

(オンライン)ISSN 2432-1036

(冊子版)ISSN 0286-116X

都城工業高等専門学校

研究報告

第59号

令和7(2025)年2月

目 次

研究論文編

- 聴覚障がい者の情報格差解消のための文書要約モデル ～分散モデルと階層モデルの比較～
…………丸田要…………1

資料・紹介論文編

- 電波で信号が届くことと通信のしくみのデモンストレーション例
—小学5年生程度以上へのアンテナとOFDMでの例— ……中村博文……9

- 科学イベントで並べ替えを題材にした小学生以上への一実施例 ……中村博文……21

研究論文編

聴覚障がい者の情報格差解消のための文書要約モデル ～分散モデルと階層モデルの比較～

丸田 要¹

Document Summarization Model for Elimination the Information Gap with Deaf Person ～ Distributed Model vs. Hierarchical Model～

MARUTA Kaname¹,

(Accepted October 30, 2024)

概要 近年は、インターネットや携帯端末の普及の影響から経済・社会・生活のあらゆる場面で情報化が進んでおり、老若男女の様々な人々が最新の情報を手軽に利用できる環境である。しかし、聴覚障がい者にとっては未だに情報を障害の無い人と同様に情報を得ることは難しい状況である。特に、手話放送や字幕放送も一部では実施されているが全ての放送に対応しておらず、災害情報といった速報情報や、駅や空港での遅延・運休情報などはまだまだ情報格差が大きい状況である。そこで、本研究では、T5 モデルによる聴覚障がい者の学習レベルに応じた多様な表現の複数文を生成する要約モデルを 2 つ提案する。これにより、聴覚障がい者の情報格差解消に寄与すると考えられる。

キーワード [要約、翻訳、情報格差、聴覚障がい者、ろう者、手話、字幕、T5、Beam Search]

1 はじめに

1.1 研究背景

現在、世界及び日本は高度な情報化社会となっており、多くの情報が展開されている。私たちは、その多様な情報をインターネットから能動的に自ら収集することが出来る。さらに、緊急性のある情報は J アラートや L アラートをエリアメールやテレビの速報などから受動的に得られるようにシステム化されてきている。

しかし、東日本大震災では障がい者の死亡率は障害のない人よりも多いという調査結果がある。NHK が 2011 年 9 月 11 日に報道した内容では約 2 倍の多さであり、宮城県が 2012 年 3 月 23 日に発表した内

容^{注1}では約 4.3 倍の多さであると報告している。この原因は様々な事が考えられるが、初期避難を促す危険性や重大性を伝える情報の格差も原因の 1 つであると考えられる。

また、障害者情報アクセシビリティ・コミュニケーション施策推進法^{注2}が令和 4 年 5 月 25 日に公布・施行された。この法律は、全ての障がい者があらゆる分野の活動に参加するために、情報の十分な取得利用・円滑な意思疎通を円滑にすることを推進するものである。この法律が施行されてから、地方局の字幕放送を 2027 年度までに 80%にすることが目標値^{注3}とされている。現在は、字幕放送普及対象の放送番組に限定するとキー局では 100%であり、地方局では 86.6%と高い普及率^{注5}である。しかし、手話放送

1 都城工業高等専門学校 電気情報工学科

National Institute of Technology, Miyakonojo College

の普及率は NHK（教育）で 2.87%であり、在京キー5局に至っては 0.17%しか普及していない。さらに、聴覚障がい者にとっては障害の度合いや文字学習進度によって文章認識に多様性があり、一律の表現での字幕放送では解消できない情報格差が依然存在している。

このように、障がい者の情報格差が大きな社会問題の1つである事が分かる。

1.2 研究目的

既存の字幕放送、緊急情報のテロップや公共交通機関の電光掲示板での情報提示では、聴覚障がい者の障害の度合いや文字学習進度による文章認識の多様性を考慮せずに情報を平叙文で表現している。

そのため、本研究では、元のテキストを2つの要約・翻訳モデルに適用することで表現方法の異なる複数のテキストを生成し、多様な字幕情報を提供する。それにより、聴覚障がい者への情報格差を解消することに寄与する事が基本的な目的である。

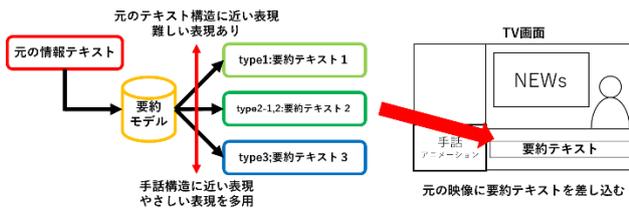


図 1. 多様な表現の要約文による自動字幕

本研究では、生成した多様性のある複数のテキストを図 1 のように差し込む形式での情報提供を構想している。この時、多様な表現の文で生成した複数のテキストの中から各聴覚障がい者の方にとって理解しやすいタイプのテキストを選択することで理解度の多様性に対応出来ると考えている。

表 1.分散的要約モデル

要約文タイプ	特徴
type1	やさしい日本語表現
type2-1	小学校の教科書で使用される単語を多用した表現
type3	日本手話構造に近づけた表現

表 2.階層的的要約モデル

要約文タイプ	特徴
type1	やさしい日本語表現
type2-2	日本語の読解に重要な語彙を重視した表現
type3	日本手話構造に近づけた表現

また、2つの要約モデルを提案するが、各要約モデルにおける要約文の特徴を表 1 と表 2 に示す。

分散的要約モデルと階層的的要約モデルにおいて3つのタイプの要約文を生成するが、両モデルにおいて、type1 と type3 の特徴は同じである。

それぞれ特徴が異なるこの3つのタイプのテキスト文を生成する自動翻訳モデルを作成し、聴覚障がい者の学習タイプに応じた多様な表現や文タイプでの情報伝達手法を提供することで聴覚障がい者の情報格差を解消することが具体的な研究目的である。

2 関連研究

2.1 やさしい日本語

「やさしい日本語」とは、1995年の阪神・淡路大震災を経て多くの外国人にも素早く的確に情報を伝えることを目的に考案されたものである。その「やさしい日本語」での表現でニュースを作成するシステム³⁾を田中らが提案している。この「やさしい日本語」では、やさしい漢字やルビを多用することで理解しやすい表現をしている。本研究では、この「やさしい日本語」データセットを type1 表現での教師データとして活用する。

2.2 日本語を読むための語彙データベース

松下言語学習ラボ⁵⁾で公開されている「日本語を読むための語彙データベース」⁴⁾は読解に必要な語彙力や、読解テキストの語彙の難易度を測るための基礎的なデータベースである。

このデータベースは書籍やYahoo知恵袋で使用される重要な60894語の語彙を、使用頻度と使用範囲・分散度のデータから算出した日本語を読解能力における重要度が付与されている。本研究ではこの各語彙の重要度におけるランキングを用いている。また、このデータベースでは、分野別の統計情報や旧日本語能力試験出題基準レベルを1から4までの4段階もされている。

2.3 日本手話と日本語対応手話

日本における手話は日本手話、中間型手話、日本語対応手話の3種類が存在している。長南⁹⁾がこの3種類の手話について整理している。

日本手話は、日本語とは異なる独自の統語構造を持っている。これは、日本手話が聴覚障がい者のコミュニティの中で自然発生的に成長してきた手話だからであり、そのため聴覚障がい者の中で日常的に用いられる1番の手話である。

中間型手話は、日本語の統語構造に従って手話単

語が表現されている。そして、日本語対応手話は、中間型手話に指文字で日本語の格助詞などの付属語を付加した手話である。中間型手話と日本語対応手話は、手話を学習している聴者が用いることが多いとされている。

この3種類の手話は成り立ちや使用されるコミュニケーションの違いや統語構造の異なりがあり、聴覚障がい者にとっては基本的に日本手話が最も理解しやすい手話であることが研究結果⁹⁾で判明している。

2.4 情報提示システム

CS放送局である「目で聴くテレビ」では、テレビ放送へ「字幕と手話」を画面合成により付与することを可能にした「アイ・ドラゴン II」⁵⁾の開発及び利用をしている。

浅井らは、聴覚障がい者の音声だけではなく、周囲の環境音が聞こえないという困難を抱えていることに着目している。この問題を解決するために、周囲の音を自動認識して必要な情報のみを聴覚障がい者に通知する環境音可視化システム⁶⁾を提案している。

また、松村らはマルチモーダル環境音認識に基づく擬音語変換と音声認識を用いた聴覚障がい者支援システム⁷⁾を提案している。具体的には、周囲の音声や環境音を自動認識し、発話音声や環境音を文字列や擬音語へ変換する。変換された文字列や擬音語はARヘッドセットを通じて提示される。これにより、発話音声や環境音を視覚的に認識できるようになることを目的としていた。

このように聴覚障がい者も障害がない人と同じように情報を提供することは重要であり社会的関心度も高い。

2.5 T5モデル

T5モデル^{2,8)}とは、Text-to-Textモデルであり、要約、翻訳や分類など異なる自然言語処理タスクの問題を統一的なフレームワークで扱うことが出来る言語モデルである。Text-to-Textモデルであり、入力文にタスク命令を表すPrefixを付与した「タスクPrefix:入力文」の形式で入力することでタスクに応じた出力が出来るモデルである。図2にT5モデルの入力出力の形式を示す。

本研究では、元のニュース文を多様なタイプに変換して表示することが目的となる。この変換が要約でもあり翻訳でもあるため、要約特化や翻訳特化のモデルではなく、要約と翻訳の両タスクを学習したT5モデルをベースとしてファインチューニング¹⁾することが本研究目的に沿っていると考えた。

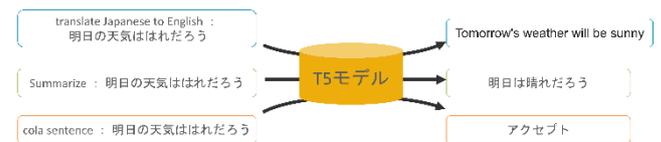


図2. T5モデル

3 提案手法

第1.1節の研究背景で述べたように字幕放送の普及率はキー局及び地方局共に比較的高くなってきている。しかし、生放送や緊急性の高い速報情報への普及率は未だ低く対応が難しいという状況である。さらに、聴覚障がい者の日本語の読み能力の学習進捗にはバラつきがある。このバラつきの原因としていくつか考えられている。1つ目は、どうしても聞こえる人よりも聴覚障がい者にとっては情報が少なく学習難易度が比較的高くなるからである。2つ目は、第2.3節に明記した通り、日本手話と日本語とでは文法が異なり、極端な事を言えば別言語となり手話を学習すれば手話を学習した人同士では問題なく会話やコミュニケーションを取ることが可能だからである。このような理由から、聴覚障がい者の方は1人1人で認識できるテキストの語彙数が異なる。これは、日本語の語彙数は約25万語であるのに対して手話の語彙数は約8000語であり、語彙数に大きな差が存在している。さらに、日常会話に必要な単語数で考えても日本語は約5000語であるのに対して手話は約500語とされている⁹⁾。

そのため、障害がない人と同じように豊富な語彙数を用いたテキスト表現では情報格差を生じてしまう。そこで、図1のように情報を3種類のテキストタイプに要約や翻訳を行い、生成した3タイプのテキストを字幕形式で情報の表示を行う。サイズを縮小して挿入したTV画面との余白に生成したテキストを出力することで情報を獲得しやすくする。

3.1 分散的要約モデル

本論文では、計算コスト削減のために分散的要約モデルを提案する。この分散的要約モデルでは、type1, type2-1とtype2の3タイプの表現へ分散処理にて要約を実施する。図3に分散要約モデルの構成を示す。分散的要約モデルでは、要約タスクと翻訳タスクを同時に処理するモデルである。これにより、第3.2節で述べる階層的な要約モデルよりも計算コストが少ないモデルを構築することが出来る。

各タイプへの要約・翻訳手法について述べる。まず、type1への要約では、元の情報テキストからやさしい日本語表現へファインチューニングしたT5モデルにより要約・翻訳処理を適用して要約文を生

成する。

type2-1 への要約では、元の情報テキストから小学校・中学校・高校の教科書における単語の使用頻度を活用する。高校で多用されており、小学校では多用されていない単語は難しい表現であり、小学校や中学校で多用されている単語は易しい表現であると仮定して、その易しいと判断された単語を多用するように要約・翻訳を行った。特に、使用した学習済みの T5 モデルの途中にある BeamSearch を改良することで実施している。

type3 の要約では、元の情報テキストから日本語の構造へ近づけるように要約・翻訳を実施している。ここでは T5 モデルを日本語から日本語へ翻訳できるようにファインチューニングして日本語構造の要約文を生成している。

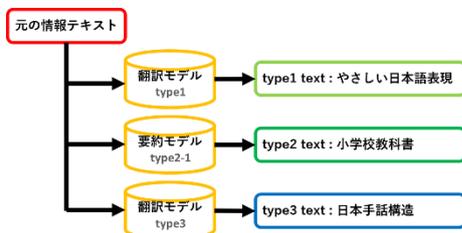


図 3. 分散的要約モデル

3.2 階層的要約モデル

本論文では、多様な表現の要約テキストを生成するために3タイプのテキスト生成に図4のような階層的な要約モデルを提案する。

第3.1節で述べた分散的要約モデルのように要約処理と各表現への翻訳処理を一度に適用するのではなく、要約部分から各表現への翻訳での階層的な要約モデルにする。これにより、長文に対する精度の高い要約が期待出来る。特に、階層的な要約モデルは4段階目の手話構造への翻訳処理と相性が良いと考えられる。なぜなら、難しく普段からあまり使用されない単語に対する手話のコーパスは作成が困難であるが、2段階目や3段階目のやさしい日本語表現への翻訳を前提処理とすることで、手話コーパスに含まれる単語を対象として4段階目の翻訳処理が可能となることが期待出来るからである。

各階層的な要約・翻訳手法について述べる。まず、1段階目として元の情報テキスト S_0 から既存の T5 モデルを用いて要約テキスト S_1 を生成する。

そして、2段階目では要約テキスト S_1 を入力テキストとしてやさしい日本語でファインチューニングした翻訳モデルで要約テキスト S_2 を生成する。この要約テキスト S_2 を本手法の type1 とする。

3段階目も要約テキスト S_1 を入力テキストとする。

3段階目では、2段階目と同様のやさしい日本語でファインチューニングした翻訳モデルに日本語を読解するのに重要な単語がより生成されるように改良した BeamSearch を適用する。これにより要約テキスト S_3 を生成する。この要約テキスト S_3 を本手法の type2-2 とする。

4段階目では、要約テキスト S_3 を入力テキストとして、手話辞書をファインチューニングにて学習した翻訳モデルで要約テキスト S_4 を生成する。この要約テキスト S_4 を本手法の type3 とする。

これにより、平叙文での要約テキスト S_1 の他に3タイプの要約テキスト S_2, S_3, S_4 を生成する

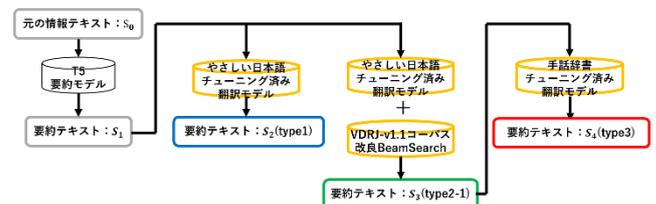


図 4. 階層的な要約モデル

3.3 type1 表現：やさしい日本語

多くの言語に対応している MT5 を数種類の言語に絞ってファインチューニングすることで各言語での精度を向上させた K024/mt5-zh-ja-en-trimmed モデル(以下 K024 モデル^{注6})を使用する。日本語を第2.1節で述べたやさしい日本語に翻訳した対訳コーパス T15 を使ってファインチューニングする。コーパスの一部を図5に示す。

原文 日本語	この事実を心に留めておいて下さい。
やさしい日本語	この事実を覚えておいてください。
原文 日本語	申告する物は何もありません。
やさしい日本語	言っておく物は何もありません。
原文 日本語	渋滞にひっかかった。
やさしい日本語	混んでいる道路に入った。

図 5. やさしい日本語と日本語の対訳コーパス例

3.4 type2-1 表現：小学校教科書

type2-1 では、「現代日本語書き言葉均衡コーパス」の中の教科書コーパス語彙表を用いる。この教科書コーパスには各語彙に対して、小学校、中学校及び高等学校のそれぞれでの出現頻度が格納されている。そこで、次単語 ω_{i+1} の各学校での出現頻度を Transformer の Decoder 部分における BeamSearch での文生成の次単語予測のスコアにバイアスを足す。これにより、小学校や中学校でよく使用される単語をより生成しやすくし、反対に高等学校でよく使用される単語は生成されにくくなる効果が期待できる。式(1)において、 $score()$ は BeamSearch の次単語予

測スコアである。また、 $freq_j(\omega)$ は小学校の教科書、 $freq_m(\omega)$ は中学校の教科書及び、 $freq_h(\omega)$ は高等学校の教科書における単語 ω の出現頻度である。

$$score(\omega_i, \omega_{i+1}) = score(\omega_i, \omega_{i+1}) + freq_j(\omega_{i+1}) + freq_m(\omega_{i+1}) - freq_h(\omega_{i+1}) \quad (1)$$

3.5 type2-2 表現：日本語の読解に必要な重要度

type2-2 では、第 2.2 節で示したデータベースを用いる。このコーパスで整理されている 60894 語の語彙に対する日本語を読解する上で重要とされる順位から BeamSearch を改良するためのバイアスを算出する。

まず、各単語の重要度での順位の値を 0 - 1 への範囲に式(2)を適用し正規化する。この時、順位が低い単語が 0 に近く、順位が高い単語は 1 に近づくように正規化を行う。式(2)における $Rank_max$ は順位の最大値であり、 $rank()$ は単語 ω_i の重要度による順位の値を求める関数である。

さらに、正規化した値を式(5)の正則化不完全ベータ関数を用いてバイアス値を算出する。式(3)はベータ関数であり、式(4)は不完全ベータ関数である。また、式(5)のグラフが図 6 である。図 6 の横軸が $r_norm(\omega_i)$ であり、縦軸が $I_{\omega_i}(\alpha, \beta)$ である。式(5)により、順位が高い単語ほどバイアス値が高くなり、順位が低い単語ほどバイアス値が低くなるように算出される。

