

ダイナキオックス

# DynaKiox : 内容を外部から変更できる USBメモリ

活用例: カラオケ背景映像用 USBメモリ, 自動セキュリティチェック USBメモリ

使用技術: # FAT File System, # USB Mass Storage Device, # USB Gadget API for Linux

山田 快

じぶりん (@gpioblink)



## Introduction

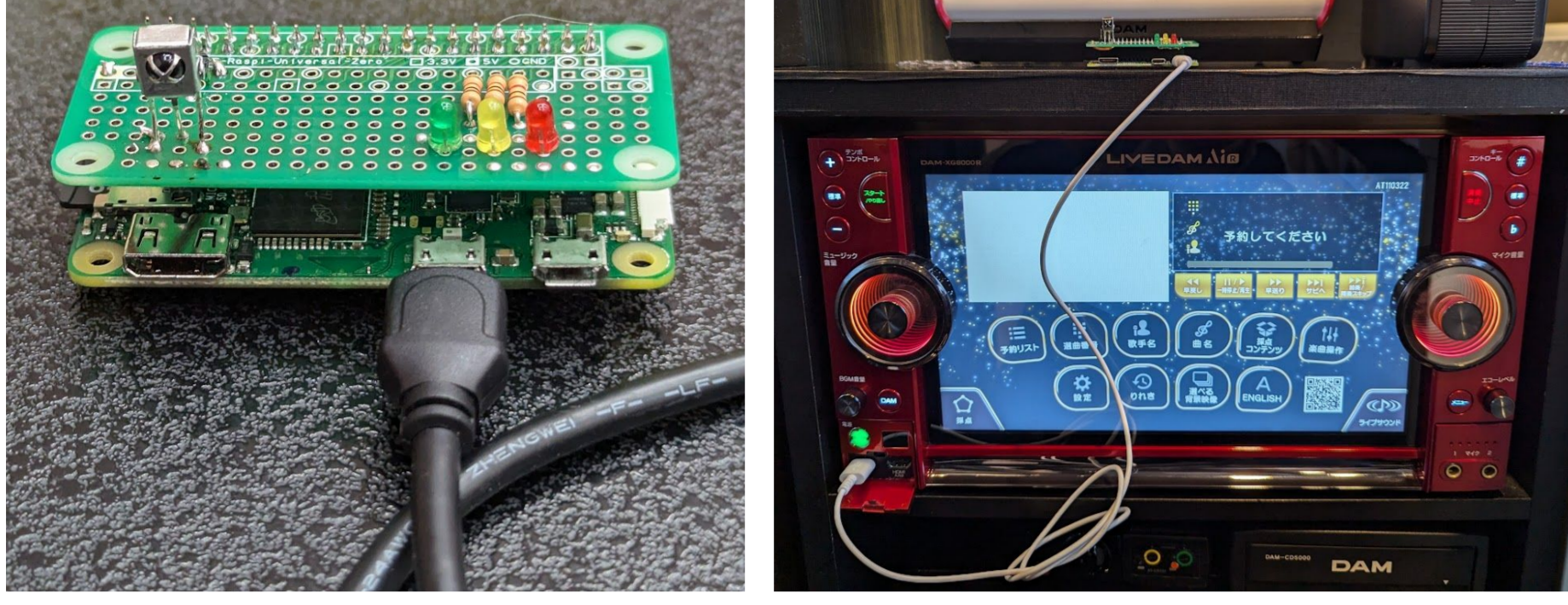


Figure 1. 「DynaKiox」と、カラオケで活用する様子

皆さんは普段USBメモリを使用していて、以下のような悩みを感じたことはありませんか？

- 「貸したUSBメモリのデータを勝手に削除されたり、不要なデータを書き込まれたりした。ハード側でアクセス制限できないだろうか。」
- 「USBメモリでデータを入力する機器を利用しているが、データの更新のたびに抜き差しが必要で大変。抜き差しせずに、中身を編集できないだろうか。」

「DynaKiox(ダイナ・キオックス)」を利用することで、ハード側でアクセス制限をしたり、抜き差し不要で中身を編集できるUSBメモリを作成したりすることが可能です。具体的には以下のようなUSBメモリの制限を突破することが可能です。

