

対称型マルチプロセッサ用リアルタイムOS TOPPERS/SMP カーネル

セイコーエプソン(株)
機器ソフトウェア統括センター
田中 克哉

概 要

- 対象アーキテクチャ
- 検討課題
- TOPPERS/SMP カーネル仕様
- アプリケーションへの影響
- 今後の予定と課題

対象アーキテクチャ

- 各プロセッサでのデータを置くメモリが全てのプロセッサから同一アドレスでアクセス可能である事
- 任意のプロセッサに対して割り込み(プロセッサ間割り込み)が可能である事
- プロセッサ間で排他制御を行う為のサポート機構がある事
- 外部割り込みのマスクはプロセッサ単位で行える事

検討課題

- スケジューリング
 - 複数タスクを動作させる場合、優先順位をどう扱うか？
- 割り込み
 - 割り込みを処理するプロセッサ？
 - 割り込みの並列実行？
- 排他制御
 - プロセッサ間の排他制御の提供方法は？

設計方針

- ITRON から離れない
 - ITRON の皮をかぶった独自 OS にはしない。
- マルチプロセッサの強みを生かす
 - 極力並列動作を可能とした仕様にする
- シングルプロセッサとの互換性を考慮する
 - 過去のソフト資産の流用

TOPPERS/SMP 仕様 スケジューリング

- 課題
 - 動作させるタスク数と優先順位の問題
 - タスクを動作させるプロセッサの選択ルール
- SMP でのスケジューリング仕様
 - 優先順位の高いタスクから順にプロセッサ数分のタスクを実行する。
 - 実行状態のタスクが出現した時は、アイドル状態のプロセッサがあればアイドル状態のプロセッサを選択、全てのプロセッサでタスクが実行中の場合は最低優先度のタスクと入れ替える。

