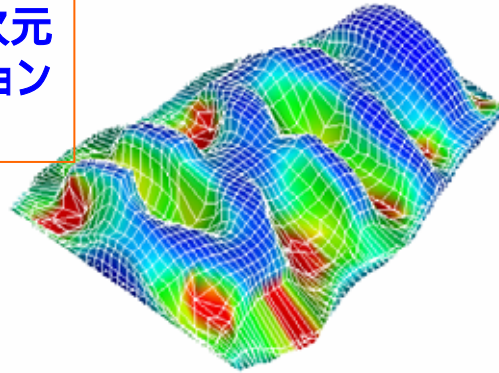


対角マトリクスを用いた3次元剛塑性有限要素法の並列計算 におけるPCクラスタの適用

塑性加工研究室 菅野由恵

大規模な3次元
シミュレーション
モデル



大規模3次元シミュレーション
・計算時間 大
・メモリ容量 大



対角マトリクスを用いた剛塑性FEM



並列計算

共有メモリ型による並列化:高価



分散メモリ型PCクラスタによる並列化



データ転送方式の検討
並列化効率を調べる

共有メモリ型
ワークステーション



分散メモリ型PCクラスタ

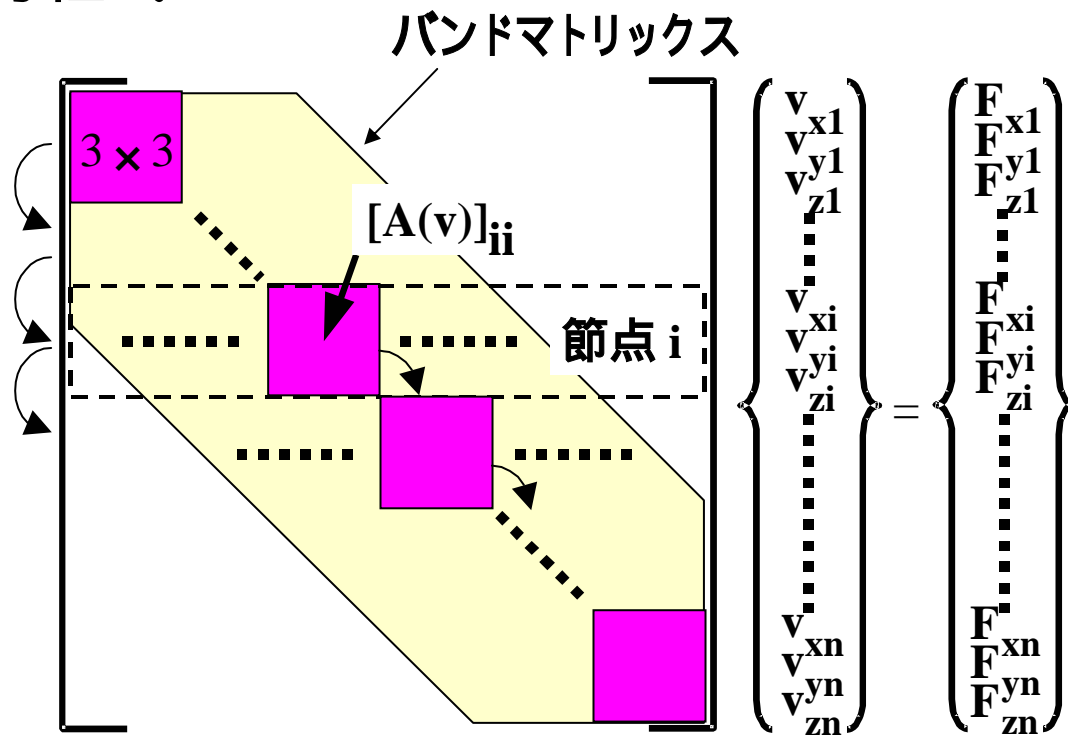
対角マトリクス剛塑性有限要素法

節点力の釣り合い
 $[A(\mathbf{v})] \{\mathbf{v}\} = \{\mathbf{F}\}$

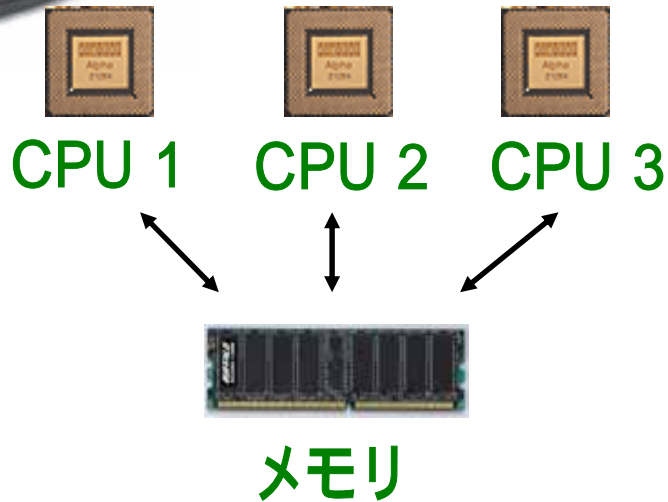
非線形連立方程式

従来法: 線形化, 全体を解く

