



Science & Technology Trends

# 科学技術動向

**12**  
2013  
No.141

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

- p 3      **新たな天然ガス高度利用技術の動向**
  
- p 9      **Technology Pioneers 2014に選ばれた世界のベンチャー企業**
  
- p16      **各国の地球観測動向シリーズ (第6回)  
カナダの地球観測活動の方向性  
—Cバンド合成開口レーダと画像処理手法の融合による地球観測画像の多角的応用—**



本文は p.3 へ

## 新たな天然ガス高度利用技術の動向

天然ガス、特にシェールガスは、石炭に比べて大気汚染物質や二酸化炭素の排出量が低いことから、非在来型のエネルギーとして注目されている。米国において、技術革新により 2000 年代後半からシェールガス生産量が急増し、世界的なエネルギー需給の見通しや、今後のエネルギー資源開発の方向性に大きな影響を与えている。我が国に存在する非在来型天然ガスのコールベッドメタンやメタンハイドレートの増進回収法は、地球温暖化対策に寄与する二酸化炭素貯留・固定技術としても期待されている。天然ガスの生産量拡大を背景に、天然ガスから液体燃料を製造する技術は、石油代替技術として重要な役割を担っている。国内でも、生物学や環境科学の領域で関連研究が行われているが、今後は、エネルギー生産の観点からこれらの研究を推進していく必要がある。

本文は p.9 へ

## Technology Pioneers 2014 に選ばれた世界のベンチャー企業

世界経済フォーラムは、2013 年 8 月に「Technology Pioneers 2014」として、日本企業 1 社を含む 36 社のスタートアップ段階のベンチャー企業を選定した。教育関連や遺伝子診断・治療の複数企業も選ばれ、技術の完成度とともにその多様性も増している。過去に選ばれた企業を含め、国籍は米国が 6 割と多く、しかもマサチューセッツ州とカリフォルニア州とに集中している。また、ベンチャー企業を育てる上でも重要な役割を果たしているベンチャー・キャピタルからの選定委員が多くなったのも今年の特徴である。日本のベンチャー企業も、その選定基準を参考にして Technology Pioneers を目指すことは、世界に羽ばたくチャンスとなるので、大きな意義がある。さらに、海外のベンチャー・キャピタルから継続的に投資してもらえらるポテンシャルを持つことが重要であり、起業家はグローバル市場を見据えるとともに、海外へのアピールが必要となる。文部科学省は、START 等の新支援プログラムを開始しており、今後の進展と成果も注目される。

本文は p.16 へ

## 各国の地球観測動向シリーズ (第 6 回) カナダの地球観測活動の方向性 —C バンド合成開口レーダと画像処理手法の融合による 地球観測画像の多角的応用—

カナダの地球観測活動の特徴は、現在 1 機しか保有していないレーダ衛星を多角的に活用していることである。その基礎となる技術は、悪天候でも夜間でも観測できる合成開口レーダ (SAR) の多様な観測能力と画像処理ソフトウェアの組合せである。特に周波数帯が C バンドのマイクロ波を利用する合成開口レーダは、海洋や氷原などの監視に適しており、植生マッピングや災害救助支援などにも利用できる。カナダ宇宙庁 (CSA) はカナダ天然資源省や水産海洋省などと連携して、さまざまな分野でレーダ衛星の応用システムを開発している。今後の地球観測に向けて、1 日でカナダ全域を観測可能にするレーダ衛星 3 機のコンステレーションや、北極地域の気象を常時観測可能にする 2 機の衛星の開発を行っている。さらに船舶自動識別システム (AIS) による現場データと合成開口レーダによる物体識別を組み合わせることにより、カナダは海上の安全確保や違法行為防止に役立つ海洋監視システムを構築しようとしている。将来的には、日本とカナダの間で相互に SAR データを提供するようになることが期待される。

# 新たな天然ガス高度利用技術の動向

古川 貴雄

## 概要

天然ガス、特にシェールガスは、石炭に比べて大気汚染物質や二酸化炭素の排出量が低いことから、非在来型のエネルギーとして注目されている。米国において、技術革新により 2000 年代後半からシェールガス生産量が急増し、世界的なエネルギー需給の見通しや、今後のエネルギー資源開発の方向性に大きな影響を与えている。我が国に存在する非在来型天然ガスのコールベッドメタンやメタンハイドレートの増進回収法は、地球温暖化対策に寄与する二酸化炭素貯留・固定技術としても期待されている。天然ガスの生産量拡大を背景に、天然ガスから液体燃料を製造する技術は、石油代替技術として重要な役割を担っている。国内でも、生物学や環境科学の領域で関連研究が行われているが、今後は、エネルギー生産の観点からこれらの研究を推進していく必要がある。

**キーワード：**シェールガス，コールベッドメタン，メタンハイドレート，天然ガス変換技術

## 1 はじめに

科学技術イノベーション総合戦略（平成 25 年 6 月 7 日 閣議決定）では、クリーンで経済的なエネルギーシステムの実現が挙げられている。日本再興戦略（平成 25 年 6 月 14 日 閣議決定）では、2030 年のあるべき姿として、変わりゆくエネルギー情勢の中で、低廉な価格で必要なときに必要な量のクリーンなエネルギーを安心して利用できる社会の実現が掲げられている。

石炭に比べて大気汚染物質や二酸化炭素の排出量が低いことから、天然ガス、特にシェールガスが非在来型のエネルギーとして注目されている。シェールガスの豊富な賦存量は以前から知られていたが、これまでに経済性の問題から開発・生産は進展していなかった。米国において、技術革新により 2000 年代後半からシェールガス生産量が急増し、2012 年には米国の天然ガス生産量の 30% をシェールガスが占めるようになった。シェールガス増産を始めとする天然ガス生産量の増加により、

2009 年から米国の天然ガス生産量はロシアを越えて世界最大となっている。今後は、石油から天然ガスにシフトすることが見込まれ、従来の世界的なエネルギー需給の見通しやのエネルギー資源開発の方向性が大きく変化しつつある。

本稿では、天然ガスシフトを促進する要因となったシェールガス等の非在来型天然ガス開発技術を概観し、天然ガスシフト後に影響が大きい技術として期待される米国エネルギー省が取り組む ARPA-E（Advanced Research Projects Agency-Energy）の研究動向を紹介する。

## 2 在来型・非在来型天然ガスとは

図表 1 に在来型・非在来型天然ガスの特徴を示す。非在来型天然ガスの賦存量は在来型天然ガスよりも多いことが知られているが、地中での流動性が低いいため回収が技術的に難しい。そのため天然ガス

図表1 在来型・非在来型天然ガスの種類と特徴

種類		特徴
在来型ガス		浸透率の高いガスの流れやすい岩石層に蓄積されている天然ガス。
非在来型ガス	タイトガス	浸透率の低い周密な砂岩層に蓄積されている天然ガス。 浸透率(ガスの流れやすさ)は在来型天然ガスよりも低い。
	コールベッドメタン	石炭層に蓄積されているメタンガス 浸透率は在来型天然ガスよりも低くタイトガスと同等。
	シェールガス	<small>けつがん</small> 頁岩(シェール)層に蓄積されている天然ガス。頁岩は堆積岩の一つで、泥が固結した岩石のうち、薄くはげる性質のあるものを指す。 浸透率はタイトガス・コールベッドメタンよりも低い。
	メタンハイドレート	低温高圧条件化でメタンが水分子に囲まれた構造の固体結晶。永久凍土の地下数100mの地層や海底500m以上の深海に存在。 浸透率はシェールガスよりもさらに低い。

の中では低品質資源とされている。

的回収可能量は、経済性が考慮された可採埋蔵量よりも大きく評価される点に注意を払う必要がある。

## 2-1 在来型・非在来型天然ガスの分布

図表2に在来型・非在来型ガスの地域別技術的回収可能量を示す。在来型天然ガスは東欧州・ユーラシア地域と中東地域に多く存在するが、非在来型天然ガスはアジア・太平洋地域と北米地域に多く存在している。図表3には、非在来型ガスの種類別・地域別の技術的回収可能量を示す。非在来型天然ガスではシェールガスが最も多く、アジア・太平洋地域と北米地域に多く分布していることがわかる。国別では、シェールガス技術的回収可能量は米国が最も多く、中国、アルゼンチン、アルジェリア、カナダ、メキシコ、オーストラリア、南アフリカ、ロシア、ブラジルがこれに次いで多い<sup>1)</sup>。ただし、技術

図表2 在来型・非在来型天然ガスの地域別技術的回収可能量[兆m<sup>3</sup>](2011年末)

地域	在来型	非在来型
東欧州/ユーラシア	131	43
中東	125	12
アジア・大洋州	35	93
北米	45	77
アフリカ	37	37
中南米	23	48
欧州	24	21
世界	421	331