TOPPERS/SMP 仕様

割り込み

• 課題

- 割り込みハンドラの並列実行を許容するか？
- 割り込みの受付 / 実行するプロセッサの選択方法は？
- 割り込みのネストを許容するか？

• SMP での割り込み仕様

- アーキテクチャに依存する部分が多い為、仕様としての定義は行わない事とした。

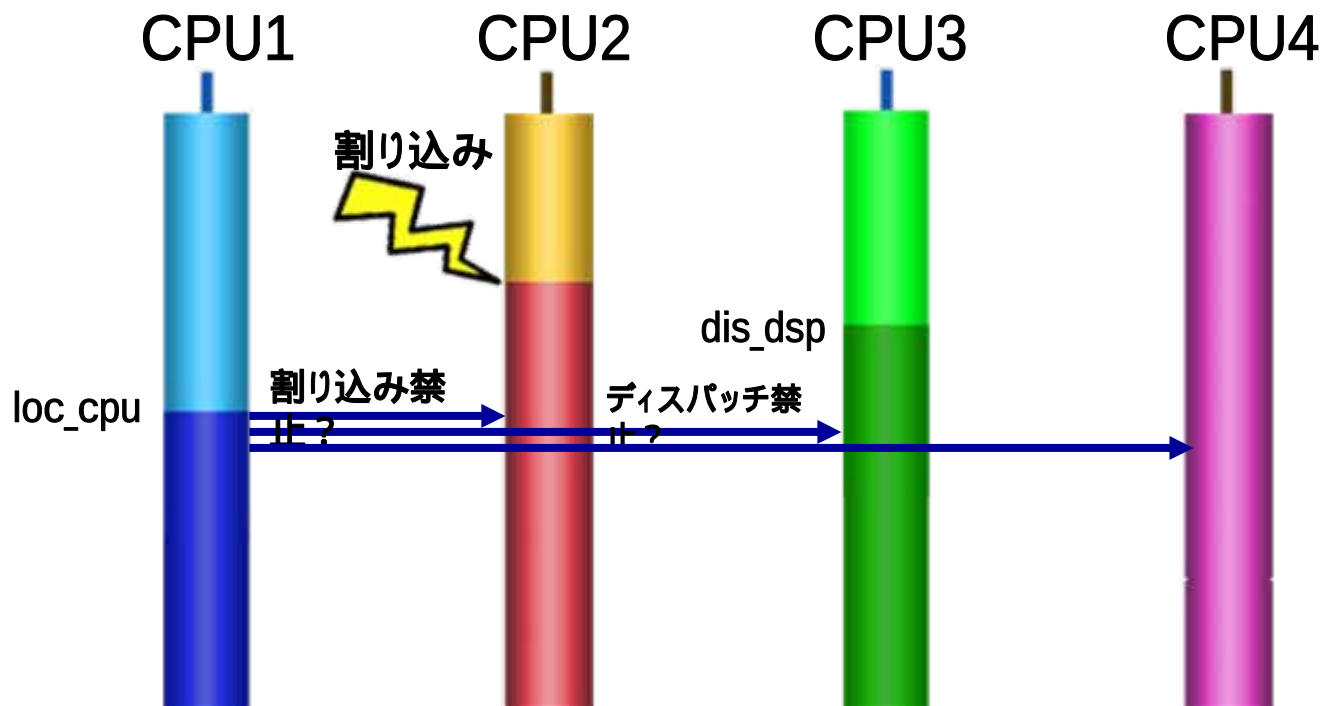
TOPPERS/SMP 仕様

排他制御

- 課題
 - プロセッサ間の排他制御をどう提供するか？
 - 従来の I/F はどうするか？
- SMP での排他制御仕様
 - 従来の I/F (loc_cpu, dis_dsp) は非推奨
 - 新規 I/F の設計を行った
 - スピンロック(loc_spn)
 - プロセッサ占有(opc_cpu)

loc_cpu, dis_dsp

- loc_cpu、dis_dsp が作り出す状態
 - 割り込み禁止とディスパッチ禁止
 - この時の他プロセッサの制御方法は？
- シングルプロセッサと同じ状態を作り出す事ができない。



