



Science & Technology Trends

科学技術動向

1-2
2013
No.133

レポート・トピックス タイトルをクリックすると 各項目にジャンプします

■ レポート

p2,9

自動運転自動車の研究開発動向と実現への課題

p3,17

米国における科学技術人材育成戦略
—科学、技術、工学、数学(STEM)分野卒業生の100万人増員計画—

■ トピックス

p4

球状太陽電池を織り込んだ織物

p5

安価な放射性セシウム除染布の
量産に成功

p6

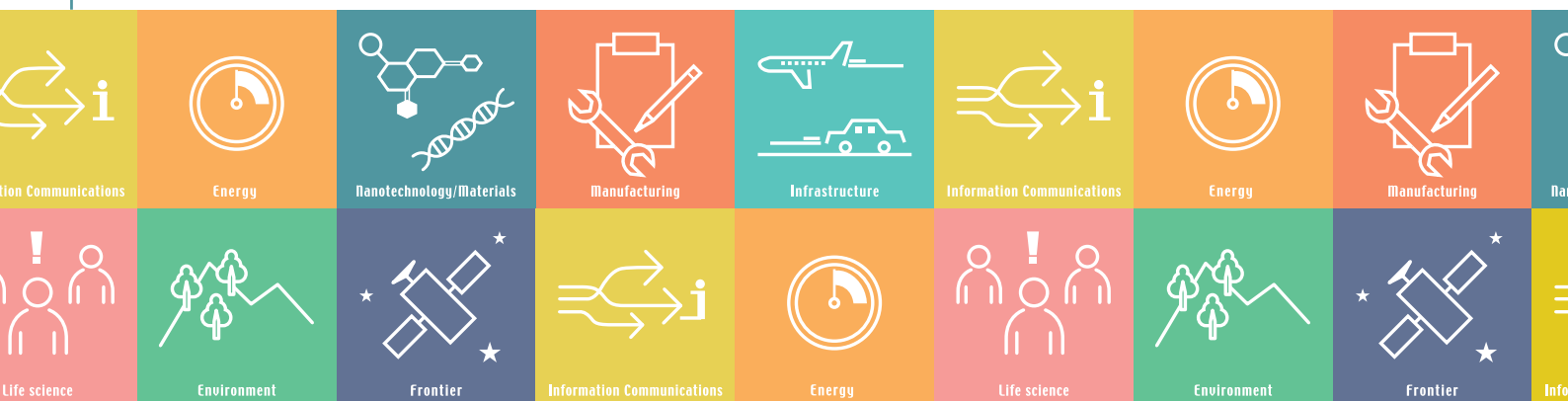
地球温暖化防止に向けた
新たな枠組みに関する国際合意

p7

ダイズ畑からの一酸化二窒素(N_2O)
発生量の削減に寄与する技術

p8

ソーシャルメディアの反応を含めた
論文の新しい影響度測定



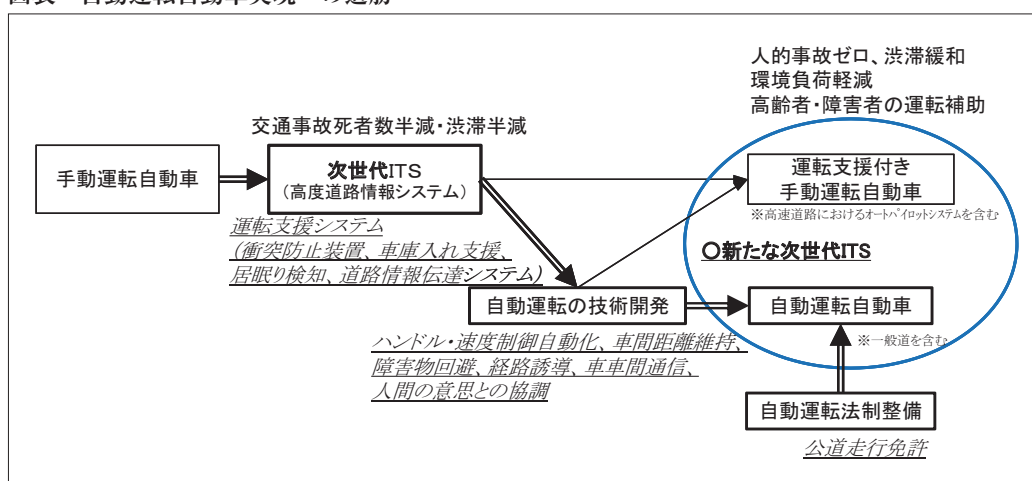
自動運転自動車の研究開発動向と実現への課題

現在の「自動車」は、運転に際してハンドルやアクセル・ブレーキなどを人間の操作で行うことを前提とした「手動運転自動車」である。近年、運転操作を支援し将来の自動運転にもつながる、走行制御・情報通信・センシングなどの技術開発が幅広く進められ、一部はすでに実用化されている。これらの運転自動化技術は今後ますます進歩し、将来的には音声による行き先の指示で自動車自身が道路状況に合わせて安全に目的地へと向かう「自動運転自動車」(Self-driving car) の製品化が予想される。

我が国の道路交通の高度化に関しては関係省庁や関係機関が連携して次世代 ITS (高度道路情報システム: Intelligent Transport Systems) を推進している。次世代 ITS においては人間が自動車を手動で運転することを前提に、運転者に適切な情報を与えることで、道路交通の安全性・輸送効率・快適性の向上、環境負荷軽減などに寄与する。一方、世界の自動車メーカーは、手動運転を支援する各種の装置として、衝突防止、車庫入れ支援、居眠り検知、道路情報伝達などのシステムを開発し、順次製品化している。

我が国でも次世代 ITS の推進に合わせて自動運転自動車を組み込むことにより、不注意による事故の大幅な減少、渋滞解消・緩和、環境負荷の軽減、高齢者や身体の不自由な人の運転支援などが期待される。また、自動運転に関する制御技術や情報通信システムなどの共通的な技術を他国の開発動向を睨みながら世界に先駆けて開発し、国際標準制定の主導権を握ることが我が国の自動車産業を振興することにもなる。米国では、すでに一部の州で自動運転自動車が公道走行するための免許を認める条例を制定している。自動運転自動車の実現には、公道走行免許を発行する制度や段階的導入のための施策が必要であり、事故時の責任の所在など技術開発に合わせて関連する法制整備を行う必要がある。そのためには、我が国の道路利用に関するコンセンサスを形成して最終的な道路交通のあり方を見定め、政策的誘導を実施すべきである。

図表 自動運転自動車実現への道筋



科学技術動向研究センターにて作成

米国における科学技術人材育成戦略 —科学、技術、工学、数学(STEM)分野卒業生の 100 万人増員計画—

2012 年 11 月の大統領選挙によってオバマ大統領が再選された。以前よりオバマ政権は、教育政策、特に理数系教育を重要な政策課題の一つとして位置づけている。これは、オバマ大統領再選直後の特別寄稿「米国、私のビジョン」において、「変革とは、どんな年代の人でも、良質な職に就くための技能と教育を得られる国にすることだ。(中略) 今後は高技術、高賃金の雇用が中国へ流れないように、数学と科学の教師を 10 万人採用し、コミュニティ・カレッジでは地域産業界がまさに今必要としている技能の訓練を、200 万人の労働者に提供する。」と述べていることから明らかである。この背景として、米国ではエンジニアリングやヘルスケアなどの分野は、将来的にも市場が拡大する教育上の重要分野とされており、それらの分野を支えるのは Science, Technology, Engineering, and Mathematics 即ち STEM 教育であるとの認識がある。

そのような中、米国大統領科学技術諮問委員会 (PCAST) は、2012 年 2 月に「優越を目指して取り組み：100 万人の科学技術工学数学の学位をもつ大学学部卒業生の新たな輩出」のレポートを大統領に提出した。そこでは、米国が今後も科学技術分野での優位性を保つために、STEM 分野の専門家を今後 10 年間に於いて 100 万人増員する必要があるとし、それを実現するための大学教育改革に関する 5 項目の方策を提言している (図表)。この提言は、オバマ政権下では積極的に実行されると予想される。

また、この提言は、理工系離れが懸念されている日本においても参考にすべきものがある。特に、理工系教育の重要性の認識の共有、理工系学生数の数値目標の設定、リソースを考慮した教育改革の長期的展望、大学への入り口 (高校) と出口 (産業界) との連携などは重要点である。日本では、大学など高等教育機関の有り様が問われているが、科学技術立国としての優位性を堅持するためには、どのような基礎分野を特に強化し、どの程度の人材数を育成すべきかなどについて議論し、実現させることが重要と思われる。

図表 提言 5 項目

PCAST レポートにおける提言 5 項目：

- [1] 有効性のある教育の実践を幅広く試みよ。
- [2] 標準的な実験講座を発見に基づく研究講座に変えることを提言し、その支援を実行せよ。
- [3] 数学の到達段階のギャップに対応するために、中等教育後の数学教育に関する取り組みを国家レベルで試みよ。
- [4] STEM キャリアの進路を多様化するためにステークホルダー間の連携を促進せよ。
- [5] STEM 学部教育における変革的かつ持続的な変化のための戦略的リーダーシップを提供するため、大学および産業界が主導する大統領 STEM 教育委員会を創設せよ。

出典：参考文献⁴⁾

2012年11月、スフェラーパワー(株)と福井県工業技術センターは、織物メーカーの協力を得て、直径1.2mmの球状太陽電池「スフェラー®」を織り込んだ織物の試作に世界で初めて成功した。スフェラー®は、シリコン粉砕品を一旦溶かしてサイズの揃った球状の粒にしたもので、受光面は球状であるため、どの方向から光が来ても効率良く発電でき、平面型より多くの光をとり込める。1粒では約1mWと発電能力は小さいが、多数繋げば大きな発電能力となる。今回試作した太陽光発電織物は、異種産業の協力により得られた成果であり、軽量でフレキシブルであるのはもちろん、伸縮性や追従性に富むため、発電カーテン・衣類・バック・テントなどに応用できる。

トピックス / 球状太陽電池を織り込んだ織物

2012年11月29日、スフェラーパワー(株)(京都市)と福井県工業技術センターは、福井県内の織物メーカーの協力を得て、球状太陽電池「スフェラー®」を織り込んだ織物(図表1)の試作に世界で初めて成功した^{1,2)}。試作した太陽光発電織物は、直径1.2mmの球状のスフェラー®を図表2の様に直線に並べて2本の導電糸を用いて糸状に接続し、これを緯糸(よこいと)として、経糸(たていと)とともに織り込んだものである。軽量でフレキシブルであるのはもちろん、伸縮性や追従性に富んだ太陽光発電織物であり、さまざまな用途への応用が期待される。

同社では、直径が1~2mmの球状太陽電池スフェラー®を開発し、2004年よりサンプル出荷を始めていた³⁾。製造工程は、まずシリコン粉砕品を一旦溶かしてサイズの揃った球状のP型シリコンの粒とする。次にその表面よりn型不純物を内側に熱拡散させて、発電領域となるpn接合を形成させる。さらに球の一部を削ってp型領域に電極を作り、反対側のn型領域に電極を作って、図表3のような受光面が球状の太陽電池を作成する。

