

【論文 Original Article】

# 現場データを産学で共有する ソフトウェア工学研究のための枠組み

A Research Framework for Academic-Industry Collaboration in  
Empirical Software Engineering

神谷芳樹<sup>1,2\*</sup>, マイク・バーカー<sup>1</sup>, 松本健一<sup>1</sup>,  
鳥居宏次<sup>1</sup>, 井上克郎<sup>3</sup>, 鶴保証城<sup>2,4</sup>

Yoshiki MITANI<sup>1,2\*</sup>, Mike BARKER<sup>1</sup>, Ken-ichi MATSUMOTO<sup>1</sup>,  
Koji TORII<sup>1</sup>, Katsuro INOUE<sup>3</sup> and Seishiro TSURUHO<sup>2,4</sup>

奈良先端科学技術大学院大学<sup>1</sup>, 〒630-0101 奈良県生駒市高山町 8910-5  
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<sup>2</sup>,  
〒113-6591 東京都文京区本駒込 2-28-8  
大阪大学 大学院<sup>3</sup>, 〒560-8531 豊中市待兼町 1-3  
高知工科大学<sup>4</sup>, 〒782-8502 高知県土佐山田町宮ノ口 185

*Nara Institute of Science and Technology (NAIST)*<sup>1</sup>  
*Information-technology Promotion Agency, Japan (IPA). Software Engineering Center (SEC)*<sup>2</sup>  
*Osaka University*<sup>3</sup>  
*Kochi University of Technology*<sup>4</sup>

ソフトウェア工学の分野で計測に基づいて生産性や品質への貢献を目指すのがエンピリカルソフトウェア工学の立場である。そこでは研究対象としてのソフト開発現場の獲得が鍵となるがその実現は容易ではない。筆者らはこの立場から課題の解決を狙い、2003年からソフトウェア産業力強化を命題とする国の施策をトリガに新しい産学官連携の枠組みを構築した。本論ではこの試みの考え方と構成を示し、2年半余経過時の到達点、実現した産学での現場データ共有状況、明らかになった課題を報告する。そしてこの経験を一般化し、テクノロジー・アービトラージとマーケットメイクという金融界の概念に示唆を受けた産学の仲介者の役割に関する考察を示す。

The research position of empirical software engineering aims at improving productivity and quality based on measurements. To do this, it is important to use real software development projects for research. However, in Japan, academia has traditionally had relatively little access to real software developers, nor has industry had access to the expertise accumulated in academic institutions.

Since 2003, the authors have been field testing a new framework for academic-industry collaboration aimed at resolving this issue.

This paper describes the framework used in a project in terms of its conception, two years in initial use, and implications for implementing sharing of field data between industry and academia. It also describes a generalized approach to the intermediary role between academia and industry suggested by the concepts of technology arbitrage and the market make method in the financial field.

**Key Words:** *Empirical Software Engineering, Field data sharing*

---

\*Corresponding author

受付：2006年1月30日

受理：2006年2月22日

## 1. はじめに

「わが国のソフトウェア産業力の強化」という命題に対して、国の予算による国家計画をトリガにソフトウェア工学研究における産学連携施策による貢献を試みた。

ソフトウェア工学の研究は数10年の歴史を持つが、ともすると様々な手法やツールがセンセーショナルに提案されては定着前に消えてゆくというプロセスの繰り返しであった。このような状況に対して、データ計測を基盤とした実践的・実証的な取り組みが提唱され、これまでのいわば「話し百遍のソフトウェア工学」に終止符を打とうという提案と試みが進められるようになった。この取り組みは実践的・実証的という意味から「エンピリカルソフトウェア工学」と呼ばれ、「エンピリカル」の名を冠した論文誌が発行され、国際シンポジウムも組織されるようになった<sup>1)2)</sup>。筆者らは、このエンピリカルソフトウェア工学の立場から、産学連携による我が国で初めての研究の枠組みを実現し、その活動を産業界のいくつかの実フィールドに適用して、提案する手法の有効性の実証と課題の抽出を試みた。

本論では、はじめに今回の研究の構想と施策について考え方を示す。ついで実現した研究の枠組み、実践した施策の概要を述べる。そして、今回の試みで実証できたことと明らかにできた課題について述べる。最後に本試みの全体を鳥瞰した一つの視点から、産学連携の課題に対する一般化した考察を示す。

## 2. 研究の構想と施策の考え方

### 2.1 ソフトウェア産業力強化策へのエンピリカルソフトウェア工学の適用

筆者らは「ソフトウェア産業力の強化」という命題に対し、エンピリカルソフトウェア工学の考え方に沿った手法の有効性を実証し、実証した手法の普及を図り、次いでその普及効果の実証というサイクルを実現することで貢献しようと考えた。

エンピリカルソフトウェア工学の考え方の基本は計測と計測データの分析、そして分析結果のフィードバックである。その研究対象は、計測、分析、フィードバックのそれぞれの場にある。

### 2.2 エンピリカルソフトウェア工学研究の場の創出

計測を基盤とするエンピリカルソフトウェア工学の考え方は、他の産業分野では一般的であるが、ソフトウェア産業の領域ではその実践は永く難しい課題であった。ソフトウェア産業のフィールドデータは産業界にあり、一方学術的な知見は学界にある。一般に両者の溝は深く、この点は海外の視点からも指摘されてきたほどである<sup>3)</sup>。産業界と学界でフィールドデータを共有できることは稀で、プロフィット追求に忙殺される産業界の学界へのチャンネルは細く、学界に潜在する知見への期待は小さかった。また企業機密の壁の高さから、学界から産業界

にフィールドデータの提供を期待することも稀となっていた。

筆者らはこの状況を打破するために、2003年から国(文部科学省)の予算による施策をトリガに産学連携による新しい研究の枠組みを実現した。この枠組みの実現にあたって、次の5つの基本的な事項への考え方を固め実行に移した。すなわち、1) リーダシップ、2) リーダシップ発揮のための基盤となるツール、3) 資金とリソースの供給、4) 物理的な作業場所、5) 研究の展開法、である。以下でそれぞれについて述べる<sup>4)</sup>。

#### 1) リーダシップ

全体の活動を学界と産業界のどちらのリーダーシップとするか、あるいは自然発生的なコラボレーションに委ねるかという課題で、これは活動を方向付ける重要な要素である。今回は学界に蓄積されたエンピリカルソフトウェア工学の知見と文部科学省予算をトリガとしていることから明確に学界側のリーダーシップとした。

この背景には、海外で学界側の主導する産学連携によるエンピリカルソフトウェア工学研究が活況を呈していることがある。たとえば、前述したエンピリカルの名を冠した国際シンポジウム、International Symposium on Empirical Software Engineering (ISESE) は毎年開催され、産学連携を背景とした活発な研究発表が行われている。オーストラリアで開催された2005年の大会では26カ国から投稿があり、採録分で19カ国からの発表があった<sup>5)</sup>。またこの大会の核となって活動している次の4名の教授がそれぞれ活動の拠点となる産学連携の場(\*印で示す)を確保して活発に成果発表していることもモデルとなった。

Victor R. Basili 教授：米国，メリーランド大学：

\*フラウンホッフアセンタ・メリーランド

Barry W. Boehm 教授：米国，サザンカリフォルニア大学：\*ソフトウェア工学センタ (CSE)

Dieter H. Rombach 教授：ドイツ，カイザースローテルン大学：\*フラウンホッフ実験ソフトウェア工学研究所 (IESE)