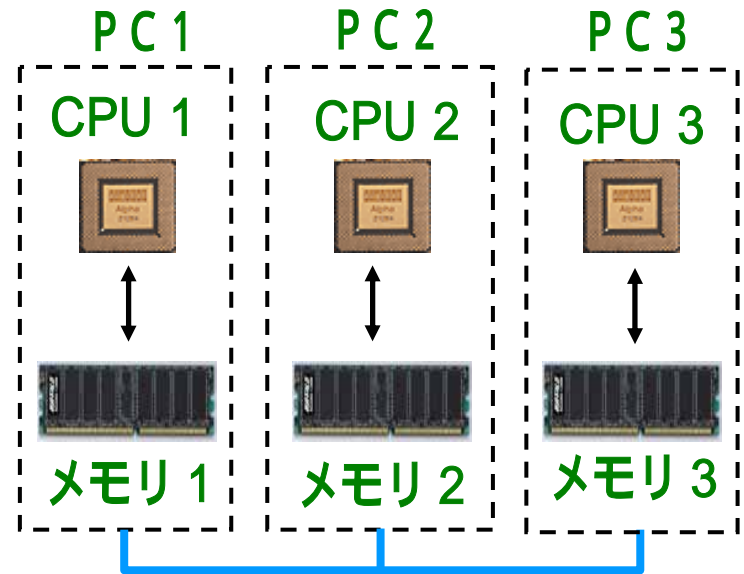
対角マトリクス: 節点ごとに解く



並列計算機の種類

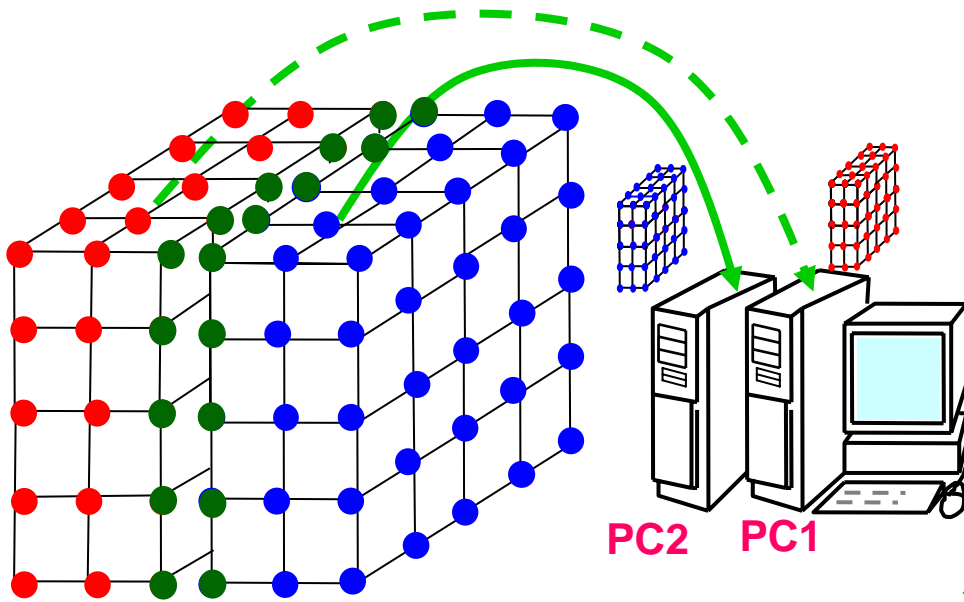


(a)共有メモリ型
ワークステーション
高価



(b)分散メモリ型
PCクラスタ
安価

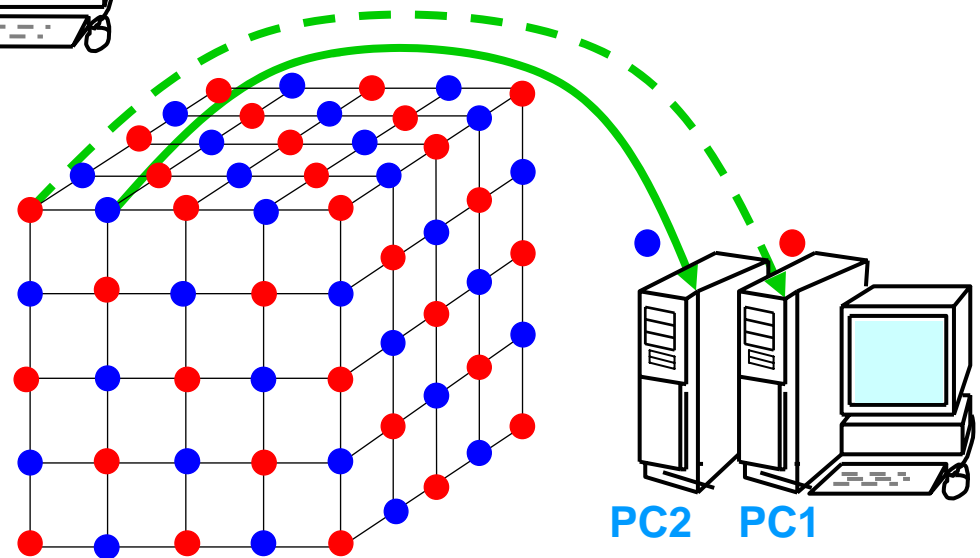
データ転送方式



(a)一括転送方式

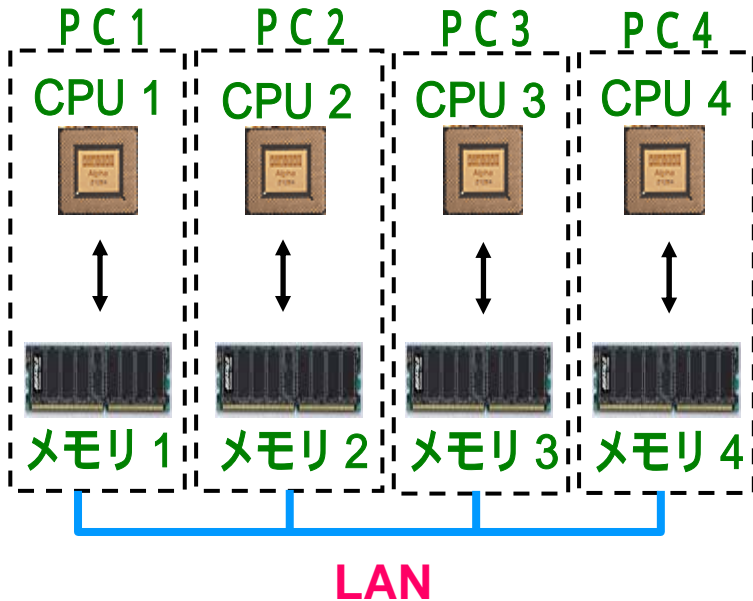
一度に送るデータ量:小
転送回数:多
収束性:良

一度に送るデータ量:大
転送回数:少
収束性の悪化



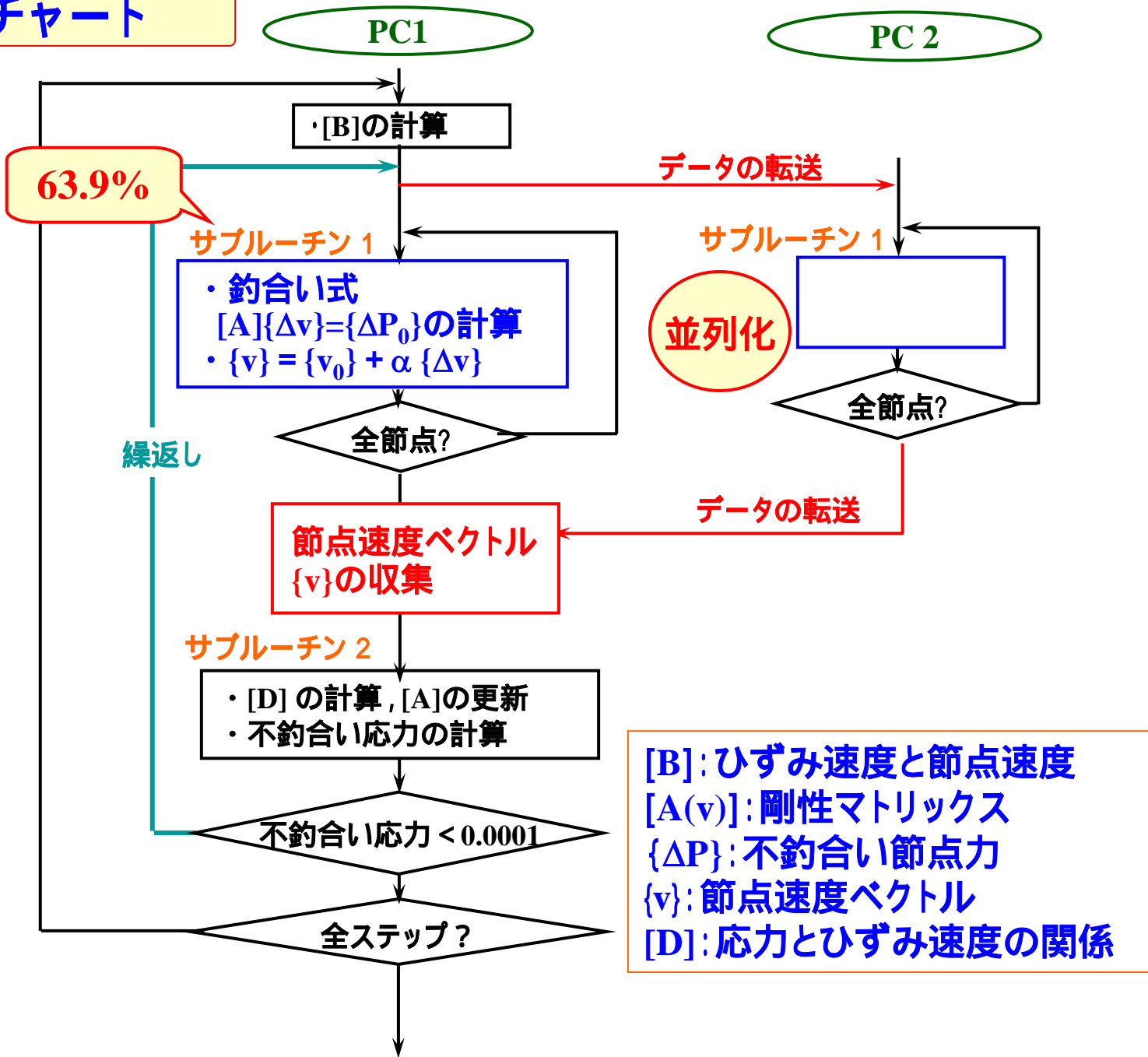
(b)逐次転送方式

クラスタを構成するPCの性能



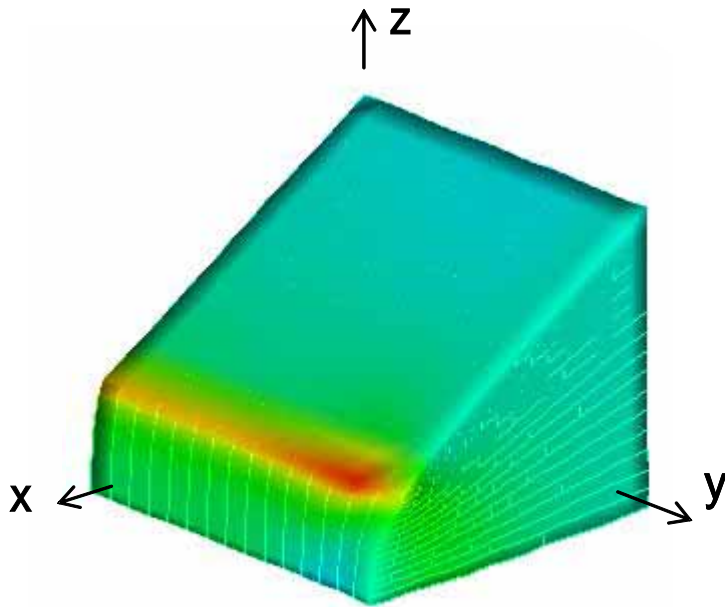
CPU	Celeron 2.4GHz
メモリ	256MB
PC台数	4台
最大転送速度	100Mbps
OS	Vine Linux2.5

