

リーディングマシンについての意見

青木委員

【リーディングマシンの定義】

世界で最高速級の計算機(必ずしも最高速(1位)である必要はない)で、1世代前の「リーディングマシン」よりも10倍から100倍程度速い計算機。分野(あるいはアプリのタイプ)毎にことなつた「リーディングマシン」がある場合は、それぞれ独立に上の定義を当てはめれば良い。

【リーディングマシンの必要性】

世界トップクラスの研究水準を維持するためには、「リーディングマシン」の存在は必須。単一の「リーディングマシン」が存在する必要はなく、分野(あるいはアプリのタイプ)それぞれに「リーディングマシン」が存在すれば良い。現状では、3つ程度のアプリのタイプごとに「リーディングマシン」を持つことが現実的であろう。

秋山委員

【リーディングマシンの定義】

1. 我が国における最大の規模かつ先進的である1~2台のマシンを指し、
2. 世界的に見てもトップ級と言える性能を有し(注: LINPACK に限定しない)、
3. 現在の大学基盤センターや独法のマシンでは不可能な大規模計算の実施も可能。
4. また、単にシステムだけを指し示すのではなく、そこに集積する研究者・技術者および教育コースなどの総体を指し示し、日本の HPC 全体を代表し牽引するような存在。

【リーディングマシンの必要性】

リーディングマシンの必要性は、様々な側面から説明可能だと考える。

まずはじめに、「リーディングマシンが存在しない」とはどういう状態であるのか?それはおそらく、各大学の基盤センターや独法等が、ほぼ横並びのマシンをバラバラの判断で導入し、国内に図抜けたマシン(例えば過去の例でいえば「地球シミュレータ」や「京」)を持たない状態を指すことになる。この場合の欠点は、1)真に優れた研究や政策的に重要な課題に一時的に集中的に資源を割り振ることができない、2)国内で不足しがちな技術人材が均等に分散され知識の集積がしにくい、3)各拠点間が横並びであるため相互運用性の確保の議論が進めにくい、4)国内外のメーカーと組んで新たなマシンを開発しようとしても導入先の規模がそれに見合わない、などが掲げられる。単純に言えば、リーディングマシンを持つということは、これらの点で改善の可能性が生じる利点がある。

リーディングマシンを持つということは、国内の HPC インフラの構成が、階層的なピラミッド型となることを意味する。ピラミッドの最上層が1~2台の「リーディングマシン」であり、その次にお

そらく各大学の情報基盤センターや独法等の10台前後のマシンが続き、さらにその下に各研究所や研究グループごとのマシンが続く。リーディングマシンを持つべきかどうかという議論は、この階層を「三角形」として、日本全体を牽引するような存在を作るべきか、従来の横並び方式の「台形」が良いかという議論である。もしも、台形の方式が優れている理由が見あらず、三角形とすべきであるならば、規模の大小は議論の余地があるにしろ、何らかのリーディングマシンを持つべきという帰結になる。

リーディングマシンの必要性は、以下の各点からも、より積極的に支持される。

- 1) 電力当たりの性能を向上するためにも、管理人員のコストを低減するためにも、高度化するシステムソフトウェア・応用技術に優れた職員が集中的に対応するためにも、「マシンの規模を大きくする」「共通のハウジングに入れる」ことが有利であり、システムの大規模化は時代の要請であると言える。我が国として必要である計算需要の総量を満たすためには、できるだけ大規模なマシンを構成すべきである。
- 2) 特に優れた研究や、政策的に重要な緊急的課題に対して、超大規模計算を許す機会を厳格な審査に基づき与えることが重要である。これを可能とするためには、普段は分割運営されていても良いが、いざというときに連結して動作させることができる超大規模なマシンがあることが望まれる。
- 3) 計算科学や産業における計算需要には際限が無いと言われることがある。存在している計算機の能力に合わせて、いくらでも需要は沸き上がるからである。しかしこの事実を別の角度から見れば、国内で利用可能な最大計算能力が低ければ、それに頭打ちされて、国内の計算科学や産業利用の発展が伸び悩むことになる。現在、世界トップ級の実力を保っている我が国が、HPC 利用において二流国に落ちないためには、HPC システムの階層ピラミッドの頂点を(ピラミッド全体のボリュームへの考慮も忘れずに)高くすることが肝要である。このためには、リーディングマシンの整備が必要である。
- 4) リーディングマシンの開発は、国内メーカーにおけるハードウェア、システムソフトウェア、運用技術などを高めるための刺激になる。ただし、単にハードウェアだけでなく、優れたコンパイラやジョブスケジューラなどが揃えられないとリーディングマシンの実効的な能力が確保できないので、過度にオール国産技術にこだわる事には危険性もある。

【リーディングマシン留意されるべき事項】

- 1) リーディングマシンの利用者を著しく限定することは避けるべきである。応募者の力量(実績)で「級」などの資格管理をすることは適切であるが、一定のスキルがある利用者については、課題数を限定せずリーディングマシンへのアクセスを開放すべきである。
- 2) リーディングマシンの設置の目的の一つは、超大規模計算を可能とすることであるが、通常時の運用において、全系や半系を用いるような超大規模計算だけを著しく優先する考えも避けるべきである。ソフトウェアの開発中や条件の探索中は中小規模のジョブも多く必要である。十分に大きなマシンを確保するためには、1)2)の寛容な運用が鍵となる。
- 3) 何が「優れた研究」や「政策的に重要な課題」であるかの判断を正確に下すことは極めて難し

い作業だと知るべきである。政治的な口利きや、一部の者の近視眼的な判断で、HPC 資源の不当な独占が行われるならば、リーディングマシンの価値は大幅に下落してしまう。ハードウェアの開発者や管理者はむしろ少数の古典的ユーザを好む傾向が強いので、施政者が特に気を付けて、冷徹にバランスを取った奨励策を継続すべきである。

4)リーディングマシンは、比較的多くのユーザに開かれたものでありながら、緊急案件または審査に基づき、全系を利用したグランドチャレンジが可能であるべきである。

石川委員

【リーディングマシンの定義】

- 国内で一番大きなジョブを流せ、先端アプリケーションの稼働により世界的成果がいち早く出せる支援環境が提供されているマシン。同じ時期に情報基盤センター群が設置可能なマシン規模の一桁以上の性能を有する必要がある。
- 国家が中長期的に科学技術計算のための基盤を整備する計画が立てられるマシン。企業の開発動向調査による市場調達型(情報基盤センターや付置研が調達するマシンは基本的にはこれ)による整備では、5 年後に渡っての企業の製品開発計画があっても将来開発を中止するという事態もあり、また性能や使用電力量が不確かであり中長期的視野での計画が立てられない。その結果として計算科学をどのように先導していくかが描けなくなる。従って、リーディングマシンは国内で最大規模のマシンであるという条件だけでなく、国の中長期的に科学技術計算のための基盤整備計画として実現可能性を有するマシン開発とともに考えなければいけない。

【リーディングマシンの必要性】

- リーディングマシンの定義として述べた 2 番目の項目より、リーディングマシンの定義＝必要性となる。
- リーディングマシンが設置されてから、そのマシンがリーディングマシンとしての価値を有する期間は5年～6年が限界である。1 年から 2 年の間には電力性能比に優れたマシンが登場してくるが、そのたびにマシンを更新するわけにもいかない。ユーザがそのマシンを使いこなして成果が出てくるのも時間がかかる。数年で(ユーザが使える資源量という意味で)リーディングマシンと同性能のマシンが情報基盤センターでも設置可能となる。さらにその数年後には新たなリーディングマシンを設置し、計算科学技術を発展させていくことが国益につながる。

宇川委員

【リーディングマシンの定義】

- 科学技術の computing frontier(計算フロンティア)を切り開く装置。
- その開発整備には技術開発上のブレークスルーが不可避。既存技術の組み合わせで整備

