



スーパーコンピュータシステム玄界による 研究事例

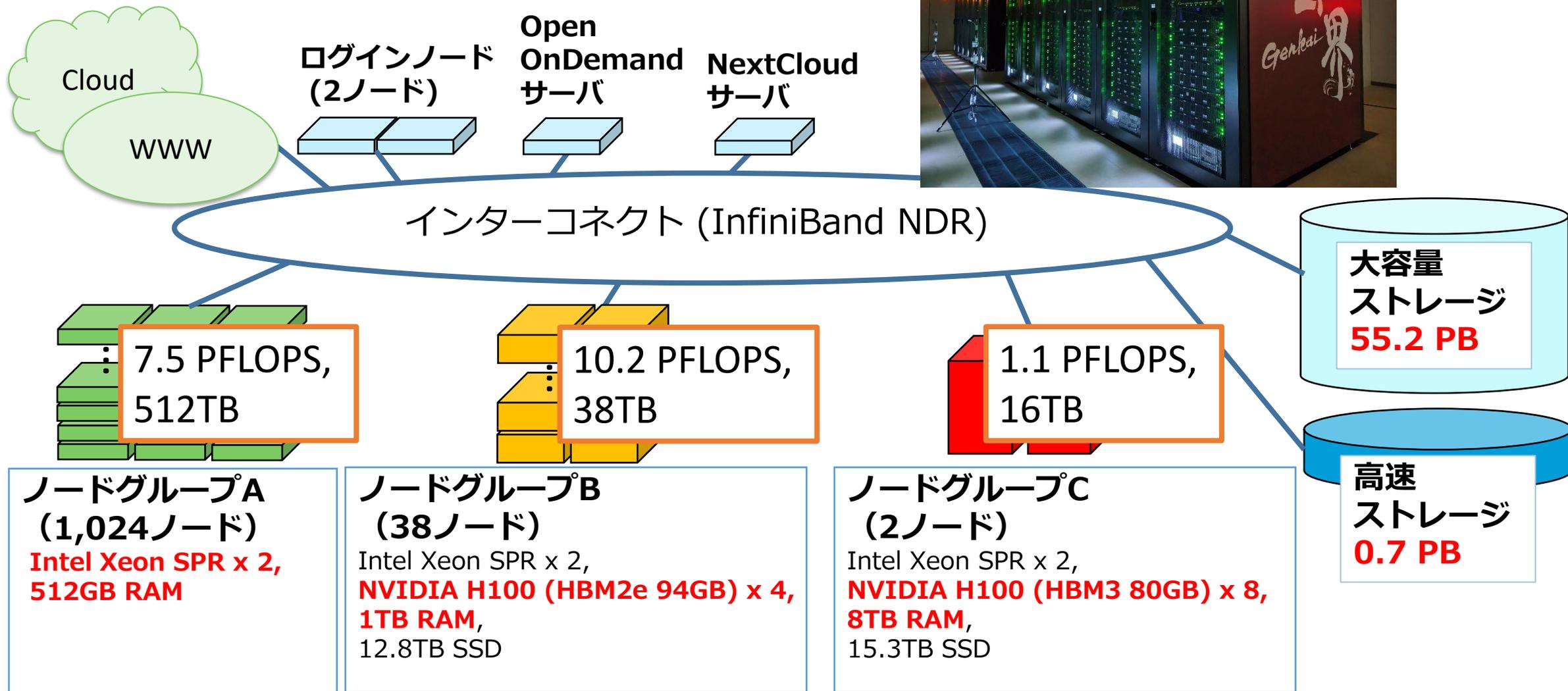
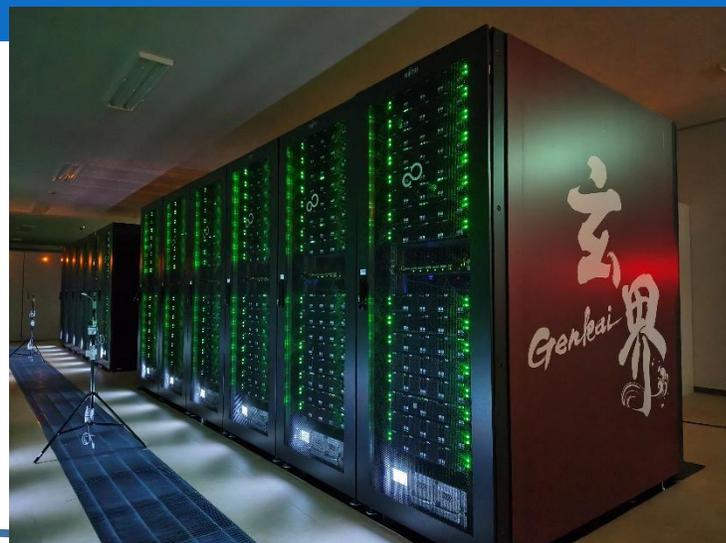
南里 豪志

九州大学情報基盤研究開発センター

Cyber HPC Symposium 2026 @ 大阪大学



玄界 (2024.7~) のハードウェア構成





HPCI資源提供機関システム一覧 (2026年3月)

設置機関	システム名	CPU総FP64 (PFLOPS)	総ホストメモリ 容量 (TiB)	総ホストメモリ 帯域 (TB/s)	デバイス総FP64 (PFLOPS)	デバイス総FP8 (PFLOPS) (*)	総デバイスメモ リ容量 (TB)	総デバイスメモ リ帯域 (TB/s)	CPU FP64 比	GPU FP64 比	GPU FP8 比	ホストメモ リ帯域比	デバイスメモ リ帯域比	ホストメモ リ容量比	デバイスメモ リ容量比
R-CCS	「富岳」	537.21	4968.00	162791					1.00	0.00	0.00	303.03	0.00	9.25	0.00
北海道大	Grand Chariot 2 CPU	2.46	240.00	319					0.27	0.00	0.00	35.49	0.00	26.66	0.00
	Grand Chariot 2 GPU	0.12	12.00	16	6.42	190	7.50	322	0.01	0.71	21.10	1.77	35.74	1.33	0.83
東北大	AOBA-S	1.26	126.00	103	19.80	40	378.00	9878	0.05	0.86	1.71	4.47	427.50	5.45	16.36
	AOBA-A	0.08	18.00		1.41	3	27.00	881	0.00	0.06	0.12	0.00	38.14	0.78	1.17
	AOBA-B	0.56	17.00	28					0.02	0.00	0.00	1.21	0.00	0.74	0.00
筑波大	Pegasus	0.48	18.75 + 300	42.30 + 12	7.68	227	11.72	300	0.02	0.38	11.31	2.11	14.95	0.93	0.58
	Sirius (PACS12.0)	0.14	12.00		11.77	188	12.00	509	0.01	0.59	9.38	0.00	25.35	0.60	0.60
JCAHPC	Miyabi-G	3.87	131.25	573.44	74.93	2216	105.00	4505	0.05	0.94	27.67	7.16	56.24	1.64	1.31
	Miyabi-C	1.29	23.75	608.00					0.02	0.00	0.00	7.59	0.00	0.30	0.00
東京大	Wisteria/BDEC-01 Odyssey	25.95	240.00	7864.32					0.78	0.00	0.00	236.73	0.00	7.22	0.00
	Wisteria/BDEC-01 Aquarius	0.25	22.50	18.43	7.02	112	14.06	558	0.01	0.21	3.38	0.55	16.80	0.68	0.42
東京科学大	TSUBAME4.0	2.62	180.00	220.80	64.22	1900	88.13	2304	0.04	0.96	28.42	3.30	34.47	2.69	1.32
名古屋大	不老・弐 Type-I	7.08	207.75	314.37					0.44	0.00	0.00	19.54	0.00	12.91	0.00
	不老・弐 Type-II	0.37	50.26	51.84	8.64	1080	37.97	864	0.02	0.54	67.12	3.22	53.69	3.12	2.36
京都大	Camphor3	7.63	140.00	3584.00					0.65	0.00	0.00	305.62	0.00	11.94	0.00
	Laurel3	2.65	185.00	227.18					0.23	0.00	0.00	19.37	0.00	15.78	0.00
	Cinnamon3	0.11	32.00	9.01					0.01	0.00	0.00	0.77	0.00	2.73	0.00
	Gardenia	0.09	8.00	6.54	1.25	20	5.00	131	0.01	0.11	1.70	0.56	11.13	0.68	0.43
大阪大	SQUID CPU	8.87	380.00	620.16					0.47	0.00	0.00	33.15	0.00	20.31	0.00
	SQUID GPU	0.25	21.00	17.14	6.55	105	13.13	521	0.01	0.35	5.60	0.92	27.84	1.12	0.70
	SQUID Vector	0.04	4.50	7.37	0.71	1	13.50	441	0.00	0.04	0.08	0.39	23.55	0.24	0.72
	OCTOPUS2	2.29	105.00	171.92					0.12	0.00	0.00	9.19	0.00	5.61	0.00
九州大	玄界-A	7.47	512.00	628.74					0.39	0.00	0.00	33.09	0.00	26.94	0.00
	玄界-B	0.28	38.00	23.33	10.17	301	13.95	365	0.01	0.54	15.83	1.23	19.20	2.00	0.73
	玄界-C	0.01	16.00	1.13	1.07	32	1.25	54	0.00	0.06	1.67	0.06	2.82	0.84	0.07
JAMSTEC	地球シミュレータ CPU	3.32	180.00	294.91					0.17	0.00	0.00	15.06	0.00	9.19	0.00
	地球シミュレータ VE	1.58	85.50	140.08	13.41	27	256.50	8372	0.08	0.68	1.37	7.15	427.48	4.37	13.10
	地球シミュレータ GPU	0.04	32.00	3.28	1.25	20	2.50	99.2	0.00	0.06	1.02	0.17	5.07	1.63	0.13
理研	HOKUSAI BW2	2.12	39.00	998.40					1.00	0.00	0.00	469.92	0.00	18.36	0.00
統数研	データ同化	0.08	48.00	4.51					1.00	0.00	0.00	58.19	0.00	620.04	0.00

端数は四捨五入

(*) FP8以上の精度で最高の理論実数演算性能

(**) Miyabi-Gのホストメモリ容量の単位はTB

各機関の合計FP64性能で割った値



HPCI資源提供機関システム一覧 (2026年3月)

設置機関	システム名	CPU総FP64 (PFLOPS)	総ホストメモリ 容量 (TiB)	総ホストメモリ 帯域 (TB/s)	デバイス総FP64 (PFLOPS)	デバイス総FP8 (PFLOPS) (*)	総デバイスメモ リ容量 (TB)	総デバイスメモ リ帯域 (TB/s)	CPU FP64 比	GPU FP64 比	GPU FP8 比	ホストメモ リ帯域比	デバイスメモ リ帯域比	ホストメモ リ容量比	デバイスメモ リ容量比
R-CCS	「富岳」	537.21	4968.00	162791					1.00	0.00	0.00	303.03	0.00	9.25	0.00
北海道大	Grand Chariot 2 CPU	2.46	240.00	319					0.27	0.00	0.00	35.49	0.00	26.66	0.00
	Grand Chariot 2 GPU	0.12	12.00	16	6.42	190	7.50	322	0.01	0.71	21.10	1.77	35.74	1.33	0.83
東北大	AOBA-S	1.26	126.00	103	19.80	40	378.00	9878	0.05	0.86	1.71	4.47	427.50	5.45	16.36
	AOBA-A	0.08	18.00		1.41	3	27.00	881	0.00	0.06	0.12	0.00	38.14	0.78	1.17
	AOBA-B	0.56	17.00	28					0.02	0.00	0.00	1.21	0.00	0.74	0.00
筑波大	Pegasus	0.48	18.75 + 300	42.30 + 12	7.68	227	11.72	300	0.02	0.38	11.31	2.11	14.95	0.93	0.58
	Sirius (PACS12.0)	0.14	12.00		11.77	188	12.00	509	0.01	0.59	9.38	0.00	25.35	0.60	0.60
JCAHPC	Miyabi-G	3.87	131.25	573.44	74.93	2216	105.00	4505	0.05	0.94	27.67	7.16	56.24	1.64	1.31
	Miyabi-C	1.29	23.75	608.00					0.02	0.00	0.00	7.59	0.00	0.30	0.00
東京大	Wisteria/BDEC-01 Odyssey	25.95	240.00	7864.32					0.78	0.00	0.00	236.73	0.00	7.22	0.00
	Wisteria/BDEC-01 Aquarius	0.25	22.50	18.43	7.02	112	14.06	558	0.01	0.21	3.38	0.55	16.80	0.68	0.42
東京科学大	TSUBAME4.0	2.62	180.00	220.80	64.22	1900	88.13	2304	0.04	0.96	28.42	3.30	34.47	2.69	1.32
名古屋大	不老・弐 Type-I	7.08	207.75	314.37					0.44	0.00	0.00	19.54	0.00	12.91	0.00
	不老・弐 Type-II	0.37	50.26	51.84	8.64	1080	37.97	864	0.02	0.54	67.12	3.22	53.69	3.12	2.36
京都大	Camphor3	7.63	140.00						0.65	0.00	0.00	305.62	0.00	11.94	0.00
	Laurel3	2.65	185.00						0.23	0.00	0.00	19.37	0.00	15.78	0.00
	Cinnamon3	0.11	32.00						0.01	0.00	0.00	0.77	0.00	2.73	0.00
	Gardenia	0.09	8.00						0.01	0.11	1.70	0.56	11.13	0.68	0.43
大阪大	SQUID CPU	8.87	380.00						0.47	0.00	0.00	33.15	0.00	20.31	0.00
	SQUID GPU	0.25	21.00						0.01	0.35	5.60	0.92	27.84	1.12	0.70
	SQUID Vector	0.04	4.50						0.00	0.04	0.08	0.39	23.55	0.24	0.72
	OCTOPUS2	2.29	105.00						0.12	0.00	0.00	9.19	0.00	5.61	0.00
九州大	玄界-A	7.47	512.00	628.74					0.39	0.00	0.00	33.09	0.00	26.94	0.00
	玄界-B	0.28	38.00	23.33	10.17	301	13.95	365	0.01	0.54	15.83	1.23	19.20	2.00	0.73
	玄界-C	0.01	16.00	1.13	1.07	32	1.25	54	0.00	0.06	1.67	0.06	2.82	0.84	0.07
JAMSTEC	地球シミュレータ CPU	3.32	180.00	294.91					0.17	0.00	0.00	15.06	0.00	9.19	0.00
	地球シミュレータ VE	1.58	85.50	140.08	13.41	27	256.50	8372	0.08	0.68	1.37	7.15	427.48	4.37	13.10
	地球シミュレータ GPU	0.04	32.00	3.28	1.25	20	2.50	99.2	0.00	0.06	1.02	0.17	5.07	1.63	0.13
理研	HOKUSAI BW2	2.12	39.00	998.40					1.00	0.00	0.00	469.92	0.00	18.36	0.00
統数研	データ同化	0.08	48.00	4.51					1.00	0.00	0.00	58.19	0.00	620.04	0.00

