

Report

第47回信頼性・保全性シンポジウム エネルギーの有効活用と信頼性・保全性

第47回信頼性・保全性シンポジウムが去る2017年7月13日（木）、14日（金）の両日、日本教育会館（東京都千代田区）にて開催されました。当日の基調講演、特別講演、発表セッションなどの概要を報告いたします。



■基調講演

電気通信大学の木村忠正名誉教授に「信頼性におけるパラダイムシフト」 - 電子デバイスの故障物理の視点から - と題して、長年研究されてきた電子デバイスの故障物理の視点から歴史的変遷も含め、電子デバイス技術の発展に伴い故障物理を基本とする信頼性の考え方のパラダイムシフトについて発表をいただきました。信頼性に取り組むエンジニアに向けた様々な示唆をいただきました。

■特別講演

㈱IHI 航空・宇宙・防衛事業領域 技術開発センター担当部長の森岡典子氏に「未来につながる、人と地球にやさしい飛行機エンジン」と題して、MEE（More Electric Engine, エンジン・システム電動化）を中心とした未来につながる飛行機やジェットエンジンのシステム技術開発の取り組みに関して、講演いただきました。エネルギー利用の最適化により燃料消費を節約し、シンプル・分散・最適化などの特徴を活かした飛行機の信頼性・安全性向上の取り組みを紹介いただきました。



■特別企画 Session：ネットワーク化された再生可能エネルギーの活用における信頼性・安全性

本セッションでは、ネットワーク化された再生可能エネルギーの活用における信頼性・安全性について、4人の講師から最先端の技術動向・研究について紹介いただきました。

1件目の講演では池谷知彦氏（一般財団法人 電力中央研究所 材料科学研究所(兼)エネルギーイノベーション創発センター）から再生可能エネルギーの活用における電力供給の安定化と、それを支える蓄電池技術について講

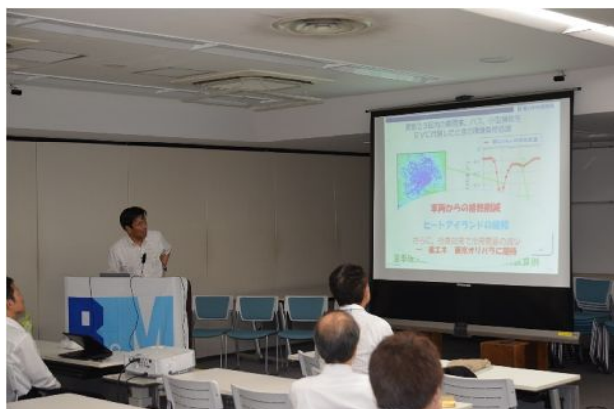
演いただきました。低炭素時代に必要となる技術の社会実装には、社会の合意形成も重要となることが伺えました。

2件目の講演では和田哲明（プライムアースEVエナジー(株)）から車載バッテリーの信頼性・安全性を保证するための評価、予測の技術について、豊富なデータをもとにご紹介いただきました。小型軽量化のためにエネルギー密度が増加するリチウムイオン電池においては、不具合のメカニズムの理解と、信頼性試験に基づく予測が重要となることが示されました。

3件目の講演では池田輝雄氏（㈱アイテス）から大規模の太陽光発電所の故障発見と保全のための診断方式が紹介されました。過酷な環境に曝される太陽光パネルの故障検出のために開発された技術によって、困難な太陽光発電の保全が支えられることが伝わる講演でした。

4件目は市川晴久氏（電気通信大学 特任教授 i-パワーエネルギー・システム研究センター）情報通信によって分散制御される新たな電力グリッドの研究に関して講演がありました。世界のエネルギー消費の伸びに対する寄与の大きなBoP（Base of Pyramid）層から先進国までのニーズに沿った設計と、必要となる基盤技術の研究状況と重要性についてご紹介いただきました。

再生可能エネルギーによる低炭素社会の実現には、最先端技術の開発だけではなく、その信頼性・安全性・保全性を如何に確保し、グローバルな視点で技術をインテグレーションする視点が必要となります。本セッションは、その方向性を強く打ち出したものでした。



■Session 1：電子部品開発と信頼性

本セッションは、各々対象や目的が異なる3件の講演で構成されていました。

1件目はギガフォトン(株)の山崎卓氏から「半導体製造用短波長光源：エキシマレーザーからLPP-EUV光源への挑戦」と題して発表があり、開発が主体で信頼性作り込みや評価はまだこれからということでしたが、来年以降も続編として新たに積上げた信頼性作り込みと評価の結果を発表いただけることを期待したいと思います。