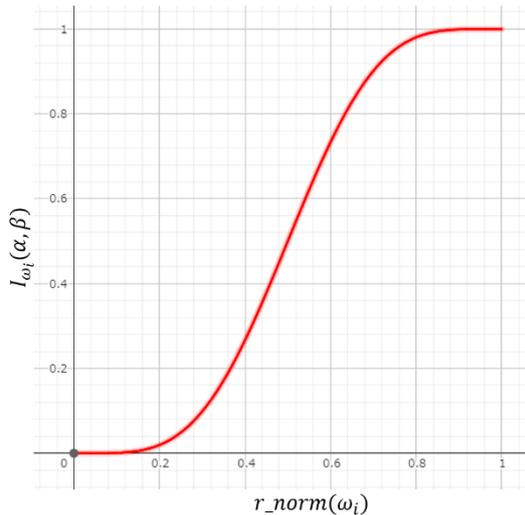


図 6. 正規化不完全ベータ関数 $\alpha = 5, \beta = 5$

式(6)のように Transformer の Decoder 部分における BeamSearch での文生成の次単語予測のスコアに式(5)で算出したバイアスの値を足す。これにより、日本語を読解するのに重要な単語をより生成しやすくし、日常で使用する機会が少なく重要度が低い単

語は生成されにくくなる効果が期待できる。式(6)において、 $score()$ は BeamSearch の次単語予測スコアである。また、 μ は重みである。

$$r_{norm(\omega_i)} = \frac{Rank_max - rank(\omega_i)}{Rank_max} \quad (2)$$

$$B(\alpha, \beta) = \int_0^1 t^{\alpha-1} (1-t)^{\beta-1} dt \quad (3)$$

$$B(\omega_i, \alpha, \beta) = \int_0^{r_{norm(\omega_i)}} t^{\alpha-1} (1-t)^{\beta-1} dt \quad (4)$$

$$I_{\omega_i}(\alpha, \beta) = \frac{B(\omega_i, \alpha, \beta)}{B(\alpha, \beta)} \quad (5)$$

$$score(\omega_i, \omega_{i+1}) = score(\omega_i, \omega_{i+1}) + \mu * I_{\omega_i}(\alpha, \beta) \quad (6)$$

3.6 type3 表現：日本手話構造

type1 で表現したテキストを生成するのに使用した K024 モデルを type3 でも使用する。type3 では、「新・日本語-手話辞典」¹⁰⁾における例文を日本語-手話文の対訳コーパスとして K024 モデルをファインチューニングする。コーパスの一部を図 7 に示す。図 7 において、<と> は手話に対応したトークンである。手話の単語を日本語で表現すると、日本語の単語と表面上同じになり T5 モデル内で同じトークンとして学習してしまい、間違った学習が進む危険性がある。その危険性を防ぐために、<や>を用いて別の単語として扱う。

原文 日本語：	親が娘に愛情を注ぐ
日本手話	：<両親><娘><かわいがる>
原文 日本語：	あそこまで言わなくてもいいのに
日本手話	：<言う②><いらぬ>
原文 日本語：	必ずしも晴れるとはかぎらない
日本手話	：<明るい②><定まる><ない②>

図 7. 日本語と手話の対訳コーパス例

4 実験

分散的要約モデルでは LivedoorNew を 3 タイプに要約し検証する。階層的な要約モデルは要約前のテキスト S_0 と、事前要約及び 3 つのタイプに要約及び翻訳して生成した各テキスト S_1, S_2, S_3, S_4 を比較し効果を検討する。実験で要約するテキストは LivedoorNews のニューステキストと、テレビ放送の音声コーパスである LaboroTVSpeech2^{注7)} の字幕データを使用する。LivedoorNews は文語体であり、LaboroTVSpeech2 のデータは口語体である。本実験では、式(5)において $\alpha = 5, \beta = 5, \mu = 0.01$ とした。

4.1 データセット

type1 ではやさしい日本語の T15 コーパスを, type2-1 では BCCWJ コーパスを, type2-2 では VDRJ-v1.1 コーパスを, type3 では新・日本語-手話辞典の用例を使用した. 表 3 に type1~type3 で使用したコーパスにおける文数やトークン数を示す.

表 3. データセットの詳細

コーパス	個数
T15 の文数(train)	40000
T15 の文数(validate)	10000
BCCWJ	9255
VDRJ-v1.1	60894
手話辞典の語彙数	4283

4.2 ファインチューニング

type1 と type3 では, 学習済みのモデルをそれぞれファインチューニングしている. 分散的要約モデルにおいてファインチューニングした際の学習曲線を図 8 と図 9 に示す. 同様に, 階層的的要約モデルの学習曲線を図 10 と図 11 に示す

学習が進むにつれ, loss 値が下がっており Train データに対しては学習が出来ていることが分かる. また, 構造が日本語とは異なる手話の方は学習曲線の収束が遅く loss 値の収束値も高いことが分かる.

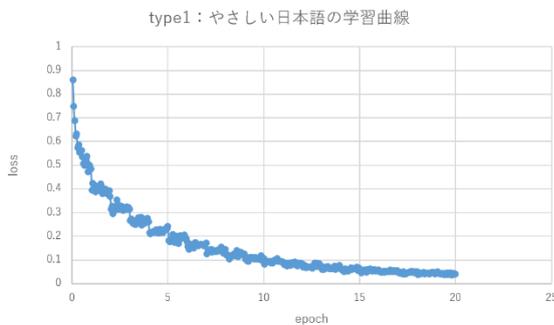


図 8. 分散的要約モデル type1 の学習曲線

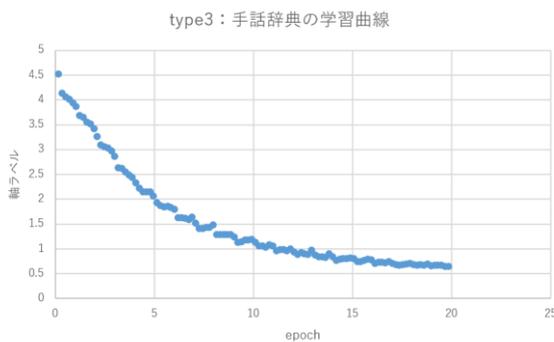


図 9. 分散的要約モデル type3 の学習曲線

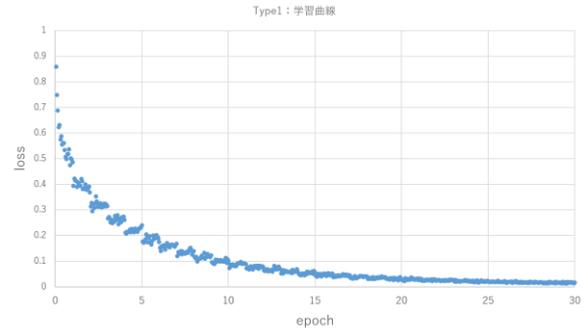


図 10. 階層的的要約モデル type1 の学習曲線

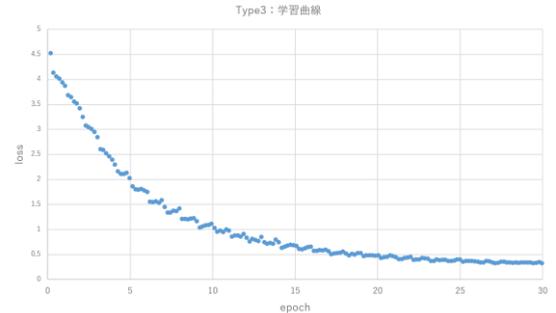


図 11. 階層的的要約モデル type3 の学習曲線

4.3 分散的要約モデルの結果

図 12 に Livedoor News コーパスにあるトピックニュースを分散的要約モデルによって 3 つのタイプに翻訳した結果を示す.

図 12 から, 原文を基に 3 つの異なったタイプの表現に要約及び翻訳されていることが分かる. 但し, 実際に聴覚障がい者にとって分かりやすいかを定量的に評価することができていない.

図 12 以外の結果では, type1 は難しいと思われる表現も出力された. type2 でも高等専門学校でよく使用するような難しい漢字が出力されていた. type3 においては, 手話辞典に収録されていた<>付きの単語以外が出力されることが見られる.

原文: 原子力基本法の改正に、韓国から「日本の核武装を阻止すべき」「我々も核武装だ」の声 20日、日本の原子力基本法に「安全保障」条項が追加されたが、韓国では「日本が核武装を企んでいる」と、メディアやネット掲示板などで波紋を呼んでいる。 21日、複数の韓国メディアは同日付け東京新聞の記事を引用し、…
type1: 原子力基本法の改正に、韓国から「日本の核武装を止めるべき」、「私たちも
type2: 韓国の藤村修官房長官は21日、日本の原子力基本法に「日本の核武装を阻止すべき」と述べた。
type3: <原子> <憲法> <規則> <決める①> <発表>

図 12. 分散的要約モデルの結果

4.4 階層的的要約モデルの結果

図 13 に LivedoorNews のニューステキストを対象として事前要約したテキストと 3 つのタイプに要約・翻訳したテキストの結果を示す. 同様に図 14 に LibroTVSpeech2 の字幕データを対象とした実験結

果を示す。

図 13・14 から、原文を基に 3 つの異なったタイプの表現に要約及び翻訳されていることが分かる。但し、実際に聴覚障がい者の人にとって分かりやすい表現を生成出来ているかを定量的に評価することができていない。

また、 S_1 からやさしい日本語表現に翻訳した S_2 を見ると「創設者」から「作った者」や「温帯低気圧」から「非常に低い気圧」へ変換されていることが分かる。さらに、 S_1 からやさしい日本語表現に翻訳する際に日本語の読解に重要な単語をより生成するように改良した BeamSearch で生成した S_3 を見ると「共有」から「一緒」や「広範な」から「広い」、「不確定」から「不決定」に変化している。そして、 S_3 から手話構造へ翻訳した S_4 を見ると「作った」から「<作る>」や「気圧」が「<気圧>」へ翻訳されている事が確認出来る。

図 13・14 以外の結果では、type1 は「ライフセーバー」が「命を確実に守る」に翻訳されるなど元の単語の方が分かりやすいと思われる表現への翻訳も見られた。type2-2 では、type1 と同じテキストが生成されたケースが確認された。 S_2 と S_3 を比較すると、LivedoorNews において 74.8%、LaboroTVSpeech2 の字幕データでは 67.1% のテキストで変化が見られた。type3 においては、手話辞典に収録されていた <> 付きの単語以外が出力されることが見られた。

原文 S_0 : 2ちゃんねるの創設者ひろゆきの発言で波紋 2ちゃんねるの創設者として知られる西村博之氏がtwitter上の発言が話題を呼んでいる。問題の発言は10月12日につぶやかれた内容である。アニメキャラやタレントの写真をアイコンにしてる入って…
T5要約モデル S_1 : 動画共有サイト「2ch」の創設者、広範な発言が話題になっている。
Type1 S_2 : 動画を共有するサイト「2ch」を作った者、広範な話が話になっている。
Type2 S_3 : 動画を一緒にするサイト「2ch」を作った者、広い話が話になっている。
Type3 S_4 : <テープ②> <一纏①> <作る> <ある①>

図 13. 階層的な要約モデルの結果(LivedoorNews)

原文 S_0 : まだ予報円がだいぶ大きいのでどこまで陸地に近づくか不確定ですしまこの辺りに来るとだんだん温帯低気圧化してくることはなるかと思えます
T5要約モデル S_1 : 温帯低気圧で陸地に近づくか不確定だ。
Type1 S_2 : 非常に低い気圧で陸に近づくか不確定だ。
Type2 S_3 : 熱帯の低い気圧で陸に近づくか不決定だ
Type3 S_4 : <暑い①> <気圧> <あたり> <知らない>

図 14. 階層的な要約モデルの結果(Laboro)

5 考察

5.1 分散的要約モデルについて

type1～type3 の共通した問題のある箇所は、固有名詞に対してやさしい表現であることや、手話構造

で表現することが出来ていないことである。これは、そもそも固有名詞のやさしい表現がコーパス化されておらず、手話としても存在しない固有名詞があるからだと考えられる。

type1 では、図 12 以外の結果も併せて考えると、よりやさしい表現へ翻訳するのが望ましいと考えられる。type2-1 においては、式(1)の小学校、中学校及び高等学校の教科書での出現頻度が同等の重みで計算されているため、難しい漢字のスコアを下げる事が出来なかったと考えられる。そのため、各学校に重みパラメータを付与して調整する必要がある。type3 は、学習させた語彙数が未だ少ないと考えられる。さらに、学習させた辞典の用例文は短文しかないため、長文の翻訳における精度が低くなってしまったと考えられる。

5.2 階層的な要約モデルについて

提案手法の階層的な要約モデルの結果を調査した所、原文の S_0 と最後段の S_4 において文の意味が大きく変化してしまっているケースも見られた。これは、各階層の処理を経る度にニュアンスが変化していき処理が積み重なったことが原因と考えられる。ただし、手話辞書のコーパスは難しい表現に対するデータが不足しており、階層的に手話構造へ翻訳することで手話辞書のコーパスが対応出来るケースが増加している。特に、階層的な要約モデルにおける type3 表現では、分散的要約モデルよりも翻訳出来ないケースが減少している。

type1 では、図 13・14 以外の結果も併せて考えると翻訳する前の方がやさしい表現の場合や難しい表現がそのままである事もあるためよりやさしい表現へ翻訳出来る方が望ましいと考えられる。

type2-2 では式(6)によるバイアスの計算によって Beam-Search での生成文を調整している。この式(6)の重み μ やパラメータの α や β のパラメータチューニングを行うことで、より分かりやすい表現のテキストを生成できると考えられる。

type3 は、特に LivedoorNews のような長文のデータに対して短いテキストを生成している。日本手話のコミュニケーションでは、あまり長文はなく短文でやり取りすることが多い。しかし、本手法による手話構造の S_4 は原文 S_0 よりもあまりにも短いため意味が十全に伝わらない懸念がある。これは、学習させたコーパスの語彙数や対訳文数が未だ少ないためと考えられる。さらに、学習させた辞典の用例文は短文しかないため、長文の翻訳における精度が低くなってしまったと考えられる。

6 おわりに

本提案手法の分散的要約モデルと階層的的要約モデルにより異なる表現のテキストを生成することが出来た。しかし、各表現における手法には改良の余地が見られた。

今後の展望としては、まず、type1では、ファインチューニングの再調整を行う。次にtype2-2は改良BeamSearchにおけるパラメータチューニングを実施する。そして、type3においては手話のコーパスを改良することが必要である。

また、要約及び翻訳して生成した3タイプのテキストが、聴覚障がい者にとって理解しやすい表現になっているか調査を行う。

さらに、手話放送に至ってはキー局及び地方局共に普及率はかなり低い状況である。そのため、聴覚障がい者によってはテキストよりも普段から利用している手話での情報提供を望まれる方も居る。これは、実際のコミュニケーションに利用している話者の方がテキストよりも認識速度が早いという理由もある。このように可能なら手話での情報提供がある方が望ましい状況である。そのため、図1のように本手法で生成したtype1, type2-1, type2-2の要約テキストと一緒にtype3から手話のアニメーションを生成し表示する事を検討していく。

注

- 1) <https://www.dinf.ne.jp/doc/JDF/20120323miyagi/miyagikenhisai.html>
- 2) <https://www8.cao.go.jp/shougai/suishin/jouhousyutoku.html>
- 3) 一般財団法人全日本ろうあ連盟「放送分野における情報アクセシビリティに関する指針」見直し検討に向けた要望
- 4) <https://barrierfree.nict.go.jp/nict/program/ratejimaku.html>
- 5) <http://www17408ui.sakura.ne.jp/tatsum/>
- 6) <https://huggingface.co/K024/mt5-zh-ja-en-trimmed>
- 7) <https://laboro.ai/activity/column/engineer/laborotvspeech2/>

謝辞

NPO 法人「手話ランゲージ」の代表である大橋正敏様、宮城県聴覚障害者情報センターの松本隆一様と庄子陽子様には聴覚障がい者の実情調査及び本研

究へのご助言をいただき深く感謝しております。

参考文献

- 1) A.Radford, K.Narasimhan, T.Salimans, I.Sutskever, “Improving Language Understanding by Generative Pre-Training.”, OpenAI Blog, 2018.
- 2) T.Goyal, J.J.Li, G.Durrett, “News Summarization and Evaluation in the Era of GPT-3”, Computation and Language, arXiv.2209.12356, 2022.
- 3) 田中英輝, 熊野正, 後藤功雄, 美野秀弥, “やさしい日本語ニュースの製作支援システム”, 自然言語処理, Vol.25, No.1, pp.81-117, 2018.
- 4) 松下達彦, “日本語を読むために必要な語彙とは? 一書籍とインターネットの大規模コーパスに基づく語彙リストの作成”, 日本語教育学会, 2010 年度 日本語教育学会春季大会 予稿集, pp.335-336, 2010.5.
- 5) 佐藤至, “聴覚障害者を対象とした字幕・手話配信サービスによるアクセシビリティ向上の活動～「目で聴くテレビ」の配信サービスと専用受信器「アイ・ドラゴン」～”, 映像情報メディア学会誌, Vol.69, No.9, pp.682-688, 2015.
- 6) 浅井研哉, 綱川隆司, 西田昌史, 西村雅史, “聴覚障害者支援のための環境音可視化システムの開発”, 研究報告アクセシビリティ (AAC), 2019(5), pp.1-8, 2019.
- 7) 村松遼, 石津龍真, 岡村一矢, 田口創, 栗原佑弥, 峯千瑛, 北風裕教, “マルチモーダル環境音認識に基づく擬音語変換と音声認識を用いた聴覚障がい者支援システムの試作”, 産業応用工学会論文誌, Vol.10, No.2, pp.98-106, 2022.
- 8) C.Raffel, N.Shazeer, A.Roberts, K.Lee, S.Narang, M.Matena, Y.Zhou, W.Li, P.J.Liu, “Exploring the Limits of Transfer Learning with a Unified Text-to-Text Transformer” Journal of Machine Learning Research 21, 2020.
- 9) 長南浩人, “日本手話, 中間型手話, 日本語対応手話の構造の違いが聴覚障害者の手話の理解に与える影響”, The Japanese Journal of Educational Psychology, No-49, pp.417-426, 2001.
- 10) 米川明彦, “新・日本語-手話辞典”, 編集: 社会副詞法人全国手話研修センター 日本手話研究所, 製作: 中央法規出版, 2011.

