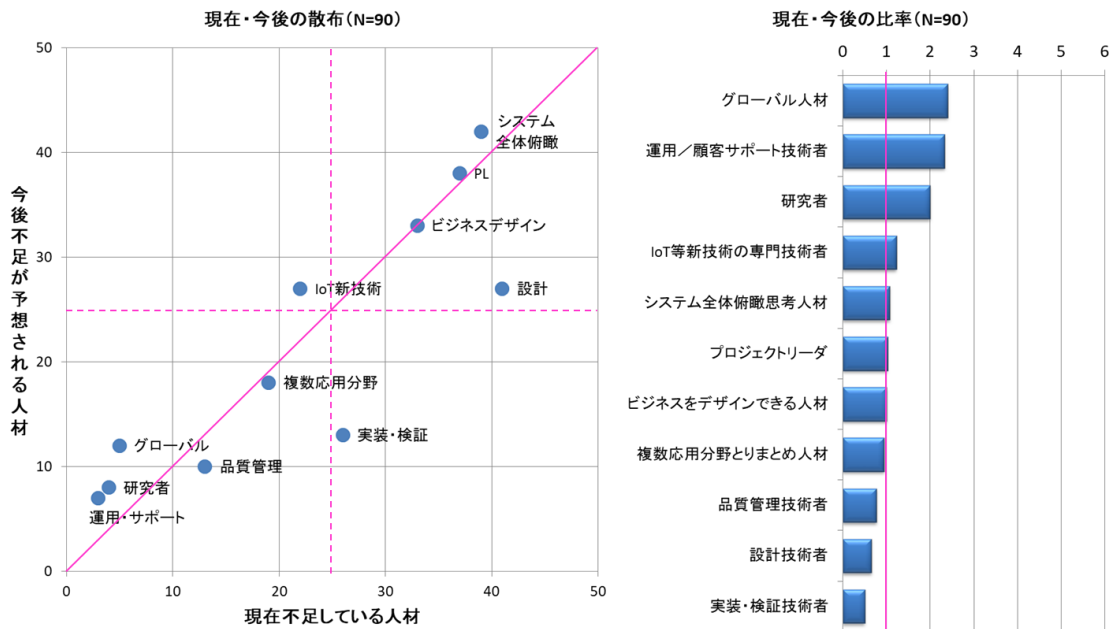


図 5-99 現在／今後の不足人材の関係(左)、現在／今後の回答数の比率(右) (IoT に関連したビジネスの適用分野の選択なし)

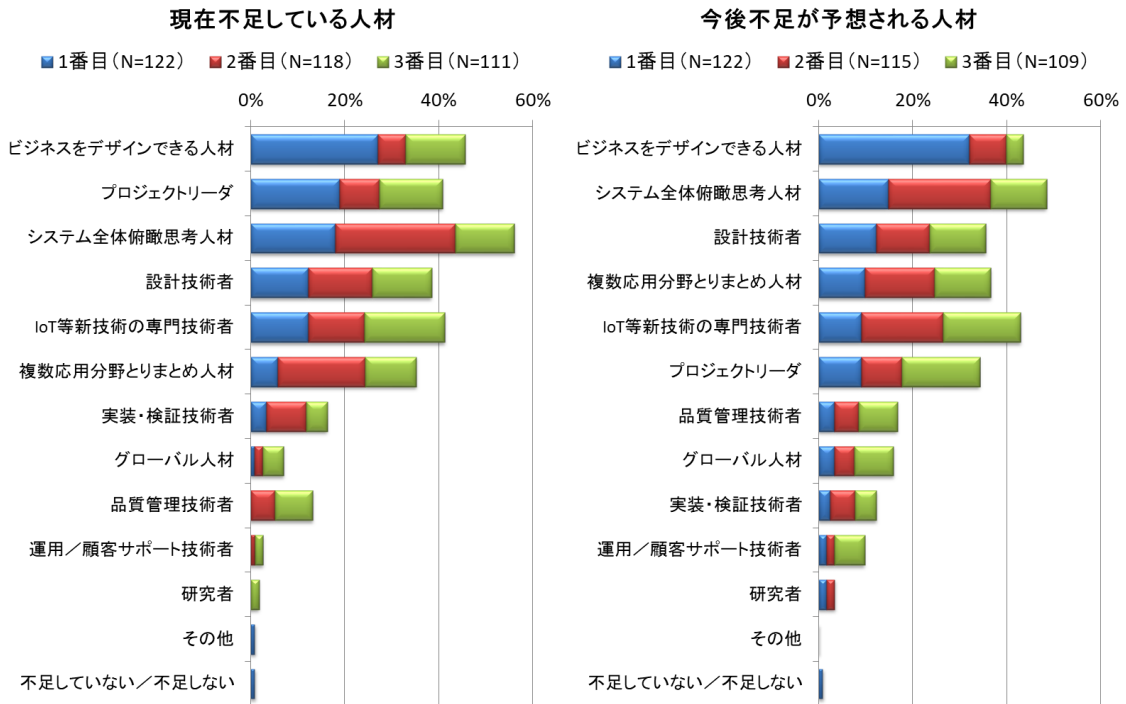


図 5-100 現在不足している人材、今後不足が予想される人材 (IoTに関連したビジネスの適用分野の選択あり)

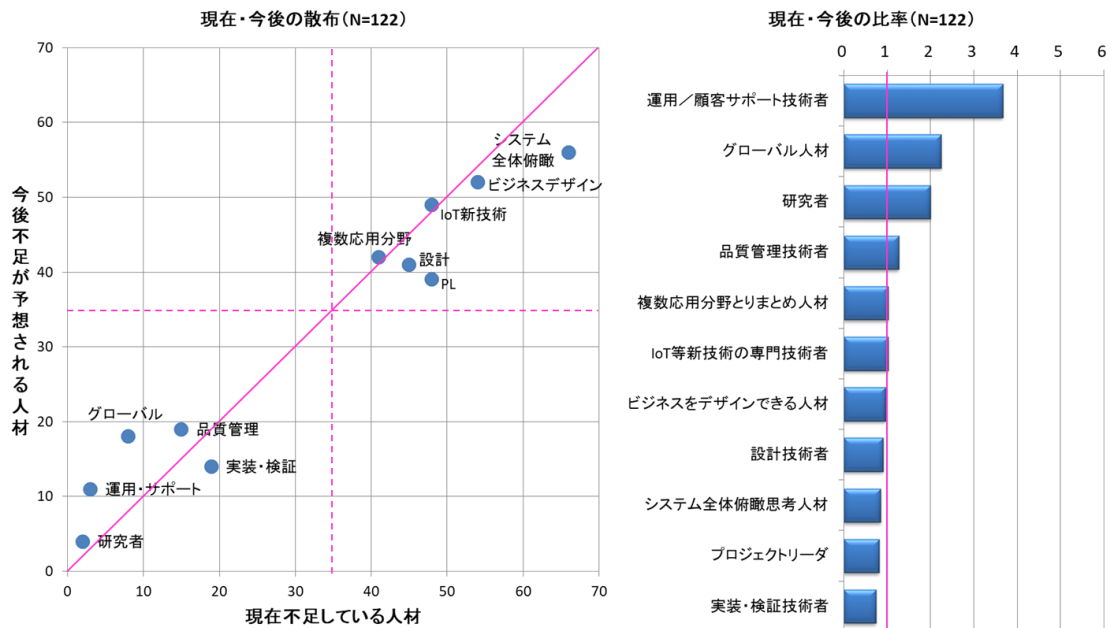


図 5-101 現在/今後の不足人材の関係(左)、現在/今後の回答数の比率(右) (IoTに関連したビジネスの適用分野の選択あり)

