

ギガビット研究会 第8回シンポジウム開催報告

日時：2015年6月12日(金) 13:30～17:00

会場：国立大学法人電気通信大学 創立80周年記念会館「リサーチ」3F

近年、人体に装着する電子機器が「ウェアラブル機器」として話題になっています。ウェアラブル機器といっても目的・種類は非常に多くあります。ギガビット研究会では、電気通信大学の横井浩史教授が開発中の「筋電義手」を研究対象にして分科会を発足させてきました。

今回の基調講演では、「ウェアラブル機器」に関連するテーマとして、日本電信電話株式会社デバイスイノベーションセンタの笠原亮一氏に、「生体センシング技術」を中心にご講演いただきました。つづいて電子情報通信学会において人体を通信媒体とする「人体通信」の研究会をリードされている名古屋工業大学の王建青教授に筋電義手の研究成果を含めてご講演いただきました。

次に「ギガビット研究会の活動状況と今後の取り組み」について、研究会の上代表より新たな分科会として今期から推進予定の「PSD（選好度付きセットベース設計）分科会」の方向性について説明がありました。また、従来からの「筋電義手分科会」に関しては、昨季の検討テーマ「生体と電子機器が一体になったモデルへの展開」に関する成果の概要を名古屋工業大学の藤原修先生に紹介していただきました。「筋電義手分科会」は今年度から名称を「ウェアラブル分科会」に変更し、筋電義手はこの一部としての位置づけとして、今後どのような分野を包含していくか会員の皆様のご意見を頂戴しながら検討していきたいとして、会員企業の積極的な参加が要請されました。

プログラム

13:30-14:30 基調講演「ヘルスケア・医療応用に向けた生体センシング技術」

日本電信電話株式会社 デバイスイノベーションセンタ

ライフアシストプロジェクト 主幹研究員 笠原 亮一

14:30-15:30 「人体通信機能を有するウェアラブル生体センサの開発と外部電磁干渉に対する
EMC 評価」

名古屋工業大学 教授 王 建青

15:30-15:45 休憩

15:45-15:55 「ギガビット研究会の活動状況と今後の取り組み」

研究会代表 上 芳夫

15:55-16:25 「PSD 分科会について」

研究会代表 上 芳夫

16:25-16:55 「ウェアラブル分科会（筋電義手分科会）活動状況と今後の取り組み」

名古屋工業大学名誉教授 藤原 修

16:55-17:00 閉会の挨拶

名古屋工業大学名誉教授 藤原 修

懇親会

17:15-18:30 電気通信大学 大学会館3F レストラン・ハルモニア

発表等の概略は以下の通りです。

基調講演「ヘルスケア・医療応用に向けた生体センシング技術」

日本電信電話株式会社 デバイスイノベーションセンタ

ライフアシストプロジェクト 主幹研究員 笠原 亮一

基調講演は、日本電信電話株式会社 デバイスイノベーションセンタ ライフアシストプロジェクト 主幹研究員 笠原 亮一氏より、「ヘルスケア・医療応用に向けた生体センシング技術」についてお話いただきました。要旨は以下の通りです。

近年、センサの普及とビッグデータ技術の進展によって有益な生体データを抽出・利用することが可能になってきた。NTTでは、この技術を活用して社会貢献することを目指して研究を進めている。

我が国の医療費は年々増加している現状があり、10年ほど前からヘルスケア用のセンサを開発してきたが近年のスマートフォンの普及によりウェアラブルデバイスがプラットフォームを得たといえる。



(基調講演の様子)

センサ、小型・高性能コンピュータ、無線通信の技術が融合することによりウェアラブルな医療機器が現実のものとなってきたとして、以下の4つの技術が紹介された。

- ・着るだけで簡単に心電・心拍を計測 ～hitoe（東レとの共同研究）
- ・スマホと連携超小型 ～レーザードップラー血流センサ（毛細血管を流れる血液を測る）
- ・針を刺さずに血糖値計測 ～非侵襲血糖値センサ
- ・固めずに血液の固まり易さを測定 ～SPR血液凝固能センサ

