

經費來源： 01公務 02非公務
機密(E)： 是 否
出國類別： A 考察/訪問 C 進修/研究 F 工作會議/研討會
G 推廣佈展 H 學術會議

分項計畫名稱：
03112A1200 高效能計算雲平台系統維運與技術支援

參與 HPC Asia 2023 會議

出國報告書

服務單位：	國家實驗研究院國家高速網路與計算中心
出國人員姓名職稱：	蕭志梹 研究員 王冠智 佐理工程師
出國地點：	新加坡
出國日期：	民國 112 年 2 月 26 日至 112 年 3 月 2 日
報告日期：	民國 112 年 4 月 26 日

摘 要

HPC Asia 是一個以高效能運算為主題的國際會議，宗旨在促進高效能運算技術的發展和交流、將亞洲地區的高效能運算技術推向全球並強化國際合作。該會議主要涵蓋了高效能運算、大數據、人工智慧、機器學習、量子計算等方面的最新研究成果和應用實踐。透過 HPC Asia 會議，研究人員、學者、工程師和業界廠商可以分享他們的經驗和洞見，共同推動高效能運算技術的發展和應用。HPC Asia 會議每年舉辦一次，通常一年在日本，隔年則在日本以外的地區舉辦。會議主題包含演講、技術報告、研討會、工作坊、海報展覽和社群活動等。今年，HPC Asia 2023 會議與 Supercomputing Asia 2023 會議合併舉辦、規模較往年大，日期為 02/27 - 03/02，地點為新加坡的新加坡國際會議中心 (Singapore EXPO)。

本次與會人員王冠智、蕭志楫投稿海報論文發表。首先於 01/06 繳交文字摘要、圖表、參考文獻、作者資訊等，標題為「An Evaluation of Reducing Power Consumption in Taiwan's 3 Supercomputer」，經單盲審查 (Single-blind review) 後，於 01/27 接獲通知被 HPC Asia 2023 會議接受，最後於 02/14 繳交最終版本的海報檔案。

03/01 的海報議程中，向國際參與者報告、展示本中心對臺灣杉三號 (Taiwania 3) 超級電腦採取的節能措施與成效，獲得良好迴響，並提升本中心的國際能見度。

行程表

國別	日期	地點/訪問機構	工作摘要
新加坡	02/26	臺灣桃園機場 新加坡樟宜機場	路程，上午搭機前往新加坡。
	02/27	新加坡國際會議中心	參與 HPC Asia 2023 會議之工作坊。
	02/28 - 03/02	新加坡國際會議中心	參與 HPC Asia 2023 會議與 Supercomputing Asia 2023 會議。 海報議程訂於 03/01。
	03/02	新加坡樟宜機場 臺灣桃園機場	路程，下午搭機返回臺灣。

目 次

一、介紹	5
二、會議紀要	7
2.1 行程表	7
2.2 重點演講節錄	7
02/27 (第一天)	7
02/28 (第二天)	18
03/01 (第三天)	21
03/02 (第四天)	23
三、心得及建議	24
四、出國效益	25

HPC Asia 是一個以高效能運算為主題的國際會議，宗旨在促進高效能運算技術的發展和交流、將亞洲地區的高效能運算技術推向全球並強化國際合作。該會議主要涵蓋了高效能運算、大數據、人工智慧、機器學習、量子計算等方面的最新研究成果和應用實踐。透過 HPC Asia 會議，研究人員、學者、工程師和業界廠商可以分享他們的經驗和洞見，共同推動高效能運算技術的發展和應用。HPC Asia 會議每年舉辦一次，通常一年在日本，隔年則在日本以外的地區舉辦。通常包括主題演講、技術報告、研討會、工作坊、海報展覽和社群活動等。今年，HPC Asia 2023 會議與 Supercomputing Asia 2023 會議合併舉辦、規模較往年大，日期為 02/27 - 03/02，地點為新加坡的新加坡國際會議中心 (Singapore EXPO)。

本次與會人員王冠智、蕭志棧投稿技術海報。首先於 01/06 繳交文字摘要、圖表、參考文獻、作者資訊等，題目為「An Evaluation of Reducing Power Consumption in Taiwan's 3 Supercomputer」，經單盲審查 (Single-blind review) 後，於 01/27 接獲通知被 HPC Asia 2023 會議接受，最後於 02/14 繳交最終版本的海報檔案。

03/01 的海報議程中，向國際參與者報告、展示本中心對臺灣杉三號 (Taiwan's 3) 超級電腦採取的節能措施與成效，獲得良好迴響，並提升本中心的國際能見度。