5.7.7 「AIに関する取り組み状況」と「現在/今後の不足人材」

「AIに関する取り組み」の有無と、「現在不足している人材/今後不足が予想される人材」の関係について集計を行った。図 5-102、図 5-103 は「AIに関する取り組み」が「なし」のグループ、図 5-104、図 5-105 は「AIに関する取り組み」が「あり」のグループとなっている。

現在/今後の不足人材について、AIに関する取り組みの有無に応じた有意な傾向の違いは見られない。

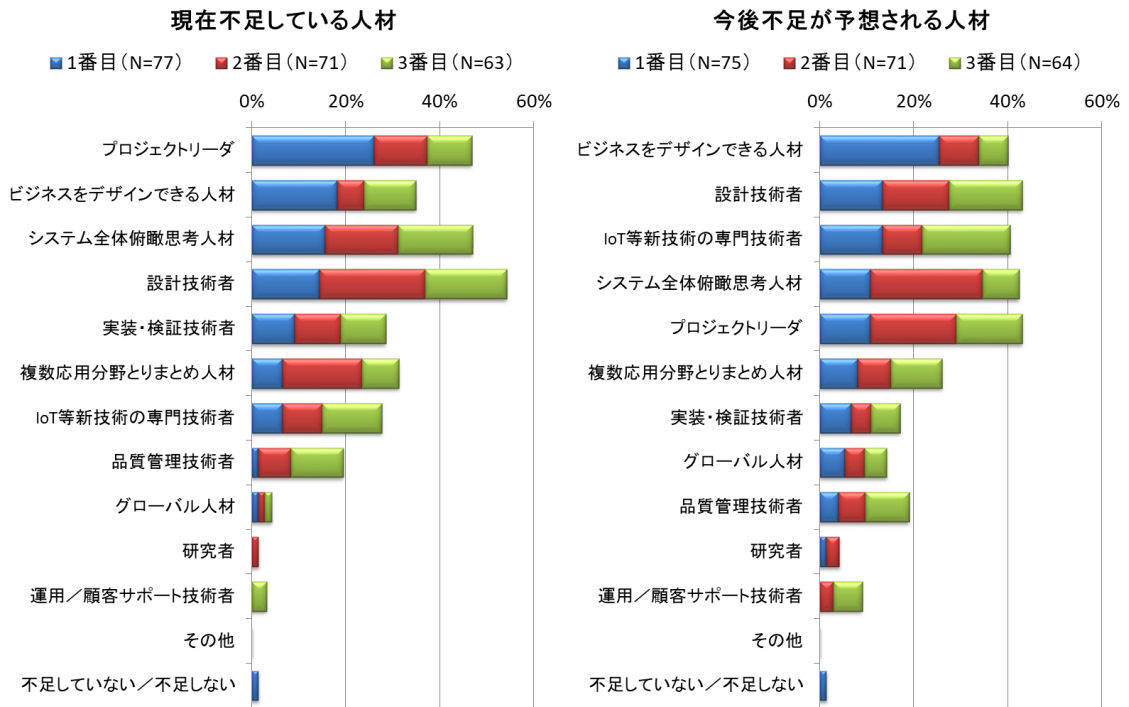


図 5-102 現在不足している人材、今後不足が予想される人材 (AI 関連の取り組みなし)

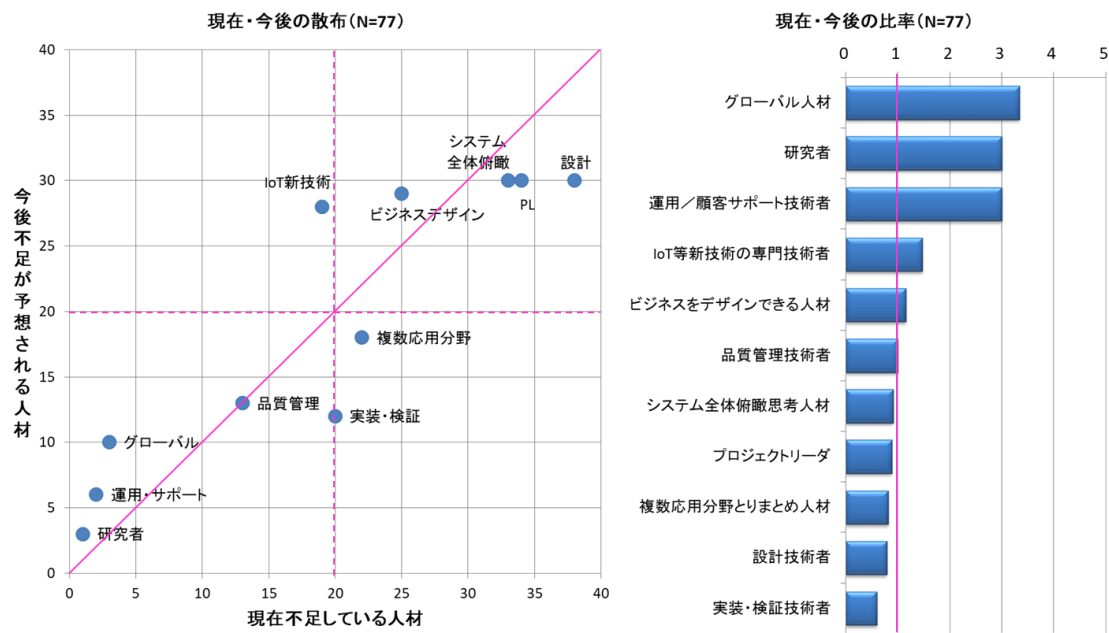


図 5-103 現在／今後の不足人材の関係(左)、現在／今後の回答数の比率(右) (AI 関連の取り組みなし)

