

研究コース 1 (チーム桶屋)

多変量解析を用いたプロジェクトリスクの関係性の可視化によるリスク抽出支援

研究員：内藤 拓(富士通クオリティ・ラボ株式会社)

水野 智仁(株式会社ニデック)

渡辺 貴之(矢崎部品株式会社)

主査：三浦 邦彦(矢崎部品株式会社)

副主査：山田 淳(株式会社東芝)

アドバイザー：中森 博晃(パナソニック スマートファクトリーソリューションズ株式会社)

研究概要

本論文では、リスク管理プロセスに着目し、リスク抽出における改善点について述べる。開発プロジェクトが抽出したリスクは、品質部門からはその妥当性や網羅性を判断しづらく、多数あるリスクの中から、そのリスクがなぜ選択されたのか、抽出できていないリスクがないかなど、プロジェクトの背景との関係が不明確であるという問題があった。通常、多数あるリスクには繋がりが存在しているが、その繋がりが不明確であることが、品質部門からは妥当性や網羅性が判断しづらい原因と捉えた。対策として、リスクを誘発する要因（リスク事象ドライバー）同士の関係性に対し、多変量解析を行い、「リスク事象ドライバーの関係性」を可視化した。

可視化した「リスク事象ドライバーの関係性」を使用して、品質部門として関係するリスクの抽出、潜在リスクの抽出を行うことを試みた。結果として、開発プロジェクトが抽出したリスクに対して、品質部門が妥当性と網羅性の観点でレビューし、見落とした可能性のあるリスクの抽出や軽減策を提案・支援できる可能性があることが分かった。

1. はじめに

1.1. 背景

研究員が所属する組織ではリスク管理プロセスを定義しており、開発プロジェクトはプロジェクト開始時に、リスクの抽出、リスクの評価、管理対象リスクの決定、リスク管理計画の策定・実施等のプロセスを経ている。しかしソフトウェア開発者が、リスクをリスクとして捉えることができなければ、リスク抽出は不十分となる。

品質部門は、SQA (Software Quality Assurance) 活動として、品質保証プロセスに従い、開発プロジェクトが実施したリスク管理プロセスを確認している。確認作業の中で、リスク抽出について、その妥当性や網羅性を指摘することもあるが、経験値によるところがあり根拠を示すことは困難であった。

1.2. 問題解決のアプローチ

開発プロジェクトでは、一般に以下の方法でリスク抽出を行っている。

- ・プロジェクトメンバーがリスクを出し合う（ブレインストーミング）方法
- ・リスクチェックリスト（質問票）などを用いる方法
- ・FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) を用いる方法

プロジェクトメンバーがリスクを出し合う方法は、具体的なリスクを抽出できるが、経験値によるところが強く、網羅的なリスク抽出が行われにくいこともある。リスクチェックリストを用いる方法は、すでに分類されたリスクチェックリストに従い、機械的にリスク抽出が可能であるため、網羅性はある程度確保されるものの特定のプロジェクトや製品に特化して作成されていないため、リスク項目の抽象度が高くリスク項目の具体化が必要となる。FMEAを用いる方法は、不具合の発想を促すキーワード（故障モード）からリスク抽出を行うため、エンジニアリング領域のリスク抽出には有効であるが、プロジェクトライフサイクル全般で捉えると故障モードの設定が難しく網羅性に欠けるところがある。

しかし、上記のような従来の方法では多角的にリスクを捉えておらず、他のリスクまで抽出できるとは限らない。そのために、客観的な立場に在るべき品質部門としてはリスクの網羅性や妥当性を判断できない恐れがある。我々研究員はこれまでリスク抽出を行ってきた経験から、多数存在するリスクは互いに繋がりを有しており、あるリスクを抽出すれば関連する他のリスクも抽出されると考えていた。

2. 提案

様々なリスクを関係付ける要因となるリスク事象ドライバーの関係性を調査分析して可視化することでリスク抽出を促し、プロジェクトリスクの認識と軽減策における妥当性と網羅性を向上できる。