出典：参考文献2を基に科学技術動向研究センターにて作成

## 2-2 生産量の拡大が見込まれる非在来型天然ガス

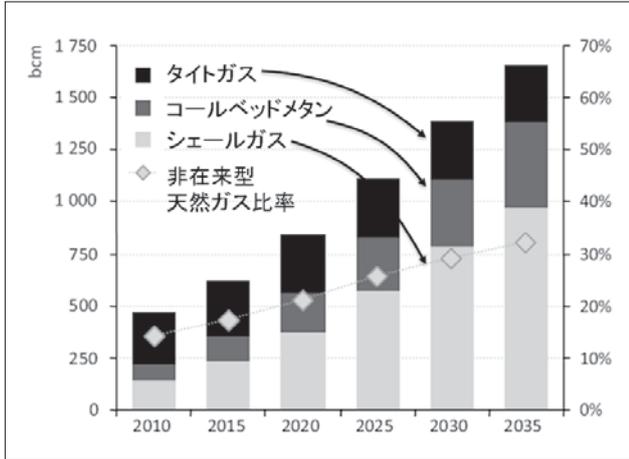
今後は、石炭よりも大気汚染物質や二酸化炭素排出量の少ない天然ガス需要の増加が見込まれている。在来型・非在来型を合わせた天然ガスの一次エネルギー消費量は、2010年の2,700 Mtoe(100万石油換算トン)から2035年には4,228 Mtoeに増加すると推計されている。図表4に示すように2035年には、非在来型天然ガスの在来型天然ガスに対する比率が30%を越え、種類別では、シェールガスの比率が高くなると予測されている。

図表3 非在来型天然ガスの種類別・地域別の技術的回収可能量[兆m<sup>3</sup>](2011年末)

地域	シェールガス	タイトガス	コールベッドメタン
東欧州/ユーラシア	12	10	20
中東	4	8	-
アジア・大洋州	57	20	16
北米	56	12	9
アフリカ	30	7	0
中南米	33	15	-
欧州	16	3	2
世界	208	76	47

出典：参考文献2を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表4 非在来型天然ガスの生産量と将来推計 [10 億 m<sup>3</sup>]



出典：参考文献2を基に科学技術動向研究センターにて作成

## 3 非在来型天然ガスの生産技術

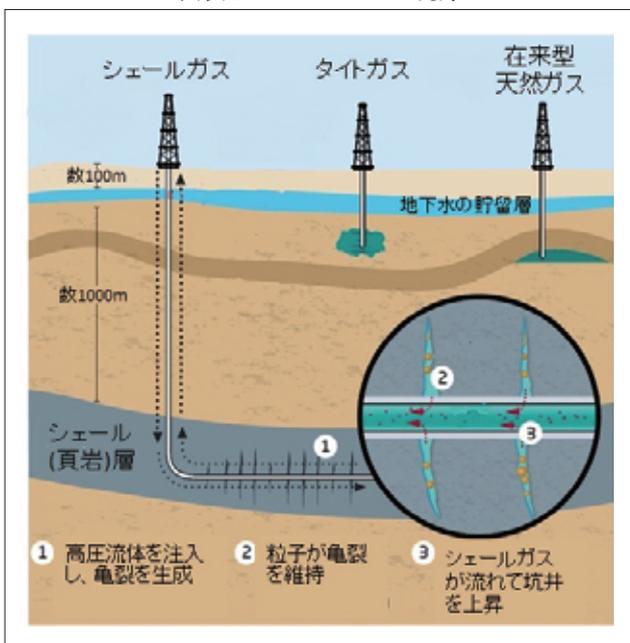
### 3-1 シェールガスの生産技術

シェールガスの開発・生産が拡大した技術的な要因として、図表5に示す採掘のための「水平坑井掘削」と「水圧破碎」、効率的な採掘に不可欠な「地中のイメージング技術」の実用化が挙げられる<sup>3,4)</sup>。

#### (1) 水平坑井掘削

坑井制御、坑壁との摩擦低減、掘屑の排出など垂直坑井よりも高度な技術が必要である。

図表5 シェールガス坑井



出典：参考文献5を基に科学技術動向研究センターにて作成

#### (2) 水圧破碎

坑井内に注入した流体に高圧をかけ、坑井付近の頁岩を人工的に破壊する技術が、ガスの採取には不可欠である。水圧破碎により生成された亀裂の部分がガスの流路となり、坑井の生産能力は向上する。生成された亀裂は徐々に閉じることから、粒状の物体を亀裂に注入してガスの流路を確保する必要がある。

#### (3) 地中のイメージング技術

亀裂生成時に発生する微小な地震波を観測し、地下の亀裂の状態を把握するマイクロサイスミック技術の進歩により、水圧破碎の高度化に寄与した。

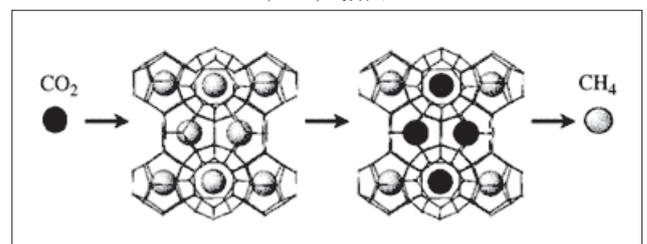
### 3-2 コールベッドメタンの増進回収法

コールベッドメタンでは、石炭化の過程で生成されたメタンが、石炭層にある数 nm オーダーの孔隙表面にファンデルワールス力によって吸着されている。石炭への吸着性がメタンよりも二酸化炭素が高いことを利用して、炭鉱の石炭層に二酸化炭素を圧入することによりメタンを増産する手法がある。このメタン増進回収法は既存炭鉱を利用した二酸化炭素の回収・貯留技術 (Carbon Dioxide Capture and Storage : CCS) として注目されている<sup>6,7)</sup>。

### 3-3 メタンハイドレートの増進回収法

永久凍土の地下数 100 m の地層や海底 500 m 以上の深海といった低温高圧条件下に存在するメタンハイドレートは、図表6のように籠状の水分子にメタンが囲まれて固定された構造となっている。メタンハイドレート層に二酸化炭素を圧入して、ゲスト分子をメタンから二酸化炭素に置換すれば、メタン回収時に二酸化炭素を安定な状態で地中に固

図表6 メタンハイドレートへの二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) 圧入によるメタン (CH<sub>4</sub>) 抽出



出典：参考文献9

定できる<sup>8)</sup>。メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアムは、メタンハイドレート層への二酸化炭素を圧入するフィールド実験を進めている<sup>10)</sup>。メタンハイドレートの表層部分だけでなく内部のメタンを二酸化炭素に置換する技術や、温室効果係数の高いメタンの大気中への漏洩防止といった技術課題はあるが、地球温暖化対策に寄与する商業的な非在来型天然ガスの生産技術として商業化が期待される。

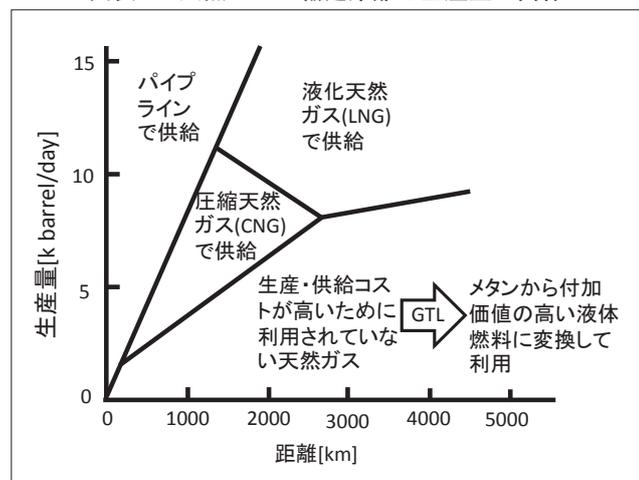
## 4 天然ガス変換技術の研究

### 4-1 Gas To Liquid : GTL 技術とその動向

天然ガス(メタン)からナフサ、灯油、軽油といった液体炭化水素を製造する技術は Gas To Liquid : GTL と呼ばれる。GTL では、メタンと水蒸気を反応させて一酸化炭素と水素が混合された合成ガス(Syngas)を生成し、Fischer-Tropsch 合成により液体炭化水素(炭素数 C5~100)を得る。最終的には、水素化分解により炭素数の少ないナフサ(C5~10)、灯油(C10~14)、軽油等(C14~20)を製造する。

