

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 5 月 26 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2012～2016

課題番号：24220001

研究課題名(和文)アーキテクチャ指向形式手法に基づく高品質ソフトウェア開発法の提案と実用化

研究課題名(英文)Architecture Oriented Formal Approaches to High Quality Software Development

研究代表者

荒木 啓二郎(Araki, Keijiro)

九州大学・システム情報科学研究院・教授

研究者番号：40117057

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 122,200,000円

研究成果の概要(和文)：高信頼かつ安心安全な高品質ソフトウェアを効率良く開発するための実用性の高い形式手法の提案と開発支援ツールの開発を行った。非接触型ICチップや通信制御システムなど種々の具体的対象について形式手法適用事例研究を行い、得られた経験および知見に基づき、着目する観点からのアーキテクチャを指向して、段階的に対象システムの形式的モデルの記述と分析・検証を行う予備形式化(preformal)という概念に基づいた、システム開発の現場に組入れ易く有用性の高い方法を提案した。併せて、その方法を具現化した複数の開発支援ツールを開発し、特定の利用者に提供するとともに、インターネット上で内外に公開した。

研究成果の概要(英文)：We proposed highly applicable formal approaches to develop high quality software systems of reliability and safety. Based on our practice and experience with case studies of applying formal methods to a variety of system development such as contact-less IC chip firmware communication control system and so on, we presented highly applicable formal approaches to system modeling and analysis gradually constructing abstract and formal system descriptions through "preformal" approaches, which would be acceptable and effective for working engineers in specific development processes. We developed several tools which realize and support the above formal approaches, provided those tools to our specific customers, and make the tools open and available to the formal methods community in the world over the Internet as well.

研究分野：ソフトウェア工学

キーワード：形式仕様記述 ソフトウェア工学 高信頼安全安心システム 高適用性形式手法 アーキテクチャ指向  
モデル化 ソフトウェアライフサイクル モデル化支援ツール

### 1. 研究開始当初の背景

最近、IT システムの障害が大きな社会問題に発展する事故や事件を報道などでしばしば目にする。システムそのものに存在する不具合が原因である場合もあれば、運用操作上のミスが原因である場合もある。システムの大規模複雑化によってシステムの品質を保証することが困難になるとともに、ネットワークによって多種多様なシステムが相互に接続されることによって、一つのシステム障害による影響が波及する範囲と速さが人知の及ばぬ状況になってきた。人間の日常生活における社会基盤を支える IT システムが果たす役割は、今後ますます大きくなる。それに伴って、IT システムの品質に対する要求は、機能や効率のみならず、安心安全という面でも、より大きく、より高くなってきている。

IT システムの重要な構成要素であるソフトウェアの機能や安全性を保証する方法として、近年、形式手法 (formal methods) に対する関心と期待が高まっている。本研究は、アーキテクチャ指向の概念に基づいて、多様な形式手法を適材適所でソフトウェアライフサイクルの各段階において有機的に活用する方法を提案するもので、ソフトウェア・リスク分析への応用も視野に入れたより広範で高度なソフトウェア開発方法論の確立を目指す。

### 2. 研究の目的

本研究は、アーキテクチャという観点を取り入れることにより、多様な形式手法を適材適所でソフトウェアライフサイクルの各段階において活用する方法を提案し、実行環境や操作も含めたモデル化と分析・検証にも活用できるように形式手法の適用性を高めることによって、ソフトウェア・リスク分析への応用も視野に入れたより広範で高度な研究である。形式手法における種々の要素技術、形式手法の実用化および普及活動の実績、品質保証法、アーキテクチャ指向システム開発などに関する研究代表者および分担者のこれまでの成果に基づいて、運用・保守の段階も含むソフトウェアライフサイクル全般に亘って、アーキテクチャ指向形式手法に基づくソフトウェアの品質特性の確認と検証に有効な方法を提案し、その実用化を目指す。

