

国立大学法人 筑波大学 情報学群 情報科学類

産学間連携推進室

Website: <http://www.ac-room.org/>

2022 年度

活動成果報告書

Academic Collaboration Room Journal 2022

目次

法律文書の自動解析（金子尚樹）	1
産学間連携推進室主催の学内向けイベントについて（金子尚樹）	19
中高生向け天文データ解析活動の運営と教育（服部真吾）	27
画像解析による地球の軌道要素の導出（服部真吾）	29
ActivityPub に関する文献・実装の制作について（一木祐介・大本和輝）	37
中学生向け産学官連携 ICT 教育イベント開催の総括（根本晃輔）	41
つくば NOC 運用報告（関口亞聖）	64
つくば WIDE Project 公開ミラーサービスの運用（太田弘樹）	68
情報機器資源リユースプロジェクト活動報告（太田弘樹）	72

法律文書の自動解析

筑波大学 情報学群 情報科学類 産学間連携推進室
情報科学類 2 年 202212117 金子尚樹 [s2212117@u.tsukuba.ac.jp]

1 はじめに

法律の世界は、六法のような基本的な法律があり、それらが埋められない隙間をより詳細な規則を定める法令が埋め、それでも埋められない隙間を判例が埋めるような構造となっている。

法的な問題の解決を行う時、問題となっている行動が法的にどう分割されるのか、そしてそれぞれがどの法令や判例に対応しどのような判定になるのかをまとめ、最終的な結論を導き出す必要がある。問題の分割や結論を出す部分は依然として人が担当しなければならないところではあるが、細かい法令や判例を読みながら分割された細かい問題に対する判断をしていく過程をソフトウェアで支援することは可能である。細かい手続きを定めた法令は実務上とても重要でありながらその条文は長く複雑であることが多く、ソフトウェアによって自動で適切な注釈を付けることができれば、法務業務の負担軽減に繋がり社会的な意義があると考えている。

本プロジェクトでは、ソフトウェアによる支援が特に効果的であると考え

- 準用・読み替え規定文
- 略称・定義規定文
- 他の法令・条項への参照
- 判例での上記項目の解析

の4つについて取り組んできた。法令を解析して構造化する研究は様々あるが、本研究では特定の項目についてのみ解析を行い、必要な情報を抽出することに主眼を置いた。これにより、多く存在する例外への対処をしやすくなり、解析の対象としない項目については無視をすることでスムーズな検証が行えるようになった。

2 読み替え規定文の解析

2.1 背景

法律文書には準用と読み替えという概念が存在する。これは、一つの条文を使いまわしつつ必要最小限の修正を加えて、設置の目的などが似ている複数の規定を定義する手法である。使いまわす手法が準用と呼ばれ、準用の際に加える必要最小限の修正が読み替えである。図1のように、まず規定Aとそれを記述する条項Aが存在する。規定Aに似た新しい規定A'ができたとき、条項Aを読み替え規定で修正しながら規定A'の記述を行う。これが準用である。

具体例を以下に挙げる。医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律（昭和三十五年法律第百四十五号）の第七条第四項では薬局の管理について以下のように定めている。

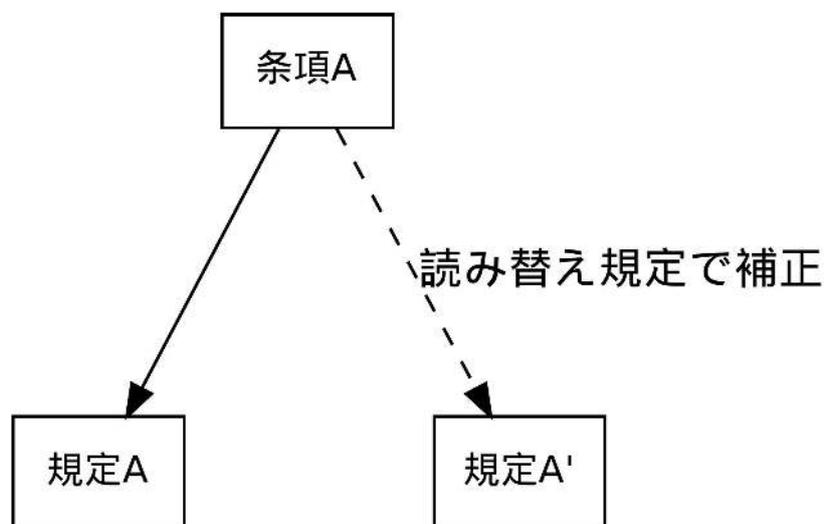


図1：準用と読み替えの概念図

薬局の管理者（第一項の規定により薬局を実地に管理する薬局開設者を含む。次条第一項及び第三項において同じ。）は、その薬局以外の場所で業として薬局の管理その他薬事に関する実務に従事する者であつてはならない。ただし、その薬局の所在地の都道府県知事の許可を受けたときは、この限りでない。

そして同法律の第八条第一項では薬局の管理者の義務について以下のように定めている。

薬局の管理者は、保健衛生上支障を生ずるおそれがないように、その薬局に勤務する薬剤師その他の従業者を監督し、その薬局の構造設備及び医薬品その他の物品を管理し、その他その薬局の業務につき、必要な注意をしなければならない。

そして同法律の第十七条第八項では医薬品等総括製造販売責任者について以下のように定めている。

医薬品製造管理者については、第七条第四項及び第八条第一項の規定を準用する。この場合において、第七条第四項中「その薬局の所在地の都道府県知事」とあるのは、「厚生労働大臣」と読み替えるものとする。

薬局の管理について規定している第七条第四項と薬局の管理者の義務について規定している第八条第一項を医薬品製造管理者について準用することで、語句が少し違うだけの条文を再度書くコストを減らしている。この条文を読む人は「医薬品製造管理者について準用する」という文言をもとに、第七条第四項と第八条第一項内に登場する「薬局の管理者」という語を「医薬品製造管理者」に置換し、第十七条第八項の条文が意図する文章を考えて読むこととなる。ただし、薬局に許可を出すのが都道府県知事であるのに対

して、医薬品製造所に対して許可を出すのが厚生労働大臣であるという制度上の差異があり、これは非自明であるため条文中で読み替えの指示を行っている。このため、第十七条第八項が意図する条文は以下のようなものになる。

医薬品製造管理者は、その医薬品製造所以外の場所で業として医薬品製造所の管理その他薬事に関する実務に従事する者であつてはならない。ただし、その医薬品製造所の所在地の厚生労働大臣の許可を受けたときは、この限りでない。

医薬品製造管理者は、保健衛生上支障を生ずるおそれがないように、その医薬品製造所に勤務する薬剤師その他の従業者を監督し、その医薬品製造所の構造設備及び医薬品その他の物品を管理し、その他その医薬品製造所の業務につき、必要な注意をしなければならない。

元の条文が以下の物であったことを考えると、文章量の圧縮の効果があることがわかる。

医薬品製造管理者については、第七条第四項及び第八条第一項の規定を準用する。この場合において、第七条第四項中「その薬局の所在地の都道府県知事」とあるのは、「厚生労働大臣」と読み替えるものとする。

準用と読み替え規定は文章量の圧縮の他に「似ている条文をまとめ、似ている中での相違点を明確にする」という役割も存在する。これにより、過去の違う条文に関する判例をどこまで適用することができるという判断が適切にできるようになる。

このように準用と読み替え規定は便利な物であるが、読み替え規定は単語の置き換えを自然言語で指示するという特性上、

- 登場する文が不自然になる
- 置き換える単語によっては一文がとても長くなる

という難しさが存在する。保険商品の難しさについて調査を行った竹井らも保険約款などの法律文書の内容の解釈が困難になっている原因の一つに読み替え規定の多用があると指摘している [1]。

複雑な条文の具体例を挙げる。租税特別措置法（昭和三十二年法律第二十六号）の第七十条の七の四第十三項は以下のような条文である。

第七十条の七の二第二十二項から第二十六項までの規定は、認定相続承継会社について同条第二十二項に規定する評定が行われた場合における納税猶予分の相続税額の計算及び免除について準用する。この場合において、同項から同条第二十五項までの規定中「経営承継期間」とあるのは「経営相続承継期間（第七十条の七の四第一項の規定の適用を受ける経営相続承継受贈者に係る贈与者が同条第二項第五号イ又はロに掲げる日のいずれか早い日の翌日以後に死亡した場合にあつては、当該経営相続承継受贈者に係る前条第二項第六号に規定する経営贈与承継期間）」と、「第一項」とあるのは「第七十条の七の四第一項」と、「対象非上場株式等に」とあるのは「対象相続非上場株式等に」と、「認定承継会社」とあるのは「認定相続承継会社」と、「経営承継相続人等」とあるのは「経営相続承継受贈者」と、「対象非上場株式等（）」とあるのは「対象相続非上場株式等（）」と、「相続により取得をした対象非上場株式等の当該相続の時における」とあるのは「対象相続非上場株式等の」と、同条第二十三項中「を第一項」とあるのは「を同条第一項」と、「第二項第五号」とあるのは「同条第二項第四号」と読み替えるものとする。

これを読み替えられる語と読み替える語で対応が取れるように色分けをすると次のよ

うになる。

第七十条の七の二第二十二項から第二十六項までの規定は、認定相続承継会社について同条第二十二項に規定する評定が行われた場合における納税猶予分の相続税額の計算及び免除について準用する。この場合において、同項から同条第二十五項までの規定中「経営承継期間」とあるのは「経営相続承継期間（第七十条の七の四第一項の規定の適用を受ける経営相続承継受贈者に係る贈与者が同条第二項第五号イ又はロに掲げる日のいずれか早い日の翌日以後に死亡した場合にあつては、当該経営相続承継受贈者に係る前条第二項第六号に規定する経営贈与承継期間）」と、「、第一項」とあるのは「、第七十条の七の四第一項」と、「対象非上場株式等に」とあるのは「対象相続非上場株式等に」と、「認定承継会社」とあるのは「認定相続承継会社」と、「経営承継相続人等」とあるのは「経営相続承継受贈者」と、「対象非上場株式等（」とあるのは「対象相続非上場株式等（」と、「相続により取得をした対象非上場株式等の当該相続の時における」とあるのは「対象相続非上場株式等の」と、同条第二十三項中「を第一項」とあるのは「を同条第一項」と、「第二項第五号」とあるのは「同条第二項第四号」と読み替えるものとする。

これからわかるように、この長い条文では

- 「経営承継期間」→「経営相続承継期間（第七十条の七の四第一項の規定の適用を受ける経営相続承継受贈者に係る贈与者が同条第二項第五号イ又はロに掲げる日のいずれか早い日の翌日以後に死亡した場合にあつては、当該経営相続承継受贈者に係る前条第二項第六号に規定する経営贈与承継期間）」
- 「、第一項」→「、第七十条の七の四第一項」
- 「対象非上場株式等に」→「対象相続非上場株式等に」
- 「認定承継会社」→「認定相続承継会社」
- 「経営承継相続人等」→「経営相続承継受贈者」
- 「対象非上場株式等（」→「対象相続非上場株式等（」
- 「相続により取得をした対象非上場株式等の当該相続の時における」→「対象相続非上場株式等の」
- 「を第一項」→「を同条第一項」
- 「第二項第五号」→「同条第二項第四号」

の9個の読み替えが規定されており、とても長い文や読点から始まる読み替えが存在することがわかる。これを誤読せずに読むことはとても難しく、機械的な抽出が可能になると人への負担を大きく軽減することができる効果が望める。

法律文書の構造化を行っている先行研究は複数あるが、信岡らや木村らの提案手法の中では読み替え規定文の解析を行っておらず、今後の課題とされている [2, 3]。

2.2 手法

読み替え規定文の書き方について磯崎は「この場合において、「A」とあるのは「B」と読み替えるものとする。」となることが基本形であると指摘している [4]。しかし、より詳細に読み替え規定文の構造を観察したところ、

1. まず (a)・(b) のパターンが0回以上繰り返される

- (a) “「～～」とあり” という表記が0回以上繰り返される
 - (b) その後 “「～～」とあるのは「～～」と、” という表記が出現する
2. 次に “「～～」とあり” という表記が0回以上繰り返される
3. 最後に “「～～」とあるのは「～～」と読み替える” という表記が出現するという規則で記述されていることが分かった。このうち、

- 「～～」とあり
 - 「～～」とあるのは
- と書かれている場合の鍵括弧の中の用語は読み替えられる語であり、
- 「～～」と、
 - 「～～」と読み替える
- と書かれている場合の鍵括弧の中の用語は読み替える語である。

「～～とあり」と書く条文の具体例を挙げる。学校教育法（昭和二十二年法律第二十六号）第十三条第二項には以下のようになっている。

前項の規定は、市町村の設置する幼稚園に準用する。この場合において、同項中「それぞれ同項各号に定める者」とあり、及び同項第二号中「その者」とあるのは、「都道府県の教育委員会」と読み替えるものとする。

このとき、「それぞれ同項各号に定める者」と「その者」の2つの語を共に「都道府県の教育委員会」という語に置き換えるという指示を行っている。

このルールをもとにすると、鍵括弧の中の文字列を保持しつつ鍵括弧の直後に出現する文字が

- とあり
- とあるのは
- と、
- と読み替える

のどれであるかによってその鍵括弧の中の文字列が読み替えられる語か読み替える語かを判定することができ、読み替え規定文からそれらの情報を自動で抽出することができる。

2.3 ソフトウェアの実装

手慣れていることやすでに自身が作成した法令解析用のライブラリを利用するために、ソフトウェアの実装は Rust 言語で行った。作成したソフトウェアは MIT ライセンスの元 GitHub で公開している^{*1}。

入力は e-gov 法令検索 [5] で公開されている法令 XML データとし、出力は

- 出現箇所
- 読み替えられる語
- 読み替える語

の情報が記述された JSON 形式となる。

*1 https://github.com/japanese-law-analysis/analysis_yomikae

2.4 結果

2022年12月4日時点で公開されていた法令データをもとに解析した。読み替え規定文11672個に対して提案する手法を用いて解析したところ、11428個は抽出に成功し、残りの244個は失敗した。

解析結果についてはCC0ライセンスの元GitHubで公開している*2。

2.5 まとめ

解析に失敗した条文を調べたところ、大きく分けて

- 文中の括弧の対応が壊れているもの
- 表形式で与えているもの
- 読み替える語等の指定に鍵括弧をしていないもの

の3つに分けられることがわかった。

文中の括弧の対応が壊れているものの例として、農業委員会等に関する法律（昭和二十六年法律第八十八号）の平成二七年九月四日法律第六三号附則の第三十九条を挙げる。

組織変更については、附則第十三条第二項及び第八項、第十六条並びに第十七条の規定を準用する。この場合において、附則第十三条第二項中「前項」とあるのは「附則第三十七条第一項」と、「旧農協法第七十三条の四十三第二項」とあるのは「第二条の規定による改正前の農業委員会等に関する法律第七十六条」と、同条第八項中「第四十九条並びに」とあるのは「第四十九条第一項及び第二項（第二号を除く。）並びに」と、「内容」とあるのは」とあるのは「内容」とあるのは、」と、「。次項において「改正法」という。）附則第十三条第一項」とあるのは「）附則第三十七条第一項」と、「組織変更をする旨」と、同項第二号中「計算書類」とあるのは「財産目録」と、同条第三項中「第九十七条の四第二項」とあるのは「改正法附則第十条の規定によりなおその効力を有するものとされた改正法第一条の規定による改正前の農業協同組合法第九十二条第二項」とあるのは「組織変更をする旨」と、附則第十七条中「附則第十二条から前条まで」とあるのは「附則第三十六条から第三十八条まで並びに附則第三十九条において読み替えて準用する附則第十三条第二項及び第八項並びに前条」と読み替えるものとする。

下線を引いたところのように、読み替えられる語と読み替える語に閉じ鍵括弧だけが含まれていることがわかる。

表形式で与えているものの例としては信託業法施行規則（平成十六年内閣府令第百七号）第五十一条の九の一部を挙げる。

法第五十条の二第一項の登録を受けた者については信託会社（第二十三条第二項及び第三項並びに第二十五条にあっては、管理型信託会社）とみなして、第八条、第十七条から第二十三条まで、第二十五条、第二十九条、第三十七条から第四十一条の八まで、第四十八条（第一項第三号、第七号及び第十号から第十二号まで並びに第二項を除く。）、第五十条（第四項を除く。）及び第五十一条の規定を適用する。この場合において、これらの規定中「信託業務」とあり、及び「信託業」とあるのは、「信託法第三条第三号に掲げる方法によってする信託に係る事務」とするほか、次の表の上欄に掲げる規定中同表中欄に掲げる字句は、同表下欄に掲げる字句と読み替えるものとする。

*2 https://github.com/japanese-law-analysis/data_set/blob/master/law/yomikae.json

第二十三条第二項	本店	信託法第三条第三号に掲げる方法によってする信託に係る事務を行う主たる営業所
第二十三条第二項及び第三項	管理型信託会社登録簿	自己信託登録簿
第二十五条	業務方法書	信託法第三条第三号に掲げる方法によってする信託に係る事務の内容及び方法を記載した書類
第二十九条第一号	委託者又は受益者（これらの者から指図の権限の委託を受けた者を含む。）	受益者（当該者から指図の権限の委託を受けた者を含む。）

下線を引いた文言とその下にある表のように読み替え規則が与えられていることがわかる。

読み替える語等の指定に鍵括弧をしていないものの例としては消防法（昭和二十三年法律第百八十六号）第三十七条を挙げる。

特別区の存する区域においては、この法律中 市町村、市町村長又は市町村条例 とあ
るのは、夫々これを 都、都知事又は都条例 と読み替えるものとする。

下線を引いた箇所を読み替えられる語と読み替える語に該当するが、他の条文と違い鍵括弧による指定が無いことがわかる。

このように単語の出現するパターンのみで読み替え規定文のうち 97% 以上の読み替え規定文を解析することができた。今後の課題としては、括弧の対応がとれていない条文や表形式で与えられている条文の自動検出と表の解析機能を実装することである。また、後述する法令名の自動抽出機能と組み合わせることで、読み替え規定文適用後の条文の自動生成を行えるようになりたいと考えている。

3 略称・定義規定文の解析

3.1 背景

法律文書では文字で書き起こすと長くなる概念が頻繁に登場する。これを毎回書いていると文章量がとても長くなってしまい、読みにくくなる。そこで、それらに対して略称を与えてこの問題を解決することがある。例えば、航空法施行規則（昭和二十七年運輸省令第五十六号）の第二百三十六条の七十一第一項第四号では以下のような条文が書かれている。

国土交通省、防衛省、警察庁、都道府県警察又は地方公共団体の消防機関その他の関係機関の使用する航空機のうち搜索、救助その他の緊急用務を行う航空機の飛行の安全を確保する必要があるものとして国土交通大臣が指定する空域（以下「緊急用務空域」という。）

この例では、「国土交通省、防衛省、警察庁、都道府県警察又は地方公共団体の消防機関その他の関係機関の使用する航空機のうち搜索、救助その他の緊急用務を行う航空機の飛行の安全を確保する必要があるものとして国土交通大臣が指定する空域」という概

念に対して、「緊急用務空域」という略称を定義している。そしてこの条文の直後である同条第二項では以下のような条文が書かれており、定義された略称が使われていることがわかる（下線筆者）。

国土交通大臣は、前項第四号の規定による指定をしたときは、インターネットの利用その他の適切な方法により、その旨及び当該指定に係る **緊急用務空域** を公示しなければならない。

もしこのような略称が定義できなければ、上の条文は

国土交通大臣は、前項第四号の規定による指定をしたときは、インターネットの利用その他の適切な方法により、その旨及び当該指定に係る **国土交通省、防衛省、警察庁、都道府県警察又は地方公共団体の消防機関その他の関係機関の使用する航空機のうち捜索、救助その他の緊急用務を行う航空機の飛行の安全を確保する必要があるものとして国土交通大臣が指定する空域** を公示しなければならない。

と書かねばならず、とても読みにくくなってしまうことがわかる。

このように略称はとても便利なものであるが、略称の元の定義を知る必要がある場合も出てくる。例えば、

国土交通大臣は、前項第四号の規定による指定をしたときは、インターネットの利用その他の適切な方法により、その旨及び当該指定に係る **緊急用務空域** を公示しなければならない。

という条文を読んでいるときに「緊急用務空域は誰が指定するのか」という情報も知る必要が出ると、「緊急用空域」という語の定義に戻る必要がある。このとき、自動で定義を提示することができるのと一々語を定義する条文に戻る必要が無くなり、便利である。

略称の定義文の自動抽出を行う手法は既に中村らによって提案されている [6]。この論文では法律文コーパスを用いて解析を行う方法を提案している。しかし、この手法では登場する語がコーパスに登録されているものでないといけないため、定義された略称が登場する場合には対応できない。そのため

- 条文中に複数の定義文が登場する場合、先頭の物しか解析できない
- 括弧書き内の定義文は解析できない
- 条文の先頭から 100 字以内に書かれたものしか解析できない

という強い制約が存在している。そこで、より汎用的に略称・定義規定文の解析を行うための方法を模索することにした。

3.2 手法

略称・定義規定文は大きく分けて 2 つの形に分けられる。中村らの論文ではこれらをトイウ形・ヲイウ形と分類しており、本稿でもこの呼び名を採用する [6]。

トイウ形は「A、B 及び C (以下「○○○」という。)」という形で書かれるものである。このとき、「A、B 及び C」が正式名称で「○○○」が略称となる。具体例としては会社法（平成十七年法律第八十六号）第二十二条の以下のものを挙げる。

事業を譲り受けた会社（以下この章において「譲受会社」という。）が譲渡会社の商号を引き続き使用する場合には、その譲受会社も、譲渡会社の事業によって生じ

た債務を弁済する責任を負う。

この例では正式名称が「事業を譲り受けた会社」で、「譲受会社」が略称である。

ライウ形は「○○○(A、B及びCをいう。以下同じ。)」という形で書かれるものである。このとき、「A、B及びC」が正式名称で「○○○」が略称となる。具体例としては会社法(平成十七年法律第八十六号)第二百五十五条第二項の以下のものを挙げる。

証券発行新株予約権付社債に付された新株予約権の譲渡は、当該証券発行新株予約権付社債に係る新株予約権付社債券を交付しなければ、その効力を生じない。ただし、自己新株予約権付社債(株式会社が有する自己の新株予約権付社債をいう。以下この条及び次条において同じ。)の処分による当該自己新株予約権付社債に付された新株予約権の譲渡については、この限りでない。

