

# スーパーコンピュータ「京」の 全体波及効果に関する分析調査 最終報告書(概略版)日本語

October 2020

[www.HyperionResearch.com](http://www.HyperionResearch.com)  
[www.hpcuserforum.com](http://www.hpcuserforum.com)

Earl Joseph, Katsuya Nishi, Steve Conway, Bob  
Sorensen, and Alex Norton

## 調査の背景

日本をはじめとする先進国では、科学の発展、産業競争力の強化、イノベーションの創出、一般市民の日常生活の質の向上に、リーダーシップクラスのスーパーコンピュータが大きな役割を果たしてきました。

「京」は世界中でよく知られており、本調査が示すように、「京」は、一般的な低能力のスーパーコンピュータでは実現できないような、多くの画期的なイノベーションと世界をリードする経済的リターンを可能にしてきました。

## ヒアリング回答

- ◆「京」は大規模な計算を実用的な時間で計算できるばかりでなく、「京」があるからこそ着想できる研究があり、研究の流れを変えてきた。
- ◆また、5年～10年後に産業界で利用される計算技術を先取りすることもできている。
- ◆「京」が無ければ研究の流れは変わらなかっただろうし、成果を出すことができず、外国に取られていたであろう。さらに、「京」は日本の産業界に計算機を利用した研究開発の新たな流れを生み出すとともに、新たなコミュニティを形成してきた。

## ヒアリング回答

- ◆「京」の利用者は「富岳」の利用にあたって、使い勝手も違和感なく利用されており、コデザインによる様々な設計の改善が功を奏していると評価している。
- ◆「富岳」ではケーパビリティ・コンピューティングだけでなくキャパシティー・コンピューティング、特に人工知能(AI)を活用したデータサイエンスを取り入れた方向への拡大も計画されている。
- ◆「京」や「富岳」のような世界を先導する「国家的フラグシップ・コンピュータ」は科学技術を進歩させる基盤として必要不可欠であると考えられている。
- ◆市場原理に基づいたマシンでは世界最先端の成果を出すことが難しく、コデザインは「国家プロジェクト」でしかできないと評価されている。

# 「京」による 経済的 ROI

## Hyperion Research社の ROI 測定方法

2012年、米国エネルギー省(DOE)は、科学分野の博士号取得数や科学雑誌に掲載された査読付き論文数など、既存の間接的なHPC投資のリターン測定方法に不満を感じていました。

DOEはハイペリオン・リサーチ社/IDCのアナリストに依頼し、HPCへの投資を公的部門の非財務的な科学的イノベーション(研究収益率、ROR)と民間部門の財務的な投資収益率(ROI)に直接結びつけることが可能なマクロ経済モデルの開発と検証を初めて行いました。

本研究は、Hyperion Research社がDOEのために最初に開発したROI経済モデルとイノベーションクラス指標に基づいています。最初にDOEが資金を提供したパイロット研究とフルアウト研究でこのモデルを使用し、その後、米国以外の政府や米国およびその他の国の個々のHPCサイトを対象とした個別の研究で使用しました：

- マクロ経済モデル: HPCへの投資が、収益、利益(およびコスト削減)、雇用のROIという形で経済発展をもたらす方法を示すものです。入力としてHPCの費用を見ており、収入、利益またはコスト節約、および雇用の創出を出力としています。
- 新たなイノベーション・クラス指標: イノベーションのレベルを測定し、比較する手段を提供します。2つのパラメータに基づいて: 各イノベーションの重要度とイノベーションを使用できる組織の数を組み合わせたものです。

# ROI(投資収益率)およびROR(収益率)の検証プロセス

Hyperion Research社では、本調査で収集されたデータが正確で、信頼性があり、防御可能なものであることを完全に保証するために、さまざまな分野の専門家からの幅広いHPC関連の専門知識を活用した多層的なプロセスを採用しております。

1. 本調査で収集された回答は、最初にHyperion Research社の専門家によって審査され、すべての情報が正しいかどうか、また回答が本調査へのデータ取込みに必要な基準を満たしているかどうか確認されます。
  - 回答に必要な情報が不足している場合や、回答に関連して質問や懸念事項があった場合、Hyperion Research社は回答者に連絡を取り、Hyperion Research社の回答基準を満たすように回答を追加、変更、またはその他の方法で変更するよう、回答者と協力致します。
2. Hyperion Research社のアナリストによって、提出された回答が受理されると、その結果はHPCユーザーフォーラム運営委員会 ([www.hpcuserforum.com](http://www.hpcuserforum.com)) のメンバーに引き渡され、正確性と重要性の審査が行われます。
  - 必要に応じて、対象分野の専門家が、さらなる審査のために召集されることがあります。
3. HPC 運営委員会の承認を経て、回答は、イノベーションアワードと本調査の経済的データベースへの登録の両方が検討されます。

