

修士学位論文

題目

ソフトウェア開発者の業務能力に対する行動特性の関連調査
— 適切な業務割り当てを目的として —

指導教員

楠本 真二 教授

報告者

高木 一真

令和5年2月1日

大阪大学 大学院情報科学研究科

コンピュータサイエンス専攻

令和 4 年度 修士学位論文

ソフトウェア開発者の業務能力に対する行動特性の関連調査

— 適切な業務割り当てを目的として —

高木 一真

内容梗概

IT 人材の能力を評価するツールとして、i コンピテンシ・ディクショナリ (iCD) が存在する。iCD は、IT 人材に求められるタスク（業務）とスキル（技術）を、辞書のように参照できるツールであり、利用者は自身の受け持つ業務を iCD で参照することで、その分野の具体的な業務や、業務に役立つスキルを把握できる。また、IT 人材は業務能力やスキル能力の他に、主体性やコミュニケーション能力などの行動特性も重要とされており、IT 人材に必要とされる行動特性は様々な研究者によって考案されている。行動特性の他にも、業務能力とその業務に関わるスキル能力は関連があるとされており、我々の直感的にも納得しやすい。しかし、スキル能力と行動特性が業務能力にどれほど関連があるか、定量的に評価した研究はいまだに存在しない。本研究では、ソフトウェア開発企業に勤める人材の業務能力とスキル能力、行動特性を定量的に評価することで、開発者の業務能力とスキル能力、行動特性にどのような関連があるかを調査した。その結果、開発者の年齢や担当する役割ごとに特徴的な行動特性を持つこと、業務能力とスキル能力は強く関連しており、行動特性が業務能力に関連する割合が小さいことが分かった。

主な用語

ソフトウェア開発, i コンピテンシ・ディクショナリ (iCD), 行動特性, 業務能力評価, スキル能力評価

目次

1	はじめに	1
2	準備	2
2.1	関連研究	2
2.2	i コンピテンシ・ディクショナリ (iCD)	3
2.3	開発者の役割別能力評価シート	4
2.4	行動特性とコンピテンシ	5
2.5	JISA の行動特性評価シート	5
2.6	偏相関係数	8
3	業務能力と行動特性の関連調査手法	11
3.1	調査手法の流れ	11
3.2	Research Question	12
4	実験結果	14
4.1	RQ.1: ソフトウェア開発者の各年代に対する行動特性の特徴	14
4.2	RQ.2: ソフトウェア開発者の各年代と担当役割に対する行動特性の特徴	15
4.3	RQ.3: 各役割の業務能力に関連のある要因	18
5	考察	20
5.1	RQ.1: ソフトウェア開発者の各年代に対する行動特性の考察	20
5.2	RQ.2: ソフトウェア開発者の各年代と担当役割に対する行動特性の考察	20
5.3	RQ.3: 各役割の業務能力に関連する要因の考察	21
6	妥当性の脅威	22
7	あとがき	23
	謝辞	24
	参考文献	25

図目次

1	コンピテンシ評価の概要図	6
2	相関がない変数間で疑似相関が生じる例	9
3	ソフトウェア開発者の年代別による行動特性比較	14
4	各役割の行動特性比較（30 歳代）	16
5	各役割の行動特性比較（40 歳代）	17
6	各役割の行動特性比較（50 歳代）	18

表目次

1	タスクディクショナリの例	3
2	スキルディクショナリの例	4
3	iCD の数値評価における各数値の診断基準	4
4	役割別能力評価シートの例	6
5	IT ヒューマンスキル	7
6	JISA の行動特性評価シート	8
7	行動特性評価シートの数値評価における各数値の診断基準	9
8	各役割の調査人数と業務の説明	12
9	偏相関係数に有意性が認められた要因	19

1 はじめに

現在日本では IT 業界のエンジニア不足が社会問題の 1 つとされており，経済産業省の調査によると，2030 年には約 79 万人もの人材が不足すると言われている [1]．その問題を解決しようとする動きがあり，今まで様々な IT 人材の育成方法や能力評価方法が提案されている [2]．

情報処理推進機構（IPA）が作成した IT 人材の能力を評価するツールとして，i コンピテンシ・ディクショナリ（iCD） [3] が存在する．iCD は IT 人材に求められるタスク（業務）と，スキル（技術）を辞書のように参照できるツールであり，利用者は自身の受け持つ業務を iCD から参照することで，業務の具体的な実施内容や，その業務を円滑に進めるためのスキルを把握できる．

また，ソフトウェア開発者は業務能力やスキル能力の他にも，主体性やコミュニケーション能力などの行動特性も重要とされており [4]，IT 人材に必要なとされる行動特性は様々な研究者によって考案されている [5] [6]．実際に，iCD も IT 人材に必要な行動特性を IT ヒューマンスキルという名目でまとめている [7]，IT 人材の評価に行動特性を考慮すべきことを主張している．

また，業務に関するスキル能力も業務能力に関連があるとされており [7]，スキル能力の影響を無視した際に，行動特性が業務能力にどの程度関連するのか，定量的に評価した研究はない．行動特性と業務能力の関連が不明であれば，人材の行動特性を考慮した業務の割り当てをはじめとする，行動特性を用いた業務能力評価を行う妥当性が疑われる．

本研究では，あるソフトウェア開発企業に勤める人材を対象として，業務能力とその業務に対するスキル能力，そして行動特性を定量的に評価し，それらの能力について関連性を調査することにより，ソフトウェア開発者の人材評価において，行動特性を考慮することが有用であるかどうか考察する．

以降，2 節では関連研究と本研究で使用する用語や資料の説明を例を交えて説明し，3 節では実験方法の説明や本研究で設定した Research Question（RQ）について説明する．4 節では設定した RQ を基に実験結果を報告し，5 節では 4 節の実験で得られた結果を考察する．6 節では本研究の妥当性の脅威について述べ，最後に 7 節で本研究のまとめと今後の課題について述べる．

2 準備

本章では、関連研究や諸用語について述べる。

2.1 関連研究

ソフトウェア開発者の行動特性に注目した研究は幅広く行われている。特に、行動特性の評価手法として、マイヤーズ＝ブリッグス・タイプ指標 (MBTI) [8] を用いた性格診断を用いていることが多い。MBTI では特定の質問票を用いることにより、自身の性格を以下の 4 つの領域で評価する。

興味関心の方向	外向型 (E) / 内向型 (I)
物の見方	感覚型 (S) / 直感型 (N)
判断の仕方	思考型 (T) / 感情型 (F)
外界への接し方	判断型 (J) / 知覚型 (P)

質問票に回答することで、自身が各領域でどちらに属するか決定され、その属性の頭文字を順番に並べることで自身の性格が表現される。例えば、各領域でそれぞれ外向型、感覚型、思考型、判断型と評価された場合、その人の性格は ESTJ と表現される。各属性の組み合わせは 16 通り存在し、それぞれに特徴的な性格が示されている。

MBTI を用いた IT 人材の性格を調査した研究をいくつか紹介する。Capretz は、ソフトウェアを学ぶ学生や企業でソフトウェアを扱う技術者の幅広い人材を対象とし、MBTI による性格調査の結果、ソフトウェア開発者は ST, TJ, または NT である可能性が最も高いことを示している [9]。Narasimhaiah らは、情報システム分野で小規模開発を担当する人材に対し、MBTI による行動特性タイプを収集し、開発者の役割ごとでチームパフォーマンスに影響を与える行動特性タイプを分析した [10]。その結果、プロジェクト管理者 (PM) は感覚型よりも直感型、コーダーは内向型よりも外向型である方がチームパフォーマンスが高いこと、また PM の行動特性と他のチームメンバーの平均行動特性に注目すると、PM とチームメンバーの 外向型 / 内向型、感覚型 / 直感型の差が大きければチームパフォーマンスが高いが、メンバー間の行動特性の差ではチームパフォーマンスに差が見られないことを示している。

MBTI を用いずに行動特性を評価した研究も多く実施されている。André らは、プロジェクトチームを決定する際に、個人がその役割に適しているかだけでなく、チーム全体としてどのような成果を発揮するかということを考慮し、プロジェクトチームメンバーの決定プロセスモデルを考案した [11]。Rabia らは、国際開発プロジェクトに所属する PM を対象として、デルファイ法を用いることで調査に参加した PM の意見集約を行い、プロジェクトライフサイクルごとにおいて重要なコンピテンシを提示した [12]。Bradley らは、ソフトウェア開発のチームに関する文献調査を行い、生産性が高いチームに

は、効果的なリーダーシップ、チーム内コミュニケーション、グループ団結力、性格の多様性があることを示した [13]. Acuña らは、大学生の初学者プログラマー 3 人をチームメンバーとする、アジャイル開発手法を用いたソフトウェア開発を実施することで、メンバーの「快楽性」「良心性」スコアと仕事に対する満足度、メンバーの「外向性」スコアとソフトウェアの品質に正の相関が認められたことを示している [14]. ここで、「快楽性」「良心性」「外向性」はビッグファイブ理論と呼ばれる、行動特性に関する理論を構成する特性要因である [15].