が可能であればリーディングマシンと呼ぶには当たらない。

【リーディングマシンの必要性】

- 科学技術のあらゆる分野で、その最先端を切り開くには、理論・実験観測・computing の協働が不可欠。世界において科学技術をリードする、あるいは引き続き最先端の位置を維持するには、computing におけるリーディングマシンの開発整備も不可欠。
- 国としての開発の必要性は、必要とする計算性能が市場の既存技術のトレンドでは実現不可能であることによる。この点については、FS 等における科学技術ロードマップの精密化等も重要。
- どのようなマシンを国として開発すべきかは、科学技術上の意義や社会的課題解決上の必要性等の観点から、コミュニティの意見を聞きつつ国が判断すべき問題。しかしながら、科学技術全般にわたる computing の重要性から、あまりに狭い分野や課題に限るのではなく、ある程度幅広の領域をカバーするマシンが望ましい。どのようなアーキテクチャが、計算性能のニーズと幅広の領域のカバーの二つの観点に 대응するかは、FS 等の技術検討による。
- 国として開発するマシンと同時に、個別分野や学術的課題の解決に応えるマシンについても、その位置づけと予算措置の規模・種類等を明確にし、国として開発するマシンと併せ、総体として科学技術における computing のロードマップを策定して進める事が必要。

小柳主査

【リーディングマシンの定義、必要性】

- 日本の科学研究、技術開発、産業利用を牽引する 2~3 台の高性能コンピュータ。それぞれ特徴をもつ。
- 国の戦略的リーダーシップで開発し、維持する
- いくつかのキーテクノロジー(ハード/ソフト)は資金を投入して日本の力で開発する。同時に国際協力にも留意する。[海外の研究所、企業との共同開発は？ CPU はキーか？]
- これに続くいろんなレベルのコンピュータ資源が全国に配置されていること。
- 以上が法律的に保証されていることが望ましい。例えば、アメリカや韓国の HPC 法のように。

加藤委員

【リーディングマシンの定義】

HPC 分野の研究開発を飛躍的に推進するために大きな貢献をすることが期待されるスーパーコンピュータ。必ずしも世界一の性能を有する必要は無いが、少なくとも、世界一の性能を有する計算機に準ずる性能を持つことは必要。その意味では、東工大の TSUBAME2 や地球シミュレータ 2、東大の情報基盤センターに設置された FX10 などはリーディングマシンとは言えない。

なお、今後のスーパーコンピュータの発達を考えた場合、リーディングマシンは国内で唯一設置される汎用性の高いものになるとは限らない。この理由は分野や解法毎に要求される計算機スペックはかなり異なっており、今後もこの差はますます拡大されることが予想されるからである。このため、全ての分野や解法(アプリケーション)の要求性能を満たすスーパーコンピュータを開発することは不可能になるか、あるいは、少なくともコストパフォーマンス的に最適な方策とはなり得ないと予想される。従って、複数個(2つ、ないし3つ)のリーディングマシンが我が国全体の HPC 分野の研究開発やアプリケーションソフトの開発・利用を推進するような体制になることが予想される。

【リーディングマシン(設置)の必要性】

世界一の計算機、あるいは、世界一の計算機に準ずる性能を有する計算機が設置されていることは、我が国における HPC 分野を発展させ、また、世界における当該分野における優位性を維持するためには必須であることがリーディングマシン(の設置)が必要である主たる理由である。具体的にその理由を説明すると、一般的に一人のユーザが同時に使用できる計算機リソースは当該計算機の数分の1程度である。例えば、東大の情報基盤センターに設置された FX10 の利用を考えた場合、ユーザは最大でも1万コア程度の計算しか実行できない。これに対して、リーディングマシンである京を利用しているユーザは数10万コアの計算を比較的容易に実施できるため、このような計算機を設置することにより、極めて新規性の高い研究成果を創出したり(主としてサイエンス分野の場合)、将来的な HPC の利用ビジョンを明確にしたり(エンジニアリング分野の場合)することが可能となる。エンジニアリング分野においてはリードタイムこそが産業競争力強化のためには極めて重要な要素であるため、リーディングマシンの設置は産業競争力の強化にも大きな貢献を果たすことが期待されるのである。

【リーディングマシン(開発)の必要性】

まず、このような議論に関しては、我が国においてマシンを設置する必要性と、マシンを開発する必要性とを明確に分離して議論することが必須である。マシンの設置だけではなく、開発も必要である理由は、これからのスーパーコンピュータの利活用を考えた場合に、アプリケーション開発者と計算機開発者との密接な連携がなければその性能を十分に発揮できないからであり、このことは、京に関するアプリケーションソフトウェアの開発過程やその結果として得られた成果(グラウンドチャレンジ、アプリケーション作業部会)を見ても明らかである。

リーディングマシンを開発せず設置だけをした場合、開発の初期の段階でハードウェアに関する詳細な情報を得るは不可能であるため、ソフトウェア開発のためのリードタイムも確保できなくなる。また、ハードウェア開発者との強力な連携体制を構築することや、ソフトウェア研究者とハードウェア(システム)開発者との所謂、Co-デザインも不可能であり、このような状況下で我が国の HPC 分野の有意性を維持することはできない。

【リーディングマシンの下方展開】

京の下方展開として FX10 が市場に出回り、そこで得た利益により、少なくとも10年程度の間は民間資金でスパコンの開発が進むというのが理想的なストーリーであるが、現実的にはこれ

は難しい。実際に起きていることは、リーディングマシンが世の中に出てから 3 年ないし 5 年程度遅れて、それと同じような性能を有する、コモディティウエアをベースとした計算機が製品化され、それがボリュームゾーンに展開されているということである。つまり、リーディングマシンの下方展開により、この分野が民間主導で発展するということは起きていない。この問題をもっと真剣に議論すべきであると個人的には考えている。

リーディングマシンで開発された要素技術(例えば、光インタコネクトなど)が PC クラスタに反映され、それによって、市場が拡大され、我が国の企業が利益を上げれば良しとするのか、あるいは、そもそもリーディングマシンで市場の拡大や投資回収をすることは(起こりえないこととして)考えず、リーディングマシンの開発投資は、我が国の HPC 分野の発展やそれによる産業競争力の強化に資すれば良い、それでも国はそのために必要な研究開発投資を継続的に実施すべき、と割り切ってしまうのか、そのあたりの考え方を明確にする必要がある。というのは、このことは、リーディングマシンの開発にも密接に関係するからである。

【リーディングマシンとソフトウェア開発・人材育成】

1970 年代からのスーパーコンピュータの開発とその利用の経緯を振り返ってみると、アプリケーション開発者はコードのベクトル化、キャッシュ(主として L2 キャッシュ)の有効利用、OpenMP 等による共有メモリ計算機に対する並列化、MPI 等による分散メモリ計算機に対する並列化、コア内の演算器の多段化に対する有効な SIMD 命令の生成、などハードウェアの発展・進化に応じて、アプリケーションソフトウェアも進化させて来た。今後のエクサスケールに計算機ではこれらに加えて、「データの局在化を明示的に意識した」アプリケーションソフトウェアの開発が必須になるものと予想され、そのためにはハードウェアに関するかなり専門的な知識が必要になる。

そのような状況下において、アプリケーションソフトウェアの研究開発においては、次の 2 点が重要になる。

一つは汎用的な機能を有するアプリケーションソフトウェアを大学の一研究室等で開発することはもはや不可能になるため、コミュニティが共用する「基盤的なアプリケーションソフトウェア」を開発していくことである。この基盤的なソフトウェアを使って、それに機能追加したり、インターフェースを追加することにより、各研究者の個々の研究開発を実施したり、あるいは、産業界で利用していく仕組みを構築する。さらに、このような個々人(あるいは各企業)の付加的な開発成果が、元の基盤的なアプリに反映され、それが自立的に発展していくこともスコープに入れるべきである。