### 3. 研究の方法

本研究では、研究代表者および分担者の形式手法における種々の要素技術、形式手法の実用化および普及活動の実績、品質保証法、アーキテクチャ指向システム開発などに関する従来の研究成果に基づいて、運用・保守の段階も含むソフトウェアライフサイクル全般に亘って、アーキテクチャ指向形式手法に基づくソフトウェアの品質特性の確認と検証に有効な方法を提案し、その実用化を図

る。産学連携のもとに実践的に研究を推進することにより、開発現場における従来からの開発プロセスにおいても形式手法を組入れて有効に活用する事例を蓄積して再利用可能とし、併せて、開発支援ツールを開発し公開する。

このために以下の四つの課題に取り組む。(1) 形式手法を適用したソフトウェア開発のための要素技術の提案ならびに開発事例研究、(2) 形式手法を組入れた開発プロセス参照モデルの提示と活用、(3) アーキテクチャ指向形式手法の提案、(4) 開発支援ツールの開発。

### 4. 研究成果

ここでは、上述の四つの項目にそって研究成果に関して記述した後に、本研究の特色について述べる。

(1) 産学官連携のもとに、種々の具体的対象に形式手法を適用した事例研究を行い、その経験および知見を共有・再利用できるように研究成果発表を行うとともに、web 上に公開した。形式手法適用事例としては、非接触 IC チップのファームウェア開発、人工衛星の姿勢制御、自動販売機、通信制御システム、エネルギー管理システム、電気ポットなど多様な対象を取扱い、形式的なシステム記述の経験を積むと同時に、その知見をまとめて広く共有することに努めた。

実用性という観点から、開発現場のソフトウェア技術者に受け入れ易く、適用性の高い形式手法として、次項に述べる開発プロセスへの効果的な組入れと予備形式化 (Preformal) に基づく手法を提示している。また、システムが高信頼であることを示すための証拠となる保証ケースを用いて品質保証を行う手法を提案した。

(2) 形式手法を具体の開発プロセスに効果的に組入れるために、まず、形式手法適用の目的を明確にして、開発プロセスのどの段階に形式手法を導入するかを定める際の参照モデルとして、PSP (Personal Software Process) および TSP (Team Software Process) に準拠した開発プロセスモデルを提示した。

更に、非形式的なシステム記述から形式的なシステムモデルを構築するために、中間段階としての Semiformal ではなくて、予備形式化 (Preformal) という概念に基づいて形式手法適用の目的に適った前処理を経由して、段階的に形式的システムモデルを構築する方法を提示した。

また、ソフトウェアの信頼性を保証するための実用的な方法であるテストと形式手法との連携させて、形式仕様に基づいてテストケースやテストデータを生成する手法を考案した。

(3) 大規模複雑化が進むソフトウェアシス

テムを対象にした形式的モデルを構成する際に、着目するシステム特性に基づいたアーキテクチャ指向によりシステムの構成要素と全体構成とを記述する方法を示した。具体的には、システムの構成要素間の相互作用に着目したシステム理論に基づく安全性解析手法である STAMP (System-Theoretic Accident Model and Processes) / STPA (System-Theoretic Process Analysis) と形式手法とを連携・融合させた方法の提案、アーキテクチャに基づく保証ケース作成法および形式手法による保証ケースの信頼性保証手法の提示、システムの振舞いおよび相互作用の抽象的記述と解析に形式手法を適用する方法の提案などに関する成果を得た。