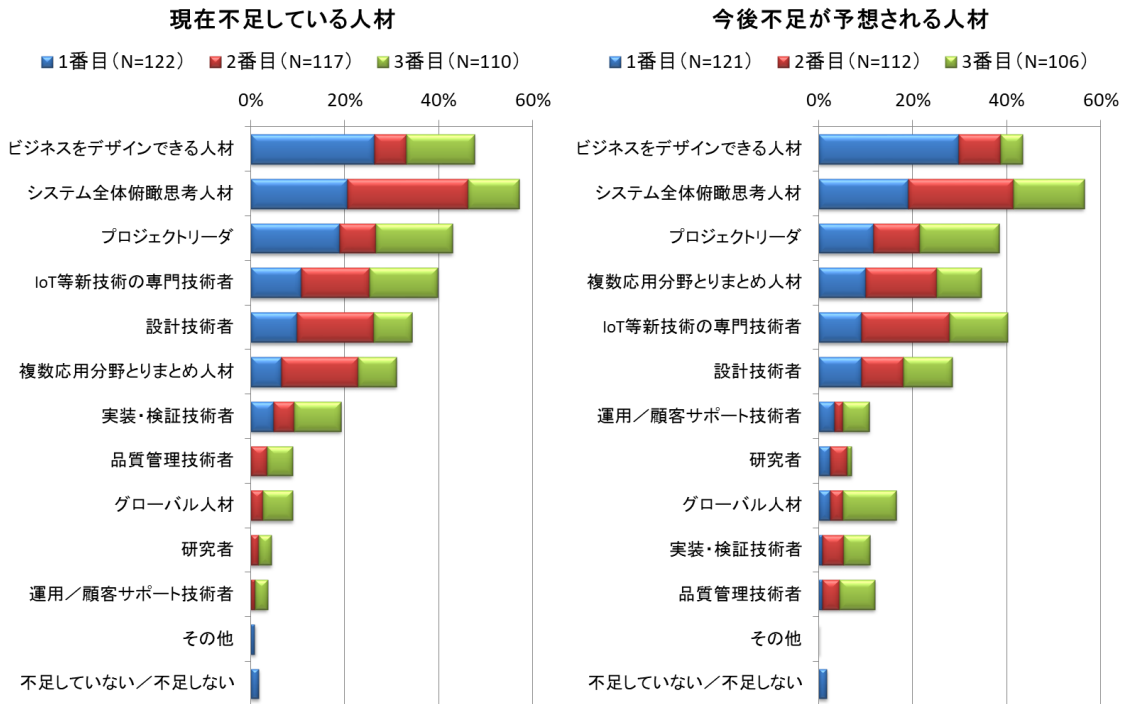


図 5-104 現在不足している人材、今後不足が予想される人材 (AI 関連の取り組みあり)

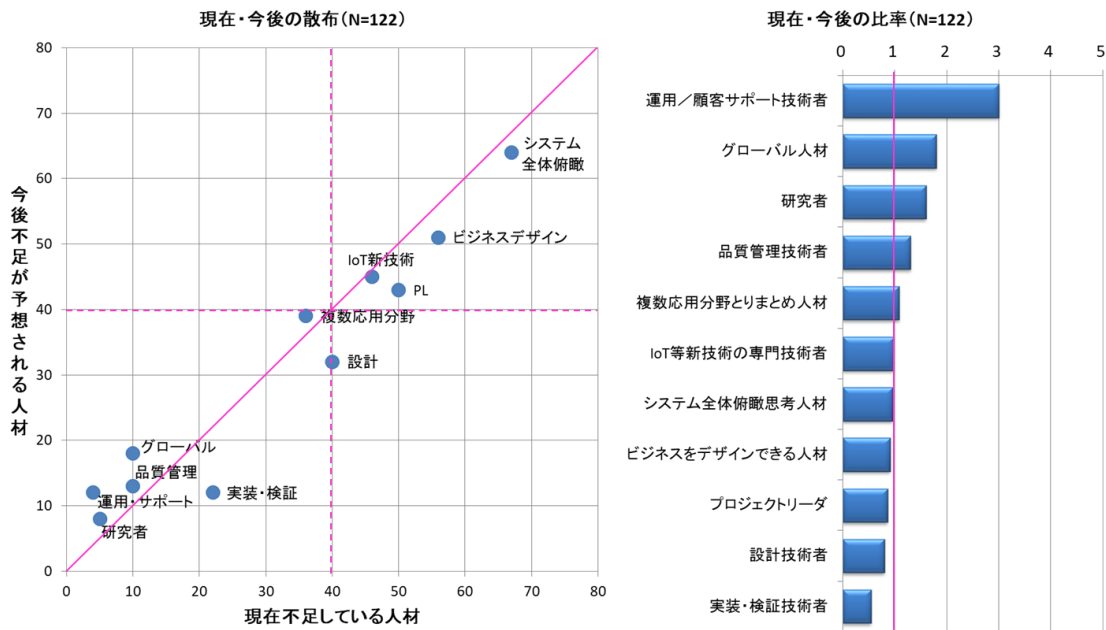


図 5-105 現在／今後の不足人材の関係(左)、現在／今後の回答数の比率(右) (AI 関連の取り組みあり)

5.7.8. 人材不足に対する施策

人材の不足に対する施策(図 5-106)としては、「**中途採用／ヘッドハンティングの活用**」が多く、3 番目までの合計で見ると「**外注／技術者派遣の活用**」が目立つ。景気拡大を受けて即戦力を求めていることがわかる。また、即戦力の確保以外では、「**大学・教育機関等との連携強化(新卒採用等)**」、「**今いる人材の再教育、スキルチェンジの強化**」が多く、少し時間を要することになっても人材育成の取り組みの必要性も認識されて

