**２０２１　年度　　卒業論文**

卒業論文題目

|  |
| --- |
| 検索システムを対象とした異種サーバにおける応答速度を考慮したロードバランサ |

　指導教員　　　　　　鷹野　孝典　教授

神奈川工科大学　情報工学科

　　　　　学籍番号　　　　１８２１０８６

　　　　　学生氏名　　　　　 松尾　祐介

　提出日　２０２１年　１２月２３日　指導教員　　印

　受理日　２０２１年　１２月２３日　情報工学科長　　印

# **論文要旨**

これから書きます。

# 目次

[**論文要旨** 2](#_Toc87439746)

[目次 1](#_Toc87439747)

[**1.** **まえがき** 1](#_Toc87439748)

[1.1 はじめに 1](#_Toc87439749)

[1.2 本論文の構成 2](#_Toc87439750)

[**2.** **関連研究** 2](#_Toc87439751)

[2.1 リバースプロキシによるロードバランシング手法 2](#_Toc87439752)

[2.2 応答速度評価付けシステムの評価手法 2](#_Toc87439753)

[2.3 Webサーバ計測システムの設計・開発 3](#_Toc87439754)

[**3.** **提案システム** 3](#_Toc87439755)

[3.1 提案システムの概要 3](#_Toc87439756)

[3.2 提案システムの実行手順 4](#_Toc87439757)

[3.2.1 評価付けシステム 5](#_Toc87439758)

[3.2.2 テーブル設計 5](#_Toc87439759)

[3.2.3 ロードバランサに使われる技術 5](#_Toc87439760)

[**4.** **実装システム** 5](#_Toc87439761)

[4.1 実装システムの概要 5](#_Toc87439762)

[4.2 評価付けの方法 6](#_Toc87439763)

[4.3 検索システムの構築 7](#_Toc87439764)

[4.4 割り振り方法 10](#_Toc87439765)

[4.5 ロードバランサの構築 10](#_Toc87439766)

[4.5.1 開発環境 10](#_Toc87439767)

[4.5.2 計測評価システム 12](#_Toc87439768)

[4.5.3 コンフィグ書き換え 13](#_Toc87439769)

[4.5.4 コンフィグの適応 14](#_Toc87439770)

[4.5.5 データベースの構築と接続 14](#_Toc87439771)

[4.6 実装システムの実行 15](#_Toc87439772)

[**5.** **実験** 18](#_Toc87439773)

[5.1 実験目的 18](#_Toc87439774)

[5.2 実験環境 18](#_Toc87439775)

[5.2.1 理解度調査の流れ 19](#_Toc87439776)

[5.3 実験 20](#_Toc87439777)

[5.4 実験の考察 21](#_Toc87439778)

[5.4.1 実験の感想一覧 22](#_Toc87439779)

[**6.** **むすび** 23](#_Toc87439780)

[**謝辞** 24](#_Toc87439781)

[**参考文献** 25](#_Toc87439782)

[その他 26](#_Toc87439783)

# **まえがき**

## はじめに

WEBサーバは重要なライフラインになりつつある．サービス全体の応答性能や可用性を高めることができる「ロードバランサ」の需要は今後増加傾向になると予想される．

大企業だけでなく中小企業や個人のサイトでもサービスが拡大するにつれてWebの負荷分散が可能なサーバロードバランシングは重要視される．SEO(検索エンジン最適化)の観点から，競合サイトと比較し自身のサイトの表示速度が遅いとランキング評価で不利になるとされている6)為，負荷分散時にも応答速度に配慮する必要がある．通常ロードバランサのリバース先であるサーバ群は同性能であることが望ましいとされている．しかし，リプレイスによって導入された新しいサーバと旧式のサーバを混合して負荷分散に利用されることも個人や中小企業を中心に見受けられる．

こうしたサーバ間の性能や通信装置の性能にバラつきがある場合，応答速度が一定とは限らないが，導入のしやすさからロードバランサは頻繁にラウンドロビンと呼ばれる単純に空いているサーバへ割り振る方式が利用される．この状況では負荷分散をしているにもかかわらず，遅いサーバにつないでしまいWebの表示速度が返って落ちてしまうという課題がある．そうした課題を解決するには，異なる性能のサーバそれぞれの応答速度を計測し，ロードバランサが判断して動的に割り振りを行う必要がある。

本研究では，性能差のあるWebサーバからなるWebサイト環境において，応答速度によってサーバの割り振り先を決めるアルゴリズムの提案，Webサーバの応答速度を考慮したロードバランサの設計と開発を行った。提案システムでは，それぞれのWebサーバの応答速度を計測し，提案するアルゴリズムに基づいて評価付けを行う．応答の遅速に関しては個人によって異なる為,「Webサイトの反応時間の遅延と、それに対するユーザの反応」(7)を参考に評価システムを設計した．また，この情報は評価済み応答速度としてデータベースへ保管される．データベースから現在と過去24時間の状態を抽出し，その情報をロードバランサに与えることで，不均一なサーバからなるWebサイトにおいて、応答速度を考慮しつつ負荷分散をすることができる．

Webサーバで負荷分散を行うロードバランサはプロキシ機能を応用している．このプロキシには不特定多数のクライアントから，特定のサーバへ通信を代わりに行うリバースプロキシとクライアントから不特定のサーバにアクセスする際，クライアントの代わりに通信を行うフォワードプロキシが知られている．Webサーバで負荷分散するには前者が使われる．NGINXというWebサーバはコンフィグを書き換えることで，リバースプロキシが行える．また，重みづけにも対応している為，応答速度を計測した後，自身の作成した評価アルゴリズムに基づいて重みを変更する。その後適応させる処理を行うことで，応答速度に基づく動的ロードバランサを開発可能である．通常コンフィグを適用させるにはWebサーバの再起動が必要だが,稼働率が落ちてしまう問題が発生する。そこで設定ファイルを再起動することなく適応できるreloadと呼ばれる機能を使用した．

