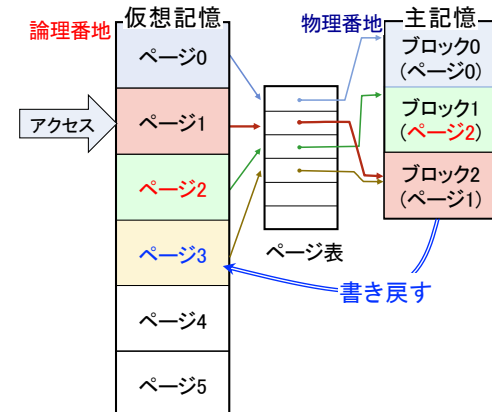


計算機方式論

第11章 ページング方式 -その2-

1

ページング方式-ページ置換



2

ページ置換アルゴリズムとは？

- ページ切れのとき、主記憶に空ブロックがない場合は、主記憶上のページをロールアウトするが、どのページをロールアウトするかを選択するアルゴリズム。
 - 参照局所性を基にして、参照される可能性の最も低いページをロールアウトする！
 - 置換アルゴリズムの評価項目
- ← ライフタイム →
ページ切れ ↓ 時間
- (1) **ライフタイム**
ページ(セグメント)切れが生じる平均時間間隔。
長い程良い置換アルゴリズム。
 - (2) **ページ/セグメント切れ率**
ライフタイムの逆数。単位時間に生じるページ(セグメント)切れの回数。低い程良い置換アルゴリズム。

3

ページ置換アルゴリズムの種類

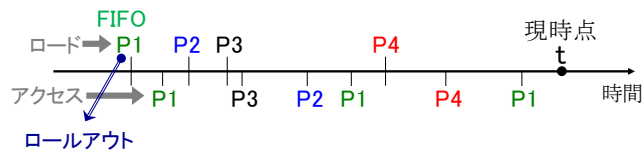
- ① **FIFO**(First-In First-Out)
 - ② **LRU**(Least-Recently-Used)
 - ③ **RANDOM**
 - ④ **WS**(Working-Set)
 - ④-1 **FINUFO**(First-In Not Used First-Out)
 - ④-2 **LFU**(First-InLeast Frequently Used)
- + 未変更ページをロールアウトしない

4

ページ置換アルゴリズムの種類

①FIFO(First-In First-Out)

- 最も長く主記憶に入っていたページを追出す。参照頻度をチェックしているわけではないので、参照局所性の活用度は低い。

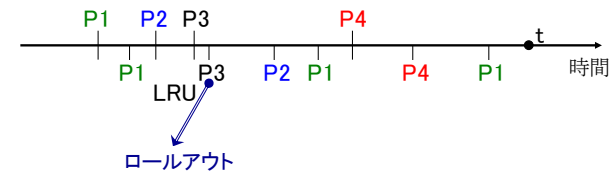


5

ページ置換アルゴリズムの種類

②LRU(Least-Recently-Used)

- 最後に参照されてからの経過時間の最も長いページを追出す。時間的参照局所性を利用しているため、ページ(セグメント)切れ率が低いが、ページ(セグメント)置換機構が複雑になる。



6

ページ置換アルゴリズムの種類

③RANDOM

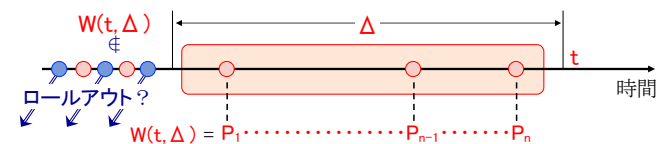
- ランダムにロールアウトするページを選択。参照局所性は全く考慮していない。

7

ページ置換アルゴリズムの種類

④WS(Working-Set)

- 各時間 t において、それ以前の一定時間 Δ の間に参照されたページの集合をワーキングセット $W(t, \Delta)$ という。この $W(t, \Delta)$ を使って追い出すページを決める。例えば、含まれないページ(セグメント)を追い出す等。
- t における次の参照ページは、参照局所性から、 $W(t, \Delta)$ に含まれるという考えに帰着している。

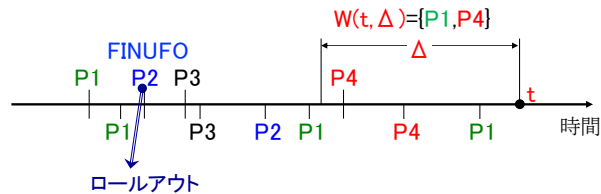


8

ページ置換アルゴリズムの種類

④-1 FINUFO(First-In Not Used First-Out)

