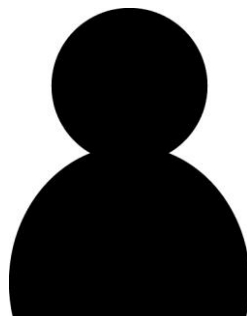
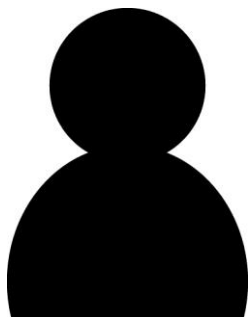


ソフトウェア進化研究の 分類と動向

コンピュータソフトウェア
大森隆行 丸山勝久

Vol. 29 No.3(2012) pp.3-28
林晋平 沢田篤史



本論文は

- ソフトウェアは，利用者を満足させ続けるために絶えず進化しなければならない
- ソフトウェア進化に関連する研究を，手法，対象，目的という3つの視点から分類する

ソフトウェア進化とは

- 一旦出荷されたソフトウェアに対する変更を受け入れる仕組みや活動
- 従来はソフトウェア保守として捉えられていた
- ソフトウェアそのものの変化だけでなく、その環境の共進化で考える
- ソフトウェア進化の意味は**多種多様**

初期の研究

- 科学的観点

- ソフトウェア進化の現象を観察
- 進化の本質(**what**, **why**)を解明
- 規則性を見つけ出す

- 工学的観点

- **進化の実現**, 制御したりするための技術の探求
- ソフトウェアをどのように進化させるか(**how**)が主眼
- 1990年後半以降のソフトウェア進化の研究に多く見られる

ソフトウェア進化研究の分類

- 進化に特化した技術があるわけではなく、**開発や保守関連の技術側面**からのアプローチが重要
- 手法 (Method)
 - 目的を達成するためのアプローチや手段
- 対象 (Target)
 - 進化の対象
- 目的 (Objective)
 - 手法の利用目的や手法による達成目標

ソフトウェア進化研究の分類(表)

表 2 ソフトウェア進化研究の分類

視点	分類項目	説明
手法	形式的 (Formal)	数学的モデルに基づき厳密解を求める手法. 論理と推論, 形式言語と意味論, 抽象解釈など
	解析的 (Analytic)	言語モデルや式に基づき厳密解を求める手法. 静的コード解析, 動的プログラム解析, ソフトウェア計測など
	実践的 (Pragmatic)	経験に基づき近似解を求める手法. 経験則 (heuristics), パターンや原則, 知識ベースなど
	実証的 (Empirical)	統計や事例に基づき近似解を求める手法. データ処理, リポジトリマイニング, 事例研究 (case study), メトリクスの利用など
対象	コード (Code)	ソースコード, 実行コードなど
	モジュール (Module)	設計仕様, 設計文書, フレームワークなど
	アーキテクチャ (Architecture)	アーキテクチャ記述, コンポーネント, プロダクトラインなど
	システム (System)	システム全体, 複合システム (system of systems) など
	要求 (Requirement)	要求仕様, 要求文書, マニュアル, ゴールなど
	プロセス (Process)	開発プロセス, アクティビティ, ワークフローなど
目的	進化の分析 (Analysis)	ISO 14764 の Problem and modification analysis, Process implementation に対応. 変更要求の把握, 進化箇所の特定, 進化内容の決定など キーワード: fault-prone analysis, clone detection, requirements analysis, change request analysis, impact analysis, visualization, reverse engineering, program understanding/comprehension, design recovery, change prediction
	進化の実現 (Implementation)	ISO 14764 の Modification implementation, Migration, Retirement に対応. 進化の実施, システムの移行, システムの破棄など キーワード: code/model transformation, code/model generation, refactoring, restructuring, consistency management, change propagation
	進化の検査 (Review)	ISO 14764 の Maintenance review/acceptance に対応. 進化の評価, 進化の検証, 妥当性の確認, リリース管理など キーワード: regression testing, ripple effect analysis, release management, configuration management, change management
	進化の解明 (Investigation)	科学的観点 (ISO 14764 に対応なし). 進化の観測, 進化現象の理解など キーワード: phenomenologic(al) observation/investigation, formalization, empirical study, large-scale experiment