1. hitoe

ポリマーを用いた「導電性糸」で作成したウェアに心電計を実装したシステムを”hitoe”と呼んでいる。シルク表面をPEDOT-PSSと呼ばれる導電性ポリマーで均一にコーティングすることによって、柔軟性・導電性・生体適合性を損なうことなく、十分な引っ張り強度を与えると共に、耐水性・加工性の課題を解決した。この技術をナノファイバー（東レの技術）と組み合わせて布にすることに成功し、生体情報計測用ウェア設計技術確立した。さらに、ウェアとセットで小型専用端末を開発し、心電位波形をBluetoothによってスマートフォンへリアルタイムで無線転送することを実現した。講演者が実際に着用している”hitoe”で心拍数を測定する実演も行われた。運動中の心拍やメンタル（緊張、リラックス）状況の測定などへの応用が検討されており、今後、学習やエンターテインメントなどへの応用も考えられている。

2. 超小型レーザードップラー血流センサ（身に着ける血流センサ）

指先や耳たぶの毛細血管を流れる血流をレーザードップラーセンサで測定する。長時間連続して末梢血流量をモニタできる非侵襲のモバイル血流センサである。Hitoeの心電心拍センサによる心臓の

動きと血流（血行）センサによる血液の動きを協調計測することによって高精度化・リアルタイム化を実現している。スマートフォンと組み合わせるセンサを開発し、以前は弁当箱ぐらいの大きさだったものが15grぐらいになっている。

動作原理：

- ・レーザー光を皮膚に照射し、散乱光を受光して周波数スペクトルを解析する。
- ・血流からの散乱光は、ドップラー現象により移動速度に応じて周波数がシフトするため、周波数スペクトルから血液の量や速度に関する情報を取得することができる。

3. 非侵襲血糖値センサ

国民の約5人に1人が糖尿病かその予備軍であると言われているが、針を刺す検査は患者にとって負担であり、非侵襲検査が強く望まれている。非侵襲血糖値センシングの原理は各種あるが、NTTではOPBS (Optical Power Balance Shift)法を利用して非侵襲血糖測定を実現する方法を開発中である。グルコースに対する吸収率が異なるように波長を選んだ2種類の光を交互に人体(指や耳たぶ)に照射し、吸収率の差を利用（光の強度を変化させて両者がバランスするところを測定）して血糖値を測定する方法である。

4. SPR血液凝固能センサ

血液凝固とは、血管が破壊されたときの凝血塊を形成する止血機能である。血管内皮が傷ついた場合や血液の流れが悪い場合にも凝血塊が形成され、塞栓となって脳梗塞等を引き起こす。従って、手術前の止血機能や脳梗塞の原因となる血液の流れ検査するために行われる。

開発中の血液凝固測定法は“混ぜない”凝固測定方法であり、下記のような特徴がある：

- ・できるだけ少ない面積で凝固反応を起こさせる → マイクロ流路を使い液と液の界面のみで反応
- ・繰り返し使用するために再現性の高い測定/洗浄しやすい形態 → ストップフロー型送液法の考案
- ・凝固反応による変化を短い時間で捉える → 表面プラズモン共鳴法(SPR)の高時間分解能化

新原理の発見：

- ・凝固開始剤と血漿との界面が形成されてより反応初期の低屈折率成分が生成されることを発見（これまでに報告例なし）
- ・低屈折率成分の屈折率変化量と、血漿サンプルの凝固能との相関があることを見出し、凝固能の指標として適用

「人体通信機能を有するウェアラブル生体センサの開発と外部電磁干渉に対する EMC 評価」

名古屋工業大学 教授 王 建青

人体無線網（BAN）のねらいは、「生体情報のボディエリアネットワーク化」、「ヘルスケア、健康状態のモニタリング」、「医療の質向上、医療の安全性・信頼性の向上、業務の負担軽減・効率化」であるとして、人体通信に関する概要が説明された後、下記の3つのテーマに関する解説があった。

- ・人体通信型ウェアラブルECG (Electrocardiogram) の開発
- ・外部電磁界によるウェアラブルECGへの干渉機構の解明と評価法
- ・擬似・体信号発・器の開発とイミュニティ試験法の提案

1. 人体通信型ウェアラブルECG(Electrocardiogram)の開発

人体通信型ウェアラブルECGのプロトタイプを開発した。このプロトタイプは、受信機を手で触ると通信が行われるようになっている。ECGとしての性能は市販品と比較して遜色はなかった。知らないうちにデータをとられているのではなく、自分の意志でデータを見たければ手で触ってデータを見るという仕組みにした。室内の使用状態と車の助手席に座っている人の使用状態(信号は確実にとれる)のビデオによるデモが紹介された。技術のポイントは以下の通り：