一方、HPC 分野においても研究者・技術者の裾野を広げることは分野の発展に対しては不可欠であり、この意味では、特に次代を担う若手研究者の育成が必須である。若手研究者も上記の基盤的なソフトウェアを利用した研究開発を実施することもできるが、既存の枠組みや考え方には囚われない、自由な発想による研究開発も必要である。従って、上記のような状況下において、若手研究者・技術者が比較的自由に(容易に)リーディングマシンを使えるようにすることも必須となる。このためには、種々の使い易い数値計算ライブラリを予め開発して提供しておく

こと、また、若手研究者がハードウェアの専門家と気軽に連携できるような仕組みを作っておくことも重要となる。

小林委員

【リーディングマシンの定義】

ナショナルフラグシップマシンで実行されるべき高性能計算アプリケーションは多岐にわたっており、一つのシステムアーキテクチャで全てを効率的に実行することは困難である。このため、アプリケーション分野に合わせて多様なシステムを用意し、その集合体としてナショナルフラグシップマシン(群)を考えるべきである。このためには、実アプリケーション性能とは乖離した LINPACK などの性能指標での競争にこだわる必要は無い。アプリケーションからのニーズに応えるシステムとなっていれば、LINPACK 的な視点でのシステムの規模やレベルが世界的にどの位置にあるかは問題ではないと考える。

【リーディングマシンの必要性】

まず、日本が科学技術創造立国を目指すのであれば、計算科学と計算機科学両分野の発展、国際競争力の維持、人材育成につながるリーディングマシンの研究開発は今後も続けるべきと思う。道具として見たときにスパコンは海外から購入すれば良いとの意見もあるが、それはそのようなマシンでも満足している分野に限られた話であり、これまで、(ソフトもハードも含めて)日本のスパコン技術、およびそのスパコンにより世界をリードする成果が生み出されている分野においては、アプリとシステムのミスマッチにより研究・開発の生産性が低下し、国際競争力を失うことになりかねないことを危惧する。

高田委員

【リーディングマシンの定義】

ハードの専門家ではありませんので専門的な性能の議論ができませんが、私がイメージするリーディングマシンは、特定の計算向けのマシン(汎用マシンでなくてもよい)ので開発された時点で世界トップレベルのスピード(Linpack であっても他の評価指標でも良い)を示すマシン。

【リーディングマシンの必要性】

昔から言われていることですが、自動車・飛行機とスパコンは材料、システムなど幅広い先端技術が高度に集積した結果の製品です。リーディングマシンを設計から部品レベルまですべてを国内で開発する必要はありませんが、開発過程で中小企業も含めて多くの国内企業がものづくり産業の強みを発揮・維持していけるように開発に関与できれば社会に還元される効果は大きなものです。スパコンを利用する分野の国内産業の立場からは、システム設計部分が国内で開発されればより使い勝手の良いマシンになるはずで。

開発から応用までのすべての波及効果も含めると、現行の公共事業の中でもこれほど社会

に対する波及効果の大きなものはないのではないのでしょうか。ただし今後は国力に応じた適正投資がますます重要になってきますので、リーディングマシンの開発・応用ともにすべて国内だけで閉じることなく、スタート時点から国際協力の可能性を積極的に模索していくことが重要な視点になると思います。

常行委員

【リーディングマシンの定義、必要性】

何をリード(牽引)するマシンかによって、分けて考える必要があると思います。

1. 基礎科学研究を牽引するためのリーディングマシン

基礎科学研究における計算科学的手法の役割を鑑みれば、速度や容量の点で世界トップクラスの性能を持つリーディングマシンが国内にあることは非常に重要であると考えます。トップクラスの性能を維持するためには、少なくとも2つのシステムを交互に更新することが望ましいでしょう。その性能を十分に利用するためには、

- ・国内開発することで、ハードウェア、OS、ライブラリ、アプリケーションの開発者がシステム完成前から協力体制を組める。また完成後にはマシンの下方展開が行われて、開発したアプリがほかの場所でも十分に活用できる

もしくは

- ・すでに世界標準のシステムで、あらかじめ小規模なマシンで十分な準備ができることが必要です。

2. 産業応用を牽引するためのリーディングマシン

アーキテクチャの継続性や小規模マシンとの整合性を担保したうえで、いざというときに1企業の所有するマシンでは実行できないような大規模計算ができるリーディングマシンには、十分に存在価値があると考えます。ただしこの場合、世界トップクラスの性能よりも、ユーザにとっての利便性やアプリ整備など、ソフト面でのリーディングマシンであることが重要ではないでしょうか。

3. 計算機科学や日本のコンピュータ産業を牽引するためのリーディングマシン

リーディングマシンを国内開発するにあたっては、そこでの技術開発が日本のコンピュータ産業の将来にとって十分に有益であり、開発に要した余分の投資をコンピュータ産業として回収できるという長期的展望が必要ではないかと考えます。

中島委員

【リーディングマシンの定義】

複数の(できるだけ多数の)カテゴリのアプリケーションに対して、世界最高クラスの(できれば世界最高の)性能および計算規模を有するマシン。このマシン全体の能力を利用することで、こ

これらのアプリケーションについて only one の科学技術的成果を得ることができる。

【リーディングマシンの必要性】

高性能計算・計算科学の分野で日本が世界に伍して研究成果を生み出して行くためには、上記の定義に合致したリーディングマシンをできる限り継続的に有することが必要。高性能計算技術のフロンティアはリーディングマシンにあり、フロンティアでの研究開発を継続的に実施しなければ、トップレベルの技術・成果を保持することはできない。

平尾委員

【リーディングマシンの定義、必要性】

これまでの我が国のスパコン開発を振り返ってみよう。「京」以前の汎用スパコン開発は航空宇宙技術研究所の数値風洞、筑波大学の CP-PACS、海洋技術研究開発機構の地球シミュレータなどである。いずれも特定の領域での科学目標を掲げて開発がなされてきた。計画を立案するたびに新たな個別の科学目標を挙げて作るというやり方では継続的な開発は望めない。また開発費も巨額になってきた。これまでと同じように特定分野向けにスパコン開発を行うことでは国民の理解も得られにくい。米国のエネルギー省・NSF 傘下のスパコンセンターのように、継続的にスパコンの整備を担い、トップレベルの計算資源を核として共同利用を行うような拠点を形成すべきである。そのためにも科学技術の多くの分野のユーザが利用可能な汎用性あるスパコン開発が望ましい。これが「京」プロジェクトの出発点であったと理解している。この理念のもと、次世代スパコン、「京」を国家基幹技術と位置づけ、次の目標を掲げてプロジェクトを進めてきた

1. 世界最先端・最高性能の 10 ペタフロップスのスパコンを開発・整備すること
2. 次世代スパコンを最大限利活用し、科学技術のブレークスルーを達成すること、我が国産業の国際競争力を高めること
3. 世界に誇れる計算科学技術の研究開発拠点を構築すること

この理念は理研・計算科学研究機構の設立とも深く関わっている。計算科学研究機構では「京」が汎用性スパコンであることを踏まえ、計算科学の様々な分野の研究者と計算機科学の研究者を集め、計算機科学、計算科学との連携に推進するとともに、計算科学の諸分野間の連携、共同研究を行うことを特徴としている。分野融合、分野連携により先進の科学的成果と技術的ブレークスルーを生み出す国際的な研究開発拠点の形成を目指している。

