



# つくば 筑波大学計算科学研究センター



計算科学研究センターは、1992年につくられた計算物理学研究センターをもとに、計算科学の方法によって、科学の研究をおこなうために2004年4月につくられました。計算科学研究センターは、計算科学の方法によって、シミュレーションをおこなったり、多くのデータを調べたりする方法によって、

- そりゅうし 素粒子物理学・うちゅう 宇宙物理学
- ぶっしつ 物質科学・生命科学
- かんきょう 地球生物環境科学
- ちよう 超高速計算機システム
- ちのう 計算知能・計算メディア

などの分野の重要な研究をおこなっています。

そりゅうし 素粒子物理学・うちゅう 宇宙物理学



ぶっしつ 物質科学・生命科学



かんきょう 地球生物環境科学



ちよう 超高速計算機システム



ちのう 計算知能・計算メディア

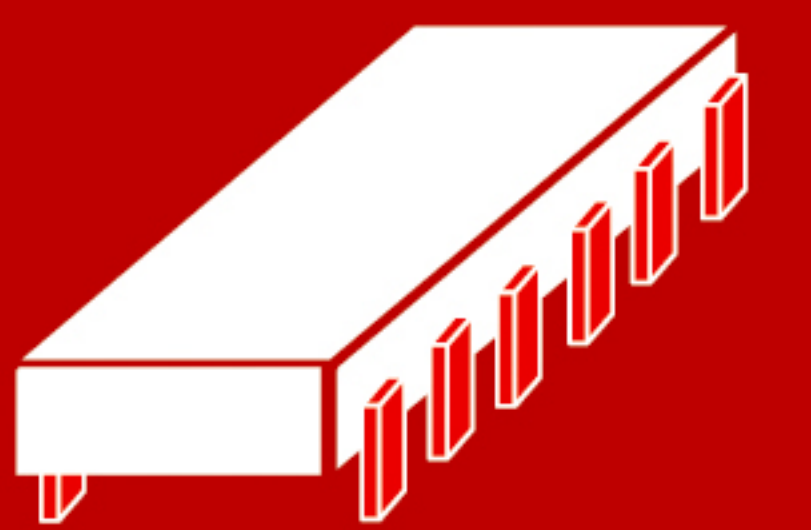


## 計算科学とは

これまで科学は理論と実験によって発達してきました。しかしどうしても実験できないことや、原理的にはわかっているけれども、紙と鉛筆では計算できないことがたくさんあります。

これらの問題を、スーパーコンピュータというとても速いコンピュータを使って解く方法が最近おこなわれるようになってきました。これを計算科学といい、科学の第三の研究方法として現在広く使われています。





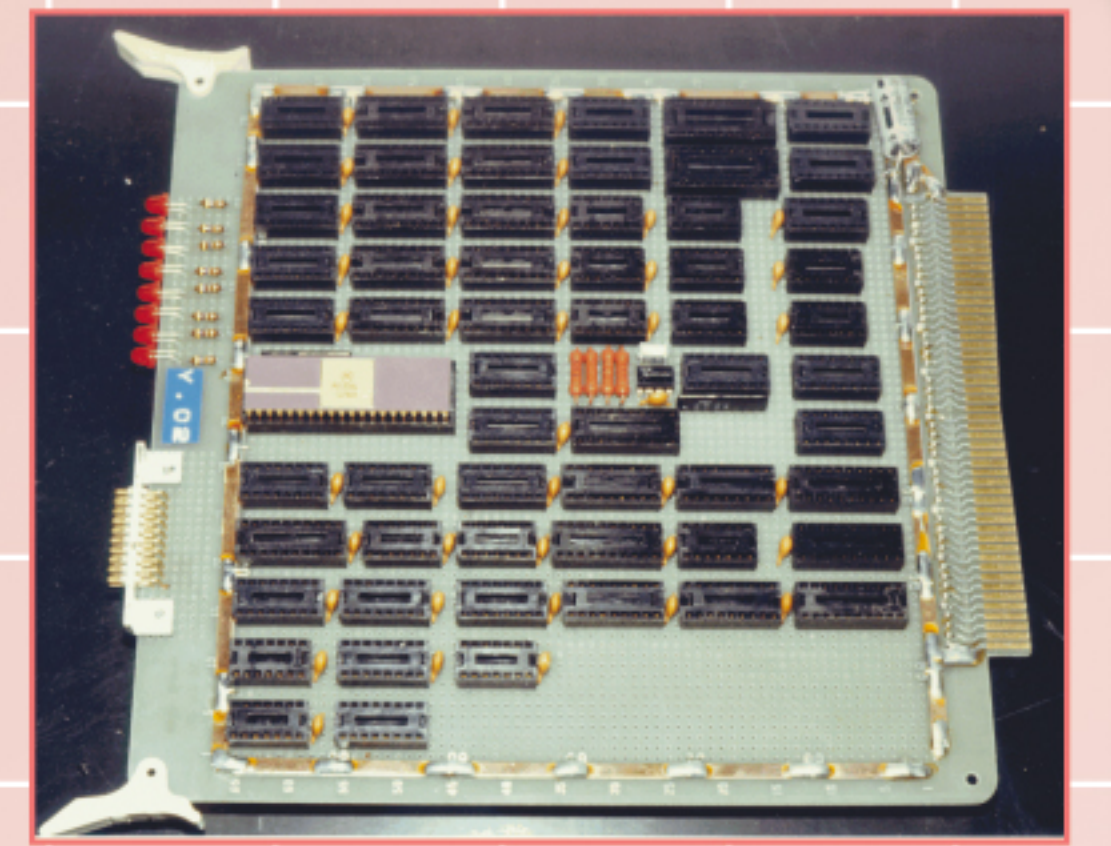
# PACS/PAX計算機の歴史

## PACS/PAX コンピュータ (1977 ~ 1999 年)

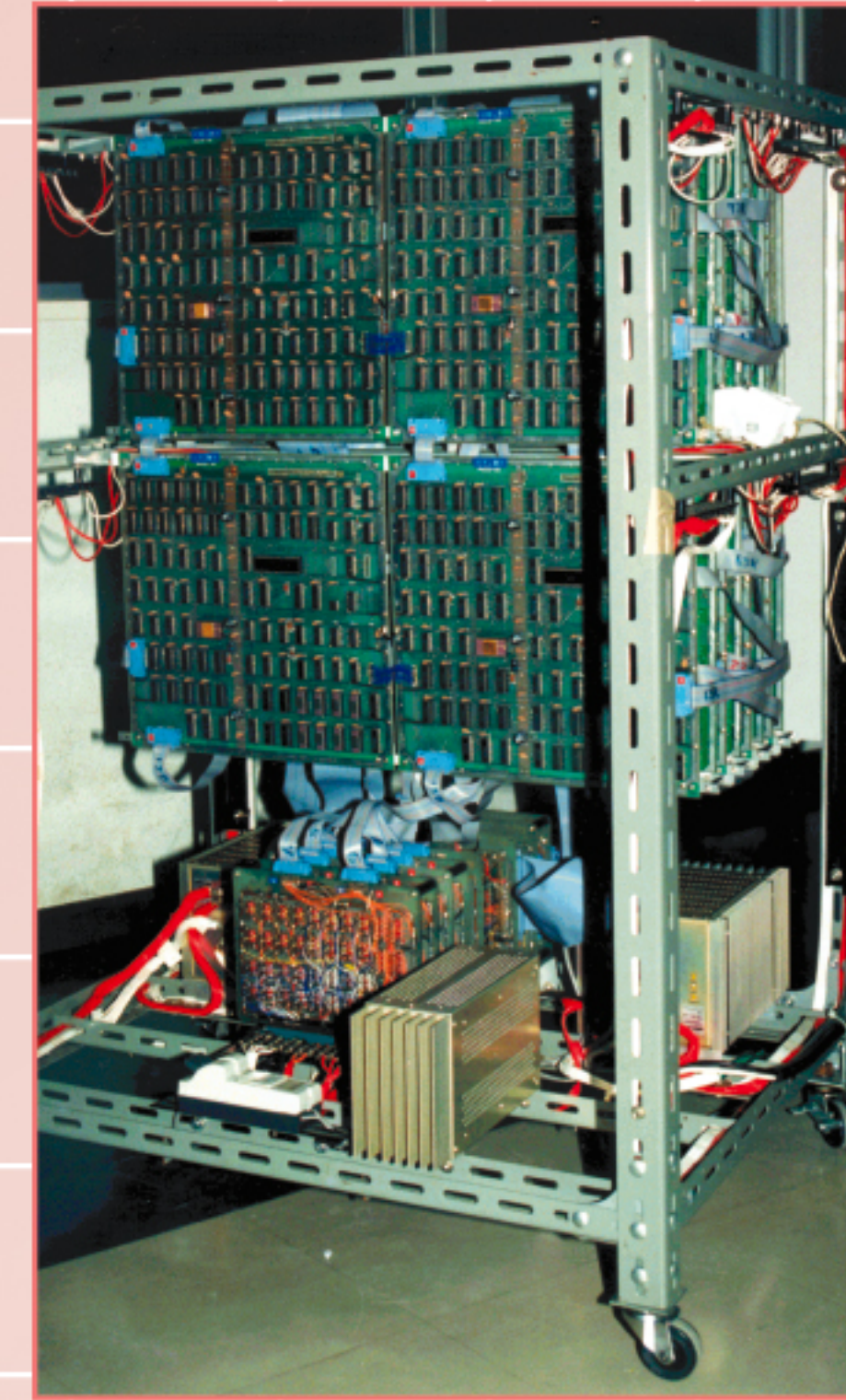
1977年から、星野力（当時京都大学、のち筑波大学）と川合敏雄（当時日立製作所、のち慶応義塾大学、千歳科学技術大学）らによって、PACS-9という、9個のプロセッサ（処理装置）を使ったコンピュータの開発がはじまりました。

つづくシリーズ5号機のQCDPAXは、1989年に完成し、素粒子物理学の研究に10年間使われました。

PACS-9 (1978) ▶



▼ PAX-32 (1980)



QCDPAX (1989) ▼



## CP-PACS (1996 ~ 2005 年)

1992年からは筑波大学計算物理学研究センターにおいて、CP-PACSという、2048個のプロセッサを使ったスーパーコンピュータが5年かけてつくられました。このCP-PACSは1996年11月に完成したときには614GFLOPS（1秒間に約6140億回の計算ができる）の性能をたたきだし、世界のスーパーコンピュータのトップ500リストの第1位になりました。