本次會議主題包括：

Latest HPC research and technologies

AI / Machine learning

Cloud computing

Cybersecurity

Quantum computing

Sustainability

Carbon neutral / negative

Net zero

會議外的時間，蕭志槐亦訪問新加坡超級電腦中心（National Supercomputing Center (NSCC)）之相關人員，參與第一屆 Alliance of Supercomputing Center (ASC) 的討論會議，雖然國網中心不屬於 ASC 的成員，但與其他超級電腦中心交流討論，了解彼此的組織與任務，以及未來超級電腦建置的方向等等，非常值得。本出國報告由王冠智與蕭志槐同仁共同完成，因經費來源不同，故分兩份繳交。

2.1 行程表

國別	日期	地點/訪問機構	工作摘要
新加坡	02/26	臺灣桃園機場 新加坡樟宜機場	路程，上午搭機前往新加坡。
	02/27	新加坡國際會議中心	參與 HPC Asia 2023 會議之工作坊。
	02/28 - 03/02	新加坡國際會議中心	參與 HPC Asia 2023 會議與 Supercomputing Asia 2023 會議。 海報議程訂於 03/01。
	03/02	新加坡樟宜機場 臺灣桃園機場	路程，下午搭機返回臺灣。

2.2 重點演講節錄

02/27 (第一天)

本日議程全部都是工作坊，時間相互重疊，參與者可自由選擇想聆聽的主題。由於本中心預計於今（2023）年末完成建置臺灣杉四號（Taiwania 4，名稱暫定）超級電腦第一期，其中規劃了小規模 ARM 架構的 CPU 計算節點，此外，資料中心的能源效率亦為本中心近年相當重視的課題。綜合以上考量，選擇聆聽的工作坊為：2nd International workshop on Arm-based HPC: Practice and Experience (IWAHPCE 2023)、Energy and Resource Efficiency of Data Centers (EREC)。

Experiences from 4 years of running a production Arm-

2018 年，英國 Isambard 是世界第一座採用 ARM64 架構的處理器且正式上線提供服務的超級電腦，初代系統的處理器為 Marvell ThunderX2 (32 核心)。Isambard 2 擴建於 2021 年，與初代系統並存，繼續採用 ARM64 架構的 Fujitsu A64FX 處理器 (48 核心)，與日本富岳超級電腦完全相同。

經過多年的推廣與使用經驗，講者分享軟體堆疊 (Software stack, 包含編譯器、開發、除錯、效能分析工具等) 的成熟度與支援度非常重要。Isambard 使用者執行的應用多為開放源碼或者可取得源碼的，由於 ARM 的軟體生態已日臻成熟，大部分的程式在無需特別移植、改寫程式碼的狀況下，只要重新編譯即可順利在 Isambard 上執行。然而，少部分商用軟體、採用特別 x86 指令集的程式就無法使用。另外，講者亦指出在資料科學、統計等領域相當盛行的 Python、R 程式語言目前仍是 Isambard 應用上的罩門，因為直譯器本身以及包含原生程式 (Native code) 的套件等都需要自行重新編譯才能使用，有時效能不甚理想。此差別是因為 x86 廠商長期提供最佳化的函式庫實作，並獲上游無論閉源、開源的軟體專案合併，因此形成相容性與效能上的優勢。

Isambard 3 目前規劃繼續採用 ARM64 架構的 Nvidia Grace 處理器，可能採取類似貨櫃的模組化機房設計。

Performance Study on CPU-based Machine Learning with

PyTorch

此演講將 PyTorch 機器學習這類適合圖形處理器的工作負載執行於中央處理器上，進行效能測試與比較。比較變數有：處理器 (Fujitsu A64FX、Intel Xeon 6148 / 8160 / 8358)、編譯器 (Arm、Fujitsu、GNU、Intel、LLVM)、基礎線性代數程式集 (BLAS) (Fujitsu SSL2、Arm Performance Libraries、OpenBLAS、Intel MKL)。比較項目有：神經網路效能測試工具 BenchDNN、神經網路 ResNet 34 (21.8M)、ResNeXt 50-32x4d (25.0M)、Wide ResNet 101 (126.9M)，包含訓練、推論。使用的資料集有：PACS、CIFAR-10，前者用於單節點測試、後者用於多節點測試，最多 128 節點。

