

ICTワーキンググループ（第1回）

1. 日 時 平成25年11月29日（金）10:00～12:20

2. 場 所 中央合同庁舎4号館共用第1特別会議室

3. 出席者：（敬称略）

（構成員） 相田 仁（座長）、石川 正俊、大須賀 美恵子、川人 光男、佐々木 繁、土井 美和子、西 直樹、西村 正、丹羽 邦彦、羽生 貴弘、山田 澤明、渡邊 久恆

（議 員） 久間 和生 総合科学技術会議議員

（関係機関） 田原 康生 課長（総務省 技術政策課）、荻原 直彦 室長（総務省 研究推進室）、仲田 忠司 室長（消防庁 消防技術政策室）、宮崎 貴哉 室長（経済産業省 デバイス産業戦略室）

（説明者） 田畑 伸哉 情報科学技術推進官（文部科学省 参事官（情報担当）付）、鏑木 健志 課長補佐（文部科学省 環境エネルギー課）、反町 耕記 室長代理（独立行政法人理化学研究所 創発物性科学研究推進室）

（事務局） 中野 節 官房審議官、山岸 秀之 官房審議官、中川 健朗 参事官、田中 宏 参事官

4. 議事次第

(1) ICT-WGのねらいおよび進め方について

(2) 今後さらに取り組むべき課題について

- 山田構成員プレゼンテーション
- 丹羽構成員プレゼンテーション
- 川人構成員プレゼンテーション
- 大須賀構成員プレゼンテーション
- 今後さらに取り組むべき課題に対する意見募集について

(3) H26年度アクションプラン特定施策のレビューについて

【経産省】

- * 「次世代型超低消費電力デバイス開発プロジェクト」
- * 「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」

【文科省・経産省連携】

- * 「創発現象を利用した革新的超低消費電力デバイスの開発」、「スピントロニクス技術の応用等による極低消費エネルギーICT基盤技術の開発・実用化」、「ノーマリーオフコンピューティング基盤技術開発」

(4) その他

5. 配布資料

資料1-1：ICT-WGのねらいについて

資料1-2：ICT-WG運営規則（案）

資料1-3：ICT-WGの進め方について（案）

- 資料 2-1 : 山田構成員説明資料
- 資料 2-2 : 丹羽構成員説明資料
- 資料 2-3 : 川人構成員説明資料
- 資料 2-4 : 大須賀構成員説明資料
- 資料 2-5 : 今後さらに取り組むべき課題に対する意見募集について (案)
- 資料 3-1 : 「次世代型超低消費電力デバイス開発プロジェクト」説明資料
- 資料 3-2 : 「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」説明資料
- 資料 3-3 : 「創發現象を利用した革新的超低消費電力デバイスの開発」、「スピントロニクス技術の応用等による極低消費エネルギー ICT 基盤技術の開発・実用化」、「ノーマリーオフコンピューティング基盤技術開発」説明資料

6. 議事

【事務局 (田中参事官)】

皆様、おはようございます。

定刻となりましたので、第 1 回目の ICT ワーキンググループを開催いたします。

私は、当ワーキンググループの事務局の田中でございます。よろしくお願いいたします。

皆様にはご多忙の折ご出席いただき、誠にありがとうございます。

それでは、第 1 回の開会に当たりまして、重要課題専門調査会の久間会長よりご挨拶をいただきたいと思います。よろしくお願いいたします。

【久間総合科学技術会議議員】

皆さん、おはようございます。

本日は、お忙しい中、お集まりいただきまして、どうもありがとうございます。

第 1 回目の ICT ワーキンググループを開催するに当たりまして、一言ご挨拶申し上げます。

総合科学技術会議では、第 4 期科学技術基本計画及び科学技術イノベーション総合戦略に掲げる重要な課題を迅速に達成することを目的として、重要課題専門調査会を設置しました。重要課題専門調査会では、課題達成に向けた推進策や、今後取り組むべき課題の方向性を示すことが期待されております。このたび開催します ICT ワーキンググループは、ICT に関する専門的な調査・検討を行い、重要課題専門調査会に対し提言することを目的に設置させていただいたものです。

内閣府における、これまでの ICT に関する議論では、アプリケーションなど上位レイヤーでの議論を中心に行ってきました。今後、アプリケーション側から、より一層高い要求が生じると考えられる、伝送遅延の低減、消費電力の低減、耐災害性の強化などの諸課題については、ソフトウェア・アルゴリズムなど上位のレイヤーからのアプローチのみでは限界があると思われまので、より物理レベルに近いデバイスの視点からもシステム全体を見直すことが必要であると考えております。一方、デバイス開発に当たっても、デバイス単体でのスペックの視点に留まることなく、それらを用いたシステム・アプリケーションとしての視点を持って開発を進めることが重要だと考えております。

そこで、本ワーキンググループでは、デバイスからアプリケーションまで出口戦略を明確にした一貫通貫議論を進めることを基本に、将来の ICT 利活用の種となるコア技術の検討、アクションプランで特定された重要施策等について、大きな成果を効率的に導くための検討、第 4 期基本計画のレビューに資する評価指標及びその評価、今後の取り組みについて検討を行っていきたいと思います。

これらの検討に当たりまして、グローバルで勝ち抜くための目標を作成し共有化すること、産業化に向け規制改革や国際標準化施策等で、更に考慮しておいたほうがよいような施策等についても念頭

に入れ、忌憚なくご議論いただきたいと思います。私の専門分野も近いので、非常に力が入っております。

なお、東京大学大学院教授の相田先生には、本ワーキンググループの座長をお願いします。よろしくをお願いします。

【事務局（田中参事官）】

ありがとうございました。

ここで構成員の先生方のご紹介をさせていただきたいのですけれども、大変申しわけございませんけれども、本日、議題が非常に立て込んでおりますので、議事次第をめぐっていただくと、その3ページ目にICTワーキンググループ名簿がございます。この名簿をご覧いただくことでご紹介に代えさせていただき、この後の議論の際に各自ご発言いただければと思います。

また、この名簿を見ておわかりのとおり、各府省からも毎回出席いただく方々についても記載しております。各府省の課長の皆様方におかれましても、議論に積極的に参加いただくようよろしくお願いいたします。

さて、本日は構成員総数14名のうち12名が出席されております。

それでは、以降の議事進行を相田座長をお願いいたします。よろしくお願いいたします。

【相田座長】

ただいまご紹介いただきました東京大学の相田でございます。僭越ながら座長を務めさせていただきます。

この会の位置づけにつきましては、久間会長のほうから詳しくご説明がございましたけれども、マスコミ等を見ましても、スマートグリッド、ビッグデータ、最近ですとスマートアグリということで、ICTを使ってイノベーションを起こして、いろいろな社会が直面する問題に取り組んでいこうというようなことは言われているわけですが、残念ながら日本のICT競争力ランキングというのを見ますと、世界で20位前後ということで、医療分野ですとか、電子政府ですとか、国内の利活用のところが弱いということは一つ言えるわけですが、では日本のICT技術が海外で非常な競争力を持っているかということ、残念ながら必ずしもそうではないということで、先ほどは一気通貫という言葉もございましたけれども、シーズとなる技術から、実際にそれをいかに活用するかということろ全体を俯瞰して検討するというので、今回、非常に幅広い分野の方々にお集まりいただいております。

もう一つ、席の配列につきましても、事務局のほうの工夫で、敢えてメンバーの方と省庁の方と互い違いに配置しているということで、余り対立構図にならずに皆さんで議論を交わす工夫というふうにとっております。

それでは、議事に入らせていただきます。

本日は大きく分けて3つのパートになっておりまして、最初はICTワーキンググループのねらいおよび進め方についてということでご紹介いただきます。

2番目は、今後さらに取り組むべき課題についてということで、今回、次回に構成員の方々からプレゼンテーションをいただくということで本日は4人の方をお願いしております。

3番目は、平成26年度アクションプラン特定施策のレビューについてで、現在進んでおります施策の状況につきまして、省庁からご紹介いただいた後、これを受けて、次回以降、構成員の方にレビューをいただくことになっております。まずは最初の議題の1についてで、ICTワーキンググループのねらいおよび進め方について、事務局から説明をお願いいたします。

(1) ICT-WGのねらいおよび進め方について

【事務局（田中参事官）】

まず議題の1でございます。資料につきましては、議事次第の裏面に資料番号が入ったものとタイトルが入っておりますので、議事の途中でもし資料の一部がなければ、事務局のほうに手を挙げて合図をしていただければと思います。

まず資料1-1をごらんください。

ICTワーキンググループのねらいについて、先ほど相田座長、それから久間会長からもメッセージで触れられておりますが、このICTワーキンググループのねらいをまとめたものでございます。これまで構成員の皆様にも説明させていただいたエッセンスを書いております。

ページめくっていただきまして、昨今のICT政策を踏まえた問題意識ということですが、3期の科学技術基本計画まではICT技術そのものが課題となっておりますけれども、先ほどご紹介ありましたように、ICTは基盤技術としての利活用を中心としたというような形に第4期から変わっております。

赤字で書いてございますけれども、重要課題のためにICTの貢献度はますます大きくなって、ICTの利活用の促進による革新的新市場の創出が期待される一方、利活用に資する新たな弾込め、これはICTそのものの強化ということができなければ、我が国のICTの競争力の弱体化が懸念されるというものでございます。

一例で申し上げます、今もモーターショーで自動運転のシステムとか話題になっておりますけれども、車も今後モジュール化、コモディティ化されて、エンジンもパワーエレクトロニクスとモーターで置きかえられてしまうと、ICTの利活用というのはビジネスモデルを変えてしまうのではないかとということまで言われているというような状況でございます。

3ページ目、ICTのワーキンググループのねらいということで、ICTの利活用のみではなく、ICTの強化と利活用の強化の両面から技術開発の方向性を議論し、双方による相乗効果によって、新たな社会像を創出していくということでございます。

4ページ目をご覧ください。

参考データでございます。先ほど座長、会長からお話がありましたけれども、市場予測というのは更にグローバルICTというのが広がっているわけですが、国際的な指標は下がっているということが表されています。右側のグラフがありますけれども、右上は技術貿易の推移で、特許等、ですけれども、アメリカ、ドイツ、イギリスというところが技術輸出も増えているし輸入も増えているということで、オープンイノベーションを推進しているけれども、日本では自前主義が蔓延しているということが表されています。下のは、主要国におけるハイテクノロジー産業貿易額の推移で、製品ですけれども、やはり伸び悩みをしているというような状況でございます。

次に、5ページ目は、端末機器、それからデバイスについてもシェアをどんどん今下げている。例えばデバイス、半導体については、世界市場は広がっているのですけれど、本来あるべき売り上げの拡大がなされていないという状況でございます。また、右側ではサイテーション、論文引用数についても非常に停滞して、その他の後塵を拝しているということでございます。

6ページ目は、ICTワーキンググループの議論を進めるに当たっての観点ということで、ICTワーキンググループのねらいを踏まえ、デバイスとアプリケーションを相互連携した議論を行っていくということでございます。内容については、重複いたしますので、割愛させていただきます。

ただ、このような観点も踏まえ、今回、ICTワーキンググループの取り扱う範囲とそれから構成員が設定されていますので、よろしく申し上げます。

7ページ目でございますけれども、ICTワーキンググループの設置と検討体制ということで、重要課題専門調査会で提出された資料でございます。次世代インフラ・復興再生の戦略協議会の下にI

ICTワーキンググループが入っているような形になってございますけれども、注2にございますように、ワーキンググループは各分野の専門性に鑑みて設置し、分野を共通する事項も扱うということで、例えばナノテクノロジー・材料ワーキンググループからナノエレについてはICTワーキンググループの中で全体を見ていくということでございます。それはデバイス、アプリケーション一体型、一気通貫でやっていくというようなことでございます。

次に、資料1-2でございますけれども、ICTワーキンググループの運営規則（案）となっております。

これにつきましては、例えば簡単に説明いたしますけれども、3条で構成員の欠席と書いてございますけれども、これについては構成員で議論することを主として代理人を置かないとか、議決権の行使を委任することはしないと、記載しています。

議事の4条でございますけれども、議決については構成員の過半数が出席していなければ議決することができないと、記載しています。それから、第4条の3項ですけれども、関係機関に対して必要な協力を求め、調査・検討等に参加させることができると、記載しておりまして、今回、各府省の課長様方にも参加いただいているということでございます。