この例では正式名称が「株式会社が有する自己の新株予約権付社債」で、「自己新株予約権付社債」が略称である。

トイウ形の略称とライウ形の正式名称は正規表現で簡単に抽出することができるが、トイウ形の正式名称とライウ形の略称部分の判定と抽出は自明ではない。特に正式名称部分に読点が含まれる場合や文頭から始まらない場合があり、これらの考慮が難しくなっている。例えば、青少年が安全に安心してインターネットを利用できる環境の整備等に関する法律(平成二十年法律第七十九号)第三条第一項は以下のような条文である。

青少年が安全に安心してインターネットを利用できるようにするための施策は、青少年自らが、主体的に情報通信機器を使い、インターネットにおいて流通する情報を適切に取捨選択して利用するとともに、適切にインターネットによる情報発信を行う能力(以下「インターネットを適切に活用する能力」という。)を習得することを旨として行われなければならない。

この条文において「インターネットを適切に活用する能力」という略称に対応する正式名称は「青少年自らが、主体的に情報通信機器を使い、インターネットにおいて流通する情報を適切に取捨選択して利用するとともに、適切にインターネットによる情報発信を行う能力」である。このようなものを正規表現で抽出することは不可能である。

略称・定義規定文を含む条文の構造は「○○○△△△(〜〜)×××」のような形となっているということができる。トイウ形では「△△△」が正式名称で「〜〜」が略称に、ライウ形では「△△△」が略称で「〜〜」が正式名称にあたる。今解決しなければならないのは、「○○○」と「△△△」の境界がどこにあるのかを自動で判定することである。

本研究では係り受け解析を行うことでこの境界を自動で判定する手法を考案し、試した。条文のテキストを係り受け解析することで得られる、「どの単語がどの単語に係っているか」という関係の有向グラフを解析し

1. 括弧書き(「(〜〜)」の部分)の直前の単語に係る語の最長部分
2. 括弧書き(「(〜〜)」の部分)より後に書かれている語(「×××」の部分)に係っている単語が一切出現しない連続する部分

の2つの情報を得る。求める略称・正式名称に対して、1番目の情報は「この部分の中に求める分は含まれる」という部分で2番目の情報は「この部分は求める分に含まれる」という部分になっていると考えた。そこで、1番目の部分が句読点を含まない場合には1番目の部分を採用し、句読点を含む場合には2番目の部分を採用するというルールで抽出を行ってみた。これは、文の区切りが存在しない場合には考えられる中で最長な部分を採用すると確からしいだろうという予想に基づくものである。

3.3 ソフトウェアの実装

日本語の係り受け解析部分の実装は Python で行った。Python の自然言語処理ライブラリである spaCy に基づいて作成された日本語用の自然言語処理ライブラリである GiNZA^{*3}を使用するためである。これは事前学習モデルを導入した高性能な自然言語処理ライブラリである [7]。このライブラリを使用して条文を文節ごとにくぎり、その文節がどこに係っているのかの情報を取得し、JSON 形式で吐き出すソフトウェアを作成した。これは MIT ライセンスの元 GitHub で公開している^{*4}。

上記の係り受け解析を行うソフトウェアに対して渡す条文のテキストの生成や、係り受け解析の結果を元に略称・正式名称を取り出すソフトウェアは Rust で実装した。これは MIT ライセンスの元 GitHub で公開している^{*5}。

3.4 結果

全法令のデータに対して解析を行ったところ、128100 個の定義を抽出することができた。

生成された略称・正式名称と出現箇所の情報は JSON 形式で、CC0 ライセンスの元 GitHub で公開している^{*6}。

3.5 まとめ

概ね定義文を抽出することができたものの、略称・正式名称の判定が間違っている箇所が少なからずあった。例えば、上に挙げた

青少年が安全に安心してインターネットを利用できるようにするための施策は、青少年自らが、主体的に情報通信機器を使い、インターネットにおいて流通する情報を適切に取捨選択して利用するとともに、適切にインターネットによる情報発信を行う能力（以下「インターネットを適切に活用する能力」という。）を習得することを旨として行われなければならない。

という文言に対しては、略称の「インターネットを適切に活用する能力」は正しく抽出できているものの、正式名称の部分は「自らが、主体的に情報通信機器を使い、インターネットにおいて流通する情報を適切に取捨選択して利用するとともに、適切にインターネットによる情報発信を行う能力」と判定して抽出してしまっており、先頭の「青少年」という文言が抜けている。

係り受け解析の結果をもとにした解析の精度は高そうであるが、精度をあげる余地がかなりあると感じている。品詞の情報も考慮に加えたり、係り受け解析の際に使用する辞書を法令文書用のものにしたりすることで、精度を上げられるのではないかと考えている。

*3 <https://github.com/megagonlabs/ginza>

*4 https://github.com/japanese-law-analysis/parse_japanese_dependency

*5 https://github.com/japanese-law-analysis/analysis_ryakusyou

*6 https://github.com/japanese-law-analysis/data_set/blob/master/law/ryakusyou.json

4 法令名の自動抽出

4.1 背景

法令や判例からは他の法令やその中の条項を参照する事がとても多い。これは、法令では他の法令の規定の補足や条件の上書きなどを行い、判例では論拠を積み上げていく過程で実際の法令の条文に当たる必要があるからである。参照先の条文の内容を自動で取得できたり、条文間の依存関係を明らかにして影響範囲を調べることができたりするなど、条項への参照を抽出することはとても有意義である。

条項についての参照表現の抽出方法については木村によって分類され、形式的な抽出が可能なことが示されている [3]。法令名および法令番号の自動取得についてはハッシュ法を用いた方法が関本によって提案されている [8]。

しかし、法令名については条文中で定義された略称によって参照されることもある。例えば郵政民営化法（平成十七年法律第九十七号）の第八十三条では冒頭では以下のような記述がある。

郵便局株式会社の成立の際現に公社が郵政民営化法等の施行に伴う関係法律の整備等に関する法律（平成十七年法律第百二号。以下「整備法」という。）

「郵便局株式会社の成立の際現に公社が郵政民営化法等の施行に伴う関係法律の整備等に関する法律」という長い名前の法律に対して「整備法」という略称を定義している。実際に、そのあとの条文である第七十七条第一項の口では「整備法附則第五条第一項の規定により」のように、「整備法」という略称が使われて条文を参照している。正確な参照を分析するためにはこの略称も含めた解析ができるようにする必要がある。今回は、これを行うための前処理として法令中で定義されている略称を自動で抽出することとした。

また、国が「略称法令名一覧」という web ページで事前に定義された略称の一覧を公開している（図2）^{*7}。ここに定義された略称は断りなく使用されることが考えられるため、これの一覧も取得する必要がある。

4.2 手法

略称の定義文は例にあげたように「〈法令の正式名称〉（〈法令番号〉。以下〈条件文〉において「〈略称〉」という。）」という形式で、

- 法令の正式名称
- 法令番号
- 条件文
- 略称

の4つの情報を含んで定義される。このとき、条件文とは例えば「以下次項及び第六項において」のような、略称が使われる条項を制限する文である。この文が書かれない場合もあり、その時は定義された後、同じ法令内であればいつでも使えるようになる。このうち、法令番号がわかれば法令の正式名称は自動で割り出すことができるため、抽出しなければならない情報は

- 法令番号

*7 <https://elaws.e-gov.go.jp/abb/>

略称法令名一覧

登録略称法令名一覧

正式法令名	法令番号	略称法令名 1	略称法令名 2	略称法令名 3	略称法令名 4
明治五年太政官布告第二百二十七号(改訂之布告)	明治五年太政官 成例の布告 布告第二百二十七号				
明治五年太政官布告第五百四号(勅令制定之件)	明治五年太政官 勅令制定の件 布告第五百四号				
明治八年太政官布告第六十号(不肖放蕩等法上ノ禁止并懲罰ノ規定ノ件)	明治八年太政官 不肖放蕩等法上ノ禁止并懲罰ノ規定ノ件 布告第六十号				
明治十年太政官布告第九十三号(人種保護及同種保護ノ件)	明治十年太政官 人種保護及同種保護ノ規定第九十三号 件				
明治十九年勅令第百一十号(本邦ノ宗廟ノ祀ヲ尊崇スルニ関スル件)	明治十九年勅令 本邦ノ宗廟ノ祀ヲ尊崇スルニ関スル件 第五十一号				
行政訴訟及行政処分取扱法	明治三十二年法 行政訴訟法第九十三号				
明治二十一年法律第九十号(以忠ノ重責ニ関スル法律)	明治二十一年法 以忠法 第九十号		以忠重責法		
明治三十二年勅令第二百七十七号(行政訴訟及行政処分取扱ノ件)	明治三十二年勅令 行政訴訟及行政処分取扱ノ件				

図 2：略称法令名一覧という web ページ

- 条件文
- 略称

の 3 つとなる。この 3 つの情報を含んだ文を表す

```
1 (( 明治 | 大正 | 昭和 | 平成 | 令和 ) ( - | 二 | 三 | 四 | 五 | 六 | 七 | 八 | 九 | + | 〇 ) + 年 [ ^ ( ) 、 。 ↵
↵ あ - ん ] + 第 ( - | 二 | 三 | 四 | 五 | 六 | 七 | 八 | 九 | + | 百 | 千 | 〇 ) + 号 。 ? ( 以下 ) ? ( [ ^ ] ↵
↵ ] + において ) ? , ? [ ^ ] * ( 法 | 令 ) という。
```

という正規表現を作成し、これにマッチする文から上記の 3 つの情報を抜き出すこととした。

「略称法令名一覧」の web ページからのデータを抜き出す際には、web ページにアクセスし HTML データを解析することで情報を得ることとした。

4.3 ソフトウェアの実装

手慣れていることやすでに自身が作成した法令解析用のライブラリを利用することから、ソフトウェアの実装は Rust 言語で行った。作成したソフトウェアは MIT ライセンスの元 GitHub で公開している*8。

「略称法令名一覧」ページのスクレイピングソフトウェアも Rust で実装した。作成したソフトウェアは MIT ライセンスの元 GitHub で公開している*9。

4.4 結果

現在施工されている法令中全体に対して解析をかけたところ、3504 個の法令から合わ

*8 https://github.com/japanese-law-analysis/analysis_law_reference

*9 https://github.com/japanese-law-analysis/egov_law_abb

せて 11193 の略称の定義を抽出することができた。抽出された略称一覧の JSON ファイルは CC0 ライセンスの元 GitHub で公開している *10

「略称法令名一覧」の web ページで公開されているものについては、2412 個の法令について合わせて 3276 個の略称が定義されていた。抽出された略称一覧の JSON ファイルは CC0 ライセンスの元 GitHub で公開している *11

4.5 まとめ

略称定義文を正規表現を使って解析することにより、合計で 1.1 万を超える略称のリストを生成することができた。この数は国が公開している略称一覧よりも 3 倍ほど多い。これにより、既に提案されている法令名抽出方法の手法や Aho-Corasick 法などの既知の効率的な文字列探索アルゴリズムを使用することで、より精密な法令名の出現箇所の解析を行うことができると期待される。

ただし、条項を含めたものについて略称を定義している場合の対応ができていないため、これについてどう略称情報を取得してデータを保持するのかを検討する必要がある。条項を含めたものについての略称とは、例えば恩給法（大正十二年法律第四十八号）の第二十四条の三第一項では「旧恩給法の特例に関する件の措置に関する法律による改正前の旧勅令第六十八号第八条第一項（以下「改正前の旧勅令第六十八号第八条第一項」という。）に規定する」と書かれており、法令名に加え「第八条第一項」まで指定したうえで略称を定義している。

5 判例の自動収集およびテキストデータ化

5.1 背景

法律分野の文書の中では法令だけではなく判例も重要である。法令が埋められない穴を判例によって埋めていき、次の類似事例の時の判断に活かされるからである。そのため、判例の解析も法令と同様に行う必要がある。

現状、判例のテキストがオープンデータとして公開されているものが無いため、作成することとした。

5.2 手法

裁判所は「裁判例検索」という Web サービスを提供している *12。このサービスは単語検索や裁判年月日、事件番号等で該当する裁判例を検索し、その裁判の

- 事件番号
- 法廷名
- 種別

*10 https://github.com/japanese-law-analysis/data_set/blob/master/law/law_abb.json

*11 https://github.com/japanese-law-analysis/data_set/blob/master/law/egov_abb.json

*12 https://www.courts.go.jp/app/hanrei_jp/search1

- 判示事項
- 裁判要旨
- 判決文全文

などが記載された個別の詳細ページへのリンクを取得することができるサービスである。ここで、判決文全文は PDF ファイルであるが、それ以外は単純な HTML によって提供される。

判例の信頼性と構築の容易さから、今回はこの裁判例検索サービスを利用して判例データベースを作成することとした。

情報の抽出は主にスクレイピング技術を使用することで行った。まず、このサービスに対して取得したい期間を表す検索クエリが含まれた URL を自動で生成してアクセスし、詳細ページのリンクのリストを取得する。その後、詳細ページの HTML を解析して必要な情報を抜き出し、判決文全文の PDF ファイルをダウンロードする。最後に、その PDF ファイルからテキストを抽出することとした。

5.3 ソフトウェアの作成

並列並行計算が高速で安全に行うことができ、自身の手になじんでいるため、スクレイピングソフトウェアを Rust で実装した。作成したソフトウェアは MIT ライセンスの元 GitHub で公開している^{*13}。判例の一覧は JSON 形式で出力される。

判例 PDF ファイルからテキストの抽出を行う方法は 2 通り用意した。それぞれ

- poppler ライブラリ^{*14}が提供する pdftotext コマンドを用いてテキストを抽出した後、ページ番号や行番号に相当する部分を削除する
- PDF ファイルを画像ファイルに変換した後に、本文テキストが書かれた部分のみを切り出し、tesseract^{*15}という OCR ソフトウェアによってテキストを抽出するという方法である。作成したソフトウェアは MIT ライセンスの元 GitHub で公開している^{*16}。

5.4 結果

判例データの収集は公開されている中で最も古い 1926 年から実験を行った 2023 年 1 月 15 日までの期間で行った。その結果約 7 万件の判例データを収集することができた。生成された判例に関するデータは CC0 ライセンスの元 GitHub で公開している^{*17}。

*13 https://github.com/japanese-law-analysis/listup_precedent

*14 <https://poppler.freedesktop.org/>

*15 <https://github.com/tesseract-ocr/tesseract>

*16 https://github.com/japanese-law-analysis/pdf2txt_precedent

*17 https://github.com/japanese-law-analysis/data_set/blob/master/precedent/list.json

PDF ファイルからテキストを抽出する手法は、pdftotext コマンドを使用する方が OCR を行うよりも精度が高かったため、pdftotext を使用する方法を採用した。生成されたテキストファイルは CC0 ライセンスの元 GitHub で公開している^{*18}。ただし、文字の抜けや行の順番のズレなどが存在することを確認しており、よりテキスト抽出の精度を上げる必要があると考えている。

5.5 発見した誤記・例外について

この収集および解析の過程で年月日にマイナスの値が出現している詳細ページが以下の 7 つ存在することを確認した (図3)。

- 昭和 46(あ)1051^{*19}
- 昭和 39(オ)1302^{*20}
- 昭和 35(オ)535^{*21}
- 昭和 36(オ)513^{*22}
- 昭和 36(オ)536^{*23}
- 昭和 34(オ)71^{*24}
- 昭和 24(れ)2055^{*25}

発見した翌日である 2023 年 1 月 16 日に最高裁判所に報告を行ったところその数日後に全てのページが修正された。例えば昭和 39(オ)1302 という判例では

*18 https://github.com/japanese-law-analysis/data_set/tree/master/precedent/text_files

*19 http://web.archive.org/web/20220606192511/https://www.courts.go.jp/app/hanrei_jp/detail2?id=51011

*20 https://web.archive.org/web/20230115065439/https://www.courts.go.jp/app/hanrei_jp/detail2?id=66298

*21 https://web.archive.org/web/20230115072821/https://www.courts.go.jp/app/hanrei_jp/detail2?id=63595

*22 https://web.archive.org/web/20230115073312/https://www.courts.go.jp/app/hanrei_jp/detail2?id=63715

*23 https://web.archive.org/web/20230118092926/https://www.courts.go.jp/app/hanrei_jp/detail2?id=63719

*24 http://web.archive.org/web/20200804085713/https://www.courts.go.jp/app/hanrei_jp/detail2?id=70761

*25 http://web.archive.org/web/20230118094001/https://www.courts.go.jp/app/hanrei_jp/detail2?id=70761

- 修正前： https://web.archive.org/web/20230116041527/https://www.courts.go.jp/app/hanrei_jp/detail2?id=66298
- 修正後： https://web.archive.org/web/20230118092109/https://www.courts.go.jp/app/hanrei_jp/detail2?id=66298

がそれぞれ URL のページであるが、タイムスタンプを確認すると修正前が 2023 年 1 月 16 日で修正後が 2023 年 1 月 18 日となっており、報告を受けた翌日に修正が行われていることがわかる。

また、裁判例に一意に割り振られる事件番号というものが割り振られていないで空白になっている事件が 2 つ存在することを確認した。それぞれ

- 昭和 23 年 10 月 13 日判決の「市税滞納処分取消請求事件」^{*26}^{*27}
- 平成 17 年 6 月 20 日判決の「新株予約権発行差止仮処分決定認可決定に対する保全抗告(付更正決定)」^{*28}

である。事件番号がついていないことについて最高裁判所に問い合わせたところ、「何らかの事情によってつかないこともあり、それではないか」との回答を得た。

5.6 まとめ

公式に公開されている判例集から判例データベースを自動で構築することができるソフトウェアを作成し、実際に構築した。ただし、判決文全文を PDF ファイルから抽出する過程の精度が良くないため、改善の余地がある。

裁判所の公開している情報に誤りがあることを発見して最高裁判所に報告したところ、修正された。また、事件番号が振られていないものが存在するという例外事象について確認することができた。

6 おわりに

読み替え規定文の解析については情報処理学会第 85 回全国大会に論文を出し講演を行った [9]。また、優秀な発表であると認められ学生奨励賞^{*29}および大会奨励賞^{*30}を受賞することができた。

略称・定義規定文の解析はもっと改良の余地があると言えるものの、ある程度目指し

*26 http://web.archive.org/web/20230118094715/https://www.courts.go.jp/app/hanrei_jp/detail3?id=22208

*27 http://web.archive.org/web/20230118094829/https://www.courts.go.jp/app/hanrei_jp/detail4?id=22208

*28 http://web.archive.org/web/20230118094842/https://www.courts.go.jp/app/hanrei_jp/detail4?id=9

*29 <http://www.ipsj.or.jp/award/taikaigakusei.html>

*30 <http://www.ipsj.or.jp/award/taikaisyorei.html>

原審裁判所名	仙台高等裁判所
原審事件番号	
原審裁判年月日	<u>昭和-954年3月25日</u>

図 3 : 昭和 -954 年という表記（下線筆者）

原審裁判所名	仙台高等裁判所
原審事件番号	
原審裁判年月日	<u>昭和46年3月25日</u>

図 4 : 昭和 -954 年という表記が修正されたあとのページ（下線筆者）

ているものを形にすることができた。

他の法令・条項への参照の解析については、まだ法令の略称を抽出できたところであり、先が長いと感じている。

法令への解析手法を判例にも適用する試みについては、判例のテキストデータの抽出に未だ手間取っており、頑張っていく必要があると考えている。しかし、この抽出の過程で裁判所の web ページにある誤記を発見することができ、ささやかながらも国に貢献することができたことは喜ばしい。

全体として着実に進んでいるものの、まだまだ取り組む余地が多数残っていると自分で評価している。また、研究の過程で作成したソフトウェアはオープンソースソフトウェアとして公開しており、得られたデータも CC0 のオープンデータとして公開している。多くの人がデータをより発展的なプロジェクトに応用してくれることが望ましく、より多くの人にこのプロジェクトを知ってもらえるよう広報にも力を入れたいと考えている。

謝辞

本プロジェクトを進めていくうえで産学間連携推進室の根本晃輔さん・西山大輝さ

ん・太田弘樹さん・広瀬智之さん・服部真吾さんより多数のアドバイスを頂きました。また、産学間連携推進室の担当をしてくださっている新城靖先生・情報科学類長の伊藤誠先生・研究に対してアドバイスを頂いた山本幹雄先生にもお世話になりました。この場をお借りしまして、深く感謝を申し上げます。

参考文献

- [1] 竹井 直樹, 柴田 文明. 保険約款と保険商品のわかりやすさの向上について — 最近の損害保険業界の取り組みと各損害保険会社の商品改定から考察する —. 損害保険研究. 2010, 72 巻, 2 号, pp.109-127
- [2] 信岡俊祐, 中村誠, 島津明. 法例文の論理式への変換. 言語処理学会第 13 回年次大会発表論文集. 2007, pp.254-257
- [3] 木村祐介. 号の列挙や参照表現をもつ法令文への論理式への変換. 北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科情報処理学専攻修士論文. 2008.
- [4] 磯崎陽輔. 分かりやすい法律・条例の書き方. ぎょうせい, 2011.
- [5] 日本政府. “e-Gov 法令検索”. e-Gov ポータル. <https://elaws.e-gov.go.jp/>, 2022 年 12 月 4 日確認.
- [6] 中村誠, 小川泰弘, 外山勝彦. 法令文中において括弧書きで定義されている法令用語とその語釈文の抽出. 言語処理学会第 19 回年次大会発表論文集. 2013, pp.670-673
- [7] 松田寛. GiNZA - Universal Dependencies による実用的日本語解析. 自然言語処理 Volume 27 Number 3. 2020
- [8] 関本大樹. 租税法令の自動機械処理に関する一つの試み: ハッシュ法に基づく条項名の実用的な抽出方法について. 久留米大学法学 79. 2019. 180-147.
- [9] 金子尚樹. 単語の出現規則に着目した法令中の読み変え規定文の解析手法の提案. 言語処理学会第 85 回全国大会論文集 (2). 2023. pp.729-730.