### 【一般的なUSBメモリの制限】

- 挿入したパソコンでのみ読み書きが可能。同時に複数の場所からアクセスできない。
- データは静的に保存される。同じアドレスにあるデータは上書きしない限り同一。

### 【「DynaKiox」を利用したUSBメモリの特徴】

- 挿入したパソコン以外からも同時にアクセス可能。USB接続を切らずに外部からメモリ内容の編集もできる。
- 任意の読み書きリクエストに対して返答をプログラム可能。同じアドレスの読み込みでも内容を動的に変更できる。

本発表では、システムの概要、対象者別の活用事例、利用方法、技術的な詳細を説明します。

## Overview

「DynaKiox」は、「内容を外部から変更できるUSBメモリ」を作成するための、Linux向け開発用ツールです。以下が含まれています。

- makemyfat: 整合性を保ちつつ複数デバイス間でファイルシステムを更新するためのツール
- usbmsg-read: USBメモリへの読み書き命令をトリガーにしてコード実行するためのライブラリ
- karaoke-demon: 「カラオケ背景映像用USBメモリ」によるDynaKioxの参考実装
- secure-usb-demon: 「自動セキュリティチェックUSBメモリ」によるDynaKioxの参考実装

組み込み開発を簡単にするため、RaspbberyPi Zero向けのyocto projectによるDocker開発環境を用意しています。CI/CD機能でビルドの自動化も行ってあり、こちらのリポジトリをベースに容易に独自機能を開発可能です。



<https://github.com/gpioblink/raspi-docker>

## For Users

「DynaKiox」は開発者向けのツールセットですが、利用者向けにいくつかの実装を配布しています。対象のハードウェアがあれば誰でも簡単に以下の機能をもつUSBメモリを作成できます。

- dynakiox-karaoke: 「カラオケ背景映像用USBメモリ」のイメージと手順書
- dynakiox-secure-usb: 「自動セキュリティチェックUSBメモリ」のイメージと手順書