- ・広帯域IR方式(Multiple Pulse Position Modulation: M-PPM)を用いた試作人体通信送信機の電界強度は2m地点で最大28dB μ V/mであり、微弱無線局の基準：3m地点で54dB μ V/m以下をクリアした。
- ・伝送の高速化(1.25Mbps)によって時分割を可能とし、センシング(心電検出)電極と送信電極の共用を実現した。

2. 外部電磁界によるウェアラブルECGへの干渉機構の解明と2-Step評価法の提案

ECG信号は2枚の電極で取得され、各種フィルタを通った後、数mVから1V程度まで差動増幅される。低周波では人体は導体とみなせるので生体信号センシング電極の接触インピーダンスのアンバランスがコモンモード雑音となる。このコモンモード雑音がディファレンシャルモード雑音に変換される。これを上手く抑えることが大切になる。

評価方法に関しては、以下に述べる電磁界解析と回路解析の2-Stepを用いて設計段階でEMI/EMCを評価することが可能である。

- (1) 外部電磁界によるコモンモード電圧を電磁界解析による求める。
- (2) ECG出力側ディファレンシャルモード干渉電圧を回路解析により求める。

本手法を用いて検討した結果、実験値と予測値はほぼ一致した。

3. 疑似生体信号発生器を開発、イミュニティ試験系の提案

人体に直接イミュニティ測定のための高電圧をかけるわけにいかないので、疑似生体信号を用いた測定が重要になる。生体等価ファントム(透明な寒天状のもの)の中に、電極(印加電極と信号取得電極)を置いてイミュニティ試験系を構築し、筋電義手への試験に適用した。パワーポイントによる解説に加えて、ビデオによるイミュニティ試験のデモがあった。

- (1) 疑似生体信号発生器を作成した。作成した疑似信号で義手を駆動することができた。疑似信号は実際の生体信号と比較検証し、ほとんど差がないことを確認している。

なお、作成した疑似生体信号発生器は心電、筋電、脳波、眼球電位などの生体信号の発生が可能である。

- (2) -8kVの間接放電によるESD信号を与えて実験したところ動きが少しおかしいところもあるが、イミュニティ試験法としては使えると判断できる。

「ギガビット研究会の活動状況と今後の取り組み」

研究会代表 上 芳夫

ギガビット研究会の2014年度の活動報告と今後の取り組みについて、研究会の上代表から説明があった。冒頭、「シンポジウム」という冠名の付く活動について、「年2回開催する『シンポジウム』(基調講演と活動報告)、講演会と位置づけられる『特別シンポジウム』、研究会と位置づけられ

る『シンポジウム分科会』、これら『シンポジウム』と名前の付くものは、電通大の規則に則って、会員企業の方々に無料で提供する活動を意味するものである」との説明があった。

内容の概略は以下の通り：

I. シンポジウム

例年 2 回開催している。今年度は 5 年目を迎えた。2014 年度は第 6 回を 2014 年 6 月 13 日に、第 7 回を 2014 年 12 月 12 日に開催した。

II. 特別シンポジウム(講演会)

特別シンポジウムは、時宜にかなったトピックスに関する講演会という位置づけであり、2014 年度は第 11 回から第 15 回までの 5 回開催した。パワーエレクトロニクス、ワイヤレス伝送、ヘルスケア、ESD などのテーマが取り上げられた。

第 11 回(2014 年 4 月 24 日)「パワーエレクトロニクスと EMC の課題を掘り下げる」

第 12 回(2014 年 7 月 30 日)「医療／ヘルスケア機器における安全性・信頼性と EMC 規格の動向」

第 13 回(2014 年 10 月 30 日)「パワーエレクトロニクスと EMC の課題～その 2」

第 14 回(2014 年 12 月 19 日)「ワイヤレス電力伝送の規格化検討と EMC の課題」

第 15 回(2015 年 2 月 26 日)「静電気放電(ESD)/過渡電磁界ノイズの試験・対策法の動向」

なお、すでに今期の活動となったが、第 16 回(2015 年 6 月 5 日)「PCD/コネクタの実装・評価での電磁界設計と EMC の課題」では、メーカーの方に講演していただき好評であった。

