



セキュリティを保ちながら「使いたい人がすぐに使える」 スーパーコンピュータを実現 400Gbps環境でスループットを損なうことなく 「富岳」へのアクセス制御を実現

「京」の後継として開発され、2020年6月にスーパーコンピュータの性能ランキング「TOP500」「HPCG」「HPL-AI」「Graph500」の4部門で同時に第1位を獲得するという世界初の快挙を成し遂げて以来、現在も世界をリードし続けているスーパーコンピュータが「富岳」だ。開発・運用に当たる理化学研究所では、課題解決に取り組む大学や研究機関、民間企業が幅広く「富岳」を活用できる環境を整えているが、それにはセキュリティの担保が不可欠となる。ここで、世界第1位にもなった演算速度や400Gbpsという広帯域ネットワークでも性能を損なわずに制御を実現するファイアウォールが、FortiGateだ。

国立研究開発法人 理化学研究所 計算科学研究センター

所在地 兵庫県神戸市中央区
港島南町7-1-26
設立 2010年7月



国立研究開発法人
理化学研究所
計算科学研究センター
運用技術部門
先端運用技術ユニット
ユニットリーダー
博士 (情報理工学)
山本 啓二氏



国立研究開発法人
理化学研究所
計算科学研究センター
運用技術部門
先端運用技術ユニット
上級テクニカルスタッフ
野村 明広氏

世界をリードし続けるスーパー コンピュータ「富岳」

理化学研究所（以下、理研）と富士通が共同開発し、2021年3月に正式に共用を開始したスーパー

導入・構築のポイント

- (1) 442.01PFLOPSの演算速度と100Gbps×4や400Gbps×3という超広帯域ネットワークで構成される環境において、スループットを損なうことなくIPフィルタリングを実現した
- (2) 「富岳」の利用を希望する外部の企業・組織が求めるセキュリティ水準を、満たすことができた
- (3) 完成度の高いWebインタフェース上で、ポリシーやオブジェクトの定義、運用が容易に行える

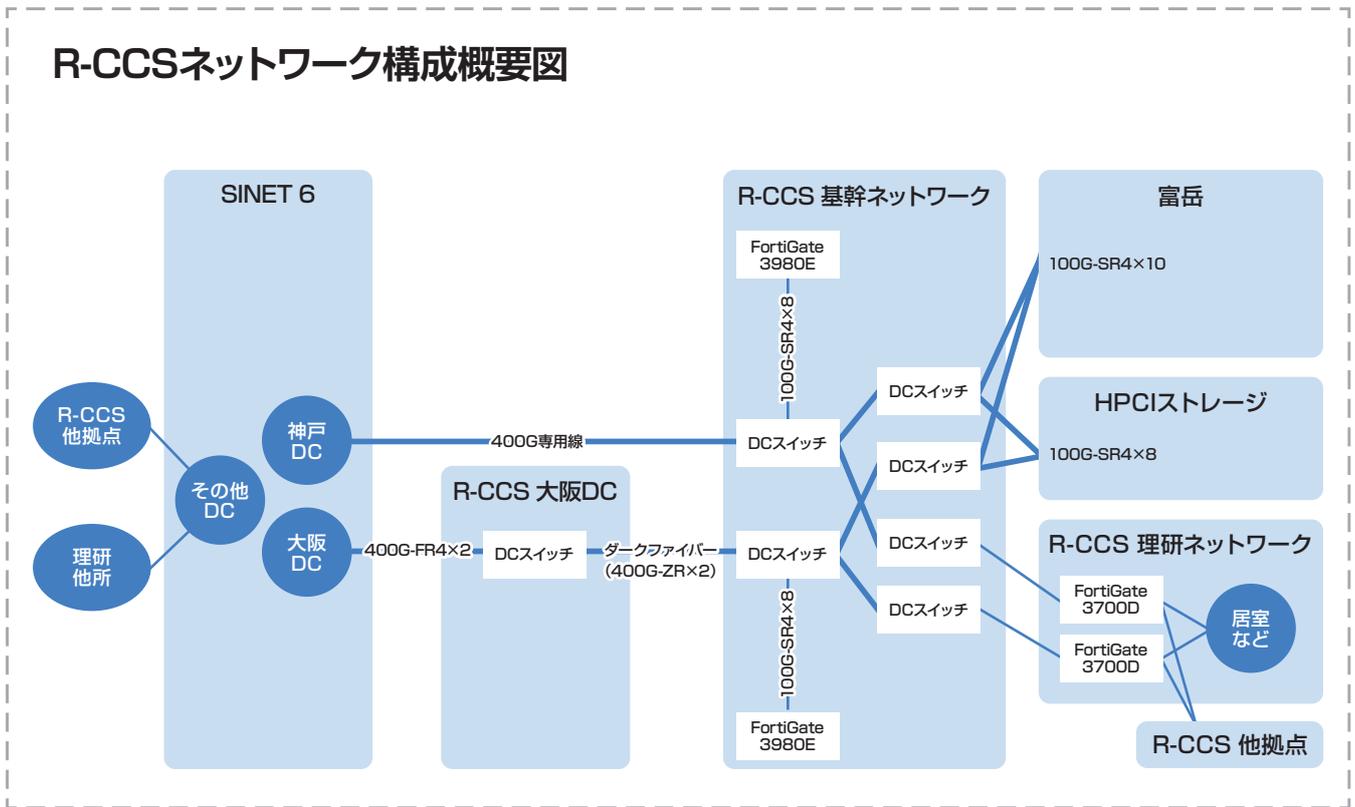
コンピュータ「富岳」の名を耳にした人は多いことだろう。2018年まで運用されてきた「京」の約100倍の性能を実現しており、スーパーコンピュータの性能ランキングでは、442.01PFLOPSの演算速度を実現した「TOP500」をはじめ、2021年11月には4部門で4期連続の世界1位に輝くという成果を残した。2022年5月に発表されたランキングでは、「TOP500」と「HPL-AI」で第2位となりトップは譲ったものの、「HPCG」と「Graph500」では5期連続での第1位を獲得し、熾烈な競争が繰り広

