

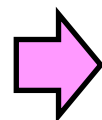
計算機構成論 第14回 —パイプライン処理—

大連理工大学・立命館大学 国際情報ソフトウェア学部

大森 隆行

講義内容

■ パイプライン処理



■ 概説

■ データパスの構築

■ パイプライン処理の実行

■ パイプライン処理の問題点

さらなる性能の向上

■ 計算機の性能の決定要因

- 1. 単位時間あたりの実行命令数
- 2. クロック・サイクル時間
- 3. CPI (命令あたりのクロック・サイクル数)

■ 単位時間あたりの実行命令数を増やせないか？



■ パイプライン処理

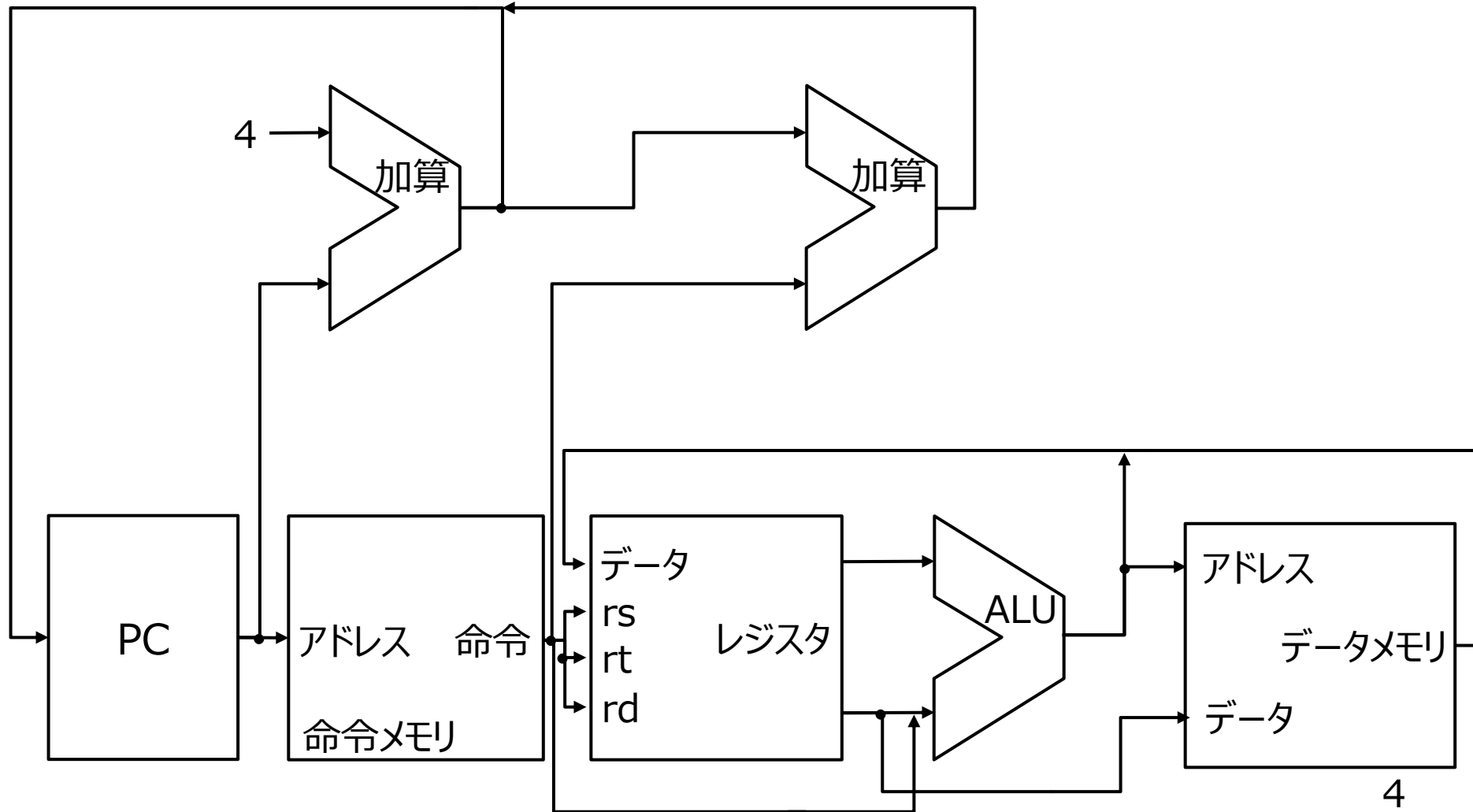


命令の実行

