

ISO/IEC JTC1におけるソフトウェア工学知識体系、技術者認証および品質の標準化と研究・教育他への活用

鷺崎 弘宜

早稲田大学 教授

IEEE Computer Society 2025 President

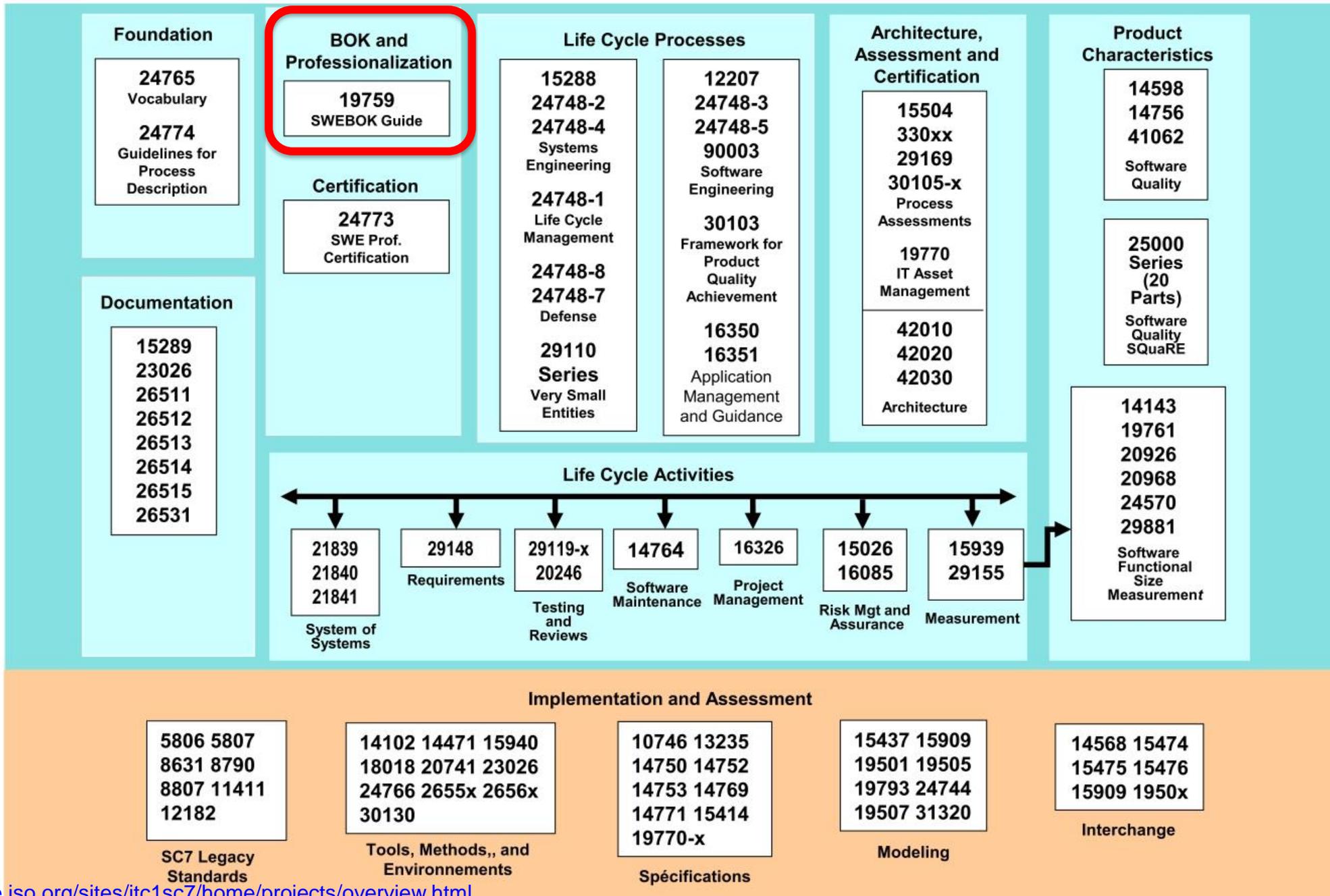
ISO/IEC/JTC1 SC7/WG20 Convenor



知識体系 SWEBOK GUIDEと研究



Overview of the SC 7 Standards Collection



正統なエンジニアリング

職業人が果たす判断,
行為, 助言が, 社会で
実質的な**価値**を形成



コミュニティで妥当と確
認される**知識**が**科学的
基盤**に基づく



知識・適格性の妥当
性を**コミュニティ**で
判定できる環境



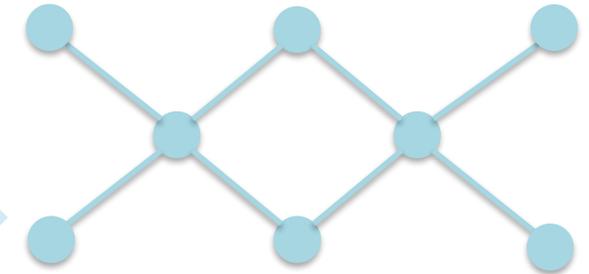
Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK)