2件目は㈱デンソーウェーブの竹内計貴氏から「導電ゴム電極の開発による静電気評価の効率化」について発表があり、デバイス屋には馴染みのデバイスの静電気破壊とは異なる小型機器への静電気による障害の評価に関するもので、効率的評価のためのアイデアの発想から実行までの経緯がわかりやすくまとめられていました。評価の効率化のために用いた導電ゴムの信頼性確認はこれからという「まとめ」でしたが、質問に対して共著者からかなりの確認が済んでいる旨の回答がありました。

3件目は㈱テクノクオリティーの渡部利範氏から「アルミ電解コンデンサの陽極箔の絶縁性能の脆弱部の特定と耐電圧向上の実用化」について発表があり、会場では断面SEM写真と耐電圧向上の程度との間の関係に関する質問があり、明確な回答はありませんでした。今後の詳細な検討結果を来年以降に発表いただければと思います。

■Session 2：信頼性試験

1件目はエタックエンジニアリング(株)の下重高史氏による「水圧及び爆発圧力による爆発放散口の動作特性比較」と題した発表でした。報告開始時は爆発放散口自体を知る者も少ない様子を感じましたが、動画を交えた報告は効果的で会場の理解は一気に深まり、興味を持たれた様子でした。本報告の実験は危険を伴うなどの実験リスク

も報告中に理解され、測定方法、実際の爆発をさせずにシミュレーションをどこまで利用できるかなどの質問がありました。

2件目はエスベック㈱の平田拓哉氏による「HALT (Highly Accelerated Limit Test) におけるストレスの効果」と題した発表でした。HALTに関しては新しい技術で試験の浸透も十分ではないため、会場の質問はHALTの試験方法よりもHALTによる故障モードに関心が寄せられていました。特にはんだ接合の故障解析方法についてはアドバイスの意見もあり、報告者、聴講者ともに実りのある報告となりました。

3件目は東芝メモリ㈱の飯塚和宏氏による「半導体製品におけるガス腐食試験における問題点と実使用環境下での腐食耐性」と題した発表でした。研究途中の報告である旨の説明がありましたが、腐食試験の難しさは会場も理解を示しており、なによりも長期にわたる実データを取得していることへの称賛の声も多く、残課題の故障モデルと加速性が解き明かされることへの期待の声も聞かれました。

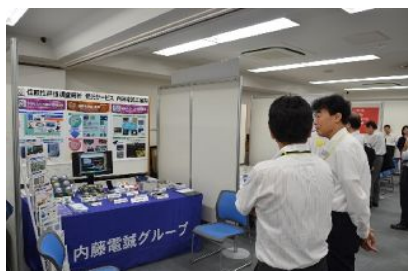
4件目は楠本化成㈱の猪倉慎也氏による「加湿試験での試験条件による影響性評価 (第一報)」と題した発表でした。本件も研究途中のものではあったものの、会場の関心は高く、実験に選択した試験条件についての質問や水膜が腐食に密接に関与しているとの見解に対し複数の参考意見もありました。さらに、材料に関する吸湿腐食挙動に異なりが見られるかなど会場の関心は高いものでした。

■Session 3 : 保全性とデータマイニング 1

1 件目は関西電力㈱の井上英人氏から電力受給の底支えをする舞鶴発電所の稼働率向上に向けた発表があり、経営指標に基づき、明確な活動目標を立て、活動されていました。

2 件目は㈱IHIの島田悠一氏からの発表では航空機のエンジン性能モニタリングサービスでは、各種の保全方式の長所と短所をきちんと棚卸し、お客様の保守部門と連携した活動をして成果を上げているのが印象的でした。

3 件目はアイシン精機㈱の常村勇人氏から「アルミダイカスト金型信頼性向上— 鋳抜きピン折れ故障率 0%を目指して—」と題し、発表があり、金型設備の寿命延長と故障削減で、生産ラインで確実な成果をあげていました。



