

# 国際関係上の意義

# ナショナル・リーダーシップ・スパコン(NLS)開発の意義(まとめ)

## ～ 科学技術創造立国の実現～

NLSを開発しなければ、世界水準のスパコンは米国企業が独占販売。

### サイエンス・インフラの弱体化

我が国の科学技術が米国に依存し、米国と同等以上の成果を生み出すことが不可能になる。科学技術の飛躍に不可欠な“自前の道具”が得られず、画期的な発明・発見が生まれ難くなる。公的研究機関や大学のスパコン市場が米国製に席卷され、国民の税金が海外に流出する。スパコン開発を中断すると、人材が流出し、スパコンを作る技術が失われ、使う技術が衰退する。スパコンのみならずエレクトロニクス分野の国際競争力すら失われかねない。

このような状況を  阻止するには

**最先端・高性能汎用スパコンの開発利用を一体的に推進**

プロジェクトを通じて  利用と開発を一体的に推進

**世界に冠たる科学技術創造立国を実現！**

# ナショナル・リーダーシップ・スパコン(NLS)開発の意義(1)

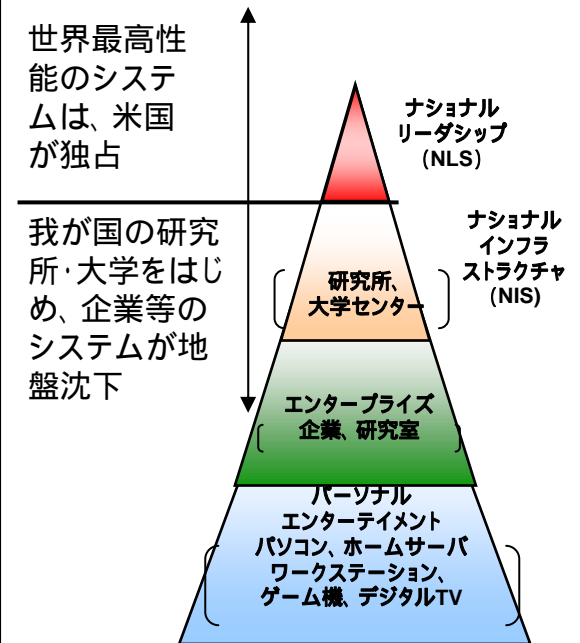
## ～ 科学技術創造立国の実現～

### NLSに投資をしなかった場合の悪影響(1)

我が国の科学技術が**米国に依存し、米国と同等以上の成果を生み出すことが不可能**になる。  
・我が国で利用可能なスパコンが米国のIT政策や米国ベンダーのビジネス戦略に依存し、様々なサイエンス(ナノ、天文、素粒子物理、核融合、地球環境など)で米国の後塵を拝するようになり、これらの分野における我が国の優位性が失われる。

(参考) NLSの日米共同開発が現実性を持たない背景

- ・米国は、過去に日本製スパコンをほとんど購入せず、米国の大学や公的研究機関が日本製スパコンを導入する動きを政府の圧力で潰してきた歴史がある。  
(例えば、昭和60年のNCAR購入キャンセル。昭和62年のMIT購入キャンセル。  
平成9～13年の日本ベンダーに対する輸入関税454%など)
- ・米国はNLSを国家安全保障、エネルギー政策、産業保護政策などの国策と位置付け、他国を排除する動きをとってきた。また、国際共同開発について、これまで米国内で議論になったことはない。  
(例えば、地球シミュレータの登場に米国は大きなショックを受けたにも関わらず、スパコン開発で日本と協力すべしという議論は皆無で、むしろ打倒日本という論調であった。)



# ナショナル・リーダーシップ・スパコン(NLS)開発の意義(2)

## ～ 科学技術創造立国の実現～

### NLSに投資をしなかった場合の悪影響(2)

科学技術の飛躍に不可欠な“**自前の道具**”が得られない。

・世の中の常識を覆す画期的な発明・発見は、他人が作った道具からではなく、自前の道具から生まれる。

例) 飯島澄夫氏(現名城大学理工学部教授 元NEC主席研究員)によるカーボンナノチューブの発見

**特注の電子顕微鏡**がなければ不可能。

中村修二氏(現カリフォルニア大学サンタバーバラ校教授 元日亜化学工業)による青色発光ダイオードの開発

**自作の実験装置**がなければ不可能。

小柴昌俊氏(現東京大学名誉教授)による宇宙ニュートリノの検出

**特注の検出装置**(スーパーカミオカンデ)がなければ不可能。

・我が国のアルゴリズム研究は極めて優れており、多くの先端的アルゴリズムはマシン依存性が極めて高い。

**自前のアルゴリズムに最も適合したスパコンの設計、あるいは、スパコンの性能を使い尽くすアルゴリズムの検討が必要。**

例えば、高温超伝導開発は、技術的なブラックボックスの無い国産スパコンでなければ、独創的なアルゴリズムとの一体的開発による高精度な物性解析が不可能であり、円滑なコミュニケーションが可能な国内ベンダーがあってこそ可能となる。したがって、NLSに投資しなければ、国内ベンダーのスパコン開発とアルゴリズム研究の一体的推進が図れない。