しかし、企業に勤める人材の業務能力と行動特性を定量的に評価し、スキル能力を考慮した状態で行動特性と業務能力がどの程度関連するのか調査した研究はなく、行動特性が業務能力に対してどれほど影響力があるのか評価が不十分である.

2.2 i コンピテンシ・ディクショナリ (iCD)

iCD は、情報処理推進機構 (IPA) が作成した、IT 企業に求められるタスク (業務) とスキル (技術) を、辞書のように参照できるツールである [3]. iCD のタスクディクショナリの一部抜粋した表を表 1 に、スキルディクショナリの一部抜粋した表を表 2 に示す.

利用者は、自分の業務に沿ったタスクやスキルを iCD から参照し、その評価項目を数値評価をする

表 1 タスクディクショナリの例

タスク大分類	タスク中分類	タスク小分類	評価項目
システム要件 定義・方式設計	システム化 要件定義	システム化の 対象と目的の決定	ユーザが抱える問題点やニーズをユーザ業務 の視点で把握する ．．．
		要求事項の 調査と分析	現行システムをシステム利用状況、ユーザビ リティ、HW 構成、SW 構成、データ構成、 運用管理等の視点で分析する ．．．
		．．．	．．．
		．．．	．．．
	セキュリティ 要件定義	現状把握	組織のセキュリティポリシーを把握し、情報 セキュリティに関する組織規程やルール、法 令、ガイドラインの内容を確認する ．．．
			．．．
	．．．	．．．	．．．
	．．．	．．．	．．．

ことによって、自身が行う業務の具体的な作業や能力向上のために役立つスキルを知ることができる。数値評価の数値診断基準は表 3 に示す。

現在 iCD は広く普及しており、一般社団法人 iCD 協会（iCDA）が定める iCD 活用企業認証を受けている企業は 1000 社以上存在する [16]。

2.3 開発者の役割別能力評価シート

iCD のタスクディクショナリは、どのようなビジネス形態の企業でも活用できるように広範囲な企業活動を想定した構成になっている [17]。その評価項目数は全体で 2500 個ほどあり、企業に必要なタスクをタスクディクショナリから取捨選択する作業は大きなコストがかかる。また、一般的に IT 企業では要求分析者や設計者のような、開発者の役割ごとの開発能力を評価したい要望があるが、iCD は業務種別のタスクやスキルを評価するため、役割ごとの評価に不向きである。

これらの課題を改善しようとして、評価対象の人材をソフトウェア開発者に限定し、ソフトウェア開発の役割ごとに業務能力とスキル能力を評価可能な、開発者の役割別能力評価シートが作成された [18]。能力評価シートを一部抜粋したものを表 4 に示す。能力評価シートは、役割、役割に必要な業務をまと

表 2 スキルディクショナリの例

スキル分類	スキル項目	知識項目
(企画) 要求分析手法	要求の抽出手法	RACI マトリクス
		インターフェース分析
		...
	要求の整理手法	100 ドルテスト
		4 象限方式
		...
	...	...

表 3 iCD の数値評価における各数値の診断基準

数値評価	診断基準
0	知識、経験なし
1	トレーニングを受けた程度の知識あり
2	サポートがあれば実施できる、またはその経験あり
3	独力で実施できる、またはその経験あり
4	他者を指導できる、またはその経験あり

めた分類，その分類を評価する質問項目で構成されており，ソフトウェア開発企業はこれを用いることで，社員の各役割に対する業務能力やスキル能力を容易に評価できる．業務能力とスキル能力の具体的な評価方法は以下の 2 ステップで構成される．

ステップ 1 各質問項目に対して数値評価

ステップ 2 タスク，スキルごとに評価値の平均を計算

以降では，各ステップについて説明する．

2.3.1 ステップ 1: 各質問項目に対して数値評価

自身が担当する役割について，役割別能力評価シートの各質問項目について数値評価を行う．数値評価は，iCD と同様に表 3 で示した数値が用いられる．

2.3.2 ステップ 2: タスク，スキルごとに評価値の平均を計算

数値評価を終えたら，各質問項目をタスクとスキルに分類して，タスク，スキルごとに評価値の平均を計算する．ここで求めたタスクの評価平均値，スキルの評価平均値が，それぞれ業務能力，スキル能力となる．以上のステップを踏まえることで，担当する役割の業務能力とスキル能力を評価できる．

2.4 行動特性とコンピテンシ

行動特性とは個人が持つ行動原理やその背景となる考え方のことを指し，スキル能力などの特定の知識を必要としない人間の内面的な特性である．行動特性に注目した人材評価の例として，コンピテンシ評価が挙げられる [19]．コンピテンシ評価とは，企業で高い業績を生み出す人材の普段の振る舞いに着目した評価手法である．コンピテンシ評価の概要を図 1 に示す．

コンピテンシ評価は，まず企業で高い業績を出す人材に共通する行動特性に着目し，業績をあげるために必要な行動特性の一覧（コンピテンシモデル）を作成する．次に，各社員に対してコンピテンシモデルを適用し，各行動特性がどれほど満たされているかによって人材を評価する．以上がコンピテンシ評価の概要である．現在，ソフトウェア開発においても様々なコンピテンシモデルが提案されている [5] [6]．

2.5 JISA の行動特性評価シート

一般的に，IT 人材は技術的な業務能力だけでなく行動特性も重要とされており [4]，iCD もスキルディクショナリの一部として，IT 人材に求められる行動特性を IT ヒューマンスキルという名目でまとめている．IT ヒューマンスキルを表 5 に示す．表 5 を見ると，IT ヒューマンスキルは IT 人材に必要な

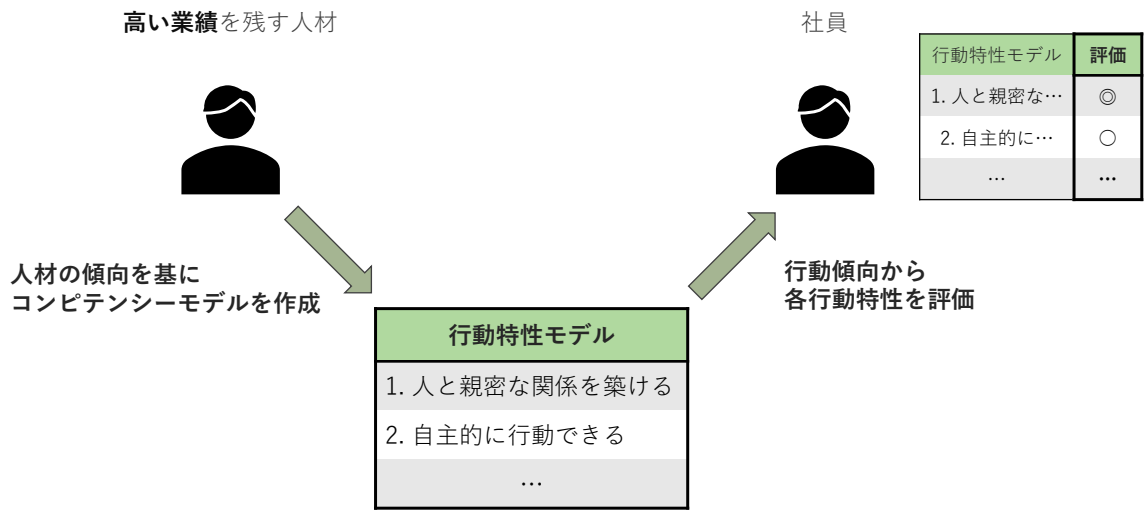


図1 コンピテンシー評価の概要図

表4 役割別能力評価シートの例

役割	分類	タスク / スキル	質問項目
システム 要求分析者	機能要件 の定義	タスク	機能要件を定義する
			ユーザビリティ要件を定義する
			...
		スキル	機能要件の抽出・分類・構造化技術、文書化技術（USDM、ユースケース図等）、トレーサビリティ技術
			概念データモデル、システム化業務フロー、論理機能配置（ブロック）図
			...
		...	...
	非機能要件 の定義	タスク	非機能要件を定義する
			...
		スキル	信頼性・運用・性能・保守性・セキュリティ・拡張性要件の知識、非機能要件のトレードオフ分析技術
			...
	...	...	...