スピンロック取得状態ー 1

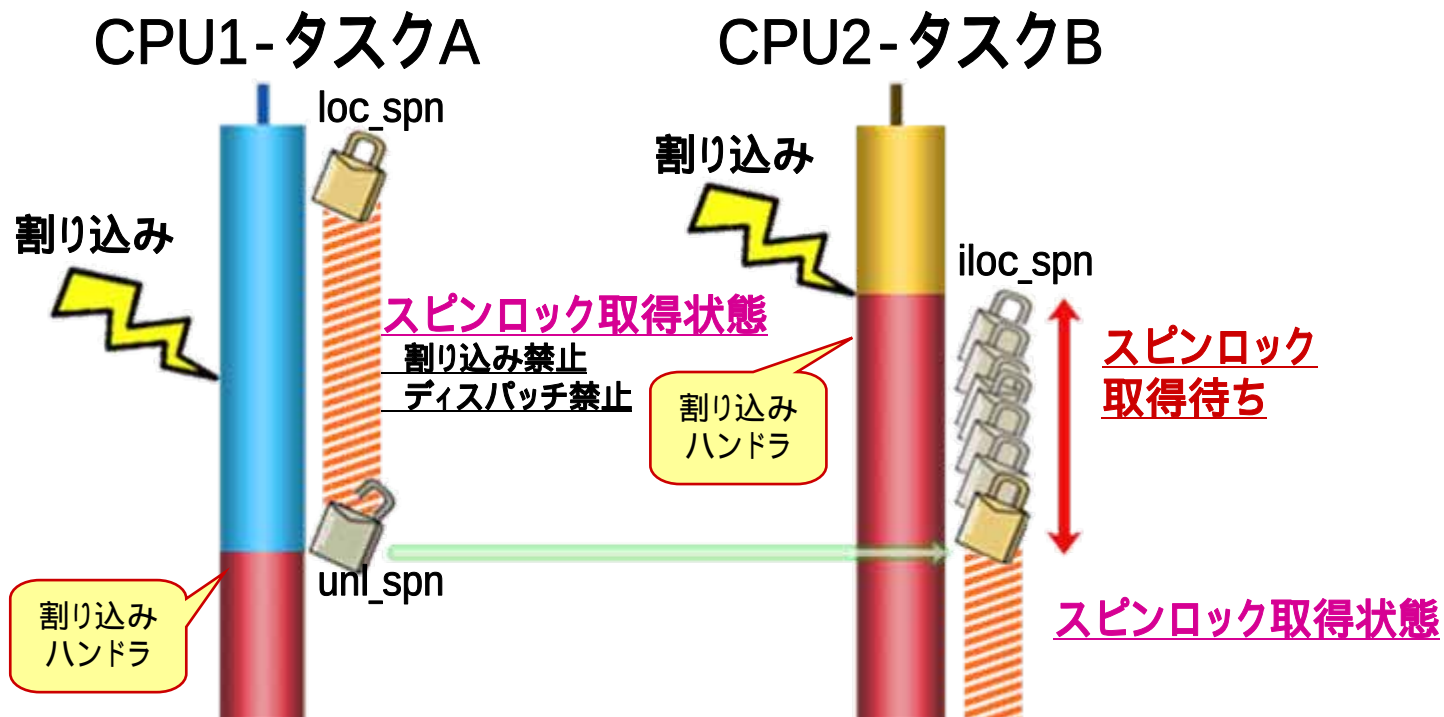
タスクー割込みハンドラ間や割込みハンドラ同士の排他制御を実現

- ユーザープログラムで使用可能なプロセッサ間ロック
- スピンロックであるため、ロックの取得を試みている間は、処理状態なので注意が必要
 - スピンロック取得状態の長さは最小限にする必要がある
- スピンロック取得時はディスパッチや割込みも禁止する
 - 割込みハンドラとのデッドロックを避けるため
 - スピンロック取得状態の長さを短くするため

スピンロック取得状態 - 2

スピンロックの取得 : loc_spn/iloc_spn,try_spn/itry_spn

スピンロックの開放 : `unl_spn/iunl_spn`



プロセッサ占有ー1

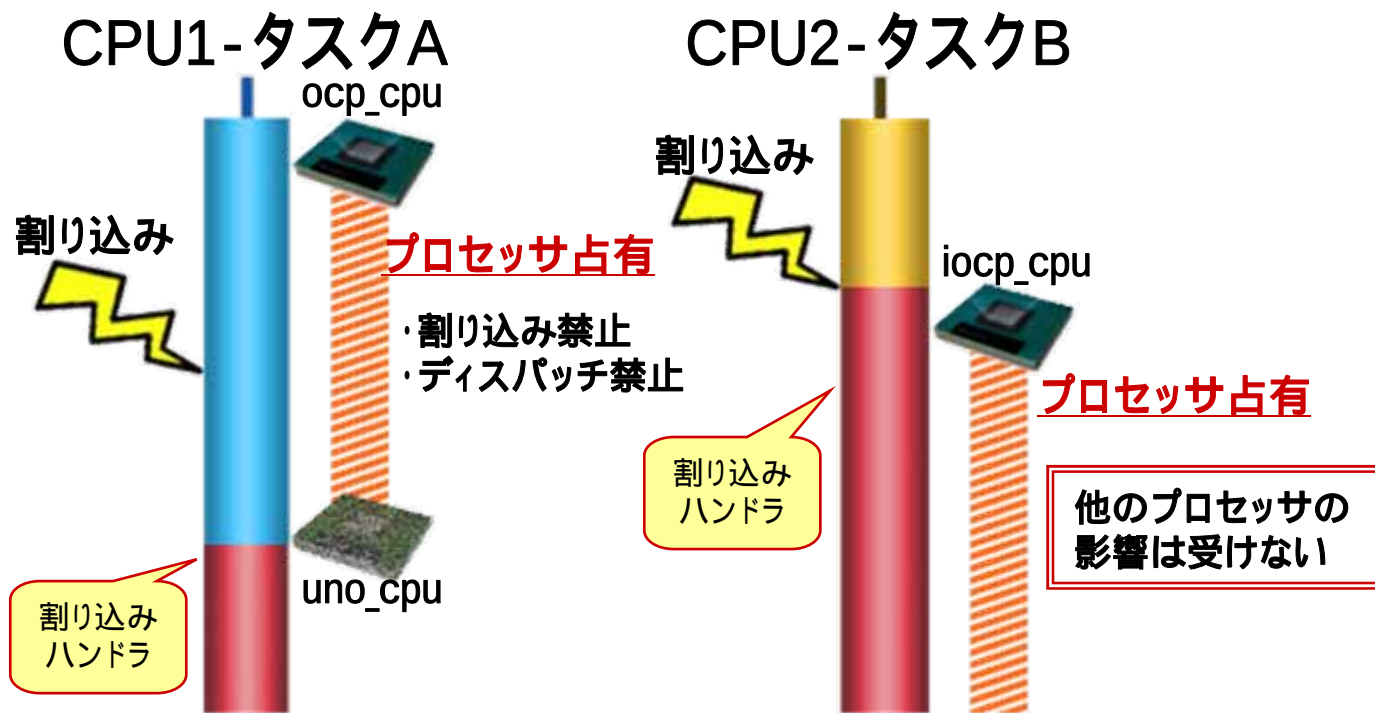
プロセッサを占有してタスク、割り込みハンドラを実行する

- 割り込みとディスパッチを禁止して、タスクや割り込みハンドラがプロセッサを占有し処理をする
- プロセッサ占有状態では、プロセッサ占有状態を解除するサービスコール以外は実行できない
- 他のプロセッサとの排他制御は行わない

