

## 次世代IT基盤構築のための研究開発

高信頼ソフトウェアの技術開発プログラム

(ソフトウェア構築状況の可視化技術の開発普及)

エンピリカルデータに基づくソフトウェアタグ

技術の開発と普及

(StagEプロジェクト)

研究代表者 松本健一 (奈良先端科学技術大学院大学)

研究分担者 井上克郎, 楠本真二 (大阪大学)

飯田元, 久保浩三 (奈良先端科学技術大学院大学)

# あらまし

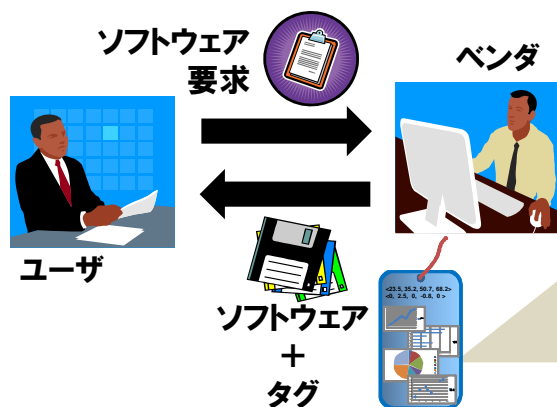
- **課題概要**
- **研究開発目標の達成状況**
- **研究開発成果**
- **研究開発体制**
- **成果の利活用**
- **人材育成**
- **今後の展望**

# ソフトウェア開発における「情報の非対称性」

- ソフトウェア品質そのものや品質に大きな影響を与える開発過程の情報の多くはベンダのみが知り得る。(ユーザとベンダで、知り得る情報量に大きな差がある。)
- 引き起こされる問題
  - 逆選択: ユーザは低品質なソフトウェアしか選べなくなる。
  - モラル・ハザード: ベンダは手抜きや虚偽報告をしがちになる。
- 対策
  - シグナリング: ベンダがユーザに積極的に情報を発信する。
  - スクリーニング: ベンダの自発的行動を読み取って選別する。
  - 制度と組織: 認証制度や監視制度を整備する。

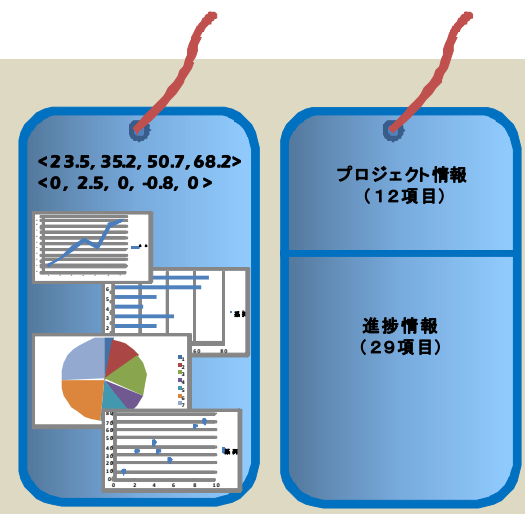
# 研究開発の目的

- ソフトウェア開発が適正な手順で行われたかどうかを表す実証データを「**ソフトウェアタグ**」としてソフトウェア製品に添付し、**ユーザ・ベンダ間等で共有する技術**を世界に先駆けて開発する。
  - わが国のソフトウェア産業の競争力の底上げを図る。
  - ソフトウェア取引の透明化や安心・安全なソフトウェア製品の選択を実現する。



## ソフトウェアタグとは

ソフトウェア開発に関する実証データから、ソフトウェアやその開発プロジェクトの特徴量を算出し、ユーザにも理解しやすく、可視化や評価にも利用しやすい形式でとりまとめた情報パッケージ。



