

「ソフトウェア開発の生産性向上に向けた取り組み」

渡辺弘美@JETRO/IPA NY

1. はじめに

米国連邦政府では、ソフトウェアの生産性向上を目指したさまざまな取り組みが展開されている。連邦政府は、自らのプロジェクトのソフトウェア開発管理体制を厳しく精査し、有力民間企業のソフトウェア開発に対する“ベストプラクティス”を取り入れるなど、コスト・スケジュール内でソフトウェア開発が行えるよう努力を行っている。

さらに NITRD(Networking and Information Technology Research and Development) 計画の中でも、ソフトウェア生産性の向上をテーマにしたプログラムである SDP(Software Design and Productivity)を立ち上げ、8つの省庁が参画する横断的研究開発に取り組み、基礎研究を実施している。その一環として、大学や民間企業のコンソーシアムとの連携を行うなど、長期的な視点にたって、ソフトウェア生産性の向上を狙った活動を手がけている。

これらの背景には、ソフトウェア産業は、米国にとって国際競争力上優位性を持ち、今後もリードして続けなければいけない重要な分野であり、民間セクターの努力に補完する形で、ソフトウェア生産性の問題に取り組んでいこうとする米国政府の戦略がある。個別省庁、省庁横断的、大学との連携、民間・コンソーシアムとの協力などさまざまな形で展開するプロジェクトは、ソフトウェア生産性向上に対する米国連邦政府のコミットメントを強く反映している。

2. 米国政府機関におけるソフトウェア開発における問題

米国政府による 2004 年度の IT 投資額は 600 億ドルにも上るといわれ、毎年増加の一方を辿っている。これに対し米国議会では、様々な法整備（1996 年情報技術管理改革法など）を通し、政府機関の IT マネジメントの効率化を図ってきているが、政府説明責任局（GAO=The Government Accountability Office）によれば、米国政府機関の情報システムには未だに問題が多く、リスクの高い分野が残っている。GAO ではソフトウェア開発を含む IT プロジェクトに関する各機関個別の調査も行っており、特に IT プロジェクトの顧客としての政府という視点から問題点を指摘している。

(1) DOD におけるソフトウェア調達・開発マネジメント

① 現状

国防総省（DOD=Department of Defense）の兵器システム、指揮統制組織、衛星システム、在庫管理システム、金融システム、人事システム、決済システムなどは 150 万台以上のコンピュータ、28,000 種類ものシステム、10,000 ものコン

コンピュータネットワークに依存しており、中でもソフトウェアは従来ハードウェアが担ってきた機能も果たしていることから、特に DOD の兵器システムの中で重要な位置を占めるようになってきている。例えば DOD は 2003 年度には R&D、テスト、評価のための予算の 40% に当たる 210 億ドルをソフトウェア開発に費やしている。だが一方、そのうちの 40% である 80 億ドルが品質の問題による作業のやり直しに費やされており、DOD はこうしたソフトウェアの依存度の高いシステムの見積もり超過とスケジュール遅延の理由にソフトウェアの開発・実用の難しさを挙げている。

② GAO による勧告

GAO では、DOD の IT マネジメントに関して 1999 年以來 11 本にもものぼる報告書を提出しているが、こうしたソフトウェア開発の効率化向上に関しては、ソフトウェア開発企業のベストプラクティスを調査した上で、ソフトウェア開発を発注する側である DOD も同様の管理体系を導入するようにと勧告している。

例えば 2001 年の報告書では、ソフトウェア工学研究所（SEI: Software Engineering Institute）の開発したプロセス改善のためのモデルである IDEAL モデルの内容と比較する形で、DOD のソフトウェアとシステム開発、調達、エンジニアリング工程におけるソフトウェアプロセス改善（SPI: Software Process Improvement）に関する活動が調査されている。調査対象は米国陸軍、空軍、海軍、海兵隊など 6 機関であるが、結果としては、各機関によって SPI の取り組み内容に差があり、省全体としての SPI への取り組みがない点を指摘している。GAO はこうした SPI の手続きを踏んでいない機関に対して、SEI の IDEAL モデルとベストプラクティスを参考にしよう勧告しているほか、省全体にまたがる SPI プログラムを導入し、SEI の IDEAL モデルを土台とした SPI のガイダンスを策定することを勧告している。こうした勧告に対し、DOD は 2001 年に 21 億 9,000 万ドル以上の主要な調達に関しては SEI の CMM（Capability Maturity Model）のレベル 3 以上の企業から行うようガイダンスを行っているが、GAO は調達だけでなく、ソフトウェア・システムプログラムの全ての局面でソフトウェアプロセス改善を行うように主張している。

また 2004 年 3 月の報告書では、DOD で進められているソフトウェアに高く依存している 5 つのプログラム（Tomahawk、F/A-18 C/D、F/A-22、SBIRS、Comanche）を調査、評価している。この報告書では、比較対象として民間企業である CSC（Computer Sciences Corporation）社、General Motors 社、Motorola GSG 社など 5 社の企業での実地調査を含む、ソフトウェア開発と調達のベストプラクティスを調査・引用している。GAO によれば、ソフトウェアの開発・調達に成功している民間企業は、適切な開発環境を整え、規律に基づく開発プロセスを踏むようにし、さらにそうした開発プロセスの評価基準データを収集することで、その進展状況を追跡し、顧客側も同様のデータを得られるようにしている

一方 DOD のプログラムでは成功している例とそうでない場合があり、そうでない場合はかなりの見積もりコストと時間の超過が報告されている。以下の表はその成否を示しており、Tomahawk と F/A-18 C/D プログラムではベストプラクティスに沿った開発手順が踏まれており、結果としてコスト・スケジュールの変更は比較的少なくなっている。他方、成功していないそれ以外のプログラムでは、そうした手順がなく、従ってバグなどが開発段階の最後に発見され、結果として要求仕様の変更、スケジュールの遅延、見積もりコストの増額という問題を抱えている。

