

富士通研究所の海外拠点における 研究開発・活動

Research and Development and Support Activities at Fujitsu Laboratories Overseas Bases

● 木村康則 ● 直井 聡 ● 中田恒夫

あらまし

富士通研究所は、富士通におけるイノベーション創出をけん引する研究開発の中心組織であり、米国富士通研究所、富士通研究開発中心有限公司(中国)、欧州富士通研究所の三つの海外研究所とグローバルに連携した体制をとっている。海外研究所では、現地の優秀な人材を活用して、富士通研究所と密に連携したテーマを研究開発するだけでなく、各リージョンの特色に応じた独自の研究開発や標準化活動に取り組んでいる。現地の有力な大学や研究機関と連携したオープンイノベーションも活発である。また、各リージョンにおける富士通ビジネスを支援するために、スタートアップ企業との連携やフォーラムなどの展示会を通じた最先端技術の紹介など、ビジネスインキュベーションに向けた活動も積極的に推進している。

本稿では、富士通を支えるための重要な役割を担う海外研究所の研究開発や活動について紹介する。

Abstract

As the core research and development organization driving innovation in the Fujitsu Group, Fujitsu Laboratories utilizes a system of global collaboration with three overseas research laboratories: Fujitsu Laboratories of America, Fujitsu Research and Development Center (China), and Fujitsu Laboratories of Europe. These overseas laboratories research and develop key technologies in close collaboration with Fujitsu Laboratories using local personnel of the highest quality while also pursuing standardization activities and original R&D projects reflecting the distinctive features of their regions. They are also active in open innovation through tie-ups with leading universities and research institutions in their respective areas. Furthermore, to support Fujitsu's business activities in their regions, they are committed to business incubation as exemplified by their collaboration with venture startups and introduction of advanced technologies through forums and exhibits. This paper introduces the research and development and associated activities at each of these overseas research laboratories, which play an important role in supporting the Fujitsu Group.

ま え が き

富士通は、ICTの力で人を支援し、課題解決に向けたイノベーションを創出することで、人が安心して暮らせる豊かな社会の実現を目指している。このような富士通において、イノベーション創出をけん引する研究開発の中心組織が、日本の富士通研究所と、米国富士通研究所、富士通研究開発中心有限公司（中国）、欧州富士通研究所の三つの海外研究所である。

海外研究所は、現地の優秀な人材や研究機関を活用して研究を推進する拠点として設立され、各リージョンの特色に応じた独自の研究開発に取り組んできた。その後、経済やビジネスのグローバル化に伴い、各拠点同士が連携しながら世界に通じる最先端の研究開発にも力を入れている。更に近年では、各リージョンにおける富士通ビジネスを支援するために、スタートアップ企業との連携やフォーラムなどの展示会を通じた最先端技術の紹介など、ビジネスインキュベーションに向けた活動も活発に推進している。

米国富士通研究所は、最新のICTやビジネスモデル発信の地である北米に拠点を置き、グローバルに通用する先端技術を研究開発するとともに、新しいビジネスを生み出すための孵化場として社外投資家や社内ベンチャー制度を活用したインキュベーション活動を推進している。富士通研究開発中心有限公司は、経済成長の著しい中国に拠点を置き、巨大な成長市場である中国に向けた研究開発だけでなく、スピードとコストを優先した市場に向けた技術開発から生まれるイノベーション創出を目指している。欧州富士通研究所では、多様な価値観や文化を持った国々からなるEMEIA（Europe, Middle East, India & Africa）におけるソリューションを意識した先進的な研究開発に取り組むとともに、各地で行われているFujitsu World Tourでの先進技術の紹介や欧州プロジェクトへの参加を通じてEMEIAにおける富士通のプレゼンス向上を推進している。

本稿では、富士通を支えるための重要な役割を担う海外研究所の研究開発や活動について紹介する。

米国富士通研究所（FLA）

FLA（Fujitsu Laboratories of America）は、1993年に米国カリフォルニア州サニーバールに設立された。2002年には、テキサス州リチャードソンにも拠点を開設し、現在に至っている。14か国からの研究員約60名（うち、約7割が博士号取得者）が、シリコンバレーと呼ばれる北カリフォルニアとテレコム街道と呼ばれるテキサスにおいて、地の利を生かした活動を推進している。

FLAのミッションは、グローバルに通用する先進技術、およびビジネスを生み出すための北米での孵化場になることである。具体的には、以下で述べるようなスキームで遂行している（図-1）。