産学間連携推進室主催の学内向けイベントについて

筑波大学 情報学群 情報科学類 産学間連携推進室
情報科学類 2 年 202212117 金子尚樹 [s2212117@u.tsukuba.ac.jp]

1 はじめに

2023 年 4 月に学内向けのイベントを複数開催したため、その開催について報告する。

2 PC 分解大会

2023 年 4 月 7 日の新入生オリエンテーションの後に coins ラウンジで産学間連携推進室にあった不要な PC を新入生に好きに分解してもらったイベントを行なった。大学に入るまでに PC を組み立てることはあっても好きに分解できる機会は通常無いため、新入生にとって貴重な体験ができ高校までとは違う自由さや面白さを感じられる場になると考え、企画した。

新入生オリエンテーションで産学間連携推進室の紹介を行なった際に告知を行ったところ、20 名ほどの新入生が参加をしてくれた。

16 時頃からイベントを開始し、最終的に 21 時頃まで行った。内容としては

1. 一つの PC の蓋を外し、メモリや CPU などの基本的な部品について説明し、外し方を解説する
2. 軍手やドライバを渡し、好きに分解してもらう
3. 分解の過程で生まれた疑問に対しては産学間連携推進室のメンバーがその場で回答する

という順に行った。生まれた疑問の解説の際には補足資料を追加で持ってきて対応することや、安全に試すための特別な対応をすることもあった。具体的なものとしては

- 水冷モジュールを分解したい
 - ビニール袋と紙皿を別で用意し、中の液体が飛散しないようにした
- HDD を分解して中を見たい
 - 産学間連携推進室にあるフロッピーディスクを持ってきて記録方法の解説と違いの比較を行った
- GPU や Ethernet 用の拡張モジュールの他の例が知りたい
 - 産学間連携推進室にある光ファイバー用のモジュールを持ってきて具体的に差し込む方法などを体験してもらった

などがあった。

当初は 5 人ほどが参加すると想定していたため、産学間連携推進室のメンバーが実際に使用していたが既に不要になった PC を 2 台用意していた。しかし、参加人数が想定より増えたため、情報機器資源リユースプロジェクトにおいて回収し廃棄が確定していた PC を 3 台ほど補充して分解に充てた。

参加した人たちがそのあとに SNS で呟いていた感想として

- 筑波大学楽しい
 - 情報科学類楽しい
 - AC 入試以外の人も目を輝かせながら分解していて良かった
などがあり、当初の目的である
 - PC をどこまでも分解する機会を提供する
 - 大学の面白さを感じられる場を提供する
- の 2 つを、どちらも達成できたと評価している。



図 1 : 全体の様子 (1)



図 2 : 全体の様子 (2)



図 3 : 分解している様子 (1)



図 4 : 分解している様子 (2)



図 5 : 分解している様子 (3)



図 6 : 分解している様子 (4)



図 7 : 分解された PC(1)



図 8 : 分解された PC(2)

3 ネットワーク構築講座

複数の友人から「基本情報技術者試験のネットワーク分野の問題を見て概念として理解しても、実感を伴って理解できている気がしない」といった話を聞いていたため、実際に目の前にある複数のコンピュータをケーブルで繋いで設定を弄って比較実験を行える場を用意すると良いのではないかと考え、企画した。

イベントの実施は2023年4月22日（土曜日）と23日（日曜日）の2日間で行った。ただし、内容はどちらも同じものを扱うこととした。これは22日の実施でのフィードバックを23日で活かしつつ、参加のハードルを下げより多くの人に参加してもらうためである。場所はcoins ラウンジとした。告知は

- メーリングリスト（情報科学類・情報メディア創成学類）
- manaba（総合学域群）
- twitter
- 口頭

の4種類の方法で行った。メンバーの所属する学類に対して告知を行うこととしたため、情報科学類と情報メディア創成学類の2つのメーリングリストに対して告知文を送信している。また、情報科学類への移行を検討している総合学域群の学生にとってこのイベントは情報科学類の分野を知ることができるものであり、移行に対するモチベーションを高めるための効果があるのではないかと考え、総合学域群に対しても告知を行った。また、その他メンバーの日常生活の中でも適宜イベントの告知を行った。

取り扱う内容は大まかに

- 複数のPCを繋ぎ合わせてIPアドレスを振り、お互いに通信させられるようになる
- サブネットマスクで各PC間の通信を制御できるようになる
- スイッチを使って各PC間の通信を制御できるようになる

の3つとした。この3つができれば簡単なネットワークを構築できるようになると考えたからである。

機材はUbuntuをインストールしたPCを4つとスイッチを1つ用意した。



図9：事前準備(1)



図10：事前準備(2)

1. ネットワークの概要といわゆるインターネットの説明をスライドを用いながら講義スタイルで行った
2. 2つのPCをLANケーブルで接続してIPアドレスを振り、サブネットマスクの値の違いで通信できるかどうかが変わることを確認した
3. 1台のPCをルーター化し、それを挟んで2台から3台のPC間で通信させてルーターの役割とルーティングテーブルの役割を確認した

4. スイッチに4台のPCを繋いで相互に通信できることを確認し、次にスイッチのコンフィグでグルーピングの設定を行って挙動が変わることを確認した
5. ネットワーク関連のイベントの紹介をスライドを用いながら行ったという手順で講座を行った。また、同時開催で100Gの光ファイバモジュールの展示も行った。イベント後にアンケートを実施し、フィードバックを得た。



図 11：講義スタイルでの解説の様子 (1)



図 12：講義スタイルでの解説の様子 (2)



図 13：講座の様子 (1)



図 14：講座の様子 (2)



図 15：講座の様子 (3)



図 16：講座の様子 (4)



図 17：講座の様子 (5)

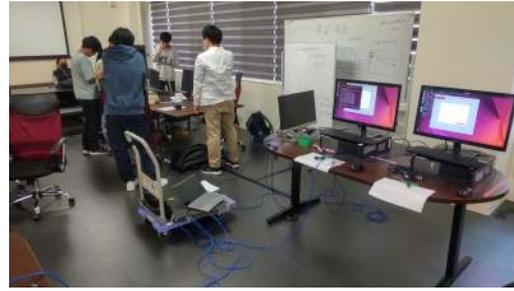


図 18：講座の様子 (6)



図 19：光ファイバーモジュールの様子

参加人数とその所属は2日間で合計して表1の通りであった。情報学群の学生に多く参加してもらったほか、情報科学類に興味のある総合学域群の学生の参加も一定数あったことを確認した。

表 1：ネットワーク構築講座の参加者の所属とその人数

学類	人数
情報科学類	17
情報メディア創成学類	8
知識情報・図書館学類	2
応用理工学類	1
総合学域群 1 類	1
総合学域群 2 類	2
総合学域群 3 類	5
情報理工学位プログラム	4
合計	40

参加者のイベント参加前のネットワーク構築の経験は表2、参加後について知識や経験は表3のとおりであった。参加者のうちネットワーク構築の経験が乏しかった人が四分

の三ほどを占めていたが、講座後には逆にネットワーク機器の扱いなどがわかる人が参加者のうち四分の三を占めるようになった。講座の意義があったと評価できる。

また、この講座に対して寄せられた感想を下に紹介する。

- 光ファイバを見れる機会は貴重でした。
- スライドの例えがわかりやすく講義はスッと入ってきました。実際に手を動かすことで講義の内容を自分のものにできたような感じがあり、楽しくネットワークを学びました。スイッチやルーターの役割は説明だとあまり分かった気になれなかった。たくさん PC でネットワークを構築するのに便利？ Interop Tokyo と JANOG の話、ワクワクしました。いいですね。
- ルーターの語源が分かっておもしろかった。サブネットマスクなど今まできいたことないこともしれた。
- 実際に触ってみて、ネットやテキストで知る以上の実感が得られました。ありがとうございました。
- サブネットマスクやスイッチを使ってネットワークを分割する方法をしれて、とても面白かった。
- 光ファイバーの中を初めて見た。
- 非常に面白かったです。説明されなかったナゾの物が気になってますが……
- 普段、web の開発などで適当に localhost にサーバーを立てていたが、その仕組みや、ネットワーク全体の仕組みについて理解することができてよかった。
- とても楽しかったです！マイコンとか中古機を買って自分の家でやってみます！！
- めちゃくちゃ面白かったです。
- ネットワーク IP とホスト部の区切りが分かりづらい。図がほしい。
- 自分には少し難しい内容だった。他の参加者の方々は理解しているようだったのですごいと思った。
- 全体の雰囲気分かったので、これからの勉強がやりやすくなったと思います。
- 多くの新しい知識を得られました。自分のような無知の人間のために PC の設定がどうなっているのかというのをホワイトボード等でリアルタイムで書いてくれると助かります。
- 実際にコンピューターを動かしているとき、「この PC の IP アドレスなんだっけ？」と何度か思ったので PC の側に書いておいてあると助かります。
- 全くの初心者でしたが、とても興味深い話を聴かせていただき、ありがとうございました。とても面白かったです。
- 実際にコンピューターを動かしているとき、「この PC の IP アドレスなんだっけ？」と何度か思ったので PC の側に書いておいてあると助かります。
- おもしろかったです。ただ、内容と実演内容（パソコンの小さい画面でやる奴）に対して人数が多すぎた気がします…
- 理解度としてはまだ低いところが多いが、ネットワーク全体に興味を持てた。今後こういった講座を開いてもらえると幸いです。
- 研究に関連しそうなので中古のネットワーク機器を買って色々しようと思っていたが、その良い足掛かりになった。実際にやっている所を見れたので、自分でもできる気がして良かった。
- 知らないことばかりで面白かった。実際に眼の前で動いているのが見えてよかった。

表 2：参加前のネットワーク構築の経験

有線 LAN を使ったことがある	33
PPPoE や IPoE などの Wi-Fi の設定をしたことがある	8
ルーターの設定をしたことがある	10
複数の PC を運用したことがある	12
サーバーを設置したことがある	14
サブネットマスクや VLAN を用いてネットワークを分割したことがある	3
ネットワークの構築方法についてテキストのみで学習をしたことがある	11
無回答・該当なし	5

表 3：参加後について知識や経験

「ネットワーク」とはどのようなものかわかった	34
「インターネット」とはどのようなものかわかった	33
PC 間で通信させている様子がわかった	34
複数の PC 同士でネットワークを構築する方法が分かった	33
サブネットマスクの使い方がわかった	32
スイッチやルーターの役割がわかった	31
スイッチの設定で複数のネットワークを制御する方法がわかった	27
無回答・該当なし	3

自分でも色々用意していじってみたい。

- 仮説をもとに実際に実験をしていておもしろかった。
- やっぱ実機で動いているのを見るのは楽しかった。
- とてもおもしろかった。自分がこれからしてみたいことを知れた
- 講演の熱量が高くてよかった。
- ラックに入るようなスイッチを動かしている様子が見れておもしろかった。インターネットの技術は奥が深く、学内にもたくさん技術をもった人がいることがわかった。もっと勉強をして、技術を身につけたい。

4 おわりに

通常の生活で触れる機会が余りないであろう内容の体験型のイベントを 2 回実施した。どちらもイベントの目標を達成することができ、参加者に新しい知識と経験、そして楽しさを提供することができたと評価している。

想定よりも参加者数が多かったことによる機材の不足や準備不足などによる不備が確認できたため、より内容を洗練させていく必要があると感じた。必要がある内容であると確認できたため、今後は定期的開催していきたいと考えている^{*1}。また、これ以外にも体験型のイベントを増やしていきたい。

*1 継続性を高めるため、学類などからの支援を受けることができるとより良いと考えている

5 謝辞

本イベントの実施に当たり、産学間連携推進室のメンバーである根本晃輔さん・太田弘樹さん・服部真吾さんには、内容や事前準備についての助言や当日の補助などをしていただきました。また、ネットワーク構築大会の告知や実施場所の確保に際して新城先生・伊藤先生・郡司さんにご協力を頂きました。この場をお借りしまして、深く感謝を申し上げます。

筑波大学 産学間連携推進室 成果報告書

中高生向け天文データ解析活動の運営と教育

学籍番号：202111559

氏名：服部 真吾

概要

私の出身校である東海国立大学機構名古屋大学教育学部附属中・高等学校は、ワールド・ワイド・ラーニングコンソーシアム構築支援事業(以下 WWL)のカリキュラム開発指定校であり、独自の WWL 生徒研究員制度を運用している。この制度は、授業後や長期休暇中や放課後に生徒が主体的に課題に取り組む課題探究であり、複数の研究グループのようなものから自分の興味を持つものに所属し、自由に探求活動を行うことができる。私は、この研究グループのうち、サイエンスグループの天文分野について扱う相対論・宇宙論プロジェクトに対して、計算機環境一式を提供しプログラミングについて監修することで、遠隔地にいる学生に対して、実践的なプログラミング教育を行う際の最適な教育方法を研究している。そこで本報告書では、昨年度の活動内容及び、活動中に得た教育的な発見について述べる。

1 はじめに

遠隔での実践的なプログラミング教育は、高いアクセス性と柔軟性を持っており、これによって地理的な制約や時間的な制約を乗り越えることができ、地域間の教育格差を解消する助けとなる。しかしながら、中高生を相手にこのような教育を行うことは稀であり、知見が十分ではない。また、このような教育に関わる知見は、企業において有名な講師とリモートでコミュニケーションをしながら、新人研修を行う際などにも有用であると考えられる。そこで本研究では、遠隔での実践的なプログラミング教育を実施するために最適な環境、指導方法について研究した。

2 構築した環境

本活動のために構築した計算機環境は図1に示す通りである。この環境は、画像解析による地球の軌道要素の導出で使用した環境と同一であり、ユーザー認証によってデータを分離している。言語は主に Python を利用しており、IDE として Jupyter notebook を利用している。

本環境は、外部のサービスに一切依存してい

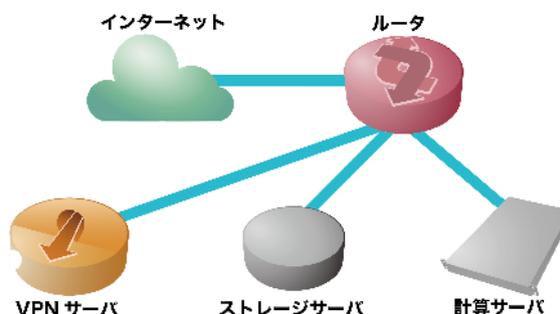


図1: 構築した環境

ないため、データサイズや処理時間に制限がなく、大量のデータを長時間にわたって解析することが可能になっている。また、ブラウザ経由でアクセスし、GUI で操作することが可能であるため、プログラムを気軽に記述、実行でき、結果をすぐに確認することができる。その上、エラーが発生した場合は、そのノートブックへの URL をチャットで送るのみでよく、講師が原因の究明やプログラムの修正を素早く行うことができる。しかしながら、気軽に実行できるため、実行した後の後片付けが適切になされず、大量のファイルがあちらこちらに発生してしまう。また、git などのバージョン管理システムとの擦り合わせが難しいため、似た動作をする複数のファイルが大量に発生している。

3 活動内容

前述の環境を利用し、一年間にわたってプログラミング教育を行った。その結果として、相対論・宇宙論プロジェクトに所属する高校生が、アルマ望遠鏡が一酸化炭素を電波観測したデータから、星形成の途中段階である原始惑星系円盤の特徴をプログラミングによって解析し、その中心星の質量を求めることに成功した [1]。この研究では、データの解析、モデルへのフィッティング、パラメータの推定においてプログラミングを利用している。

4 活動における発見

実際に手を動かして、プログラムの動作を確認することは非常に有用であったと思われる。本活動においては、京都大学の作成したプログラミング資料 [2] を利用しているが、これを読みつつ、一行一行動作を確認しながら学習を進める様子が観察された。また、既存のコードを与えると、どのような動作をおこなっているか一行ずつ実行して確認したのちに、それを改造することで、自分の目的に合ったプログラムを作成する姿勢が見られた。

一方で、本活動は任意参加であるため、参加者全員の活動意欲は非常に高かったにもかかわらず最終的な目標が不透明であった。そのため、活動意欲が高く、かつ最終的な目標が明確であり、学年が高い参加者に集中的に教育リソースを割くことで、この参加者が周囲の後輩などに学習した内容の伝承をしていく様子が見られた。この際の様子を図2に示す。この伝承は、より大規模に教育活動を行う際に有用であ

ると思われる。

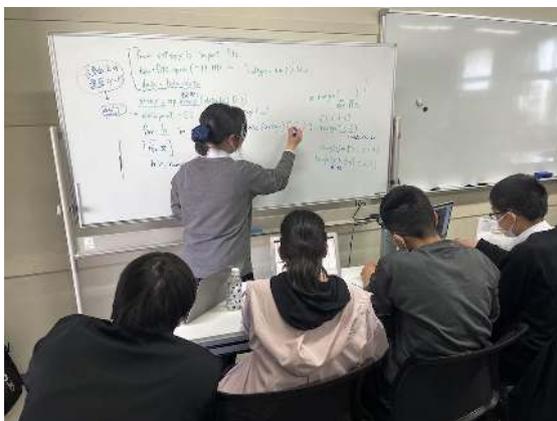


図2: 伝承の様子

5 まとめ

本活動によって、中高生に対して実践的なプログラミング教育を行う際に生じる問題や効率的な教育方法がわかった。今年度は、一人に対してのみ実践的なプログラミング教育を行ったが、今後はより大規模にする必要があるので、そのようなスケールにおいて最適な方法を探求し、実践的なプログラミング教育を、遠隔かつ大規模に行う方法を確立していきたい。

参考文献

- [1]黒木あやめ, 田川智也, 山田啓悟, “アルマ望遠鏡の電波観測による原始惑星系円盤の解析,” 第25回天文学会ジュニアセッション, 2023, 48T.
- [2]喜多一, 森村吉貴, 岡本雅子, “プログラミング演習 Python 2021(Version 2021/10/08),” 京都大学学術情報リポジトリ KURENAI, 2021.

筑波大学 産学間連携推進室 成果報告書

画像解析による地球の軌道要素の導出

学籍番号：202111559

氏名：服部 真吾

概要

本研究では、数理モデルの構築から実データの解析に至るまでのプロセスを学習可能にする教育プログラムの構築を目的として、ひまわり8号の撮像した全球画像を解析することによって、地球の軌道要素を導出する手法を提案する。提案手法を用いて地軸と公転面の傾きを数値化し、作成した数理モデルをこの傾きの時間変化に対して最適化することで、実際の値に近い軌道要素が算出された。

1 はじめに

夏至と冬至で日照時間が大きく異なり、時期によって南中時刻が変化するのは、地球の自転軸と公転面の成す角度が時間変化しており、かつ地球の軌道が楕円を描いているためである。これらの事実は、日常生活で実感でき、中高生レベルの物理知識で理解可能である。地球の自転軸と公転面の成す角度が時間変化していることを検証するには、年間を通じて南中高度を記録し、その変化を観察すればよく、地球の軌道が楕円であることを検証するには、年間を通じて太陽の視直径を観測し、地球と太陽が最も近づく近日点と、地球と太陽が最も遠ざかる遠日点における視直径の比を導出すれば良い。

しかしながら、太陽の視直径にもとづく導出では、観測誤差が非常に大きいことが問題であった。そこで杉原 [1] らは、観測技術の向上及びデータの積極的な公開によって、宇宙空間の静止衛星から地球を撮像した高精細なデータ

が利用できる [2] ことに注目し、地軸と公転面の成す角度の時間変化を用いて地球の軌道をモデル化することで、近日点や軌道離心率の導出を行う方法を提案している。本研究では、杉原らが提案した、気象衛星8号が撮像した画像をプログラミングによって解析する手法をもとに、近点年や地球の軌道離心率などを導出する。また、近年ではプログラミング教育が重視されており、学校教育の現場においてもプログラミングの積極的な活用が行われている。本研究で構築するモデル、導出するパラメータが中高生でも理解できるものであることから、本研究をもとにして、実世界の現象を記述する数理モデルの構築から、コンピュータを用いた画像データの解析に至るまでの、一連の科学的プロセスを持つ本研究に基づいた教育活動を行い、論理的思考力を持つ人材の育成を目指す。

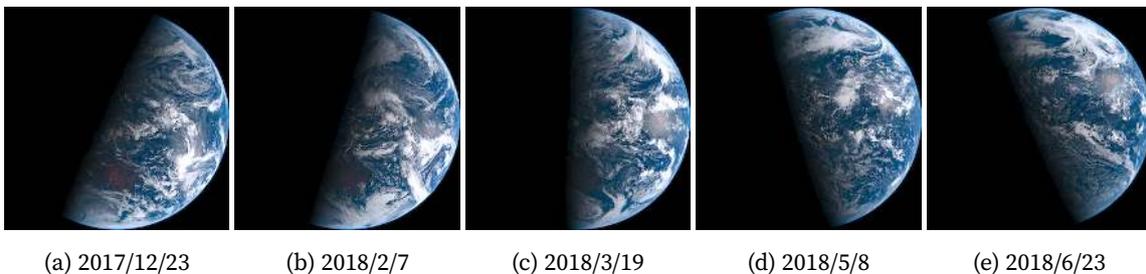


図 1: 静止気象衛星ひまわり 8 号が撮像した「半地球」の可視光画像の時間変化。

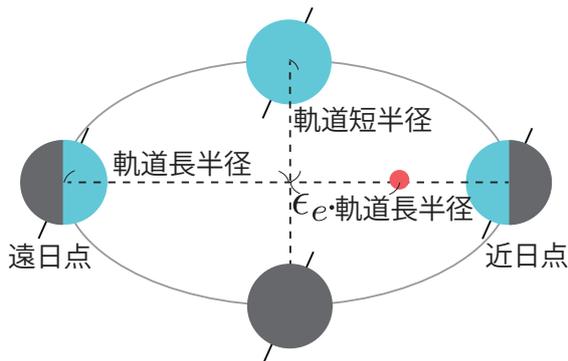


図 2: 地球の公転軌道と軌道要素の関係

2 数理モデルの作成

地球の公転面軌道と太陽の位置関係を、公転面に垂直な視点から観測すると、図 2 に示すようになる。この図において、赤い球が太陽、青い球が地球であるため、軌道離心率 ϵ_e は、中心天体である太陽が、軌道長半径のどこに存在する場所を示す割合であることがわかる。

東経 140.2° 、北緯 0° で静止しているひまわり 8 号から地球を観察すると、図 1a に示すように地球のちょうど半分が太陽光が当たる状態が 1 日に 2 度ある。本研究ではこの状態を半地球と呼称し、半地球における明瞭域と暗領域の境界を明暗境界線と呼称する。

