

CMMレベル3に準拠した 車載向けソフトウェア開発プロセスの構築

寺久保 敏・熊本 博文・出川 裕久
加 櫓 武

Construction of CMM Level 3 Software Development Process for Automotive ECU —— by Satoshi Terakubo, Hirofumi Kumamoto, Hirohisa Degawa and Takeshi Karo —— Software for automotive electronic control unit (ECU) has become complicated in recent years along with the spread of automotive LANs and the advancement of their functions. On the other hand, since abnormal operation of software affects the safety of a car and there are many copies of software in the market, quality level required for software is very high. In AutoNetworks Technologies, Ltd. and Sumitomo Wiring Systems, Ltd., in order to build a software development structure which can respond to the increased software development scale and the complication of software while maintaining or raising quality levels, Capability Maturity Model (CMM) is being adopted since 2002 and the software development process has been improved. CMM is an evaluation model developed by Carnegie Mellon University's Software Engineering Research Institute for measuring the software development capability. It is globally adopted as a de facto standard for software development process improvement model, and attracting wide attention from many car makers and government offices in Japan. In this paper, an outline will be reported about the structure and effect of a software development process which has achieved CMM Level 3 in July 2004.

1. 緒 言

自動車に搭載される電子制御ユニット（ECU：Electronic Control Unit）のソフトウェアに要求される品質レベルは非常に高い。ソフトウェアの不動作や誤動作が自動車の安全性に対して悪影響を与える事も少なくなく、また、数千台／月から数万台／月規模の製品が出荷されているため、量産後の改修や交換は容易ではない。

一方、自動車に求められる快適性や利便性は年々高まってきており、これまでに無かった新機能が開発されたり小型車でも標準的なドアロックやルームランプ等の既存機能においても進化を続けたりしているため、車載ECUの数もそれぞれのECUに実装されるソフトウェアの規模も飛躍的に増大している。（図1）また、近年の自動車内には車載LANが複数張り巡らされており、搭載される多数のECUが相互に協調動作できるよう、車載LANに対応できる通信機能やゲートウェイ機能を装備することがソフトウェア開発規模のさらなる増大と複雑化の原因になっている。

（株）オートネットワーク技術研究所および住友電装（株）（以下、両者を総称して当社と記す）では、品質レベルを維持・向上しながら上記のソフトウェア開発規模の増大や複雑化に対応できるよう、2002年からCMM（Capability Maturity Model：ソフトウェア能力成熟度モデル）を採用し、ソフトウェア開発プロセス改善に取り組んできた。CMMは、米国カーネギーメロン大学ソフトウェア工学研究所が開発したソフトウェア開発能力を測る指標で、世界

中で広くデファクトスタンダードとして採用されているものである。日本でもカーメーカーや、官庁等で広く注目されている指標であることから、ソフトウェア開発プロセスの改善モデルとして選定した。

本稿では、CMMを指標としたソフトウェア開発プロセスの改善活動につき、具体例を交えながら紹介する。

2. CMMの概要と改善ポイントの明確化

2-1 CMMの構造と目標レベル

CMMはソフトウェアプロセスの主要要素（KPA：Key Process Area）を記述する効果的な枠組みである。未成熟なプロセス（レベル1）から成熟し秩序あるプロセス（レベル5）への進化する改善経路が、5段階の成熟度レベルで示されている。各レベルの概要を図2に示す。レベル1を除いて、各成熟度レベルは複数のKPAで構成されており、各レベルの構成要素であるKPAが全て達成できていると判断されて初めてそのレベルの達成と認定される。

CMMのモデルの定義では、図3に示されるように、レベル3以上から実績の改善が期待できる仕組みとなっている⁽¹⁾こと、自動車業界ではレベル3あれば十分と言われていた⁽²⁾ことから当社の改善活動の目標としてはレベル3とし、2002年4月からCMMを明確に意識した改善活動を開始した。改善活動の中核として後述する改善グループを組

