

○倉田健児（経産省）

1. はじめに

現在、研究開発を行う上で、電子計算機の利用は不可欠といっても過言ではない。自然界における事象を理論的に解明し、これを再現する上で電子計算機によるシミュレーションは、なくてはならない研究ツールとなっている。また、電子計算機によるシミュレーション自体が非常に重要な研究領域ともなっている。

研究の対象となる自然現象は年を追って複雑化、精緻化していることから、求められる電子計算機の性能も、年を追うごとにより高い性能が求められるようになってきている。こうした研究の求めを満たす大型電子計算機は、現代の研究機関にあっては当然に備えるべき研究資源といえる。

一方で、個々の研究機関にとっては、投入可能な研究資源の総量にはおのずと限界が存在する。従って、大型電子計算機という研究資源、すなわち計算資源の提供を図る上では、研究資金等其他の研究資源の場合と同様に、いかにこれを有効に活用するかとの観点から実施していく必要がある。

独立行政法人産業技術総合研究所（以下「産総研」）では、その組織内に先端情報計算センター（以下「TACC」）を設置し、計算資源の提供を産総研内の研究に対して行っている。TACCによる計算資源の提供は、従来は利用者に対し特段の課金をすることなしに行ってきたが、効率的な計算資源の利用を図るために、最近、利用者に対しその利用に応じて課金するという制度変更を行っている。

本稿では、こうした計算資源の提供形態の変更により、制度変更前と変更後でTACCが提供する計算資源

の利用形態にどのような変化があったのかを分析し、制度変更が計算資源の効率的な活用との観点からどのような影響をもたらしたかを評価する。

2. 産総研について

産総研は、2001年4月に、旧工業技術院に所属していた15の国立研究機関¹の統合等²により新たに設立された研究機関である。15の異なる研究分野の研究機関を統合したことからわかるとおり、産総研のカバーする研究領域は、情報通信、ライフサイエンス、ナノテク・製造・材料、環境・エネルギー、地質・海洋、計測標準と極めて多岐にわたる。

産総研の発足に合わせ内部組織は大々的に改変された。統合の対象となった従来の15の研究組織は、産総研の内部的な組織としても完全にその姿を消し、代わって60余の研究ユニット³と呼ばれる組織により産総研の研究部門は構成されることとなった。

研究ユニットは、産総研内における研究資源の配分において、相当の独立性を有する。産総研では、

¹ 具体的には、産業技術融合領域研究所、計量研究所、機械技術研究所、物質工学工業技術研究所、大阪工業技術研究所、名古屋工業技術研究所、生命工学工業技術研究所、地質調査所、電子技術総合研究所、資源環境技術総合研究所、北海道工業技術研究所、九州工業技術研究所、四国工業技術研究所、東北工業技術研究所、中国工業技術研究所の15研究機関である。

² 工業技術院に所属していた15の国立研究機関に加え、通商産業省に所属していた計量教習所を合わせた16の組織を統合して、産総研は設立されている。

³ 研究センター、研究部門、研究ラボという三種類の研究組織を総称して研究ユニットと呼ぶ。個々の組織により、その性格は異なるが、その差異は本稿における議論には大きな影響を与えないことから、ここではこれ以上触れない。

研究資源の配分は基本的に研究ユニットに対して行われることとなるが、配分された研究資源をどう使うかに関しては、完全に研究ユニット長の裁量にまかされる。

研究ユニット内の研究職員の人事権は基本的に研究ユニット長に属する他、研究資金の配分についても研究ユニット長に完全に委ねられる。従って、運営費交付金を原資として配分された研究資金であるならば、これをどのような目的で、どのような費目として、いかほど使用するかは、完全に研究ユニット長の裁量事項となる。

無論、こうした自由度が付与される一方で、毎年、研究ユニットに対しては厳格な評価が行われる。評価の結果は研究資源の配分に反映され、さらには研究ユニットの存廃に影響を与えることとなる。

3. 計算資源の提供方法

産総研内では TACC が大型電子計算機の共同利用施設としての位置付けを有する。現時点で TACC に導入されている主な大型電子計算機を表 1 に示す。

表 1 TACC に導入されている主な大型電子計算機

システム 名称	運用開始 時期	種類 区分	ピーク 性能**	ノード 数
IBM RS/6000 SP	1999 年	スカラー	0.20	128
HITACHI SR8000	1999 年*	ベクトル	0.51	64
AIST スーパー クラス	P-32	2004 年	クラス	1,074
	F-32	2004 年	クラス	256
	M-64	2004 年	クラス	131