III. シンポジウム分科会(研究会)

現在、「筋電義手分科会」が立ち上がっており、これまでに 4 回開催されている。この分科会は電通大の横井教授が開発中の実機を用いた検討を行うことを特徴としている。

今年度は対象を筋電義手だけでなく、より広く捉えた「ウェアラブル分科会」に名称変更して活動していく予定である。

もう一つ新設の分科会として「PSD 分科会」を立ち上げることを計画している。この分科会は電通大石川晴雄名誉教授開発の『多目的最適化設計手法』を電気系の協調設計に適用しようとするものである。なお、PSD は「Preference Set-based Design：選好度付セットベース設計」の略で、上記『多目的最適化設計手法』を指す。

IV. 設計ガイドラインセミナー

これまで「設計ガイドラインセミナー」として第 1 部から第 7 部まで開催してきたが、もっと「やさしいセミナー」をやって欲しいとの要望が強かった。そこで、「ガイドラインセミナー入門編（やさしい電磁気学から始める電磁波・伝送回路の基礎）」と題するセミナーを 3 回試行した。内容は、デモ実験を取り入れ、2 日間にわたって非電気系の技術者や EMC 技術初心者を対象に、EMC 問題の基礎を学ぶものである。

第 1 回試行を 2014 年 8 月 21 日、22 日に開催

第 2 回試行を 2014 年 11 月 27 日、28 日に開催

第 3 回試行を 2015 年 2 月 5 日、6 日に開催

この試行の経験をベースにしてブラッシュアップしたセミナーを 2015 年度からスタートする予定である。

追記：平成 27 年 7 月 2 日・3 日に「第 1 回設計ガイドラインセミナー入門編第 1 部(電気回路編)」を開催した。第 2 部(伝送線路編)は 10 月～11 月に開催予定である。

V. その他の事業・計画案件

- ・出張セミナー、講座

ギガビット研究会作成の資料の一部、あるいは企業様の要望に沿う内容での出張セミナー、出張講義

- ・プレ個別コンサルティング

正式なコンサルティング業務に入る前の準備段階として、会員企業技術者と懇談しながら、現場の生の声をお聞きし、具体的な問題提示、質疑応答を実施する

「PSD 分科会について」

研究会代表 上 芳夫

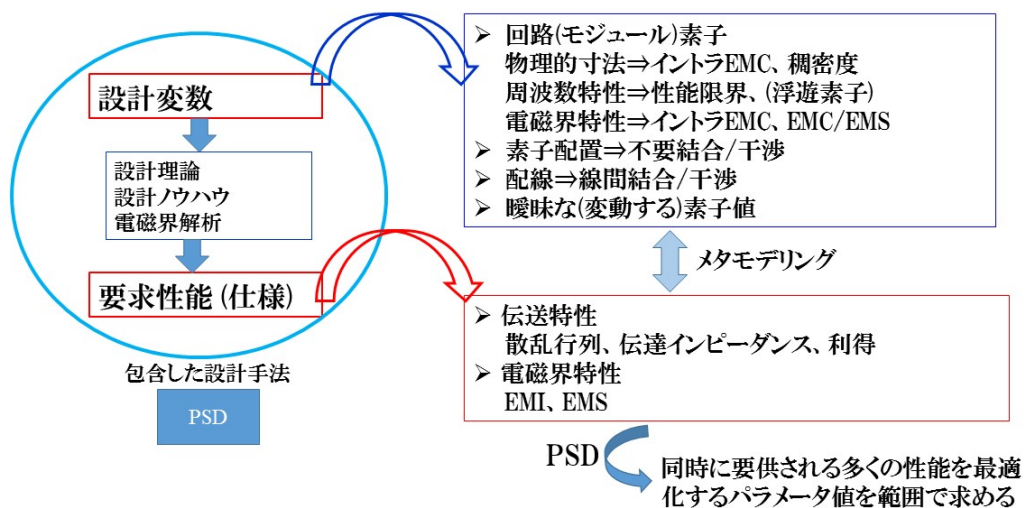
「選好度付きセットベース設計(PSD)手法を電気系設計に適用するための研究会」を立ち上げる計画である。現在、機械系を主な対象として開発された電通大の石川晴雄名誉教授の PSD 手法を、電気系の協調設計に適用するための検討を進めている。