■Session 4 : 保全性とデータマイニング 2

午後一番に行われた Session3 に続き「保全性とデータマイニング」に関する 2 件の発表が行われました。

1 件目は全日本空輸㈱整備センター技術部の三輪昌寛氏による「航空機整備と信頼性管理」に関する招待発表で、航空機の安全運航に向けた MSG-3 ロジック (業界標準の方針・手順) に基づく整備タスクの検討・決定プロセスと航空会社で設定される信頼性管理活動の内容が紹介されました。会場からは「不具合の発生頻度が整備にどのように反映されるか」という突っ込んだ質問や「モニタリングのためのセンサを追加するのに年数がかかることに驚いた」という航空機ならではの質疑応答がなされました。

2 件目は㈱エステックの多嘉良佑介氏による「モニタリング技術を用いた保全技術」に関する発表で、Prognostics and Health Management (PHM) という新しい保全技術に用いられる分析手法、開発手順などが紹介されました。木村先生の基調講演の中でも述べられていた「システム信頼性プログノスティック管理」に関する発表で、今回は一般的な紹介にとどまりましたが、各分野での PHM 適用が増え、来年度以降いろいろな会社から多くの事例が発表されることを期待させるものでした。

■Session 5 : 出展企業による発表

1件目は(株)東陽テクニカの川上雅司氏から「HALT 最新情報 2017」－異業種 12 社の HALT による RRT 報告－と題して発表があった。HALT (Highly Accelerated Limit Tests) 試験の最新情報を報告し、9 年目となりました。

この間、日本国内でも多くの異業種の方々が使用していただいています。今回の発表は複数の異種業者による、同じ電気機器による RRT (Round Robin Test) を実施した結果、顕在化した潜在的な脆弱部分は共通であることを確認できたことの報告と HALT 試験機のテーブルの分割コントロールによる精度改善された試験機の報告がなされました。会場での質問としては、HALT 試験での供試体 (機器) の試験中のモニターに関し、RRT の機器は部品点数が少ないので脆弱部のモニターは比較的容易であり、現実的には部品点数も多く、どのようにモニターするかという内容でしたが、機能分割でモニターすることが必要との回答でした。HALT 試験は、目的は設計のロバスト性の確認ですが、やってみるから使いこなす時代に突入しているものであり、試験方法についても多くの事例が毎年発表され、9 年目の成果があらわれており、発表者の長年の努力に感謝するものです。

2件目はテックサポートマネジメント(有)の原良孝氏から Windchill Quality Solutions 11 による信頼度予測計算とコンポーネント FMEA 信頼度予測ツール MIL-HDBK-217, IEC62380, Telcordia, Siemens SN29500, FIDIS, PRISM 及び 217Plus 等の信頼度予測モデルの紹介および IEC62380 による FMEA の自動生成ツールの紹介がありました。40 万点以上のビルトイン部品ライブラリ及びお客様自身が作成した部品ライブラリが作成でき、信頼度予測を効率化や計算した故障率は、FMEA や FTA 等にリンクして利用可能性、ビルトインあるいはお客様が独自に作成した故障モードデータベースで、FMEA ワークシートの自動生成、FMEA の最終的影響をトップ事象にして、フォルトツリーを自動生成などについて紹介が行われ、最近では、航空宇宙、大学や自動車関係メーカーに採用されているとの報告がありました。質問では、FTA や FMEA では、影響事象について単純な AND/OR ではないことが多いのですが、このシステムではどうなっているのかという内容に対し、基本では表せない影響事象は DB を作ることで可能になっており、このシステムは FROM-TO に大いに役に立つものであるとの報告がされました。

3件目は富士通クオリティ・ラボ(株)の吉田賢介氏から電子機器/電気設備の長寿化を支援する設置環境診断・対策サービス品質改善/品質向上コンサルティング-『クオリティ-LCM』と題し、お客様の製品ライフサイクルにおける品質改善を”ワンストップ”で支援市場・保守での信頼性を向上する『設置環境診断・対策サービス』で電子機器/電気設備の長寿命化を支援サービスの紹介がありました。大気環境の腐食性調査を規格に基づいて診断、腐食速度(腐食厚さ)、腐食性ガス濃度、大気腐食性の調査から対策まで提案がされました。

以上のような報告内容で、実際の環境測定などの多くの紹介がありました。河川の腐食性ガスの分析の例など非常に興味深い内容でした。また、報告では腐食性ガス(硫化ガス等)は単体よりも混合のほうが腐食進行性が早いなどのデータも示され、質問では、複合ガスでの金属腐食が加速する理由などの質問があり、メカニズムについては、調査中との回答がなされ、現在、解析診断が行われているとのことでした。環境測定など、大いに参考になった報告でした。

