# T2Kアプリケーション(格子QCD)

- §1、研究内容
- §2、T2Kシステムへの期待と要望
- §3、T2Kシステム上での研究計画

## §1、研究内容

## 格子QCDによる強い相互作用の非摂動的研究(基礎科学)

強い相互作用 自然界を支配する4つの基本的な力の一つ 重力、電磁力、強い力、弱い力 クォーク・グルーオンが基本自由度 原子核 つ 陽子・中性子 つ クォーク・グルーオン つ ?

<u>非摂動的研究</u> 空間3次元+時間1次元を離散化(4次元格子) クォーク・グルーオンをのせてモンテカルロシミュレーション

<u>目的</u> クォーク・グルーオン世界の第一原理計算によって、より大きなスケール(原子核・宇宙) より小さなスケール(超対称性理論・大統一理論?) の物理の探る

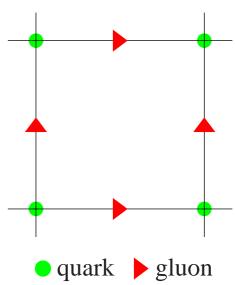
## 格子QCD計算の特徴(その1)

#### - パラメータ

4次元体積: $V = L_x \times L_y \times L_z \times L_t$ 

格子間距離: a

クォーク質量: $m_q$ 



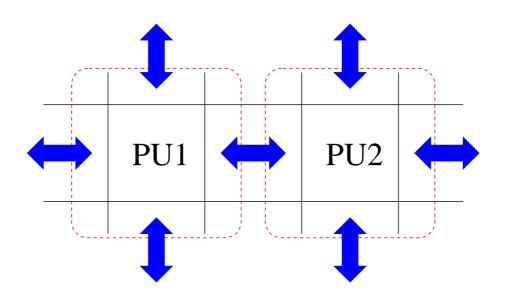
### - 基本自由度

クォーク: $q_{\alpha}^{a}(n)$ 、 $n=1,\ldots,V$ 、 $\alpha=1,2,3,4$ 、a=1,2,3グルーオン: $U_{\mu}^{ab}(n)$ 、 $n=1,\ldots,V$ 、 $\mu=1,2,3,4$ 、a,b=1,2,3

## 格子QCD計算の特徴(その2)

## - 並列化

近接相互作用 ⇒ 物理的格子空間を(素直に)物理プロセッサにマップ 高い並列性と容易な拡張性



## 格子QCD計算の特徴(その3)

- カーネル部分

通称"MULT"と呼ばれる計算が実行時間全体の50%強を占める 複素数の行列・ベクトル積:

$$y(n)_{\alpha}^{a} = \sum_{m,\beta,b} M(n,m)_{\alpha,\beta}^{a,b} \cdot x(m)_{\beta}^{b}$$
  
 $n,m = 1, \dots, V$   
 $\alpha,\beta = 1, 2, 3, 4$   
 $a,b = 1, 2, 3$ 

## 格子QCD計算の特徴(その4)

- ボトルネック

メモリバンド幅律速

MULTのByte/Flop値は約2.7

# §2、T2Kシステムへの期待と要請

アプリを意識したスパコン作り(格子QCDの立場から)

#### バランスの良い計算機

- 演算性能
- メモリバンド幅
- ノード間・プロセッサ間通信

しかしながら、"何をもって良いバランスとするか"はアプリ依存

## アプリを意識したスパコン作り(一般論)

#### (1) 本格稼働前のテスト機導入

- スパコンは旬のもの ⇒ スタートダッシュが鍵
- コードチューニングは2、3週間では不可能 ⇒ 数ヶ月前が望ましい
- 4ノード評価機導入に対する Cray-Appro 両社のご協力および 朴先生・高橋先生のご尽力に感謝しております

#### (2)優れたプロファイラー

- QCDではMULT以外の計算も50%弱存在
  - ⇒ MULT以外のチューニングも必要
- loop単位で実行時間・実効性能が表示されるもの

#### T2K運用に関する要望

- T2K-Tokyo、T2K-Kyotoの利用も検討中
- 8ノード単位の利用は規模として小さすぎ

$$\mathcal{C}$$
 $\mathcal{C}$  $\mathcal{C$ 

次世代機への橋渡しを謳うならば、もっと大きなノード数単位の 利用制度を考えても良いのでは?

# §3、T2Kシステム上での研究計画

ピーク性能	マシン	物理的ターゲット
<del>&lt;1TF級</del>	CP-PACS	2+1 フレーバーQCDシミュレーション創始
10TF級	PACS-CS	物理的クォーク質量でのシミュレーション達成
100TF級	T2K	QCDの基本パラメータの決定
		ハドロン一体問題の解決 ⇒ より大きなスケールへ
10PF級	次世代機	原子核などの多体問題
		高温・高密度下でのシミュレーション

## 想定シミュレーションパラメータ(例)

	T2K	PACS-CS
4次元体積	$48^{3} \times 64$	$32^{3} \times 64$
使用ノード数/ジョブ	54または27	256
(演算性能)	(7.9TFまたは4.0TF)	(1.4TF)