実験では教育目的で開発されたシングルボードコンピュータであるRaspberry Pi 4B 4Gを4台使用する。ロードバランサ1台と検索システムを積んだWEBサーバ3台を冗長的に配置する。オペレーティングシステム（OS）上でネットワークトラフィックをコントロールする「TCコマンド」やRAM，CPUの使用率を変更できる「stressコマンド」を使用し，異種のサーバを疑似的に再現する。

本研究では実装した提案方式のプロトタイプと一般的なロードバランサの割り振り方式である「ラウンドロビン」を応答速度に基づいて比較実験することで提案システムの有用性を示す．

## 本論文の構成

　本論文は全６章で構成されている。本章では研究の背景や動機，目的について述べる．第２章ではロードバランスの手法や計測システムの関連研究について述べる．第３章では本研究の提案方式とその特徴である本システムの内容，応答速度をどのように計測・評価し，ロードバランサが判断し割り振りを行うのか述べる。第４章では提案方式を構築した本システムの設計及び実験システムの実装について述べる．第５章では一般的なロードバランサと本システムで比較実験を行う。実験の概要と，比較実験後の結果を述べる．第６章では結論と今後の展望について述べる．

# **関連研究**

## リバースプロキシによるロードバランシング手法

HTTPセッションのハンドオーバによるWEBサーバのロードバランスについて土居幸一郎,後藤滋樹らは既存のWebロードバランシング手法では，実行中のデータ転送を再配分することが出来ない.そこで，リバースプロキシ型のロードバランシング手法を元に，データ転送中であっても，相対的に負荷の高いサーバから負荷の低いサーバへと移し替えられる機構を提案した．4MB以下のファイルでは,ロードバランサを経由しないダウンロードの方が,ロードバランサを経由する場合に比べて,わずかに必要時間が短かった.しかし,4MB以上ではロードバランサを経由する場合の方のダウンロード時間が短くなる場合がある.したがって,音楽や映像のファイルのような比較的サイズの大きなファイルに対しては,はかの要素の寄与度に比べて,提案手法によるオーバヘッドは十分に小さいと言える.ロードバランサを経由しない場合とハンドオーバを行う場合とで,ダウンロードに必要な時間に違いは生じなかった、試行によっては,ハンドオーバを行った場合でロードバランサを経由しない場合のダウンロード時間を下回る場合もあった,よって,提案手法によるハンドオーバによるコストは十分に小さいことがわかった.が増加するに従って,サーバリソースの利用効率が向上す一方で,5接続を超えてからは利用効率が向上していない.その場合は,別の5接続数以下のサーバにデータ転送をハンドオーバすることによって,全体で利用効率を向上させることができる.図5の結果をもとに,2台のバックエンドサーバ同士でクライアント接続数が5台以下となるように調整した場合の平均転送速度と最低転送速度の増加率を表3に示す,平均速度と最低速度を,それぞれ最大で18.7%,31.1%向上させられることが分かった.

## 応答速度評価付けシステムの評価手法

複数のロードバランサによるWEBシステムの応答時間最適化について、河野知行はバランサなし、定率分散、状態分散、応答時問分散の4つのケースを比較した。それらの振り分け技法の特徴を整理すると。パランサがなくとも、処理要求がパランサに偏りなく到着すれば、速い応答時間が確保される。しかし、偏りが生じれば、応答時間は指数的に悪くなる。定率分散は到着する処理要求に偏りが生じても、応答時間が指数的に悪くなる問題は解消できる。但し、偏りがない場合は、バランサがない場合より応答時間は長くなる。状態分散を行うと、応答時間は大幅に短縮される。M/M/n構成の待ち行列のような効果を得ることができる。応答時間分散は、ロジックの複雑さに比例した効果を得ることができない。定率分散の改善型と位置づけられる技法であろう。一般的なロードバランサが提供していると考える処理要求の振り分け技法を検証した。その結果により、状態分散が最も効果的な振り分け技法であるとの結論を得た。

## Webサーバ計測システムの設計・開発

クラウドに適したWebシステムにおいて堀内晨彦 , 最所圭三らはWEBシステムの概要及び試作システムの評価について述べ、その負荷量の監視機能の改善方法を提案・評価を行った。i. Apacheのserver-statusで負荷量を測定　ii. 外部プログラムで負荷量を測定方法iでの測定結果を図4に,方法iでの測定結果を図5に示す。実験では,前の測定が終了してから1秒後に次の測定を開始する.そのため,プロットの間隔は負荷量の測定にかかった時間+1秒になる.どちらの方法でもスレッド数の増加に伴い,CPU 使用率及び稼働率が上昇しているが,図5のCPU 使用率はCGIを処理するため,すぐに100%に達している,図4では稼働率が1.0に達すると,次の測定までに1分以上かかっている。これはWebサーバデーモンの最大同時処理数以上のアクセスがあり,過負荷になっているためである.また,どちらの図でもアクセスが終わってから負荷量が低下するまでに20秒程度かかっているが,これはWebサーバが各スレッドの行った最後のアクセスを処理しているためである.以上の結果から,アクセス数に応じて増減する稼働率が負荷量に適していることが分かる。CPU使用率は同時アクセス数が少なくても100%に達するため,過負荷の判別ができない.また,稼働率の測定方法としては,Web サーバが過負荷になった場合でも短時間で測定が行える方法iが適しているが,過負荷を脱してから稼働率が低下するまでに時間がかかる.反対に方法iでは過負荷を脱すると直ぐに稼働率が低下するが,過負荷になった場合の測定に時間がかかる.