ソフトウェアエンジニアリング知識体系ガイド

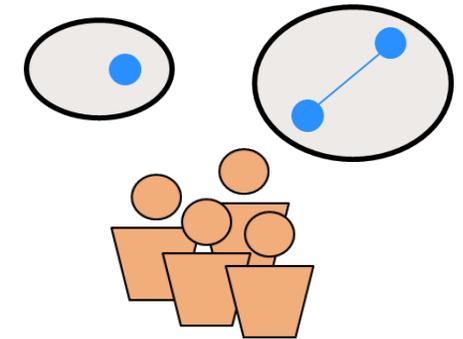
<http://swebokwiki.org>

- 歴史 : 2001 v1, 2004 v2, 2005 ISO/IEC TR, 2014 v3, **2024 v4 間もなく!**
- 目的
 - 学習者、研究者、実務者が、ソフトウェアエンジニアリングにおける「一般に認められた知識」を特定し、共通の理解を持つよう導く
 - 関連分野との境界の定義
 - 資格や教育カリキュラムの基礎
- 導入・採用
 - SWEBOKに基づくIEEE-CSソフトウェアプロフェッショナル認定プログラム)
 - ISO/IEC 24773-4: ソフトウェアおよびシステムエンジニアリングの専門家の認定 - 第4部: ソフトウェアエンジニアリング
 - ソフトウェアエンジニアリング・コンピテンシーモデル (SWECOM)

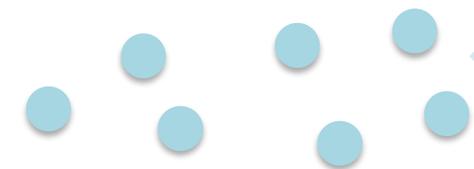
知識体系
Body of
Knowledge



活動・プラクティス



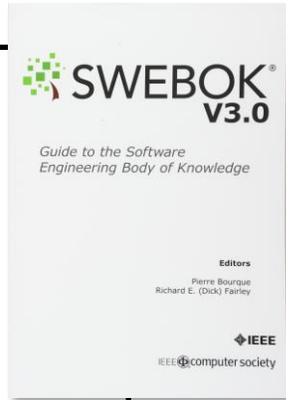
知識の
島々



SWEBOK Guide V3からV4への進化

- 現代的なソフトウェアエンジニアリング、プラクティスの変化や更新、知識体系の成長・新領域
- パブリックレビュー実施済み <https://www.computer.org/volunteering/boards-and-committees/professional-educational-activities/software-engineering-committee/swebok-evolution>

SWEBOK V3



要求

設計
構築

テスト

保守

構成管理
マネジメント
プロセス
モデル・手法
品質

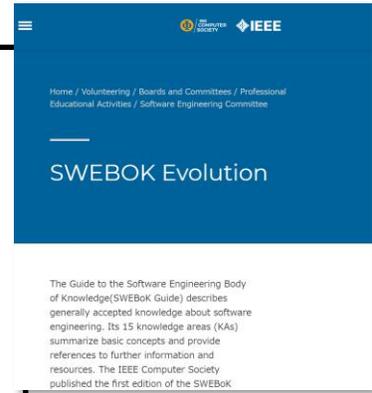
専門職

経済

計算基礎
数学基礎
工学基礎



SWEBOK V4



要求

アーキテクチャ

設計
構築

テスト

運用

保守

構成管理
マネジメント
プロセス
モデル・手法
品質

セキュリティ

専門職

経済

計算基礎
数学基礎
工学基礎

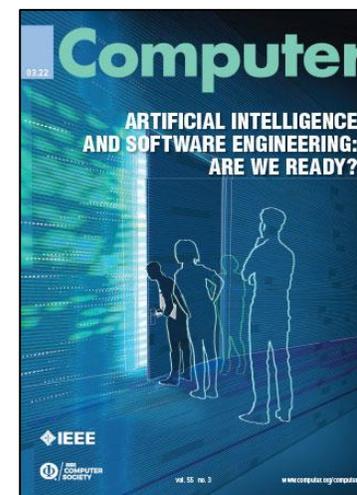
**アジャイル,
DevOps**

**AIとソフトウェアエン
지니어リング**

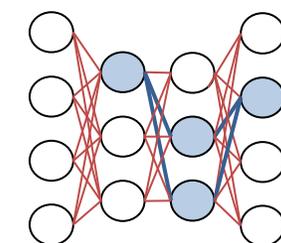


計算基礎領域の拡充: AIとSE

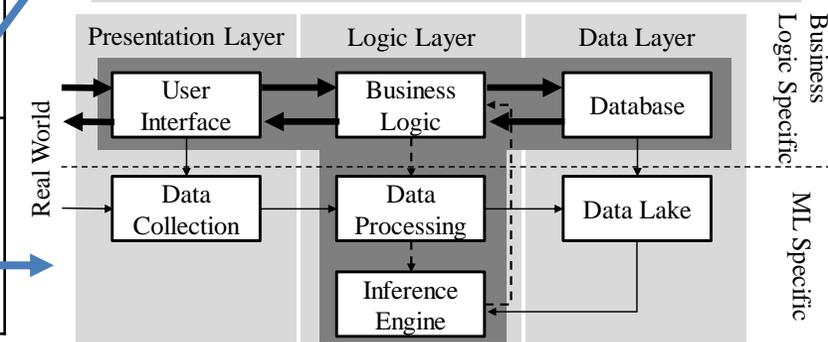
- AI for SE
 - 開発者行動を再現し、高品質なソフトウェアシステムを構築
- SE for AI
 - AIシステムのルールやシステム動作はデータに基づくため、従来とは異なる支援の必要性
 - パターンとしてのプラクティスの文書化
 - 例: 『Software-Engineering Design Patterns for Machine Learning Applications』15のパターン, IEEE CS旗艦誌Computer 掲載, 2022 Best Paper Award



一部クラスの自動修正



モデルからのビジネスロジック分離



パターン	文脈	問題(品質要求)	解決
一部クラスの自動修正	DNNによる分類...	一部クラスの分類性能の低さ	DNNの部分自動修正...
モデルからのビジネスロジック分離	機械学習アルゴリズム依存のビジネスロジック...	ビジネスロジックとアルゴリズムの頻繁な変更...	API設定と3レイヤ化...

