ＥＵ(欧州連合)のＨＰＣ環境と産業利用推進の取り組み
HPC Environments and Various Initiatives for Industrial Applications in European Union

一般財団法人高度情報科学技術研究機構
役　誠雄、小山　隆司、塩原　紀行

平成24年9月、スーパーコンピュータ「京」の共用開始以後、「京」を利用した企業は平成26年3月末時点で100社を超え、既に多くの産業利用成果が創出されている。企業による「京」を中核とするＨＰＣＩの利用をより促進し、産業競争力強化を図るには、企業の利用実態や海外の産業利用制度を調査し、今後何を成すべきかを明らかにする必要がある。そのため、国内外の産業界におけるスパコン活用実態調査を実施した。国内においては、スパコン利活用に関するアンケートと個別企業インタビューを実施、国外では、EU及び米国のHPC運用・支援機関の制度や利用実態に関して訪問調査を行った。EUのベルギー、ドイツ、フランス、イギリスの5機関、1企業を訪問調査した結果、EU全体で日本と異なる視点で優れた取り組みが行われていることが判明した。それらは、①経済波及効果・産業競争力強化の重視、②HPC資源のグランドデザインの策定、③産業利用におけるソリューションセンターの運営、④産業界からの積極的な投資と参画、⑤長期的な産業利用推進の取り組みの5点である。本稿では、EUのHPC環境と産業利用の取り組みを中心に記述し、日欧米のスパコン利用制度の比較についても概説する。

１．はじめに

平成24年9月にスーパーコンピュータ「京」を中核とするHPCI（High Performance Computing Infrastructure）の共用が開始された。HPCIとは、「京」と全国の大学や研究機関に設置されたスーパーコンピュータ（以下、スパコン）を高速ネットワークで結び、多様なユーザーニーズに応える革新的な共用計算環境である。計算科学に基づく数値シミュレーションにより、実験や観測が困難な現象の解明や技術開発における設計の精度向上等、今後更なる貢献が期待されている。

共用開始以降、産業界における「京」の利用が進展しており、「京」に対する平成26年度産業利用課題への応募件数は、平成24年度募集時と比べ約55％増加（総数42件）した。これまでに「京」を利用した企業は総勢100社（平成26年3月現在）を超えた。また全国の大学や研究所に設置された「京」以外のスパコンの利用に対するニーズも高まっている。

「京」を利用している企業が総勢100社を超えたとはいえ、日本の企業全体から見ればまだごく一部である。日本の産業競争力をより高めていくために、「京」を中核とするHPCIをより多くの企業が活用していくことが望まれる。企業の活用が促進される環境を更に整備・強化していくためには、研究・開発現場の最新の実態を正確に把握する必要がある。国内において、スパコンの利活用状況に関するアンケート及び個別インタビューによる実態調査を実施した。また、欧州及び米国においては、HPCの運用・支援機関の制度や実態を主眼として調査を行った。欧州、特にEUにおいては日本と異なる視点で取り組みが成されており、参考になる点が多い。本稿では、EUにおけるHPC環境と産業利用推進の

取り組みを中心に記述し、最後に日・欧・米の比較にも触れる。

なお、本調査は文部科学省及び独立行政法人科学技術振興機構からの業務委託を受けて平成25年度に実施したものである。

2．調査概要

調査にあたり、広い見地に立ち、客観的な調査を行うために、学術界から3名、産業界から4名の有識者を委員とする「国内外の産業界におけるスーパーコンピュータの活用に関する調査委員会」をRIST内に設置し、事務局はRISTの産業利用推進室が務めた。

EUの調査では、主に以下の項目について訪問調査を実施した。

① HPC環境、運営機関の体制
② 学術界と産業界が連携した活性化の取り組み
③ 産業応用ソフトウェア開発と利用促進・支援
④ 普及促進機関の設置・取り組み状況
⑤ 国・公的機関及び民間企業間の資金の流れ

訪問先は調査目的を踏まえインタビューすべき主要機関をリストアップし、以下の機関を訪問した。訪問調査は、2014年2月3日から10日にかけて実施した。

① PRACE（ベルギー、ブリュッセル）
(Partnership for Advanced Computing in Europe)
② HLRS（ドイツ、シュトゥットガルト）
（Höchst leistungs rechenzentrum Stuttgart）
③ Hartree Centre（イギリス、ダズベリー）
④ CERFACS（フランス、トゥールーズ）
（Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique）
⑤ AIRBUS社（フランス、トゥールーズ）
⑥ TERATEC/CCRT/GENCI（フランス、パリ）

各機関の詳細は後の章で紹介する。

3．HPC推進に向けたEUの取り組み

EUは、戦略的･総合的資金助成制度として「研究・技術開発枠組み計画（Framework Programme for Research and Technological Development、以下FP）」を1984年に立ち上げた。これにより、加盟各国間の共同研究が促進され、EUの科学技術基盤の整備･強化が図られている。これまで７つのFPが実施され、昨年度にFP7（1997年～2013年）が終了した。

後継プログラムとして「Horizon2020」（以下、H2020）が7か年計画(2014年～2020年)で推進されている。H2020はイノベーションを強く意識したプログラムであり、その投資額は総額で770億ユーロに及んでいる。