玄界の特徴：

- CPU性能とGPU性能のバランス型
- ホストメモリ容量大
- メモリ帯域幅低、FP8 低

端数は四捨五入

(*) FP8以上の精度で最高の理論実数演算性能

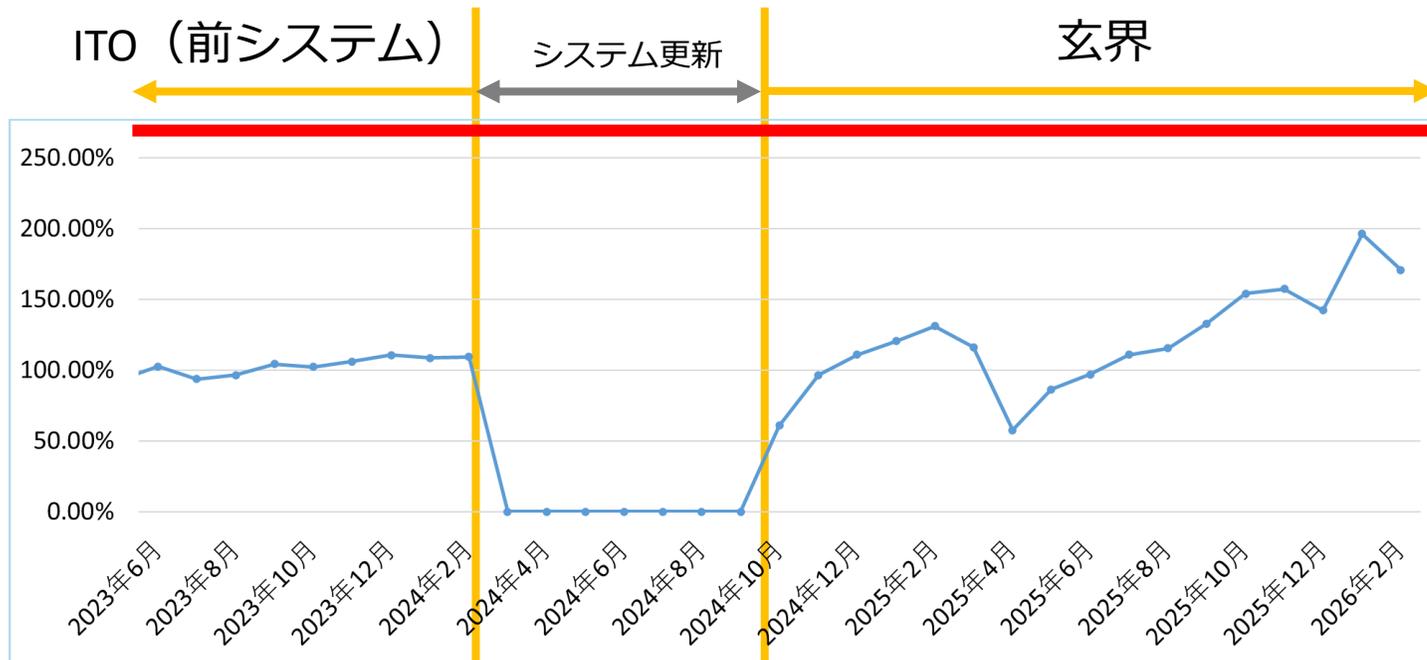
(**) Miyabi-Gのホストメモリ容量の単位はTB

各機関の合計FP64性能で割った値



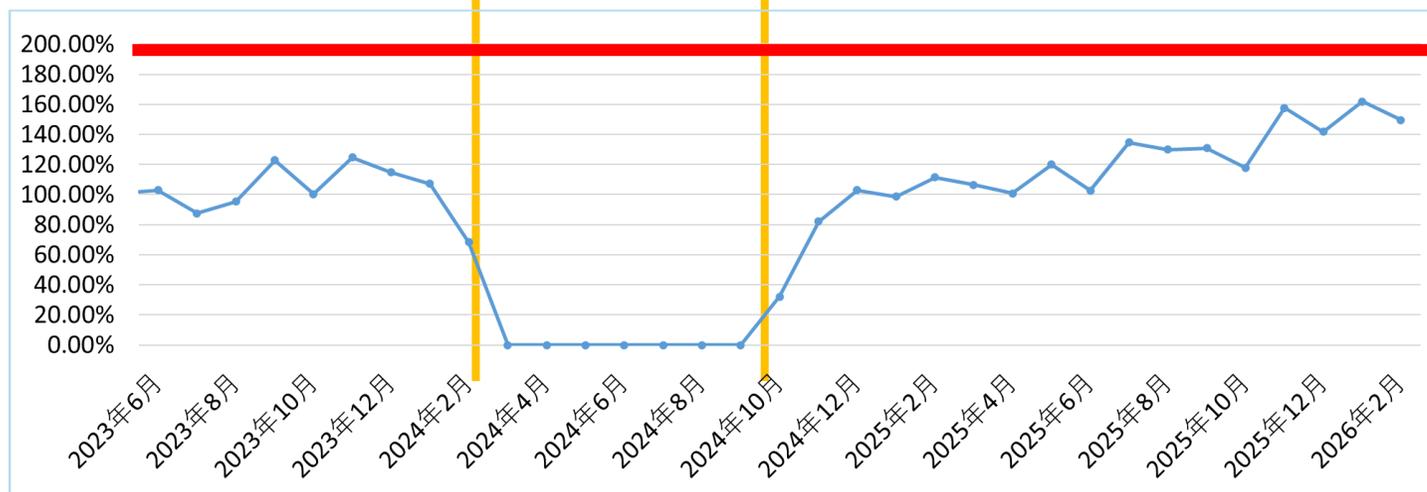
玄界の利用状況（前システムからの利用資源量比）

玄界A (CPU)



前システムからの
スループット性能比
(270%)

玄界B (GPU)

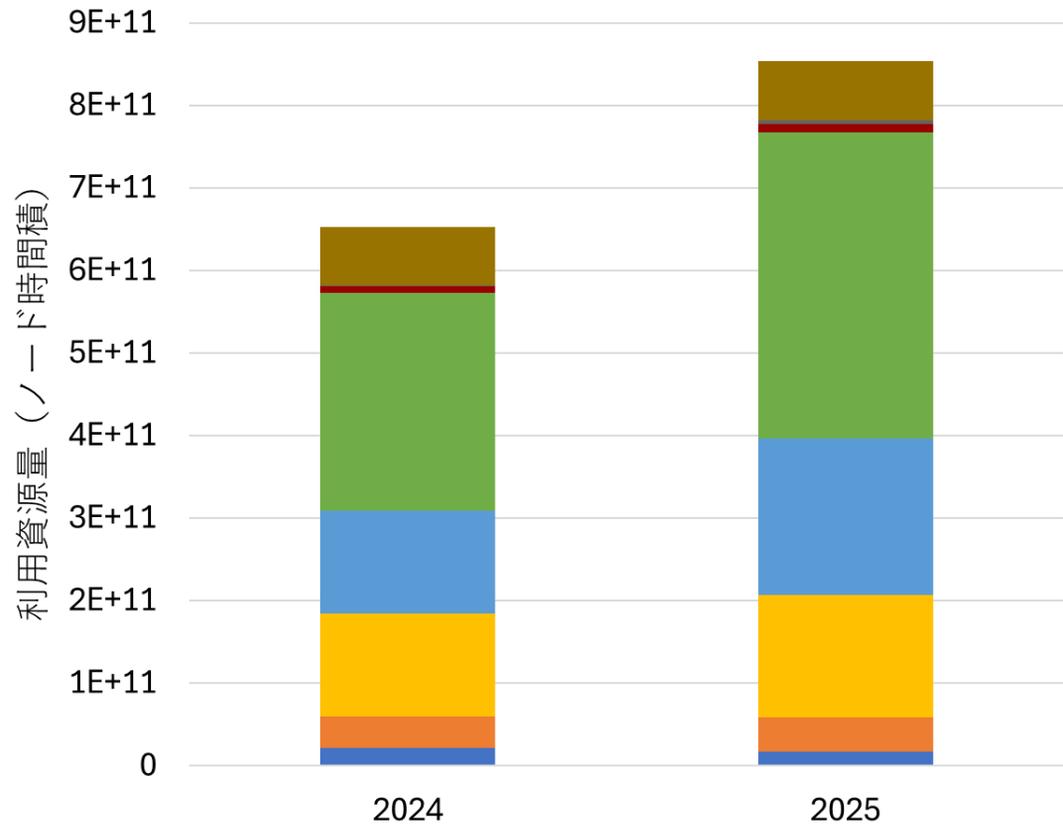


前システムからの
理論演算性能比
(190%)

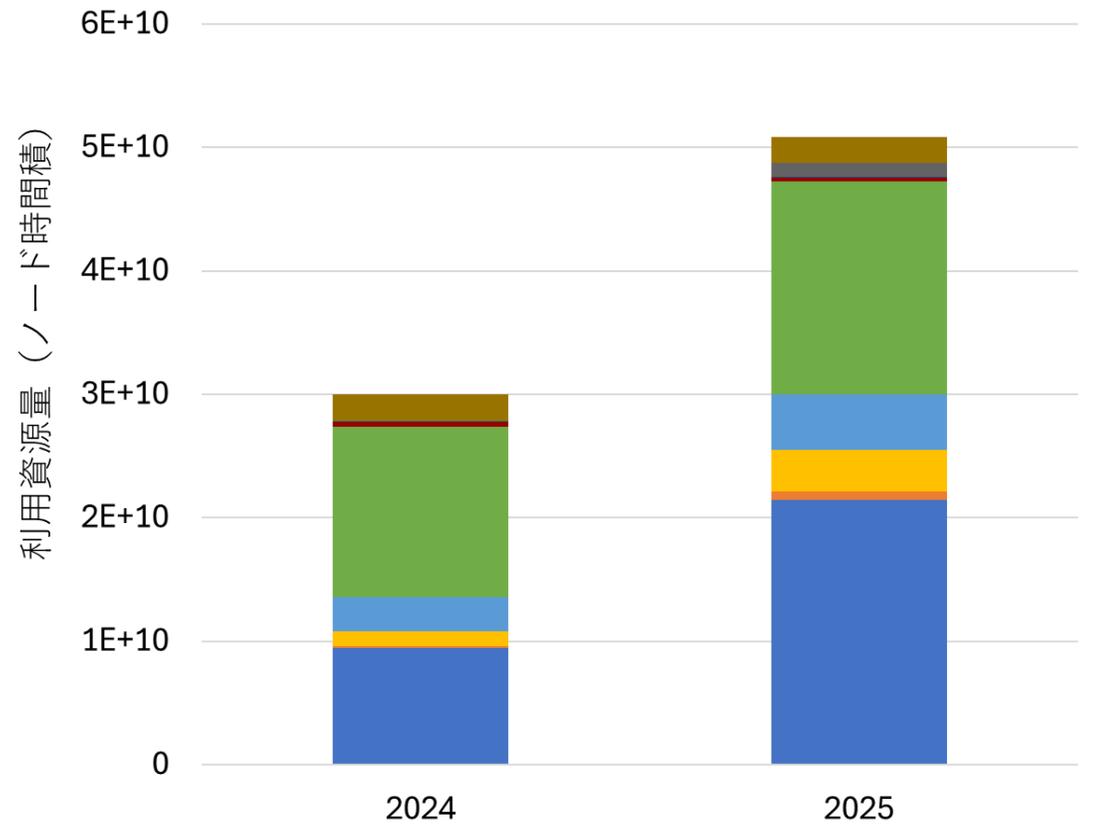


分野別資源利用量

玄界A (CPU)



玄界B (GPU)



その他

医歯薬学

生物学

工学

化学

数物系科学

複合新領域

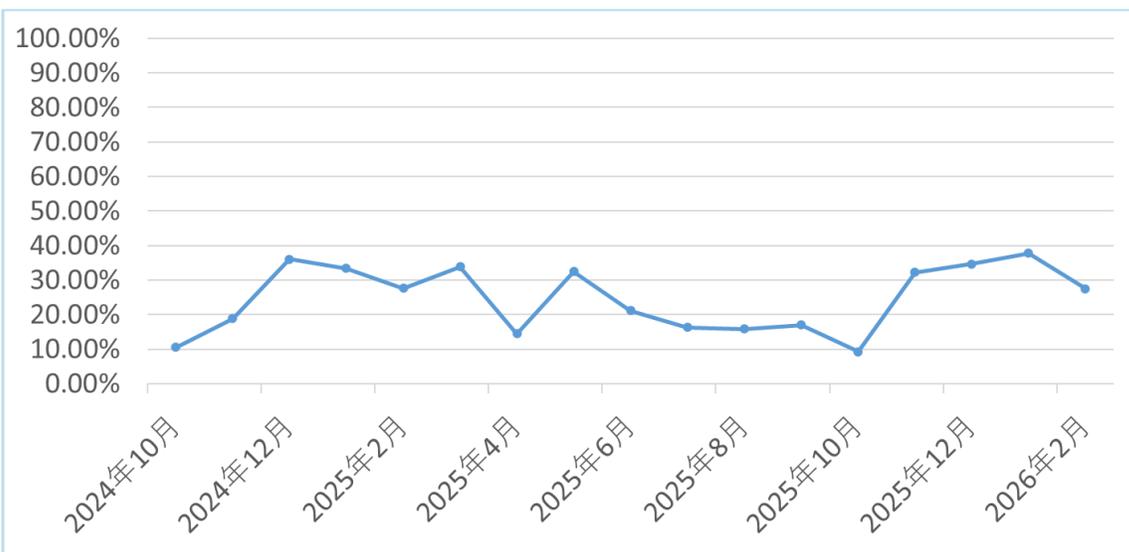
総合領域



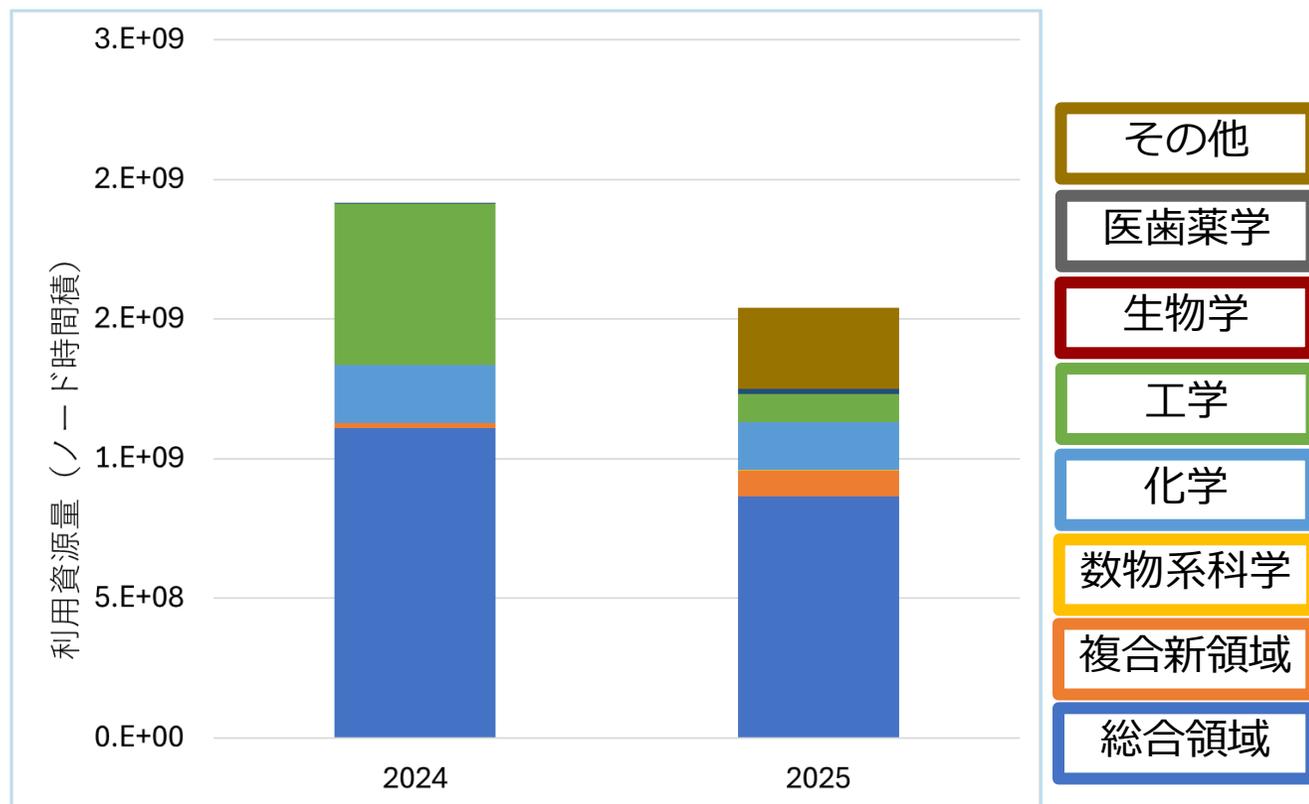
玄界cの利用状況

玄界c

資源利用率



分野別資源利用量





玄界の利用事例

- 第一原理計算（川添良幸先生@東北大、佐原亮二先生@NIMS、大野かおる先生@横浜国立大）
- 乱流解析（北村拓也先生@長崎大）
- 流体音解析（深川宏樹様@DeepFlow社）
- 遺伝子解析（長崎正朗先生@九州大）
- 大規模言語モデルの動作原理解析（鈴木潤先生@東北大）
- 画像学習（内田誠一先生@九州大）



玄界の利用事例

- 第一原理計算（川添良幸先生@東北大、佐原亮二先生@NIMS、大野かおる先生@横浜国立大）
- 乱流解析（北村拓也先生@長崎大）
- 流体音解析（深川宏樹様@DeepFlow社）
- 遺伝子解析（長崎正朗先生@九州大）
- 大規模言語モデルの動作原理解析（鈴木潤先生@東北大）
- 画像学習（内田誠一先生@九州大）

第一原理計算と分子動力学の現状と問題点

第一原理計算の問題点

- 実験値再現のため交換相関相互作用をパラメータ化
- ビリアル定理 ($2T + V = 0$) を満たさない手法は理論的に誤り
LDA + Uでは $2T + V \neq 0 \rightarrow$ 実験と合うが現象論的調整に過ぎない

第一原理分子動力学 (AIMD) の問題

- DFTを基盤とし、各ステップで電子は基底状態
- 反応は衝突エネルギー依存
- 実際の化学反応 (触媒反応など) は電子励起状態を經由

TDDFTの限界

- 電子励起状態を扱える標準手法
- しかし、DFT基盤のためExcをパラメータ化
- クーブマンズの定理を満たさない
(HFでは第一イオン化エネルギー = -HOMO準位) \rightarrow 根本的に現象論的