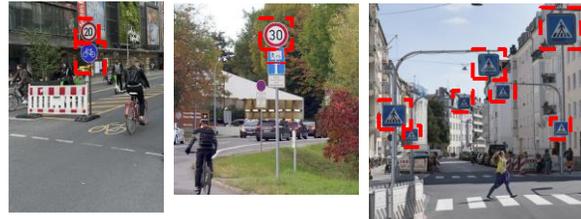
Legend

- Architectural Layers (Dark Grey)
- Deployed as ML System (Light Grey)
- Business Logic Data Flow (Thick Arrow)
- ML Runtime Data Flow (Dashed Arrow)
- ML Development Data Flow (Thin Arrow)

手法構築における参照例

街中と高速道路とで信頼性・安全性を考慮して許容可能な認識精度の機械学習に基づくシステムをどのように開発、改訂できるか？

街中



高速道路



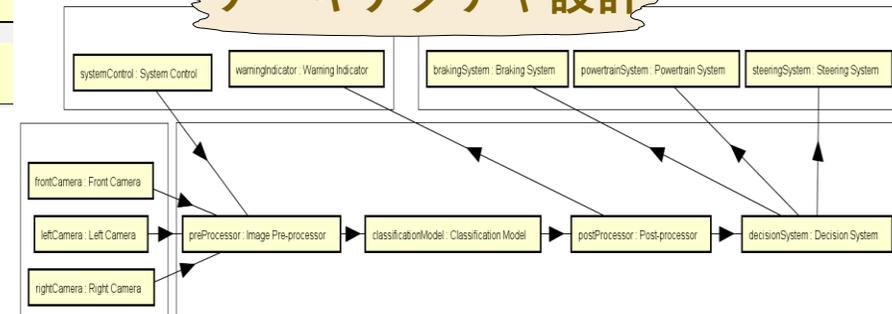
AIプロジェクトキャンバス

Data AI.D1 - Color images of traffic signs in operation domain データ	Skills AI.Sk1 - Computer vision スキル	Value Proposition ALVP1 - Provide a reliable traffic sign classification system for level 3 ADV system 価値提案	Integration AI.I1 - Car sensor system AI.I2 - Car self driving control system AI.I3 - Car user interface 統合	Customer AI.Cu1 - Self-driving car drivers 顧客
	Output AI.O1 - Accuracy of overall classification on 出力 AI.O2 - Accuracy, precision, and misclassification rate in highway domain AI.O3 - Accuracy, precision, and misclassification rate in suburban domain		Stakeholders AI.St1 - Traffic authorities AI.St2 - Car makers AI.St3 - Other road users ステークホルダー	AI.Cu2 - Self-driving car passengers
Cost AI.Co1 - Data labeling fee AI.Co2 - System development cost コスト		Revenue AI.R1 - SaaS subscription fee 収益		

MLキャンバス

Prediction Task MLPT1 - Classify traffic signs from camera color images	Deployment MLDe1 - Provide the classification result for decision-making ML model	Value Proposition MLVP1 - Provide a reliable traffic sign classification system for level 3 ADV system	Usage Collection MLDC1 - Use publicly available data (GTSRB) for initial development MLDC2 - Utilize data collection during operation for continuous update	Data Source MLDS1 - Datalake from operation data
Impact Simulation MLIS2 - Achieve reliability on highway area by prioritizing important classes MLIS1 - Achieve very high accuracy of overall classification MLIS3 - Achieve reliability on suburban area MLIS4 - Achieve very high precision of overall classification	Making Prediction MLMP1 - Classification will be made in real time	Building Models MLBM1 - New version of ML model will be trained and deployed in a monthly cycle	Features MLF1 - Bounding box for traffic sign	
Live Monitoring MLLM1 - Monitoring of potential data drift				

アーキテクチャ設計

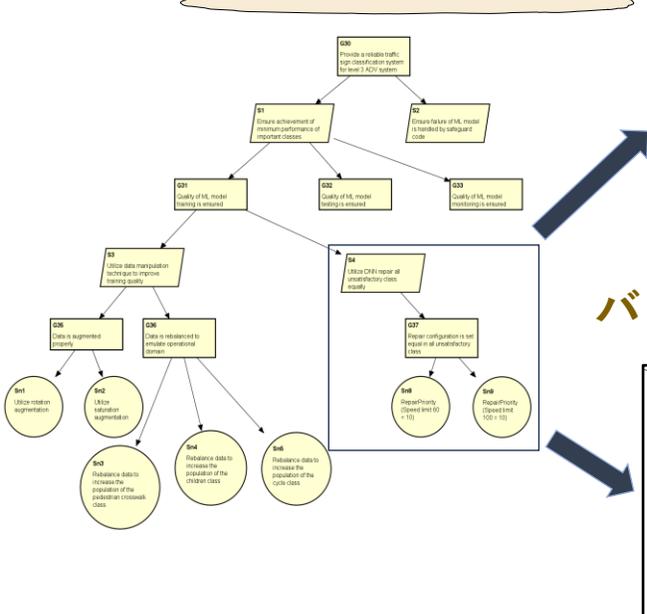


安全性解析

No	Request image	CA	Image Pre-processor	Camera System	Classification Model	Post-processor	Human-machine interface	Vehicle System
1	Request image	CA	Image Pre-processor	Camera System	Classification Model	Post-processor	Human-machine interface	Vehicle System
2	Preprocessed image							
3	Classification result							
4								
5	Start/Stop							
6	Decision							
7	Classification result							
8	Start classification							