資料・紹介論文編

電波で信号が届くことと通信のしくみのデモンストレーション例 —小学 5 年生程度以上へのアンテナと OFDM での例—

中村博文¹

An Example of Demonstration of How Signals are Delivered by Radio Waves and How Communication Works —An Example with Antennas and OFDM to About 5th Grade of Elementary School and Above—

NAKAMURA Hirofumi¹

(令和 7 年 1 月 8 日受理)

あらまし そもそも電波がどういうものか、スマートフォンなどでデータが電波を使ってどのように送られるかについて、科学イベントで小学 5 年生程度以上大人までを対象に原理の一端を 1 回 30 分弱でデモンストレーションした例を報告する。具体的には、4 年生までで磁石や電気を用いた実験を経験済みで 5 年生で横軸が時間で縦軸を表すグラフに慣れつつあることを前提に、電波に関して、磁石が鉄片を引き寄せるとは目に見えないが砂鉄の筋で分かるように磁界というものがあり、磁界で鉄が磁化してそれと磁石が引き合うことや、静電気で下敷きが紙片を引き寄せるとは目に見えないが下敷きの－（マイナス）に向けて電界というものが生じていて紙片に＋（プラス）と－が生じてそれと引き合うことを理解の通過点として、双極アンテナ（共振はしていない）による電界があるときに追加した双極アンテナに電気が生じること、送信側で＋と－を継続して変えると受信側に連続して電気が生じること、双極アンテナを用いた実験による確認、スマートフォンなどで使われている通信方式 OFDM（直交周波数分割多重）に関して、波形のかけ合わせ、届いた信号と受信側で用意した波形の周波数が同じ場合のかけ合わせ結果はならずと非ゼロであり、異なる場合はならずとゼロであること、実験で、送信側周波数を変えて確認、文字符号の例を紹介し複数の周波数で送っても受信側の波形と同じ周波数のデータだけ受け取れることの確認などである。実験を含め提示のみではあるが本校の科学イベントで参加者の殆どが集中して視聴された。

キーワード [科学イベント, 出前授業, 小学生, 電波, OFDM]

1 はじめに

電波は直接見ることができないものの身の回りで様々な活用がなされており、通常はどのようなものを全く知らなくても目に見える物的な機器や部品

の機能を信頼して活用している。身の回りにブラックボックス状態の機器や技術は多い。本稿は電波と通信について、つまり、そもそも電波がどういうものかということ、スマートフォンなどでデータが電波を使ってどのように送られているかの一端

¹ 都城工業高等専門学校一般科目

General Education Division, National Institute of Technology(KOSEN), Miyakonojo College

について、本校の年1回の『おもしろ科学フェスティバル』（1日で、原則校内で開催。令和5年度は9月10日（日）開催。小中学生が主対象。）というイベントで、実験を通して現象を確認して感じて頂けないかと考えたデモンストレーション例の報告である。

筆者は本校専攻科の全専攻必修の科目で通信の仕組みに触れることがある。例えば、OFDM（直交周波数分割多重）やOFDMA（直交周波数分割多元接続）である。その前提部分として電波についても触れている。これまで全くの座学であるが少しでも学生達に、手作業の参加はなくても、実験で確かめる要素を含めたいとの気持ちはずっとあって、準備ができれば時間に応じて活用したいと考えている。さかのぼると筆者が十代でラジオやワイヤレスマイクの原理的な回路をいくつか組んだことはあったもののその時点では電波がどのようなものか殆ど分かっていなかったことへの解答のひとつの切り口である。

本稿で電波やOFDM等を解説することは省く。

2 本デモンストレーションにおける方針等

概ね以下の方針のもと、内容を構成した。関連している状況も併せて記している。

- ・ 出展の1回ごとのデモンストレーションの時間を25分から30分を目安にして、内容を大きく次の4つから構成する。①信号が電波で届くことの確認（原理の一端）、②送信側のデータを電波で受信側に届けられることの確認（OFDMの原理の一端）、③おまけとしてアンテナの長さや磁気などへの言及、④①と②の一部の内容の振り返り。この①と②はあとでも通し番号で表す。③は時間調整用でもある。以下で③はおまけと記す。

令和5年度は来校者がイベントに参加できる滞在時間が午前午後とも2時間30分であった。その中の30分弱を占めてしまうことは、この出展への参加を難しくする面はあるが、このくらいの時間が必要と考えた。

- ・ 電波は直接目に見えない。参加者が確認するための表示内容として受信側の電圧波形を用いる。

それは次の理由による。通信を前提にしたときに通常は送信側には電気信号があり受信側も電気信号をもとに処理している。また、電波の信号を確かめる装置は筆者が知る範囲では電気に変換して働いている。

受信側への集中や説明時間の短縮のために送信側での表示は省く、つまりしないことにした。

- ・ 電波は電界と磁界が相互に作用しているものであるが、電界を中心に説明する。

但し、磁石による鉄片引き寄せと静電気による紙片引き寄せを参加者の理解の通過点にして、電界にだけ注目して電気が生じることや交流を用いることを説明する。

このようにしたのは、筆者には所属学会やWebでの検索で25分程度で可能なシナリオを探し当てることができなかったためである。

- ・ 主として電界で電波を説明するが、電気信号が送信用アンテナから受信アンテナに伝わっていくことと、途中の電界の変化が電波であることは、省かずに説明と実験をする。
- ・ 対象を小学5年生程度以上とする。

おもしろ科学フェスティバルは保護者同伴の小中学生の参加も多い。本稿の出展に折角参加して頂いたからにはある程度分かって帰って頂くために対象学年の目安を明らかにしておく。

以下のことを考慮して対象を小学5年生程度以上とした。それは、参加者への提示方法として波形のグラフを用いるため、小学5年生であれば横軸が時間、縦軸が強さのようなグラフにある程度慣れつつあると期待できること、小学4年生までに磁石、電磁石や電気を使った実験を経験していることである。なお、同伴して一緒に聞かせる保護者全員にこの前提は対等ではないかもしれないが、何か説明を添えることはしない。

- ・ この出展への参加者が具体的に手を動かす部分は時間的制約から設けられないが、検出信号や計算結果は実験のたびに確認のためにほぼリアルタイムでパソコン画面に提示する。
- ・ 実験は、煩雑さを減らすために、①と②とでできるだけ共通の機材や部品で行う。

異なる機材を用いるとその説明に多少でも時間を要するが、それを省く意味もある。

②でOFDMの原理に触れる際にリアルタイムで実験を行うには処理が遅れてはいけない。高周波ではリアルタイムに処理ができる機材を筆者は用意できない。5kHz程度の信号であれば、パソコンの音響インタフェースで十分取り扱える周波数であり、パソコン上のプログラムではほぼリアルタイムで計算処理や表示ができ、何よりも、左右数メートルの双極アンテナ（勿論、共振はしない）を送受信で至近距離で用いると送信側がパソコン（当日はパソコンの調子の都合で送信側はタブレットに移行）の音響出力からでも受信側アンテナに信号があることをパソコンの音響入力で充分感知できたため、この辺りの周波数を用いた。

立派な機器を用いると参加者にとって電波ではなくて「機器がすごい」ということになる可能

性があるが、珍しくなくなったパソコンを用いることでより電波に注意して頂けるという面はあると思っている。

- 準備や時間の都合で OFDM の実験で送信は 3 波までをパソコン 1 台で、受信は 1 台で 1 波のみとする。
- 出展タイトルは来校者が参加する気持ちになるものが望ましいが一方で勘違いされないことを心がける。『電波と通信を実験で確かめよう』とした。小学生には気難しいタイトルに感じられるかもしれないが、参加者本人や保護者の方が出展タイトルを見てこの出展に参加されるので、この出展への参加者には期待と同時に若干の聞く覚悟を期待できると考えている。
- 用語は細かい使い分けはせず、電波、電気、磁界、電界、アンテナ、ノイズ、かけ合わせなど最小限に留める。電圧、帯電、周波数、ミリ秒、OFDM (直交周波数分割多重方式)、双極アンテナは用いない (都度の若干の補足やおまけで一部例外あり)。電気という言葉は、電気の強さ、電気が生じる、電気が流れるなどのように便利に使う。
- 初歩的な一部の用語の解説や関連した内容を記した配布資料を持ち帰り用に用意する。
- 双極アンテナ近傍の電界優勢は話題にしない。

本稿の出展の実験で磁界に触れないのは電界優勢に該当している (例えば、電子情報通信学会：知識の森, 4 群-2 編-2 章, “アンテナの基礎”, https://www.ieice-hbkb.org/files/04/04gun_02hen_02.pdf, p. 17, 本稿の URL は全て 2024 年 9 月時点) ためであるが話題には含めない。

3 本デモンストレーションに用意するもの

3.1 送信側のコンピュータプログラム

送信側用のプログラムは音響端子に次の波形を出力する機能を持たせた: 4kHz、5kHz、6kHz の正弦波を 1 秒間、3 種類の文字コードを周波数をそれぞれ 4kHz、5kHz、6kHz と違えて各ビット 0.1 秒で計 0.8 秒間。以上を画面上のボタンでひとつでも同時に複数でも送れる。

プログラム作成において波形の作成と音響出力に既知の方法¹⁾を活用した。

3.2 受信側のコンピュータプログラム

実験内容の表示は共通のレイアウトの画面表示で行う。使わないものも含め、右側の 3 区画の横軸の幅は 0.7 秒分、左側は 1 ミリ秒分である。どれも縦軸は信号の振幅や演算結果の値である。

上段は音響入力表示であり、右側の区画では時

間経過に伴ってほぼリアルタイムで表示内容を左側に移動する。ノイズが多い場合にノイズによっては振幅の変化が見られる。

中段以下は OFDM の話題に移ってから使用する。

中段左枠は OFDM において受信側でかけ合わせる 5kHz の正弦波の表示で、どの実験でも表示は変えない。中断右枠は未使用で今後への予備の枠である。下段右枠は入力と 5kHz の波形とのかけ合わせを短い時間で平均化した絶対値を振幅とした 0.7 秒分の表示である。入力に合わせて表示内容を左側にリアルタイムで移動する。OFDM では正弦波と余弦波を使い分けるが、この実験では、タイミングを合わせた正弦波のかけ合わせの短い時間での平均化の代わりに、かけ合わせを正弦波及び余弦波について行い、その各値の 2 乗和の平方根を求めて短い時間で平均化した値で代用している。プレゼンテーションではこの辺りの詳しいことには触れず、単にかけ合わせた結果として話している。下段左枠は短い時間でのこのかけ合わせの値を確認用で表示しているものであるが、プレゼンテーションでは触れない。

プログラム作成においてパソコンの音響インタフェースの扱いや波形表示に既知の方法²⁾を活用した。筆者の理解が追い付かず、画面表示の右側の枠の時間幅を分かりやすい 1 秒間にはできないままである。

既知の方法^{1),2)}を活用した送信側や受信側の以上のプログラムはどなたにでも参考にして頂ける形の整理ができないため公開は控える。

3.3 その他

マイクはパソコンの音響端子に直結できるものを用いた。

パソコンの音響端子とその他を結ぶために、パソコン側は格安のイヤホンの一部をカットして充てた。タブレットを用いた際は音響端子にイヤホンをつなぐためのコードを付加した。アンテナ部分には家庭用のアルミホイールを用いた (5 に記した 2 つのイベントでは順に、左右共約 6m の双極アンテナ 2 つを間隔 1m 弱で配置、左右共 2m 強の双極アンテナ 2 つを間隔 50 cm 程度で配置)。これらをつなぐためにワニクリップ付きのリード線を用いた。パソコンからパソコンに直結する場合は、470kΩ の電気抵抗を挟んだ。これによって、信号の強さに合わせてプログラムに手を加えることが省けた。

縦笛または横笛を用いる際は指でふさぐ穴の全てをセロハンテープか何かでふさいで用意する。周波数を測れるスマートフォンアプリ (SkyPaw 社の Toolbox PRO) を準備したが、参加者の前で測定する時間は設けられなかった。

卓上型の電波時計を中のコイルが見える状態に開けて用意した。ラジオでも可である。電波腕時計のコイルを見られる形で準備できるとよりよい。

実験での受信側のパソコンへの信号は弱いため、そのパソコンを表示用のプロジェクターにつなぐと多くの場合にノイズの影響を大きく受けた。このため、スライド提示用のパソコンを別個に用意した。

4 デモンストレーションの内容と配布物

表1にデモンストレーションの内容の概要を示す。対応するスライド等のページ(頁)番号も記している。その18、20、25、27の所は、スライドではなく、実験時のパソコン画面での表示内容である。

デモンストレーションで用いるスライド等の例を図1に(スライド27ページの右下枠ははめ込みによる本稿でだけのイメージ画像)、その提示の際のシナリオ例を表2に、配布資料の例を図2に示す。なお、これらには次の実施を想定した修正を含む。

おもしろ科学フェスティバルでは開催日前から全出展のあらましを本校のWebページで公開している(Webページでは「テーマの紹介(詳細)」と表記されている。出展毎にA4判1ページである。本稿の出展において、内容は、図2と殆ど同じである。)。この行事では、小学生向けに使用漢字に配慮することになっている。小学5年生以上で習う漢字を原則ルビ付きかひらがな表記とした(筆者は、オレンジ工房:“小学校で習う漢字チェックツール”<http://orange-factory.com/tool/kanjicheck.html>で確認した)。参加者への配布資料は準備のしやすさからモノクロである。

表1 スライド等の順序と触れる事柄

頁	触れる事柄(参加者に初めて用いるタイミン グの把握のために用語の初出は太字)
1	タイトルなど、 電波
2	あらましの説明と断り(以下のほぼ全スラ イドで上部に同じ形式の目次を挿入)
3	あとで使う流れるグラフに関して事前 に予備的な説明
4	入れ替わりする信号(交流)に慣れるた めの例示
5、 6	磁石で鉄が引き寄せられること、目 に見ないが砂鉄の筋で分かるように 磁界 というものがあること、鉄が磁化して 磁石と引き合うこと
7、 8	静電気で下敷きに紙片が引き寄せら れること、それは目に見えないが下敷 きの- (マイナス)に向けて 電界 とい うものが生じていて、電界で紙片に+ (プラス)と-が生じてそれ

	と引き合っていること
9 ~ 13	電気をかけると直接つながっていない金属に電界で電気が生じること、送り側で交互に+と-を切り替えると受け側で継続して生じた電気を使えること、 アンテナ
14	実験の説明:送り側の信号を直接つないで受信側に伝わること
15	ノイズを説明
16、 17	実験の説明:送り側の信号を直接つなぐと受信側に伝わること、外すと伝わらないこと
18	実験:表示等で一緒に確認
19	実験の説明:直接つながってなくても送り側の信号がアンテナで受信側に伝わること
20	実験:表示等で一緒に確認
21 ~ 24	波形の かけ合わせ 、待ち構えていた周波数と同じ周波数で送っているとそのことが分かること、待ち構えていた周波数と異なる周波数で送っているものは存在が分からないこと
25	実験:表示等で一緒に確認
26	文字コードの説明と実験の説明
27	実験:表示等で一緒に確認、ひとつや複数の文字コードを異なる周波数で送って、待ち構えていた周波数と同じ周波数の送信符号だけが得られることも
28	以下は41まで時間に合わせて適宜省く今日の実験が効率の悪い短いアンテナを使っていたことの前振り
29、 30	先をふさいだ笛の長さや音の高さから見積もれること、時間があれば実験を含めて確認
31、 32	市内のAMラジオ放送用の送信用アンテナの高さを放送周波数から同様に見積もれること
33	地上デジタル放送用の手作りアンテナは広げてハンガーくらいの大きさであること
34	今日の実験が効率の悪い短いアンテナを使っていたこと
35 ~ 37	電気が流れると磁界が生じること 磁界でも信号が伝わること コイル で受信できること
38	電波を波のように書くことがあること
39 ~ 41	電波が伝わっていくこと その間に向きが変わること
42 ~ 44	ふりかえり: 厳選して2枚
45	参考文献
46	終了の意味でタイトルページを表示

5 実施状況

まず、令和5年度の第10回おもしろ科学フェスティバルでの実施に関して述べる。

おもしろ科学フェスティバルでは来校者にアンケート協力が依頼されている。以下、本校学生課教務係より集計情報の使用許可を得て記す。

来場者数は午前午後の子供と保護者を合わせて 852 人で、アンケートへの回答者数（但し、兄弟等複数人をまとめた回答も 1 人として計数。以下も同様。）は 85[24]人であった（角かっこ内は以下も小学5年生から中学3年生と分かる回答者の人数）。

各出展を評価する設問としておもしろ科学フェスティバルについて唯一「特にどのブースが楽しかったですか。」という尋ね方で 23 件の出展の中から複数選択可能な設問がある。それによると、本稿のデモンストレーションの出展への選択は 3 人（小学2年生、5年生、回答者唯一の大人）であった（出展あたりの平均は 13 人、1 人当たりの選択出展数は 3.6 であった）。本稿の出展への参加者は日中 5 回の実施で少なくとも 25 人程度であった。これらの比率からは、本稿のデモンストレーションはアンケート設問の「楽しかった」という表現にそのまま合致するものではないもののアンケート回答時に比較的高率で脳裏に浮かぶ程度に印象深いものであったとは言える。なお、本稿で参加者と表記しているが、他の出展の殆どがいわゆる参加型であるのに対して、本稿の出展は実験を含むものの視聴のみであるのは大きな相違点である。また、持ち帰り物品もない。強いて挙げると A4 判 1 枚の資料のみである。

理解度について参加者に都度尋ねていないがスライドも実験中のパソコン画面も殆どの参加者が注視されていた。保護者からは時々終わってから質問があった。

次に、もうひとつの出展例である。令和 5 年度は市立図書館横のまちなか広場で 11 月 19 日(日)に本校等主催で開催された KOSEN まちなか科学フェスティバル（おもしろ科学フェスティバルを小規模にした校外開催の行事。この日は半日）で機会があり同様の内容を出展した。通りがかりでも予約なく参加可能であった。この出展には子供から大人まで 6 人程の参加があった。アンケートの実施はなかった。筆者も尋ねていない。参加者は説明や実験を注視されていた。このときも質問が保護者からはあった。

6 今後に向けて

反省点や懸案を記す。

- ・1 回あたりを 25 分程度で終えるつもりであったが途中を予定よりやや詳しく説明したり、結線替え時のミスや接触不良に気付くのに多少時間を費やしたり、時間調整用のおまけをうまく端折らな

かったりして 30 分近くになることがあった。

- ・振り返りを時間的に入れられないことも多かった。
- ・途中や最後で納得具合を尋ねて確認をすることも時間的にできなかった。
- ・デモンストレーション毎の直前の準備時間を事前の計画段階で念のため切りのよい 30 分単位で取ったため、デモンストレーションの回数が午前 2 回、午後 3 回になった。実際には接続変更程度で済むように準備できたため、当日に予定変更をしてももう少し実施回数を増やすべきであった。
- ・おもしろ科学フェスティバルでは協力学生を募ることができ筆者も開催毎に数人に依頼していたが、この出展については筆者による予備実験や関連プログラムの作成やシナリオの確定が間に合わず出展を取りやめる可能性もあったため募集は避けた。状況を説明して募集してもよかった。
- ・参加者への配布資料が筆者の不手際で午前中はできなかった。
- ・クイズ形式や参加者の全員または一部が手を動かすような参加部分の創出は課題である。

7 おわりに

科学イベントで電波がどのようなものかと通信で使えることとの一端を体感して頂くことを目的として行った 30 分弱でのデモンストレーション例について報告した。実験も含め視聴のみであるが子供と保護者の参加者の殆どが集中して視聴された。