# 研究開発目標と研究開発項目

(T1) ソフトウェアの構築状況を把握する技術を実現する。

項目1 ソフトウェア開発に関する実証的な諸データ(エンピリカルデータ)をソフトウェアタグとして規格化し, その収集・蓄積するシステムを開発する。

項目2 収集データを可視化・評価するシステムを開発する。

項目3 ソフトウェアの構築状況を把握することの法的意義を明確にする。

(T2) 実プロジェクトからソフトウェアタグを収集する。

(T3) 文部科学省等が実施する他の教育・研究プロジェクトと連携し, ソフトウェアタグの開発, 評価を行う研究者や技術者を育成する。

# 研究開発目標の達成状況

研究開発目標・項目	達成状況
T1－項目1 ソフトウェアタグの規格化と収集技術に関する研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>ソフトウェアタグの規格化</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● ソフトウェアタグ規格第1.0版の開発・公開</li> <li>● ISO/IECでの標準化に向けた取り組み(継続中)</li> </ul> </li> <li>■ <b>収集技術</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● ソフトウェアタグ生成ツールCollectTagの試作と評価実験</li> </ul> </li> </ul>
T1－項目2 ソフトウェアタグの可視化と適用に関する研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>開発プロセスの管理やベンダ・ユーザ間の情報共有等に役立つ可視化ツール群の開発</b></li> <li>■ <b>タグやツールを活用するためのシナリオ群の開発</b></li> <li>■ <b>ケーススタディ等を通じた評価</b></li> </ul>
T1－項目3 ソフトウェア構築可視化に伴う法的諸問題に関する研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>ソフトウェア開発に関する紛争事例の分析</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 紛争の多くは、「要件定義に明確に書かれていない仕様の解釈」に起因する。</li> </ul> </li> <li>■ <b>ソフトウェア構築状況の把握の法的意義の明確化</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 紛争の減少, 解決につながる。</li> </ul> </li> </ul>
T2 実プロジェクトからのソフトウェアタグ収集	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>60を超えるプロジェクトから収集し, うち8件を代表的なタグ適用事例として「ソフトウェアタグガイドブック」に掲載し, 公開した。</b></li> </ul>
T3 研究者・技術者の育成	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>多様な産学連携, 国際連携を通じて, 我が国の研究開発や国際競争力の強化に貢献し, 産業界にも大きな影響を与える, 優秀な人材を育成し, 産学に多数輩出した。(詳細は後述)</b></li> </ul>

# 中間評価での主な指摘事項

具体的事例の提示と企業等からの意見聴取	<ul style="list-style-type: none"><li>■ 実証実験等による<b>具体的事例</b>を早急に示すことで有用性を示すべきである。</li><li>■ 更に<b>多くの企業等からの意見</b>を踏まえ、研究開発を進めるべきである。</li></ul>
安心・安全メトリクスとモニタリングの実現	<ul style="list-style-type: none"><li>■ ソフトウェアが正しく構築されたことを示す<b>メトリクス</b>を検討していくことが重要である。</li><li>■ 構築状況を<b>客観的にモニタリング</b>する方法を検討していくことが重要である。</li></ul>
タグ作成コストの検討	<ul style="list-style-type: none"><li>■ <b>ソフトウェアタグ作成コスト</b>等についても検討し、波及対策を多面的に明確にすることも重要である。</li></ul>

「情報科学技術委員会, 情報科学技術分野の研究開発課題の中間評価結果, 平成21年6月。」より抜粋.

# 具体的事例の提示と企業等からの意見聴取

## ● 具体的事例の提示

- 日立製作所・東京証券取引所と共同で実証実験を実施するなど、ソフトウェアタグ技術の有用性を示すと共に、技術普及のためのモデルケースの蓄積を進めた。
- 実験結果については、学会等で発表すると共に、「ソフトウェアタグ・ガイドブック」としてとりまとめ、**産業界への周知にも努めた。**
  - ガイドブックに、代表的なタグ適用事例として、8つの実証実験を掲載。

## ● 企業等からの意見聴取

- ソフトウェアタグ規格やツール群をHPで公開し、成果普及のための研究会を開催することで、意見聴取のチャンネルと場を形成。
- 国内外のユーザ・ベンダ団体・企業への個別訪問。
  - **ユーザ団体・企業ニーズ:標準化**
    - ➡ 国際標準化機構ISO/IECの委員会 JTC1/SC7での活動。
  - **ベンダ団体・企業のニーズ:データ開示のメリットの明確化**
    - ➡ 問題解決・原因究明にも言及した「タグ利用シナリオ集」の作成。