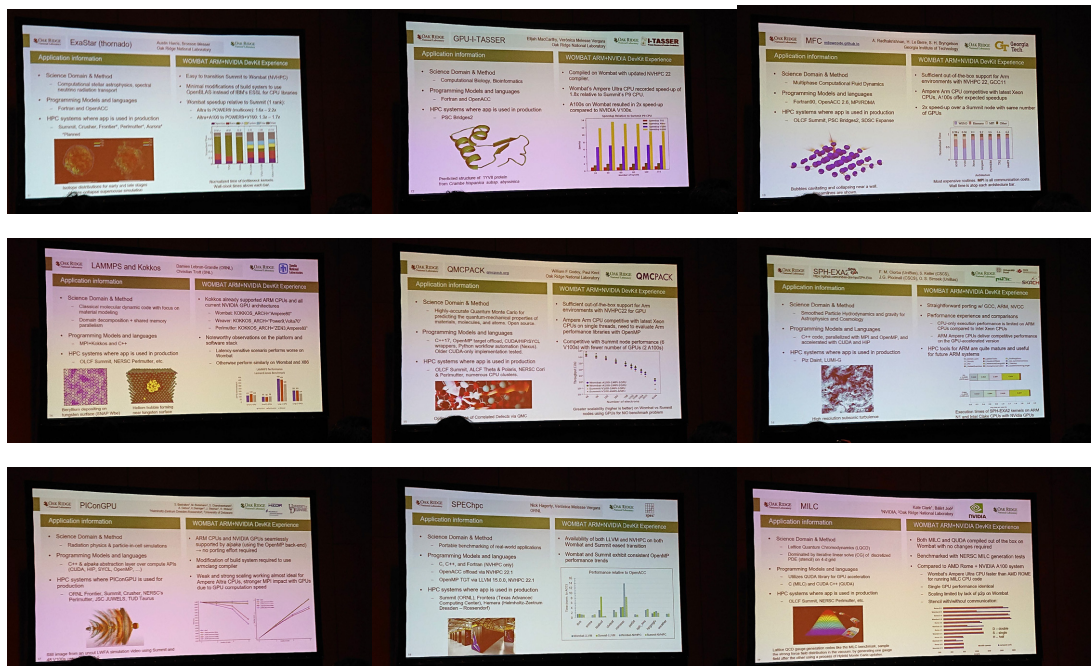
比較處理器方面，在單節點、多節點測試中，x86 比 ARM 處理器擁有顯著的效能優勢（訓練速度快 20%-100%），除了在推論項目，ARM 可以和 x86 處理器競爭效能、甚至在 ResNet 34 反超。比較編譯器方面，對於 Fujitsu A64FX 處理器而言，Arm 編譯器擁有最佳擴展性 (Scalability)，而 GNU 編譯的 PyTorch 則遇到效能不佳的問題。Arm 編譯器版本 22 相對於版本 21 有大幅的效能改進（訓練約 10-20%、推論約 20-40%）。另外，BenchDNN 效能測試亦產生吻合上述神經網路的測試結果，FP32 訓練方面 x86 比 ARM 處理器擁有壓倒性的效能優勢，INT8 推論方面互有勝負或者反而 ARM 處理器擁有效能優勢，但是如果 x86 處理器支援 AVX512 VNNI 指令集，又會取回壓倒性的勝利。

Application Experiences on a GPU-accelerated Arm-based

HPC Testbed

此為 Oak Ridge National Laboratory (ORNL) 的演講。ORNL 自我介紹是一個以 GPU 為主力運算 ("GPU-centric") 的機構，目前尚無採用 ARM 架構處理器的超級電腦正式提供服務，但是仍有建置小規模系統 Wombat (<https://www.olcf.ornl.gov/olcf-resources/compute-systems/wombat>) 作為測試用途，包含 4 節點 HPE Apollo 70 (Marvell ThunderX2 CN9980 + Nvidia V100)、16 節點 HPE Apollo 80 (Fujitsu A64FX)、8 節點 Nvidia ARM Developer Kit (Ampere Altra Q80-30 + Nvidia A100)。

ORNL 與多處研究機構 (使用單位) 合作，於 2019 年在 Marvell ThunderX2 CN9980 + Nvidia V100 節點上針對 12 個程式進行移植、初步效能測試。於 2022 年在 Ampere Altra Q80-30 + Nvidia A100 節點上再次針對 11 個程式進行移植、效能測試，總共累積了 20 個獨特程式的結果，目前著重在 ARM 的軟體生態、開發環境評估，採取「廣度優先」策略。程式包括：SpecHPC (Benchmark)、Exastar (Stellar astrophysics)、GPU-I-TASSER (Bioinformatics)、LAMMPS (Molecular dynamics)、MFC (Fluid dynamics)、MILC (Quantum chromodynamics)、NAMD (Molecular dynamics)、PIConGPU (Plasma physics)、QMCPACK (Chemistry)、SPH-EXA2 (Hydrodynamics)..... 等。個別結果投影片翻攝如下：



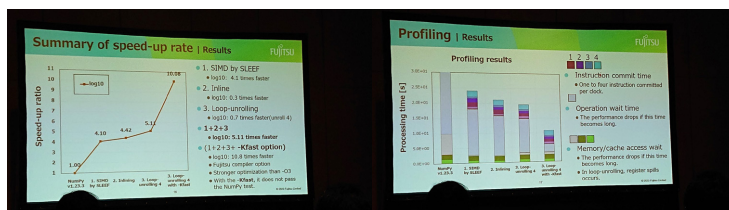
所有合作團隊都成功編譯、執行他們的程式，多數團隊移植過程順利，不需要付出特別努力。除了 NAMD 之外，多數程式尚未對 ARM 最佳化。相較於 2019 年，ORNL 指出 2022 年 ARM 的軟體生態已日臻成熟：CUDA 正式支援（2019 年時仍在 Beta 階段）、OpenACC 和 OpenMP Offloading 支援（此項目是 Fortran 程式運用 GPU 加速的關鍵）、Spack 套件管理支援等。