H2020の助成のもと、ＨＰＣ分野で3つの取り組みを進めている。

① PRACEによるHPCリソース提供
H2020の目標の一つである「卓越した科学」の柱と位置付けられている。
② エクサスケール技術の開発
ETP4HPCに基づき、欧州産業界のためEU独自の開発を推進する。
③ Centre of Excellence（先端研究拠点）の創出
競争力ある分野で熟練プログラマの育成や中小企業向けHPC利用を促進する。

ETP４HPC(European Technology Platform for High Performance Computing)は、産業界主導の研究開発組合的な組織で、独立系ソフトウェア企業（以下、ISV）やサービスプロバイダなど48社（2014年1月現在）が参画している。EUにおけるHPCへの提言や戦略的研究課題をとりまとめており、PRACEとも連携している。

H2020の上位プログラムとしてEurope 2020(以下、E2020)がある。これは2010年に発表されたEUの10か年中期成長戦略であり、包括的な経済・社会政策をまとめたものである。EUは10年単位の基本計画に基づき運営されている。

3.1　PRACE

ベルギーのブリュッセルに拠点を置く非営

利組織で、現在25か国が参加している。

ミッションは、世界有数の高性能計算資源を学術界と産業界に提供し、世界トップレベルの研究開発を推進し、EUの競争力向上に貢献することである。

EUでは以下のような階層的なアーキテクチャの計算機環境が整備されている。

・Tier-0 （＞2 PFLOPS）：EUレベルの資源
・Tier-1 （≦2 PFLOPS）：各国レベルの資源
・Tier-2 （＜1 PFLOPS）：地方レベルの資源

PRACEが提供する計算資源は、Tier-0という最上位の階層の計算資源であり、6拠点で構成される。2013年は6拠点の合計で15PFLOPSを提供し、2014年は19PFLOPSを目標に整備が進められている。H2020を踏まえ、2015年からはPRACE 2が始まり、50PFLOPS以上の計算資源提供を目指している。

表１ PRACE Tier-0計算機資源（2014年完成時）

システム名称	運営センター名	設置時期	アーキテクチャ	理論ピーク性能
Curie	GENCI/CEA（仏）	2011 2Q	Bull Bullx Cluster	2PFLOPS
Hermit, Hornet	GCS/HLRS（独）	2011 3Q	Cray XE6, XC30	5PFLOPS
FERMI	CINECA（伊）	2012 2Q	IBM BlueGene/Q	2PFLOPS
SuperMUC	GCS/LRZ（独）	2012 2Q	IBM iDataPlex	3PFLOPS
JUQUEEN	GCS/FZJ（独）	2012 4Q	IBM BlueGene/Q	5.87PFLOPS
MareNostrum	BSC（スペイン）	2012 4Q	IBM iData Plex	1PFLOPS

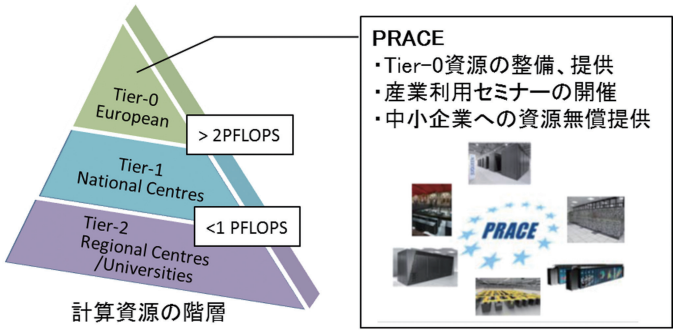

図１　EUの階層的計算機資源とPRACE

PRACEは、自前の計算資源を保有せず、統一的な運用基準を設定し、Tier-0の資源を配分する。システム運用は、各センターにより行われる。

PRACEが提供するTier-0資源への課題募集の形態は以下の３通りがある。

① Preparatory Access
　３か月単位の利用。
　本格利用前の予備的な計算機利用。

② Project Access
　１年単位の利用。
　大規模科学技術計算（小規模計算は対象外）。
　無償利用、成果公開が原則であるが、一部非公開も認められる。
　Scientific excellenceを基準とした課題選定。

③ Multi-year Access
　主要欧州プロジェクト等、複数年の利用。

すべてピアレビューにより審査され、応募機会は年２回である。

資源割り当て方針は、1企業あたり総計の５％以内であり、複数企業が参加する場合、最大５％×複数企業分の資源が割り当てられる。全体資源における産業利用の割合に上限は設けられていない。

産業利用促進への主な取り組みを以下に記述する。

① 産業利用セミナー、講習会等を開催
② 産業界の意見を反映
産業利用アドバイザ委員会（industrial advisory committee）に企業のCTO（Chief Technical Officer）クラスを参画させ、産業界の意見を活動に反映している。
③ SMEs(中小企業)支援；SHAPEプログラム
従業員250名未満の中小企業を対象に、無償でPRACE計算資源を提供している。
④ オープンラボ
オープンイノベーションの一環として、産官学連携に取り組んでいる。

