

組込みシステム研究会改善活動の取り組み

高瀬 英希^{1,a)} 渡辺 晴美^{2,b)}

概要：情報処理学会組込みシステム研究会では、本研究分野の技術発展により貢献することを目的として、研究会を活性化するための改善活動を実施する。本研究会が主催した組込みシステムシンポジウム 2015 において国内研究会を取り巻く現状および課題を議論し、これらを踏まえて今後の改善活動について検討する。2016 年度では研究ワーキンググループの立ち上げ、研究発表会でのポスター発表を実施する。本稿では、これまでの経緯と議論、および、今後の計画について述べる。

キーワード：研究会活動、ワーキンググループ、ポスター発表

HIDEKI TAKASE^{1,a)} HARUMI WATANABE^{2,b)}

1. はじめに

情報処理学会組込みシステム研究会 (SIGEMB) に留まらず、国内の研究会・シンポジウムへの参加者・発表数の減少が加速しており、有益な情報交換が難しい状況になりつつある。シンポジウムにおいては、著名な講師を招聘しても参加者増加につながらない。以上の国内研究会における活動低下の問題について、2015 年 10 月に本研究会が主催する組込みシステムシンポジウム (ESS2015) において議論した [1]。

産学各々から見た主要な原因は次の通りである。

- 産業界：即刻性や実践性の高い研究発表、将来性の高い発表のいずれも少なく、企業に役立つような情報を得ることが難しい。
- 大学：国内の研究会で発表することにメリットを感じることができない。国内の研究会に 6~8 ページ執筆するならば、国際会議に投稿した方が良い。

特に、組込みシステムは分野が広いことから、発表者と同じ分野を研究している聴講者がいないという深刻な問題も発生している。このような状況であることから、運営委員や幹事のモチベーションも低下しつつあると考えられる。以上から、従来型の研究会の方式では、参加者数・発表者数の確保が厳しくなっている。一方で、質の高い研究

を行うためには、国内で議論を継続して重ねることは重要であり、組込みシステムのように広い分野の人々が集えば新しい技術の創出も期待できる。以上より、SIGEMB に集う人々がより新しく深い研究を目指し、研究会が議論しやすい場になるように、ESS2015 のパネルを契機に改善活動を開始した。

以降、本稿では、2 章において、ESS2015 の議論を踏まえつつ SIGEMB の現状を整理する。3 章において改善活動案を提示し、その実現性や効果などを議論する。4 章と 5 章では、新たな取り組みであるワーキンググループの立ち上げ、ポスター発表セッションについて紹介する。最後に 5 章にて本稿のまとめを述べる。

2. 組込みシステム研究会の現状

2.1 課題の整理

2015 年 10 月に本研究会が主催する組込みシステムシンポジウム (ESS2015) において、「10 周年記念企画パネル 1: これからの 10 年~岐路に立つ日本の学会活動~」と題し、国内における研究会の活動低下について議論した。本パネルでは、ソフトウェア工学研究会主査、企業の研究者をお招きし、他研究会および産業界の状況を交えながら、筆者らも登壇し議論した [1]。本パネルでは、1 章で紹介した SIGEMB を取り巻く様々な問題点が指摘された。具体的には、研究会およびシンポジウムへの参加者も発表者も減少していること、産業界と大学の双方で研究会に有意性を見出せなくなりつつあること、対象分野が広いために協