DOD におけるソフトウェア開発・調達

プログラム名	適切な環境	規律に基づく開発プロセス	開発プロセスの評価基準データの利用	開発コストの変更(%)	見積りスケジュールの変更(%)
Tomahawk	Yes	Yes	Yes	7.6	22.4
F/A-18 C/D	Yes	Yes	Yes	36.4	6.2
F/A-22	No	No	No	127	104
SBIRS	No	No	No	88	情報入手不可
Comanche	No	No	No	231	120

GAO では、調達ポリシーでは個別のプロジェクトがきちんとした開発プロセスを確実に踏むようにしていない点や、開発プロセスを評価する情報を得よう規定していない点を指摘し、私企業のベストプラクティス同様のソフトウェア開発管理工程を導入するよう勧告している。

(2) NASA の財務管理システム

① 現状

米国航空宇宙局 (NASA=National Aeronautics and Space Administration) では予算の 90% に相当する約 130 億ドルをコントラクタに費やしているにもかかわらず、NASA の外部コントラクタ管理体制がずさんであるとして 1990 年以来 GAO から注意を勧告されている。NASA は外部コントラクタを監督するためのデータの把握、運営に関わる全てのコストの正確な計上、また外部への報告や内部での意思決定の際に必要なデータの収集ができていないのは、財務管理システムが整っていないためであるとしている。例えば、2000 年には、NASA の 1999 年度予算に 6 億 4,400 万ドルもの計上ミスがあったが、これは NASA の 10 箇所の会計管理部でそれぞれ種類の異なる互換性のない会計プログラムを利用しているために起きたものであると結論付けている。NASA の財政管理システムの導入は、過去 12 年間に渡り合計 1 億 8000 万ドルを費やして 2 度挑戦され放棄された経緯がある。NASA では 2000 年 4 月以降、新しく、9 つの機能 (財務、履歴書、職務内容、人事、給与、予算編成、外部コントラクタ関連事務、資産管理) が統合された「統合財務管理プログラム (IFMP=Integrated Financial Management Program)」の 3 度目の導入に取り組んでいる。2003 年時点でのライフサイクル

コストは9億8,270万ドルと見積もられており、IFMP導入完了予定は、当初2008年度と設定されたが、2006年度までに早められている。

② GAOによる勧告

GAOは、NASAのIFMPプログラム導入に関していくつもの勧告を出しているが、特にソフトウェア開発過程に関わる部分としては、2003年4月に出された報告書で、NASAがIFMPを調達・導入する際に重要なベストプラクティスに従っていないため、プロジェクトが失敗する可能性があるとして指摘している。中でもGAOは次の2点を問題視している。まず、IFMPのユーザであるプログラムマネージャ、コスト分析責任者、議会スタッフが要求仕様策定の際に取り込まれていなかった点である。そのため、これらのユーザは統合システムを信用しておらず、効率の悪い従来の方法を使って必要なデータを探すことになり、IFMPは導入の意味をなさない可能性がある。2点目はシステム導入とテストの前段階までに詳細なシステム要求仕様を策定していないことである。GAOの調査では80%以上の要求仕様が詳細さに欠けており、この問題はテスト段階に大きく影響を及ぼすだろうと指摘している。さらにNASAではソフトウェア開発工程の効率を評価する尺度を導入していない点も含め、IFMPプロジェクトが作業のやり直しにとられる時間がコストと共に増加し、進展が鈍化するだろうと指摘している。GAOはこれらの問題解決に対するリスクを測定し、リスク回避の戦略を立て、進展を追跡し報告するといった、適切なアクションプランを策定するように勧告している。また2003年11月の報告書では、ライフサイクルコスト分析が不十分な点なども指摘されている。

(3) FAAのデュアル広域補強システム

① 現状

連邦航空局（FAA: Federal Aviation Administration）では数百万ドルをかけた航空交通管制システムの複数の近代化プロジェクトが見積もり予算と納期を超過し問題となっている。航空交通完成システムのプログラムの主なものとしては以下の4つがあり、その進捗状況は2003年の段階で全般的に納期超過・見積もり超過となっている。

このうちの広域補強システム（WAAS: Wide Area Augmentation System）は、地上をナビゲーションのベースとした従来のFAAの航空交通管制システムは地理的に把握できる範囲にも限りがあるため、FAA以外のパイロット、トラック運転手、船主など複数のユーザが、地上・上空を問わず地球上のどこからでも速度や位置情報を確かめるためにGPSを利用できるようにするプロジェクトである。同プロジェクトは2000年の時点で既に予想外の開発コストやプログラムサポートコストなどのため5億ドル予算超過し、3年の納期遅延となっている。

航空交通官制システムの進捗状況

	Cost	Schedule
STARS	●	●
WAAS	●	●
NEXCOM	●	●
Free flight	●	●
LAAS	●	●
ITWS	●	●

● Problems
● Mixed results
● On track

- STARS (Standard Terminal Automation Replacement System)
- WAAS (Wide Area Augmentation System)
- NEXCOM (Next-Generation Air/Ground Communication)
- Free flight
- LAAS (Local Area Augmentation System)
- ITWS (Integrated Terminal Weather System)

②GAOによる勧告

GAOは、FAAがWAASシステム開発の複雑さを過小評価したことが問題の原因であると分析している。見積もりスケジュールが短すぎたこともあり、WAASの設計段階ですでにつまずき、結果としてより多くのソフトウェア開発が必要になり、さらにシステムの統合もより困難なものとなってしまっている。その一方で、このようなシステムの構築には部署同士のコミュニケーションなど、省庁内の協力体制が必要であるが、WAASの場合、上級幹部のコミットメントがあまりなかった点が、同プロジェクトの抱える問題の最も大きな原因であると指摘している。GAOは上級幹部がプログラムをよりサポートすることが一つの解決策であると勧告している。