**国民の税金が海外に流出する。**

・米国は、国策でスパコンを開発している効果により、米国ベンダーは安価にスパコンを生産できる。このため、我が国のスパコン市場の8割を占める公的研究機関や国立大学が行う国際競争入札において、米国製スパコンは有利となり、国内のスパコン市場が米国製スパコンに席卷される。このようなプロセスによって、多額の国税が海外に流出する。

**産業界による利用が困難となる。**

・日本のナショナル・インフラストラクチャ・スパコン(NIS)の能力を超える研究活動の場合、国外のスパコンでは企業秘密が保証されない可能性があるため、日本の産業界が使えない。

# ナショナル・リーダーシップ・スパコン(NLS)開発の意義(3)

## ～ 科学技術創造立国の実現～

### NLSに投資をしなかった場合の悪影響(3)

ベンダーがスパコン開発から**撤退すると復活は困難**となる。

・我が国でNLS開発を行わない場合、日本ベンダーのスパコン開発力は米国ベンダーに大きく立ち遅れる。後でそれを復活させるどころか、スパコン事業から撤退する可能性もあり、その場合は、人材の配置転換により、技術の伝承が途絶え、完全に後戻りができなくなる。

例えば、米CRAYが大規模処理計算用スパコンの開発を平成13～15年に中断した後、米国政府が強力に後押しして復活させたが、日本製大規模処理計算用スパコンとの技術力は大きく開き、未だにその差を詰められないままである。(例えば、日米の大規模処理計算機の性能を、平成17年6月のTOP500のランキングで比較してみると、日本の地球シミュレータが35.9テラFLOPS、米国のCRAY X1が5.9テラFLOPSと、大きく差が開いている。)

**人材が流出**し、スパコンを作る技術と使う技術がともに衰退する。

・日本のソフトウェア開発人材は少数精鋭であり、彼らが流出すると影響は甚大である。より高度な性能チューニング技術(並列化など)を獲得すべく研究者、技術者が海外に流出する。かつて、日本にスパコンが存在しなかった時代に多くの人材(例えば、流体力学、創薬の専門家)が流出したが、日本製スパコンが開発されたため、その人材が戻ってきた歴史がある。

・スパコンを作る技術と使う技術が両輪であることで新しい作る技術と使う技術が育つ。NLSが我が国に無いと、その好循環が生まれず、スパコンを作る技術と使う技術が共に衰退する。

日本のエレクトロニクス製品などの**国際競争力を喪失**する。

・スパコンを作り上げるために欠かせない技術である、高性能LSI技術、高性能インターコネクト技術、並列処理技術が開発されなくなることで、例えば、マルチコアCPUと並列処理技術などを使った将来の高性能な情報家電における製品開発力が維持できず、スパコンのみならず、エレクトロニクス分野全体の国際競争力が失われかねない。