オープンラボの取り組みとしては、ルノーによる2千万要素/200パラメータの最適化衝突シミュレーション、イタリアの製薬企業Dompéによる薬物候補探索などの事例がある。PRACEでは、Capability computing（大規模並列計算）だけでなく、こういったCapacity computing（多数のジョブによる条件探索）も重視している。

3.2　HLRS

ドイツではGauss Center for Supercomputing（GCS）としてHLRS、LRZ（Leibniz-Rechenzentrum）及びFZJ（Forschungszentrum Jülich）の3サイトが運用され、いずれもTier-0として提供されている。各サイトのシステムを2年程度の間隔を置いて更新することで、ドイツ国内で常に最新のスパコンが利用可能なように計画されている。

HLRSはシュトゥットガルト大学の高性能計算ハブとして設立・運用されているが、連邦政府、州、産業界/ベンダと多方面から運営資金を獲得している。Tier-0センターとしてEUに資源を提供する一方、地域の産業振興を目的とし、地元の大企業（ダイムラー、ポルシェ、ボッシュなど）に最先端スパコンとその活用技術を提供する役割も担っている。これらの自動車企業は、自前では大規模スパコンを所有せず、HLRSに運用を委託し、利用料を支払うアウトソーシング的な形態でスパコンを利用している。有償利用の料金は、設置・運営コスト（電力、冷却装置、商用ソフト等）を反映した額になっている。

計算機環境の整備方針としては、Top500の上位にランクされることを目標とせず、産業界で利用されるアプリケーションの実行性能を追求し、Hermit（Cray XE6, 1 PFLOPS）、Hornet（Cray XC30, 4PFLOPS, 2014年稼働予定, 2015年に7PFLOPSに拡張）、NEC　Laki/Laki2（Intel　Nehalem, Sandy Bridge 904ノード）など、複数システム（アーキテクチャ）を提供している。

HLRSは自動車などの基幹産業から中小企業を含む産業界全体を対象とした、ソリューションセンターとしての役割を担っており、以下のような取り組みがなされている。

① Automotive Simulation Center（ASC）
自動車関連企業向けに、大規模並列や可視化技術の開発、解析結果の検証等を行う。ITベンダや学術機関も参画し、総合的なソリューションセンターが実現しつつある。（図2）

② SICOSを介したコンサルティング
SICOS（SImulation COmputing Storage）はHLRSとカールスルーエ工科大学からの出資を受け、HLRSから生まれたベンチャーである。
SICOSは、中小企業（SMEs）の競争力強化を目指しており、HPC利用の初期段階から、本格的な活用までのソリューションを提供している。産業界からの要請で、一部の商用ソフトの実行性能向上のためのチューニングも実施している。
SICOSによって企業は、適切なハード・ソフトの選択から、大学等共同研究先の紹介、将来の自社サーバ導入まで様々なサポートが受けられる。

③ 産官連携の推進組織（企業）

ＨＷＷ（Höchstleistungsrechner für Wissenschaft und Wirtschaft Betriebsgesellschaft mbH）は、HPC向けクラウド基盤提供、HPC関連ITサービス提供、ASP(Application Service Provider)サービス、コンサルティング等を行っている。出資・参画している組織は州政府、大学、ITベンダ、ポルシェ等が含まれる。

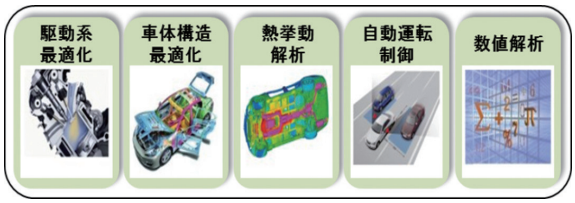

図２　ASCにおけるプロジェクト
（画像は、http://www.asc-s.de
/index_e.php?rubrik=3&seite=1より）

3.3　TERATEC/CCRT/GENCI

TERATECは2012年にHPCの産業利用促進の目的でCEA（フランス原子力庁）内に創設された。政府は研究所の土地を貸与し、建屋費用は参画企業が共同で出資した。TERATECはコーディネーションを主業務としており、産業界と学術機関の間の橋渡しを積極的に推進している。産業応用に関する共同プロジェクトを推進し、教育・訓練機能も有している。

CCRT（Computing Center for Research and Technology）は、CEAと産業界の出資によって2003年に設立されたスパコンセンター（Tier-1）である。

TERATECとCCRTは、フランス国内の企業80社及び官学との連携の場を提供し、利用サービスの提供、科学技術ノウハウの共有・普及を推進している。

計算機システムは、CEAの大規模計算機センターであるTGCC(Tres Grand Centre de calcul du CEA)にCurieとAirain（CCRTが運用）の２システムが設置されている。Curieの80％はPRACEのTier-0として提供され、残り20％はフランス国内の研究に利用されている。(図3)