- ・ ICT最新動向の調査・発信
- ・ イノベーション創出
- ・ 出口戦略

● ICT最新動向の調査・発信

富士通の研究開発戦略や新規市場開拓に重要な情報をいち早くキャッチして関係者で共有するとともに、取り組むべきテーマを選択、提案する。この活動は、日本の富士通研究所との密な連携で進めている。また、富士通の北米でのプレゼンス向上のため、FLA主催のシンポジウム、フォーラムなどを8年以上毎年継続的に開催している。

● イノベーション創出

北米（特にシリコンバレー）ならではの最先端技術の研究開発に、この地の大学や他社（スタートアップ企業など）と共同でスピーディーに取り組んでいる。研究テーマの構成を図-2に示す。

【プラットフォーム研究】

プラットフォーム研究では、サーバ、光伝送装置の先端的な開発、各種の標準化活動を各ビジネスグループとの緊密な連携のもとに進めている。

高速リンクスでは、サーバ用の高速インタコネクト開発の一旦を担い、製品に活用されている。ネットワーク/DWDMでは、次世代の光伝送装置のアーキテクチャーに関する研究を進めている。また、ソフトウェア検証では、開発したソフトウェア（ファームウェア）の検証を行う際の網羅性を向上させるための試験入力データを自動で生成するシステム（KLOVER）を開発し、⁽¹⁾富士通製品の信頼性向上に貢献している。KLOVERの概要を図-3に示す。