すでに、Shell や南アフリカの Sasol といった企業によりカタール、マレーシア、南アフリカで商用 GTL プラントが稼動しており、米国でもシェー

図表7 天然ガスの輸送距離と生産量の関係



出典：参考文献 12 を基に科学技術動向研究センターにて作成

ルガスを用いた GTL プラントが計画されている。我が国でも、2006年に設立された日本 GTL 技術研究組合<sup>注)</sup>によって実証プラントが建設・運用され、インドネシアの Pertamina 社、ベトナム石油公社と共同プロジェクトが進められている<sup>11)</sup>。

図表7に示すように天然ガスの供給方法は、消費地までの距離と生産コストに対応する生産量の関係から、パイプライン、圧縮天然ガス(CNG)、液化天然ガス(LNG)から選択される。GTL 技術により天然ガス(メタン)から付加価値の高い液体燃料を製造すれば、これまでは生産・供給コストといった経済性の問題から利用されていなかった未利用天然ガスを有効利用できる。

### 4-2 ARPA-E における天然ガス変換技術の研究

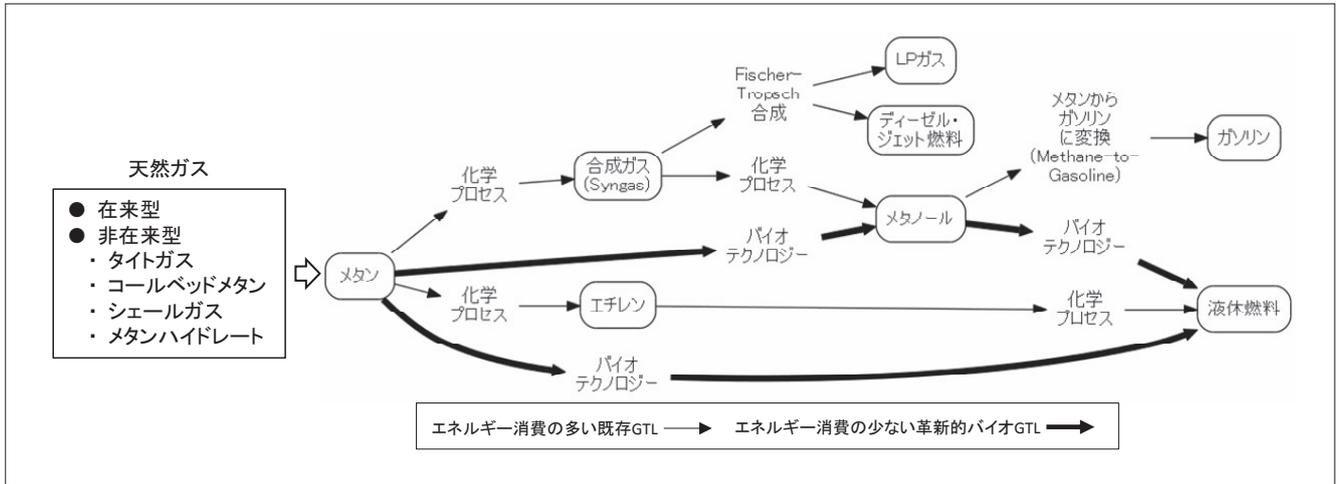
米国エネルギー省の ARPA-E では、経済性の高い革新的な天然ガス変換技術に関する研究プログラムを進めている<sup>12)</sup>。図表8に示すように、既存の GTL 技術では、メタンから Syngas を生成し、Fischer-Tropsch 合成により LP ガスやディーゼル・ジェット燃料を生産する。しかし、液体燃料の生産工程において膨大なエネルギーが消費されるという問題があり、大型 GTL プラント構築にも莫大な投資が必要になる。それに対して、ARPA-E の研究プロジェクトでは、メタン酸化菌等のバイオテクノロジーを応用して、メタンからメタノールや液体燃料に直接変換する技術の実現を目指している。これらの技術が実現されると、従来の GTL プラントのように膨大なエネルギーを消費することなく、在来型天然ガスや非在来型天然ガスのシェールガスやメタンハイドレートから、エネルギー密度が高く、貯蔵・可搬性の面で付加価値の高い液体燃料を生産することができる。

## 5 まとめと提言

世界的な人口増加や新興国・途上国における経済成長によるエネルギー消費の増加により、石炭から大気汚染物質や二酸化炭素の排出量の少ない

注 日本 GTL 技術組合は 2012 年 8 月 31 日に解散し、2012 年 10 月 1 日に後継組織として JAPAN-GTL コンソーシアムが設立された。

図表8 既存GTL技術とARPA-Eにおける革新的バイオGTLの研究



出典：参考文献12を基に科学技術動向研究センターにて作成

天然ガスへのシフトが進むと見込まれている。国内に存在するコールベッドメタンやメタンハイドレートを開発すれば、非在来型天然ガスの供給だけでなく、二酸化炭素回収・貯留技術として地球温暖化対策に寄与することも期待される。ただし、かつてのシェールガス開発のように、経済性の問題から商業生産に至らなかった事例もあるため、今後は、在来型エネルギーとの競合を含めて経済性を評価しながら、生産コストを低減するブレイクスルー技術につながる研究開発を推進していく必要がある。

天然ガス生産量の拡大を背景に、天然ガスから液体燃料を製造するGTL技術は石油代替技術として重要な役割を担っている。しかし、既存の化学プロセスによるGTL技術では、エネルギー消費が大きくプラントの建設費用も高額になるという問

題がある。海外から天然ガスを輸入し、将来はメタンハイドレートの商業生産が期待される我が国にとって、本稿で紹介したエネルギー消費の少ない革新的バイオGTL技術は、天然ガス（メタン）を付加価値の高い液体燃料に変換する重要な技術であるため、研究開発の動向を注視すべきである。（独）科学技術振興機構（JST）の戦略的創造研究推進事業では、藻類・水圏微生物の光合成を利用した液体燃料生産について先進的なバイオテクノロジー研究が進められている。国内でも、革新的バイオGTL技術に関係するメタン酸化菌の研究は多くの大学や公的研究機関等で行われているが、これまでは生物学の微生物研究や環境科学の土壌研究の領域に留まっており、今後はエネルギー生産の観点からこれらの研究を推進していく必要がある。

## 参考文献

- 1) Energy Information Administration (EIA) (2013). Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources : An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States, U.S. Department of Energy.
- 2) International Energy Agency (IEA) (2012). Golden Rules for a Golden Age of Gas : World Energy Outlook Special Report on Unconventional Gas, OECD/IEA.
- 3) 伊原 賢 (2010). シェールガスの広がり, 石油・天然ガス資源情報, 2010年2月12日.
- 4) 伊原 賢 (2011). 水圧破碎技術の歴史とインパクト, 石油・天然ガスレビュー, 45 (3), 17-30.
- 5) Aldhous, P. (2012). Drilling into the Unknown, New Scientist, 213 (2849), 8-10.
- 6) 有村 俊秀, 前田 征児, 和田 潤, 浦島 邦子 (2011) 排出量取引を利用した二酸化炭素回収・貯留技術の促進について, 科学技術動向, No. 120, 20-32. <http://hdl.handle.net/11035/2224>
- 7) 松原 修, 小西 祐作 (2008) コールベッドメタンの埋蔵量評価手法および開発・生産技術, 石油・天然ガスレビュー, 42 (6), 19-30.
- 8) Ohgaki, K., Takano, K., Sangawa, H., Matsubara, T., Nakano, S. (1996). Methane Exploitation by Carbon Dioxide from Gas Hydrates—Phase Equilibria for CO<sub>2</sub>-CH<sub>4</sub> Mixed Hydrate System—. Journal of Chemical Engineering of Japan, 29

- (3), 478-483.
- 9) Aldhous, P. (2012). Drilling into the Unknown, New Scientist, 213 (2849), 8-10.
- 10) 増田 昌敬, 安江 正宏, 長尾 二郎, 赤坂 千寿 (2013). CO<sub>2</sub> 圧入によるメタンハイドレート層からの増進改修法, 平成 25 年度石油技術協会春季講演会シンポジウム・個人講演要旨集, 82-82.
- 11) 末廣 能史, 片倉 和人 (2013) 国産 GTL 技術開発の現状と今後について—JAPAN-GTL で資源獲得を目指す—, 石油天然ガスレビュー, 47 (1), 1-22.
- 12) ARPA-E, Natural Gas Conversion Technologies Workshop,  
<http://arpa-e.energy.gov/?q=arpa-e-events/natural-gas-conversion-technologies-workshop>

..... 執筆者プロフィール .....