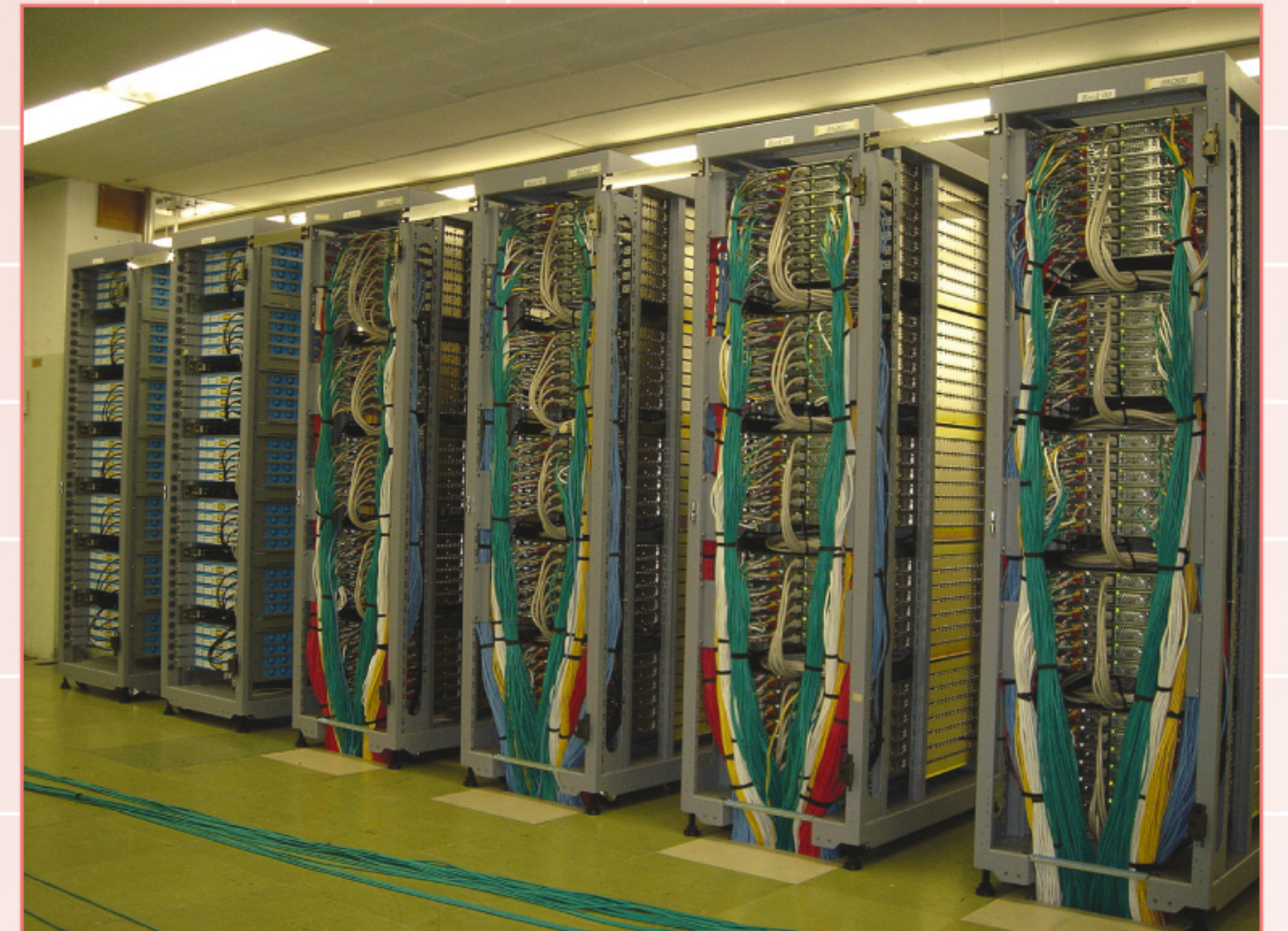
CP-PACS (1996) ▶



## PACS-CS (2006 年 ~)

2006年6月には筑波大学計算科学研究センターの新しいスーパーコンピュータとして、PACS-CSが完成します。このPACS-CSには2560個のプロセッサがあり、性能は14TFLOPS（1秒間に約14兆回の計算ができる）となります。

PACS-CS (2006) ▶



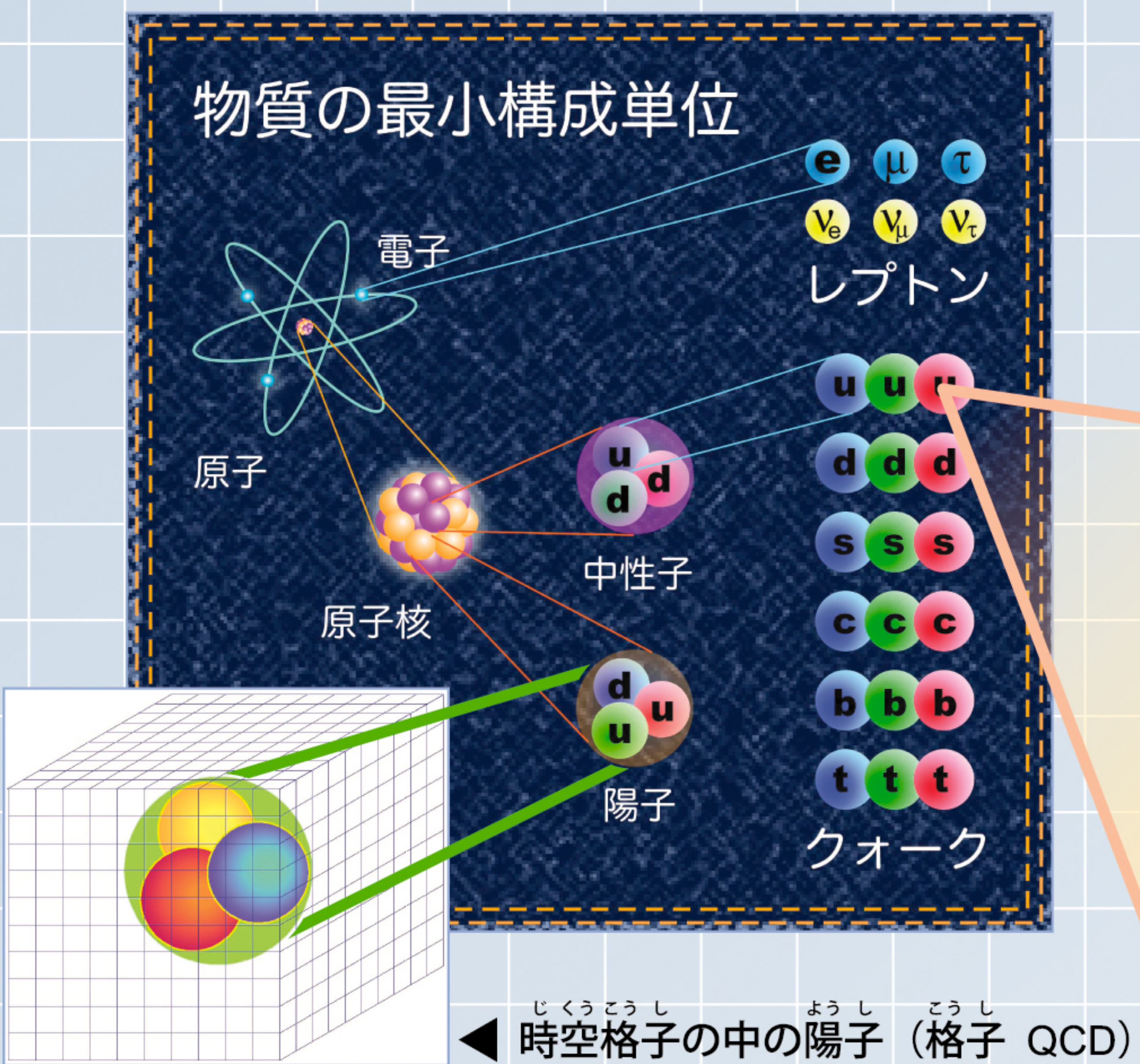
年	計算機名	プロセッサ数	性能 せいのおう	記憶容量 きおくりょう
1978	PACS-9	9	7 KFLOPS (1秒間に約7千回の計算ができる)	
1980	PAX-32	32	0.5 MFLOPS (1秒間に約50万回の計算ができる)	0.5MB (数字が約126万個分)
1983	PAX-128	128	4 MFLOPS (1秒間に約400万回の計算ができる)	5 MB (数字が約1263万個分)
1984	PAX-32J	32	3 MFLOPS (1秒間に約300万回の計算ができる)	4 MB (数字が約1010万個分)
1989	QCDPAX	480	14 GFLOPS (1秒間に約140億回の計算ができる)	3 GB (数字が約78億個分)
1996	CP-PACS	2048	614 GFLOPS (1秒間に約6140億回の計算ができる)	128 GB (数字が約3310億個分)
2006	PACS-CS	2560	14 TFLOPS (1秒間に約14兆回の計算ができる)	5 TGB (数字が約13兆個分)