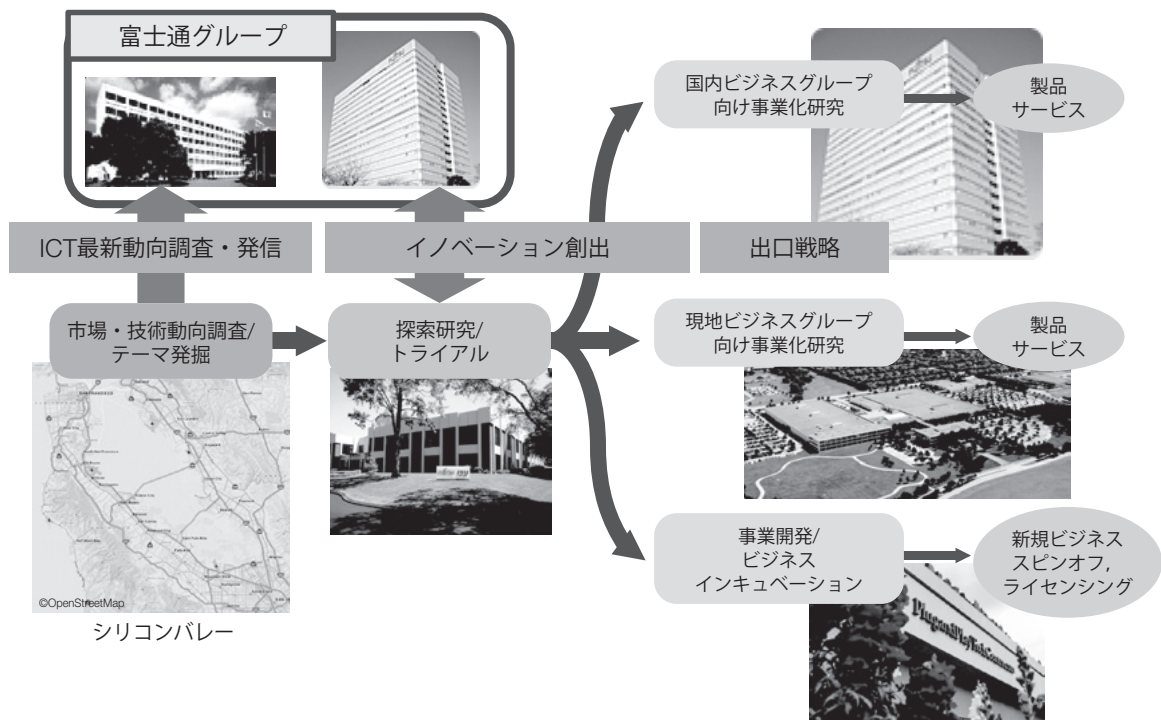


図-1 FLAのR&Dスキーム

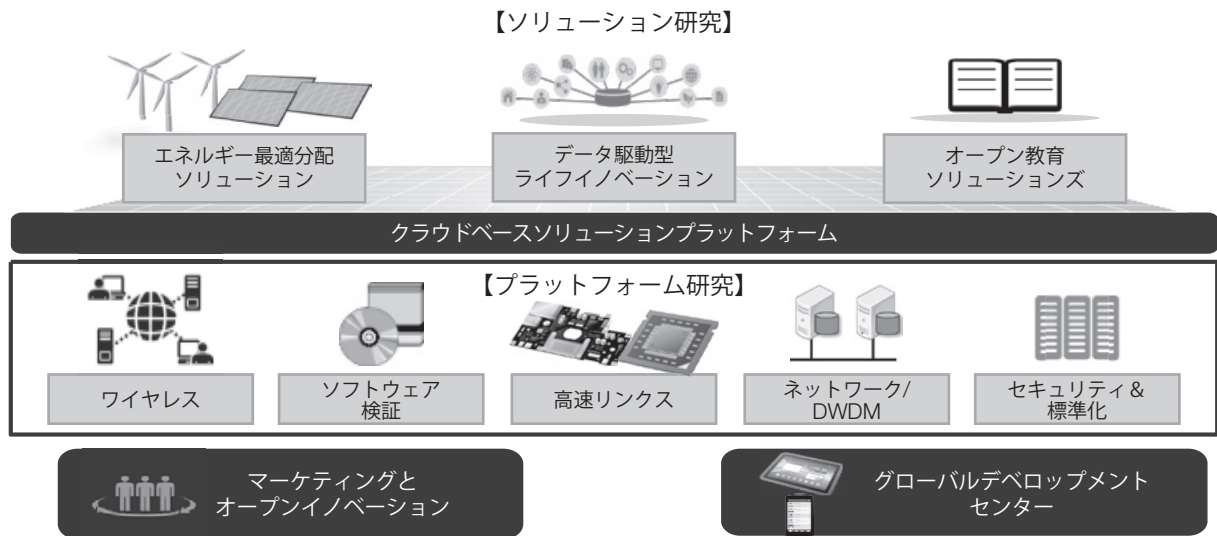


図-2 FLAの研究テーマ構成

更に、セキュリティ&標準化では、先行的な研究として、FLAの持つプログラム解析技術を応用して、アプリケーションソフトウェアの脆弱性を静的、動的に発見し、かつ自動でそのプログラムを修正するシステムの開発など、野心的な研究を進めている。

なお、これらの活動においては、University of Texas

at Dallas, University of California Berkeley, Stanford Universityなどと技術交流や共同研究を行い、研究開発の促進を図っている。