フローチャート



計算条件

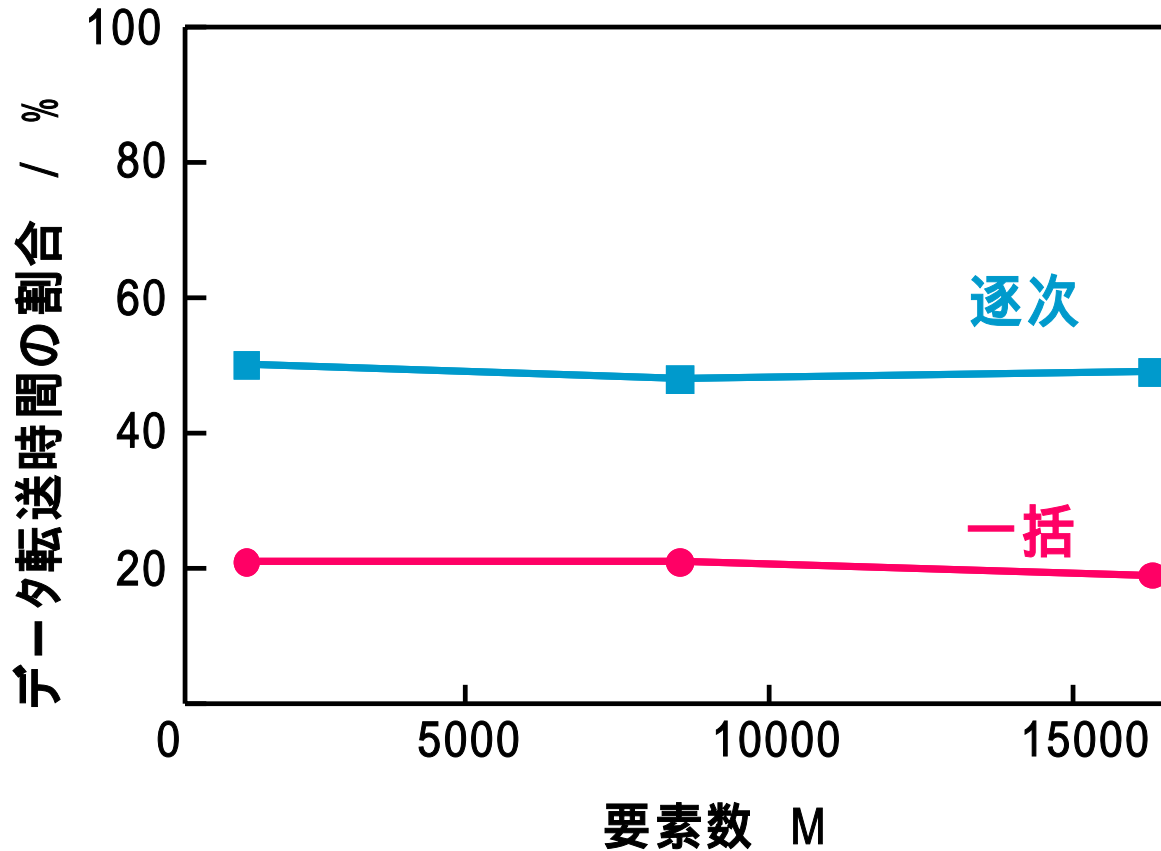
傾斜工具によるすえ込み



1/8 対称モデル

変形抵抗 S25C	$\bar{\sigma} = 748 \bar{\epsilon}^{0.21}$
摩擦係数	0.2
1変形ステップ の圧縮率	1%
最終圧下率	10%
要素数	1000 8000 15625

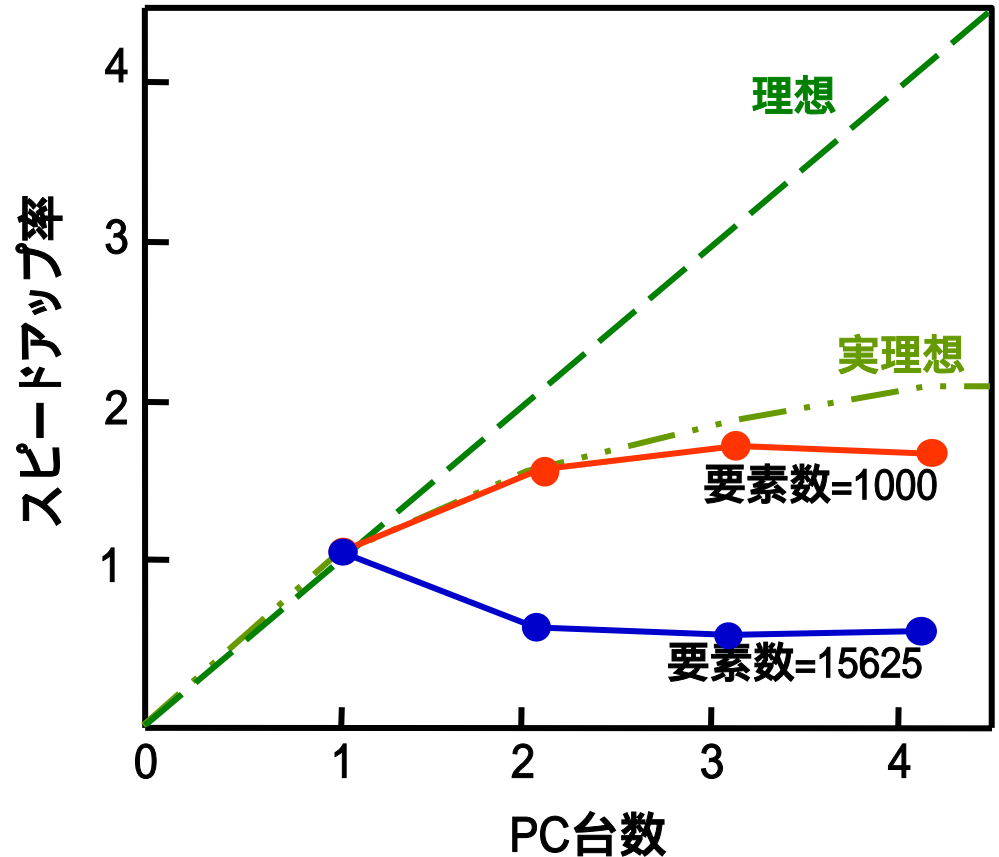
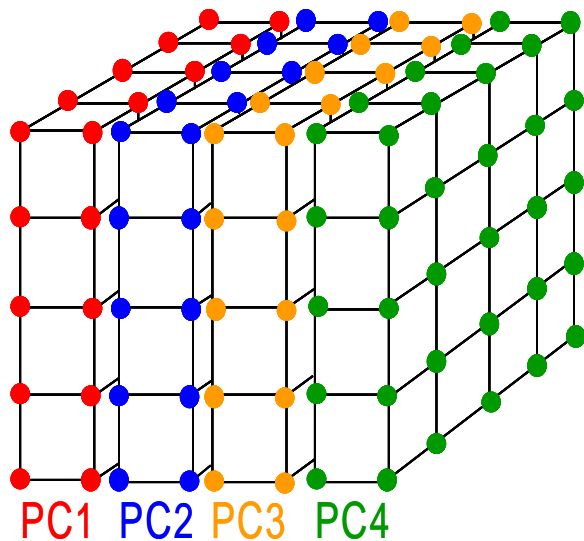
データ転送時間の割合と要素数の関係 (PC:2台,LAN最大速度:100Mbps)