げられるスーパーコンピュータの世界において、「富岳」は今なお世界最高レベルの総合的な性能を維持している。

「富岳」の特徴は、気象や災害のシミュレーションに新薬開発、新素材開発など、実に幅広い分野で活用されていることだ。特に大きなインパクトを与えたのは、メディアでもたびたび報じられた新型コロナウイルス感染症の飛沫拡散シミュレーションだろう。「当時、富岳はまだ建造途中で、ストレージも含めハードウェアが一部しかない状態でしたが、その中でもシミュレーションを動かしつつ、



R-CCSネットワーク構成概要図



富岳本体の完成に向けた建造を続けていきました」と、理研 計算科学研究センター 運用技術部門 先端運用技術ユニットで上級テクニカルスタッフを務める野村 明広氏は振り返った。

同じく理研 計算科学研究センター 運用技術部門 先端運用技術ユニットのユニットリーダー、山本 啓二氏は、「計算力が向上すれば、モノ自体を作らなくてもシミュレーションで再現し、問題を解決していくことができます。計算能力が100倍、1000倍と速くなれば、それだけ細

かくシミュレーションができるようになります」と、あくなき性能が求められる理由を述べた。

セキュリティを担保しながら、誰もが使える環境を提供

運用技術部門では、CPUとメモリ、ストレージをつなぐネットワーク基盤も含め、「富岳」を「動かし続ける」ための仕組みを作ってきた。数台、数十台ならまだしも、「富岳」を構成するユニットは約16万台に上る。「これだけの規模になると人が運用するのは困難です。コンピュータ自身に運用させるような先端的な運用方法を研究しながら、富岳というスーパーコンピュータの運用を担っています」(山本氏)

その運用技術を示した一例が、2021年に開催された東京オリンピック・パラリンピックの際に公開したリアルタイム天気予報だ。「どの

順序でプログラムを実行するかを決めるジョブスケジューラで、リアルタイム天気予報に関する計算を優先して実行しました。優先順位や規模、予想計算時間などを踏まえ、かなりの精度で実行できたことが大きな成果です」(野村氏)

運用技術部門にはもう一つ重要な役割がある。高度なシミュレーションによって解決できそうな課題を抱えている全国の大学や研究機関、企業に向け、富士の裾野のように幅広く、このコンピューティング環境を提供することだ。いわば公共の資源として、必要な人が使いたいときに使える環境を目指している。

ただ、ここで問題となるのがセキュリティだ。「誰もが使える」といっても、「誰もがやりたい放題」になることは許してはいけない。一定のセキュリティを担保する必要があった。

「京」の時代は、OSレベルのIPフィ



スーパーコンピュータ「富岳」

ルタリングによってアクセス元を制御することでセキュリティを担保していた。「世間一般でセキュリティというと、HTTPやHTTPSを前提にしたWebセキュリティやIPSなどが想像されると思います。それに対しスーパーコンピュータの場合は、SSHによるログインとIPフィルタという比較的簡素な仕組みでセキュリティを実現してきました」(野村氏)

だが、この10年あまりでセキュリティに対する世間一般の要求は大きく高まった。クラウドサービスにせよ外部委託にせよ、外部のコンピュータリソースを利用する際には、事前に「ファイアウォールを設置しているか」「ウイルス対策は実施しているか」「セキュリティパッチを適用しているか」といった具合に、セキュリティ対策状況を確認することが一般的となっている。

これは、「京」や「富岳」のようなスーパーコンピュータの場合でも例外ではない。「京や富岳を利用したいと考える企業さまから、利用に当たってセキュリティチェックシートが送られ、確認を受けるケースが増えてきました」(山本氏)。こうした背景も相まって、OSが搭載するフィルタリング機能だけに頼るのではなくファイアウォール専用機を導入し、アクセス制御と同時にログの一元管理も実現しようと考えた。