スパコンをめぐる状況は「京」の開発当時と大きくは変わっていない。スパコンが科学技術の発展や産業の国際競争力強化にとって不可欠な基盤技術であり、スパコンによるシミュレーションは 21 世紀の科学技術の発展にとってなくてはならないものとなっている。むしろスパコンの基盤技術としての重要性はますます大きくなっている。「京」プロジェクトの際に議論されたように、拠点を中心に継続的に我が国のスパコン開発を行いトップレベルの計算資源を核に共同利用するという基本理念は今後も堅持すべきである。リーディングマシンは国家的観点、長期的視点

のもとに、国が責任を持って開発すべきである。科学技術力の強化が我が国の成長に不可欠である。

我が国としては世界最高性能のスパコンを 2 台もち、3 年ごとに交互に更新してゆくのがあるべき姿である。1 台は計算科学研究機構に、もう 1 台は地理的なバランスを考え、神戸以外に設置する。これらのシステムは共同利用とし、多くの分野のユーザが利用可能なアーキテクチャが望ましい。これらは我が国の計算科学を主導し、新たな展開を切り開く、高い性能をもったシステムであるべきである。科学技術のブレークスルーを達成するとともに、人類社会の課題解決に貢献できるマシンでなければならない。これがリーディングマシンである。世界最高性能のスパコンの定義は難しい。演算速度ばかりが必ずしも指標ではないが、TOP500 の少なくともトップ 10 に入るシステムでなければリーディングマシンとは言えないであろう。

今後のスパコン開発をどう進めるかについてはいろいろな意見があろう。国産にこだわらず、シミュレーションによる科学的成果を重視する立場からもっとも経済的で有効なアプローチをすべきであるというのも 1 つの考えである。私は身近で「京」を見ていて、我が国のものづくり力のレベルの高さを実感した。「京」は日本のものづくりの粋を集めたものである。あらゆるところで創意工夫があり、技術革新がなされている。日本の製造業の健在さをあらためて認識した。まだまだ我が国の計算機産業・半導体産業の能力を活用すべき面があるのではないかと考えている。

我が国は高性能プロセッサを開発できる数少ない国の一つである。最先端プロセス技術は Intel が大きく先行しており、他社は周回遅れといった現状にある。これは「京」の開発時の状況と大きく変わっていないのではないだろうか。但し Intel は自社製品しか製造しないので、プロセッサを Intel に依存するのかが問題になる。今後の高性能計算向けプロセッサは普通の PC 向けプロセッサとは異なるものになってくる可能性が高い。Intel が高性能計算向けプロセッサを開発するかどうかはわからない。我が国は何らかのプロセッサ開発を継続すべきである。プロセッサ開発があつてこそ、我が国の計算機産業の発展はもちろんのこと、計算科学技術の一層の発展が期待できる。システムソフトウェアの開発やネットワークの開発研究も加速される。

牧野委員

【リーディングマシンの定義、必要性】

日米両国における HPC、スーパーコンピュータの歴史をみると、民間メーカーに任せるだけでなく、大規模ユーザである大学や国立研究所が開発の方向性を示す、あるいは開発そのものを担うことは科学の発展のため、特に日本がシミュレーション科学で国際的優位を実現・維持するためには必須と考えます。

リーディングマシンは、そのような、大学・国立研究所の主導で開発される先端的なスーパーコンピュータのことを指すべき概念であり、必ずしも世界一の性能を意味するわけではないと考えます。

但し、「国際的優位を実現・維持するため」の開発ですから、当然開発されるマシンはその時点で価格性能比や電力あたり性能といったコスト面で国際水準を上回り、なおかつそれがベンチマークではなく実際のアプリケーションで実現されるものでなければならないと考えます。

松岡委員

【リーディングマシンの定義】

1. その性能において、他の多くのスパコンを凌駕する、トップクラスのマシンであること。性能とは単なる絶対 FLOPS のような計算パワーだけでなく、メモリ量・メモリバンド幅・ネットワーク速度・ストレージ量および速度、などの(複数の)パラメタでもよい。これらは基本的に絶対量としての値が大切である。例えばいくら個々の CPU のメモリバンド幅が高速でも、マシン全体で合算した値が凡庸ならばリーディングマシンとは言い難い。
2. それらの性能を達成する要件が、他の IT 領域と相互レバレッジする形で、新しい最先端の技術開発の集約によるもので、今後のスパコンの技術トレンドを先取りしリードするものであること(いわゆるトレンドセッター)。それ自身のために最先端技術が開発される場合はもとより、他がまだスパコンや大規模システムで採用していない最先端技術を積極的に採用して、大規模なテストの場とするのでもよい。逆に単に何らかの性能値を上げるために、IT 技術としてコンサバなデザインしかしていないスパコンはリーディングマシンではない。
3. また、それらの性能の達成により、質的に異なるアプリケーションの結果が得られること。単に問題が大きくとか細かくではなく、リーディングマシンがないと実用的には解けない重要な問題が(複数)あること。これらは単に解けるだけではなく、問題解決に至るコストパフォーマンスという意味でのフィージビリティも重要である。上記の要件からすれば、例えば TSUBAME2.0 は十分リーディングマシンであります

【リーディングマシンの必要性】

リーディングマシンの導入の必要性和、開発の必要性は異なります。

- リーディングマシンの導入の必要性は、上記の 3.を担保するものである。逆にそのスパコンがわが国が開発するものを必要とするものではなく、もっともすぐれたハードウェアとしてのリーディングマシンを国際市場から「買って」きて、アプリケーションやソフトウェアだけ開発すればよい。
- リーディングマシンの開発の必要性は、上記の 2.を担保するものである。開発された技術は IP として更に将来のスパコンだけでなく、他の IT 分野にも適用されるものである必要がある。開発されたマシンは国内はもとより国際市場で他の競合に比べて高い競争力とシェアを持つ必要がある。典型的な例としては IBM BlueGene/Q であり、単に June 2012 の Top500 で世界一になっただけでなく、同型機がトップ 20 では 1, 3, 7, 8, 13, 20 位に入り、全体では 20 台ランクインしたのである。

村上委員

別紙資料参照

室井委員

【リーディングマシンの定義】

科学技術計算を中心に、計算機科学・計算科学全体を牽引し高度化を目指すための最新のスパコンで、浮動小数点数演算を超高速に実行するための最先端の要件(ハードウェア・ソフトウェア)を備えたもの。当初は単一の大規模マシンとして開発・運用されるが、将来は大学や研究期間等に設置されるであろう商用ベースの製品をまさに「リード」し、様々な数値計算の需要を満たし大きな成果を挙げることが期待されている。

【リーディングマシンの必要性】

最先端のスパコンを開発・製造・運用できる技術やノウハウを我が国自身で蓄積することは非常に重要である。リーディングマシンの開発は最先端の技術を結集する必要があり、その運用にあたっては、各分野の利用者の様々な研究プロジェクトとも調整しながら効果的に実施する必要があり、国家プロジェクトして最先端のリーディングマシンを開発する必要がある。

【その他(リーディングマシンの構成)】

リーディングマシンの構成について専用・汎用、いろいろな意見があるが、全体から見るとごく一部ではあるが大規模計算のニーズがあり、それを満たしてプロジェクトを実行し、効率的にリーディングマシンの役割を担うためには、汎用であることが必要である。

最先端のスパコンを開発・利用するためには高度な専門知識やノウハウが必要であり、個別の分野毎の議論や人材育成では限界がある。分野間の交流・情報共有を活発にすることで、スパコンの利用技術も進歩も加速させることが可能であり、そのためには汎用であることが必要となる。

逆にコミュニティ毎に専用となれば、一時的には計算効率が上昇し成果は挙げられると考えられるが、スパコン製作側も利用側も閉鎖的なコミュニティとなることが予想され、人材が分散することとなり、結果的に進歩のペースはスローダウンすることも考えられる。汎用とすることで、アプリ側にはコードの書き換え・チューニングのコストなどが発生するが、それ自体も計算科学の重要な成果(例えばゴードンベル賞がある)であり、そうした研究成果の重要性を認めることで対応は可能であると考えられる。