(4) 前述の形式手法適用事例研究の成果および予備形式化に基づく手法を具現化し支援するためのツール群の開発を行い、それらを公開した。

中核となるツールは、VDM (Vienna Development Method) による形式手法を適用したシステムの形式的モデル構築および分析を支援するために、予備形式化に沿った形式的モデルの作成過程を、開発の上流工程の要求から仕様を形成する試行錯誤を含むプロセスと見なして、要求や仕様などを書き留めた非形式的記述との混在のもとで VDM-SL による部分的な形式仕様記述を得て、それらの妥当性を確認しながら記述の完成度を高めていくという一連の過程を支援する統合開発環境 ViennaTalk (図 1 参照) である。これは、VDM-SL によるシステムの形式仕様記述を会話的に、かつ、簡便に行うことができる VDMPad (図 2 参照)、VDM-SL から Smalltalk のコード自動生成を利用した VDM 記述の妥当性および実現可能性確認機能、開発の上流段階で未確定な要求や仕様に関する非形式的記述に対して部分的に形式的な VDM-SL 記述を対応付けて段階的にシステム要件の厳密化を支援する Lively Walkthrough および Webly Walkthrough など種々の機能を提供しており、抽象的な形式仕様記述という人間の知的活動を柔軟に支援することを示すことができた。

このほか、自然言語によるシステムの記述から、システム開発にかかわる用語を選定し段階的に厳密化を進めたそれらの用語を用いてシステムの形式化モデルを構成するという予備形式化のプロセスを支援するための用語辞書管理ツール JOD Tool、VDM による仕様からテストケーステストデータを生成するツール VWDM および VTable などを開発した。

本研究の成果を具現化したこれらのツールを活用して、形式手法がより効果的に適用できる方法を確認して、開発現場への導入および普及を促進することが今後の課題である。

本研究では、研究課題に「実用化」と明記していたので、研究期間の前半は、主に事例研究ならびに支援ツールの開発に重点を置いて研究活動を進めてきた。後半は、前半の事例研究およびツール開発を継続・発展させつつ、研究成果を取りまとめて学術論文誌や国際会議において研究発表を精力的に行うとともに、完成度を高めた支援ツール群を関係者に提供し、併せてインターネット上での一般公開を行った。これらのツールは、日本および欧州を中心に多数のダウンロードならびにアクセスがあり、形式手法の入門教育ならびに実システム開発において広く利用されている。用語辞書管理ツール JOD Tool は、形式手法の国際プロジェクト Overture において、そのオープンアクセスツールの中に標準プラグインとして組込まれている。

本研究は、国際的にも注目されて、2016 年 11 月に開催された工学的形式手法に関する国際会議 ICFEM (International Conference on Formal Engineering Methods) 2016 において、基調講演として招待を受け、その研究成果発表は多くの参加者の関心を集めた。

また、特に我が国における形式手法の普及を促進するために、入門解説書や学習教材の作成を行い、主にインターネット上で公開するとともに、それらを用いて産官学連携のもとに形式手法のセミナーや講習会を日本各地で三十数回開催したほか、韓国やベトナムでもセミナーを行った。

さらに、形式手法では最も古くから利用され、実用システムへの適用実績も多い VDMTools を正式に取得して、オープンソース化を行って世界中に公開し、加えて、VDM の新たな版である VDM-10 の言語仕様の邦訳を作成し、原文とともに公開するなど、形式手法の国際コミュニティへの貢献としても高く評価されている。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 17 件)

- ① 小田 朋宏、荒木 啓二郎: 形式仕様工程の初期段階に着目した統合仕様記述環境 ViennaTalk, 日本ソフトウェア科学会 コンピュータソフトウェア (採録決定)
- ② 張 漢明、野呂 昌満、沢田 篤史: 複数事象の発生を含意した区間振る舞い記述法とその検証法の提案, 日本ソフトウェア科学会 コンピュータソフトウェア (採録決定)
- ③ Tomohiro Oda, Keihiro Araki and Peter Gorm Larsen: A Formal Modeling Tool for Exploratory Modeling in Software Development, IEICE Transactions, Vol. E100-D, No.6, (Jun. 2017) (採録決定)
- ④ 小林 展英、森崎 修司、山本 修一郎: D-Case を用いた安全分析結果の説明手法の提案, 情報処理学会論文誌, Vol.58, No.2,