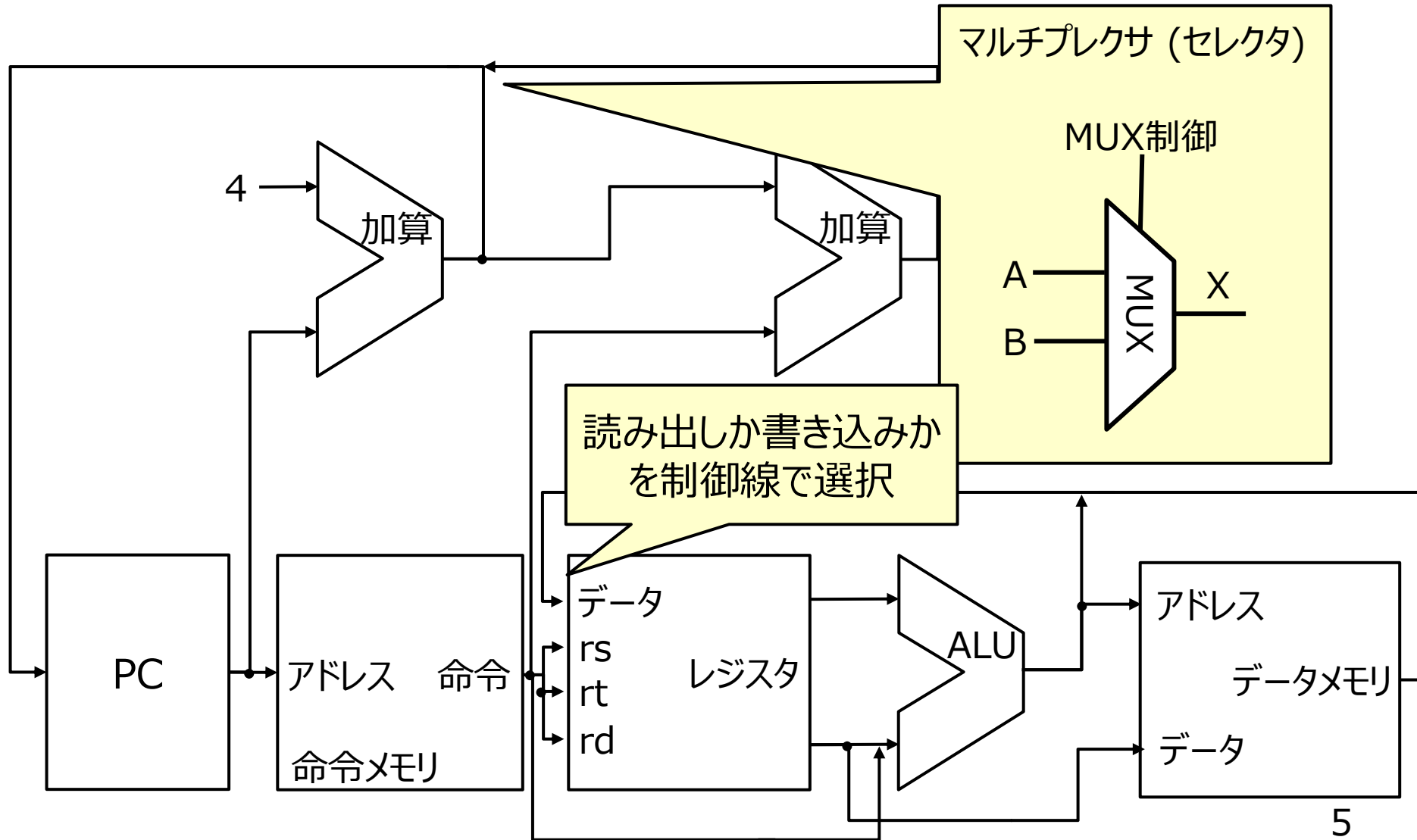
■ 命令の実行段階

- メモリから命令を取り出す
= フェッチする (fetch)
 - 命令の内容をレジスタに転送
 - PC(プログラムカウンタ)をその命令に設定
- オペランドのレジスタの値を読み出す
- その後、命令ごとに異なる処理へ
 - 処理内容は結構似ている
 - … 算術論理演算の実行 = ALU使用

MIPS命令実装方式の概念図



MIPS命令実装方式の概念図



論理設計とクロック方式

- 計算機設計の際は、
クロックの刻み方を決めないといけない

- 組み合わせ論理要素

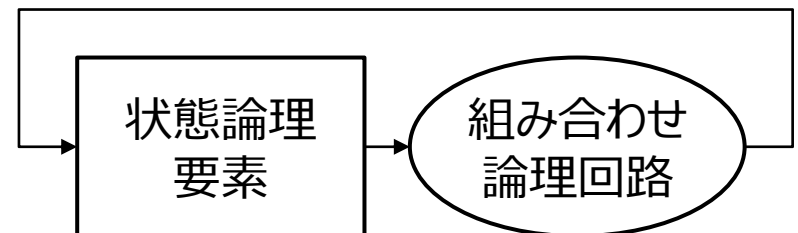
- 内部状態を持たない (ALUなど)