半地球の画像は地軸と画像の縦軸が平行であるため、明暗境界線と地軸の成す角は、図 1 に示すように一年を通じて時間変化する。そこで、図 3 に示す立体モデルを考える。このモデルにおいて、ひまわり 8 号が撮像した画像における明暗境界線を yz 平面に固定することで、 x 軸方向に太陽、 z 軸方向にひまわり 8 号がそれぞれ常時存在し、地軸のみが時間変化するモデルとすることができる。また、 xz 平面は地球の公転軌道面であり、 α は地軸の傾きを表す。そして明暗境界線と xy 平面に投影した地軸のなす角を、観測の基準となる日時から、撮

像時刻までの経過日数 t を用いて $\psi(t)$ と定義する。

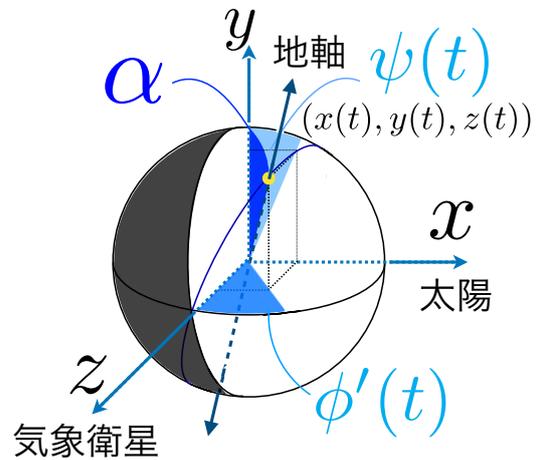


図 3: 半地球の立体図

次に、図 3 における $\phi'(t)$ を、図 4 に示すように、太陽の中心から春分点を結んだ線分と、任意の時刻の地球の中心と太陽の中心を結んだ線分のなす角と定義する。

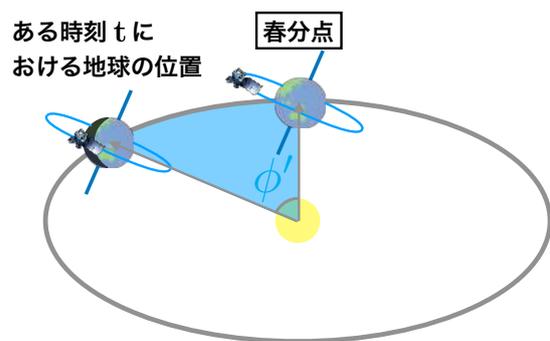


図 4: 春分点とある時刻での位置がなす角 $\phi'(t)$

数式化に際して、まず $\psi(t)$ の時間変化を表す関数を考える。気象衛星からみて半地球のとき、地球は図 5 のようになる。ここで、原点は地球の中心、 x 軸は赤道、 y 軸は地軸、明暗境界線と地球の端との交点は

$Q(-x(t), y(t)) (y(t) > 0)$ である。そして、この図 5 より、

$$\tan \psi(t) = \frac{x(t)}{y(t)} \quad (1)$$

である。

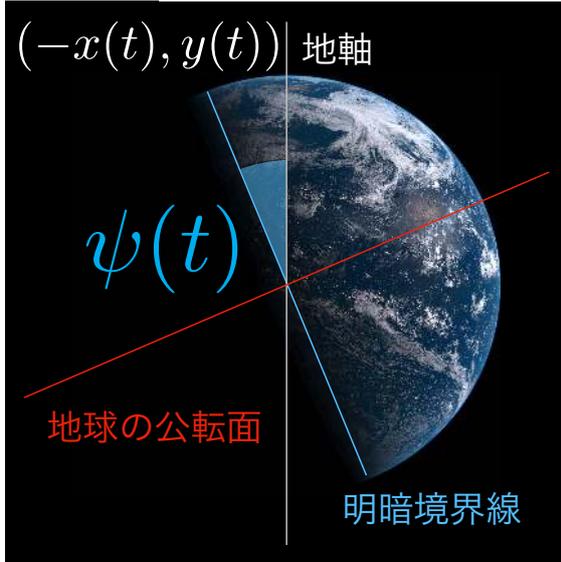


図 5: 半地球

次に、式 (1) の $x(t)$, $y(t)$ を極座標表示にする。図 3 より、

$$\begin{cases} x(t) = r \sin \alpha \sin \phi'(t) \\ y(t) = r \cos \alpha \end{cases} \quad (2)$$

である。ここで、 r は地球半径である。そして、式 (2) を式 (1) に代入すると、

$$\tan \psi(t) = \tan \alpha \sin \phi'(t) \quad (3)$$

となる。ここで、 $0 < \phi'(t) < \pi$ のとき、 $\psi(t) > 0$ であり、 $\pi < \phi'(t) < 2\pi$ のとき、 $\psi(t) < 0$ とした。また、 $\phi'(t)$ は式 (4) で表現される。

$$\begin{aligned} \phi'(t) = & \frac{2\pi}{P_e}(t - t'_0) + 2\epsilon_e \sin \frac{2\pi}{P_e}(t - t_0) \\ & - 2\epsilon_e \sin \frac{2\pi}{P_e}(t'_0 - t_0) \end{aligned} \quad (4)$$

ここで、 t'_0 は、観測の基準とする日時から、地球が公転軌道上の春分点に至るまでの日数であり、 t_0 は、観測の基準とする日時から、地球が公転軌道上の近日点に至るまでの日数である。また、 ϵ_e は地球の軌道離心率であり、 P_e は近点年である。

よって、最終的なモデルは式 5 で表現される。

$$\begin{aligned} \psi(t) = \arctan \left[\tan \alpha \sin \left(\frac{2\pi}{P_e}(t - t'_0) \right. \right. \\ \left. \left. + 2\epsilon_e \sin \frac{2\pi}{P_e}(t - t_0) - 2\epsilon_e \sin \frac{2\pi}{P_e}(t'_0 - t_0) \right) \right] \end{aligned} \quad (5)$$

ひまわり 8 号が観測した半地球の画像から、 $\psi(t)$ を測定する。求めたデータを、横軸を時間 t 、縦軸を $\psi(t)$ とするグラフ上にプロットする。式 (3) で与えられる曲線がこれらのデータを最もよく再現するように 5 個のパラメータ P_e , ϵ_e , t_0 , t'_0 , α を決めれば、この観測から求めた近点年 P_e と地球の軌道離心率 ϵ_e 、近日点 t_0 および地軸の傾き α が求められる。

3 解析

ひまわり 8 号が観測した半地球の画像から、 $\psi(t)$ を解析する。解析には、入門資料が多く、環境構築が比較的簡単である Python を利用し、ライブラリとして、OpenCV[3], Numpy[4], Emcee[5] を利用した。OpenCV は画像処理ライブラリであり、Numpy は行列計算ライブラリである。また、Emcee は MCMC 法ライブラリである。本研究では、明暗境界

線の決定に OpenCV と Numpy を使用し、数理モデルを測定値にフィッティングする際に Emcee を利用する。

3.1 利用したデータ

ひまわり 8 号は赤道上約 3,600km, 東経 140.7 度 (軌道保持範囲: 南北 0.1 度, 東西 0.05 度)[6] に位置する静止軌道衛星であり, 可視 3 バンド (空間分解能: 0.5 km~1 km), 近赤外 3 バンド (同 1 km~2 km), 赤外 10 バンド (同 2 km) で, 全球を 10 分毎の時間間隔 [7] で撮像している。

本研究では, ひまわり 8 号が撮像した可視光撮像データを 3 バンド合成し, 補正した画像を, NICT サイエンスクラウドひまわりアーカイブプロジェクト [2] よりダウンロードして用いた。この画像は 11000×11000px であり, 各ピクセルに R(中心波長: 0.64μm), G(同 0.51μm), B(同 0.46μm) 各チャンネルの強度が 0 から 255 の整数で記録されている。

3.2 明暗境界線の決定

まず, RGB の可視光 3 バンドで構成されている半地球の画像の各ピクセルを, 式 (6) を用いてグレースケール画像のピクセルに変換する。

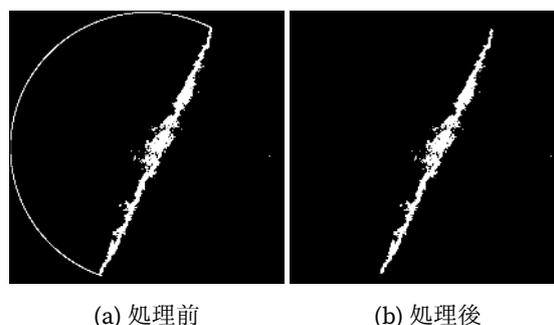
$$Y \leftarrow 0.299 \cdot R + 0.587 \cdot G + 0.114 \cdot B. \quad (6)$$

次に, 式 (7) を用いて, グレースケール画像のピクセルを 1 または 0 の二値に変換する。

$$\begin{cases} N = 0 \text{ (where } Y = 0), \\ N = 1 \text{ (where } Y > 0). \end{cases} \quad (7)$$

ここで, OpenCV に実装されている, 輪郭抽出関数である FindContour を用いて明暗境界線のみを検出する際, 太陽に照らされている領域の輪郭のうち, 地球本来の輪郭は不要であ

る。そのため, ひまわり 8 号から撮像された地球の中心座標がほぼ一定であることに注目して, 検出された輪郭のみが描画された画像に, 地球と同程度の円を描画することで, 明暗境界線の輪郭のみを抽出した (図 5)。



(a) 処理前 (b) 処理後

図 6: 明暗境界線の抽出

最後に, findContour 関数によって抽出された明暗境界線の輪郭は座標の集合であるため, Numpy に実装されている Polyfit 関数を利用して, これらの座標を一次式で近似することで図 7 に示すような明暗境界線の傾きを求めた。¹⁾

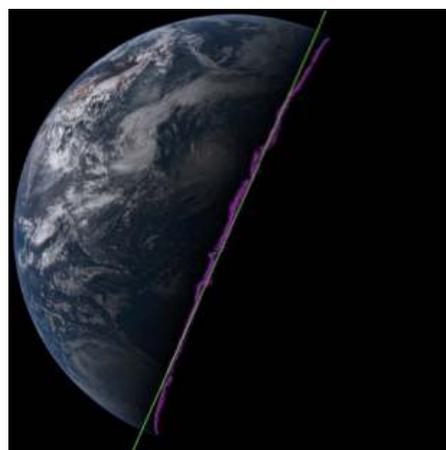


図 7: 明暗境界線の直線近似

この時, ひまわり 8 号の撮像間隔が 10 分であり, その間に地球が 2.5° 回転するため, 明

1) 半地球の画像は, 1 日で 2 回観測できるので, ある日の明暗境界線の傾きには, 日出時の傾きと, 日没時の傾きに -1 をかけた値の平均値を用いた。

暗境界線は厳密な直線ではなく、 -1.25° から 1.25° の範囲で直線から回転して円弧を描いている。そのため、地球の端付近では明暗境界線と近似曲線のずれが大きくなっている。この際の誤差を計測するために、図 8 に示す 2 種類の画像を用意した。a における線は厳密な直線であり、b における線は a から右方向に回転した円弧である。これらの画像を地軸の傾く範囲である -23.4° から 23.4° まで傾け、その都度直線近似を行う。そして、a と b について傾けた角度と近似された傾きの差の絶対値を求め、さらに、b の傾きの差の絶対値から、a の差の絶対値をひく。これにより、明暗境界線が厳密な直線である場合に直線近似した結果と、厳密な直線から回転して円弧となった明暗境界線を直線近似した結果とのずれを求めることができる。

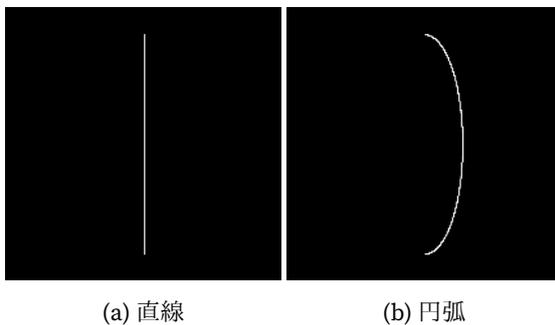


図 8: 明暗境界線の回転

この処理を、 1.25° と 0.62° 度回転させた画像に対して行なった結果を図 9 に示す。図より、厳密な直線から回転して円弧となった明暗境界線を直線近似した場合、厳密な直線を直線近似した場合とのずれが最大でも 0.2° 以下であることがわかる。この値は、明暗境界線の傾きの範囲である -23.4° から 23.4° と比べて小さいので、本研究では、円弧を直線で近似することによって生じる誤差を無視する。

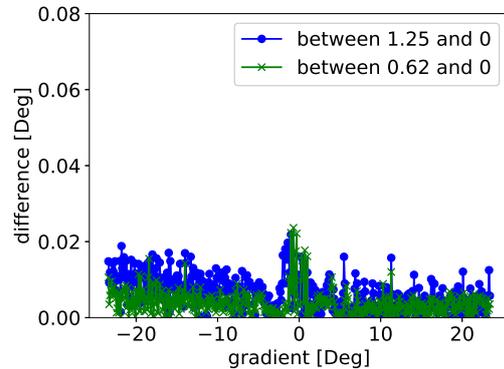


図 9: 直線と円弧の直線近似結果の誤差の差

3.3 結果

オープンソースの MCMC ライブラリである Emcee[5] を利用して、式 (5) が得られたデータを最もよく再現するように、パラメータ P_e , ϵ_e , t_0 , t'_0 , α を定めた。このときに必要となる、観測時刻 t における観測値 $\psi(t)$ の誤差には、利用可能な観測範囲において、同じ日付の日時に観測された明暗境界線の傾きの標準偏差を用いた。NICT サイエンスクラウド [2] より、ひまわり 8 号が撮像した半地球の画像を、2015 年 3 月 20 日から 2022 年 12 月 13 日までの 5588 枚ダウンロードして解析した。半地球の画像から地軸と明暗境界線の傾き $\psi(t)$ を測定し、その時間変化 $\psi(t)$ を描画すると図 10 に示すとおりになった。また、モデルフィッティングにおいては、利用可能なデータの中で、同じ日付に観測された明暗境界線の傾きの標準偏差を観測値の誤差として用いており、その分布は図 11 に示す通りとなった。

次に、図 10 にプロットした観測データを忠実に再現するよう、式 (5) のパラメータ t'_0 , t_0 , ϵ_e , α を最適化した。その後、決定された明暗境界線が、雲などの影響を受けて実態と大きくかけ離れる場合があるため、1 回目の最

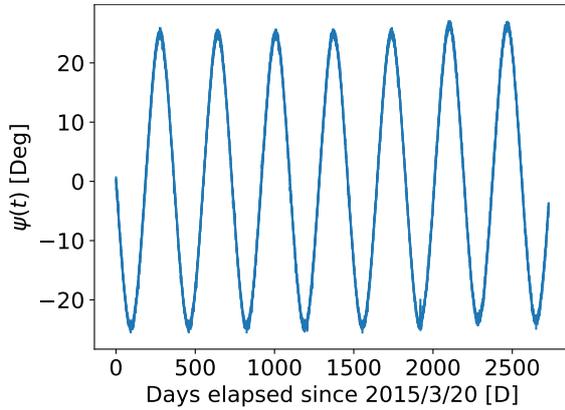


図 10: 明暗境界線の傾きの時間変化

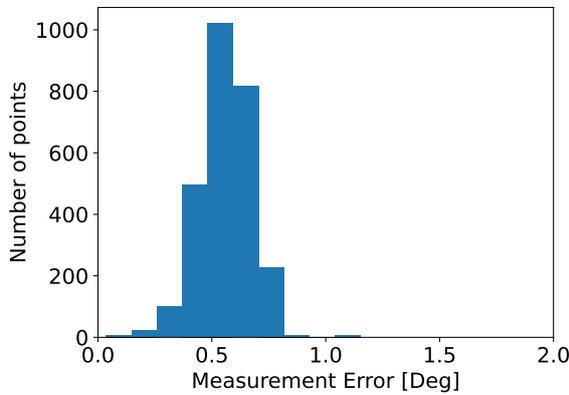


図 11: 標準偏差の分布

適化で得られたパラメータを用いて、想定される理論値を全ての日時について生成し、観測された傾きと想定される傾きの差の絶対値が、差の絶対値全体の標準偏差の3倍より大きいデータについては、これを取り除いた。取り除いた観測データについて、これを忠実に再現するよう、再度式(5)のパラメータ t_0 , t_0 , ϵ_e , α を最適化すると、表1に示すとおりになり、誤差は表2に示す通りになった。

4 考察

解析結果として、ほとんどのパラメータが広く知られている値と近いものになった。しかしながら、近日点について、実際の値である1

地球	本研究で得られた値
近点年 P_e	365.422 日
軌道離心率 ϵ_m	0.017
近日点 t_0	2015 年 10 月 17 日
地軸の傾き α	23.846°
春分の日	2015 年 3 月 20 日 7 時 36 分

表 1: 地球の軌道要素

地球	誤差
近点年 P_e	+0.015, -0.017
軌道離心率 ϵ_m	+0.001, -0.001
近日点 t_0	+1.579, -1.711
地軸の傾き α	+0.016, -0.014
春分の日	+0.074, -0.066

表 2: 軌道要素の誤差

月上旬とは大きくかけ離れた値となっている。これは、近日点 t_0 を含む項 $2\epsilon_e \sin \frac{2\pi}{P_e(t-t_0)}$ と $2\epsilon_e \sin \frac{2\pi}{P_e(t'_0-t_0)}$ が互いに軌道離心率 ϵ_e を持っており、これらの項が残りの項 $\frac{2\pi}{P_e}(t-t_0)$ と比較して非常に小さいことにより、フィッティングに与える影響が小さくためであると考えられる。

また、図 12 において、2000 日以降で、観測データの頂点付近が欠損しており、 $\psi(t) = -10$ の領域においても、2000 日以降でデータの連続的な欠損が見られる。これは、一度フィッティングした際に得られたパラメータから生成した理論値と、この時期の観測値の差が、全体の差の標準偏差の3倍を上回っていたためであるが、このように、ある時期以降において、同じ領域のデータがそのような特性を示すことは稀であるため、何らかの誤差があると考えられる。

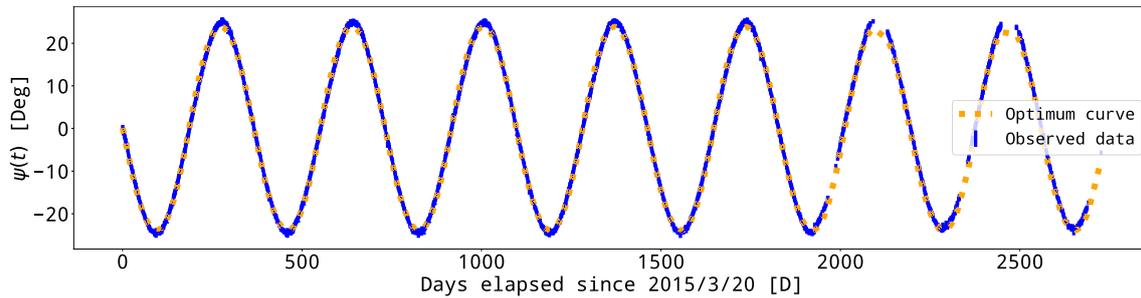


図 12: 明暗境界線の傾き $\psi(t)$ の時間変化

5 まとめ

本研究によって、一般に公開されているデータとプログラミングを用いて、明暗境界線の時間変化を測定し、数理モデルに当てはめることで、近点年や地軸の傾きといった軌道要素を導出できることが確かめられた。

しかしながら、ある時期以降においては、何らかの誤差の影響で、フィッティングしたモデルから導出された理論値と、観測データに大きな差が生じている。また、近日点についてはモデル全体に与える影響が小さく、実際の値と乖離した値を得た。そのため今後は、これらの問題を解決するために、ひまわり8号の運用情報や撮影されたデータを確認し、観測機器による誤差の有無を確認した後に、より正確に明暗境界線を検出し、近日点のフィッティングを行える方法を研究したい。また、本研究をはじめとした様々な分析活動から構成される「数理モデルの構築から実データの解析に至るまでのプロセスを学習可能にする教育プログラム」の内容に基づいたイベントを、産学間連携推進室で開催されている「INDEPENDENCE SERVER DAY」等小中学生向けイベントの派生として、科学的活動に興味がある小中学生に対して行うのみならず、産業界においても、プログラミング教育のチュートリアルなどとして行いたい。

6 謝辞

本研究は、名古屋大学教育学部附属中・高等学校の大羽徹教諭にご協力いただきました。また、本論文で使用した画像の一部は、名古屋大学理学部の石川陽氏よりご提供いただきました。

使用したデータは、NICTサイエンスクラウドひまわり衛星プロジェクト ひまわり衛星データアーカイブ [2] から取得しました。

参考文献

- [1]杉原悠太, 石川陽, 山中孝太郎, “気象衛星の画像解析から求めた地球と月の軌道,” 第15回日本物理学会 Jr セッション, 2019, 17JPSB-24.
- [2]NICT サイエンスクラウド ひまわり衛星プロジェクト, <https://sc-web.nict.go.jp/himawari/himawari-archive.html>.
- [3]G. Bradski, “The OpenCV Library,” *Dr. Dobb’s Journal of Software Tools*, 2000.
- [4]C. R. Harris *et al.*, “Array programming with NumPy,” *Nature*, vol. 585, no. 7825, pp. 357–362, Sep. 2020. DOI: 10.1038/s41586-020-2649-2. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2649-2>.

- [5] D. Foreman-Mackey, D. W. Hogg, D. Lang, and J. Goodman, “Emcee: The mcmc hammer,” *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, vol. 125, no. 925, pp. 306–312, Mar. 2013, ISSN: 1538-3873. DOI: 10.1086/670067. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1086/670067>.
- [6] 気象庁気象衛星センター, ひまわり 8 号・9 号の運用計画, <https://www.data.jma.go.jp/mscweb/ja/info/plan.html>.
- [7] 横田寛伸, 佐々木政幸, 静止地球観測衛星「ひまわり 8 号および 9 号」の紹介, <https://www.data.jma.go.jp/mscweb/technotes/msctechrep58-3.pdf>.