# **提案システム**

## 提案システムの概要

本研究では性能差のあるWebサーバからなるWebサイト環境において応答速度によってサーバの割り振り先を決めるアルゴリズム，応答速度を考慮したロードバランサの設計方法を提案する．

本提案システムでは常に応答速度を計測している為，サーバの故障やロードバランサとWebサーバ間でボトルネックが生じたとしても，ユーザがシステムの不具合を感じることはない．通常ロードバランサは性能が同一もしくはそれに近い性能で運用されることが前提とされているが，本提案システムの特徴として，異種で不均一な性能のサーバ環境において個人を対象とした負荷分散に着目している．また、ユーザは応答速度の評価を得ることでサーバの調子を確認することも可能になる．検索システムはWEBサービスの中でも応答速度が重要視されている．また膨大な検索にも耐えられるためには負荷分散が重要であるため効果は高い．冗長的なWebサービスに搭載するシステム図は〇〇に，説明に関しては〇〇に示す．また評価済み応答速度を保管するデータベースのテーブル設計は〇〇に示す．

## 提案システムの実行手順

本提案システムではサーバの応答速度に変化が生じるとロードバランサが動的に割り振りを変更させるので負荷分散をしつつ最速のWebサーバへ多くのユーザをつなぐことが出来る。本提案システムの処理は大きく「計測」「評価」「処理」3段階に分けられ、5つのステップを踏んで実行される。STEP-1では想定しているWebサーバについて説明している。ロードバランサが応答速度に基づいて動的に割り振りを行うまでの流れに関しては、下記のSTEP-2からSTEP-5で説明する。提案システムにおける流れは図〇〇に示している．

STEP-1: 冗長的で性能が不均一なWebサーバを用意．大量アクセスによるCPUやネットワークの負荷を分散させるため，仮想環境で作られるWebサーバではなく，ここでは物理的な別のサーバを数台用意する．

STEP-2: それぞれのサーバの応答速度を測るため，サーバにリクエストを送って応答速度を返す「応答速度計測プログラム」を作成し利用する．ここでは1分に1回各サーバの応答速度を測る.

STEP-3: STEP-2で計測したデータは考案した応答速度評価アルゴリズムを用いてL1～Lnのn段階で評価を付ける．評価は主観的になりやすい為，Webサイトの反応時間の遅延と、それに対するユーザの反応はRAILモデル5)を参考に評価する.

STEP-4: 評価されたデータは評価済み応答速度としてデータベースへ保管される．

STEP-5: ロードバランサはこのデータベースへアクセスする．サーバの状態に応じて割り振り方法を動的に変化させることが可能になる．応答速度が最も早いサーバへの接続が優先される．

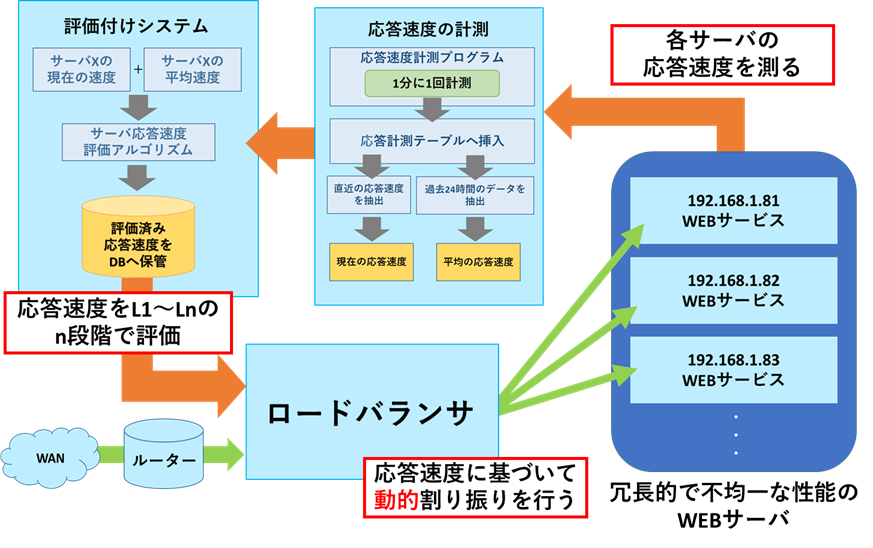


図 3‑1　提案システム図

### 評価付けシステム

実行手順のSTEP-3では評価付けを行う. L1～Lnのn段階で評価し表示することによってユーザは調子の悪いサーバを見つけ易くなる．ここでは主観的な評価にならないよう既に研究されている反応時間の遅延と，それに対するユーザの反応6)を基に評価を行う．

### テーブル設計

提案システムのテーブル設計内容を表3-2に示す．テーブルの設計では抽出した応答速度はfloat型，評価の格納はテキスト型とする．

表 3-1 提案システムのテーブル設計

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 属性名 | 名称 | 型 | デフォルト値 | 主キー |
| ID | 番号 | Integer | 1 | 〇 |
| now\_speed | 現在速度 | Float | NULL |  |
| now\_speed\_score | 現在速度評価 | Float | NULL |  |
| Ave\_speed | 平均速度 | Read | NULL |  |
| Ave\_speed\_score | 平均速度評価 | Read | NULL |  |
| datetime | 時刻 | Text | NULL |  |