そりゅうし さぐ  
**素粒子の世界をスーパーコンピュータで探る**

ぶっしつ かいそうこうぞう そりゅうし  
**物質の階層構造と素粒子**



自然の全ての物質は原子からできています。

- ➔ 原子は原子核と電子からできています。
- ➔➔ 原子核は陽子と中性子からできています。
- ➔➔➔ 陽子と中性子はクォークからできています。

クォークはいまのところ最小の素粒子ですが、  
 もっと研究が進めば弦の構造を持っているの  
 ではないかと推測されています。

そりゅうし かいめい  
**素粒子の解明に必要な計算**

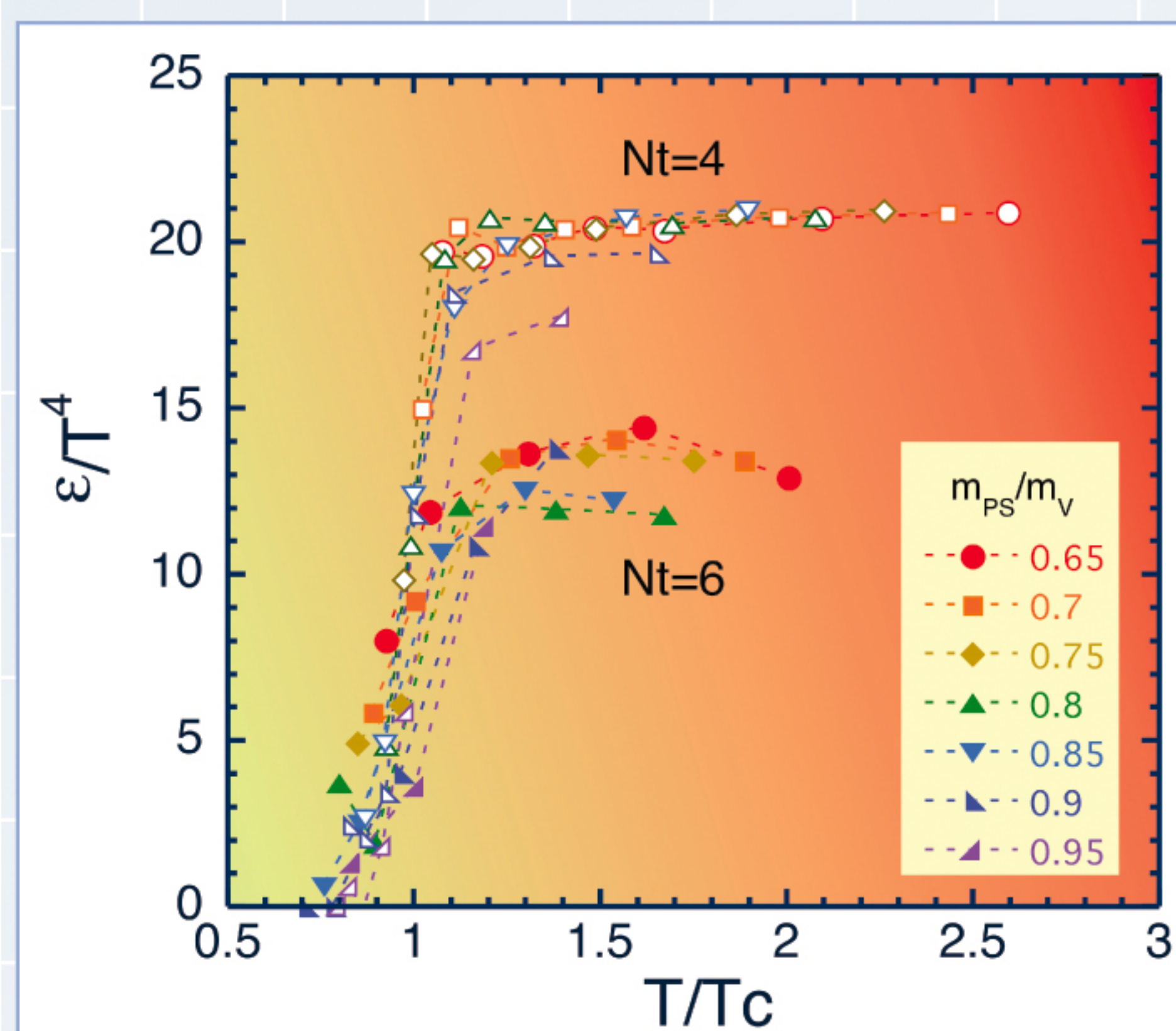
クォークから陽子の性質を理解するには、格子QCDという理論を使って、  
 1垓回（100億回の100億倍）もの計算をしなければなりません。  
 そのために、最高速のスーパーコンピュータが必要です。

1996年に世界最高速を達成したスーパーコンピュータ CP-PACS ▶  
 (計算科学研究センターで開発)

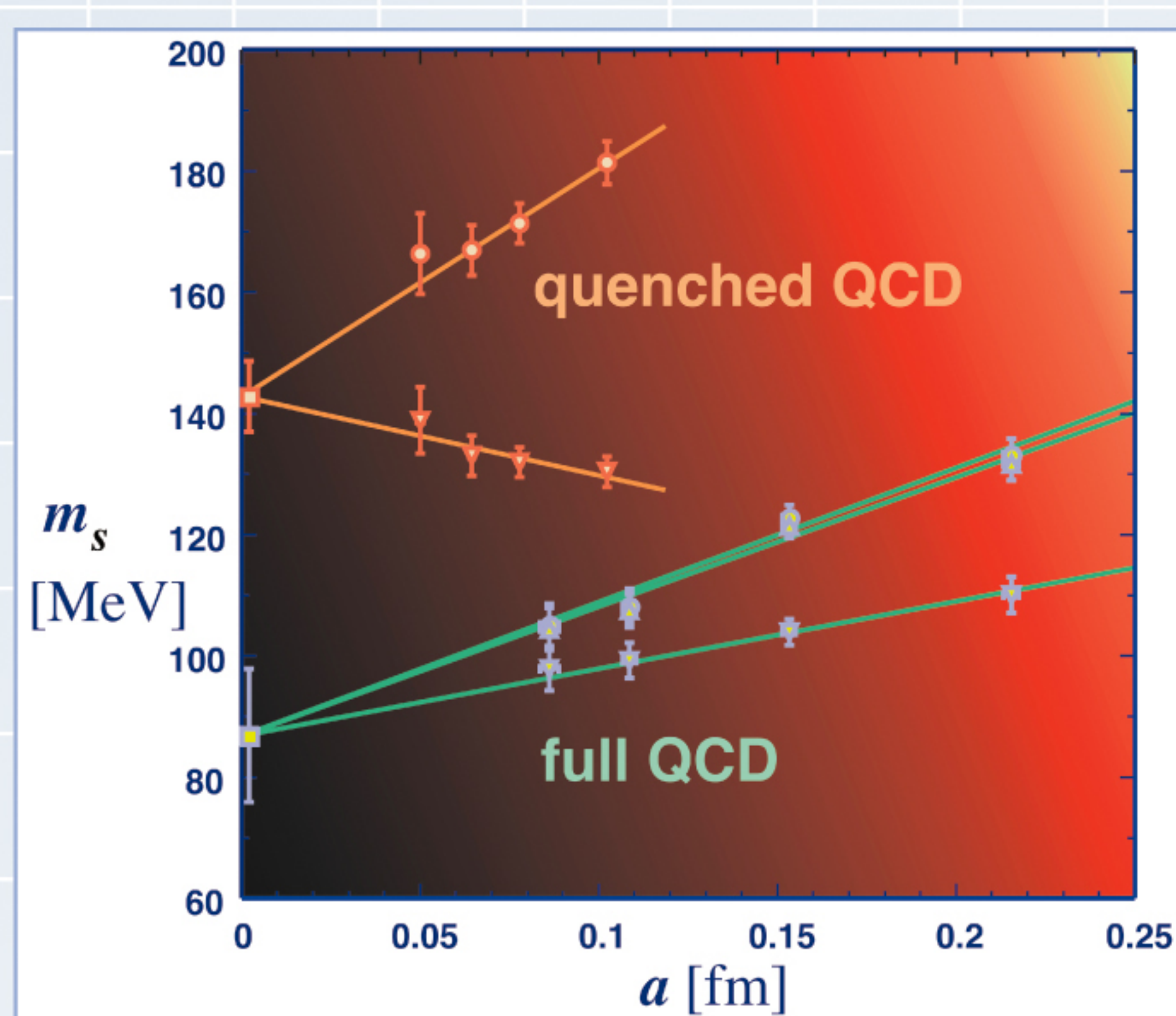


そりゅうし たんじょう なぞ  
**素粒子と宇宙誕生の謎**

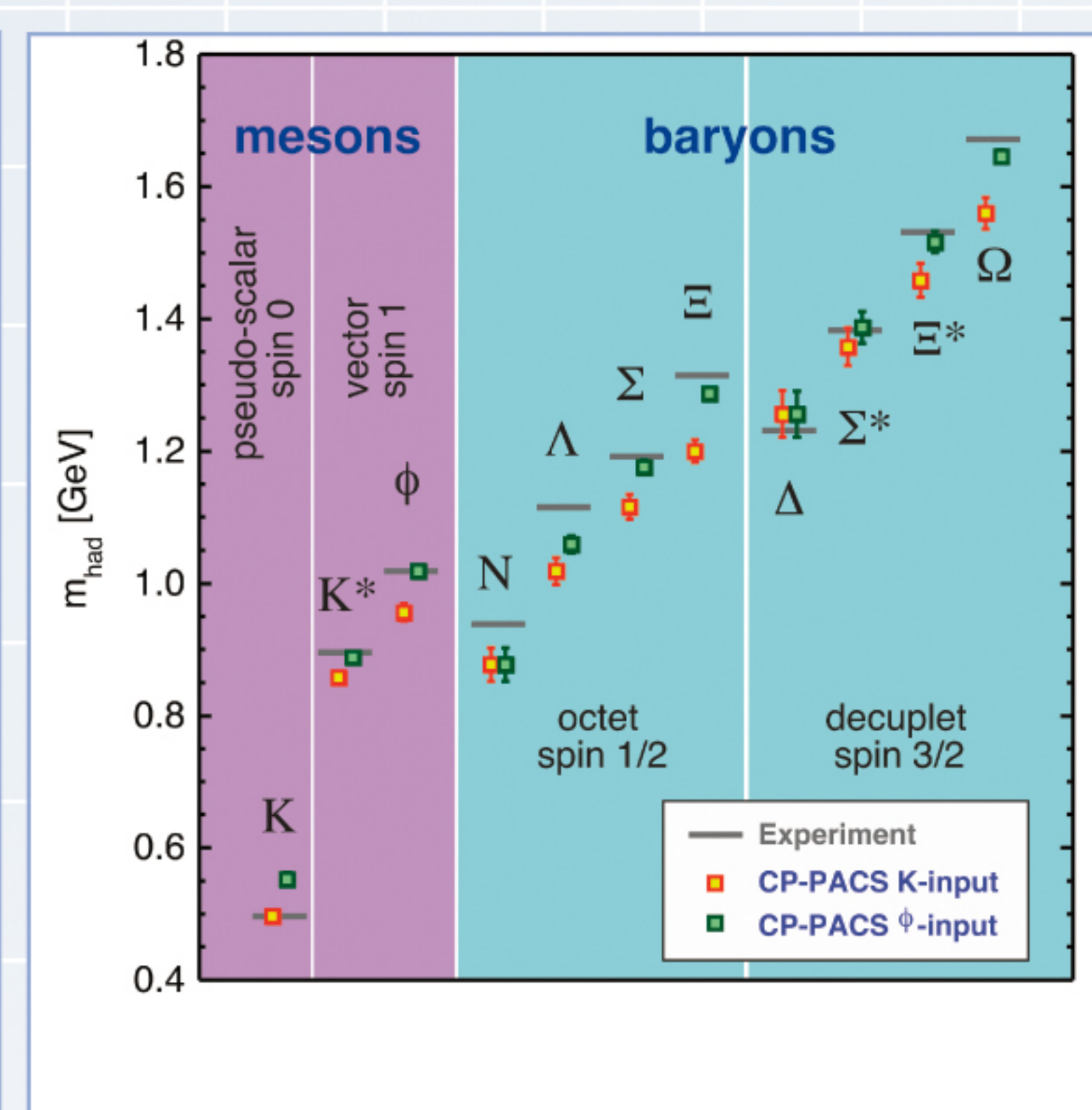
1年以上もかかる計算の結果、クォークは予想されていたより約5.0%も軽いことや、温度を1兆5千億度以上に上げると、クォークが陽子や中性子から飛び出して自由に飛び回るクォーク グルオン プラズマ状態に転移することなどが判ってきました。



