

*Tender*においてメモリ上のデータを永続化する

4L-3

資源「プレート」の復元機構

稲本 慎司†

谷口 秀夫‡

†九州大学大学院システム情報科学府

‡九州大学大学院システム情報科学研究院

1 はじめに

我々は、プログラム構造に重点をおいた *Tender*^[1] オペレーティングシステムを開発している。*Tender* では、オペレーティングシステム（以降、OS と略す）が制御し管理する対象の単位を資源としており、メモリ上の内容を永続化するために資源「プレート」^[2] を実現している。資源「プレート」は、既存 OS のファイルに相当するもので、仮想記憶空間上に存在し、外部記憶装置を利用してデータの永続化を図っている。このため、システム再起動時には、資源「プレート」を仮想記憶空間上に復元する必要がある。

本稿では、資源「プレート」の復元機構について述べる。

2 資源「プレート」

2.1 *Tender*

全ての資源は、資源名と資源識別子が付与され、管理されている。*Tender* におけるメモリ関連資源について、図 1 に示す。資源「仮想空間」とは、特定のアドレス領域を持つ仮想的な空間であり、アドレス変換表に相当する。資源「仮想ユーザ空間」は、メモリイメージを仮想化した領域である資源「仮想領域」をユーザ空間用の資源「仮想空間」に貼り付けることで作成できる。資源「仮想領域」の実体は、実メモリまたは外部記憶装置上に存在する。「貼り付ける」とは、仮想アドレスを実アドレスに対応付けすることである。資源「仮想カーネル空間」は、資源「仮想領域」を OS 用の資源「仮想空間」に貼り付けることにより作成される。

2.2 資源「プレート」とは

資源「プレート」は、仮想カーネル空間や仮想ユーザ空間上のデータを永続的に保持する機能を持つ資源である。図 1 に示した例では、プレートは仮想カーネル空間上のデータを永続化している。プレートは外部記憶装置の永続化領域を利用し、永続化領域は、一時的なデータの格納だけではなく、システム再起動後にデータを再利用できるようにデータを格納する領域である。

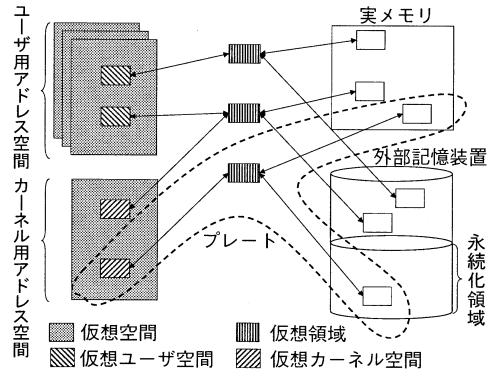


図 1 メモリ関連資源の関係

プレートの生成処理では、カーネル用アドレス空間に仮想カーネル空間を作成し、カーネルによるプレートの使用を可能にする。ユーザがプレートを使用する際には、プレートの貼り付け処理を行う。具体的には、仮想カーネル空間が利用している仮想領域をユーザ用アドレス空間に貼り付けて仮想ユーザ空間を作成する。プレートの特徴を以下に示す。

- (1) データは仮想記憶空間上に存在
 - (2) OS が仮想記憶空間へのデータ読み込みを制御
 - (3) OS が外部記憶装置へのデータ書き出しを制御
- このため、システム再起動時には、外部記憶装置の永続化領域のデータを仮想記憶空間上に復元する機能が必要である。

3 資源「プレート」の復元機構

3.1 復元の程度

プレートの復元機構が実現する復元の程度を三つの観点に基づいて、いくつかのレベルに分ける。

第一の観点は、プレートを仮想記憶空間上の同じアドレス位置に復元するか否かである。プレートを構成する仮想カーネル空間や仮想ユーザ空間を仮想記憶空間上の同じアドレス位置に復元することにより、システム停止の前後で、プレートの仮想記憶空間上でのアドレス位置が変化しない。これにより、プレート上に存在する任意のデータの位置を仮想アドレスで管理し、永続化できる。

第二の観点は、仮想カーネル空間上のデータだけではなく仮想ユーザ空間上のデータも復元するか否かである。仮想カーネル空間は、システム終了時にもカーネル用アドレス空間に存在するため、仮想カーネル空間上のデータの復元は必須である。仮想ユーザ空間上

表 1 各レベルと各観点の関係

レベル	観点1 (アドレス位置)	観点2(仮想 ユーザ空間)	観点3(プレート 構成資源の情報)
1	復元しない	復元しない	復元しない
2	復元する	復元しない	復元しない
3	復元する	復元しない	復元する
4	復元する	復元する	復元しない
5	復元する	復元する	復元する