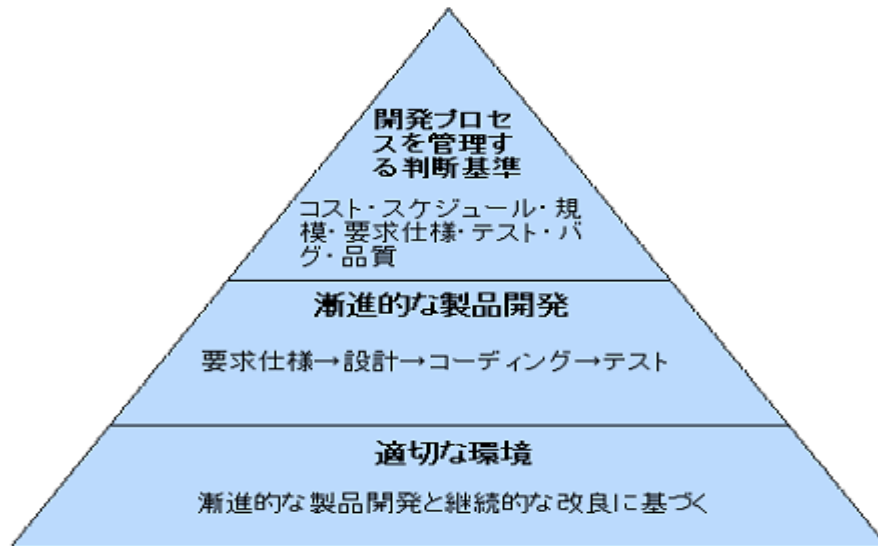
結論として、以上のようにGAOでは、各政府機関がソフトウェア開発・調達・システム導入を行う顧客の立場として、ベストプラクティスを導入し、開発過程をより理解するよう勧告している。また勧告を受けた政府機関側も調査内容に対してコメントを出し、ソフトウェア開発・管理プロセスに関する問題点を受け止め、提言を取り入れながら生産性向上の努力を行っている。

3. 民間におけるベストプラクティス

発注側の政府が取り入れるべき見本として、優れたソフトウェアの開発体制を持っている企業のベストプラクティスが、GAOの報告書の中で取り上げられている。GAOは報告書の中で文献調査に加えて、CSC社、Diebold社、General Motors社 Powertrain Unit部門、Motorola社 GSG (Global Software Group)、データベース技術に特化したNCRのTeradata部門の5社の代表者（ディレクター、ソフトウェアエンジニア、プロジェクトマネージャ、構成マネージャ、品質管理担当者を含む）とのインタビューを行い、収集した情報を分析している。

要点としては、優れたソフトウェア開発事業者は、そのソフトウェア開発において(1)適切な環境を整備し、(2)規律に基づく開発プロセスを適用し、(3)開発プロセスの評価基準データを収集するという3点を守っていることが指摘されている。

ソフトウェア開発企業が活用する3つの要素



(1) 「適切な環境」の整備

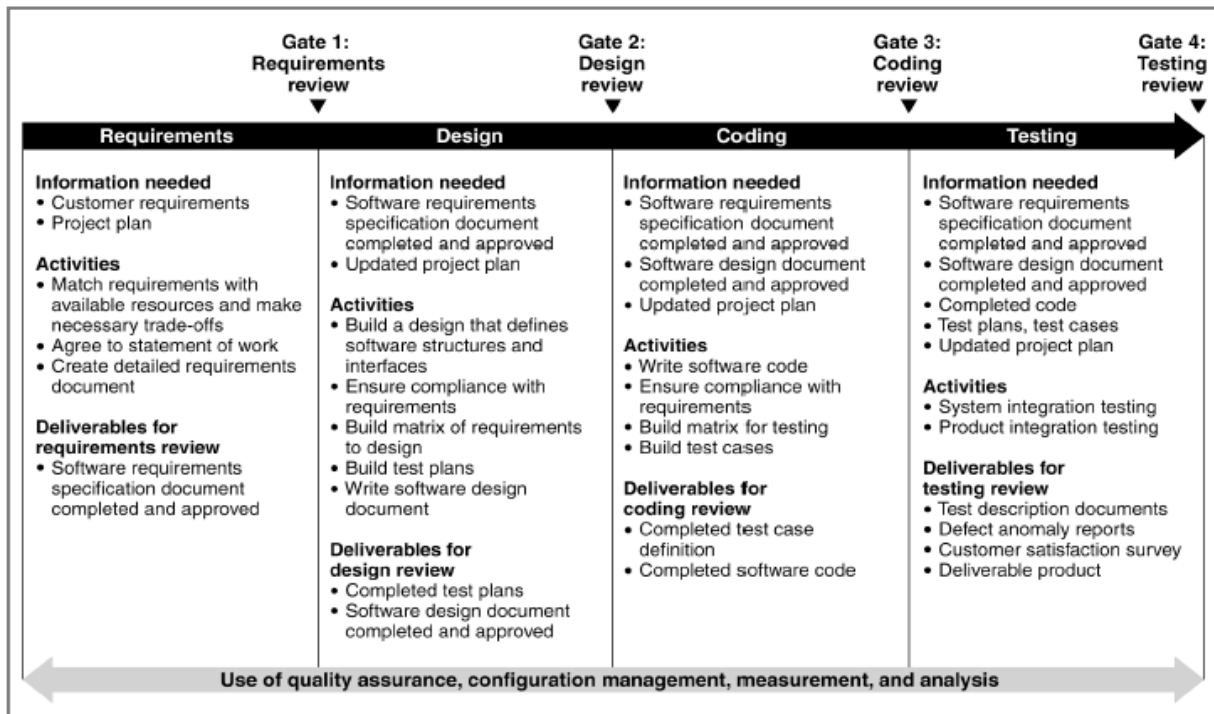
ソフトウェア開発の優良企業は、出荷のタイミングやより低コストな製品を作成してほしいという発注者からの期待と厳しい競争市場の中で、「漸進的な製品開発(evolutionary product development)」と「継続的な改良(continuous improvement)」の2つの要素に集約される「適切な環境」での開発が最も効率よくソフトウェアを開発できる手段であると結論付けている。