球状であるため、どの方向から光が来ても効率良く発電でき、さらに、受光面の面積も平板型の4倍となる。適切な密度で並べた場合には、平板型の電池と比べて発電量が2~3倍多くなる事が確かめられている。1粒当たりの発電能力は約1mW強と小さくても、これを多数繋げば、大きな発電能力となる。また、直径の大きなシリコン基板を必要とせず、従来は捨てていたシリコンの切り屑からでも製造できるため、製造コストも安くなる。現時点での生産量は約1,000万粒/月である。

同社では、数百個のスフェラー®を繋いだドーム

型の発電モジュールや、多数のスフェラー®を繋いだ窓用のシースルー発電モジュールの開発に成功していた。今回は、織物メーカーの協力を得て、スフェラー®を密に紡いだ太陽光発電織物の開発にも成功した。伸縮性や追従性に富むため、同社では、発電カーテン・衣類・バック・テントなどに応用したいとしている。

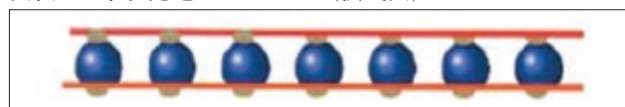
なお、本試作研究の一部は、経済産業省の戦略的基盤技術高度化支援事業により行われた。また、異種産業の協力により得られた成果でもある。

図表1 太陽光発電織物



出典：参考¹⁾

図表2 糸状発電モジュール(模式図)



図表3 スフェラー®の構造



出典：参考¹⁾

参考

- 1) スフェラーパワー(株) プレスリリース(2012年11月29日): <http://www.sphelarpower.jp/news/61>
- 2) 福井県工業技術センター プレスリリース(2012年11月29日): <http://www.fklab.fukui.fukui.jp/kougi/new/121129.html>
- 3) 「微少重力環境で製造する球状の太陽電池」: 科学技術動向 No.57 2005年12月

2012年11月、不織布メーカーの小津産業(株)は、東京大学生産技術研究所の石井和之教授との共同研究により、放射性セシウムを吸着する青色顔料「プルシアンブルー」となじみやすい不織布を用いた放射性セシウム除染布の量産に成功した。不織布を2種類の食品添加物である化学薬品に順に浸して不織布上で化学合成することで、プルシアンブルーの微粒子を繊維上に強固に固定することに成功し、安価な大量生産を可能とした。大きさ1m²の除染布1枚で、最大1,600億ベクレル相当のセシウムイオンを吸着する性能を持ち、福島県における雨どいの水を除染する実験でも良好な結果が得られた。同社は、使用後の処理を考慮して個人には販売せず、処理能力のある自治体や除染業者、除染装置メーカーに供給するとしている。

トピックス 2 安価な放射性セシウム除染布の量産に成功

2012年11月28日、不織布メーカーの小津産業(株)は、東京大学生産技術研究所の石井和之教授との共同研究により、放射性セシウム(¹³⁷Cs⁺)を吸着する「プルシアンブルー」となじみやすい不織布を用いた放射性セシウム除染布(図表1)の量産に成功した^{1,2)}。

プルシアンブルー(フェロシアン化第二鉄)は、ペンキ、インク、クレヨンなどの青色顔料(紺青)として用いられる物質で、セシウムやタリウムなどの特定の陽イオンと結合することが知られている(図表2)。また、放射性セシウムを体内に取り込んだ場合には、体外排出させるための経口服用薬としても知られる。

汚染水にプルシアンブルーを混ぜて、遠心分離機にかけた後にフィルターでこし取るなど、他のグループでも除染方法が試されていたが、必ずしも使い勝手の良い物ではなかった。また、単純に、プルシアンブルー粒子を不織布に塗布しただけでは、作業中に多くの粒子が脱落して回収効率が悪い。

そこで、小津産業(株)は、原子力発電所においてワイピングクロスとして長年の実績があるセルロース系長繊維不織布を用いた。不織布上でプルシアンブルーを合成することにより、バインダー(接着剤)を用いることなく、プルシアンブルーの微粒子を繊維上に強固に固定するのに成功した。純水中で30分間の超音波洗浄を行っても、プルシアンブルー粒子および繊維の脱落は全く観測されなかった。

大きさ1m²の除染布(価格は約1,000円)1枚で、最大1,600億ベクレル相当のセシウムイオンを吸着する性能を持つ。福島県で行った実験では、約20ベクレルの放射能を示す雨どいの水1リットルに、

20gの除染布を一晩浸したところ、水の放射能は検出限界(8ベクレル)以下となり、飲料水の基準値(1リットル当たり10ベクトル)をクリアした。

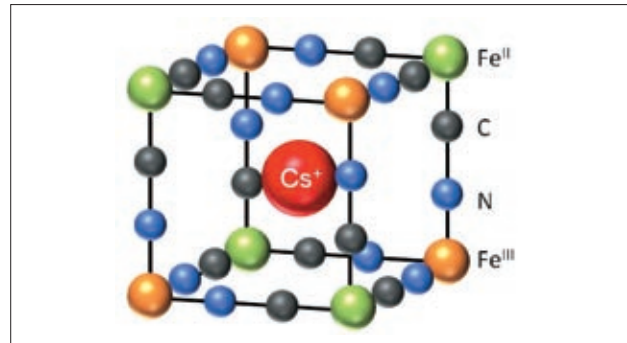
この放射性セシウム除染布は、不織布のロールを順番に2種類の食品添加物である化学薬品、フェロシアン化カリウムと塩化第二鉄に浸すだけで製造でき、安価に大量生産が可能である。小津産業(株)は、使用後の処理を考慮して個人には販売せず、処理能力のある自治体や除染業者、除染装置メーカーに供給するとしている。

図表1 放射性セシウム除染布



出典：参考¹⁾

図表2 セシウムイオンを吸着したプルシアンブルーの構造



出典：参考¹⁾

参 考

1) 小津産業(株)プレスリリース(2012年11月28日)：<http://www.ozu.co.jp/news/docs/pbk.pdf>

2) 東京大学記者発表(2012年11月27日)：http://www.u-tokyo.ac.jp/public/public01_241127_.html

国連気候変動枠組条約第18回締約国会議(COP18)および京都議定書第8回締約国会合(COP/MOP8)が、2012年11月26日から12月8日までカタール国ドーハで開催された。第1約束期間が2012年末で期限切れとなった京都議定書を、第2約束期間として2013年から2020年末まで延長すること、ならびに2020年より先の新たな国際枠組みに関する具体的な策定作業計画などが、「ドーハ気候ゲートウェイ」として合意された。2020年以降の主要排出国を含めた新しい枠組みについては、2014年のCOP20までに交渉の基礎となる文書を用意することを決定したが、世界1、2位の排出国である中国・米国や、途上国を含めたすべての主要排出国の参加が不可欠である。

トピックス 3 地球温暖化防止に向けた新たな枠組みに関する国際合意

地球温暖化の原因である温室効果ガスの排出規制に関して、世界で唯一拘束力を持つ国際協定である京都議定書が2012年末で期限切れを迎えた。

2012年11月26日から12月8日までカタール国ドーハで開催された、国連気候変動枠組条約第18回締約国会議(COP18)および京都議定書第8回締約国会合(COP/MOP8)において、京都議定書の延長ならびに2020年より先の新たな枠組みに関する具体的な策定作業計画などが、「ドーハ気候ゲートウェイ」として国際的に合意された^{1,2)}。

第1約束期間が2012年末で期限切れとなった京都議定書は、第2約束期間として2013年1月1日から2020年末まで延長された。欧州連合(EU)加盟27か国の他、オーストラリアやスイスなどの先進10か国が参加し、1990年比で2013年～2020年の期間に温室効果ガスの18%削減を目指す。また、第2約束期間への参加国以外は、クリーン開発メカニズム*による削減クレジットを移転・獲得することができなくなる。すでに日本は第2約束期間からは参加しないことを宣言しており、クレジットは取得できるが、その売買はできなくなる。

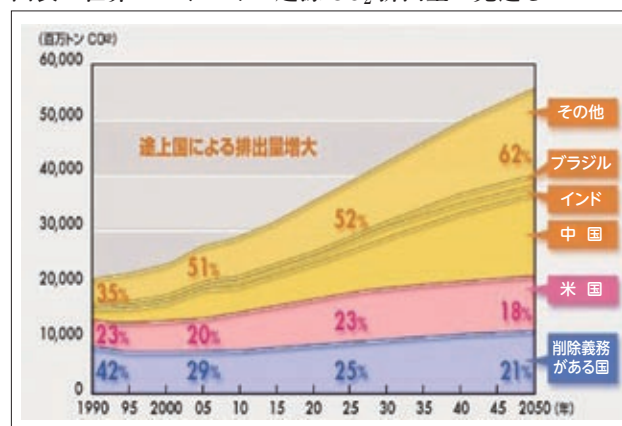
主要排出国を含めた2020年より先の新しい国際枠組みについては、既に前回のCOP17において、2015年までに採択することで合意しているが、今回はより具体的な作業計画が示された。次回2013年のCOP19では、「必要削減量」と「誓約された削減総量」の差を埋めるための方策を示し、2014年のCOP20までには、交渉の基礎となる文書を用意することを決定した。

なお、途上国への資金支援については、具体的な金額は合意には書き込まれず、すでに合意された「2020年に1000億ドル」へ向けて、検討作業を進める道筋が示されるに留まった。また、日本が

提案している二国間オフセット・クレジット制度**を含む様々なアプローチについては、実施のための「枠組み」について作業計画を実行していくことが決定された。

これまで、排出削減を義務付けた京都議定書に参加していた、日本やEUなどの排出量は、世界全体の3割に満たない(図表)。2020年以降の新たな枠組みでは、世界1、2位の排出国である中国・米国や、途上国を含めたすべての主要排出国が参加することが、地球温暖化防止に向け不可欠である。

図表 世界のエネルギー起源CO₂排出量の見通し



出典：財団法人地球環境産業技術研究機構 (RITE)³⁾

* クリーン開発メカニズム：先進国と途上国が共同で温室効果ガス削減プロジェクトを途上国において実施し、そこで生じた削減分の一部を先進国がクレジットとして得て、自国の削減に充当できる仕組み。

** 二国間オフセット・クレジット制度：途上国への温室効果ガス削減技術・製品・システム・サービス・インフラ等の普及や対策を通じ、実現した温室効果ガス排出削減・吸収への日本の貢献を定量的に評価し、日本の削減目標の達成に活用する制度。

- 参 考 1) UNFCCC HP : <http://unfccc.int/2860.php#decisions>.
 2) 環境省 HP : http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=21173&hou_id=16085.
 3) 外務省 HP : http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kankyo/kiko/cop18/pdfs/qa_jp.pdf.