## 収益をもたらしたROI事例

Organization	ROI Title	ROI Abstract	Total Revenue
Kajima Corporation	Large-Eddy Simulation for High-Rise Building with Complex Surface Shape on Actual Urban Block	To set a wind load for structure and cladding using Large-Eddy Simulation (LES). As the part of this study, we focused on the wind pressure prediction by LES for a high-rise building case having roughness surface consist from corner-cuts and inner balconies, which are quite few cases because of the requirement of large computational resource by high-resolution mesh.	o) 500-1billion
The University of Tokyo, Department of Systems Innovation, School of Engineering,	Simulation of a Coal Gasification Combustion Reactor	V&V of a lab-scale coal gasifier with a solid gas-liquid three-phase LES and large-scale coupled analysis of reactor structure and cooling. Development of a multi-scale, multi-physics simulation system for a bench-scale coal gasifier. This will accelerate the practical application of next-generation coal-fired power generation with CO2 separation, capture and storage technologies.	p) > 1,000 million
Kyoto University, Department of Biomedical Data Intelligence, Graduate school of Medicine	Establishment of the AI Drug Discovery Consortium	Drug discovery is one of the areas of active research in the application of AI. The development of a new drug takes an enormous amount of time and money. The probability of success is generally said to be less than 1 in 25,000. Launched in November 2016, LINC is a project that aims to change the way development is carried out by using AI throughout the drug discovery process.	i) 10-25 million
Sumitomo Rubber Industries	Commercialization of EnaSave Next II	ADVANCED 4D NANO DESIGN, a new material development technology developed by K computer and Spring-8, allows us to design the internal structure of rubber from the nano to micron level in order to achieve the three conflicting characteristics of tires: low fuel consumption, wet grip, and wear resistance at a high level. It is the most fuel-efficient tire in DUNLOP's history, with a 51% improvement in wear resistance while maintaining high levels of fuel efficiency and grip. Price 21,600 JPY / tire.	p) > 1,000 million
PIA Corporation	Creating a new business using the heart simulator	The service will be provided using a heart simulator. So far, the project has been conducted on a research basis, but it will be commercialized in the future. The company will sell the device to the general public. The main body of the business has not existed until now. Video URL <a href="https://www.youtube.com/watch?v=Vv9XrV9WIKM&amp;feature=emb_logo">https://www.youtube.com/watch?v=Vv9XrV9WIKM&amp;feature=emb_logo</a>	p) 1,000 million (planned)

## 経済的ROI(投資収益率)結果

表3は、「京」の収益、利益、コスト削減における全体的な経済的波及効果を示したものです。この結果は、収益が5,000億円、利益・コスト削減が7,000億円近く、合計で1兆2,000億円以上もの効果があるという非常に印象的なものです。

これは過去7年間で最大の経済的収益を得たことを示しています。

「京」のコストと比較すると、「京」への投資に対する収益は約10倍であり、これには今回調査しなかったプロジェクトはカウントしておらず、科学的リターンも含まれていません。

TABLE 3

### Financial RETURNS from Projects That Used the K Computer

Financial Area	Amount
Overall Revenues Generated (Millions \$US)	\$4,708
In Yen (Millions)	\$499,014 Yen
Profits Earned or Costs Savings (Millions \$US)	\$6,975
In Yen (Millions)	\$739,350 Yen
Net Total Dollar Impact (Millions \$US)	\$11,683
In Yen (Millions)	\$1,238,364 Yen

Source: Hyperion Research, 2020

© Hyperion Research 2020

9

## 経済的ROI(投資収益率)結果

この表では2つのROI指標を示しています。

- 収益ROI(収益を「京」でプロジェクトを実行するためのコストで割ったもの)
- 利益または経費削減ROI(利益と経費削減を「京」でプロジェクトを実行するためのコストで割ったもの)

「京」ではHPC投資額1円あたりの収益ROIは全体で1,623円で、経費削減ROIは投資額1円あたり60円と、ROIの結果は世界をリードしています。

Table 4

### Financial ROI From Projects That Used the K Computer

Financial Area	Amount
Revenue ROI (\$US)	\$1,623x
In Yen	1,623x Yen
Profit or Cost Savings ROI (\$US)	\$60
In Yen	60x Yen

Note: These are dollars (or Yen) returned for each dollar (or Yen) invested in HPC to complete the project.