それから、調査・検討事項の第5条でございますけれども、(1)、(2)と書いてあるのは、それぞれの形式上、戦略協議会から議事事項を引っ張ってきているということでございます。

2ページ目の次世代インフラ・復興再生戦略協議会の運営規則の一番下のところに下線が引いたところがございます。戦略協議会は、ICTワーキンググループを設置し、第1項(1)のうち別紙に定める分野を対象といたします旨、記載しております。

そして、次のページにつきましては、第5条第5項におきまして、戦略協議会は第3項に関する事項については、ICTワーキンググループの議決をもって戦略協議会の議決とすると書いてございます。そういう意味では、ICTワーキンググループに議題を持ってきて、ここで決を採ったものが議決となるということでございます。

具体的にどういう分野が担当になるかについては、次に付属しています別紙、A3で折り畳んでございますけれども、この別紙の中のピンクの色で記載させていただいた分野がICTワーキンググループの担当となっております。

以上が運営規則（案）のご説明でございます。

最後でございまして、資料1-3でございます。ICTワーキンググループの進め方について（案）でございます。内容については既に構成員の皆様方には事前にご説明させていただいた内容ですけれども、かいつまんで簡単に説明させていただきます。

2ページですけれども、この重要課題専門調査会及びICTワーキンググループでは、3つの観点について検討して参ります。

1番目として、第4期科学技術基本計画レビューということで、一部を調査委託しながら進めて参ります。②については、平成26年度アクションプラン特定施策のレビュー、③については、今後さらに取り組むべき課題ということで、これについても一部、調査を委託して参ります。

こういうことをやって、助言の取りまとめということで、評価指標に対する施策の貢献度評価、それからアクションプランについては留意点の取りまとめ、それから今後取り組むべき課題については、それを明確化して、平成27年度のアクションプランに向けた取り組み、こういった予算の重点化に繋げていくということで、ここで取りまとめていただいた助言を総合科学技術会議にダイレクトにインプットして、調査審議、意見具申していくということになります。

3ページ目でございますけれども、これも構成員の皆様方をお願いしている事項でございます。レビューにつきましては、適切な指標が選ばれているか、評価内容は適切かとの観点をコメントいただき、官民で共通認識を持つことができる指標をつくっていくというものでございます。

2点目、アクションプランにつきましては、担当構成員の助言を取りまとめ、ご提案いただくと。まさにここは評価の場ではなく、ここにいる構成員と各府省の方々でより良いものにしていくというスタンスで、そういう意味で構成員にも今回いろいろと多くの宿題をお願いしているという状況でございます。

3点目は、注目課題についてご提言をいただくということでございます。

同じように4ページ目につきましては、各府省にも同じようなお願いをしておりますので、各府省の方につきましても宿題だけでなく、議論にも参加いただきたいと思いますと思っております。

5ページ目でございますけれども、議論の進め方の順番でございます。1、2、3というのをそれぞれ縦に書いてございますけれども、最初にICTワーキンググループのねらいから問題の共有意識を始めることから始めるためには、今後さらに取り組むべき課題ということからディスカッションを始めていただいて、その後、アクションプランのレビューというのをペアで各府省から説明いただいて、構成員から助言、それをある範囲ごとに2つのペアでやっていくと。最後に第4期科学技術基本計画のレビューですが、調査委託をしておりますので、サンプルをお示ししながら意見をいただいて、まとめていくと。その中には経済団体との議論も含むと。指標ができ上がってから、もう一度②、③というものも振り返っていただくという形でどうなのかなというふうに考えてございます。

私からは以上でございます。

【相田座長】

ありがとうございました。

ただいまご説明いただきました議題1、ICTワーキンググループのねらいおよび進め方について、ご質問、ご意見等ございますでしょうか。よろしゅうございますでしょうか。

質問がないようでしたら、これはきちんと承認するという手順を踏ませていただきたいと思いますので、ただいまご説明いただきましたICTワーキンググループの検討範囲、それから運営規則、検討の進め方について異議はございませんでしょうか。

〔「異議なし」と声あり〕

【相田座長】

それでは、ご承認いただいたと扱わせていただきます。どうもありがとうございました。

(2) 今後さらに取り組むべき課題について

【相田座長】

続きまして議題2、今後さらに取り組むべき課題についてということで、ただいま事務局からご説明がございましたように、今回と次回に分けて構成員の方からプレゼンテーションをいただくということで、本日は山田構成員、丹羽構成員、川人構成員、大須賀構成員にプレゼンテーションをお願いいたしております。

時間の関係で各構成員から10分程度それぞれが考える課題をプレゼンテーションいただいた後、時間的には5分程度の質疑応答時間を用意してございますけれども、場合によっては、全体を聞いてから、まとめてという点もあるかもしれませんので、そこは適宜対応したいと思います。

まず山田構成員からお願いいたします。資料は2-1になります。

【山田構成員】

野村総合研究所の山田と申します。どうぞよろしくお願いたします。

お手元に資料2-1がございます。これに沿って説明させていただきます。

私のテーマはICTのサービス化というものに注目しまして、そういった観点からどういった研究開発に今後取り組むべきか、ということについての幾つかの視点を整理させていただいております。

ICTのサービス化というのは、ハードウェアそのものよりも、サービスとして提供する付加価値が高くなっていますということです。技術そのものの直接の価値よりも、それを複合的に生かしたサービス自体が非常に大きな価値を持つようになってきている。そういった中で日本としてどういうものに取り組むべきか、ということ整理させていただいています。

まず、1ページでございます。今、デフレが非常に問題になっておりますけれども、冷静に消費者物価指数を見ると、デフレの大きな要因のひとつは、デジタル機器です。情報機器のハードウェアの性能が上がっていることあるのですが、実質的な価格というものがどんどん下がってきているということがございます。次は、ICTのサービス支出ということで、この資料は、家庭のみを見ているわけですが、家計における電話通信料というものは年々増加しています。固定電話につきましては減少しているわけですが、移動体、モバイルについては一貫して増えています。家庭では、家計支出における電話通信料の割合というものが一番下にパーセンテージで示してございますけれども、全体としては着実に支払いが増えていて、これはある意味サービスを積極的に利用するようになってきていると見れます。

3ページでございますけれども、こちらは時価総額ランキングを世界で見たものでございます。これを見ますと、今、株価が動いているということもあるのですが、世界のトップファイブを見ますと、1位がアップル、2位がエクソンモービル、3位、Google、4位、マイクロソフト、5番目がバークシャー・ハザウェイで、世界の時価総額の大きい会社5社の中にICT会社が3社入っています。この意味をもう一度振り返ってみます。4ページに幾つかポイントを示してございます。ご案内のように時価総額というのは株価掛ける株数ということで、毎日株価は動いているわけですが、会社の値段ということになるわけでございます。これを別な見方をしますと、将来の利益も含めて、現在価値に換算したのが時価総額ということになります。つまり将来性、将来利益をたくさん上げるだろう、あるいは非常に大きな付加価値を生むだろうと見られているものに関しては、時価総額が大きくなるということでございます。

よくソニーとアップルが比較されますが、現在、ソニーの時価総額に対して、アップルはその24倍ということで、圧倒的に大きい付加価値がアップルのほうにはある、と見られているということでございます。

アップルは、ハードウェアを売っているというよりも、新しいICTのプラットフォームの仕組みを売っているというふう考えたほうがいいと思います。マイクロソフト、Google、あるいはアマゾンといったところも、ICTの新しいプラットフォームサービスを提供している会社であるというふうに見ることができると思います。

もう一つは、いずれも大企業が始めた事業ではなくて、全く新しい組織、会社として、新興企業としてやっているところが成長しているということでもあります。当然これらの会社は大変研究開発には積極的でございます、組織風土においても、Googleに代表されるように、イノベーションの徹底した追求を志向しているわけでもあります。

5ページにICTのサービス化という観点を改めて整理しております。一点目は、実際にサービス支出が増えているということです。

二点目が、固定からモバイルへの大きな変化があるということです。

三点目は、将来も含めてですけれども、時価総額に見られましたように、サービスのプラットフォームの提供そのものに非常に大きな価値があるという見方がされている点でございます。

それとも絡むのですけれども、サーバーを各自が所有するというよりも、インターネットを介して利用していく、利用の時代になってきていることがあります。

このようなGoogle、アップルが目指しているクラウド・コンピューティングの世界というのが社会のインフラを、あるいは社会生活を変える可能性が大きいのではないかとこのように考えられます。

6点目は、必ずしも大企業がこれを行っているわけではなくて、新しい新興企業が既存の規制の枠にとらわれずに、あるいはそういったものに挑戦しながら、道を切り開いてきているという新しいエンティティの活動ということが一つ特徴だと思っております。

次の資料でございますけれども、今回の検討は、ある意味政府としてどういった研究費の使い方をしていくのかという見方をしたときに、現状どうなっているのか私なりに改めて確認した資料が6ページ、7ページでございます。

日本の場合は、8割以上が民間が行っている研究開発というのが大きな枠組みでございます、この統計によりますと日本全体で、18.6%が、政府資金として使われています。特に日本の場合は政府資金は、公的機関と大学を中心に流れています。

米国もそんなに大きく違うものではないのですが、やや国の比率が高いということと、それからもう一つは、国の研究費が産業界にかなり使われているというところが構造的には違うと見ることができます。

一応組織別にどういう研究をしているのかということで、基礎研究、応用研究、開発研究に分けますと、大学は当然基礎研究のウェイトが非常に高いですということがいえます。また、もう一つの政府の研究を担っている公的機関は、かなり開発研究も実はやっていて、3つに分けた比率でいうと最も多いというふうになっています。

海外の公的研究機関はどんなことをやっているのかということで、たまたま私自身がオーストラリアのICT専門の連邦政府の研究所とつき合いがあったものですから、そこの話を少し紹介させていただきます。オーストラリアは国が人口的に見て小さい、コミュニティが小さいということもあるのかもしれませんが、官民連携というのを非常に重視しています。この官民のコラボレーションに非常に大きな特徴があることと、それからスタートアップ企業ということで、研究開発成果を生かす会社を作っています。オーストラリアの国の研究機関の例ではありますけれども、産業界とともにこういったイノベーションを引き出すような実践的な活動をしているというのが私の受けた印象でございます。日本も是非こういった形になっていってはどうかというのが私の考え方です。

以上の視点を踏まえて、ICTのサービス化、あるいは政府研究費を使うというふう考えたときに、大きく3つのテーマがあるというふうに考えております。国の研究費ということなので、民間ではできないような比較的风险が大きい、あるいは中長期的な視点に立った研究、もう一つは民間単独ではできない研究ということで、3つぐらいの大きなテーマがあると考えております。

一つが、今急速に広がってきているクラウド・コンピューティングを支えるような基盤的な技術です。ハードウェアも含めて、こういったネットワークをいかに安定的に、あるいは高速で、あるいは大容量で運営するのかという技術が今後もますます必要になってくるということでございます。

ちなみにGoogleがサーバーを何台ぐらい持っているのかという話が話題になるのですが、一説によると100万台オーダーはあるといわれていて、電気使用量だけでも大変な量でございますし、100万台のコンピュータを連動して動かすという技術も非常に進んでいると思います。

1点目は、このクラウド・コンピューティングを支える、ここに書いてあるような基盤の技術でございます。

2番目が、ポストスマートフォンということになると思いますが、もう少し人間とのヒューマン・インタフェースを改善した使い方というものも今模索されております。こういった分野も基礎的な知識が必要となりますし、国なり、あるいは大学なり、そういったところが中長期的な視点で取り組んでいく価値のある研究であると思っております。

3点目が、もう少し応用的に具体的に、日本が抱える高齢化であったり、あるいはエネルギー問題であったり、あるいは防災であったりと、そういったテーマに関して新しいインフラとなるようなプラットフォームを政府主導で開発してはどうかということです。ここにさきほどのオーストラリアのケースも踏まえて、民間とのコラボレーションだったり、あるいは既存の組織、既得権益を超えた取り組みといったものがその際は非常重要ということを書かせていただいております。

具体的な次世代社会インフラ・プラットフォームということ大きく3つあると考えます。日本は、課題先進国と言われていています。が、世界に先駆けて高齢化の波を受けているというところ、あるいは災害対策が、地震とかも含めて非常に大事である、原子力の問題もあってエネルギーを何とかしなければならない、といった大きな課題を抱えています。ある意味これは世界で最初に我々が経験している世界でありまして、是非こういった分野をICTの利活用で乗り切ることによって、世界にも展開できるような仕組みができるのではないかと考えているわけでございます。