**古川 貴雄**

科学技術動向研究センター 上席研究官

博士(工学)。ITベンチャー企業でコンピュータグラフィックスを用いた設計支援システム、実時間動画画像処理を応用したアプリケーションの研究開発に従事し、2009年より現職。

# Technology Pioneers 2014 に選ばれた世界のベンチャー企業

市口 恒雄

## 概要

世界経済フォーラムは、2013年8月に「Technology Pioneers 2014」として、日本企業1社を含む36社のスタートアップ段階のベンチャー企業を選定した。教育関連や遺伝子診断・治療の複数企業も選ばれ、技術の完成度とともにその多様性も増している。過去に選ばれた企業を含め、国籍は米国が6割と多く、しかもマサチューセッツ州とカリフォルニア州とに集中している。また、ベンチャー企業を育てる上でも重要な役割を果たしているベンチャー・キャピタルからの選定委員が多くなったのも今年の特徴である。日本のベンチャー企業も、その選定基準を参考にしてTechnology Pioneersを目指すことは、世界に羽ばたくチャンスとなるので、大きな意義がある。さらに、海外のベンチャー・キャピタルから継続的に投資してもらえるポテンシャルを持つことが重要であり、起業家はグローバル市場を見据えるとともに、海外へのアピールが必要となる。文部科学省は、START等の新支援プログラムを開始しており、今後の進展と成果も注目される。

**キーワード：**世界経済フォーラム、スタートアップ、イノベーション、技術革新、ベンチャービジネス

## 1 はじめに —Technology Pioneers Programme—

各界のリーダーの連携により世界情勢の改善を目指す独立国際機関「世界経済フォーラム」<sup>1)</sup>の本部はスイスに置かれており、ダボスで開催される年次総会が有名である。世界経済フォーラムは、世界各国の競争力を毎年発表しており、2013年の日本の総合ランキングは9位でイノベーションランキングは5位である<sup>2)</sup>。平成25年6月に閣議決定した日本再興戦略-JAPAN is BACK-(以下、再興戦略)では、このイノベーションランキングを「今後5年以内に世界第1位にする」ことを、科学技術イノベーションの推進の目標としている<sup>3)</sup>。また、ベンチャー企業の重要性も認識されており、ビジネス環境の改善や、資金供給の大幅拡大も盛り込まれている。

世界経済フォーラムの活動の1つに、「Technology Pioneers Programme」があり、毎年20社から30社程度のスタートアップ企業の革新的技術を

Technology Pioneersとして選定している。2013年8月に、世界経済フォーラムは、「Technology Pioneers 2014」として36社のスタートアップ企業を選定した<sup>4)</sup>。その中に、ロボットスーツ「HAL™」を開発した日本の大学発ベンチャー企業Cyberdyne社や、スタンフォード大学発の教育関連ベンチャー企業も選ばれ、技術の完成度とともに社会貢献の面からの多様性も増している。また、ゲノムや遺伝子診断関連の企業も複数社選定された。

過去にTechnology Pioneersに選ばれた企業には、Google、Mozilla、Infosys、Twitter、PayPal、DropBox、23andMe、Mint、Playfishなどがあり、今では世界に名が知られた企業も多い。日本からは、2009年に「Lifewatcher」の開発によりMobile Healthcare社が選ばれ、今回のCyberdyne社が2社目となる。

## 2 選定基準および選定方法

Technology Pioneers の選定基準は、図表1に示した5条件である。また、世界経済フォーラムの会員企業およびその子会社でないことも条件となっている。

Technology Pioneers 2014 の選定には、世界各国の民間企業、投資会社、大学などから97名の選定委員が任命された。日本からは、日

産自動車(株)、武田薬品工業(株)および慶応義塾大学の4名が任命された。外国政府関連機関については、カナダの Science, Technology and Innovation Council (STIC) および韓国の Korean Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) の選定委員が含まれる。また、米国のベンチャー・キャピタル Sequoia Capital、Founders Fund、Andreessen Horowitz、Flagship Ventureをはじめ、世界のベンチャー・キャピタルからも委員が選ばれており、前回より大きく増えて、17社20名となった。

図表1 選定基準における5条件

革新性 (イノベーション)	従来技術の延長でないこと。最近の起業であり研究開発に十分投資していること。
インパクトの大きさ	ビジネスと社会に対して大きな長期的インパクトを与えること。
成長性と持続性	明確な発展計画を持っており、長期的なマーケットリーダーになる見込みがあること。
実現性	アイデア段階や技術開発中ではなく、製品・アプリ・サービスをマーケットで販売中か販売予定があること。
リーダーシップ	会社を目標に到達させる強いリーダーシップを持っていること。

出典：参考文献4

## 3 Technology Pioneers 2014 に選ばれたベンチャー企業

「ライフサイエンス健康分野」に関しては、図表2の10社が選定された。

図表2 ライフサイエンス及び健康分野に関して Technology Pioneers 2014 に選定された企業

1	Second Sight Medical Products Inc.	米国カリフォルニア州	従業員 88 名	1998 年設立
	網膜補助システム「Argus II」の開発。網膜上に IC チップを埋め込み、カメラと小型コンピュータを内蔵する眼鏡から無線送信される信号を電気パルスに変換して脳に送る。訓練すれば、大きめの文字なら判読可能になる。現在 8 カ国で利用可能。			
2	Cyberdyne 社	日本 茨城県つくば市	従業員 80 名	2004 年設立
	ロボットスーツ「HAL™」の開発。脳が筋肉を動かそうとする生体信号を皮膚から検出してその人が何をしようとしているかを解析し、補助動力によって運動を補助する。日本の病院や施設でしか利用できないが、大量生産後は世界中で利用可能。			
3	Foundation Medicine Inc.	米国マサチューセッツ州	従業員 110 名	2009 年設立
	ゲノム解読データに基づく遺伝子診断サービス「FoundationOne™」の開発。236 種類のがん遺伝子が特定可能で、がん患者の治療方針や予防に役立っている。25 カ国 1,500 名以上の医師が利用。			
4	bluebird bio	米国マサチューセッツ州	従業員 52 名	1993 年設立
	HIV 発現の抑制方法の開発と幹細胞を用いた遺伝子治療方法の開発。レンチウイルスベクターを用いて患者の DNA を書き換える治療法も開発中。多くの遺伝子病治療に適用可能性あり。			

5	Natera	米国カリフォルニア州	従業員 230 名	2004 年設立
胎児の染色体異常を母体の血液で判定できるパノラマテストの開発。ヒューマンゲノムプロジェクトのデータを用い、強力な計算アルゴリズムを用いてゲノム照合。妊娠 9 週目から検査可能。				
6	BIND Therapeutics Inc.	米国マサチューセッツ州	従業員 46 名	2006 年設立
抗がん剤をがん細胞まで運ぶようにデザインされたナノ粒子「Accurins」の開発。肺がんおよび前立腺がんにおいて臨床試験第 2 段階。循環器疾患などの治療にも応用可能。				
7	Selecta Biosciences Inc.	米国マサチューセッツ州	従業員 50 名	2008 年設立
ワクチンの代用となるナノ粒子の開発。ニコチン中毒に対する代用ワクチンが臨床試験中。マラリアとがんに対する代用ワクチンも開発中。臓器移植時の免疫反応抑制にも利用可能。				
8	Agios Pharmaceuticals Inc.	米国マサチューセッツ州	従業員 82 名	2008 年設立
酵素不活性化によるがん治療方法の開発。特定の代謝酵素を不活性化して栄養補給を遮断し、がん細胞を死滅させる。骨髄性白血病治療に有効性が認められ、先天性代謝異常の治療も可能。				
9	SynTouch LLC	米国カリフォルニア州	従業員 8 名	2008 年設立
人間の指より鋭敏な触覚を持つロボットハンド「BioTac」の開発。力、振動、温度の 3 つの方法で、ざらざら・ぐにゃぐにゃ・弾力があるなどの感覚を正確に人間に伝えることができる。				
10	D-Rev: Design Revolution	米国/インド	従業員 11 名	2008 年設立
プラスチックの射出成形による安価な義足用人工関節の開発。既に、5,000 体を販売。また、新生児黄疸の青色光線療法に用いる LED ライトの開発も行っている。				