¹ 京都大学

² 東海大学

^{a)} takase@i.kyoto-u.ac.jp

^{b)} harumi-w@tsc.u-tokai.ac.jp

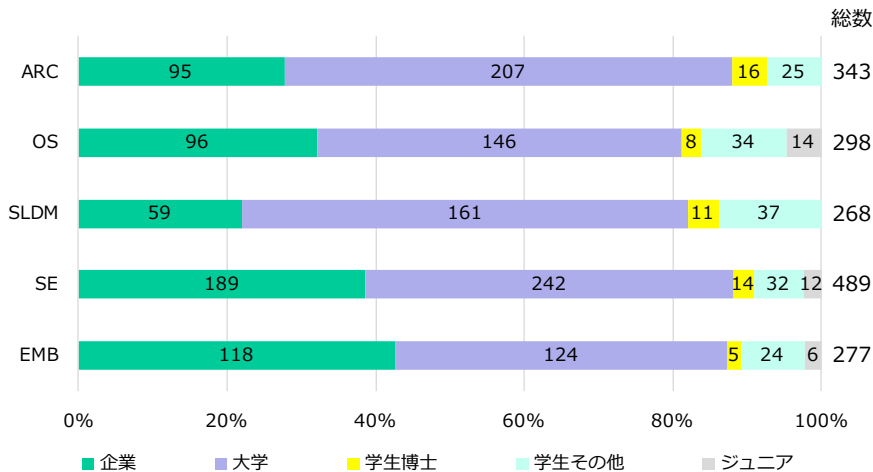


図 1 組込みシステム研究会および共催関係のある各研究会の登録者数とその内訳 (2015年8月時点)

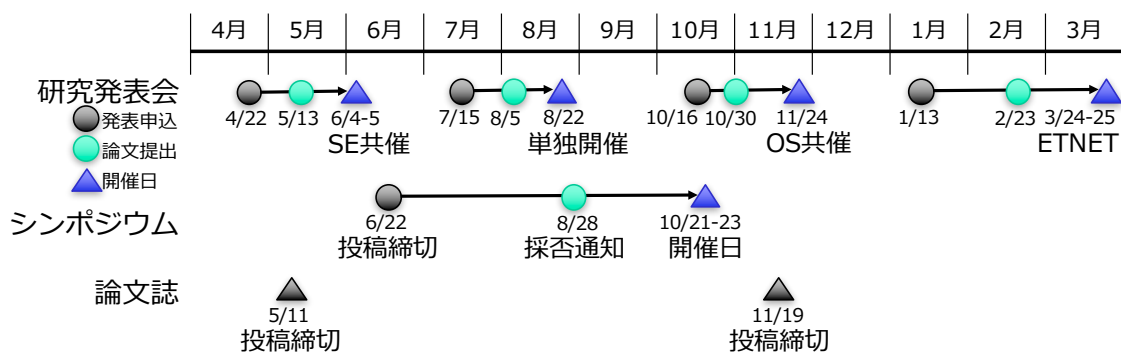


図 2 2015年度の組込みシステム研究会のスケジュール

力あるいは競合する研究グループで集えなくなっていることが挙げられる。

ここで、ESS2015 パネル企画において提示された興味深いデータを紹介したい。図 1 は、SIGEMB および共催関係のある各研究会の登録者数およびその内訳を示している。本データから次の 2 点を読み取ることができる。まず 1 点目は、SIGEMB においては産業界の登録者数は多く、大学の研究者とほぼ同数であるということである。組込みシステム分野は国内の主要産業であり開発実践および技術展開に近いので、この状況は好ましいものではある。しかしながら、シンポジウムや研究発表会では産業界からの参加者数・発表者数は多くない。このため、研究会が産学連携の議論の場として機能できていない。次に 2 点目は、学生会員、特に博士課程学生会員の登録数が少ないことである。情報処理学会では学生会員の研究会登録費無料制度 (1 研究会のみ) がある。しかしながら、本データからは、学生は学会に登録するメリットを感じていないことが読み取れる。

参加者数・発表者数の問題点は、発表者にとってのメリットおよび発表の質ということになる。さらに、発表に

対する意見が集まって研究成果の質が高められるような場となることが望ましい。これらは、下記の 3 点が重要であると考えられる。

- (1) 議論しやすい場であること
- (2) 継続した活発な議論ができること
- (3) 研究発表を行うメリットが明瞭であること

2.2 年間の活動スケジュール

SIGEMB の活動スケジュールについて紹介する。図 2^{*1} は、2015 年度の活動スケジュールを示している。例年で同様の活動スケジュールとなるが、今後のスケジュールは変更の可能性もあるため、最新の情報は SIGEMB の HP 等を参照されたい。

研究発表会は、年 4 回開催している。6 月はソフトウェア工学研究会、11 月はオペレーティングシステム研究会と合同での開催である。8 月の研究発表会は単独企画であるが、2015 年度より「組込みシステム技術に関するサマワークショップ (SWEST) [2]」と同日同所にて開催して