いる。前年度との比較(図 5-107)で見ても、順位の変動は多少あるものの有意な差は見られない。

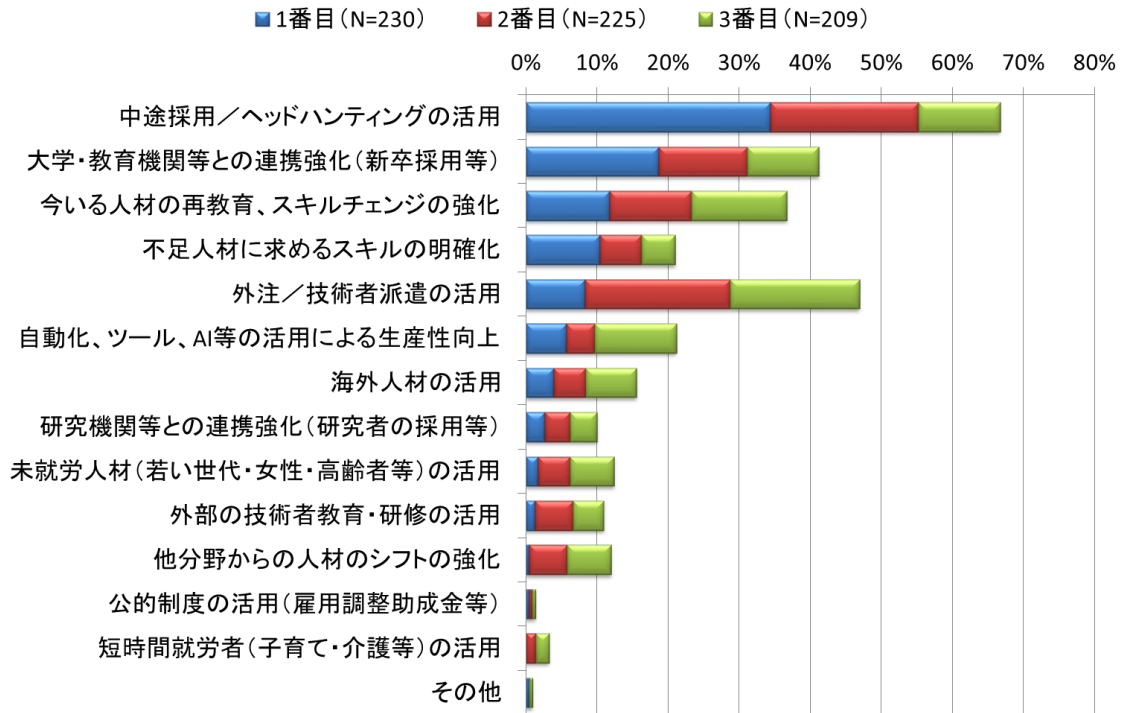


図 5-106 人材不足に対する施策

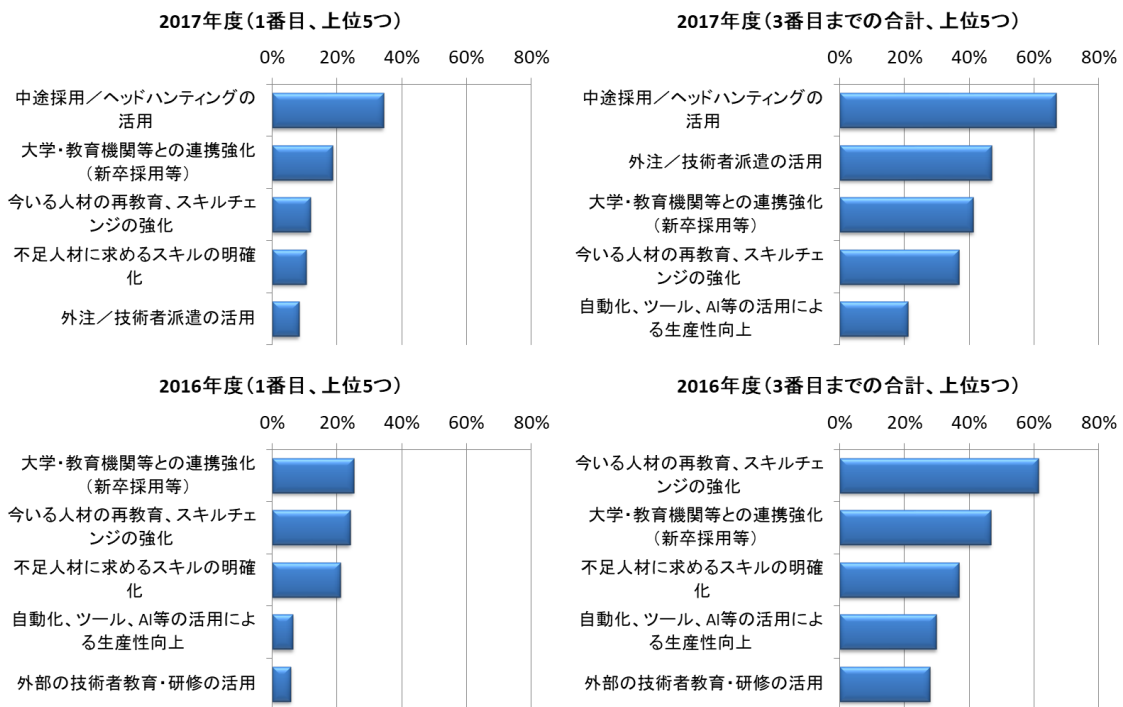


図 5-107 人材不足に対する施策(経年比較)

5.8. 組み込みソフトウェア「産業」の市場拡大や地位向上に関する取組

5.8.1. つながる状況下でのビジネス上の課題

つながる状況下でのビジネス上の課題(図 5-108)では、「**ビジネスモデルの構築が難しい**」が突出しており、IoT に対応した新しいビジネスへの進出のハードルが高いことがわかる。昨年度との比較(図 5-109)で見ても、順位の変動は多少あるものの「ビジネスモデルの構築が難しい」が突出して多いことには変わりがない。