分類に関する全体像

- 三つの分類の視点(手法, 対象, 目的)を軸とする三次元空間
- 重複の少ない「手法」の観点でそれぞれ文献調査の結果を示す

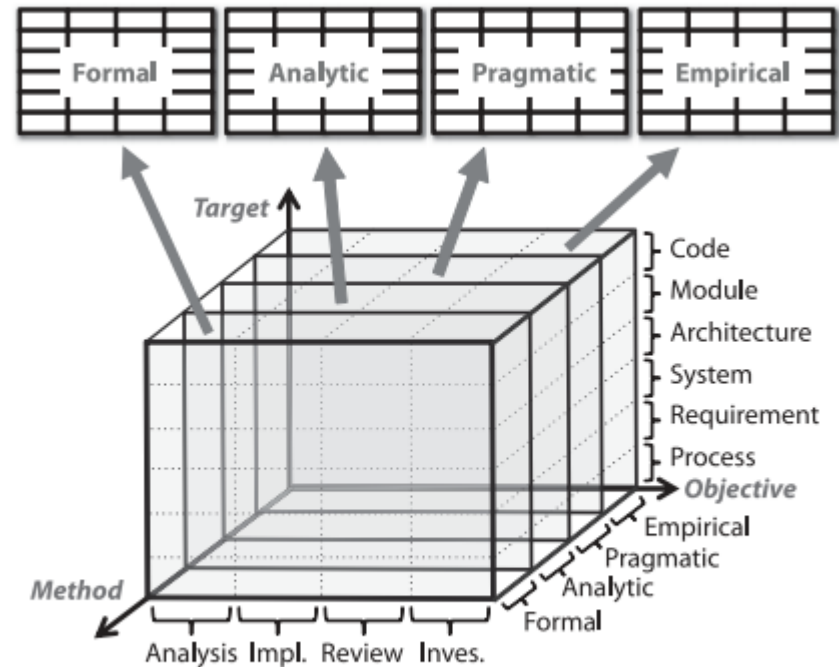


図 2 ソフトウェア進化研究の分類に関する全体像

形式的手法に関する研究

表 3 分類結果 (形式的手法)

	分析	実現	検査	解明
コード			[76]	
モジュール		[90] [117]		
アーキテクチャ	[88]	[48] [116] [138]		
システム		[49]	[134]	
要求		[150]	[125]	
プロセス				

- アーキテクチャの進化を扱う手法
 - [48]
 - 再構成可能とするためのアーキテクチャ言語Clockを提案
 - [116]
 - 要求保証契約という形式的概念を導入したモデルの提案

解析的手法に関する研究

表 4 分類結果 (解析的手法)

	分析	実現	検査	解明
コード	[18] [29] [36] [42] [47] [59] [65] [77] [109] [115] [122] [145]	[4] [26] [52] [97] [143] [145]	[16] [32] [64] [77] [111]	[95]
モジュール	[40] [96]	[127] [142] [143] [148]	[3] [102]	
アーキテクチャ	[22] [39]	[143]	[132]	
システム		[81] [143]		
要求		[143]		
プロセス				

- コードの進化を扱う手法
 - [122]
 - 例外フローを可視化する分析ツールの提案
 - [42]
 - 横断的に発生するソフトウェア変更から、隠された依存関係を明らかにするための、概念分析

実践的手法に関する研究

表 5 分類結果 (実践的手法)

	分析	実現	検査	解明
コード	[51]		[121]	[98]
モジュール		[24] [85] [92] [135]		[114]
アーキテクチャ	[83]	[80] [92] [104] [112] [120] [130]	[67]	
システム		[1] [28] [124]		
要求		[2] [24] [101]		
プロセス			[67]	

- アーキテクチャの進化を扱う手法
 - [104]
 - ソフトウェアシステムの動的な変更を支援するツール
 - [112]
 - 将来の再利用や進化に強い直交型ソフトウェアアーキテクチャの提案

実証的手法に関する研究

表 6 分類結果 (実証的手法)

	分析	実現	検査	解明
コード	[7] [20] [33] [43] [139] [147] [149]	[66]	[17] [34]	[45] [62] [100] [133] [136] [137]
モジュール	[31] [38] [126]			[87]
アーキテクチャ				[87] [131]
システム	[144]		[79]	[37] [63]
要求			[118] [129]	[107]
プロセス		[140]		[128]

- コードの進化を扱う手法

- [7]
 - ソフトウェア変更をベクトルで表現し, バグを引き起こす変更を識別する手法
- [45]
 - 各バージョンのクローンからクローンの進化を追跡

適用手法の動向

表 7 進化研究論文の分類概要

対象	IWPSE および IWPSE-EVOL 2001~2011 における 研究論文
論文数	73 編 (フルペーパー)
分類方法	2名の作業者による 並行分類の後, 結果の確認と 合意