■Session 6 : ソフトウェアと信頼性

1件目の(株)東芝インダストリアルICTソリューション社の余宮尚志氏からは、ソフトウェアに起因する不具合の未然防止と再発防止を目的としたFMEAの活用について発表がありました。本発表に限らずこのセッションでは広い意味での国際化という視点からの質疑応答が活発であり、余宮氏の発表に対しても海外と国内の開発プロセスの相違について議論がありました。

2件目は兵庫県立大学大学院の貝瀬徹氏からソフトウェアのデバッグ実施間隔のデータを用いて信頼性解析を行うため、階層ベイズに深層学習を組み込んだ統計的手法の理論についての発表が行われました。開発段階での信頼性評価への適用という現実的な視点からの質問があり、信頼性の問題を数理的な手法だけで解決することの難しさを痛感させる指摘がありました。

3件目の富士通クオリティ・ラボ(株)の中井清元氏、4件目の(株)日立産業制御ソリューションズの田中一成氏からの発表2件は、いずれもAutomotive SPICEに関する内容であった。中井氏はAutomotive SPICEの最近の動向と国際規格との関係について論じました。一方、田中氏はプロセス改善のための時間とコストの軽減を目的として提案した簡易プロセス診断手法について説明しました。

本セッション全ての発表に対する質疑応答の中で共通していたもう一つの特徴は、個人の資質と組織の能力の

関係性に着目した議論が非常に活発であったことです。その重要性は一般的にも認識されていると思われませんが、多くの国内企業では十分に考慮されていないのではないかと厳しい指摘がありました。質疑応答に直接参加せず、聴講するだけでも大いに意義を感じることでできるセッションであったのではないのでしょうか。

■Session 7 : 電子部品の評価技術と寿命予測

1件目はソニーセミコンダクタソリューションズ㈱の八木智博氏から、接着剤による接着力に起因する要因を洗い出し、その評価のバラツキを徹底的に抑えた新しい方法の開発結果が報告されました。具体的な質疑が多く行われて、非常に関心の高さが伺えました。

2件目は日本サイエンティフィック㈱の鈴木智史氏から、日々進歩するパッケージ開封技術に関する新しい技術の報告がありました。今回の報告内容だけでなく、全体の中での位置付けを紹介いただき、わかりやすい報告でした。

3件目は㈱安川電機の岩重美和氏から、IGBT用液冷のヒートシンクの腐食について、ユーザーでありながら、本格的な評価を行った報告でした。聴衆の関心も高く、同じくIGBTユーザーである自動車メーカーの参加者などから内容について質問がありました。

4件目は三菱電機㈱の芝野照夫氏からAL電解コンデンサの短時間評価として、実践的に有効な方法の紹介があり、有益な発表内容でした。

■Session 8 : 電子部品への統計応用

1件目の三菱電機㈱の松岡敏成氏からは、昨年に引き続き、電子部品の寿命に対する工程管理限界に関する内容で、市場品質の目標に対してIATF16949 (旧ISO/TS16949) のスタンダードガイドに見られる、仕様書の特性規格に対する C_p 、 C_{pk} ならびに工程性能指数 P_p 、 P_{pk} の管理限界の考察について報告がありました。

2件目の㈱東芝 ストレージ&デバイスソリューション社の瀬戸屋孝氏からは、近年、より高い信頼性が要求される半導体LSIに関する新しいバスタブカーブについて発表がありました。少ないサンプル数で同等の信頼性試験設計ができるよう規格化し、それに基づく新たなバスタブカーブの提案がありました。また、国際学会等より得た最新の当該分野の動向、研究内容についても報告をいただきました。

3件目の㈱東芝 ストレージ&デバイスソリューション社の遠藤幸一氏からは、スクリーニング試験後にワイブルプロットが曲がる現象についての理論的な検証結果や初期故障と摩耗故障の競合分布を想定した変曲点の挙動についての報告がありました。

本セッションでは、会場の椅子が足りなくなるほどの人気のセッションとなり、質疑応答については、いずれの発表でも時間いっぱいまで続けられました。どの発表も来年の発表に含みを持たせているのが印象的でした。