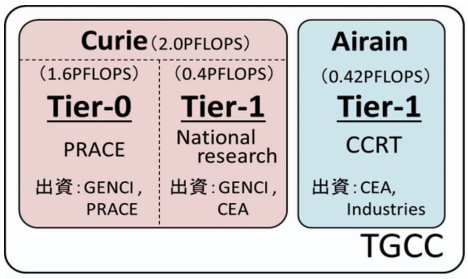

図３　TGCC計算機資源

CCRTは産業利用に特化しており、利用は原則有償である。そのため成果公開は必須ではない。

フランスにおけるナショナル計算機センターの整備・運用方針はGENCI（Grand Equipement National de Calcul Intensif）が決定している。GENCIはPRACEにおけるフランスを代表する機関であり、フランス政府（国民教育・高等教育・研究省）が約50％、CEAが20％、CNRS（国立科学研究センター）が20％、大学が10％を出資して運営される法人である。

図４　TERATECキャンパス（産官学連携拠点）
（http://www.teratec.eu/gb/technopole/
campus.htmlより）

3.4　CERFACS

CERFACSは1987年に創設、1996年に非営利企業となり、以下の７機関の出資により運営されている

・CNES（フランス国立宇宙研究センター）
・EDF（電力会社）
・METEO France（フランス気象庁）
・EADS（航空宇宙・防衛関連企業）
・SAFRAN（防衛・航空・通信の複合企業体）
・ONERA（フランス国立航空宇宙研究所）

・TOTAL（石油資源/エネルギー大手）

運営資金の40%を株主から、残りの60%を個別プロジェクト契約で獲得している。個別プロジェクトも各株主と締結されるものが多く、結果的に全体の資金の約70%を株主から得ている。重要な意思決定には株主の同意が必要であり、研究領域設定、外部のプロジェクト参加、ソフトウェアの配布可否、調査訪問団の受け入れにまで及ぶ。

CERFACSは株主と特定プロジェクトからの収入により運営されているため、開発したソフトウェアの大半が非公開となっている。

内部の計算機資源は少ない（約130TFLOPS）ため、外部資源（GENCI, PRACE, 米国INCITE（エネルギー省が運営）など）を活用している。2013年にはPRACEの計算資源の40%を利用した実績があり、INCITEの課題公募では2テーマ（燃焼爆発、ガスタービン）が採択されている。

先端的高性能計算機における科学技術研究、効率的な数値アルゴリズム開発、先端的シミュレーションの利用促進、技術伝承の為の人材育成等を推進している。市販ソフトでは達成し得ない領域のテーマを追求しており、以下4つのプロジェクトがある。

① ALGO（数値アルゴリズム）
INRIA（フランス国立情報学自動制御研究所）やIRIT（トゥールーズ情報学研究所）との共同研究。

② GLOBC（気候モデリング/地球環境変化）
大気・海洋・地球化学・水循環などを対象としたカップリングモデル等の研究。

③ PAE（航空学と環境）
航空飛翔体からの燃焼排気物質が気候変化に与える影響のモデリング等の研究。

④ CFD（燃焼流体モデリング）
AIRBUS、SNECMA、TURBOMECHなどと連携。燃焼流体ソルバAVBPのコミュニティをHPCセンター、企業、計算機ベンダ間で形成。

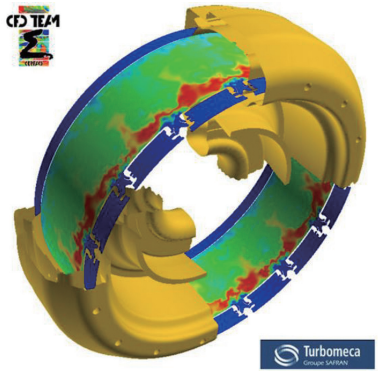

図5　AVBP解析事例（ガスタービン）
（http://www.cerfacs.fr/4-26776-Turbulent-combustion.php より）

3.5　AIRBUS

Airbusはアメリカ企業による世界の旅客機市場の独占への危機感を背景に、仏のエアロスパシアルと西独DASAの共同出資により1972年に設立された。その後、英BAe、スペインCASAも参加し、欧州4か国の国際共同会社になっている。

Airbusのシミュレーション利用の80%がCFD（computational fluid dynamics）で、欧州900名弱、インド30名の体制で、仏英独西印の拠点で業務を実施している。残り20%が振動騒音、強度、安全性のシミュレーションである。

プライベート・クラウド環境を構築し、HPC計算機はフランスとドイツに設置している。シミュレーション結果の可視化では、実データの転送は行わず、可視化結果（画像データ）のみを転送する仕組みを整備・運用している。2014年後半には社内の計算資源量は、合計1PFLOPSに到達する計画である。

Airbusの航空機設計における優先課題は、環境影響の低減（ノイズや燃費）である。航空力学シミュレーションを駆使し、空力特性を最適化することで燃費向上を図っている。A380の開発ではA340に対して2倍の輸送量を達成しつつ、騒音レベルの低減に成功している。また、A350の開発においてはA380と比較し、風洞実験の量を40%削減している。

究極の目標は Fly the Virtual Aircraft であり、リアルタイムな空力計算を活用し、パイロットが操縦できる仮想飛行機システムの構築を目指している。日本の自動車業界が目標とする"まるごとリアルタイムシミュレーション"と同じである。

CERFACS等との共同研究により、シミュレーションのソフトウェア開発を推進している。PRACE等の公的スパコンは、最新技術のベンチマークのための環境と位置付け利用している。