具体的にこの分野でどんなテーマがされているのかということを中心に検索してみた結果が11ページ以降でございます。高齢化掛けるICTというよりも、もう少しテーマを明確にして、医療ということで今回は分析しております。11ページに示してありますのは、2010年以降の特許・論文の割合の高いものが何かということで整理したものでございます。IT技術である右側の表で、2010年以降で増えている論文・特許というのを見ますと、クラウド、スマートフォン、タブレットなど、最近の技術革新を受けたテーマが急速に増えているということが言えると思います。

12ページは、中心的なテーマは何かということで、テーマの関連性を分析したものです。医療掛けるICT分野については、ネットワーク通信というものが中心的なテーマになっています。次は画像処理です。画像をどう処理して送信するのかというあたりが中核的なテーマになっているということでもあります。

次のページが同じく医療掛けるICT分野の研究開発のテーマに関し、2003年以降の論文数を丸の大ききで示してございます。色の濃さで分けているものは、2010年以降で比率が増えているものということです。つまり最近重要になってきているテーマということで見ているわけですが、こういった見方をしても、クラウド関連、あるいはスマートフォン関連、が最近、増えてきているということでございます。

最後になりますけれども、ご案内のように医療分野でICTを使うということで、いろいろな既存の法規制であったり、あるいは世の中の体制であったり、そういったものが壁になる場合があるわけでもあります。ここでは、新聞報道の中で技術に関して、法規制が語られているものの比率というものをグラフにしております。それで見ますと、やはり法規制というものがICTの活用に関してもいろいろなところで問題になってきているということが言えるかと思えます。特に割合が高いのが情報セキュリティ、そして、クラウド、ICカード、ビッグデータといったところです。これも昨今話題になっておりますけれども、個人情報の保護であったり、あるいは情報管理であったり、そういったものに対する対策も非常に重要なポイントになるということで、特にこういった法規制が重要なテーマに関しては、国主導でリスクをとりつつ、研究開発をするという意義が大きいと感じております。

以上でございます。

【相田座長】

ありがとうございました。

それでは、ただいまの山田構成員のプレゼンテーションにつきまして、ご質問、ご意見等ございませんでしょうか。

時間も押しておりますので、先に進めさせていただきまして、後でまとめてご質問等お受けしたいと思えます。

続きまして、丹羽構成員のほうからお願いいたします。資料番号は2-2になります。

【丹羽構成員】 J S Tの丹羽と申します。よろしくをお願いいたします。

資料2-2に沿いましてご説明させていただきます。

2ページですけれども、「はじめに」というところで、今回、ICT分野でどういう課題に取り組むべきかということを考える上で、まず将来の産業構造がどうなっていくのかと、あるいはどうあるべきかということをもとに考えてみたいというところからスタートいたしました。端的にいうと、日本は何で食っていくのかということになります。こういう話になりますと、ここに「ICT屋」と書いてありますけれども、ICTコミュニティの人が将来像をいろいろ描いて、何となくICTが大事だよというところに持ってくるような、そういう将来像になってしまいがちなので、極力ICTに対するバイアスがかかっていない、そういう方の見解を参考にしたいというふうに思いまして、ここに参考図書ということで書いてありますけれども、こんなようなところを参考にしながら考えてみました。そういう産業構造の姿をベースにICTはどういうことをやるべきなのかと、何ができるのかということを検討してみたということでもあります。

3ページ目についていただきますと、東京理科大の伊丹先生の本があるのですが、それに私も共鳴するところが幾つかあったものですから、それに則って今後の我が国の産業構造を考える上でのキーワードというのを挙げてみたところが3ページ目であります。この本は、もちろん読まれた方は大勢いらっしゃると思いますし、時間の関係もありますので、詳細は述べませんが、6つの項目がキーワードであるというふうに挙げておられます。電力生産性、ピザ型グローバリゼーション、複雑性産業、インフラ、中国、化学ということでもあります。

考えてみますと、ICTは、これらの全てに必須の分野でありまして、やはりICTは重要だなということを改めて認識したわけではありますが、特にこの中で1番目の電力生産性と3番目の複雑性産業、4番目のインフラ、6番目の化学ということについて、特にICTとの関係を考えてみたいと思います。

最初の電力生産性でありますけれども、これは先生の定義なのですが、付加価値総額をその産業が使用した電力量で割ったものであります。これは今、日本産業を考える上で一番制約になるのが電力であると思われまます。発電用の燃料を買うために貿易赤字が毎月1兆円に上っているということで、この問題の解決なくして、今後の日本の産業の将来像はあり得ないだろうということだと思います。これが産業構造の変化を今後促すのではないかとということです。

電力生産性を上げようとするすると、分子を大きくすると分母を小さくすると両方必要なのですが、両方に対する措置をしていかないと、今後の日本産業はやっていけないのではないかとということです。

5ページ目にいきまして、電力生産性を支える、上げていくためのICTとはどういうものかということを考えてみますと、まず分子を大きくするというほうは、次に申し上げます複雑性産業ということにも関係しますので、ここでは分母を小さくするというほうについて申し上げますと、よく言われますような「Green by ICT」と「Green of ICT」ということになると思います。「Green by ICT」でいうと、特に大事と思われまますのは、ICTを前提とした社会システムの設計であります。従来ある社会システムを単にICTで少し便利にしたというだけではなくて、それを前提とした社会システムを根本的に考えるということが大事ではないかと。それから、「Green of ICT」のほうは、さっきも出ましたけれども、単にデバイスの消費電力低下ということだけではなくて、各階層を連携させた総合的なアプローチが必要であるというふうに思われまます。

6ページにいきまして、複雑性産業ということなのですが、これは今後の日本の産業で有望と思わ

れるところは、この4つの条件が満たされる、全てあるいは大半を満たす産業分野が有望ではないかということです。これを考えてみると、これは伊丹先生の命名なのですから、複雑性産業ということではないかと。複雑な機械、素材、インフラ、サービスということです。例えば自動車でいえばハイブリッドカーとか、ハイブリッドカーというのは非常に複雑な制御をしているのです。それから、今後出てくる自動運転、それから宅配便ビジネス、これも非常に複雑なことをやっている。化学産業でいうと炭素繊維とか、ヒートテック、これも非常に複雑なプロセス、原理で成り立っています。こういう分野が有望な分野ではないかということです。

もう一つ考えなくてはいけないのは、新しい産業分野を考えるということではなくて、どの産業にも複雑性セグメントが存在するので、そういうところを大事にしていくということが大事ではないかということでもあります。

7ページにいきまして、複雑性産業を支えるICTは何かということ考えたときに、やはりソフトウェアというのは非常に大事ではないかというふうに思います。何百万行とか、スマホなんかでも1,000万行、2,000万行というような複雑なソフトウェアで成り立っているわけで、ソフトウェアですね、それから組み込みシステム、これも非常に日本産業全体として大事なことはないかと。そういう流れでいえば、CPSとか、ディペンダビリティ、セキュリティ、こういうところが大事ではないかというふうに思います。

それから、8ページ、次はインフラ産業ということですが、インフラ産業も国内のインフラと海外インフラの展開ということで、両方を考えなきゃいけないというふうに思います。この2つは同列に考えてはいけないので、国内のインフラというのと、やはりセンサをつけて、細かく制御するとか、あるいはきめ細かい運用とか、そういうことを考えなくてはいけないのですが、海外でそれやっても、電力も十分に来ないようなところにセンサを取りつけても意味がないということで、その辺は十分考えながらやっていかなければいけないと思います。

それから、9ページ、今度は化学産業ということなのですから、化学産業というのは、国の国際優位を築くのに非常に時間がかかる産業であると。いろいろな多面的なノウハウの蓄積が大事でありまして、一朝一夕には追いつけないような産業であると。それから、かつ次世代産業の技術的な基礎を担うということで、例えば健康産業とか、エネルギー産業とか、環境産業とか、こういうことを全て化学が基礎を担ってくるというふうに思います。

そういうところでICTはどういう貢献ができるのかということ2つあると思います。まず、1つは、設計のところですね、新しい化学物質の設計ということで、これはマテリアルズ・インフォマティクスという動きが出ております。

次の10ページにもありますけれども、アメリカではMGIという動きがありまして、アメリカの府省連携のプロジェクトが動き出していると、民間も含めてですね。9ページに書いてあるマテリアルズ・インフォマティクス関連の重要な研究開発項目とか、検討項目はその枠の中に書いてあるようなことではないかというふうに思います。

飛ばしまして11ページ、もう一つのICTの貢献ということは、生産技術の高度化ということでもあります。化学産業というのは、大規模なプラントを使うことが多いので、そういうところを安全に操業して、しかも効率を上げていくということが非常に大事であります。また、電力も余り使わないようにやっていくということが大事で、特にディペンダビリティの向上というのは大事であります。先日も化学プラントでの事故がありましたけれども、ディペンダビリティは非常に大事であると。そういう中で特に申し上げたいのは、枠の中に囲ってありますけれども、一番下に書いてあるナノ材料WG、環境WGがありますけれども、それとの連携を是非強化してやっていったらいいのではないかと、思います。

12ページ、今後の日本の産業構造に関する考察をベースにして、ICT分野での重要な課題を検討

してみました。これは誤解を恐れずに大ざっぱに単純化していいますと、ソフトウェア、省電力と書いてありますけれど、いわゆる電力関連の技術ですね、それからディペンダビリティ、セキュリティ、これも非常に大事なので、この分野ではないかなと、敢えて言えばということでもあります。

それから、もう一つ言いたいのは、先端的な研究開発項目はこれが大事、これが大事ということが言えますけれども、w h a tとともにh o wとか、w h oとか、w h e nという検討が非常に必要でありまして、下に具体的に書いてありますけれども、こういうところをこのWGで検討して、提案していくべきではないかというふうに考えます。

以上であります。

【相田座長】

ありがとうございました。

それでは、ただいまの丹羽構成員のプレゼンテーションにつきまして、ご質問、ご意見等ございませんでしょうか。

ちょっと私から、後ろの化学プラントの制御ということについてお伺いしたいのですが、これはこれからこのノウハウ自体をつくっていくのか、それと過去にあるような、例えば農業とか、そういうほうですと、いろいろ人がノウハウとして持っていたものをそこからICTで取り出すというのでしょうか、そういうところが中心になるかと思うのですが、こちらの場合にはどのような。

【丹羽構成員】

多分両方あると思うのですね。いろいろな側面があると思います。既に化学の大規模プラントというのは相当ITも使われ、制御機器、計測装置も使われて、それなりに効率化されていると思いますけれども、今後さらに電力生産性というものを向上させていこうと思うと、より緻密な制御、計測が必要になると思いますし、それから決して事故が起こらないようなディペンダビリティ、それから今後セキュリティという点でも大事になると思います。そういう点をここでは強調したいと思います。

【相田座長】

ありがとうございました。

【久間総合科学技術会議議員】

将来に向けての技術テーマをまとめていただき、よかったですと思います。丹羽さんがご指摘された中で、来年度のアクションプランで抜けている分野や、日本の国際競争力を強化、維持するために、すぐに始めなくてはいけない分野は、どういった分野でしょうか。

【丹羽構成員】

難しいですね。これはどれをとっても、結構時間がかかる話かなというふうに思っています。国際競争力といった場合に、何をもって国際競争力とするかなのですけれども、私は非常に大ざっぱに誤解を恐れずということ、最後に3つの分野を挙げましたけれども、こういうところというのは、指標がすぐに見えてくるというようなところでは必ずしもないのかなというふうに思っています。だから、論文の数とか、非常にわかりやすい指標がありますけれども、そういうところですぐに指標の改善が見えるということはなかなか難しいかなというふうに思っているのですけれども、ただ長期的に見て、あるいは非常に俯瞰的に見たときに、もう少し精査したいと思えますけれども、こういうところが大事かなというふうに私としては思っています。

【久間総合科学技術会議議員】

ありがとうございました。今回のプレゼンテーションだけに終わらず、引き続きいろいろとご意見をいただければと思います。

【丹羽構成員】

私もこのプレゼンテーション資料をつくっていて、やっぱり自分自身もう少し調べたいなと思うこともいろいろありまして、こういうWGの活動の中でご協力を得ながら、そういうことをやっていったらいいかなというふうに思っております。