因此，ORNL 對 ARM 架構 CPU 作為 GPU 的主機處理器給出的結論是「大致上可用，基本該有的都有」("ARM CPU as a host processor for GPU fairly works. Basics are there.")。

Optimization of NumPy Transcendental Functions for Arm SVE

講者來自 Fujitsu 公司。NumPy 是 Python 重要的矩陣運算套

件，目前內建的算術運算、超越函數 (Transcendental function) 實作只支援 ARM NEON 指令集、不支援 ARM SVE 指令集，因此在 ARM 架構的處理器上無法發揮最佳效能。由於 NumPy 為開源的軟體專案，Fujitsu 公司 Fork 並開發透過 ARM SVE 指令集向量化的實作。綜合 SIMD、Inlining、Loop unrolling 等最佳化手法，以上游 NumPy 為基準，採用 Fujitsu 編譯器、Fujitsu A64FX 處理器、在單核心的條件下，以 log10 函數為例，可實現約 5 倍的速度提升。



此工作目前尚未獲准合併至上游 NumPy 專案，主要問題為：改變 NumPy 的相依性 (增加 SLEEF 函式庫的依賴)、採用 Fujitsu 編譯器的 "-Kfast" 最佳化選項時，無法通過 NumPy 測試。

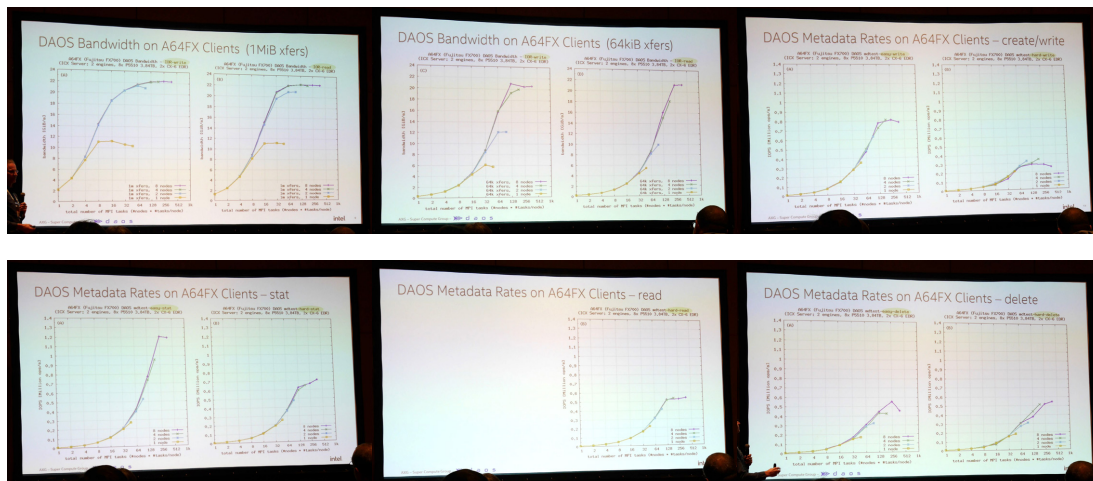
Evaluating DAOS Storage on ARM64 Clients

Distributed Asynchronous Object Storage (DAOS) 是 Intel 開發的分散式物件儲存技術，支援直接掛載作為平行檔案系統使用、Hadoop/Spark、TensorFlow-IO、Python 原生的 "dictionary" 資料型別、HDF5、MPI-IO 等應用程式介面，儲存媒介可採用 Intel Optane (Intel 宣布棄用) 或一般 NVMe 固態硬碟。

此演講說明 DAOS 版本 2.3 系列已支援 ARM64 客戶端 (Client)，並展示於 Fujitsu A64FX 處理器上效能測試的結果，包

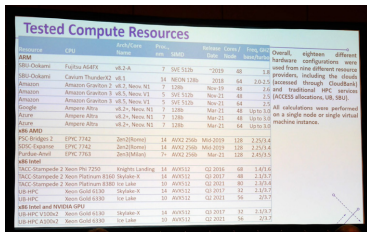
括：IOR (讀寫頻寬)、mdtest (檔案系統操作速度)，效能表現符合預期。由於 DAOS 的 ARM64 伺服器端 (Server) 軟體目前仍在測試中，因此本測試中 DAOS 儲存伺服器使用的是 Intel Xeon IceLake 處理器，並指出 Fujitsu A64FX 處理器僅配備 32 GiB HBM 記憶體是一項限制。

官方提供的 ARM64 安裝套件亦在準備中。



Are we ready for broader adoption of ARM in the HPC community: Performance and Energy Efficiency Analysis of Benchmarks and Applications Executed on High-End ARM Systems