- 「漸進的な製品開発」—これは急激な手段を避け、順を追って徐々に進めていくことができる開発環境をさしている。この開発環境においては、プロジェクト規模を抑え、漸進的な進め方をすることで、リスクを少なくすることができる。例えばエンジンやトランスミッションを製造している General Motors Powertrain Unit の場合、年間4 - 8のソフトウェアの発売にとどめている。
- 「継続的な改良」—上記の優良企業では、継続的にそのソフトウェア開発環境を改良することを重視しており、ほとどの企業も SEI の CMM を導入している。例えば、Motorola GSG の幹部は、優秀なエンジニアを雇うだけでは優良なソフトウェアは開発できず、彼らが効率よく仕事ができるような環境とプロセスを企業側が作る必要があると述べている。

(2) 規律に基づく開発プロセスの踏襲

上記のような適切な開発環境の中で、各優良企業は規律に基づいた段階を踏み、各段階ごとに厳しい管理体制をしいている。多くの場合、その開発段階は、「要求仕様」「設計」「コーディング」「テスト」の4つに分かれている。またそのプロセスの中でも、各ソフトウェアのバージョンアップの履歴、変更などのコメント、欠陥部の解決方法などの構成管理 (configuration management)、段階ごとの点検 (review)、品質管理、リスク管理に重点が置かれている。

規律に基づく開発段階



また以下はそれぞれの段階における、優良企業に見られる特徴である。

要求仕様 (段階 1)

要求仕様の段階が開発の土台となり、ソフトウェア開発を成功に導くために最も重要であるため、最も時間が割かれ、重視されている。上記優良企業では、設計段階の前までに要求仕様が整理され、コーディング段階の前までには細部まで設計されるように管理されている。例えば、Motorola 社 GSG と NCR 社 Teradata 部門では、要求仕様の 95%が要求仕様段階の終了時点で決定され、設計段階の終了時点では 98%が決定しているということである。そのため、この段階では多大な時間と労力が費やされ、優良企業 5 社ではソフトウェア開発業務の大体 20 - 30%がこの要求仕様決定に割かれているというこ

とである。またさらに、各企業は要求仕様段階の中でも、以下の6つの段階を踏んでいる。

- 「発注者と受注者が組みになったプロジェクトチームの構成」
- 「要求仕様内容の分類」
- 「要求仕様内容の交渉」
- 「要求仕様の基本ラインの合意」
- 「詳細な要求仕様の決定」
- 「品質チェック」

ここで強調すべきことは、発注者と受注者がオープンで忌憚のない意見交換が持てるよう、共同でプロジェクトを進めている点である。

一方、要求仕様の変更は避けられないものではあるが、開発者はその変更が理にかなったもので、しかもプロジェクトの結果に支障をきたさないよう、非常に厳しく変更の数とタイミングを管理するよう努力している。例えば、そうした変更を行う前に、開発全体のコストとスケジュール、プロジェクトの進展に及ぼされるであろう影響を分析し、発注者と現在のプロジェクトで変更がなされるべきか、それとも将来的になされるべきなのかを交渉するなどである。また NCR 社 Teradata 部門では開発サイクルにおける要求仕様の変更回数を限定している。

設計（段階2）

各企業は設計段階が安定したものになるよう尽力している。例えば Motorola 社 GSG の幹部は、ソフトウェアの設計の90%以上が安定していないとコーディングには進まないとしており、この段階をきちんと管理しない開発者はプロジェクトの40%ものリソースをやり直し作業に費やすこともあると述べている。また設計の段階までがしっかりしていることは、次の段階でエンジニアがよりバグの少ないコーディングを行うためには不可欠である。

コーディング・テスト（段階3・4）

この段階が成功する為には、段階2までを適切に行うだけでなく、点検、コーディングスタンダードの構築、頻繁なテスト、誰の目にも理解できるプログラミング言語でのコーディングすることも重要である。また注目すべきことは、各企業で以前に開発したソフトウェアの70%程度を再利用することも少なくないということであり、General Motors 社は、極力再利用する方針を取っている。

(3) 開発プロセスの判断基準データの収集

最後に、各優良企業は大きく分けて7つの判断基準を十分に活用することで、こうした開発プロセスとプロジェクト全体の進捗状況、改良すべき点を監督・管理している。これらの7つの基準は以下の通り。

- a. コスト
各段階におけるコスト／見積りに対する実際のコスト等
- b. スケジュール
プロジェクトの時間厳守できている割合／見積りの正確さ等
- c. 規模
新規、修正、再利用されたコードの割合等
- d. 要求仕様
完了した要求仕様の割合／段階ごとに変更された要求仕様の数等
- e. テスト
予定、実行、完了したテストの数等
- f. バグ
段階ごとに発見されたバグの数／バグを修正するためのコスト等
- g. 品質
不足または完了している品質目標の数／顧客満足度調査の結果等

例えば Motorola 社 GSG では、こうした一定の基準データを、個別のソフトウェアプロジェクトの進捗状況、スタッフの生産性、要求仕様の変更の多さ、コストとスケジュールの見積りの正確さ、品質管理プロセスの効果をプロジェクトマネージャなどが把握するために利用している。この他同社では、時間・仕事内容の实质と見積りを比較するために、EVMS（出来高管理システム、earned value management system）を活用している。これを利用することで、同社ではプロジェクトのコスト、スケジュールが見積り通りでない場合に早期段階での発見が可能になっている。実際に、ある調査では、プロジェクトの15%が完成してしまった段階ではコスト、開発者にとってスケジュールの調整は難しいという結果も出ている。さらに、同社では品質管理にかかった時間とコストも厳しくチェックし、品質向上に努めている。