# 計画の妥当性

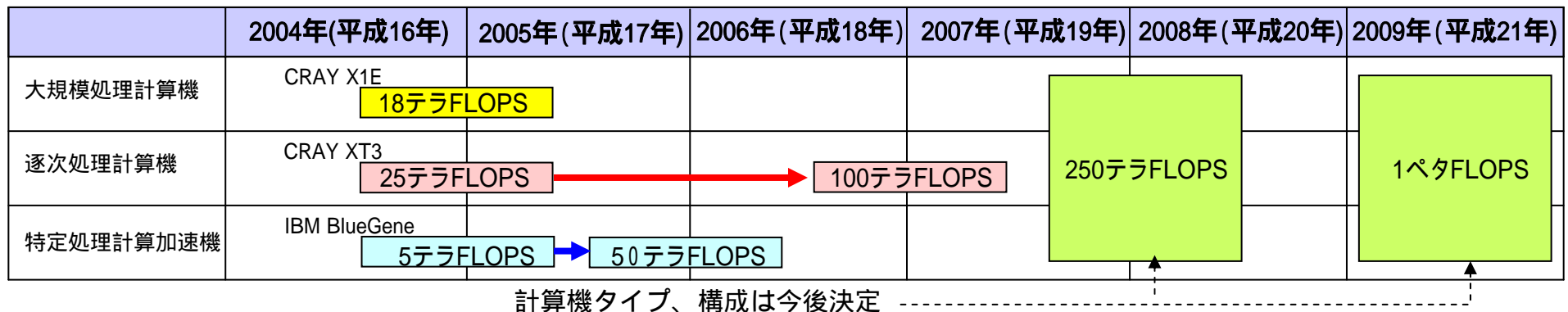
# 米国プロジェクトのベンチマーキング

## ～ NLCF (National Leadership Computing Facility) ～

- 概要** : DOE主導の国家プロジェクト  
 2004年(平成16年)5月、オークリッジ国立研究所(ORNL)を整備主体に決定。  
 (3700m<sup>2</sup>の計算機棟と8MWの電力供給システムを整備)
- 目的** : 単にスーパーコンピュータサイトTOP500の頂点を目指すのではなく、Capability Computing センターとして、大規模かつ先進的なアプリケーションに限定し、世界最高水準の性能を提供することで、科学分野における限界の突破(ブレイクスルー)及び技術革新(イノベーション)を創出。  
Capability Computing: 少数ユーザーのみの利用とし、他ではできない大規模計算のみを実行する。
- 対象** : 利用者集団(国家として重要な分野(ナノテクノロジー等))毎に、当該分野の専門家の審査を経て利用を許可。利用者集団の数は6～10グループを想定。特に、国際共同研究の対象となる分野の例として、以下を例示している。  
 - ナノテクノロジー、ライフサイエンス、気候、核融合(ITER)
- 利用** : 全米の科学者や技術者からの公募(注: 利用者集団に外国人を含めることも可)

### スケジュール

汎用性を確保するため、複数の計算機アーキテクチャを準備。





# 日米スパコン開発戦略

米国は、利用分野を特定して、性能向上を加速。しかし、スパコン開発の真の目的(軍事利用、幅広い産業や科学技術研究での利用)を果たすためには、利用分野の拡大が大きな課題となっている。

我が国は、幅広い利用分野に対応した汎用スパコンの開発で米国よりも優位。新しい利用分野(バイオ、ナノ等)を開拓しつつ、今後もこの方向性を一層強化すべき。

## 米国の戦略

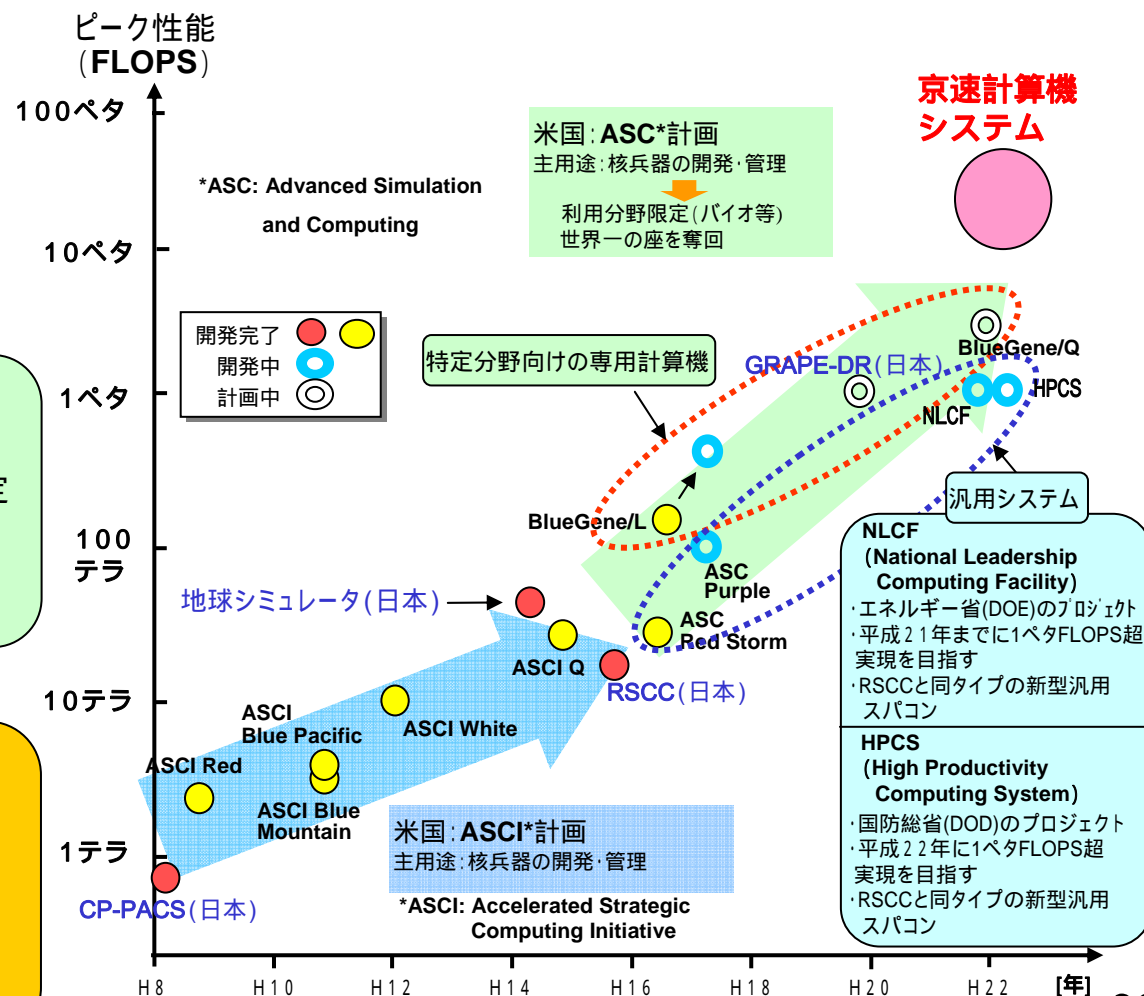
- 地球シミュレータによる「コンピュータック」ショックを背景に、政府(特にDOE)主導でスパコン開発を強化(世界の座の奪回)
- 2003年(平成15年)に「HECRTF(高性能コンピューティング再生タスクフォース)」を設置
- 約900億円/年の政府資金を投入