出典：参考文献 4 を基に科学技術動向研究センターにて作成

また、「エネルギーおよび環境分野」に関しては、図表 3 の 10 社が選定された。

図表 3 エネルギーおよび環境分野に関して Technology Pioneers 2014 に選定された企業

1	Oasys Water Inc.	米国マサチューセッツ州	従業員 26 名	2009 年設立
抽出溶液を用いた世界初の自然浸透圧式の淡水化プラント（浄水プラント）の開発。海水または汚水から半透膜を通して真水を抽出溶液に染み出させ、60℃の温度で真水と抽出溶液を分留して、抽出溶液は循環再利用する。使用エネルギーが少なく、かつメンテナンスフリー。				
2	Advantix Systems	米国フロリダ州	従業員 140 名	2006 年設立
塩化リチウム水溶液を用いた高効率の空気乾燥機の開発。ランニングコストに優れかつ空気清浄機能を併せ持っており、工場用などに利用される。世界の 75% で利用可能。				
3	EcoNation	ベルギー	従業員 10 名	2009 年設立
太陽光の室内への導光システム「LightCatcher」の開発。反射鏡の方向と角度を自動制御して効率良く太陽光を導入し、かつ熱の流入を抑制する。工場や体育館などで導入済み。多層階住宅への利用技術を開発中。				
4	Alphabet Energy Inc.	米国カリフォルニア州	従業員 20 名	2009 年設立
高温に耐える熱電変換半導体の開発。発電所・溶鉱炉・精錬所の廃熱から電気を取り出す熱電変換装置を 1 年以内に発売予定。エンジンの廃熱利用について自動車産業と共同で研究中。				
5	WiTricity Corporation	米国マサチューセッツ州	従業員 49 名	2007 年設立
高共鳴型のワイヤレス電力伝送の開発。離れた場所に置いた 2 つのコイルを振動磁界で共鳴させ、電力を高効率に移動させる。MIT で開発された技術を実用化し、ライセンス供与で様々なデバイスに組み込む予定。				
6	SunPartner	フランス	従業員 30 名	2008 年設立
薄膜太陽電池セルパターンとマイクロレンズアセンブリとを組み合わせた光透過率が 90% の太陽電池フィルムの開発。このフィルムをスクリーンに貼り付けた携帯電話や電子書籍リーダーが市場投入される予定。無電源電子看板も開発中。ビジネスモデルはライセンス供与。				

7	Nest Labs Inc.	米国カリフォルニア州	従業員 200 名	2010 年設立
冷暖房温度を自動的にコントロールする温度調節器の開発。スマートフォンやパソコンと連携して遠隔操作が可能で、使用金額の明細表示も可能。通常は、光熱費を 20%程度削減することができる。ピーク電力削減にも効果。米国およびカナダで利用可能。				
8	Kebony AS	ノルウェー	従業員 60 名	1997 年設立
針葉樹などの軟材を硬材にする加工技術。農業廃棄物から作ったフルフリルアルコールを染み込ませて化学反応を起こさせると、無毒、生物不活性で天候や摩耗に強い木材になる。				
9	Bug Agentes Biológicos	ブラジル	従業員 47 名	2002 年設立
天敵を用いた害虫駆除方法の開発。さとうきびやトウモロコシの害虫の幼虫に寄生する寄生蜂を用いる。寄生蜂の幼虫は、寄生直後に害虫を死滅させる。				
10	OMC Power	インド	従業員 80 名	2011 年設立
電力網のない農村での小規模太陽光発電プラントの建設と地元起業家へのビジネスモデルの提供。地元起業家は、LED 電灯、充電済みバッテリー、携帯電話などの有料貸し出しを行う。				

出典：参考文献 4 を基に科学技術動向研究センターにて作成

さらに、「IT およびニューメディア分野」においては、図表 4 の 16 社が選定された。

図表 4 IT およびニューメディア分野に関して Technology Pioneers 2014 に選定された企業

1	Coursera Inc.	米国カリフォルニア州	従業員 45 名	2012 年設立
有名大学の講義を世界中から双方向かつ無料で受けることを可能とした MOOC (Massive Open Online Course) の開発。用意された 400 以上の講義を世界中から 400 万人以上が受講し、途上国の人々にも良質な教育を受ける機会を与えた。				
2	Codecademy	米国ニューヨーク州	従業員 17 名	2011 年設立
コンピュータのプログラム言語の初心者向けの無料学習サイトの開発。言語のインストールや環境設定をしなくても、コードをブラウザ上で入力しながら学べる。10 万以上が受講。				
3	Koemei SA	スイス	従業員 6 名	2010 年設立
オンライン教育用ビデオの音声をクラウド上で自動的に文字起こしてテロップに入れる技術の開発。10 人までの声を聞き分けることができるので、ディスカッションの文字起こしも可能。				
4	Dnevnik.ru	ロシア	従業員 150 名	2009 年設立
学校・学習管理機能を持つオンラインソフトウェアの開発。ロシアおよびウクライナ国内の 28,000 校が採用し、800 万人の教職員・保護者・生徒が使う。基本的には無料だが、カスタマイズなどのオプションは有料。このシステムで大学入学試験の受験も可能。				
5	LiveU Ltd.	米国ニュージャージー州	従業員 120+名	2006 年設立
携帯電話や無線 LAN など電波の種類を選ばずに最大 7 回線同時使用して高画質映像を伝送するシステムの開発。バックパックサイズで機動性に富むため、テレビ局や自治体に販売され、生中継や災害報道に使われる。手術室からの高画質中継にも用いられている。				
6	Rethink Robotics	米国マサチューセッツ州	従業員 85 名	2008 年設立
2 本の腕を持つプログラム不要なロボット「Baxter」の開発。ロボットの腕を人間が動かして動きを修得させる。特定の作業を想定していないので汎用性が高く、動作の目的を学習するので安全性も高い。商品の箱詰などは容易。				
7	AppNexus Inc.	米国ニューヨーク州	従業員 498 名	2007 年設立
ウェブ広告の瞬時選択プラットフォームの開発。コンテンツの種類や時刻や直近の履歴などに基づいて最も効果的な web 広告を表示する。日々 160 億回のオンライン広告に利用され、表示回数に応じて広告主から料金を徴収し、コンテンツ作成者に支払う。				

8	Adtelligence GmbH	ドイツ	従業員 50+名	2009 年設立	訪問者毎に異なるウェブサイトを瞬時に再構成する技術の開発。検索ワード、年齢性別、居住地域、興味の対象（商品）などに応じて、ビッグデータや機械学習も利用しながら、訪問者毎に異なるメッセージ、デザイン、商品選択を提示できるウェブサイトが可能。
9	GitHub	米国カリフォルニア州	従業員 160 名	2008 年設立	ソフトウェア開発プロジェクトのための共有プラットフォームの開発。分散開発されるプログラムのバージョン管理機能を提供。大規模なリポジトリ集の無料公開および販売。利用者は 400 万人。
10	Kaggle Inc.	米国カリフォルニア州	従業員 18 名	2010 年設立	ビッグデータ解析のアウトソーシングサービスの開発。発注者は、問題の概要やルールと賞金を提示し、世界中で登録されたデータサイエンティストのコンペティション方式で受注者を決める。航空機遅延、保険継続者数、治療薬需要などの予測が進行中。
11	Airbnb	米国カリフォルニア州	従業員 600 名	2008 年設立	空き部屋や不動産の賃貸のためのオンラインプラットフォームの開発。192 カ国 34,000 都市で 30 万件が登録され、1日の利用者は 14 万人。利用者レビューに基づく物件選択が可能。
12	Trutag Technologies Inc.	米国ハワイ州	従業員 10+名	2010 年設立	錠剤に貼付けるシリコン製のマイクロタグの開発。無害・可食・耐熱かつ事実上目に見えない。食品を含めてほぼ全ての物に付けられるので、流通過程での偽造品チェックに使用。
13	Data4	メキシコ	従業員 12 名	2011 年設立	市民が問題点を行政に通報するシステムの提供。政府に対するアプリの提供やオープン・ガバメントへの移行援助。エジプト、ウクライナ、チュニジアなどで使用。
14	Viki Inc.	シンガポール	従業員 47 名	2010 年設立	字幕の作成にクラウドソースを用いたオンデマンドビデオサービスの開発。オンエア数時間以内で複数言語の字幕がファンによって作成される。広告収入をテレビ局や映画会社とシェア。（韓国政府とタイアップし、ドラマやK-ポップスの市場開拓に成功）
15	Jana	米国マサチューセッツ州	従業員 16 名	2009 年設立	携帯電話の通信時に企業広告を付けることによって利用者の料金を無料にできる新興国向けサービスの開発。数百の電話会社と契約し、350 万人が利用者として登録。
16	Lenddo	香港／中国	従業員 50 名	2001 年設立	オンライン上の言動・人脈・評判に基づいて借入者の信用価値を判断するマイクロファイナンス。コロンビア、メキシコ、フィリピンでサービスを展開し、さらに 20 カ国に展開予定。

出典：参考文献 4 を基に科学技術動向研究センターにて作成

## 4 まとめと示唆

### 4-1 米国でのベンチャー企業の成功要因

今回選出された企業の国籍は、米国 23.5 社、インド 1.5 社、日本、ドイツ、フランス、スイス、ベルギー、ノルウェー、ロシア、ブラジル、メキシコ、シンガポール、香港（+中国）が各 1 社であ

る。国籍が 2 つ記載されている企業については、それぞれの国を 0.5 としてカウントした。また、Web 上で確認できる「Technology Pioneers 2007」から「Technology Pioneers 2014」までの 8 年間で合計 261 社が選定されており、その企業の国籍は、多い順に、米国（155 社）、英国（17 社）、インド（13.5 社）、スイス（8.5 社）、イスラエル（8 社）、オランダ（7.5 社）、ドイツ（7 社）、カナダ（4 社）となっている。これらの企業は、既に大きな成功を取ったものもあるが、将来的に成功するかどうかは未知数なものがほとんどである。しかし、可能性のあるスタート