代表的な温室効果ガスの一つである一酸化二窒素 (N_2O) について、主要な発生源である農業において削減技術の開発が求められている。(独)農業環境技術研究所と東北大学大学院の研究チームは、主要発生源のダイズ畑に着目し、 N_2O 還元酵素活性を強化したダイズ根粒菌を開発し、それをダイズに接種することによって N_2O 発生をほぼ半減できることを、世界で初めて屋外圃場のレベルで確認した。このダイズ根粒菌の持つ酵素は N_2O を窒素ガスに還元する酵素で、収穫後の N_2O 発生量を 43% から 47% 削減することができた。今後の実用化には、根粒菌をダイズに効率的に共生させる手法の開発や、他のマメ科植物への応用等が望まれる。

トピックス 4 ダイズ畑からの一酸化二窒素 (N_2O) 発生量の削減に寄与する技術

一酸化二窒素 (N_2O 、亜酸化窒素、笑気ガス) は、二酸化炭素、メタン等とともに代表的な温室効果ガスの一つである。大気中の濃度は 325 ppb (=0.325 ppm, 2012 年) で二酸化炭素 (CO_2) の約千分の 1 であるものの、単位体積当たりの温室効果は CO_2 の 310 倍あり、対流圏では消失せず、成層圏において分解される時にオゾン層を破壊する。世界中で発生する N_2O の人為的な発生源の 60% は農業であり¹⁾、その発生量を削減する技術の開発が求められている。

(独)農業環境技術研究所と東北大学大学院の研究チームは主要な N_2O 発生源の一つであるダイズ畑に着目し、 N_2O 還元酵素活性を強化したダイズ根粒菌を開発し、それをダイズに接種することによって N_2O の土壌からの発生をほぼ半減させることができることを、世界で初めて屋外圃場のレベルで確認した^{2,3)}。

ダイズの根の根粒には根粒菌が共生し、空気中の窒素をダイズが栄養として利用できる形態に変換しているが、根粒の老化に伴い固定された窒素の一部が N_2O ガスとなり大気中に放出される (図 A)。

根粒菌の中に N_2O を窒素ガスに還元する酵素を持つものと持たないものがあり、研究チームは過去に、前者により N_2O が除去されることを見出している。

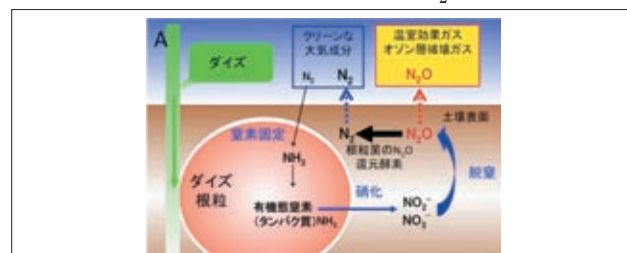
今回、研究チームは、進化加速法* を用いて大豆根粒菌の N_2O 還元酵素活性を元株の 7~11 倍に高めた nos** 強化株の作製に成功した。この nos 強化株を用いて、まず実験室内で大豆を栽培し、 N_2O 削減効果があることを確認し、次に屋外圃場 (図 B) での試験を行った結果、収穫後の N_2O 発生量を

43% から 47% 削減できることが判明した。

なお、実験に際しては、目的の根粒菌が形成した根粒かどうかを確認するためのゲノム情報による検定法を開発すると共に、圃場での試験を行うための根粒菌の栽培方法と接種法を確立した。

今後は、本技術の実用化に向け、肥料メーカーとの協力による、根粒菌をダイズへの効率的に共生させる手法の開発や、他のマメ科植物への応用等が望まれる。

図A 根粒細菌による窒素固定および N_2O 発生等の過程



出典：参考²⁾

図B 屋外圃場における栽培実験



出典：参考²⁾

* 進化加速法：DNA 複製時の校正機能を低下させることにより突然変異率を高め、選択圧により有用な変異体を取得する方法。

** nos： N_2O 還元酵素の遺伝子

参 考

- 1) Alfi Syakila, et al., : The global nitrous oxide budget revised, Greenhouse Gas Measurement and Management, 1:1,17-26 (June,6, 2011)
- 2) (独)農業環境技術研究所／東北大学 「根粒菌による温室効果ガスの削減」(平成 24 年 11 月 12 日)
- 3) Itakura, M. et al., 2012. Mitigation of nitrous oxide emissions from soils by Bradyrhizobium japonicum inoculation. Nature Climate Change : <http://www.nature.com/nclimate/journal/vaop/ncurrent/full/nclimate1734.html>

2012年10月、英国物理学会やNature系列誌は、論文の影響度（インパクト）を計量する新しい手法の利用を開始した。これまで研究論文の評価はピアレビューや被引用数などを用いたものが中心であったが、電子ジャーナルでは様々な情報を容易に素早くリンクすることにより、論文単位でのアクセス数などの計測や、ソーシャルメディアやニュースサイトの反応の表示が、常時できるようになった。Natureによると、論文のインパクトや論文がどこまで届いたかがより明確になり、評価や注目の論文もわかる。また、研究者だけではなく、研究機関や助成機関、研究評価プログラムの関係者も見始めているとしている。この手法の浸透による論文や研究の評価に与える影響が注目される。

トピックス 5 ソーシャルメディアの反応を含めた論文の新しい影響度測定

英国物理学会出版局36誌、Nature系列20誌が2012年10月より論文の影響度（インパクト）を計量する新しい手法（Article Level Metrics および Alternative Metrics）の運用を開始した^{1,2)}。

研究論文の評価やインパクトに関して、これまで定性的には事前の編集過程におけるピアレビューでの評価を経て出版され、その後定量的には主に引用、被引用の関係から計測される計量書誌学的な指標を用いてインパクトが測られることが多かった。しかし、計測まで一定期間を必要とする被引用数だけで論文を評価することの是非や雑誌の評価指標であるインパクトファクターを個々の論文評価に誤用するなど、つねにその限界が議論されてきた。

一方、電子ジャーナルの時代になって、各論文に対して、他のデータベースを含む様々な情報を容易に素早くリンクできるようになると、論文の影響度をより多角的に計測できるようになった。まずは、論文単位で常時そのアクセス数や被引用数などを計測できるようになり（Article Level Metrics）、さらに、Twitterやブログでの紹介数、ニュースサイトでの言及数、文献管理ツールでの共有数などソーシャルメディアの反応も論文ごとに表示できるようになった。この新しい論文インパクトの計測手法はAlternative metricsと呼ばれ、特に出版後のソーシャルメディアのインパクト計量を中心とした評価については、altmetricsという固有名詞での活動が進んでいる³⁾。

このような論文のインパクトを計量する新しい試みは主に生物医学系の新刊オープンアクセス誌を中心に進展したが、冒頭のようにこれまで静観していた伝統ある出版者も採用することになった。

Natureの記事によると、Alternative metricsによって、論文のインパクトや論文がどこまで届いたかがよりはっきりわかり、論文評価にも使え、どの論文に注目が集まっているかがわかる。また、研究者だけでなく、研究機関や助成機関、研究評価プログラムの関係者もこのような指標を見始めているとしている²⁾。

図表1 論文のインパクトを測定する要素と、altmetricsの位置づけ



出典：参考³⁾

図表2 Nature誌でのArticle Level Alternative Metricsの表示例



参考²⁾を基に科学技術動向研究センターにて作成

- 参考 1) <http://iopscience.iop.org/info/page/article-level-metrics>
 2) http://www.nature.com/press_releases/article-metrics.html
 3) <http://altmetrics.org/manifesto/>

自動運転自動車の 研究開発動向と実現への課題

辻野 照久
客員研究官

坪谷 剛
上席研究官

1 はじめに

自動車の無謀な運転や人的な不注意による事故が後を絶たない。繁華街での自動車の暴走や高速道路でのバス事故などで、多くの尊い命が一瞬にして奪われている。交通事故の減少や渋滞緩和・環境負荷軽減などの我が国の課題解決を目指して、関係省庁や機関が連携して道路交通を高度化する「次世代 ITS」(高度道路情報システム: Intelligent Transport Systems)を推進しており、自動車メーカーによる各種の運転支援システムの開発が進められている。しかし、次世代 ITS は人間が手動で自動車を運転することが前提であり、人間の不注意や突然の体調不良などによる事故を大幅に減少させることはできない。

現在の「自動車」は、運転に際してハンドルやアクセル・ブレーキなどを人間が操作する「手動運転自動車」であるといえる。これに対して、走行制御・情報通信・

センシングなどの技術を組み合わせ、音声による行き先の指示で自動車自身が道路状況に合わせて安全に目的地へ向かう「自動運転自動車」(Self-driving car)の開発が欧米や日本で進められている。

次世代 ITS の推進に合わせて自動運転自動車の概念を組み込めば、次世代 ITS の目標を超えて、不注意による事故の大幅な減少、渋滞解消・緩和、環境負荷の軽減、高齢者や身体の不自由な人の運転支援などに効果を発揮する。また、自動運転に関する制御技術や情報通信システムなどの共通的な技術を他国の開発動向を睨みながら世界に先駆けて開発し、国際標準制定の主導権を握ることが我が国の自動車産業を振興することにもなる。

自動運転自動車に必要な機能要件として、「単独での操縦の自動化・自律化」、「周囲状況の認識・安全確保」、「経路探索・誘導」、「人

間の介入」などがあげられるが、これらの技術は急速に進歩しており、いずれもかなり実用化の段階まで開発がなされている。

すでに米国では自動運転自動車が公道走行の免許を取得している¹⁾。公道走行には莫大な道路インフラの整備が必要であると思われるが、欧米では自動車の自律運転と協調運転により、道路インフラの整備がほとんどなくても自動運転自動車が走行できる技術開発が進んでいる。

我が国でも自動運転自動車の研究や実験は国、企業、大学など多方面で行われている。特にロボット技術と自動車技術が結びついた新しい技術分野(カー・ロボティクス)の発展が顕著であり、今後の開発動向を注視する必要がある。

本稿では、交通事故の減少や産業振興につながる自動運転自動車の研究開発動向や制度的課題など実現に向けた道筋について述べる。

2 自動運転自動車をもたらす効果

自動運転自動車は人間による運転操作が必要なく、目的地・経由

地をシステムに登録することで安全に目的地へ移動する事ができ

る。このような自動運転自動車が実現し、広く普及した場合にもた

らされる効果を以下に述べる。

(a) 人的事故減少効果

内閣府に設置された「高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部（IT 戦略本部）」では、「新たな情報通信技術戦略 工程表」（平成 24 年 7 月 4 日改訂）を策定し、2020 年までに交通事故死者数を 2,500 人以下にすることを数値目標としている²⁾。

2011 年における死亡事故に繋がる法令違反で多い順は、漫然運転（17.8%）、脇見運転（15.7%）、安全不確認（10.4%）の順となっている³⁾。その他にも信号無視、最高速度超過、酒酔い運転等、運転者の故意や過失により事故が発生している。次世代 ITS では路車協調型システムや車車間連携システムを推進しているが、運転者の法令違反を大幅に減少することはできない。自動運転自動車を次世代 ITS の中に組み込めば、運転者の法令違反による事故を大幅に減らすことができる。

(b) 渋滞解消・緩和効果

「新たな情報通信技術戦略 工程表」のグリーン ITS においては、道路交通情報の集約や交通管制の高度化によって 2020 年の交通渋滞を 2010 年比で半減するという目標が示されている²⁾。

交通渋滞は、道路の持つ時間当たりの通過可能台数を超過した時に発生し、一旦発生すると、通過台数の容量がさらに低下することで一層渋滞が拡大する。

特に高速道路における渋滞の約 6 割はサグ部^{注1)}による速度低下が原因となっている。適切な車間距離と速度を守ること、サグ部で発生する渋滞を解消することができる。国土交通省のシミュレーションでは、車速／車間制御装置（ACC）搭載車両が全体車両の 3 割になれば、サグ渋滞を約 5 割削減できると試算している⁴⁾。

自動運転自動車の割合が増加すれば増加するほど、渋滞解消・渋滞緩和に効果を発揮することとなる。

(c) 環境負荷軽減効果

我が国の CO₂ 排出量の約 2 割が運輸部門であり、運輸部門の約 9 割が自動車からの排出である。もし自動運転により渋滞が緩和されることで 15% 程度の CO₂ 削減が実現すれば、日本全体で 3% 弱の削減に貢献できる。また、高速道路における隊列走行では 10% 以上の燃費改善効果があることが確認されている。