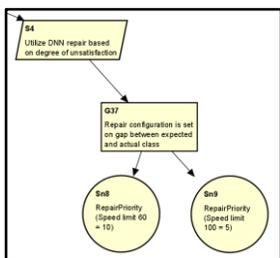
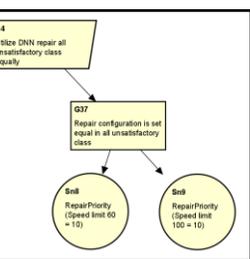
HCFD	HCF	CountermeasureID	Countermeasure	UCA
HCF4-P-1-1	ML model does not have high enough recall for dangerous object traffic signs classes	M1	Ensure the training dataset is representative of operation domain	(UCA4-P-1) Classified model misclassified traffic signs for dangerous object (SC)(SC2)(SC3)
HCF4-P-1-1	ML model does not have high enough recall for dangerous object traffic signs classes	M2	Utilize data augmentation to increase the variation of the dataset	(UCA4-P-1) Classified model misclassified traffic signs for dangerous object (SC)(SC2)(SC3)
HCF4-P-1-2	Misclassification rate of ML model for speed limit signs is too high	M3	Test ML model with specific test dataset of arbitrary cases	(UCA4-P-1) Classified model misclassified traffic signs for dangerous object (SC)(SC2)(SC3)
HCF4-P-1-2	Misclassification rate of ML model for speed limit signs is too high	M2	Utilize data augmentation to increase the variation of the dataset	(UCA4-P-1) Classified model misclassified traffic signs for dangerous object (SC)(SC2)(SC3)
HCF4-P-1-3	ML model does not have high enough recall for no overtaking traffic signs classes	M1	Ensure the training dataset is representative of operation domain	(UCA4-P-1) Classified model misclassified traffic signs for dangerous object (SC)(SC2)(SC3)
HCF4-P-1-3	ML model does not have high enough recall for no overtaking traffic signs classes	M2	Utilize data augmentation to increase the variation of the dataset	(UCA4-P-1) Classified model misclassified traffic signs for dangerous object (SC)(SC2)(SC3)