PSD (preference set-based design)手法は、以下の特徴を持つ：

- ・従来の多目的最適化手法のセットベース設計手法を発展させた手法である。
- ・設計者が設計変数と要求性能(目的、仕様)に選好度(選好度数と範囲)を与えることで、
⇒ 設計解集合の絞り込みや設計の好ましさの指数とロバスト性の指数を定量的に評価することが可能である。
- ・設計の初期段階から詳細設計までの適用が可能である。

PDS を電気系へ適用する場合における、設計変数、要求性能およびメタモデリング(設計変数と性能間の関係性を表す計算モデルの近似モデル)の関係は下図のようにまとめることが出来る。メタモデリングをいかに実現するかが大きな課題となる。

PSDの電気系への適用では、



今年度の進め方：

- (1) まず、大学の方で例題を解いて結果を提示し、会員企業への周知を図る。
- (2) 会員企業からの例題提供(問題提起)をお願いする。
- (3) 個別のご相談にもお応えする。

基本的には、例題を解いた結果について、会員企業の皆様と議論し、より具体的な問題の解決に繋げて行きたい。

事例研究の報告：

1. 電波吸収体設計

青山学院大学の橋本修教授の著書“電波吸収体のはなし”，日刊工業新聞社，2001年6月

“第3章 吸収体を設計してみよう”に掲載されている例題を取り上げ、PSDで設計した結果と著書に掲載されている設計結果とを比較検討した。PSDでは要求性能を満足する設計値をある範囲で指定することが出来るので、余裕を持った素材選択が可能であることが確認できた。

2. フィルタ設計

渡部和，“伝送回路網の理論と設計”，オーム社，昭和43年(第1版)から、5次の連立Tchebycheffフィルタを例として取り上げ、PSDで設計した値と比較した。この場合も先の例と同様に、PSDでは余裕を持った設計が可能であることが確認できた。

3. 上記フィルタのコイル間に結合が発生しているモデル → コイルの配置によって結合が発生するが、どの程度の結合があっても要求性能を満足するかを検討した。

コイルの結合係数(k)を変数としてPSDによる設計を行った結果、 $k = 0.02 \sim 0.0225$ の範囲で特性を満足する素子値の範囲を求めることが出来た。

「ウェアラブル分科会（筋電義手分科会）活動状況と今後の取り組み」

名古屋工業大学名誉教授 藤原 修

電気通信大学・横井浩史教授開発の筋電義手システムを研究対象として進めている筋電義手分科会の活動が報告され、最後に、今年度から「ウェアラブル分科会」と名称を変更して活動を継続していくとの説明があった。

シンポジウム分科会は、「大学等の研究者による実機への応用研究と成果還元」と「守秘事項を除いて、研究内容は公開」を前提とする活動であり、筋電義手分科会の研究参加機関は下記の通りである。

1. 秋田大学グループ
2. 岡山大学グループ
3. 電気通信大学・東海大学グループ
4. 東北学院大学・名古屋工業大学グループ
5. 名古屋工業大学・鈴鹿高専グループ

2012年にキックオフして今日まで4回の研究会を行ってきた。

昨年度までに分かったこと：

- ・放射ノイズについて → 放射妨害波はDC/DCコンバータに起因、コンデンサー実装で低減可能。

・ノイズ感受性 → TEMセルによるイミュニティ試験ではPWM波形は影響されるが、モーター誤動作の可能性はない。

・ESD試験 → IEC規格のESD間接放電試験でPWM波形のパルス幅を分断する波形が観測され、モーター誤動作の可能性はある。

これまではコントロール基板を中心とする検討を行ってきたが、2014年度はシステムとしての性能評価を行った。詳細は次回の第5回研究会で報告される予定である。

・現用システムとしてのEMI評価

秋田大学・岡山大学グループ → 筋電義手システムからの放射妨害波測定 指の開閉を繰り返したときに放射ノイズがかなり出ることが観測されている。

・現用システムとしてのESD試験法

名古屋工業大学グループ → 筋電位擬似信号発生器の開発とESD試験の環境雑音評価〔雑音モデルと無線伝送評価(有線伝送との比較が重要)〕

「ウェアラブル分科会」への名称変更について：

「生体と電子機器が一体になったモデルへの展開」を図るために「ウェアラブル分科会」と名称変更し、「筋電義手システム」については活動の一つと位置づけて今後も推進して行くとして、会員企業の方々の積極的な参加が要請された。

閉会の挨拶

名古屋工業大学名誉教授 藤原 修

今回のキーワードは生体センシングと人体(無線)通信だった。たまたま、今週の水曜日に情報通信月間の関連行事として総務省主催の「電波利用環境シンポジウム」があり、王先生の話にあった微弱無線設備に関する議論があった。