# 安心・安全メトリクスとモニタリングの実現

## ● 構築状況の評価メトリクスの開発

- 設計工数の予測を目的とした**クラス図変更量メトリクス**
- プログラム仕様記述の網羅性評価を目的とした、DbC(Design by Contract)に基づく**変数カバレッジメトリクス**

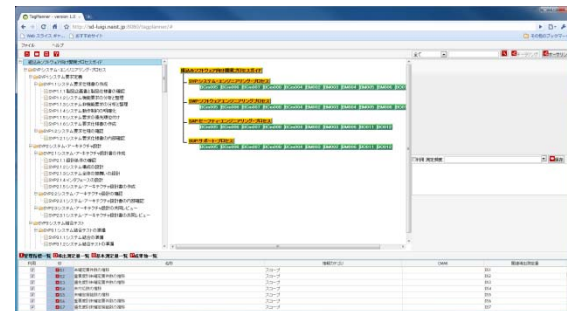
## ● 構築状況の客観的モニタリング法の開発

- 「属人性を完全に排することは難しいが、プロジェクトから収集される実証データ(エンピリカルデータ)に加えて、それらの明確で妥当な目標値があれば、モニタリング結果を信頼することができる。」(連携企業 技術者)



## ● ソフトウェアタグ活用計画・運営支援システムTagPlannnerを開発。

- ユーザ・ベンダによるタグ収集項目の検討と共に、**目標値や境界値についての事前合意の形成を手助けし、その徹底を図ることができる。**



# タグ作成コストの検討

- タグデータ項目53個の収集コスト

- 1ヶ月あたりおよそ0.001人月.
- 入力に要する時間は1回あたり約2分.

(ソフトウェアタグ生成システムCollectTagを、和歌山大学教務システム開発プロジェクト(文部科学省人材育成プログラムIT Spiralで作成された実プロジェクト教材)に適用)

- ソフトウェア開発コスト

- 1ヶ月あたりおよそ16.4人月.

(ソフトウェアベンダ21社, 約2,000プロジェクトでの平均値, 情報処理推進機構「ソフトウェア開発データ白書2008」より)

S. Yamada, M. Ugumori, and S. Kusumoto, "A Software Tag Generation System to Realize Software Traceability," *Proc. of 17th Asia Pacific Software Engineering Conference (APSEC2010)*, Dec. 2010.

# 研究開発成果

## 研究開発項目

ソフトウェアタグの規格化と収集技術に関する研究

ソフトウェアタグ規格技術委員会での議論  
ISO/IECでの取組み

構築状況評価メトリクス  
タグ作成コスト評価結果  
タグ生成ツール

ツール適用事例

タグデータ表現形式  
タグ実用化基盤サービス群  
タグデータ操作基本ライブラリ  
可視化ツール群

ソフトウェアタグの可視化と適用に関する研究

ツール適用事例  
シナリオ記述モデル  
シナリオ試行

ソフトウェア構築可視化に伴う法的諸問題に関する研究

国内外の判例, 紛争事例の分析結果  
ユーザ・ベンダへのヒアリング・アンケート結果  
ソフトウェア構築可視化法的問題検討委員会での議論

## 成果物

ソフトウェアタグ規格

ソフトウェアタグツール群

ソフトウェアタグ利用シナリオ

ソフトウェアタグモデル契約書例(案)

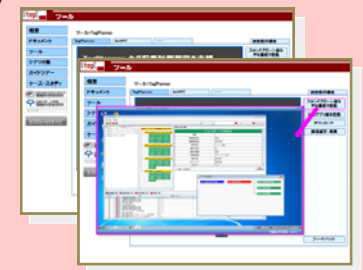
連携

## 公開・普及媒体

ソフトウェアタグガイドブック



PDF化



デモンストレーションサイト  
試用可能な状態にインストール済みのツール,  
ケーススタディのデータ, ...