安全性・信頼性論証

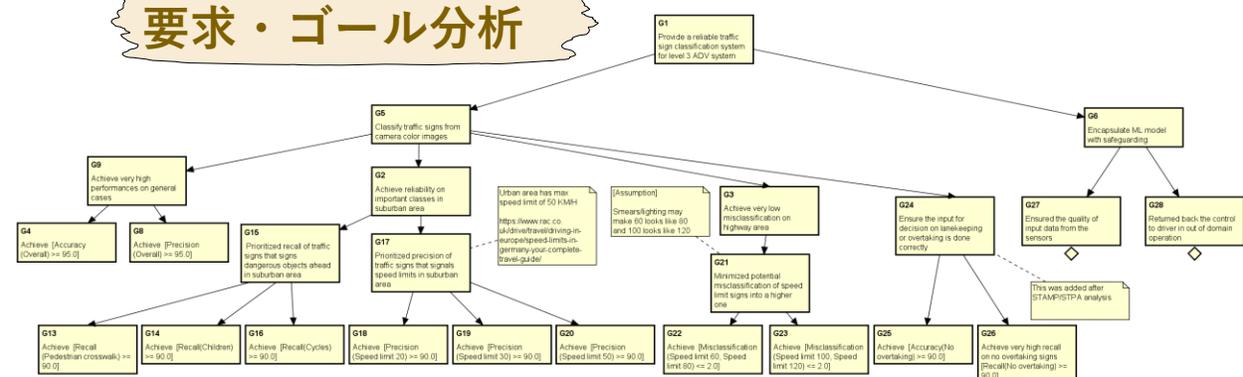


バランスの取れた修正

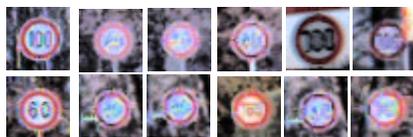
積極的な修正



要求・ゴール分析

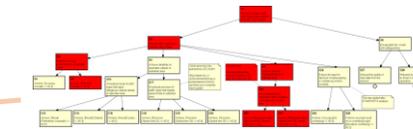


誤分類データ

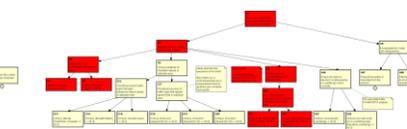


分類の性能評価

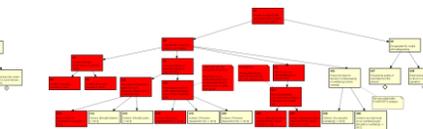
修正に向けた選択



機械学習モデルA



モデルB



モデルC

さらなる改訂へ

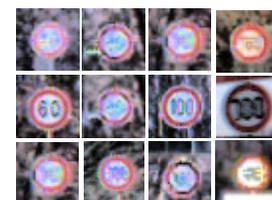
1. データの改訂



2. 画像の質向上に向けたアーキテクチャ改訂

3. ビジネスゴールの見直し

誤分類データ



複雑・不確実な開発運用時代こそ、エンジニアリング重要

要求・アーキテクチャモデリング

機械学習パイプライン

[モデル] 価値
値～全体

[計算基礎]
SE for AI

[構築] 分離、再利用

[テスト] 単体、機能

要求分析・設計

訓練

評価

[経済] 価値ベース

[要求] 獲得、分析

[アーキ] 記述、評価

[運用] DevOps



問題の可視化

修正戦略の追加

修正

評価

[品質] 論証

解決の可視化

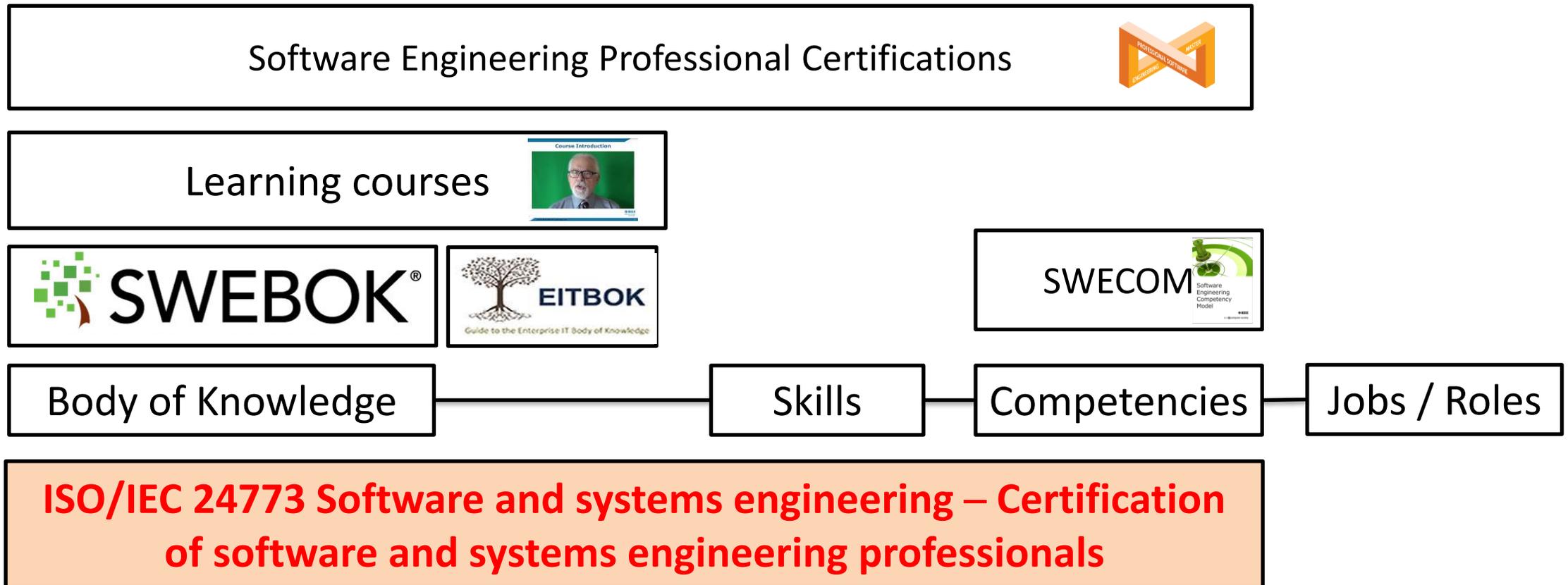
[設計] パターン



メタモデル

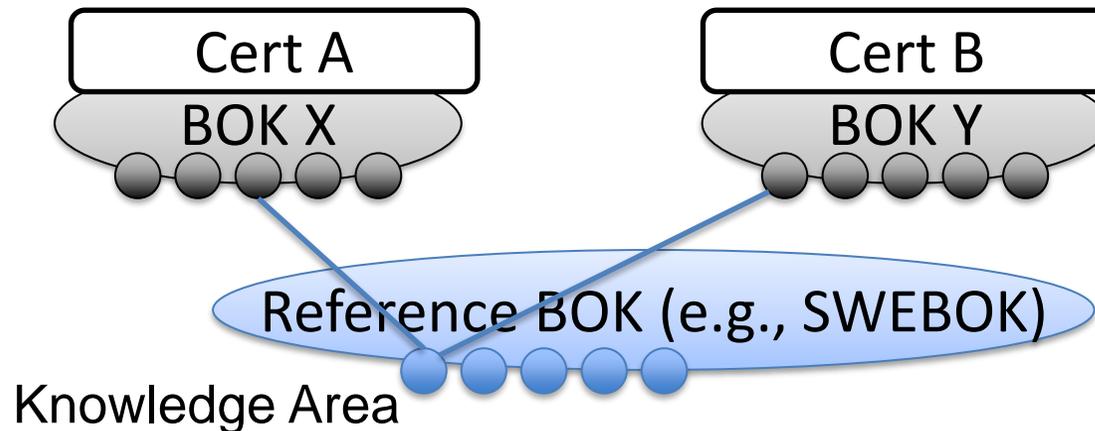
知識体系から技術者認定へ ISO/IEC 24773シリーズ

- ISO/IEC JTC1/SC7/WG20(座長: 鷲崎)における国際的に通用する高度IT資格制度に関する要求事項の定義
- Part 1: 一般要求、Part 2: 記述ガイド、Part 3: ソフトウェアエンジニアリング (SWEBOK Guide準拠)、Part 4: システムズエンジニアリング (INCOSE SE Handbook準拠)