ActivityPub に関する 文献・実装の制作について

2023/06/02

筑波大学 情報学群 情報科学類 産学間連携推進室

情報科学類 4 年 202010545 一木祐介 [s2010545@u.tsukuba.ac.jp]

情報科学類 4 年 202011095 大本和輝 [s2011095@u.tsukuba.ac.jp]

概要

Twitter や Facebook などの著名な SNS は、その多くが単一の団体や企業によって管理されている。このような SNS を中央集権的 SNS という。これらに対し、複数の運営者が管理する互いのサービス間が連携し、別々のサービスに属するユーザー同士の伝達が可能な SNS を非中央集権的 SNS という。ActivityPub は非中央集権的 SNS を支えるプロトコルだが、インターネット上にはそれをサポートするための実装のために参考にしてできる体系的な資料は存在せず、さらに ActivityPub の仕様書を読むだけでは不十分なため、既存実装や断片的な内容の資料を参考にすることがある。そこで、本計画では、実際に ActivityPub をサポートするための体系的な資料および参考実装を作成することを目標とする。結果として、各種仕様に基づいた簡素な参考実装、および実装用の仮ガイドと ActivityPub の仕様書の日本語訳を作成することができた。

中央集権的・非中央集権的 SNS

中央集権的 SNS とは、特定の団体または企業が、彼ら自身のみを主体としてそのサービスすべての運用・管理を実施しているような SNS のことである。事例には Twitter, Facebook, Instagram などが挙げられる。一方で、非中央集権的 SNS とは、複数の運営者が建てた互いのサービス間で情報を伝達し合い、別々のインスタンスに属するユーザー同士のコミュニケーションが可能な SNS のことである。相互的な情報伝達およびそれが発生するインスタンスのまとまりを連合 (federation) という。非中央集権的 SNS の事例には Mastodon, Pleroma, Misskey などが挙げられ、これらのソフトウェアは ActivityPub というプロトコルに従って連合が実施される。多くの非中央集権的 SNS では、企業が営利目的で運営する中央集権的 SNS と遜色ない機能が実装されており、例えば文章の投稿や、リプライ機能を介したユーザー同士のコミュニケーションがサポートされている。また、中央集権的な SNS ではただ一つのサービス運営元を信頼した上で投稿内容をサーバーに預ける必要があるが、非中央集権的 SNS ではインスタンスを自分で運営して利用したり、信頼できる他人が建てたインスタンスの上で利用したりと、様々な事情に合わせたインスタンスの選択が自由にできる点も特徴の一つである。さらに、非中央集権的 SNS では連合機能によって他インスタンス上のユーザーとやり取りが可能でありつつ、各インスタンスで独自要素を追加提供することも可能である。

2023/06/01 現在の非中央集権的 SNS の全体の利用状況として、約 23,000 件のインスタンスが約 710 万ユーザーを抱えており、それらが相互に連合しあっている¹。

¹ <https://the-federation.info/>, 2023/06/02 にアクセス

ActivityPub

ActivityPub は、Activity Streams 2.0 に元づいた「非中央集権的なソーシャルネットワーキング」を実現するためのプロトコルである²。ActivityPub を実装したインスタンスは、それらが交互に通信をすることによって「連合」を実現する。ActivityPub の実装を持つソフトウェアには Mastodon や Misskey、Pleroma などの SNS ソフトウェアがある。それぞれは全く異なる Web アプリケーションだが、ActivityPub の仕様にある Actor(ユーザー)や Note(投稿)などの共通したリソースを互いに伝達しあう。

ActivityPub の仕様書および関連文献の集約

我々は、普段から Misskey というソフトウェアを日常的に利用しており、自らの手で ActivityPub 互換のソフトウェアを作って連合のネットワークに参加したい、という興味を持っていた。そこで、インターネット上で実装の参考となるような資料がないか調査したが、ActivityPub はその仕様書および関連する仕様書のみを参考にするだけでは実装の見通しは立たなかった。また、他の資料は断片的なものが多く、単独の資料のみで実装まで実施できるようなものは見つからなかった。実際、2018 年 2 月頃の Pleroma 開発者のブログには、「(ActivityPub の)仕様は、連合機能を実装するのに重要となる機能の説明が不足しており、Mastodon と互換性を持つような実装を作ることになるだろう」とも書かれていた³。

ActivityPub 互換のソフトウェア開発における現状の問題

ActivityPub 互換のソフトウェアを実装する際に有効に活用できるような文献があまり多くないことは、非中央集権的 SNS の世界にとっての問題である。W3C による英語の仕様書や、先述したソフトウェアのソースコード、またそれらの開発者の英語のブログ記事、仕様の部分的な解説をしている日本語の記事はあるが、共通して連合の実装詳細に関して体系的にまとめた資料にはなっていない。そのため、実装者は資料を注意深く読み、必要な情報を見極めるのに時間がかかるため、ActivityPub の学習コストは高いといえる。これは、非中央集権的 SNS のための新しいソフトウェアが生まれづらくなったり、既存ソフトウェアのメンテナが減少する可能性に繋がってしまう。これらの問題に対して、既存の SNS ソフトウェアを ActivityPub 互換にするための体系的な実装ガイドと参考実装の作成をすることが一つの解決策となると考えた。

実装ガイド(仮)と参考実装の作成

我々は「要件定義と実装」の両者の関係を重視して、文献と参考実装の作成に取り組んだ。

一木は、主に既存の文献を集約・整理し、実装役に読んでもらうための実装ガイド(仮)を作成して要件定義を提供した。

大本は、主に SNS が持つ基本的な機能の実装を行ったり、実装ガイド(仮)を参考にして連合に必要な機能の実装を行ったりして、実装を提供した。

なお、実装ガイド(仮)は、Scrapbox と GitHub Issue に作成した、集約済みの情報やそれによる要件定義のことを指す。ある機能の要件定義が作られるまでには、まず Scrapbox に他実装で該当する処理の部分や収集した文献をメモしておき、最終的な要件定義を GitHub Issue に記述する、という順序になっており、その過程において発生したメモや要件定義の集まりのことを実装ガイド(仮)と呼ぶ。

² <https://www.w3.org/TR/activitypub/#abstract-0>, 2023/06/02 にアクセス

³ <https://blog.soykaf.com/post/pleroma-encyclical-activity-pub/>, 2023/06/02 にアクセス

参考実装は GitHub 上で管理されており、差分を加える際には片方が動作確認を含めたレビューを実施することで、仕様に反したコードの混入を防止した。加えて、それぞれの差分によるバグの追加を防ぐため、自動テストの機構も用意した。このように、実装に至るまでの記録を残しておきながら、すべての差分を検証するような手法を採用したことで、第三者が実装の背景を把握しやすくなり、参考実装や実装ガイドの強健さや有効性の裏付けが得られたと考える。

一木のタスク・成果

一木のタスクは、三つの段階に分けられる。まず、ActivityPub の仕様を日本語話者にとっても読みやすくするため、W3C で公開されている ActivityPub の Specification を日本語訳する。次に、連合を行うために仕様準拠する必要がある点を整理し、実装ガイド(仮)を作成する。これを大本に渡し、実装を進めてもらう。大本から質問があったときは、既存の文献を調べて実装ガイド(仮)の更新を行い返答する。また、質問とそれに対する回答を記録する。加えて、実装のレビューも随時行う。

ActivityPub 互換となる実装がある程度作成できたら、その時点での実装ガイドを作成する。これは、今までの実装ガイド(仮)を作ったときの情報を元に、実装役のレビューも受けながら作成し、最終的にはインターネット上に公開することを予定している。

今年度は、ActivityPub の仕様書の日本語訳が完了した。ただし、6 章の「クライアントーサーバ間の振る舞い」については、実世界でサポートしている実装が非常に少なく、連合にも関係しない事項のため翻訳対象から除外した。次に、実装ガイド(仮)として Scrapbox や GitHub Issue に連合用実装のための情報を集積した。特に、GitHub Issue は現状の我々の minimal な実装と要求される機能を照らし合わせた上で作成しており、「Issue に沿うだけで実装が完了できる」程度に実装に近づいた要件定義を提供することができた⁴。

最後に、今回実装が用意できたりリモートフォローと投稿の配送に関する事項についての道筋をまとめた実装ガイドは、現在制作を進めているところである。Scrapbox からその一部を閲覧することができる⁵。

大本のタスク・成果

大本のタスクは、二つの段階に分けられる。タスクの 1 つ目として、ActivityPub 互換の SNS ソフトウェアを作成する。まずは ActivityPub 互換ではない、かつ minimal である純粋な SNS ソフトウェアを作成する。次に、そのソフトウェアを元にして一木から提供される要件に準拠するように実装を変更する。タスクの 2 つ目として、作成した SNS ソフトウェアをインターネットに公開し運用する。

今年度は、一番最初のタスクとなる純粋な SNS ソフトウェアを作成した。また、その実装を変更して投稿やフォローの情報を配送できるものを作成した。そのため他 SNS ソフトウェアから、今回作成した SNS ソフトウェアに存在するアカウントをフォローしたり投稿を確認したりできるようになった。図 1 は、ActivityPub 互換の SNS ソフトウェアである Pleroma から、今回作成した SNS ソフトウェアに存在するアカウントのプロフィールページの画面である。そのアカウントをフォローしたり投稿を表示できていることがわかる。

⁴ 実装ガイド(仮)と要件定義の一例: [Scrapbox](#) から要件定義に対応する [GitHub Issue](#) が作成され、実装となる [GitHub Pull Request](#) が得られた。

⁵https://scrapbox.io/ac-activitypub/ActivityPub_互換にするための道筋



図 1. 参考実装によるアカウントのフォローと投稿の配送を受け付けた Pleroma の様子

ActivityPub 互換の実装を追加するにあたって、100 個以上のテストケースを作成して仕様に準拠していることを確認した。また、実装全体として、仕様や慣習の情報をコード内にコメントとして残すことを意識した。そのため、これから実装する人が実装ガイドと合わせて理解しやすくなったと思われる。

現在の実装は、信頼できる限られた人だけがアクセスできる環境であることが前提として作られており、登録時のメールアドレスの要求や、API のレートリミットを設けるなどの一般的な不正対策は含まれていない。そのため、参考実装を利用したインスタンスは未だインターネット上で運用されていない。

まとめ

本プロジェクトでは、「ActivityPub の仕様を理解しやすくする」ことを目標として、実装ガイドと参考実装を、第三者からも実装の根拠が検証しやすいような手法を用いて実施した。また、ActivityPub の仕様書の日本語訳も作成した。

今後の展望として、開発したソフトウェアが実際に動くことを確認できるように、AC 部屋のリソースを利用してサービスの運用を行い、連合のネットワークから誰でもインターネット上でアクセスできるようにすること、また、作成した実装ガイドも公開することを検討している。

中学生向け産学官連携 ICT 教育イベント開催の総括

～ サーバ構築実習イベント「インデペンデンス・サーバー・デイ」の継続的な開催 ～

2023 年 6 月 3 日 筑波大学情報科学類 産学間連携推進室 活動成果報告会

ICT 教育イベントプロジェクト代表 根本 晃輔 [moneto@coins.tsukuba.ac.jp]

協力：産学間連携推進室 関口亞聖、太田弘樹、小川広水、服部真吾、一木祐介、大本和輝

概要

産学間連携推進室においては、2016 年度より茨城県つくば市総合教育研究所¹、および筑波大学発ベンチャー企業数社²等と協力し、茨城県つくば市の中学生を対象とした実践的な産学官連携 ICT 教育イベント「インデペンデンス・サーバー・デイ」を運営している。本イベントは、各受講生に固有の物理サーバ（シングルボードコンピュータ 1 台）とグローバル固定 IPv4 アドレスを配布し、受講生にネットワーク・サーバの動作原理、構築や運用の方法、運用上重要なセキュリティ対策等を学んでもらうもので、受講生は本イベントの開催期間中だけでなく、イベントの後もサーバを継続して運用することができる。本イベントの目的は、高度情報化社会に顕著な「クラウド化」の傾向の中で、特に情報技術に強い興味を持つ生徒らに対し、自主学習の難しい「物理的なサーバの動作や運用」の学習機会を提供し、更に高度な情報技術の学習に向けての橋渡しを狙うことにある。本報告においては、2022 年に開催した「インデペンデンス・サーバー・デイ 7」の開催報告、2016 年以降の継続的な開催の中での形式の変遷や考察、また 2023 年 8 月に開催予定の「インデペンデンス・サーバー・デイ 8」に向けての取り組みについて述べる。

1. 序論

2020 年度の小学校教育における「プログラミング教育」の必修化を契機に、近年、若年層へのプログラミング教育に対する注目・関心が急速に高まりつつある。特に 2010 年代後半以降においては、官・民の別を問わず、多様な難易度の若年層向けプログラミング・情報技術教育イベントが開催されている。

¹ つくば市教育局内の組織で、教育における情報技術の導入・運用を専門的に扱う組織。物理的な施設はつくば市大形 1333-1（旧大形小学校）に所在する。

² 2023 年 6 月時点での協力組織は、ソフトイサー株式会社（代表取締役 登 大遊 氏）、輝日株式会社（代表取締役 佐藤 大哲 氏）、太平電算（代表 根本 晃輔）である。本イベントの開催に当たり、各組織にはネットワーク資源・各種機材・運営学生への謝金等の協力を頂いている。

1-1. 高度な技術の学習機会の必要性

官民の主体を問わず開催されている「プログラミング」に関連するイベントについて、簡易なビジュアルプログラミング環境である Scratch³や、ビジュアルプログラミングを介して物理的なパーツを動作させオリジナルのロボットなどを設計することのできる LEGO MINDSTORMS⁴、小中学生に高い人気を誇るサンドボックスゲーム環境を基盤として簡易なプログラミングに習熟できる Minecraft などの環境を用いて簡易的なプログラミングを学ぶようなものについては、さまざまな企業・団体により、日本各地で同様のものが開催されている。公立小中学校における「プログラミング教育」の運用、または部活動における「プログラミング」の取り組みの拡大もあり、小中学生の児童・生徒らにとって、簡易なプログラミングを学習するための土壌が成立しつつある。

しかし、これらの「世間一般における取り組み」のほとんどは、あくまで特定のプラットフォームの範囲内で簡易なプログラミングのみを取り扱うものであったり、運営主体が異なっても特定の教材・教具を用いたワンパターンなものばかりであったり、果ては「プログラミング未経験者可」として講師の求人がなされているものがあつたりと、イベント・講座内で技術の学習が閉じており、情報技術全体の学習への発展性のないものと言えるだろう。それらより高度な内容に当たる「テキストベースのプログラミング」や「サーバ・ネットワークの構築実習」「オリジナルのサービスの設計や構築・保守」を取り扱う、若年層を対象とし、なおかつ気軽に参加できるようなイベントは、2023年6月現在においても、ほとんど存在しないと言える。

また、学校教育などの場における「プログラミング」の内容をほとんど理解してしまっている児童・生徒らにとっては、学校や各種のイベントが取り扱う内容より高度なことに取り組んでみようとしても、それを牽引してくれる、あるいは困った時に相談できる「IT関連の正しい知識・技術を持った大人」を周囲に見つけることが難しく、結果として高度な知識・技術に触れる機会を失っているという現状が挙げられる。学校・地域の特性如何で、学校に掲示されたポスター等から高度な技術イベントの存在を知るようなことさえも難しいケースも多い。保護者に IT 関連の知識があり、各家庭において教育ができることが最善であるが、IT 技術に習熟した保護者の全体数はさほど多くはないと推測される。

³ 一般にはキャラクター（画像）の動きをプログラミングするものであるが、発展させてゲームを制作したり、動画作品のようなものを制作したりすることが可能である。

⁴ 2000年代初頭から同名のシリーズが展開されているが、現在販売されているものは当時より高性能・高機能なシステムとなっている。また、一部の教育機関が実際に教育の場に取り入れているなど、活用事例も豊富になってきている。

中学生・高校生といった若年層がサーバ構築やネットワークに関する専門的な技術を学ぶための教育イベントの例としては、サーバ・ネットワーク等が強く関連する「情報セキュリティ」の高度な学習を主題とし、毎年8月に独立行政法人情報処理推進機構（IPA）によって開催されている「セキュリティ・キャンプ⁵」が存在する。しかし、セキュリティ・キャンプは全国の22歳以下の学生・生徒を対象としたものであり、年齢に基づく対象層は大学生・一部の大学院生までと幅広いことから、参加者全体に占める中学生の割合は非常に低い。また、参加に当たっては応募課題の回答内容による書類審査の過程も存在するため、中学生・高校生にとってはやや敷居の高い環境である。

なお、もちろん「セキュリティ・キャンプ」に積極的に参加している中学生・高校生は存在するものの、その絶対数は少ない。例えば2018年の開催回においては全体の参加者85名中、高等専門学校の参加者が7名、高等学校の参加者が4名、中学校の参加者が1名、中等教育学校の参加者が1名であった。

「セキュリティ・キャンプ」は、情報セキュリティの第一線に立つ技術者がそれぞれの専門分野の講義を行う、極めて高度な内容を扱うイベントとして知られている。情報技術に興味・関心がある中学生・高校生にとっては、先に述べたように、いきなり「セキュリティ・キャンプ」等の高度なイベントに応募することのハードルは相応に高いものとなるであろう。また、応募課題に対して回答するための知識・技術を身に着けるための場が身近にある中学生・高校生は決して多くない。最初から「セキュリティ・キャンプ」に参加できるような知識・技術を持ち合わせているような生徒でなくとも、将来的にこのような先進的なイベントへの参加を見据えた上で、受講生が自らの知識・技術を高めていけるような場が求められていると言える。

このように、児童・生徒らにとって実践的な学習機会が不足している、より詳細に言えば「学校教育における情報技術の学習に満足していないが、セキュリティ・キャンプのような高度なイベントに参加するための知識・技術を有しているレベルには至っていない」児童・生徒らが「より高度な学習機会にアクセスするための、学校教育より高度で実践的な知識・技術を得る」ための場がないという状況は、将来にわたって各種の技術を維持・活用するための高度なIT人材の育成という観点から、大きな損失を招きうるのではないかと考えられる。

⁵ 情報処理推進機構「セキュリティ・キャンプ」>「セキュリティ・キャンプ事業紹介」
<https://www.ipa.go.jp/jinzai/security-camp/about.html>

1-2. クラウド化の傾向、物理的なネットワーク技術の学習機会の減少

近年の情報化社会に顕著な「クラウド化」の傾向は、情報技術を専門としない一般的なユーザにも、容易かつ安価に大規模なコンピュータ・ネットワーク・サーバを取り扱うことを可能にした。2000年代初頭から存在するような「レンタルサーバ⁶」だけでなく、AWSやGoogle Cloud Platformなどの「クラウドコンピューティングサービス⁷」は急速に知名度を獲得し、商用の大規模なサービスに用いられている例も多く存在する。

確かにこれらのサービスを用いることで、何らかのWebサイト、あるいはアプリケーションを公開したいユーザにおいては、本来は大変複雑な「ネットワーク・サーバ」に関する操作を最低限とし、Webサイト、あるいはアプリケーションの開発そのものにリソースを集中させることができるだろう。しかし視点を変えれば、これらの技術を用いることで、ユーザはネットワーク・サーバ環境そのもののハードウェア・ソフトウェア的な動作について詳細に理解することなく、環境を利用するために必要な表層的な知識・操作方法のみを習得すれば良い状況が生まれてしまうと言えよう。したがって、これらの技術の発展は、それぞれの物理的な環境を動作させるための複雑な実装にユーザが直接触れる機会を減少させるものとなりうるのである。レンタルサーバ、クラウドコンピューティングサービスに関連する諸技術の発展以降、情報技術に強い興味や関心を持つ子供らにとって、物理的なサーバの動作や、インターネットとの直接の繋がりを知覚する機会は次第に失われつつある。

1-3. ICT教育イベント「インデペンデンス・サーバー・デイ」の運営

このような背景を踏まえ、産学間連携推進室ICT教育プロジェクトでは、2016年以降、グローバルIPアドレスと物理サーバを用いたサーバ構築・運用技術を学ぶ産学官連携ICT教育イベント「インデペンデンス・サーバー・デイ」を毎年継続的に運営している。本イベントは、つくば市総合教育研究所における通年のICT教育イベント「キッズプロジェクトプログラミング講座」の一環として実施されているものであり、「インデペンデンス・サーバー・デイ」は小中学生の夏休み期間に開催されるイベント「つくばプログラミングフェスタ」内の1講座として開催されているものである。

⁶ 一例として、さくらインターネット株式会社による「さくらのレンタルサーバ」は、年額1,500円ほどから利用できるなど、低価格で利用しやすいことで有名である。商業用途に利用できるエディションも提供されている。

⁷ これらのクラウドコンピューティングサービスは、利用したい時に利用したいだけの資源を都度課金にて利用できるという手軽さから、個人用途から商業用途まで幅広く用いられている。

本イベントにおいては、将来の優れた IT 人材となりうる子供らに、サーバの基本的な構築方法や動作原理、セキュリティなど各種の先進的な問題について学習する環境を提供することを目標としている。

以降の章においては、本イベントの通算 7 回目の開催に当たり、2022 年 8 月に開催した「インデペンデンス・サーバー・デイ 7」に関する報告、2016 年以降の各回イベントにおける実施形式・講習内容の変遷や考察、また 2023 年 8 月に開催が予定されている「インデペンデンス・サーバー・デイ 8」に向けての取り組みについて述べる。

2. 「インデペンデンス・サーバー・デイ 7」の開催報告

2-1. 2022 年度開催「インデペンデンス・サーバー・デイ 7」の概要

産学官連携 ICT 教育イベント「インデペンデンス・サーバー・デイ 7」は、2022 年 8 月 22 日・23 日の 2 日間、両日とも 9:30 - 16:00 につくば市総合教育研究所において「つくばプログラミングフェスタ 2022」の 1 講座として開催され、つくば市の中学生 6 名が参加⁸した。なお定員 8 名に対し、応募者数は 60 名ほどであった。

2018 年以降、本イベントは事前のポスター・パンフレットなどでの広報に注力している。特に 2022 年度においては過去最高の応募者数を記録したことから、本活動が広く周知されている様子を窺うことができ、広報によって特に大きな成果を得られたと言える。例年見られる状況ではあるが、申し込み開始当日に申し込みを行う受講希望者、既に自宅でサーバを構築・運用した経験のある受講希望者が応募者に多くみられるなど、意欲的な受講生が多かったように思われる。

なお、「インデペンデンス・サーバー・デイ 7」の開催告知に利用したリーフレットは、次頁掲載の通りである。本リーフレットは、産学官連携推進室所属の学生のデザインによって、また協力組織の資金負担によって製作され、つくば市内の全ての公立中学校の生徒 6,500 名ほどに配布された。なお、同様のデザインであるポスターも、つくば市内の全ての公立中学校に掲示された。