本研究：*GW*時間発展法による理論的ブレイクスルー

核となる理論

- *GW*近似を時間発展方程式へ適用
- 系のエネルギー絶対値を算定可能
- クーパマンズの定理を満たす
- 必要条件を満たすため「実験と合う」ではなく、理論的に正しい枠組み

理論的基盤

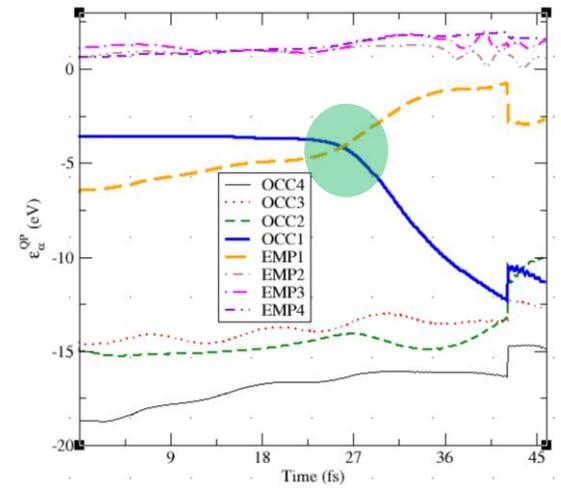
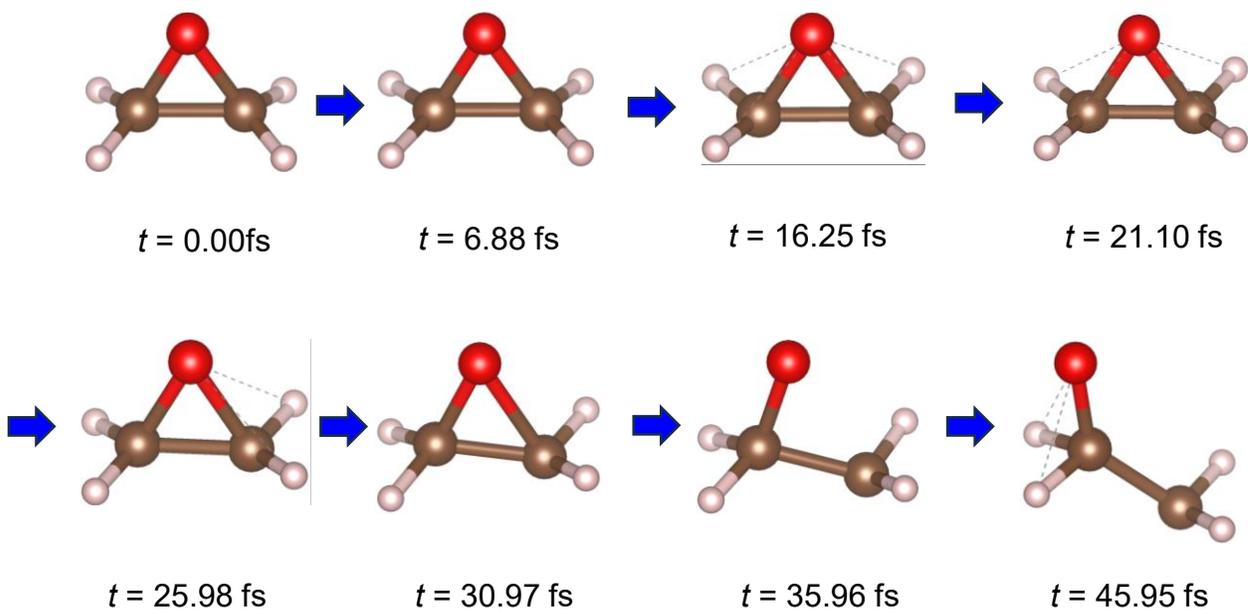
- Extended Quasiparticle Theory (EQPT)
- N および $N \pm 1$ 電子励起状態の全エネルギーと準粒子エネルギーを直接関係付ける理論 (K. Ohno et al., J. Chem. Phys. 146, 084108 (2017))

TOMBOのTD*GW*

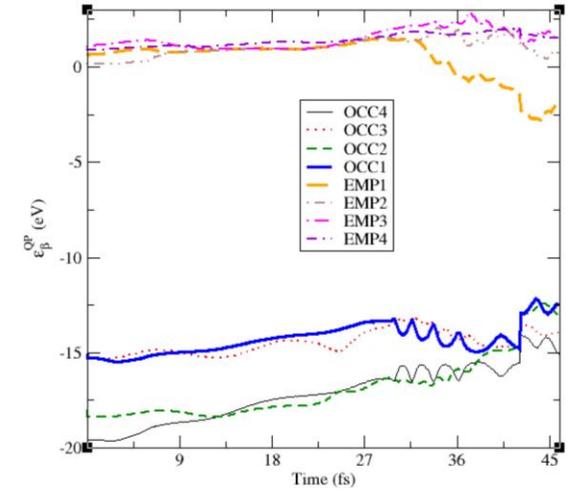
- パラメータなし
- 真の第一原理化学反応追跡が可能
- in silico化学反応シミュレータの実現

オキシレン(C₂H₄O)の開環反応の時間追跡

up spinのHOMO→LUMOへの電子励起を初期状態としたTDGW



up-spin levels



down-spin levels

準粒子エネルギーの変遷
 約27fs(緑色の領域)でエネルギー
 交差が起こり開環開始

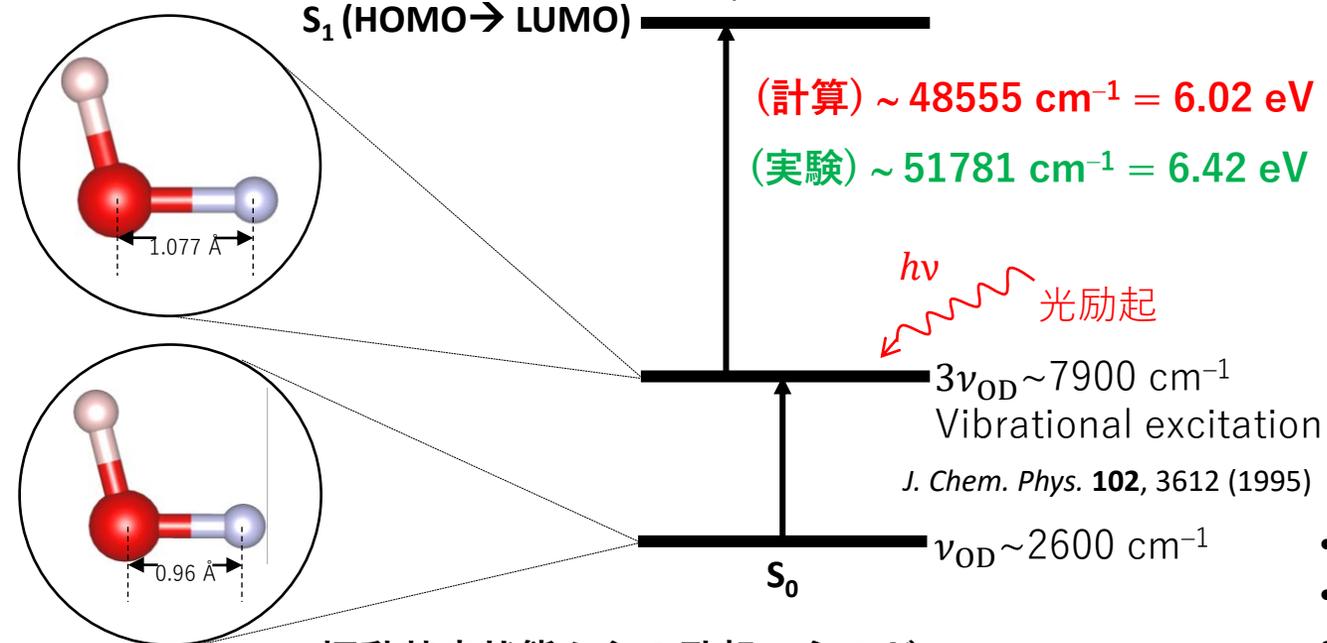
図 オキシレンの開環反応の時間発展

Job name	# Compute nodes	# MPI ranks	# openMP/MPI rank	#Total cores	Memory (GB)/node	Total memory (GB)	Walltime	Approx. MD steps	MD time in fs
Oxirane	1	24	5	120	512	512	7 days	5000	~50

論文一件で必要となる
 ジョブ数 : 10以上
 (励起状態の違いを考慮)

福島処理水からトリチウム分離

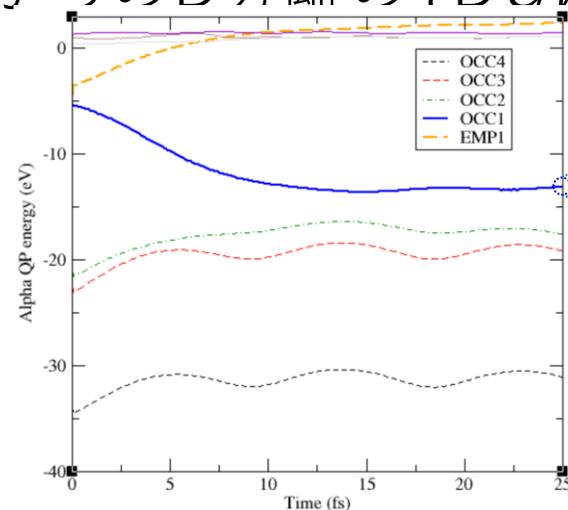
振動媒介光分解によるDHOからのD分離のTDGW



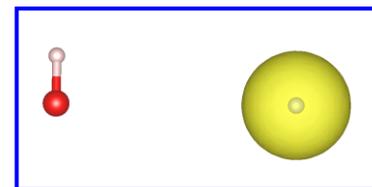
振動基底状態からの励起エネルギー

(計算値) = $3\nu_{OD} + 6.02 \text{ eV} = 0.99 [J. Chem. Phys. 102, 3612 (1995)] + 6.02 = 7.01 \text{ eV}$ (traj.no.13)

(実験値) = $3\nu_{OD} + 6.42 \text{ eV} = 7.41 \text{ eV}$ [*J. Chem. Phys.* **123**, 184305 (2005), *J. Chem. Phys.* **102**, 3612 (1995)]



New HOMOレベル (25 fs)



QPエネルギー(25 fs) = -13.1 eV
 水素原子1s準位(実験) = -13.6 eV [NIST Chemistry Webbook]

図 DHOからD分離の時間発展

- DHO初期配置数 = 50
- D+OHへ分解した数 $N(D+OH) = 39$
- H+ODへ分解した数 $N(H+OD) = 11$
- $\frac{N(D+OH)}{N(H+OD)} = \frac{39}{11} = 3.54$
- 実験値 = 2.6 ± 0.5 (max. of ~ 3.1)
- 光励起エネルギー平均値 $\sim 6.14 \text{ eV}$
- 基底状態からの励起エネルギー(計算) = $0.99 + 6.14 = 7.13 \text{ eV}$

Job name	# Compute nodes	# MPI ranks	# openMP/MPI rank	#Total cores	Memory (GB)/node	Total memory (GB)	Walltime	Approx. MD steps	MD time in fsD
DHO	1	24	5	120	512	512	7 days	4000	~ 40

論文一件で必要となる
 ジョブ数: 50以上
 (統計処理のため)

DNA内最小要素である塩基A,T,G,Tの組合せで発生する 原子移動の初期過程

ミュートーションによる癌発生等の原因解明

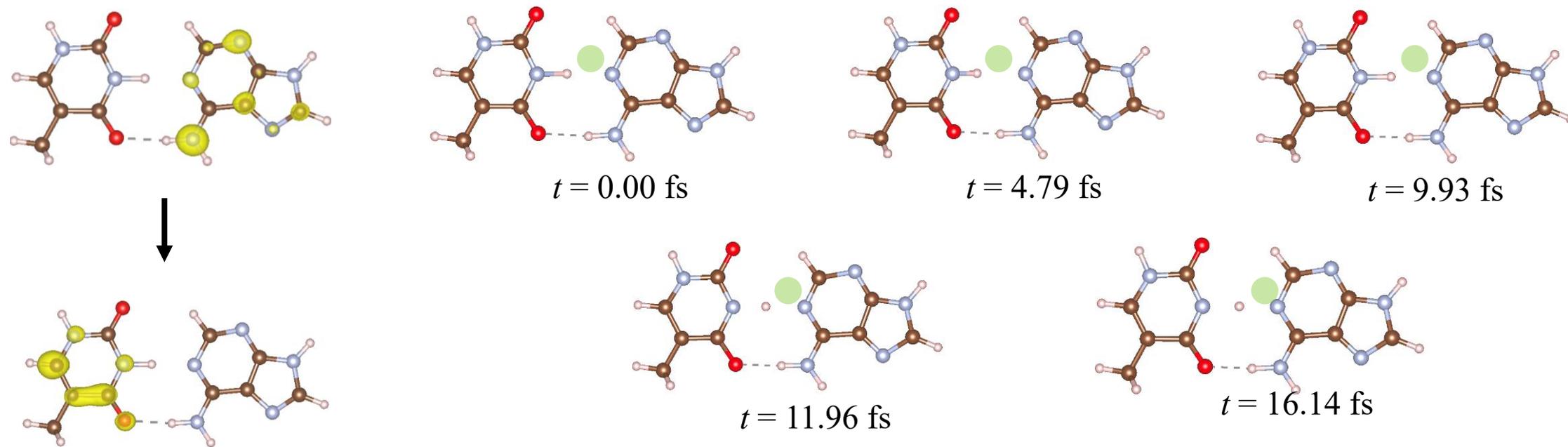


図 A-T対内での水素原子
移動(A^+-T^- 電荷移動励起)

図 A-T対における塩基間プロトン移動の時間発展
電子励起により、図中の緑色で示された領域に見られ
るように、塩基間プロトン移動の開始が観察される

2024年6月21日 日刊工業新聞

第一原理計算に新手法

東北大など 電子励起状態に対応

【仙台】東北大学、横浜国立大学、物質・材料研究機構は、シミュレーション計算に用いられる第一原理計算において電子励起状態を扱える新しい計算手法を開発した。新手法を用いた計算の一例では、メタンガス分子から水素原子が放出されるフェムト（1000兆分の1）秒単位で起こる化学反応の過程を可視化した。実験のデータを用いず、化学反応に対する理論計算ができた。基礎研究から工業分野まで幅広い応用ができるという。

東北大の川添良幸名誉教授、横浜国大の大野かおる名誉教授らの研究グループは、電子励起状態を高精度で算定できるGW近似計算を採用した第一原理計算手法で化学反応のシミュレーション計算を可能にした。従来は基底状態を前提とした第一原理計算では、電子励起を伴って起こる化学反応の計算ができなかった。紫外線照射、触媒下におけるメタン分子からの水素発生過程を計算した。今後研究グループは、新手法を用いて天然ガスの燃焼過程やセメント表面の水和過程などの解析に取り組む。

学反応の計算ができなかった。

スーパーコンピューターを用いた最初の例題として研究グループは、メタンガスからの水素大量生成の時間追跡を選択。紫外線照射、触媒下におけるメタン分子からの水素発生過程を計算した。今後研究グループは、新手法を用いて天然ガスの燃焼過程やセメント表面の水和過程などの解析に取り組む。

マシン依存チューニング

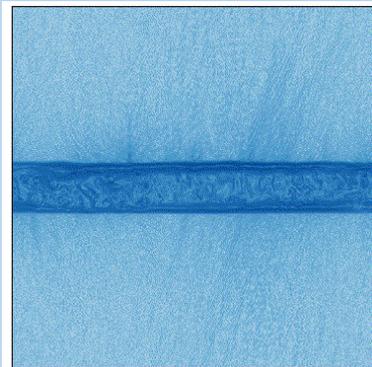
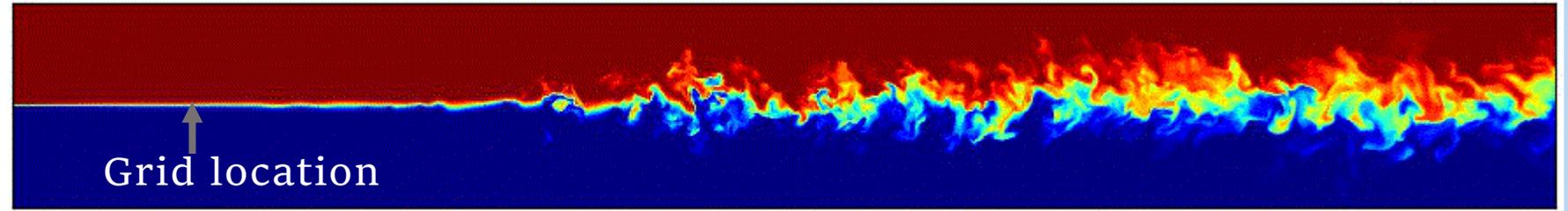
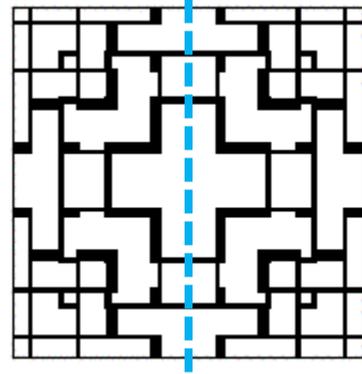
- 多数のコアから構成されるノード、それを構成する分散メモリーを効果的に活用するための知識は一般ユーザには困難
- 我々のプログラムTOMBOは九大の南里准教授に玄界に合わせてチューニングしていただいている
- それではじめて、具体的な対象物に対するシミュレーションが可能となった