一般にプロジェクトリスクは多種多様であり、多角的な観点から検討しても、見落としがなく網羅的で妥当性のあるリスク抽出は難しい。この理由はリスクの網羅性を上げると多くのリスク抽出の観点が必要だが、多すぎるとリスク抽出に時間がかかるためである。過去の経験より、リスクを誘発する幾つかの要因（リスク事象ドライバー）が存在し、相互に何らかの関係性を持ち、様々なリスクが複数のリスク事象ドライバーの関係性を通じて他のリスクと繋がっている（図1）と推察される。そこで本研究では、次のような手法を提案している。

- 1) プロジェクトにおけるリスクを洗い出し、そのリスクを誘発するリスク事象ドライバーを認識する。そのことで、リスク事象ドライバーが誘発する可能性のある別のリスクに対して、リスク項目として追加で列挙できなくとも、合わせて軽減する対策ができる。このことを理由として、個々のリスク項目よりもこのリスクを誘発するリスク事象ドライバーに着目し、それらの関係性を分析する。
- 2) 抽出したリスク事象ドライバーと強い関係性をもつ別のリスク事象ドライバーがわかれば、それは異なる複数のリスクを誘発する要因となる。そこで、追加したリスク事象ドライバーもリスク軽減策の対象とすることによって、異なる観点からより広い範囲のリスク軽減策を取ることができる。
- 3) 関係性を整理することで、リスク抽出漏れがないように網羅性を上げ、リスク項目の認識の妥当性を向上できる。

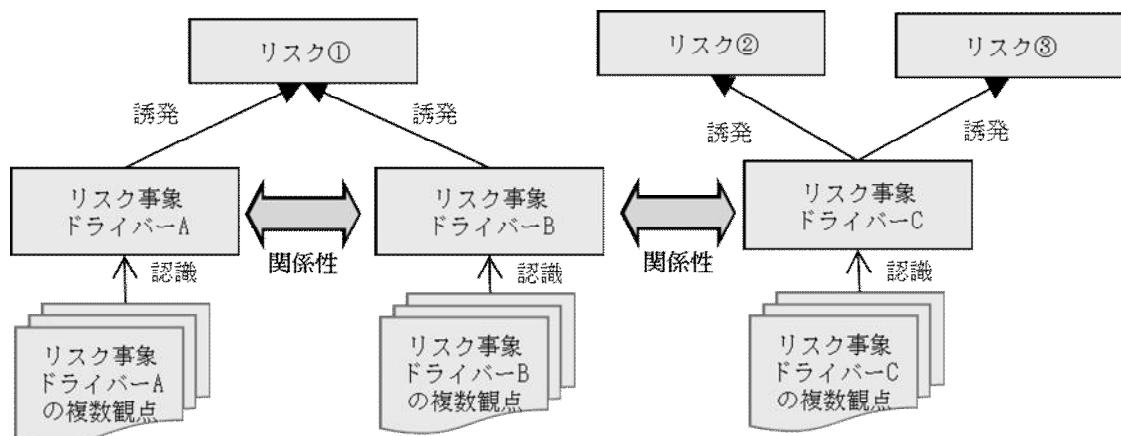


図1. 『リスク』『リスク事象ドライバー』『リスク事象ドライバーの観点』の関連

リスク事象ドライバーは、リスクを誘発する要因のことである。リスク：リスク事象ドライバー＝ $m:n$ の関連を持つ。例えばリスク①はリスク事象ドライバーA, Bが存在し1:2の関連を持ち、リスク事象ドライバーCはリスク②, ③を誘発する要因なので2:1の関連を持つ。また、各リスク事象ドライバーの間に関係性が存在する。

なおリスク事象ドライバーは、複数のリスク事象ドライバーの観点を持つ（後述の3.1節参照）。

2.1. リスク事象ドライバーの決定

本研究を始めるにあたり、リスク事象ドライバーの適用範囲を決める必要がある。過去の研究において様々な定義がされているが^{[1][2]}、今回は調査データを増やすため、エンタープライズ製品開発と組込み製品開発は区別せず、共に情報システム分野を開発するITプロジェクトとして扱う。