本稿は 2024 年度(第 77 回)電気・情報関係学会九州支部連合大会発表³⁾をもとにまとめたものである。

謝辞

おもしろ科学フェスティバルへの出展やアンケート情報使用に支援や協力を頂いた方々に感謝します。

参考文献

- 1) @isseium: JavaScript で Beep 音を鳴らす方法, <http://qiita.com/isseium/items/12b215b6eab26acd2afe>
- 2) voice-change-o-matic: <https://mdn.github.io/voice-change-o-matic/>
- 3) 中村博文: 電波で信号が届くことと OFDM の小学 5 年生以上への実演例 —都城高専おもしろ科学フェスティバルにおいて—, 2024 年度電気・情報関係学会九州支部連合大会(第 77 回連合大会)講演論文集, 11-2P-01, p.429, 2024

1 **でんば つうしん 電波 と 通信 を じっけん たし 実験 で 確かめてみよう!**

2 **はじめにじしゃくでんばへじっけんつうしんじっけんおまけ12**
 でんば かつよう 活用 はいろいろとある
電波
 ●しかし、そもそも、電波とは 電気とかんげいが深い
 目に見えない
 ● じょうほう 情報を送る 今使われている方法からひとつ
 ● おまけ

3 **はじめにじしゃくでんばへじっけんつうしんじっけんおまけ12**
今日使うグラフについて

4 **はじめにじしゃくでんばへじっけんつうしんじっけんおまけ12**
 行ったり来たりくり返しをしているときに多いのは
 たとえば ばね、プランコ、水ヨーヨー など
 普通のグラフでかくと
 電波もこれをきほんにすることが多い
 というときは、電波も

5 **はじめにじしゃくでんばへじっけんつうしんじっけんおまけ12**
 さんこう じしゃく 参考
 S N
 鉄はくっつく
 なにおおこっているか

6 **はじめにじしゃくでんばへじっけんつうしんじっけんおまけ12**
 さんこう じしゃく 参考
 S N
 なにおおこっているか
 (磁界(じかい))

7 **はじめにじしゃくでんばへじっけんつうしんじっけんおまけ12**
せいでんき 静電気
 下じきをこすって、小さい紙きれをひきよせられる
 なにおおこっているか

8 **はじめにじしゃくでんばへじっけんつうしんじっけんおまけ12**
せいでんき 静電気
 下じきをこすって、小さい紙きれをひきよせられる
電界(でんかい)
 +からや、-に向かう
 電気のはたらき
 紙きれ中の+と-が動く -がわへ+、反対がわへ-

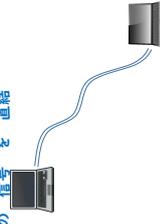
9 **はじめにじしゃくでんばへじっけんつうしんじっけんおまけ12**
 きんぞく 金属 に、でんき 電気をかけたら
 2つの 金属 に、電気をかけたら
 じつは、すこしながら、わずかに電気がたまる
 目に見えないが、+から-に向かう電界(でんかい)

10 **はじめにじしゃくでんばへじっけんつうしんじっけんおまけ12**
 きんぞく 金属 に、でんき 電気をかけたら
 2つの 金属 に、電気をかけたら
ここで、さらに、2つの 金属 をよういしたら つづく

11 **はじめにじしゃくでんばへじっけんつうしんじっけんおまけ12**
 きんぞく 金属 に、でんき 電気をかけたら
 2つの 金属 に、電気をかけたら
さらに、2つの 金属 を用紙したら、+と-が生じる
電気が使える でもわずか、すぐなくなる どうするか

12 **はじめにじしゃくでんばへじっけんつうしんじっけんおまけ12**
 どうするか + - + - + - + -
+と-を入れかえる
 これも**電気として使える** わずか、でも繰り返せばよい

13 **はじめにじしゃくでんばへじっけんつうしんじっけんおまけ12**
 どうするか + + + + + + + - - - - -
+と-を入れかえる
電界(でんかい)
電気として使える わずか、でも繰り返せばよい

14 **はじめにじしゃくでんばへじっけんつうしんじっけんおまけ12**
 でんき しんごう ちよっけつ 電気の 信号 を 連結


15 **はじめにじしゃくでんばへじっけんつうしんじっけんおまけ12**
 その前に
ノイズ
 ほしくない 信号 のこと
 じつは、あたりまえにある

16 **はじめにじしゃくでんばへじっけんつうしんじっけんおまけ12**
 でんき しんごう ちよっけつ 電気の 信号 を 連結
 1秒間に5千回というのは
 スピーカにつなげたら
 音として聞こえる。
 今日は**電気**や**電波**に集中する
 ために、聞くのははぶく。
じっけん 実験

図1 スライド等の例 (1) その1/46~16/46

17 はじめにしゃべってみよう！
電気の信号を直結

それを、はずしてみると

じっけん
実験

18

つか
アンテナを使ってみる
つながってなくても...

しんごう
信号 がとどくはず

じっけん
実験

19 はじめにしゃべってみよう！

つか
アンテナを使ってみる
つながってなくても...

しんごう
信号 がとどくはず

じっけん
実験

20

じっけん
実験
信号 がとどくはず

21 はじめにしゃべってみよう！

しんごう
信号 のかけざん
これに
これを
平らにすると
0.5くらい

22 はじめにしゃべってみよう！

しんごう
信号 のかけざん
変化の速さが
ちがうのがある
平らにすると
ゼロくらい
→ないのと同じ

23 はじめにしゃべってみよう！

しんごう
信号 のかけざん
変化の速さが
ちがうのがある
平らにすると
ゼロくらい
→ないのと同じ

24 はじめにしゃべってみよう！

じっけん
実験
信号 がとどくはず

25

強さ(電気など)

26 はじめにしゃべってみよう！

いろいろな情報の符号が世界や日本を取り決める

Kの符号 0 1 0 0 1 0 1 1
mの符号 0 0 1 1 0 1 1 1
7の符号 0 1 1 0 1 1 0 1

27

強さ(電気など)

28 はじめにしゃべってみよう！

おまけ その1
今日は 1秒あたり5千回くらいのくりかえし

おそいで、パソコンにある、電気をデータとして取り込む機能を使える(1秒あたり48000回) 送り側も、コンピュータプログラムで信号が作れる受け側も、コンピュータプログラムで処理ができる

てんぱ
電波 として送るには、かなり不利 ... つづく

29 はじめにしゃべってみよう！

かんけい だっせん
のある 脱線
ふえの音は空気のしんごう
おくが、ふさいでいる、ふえの長さとしんごう
波は、カベに当たった波と重なる所が高い
おくて反して、もどったのがうまくなる長さ

長さ =
1秒あたりに音が進む速さ
1秒あたりの空気のしんごう数 × 4

30 はじめにしゃべってみよう！

かんけい だっせん
のある 脱線
例 リコーダーのあなを
すべてふさぐ

長さ =
1秒あたりに音が進む速さ
1秒あたりの空気のしんごう数 × 4
= 340メートル
下のソトとの間のやく210 × 4
= 0.40
メートル

31 はじめにしゃべってみよう！

アンテナのかた方の長さ
おくて反したのがうまくなる長さ
アンテナで電気が一番うまくなる長さ

アンテナのかた方の長さとしんごう数のかんけい

長さ =
1秒あたりに電波・光が進む速さ
1秒あたりの電気のしんごう数 × 4

32 はじめにしゃべってみよう！

アンテナのかた方の長さ

長さ =
1秒あたりに電波・光が進む速さ
1秒あたりの電気のしんごう数 × 4
300000000
沖水中学校車のNHKラジオ用のアンテナの地上高
長さ = 1161000 × 4 = やく65メートル

図1 スライド等の例 (2) その17/46~32/46

33 はじめにじやくてんばへじっけんつうしんじっけんおまけ12
アンテナのかた方の長さ
長さ = $\frac{1 \text{ 秒あたりに電波・光が進む長さ}}{1 \text{ 秒あたりの電気のしんどう数} \times 4}$
地上デジタル放送のアンテナのかた方の長さ
長さ = $\frac{300000000}{500000000 \times 4} = \text{約} 0.15 \text{メートル}$
広げてハンガーくらい

37 はじめにじやくてんばへじっけんつうしんじっけんおまけ12
ところで、磁界(じかい)が変化すると電気が発生する (中2)
というせいじつがある (金属をはったアンテナではなく、コイル(電線をまいたもの)で受けるとかがた化できる
例 AMラジオ、電波時計、電流時計 (電流時計では、1秒あたり6万回や4万回) ところでラジオのコイル部分を提示

41 はじめにじやくてんばへじっけんつうしんじっけんおまけ12
45 プログラム作成における参考文献
● 波形作成に関して
@isseium, JavaScript で Beep 音を鳴らす方法:
<http://qiita.com/isseium/items/12b215b6eab26acd2afe>
● 音響インタフェースの扱いと波形表示に関して
github voice-change-o-matic:
<https://mdn.github.io/voice-change-o-matic/>

42 はじめにじやくてんばへじっけんつうしんじっけんおまけ12
ふりかえり 2まい
46 でんば つうしん 電波 と 通信 を じっけん たし 実験 で 確かめてみよう!

34 はじめにじやくてんばへじっけんつうしんじっけんおまけ12
アンテナのかた方の長さ
長さ = $\frac{1 \text{ 秒あたりに電波・光が進む長さ}}{1 \text{ 秒あたりの電気のしんどう数} \times 4}$
今日のしんどう数は5千回くらい さいてきな長さは
 $\frac{300000000}{5000 \times 4} = 15 \text{キロメートル}$
約6メートルでがんばった

38 はじめにじやくてんばへじっけんつうしんじっけんおまけ12
向きを変えるのをくり返ししている (普通のグラフィック) (プランコ) せいげんは (正弦波)
電気もこれをきほんにすることが多い ということば、電波も → 波 → 波の粒

42 はじめにじやくてんばへじっけんつうしんじっけんおまけ12
43 どうするか 十と一を入れかえる 電気として使える わずか、でも繰り返せばよい

43 はじめにじやくてんばへじっけんつうしんじっけんおまけ12
44 しんごう 信号 のかけざん これに これを 平らにすると 0.5くらい

35 はじめにじやくてんばへじっけんつうしんじっけんおまけ12
おまけ その2
さんぞく てんき 2つの金属に電気をかけたら +をためるために電気が流れこんでいる -にするために電気が流れ出ている

39 はじめにじやくてんばへじっけんつうしんじっけんおまけ12
40 はじめにじやくてんばへじっけんつうしんじっけんおまけ12

43 どうするか 十と一を入れかえる 電気として使える わずか、でも繰り返せばよい

43 はじめにじやくてんばへじっけんつうしんじっけんおまけ12
44 しんごう 信号 のかけざん これに これを 平らにすると 0.5くらい

図1 スライド等の例 (3) その33/46~46/46

表2 出展等での進行例 (1) その1/3

<p>以下、30分弱毎の1回分の内容。</p> <p>以下で、■印はスライド切り替えやスライドを用いた進行、●印は実験用表示画面での進行、★印は判断や状況に応じた進行。()内は追加指示。丸かっこは、重要ではないという意味ではないので、注意。丸かっこ内の最初が◇印なら、時間に応じて話す内容。同じく△印なら、基本省く内容。[]内はレーザーポインタやマウスポインタ等での指示箇所。//印の右側はメモで、必ずしもプレゼンテーションに含めない事柄である。</p> <p>■1 (始まる前からタイトルを表示しておく。) (実験表示用のパソコンも信号なし状態で表示しておく。) 椅子にかけてお待ちください。 スクリーンも使いますが、このパソコン画面も使います。 パソコンのグラフが見えやすい席でお待ちください。 ★「椅子は動かして頂いて構いません。」</p> <p>(時間が来たら) 今日はお越し頂きましてありがとうございます。『電波』と通信を実験で確かめることについて始めます。 ★「おさんが対象の言葉遣いが多いです。了承ください。」 (スクリーンを指して) まず、スクリーンを使います。 ■2 電波がいろいろと活用されていることは知っていると思います。 その電波について、今日は2つだけ確認していきます。 [指示して] そもそも電波がどういうものか。電波は目に見えませんが、代わりに方法と一緒に確認したいと思います。 [指示して] それと、スマホで現在使われている通信の方法のひとつです。 30分弱かかります。//おまけを大きく間引いて25分以内になるようにした方がよい。 [指示して] 電波は、電気と磁気の両方の働きですが、ここでは主に電気について話します。 用語や数式は少なめにします。 電波についての人類の歴史とは違う流れで話を組み立てています。おまけも話します。 ■3 まず、準備として、あとで使うグラフについてです。 時刻ごとに気温を計った[上の方] こんなグラフは見たことがあると思います。★反応を見る。 今日は[下の方] こんなグラフを使います。 それは、7時の過去の3時間、8時の過去の3時間、9時の過去の3時間というようなグラフです。 ここでは横に3つ並べていますが、ひとつの画面で表示しますので、左に流れるように表示します。 (△時間的に可能ならこの時点でも受信側のパソコン画面で: [パソコン画面右側] このパソコンのこのグラフでは、横が0.7秒くらいです。[右のグラフの左側] この千分の1秒分を拡大して、[パソコン画面左側] 左に表示します。左は横幅が千分の1秒です。スライドに戻ります。) ■4 行ったり来たり繰り返しているものをいろいろ知っていると思います。 例えば、ブランコや、水ヨーヨーの動き(◇や、バネのはかりで目盛が落ち着くまで)です。 普通のグラフで書くと、右に時間が進むにつれて、上がったり下がったりするようなグラフになります。 この形は、自然にも人が作ったものにも、よく出てくるので、名前が付いています。今日覚えなくてもよいですが、正弦波といえます。 電気もこれを基本にすることが多いです。電波は電気と関係が深いので、電波もです。 あとで、何回も出てきます。 ■5 今日は磁石のような磁気には注目しませんが、後の参考のために見ておきます。</p>	<p>磁石に鉄はくっ付きます。知っていますね。離れているのに何か働いています。 (◇不思議ですが念力だと思っ人はいませんね。) (◇この時に何が起きているのでしょうか。) もう少し詳しく確認します。 ■6 [写真を指して] 右の写真は、紙の上に砂鉄をまいてから、紙の下に磁石を近づけて撮ったものです。 [砂鉄の模様複数に沿って動かしながら] 何かこんな風に働いています。 今日は覚えなくてもよいですが、これを『磁界』と言います。こっちは図は、磁界の一部を線で書きました。 磁界があると鉄はNに近い側にSが、反対側にNができます。磁石のNと鉄のSとで引き合うのでくっ付くわけです。 10円玉のような銅は、SやNが生じないので、くっ付きません。 目には見えませんが、こんなことが起きていたわけです。電気も似ています。//類似点を使うが微視的には全く異なる。 ■7 まず、静電気です。 今日は、静電気でパチッと放電するのは扱いません。 下敷きなどでこすると紙切れのような小さいものがくっ付くのは知っていますね?★反応を見る。 このとき何が起きているのでしょうか?★反応を見る。 さっきの磁石の磁界と似ています。 ■8 +や-があると『電界』というのができます。 +から出たり、-に向かってできます。//写真があるとよい。 電界があると紙切れの中で電気が移動します。-に近い方に+が、反対側に-ができます。 (◇詳しい人のために話しますと、マイナスは電子ということではなくて電気を表しています。+も電気を表しています。) 下敷きの-と紙切れの+とが引き合うわけです。 目には見えませんが、こんなことが起きていたわけです。 ■9 2つの金属を用意して電気をかけたらどうでしょう。 電気をかけると、静電気の時のように、目に見えませんが、+の側には+の電気が、-の側には-の電気が少したまります。今日はアルミホイルで大きく作っていますが、小さく作っても必ず少しはたまります。 この時に、目には見えませんが、+から-に向かって電界ができています。[レーザーポインタでその辺りをなぞる。] ■10 これに、更に、2つの金属を置いたらどうでしょうか? さっきの静電気から予想がついた人もいます。 [右の追加導体を指して] 右のここは+に近いので-が来て、反対側に+がたまります。 [左の追加導体を指して] 左のここは+に近いので-が来て、反対側に+がたまります。 [中央側を指して] ここに+と-があります。この電気は使えます。でも、使うと、少しなのですぐなくなります。 左の+と右の-だけになります。 すぐなくなるのを(△「NHK大河ドラマのどうする家康じゃないですが」) どうしたらよいのでしょうか?(△「家康に聞いてみましょうか?」) ■12 [上の供給側辺り] この+と-を入れ替えてやりませう。電界の向きが変わりますので、[右の追加導体を指して] 右にあった-が左へ追いやられます。[左の追加導体を指して] 左にあった+が右へ追いやられます。 [2つの追加導体の間辺り] この+と-が使えます。使うと、少しなのでまたすぐなくなります。 気づいている人もいますが、[上の供給側辺り] この+と-を繰り返して入れ替えてやると、[2つの追加導体の間辺り] ここで少しですがずっと電気を使うことができます。 ■13 送り側と直接つながっていないのに、[2つの追加導体の間辺り] ここに電気を生じさせることができていて、[空間</p>
---	---