(d) 高齢者等の運転補助効果

自動運転自動車は高齢者や身体の不自由な人であっても安全に利用できる。これまで一人では車による外出ができなかった人も外出が可能となり、新たな福祉機器として有効である。ただし、他車の事故、自車の車両故障等の緊急時は二次災害を回避するため、一時的に手動運転を行う必要があり、車の構造変更・免許の仕様を工夫する必要がある。

3 自動運転自動車の実現に向けた研究開発動向

3-1

手動運転を支援する技術

最近、世界の自動車メーカーから種々の運転支援システムが次々に製品化され、安全性の向上に役立つだけでなく、自動運転の一手前まできたと感じられるような新たな技術に接するようになった。15 年位前は運転支援の搭載

機器といえばカーナビゲーション装置くらいしかなかったが、衝突防止装置（衝突被害軽減ブレーキ）・車庫入れ支援（自動車庫入れ）・居眠り運転検知（2 カメラ式ドライブレコーダ）・車線維持支援（白線検知）・横滑り防止装置など新型車での標準装備や 10 万円程度の費用で後付けできる装置などが製品化されている。

たとえば、前方自動車と衝突する危険を検知した場合に、自動的

にブレーキをかける装置として、衝突防止装置が製品化されており、各メーカーでは新型車に標準装備するようになってきている^{注2)}。大型トラックでは 2014 年 11 月以降段階的に設置が義務付けられることになっている⁵⁾。トラックに続いて路線バスを除く大型バスにも設置の義務付けが 2012 年 11 月に決定された。また自動運転電気自動車による無人車庫入れのデモを行っているメーカーもある。居

注1 サグ部とは、緩い登り坂で渋滞が発生しやすい場所をいう。緩い登り坂で運転車が漫然と運転することにより速度が落ち、後続車がブレーキを踏むことで渋滞が徐々に広がる区間をいう。

注2 富士重工業(株)「アイサイト」、トヨタ自動車(株)「プリクラッシュセーフティシステム」、日産自動車「インテリジェントブレーキシステム」、本田技研工業(株)「CMBS」、三菱自動車(株)「FCM」、ダイハツ工業(株)「スマートアシスト」など。

眠り検知システムは車内にカメラを設置し、運転者が居眠りをしてることを検知したら警報を発する。車線維持装置は車線の白線を検知し、車が白線を越えそうになると自動で強制的にハンドルを制御するものである。

これらの運転支援技術は急速に開発が進んでおり、運転を一時的に自動車が代行する縦列駐車・車庫入れ装置などは自動運転の一環となり得る技術である。

3-2

隊列走行実験と オートパイロットシステム

(a) 隊列走行実験

隊列走行とは、複数の自動車が短い車間距離で続行運転を行うものである。各自動車が走行環境や位置を認識し、他の自動車とも相互に通信を行って自動で走行制御を行う。次世代 ITS の一環として、経済産業省／新エネルギー技術開発機構 (NEDO) が自動運転・隊列走行の実験を行っている⁶⁾。これまでに「エネルギー ITS プロジェクト」で大型トラック 3 台が、時速 80 km、車間距離 15 m の隊列走行に成功している。2012 年度末までに、大型トラックと小型トラック合計 4 台で車間距離 4m の隊列走行の実現を目指す計画である。隊列走行の技術開発は「走行制御技術」、「位置認識技術」、「走行環境認識技術」、「車車間通信技術」の 4 つの技術に分けて開発を行っている。いずれも大学とメーカーが産学共同で研究開発を行っている。

欧州では 2012 年にスペインの公道で自動隊列走行の実験が行われた。これは SARTRE (Safe Road TRains for the Environment)⁷⁾ というプロジェクトで、英国企業開発の自動運転装備を搭

載したスウェーデン製の複数の自動車が、車間距離 15 m で列車のように隊列を組んで時速 85 km、走行距離 200 km の隊列走行に成功した。

この技術は、自動運転自動車実現のための基本となる技術である。

(b) 高速道路における

オートパイロットシステムの検討

国土交通省は 2020 年代初頭に高速道路での「オートパイロットシステム」の実現を目指している⁸⁾。現在の構想では高速道路の入り口まで手動で運転し、高速道路では自動運転になり高速道路を下りると手動運転に戻る。2013 年 3 月の中間とりまとめを目標に、単独走行、追従走行、隊列走行などのコンセプトや高速道路に限った自動運転自動車の普及に向けた法制面の検討などが行われている。

なお、本稿では出発地から目的地まで全区間にわたって自動運転ができる自動車を「自動運転自動車」と定義しており、オートパイロットシステムのように一部区間だけの自動運転は、手動運転自動車とみなしている。

3-3

大学等における カー・ロボティクスの 研究動向

2001 年頃から大学においてロボット技術と自動車技術を融合させた「カー・ロボティクス」の萌芽的研究が開始された。一例として、東京農工大の永井正夫教授およびタイ人のボンサトーン・ラクシンチャランサク特任准教授のカー・ロボティクスに関する研究成果があげられる。ラクシンチャランサク特任准教授は、文部科学省／科学技術振興機構 (JST) の「若手研究者の自立的な研究環境

整備促進」事業の研究課題の一環として「個別適合運転支援システム」の研究を行った。永井教授と共著の「カー・ロボティクス」⁹⁾には、自動車をロボット化することによって「交通事故から人命を守る」という前提で、基本的な技術 (操舵、速度制御、外界センシング、障害物回避など) が体系的・網羅的に示されており、最終章で個別適合運転支援システムによる自動車と運転者の協調について述べている。

その後、我が国では 2008 年に (社)自動車技術会と (社)日本ロボット学会が連携してカー・ロボティクス調査研究委員会を設置し、2011 年以降オーガナイズド・セッションやフォーラムが行われている。2012 年のフォーラムのテーマは「モビリティの自律化と人間機械系の先進技術」であった。

このように自動車のロボット化については企業や大学で技術開発が急速に進んでおり、すでに一部は運転支援システムに導入されている。

3-4

研究開発用 自動運転自動車の 「ものづくり」

企業や大学が自動運転自動車を研究開発するうえで、プラットフォームとなる研究開発用の自動運転自動車が必要である。そのような製品を製造している (株)ゼットエムピー (ZMP) は、2011 年に自動運転機能を備えた 1 人乗りの Robocar MV、2012 年にはハイブリッド車に自動運転機能を搭載した RoboCar HV の販売を開始した¹⁰⁾。図表 1 に ZMP 社の研究開発用自動運転自動車の開発経緯を示す。同社は科学技術振興機構の支援により三次元視聴覚統合

図表1 ZMP社の研究開発用自動運転自動車の開発経緯



出典：参考文献¹⁰⁾より抜粋

ロボットの開発を行った実績があり、安定性の確保が困難な二足歩行ロボットの制御技術やセンシング技術を活用して自動運転自動車を実用レベルまで結実させた。これはロボット技術が社会展開する先駆的な事例といえる。

3-5

自動運転自動車の操作と人間の介入

(a) 操縦の自動化・自律化

自動運転自動車において、ハンドルやアクセル・ブレーキの自動操作は最も基本的な技術である。

グーグル社が開発した自動運転自動車は、人工知能ソフト、GPS測位、カーナビゲーションシステム、位置センサ、レーザレーダやカメラを組み合わせたセンサ、ストリートビュー映像データ

などにより、出発地点から目的地までのアクセル・ブレーキおよびハンドルの自動操作を行うことができる。同乗している運転者と技術者は全く手放しのままで買い物などの用件を済ませる様子がYouTubeに投稿されている¹¹⁾。時折人間の介入を行いながらカリフォルニア州で30万km以上の試験走行を行っており、その間、道に迷ったり衝突事故を起こしていないという。

我が国の自動車メーカーも2013年1月に米国で開催されたCES国際家電ショーにおいて自動運転自動車を初公開した。

(b) 周囲状況の認識・安全確保

自動運転自動車は、つねに他の自動車と衝突しないように運転を行うため、車間距離自動制御機能が重要となる。交差点などで他の自動車の陰に隠れてレーダでも認識できない二輪車などに対して

は、車車間通信で情報を得ることができる。

欧州では、自動車相互間の通信を利用し、大型車の陰に隠れて走行する二輪車を認識する二輪車接近検知支援システム(Approaching Motorcycle Warning)の研究が行われている¹²⁾(図表2)。

(c) 経路探索・誘導

カーナビゲーション装置(カーナビ装置)は、手動運転自動車の走行を支援する車載機器として技術開発が行われてきた。原理は、航行測位衛星が発信する時刻情報を利用した全球測位システム(GPS)により、現在位置の情報と地理情報システム(GIS)の情報を組み合わせて目的地までの経路を案内する。現状のカーナビ装置はまだ自動運転に利用できる段階ではないが、準天頂衛星の全面運用開始で測位情報のユビキタス化が進展し、地理情報の充実、経

図表2 二輪車接近検知支援システム



出典：参考文献¹²⁾

路探索アルゴリズムの機能強化、リアルタイムの道路情報などにより、最適な経路の自動運転に利用できるナビゲーションシステムへと発展することが期待される。

(d) 人間の介入

自動運転自動車は全区間にわたり自律的に走行できることが目標であるが、利用者が突然行き先を変更しようとしたり、自動車自体が故障したり、道路状況によって判断不能の事態に陥ったりすることが想定される。このような場合は、人間が手動で運転する必要がある、手動運転も可能な自動車仕様としなければならない。

② 60/78 GHz 帯 衝突事故防止用レーダ（遠方検知）

③ 79 GHz 帯 高分解能レーダ（将来の近距離レーダ）

このうち 700 MHz 帯は地上放送のデジタル化により新たに利用可能となった帯域で、この帯域の一部を次世代 ITS の通信システム用として利用することになっている。

周波数資源は限られており、次世代 ITS や自動運転自動車の運用に必要な各種の情報通信において、できるだけ同一の帯域に統合して共通化することが望ましい。ただし、周波数帯によって通信特性が異なるので、遠距離用と近距離用など使い分ける必要がある。

表者が集まって討議される。自動運転自動車に関しては、TC204 で図表 3 に示す重点テーマの審議が行われている。TC204 はもと「車両交通情報制御システム」に関する技術分科会であったが、現在は「ITS」に関する技術分科会となっている。自動運転自動車については TC204 の中でも新しい課題が集中している。多くのテーマはまだ出発点ともいえるべき予備業務項目（PWI）のフェーズにあり、各国から種々の提案が出されているところである。

次世代 ITS や自動運転自動車に関する標準化の動きは国際電気標準会議（IEC）や国際電気通信連合（ITU）においてもみられる。

我が国がこれらの国際標準化に乗り遅れると、日本製品のコストが高くなり、国際競争力を損なうという不利益が生じる。また日本だけの ITS 標準を定めると非関税障壁とみなされる懸念もある。むしろ、積極的に国際標準制定の主導権を取ることが我が国の自動車産業を振興することになる。