pp.521-530 (Feb. 2017)  
<http://id.nii.ac.jp/1001/00177483/>  
⑤ Samih M. Mostafa, Hirofumi Amano and Shigeru Kusakabe: Fairness and High Performance for Tasks in General Purpose Multicore Systems, International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences, Vol. 29, Issue 3 (Dec. 2016)  
[http://www.arpapress.com/Volumes/Vol29Issue3/IJRRAS\\_29\\_3\\_01.pdf](http://www.arpapress.com/Volumes/Vol29Issue3/IJRRAS_29_3_01.pdf)  
⑥ Shuichiro Yamamoto and Nobuhide Kobayashi: Mobile Security Assurance through ArchiMate, IT Convergence Practice (INPRA), Vol. 4, No. 3, pp.1-8, (Sep. 2016)  
<http://inpra.yolasite.com/vol4no3.php>  
⑦ Nobuhide Kobayashi, Shuji Morisaki, Noritoshi Atsumi and Shuichiro Yamamoto: Quantitative Non Functional Requirements Evaluation using Softgoal Weight, Journal of Internet Services and Information Security, Vol. 6, Issue 1, pp. 37-46 (Feb. 2016)  
<http://isyou.info/jisis/vol6/no1/jisis-2016-vol6-no1-03.pdf>  
⑧ Abdul Kadir Jailani, Keiji Araki and Shigeru Kusakabe: Enjoying Cultural Heritage Experiences as Informal Learning through User's Nationality Context-Awareness, The International Journal of E-Learning and Educational Technologies in the Digital Media, Vol. 2, No. 3, pp.120-127 (Jan. 2016)  
doi:10.17781/P002211  
⑨ Tetsuro Katayama, Kenta Nishikawa, Yoshihiro Kita, Hisaaki Yamaba and Naonobu Okazaki: Prototype of a Decision Table Generation Tool from the Formal Specification, Journal of Robotics, Networking and Artificial Life, Vol. 2, issue 3, pp. 205-208 (Dec. 2015)  
doi:10.2991/jrnal.2015.2.3.15  
⑩ Shigeru Kusakabe: Visualizing Betweenness Centrality of Process Area Networks in Process Improvement Model for Service Provider Organization, CMMI-SVC, International Journal of Information Engineering Express, International Institute of Applied Informatics, Vol. 1, No. 4, pp. 132-140 (Dec. 2015)  
<http://www.iaiai.org/journals/index.php/IEE/article/view/36>  
⑪ 目下部 茂、林 信宏、大森 洋一、荒木 啓二郎: ソフトウェア開発プロセス改善モデル CMMI-DEV の関連プロセス領域ネットワークの中心性分析, 日本ソフトウェア科学会コンピュータソフトウェア, Vol. 32, No. 3, pp. 3\_126-3\_136 (Sep. 2015)  
doi:10.11309/jssst.32.3\_126  
⑫ 猿渡 卓也、丹羽 隆、山本 修一郎: IT シ

ステムを利用するサービスのアシュアランスケース作成, 情報処理学会 デジタルプラクティス, Vol. 6, No. 2, pp. 159-168 (Apr. 2015)  
<http://ci.nii.ac.jp/naid/170000121446>  
⑬ Tetsuro Katayama, Kenta Nishikawa, Yoshihiro Kita, Hisaaki Yamaba and Naonobu Okazaki: Proposal of a Supporting Method to Generate a Decision Table from the Formal Specification, Journal of Robotics, Networking and Artificial Life, Vol. 1, issue 3, pp. 174-178 (Dec. 2014)  
doi:10.2991/jrnal.2014.1.2.3  
⑭ Tomoko Kaneko, Shuichiro Yamamoto and Hidehiko Tanaka: CC-Case as an Integrated Method of Security Analysis and Assurance over Life-cycle Process, International Journal of Cyber-Security and Digital Forensics, Vol. 3, No. 1, pp. 49-62 (Apr. 2014)  
doi:10.17781/P001274  
⑮ Samih M. Mostafa and Shigeru Kusakabe: Towards Minimizing Processes Response Time in Interactive Systems, International Journal of Computer Science and Information Technology Research, Vol. 1, Issue 1, pp.65-73 (Oct. 2013)  
<http://www.researchpublish.com/download.php?file=1385813071-1.pdf&act=book>  
⑯ Mardiana Rendra and Keiji Araki: EA-MDA Model to Resolve IS Characteristic Problems in Educational Institution, International Journal of Software Engineering & Applications, Vol. 4, No. 3, pp. 1-20 (May 2013)  
doi:10.5121/ijsea.2013.4301  
⑰ Nazir Ahmad Zafar, Sher Afzal Khan and Keiji Araki: Towards the Safety Properties of Moving Block Railway Interlocking System, International Journal of Innovative Computing, Information & Control, Vol. 8, No. 8, pp. 5677-5690 (Aug. 2012)  
<http://www.ijicic.org/ijicic-11-04078.pdf>