- 状態論理要素

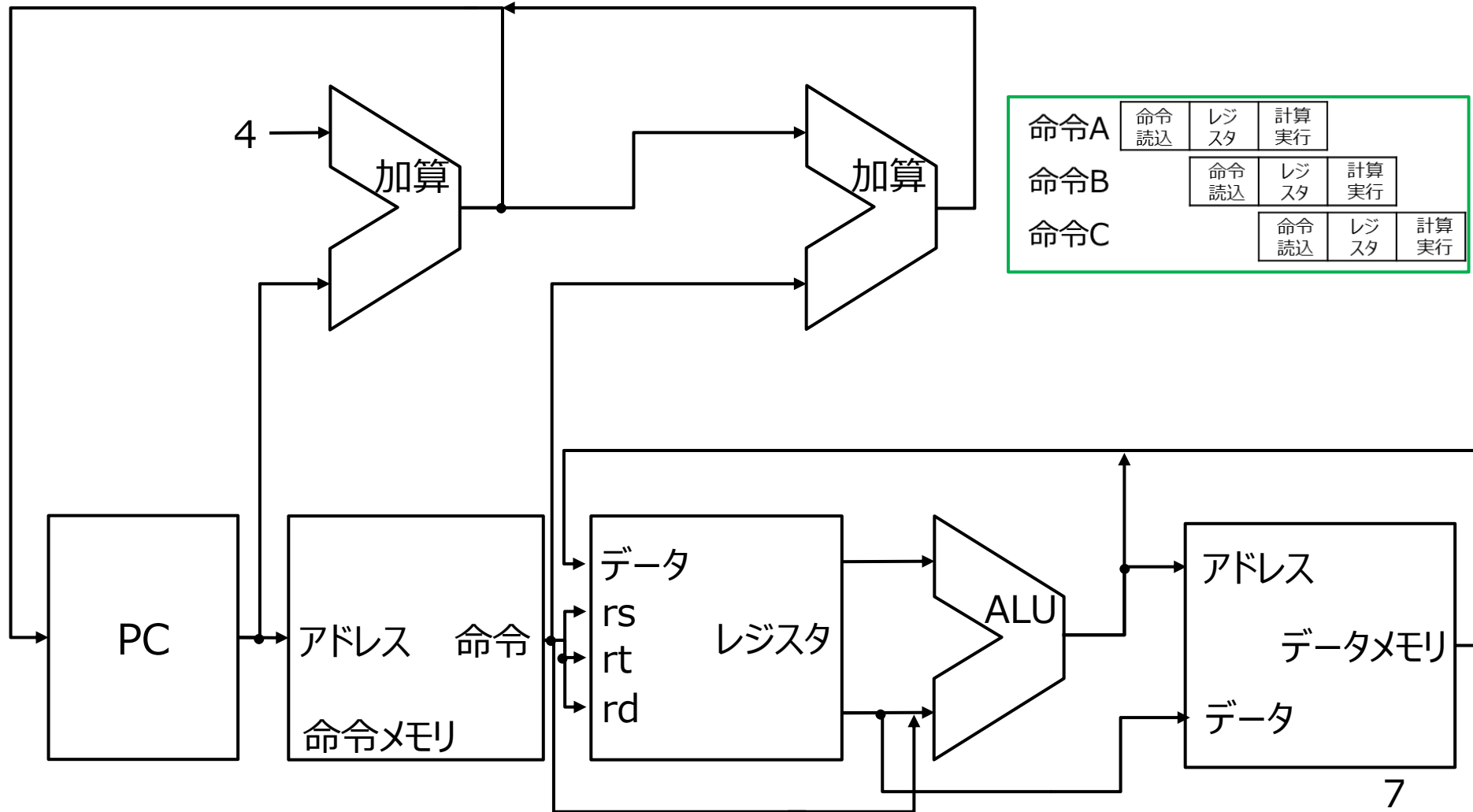
- 内部状態を持つ (レジスタやメモリなど)
 - クロック・パルスごとに状態が進む

- エッジ・トリガ・クロック方式

- クロック・パルスの
高低切り替わりの際に
状態を進める



MIPS命令実装方式の概念図



確認問題

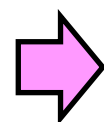
- 次の説明に該当する用語を答えよ。
 - 複数の命令を時間的にずらして、並行的に実行する処理方式
 - メモリから命令を取り出すこと
 - クロック・パルスの高低切り替わりの際に状態論理要素の状態を進める方式
 - 制御信号により、複数の入力の中から1つを選んで出力する機構



