

# メモリの再利用により移動後の性能低下を抑えたライブマイグレーション

稲山 空道<sup>+</sup>    広瀬 崇宏<sup>‡</sup>    高野 了成<sup>‡</sup>    本位田 真一<sup>+,\*</sup>  
 akiyama@nii.ac.jp  
<sup>+</sup>東京大学大学院情報理工学系研究科    <sup>‡</sup>独立行政法人産業技術総合研究所    <sup>\*</sup>国立情報学研究所

## ～クラウドコンピューティングの隆盛～

- 多くの企業がAmazon EC2を利用
- 多くの関連研究



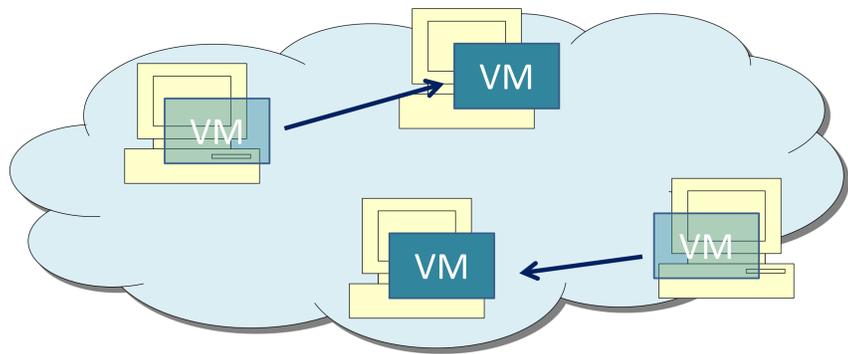
パフォーマンス  
仮想化技術

Map Reduce, セキュリティ, ...

仮想マシン(VM)の再配置により  
クラウドのパフォーマンスを上げる研究  
メモリ集約性、低IO遅延、消費電力

## ～未来のクラウド～

VMの積極的再配置 → パフォーマンス向上



## ～ライブマイグレーション～

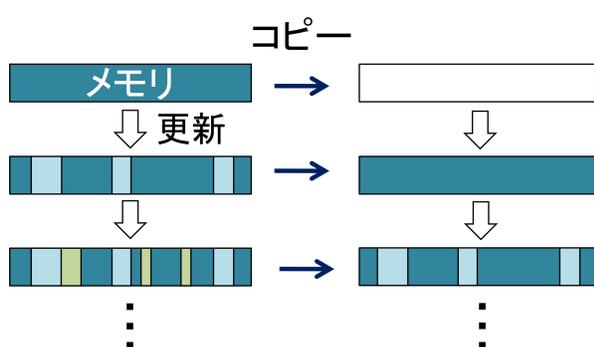
- VMの移動に不可欠な技術

- VMを停止せずに別のホストへ移動

- メモリのコピーが焦点

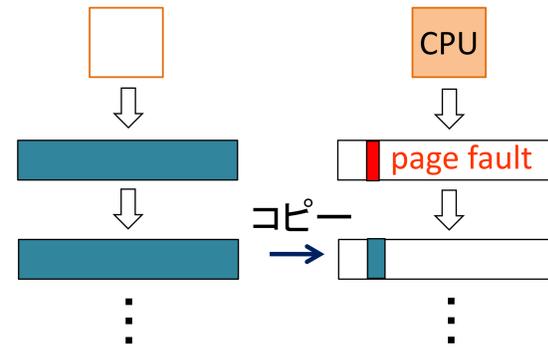
### Pre-copy型

- メモリ → CPUの順
- メモリの更新 → 再コピー → 長い移動時間



### Post-copy型

- CPU → メモリの順
- 移動後にpage fault → 処理性能 ↓



⇒ オーバーヘッドの少ないライブマイグレーションが必要

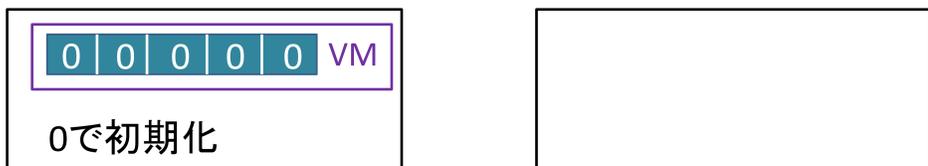
## ～提案: Memory Reusing～

### 仮定(未来のクラウド)

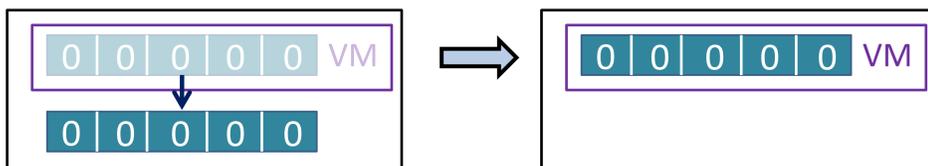
1. VMが積極的に再配置される
2. VMは以前実行されたホストに頻繁に戻る

### アルゴリズム

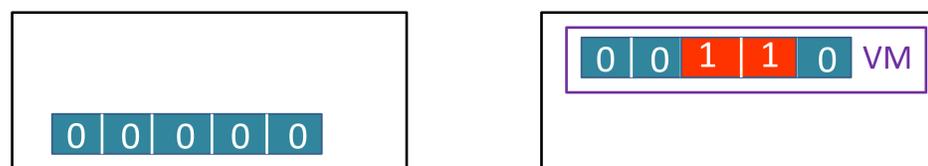
1. VMの各メモリページの世代をカウンタで管理



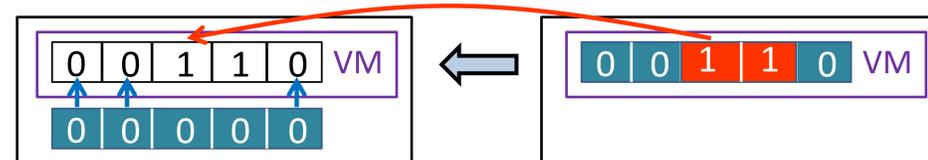
2. マイグレーション時にメモリとカウンタを保存



3. マイグレーション先でメモリページが更新される (更新されたページのカウンタが1増える)



4. 戻ってくる際に未更新のメモリページを再利用



⇒: マイグレーション    ↑: 再利用    ↑: ネットワーク越しの転送

### アイディア

前回の実行から変更がない  
メモリページは再利用可能!

### 初期実験

- 転送されるメモリ量を比較 → 減少なら有用!
- QEMU/KVMでプロトタイプ実装 KVM
- 移動元/先は同じホスト, 2で手動メモリコピー

ID	ゲストOS	メモリコピー(2)	マイグレーション(4)
X1	Linux w/ GUI	ログイン画面	gedit起動直後
X2	Windows	ログイン画面	メモ帳起動直後
B1	Linux w/o GUI	Whetstoneベンチ 開始から2iterations	2iterations後
B2	Linux w/o GUI	CGベンチ開始から 3iterations	3iterations後

ID	従来のPre-copy型	Memory Reusing	再利用率
X1	1,015 MB	130 MB	87%
X2	413 MB	221 MB	46%
B1	146 MB	14 MB	90%
B2	1,076MB	464 MB	57%

- Memory Reusingの有用性が確認された
- CPU-intensiveな状況で特に有効
- 今後の課題
  - オーバーヘッドの少ない実装方法の検討
  - リアルな設定での評価