のデータを復元することにより、システム終了と再起動の前後で仮想ユーザ空間上のデータの継続利用が可能になる。しかしながら、システム再起動時に生成されたプロセスは、プレートの貼り付け処理を行うことで、復元された仮想カーネル空間上のデータを仮想ユーザ空間上のデータとして操作できるため、仮想ユーザ空間上のデータを復元する必要性は低い。

第三の観点は、プレートを構成する資源の情報を復元するか否かである。プレート名やプレート識別子は、プレートに対する操作で指定してされるため、復元されなければならない。しかし、プレートを構成する仮想カーネル空間などの資源は、プレートに対する操作では陽に意識されない。このため、プレートを構成する資源の情報の復元は、必要性が低く、ユーザが行うプレートに対する操作に影響を与えない。

以上、三つの観点を組み合わせることにより、プレートの復元の程度として八つのレベルが考えられる。しかし、プレートのアドレス位置の復元を行わない場合は、仮想ユーザ空間上のデータの復元やプレートを構成する資源の情報の復元の効果がない。したがって、プレートの復元の程度は、五つのレベルになる。各観点と各レベルの関係を表1に示す。

3.2 復元機構の実現レベル

プレートのデータとして、アドレス情報などをシステム終了と再起動の前後で、継続的に利用できるためには、レベル2以上の復元の実現が必要である。高いレベルの復元を実現する場合、復元機構は複雑になり、復元処理の負荷は大きくなる。そこで、プレートの復元機構としてレベル2の復元を実現した。レベル2の復元を実現する復元機構は、以下の二つの処理からなる。

＜プレートの復元に必要な情報の永続化＞

プレート資源管理表は、レベル2の復元に必要なプレートの名前、識別子、サイズなどを格納している。そこで、プレートを使用してプレート資源管理表の内容を永続化し、復元に必要な情報を永続化する。ただし、プレート資源管理表の内容は、位置を特定できる永続化領域の定位置に格納する。これにより、プレートの復元処理でプレート資源管理表の内容を読み込むことができる。

＜プレートの復元処理＞

- (1) プレート資源管理表を永続化領域から読み込む。
- (2) 読み込んだプレート資源管理表をもとにプレートの管理情報を復元する。

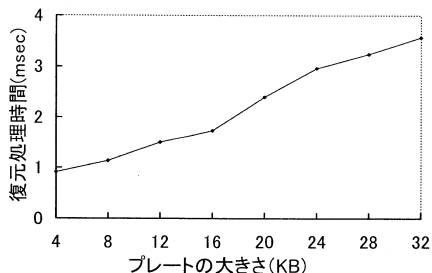


図 2 プレートの復元処理時間

- (3) プレート資源管理表を格納しているプレートを資源として登録する。
- (4) プレート資源管理表の内容に基づき、プレートごとに以下の処理を行う。
 - (A) 仮想領域を作成する。
 - (B) 仮想領域をカーネル用アドレス空間に貼り付けて仮想カーネル空間を作成する。このとき、当該プレートを構成していた仮想カーネル空間が存在していたアドレスに仮想カーネル空間を作成する。
 - (C) 当該プレートの内容を永続化領域から仮想カーネル空間に読み込む。
 - (D) 当該プレートを資源として登録する。

4 実装と評価

プレートの復元機構を **Tender** に実装し評価した。**Tender** を Pentium プロセッサ (90MHz) の計算機で走行させ、一つのプレートを構成する仮想カーネル空間上のデータを復元する時間を測定した。時間の計測は、ハードウェアクロックカウンタを利用した。測定の結果を図2に示す。

図2より、プレートの復元処理時間 (t) は、以下の式で表わせる。なお、 x はプレートの大きさ (KB) である。

$$t = 0.102x + 0.352 \text{ (msec)}$$

復元処理時間がプレートの大きさに比例する原因は、メモリ上の領域を確保する処理のためである。

5 おわりに

Tender においてメモリ上の内容を永続化する資源「プレート」とプレートの復元機構について述べた。今後、プレートを利用してシステム再起動時に全ての資源を復元する機構の実現を行う予定である。

参考文献

- [1] 谷口秀夫, 青木義則, 後藤真孝, 村上大介, 田端利宏, “資源の独立化機構による **Tender** オペレーティングシステム”, 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.12, pp.3363-3374 (2000).
- [2] 稲本 慎司, 谷口 秀夫, “メモリ上の内容を永続化するプレート機能の提案”, 情報処理学会九州支部火の国情報シンポジウム 2001 論文集, pp.271-278(2001).