シミュレーション技術者教育の場として、Airbus Academyを開設しており、またCERFACSに社員を派遣し、並列プログラミングや計算機アーキテクチャ、最適化等の技術習得を図っている。

3.6　Hartree Centre

Hartree Centreは、英国STFC（Science & Technology Facilities Council）とIBMによるベンチャーとして2012年に設立された。

STFCは、主に加速器や天文台など基礎物理に関する研究施設を運営する機関であり、英国政府のe-Infrastructureを推進する役割を帯びている。Hartree CentreはSTFCの5か所ある拠点の一つDaresbury研究所内にある。

Hartree Centreの設立趣旨は、1万名以上の雇用創出、150Mポンド（250億円規模）の民間投資の活用促進等、英国経済成長への貢献である。政府、国内の主要大学、EPSRC（Engineering and Physical Sciences Research Council）等から活動資金を得ている。企業との連携が活発で、設立当初からの最大のパートナーであるユニリーバは、5Mポンド（約8億円）以上を拠出し、洗濯用柔軟剤（界面活性剤）の安定性シミュレーション等のプロジェクトを共同で推進している。

計算機リソースとしてBlue Joule（IBM BlueGene/Q, 1.47PFLOPS）、Blue Wonder（Intel, 170.4TFLOPS）を保有している。Blue JouleはスペインがTier-0に提供しているMareNostrum（1.02PFLOPS）よりも大きいがPRACEへは提供せず、英国独自のスタンスを取っている。

Hatree Centreがソリューションセンターとして産業界に提供しているサービスは以下の通りである。

① ソフトウェア開発
　新規コード開発、既存コードの最適化

② アプリケーション利用環境の提供
　実験との併用（STFCが運用する高エネルギー物理、シンクロトロン関係の先端分析設備等が利用可能）

③ オンデマンドHPC
　enCOREと提携してInfrastructure as a Service（IaaS）を提供。使用料は6ペンス/コア・時間（約10円）。

④ 連携促進
　STFC内の専門家との協業に加えて、学術界との連携促進、国外リソースの利用支援。

⑤ 人材育成

Daresbury研究所の活動としては、EPSRC下にあるCCP（UK Collaborative Computational Project）及びそこで開発されたCASTEP、ONETEP、DL_POLY等のコードが有名である。

CCPは学術界のコミュニティによるコード開発モデルとして知られており、資金サポートによりソフトウェアの更新が継続している。

なお、CASTEP等の開発コードは学術界の利用は無償で、企業での利用は有償である。

図6　産学連携促進ワークショップの風景
（http://www.stfc.ac.uk/Hartree/News/43415.aspxより）

4．調査まとめ

4.1　EUにおける産業利用推進の取り組み

ここまでEU訪問調査の詳細について述べてきたが、これらの調査から得られた知見を以下の５点にまとめる。

（1）経済波及効果・産業競争力強化を重視

PRACEプロジェクトを中心に、学術界における科学的成果創出にとどまらず、産業競争力の強化を重要な政策目標に設定し、公的なスパコンプロジェクトを形成している。

次世代HPC技術の研究開発を担うフォーラムであるETP4HPCが取りまとめたStrategic Research Agendaにおいて、科学と産業が次世代HPCの恩恵を等しく受けるべきであることが宣言されている。また、中小企業へのHPC普及に向けた中小企業育成もETP4HPCの目標の１つである。

なお、全体資源に占める産業利用の割合に上限・下限（産業利用枠）は設けられていない。

（2）HPC資源のグランドデザイン

① 計算資源の階層化、多様なシステムの整備

計算機リソース整備計画の特徴は、階層的かつ多様なシステムを、目的・ターゲットユーザ層・応用分野などを意識して、最初から基本方針としてビジョンを設定している点である。すなわち、Tier-0（EU全体）、Tier-1（国レベル）、Tier-2（州･地方レベル）の3階層でリソースが整備され、ユーザは様々な規模・アーキテクチャのスパコン資源から最適なマシンを選択できるようになっている。また、Tier-0 資源を単一のサイトで供給するという考え方ではなく、Tier-0トータルで豊富な計算機リソースを提供するという方針である。

② Tier間のステップアップ、継続的な資源提供

階層的かつ多様なシステムが整備されたことで、小中規模リソースを利用しているユーザは、類似したアーキテクチャの大規模リソースへのステップアップが容易であり、アプリケーションレベルで移行性への配慮がなされているといえる。例えば、仏GENCIが運用するCURIE（Bull、汎用プロセッサ）は、その20%がTier-1資源としてフランス国内に、80%がTier-0資源としてPRACEに提供されている。CURIEに限らず、欧州のHPCグランドデザインには「アプリの上方展開」という概念があり、利用者に配慮した仕組みとなっている。成果創出の源であるアプリケーションが、各階層のリソースで共通に利用できることは、利用者にとって大きな意義がある。

③ Capability/Capacity computingの併用

大規模シミュレーション・超高速演算性能を追求するCapability型、個々のジョブは大規模ではなくとも多数の同種ジョブの同時実行を行うCapacity型（パラメータサーベイ、アンサンブルシミュレーションなど）のいずれにも対応できる計算機環境を整備している。Capability型とCapacity型は産業応用面では両方とも重要であり、PRACEではCapacity型の利用による衝突安全ボディ設計などの産業利用成果も強調している。