### ロードバランサに使われる技術

Webにおいて，ロードバランサで負荷分散する場合に使われる技術として「リバースプロキシ」がある．これはプロキシ機能を応用した技術によってユーザからのリクエストを別のWEBサーバへ転送している．動的，静的どちらのロードバランサを作成するときもこの機能は使われている．本提案システムでも，実行手順のSTEP-5でユーザからのアクセスを適宜WEBサーバへ転送する為この技術を使う必要がある．

# **実装システム**

## 実装システムの概要

実装システムでは，物理的なWEBサーバ，ロードバランサ機共に「raspberry pi 4b 4gb」を利用する。また，負荷分散するWEBサービスは「検索システム」を対象とする。この検索システムは観光地のDBと接続され，場所をフォームに入力することで観光地として有名な場所を検索できる．図4-1では実装したシステムを説明し，流れは下記に示す．



図 4-1 実装システム図

STEP-1:異種環境を再現する為コマンドでraspberry pi 4b 4gbの性能を制限する。

STEP-2: 応答速度をPythonのHTTP通信ライブラリであるRequestsモジュールを利用し計測する．取得した値は現在の速度としてSQLITEデータベースへ格納する．

STEP-3: STEP-2:のデータベースへアクセスし過去24時間の平均速度を抽出する．表〇はそのSQLの命令である。

STEP-4: 抽出した平均速度を設計した評価付けシステムへ渡し，S～Dの評価付けが行われる．

STEP-5: STEP-4:の評価を基にして，ロードバランサとして利用できるNginxのコンフィグを書き換える．最速のサーバ以外重みを下げる．

STEP-6: 変更した設定を適応させることでロードバランサは動的割り振りをはじめる．

表 4‑1過去24時間の平均速度を抽出するSQL文

|  |
| --- |
| select avg(speed) from response81 where datetime > datetime(datetime(), '-1 days', '+0 hours'); |

## 評価付けの方法

実装システムでは評価をS～Dの5段階評価とする．評価付けに使う数式は下記に示す．また速度に対する評価は表4-2に示す．

数式をここに入れる

表 4-2 応答速度と評価の対応表

|  |  |
| --- | --- |
| 応答速度 | 評価 |
| 0.000~0.016 | S |
| 0.017~0.099 | A |
| 0.100~0.999 | B |
| 1.000~9.999 | C |
| 10.000以上 | D |

## 検索システムの構築

本提案システムのロードバランサがリバースする場所は冗長的なWebサービスである．検索システムは応答速度や負荷分散が重要視される為，本提案システムのWebサービスでは「観光地検索システム」をRaspberry Pi上に構築する．観光地データベースに接続し，ユーザが場所を入力すると有名な観光地を返すシステムである．構築に使用する開発環境は表〇に示す．データベースはMYSQLを利用し，WebサーバはApacheとする．データベースのスキーマは表〇に，Apache2及びPHPのインストール手順は下記に示す．

**Apache**2**のインストール手順**

表4-3パッケージ一覧を更新

|  |
| --- |
| $ sudo apt update |

リポジトリ追加・削除時には必ず実行しなければならない。

表4-4パッケージを更新

|  |
| --- |
| $ sudo apt upgrade |

パッケージを更新しNGINXのインストール準備をする。

表4-5 apache2のインストール

|  |
| --- |
| sudo apt-get install apache2 |

**PHPのインストール手順**

表4-6 PHPのインストール

|  |
| --- |
| sudo apt install php |

表4-7 CLI，cURLモジュールのインストール

|  |
| --- |
| sudo apt install php-cli php-curl |

表4-8検索システムの開発環境

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 名称 | バージョン | 利用用途 |
| Raspberry Pi | 4B 4G | Webサーバ |
| Apache |  | Webサーバ |
| MYSQL |  | 開発データベース |
| Google chrome | 94.0.4606.81 | WEBブラウザ |
| Tera Term | 4.97 | SSH接続・ファイル転送 |
| Raspberry Pi OS | 9.4 | Raspberry PiのOS |
| Windows10 | 20H2 | OS |
| PHP | 8.0 | 開発言語 |

表4-9検索システムのプロジェクトファイルの説明

|  |  |
| --- | --- |
| ファイル名 | 機能説明 |
| pdo\_search\_form.html |  |
| pdo\_search.php |  |

表4-10検索システムへのアクセス方法

|  |
| --- |
| <http://192.168.1.X/> |

Xはサーバの番号で本システムは81,82,83が存在する．ブラウザから各サーバへアクセスすると図4-1のように検索システムを利用できる．図4-2は検索語句を入力しサブミットした時の実行結果である．

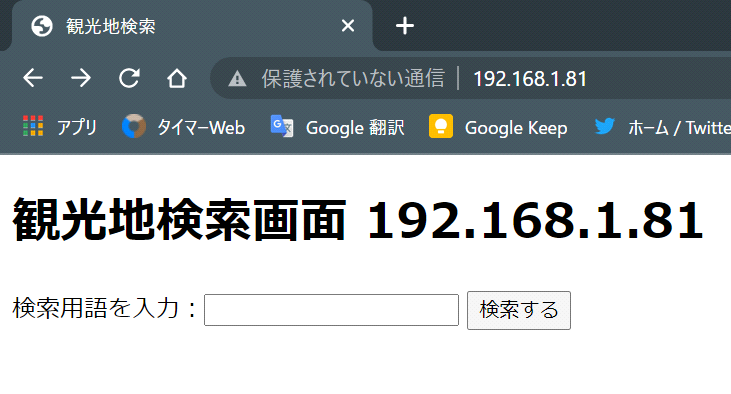
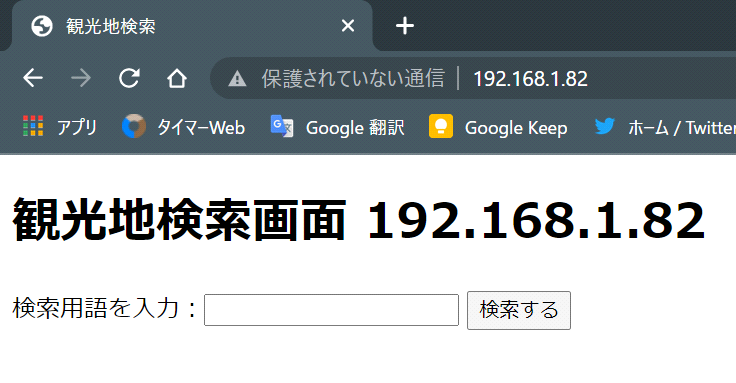
 