そこで、ITプロジェクトにおけるリスク事象ドライバーについて、独立行政法人 情報処理推進機構 ソフトウェア・エンジニアリング・センターが発行している「ITプロジェクトのリスク予防への実践的アプローチ」のガイドブックを活用した^[3]。本ガイドブックでは、ITプロジェクトにおいてユーザー企業とベンダー企業のリスクに対し、要件定義フェーズの24個のリスク事象ドライバーが纏められている（表1）。ただしこの24個のリスク事象ドライバーは区分として3種類のプロセスで括られているが、個々の関係性については特に触れられていない。我々は、この24個のリスク事象ドライバーを対象とし、リスクの関係性の可視化を実施することとした。

表1. リスク事象ドライバー一覧

区分	ID.	リスク事象ドライバー
主 プ ロ セ ス	1	システム化の目的が明確でない
	2	現行機能の調査・確認が不足している
	3	現行システムとそのドキュメントが整合していない
	4	パッケージ選定に関する検討が十分でない
	5	性能の検討が十分でない
	6	可用性の検討が十分でない
	7	運用要件の検討が十分でない
	8	運用に向けての制約条件が明確でない
	9	要件を獲得すべきステークホルダーが網羅されていない
	10	システム部門による要件とりまとめが十分でない
支 援 ・ 管 理 プ ロ セ ス	11	ドキュメントの更新が管理されていない
	12	仕様の変更管理ができていない
	13	ユーザーによる仕様の確認が十分でない
	14	要求の優先度が曖昧になっている
	15	業務要件の網羅性が検証できていない
	16	設計と実業務の整合性が検証できていない
組 織 的 プ ロ セ ス	17	経営層によるプロジェクト運営の関与が十分でない
	18	経営層によるスコープ決定への関与が十分でない
	19	経営層がパッケージ導入の意図・目的を明示していない
	20	ステークホルダー間の力関係がアンバランスである
	21	高次の調整・決定機関が機能していない
	22	十分なコミュニケーションがとれていない
	23	業務用語が共有されていない
	24	業務知識が不足している

2.2. 多変量解析によるモデル化

可視化の方法として、多変量解析を用いてリスク事象ドライバー間の繋がりを整理することにした。多変量解析とは、多くの情報（データ）を仮説に基づいて関連性を明確にする統計的手法の総称で、重回帰分析や主成分分析、共分散構造分析、クラスター分析など数多くの分析手法が含まれている。本研究では、多変量解析におけるクラスター分析を用いた。

2.2.1. クラスター分析

クラスター分析とは、異なる性質をもつデータ群から類似するデータを集め、クラスター（群）を作る手法である。入力されるデータがもつ性質の差（似ている/似ていないの差）を「距離」ととらえ、距離の長短により類似性を表す。距離が近いことは類似性が高いことを示し、距離が遠いことは類似性が低いことを示す。具体的には、個々のデータの距離を計算し、最も距離が近いデータを併合して最初のクラスターを構築する。次に新しく併合されたクラスターと他との距離を計算し、最も近いものを併合する。前述の分析をすべてのクラスターが併合するまで実施する。

本研究では、クラスター分析ヘリスク事象ドライバーを入力し、類似するリスクの分類を試みた。分析方法には、ウォード法を採用した。ウォード法では、クラスター内の平方和が最小となるようにクラスターを形成する。クラスター C_1, C_2 を用いた公式を示す。

$$d(C_1, C_2) = E(C_1 \cup C_2) - E(C_1) - E(C_2)$$

$d(C_1, C_2)$ を C_1 と C_2 の距離を指し、 $E(C)$ はクラスター C の重心からの距離の二乗和を指す。また、分類の形式としては、可視化することを考慮し、併合過程を樹形図で出力する階層クラスター分析を用いた。樹形図は視覚的にわかりやすく、リスクの解釈を共有しやすくなると思ったためである。