* 2004 年運用終了

**TFLOPS

IBM RS/6000 SP(以下「RS6000」)及びHITACHI SR8000(以下「SR8000」)ともに、産総研発足以前の旧工業技術院時代に導入されている。利用者は TACC に所定の登録を行うことにより、特段の課金を受けることなく両機の計算資源を使用することが可能であった。

無論、こうした計算資源の維持には相当の費用が発生しており、これを個々の利用者の負担ではなく、工業技術院全体として負担していたということである⁴。

2001 年 4 月の産総研発足に際し、研究組織は大きく改変されたが、TACC は基本的に同様の体制が維持され、計算資源の提供に関しても、大きな変更はなされなかった。その後、効率的な研究資源の利用との観点から計算資源の提供のあり方に関し産総研内で検討が加えられ、2002 年 5 月から課金制度での計算資源の提供が開始された。

さて、課金制度の内容であるが、TACC における大型電子計算機の運用等に要する費用の約 20%を課金収入によって賄うという方針の下で、課金のレベルが設定された。具体的には(1)式により課金額 W が示される。課金は研究ユニットに対してなされるが、研究ユニットにとっては自らに配分された研究資金により、先に説明したとおり自らの裁量で課金額の支払いが可能となる。

$$W = W(I) \sqrt{n} T \cdots (1) \text{式}$$

W(I) : システム I のノード当たり単価

T : ジョブの CPU タイム (シリアルジョブ)、Elapsed タイム (並列ジョブ)

n : 使用ノード数

W(I)については、W(RS6000)が 110 円/h、W(SR8000)が計算システムの相対的なパフォーマンスを勘案し 440 円/h と設定された。また、課金額を使用ノード数それ自体ではなくその平方根に比例させているのは、並列計算の効率が使用ノード数に必ずしも比例しないことに配慮するとともに、並列計算を奨励する意味も込めてのこととされる。

⁴ 国の時代には、予算の使用は積算に基づき、事前に使用項目、使用費目が定められていた。TACC の維持に関しても、そのために必要な費用が事前に決められ、予算として計上、配分されていた。従って、このような形態以外での提供は本来的にできなかったともいえる。

4. 課金制度の導入による変化

本稿では、課金制度の導入により SR8000 の利用形態にどのような変化が見られたかを議論する。図 1 に SR8000 のシステム稼働率の推移を示す。課金制度導入の前後において特段の傾向の変化を読み取ることにはできない。基本的にはフル稼働に近い状態で推移していると考えられる。図 2 にジョブ件数及び実行までの平均待ち時間の推移を示す。両者とも減少傾向で推移していることがわかる。しかし、ジョブ件数が漸減であるのに対し、待ち時間はそれを超えて大きく減少している。

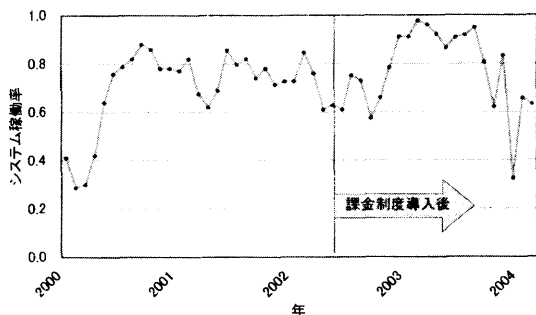


図 1 システム稼働率の推移

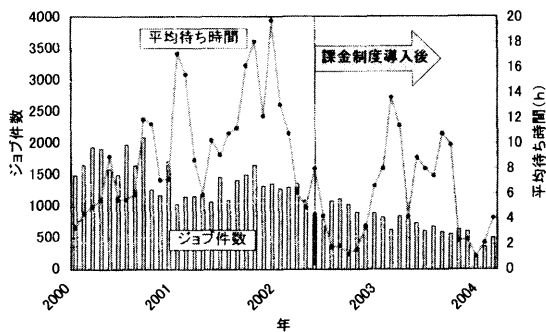


図 2 ジョブ件数及び実行待ち時間の推移

図 3 に投入されたジョブ一件当たりの CPU タイムの推移を示す。課金制度の導入後は一貫して上昇を続けている。すなわち、投入ジョブは大型化してき

たことが見てとれる。次いで、図 4 に投入ジョブに占める要素並列ジョブの比率の推移を示す。課金制度導入の前後で比較すれば、導入後において要素並列ジョブの比率が高まっていることが見て取れる。