### エネルギー省(DOE)のイニシアティブ

- ASC計画(旧ASCI計画) -
- ・2004年(平成16年)「DOE高性能コンピューティング再生法」制定
- ・2010年(平成22年)に数ペタFLOPSを目指す(BlueGene)
- ・実効性能の向上と応用分野の拡大が課題(NLCF)(BlueGeneは特定分野(バイオ等)でしか使えない)

## 日本としてとるべき戦略

- ・米国よりも優位にある技術で対抗
  - 高性能プロセッサ技術
  - 超高速ネットワーク技術
  - 専用計算機技術
 「汎用スパコン」の実現に有利
- ・理研の新型汎用スパコン(RSCC)の実績(優れた費用対効果で高い実効性能)
- ・ソフトウェアの開発が課題





# 日米スパコンベンダーの技術力の推移(予想)

		平成17年	平成18年	平成19年	平成20年	平成21年	平成22年
米国ベンダーの技術力	大規模処理計算機 CRAY		100テラFLOPS X2	250テラFLOPS X2E			
	逐次処理計算機 CRAY		100テラFLOPS XT3(RedStorm)				1ペタFLOPS XT3(RedStorm) 後継機
	IBM		160テラFLOPS BluePlanet			1ペタFLOPS BluePlanet	
	特定処理計算加速機 IBM	360テラFLOPS BlueGene/L		1ペタFLOPS BlueGene/P			数ペタFLOPS BlueGene/Q
複合型計算機など			DOE 250テラFLOPS NLCF		1ペタFLOPS NLCF	DOD 1ペタFLOPS HPCS	
日本ベンダーの技術力	大規模処理計算機	64テラFLOPS SX-8		100テラFLOPS超級 次期SX			1ペタFLOPS
	逐次処理計算機		100テラFLOPS超級 PRIME QUEST				3ペタFLOPS 次世代機
	IBM		100テラFLOPS超級 SR11000-				3ペタFLOPS
特定処理計算加速機		1ペタFLOPS MDGRAPE-3		2ペタFLOPS GRAPE-DR		40ペタFLOPS	
半導体技術	90nm		65nm			45nm	