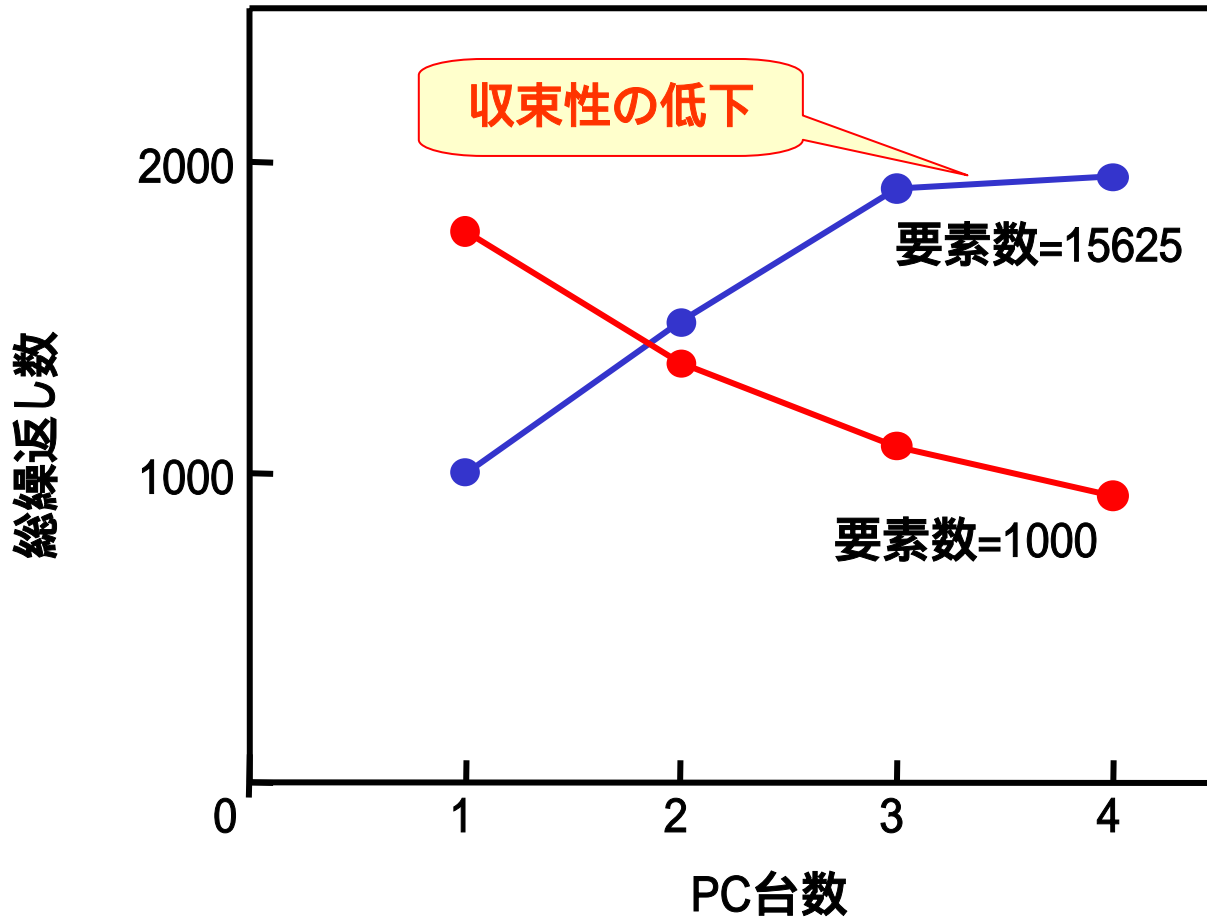
一括転送方式でのスピードアップ率

スピードアップ率

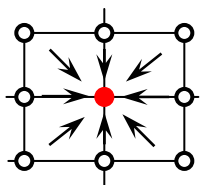
$$= \frac{t_1}{t_n}$$



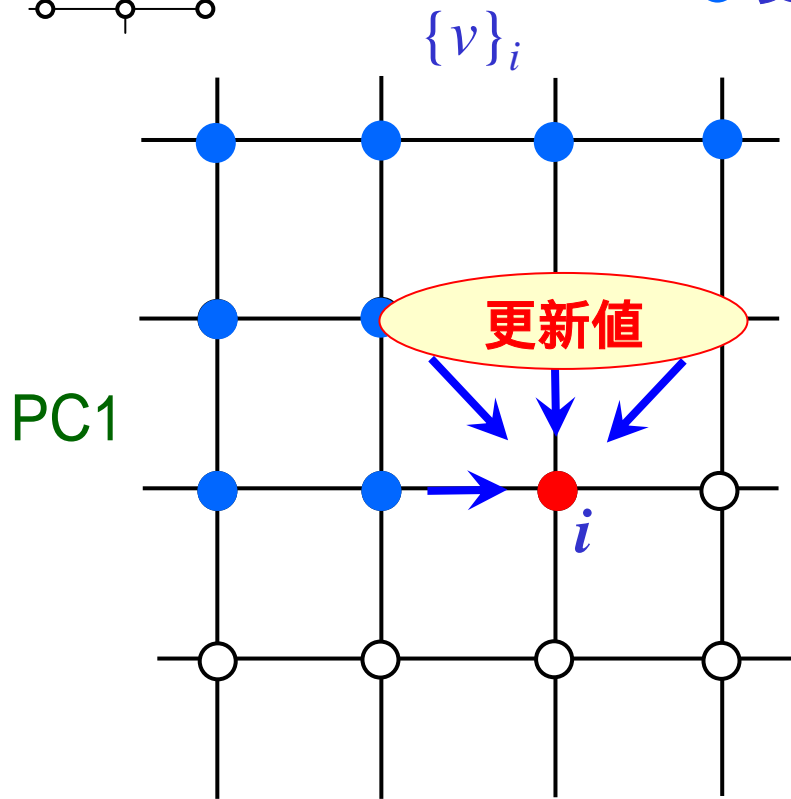
繰返し数とPC台数



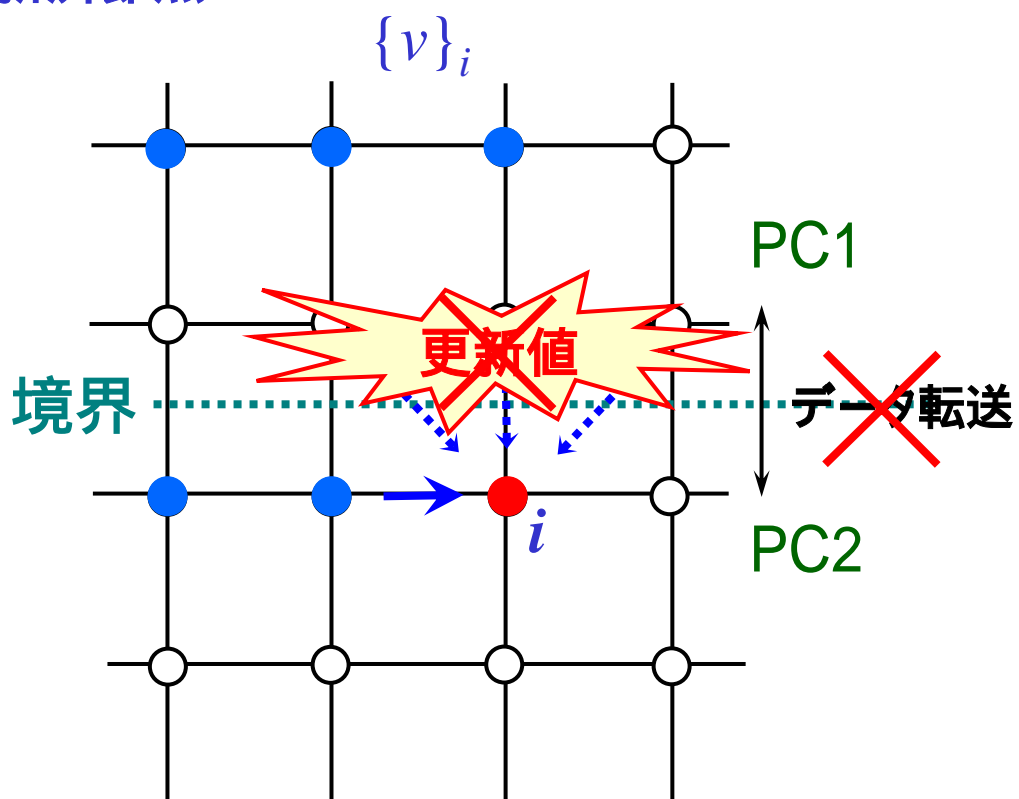
更新データの遅延



● 更新済節点



PC1台

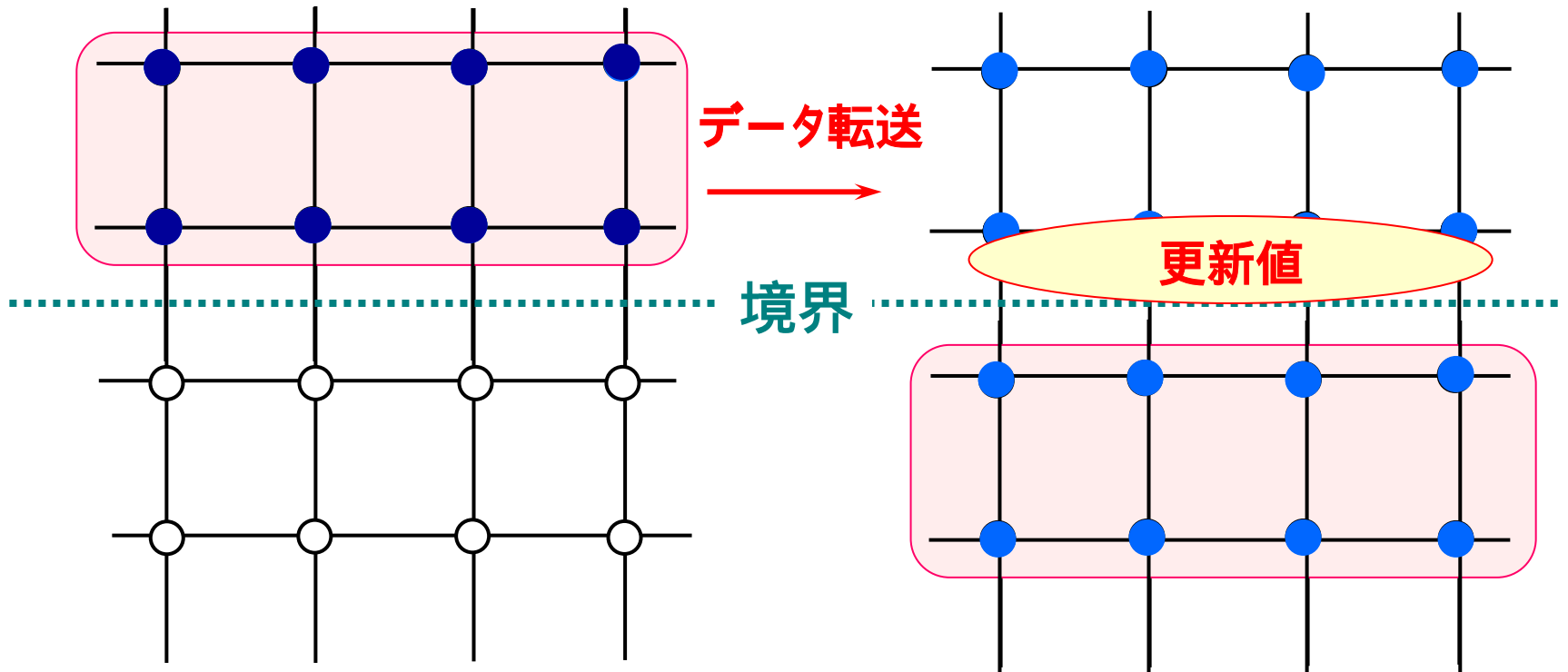


PC2台

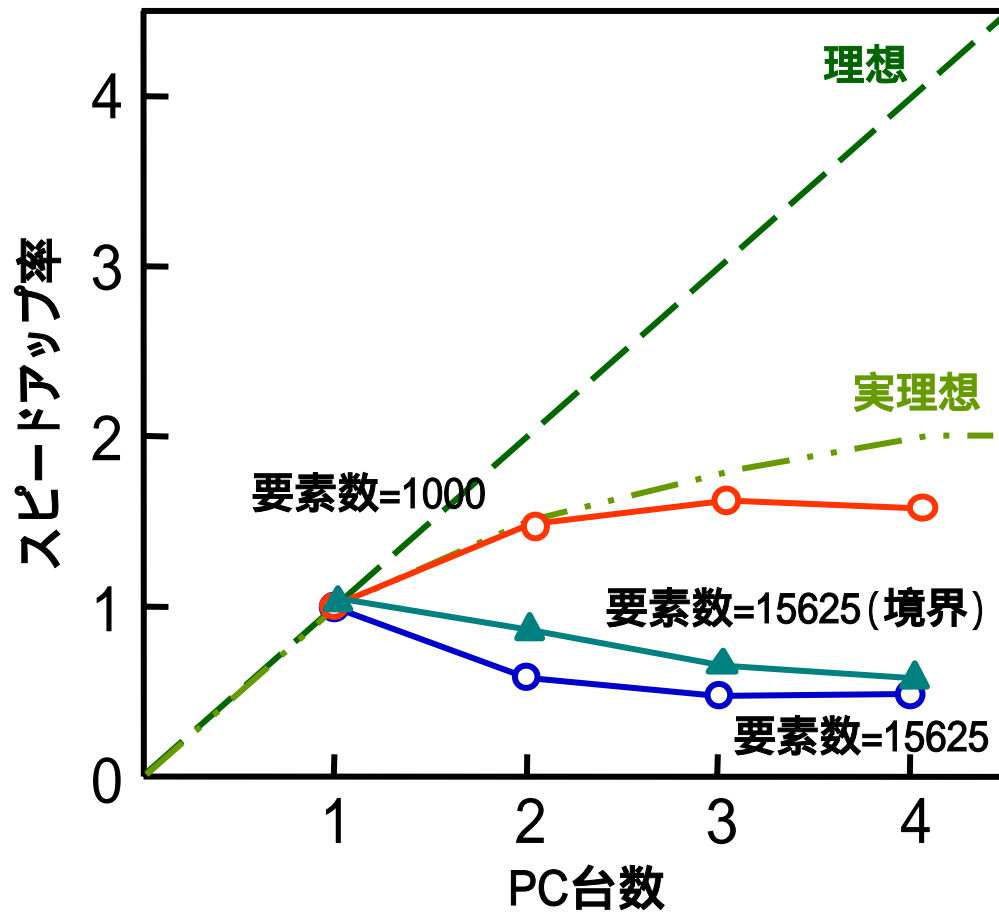
更新値データ遅延の改善

PC1

PC2



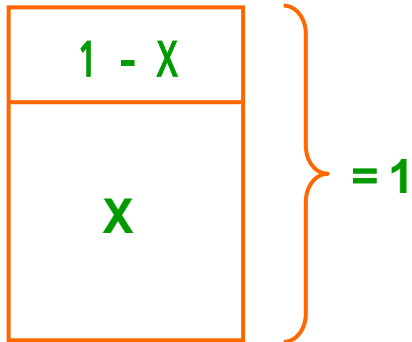