■Session 9 : 電子部品の評価技術

1件目は㈱クオルテックの星名豊氏から、高性能サーモグラフィを用いて、電子部品の故障兆候と弱点の検出する試みについての報告がありました。様々な観察結果に基づき、波長の特徴や素材・形状の十分な考慮が必要となることが示されました。

2件目は㈱東芝 ストレージ&デバイスソリューション社の本郷智恵氏から、故障解析に用いるX線の照射によって半導体デバイスが受ける影響と、それを回避するための故障解析フローに関する検討結果に関する報告でした。特に、電気的特性取得との順位の検討には、十分な注意が必要とのことでした。

3件目はNECプラットフォームズ㈱の田辺一彦氏から、Ni系めっきを施したCu電極に対する半田接続部がエレクトロマイグレーションによって断線する現象を詳細に調査した報告でした。Niの拡散の効果などに関する多数の見解について、報告されました。昨年度、推奨報文賞を受賞した研究の第二報でした。

■Session 10 : 信頼性設計

JISやISOに規定ない独自の信頼性指標・手法を新たに構築し、信頼性向上に貢献された3件の発表がありました。

1件目は富士ゼロックス(株)の菊地教行氏による複合機プリンターの用紙起因の紙詰まりなどの不具合解決のため、製品開発における保証の考え方を見直し、標準や規則類の再構築を含めた抜本的な改善に取り組まれた発表でした。海外メーカーの現地調査も含め、各種原紙の用紙特性をレーダチャートで可視化し、各要因の紙詰まりの発生メカニズムを研究し、品質特性と用紙特性の関連付けのデータを構築されました。さらに、開発・設計部門に活用してもらうために品質機能展開表を構築し、商品力向上にも貢献されました。質疑応答では、技術的な内容に踏み込んだ活発なやりとりが行われ、同業他社の方から本活動に対して称賛される声も聞かれました。

2件目は(株)IHIの稲垣豊氏による航空機用再生型燃料電池(以下RFC)をボーイング社の旅客航空機に搭載し、世界で初めて飛行実証試験を成功させた発表でした。RFCでは電気分解によって水素を発生させ貯蔵するために、水素爆発という航空機の飛行安全に深刻な影響を与える最も高い危険度レベル(Catastrophic)に相当する信頼性評価が必須です。そこで、RFCの信頼性・安全性を航空機に搭載できるレベルまで高めるために、機能障害評価(FHA)FTA, FMEAのそれぞれの結果から安全性を確認し、目標未達の場合は設計を見直すサイクルの繰り返しで目標とする安全性を達成した発表でした。質疑応答では、航空機の圧力隔壁の疲労破壊などの事例を考慮すると想定する危険度はさらに上げる等の方策も必要かとの質問がありました。

3件目は大阪工業大学の林健治氏による日本や欧州では一般的に建造されている鋼二主桁橋の信頼性に関する発表でした。鋼二主桁橋の縮尺モデルでの載荷試験や数値計算などによる従来の研究では信頼性を有することが明らかになっていますが、本発表では、フェールセーフの概念を適用し、疲労亀裂を有する鋼二主桁橋の有限要素法によるリタダンシー解析を実施し、脆性破壊の可否を判定した結果、桁橋の溶接止端部から亀裂が発生し、脇腹まで進展した疲労亀裂から脆性破壊発生の危険性が高いことが新たに判明し、今後は実橋レベルでの解析やモニタリングが重要との報告がありました。質疑応答では、ドローンを活用した亀裂の調査方法などの適用可能性に関しての質問がありました。

■Session11 : ディペンダビリティ

1件目の「バスタブカーブの改善に関する考察」はのっぽ技研の長谷部光雄氏に代わり、三菱電機(株)の松岡敏成氏が代理で発表を行いました。電子部品の寿命分布に関して、累積ストレス量を用いた解釈、初期段階における機能性評価の重要性とその解釈についての発表でした。聴講者からはスクリーニング後の平均寿命に関する質問がありました。

2件目の安信経営工学研究所の柴田義文氏による「ディペンダビリティと安全-Safety2.0の課題-」では、ディペンダビリティと安全性との考え方の違いを説明し、Safety2.0における協調安全の考え方は、リスク低減すなわち発生確率を扱う信頼性の考え方を基本としており危険であること、安全性確保には原理的安全が重要であるとの発表でした。Safety2.0の解釈と今後の安全性と信頼性の関係を問う質問がありました。