アップ企業を国内に多く擁することは、その国の将来の産業競争力を左右するほどに重要である。

選定されたスタートアップ企業の国籍は米国が圧倒的に多く、全体の6割を占める。州別に見れば、マサチューセッツ州とカリフォルニア州とに集中しており、マサチューセッツ工科大学、ハーバード大学、スタンフォード大学の影響が大きい。また、イノベーション・プラットフォームとしてのシリコンバレーの存在も大きい<sup>5)</sup>。米国では、単に大学で研究することに満足せず、自分で起業しベンチャーの世界に本気で進出しようとするアントレプレナーシップに富む人材が豊富であることも関係していると思える。また、ベンチャー・ビジネスを応援しようという社会の雰囲気も重要である。

米国のベンチャー・キャピタルは、IT、エネルギー、医療などその専門分野ごとのベンチャー・キャピタルに分かれており、1社のベンチャー・キャピタルが、3社から4社程度のベンチャー企業に出資するケースが多い。日本のベンチャー・キャピタルは金融機関出身者が多く、出資先を小口分散させる傾向があるのに対し、米国のベンチャー・キャピタルは事業経験者が多く、特定の企業に出資を集中させる傾向がある<sup>5)</sup>。このような投資方法は、ベンチャー・キャピタルの選択眼を養うと同時に、米国においてベンチャー企業を成功させる1つの要因となっている。

## 4-2 日本の今後の取り組み

再興戦略では、「ベンチャーへの資金供給を大幅に拡大する」としており、「民間企業等の資金を活用したベンチャー企業への投資を促す方策を検討する」としている。しかし、重要なのは、技術にも詳しい事業経験者による適切なアドバイスである。米国のベンチャー・キャピタルには、それを可能にする多くの人材が存在する。事実、ベンチャー企業で成功した人が、ベンチャー・キャピタルを興したり、エンジェル投資家として活躍したりする例も多い。

日本のベンチャー企業が、海外のベンチャー・キャピタルから投資を継続してもらえるポテンシャルを持つことが重要であり、そのためには、起業家はグローバル市場を見据えるとともに、海外にアピールしていくことも必要である。

海外では、Technology Pioneersに選定されたベンチャー企業はメディアでも広く紹介され、知名度と信用度が上がることにより、世界への飛躍のチャンスを得ることになる。日本のベンチャー企業も、その選定基準を参考にして、Technology Pioneersを目指すことには、大きな意義がある。

日本の大学発ベンチャー企業への支援方法も変化しつつあり、文部科学省は、大学発ベンチャー企業の成功を目指してハンズオンのサポートを含めた研究開発・経営両面からの支援を行うSTART(大学発新産業創出拠点)プログラムを開始しており、今後の進捗・成果が注目される。

## 参考文献

- 1) 世界経済フォーラム：http://www.weforum.org/
- 2) The Global Competitiveness Report 2013-2014 (世界経済フォーラム 2013年9月)：  
http://www3.weforum.org/docs/WEF\_GlobalCompetitivenessReport\_2013-14.pdf
- 3) 日本再興戦略-JAPAN is BACK-(平成25年6月14日閣議決定)：  
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/saikou\_jpn.pdf
- 4) Technology Pioneers 2014：http://www3.weforum.org/docs/TP/WEF\_TP\_Brochure\_2014.pdf
- 5) 「シリコンバレーは死んだのか? イノベーション・プラットフォームとしてのシリコンバレー最新事情(大澤弘治)」；  
科学技術政策研究所講演録-278 (2011年4月)

..... 執筆者プロフィール .....



**市口 恒雄**

科学技術動向研究センター 特別研究員

理学博士。専門は半導体、超伝導、磁性体の物理。サブミリ波やマイクロ波を用いた物性測定を中心に、米国の大学や日本の電機メーカーで研究に従事。現在は、当研究センター常勤として、科学技術予測や科学技術動向研究に従事。

## 各国の地球観測動向シリーズ(第6回)

# カナダの地球観測活動の方向性 —Cバンド合成開口レーダと画像処理手法の 融合による地球観測画像の多角的応用—

辻野 照久

## 概 要

カナダの地球観測活動の特徴は、現在1機しか保有していないレーダ衛星を多角的に活用していることである。その基礎となる技術は、悪天候でも夜間でも観測できる合成開口レーダ(SAR)の多様な観測能力と画像処理ソフトウェアの組合せである。特に周波数帯がCバンドのマイクロ波を利用する合成開口レーダは、海洋や氷原などの監視に適しており、植生マッピングや災害救助支援などにも利用できる。カナダ宇宙庁(CSA)はカナダ天然資源省や水産海洋省などと連携して、さまざまな分野でレーダ衛星の応用システムを開発している。今後の地球観測に向けて、1日でカナダ全域を観測可能にするレーダ衛星3機のコンステレーションや、北極地域の気象を常時観測可能にする2機の衛星の開発を行っている。さらに船舶自動識別システム(AIS)による現場データと合成開口レーダによる物体識別を組み合わせることにより、カナダは海上の安全確保や違法行為防止に役立つ海洋監視システムを構築しようとしている。将来的には、日本とカナダの間で相互にSARデータを提供できるようになることが期待される。

**キーワード：**カナダ宇宙庁，レーダ衛星，合成開口レーダ，画像処理，船舶自動識別システム

## 1 はじめに

カナダは広大な国土と低い人口密度であることから、宇宙から観測を行うことが極めて有効であり、地球観測活動はカナダの宇宙活動のトッププライオリティとなっている。

カナダの地球観測活動の特徴は、現在1機しか保有していないレーダ衛星を多角的に活用していることである。唯一の観測センサがCバンド合成開口レーダ(Synthetic Aperture Radar : SAR)<sup>注1)</sup>であるため、光学や他の周波数帯のレーダでない観測

データの取得できないような応用には適さないが、4種類の偏波の組合せ、干渉SAR(InSAR)、恒久散乱体干渉SAR(PSInSAR)などのレーダ画像データ解析手法を駆使して、海氷・水産・運輸・災害などの社会的ニーズに関係する行政組織が積極的にレーダ画像データを利用している。そして多数のソフトウェア企業が社会的ソリューションを実現するために、政府との共同開発に参加している。

本稿では、カナダの地球観測衛星の開発動向やCバンド合成開口レーダの画像データを利用した多角的な応用システムの事例などから、カナダの地球観測活動の方向性を分析する。

注1 Cバンドはマイクロ波の中で周波数が4GHz～8GHzである帯域をいう。合成開口とは、衛星が高速で飛行するため、反射波を受信する開口が衛星のレーダ自体の開口よりも大きくなることを意味する。

## 2 カナダの宇宙開発活動の概況

カナダは1962年に米国航空宇宙局（NASA）の協力を得て初の衛星「Alouette」を打ち上げ、ソ連・米国・英国に次いで世界で4番目の衛星保有国となった。それ以来、2013年9月までに40機の衛星（地球観測衛星2機、静止通信放送衛星24機、宇宙科学衛星8機、技術試験衛星6機）を軌道に投入し、このうち4割程度が現在運用中である。地球観測衛星のうち現在運用中の「レーダーサット2（Radarsat-2）」が取得したレーダ画像は、政府の業務や民間のビジネスで多角的に利用されているほか、世界各国に販売されている。カナダ政府やカナダ宇宙庁（Canadian Space Agency : CSA）<sup>1)</sup>は、「レーダーサット」の優れた機能をフルに活用すべく、さまざまなプロジェクトを実施している。

## 3 地球観測活動

### 3-1 地球観測関連の組織

カナダ政府は、氷原観測・海洋監視・森林管理・生態系保護・農業支援など幅広い分野で自国の衛星および外国衛星の観測データを利用している。地

球観測関連の政府組織としては産業省・環境省・水産海洋省・天然資源省・運輸省などがある。

カナダの地球観測衛星受信局は1971年に天然資源省がカナダリモートセンシングセンター（Center for Canadian Remote Sensing : CCRS）を設立したことから始まる。カナダ西部のサスカチュワン州プリンス・アルバート受信局（PASS）と東部のケベック州ガティノー受信局（GSS）で高緯度地域を除きほぼカナダ全土をカバーするデータ受信を行っている。