3-6

車車間通信の周波数割当て

現在自動車交通用に使用されている周波数帯および将来使用される計画がある周波数帯は次の 3 つがある。

① 700 MHz 帯（安全運転支援通信システム）

3-7

国際標準化の取り組み

次世代 ITS や自動運転自動車に関する国際標準の主導権争いが今後激しくなると予想される。国際標準は国際標準化機構（ISO）の技術分科会（TC）で各国の代

図表 3 ISO TC204 の主な検討項目（抜粋）

WG	分科会名称	検討項目
3	ITS データベース技術分科会	ITS の共通データコンテンツとなる地図データベースについて、データベース構成、データの保存・参照方法、API を検討。コンビナーは日本。分科会のテーマとしては新地理データファイル、位置参照手法など。
11	ナビ・経路誘導分科会	経路誘導システムに関するデータコンテンツ、通信方式を検討
14	走行制御分科会	車両を中心としたアプリケーションシステムの標準化を検討。分科会のテーマとしては低車速追従走行システム、全車速域車間距離制御システム、前方衝突回避支援システム、後方障害物警報システム、車線変更意思決定支援システムなど。コンビナーは日本。
15	狭域通信分科会	路車間（DSRC 等）、車車間の狭域無線通信方式の標準化を検討
16	広域通信分科会	公衆回線等の広域通信を利用したデータ通信方式を検討

出典：（社）道路新産業開発機構の資料、参考文献^{13）}などを基に科学技術動向研究センターにて作成

4 自動運転自動車実現への道筋

自動運転自動車を実用化するためには、技術の追求だけでなく、公道走行免許を発行する制度や段階的に導入していくための施策が必要である。現状では自動運転自動車という概念すら確立されていない。ここから前に進むためには、図表4に示すように技術開発に合わせて関連する法制整備を行う必要がある。

公道走行免許については、米国ではすでに一部の州で自動運転自動車が公道走行するための免許を認める条例が制定されている。2012年5月、ネバダ州自動車局は、自動運転の装備を備えたグーグル社所有のハイブリッド車が公道を走行するための免許証を同社に交付したと発表した¹⁾。ネバダ州で自動運転自動車の公道走行を認める法律は2011年6月に可決され、2012年3月1日から施行されている。ネバダ州の条例によれば、自動運転自動車には運転席に運転免許を持つ人が座り、助手席に技術者が乗車しなければならないことになっている。自動運転中は運転席の人がハンドルやアク

セルを操作することは全くない。米国ではネバダ州に続いてフロリダ州やカリフォルニア州でも同様の条例が制定され、インディアナ州など3つの州でも条例制定に向けて審議が行われている。

我が国で自動運転自動車のユーザーに対して免許をどのように認めるかは、道路交通法の改正を伴う課題である。当面は緊急時の対応のため手動運転が必要となるので、通常の運転免許を取得しており自動運転自動車の構造やメンテナンスなどの講義および実習を追加することで、自動車交通の新たなステージに対応することが現実的である。特に高齢者や身体の不自由な人などに対しては個々人の状況に応じた免許交付条件を定めることが必要になる。

もう1つの制度的課題として、事故に対する責任の所在をどのように定めるかという問題がある。

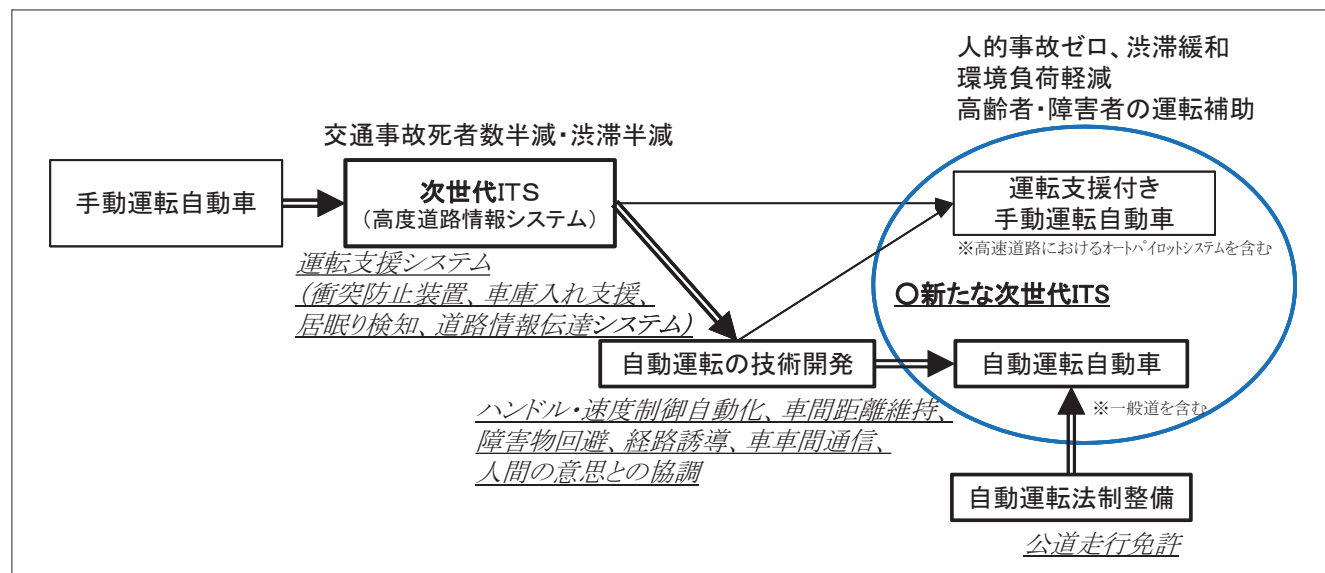
交通事故の類型別では、車両相互による事故は86.4%と最も高く、続いて人対車両が9.4%、車両単独が4.2%となっている¹⁴⁾。協調型の自動運転自動車の割合が増

大すれば、車両相互や車両単独の事故は大幅に減るものと期待される。人対車両については絶対数はある程度減ると思われるが、非常に少なくなった事故全体の中での割合が最も高くなる可能性もある。

自動運転自動車が原因の事故の責任が①自動車自体に原因がある場合の「自動車本体の製造業者」にあるのか、②自動運転システムの誤作動等が原因である場合の「自動運転システム開発者」にあるのか、③行き先等の条件入力が原因である場合の「条件入力者(基本的には運転者)」にあるのかに分かれる。

現状では車検を通した車自体が原因の事故(製造業者が自主的にリコールしている場合が多い)はごく僅かで、基本的には運転者の誤作動・不注意による事故がほとんどである。自動運転自動車は、運転者の誤作動・不注意はなくなると見込まれるので、事故の原因は主にシステムの誤作動となることが懸念され、システム開発者の責任が相対的に大きくなると思われる。

図表4 自動運転自動車実現への道筋



科学技術動向研究センターにて作成

5 おわりに

今後、自動運転につながる技術開発は、ますます進歩し、将来的には各国で自動運転自動車が公道走行する時が来るであろう。しかし、我が国で自動運転自動車が公道走行できる法制整備や事故における責任の所在など制度面での検討が進まないと、自動運転自動車の開発側もユーザー側も自動運転へ移行するという動機が得られない。自動運転自動車がもたらす効果として交通事故の減少、渋滞解消・緩和、環境負荷の軽減、高齢者や身体の不自由な人の運転支援などがあり、さらに自動車産業の振興からも我が国が世界に先駆けて自動運転自動車を普及させることの意義は大きい。

これからの主な課題は、我が国の道路利用に関するコンセンサスを形成して最終的な道路交通のあり方を見定めた上で、どのように

自動運転自動車を段階的に導入していくかという政策的な誘導を実施することにある。たとえば離島など限られた空間で自動運転自動車の特区を設け、観光資源として活用すると同時に技術的な改良を加えながら実績を積み重ねていく場にするといったアイデアもある。すべての自動車が自動運転自動車になるまでにはまだ時間がかかるため、手動運転自動車（衝突防止装置等の運転支援システム搭載車を含む）と自動運転自動車が混在していることを前提として、手動運転自動車にも自動運転支援システムや車車間通信機能の装備を奨励し、道路情報を提供することにより、自動運転自動車との垣根を少しでもなくす必要がある。

このような自動車社会を構築するために、自動運転に関する制御技術や情報通信システムなどの共

通的な技術を他国の開発動向を睨みながら世界に先駆けて開発し、国際標準制定の主導権を握るための取り組みを早急に行うべきである。

すでにいくつかの大学で研究開発用自動運転自動車を用いたカー・ロボティクス、自動車交通に関する情報処理、人間との協調などの研究が行われており、新たな施策により自動運転自動車の実用化に向けた研究を一段と加速することが望まれる。

謝辞

本稿をまとめるにあたり、科学技術振興機構の水田寿雄参事およびZMP社の谷口恒代表取締役社長より資料提供や討議をいただきました。ここに厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) Nevada Department of Motor Vehicles (DMV) News Release 2012年5月7日：
<http://www.dmvnv.com/news/12005-autonomous-vehicle-licensed.htm>
- 2) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部「新たな情報通信技術戦略工程表」平成24年7月4日改訂：
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/pdf/120704_siryoul.pdf
- 3) 警察庁 HP「平成23年中の交通死亡事故の特徴及び道路交通法違反取締状況について」平成24年1月26日：
<http://www.npa.go.jp/toukei/index.htm>
- 4) 国土交通省 HP「高速道路サグ部等交通円滑化研究会における検討状況報告（資料5）」平成24年6月27日：
<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/autopilot/pdf/6.pdf>
- 5) 「車の衝突被害軽減ブレーキの普及にはずみ」科学技術動向 No.130 2012年7・8月
- 6) NEDO 協調走行自動運転に向けた研究開発：<http://www.nedo.go.jp/content/100432947.pdf> 平成23年12月2日
- 7) EUのHP：<http://www.sartre-project.eu/en/Sidor/default.aspx>
- 8) 国土交通省 HP オートパイロットシステムに関する検討会：
<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/autopilot/index.html>
- 9) 永井・ラクシンチャランサク、「カー・ロボティクス」, 2010年, ZMPパブリッシング発行
- 10) ZMP社 HP：http://www.zmp.co.jp/pdf/product_history.pdf
- 11) Youtube：<http://www.youtube.com/watch?v=cdgQpalpUUE> 2012年3月28日 Google 投稿
- 12) Use case: Approaching Motorcycle Warning：<http://www.car-to-car.org/index.php?id=170>
- 13) 財団法人 道路新産業開発機構のHP「ITSの国際標準化」：<http://www.hido.or.jp/08its/hyou/hy01.html>

- 14) 警察庁 HP「平成 23 年中の交通事故の発生状況」平成 24 年 2 月 23 日：
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001086731>

執筆者プロフィール



辻野 照久

科学技術動向研究センター 客員研究官

<http://members.jcom.home.ne.jp/ttsujino/space/sub03.htm>

専門は電気工学。旧国鉄で新幹線の運転管理、旧宇宙開発事業団で世界の宇宙開発動向調査などに従事。現在は宇宙航空研究開発機構国際部特任担当役、科学技術振興機構研究開発戦略センター特任フェローも兼ねる。中国語の科学技術文献読解を得意とする。



坪谷 剛

科学技術動向研究センター 上席研究官

<http://www.nistep.go.jp>

専門は土木工学。主に河川における治水計画や治水対策に関する業務に長く携わる。2012 年 4 月より現職にて、科学技術動向の調査研究に従事。

米国における科学技術人材育成戦略

—科学、技術、工学、数学(STEM)分野卒業生の 100 万人増員計画—

千田 有一
客員研究官

1 はじめに

2012 年 11 月の大統領選挙によってオバマ大統領が再選された。以前よりオバマ政権は、教育政策、特に理数系教育を重要な政策課題の一つとして位置づけている。これは、再選直後に発表したオバマ大統領の特別寄稿「米国、私のビジョン」¹⁾において、「変革とは、どんな年代の人でも、良質な職に就くための技能と教育を得られる国にすることだ。私たちは、銀行が数十年間にわたって学生ローンに過重な金利を課してきた状況を改め、大学に進学する数百万人の費用負担を軽減した。今後は高技術、高賃金の雇用が中国へ流れないように、数学と科学の教師を 10 万人採用し、コミュニティー・カレッジでは地域産業界