- 一定時間アクセスのないページ(セグメント)のうちで最初にロードしたものを追い出す。
ワーキングセット法。

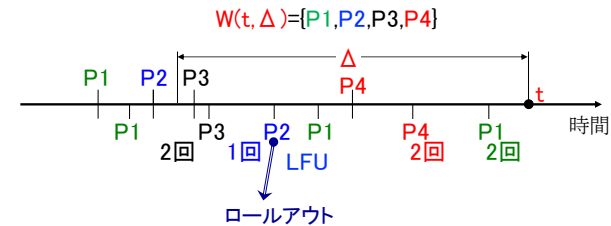


9

ページ置換アルゴリズムの種類

④-2 LFU(Least Frequently Used)

- 一定時間内のアクセス回数が最小のページを追いつす。
ワーキングセット法。



10

ページ置換アルゴリズムの種類

未変更ページはラールアウトしない

- 新しいページをラールインしようとしているブロック中のページが、主記憶にいる間に内容が変更されたか否かを調べ、変更されていないならラールアウトしない!!

⇒各ページに、読み出し専用／書き込み可能の指定をして、読み出し専用のページはラールアウトしない。書き込み可能のページには、更新ビットを用意して、内容が変更されたか否かを示す。

11

ページ置換アルゴリズムの種類

まとめ

- ★ページ切れを起こす頻度が少ないという意味で、④WSが理論的にはベストだが、②LRU+未変更をラールアウトしないがよく使われる。

12

スラッシング(thrashing)現象

頻繁にロールイン/ロールアウトが繰り返される現象

〔原因〕

- プログラムの**多重度**(同時に処理されるプログラム数)が高かつ主記憶割当量が少ない場合
- ページ置換アルゴリズムが**適当でない**ときに起こる

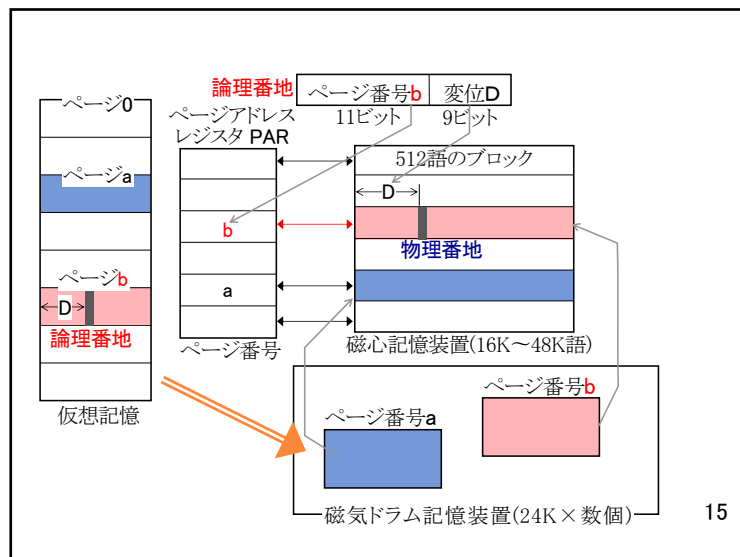
⇒ 大半の時間がロールイン/ロールアウトにさかれ、本来のプログラムの処理に支障をきたす。

13

〔例〕ATLAS

- 1960年頃
- 英国マンチェスタ大学とフェランティ社
- 大容量記憶、**多重プログラミング**
- **ページング方式**をとりいれた**最初**のもの
- 1語48ビット、1ページ512語、主記憶48k語
- 主記憶ブロックとページアドレスレジスタ**PAR**が1対1対応、PARにページ番号**b**をセットする。
- ATLASのページ置換アルゴリズム
ロールアウトするブロックの選択…**ユースビット**(use bit)
ブロックがアクセスされたら、そのユースビットを1に**セット**。
制御プログラムが一定時間間隔で各ユースビットを読みこい
き、1のとき、そのブロックの**使用頻度カウンタ**をアップし、
ユースビットを0に**リセット**。
使用頻度から、最も参照されそうもないブロックをロールアウト。