Source: Hyperion Research, 2020

© Hyperion Research 2020

10

# 「京」のROIは世界をリード

Table 5

## Financial ROI By Country/Region

Country or Region	Average of Revenue \$ per HPC \$	Average of Profit \$ per HPC \$
The K Computer	1,623	59.9
UK	730	35.2
France	593	80.6
USA	373	39.0
EU	289	48.4
Germany	15	16.3
Italy	10	7.5
China	9	3.3
All Sites Studied	463	43.9

Source: Hyperion Research, 2020

## 中国におけるROIについて

中国でのROIの結果が低いのは、いくつかの理由があります：

- 中国の多くの組織や研究者は、HPCを使用するのは経験が浅く、多くの場合は5年や10年未満の経験しかありません。
  - 日米欧の研究者や組織は40～50年の歴史があり、スパコンを使って先端的な研究開発を行っています。
- 中国のスーパーコンピュータ上で実行される産業プロジェクトの多くは、短期的な視野です（長期的な研究開発に対して多くは応用工学です）。
- 中国のスパコンで実行されている仕事の多くは、学術的なプロジェクトをサポートするためのものです。
  - 「京」は、産業界のユーザを強力に支援できるアプリケーションスーパーコンピュータとして注目されました。

# 「京」の研究成果における イノベーション・リターン(ROR)

© Hyperion Research 2020

13

## 「京」で達成されたさまざまな イノベーション

表 6 は、調査対象となったイノベーションの種類を示したものです。「生産性向上」が最も多く、2番目に「科学的大進歩」、3番目が「社会に有用」となっています。

この表を見ると、「京」が日本全国の非常に幅広い分野で役に立っており、産業界・学術界・社会に様々な形で貢献していることがわかります。

Table 6

### Innovation Areas of the Riken K Computer Projects

Primary Innovation/ROI Area	Number of Examples in the Study
Make Better Products	21
Major Scientific Breakthrough	10
Helped Society	9
Discovered Something New	5
Cost Savings	3
New Approach	3
Support Research Program	1

Source: Hyperion Research, 2020

© Hyperion Research 2020

14

# 「重要度」による「京」のイノベーション評価

過去10年間のこの分野の他のすべてのイノベーションと比較した重要度:

5. 過去10年間のトップ1~3のイノベーションのうちの1つ
4. 過去10年間のイノベーションのトップ5に入る
3. 過去10年間のイノベーションのトップ10に入る
2. 過去10年間のイノベーショントップ25のうちの1つ
1. 過去10年間のイノベーションのトップ50のうちの1つ

Table 8

## Innovations: Importance

	Number of Innovations from the K Computer in 2020	Number of Innovations from the K Computer in 2016	Total
5 -- One of the top 2 to 3 innovations in the last decade	24	30	54
4 -- One of the top 5 innovations in the last decade	1	13	14
3 -- One of the top 10 innovations in the last decade	15	16	31
2 -- One of the top 25 innovations in the last decade	1	4	5
1 -- One of the top 50 innovations in the last decade	4	3	7
Total	45	66	111

Source: Hyperion Research, 2020

© Hyperion Research 2020

15

# 「影響度」による「京」のイノベーション評価

各イノベーションの複数の組織への影響度:

6. 50以上の組織に有用なイノベーション
5. 10~49の組織に有用なイノベーション
4. 6~10の組織に有用なイノベーション
3. 2~5の組織に有用なイノベーション
2. 1つの組織にのみ有用なイノベーション
1. その分野の専門家のみが認めるイノベーション

Table 9

## Innovations: Number of Organizations Impacted

	Number of Innovations from the K Computer in 2020	Number of Innovations from the K Computer in 2016	Total
6 -- It is useful to over 50 organizations	30	41	71
5 -- It is useful to 10 to 49 organizations	8	13	21
4 -- It is useful to 6 to 9 organizations	2	4	6
3 -- It is useful to 2 to 5 organizations	2	5	7
2 -- It is only useful to 1 organization	3	3	6
1 -- It is recognized ONLY by experts in the field	0	0	0
Total	45	66	111