境界部分のデータ遅延を考慮したスピードアップ率



まとめ

- (1) 対角マトリックスを用いた3次元剛塑性有限要素法の並列化をPCクラスタに適用し, データ転送方式の検討を行った.
- (2) PCクラスタでの並列化において, 要素数が少ない場合は一括転送方式が有効である.
- (3) 一括転送方式を用いても節点数が増えると, 収束性が低下するため, 理想のスピードアップ率は得られない.
- (4) 境界部分に存在する節点数を少なくする必要がある.
- (5) 理想的なスピードアップ率を得るためにはより高速なLANの使用が不可欠である.

実理想の計算方法



1台で実行した場合

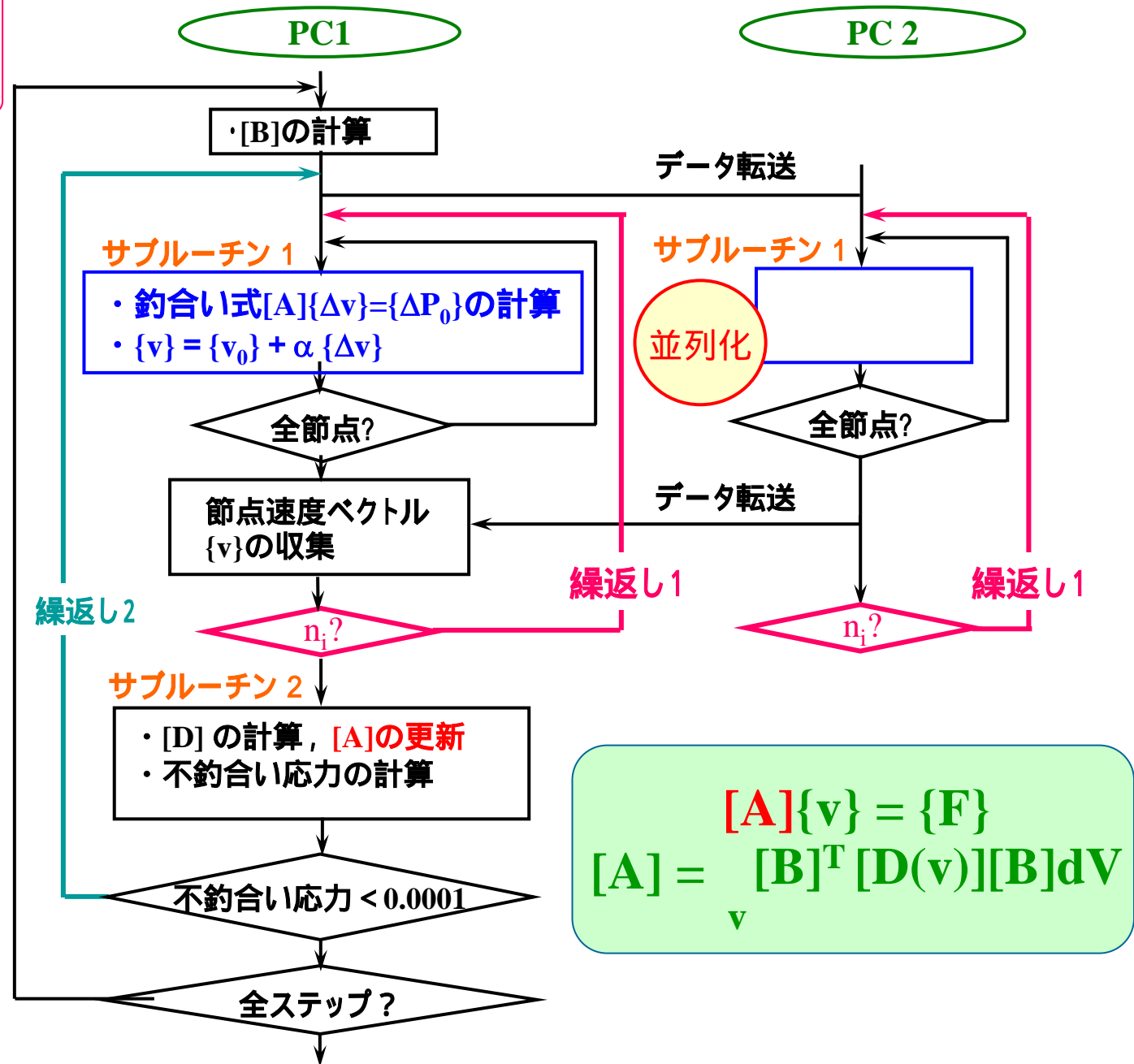
並列化(予定)部分にかかる時間 : X
並列化しない部分にかかる時間 : $1 - X$
全体 : 1