詳しいインストール方法は上記QRコードからご確認ください。RaspbberyPi ZeroとSDカードがあれば簡単なステップで準備が可能です。

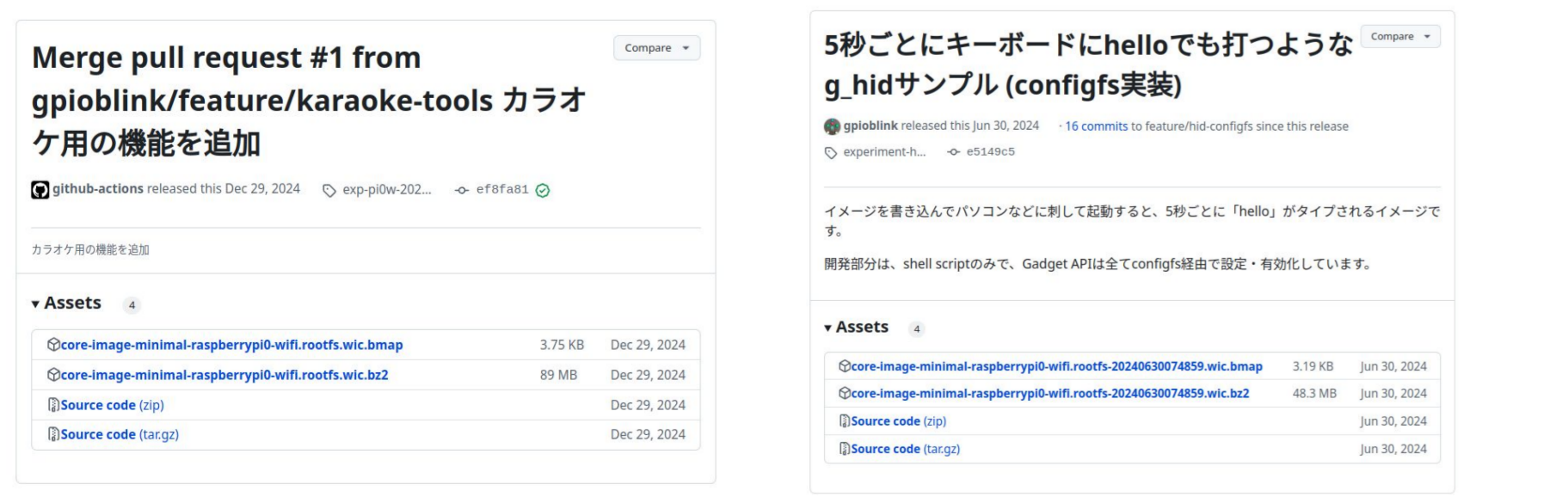


Figure 2. 利用者向けインストールページ  
利用用途のイメージをSDカードに書き込み利用します



## Applications

ここではまず、開発者向けにどのような利用例があるか説明します。そのあと1つの参考実装である「カラオケ背景映像用USBメモリ」に関して、仕組みを説明します。

### 利用例

- 「内容を外部から変更できるUSBメモリ」として、以下のような利用例を考えています。
- USBメモリで背景映像を持ち込めるカラオケで、外部から選曲に応じて動画を更新する
  - USBメモリで音楽を持ち込むDJプレーヤーで、外部から状況に応じて音楽を更新する
  - USBメモリ録画の家庭用防犯カメラから、リアルタイムにデータを取得する
  - USBメモリでデータ入稿する業務用機器(機織り機など)で遠隔でデータ更新を可能にする

今回の中身を外部から変更できるUSBメモリは、実質的には「任意の読み書き命令に対して割り込んで処理ができるUSBメモリ」ともいえます。そのため、応用次第で以下のようなファイルの読み書きが行われる前の検証も可能です。

- 絶対に「JPG」ファイルしか保存できないUSBメモリ
- ファイルの追加時にウイルスチェックがされるUSBメモリ
- 接続先のPCに応じて許可されたファイルしか利用できないUSBメモリ

また、セキュリティ研究の用途でも利用可能です。2024年7月に、elastic security labsより、「False File Immutability (偽のファイル不変性)」という新しい種類の脆弱性が報告されました。この脆弱性は、OS側が変更のないと思っているデータに実際は変更が加わることによって、セキュリティチェック等を回避できてしまう脆弱性です。「内容を外部から変更できるUSBメモリ」とも言えます。例えば、1度読み込まれた後に2回目以降の同じアドレスへの読み込みで内容を差し替えるような操作も簡単に実装できます。ぜひ、あなたが普段USBメモリを活用しているシーンを思い浮かべ、自分だけの用途に応用してください！

### 「カラオケ背景映像用USBメモリ」

店のカラオケにあるUSBメモリを挿すと任意の背景動画を再生できる機能に対して、選曲に応じた背景映像を再生できるような仕組みを作りました。詳細は図をご参照ください。



