

HLS 動画配信基盤 MOHAS のクラウド環境への移植

清水 健一[†] 藤本 茂雄^{††} 檜垣 泰彦^{†††}

[†] 株式会社ブルーリンクシステムズ 〒102-0071 東京都千代田区富士見 1-5-5 第二大新京ビル 3 階

^{††} 千葉大学国際未来教育基幹 〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33

^{†††} 千葉大学アカデミック・リンク・センター 〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33

E-mail: [†]simizu@blue-link.co.jp

あらまし 学生数約 1.4 万人規模の大規模メディア授業において運用されている Moodle 上の認証エリア向け HLS 動画配信基盤である MOHAS(Moodle-Optimized HLS for Adaptive Streaming) を、オンプレミス環境から Google 社提供の Cloud Run へ移植した。Cloud Run は Moodle 認証および受講権限と連携し、Signed Cookie の発行と暗号化に用いる共有鍵の配布を担う制御プレーンとして配備した。一方、動画のセグメントファイルを Cloud Storage 上に配置することで大規模同時視聴に対応した。MOHAS による動画セグメントファイルの暗号化機能が維持され、有効な認証ユーザのみが復号可能となりコンテンツの保護機能を実現しつつ、教育用途に適した高いスケーラビリティと保守性を実現することを確認した。

キーワード HTTP ライブストリーミング (HLS), スコーム, メディア授業, クラウドコンピューティング

Cloud Migration of HLS Video Delivery Platform MOHAS

Kenichi SHIMIZU[†], Shigeo FUJIMOTO^{††}, and Yasuhiko HIGAKI^{†††}

[†] Blue Link Systems Co.,Ltd. Daini Shinkyo 3F, 1-5-5 Fujimi, Chiyoda-ku, Tokyo, 102-0071 Japan

^{††} Institute for Excellence in Educational Innovation, Chiba University 1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba-shi, 263-8522 Japan

^{†††} Academic Link Center, Chiba University 1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba-shi, 263-8522 Japan

E-mail: [†]simizu@blue-link.co.jp

Abstract We migrated MOHAS (Moodle-Optimized HLS for Adaptive Streaming), an HLS video delivery platform for the authentication area on Moodle used in large-scale media classes with approximately 14,000 students, from an on-premises environment to Google's Cloud Run. Cloud Run was deployed as a control plane that integrates with Moodle authentication and course access permissions, handling the issuance of signed cookies and the distribution of shared keys used for encryption. Meanwhile, placing video segment files on Cloud Storage enabled support for large-scale simultaneous viewing. We confirmed that MOHAS's video segment file encryption functionality was maintained, ensuring only valid authenticated users could decrypt the content and thus protecting the content. This approach also achieved high scalability and maintainability suitable for educational use.

Key words HTTP Live Streaming (HLS), SCORM, media class, Cloud Computing

1. ま え が き

MOHAS^(注1)は、千葉大学におけるオンデマンド型メディア授業のために内製開発された HLS 動画配信基盤であり、COVID-19 パンデミックによる全学メディア授業において、開講数およそ 7,000、学生数およそ 14,000 人の授業を支える基幹となるシ

ステムとして活用されている。これまでのサーバ運用はオンプレミス形態で行われ、内製開発によるメリットと合わせて COVID-19 パンデミックという特殊な条件下においても十分に適合することができた [1]。しかしながら、今後の継続的な運用や保守性の向上などを考慮し、サーバ構成をクラウド環境に移行したため、その移行の過程や具体的なパラメータ等を明らかにし稼働実績などから有効性を確認する。

(注1) : MOHAS(Moodle-Optimized HLS for Adaptive Streaming) については <https://opac.ll.chiba-u.jp/da/curator/900123718/> を参照

2. 移行の背景

オンプレミス構成におけるシステムアーキテクチャを図1に示す。図に示すように動画配信サーバーは複数台で構成され負荷分散により冗長化されている。そのため仮に単一のサーバーが停止した場合にも自動的に縮退運転となるため、残されたサーバーの負荷があがるものの、配信の継続は可能である。そのことはシステムの保守性を高める要因となっている。しかしながら、現実にはオンプレミスにおいては設備の保守点検による電源停止への対応や、ハードウェアの更新、物理的な故障への対応、OSのセキュリティ管理など、様々な業務が担当者の業務負荷を上げる要因となっている。