表2 出展等での進行例 (2) その2/3

<p>部辺り] ここで何度も入れ替わっている電界が電波です。 (◇今日は磁気の話は飛ばします。)</p> <p>[上のダイポール] 電波を発生させる部分も、[下のダイポール] 電波から電気を生じさせる部分も、『アンテナ』と言います。カッコ良く言うと [上のダイポール] こちらは送信用アンテナ、[下のダイポール] こちらは受信用アンテナです。</p> <p>今日はアルミホイルで大きく作っています。(用意したものを指して) 向こう側と、こっち側です。//イヤホンの平行線式のコードを割いて作成したダイポールは受信側で電力が足りなかったため、次に得やすかったアルミホイルで作成した。</p> <p>■14 実験で確かめる内容です。//スライドで実験を確認 まず、電波は使わずに直結で信号を送るのを試します。</p> <p>■15 話を進める前に、ノイズについてです。 欲しくない信号も入り込みます。それをノイズ (◇とか、音でなくても雑音) と言います。 ここにも実験に関係ないいろいろな電波が来ていますし、周りにいろいろな電気製品もありますので、ノイズは当たり前にあつて、今日もそれがびっくりするくらい入り込みます。</p> <p>■16 今日使う電気の信号は、+と-を1秒当り5千回位繰り返し返します。//スライドで実験を確認 ピンと来る人もいるかもしれませんが、5千ヘルツです。ということ、音なら人に聞こえます。 実際にスピーカにつなぐと聞こえます。 でも音を出すと電気と電波に集中できなくなりますので、今日は音は鳴らしません。//十分時間があるなら鳴らしても可。</p> <p>■17 はずすと当然信号は伝わりません。//スライドで実験を確認 アンテナを使うと、途中はつながっていても、電波で信号が届くはずで。 以上を実験してみます。(△マイクは音を電気に変換の説明。)</p> <p>●18 (マイクをパソコンに繋いで) 今、受け側のパソコンにはマイクが繋いであります。表示はプログラムでしています。しゃべると、このように信号として来ているのが見えます。このあとで電気を見るこの機能を使います。 今度は送り側のパソコンを繋ぎます。★イベントにおいては「スライドでは送り側のパソコンですが、パソコンの調子の都合でタブレットを使います。」と進めた。実施時に同様の場合、以下での「パソコン」は適宜「タブレット」と読み替え。//関連プログラムを JavaScript で作成したことが幸いしてプログラムは修正なく使用できた。 (△「信号が強いので弱めるために電気抵抗というのを挟んでいます。」(△「470kΩとかいうものです。」) まだ送り側のパソコンから信号を出していませんが、何か見えます。これはノイズです。 (電源アダプタを繋いでいる状態で) 今電源アダプタを繋いでいますが、はずすと、(外して) こんな風に減ります。 (◇パソコンや繋いでいる機器の状態によって、ほとんど変わらない場合もあります。) 実はプロジェクターで大きく表示したかったのですが、もっとノイズがひどいので、今日はこのパソコン画面を使います。</p> <p>まず、グラフの説明をします。左のグラフは幅が千分の1秒です。 真ん中は+と-が1秒あたり5千回変わる信号の例を表示しています。この幅が千分の1秒ですので、5回上下しています。今から、1秒あたりに5千回変わる信号を8秒程送ります。 ★操作して5kHzの信号を送る。 ノイズも大きいので上下していますが、千分の1秒に5回山がありますので、確かに1秒あたりに5千回変わる信号を受け取っています。★何度か繰り返す。 もう一度送ります。確かに来ています。 ★操作して6kHzの信号を送る。</p>	<p>今度は1秒あたりに6千回変わる信号を送っています。千分の1秒に6回山がありますので、確かに1秒あたりに6千回変わる信号を受け取っています。 (線を外して) 線を外すと信号は来ません。 (時間があれば、同様に4kHzでも。)</p> <p>■19 今度は、アンテナを使ってみます。</p> <p>●20 ★繋ぎ変える。5kHzの信号を送る。 まず、1秒あたりに5千回変わる信号を送ります。 千分の1秒に5回山がありますので、確かに1秒あたりに5千回変わる信号を受け取っています。(参加者と一緒に確認しながら) 直接はつながっていません。さっき説明したように電波で伝わったわけです。 目に見えませんが、電気で電界が生じてそれで電気が生じていて、それを今見ているわけです。 (時間があれば、同様に6kHzや4kHzでも。)</p> <p>■21 次に通信について、現在スマホなどで使われている技術のひとつを確認します。 話を進める前に、波型(なみがた)のかけ算についてです。 [中段のグラフ]真ん中のグラフが受け側で待ち構えている信号と思ってください。 [上段のグラフ]上のは、くり返しの速さが同じのを送り手が送っていて、それが受け側に届いた信号と思ってください。 かけ算は縦方向です。0×0は0、1×1は1、0×0は0。真ん中より低いのと低いのが1というのはまだ知らないかもしれませんが、矢印で書いてみたときに同じ方向ならプラスにしてみてください。(◇中学で習うマイナスの計算です。) 途中も全部やった結果が[下段のグラフ]下の段です。凸凹があります。砂場で凸凹をならしたとすると0.5の高さです。繰り返しの速さが同じ波形の『かけ合わせ』は、高さがゼロではないということだけ覚えておいてください。</p> <p>■22 次は、くり返しの速さが速いのを送り手が送っていてそれが届いた場合です。[上段のグラフ]上の段です。 さっきと同じように縦方向にかけ算をした結果が[下段のグラフ]下の段です。 0とかけているのは0、この辺りは1位と1位で1位という感じ。凸凹があります。砂場で凸凹をならすと高さは0です。待ち構えているのと繰り返しの速さが違うとき、かけ合わせをならすと無いのと同じになります。</p> <p>■23 ★このスライドは残時間に応じて適宜。 くり返しの速さが遅いのを送った場合もやってみます。届いたのが上の段です。 縦方向にかけ算をした結果が下の段です。0とかけているのは0、この辺りは1位と1位で1位という感じ。これも、凸凹があります。砂場で凸凹をならすと0です。繰り返しの速さが遅くても待ち構えているのと違うと無いのと同じになります。</p> <p>あとで実験しますが、一緒にたくさん送っても、待ち構えているのに合わせて送ったものだけが伝わります。 つまり、混ざり合わないで通信ができます。これが第4世代以降のスマホで使われている技術です。未来の第6世代でも使われていきます。</p> <p>■24 実験をします。</p> <p>●25 ★送信側を操作。5kHzの信号を送る。 送る側は1秒あたりに5千回変わる信号を送ってみます。 ノイズがありますが、[左上のグラフ]左のグラフで分かるように千分の1秒に5回山があるのが電波で届いています。 待ち構えているのは1秒あたりに5千回変わる信号です。 [右下のグラフ]三段目右はかけ合わせた結果です。さっきの、</p>
--	--

表2 出展等での進行例 (3) その3/3

<p>ならしてゼロでないとかゼロとか説明した値のグラフです。信号が送られている間は上に上がっています。//同期させて sin と cos を区別するのが本来であるが、sin と cos 両方のかけ合わせ結果の2乗和の平均を表示。プレゼンからは省く。また送ってみます。</p> <p>★送信側を操作。 [右下のグラフ]信号が送られている間は上に上がっています。</p> <p>次に1秒あたりに6千回変わる信号です。</p> <p>★送信側を操作。 [左上のグラフ]ノイズがありますが、左のグラフで分かるように千分の1秒に6回山があります。 [右下のグラフ]三段目右はかけ合わせた結果です。待ち構えている信号と繰り返しの速さが違うのでかけ合わせた結果はほとんどゼロです。</p> <p>■26 次に実際のデータを送ってみます。文字は世界中で符号が決まっています。</p> <p>★パソコン画面で一時的に文字コードをややおおきく表示。見慣れないと分かりにくいですが、例えば、K は、世界中で01001011です。今覚える必要はありませんので、難しく考えなくていいです。</p> <p>例えば、信号を、0はなし、1はありで、なし、あり、なし、なし、あり、なし、あり、ありとすれば表せます。ここでは、1秒あたりに5千回変わる信号を、これに合わせて、10分の1秒ずつで送ることにします。送ります。</p> <p>●27 ★送信側を操作。 1秒ごとに送っています。 ノイズで分かりにくいですが、[左上と右下のグラフを適宜]千分の1秒に5つの山がある間電波が来ていて、かけ合わせた値が大きくなっています。 短い盛り上がりが2つあって、その後少し長い盛り上がりがあり、Kを送っていることが分かります。 今度は1秒あたりに6千回変わる信号で別の文字を送ってみます。確かに、時々、[左上のグラフ]千分の1秒に6つの山があります。しかし、[右下のグラフ]かけ合わせた値はほとんどゼロのままです。 両方そして4千回のも混ぜ合わせてみます。変わる速さが待ち構えているのと違う信号も来ているのに、それは無いのと同じことになっています。★できたらKが受かるのを再確認。つまり、大勢が混ざり合わないで通信ができます。これが現在の(◇第4世代以降の)(◇次の第6世代でも使われる)スマホで使われている技術です。</p> <p>続いて、おまけです。</p> <p>■28 ★時間によってこのページは飛ばす。 使ったのは1秒あたり5千回位のくりかえしの信号でした。携帯の電波の繰り返しは1秒あたり10億回位ですので、それより相当ゆっくりです。 ゆっくりなため、今日は電波を受けながら、普通のパソコンのプログラムで、処理したり表示ができました。 でも、ゆっくりなのは電波としてはかなり不利です。そのことを話します。</p> <p>■29 関係のある脱線です。//実際は絵があった方がよい。お風呂で壁に向かって手で波を作ると、はね返ります。くり返す速さを調整すると、手の所の波が高くなります。音は空気の振動です。(◇ドよりもレの方が振動は速いです。)穴と奥がふさいである笛から出る音の振動数と、笛の長さは数式で表せます。 詳しくは高校の勉強にまかせますが、お風呂と同じで、音が当たって戻るのが次の振動とうまく合う長さです。</p> <p>★適宜式を読み上げ。</p>	<p>■30 ★アルトリコーダー不使用なら適宜下記内容を修正。 ★鳴らすなら、予め指で押す穴は全てふさいでおくこと。 リコーダーの指で押す穴を全てふさいでいます。 これはアルトリコーダーですので、ファの音です。端をふさぐとびったりではないですが大体1オクターブ下がります。 下のソトラの間位でした。★時間によっては吹いて測る。その振動数は、今朝測ったら、1秒あたり210回位でした。式に当てはめると、40センチメートルです。実際測ったところ41cm位でした。ほぼ合っています。 アンテナも似ています。</p> <p>■31 電気が端で反射してきたのが、これから送る電気とうまく重なるのが電波として出やすい長さです。//おおざっぱ。速さは電波や光は1秒あたり約3億メートルです。//30万km</p> <p>■32 例です。高専の北東の沖水中学校の近くにNHKとMRTのラジオの送信アンテナがあります。//図もあるとよい。NHKラジオ第一は1161キロヘルツと言われています。116万1千回です。これを当てはめると高さは約65メートルと計算できます。//複数波や4分の入でない事情は情報不足。</p> <p>■33 ★このページは時間があれば 地上デジタル放送の例として5百メガヘルツ、つまり5億回で計算すると15cmです。手作りの目安として、左右に広げてハンガーくらいの大きさです。//実物を用意できるとよい。 (△「本校のオープンキャンパスや学園祭で時々展示していることがあります。そのときは行ってみてください。」)</p> <p>■34 今日ここでは1秒あたり5千回でした。当てはめると、最適な長さは片方だけで15kmとなります。実際は6メートルずつでしたので良くない条件で頑張ったと言えます。//インピーダンス整合もねぐつた。</p> <p>■35 もうひとつです。 電気をかけて電気がたまりますので、そこに電気が流れます。</p> <p>■36 電磁石というのを聞いたことがない人もいられるかもしれませんが、電気が流れると、磁界が生じます。十と一が繰り返し入れ替えていますので、磁界も変化します。</p> <p>■37 もうひとつ、初めて聞く人もいると思いますが、磁界が変化すると金属には電気が起こります。 (◇金属を伸ばしたアンテナに、これも関係がありますが今日は省きます。) 金属を伸ばしたアンテナではなくて電線をまいた『コイル』というもので済ませることもできます。小型化ができます。 ★ラジオや卓上電波時計を開けてバーアンテナが見えるようにしたものをつかふたつ提示して。 ★「これは電波時計のものです。」「これはラジオのものです。」 電波腕時計はもっともっと小さいものが入っています。</p> <p>■38 これは、さっきも見たグラフです。 波が伝わっていくときの形にも似ています。電波の絵は水面のうねりを繰り返すような絵を使うこともあります。</p> <p>■39~41 ★時間がなければ飛ばす。 電界は光と同じ速さで広がります。1秒間に30万キロメートル、言い換えると約3億メートルです。その間に電界の向きが入れ替わります。このことをこのように描くことがあります。</p> <p>■42 2枚だけ振り返りです。</p> <p>■43 アンテナに十と一を繰り返す電気をかけると電波が出ます。 受信側のアンテナでそれを電気に直して使うことができます。</p> <p>■44 待ち構えている信号と同じ速さの繰り返しの信号だけを、かけ合わせで知ることができます。</p> <p>■45 ★適宜「プログラム作成で参考にしたサイトです。」</p> <p>■46 //最初と同じタイトルのスライド 以上です。お疲れ様でした。 質問等ありましたらこの後伺います。 お忘れ物のないようお願いします。</p>
---	---

電波と通信を実験で確かめてみよう (実験)

所属 一般科目

担当者 中村 博文

この出展は、参加者が手を動かして何かをする、というものではありません。

準備した実験を皆で見ながら、電波や、情報を送れることを確かめていきます。

まず、電波がどういうものかを少しだけ知るための実験をします。

電波は電気と関係があります。どちらも見えませんが、電気を測る

方法は得やすいため、電気と電波の関係を電気を使って確かめます。



電気は、電気を通すものでつながっていれば伝わります。つながってなくても、電気を変化させると回りに影響を与えます。それが電波です。

送り手側で、送りたい情報に合わせて電気の変化を調整して、そのことが受け手側で分かれば、情報を伝えることができます。そのような方法はたくさんあります。

2つ目の実験では、現在、スマートフォンなどでも使われている方法の一部について、電波で情報を送ることができる、そのひらめきを確かめます。

対象	小学5年生くらい～大人まで。
所要時間	30分くらい。
実施人数	12人くらい。同伴者を含む。各回とも先着の着席者。自由席。

その他 現代社会を人知れず支えている「計算を使って役立つ働きを持たせるしかけ」のひとつについて、今日、自分の頭で、そのひらめきを追体験してみませんか。

aha!

※注意：パソコンやスマートフォン、タブレットで静電気や家庭用電源などを測ってはいけません。壊れますし危険です。

発展（もしよろしかったら、いろいろ調べて、もう少しきわめてみてください。自由研究になるかは提出先に確認を。）

- 電波は、もっと広い言い方で電磁波とも言い、電気の働きと磁気の働きの両方が光速で伝わっていくものです。電気と磁気は常に関係しあっていますが、今日は主に電気の働きである電界にだけ注目します。
- 電気信号をもとに電波を出す部分や、電波を受けて電気信号に直す部分をアンテナと言います。
- 1秒あたりのプラスとマイナスのくり返し回数のことを周波数と言いヘルツ(Hz)という単位を使います。
- スマートフォンの電波は1秒間あたりに数億回から数十億程度プラスとマイナスをくり返しています。今日は、実験のしやすさから、それよりずっと遅い1秒間あたり5000回くらいのくり返しで実験します。
- 今日の実験での信号のかけ合わせはOFDM(やOFDMA)というデジタル通信の方法の原理にあたります。スマートフォンなど移動体通信では第4世代(4G)や第5世代(5G)で使われていて、続く第6世代(6G)でも使われます。電波の強さが2種類だと1回で2通り、2回で4通り、3回で8通りを表すこととなります。電波の強さが4種類だと4通りを1回で、8種類だと8通りを1回で表せますね。この性質は活用されています。他に、繰り返しあたりの時間(周期)の4分の1だけずらした信号は混信しないで使えるという性質があり(合わせて2倍送れる)活用されています。備考:aha!はマーチン・ガードナーの著書より。

図2 配布資料例

科学イベントで並べ替えを題材にした小学生以上への一実施例

中村博文¹

A Working Example Focused on Sorting to Elementary School Students and Older at Scientific Events

NAKAMURA Hirofumi¹

(令和 7 年 1 月 8 日受理)

あらまし 本校で毎年恒例の科学イベントとなっている『おもしろ科学フェスティバル』において並べ替え（整列、ソート）を題材にして、参加者一斉の並べ替え競争及び具体的なソートアルゴリズムの概略説明を、25 分程度ずつで実施した例を報告する。小学生を主対象としながらも空き席に中学生以上及び大人にも参加頂いた。具体的な内容は、予め 32 枚セットの数字札に表裏で色を違えて数を印刷したものを人数分用意しておき、参加者に並べ替えの練習試合と試合に取り組んで頂く。小学生について 1 位は時間も計る。途中で、作戦つまりはアルゴリズムの検討の参考として、2 つのソートアルゴリズムについて概要の説明を挟んでいる。数字札の数値は、短時間で済む可能性が高いバケットソートの適用がやや面倒になることを念頭に、1 から 3000 の範囲の中から選び、ある程度ランダムであることの他に、重複はないが近い数値が集中する部分もあるように選んだ。印刷内容は各セット毎に同一で、片方の面の数がソートされると反対側の面の数はバラバラになるようにしておき、練習試合や試合の前にシャッフルする手間を省き、参加者全員が同一条件で競争できるようにした。出展テーマ名も、参加者が揃ってから進行においても、並べ替えの競争であることを前面に出しており、本校がこのイベントで実施しているアンケートの結果によると、小学生等がある程度楽しんだものとなった。

キーワード [科学イベント, 出前授業, 小学生, ソート, アルゴリズム]

1 はじめに

本稿は、科学イベント等で児童・生徒・学生の「何かを果たすための具体的な手順の理解と改良への興味（つまりは、アルゴリズムへの興味）」を助長するものとなるようにと考えた科学イベントでの一取り組み例の報告である。具体的な題材は並べ替え（整列やソートともいう。以下、本稿の本文では主として整列と記す。）である。

小中学生が主対象の本校『おもしろ科学フェスティバル』（年に 1 回、校内で 1 日で開催）で、それま

でに家族や高大生も対象に誤り訂正を題材に 3 回出展¹⁾して、異なるテーマも扱いたいと思案していた中、担当授業科目の中でアルゴリズムを扱う際に少しでも楽しんで取り組めないかと検討した中の整列の一部が向いていると思い実施に至った。

本稿で整列アルゴリズムを解説することは省く。授業で目的が同じでも異なる解決方法の複数のアルゴリズムが存在することを整列を題材にして示したいと考えていたことや、それを学生達が容易に試すことができるようなコンピュータプログラムを作成したいと考えていたことや、札を作ることを除

1 都城工業高等専門学校一般科目

General Education Division, National Institute of Technology(KOSEN), Miyakonojo College

けば整列は小学生でもすぐに取り組みバケットソートやマージソートなどアルゴリズムによっては小学生でも流れを追うことはできるということに思い至ったことから出展としての実施を決めた。

参加者が実際に自分で並べ替えをするということだけでなく、並べ替えに異なる複数の方法があることについても押さえておきたかったため、ソートアルゴリズムの概略説明を含めることにした。

類似内容の実施例が他にないか調べたが筆者には見つけられなかった。本校がこのイベントで実施しているアンケートの結果によると本稿での実施において小学生等がある程度楽しんだのではないかと思われるため一実施例として報告する。

同様の内容は出前授業でも可能である。その場合は時間がより長いはずのため、試合数を増やしたり、紹介するアルゴリズムや情報を増やしたり、紹介したアルゴリズムを各参加者が試すことなども含められる。

本稿の出展を実施した平成 28 年度と平成 29 年度のおもしろ科学フェスティバルにおいて行事の出展時間は 10 時から 16 時である。本稿の出展は、12 時から 13 時を除き、30 分毎の開始で 10 回実施した。他の出展の開始は随時も含め必ずしも各時の 0 分や 30 分ではないが、参加者の他の出展への移動も考えて回ごとには 25 分位で終了することにした。

最初の年は、回ごとに 1 位の小学生には競争で使ったものと同じ数字札（多くの場合に 2 セット）を粗品として渡した。2 回目の年の数字札作成の歩留まりが悪く、十分な数の数字札を確保できなかったため、1 位の小学生に数字札を渡すことは原則しなかった。