N台で実行した場合

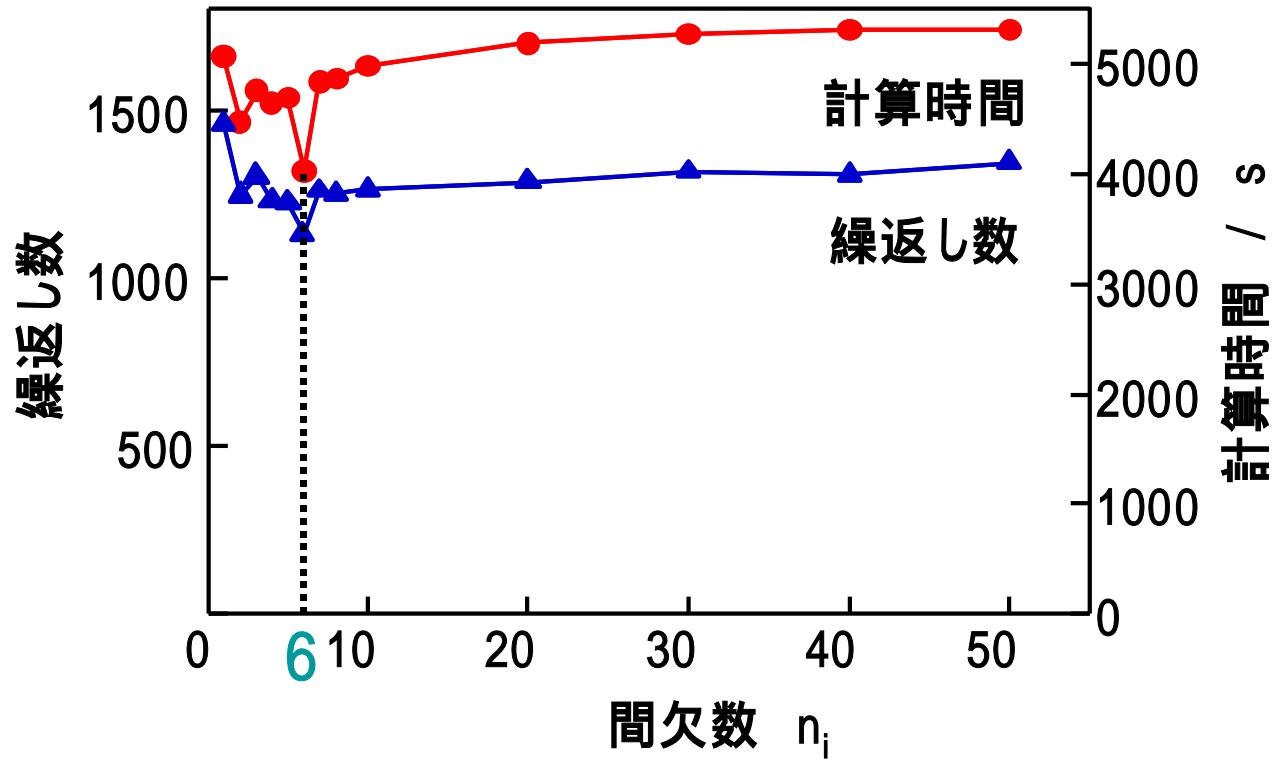
並列化した部分にかかる時間 : $\frac{X}{N}$
並列化しない部分にかかる時間 : $1 - X$
全体 : $\frac{(1 - N) * X + N}{N}$

$$\text{スピードアップ率}(X部分のみ) = \frac{N * X}{(1 - N) * X + N}$$

非線形性更新 フローチャート

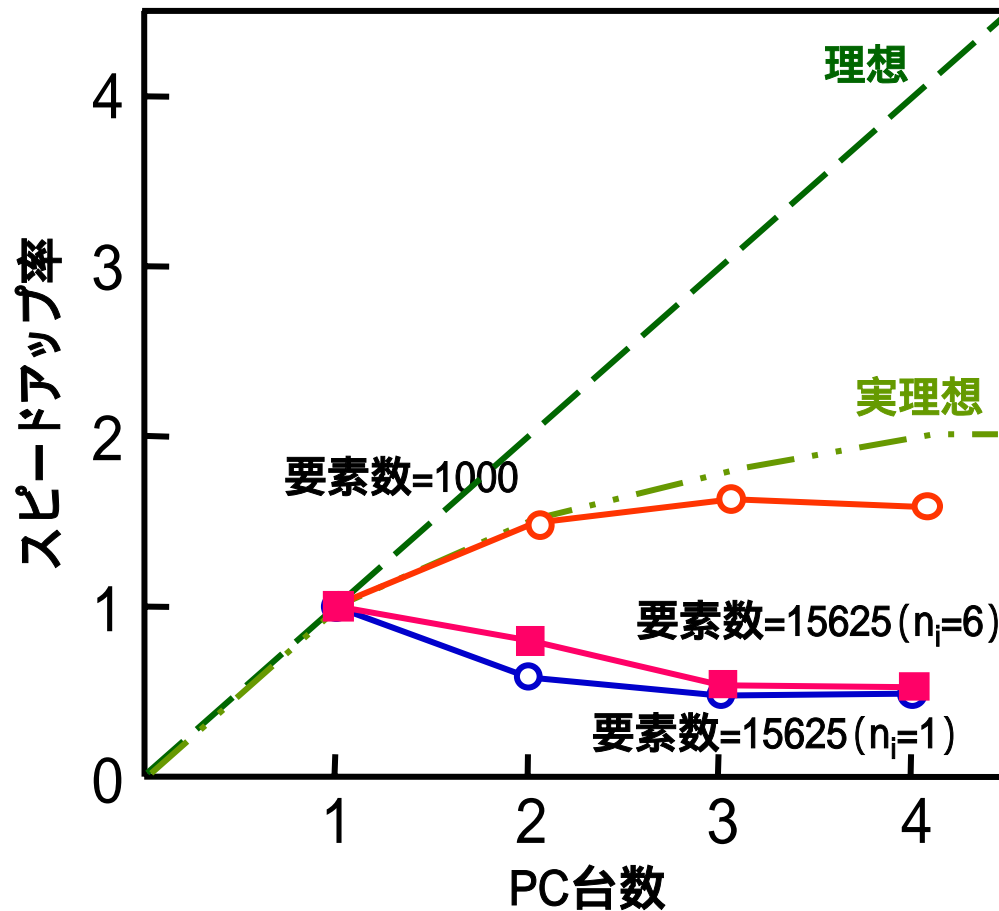
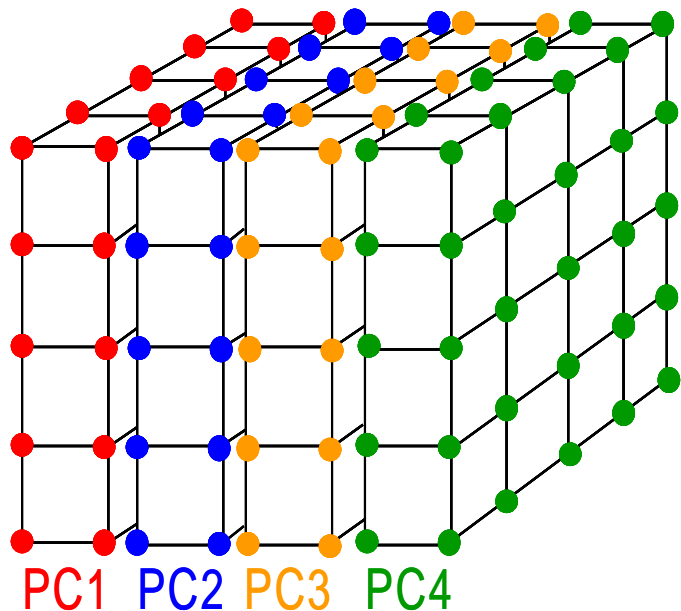