本研究におけるクラスター分析定義。

- ・ 距離の計算方法：標準化データによるユークリッド距離
- ・ 分析の方法：ウォード法
- ・ 分類の形式：階層的

3. 実験結果

2章の提案の検証として各社のプロジェクトを対象に調査を行った。表2に実験を行ったプロジェクトの概要と、回答者の属性を示す。

表2. 各社のプロジェクト一覧

会社	プロジェクト名	プロジェクト概要	回答者
A社	A社_PRJ.1	組込み製品開発（新規）	品質監査員
	A社_PRJ.2	組込み製品開発	品質監査員
	A社_PRJ.3	エンタープライズ製品開発	品質監査員
B社	B社_PRJ.1	組込み製品開発	品質監査員
	B社_PRJ.2	組込み製品開発	品質監査員
	B社_PRJ.3	組込み製品開発	品質監査員
	B社_PRJ.4	組込み製品開発（新規）	プロジェクトマネージャ
	B社_PRJ.5	組込み製品開発	品質監査員
C社	C社_PRJ.1	組込み製品開発	プロジェクトマネージャ
	C社_PRJ.2	組込み製品開発	プロジェクトマネージャ
	C社_PRJ.3	エンタープライズ製品開発	プロジェクトマネージャ
	C社_PRJ.4	組込み製品開発	プロジェクトマネージャ

3.1. 調査方法

12のプロジェクトにおいてアンケートを実施した。調査方法として”ITプロジェクトのリスク予防の実践的アプローチ”で定義された24個のリスク事象ドライバー及びこれらのリスク事象ドライバー有無を把握する190個の観点を活用した。具体的には190個の把握の観点をアンケート形式に変更し、把握の観点がリスク事象ドライバーによって顕在化するリスクが発生した要因となったか否かを○・×形式で回答した。表3にて一つのリスク及び観点を記載する。各事象ドライバーと観点の詳細については付録1を参照。リスク事象ドライバーの観点に対し、○の場合は該当することを示し、×の場合は該当しないことを示している。従って、ID1において、○が多ければシステム化の目的が明確でなく、×が多けれ

ばシステム化の目的が明確であることを示している。

表 3. アンケートに用いた, リスク事象ドライバーの観点に関する質問項目の例

リスク事象 ドライバー	リスク事象ドライバーの観点 ○：該当 ×：非該当	A社 PRJ. 1	A社 PRJ. 2	A社 PRJ. 3
ID1:システム 化の目的が明 確でない	システム化の目的が文書化されていない	×	×	×
	各目的に対する責任部門が明確になっていない	○	×	○
	各目的の達成指標が定義されていない	○	×	○
	要求や仕様と目的との紐付けが分かる仕組みがない	×	×	○
	財務的目標, もしくは KPI 目標, 定性的な目標といった各システム化目的に対して, それぞれ対応する達成指標が, 要件定義書や基本計画書に記載されていない	×	×	○
	システム化目的の優先順位は決定していない	○	○	×
	各プロジェクト目標に対する責任部門が決定していない	×	×	○
	各プロジェクト目標のカットオーバー後のトレース方法は決定していない	×	×	×
	上記は全ての組織階層 (意思決定者～PM) で共有されていない	○	×	○

3.2. 調査によるリスク事象ドライバー関係性の可視化

多変量解析を実施するにあたり, 統計分析プログラム HAD を用いた^[4]. 入力データとして, 表 3 のアンケート結果の○・×の回答割合を基に 24 個のリスク事象ドライバーに対し, 以下の様に点数化した. 点数が高いほど, リスクが発生する可能性が高いことを示す. 点数の範囲を 50~100 にしているのは, 多変量解析に入力データを渡す際に便宜上 0 を出さないためである. アンケートの実施結果は付録 1、点数化した結果は付録 2 を参照.

$$\text{計算式: } 50 + \{ (\text{○の数}) \div (\text{○の数} + \text{×の数}) \} \times 50 \quad \text{※Max: 100 点, Min: 50 点}$$

3.2.1. クラスタ分析

12 個のプロジェクトの点数化したデータを基にクラスタ分析を実施した (図 2). クラスタ分析では樹形図の下部で結合する (隣り合う) ことは, より近い分類を表している.