車両動向 (LAN構成)	'90年代		'00年代 ⇒			
	UART、単方向通信		BEAN、AVC-LAN、GA-NET			
製品展開	'80年代 (マイコン無し)	J/B一体型ECU		J/B一体型ECU (多重)		
		ボデーECU (非多重)	ボデーECU (多重)	センターモジュール		
		G/W-ECU		G/W-ECU		
ソフトウェア規模	ボデーECU	4k	32k	48k	96k	128k
	G/W-ECU				64k	
	センターモジュール		32k	(ヒーコン16~48k)		128k
開発プロセス				CMMをモデルとしたプロセス改善活動		
				◆00年末 プロセス改善活動開始	レベル2 2003/6/13達成	レベル3 2004/7/2達成

図1 ボデー系ECU開発の変遷

国内の自動車部品メーカーでレベル達成を公表しているのは3社のみ (2005年1月末時点) レベル3が最高で、当社を含め2社が達成

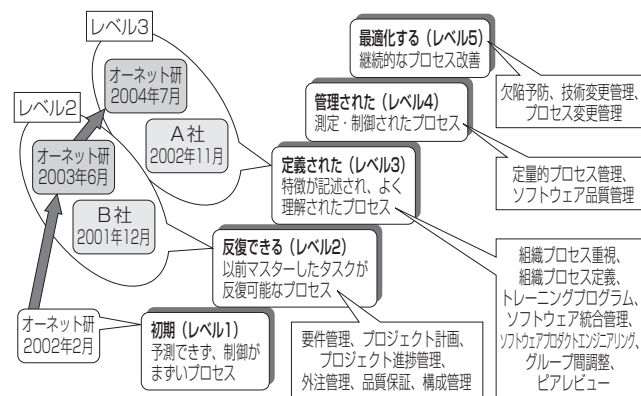


図2 CMMの5段階レベルの概要

織し、プロセス改善活動で先行する関係会社や社外の専門家にもアドバイザーとしてご協力いただきながら活動を推進した結果、2004年7月にレベル3の達成を公式に確認する事ができ、日本国内の自動車部品メーカーでは2社目の認定を受けることができた。

次項以降で、当社の取り組みについて述べる。

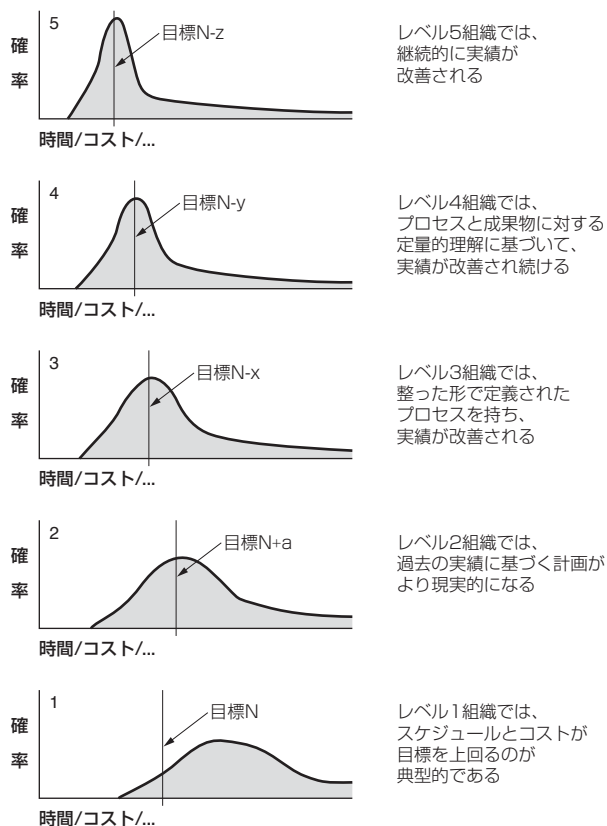


図3 成熟度レベル毎のプロセス能力⁽¹⁾

2-2 CMMレベル3との差異(GAP)および改善のポイント
 目標とするレベル3までと、当時の当社仕組みとのGAP分析を実施した結果の概略を表1に示す。CMMで要求されている仕組みや活動の中には当時から既に存在するものも多数あったが、明文化されたルールが存在しないものや、不十分なものも多数存在した。これは、当時の当社のソフトウェア開発組織が少人数の組織であり、特に明文化されたルールが不十分でも管理できる状態であったため、近未来の製品種類の増加と開発規模の増大を見越して、組織規模の拡大と、不足している仕組みの強化に着手した。