渡邊委員

【リーディングマシンの定義】

計算科学を発展させ、新たな知見を生み出しうるマシンが定義である。従って、必ずしもリン

パックなどの計算速度を競そうものではなく、また、研究分野によって、計算アルゴリズムが異なることから、1台だけではなく、複数台あり得る。

【リーディングマシンの必要性】

我が国が、科学技術面で発展していくためには、シミュレーションによる研究が不可欠である。米国がESの誕生にショックを受けたのは、ESによって、世界の科学技術、特許を日本が独占するかもしれないと恐れたからである。従って、様々な研究分野で、その研究分野にあった強力な計算機が必要である。

今後のHPCI計画推進のあり方 に関する検討WG ～リーディングマシンの定義と必要性～

2012年10月19日

村上和彰

国立大学法人 九州大学

財団法人 九州先端科学技術研究所

1

「HPCIグランドデザイン」 ～私案：2案～

- 私案1：“HPC in the Cloud”
 - 研究開発の道具としてのHPCI
 - 第3の科学(計算科学)と第4の科学(データ科学)の「統合」
 - 単なる「スパコンのクラウド化」に非ず
 - シミュレーション結果をBigData化
 - 参考
 - wCloud (Workshop Cloud = 工房クラウド)
 - <http://www.workshopcloud.org>
 - “HPC in the Cloud”
 - <http://www.hpcinthecloud.com/>
- 私案2：“HPC in the CPS/CPSS”
 - 社会インフラとしてのHPCI
 - 第3の科学(計算科学、モデル駆動)と第4の科学(データ科学、データ駆動)の「融合」
 - モデル駆動とデータ駆動のハイブリッド化

2

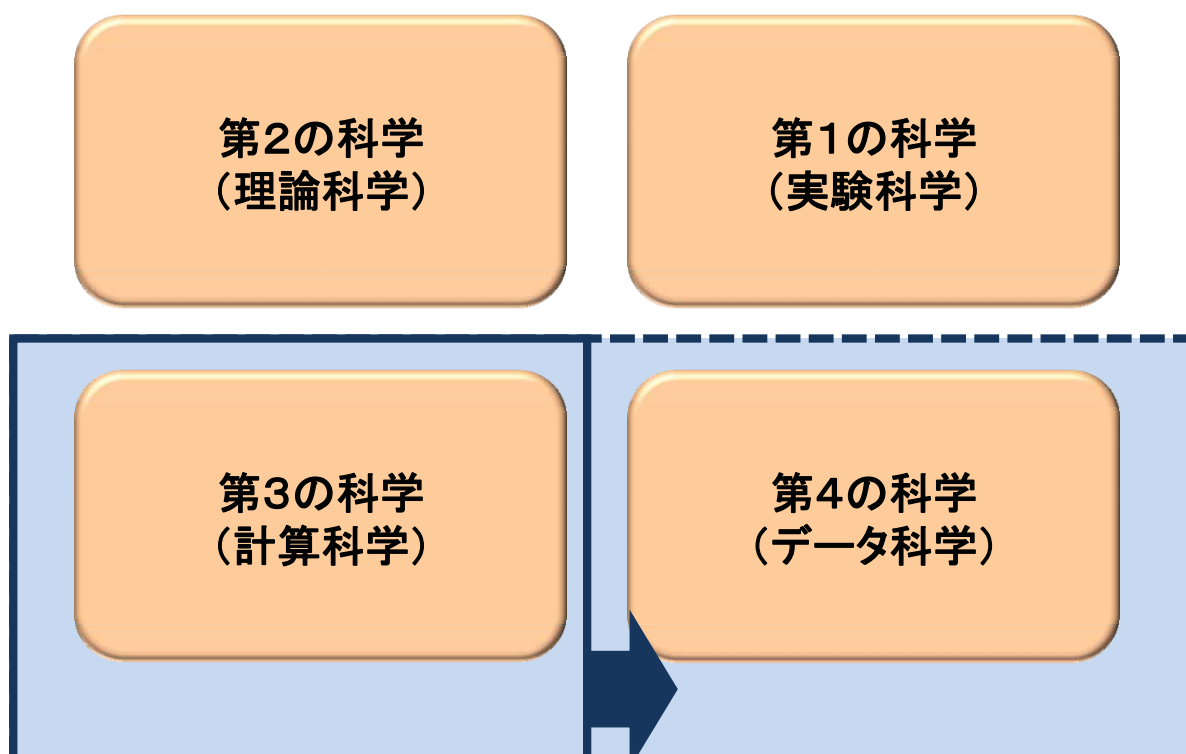
「HPCIグランドデザイン」

～私案：2案～

- 私案1：“HPC in the Cloud”
 - 研究開発の道具としてのHPCI
 - 第3の科学(計算科学)と第4の科学(データ科学)の「統合」
 - 単なる「スパコンのクラウド化」に非ず
 - シミュレーション結果をBigData化
 - 参考
 - wCloud (Workshop Cloud = 工房クラウド)
 - <http://www.workshopcloud.org>
 - “HPC in the Cloud”
 - <http://www.hpcinthecloud.com/>
- 私案2：“HPC in the CPS/CPSS”
 - 社会インフラとしてのHPCI
 - 第3の科学(計算科学、モデル駆動)と第4の科学(データ科学、データ駆動)の「融合」
 - モデル駆動とデータ駆動のハイブリッド化