がまさに今必要としている技能の訓練を、200 万人の労働者に提供する。」と述べていることから明らかである。この背景として、米国ではエンジニアリングやヘルスケアなどの分野は、将来的にも市場が拡大する教育上の重要分野とされており、それらの分野を支えるのは Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) 教育であるとの認識がある²⁾。そのため、STEM という具体的な分野のイメージを明確化した上で、その教育の充実が米国の科学技術分野での優位性を維持する方策であるとし、さらに STEM 分野で輩出すべき人材数も必要とされる労働人口予測に基づいて明確に目標設定されている。

一方、我が国では、若手研究者をはじめとする人材の育成・活用に関わる取り組みへの強化が政策課題として提言され、幾つかの施策が講じられているものの、科学技術人材育成の強化のためにはどのような分野の教育が重要であるかという議論はあまり見られない。この論点の有無は日米の大きな違いの一つであると共に、教育の問題に止まらず、科学技術研究の問題に影響を与えうる要素であると考えられる。そこで本レポートでは、米国が特に注目する STEM 教育について、その戦略的な考え方を紹介することにより、どのような点が参考になるかを考える。

2 PCAST レポートの概要と我が国への参考点

2-1

PCAST レポートによる米国の STEM 教育強化の提言

最近の米国の科学技術関連の

政策として重要視されているテーマの一つは STEM 教育である。大統領科学技術諮問委員会 (President's Council of Advisors on Science and Technology-PCAST) は、2010 年 9 月に、「準備し触発せよ：米国の未来のた

めの科学技術工学数学における幼児教育—初等中等教育 (Prepare and Inspire : K-12 Education in Science, Technology, Engineering and Math (STEM) for America's Future)」を大統領に提出した³⁾。さらに、2012 年 2 月には「優越を

目指して取り組み：100万人の科学技術工学数学の学位をもつ大学学部卒業生の新たな輩出（Engage to Excel: Producing One Million Additional College Graduates with Degrees in Science, Technology, Engineering, and Mathematics）」と題するレポートを提出した⁴⁾。

2つのレポートのうち前者は初等・中等教育に関するものであり、後者は高等教育に関するものであることは、表題からも明らかである。特に後者のレポートは、4年制および2年制の全ての高等教育機関における教育の改善によって科学技術人材の育成を目指すものである。そこでは、米国が今後も科学技術分野での優位性を保つためには、科学・技術・工学・数学分野（STEM）の専門家を今後10年間に於いて100万人増員することが必要であるという予測（参考文献4のAppendix D）^{注1)}に基づき、それを実現する方策を示している。

米国では大学入学後にSTEM分野から他分野に進路変更する学生が非常に多く、進路変更せずにSTEM分野の学位を取得する学生は40%に満たない。そのため、STEM分野での労働力を確保するためには、STEM分野への入学者をそのまま留めておく方策がより効果的であると認識されている。その結果、このレポートにおける提言の柱は、大学学部にお

ける初年度2年間における教育方法の改善によって、STEM分野での学位取得率を改善することが焦点となっている。そして、それを実現するための効果的な教育ツールの開発と全国展開が提言されている。さらに、社会人や学生などを対象としたSTEM学位取得経路の多様化も1つの大きな柱である。

2012年2月のレポートでは、STEM分野の人材育成に関連する5項目の提言とアクションプランを示している⁴⁾。このレポートは、2012年AAAS科学技術政策年次フォーラムでも取り上げられており、オバマ政権下ではSTEM教育に積極的に取り組まれると予想される³⁾。本稿の第3章ではこの5項目の提言とアクションプランの概略を紹介し、付録1でその詳細を紹介する。

2-2

我が国への参考点

我が国においても、大学生の質の低下や理工系学生数の減少（学生数の減少については付録2を参照）など、科学技術立国としての不安材料は多い。そのため、文部科学省中央教育審議会の大学分科会の大学教育部会あるいは大学院部会では、大学学部と大学院において、「質の保証」などの観点か

ら大学改革の必要性を提言している^{5,6)}。また、文部科学省では、「大学改革実行プラン」を策定し、社会変革の核と成り得る大学作りを推進している。しかしながら、これらの提言では、数学や工学などそれぞれの学問分野が担う役割、あるいは重点化すべき基礎分野についての記述は見あたらない。また、産学協同によるグローバル人材・イノベーション人材の育成推進を狙った産学官の「円卓会議」においても、文科系と理数系を明確に区別した議論はされておらず⁷⁾、むしろ文理融合の待望論がみられる。しかし、安易な文理融合によって成功するとは考えにくく、STEMなど理系の基礎的な素養を身につけた上での融合でなければならない。

一方、米国では、STEMという理系基礎分野の重要性を明確に意識し、K-12教育（幼児教育／小学校から高校卒業までの12年間の教育）から大学までの教育システムの再構築を目指した教育政策に取り組んでいる。このような理系基礎分野の重点化と再構築は、米国の科学技術人材育成の実現の上で大きな影響を与えるものと考えられる。その意味で、PCASTレポートの提言は、我が国でも参考にすべき点が多い。具体的にどのような事を参考にすべきかは、PCASTレポートの概略を紹介した後、第4章で述べる。

注1 米国において将来必要と予測される労働人口に関するいくつかの分析結果に基づいている。例えば、ジョージタウン大学の「教育と労働力に関するセンター」の分析結果によれば、米国におけるSTEM関連の仕事の占める割合は、2008年から2018年にかけて5.0%から5.3%に増加すると予測している。この増加は100万人分に相当する。また、PCASTレポートでは、近年のSTEM分野の学生数の減少傾向、および米国籍の学生を増やす必要性についても同時に指摘しており、実質的には100万人以上のSTEM専門家の育成が必要としている。

3 PCAST レポート「STEM 分野卒業生の 100 万人増員計画」の概要

3-1

レポートの目的と 5 つの提言

PCAST のレポート「優越を目指して取り組み：100 万人の科学技術工学数学の学位をもつ大学学部卒業生の新たな輩出」の目的は、その題目どおり、STEM 分野の学位取得者数を増やすことにある。その背景には、これまで米国が保持してきた「科学技術分野における歴史的な優越性」を維持するためには、今後 10 年間に於いて STEM 分野の専門家を 100 万人増加させることが必要であると予測していることがある。

現在、米国では STEM 分野において学士あるいは準学士を年間約 30 万人輩出しているが、入学者のうち STEM の学位を取得する者は 40% に満たない^{注2)}。そのため、STEM 専攻に留まる学生数を 40% から 50% に高々 10% 増加させるだけで年間 7 万 5 千人の増加が見込まれ、これにより目標の 4 分の 3 の人数が確保できる。この様に、入学後の学生を進路変更させずに STEM 分野に留めておくことは、大学の規模拡大も必要とせず、即効性も期待できると言う意味においても、最も低コストかつ効果的な方策である。

学生を STEM 分野に留めておく方策を講じるためには、進路変更する理由を調査することが必要である。例えば、能力の高い学生は、大学における初年次教育が退屈であるという理由で専門を

変更することがある。一方では、STEM 分野に興味を持ち、かつ STEM 労働力としての適性を備えるものの、能力が低いために初年次教育で要求される数学について行けない学生がいる。そのため、数学力に課題を抱える学生へのサポートを手厚くするなど、大学学部におけるより良い教育方法によって、初年次教育コースをより活気のあるものとするのが求められる。先進的な研究結果によれば、STEM 教育は多様な教育方法によって十分に改善できることが実際に示されている。これらの多様な教育方法を全ての学生に行き届かせることによって、より一層の効果をもたらすことができる。

大学入学後の最初の 2 年間は、STEM 専攻学生を留まらせるための最も重要な期間である。このことは、2 年制および 4 年制の全ての大学において共通である。この 2 年間に於ける STEM コースは、その後の知識やスキルの習得、あるいは将来の K-12 教師と

しての姿勢に非常に大きな影響を及ぼす。従って、大学の初年次 2 年間に於ける STEM 教育の質を向上させる施策は非常に重要である。このレポートにおける提言もその点に焦点を絞っており、次の 3 つを柱としている：

- ・大学における STEM 教育の初年次 2 年間に改善する
- ・そのための教育ツールを全ての学生に提供する
- ・STEM の学位取得経路を多様化する

この 3 つを実現の方法として、図表 1 に示した 5 項目を具体的に提言している。

3-2

有効性のある教育の実践（提言 1）

従来、学習理論や学習成果の評価方法などの構築は、もっぱら学生の学習成果向上や粘り強さを高

図表 1 提言 5 項目

PCAST レポートにおける提言 5 項目：

- [1] 有効性のある教育の実践を幅広く試みよ。
- [2] 標準的な実験講座を発見に基づく研究講座に変えることを提言し、その支援を実行せよ。
- [3] 数学の到達段階のギャップに対応するために、中等教育後の数学教育に関する取り組みを国家レベルで試みよ。
- [4] STEM キャリアの進路を多様化するためにステークホルダー間の連携を促進せよ。
- [5] STEM 学部教育における変革的かつ持続的な変化のための戦略的リーダーシップを提供するため、大学および産業界が主導する大統領 STEM 教育委員会を創設せよ。

出典：参考資料⁴⁾

注2 日本では、入学後に学科や専攻を大きく変える例はほとんどない。同一大学内での転学科や転専攻、あるいは、大学間の編入などの制度があっても、有効に利用されていない。3 年次に学科を決める東京大学は例外と言って良い。これに対して、米国では非常に多数の学生が学部を修了する前に進路変更している状況がある。

める教育方法の改善を目的としたものであった。例えば、「アクティブ・ラーニング」による学習は、講義だけに頼った場合に比較して、情報の記憶力と批評的な思考力とに改善が見られることが知られている。そのため、STEM分野を粘り強く学ぶために、高い教育効果をもたらすと期待できる。この様に、教育効果が明らかでかつエビデンスに裏打ちされた教育方法をSTEM分野で展開する必要がある。

このような先進的な教育方法は、多くの学部において利用経験がなく、その教育効果があまり知られていないために敬遠される場合がある。また、「アクティブ・ラーニング」による教育は、伝統的に行われてきた講義よりも多くのリソースを必要とするものではないものの、移行期には多くの時間や努力を必要とする。そこで、連邦政府は、新たな教育訓練機会の提供とその実践を支える教材の提供を援助することによって、大きな効果をもたらすことができる。そして、一度定着させることができれば、追加の投資無しに長期間継続させることができる。

目標実現の途中段階では、進捗

の度合いを把握する必要がある。そのためには、新たなSTEM教育が本当に効果を上げているかを評価する指標（メトリクス）を確立することが必要であり、それによって、革新的教育プログラムを設計する手法を提供することもできる。その際、柔軟な評価基準とすることは、設計手法を直接的に活用できる専門分野や団体を増やすために重要である。