⁸ 本来の参加者数は 8 名であったが、開催直前に 2 名欠席の申し出が生じたため、実際の参加者は 6 名となった。2022 年 8 月時点では新型コロナウイルス感染症拡大の影響が強く、対面開催形式の本イベントにおいてはその影響を強く受ける形となった。

INDEPENDENCE SERVERS DAY 7

- RETURNS -

インデペンデンス・サーバー・デイ・7

～つくば市中学生対象 サーバー・固定IPアドレスふれあいイベント～

2022.08.22^(月)/23^(火) 09:30～16:00
両日参加必須

1人1つ固定グローバルIPアドレスとサーバーを配布

自分専用の固定グローバルIPアドレスとサーバーを持ち、インターネットに専用線でこれらを直結し、世界に向かって自由にサービスを公開したいと思ったことはありませんか。このイベントでは、参加者の皆様に1台ずつ、サーバー(Raspberry Pi)を配布し、筑波大学のコンピュータ系の学生による講習のもと、自由にサーバーを構築していただきます。また、固定グローバルIPアドレスを1人1個配布し、イベント終了後も、各自のサーバーを設置しておける電源およびインターネット専用線接続環境をつくば市総合教育研究所内に用意します。「レンタルサーバー」や「クラウド」、「NATの内側」では味わえない、真のサーバーおよびインターネット直結環境を用いて、高度でセキュアなサーバー構築の体験をしましょう。

<p>講座内容</p> <ul style="list-style-type: none"> ● サイバーセキュリティ専門家による安全のための講義 ● インターネットサーバー構築に関する講義および実習 ● 専用設備内に設置されたサーバーの継続運用 <p>講師：筑波大学の情報科学類および大学院情報理工学位プログラム等関係者数名</p>	<p>開催情報</p> <p>対象：つくば市に在学している中学生 定員：8名(超過時は抽選となります) 料金：無料 場所：つくば市総合教育研究所 3F(予定) ※ご自分のPCをお持ちの方は是非ご持参ください。</p>
---	---

詳しくは <https://tsukuba.open.ad.jp> お申込み <https://www.tsukuba.ed.jp/~souken/>

主催 つくば市総合教育研究所 後援 筑波大学 情報学群 情報科学類 協力 筑波大学 OPEN プロジェクト ソフトイーサ株式会社 輝日株式会社 太平電算

図1：「インデペンデンス・サーバー・デイ・7」のリーフレット

2-2. 「インデペンデンス・サーバー・デイ7」の主催・後援・協力組織

本イベントの主催組織は、つくば市総合教育研究所である。後援組織である筑波大学情報科学類には、講座において利用する機材の貸与や費用の支援を受けているほか、産学間連携推進室の学生が本イベントの直接的な運営に関与している。協力組織である筑波大学 OPEN プロジェクトおよびソフトイーサ株式会社、輝日株式会社には、同様に機材の貸与や費用の援助、グローバル IP アドレスなどの提供を受けている。

本イベントの実施に当たっては、ソフトイーサ株式会社によってつくば市総合教育研究所の実習室内に光ファイバ線の引き込みが行われ、現在に至るまで「インデペンデンス・サーバー・デイ」において受講生が構築したサーバを運用するために活用されている。

また、産学間連携推進室内の「情報機器資源リユースプロジェクト」を中継し、筑波大学システム情報系技術室より、受講生が遠隔操作の実習・調べ物などで一時的に利用するための、情報機器資源リユースプロジェクトによってリユースされた Windows ノート PC 8 台（図 2 にその一部を示す）、ディスプレイ 13 台の貸与を受けている。



図 2：情報機器資源リユースプロジェクト・技術室経由で貸与を受けた Windows ノート PC

更に、イベント当日に受講生の実習の補佐をするスタッフとして、開催当初より筑波大学情報科学類の学類生有志、情報メディア創成学類の学類生有志、情報理工学位プログラム（旧・コンピュータサイエンス専攻）大学院生有志の協力を受けている。

2-3. 対象とする受講生について

本イベントの対象は、つくば市内に在学する中学生で、2022年8月22日および8月23日両日 9:30~16:00 の時間帯の全てを通して対面形式のイベントに参加できる、以下のスキルと意欲を持つ生徒とした。

- パソコン操作（キーボード、インターネット検索）ができること。
- 「TCP/IP」、「ポート番号」などの用語の意味・概念が少しわかること。
- インターネットサーバー構築に興味があること。

2-4. 講習内容について

本イベントでは、参加者のそれぞれに小型の ARM ボードである ASUS Tinker Board SR 2.0 を 1 台ずつ配布し、Tinker Board 上の debian で動作する Apache Web サーバを用いた基本的なサーバ構築手法と、HTML および CSS を用いた簡易な Web サイトの作成方法に関する講義・実習を行った。講習の様子を収めた写真を、次頁の図 3 に示す。

また下記に、講座において取り扱った内容の概略を箇条書きで示す。

- サイバーセキュリティ専門家による、公開サーバのセキュリティの講義・諸注意
- コンピュータの動作原理および OS の基本的な概念、および Linux の基礎についての講義と、ターミナルを用いたコマンドによるディレクトリ・ファイル操作の実習
- グローバル IP アドレスとホスト名の設定を実習形式で行ったのち、ping、traceroute、nslookup などのネットワークコマンドの操作方法に関する実習
- Tinker Board への Apache のインストールと基本的な設定、およびサーバ上への HTML コンテンツの配置
- HTML と CSS の記述による Web サイト制作の実習
- 実際にサーバをラックに設置したのち、サーバへの SSH・SCP による遠隔接続の実習、および遠隔操作方法に関する説明
- 自由な質疑応答コーナー「なぜなにコーナー」



図3：「インDEPENDENS・サーバー・デイ・7」開催の様子

なお、当日の講習においては、それぞれについてオリジナルのスライドを作成し学習用の教材とした。「コンピュータの動作原理および OS の基本的な概念、および Linux の基礎についての講義と、ターミナルを用いたコマンドによるディレクトリ・ファイル操作の実習」は小川氏が、「グローバル IP アドレスとホスト名の設定を実習形式で行ったのち、ping、tracert、nslookup などのネットワークコマンドの操作方法に関する実習」は太田氏が、「HTML と CSS の記述による Web サイト制作の実習」は西山氏（2023 年度卒業生）がそれぞれ教材作成・講義の実施を担当した。また、それぞれの分野の専門書を受講生らに配布し、事後の学習に役立ててもらえるように配慮した。

イベントで受講生らが利用した Tinker Board はイベント以後もつくば市総合教育研究所内に設置し、受講生が遠隔ログインを行って引き続き実習を行えるようにした（図 4 にその写真を示す）。また、単純なサーバの構築手法を解説するだけでなく、近年の中学生の関心の強い話題を用いてサーバ・ネットワークについて受講生により強い関心を持ってもらうため、図 5 のようなスライドを用いて「なぜなにコーナー」と称する自由な質疑応答コーナーを設け、参加者の中学生から寄せられたさまざまな疑問・質問に講師陣が回答した。

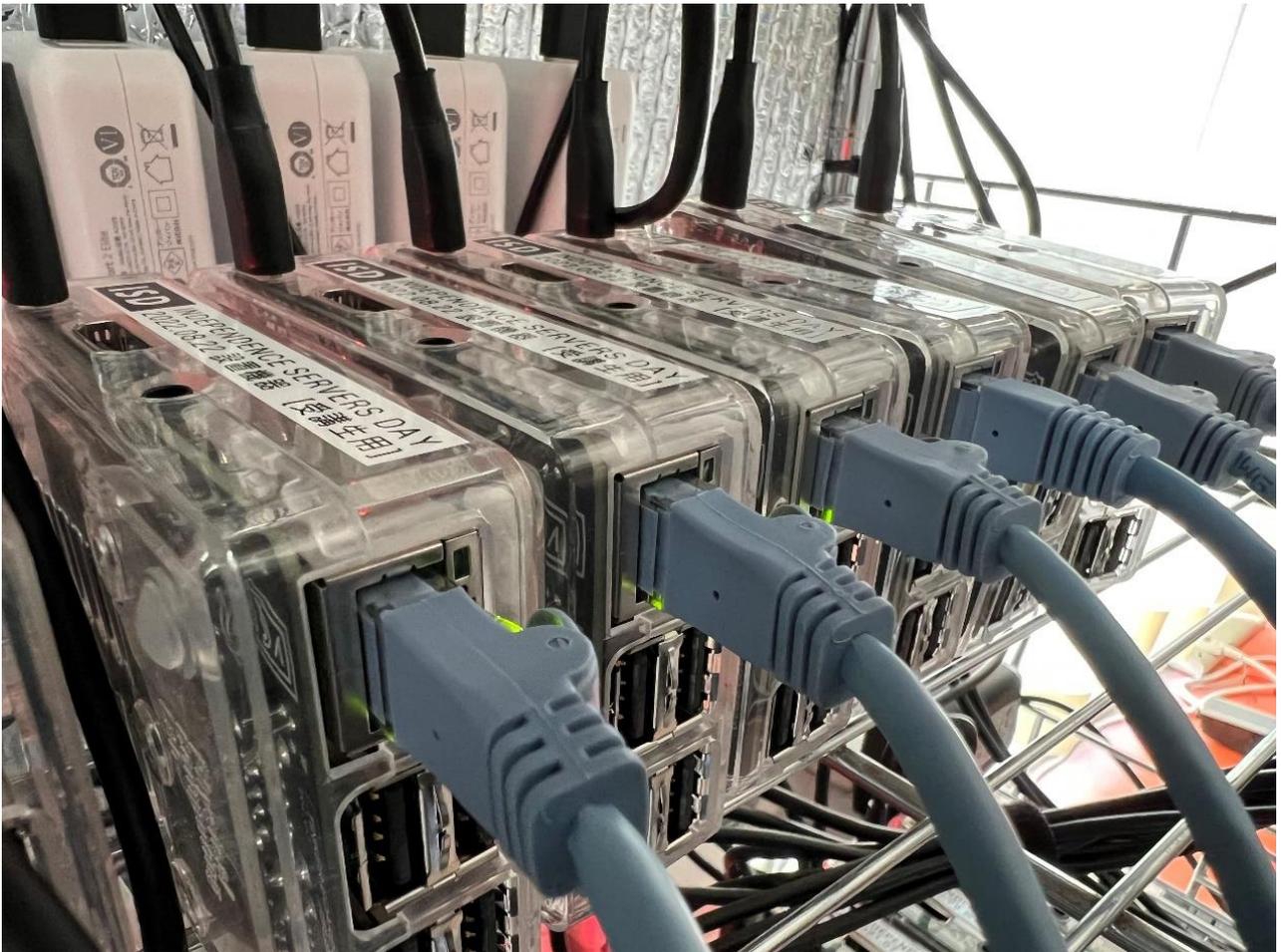


図 4: 「インDEPENDENCE・サーバー・デイ・7」において受講生が設置したサーバ

Q5. 講師の皆様はどうして情報技術に興味を持ったのですか？



A5.

1996 - 97 年頃に自宅にあった Macintosh の何らかのマシンを触っていたのが諸悪の根源でしょうか（ゲームしていた記憶があります）。

その後、1998 年頃に Windows95 を搭載した IBM Aptiva の PC が家に来てから道を踏み外した気がします。トラブルシューティング本を愛読し、CUI で system.ini を修復したのは懐かしい思い出。 [’94 生まれ 根本]



14

図 5: 「なぜなにコーナー」における質疑応答の例

また、本イベントはサーバの継続的な運用の実習の場としても活用できるようにするため、運用上の問題や技術的な質問などに回答するための連絡の場である Slack を設けるなど、受講生らの興味・関心を長期的に満たすことのできるような運営を行っている。図 6 に、Slack において実施された受講生とのやり取りの例を示す。



図 6： Slack における受講生との継続的なやり取り

2-5. イベント実施を踏まえて

本イベントにおいては、各回の受講生に対して「講座の難易度」や「扱った問題の難易度」「講座への感想」などの項目によるアンケート調査を実施している。「インデペンデンス・サーバー・デイ・7」においても、本イベントは中学校におけるコンピュータ（技術家庭科）の授業を易しいものと感じる受講生らにとって、学校の授業では扱わないような幅広い事項を 2 日で扱うというややペースの速い実習⁹であり、ある程度高い難易度でありながらも、楽しみながら実践的な内容を理解してもらえるイベントとなったと考えられる。

⁹ 筑波大学情報科学類において開設されている授業である「コンピュータリテラシ」を基準として考えれば、大学生が数週間かけて学習するような内容を 2 日でこなす内容となっていると言えるだろう。

3. 「インデペンデンス・サーバー・デイ」の各回実施における変遷

本イベントは、2016年8月からの計7回の実施の中で、その講義内容・実施形態について応募者層の変化、受講生（あるいは応募者）の反応、学習機材の調達市況等に基づき、さまざまな変化が生じている。まずは「インデペンデンス・サーバー・デイ」の初回の開催の概要について示した後、2022年度の開催に至るまでの変化の概要について、下記の通り示す。

3-1. 2016年：「インデペンデンス・サーバー・デイ」初回の実施

2016年8月23日に開催された「インデペンデンス・サーバー・デイ」には、定員15名に対し5名の受講生が参加した。当時は現在のようなリーフレットによる広報をほとんど行っていなかったこと、また他に類を見ないイベントであったことから、定員を大きく割り込んでの開催となった。

当該回におけるコンピュータやネットワークの概念に関する講義、サーバ構築の実習については、標準で利用するエディタが2016年の実施回のみviであったこと、また2016年当時は講座全体が1日での開催であったことを除き、2022年とほとんど変わらない内容の構成にて行った。サーバ上に展開するコンテンツについては、運営側が用意したPHPによるTwitter Botを展開する、といったものであり、その難易度に比して当日の講義・実習に十分な時間を用意できなかったことから、受講生の知識・技術のレベルを実習ベースで引き上げることへの課題が残る実施となった。

なお、当初は受講生が興味を持ってもらえると推定される題材として選定した「Twitter Bot」は、参加者内でのTwitterの利用率が極めて低かったこともあり、もとより受講生の興味・関心を集められるものでは無かったとも考えられる。

3-2. 2017年：「インデペンデンス・サーバー・デイ」2回目の実施

2017年8月2日に開催された「インデペンデンス・サーバー・デイ 2017」には、定員10名に対し10名の受講生が参加した。当該年より本イベントはつくば市総合教育研究所の「キッズプロジェクトプログラミング講座」に組み込まれ、同講座が夏休みに開催するイベントである「つくばプログラミングフェスタ」において、プログラミング・情報技術を扱ういくつかの他の講座と同日の開催となった。なお、現在では日程の都合上、「つくばプログラミングフェスタ」の他の講座と本イベントは別日での開催となっている。

前年度の開催からの変更点は、大きく分けて 2 点である。

そのうちの 1 点目は、講習中に受講生が利用する（講習において利用を推奨する）エディタを vi から nano に変更したことである。vi は有用なテキストエディタであり、講師・スタッフの多くが操作に習熟しているが、vi に初めて触れる受講生にとって、これを短時間で使いこなせるようになることは難しいものであった。一方で nano は vi より操作を行いやすく、また実習環境・他の多くの Linux ディストリビューション環境においても同様に操作を行うことができるため、受講生にとっては格段にテキストの記述が行いやすくなったと言えるだろう。これにより受講生のコンソール環境におけるテキスト編集の簡易性が増し、各種の設定ファイルの編集等をよりスムーズに進めることが可能となった。

2 点目は、サーバ上に展開するコンテンツを HTML および CSS から構成される Web ページとし、運営側で用意したサンプルファイルを受講生が各自のサーバ上に展開し、それを用いて基本的な HTML のタグや CSS による装飾を学ぶという形をとったことである。しかし、2017 年度に運営側で用意した Web ページのサンプルは一般的な企業のコーポレートサイトに近い、やや複雑な構成のものであったため、そのサンプルを受講生が自在に改変したり、受講生が自身のコンテンツを設置したりする例はほとんど見られなかった。

このように、実習に用いるソフトウェア、および実習を通して取り扱う題材については、前年の実施回より簡易かつ基本的な技術を用いたものとなったものの、運営側で用意したサンプルが複雑なものであったため、受講生にとってはそのサンプルを活用した学習が難しかったものと考えられる。この反省は、2018 年度の開催に大きく活かされることとなった。

3-3. 2018 年：「インDEPENDENS・サーバー・デイ」3 回目の実施

2018 年 8 月 1 日に開催された「インDEPENDENS・サーバー・デイ 3」には、当初の定員 10 名に対し多数の応募があり、抽選の結果として 11 名の受講生が参加した。なお、当該年も本イベントはつくば市総合教育研究所の「つくばプログラミングフェスタ」内において、他の講座と同日での開催となった。本イベントは他の多彩な、なおかつ集客力が大きいと思われる講座と排他的な申込形態をとるイベントであったが、本イベントのみの応募者数は定員の 4 倍程度であり、前年に比して格段の盛況が見られた。

前年度の開催からの変更点は、大きく分けて 3 点である。

そのうちの 1 点目は、受講生用サーバとして利用する機材を Raspberry Pi 3B から Raspberry

Pi 3B+ に変更したことである。この変更は、2018 年 6 月に日本国内で Raspberry Pi 3B+ が発売され、受講生向けに最新の、より良い環境を提供したいというモチベーションが生じたことによる。これにより、確かに受講生が利用するサーバの処理性能はある程度向上したものの、実際に受講生が実習を行う上で体感できるような変化、あるいは Raspberry Pi 3B+ でなければ行えなかったような実習・取り組みの内容の変化は生じなかった。一方で、Raspberry Pi 3B+ は Raspberry Pi 3 よりも発熱量が多く、サーバーラック内に密集させたことによる過熱、また過熱による動作の停止が見られた。このことから、Raspberry Pi 3B+ を利用したのは当該年度のみであり、Raspberry Pi 4 が発売されて以降の 2021 年に至るまで、引き続き Raspberry Pi 3B が利用されることとなった。

2 点目は、HTML および CSS のサンプルとなる Web ページを非常に簡易なものとし、HTML のタグ構造を読み取りやすく、また編集しやすくしたことである。これにより、受講生がサンプルページを改変する形での学習に取り組みやすい環境を整えることができたと言える。しかし、2018 年時点ではイベント開催は 1 日のみであり、イベント当日の実習時間を十分に確保できなかったことから、HTML および CSS を用いた Web ページの実習については、その多くが受講生の自主学習の範疇に組み入れられることとなった。この反省を活かし、2019 年度以降に導入される 2 日間開催の形態が検討された。

3 点目は、受講生がイベント終了後も本イベントのスタッフに気軽に技術的な相談を行えるよう、更なる発展的な学びの場としての環境を設けるべく、従前より用意していたメールでの運営への連絡・質問に加え、グループチャットシステムである Slack を用いてスタッフ・受講生の交流の場を開設したことである。しかし、受講生らの家庭の方針などからグループチャットシステムに加入するということへの敷居が高かったこと、Slack というツールの非技術者層への認知度が低かったこともあり、結果的に Slack グループに加入した受講生は参加者 11 名中 3 名であった。

3-4. 2019 年：「インデペンデンス・サーバー・デイ」4 回目の実施

2019 年 8 月 22 日・23 日に開催された「インデペンデンス・サーバー・デイ 4」は、前年度に講座の時間が不足したことを受け、2019 年 8 月 9 日に先んじて開催された「つくばプログラミングフェスタ」とは独立した 2 日間の連続的な日程にて実施する運びとなった。開催日程が異なることから「つくばプログラミングフェスタ」の他講座に申し込んだ受講生でも参加できる形態とし、講座当初の定員 10 名に対し 3 倍程度の申込があり、抽選の結果として 12 名の受講生が参加した。

前年度の開催からの変更点は、大きく分けて2点である。

1つ目は前述の通り開催日程を2日間とし、受講生がHTMLやCSSを用いて各自のコンテンツを制作する時間を2日目に集中して確保したことである。当日の運営スタッフが受講生の学習を適度に支援したことにより、受講生12名のうち11名がサンプルとなるWebページを改変し、あるいは独自のWebページを制作することによって、サーバ上に独自のコンテンツを展開することができた。

2つ目は、受講生が自主学習において利用するために配布している市販の技術書の難易度を落とし、より平易なものとしたことである。具体的には、従来はHTMLとCSSを用いたWebページの「デザインの技法」について扱う書籍を用いていたところ、当該年度においてはHTMLのタグの説明やCSSの指定の説明などの基礎的な内容を中心に扱う書籍に変更したものである。これにより、先に述べたHTML/CSSに関連する事項の実習時間の確保と併せ、受講生が独自のコンテンツを制作・構築することを大きく支援することができたと言える。

3-5. 2020年：「インデペンデンス・サーバー・デイ」5回目の実施

2020年8月17日に開催された「インデペンデンス・サーバー・デイ・5」は、同時期に流行した新型コロナウイルス感染拡大の影響を受け、従前の対面形式での開催とは異なり、Zoomによるオンラインでの開催となった。また、新型コロナウイルス感染拡大の影響により中学生の夏休み期間が短縮されたことから、前年度実施された2日間での開催は行われず、2016-2018年と同様に1日開催の形式となった。中学生にとっては学業、私事など多彩なイベントが短い夏休みに集中したこともあってか、2020年度の申し込み数は前年より少ない20名弱であったが、定員5名に対し倍率ベースで3-4倍程度の申し込みがあり、最終的に6名が参加したことから、抽選の倍率そのものは前年度と大きく変わらない状況であった。

2020年度の「インデペンデンス・サーバー・デイ・5」においては、オンラインでの開催であったことから、Raspberry Piの実機に触れてのネットワークの設定など、本講座の根幹を成す内容の一部を講師・スタッフが事前に行うこととなった。また1日開催であったことから、講座内で扱うことのできる内容も前年度より絞られることとなり、学習効果は前年の「インデペンデンス・サーバー・デイ」と比較し大きく低下してしまっただのではないかと思われる。

1日開催という状況自体は2018年までの実施形態に戻った、と考えればそれまでであるが、2018年までのイベントにおいて発生していた時間の不足は、本年においても発生することになってしまった。

