

スーパーコンピュータによる 線状降水帯の予測

AYSA西部部会会員 神戸大学名誉教授
薄井洋基

線状降水帯の最近の報道

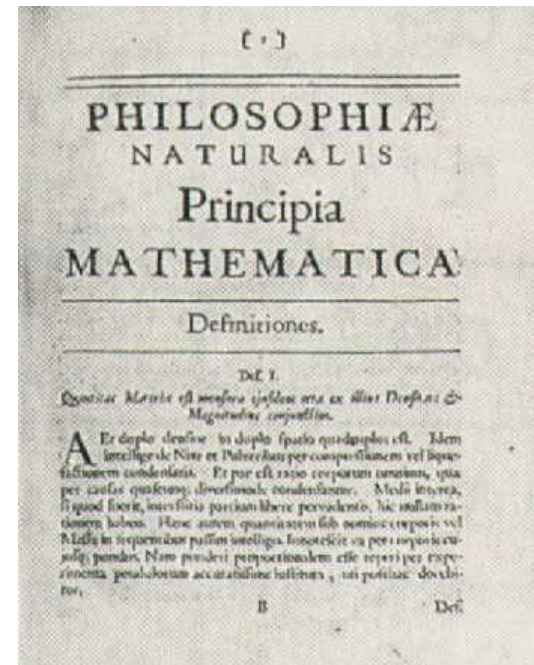
- 読売新聞 2026年3月11日 報道の要約
- 「線状降水帯 3時間以内予測」
- 5月下旬から 気象庁 直前予測 的中率50%
- 気象庁は約12時間前にしらせる「半日前予測」を2022年から、都道府県単位で発表している。
- 5月からは、例えば「神奈川県東部」などと更に細かな区域単位で予報し、マップ上では20km四方の格子で大まかな地域を示すようになる。

知っておきたい基本的な情報

- 未来の気象情報を予測する原理とは？
⇒ ニュートンの運動方程式からN-S式へ
- 正確な予測を行うための条件は？
⇒ 初期条件と境界条件が正確であること
- 具体的な計算を行うためのツールは？
⇒ スーパーコンピューターが必要
- 線状降水帯予測に限らず将来予測を行う際の困難について

未来の気象情報を予測する原理とは？

サー アイザック ニュートン (1642-1727)
1687年 プリンピキア 出版



ニュートンの運動方程式

$$F=ma$$

$$(力) = (質量) \times (加速度)$$

オイラー (1750年代)

非粘性流体に対してニュートンの運動方程式を適用
働く力は圧力差のみ



Euler Equations

Glenn
Research
Center

2 - Dimensional, Steady Form:

Coordinates: (x,y)	Continuity:	$\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} = 0$
Velocity Components: (u,v)	X - Momentum:	$\frac{\partial(\rho u^2)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho uv)}{\partial y} = - \frac{\partial p}{\partial x}$
Pressure: p	Y - Momentum:	$\frac{\partial(\rho uv)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v^2)}{\partial y} = - \frac{\partial p}{\partial y}$
Density: ρ		

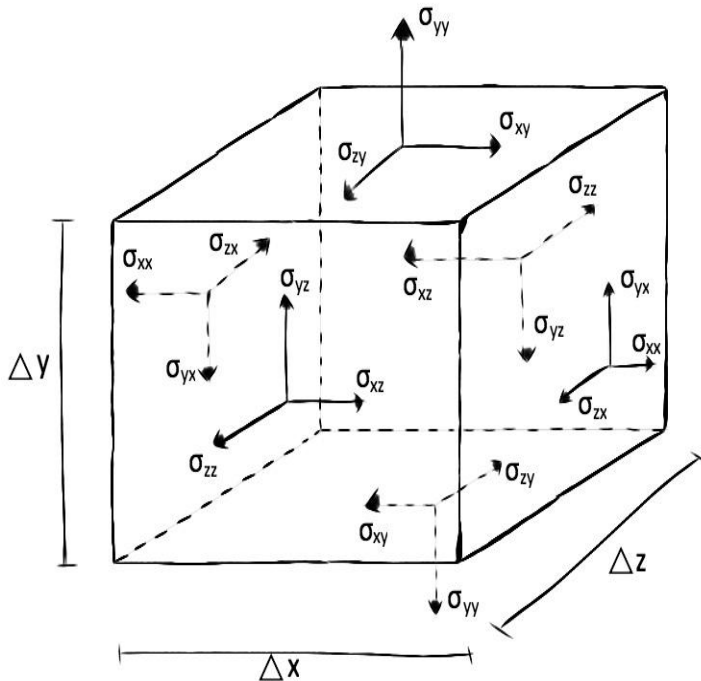
Incompressible Form:

Continuity:	$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0$
X - Momentum:	$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x}$
Y - Momentum:	$u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y}$

コーシー (1822年)

ニュートンの運動方程式を「連続体」に適用
連続体の中の微小エレメントに対してニュートンの運動方程式を適用した。

式の左辺は質量×加速度、右辺は力を現わす。
エレメントに働く応力をテンソルで表現して定式化したことが、革新的であった。



$$\rho \frac{D\mathbf{v}}{Dt} = \nabla \cdot \boldsymbol{\sigma} + \mathbf{f}$$

未来の気象情報を予測する原理とは？

ナビエ-ストークス方程式

コーシーの方程式に純粘性流体の粘性法則を適用して導出したナビエとストークスによって独立に導かれた(1845)

C. L. M. H. Navier, "Mémoire sur les lois du mouvement des fluides," *Mémoires Acad. Roy. Sci. Inst. France*, **6**, pp.389-440 (1823)

G. G. Stokes, "On the Theories of the Internal Friction of Fluids in Motion, and of the Equilibrium and Motion of Elastic Solids," *Trans. Camb. Phil. Soc.*, **8**, pp.287-319(1845)

非圧縮性流れ (incompressible flow) $\rho = \text{const.}$ の場合、ナビエ-ストークス方程式は

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + (\mathbf{v} \cdot \nabla) \mathbf{v} = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \nu \nabla^2 \mathbf{v} + \mathbf{F}$$

と簡単化される。ここで $\nu := \mu/\rho$ は動粘性係数である。各項はそれぞれ、

- 左辺 - 第1項：時間[微分]項、第2項：移流項(対流項)
- 右辺 - 第1項：圧力項、第2項：粘性項(拡散項)、第3項：外力項と呼ばれる。

数値流体力学計算に用いる式

連続の式(質量保存)

$$\nabla \cdot (\rho \vec{v}) = 0$$

Navier-Stokes方程式(運動量収支)

$$\nabla \cdot (\rho \vec{v} \vec{v}) = -\nabla p + \nabla \cdot \vec{\tau} + \rho \vec{g}$$

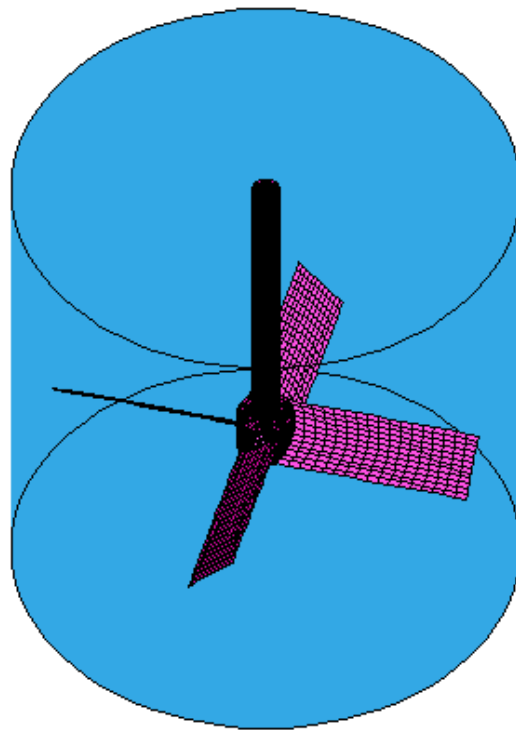
熱収支

$$\nabla \cdot (\rho \vec{v} h) = \nabla \cdot \vec{q} + \nabla \cdot \left(RT \sum_i \frac{D_i^T}{m_i} \nabla (\ln f_i) \right) + \sum_i \frac{H_i}{m_i} \nabla \cdot j_i - \sum_i \sum_{k=1} H_i v_{ik} (R_k^g - R_{-k}^g)$$

物質収支

$$\nabla \cdot (\rho \vec{v} \omega_i) = -\nabla \cdot j_i + m_i \sum_k v_{ik} (R_k^g - R_{-k}^g)$$