最後に注目すべき点としては、開発者だけでなく、発注者側も進捗状況やリスク、受注者の効率などを検証するため、GAO は以上一連のプロジェクト・開発プロセス管理のための基準を発注者側も利用することを強調している。

4. ソフトウェア開発の生産性向上に向けた研究

(1) 省庁間で連携する研究活動

米国政府が現在、情報技術関連の研究開発プロジェクトとして最も力を入れているのは2000年より開始されたNITRD (Networking and Information Technology Research and Development) と呼ばれる計画であり、これは1990年代前半から進められてきたHPCC (High Performance Computing and Communications Program) 計画から引き継がれている。NITRD は正式な省庁間連

携機関のひとつであり、主な IT 研究機関がそれぞれの利点を活用し、重複を避け、連邦政府の R&D に対する投資の有効性を最大に引き出すために、研究成果の相互運用性を高めることを目的としており、個々の計画や活動の調整を行っている。NITRD では現在 6 つの研究テーマを PCA（個別研究分野、Program Component Areas）にて取り扱っており、今回のテーマであるソフトウェアの生産性向上に向けた米国政府によるイニシアチブは主に SDP（Software Design and Productivity）で取られている（なお、HCSS (High Confidence Software and Systems) については「ニューヨークだより 2004 年 10 月」参照）。

6 つの個別研究分野

PCA 略称	PCA	
HCI&IM	Human Computer Interaction and Information Management Coordinating Group	人間とコンピュータのインタラクションと情報管理調整部会
HCSS	High Confidence Software and Systems Coordinating Group	高信頼のソフトウェアとシステム調整部会
HEC	High End Computing Coordinating Group	ハイエンド・コンピューティング調整部会
LSN	Large Scale Networking Coordinating Group	大規模ネットワーク調整部会
SEW	Social, Economic, and Workforce Development Working Group	IT の社会・経済・労働力への影響及び IT 労働力開発部会
SDP (FY 2001 -)	Software Design and Productivity Coordinating Group	ソフトウェア・デザインと生産性調整部会

(2) SDP 概要と SDP 参加省庁の研究内容

① SDP の導入

SDP は、1999 年の PITAC（大統領情報技術諮問委員会、President's Information Technology Advisory Committee）の提言により、2001 年度財政予算から新たに加わった比較的新しい分野である。PITAC とは、他の省庁から独立して政府の IT 研究開発の問題点について評価、指導を行うことを目的とし、大統領によって任命された民間セクターの委員会である。PITAC によるレポートは NITRD 活動の方向性を定める役割を果たしており、1999 年度のレポートでは、政府による情報技術関連の R&D が短期的問題解決に焦点を当てすぎており、もっと長期的、基礎的な IT 研究に十分な支援が与えられていないと指摘した。また「ソフトウェアは情報時代の新しいインフラである。経済成長や科学技術研究、国家安全保障にとって不可欠な存在であり、ビジネスやコミュニケーション、情報へのアクセス、国家の物理的インフラにとって、その重要性はますます高まっている」と述べている。同レポートの中ではソフトウェア開発への政府イニシアチブを促進

すべく、以下の点を政府によるソフトウェア開発に関するプログラムに組み込むよう助言している。

- ソフトウェア開発方法とコンポーネント技術に関する基礎的な研究を助成する
- 人間・コンピューター間のインターフェイスとインタラクションに関する基礎的な研究を支援する
- 情報の確保、管理、分析、説明と、その利用を可能にする研究に関する基礎的な研究を支援する
- 全ての主要 IT 研究イニシアチブにおいてソフトウェア研究を実質的な要素として組み込む

② SDP 概要

SDPはソフトウェアの品質とその開発を向上させるための研究をしており、コストと品質のトレードオフを理解し、複雑なシステムのソフトウェア工学、エンドユーザプログラミング（ドメインごとの言語や例を使ったプログラミングなど）、コンポーネントベースのソフトウェア開発、組み込みソフトウェアと自立的なソフトウェア、分散システム向けのミドルウェアなどが研究対象となっている。SDPでは、他のPCAと同様、複数機関にまたがるプロジェクトの計画と活動内容を調整するため、毎月会合を持っている。

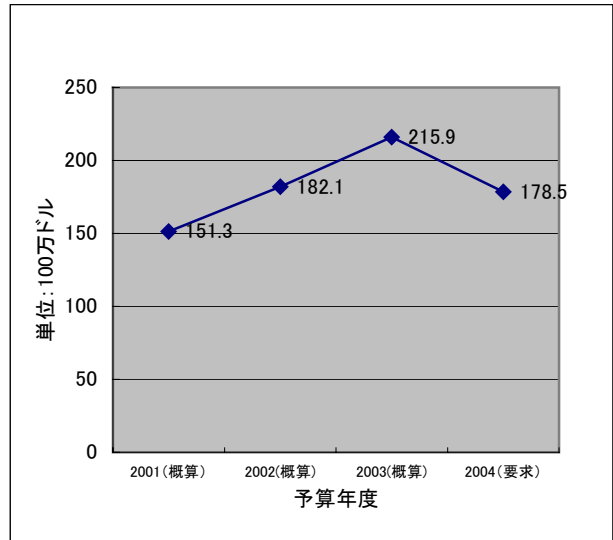
SDP 参加機関

略称	省庁名	
AHRQ	Agency for Healthcare Research and Quality	健康医療研究品質局
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency	国防高等研究開発局
DISA	Defense Information Systems Agency	国防総省、情報システム局
ODDR&E	Department of Defense, Office of the Director, Defense Research & Engineering	国防総省、国防研究技術局長室
DOE/NNSA	Department of Energy, National Nuclear Security Administration)	エネルギー省、国家核安全保障管理局
DOE/SC	Department of Energy, Office of Science	エネルギー省科学局
EPA	Environmental Protection Agency	環境保護局
NASA	National Aeronautics and Space Administration	米国航空宇宙局
NIH	National Institutes of Health	国立衛生研究所
NIST	National Institute of Standards and Technology	国立標準技術研究所
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration	海洋大気局
NSA	National Security Agency	国家安全保障局
NSF	National Science Foundation	全米科学財団