3件目の富士ゼロックスアドバンステクノロジー(株)の原田文明氏による「ディペンダビリティ特性の拡大に関する一考察」では、近く改訂されるJIS Z8115において、安全性等を取り込み、従来に比べると拡大するディペンダビリティの概念について説明がありました。また、ディペンダビリティ獲得のためには、その多様な属性に優先度を設けること、関連性を可視化することの重要性が示されました。ケーススタディとして事務機を取り上げて説明されたのが大変良かったです。

■Session12 : 信頼性と組織能力

1件目の日本信頼性学会 故障物性研究会の味岡恒夫氏による招待発表「信頼性技術者が抱える問題と解決のための活動」では、まず信頼性技術の変遷を振り返り、現在は自動運転車、IoT、ロボットなどに向けた超高信頼性期に入りつつあり、信頼性への期待は以前にも増して高まっていることが指摘されました。しかしながら、信頼性作り込みの本質的問題として、信頼性の価値と技術の空洞化に直面していることも指摘されました。このため、新時代に向けた信頼性の再構築として、経験、論理的思考能力、故障メカニズム解明などが必要であり、このための学会や研究発表会などの役割やあり方の提言がありました。これに対して、会場から「社会環境の変化を信頼性技術に取り入れることが必要ではないか」との質疑があり議論が行われました。

2件目は中央大学の宮村鐵夫氏による「新製品開発のプロジェクト能力とリスクマネジメント-組織学習と多面的思考の視点より-」では、プロジェクト能力は、組織の戦略的能力及び機能別能力により支配されるが、まず組

織能力の視点からプロジェクト能力を考察するために、能力の補完性に係る3つの制約、変化の備えと対応への方針についての3つの軸について論述されました。そして、これら3つの軸に対比して、3つの制約へ対応すべき方向性について提示されました。また、会場からの「外部リソースの活用による組織能力の補完性について」「個々のアイテム信頼性とシステムとしての信頼性のどちらかを選択する場合のリスクアマネジメントのあり方」についての質疑に対して議論が行われました。

3件目のアルプス電気㈱の佐々木市郎氏による「信頼性に関する社内教育の現状と課題」では、まず社内教育の実情について紹介がありました。次に、社内研修の課題としては研修内容の質のばらつきの問題を解決することであり、このため研修の評価を検討しました。評価はアンケート方式で、各設問の5段階評価結果から品質工学の望小特性SN比を算出しました。各研修のSN比を分析することにより、研修の改善点を抽出しました。これから具体的な改善点を導出し、改善のために活用しているとの説明がありました。これに対して、会場から多数の関連質問・コメントが出されて、大変盛り上がった議論となりました。



■Session13 : 未然防止と保全性

1件目の電気通信大学の加藤進弘氏は、カントやプラトンなどの世界の思想から大規模災害時の問題点を関係づけ、現代の未然防止対策で欠けている点を思想から説明しようとの意欲的な内容を発表されました。手法や対応技術に焦点を当てることが多い現代、背後にある思想などから未然防止の枠組みを考えるという興味深い取り組みでした。最近の事故例に当てはめ、具体的に欠けている点を主張されるとより説得力が増したものと思われま

す。2件目の日野自動車㈱の石灰伸好氏からは、未然防止では、目的を果たすための機能達成メカニズムに注目し、7つの視点や創発故障の概念に着目することが効果的であることが紹介されました。さらに、多様な専門知識が要求される設計開発を限られた人数で推進する際には、公開論文や既存報告からの情報抽出・活用が有効であり、そのためには近年開発された意味付け探索型のソフトが効果的であるとの興味深い紹介がありました。

3件目の電気通信大学の雪本泰久氏からは構成要素が2つの場合、各要素の状態劣化度に合わせて負荷配分を変更することで、適切な保全方策を設定できることが示されました。通常は構成要素が独立であるとの前提条件を付けますが、負荷の変動を考慮した、より現実的な状況を数理モデルで定式化し解析した内容でした。生産ラインへの適用なども想定されるため、具体的なシステムでの適用例があれば、より理解が深まったものと思われま

* * *

今年も優秀かつハイレベルな報告が多く、各Session会場では活発な質疑応答や意見交換が行われ、有益な情報発信・情報交換の場になったのではないだろうか。次回の開催は「2018年7月19日(木)～20日(金) in 日本教育会館」を予定しております。皆様のご参加をお待ちしております。

(まとめ：日本科学技術連盟 47R&MS 事務局)