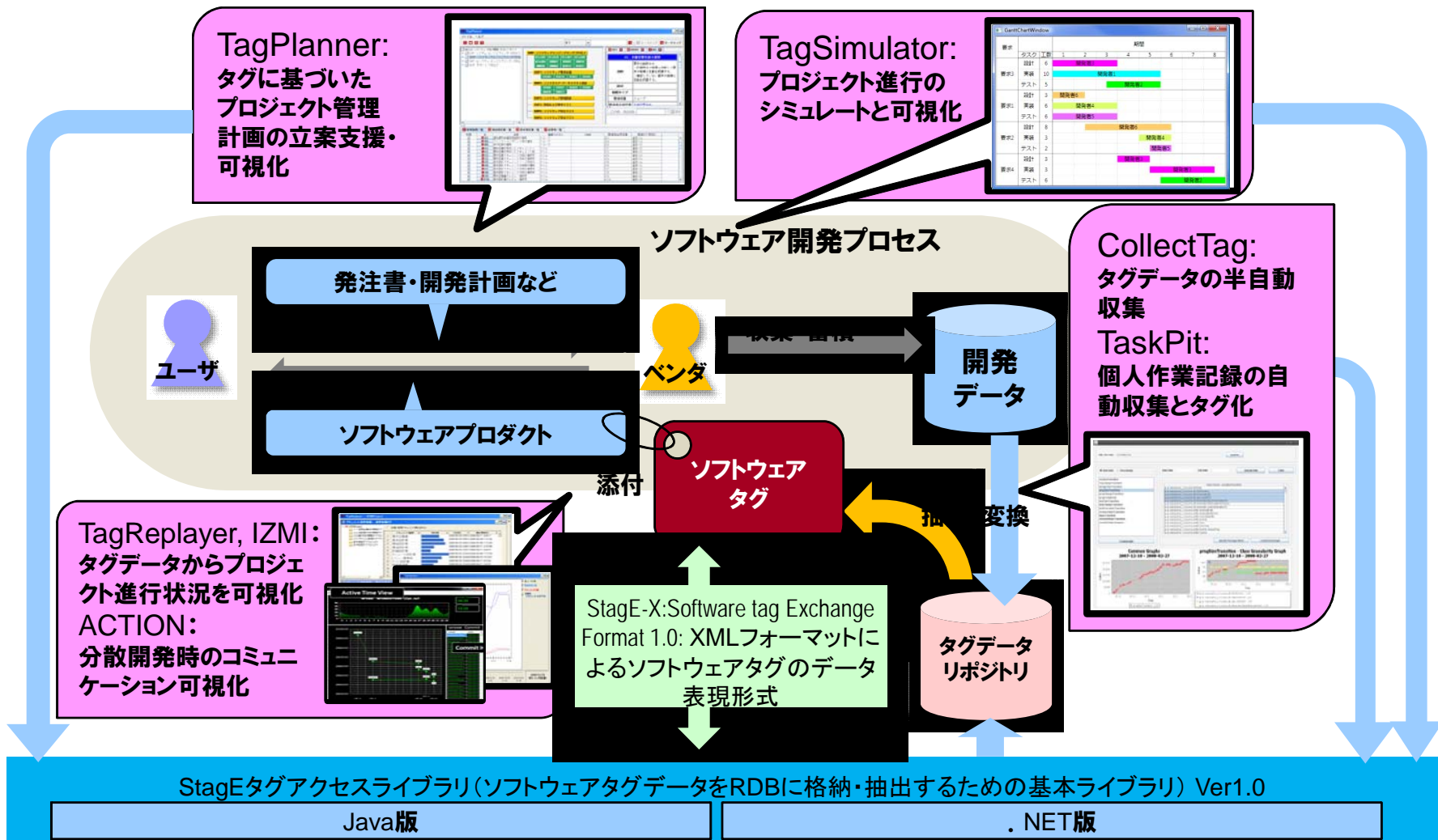
# ソフトウェアタグ規格

- ソフトウェアタグ情報として必要な項目・形式を定める。
  - ユーザ・ベンダ企業の技術者, 政府機関, 大学等の関係者で構成される「ソフトウェア規格技術委員会」において, SWEBOK, CMMI, ISO/IEC15939, SECデータ白書等を調査し, メンバーの意見を集約し, 海外アドバイザー他の研究者の意見も取り入れて策定。
  - ISO/IECにおける規格国際化の取組みに向けて英訳版も作成。