【相田座長】

ほかにかがでございましょうか。

【土井構成員】

大変興味深いご発表ありがとうございます。1点教えていただきたいのですが、マテリアルズ・インフォマティクスというお話がありますけれども、少し懸念は、ここをやるということは、いわゆる材料の研究をICTで助けるという話に極論すると終わってしまうのではないかなと。そうすると、もう一步踏み出して、製品として、例えば新しい材料を使ったらどうなるかとか、もうちょっとICTの力で予測的に最後までシミュレーションに持っていくような、そういうところまで広げていけないかなと思うのですが、そういう可能性はあるのでしょうか。

【丹羽構成員】

そうですね、それは大変いいご提案だと思います。マテリアルズ・インフォマティクスというのは、実験でいろいろな物質をまぜてみたら、こんなのができましたというのではなくて、ある特性を持った物質を設計してみようという、そういう設計からの思想なのですよね。そういうところにコンピュータや情報科学、データ科学というのを使って、加速させるということができれば非常にいいし、さらにその後の製品、どういうものができるか、何に社会生活として役立つか、そういうところまでもちろん考える。それは単にシミュレーションというだけではないかもしれませんが、その辺は多分ICT屋だけではできないことなので、一緒にいろいろな方と連携しながら考えていくというのがいいのではないかなというふうに思います。10ページにアメリカのMG Iの絵が描いてありますけれども、こういうような例えば飛行機だとか、それからヘルスケアだとか、いろいろなところにそういうものを考えながら、彼らもやっているというところでもあります。

【相田座長】

それでは、時間の関係で先に進めさせていただきたいと思います。

続きまして、川人構成員のほうからプレゼンテーションをお願いいたします。

【川人構成員】

国際電気通信基礎技術研究所、通称ATRの川人でございます。

私は脳ビッグデータによる新産業・イノベーションの創出に向けた基盤整備についてということで、ニューロインフォマティクスという脳とICTが融合されたような分野が世界的に非常に勃興しているのですが、そういう背景をもとにして、私が最近かかわってきました文科省の脳科学研究戦略推進プログラム、脳を書いてありますけれども、あと総務省の脳の仕組みを生かしたイノベーション創成型研究開発、あるいはNIC Tさんの委託研究、あるいはJSTの先駆け研究、そういったとこ

ろでいろいろな方からいただいたアイデアをまとめた構成にしております。

最初に計画全体の概要、それがどういう学問の流れに支えられているか、さらに少し国家安全保障基幹技術の強化という観点からデュアルユース問題、脳のICT利用に伴うデュアルユース問題に関しても少しお話ししたいと思います。

3枚目を見ていただきまして、ここに提案課題全体の概要を書かせていただいています。テーマ案は、ざくっと申し上げますと、脳ビッグデータと脳情報コミュニケーションを用いて、行動にはあらわれたい意思、潜在意図、個人性、健康状態を的確に反映した新産業・サービスを創出して、国民の幸福度や健康を増進するというごさいます。

イノベーションのポイントとしては、脳情報を直接解読し伝達する、あるいは潜在的な認知情報を用いたいろいろな産業、特にニューロ・マーケティングですね、それから脳ドックのデータ等をもとにして、自分自身をよりよく脳科学をもとにして知るようなサービス、新しいサービスをつくれないうようなことをいろいろな人が考えております。

次のページめくっていただきまして、脳科学でもビッグデータというのは非常に盛んになっておりまして、ただビッグデータといったときに、脳科学では主にデータの次元が大きいということの意味するのですけれども、それだけでは非常にバランスが悪くて、いかにサンプル数を多くするかとか、あるいは脳データと行動データ、ブレイン・ライフログという言い方もしますけれど、その方の生活と脳活動をどう関連づけるかということが研究開発課題としては非常に大切になっております。

次をめくっていただきまして、ヒト脳科学ビッグデータに関する世界の動向というのは、非常にこのところ盛んになっておりまして、ご案内のように、ヨーロッパではFET、Flagship ProjectというのにHuman Brain Projectというのが採択されまして、これはICTとの統合性ということがまさに旗印になっています。オバマ大統領は、ことしからブレイン・イニシアチブということをご提案しているのですけれども、日本では全容解明ということばかり強調されていますけれども、実はその中で非常に重要なのは、ブレイン・マシン・インタフェース技術ともう一つはヒューマン・コネクトーム・プロジェクトという、これは非常に大量の数万人規模の人の脳のネットワーク的な結合パターンをデータ化して、それによって医療やいろいろなサービスに使ってこうという、そういう考え方があります。

次にめくっていただきまして、例えば具体的な課題提案としましては、4ページ目ですけれども、これまでなかなか寝たきりになって意思疎通のできない方に脳科学の技術を使って、コミュニケーションするとか、あるいは私も年齢とともに人の名前が出てこなくなったり、この部屋に入ってきたのは、一体私は何のためにこの部屋に来たのだらうと思ひ出せないとか、そういういわゆる作業記憶の低下が著しいのですけれども、そういったことを脳科学の手法を使って、スーパーマンをつくとまた倫理的問題が生じますけれども、加齢に伴う能力の低下は、ある程度低減するといったような応用の考えかと思ひます。

次のページ、5ページを見ていただきまして、こういったことを現実的にするためには、やはり脳のデータを大量にとらなければいけないのですけれども、これまで医療研究応用でfMRIの中で何万人のデータをとるということはされているのですけれども、これからやらなければいけないのは、日常生活をしているときの人の行動データ、ICTの意味でのライフログと脳の活動を同時にとって、ブレイン・ライフログが非常に大切になってくると思ひます。ありがたいことに総務省様のサポートで、NTT、島津、積水ハウス、慶應義塾、それとATRの構内にBMIハウスを建てまして、その中で何か月も普通の方が生活しているときの脳活動のデータをとれるような状況になりつつありますが、こういったことを生かしていく。

それから、私も比較的最近知ったのですけれども、脳ドックというのは日本固有のシステムでして、諸外国にはないのですね。こういうところには、機能画像ではありませんけれども、脳の構造画像が

何十万と日本にはあるわけですし、それが今までは腫瘍を発見するとか、血管の曲がりを見つかるか、非常に特定の目的に使われていたわけですが、最近では、構造を見ただけで、ある程度人の個性、例えば保守的か革新的かとか、そういったことまで推定できるということが脳科学でわかって参りまして、これからは日本特有の脳ドックのデータを神経科学の新しい技術と結びつけて、いわゆるスミックスでは、アメリカではそういうベンチャーがたくさん出ていますけれども、個人個人にあなたはどのような人ですかということを脳科学に基づいて教えてさしあげる。それは病気を未然に治療するというだけでなく、例えばあなたはアーティストになるといいですよとか、あるいは退職後はこういうことをしたほうがいいのではないですかと、そういったことまで言えるような、そういうサービスを考えられるのではないかと、6ページ目には、脳ドックのビッグデータによる予防医療と新事業開拓、個人の性格や嗜好に基づいたような新規コンサルティング事業の勃興というようなことが考えられるかというふうに思いました。

次のページは、これはいわゆるICTで言われるビッグデータと脳科学のビッグデータをうまく組み合わせようという仕事として、我田引水で申しわけないのですが、ATRに神谷さんという室長がおりまして、ご案内かもしれませんが、ことしの5月にサイエンス紙に夢の中身を脳活動から読み取れますという発表をさせていただいて、多くの人からとても不安ですと、私の夢の中身が人にばれるようになるちょっと困りますというような、そういうコメントをよくいただくのですが、いろいろ技術的な制約はあるのですが、そこで大きな役割を果たしたのが、ネット上にあるシンネットとか、ワードネットという脳科学と全く関係のないような大量のデータと彼がとった比較的小人数の脳データをうまく組み合わせることで、脳データだけではわからない、いろいろなことを推定するということを行ってきております。

8ページ目は、神谷さん等から聞いたアイデアなのですが、彼は実際に日本の代表的な広告代理店なんかと一緒に研究しているのですが、脳ビッグデータを活用したコンテンツ評価、検索技術として、概要を申し上げますと、脳活動データベースを活用して、新規デザインや商品に対する潜在的印象を評価し、関連コンテンツを検索する技術を開発する。消費者の満足度・幸福度を最大化するような商品デザインサービスを提供するというので、いろいろな商品、あるいは広告にかかわるような大量の画像を被験者に見ていただいて、その方たちの脳活動から商品とか、広告間の関連度を探っていきますと、やっぱり売れ筋の商品が一つに固まってくるとか、いろいろな面白いことが出てきます。こういったことは、なかなか大量の人からのデータをとるのは、それ自身が大きな投資になるのですが、日本固有のものとしてやってもいいのではないかと、このように思います。

次は少し科学的になりますけれども、こういった脳科学、どうして進んだかといいますと、一つには、fMRIという非侵襲の脳活動計測方法を使いますと、人の脳が例えば100個の部位に分かれるとして、その結合パターンを見ただけで、その方が年齢が幾つかとか、あるいはある精神疾患にかかっているか、かかっていないかとか、そういうことがいよいよマシンラーニングとそういうデータベースを組み合わせると、わかるような時代になってきているのです。もっと短い時間でも私たちが瞑想しているときに何を考えているかということもわかりつつあるわけですし、ただしこれは脳活動をいかに正確に計測するか、かつ日本では日立さんとか、島津製作所さんとか、東芝さんとか、NIRSとかMRI、それから脳波でいいますと日本光電、世界のシェアを半分以上占めるような企業がたくさんありますので、そういうところを是非活用してやっていけばいいのではないかと思います。

それから、10ページは、もう少しライフインベーション絡みのことなのですが、今はたくさんさんの施設でとられたfMRIの安静時脳活動から、その方が鬱かどうかとか、あるいは自閉症かどうかということがわかりつつありまして、それを使って、ダイレクトに治療しよう。脳のネットワークを正常方向に動かしていこうということも、文科省のこれは多分日本版NIHの中に入るのでか

ね、そういうプロジェクトで議論されていて、多分始まるというふうに思われます。こういうのも大体多くはそうなのですが、軍用とか、医療応用で非常に先端的にお金のかかるところが、ある壁を突破しますと、それが転用されて民生に広がるということがありますので、10ページはそういうことを申し上げています。

最後の4ページはデュアルユース問題、非常に一般の人を怖がらせる言い方をしますと、この技術というのは、12ページに書いてあるように、ある意味マインドリーディングの技術でありまして、脳活動からその人がどんな人かということ推定する技術でもありますし、またある意味脳のネットワークを正常にするということは、マインドコントロールする技術であるわけです。今、何ができていて、何ができていないのか、そういうことをまとめてあって、最後のページは、しかしマインドリーディング、マインドコントロールとだけ申し上げると非常に怖く聞こえるわけですが、実はそれが病気の診断に使われたり、あるいは治療に使われたり、場合によっては老化に伴う認知機能の低下をある程度防げたりする可能性があるわけですね。

でも、一方、例えば米国では、ブレイン・マシン・インタフェースの研究は初期にはほとんどDARPAが支えていたということがありますし、日本でもハイテク被害者の会の方たちが結構こういうことで騒がれたりしますし、へたをすれば第二のロボットミーとか、電気痙攣療法になりかねないということで、新しい革新的な技術というのは光もあれば影もあるわけですし、こういう両方を見ながら研究開発する必要はあるかなというふうに思っています。

【相田座長】

どうもありがとうございました。

それでは、ただいまの川人構成員のプレゼンテーションに関しまして、ご質問、ご意見等ございましたらお願いいたします。

【久間総合科学技術会議議員】

2つ質問があります。1つ目は、米国ではDARPAがBMIの初期の研究を支えていたとありますが、DARPAではいつごろからBMIの研究開発をスタートして、現在、どの程度まで研究が進んでいるのか、教えていただけますか。

【川人構成員】

DARPAがブレイン・マシン・インタフェースの研究に大きく投資したのは1995年から、今でも投資しているのですが、当初は8割方、9割方の研究資金がDARPAから出ておりました。一体どうしてDARPAがそんなに投資するのかということで、いろいろな憶測はあったのですが、一つ言われていたことは、例えばパイロットが考えただけで、高速Gで回転しているときに体が動かないような状態でも、航空機、あるいは武器の操作ができるとか、あるいは動物をBMI技術でコントロールして、どこかに潜り込ませてスパイするとか、あるいは爆弾を仕掛けるとか、いろいろなことが言われていました。