加えてオンプレミスの場合、サーバーの増設が容易ではなく、仮にサーバー台数を増やすためには、まず予算を付けハードウェアを調達し、設置調整からOSの環境構築までを行う必要がある。そのため、通常はピーク時の性能に合わせて予めハードウェアを用意することになる。文献[5]における性能検証では、定常的な稼働においては、ピーク時の3分の1程度の性能しか必要とせず、季節的な変動なども考慮すると、サーバー管理業務や保守対応業務など時間をかけている割には、その3分の2程度は利用されない余剰な資源のために費やされているとも言える。特にポストコロナにおいては対面授業が増えてくることも想定され、アクセス数の増加だけでなく減少にも柔軟に対応できることが求められ、サーバーの増減を負荷に応じて管理できる Google 社提供の Cloud Run に着目した。

3. 移行における課題

3.1 動画管理サイトの移行

MOHASは大きく分けて動画管理サイトと動画配信サーバーに分かれており、はじめに動画管理サイトの移行について述べる。動画管理サイトでは予め収録したmp4形式の動画ファイルを動画管理サイトにアップロードすることで暗号化やHLS配信のための動画のセグメント分割並びに動画配信サーバへのファイル転送などを行う機能となっている。動画管理サイトにおける処理の流れについては図3に示す。

ここでの問題点は2つあり、一つは Cloud Run の制限によって長時間のバッチ処理が実行できず、処理を最大60分以内に終了する必要がある点^(注2)と、ストレージ性能の問題である。処理時間の制限については、図3に示す動画ファイルのアップロード後の処理が動画の長さやサーバの負荷によって長くなるため、MOHAS仕様上バックグラウンド処理として実行する仕組みとなっている。そのため複数ユーザーからの処理を単一のバッチ処理において実行する機構を採用しているため、バッチ処理がユーザーからのアップロードを待ち受けるように処理している。つまり、バッチ処理はシステム起動時に開始され、常時稼働する方式であるため、Cloud Run を利用する上で考慮が必要であった。この問題を回避するため、コンテンツ変

表1 コンテナ起動時のパラメーター

実行環境	第二世代
CPU	1
メモリー	1GiB
Use-http2	利用する
timeout	3600s
最小インスタンス数	1
最大インスタンス数	20

換等の処理を行うバッチ処理については、Cloud Run とは別に Compute Engine によるサーバーを設け、ここで処理を実行するような構成を採用した。

ストレージについては、大容量で安価なサービスである Cloud Storage を中心に構築を試みたが、動画変換処理に Cloud Storage を利用した場合に、書き込み処理が遅くスタックするような状態になってしまい動作不良が確認されたため、動画変換の処理の一時的な保存領域としては、より高速な Filestorage (NFS ベースの高速な NAS) を利用し、処理終了後により安価な Cloud Storage に転送する方式を採用した。

上記の2つの点により、Cloud Run と Compute Engine とのハイブリッドで構成された環境で稼働することとした。

3.2 動画配信サーバの移行

動画配信サーバについては、動画管理サイトで生成された動画のセグメントファイルおよびプレイリストを Cloud Storage 経由で共有し、動画視聴者を認証し、認証されたユーザーにのみ暗号化されたコンテンツを復号して視聴できるようにするため、Cloud Run によるサーバー構築を行った。Cloud Run は、コンテナ化されたアプリケーションを、サーバー管理不要（サーバーレス）でデプロイ・実行できるフルマネージドのプラットフォームであり、HTTP リクエストに応じてコンテナを0から自動でスケールし、利用した分だけ課金されるため、コスト効率と柔軟性が高いサービスとなっており、特にアクセス数の変動が大きいサービスには利用価値が高く、当該動画配信機能にも非常に良くフィットするサービスであると言える。