な行動特性として大きく創造力、実行・実践力、コミュニケーション力の3つを設定しており、それらの評価項目はすべて合わせて12個と少ない。また、各評価項目を評価するための基準が設定されておらず、行動特性の評価が難しい。

これらの課題点から、本研究では情報サービス産業協会（JISA）が、IT人材の行動特性を評価するために考案した評価シートを用いる [20]。行動特性評価シートを表6に示す。JISAは、IPAにより設置された「第4次産業革命に対応したスキル標準検討WG」で行動特性に焦点を当てた人材育成の必要性が議論されていることに着目し、現在活躍する人材の特徴を評価しようと、この行動特性評価シートを作成した。評価シートは、22項目の行動特性とそれを評価するための評価基準で構成されており、利用者は各行動特性を数値評価をすることで、22項目の行動特性に基づいた行動特性評価が可能となる。数値評価の数値診断基準を表7に示す。

表5 IT ヒューマンスキル

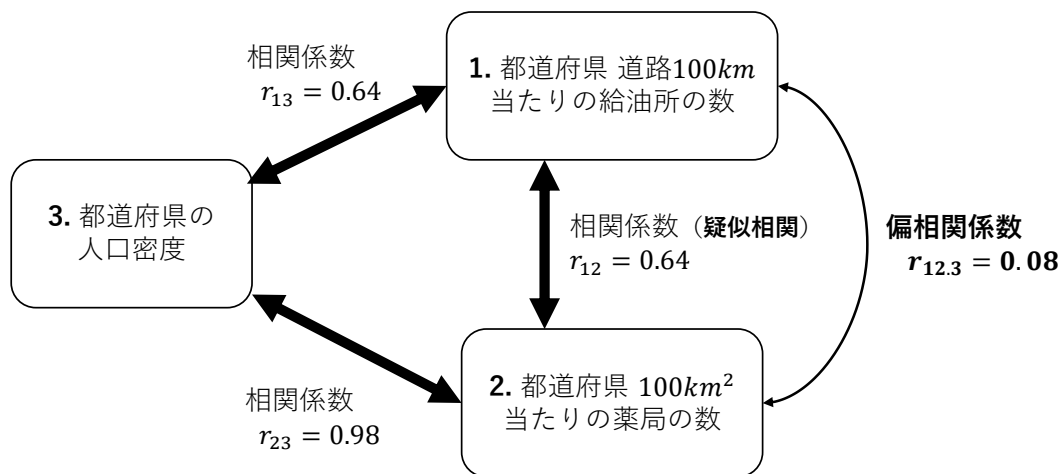
スキルカテゴリ	スキル分類	スキル項目
IT ヒューマンスキル	創造力	問題発見力
		問題分析力
		仮説設定力
		論理思考力
		概念化力
	実行・実践力	俯瞰力
		深耕力
		継続力
		革新力
	コミュニケーション力	相手の考えを理解する力
		自分の考えを伝える力
		共感を呼ぶ力

2.6 偏相関係数

偏相関係数とは、指定した変数の影響をなくした相関係数である。偏相関係数は-1 から 1 の値を取り、1（-1）に近ければ近いほど、指定された変数の影響を無視したうえで、その変数間で正（負）の関連が大きいことを表す。相関を調べたい変数 x, y とそれらとの影響を考慮する変数を z としたとき、

表 6 JISA の行動特性評価シート

行動特性	具体的には
1. 情報取捨選択力	入手した幅広い情報を取捨選択する
2. 独創性	既存の枠にとらわれず、アイディアを生み出す
3. 課題解決力	現状と目標のギャップを埋めるための課題を解決する
4. 先見力	先を予見し、問題を未然に防ぐ
5. 実行力	目標設定のうえ、計画を立案し遂行する
6. 表現力	考えたことや感じたことを、言葉・文章・図表等にしてわかりやすく伝える
7. 概念化	身につけた知識やノウハウを一般化・体系化する
8. 挑戦力	困難な事柄に立ち向かい、やり遂げる
9. 主体性	自分の信念に基づいて行動する
10. 対人折衝力	社内の他部門や、顧客・協力企業と折衝し、調整を行う
11. 関係構築力	社内人材・顧客・協力企業等と人間関係・人脈を築く
12. 傾聴力	多様な考え方や意見を活かして物事を進める
13. 巻き込み力	様々な関係者を巻き込んで物事を進める
14. 育成力	後輩の育成に取り組む
15. 管理力	限られた人員・予算・期間を有効に活用する
16. 行動力	良案を思いついたら、実行に移す
17. 状況対応力	予期しない状況でも臨機応変に対処する
18. 試行錯誤力	同じ仕事をよりよい方法で遂行する
19. 学習力	新たな知識やノウハウを習得する
20. 好奇心	あらゆることに関心を持ち、未知の事柄に取り組む
21. 探求心	よりよい成果・品質を求める
22. 追究力	物事の本質を追究する



出典：総務省統計局 社会生活統計 - 都道府県の指標 - 2019

図 2 相関がない変数間で疑似相関が生じる例

z の影響をなくした x, y の相関係数（偏相関係数）は以下の式で表される。

$$r_{xy.z} = \frac{r_{xy} - r_{xz}r_{yz}}{\sqrt{1 - r_{xz}^2}\sqrt{1 - r_{yz}^2}}$$

ここで、 r_{xy} , r_{yz} , r_{xz} はそれぞれ x と y の相関係数、 y と z の相関係数、 x と z の相関係数を表し、 $r_{xy.z}$ は z の影響をなくした x と y の偏相関係数を表す。

偏相関係数を使用する理由として、疑似相関の可能性を排除することが挙げられる。疑似相関とは、本来は対象の変数間に相関はないが、第三の変数によってあたかもその変数間に相関があるように見えることである。

疑似相関の例を図 2 に示す。各都道府県内にある道路 100km あたりの給油所の数と、可住地面積 100km² 当たりの薬局数の相関を調べてみると 0.64 と高い相関が見られ、これは直感に反する。給油所の数と薬局数の間で高い相関が見られた理由として、第三の要因による疑似相関であることが考えられる。例えば、各都道府県の人口密度のデータを加えると、人口密度と給油所の数、人口密度と薬局の数

表 7 行動特性評価シートの数値評価における各数値の診断基準

数値評価	診断基準
0	当てはまらない
1	あまり当てはまらない
2	どちらともいえない
3	やや当てはまる
4	かなり当てはまる

に高い相関が見られ、人口密度との相関関係によって給油所の数と薬局数に疑似相関が生じていることが考えられる。実際、人口密度の影響を無視した給油所の数と薬局数の偏相関係数は 0.08 となり、ほとんど関連がない結果となった。このように、一見何も関連がない変数間で相関があると誤った判断を防ぐため、偏相関係数を使うことがある。また、この例では 3 変数間の偏相関係数を求めているが、4 変数以上になると偏相関係数の計算が複雑になるため、統計ツールなどをを用いて求めるのが一般的である。