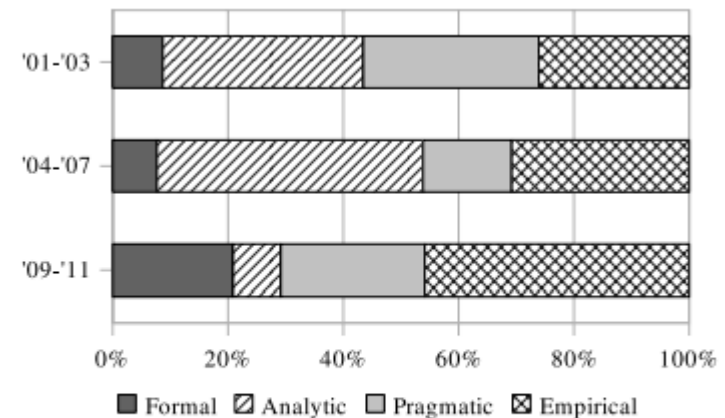


図 3 適用手法の経年変化

- 実証的手法の増加
 - 進化機構の解明や支援技術の実現に実証的手法が適用できることを指摘した基調講演 (ISPSE2000, Lehman) がきっかけ
- 解析的手法の現象
 - 進化の支援を支える**基盤技術**として変わりつつあることの表れである

対象および支援目的の動向(形式的)

- 進化支援の対象
 - プロダクト全体(要求除く)
- 進化支援の目的
 - 進化の実現と検査
- 進化とその検査支援に結び付ける形式手法の特徴が表れている

表 9 対象および目的の動向 (形式的手法)

		分析	実現	検査	解明
コード	'01-'03		x	x	
	'04-'07				
	'09-'11				
モジュール	'01-'03			x	
	'04-'07				
	'09-'11				
アーキテクチャ	'01-'03		x	x	
	'04-'07				
	'09-'11				
システム	'01-'03		xx x	x	
	'04-'07				
	'09-'11				
要求	'01-'03				
	'04-'07				
	'09-'11				
プロセス	'01-'03				
	'04-'07				
	'09-'11				

対象および支援目的の動向(解析的)

- 進化支援の対象
 - ソースコード
 - モジュール
- 進化支援の目的
 - 依存関係, 欠陥の原因の発見
- どんな対象に対する進化支援かだけでなく, 何を解析の対象とするか

表 10 対象および目的の動向 (解析的手法)

		分析	実現	検査	解明
コード	'01-'03	x			
	'04-'07	xxx		x	x
	'09-'11	x			
モジュール	'01-'03	xx			
	'04-'07	x	x		
	'09-'11				
アーキテクチャ	'01-'03	x	xxx		
	'04-'07	x			
	'09-'11				
システム	'01-'03				
	'04-'07		x		
	'09-'11				
要求	'01-'03			x	
	'04-'07	xx	x		
	'09-'11				
プロセス	'01-'03				
	'04-'07				
	'09-'11	x			

対象および支援目的の動向(実践的)

- 進化支援の対象
 - アーキテクチャが多い
- 進化支援の目的
 - 進化の実現が多い
- 重大な設計判断を支援するには**経験則の確立**が欠かせない

表 11 対象および目的の動向 (実践的手法)

		分析	実現	検査	解明
コード	'01-'03	x	x		x
	'04-'07			xx	
	'09-'11	x	x		
モジュール	'01-'03				
	'04-'07		x		
	'09-'11	x			
アーキテクチャ	'01-'03		xxxxx		
	'04-'07		x	x	
	'09-'11		x		
システム	'01-'03				
	'04-'07				
	'09-'11				
要求	'01-'03				
	'04-'07				
	'09-'11	x	x		
プロセス	'01-'03				
	'04-'07			x	
	'09-'11				

対象および支援目的の動向(実証的)

- 進化支援の対象
 - ソースコード中心
 - プロダクト全般とプロセス
- 進化支援の目的
 - 進化の解明
- **大量のデータ**から進化という作業の**本質を解明**することがテーマ

表 12 進化対象および支援目的の動向 (実証的手法)

		分析	実現	検査	解明
コード	'01-'03	x			xx
	'04-'07	xx			xx
	'09-'11	xxx			xx
モジュール	'01-'03	x			
	'04-'07				
	'09-'11	x			
アーキテクチャ	'01-'03	xx			
	'04-'07				
	'09-'11	x			
システム	'01-'03				
	'04-'07				
	'09-'11	x		x	x
要求	'01-'03				
	'04-'07			xxx	
	'09-'11	x			x
プロセス	'01-'03				x
	'04-'07	x			
	'09-'11				xxx

今後の展望

- 実証的手法を適用した研究が下流プロダクトから上流プロダクトへ領域を拡大
- 抽象度の高い創造的な進化の実現は個別性が高いため、実践経験に裏付けされたモデルが必要
- 一つの手法だけで全ては解決しないので、各手法の利点を活かし、欠点を補うよう連携、融合させる