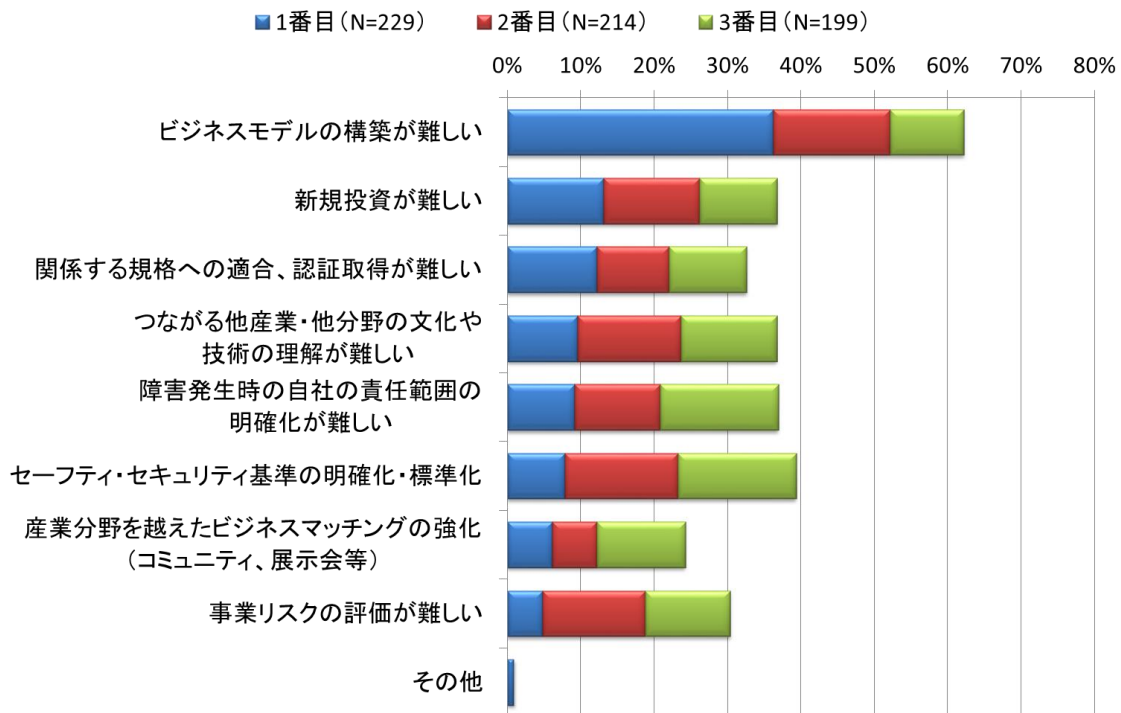


図 5-108 つながる状況下でのビジネス上の課題

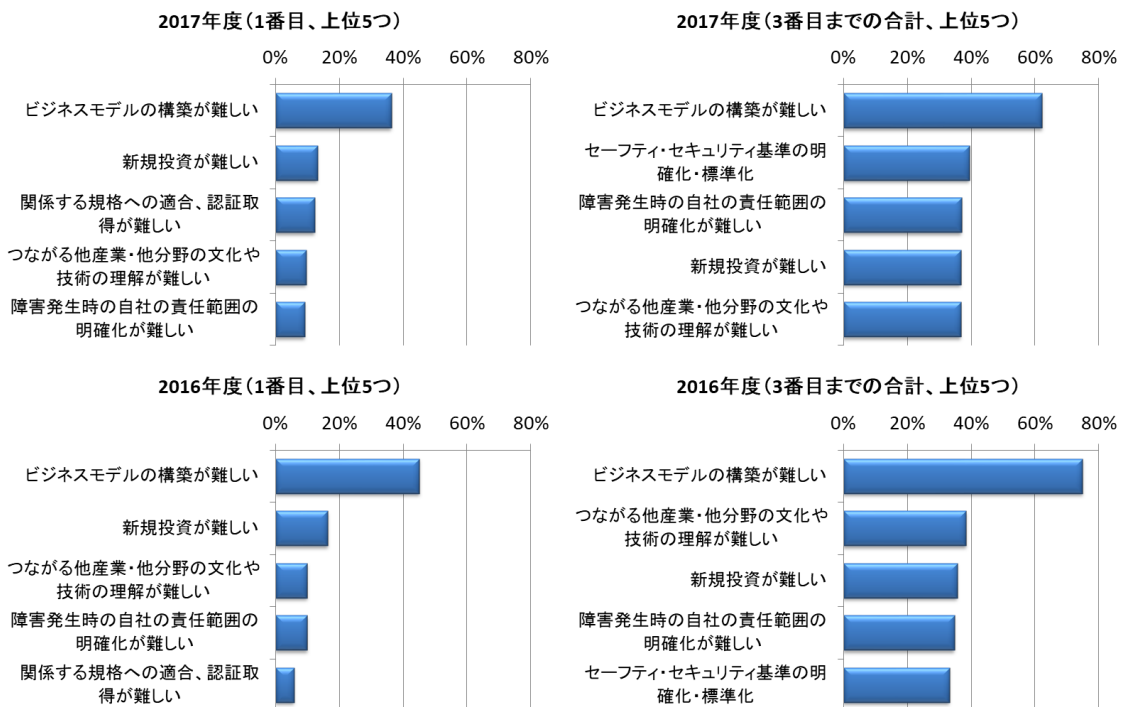


図 5-109 つながる状況下でのビジネス上の課題(経年比較)

5.8.2. 経済産業省、中小企業庁、日本貿易振興機構（JETRO）の制度やガイドライン等の利活用状況

経済産業省・中小企業庁、日本貿易振興機構（JETRO）等による制度やガイドライン等の利活用状況（図 5-110）では、昨年度同様に産業界側のニーズ、認知度ともに低い状況であることがわかった。

「下請適正取引等の推進のためのガイドライン」とJETROによる「海外展開支援サービス」の2つに利用が少々見られるが、残りの4つでの利用は殆ど見られず、中小企業に対する施策のミスマッチやPRの不足も懸念されるところである。

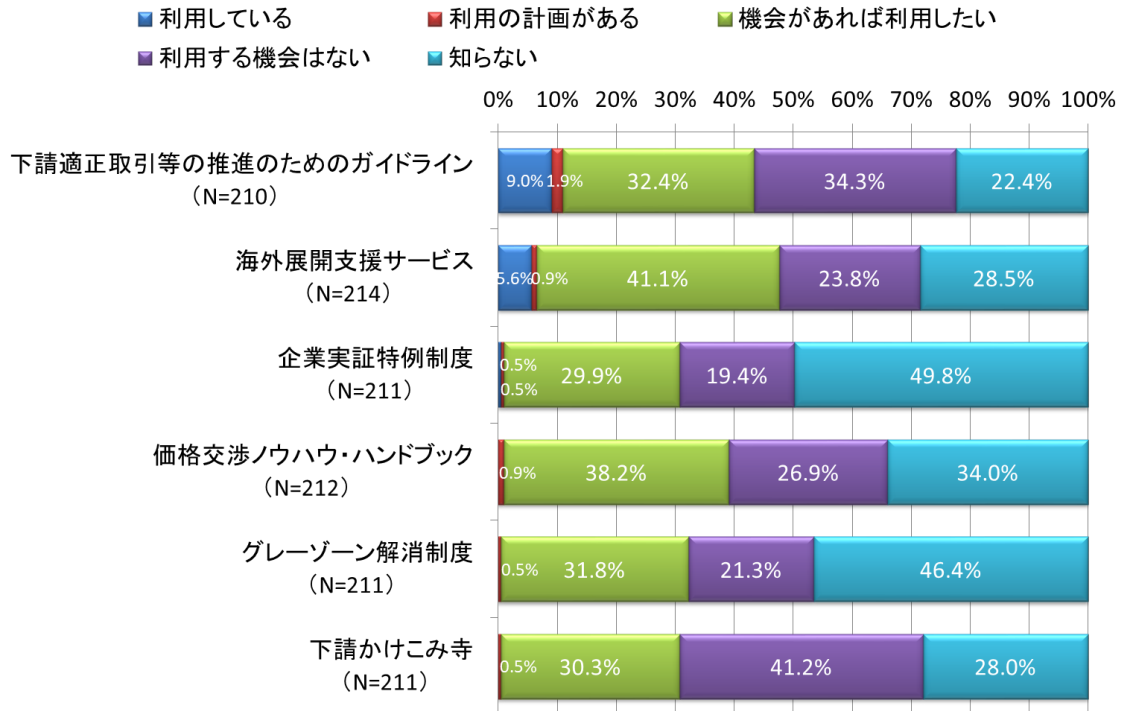


図 5-110 経済産業省等による施策の利活用状況

5.9. その他

5.9.1. IPA 報告書・成果物・手法等の活用状況

IPA が提供するさまざまな成果物・報告書・手法等について、成果物を 8 つのグループに分類して利活用の状況を調べたところ、認知度・利活用とも総じて低い評価という結果になった（図 5-111）。グラフは「活用した」と「参考にした」の合計で降順に並べている。

2005 年 5 月に公開された ETSS、2006 年公開の組込みソフトウェア向け開発プロセスガイド（ESPR） Ver. 1.0 以降展開されてきた ESxR シリーズは初版の発行からの 10 年以上を経て利活用も比較的多い。組込みソフトウェア開発データ白書も比較的多く利用されている。ここ数年に公開・刊行された成果物・報告書・手法等もあまり時間を経過していない中で、多いものでは 1 割から 2 割近い利活用実績を獲得する等、比較的健闘していると見ることもできる。