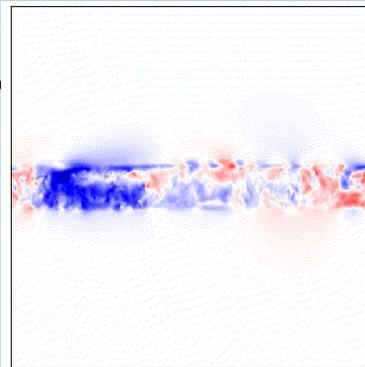
玄界の利用事例

- 第一原理計算（川添良幸先生@東北大、佐原亮二先生@NIMS、大野かおる先生@横浜国立大）
- 乱流解析（北村拓也先生@長崎大）
- 流体音解析（深川宏樹様@DeepFlow社）
- 遺伝子解析（長崎正朗先生@九州大）
- 大規模言語モデルの動作原理解析（鈴木潤先生@東北大）
- 画像学習（内田誠一先生@九州大）

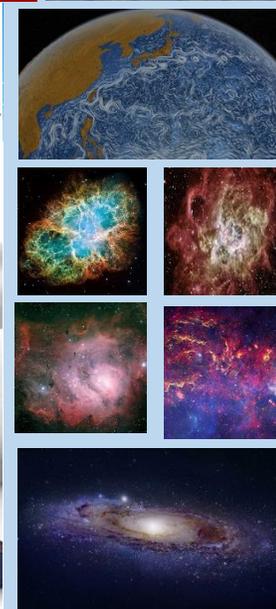
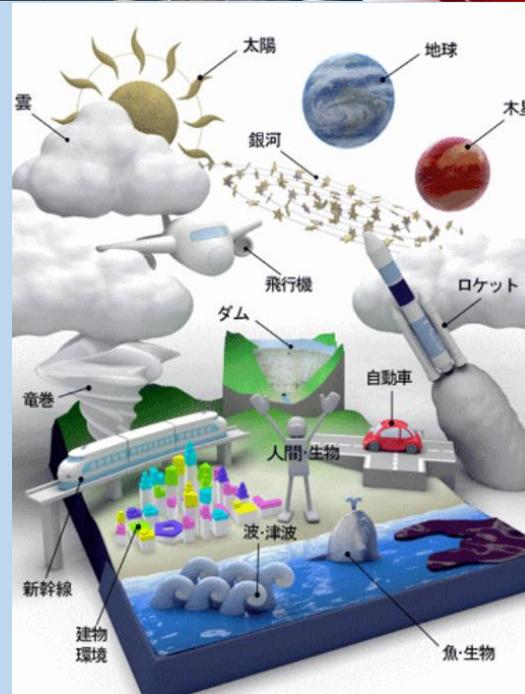
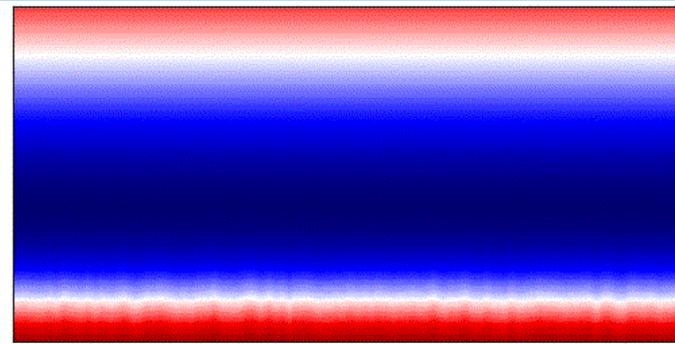
身の回りの流れ



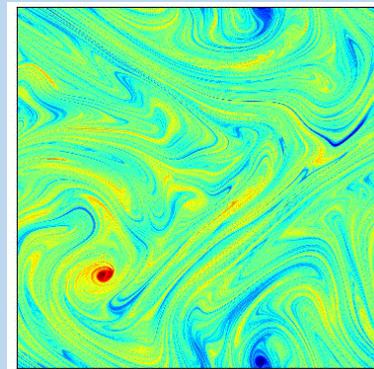
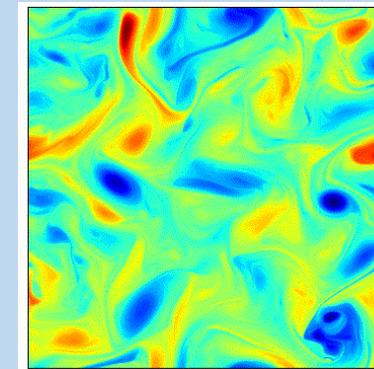
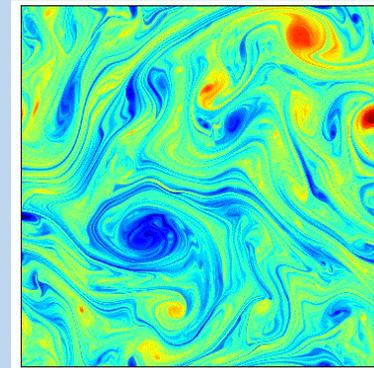
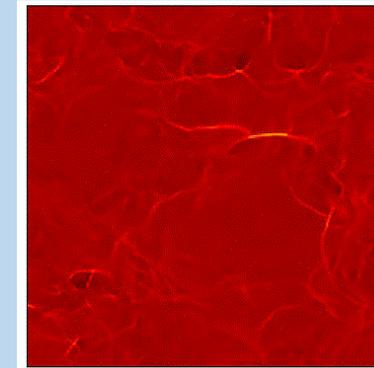
Ω



Ω



画像はwebより引用



流体工学の関連分野

【理学】気象・海洋・宇宙 & 【工学】機械工学・航空宇宙・船舶海洋工学・化学工学・原子力工学等

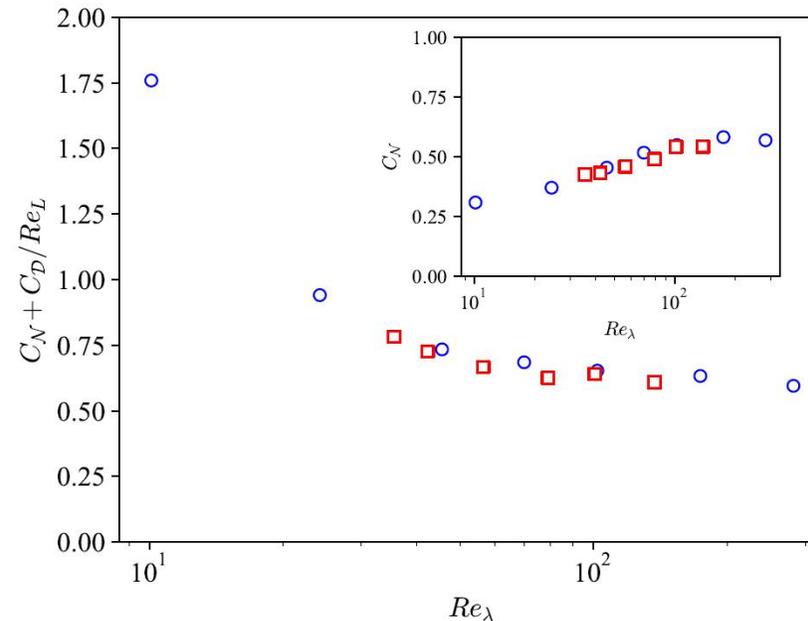
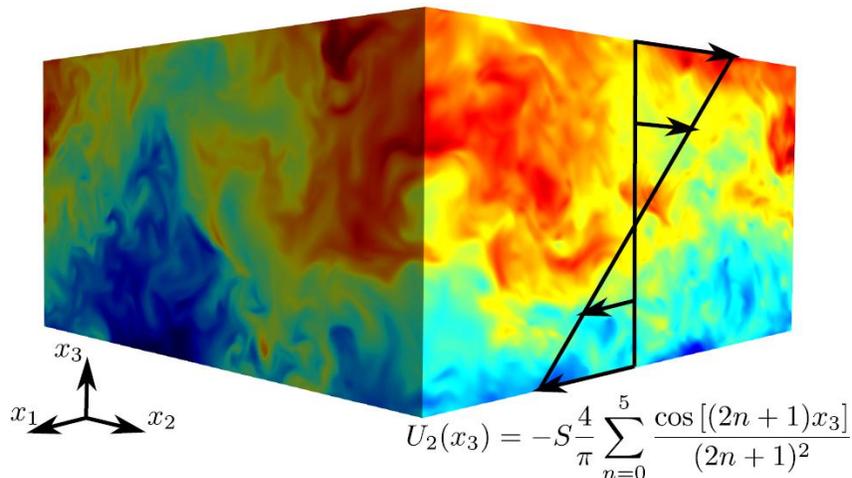
Zeroth law of turbulence

Normalised energy dissipation rate (shear turbulence)

$$C_\epsilon = \frac{\epsilon L}{(2K/3)^{\frac{3}{2}}} = \frac{L}{L\varphi} \left(C_N + C_{\mathcal{A}} + \frac{C_{\mathcal{D}}}{Re_L} \right)$$

Refs. Kitamura, JPSJ (2025), submitted.

$$u_i(\mathbf{x}, t) = \sum_{\mathbf{k}} \hat{u}_i(\mathbf{k}, t) \exp(i\mathbf{k}_{12} \cdot \mathbf{x}_{12}) \times \begin{cases} \cos(k_3 x_3) & i = 1 \text{ or } 2 \\ \sin(k_3 x_3) & i = 3 \end{cases}$$

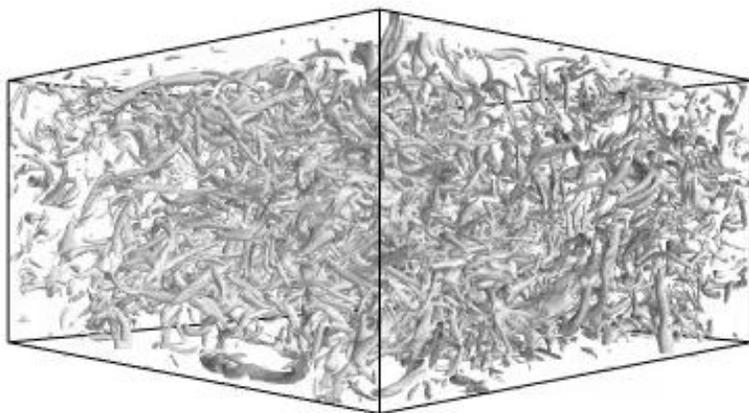


Zeroth law of turbulence

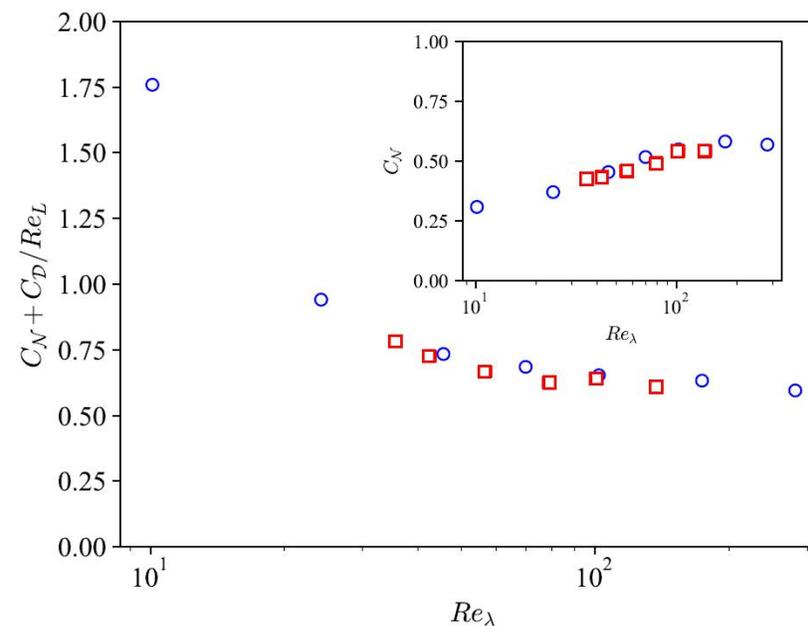
Normalised energy dissipation rate (shear turbulence)

$$C_\epsilon = \frac{\epsilon L}{(2K/3)^{\frac{3}{2}}} = \frac{L}{L\varphi} \left(C_N + C_{\mathcal{A}} + \frac{C_D}{Re_L} \right)$$

Refs. Kitamura, JPSJ (2025), submitted.



玄界A 32ノード、合計230時間



Conclusion

Summary

- ▶ $C_{\mathcal{N}}$ is a candidate for the universal class of turbulence as a consequence of testing the statistical laws which is expected to be universal for non-ideal turbulence
 - ▶ A hint for reconsideration of the Richardson-Kolmogorov cascade?
 - ▶ A universality may be related to nonlinearity, c.f. 4/5 law and depletion of nonlinearity...
 - ▶ Not clear how universal $C_{\mathcal{N}}$ is since it is a large-scale physical quantity
- ▶ $\epsilon L_{\varphi} / (2K/3)^{\frac{3}{2}} \approx \text{const.}$ is valid in practice (for forced turbulence)

Future outlook

- ▶ An extension of the present formalisation to the inhomogeneous turbulence

Thank you for your attention

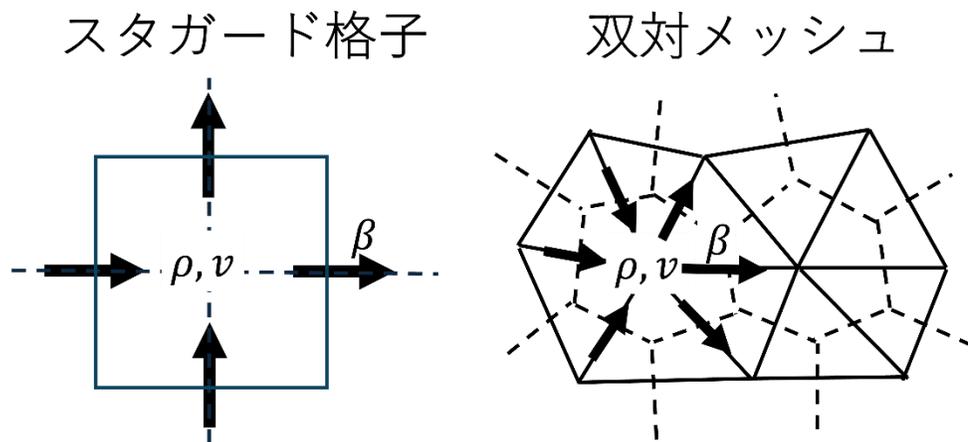


玄界の利用事例

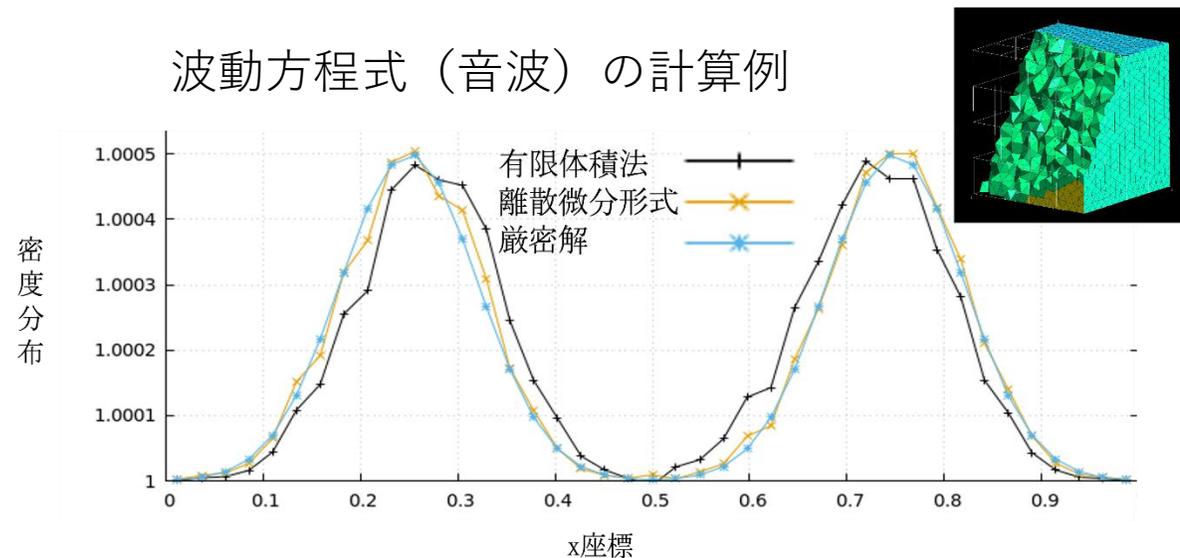
- 第一原理計算（川添良幸先生@東北大、佐原亮二先生@NIMS、大野かおる先生@横浜国立大）
- 乱流解析（北村拓也先生@長崎大）
- 流体音解析（深川宏樹様@DeepFlow社）
- 遺伝子解析（長崎正朗先生@九州大）
- 大規模言語モデルの動作原理解析（鈴木潤先生@東北大）
- 画像学習（内田誠一先生@九州大）

双対メッシュを用いた陽的解法音響解析

双対メッシュを用いた大規模な直接空力音響シミュレータ (Elkura2) を開発し、大規模な流体音響解析を行った。一般に、密度 (ρ) と速度 (v) をメッシュ中心に配置する有限体積法では正確な音響解析は難しいとされている。本研究では、スタガード格子を拡張した双対メッシュを用いることで、中心に密度 (ρ)、面上に流束 (β) を配置することで、密度計算の精度と安定性を高めた。また、時間積分の計算に陽的解法を用いることで高い並列計算性能を実現した。波動方程式の計算では本計算方式が有限体積法よりも厳密解に近い結果を出すことが示せた。



波動方程式 (音波) の計算例



業績:

深川宏樹: 微分形式から見た物理場の離散化, 計算数理工学レビュー, No.2024-2, 2024.