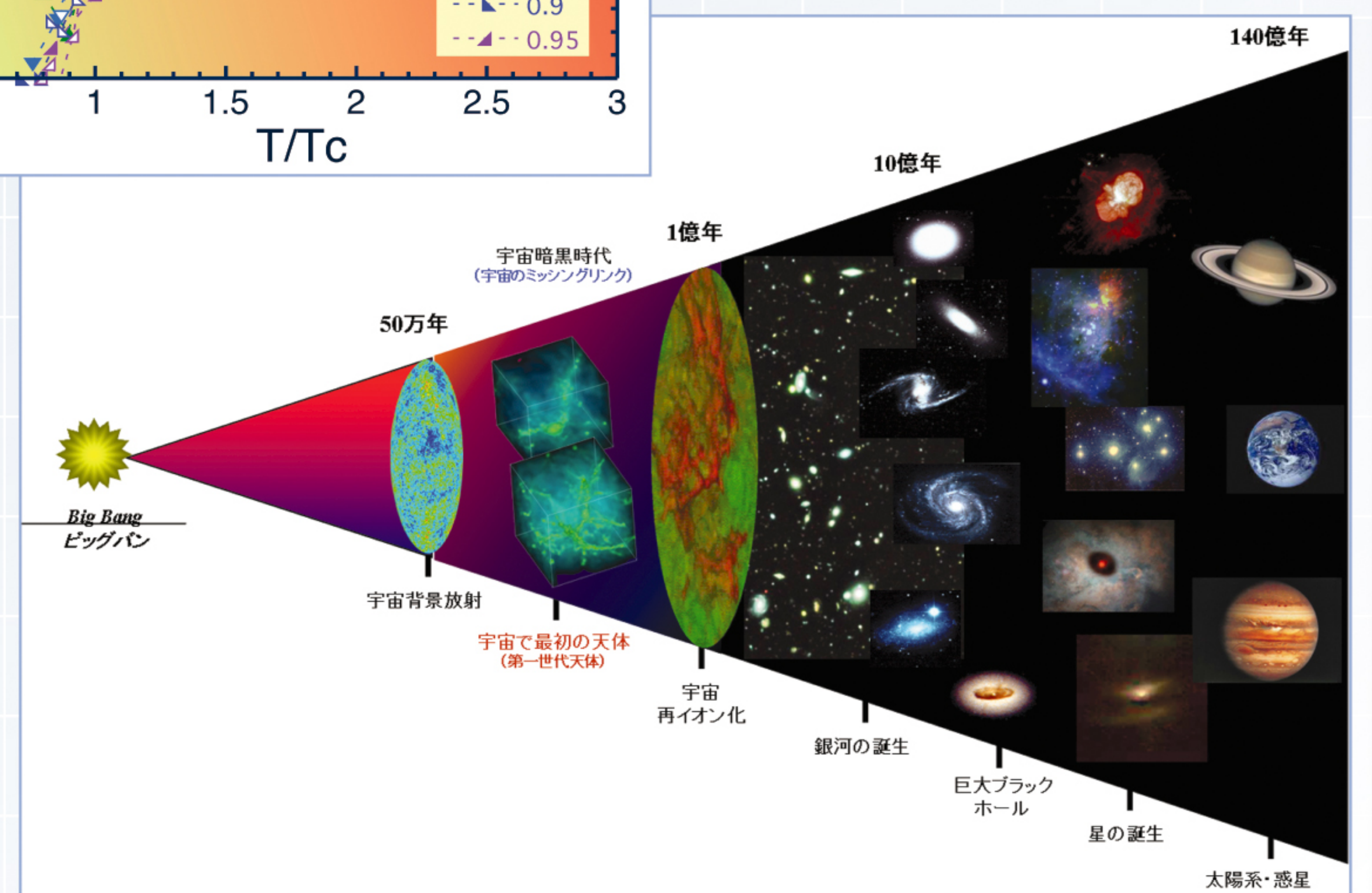
クォーク グルオン プラズマへの相転移を研究。  
 宇宙初期にあったと考えられている。