【ソリューション研究】

ソリューション研究では、特に米国で需要があり、かつ日本に先行して進める意味があると考え、スマートエネルギー、ヘルスケア、オープン

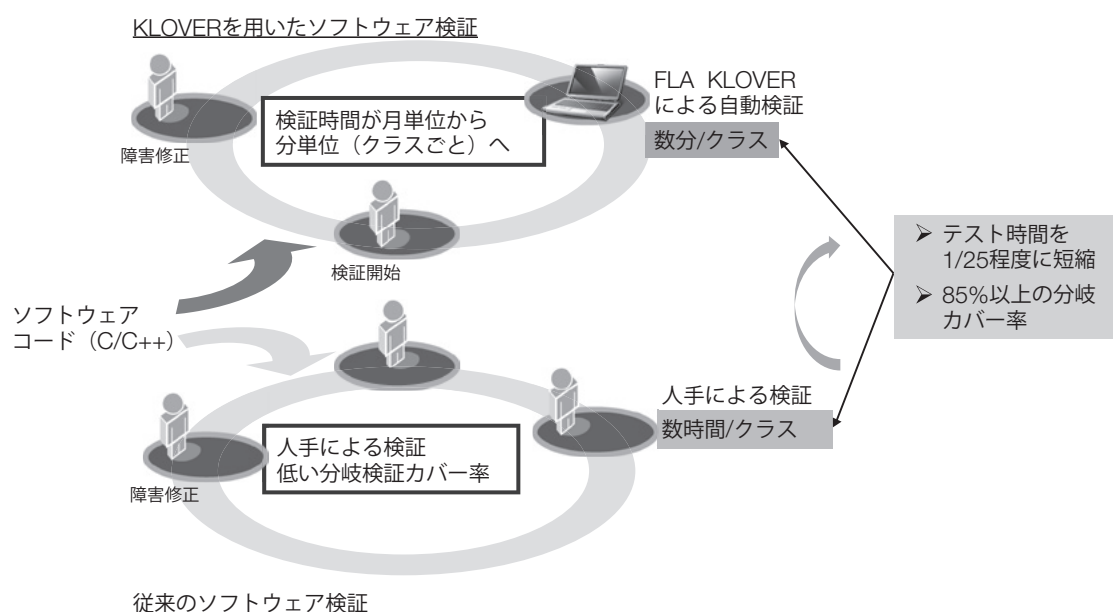


図-3 KLOVERの概要

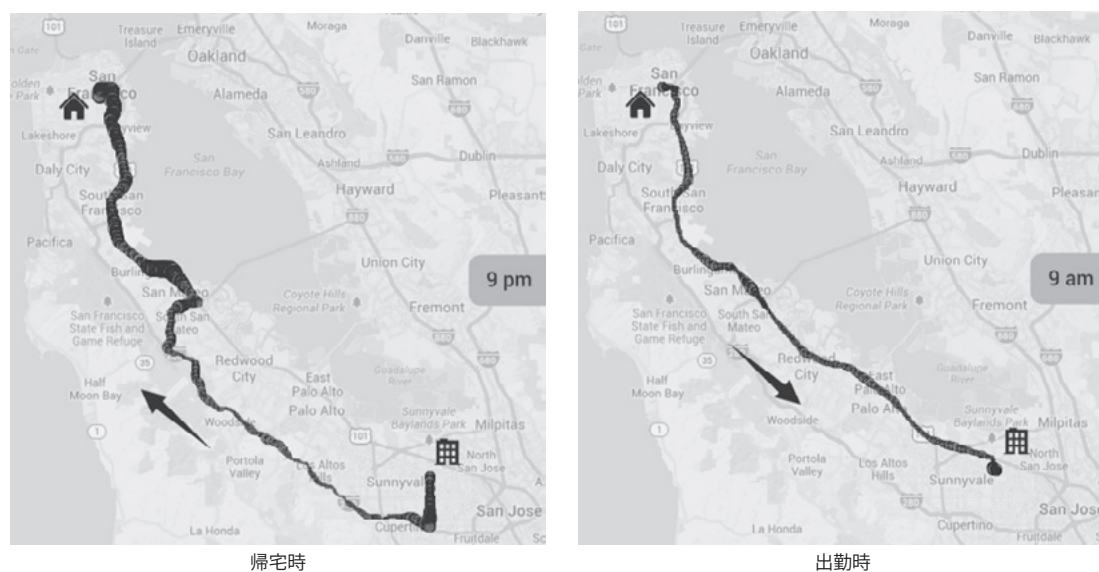


図-4 ストレスの定量化

教育をテーマに設定して進めている。

スマートエネルギーに関するSolution for Energy Distributionでは、デマンドレスポンス（Demand Response：DR）と呼ばれる、電力の供給側と消費側が協調して電力の最適分配などを行う仕様（OpenADR2.0b）の策定をリードし、かつ世界発のプロトタイプ開発に成功した⁽²⁾

ヘルスケアに関するData Driven Life Innovationでは、人間が実社会で感じるストレスを定量化す

ることに成功し⁽³⁾、この成果を活用して、質の向上を目指したアドバイスを行うシステムの開発を進めている。ストレス測定の例を図-4に示す。FLAの事務所から自宅まで車で往復した場合の例である。太い線ほどリラックスしていることを示す。帰宅時には自宅に近づくほどリラックスし、出勤時は常時緊張していることが分かる。

Open Education Solutionsでは、特に米国で進んでいるMOOC（Massive Open Online Course）

を活用した新しい教育システムの研究開発を進めている。

● 出口戦略

研究成果は日米の富士通グループとの緊密な連携により、社内外にその効果を問うている。上記の高速インタコネクトやKLOVERはその例である。

一方で、シリコンバレーに特徴的なエコシステム（ベンチャーキャピタルやエンジェルと呼ばれる積極的な投資家、優秀な人材、経験豊富なアドバイザーなど）や社内ベンチャー制度を活用して、FLA自らビジネスインキュベーション活動を推進している。例えば、上記のストレスの定量化やOpenADR2.0bをコア技術として、その可能性を検討中である。