新指導要領²⁾で平成 29 年度から小学生がプログラミングでコンピュータに処理をさせられることの体験をすることになるのは、事前に分かっており、触れると参加者が勉強と関係あるならとより意欲が増す面と参加者の遊ぶ気持ちを損なう面とが考えられたが、時間の制約から触れないこととした。

2 出展における方針等

概ね以下の方針や留意のもと、内容を構成した。どなたが企画されても同様になる事柄も含む。

- 参加者が整列の速さを競う参加型の出展にする。アルゴリズムの紹介も含める。

整列の競争は教室でその回の参加者全員が各自の席の机を用いて数字札（以下、札。1 人分の札を以下では短く束と呼ぶ。）で行う。

- 1 回あたりの所要時間は出入りの時間以外に 25 分

以内とする。

先述のように 10 時から 16 時の開催で、出展ごとに適宜昼休みを挟んでいる。もし朝から正午くらいまで滞在される方には決して短い時間とはならないが、各回を 25 分以内で計画した。進行内容は多少の時間的余裕を持たせて計画する。

- 時間の都合で整列の競争は練習試合と試合を 1 回ずつとする。練習試合と試合の間に短いながらも作戦タイムを設け回数が少ないことを補う。

練習試合や試合を複数回実施したいが、全体を 25 分程度に納めるための選択である。

焦らせない。練習試合と試合は多くの参加者が完了する程度の時間を確保し、予め充当時間をアナウンスする。それでも時間超過の際は打ち切る。

- 最初に全体の流れを説明する。

特に、競争が練習試合 1 回と試合 1 回だけであることは、全力で取り組むタイミングを間違わないためや、後でがっかりされないためにも、頭に入れておくべきことである。

- 年齢で参加制限をしない。但し、小学低学年以下と思われる場合には整列に 3000 くらいの数も出てくることを伝える。

短時間で済む可能性が高いバケットソートでの扱いやすさの若干の回避のために、一部の値付近で偏りを持たせる他に、最上位桁（千の位までと決めた）の数の種類を減らした（1 から 2 までと決めた）ためである。

- 25 分ごとの参加者の中で 1 位を決める。

年齢等によるハンディが付けにくい場合一律に順位付けは小学生以下を有資格者とするが、空き席があった場合に中高生や大人も一緒に楽しんで頂けるように進める。

- 練習試合と試合のために予め札を作成して用意しておく。札の詳細は 2 の最後で述べる。

参加者に札を作って頂くほどの時間がないことや参加者ごとの条件差を減らしたいためである。

消耗品が不要なのはパソコンを用いることであるが、来校者の動線から若干離れた演習室との往来が必要になることや小学低学年以下ではマウスを機敏に操れない場合があることから札を用いることにした。他に、購入すれば札作りが省けるトランプの、例えば 26 枚を使う場合は、試合前に互いに札をある程度しっかりとシャッフルする時間が必要になる。時間短縮のためにも札を作成し用意することにした。

筆者にとっての印刷のしやすさから札は厚紙で作成する。故意でなくても扱いが激しいと早く使用感を帯び取り換える必要も出てくるため十

分余分に用意しておく。

- 整列を題材にして同目的でも方法は複数あるという話題は含める。特徴や計算量には立ち入らない。競争で整列の速さを意識することがアルゴリズム紹介の際の集中に寄与すると期待している。
- 並べ替えという言葉は使うが、整列、ソート、アルゴリズム、計算量、具体的なアルゴリズム名などの用語は用いない（都度の若干の補足では例外あり）。但し、持ち帰り用の配布資料（3で述べる図2）にはむしろ多少記しておく。
- おもしろ科学フェスティバルでは本校学生に協力者を募ることができる。この出展でも募った。当時は手弁当で純粋にボランティアである。
- スライドとシナリオ例（3で述べる図1と表2）を予め用意する。
筆者はそれまでの出展¹⁾で協力学生が参加者に話す内容などを数日前や当日朝に口頭で伝えていた。本稿の出展は一回の口伝では無理なため予め印刷して用意し最悪当日朝に初見であってもシナリオを読みながらでも実施できるようにした。学生の負担軽減にもなった。勝手に省かない前提でアドリブは可とした。
- 協力学生3人で進行役、審判、案内役を担う。
平成28年度は協力学生4人で実施した。競争で一位と思って早く手を挙げていてもその並べ替えが失敗していた場合も想定して、審判を副審を含め2人にして2位までより確実に把握しようとしたためである。平成29年度は、1位だけの把握にして、更におおつき等は勝者なしとすることで、副審を設けず、協力学生3人で実施した。
普通教室でプロジェクタ・スクリーンも用いた。進行役はその近くにおいて若干のパソコン操作もする。案内役は出入りや着席等を把握する。その他の役割の記載については、以下で徐々に記す。
協力学生が離れる際は筆者が案内役になる。
- より意欲の起こりやすい出展テーマ名を目指す。
来校者は参加先を出展テーマ名だけで判断されていることも多いためである。
「1位をめざせ『ならべかえ競争』」とした。「競争」の表明だけでなく、より面白味を感じて頭を働かせて頂きやすいように「1位をめざせ」という言葉を付加した。
- 初歩的な用語やアルゴリズムの概説を載せた配布資料を、持ち帰り用に用意する。
- 札の束は予め以下のように作成して用意する。
使う数の個数、つまりは一束の札の枚数は32にした。予めいくつかの方法で整列をゆっくりと試して時間が1分弱から5分程度を要した枚数で

ある。A4判1枚だけで束を作る場合も想定して何通りか考えた中で選んだ切り出し枚数64（後述）の約数でもある32を選んだ。

32個の一式を練習試合と試合とで使い回すのではなく、以下のようにした。

使う数は合計2セットを決めた（3で述べる表2(2)左段後半に記載）。それを色を違えて各札の表と裏に印字した。片面が整列済みなら裏面はバラバラになるように組み合わせた。内容は用意するすべての束で同一である。これで練習試合前と試合前で札をシャッフルする手間が省けた。

札をある程度の大きさにするためにA4判の厚紙を横長で8×8に切り出すことにした。32枚のA4判の64の片面毎に、同じ数字を64か所に印刷した。数字の向きが分かりやすいように、全ての数字に下線を入れた。

札を落として誰が落としたか直ぐに分からない場合への対策として、全ての札に束毎に異なる記号を合わせて印字した。

3 出展の内容

表1に本稿の出展の進行内容の概要を示す。各回の開始からのおおよその経過目安時刻も記している。用いたスライドを図1に、シナリオ例を含む進行例を表2に、配布資料を図2に示す。なお、これらには先々の実施を想定した修正を含む。

表1 時間と進行内容

目安時間 [分]	進行内容
～2.5	全体的内容のあらまし、札の説明、競争の内容、競争での知らせ方
～9.5	練習試合
～12.5	並べ替えの方法の参考例を2つ提示
～15	作戦タイム1分と札を束に揃える時間
～21.5	試合、札を元通りに揃える、最高タイムの発表
～23.5	おわりに

表2を協力学生に配布した際には、1段にして、打ち合わせ等での記載箇所の特定のしやすさから左側に行番号を付けたものを印刷して渡した（競争の際の時間表示にはLM作のK T i m e r³⁾を用いた）。

各回の円滑な進行のために念のため整理券を用意した。表2にそのことも記している。表2で【】で囲んだ部分は、平成28年度に2位も把握しようとして副審を置いた（学生スタッフの合計は4人）こ

とに関連した部分と、最終的に含めなかった事柄である。平成29年度に協力学生3人に配布した際には、復活する余地を残して取り消し線を施して渡した。

本報告では分かりやすさのためにスライドにページ番号を振りシナリオ例にも記しているが、協力学生に配布したものは、直前の追加削除の影響を受けないよう、スライドは順に並んでいるという前提だけにしてスライドのページ番号は記していない。

おもしろ科学フェスティバルでは開催日前から全出展のあらましが本校 Web ページで公開される。出展毎に A4 判 1 ページである。本稿の出展においてその内容は図 2 と殆ど同じである。参加者への配布はモノクロである。

4 実施状況

平成 28 年度と平成 29 年度の第 4 回と第 5 回おもしろ科学フェスティバルでの実施に関して述べる。

おもしろ科学フェスティバルでは来場者にアンケートが実施されており、以下、本校学生課教務係より両年度の集計情報の提供と使用許可を得て記す。

平成 28、29 年度で（以下で、列記はこの順序）、来場者数は約 1600 人と約 1500 人で、アンケートへの回答者数（但し、兄弟等複数人をまとめた回答も 1 人として計数。以下も同様。）は 58[51] 人と 229[135] 人であった（角かっこ内は以下も小学生と分かる回答の人数）。

アンケート中には「どのイベントが楽しかったですか。」という尋ね方で 37 選択肢（出展 37 件）と 17 選択肢（出展 37 件の一部について 2 から 7 件の出展を 1 選択肢にまとめてあった）から複数選択可能な設問がある。それによると、本稿の出展への選択は 9[8] 人と 11[7] 人（小学生の学年の全ては分からないが平成 28 年度に少なくとも 1 人は小学 1～3 年生、3 人は小学 4～6 年生、平成 29 年度に少なくとも 5 人は小学 4～6 年生）であった（更に詳しい選択状況は表 3 に示す）。本稿の出展への参加者は両年度とも終日で少なくとも 100 人以上であった。両年度とも小学生等が多少の興味をもって参加しある程度楽しんだと思われる。

両年度でスライドはほぼ変わらないが進行は一部異なる。平成 28 年度は 2 位までの確認をしたことと先述の通り 1 位の参加者に粗品として札の束を渡し

たことである。平成 29 年度は 1 で述べたように札作成の歩留まりが悪かったこともあり原則渡していない。平成 28 年度の本稿の出展への選択数がアンケート回答人数の割りに多いのはこの影響もあったかもしれない。

表 3 アンケートでの選択状況

	平成 28 年度	平成 29 年度
選択肢あたりの平均人数	6.6 人 ^{*1}	47.9 人 ^{*2}
小学生 1 人あたりの選択数	4.3 ^{*3}	3.4 ^{*4}

理解度について参加者に尋ねていないがアルゴリズムの説明中も殆どの参加者が注視されていた。

5 課題や懸案

課題等を挙げる。

- 時間的に勝者インタビューができなかった。
- アルゴリズムの紹介の理解度の確認が時間的にできなかった。途中で紹介したアルゴリズムの理解について参加者に尋ねる機会を設けた方が参加者にとっての確認にもなり良いと思われる。どのように何の理解を尋ねるかは今後の課題である。
- 目的は同じでも、異なる方法があるということは触れられたが、特徴の差異の扱いは課題である。
- アルゴリズムを紹介した際に、いくつかの札枚数の場合について実際にかかった時間を参考情報として示せるとよい。
- 出展スペースとして教室の半分も考えられたが集中を考慮して教室一室を借りて出展した。毎回 30 席を用意したため整理券はどの回も余った。
参加したい時間の整理券を取って、安心してその時間に来られた参加者も多かったが、来場予定者数や滞在時間の見込みや他の出展の状況によるものの、整理券を用いず、開始時刻での着席者とする方が簡便でよいかもしれない。
- 束の側面に凸凹ができにくいよう 32 枚重ねで切り出したが、重ねた厚紙が裁断のたびに少しずつずれていき、参加者に貸せないものもできてしまった。筆者の手際の面が大きい改善は課題である。

*1 各回答者の選択数を平成 28 年度の回答者全員について足し合わせた数 244 をこの年度の出展数でもある選択肢数 37 で割った値。

*2 各回答者の選択数を平成 29 年度の回答者全員について足し合わせた数 815 を選択肢数 17 で割った値。選択肢数 17 でなくこの年度の出展数 37 で割ると 22.0 人。

*3 各回答者の選択数を平成 28 年度の小学生と分かる回答者全員について足し合わせた数 212 を小学生と分かる回答者数 49 人で割った値。

*4 各回答者の選択数を平成 29 年度の小学生と分かる回答者全員について足し合わせた数 456 を小学生と分かる回答者数 136 人で割った値。

6 おわりに

科学イベントにおいて並べ替えの競争やソートアルゴリズムの簡単な紹介を含めて 25 分程度ずつで実施した例を報告した。小学生等に多少の興味と集中の中である程度楽しんで頂けたと思われる。

謝辞

おもしろ科学フェスティバルで工夫しつつ終日一生懸命に進行等を行ったボランティアの協力学生各位及び出展やアンケート情報使用に支援や協力を頂いた方々に感謝します。

参考文献

- 1) 中村博文: 誤り訂正技術のしくみのデモンストレーション例 —小学校の剰余計算の学習のみを前提とするリード・ソロモン符号の変形例—, 都城高専研究報告, 第 52 号, pp.69-80, 2018
- 2) 文部科学省: 小学校学習指導要領 (平成 29 年告示), p.22, 2017
- 3) LM: LM作フリーソフト博物館,
<http://alma.la.coocan.jp/kurogam/kurogam.htm>
(2025 年 1 月時点)