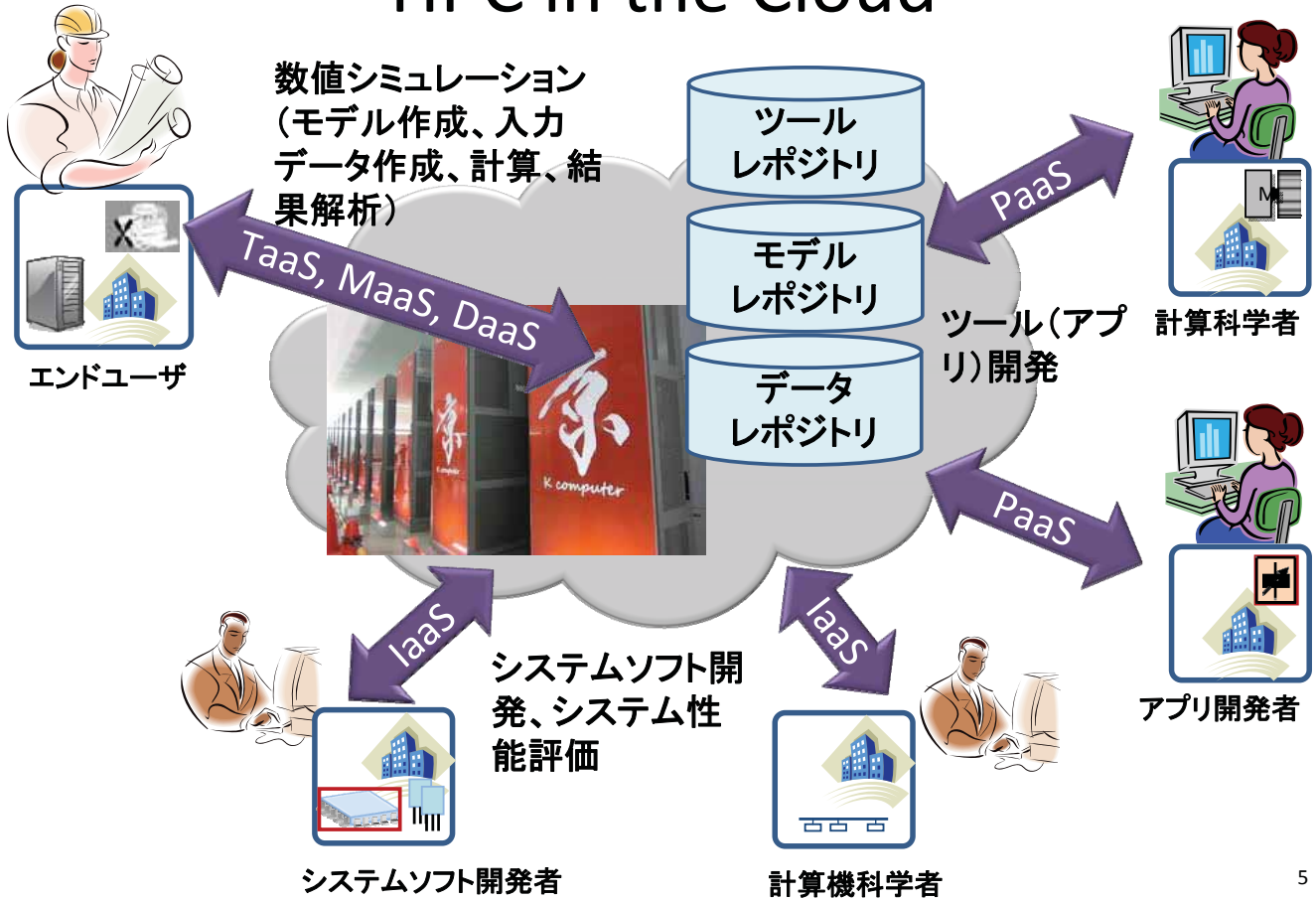
3

“HPC in the Cloud” ～第3の科学と第4の科学の「統合」～



4

“HPC in the Cloud”



5

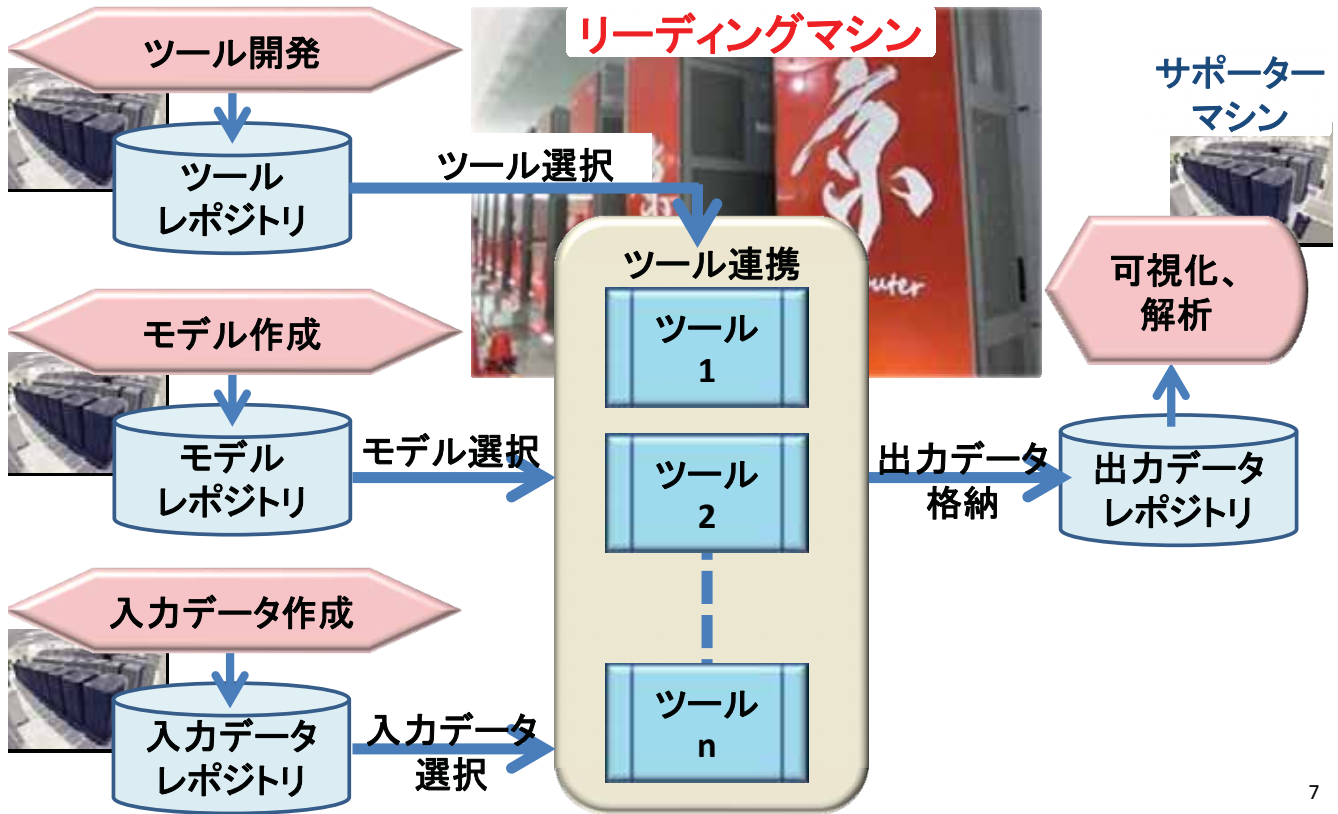
“HPC in the Cloud” ～ユーザが求める機能と要件～

ユーザ種別	求める機能	求める要件
エンドユーザ	TaaS (Tool as a Service) MaaS (Model as a Service) DaaS (Data as a Service)	<ul style="list-style-type: none"> • 学界: TTS (Time To Solution)短縮 • 産業界: TTM (Time To Market) 短縮
計算科学者 アプリ開発者	PaaS (Platform as a Service)	<ul style="list-style-type: none"> • TTR (Time to Run) 短縮 • プラットフォームの持続性、可搬性
計算機科学者 システムソフト開発者	IaaS (Infrastructure as a Service)	<ul style="list-style-type: none"> • システムの効率性、可用性
運用者	—	<ul style="list-style-type: none"> • システムのコスト／パフォーマンス (Flops/¥) の良さ • 低消費電力 (Flops/W)、高レジリエンス

6

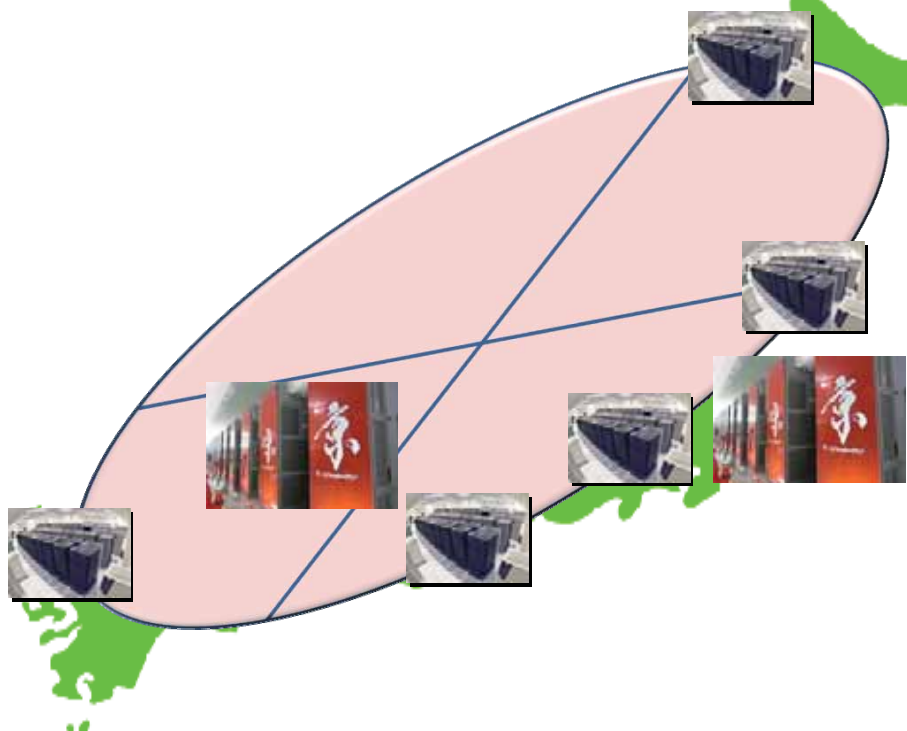
“HPC in the Cloud”