● まとめ

北米（シリコンバレー）は従来、最新のICTの発信地と言われてきたが、最近では最新のビジネス（モデル）の発信地とも言われるようになってきた。AppleやGoogle、Facebookなどがその例である。富士通もこの地の利を生かして、最先端の技術開発はもちろん、ビジネスインキュベーション活動を通して、イノベーションを起こしていきたいと考えている。

富士通研究開発中心有限公司（FRDC）

FRDC（Fujitsu R&D Center）は1998年に設立され、現在約120名が在籍する海外最大の研究所である。北京を本社とし、上海と蘇州に分室がある。

FRDCは「富士通が国際競争を勝ち抜くための研究開発」をミッションに、富士通の未来の製品やサービスを支える研究開発のオフショア、中国でのアンテナ機能、中国・海外市場に向けた研究開発を担っている。その組織は、通信技術、情報技術、メディアプラットフォーム技術の三つの研究部から成る。通信は、次世代無線、センサーネットワーク、次世代光通信とその標準化、情報は、中国語をベースとした知識・機械学習などの情報処理、メディアプラットフォームは、大規模映像監視と映像圧縮の研究開発をそれぞれ行っている。その中で、中国市場に向けたアクトローカルの研究活動を紹介する。

● 人材力とローカル化

北京大学、清華大学の博士出身や、中国の数学オリンピックで2位を獲得した社員も在籍するなど、若くて優秀な人材がFRDCの財産である。中国政府や30を超える有名大学とのコネクションを保有し、毎年、産官学を対象とした「中国科学技術フォーラム」を主催している。

在籍する日本人社員は3人だけで、現地化によりローカルに根付いた中国市場向け研究開発とビジネス支援がもう一つのFRDCの強みである。2010年の中国国勢調査に使用する手書き文字認識技術に関するベンチマークでは、FRDCの高い技術が中国政府からも評価され、競合他社を破り商談を獲得した。すなわち、中国に適応した高い差異化技術があれば、中国政府に採用されることを実証した。実際、人口国勢調査では、8億枚の帳票の読取り実施後、政府統計局がFRDCのOCR技術の精度が99.94%であったことを公表した。

中国市場では、コネクションやスピード、低コストがビジネスを支配するという特徴を持つ。上述した経験から得た知見により、外資系の富士通は他社がまねできない中国のニーズに合った差異化技術を武器に市場に食い込む方法が重要と考え、現地の優秀な人材を活用して推進中である。

● 大規模トライアルによる差異化技術の開発

差異化技術に加え、中国市場の特色である大規模性に目をつけ、大規模トライアルをベースとしたイノベーション創出のための研究開発を推進している。本章では、現在推進中の古文書電子化、人工知能技術による文字認識、大規模映像ソリューションの研究開発を紹介する。

【古文書電子化】

中国には5000万冊以上の古文書があり、中国政府も文化保護に力を入れている。現場の電子化作業では人手の負荷が高く、効率化と低コスト化が求められている。FRDCは、小型スキャナで大判古文書の電子化を可能にするため、二つのスキャン画像をつなぎ合わせる画像合成技術を開発した（図-5）⁽⁴⁾。画像合成技術には、写真や映像を対象にしたものがあるが、いずれも二つの画像の重なり部分に一律の幾何学変換を適用しつつなぎ合わせるものであった。したがって、古文書特有の経年変化による歪み・しわを補正できず、資料保存に値



図-6 森林火災監視



図-5 古文書保護

する品質が得られなかった。新たに開発した技術では、二つの画像の重なり部分の中で、まず、古文書の歪み・しわの影響が最も少なくなるつなぎ合せラインを見つける。次に、そのラインに沿って、テキスト列やイラスト枠などが乱れないような局所的幾何学変換を適用し、画像をつなぎ合わせる。この技術により、中国で電子化が急務となっている60年以上前の古い民国時代の新聞や地図などの貴重な資料の電子保存が可能となる。

【人工知能技術による文字認識】

人間の脳の働きを模した人工知能技術（Deep learning）を活用した、業界トップ精度の手書き文字認識技術を開発した。従来、手書き文字を認識するには、文字を構成する線の方向やその数を文字の特徴として捉え、個々の文字を認識していた。しかし、変形の大きい文字を認識できなかったり、認識精度を高めるために文字の学習に時間を要し