▲ クォークの質量(重さ)を決定



▲ 陽子や中性子の性質を計算



これらの研究によって、素粒子だけでなく宇宙誕生の謎も解明されると期待されています。





うちゅう しんか さぐ  
**宇宙の進化を探る**

私たちは、宇宙がどのように進化してきたかを明らかにするために、FIRST と呼ばれる高速コンピュータを使っています。

宇宙で起こっていることを計算によって実験し、いわば、コンピュータの中に宇宙を作っているような感じです。

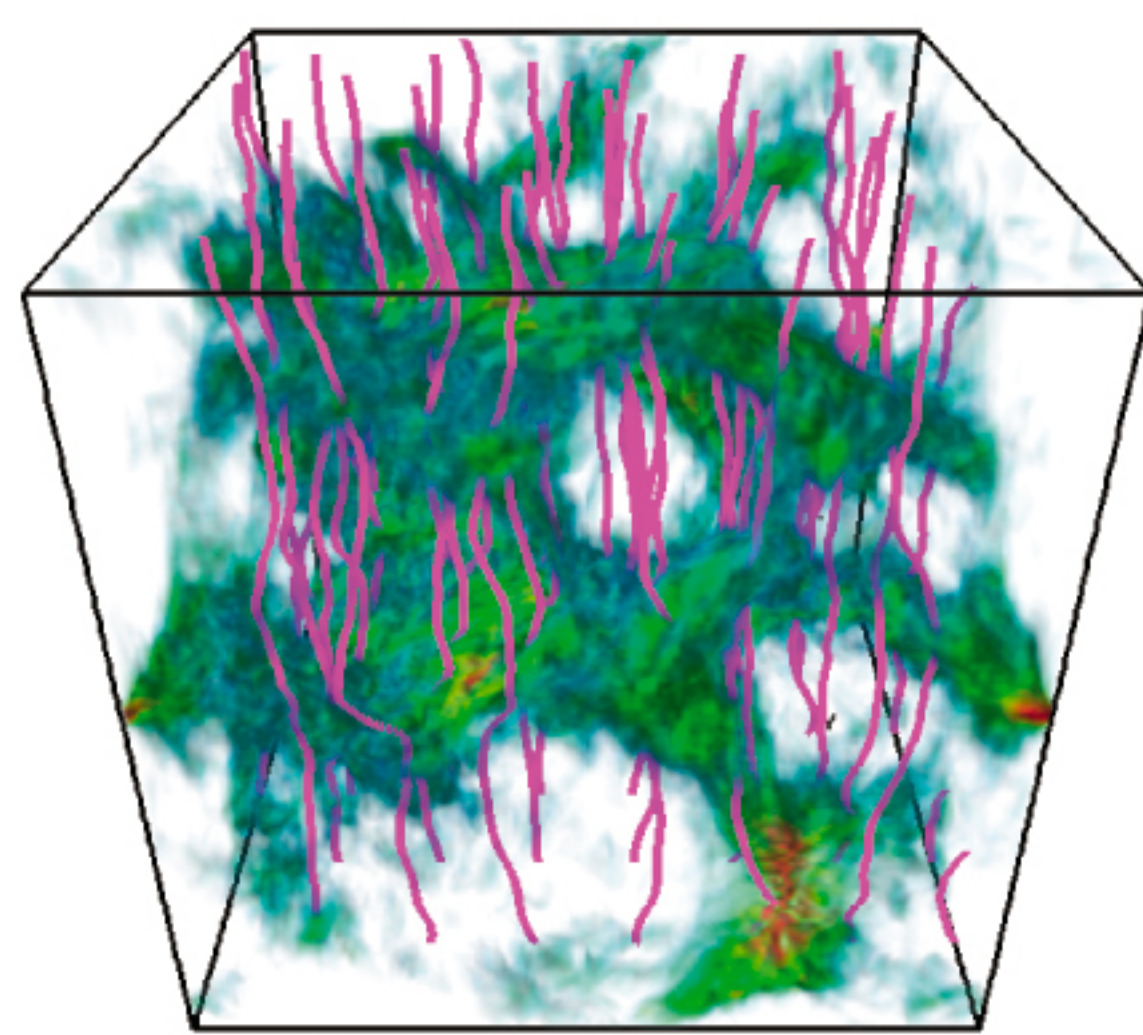
私たちの計算結果を見ながら、宇宙の様々な現象を見ていきます。

コンピュータ FIRST ▶



たんじょう  
**星の誕生から死まで**

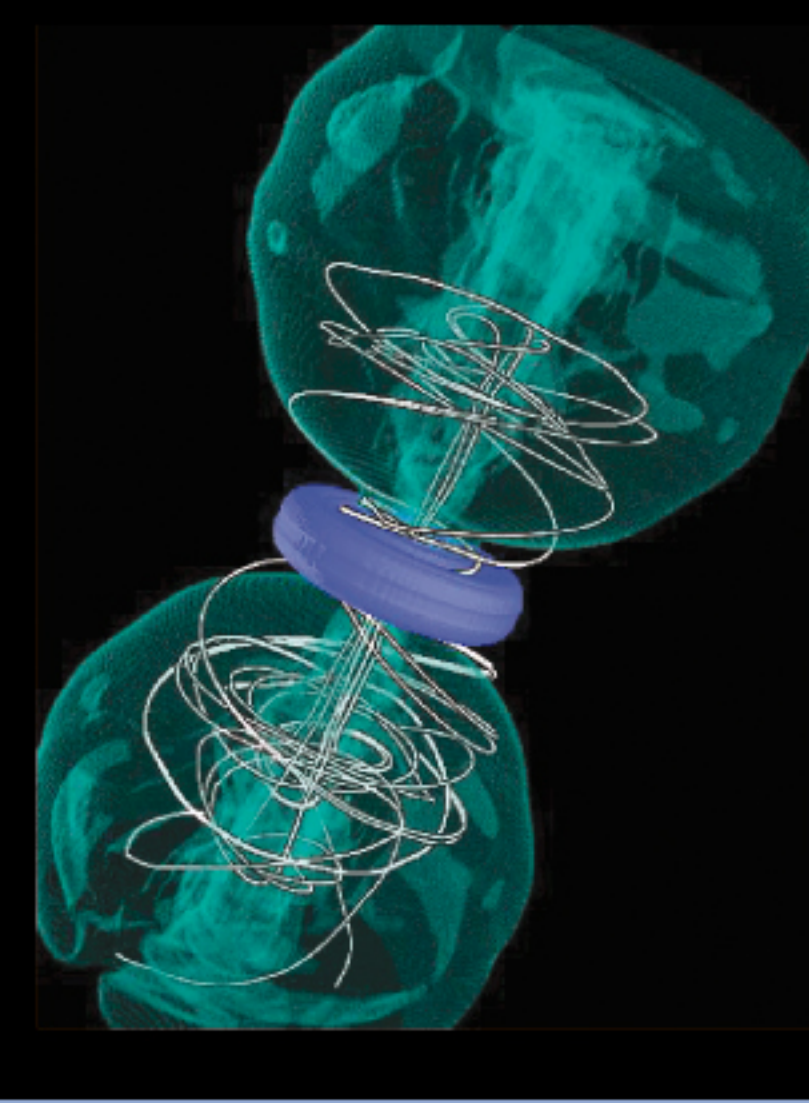
かたまり  
**ガスの塊の形成**



星は、分子雲と呼ばれるガスの塊から生まれます。

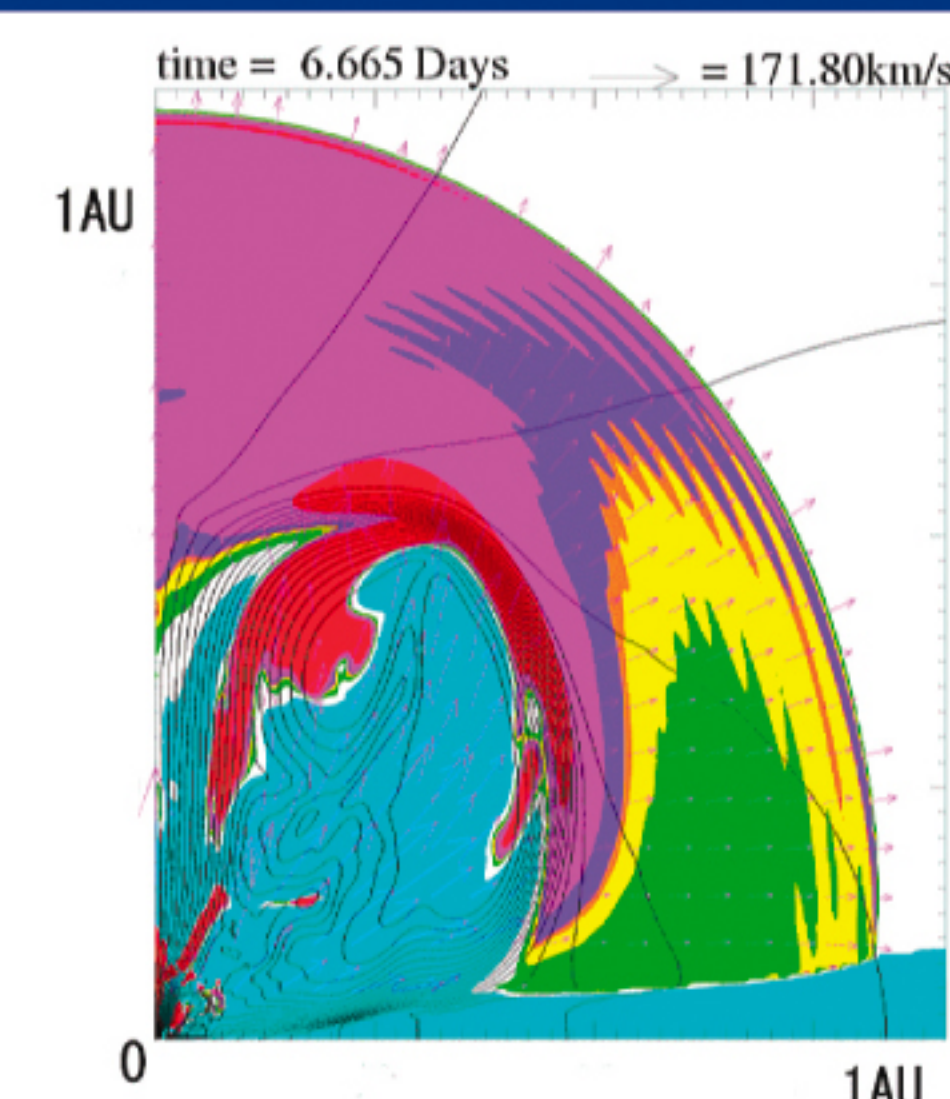
