

# 河川内環境情報システムにおけるデータ処理方式の検討 —保守性の評価を中心に—

2017SE025 岩島有佑 2017SE049 御子柴幹也

指導教員：沢田篤史

## 1 はじめに

河川や海洋の情報を取得し可視化するシステムが開発されており、環境保全のための水質調査や災害時の情報収集で活用されている。特に最近では、新型コロナウイルスの影響で密になることを避けるために、河川に遊びに行く数が増加し、その影響で河川の汚染が問題になっていた。このような問題解決のためにも、河川や海洋の情報を取得し可視化するシステムが開発されている。そして国や企業によって収集された情報が、国民や利用者に伝達されていることもある。よく、夕方のニュース番組で見る「今日の天気」のコーナーがその具体例の1つで、各地に配置されている気温計や風速観測器によって情報が収集され、集められた情報は、ニュース番組によって全国に伝達される。このように国民や利用者に伝達される場合はあるが、個人が自ら情報を収集し、利用するシステムはあまり存在していない。そのため我々は、河川に特化したシステムの構築を目標にした。

まずシステムでは、対象とした河川で魚が釣れるかつかないか、また、その河川の状態が危険か危険ではないかを判別したく、判別する材料として、河川内情報を収集する必要がある。個人が趣味で行う釣りを支援するために、河川から収集する情報として、水温、水中酸素濃度、濁り度、水流の情報を収集し、天気と気温の現地情報を取得する。これらの情報を集める機材は分離しており、機材の連携ができていない。さらに、どの機材とどの機材を連携させ、どれくらいのデータをどのように収集するのかということが問題点である。次に収集した情報をもとに釣れるか釣れないか、危険か危険ではないかをどう判断し、処理するのかを模索した。しかし作成したものが使いづらかったり、修正しづらかったりなど、利便性が低くならないようにしなければならない。

上述の問題点に対して、まず、機材の連携について、Raspberry Pi を用いて連携を測った。水温、水中酸素濃度、濁り度、水流の情報を河川から収集するためのそれぞれの機材が分離しているため、Raspberry Pi によって分離したそれぞれの機材の一つにまとめ、河川内情報を取得できるようにした。次にデータ収集方法については、河川の数 km ほどの複数箇所に Raspberry Pi を設置し、その各地点から河川内情報を得るように設計した。地点の名前を A,B,C,D... と仮定すると、A 地点からは水温の河川情報を収集し、B 地点からは水温と水中酸素濃度の情報を収集し、C 地点からは濁り度を収集し... のように、各地点に設置された Raspberry Pi から送られて来るデータの数、種類が異なるようにプロ

グラムした。工学的に作成することを考えると、処理方式には分散型、統合型の二通りの考え方がある。分散型処理とは、複数の処理システムで作業を分担して行うことで、統合型処理とは、データの処理を一つで集中的に行うことである。まず分散処理では、それぞれの地点から得た河川内情報から、河川のその地点が魚にとって住みやすい環境なのか、住みにくい環境なのかを判断する。統合処理では、収集したデータを、クラウドに送信し、その河川が住みやすいのか、住みにくいのかを判断する。個人が趣味で行う釣りを支援するシステムなので、二つの処理方式のうち、どちらが利便性に長けているのかが大切である。また、システムの向上や問題点があったときに、プログラムを変更する際、どちらの方がより容易に変更できるかなどの保守性も大切である。よって、これら二つの処理方式を検討し、それぞれの利点、欠点を議論した。

## 2 関連研究

### 2.1 可視化情報の取得と可視化を目的とするシステム

土屋らの研究 [3] は Raspberry Pi を用いた危険通知を提案している。この研究では、大雨による増水を警告するために観測機と Web システムを組み合わせたシステムを開発した Raspberry Pi と複数のセンサによる観測機器から温湿度センサと超音波センサのデータを随時収集し Web システムに送信することで蓄積されたデータから分析を行い警告の発信を行う。

荒木ら [4] の研究ではマイコンボードに Raspberry Pi を使用し、海水温センサ、バッテリー、通信モジュール、電源管理モジュールなどで構成されていた。電源管理モジュールを使用することで消費電力を抑え長時間動作が可能になり、安価にデータ取得が行えるようにした。