[学会発表: 国際会議] (計 71 件)

① Keiji Araki and Taro Kurita: Promotion of Formal Approaches in Japanese Software Industry and a Best Practice of FeliCa's Case (Keynote Speech), Proc. 18th Int'l Conf. on Formal Engineering Methods, Springer LNCS, Vol. 10009, pp. 18-25, (Nov. 14-18, 2016), TKP Conference Centre (Tokyo, Japan)  
doi: 10.1007/978-3-319-47846-3\_2  
② Tomohiro Oda, Keiji Araki and Peter Gorm Larsen: Automated VDM-SL to Smalltalk Code Generators for Exploratory Modeling, Proc. Overture Workshop,

pp. 48-62, (Nov. 7, 2016), Limmasol (Cyprus)

[http://pure.au.dk/portal/files/105113490/Automated\\_VDM\\_SL\\_to\\_Smalltalk\\_Code\\_Generators\\_for\\_Exploratory.pdf](http://pure.au.dk/portal/files/105113490/Automated_VDM_SL_to_Smalltalk_Code_Generators_for_Exploratory.pdf)

③ Nobuhide Kobayashi, Hikari Yamada, Hiroyuki Utsunomiya, Shuji Morisaki and Shuichiro Yamamoto: The Evaluation Knowledge of Standard Software Asset using the Seven Samurai Framework, Proc. 20th Int'l Conf. on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems, Procedia Computer Science, Volume 96, pp. 782-790, (Sep. 5-7, 2016), York (UK)

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050916320488/pdf?md5=32c60b06296e77ba0b0fc9a719955e1b&pid=1-s2.0-S1877050916320488-main.pdf>

④ Tomohiro Oda, Keijiro Araki and Peter Gorm Larsen: ViennaTalk and Assertch: Building Lightweight Formal Methods Environments on Pharo 4, Proc. 11th Int'l Workshop on Smalltalk Technologies 2016, pp. 4:1-4:7, (Aug. 23, 2016), Prague (Czech Republic)

⑤ Shuichiro Yamamoto: A Business Scenario for the Architecture Quality Assurance service, TOG San Francisco, Real-time & Embedded Systems Forum, (Jan. 26, 2016), San Francisco (USA)

⑥ Shigeru Kusakabe, Hsin-Hung Lin, Yoichi Omori and Keijiro Araki: Visualizing Centrality of Process Area Networks in CMMI-DEV, Proc. Int'l Conf. on Software and Systems Process, pp. 173-174, (Aug. 24-26, 2015), Tallinn (Estonia)

doi:10.1145/2785592.2794405

⑦ Tomohiro Oda, Yasuhiro Yamamoto, Kumiyo Nakakoji, Keijiro Araki and Peter Gorm Larsen: VDM Animation for a Wider Range of Stakeholders, Proc. 13th Overture Workshop, pp. 18-32, (June 23, 2015), Oslo (Norway)