講義内容

■ パイプライン処理

■ 概説



■ データパスの構築

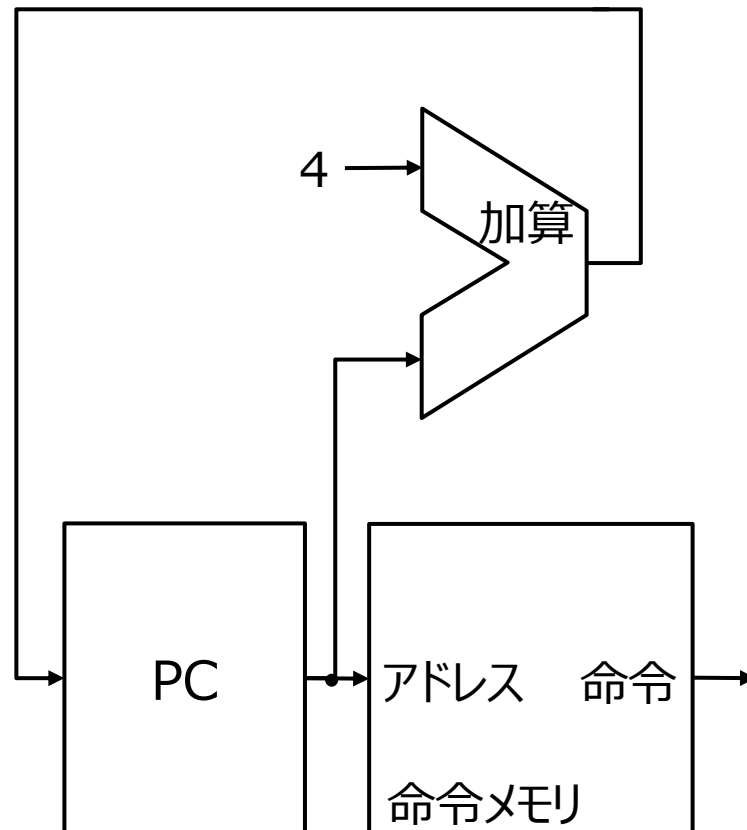
■ パイプライン処理の実行

■ パイプライン処理の問題点

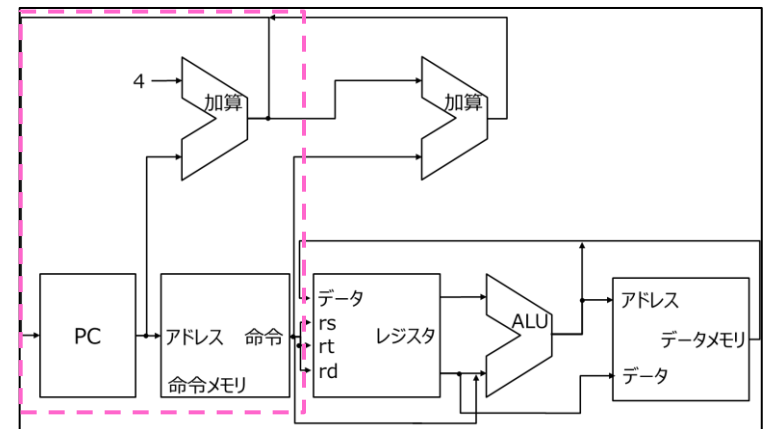
データパスの構築 命令のフェッチ

■ データパス(datapath)