### 2.2 分散処理と統合処理による通信品質の効果

近年、モバイル端末の普及などによりエンド端末を所有しているユーザがデータを発信、受信することが多くなり処理するデータ量が膨大なものとなっている。一般的な処理方法である統合処理（クラウドコンピューティング）では、地理的要因や負荷の集中により利用者が享受する遅延が増大する。

我々が研究している危険予知や魚の釣れやすさを現地で調べることはリアルタイム性がとても重要である。このような問題に対策するため分散処理（エッジコンピューティング）の導入が進められている。エッジコンピューティングでは、エンド端末が必要とする一連の情報処理および情報連携の一部を、よりエンド端末に近いネットワーク外縁

部に配置したエッジサーバで行うことで処理の高速化が期待されている。金田らの研究 [5] では、実機を用いたエッジコンピューティング環境を構築することでユーザが享受する遅延が最大でおよそ 30 % 低減され、通信品質の改善を可能にした。

### 2.3 エッジコンピューティングを使用した場合の効果

近年、コンピュータやスマートフォンだけでなく日常にあるあらゆるものがインターネットとつながり情報を通信し合う IoT(Internet of Things) 技術が注目されている。しかし、現在多く使用されているクラウドコンピューティング(分散処理)では大量のデータを一度クラウドに送信し、処理を行うため、使用されるアプリケーションでは困難な場合がある。塩田らの研究 [7] では課題としてトラフィックの増加が挙げられ、2020 年にインターネットに接続されたモノは約 500 億台と言われている。集中型の処理でモノからデータを収集、処理を行うとクラウド上のサーバが圧迫されアプリケーションの応答時間に遅延が生まれてしまうという。

この課題の解決策としてユーザ近傍に計算威厳を配置するエッジコンピューティングが注目を浴びている。エッジコンピューティングとはネットワーク上の端末の近傍に計算試験(エッジサーバ)を配置する概念のことを言う。本研究で扱うデータはこの塩田らの研究 [7] に比べると軽い処理になるのでリアルタイム性と言う部分ではあまり変化はないと考えられているが別の部分で比較する。

## 3 河川内環境情報システムにおけるデータ処理方法の検討

### 3.1 提案の概要

本研究では,Raspberry Pi を元に複数の計測器を接続することで 1 つの iot デバイスとし、さらに収集したデータ分散処理、統合処理の 2 通りの処理方法で比較を行った。また、2 つの処理の目的として魚の住みやすさ(釣果予測)を点数をつけることで可視化した。データの処理方法として、分散処理、統合処理を用いた。分散処理と統合処理については 3.3 で詳しく記述する。図 1 にシステムの構成図を示す。

### 3.2 各データの点数

各データの最大点数を 100 点とした場合に、基準とした値との差で、その時の河川状態を点数化した。Raspberry Pi には全ての計測が反応するとは限らず河川環境によっては得られない情報が出てくる可能性がある。そのため 2 つの計測値のみが出た場合は各点数を半分の 50 点満点とし、その 2 つの点数を足すことにより 100 点満点で点数表示が行えるものとする。各計測値に対しての点数として以下に点数付けの基準値(100 点)を示す。この基準値から離れるに従い点数がマイナスされる。以下図 2 に点数の計算方法と、各データの基準値を示す。