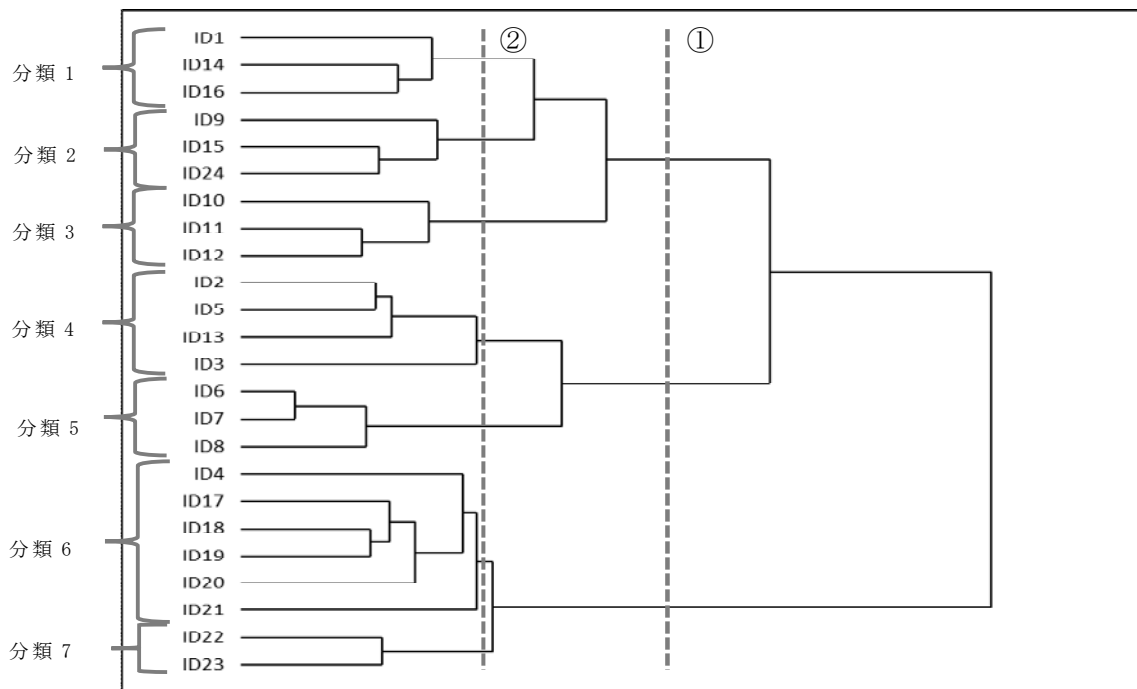


図 2. クラスタ分析結果

3.3. リスク事象ドライバーの関係性分類

今回の実験に用いた”ITプロジェクトのリスク予防の実践的アプローチ”でリスク事象ドライバーは「主プロセス(ID.1~ID.10)」「支援・管理プロセス(ID.11~ID.16)」「組織的プロセス(ID.17~ID.24)」の3つのプロセスで分類されている。今回①で示す破線部分の高さで3個に分類すると、組織的プロセス(ID.17~ID.24)については比較的近くにクラスタリングされているものの、その他の内容は離れた結果となった。そこで②で示す破線部分の高さで7つのクラスターに分類し、各々について分析を行った。

- 分類1：要求定義の不足
「ID.1 システム化の目的の明確化」「ID.14 要求の優先度の明確さ」「ID.16 設計と業務の整合性」が近い結果となった。システム化の目的が明確になっていないまま進めることにより、要求優先度や作業優先度が不明確となるなど、要求定義の潜在リスクが高まる可能性が生じる。
- 分類2：業務要件の引き出し不足
「ID.9 要件を獲得すべきステークホルダーの網羅」「ID.15 業務要件の網羅性の検証」「ID.24 業務知識」が近い結果となった。これは十分な要件を引き出すためステークホルダーを考慮するだけでなく十分な業務知識などを準備しない業務要件への潜在リスクが高まる可能性が生じる。
- 分類3：変更プロセスの管理不足
「ID.10 システム部門の要件取り纏め」「ID.11 ドキュメントの更新」「ID.12 仕様変更の管理」が近い結果となった。プロジェクトの要件や仕様の変更に対するリスク要因は、システム部門から実開発現場まで原因が近似しており、各変更プロセスの整合性を取らないと、変更要求に対する潜在リスクが高まる可能性が生じる。
- 分類4：現行システムの調査不足
「ID.2 現行機能の調査・確認」「ID.3 現行システムとそのドキュメントが整合していない」「ID.5 性能検討」「ID.13 ユーザーの仕様確認」が近い結果となった。これは現行システムの調査が不足すると、仕様変更の発生や運用後の大幅改修の潜在リスクが高まる可能性が生じる。
- 分類5：運用要件の検討不足
「ID.6 可用性の検討」「ID.7 運用要件の検討」「ID.8 運用に向けた制約条件」が近い結果となった。運用要件について考慮する際は、可用性や制約条件も共に考えないと、運用時の潜在リスクが高まる可能性が生じる。
- 分類6：経営層のプロジェクト成功のための運営支援不足
「ID.4 パッケージ選定の検討」「ID.17 経営層によるプロジェクト運営関与」「ID.18 経営層のスコップ決定への関与」「ID.19 経営層がパッケージ導入の意図・目的を明示」「ID.20 ステークホルダーの力関係」「ID.21 高次の調整・決定機関の機能」が近い結果となった。これらは経営層がプロジェクトにどの程度関与出来ているかを表している。重要サプライヤの選定など、経営層がプロジェクトに関与できないとプロジェクト運営全般の潜在リスクが高まる可能性が生じる。
- 分類7：コミュニケーション不足
「ID.22 十分なコミュニケーション」「ID.23 業務用語の共有」が近い結果となった。これらは業務用語の共有などが不足すると十分なコミュニケーションが取れず、プロジェクトの失敗に繋がるなどの潜在リスクが高まる可能性が生じる。