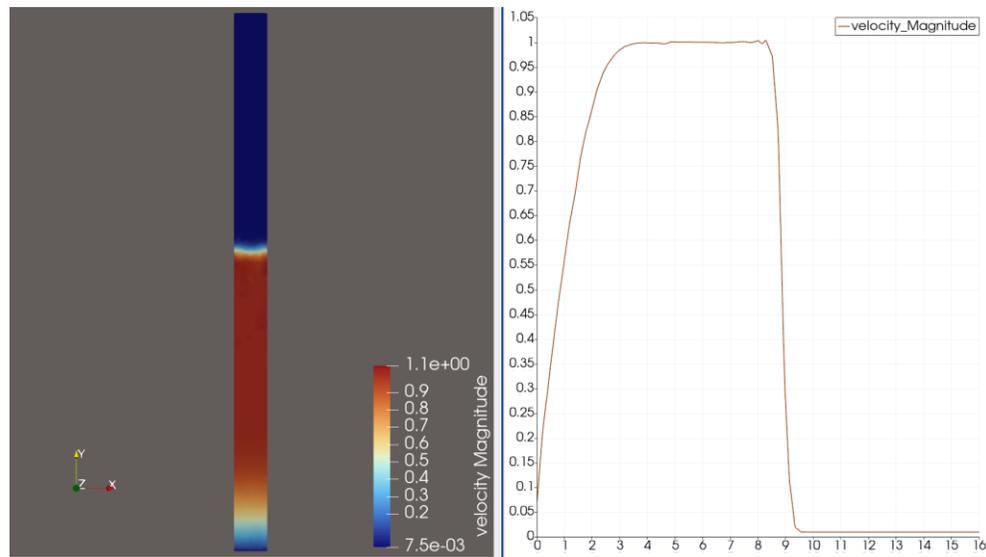
https://jascome.org/event/study/JASCOME%20Reviews_2024-2.pdf

深川宏樹: 離散微分形式による大規模シミュレーション, 31 巻 1 号, (2021), pp. 22-26.

https://www.jstage.jst.go.jp/article/bjsiam/31/1/31_22/article/-char/ja

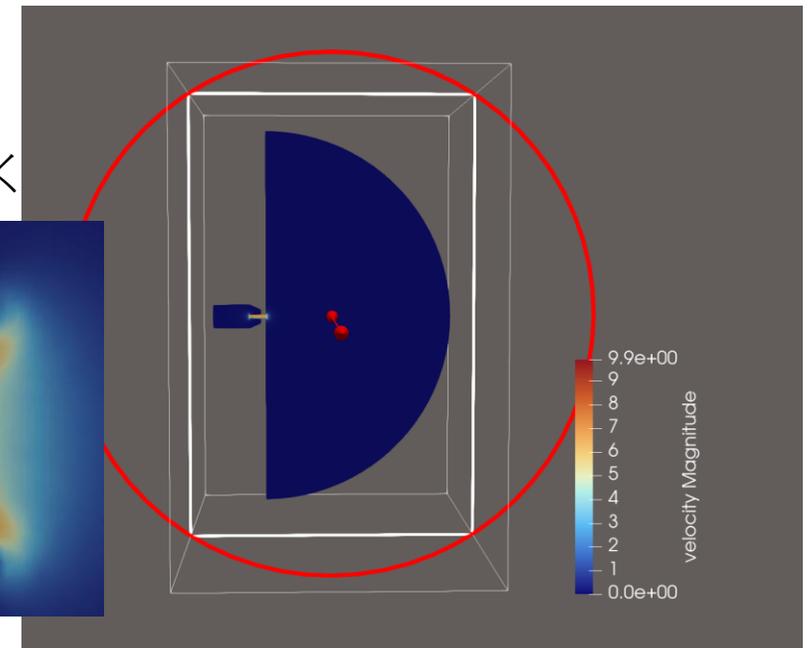
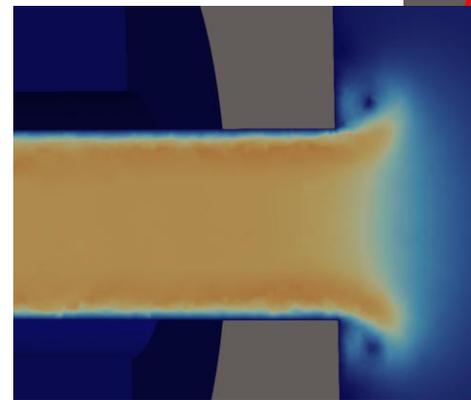
管路内流れを伴う大規模流体音響解析

管路を有する音響機器では、管路内の空気が共鳴する現象（ヘルムホルツ共鳴）を利用することで低周波音を効率的に増強する構造が用いられる。このような管路内では流速が大きくなるため、単純化された波動方程式を解くだけでは正確な挙動を知ることはできない。したがって、質量保存則とナビエ・ストークス方程式の両方を解く必要がある。本研究では移流スキームにMacCormack法、乱流モデルにWALE SGSを用いた。左図で示したように移流スキームの計算精度をバーガース方程式（ナビエ-ストークス方程式を外力と圧力勾配の項をゼロにする）を解くことで確認した。その後、右図にあるように管路内流れを伴う大規模流体音響解析を行った。



バーガース方程式：速度1の矩形波が移動

隘路で空気は高速、
出入り口でうずまく



流体音響解析：管路内での流速は大きくなる

モデルサイズと計算性能について

モデルサイズ	700万メッシュ
並列数	120 Threads並列
計算速度	45 ms/step
律速要因	疎行列ベクトル積 (SpMV)でメモリ帯域律速
帯域効率	ランダムアクセスによりおよそ理論値の半分

MPI化済み (通信最適化中)

今後、GPU化予定

AI/MLハイブリッド手法への展開

乱流モデルの構築

乱流モデルをニューラルネットワークによる乱流モデルに置換

- 入力: 速度勾配テンソル
- 出力: 応力テンソル or 渦粘性係数

学習データは高解像度**LES**結果から生成可能

東京大学情報基盤センター 2024年度萌芽共同研究課題

- ハイパーグラフニューラルネットワーク(HGNN)による SGS モデルの導出
<https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/guide/exploratory/AlforHPC/2024/>
- 動画:
<https://www.youtube.com/watch?v=DzB2FEvtnpc>



玄界の利用事例

- 第一原理計算（川添良幸先生@東北大、佐原亮二先生@NIMS、大野かおる先生@横浜国立大）
- 乱流解析（北村拓也先生@長崎大）
- 流体音解析（深川宏樹様@DeepFlow社）
- 遺伝子解析（長崎正朗先生@九州大）
- 大規模言語モデルの動作原理解析（鈴木潤先生@東北大）
- 画像学習（内田誠一先生@九州大）



長鎖型シーケンスに基づくハプロタイプカタログ構築と異なるクラウド拠点間での横断的バッチジョブシステム試験実装



【課題番号】 jh240015
【研究代表者名】 長崎 正朗



九州大学 生体防御医学研究所
バイオメディカル情報解析分野

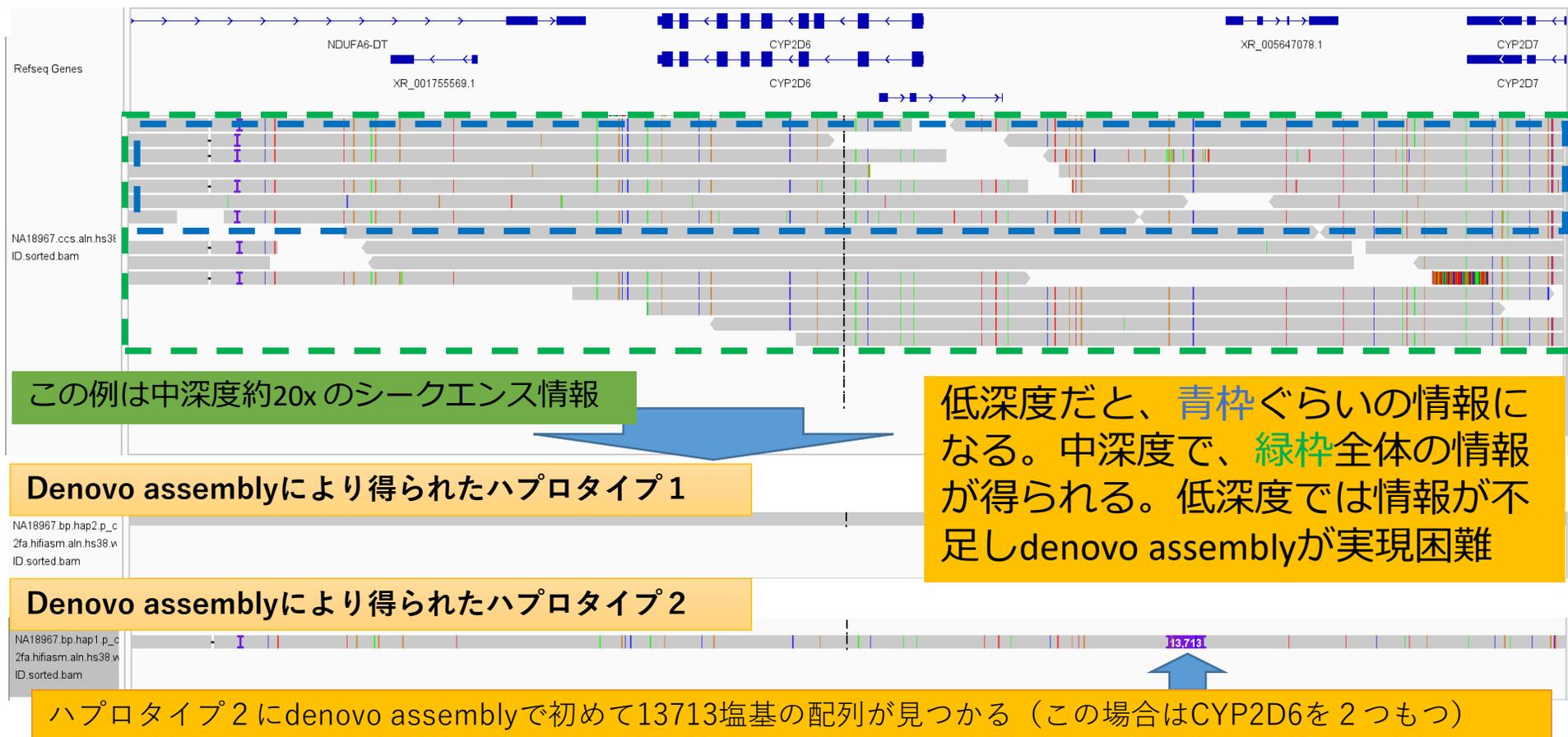
高深度オミクスサイエンスセンター



【研究目的】 2年間のプロジェクトの1年目として、独自に取得した高深度の日本人の長鎖型シーケンス情報と海外の長鎖型シーケンス情報とを統合し、この情報を鋳型として用いることで、国内外の集団における遺伝子全長の配列をより高精度で取得整備すること

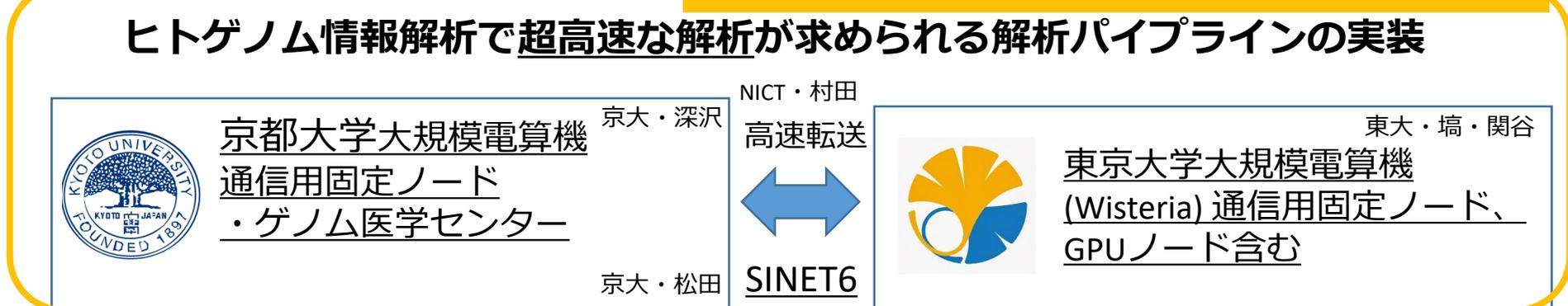
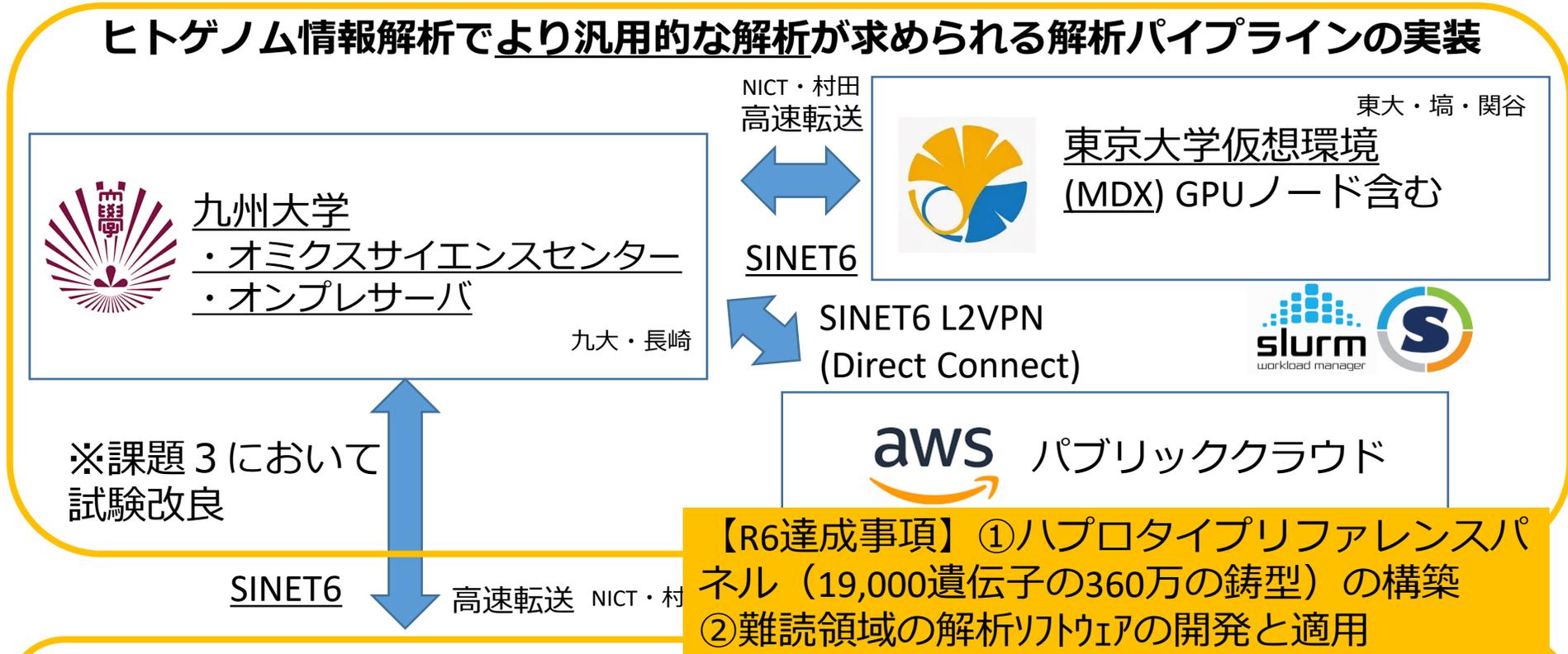
denovo assemblyの実例