プロセッサ占有ー2

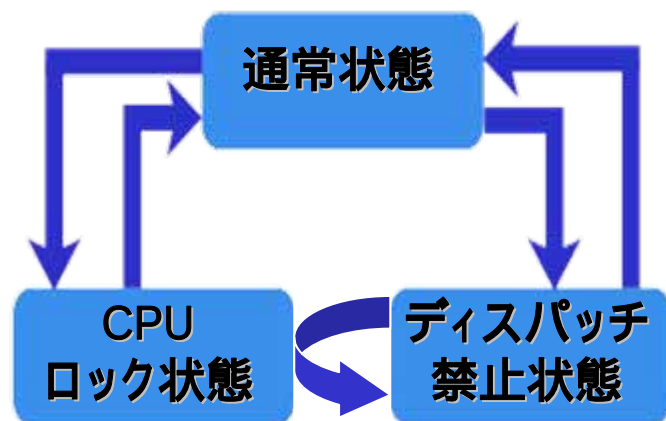
プロセッサ占有状態への移行 : ocp_cpu/iocp_cpu

プロセッサ占有状態の解除 : uno_cpu/iuno_cpu

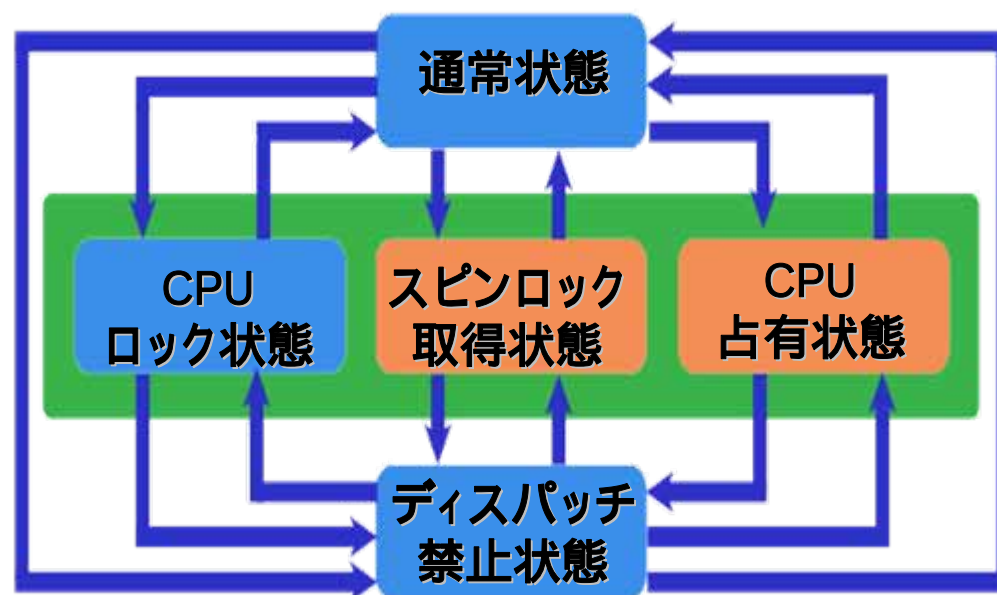


状態遷移図

[シングルプロセッサ]



[マルチプロセッサ]



各ロック間への遷移は不可
SMP 向けに追加された状態



TOPPERS/SMP カーネル仕様

- TOPPERS/SMP カーネルは TOPPERS/JSP カーネルをベースに最小限の変更で実装を行った
- 互換性を維持しつつ追加変更を行ったがSMPの特性を生かす為、及び SMP の機構上の制約によって完全な互換性は維持できていない
 - スケジューリング
 - 優先順位の高い順にプロセッサ数分のタスクが実行される
 - 割り込み
 - アーキテクチャ依存となる為に規定は行っていない
 - 排他制御
 - プロセッサ間での排他制御機構の新規設計