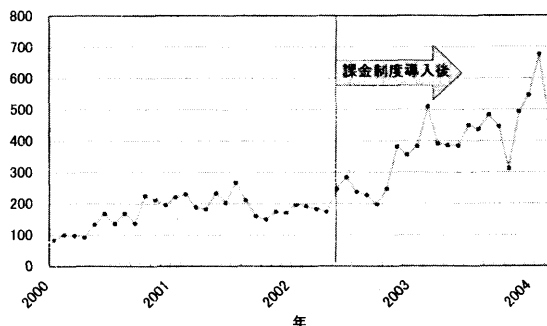


図 3 ジョブ一件当たり CPU タイムの推移

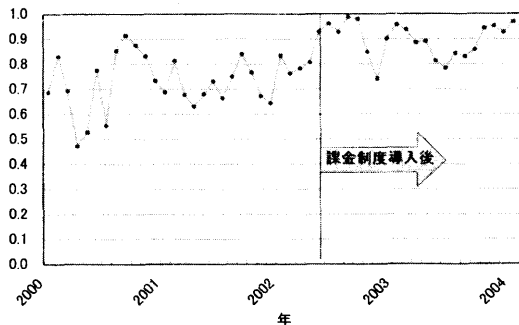


図 4 要素並列ジョブ比率の推移

以上の結果を、以下にまとめる。

- ジョブの件数は漸減
- 待ち時間は大きく減少
- 稼働率は不変であり、基本的にはフル稼働
- ジョブ当たりの CPU 時間は増大
- 要素並列処理ジョブの比率は増大

5. 考察

以上の結果を踏まえ、さらに SR8000 の利用者との議論の結果も加味し、以下の導出が可能と考えられる。

- ・ 大型電子計算機の利用が不可欠な場合には、課金制度の導入によっても、当然のことながら SR8000 の利用は継続する。
- ・ 一方で、必ずしも大型電子計算機で行う必要のない計算を SR8000 で行っていた場合には、課金制度の導入により別の計算資源の利用に転換した可能性が大きい。特に最近の WS の高性能化には目を見張るものがあり、WS の利用で代替が可能な場合には、費用対効果の観点から WS の利用に切り替えている。
- ・ SR8000 の利用の継続、転換いずれが図られたにせよ、研究ユニットに付与されている研究資金の使用に際しての自由度の大きさが、研究ユニットにとっての計算資源の合理的な選択の実現に大きく寄与している。
- ・ ジョブ一件当たりの CPU タイムが大きくなる大規模計算の投入が増えており、要素並列処理ジョブ比率の増大傾向と合わせて、この変化はジョブの並列化が進んだことに見合うものといえる。SR8000 の特徴として擬似ベクトル化と要素並列化が挙げられるが、こうした本機の特徴を最大限活かした利用が促進されたことが窺える。
- ・ この結果、SR8000 で実施することが適当なジョブへと投入されたジョブが集中し、本来の目的にかなった利用が実現している。その一方で、稼働率が低下していないことから、課金制度の

導入は、概して計算資源の効率的な活用に寄与している。

6. 今後の検討の視点

本稿で組上に載せた問題は、産総研を我が国全体における研究開発体制と置き換えた場合にも、同様の問題として考えることができよう。共同利用施設として多くの大型計算センターが存在し、大型計算資源を大量に使用する研究を積極的に実施、振興する必要がある中で、投入し得る研究資源の量には限界があるとの現実が存在する。

共通の研究資源たる大型計算センターの利用のあり方と個々の研究に対しての研究資源の配分との関係をどう考えていくべきか。これは我が国の研究開発の効率性の向上を図るとの観点から、大変に重要な課題である。

本稿で述べた産総研における計算資源の効率的活用への取り組みを、一研究機関における一つの事例として捉え終わらせることなく、日本全体を視野に入れての効率的な計算資源の活用策に繋げていく姿勢が、今後、求められよう。