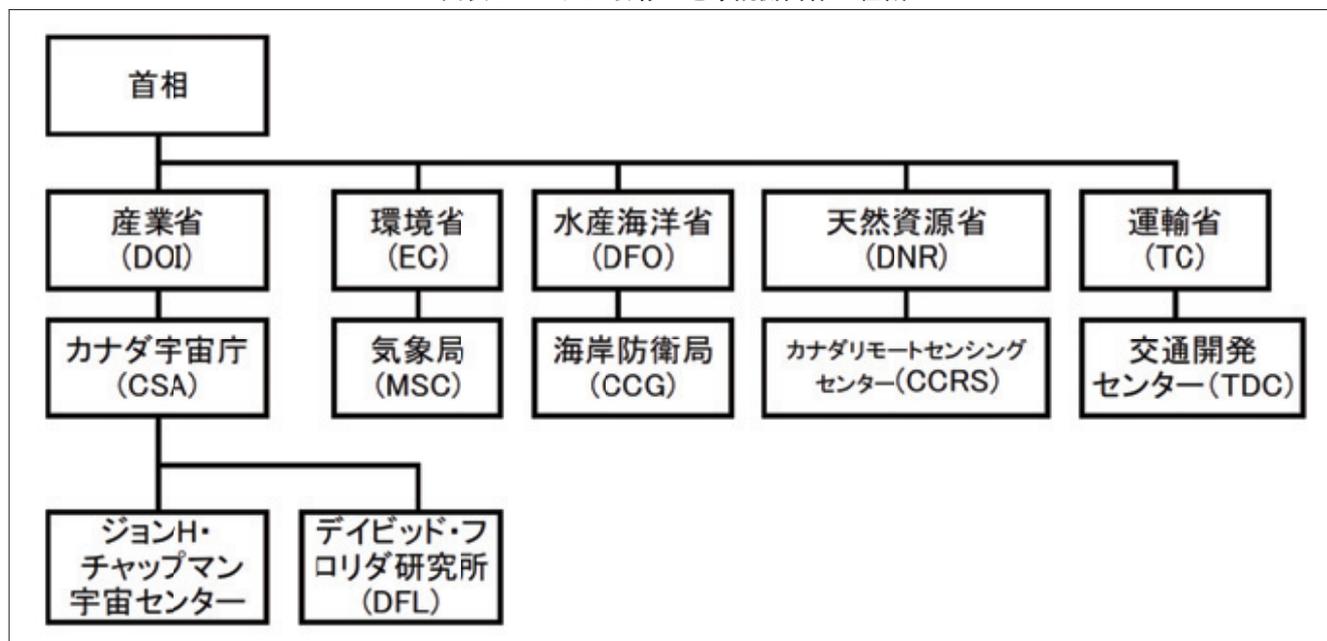
産業省に属するカナダ宇宙庁（CSA）には、衛星開発を企画する科学技術局と画像データ利用を推進する宇宙利用局があり、ジョンH・チャップマン宇宙センター（CSA本部所在地）とデイビッド・フロリダ研究所<sup>2)</sup>において地球観測衛星の開発や応用のための研究が行われている。

これらの組織の関連を図表1に示す。

### 3-2 宇宙予算

カナダ政府の宇宙予算は毎年約3億カナダドルで安定している。ほとんどカナダ宇宙庁（CSA）に割り当てられる。カナダは欧州宇宙機関（European Space Agency : ESA）の準加盟国であり、カナダの宇宙予算の一部はCSAを通じてESAへ拠出される。ESAの予算総額におけるカナダの拠出割合は約0.6%である。

図表1 カナダ政府の地球観測関係の組織



出典：各種資料に基づき科学技術動向センターにて作成

### 3-3 地球観測衛星

#### (1) 地球観測衛星の打上げ実績

カナダ宇宙庁は図表2に示すようにこれまでに2機のレーダーサットを打ち上げた。最初に打ち上げられた「Radarsat-1」は2013年5月9日に運用終了となったため、現在運用中のカナダの地球観測衛星は「Radarsat-2」のみである。マクドナルド・デトワイラー・アソシエイツ社(MDA)はCSAの委託によりレーダーサットの開発・製造を行った。

#### (2) 「Radarsat-2」後継機の開発

運用中の「Radarsat-2」の後継として、カナダ宇宙庁は2018年打上げを目指して「レーダーサット・コンステレーション・ミッション(Radarsat Constellation Mission: RCM)」を開発中である。RCMはCバンドの合成開口レーダ(SAR)を搭載した3機編隊の衛星群により、図表3の右図のようにカナダ全土を1日でカバーできるようになる<sup>3)</sup>。RCM衛星の主契約者はMDA社で、2013年にカナダ宇宙庁から衛星製造・打上げ費として706百万カナダドル(706億円)で受注した<sup>4)</sup>。分解能は3m、観測幅は10km、設計寿命7年、1機当たりの質量1400kgである。サブミッションとして船舶自動識別システム(Automatic Identification System: AIS)<sup>5)</sup>用の機器も搭載する。

#### (3) 北極域通信気象衛星の開発

北極域通信気象衛星「PCW(Polar Communication and Weather mission)」はカナダとして初の極軌道気象観測衛星である。気象観測を行う搭載機器は、米欧の次世代静止気象衛星向けに開発中のイメージング分光放射計(Imaging Spectroradiometer)が用いられると予想される。軌道周期は12時間~24時間、軌道傾斜角は約100度、遠地点を北極側に取った離心率0.7程度の長楕円の準天頂軌道とし、2機1組で運用することなどが検討されている<sup>6)</sup>。

## 4 合成開口レーダによる観測

### 4-1 合成開口レーダの観測能力

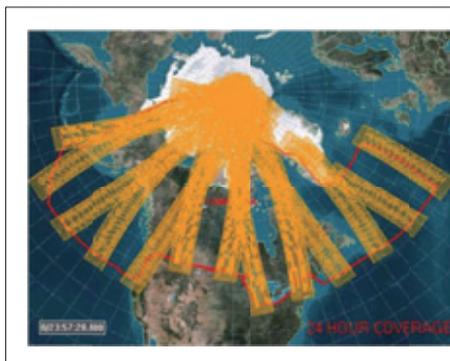
「Radarsat-2」の主な観測対象は、海洋・沿岸・海氷・植生・陸域表面などである。マイクロ波による観測の特徴として、全天候・24時間観測可能、すなわち雲に覆われていて衛星から地上が見えない場合や、夜間で光がない場合でもレーダ装置から発せられる電波の反射を同じレーダ装置で受信することで地上のわずかな高低差を検出でき、同一地点の別の画像と比較することで変化を検出できる。観測対象はレーダの周波数により適性が異なるが、カナ

図表2 カナダの地球観測衛星の概要

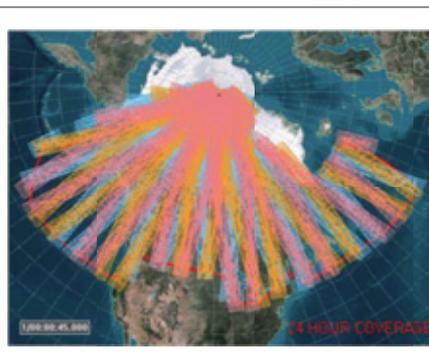
分野	衛星シリーズ名	打上げ年月	センサ	空間分解能	衛星製造企業	打上げ数	運用数
陸域	Radarsat-1	1995年11月	Cバンド	8-30m	MDA	1	0
海洋	Radarsat-2	2007年12月	SAR	2-100m		1	1
計						2	1

出典：各種資料に基づき科学技術動向センターにて作成

図表3 Radarsat-2の1日のカバー範囲



RCMの1日のカバー範囲



出典：参考文献3

ダが採用している C バンド (4.8GHz) は主に海洋や海水などの観測に適している。

## 4-2 光学観測との比較

光学センサで観測可能な雲の分布、大気の状態、海の色などマイクロ波では識別できない観測対象はレーダによる観測ができない。よって、1年の大部分が雲で覆われているような晴天率の低い地域における地上の物体の変化の検出や高度差の観測などに適している。

## 4-3 レーダ画像の解析

レーダによる観測画像から意味のある情報を抽出する手法としては、同一場所の2枚の SAR 画像の干渉から変動を読み取る「干渉 SAR」(Interferometric SAR : InSAR)<sup>7)</sup>、複数の干渉 SAR の差分を抽出する「差分干渉 SAR」(DifSAR または D-InSAR)、水平・垂直の偏波を用いる「偏波干

渉 SAR」(Polarimetric InSAR : PolInSAR)、地上の恒久散乱点を組み合わせた「恒久散乱点干渉 SAR」(=Permanent Scatterer InSAR : PSInSAR)<sup>8)</sup> などがある。カナダの IT 企業は従来から画像処理ソフトウェアの開発を得意とし、レーダ画像の重ね合わせや収束計算などのアルゴリズムを統合化して、実用ソフトとしての応用範囲を広げている。