此演講對最近許多的 ARM64 (Amazon Graviton 2/3、Ampere Altra、Futjutsu A64FX、Marvell ThunderX2) 與 x86-64 (AMD、Intel) 處理器做效能比較，測試條件為單一節點互相比較，和稍早 ORNL 的演講不同在於聚焦純 CPU 效能，總共有 18 種硬體組合。



比較的项目包含 HPCC、NWChem、OpenFOAM、GROMACS、AI Benchmark Alpha、Enzo，個別結果投影片翻攝如下：



講者分享，ARM 主機的使用環境與一般 x86 主機相似，程式移植過程順利。HPCC 項目顯示，ARM 的數學函式庫，包括線性代數、傅立葉轉換等，每核效能相較於 x86 具有競爭力。綜合所有項目而言，每節點效能由 x86 主機領先。在 ARM 陣營中，Amazon Graviton 3 在多項測試效能最佳，與 x86 陣營最新的處理器旗鼓相當。若程式支援 GPU 運算，則配備 GPU 的主機不管在絕對效能、每瓦效能皆為最佳且大幅領先。雖然功耗資料稀少，但仍顯示 ARM 處理器的每瓦效能較 x86 處理器優異。編譯器與使用的數學函式庫對效能、效率影響大。

此演講結論指出，ARM 處理器不僅可作為 GPU 的主機處理器，還

足以勝任作為 x86 處理器的替代方案。

Reframing the Energy Cost of Computing

由德國 Leibniz 超級電腦中心擔任主席，開場提到世界上的超級電腦規模越來越大，能源消耗也越來越大，美國 Frontier 已達 20 MW 等級。能源效率將成為超級電腦在未來能否繼續成長的關鍵。改善能源效率的做法應採取「Global Optimization Strategy」策略，四大支柱：改善 PUE（建築、基礎設施層面）、減少硬體能源消耗（HPC 硬體層面）、最佳化資源使用與系統調校（HPC 軟體層面）、最佳化應用效能（HPC 應用層面）。



Lancium Compute 指出，資料中心最大的碳排來自於能源使用，為了減少電費、碳排，解決方案就是以再生能源來驅動資料中心。目前資料中心的能源效率常以 PPW、PUE 為指標，此演講提出應明確以每單位能源價格的效能、每單位碳排的效能為指標，才能實際反映一個資料中心的永續程度。

Lancium Compute 的資料中心位於美國德州，風力、水力、太陽能為當地主要的再生能源。由於再生能源具有時空分布不穩定 (Variability) 的特性，以及德州東南部人口密集、但是再生能源的發電廠主要位於西北部，再加上電網設計等原因，造成輸電阻塞

(Congestion) 的現象。再生能源豐沛的時期，因為發的電太多，然而電力消費者距離太遙遠、電網無法輸送多餘的電，結果發電廠反而被限制發電 (Curtailment)。為了解決這些問題，應將資料中心建造於接近再生能源發電的源頭。

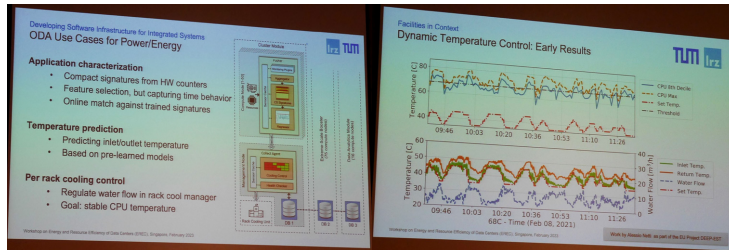
Lancium Compute 結論再生能源已成為目前最便宜的發電方式，尤其是再生能源豐沛的時期，電價低廉，使得 PPW、PUE 顯得不太重要。對於淨零排放的目標而言，每單位碳排才是應該重視的指標。

Proactive Power Management in HPC Centers: Opportunities and Challenges

此為德國 Leibniz 超級電腦中心 (Leibniz Supercomputing Center, LRZ) 的演講，其認為除了一般硬體面的節能措施之外，軟體面還可以採取主動監控、工作排程策略、動態控制周邊設施等方法，進一步改善資料中心的能源效率。

能源已成為設計和營運現代高效能運算系統的關鍵限制因素。這促使了硬體和軟體設計不斷精進、創新，從提高能源效率、異質架構的處理器，到最佳化熱流傳遞的機櫃設計、溫水冷卻系統等。然而，單靠硬體的進步已不足以解決高效能運算系統的用電問題，LRZ 認為還需要在軟體上努力，包括：必要、持續、廣泛的系統監控以掌握系統狀態；能自我適應的系統架構，例如根據系統的即時能源使用狀態，動態調整工作排程策略、施加系統、節點、硬體元件層級的能源限制 (Power capping)，甚至根據系統負載即時調控冷氣溫度、冷卻設備的水流量、