④ テクノロジー・プラットフォーム・アプリケーションの有機的連携の重視

HPCを支える３本柱として、テクノロジー（ハード、システムソフト）、プラットフォーム（日本のHPCIに相当）、アプリケーションを等しく重視し、どれが欠けてもHPCの活用が出来ないことを明確に宣言していることが特徴である。

EU全体としては、ETP4HPCにスパコンセンター、研究機関、ユーザ企業（中小企業を含む）、テクノロジープロバイダ、ISVが参画している。また、PRACEからPRACE2（2015年以降）への発展、さらにはH2020を含めたEUとしての

HPC整備に関して、政策的な継続性、一貫性が意識されている。

しかしながら、国家間での取り組みには温度差が見られる。例えば、PRACE Tier-0センターを有するドイツ、フランスなどと、Tier-0センターを提供することなくPRACEを利用するだけのイギリスでは、考え方に差がある。また、自国のIT産業育成を重視するフランスは、調達にあたり自国のベンダを優先する方針が明確であり、必ずしもオープンな姿勢で一貫している訳ではない。

(3) 産業利用におけるソリューションセンター

ドイツにおけるSICOS、イギリスにおけるHartree Centre、フランスにおけるTERATECなど、欧州には産業界のユーザがHPCを利用する際のコーディネーションを担当する組織が存在し、産学連携の橋渡しを行うとともに、ユーザの抱える課題に対するコンサルティングを含めた適切なソリューションを提供している。また、これらの組織は、中小企業がHPCを活用する際の支援も行っている。

(4) 産業界の積極的な投資と参画

欧州には、産業界が共同出資して公的なスパコン資源や研究所を運営するケースが多く見られる。フランスのCCRT、CERFACSなどは、民間企業を含む出資者をステイクホルダーとし、計算資源の提供と企業との研究推進を行っている。ドイツのシュトゥットガルト大学HLRSでも地元の大企業（ポルシェやダイムラー）が企業の費用負担によって大学スパコン内に自社専用リソースを確保し利用する例が見られる。また、EU全体のHPC計画を推進するPRACEには、産業利用アドバイザ委員会が設置され、計画に産業界の意見を積極的に取り入れる仕組みが構築されている。

(5) 長期的な産業利用推進の取り組み

欧州、特にドイツ、フランスでは、HPC利活用を産業競争力強化の一環と位置づけ、様々な長期的産学連携を推進している。フランスのCERFACSはその好例であり、1987年に官民の共同出資により設立され、主に流体解析について極めて高水準な研究及びプログラム開発を実施し、その成果を出資企業に還元している。

なおフランスにおいては、自国産業育成の視点から、計算機開発・アプリケーション開発及び利用において、フランス国内の企業を優先した政策が推進されている。この背景には、１業種１企業といったフランス特有の仕組みが存在すると考えられる。

4.2　日欧米の産業利用プロジェクトの比較

今回の産業利用調査では、米国での調査も実施した。2013年11月に米国デンバーで開催されたSC13にてスパコン運用機関であるINCITE（The Innovative and Novel Computational Impact on Theory and Experiment）、XSEDE（The Extreme Science and Engineering Discovery Environment）にインタビューを行った。INCITE、XSEDEともに、配下の計算機センターのリソースについて、研究課題選定・リソース割り当て・推進マネジメントなどを横断的に行っている。運営資金は、それぞれ、米国エネルギー省（以下、DOE）、米国国立科学財団（以下、NSF）が提供している。

INCITE配下のスパコンには、Titan（オークリッジ国立研究所, Cray XK7, 27PFLOPS）、Mira（アルゴンヌ国立研究所, IBM BlueGene/Q, 10PFLOPS）がある。また、XSEDE配下にはSDSC（サンディエゴスパコンセンター, 0.3PFLOPS）、TACC（テキサス大学計算機センター, 0.3PFLOPS）等、州の中核となる計算機センターを中心に10数機関のスパコンが含まれる。これらのセンターの資源を利用可能とすることで、利用者が多様なシステムを選択し、利用できる環境を提供している。実際の計算機運用、アプリ

ケーション整備などは、配下の計算機センターなどに委ねられている。

両プロジェクトとも、学術界の利用が主体であるが、学術界と民間企業による共同での課題申請を推奨している。計算機リソースの産業利用枠については、上限や下限の設定はない。民間企業のみのリソース使用は全体の10％内外であるが、それ以外に学術界と民間による共同提案による課題が多数採択されている。

米国政府（大統領府など）の意向を踏まえ、HPCを活用して国際競争力を確保し、迅速に製品やサービスを開発し、市場に提供することがドライビングフォースとなっている。課題選定においても、経済波及効果が重視されている。

日欧米それぞれ、産業利用課題の募集・選定・資源配分及び利用支援を行っているが、産業利用制度という観点で、整理・比較した表を13～14ページに示す。産業利用制度の細部は国の事情や方針を反映してそれぞれ異なっているが、産業利用を拡大し、利用を活発化しようと努めている点では共通している。