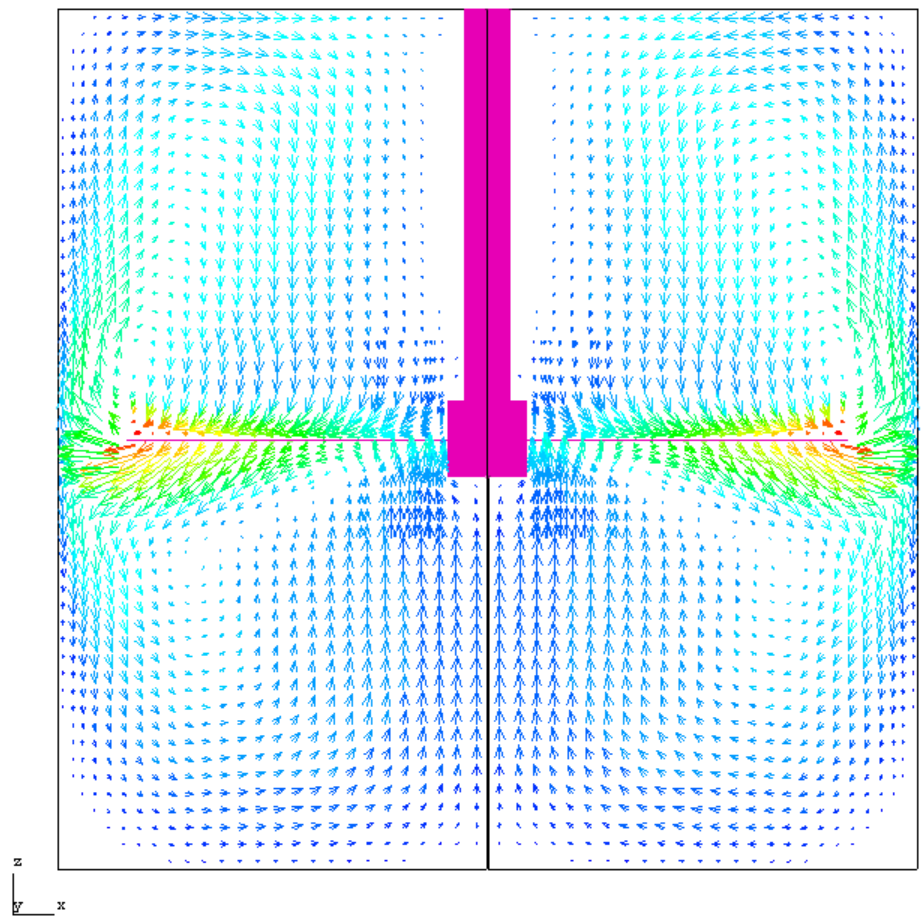
ナビエ-ストークス方程式
の解を得るためには計算
領域を細かい格子で組み
立てる。
また、初期条件と境界条件
が必要



4枚ピッチドパドル

2.125550 →

格子の切り方の例



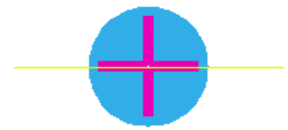
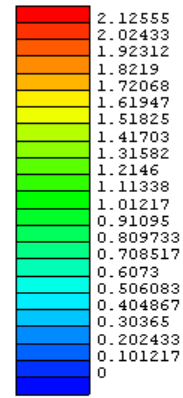
RFLOW

Slurry_65wt%(Kobe_U_330rpm)
Flow Velocity

Time Step: 0
Time : 1.09091

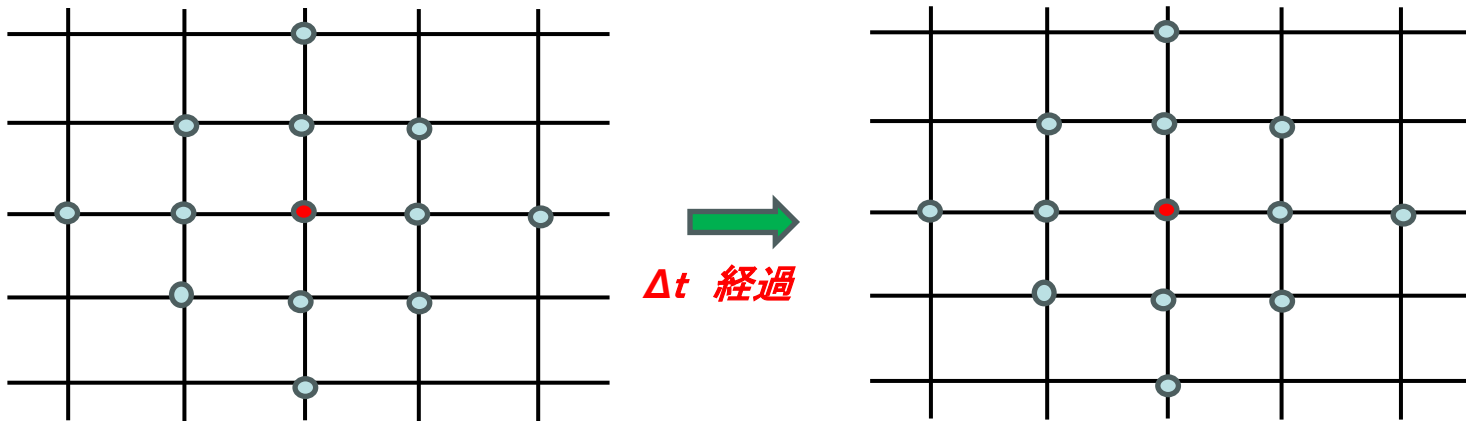
Display Section
Theta = 0.00

Max = 2.12555
Min = 0



微小時間 Δt 経過後の速度 Δv の計算

$$\Delta v / \Delta t = -(\text{移流項}) + (\text{働く力の和})$$

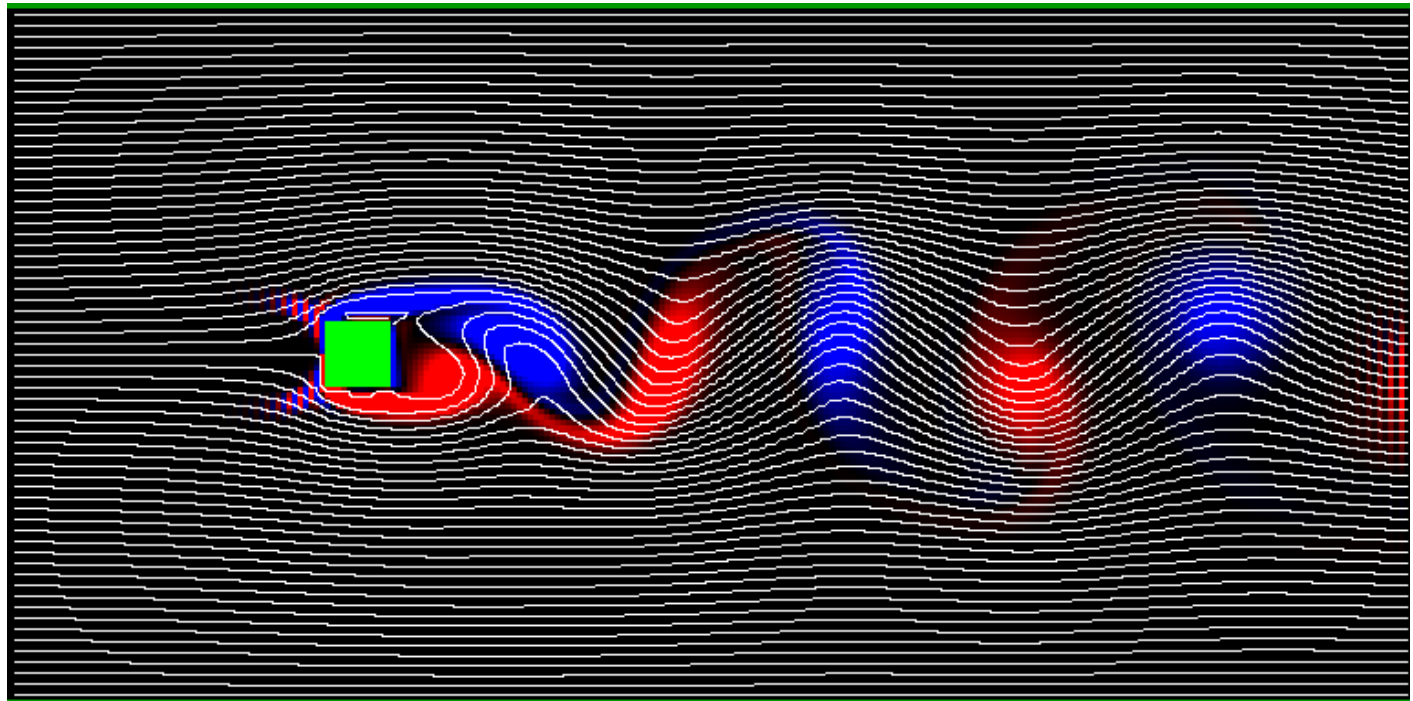
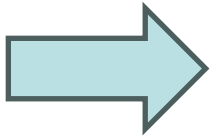