米国の計画(平成22年に数ペタFLOPS)を上回るシステムで、我が国のスーパーコンピューティングの**国際的地位を維持**。

**最先端の半導体技術45nm**実用化の時期は平成22年と想定。

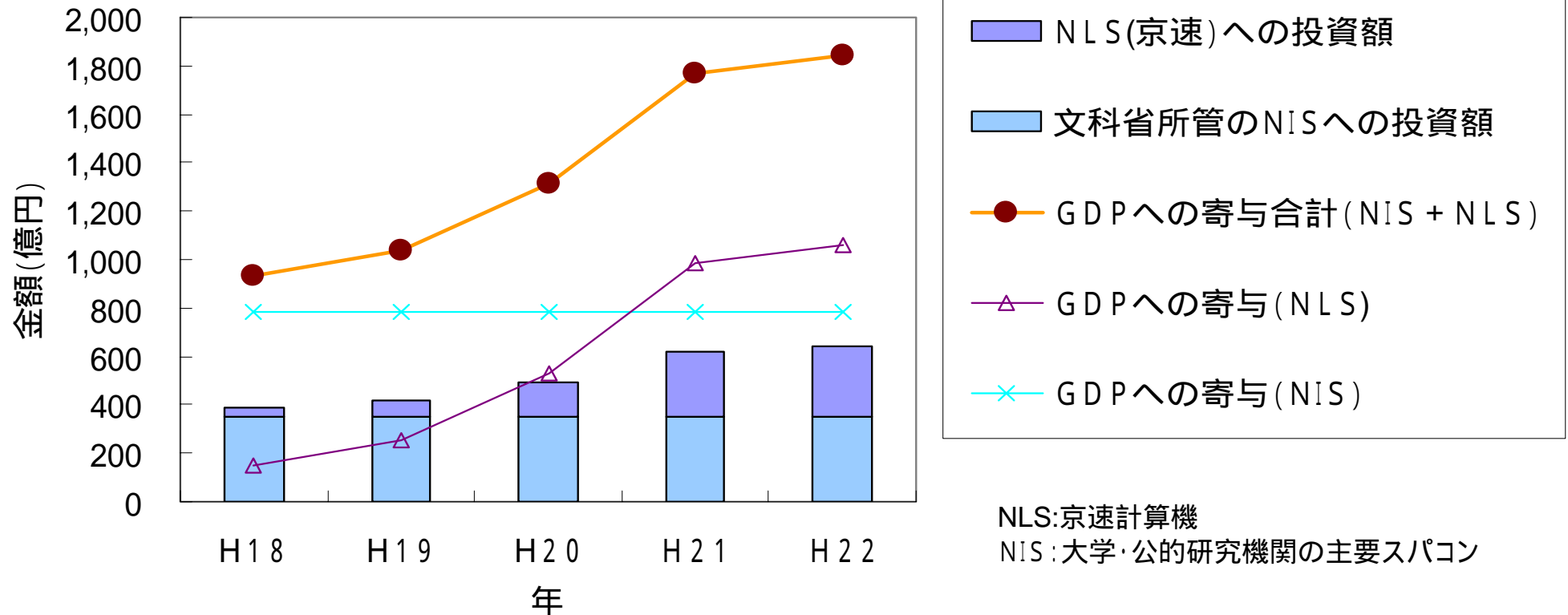
**平成22年度に10ペタFLOPS超のスパコンが必要。**

そのためには、**平成18年度の開発プロジェクト立ち上げが必要。**

# 投入資源に対する成果

# 投入資源に対する成果(1)

## ～ GDPへの寄与～



GDPへの寄与は、日本総研の「我が国における高速演算インフラストラクチャ構築需要とGDPへの波及効果推定に関する報告書」(平成17年6月30日)をもとに算出

# 投入資源に対する成果(2)

## ～ GDPの押し上げ効果～

我が国において、高速計算機システム構築への新規投資が下表の通り継続された場合、永田モデル<sup>(1)</sup>の予測では投資後8年間を経て実質GDP<sup>(2)</sup>への波及効果として顕在化。

表：高速計算機システムへの新規投資額とGDPへの波及効果額(単位：兆円)

年(平成)	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
高速計算機システムへの 新規投資額 <sup>(3)</sup> (兆円)	0.03	0.08	0.17	0.31	0.44	0.63	0.82	1.07	1.40	1.68	1.99	2.28	2.59	2.88	3.19	3.48
GDPへの波及効果額 (兆円)	0.10	0.25	0.56	1.00	1.42	2.02	2.62	3.43	4.49	5.38	6.39	9.47	13.3	18.0	23.7	30.4
新規投資額に対する 波及効果(倍数)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	4.2	5.1	6.3	7.4	8.7
プロジェクトの トピックス	グリッドミドルウェアの完成 京速計算機システムの運用開始 京速計算機システムの完成															