3 業務能力と行動特性の関連調査手法

本章では、本研究で実施した調査手法と、関連を調査するために設定した Research Question (RQ) を紹介する。

3.1 調査手法の流れ

3.1.1 役割別能力と行動特性の評価データの収集

ソフトウェア開発業務と行動特性の関連性を調査するために、普段から役割別能力評価シート（2.3 節参照）を用いた能力評価を実施している、あるソフトウェア開発企業に協力をいただいた。この企業では、社員は各自が過去 5 年以内に経験した役割における業務能力、スキル能力を、役割別能力評価シートを用いて評価している。

本研究では、この企業に勤める一部の社員の方々に対し、普段の能力評価に加えて行動特性評価シート（2.5 節参照）を回答してもらうことにより、社員の役割別能力と行動特性の評価データを収集した。

3.1.2 担当役割の決定

役割ごとの業務能力、スキル能力と行動特性の評価値データを得られたら、次は各社員に対して担当役割を決定する。役割別能力評価シートには、過去 5 年間で経験した役割全てを評価するため、複数の役割について能力評価されていることがある。一般的に複数の役割を兼任して業務を行うことはあまりないため、本研究では各社員に対して担当役割を決定し、担当役割ごとに分析する。担当役割の具体的な決定方法として、役割別能力評価シートに 1 つの役割だけ評価があればそれを担当役割とし、役割別能力評価シートに 2 つ以上の役割で評価があれば、その中で業務能力が一番高い役割を担当役割とする。

以上のように各社員に対して担当役割を決定し、担当役割ごとに分析する。本研究では、担当役割がプロジェクト管理者 (PM)、要求分析者、コーダー、テスターを対象にして分析を実施した。ただし、3.2 節で紹介する RQ.1 に関しては、担当役割に関わらず評価データが存在する社員全員を対象としている。本研究で調査対象となった PM、要求分析者、コーダー、テスターの人数とその業務内容を表 8 に示す。

3.1.3 外れ値の除去

担当役割を決定したら、最後に業務能力や行動特性の評価データについて外れ値検定を用いて評価データの外れ値を検出し、外れ値を除去する。評価データの外れ値を考慮するのは、不適切な評価データが記入される可能性を考慮するためである。3.1.1 節では役割別能力評価シートや行動特性評価シ

トを用いて業務能力や行動特性を評価しているが、これらは全て自己評価で実施される。これらの評価は自己研鑽を目的に行われ、その評価が直接的に人材評価につながるわけではないため、偽った自己評価をするメリットはないが、正確でない評価データが記入される可能性は否定できない。

このような正確でない評価データを除去するため、本研究では各担当役割について年代ごとにグループを分け、各グループごとの評価データについて外れ値検定を実施した。具体的には、各担当役割を 20 歳代、30 歳代、40 歳代、50 歳代、60 歳代の年齢別にグループ分けをし、各グループの業務能力、スキル能力、行動特性平均について外れ値検定であるスミルノフ＝グラブス検定（Smirnov-Grubbs test）を用いて、5 %水準で有意性が認められる外れ値を除去した。このように外れ値を除去することにより、正確な評価データを収集しようとした。

3.2 Research Question

本研究では業務能力と行動特性の関連を調査するために、以下の Research Question（RQ）を設定した。

3.2.1 RQ.1: ソフトウェア開発者の年代ごとで行動特性の特徴があるか

これまでソフトウェア開発者の行動特性について様々な研究が行われてきたが、開発者の年齢ごとに行動特性の特徴を調査した研究は存在しない。そこで RQ.1 では評価データが存在する社員全員を年代ごとにグループ分けし、各年代ごとに行動特性の特徴を調査した。具体的には、社員の年齢によって 20 歳代、30 歳代、40 歳代、50 歳代、60 歳代のグループに分け、グループごとに社員の各行動特性の平均値と、それら 22 項目の平均値を算出し、それらの値を年代グループ間で比較する。

表 8 各役割の調査人数と業務の説明

役割名	調査人数	役割の内容
プロジェクト管理者（PM）	230	プロジェクト計画やオーダー計画を立て、進捗管理などプロジェクトの管理活動を行う者（とりまとめ者）
要求分析者	144	顧客要求に基づき、要求の分析や整理を行い、システムが実現すべき要件や仕様策定を行う者
コーダー	171	詳細設計に基づき、コーディングを行う者
テスター	86	詳細設計に基づき、単体テストを設計し、テストする者

3.2.2 RQ.2: ソフトウェア開発者の年代と担当役割ごとで行動特性の特徴があるか

RQ.1 では、ソフトウェア開発企業に勤める社員全員に対して行動特性の特徴を調査するが、RQ.2 では担当役割ごとに分けて、年代ごとの行動特性の特徴を調査する。具体的には、各役割で 30 歳代、40 歳代、50 歳代にグループ分けを行い、RQ.1 と同様にグループごとで各行動特性の平均値とそれら 22 項目の平均値を算出し、それらの値を役割間で比較する。

ここで、RQ.2 では、RQ.1 で実施した 20 歳代と 60 歳代の分析を実施していない。これは 20 歳代と 60 歳代の特定の役割について評価データ数が少なく、正確な分析が困難であると判断したためである。

3.2.3 RQ.3: 役割ごとで業務能力に関連する行動特性は何であるか

ソフトウェア開発者が持つ行動特性が、どの業務にどれほど関連があるか不明であるため、この RQ を設定した。ここでは役割のタスク平均評価値、スキル平均評価値を、それぞれその役割の業務能力、スキル能力であるとして（詳細は 2.3 節参照）、業務能力に関連がある要因を、スキル能力と行動特性評価シートの行動特性 22 項目から探索しようとした。具体的には、スキル能力と行動特性 22 項目を業務能力と関連がある要因と仮定して、業務能力とそれらの要因の偏相関係数を計算することで、業務能力に関連がある要因を調査する。もし偏相関係数の高い要因があれば、それは他の要因では影響を与えられなかった独自の要因であると考えられる。

ここで、RQ.3 では RQ.1、RQ.2 のような年代別ではなく、全年齢を対象として担当役割ごとに分析を実施した。これは年代別にグループ分けすると、1 グループあたりの評価データ数が少なく、正確な偏相関係数の計算が困難であると判断したためである。