^{*1} 投稿状況によって締切を延長したものもあるが、図 2 では延長の日程は除外している。

いる。SWEST は SIGEMB も共催する産学連携の合宿型ワークショップである。産業界において開発実務に従事する技術者の参加が多数を占めており、SIGEMB 研究発表会への聴講参加を期待している。3月の「組込み技術とネットワークに関するワークショップ (ETNET)」は、情報処理学会のシステムと LSI の設計技術研究会およびシステム・アーキテクチャ研究会、電子情報通信学会のコンピュータシステム研究会およびディペンダブルコンピューティング研究会と共催・連載での研究発表会である。

SIGEMB のフラグシップイベントとして、組込みシステムシンポジウム (ESS) を毎年 10 月中旬に東京にて開催している。査読付きの国内シンポジウムであり、6 月中旬から下旬にかけて論文の投稿を受け付けている。投稿論文はプログラム委員会による査読を行い、8 月下旬頃に採否通知を送付している。論文は、産業界における開発実践の事例も投稿しやすくなるよう、研究論文と実践論文のカテゴリーに分けて受け付けている。

SIGEMB 運営委員や関係者が中心となり、情報処理学会の論文誌にて「組込みシステム工学」特集号の編集を年に 2 回企画している。組込みシステムに関連した研究開発全般について、最新の研究成果や開発実践事例の投稿をひろく募集し、論文誌特集号として掲載している。11 月下旬投稿締切の特集号では、直近に開催された ESS と連携した設定となっており、ESS での発表成果に対する議論内容を反映した拡張版を投稿することができる。また、本特集号では、過去に不採択になった査読結果への回答書、および、研究の概略などを追加説明するカバーレターを付与することを認めている。

3. 改善活動の案

本章では、組込みシステム研究会において検討している改善活動案を紹介する。

(1) ワーキンググループ制

取り組んでいる研究課題の近い研究者が集まり、少人数によるワーキンググループを編成して活動する。前述の通り SIGEMB の対象とする分野は広いので、掲げる研究テーマに特化した研究者が集中的かつ継続的な議論を行うことができる場を設けるようにする。また、研究発表会などの研究会活動が開催されない時でも独自のワークショップや勉強会を実施できるようにする。活動するワーキンググループには、組込みシステム研究会〇×ワーキンググループなどの名称を設ける。本案の具体策は 4 章で述べる。

実例として、ソフトウェア工学研究会では、組込みソフトウェア、要求工学およびパターンをテーマとした 3 つのワーキンググループがある [3]。各研究テーマに取り組む産学の技術者および研究者が集まり、ワーキンググループ独自のワークショップやチュートリアルなどの開催実績もある。基礎研究や技術の体系化に集中的に取り組んでお

り、産業界における研究成果の実践・実用化に関する事例を多く報告している。特に要求工学ワーキンググループでは、要求の品質計量化に関する議論を進め、議論・検討の結果を「要求仕様書の品質に関する研究成果報告」として 2007 年 1 月にまとめている [4]。

(2) 研究発表会でのポスター発表

通常の研究発表会においてもポスター発表を実施する。ポスター発表の機会を設けることによって、学生による研究や着手したばかりの研究に関する発表の敷居が低くなり、口頭発表よりも意見を得やすくなることが期待される。さらに、6~8 ページの原稿を執筆するならば国際会議などより価値の高いところに投稿するという問題解決になりえる。本案の具体策は 5 章で述べる。

通常のパスター発表は、シンポジウム等の大規模なイベントにおいて実施される。SIGEMB でも ESS においてポスター展示を行っている。また、国際会議では、Work-in-Progress として発展途上の研究を発表する場として企画されることが多い。このような形式は、イベント自体に多数の参加が想定されるため、より多くの研究者との意見交換と議論が期待できる。ただし、ポスターによる発表の機会が年 1 回程度となるため、研究の進捗状況と開催スケジュールが合致するとは限らない。本案によって研究発表会に併設した年に数回のペースでポスター発表の機会を設けることで、進捗に応じて外部の見識者から取り組んでいる研究に対する意見を得られる機会が得られるようになる。

(3) 休憩時間の確保

国際会議では、発表セッションの合間の休憩時間が 30 分以上と長く設定されることが多い。直前のセッションでの発表者に対して、十分に質問できなかった事項や周辺の研究課題について議論を突き合わせる風景が多く見られる。これと同様に、国内の研究発表会でも休憩時間を長目に設定することを検討する。同時に、前述したポスター発表を並行することで、研究発表に対する議論をより促進することが期待される。