4. 考察

4.1. リスク事象ドライバーの関係

関係性を分類した結果、プロセス区分ごとに大きく関係性がみられる中で更に、リスク事象ドライバーの発生理由が類似しているものがあることが分かった。今回実施した多変

量解析によりリスクの原因を内側に探り、纏めることにより、従来以上のリスク状況の監視が出来ることが分かった。

4.2. 実践による効果の確認

分類した関係性について研究員の所属するプロジェクトにて実際に効果を検証した。具体的には営業部門と開発部門、品質部門の認識の齟齬により発生した障害について分析した。その際に各部門の「ID.22 十分なコミュニケーションが取れていない」というリスクが顕在化したことは明らかであった。しかし更に分析を進めると、商品化に関する規定に記載された内容を各部門で異なる解釈をしていたことが分かった。これは同じ3.3節の分類7の「ID.23 業務用語が共有されていない」リスク事象ドライバーがID.22と同じリスクになり、そのリスクが顕在化したと言える。このように各リスク事象ドライバーは実際のプロジェクトのリスクを考慮する際に、関係性を持っており、各リスク事象ドライバーを合わせて考慮する必要があると示唆される。

今回は研究の時間の都合で定量的な効果の確認や、分類1~6に対する分析は実施できなかったが、多変量解析によるリスクの関係性の抽出により単体のリスクとして認識していた内容に対し、そのリスクに関連する異なるリスクについて言及することができ、第三者の品質部門としてプロジェクトリスクの抽出に貢献することができる可能性を示した。今回の確認は既に顕在化したリスクの原因分析にて検証したため、次回は開発計画段階のリスク抽出時で活用し、効果を検証する。

4.3. プロジェクト特性ごとの関係性の相違

リスク事象ドライバーを分析し、一定の効果を見られた一方で、クラスター分析の方法を、リスク事象ドライバーごとでなく、アンケート回答者ごとに変更すると、組織(会社)別にそれぞれのプロジェクトが一番近いクラスターとしてクラスタリングされることが分かった(図3)。

また、A社については近い結果となっていないが、これは様々な特性を持ったプロジェクトで分析しているためである。新規開発となったA社_PRJ.1とB社_PRJ.4が近い結果となり、エンタープライズ製品であるA社_PRJ.3とC社_PRJ.3は近い結果となった。

これらのことから、研究員が所属しているプロジェクトの特性ごとにクラスタリングされており、今回の研究手法の妥当性を示しているといえる。また、プロジェクト特性の近い製品プロジェクトでリスク事象ドライバーからクラスター分析を実施する方法も、効果が期待できると考えられる。