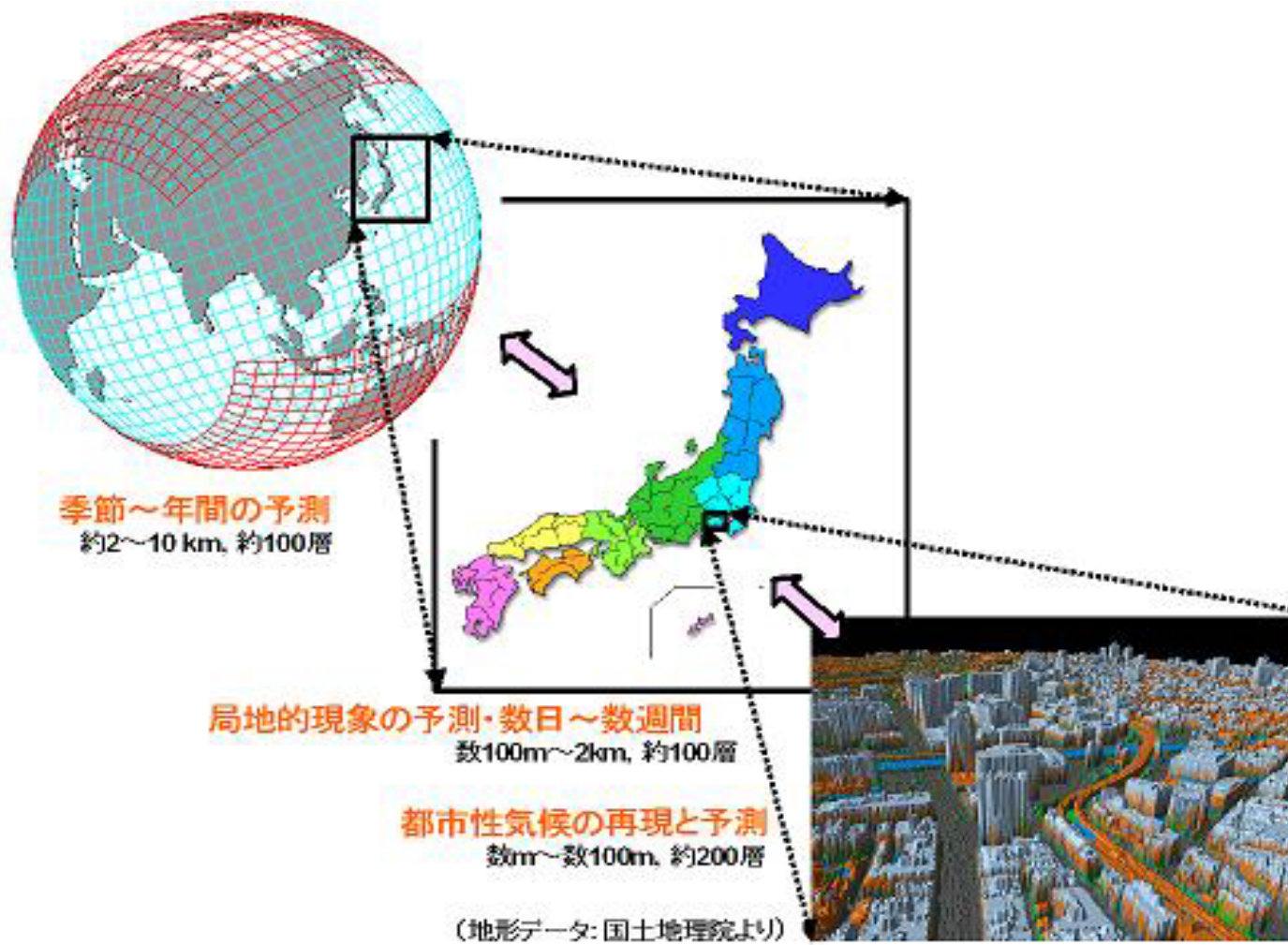
赤丸の格子点の速度や周囲の格子点の速度情報について、全てナビエーストークス式を満足する解が与えられている

周囲の青い格子点の情報を用いて、ナビエーストークス式を解いて、 Δt 経過後の赤丸の格子点の速度を計算する。このプロセスを順次周囲の格子点にも適用する

物体を過ぎる一様流の解 (境界条件と初期条件の与え方に 注意)

一様流





地球の直径＝
12742km
赤道面の周囲長さ＝
40000km
赤道上の格子点数＝
4000
経度、緯度方向に同
数の格子を切り高さ方
向に100層で格子を切
ると
Totalの格子数は 16
億個になる

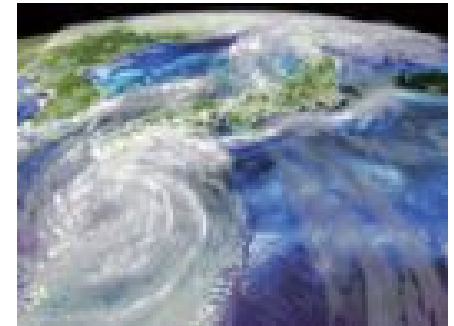
→各格子点でナビエ-
ストークス方程式及び
熱収支式 物質移動
の収支式等の連立偏
微分方程式を同時に
満足する解を得て、こ
れを時間ステップを進
めて未来の予測を行う
計算が必要

正確な予測を行うための条件は？

- 初期条件と境界条件が正確であること
あらゆる地点の気象条件を把握することは困難
- 地表面あるいは海水面からの熱移動、物質移動のモデルが正確であること
- 流れは基本的に乱流であり、適切な乱流モデルを用いる必要がある。
- 乱流は非線形現象であり、カオスにより未来予測は不確定性を含むので、特に長時間予測においては注意を要する。

地球シミュレータ

海洋研究開発機構
(横浜)
2002年



NECの開発したスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」は、2002年に、海洋研究開発機構 地球シミュレータ研究開発センターで稼働開始した。主に地球温暖化予測や地球内部変動の分析などに利用されている。ベクトル型スーパーコンピュータであり、8個のプロセッサを搭載したノードが640台接続されている。36TFLOPSの処理速度は、2002年6月から2004年6月にIBMの「Blue Gene」が登場するまでの間、TOP500で1位であった。

地球シミュレータ 計算速度
実効性能 **35.86TFLOPS**

FLOPS

- 1秒間に15桁の演算を実行できる回数
- 例えば 1flopsは $\pi = 3.14159\ 26535\ 8979 \times \pi$
 $= 3.14159\ 26535\ 8979$ を1秒で実行できる計算能力
- 人間は、大体1000秒程度かかる
- すなわち1ミリflops
- 1の1000倍 = 1キロflops その1000倍が1メガflops、その1000倍が1ギガflops、その1000倍が1テラflops、その1000倍が1ペタflops

単位の前につく接頭語

10の累乗倍	記号	読み	日本語	具体的な数字
10^{24}	Y	ヨタ	1子	1,000,000,000,000,000,000,000,000
10^{21}	Z	ゼッタ	10垓	1,000,000,000,000,000,000,000,000
10^{18}	E	エキサ	100京	1,000,000,000,000,000,000,000,000
10^{15}	P	ペタ	1000兆	1,000,000,000,000,000,000,000,000
10^{12}	T	テラ	1兆	1,000,000,000,000,000,000,000,000
10^9	G	ギガ	10億	1,000,000,000,000,000,000,000,000
10^6	M	メガ	100万	1,000,000,000,000,000,000,000,000
10^3	k	キロ	1千	1,000,000,000,000,000,000,000,000
10^2	h	ヘクト	1百	100,000,000,000,000,000,000,000
10^1	da	デカ	十	10,000,000,000,000,000,000,000
10^0				1,000,000,000,000,000,000,000
10^{-1}	d	デシ	十分の1	0.1,000,000,000,000,000,000,000
10^{-2}	c	センチ	百分の1	0.01,000,000,000,000,000,000,000
10^{-3}	m	ミリ	千分の1	0.001,000,000,000,000,000,000,000
10^{-6}	μ	マイクロ	百万分の1	0.000001,000,000,000,000,000,000,000
10^{-9}	n	ナノ	10億分の1	0.000000001,000,000,000,000,000,000,000
10^{-12}	p	ピコ	1兆分の1	0.000000000001,000,000,000,000,000,000,000
10^{-15}	f	フェムト	1000兆分の1	0.000000000000001,000,000,000,000,000,000,000
10^{-18}	a	アト	100京分の1	0.000000000000000001,000,000,000,000,000,000,000

計算速度の比較

- 光速度 = 299 792 458 m / s = 約30万km/s
= 約300メガm/s = 0.3ギガm/s
- 人間の計算速度 = 約1ミリflops
- パソコンの計算速度 = 約1ギガflops
- スパコン 地球シミュレータ = 約 36テラflops
- スパコン 「京」 = 10^6 テラflops
- スパコン 「富岳」 = 420^6 テラflops

スーパーコンピュータの計算能力

CRAY-1: 160MFLOPS (倍精度, 理論ピーク性能値)