～構成例(プロセスフロー視点)～



“HPC in the Cloud”

～構成例(地理的視点)～



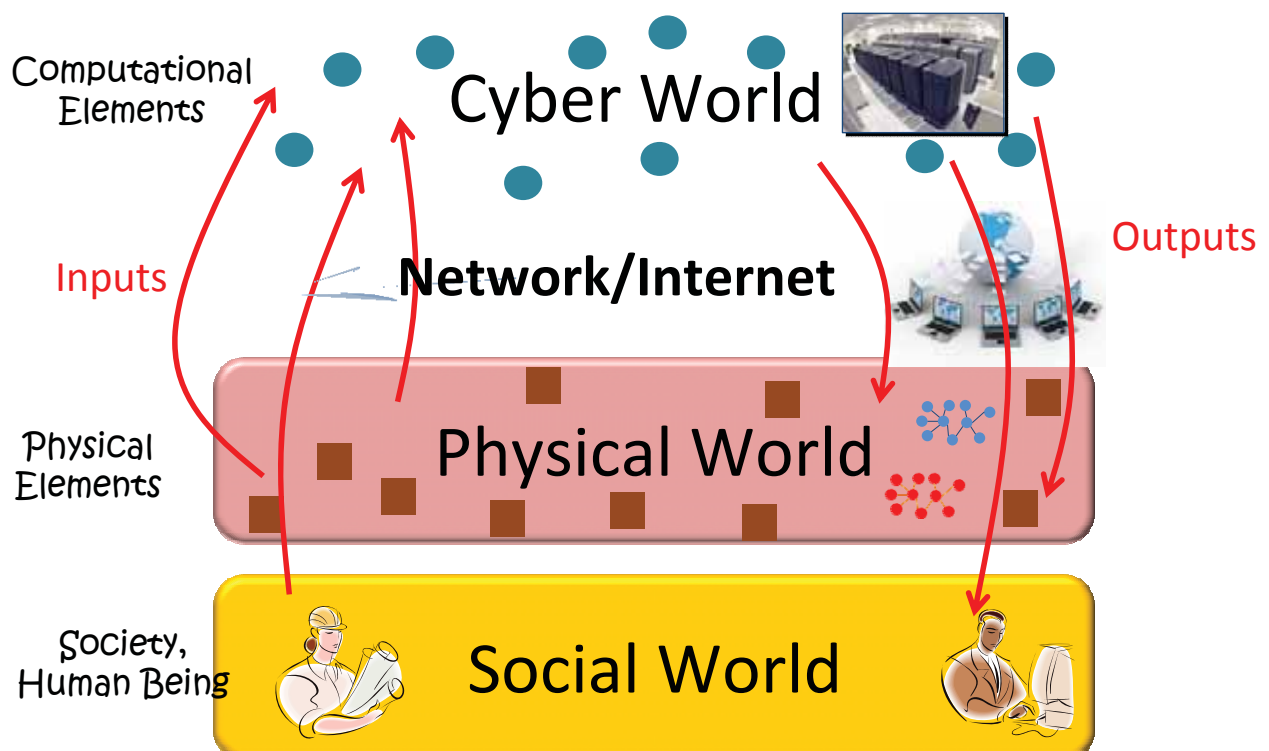
「HPCIグランドデザイン」

～私案：2案～

- 私案1：“HPC in the Cloud”
 - 研究開発の道具としてのHPCI
 - 第3の科学(計算科学)と第4の科学(データ科学)の「統合」
 - 単なる「スパコンのクラウド化」に非ず
 - シミュレーション結果をBigData化
 - 参考
 - wCloud (Workshop Cloud = 工房クラウド)
 - <http://www.workshopcloud.org>
 - “HPC in the Cloud”
 - <http://www.hpcinthecloud.com/>
- 私案2：“HPC in the CPS/CPSS”
 - 社会インフラとしてのHPCI
 - 第3の科学(計算科学、モデル駆動)と第4の科学(データ科学、データ駆動)の「融合」
 - モデル駆動とデータ駆動のハイブリッド化

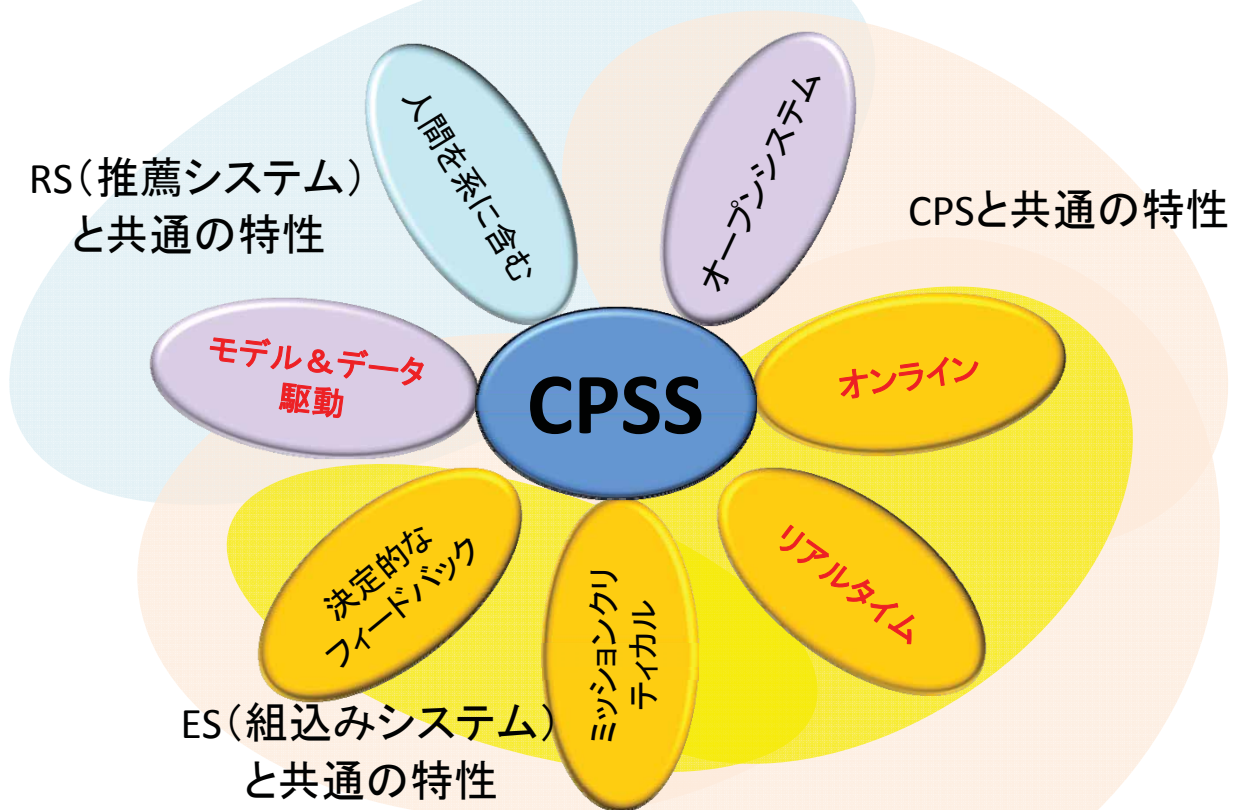
9

“HPC in the CPS/CPSS” (Cyber-Physical [-Social] System)