40G、100Gという 超広帯域でスループットを 妨げない選択肢が 「FortiGate」

問題は、果たして世界最速と評価された性能を妨げることなくファイアウォールの機能を実現できるのか、という一点だった。

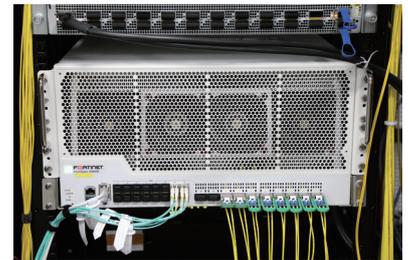
「研究内容によっては、計算の元となるデータや計算結果の容量がテラバイト、時にはペタバイト単位まで膨らんでいきます。それだけのデータを転送するネットワークやストレージのスループットを確保しつつ、不要な通信はさせないよう制御してセキュリティを保つのが最も大切なことでした」(野村氏)

当時「京」は、40Gbpsの専用線でSINET 5に接続されていた。「富岳」での利用を前提としたファイアウォールの調達に当たっては、そのスループットを低下させない性能を実現しつつ、レイテンシーも抑えられることが重要な条件となっていた。この入札の結果、納入されたのが「FortiGate」だった。ただ当初はスループットへの影響を慎重に図るため、基本的にはセッションのログを取得するだけの形で運用しており、制御は従来通りIPフィルタで行っていたという。

その後、「京」につながる回線が増強された。「当初は『40Gなんて誰も使わないだろう』と言っていたのですが、1~2年で回線はパンパンに逼迫しました。100Gに増強した時も、『100Gも本当に使うのだろうか』と言っていたのに、あっという間に帯域を使い潰し、使用率は常に99.8%から99.9%という具合でした」(野村氏)

そのスループットに対応できるファイアウォール製品を求めて仕様書を作成したところ、やはり入札されたのは、100Gインタフェースを備えたFortiGate 3980Eだった。

理研では、ラボで実施した検証において想定通りのスループットが得られることを確認し、導入作業を進めていった。「製品のバックプレーンや



理研 計算科学研究センター内に設置されているFortiGate 3980E

ASICのつなぎこみといったアーキテクチャまでチェックした上で導入を決定したため、『この機能を有効にすれば性能はこのくらいで、この機能を追加で組み合わせれば性能は落ちるだろう』とある程度予想は立てていました。実測の結果、若干のずれはありましたが、大きくぶれることは今のところありません」(野村氏)

2022年4月に運用を開始したSINET 6の環境では、「富岳」は対外接続用に400Gbpsの回線を神戸データセンターへ1本と大阪データセンターへ2本つなぐ冗長構成となっている。合計1.2Tbpsという、想像を絶する帯域だが現在もFortiGate 3980Eでの運用を継続している。

わかりやすいGUIで ポリシーやオブジェクトの 定義も容易に

理研では「富岳」のネットワークとは別に、研究所内のネットワーク保護にも「FortiGate 3700D」を利用してきた。また、民間企業でネットワークインフラを担当した経験もある野村氏は、「フォーティネットらしい製品」であるとあらためて感じたという。「特に、Webのユーザーインタフェースの完成度が高く、ポリシーやオブジェクトの定義が比較的簡単に行えますし、ぱっと見るだけでどのようなポリシーが定義され



ているかも知ります」(野村氏)
SINET 6との回線は、将来的には3.2Tbpsまで拡張できる設計となっている。あればあるだけ使われるのがコンピュータリソースや帯域だ。野村氏は「スループットの高いファイアウォールには今後も注意を払っていきたいと思います」と、400Gbpsインタフェースの登場にも期待を寄せた。

大学・研究機関はもちろん、さまざまな民間企業に「富岳」の扉は開かれているが、ここにファイアウォール専用機を導入したことで、接続時に要求されるセキュリティ水準の要素の一つが整った。今後も「各大学や企業が持つコンプライアンスやポリシーの受け皿となれるよう、インフラとしていろいろなものを整備していきたいと考えています」(野村氏)
豊富な計算能力を生かした高度なシミュレーション、いわゆる「デジタルツイン」の実現によって、過去には考えられなかったさまざまな成果が生まれようとしている。「京の時からそうですが、「富岳」ではいっそう、もっといろいろな人にスーパーコン

ピュータを使ってほしいと思いながら環境の整備を進め、運用していません。使いたい人がすぐに使えるスーパーコンピュータを提供していきます」(山本氏)

FORTINET

フォーティネットジャパン合同会社

〒106-0032
東京都港区六本木 7-7-7
Tri-Seven Roppongi 9 階
www.fortinet.com/jp/contact

お問い合わせ