Figure 3. カラオケ背景映像用USBメモリの仕組み  
ファイルA,Bがあり、一方のファイルを再生中に、もう一方を次の予約に応じた曲の動画へ差し替える



Figure 4. Bluetoothや赤外線等を活用。Webからファイル状態の確認や、カラオケリモコンからの情報取得が可能



Figure 5. カラオケ管理システム全体の構成図

## Technical Details

カラオケ用USBをベースに技術的な工夫点を解説します。

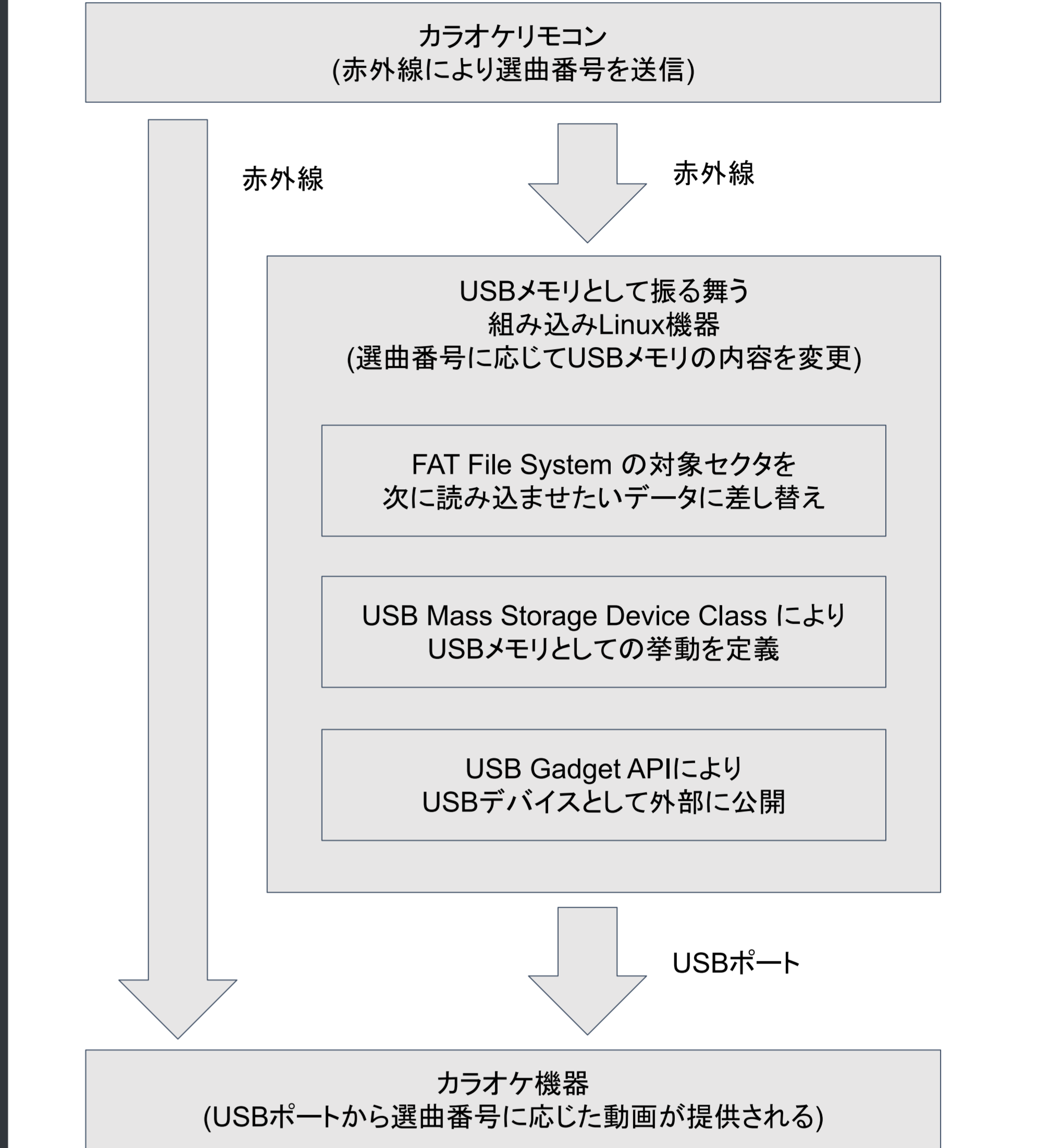


Figure 6. 「ファイル内容が読み込みごとに  
変化するUSBメモリ」の全体像

FATファイルシステムでは、ディレクトリエントリに等間隔で動画ごとに必要な最大サイズより大きめの同じサイズのファイルがあるように定義し、ファイルの実態のあるアドレスを固定しました。このような細工されたFATボリュームを用いることで容易に書き換え対象のファイルを丸ごと差し替えることができます。今回、このような細工されたFATファイルシステムを簡単に作成、ファイル変更できるツールを作成しています。  
<https://github.com/gpioblink/mkmyfat>

USBマストレージでは、FATのセクタサイズを512バイトにする工夫をしました。FATのセクタ番号とSCSIでのアドレスが一致し、容易に次に読み込まれるアドレスを特定できます。詳細なUSB挿入からRead発行までのフローはURLにまとめています。  
<http://bit.ly/47iFvfy>