アプリケーションへの影響

TOPPERS/SMPカーネルとTOPPERS/JSPカーネル
では仕樣的な違いがある

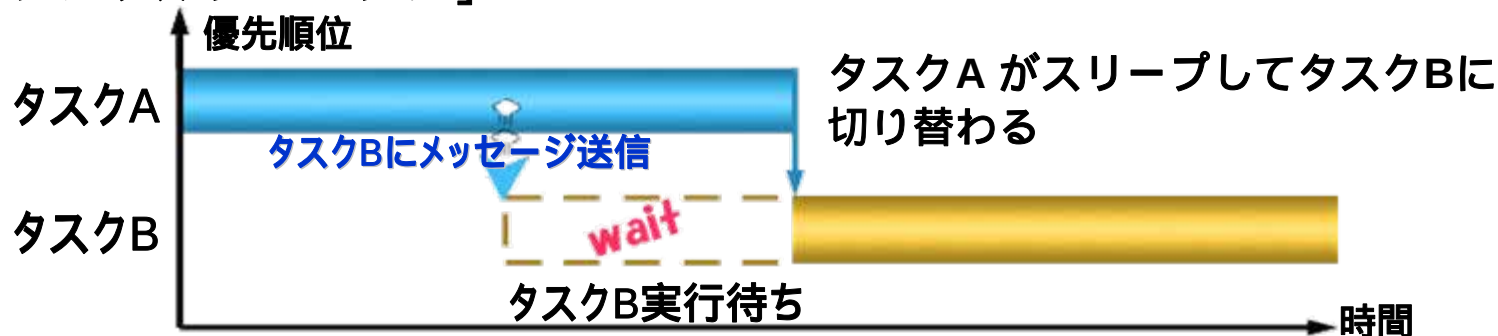
- プログラミングレベルの課題
 - ITRON に特別な拡張は行っていない。
 - タスク / 割り込みハンドラの並列実行する事による違い。
 - 優先順位を利用した排他制御はできない
 - 即実行ができないサービスコール
- 設計レベルの課題
 - シングルプロセッサ向けの設計を拡張
 - マルチプロセッサ向けを意識して設計

プログラミングレベルの課題-1

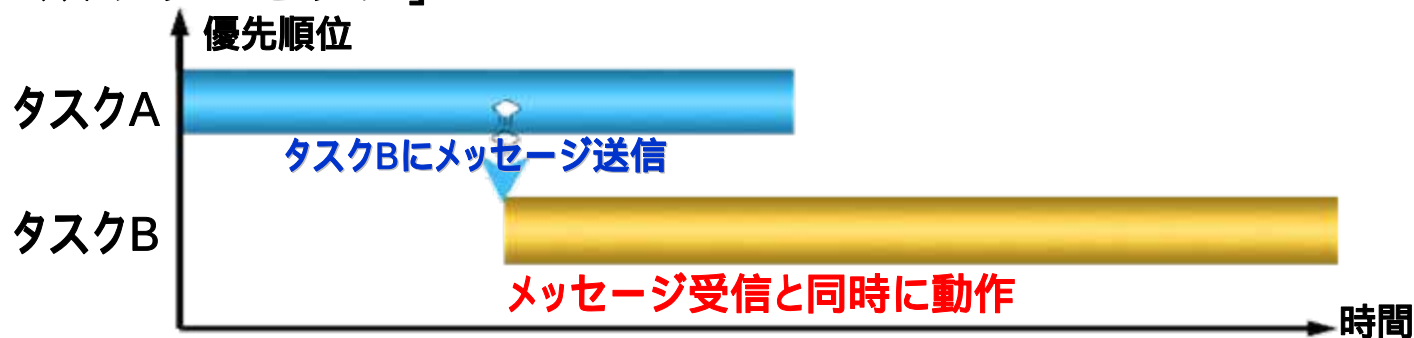
・タスクの並列動作

- 優先順位を利用した排他制御はできない
 - ・ 優先順位 タスクA > タスクB

[シングルプロセッサ]



[マルチプロセッサ]



