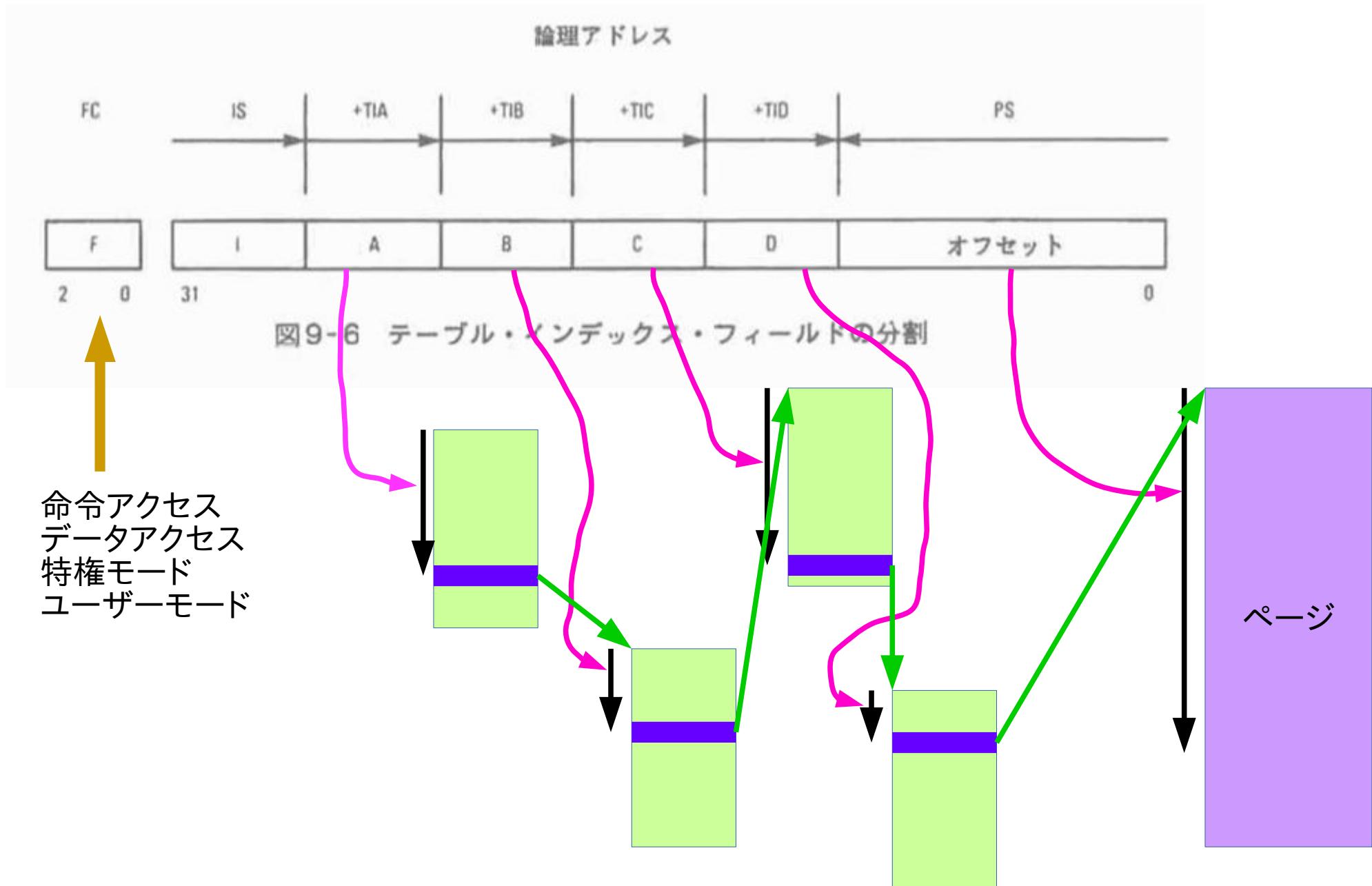


CPU実験が終わった人へ

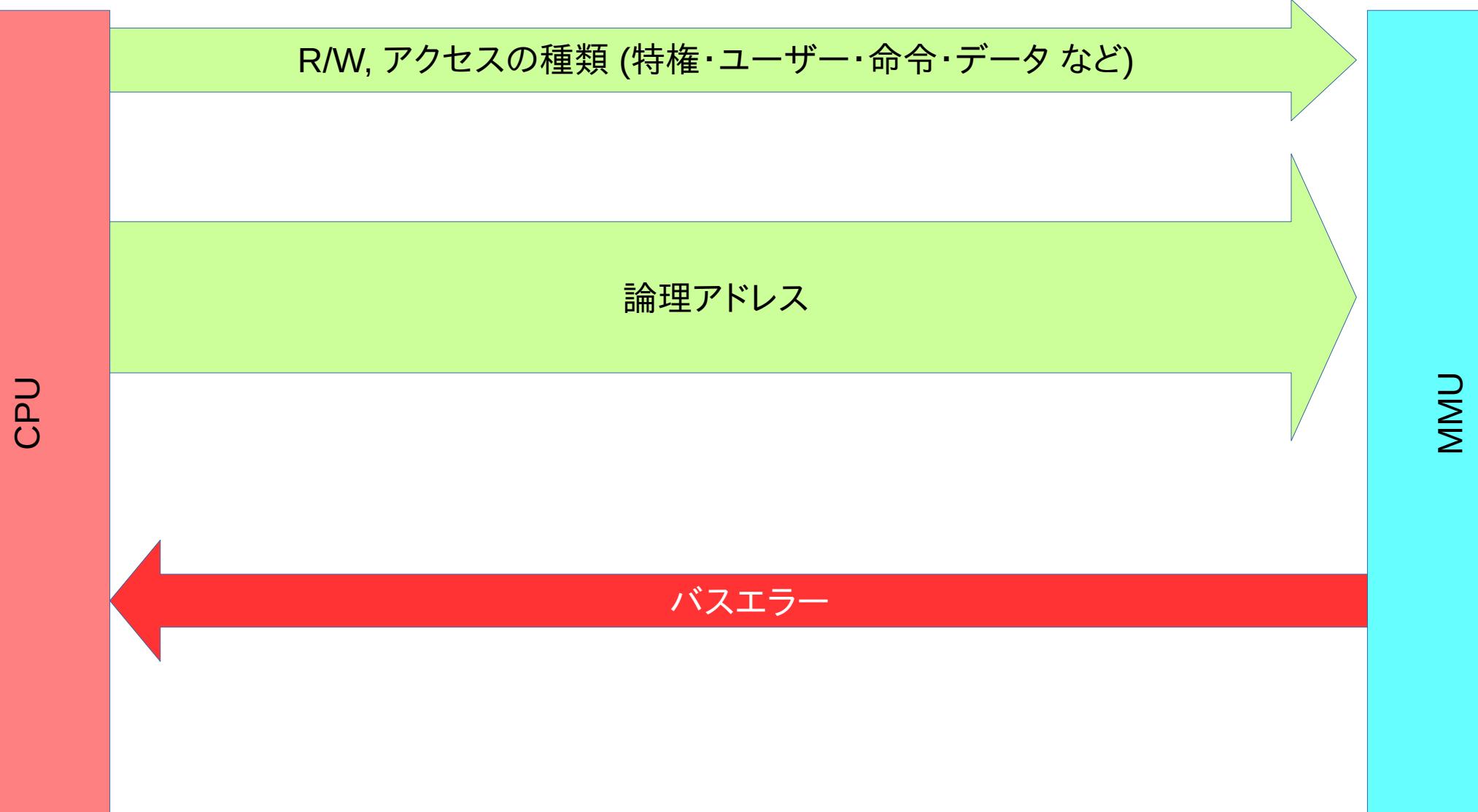
# MMUをつけよう

- 論理アドレスを物理アドレスに変換
- 大きく機能は2つ
  - ページテーブル探索
  - TLB (またはAddress Translation Cache=ATC)
- MMUの闇: CPUにそれなり以上の対応が必要
  - 本発表のテーマはこちら