10

“HPC in the CPS/CPSS” ～必要な機能と要件～



11

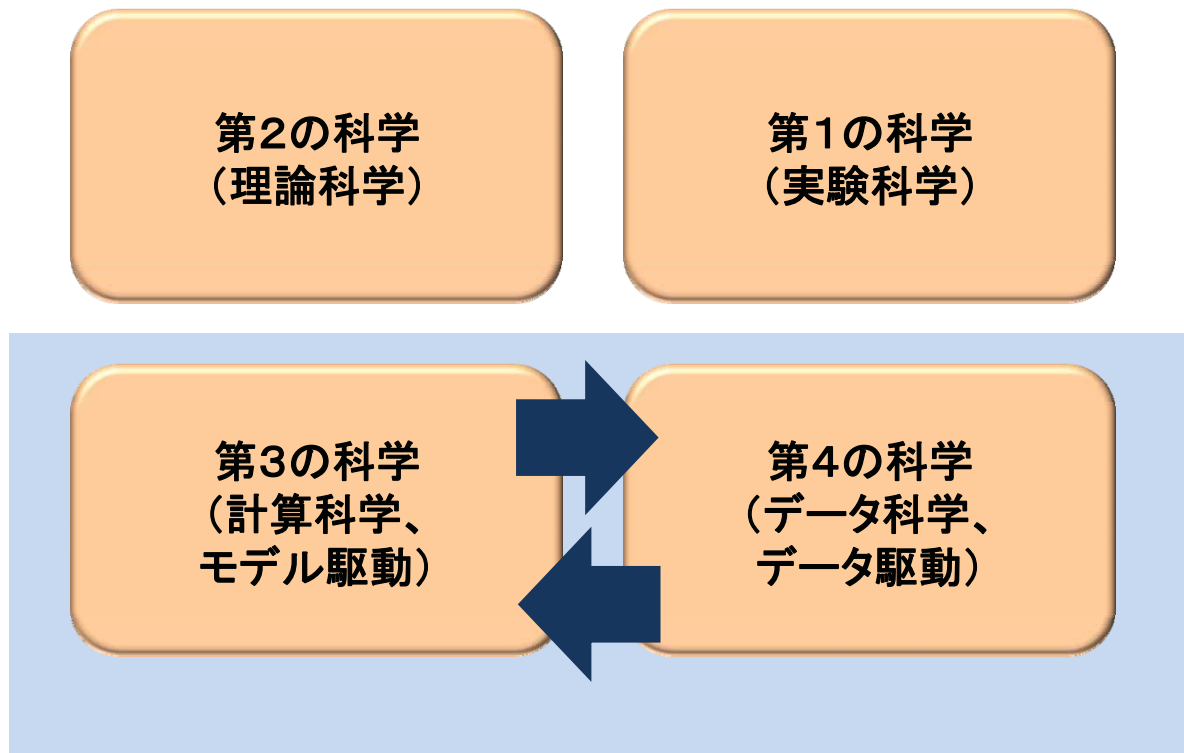
“HPC in the CPS/CPSS”

～「モデル&データ駆動」、オンラインリアルタイムシミュレーション～



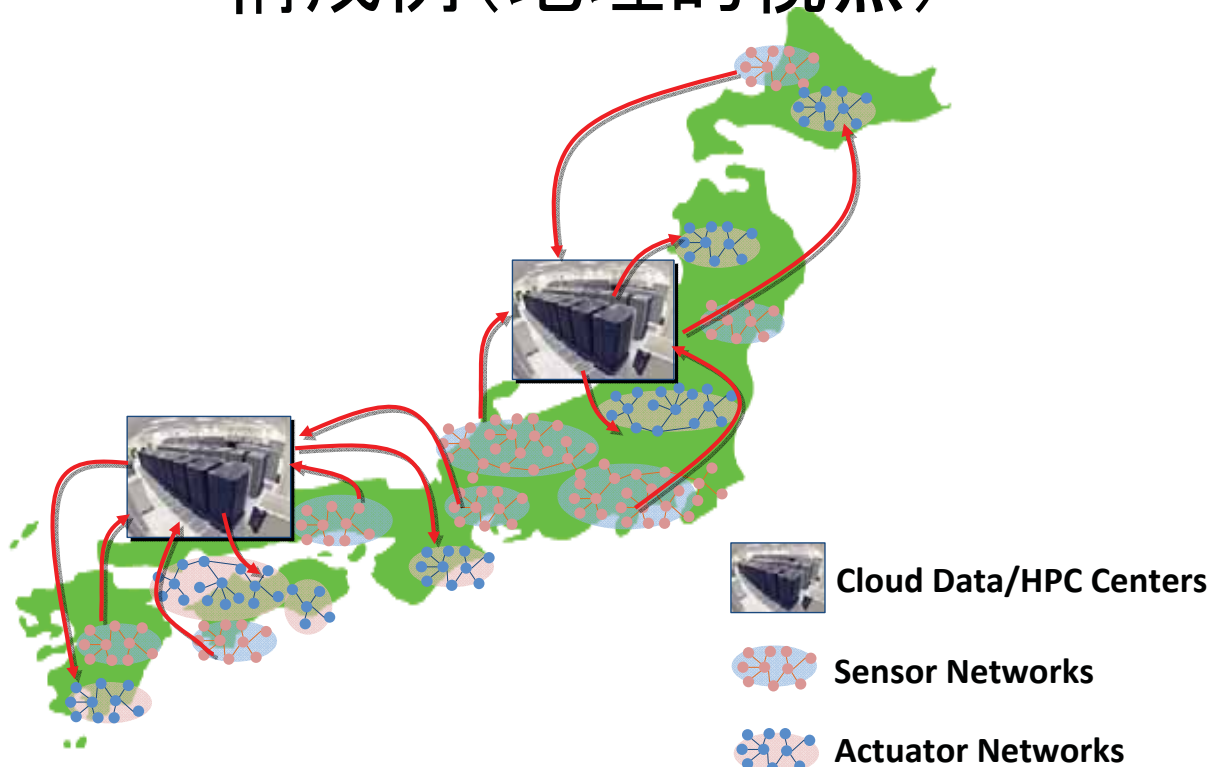
12

“HPC in the CPS/CPSS” ～第3の科学と第4の科学の「融合」～



13

“HPC in the CPSS” ～構成例(地理的視点)～



14

「HPCIグランドデザイン」

～私案：2案～

- 私案1：“HPC in the Cloud”
 - 研究開発の道具としてのHPCI
 - 第3の科学(計算科学)と第4の科学(データ科学)の「統合」
 - 単なる「スパコンのクラウド化」に非ず
 - シミュレーション結果をBigData化
 - 参考
 - wCloud (Workshop Cloud = 工房クラウド)
 - <http://www.workshopcloud.org>
 - “HPC in the Cloud”
 - <http://www.hpcinthecloud.com/>
- 私案2：“HPC in the CPS/CPSS”
 - 社会インフラとしてのHPCI
 - 第3の科学(計算科学、モデル駆動)と第4の科学(データ科学、データ駆動)の「融合」
 - モデル駆動とデータ駆動のハイブリッド化

15

リーディングマシンの定義と必要性

- 定義
 - 定義1：“HPC in the Cloud”にユーザが求める機能と要件を満たすマシン
 - 定義2：“HPC in the CPS/CPSS”の核となり、「モデル&データ駆動」およびオンラインリアルタイムシミュレーションを可能とするマシン
- 必要性
 - 「配備」の必要性：グランドデザインとしての“HPC in the Cloud”および“HPC in the CPS/CPSS”の必要性から自明
 - 「自主開発」の必要性：「技術的独立性」の確保の観点から、システムおよび一部の基幹要素技術の自主開発が必要

16