たりするなどの課題があった。FRDCは、人間の脳の働きを模した人工知能技術を活用し、文字の特徴をより詳細に、かつ高速に学習する仕組みを開発した。^{(5),(6)} これにより、文字の学習時間を従来の約1/17に短縮すると同時に、94.8%の認識精度を実現し、文書画像処理分野で最大規模となる国際会議ICDAR 2013（International Conference on Document Analysis and Recognition 2013）主催の手書き文字（中国語）認識コンテストで1位を獲得した。本技術により、帳票などの手書き文字を電子化する際のデータ入力 of の更なる効率化が実現できる。

【大規模映像監視ソリューション】

（1）高速火災検出技術

世界で、年間600万～1400万ha（東京ドーム約300万個分）の森林火災が発生しており、早期発見・消火の対応が求められている。中国でも、年間約9000件、東京ドーム1万個分の森林が火災で消失している。FRDCでは、画像鮮明化、物体認識を基盤技術として、火災を自動検出する技術を開発した（図-6）。中国湖北省での森林監視トライアルを経て、福建省のお客様によるベンチマークにおいて検出精度99.36%を達成し、採用が決定した。技術のポイントは、画像処理による高精度の煙炎検出技術で、屋外監視で問題となる視認性悪化の原因である霧、スモッグなどを画像処理で除去し、煙炎を鮮明化している。⁽⁷⁾ また、演算負荷の高い動画処理を独自の高速アルゴリズムによって最適化し、ソフトウェアでリアルタイム分析が可能である。

（2）交通監視映像分析技術

中国では、自動車保有台数が1億5000万台を超え、

渋滞や交通事故（死亡者数年6万人，原因の92%が交通ルール違反）の低減が課題となっている。現在の目視による監視業務を効率化するため，カメラ映像をリアルタイム分析して異常や渋滞などを自動検出する技術を開発した。まず，認識対象の特徴を抽出し，運動軌跡などを分析し，更に物体属性・位置・方向・スピードなどを抽出する。次に，ルールデータと比較してソフトウェアで高精度に検出し，高速アルゴリズムにより，1台のPCサーバで複数のカメラ映像をリアルタイム処理できた。

● 世界に通じる技術を磨いて

これまで述べてきたように，中国は優秀な人材が膨大な試行を繰り返せる場であるからこそ，世界に通用する技術を磨くことができる。先進国と途上国が共存する中国特有の環境，スピード，かつコスト優先で生まれる技術は，途上国に対して有効であるのはもちろんのこと，コストパフォーマンスなど新たな価値を持つ製品が生まれ先進国に対しても既存市場を破壊する可能性があり，今後もイノベーションを創出していきたい。

欧州富士通研究所（FLE）

FLE（Fujitsu Laboratories of Europe）は，欧州を中心にEMEIA地域をカバーする研究所として，2001年に英国ロンドン郊外に設立された。研究員のほとんどはそれぞれの専門分野で博士号を取得しており，また出身も15か国以上に上という多様性を持つ環境の中で研究開発を行っている。富士通研究所のグローバルネットワークの中で，FLEは次の三つの役割を持つ。

・ CoE（Centre of Excellence）

特定分野において，富士通・富士通研究所のみならず，世界的に見て先進的な研究開発を実施する。

・ EMEIA地域貢献

EMEIA地域における富士通のビジネスに対して直接貢献する。

・ 研究所グループ連携

富士通研究所で進められている研究の一部を実施する。FLEが有する人材，技術とともに，EMEIA地域で築いてきたR&Dネットワークを活用する。

● 研究開発の概要

FLEの研究開発重点領域は以下の四つであり，それぞれ研究部門を持つ。

- ・ ビッグデータ分析：Data Analytics Research Division
- ・ 5G（第五世代）無線：Future Networking Research Division
- ・ HPCアプリケーション：Technical Computing Research Group
- ・ ものづくり情報化：Engineering Cloud Research Group

このほかに，R&D戦略，技術のビジネス化，およびオープンイノベーションを担当するResearch Transformation & Innovation Groupを持つ。個別の研究活動と並行する部門を越えた活動として，欧州地域での規制・法制化が進むデータ保護，プライバシー保護の技術とその応用を進めている。