しかし、一番まっとうそうなのは、イラン・イラク戦争以降の中近東での負傷兵、つまり、職業軍人が手を失ったり、体が不自由になった方たちの機能代替というのですか、BMIで制御する義手のためにBMIに投資しているのではないかと言われていました。最近では、しかしNIH、NSAの投資のほうが多くなっていますので、多分今は8割方はそういうDARPA以外の投資に変わってきていると思います。

【久間総合科学技術会議議員】

わかりました、どうもありがとうございます。

2つ目の質問です。脳の研究に関しては、伊藤先生、甘利先生、川人先生等を中心に、脳の世紀として、日本の方が取り組むのは早かったはずですが、いつの間にか欧米のほうが発達になりました。どういう経緯があったか教えていただけますか。

【川人構成員】

残念なことなのですが、私ももとはといえば、物理とか、工学の出身なのですが、アメリカ、あるいはヨーロッパの脳の新しいプロジェクトを見ますと、ヨーロッパのプロジェクトはいわゆるヒューマン・ブレイン・プロジェクトで、ICTと脳科学の融合であるということははっきり謳っているわけです。それから、オバマ大統領のブレイン・イニシアチブに関しても、中身を見ますと、ナノテクノロジーと脳科学の融合なのです。

少し考えますと、同じ技術体系を作っていたのでは、学問体系は進みませんし、また新しい産業応用にも行かないので、もともと脳科学というのは医学、生物学にオリジンがあるわけです、心理学も重要なのですが。その技術だけでは、ブレークスルーは訪れないわけで、欧米のほうが日本より残念ながらそういう意味でダイナミックに分野の垣根を越えるような国家プロジェクトを立ち上げたということかと思います。

【相田座長】

ほか、よろしゅうございますでしょうか。

では、どうもありがとうございました。

続きまして、大須賀構成員のほうからお願いしたいと思います。よろしく願いいたします。

【大須賀構成員】

大阪工業大学の須賀と申します。このようなところは初めてでして、全然そぐわない資料をお持ちしてしまったような気がするのですが、全く庶民の肌で感じているようなこととお話するということでお許しいただけたらと思います。

最初のところについております写真は、私の研究室で最近やっているような研究風景でして、こんなことをやっているやつだという自己紹介として見ていただければと思います。

私の研究室は、ウェルネス研究室という名前を掲げておりまして、ウェルネスというのは何かということなのですが、さまざまな人が世の中にはいるわけでして、その人たちがそれぞれの価値観に応じて生活の質、クオリティー・オブ・ライフを追求できるような社会、それぞれの人が安全で安心して生き生きと楽しく生活できる社会というようなものを目指したいという、そういう意図でこのような名称をつけております。

ご承知のように、ライフというのは、生命という訳語もございますが、生活という訳語もございます。従来、生命を維持するという課題から、今は健康寿命を延ばすということになってきていると思いますが、さらに健康に生きていて何をするのか、どう過ごしていれば幸せなのかということを考えていかなければいけないと思います。もっと言うと、健康でなくても、生きていれば充実した楽しい満足いく生活を送れる可能性があるわけで、そうしなければいけないのではないかというふうに思うわけです。

これまでのプレゼンテーションにもありましたように、日本は少子高齢の世界でトップをいっているわけでして、ここを乗り切るための技術をやることによって、競争力をつけるというのは皆さん言われているとおりでと思います。そういった観点で高齢者という問題を考えますと、高齢者介護というふうに言われておりましたが、少子化のために介護のパワーはどんどんなくなるわけですから、そ

それを介護予防をして、自立していただこうと、そのために生活支援をしようというようなのが今の方向ではないかと思えます。

ここで言うところの「自立支援」というのは、スタンドアップのほうの「立つ」を書く場合がございますが、こういう観点ですと、例えば自分で服を着られるようにするというの、そういう「自立」だと思います。もう一つのほうの「律する」というほうの「自律支援」というのは、自分で服を着られなくても、自分が着る服を選ぶということができれば、それは自律だというふうに考えていく。例えば服を着るのは人が助けてくれてもいいし、ロボットが助けてくれてもいいのではないかと考えてございます。

その次にあるのが、生きて以上は何か人のためになることをしてもらおうという意味での活用でございます。その下に書いております、今はできることは自分でやってくださいというのが自立だと思っておりますけれども、そこからやりたいことは自分でやる、できないこと、やりたくないことは、ほかの人やロボットに手助けしてもらい、さらにできること、得意なことは人のためや社会のために役立てると、そういうふうに高齢者であろうと、障害のある方であろうと、さらには女性や子供という労働力としてまだまだ開発できる部分というのは活用していかないと、少子の時代の労働力というのは使えないのではないかと考えております。

人のため、社会のためということなのですが、例えばいろいろな機能が衰えて、グループホームなどで生活されている高齢者でも、できることをやって、例えばお食事をつくる当番を決めてやるということで、ほかの人のためになっているということが非常に生きがいになって、はつらつとされているというようなことがございますので、やはり人のために何かをするということは重要なのではないかと考えております。

ここでいきなりロボットというのが出てくるのですが、人手が足りないということになりますと、いかに足りない部分を機械に置きかえようかという話になって参りまして、今、介護ロボット元年だというふうに言われております。ロボットというものが産業用の隔離された場所で働いていたものが、人のいる場所に出て参ります。専門家だけが使っていたのが、いきなり何の免許も、自動車ですとまだ免許を持った人が運転するわけですが、それも無い、しかもIT弱者につき合っていかなければいけないということになります。

ですから、安全というものは、概念が変わってくるのは当然なのですが、さらに安心してそういう機械を受け入れてもらえるようなものにしなければなりませんし、さらに満足、役に立つもの、あるいはその先に、例えば協力して何かをすとか、助け合うとか、成長し合うという非常に擬人化しておりますが、そういったような方向にロボットというものは行かなければいけないのではないかと考えて参りまして、これは人と人との関係と全く同じルートをたどるのではないかと考えています。

その次にアウェアネス、コミュニケーション、コラボレーションと書いてありますが、これはまずは人や周りの状態を把握して、どう動くかを定めるというのがアウェアネスという段階です。笑い話になりますが、うちの学生はまだこれが余りできない者が多くて、それでは機械以下だということをよく言っておりますが、その次の段階はコミュニケーションですね、さらにその上が共通の目的に向かって動くのがコラボレーションということでして、機械と人間がコラボレーションするというの、いろいろな場面では実現しておりますが、こういうことをスムーズに行える、技術を支える、こういうことを支える技術をやっていかなければならないというふうに考えております。

今、ロボットということでお話ししたのですが、ロボットというのは、単体ではなくて、ビジブル型のロボット、バーチャル型のロボット、アンコンシャスなものというのは、センサがあちこちに埋め込まれているものがネットワークでつながっているもの、そういったものから得られたデータが蓄積されていて、有機的に提供されるという、そういったようなものを含めて、ロボットというふうに申し上げております。

こういったようなことをやりたいというのがニーズ側なのですけれども、それに必要となる技術として、どんなICTを開発していかなければいけないかということですが、まずはセンシングセンシング、ウェアネスの部分でして、環境情報や人の情報をたくさんとるということは既にある程度行われていますが、人と人や人とロボット、人と環境、あるいはロボットと環境という間のインタラクションのデータをいかにうまくとっていくかということが重要ではないかと思います。個々のデータをばらばらにとるのではなくて、一つがこうしたら、次がこうなるといふ、関係性のデータをいかにうまく集めるかということかと思えます。

次は川人先生のお話にもありましたように、人の指示にちゃんと従う機械というところから、人の意図を酌んで、あるいはウェアネスを察知して、潜在的な欲求とか、その人の気持ちに対応して動くという方向に行くには、こういったようなものをセンシングする必要があるということになります。

私は、人の計測というところが一応専門なのですけれども、その領域で申しますと、計測の方向は、川人先生がお話しになったような非常にインテンシブに測ってやるというものと、もう一つは、モバイルとか、ユビキタスとかということで、計測できるものは限られてしまうのですけれども、自然な状態でNon-intrusiveというのは邪魔にならないという意味で、ambientというのは出しゃばらないという意味かなと思うのですが、そういう形で計測していくというのが今の、技術の向かっている一つの方向かと思えます。

例えばモバイルですと、ブレスレットですとか、イヤホンですとか、スマートフォンを常に持ち歩いているので、そこでいろいろなデータをとるといふのもございますし、今開発されているものとしては、着るといふ、wearableの本当にそういう意味で、洋服にセンサを組み込んで、マイコンも組み込んでしまうといふような、e-textileといふような研究も進んできております。

これがモバイルのほうなのですが、ユビキタスのほうは、環境にいろいろなものを埋め込むということとして、モーターショーのお話が出ていましたが、車ですとハンドルですとか、シートベルトですとか、椅子、シートのようなものにセンサをたくさん組み込んで、その人が今、覚醒低下を起こしているのか、注意が散漫になっていないかということ計測するというのが非常にやっております。さらに、家庭の中ですと、歯ブラシに組み込むとか、そういったような道具に入れるというのもありますし、ベッドや椅子のような家具、床、壁、天井などといふような家そのものにセンサを入れるというものがございます。ATRさんの先ほどお話が出たBMIハウスでも、ことごとくセンサが張りめぐらされてございます。例えばベッドや椅子などには、生体計測をするようなセンサを組み込むこともできまして、座ったり、寝るだけで心拍数や呼吸などを計測できるようになってきております。

こういったような大量のデータで多面的なデータというものがとれるようになってはいるわけですが、でも非常にノイジーなわけとして、そのS/Nの悪いものから、あるいは測れたり、測れなかったりするようなものをたくさん測っておいて、そこから確からしい情報というものをとってくるというのを、昔からセンサフュージョンということやられてはいるのですけれども、そのあたりの画期的な方法といふのが何かあるのではないかといふふうに考えております。

では、次のところで言いたいことだけ申し上げますと、とにかく人が何かをセンスするときというのは、アクティブに問かけるといふようなことをやりますので、センシングに関しましても、何を知らないか自分の中の情報が完結しないのか、あるいはモデルができないのかといったようなことを、まずそういう質問をつくるとか、モデルに欠けている情報をきちんと抽出して、それを学習するといふようなアクティブセンシング、アクティブラーニングという既にある程度やられておりますけれども、こういったようなところの学習のメカニズムといふのをICTとしては今後やっていくべきではないかといふふうに考えております。

最後に、ロボットと人、機械と人といふときには、役割を完全に固定せずに、さまざまな状況に応

じて、あるいは人の状態に応じて、フレキシブルに役割を分担していけるような、そういったような仕組み、これもICTが助けていけることではないかと思います。

いろいろなことを申し上げましたけれども、こういったような技術開発には、いろいろな分野の専門家の方が協力してやらなければいけないのではないかというふうに考えております。

【相田座長】

どうもありがとうございました。

それでは、ただいまの大須賀構成員のプレゼンテーション、あとせっかくですので、これまでのほかのプレゼンテーションも含めまして、ご質問、ご意見等ございましたら、是非お願いいたします。構成員の方以外にも府省さんのほうからでも是非お願いしたいと思います。

【佐々木構成員】

今、大須賀先生が説明された「いろいろな人を計測する技術」という話題と、最初に、山田さんが説明された「ICTのサービス化の方向性」に関して、ちょっと関係者の先生方へ確認したいことがあります。それは、我々「人間が感ずる価値や満足感に関する計測」は、Performance Indicatorとして、どこまでできるのか？ということですが。

と言いますのは、最近、ICTのサービス業界では、値付けがされない、タダ（無料）で提供するサービスがかなり普及しています。もし、価値とか満足感をある程度計測できるならば、その価値に対する対価ということで、新しいサービスを値付けしたビジネスとして提供できるだろうと思います。娯楽としてのICTは、すぐ飽きられてしまうわけですが、心理的なケアができるロボットを使ってヒトの心理的なケアをするようなコトを考えると、価値とか満足感はどうしたら飽きられるのか飽きられないのか？という風な、心理学の面をICTのヒューマン・マシン・インターフェイスへ盛り込むこともできかもしれない、と理解しました。

こうした背景で質問があります。こういった満足とか、価値とか、飽きるとか飽きないとか、そういう心理学的なところを計測できるような研究開発は、現在、どの程度、業界で行われているのか？を教えてくださいと思います。