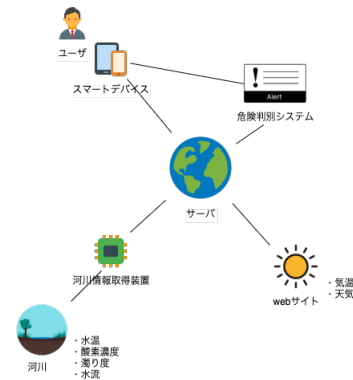


図 1 システムの構成図

取得するデータ	基準値	計算式	計算結果例
水温	17.0[°C]	$100 -  (17.0 - \text{その時の水温}) / 0.1 $	$100 -  (17.0 - 19.8) / 0.08  = 65$ 点
水中酸素濃度	2.00[mg]	$100 -  (2.00 - \text{その時の酸素濃度}) / 0.01 $	$100 -  (2.00 - 1.89) / 0.01  = 89$ 点
水流	6.0[m/s]	$100 -  (6.0 - \text{その時の水流値}) / 0.3 $	$100 -  (6.0 - 12.2) / 0.3  = 79$ 点
濁り度	25.0[m/s]	$100 -  (25.0 - \text{その時の濁り度}) / 0.5 $	$100 -  (25.0 - 18.0) / 0.16  = 57$ 点
気温(夏)	20.0[°C]	$100 -  (20.0 - \text{その時の水温}) / 0.2 $	$100 -  (20.0 - 23.3) / 0.2  = 83.5$ 点

図 2 点数表

### 3.3 処理方法の提案

分散処理、統合処理を行うために、河川の数 km ごとの複数箇所に Raspberry Pi を設置し、その各地点から河川内情報を得るように設計した。地点の名前を A, B, C, D... と仮定すると、A 地点からは水温の河川情報を収集し、B 地点からは水温と水中酸素濃度の情報を収集し、C 地点からは濁り度を収集する。各地点に設置された Raspberry Pi から送られて来るデータの数、種類が異なるようにプログラムした。

#### 3.3.1 分散処理

河川における分散処理とは、河川の各地点に設置した、河川情報取得装置によって取得された情報が、その装置内にプログラミングされたプログラムによって河川の状態が判定されるという処理方式である。河川情報取得装置に組み込まれているプログラムでは、河川情報をもとに、河川の状態が、どれぐらい釣れるのか、または、どのような危険があるのかを判断する。そして、判断した結果がサーバに送信され、ユーザはその情報を見て、河川状態を知るといった流れになっている。

このような判断をするプログラムが、河川内の各地点に設置されている河川情報取得装置に組み込まれているので、分散処理では各地点ごとの判定結果が出されてから、送信がされている。また、サーバ側は、河川情報取得装置で判定した結果を出力するようにするプログラムのみが書

かれているので、プログラムはシンプルなものになった。

図4にコミュニケーション図を示す。この分散処理のコミュニケーション図では、情報取得装置が釣果予測を行う、処理結果をインタフェース上に表示させる。

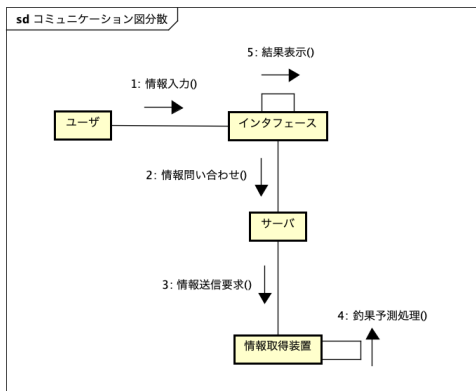


図3 分散処理のコミュニケーション図

### 3.3.2 統合処理

河川における統合処理では、河川の各地点に設置した、河川情報取得装置によって得られた情報が、サーバへと送信され、サーバに送信された情報をもとに、サーバ上で、河川状態が判定されるという処理方式である。河川情報取得装置に組み込まれているプログラムでは、分散処理とは異なり、河川から情報を取得をすることのみが書かれている。

統合処理の河川情報取得装置では、その名の通りの、河川の情報取得することのみを行うので、河川情報取得装置に組み込まれているプログラムはシンプルなものとなっている。しかし、サーバ上で、河川の状態を判定するため、河川情報取得装置から得た情報がサーバへと送られると、どれくらい釣れるのかや、どのような危険があるのかを判定するための長いプログラムがサーバへと記入されていた。

図3にコミュニケーション図を示す。統合処理では、サーバから情報取得装置とwebサイトに情報送信要求が行われ、返ってきた2つの情報をサーバ上で処理を行う。情報取得装置かサーバどちらで判断処理を行うのが統合処理、分散処理の大きな違いになっている。