USB Gadget APIでは、USB Gadget APIをマウント中の内容変更に対応させるために、機能の拡張を開発しました。

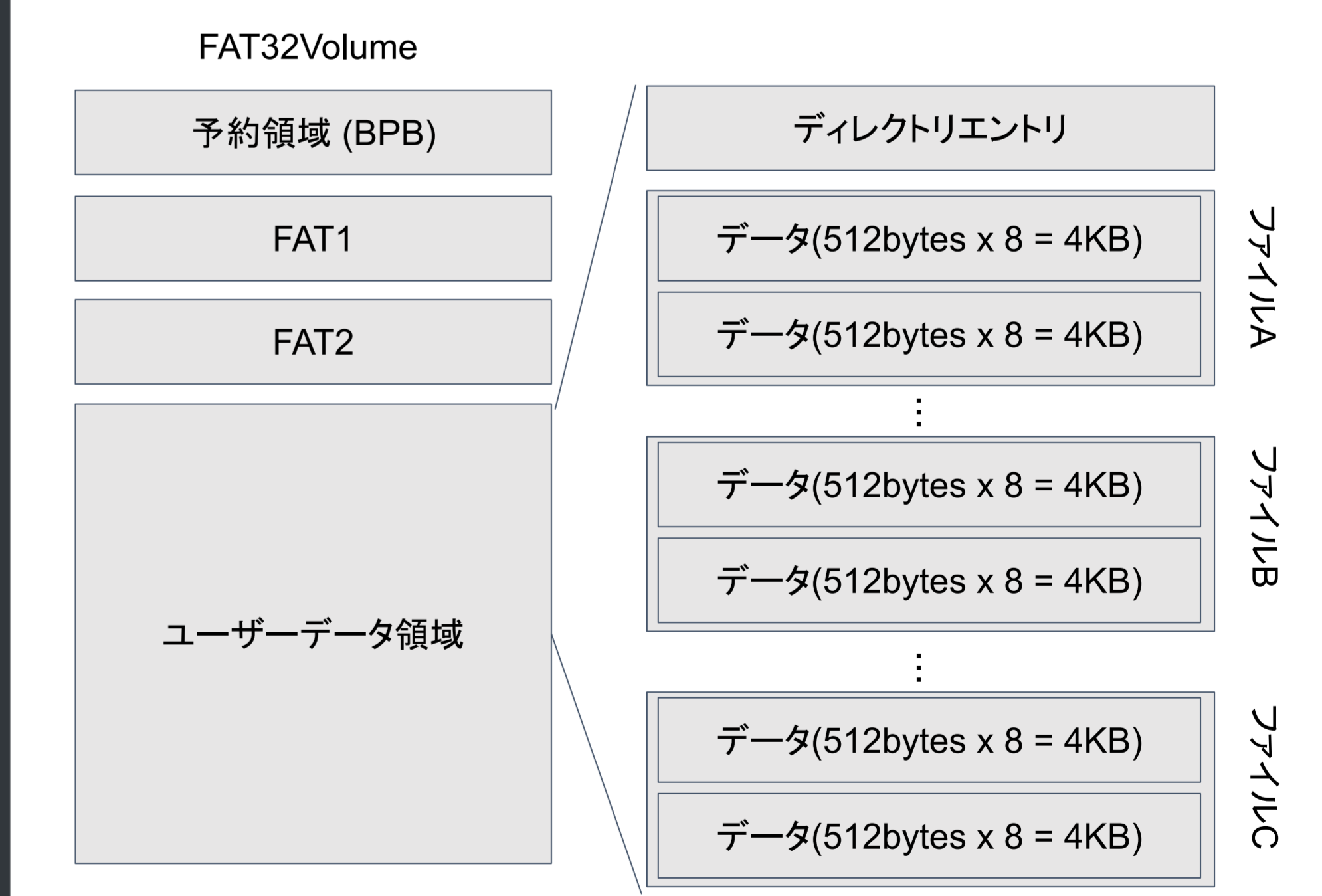


Figure 3. 書き換え容易なFATボリュームの例  
(FAT数=2, クラスタサイズ=8, セクタサイズ=512の場合)