地球シミュレータ (第1世代): 35.86TFLOPS (倍精度64ビット, LINPACKベンチマーク実測値)

TSUBAME (第1世代): 87.01TFLOPS (倍精度, LINPACK実測値)

T2Kオープンスパコン: 101.74TFLOPS (倍精度, LINPACK実測値)

地球シミュレータ (第2世代): 122.40TFLOPS

Blue Gene/L: 478.2TFLOPS

IBM Roadrunner: 1.105PFLOPS (倍精度, LINPACK実測値)

TSUBAME 2.0: 1.192PFLOPS (倍精度, LINPACK実測値)

天河一号A: 2.566PFLOPS

京: 10.51PFLOPS (LINPACK の実測値。実行効率 93.2%)

IBM Sequoia: 16.32PFLOPS (倍精度, LINPACK実測値)

天河二号: 33.86PFLOPS (倍精度, LINPACK実測値)



クラスターの施設群

- 1 理化学研究所
発生・再生科学総合研究センター(CDB)
- 2 先端医療センター(IBRI)
- 3 神戸国際ビジネスセンター(KIBC)
- 4 神戸バイオテクノロジー研究・人材育成センター/
神戸大学インキュベーションセンター
- 5 神戸バイオメディカル創造センター(BMA)
- 6 神戸臨床研究情報センター(TRI)
- 7 神戸キメックセンタービル(KIMEC)
- 8 理化学研究所
ライフサイエンス技術基盤研究センター(CLST)*
- 9 神戸健康産業開発センター(HI-DEC)
- 10 神戸インキュベーションオフィス(KIO)
- 11 神戸医療機器開発センター(MEDDEC)
- 12 神戸ハイブリッドビジネスセンター(KHBC)
- 13 高度計算科学研究支援センター
- 14 国際医療開発センター(IMDA)
- 15 神戸市立医療センター 中央市民病院
- 16 市民病院前ビル
- 17 理化学研究所 スーパーコンピュータ「京」

* H25.4.1 分子イメージング科学研究センターより名称変更



■神戸低侵襲がん医療センター 神戸学院大学
放射線治療と化学療法による、切らずに治すがん治療の専門病院。



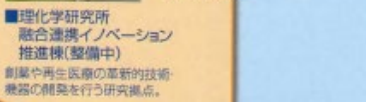
■神戸市立医療センター 中央市民病院
クラスター内の臨床部門の中心として、2011年7月開院。



■理化学研究所 スーパーコンピュータ「京」
理化学研究所の神戸3番目の施設。産業界向け「コン」(FOCUS)が構築されています。



■神戸国際フロンティアメディカルセンター病院 (KIFMEC)(整備中)
内視鏡治療など特定分野に特化した高度専門病院。



■理化学研究所 融合連携イノベーション推進棟(整備中)
創薬や再生医療の革新的技術機器の開発を行う研究拠点。

PORT ISLAND

関西国際空港へ
(神戸-関西エアシャトル)



**神戸市立医療センター
中央市民病院**

クラスター内の臨床部門の中心として、2011年7月開院。



提供: 理化学研究所

**理化学研究所
スーパーコンピュータ「京」**

理化学研究所の神戸3番目の施設。産業界向けス「京」FOCUS」が稼働しています。



- 14 国際医療開発センター (IMDA)
- 15 神戸市立医療センター 中央市民病院
- 16 市民病院前ビル
- 17 理化学研究所 スーパーコンピュータ「京」

※ H25.4.1 分子イメージング科学研究センターより名称変更



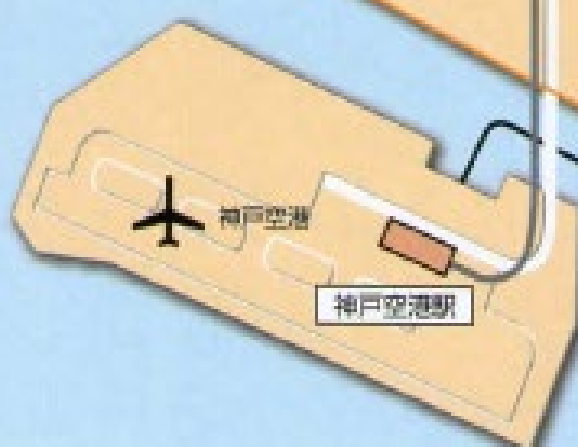
**神戸国際フロンティア
メディカルセンター病院
(KIFMEC) (整備中)**

内視鏡治療など特定分野に特化した高度専門病院。



**理化学研究所
融合連携イノベーション
推進棟 (整備中)**

創薬や再生医療の革新的技術・機器の開発を行う研究拠点。



関西国際空港へ
(神戸-関空ペイシャトル)

PORT ISLAND

次世代スパコン 神戸に拠点

産官学で米対抗

理 研

国が世界最速の計算速度を目指して開発する次世代スーパーコンピュータの建設地が神戸市に決まった。開発主体の理化学研究所が二十八日正式発表した。二〇〇七年度中に着工、一〇年度の完成を目指す。現在、NECや日立製作所、富士通が設計を進めており、近くメーカーを選定する見通し。高速スパコンの開発競争で米国の後じんを押している日本が、産官学挙げて再びトップの座を狙う。

次世代スパコンは文部科学省が〇六年度から一

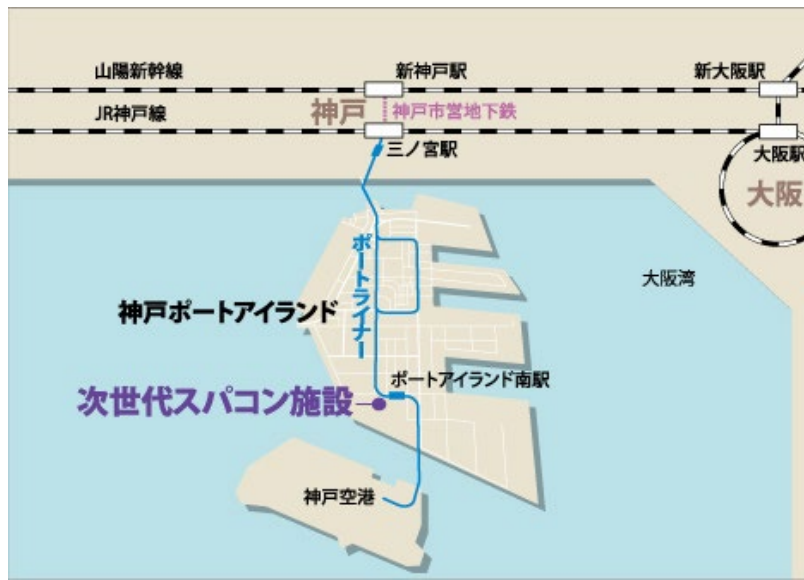
二年度まで総額千五百四十億円を投じる国家プロジェクト。建設地を巡って仙台市や大阪市など全国十五カ所が誘致合戦を繰り広げていたが、研究環境や建設・運用コストなどを総合評価して理研は神戸を選んだ。ポートアイランド（神戸市中央区）第二期内にある広さ四万平方メートルの敷地に建設する。

開発する次世代スパコンは、一秒間に十億（10億）は千兆（1000億）回の演算性能が目標。現在、世界最速なのは米IBMが開発した「ブルーシーン」の二百

八十億（200億）のため、三十倍以上の速さを目指すことになる。製薬会社や材料メーカーなどが、高度なシミュレーション（模擬実験）が実施できるようにする。

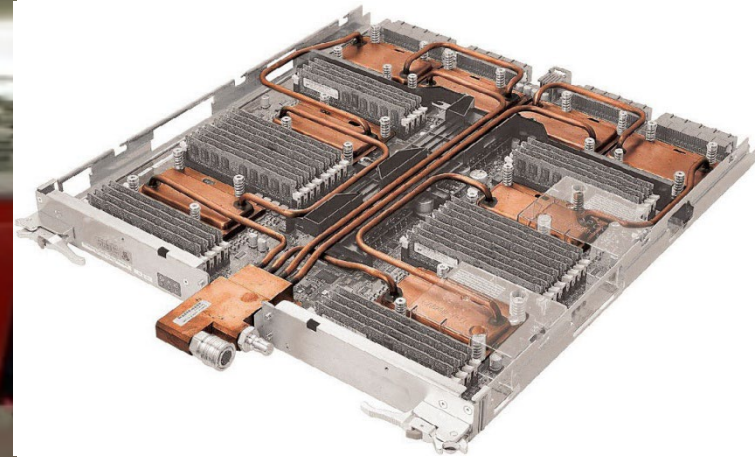
現在、NEC・日立と、富士通の二チームが、演算処理装置などの中核機能を設計中。三月末までにメーカーとなるチームを選ぶ予定だったが、〇七年度以降にずれ込む見通しだ。理研の坂田東一理事は二十八日の記者会見で、両チームによる共同開発も検討していることを明らかにした。