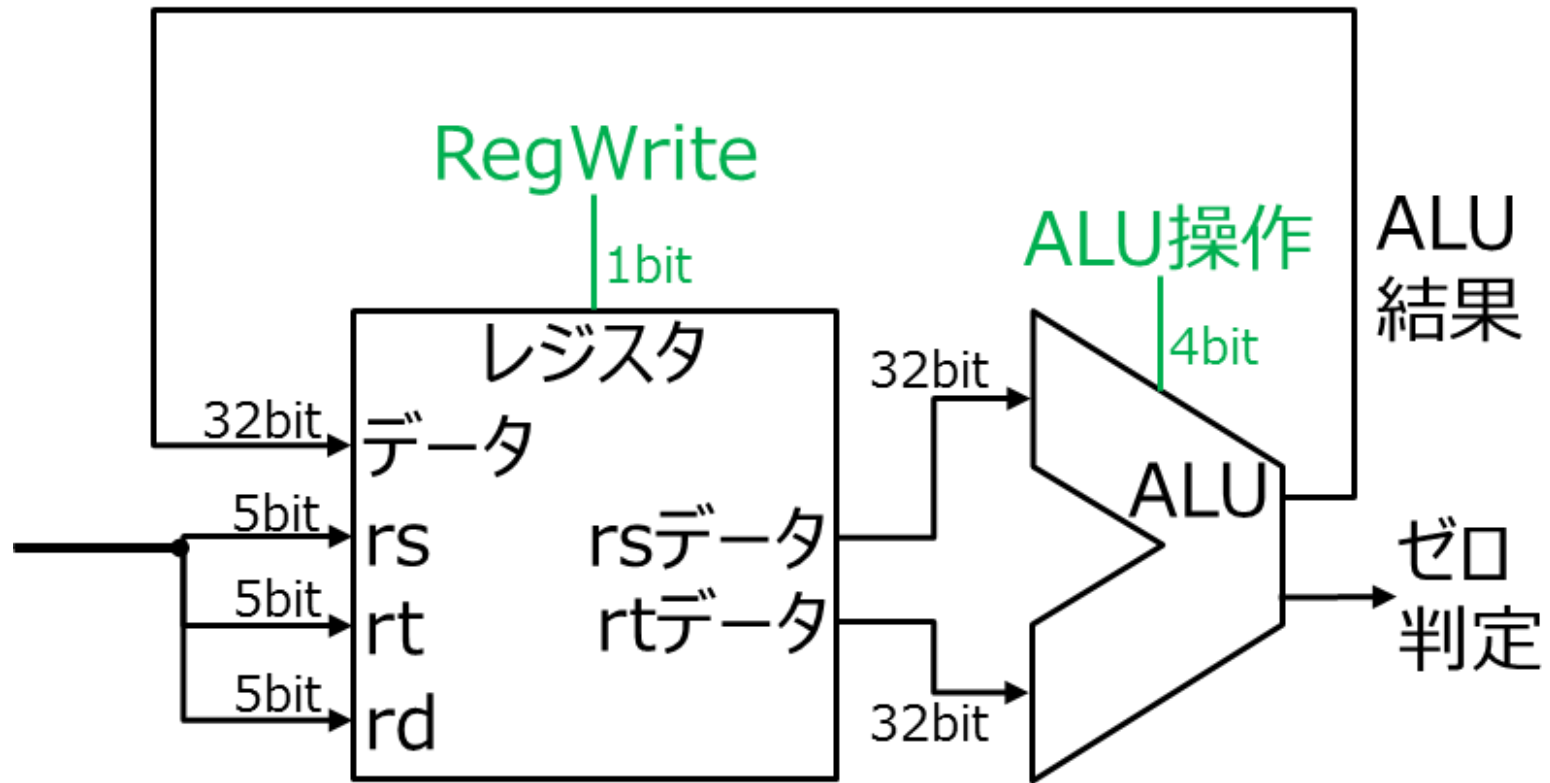
■ データの経路



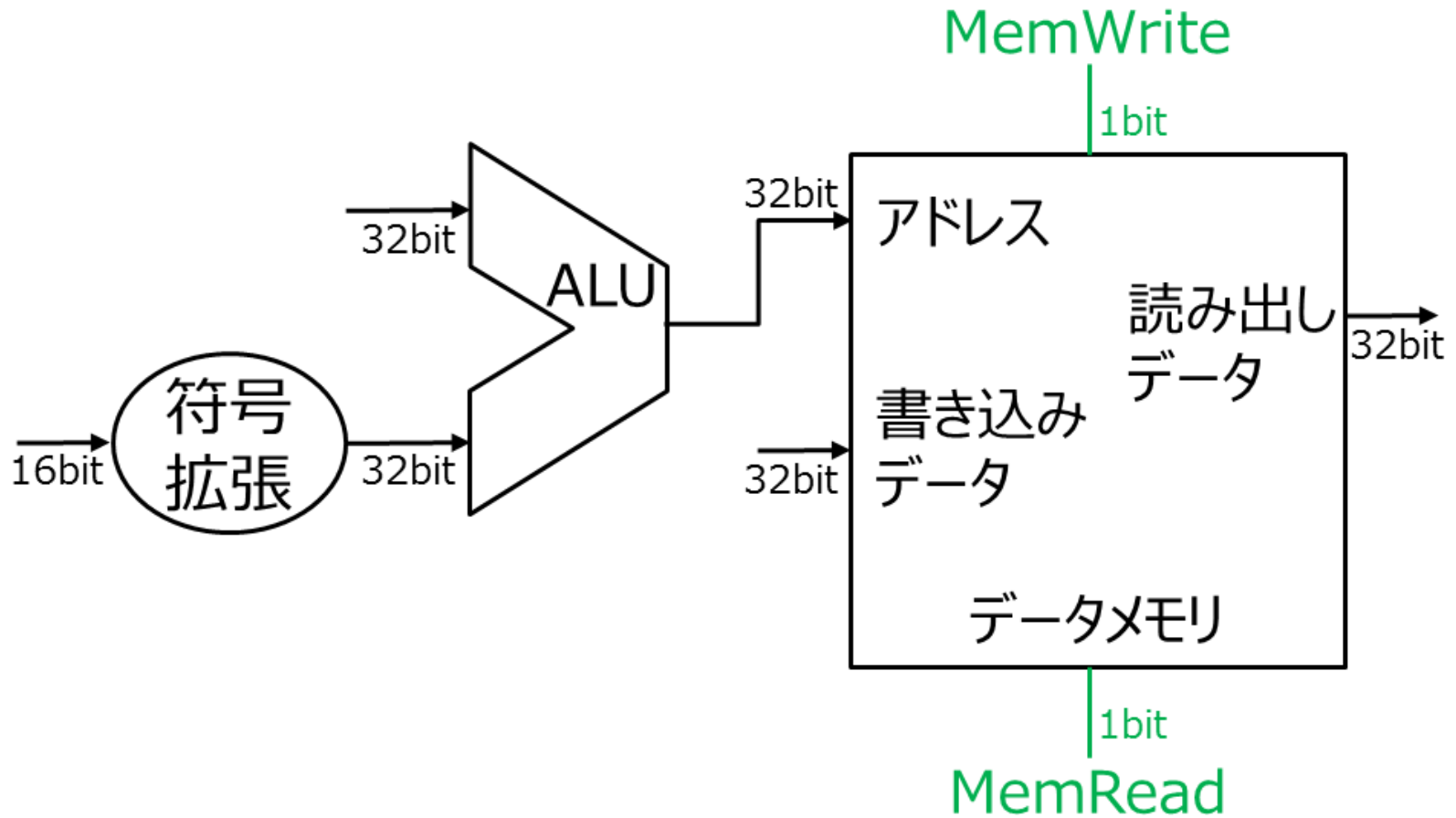
命令をフェッチして
PCを進める部分の
データパス



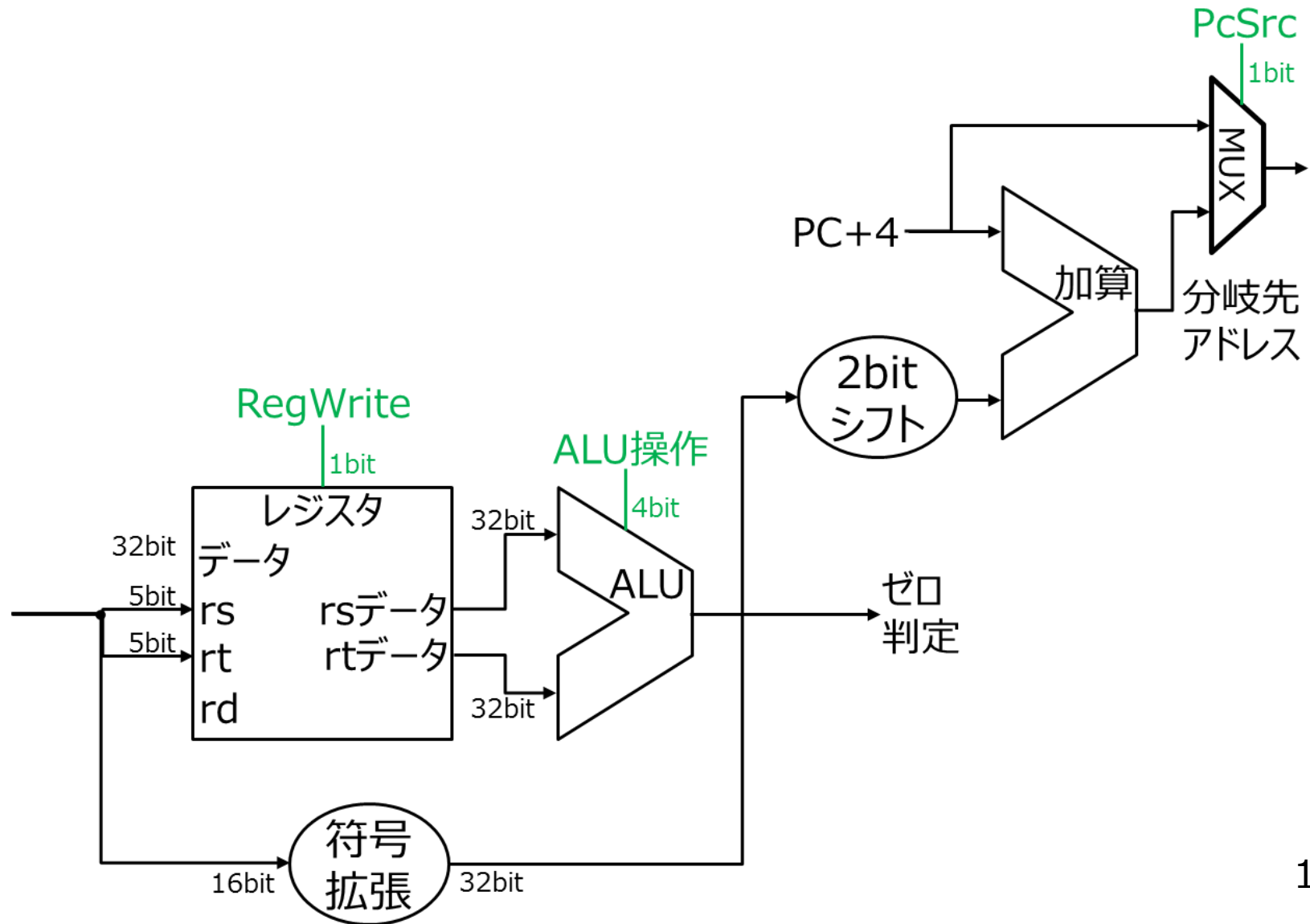
データパスの構築 R形式の命令実行



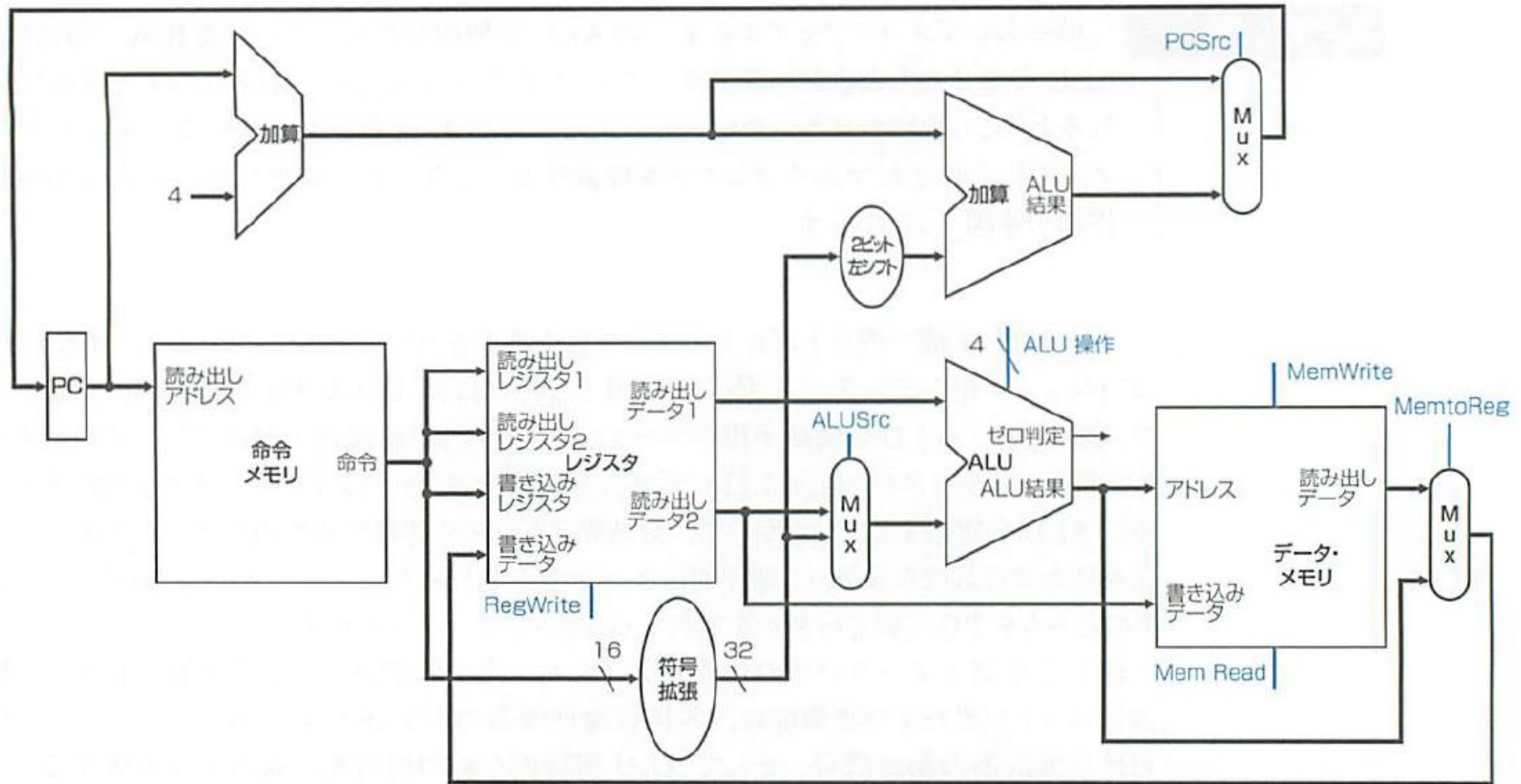
データパスの構築 lw/sw命令の実行



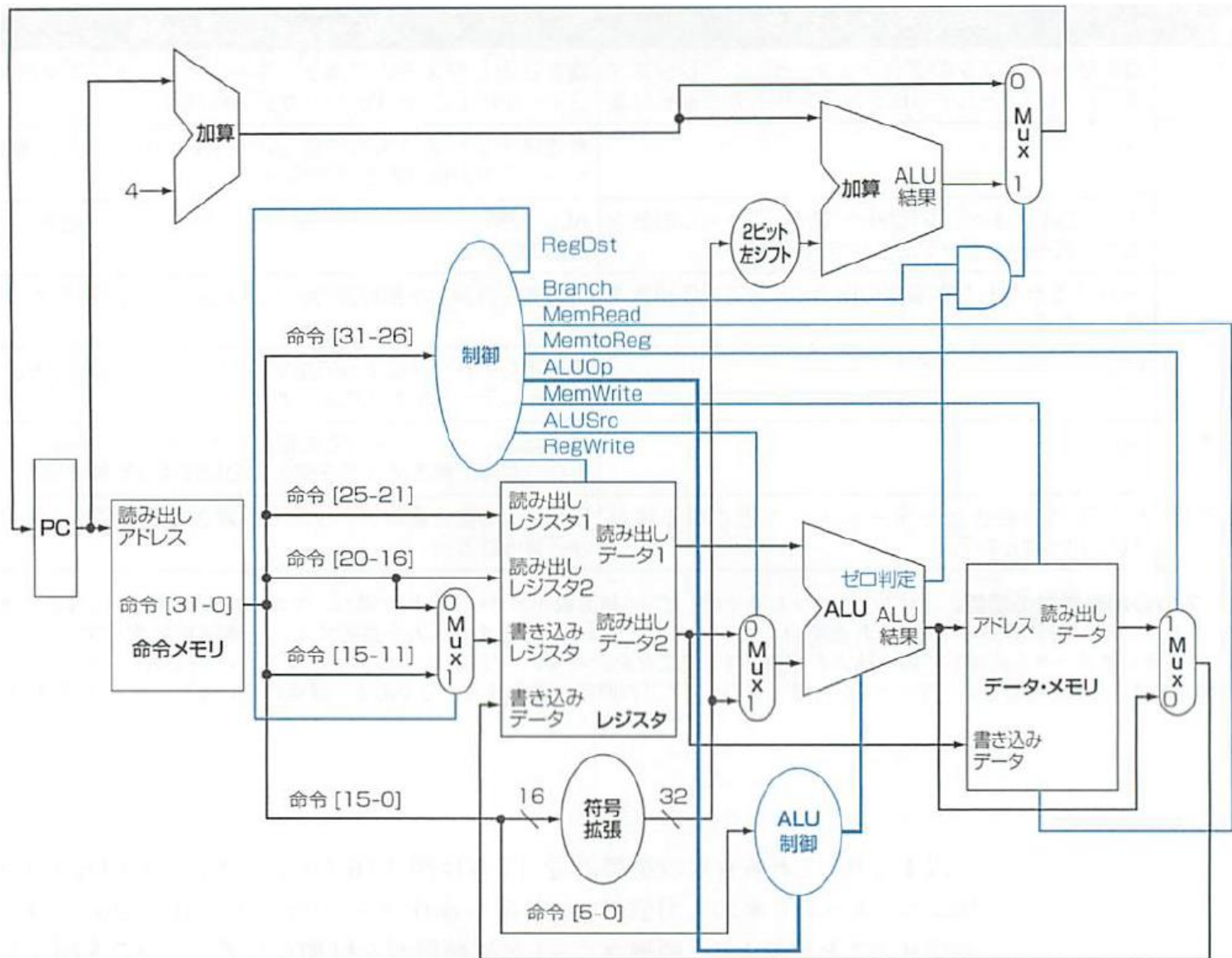
データパスの構築 分岐命令の実行



データパスの構築 各部の統合



データパスの構築 さらに詳細化



講義内容

■ パイプライン処理

- 概説