以上の議論から、提言1を達成するための3つのアクションプランを図表2に示す。

3-3

発見に基づく研究講座の導入（提言2）

従来の教育課程における入門の実験講座は、概してSTEM分野における創造性を啓発するものではなかった。実際に、その多くは、既知の結果を再現する実験を繰り返すのみであり、新たな発見の可能性を伴った魅力的なものではなかった。その結果、STEM分野は未知の探求というよりも既知の研究結果の反復であると誤解する

学生も多く、学生にとってSTEM分野の魅力を半減させていた。

しかし、一方では、工学系の一部の教育課程において、学生の創造性を啓発するデザイン的な講座を大学1～2年生の間で実践してきた^{注3)}。これらの講座では、教室環境における発見を可能としており、真のSTEM経験や学びの強化を保証する意味でより広く実践すべき事例となっている。そこで、提言2を実現するために2つのアクションプランを図表3に示す。

3-4

数学教育に関する国家レベルでの取り組み（提言3）

数学やコンピュータ操作のスキルは、STEM分野に不可欠である。今日、大学に入学する多くの学生は、数学のスキルが不足しており、STEM分野の専攻を継続するためには、それを改めて学ぶ必要に迫られている。さらに、産業界・政府・軍部は、数学スキルを備えた雇用者を十分に見いだすことができないと指摘している。

図表2 提言1へのアクションプラン3項目

- [1]-1：エビデンスに基づく教育実践を行うことのできる現職および将来の教員を育成するため、分野に焦点を絞ったプログラムを創設する。そのプログラム実施のため、連邦政府機関・大学・学協会・そして財団は資金提供を行う。
- [1]-2：NSFにおいて、「STEM 機関トランスフォーメーションアワード」という競争的グラントを設立する。
- [1]-3：ナショナルアカデミーズに、STEM 教育を評価する指標を開発するよう求める。

出典：参考文献⁴⁾

図表3 提言2へのアクションプラン2項目

- [2]-1：NSF プログラムを通し、大学1～2年次の科学研究と工学デザインコースの利用を拡大させる。
- [2]-2：連邦政府研究資金の制限を緩和し、教育省プログラムを見直すことにより、教員の研究室における学生の研究・デザインの機会を拡大させる。

出典：参考文献⁴⁾

注3 デザイン思考教育の実例や重要性については、本誌2012年9・10月号（参考文献8）で指摘している。

米国の高等教育機関では、少なくとも年間52億ドルをこのスキル不足への対応教育に費やしている。

また、多くの数学の入門コースは、STEM分野は退屈でつまらないと言う印象を残し、とりわけ将来K-12の教員となる学生に悪影響を及ぼしている。このような数学的準備におけるギャップを埋めることは、最も緊急に解決すべき課題の一つである。

このギャップを縮めるためには、できるだけ早い学年、つまり初等・中等教育の段階から調和の取れた活動を始めることが効果的である。例えば、2010年9月に提出されたK-12 STEM教育に関するPCASTのレポート「準備し触発せよ：米国の未来のための科学技術工学数学における幼児教育—初等中等教育」においても、提言3に関わる幾つかの提言が述べられている。特に、STEM分野を専攻した少なくとも10万人の新たな中学高校教員の育成が求められ、オバマ政権は、この目標の実現を目指している。今後10年間で100万人のSTEM卒業生を追加輩出することで、STEM分野の教員の増加という目標に対して十分な効果をもたらす。

数学的準備のギャップを埋めるためには、その具体策の開発も重要である。特に、STEM専攻の

学生に対して、大学1～2年次の数学教育の最善の方法を調査することは必須である。先進的な数学教育コースの中には、これまでにその有効性を実証できているものがあり、成功している講座の特質や最善の実践例を普及させることも重要である。

PCASTは、2010年9月のレポート「準備し触発せよ…」で、次の2点を指摘している。

- (1) すべての教科と年齢にまたがる学習、教育と評価についての革新的技術とその技術のプラットフォームを開発する。
- (2) STEM教育に向けた効果的で統合化された、コース全体を網羅する教材を開発する。

これらの進展の多くは、K-12の教育ばかりでなく、それに続く大学1～2年次の教育においても有効活用されるであろう。数学教育に関する提言3に対するアクションプランを図表4に示す。

3-5

STEM キャリアへの 進路の多様化（提言4）

可能な人材を幅広く活用するためには、社会人や勤労学生など、これまでとは異なるバックグラウ

ンドの人々がSTEM研究分野に取り組めるような、新たな進路形態が必要である。STEM資格へ“パイプライン”のコンセプトによって幅広い人材を活用することである。2年制か4年制にかかわらずにすべての大学は、そのために連携することが求められる。あるいは、大学以外の機関との連携も必要である。その支援のためには、多様な機関による協調連携が求められる。提言4のアクションプランとして、次の4項目を示す（図表5）。

3-6

大統領STEM教育委員会の 創設（提言5）

中等教育後のSTEM教育に関する助言やリーダーシップを提供するために、大統領行政命令によって大統領STEM教育委員会を創設することを提言する。委員会は、STEM分野における人的資源を発展させ活用することに関係する、学術協会、専門学会、経済界、民間基金から幅広く委員を選出するべきである。

図表4 提言3へのアクションプラン1項目

[3]-1：NSF・労働省・教育省により行われる、学部数学教育に関する全国的な実験プログラムを通じた支援を実施する。

出典：参考文献⁴⁾

図表5 提言3へのアクションプラン4項目

- [4]-1：高校生向けの教育省夏期STEM学習プログラムに資金配分を行う。
- [4]-2：NSFプログラム、および範囲を拡大した労働省プログラムによって、2年制から4年制の高等教育機関への進路を広げる。
- [4]-3：成功するようなSTEMプログラムを支援するため公的部門と民間部門の連携を構築する。
- [4]-4：教育省や労働統計局から、STEM分野の学生・親・より幅広いSTEMコミュニティ、そして労働市場に提供されるデータを整備する。

出典：参考文献⁴⁾

4 我が国が参考にすべき提言内容

オバマ政権における米国では、科学技術人材育成に関する積極的な教育政策がとられており、PCAST レポートの提言も教育政策に反映されると予想される。米国と日本の状況は異なるため、PCAST レポートの提言がそのまま日本にあてはまるものではないものの、科学技術教育政策論議の必要性を含め、幾つかの参考にすべき点がある。以下では、その項目について述べる。

(1) 理工系教育の重要性の認識が共有されている

米国では、スプートニク・ショックなどの経験から、STEM 分野が「特別に重要な分野」であることを共通認識として持っているようである。その背景の下、レポートでは、STEM 学位取得者数が現状で推移した場合の社会に与える影響について根拠をもって示し、改革の必要性を説いている。一方、日本でも「理工系離れ」が指摘され、その重要性は理解されつつある。しかし、理工系分野が将来の社会にどのように貢献し、あるいは弱体化した場合にはどのような悪影響を及ぼすのかについて、一般社会の理解が得られるように、より明確な説明を行う努力を継続させる必要がある。

(2) STEM 学生の数値目標が掲げられている

レポートでは、将来必要となる労働人口の予測に基づき、輩出すべき STEM 学位取得者数を数値目標として示している。これは、教育政策と労働政策を融合させた国家戦略である。一方、日本における昨今の大学改革は、個々の大学で策定した課題・目標に向けた施策であり、国家戦略あるいは教

育政策として一つの目標に向かったものではない場合が多い。国家レベルでのミッションとそれに伴う戦略的改革の方向性の共有は非常に重要である。

(3) 既存の枠組みの最適化による「改革」を推進している

STEM 学位取得者を 100 万人増加させる方策としては、学部定員を増加させるなどの新しい枠組みの構築ではなく、卒業率を高めるといった既存の枠組みの有効活用が提言されている。これは、米国では科学技術政策が緊縮財政下にあることが背景であろう³⁾。一方、これまで改革と言えば新しい枠組みの構築を連想しがちである。しかし、例えば教育の質の改善など、内容の改革によって最大の効果が得られる仕組みを構築できる可能性は大きい。

(4) リソース提供方法の長期的展望を伴った改革案を提示している

レポートでは、改革に必要な資金供給方法を提案しているばかりか、その施策を継続実施するために必要となるリソースについても言及している。一方、日本の大学で実施されている様々な改革では、当初計画期間を終えた後の資金供給は考慮外となっている場合も多く、リソース不足による結果として当初期間終了後にその事業が縮小あるいは消滅し、定常化には至らないケースが残念ながら存在する。

(5) 改革成果の全国展開方法について考慮している

レポートでは、様々な改革の試みで得られた方法論を全米に展開する方策を重視している。日本の

大学でも非常に多くの改革が矢継ぎ早に試みられているが、それらは各大学が独自に検討して実施されている場合が多く、良い結果が全国展開される例は必ずしも多くない。良い施策を広く展開する方法の構築も重要である。

(6) 改革成果の評価方法の構築を重視している

PCAST の提言の一つとして、改革として試みた結果の「評価」やそのための「評価指標」の開発を目標の一つとしている。適切な「評価指標」の構築が最も難しく、かつ重要である。日本の大学でも様々な改革が実行されているが、その成果を客観的にきちんと評価できる手段を持たなければ、効率的かつ効果的な発展は望めない。

(7) 大学への入り口 (K-12) と出口 (産業界) との連携を重視している

大学における STEM 教育だけでなく、大学への入り口である K-12 教育や出口である産業界の意向までを考慮した一貫性のある教育を志向している。すなわち、米国では、大学を卒業後に STEM 労働力となり得る点を教育目標として強く意識している。日本でも、スーパーサイエンスハイスクールや高大連携事業などが積極的に推進されており、大学から見た入り口に対しては多くの対応がなされているものの、産業界のニーズに合致した教育カリキュラムを構成している例はあまり見あたらない。工学部卒業生の大多数の活躍の場が産業界であるならば、必要となる教育内容については産業界と摺り合わせるなど、連携が重要である。

5 まとめ

米国大統領に提出された PCAST のレポートを通して、米国における STEM 教育戦略を紹介した。日本と米国では背景が異なるが、提言として記述された内容は科学技術人材育成の観点で重要な知見を含んでおり、参考になる点も多い。特に、米国では STEM という

特別な分野の重要性が共通認識として存在することは、科学技術人材育成を実行する上で強力な推進力になると考えられる。一方、我が国では大学設置基準の見直しの必要性が指摘されるなど、大学など高等教育機関の有り様が問われている。今後、科学技術立国

としての優位性を堅持するためには、どのような基礎分野を特に強化すべきであるか、あるいはどの程度の人材数の育成が必要かなどについて、教育と雇用の広い視点から議論を行い、それらを実現させて行くことが重要と筆者は考える。

付録1 PCAST レポートにおけるアクションプランの詳細

■アクションプラン [1]-1：エビデンスに基づく教育実践を行うことのできる現職および将来の教員を育成するため、分野に焦点を絞ったプログラムを創設する。そのプログラム実施のため、連邦政府機関・大学・学協会・そして財団は資金提供を行う。

今後5年間で以降に渡り、全国23万のSTEM教員のうち10%から20%程度の教員を対象として、開発した教育プログラムを展開すべきである。その際、多様な背景をもつ様々な学問分野の教員を対象とすべきである。これまでの知見から、訓練された一人の教員は他の10人の教員にその影響を及ぼすと期待されることから、一部分の教員を対象としたプログラムの実践によって、十分な数のSTEM教員に新たな教育方法を普及することが可能となる。さらに、STEM教員の約10%は大学1～2年生に対する入門コースを担当しているため、STEM教員の10%から20%に展開するという目標は、大学1～2年生の教育を担当している大多数の教員を教育することを意味する。そのため、今後5年間で、毎年合計1,000万から1,500万ドルを費やし、23,000から46,000名のSTEM教員を教育することが必要となる。この教育に必要な資金は、連邦政府プログラム、学会、基金などの協調によって賄うべきである。さらに、連邦研究機関は、連邦教育助成金によって支援を受けているすべての大学院生やポスドクを対象に、将来の教員養成を目的とした最新の教授方法の教育を受けさせることを目指すべきである。