# MMUおさらい



# CPUとMMUのインターフェース



# バスエラー

- ページがない・アクセス権限がない
- OSが受け取り、状況に応じて:
  - copy-on-writeしたり
  - ディスクからページを読んだり
  - Segmentation faultと言ってプロセスを殺したり
- バスエラーは命令実行中に発生するし、復帰時に「命令の途中から」再開する必要がある
  - 普通の割り込みは命令と命令の間まで遅らせて処理できるが...

# 命令の途中？

`stw r3, (-r7)`

- スタックにr3を格納する命令
- r7をデクリメントして、r3をそのアドレスに保存

- もしr7がちょうど、ページの境界にいたら？

HDDに  
行った  
ページ

r7 →

`stw r3, (-r7)`

r7をデクリメントとする

r3を(r7)に書こうとする

バスエラー

r7 →

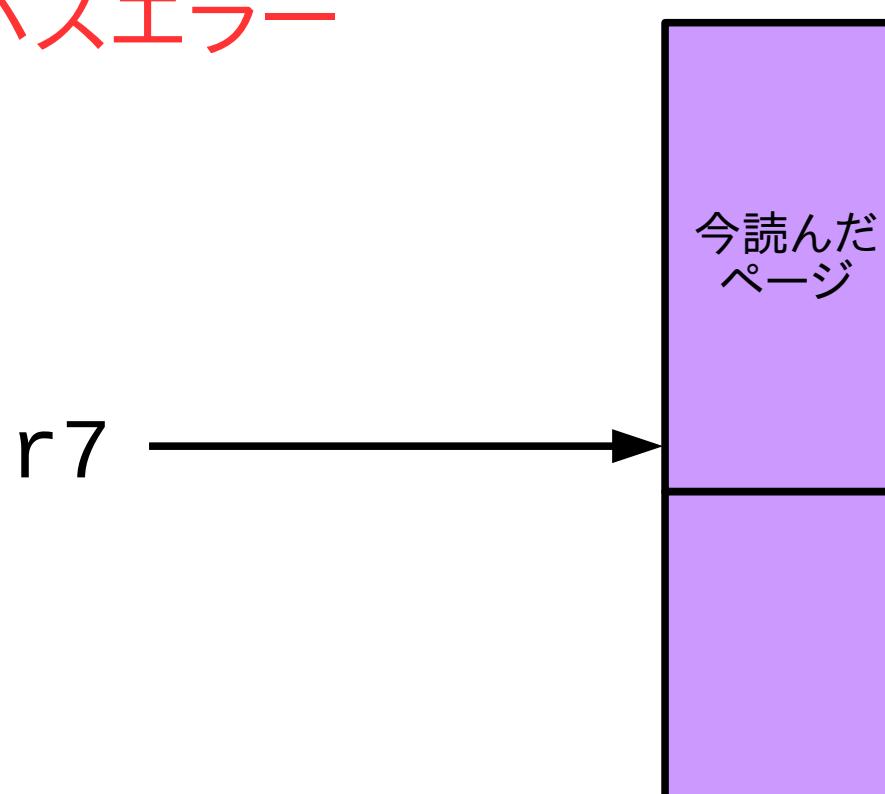
HDDに  
行った  
ページ

`stw r3, (-r7)`

r7をデクリメントとする

r3を(r7)に書こうとする バスエラー

OSがページを埋めてくれる



`stw r3, (-r7)`

r7をデクリメントとする

r3を(r7)に書こうとする バスエラー