ヒト遺伝子領域 CYP2D6 (薬の代謝に関する遺伝子)



※父親、母親から1本ずつ引き継ぐためハプロタイプ1とハプロタイプ2がある

図1 課題1) 中高深度長鎖シーケンス情報に基づくハプロタイプリファレンスパネルの構築とそのための複数拠点間のハイブリッドクラウド情報基盤の運用 長崎、関谷、塙、深沢、大川、松田 システム全体構成と役割担当



R7公開予定のウェブポータルにおける遺伝子のハプロタイプ型検索結果の例

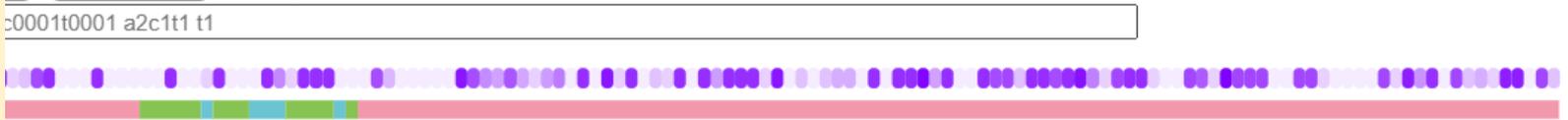
パクチーなどの味覚に関わると考えられている遺伝子の1つ

OR10A2_chr11_6858057_6879717

Show: All Amino acid Coding Transcript Gene

Change scale:

Variation of haplotype



Haplotype ID	Sequence
a0001c0002t0002	GdCTACCTAACTCTAATATACTGCCGATACGAAAAGCTTTdCCCCCGCGCAAACGGGGCGACACCAAAGTTCTCTTCCAGTCGAC..TAAACdATGACGCCCCGGATTGT.ATACATGTACTATTTC-GACG
a0001c0002t0005	TCCTACCTAACTCTAATATACTGCCGATACGAAAAGCTTTdCCCCCGCGCAAACGGGGCGACACCAAAGTTCTCTTCCAGTCGAC..TAAACdATGACGCCCCGGATTGT.ATACATGTACTATTTC-GACG
a0001c0002t0019	GdCTACCTAACTCTAATATACTGCCGATACGAAAAGCTTTdCCCCCGCGCAAACGGGGCGACACCAAAGTTCTCTTCCAGTCGAC..TAAACdATGACGCCCCGGATTGT.ATACATGTACTATTTC-GACG
a0001c0002t0029	GdCTACCTAACTCTAATATACTGCCGATACGAAAAGCTTTdCCCCCGCGCAAACGGGGCGACACCAAAGTTCTCTTCCAGTCGAC..TAAACdATGACGCCCCGGATTGT.ATACATGTACTATTTC-GACG
a0001c0002t0032	GdTACCTAACTCTAATATACTGCCGATACGAAAAGCTTTdCCCCCGCGCAAACGGGGCGACACCAAAGTTCTCTTCCAGTCGAC..TAAACdATGACGCCCCGGATTGT.ATACATGTACTATTTC-GACG
a0001c0002t0034	TCCTACCTAACTCTAATATACTGCCGATACGAAAAGCTTTdCCCCCGCGCAAACGGGGCGACACCAAAGTTCTCTTCCAGTCGAC..TAAACdATGACGCCCCGGATTGT.ATACATGTACTATTTC-GACG
a0001c0002t0043	GdCTACCTAACTCTAATATACTGCCGATACGAAAAGCTTTdCCCCCGCGCAAACGGGGCGACACCAAAGTTCTCTTCCAGTCGAC..TAAACdATGACGCCCCGGATTGT.ATACATGTACTATTTC-GACG
a0001c0002t0044	GdCTACCTAACTCTAATATACTGCCGATACGAAAAGCTTTdCCCCCGCGCAAACGGGGCGACACCAAAGTTCTCTTCCAGTCGAC..TAAACdATGACGCCCCGGATTGT.ATACATGTACTATTTC-GACG
a0001c0002t0045	GdCTACCTAACTCTAATATACTGCCGATACGAAAAGCTTTdCCCCCGCGCAAACGGGGCGACACCAAAGTTCTCTTCCAGTCGAC..TAAACdATGACGCCCCGGATTGT.ATACATGTACTATTTC-GACG
a0001c0002t0056	TCCTACCTAACTCTAATATACTGCCGATACGAAAAGCTTTdCCCCCGCGCAAACGGGGCGACACCAAAGTTCTCTTCCAGTCGAC..TAAACdATGACGCCCCGGATTGT.ATACATGTACTATTTC-GACG
a0001c0002t0062	TCCTACCTAACTCTAATATACTGCCGATACGAAAAGCTTTdCCCCCGCGCAAACGGGGCGACACCAAAGTTCTCTTCCAGTCGAC..TAAACdATGACGCCCCGGATTGT.ATACATGTACTATTTC-GACG
a0001c0002t0063	TCCTACCTAACTCTAATATACTGCCGATACGAAAAGCTTTdCCCCCGCGCAAACGGGGCGACACCAAAGTTCTCTTCCAGTCGAC..TAAACdATGACGCCCCGGATTGT.ATACATGTACTATTTC-GACG
a0001c0006t0005	TCCTACCTAACTCTAATATACTGCTGATACGAAAAGCTTTdCCCCCGCGCAAACGGGGCGACACCAAAGTTCTCTTCCAGTCGAC..TAAACdATGACGCCCCGGATTGT.ATACATGTACTATTTC-GACG
a0001c0009t0002	GdCTACCTAACTCTAATATACTGCCGATACGAAAAGCTTTdCCCCCGCGCAAACGGGGCGACACCAAAGTTCTCTTCCAGTCGAC..TAAACdATGACGCCCCGGATTGT.ATACATGTACTATTTC-GACG
a0002c0003t0003	TCCTAAGCTAGCTCTAGTATGCTGCGCGTCCGAAAGCTTTCCdCCCCCGCGGAGCAGGCAAAATGGAGGTTCTCTTCCATGTCGAC..T-GGTAATAGTGCCTCGGGCGT-GTACATTTACTTTTC-GAAG
a0002c0003t0004	GdCTGTCTAGCTCTAGTATGCTGCGCGTCCGAAAGCTTTCCdCCCCCGCGGAGCAGGCAAAATGGAGGTTCTCTTCCATGTCGAC..T-GAATAAGTGCCTCGGGCGT-GTACATTTACTTTTC-GAAG
a0002c0003t0010	GdCTGTCTAGCTCTAGTATGCTGCGCGTCCGAAAGCTTTCCdCCCCCGCGGAGCAGGCAAAATGGAGGTTCTCTTCCATGTCGAC..T-GAATAAGTGCCTCGGGCGT-GTACATTTACTTTTC-GAAG
a0002c0003t0011	GdCTGTCTAGCTCTAGTATGCTGCGCGTCCGAAAGCTTTCCdCCCCCGCGGAGCAGGCAAAATGGAGGTTCTCTTCCATGTCGAC..T-GAATAAGTGCCTCGGGCGT-GTACATTTACTTTTC-GAAG
a0002c0003t0013	GdCTGTCTAGCTCTAGTATGCTGCGCGTCCGAAAGCTTTCCdCCCCCGCGGAGCAGGCAAAATGGAGGTTCTCTTCCATGTCGAC..T-GAATAAGTGCCTCGGGCGT-GTACATTTACTTTTC-GAAG
a0002c0003t0016	GdCTAAGCTAGCTCTAGTATGCTGCGCGTCCGAAAGCTTTCCdCCCCCGCGGAGCAGGCAAAATGGAGGTTCTCTTCCATGTCGAC..T-GGTAATAGTGCCTCGGGCGT-GTACATTTACTTTTC-GAAG
a0002c0003t0021	GdCTGTCTAGCTCTAGTATGCTGCGCGTCCGAAAGCTTTCCdCCCCCGCGGAGCAGGCAAAATGGAGGTTCTCTTCCATGTCGAC..T-GAATAAGTGCCTCGGGCGT-GTACATTTACTTTTC-GAAG
a0002c0003t0027	TCCTAAGCTAGCTCTAGTATGCTGCGCGTCCGAAAGCTTTCCdCCCCCGCGGAGCAGGCAAAATGGAGGTTCTCTTCCATGTCGAC..T-GGTAATAGTGCCTCGGGCGT-GTACATTTACTTTTC-GAAG
a0002c0003t0028	TCCTAAGCTAGCTCTAGTATGCTGCGCGTCCGAAAGCTTTCCdCCCCCGCGGAGCAGGCAAAATGGAGGTTCTCTTCCATGTCGAC..T-GGTAATAGTGCCTCGGGCGT-GTACATTTACTTTTC-GAAG
a0002c0003t0031	GdCTGTCTAGCTCTAGTATGCTGCGCGTCCGAAAGCTTTCCdCCCCCGCGGAGCAGGCAAAATGGAGGTTCTCTTCCATGTCGAC..T-GAATAAGTGCCTCGGGCGT-GTACATTTACTTTTC-GAAG
a0002c0003t0038	TCCTAAGCTAGCTCTAGTATGCTGCGCGTCCGAAAGCTTTCCdCCCCCGCGGAGCAGGCAAAATGGAGGTTCTCTTCCATGTCGAC..T-GGTAATAGTGCCTCGGGCGT-GTACATTTACTTTTC-GAAG
a0002c0003t0039	TCCTGTCTAGCTCTAGTATGCTGCGCGTCCGAAAGCTTTCCdCCCCCGCGGAGCAGGCAAAATGGAGGTTCTCTTCCATGTCGAC..T-GAATAAGTGCCTCGGGCGT-GTACATTTACTTTTC-GAAG
a0002c0003t0047	GdCTGTCTAGCTCTAGTATGCTGCGCGTCCGAAAGCTTTCCdCCCCCGCGGAGCAGGCAAAATGGAGGTTCTCTTCCATGTCGAC..T-GAATAAGTGCCTCGGGCGT-GTACATTTACTTTTC-GAAG
a0002c0003t0048	GdCTGTCTAGCTCTAGTATGCTGCGCGTCCGAAAGCTTTCCdCCCCCGCGGAGCAGGCAAAATGGAGGTTCTCTTCCATGTCGAC..T-GAATAAGTGCCTCGGGCGT-GTACATTTACTTTTC-GAAG
a0002c0003t0049	GdCTGTCTAGCTCTAGTATGCTGCGCGTCCGAAAGCTTTCCdCCCCCGCGGAGCAGGCAAAATGGAGGTTCTCTTCCATGTCGAC..T-GAATAAGTGCCTCGGGCGT-GTACATTTACTTTTC-GAAG
a0002c0003t0067	TCCTAAGCTAGCTCTAGTATGCTGCGCGTCCGAAAGCTTTCCdCCCCCGCGGAGCAGGCAAAATGGAGGTTCTCTTCCATGTCGAC..T-GGTAATAGTGCCTCGGGCGT-GTACATTTACTTTTC-GAAG
a0002c0003t0068	TCCTAAGCTAGCTCTAGTATGCTGCGCGTCCGAAAGCTTTCCdCCCCCGCGGAGCAGGCAAAATGGAGGTTCTCTTCCATGTCGAC..T-GGTAATAGTGCCTCGGGCGT-GTACATTTACTTTTC-GAAG
a0002c0003t0069	TCCTAAGCTAGCTCTAGTATGCTGCGCGTCCGAAAGCTTTCCdCCCCCGCGGAGCAGGCAAAATGGAGGTTCTCTTCCATGTCGAC..T-GGTAATAGTGCCTCGGGCGT-GTACATTTACTTTTC-GAAG
a0002c0003t0070	TCCTAAGCTAGCTCTAGTATGCTGCGCGTCCGAAAGCTTTCCdCCCCCGCGGAGCAGGCAAAATGGAGGTTCTCTTCCATGTCGAC..T-GGTAATAGTGCCTCGGGCGT-GTACATTTACTTTTC-GAAG
a0002c0005t0017	GdCAGCTAGCTCTAGTATGCTGCGCGTCCGAAAGCTTTCCdCCCCCGCGGAGCAGGCAAAATGGAGGTTCTCTTCCATGTCGAC..T-GAATAAGTGCCTCGGGCGT-GTACATTTACTTTTC-GAAG
a0002c0005t0020	GdCTAAGCTAGCTCTAGTATGCTGCGCGTCCGAAAGCTTTCCdCCCCCGCGGAGCAGGCAAAATGGAGGTTCTCTTCCATGTCGAC..T-GAATAAGTGCCTCGGGCGT-GTACATTTACTTTTC-GAAG
a0002c0005t0030	GdCTAAGCTAGCTCTAGTATGCTGCGCGTCCGAAAGCTTTCCdCCCCCGCGGAGCAGGCAAAATGGAGGTTCTCTTCCATGTCGAC..T-GAATAAGTGCCTCGGGCGT-GTACATTTACTTTTC-GAAG
a0002c0011t0010	GdCTGTCTAGCTCTAGTATGCTGCGCGTCCGAAAGCTTTCCdCCCCCGCGGAGCAGGCAAAATGGAGGTTCTCTTCCATGTCGAC..T-GAATAAGTGCCTCGGGCGT-GTACATTTACTTTTC-GAAG

R7公開予定のウェブポータルにおける遺伝子のハプロタイプ型検索結果の例

Search Results

VIEW REGIONNAME POS REF ALT ANNOTATION T SAMPLES AHAPIDS CHAPIDS

OR10A2_chr11_6858057_6879717

アフリカ アメリカ 東アジア ヨーロッパ 南アジア 日本のみ

Amino acid(protein) Level Haplotype Info (T)

AHAPID	GRCH38/CHM13V2	ALEN	TOTAL	アフリカ	アメリカ	東アジア	ヨーロッパ	南アジア	日本のみ
a0001	0/0	303	137	8	23	83	8	15	70
a0002	0/1	303	137	18	34	69	4	11	54
a0003	0/0	303	134	19	22	73	4	16	54
a0004	1/0	303	57	51	5	0	0	0	0
a0005	0/0	303	2	2	0	0	0	0	0
a0006	0/0	303	1	0	0	1	0	0	0

a0001: EIHTVTPVVHIKV
 a0002: EIRTVAPVVRITV
 a0003: EIHTVAPVVHTKV
 a0004: EIHTVAPVVHIKV
 a0005: EIRTVAPVIRITV

OR10A2_chr11_6858057_6879717 OR10A2

学術論文(査読あり)