最適な間欠数 (PC 2 台)

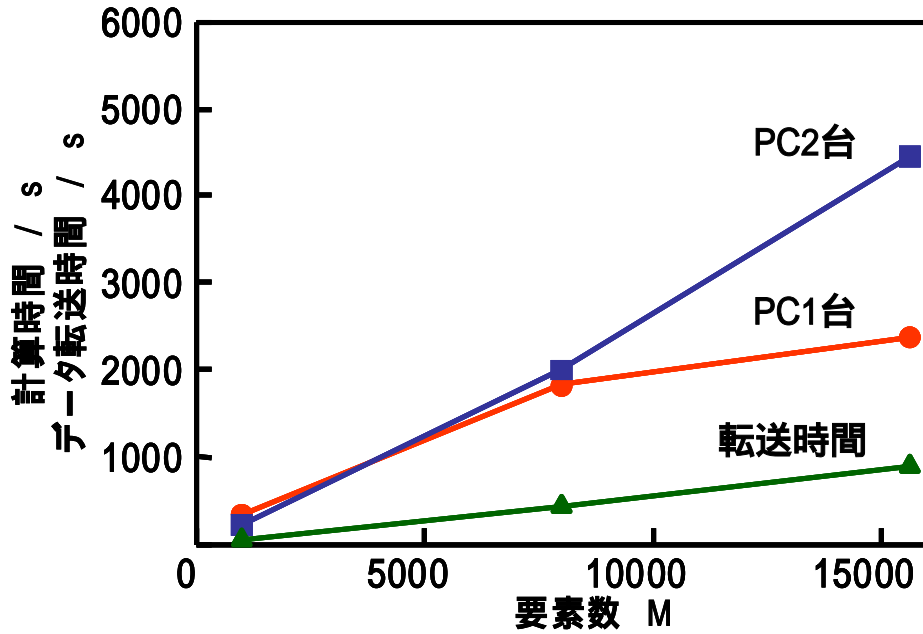


非線形性の更新回数変更後のスピードアップ率

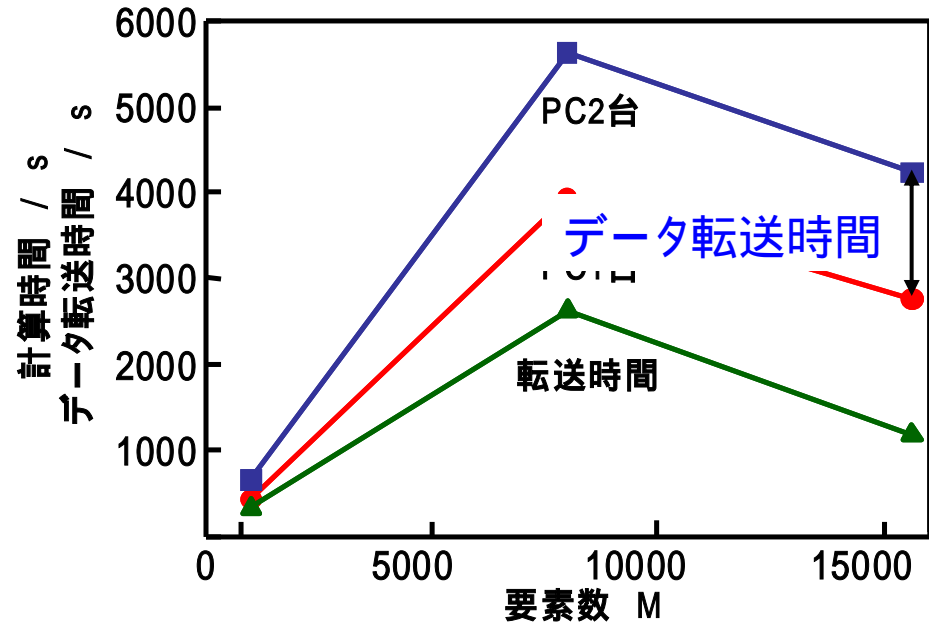
非線形性の更新
1回 6回



計算時間と転送時間

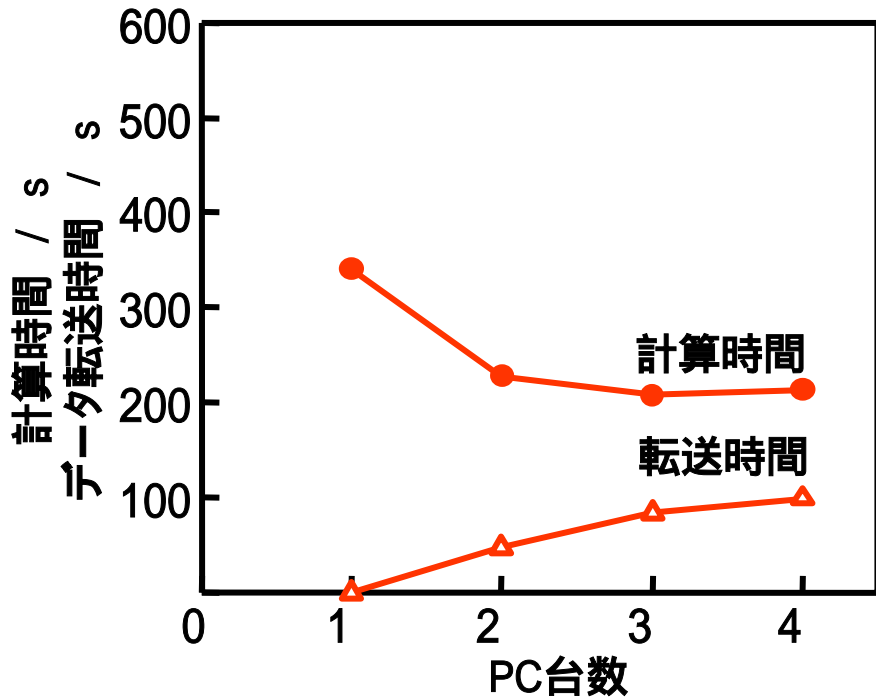


(a)一括転送方式

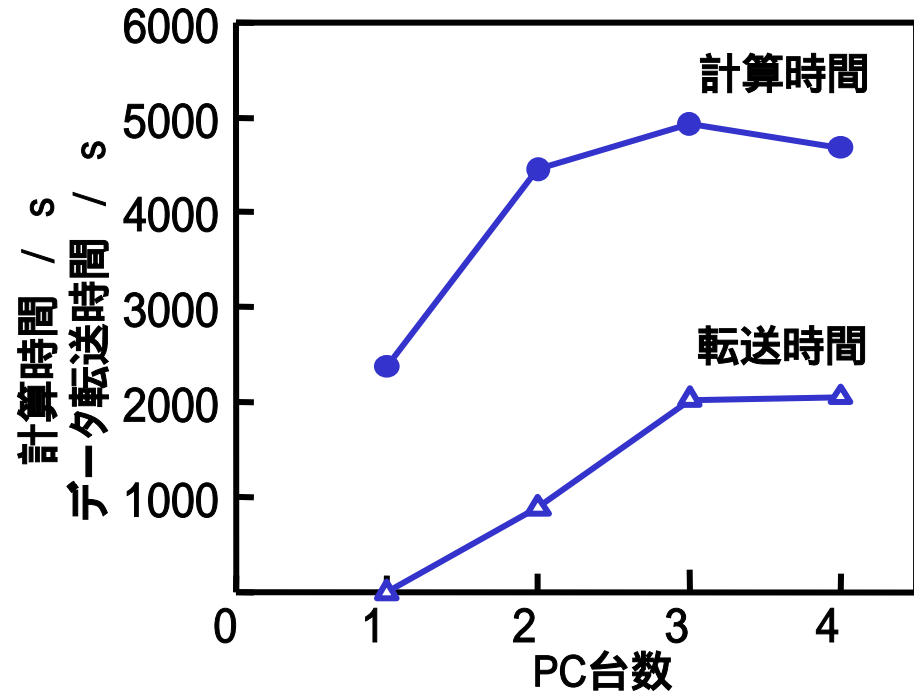


(b)逐次転送方式

要素数別計算時間とデータ転送時間