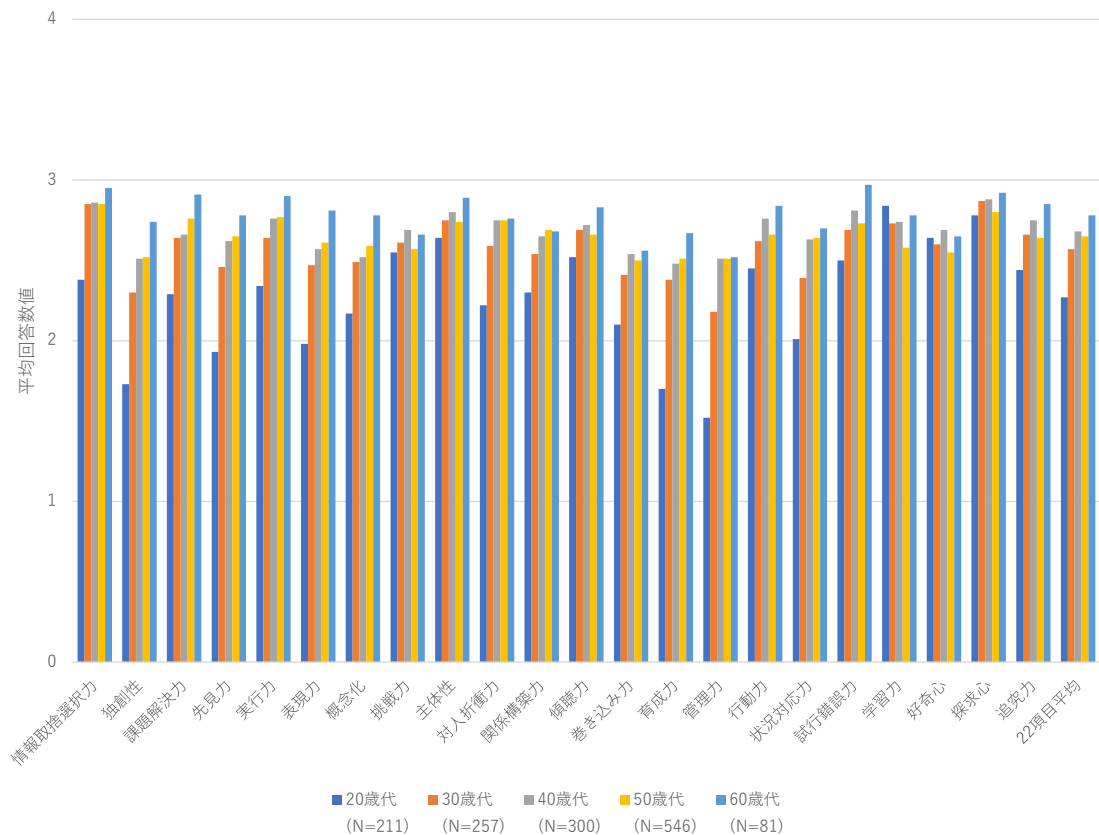


図3 ソフトウェア開発者の年代別による行動特性比較

4 実験結果

本章では、設定した RQ を基に調査結果を報告する。

4.1 RQ.1: ソフトウェア開発者の各年代に対する行動特性の特徴

評価データが存在するソフトウェア開発者の各行動特性平均値とそれら 22 項目の平均値を年代別で比較したグラフを図 3 に示す。ここで、図 3 中の凡例にある N は各年代に属する人数を表している。22 項目平均を見ると、20 歳代と 30 歳代の間で大きな差が見られる。その中でも特に、独創性、先見力、表現力、育成力、管理力で大きな差が見られ、挑戦力、主体性、行動力、試行錯誤力、学習力、好奇心、探求心については全年代であまり差が見られない。30 歳代と 40 歳代では、独創性、管理力、状況対応力で差が見られるが、全体としてはあまり差が見られず、40 歳代と 50 歳代はほとんど同じ値をとっている。そして、60 歳代は他年代と比べて行動特性全体で少し差が見られる。

4.2 RQ.2: ソフトウェア開発者の各年代と担当役割に対する行動特性の特徴

各担当役割の各行動特性平均値とそれら 22 項目の平均値を図 4, 図 5, 図 6 に示す. ここで, 図 4 は 30 歳代の結果, 図 5 は 40 歳代の結果, 図 6 は 50 歳代の結果を示しており, 各図の凡例にある N はその担当役割の人数を表している.

まず 30 歳代の結果である図 4 を見ると, 22 項目平均の値から PM や要求分析者は, コーダーやテスターと比較して全体的に行動特性が高い. その中でも, 対人折衝力や関係構築力など人との関わりに関する行動特性や, 挑戦力や状況対応力などの困難な状況下で発揮される行動特性において大きな差が見られた. しかし, 学習力や好奇心, 探求心などのより良いものを求める個人の意識に関する行動特性についてはあまり差が見られない.

次に 40 歳代の結果である図 5 を見ると, PM と要求分析者, コーダーとテスターで全体的な行動特性に差が見られることや, 学習力などの個人の意識に関する行動特性で役割間の差があまり見られないことは 30 歳代の結果と変わらないが, PM と要求分析者は関係構築力や管理力など人と関わり合う行動特性で差が見られ, コーダーとテスターは全体的な行動特性で差が見られるようになった.

最後に 50 歳代の結果である図 6 を見ると, 22 項目平均の値を 30 歳代や 40 歳代と比較して, PM 以外の役割間で全体的な行動特性の差が小さくなっていることが分かり, 特に要求分析者とコーダーの 22 項目平均の差はほとんど見られない. PM に関しては, 特に巻き込み力や育成力, 管理力などの人と関わり合う行動特性で他の役割と差が見られた. また, 学習力などの個人の意識に関する行動特性については 30 歳代, 40 歳代同様にあまり差が見られなかった.

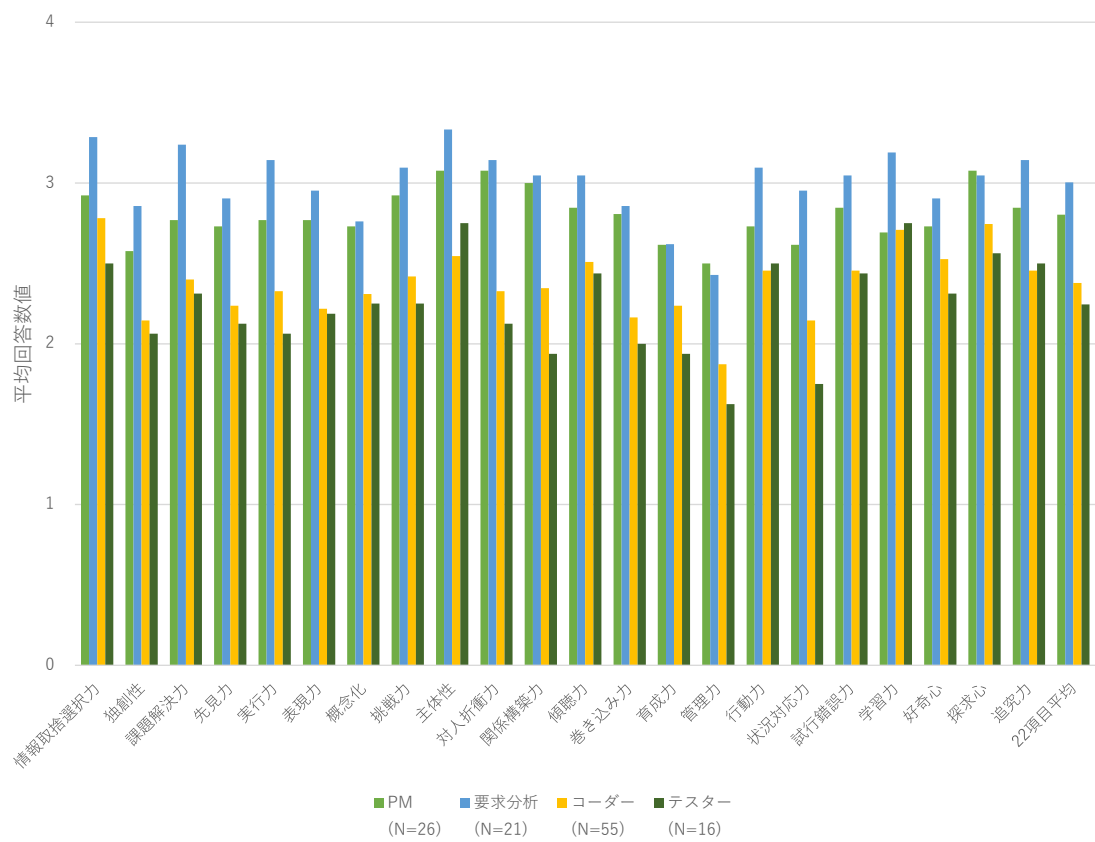


図 4 各役割の行動特性比較 (30 歳代)