1: 科学技術庁(現文部科学省)科学技術政策研究所の永田晃也氏による「科学技術関連公共投資の効果に関する積み上げ予測モデル」である。

2: 内閣府 経済社会総合研究所の発表によれば、我が国の平成16年度の実質GDPは534兆円である。

3: (社)日本情報システムユーザ協会による「ユーザ企業IT動向調査2002」によると、新規システム関連の投資額は全体投資額の約26%である。

また、情報システムに関する新規投資のうち、インフラ構築(ハードウェア購入及び設備整備等)に関する費用はその約50%を占める。

ここから全体の投資額の約13%を高速計算機システム(研究開発における知的活動を支援する高速計算インフラ)への新規投資額と仮定している。

日本総研「我が国における高速演算インフラストラクチャー構築需要とGDPへの波及効果の推定に関する報告書」(平成17年6月30日より)

# 運営の効率性

# 京速計算機の共用の進め方

財政の効率的な運用や、京速計算機の利用機会を拡大し、より多くの成果を得る必要がある。  
設置者がその目的のためだけに利用するのでなく、基礎研究から産業利用まで  
幅広い利用者に対する共用を行う。

## 国（文部科学省） 共用のための基本方針の策定

### （整備段階）

#### 整備主体（研究機関）

利用ニーズを踏まえた  
共用のための  
京速計算機に関する  
設計・製作・改善

### （運用段階）

#### 共用促進主体

- ・ 装置の運営
- ・ 共用促進
- ・ 利用研究課題の選定
- ・ 支援業務
- ・ 新規利用の開拓

諮問

#### 諮問委員会

- ・ 実施計画の作成
- ・ 重要事項の審議

答申

利用申請

利用者（基礎研究から産業利用まで幅広い利用）

独立行政法人

大学

産業界

# 特定放射光施設の共用の促進に関する法律の一部を改正する法律案の概要(1)

## 基本的考え方

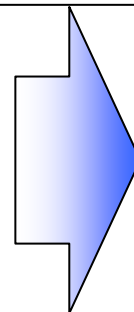
- ・ 科学技術投資を戦略的運用の強化により一層効果的に行うこと、絶え間なく科学水準の向上を図り知的・文化的価値を創出するとともに科学技術の成果のイノベーションを通じて社会・国民に還元する努力を強化することが基本。
- ・ 世界最高水準の先端大型共用研究設備の整備と公平で効率的な共用促進体制の確立。



超高速スーパーコンピュータ等の最先端の研究装置については、単独の研究機関が使うのではなく、国が主体的に公平で効率的な共用を進め、産学官の幅広い研究者に機会を与えるのが、世界最高水準の研究成果を生む有効かつ効率的な方法。



特定放射光施設の共用の促進に関する法律」において効率的な共用の促進に実績を上げてきたSPring-8の場合が国内唯一の例



特定放射光施設の共用の促進に関する法律」を改正し、超高速スーパーコンピュータについても産学官の研究者による幅広い共用を行えるようにする。



# 特定放射光施設の共用の促進に関する法律の一部を 改正する法律案の概要(2)

## 法改正の概要

### (1) 超高速スーパーコンピュータの共用

整備及び共用を促進する施設に特定放射光施設(SPring-8)だけでなく、超高速スーパーコンピュータを定義に加えることとする。

### (2) 基本方針

文部科学大臣は、超高速スーパーコンピュータの整備及び共用の促進を計画的に実施するため、その整備及び共用の促進に関する基本的な方針を定める。

### (3) 理研のポテンシャルの活用

独立行政法人理化学研究所(以下「理研」という。)の技術的ポテンシャルを活用し、超高速スーパーコンピュータの共用の促進を図る。

### (4) 実施計画の認可

理研は、超高速スーパーコンピュータの整備及び共用に関する業務について、実施計画を作成し、文部科学大臣の認可を受けることとする。

### (5) 指定共用促進機構の指定及び国の事務の代行

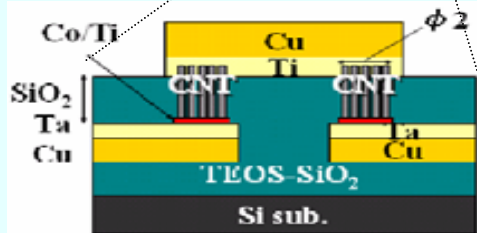
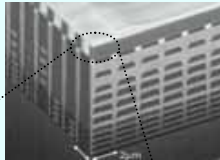
超高速スーパーコンピュータの共用促進事務を行う者を指定し、その者(指定共用促進機構)に共用促進事務を代行させることができる。国は、予算の範囲内において、指定共用促進機構に対して共用促進事務に要する費用の全部又は一部に相当する額を交付することができる。