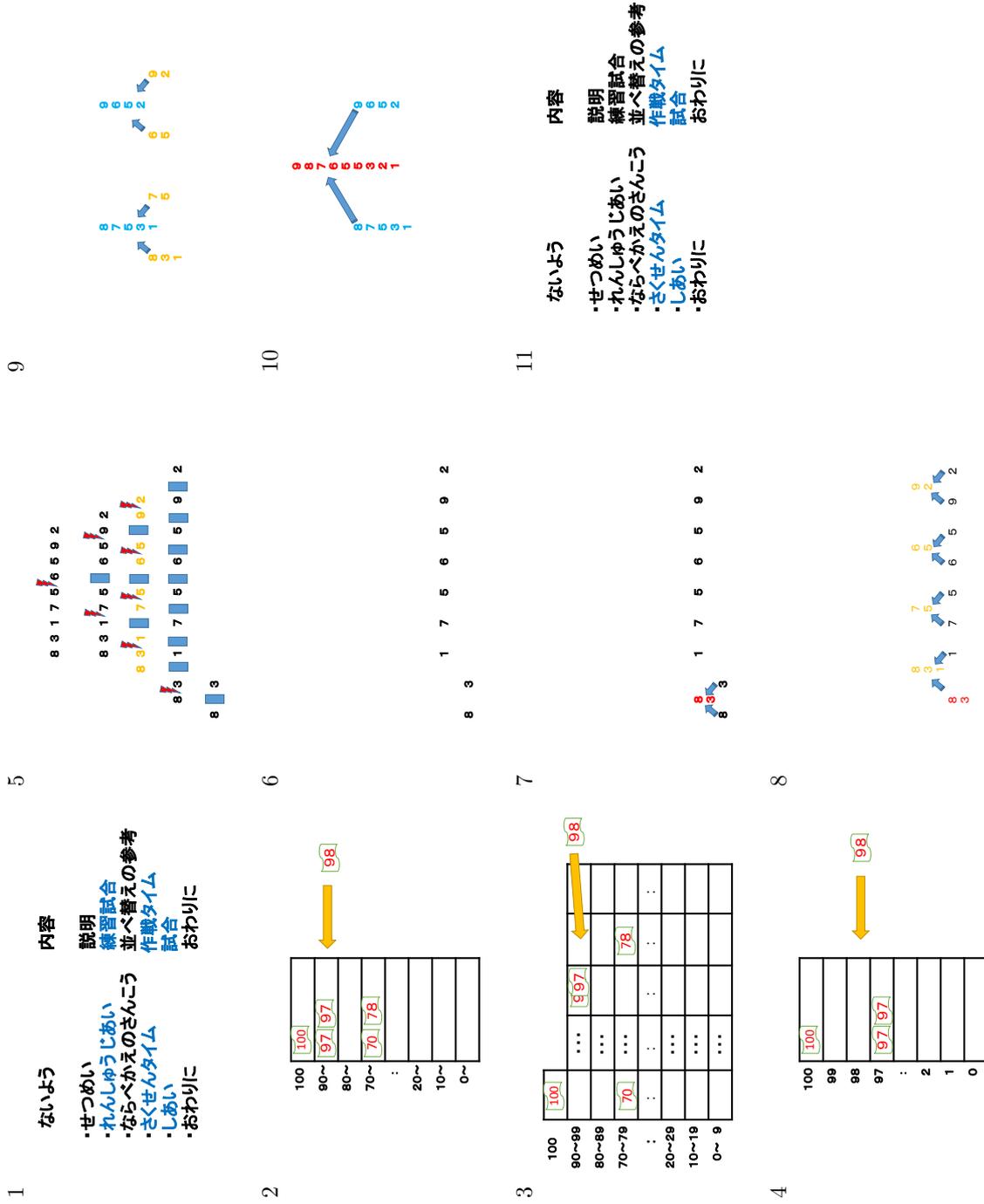


図1 スライド等の例 その1/11~11/11

表2 出展等での進行例 (1) その1/5

<p>大枠はWeb上のおもしろ科学フェスティバルのテーマ紹介で公開されている内容(今日の配布物と基本同じ)の上半分記載の通りだが、参加者は全く読んでないという前提で、参加者が迷わないよう進める。</p> <p>並べ替え競争以外にアルゴリズムの紹介も含んでいるが、小学生に並べ替え競争を楽しく遊んでもらえたら充分。 幼児は、数が大きくてできない場合が多いが、参加は拒まない。</p> <p>途中で並べ替えの方法2種類の概略を例示するが、小学中学年生以上には十分理解できるようにする。小学低学年生へは、並べ替えの競争だけは迷うことなく参加できるようにする。</p> <p>25分での終了を厳守する。(時間の都合でできなくて差し支えないが、もし可能なら、最後に、方法が大事なこと、工夫ができること、前提によって方法を使い分けるとよいことの辺りも告げられると一層よい。)</p> <p>「ソート」や「アルゴリズム」という用語は一切使わないようにする。「並べ替え」で通す。 札や札の束という言い方を使う。以下では札の束を主に束と記す。</p> <p>競争で1位を決める際に、並べ替えにミスがないか念のためチェックをする(後述)。以下では、チェック前の児童・幼児を短く「1位候補者」と記し、並べ替えが正しかった児童・幼児を短く「1位」と記す。以下で、「(何人以上)」と強調していなくても、明記してない場合でも、1位候補者は1人とは限らず「1人以上」である。1位は「0人以上」(仔細は後述)である もし参加者に言うときは「1位候補者」も「1位」も「1位の人」くらいの方が多分分かりやすい。</p> <p>※当日全10回(全10ラウンド)実施の内の各回での役割(適宜交代。仔細は以下で段々と出てくる。部屋内の事務は主として部屋内の進行役・審判の計2人で)：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・進行役(一番しゃべる。試合時のタイマーソフト操作や1位のタイム把握と板書も。一部を審判に頼んでも可。) ・審判(1位候補者の把握。もし同時ならその全員の把握、一位候補者の並べ替え結果のチェック、一位の把握など。) ・案内役(主に廊下において整理券の配布や入室案内。最後の回以降は、今日は終わりであることを告げる。廊下は多分暑い。) <p>※学生スタッフ(計3人)の仕事に関して</p> <ul style="list-style-type: none"> ・飲食物は各自で管理。 ・3人のローテーションは、以下や後述の進行例などを見て、当日3人で適宜考えて決めてもらう。 ・各回について、学生スタッフ3人で仕切る。例外は、案内役を中村が代わるとき。 ・当日全員での準備は9時から(椅子・机を動かすのは殆んど当日の予定)、片づけは16時頃から。 来場者への対応は、案内役は廊下で9:25頃から、他の学生は9:55頃から。午後は、12:55頃～16時頃。 昼食は12時過ぎ～12:55。昼食、飲み物は各自持参。(但し、本部から予め連絡が来たときはそれに合わせる。) ・各回の時間は、0分や30分からと表記するが、スタッフは各時の55分や25分頃から30分間がワンラウンドと考える。次の参加者の入室可能時点から完全退室時点まで。 ・このテーマの学生スタッフは昼食以外に休憩兼見学で途中1回(25分位)は離れられることにする。その時中村が案内役。そのつもりでローテーションを決めて欲しい(勿論ずっといる人もいて構わない)。 	<p>※参加者対応の10回のローテーションのイメージ：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・各ラウンドの開始時刻は次の通り。9:30からと12:30からは案内役だけであり、12:30からのは中村がする。 9:30-、10:00-、10:30-、11:00-、11:30-、12:30-、13:00-、13:30-、14:00-、14:30-、15:00-、15:30-。 ・表を当日教室内に用意するので、各ラウンドについて「進行役」、「審判」、「案内役」、「一時他へ」を適宜記入して共有。合議の上で得意なことを何回もするのはOK。 ・10:30以降の欄は、10時からのをやってみた状況で随時直前に書き足すのでもOK。 <p>※準備</p> <ul style="list-style-type: none"> ・札の準備 並べ替え用の札の束、整理券、帰り際に来場者に渡す配布資料は中村が当日までに作成(札の準備は印刷や裁断の塩梅を決めることを含め1日ほどかかる。その前にプリンタに通るほどの厚紙を購入。) 札は束あたり32枚(札の枚数と内容は中村が精査)で両面印刷。一方が並べ替え他方はバラバラとなる印刷をする。数字のほか、束が混ざったときのために、束ごとに異なる記号も両面に小さく印字しておく。 ・整理券の準備(30人×10回分) 案内役が廊下で、手渡し、ひとり1枚。 (もしも小学生が圧倒的に多いと分かったときに次のように判断して依頼する可能性がある：小学生と希望する試合可能そうな幼児にだけ配布し、他の参加希望者へは開始直前に空き席がある時に着席して頂くよう案内する。そして、各回で空き席があるときは、案内役が廊下で、各回開始3分くらい前に、小学生以下以外、大人にも入室を案内。その際、余っている整理券を渡す(整理券を持っていながら遅れてくる参加者がいても確実に席がある状況なら渡さないでも可。) ・タイマーソフト 中村が当日までに用意。 操作性と間違い難さから、マウス操作等で、リセット、スタート、ストップだけのもの。パソコン画面にひいてはスクリーンに大きく字が出るもの。 ・PC、電源ケーブル、信号ケーブルも中村が準備。 <p>※当日朝に実施や確認</p> <ul style="list-style-type: none"> ・掲示物確認：入口、出入口、出口×2(入口、出口の掲示。入口は出るときも使用。)、控え席、昼食中、各回の時間と整理券が必要なこと。 ・PC接続、スクリーン表示、タイマーソフト動作確認、札 人数分と予備(可能なら、粗品分も)。簡単に流れを提示するスライド。 ・机椅子：参加者用30席。更に、全体の後ろに控え席を。壁際は立席の場所も行き来できるように少し空ける。参加者用の机の列の間に通路が確保し難い場合は、広く確保するのは机2列おきにする。 ・PCの近くに1位の時間記録用のメモ用紙と筆記具を中村が置いたことを確認。 ・板書：10回分の1位の時間を書き込めるように。例：「 回 目 分 秒」を10行分。 ・話す内容や行動の確認や修正、学生スタッフからのアドリブ事項の確認(適宜)。 ・束はクリップで留めて準備しておくので、クリップを外しておくこと。クリップは机の中に入れておく(この方が簡単)。 <p>※当日昼休み中の中村の確認</p> <ul style="list-style-type: none"> ・昼休みの初めと中と午後始まり前の張り紙の取り換え。 <p>※その他</p> <ul style="list-style-type: none"> ・帰り際に配布プリントを保護者以外に渡す予定。(本校Webペ
---	--

表2 出展等での進行例 (2) その2/5

<p>ージにも類似のものが掲載されている。)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・審判等が大変になる例：人数が多いとき、後ろの児童等が見え難いとき、終わったのに挙手や発声をしてくれない児童等がいたとき、たまたま同時終了の児童が多かったとき、机の上で並べて広げたまま挙手する児童がいたとき、1位候補者の並べ替えにミスがあったときの進行役への連絡がうまく行かなかったとき、札を最後ダイダイの面にして退出する人が多いとき、札が盗まれたとき、もしも2位ははっきりさせようと自分達で決めたとき。(以上は、進行役のアナウンスや、児童等や保護者等の状況にも因る。) ・練習試合や試合で札を落としても本人に戻れば失格ではない。但し、時間延長はしない。落としたのに気付いていないなら教えてあげること。その際に必要な東毎に付けている記号を見て確認してあげること。 ・もし、参加者が札を整理して束にする(1ラウンドで2回ある)とき時間がかかりそうで、空き席の札や予備と交換する方が早い場合は交換する。その回収した札は、時間がある時に、面と上下左右の向きだけは揃えて、戻しておく。練習試合前に戻すなら、小さい順に並べ替えることは必要ない。 ・もし、使用感がでてきた札の束を見かけた場合は、中村に連絡。または予備がある場合には予備と交換して中村に連絡。 ・H28 は札を無断で持ち帰った保護者がいた模様。もし持ち帰ろうとしている参加者を見かけたら、今後のためにかげずに不安があるからと告げて返してもらおう。 <p>※中村用のメモ(ここからひとかたまりは学生スタッフは読まなくても差し支えない)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・部屋や窓に合わせて：入口 出口 出入口 出入口 昼食中 昼食中 午後の整理券は12時30分から配布します 整理券をもらいに来た人には、来たい時間を言ってもらってください。 開始の2分前には来ていてください。 5分前に余りがあるときは、中学生以上や大人も記録外参加ができます。 ・札、クリップ、青がシャッフルされているように作る。裁断機でカットする。 青の面が(ここでは小さい順) 68, 665, 825, 1134, 1162, 1165, 1168, 1443, 1562, 1565, 1569, 1651, 1656, 1659, 1662, 1663, 1665, 1667, 1669, 1671, 1676, 1678, 1755, 1761, 1765, 1768, 1962, 1967, 1968, 2063, 2367, 2987、 だいたい色の面が同順で 43, 1149, 1437, 1449, 1547, 2443, 516, 1340, 1440, 1450, 1752, 2986, 825, 1344, 1442, 1455, 1941, 1133, 1348, 1443, 1458, 1943, 1141, 1430, 1445, 1541, 1948, 1145, 1434, 1447, 1545, 2062。 ・整理券 30人×10、開始時刻印字、時刻ごとに色を変える。入れ物。時間の張り紙、ローテーションの表。 ・学生スタッフ用のメモ用紙と筆記具 ・内容スライド、ソートアルゴリズムのスライド、リモコン(教室付属もあり得る)、可能ならレーザーポインタ ・持ち帰り用の配布資料の準備(おまけを見てもらえるように) 子供15人(家族) くらい×10回分 ・(ペンディング 勝者インタビューはしないか、H28、H29ともせず。粗品のことをもし公言すると、意識は高まるが、貰えない人はガッカリで終わる? 可能なら昼などに札の束の枚数チェックをする? 厚みで? 最後の回辺りは、1位(や2位)以外に更に、参加者皆に使った札をあげるか? 1位候補者の人数が多い時に目印用に机等に何か置くものは必要ないか?) <p>※進行例(ここから約5ページ分) // ↑ 確実な把握のためにページ概数を明記している</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・以下、30分毎(全10回)の1回毎の内容。 趣旨が変わらなければアドリブで変えて構わない。小さいながらも、いくつか山場がある。若しくは、作れる。 ・以下のシナリオ例で、■印は内容の区切り、△印無し丸カッコは適宜判断する事柄、△印で始まる丸カッコ内の事柄は原則抜かすが、適宜判断、★印は適切に変える内容のこと。もし整理券を使わない場合は整理券関係は読み飛ばすこと。 ・これまで勝者インタビューはせず、それでもトータル24分程度かかった。今回もしないが、以下には参考として記載。 ・所要時間の不確定度が特に高いのは、入退室、参加者が束にまとめるとき(2回)、進行役のアドリブ部分である。 <p>■ 30分毎の開始時刻までに</p> <ul style="list-style-type: none"> ・30分毎の開始時刻(0分か30分)までには着席を終えているように案内する(廊下でも教室内でも適切に案内を)。 <p>案内役は(主に廊下だが、必要に応じて教室で、)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・前の回が終わらない内に来た人へは、控え席の余裕(や、立席で構わない方なら壁辺りの場所の余裕)があれば静かに入って頂くことは構わない。(進行役も審判もそのつもりで。) ・これまではなかったことだが、もしも入りきらないときは、廊下に2列で並んで頂く。入室後に中に若干控え席の用意がある事もアナウンスし、子供と同時に入室を希望する保護者には、混ざって並んで頂く。 ・適宜、「次は★時★分開始です」とか「整理券が必要です」とか「整理券はまだあります」とかのアナウンスや、整理券配布をする。 ・各回始まりの4分位前に、その回の整理券が余っていたら、廊下で、「空き席があります。どなたでも大人の方でも参加できます。」などと伝え、希望者には配布して入室して頂く。 ・まだ空き席があるときに、30分毎の開始時刻の2分位前までは、適宜呼び込みをする。 ・それでも空き席があり室内で壁際か控え席に保護者がおられるときには、保護者に「空席が充分ありますので、競争は参加されても参加されなくても差し支えありませんが、参加者席で(適宜「お子様の近くに」)お座り頂いても差し支えありません。」などと案内する(このときの保護者には整理券を配らないでもよい)。関連して、空き席が必ず生じそうと予想されるときは中村が学生スタッフに周知して最初から保護者も座って頂くようにすることがある(その場合は以下の指示の一部を適宜変えること)。 ・3、4分前くらいから入室開始：前の回が終わって保護者の方も全員退室したら(午前や午後の最初はこれより早めに入室して頂いた方がよい)、来ている人の入室を案内。その時、できるだけ前もって、「時間が★時★分の整理券を持っている人と保護者の方が入れます。整理券を持ったまま前側の席に座って、整理券を机の右上に出しておいてください。」「保護者の方は後ろの控え席か、壁際で立席でお願いいたします。」などと告げる。こうするのは、壁際以外に立っている人がいると1位に正しく気づけない可能性が出てくるためである。 ・入室時に整理券に印字してある時間のチェックをする。整理券はラウンドごとに違う色で印字してある予定。 <p>教室内の学生スタッフ(進行役と審判)で、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・最初に、内容を記したスライドを表示。 ・進行役等が適宜アナウンス(外で案内役も適宜)：「整理券を持っている方は前の席から座ってください。」「座ってから整理券は机の右前に出しておいてください。」「小学生だけで席が埋まりそうな場合には：「保護者の方は後部控え席か、お子様の近くの壁際で立席でお願いいたします。」など。 ・整理券の時間が違うときは指摘して、もし席の余裕がありそ
---	---

表2 出展等での進行例 (3) その3/5

<p>の回でよければ入室して頂く。空き席が無い時は退席が待つて頂く。</p> <p>■開始 0分か30分丁度開始を目指す この時点から最後の退室の発声までを24分以内目標で</p> <ul style="list-style-type: none"> 参加者全体の入室が遅れている場合、若干は待つ。参加しない保護者は待たない。 もし始まってから遅れて来た場合、念のため時間を確認し、多少の遅れなら入れる(但し、説明を聞いてない分手がかかるかもしれないが、本来の役割や進行を主と考えて、余裕の範囲内で対応する。) <p>■説明(0分または30分の開始からの大体の時間区間:0 ⇄ 2.5分) 全2.5分以内で</p> <p>ここから約5ページ分のカッコなし部分は、原則進行役が話す事柄。</p> <ul style="list-style-type: none"> (審判は、後で進行役からの紹介時に参加者から見えるように前側付近に移動する。) (挨拶で始める。)(司会は名乗っても差し支えない。)(△長い自己紹介する時間は取れなさそう。) これから並べ替え競争で遊びます。頭も手も使ってください。(適宜。例:「暑いけど頭は動きますか?」) (スライドを指して)ここに書いたように、練習試合、並べ替えの参考例の紹介、作戦タイム、本番の試合などと進めます。(提示:説明、練習試合、並べ替えの参考例、作戦タイム、試合、並びの確認、(△勝者インタビュー)、おわりに。) (適宜:「今から、2分間くらい、準備と説明をします。ここでは全てそうですが、1回しか言いません。」) 札の束を見てください。表と裏で文字の色が違います。今からしばらくは、青色を使います。色を混ぜないようにしてください。(△つまり「裏表を混ぜないようにしてください。」) それと、札はさかさのまま混ぜないようにしてください。(言わなくてもそうしてくれるかもしれない。) 札に書いてあるのは、1~3000の間の数字です。 近い数が沢山入っていることもあります。 練習試合でも試合でも、競争では、どちらかの色の数字を、束の上から下に、大きい順か小さい順になるように並べ替えて頂きます。 色と順序は、競争の直前に発表します。 札を置くのに目の前の机も使ってください。机から札を拾い難いときは、札を机の端まで滑らせてから取ってもいいです。(△「でも、落とさないよう気を付けてください。」) (進行役が札を持って)競争では、重ねてひとつの束にして、それを片手に持ったときが並べ終わりです。 そして、自分が1位と思う人は直ぐに、もう一方の手を上げっぱなしにして、同時に大きく「ハイ」と言って、知らせてください。 こんなふうです。(進行役が手を上げて)ハイ。 審判が手をおろしてというまで上げ続けてください。(審判を指し)この人が審判です。(名前まで言って紹介するかどうかは適宜。)(審判は、このとき、手を上げる。) 今日は時間の都合で1位の人だけに注目します。 同時なら、二人とも1位です。 でも、だれかが声を出した後では、もう1位ではありませんので、並べ終わっても後の人は手も上げず声も出さないでください。 時間をスクリーンに表示しますので、自分がかかった時間は分かります。(できるだけ、このときまでには、タイマーの画面を表示。) 早く終わった人は、そのまま待っていてください。 (小学生以下が居るか不明な場合に)ここに小学生やそれ以下の方は居られますか?手を上げてください。 	<p>(もし手が上がったときは「ありがとうございます。手を下ろしてください。」)</p> <ul style="list-style-type: none"> (もし中高大生や大人が席についている場合に)今日は小学生以下の参加者だけ記録をとります。中学生以上や大人の方は、もし早くできても、挙手も声もご遠慮ください。お願いいたします。もし早かったときはひそかに喜んでください。(数少ない笑いがあってもよい所。) <p>■練習試合(2.5 ⇄ 9.5分) 全7分位で</p> <ul style="list-style-type: none"> 今から1回だけ練習試合をします。 あとで秒読みしますので、スタートといたら始めて下さい。 並べ替えが済んだら、さっきも言いましたが、束にして片手で持ってから、早かった人が手を上げて声を出して知らせてください。 制限時間は6分とします。 では、競争内容を発表します。青色の数字を上から下に大きい順に並べ替えてください。 青色で、上から下に大きい順です。 (タイマーソフト準備後、審判が進行役にスタンバイOKの手を上げた後に) では秒読みから行きます。3、2、1、スタート。(ここで、進行役がタイマーソフトをスタート。) <ul style="list-style-type: none"> 参加者から最初に手が上がった時間をメモしておく。(以下の最後の『※競争の審判等について』も見ておくこと。手が上がった1位候補者皆をマークするのは審判。適宜、1位候補者の人数を進行役に伝える。練習試合では並べ替え内容のチェックは省く。…なども書いてある。) (もし練習試合の時間が余っていて、審判が余裕があれば、1位に一声くらいかけるとよいかも。) (5分時点で告げる)あと1分で打ち切ります。 (6分で打ち切る。確実に皆終わっていたら早める。もし全体の進行時間に余裕があり、終えていない児童等がいる場合に、多少待つのはその児童等に親切だが、それは進行役が判断。) <ul style="list-style-type: none"> ストップ。終わっていない人は、ここまでで終わってください。(審判が見渡して、まだやっていたら、個別に終えさせる。)(この時点では、札が机に広がったままの人がいて構わない。) (全体に何か声をかけるとよい。例:「意外と難しかったですか?」) 練習試合の最高タイムを発表します。(複数名なら人数も言う。「1位は★人いて!」)★分★秒でした。(適宜:「あとで本番の試合をしますが、そのときはみんなもっと早めてください。」) <p>■並べ替えの参考例(9.5 ⇄ 12.5分) 全3分以内で</p> <ul style="list-style-type: none"> (初めての児童等や保護者にとっては、高専のお兄さん、お姉さんから聞いた方法ということになるある面大事なシーン。)(この、参考例を話すのは、審判が分担してもよい。) 今から、皆さんの参考のために、大きい順に並べるための方法を2つ話します。 もし本番の試合で使えると思ったら、取り入れてください。 (スライド使用。スライド案は中村が用意するが適宜変更可。) スライドを使います。 (スライド2をめくって)指を1の形にして)まず、ひとつ目は、分類で並べ替える方法です。 頭で想像してください。テストの用紙が沢山あるとします。これを十の位と百点で11の箱に分類したとします。一つひとつの箱は枚数が減ったので扱いやすくなります。 更に、もしもですが、(スライド3をめくって)百ます計算のような縦と横の十行十列と百点の場所に分類したとすると、高い点数から順に拾い集めるだけで並べ替えが済みます。
---	---