- データパスの構築

- ➡ ■ パイプライン処理の実行

- パイプライン処理の問題点

さらなる性能の向上 再掲

■ 計算機の性能の決定要因

- 1. 単位時間あたりの実行命令数
- 2. クロック・サイクル時間
- 3. CPI (命令あたりのクロック・サイクル数)

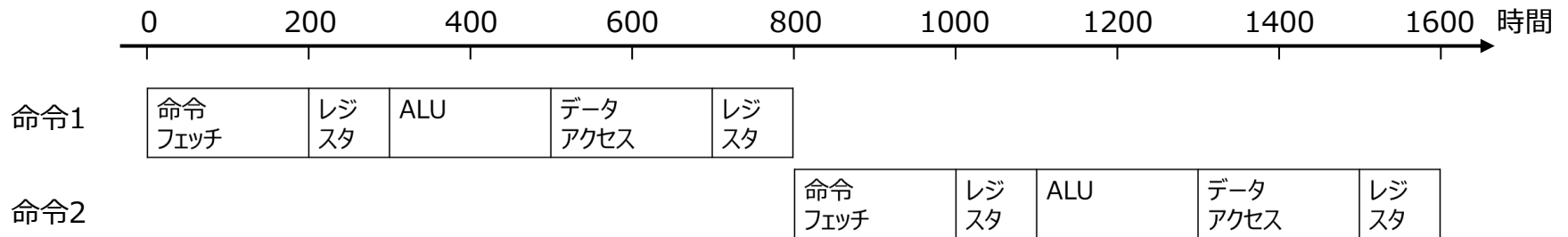
■ 単位時間あたりの実行命令数を増やせないか？



■ パイプライン処理



パイプライン処理の実行イメージ



講義内容

■ パイプライン処理

- 概説

- データパスの構築

- パイプライン処理の実行

- ➡ ■ パイプライン処理の問題点

パイプライン処理の問題点

■ データ・ハザード

- 命令の実行に必要なデータがまだ利用可能でないため、予定している命令を実行できないこと