本案は、プログラム編成の工夫によって実現することができ、実施上の問題点は特に無いと考えられる。ただし、他の研究会と共催によって投稿数が多い場合や会場の使用日時が限られる場合は実現が難しくなる。

(4) 研究発表へのフィードバックの促進

口頭による研究発表に対して、研究成果の良い点や改善すべき点をまとめ、運営委員会から発表者に知らせる枠組みを設ける。研究発表の後の質疑応答や休憩時間における議論だけでなく、発表者にテキストベースで意見交換やフィードバックできるようにする。また、研究テーマの関連が特に高い場合には、聴講者の有する知見を伝えられるようにする。発表者は、それらの意見を活かすことで、研究成果の質を高めたり新たな共同研究のベースを形成することも可能となる。発表者に知らせる手段としては、運営

委員が取りまとめメールで通知する方法や、オンライン文書共有サービスを活用する方法が考えられる。課題としては、組込みシステム分野の領域が広いこと、研究会運営委員の負荷が増大する点が挙げられる。

(5) 研究発表会論文のシンポジウムへの推薦制度

通常の研究発表会に投稿される6~8ページの原稿のうち新規性および有用性が顕著な研究成果に対し、シンポジウム [1] への査読へと回す制度やシンポジウムにおける研究発表の推薦について検討する。

実施の具体策としては、次の2点が考えられる。1つめは、通常の研究発表会に投稿された論文をESSのプログラム委員会が査読し、顕著な成果については発表者にその原稿または改訂版をESSにも投稿・発表することを促す制度を設けることである。2つめは、通常の研究発表会において公開査読制度を設けることである。公開査読を希望する発表者は、通常より長めの発表および質疑の時間を設けて研究発表を実施する。プログラム委員会から査読者を選定し、その研究発表を聴講して活発に議論を行う。査読者は投稿論文および研究発表を採点し、ESSでの発表に資すると判断されたものはESSでも発表できるものとする。実例として、プログラミング研究会では、論文誌と密接に連携した研究発表会を実施している [5]。このように研究成果の価値が顕著なものについては、論文誌特集号への投稿を推薦する制度も考えられる。

課題および検討事項として、査読委員は必ずその研究発表の場に参加する必要があり、ESSプログラム委員の負荷が増大することである。また、原稿の査読期間を設けるため、公開査読を希望する論文は通常より早い段階に投稿していただく必要がある。さらに、シンポジウム発表までの経路を複数設けることになるため、通常の投稿論文および査読フローとの整合性をとる必要が出てくる。

以上のように、それぞれの改善案について長所と利点がある。また、改善案によっては、研究会運営の抜本的な変更にも繋がりうる解決すべき課題が存在する。2016年度では、実現の効果と容易性の観点から、(1) ワーキンググループ制、および、(2) 研究発表会でのポスター発表セッションを実施することとした。

4. ワーキンググループの立ち上げ

特定の研究課題のもとで少人数によるワーキンググループの活動を行う。掲げる研究テーマについて集中的かつ継続的な議論を行う組織を公的に編成し、SIGEMBとしてその活動を支援する。

ワーキンググループおよび取り組むテーマは、公募によってひろく募集することとする。公募の際には、取り組む研究テーマ、活動メンバ、活動計画および予算計画を提出するものとする。活動計画としては、活動メンバの年数

回の会合や活動メンバが中心となったセッション企画を想定する。ワーキンググループの活動成果として、活動メンバによる口頭発表セッション、パネル講演や招待講演といった研究発表会またはシンポジウムでのセッション企画を負うものとする。活動の活性化や研究成果によっては、ワーキンググループ独自の研究発表会や集中検討会議といった独自のイベント企画にも期待したい。

ワーキンググループの活動期間は、基本的に1年単位とする。活動終了時には、実施報告と会計報告を提出することとする。活動期間の恒久性は求めないが、活動の契機毎に申請することで延長できるものとする。ワーキンググループ活動の支援として、申請に基づいて相応の運営費を補助する。予算計画で提出される活動運営費は、会合にかかる会場費や企画実施時の講師招聘など、柔軟に支出できるものとする。