スーパーコンピュータ 京 および計算科学研究機構



スーパーコンピュータ「京」の消費電力

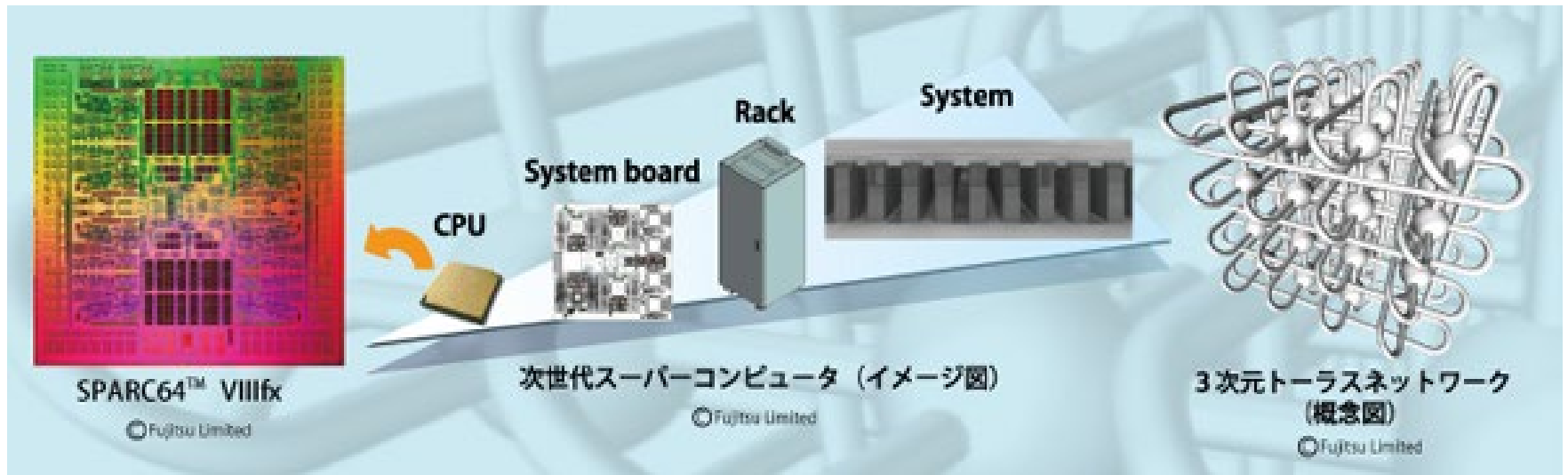
- 京の消費電力：本体10MW，ファイルシステム、冷却装置も含めると30MWです。
- 京の冷却方式：水冷方式





800筐体(ラック)
× 24ボード
× 4CPU
=76,800ノード

即ち、76,800台の高速CPUが同時にそれぞれの割り当てられた計算を並列で行い、CPU間でのデータのやり取りを行い、結果を記憶装置から出し入れをする。



システム構成と特徴】

- 45nm半導体プロセス技術によるスカラ型CPU (SPARC64™VIIIfx、8コア、128ギガFLOPS)を採用。高性能化・大規模化のための機能として、CPUが扱う細かいデータ単位を複数個まとめて扱えるよう拡張するとともに、データ一貫性のためのチェック・訂正及び再実行の機能を随所に備え、アプリケーション実行の高性能化・信頼性向上に寄与。
- 計算ノード間ネットワークには、構成の柔軟性・拡張性が高く超大規模接続が可能な直接結合網※2を採用。多次元メッシュ/トーラス結合 (ユーザービューは3次元トーラス※2)を採用することで、ユーザー利便性、耐故障性・運用性の向上に寄与。
- 水冷システムを導入することにより、効率良くシステムを冷却して消費電力を削減するとともに、故障率を低減。
- 数百ペタバイト超級まで拡張可能な高機能・超大規模ファイルシステムを用い、数十ペタバイトのユーザー領域を提供。

京速コンピュータ「京」が世界1位に

—世界最高性能8.162ペタフロップスを達成し、TOP500リストで首位獲得—

平成23年6月20日

独立行政法人 理化学研究所
富士通株式会社

独立行政法人理化学研究所(理事長 野依良治、以下「理研」と富士通株式会社(代表取締役社長 山本正巳、以下「富士通」)は、共同で開発中の[京速コンピュータ「京\(けい\)」※1](#)の性能で、第26回国際スーパーコンピューティング会議ISC'11(ドイツ・ハンブルク開催)にて本日発表された第37回TOP500リストにおいて、第1位を獲得しました。

今回、TOP500リストに登録した「京」のシステムは、現在整備途中段階のもので、672筐体(CPU数68,544個)の構成です。[LINPACK※2](#)(リンパック)ベンチマークでは、世界最高性能の8.162ペタフロップス(毎秒8,162兆回の浮動小数点演算数)を達成し、TOP500リストの首位を獲得しました。また、実行効率は93.0%と高水準の記録を達成しました。

日本のスーパーコンピュータがTOP500リストで第1位となるのは、2004年6月以来のこととなります。

京速コンピュータ「京」が2期連続世界1位に

—世界最高速10.51ペタフロップス、実行効率93.2%で達成—

平成23年11月14日

独立行政法人 理化学研究所
富士通株式会社

独立行政法人理化学研究所(理事長 野依良治、以下「理研」と富士通株式会社(代表取締役社長 山本正巳、以下「富士通」)が共同で開発中の京速コンピュータ「京(けい)」※1は、米国太平洋標準時間14日(日本時間14日)に公開された第38回TOP500リスト※2において、世界最高速と認定され、2011年6月の第37回に続き第1位を獲得しました。今回、TOP500リストに登録した「京」のシステムは、864筐体(CPU数88,128個)の構成で、LINPACK※3性能は10.51ペタフロップス、実行効率は93.2%です。



1 予測する生命科学・医療および創薬基盤

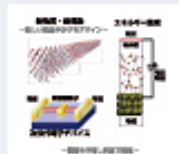
理化学研究所※
(協力組織: 東京大学工学系 / 医科学研究所ほか)



Life science / Drug manufacture

2 新物質・エネルギーの創成

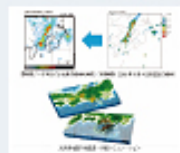
東京大学物性研究所※
分子科学研究所、東北大学金属材料研究所



New materials and Energy Creation

3 防災・減災に資する地球変動予測

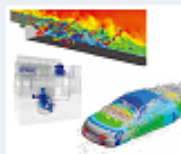
海洋研究開発機構※
(協力組織: 東京大学大気海洋研究所 / 情報学環 / 地震研究所、気象庁気象研究所、東北大学ほか)



Global change prediction
for disaster prevention / reduction

4 次世代ものづくり

東京大学生産技術研究所※
日本原子力研究開発機構、宇宙航空研究開発機構



MONOZUKURI
(Industrial Innovation)

5 物質と宇宙の起源と構造

筑波大学計算科学研究センター※
高エネルギー加速器研究機構、国立天文台



The origin of matter and the universe

登録施設利用促進機関

一般財団法人高度情報科学技術研究機構(RIST)

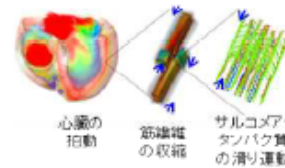
スーパーコンピュータ「京」及びHPCI(*1)共用計算資源の利用研究課題の追加募集を3月14日から5月28日まで行ったところ、全体で81件の応募がありました。そのうち「京」については73件の応募があり、「京」を利用する申請課題の要求計算資源量の合計は、「京」の提供予定資源量(1000万ノード時間積)の4倍以上に達しました。また、産業利用には25件の応募があり、前回募集と比した場合、全体申請件数に占める割合は約1割から約3割へと大幅に増加しています。なお、このうち4件の課題は企業の機密性の高い業務を実施するため、有償(成果非公開)で行われます。

HPCI戦略プログラム 研究成果事例

心疾患のマルチスケール・マルチフィジックスシミュレーション

(研究代表者：東京大学・高木周、久田俊明)

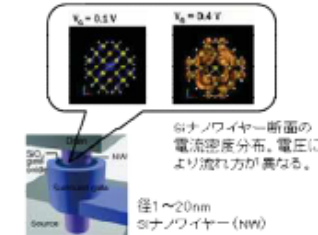
分子の振る舞いから細胞、臓器の動きまでを階層的につないだマルチスケール・マルチフィジックス心臓シミュレーションを実現し、分子の挙動から心臓の拍動を精緻に再現することに成功。心臓の難病の一つである肥大型心筋症の病態メカニズム解明に貢献。



シリコンナノワイヤーの電子状態シミュレーション

(研究代表者：東京大学・押山淳、岩田潤一)