微弱電波利用については許可がいらぬ。しかし、電波法に定められた技術基準を満たすことは必要であり、去年あたりから微弱無線設備の登録制度が運用され始めた。また、微弱無線設備の試買テストというものも行われている。これは総務省が市販の微弱無線設備を購入して、電波法に定められた技術基準を満たしているか否かをチェックするために行うテストである。テストしてみると外国製品を含めて8割から9割は不合格とのことでびっくりした。このテストは、一般の人が知らないままに使用して法律に違反することになるのを避けるために行うもので、不合格の製品であることをインターネットで公開して周知させているとのことである。また、罰則規定も検討中とのことである。

ギガビット研究会に関連する技術者は、電波法の技術基準を守ると共にVCCIの自主規制に従う必要があり、今後ますます厳しい環境に対応して行かなければならない。従って、きちんとした設計・製造・評価を行うことがこれまで以上に重要になる。これらの点を勘案して分科会等で検討して行きたいと思っている。ご関心をお持ちの会員企業の方々の積極的なご参加をお願いします。

懇親会

シンポジウム閉会后、大学会館3Fのレストラン・ハルモニアにおいて懇親会が行われ、有益な情報交換が行われると共に一層の親睦が深められました。

事務局後記

今回の基調講演は「ウェアラブル機器」に関連するテーマとして、「生体センシング技術」と「人体通信」についてご講演いただきました。時宜を得たホットな議題であり、会場からの質問も活発に行われ、有意義なシンポジウムだったと思います。

会場でお願いしたアンケートに対して、参加された方々から有益なご回答をいただきました。ご協力ありがとうございました。一部を紹介させていただきます。

- ・「センシング」の発展に伴う課題を提供して頂き非常に興味深く伺いました。「小信号」「省電力」「信頼性」を実現するためのギガビット研究会の意義は大きく、継続して頂きたいです。
- ・ウェアラブル機器の進歩にびっくりしました。ここまで進んでいるとは思いませんでした。
- ・何でもそうですが、ヘルスケアや医療に利用できる良い面と、効率チェックや緊張度チェックなど使い方によっては悪い面もあるので、良い面で使えるよう何らかのコントロールが必要と思われます。人体という導電体でもあり誘電体である媒体の取り扱いが、今後の EMC 解析における一つの重要な課題であることが分かりました。ウェアラブルへの名称変更は良いと思います。
- ・生体センシングの実態と現状の一部が分かって勉強になった。ウェアラブルの心電計と伝送について、電磁界による妨害等が細部にわたってよく考慮され検討されていた。
- ・生体センシング技術は、具体的な研究事例での講演で分かり易く、興味をもって聞くことができました。連続測定によるビックデータの必要性、活用については疑問がある。基本的なデータが取れたら個別で必要か？ウェアラブル生体センサ（人体通信）、EMC 評価、生体ファントム、ESD イミュニティ試験は、興味をもって聞けました。各種ウェアラブル機器開発に際して、EMC 評価は必要になると思われ、今後の進み具合に注意したい。

PSD に関して難しく理解するには遠い感じでしたが、カットアンドトライで行われている開発に対して必要性を感じました。（例題を聞いて近い案件もあるように思う）

- ・興味深く拝聴させて頂きました。実用までもう少しかかりそうですが、研究会の成果が世に出ていく事を期待しております。また機会がありましたら、参加させて頂きたいと思っております。
- ・ヘルスケア・医療応用に向けた生体センシング技術は、現状の環境またはプラットフォームにあった使用用途がよく考えられており、非常に興味深く拝聴した。

人体通信機能を有するウェアラブル生体センサ開発と、外部電磁干渉に対する EMC 評価は、筋電義手に関係するウェアラブル生体信号について特性や EMC、イミュニティを評価した内容でも参考になったが、まだ幾つか分からない箇所もあるので続報に期待したい。

- ・シンポジウムのテーマ及び講演内容は、大変興味深く良いコンテンツでした。
- ・セミナー参加を検討する上では、予算計画を立案しなければならない為（会社として）、新年度のセミナー計画、費用については、年明け位に公開して欲しい。

皆様のご要望に沿えるよう努めてまいりますので、今後ともご支援ご協力を宜しく願います。

以上