なお、2016年度は公募体制の十分な準備を整えられなかったため、試行期間として著者らが中心となり、教育活動およびロボットシステムの2つのワーキンググループを立ち上げることとした。今後、年度途中であっても公募を受け付け、機動的にワーキンググループを立ち上げていく予定である。組込みシステム分野に関わる様々な研究グループからの提案を期待する。

以降、2016年度に活動するワーキンググループの研究テーマおよび活動計画について紹介する。

4.1 教育活動ワーキンググループ

本ワーキンググループでは、大学・大学院教育および社会人新入社員レベルの組込みシステム教育について議論する。テーマは、ロボット等の組込みシステム開発を題材とした実践的なプロジェクト型教育（以下、ロボット教育）である。組込みシステム開発には、従来、メカ・エレキ・ソフトという言葉に代表されるように横断的な知識が必要とされてきた。加えて、IoTの時代に入り必要な知識も混沌としてきた。このような幅広い総合的な学びにはモチベーションの向上が重要であり、ロボット教育が注目されてきた。Gregory Dudekらが多数の文献や映画を引用しロボットの魅力について語っている [7] ように、ロボット教育に対するモチベーション向上の期待は高い。本研究会主催の組込みシステムシンポジウムにおいても、その前身である2004年開催の組込みソフトウェアシンポジウムからロボットチャレンジと呼ぶロボット教育を特別企画として実施してきた [8][9]。2013年度から文部科学省が実施している地域・分野を超えた実践的教育ネットワークであるenPiT-Emb/PEARLと連携している [10]。ロボットチャレンジを10年以上続けてきた中で多くの卒業生が巣立ち、その効果について述べている [11]。一方、Monica M. McGillはロボットへのモチベーションの個人差について述べている [12]。Barry S. Faginらは、ロボットの利用が

コンピュータ教育に必ずしも効果的でないことを述べている [13]. 我々も同様に、必ずしもモチベーションを高め総合的に学べるとは限らないと感じている。実際、ロボットチャレンジへの参加を棄権・中断するチームもある。その原因として、教材準備の工数が膨大であるため、演習課題や授業の組み立てに十分な時間が割けない、期待した結果が得られない等の意見を聞くことが多い。従って、現在、ロボット教育の効果的な実施は容易とは言えない。以上より、本ワーキンググループでは、教育のパッケージ化を目指し、教材開発の事例や教育ノウハウについて情報交換を行い、教材、演習課題、授業の組み立て、シラバス、カリキュラムにおける位置付け、教育効果の測定方法等について具体的に整理していく。

本ワーキンググループの活動計画としては、年数回の打ち合わせ、必要に応じたオンラインミーティングを計画している。その進捗および成果について、本研究会または ESS にて紹介する。また、国際会議への投稿、enPiT 等の教育プロジェクトとの連携を視野に入れている。

4.2 ロボットシステムワーキンググループ

情報科学技術の発展によって、ロボットシステムの普及が急速に進んでいる。ロボットシステムは、まず、災害救助や介護サービスなどの現場において導入が進んできた。災害救助の現場では、人間が立ち入れない環境に低リスクで探査を実現する手段の 1 つとして期待されている。介護サービスの現場では、一人暮らしの高齢者の家庭において迅速に異常を察知する利用が考えられている [14]。さらに近年では、掃除機型ロボットであるルンバや人間の感情を読み取って自律的に対話可能であるヒト型ロボットの Pepper などが一般販売されており、ロボットシステムが我々の生活に寄り添うパートナーとして調和しつつある。SIGEMB に関係の深いロボットシステムの代表例としては、自動運転走行車が挙げられる。自動運転技術に関する研究は国内外で盛んに行われており、国内では 2020 年の東京オリンピックを目標とした実用化に向けた大規模な研究プロジェクトが進行している [15]。

自律移動型のロボットでは、周囲の状況に応じた認知判断処理に基づいて適切に行動計画を決定する必要がある。また、バッテリー搭載型のものについては、バッテリー容量に上限があるため、システム全体の消費電力がサービス品質に大きく影響する。ロボットシステムの大規模複雑化に伴う設計生産性の低下も課題となっており、Robot Operating System (ROS) [16] や RT ミドルウェアといったロボットシステムのハードウェアを抽象化する統一的なインタフェースを備えたソフトウェアモジュール群などからなるミドルウェアが注目を集めている。