Ross Jeffery 教授：オーストラリア，ニューサウスウェールズ大学：\*オーストラリア国立情報通信技術機構 (NICTA)

#### 2) リーダシップ発揮のための基盤となるツール

産学連携でリーダーシップを発揮するには、他の側に何を提供できるかが重要である。学界から産業界へは、知見、ノウハウ、知的な人的資源などを供給できるが、これら可視性の低い対象だけでは計画立ち上げは容易でない。そこで今回、学界から産業界に対して「ソフトウェア開発における自動的なデータ計測・収集と分析のためのプラットフォーム(データ計測プラットフォーム)」というソフトウェアシステムを新開発し提供してゆくことにした。提供したプラットフォームから計測されるデータを産学で共有し、学界側の知見を動員した分析作業とそのフィードバックによって産学連携活動を推進するこ

とを狙った。

3) 資金とリソースの供給

今回は活動のトリガとなる資金を政府（文部科学省(リーディングプロジェクト, e-Society 基盤ソフトウェア総合開発計画))に求めている<sup>7)</sup>。このトリガ資金は、これまでこの研究領域で実現できなかった産学連携の枠組みを実現する上で非常に重要な意味を持っている。

この政府予算は100%ではなく、より幅広い活動を求め、また産業界側の責任を明らかにする意味も込めてマッチングファンド方式を採用している。産業界からは、参加コア企業を決め、ここから人的リソース、技術、各種環境を提供している。コア企業はいずれもソフトウェア企業である。この産業界負担分は年々拡大させてゆく計画で、また企業の範囲も広げてゆく。

4) 物理的作業場所

物理的環境を大学キャンパス内、企業内いずれにも置かず、交通至便な場所に物理的な産学連携ラボ(産学ラボ)を設けて活動拠点とした。産学ラボにはソフトウェア開発環境を装備し、専任スタッフを雇用し、コア企業や大学から開発者、研究者をフルタイムで常駐させて活動する。また大学教員や企業からの兼任の参加者の活動の場を提供する。先に述べた「データ計測プラットフォーム」はこの産学ラボで開発し産学双方に提供される。図1にその考え方を示す。

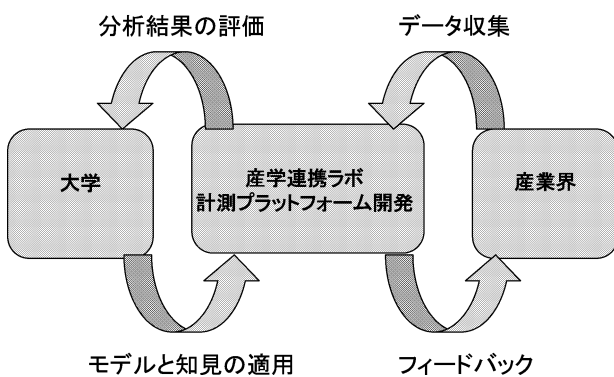


図1 産学連携ラボの考え方

を示す。このプラットフォームを媒体として産業界から産学ラボにフィールドデータが届き、大学がこれを分析・評価する。大学から学術的なモデルや知見が産学ラボに提供され、これが産学ラボを介して産業界にフィードバックされる。

このような産学ラボ開設の背景に「ソフトウェア工学研究における大学病院モデル」の考え方がある<sup>8)</sup>。「大学病院モデル」とは医学分野における研究の枠組みのモデルで、次のような考え方による。すなわち、医学の研究では医療行為なしに研究をすすめることは難しい。一方、教育機関としての大学がその内部で医療行為をすることは適切ではない。そこで大学自らが大学と一般社会の間に大学病院を運営して、ここで医療行為をしながら医学研究のデータを収集・集積してゆくモデルである。このモデルに示唆を受け、ソフトウェア工学研究のために産学のコミュニケーションを媒介する場を産学ラボとして用意し、ここを拠点とした柔軟な連携活動によって産業界のフィールドデータを学界と共有し、獲得した知見を産業界にフィードバックできる環境を実現しようとするものである。

5) 研究の展開法

研究の展開に当たって段階を追った戦略が重要と考え次の3つのステップを設定した。産学ラボの開設に始まり広く産業界へインパクトを与えること意図したものである。

第1ステップ：産学ラボの開設と、コアメンバによるコンセプトワークおよびデータ収集プラットフォームの開発(図2)。

初年度に学界と産業界の両方で産学ラボを開設する。学界のコアメンバは国の予算を背景とした大学である。産業界のコアメンバはソフトウェア企業で、マッチングファンド方式で人材や技術などの資源を提供する。ここを研究・開発の物理的な拠点として、データ計測プラットフォームを開発する。

第2ステップ：開発したデータ計測プラットフォームの少数のクローズな企業群への提供とフィードバック。提供先企業群とのデータ共有の実現(図3)。

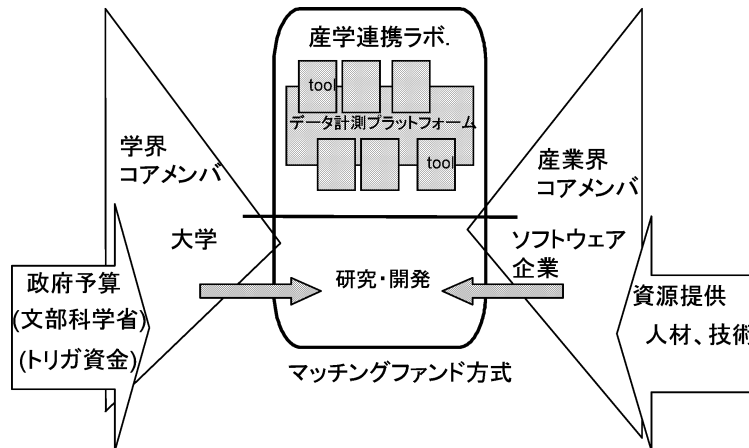


図2 エンピリカルソフトウェア工学研究の枠組み：第1ステップ (2003年4月開始)

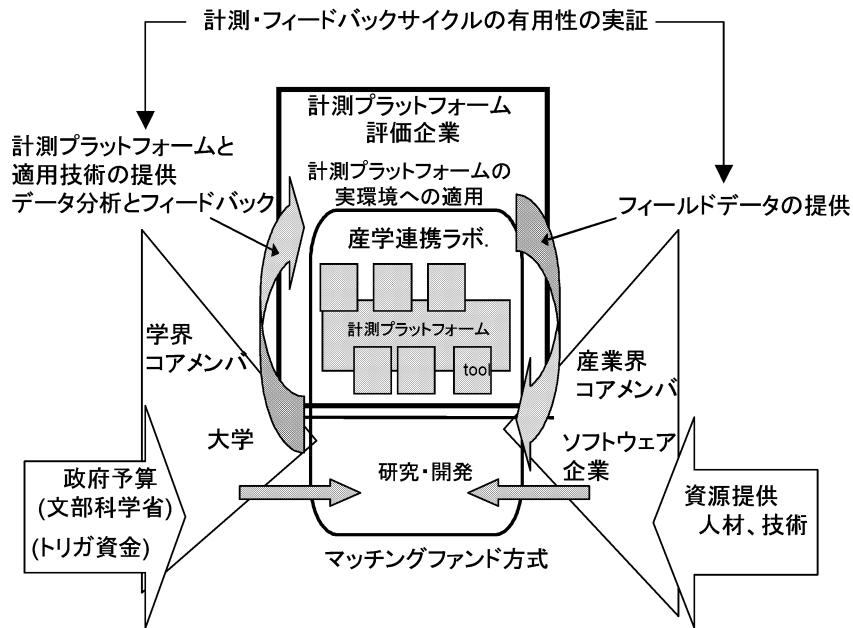


図3 エンピリカルソフトウェア工学研究の枠組み：第2ステップ (2004年4月開始)