# 5 応用事例

## 5-1 カナダ政府の「Radarsat-2」画像データの応用事例

カナダ宇宙庁の地球観測部門が実施している地球観測応用センター (EOAC) は、「地球観測応用開発プログラム」(EOADP)<sup>9)</sup>、「政府関連イニシアチブプログラム」(GRIP) および科学・定常応用研究 (SOAR) の3つの枠組を通じて70件余りの応用システムの開発を推進している。その多くが「Radarsat-2」の SAR 画像データを利用するものである。テーマによって開始時期や開発期間が異なる

図表4 「Radarsat-2」画像データを利用した応用事例

分野	事例	主な利用目的／解析手法	担当省庁	開発担当企業
気候・水	氷河監視 <sup>10)</sup>	氷河の融解や氷床移動の観測。干渉 SAR 手法・差分干渉 SAR・偏波干渉 SAR など複数の手法の組合せ。	天然資源省／カナダリモートセンシングセンター (CCRS)	C-CORE 社 (Centre for Cold Ocean Resources Engineering)
災害	偏波分析法による変化検出 <sup>11)</sup>	ハリケーン・モンスーン・洪水・地震などの災害救援支援。4種類の偏波 (HH、VV、HV、VH) を利用。	CSA	MDA Geospatial Services 社
エネルギー	重要なエネルギーインフラの監視 <sup>12)</sup>	ダム、発電所、長期貯蔵施設、処理施設、鉱山などの重要なエネルギー関連の施設の遠隔監視。	CSA	C-CORE 社
農業・生態系	沼沢化進行地帯における森林地図作成 <sup>13)</sup>	沼沢化の監視。より大きい課題として全国規模で森林のバイオマスのマッピング。「ALOS」画像も併用。	カナダ森林局 (CFS)	AECOM Consultants
公共インフラ	建造物の健全性診断 <sup>14)</sup>	メンテナンスコストを低減しつつ公共インフラの安全性を向上させる。PSInSAR 利用。	カナダ運輸省 (TC) ／交通開発センター (TDC)	3v ジオマチクス社

出典：各種資料に基づき科学技術動向センターにて作成

ため、既に運用中のシステム、開発段階を終了して運用準備段階に入ったシステム、開発途中の研究テーマ、募集中のテーマなどが混在している。

「Radarsat-2」の画像データを用いたテーマは、気候、水、災害、エネルギー、農業（森林）、生態系、生物多様性、公共インフラなどの分野においてさまざまな事例がある。いくつかの分野の代表的な事例の概要を図表4に示す。

## 5-2 合成開口レーダと船舶自動識別システムの融合－不審船の監視

RCMの3機の衛星を製造するMDA社は、安全保障を目的とする海洋監視のために、RCM搭載のCバンドSARと船舶自動識別システム(AIS)を組み合わせた「MDA BlueHawk」<sup>15)</sup>というシステムを開発中である。すべての船舶がAIS情報を正しく発信していれば、海上における船舶の運航状況(現在位置、速度、進行方向など)はAISデータによって把握できるが、AISを搭載せずに違法な操業を行う船舶や、発信情報を故意に偽っている船舶は衛星によるAIS情報収集だけでは正しいデータが取得できない。そこで、CバンドSARにより識別した洋上の船舶位置データと突き合わせて、AIS情報と合致する船舶を取り除くことにより、画像データでしか認識できない船舶はAIS情報を発信していないか不正な位置データを発信していると判断でき、不審船(外国の軍事用船舶を含む)の可能性のある船舶を検出することができる。MDA社はこのシステムによりカナダ領海内に侵入、あるいは接近する船舶の監視、海賊対策、テロ対策、違法漁業、不法投棄、密輸など、安全保障や環境に影響を及ぼす恐れ

のある不審船を検出し、海上保安機関に情報提供することを目指している。なお、3機のRCM衛星だけではAIS情報収集が不十分であるため、カナダのexactEarth社の超小型衛星が取得したAISデータも利用されることになろう。

## 6 おわりに

カナダは地球観測データを最大限活用する革新的なアプリケーションの開発に力を入れており、政府の各機関や産業界がそれぞれの業務に地球観測データを活用している状況の一端を紹介した。レーダーサットは技術的なレベルの高さや応用範囲の多彩さなどでカナダが国家の誇りとしており、図表5に示すようにカナダの100ドル紙幣に「Radarsat-1」と受信局及びカナダの地図が描かれているほどである。

カナダはレーダ衛星を1機しか保有していないため、外国のレーダ衛星を利用する機会も求めている。我が国が2014年に打ち上げる予定の「ALOS-2」に搭載されるフェーズドアレイLバンド合成開口レーダ(PALSAR-2)は植生の観測に適しており、「だいち(ALOS)」の運用終了で途絶えていたLバンド画像データが再び利用できるようになることに対するカナダからの期待は大きい。RCMを利用することによる1日のカバー範囲の拡大や北極域の気象の連続観測などは、我が国にとっても利用価値が高いことから、将来的には、日本とカナダの間で相互にレーダ画像データを提供することが期待される。

図表5 カナダの100ドル紙幣に描かれた「Radarsat」と受信アンテナ



出典：World Banknotes (<http://allbanknotes.blogspot.jp/search/label/Canada>)

## 参考文献

- 1) CSA のウェブサイト : <http://www.asc-csa.gc.ca/eng>
- 2) デイビッド・フロリダ研究所 : <http://www.asc-csa.gc.ca/eng/df/>
- 3) ESA ウェブサイト RCM : [https://earth.esa.int/documents/10174/233696/5-From\\_RADARSAT-2\\_RADARSAT\\_Constellation+Mission+data+continuity.pdf](https://earth.esa.int/documents/10174/233696/5-From_RADARSAT-2_RADARSAT_Constellation+Mission+data+continuity.pdf)
- 4) 世界の観測衛星コンステレーションの概要, 五百木誠, 2013年5月27日 : <http://www8.cao.go.jp/space/committee/tyousa-dai3/siryoushi.pdf>
- 5) 洋上の広域船舶情報収集のための小型衛星を開発, 科学技術動向 2012年7/8月号 : <http://data.nistep.go.jp/dspace/bitstream/11035/2308/1/NISTEP-STT130-8.pdf>
- 6) PCW/PHEOS-WCA : QUASI-GEOSTATIONARY VIEWING OF THE ARCTIC AND ENVIRONS FOR WEATHER, CLIMATE AND AIR QUALITY, J. C. McConnell et al. 2012年6月 : [http://www.cfa.harvard.edu/atmosphere/publications/PCW\\_PHEOS-WCA-general\\_20120613\\_v2.pdf](http://www.cfa.harvard.edu/atmosphere/publications/PCW_PHEOS-WCA-general_20120613_v2.pdf)
- 7) 国土地理院ウェブサイト 干渉 SAR のしくみ初級編 : <http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/sar/mechanism/mechanism01.html>
- 8) 衛星画像を用いた広域地盤変動解析について, 環境省 水・大気環境局 長面智志他 : <http://jgs-chubu.org/download/syn5/pdf/19/s1908.pdf>
- 9) CSA/EOADP のウェブサイト : <http://www4.asc-csa.gc.ca/auot-eoau/eng/eoadp/Home.aspx>
- 10) RADARSAT-2 Glacier Monitoring in Support of Climate Change Impact Assessment and Water Resources Management, : <http://www4.asc-csa.gc.ca/auot-eoau/eng/eoadp/Projects/72250.aspx>
- 11) Improved Change Detection from RADARSAT-2 Polarimetry, CSA/EOADP のウェブサイト : <http://www4.asc-csa.gc.ca/auot-eoau/eng/eoadp/Projects/72030.aspx>
- 12) Critical Infrastructure Monitoring for the Energy Sector (CIMES), CSA/EOADP のウェブサイト : <http://www4.asc-csa.gc.ca/auot-eoau/eng/eoadp/Projects/72654.aspx>
- 13) Improving forest mapping in boreal zones sensitive to paludification, CSA/EOADP のウェブサイト : <http://www4.asc-csa.gc.ca/auot-eoau/eng/eoadp/Projects/72213.aspx>
- 14) RADARSAT-2 Structural Health Monitoring, CSA/EOADP のウェブサイト : <http://www4.asc-csa.gc.ca/auot-eoau/eng/eoadp/Projects/72472.aspx>
- 15) MDA BlueHawk のウェブサイト : [http://is.mdacorporation.com/mdais\\_canada/Offerings/Offerings\\_MDABlueHawk.aspx](http://is.mdacorporation.com/mdais_canada/Offerings/Offerings_MDABlueHawk.aspx)

## 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（JAXA）調査国際部調査分析課特任担当役、科学技術振興機構（JST）研究開発戦略センター特任フェローも兼ねる。趣味は全世界の切手収集。カナダ切手はビクトリア女王の時代から2,100種類以上を保有。