<http://overturetool.org/workshops/13/TomoOda.pdf>

⑧ Taro Kurita, Fuyuki Ishikawa and Keijiro Araki: Practices for Formal Models as Documents: Evolution of VDM Application to "Mobile FeliCa" IC Chip Firmware, Proc. 20th Int'l Symp. Formal Methods, Springer LNCS, Vol. 9109, pp. 593-596, (June 24-26, 2015), Oslo (Norway)

doi:10.1007/978-3-319-19249-9\_40

⑨ Tomohiro Oda, Peter Gorm Larsen and Keijiro Araki: VDMPad: a Lightweight IDE for Exploratory VDM-SL Specification, Proc. 3rd FME Workshop on Formal Methods in Software Engineering,

pp. 33-39, (May 16-24, 2015), Florence (Italy)

<http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/FormaliSE.2015.13>

⑩ Akihiro Hata, Keijiro Araki, Shigeru Kusakabe, Yoichi Omori and Hsin-Hung Lin: Using Hazard Analysis STAMP/STPA in Developing Model-oriented Formal Specifications Toward Reliable Cloud Service, Proc. Int'l Conf. on Platform Technology and Service, (Jan. 28, 2015), Jeju (Korea)

doi:10.1109/PlatCon.2015.14

⑪ Shuichiro Yamamoto: A Formalization of Assurance Case Development, Proc. 11th Joint Conference on Knowledge-Based Software Engineering, pp. 717-725, (Sep. 17-20, 2014), Volgograd (Russia)

doi:10.1007/978-3-319-11854-3\_62

⑫ Shigeru Kusakabe, Hsin-Hung Lin, Yoichi Omori and Keijiro Araki: Generating Supportive Hypotheses in Introducing Formal Methods using a Software Processes Improvement Model, Proc. 2nd FME Workshop on Formal Methods in Software Engineering, pp.24-30, (June 3, 2014), Hyderabad (India)

doi:10.1145/2593489.2593497

[図書] (計 7 件)

① 目下部 茂, 荒木 啓二郎, 他: はじめての STAMP/STPA (実践編) ~ システム思考に基づく新しい安全性解析手法 ~, 独立行政法人 情報処理推進機構 (IPA) ソフトウェア高信頼化センター, 84 頁 (Mar. 2017)

② 山本 修一郎: 現代エンタープライズ・アーキテクチャ概論 - ArchiMate 入門, デザインエッグ社, 132 頁 (Jul. 2016)

③ 目下部 茂, 荒木 啓二郎, 他: はじめての STAMP/STPA ~ システム思考に基づく新しい安全性解析手法 ~, 独立行政法人 情報処理推進機構 (IPA) ソフトウェア高信頼化センター, 64 頁 (Apr. 2016)

④ 山本 修一郎: アーキテクチャ論, 三省堂書店オンデマンド, 日本経営科学研究所, 173 頁 (2013)

⑤ 荒木 啓二郎, 山本 修一郎, 目下部 茂, 大森 洋一, 他: 実務家のための形式手法 厳密な仕様記述を志すための形式手法入門 第二版, 独立行政法人 情報処理推進機構 (IPA) ソフトウェア・エンジニアリング・センター, 294 頁 (Mar. 2013)

[https://www.ipa.go.jp/files/000026825\\_zip](https://www.ipa.go.jp/files/000026825_zip)

⑥ 荒木 啓二郎, 佐原 伸: 実務家のための形式手法 厳密な仕様記述を志すための形式手法入門 対象を如何にモデル化するか, 独立行政法人 情報処理推進機構 (IPA) ソフトウェア・エンジニアリング・センター, 199

頁 (Mar. 2013)

<https://www.ipa.go.jp/files/000026828.zip>

⑦ 荒木 啓二郎、大森 洋一、他：実務家のための形式手法 厳密な仕様記述を志すための形式手法入門 厳密な仕様記述入門，独立行政法人 情報処理推進機構 (IPA) ソフトウェア・エンジニアリング・センター，204 頁 (Mar. 2013)

<https://www.ipa.go.jp/files/000026829.pdf>

[その他]