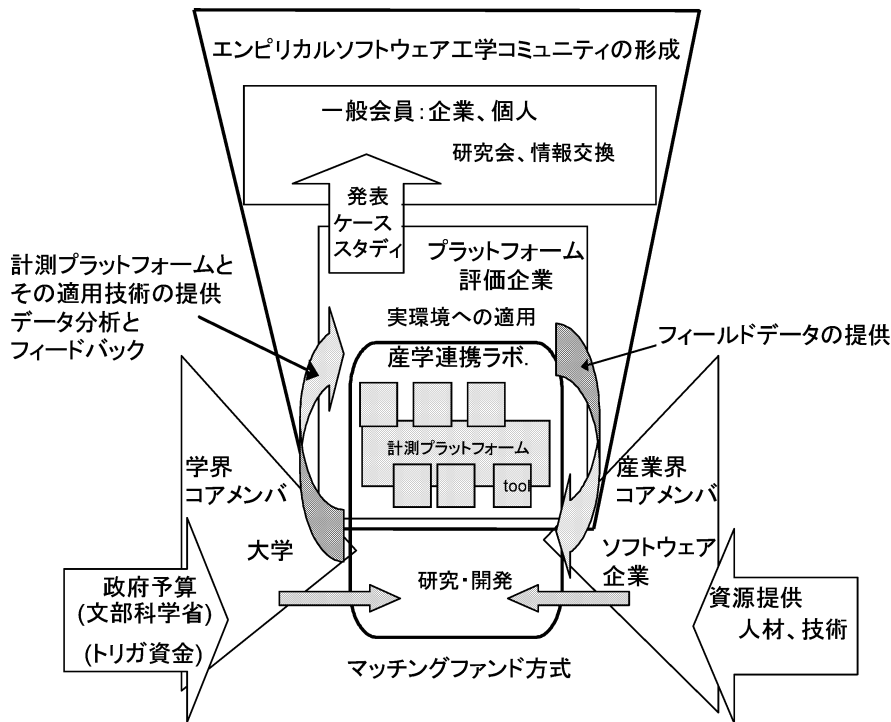


図4 エンピリカルソフトウェア工学研究の枠組み：第3ステップ (2005年4月開始)

2年目からデータ計測プラットフォームを幾つかの企業に提供し、これを媒介に産学ラボでフィールドデータの提供を受け、分析結果をフィードバックし、この手法の有用性を実証する。

第3ステップ：データ計測プラットフォームの機能拡充と幅広い提供、これを囲むコミュニティの実現。幅広いデータ共有の実現。共有したデータの解析による新しい知見の獲得とコミュニティへのフィードバック (図4)。

3年目以降に第2ステップの成果を背景にデータ

計測プラットフォームとエンピリカルソフトウェア工学の手法と考え方の幅広い普及を図る。そしてその周囲に幅広いコミュニティを形成しこれらの活動を通して我が国ソフトウェア産業力強化に貢献する。

### 3. 実現した研究の枠組み：EASEプロジェクトの立ち上げと運用およびSECとの連携

筆者らは上記の考え方に沿って Empirical

Approach to Software Engineering (EASE) と名付けた産学連携プロジェクトを立ち上げ段階的に活動を展開した。その経緯と到達点を示す。

### 3.1 EASE プロジェクト

#### 1) プロジェクト立ち上げと産学ラボの開設

EASE プロジェクトは、2003年4月に開始した<sup>9)10)</sup>。奈良先端科学技術大学院大学(奈良先端大)と大阪大学を学界側のコアメンバとし、ソフトウェア企業4社(NTT ソフトウェア, SRA 先端技術研究所, 日立製作所, 日立公共システムエンジニアリング)を産業界のコアメンバとした。

大阪の交通至便な場所(豊中市, 千里中央)に、産学ラボを開設しエンピリカルソフトウェア工学ラボ(エンピリカルラボ)と名付けた。ここでデータ計測プラットフォームの開発に取り掛かり Empirical Project Monitor (EPM) と名付けた。

#### 2) 活動告知のイベント開催

2003年秋にプロジェクト活動告知の催しとして、海外から先に述べた斯界で著名な Victor R. Basili, Barry W. Boehm, Dieter H. Rombach, Ross Jeffery の4教授を招聘して「EASE 国際フォーラム(東京)」を開催した。ここでは EASE プロジェクトや EPM の紹介とあわせて、4教授からそれぞれの活動基盤を背景としたエンピリカルソフトウェア工学研究への考え方や産学連携の事例が紹介された。表1に各教授の講演内容の概略を示す。また日本からソフトウェア企業を代表する形で有賀貞一氏(CSK 副会長)を加えたパネルディスカッションも行い、広くエンピリカルソフトウェア工学の考え方の浸透をはかった<sup>11)12)</sup>。

このフォーラムは同時に、EPM を適用した共同研究候補企業を確保する狙いがあった。

フォーラムへの参加はインターネットで申し込みを受け付け500人余の申し込みを得た。当日は400人を越える参加があり、会場で配布したアンケートに200人を超える回答が寄せられた。そして、このうち約100人からエンピリカルソフトウェア工学への深い関心が示された。招聘した4教授の考え方は有力な業界誌にもインタビュー記事の形で大きく取り上げられ、また講演中に紹介のあった Rombach 教授の著書がこのフォーラムを契機に出版社の手で翻訳出版されるなどプロジェクトの公知活動としての効果があり、その後の活動の足掛かりとなった<sup>13)14)</sup>。

EASE プロジェクトではフォーラムに招聘した4教授に国際アドバイザを依頼し、以降プロジェクトの研究者とのワークショップや定期的なアドバイザ会議の開催などで継続的に助言を得ている。

### 3.2 EPM の開発と提供

EASE プロジェクトでは1年経過した2004年4月に EPM $\alpha$  版の提供を開始し、あわせて適用企業および適用予定企業との適用事例発表、情報交換を主眼としたクローズな研究会(「エンピリカルソフトウェア工学研究会(東京)」)を開始した<sup>15)</sup>。最初に7社の EPM 評価企業を得た。いずれもソフトウェア企業またはソフトウェア組み込み製品提供企業である。社内評価ののち、2社で実際のプロジェクトへの適用が実施され、これからフィールドデータ共用にもとづく産学の共同研究に発展した。