Cloud Run のコンテナ作成は、主に Dockerfile を用いた Docker ビルドか、Google Cloud の Buildpacks を使用してソースコードから直接イメージをビルドし、Artifact Registry ヘブッシュする手順で行う。その後、そのコンテナイメージを Cloud Run にデプロイする。当該システムにおいては、Dockerfile を利用したコンテナ作成方式を採用し動画配信サーバーの構築を行った。

Cloud Run コンテナから動画のセグメントファイルを共有する Cloud Storage の共有については、当初 gcsfuse (<https://github.com/GoogleCloudPlatform/gcsfuse>) を採用しコンテナ内でファイルシステムとして直接マウントする方式を採用していたが、その後の仕様変更等により障害が発生したことから、Cloud Storage に格納されている暗号化された動画コンテンツを直接外部に公開し、Cloud Run は Signed Cookie の発行と暗号化に用いる共有鍵の配布を担う制御プレーンとして配備する方法を採用した。移行前後のサーバー配置図を図2にまとめる。

(注2)：ただし、その後の仕様改定により、現在は Cloud Run Jobs を利用することで、60分の制限はより長時間実行可能に緩和されている。

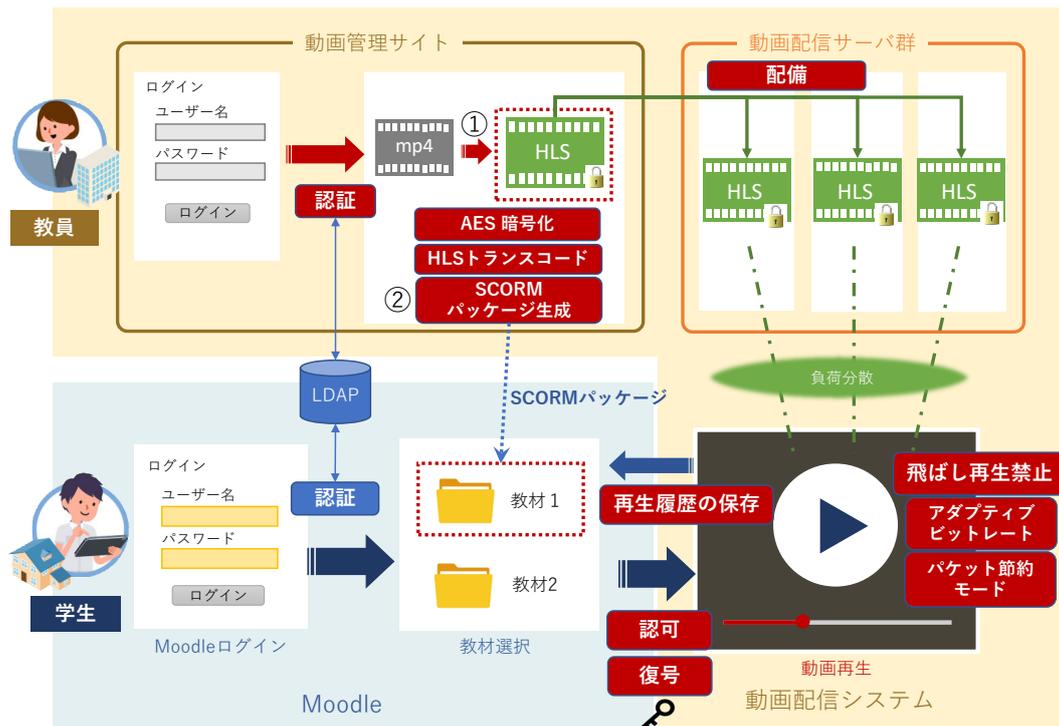


図1 動画配信システムのアーキテクチャ