【大須賀構成員】

脳にもかかわることで、脳科学としてやられているというほうはもちろんあると思います。そういった高価な装置を使わずにということですが、人の行動と生理的な非侵襲で計測できるもの、目の動き、そういったようなものから、ある程度推察するということが可能だと思いますが、深い意味での満足感というのは非常に難しいと思います。あからさまにこれは違うという、いらいらをしているとか、不快であるといったようなことは、データを集めることによって、できてきて、そういう知見はございますので、これをきちんと集めて回答を出すということはできると考えておきまして、そういうことは研究しております。

【川人構成員】

脳科学の立場から少しお答えしたいと思うのですが、情動、感情、あるいは報酬、あるいは罰、そういったことに関する神経科学はこの15年ぐらい非常に進んでおきまして、動物だけでなく、人でもfMRIというかなり拘束するような方法ですが、非侵襲的な方法を使いますと、脳の奥の深いところ、大脳基底核とか、中脳のドーパミンとか、帯状回とか、そういったところの活動を見てあげますと、例えばある人の顔が好きか嫌いとか、この食物をこのときは好きだけれど、このときは余り好んでいないとか、そういった感情、情動、報酬に関する情報は十分読み取れるようにな

ってきています。

それを産業に応用することを考えたときに、大須賀先生がおっしゃったように、もっと手軽な、例えば脳波とか、NIRSとか、場合によっては眼球運動だけで、脳科学の先端技術を使ったのと同じくらい解読できるかどうかというのがおもしろい研究開発課題になるのかなというふうに感じています。

【大須賀構成員】

今、両方同時にやっている人というのは非常に少ないと思うのです。どちらかにいっていますので、そこら辺の分野が共同してやれば、実用的なものになるのではないかなというふうに考えます。

【相田座長】

サービス化ということで山田構成員のほうから何かコメントはございますか。

【山田構成員】

私はウェアラブルコンピューティングを次の時代のテーマの一つに挙げていますが、そこをどんどん突き詰めていくと、お二方の先生方がいろいろ研究されているところともいろいろ通じるものがあると感じました。もっとICTを使いやすくするという意味では非常に重要な研究課題だと改めて感じました。

【久間総合科学技術会議議員】

ヒューマン・インタフェースとしては、マウスとキーボードから、今では音声認識とジェスチャーまで実用化されていますよね。その次のステップがBMIということで、川人先生や大須賀さんは、昔からこの研究で先駆的な成果を出されています。この課題は、ハイリスクでハイインパクトなテーマとして、一昨日の総合科学技術本会議でも重要性を説明しています。そこで、これらのテーマに日本が研究投資した場合、3年後、5年後にどの程度まで技術が高くなるか、実用化に近づくかご意見がありましたら教えてください。

【川人構成員】

まず、医療応用に関しましては、間違いなく実用化すると思います。今の段階で、例えば鬱病とか、あるいは強迫神経症とか、自閉症の診断を複数の日本の施設で8割以上の正答率で当てるような脳活動からのバイオマーカーが構成できつつあります。3年後ぐらいにはかなり実用に近くなっているでしょうし、予定どおり研究が進めば、それを使って、今まで治療方法がなかったような精神疾患に対する治療もできるようになる。ですから、そういう非常に先端的な医療応用に関してはかなり自信があります。

ただ、それを先ほど言われたintrusiveでないような方法で、しかも普通の方がつけて、メリットがあって、なかなか言葉やアンケートでは答えられないような商品を気に入っている、気に入っていないという、そういう情報をちゃんととれるかどうか、これは本当にチャレンジで、ただし基本的には脳の中には信号があるということを私どもわかっているわけですから、それをいかに工学的な方法で安くユーザの邪魔をせずに推定するかという問題であるとすれば、不可能ではないですよ。ただ、今の段階でそれが経済的に折り合うかどうかというのは、私のようなもともと基礎畑の研究者にはなかなかわからないですけど、技術としては可能性はあるということは申し上げられると思うのですけれど。

【大須賀構成員】

intrusiveな計測ということでは、断片的にさまざまなことが今本当にたくさん起こってきていまして、特にスマートフォンなどを利用したものもありますし、それからゲームのような例えばWi-Fiフィットですとか、キネクトですとか、そういうもので安く大量にデータをとるということがちょっとずつ可能になってきておりまして、ですからこれを多面的にあちこちで同時に計測していくことによって、それをつなげることができれば、かなりおもしろいことになるのではないかとこのように考えておりますので、3年後のイメージということですが、私は3年後にこのぐらいは自分でやりたいなと思っているのは、家の中でどこかの場所において、何か見つめるとか、考えるとかしたぐらいで、例えば冷蔵庫の中から物が出てくるとか、そういうことをロックト・イン（閉じ込め）症候群のように脳波しか使えない方には難しいと思うのですけれども、少しどこかの力が出せるとか、目が動くとか、少しでも残存機能がある方にそういうことができ、車椅子で寄って行って、ちょっと何か入力すれば、自分の好きなことができるという、その程度のことは数年の間にできなければいけないのではないかとこのように考えております。

【相田座長】

まだまだいろいろ議論したいところではあるのですけれども、ちょっと時間が大分予定を過ぎておりますので、申しわけありませんけれども、本日のところはこれで次に進ませていただきたいと思います。

今回は水落構成員と渡邊構成員にプレゼンテーションをお願いしておりますけれども、ほかに私も是非プレゼンテーションしたいというような構成員の方がございましたら、時間の関係で次々回以降にお願いしたいと思っております。場合によっては、事務局等のほうからお願いするということがあるかもしれません。また、各府省のほうからも検討中なもの等ございましたら、是非発表いただけるようお願いしたいと思います。

それでは続きまして、これからこの問題に関しまして意見募集を行いたいということで、これにつきまして事務局のほうから説明をお願いいたします。

【事務局（田中参事官）】

お手元の資料2-5でございます。今後さらに取り組みべき課題に対する意見募集（案）ということでございます。

ページをめくっていただきまして、現在、今のように構成員からいろいろな幅広い提案がございますし、今後、委託調査もしていくわけでございますけれども、さらに広く国民から意見を募って、議論を深めていくということも有用ではないかなと思ひまして、ここにありますように、科学技術イノベーション総合戦略における長期ビジョンの目標年次である2030年を想定した新たな社会像とその実現に向けて取り組むべきICTに関する課題ということで、社会像とICTに関する課題ということにそれぞれ400字で出していただくということをお願いしたいなというふうに思っております。

募集期間は12月のクリスマスまでということで、いただいた意見は公開させていただきます。意見に加えて、検討に有用な情報も募集するというので、3ページ目はイメージだけですけれども、ここでそういったものを全体を見ていただきまして、ここでさらに議論の検討材料とさせていただいて、今後さらに取り組むべき課題の設定につなげていきたいというふうに思っております。

4ページ目は、そうはいつでも、ある程度意見の例ということで、とりあえずちょっと脳科学とは全く無縁の事務局が意見の例ということで、例の1でイノベーション的なこと、例の2で持続的イノベーションのことをとりあえず書いてみましたけれども、こういった例もつけながら、募集させていただきたいなということでございます。

以上です。

【相田座長】

今回非常にいろいろな分野の構成員にお集まりいただいているのですが、さらにもっと幅広い意見を集めたいということで、省庁の行いますパブリックコメントは大体報告書が出てからパブリックコメントというケースが多いわけですが、早い段階でそういういろいろな意見の吸い上げを行いたいということでご提案いただいているわけですが、この説明につきましてご質問、ご意見等ございますでしょうか。

それでは、確認をとらせていただきますけれども、このような形でもって、今後取り組むべき課題につきまして意見を募集するということにつきましてご異議ございませんでしょうか。

〔「異議なし」と声あり〕

【相田座長】

それでは、ご承認いただいたということで、事務局のほうで意見募集の準備を進めていただきたいと思います。

それから、今後さらに取り組むべき課題につきましては、12月12日木曜日の午後に開催予定の重要課題専門調査会で議論することになっておりますので、本日の資料といただきましたご議論を踏まえまして、私のほうで資料として取りまとめて、ひとまずのご報告をさせていただき予定でございますので、ご一任いただければと思います。

(3) H26年度アクションプラン特定施策のレビューについて

【相田座長】

それでは、続きまして大きな議題の3つ目ということでございますけれども、平成26年度アクションプランの特定施策のレビューということで、またこれにつきましても、それぞれのテーマについて2回に分けて議論を進めるということで、1回目のワーキンググループで担当省庁のほうからアクションプランのプレゼンテーションをいただきまして、質疑応答等を行って、理解を深めるということで、それを受けて、2回目のワーキンググループまでに担当の構成員に施策をより効果的にするための助言を取りまとめてプレゼンテーションいただくということで進めて参りたいと思います。

それで、今回は、経産省さんの施策の「次世代型超低消費電力デバイス開発プロジェクト」「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」というものと、あと文科省・経産省さん連携で「創発現象を利用した革新的超低消費電力デバイスの開発」等々ということで予定いたしております。

まずは、経産省さんのほうのプロジェクトということで、資料番号3-1、3-2に従いまして説明をお願いいたします。

【宮崎デバイス産業戦略室室長】

経産省でデバイスの関係の担当室長をしております宮崎と申します。本日はよろしくお申し上げます。

アクションプランで取り上げていただいております事業につきまして、私どものほうで後ほど説明するものと含めて3つございますけれども、最初の2つのものにつきましては、究極的な目的は基本的に同じところを目指しているということもございますので、差し支えなければあわせてご説明させていただきますと幸いです。

まず、最初の次世代型超低消費電力デバイス開発プロジェクト、これは基本的には現在のいわゆる

半導体、電子デバイスの消費電力を低減するための取り組みということで、幾つか違うアプローチをこのプロジェクトの中で研究させていただいているというものでございます。

2020年のIT機器の消費電力の見込みというのが一つの予測では1,600億キロワットアワーと、2009年の総発電量比でいえば16%にも及んでいく、それが2050年には12倍ぐらいになっていくという予想もある中で、IT機器がこれからますます増えていくとすれば、その中に実装される電子デバイスの省電力化は急務の課題であるということでございます。これまでもそういう意味では半導体の世界では、小型化、省電力化、高速化ということを目指して、さまざまな取り組みが進められてきたわけですが、基本的には微細化をどんどん進めていくということをやってきたところでございます。

今、最も最先端の製品の線幅は大体20ナノメートル台というところまで来ているわけですが、ここまでは既存のフッ化アルゴン露光システムを用いて、あるいはさまざまな技術を用いて、ここまではいけるといってありますけれども、さらにこれよりももっと集積度の高いものをつくっていくとすると、次世代の露光システムがどうしても必要になります。露光のための光として、極端紫外線を用いることが必要になってくるということで、目標としては10ナノメートル台以下の微細加工を実現するための技術開発を推し進めているというのが一つ目でございます。

このプロジェクトの中でもう一つやっておりますのは、これまで進めてきたいわゆる微細化の追求というものに加えて、半導体デバイスを製造していくときに新しい材料であるとか、新しい構造というものを用いて、電圧を下げていく、消費電力を下げていくというアプローチも別途あるところでございまして、その2つのプロジェクトを推進しています。

右側の事業イメージのところは今口頭で申し上げたことが書いてございまして、上段のほうは、新しい材料ないしはトランジスタの構造を用いて、デバイスをつくっていくということと、ここにももちろん絡んでいくことではありますけれども、極端紫外線を用いて微細化を実現していくということで、新しい構造・材料を使いつつ、さらに集積化も進めていくということができれば、既存のエレクトロニクス機器の消費電力の低減に大きく寄与するであろうということでプロジェクトを進めているものであります。

2ページ目のところに出口戦略を書かせていただいておりますけれども、私どもの研究の出口は、こういった技術を用いて半導体メーカーが最先端の製品を製造していくということももちろんでございますし、後ほどちょっとご説明いたしますが、露光の関係でいえば、露光するための例えばマスクであるとか、あるいはレジストといった材料技術、あるいは装置因子といったものについても波及していくものでございますので、そういったものを使った新しい製品により事業を伸ばしていくことを狙っているものであります。

成果の実用化の姿というのは、今申し上げたとおりでございますけれども、こういった技術を活用したデバイスが出ていくことで、こちらにございますようなセンシングなり、情報処理なりといった分野、あるいはそれが実際にサービスという形で世の中に出ていくということで、こちらにございますような快適、安全安心社会の実現に寄与していくということを狙っているものであります。