図4-1冗長的な検索システムのユーザインタフェース

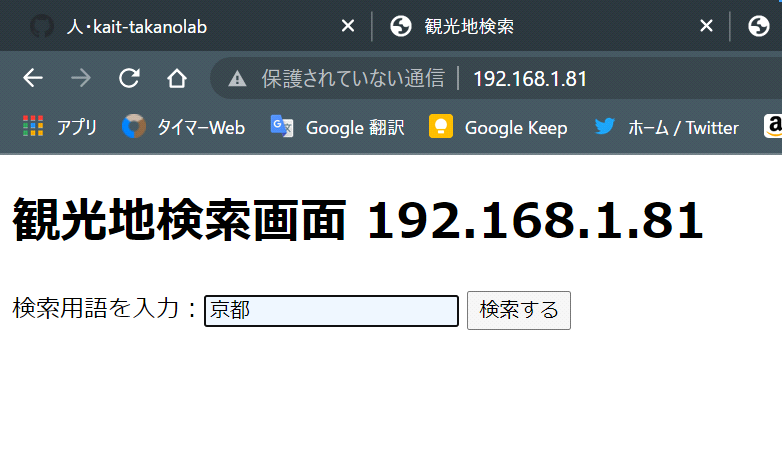
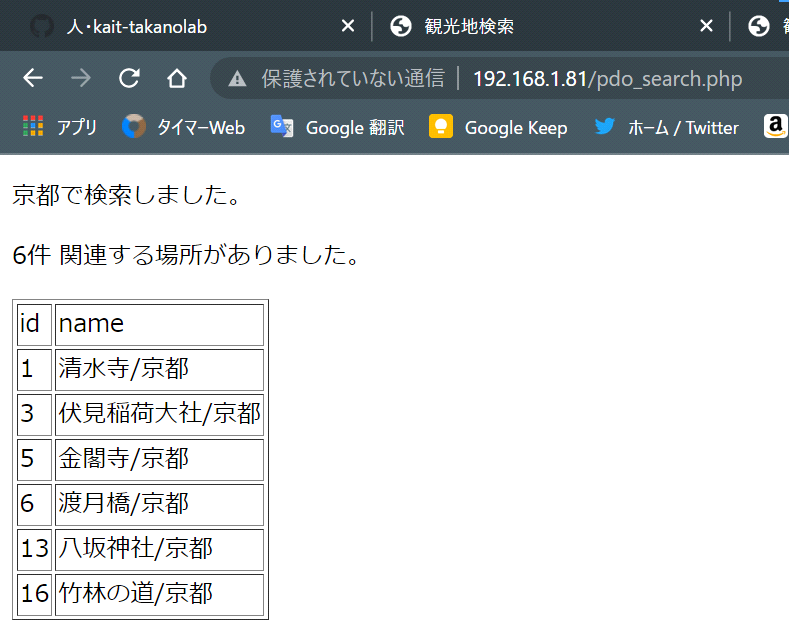
　

図4-2検索結果の例

表4-11フォームの処理(pdo\_search\_form.html)

|  |
| --- |
| <form action="pdo\_search.php" method="post">  検索用語を入力：<input type="text" name="name">  <input type="submit" value="検索する"> |

フォームに入力された値をPHPプログラムへpostを利用して送信する．

表4-12対象のカラムに対して文字列検索を行う(pdo\_search.php)

|  |
| --- |
| $statement = $dbh->prepare("SELECT \* FROM name WHERE name LIKE (:name) "); |

表4-13レコードを取得する(pdo\_search.php)

|  |
| --- |
| if($statement->execute()){  $row\_count = $statement->rowCount();  while($row = $statement->fetch()){  $rows[] = $row;  }  } |

表4-14データベースの接続

|  |
| --- |
| <p><?=htmlspecialchars($yourname, ENT\_QUOTES, 'UTF-8')."で検索しました。"?></p>  <p><?=$row\_count?>件 関連する場所がありました。</p> |

データベースMYSQLへの接続はPDOを利用する．

表4-15観光地データベースのスキーマ

(テーブル名：name)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 属性名 | 名称 | 型 | デフォルト値 | 主キー |
| ID | 番号 | Integer | 1 | 〇 |
| name | 観光地の名称 | text | NULL |  |
| Prefecture | 観光地の場所 | text | NULL |  |

## 割り振り方法

ロードバランサは過去24時間で評価が最も高いサーバに多く割り振る．評価の良いサーバが変化した場合，ロードバランサの割り振り方法も動的に変化する．

ここに数式か図を載せたい

## ロードバランサの構築

本提案システムのロードバランサの構築を4.5.1から4.5.4で説明する。

### 開発環境

動的ロードバランサの構築にはNGINXというWebサーバを用いる。コンフィグデータを変更して重みづけをプログラムによって書き換え，再読み込みさせることによって実現させる。提案システムのプロトタイプを実装した開発環境は表4-16に示す．ロードバランサを作成するために用いたWebサーバのインストール手順は表4-18に示す．