また、3年目になって EPM $\beta$  版をオープンソー

表1 EASE 国際フォーラムでの4教授の講演内容

| 講師                    | タイトルと講演内容   |
|-----------------------|---|
| Dr. Victor R. Basili  | Empirical Software Engineering: The Synergistic Relationship between Research and Practice  |
|                       | 教授の提案による GQM (ゴール・クエスチョン・メトリック) アプローチ, QIP (品質向上パラダイム)などを例に、ソフトウェア工学研究とデータ分析に基づくプロジェクト管理の協調についての講演。<br>また、これまでの方法論を統合して推進中の産学連携の大型計画 CeBASE プロジェクトの適用事例の紹介。 |
| Dr. Barry W. Boehm    | Some Critical Success Factors for Industrial/Academic Collaboration in Empirical Software Engineering   |
|                       | 米国で産学連携によって進められた2つの大型プロジェクト、すなわち NASA の高信頼性計算プログラムと陸軍の未来戦闘システムプログラムの例の紹介。そして産学連携を成功に導く重要な要因について講演。<br>有益な結果は徐々に創られるべき、上位レベルのマネジメント規約の維持など、経験に基づく講演。         |
| Dr. Dieter H. Rombach | Applied Research & Technology Transfer at Fraunhofer IESE: Benefit to Industry  |
|                       | 教授の研究所 (IESE) で実践中の「実験的ソフトウェア工学パラダイム」についての講演。このパラダイムは、産学連携の研究所の活動で、企業への技術移転や、技術継承、技術革新を加速する。また IESE と企業との連携事例、特に産学双方にとっての利点、必須の条件などの紹介。国際協調活動の可能性について。      |
| Dr. Ross Jeffery      | NICTA Research and Empirical Software Engineering   |
|                       | NICTA の研究所とその研究計画、その中でのエンピリカルソフトウェア工学の位置付けおよび産学連携の考え方についての講演。また、産学連携を成功させるキーファクターについて紹介。オーストラリアの企業との連携例の紹介。   |

ス製品として開発し、同時に英語版も開発して提供を開始した。研究会は広く公知しオープンな会合へ発展させた。

### 3.3 もう一つの産学連携計画 SEC との連携と実フィールドの獲得

EASE プロジェクトは 2004 年秋にもう一つの計画との連携が具体化し大きな進展に至った。それは政府の中、すなわち総合科学技術会議で EASE プロジェクトと同じルーツを持つもう一つの産学連携計画との連携である。その連携先は経済産業省と独立行政法人情報処理推進機構 (IPA) の設立したソフトウェア・エンジニアリング・センター (SEC) である。

SEC は産学官連携により我が国のソフトウェア産業力強化のための解決策を見出すことを狙いとした調査研究組織で、EASE プロジェクトと平行して準備され 2004 年 10 月に発足した<sup>16)</sup>。活動の軸足は EASE プロジェクトに比し産業界に置かれている。SEC は「エンタープライズ系」および「組み込みソフトウェア系」という二つの活動領域を設定して多数の調査・研究プロジェクトを進めた。さらにここで開発された手法の実践の場として「先進ソフトウェア開発プロジェクト (先進プロジェクト)」と名付けた 3 番目のプロジェクトを開始した<sup>17)</sup>。SEC は開設時から国の意向により EASE プロジェクトと交流してきたが、具体的に「先進プロジェクト」において密な共同研究体制で EPM の適用を図ってゆくこととした。ここに EASE プロジェクトとしては、先に図 1 に示した当初の目標である実際のフィールドデータにプロジェクト運用中から直接触れられる新しい場の獲得が実現した。

## 4. 実践した施策

EASE プロジェクト、あるいは EASE-SEC 連携という研究の枠組み実現の中で実践した施策について示す。まずデータ計測プラットフォーム EPM の考え方と機能・構成を述べ、ついで研究と開発の組織構成と知的財産の扱い、そしてプラットフォームの適用状況を示す。

### 4.1 データ計測プラットフォーム EPM の開発

#### 1) EPM の考え方

EASE プロジェクトでの EPM の開発は、前述したように産学でフィールドデータを共有する研究の枠組みを実現するための媒体として考えられた。

まず、ソフトウェア・プロジェクト計測の対象としてプログラミング以降のいわゆる下流工程のプロセスとプロダクトに焦点を合わせた。これはエンピリカルソフトウェア工学の考え方を反映して、最初のターゲットとして進行中のプロジェクトのプロセスとプロダクトを確実に計測できる工程を選びたいという考え方による。上流工程計測の重要性を指摘する声も多いが、上流工程は開発手法が成熟せず、

計測手段に未知の領域が多く、ともすると「話し百篇」の領域、あるいは研究レベルの試みに陥りがちで、今回のような実践レベルの施策に不相当と考えた。また進行中のプロジェクトの計測、すなわちインプロセス計測に焦点を合わせたのは、プロジェクト計測を即座に運用中のプロジェクトに役立てたいという考え方による。インプロセス計測は、プロジェクトが終了した後の計測データ収集と分析、すなわちポストプロセス計測に比して、実務的な有効性が高く、データ収集のインセンティブに好影響を与えるなど利点が多い。エンピリカルソフトウェア工学の考え方の有効性を実証し、その普及によってソフトウェア産業力の強化に貢献しようというプロジェクトの目的にとって、インプロセス計測の環境実現は必要なことと考えた。

その構成上の考え方として、経済的な導入のしやすさ、物理的導入のしやすさ、計測ツール導入の負荷の極小化を優先した。経済的に導入可能とするために構成要素として広く普及しているオープンソースのソフトウェアツールを多用し、これらの機能に含まれない計測プラットフォームとデータ分析、ビジュアルな表示部分の機能をいわゆるグルーウェア (Glue-ware)、すなわち「糊ソフト」として、言い換えると個別ツール群の連結ツールとして実用化した。また物理的に導入の容易な構成とし、可能な限り人手を介さない自動収集機能を装備し、ツール導入や計測にあたって計測対象のプロジェクトに特別な負荷が生じないように配慮した。

#### 2) EPM の機能と構成

EPM の機能と構成の詳細はそれぞれの文献に譲るが、基本的にソフトウェア開発環境の中の構成管理ツール、障害追跡ツール、メーリングリスト管理ツールの 3 種の基本的ツールから、ソフトウェア・プロジェクトのプロセスとプロダクトに関するデータを自動収集して、編集して蓄積し、分析ツールを介して可視的に表示する<sup>18)-23)</sup>。その基本構成と出力例を図 5 に示す。

構成管理ツールは、ソフトウェア開発の中で用いられるいわゆる版管理システムで、順次開発され組み立てられるプログラム、複数人でのプログラム開発、プログラムの正確な修正や出荷の管理に不可欠なツールで、近年では広く普及している。この構成管理ツールを介して、ソースコードと、ソースコードに対する多くの操作、すなわちソフトウェア開発のプロダクトとプロセスの推移に関する基本的な情報を自動収集することができる。

EPM は先に述べた普及への考え方から走行環境としてオープンソースの OS である Linux 上でインプリメントし、構成管理ツールとしてもっとも普及しているオープンソース・ツールの CVS (Concurrent Versioning System) を対象とした。

障害追跡ツールは、試験工程以降に開発者間でネットワークを介して障害情報 (いわゆるバグ票) を記録、蓄積、追跡管理するシステムで、旧来の帳票による管理から転換して急速に普及しつつある。

