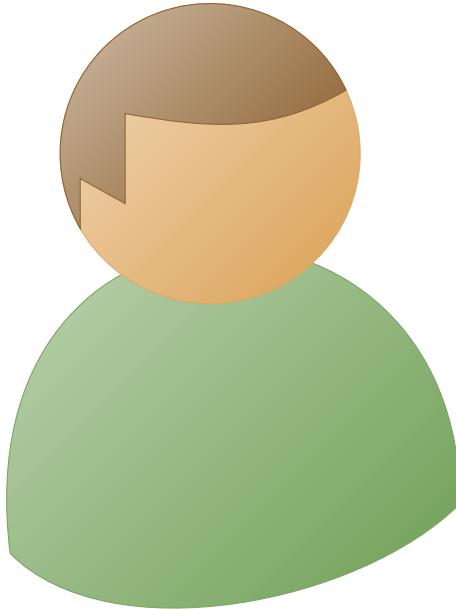


# ドキュメント DB と連動する仮想マシンライブ 移送

Document DB-assisted Live Migration of Virtual Machines

杉田 光希  
SUGITA Mitsuki

(2022 年度入学, 22266062)



指導教員 山田 浩史 準教授

東京農工大学 工学部 知能情報システム工学科

2024 年度卒業論文

(2025 年 9 月 9 日提出)

## ドキュメント DB と連動する仮想マシンライブ移送

### Document DB-assisted Live Migration of Virtual Machines

学籍番号 22266062 氏名 杉田 光希 (SUGITA Mitsuki) 山田浩史研究室

発表日 2025 年 9 月 9 日

仮想マシンとは物理マシンをソフトウェアによってエミュレートし、仮想化されたリソースを用いてオペレーティングシステム (OS) とアプリケーションを実行する仮想的なコンピュータのことである。この技術によって複数のサーバを統合し、サーバの管理コストを削減することができ、実際に Google Cloud Platform や、Amazon Web Services などの Real-world なクラウド環境で使用されている。そしてこの仮想マシンを実行中にその影響を最小限に抑えながら別マシンに移送する技術として仮想マシンライブ移送というものがある。これは先にメモリを転送してから移送先に実行を移す Pre-copy 手法と移送先に実行を移してからメモリを転送する Post-copy 手法が主に採用されており、負荷分散や、耐障害性、省電力やパフォーマンス強化のために利用されている。しかし、メモリ使用量が大きいドキュメント DB の移送に時間がかかるという欠点がある。使用するメモリ量が大きいと一度の反復処理に時間がかかり、その間に書き換えられたデータは再度転送しなければならない。仮想マシンの性能の劣化を避けるように移送しても、移送が長期化すると移送完了時には VM の最適配置が変化してしまい、移送の効果が薄れてしまう。

本研究では、ドキュメント DB と連動した仮想マシンの移送手法を提案する。具体的には、メモリの転送をスキップして移送先のメモリをストレージから再構成することで、仮想マシンの移送時間を短縮する。提案する手法の移送の手順としてはまず、ストレージの内容は移送元と移送先の双方からアクセス可能という前提の下、移送元の仮想マシンのメモリの転送を行わずクリアする。この時、クリアするページのメタデータをストレージに保存し、移送先の仮想マシンの構築時にその情報をもとに移送元の仮想マシンと同じ状態に復元する。この手法を、MongoDB のストレージエンジンである Wiredtiger に対して適用する。

具体的には、移送元の仮想マシンにおいてキャッシュ上の B+tree 内の全てのリーフページを退避キューに入れ、強制的にページを退避させる。このときに、退避するページのデータベース名やキー情報をストレージに保存する。そして移送先の仮想マシンでキャッシュ上の B+tree を再構成する際に、共有ストレージに保存してあるメタデータをもとにページをフェッチすることで、移送元の仮想マシンと同一状態の B+tree を再構成する。

現時点では、データベースのデータ量が増加するにつれてメモリ量も増加することを計測し、キャッシュ上有るページをすべてクリアするコードを作成した。今後は、クリアしたリーフページのメタデータから、B+tree の再構成を行うコードを作成する。また、作成したコードを用いて仮想マシンのライブ移送を実行し、提案手法の性能を評価する。

# 目次

第 1 章	はじめに	1
第 2 章	背景	2
2.1	クラウド仮想化 . . . . .	2
2.2	仮想化環境 . . . . .	2
2.3	Unikernel . . . . .	2
第 3 章	関連研究	3
第 4 章	起動時間の解析	4
4.1	起動時間の定義 . . . . .	4
4.2	測定方法 . . . . .	4
第 5 章	実験	5
第 6 章	伸縮性の実現に向けて	6
6.1	既存研究 . . . . .	6
6.2	Unikernel Fork . . . . .	6
6.3	Unikernel Fork の協調手法 . . . . .	6
6.4	Unikernel Fork の高速化 . . . . .	6
第 7 章	おわりに	7
謝辞		a

# 図目次

# 表目次

# コード目次

# 第1章

## はじめに

イントロ

## 第 2 章

### 背景

2.1 クラウド仮想化

2.2 仮想化環境

2.3 Unikernel

## 第3章

### 関連研究

## 第4章

# 起動時間の解析

4.1 起動時間の定義

4.2 測定方法

## 第 5 章

### 実験

## 第 6 章

# 伸縮性の実現に向けて

6.1 既存研究

6.2 Unikernel Fork

6.3 Unikernel Fork の協調手法

6.4 Unikernel Fork の高速化

## 第 7 章

おわりに

# 謝辞

本研究を進めるにあたり、指導教官である山田浩史准教授にはお忙しい中多くのことをご教授いただきました。…

# 対外発表

【F-1】 金津 穂, 田崎 創, 宇夫 陽次郎, 山田 浩史 :

“クラウド環境を指向するライブラリ OS の分類のための起動にかかる時間の計測”,  
Internet Conference 2016, Oct. 2016.

【B-1】 Minoru KANATSU, Hiroshi YAMADA:

“Running Multi-Process Applications on Unikernel-based VMs”,  
*26<sup>th</sup> ACM Symposium on Operating Systems Principles (SOSP '17)*, Oct. 2017.