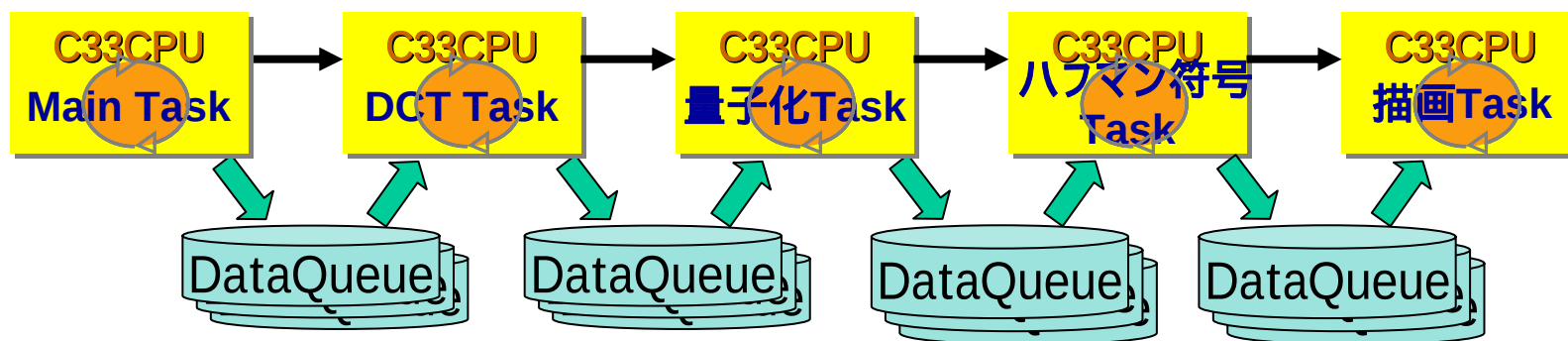
プログラミングレベルの課題-2

- ディスパッチ禁止を利用した排他制御
 - シングルプロセッサでのディスパッチ禁止はタスクの切り替えができなくなるので、結果的に排他制御が行われていた。SMP では、他プロセッサでタスクが動作している。
- 即実行できないサービスコール
 - `ter_tsk`, `sus_tsk` 等、シングルプロセッサでは対象となるタスクは実行していないので直ちにサービスコールを実行する事が可能だった。SMP では対象タスクが動作している可能性がある。