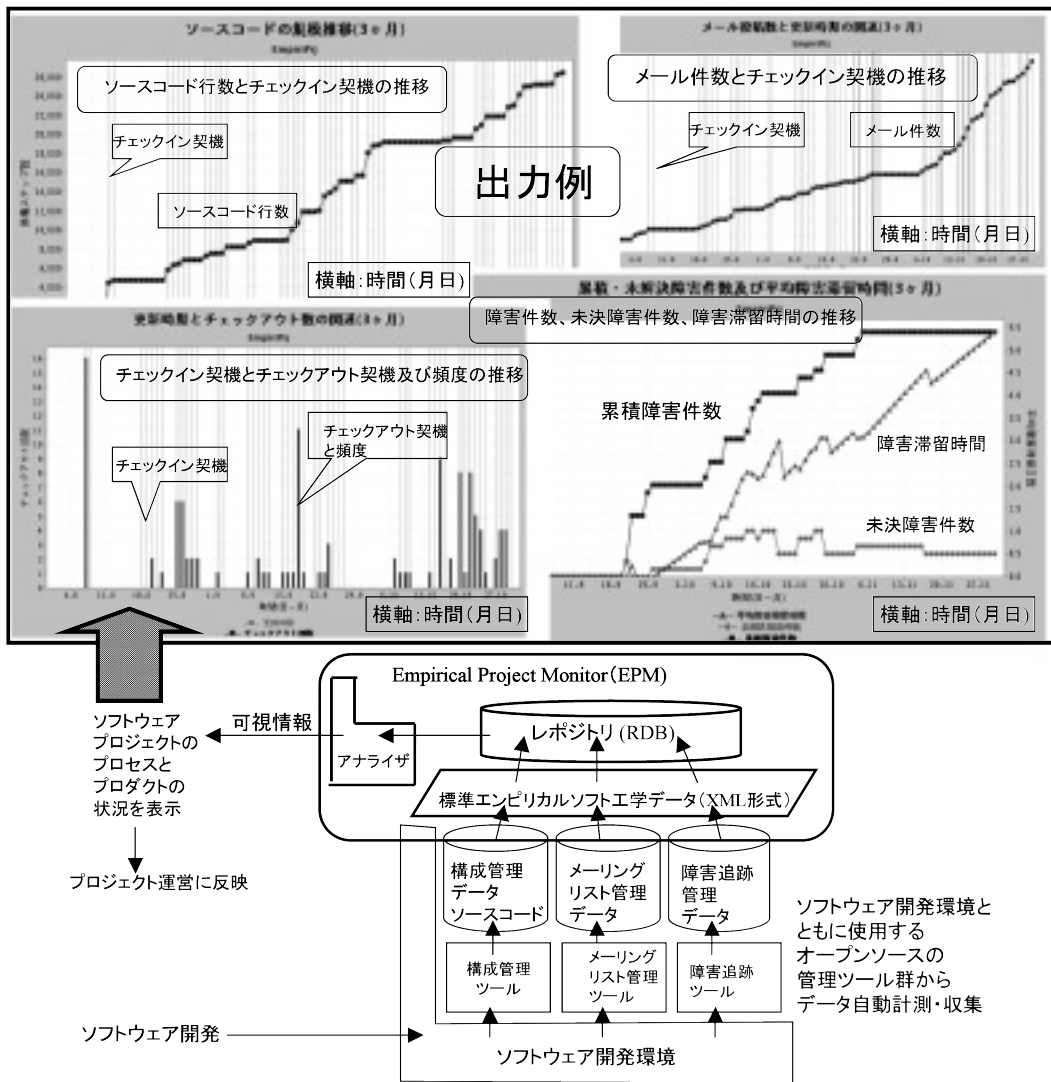


図5 Empirical Project Monitor (EPM) の基本構成と出力例

EPMはこのツールからデータを自動収集する。具体的には比較的普及しているオープンソース・ツールのGNATS, Bagzillaを対象とした。これらのツールは管理対象のデータ項目を定義して使用し、EPMはその定義に対応している。

メーリングリスト管理ツールは、文字通り開発者間のメールアドレスやメールを管理するシステムである。EPMはこのツールからもメールに関するデータを自動収集する。具体的にはやはりオープンソース・ツールのMailman, FML, Majordomoの3つを対象とした。

EPMの機能によってソフトウェア開発プロジェクトは、これら3種のソフトウェア開発のための基本的な管理ツールを使用するだけで、特に計測について意識することなく自動的にプロジェクトデータを計測し、その分析結果をビジュアルな形で得ることができる。

EPMは上記の3種の管理ツールから自動的にデータを収集し、XML形式の標準データ形式に変換したのち、これを分析と表示のためにリレーショナルデータベース(RDB)にレポジトリとして格納する。アナライザと名付けた機能が基本的な分析結

果をグラフなどビジュアルに表示する。主な項目として次のようなデータの推移を分析表示する。

ソースコード行数、チェックイン契機、チェックアウト契機と頻度、メール件数、障害件数、未決障害件数、障害滞留時間。

#### 4.2 組織構成と契約形態、知的財産の扱い

産学連携の研究の枠組み形成にあたって、法的な位置付け、要員の地位、守秘義務と機密保持、知的財産の扱いなど、各種の社会的条件の充足も重要である。EASEプロジェクトではこの課題に対して以下のように取り組んだ。

基幹となる計画は奈良先端大を主契約者、大阪大学を副契約者とする文部科学省の委託研究である。5年間の継続が期待されているが予算制度上は単年度計画である。

新規開設した産学ラボは物理的な環境で、その管理はスペースの賃料の負担を含めて全て大学が行う。

当該ラボの専任スタッフ、ポストドク研究員は大学が職員として雇用した。大学と職員の間には雇用契約が結ばれ大学の教員はそのまま兼務として活

動した。

ラボに常駐して主に開発活動に従事する企業からの派遣研究員は各出身企業社員の身分のままラボに常駐する。各企業と大学の間で個別に共同研究契約を締結した。この契約の中に守秘義務、知的財産の扱いを包含している。

ここで生まれた特許等の知的財産権は基本的に貢献度を反映した共有であるが、片方が独占権を主張する場合は相手側の同意を得ることを原則としている。この原則は従来からの考え方を踏襲している。

ラボで開発した成果物のソフトウェアは相互の契約により開発に参加した大学の教員と企業派遣の研究員の共同著作物とし、大学の教員を代表著作物とした。企業側の著作権は、社員個人ではなく法人帰属である。その論拠は一般的には各社の服務規程である。さらに大学の推奨内規によって教員の権利を大学に移管した。研究委託元の文部科学省に対しては大学から委託研究の契約に沿って成果の利用届け出をする。これで最終的に大学の意向と責任に基づいた成果物（ソフトウェア）の扱いを可能としている。大学ではこれらの契約類の処理を知的財産本部がサポートし、一般企業の法務担当に相当する役割を果たした。

EASE プロジェクトでのソフトウェア開発は基本的に産学ラボ内の開発環境を用いてラボ内で進める。EPM $\alpha$  版の提供は提供先企業と共同研究契約を締結し、1年間無償貸与方式にした。この契約では最低1つのシステム開発への適用と、収集したデータの何らかの形で共有を義務としている。また、改造は任意であるが改造情報の提供を求めている。

EPMのようなソフトウェアが成長した場合、幅広い提供形態として「ソフトウェア製品化」と「オープンソース化」が考えられる。EASE プロジェクトではその趣旨、環境、この種のプラットフォーム製品を取り巻く大きな潮流を考え、前述のように2005年に「オープンソース」版（ $\beta$ 版）のダウンロード提供を始めた。オープンソースにしても付加機能のプラグイン化によりプラグイン毎に異なるライセンス形態をとることが可能で、着脱する機能、構成の秘匿や商品化は容易としている。

物理的な提供にあたって当初は、各企業のEPM操作者にエンピリカルラボでの2日から5日間のトレーニングへの参加を求めた。これは、共同研究をすすめるラボのメンバーとのコミュニケーションの糸口を作りたいのと、関連ツールの幅が広く全体をハンドリングするにはある程度の実習作業が必要と考えたからである。しかし、この方式は双方に大きな負担を強いることになり、その後簡易な説明会に切り替えた。