参加機関のSDP予算

	2001	2002	2003	2004 要求
NSF	39.7	44.4	53.4	55.0
NIH	4.6	5.6	6.8	9.2
NASA	18.0	22.4	55.8	59.2
DARPA	43.7	65.6	58.6	13.3
NIST	2.0	7.5	7.5	7.5
NOAA	1.5	1.8	1.5	1.5
DOE/NNSA	40.2	33.2	31.3	32.8
ODDR&E		1.6	1.0	-
ODUSD (S&T)	1.0	-	-	-
EPA	0.6	-	-	-
総計	151.3	182.1	215.9	178.5

出典：Blue Book 2002-2004



③ SDP参加機関の研究概要

SDPでは8機関が、ソフトウェア開生産性に関わる以下の9つの研究グループに分かれ、具体的な研究を進めており、以下はその取り組み内容である。

SDPにおける研究概要

参加機関	研究概要
NSF	<ul style="list-style-type: none"> • 実証的（エンピリカル）ソフトウェア工学 • コンポーネントベースソフトウェアの変化の継続的管理 • ソフトウェアの進化の概略とパターン研究 • リスク重視の開発も出るから価値重視の開発モデルに移行するための戦略的ソフトウェア設計
DARPA	<ul style="list-style-type: none"> • 組み込みソフトウェアのモデルベースでの統合 • ソフトウェアによる統合
NIH	<ul style="list-style-type: none"> • 生物医学の演算アプリケーションを支援するためのソフトウェア研究
NSF/NASA (共同プログラム)	<ul style="list-style-type: none"> • 高信頼コンピューティングとコミュニケーションシステム研究のための共同プログラム • NASAの新しいテスト用施設を利用し、現実世界におけるハードウェアとソフトウェアに関する研究結果を評価することにより、信頼性が高く費用効率の高いソフトウェアベースのシステムを設計、実行、テスト、改良、認定
NASA	<ul style="list-style-type: none"> • 自動化したソフトウェア設計の手法（組み込み型やロボットを利用したデバイスのための技術やツールなど） • ペイジアン（Bayesian）技術を使った仕様書 • ソフトウェアの実験的評価
DOE/NNSA	<ul style="list-style-type: none"> • エンドツーエンドのASCアプリケーションの、ローバスト性、拡張性、I/O、ストレージ、視覚化に対するニーズをサポートする、全ASC（高度シミュレーション及びコンピューティング/以前はASCI）のハイエンドプラットフォームのための、共通ソフトウェア開発・実行環境を構築

NIST	<ul style="list-style-type: none"> 消費者団体と有用性データを共有するための共通報告フォーマットの開発 自動化した手法、もしくは知識ベースの手法を利用し、ソフトウェアの品質を決定 業界パートナーと共に、製造業の B2B の互換性の共通のたたき台を立案 一連の知識を定義する際に、国際的な協力を通じて、ソフトウェア設計過程の改善と専門家の開拓を行う
NOAA	<ul style="list-style-type: none"> 地球物理学的環境におけるコンポーネントベースのモジュラー研究モデルの開発
ODDR&E	<ul style="list-style-type: none"> 組込型システムのソフトウェアモデルチェックに関する研究（基本的には大学での研究） リアルタイムの耐故障ネットワークのプロトコル研究

5. 政府と大学との提携による具体的研究

(1) DARPA／カリフォルニア州立大学バークレー校他： MoBies

DARPA は SDP における研究対象に「組み込みソフトウェアのモデルベースでの統合(model-based integration of embedded software)」をあげているが、それらはカリフォルニア州立大学バークレー校を中心に、カンザス大学、ミシガン大学、ペンシルバニア大学、バンダビルト大学の他、米空軍研究所（AFRL、Air Force Research Laboratory）、Boeing 社などとの共同研究という形で進められている。全部で 13 の関連プロジェクトがあり、異なるアプリケーション・ドメインのニーズに合わせて組み立てることができ、カスタマイズしやすい、次世代システム・ソフトウェアの協調設計技術の開発が主な最終的な研究目的であり、モデルベースの統合技術が主要な研究成果である。

13 の研究プログラムの一つである「Model Based Integration of Embedded Software (MoBies)」は DARPA のスポンサーで現在カリフォルニア州立大学バークレー校（UCB）電子工学・コンピューターサイエンス学部と進められた。このプロジェクトは、2000 年 6 月から始まり、2003 年 11 月に終了し、4 段階に分かれており、組込型ネットワークシステムのプロセス指向のソフトウェアコンポーネントを構築することに焦点をあてている。

(2) NSF／メリーランド大学他： CeBase

NSF は、メリーランド大学フラウンフォーファーセンターと南カリフォルニア大学が中心となって設立した CeBASE（実証ベースソフトウェア工学センター、Center for Empirically-Based Software Engineering）のスポンサーとして実証的ソフトウェア工学の研究を進めている。現在ミシシッピ州立大学とネブラスカ大学が新たに研究に加わっている。

CeBASE では、技術やモデル、研究すべき分野を選択するための有効なガイドラインを提供し、ソフトウェア工学教育を支援するため、実証的なモデルを蓄積

している。CeBASEの最終的な目的は、ソフトウェア開発と進化現象学 (evolution phenomenology) に関する実証的な知識の普及、組織化、指導、統合という活動を通し、ソフトウェア工学を一時的な流行に左右された方法論から、ソフトウェア生産現場の普遍的な経験的規則に基づいて開発プロセスを選択する工学を基礎とした学問体系を確立することである。具体的には COTS (Commercial Off the Shelf) と Defect Reduction、それらを統合した eBASE の 3 つの分野に分かれてデータを蓄積、公開している。