プロジェクト情報12項目(一部)				進捗情報29項目(一部)			
分類	項番	タグ項目	説明	分類	項番	タグ項目	説明
基本情報	1	プロジェクト名	プロジェクトを一意に決定するための識別名	要件定義	13	ユーザヒアリング情報	要件に関してユーザに行ったヒアリングに関する情報
	2	開発組織の情報	当該プロジェクトの開発を担当する組織の情報		14	規模[推移]	開発側で作成した要件数
	3	開発プロジェクト情報	開発プロジェクトの特徴や当該タグデータの対象とするプロジェクトの		15	変更[推移]	変更された要件数
	4	顧客情報	当該システムのユーザ, もしくは第1発注者となる組織の情報	設計	16	規模[推移]	設計成果物の規模
システム情報	5	システム構成	開発システム構成の特徴や当該タグデータの対象とするシステムの		17	変更[推移]	変更された設計成果物の数, もしくは変更量
	6	システム規模	開発システムの規模, 計画値と最終実績値と		18	要件の網羅率	要件定義で作成された要件の実装率
開発情報	7	開発手法	開発システム開発に用いたプロセスや手法についての情報. タグデータの解釈や分析時に必要なデータ	プログラミング	19	規模[推移]	プログラミング成果物の規模
		開発体制	開発側の要員に関する情報. タグデータの解釈や分析時に必要な		20	変更[推移]	変更されたプログラムの数, もしくは変更量
	8			21	複雑度	プログラムの品質(保守性)	
				テスト	22	規模[推移]	テストの規模
					23	変更[推移]	変更されたテスト項目数や変更量
					24	密度	テストの品質
				25	消化	テストの進捗, プログラムの品質	
				品質		レビュー状況	成果物(仕様書, 設計書, プログラムコード, テスト仕様書な

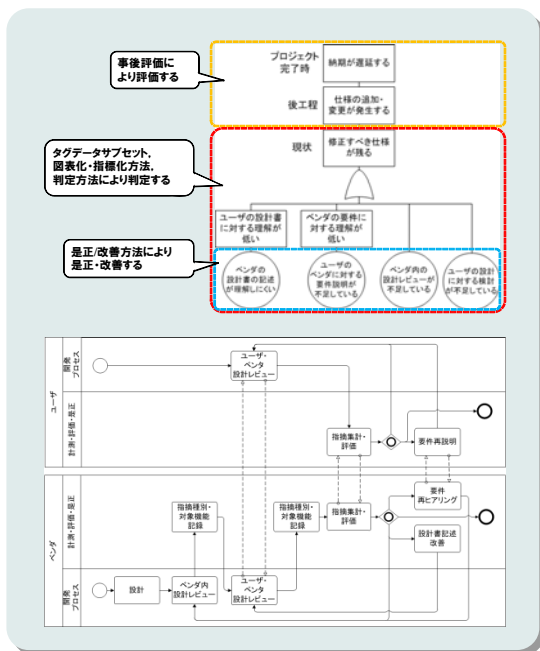
# 研究開発成果:

# ソフトウェアタグツール群



# ソフトウェアタグ利用シナリオ

- ソフトウェアタグに基づくデータ計測・分析の手順, ユーザ・ベンダが受けるメリットなどを, タグ利用目的ごとにまとめたドキュメント.
  - ソフトウェア開発における問題事象とその原因究明・改善方法の関係はFTA(Fault Tree Analysis)の表記法を用いて表現.
  - ユーザ・ベンダの協調作業を表現するため, 計測・分析手順の表記にはBPMN(Business Process Modeling Notation)を利用.