SECとの連携に関しては実質的にSECからEASEプロジェクトのコアメンバの大学にいくつかの委託契約が結ばれた。また先進プロジェクトを進める後述する研究組合と上記のEPM提供に関する共同研究契約、そして大学へ委託契約が結ばれ、このなかで費用負担とあわせて守秘と知的財産の扱

いを担保した。

#### 4.3 EPMの拡張とツールセットの構成

EASEプロジェクトではプロジェクト進展の中でEPMに拡張を加え、さらにプロジェクトに参加する大学で研究・開発してきた計測ツール群と組み合わせ、多元的なプロジェクトのプロセスとプロダクトに関する計測ツールのセットを実現した。

##### 1) EPM分析機能の拡張

EPMで収集したデータからファイルの更新履歴、各種の障害情報などに着目し、大学の研究員によって分析機能が追加された。この中には先に述べたアドバイザーを委嘱したBasili教授とのワークショップの中で教授の提唱した著名なGQM (Goal Question Metric)と呼ばれる手法を使って案出したツール群、障害情報の分析、専用の電子帳票で集めるレビュー記録の分析など試行錯誤しながら拡充された機能が含まれる。

##### 2) コードクローン分析

コードクローンはソースコード中の類似するコード片のことである。このクローンの分布状況、含有率などからプロダクトの性質を推し量ることができ、この分析のために大阪大学ではじめに開発され、研究用途には無償で提供されているCCFinderと呼ばれるツール<sup>24)</sup>を組み合わせた(\*)。これによってソースコードのクローン含有状況が、各種のクローン関係メトリックスと合わせてスクエアープロットと呼ばれるダイアグラムでビジュアルに表示される。

(\* : CCFinderの現在の権利者は、神谷年洋氏、大阪大学、科学技術振興機構)

#### 4.4 EPMの適用とデータ計測の実践

EPMは先に述べたように、ソフトウェア企業7社での評価を経て、2社での実開発プロジェクトへの投入、そしてSECの先進プロジェクトでの実践という段階を経て、当初の目的である産学でのフィールドデータの本格的な共有に至った。

##### 1) ソフトウェア企業でのEPMの評価と実プロジェクトへの適用

表2に最初に得たEPM評価企業の属性を示す。企業規模に幅があり、業務も業務システムの受託開発、パッケージ製品中心の開発、組み込みシステムの開発など多彩である。その先の顧客も、一般企業、公共、自社の属するグループ企業、金融、自社製品への組み込みなど幅広い。

この中から2社が実プロジェクトへの適用に至った。EPMはそのツールとしての特性から社内のパイロット的な評価で認められても、実際の開発プロジェクトに適用するには現場の壁がある。EPMは小グループでも使用できる独立性の高いソフトウェアツールと異なり、ソフトウェア開発のマネジメント方式に組み入れた適用が求められる。そのため、適用にあたってはソフトウェア開発にかかわる広汎な関係者の支持が必要となる。またプロジェクト運用への利便性が十分に認識され、かつ、特別な負荷

表 2 EPM 評価企業の概要

| 企業 | 企業属性                                   | EPM 適用事業部の<br>特徴                 | 困っている問題、<br>計測したいこと                 | 適用方法、適用にあたっての<br>課題                      | 収集データの共有              |
|----|--|----------------------------------|-------------------------------------|--|-----------------------|
| A  | 中規模公共システムを中心<br>としたシステム構築              | 公共向け自社業務<br>パッケージ製品の開発           | リアルタイムに品質に<br>関するメトリクス情報が<br>取得したい。 | 自社ツールとの役割分担<br>どうか。自社ツールで計<br>れない部分のみ適用か | データ共有可能               |
| B  | システムインテグレータ<br>(大規模ユーザ系)               | 社内サポート部門、<br>商用フレームワーク<br>導入サポート | バグ管理、各プロジェ<br>クト均質な開発管理             | 支援部門で適用・評価後全<br>社展開を想定                   | データ共有可能、<br>他社との比較も希望 |
| C  | 計測制御システムベンダ                            | 技術開発とインキュ<br>ベーションの中間            | 進捗管理の精度向上                           | 自システムへの適用と並行<br>して社内へ紹介してゆく              | データ共有可能               |
| D  | システムインテグレータ、<br>公共システム                 | 開発部門                             | これまで発注側中心の<br>品質管理が受注側へ、<br>その対応    | 自社環境との整合                                 | データ共有可能               |
| E  | システムインテグレータ<br>(商社系)                   | 新技術と品質管理                         | Java の品質と生産性、<br>全社品質管理システム<br>再構築中 | 現場の支持獲得                                  | 要相談                   |
| F  | システムインテグレータ、<br>パッケージ製品を核とした<br>システム構築 | 核となるパッケージ<br>の品質、企画              | プロジェクト途中での<br>予測に役立つ分析              | 大規模システムへの適用                              | データ共有可能、<br>他社との比較を希望 |
| G  | システムインテグレータ<br>(メーカー系)                 | 全社対象の生産技術<br>センタ                 | 全社的、均質な管理体<br>系の構築                  | 評価後全社へ普及を図る                              | データ共有可能               |

や擾乱への懸念が払拭される必要がある。前例、蓄積された成功事例の無い段階でのこの壁の突破は容易ではなかった。

実プロジェクトに EPM を適用した a 社から、先に述べたエンピリカルソフトウェア工学研究会で 2004 年 12 月に事例発表を得た。a 社では、EPM を実質 4 カ月程度の自社パッケージ製品の開発に適用した。そして導入のしやすさ、自社のソフトウェア開発環境との整合性、計測の効果について下記のような評価が示された。

「導入にはある程度の稼働が必要であるが、運用時は開発者に特段の負荷をかけることが無く、想定以上に円滑だった。導入や運用のオーバーヘッドコストは対象システムの開発工数と比較するとわずかといえる。

自社開発環境との整合性確保にはデータ変換ツールの用意など工夫を要した点もあるが、核になる構成管理ツールの導入と運用については違和感が少なく、一旦導入すれば運用は円滑だった。

計測の効果については、恣意性のない客観性を持つデータが自動収集できて有効だった。また収集データの形式が標準化されているため二次利用が容易で、自社でのあたらしい分析や、今後の分析機能の拡充に期待できる。」

そして、それまで自社になかった「データの自動計測・収集」というアイディアは実際に実行してみて非常に良かったという評価を得た。また、実導入での EPM の機能不足も数多く指摘され、その後の機能拡充の素材を得ることが出来た。

実適用を得た 2 社とは、引き続きより密な共同研究が立案され、EASE の研究グループによるフィールドデータを共有しながらの分析とフィードバックの作業に進んだ。

## 2) SEC 先進プロジェクトでの実践

先進プロジェクトは SEC にとって、その提唱す

る手法やガイドラインを実際のプロジェクトで実践する場である。具体的には、経済産業省によって最初のプロジェクトとして、e-Japan II 戦略の一環として位置づけられている「プローブ情報プラットフォーム開発計画」が選ばれた。当該システムは、プローブ情報と呼ぶ各種の車両からの位置情報などのセンサー情報や関連する情報を収集・融合し、有益な情報を生成して提供する実験用の基盤システムである<sup>17)</sup>。

システムの要件は産業界の手で委員会を構成して定義され、システム開発は、この委員会の企業を中心に 7 社で技術研究組合を組織して進められた。技術研究組合の運営は企業負担で、システム開発と実験は国の委託事業として行われる。システム開発を担当する組合企業はいずれも我が国を代表する大手 IT ベンダである。