表1 GAP分析結果

レベル	KPA	体制	ルール	活動	検証	改善すべき主な内容
2	要件管理	○	▲	○	▲	要件管理状態のレビューと計測
	プロジェクト計画	○	▲	▲	○	見積もり手順が無い
	進捗管理	○	▲	▲	▲	管理項目の明確化と明文化
	外注管理	-	-	-	-	当社のルールに基づいて社員と一体になった開発のため適用外
	品質保証	×	×	▲	▲	プロセスの観点から品質保証する仕組みが弱い
	構成管理	×	▲	▲	×	構成管理計画(ベースライン監査やリポジトリ定義)と管理状態のレビューと計測
3	組織プロセス重視	▲	×	×	×	ソフトウェアエンジニアリングプロセスグループの組織
	組織プロセス定義	▲	×	▲	×	プロセス資産(標準・要領書、データベース、ライブラリ類)の定義と維持運用
	トレーニングプログラム	×	×	▲	×	教育体系の定義
	統合管理	▲	×	▲	×	組織の標準プロセスの定義とテラリングガイドの作成
	エンジニアリング	○	▲	▲	▲	設計、製作、評価工程の定義と責任者の明確化
	グループ間調整	▲	×	▲	×	ソフト開発チーム外との関わりの明確化
	ピアレビュー	○	○	○	▲	レビュー計画の立案

○:	ほぼ仕組みが存在し、小規模な改善で対応できる
▲:	半分程度の仕組みは存在し、現状の見直しで対応できる
×	仕組みが不十分かほとんど無く、大幅な見直しが必要

詳細な分析結果や取り組んだ改善活動の細目については紙面の制約から割愛するが、基本的には全てのKPAに関して改善活動が必要な状態であった。

GAP分析の結果から、主な改善ポイントは次の3つに大別できる。

- (1) 体制面
 「品質保証」、「構成管理」、「組織プロセス重視」、「トレーニングプログラム」の各KPAで、これまで明確に置いていなかった役割の新設が必要。
- (2) ルール面と活動面
 開発チームに必要なルールは関係する全てのKPAで不完全ながらも存在し、「組織プロセス重視」以外で求められている活動も全てベースとなるものが存在したので、既存のルールをベースとした見直しを中心とし、補強された新ルールに沿った活動へのスムーズな移行。
- (3) 検証面
 検証すべき観点が従来に比べて大幅に増加するが、開発チームが従来と大差なくこなせる仕組みの構築。
 次章では、これら改善ポイントに対する具体的な取り組みについて述べる。

3. CMM準拠のプロセス構築への主な取り組み

3-1 組織体制の強化 CMMで規定されている組織的な役割や活動として、次の4つがある。

- ①ソフトウェアエンジニアリングプロセスグループ(SEPG)・・・プロセスの構築、改善、維持および管理
- ②ソフトウェア品質保証グループ(SQA)・・・プロセス遵守状況をチェックし、プロセス品質の確保を保証する
- ③トレーニンググループ・・・必要な教育の開発と実施
- ④構成制御委員会・・・ソフトウェアベースラインの管理

当社におけるソフトウェア開発の組織規模は数十名程度と比較的小規模であり、また対象となるソフトウェアの規模も数千行から数万行程度と小さく、少人数での開発となるため、全てを独立した組織として実現することはオーバーヘッドが大きくなりすぎる状態であった。そのため、役割としては明確に独立して定義するが、運用面では可能な限り複数の機能をキーパーソンが兼任できるよう、組織定義に工夫を凝らした。今回構築した当社の組織構成の概念を図4に示す。

- (1) SEPGの設置
 活動の中核として、ソフト開発統括者と製品分野ごとの開発責任者および専任のプロセス改善推進者からなる委員会形式のSEPGを置いた。SEPGのアクティビティとしては、組織全体に対して約5%に相当する規模を維持することに留意して運営した。また、プロセスの定着状況をチェックする役割を持つSQA活動の責任者として、最もプロセスを良く知るプロセス改善推進者が兼任したが、SEPGとSQAの責任者をそれぞれ別にする事で、両機能の独立性を確保した。