分類した成果物等の内訳については、表 5-2 を、また、個々の成果物等の内容については、IPA のホームページ⁸を参照されたい。

⁸ <https://www.ipa.go.jp/sec/reports/info.html>

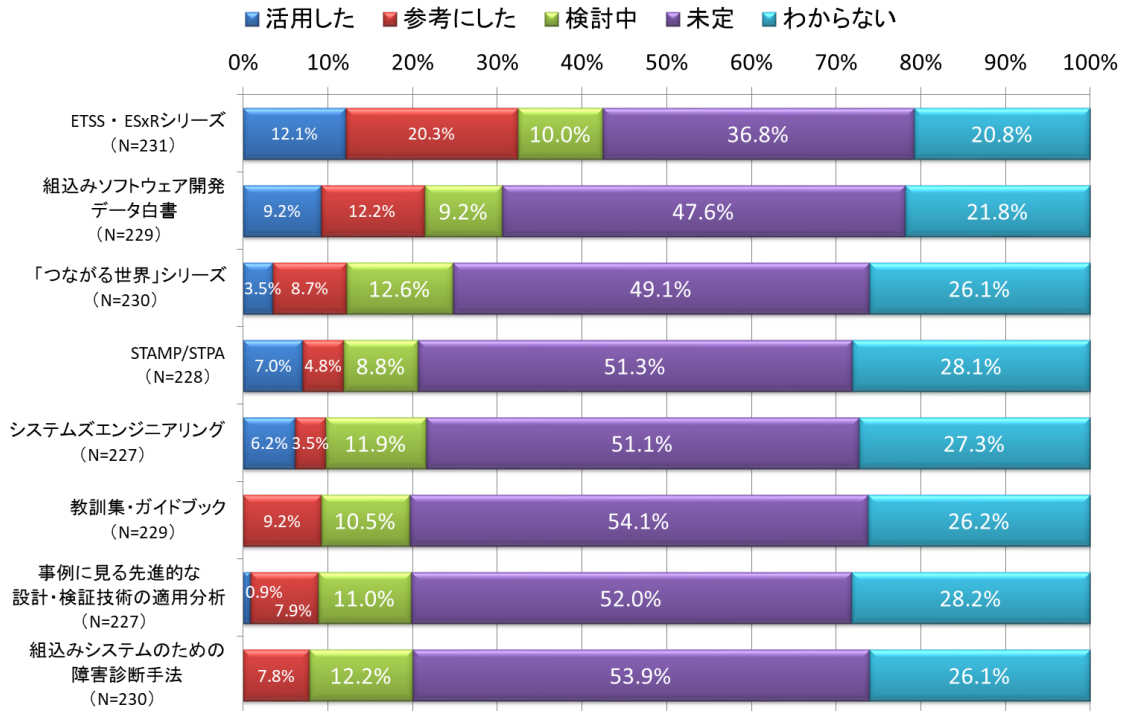


図 5-111 IPA 成果物の利活用の状況

表 5-2 報告書・成果物・手法等の分類

「つながる世界」シリーズ	つながる世界の開発指針(第2版) 『つながる世界の開発指針』の実践に向けた手引き [IoT 高信頼化機能編] つながる世界の利用時の品質 ~IoT 時代の安全と使いやすさを実現する設計~ つながる世界のセーフティ&セキュリティ設計入門 つながる世界のソフトウェア品質ガイド ~経営者が知っておくべきソフトウェアの品質・評価と国際規格「SQuaRE」~
事例に見る先進的な設計・検証技術の適用分析	~高信頼化のための開発技術導入に向けて~
システムズエンジニアリング	経営者のためのシステムズエンジニアリング導入の薦め 開発者のためのシステムズエンジニアリング導入の薦め システムズエンジニアリング 実践課題とベストプラクティス
STAMP/STPA	はじめての STAMP/STPA(実践編) ~システム思考に基づく新しい安全性解析手法~ はじめての STAMP/STPA ~システム思考に基づく新しい安全性解析手法~
組み込みシステムのための障害診断手法	大規模・複雑化した組み込みシステムのための障害診断手法 ~事後 V&V の体系と要素技術~ 大規模・複雑化した組み込みシステムのための障害診断手法 ~モデルベースアプローチによる事後 V&V の提案~ Ver. 2.0
教訓集・ガイドブック	情報処理システム高信頼化教訓集(組み込みシステム編) 障害未然防止のための設計知識の整理手法ガイドブック(組み込みシステム編) 障害未然防止のための教訓化ガイドブック(組み込みシステム編) 現場で役立つ教訓活用のための実践ガイドブック(組み込みシステム編)
組み込みソフトウェア開発データ白書 2015 組み込みソフトウェア向けプロジェクトマネジメントガイド(定量データ活用編)	
ETSS・ESxRシリーズ	組み込みスキル標準(ETSS) 組み込みソフトウェア向けプロジェクトマネジメントガイド(ESMR) 組み込みソフトウェア開発向けコーディング作法ガイド(ESCR) 組み込みソフトウェア向け開発プロセスガイド(ESPR) 組み込みソフトウェア向け設計ガイド(ESDR) 組み込みソフトウェア向けプロジェクト計画立案トレーニングガイド(ESMG) 組み込みソフトウェア開発向け品質作り込みガイド(ESQR)

利活用がある(「導入した」、「参考にした」)場合について利活用の目的を確認した。表 5-3 は、成果物と利活用の目的の回答の関係性をまとめたものである。色が濃いところほど回答数が多いことを示している。

「品質の向上」に対する期待が全般に大きく、それに続いているのが「生産性の向上」である。また、「その他」が多いことから今後は選択肢の再検討が必要である。

表 5-3 IPA 成果物の利活用の目的

	品質の向上	生産性の向上	開発管理の効率化	開発期間の短縮	不具合対応の効率化	開発費の削減	開発要員の削減	その他
ETSS・ESxRシリーズ	59	47	25	10	9	6	2	5
STAMP/STPA	24	6	2	5	3	1		4
事例に見る先進的な設計・検証技術の適用分析	18	12	1	5	2	3	1	
組込みソフトウェア開発データ白書	16	13	14	5	4	6	1	24
「つながる世界」シリーズ	14	4	3	2	4	2		14
システムズエンジニアリング	8	4	2	2		2		13
教訓集・ガイドブック	8	3	14	3	5	1	1	
組込みシステムのための障害診断手法	5	1	14	3	3			

5.9.2. IPA 成果導入のための工夫

IPA 成果物・手法等の導入のための工夫(図 5-112)では、「技術の進展に応じて適宜改訂を行う」、「理解しやすい内容にする」、「経営者が短時間で理解できるようコンパクトに整理する」、「事例を多く盛り込む」といった回答が上位に並んだ。内容のわかりやすさ、新鮮さ、シンプルさ等を求められていることがわかる。これらの声を反映した改善・改良を期待したい。