Source: Hyperion Research, 2020

© Hyperion Research 2020

16

# Hyperion Researchイノベーションクラス 評価尺度

- ◆ Class 1イノベーション - 過去10年間でその分野のトップ1~3のイノベーションのうちの一つで、10以上の組織に役立ちます
- ◆ クラス2イノベーション -- 過去10年の間にある分野でのトップ5のイノベーションの一つで、10以上の組織に役立つプラス
- ◆ クラス3イノベーション - 過去10年間にある分野でのトップ5のイノベーションの一つで、少なくとも5つの組織にとって有用なもの
- ◆ クラス4イノベーション - 過去10年間にある分野でのトップ10のイノベーションの一つで、少なくとも5つの組織にとって有用なもの
- ◆ クラス5イノベーション - 過去10年間でその分野のイノベーションのトップ25の一つで、10以上の組織で有用なもの
- ◆ クラス6イノベーション - 過去10年間でその分野のイノベーションのトップ25の一つで、少なくとも2つの組織に有用なもの
- ◆ クラス7イノベーション - 過去10年間にその分野でトップ50のイノベーションの一つで、少なくとも2つの組織に有用なもの
- ◆ クラス8イノベーション - その他のすべてのイノベーション

## 「京」イノベーションのクラスレベル

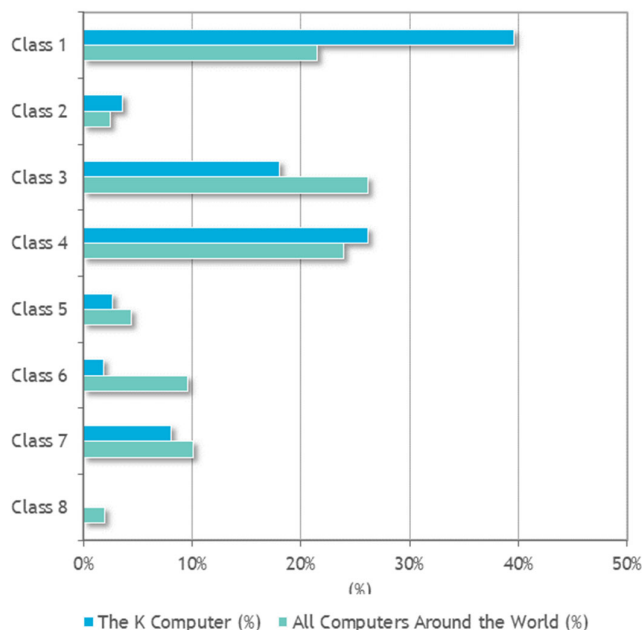
Table 10

Innovation Class Ratings

	From the K Computer in 2020	From the K Computer in 2016	Total	Percentage of Proje
Class 1	21	23	44	40%
Class 2	1	3	4	4%
Class 3	4	16	20	18%
Class 4	13	16	29	26%
Class 5	0	3	3	3%
Class 6	2	0	2	2%
Class 7	4	5	9	8%
Class 8	0	0	0	0%
Total	45	66	111	100%

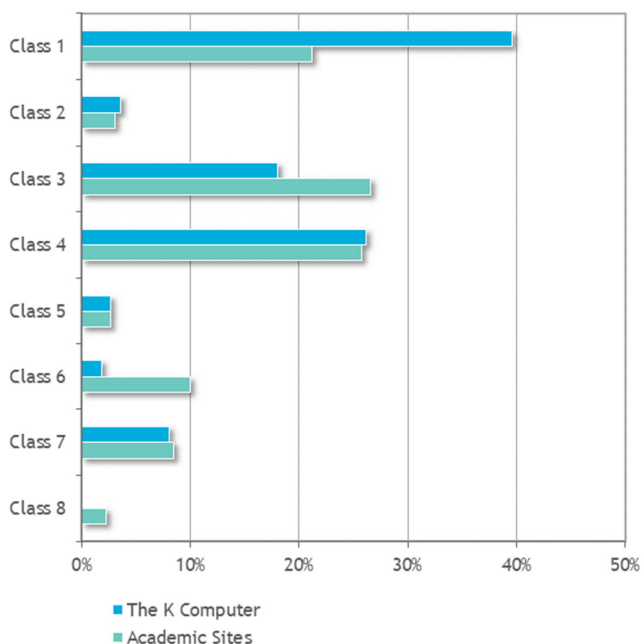
Source: Hyperion Research, 2020

## 「京」イノベーションの諸外国との比較



- ◆ 「京」は、世界のスーパーコンピュータと比較して、クラス1イノベーションの比率が2倍以上になっています。
- ◆ これは、「京」がまさに世界をリードするコンピュータであることを示しています。
- ◆ また、「京」のプロジェクトが、ある分野ではトップ3に入るほどの一流でありながら、多くの組織に役立つ研究に力を入れていたことを示しています。