● 研究内容の概要

【ビッグデータ分析】（EMEIA地域貢献，グループ連携）

ビッグデータの活用が大きなビジネスを生み出している中，5年前からビッグデータ分析のための処理基盤に関する研究開発を続けている。ここで着目したのは，情報のつながりを表現するLinked Dataと呼ばれるデータ形式であり，リレーショナルデータベースでは表現しにくい，WebやSNSの情報を取り扱うことに向いている。FLEは，これを効率的に扱うプラットフォームであるBigGraphを開発した。BigGraphのコンセプトおよび処理系は，富士通が提供するLOD4ALL（Linked Data形式で記載されたオープンデータを扱う基盤）の中核をなす。FLEは，更に高度な分析を実現する基盤技術を開発するとともに，ヘルスケア，金融，エネルギー，自然保護分野への応用を進めている。

【5G無線】（グループ連携）

5G無線は，2020年頃にサービスが開始される次世代無線である。現行の4Gと比較して，高速・低遅延・大容量のサービスを提供するとともに，ヒトとヒトだけでなく，ヒトとモノ，モノとモノをつなぐIoT（Internet of Things）の基盤となる。FLEは，5G無線で必須となる技術の開発，および2016年からスタートする標準化活動を行う。それと同時に，モノがネットワークでつながり情報をやり取りすることで，通信のあり方だけでなく

情報のあり方、更には人間の暮らしに大きな影響を与えると考え、2020年に富士通が果たすべき役割、ビジネスを拓く研究活動を進めている。また、FLEは英・サリー大学が主導する5G Innovation Centreに創立会員として参画し、通信キャリア、研究機関、通信ソリューション企業、測定器製造企業、ユーザー企業を交えた議論、技術開発に取り組んでいる。

【HPCアプリケーション】(CoE, EMEA地域貢献)

欧州および中東地域では、高度科学技術計算に対する需要が高く、それを実現するスーパーコンピュータビジネスが堅調である。FLEは、海洋、生体、バイオといった分野でのシミュレーション技術と、それをスーパーコンピュータ上で高速動作させる技術を長期にわたって開発してきた。これらの技術は、富士通研究所グループの中でFLEを中心に蓄積されており、富士通のスーパーコンピュータ商談で大きな役割を果たしている。特に近年は、気候変動への関心が世界的に高まっており、気象シミュレーションへの需要が高まっている。FLEではいち早くこの需要に応じた技術(Ensemble Prediction技術)(図-7)を確立し、商談で活用するとともに、防災・減災ソリューションへの適用を進めている。

【ものづくり情報化】(グループ連携)

FLEでは、構造解析技術、構造・熱・電気などの複数領域をカバーする練成シミュレーション技術を開発してきた。これらは、富士通のものづくりソリューションであるEngineering Cloudに採用されている。一方、Industrie 4.0 (ドイツ)、

Industrial Internet (米国) といったコンセプトが提案され、ものづくりの情報化を実現すべく、製造業とICT企業が手を組むようになった。FLEは、欧州発のIndustrie 4.0に注目し、独Fujitsu Technology Solutionsと連携し、富士通のものづくり技術をIndustrie 4.0の枠組みの中で再定義する試みを進めている。

● EMEA地域貢献

EMEA地域は、富士通グループの中で日本に次ぐ売上げを誇る。その多くは、情報インフラ構築のためのプロダクトとサービスを提供するビジネスである。ここで、FLEが果たすべき役割は、EMEA地域におけるプレゼンスの向上である。特に、富士通がイノベーションを提供する企業であるとの認識を顧客、潜在顧客に与えることに加え、Fujitsu Technology and Service Visionで提示した「情報」の領域、および「人」の領域でのビジネスを確立させるための道筋をつけることにある⁽⁸⁾。

FLEは、富士通のプレゼンス向上のために、EMEA地域を中心として毎年行われているFujitsu World Tourに参画している⁽⁹⁾。FLEおよび研究所グループから選りすぐった技術を展示するとともに、先端技術セッションを担当する。2014年度は7か国のイベントに加わり、各地域で「イノベーションを創出する富士通」のイメージを打ち出した結果、いずれの地域でも前年を大きく上回る参加者があり、高い評価を得た。また、FLE独自のイベントとして、Fujitsu Innovation Gathering (図-8)を