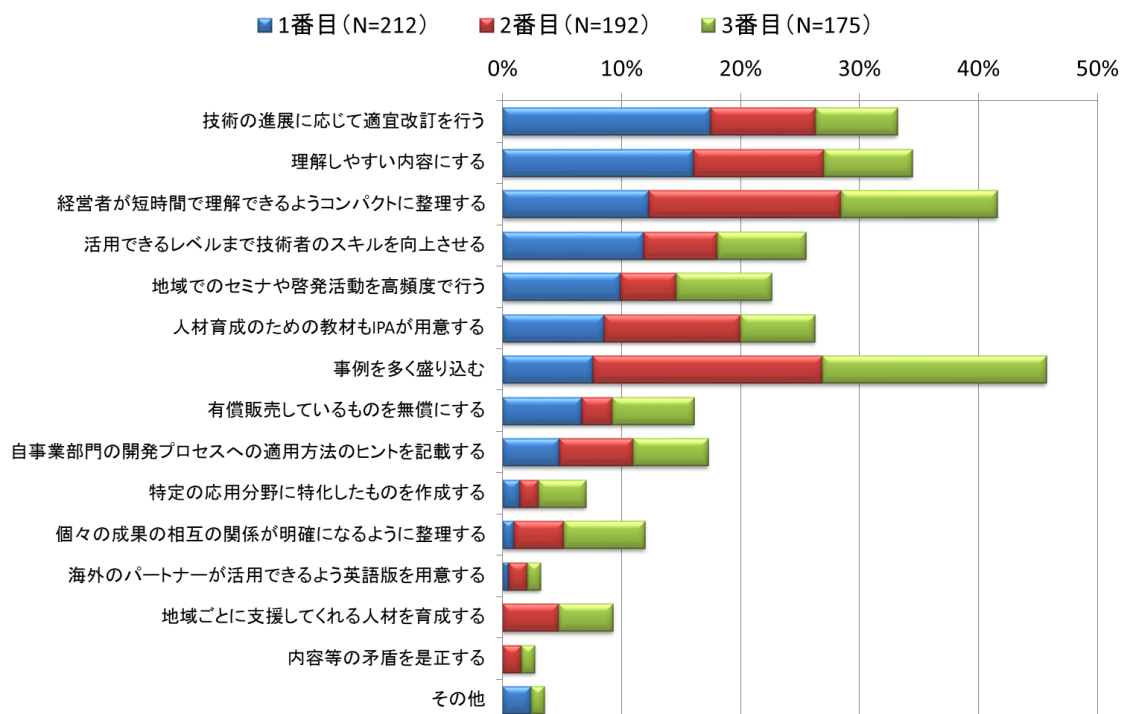


図 5-112 IPA 成果物導入のための工夫

5.9.3. 政府・IPA 施策への要望

政府や IPA がとるべき施策として要望するもの(図 5-113)では、「**人材関連の施策強化**」、「**研究開発の支援**」の回答が多く、「**補助事業の拡大強化**」、「**規制緩和の推進**」がこれに続く。

「その他」の回答では、「ベンチャー事業への大規模な投資」、「人材の流動性を促進する施策展開」等があげられていた。なお、本設問は 2016 年度とは選択肢が異なり単純な比較はできない。

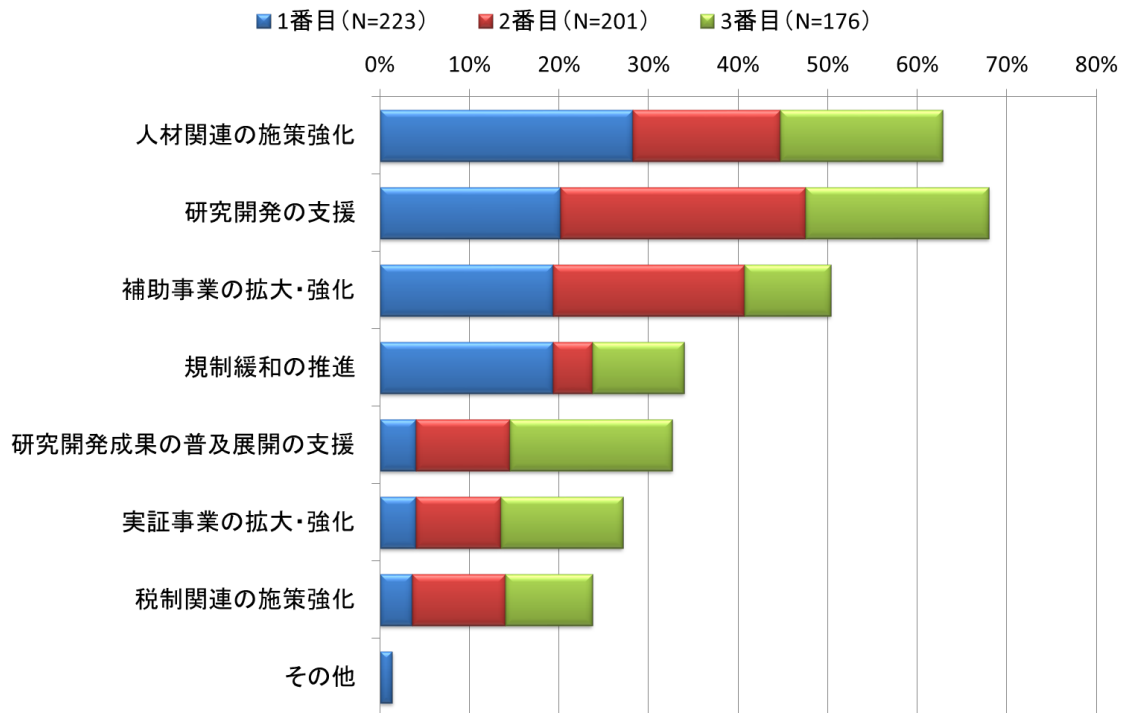


図 5-113 政府・IPA 施策への要望

5.9.4. 昨年度調査結果の認知状況

昨年度のアンケート調査結果がどの程度認知されているか(図 5-114)では、全体の 1/4 強が「**見た、活用した**」一方で半数強は「**見ていない**」という結果となった。本アンケート調査の実施だけでなく、とりまとめた結果の公開についても周知の工夫が必要である。

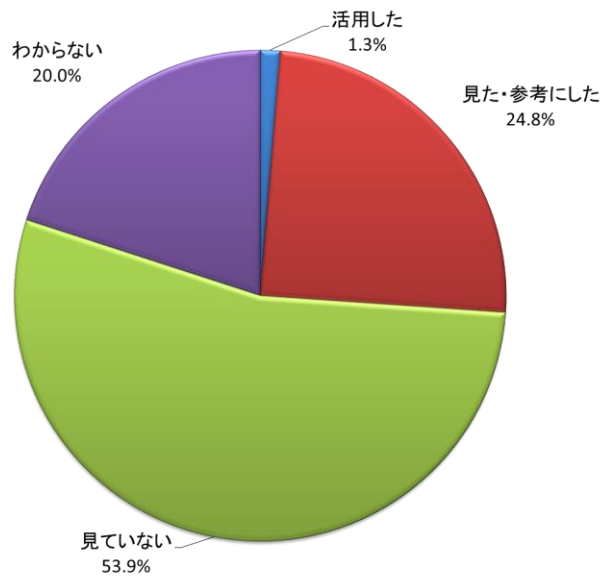


図 5-114 昨年度調査結果の認知状況

5.9.5. ヒアリング調査への協力の可否

今回は新たな取り組みとして、アンケート調査の結果のさらなる深掘りを行うことを目的に、ヒアリング調査への協力の意思の有無の確認を行った(図 5-115)。その結果、1/4 強がヒアリングへの協力に同意を得ることができた。