## 「京」イノベーションの諸外国の学術機関との比較

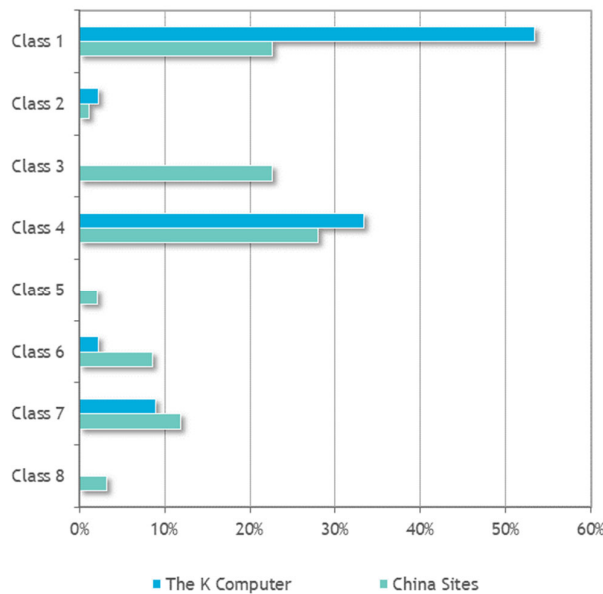


- ◆ 図3は、「京」のイノベーションと世界の学術機関のイノベーションを比較したものです。
- ◆ ここでも、「京」は世界の他の学術機関のイノベーションと比較して、クラス1で2倍以上のイノベーションを実現していることがわかります。

# 「京」イノベーションの諸外国の学術機関との比較

FIGURE 4

The K Computer Compared to China Sites



◆ 図4は、「京」のイノベーションと中国の組織とのイノベーションを比較したものです。

◆ ここでも「京」のイノベーションは、中国の拠点の2倍以上のクラス1のイノベーションがあることがわかります。

Source: Hyperion Research, 2020

© Hyperion Research 2020

21

## まとめ

これらの事実の要約が裏付けておりますように、「京」の全体的な波及効果は、世界をリードする印象的なものであり、世界をリードするものでした：

- 「京」は5,000億円の収益と7,000億円以上の利益／コスト削減を実現しており、合計1兆2,000億円以上の経済的波及効果を「京」の利用者にもたらしました。
- 諸外国と比較してみると、HPC（「京」）に投資した1円あたり平均1,623円の収益があり、さらにHPCへの投資1円あたり平均60円の利益もしくはコスト削減を達成しており、経済的な投資収益率（ROI）は他に類を見ないものです。
- 「京」の経済的なリターンを伴わない科学的イノベーションの波及効果では、世界の他の主要なコンピュータからも目立っています：
  - 今回評価した「京」を利用した111件のプロジェクトのうち、54件（49%）が**科学的 중요度**の一番高いカテゴリーにランクされています。
  - 評価した111件のプロジェクトのうち71件（64%）が、世界中の50以上の組織に有用な**科学的影響力**の高いカテゴリーにランク付けされています。

© Hyperion Research 2020

22

## まとめ: Hyperion Research社の見解

- ◆ 今回の調査では、多くの日本の研究者が「京」を利用することで大きな恩恵を受けており、より強力な「富岳」で研究を進め、より困難な問題に挑戦しようとしていることが確認されました。
- ◆ 私たちは、「京」の後継機としてより強力な「富岳」の開発が、投資に値すると確信します。
- ◆ 「京」は、世界をリードするスーパーコンピュータが、必要とされる資金額をはるかに超えるリターンを生み出すことを実証してきました。
- ◆ 「京」は、経済的なROIとトップクラスのイノベーションの両方において、世界をリードしています。



[ejoseph@hyperionres.com](mailto:ejoseph@hyperionres.com)  
[nishi@hyperionres.com](mailto:nishi@hyperionres.com)  
[sconway@hyperionres.com](mailto:sconway@hyperionres.com)  
[bsorensen@hyperionres.com](mailto:bsorensen@hyperionres.com)  
[anorton@hyperionres.com](mailto:anorton@hyperionres.com)