ピンクの線はガスの動きに影響を与える磁力線です。

**ジェットのふき出し**

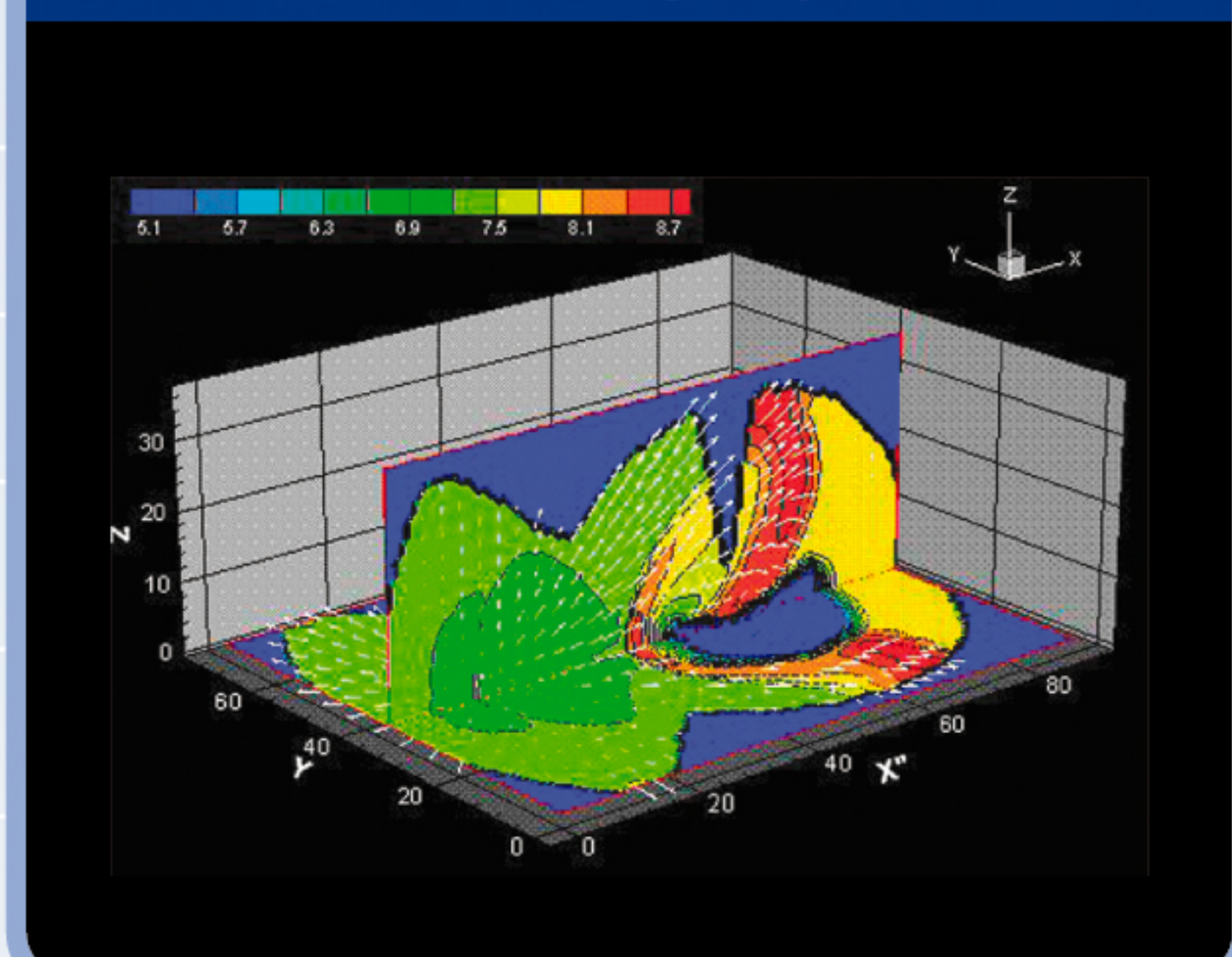


星は、生まれるときなどにはげしく活動し、ジェットやフレアを起こします。

**大爆発「フレア」**



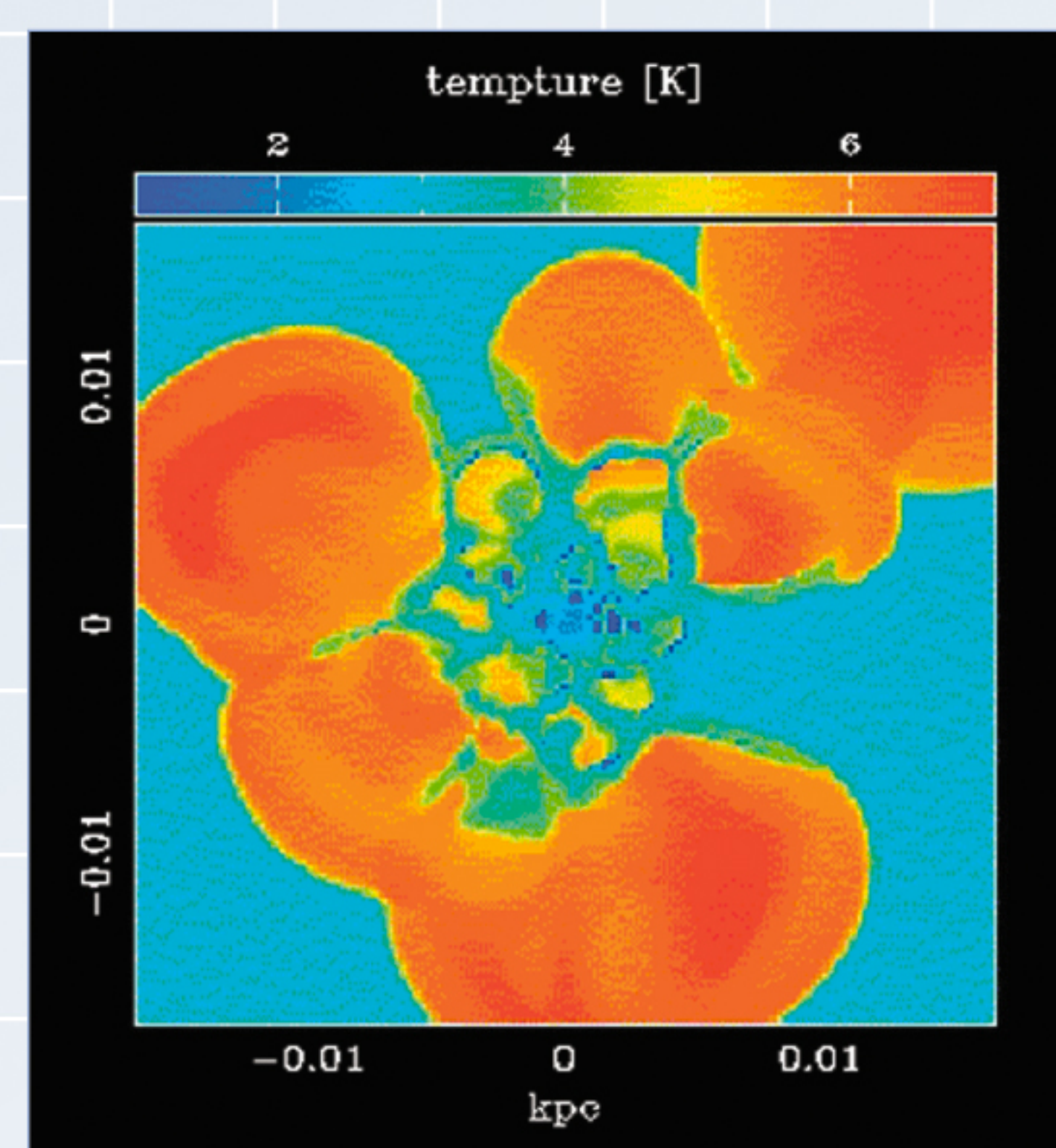
さいご  
**星の最期**



重い星は、最後に大爆発(超新星爆発)を起こします。赤いところはとても熱く、1億度にもなっています。

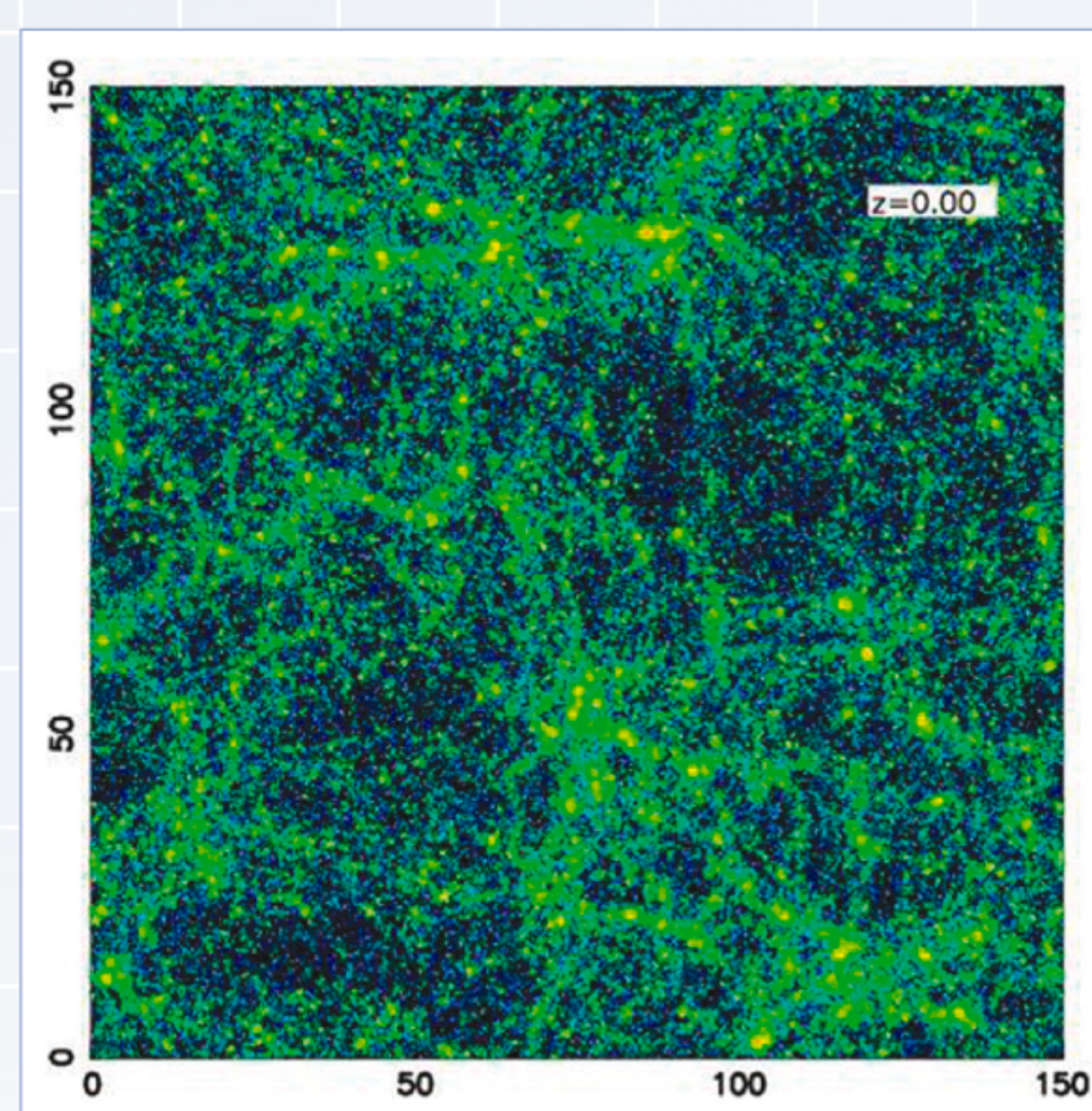
ぎんが  
**銀河の誕生と進化**

私たちは天の川という大きさ 10 万光年の銀河の中にいます。その誕生はどのようなものだったのでしょうか？



**生まれたての銀河**

銀河が誕生したときは、はげしく星を作ったと考えられています。赤い部分は超新星爆発によって熱くなった所です。

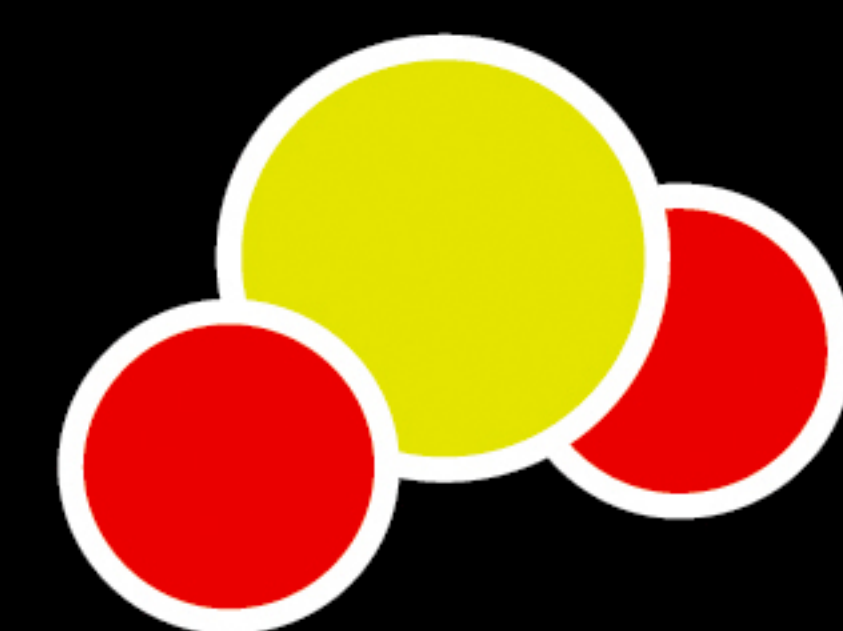