表4-16実験システムの開発環境

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 名称 | バージョン | 利用用途 |
| Raspberry Pi | 4B 4G | ロードバランサ |
| Python | 3.8 | 開発言語 |
| Spider(anaconda3) | 4.1.5 | 統合開発環境 |
| Google chrome | 94.0.4606.81 | WEBブラウザ |
| Tera Term | 4.97 | SSH接続・ファイル転送 |
| SQLITE3 | 3.0 | 開発データベース |
| Raspberry Pi OS | 9.4 | Raspberry PiのOS |
| Windows10 | 20H2 | OS |

表4-17提案システム構築に用いたパッケージ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| パッケージ名称 | バージョン | 備考 |
| SQLITE | 3.0 | 応答速度保管に使用 |
| Subprocess | 3.9.4 | プログラムからNGINX適応のシェルを呼び出す時に使用 |
| Datetime | 3.9.4 | DBへ日付挿入時に使用 |
| Requests | 2.21.0 | 応答速度取得に使用 |

実験システムのうちロードバランサはNGINXとラズベリーパイを用いて構築した．Raspberry Pi OSとNGINXのインストール手順を下記に示す．

**Raspberry Pi OSのインストール手順**

１．公式サイトに配布されている「Raspberry Pi imager」をダウンロードする。

<https://www.raspberrypi.com/software/>

２．「Raspberry Pi imager」を起動後，マイクロSDカードをPCに挿入する。「CHOOS STORAGE」ボタンを選択するとSDカードを選択できる。

３．「CHOOS OS」を選択し「Raspberry Pi OS(32-bit)」を選択する。

４．「WRITE」を選択し，インストールを開始する。

５．書き込み後Raspberry PiにSDカードを挿入し電源を入れて起動する。

**Nginxのインストール手順**

表4-18パッケージ一覧を更新

|  |
| --- |
| $ sudo apt update |

リポジトリ追加・削除時には必ず実行しなければならない。

表4-19パッケージを更新

|  |
| --- |
| $ sudo apt upgrade |

パッケージを更新しNGINXのインストール準備をする。

表4-20NGINXのインストール

|  |
| --- |
| $ sudo apt install nginx |

ロードバランサの設計・開発ではPythonの統合開発環境である「spider」をWindows上で利用し，TeraTermを用いてRaspberry Pi に転送した。本プロジェクトファイルの各種機能は下記に示す．

表4-21プロジェクトファイルの各機能

|  |  |
| --- | --- |
| ファイル名 | 機能説明 |
| measure\_evaluation\_InsertDB.py | 計測、評価、DB挿入プログラム |
| Response | データベースの |
| roop\_LoadBalancer.sh | 2つのプログラムを同時に動かしループさせる |
| nginxrestart.sh | NGINXの設定を再読み込みする |
| LoadBalancer.py | 設計したロードバランサ |

### 計測評価システム

応答速度を計測し評価するシステムはロードバランサとは別のプログラムで動いている.

4.5.2では計測システムの処理内容について説明する．

表4-22計測した値を評価する関数

|  |
| --- |
| def eva\_score(list):    #抽出した平均を評価  if 0<=list1[0] and list1[0]<=0.016:  evalution="S"  elif 0.017<=list1[0] and list1[0]<=0.099:  evalution="A"  elif 0.1<=list1[0] and list1[0]<=0.999:  evalution="B"  elif 1.0<=list1[0] and list1[0]<=9.999:  evalution="C"  elif 10.0<=list1[0]:  evalution="D"  return evalution |

表4-23応答速度を計測する処理

|  |
| --- |
| #応答速度計測  url = '[http://192.168.1.81](http://192.168.1.81/)'  res = requests.get(url)  time\_elapsed = res.elapsed.total\_seconds() |

requests.get()で要求を送信してから応答が到着するまでに経過した時間を計測している。ユーザがチェックしやすいよう秒に変換している

表4-24データベースＳＱＬＩＴＥに接続

|  |
| --- |
| #データベースＳＱＬＩＴＥに接続  dbname = 'response'  conn = sqlite3.connect(dbname) |

表4-25応答速度テーブルへ計測結果を挿入

|  |
| --- |
| setdb1 = (None, time\_elapsed,dt\_now)  cur.execute("insert into response81 (id,speed,datetime) values (?,?,?)", setdb1) |

表4-26応答速度テーブルから過去24時間の平均を取り出す

|  |
| --- |
| cur.execute("select avg(speed) from response81 where datetime > datetime(datetime(), '-1 days', '+0 hours');")  list1 = cur.fetchone()  evaluation\_ave=eva\_score(list1) |

### コンフィグ書き換え

コンフィグの重みづけを書き換えることでロードバランサの割り振り方法を変更している。表〇〇では共通の条件をそのまま書き込み24時間のサーバ速度の平均で最も高ければ優先して接続されることになる。優先以外の接続は12回に1回接続されることになる。