## 『京速』を必要とするアプリケーション(例)

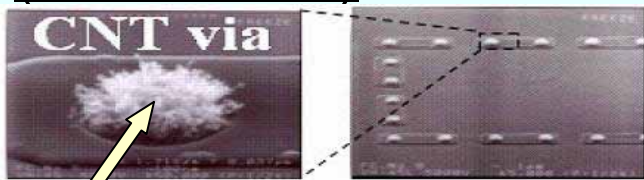
# 産業界からの期待（1）

カーボンナノチューブ配線半導の原子レベルからトランジスタ全体までの解析

## カーボンナノチューブを利用した半導体配線



## 半導体の配線試作研究の例 (電子顕微鏡写真)



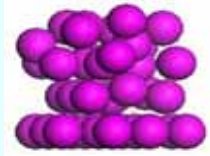
生成させたカーボンナノチューブの束

## カーボンナノチューブ生成計算例

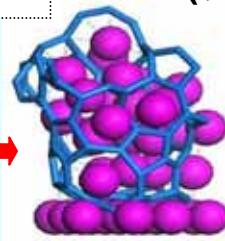
Niを核としてカーボンナノチューブを成長させた計算例

● Ni  
— C-C (炭素間結合)

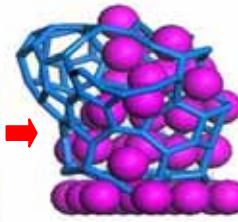
初期状態



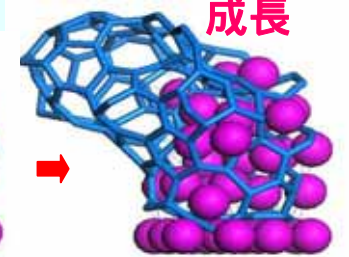
0ns



90ns



100ns



150ns

成長

## 解析する規模と必要な計算性能

現状(地球シミュラ: 40TF)

性能	1 TF	100TF	1 PF
1日で計算可能な規模	300原子 配線1本	3千原子 複数の配線	1万原子 トランジスタ全体

将来(京速計算機システム: 10ペタFLOPS超)には、トランジスタ全体の解析が可能に!

ナノ材料を利用した新しいLSIが実現、電子部品の革新が起こる (ものづくりの革新)

