

目 次

1	OpenMP と並列計算	1
1.1	OpenMP による簡単な並列プログラムの例	1
1.2	並列処理の基本的な分類	3
1.3	分散, 共有メモリシステム	4
1.4	プロセス並列とスレッド並列	6
1.5	OpenMP と MPI	7
2	OpenMP によるプログラミング	11
2.1	OpenMP の基本形と本書で用いる言語形式	11
2.2	パラレル構文を用いる並列演算	12
2.2.1	パラレル構文	13
2.2.2	構文とリージョン, 静的および動的範囲	16
2.2.3	並列のネスト	17
2.2.4	パラレルリージョン内のスレッド数	20
2.2.5	本書で用いる並列化の条件	23
2.2.6	パラレルリージョン内のワークシェアリング	23
2.2.7	共有属性	24
2.3	ワークシェアリング構文	31
2.3.1	ワークシェアリング構文に共通する規約	31
2.3.2	ループ構文	32
2.3.3	sections 構文	37
2.3.4	single 構文	39
2.3.5	workshare 構文	40
2.3.6	静的範囲外に置かれたワークシェアリング構文	41
2.3.7	スレッドプライベート指示文	42

2.4	スレッドの同期と制御	46
2.4.1	critical構文	46
2.4.2	atomic指示文	48
2.4.3	barrier 指示文	50
2.4.4	ordered構文	51
2.4.5	master構文	52
2.4.6	flush指示文	53
2.5	結合ワークシェアリング構文	54
2.5.1	パラレルループ構文	55
2.5.2	parallel sections 構文	59
2.5.3	parallel workshare 構文	59
2.6	データ依存性の除去	60
2.6.1	データ依存性が発生する例	60
2.6.2	データ依存性のパターン	62
2.6.3	フロー依存性の除去	66
2.6.4	多重ループのデータ依存性	69
2.6.5	許容されるデータ依存性	72
2.6.6	動的範囲におけるデータ依存性	73
3	OpenMP による並列数値計算	75
3.1	行列の LU 分解と小規模な連立 1 次方程式の解法	75
3.1.1	LU 分解の基礎	75
3.1.2	配列メモリを節約する LU 分解	77
3.1.3	部分ピボット選択を利用する LU 分解	79
3.1.4	OpenMP による LU 分解の並列化	82
3.2	有限要素法によるラプラス方程式の解法	85
3.2.1	有限要素法による離散化式の導出	85
3.2.2	element-by-element 法による数値計算	90
3.3	差分法によるラプラス方程式の解法	96
3.3.1	差分法による離散化式の導出	96
3.3.2	GMRES 法による連立 1 次方程式の解法	98
3.3.3	ラプラス方程式の離散化式の並列計算	102

3.4	双曲型方程式の陽的解法	108
3.4.1	特性曲線法による浅水流方程式の計算	108
3.4.2	プログラムと OpenMP による並列化	113
3.5	スペクトル法によるバーガーズ方程式の解法	117
3.5.1	スペクトル法によるバーガーズ方程式の解法	117
3.5.2	高速フーリエ変換 (FFT)	120
3.5.3	OpenMP による FFT の並列化	126
3.5.4	FFT を用いるバーガーズ方程式の数値計算	128
付 録	_____	131
A.1	parallel 指示文とワークシェアリング指示文	131
A.2	parallel 指示文とワークシェアリング指示文に付随する節	132
A.3	結合ワークシェアリング指示文	132
A.4	結合ワークシェアリング指示文に付随する節	133
A.5	同期のための指示文	133
A.6	実行時ルーチン (Fortran)	134
A.7	環 境 変 数	135
A.8	並列計算の効率に関する指標・法則等	136
A.8.1	スピードアップ	136
A.8.2	効 率	137
A.8.3	アムダールの法則	137
A.8.4	グスタフソンの法則	137
参 考 文 献	_____	139
索 引	_____	142