表4-27コンフィグを書き換える処理

|  |
| --- |
| f = open('/etc/nginx/nginx.conf', 'w', encoding='UTF-8')  datalist1 = ['user www-data;\n','worker\_processes auto;\n','pid /run/nginx.pid;\n','include /etc/nginx/modules-enabled/\*.conf;\n','events {\n',' worker\_connections 768;\n','}\n','http {\n',' include /etc/nginx/mime.types;\n','gzip on;\n','gzip\_vary on;\n','upstream backend1{\n']  f.writelines(datalist1)  if minmam == list1[0]:#81が平均最速なら  print('\n過去24時間で「サーバ81」が一番応答速度が速いので優先接続されます。')  datalist2 = ['server 192.168.1.81 weight=10;\n server 192.168.1.82 weight=1;\n server 192.168.1.83 weight=1;\n']  f.writelines(datalist2)      elif minmam == list2[0]:#82が平均最速なら  print('\n過去24時間で「サーバ82」が一番応答速度が速いので優先接続されます。')  datalist2 = ['server 192.168.1.81 weight=1;\n server 192.168.1.82 weight=10;\n server 192.168.1.83 weight=1;\n']  f.writelines(datalist2)    elif minmam == list3[0]:#82が平均最速なら  print('\n過去24時間で「サーバ83」が一番応答速度が速いので優先接続されます。')  datalist2 = ['server 192.168.1.81 weight=1;\n server 192.168.1.82 weight=1;\n server 192.168.1.83 weight=10;\n']  f.writelines(datalist2) |

### コンフィグの適応

reloadというNGINXを再起動しなくても変化させたコンフィグを適用させる機能を利用し表4-28では処理を適応させている．

表4-28nginxrestar.shの処理

|  |
| --- |
| #! /bin/sh  sudo systemctl reload nginx  exit 0 |

表4-28のシェルをロードバランサのプログラムで呼び出し実行させる。シェルを呼び出すにはsubprocessというモジュールを用いる。

表4-29nginxrestartのシェルを呼び出す

|  |
| --- |
| subprocess.run(['/home/pi/tools/nginxrestart.sh']) |

### データベースの構築と接続

本システムにおいて設計したデータベースについて説明する． 計測システムで測定した一連の応答速度はテーブルresponseで，評価システムで評価された応答速度はテーブルmonitoringで管理する。Webサーバごとに分けている為本システムでは下記のテーブルが3つずつ存在している。データベースの種類は軽量なSQLITEを使用して保管している．

表4-30毎分計測した応答速度を格納するテーブル・スキーマ

(テーブル名：response81,82,83)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 属性名 | 名称 | 型 | デフォルト値 | 主キー |
| ID | 番号 | Integer | 1 | 〇 |
| now\_speed | 現在速度 | Read | NULL |  |
| datetime | 現在速度評価 | Text | NULL |  |

表4-31評価システムで評価された値を格納するテーブル・スキーマ

(テーブル名：monitoring81,82,83)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 属性名 | 名称 | 型 | デフォルト値 | 主キー |
| ID | 番号 | Integer | 1 | 〇 |
| now\_speed | 現在速度 | Read | NULL |  |
| now\_speed\_score | 現在速度評価 | Read | NULL |  |
| Ave\_speed | 平均速度 | Read | NULL |  |
| Ave\_speed\_score | 平均速度評価 | Read | NULL |  |
| Datetime | 時刻 | Text | NULL |  |

## 実装システムの実行

ロードバランサを実行するには下記の表〇で示した「roop\_LoadBalancer.sh」を実行する。提案システムの動作には計測評価プログラムである「measure\_evaluation\_InsertDB.py」とロードバランス処理を行う「LoadBalancer.py」を同時に実行する必要がある。下記シェルではプログラムの同時実行とループ処理を担うことでロードバランサを動作させている。

表4-32プログラム同時実行とループ処理のシェル（roop\_LoadBalancer.sh）

|  |
| --- |
| #!/usr/bin/bash  for i in `seq 100`  do  sudo python3 LoadBalancer\_method2.py  sudo python3 measure\_evaluation\_InsertDB.py  sleep 20  done |



図4-3実装システムの診断、計測、評価を出力する様子（roop\_LoadBalancer.sh）

実装システムのプロセスは図〇のようにコンソールで確認できる。上部ではロードバランサの診断結果を返している．この場合，過去24時間でサーバ81の応答速度が一番速い為優先して接続される。また現在速度や過去24時間の平均速度が評価と共に表示される為，ユーザは直観的にサーバの調子も確認することができる。





図4-4実装システムの動作の様子

図２ではロードバランサのIPアドレスである192.168.1.80へブラウザからアクセスしている。何度か更新ボタンを押すと異なるサーバへ転送される．表示されているタイトルのIPアドレスはリバース先のサーバを判別する為に付けている．図１で優先接続はサーバ81と書かれている。つまり他のWebサーバよりも多く192.168.1.81サーバ転送されることになる.

# **実験**

本章では，提案システムを利用した比較実験について述べる．

## 実験目的

## 実験環境

## 実験

## 実験の考察

# **むすび**

　本システムでは提案システムの利用によって，スライド講義動画の学習における理解度の向上と理解までの時間短縮が結果として得られたかを評価することを目的とした．実際に提案システムで実験を行いユーザ評価によって判別を行った結果，実験結果として時間比率による結果は十分なものが得られなかったが，提案システムの使用による理解度の向上と理解までの時間短縮という目的は満たすことができたと考えられる．提案システムの使用によって目的に応じた結果を得られた要因として，既存のスライド検索システムとは違い，講義内容の理解度を深めるためにスライドに応じた講義動画の提供や，検索機能の使用によって大きなデータを得られるといったことが考えられる．提案システムの構築段階で，講義における効果的な学習方法として提案システムでは反復学習を提案したことも目的を満たす要因の一つであると考えられる．従来的に行われていた対面式の講義では理解度を深めるための研究やシステムの構築が多く為されてきたが，遠隔式の講義の理解度向上に対してのアプローチをしている研究やシステムは少ない．本システムでは遠隔式の講義を対象として実装を行い，目的に沿った結果を得ることができたため，遠隔式講義において提案システムのようなシステムを構築することで，対面式の講義に劣らないパフォーマンスを得ることができると考える．構築した本システムの利用によって今回は結果を得られたが，こういった講義内容の補助を行うシステムが増え，そのシステムを考慮した講義動画の提供が多くなっていくことでさらなる効果があらわれることを期待している．