14

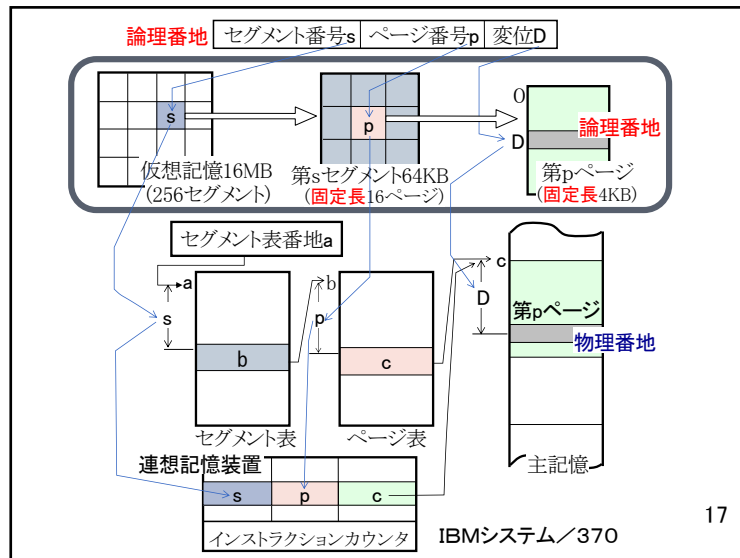


15

多重(2重)レベルページング方式

- 論理空間を2段階
セグメント(**固定長**)、ページに分割
- セグメントおよびページの大きさは**固定**。
- ◎ セグメンテーション方式のセグメント(**可変長**)とは**異なる!**

16



多重レベルページングの長短所

〔長所〕

セグメントの全てのページが未使用ならば、そのセグメントのページ表をつくる必要がない。
⇒ 表断片を減らせる。

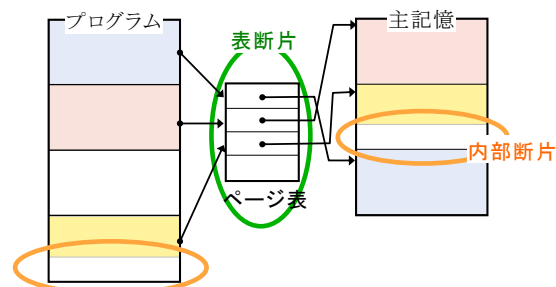
〔短所〕

対応表が、複数段に分かれているので、ページング方式より表をひく時間がかかり、ノイマンの隘路となる！
⇒ 連想記憶装置を用いる。

18

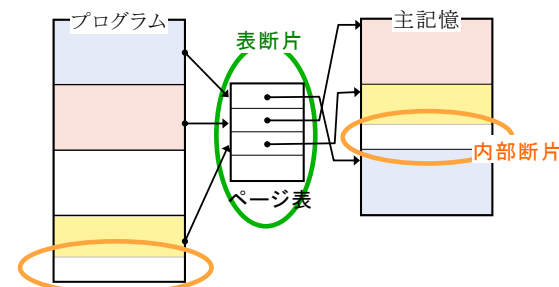
再掲-断片化(fragmentation)

- ページ中の使用されていない領域
内部断片(internal fragment)
- ページ表の占有する主記憶領域
表断片(table fragment)
- 断片が生じること…内部断片化、表断片化



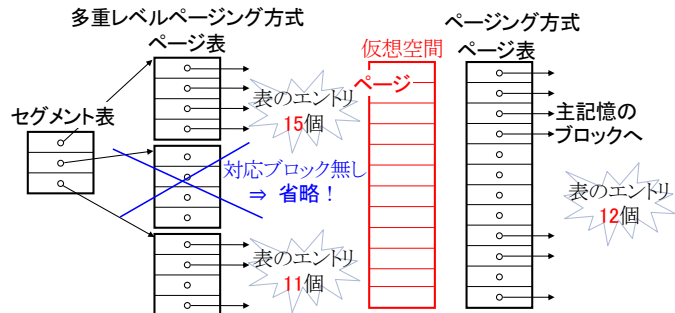
再掲-断片化

- ページの大きさを小さくする ⇒ 内部断片小、表断片大
 - ページの大きさを大きくする ⇒ 内部断片大、表断片小
- ↓
- ページ表を多重にする … 多重レベルページング
ページの大きさが小さくても、表断片を小さくできる。