1. Kouyuki Hirayasu, Seik-Soon Khor, Yosuke Kawai, Mihoko Shimada, Yosuke Omae, Gen Hasegawa, Yuko Hashikawa, Hiromu Tanimoto, Jun Ohashi, Kazuyoshi Hosomichi, Atsushi Tajima, Hiroyuki Nakamura, Minoru Nakamura, Katsushi Tokunaga, Rikinari Hanayama, Masao Nagasaki, Identification of the hybrid gene LILRB5-3 by long-read sequencing and implication of its novel signaling function, *Frontiers in Immunology*, 15
2. Yuki Hitomi, Kazuko Ueno, Yoshihiro Aiba, Nao Nishida, Michihiro Kono, Mitsuki Sugihara, Yosuke Kawai, Minae Kawashima, Seik-Soon Khor, Kazuhiro Sugi, Hirotaka Kouno, Hiroshi Kohno, Atsushi Naganuma, Satoru Iwamoto, Shinji Katsushima, Kiyoshi Furuta, Toshiki Nikami, Tomohiko Mannami, Tsutomu Yamashita, Keisuke Ario, Tatsuji Komatsu, Fujio Makita, Masaaki Shimada, Noboru Hirashima, Shiro Yokohama, Hideo Nishimura, Rie Sugimoto, Takuya Komura, Hajime Ota, Motoyuki Kojima, Makoto Nakamuta, Naoyuki Fujimori, Kaname Yoshizawa, Yutaka Mano, Hironao Takahashi, Kana Hirooka, Satoru Tsuruta, Takeaki Sato, Kazumi Yamasaki, Yuki Kugiyama, Yasuhide Motoyoshi, Tomoyuki Suehiro, Akira Saeki, Kosuke Matsumoto, Shinya Nagaoka, Seigo Abiru, Hiroshi Yatsushashi, Masahiro Ito, Kazuhito Kawata, Akinobu Takaki, Kuniaki Arai, Teruko Arinaga-Hino, Masanori Abe, Masaru Harada, Makiko Taniai, Mikio Zeniya, Hiromasa Ohira, Shinji Shimoda, Atsumasa Komori, Atsushi Tanaka, Kazuyoshi Ishigaki, Masao Nagasaki, Katsushi Tokunaga, Minoru Nakamura, 2024, A genome-wide association study identified PTPN2 as a population-specific susceptibility gene locus for primary biliary cholangitis, *Hepatology*, 80 (4), 776-790
3. Takeo Naito, Ryuya Osaka, Yoichi Kakuta, Yosuke Kawai, Seik-Soon Khor, Junji Umeno, Katsushi Tokunaga, , Hantsue Ishibashi-Ueda, Tsutomu Tomita, Michio Noguchi, Ayako Takahashi, Yu-ichi Goto, Sumiko Yoshida, Kotaro Hattori, Ryo Matsumura, Aritoshi Iida, Yutaka Maruoka, Hiroyuki Gatanaga, Masaya Sugiyama, Satoshi Suzuki, Kengo Miyo, Yoichi Matsubara, Akihiro Umezawa, Kenichiro Hata, Tadashi Kaname, Kouichi Ozaki, Haruhiko Tokuda, Hiroshi Watanabe, Shumpei Niida, Eisei Noiri, Koji Kitajima, Yosuke Omae, Reiko Miyahara, Hideyuki Shimanuki, Yosuke Kawai, Katsushi Tokunaga, Hiroshi Nagai, Yusuke Shimoyama, Rintaro Moroi, Hisashi Shiga, Masao Nagasaki, Yoshitaka Kinouchi, Atsushi Masamune, 2024, Genetically Predicted Higher Levels of Caffeic Acid Are Protective Against Ulcerative Colitis: A Comprehensive Metabolome Analysis, *Inflammatory Bowel Diseases*, 30 (12), 2440-2448
4. Masao Nagasaki, Kouyuki Hirayasu, Seik-Soon Khor, Ryoko Otokozaawa, Yayoi Sekiya, Yosuke Kawai, Katsushi Tokunaga, 2025, JoGo-LILR caller: Unveiling and navigating the complex diversity of LILRB3-LILRA6 copy number haplotype structures with whole-genome sequencing, *Human Immunology*, 86 (3), 111272
5. Yuki Mori, Elon H. C. van Dijk, Masahiro Miyake, Yoshikatsu Hosoda, Anneke I. den Hollander, Suzanne Yzer, Akiko Miki, Li Jia Chen, Jeeyun Ahn, Ayako Takahashi, Kazuya Morino, Shin-ya Nakao, Carel B. Hoyng, Danny S. C. Ng, Ling-Ping Cen, Haoyu Chen, Tsz Kin Ng, Chi Pui Pang, Kwangsic Joo, Takehiro Sato, Yasuhiko Sakata, Atsushi Tajima, Yasuharu Tabara, , Takeo Nakayama, Akihiro Sekine, Shinji Kosugi, Kyu Hyung Park, Fumihiko Matsuda, Kenji Yamashiro, Shigeru Honda, Masao Nagasaki, Camiel J. F. Boon, Akitaka Tsujikawa, Genome-wide association and multi-omics analyses provide insights into the disease mechanisms of central serous chorioretinopathy, *Scientific Reports*, 15 (1)

国内会議発表

1. 長崎 正朗, "オミクスサイエンスセンター大規模情報解析統合システム開発", 先駆的科学計算に関するフォーラム2024, Fukuoka, May, 2024
2. 長崎 正朗, 河合 洋介, "JoGo: Japanese Open Genome and Omics Platform 1.0に向けた取り組みについて", トーゴーの日シンポジウム2024, 東京, October, 2024
3. 長崎 正朗, "ハイブリッドクラウドを用いたゲノム情報に基づく構造多型パネルの構築とアノテーション", 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 第16回シンポジウム, オンライン(東京), July, 2024

国際会議発表

1. Masao Nagasaki, "High-Resolution Genomics and Omics Integrative Analyses of NCVC Biobank Dataset Towards Discovery of Cardiovascular Disease-Related Factors", Yonsei University and NCVC Collaborative Conference for Cardiomyopathy Genomics, Osaka, June, 2024
2. Masao Nagasaki, "JoGo", The Barbados meeting on Pangenome graphs: tools and applications, Bellairs Barbados, January, 2025
3. Masao Nagasaki, "JoGo", Graph Summit 2025, Okinawa, March, 2025
4. Masao Nagasaki, Kouyuki Hirayasu, Seik Soon Khor, Ryoko Otokozaawa, Yayoi Sekya, Yosuke Kawai, Katsushi Tokunaga, "JoGo-LILR Caller: Unveiling and Navigating the Diversity of LILRB3-LILRA6 Copy Number Structures with Whole-Genome Sequencing", 50th ASHI Annual Meeting, California US, October, 2024



玄界の利用事例

- 第一原理計算（川添良幸先生@東北大、佐原亮二先生@NIMS、大野かおる先生@横浜国立大）
- 乱流解析（北村拓也先生@長崎大）
- 流体音解析（深川宏樹様@DeepFlow社）
- 遺伝子解析（長崎正朗先生@九州大）
- 大規模言語モデルの動作原理解析（鈴木潤先生@東北大）
- 画像学習（内田誠一先生@九州大）

玄界利用の国際会議論文

1. [Ikeda+, COLM-2025] Layerwise Importance Analysis of Feed-Forward Networks in Transformer-based Language Models
2. [Ye+, ACL-2025 findings] Can Input Attributions Explain Inductive Reasoning in In-Context Learning?
3. [Iwakawa+, WMT-2025] KIKIS at WMT 2025 General Translation Task
4. [Ye+, NeurIPS-2025] Transformer Key-Value Memories Are Nearly as Interpretable as Sparse Autoencoders
5. [Shibata+, EACL-2026 findings] Suppressing Final Layer Hidden State Jumps in Transformer Pretraining

東北大学 大学院情報科学研究科
人工知能基礎学講座
<https://www.fai.cds.tohoku.ac.jp>



主に、昨今のAI研究の中心的技術である大規模言語モデル(LLM)の動作原理解明および原理解明で得られた知見に基づく新学習技術の構築に関する研究に従事

人工知能関連分野において最高峰の研究成果として世界的に広く認められている最難関国際会議への論文採択に貢献

カテゴリ > Engineering & Computer Science > Computational Linguistics

出版物	h5-指標
1. Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL)	236
2. Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)	218
3. Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies (HLT-NAACL)	126
4. Transactions of the Association for Computational Linguistics	96
5. International Conference on Computational Linguistics (COLING)	81

カテゴリ > Engineering & Computer Science > Artificial Intelligence

出版物	h5-指標
1. Neural Information Processing Systems	371
2. International Conference on Learning Representations	362
3. International Conference on Machine Learning	272
4. AAAI Conference on Artificial Intelligence	232
5. Expert Systems with Applications	183



玄界利用の国内年次大会発表

1. [池田+, NLP-2025] Transformer LLMにおける層単位のFFN層の重要度検証
若手奨励賞受賞（20/487件 = 受賞率 約4%） [<https://www.anlp.jp/nlp2025/award.html>]
2. [岩川+, NLP-2026] モデルマージを用いた LLM 翻訳における破滅的忘却の抑制
3. [朱+, NLP-2026] 品質と網羅性に基づくデータ選択による言語モデルの効率的学習
4. [柴田+, NLP-2026] Transformer事前学習における最終層隠れ状態ジャンプの抑制
5. [松田+, NLP-2026] 長尺動画生成タスクにおけるメタ評価ベンチマーク
6. [吉田+, NLP-2026] 自己生成・自己選好データを活用した事後学習の効果検証
7. [清水+, NLP-2026] 単語単位のトークン分割を用いたLLMの性能調査

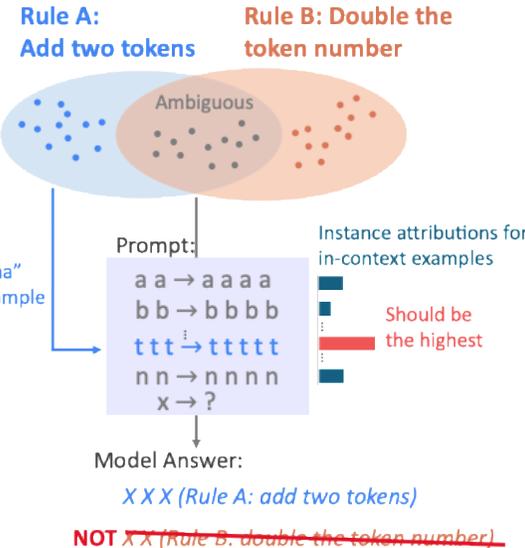


玄界利用の研究例

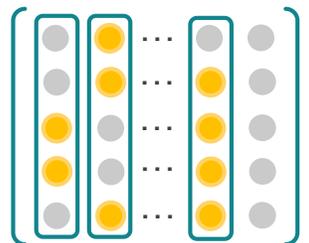
大規模言語モデル(LLM)の動作原理解明

LLMに入力するプロンプトに例題を入れて性能を向上させる技術(few-shot)
→ LLMは例題から回答のパターンを理解できているのか? という問いを実験的に検証

[ACL-2025]



[NeurIPS-2025]



Transformer LLMの内部構造の一つであるFFN層をKey-Valueベクトルのリストと読み替えるとスパースな特徴ベクトルとみなすことができる
→ 内部挙動解析のための外部モデルを用意しなくても内部挙動を分析可能に

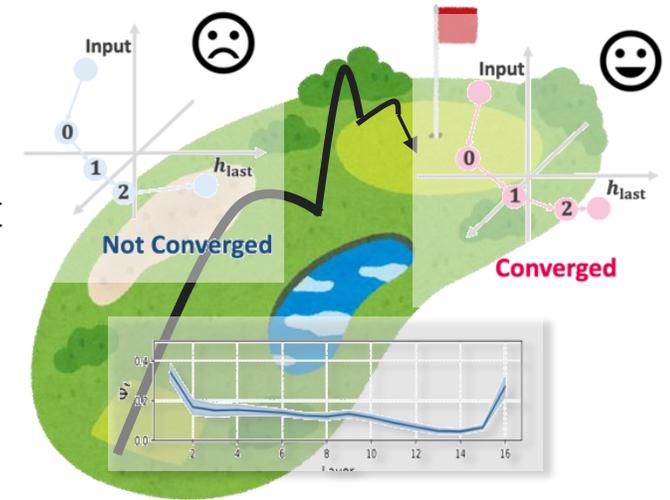
LLMの動作原理解明で得られた知見に基づく新学習技術の構築

[EACL-2026]

[観測] Transformer LLMの内部挙動は均一ではない

→ 数値的収束性 (最初は大きく → 最後は小さく) を持つように正則化を加えて学習

→ LLMの性能向上



これらの研究は基本的に1ノード [H100 (80GB) x4] の規模で実証実験が可能

ただし膨大な検証が必要となるため実験時間は膨大
→ 一つの論文に合計100ノード日以上 of 計算リソースが必要
→ GPUが安価に利用できることで実現



大学の研究室における玄界の役割

- 大学の一研究室の年間予算：多くても**数百万～数千万円**規模
 - 大型ファンドでも一研究室への割当が**数億円**規模となるケースは稀
- AI基盤研究：計算機に膨大なコスト
 - 例 LLM構築：フルスクラッチからの構築は**数百億円以上**レベル
 - **GPU計算機の価格高騰**により一つの研究室でオンプレでの購入/運用は困難
 - 当研究室はコスト削減目的で約2年前より**フルクラウド運用**へ移行
- 民生クラウドより**格安**に利用可能 → AI基盤研究の推進が可能
 - 日本における**LLM構築技術に関する研究を継続/継承**
 - LLM構築：世界的IT大手企業の独壇場 → 大学で研究する必要はない？ → NO
AI基盤の民主化 / 日本のAI後進国からの脱却 / **本領域に挑戦したい学生は多数存在**
 - (計算機の規模は違えども) ハイエンドGPUによる**大規模実験・検証**が可能
→ AI関連の**最難関国際会議**に研究成果を投稿し**採録**されることが現実的に
→ (論文の意味で) 世界IT大手企業の研究者と**対等に競争**可能

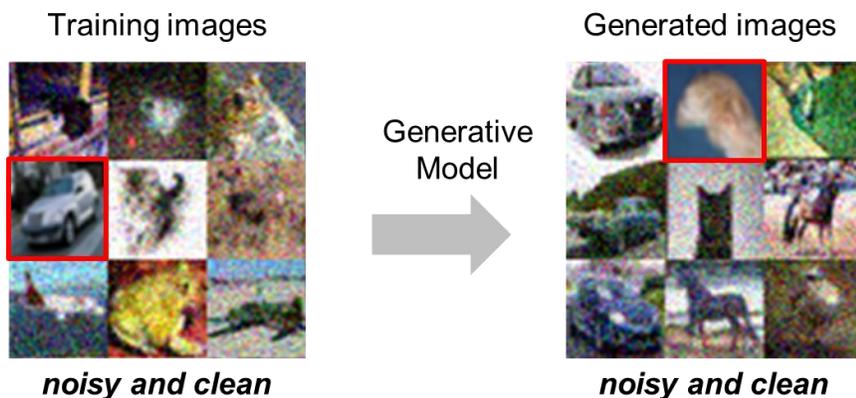


玄界の利用事例

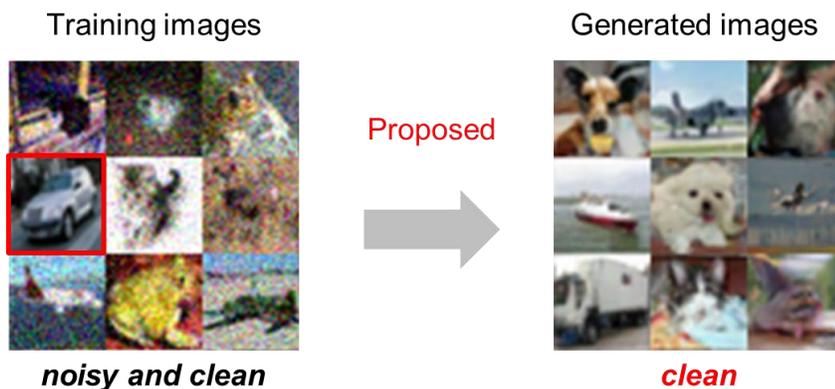
- 第一原理計算（川添良幸先生@東北大、佐原亮二先生@NIMS、大野かおる先生@横浜国立大）
- 乱流解析（北村拓也先生@長崎大）
- 流体音解析（深川宏樹様@DeepFlow社）
- 遺伝子解析（長崎正朗先生@九州大）
- 大規模言語モデルの動作原理解析（鈴木潤先生@東北大）
- 画像学習（内田誠一先生@九州大）

ノイジーな画像データを用い学習しても、 ノイズレスな画像を生成できるAI

- 普通に生成AIを学習してしまうと…



- 本研究による生成AIを使うと…



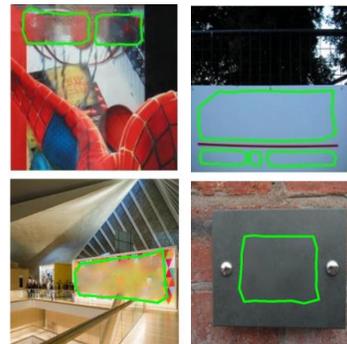
- 玄界のメリット①実行速度
 - 研究室のデスクトップ(A6000)と比べて、2倍以上の速さでジョブが遂行可能
 - メモリが大きいいため、モデルの学習のバッチサイズを上げることが可能
- 玄界のメリット②並列性
 - ジョブごとのメモリ独立性が高く、複数ジョブを一気に実行することが可能
- 研究成果：
 - 国際会議IJCNN2026に論文投稿済
 - タイトル：SCoRe: Clean Image Generation from Diffusion Models Trained on Noisy Images