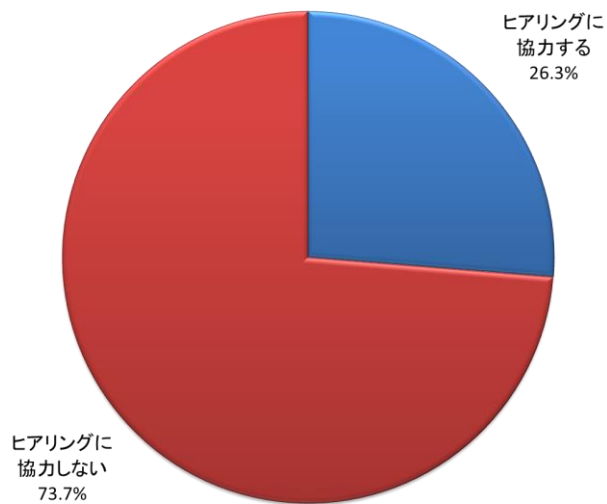


図 5-115 ヒアリング調査への協力の可否

6. アンケート結果の分析とまとめ

6.1. 分析とまとめ

本アンケート調査の結果から特徴や課題と思われる事項を抽出し、「技術」、「人材」、「産業」の3領域に分けて整理を行った(表 6-1～表 6-3)。

本調査で抽出された課題の裏側にある事象や真の課題等を見極めることが重要であり、政府あるいはIPAによる有効な施策立案のためには、本調査で明らかになった課題を他調査やヒアリング等を通じて深掘りしていくことが必要かつ重要と考える。

表 6-1 技術領域のポイント・課題等

組込みソフトウェアの複雑化	<ul style="list-style-type: none"> ● IoT 化の進展等により大規模化・複雑化が進行 ● 現場では開発技術による対応よりもシステム構造そのものへの対策が目立つ
モデルベース開発	<ul style="list-style-type: none"> ● 複雑化対応や生産性向上よりも品質目的で導入される現場が多い ● 大規模組織で取り組み先行しており、中小規模組織ではやや遅れ感が見られる ● 使用されている技術やツールには片寄りがある状況
現在／今後の重要技術	<ul style="list-style-type: none"> ● 今は既存の要素技術・開発技術が中心 ● 今後は AI、IoT 関連の新技术、ビッグデータに重要性がシフト
AI への取り組み	<ul style="list-style-type: none"> ● 一部で既に着手の動きが見られるが全体としてはまだこれからの状況 ● B2B の投資余力ある工場／オフィス等の分野で取り組みが先行している様子 ● 取り組んでいる企業のほうが取り組みのない企業よりも重要性を高く認識している

表 6-2 人材領域のポイント・課題等

技術者	<ul style="list-style-type: none"> ● 1 企業・組織あたり今いる人数の半分から同数程度の不足が多い(人数的には倍増の必要性) ● モデルベース開発は技術者不足が普及を阻む要因のひとつになっている様子あり ● 人数的には設計技術者の不足が目立ち、運用・サポート技術者にも需要あり ● 「設計品質の向上」という課題と「技術者のスキル向上」という解決策の組み合わせが長年にわたり回答の最上位に位置していることから、取り組みの成果が上がりにくいことが推察される
技術者以外の人材	<ul style="list-style-type: none"> ● ビジネスのデザインができる能力、システム全体を俯瞰して思考する能力のニーズ高い ● IoT 時代を睨み、運用／顧客サポート技術者にもニーズあり ● 大人数ではないが研究者、グローバル人材等も一定の需要あり
不足人材の充足手段	<ul style="list-style-type: none"> ● 現場に逼迫感があり、即戦力確保(中途採用、ヘッドハント等)が筆頭 ● 既存人材のコンバートも視野 ● 新卒採用にも期待あり ● 中小では人材投資の負担大きい

表 6-3 産業領域のポイント・課題等

産業構造	<ul style="list-style-type: none"> ● 中小零細規模が多い、また、自動車関連、FA 関連等の製造業が多い ● 受託開発・人材派遣事業が多く、品質・コスト・納期よりも技術力が評価されており、今後は技術力と品質を高めたいとの意識が強い ● 足元の景気は回復・拡大基調で、取り扱い製品数は増加、不具合も微増傾向だが現場意識は減少／横ばいとギャップあり ● 水平分業型、サービス提供型、B2C 型へのシフトは不可避 ● AI・IoT 等新技術のキャッチアップが重要 ● 事業環境の変化への追従と収益化も大事
つながる上でのビジネス課題	<ul style="list-style-type: none"> ● 新規ビジネスへの進出は、ビジネスモデルの構築、新規投資の両面で重荷となっている
政府施策、IPA 成果	<ul style="list-style-type: none"> ● 利活用は低迷 ● IPA 成果の利用者は、新鮮かつコンパクトでわかりやすいこと、事例の掲載等を期待
政府・IPA 施策への期待	<ul style="list-style-type: none"> ● 人材施策、研究開発支援、規制緩和

6.2. 参考資料等

参考文献

<経年比較に用いた過去の調査>

- 組込みソフトウェア産業の動向把握等に関する調査(2016 年度、IPA)
<https://www.ipa.go.jp/sec/reports/20170502.html>
- クリーンデバイス社会実装推進事業「組み込みシステム及び関連ソフトウェアに関する技術課題の検討」(206 年度、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)
http://www.nedo.go.jp/library/seika/shosai_201609/20160000000763.html
- ソフトウェア産業の実態把握に関する調査(2011 年度～2012 年度、IPA)
<http://www.ipa.go.jp/sec/softwareengineering/reports/20120427.html>
<http://www.ipa.go.jp/sec/softwareengineering/reports/20130426.html>
- 組込みソフトウェア産業実態調査(2004 年度～2010 年度、経済産業省)
http://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/ESIR/

<その他関連調査等>

- 組込みソフトウェア開発データ白書 2017(IPA)
<https://www.ipa.go.jp/sec/reports/20171114.html>
- 中小企業白書(中小企業庁)
<http://www.chusho.meti.go.jp/pamflet/hakusyo/>
- 科学技術研究調査(総務省統計局)
<http://www.stat.go.jp/data/kagaku/>
- 経済センサス(総務省統計局)
<http://www.stat.go.jp/data/e-census/>
- 特定サービス産業動態統計調査(経済産業省)
<http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/tokusabido/>
- ソフトウェアに関する調査報告書(一般社団法人 電子情報技術産業協会 ソフトウェア事業委員会)
<http://www.jeita.or.jp/japanese/public/software/index.html>
- JISA 基本統計調査(一般社団法人 情報サービス産業協会)
http://www.jisa.or.jp/it_info/statistics/tabid/769/Default.aspx

<政府関係資料等>

- Society 5.0(内閣府)
http://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html
- 未来投資戦略 2017 - Society 5.0 の実現に向けた改革 - (首相官邸)
https://www.kantei.go.jp/jp/headline/seicho_senryaku2013.html
- Connected Industries(経済産業省)
http://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/connected_industries/index.html

IPA