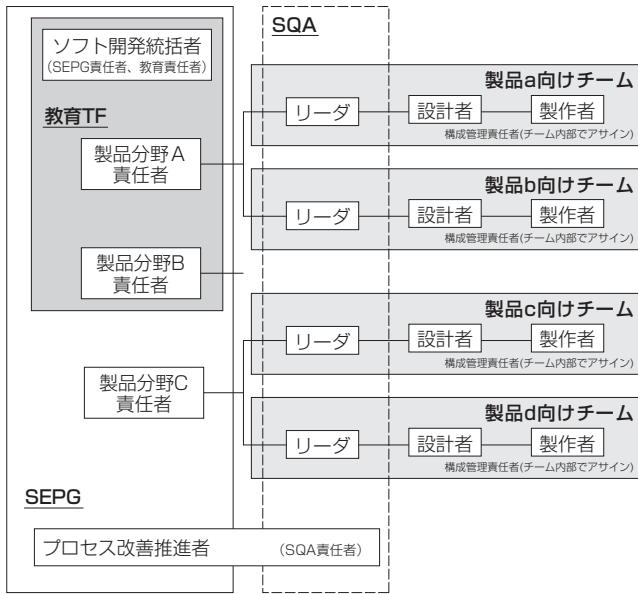


図4 組織構成の概要

(2) SQA 機能の実現

SQA 活動の実務を担当する SQA 担当者に関しては、開発チームのリーダークラスを個別にアサインし、自らが開発チームの一員として参加しない別の開発チームを監査対象とする方式を採用した。この方式はメンバーの早期育成とプロセスの早期立ち上げを狙った取り組みで、他人の管理する開発チームを第三者の立場で監査する形式を取ることで開発チームと SQA の独立性を確保しつつ、また、開発チームのメンバーが SQA 担当者としても活動することで、プロセス遵守意識の向上と、プロセス運用方法の修得を促進している。

(3) トレーニンググループと構成制御委員会

トレーニンググループに関しては、ソフト開発統括者と製品分野ごとの開発責任者の中から教育タスクフォース（TF）を組織し、活動を開始した。構成メンバーの全てが SEPG としても活動しているため、SEPG のサブグループ的なメンバー構成となったが、運営は SEPG 活動とは独立させた。

構成制御委員会に関しては、当社が開発するソフトウェアの規模が前述の通り小規模であることから、専門組織として設置する必要性は無く開発チーム毎の管理で十分であり、役割と責任範囲を明確にした上で、開発チーム内部のメンバーの兼任によって実現した。

3-2 ルールの明文化と活動の定着（ソフトウェア開発ワークフローの定義） 工程毎の成果物や責任範囲を明確にしやすいウォーターフォールモデルを基本として、当社のソフトウェア開発ワークフローを定義した。エッセンスを抜き出して図示すると、図5のようなV字モデルとして表現することができる。開発者向けの詳細なワークフローでは、全てのソフト設計とテスト設計、および各種テ

トの実施結果に対して、レビュータスクを明記しており、設計やテストの実施と共に、レビューの実施を明確に規定している。さらに、対象製品が自動車のモデルチェンジや派生車種向けに小変更されることが多いため、ウォーターフォールモデルとしての単純な規定だけではなく、仕様の変化点とそれが全体に与える影響範囲や内容を十分に検討した上で、変更が必要な部分のみに絞って適用できるルールとした。

また、今回定義したソフトウェア開発ワークフローでは、ソフトウェア開発チームの役割をリーダー、設計者、製作者の3階層に分類している。それぞれが責任を持って遂行する業務を、対応する設計とテストの組み合わせを基準に階層的に定義しており、それぞれの分担部分を一つの標準（責任範囲や成果物を明確に定義したルール）と従属する複数の要領書（具体的な手順や雛形を提供）としてとりまとめ、各階層の担当者が参照する標準や要領書が散在しないように整備した。