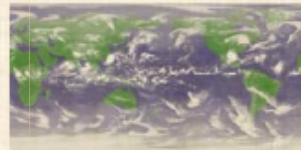
数万個のシリコン原子からなるナノワイヤーの電子状態シミュレーションを世界で初めて実現し、電圧や断面形状により流れる電子の密度分布が異なる等の特性を解明。次世代半導体として期待されているシリコンナノワイヤーのデバイス設計に貢献。



全球雲解像モデルによる気象シミュレーション

(研究代表者：東京大学・木本昌秀、佐藤正樹)

世界初の雲まで解像できる高解像度の気象モデルシミュレーションを実現し、熱帯の巨大積雲群の発生・発達を予測。2週間以上先の天気予報の可能性を切り開くことに成功。

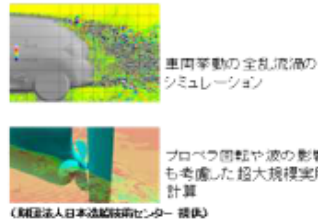


全球雲解像モデルNCAMによる

流体機器の乱流シミュレーション

(研究代表者：東京大学・加藤千幸)

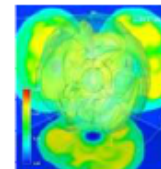
自動車業界やターボ機械業界などと産学連携のコンソーシアムを構築するとともに、従来は実現不可能な細かな格子サイズ(数十~数百億格子)を用いたマイクロからマクロまで一貫した乱流シミュレーションを実現。風洞実験や水槽試験の代替や機器の性能・品質向上に資する定量予測に成功。



超新星爆発シミュレーション

(研究代表者：京都大学・柴田大、国立天文台・滝脇知也)

銀河進化等に関わり、宇宙物理で重要な存在である超新星の機構解明を目指し、世界最高の空間精度で超新星爆発シミュレーションを実現。空間的対称性を仮定した計算では解明できなかった超新星爆発機構を、空間3次元の効果を検討した大規模シミュレーションにより、爆発現象が理論的に再現可能であることを初めて定量的に示すことに成功。



超新星爆発現象に対するシミュレーション
(エントロピー分布を表示)

スパコン「京」を産業利用した主な企業・団体と利用内容

利用企業	内 容
大日本住友製薬	がんや精神疾患向け新薬の候補となる物質の探索
武田薬品工業	化合物とたんばく質の結合の仕方と強さを調査
第一三共	新薬候補の化合物の体内作用を模擬実験
住友ゴム工業	低燃費タイヤ用ゴム素材の構造解析
東洋ゴム工業	自動車タイヤ向けの低燃費ゴム素材の解析
三ツ星ベルト	伝動ベルト用ゴムの補強度合いを確認
竹中工務店	東日本大震災級の地震に対する建物強度をシミュレーション
清水建設	建物の各部にかかる風圧を詳細に解析
トヨタ自動車	エンジン内部の燃料の状態を可視化し燃費削減
本田技術研究所	自動車走行時の騒音発生メカニズムを検証
日本自動車工業会	自動車衝突時の衝撃度を解析、試作車の衝突実験を減らす
コベルコ科研	リチウムイオン電池の性能向上のため、電子の動きを解析
昭和電工	カーボンナノチューブに含まれ、リチウムイオン電池の寿命を縮める原因となる微量物質を解析

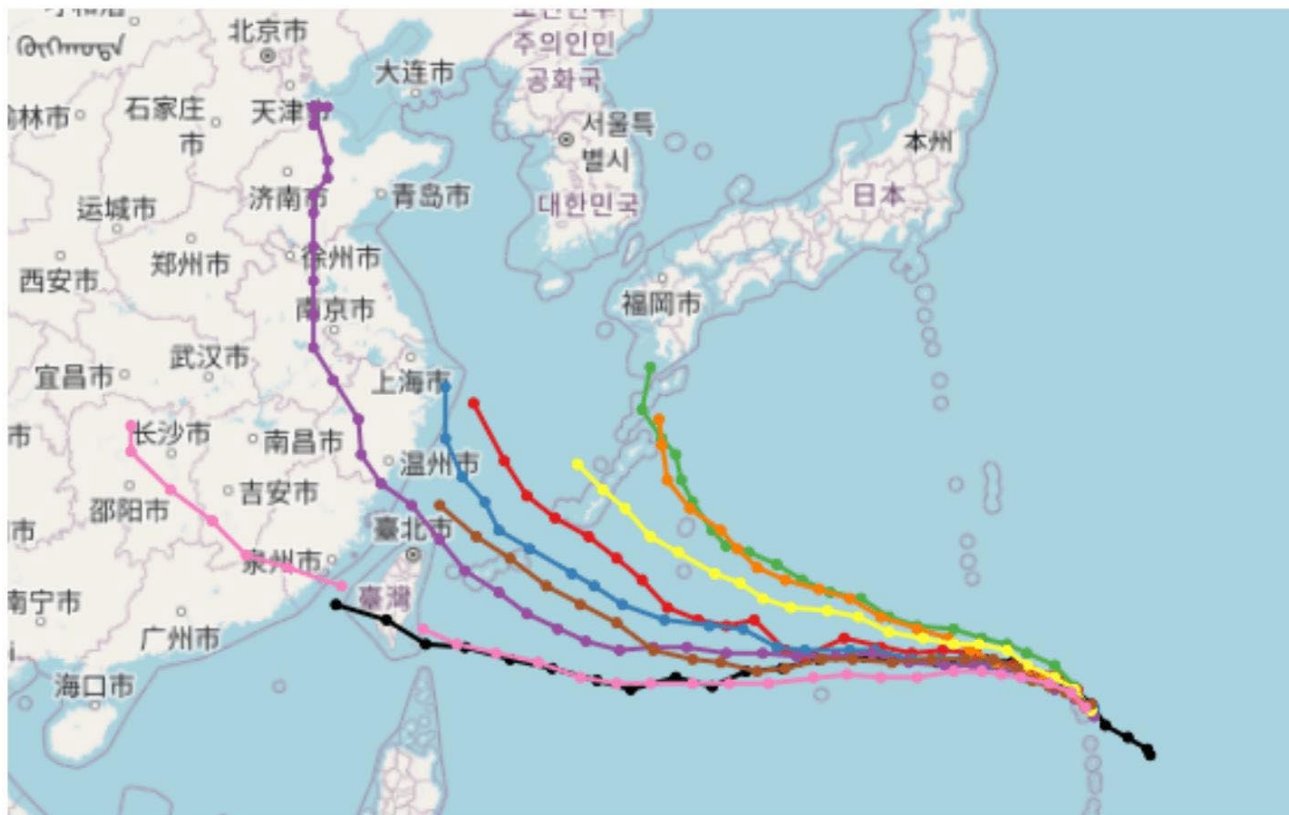
今後のスパコンの方向性

- 国家機関技術としての世界最高速のスパコン(エキサ級リーディングマシーン)の開発は必要
- 「京」と同レベルの専用機の整備(気象予測、もの作り、創薬などの専用機)
- 「京」の技術を生かした、小型機(テラFLOPS級の性能機)の普及 ⇒ 予測する科学の広範囲への適用

線状降水帯の予測

- スパコン「京」を使った線状降水帯の予測
(この後、説明します)
- 「京」以降、目的限定の各種専用スパコンが開発されてきた ⇒ 一例が気象庁の専用スパコン ⇒ 計算速度は2020年で3京、導入経費は80億円程度。
- 「京」の実績から、専用スパコンは数十億円程度で導入可能となった。富岳は京の約40倍の能力を有するが、建設費は1,100億円とされている。

台風進路予測の比較

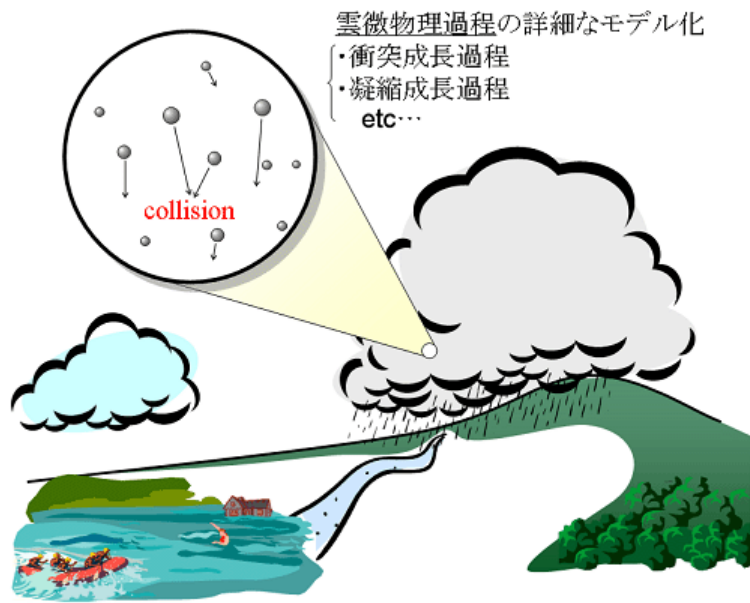


- Ground Truth
- GFS
- ECMWF HRES
- UKMET
- GSM
- ICON
- CMC
- HFSA
- ECMWF AIFS

日本: 気象庁 (JMA)・GSM
米国: GFS (NOAA)、JTWC
欧州: ECMWF
英国: UKMET
ドイツ: ICON

同じスパコンでも、初期条件が少し変わると、異なる予測結果を与えるのが常である。何回も同じ予測計算を行い、例えば50回の結果のアンサンブル平均を予測するのが現状の方法である。