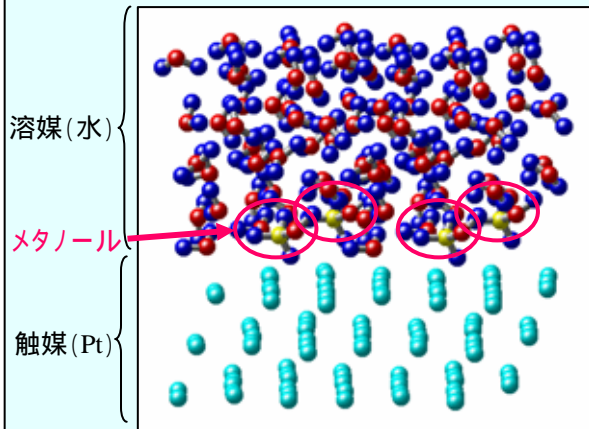
## 期待される成果

カーボンナノチューブ配線により、消費電力、集積度、性能などで従来の半導体の限界を大幅に超える。

カーボンナノチューブを用いたLSI開発によるエレクトロニクス産業の革命によって、我が国が世界でリーダーシップをとる

# 産業界からの期待（2）

## 燃料電池シミュレーション



【触媒による電気分解反応の様子】

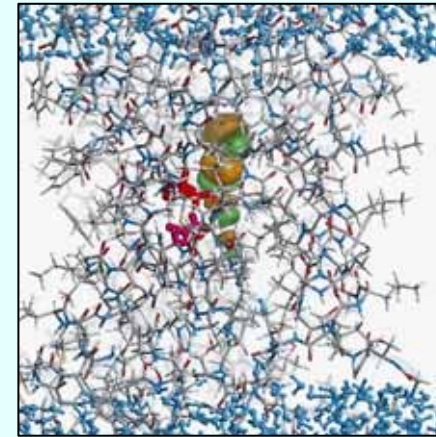
### 現状

触媒金属の化学反応の解析に約一週間かかる。

### 将来

約一週間で**約100倍**のパターンを解析可能。  
高機能な燃料電池がより効率良く開発できる。

## 生体分子シミュレーション



【細胞膜が水を取り込む様子】

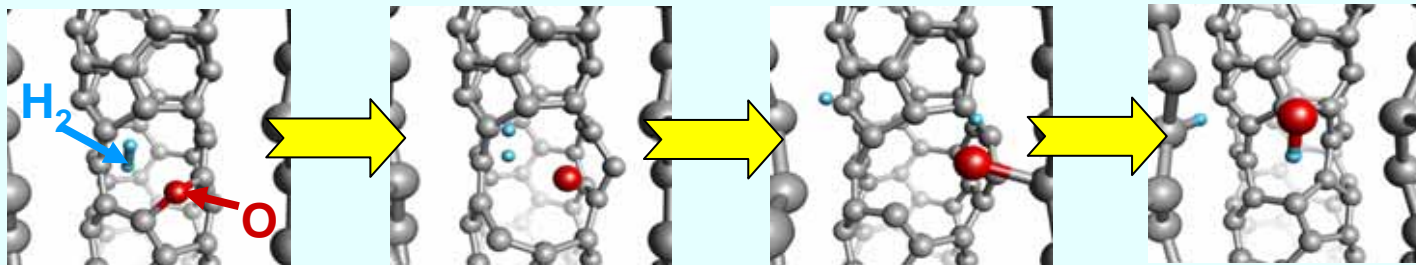
### 現状

水分子が細胞の外から中まで入り込む動作の解析に**約1年**はかかる。

### 将来

**約一週間**で解析が可能。  
体に対する新薬の安全性をチェックすることができる。

## ナノチューブ純度向上のシミュレーション



【ナノチューブから酸素(不純物)が抽出される様子】

### 現状

酸素原子の除去動作の解析に**約3ヶ月**はかかる。

### 将来

解析が**一晩**で終了することで、ナノチューブデバイスの性能、製造技術の向上などに資する。

## 期待される成果

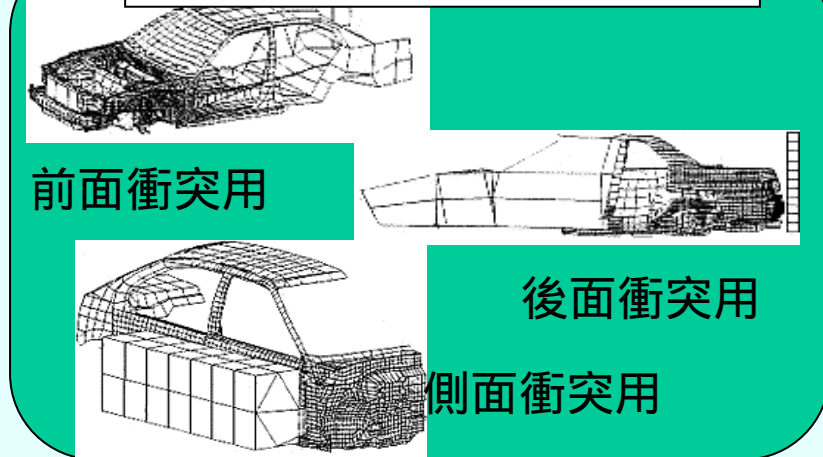
- ・高機能な燃料電池の開発による、**環境調和型社会の実現**。
- ・体に対する新薬の安全性チェックができることによる、**国民の健康維持**。
- ・ナノチューブデバイスの性能、製造技術の向上などによるエレクトロニクス産業の発展、更にそれによる**豊かな社会構築**。

# 産業界からの期待（3）

## 自動車衝突解析自動化

### 現状

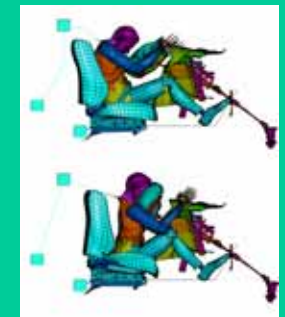
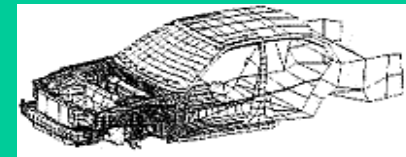
#### 個別衝突モデル



人手メッシュ作成で**数ヶ月**。計算時間が約10時間（大規模処理計算機：1テラFLOPS）

### 今後

#### 統合ボクセル衝突モデル



コンピュータのメッシュ自動生成で約**20分**、計算時間が約**100分**（大規模処理計算機+逐次処理計算機+特定処理計算加速機：1ペタFLOPS）

地球シミュレータでは不可能な異機種計算機間の連携計算でブレークスルーを狙う。

### 期待される成果

従来、**人手で数ヶ月**かかっていたモデル作成が、自動車衝突解析自動化で**解析を含めて約2時間**で終わることで、自動車開発での革命を起こす。それによって、高品質な自動車が数多く生み出され、国民の生活を豊かなものにする。

注)ボクセル:立方体要素のこと。  
小さなサイコロを積み上げてモデル化する手法

資料提供:日産自動車(株)