企業名はちょっと申し上げられないのですが、実際にどのような企業や製品が出ていくのかということが3ページ目のところがございますけれども、例えば微細加工のところにつきましては、半導体メーカー、マスクメーカー、レジストメーカー、装置メーカーといった関係者が一堂に会して研究を進めていますけれども、こういったものができ上がれば、半導体メーカーは2016年から微細加工技術を適用した半導体を世の中に出していくということを目指して進めていただいておりますし、そのために必要なマスクなり、レジストというものができれば、他社、日本の半導体メーカー以外のところにも出ていくことが期待できるわけでありまして、現在こういった分野については高い世界シェアを維持していただいておりますけれども、そういったものの強化にも繋がって行くということかと考えていま

す。

2番目の革新的なデバイスというのは、例えばこちらにございますようなコンピュータの階層構造で申し上げますと、右側にございますようなナノトランジスタとか、原子移動スイッチ、磁性変化デバイス等々の技術開発を関係企業等々に協力いただきながら進めているところでございます。例えばナノカーボン配線というものが実現できれば、これは今の金属配線の微細化の限界が突破できるということで、例えばフラッシュメモリの3次配線化により、今より更に高集積化、大容量化が図れるということになりますし、磁性変化デバイスにつきましては、いわゆる不揮発メモリに帰着していくわけですけれども、それらを実現することによって、より低消費電力のデバイスができるということでございます。

それで、最後のページは微細化にやや特化した記載になっておりますけれども、極端紫外線を使って微細化を行うときに必要な技術には、まず光源があげられます。光源からマスクを通して露光することによって、ウェーハに塗ったレジストが感光して、回路がパターンニングされるということになるわけですけれども、私どもの研究で進めておりますのはマスクの部分とレジストの部分でございまして、光源というのは実は研究対象に現在はしていません。

光源のところにつきましては、実は世界でASMLというオランダのメーカ1社のみが今製造・開発を進めているところでございまして、残念ながら、まだ十分なスループットというか、量産に耐え得るような形での光源のパワーが出ていないという状況であります。

したがって、今の研究というのは、量産に耐え得るような光源のパワーが出てきたときに、直ちにEUV、極端紫外線を用いた微細加工ができるような準備を進めていくということでございます。もちろん今進めている研究開発に加えて、光源が十分に足りなくなる、十分に予定どおりいかないというケースも想定して、レジストの感度を高める検討等々もあわせて進めて、いずれにしても光源の開発状況をにらみながら、研究内容に注入しつつ事業を推進していくことが課題でございます。

それから、もう一つの超超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発につきましては、デバイスそのものを対象にするということではなくて、いわゆる半導体のチップ間のさまざまなデータのやりとりについて、今は電気中心、電子回路という形でやられているわけですけれども、そこを光の情報に置きかえて、光回路でやりとりできれば、十分な省電力化が期待でき、小型化することができるということで、本プロジェクトでは、小型の光電子変換チップの開発をしております。これを将来的にはケーブルに乗せたり、あるいはボードに乗せていくということで、現在のところはデータセンターに置かれるようなサーバーの省電力化、あるいは小型化というものを目指してやっております。

2枚目のところに出口戦略がございますけれども、このように開発した技術が最終的に市場に出ていくことが、私ども経済産業省で実施している研究開発事業の究極的な目的でございます。製品の製造や事業を担う組織をつくっていくということが必要でございまして、検討をしているところでございます。

また、10年間という長い期間のプロジェクトで、3段階ぐらいに分けて研究成果を実際の製品にしていくという段取りで進めております。2ページ目の右側のところに光I/Oコアとか、光ケーブルつき基板とか、インタポーザとございますけれども、これがまさしく今申し上げた3つの3段階ロケットとお考えいただければと思います。このように期間を区切って、研究開発事業の成果を段階的に市場に投入していくことを目指しております。

施策の推進に当たっての課題ということにつきましては、長いプロジェクトでもございますので、今開発しているものがどういう製品に搭載されて、どのような効果を上げ得るのかというものは、場合によっては変わっていくかもしれないというご指摘を総合科学技術会議でのご議論でもいただいているところでございます。

したがって、そういう意味ではプロジェクトを進めつつ、出口について、目標とすべき製品なり、あるいはスケジュール等々につきましては、中間評価等々の機会を使って、モニタをしつつ、柔軟な進め方をしていくということが必要かと考えております。

今ご説明申し上げました技術開発というのは、いわゆるデバイスによりIT機器の消費電力を下げていくということを目的に進めているものでございますけれども、実はその先には、その結果として、デバイスが一体何に使われて、どのような付加価値を世の中に示し得るのかというところが、ますます課題になってくるところでございます。先ほどのご説明の中でも例えば介護ロボットの話であるとか、あるいは自動運転、ヘルスケアといった新しい社会システムが生まれて、そこに踏み出していこうとすれば、半導体、電子デバイスの役割はますます高まっていくことになると思いますし、性能のアップもしていかなければなりません。そういうアプリケーションでのニーズを踏まえた研究開発を企業のほうでも進めていかれていると承知しておりまして、私どもの研究開発事業にもそういったニーズを盛り込んで、そういうコンセプトでやっていく必要があるのではないかと考えております。

私のほうからは以上でございます。

【相田座長】

ありがとうございました。

それでは、ただいまご説明いただきました施策内容につきまして、ご質問、ご意見等お願いしたいと思います。

【佐々木構成員】

「低消費電力デバイス」のところで、「出口」に関する話です。例えば、コンピュータとか、そういうものを創ろうと考えたときに、特定のデバイス（回路）だけを低消費電力、あるいは低閾値にしたとしても、（応用回路やシステム）全体が、バランスがとれていないといけないわけです。そういう大規模な応用回路やシステムを考えたとき、例えば、インテルのCPUも扱えますか？とか、他の機能的な応用回路も扱えますか？といった結構ややこしいことがたくさんあります。

たぶん、出口で一番近いところになると、ボディエリア・センシングのような長時間で観察し続けたい分野があると思います。そのケースで、例えば、発電機能としてエネルギー・ハーベスティング技術はどうするのだろうか？ エネルギー・ハーベスティング技術でも、あまり効率よく発電できないのであれば、蓄電機能が必要なわけですね。どの程度のものをどんなアプリケーションで使うか？ということによって、考える技術のターゲットが異なると思います。そうすると、「低消費電力デバイスの開発」ということと、並行して、発電の「エネルギー・ハーベスティング技術」と「蓄電技術」のセットで、トータルなシステムで、どんなものを創ろう？という「出口」の考え方も必要だと思うのですが、そういう議論は、並行してどこかでされているのでしょうか？

【宮崎デバイス産業戦略室室長】

今、研究開発プロジェクトの中で実際にそういう話をダイレクトに取り扱っているかということ、それはやってはおりませんが、何かの価値というか、サービスというか、そういうものを実現したいときに、ここで開発した技術のみではなくて、さまざまな既存の技術、あるいは新しい別の技術も組み合わせると何ができるかということを考えていく必要があるというのは、おっしゃるとおりだと思います。

そういう意味では、行き着くところ、アプリケーションといいますか、サービスのほうで何を実現したいのかというのがまずあって、それを実現していく手段の一つとして、こういった今開発しているような技術がどう使えるかということを考えていく必要があると思っています。今、産業界の皆さん

と一緒にそういった主導の取り組みというのをどうやって今後進めていくかというのを議論させていただいているところであります。まだ事業とか、そういう形の具体化まではまだいっておりませんが、私どものほうも半導体業界の皆さんも、もう少しアプリケーションのほうから出てくるニーズを、どのように今のデバイスや研究開発の成果を使って実現していくかという、そこに相当フォーカスした議論をしているということでございますので、またご指導いただきながら進めていきたいと思っております。

【相田座長】

ほかにいかがでございましょうか。

【久間総合科学技術会議議員】

ただいま説明していただいた、低消費電力デバイスや光エレクトロニクスデバイスも、技術そのものは世界で断トツの技術です。これをいかに早く実用化していくかが、システム産業としても、デバイス産業としても重要です。

これらの技術は、去年まではICTワーキンググループではなくて、ナノテクノロジー材料ワーキンググループに入っていました。ただし、ナノテクノロジーワーキンググループに入れると、どうしても物理現象とか、デバイスをいかにつくるかとかという方向に議論が行きがちです。これではせっかくの技術が宝の持ち腐れになる可能性があるので、今年からICTワーキンググループに入れて、システムサイドから新しいデバイスをどう活用するかを積極的に議論していただくことにしました。ですから、それぞれのレイヤーの方からいろいろな意見を是非出していただきたいと思えます。

【西村構成員】

次世代型の超低消費電力デバイス開発プロジェクトのほうなのですが、開発されている内容がグローバルに考えて、半導体産業の中で共通的なプロセスというか、デバイスのプラットフォームというか、基盤的なところに当たる開発をされているということなので、でき上がったときの優位化をどういうふうにするかということを考えてながらやっておられることだと思うのですが、どういうふうに考えておられるかというのを少し教えていただければと思います。

【宮崎デバイス産業戦略室室長】

微細加工のところにつきましては、これは日本でも今、実用化を目指して研究しておりますけれども、当然のことながら同じコンセプトで、例えばインテルとか、TSMC社といった海外のメーカーも研究開発を進めているところでございます。先ほど申し上げた光源の問題があるので、いつ市場にその技術を使ったものを投入するかというのは、何ともまだ見えていないところであります。

したがって、こういうものが実際にできるようになったときに出おくれないように、マスクメーカー、ディスクメーカー含めて、準備していくことが必要だと思いますし、ここできちんとマスクなり、ディスクなりの開発をすることができて、準備万端になっていれば、こういったメーカーは逆に技術というのを海外他社にも売れるというか、売っていけるということで、世界シェアの維持拡大もできるという意味で本プロジェクトを進めていく価値は十分あると思っております。

もう一つの新構造の新材料のデバイスの開発の部分につきましては、優位性というものを実現していくために、それを使ったアプリケーションとセットでないと恐らく難しいのではないかと思います。したがって、実は2番目のプロジェクトというのは、来年がプロジェクトとしては最終年度になっているので、来年度にそういった開発しているものの応用をどうしていくかということプロジェクトの中でもきちんと議論するという予定にしております。その際には、開発メーカーだけではなくて、ア

アプリケーションメーカー、あるいはサービス事業者などの関係者の皆様も入っていただいた上でこういったデバイスをどう使っていくかということをごきちんと考えた上で、それに合ったビジネスモデルを関係者で検討していく必要があるのではないかと考えております。

【相田座長】

ほかにいかがでございますでしょうか。

時間も大分遅れておりますので、議論はここまでとさせていただきます。

それで、先ほども申し上げましたけれども、この件につきましては、羽生構成員に次回のワーキンググループまでに助言を取りまとめていただくということで、これに対してコメントをいただく担当の方も事務局のほうからご連絡して決めてあることかと思っておりますけれども、是非私も一言言いたいという構成員の方は、羽生構成員、もしくは事務局のほうにメール等でご連絡いただければ、それを反映していただけるかと思っておりますので、よろしく願いいたします。

続きまして、もう1件の施策のほうでございますけれども、文科省と経産省の連携プロジェクトということで、これにつきましては一応責任省庁ということで、文科省さんのほうから3施策合わせて10分ということでご説明をよろしく願いいたします。

【文部科学省】

文部科学省の田畑と申します。本日は資料の3-3に基づいて説明させていただきたいと思っております。どうぞよろしくお願いいたします。

説明の仕方としましては、まず冒頭に、3施策ございますが、平成26年度アクションプランとして、不揮発性素子という言葉をごキーワードとして、3つの施策を含んでおります。冒頭の説明後に、個別の案件ごとに説明者がかわりますが、その点ご容赦いただければと思っております。

まず、冒頭のほうなのですが、既にこれまでのこの会合の中でもお話がありましたが、IT機器の使用増加によりまして、エネルギー消費が非常に上がってくると。こちらのほうで調べた統計では、2050年には2005年の最大で9倍には伸びるのではないかなという話もある中で、IT機器、これからお話しするのはデバイス関係ですが、こういったデバイスはあらゆる電子機器の中に入っている中で、この消費電力をいかに抑えていくかというのが今後の消費電力量を抑えるに当たって鍵になるのではないかなというふうにご我々は考えまして、既に半導体デバイスについては、我が国が優位を持って研究を進めてきたところでありますが、従来の半導体デバイスにかわる新しい技術といたしまして、超低消費電力とハイスピード・大容量を両立する革新的な超低消費電力デバイスの開発を行うという命題のもとに3つの施策を挙げさせていただいております。