入水口溫度等。以下是 LRZ 展示的成果，他們可以做到即時調控冷卻設備的水流量、入水口溫度。



Machine Learning Based Modeling and Simulation of Computing Systems

此為美國布魯克黑文國家實驗室 (Brookhaven National Laboratory, BNL) 的演講，講者研發了 SimNet (<https://github.com/lingda-li/simnet>)，是一個基於機器學習的電腦硬體模擬器，用於預測指令延遲。與一般用於模擬電腦系統的 gem5 (<https://www.gem5.org>) 模式相比，SimNet 在準確度與 gem5 相同水準的狀況下，可以實現 100 倍的模擬速度。

講者指出，將來 SimNet 可能用於預測處理器的溫度、功耗表現等特徵。

Auto-tuning GPU code for energy efficiency

在過去幾十年中，GPU 改變了計算領域的樣貌。然而，配備 GPU 的資料中心和電腦設施不斷增長的能源需求也帶來了顯著的資本支出和環境成本。GPU 應用程式的能源消耗表現取決於軟體的最佳化程度、是否能徹底利用底層的硬體架構。

自動調整 (Auto-tuning) 是一種常用且有效的技術，在所有可能的排列組合中，找出最佳的演算法、應用程式和設定組合，以最佳化 GPU 應用程式的執行效能。講者為 Kernel Tuner (https://github.com/KernelTuner/kernel_tuner) 工具的開發者，是一個可以對指定的 GPU kernel 進行自動效能調校、測試的程式，支援 CUDA、OpenCL 軟體框架。

此演講中，講者展示 Kernel Tuner 的新功能：能源調校，找出如何達到 GPU 應用程式最佳的能源效率。GPU 功耗資料來自 Nvidia Management Library (NVML)、Power Sensor 2 (外部功耗測量儀器)。將 6 個與天文相關的應用程式進行能源調校，結果平均而言，犧牲 $24.3 \pm 12.1\%$ 的運算效能可以換取 $42.0 \pm 24.1\%$ 的能源效率改善。

GPU	Kernel	GPUW (before)	GPUW (after)	GPUW (gain)	TDPW (before)	TDPW (after)	TDPW (gain)	Speed (before/after)
Zhou A100	Gridder	66.7	59.5	7.2	11.1	10.7	0.4	100/100
	Gridder	66.7	59.5	7.2	11.1	10.7	0.4	100/100
	FD Deconvolver	62.2	52.3	9.9	14.1	12.7	1.4	100/100
	FD Deconvolver	62.2	52.3	9.9	14.1	12.7	1.4	100/100
	FD Deconvolver	62.2	52.3	9.9	14.1	12.7	1.4	100/100
	FD Deconvolver	62.2	52.3	9.9	14.1	12.7	1.4	100/100
RTX A6000	Gridder	77.6	67.5	10.1	11.1	10.7	0.4	100/100
	Gridder	77.6	67.5	10.1	11.1	10.7	0.4	100/100
	FD Deconvolver	77.6	67.5	10.1	11.1	10.7	0.4	100/100
	FD Deconvolver	77.6	67.5	10.1	11.1	10.7	0.4	100/100
	FD Deconvolver	77.6	67.5	10.1	11.1	10.7	0.4	100/100
	FD Deconvolver	77.6	67.5	10.1	11.1	10.7	0.4	100/100

Tuned 6 different radio astronomy applications on four GPUs, trading on average $24.3 \pm 12.1\%$ compute performance for $42.0 \pm 24.1\%$ gain in energy efficiency

02/28 (第二天)

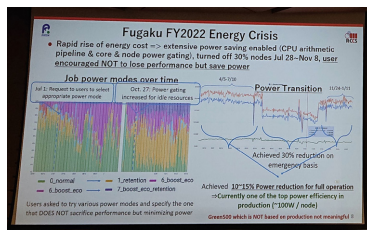
Opening Keynote: The Fugaku Supercomputer - Past, Present, and Future of Exascale

開場的主題演講由日本理化學研究所 (RIKEN) 主講，主要是介紹富岳 (Fugaku) 超級電腦的簡要規格、展示協助催生的卓越研究成果。其中，有一個題目與本中心這次發表的海報內容高度相關：HPC 系統的

節能措施。

日本於 2022 年遭逢能源危機，富岳超級電腦因此實施廣泛的節能手段，對於閒置的電腦從 CPU 核心到節點層級採取 Power gating，甚至有超過一個季度的時間強制關閉 30% 的計算節點以度過難關，同時鼓勵使用者嘗試適當的電源模式，用更有效率的方式完成計算工作。

日本理化學研究所表示，系統在 2022 年底能源危機緩解後恢復完全運作，相較於以前節省了 10% ~ 15% 的耗電量，一個計算節點的功耗僅約 100 W。



Keynote: Energy Efficient Supercomputing in Australia: Strategies towards Net Zero