本ワーキンググループでは、ロボットシステムの研究開発を促進する技術に着目し、その中核を担う計算基盤に焦

点をあてる。具体的には、ロボットを支える情報技術として、ミドルウェア自体およびミドルウェアを支えるシステムソフトウェア、それらを導入したシステムの構築、ソフトウェアを包括したロボットシステムの設計手法および最適化技術などが挙げられる。現時点で検討している研究課題としては、ロボットシステムのための基盤ソフトウェア技術、および、省電力な計算基盤のための設計手法がある。前者では、ロボットシステムにおける効率的なプロセッサ間通信 [17] や、未知の環境下で環境地図構築と自己位置推定を同時に行う技術である SLAM の実現などを支援するための実行時環境の開発を想定している。後者では、ロボット制御のプラットフォームとして電力性能比が高い FPGA を活用し、ROS のプロセス通信モデルに準拠した FPGA のソフトウェアコンポーネント化 [18] ならびにシステム設計技術の構築を想定している。

本ワーキンググループの活動計画としては、これらの研究課題に取り組んでいるメンバが集まる年数回の会合を開催し、積極的な情報交換ならびに研究交流を進めていく。また、シンポジウムや SWEST などにおいて、本研究課題に関するチュートリアル講演やワークショップを企画する。

5. ポスター発表セッションの実施

SIGEMB では、研究成果のより深く長い議論を促進させること、発展途上である研究課題を紹介できる場を設けることを目的として、通常の研究発表会においてポスター発表セッションを実施する。学生による研究途上の内容や、研究着手から間もなくまだ適切な評価には至っていない内容についても幅広く募集する。

ポスター発表を希望する研究者は、次の形式から選択できるようにする。

(a) 口頭発表に加えてポスター発表も実施する

研究発表会で実施する通常の前頭発表に加えて、ポスター発表も実施する。口頭発表の際の質疑応答に加えて、ポスターを使用して研究内容を詳しく説明し、聴講者とより緊密に議論できる。口頭発表のスライド資料に加えてポスターも作成する必要があるが、スライドの素材はポスターにも流用することができ、もしくは発表スライドをそのまま貼り出すこともできるため、準備の負荷は大きくならないものと考えられる。

(b) 論文原稿を投稿してポスター発表のみ実施する

2 ページ程度のショート論文を提出し、研究発表会の当日はポスター発表のみを実施する。口頭発表は実施しない。原稿のページ数は限られるため、研究内容の概要、提案手法のアイデアおよび予備評価の結果を簡潔に執筆することが想定される。発表申込および原稿提出は、通常の前頭発表と同様の申込先および締切で受け付ける。投稿されたショート論文は、研究発表会の論文集および情報処理学会電子図書館 [6] に掲載さ

れる。

(c) 論文原稿は投稿せずにポスター発表のみ実施する
研究発表会の当日にポスター発表のみを実施する。論文の投稿は不要であり、ポスターによる研究発表の意見や議論を踏まえて、今後の研究発表会やシンポジウムに改めて論文発表できる。発表申込は、通常とは別の形式で行い、タイトル、発表者および概要文のみの情報を、研究会担当委員にメールで知らせることとする。プログラムおよび当日配付資料には受け付けた情報を掲載するが、論文集および電子図書館には掲載されない。

課題としては、研究発表会の計画時にはポスター発表の件数が予測できない点が挙げられる。また、会場によっては、パネル設営の作業やその予算の執行も検討する必要がある。まずは実施してみてその効果を検証することとし、申込状況によっては先着順で受け付けたりポスターパネルの融通できる場所で実施するなど、運営上の工夫で対処したい。

2016年度では、6月、8月および11月に開催する研究発表会においてポスター発表セッションを実施していく。6月および11月の研究発表会では、ポスターパネルの手配や共催研究会とのスケジュール調整を行って実施する。単独開催の8月研究発表会は、同日同所で開催のSWESTにおいてポスターセッションを実施しているため、これと併催する形で実施する予定である。3月のETNETでは、共催・連催の研究会が多いこと、利便性に欠ける開催場所となることが多いことから、現時点でポスター発表セッションの実施は未定である。