　今後の展望として，音声認識技術やスライドの表示時間の長短を用いた講義内容の重要度推定などの情報を追加することで，教師が本当に伝えたいことについての判定を行い，生徒が自らで重要度を推定できるようなシステムの提案によって学習効果の向上に貢献できると考えている．他に多くのスライド講義動画を対象としてそれぞれの講義名ごとにID属性を設定することで，複数のスライド講義動画の中から検索機能を用いて特定の講義動画を提示することができれば，実際に行われているスライド講義動画に対して，今回調査した理解度の向上や理解までの時間短縮の他に，スライド講義動画ごとのスライド内容管理の部分でも大きなアプローチが得られていくと考えられる．

# **謝辞**

　本研究を行うにあたり，多くの助言をくださった鷹野孝典教授に心から感謝いたします．本研究に関するご指摘を下さりました，柴本恵理子さん，Huynh Thi Kim Chiさん，Trinh Viet Thongさん，および鷹野研究室の院生の方々にも深く感謝いたします．

　本システムにて利用した講義スライド画像を提供してくださった芸術論の講師である佐川美智子先生に深く感謝いたします．

研究を一緒に進めながら様々な意見を出し合い，本研究の方向性の確立にご協力くださった鷹野研究室の４年生のメンバーに深く感謝いたします．

# **参考文献**

1. （オンライン教育）による知識教育型教育の効果　石井貴春 Business Breakthrough University Review Vol.6 No.2

<https://www.jstage.jst.go.jp/article/bbt/6/2/6_173/_article/-char/ja/> (2021/01/20)

1. SNSを利用した日本語作文授業の試み--対面教育及び遠隔教育を統合した授業 A trial in using SNS in a Japanese writing class: long-distance and classroom education held together　大塚薫　高知大学総合教育センター修学・留学生支援部門紀要　2巻　p58-72 2008-03

<https://ci.nii.ac.jp/naid/120002003664/> (2021/01/20)

1. 視線一致型及び従来型テレビ会議システムを利用した遠隔授業と対面授業の教育 効果測定　谷田貝雅典、坂井滋和　日本教育工学会論文誌　p69-76 2006

<https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjet/30/2/30_KJ00004964122/_pdf/-char/ja> (2021/01/20)

1. 大学-高専におけるe-ラーニングによる授業実践 日本情報工学誌　2004 年 27 巻 4 号 p. 417-426

<https://www.jstage.jst.go.jp/article/jmet/27/4/27_KJ00003905695/_pdf/-char/ja>(2021/01/20)

1. eラーニングに関する実践的研究の進展と課題　冨永敦子,向後千春　2014 年 53 巻 p. 156-165

<https://www.jstage.jst.go.jp/article/arepj/53/0/53_156/_article/-char/ja/> (2021/01/20)

1. 正答率で定義した反復学習効果の事象関連電位による推定(<特集>新時代の学習評価)　 舩田 眞里子, 舩田 忠, 渋川 美紀, 赤堀 侃司 日本教育工学会論文誌35 巻 (2011) 3 号

<https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjet/35/3/35_KJ00007729563/_article/-char/ja/> (2021/01/20)

1. Web検索補助システムにおける関連単語の提示方法とその解析 藤本 直樹, 堂前 友貴, 武富 敬 平成22年度電気関係学会九州支部連合大会（第63回連合大会）講演論文集 2010 年 110-111p

<https://www.jstage.jst.go.jp/article/jceeek/2010/0/2010_0_110/_article/-char/ja/> (2021/01/20)

1. 検索に有効な知識の自動獲得 : 質問拡張を超えて 山本　英子，井佐原　均，情報科学技術フォーラム一般講演論文集　2006年 5巻 2号 p137-140
2. ベクトル情報が付与された単語による検索支援システムの研究　北野　太陽，大島　千佳，中山　功一，第81回全国大会公演論文集 2019年 1号 p759-760
3. プレゼンテーションスライド情報検索のためのスライドページからの要求関連情報抽出 羽山　徹彩，國藤　進，研究報告デジタルドキュメント 2010年 2号 p1-7

# その他

* ソースコード等を記述するときは，表内に挿入し，行間を「固定値：12pt」に設定する．行間を制する者はwordを制する．
* 研究でやったことはすべて，基本的に「本研究では」と称する
* ファイル名は，「1421~-name-thasis.docx」で統一する．
* 目次では、謝辞や参考文献のページ番号は載せない
* 要旨には，背景，課題，提案，実験で確認したことを書く
* 図表番号とラベルの間は半角スペースを入れる
* 節と節の間は改行する．章と章は改ページする
* 本文は日本語：MS明朝　　英語：Cenutty
* ただし数式は「挿入→数式」から入力し，本文中で数式を用いる場合はフォントの形が似ているTimes New Romanを使う．
* 付録にあるプログラムの説明がしたいとき本文の方に，例えば，“（付録３参照）”，“……を付録３に示す．”等と参 照先を記しておく．
* 章の終わりに改ページを行う．
* 改ページはCtrl+Enter
* 今後の課題ではなく展望．修正点とか書かない