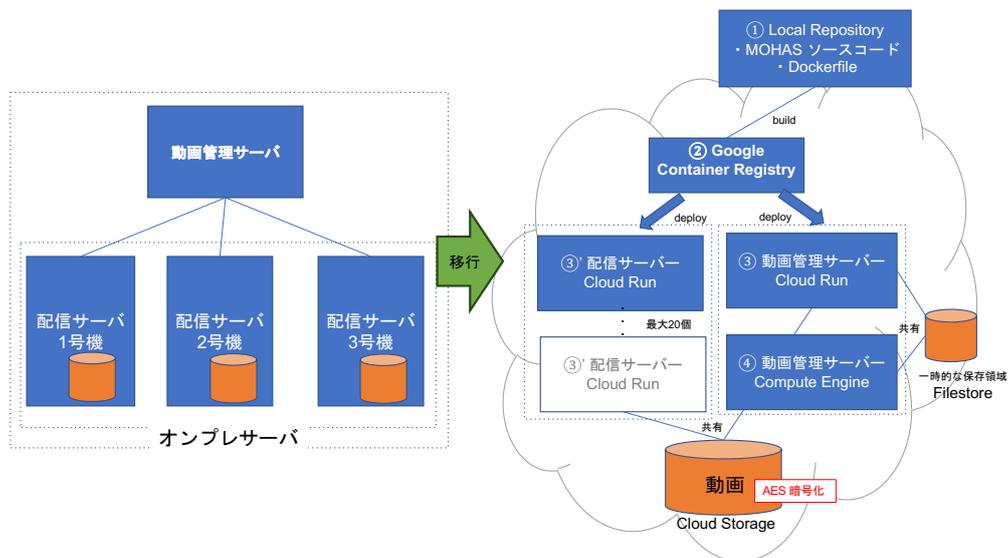


図2 移行後のサーバー配置図

4. 移行後の稼働実績

前述のように Cloud Run ではトラフィックが増えた場合に自動的にスケールアップする仕組みとなっている。そのためインスタンス数からおおよそのトラフィックの増加を知ることができる。図4には移行後の10月から12月にかけてのインスタンス数の推移を示す。設定により最大インスタンスは20個までとしているが、全期間において10個を超えて稼働していないことがわかる。11月8日および12月23日についてはやや増

加しているものの、一時的な増加に留まっている。

この一時的なピークの状態をもう少し詳しく見るため、図5に11月8日および12月23日におけるHTTPリクエスト数の推移を60分毎に示す。12月23日のうちアクセスが多かった時間帯は4時台と6時台となっている。図中の時間表記はタイムゾーンがUTCであるため、JSTに変換すると13時から15時台であることが分かる。この時間帯のアクセスについてログを参照し、IPアドレスとUserAgentの組み合わせから利用者数をカウントしてみると、13時台は409人、14時台は400人、15

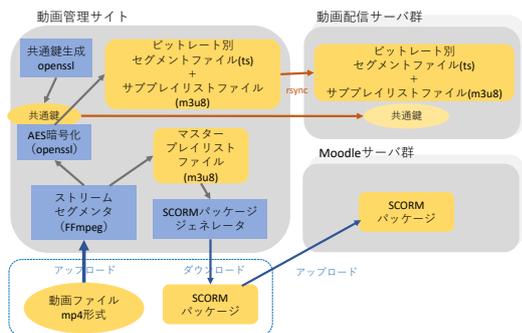


図3 HLS 動画配信コンテンツの流れ

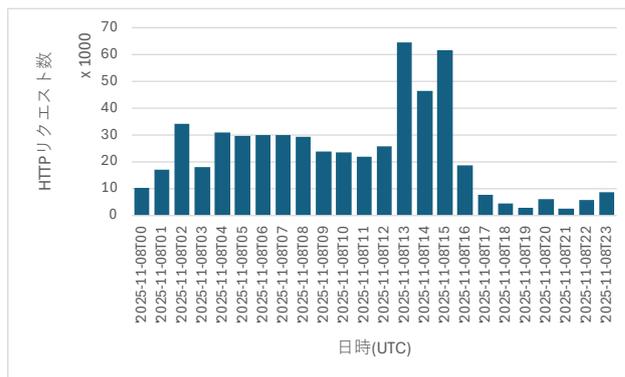
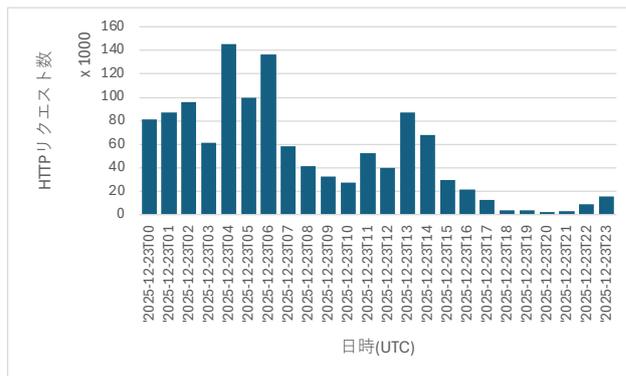