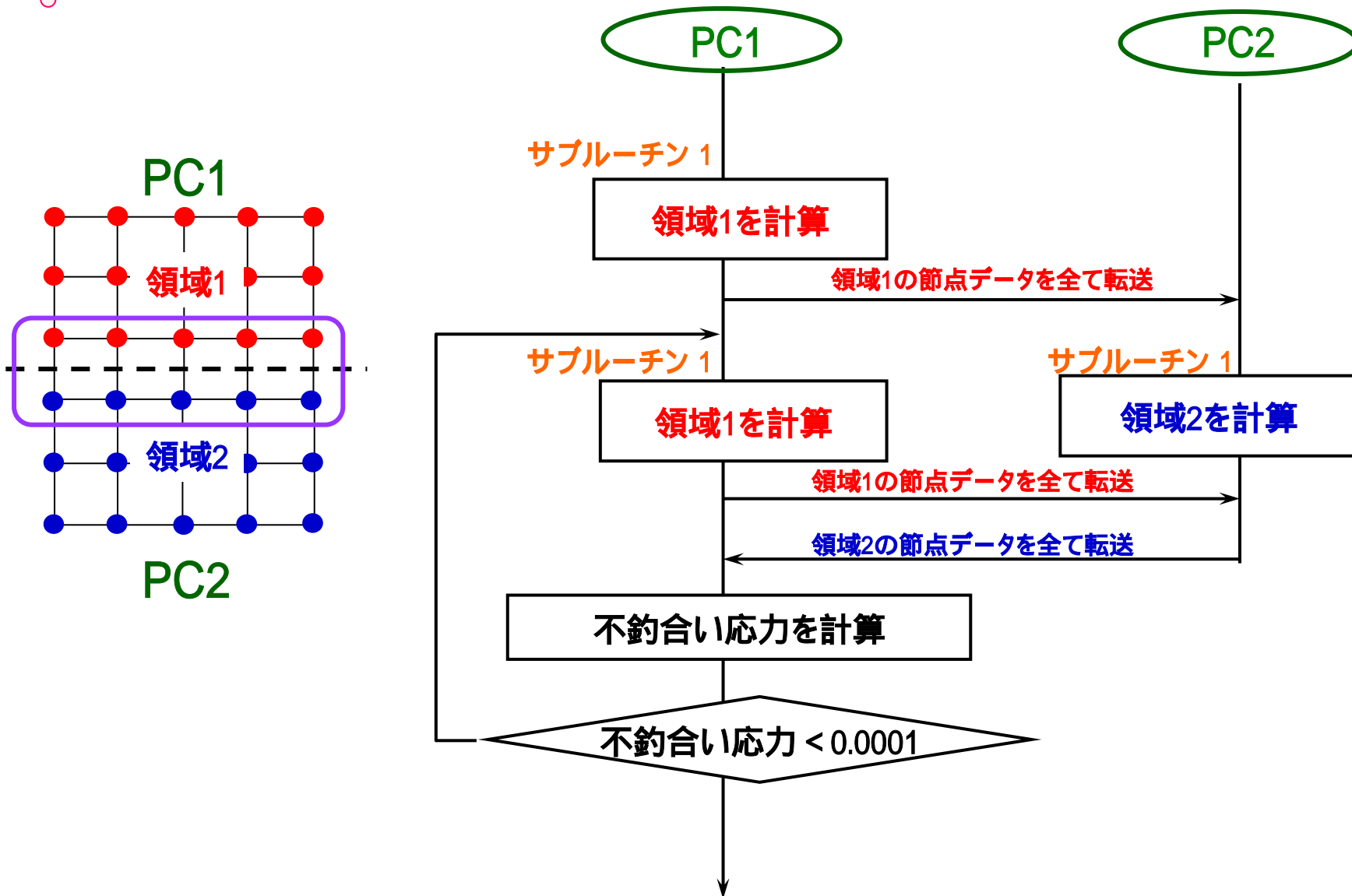


要素数 1000

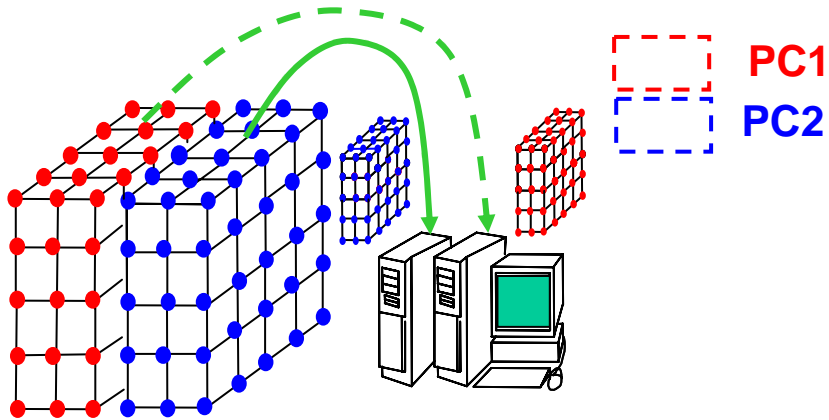
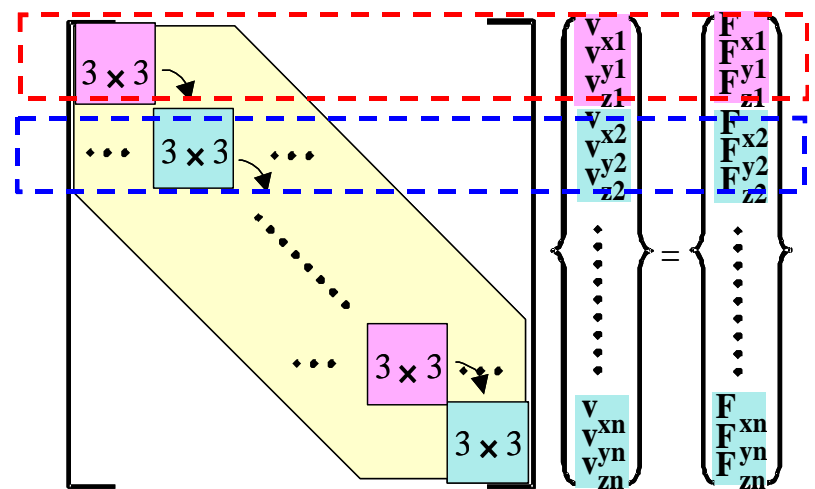
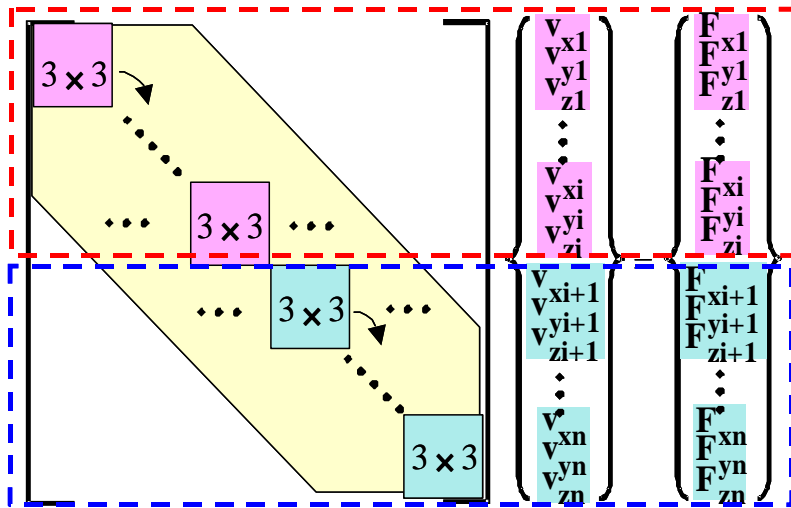


要素数 15625

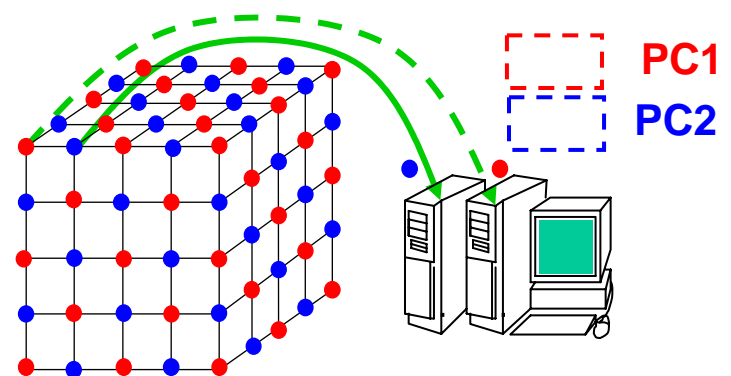
境界部分のデータ遅延減少フローチャート



データ転送方式



(a)一括転送方式
収束性:悪
転送回数:少



(b)逐次転送方式
収束性:良
転送回数:多