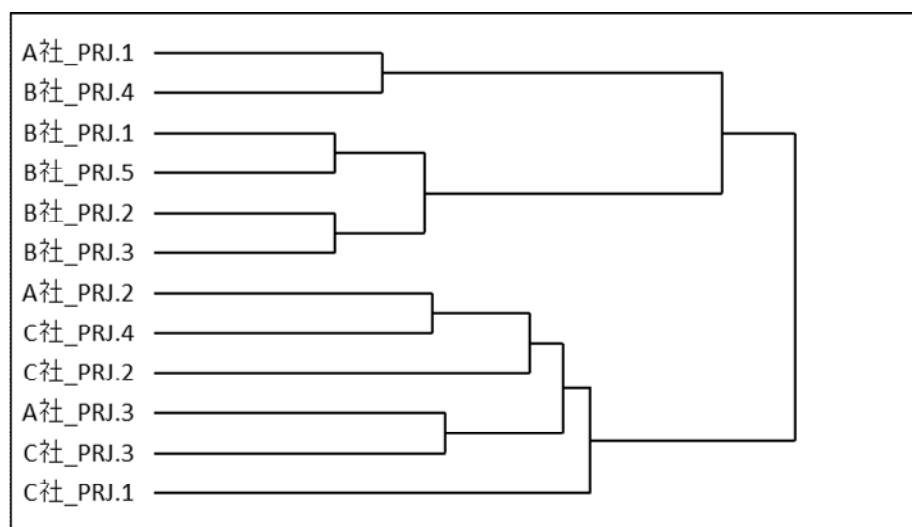


図3. 回答者ごとのクラスター分析

5. まとめ

本研究の結果は、次のような手順で活用できる。

- 1) 組織または類似プロジェクトに対して、リスク事象ドライバーのアンケート調査を行い、調査結果から、クラスター分析をかけ分類する。
- 2) プロジェクトが洗い出したリスクをレビューするとき、そのリスクを誘発するリスク事象ドライバーを特定し、同じグループにできるリスク事象ドライバーについてリスクが挙がっていなければ、そのリスク事象ドライバーの状況について問いかけて確認する。プロジェクトがその状況を認識していなければ、それに関するリスクの追加検討を促す。
- 3) リスク事象ドライバーの分類について、洗い出されたリスクのない分類があれば、その分類に関しては未認識のリスクがないかを問いかけ、検討を促す。

5.1. 結論

今回の研究において、リスク事象ドライバーの関連性を可視化することで、従来のリスク抽出では気づけなかったリスクを抽出する方法について提言できた。特に品質部門は開発部門と異なる観点でのリスク抽出を期待されるが、その点において一定の支援を行える期待を示した。その一方で次に示す課題も残った。

5.2. 今後の課題

今回は問題解決のアプローチとしてIPAの”ITプロジェクトのリスク予防への実践的アプローチ“を活用し24個のリスク事象ドライバーに対する検討を行った。しかし、実際にはプロジェクトにより着目すべきリスクは異なってくる。例として、非機能要件に特化してリスクを考慮する際はSQuaRE (ISO/IEC 25000) シリーズの品質特性やIPAの非機能要求グレードにある項目を用いてリスクを検討することでより非機能要件の事象に特化した詳細なリスク事象ドライバーの関係性を抽出できる。より細かくリスク事象ドライバーの関係性を可視化する場合には活用するリスクの観点を変える必要も発生する。すなわち対象プロジェクトごとの特性（開発対象、開発規模や難易度、開発言語、チーム体制、新規開発/エンハンス開発など）や抽出すべきリスクの分類に応じて、参照すべきリスク事象ドライバーは変わってくる。

また、本研究では、多変量解析として、可視化の理解しやすさからクラスター分析を選択した。しかし共分散構造分析などではモデルの妥当性の検証も定量的に実施できるので、他の手法についても検討しより良いリスク抽出を支援していくことや、疑似相関関係などを考慮し統計的に類似性が高くとも因果関係が強くない場合などを調査する必要がある。

6. 参考文献

- [1] Capers Jones: Assessment and Control of software Risks, Youdon Press, p. 619 (1994).
- [2] 古山恒夫: ソフトウェアプロジェクトにおけるリスクの因果関係の分析, 情報処理学会研究報告ソフトウェア工学 (SE) , P47-54, (2001).
- [3] 独立行政法人情報処理推進機構: IT プロジェクトのリスク予防への実践アプローチ, (2013).
- [4] 清水裕士: フリーの統計分析ソフト HAD: 機能の紹介と統計学習・教育, 研究実践における利用方法の提案, メディア・情報・コミュニケーション研究, 1, 59-73, (2016).