AIが消した文字を，AIで検出・復元

- 既存技術：Scene Text Removal
 - 画像中の文字だけを消すAI技術
 - プライバシー保護に使える反面，画像改ざんのリスクも



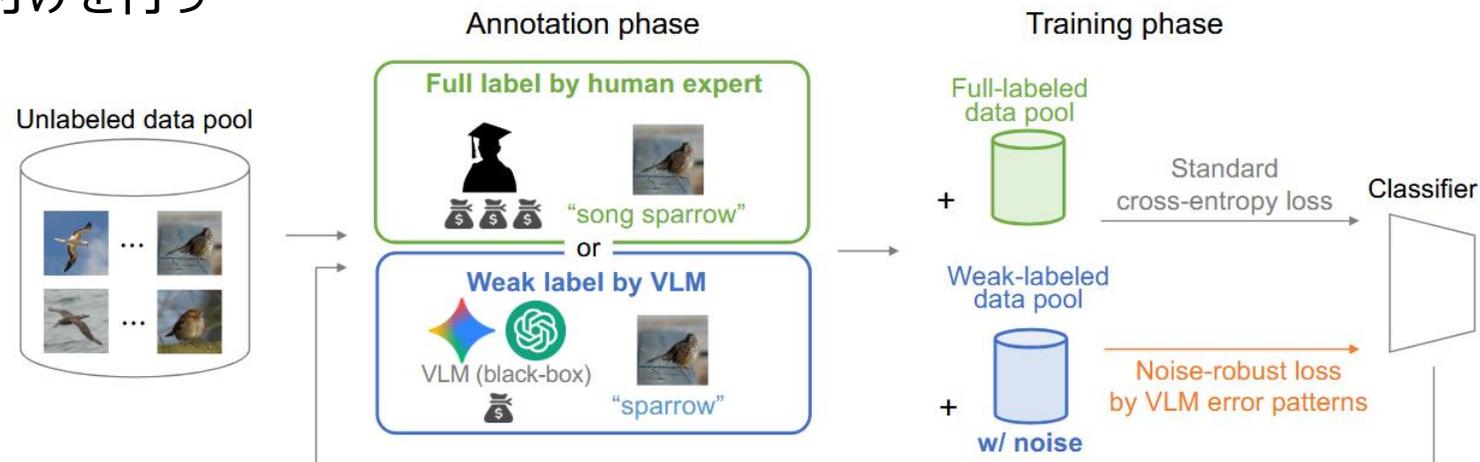
- 提案技術：Inversed Scene Text Removal
 - 画像中の消された文字の痕跡を検出
 - 検出用AIを学習して利用



- 玄界のメリット③メモリサイズ
 - GPUのメモリが大きいので，高解像度の画像が扱いやすい
 - 学習時のバッチサイズも大きくしやすい
- 玄界のメリット④移行の容易さ
 - ローカルな環境で実装したコードが，ほぼそのまま動く
- 玄界のメリット⑤安価！
 - 大量の条件で回しやすい
- 研究成果：
 - 国際会議ICDAR2025で発表済み
 - タイトル：Inverse Scene Text Removal

学習データへの正解ラベル付け（アノテーション）を、 AI (Vision-Language Model, VLM) に手伝わせる

- 人間とAIが協調しつつ、正解ラベル付けを行う



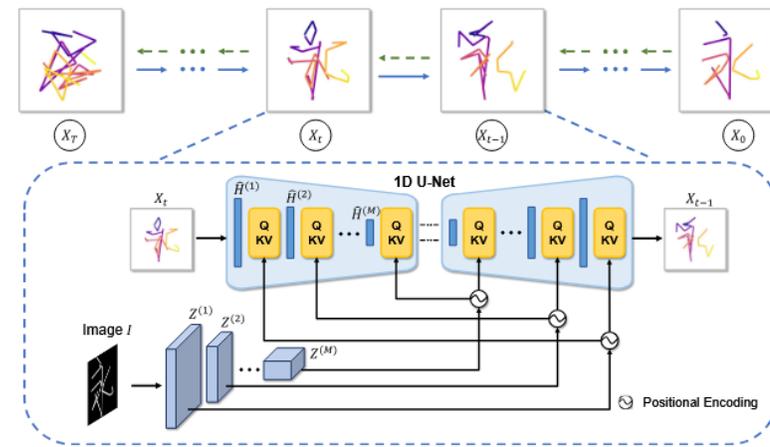
- 「人間にはラベル付けは高コストだが正確」「AIによるラベル付けは低コストだが不正確」という異なる性質を適切にバランスさせることが重要
- 研究成果：
 - 国際会議ICIP2026に論文投稿済み
 - タイトル：Leveraging Vision-Language Models as Weak Annotators in Active Learning

手書き文字画像から筆順を復元する

- 失われた時間情報を推定するという、非常に困難な逆問題
 - 特に漢字のような多画文字は難しい
- 生成AI (拡散モデル) で解決！
- 使用した「画像条件付き」時系列生成拡散モデル

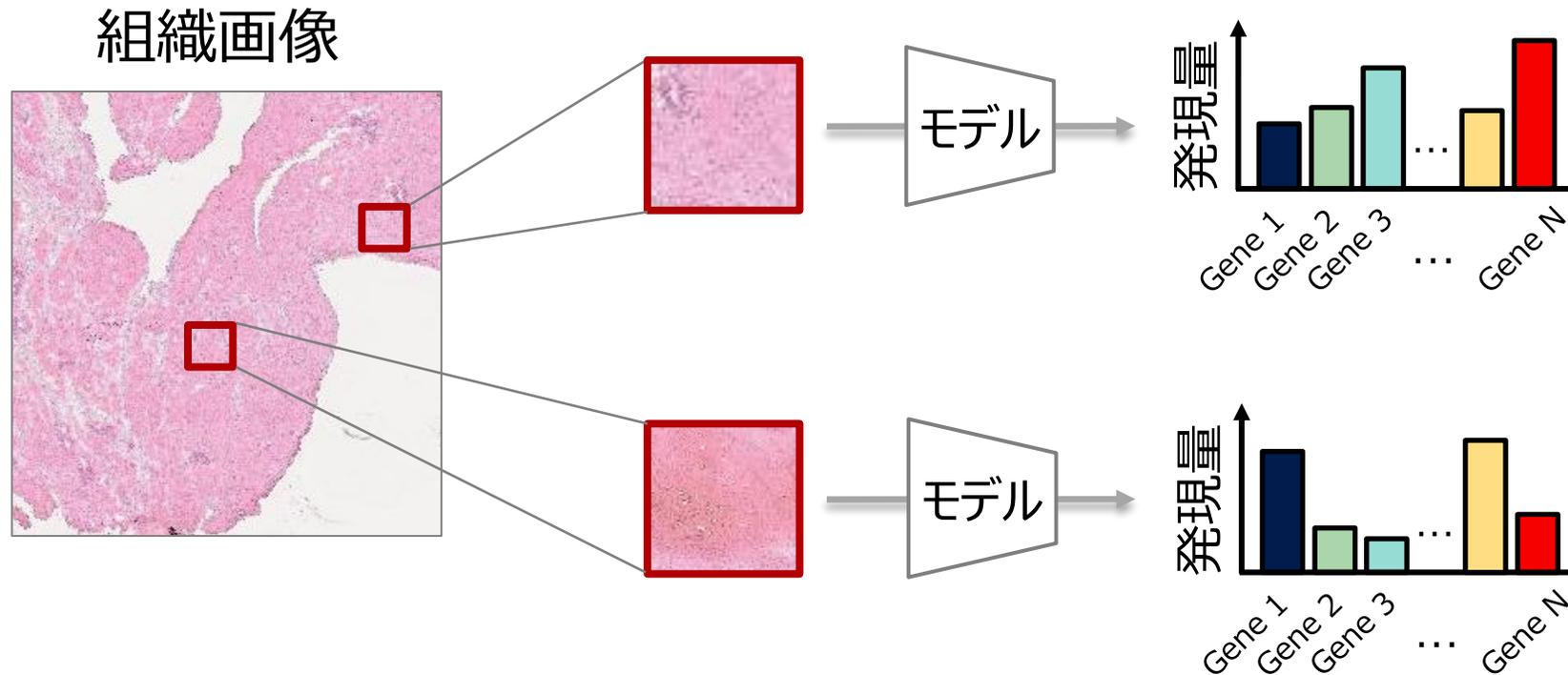
入力				
推定結果				
正解				
拡大	推定結果			
	正解			

推定時系列順に着色



- 研究成果：
 - 国際会議ICDARに論文投稿中
 - タイトル：Handwriting Trajectory Recovery with Diffusion Models

病理組織画像の各部分について、 遺伝子発現量を推定



- 画像から推定できれば、発現量測定コストの削減に貢献

- 研究成果: TBA



まとめ

- 玄界の特徴
 - CPUとGPUのバランス型
 - 比較的大規模なホストメモリ容量
- 玄界の活用事例
 - 幅広い分野で活用
 - 第一原理計算（川添先生@東北大、佐原先生@NIMS、大野先生@横浜国立大）
 - 乱流解析（北村先生@長崎大）
 - 流体音解析（深川様@DeepFlow社）
 - 遺伝子解析（長崎先生@九州大）
 - 大規模言語モデルの動作原理解析（清水先生@東北大）
 - 画像学習（内田先生@九州大）



今後の見通し

- ローカルLLM環境の需要
 - 従来の玄界利用者の分野以外からの高い関心
 - 社会、法学、経済、農業、など
 - 現在の玄界に不足している要素
 - ハード：推論向け低精度実数演算性能
 - ソフト：RAG構築・管理など
 - 運用：常設LLM推論環境
- 次回システム更新（2030年予定）に向けて
 - AI for Science
 - AI向け環境整備
 - Science, Science for AI
 - Science向け環境維持



FP64性能の価格高騰

- The Next Platformの記事

"Driving HPC Performance Up Is Easier Than Keeping The Spending Constant:"

<https://www.nextplatform.com/hpc/2025/12/10/driving-hpc-performance-up-is-easier-than-keeping-the-spending-constant/1689619>

- "If you can get them to budget four times the computer because it will be doing GenAI half the time, then you still end up with twice the HPC performance"

Supercomputer	Peak Tflops	\$/Teraflops	Perf Relative To Cray IA	Cost Relative To Cray IA	\$200 M Tflops
Cray IA	0.00016	\$230,042,160,375	1	1.00	0.00087
Cray X-MP/48	0.00083	\$55,190,005,714	5	1.25	0.00362
Intel ASCI Red	1.3	\$55,239,758	8,125	1.95	3.6
IBM ASCI Blue Pacific	3.8	\$38,036,160	23,750	3.93	5.3
SGI ASCI Blue Mountain	3.1	\$60,063,750	19,200	5.01	3.3
IBM ASCI White	12.3	\$12,662,545	76,875	4.23	15.8
NEC Earth Simulator	40	\$12,192,941	250,000	13.25	16.4
Compaq ASCI-Q	20.5	\$9,979,342	128,000	5.55	20.0
IBM ASCI Purple	100	\$1,288,650	622,500	3.49	155
IBM BlueGene/L	596	\$409,168	3,725,000	6.63	489
Cray Red Storm	124	\$931,569	775,000	3.14	215
IBM Roadrunner	1,100	\$126,971	6,875,000	3.79	1,575
Cray Jaguar	2,600	\$82,816	16,250,000	5.85	2,415
NUDT Tianhe-1A	4,701	\$21,508	29,381,250	2.75	9,299
IBM Power 775	10,900	\$153,264	68,125,000	45.39	1,305
Fujitsu K	10,510	\$105,967	65,687,500	30.26	1,887
IBM BG/Q Sequoia	20,100	\$13,573	125,625,000	7.41	14,735
Cray Blue Waters	13,300	\$15,426	83,125,000	5.57	12,965
Cray Titan	27,113	\$3,904	169,456,250	2.88	51,227
Fujitsu Oakleaf-FX	1,130	\$30,904	7,062,500	0.95	6,472
Fujitsu PrimeHPC	23,000	\$31,097	143,750,000	19.43	6,431
NUDT Tianhe-2	54,902	\$7,646	343,137,500	11.40	26,158
Total Pangea 2	6,700	\$12,320	41,875,000	2.24	16,234
Cray Trinity	43,903	\$4,232	274,393,750	5.05	47,259
Cray Cori	30,000	\$2,492	187,500,000	2.03	80,272
IBM Summit	207,000	\$1,032	1,293,750,000	5.80	193,857
IBM Sierra	125,000	\$1,068	781,250,000	3.63	187,301
Intel/Cray Aurora	180,000	\$1,022	1,125,000,000	5.00	195,671
Fujitsu Fugaku	537,210	\$2,234	3,357,562,500	32.60	89,535
Intel/Cray Aurora A21 2018	1,000,000	\$400	6,250,000,000	10.87	500,000
HPE Frontier 2019	1,500,000	\$333	9,375,000,000	13.58	600,000
HPE El Capitan 2019	1,500,000	\$333	9,375,000,000	13.58	600,000
HPE Frontier	1,679,820	\$357	10,498,875,000	16.30	559,940
Intel/HPE Aurora A21	1,980,010	\$101	12,375,062,500	5.43	1,980,010
Inflection AI/CoreWeave	748,000	\$1,825	4,675,000,000	37.09	109,597
Microsoft/OpenAI	850,000	\$1,425	5,312,500,000	32.90	140,380
HPE El Capitan	2,821,110	\$213	17,631,937,500	16.30	940,370
xAI Colossus	3,350,000	\$1,194	20,937,500,000	108.68	167,500
Atos Jupiter Booster	1,226,280	\$408	7,664,250,000	13.58	490,512
Dell Horizon	300,000	\$667	1,875,000,000	5.43	300,000
Oracle Solstice	4,500,000	\$1,333	28,125,000,000	163.01	150,000
HPE Discovery	6,800,000	\$588	42,500,000,000	108.68	340,000



GPUにおけるFP64性能の動向

・エネルギー省科学担当次官ダリオ・ギル氏のインタビュー (HPC Wire Japan)

<https://www.hpcwire.jp/archives/102997>

- 「(AMDとNVIDIAの) 両社ともFP64への強いコミットメントを示し、継続すると表明した」
- 「我々にとってこれは非常に重要だ。なぜなら、これを代替と見なししていないからだ。これらは補完的な関係にある。」

・NVIDIAのブログ記事

<https://developer.nvidia.com/blog/inside-the-nvidia-rubin-platform-six-new-chips-one-ai-supercomputer/>

Feature	Hopper GPU	Blackwell GPU	Rubin GPU
FP32 vector (TFLOPS)	67	80	130
FP32 matrix (TFLOPS)	67	227*	400*
FP64 vector (TFLOPS)	34	40	33
FP64 matrix (TFLOPS)	67	150*	200*

Table 3. NVIDIA GPU FP32 and FP64 compute capability
*Peak performance using Tensor Core-based emulation algorithms

HPC WIRE JAPAN
世界のスーパーコンピュータとそれを動かす人々

eNewsletter
購読登録

検索
Search this site

HOME 記事 特集記事 Topics 技術資料ダウンロードサービス Events eNewslet

PLUTNUM
3月 2, 2026
ジェネシス計画：FP64性能で尾崎スキームに大きく依存
HPCWire Japan

オリジナル記事「Genesis Mission Will Lean Heavily on Ozaki Scheme for FP64 Capability」

エネルギー省科学担当次官ダリオ・ギルは先週 HPCWireに対し、最新世代のGPUはAIワークロードに適した低精度性能を重視しているが、64ビット浮動小数点 (FP64) のような高精度計算は、ジェネシス計画とAIによる科学的発見の加速という目標にとって依然として「極めて重要」だと述べた。

「[AMD CEO]リサ・シュウと[エヌビディア CEO]ジェンセン・ファンとの双方との議論で、両社ともFP64への強いコミットメントを示し、継続すると表明した」とギルは先週のインタビューで語った。「我々にとってこれは非常に重要だ。なぜなら、これを代替と見なししていないからだ。これらは補完的な関係にある。」

科学計算の基盤となってきたモデリング・シミュレーションのワークロードを支える高性能ハードウェアと、新たなAI技術のための性能の両方が重要だとギルは述べた。さらに、これら二つの計算手法が連携し、AIを活用した科学技術における限界突破を目指すジェネシス・ミッションの目標を支えるに付け加えた。

「高精度で動作する高忠実度シミュレーションコードがある。そのコードを検証後、基礎として訓練用サンプルを生成し、サロゲートモデルを訓練する。最終的にAIスーパーコンピュータで実行するのだ」とギルは述べた。「生産性や解決までの時間において、しばしば10倍、20倍、100倍のメリットが得られる。」

AIモデルによる生産性向上は膨大だが、実験・シミュレーション・訓練で構成されるループを維持することが前提だと彼は付け加えた。

「このループを断ち切り『シミュレーションコードはもう使わない』と言えば、問題が生じる。実験データだけではこのプロセスを完了させられないからだ」とギルは語った。「我々に与えられなければならない重要な」

GOLD
NVIDIA
計算科学
ORACLE
SCALITY

SILVER
HPC SOLUTIONS

HPCの歩み50年記事一覧

エネルギー省科学担当次官ダリオ・ギルが先週 HPCWireとの対談で語った



HPC研究者（およびHPCセンター）の役割

- Bill Gropp氏のインタビュー (HPC Wire)

<https://www.hpcwire.com/2025/11/21/whats-next-for-bill-gropp/>

- “For HPC researchers, this is a great time, because there’s all sorts of things to explore, all sorts of new ideas, all sorts of opportunities”
- “For computational scientists who have an established code, this is a scary time because they’ll probably have to rewrite it, maybe several times. ”

- 美添先生@九州大 (Talk at SCA/HPCAsia2026)

Our Strategy: “Bottom-up” Insight

- We need to use advanced users as “Sensors”
- Gathering demands directly from the field.

- 利用者支援、人材育成

- トライアルユース、各種講習会、GPUミニキャンプ、など
- HAIRDESCに協力機関として参画