5.　おわりに

今回の海外実態調査を通じて有益な情報が多く得られた。時間の制約で今回調査を行うことができなかったＨＰＣに関わる主要機関の訪問調査、あるいは急速にコンピュータ利用が進展しているアジアの状況把握などを目的に、今後も調査を継続する意義は大きいと考える。また登録施設利用促進機関業務の一環として国際交流の推進を図るため、今回訪問した欧米のＨＰＣ関連機関のいくつかとは連携協力を進めるべく検討中である。なお国際交流推進に関しては、SCやISCのようなスパコンの国際会議に出展して、国内外を区別しないという原則の下、「京」やHPCIの計算資源は海外からの課題応募や利用が可能であることをアピールするなど、既に具体的な取り組みを進めている。

本稿では割愛したが、同時期に国内の産業利用実態調査を実施し、76社からアンケートを収集し、8社を訪問し、利用実態をヒアリングした。その結果、「京」、ＨPCIの産業利用拡大のために、下記の5点

① 動作可能なソフトウェアの整備
② プリポスト処理環境の整備・拡充
③ 産業利用機会の拡大
④ 諸手続きの簡略化
⑤ 技術情報の整備と公開

が重要であることが明確になった。「京」、HPCIの産業利用促進を担う機関であるRISTは、以前から上記の課題に取り組んでいる。既にかなりの内容が実現しているが、利用者の視点に立ち、より高いレベルでの達成を目指している。今後、欧州の産業利用支援機関が推進しているソリューションセンター的な役割（コンサルティングやコーディネート機能、ワークショップ等による技術交流）を強化するとともにPRACE等が取り組んでいる中小企業への利用促進を行うなど、更なる産業利用拡大に取り組む所存である。

謝辞

「国内外の産業界におけるスーパーコンピュータの活用に関する調査委員会」に参画していただいた委員および事務局の方々に感謝致します。兵庫県立大学の兵頭志明教授、横浜市立大学の木寺詔紀教授、北海道大学の坪倉誠准教授、理化学研究所の森下健二氏には、本調査において貴重なご指導とご助言を頂きました。日本自動車工業会の梅谷浩之氏、住友化学の石田雅也氏、東レの茂本勇氏、日本電気の高原浩志氏には、欧米での現地調査や調査報告書の作成にご尽力頂きました。スーパーコンピューティング技術産業応用協議会の清紹英氏、滝口仁氏には本調査の計画･調整にご協力頂きました。またRIST神戸

センターの木村晴行氏、松本宏氏には特に欧米での現地調査にご尽力頂きました。ここに感謝の意を表します。なお本調査委員会委員長を務められた兵頭教授は平成26年3月に急逝されました。ここに謹んで哀悼の意を表します。

＜参考文献＞

［1］EU MAG（駐日欧州連合代表部の公式ウェブマガジン）
http://eumag.jp/feature/b0113/
PART 1　日本とEUの共同研究開発プロジェクト
PART 2　EUの科学技術研究開発支援の枠組み

［2］「欧州の新しい研究開発・イノベーション枠組プログラムHorizon 2020の概要」
http://www.jst.go.jp/crds/pdf/2013/FU/EU20140221.pdf

表2 日欧米における産業利用制度の比較表1

項目	比較項目	HPCI（日本）	EU （PRACE）	XSEDE（米国）	INCITE（米国）
1	推進母体・運営資金の提供者	文部科学省 ・京コンピュータ開発・運用・支援費用 ・HPCIシステムの整備・運用費用 ・国プロアプリ開発・メンテナンス費用	欧州委員会 Tier-0 EUレベル (出資は欧州委員会20%, 各国政府80%) Tier-1 国のレベル Tier-2 州政府レベル 上記以外、公的研究機関と企業の共同出資の産業利用推進プロジェクトあり。	NSF(米国国立科学財団) XSEDE自体の年間予算約$25M ＋ XSEDE傘下の計算センター運用予算約$25M民間からの資金提供は無し。	DOE(米国エネルギー省) プロジェクト管理費を除き、各国立研の予算で運営。
2	計算資源の構成と資源量 (全体構成と総資源量)	「京」以外のHPCI資源は、大学情報基盤センター中心に12の資源提供機関あり。 「京」:10PF 「京」以外のHPCI資源: 約3PF(H26年度)	PRACE Tier-0を構成する6サイトの合計は15PF(2013年実績),2014年に19PFLOPSを目標に整備中。 6サイトは以下の通り。 ・Curie (GENCI/CEA 仏) ・Hermit(GCS/HLRS 独) ・FERMI(CINECA 伊) ・SuperMUC(GCS/LRZ 独) ・JUQUEEN(GCS/FZJ 独) ・MareNostrum(BSC スペイン) PRACE 2で2020年に50PFLOPS目標。	大学などの計算センターを活用 SDSC(サンディエゴスパコンセンター) TACC(テキサス)、OSC(オハイオ) PSC(ピッツバーグ)等 州の中核計算センター10数機関がメイン。 各センターは、連邦政府、州、ローカル組織等複数の資金源で運用。	①オークリッジ国立研 (TITAN: Cray XK7, 27PF 汎用プロセッサ+GPU) ②アルゴンヌ国立研 (Mira: IBM BlueGene/Q,10PF) ・INCITE総資源量は、58億コア・時間 ・資源配分 60% INCITEプログラム選考を経た利用 (国家的優先度の高い課題) 30% 政府機関の利用 10% 資源提供機関のディレクタ裁量で優先利用(Director's Discretion)
3	利用の種類 及び有償利用の料金	・無償利用(1年、成果公開) ・トライアル・ユース(6か月、成果公開) ・有償利用(1年以内、成果非公開) 14.53円/ノード・時間 専有利用は21.80円(平成26年度)	・有償利用、無償利用 無償利用は成果公開が原則 成果非公開の有償利用は少数。 課金は高め。	・有償利用、無償利用 ・1 CPUコア・時間あたり5セント (サポートは$100/時間) ・個別契約で、トライアル利用、成果非公開型の利用も可能。	・有償利用、無償利用 成果公開型の無償利用を推奨
4	利用課題選定方法	・公募方式(一般利用の産業利用枠) ・産業利用課題向け選定基準の設定	・公募方式 ・産学連携の応募(共同プロジェクト)あり。	・公募方式 ・産学共同の課題実施を推奨。	・公募方式 ・産学共同の課題実施を推奨。
5	採択課題数	「京」の産業利用は、平成24-25年度は22課題追加募集13課題、平成26年度35課題を採択。トライアル・ユースはこれまで29課題を採択。(2014年5月現在)	Tier-0において、2010.4-2012.11間で42億コア・時間を159プロジェクトに提供。	未公表。	2013年度 ・59課題を採択。うち32%は新規。 ・8課題が産業応用。 ・採択率は全体で1/4～1/3。