### 3.4 プロトタイプシステムの提案

本研究では、河川情報を取得するために、Raspberry Piに河川情報を取得するセンサを接続し、そのセンサによって取得した情報をもとに、河川がどれくらい釣れるのか、どのような危険があるのかという判定をする。どのくらい釣れるのかは点数表示で100点満点で表示をさせる。点数計算の処理方法は3.2節で紹介した計算方法で行う。

河川内情報取得装置システムのプロトタイプシステムとして、Raspberry Piに温度センサと湿度センサを接続し、

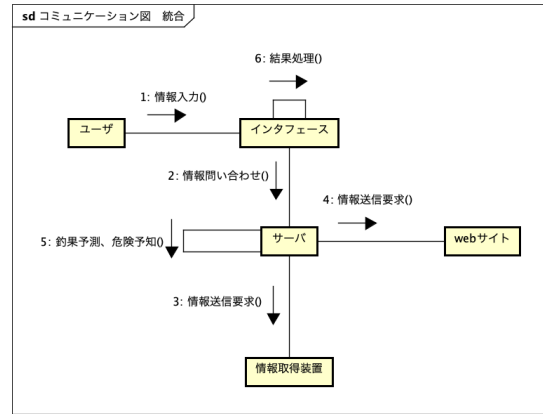


図4 統合処理のコミュニケーション図

河川情報取得装置と同じような働きをする装置の作成をした。先で述べたどのような危険があるのか判別する方法として、今回は湿度、温度から判別を行う。また、湿度は5段階で現在の湿度と危険度を表示させる。温度は凍結注意、熱中症注意などと温度によって警告する方法にした。また、作成した装置で取得した情報を送信する先として、サーバが必要であったので、サーバを作成し、装置で情報を取得してからサーバに送信するまでを行うシステムを作成した。そして、その作成システムを基盤として、分散処理と統合処理の二通りの処理方式で、それぞれのシステムの利点、欠点について議論した。

## 4 考察

### 4.1 関連研究との比較

2.1の研究ではRaspberry Piを用いたデータ収集や、データの可視化に着目している。我々の研究ではRaspberry Piを用いて複数の計測器を接続することにより危険予測、魚の住みやすさ(釣れやすさ)の観点に着目している。また、2.2の研究に加え、分散処理と統合処理の比較を行うことを目的としている。この研究ではデータの遅延(リアルタイム性)と重視していたが、我々は「プログラムの処理の変更のしやすさ」、「プログラムの長さ」などの観点も含めて比較し考察する。3.3節で紹介した研究ではクラウドコンピューティングとエッジコンピューティング使用し往復遅延時間について比較されていた。この研究ではAR技術を用いて大きな情報を処理しているので、この遅延が起き、比較する環境として我々の場合は河川に特化して考えている。河川では計測する地点ごとに環境が異なりRaspberry Piを配置する場所がすべて同じ環境ではない。

本研究で我々が保守性に着目する目的は、河川環境は他の環境と異なり変化しやすいことにある。また、河川環境情報の可視化については、防災やレジャー(釣り)だけでなく、農業や工業、普段の社会生活における利水等にも影響し、様々な要求が関わる。同じシステムを様々な目的に用

いることが容易なように保守しやすく作る必要がある。このことから、本研究では、特に保守性に着目し、統合処理と分散処理の得失を明らかにすることを目的としている。

## 4.2 保守性に関する考察

プログラムを変更した場合に分散処理、統合処理でどのような変化が起こるのかプログラム変更への対応について示す。仮に A 地点でのみプログラムの変更が起こった場合を考える。A 地点の河川の状態が年中を通して好条件であり、現在取得している点数にプラス 10 点したいように、ユーザが実際その河川で経験したことであったり、目で見て判断した情報で点数を増やしたいと感じた場合、分散処理では点数変更をすることが容易に行える。しかし、分散処理では河川に設置してある情報取得装置にプログラムが書かれているので、変更したい場合には、実際にそこに行き河川情報取得装置内のプログラムを変更しなければならないというデメリットもある。プログラムを変更するためには、PC などの環境が整っている必要があり、そのような環境を河川で揃えることは容易ではなく、とても大変である。その一方で、統合処理では、河川情報を元に河川を判定する計算式は、サーバ上にあるので、自宅でも計算式の変更を行うことができる。自宅でもプログラムの変更をするための環境をそろえることは、決して大変ではないので、計算式の変更を行う場合には、分散処理に比べて、統合処理の方が適しているといえる。