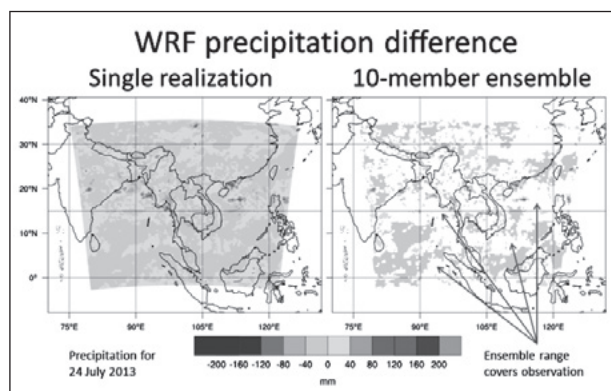


図-7 Ensemble Prediction技術を用いた降雨量予測



図-8 Fujitsu Innovation GatheringでのFLEによるパネルディスカッション

毎年開催している。これはFujitsu World Tourの1か所を選び、研究所の活動を重点的に紹介するものである。2013年度はダブリン（アイルランド）、2014年度はヘルシンキ（フィンランド）、2015年度はマドリッド（スペイン）で開催し、いずれも好評であった。特にスペインでは、1年前から富士通スペイン、およびスペインの有力顧客と連携したプロジェクトを立ち上げ、その最初の成果を発表した。これらのプロジェクトは、いずれもEMEIA地域での新しいビジネス領域である「情報」の領域を切り拓く試みである。

もう一つのEMEIA地域貢献が、欧州プロジェクトへの参画である。欧州では、2014年度にHorizon 2020と呼ばれる総額10兆円に及ぶ巨大プロジェクトを立ち上げた。これは、2020年に欧州が科学技術面で十分な競争力を有することを目標としている。欧州の研究機関がこぞって応募した結果、それまでの欧州プロジェクトと比較しても極めて厳しい競争となった。その中で、FLEはスマートエネルギーと次世代無線の分野で、研究パートナーとともに出した提案が採択された。特に、後者のプロジェクトは、無線通信における新しいビジネスモデルを拓く可能性がある。2015年から両プロジェクトで成果を出し、欧州の科学技術の発展に貢献すると同時に、欧州地域における富士通のビジネスにも役立てていく。

む す び

以上述べたように、富士通研究所が有するFLA（米国）、FRDC（中国）、FLE（欧州）では、各地域の優秀な人材やネットワークを生かして、優れた研究機関や大学と連携しながら最先端の技術を開発している。それだけでなく、技術展を通じた情報発信やビジネスグループとの連携活動などにより、各地域の富士通ビジネスを支援し、貢献してきた。

今後も、人が安心して暮らせる豊かな未来の実現に向けて、イノベーション創出をけん引する研

究開発や活動に取り組んでいく。

参考文献

- (1) G. Li et al. : KLOVER : A Symbolic Execution and Automatic Test Generation Tool for C++ Programs.
<http://www.cs.utah.edu/~ligd/publications/KLOVER-CAV11.pdf>
- (2) Fujitsu Press Release : Fujitsu is First Japanese Company to Join OpenADR2.0a Interoperability Test.
<http://192.240.0.102/global/news/pr/archives/month/2012/20121203-01.html>
- (3) Y. Kimura : Healthcare in the Big Data Era. Evening Session at the ISSCC (2014).
- (4) W. Liu et al. : Paper Stitching using Maximum Tolerant Seam under Local Distortions. ACM Symposium on Document Engineering, p.35-44 (2014).
- (5) C. Wu et al. : Handwritten Character Recognition by Alternately Trained Relaxation Convolutional Neural Network. 14th International Conference on Frontiers in Handwriting Recognition, p.291-296 (2014).
- (6) L. Chen et al. : Adaptive Local Receptive Field Convolutional Neural Networks for Handwritten Chinese Character Recognition. Pattern Recognition Communications in Computer and Information Science, Vol.484, p.455-463, 2014.
- (7) 譚 志明ほか：「霧」や「もや」などをクリアにする高速画像処理技術. FUJITSU, Vol.64, No.5, p.523-528 (2013).
<http://img.jp.fujitsu.com/downloads/jp/jmag/vol64-5/paper10.pdf>
- (8) Fujitsu Technology and Service Vision.
<http://www.fujitsu.com/jp/vision/>
- (9) Fujitsu World Tour 2015.
<http://www.fujitsu.com/fts/microsites/world-tour-2015/>

著者紹介



木村康則（きむら やすのり）
富士通研究所 フェロー



中田恒夫（なかた つねお）
欧州富士通研究所 社長



直井 聡（なおい さとし）
富士通研究所 フェロー 兼
富士通研究開発中心有限公司 董事兼総
経理