これらは同じ観測データを使いつつも、計算方法や初期条件が異なるため結果が変わる。

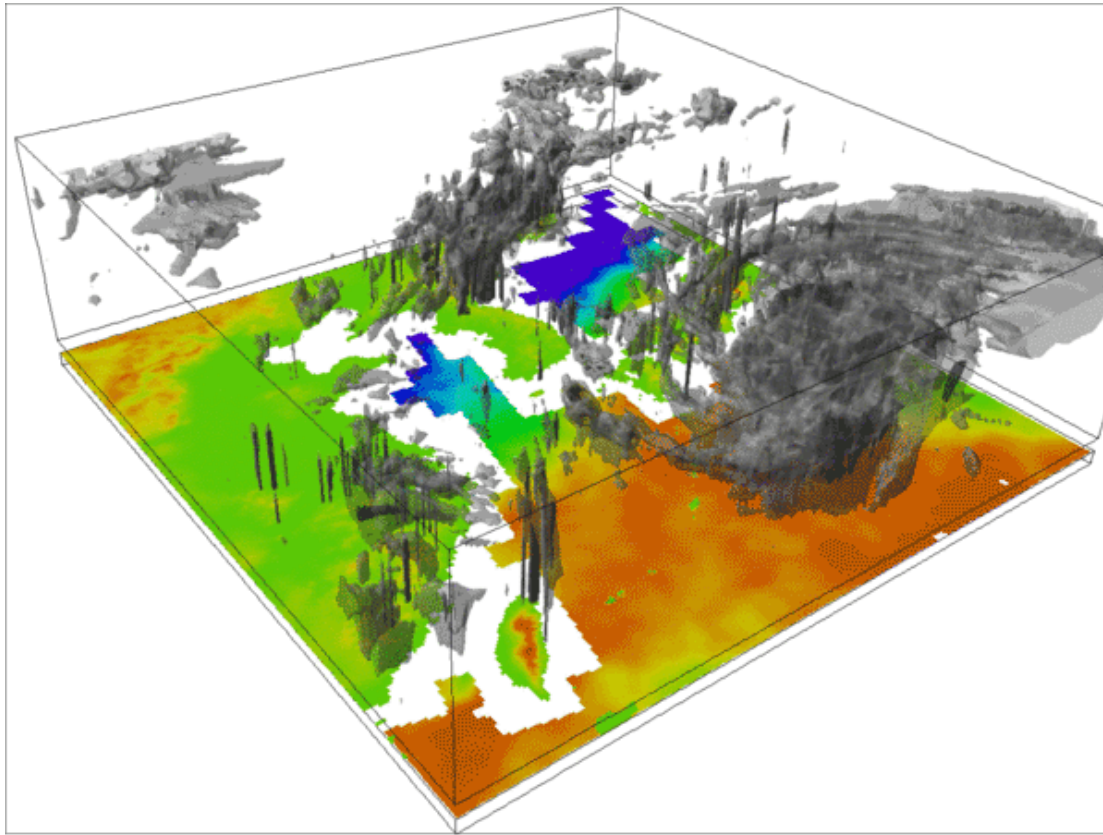


台風や梅雨時における集中豪雨、ダウンバーストや、都市型降雨など、局所的に激しい変化のある現象は、私たちの生活に直接深刻な影響を与えます。これらの現象を予測するためには、少なくとも、雲ひとつひとつの生成単位を扱えるような解像度(100m程度の解像度)が必要であるといわれています。スーパーコンピュータの性能向上によって、これらの現象を、現象をとりまくより広い領域のなかで、より厳密に扱うことのできる環境が整ってきました。積雲、積乱雲の生成や発達、維持などをより詳細に検討することで、私たちの社会生活に密接につながる気象、気候現象の予測精度向上に繋がるのが期待できます。

超高解像度シミュレーションは、格子サイズを小さくするだけでなく、格子のサイズに見合った詳細スケールの物理現象をどのように捉えるか、というモデルの研究開発が重要です。現在、特に

- ・マイクロスケールからメソスケールの雲生成過程や降雨過程
- ・数mから数kmスケールの大気海洋相互作用の物理
- ・数mスケールの接地境界層の物理

に着目して、新しい物理過程モデルの研究開発が進められています。



高解像度大気海洋結合モデルにより台風強度の予測精度が大きく向上することを京コンピュータを用いた大規模実験により実証

「京」による2012年7月九州北部豪雨の予測可能性

- ・熊本県、大分県、福岡県などに大きな災害を引き起こした2012年7月九州北部豪雨について、**発生の半日から1日前までに、高い確率で予測できる可能性があることが分かった。**
<50メンバーの局所アンサンブル変換カルマンフィルタ(LETKF)により評価>

事前の防災対策のための重要な情報源として期待される
将来的な集中豪雨の予測の改善にもつながる

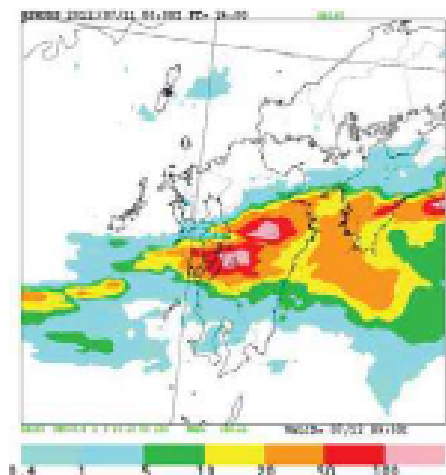


図1 観測雨量
(平成24年7月12日6-9時)

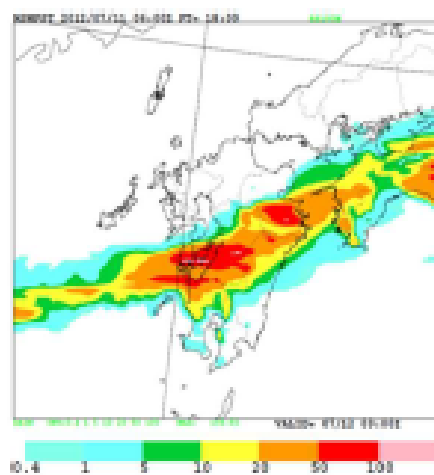


図2 大雨前日15時を初期値とした
「京」によるアンサンブル予測
(50ケースの平均)