澳洲 Pawsey Supercomputing Center 介紹其中心對環境永續採取的努力。其中最獨特的做法是將當地 Mullaaloo 含水層的冰涼地下水抽上來冷卻超級電腦，再將溫度升高的廢水重新打回地下原處。

Industry Plenary: The Path to Zero Emissions Computing

此演講傳達最重要的資訊為現今伺服器冷卻系統的發展趨勢與遭遇困境。CPU、GPU、記憶體、網路卡等電腦硬體零件的功耗在近 10 年持續攀升，伺服器變得越來越不容易散熱，散熱風扇的功耗占整機功耗

的比例也越來越大。因此，直接液冷的設計在高效能運算的用途顯得日漸重要，大幅節省機房空調、散熱風扇的負擔。



Best Paper Award: Reducing shared memory footprint to leverage high throughput on Tensor Cores and its flexible API extension library

HPC Asia 在議程中安排了進入決選 (Finalist) 的論文作者演講，發表自己的研究內容，本演講的講者獲得最佳論文獎。

本研究探討減少共享記憶體佔用對於利用 NVIDIA Tensor Core 實現高吞吐量 (Throughput) 的重要性。Tensor Core 是混合精度的矩陣-矩陣計算單元，在 NVIDIA A100 GPU 上，Tensor Core 的理論尖峰效能超過 300 TFlops。然而，由於 Tensor Core 的計算效能高，共享記憶體和 Tensor Core 的位元組/浮點運算 (B/F) 比例較小。因此，減少共享記憶體佔用對於有效使用 Tensor Core 是至關重要的。簡而言之，就和 Memory-bound 的 HPC 應用程式相同，需解決記憶體瓶頸才有辦法顯著改善效能。

作者使用 Roofline model 分析在 Tensor Core 上進行矩陣-矩陣乘法，並展示如果沒有足夠的暫存器或減少共享記憶體佔用，很難發揮高效能。為了解決這個問題，作者實作了一個 WMMA 擴充 API 函式

庫，透過分析記憶體和暫存器的矩陣索引對應，靈活操作 Tensor Core 的輸入暫存器矩陣。此函式庫可以生成任意輸入暫存器矩陣，無需額外佔用共享記憶體。

作者比較各種線性代數演算法（例如 GEMM、Cholesky factorization 等）來評估他們研發的方法表現如何。他們與 cuBLAS 函式庫比較，並展示相較於其他測試的演算法，其方法在 GFlops 和 B/F 比例方面均達到了更好的效能。他們還展示其方法可以處理比 cuBLAS 更大的矩陣。

總而言之，本研究提出了一種減少共享記憶體佔用的新方法，更有效率的使用 NVIDIA Tensor Core 實現矩陣-矩陣乘法運算。提出的 WMMA 擴充 API 提供了操作輸入暫存器矩陣更大的靈活性，且無需負擔額外的共享記憶體佔用，因此可以在各種線性代數演算法中實現比 cuBLAS 更好的效能。

03/01（第三天）

Principles and Systems for AI Supercomputing

ChatGPT 這樣的大型語言模型最近展示了令人印象深刻的能力，這些模型創新的主要驅動力是它們不斷擴大的規模，無論是在訓練資料或是模型大小方面，然而訓練這種數十億參數的模型也需要越來越大的超級電腦。此演講分析了大規模人工智慧模型的計算特性，並整理出適合人工智慧應用的超級電腦應該具備的重要設計原則。由於本中心規劃 Taiwania 6 為 GPU 為主、CPU 為輔的超級電腦，主要為了滿足人工智

慧應用的需求，因此對本中心的規劃相當有幫助。

High-performance I/O

平行檔案系統，或採用 NoPFS (Intelligent prefetching)，但是僅針對機器學習相關的工作負載，泛用性不佳。

High-performance Compute

Quantization, Sparsification...

High-performance Communication (Network)

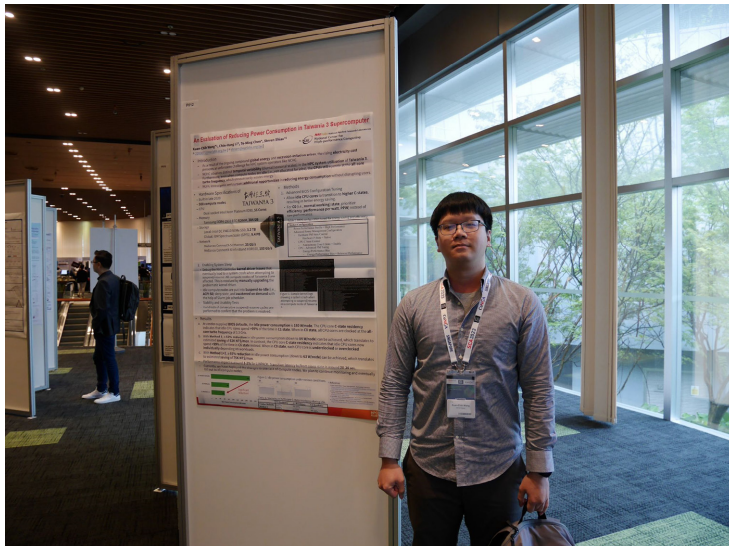
Data parallelism, Pipeline parallelism, Operator parallelism...