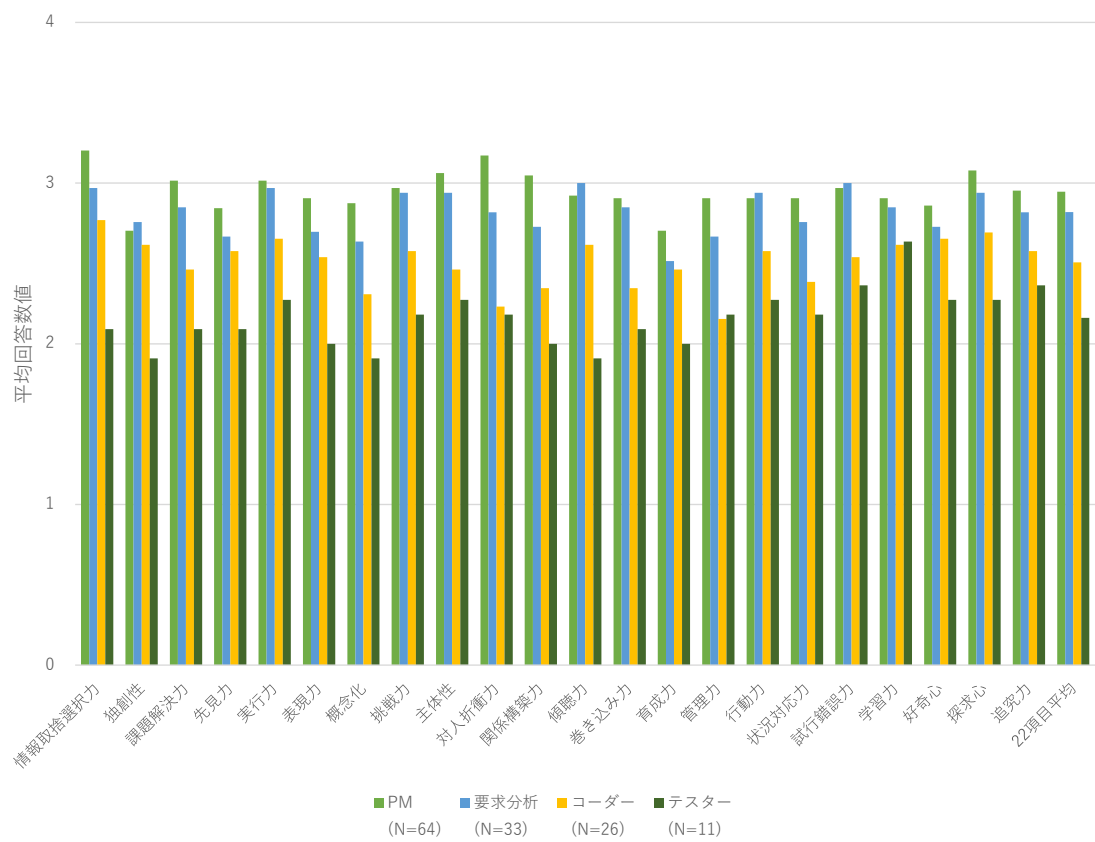


図5 各役割の行動特性比較（40歳代）

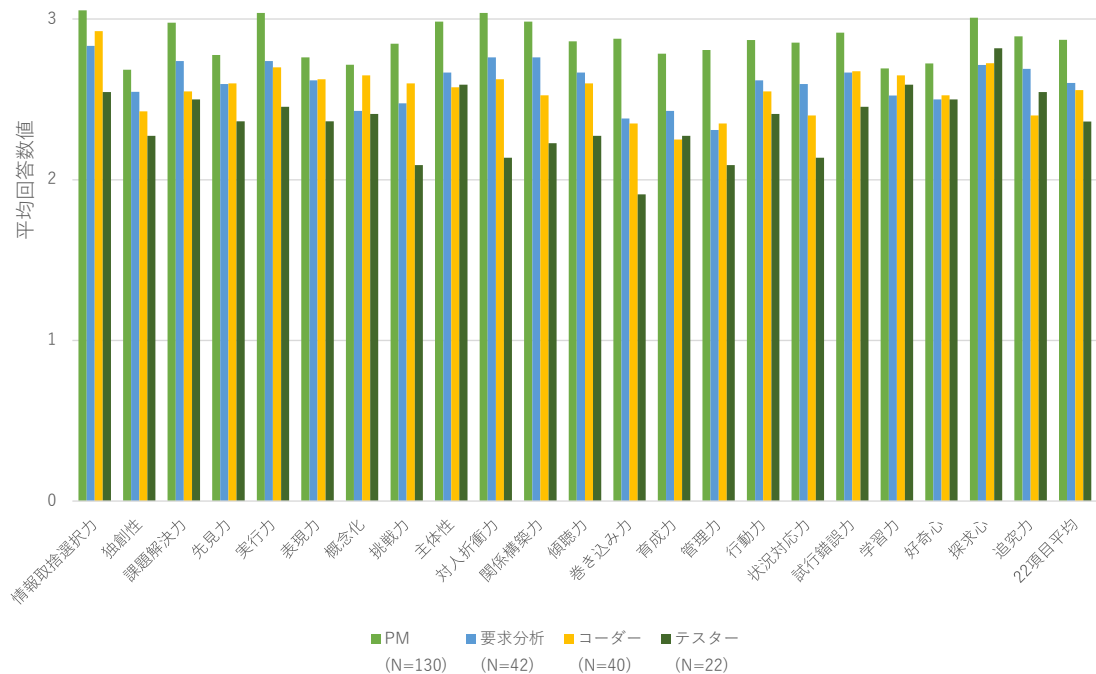


図 6 各役割の行動特性比較 (50 歳代)

4.3 RQ.3: 各役割の業務能力に関連のある要因

業務能力と各要因の偏相関係数を表 9 に示す。ここで、表 9 は 5 %水準、または 1 %水準で有意性が認められる要因を抜粋して示している。結果を見ると、業務能力と関連がある要因として、全ての役割でスキル能力が選択されており、偏相関係数の値もかなり高い。つまり、行動特性の影響を無視した状態であっても、業務能力とスキル能力に大きな関連を確認できることが分かる。

また、スキル能力以外にもいくつかの行動特性で有意性が認められており、役割ごとに有意性が認められる行動特性も異なっている。しかし、それらの行動特性の偏相関係数が 0.1~0.2 程度とあまり関連がない結果となった。つまり、業務能力と行動特性が関連する割合はスキル能力に比べると小さいということがわかった。

表 9 偏相関係数に有意性が認められた要因

役割	有意性がある要因	偏相関係数
PM	スキル評価値	0.83 **
	管理力	0.14 *
	状況対応力	0.14 *
	学習力	− 0.13 *
要求分析	スキル評価値	0.69 **
	挑戦力	0.23 *
	関係構築力	− 0.25 *
コーダー	スキル評価値	0.81 **
	対人折衝力	0.17 *
テスター	スキル評価値	0.79 **

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

5 考察

本章では、各 RQ の結果に対する考察を述べる。

5.1 RQ.1: ソフトウェア開発者の各年代に対する行動特性の考察

RQ.1 では、ソフトウェア開発者に勤める社員を対象に年代ごとで行動特性の特徴を調査し、年代ごとで特徴的な行動特性が確認された。つまり、ソフトウェア開発者の行動特性を調査するには、年齢も考慮する必要があると言えるだろう。ここでは、年代間で差が見られた行動特性と差が見られなかった行動特性について考察する。

20 歳代と 30 歳代では多数の行動特性で差が見られたことについて、これは実際の業務を遂行することによって行動特性が向上したと考えられる。確かに、先を予見する先見力、人と関わり合いを持つ対人折衝力や育成力、管理力などは実際に業務を経験するうえで培われていく行動特性であるだろうと想像しやすい。逆に年代間で差が見られない行動特性については、業務の遂行では向上しない行動特性であると考えられる。例えば、困難な事柄に立ち向かう挑戦力や主体性、個人の意識である学習力や好奇心、探求心などは業務の遂行だけで培われるものではないことが分かる。これらの行動特性を向上させるためには、普段の業務とは別のアプローチ、つまり行動特性の向上を目的とする研修等を行う必要があるだろう。

30 歳代と 40 歳代では一部の行動特性で少し差が見られ、40 歳代と 50 歳代では行動特性の違いはほとんど見られなかった。つまり、40 歳代までには業務による行動特性の向上が収束し、業務遂行による行動特性が期待できなくなると考えられる。また、60 歳代で他年代と少し差が見られたのは、企業では 60 歳あたりで定年退職する人が多く、行動特性の高い人材が仕事を継続しているためだと考えられる。

次に年齢と行動特性に関する文献と RQ.1 の結果を比較する。[21] では年齢とともに「誠実性」のスコアが高くなることを実証している。「誠実性」とは、ビッグファイブ理論を構成する特性要因の 1 つであり、勤勉さや真面目さを表している [15]。勤勉さを行動特性評価シートの学習力と同等であると考え、RQ.1 の結果を見ると学習力は年代間であまり差が見られない。この結果について、社員の学習力が入社時点で既に高いためだと考えられる。