## ユーザ・ベンダ協調型ソフトウェア開発向けシナリオ

- 設計漏れ, 要件漏れの低減
- ソフトウェアの仕様変更増大の抑止
- ユーザ・ベンダ間コミュニケーションの円滑化
- 次期開発における仕様追加, 変更の頻発の予防(ポストプロセス)

## ベンダ主導型ソフトウェア開発向けシナリオ

- 設計レビューにおけるバグ見逃しの低減
- プログラムの保守性, テスト容易性の向上
- テストにおける欠陥見逃しの低減とテスト遅延の抑止
- プロジェクト進捗の遅延抑止
- プロジェクト進捗率の計測精度性向上
- 保守・拡張開発時のテストにおける欠陥見逃しの低減
- 次期開発における設計レビューでのバグ見逃しの予防(ポストプロセス)



# ソフトウェアタグモデル契約書例(案)

- ユーザ・ベンダ間の意思疎通をより円滑かつ的確に行うことを目的に、ソフトウェアタグをより容易に導入するための契約書例。

## 第1条(目的)

本契約は、乙(ソフトウェア開発受託者、ベンダ企業)がソフトウェアタグを作成しソフトウェア開発管理情報を更新管理する業務(以下「本件業務」という。)を遂行することによって、甲(ソフトウェア開発委託者、ユーザ企業)が本件ソフトウェアの品質情報を入手し、安心かつ安全なソフトウェアの開発を推進することを目的とする。

...

## 第5条(ソフトウェアタグの作成)

乙は、主契約に基づくソフトウェアの開発準備段階や開発中において収集される成果物や副次的に発生する管理データや品質情報などの実証データからソフトウェアタグを作成する義務を負う。

2 ソフトウェアタグに収集される具体的なデータについて、甲及び乙は、個別業務に着手する前に、甲から乙に提示された提案依頼書(RFP)及び乙から甲に提案した提案書、見積書を基礎として、当該個別業務について乙が甲の委託に基づき作成し納入すべきタグ項目の取引条件を定め、個別契約を締結する。

3 甲は、本契約の目的を達成するために、乙の本件業務にかかるソフトウェアタグを作成するに際し、必要な情報を提供するなど協力する義務を負う。

...

## 第7条(ソフトウェアタグの定期的な報告、確認、変更及び削除)

乙は甲に第4条に基づき作成された本件業務のタグデータを本契約締結時に定められた期間毎に定期的に報告し、甲は乙の本件業務のソフトウェアタグを確認するとともに、遅延事項の有無、遅延事項があるときはその理由と対応策、推進体制の変更(人員の交代、増減、再委託先の変更など)の要否、セキュリティ対策の履行状況、主契約に添付された重要事項説明書の変更を必要とする事由の有無、主契約に添付された重要事項説明書の変更を必要とする事由があるときはその内容などの事項を必要に応じて甲乙間で協議し、決定された事項、継続検討とされた事項並びに継続検討事項がある場合は検討スケジュール及び検討を行う当事者等を確認する義務を負うものとする。

2 乙は、前項の規定に基づき確認された事項についてソフトウェアタグの内容を変更及び削除する必要がある場合には、内容を変更及び削除する義務を負う。

# 研究開発成果： 研究業績

種別	英文・海外	和文・国内
著書	1	0
学術論文誌掲載論文	9	43
国際会議発表	105	
国内研究会発表		141
テクニカルレポート		11
プロジェクト主催研究会発表		18
解説	2	11
招待論文・招待講演・チュートリアル	8	26
受賞	3	26





## 研究開発成果:

# 独創性・優位性

関連した研究を行っている組織・プロジェクト		本プロジェクト
ISBSG (オーストラリア)	ベンチマーキングデータの提供。 データ収集ツールが提供されておらず、 組織間でのデータの整合性に問題あり。	タグ規格準拠ツールを開発。 組織間でのデータ共有が目的。
NASA Metrics Data Program (米国)	プログラムコードレベルのメトリクス、障 害データ、要求に関するデータが蓄積、 公開されている。 開発プロセスを把握できるデータは含 まれていない。	プロジェクトのプロファイルや進捗 状況に関するデータも対象。
Fraunhofer IESE (ドイツ)	ドイツ最大の研究機関の一研究所で、 産学連携を通じたエンピリカルソフト ウェア工学を推進している。 データや分析結果は原則非公開。	研究開発の成果を、ソフトウェアタ グ規格、ツール、利用シナリオ等と して公開。
HackyStat (米国)、 IPA/SEC, JUAS (日本)	ベンダ、もしくは、ユーザの視点でデー タが収集、蓄積されている。	ベンダ・ユーザ双方の視点での、ソ フトウェア開発の見える化。 法的観点からも議論。
経済産業省 (日本)	情報システム・モデル取引・契約書など により、ユーザ・ベンダ間でやり取りす べきドキュメントや手順を規定している。	ユーザ・ベンダ間でやり取りされる ドキュメントの評価や組織間比較を 可能に(左記とは補完関係)。