資料のほうの3ページ目のほうなのですが、スピントロニクスは、この中の全てではないのですが、実際今後一つの例としまして取り上げさせていただきました。平成40年までを線表に引いておりますが、WSTSの統計等に基づいて試算を行いますと、半導体市場については平成40年には12兆円に上るような、また市場が展開されるのではないかなという話がございます、経産省さんのノーマリーオフコンピューティング基盤技術開発、そして文科省のほうでさせていただいておりますスピントロニクス技術については、平成32年、2020年にも実用化をするようなスケジュールで動かしていきたいと。さらに将来の先を見越して、不揮発性素子ということで、「創發現象を利用した革新的超低消費電力デバイスの開発」というものもあわせてやっていくという形のものと考えております。

次に、個別の各施策のほうに移らせていただきたいと思いますのですが、すみません、資料の順番が前後してしましますが、10ページのほうの「創發現象を利用した革新的超低消費電力デバイスの開発」のほうを文科省の研究開発局のほうから説明させていただきます。

【文部科学省】

文科省の開発研究局の環境エネルギー課でございます。

先ほどご案内がありましたとおり、10ページの「創発現象を利用した革新的超低消費電力デバイスの開発」について簡単にご説明いたします。

先ほど冒頭にご説明いたしましたように、これからの消費電力を少なくしていくというデバイスの開発の中で一番遠いところを目指しているのがこのテーマになりますが、電力消費を抑えていくという中で、これは強相関電子物質研究というものをを用いて、新しいデバイスを開発したいということでございまして、従来の1000分の1程度に消費電力を抑制することを目指しております。

これには磁化制御にとってかわる電力消費を伴わない素子というものの開発や電界による磁化制御の開拓といったことで、電子情報機器の構成要素となるデバイスについて、電力消費を低減し得る革新的な新原理を開発するということと、それを2020年を目処にいたしまして、プロトデバイス、実験レベルで大体必要な技術を完成させるということを目指して進めるという予定でございます。簡単な原理は、その下のポンチ絵で描いてございます。

その次のページでございますが、先ほどもご指摘ございますけれども、こういった社会実装していくという意味におきましては、大量生産に向けました製造プロセス改善、それから既存半導体とのハイブリッド化といったようなことが必要でございますが、何分新しい技術でございますので、早期の段階から各種メーカーさんとの連携が必要であるということございまして、出口戦略といたしましては、こういった新しい技術ではございますけれども、メーカーと連携しながら、技術開発を進めていくということございまして、理化学研究所を中心にして考えておりますけれども、複数の企業からの研究員も受け入れまして、そういった共通課題を、そういった問題意識ですが、解決方法につきまして共有しながら、日本企業の基礎研究開発全体を底上げしたいということやっていきたいというふうに考えております。

非常に簡単でございますが、以上でございます。

【文部科学省】

では、またページが飛びますが、7ページのほうをおめぐりいただきまして、スピントロニクス技術の応用等による超低消費エネルギー I C T 基盤技術の開発・実用化ということに関して、研究振興局からご説明させていただきます。

まず、我々のほうは、実際には応用分野も当然重要ではあるのですが、基礎技術ということで、スピントロニクス技術というものに従前から取り組ませていただいております。既にご承知の方も多くおられるかと思いますが、こちらの技術は、電子スピンを利用する形で電気抵抗の変化により素子を作成するというものでございまして、電源が切れても情報の記憶を保持することが可能であるという不揮発性素子というものの研究を行うということで、東北大学の先生の大野先生を中心にごプロジェクトを進めておるものでございます。

従前からの半導体デバイスと比較しまして、消費電力100分の1以下にする極低エネルギー情報デバイスの作成を目標として、2016年までのスケジュールで技術の確立までを進めたいと考えておりまして取り組んでおるものでございます。既に要素技術自体はできておるところもあるのですが、実用化ということを考えますと、20ナノメートルという素子寸法を実現するというところを重点に置いて取り組んでいきたいというふうに考えておるものでございます。

施策の推進に当たっての課題ということなのですが、スピントロニクス技術を用いた商用 I C T 技術を実用化していくに当たっては、スピンドデバイスの特徴を生かした回路設計の構築が必要ということになりますが、材料・デバイス・回路という各フェーズの専門家の方が有機的に連携した形で技術開発を進めていく必要があるというふうに考えております。

あと、もう1点については、小型センサの実用化や重要な情報インフラへの実装を実現するためには、電圧によるスイッチングですとか、発熱の抑制、さまざまな衝撃や急激な外部変化等に対する頑丈さ、一定の機能を維持し続けなければならないという点が課題としてありますので、このために実証実験をやっていくことになっていきますが、研究機関の研究者と企業の技術者が連携をとりまして、さまざまな状態を想定して、必要な仕様を厳密に定義していくことが必要であると考えております。

出口戦略といたしましては、研究プロジェクト自体は2016年のところまでやるという話になっていきますが、既に多くの企業の方と連携させていただいております、技術の確立とともに実際のスピントロニクス技術、MRAMと呼んでおりますが、この技術を確認しまして、まずは素子の部分を確立した上で各分野での製品のほうに導入していくというところを進めていきたいと考えております。現状では研究開発を終えます2016年にはサンプル出荷ができるような形で研究のほうが進められればということで、研究者の皆様とご相談させていただいているところです。

最後になりますが、ページのほうで申しますと4ページ目の経産省さんのほうからお願いいたします。

【宮崎デバイス産業戦略室室長】

経産省のほうから手短にご説明します。

今ご説明ありました2つのプロジェクトが次世代、ないし次々世代の不揮発性素子デバイスの開発、要素技術の開発というものを目指しておられるのに対して、私どものほうは、どちらかといいますと、既に開発されている不揮発性素子を使って実際の不揮発性コンピューティングをどのように構成していくかということを中心に研究開発を進めております。

具体的には5ページにごございますように、プロジェクト自体は2011年度から2015年の5カ年で行いますけれども、ノーマリーオフ化を実現するための不揮発性素子を含めたアーキテクチャーの組み方というものの開発を集中研というところで行いながら、出口を例えば携帯情報端末とか、あるいはセンサネットワーク、あるいはヘルスケアの応用というところに絞り込んで、実際にそういったものをご担当になる企業を決めて、そこに特化した形で研究を進め、もちろん集中研の成果をきちんと反映しながら事業を進めております。

例えば情報端末プロセッサのところであれば、プロセッサの中の混載のメモリのところに不揮発のメモリを置くとか、あるいは下にありますような監視系のノード用マイコンというところについては、センサとマイコンと電源の組み合わせというもので、例えば人が来ると作動するようなセンサ、あるいは動くようなマイコンというものを、アプリケーションをイメージしながらアーキテクチャーを考えていくと、こういったことを進めているところであります。

ノーマリーオフコンピューティングを実際にやってみようとする、揮発性の素子を単に不揮発に置きかえれば済むのかというと、必ずしもそうではないということがありまして、アーキテクチャーの部分から含めて、根本から設計するというなかなか難しい課題に取り組んでいるというのが実態であります。

例えば実際に揮発性の素子のどこの部分を不揮発性素子に置きかえるのかということも、それに適した素子の組み合わせを考えなければなりません。また、ノーマリーオフといっても、単純に電源を遮断していくと、かえってエネルギー消費が増えてしまいます。つまり電源をオンにするときに意外と電力を消費するということがございまして、単純に必要なときには切ってしまう方がいいというわけでもないということで、そういう電源遮断の技術というか、組み合わせといいますか、そういったものについてもいろいろなシミュレーションを重ねながら、最適な組み合わせを探っていく必要があります。このようなより実用化に近いところの研究を私どもでは進めているということでございます。

以上でございます。

【相田座長】

それでは、ただいまご紹介いただきました施策につきまして、ご質問、ご意見等ございましたらお願いいたします。

【西構成員】

3ページのところの下のアプリケーションのところ質問させていただきたいのですが、ノーマリーオフとスピントロニクスのところの関係なのですが、単純にいうと、微細化との関係もあって、情報端末用というのがスマートフォン用だと思えば、これは結構微細化最前線です。しかし、監視センサノード用のマイコンとか、生体情報用のLSIとか、こういうものは多分微細化という意味では、90ナノだとか、65ナノだとか、低電力最優先だったらば、微細化のほうでは一番最先端プロセスを使うわけではないと思うのですね。

何が言いたいのかというと、後ろのスピンのほうも、例えば汎用DRAM置きかえという、微細化がかなり要求されます。他方で、「センサノードや生体用のところ」であれば、両者の取り組みで同じ新デバイスを使うことは可能ではないでしょうか。「微細化最前線のところで実用化を狙っていきましょう、活用していきましょう」というと、なかなか合わない部分も出てくるのではないかと思います。ですので、応用領域によっては、両者が本当は一体にやれるのではないかとこの部分もあるような気がするのです。その辺の議論の状況はどうなっているのか教えていただければと思うのですが。

【宮崎デバイス産業戦略室室長】

おっしゃるようによほど微細化が必要なのかという点につきまして申し上げれば、DRAM代替とマイコン、センサでは水準が違うというところはあると思いますけれども、おっしゃるように私どものところでいえば、幾つかのアプリケーションを実際にイメージに置きながら、3つのプロジェクト、研究開発を進めているというところでございます。もしかすると、B社のマイコンとC社のLSIを一緒にできるかもしれないじゃないかというご指摘については、本当にやってみれば、もしかするとそんなのかもしれないのですけれども、使い道が違うというところで幾つか複数のアプリケーションを念頭に置いてプロジェクトを進めているということでございます。

お答えになっていないかもしれませんが、以上でございます。

【相田座長】

今のご質問は、先ほどの前半でご紹介いただいた経産省さんの微細化のプロジェクトとこっちはどう関係するか、そういう観点だったと思ってよろしいのでしょうか。

【西構成員】

メーカーが入ってきていると利害があるので、一緒には難しいのかもしれないのですけれども、技術上の活用とか、ノーマリーオフのほうに、例えば、「MRAMの性能は足りないね」とか、幾つかそういう言葉も書かれています。それは微細化を優先されると厳しいのだろうと思うのですけれども、低電力用のマイコンであったり、必ずしも微細化最前線ではないところの応用領域については、相乗効果を高めていくような工夫もできるのではないかと考えて発言しました。

【宮崎デバイス産業戦略室室長】

そういう意味ではおっしゃるとおり、実際にプロジェクトが終わって、こういった技術を活用して、デバイスが世の中に出ていくという段階になったときには、ご指摘のような議論というのが企業様の

中でされるということは十分考えられると思いますけれども、プロジェクトの中では今申し上げたような段取りで進めているということでもあります。ご指摘はプロジェクト実施主体にも伝え、考えていくべきではないかと思えます。

以上です。

【相田座長】

それでは、私の不手際で大部時間を超過しておりますので、一応この場での議論はここまでということにさせていただきます。この件につきましては、西村構成員のほうに助言の取りまとめをお願いしているということで、ご意見等ございます方は是非西村構成員、もしくは事務局のほうまでご連絡いただければと思います。

それでは、最後に連絡事項を事務局のほうからお願いいたします。

【事務局（田中参事官）】

すみません、事務局も議題を詰め込み過ぎたので、事務局も非常に反省しております。

本日はありがとうございました。皆様からのご意見を踏まえて、会議運営に努めて参りたいと思えます。

本ワーキンググループは、今年度中に本日を含めて5回開催させていただく予定でございまして、今回は12月16日月曜日15時から、場所は本日と同じでございまして。次回は、もともともう少し長く時間を設定させていただいております。3回目以降は、1月17日、2月20日、3月7日、予備として3月14日ということで、全ての構成員のご都合を合わせられず大変申しわけございませんけれども、最大公約数的に設定させていただいております。各府省の課室長様におかれても、是非ご出席、ご議論に参加いただきたいと思いますと思っております。

最後に、卓上の参考ファイルは置いたままでご退室いただければと思います。

以上です。

【相田座長】

大変時間超過いたしまして、大変失礼いたしました。次回は12月16日ということでよろしく願いいたします。

本日はこれで閉会させていただきます。

どうもありがとうございました。

- 了 -