3-6. 2021年：「インデペンデンス・サーバー・デイ」6回目の実施

2021年7月29日・30日に開催された「インデペンデンス・サーバー・デイ6」は、前年度の反省を生かし、新型コロナウイルス感染症対策を十分に実施した上で、Raspberry Piを利用した物理的なサーバのセットアップ過程のみ、全受講生を半数ずつに分けての対面開催を行い、HTMLやCSSによるWebコンテンツの制作過程については全受講生が同時にオンラインで受講するというハイブリッド形式を採用して開催された。2019年同様の「完全な2日間開催」とは至らなかったが、本講座における「物理的なサーバのセットアップ」という重要な部分を、対面で、受講生自らがサーバに触れる形で行うことができたことは大変に喜ばしいことである。

なお、講習の内容は概ね2019年に準じる形となった。2019年に引き続き「なぜなにコーナー」という自由な質疑応答コーナーを導入したことにより、受講生からの技術的な興味・関心に基づく積極的な質問が見られるようになった。また、短時間ではあるが「サーバ分解コーナー」という、実際にラックマウントサーバの中身を眺めることのできるコーナーを設けたのも2021年からの変更点である。

3-7. 2022年：「インデペンデンス・サーバー・デイ」7回目の実施

2022年8月22日・23日に開催された「インデペンデンス・サーバー・デイ・7」は、2019年以来の完全対面形式、および2日間全日での開催となった。ただし新型コロナウイルス感染拡大の影響から、受講生数は2019年同様とはならず、募集定員は8名に絞られた。なお、応募倍率は7倍近くと過去最高を記録し、実際の参加者は2名の欠席により6名となった。

2022年においては、半導体の価格高騰・急激な円安の進行等により、Raspberry Piを含めたシングルボードコンピュータの調達が著しく困難となった。次頁図7に、2022年7月22日時点でAmazon.co.jpにおいて記録したRaspberry Pi 3Bの販売価格を、図8に同日時点でのRaspberry Pi 3Bの価格推移グラフを掲載する。

そのため、2022年の「インデペンデンス・サーバー・デイ・7」の開催に当たっては、Raspberry Piの代替となるシングルボードコンピュータを選定するべく多様なシングルボードコンピュータ製品の比較・検討（使い勝手、性能、2022年当時の調達可能性の検証等）を行い、結果として2022年度のみASUS Tinker Board S R 2.0を採用することとなった。

Amazonおすすめ		
 <p>Raspberry Pi Raspberry Pi3 Model B Element14 ★★★★☆ ~ 7 ¥19,980 2022/7/29 金曜日~2022/8/1 月曜日 にお届け 配送料無料 残り20点 ご注文はお早めに</p>	 <p>Raspberry Pi 3 MODEL B RS UK製 正規代理店品 ラズベリーパイ 開発ボード ★★★★☆ ~ 29 ¥19,880 2022/8/10 水曜日~2022/8/17 水曜日 にお届け 配送料無料</p>	 <p>Raspberry Pi 3 Model b+ ラズベリーパイ3b+ 32GB microSDカード/5V/3A スイッチ付き電源/HDMI ケーブル/MicroSDHCカード... ★★★★☆ ~ 86 ¥33,980 ¥2,000 OFF クーポンあり prime 無料翌日配達 明日中7/23中にお届け</p>

図7：Raspberry Pi 3 ボードの価格（2022年7月22日に amazon.co.jp にて記録）



図8：Raspberry Pi 3B の価格推移（2022年7月22日に記録）

なお、2022年の「インデペンデンス・サーバー・デイ・7」は2019年の開催とほぼ同様の開催様式であったことから、2021年に追加された「サーバ解体コーナー」を除いては、2019年の開催当時より大きな変更点は生じていない。ただし、技術面においては ASUS Tinker Board S R 2.0 について、従前採用していた Raspberry Pi と概ね同様の扱いが出来るようにするため、Tinker Board S R 2.0 に導入する OS、また投入する設定等について、講師・スタッフを交えてさまざまな議論がなされた。

3-8. 「インDEPENDENS・サーバー・デイ」全体の変遷を通して

ここまでに述べたように、2016年の初回の実施から2022年まで7回の実施の中では、年ごとに前年度の反省を活かし、講義・実習内容を変化させている。全体の変遷の中での受講生を対象としたアンケート結果、および技術的な質問・サーバの利用状況の調査の結果やそれらの変化を照合することにより、講義・実習内容の変化が受講生にいくつかの変化をもたらしていることが読み取れる。その内容について、次の通り示す。

まずは2019年度の開催において、開催日程を2日間としたことにより、それまでの期間においては低かった「サーバ上への独自のコンテンツの展開」までを行うことのできている受講生、ひいてはイベント期間後にサーバを独自に活用している受講生の割合が急激に増加したことが挙げられる。2018年までの実施回においては、7~8割程度の受講生がサンプルファイルをサーバ上に展開したのみで学習を終えてしまい、また受講生に配布した書籍の難易度も高いものであったことから、受講生が独自にコンテンツを制作するための土壌が整っていなかった可能性が高いものと考えられる。

また、2016年の初回実施時にはPHPを利用したTwitter Botを制作する、という中学生にとって難解な題材を取り扱っていたところ、2017年からHTMLおよびCSSを利用したWebページの制作に題材を変更し、また2019年においては受講生に配布した書籍の難易度を従来より引き下げ、より基礎的な書籍を配布するように変更したことにより、受講生が新しいコンテンツを制作するためのイメージ作りや、そのコンテンツを制作するための技術習得に向かっていきやすい環境を整えることができたことが結果として表出しているように思われる。

次に、2018年度以降に設けた受講生・スタッフ共用のSlackグループチャット、また2019年度以降に設けた「なぜなにコーナー」において、いずれも前年より多くの質問が寄せられていることが挙げられる。このようにコミュニティを設けることにより、受講生らにとっては情報技術に関する多様な知識・技術の習得の場を獲得でき、講座の内容をベースとした自主学習を行う際だけでなく、自主的に多様な技術を学習していく際のサポートを受ける環境を整備することができるのである。なお、2017年までの間ではメールでの質問サポートのみを実施したものの、メールベースでの技術的サポートは受講生にとって難しかったようであり、実際に寄せられた質問の件数は2016年および2017年の2年間で1件のみであった。このことから、受講生のメールによる質問サポートを利用するモチベーションは相応に低かったことが読み取れる。

また、2019 年以降の開催においては技術的な質問の場として「どのような内容でも質問ができる」という趣旨の質疑応答コーナーを設けたことにより、メールベース・Slack ベースでの質問件数の倍近くの質問が寄せられたことも変化の 1 つに挙げられる。この質疑応答コーナーは、イベントの 1 日目のアンケート内に「何らかの質問を記入した場合は翌日の講習にて解説を行う」という趣旨の自由記述欄を設け、2 日目のイベントの最後にスライドを用いたプレゼンテーション形式にて質疑応答を行うものである。導入当初の 2019 年は 12 名の受講生から 8 件の質問が、最新の 2022 年は 6 名の受講生から 11 件の質問が寄せられ、その質疑応答を通して受講生に「講座の内容に限らない」情報技術に関する知識・技術を身に付けてもらう契機とすることができたように思われる。

4. 2023 年度の「インデペンデンス・サーバー・デイ」

2023 年度の「インデペンデンス・サーバー・デイ」は、2023 年 8 月 23 日 および 8 月 24 日に開催することが確定している。

成果発表会当日：2023 年 6 月 3 日時点においては、つくば市内の中学校に配布するリーフレットの作成途中であるため、その詳細が完全に確定している状態ではないが、2023 年の開催規模については、2019 年と同様なもの（定員 10 名・2 日間開催）となる予定である。新型コロナウイルスの影響も大きく弱まり、また対面・大人数でのイベントの開催が世間的にも受け入れられつつあることから、2020 年から 2022 年までの「インデペンデンス・サーバー・デイ」の限定的な開催によって得られた知見：たとえば「なぜなにコーナー」の効率的な運用、スタッフ・受講生間の Slack（に限らないが）コミュニティでの関係性の醸成、サーバ・ハードディスクなどの解体コーナーの運用等を引き続き運用・発展させることを目標としていきたいと考えている。

講座の本筋はもちろんのこと、講座から派生したさまざまな「興味を惹く」取り組みにも目を向けてもらえるよう、引き続き取り組みを進めていく所存である。

5. 総括と今後の課題

「インデペンデンス・サーバー・デイ」は、2023 年度以降も継続的に開催し、2016 年度～2022 年度と同様、産学間連携推進室のメンバーが講習資料作成や当日の運営に関与する予定である。「インデペンデンス・サーバー・デイ」の総括、および今後の本イベントの継続開催や、他種の発展的な ICT 教育イベントを行う上での課題について、次の通り記す。

5-1. 「インDEPENDENS・サーバー・デイ」の総括

「インDEPENDENS・サーバー・デイ」は、過去7年に亘る開催実績、およびその中で積み上げられてきた多様なノウハウの下、昨今の情報化社会において、地方自治体と地元の大学・ベンチャー企業が関与するという産学官連携の理想的な形の下、高い技術・知識を持つ意欲的な中学生に対し、より高度かつ実践的な技術・知識を学べる有意義な「情報技術者教育」の場を提供することができたと考えられる。受講者の満足度も高かっただけでなく、受講希望者ベースでは最初期に実施した「インDEPENDENS・サーバー・デイ」の12倍ほどの規模となり、ポスター・リーフレットを用いた広報、また過去の受講者からの口コミ等も含め、大きな成功を収めたと言える。

一方で、現在の本イベントは2日の中にさまざまな要素を詰め込む形の開催であることから、内容の取舍選択や講義速度の調節について、緻密な計画が必要となる。本イベントは先に述べた通り、今年度以降も継続して開催する予定であるが、引き続き講座で取り扱う情報量の精査・検討を行い、「受講生の理解」を第一に据えた適切な進捗で実習を進められるような改善を行っていく予定である。

また、本イベントの受講希望者数、および受講生へのアンケートにおいて、前年度に引き続き、「つくば市の中学生」の実践的なIT技術を取り扱うイベントへの参加の意欲が非常に高いことが分かった。アンケートの回答内容や、イベントのWebサイトへのインターネットコミュニティ上の反応などから、サーバ構築・運用について取り扱う本イベントの定期的な開催、また地域や年齢層などの規模を拡大しての開催だけでなく、以前産学間連携推進室が運営していた中学生向けイベントである「テキストベースのプログラミングに挑戦してみよう！」に代わり得るような一般的なプログラミング言語を用いたプログラミングの実習・アプリケーションの制作や、OSやネットワークの詳細な事項について掘り下げて取り扱うような多種の実践的なイベントを開催することが、将来活躍するであろう高度なIT人材の育成に強く求められているのではないかと考えられる。

5-2. 他種の講座の開設について

「インDEPENDENS・サーバー・デイ」、またかつて開催していた「テキストベースのプログラミングに挑戦してみよう！」の両講座における受講生向けのアンケートを通じ、情報技術に高い関心を持つ中学生から、引き続き多様な実践的技術を取り扱う講座の開催を望む声が挙がっていることが分かっている。

また、著者は中学生向けに筑波大学が実施している「夏休み自由研究お助け隊」内の講座「Arduino を使ってプログラムしてみよう」におけるメイン講師・教材作成担当を 7 年間務めているほか、「つくば SKIP アカデミー」において同系統の講座である Arduino プログラミング講座を運営した経験もあることから、高度な意欲を持つ中学生向けの ICT 教育に関する知見が蓄積されている状態にある。

2023 年度は「インデペンデンス・サーバー・デイ」の継続開催を軸におきつつ、つくば市総合教育研究所を始めとする関係組織と連携しながら、新型コロナウイルスに関連する影響の縮小を踏まえ、他種の講座の開催・「インデペンデンス・サーバー・デイ」の 2019 年の講座規模の復活という 2 つの目標を設定し、本活動をより発展的なものとしていくことを検討している。

新規に開設する講座の具体的な候補としては、下記のようなものが挙げられる。

● 簡易に取り扱えるマイコンボードである Arduino を活用し、ブレッドボードを用いた簡易な電子工作と組み合わせ、触って遊べるおもちゃ・ゲームを制作する。ある程度限られた予算・受講期間であっても、早押しゲームや記憶ゲームなど、受講生の記憶に残るような楽しい作品を制作することが可能である。性質上、先述の「夏休み自由研究お助け隊」と近い内容となることが想定される¹⁰。

● Java 言語や C# 言語などを活用し、Scratch で実装するようなキャラクターの描画を伴うプログラムを記述する。Scratch を既に体験したことのある生徒に受講してもらうことにより、Scratch など習得したプログラミングの手法が、実際の開発に用いられるプログラミング言語でも活用できることを学習してもらうことを目標とする。また、場合によっては、産学間連携推進室関係者が開発したオープンソースのゲームエンジン Altseed を活用し、簡易なゲームに拡張することも検討する。

● Raspberry Pi の GPIO ピンを活用し、各種のセンサなどの部品と連携したデバイスを制作する。Raspberry Pi の性質上、インデペンデンス・サーバー・デイで取り扱っているような単体でのサーバの構築が可能であるため、例えば「アクセスすると部屋の温度が実測値で表示されるサーバ」など、複数の要素を組み合わせた成果物を仕上げるのが可能である。ただ

¹⁰ 「夏休み自由研究お助け隊」では 2.5 時間の枠内で、Arduino を用いた LED の点灯から、スイッチと LED、ブザーを用いた記憶ゲームの制作までを取り扱っている。なお、一部に筑波大学情報科学類開設科目である「情報科学基礎実験」の内容と共通している部分があり、この点でも中学生にとっては応用的な内容を扱っていると捉えることが可能である。

し、内容の都合上 1-2 日での実施が難しいことが想定されるため、この内容での開催に当たっては開催日程やその対象についてよく検討する必要があるものと思われる。

5-3. 講座開催に伴う知見の共有について

「インDEPENDENS・サーバー・デイ」の開催を通して得られた知見については、産学間連携推進室のイベント運営者有志により「プログラミング教育講座の舞台裏」という自費出版書籍に取りまとめを行い、定期的に日本最大の同人誌即売会「コミックマーケット」にて刊行している。その様子を図9に示す。



図9：「プログラミング教育講座の舞台裏」の頒布の様子

「プログラミング教育講座の舞台裏」は、2019年8月に創刊し、2023年6月現在時点ではVol.05までが出版されている。Vol.01からVol.05までの累計発行部数は、現時点で600部弱に上る。「コミックマーケット」会場ではコンピュータ技術者、教育者、また情報技術教育に携わる方々によって多く購入されているようである。

6. 学会発表等に関する情報

2018年春時点までの「インデペンデンス・サーバー・デイ」に関する総括は、2018年3月13日 - 2018年3月15日に早稲田大学にて開催された 情報処理学会 第80回全国大会にて、学生セッション 6ZF-06「サーバ構築と運用の実習を通じた中学生対象の実践的なICT教育イベントの試み」として口頭発表を実施した。本イベントの性質上、学会のセッションにおいてはかなり異色の口頭発表となったものの、このようなイベントの開催を高く評価する声も多く、有意義な発表であったと考えられる。

2020年春時点までの「インデペンデンス・サーバー・デイ」に関する総括は、2020年3月14日にオンラインにて開催された 情報処理学会「コンピュータと教育研究会」第154回研究発表会にて、学生セッション[3]「サーバ構築・長期運用の実習を主題とする中学生向けICT教育イベントの継続的实践とその成果」として口頭発表を実施し、学生奨励賞を受賞した。情報技術教育に関する研究会において、本イベントの概況、およびその成果を発表できたことは、社会的にも大きな意義のあることであると思われる。

2020年夏以降の「インデペンデンス・サーバー・デイ」に関しては、2020年～2022年までの新型コロナウイルス感染拡大の影響下におけるイベント開催形態の変遷等も踏まえた内容として、今後の学会発表に向けた準備を行っている。

7. 謝辞

「インデペンデンス・サーバー・デイ」の開催に当たっては、関係各所の多くの皆様のご協力・ご支援を頂きました。

「インデペンデンス・サーバー・デイ」を継続して主催して頂いております つくば市総合教育研究所の皆様、ご後援を頂いた 筑波大学情報科学類 関係教職員の皆様、ご協力を頂いた 筑波大学 OPEN プロジェクトのご担当者の皆様、ソフトイーサ株式会社の皆様、輝日株式会社の皆様に、心より御礼を申し上げます。

また、いずれの講座にも当日のスタッフとしてご協力いただいた、産学間連携推進室のメンバーの皆様、筑波大学大学院・筑波大学の有志の皆様にも厚く感謝を申し上げます。

つくば NOC 運用報告

筑波大学 情報学群 産学間連携推進室

202020614 関口 亞聖 [s1611390@coins.tsukuba.ac.jp]

1 つくば NOC とは

つくば NOC は筑波大学術情報メディアセンター支援の元、情報科学類産学間連携推進室内サーバー室にて運用している NOC (Network Operation Center、ネットワークを構成する機材等を収容する施設) である。

本 NOC では通常の大学ネットワークから独立した別系統のネットワークを独自に運用しており、大学ネットワークでの運用や実施が難しいプロジェクトや実験 (不特定多数との間で大量のトラフィックを発生させるもの、大学外の一般に向けたサービスの運営、ハニーポットを用いたもの など) を実施している。また、この過程においてネットワーク運用に関する知見や技術の習得を目的としている。特につくば WIDE Project はこのつくば NOC を使用した主要な研究活動である。

2 つくば WIDE に関して

こつくば WIDE は 2007 年 11 月から産学間連携推進室により運用されている WIDE Project の拠点の 1 つである。WIDE Project は複数の大学など教育機関や企業の研究所などにより構成されたもので、大規模ネットワークの運用・研究のほか、安定した高品質なネットワークを一般の WIDE BB 利用者や研究者等に提供することを目的としている。つくば WIDE では、この WIDE Project の一部として、つくば地域において WIDE バックボーン (東京 大手町) と接続された NOC を運用している。2014 年には CTF シリーズを開催することで新たに情報セキュリティ分野での活動が行われた。つくば WIDE では現在、以下のようなプロジェクトを行っている。

2.1 パブリックミラーサービスの提供

主に日本国内向けに Linux OS (CentOS, Debian, fedora など) や各種ソフトウェア (Apache, GCC, Vim など) の配信を行うミラーサーバーである。

20TB のストレージレイを構成し、イメージなどの提供を行っている。おおむね 1 日 150 万~200 万件のリクエストがある。

つくば WIDE において、このプロジェクトは最も大きなトラフィックの発生を伴うプロジェクトである。

2.2 IPv6 公開トンネル / 公開 NAT64 実験

VPN (Virtual Private Network) 技術を用いることで誰でも簡単かつ手軽に IPv6 接続環境を得られるようにするトンネリング型サービスを無料で提供している。50~100 セッション程度が確立されている。本プロジェクトはソフトイーサ株式会社と相互に協力し共同で実施している。

また、つくば WIDE では、DNS64 および NAT64 により IPv4 アドレスでの公開されているホストへの接続も提供している。この NAT64 のサービスはプレフィックスを WIDE ネットワーク内で広告しているため、IPv6 アドレスだけを割り当てたクライアントも IPv4 で提供される Web サイトなどに接続できるようになっている。この NAT64 は公開トンネルプロジェクトの利用者にも提供されるため、手軽に IPv6 Only のネットワークを体験することができるようになっている。

2.3 学内向け中規模ネットワークの運用

産学間連携推進室のほか、学術情報メディアセンター、情報科学類 WORD 編集部、新城研究室にまたがる学内中規模ネットワークを運用している。このネットワークは学内ネットワークとは独立した実験環境が必要な場合や NOC ではない各組織の部屋内でサーバーを運用したい場合などに使用している。また、このネットワークの運用を通してネットワーク運用に関する技術や新しい知見の習得を目指している。

3 構成

3.1 対外線接続

つくば NOC と WIDE バックボーンとの間はレイヤ 2 で接続している。接続は筑波大学学術情報メディアセンター内のアクセススイッチと WIDE プロジェクトバックボーンの間では SINET の L2 接続サービスを、学術情報メディアセンター内と産学間連携推進室内では学内ネットワークの VLAN 接続を利用して接続している。

なお、学内ネットワークの借用と SINET の L2 接続サービスの利用は学術情報メディアセンターの多大な支援により実現しているものである。

3.2 経路

3.2.1 アドレスレンジ

IP アドレスは以下の範囲のアドレスを使用している。

IPv4 アドレス : 203.178.132.64/26

3.2.2 経路交換

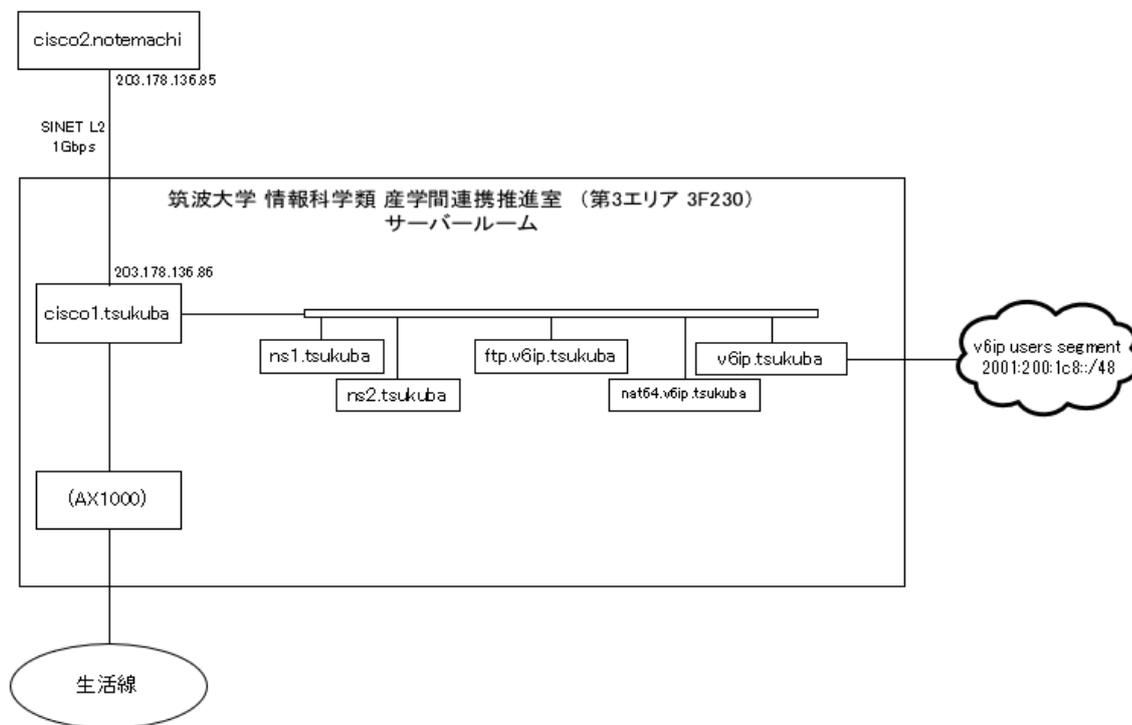
上記の対外線に関する記載の通り、筑波大学及び SINET とは直接的にルーティングを行える箇所は存在せず、経路交換は行っていない。