だいきぼこうぞう  
**宇宙の大規模構造**

宇宙で一番大きな構造です。黄緑色の一点一点が銀河です。銀河がくもの巣のように分布しています。

ようす  
**動く様子がビデオでも見られます！**

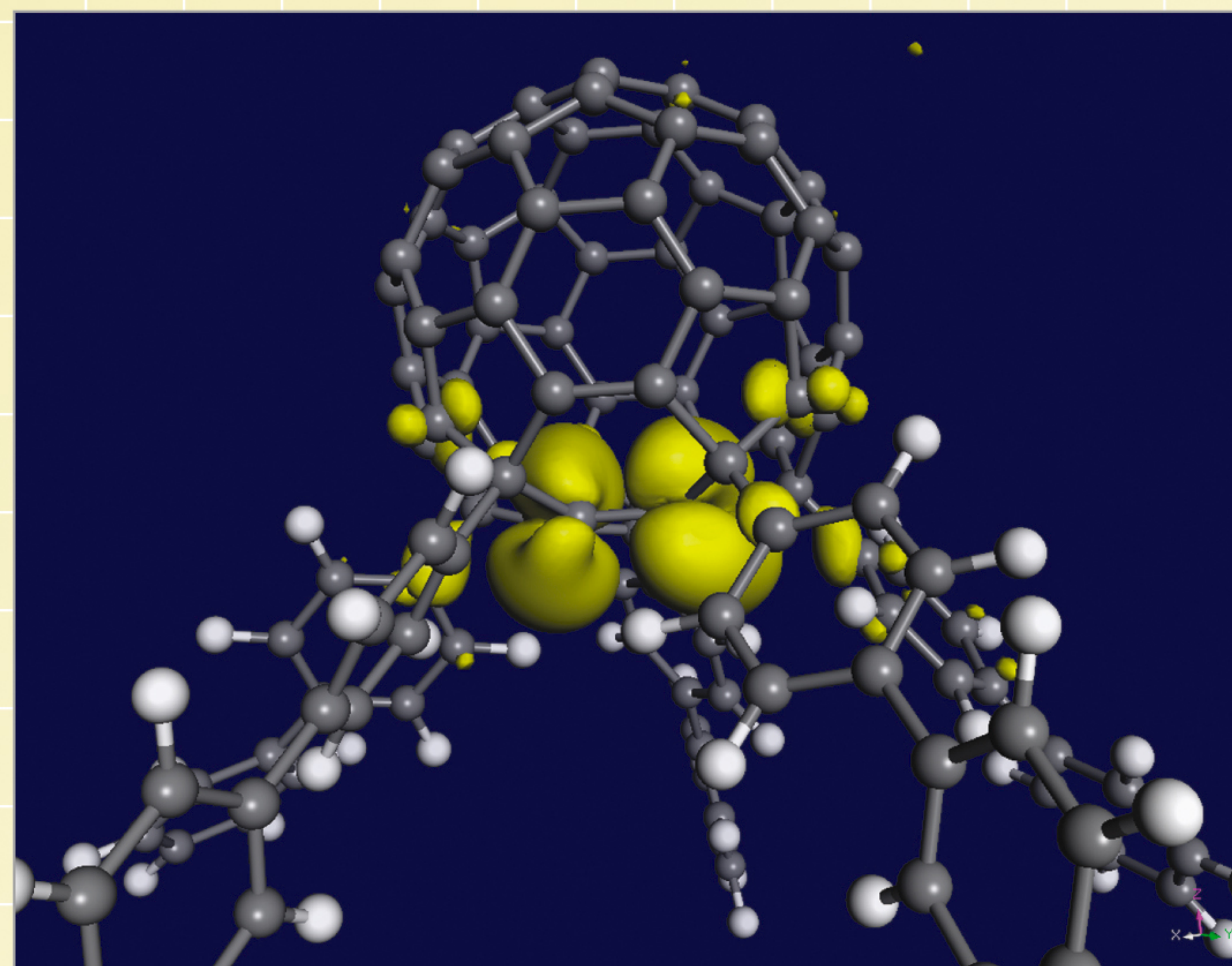




ぶっしつ なぞ さぐ  
物質・生命の謎を探る

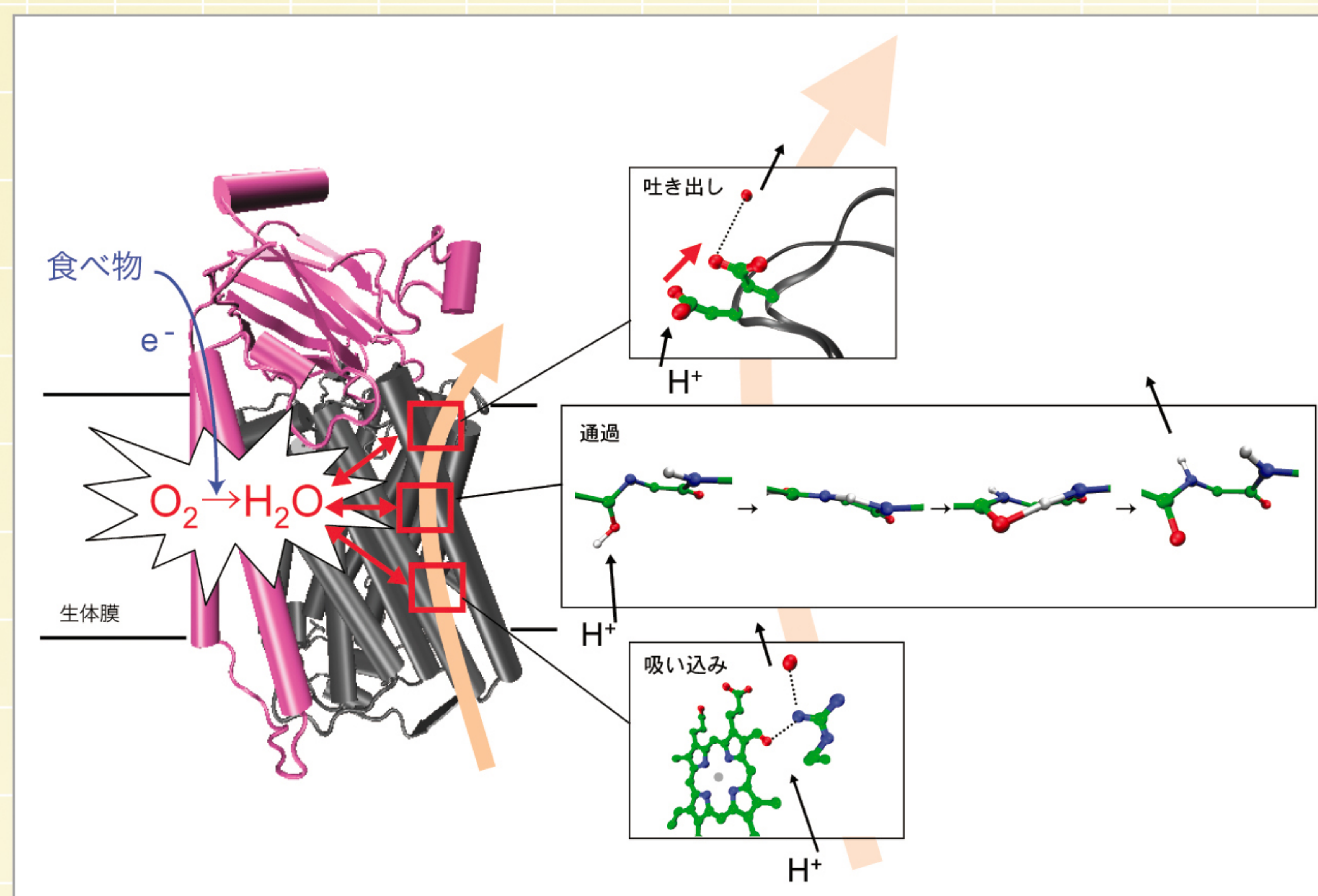
## 分子シャトルコック

1ナノメートル(1cmの1億分の1)のシャトルコックのスピ  
電子密度。C<sub>60</sub>(サッカーボール状の炭素分子)に羽(芳香族炭素  
分子)を5個吸着させることにより、この興味深い構造を持つ  
分子が合成されます。私たちはこの分子が、磁石としての性質  
を持つことをコンピューターを用いて予言しました。このよう  
に、ナノの世界では、少しの構造の変化により、物質の性質が  
大きく変わることが知られています。