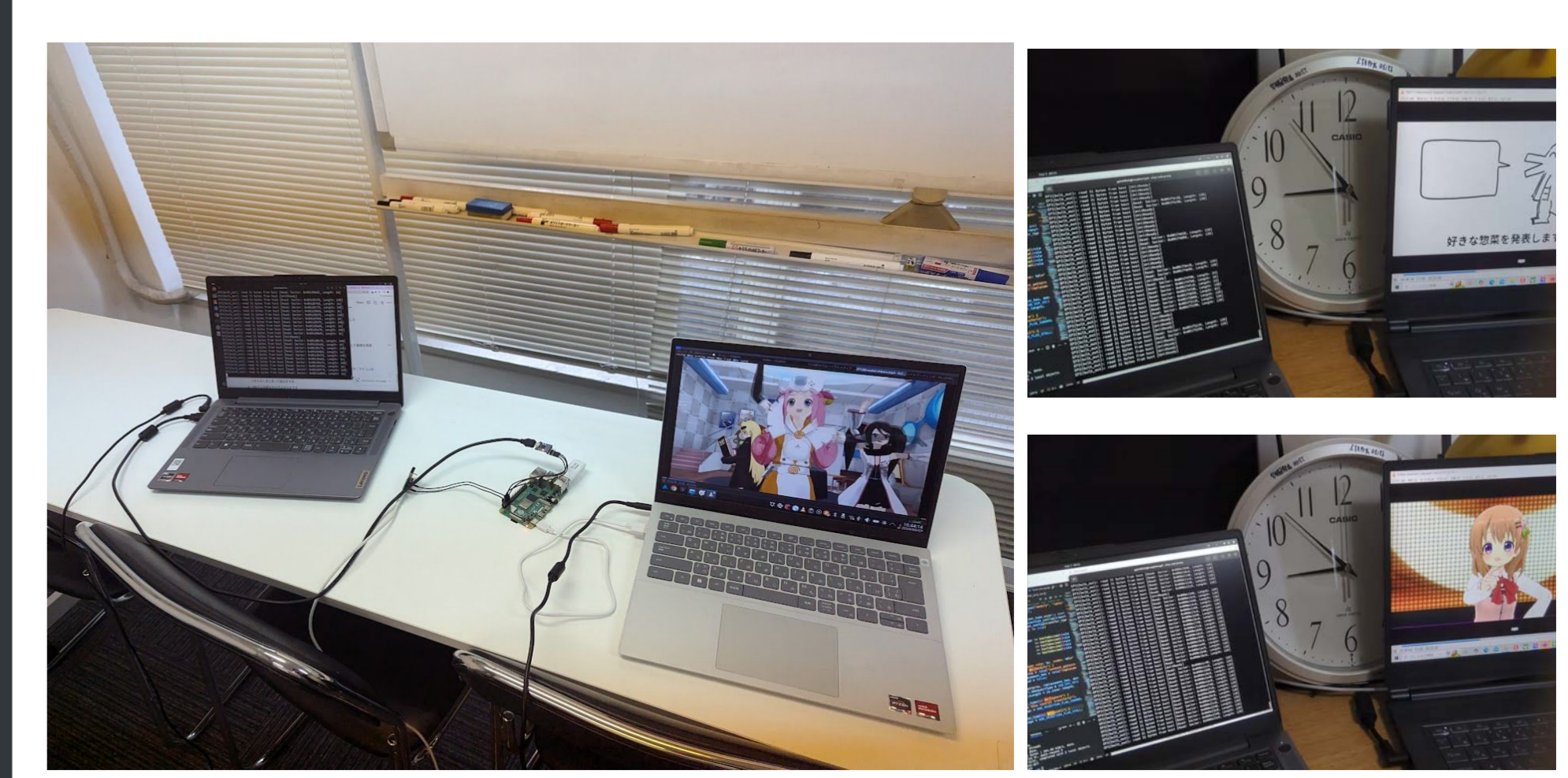


Figure 4. usb-proxylによる解析の様子  
中央のRaspパイを介し右PCとUSB間の通信を左PCで取得