SEC は経済産業省の指導のもとに技術研究組合にプロジェクト進行中の定量データの自動収集を提案し全面的な協力を得た。協力を得るにあたって、プロジェクト運営への利便性、収集したデータの分析への期待感とあわせて、開発工程に特別な負荷や擾乱をあたえないことへの理解を得ることが鍵となった。特にデータ分析の意図と目的、必要なデータ項目とその収集方法について説明、協議し理解を得た。また物理的な環境構築では、ソフトウェアやネットワーク構成のほか、データ漏洩を避ける機密室の確保などを協議した。計測データは SEC 内の機密室に集められた。研究組合では外部への情報秘匿と合わせて、組合員相互間の機密にも配慮が重要であった。SEC と EASE プロジェクトは協力して各企業とデータ収集の細部を調整し、分析に必要な環境を実現した。障害管理項目の統一、構成管理ツールの運用方式の統一など、マルチベンダ開発でのデータ収集に不可欠な事項を調整した。

データ収集と分析に EPM を適用し、また前述の

拡張した分析機能、コードクローン分析ツールなどを組み合わせ、マルチベンダ開発における総合的な定量データ計測・分析環境を実現した。そして分析結果をプロジェクト途中でフィードバックし、その運営に反映した<sup>25)26)</sup>。システム開発は2005年2月に開始され、2006年度末まで2フェーズの開発と実験が予定されている。本論執筆時点で、フェーズ1の総合試験がほぼ終了している。

この試みの全体の評価はプロジェクト終了後になるが、途中段階でもその効果は大きく、インプロセスの計測とフィードバックの効果を実証することになった。先進プロジェクトは大手ITベンダによる研究組合方式のマルチベンダ、広域開発の政府系プロジェクトである。一般にこのようなプロジェクトでは組合各社に任された主要な開発工程の秘匿性が高く、Black Boxの中で多くの工程が進められる。今回の計測は進捗中のプロジェクトの透明性を確保し、定量データに基づいたマネジメントが実現され、プロジェクト運営の実務に貢献した。全体計画のプロジェクトマネージャはEPMによるインプロセスの計測データから従来では把握することのできなかった各社内での開発工程、試験工程の進捗状況、コードクローン分析からソースコードの特性、などを随時把握することが出来、各開発担当とこれらの定量データを基盤とした共通認識を持つことで精度の高いプロジェクト運営を進めることができた。

EASEプロジェクトの先進プロジェクトにおける産業界とのデータ共有の実現は、国の政策の後押しがあって実現できたものであるが、これまでの活動実績を背景として積み上げた展開として新しい段階へ踏み込めたものと位置づけることができる。

## 5. 達成事項と課題

これまでの経緯でEASEプロジェクトは国の施策をトリガとして産学官連携の新しい研究の枠組みを実現し、当初の狙いである産学でのフィールドデータの共有環境を実現できた。そしてこの場で、エンピリカルソフトウェア工学の考え方を反映したインプロセスのプロジェクト計測と分析・フィードバックの有用性を実証しつつある。

この試みで明らかになった主な課題をまとめると次のようになる。

### 1) 産学連携の研究の枠組み構築における政府施策の重要性

ソフトウェア工学の領域での産学でのフィールドデータの共有は、それぞれの努力だけでは難しく政府施策のトリガが重要で有効である。

### 2) 計測ツールへの考え方

フィールドデータを取得するためのインプロセスの計測ツールには、構成要素としてオープンソース・ツールを組み合わせた経済性や親しみやすさ、導入や運用に特別な負荷のかからない自動収集機能や全体構成、利便性の明確な分析・表示機能などが有効である。

この計測ツールは同時にフィールドデータを産学で共有する研究の枠組み実現のための重要なツールの役割も担っている。

### 3) 周到な計測計画の立案と実行、関係者間での協議

計測計画実行にあたっては、特に関係者間での十分な協議と調整、共通認識の醸成が重要である。

### 4) 全体のコーディネーション

産学官を連携させ円滑に計画を進め発展させるためには、多くの利害関係者のベクトルを揃える計画全体のコーディネーションが重要である。

## 6. 産学連携に関する考察

産業界と学界のように距離のある組織間でフィールドデータの共有のような密な共同作業を実現するためには、何らかの仲介の役割が不可欠である。EASEプロジェクトでは、エンピリカルラボという場に集められた産学二つの世界からの混成グループ、あるいはSEC、そして全体を指導する政府組織(総合科学技術会議、文部科学省、経済産業省)がその役割を果たしている。

複雑化する現代社会でこのような仲介者の役割が高まることは以前から指摘されている。たとえば、米国労働長官を務めた経済学者のロバートB・ライシュは、かつて現代の新しい職種としてシンボリック・アナリストやストラテジック・ブローカという考え方を示し、新しい価値創出の潮流を分析した<sup>27)</sup>。その分析は1990年代後半に加熱した各種の金融サービスや経営コンサルタント、リーガルビジネス、メディアや情報産業、そして企業経営者そのものの振る舞いに説得力をもってあてはまった。本論のテーマであるソフトウェア工学分野での産学連携の実現においても今回の試みを俯瞰すると、従来の社会の枠組みに無い新しい推進主体の役割が求められていることがわかる。

産学連携の仲介を経済原則のなかで考察すると、投資銀行家の神谷秀樹が提唱しているテクノロジー・アービトラージ(技術による鞘取り)という考え方から示唆を受ける<sup>28)</sup>。産学連携の仲介とは、産業界と学界の間に存在する技術やデータの落差を捉えて自らの存在価値を作り出す一種の鞘取りサービスである。ソフトウェア開発のフィールドデータおよびデータ源は産業界に自らはその価値を感じないほど大量に死蔵といっても良い状況で存在するが学界では稀少である。一方ソフトウェア工学に関する技術的な潜在力は学界に学界自身が必ずしもその価値の高さを認識していないほど日常的に存在しているが、産業界からはアクセスしにくい。この両者の落差を埋めるところにアービトラージが存在し得る。

産学二つの世界の連携実現を商取引になぞらえると、二つの取引方式が考えられる。資本市場にあるオークション方式とマーケットメイク方式である。

オークション方式は学界から産業界への技術移転

や各種のコンサルティングサービス、学界に起源をもつソフトウェア製品事業、あるいは逆の流れで、産業界からは学界へのデータや一種のコンテンツの有償提供といったことには当てはまるが、本論で対象とするソフトウェア工学の分野にはあてはまらない。

ソフトウェア工学の分野での産学連携に必要な取引形態は、マーケットメイク方式である。学界、産業界ともそのままの状態では互いに相手方への期待は薄く、いうなれば双方に売り気配、買い気配が希薄な状態となっている。ここで仲介者が双方に相手に対する期待を醸成し、一時的なコミットを引き受けてそれぞれの潜在力を引き出すことに成功すれば取引を成立させることができる。この取引が活発化し市場（取引所）が活況を呈するようになってはじめて産業力強化への貢献が期待できるようになる。

まとめると、エンピリカルソフトウェア工学の考え方を反映して、産業界と学界の間で比喩的にマーケットメイク方式の取引形態で、テクノロジー・アービトラージを行う仲介者が働いて、その取引市場を活発化させることが我が国のソフトウェア産業力強化の一つの鍵である、ということになる。EASEプロジェクトとSECにおける産学連携活動は、これまでのプロセスの中で、新しい時代に求められるこのようなメカニズムの一端を実現しその有用性を実証しつつあると位置づけることができる。互いに相手に期待していない溝のある組織間で、双方に期待感を醸成するような企画を提示し、ツールを提供し実際にこの期待に応える双方に実利のもたらされる活動を進めることによって本来の目的が達成されるということを実証しつつある。