5.2 RQ.2: ソフトウェア開発者の各年代と担当役割に対する行動特性の考察

RQ.2 では、同年代の担当役割別による行動特性の特徴を示した。PM や要求分析者は全体的に行動特性が高く、特に人と関わりを持つ行動特性で他役割より高い数値となっており、これは PM や要求分析者の業務内容からも直感的に理解しやすい。実際 [11] では、PM はあらゆる行動特性が必要になる役割としており、RQ.2 の結果より PM はどの年代でも全体的に高い行動特性を持つことから、文献の結

果を実証していると考えられる。

[22] では、コーダーのタスク特有の経験と知識、そして行動特性やモチベーションなどがコードクオリティや生産性のパフォーマンスに影響するとしている。RQ.2 の 50 歳代の結果を見ると、50 歳代のコーダーは他年代のコーダーと比較して、PM や要求分析者との差が小さくなっている。特に、50 歳代の要求分析者とコーダーの 22 項目平均を比較すると、ほとんど差がない。コーダーの年齢とプログラミングの知識には関連があることを考慮すると [23]、コーダーの業務を重ねていくことで、業務能力と共に全体的な行動特性が向上すると考えられる。

[24] では、テスターは他役割より「誠実性」のスコアが高いことを示している。RQ.2 の結果では、学習力では他役割との差が小さいまできとどまっており、テスターの方が高い行動特性を持つ結果とはなっていない。これについて、本研究では単体テストを扱うテスターを対象としたことや、RQ.1 の考察と同様に入社時点で社員の学習力がすでに高いことから、[24] と異なる結果となったと考えられる。

5.3 RQ.3: 各役割の業務能力に関連する要因の考察

RQ.3 では担当役割の業務能力に関連のある要因を調査した。結果として、業務能力に最も関連のある要因はスキル能力であり、行動特性が関連する割合はそれに比べると小さいということが分かった。

ここでは、有意性が認められた行動特性に着目して考察する。PM は学習力、要求分析者は関係構築力で偏相関係数がマイナスであった。つまり、それらの行動特性と業務能力には、他の要因をなくした状態であれば負の相関が見られるということになる。しかし、これらの行動特性が高（低）ければ業務能力が低（高）くなる、または業務能力が高（低）ければ行動特性が低（高）くなるとは考えにくい。特に顧客と関わる機会の多い要求分析者で、業務能力と関係構築力に負の相関が見られることは一般に受け入れがたい。偏相関係数の絶対値が小さいことも考慮すると、それらの行動特性と業務能力にはほとんど関連がないと考える方が自然である。要求分析者の業務能力と関係構築力に関連がない理由として、要求分析者を担当する者は全体的に関係構築力が高く、関係構築力では業務能力に差がつかないためなど、様々な理由が考えられる。

コーダーの偏相関分析では関係構築力で有意性が認められている。[10] では、プログラマーの外交的な性格とチームパフォーマンスに大きな相関があることを実験で示しており、偏相関係数が小さくはあるが、この結果の傾向が見られたと言える。関係構築力でこのような結果が見られることについて、[10] では、コーダーはシステム設計者を主とする、複数の相手と積極的やり取りしなければならないためだと考察している。

テスターの偏相関分析ではスキル能力以外に有意性は認められなかった。この結果が生じた理由について、テスターが他役割に比べ調査対象人数が少ないことや、テスターの業務はスキル能力に強く影響する可能性があるからなど、様々な理由が考えられる。

6 妥当性の脅威

本章では、本研究における妥当性の脅威について述べる。

本研究では能力評価の指標として、役割別能力評価シートを用いている。これは、iCD のタスクディクショナリとスキルディクショナリを基に作成されているため、iCD 以外の能力評価ツールを用いた際に、本研究とは異なる結果が見られると考えられる。それと同時に、今後 iCD 以外の有力な能力評価ツールが開発されたときには、本研究の実験を再評価する必要があると考えられる。本研究を実施した現時点で、iCD は 1000 以上もの企業が利活用しており [16]、能力評価ツールとして一種のデファクトスタンダードであると考えられることができるため、iCD を基に作成された役割別能力評価シートは、各役割の業務能力やスキル能力を適切に評価できると考えている。

次に、役割別能力評価シートで評価された業務能力とスキル能力、そして行動特性評価シートの数値評価をそのまま分析に用いている。これらは 0~4 の 5 段階で数値評価されているため、順序尺度の観点において問題になる可能性がある。順序尺度を用いたパラメトリックな分析の合理性については、現在もなお社会学の分野で議論されており、順序尺度をそのまま分析に用いるのは慎重を要すると主張する者 [25] や、等間隔で尺度をとれていれば順序尺度を感覚尺度と見なし（これをリッカート尺度と呼ぶ [26]）、平均値を計算することを問題ないと主張する者もいる [27]。本研究では役割別能力評価シートと、行動特性評価シートで用いた尺度間隔を等間隔とみなし、評価シートで得られた数値評価を分析に用いている。

また、役割別能力評価シートや行動特性評価シートは全て自己評価であるため、データの正確性について議論の余地がある。これらの評価シートは自己研鑽の用途でのみ用いられ、第三者がそれを見ることはできない仕様になっているため、周りからの評価をあげるために評価シートの評価値を意図的に高くするメリットはない。しかし、評価シートを回答するにあたり、以下の妥当性の脅威が考えられる。

1. 業績に関係ないという理由で社員が正確に評価を行わない
2. 順序尺度に基づいた自己評価であるため、その評価が第三者評価と異なる

1. について、本研究では 3.1.3 節で紹介したように、業務能力や行動特性の評価データに対して外れ値検定を実施することで、明らかに不適切な評価データを除外し、信頼性のあるデータを収集しようとしている。2. について、社員は評価シートを回答するにあたり、企業内で各評価のガイドラインが提供されている。ガイドラインによって、社内業務に照らし合わせたレベル評価ができるので、自己評価と第三者評価の差異はあまりないと考えている。

7 あとがき

本研究ではソフトウェア開発者の年代ごとによる行動特性、担当役割ごとに分類した行動特性の特徴を調査し、担当役割における業務能力がスキル能力と行動特性にどれほど関連があるかを調査した。実験結果より、各役割の年代ごとに異なった行動特性分布を持っていること、そして業務能力に最も関連する要因はスキル能力であり、行動特性の関連する割合が少ないことを実証した。これまで IT 人材には様々な行動特性が重要だと述べられているが、年代別に分けた分析の実施や、業務能力、スキル能力、行動特性の各要因がどの程度関連するかを知ることにより、今後 IT 人材の業務と行動特性に対してより深い解釈ができるだろう。

今後の研究として以下の 2 つが挙げられる。1 つ目は、RQ.3 の実験で行った役割の業務能力と関連する要因について、これを各年代ごとで調査することである。今回分析に使用したデータは、年代別に分けた際に人数が少なくなってしまう役割が存在し、RQ.3 で年代別に偏相関分析を行うことが厳しいため、本研究では役割全員で分析を実施した。本研究の RQ.1 や RQ.2 の結果から、年代ごとによって行動特性に異なる特徴が見られるため、RQ.3 についても年代別で偏相関分析を実施すれば、年代ごとに違った結果が得られると考えている。

2 つ目は、PBL を経験した人材と経験していない人材で、行動特性の差が生じるか定量的に評価することである。本研究にご協力を頂いた企業では、PM の行動特性向上を目的とした PBL 研修を毎年行っている。PBL が人材の行動特性向上に効果的であると報告されているが [28]、それを実証的に示した研究は存在しない。そのため、実際のソフトウェア開発企業に務める PM に対して、PBL を経験した人材とそうでない人材の行動特性を比較することで、PBL が行動特性の向上に有効であるかどうかの評価実験を行うことが考えられる。