ISO/IEC 24773シリーズを通じた技術者認証の 互換性と国際的技術者流動に向けて

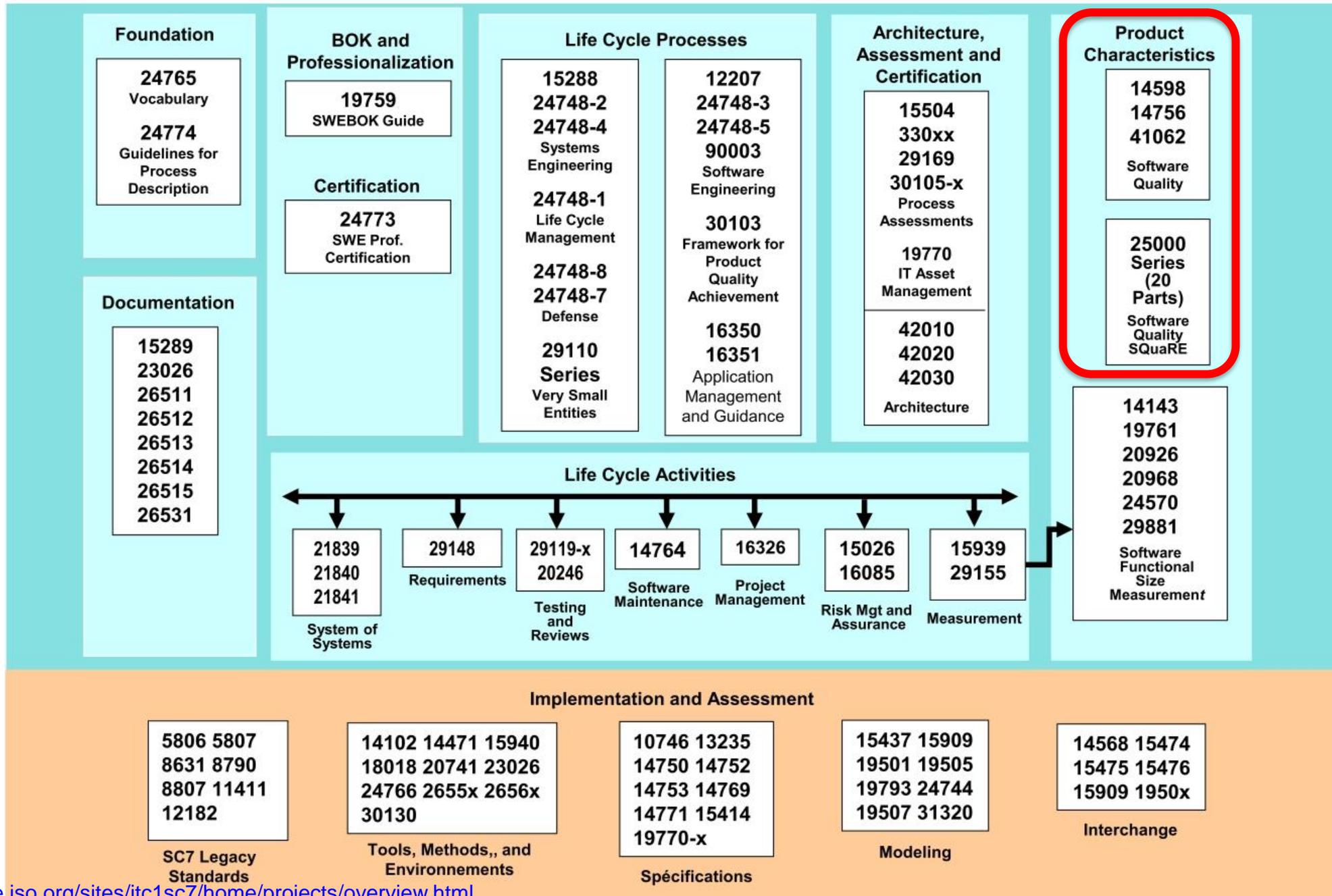
- 訓練: 知識体系の参照による国際的に通用する専門職訓練とプロフェッショナル認定
 - 例: 情報処理学会CITP制度
- 教育: 大学・大学院における知識体系の参照による標準的なカリキュラム