Poster Session

本日中午開始為海報議程，我們在自己的海報看板前待命，向有興趣的參觀者、大會評審解說、討論。我們這次發表的研討會海報題目為「An Evaluation of Reducing Power Consumption in Taiwan's 3 Supercomputer」，也許是因為會場大部分的海報為學術研究性質，而我們的內容為工程技術性質，現場交流狀況熱烈，即使已超過海報議程的時間 1 小時，仍有參觀者上前討論。

前一日的開場主題演講「Opening Keynote: The Fugaku Supercomputer - Past, Present, and Future of Exascale」提到，

日本於 2022 年能源危機時 Fugaku 緊急關閉 30% 的計算節點以度過難關。一位日本 RIKEN 的教授宇野篤也 (Atsuya Uno) 對我們的節能做法很有興趣，他是システム運転技術ユニット (System Operations and Development Unit) 的主管，負責 Fugaku 的維運、系統管理、帳號管理、用戶支援等業務。他指出我們設定將閒置的計算節點進入系統休眠的方式相當聰明，如此一來排程軟體可以根據即時的算力需求動態喚醒所需數量的計算節點，對使用者影響較小。



(此為剛懸掛海報時拍攝)

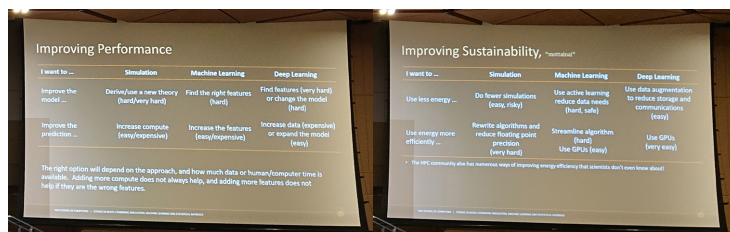
03/02 (第四天)

Quantum Mechanics Modelling of Materials for Clean Energy
& Sustainable Electronics Solutions

Science In Silico: Combining Simulation, Machine Learning
and Statistical Inference

這兩個演講性質類似，皆為學術界的使用者分享她們使用 HPC 的

經驗。前者由於沒有現地的 HPC 系統，因此倚靠公有雲 AWS 來滿足化學模擬、算圖 (Rendering) 等計算需求，尋找、設計新的電池電極材料；後者則以機器學習的方式，從過去累積的大量模擬資料中分離、找出影響氧化石墨烯斷鍵缺陷密度的因素。氧化石墨烯的奈米結構含有晶格缺陷，而此缺陷的密度會影響催化反應，因此如果可以製造出不同缺陷密度的氧化石墨烯，就可以針對特定用途製造出最適合的材料。最後，講者分析不同研究方法 (Simulation、Machine Learning、Deep Learning) 如果要改善效能與準確度、改善永續性的難易程度。



三、心得及建議

此次 HPC Asia 2023, SCA (Supercomputing Asia) 2023 以及 CoNGA (CONFERENCE ON NEXT GENERATION ARITHMETIC) 一同舉辦，故此次規模較以往單純 HPC Asia 來的大。新加坡超級電腦中心 NSCC 透過這樣的方式，將更多類似主題的人聚集起來，達到更好的綜合效益，確實在疫情之後，吸引了更多與會者實體參與。由於三個會議的共同舉辦，相關議題非常豐富，加上團隊亦有進行海報論文的發表，確實達成會議參與的多項目標。本次大會的主題可以發現，在 HPC 領域，今日節能減碳也是一門顯學，不再是以最大效能當作唯一的目標，而是在兼顧效能與節能減碳。由於國網中心也是 HPC Asia 的創始會員，也曾經

主辦過兩次會議，透過這樣的參與，可以擬定以及爭取下次主辦 HPC Asia 會議的策略，確實收穫良多。建議後續鼓勵同仁可以盡量在此類 HPC 會議發表論文，甚至中心也可以考慮進行攤位展示，以便達到更好的效益。

四、出國效益

透過實體會議，與相關人士面對面討論，是一個相當有效的方式，亦可以深刻的了解大家關注的主題。尤其搭配現場的展示攤位，與相關人士互相討論，看到實體展示的內涵，專注力以及臨場感受遠勝遠端視訊參與。這是過去三年遠端視訊與現階段參與實體會議所感受到最大的不同。

此次會議的參與，不僅完成論文發表，亦針對相關主題獲得更多心得，除了異質平台的高效能計算應用，節能減碳的超級電腦，以及參與 ASC 的討論，與其他超級電腦中心的交流等等，都是收穫良多。