謝辞

本研究は多数の方々の助けを得て行われました。お世話になった方への感謝をここで述べたいと思います。

楠本真二教授は、あまり慣れ親しみのない研究分野にも関わらず親身に寄り添っていただき、研究の方向性の提示を始めとして様々なアドバイスをご教授くださいました。楠本先生のご指摘がなければ本研究は成り立っていません。

肥後芳樹教授は、指導の担当でない私の研究活動を気にかけていただき、また中間発表の際には忌憚のない意見をいただきました。研究活動を行うにあたり、その意見がとても貴重でした。

柏本真佑助教は、主にプレゼンテーションにおけるスライドの改善点や、研究内容の本質を突く指摘をたくさん頂きました。まだまだ未熟ではありますが、物事の本質を見抜く力を少し身に付けることができ、伝わりやすいスライドの作成方法についても学ぶことができました。

橋本美砂子事務補佐員は、外部発表における旅費の申請をはじめとする多数の事務作業を担当したり、事務室でコーヒーや麦茶を毎朝作っていただいたりと、私たち学生が研究活動に集中できる環境を提供し続けていただきました。また、学生の普段の生活にも気をかけていただき、研究活動を行う上でとても心の支えになりました。

同じ楠本研究室に所属する修士2年の入山優くん、古藤寛大くん、高市陸くん、谷口真幸くん、渡辺大登くん、修士1年の石野太一くん、岩瀬匠くん、小田郁弥くん、開地竜之介くん、竹重拓輝くん、吉岡遼くん、王天豪くん、学部4年の皆森祐希くん、久保光生くん、馬渕航くん、三原公平くん、渡邊凌雅くんにもお世話になりました。楠本研に所属するメンバーは全員優しく、何か分からなければすぐに意見共有できる環境があり、本研究を実施するにあたりとても頼もしい存在でした。

そして、本研究ではあるソフトウェア開発企業にご協力をいただき、社員の評価データをご提供いただいたことにより成り立っています。データの提供だけに限らず、本研究で得られた結果を、開発現場の意見を交えて議論することで、文献調査だけでは得られない有用な考察ができました。

最後に、私の両親はこれまでずっと私を支えてくれました。これまでの学生生活で得た経験を活かすことで立派な社会人になり、これからは私が両親を支えられる存在になれるように成長します。

研究活動を行う上で以上の方々には大変お世話になりました。深く感謝を申し上げます。本当にありがとうございました。

参考文献

- [1] 経済産業省. - IT 人材需給に関する調査 - 調査報告書, 2019.
- [2] 坂口憲一. 先端 IT 人材の育成を目指す「STEAM ベースの IT 教育」の提案. 日本教育工学会論文誌, Vol. 44, No. 3, pp. 357–363, 2021.
- [3] 情報処理推進機構 (IPA). i コンピテンシ・ディクショナリ. https://www.ipa.go.jp/jinzai/hrd/i_competency_dictionary/icd.html.
- [4] Luiz Fernando Capretz and Faheem Ahmed. Making sense of software development and personality types. *IT Professional*, Vol. 12, No. 1, pp. 6–13, 2010.
- [5] Evangelos Moustroufas, Ioannis Stamelos, and Lefteris Angelis. Competency profiling for software engineers: Literature review and a new model. In *Proceedings of the 19th Panhellenic Conference on Informatics*, PCI '15, pp. 235–240, New York, NY, USA, 2015. Association for Computing Machinery.
- [6] Stephen Frezza, Mats Daniels, Arnold Pears, Åsa Cajander, Viggo Kann, Amanpreet Kapoor, Roger McDermott, Anne-Kathrin Peters, Mihaela Sabin, and Charles Wallace. Modelling competencies for computing education beyond 2020: A research based approach to defining competencies in the computing disciplines. In *Proceedings Companion of the 23rd Annual ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, ITiCSE 2018 Companion, pp. 148–174, New York, NY, USA, 2018. Association for Computing Machinery.
- [7] Amirton B. Chagas, Fábio A. Melo, Walter F. dos Santos, Adriana A.N. De Oliveira, Sarita M. Bora, and Fabio Q.B. Silva. Analysis of the understanding of the concepts of task and skill variety by software engineering professionals. In *2017 ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM)*, pp. 217–222, 2017.
- [8] Isabel Briggs Myers and Peter B Myers. *Gifts differing: Understanding personality type*. Nicholas Brealey, 2010.
- [9] Luiz Fernando Capretz. Personality types in software engineering. *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 58, No. 2, pp. 207–214, 2003.
- [10] Narasimhaiah Gorla and Yan Wah Lam. Who should work with whom? building effective software project teams. *Commun. ACM*, Vol. 47, No. 6, pp. 79–82, jun 2004.
- [11] Margarita André, María G. Baldoquín, and Silvia T. Acuña. Formal model for assigning human resources to teams in software projects. *Information and Software Technology*, Vol. 53, No. 3, pp. 259–275, 2011.

- [12] Rabia Bashir, Aymen Sajjad, Shahid Bashir, Fawad Latif, and Saman Attiq. Project managers' competencies in international development projects: A delphi study. *SAGE Open*, Vol. 11, , 2021.
- [13] John H. Bradley and Frederic J. Hebert. The effect of personality type on team performance. *Journal of Management Development*, Vol. 16, No. 5, pp. 337–353, 1997.
- [14] Silvia T. Acuña, Marta Gómez, and Natalia Juristo. How do personality, team processes and task characteristics relate to job satisfaction and software quality? *Information and Software Technology*, Vol. 51, No. 3, pp. 627–639, 2009.
- [15] Robert R McCrae and Oliver P John. An introduction to the five-factor model and its applications. *Journal of personality*, Vol. 60, No. 2, pp. 175–215, 1992.
- [16] 一般社団法人 iCD 協会 (iCDA) . iCD 活用企業認証. <https://www.icda.or.jp/authentication/user/>.
- [17] 遠藤修. i コンピテンシディクショナリ解説書. 情報処理推進機構 (IPA) , 2015.
- [18] 山田悠斗, 土居真之, 柏本真佑, 肥後芳樹, 楠本真二, 塚本貴弘, 折方孝夫, 藤原永年. i コンピテンシディクショナリを用いたソフトウェア開発者の役割に対するレベル評価の試み. 情報処理学会論文誌 デジタルプラクティス, Vol. 2, No. 3, 2021.
- [19] David C. McClelland. Testing for competence rather than for "intelligence". *The American psychologist*, Vol. 28, No. 1, pp. 1–14, 1973.
- [20] 一般社団法人情報サービス産業協会 情報サービス業高齢者雇用推進委員会. 情報サービス産業高齢者雇用推進ガイドライン. 一般社団法人情報サービス産業協会, 2018.
- [21] Christopher J Soto, Oliver P John, Samuel D Gosling, and Jeff Potter. Age differences in personality traits from 10 to 65: Big five domains and facets in a large cross-sectional sample. *Journal of personality and social psychology*, Vol. 100, No. 2, pp. 330–348, February 2011.
- [22] Sebastian Baltes and Stephan Diehl. Towards a theory of software development expertise. In *Proceedings of the 2018 26th ACM Joint Meeting on European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering*, 2018.
- [23] Patrick Morrison and Emerson Murphy-Hill. Is programming knowledge related to age? an exploration of stack overflow. In *Proceedings of the 10th Working Conference on Mining Software Repositories*, MSR '13, pp. 69–72. IEEE Press, 2013.
- [24] Tanjila Kanij, Robert Merkel, and John Grundy. An empirical investigation of personality traits of software testers. In *2015 IEEE/ACM 8th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering*, pp. 1–7, 2015.

- [25] Ivy Liu. The analysis of ordered categorical data: An overview and a survey of recent developments. *Test*, Vol. 14, No. 1, pp. 1–73, 2005.
- [26] Rensis Likert. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, Vol. 55, No. 140, 1932.
- [27] Sanford Labovitz. The assignment of numbers to rank order categories. *American Sociological Review*, Vol. 35, No. 3, pp. 515–524, 1970.
- [28] 松澤芳昭, 杉浦学, 大岩元. 産学協同の PBL における顧客と開発者の協創環境の構築と人材育成効果. 情報処理学会論文誌, Vol. 49, No. 2, 2008.