■アクションプラン [1]-2：NSFにおいて、「STEM 機関トランスフォーメーションアワード」という競争的グラントを設立する。

新規設立する競争的助成金プログラムは、教育改革を促進するためにインセンティブを与えたものとし、2年から4年の制度として設計すべきである。さらにその助成金によって、模範的なプログラムの支援や成功している事例の普及を支援すべきである。助成プログラムは年間2,000万ドルの資金援助を行うべきであり、これにより約100の複数年プロジェクトが5年間に渡り総額平均100万ドルの支援が受けられる。

■アクションプラン [1]-3：ナショナルアカデミーに、STEM教育を評価する指標を開発するよう求める。

このレポートで述べられた施策の進捗を評価するためには、大学、資金提供者、学生や認定機関が、STEM教育における優劣を測ることのできる評価基準を共有することが必要となる。NSFと教育省は、ナショナルアカデミーに対して教員の教育実践と学生の学習向上を奨励するため、エビデンス

によって裏打ちされた評価指標を開発することを求めるべきである。

■アクションプラン [2]-1: NSF プログラムを通し、大学 1~2 年次の科学研究と工学デザインコースの利用を拡大させる。

NSF は、模範的なデザイン講座を普及させるための初期投資を行うべきである。現在、STEM 専門分野に関連した既存の助成金プログラムの約 30%、年間総予算約 1,250 万ドルが 2 年次以降の専門分野研究コースの実践への資金援助に集中している。そこで、それら既存の助成金プログラムを援用し、平均レベルで 1,200 万ドル、年間で約 10 の提案の助成により、今後 10 年間で 100 キャンパスに影響を与えることができる。また、一度講座を立ち上げる事ができれば、継続的な外部支援は不要である。

■アクションプラン [2]-2: 連邦政府研究資金の制限を緩和し、教育省プログラムを見直すことにより、教員の研究室における学生の研究・デザインの機会を拡大させる。

専門分野のプロジェクトなど、個々の研究を通して現実的な発見や革新を経験し、STEM 課題から強い刺激を受けることができるよう改善すべきである。その目的のため、学部生の研究を支援するためのプログラムを調査し、学生の研究への早期の取り組みの支援を行うべきである。

■アクションプラン [3]-1: NSF・労働省・教育省により行われる、学部数学教育に関する全国的な実験プログラムを通じた支援を実施する。

NSF、労働省、教育省は、STEM 専攻を目指している多くの学生が抱えている数学的なボトルネックを取り除くための発展的な新しいアプローチを開発するため、マルチキャンパスでの 5 年間の先導的な試みを支援すべきである。この全国的な試みでは、次のような多様なアプローチの助成をすべきである。

- (1) 大学に入学する高校生を対象とした、夏期やその他における橋渡しのプログラム
- (2) カレッジにおける学生向けの、コンピュータ技術の活用を含んだリメディアルコース
- (3) 物理、工学、コンピューターサイエンスなど、数学に密接した分野の教職員によって開発／教育される数学カリキュラム
- (4) 数学以外の数学集中型分野における学部あるいは大学院プログラムによって、K-12 の数学教員を輩出する新しいパイプライン

多様なタイプの学生や学校への影響度を評価するために、その試みには多様な制度が含まれていなければならない。成果の評価は、参加したキャンパスと助成団体との共同作業によって実施されるべきである。

助成金の平均が 50 万ドル程度である約 200 の実験的試みを、全国的な制度で支援するべきである。これにより、5 年間に渡って年間総額 2 億ドルが支援される。数学的準備の問題への対応は、中等教育後の学習分布を変化させるので、多様な制度による実験を支援するためには、多様な財源が必要である。今後の 5 年間に於いて、これらの支援助成金は、教育省、労働省、NSF の既存のプログラムを戦略的に活用し、数学に焦点を当てるなどして得ることができる。

■アクションプラン [4]-1: 高校生向けの教育省夏期 STEM 学習プログラムに資金配分を行う。

教育省は、今後成長が期待される高校 2 年生や 3 年生向けに、数学の導入手ほどきや STEM 経験を伝えることを目的とした夏期学習プログラムを本格的に展開すべきである。また、そのプログラムは、連邦政府と関連団体の連携によって資金助成されるべきである。

■アクションプラン [4]-2：NSF プログラム、および範囲を拡大した労働省プログラムによって、2 年制から 4 年制の高等教育機関への進路を広げる。

4 年制のコミュニティカレッジの学生に STEM 経験を提供することによって、理工系学部との関係の構築を促すことができる。さらに、2 年制大学から 4 年制大学への進路の敷居を低くすること、あるいは学位取得に新たに 4 年間をかけたくない学生に対しても STEM に関する経験を提供することにつながる。

■アクションプラン [4]-3：成功するような STEM プログラムを支援するため公的部門と民間部門の連携を構築する。

学生の STEM 分野への準備状況を強化するために、連邦政府は高校と大学、および 2 年制あるいは 4 年制の大学との間の連携を強化することが必要である。そして、そのプログラムは、標準的な学習であること、および産業界が必要としているスキルと一致した内容であることが必要である。

■アクションプラン [4]-4：教育省や労働統計局から、STEM 分野の学生・親・より幅広い STEM コミュニティ、そして労働市場に提供されるデータを整備する。

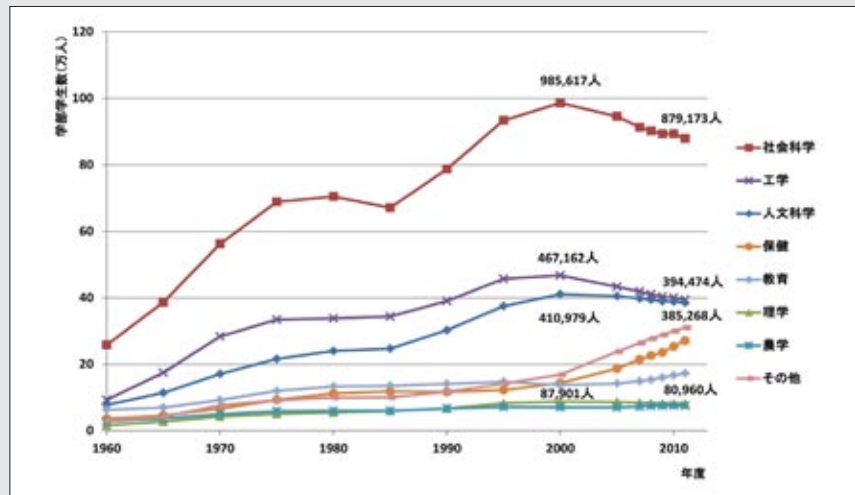
STEM キャリアへの進路を普及促進するために、STEM 関連職業に関する現状のデータを公開する必要がある。現状では、STEM 労働者のスキルや選択枝、あるいはその可能性に関するデータが不足している。

付録 2 日本の学生数の推移

図表 1 に日本の大学学部学生数の推移をまとめる。工学部学生数は 2000 年（467,162 人）をピークに、2011 年には 394,474 人と約 7 万人（△ 15.5%）減少している。理学部が 87,901 人（2000 年）から 80,960 人（2011 年）と約 7,000 人（△ 7.8%）の減少であることと比較すると、理系においても工学部の学生数の減少は著しい。また、人文科学は 410,979 人（2000 年）から 385,268 人（2011 年）と約 26,000 人（△ 6.2%）の減少、社会科学は 985,617 人（2000 年）から 879,173 人（2011 年）と約 106,000 人（△ 10.8%）の減少であることと比較しても、工学分野の減少率は大きい。結果として、工学部の学生数は人文科学分野の学生数に近い人数になっている。1990 年頃までは工学部学生数が人文科学分野に比較して約 10 万人多かったことを考えると、近年の工学部離れの大きさがわかる。この減少傾向は、日本の人材育成戦略としての結果ではなく、志願者数の低下などの影響から私立大学などにおいて学生募集人員を減少させた影響が大きいと考えられる。

1957 年のスプートニク・ショックを契機として、日本でも工学系の学生数を大幅に増大させた。その結果として高度経済成長期における製造業の発展に大きく寄与し、世界における優位性を実現した。これは、我が国の工学分野の人材育成戦略の成功例であろう。しかしながら、工学系学生数の減少傾向が続き、科学技術人材の裾野が狭まった結果として産業界に悪影響を及ぼすことは避けなければならない。これに対して、PCAST レポートの主眼は、今後も市場が拡大すると考えられるエンジニアリングやヘルスケアなどの重要分野の労働人口を増やすために、卒業生数および学習到達度について STEM 教育を充実させることにある。日本の状況は米国と異なっており、必ずしも米国に追随する必要は無いものの、理工学系など各分野の適切な学生数あるいは学習到達度をどのように考え計画するかは、今後の科学技術人材育成を成功裏に実現する上で重要な観点であろう。

図表6 日本の大学学部学生数の推移



参考文献⁹⁾を基に科学技術動向研究センターにて作成

参考文献

- 1) バラク・オバマ, 米国、私のビジョン, CNN, 2012 : <http://www.cnn.co.jp/usa/35024001.html>
- 2) 和田恭, 米国の教育情報化に関する動向について, ニューヨークだより, 2012年8月
- 3) 遠藤悟, 緊縮財政下における米国の科学技術政策: 2012年 AAAS 科学技術政策年次フォーラム報告, 科学技術動向, 2012年7・8月号, p.31-43
- 4) REPORT TO THE PRESIDENT, ENGAGE TO EXCEL: PRODUCING ONE MILLION ADDITIONAL COLLEGE GRADUATES WITH DEGREES IN SCIENCE, TECHNOLOGY ENGINEERING, AND MATHEMATICS, FEBRUARY 2012 :
<http://www.whitehouse.gov/administration/eop/ostp/pcast/docsreports> (PCAST 出版物のページ), または
http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast-engage-to-excel-final_2-25-12.pdf (報告書本文, PDF)
- 5) 文部科学省, 大学分科会 (第109回)・大学教育分科会 (第21回) 合同会議配付資料, 2012年8月 :
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo4/siryo/1324511.htm
- 6) 文部科学省, 大学院部会 (第60回) 配付資料, 2012年4月 :
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo4/004/gijiroku/1321647.htm
- 7) 産学協働人材育成円卓会議, アクションプラン〜日本復興・復活のために〜, 2012年5月
- 8) 黒川利明, 大学・大学院におけるデザイン思考 (Design Thinking) 教育; 科学技術動向 2012年9・10月号, p.10-23
- 9) 文部科学省, 文部科学統計要覧 (平成24年版) :
http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/002/002b/1323538.htm, 2012年

執筆者プロフィール



千田 有一

科学技術動向研究センター 客員研究官
信州大学工学部 教授
<http://soar-rd.shinshu-u.ac.jp/profile/ja.uNApbpkh.html>

専門は制御工学。運動物体やシステムを自由自在に操るために必要な、モデリング、状態推定、制御理論に関連する研究開発に興味を持つ。民間企業の経験から、色々な意味での産学連携が重要だと考えている。