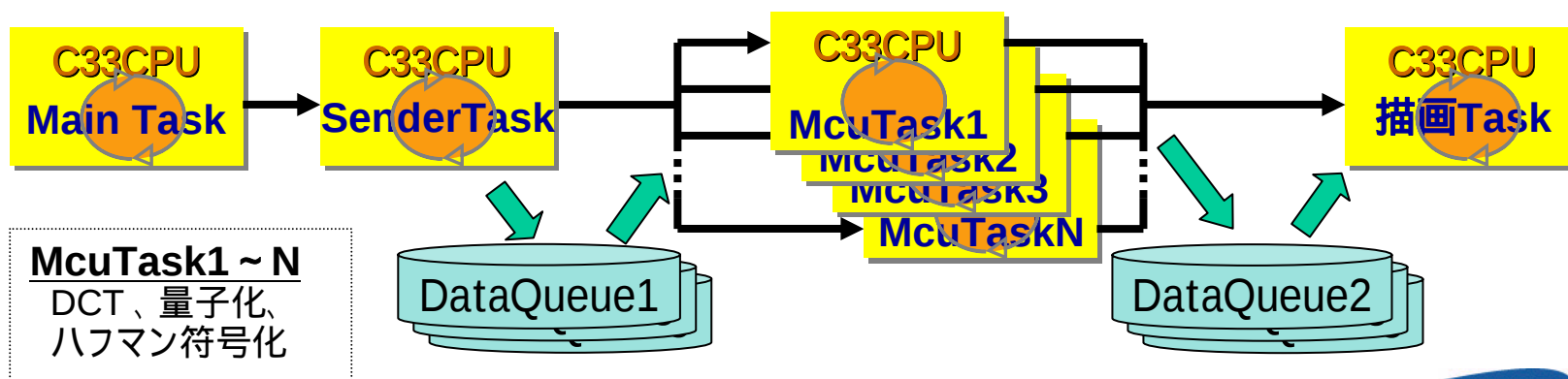
設計レベルの課題

JPEG による評価

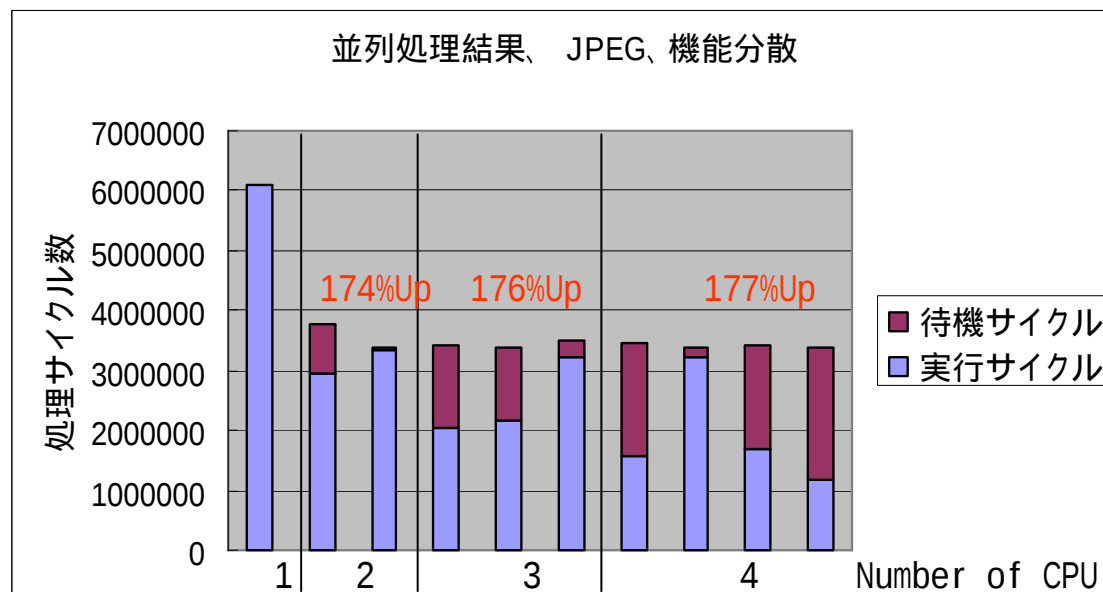
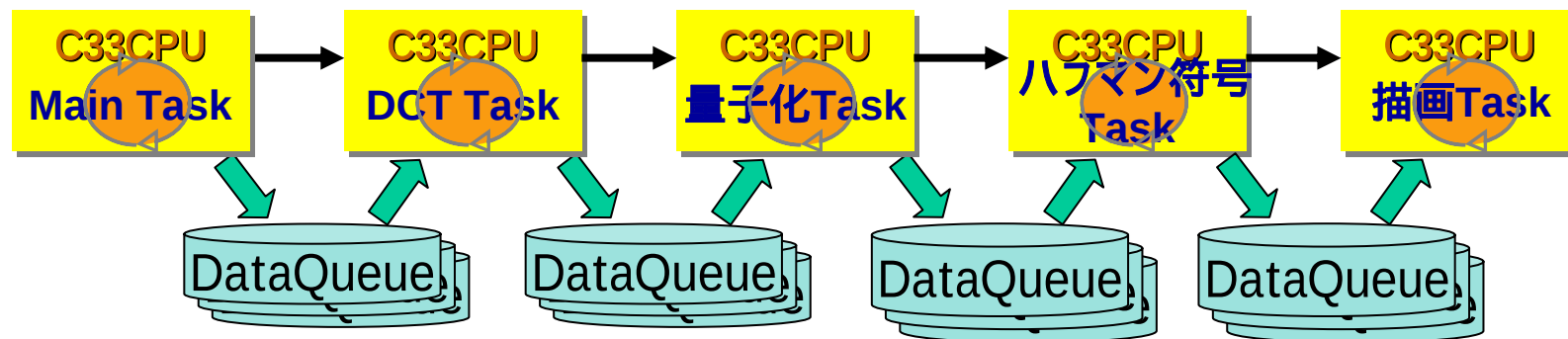
[シングルプロセッサの構成を拡張]