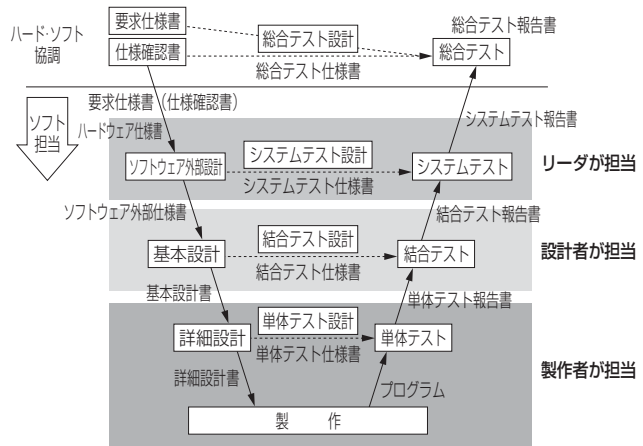


図5 ソフトウェア開発ワークフロー

3-3 開発活動の検証強化 CMMの構成上、全てのKPAに検証（レビュー）の観点が存在し、この部分をどのように実現するかが効率化の一つのポイントになる。レベル2からレベル3の範囲にあるKPAは13と数も多く、効率的なレビューを実施する仕組みの構築が不可欠である。このため、従来から開発活動の進捗管理用に作成していた「プロジェクトレビューレポート」の内容を以下の観点で拡張し、定義しなおした。

新しいプロジェクトレビューレポートでは、進捗管理の核となる管理項目は従来から強化して継承し、CMMで要求されている全ての検証項目を網羅的に取り込んだ。新旧のプロジェクトレビューレポートに記載される主な項目を表2に示す。これにより、プロジェクトレビューレポートを見るだけで、ほとんどのKPAに対応した開発活動の検証が実現できるようになり、漏れのない、効率的なプロジェクトレビューが実施可能となった。

表2 新旧プロジェクトレビューレポート内容比較

従来版	新版
詳細計画	詳細計画
マイルストーン予実グラフ	EVM (アード・バリュー・マネジメント)
工数消化グラフ (累積)	工数消化グラフ (累積、週間)
規模進捗 (作成ステップ数)	規模進捗 (追加、削除ステップ数)
懸案リスト	懸案リスト
	要件管理状況
	コンピュータ資源消費状況
	品質指標 (レビューメトリクス、テストメトリクス)
	管理工数発生状況
	SQA 監査受審状況
	構成管理状況
	見積もり根拠要件の変化状況
	開発依存関係の状況

4. 改善効果

当社がレベル3の達成を公式に確認したのは2004年7月2日である(図6)。本稿執筆時点では、レベル3達成プロセスを全適用して完了したプロジェクトが無いため、今回はレベル2達成前後での開発工数の見積もりに対する実績値の乖離度を評価してみた。図7はレベル2達成前のプロジェクトの見積もり工数に対する実績消化工数の乖離度(%)を、図8はレベル2達成後の同様の指標をグラフ化したものである。

また、見積もりに対する実績値比率の平均値と標準偏差を表3に示す。

図7、図8と表3から、レベル2達成前後で標準偏差が半減していることがわかる。これは、見積もり方法やプロジェクトのワークフローが定義され、ルールに従ったプロジェクト管理や設計が遂行されるようになり、プロジェクト間の諸般の要因差が吸収できる仕組みが構築できたことを示していると考えられる。