図5 HTTP リクエスト数の時間帯推移

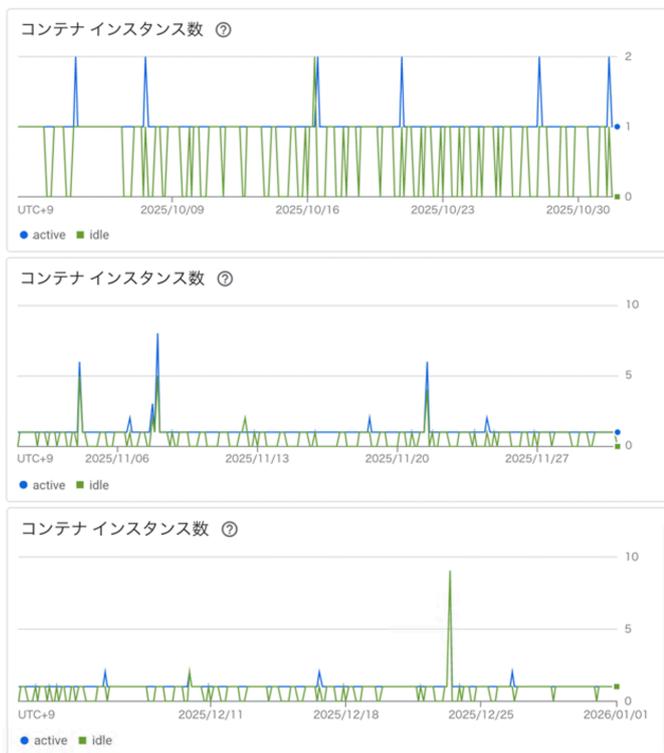


図4 動画配信サーバーのインスタンス数

時台は413人であった。およそ400人が同時に再生を行っていたことになる。11月8日についても同様にアクセスの多い時間帯の利用者数をカウントしたところ、UTCの13時台は241人、14時台は206人、15時台は166人であった。

5. まとめ

HLS 動画配信基盤である MOHAS について、Cloud Run 環境に移行をおこなった。移行後の稼働ログから COVID-19 による全学メディア授業のときと比較してトラフィック自体が減少しているものの、同時400人を超える再生数においては十分に余裕があり、安定稼働しているだけでなく、トラフィックの増加や減少に応じてコンテナ数が増減し、期待する動作が行われていることを確認した。

文献

[1] 清水健一, 藤本茂雄, 松本暢平, 檜垣泰彦, Moodle 用動画配信シ

ステムの内製とコロナ禍における運用・評価, 信学論 (D), 情報・システム, J105-D(10), pp.572-583, 2022-07.

- [2] 檜垣泰彦, 藤本茂雄, 高瀬浩一, 武内八重子, 松本暢平, 池田晶子, 清水健一, 岡田聡志, “メディア授業用動画配信の実施～COVID-19への緊急対応～,” 信学技報, vol. 120, no. 93, LOIS2020-3, pp. 1-6, 2020年7月.
- [3] Adrian Mouat, Using Docker: Developing and Deploying Software with Containers, O'Reilly Media, 2015
- [4] Wietse Venema, Building Serverless Applications with Google Cloud Run, O'Reilly Media, 2020
- [5] 清水健一, 檜垣泰彦, 藤本茂雄, 須貝康雄, “オンデマンド型動画配信システムの配信性能の検証,” 信学技報, vol. 120, no. 417, LOIS2020-50, pp. 18-23, 2021年3月.