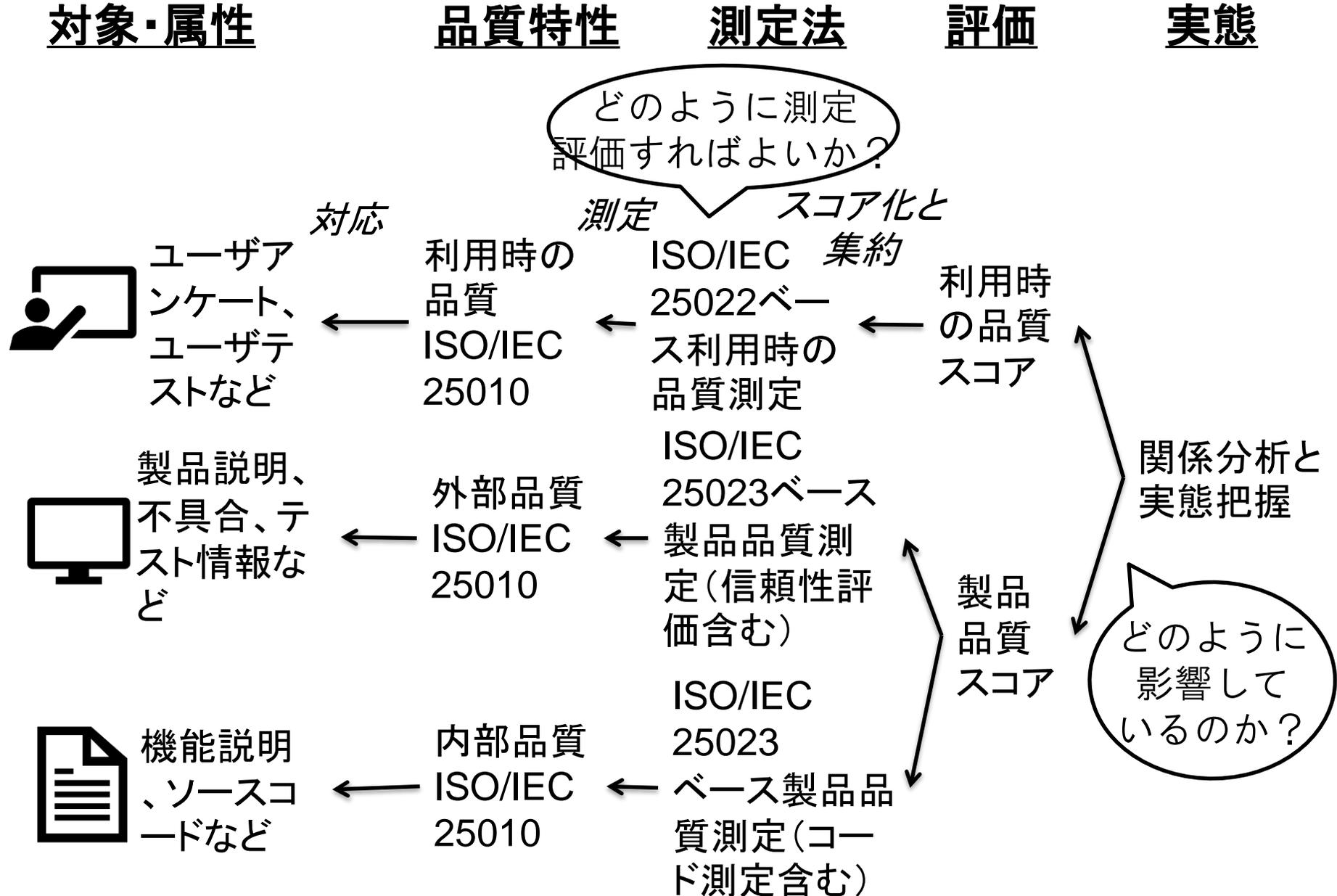
品質要求評価 SQUAREシリーズと研究



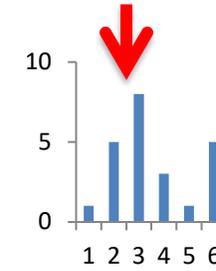
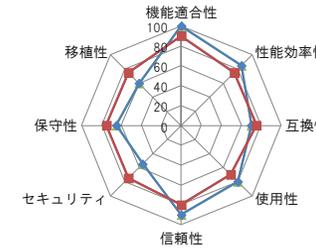
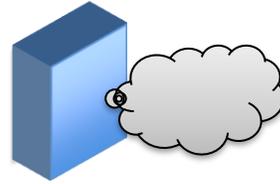
Overview of the SC 7 Standards Collection