表3 日欧米における産業利用制度の比較表2

項目	比較項目	HPCI（日本）	EU （PRACE）	XSEDE（米国）	INCITE（米国）
6	課題ごとの資源割当量と利用期間	・年間600万ノード時間（無償および有償利用の最大値） ・配分された資源量まで使用可（over allocation無し） ・無償利用は1年間 ・有償利用は1年以内で利用者が設定 ・トライアル・ユースは5万ノード時間、6か月間	・Preparatory Access（利用準備） 3か月 ・Project Access 1年間 ・Multi-year Access 複数年	・年間20万コア・時間まで	・TITAN：平均50百万コア・時間 ・Mira：平均100百万コア・時間 ・ディレクタ裁量枠：1～10百万コア・時間 ・No cut-off policy， Over allocation（課題推進中に配分資源上限に達しても認められれば追加配分） ・利用期間は1～3年間
7	産業利用枠（%）・産業利用課題の比率	5%（平成24-25年度） 8%に拡大（平成26年度） 内、2%が個別利用（有償,随時受付） 戦略分野での産学連携を含めると約23%。	PRACE（特にTier-0）としては、1企業プロジェクトは総資源の5%までだが、複数の企業プロジェクトは、5%×企業数まで割り当てられる可能性がある。	特に制限なし。 産学連携を含めると、産業利用は10%以上。	特に制限なし。 主課題推進者（Principal Investigator）による分類では産業利用は10%内外。 産学連携を含めると産業利用の比率はもっと高くなる。
8	利用成果の扱い／報告	・無償利用は成果公開 利用報告書および3年以内の論文・公開技報、特許等による成果登録を義務付け。 利用報告書の2年間公開延期制度有り（知財権取得への配慮）。 成果報告会を開催。	・無償利用は成果公開	・無償利用は成果公開	・無償利用は成果公開 3か月単位での状況報告を課している。
9	技術サポート／コンサルティング	登録機関（RIST）による応募前相談、利用相談、高度化支援、アクセスポイント（産業利用向け利用拠点）での支援。	PRACE Tier-0では、各センターによる専門スタッフの支援あり。 コンサル会社による専門ソリューションサービスあり。	・各課題に0.5～1人程度の支援員アサイン ・XSEDE内に利用窓口	・各課題に0.25人程度の支援員アサイン（サイエンス、HPC両面） ・資源提供機関内に利用窓口
10	産業アプリケーション整備	・国プロで開発され、「京」の大規模利用に最適化されたソフト多数。 ・「京」で利用可能なISVソフトは非常に少ない。LS-DYNAのようにベンダ・業界団体・IT企業の協力で移植された事例有り。 ・登録機関（RIST）によるOSS移植情報の集約と移植・高度化支援（OpenFOAM等）	Tier-0用の科学アプリケーション30本以上の移植支援を実施。	ユーザコミュニティにて推進。	ユーザコミュニティにて推進。
11	中小企業（SME）のHPC利用/ノウハウ普及	課題応募に企業規模の制限無し。 ソフトベンダーを中心に10数社、「京」利用中の中小企業あり。	PRACE SHAPEプロジェクト（2013年創設） 対象は従業員250名未満の企業。 6か国から14件の応募、10件採択。	中小企業向け無償トライアル枠を拡充。	SMEは非対象。
12	海外機関からの利用	可能	可能	可能	可能