経路交換は WIDE バックボーンとの間でのみ行っている。ルーティングプロトコ

ルは IPv4 接続においては OSPF を、IPv6 接続においては OSPFv3 を用いている。

3.3 物理構成

筑波 NOC における物理構成は以下の図のようにになっている。



図中の「生活線」と記載された部分は、産学間連携推進室内および WORD 編集部内のパソコンやプリンタの接続、無線 LAN などの通常の LAN として使用しているネットワークである。

4 設備更新

4.1 パブリックミラーサービスの設備更新

パブリックミラーサービス（FTP つくば）はサービス提供開始から運用してきた機材の老朽化から近年機材トラブル（特にストレージに関するの）によるサービス提供停止が目立っている。そこで、今年度は FTP 関連機材の更新作業に着手した。なお、機材更新に関する詳細は別途案内する。

4.2 アクセススイッチの更新

産学間連携推進室内の LAN を含む、つくば NOC の運用に用いているスイッチ類について、一部機材の更新を実施した。

なお、アクセススイッチの更新に際しては今後実施予定のアップリンク 10Gbps 化計画を考慮して順次更新作業を実施している。

5 つくば NOC の今後

5.1 アップリンクの 10Gbps 化

現在、つくば NOC の対外説明では筑波大学学内 LAN と SINET の L2 接続サービスを用いて 1 Gbps にて接続している。恒常的な通信帯域幅としては不足していないものの、近年の広帯域環境におけるパフォーマンス測定などを実施するにあたり最大 10Gbps で疎通することのできる対外接続の必要性があると考えられる場面が目立つようになってきた。

そこで、対外接続の 10Gbps 化の実施を検討している。なお、実施に際しては学内接続の高速化に必要な物理的な構成変更のみならず SINET の L2 接続サービスで利用する帯域幅の変更必要となるため、学術情報メディアセンターと十分に協議の上実施する予定である。

つくば WIDE Project 公開ミラーサービスの運用

～ ftp.tsukuba.wide.ad.jp の機器更新とその運用 ～

2023年6月3日 筑波大学情報科学類 産学間連携推進室 活動成果報告会

つくば WIDE 所属 太田 弘樹 [s2220573@u.tsukuba.ac.jp]

協力：産学間連携推進室 根本晃輔、関口亞聖、小野村卓也、服部真吾、金子尚樹

1. つくば WIDE Project 公開ミラーサービスについて

つくば WIDE Project 公開ミラーサービス（以下 ミラーサービス）は、産学間連携推進室により運用されている つくば WIDE Project により、広く一般に提供しているサービスの1つである。本ミラーサービスでは、主に日本国内向けに Linux ディストリビューション（主に CentOS, Ubuntu, Raspberry Pi OS など）や、Linux 向けの各種ソフトウェア（GCC, Vim など）の配信を行っている。

本ミラーサービスには、1日当たり、概ね150～200万件のリクエストが発生している。つくば WIDE において、本ミラーサービスは、最も大きなトラフィックの発生を伴うプロジェクトである。

2. 2021 年度の機器更新について

本ミラーサービスは、少なくとも2012年以降2021年秋までの間、同一のハードウェア（汎用1Uサーバ、およびストレージレイの組合せ）において運用が続けられてきた。構築以降、概ね2020年頃までは安定運用が続いていたものの、2021年度、本ミラーサービスにおいて、サービスの中断を含む長時間の障害が発生した。

2-1. 旧機器構成

以下に、2021年以前まで利用してきたサーバの機器構成を示す。

- MB / Chassis: FUJITSU PRIMERGY RX200 S6
- CPU: Intel Xeron CPU E5606 @ 2.13GHz (4C4T x 2Socket)
- RAM:DDR3 72GB
- Storage: DELL PowerVault MD



図1：2021年まで運用されていた旧機器（19U-21U ストレージアレイ、23U サーバ）

2-2. 新機器構成

以下に、2021年に更新したサーバの機器構成を示す。

- MB / Chassis: DELL PowerEdge R530
- CPU: Intel Xeron CPU E5-2630v3 @ 2.13GHz (8C16T x 2Socket)
- RAM:DDR4 384GB
- Storage: Broadcom / LSI MegaRAID SAS 3 3108, 6TB HDD x7 RAID6 約 27TB



図2：2021年秋以降に運用している新機器

2-3. ミラー同期管理方式の変更

旧ミラーサービスでは、Jenkins を用いて各ミラーの同期を行っていた。しかし、Jenkins は Java を利用する都合上、それ自体の消費リソースが大きいことが欠点となる。

そこで、新しいミラーサービスでは、systemd を用いた同期スケジュール管理を行うように設計し、スケジュール管理に利用されるシステムのリソースを減らすことができた。

2-4. 機器監視・メンテナンス体制の見直し

旧ミラーサービスにおいては、長期的に安定稼働がなされていたこと、また以前の構築担当者が OB として引き続き運用に関与していたことから、管理体制の引き継ぎがうまくなされていなかったことが問題として生じていた。また、さまざまな機器の更新時に適切に監視体制が移行されなかったことなどが重なり、機器の監視が適切に行われていなかった状況であった。そのため、障害発生時に直ちに気づくことができず、一般の利用者から報告が上がってからの対応となってしまうていた。

そこで今回の更新では、サーバ監視について Zabbix をを導入することで、速やかに障害を検知、回復処理を行うことができるような体制を整えた。また、監視システムと連携した SNS を運用することを予定しており、これによって、万が一ミラーサービスに障害が発生してしまった場合に、利用者が状況を確認しやすい体制を整えることができるものと思われる。

3. ミラーサービスの今後

近年、データ配布の方法として CDN などの利用も増え、これらのミラーサービスの存在を感じることも少なくなってきたようである。しかし、少数の企業に依存することになる CDN とは異なり、世界各地の組織が協力して行っているこれらミラーサービスは依然として必要不可欠であり、知らずしらず利用している者も多い。

現在約 23TB のデータをホストしている本ミラーサーバであるが、これからもサービスの安定提供に努めていくだけでなく、ソフトウェアの配布技術に関連する研究なども行っていきたい。

また、ミラーサービスについては他組織・大学等で運用されているケースも多く、中には強靱な回線バックボーン、また超大容量のストレージにより、いわゆる「大手」と見做せるサービスも多い。そのような「大手」と比較し、つくば周辺地域における信頼性の高い・高速なサービスの提供が行える環境づくりは勿論のこと、より機動力の高いつくば WIDE ならでのニッチな需要を満たせるミラーサービスへの発展を進めていくことが、2023 年以降の課題となるであろう。

情報機器資源リユースプロジェクト 活動報告

～ 「まだ使える」機器の有効な活用を目指して ～

2023年6月3日 筑波大学情報科学類 産学間連携推進室 活動成果報告会

情報機器資源リユースプロジェクト 第5代統括作業総責任者

太田 弘樹 [s2220573@u.tsukuba.ac.jp]

協力：産学間連携推進室 根本晃輔、関口亞聖、小野村卓也、服部真吾、金子尚樹

1. 序論

1-1. 本プロジェクトの背景

筑波大学 システム情報系エリアにおいては例年、毎年2回（6月および12月）の頻度で、図1のような各種の大型物品¹の一斉廃棄が行われている。その中でも高度な情報機器資源であるコンピュータについては、図2のように、毎回の物品廃棄で約250台～300台が廃棄されている。



図1：システム情報系エリア物品一斉廃棄の様子

¹ 什器類、家電類、実験機器類、情報機器類を指す



図 2：2021 年 6 月に廃棄されたコンピュータ類

これらの廃棄されたコンピュータについては、確かに Intel Pentium4 世代や Intel Core 2 世代、あるいは第 3 世代以前の Core i シリーズの CPU を搭載したコンピュータなど、既に研究の場での現用が難しいもの²が殆どである。しかし一部には、たとえば第 4 世代以降の Intel Core i 世代のコンピュータなど、パーツを交換・増強すれば現用に耐えうる性能でありながら、単純な経年・入替のため廃棄されたものや、修理・交換可能な部品の一部のみが故障したために廃棄されている比較的新しいコンピュータも存在している³。それらは部品を適切に交換・修理したり、性能向上を図れるパーツを追加したりすることで、ある程度の期間、再度利活用することが可能になる。

このように、故障したコンピュータを積極的に買い換え、故障したコンピュータを廃棄することのできる研究室がある一方で、筑波大学における一部の研究科・専攻においては、高価な実験機材を購入するためにコンピュータに十分な予算を設けることができず、やむ

² 既に製造から 12 年以上が経過しており、近年のソフトウェアの要求性能に満たない性能の機器が多いこと、および長期の使用による修復困難な故障などが発生しているものが多いことから、現用が難しいものと考えられる

³ 中にはマザーボードの致命的な故障など重大なものも含まれているが、OS レベルの障害や一部の交換可能なパーツの故障などが発生した際に、その原因を詳細に特定することなく廃棄されているものも少なくないと推測される

を得ず Intel Core 2 Duo ～ 初代 Core i シリーズ 世代などの古いコンピュータを限られた台数で利用している研究室が存在している。また、研究室における急激な人数の増加に対し、予算が限られているなどの理由によりコンピュータの新規導入が難しいという状況や、留学生のために短期的に利用できるコンピュータが必要になるという状況にある事例もみられるほか、2020～2021年頃には在宅での勉学・研究を行うために貸出用のPCが必要となった研究室なども存在した。

筑波大学の物品廃棄において廃棄される物品のうち、コンピュータ以外の一般の備品については、教職員が閲覧可能なシステム上で次の利用者を募集するなどのリユースの仕組みが構築され、実際に運用されている。

しかし、性能や経年の状況が外観から判断できず、限られた情報からでは詳細な状況を判断しづらいコンピュータについては、その仕組みの枠の中で取り扱うことが難しい状況にある。更に、コンピュータを廃棄・譲渡する際にはデータの厳重な消去が必要になるが、その方法については教職員間でも徹底がなされておらず、そのような徹底が不十分な状況下で安易な廃棄・譲渡を行うことは、時として情報漏洩などの重大な事故を招きうるものとなる。

1-2. 本プロジェクトの目的

このような諸課題を解決するための情報機器資源のリユースの試み、および付随的な目的として情報記録媒体の確実な廃棄の補助・物品一斉廃棄の支援を行う本プロジェクトは、システム情報系技術室の要請の下、2015年6月に根本（産学間連携推進室所属）らにより発足した。そして、2023年6月現在に至るまで、規模を随時拡大しながら運用が続けられている。

本プロジェクトは、筑波大学システム情報系技術室の指揮・管理の下で、物品の一斉廃棄の際に廃棄されるコンピュータを適切に修理・再構成し、システム情報系技術室によって上述のようにコンピュータを必要としている研究室や各種組織などに分配することで、情報機器資源のリユースを行うことを目的としている。またリユースの過程の中に、廃棄されるべき情報記録媒体の確実な破壊・廃棄、および再利用される情報記録媒体におけるデータの確実な削除を組み込むことで、物品廃棄に際し発生しうる情報漏洩などのインシデントを未然に防ぐことも付随的な目的としている。

2. プロジェクトの概要

2-1. 活動の概略

「情報機器資源リユースプロジェクト」は、システム情報系技術室の要請・協力の下、情報科学類産学間連携推進室内に設置されているプロジェクトである。本プロジェクトにおいて、産学間連携推進室のメンバーはコンピュータの修理・再構成などの技術的部分を主に扱っているため、本稿ではその担当範囲における活動について述べる。

本プロジェクトは2015年6月（発足時）～2022年12月度の全15回の物品廃棄において、デスクトップパソコン・ディスプレイ・ノートパソコンを併せ、総計700台以上のリユースを行った。集計が完了している2021年6月度までの内訳を表1に示す。

表1：リユースの内訳。2020/06は新型コロナウイルス感染拡大の影響により中止。

Data	Desktop	Laptop	Display	Sum
15/06	15	10	15	40
15/12	15	0	15	30
16/06	23	0	20	43
16/12	16	2	34	52
17/06	32	21	39	92
17/12	12	2	5	19
18/06	30	20	10	60
18/12	28	15	9	52
19/06	35	5	12	52
19/12	17	2	11	30
20/06	-	-	-	-
20/12	25	5	14	44
21/06	16	5	17	38

本プロジェクトは現在、2023年6月の物品一斉廃棄においても同様の作業を進めており、2023年7～8月中には再利用可能となったデスクトップパソコン・ディスプレイ・ノートパソコンをシステム情報系技術室に引き渡す予定である。

2-2. 工程と運用

本プロジェクトにおけるコンピュータの修理・再構成の工程においては、部品が欠損・故障しているコンピュータから性能の高い再利用可能な部品（CPU・メモリ・グラフィックカード等）を取り出し、状態の比較的良好なコンピュータにそれらの部品を移植することで、修理・性能向上を行う形をとっている。また、液晶ディスプレイなどの表示機器についても、動作確認を行った上で、ある程度の解像度があるものや経年していないものについては形式の取りまとめを行い、機器のリストと合わせ技術室に引き渡す形をとっている⁴。

現在の本組織の運用形態は、産学間連携推進室メンバーの6名および情報科学類・情報メディア創成学類・大学院生の有志学生5名からなる本プロジェクトのように少人数な組織であっても、十分に運用可能なものである。なお、活動の様子を記録した写真を図3・図4に示す。図3はディスプレイ等各種機器の状態確認、図4は専用に構築した機器を用いてハードディスクのデータ消去を行っている様子である。



図3：ディスプレイ等各機器の動作確認を実施している様子

⁴ なお、2017年12月以降の表中の「ディスプレイ」の数値は高解像度のものや、形式の取りまとめを行っているものに限っている。高解像度でないもの、あるいは若干の経年があるものの利用が可能であるディスプレイについてもリユースを行っているが、作業の簡易化のために取りまとめを行っていないため、この表中には記載していない。



図4：ハードディスク処理作業の様子

3. リユースの事例

本プロジェクトの活動実績を示す上での参考として、実際にこれまでのプロジェクトの進行の中で行ってきたコンピュータの修理・再構成の例の一部を示す。

3-1. ノートパソコンの液晶画面の入れ替え

搬出された同型のノートパソコン 2 台のうち、1 台は液晶ディスプレイ部分が破損していたものの筐体をはじめとする他部分には損傷がなく、もう 1 台はタッチパッド・DVDドライブ部をはじめとする筐体部に大きな歪みがあったものの、液晶ディスプレイ部分には損傷がない状態であった。

そこで、後者のノートパソコンから液晶ディスプレイ部を取り外し、前者のノートパソコンに移植することで液晶ディスプレイの交換作業を行い、無事に利用できる状態に回復させた。なお、後者のパソコンに搭載されていた取り外し可能な他のパーツのうち、メモリとハードディスクについては取り外しを行い、他のノートパソコンへの移植を行った。

3-2. エアダスターや無水エタノールなどを用いた分解清掃

搬出されたデスクトップパソコン・ノートパソコンのいずれについても、基板上・ファン内部などの各部位に蓄積した埃などについては、エアダスターや無水エタノールを用いた清掃を行っている。また、ノートパソコンについては消毒用エタノールを用いた清掃を行い、次の利用者が快適に利用できるような環境を整えている。

特に、デスクトップ Mac 環境などの特殊な環境の動作を維持するためのパーツは絶対数が少なく、供給の少ない部品を清浄しながら利用する必要がある。中には煙草の脂と思われるものが付着しているものもあったが、この分解清掃を行うことで外見・動作とも問題のない状況に仕上げることが出来た。

3-3. パーツ世代・電力量などを加味した各種パーツ等の増設や高性能化

搬出されたデスクトップパソコンについては、例えば CPU をより上位のものにアップグレードできるものや、更に大容量のメモリを搭載できるものなどが存在する。それらのパソコンについては、アップグレード可能なパーツがあれば、電力量や想定用途などのさまざまな要素を加味した上で、再利用の際に支障が出ない範囲でのアップグレードを施している。

4. 今後の展望と課題

本プロジェクトにおける今後の活動の展望、および現状の課題に関して以下の通り記す。

4-1. 継続的な活動に向けて

本プロジェクトは 2023 年度の物品廃棄においてもコンピュータの修理・再構成を実施しており、今後も活動を継続していく予定である。特に 2022 年度の活動においては、特殊工具を含めた資材の大幅な拡充等を行ったことにより、前年度に引き続き作業効率や作業速度を向上させること、および作業手順のマニュアル化を進めることで作業の属人化・負担の集中を防ぎ、今後も継続して活動ができるプロジェクト運営を行うこと、の 2 点を重点におく形で活動を進めることができた。本プロジェクトは創設より 5 代に亘り代替わりを続けながら活動を継続しているが、大学組織に特有の「メンバーの入れ替わり」があっても持続可能な、なおかつ人々に必要とされる組織を構築していく上では、本年度の成果には非常に大きな意義があるといえる。

4-2. 他エリアへの拡大に向けて

筑波大学においては、システム情報エリアに限らず、さまざまな学域・エリアにおいて物品の一斉廃棄と、それに伴うコンピュータ類の搬出が行われている。それらのコンピュータ類にも、システム情報系物品廃棄において搬出されているコンピュータ類と同様、まだ十分に利用可能な製品や、修理および再構成を行えば数年間は利用可能な製品が含まれており、これらをシステム情報系の物品廃棄における本プロジェクトと同様の形でリユースすることができれば、当該エリアにおける情報機器資源の効率的な運用や、比較的高性能なコンピュータを活用した研究の推進に役立つことが考えられる。またもちろん、情報技術に明るくない学域・エリアにおいては、本プロジェクトの副次的な効果である HDD/SSD などの記録媒体の安全な処理を推進していくことで、より安全に情報記録媒体の廃棄を進めていくこともできるだろう。

エリアを跨いだ活動には現状下で困難が多いと思われるが、このような活動をより広範な形で推進していくことにより、大学内における経年した旧型機器の入れ替えの推進による研究活動の効率化や、昨今の大学・各種研究機関において非常に大きな問題となっている予算の逼迫の解決、廃棄機材からの情報漏洩への対策に対する一つのアプローチとなるのではないかと思われる。

4-3. 知見の一般共有

本プロジェクトの副次的な効果として、コンピュータの組み立てやトラブルシューティング、およびそれらに関連する知見が豊富に得られることが挙げられる。例えば、以下のような知見を得ることができる。

- PC パーツの世代の見分け方や、同一世代内での性能の素早い見分け方⁵
- PC ケース内の整線や、カスタマイズの行いやすいパーツの配置方法
- CPU やメモリのトレイなど、余剰パーツを収納するための特殊な部材の入手先⁶

このような一般的な知見について、プロジェクト内部のメンバーだけでなく、Web サイトなどを活用して外部にも積極的に公開していくことは、本プロジェクトそのものの広

⁵ 中には外見上非常に見分けづらいパーツが存在するが、型式などが記載されている部分を探せばすぐに世代を特定することのできるパーツ（メモリなど）も存在する。

⁶ たとえば、CPU トレイは国内に取扱いがなく、需要がニッチなため ebay などによる海外通販を利用するしかない。しかし、その海外通販もあまり知られていない。

報・発信の観点からも望ましいことである。このような情報の共有は 2022 年度までにあまり力を入れて実施できなかったことでもあるため、2023 年の活動においては特に積極的に推進されるべきことであると考えられる。

それだけでなく、例えば、コンピュータの組み立てを行ったことがないが、それに興味のある小～中学生を対象に、コンピュータのパーツの役割を説明しながら実際に組み立てていく講座を開設するなど、ワークショップ形式で情報発信を実施していくことも選択肢の 1 つとなるだろう⁷。

4-4. 廃棄機材の他プロジェクトにおける活用

現在試験的に実施している事柄として、情報記録媒体について安全な処理を施した状態の廃棄機材を「インDEPENDENS・サーバー・デイ」における「サーバ解体コーナー」、産学間連携推進室の主催する情報科学類生向け PC 分解講座・ネットワーク講座等に活用する取り組みが挙げられる。このような取り組みは、物理的にコンピュータという機器の内部に触れる機会が減ってきている近年の生徒ら・学生らにとって、またとない学習機会となるであろう。

4-5. 今後の活動に向けての課題

現在、この活動は特に PC ハードウェアに関する知識を有する学生によって成り立っている。しかし、昨今のノート PC の高性能化やタブレット型 PC の出現などから、デスクトップ PC を組み立てたことのある学生の割合は年々減少しつつあるように思われる。しかし、研究の場で用いられるコンピュータは、依然としてデスクトップ PC が殆どであろう。

そのような状況下においても滞りなくこの活動を継続させるために、デスクトップ PC の組み立てなどについて興味のある学生へのアプローチを中心に、持続可能なプロジェクト運営に向けての方策の構築に、今後十分に時間をかけて取り組まなければならないと考えられる。2023 年度は幸いにも 3 名の新生を本プロジェクトに迎え入れることができたため、新生に対する技術指導を中心として、今後の活動の持続可能性を高められるような取り組みを進めていくことが求められるものと思われる。

⁷ 「夏休み自由研究お助け隊」や「インDEPENDENS・サーバー・デイ」などとの協調実施も視野に入りうる。

5. 謝辞

本プロジェクトを進行するにあたり、システム情報系技術室 雨谷 恵 様をはじめとする、筑波大学内のさまざまな方々、プロジェクトメンバーの皆様、プロジェクト OB/OG の皆様のご支援・ご協力を頂いております。この場をお借りしまして、深く御礼を申し上げます。

2022年度 筑波大学 情報学群情報科学類 産学間連携推進室 活動成果報告書

発行日： 2023年6月3日 初版発行

発行者： 金子 尚樹（情報科学類 産学間連携推進室 学生代表）

編集者： 金子 尚樹、根本 晃輔

制作者： 情報科学類 産学間連携推進室 所属学生一同