また、分散処理では、先述してきたように、局所的な情報だけで判断ができる。統合処理では、それができない。例えば、サーバがダウンしてしまった場合やサーバと Raspberry Pi との間に起こる問題など、何らかの通信障害が起こってしまった場合について考える。分散処理では、たとえ一つの Raspberry Pi が故障してしまった場合にも、それぞれの Raspberry Pi に組み込まれている計算式は独立しているので、そのほかの Raspberry Pi に影響が出ることはない。仮に A 地点の Raspberry Pi が故障してしまっても他の Raspberry Pi で情報を補い、河川全体での得点や各地点ごとの点数を処理することができる。しかし、統合処理では、すべての地点のことを考慮しながら、サーバ上に式を作成するので、一つの地点から情報を取得することができなくなってしまった場合には、計算ができなくなってしまう。また、分散処理では全ての要素が揃ってなくても各地点ごとに決められた要素の情報を取得できれば得点を算出することができるのに対し統合処理では全ての要素が各地点から送られていることを前提にプログラムを作成しているので全てのプログラムが動かなくなってしまう。よってこのような場合については、分散処理の方が、統合処理に比べて、対応がしやすいということがわかった。

## 5 おわりに

本研究では、個人の趣味に利用できることを目的とし、より利用しやすいシステムの作成をするために、分散処理と統合処理の二つの処理方式でシステムを作成した。作成していくと、分散処理、統合処理の二つの処理方式には、それぞれに利点、欠点があるので、場合や条件によって適切な処理方式を使い分けていくことでより良いシステムの作成ができるということが分かった。

今後の課題として、ユーザが追加してほしいと思った項目に対して、対応できるソフトウェア基盤を作成すること、Raspberry Pi の制御方法を考え、データを効率的に取得することがあげられる。また、判別処理の精度を向上させるためのより良い判別処理の方法を模索すること、出力をする際に現在考えているものだけでなくより多くの項目からデータを出力する方法を模索することが挙げられる。また本研究で実装したプロトタイプシステムでは計測器一台とサーバで単純に処理を行うシステム構成で実験を行ったので、複数の計測器からデータを採取しサーバに送信させ処理を行うものを作成したいと考えている。複数の計測器から情報を得てサーバで処理を行う比較をすることで今回行った比較のプラスをして分散処理と統合処理の比較ができると考えている。

## 参考文献

- [1] 棟方 有宗, 大浪 達郎: "広瀬川中流域における水温の日周・季節変動: 水温変化が魚類の分布・生息に及ぼす影響" 宮城教育大学紀要, Vol. 41, pp. 53-62, 2006.
- [2] 竹川 有哉, 河口 洋一, 三橋 弘宗, 谷口 義則: "日本におけるイワナ *Salvelinus leucomaenis* の生息適地推定と地球温暖化を考慮した保全計画への適用", 保全生態学研究, Vol. 22, pp. 121-134, 2017.
- [3] 土屋陽介, 安達祐, 矢田部小百合, 鎌柄拓史: "IoT デバイスによる洪水検知システム", 人工知能学会全国大会論文集, 第 31 回全国大会, May. 2017.
- [4] 荒木康輔, 藤橋卓也, 遠藤慶一, 黒田久泰, 小林真也: "海況予報サービスのための海水温連続観測装置の開発", 情報処理学会第 80 回全国大会, Vol. 1, pp. 553-554, 2018.
- [5] 金田 純一, 荒川 伸一, "村田 正幸エッジコンピューティング環境におけるサービス機能の配置がユーザの通信品質に与える効果の評価", Vol. 117, pp. 61-66, 2017.
- [6] 国土交通省, 気象庁, 過去の気象データ <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- [7] 塩田 純, 滝澤 允, 田中 裕之, 高橋 紀之, 小林 英嗣: "画像処理におけるエッジコンピューティングを用いた垂直分散処理方式の検討", Vol.2016-DPS-168No2, pp. 1-7, 2016.