(3) DOD/カーネギーメロン大学: SEI

SEIはDODの出資によって設立されたソフトウェアに関する研究開発センターであり、DODの研究所とも連携しているが、その活動の中でもソフトウェア・プロセスの成熟度モデルであるCMM (Capability Maturity Model) の開発を行っていることで知られている。CMMは主にソフトウェア開発におけるスケジューリングやマネジメントの能力を評価するモデルで、マネジメントが成立していないレベル (レベル1) からプロジェクトの最適化を図れるレベル (レベル5) の、5段階に分かれており、米国ではDODを初めとする複数の機関がソフトウェアの開発案件に入札するための条件としてCMMレベル3を要求している。実際の適用状況としては、SEIの2003年9月時点でのデータによれば、公式なCMMIの評定を受けた企業は70社あり、うち35社が米国企業で、全てのCMMIモデルに対して評価を受けた企業はなく、13社のみがレベル3以上の認定を受けているという。しかし一方で、米国内でもCMM/CMMIに対して疑問視する声が上がってきている。以下にその問題点と現状をまとめた。

①CMMの信頼性の保証に脆弱性がある

CMMはソフトウェア開発における管理体制を評価したものに過ぎないにもかかわらず、CIOの中にはCMMを品質管理保証制度と捉え、CMMレベル5の企業としかビジネス関係を持たないとするところもあるため、CMMの効果が誇張される傾向があると指摘されている。最近特に、認定の制度のあり方・情報公開に問題があり、信頼性に欠けるケースという声も強くなっている。

➤ CMM認定の制度のあり方

CMMは一度認定を受ければ、それをずっと保持することができる。しかし成長企業などは、新たにプログラマを急増することもあれば、開発プロセスを大幅に変更することもあれば、他社を合併・吸収することもある。プログラマを増員する際に十分な訓練を受けているとは限らない。専門家によれば、CMMも取得から2年も過ぎている場合はあまり当てにはならないと述べている。さらに、CMMの認定を受ける際に対象となるのはある組織の一部 (大抵は10 - 30%) であり、全プロジェクトが査定されたわけではない。

➤ 情報公開

また、CMM 査定に関する情報公開が徹底しておらず、透明度が低いために、実際に一度も査定されたことのない企業が、「CMM レベル4」と自称するようなことがまかり通っている。このような状態が起こる背景には、CMM 認定を証明する最終報告書が一般に公開されていないという現状がある。企業側に、情報開示する義務がないし、SEI 側も基本的に査定内容を公表しない。SEI は、このような問題に対し、基本的には研究・開発を行うことが主目的であり、査定制度が正しく運用されているかをチェックするエンフォースメント機能を担っているものではないという立場をとっている。

② 公平な査定が難しくなっている

CMM が重視されるにつれて、評価される側の企業からの評価者(Appraiser)へのプレッシャーが益々強まっており、公平な査定が難しくなっている。SEI Appraisal Program の品質マネージャーWill Hayes は、評価者が不適切なレベルを認定した件は一つしか把握していないと述べているが、SEI では、評価者が買収されるなどの問題をモニターする体制を敷いていないため、この様な不正行為を把握することは現時点では難しい。また、査定を受ける企業は、外部からではなく、社内の評価者を起用することもできるため、企業の望むレベルを認定してもらいやすくなるという状況も生まれている。この点について SEI 側は、評価者のコミュニティを小さく保つこと（CMM 査定には現在約 220 人のアセッサがいる）と、SEI 側が虚偽の査定を行った評価者を免職する権限を持つことで対応しているが、評価者を長く勤めている人は「実際にはこの権限はあまり行使されていないのが現状」とコメントしている。

③ CMM の認定コストが高く、時間がかかる

CMM レベルの獲得とレベルアップには非常なコストと時間がかかりすぎると考える企業も出てきている。ある企業が CMM のレベル 1 からレベル 5 までに移行するには、平均で 7 年かかるといわれており、そのために繰り返し使える土台のしっかりとしたソフトウェア開発過程とそれを査定できるシステムを構築するには、多大な費用がかかってしまう。しかも一回のコストは 10 万ドルと安くはない。しかも顧客が CMM の内容を良く知らない場合を考えると、人手・資金共に余裕のない中小企業やスタートアップ企業には、リスクの高いものとなっている。レベル 2 から 3 に行くだけで十分であり、それ以上を目指す必要性を見出せない企業もある。

④ 顧客が CMM を盲目的に信頼する傾向がある

近年、ソフトウェア開発事業者が CMM から認定を受けているということ、顧客が盲目的に品質保証と同等に考え、信頼する傾向に疑問を投げかける声が出ている。CMM はソフトウェア開発の過程を評価するものであって、レベル 5 の

認定を持つ企業でも、「レベル1の企業よりも良い開発過程を適用している」というだけで、最終的に品質を保証するものではないという認識が広まっている。実際、CMMの効果についてはまちまちの調査結果が出ている。SEIと調査会社Gartnerの報告では、CMMレベル5の企業の方がCMMレベル1の企業よりもバグ数が少ないという結果が出ている。その一方で、自動ソフトウェア検証サービスを行うReasoning社は89のソフトウェアを対象に検証し、結果としてCMMのいずれかのレベルを持つ企業と持たない企業では、開発したソフトウェアのバグの数ではまったく違いがなく、それどころかレベル5企業が最も平均バグ数が高かったという報告も出ている。ただし、バグを報告した後、2回目のテストではCMMレベルを持つ企業のソフトウェアのバグ数は改善されているが、そうでない企業のソフトウェアは改善が見られなかったという。さらに、ComputerWorld誌のコラムニストBart Perkinsは「CMMは素晴らしいものだが、顧客のレベルが低い場合、委託先のソフトウェア開発事業者のレベルが5であっても、顧客はそのレベル5の開発業務の利点を生かすことはできない」とも述べている。

この他、CMMの短所として、目標は設定してあるが、いかにそれを達成するのかが示されていないという点がよく指摘されている。以上のような問題点から、現状としては、企業の中には、CMMレベル3を要求する政府調達プロジェクトに関わる必要のない場合、独自の開発手順を維持する企業、またCMMの長所を独自に取り入れる企業など、CMMに対して冷静に対応しているケースも多くなっている。