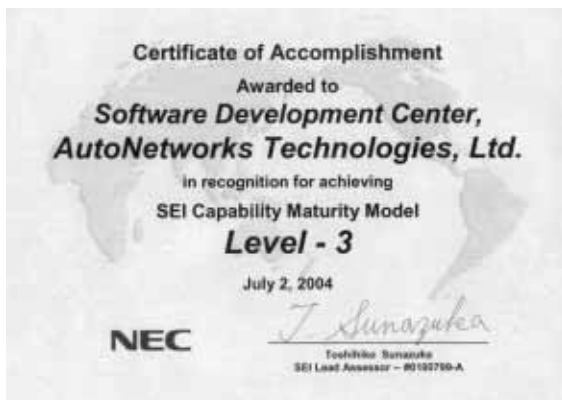


図6 CMMレベル3認定証

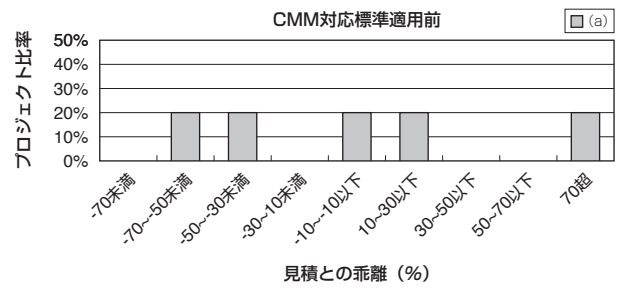


図7 CMM対応標準適用前

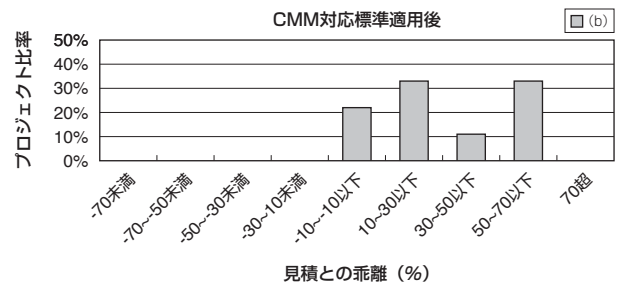


図8 CMM対応標準適用後

表3 見積もりに対する実績値比率

	(a) レベル2達成前	(b) レベル2達成後
平均	1.03	1.31
標準偏差	0.56	0.25

しかしながら、管理工数や設計工数が従来に比べて増加(図9)する事になり、そのため平均値を3割近く押し上げることとなった。ルールに従って過去のプロジェクトの実績(改訂前のルール適用分)ベースから工数見積もりを算出する時、今回強化した管理や設計に対応する工数が控えめな値になり、それが見積もり超過の原因となっているので、現行プロセスを適用したプロジェクト実績が貯まるまでの一過性の現象だと考えられる。

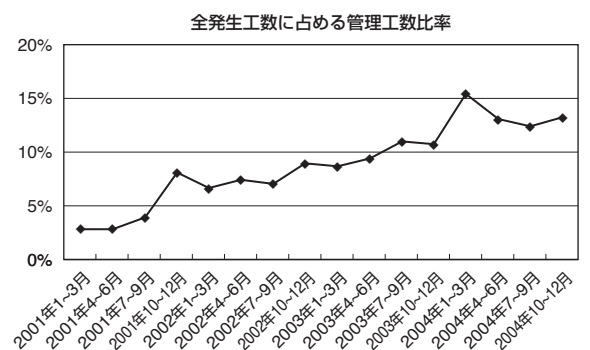


図9 管理工数比率の変遷

5. 結 言

本報告では、当社が構築したCMMレベル3までに準拠したソフトウェア開発プロセスの概要とその効果を示す一例を報告した。車両に搭載されるECUの機能は今後益々増大する見込みであり、高級車に新規追加された機能は順次、大衆車・小型車まで幅広く展開されるので、今後開発すべき車載ECU向けソフトウェアの規模や種類は増大を続けることは明らかである。今回報告した仕組みもそれに合わせて絶えず進化させる必要があり、また、変化に応じた進化を遂げられなければ対応できなくなることは明らかである。

今後、さらなる進化と改善を継続するため、今回構築したプロセスのメトリクス収集と分析によるフィードバックと、蓄積したプロセスデータを有機的に活用できる仕組みの構築が課題であると考えている。

参 考 文 献

- (1) ソフトウェアエンジニアリング研究所、「能力成熟度モデルのキープラクティス 1.1 版」、CMU/SEI-93-TR-25、カーネギーメロン大学 (1993)
- (2) 「ソフトも日々カイゼン信頼性確保のお手本に」、日経エレクトロニクス、2004年3月1日号、pp106-117、日経BP社 (2004)

執 筆 者

寺久保 敏：(株)オートネットワーク技術研究所 ソフト開発センター
熊本 博文：(株)オートネットワーク技術研究所 ソフト開発センター センター長
出川 裕久：(株)オートネットワーク技術研究所 ソフト開発センター 次長
加櫓 武：住友電装(株) 電子事業本部 エレクトロニクス設計部 グループ長