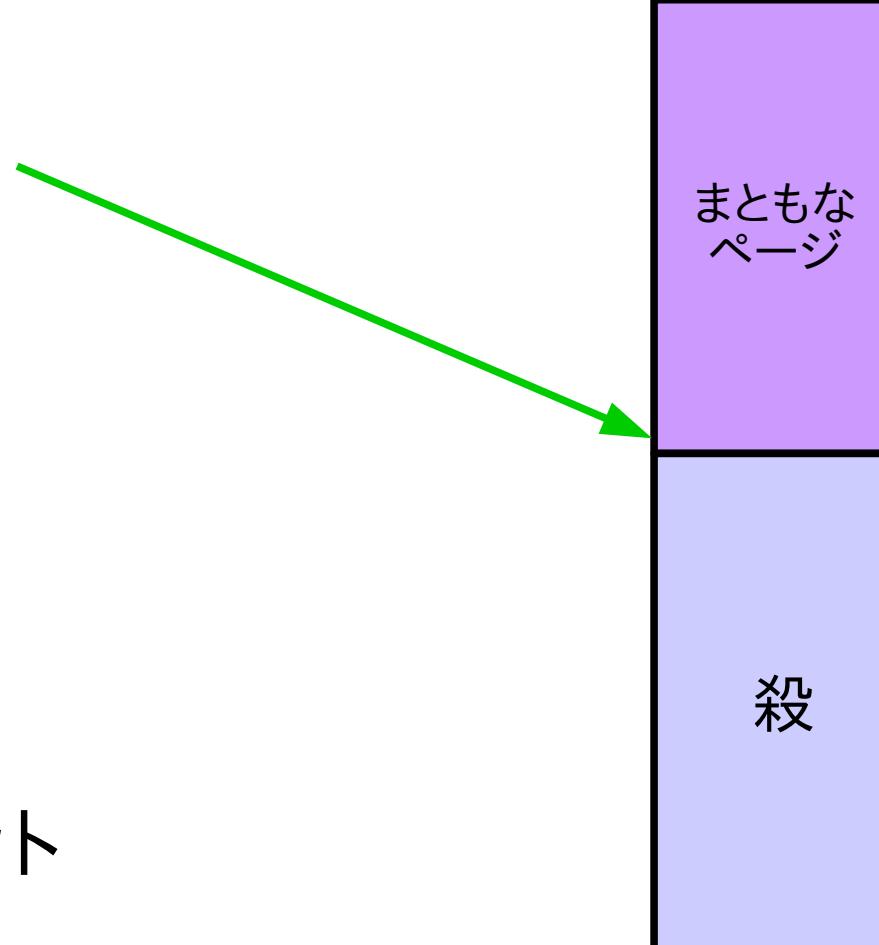
OSがページを埋めてくれる

- もう一回`stw r3, (-r7)`すると  
r7が二回デクリメントされてしまう
- r3を(r7)に書いてほしいが  
r7はいじらないでほしい



# バスエラーの嫌な例, その2

- ページ末尾の分岐命令
  - ここに分岐命令があるとする
- 分岐命令の次の命令は、  
分岐するか決まるまでには  
普通読んじやってるよね  
→起きてはいけないバスエラー
- 命令キャッシュにバスエラービット  
をつけたりする



# まとめ

- デマンド・ページングや保護機能を提供するMMUは、CPU側にも大幅な手直しが必要になる
- ここで述べたこと以外にもうんざりすることがあなたを待っている!!
  - 特に可変長命令にするとヤバい、非常にヤバイ
    - 先の方を見るまで命令長がわからないけど、先の方見ると起きてはいけないバスエラーが起きる
- CPU実験終わっちゃった人は、面白いのでやってみてはいかが?

# 参考文献

- Motorola. MC68851 Paged Memory Management Unit User's Manual. Third Edition. 1988.
- Motorola M68000 Family Programmer's Reference Manual. 1992.