## 7. まとめ

産学連携では、学界側に蓄積された発明などの知的財産や技術をいかにして産業界に移転し事業化するか、あるいは、産業界が抱える問題をいかにして学界側の力を活用して解決するか、という視点からの取り組みが一般的である。しかしながら、ソフトウェア工学研究あるいはソフトウェア産業の産業力強化という領域ではこうした取り組みの前に、学界と産業界の溝を埋め、両者でソフトウェア開発のフィールドデータの共有を実現することが大きな課題となる。本論では、この課題へ取り組むため実現した新しい産学官連携の研究の枠組みの具体例を示した。そして計画2年半余経過時の到達点を示し、ここで明らかになった課題として新しい仲介者の役割を示し、一般の商取引と対比しながら、その位置づけについての考察を示した。

## 謝辞

EASEプロジェクトを支援して頂いている文部科学省、協力頂いている各社に深謝します。EPMの設計や開発、展開にご協力頂いている方々に感謝し

ます。本研究は文部科学省「e-Society 基盤ソフトウェアの総合開発」の受託業務として、奈良先端科学技術大学院大学と大阪大学が行っています。

ソフトウェア・エンジニアリング・センターの計画を推進、ご支援頂いている関係各位、ご指導いただいている経済産業省の各位に深謝します。

## 引用文献

- 1) Journal by Kluwer :Empirical Software Engineering: ISSN: 1382-3256 (Paper) 1573-7616 (Online).
- 2) *ACM-IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering (ISESE) 2002 (Nara), 2002.*
- 3) S. Collins, H. Wakoh: Universities and technology transfer in Japan: Recent reforms in historical perspective. *Journal of Technology Transfer* 25 pp.213-222, 2000.
- 4) Yoshiaki Mitani, Mike Barker, Koji Torii, Seishiro Tsuruho: An Experimental Framework for Japanese Academic-Industry Collaboration in Empirical Software Engineering Research, *International Symposium on Empirical Software Engineering (ISESE) 2004, Vol.2. (Redondo Beach, CA), Aug. pp.35-36, 2004.*
- 5) *ACM-IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering (ISESE) 2005 (Noosa Heads, Australia), 2005.*
- 6) <http://cif.iis.u-tokyo.ac.jp/e-society/>
- 7) 文部科学省リーディングプロジェクト、e-Society 基盤ソフトウェアの総合開発、シンポジウム 2003 講演資料集, 2003.
- 8) 井上克郎：実践的ソフトウェア工学における産学協力, 平成 12 年度電機関係学会関西支部連合大会 S 9-5, pp.S 50, 2000-11-26, 2000.
- 9) 井上克郎, 松本健一, 鶴保証城, 鳥居宏次：実証的ソフトウェア工学環境への取り組み, 情報処理, 45 (7), pp.722-728, 2004.
- 10) <http://www.empirical.jp/>
- 11) <http://se.aist-nara.ac.jp/EASE2003/>
- 12) 第 1 回 EASE 国際フォーラム Empirical Approach to Software Engineering 2003 ～ソフトウェア工学への実証的アプローチ～(予稿集), 2003.
- 13) Interview：新たなソフト工学に挑む“4人の巨匠” 計測を重視し、開発の失敗を防ぐ；日経コンピュータ, 2003年12月1日, pp.78-81, 2003.
- 14) Albert Endres, Dieter Rombach 著, 吉舖紀子訳, EASE プロジェクト監修：ソフトウェア工学・システム工学 ハンドブック, エンピリカルアプローチによる法則とその理論, コンピューター・エージ, 東京, 2005年8月。  
(原典：A Handbook of Software and System Engineering I/E Empirical Observations, Laws and Theories, 2003)
- 15) EASE Project News Letter, vol.1, エンピリカルソフトウェアエンジニアングラボ, 2004.
- 16) 嶋田 隆・祝谷和宏：ソフトウェアエンジニアングセンター構想について, 情報処理 45 (4), 2004

- 年 4 月.
- 17) 樋口 登: 先進ソフトウェア開発プロジェクト: SEC ジャーナル 2 号, ソフトウェア・エンジニアリング・センター, pp.56-57, 2005.
  - 18) 大平政雄, 横森励士, 阪井 誠, 松本健一, 井上克郎, 鳥居宏次: Empirical Project Monitor: プロセス改善を目的とした定量的開発データの自動収集・分析システムの試作, 電子情報通信学会技術報告 SIGSS, **103**(708), SS 2003-48, pp.13-18, Mar., 2004.
  - 19) 阪井 誠, 大平雅雄, 横森励士, 松本健一, 井上克郎, 鳥居宏次: EPM: 導入の容易な開発データ自動収集・分析支援システム — お手軽にリアルタイムの生データ —, ソフトウェアシンポジウム 2004, 2004.
  - 20) Masao Ohira, Reishi Yokomori, Makoto Sakai, Ken-ichi Matsumoto, Katsuro Inoue, Koji Torii: "Empirical Project Monitor: A Tool for Mining Multiple Project Data", *International Workshop on Mining Software Repositories (MSR2004)*, Scotland, UK, 2004.
  - 21) Masao Ohira, Reishi Yokomori, Makoto Sakai, Ken-ichi Matsumoto, Katsuro Inoue, Michael Barker, Koji Torii: Empirical Project Monitor: A System for Managing Software Development Projects in Real Time, *International Symposium on Empirical Software Engineering (ISESE) Vol.2. (Redondo Beach, CA)*, Aug. pp. 37-38, 2004.
  - 22) 大平雅雄, 横森励士, 阪井 誠, 岩村 聡, 小野英治, 新海 平, 横川智教: "ソフトウェア開発プロジェクトのリアルタイム管理を目的とした支援システム", 電子情報通信学会論文誌 D-I, J 88-D-I (.2), pp.228-239, 2005.
  - 23) 神谷芳樹: EASE プロジェクトに見る計測・定量化の実践, 日経 IT プロフェッショナル, 2005 年 3 月, pp.92-97, 2005.
  - 24) Toshihiro Kamiya, Shinji Kusumoto, Katsuro Inoue: CCFinder: A Multi-Linguistic Token-based Code Clone Detection System for Large Scale Source Code. *IEEE TSE* 28, pp.654-670, 2002.
  - 25) Yoshiki Mitani, Nahomi Kikuchi, Tomoko Matsumura, Satoshi Iwamura, Mike Barker, Ken-ichi Matsumoto: A Research Framework for Empirical Software Engineering Collaboration and Its Application in a Software Development Project, *International Workshop on Future Software Technology (IWFST) 2005*, Shanghai, China, Nov., 2005.
  - 26) Yoshiki Mitani, Nahomi Kikuchi, Tomoko Matsumura, Satoshi Iwamura, Mike Barker, Ken-ichi Matsumoto: An empirical trial of multi-dimensional in-process measurement and feedback on a governmental multi-vendor software project. *International Symposium on Empirical Software Engineering (ISESE) 2005, Vol.2*, Noosa Heads, Australia, Nov., pp.5-8, 2005.
  - 27) ロバート B・ライシュ, 中谷 巖訳: ザ・ワーク・オブ・ネーションズ, 21 世紀資本主義のイメージ, ダイヤモンド社, 東京, 1991.
  - 28) 神谷秀樹: ニューヨーク流たった 5 人の「大きな会社」, 亜紀書房, 東京, 2001.