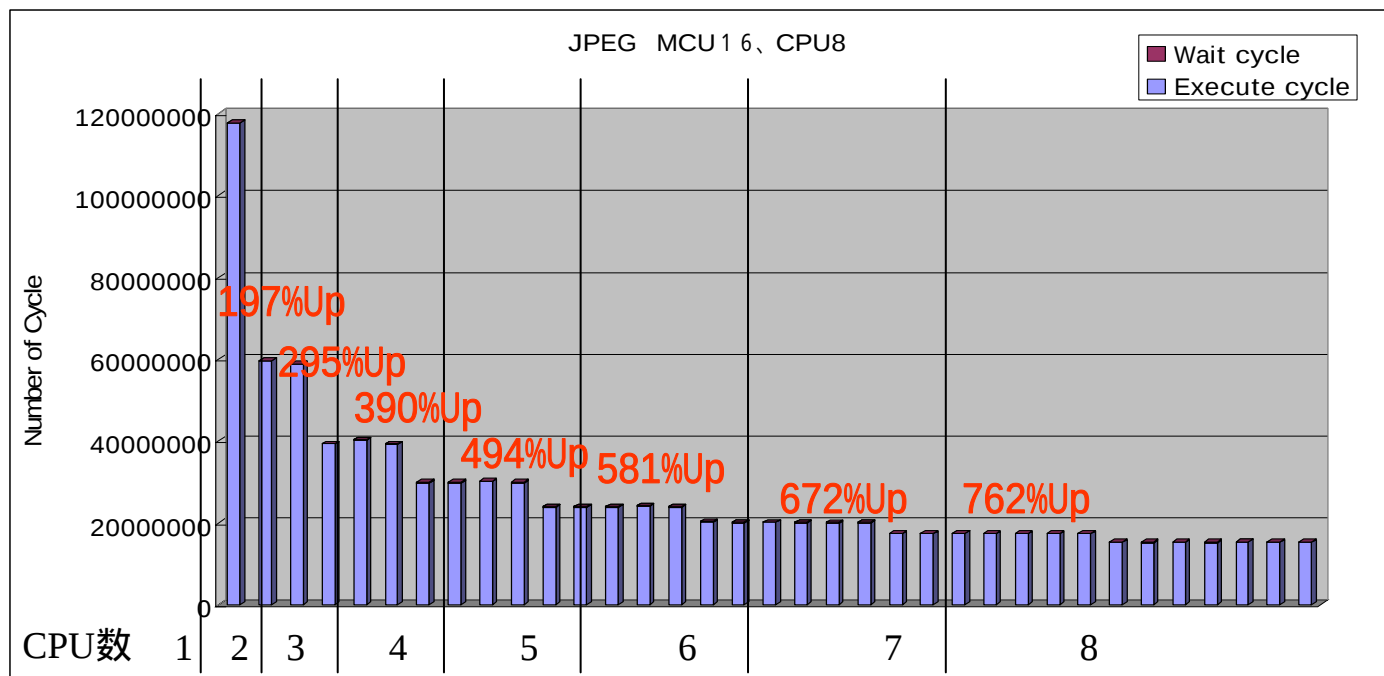
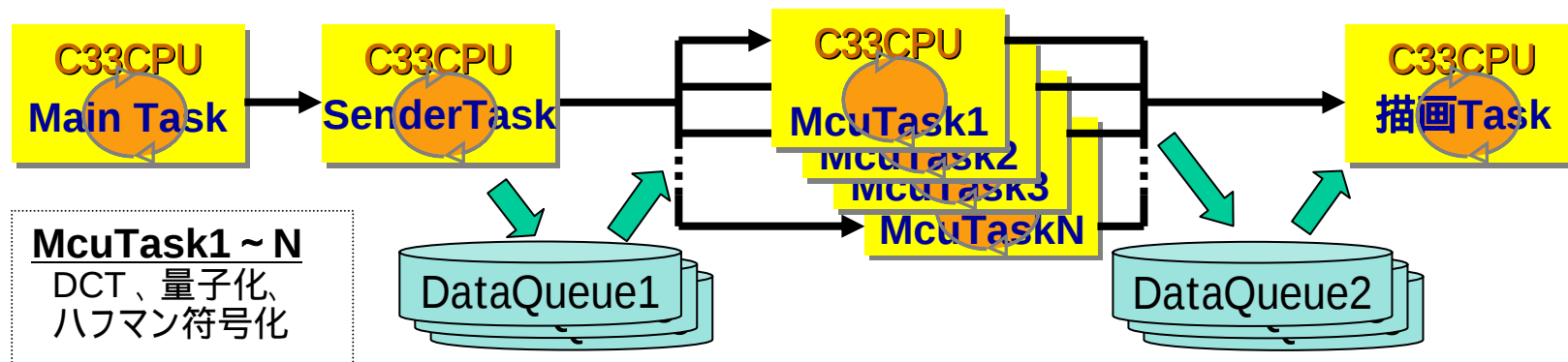
[マルチプロセッサ向けを意識した設計]



性能評価-シングルプロセッサ向け設計を拡張



性能評価-マルチプロセッサ向けを意識して設計



今後の予定と課題

- 予定
 - 仕様公開
 - 2006/6 公開(Toppers 会員向け)
 - ソースコード公開
 - 2007/3 公開(Toppers 会員向け)

- 要望事項
 - タスクとプロセッサの関係
 - プロセッサ固定タスクの定義
 - ロックの細分化
 - 現在のOS ではジャイアントロックを行っている、細分化予定

最後に

- 現状は机上で仕様を設計、実装を行い、動き始めた段階、これからアプリケーションを作り込んでいく上でいろいろな意見 / 要望が出てくると考えている。

→ 意見、要望を dev@toppers.jp へ

以上