ISO/IEC 25000 SQaREに基づくソフトウェア品質実態評価

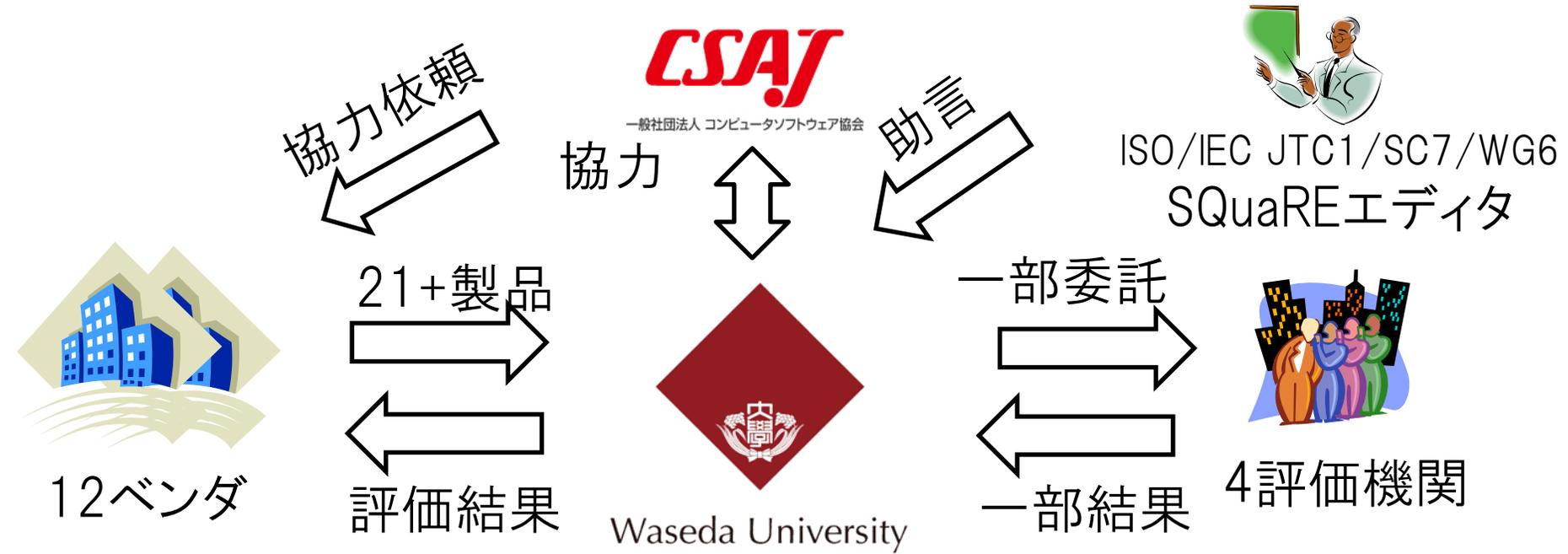


IPA RISE調査研究「ソフトウェア製品品質実態定量化および 総合的品質評価枠組みの確立」('18-19)



- 国際規格 ISO/IEC 25000 SQuaRE シリーズを**具体化**
- 製品品質、利用時品質の網羅と**関係分析**

- 21製品個別評価と業界実態分析
- 拡張: スコア化方式変更、製品追加



得られた知見（調査対象の限りにおいて）

- 品質特性別
 - 使用性、保守性: 低いほうにやや集中
 - 互換性: 2極化、データ交換を一部考慮せず
 - セキュリティ: 2極化、暗号化や破損防止に差あり
 - 有効性: 2極化、タスク実行に一部難あり
- 特性間の関係
 - 機能適合性が高いほど、使用性が低い。副作用、使用性軽視の可能性。
 - 移植性が高いほど、使用性が高い

活用: 富士通グループの事例

注力する品質特性を決定

要件を満たすための品質特性 (最優先: ◎→○→△→×: 低優先)

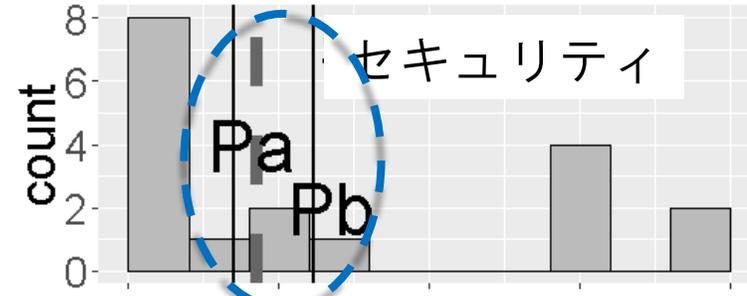
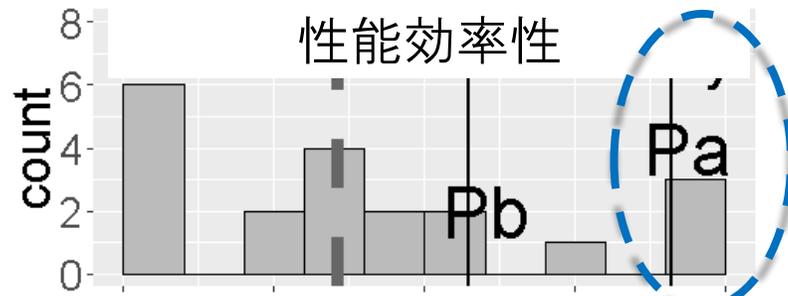
プロジェクト要件	利用時の品質					システム/ソフトウェア製品品質							
	有効性	効率性	満足性	リスク回避性	利用状況網羅性	機能適合性	性能効率性	互換性	使用性	信頼性	セキュリティ	保守性	移植性
データ処理能力重視	○	○				○	◎		○	○	△	○	
早期デリバリー			△	△	△			×					×

メトリクスにより品質達成度評価

	RISEメトリクス (性能効率性)										
	時間効率性の試験有無	応答時間平均	応答時間実測対目標	ターンアラウンドタイム平均	ターンアラウンドタイム実測対目標	スループット目標達成率	資源効率性の試験有無	CPU使用率最大値	メモリ使用率最大値	容量満足性の試験有無	ユーザ同時アクセス可能数目標達成率
大or小が望ましい	大	小	小	小	小	大	大	小	小	大	大
メトリクス測定値	1	-	-	-	-	2.08	1	0.03	NA	1	NA
測定条件 (サンプル)	-	ログイン画面表示	-	プロセス起動	-	データ蓄積	-	データ保存	データ保存	-	ユーザ数
	-	-	-	データ検索 (500件)	-	-	-	データ検索	データ検索	-	-

RISEベンチマークによるポジショニング評価

ベンチマークによりポジショニング確認でき
該当製品が目指した強みを実現できた



まとめ

- 正統なエンジニアリング
 - コミュニティで妥当と確認される知識が科学的基盤に基づく
- SWEBOK Guide: ISO/IEC TR、ソフトウェアエンジニアリング知識体系
 - 開発アップデートに役立つ: ポータル、辞書、文献ガイド
 - ISO/IEC 24773シリーズにおける技術者認証の基礎の一つ
 - 研究との関わり: 研究成果の知識体系への組み入れ、知識体系による研究成果の整理
- SQuaRE: ISO/IEC 25000シリーズ、システム・ソフトウェア品質
 - 研究との関わり: 測定法の具体化、ソフトウェア製品品質評価