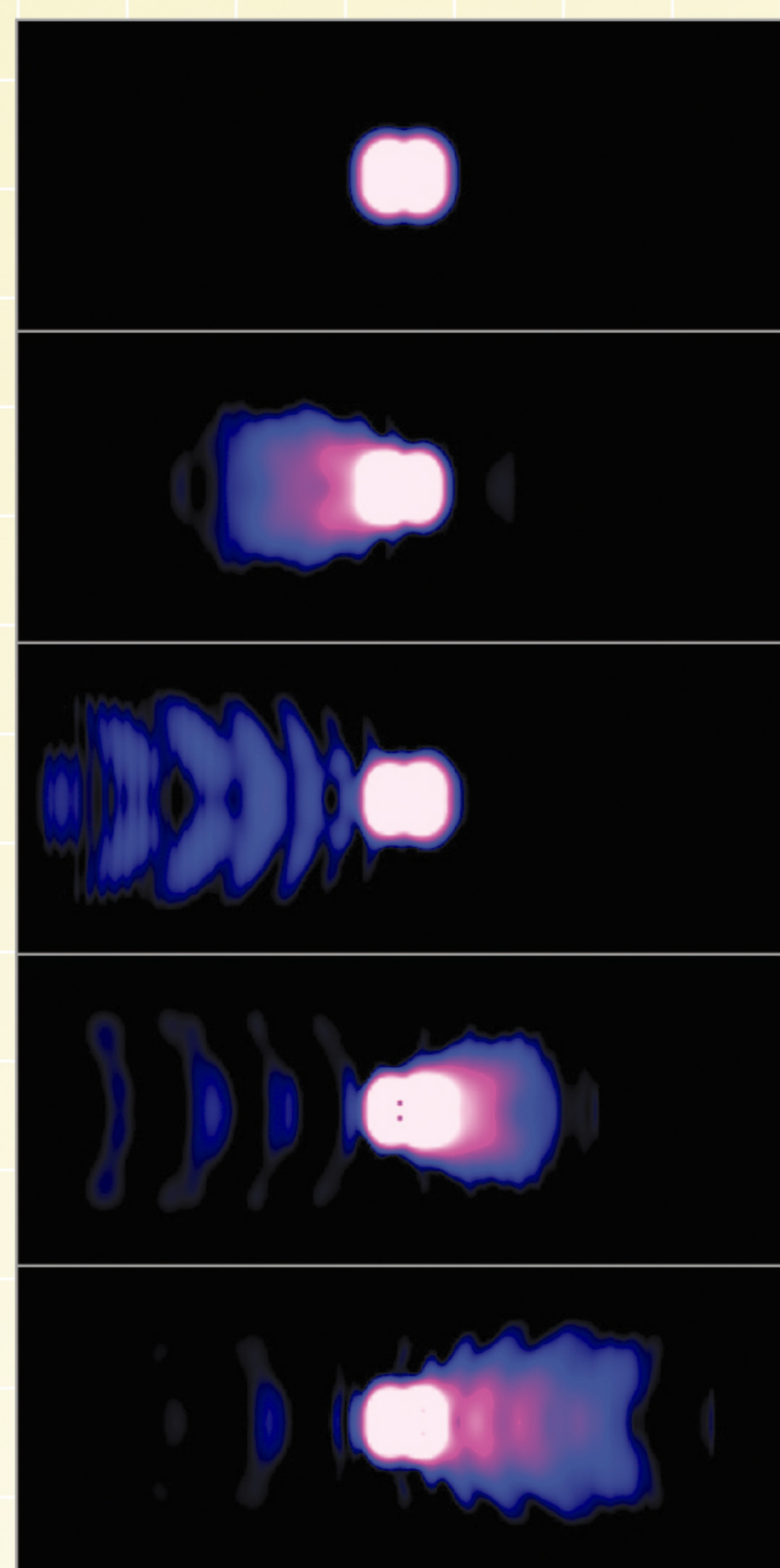


## ナノポンプ

ナノメートルスケールの水素イオン(H<sup>+</sup>)ポンプ。この  
ポンプは約16000個の原子からなるタンパク質(分子)  
です。私たちは、物を食べ、酸素を吸うことで、このポ  
ンプを動かしています。このポンプは生体膜に埋まって  
おり、水素イオンを生体内に運ぶ役目をになっています。  
わたしたちは、コンピューターを用いて、ポンプの動く  
仕組みの解明をおこないました。



## ミクロな世界



ミクロの世界では波と粒子に区別が無くなります。  
例えば、物質に光を当てると電子が飛び出しますが、光を波と  
考えると説明できません。  
アインシュタインは、光が粒子の集まりであるとする仮説を立  
ててこの現象を説明しました。図は、強いレーザーの光を当て  
た分子から飛び出す、ふわふわと雲のように動く電子の様子を  
コンピューターで計算したものです。  
この反応を使って、X線などの非常に波長の短い光をつくり出  
すことができます。

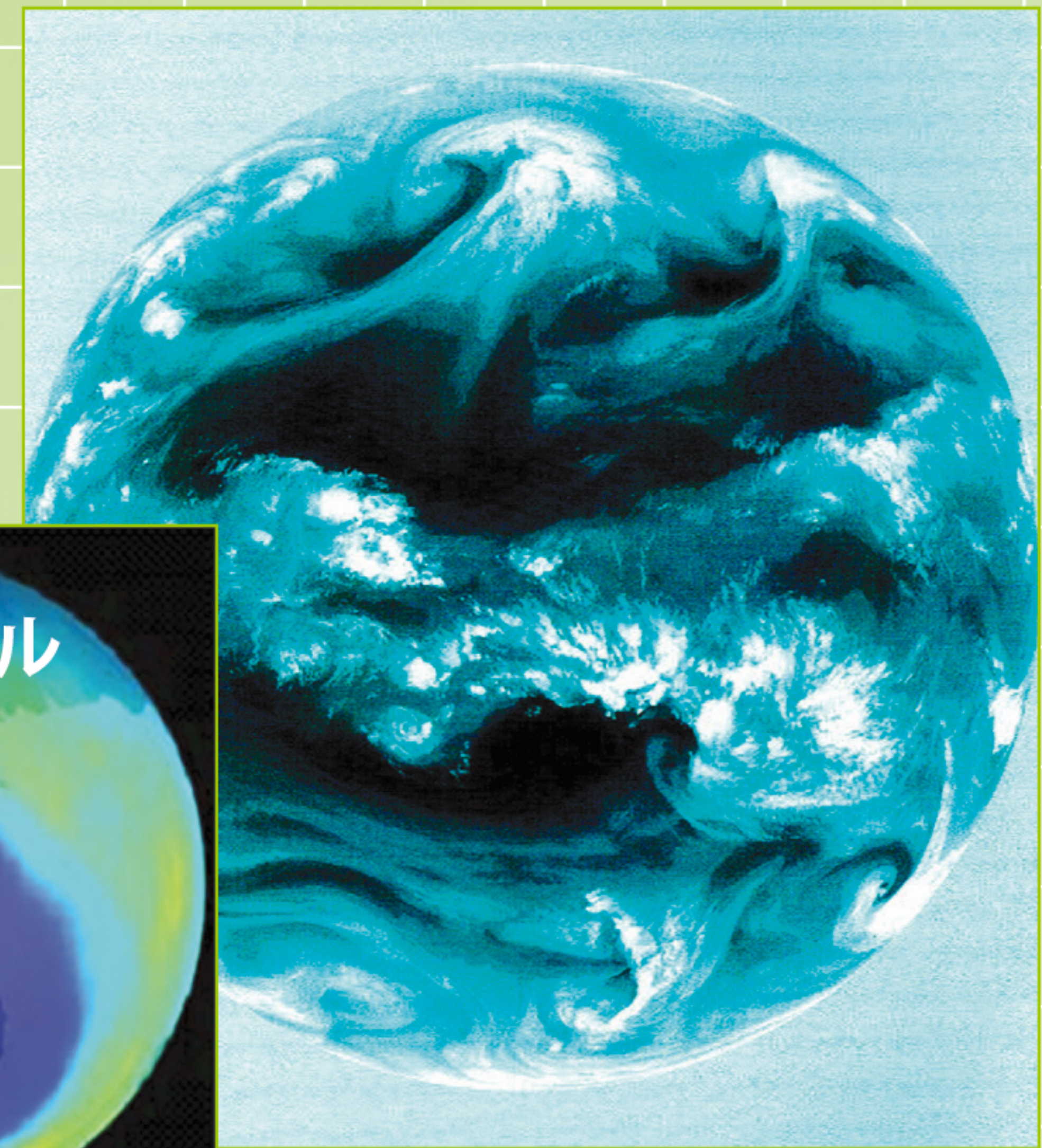




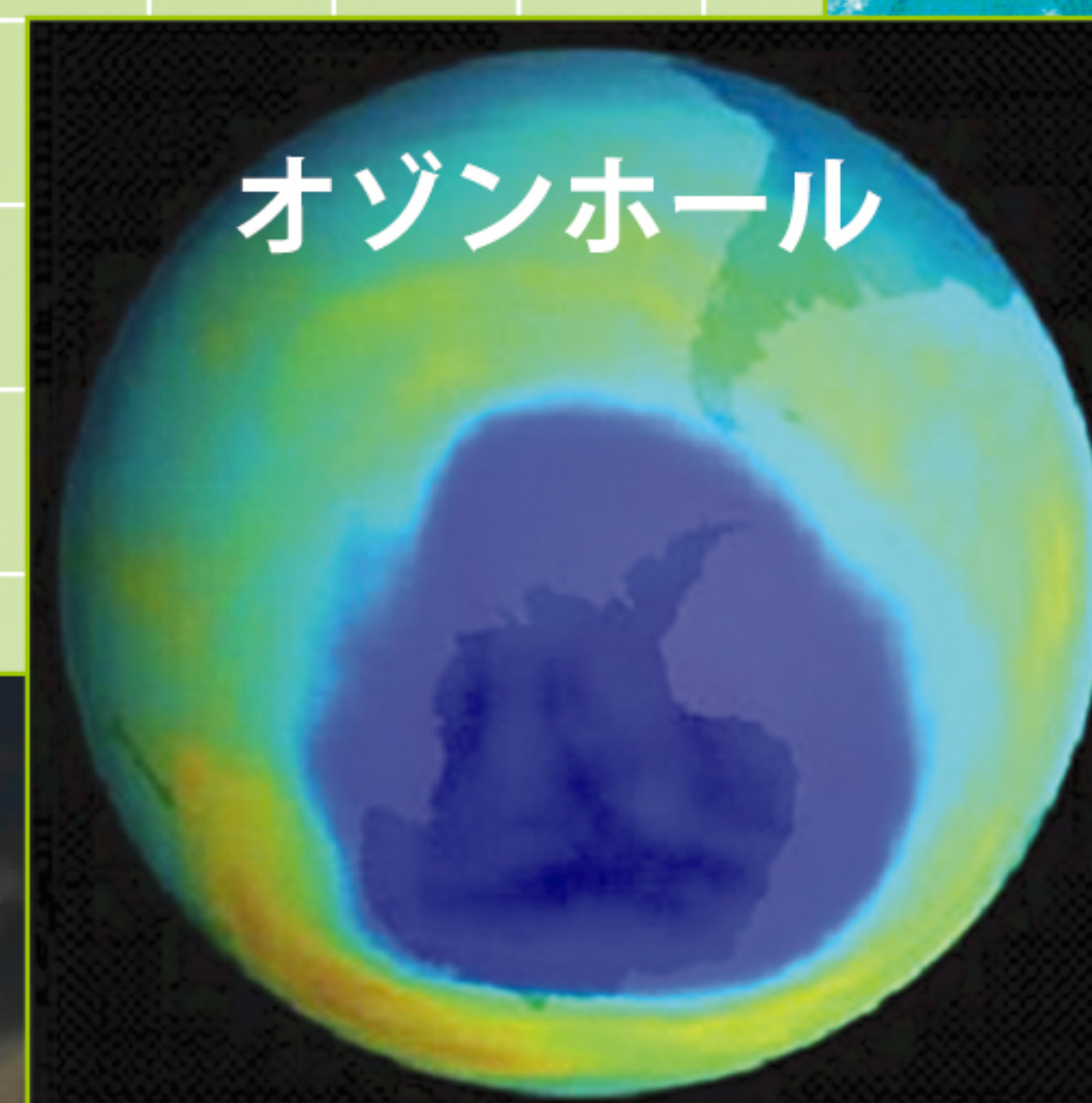
きしょう かんきょう  
気象・地球環境研究

気象・地球環境部門では地球温暖化やオゾンホールなどの地球環境問題や、天気予報、異常気象、台風、竜巻などの研究が行われています。

たいき だいじゅんかん  
大気大循環研究



数値モデルシミュレーション



だいき ぼきしょう  
大規模気象データベースの構築

天気予報や気候変動の将来予測には大気大循環モデルが用いられ、その予測の精度向上には高速計算機が必要です。そのため計算科学における最新技術が導入されています。