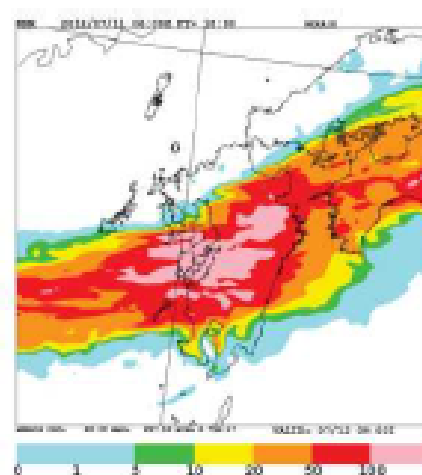


図3 50ケースの予測の中で
降水量が最大となった
ケース

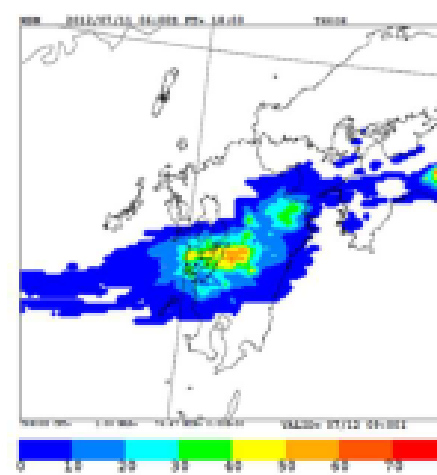


図4 アンサンブル予測において
50mm以上の降水が生じる
確率の分布

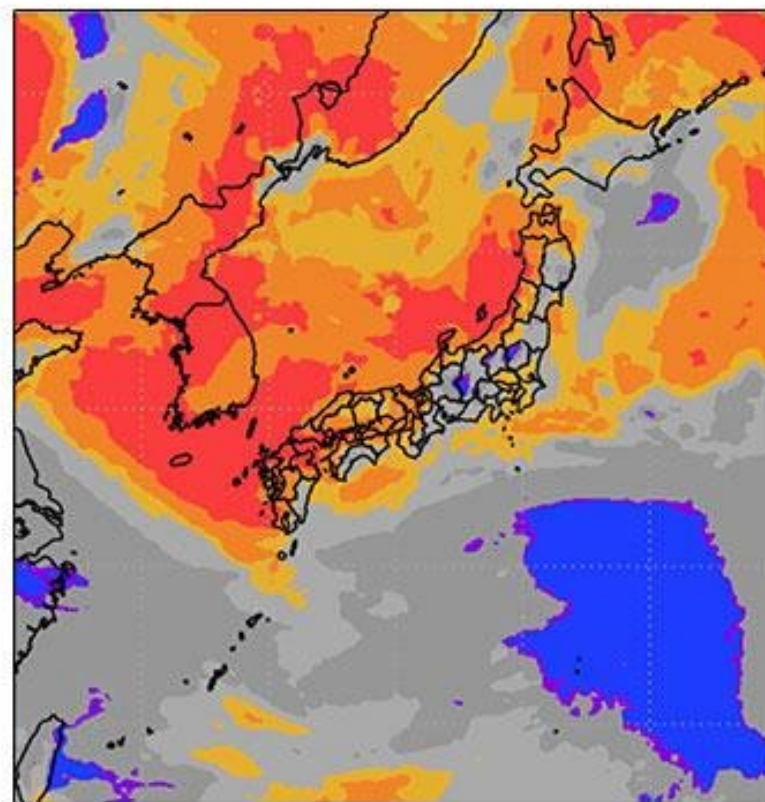
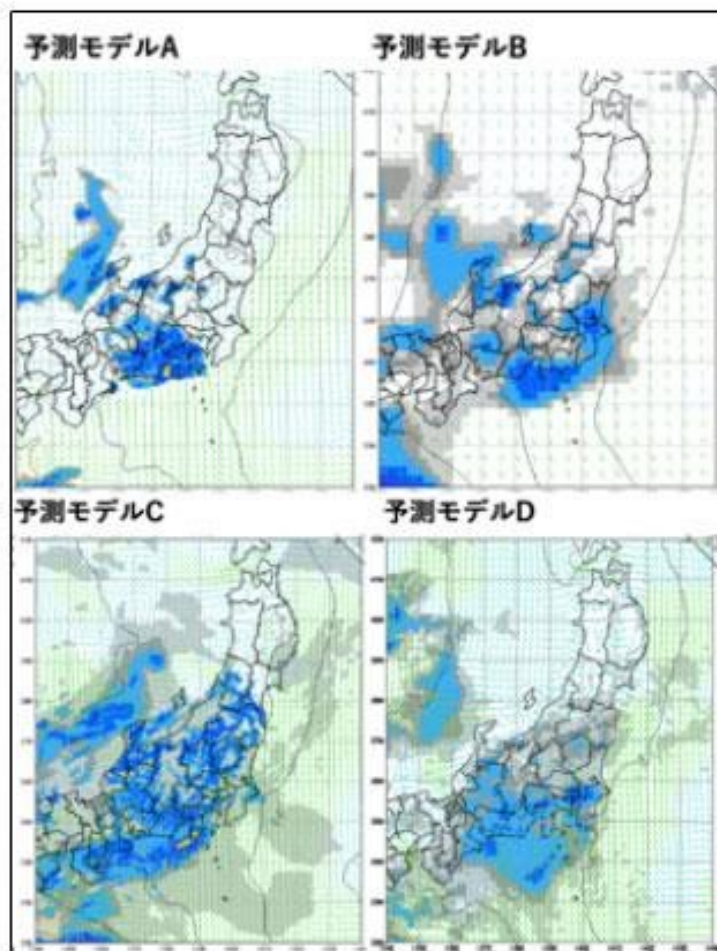
スパコン「京」の実証から 線状降水帯の3時間以内の予測へ

- スパコン「京」利用の線状降水帯予測はほぼ可能となった。(2013年頃)
- 気象庁に専用スパコンの設置が必要⇒2020年頃3京程度の専用スパコン設置
- 2021年6月、気象庁が「線状降水帯発生可能性」情報を開始した。半日前に「発生する可能性がある」と予報。(但し的中率が低く、空振りも多かった)
- 2024年頃まで、富岳を利用して、モデルの精密化⇒ 予測精度が徐々に向上
- 2025年以降、実用段階に。

線状降水帯の最近の報道

- 読売新聞 2026年3月11日 報道の要約
- 「線状降水帯 3時間以内予測」
- 5月下旬から 気象庁 直前予測 的中率50%
- 気象庁は約12時間前にしらせる「半日前予測」を2022年から、都道府県単位で発表している。
- 5月からは、例えば「神奈川県東部」などと更に細かな区域単位で予報し、マップ上では20km四方の格子で大まかな地域を示すようになる。

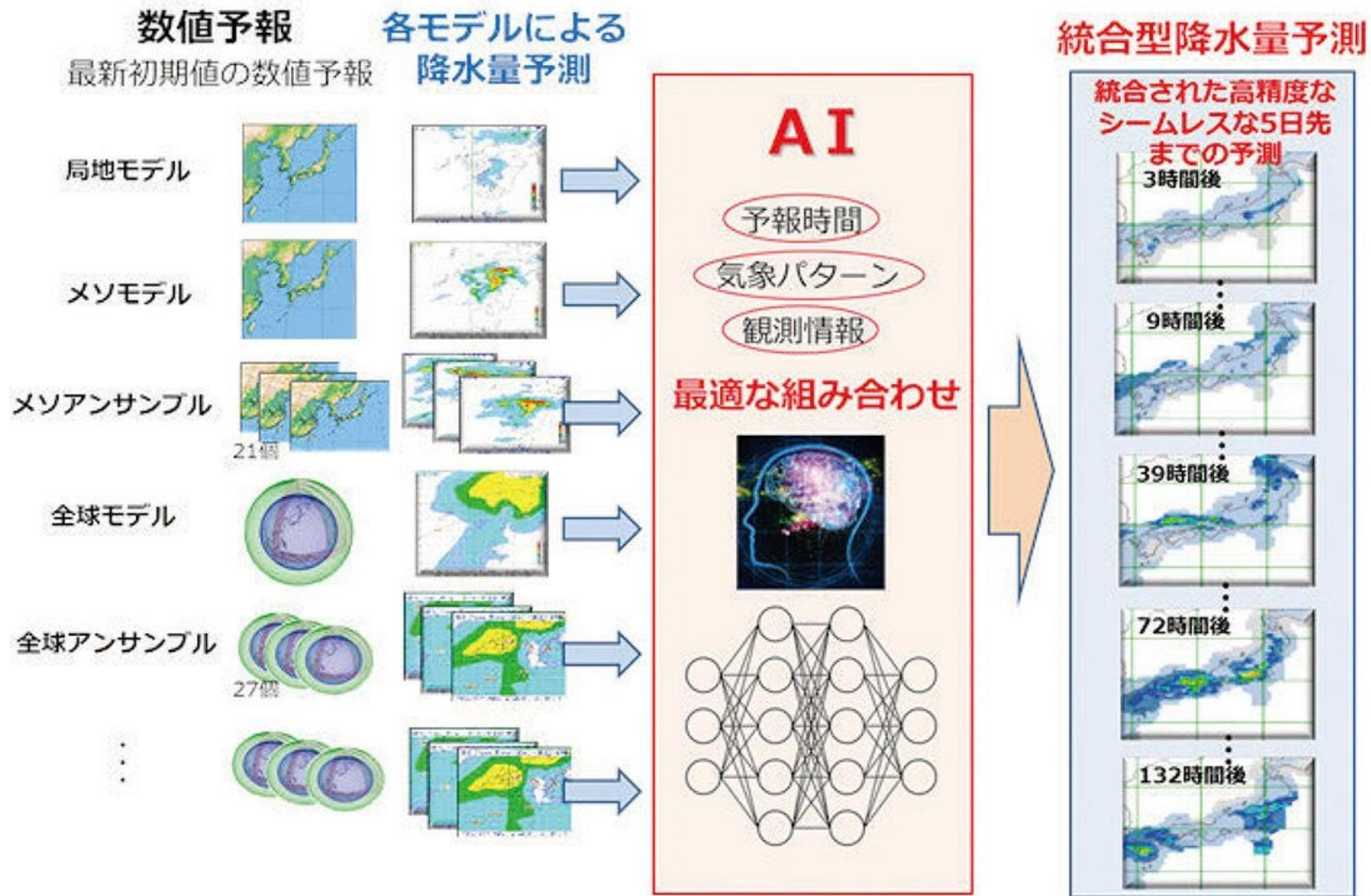
複数の予測モデルを用いた予測手法



予報の元となるベースマップを作成

世界の気象予測モデルの計算結果を
収集した実況データ等と比較しながら
独自の方法で、**評価・最適化**

AI 技術の活用による「統合型ガイダンス」の開発



「統合型ガイダンス」のイメージ図。複数の数値予報を入力データとして、AI 技術の活用により高精度な予測結果を得る。

End of Presentation

ご静聴 ありがとうございます