6. 産官学一体となった取り組み

(1) Software Productivity Consortium

ソフトウェア生産性コンソーシアム(Software Productivity Consortium)は、1986年に設立された非営利組織であり、メンバー団体がより高度なコンポーネントベースのシステムを構築できるよう、ソフトウェアの生産性に関するアドバイス、開発方法論、ツールなどのユニークなリソースやワークショップやサポートサービスを提供している。参加団体は、Unisys、CSC、SAICなど業界からは43社、NASA、NSAなど政府機関からは18機関、カーネギーメロン大学など学術機関からは8校が参加しているが、メンバーシップは米国とカナダを主要拠点とした企業、政府機関、学術機関に限られている。また同コンソーシアムはCMMの査定を行うリード評価者でもある。なお研究分野は工学研究、認証など4分野に分かれている。例えば、その活動の一つであるTest Automation Frameworkは、プログラム開発の40~50%を占めるとも言われる製品のテスト時間と労力の削減を目的に、実際的なプロジェクトのサポートを行うものである。具体的には、技術者、プロジェクトエンジニア、技術開発組織、ラインエンジニア、テストエンジニアを対象として、高度の自動化されたテストケースの作成サポートや要求とテスト範囲が完成し関連していることの証明などに取り組んでいる。

(2) Eclipse

産業界では、ソフトウェア開発の生産性を高める取り組みとして、各開発工程のツールを改善するという視点を注視している。そうした動きの中でも特に注目を集めているのが、オープンソースの統合開発環境を研究する「Eclipse」である。EclipseはもともとIBM社が1999年に開発を始め、2001年11月にはオープンソースコミュニティにソースが寄与され、プロジェクトが巨大化したため、2004年に非営利組織として独立し、現在はソフトウェア開発事業者約50社で構成されている。Eclipseソフトウェアは、複数の異なる開発ツールを組み込んで操作できる、単一のフレームワークを提供するものであり、要求定義、システム分析、設計、実装、テスト、運用までの開発の各段階に使用するツール同士を連携・統合する役目を果たしている。つまり、これらのツールは通常別々に開発されるが、同時に使うことが多いので、そのプラットフォームを利用することで、ソフトウェア開発の生産性を上げることができるとしている。現在北米では最も使用率の高いJava開発ツールでもあり、世界規模でも普及しつつあるほか、Eclipseのプラグインを開発する独立系ソフトウェアプロバイダや独立系Javaプログラマの支持を集めている。

(3) SPIN

ソフトウェアプロセス分科会（SPIN：Software Process Improvement Network）は、自由でオープンなソフトウェアプロセス改善に関する経験や実践のアイデアを交換するためのフォーラムであり、より高いプロセスの成熟度やソフトウェアの品質を促進している。同フォーラムの目的は、ネットワーキング、出版物、優れた方法の認識、相互支援などの活動を通してより高いスキルを求めていくことを目的としている。1991年に行われたワシントン支部でのミーティング以降米国では14の支部に分かれ、カナダ、ヨーロッパにも支部を持つ。

活動内容としては、月一度のミーティングに加え、SEIとSPIN各支部がスポンサーとなるSEPG（Software Engineering Process Group）での年次会議を行っている。2004年で17年目となるこの会議では、政府、業界、学会から国際的な代表者を集め、主に「見積もりコストとスケジュール内で品質の高い製品を開発する」「開発プロセス改善に関する努力を維持・発展させる」「業界リーダーと戦略的に提携する」という点を重視しつつ、グローバルな視点からプロセス改善に関する活動やその結果を話し合う場となっている。このほか、無料セミナー、ソフトウェアテストプロフェッショナルの認定とその教育プログラムなど、ソフトウェア開発改善に関する情報を随時提供している。

(参考資料)

<http://www.gao.gov/new.items/d04393.pdf>

<http://www.gao.gov/new.items/d01116.pdf>

GAO, *Defense Acquisitions*, March 2004

<http://www.gao.gov/new.items/d04118.pdf>

<http://www.gao.gov/new.items/d03507.pdf>

GAO, *Business Modernization*, November 2003

<http://www.gao.gov/new.items/d03653t.pdf>

GAO, *Defense Acquisitions*, March 2004

<http://www.nitrd.gov/pubs/blue04/>

<http://www.nitrd.gov/pitac/report/>

NITRD, *FY 2004 Supplement to the President's Budget (Blue Book)*;

Advanced Foundations for American Innovation, September 2003

Blue Book 2002-2004

NITRD, *FY 2004 Supplement to the President's Budget (Blue Book)*;

Advanced Foundations for American Innovation, September 2003

<http://www.rl.af.mil/tech/programs/MoBIES/>

<http://dtsn.darpa.mil/ixo/programdetail.asp?progid=38>

<http://ptolemy.eecs.berkeley.edu/projects/mobies/>

<http://www.cebase.org/www/home/index.htm>

<http://www.sei.cmu.edu/sei-home.html>

<http://www.pressi.com/us/release/74027.html>

<http://www.cio.com/archive/030104/cmm.html>

<http://www.computerworld.com/softwaretopics/software/story/0,10801,90797,00.html>

<http://www.computerworld.com/managementtopics/management/project/story/0,10801,87882,00.html>

Christopher Koch, *CIO*, 3/1/2004

Julia King, *ComputerWorld*, 12/8/2003

<http://www.software.org/>

<http://www.eclipse.org/>

http://www.evansdata.com/n2/pr/releases/EMEAAPACredo04_01.shtml

<http://www.sei.cmu.edu/collaborating/spins/spins.html>

<http://www.sei.cmu.edu/sepg/>

このレポートに対するご質問、ご意見、ご要望がありましたら、
hiroyoshi_watanabe@jetro.go.jpまでお願いします。