断片化が小さくできる

- ★仮想記憶上のセグメントで、そのセグメントを構成するページが全て未使用のとき、そのセグメントを表すページ表を省くことができ、ページ表の占める記憶領域を節約できる
- ⇒ ページの大きさを小さくしてもページ表が省けるので表断片も小さくできる！



21

仮想記憶空間の個数

(a) 単一仮想記憶

(Single Virtual Storage;SVS)

(b) 多重仮想記憶

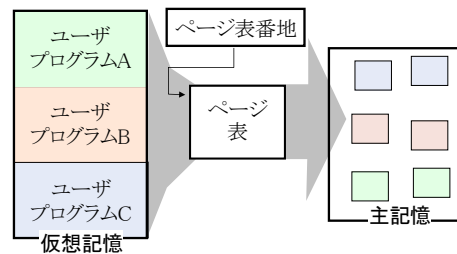
(Multi Virtual Storage;MVS)

22

仮想記憶空間の個数

(a) 単一仮想記憶(Single Virtual Storage;SVS)

- システムには仮想記憶空間がひとつそれを多数のユーザプログラムが分けあう。
- 各ユーザが同一の仮想記憶⇒ 記憶保護がやりづらい。

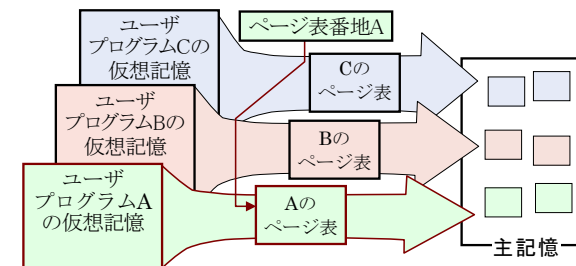


23

仮想記憶空間の個数

(b) 多重仮想記憶(Multi Virtual Storage;MVS)

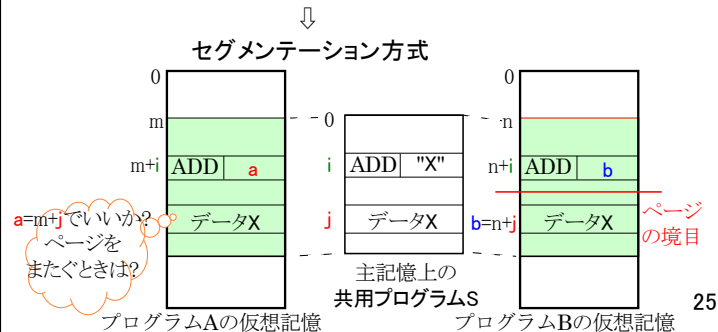
- ユーザプログラムごとにひとつの仮想記憶空間
- ユーザプログラムごとに異なる表をひき番地変換 ⇒ 異なる仮想記憶は直接アクセスしないので安全
- プログラムの共有が難しい



24

多重仮想記憶(MVS)下の共有

- プログラムSをA,B等で共有
⇒ プログラムAとBとにSのページをとる
… ページは単に物理的に同じ大きさで区切っただけなので、実質上、共有は難しい！！



25

演習-仮想記憶(ページング)

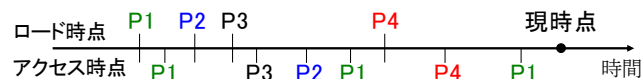
- ページング方式の原理を述べよ。
- 仮想記憶方式に関し、次の問いに答えよ。
(1)ページング方式での内部断片化と表断片化について述べよ。
(2)それらの解消策を述べよ。
- 仮想記憶方式における対応表の方式を2つ述べよ。
- 断片化対策としての2重レベルページング方式について述べよ。

26

演習-仮想記憶(ページング)

- ページ置換アルゴリズムとは何か？説明せよ。
- ページ置換アルゴリズムのFIFO方式とLRU方式を述べよ。
- 下図の状況において、FIFO方式の場合、どのページがロールアウトされるかを述べよ。
- 下図の状況において、LRU方式の場合、どのページがロールアウトされるかを述べよ。

下図は、主記憶にページP1,P2,P3,P4がロードされた時点とアクセスされた時点を示している。



27

演習-仮想記憶(ページング)

- 仮想記憶方式とキャッシュメモリ方式はともに全体から必要な一部だけを取り出して、プログラムの実行／データのアクセスを行う方式である。各方式の原理を簡単に説明せよ。
- これらの方式が可能となる論拠に2つの参照局所性がある。2つともあげて簡単に説明せよ。

28