6. おわりに

本稿では、情報処理学会組込みシステム研究会において検討している研究会の改善活動について述べた。SIGEMBの取り巻く現状を整理したうえで複数の改善案を検討し、2016年度からは、(1) ワーキンググループ制、および、(2) 研究発表会でのポスター発表セッションを実施することとした。今後、これらの改善活動がもたらす効果について検証し、その成果を報告したい。また、他の改善活動案についても、実施方法をより詳細に検討して実施していく予定である。SIGEMBの改善活動についてご意見やご興味、新たな方策の提案があれば、ぜひ研究会幹事および運営委員会にご連絡いただきたい。

参考文献

- [1] 情報処理学会組込みシステムシンポジウム 2015(online), <http://www.sigemb.jp/ESS/2015/> (2016.05.11).
- [2] 組込みシステム技術に関するサマーワークショップ (online), <http://swest.toppers.jp/> (2016.05.11).
- [3] 情報処理学会ソフトウェア工学研究会：ワーキンググループ (online), <http://www.ipsj.or.jp/sig/se/>

- [4] [working-group.html](http://www.selab.is.ritsumei.ac.jp/~ohnishi/RE/rewg-tr1v2.pdf) (2016.05.11).
- [5] 情報処理学会ソフトウェア工学研究会要求工学ワーキンググループ：要求定義で困ってませんか？ 要求仕様書の品質に関する研究成果報告 (online), <http://www.selab.is.ritsumei.ac.jp/~ohnishi/RE/rewg-tr1v2.pdf> (2016.05.11).
- [6] 情報処理学会プログラミング研究会：「情報処理学会論文誌 プログラミング」著者のための手引き (online), <https://sigpro.ipsj.or.jp/trans-author/> (2016.05.11).
- [7] 情報処理学会電子図書館 (online), <https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/> (2016.05.11).
- [8] G. Dudek, M. Jenkin: Computational Principles of Mobile Robotics, Cambridge University (2010).
- [9] ESS ロボットチャレンジ HP(online), <http://www.qito.kyushu-u.ac.jp/ess/> (2016.05.11).
- [10] 久住憲嗣, 渡辺晴美 編：特集「分野を超えたものづくりと教育—組込みシステム開発教育のためのロボットチャレンジ—」, 情報処理, Vol.56, No. 1 (2015).
- [11] 福田晃：大学における実践的教育へのチャレンジ—開かれた教育への挑戦, 情報処理 Vol.56, No.1, pp.56-57 (2015).
- [12] 細合晋太郎, 大山将城：ESS ロボットチャレンジ 10周年座談会 -参加者 OB と 10 年を振り返る, 情報処理 Vol. 56, No. 1, pp. 80-83, (2015).
- [13] M. M. McGill: Learning to Program with Personal Robots: Influences on Student Motivation, *ACM Transactions on Computing Education*, Vol. 12 Issue 1, No. 4, (2012).
- [14] B. S. Fagin and L. Merkle: Quantitative Analysis of the Effects of Robots on Introductory Computer Science Education, *ACM Journal of Educational Resources in Computing*, Vol. 2, No. 4, pp.1-18 (2002).
- [15] 住谷拓馬, 他：家庭用移動ロボットを用いた見守りシステムの実現, 情報処理学会研究報告, Vol. 2014-SE-184, No. 5, pp. 1-7 (2014).
- [16] 加藤真平 編：特集「自動運転システムにおける情報処理技術の最新動向」, 情報処理, Vol. 57, No. 5 (2016).
- [17] M. Quigley, et al.: ROS: an open-source Robot Operating System, *Proceedings of ICRA workshop on open source software*, No. 3.2, (2009).
- [18] 住谷拓馬, 他：マルチコアベースのロボットミドルウェアによるリアルタイム処理と省電力の支援, 第 26 回コンピュータシステム・シンポジウム (ComSys2014) (2014).
- [19] K. Yamashina, et al.: Proposal of ROS-compliant FPGA Component for Low-Power Robotic Systems –case study on image processing application–, *Proceedings of 2nd International Workshop on FPGAs for Software Programmers (FSP 2015)*, pp. 62-67 (2015).