```
add $s0, $t0, $t1  
sub $t2, $s0, $t3
```

フォワーディング（バイパス）：
計算結果をすぐに使えるようにする

コードの並べ替え：

コードの実行順を変えることでストールを回避

パイプライン・ストール： stall[V/N]行き詰まること

実行を待機して、計算結果が来るのを待つ（実行が遅くなる）

パイプライン処理の問題点

■ 構造ハザード

- パイプライン処理において、命令の実行に必要なハードウェアが競合するため、予定された命令を実行できないこと

e.g., 複数の命令で同時にメモリの読み書き

競合する命令を遅らせるなどして対処

パイプライン処理の問題点

■ 制御ハザード

- 条件分岐が存在するため、命令を実行するべきかどうか判断できず、所定のクロック・サイクル内で命令を実行できないこと
- 分岐ハザードともいう

予測：

分岐の結果を予測(例えば、常に条件不成立)して命令の実行を進めておく

確認問題

- 以下の各文は正しいか。○か×で答えよ。
 - パイプライン処理では、命令を1つずつ、直列的に実行する。
 - パイプライン処理によって、各命令の実行に必要な時間を減らすことができる。
 - パイプライン処理は、スループットの向上を目標としている。
 - パイプライン処理において、必要なデータがまだ利用可能でないため、命令を実行できないことを分岐ハザードという。



参考文献

■ コンピュータの構成と設計 上 第5版

David A. Patterson, John L. Hennessy 著、
成田光彰 訳、日経BP社

- 画像は教科書からのスキャンです。
転載・頒布を禁止します。