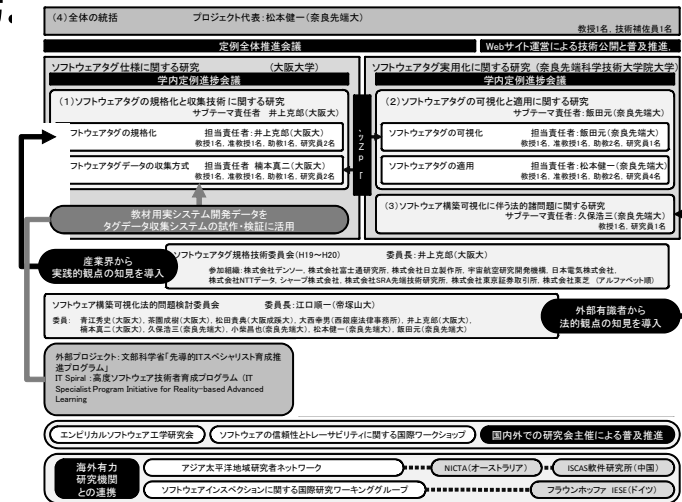
# 研究開発体制

## ● 役割分担

- 大阪大学:ソフトウェアタグの**基礎技術**(タグ仕様, タグ収集)
- 奈良先端大:ソフトウェアタグの**実践技術**(可視化, 適用, 法的問題)

## ● 外部連携

- ソフトウェアタグ規格技術委員会
- ソフトウェア構造可視化法的問題検討委員会
- 独フラウンフォーファーIESE, 中国ISCAS, 豪州NICTA, 香港理工大などとの学学連携
  - ソフトウェアタグの技術的課題の検討.
- 国内外29の企業・組織との産学連携
  - ソフトウェアタグに対するニーズの把握, 社会的課題の実践的・多面的な検討.
  - ソフトウェアタグに関わるツールやシナリオの実証実験, 技術的フィードバック.



# 成果の利活用

## 実用化

### ツールの公開

ツール群を、ホームページを通じて広く公開すると共に、連携企業での適用実験を通じて、機能追加、適用目的や手順の明確化など、実用性の向上を図った。新たな企業連携により、可視化ツールの機能強化やマニュアルの整備が進んだ。