ホームページ、ツール等

① 「アーキテクチャ指向形式手法に基づく高品質ソフトウェア開発法の提案と実用化」

<http://aofa.csce.kyushu-u.ac.jp/>

② VDMPad: 会話型 VDM-SL ツール web アプリケーション

<http://vdmpad.csce.kyushu-u.ac.jp>

③ ViennaTalk: VDM 統合開発環境

<http://fmvdm.org/tools/index.html>

④ VDMTools: オープンソース化

<http://fmvdm.org/vdmtools/>

<http://fmvdm.org/doc/index.html>

⑤ VDM-10 言語仕様書

[http://aofa.csce.kyushu-u.ac.jp/lang\\_man/VDM10langman.php](http://aofa.csce.kyushu-u.ac.jp/lang_man/VDM10langman.php)

⑥ JODTool: 形式的用語辞書管理ツール

<http://aofa.csce.kyushu-u.ac.jp/JODToolDoc/JODTool.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

荒木 啓二郎 (ARAKI, Keiji)

九州大学・大学院システム情報科学研究  
院・教授

研究者番号：40117057

### (2) 研究分担者

山本 修一郎 (YAMAMOTO, Shuhiro)

名古屋大学・大学院情報科学研究科・教授  
研究者番号：20523294

日下部 茂 (KUSAKABE, Shigeru)

長崎県立大学・情報システム学部・教授  
研究者番号：70234416

張 漢明 (CHANG, Hanmyung)

南山大学・理工学部・准教授  
研究者番号：90329756

片山 徹郎 (KATAYAMA, Testuro)

宮崎大学・工学部・准教授  
研究者番号：50283932

持尾 弘司 (Mochio, Hiroshi)

筑紫女学園大学・人間科学部・准教授  
研究者番号：60331013

大森 洋一 (OMORI, Yoichi)

九州大学・大学院システム情報科学研究  
院・助教

研究者番号：20309727

### (4) 研究協力者

林 信宏 (LIN, Hsin-Hung)

小田 朋宏 (ODA, Tomohiro)

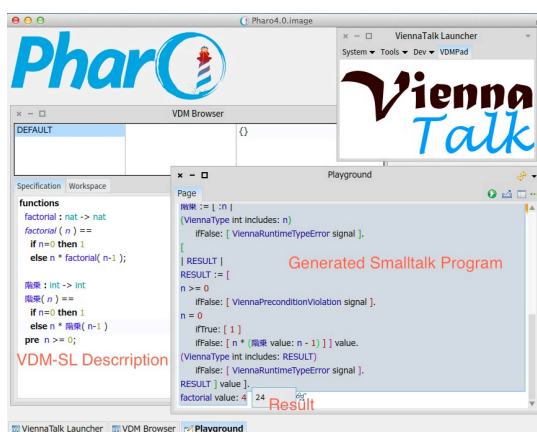


図 1. ViennaTalk : VDM 統合開発環境

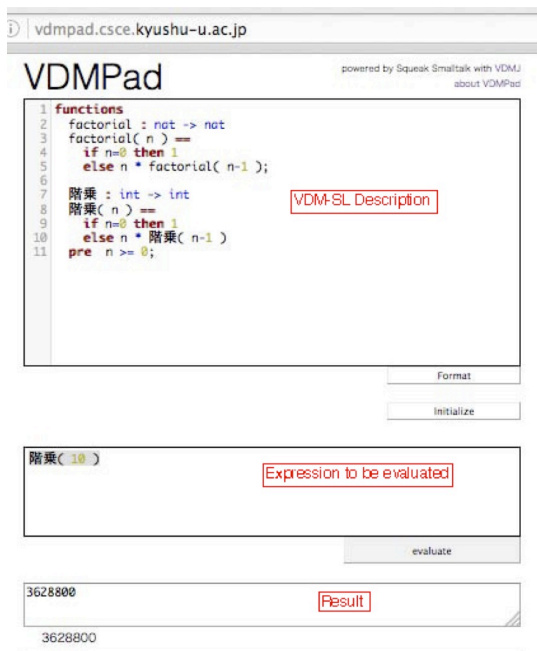


図 2. VDMPad : 会話型 VDM-SL ツール