## 成果の普及

### 研究会の開催

エンピリカルソフトウェア工学研究会を東京にて計5回開催した。参加者数はのべ506名。成果報告の場であると同時に、新たな共同研究の端緒にもなった。

### 法的観点からの問題意識の啓発活動

ソフトウェア構築について、法的問題について学会で研究発表すると共に、各種講演を通じて、問題意識の醸成と課題発掘に努めた。

### デモンストレーションサイトの公開

試用可能な状態にインストール済みのツール、ケーススタディのデータ、などを配置し、参照者がツール開発する際の参考(リファレンス実装)の役割も持つ。

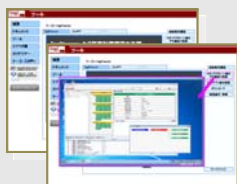
### ソフトウェアタグガイドブックの刊行

研究業績以外の成果ドキュメントを集め、冊子体「ソフトウェアタグガイドブック」として作成すると共に、そのPDF版をホームページにて公開した。

## 標準化活動

### 国際標準化機構ISO/IEC JTC/SC7

2009年6月から参画し、ソフトウェアタグ規格そのものやその適用事例などを国際標準案(の一部)とすべく、活動を行った。



# 人材育成

養成人材	方策	影響・効果
<p><b>エンピリカルソフトウェア工学研究者</b> 対象:大学院博士後期課程学生, ポスドク研究員</p>	<p>ドイツ フラウンホーファ実験的ソフトウェア工学研究所(IESE)との国際連携WG設立。 大学院博士課程学生の<b>海外アドバイザーの下への派遣</b>とフォローアップ。</p>	<p>我が国の研究開発, 国際競争力の強化 表彰・受賞等 29件 国際会議各種委員長就任 31件 プログラム委員就任 <b>ICSEを含む 29会議 66件</b></p>
<p><b>エンピリカルデータアナリスト</b> 対象:ポスドク研究員, 社会人</p>	<p>文部科学省先導的ITスペシャリスト育成推進プログラム「IT Spiral」との連携。 関西経済連合会主催の先進的組込みソフト産学官連携プログラム「<b>組込み適塾</b>」との連携。</p>	<p>論文誌編集委員等就任 IEEE Trans. SE Associate Editor 情報処理学会論文誌特集号編集委員長など <b>8誌 17件</b></p> <p><b>産業界への影響・効果</b> 連携企業への技術移転。 「組込み適塾」や「関西経済連合会・組込みソフト開発機構検討部会」を通じての技術移転。</p>
<p><b>ソフトウェアライアビリティ調停・仲裁人</b> 対象:社会人・大学院学生</p>	<p>奈良先端大や大阪大学での関連講義の受講。 弁理士等による<b>実践的ケーススタディ</b>による指導。 ソフトウェア構築における紛争解決に関する分析。</p>	<p>産学への人材輩出による影響・効果の継続 助教の他大学講師への昇任。 博士後期課程学生やポスドク研究員の助教採用, 企業採用。</p>

# 今後の展望: 実用化に向けた計画

- 情報処理推進機構「ソフトウェア工学分野の先導的研究支援事業」への応募
  - コードクローン分析に基づくソフトウェア開発・保守支援に関する研究（楠本真二，大阪大学）
  - ソフトウェア品質の第三者評価のための基盤技術：ソフトウェアプロジェクトモグラフィの開発（松本健一，奈良先端大）
- ツール稼働環境の整備（奈良先端大）
  - 大規模OSS100プロジェクトのデータのタグ化，可視化。
  - 教育プログラムへの成果展開の基盤（文部科学省IT-Triadic等）。

## ソフトウェアデータ蓄積システム

RAID6HDD 25TB, キャッシュSSD 1TB  
2.53GHz x64コア 72コア  
主記憶4GB(1コアあたり)  
vSphere Advanced  
仮想プラットフォーム



## インテンシブ解析サーバシステム

XeonプロセッサX7550(8コア、2GHZ) x4  
主記憶256GB, SSD 480GB

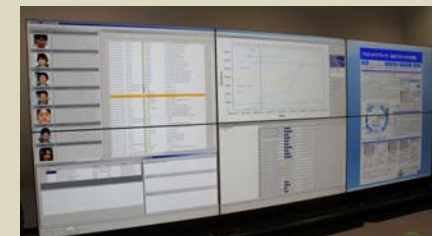
解析ソフト

- PG Relief C/C++ 2011
- PG Relief J2011
- QAC++ 2.5.1J
- QAC 7.2.3J
- Klocwork Insight
- RSM windows
- Understand 2.5



## 解析結果表示装置

ハイビジョン60インチ×6



# 今後の展望：中長期的な社会的・経済的波及効果

- **ソフトウェア品質に関する「情報の非対称性」の解消**
  - ソフトウェア品質に関する「シグナリング」の手段を提供する。
  - 市場をより健全化し、ユーザに安心感を与える。
- **ソフトウェア品質説明力の強化**
  - 国際市場では、欧米流の品質保証の考え方にに基づき「証拠を示してユーザに信頼感を与える。」ことが重視される。
    - 2010年に米国で発生した乗用車の急加速問題では、NASAによる評価の結果、ソフトウェアの設計や実装に不具合は発見されなかったが、評価に要した10か月間の経済的損失は計り知れない。
  - **ソフトウェアタグは、**
    - 日本のソフトウェア企業の品質説明力を高める。
    - ソフトウェア品質の第三者評価システムの普及、高度化の基盤となる。