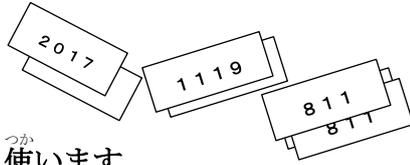
表2 出展等での進行例 (4) その4/5

<p>・(もし時間があるようならスライド4で:「一列に並べても同じことですが長くなります。縦横に並べた方がまとまりは小さくなります。)」</p> <p>・今の分類する方法の良い所は、うまくいくときは速いことです。悪い所は、分け方を多くすると広い場所が要ること、反対に場所を節約すると近い数がかたまったりしてこの方法だけでは並べないことです。</p> <p>・(ここに限らず、適宜、話の間(ま)を置く。)</p> <p>・(指で2の形にして) 2つ目は、</p> <p>・(スライド5をめぐって) 何回も半分に分けて、その後で合わせていく方法です。</p> <p>まず、全部を、半分位、半分位、半分位、半分位と分けていきます。</p> <p>次に(スライド6をめぐって)、分けたのを合わせていきます。合わせる時に、(スライド7をめぐって) 大きい値から順に引き出して合わせます。</p> <p>(少し、スライドの一部を読み上げて説明。) 8と3から8・3、(スライド8をめぐって)、8・3と1からまず大きい8を引き出してそして残り大きい3そして1で8・3・1、7と5から7・5、右は同じです。(スライド9をめぐって) 8・3・1と7・5からまず大きい8次に大きい7次に大きい5という感じです。右も同じです。(スライド10をめぐって) 8・7・5・3・1と9・6・5・2から一番大きい9、残り一番大きい8、続けると並べ替えができます。)</p> <p>(△「引き出すときは、それまでに大きい順になった2つの列のそれぞれの上側の端だけ見て大きい方を引き出します。)」</p> <p>・この方法の良い所は、速いことです。悪い所は、広い場所が要ることです。</p> <p>・(ここに限らず、適宜、間を置く。)</p> <p>【 (ここは、クイックソート。スライドはまだなし。) 次の方法です。札の数字がこんなだったとします。その中のひとつの数字をつかって、それと同じか大きいものと、小さいものに分けます。分けたら、また同じことをします。1枚になったらそのかたまりは終わりです。(少し、スライドの一部を読み上げて説明。例:「★と★から★★、・・・、こんな風です。)」最後に左から見ると、大きい順になっていますね。この方法の良い所は、ほとんどの場合に速いことです。悪い所は、値に偏りがあったり、最初から一部が逆に並んでいるなど特別な場合にとても遅いことです。】</p> <p>・今、大きい順にする2つの方法を話しました。</p> <p>・小さい順にする場合も考え方は同じです。</p> <p>・(適宜:「札の束にするときに上から足すか、下から足すかでも順序を変えられます。」)</p> <p>・ここまで参考例でした。並べ替えといっても、いろいろな方法がありますね。</p> <p>・本番の試合で取り入れたらよさそうなことがあったでしょうか。</p> <p>・(適宜:「これまで速かった人は、さっき最初に話した、分類する考え方を使っている人もいたようでした。)」</p> <p>・(適宜。本番の試合の後がよいかも:「皆さんに尋ねます。今の話が参考になりそうという人は手を上げてください。ありがとうございます。おろしてください。)(スライドをめくる。最後の進行を記したスライドに。)</p> <p>■作戦タイム(12.5 ⇔ 15分) 束に整理するまでを全2.5分以内で (次の作戦タイムは、時間的に可能なら、適宜、2分でも。)</p> <p>・本番の試合の前に、今から1分間作戦タイムを取ります。</p> <p>・練習用に今持っている札を使ってもいいですが、そのときは、さっきと同じ青色を使ってください。それから、逆さのまま混ぜないようにお願いします。</p> <p>・整理券をこのあと回収しますので机の右前に置いておいてく</p>	<p>ださい。</p> <p>・では、整理券を置いたら作戦タイムです。始めて下さい。</p> <p>・(審判は整理券を回収しクリップで留める。回収時間短縮のため、回収はこのタイミング、または、入室時。)</p> <p>・(審判が適宜見て、もし面が違っていたら直してもらおう。)</p> <p>・(時間1分が来たら) 時間が来ました。では終わってください。もし今、札を広げている人は、青色の面を向きをそろえて束にしてください。順序は適当でいいです。(全員が束にするのを待つ。審判が遅い人を手伝う。または、空き席の束や予備の束と交換する。)</p> <p>■試合(15 ⇔ 21.5分) 試合後束状態に整理するのと、その後のやり取りを含めて 全6.5分位で</p> <p>・いよいよ(△「今日のメインイベント、)本番の試合です。1回だけです。</p> <p>【 ・(進行役が判断し、もし、この時点で2分以上早い場合は、勝者インタビューをすることを検討。そうする場合は、進行役がそのように皆に聞こえるように明言する。例:「時間に余裕がありますので、後で1位の人にはちょっとだけ勝者インタビューをします。)」】</p> <p>【 (△しないでよい。(状況によって)「念のため色と向きが混ざらないようにしながら途中から上下を入れ替えるのを★3回してください。)(△しないでよい。(時間と状況によっては更に)「近くの参加者と交換してください。)」】</p> <p>・競争ですので、1位の人については、1位が1人でも同時が2人以上でも、後で、きちんと並んだかの確認をします。</p> <p>・それから、もしも、1位の人が、きちんと並べてないときですが、今日は時間の都合から、最初に上げた以外の人のチェックや試合のやり直しをせずに、勝者無しとします。ご了承ください。</p> <p>・試合は練習と同じで、秒読みの後のスタートで始めて、並べ終わったら、並んだ束にして、片手で持ってから、最初だと思っただけ手を上げて大きく声を出して知らせてください。</p> <p>・今度はさっきより速いはずですので、制限時間は5分です。</p> <p>・では、競争内容を発表します。★裏返して、だいたい色の数字を使って、上から下に大きい順に並べ替えてください。(または「★だいたい色で、上から下に大きい順の束にしてください。)</p> <p>(進行役がタイマーソフト準備後、審判がスタンバイ OK の手を上げた後に)</p> <p>・では秒読みから行きます。3、2、1、スタート。(ここでタイマーソフトをスタート。)</p> <p>・(進行役は) 手が上がった時間をメモしておく。(審判:別紙通り。手が上がった1位候補者皆をマーク。1位候補者皆の並べ替え内容をチェック。もしミスがなければその児童が1位。1位候補者皆がミス【 していて2位候補者が特に分らない】なら、勝者無し。この結果を適宜進行役に伝える。【 無理しなくてよいが、もしも、1位候補者がミスしていて2位候補者が分かるときはその並べ替え内容をチェックし、ミスがなければ1位とする。】)</p> <p>・(進行役が、この回の1位のタイムを適当なタイミングで板書する。1位無しの場合は横線などで。)</p> <p>・(もし試合の時間が余っていて、審判に余裕があれば、審判は1位に一声くらいかけてもよい。)</p> <p>・(4分時点で告げる)あと1分で打ち切ります。</p> <p>・(1位がいるか審判に尋ね、いたら予定通り5分で打ち切る。まだ誰も終わっていなかったら、進行役の判断で、時間的許容範囲までは、1位出現を待つ。)</p> <p>・ストップ。終わっていない人もここまでで終わってください。</p>
---	---

表2 出展等での進行例 (5) その5/5

<p>(審判は、見渡して、まだやっていたら、個別に終えさせる。) 　まだ途中だった人はだいたい色の面で数字の向きをそろえて束にしてください。順字は適当でいいです。(全員が束にするのを待つ。 審判が遅い人を手伝う。または、空き席か予備のと交換する。)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 皆さんに尋ねます。練習試合のときより速くなった人は手を上げてください。ありがとうございます。おろしてください。(もし可能なら、好評が何かをひとこと。) (適宜:「もうひとつ尋ねます。さっき並べ替えの方法を2つ話しましたが、その話が少しは役立ったという人は手を上げてください。」「ありがとうございます。おろしてください。」もし可能なら、好評が何かをひとこと。) • では、最高タイムを発表します。(複数名なら人数も言う。「1位は★人いて) ★分★秒でした。(△言わない?:「練習より★分★秒早くなっていました。)」(可能なら、適宜、好評などをひとこと。) <p>【 ■勝者インタビュー(21.5 ⇄ 22.5分) 予め時間があると判断しかつ1位がいる場合 全1分位で</p> <ul style="list-style-type: none"> • ひとこと勝者インタビューをさせていただきます。差し支えない範囲でお願いします。 • (進行役が1位の人数分尋ねる。どの席の児童なのかは、審判が手振り等で知らせる。手を広げて5本指で指すのはセーフだが、指指しはしないこと。)(児童等との距離は相手によって適宜。あまり近づかない方が大きい声で答えて貰えるかも。)(適宜:「済みません。一回起立して頂いて良いでしょうか。)」名前を聞きませんが、何年生ですか。どこから来ましたか。(進行役が適宜会話しても構わない。)(そして、例えば:)速かったのはどんな工夫をしたからだと思いませんか。みんなに話していい範囲でお願いします。(聞く。場合によっては進行役が復唱する。)ありがとうございます。 (立ってもらっていた場合は「かけてください。)」 <p>■おわりに(22.5 ⇄ 23.5分) 全1分位で</p> <ul style="list-style-type: none"> • (適宜「あと1分で終わりです。)」 <p>【 ・(できればクリップを提示して)机の中にしまっていたクリップを出して、元通りに札の束をはさんで、机の真ん中に置いてください。】</p> <ul style="list-style-type: none"> • 札の束を、最初と同じで、青色の数字が見えるように置ってください。(暗に、持ち帰らないようにという意味。)(終わるのを待つ。)(審判は手間取っている児童等を見かけたら、やってあげる。) • 並べ替えの方法にもいろいろありましたね。普通はコンピュータにさせますが、その場合も状況に応じて、良さそうな方法が選ばれています。(適宜:「並べ替えが意外に奥深いことが分かって頂けたでしょうか?」) • 身の回りで順序よく並んでいるのは、全て、並べ替えをした結果です。どんな方法で並べ替えたのか、たまには想像してみてください。(言わない?:「学校の先生は並べ替えをしょっちゅうやっています。)」 • 今日のような競争は、裏紙でも、切って数字を書けば、すぐ遊べます。 • (もし配布物を配る場合はこの時点で配る(家族は子供だけ。幼児にも「大きくなってから読んでください」と言って渡す。午前と午後の最初だけは、早く来られた場合に待ち時間が長いいため、開始前に配ることもある。)) • 今から配るのはおまけです。 <p>// 「高専のホームページにもあります。」「折り曲げて構いません。」</p>	<p>// ・配布したプリントにおまけを書いておきました。「よかったら、帰ってから保護者の方とゆっくり見てください。」「言わない。「来年もやっているかもしれません。1位でなかった人も練習して再チャレンジしてください。」「配布物に記載するのと言わない。「夏休み等の自由研究にするときは、まず提出先に自由研究扱いになるかどうか確認してください。」「(部屋の状況に応じて)最後ですが、この部屋は前からでも後ろからでも出られます。忘れ物がない様をお願いします。・(状況によって「札は机に置いてください」と明言する。) • これが終わります。ありがとうございました。 • (適宜、部屋内に忘れ物がないかや、札を持ち帰る人がいないかを、見ておく。)(もしも、粗品の用意ができていて中村が頼んだ場合に審判から粗品を渡す。できるだけ他の人に目立たないように、「粗品です。後で開けてください(この部屋では開けないでという意味。)」などと告げながら。) <p>■26分経過までで 退室完了をめざす その後次の参加者の入室</p> <ul style="list-style-type: none"> • 全員退室後、札の束が全て有るか確認。万が一、無い席があったら中村に連絡、または予備から補充して後で中村に連絡。 <p>※競争の審判等について</p> <ol style="list-style-type: none"> 0. 参加者が1位を目指して競争をするので、1位の判定や、把握や、タイム測定で不手際が起こらないことが第一。 1. 多くの場合に、一番早い児童等は1人であり、きちんと並べ替えているはずであるが、そうではない場合も想定しておおよそ以下のように対応したい。 1位タイムのメモを取るのには進行役だが、審判が下記のように、1位候補者(1人以上)席の把握(練習試合では人数だけ把握)、並べ替え結果のチェック(練習試合では省略)、1位(0人以上)の席の把握をする。審判だけで手に余るときは、進行役と協議して進める。1位候補者や1位を見失わないのは審判がしつじれない事柄である。 2. 審判は、全体を見渡せる位置から、まず、児童等の挙手(または声)の早さで1位候補者(1人以上)を判断し把握する。審判は手を上げたわずかの早さの違いは区別する。同時のとき(または、決めがたいとき)は、同時の複数を1位候補者とする。(必要があり、かつ可能なら、進行役と協議してもよい。) 審判は、把握後、適当なタイミングで、手を挙げた参加者の手をおろしてもらう。 3. そのあと、審判が1位候補者(1人以上)全員の並べ替え状態をチェックする。そのたびに正しかったかどうかを覚えておく。(更に、進行役に身振り等で知らせてもよい。) チェックは、児童等から束を受け取り、上側から順に取りながら、机の同じ場所に1枚ずつ重ねていく形で順序を調べる(最後に逆順になったままでよい)。高さが高くなるときは山を複数にしてもよい。広げてしまうと後でまとめるのに時間を食うので、広げない。色違いや逆順は不可(失格)とする。1位候補者に並べ替えが正しかった児童等が1人以上いるときは、1人以上の1位が決まる。 もし、1位候補者全員が並べ替えが正しくない(お手つき)ときは、原則として勝者無し(1位無し)とする。 あとで、進行役がタイム(複数名なら人数も)を発表するときまで、審判が進行役に人数を身振り等で知らせる。【(もしインタビューもする場合は、審判が1位(1人以上)の席を都度進行役に教える。)] 4. もしも粗品があり審判に頼んだ時は(当日までに中村が準備できていてかざもあるとき)1位候補者から1位(1人以上)が出たとき1位に審判から渡す。 </p>
---	--

1位をめざせ『ならべかえ競争』(実演)



所属 一般科目

担当者 中村 博文

参加型です。頭も手も使います。

- ・3000以下の数がばらばらに書いてある札で、ならべかえ競争をします。
- ・練習試合1回と、参考例の紹介と作戦タイムのあとで、競争を1回です。
- ・どうしたら早くできるのか、よく考えて、1位をめざしましょう。

ならべかえという身近で基本的な操作を題材に、何かを果たすための具体的な手順の理解と改良について、自分の頭でひらめきを追体験してみませんか。

aha!

所要時間 25分くらい。毎時0分と30分に着席完了して始めます(昼休み以外)。

実施人数 小学生30人×10回。(保護者の方は、後部控席か壁際立席でお願い致します)
整理券が必要(9:30~と12:30~)。(空席のあるとき中学生から大人まで参加可)

その他

- ・使う札と、競争内容(小さい順か大きい順)は、そのときに発表します。
- ・時間の都合から、練習も競争も5分位で打ちきり、主に1位だけ注目します。
- ・ならべ終わったら、片手に全て持ち、手をあげ声を出して知らせてください。

発展 (もしよろしかったら、家で読んで、もう少しきわめてみてください。自由研究にするときは提出先に確認を。)

- ・「方法」や「手順」の中でも、とくに「何かを果たすための具体的な手順」をアルゴリズムといいます。NHKの体操で聞いたことのある言葉だと思いますが、アルゴリズムだけなら、このような意味です。
- ・ならべかえを、ソートや整列ともいいます。ならべかえのアルゴリズムで遊ぶのがこの内容です。
- ・かんたんな方法の例: まず最大のを見つけだし、次に残りの中で最大のを見つけだし、さらに残りで最大のを見つけだし、とくり返します。かかる時間は、札の枚数を2倍にすると約4倍になります[データ数をnとしたとき、 $n \times n$ にほぼ比例]。(選択ソートと言ひ、必修科目『情報』で習う高校もあります)
- ・速い方法の例: まず2枚ずつで、大きい順の2枚組にし、次にふた組の2枚組ごとに、大きい順に引きぬいて大きい順の4枚組を作り、さらにふた組の4枚組ごとに、大きい順に引きぬいて大きい順の8枚組を作り、とくり返します。場所が充分あれば、枚数が十倍でも時間は十数倍[専門的には $n \log n$ にほぼ比例]。普通は、全体を大体半分に分け、それぞれを大体半分に分け、さらに大体半分に分け、と1枚になるまで分けておいてから、この逆の流れで、順にしながら合わせていきます。(マージソート。マージは合わせる意味。)
- ・常人でも少しならでできる超速い方法: 数と場所を覚えながら置き、大きい順に数と場所を思い出して拾う。
- ・値がばらついているときの前処理の例: 取り組む前に、一番上の位の数で十か所位に分類します(他の分類例: データの値ごとの場所に分類や、2けた見て十行十列の百ますのような場所に分類)。いいときは枚数に比例した時間でならべかわり[データ数nに比例]、値が偏っていると手間がムダに。(バケットソートなど)
- ・会場では、値に少し偏りがある札と、ほどほどの場所(机)を使います。自分で番号札(裏紙で充分)を作って、いろいろな方法を、枚数や偏りや広さ(手だけ~無制限)を変えて試すと、特徴を体感できます。組み合わせ技も効果的です。枚数の少ないかたまりをならべかえると、こみいったことをしない方が速いです。
- ・ならべかえにも実はたくさん方法(アルゴリズム)があります。どれにも長所と短所があります。
- ・以前、NHKの『大人のピタゴラススイッチちよいむず』で、ならべかえを扱っていて、楽しくしめじソートと呼んでいたのがマージソートです。同様に、じゃがいもソートはクイックソートです(説明をはぶきます。余分な場所が少しですみ、多くの場合にマージソートより速いため、コンピュータでよく使われますが、値の偏りや最初のならびによっては選択ソートより遅く要注意です)。初上にNHKのをうまくまねた動画もあります。名前を変えていますが、しめじソートやじゃがいもソートで検索しても出てきます(少し違和感のある動画もありますが方法がわかります)。備考: aha!の語は、マーチン・ガードナーの著書より。

図2 配布資料例

都城工業高等専門学校
研究報告第 59 号

令和 7 年 2 月印刷
令和 7 年 2 月発行

編集兼発行者：独立行政法人国立高等専門学校機構
都城工業高等専門学校

郵便番号：885-8567

所在地：宮崎県都城市吉尾町 473 番地の 1

National Institute of Technology(KOSEN), Miyakonojo College

ADDRESS:473-1 Yoshio-cho, Miyakonojo City,

Miyazaki Prefecture, Japan 885-8567

TEL(0986)47-1109

FAX(0986)47-1111

Research Report
of
National Institute of Technology(KOSEN), Miyakonojo College

No.59

2025

Contents

Research Papers:

- Document Summarization Model for Elimination the Information Gap with Deaf Person
~ Distributed Model vs. Hierarchical Model~MARUTA Kaname.....1

Data and Introduction:

- An Example of Demonstration of How Signals are Delivered by Radio Waves and How Communication Works —An Example with Antennas and OFDM to About 5th Grade of Elementary School and Above—
.....NAKAMURA Hirofumi.....9
- A Working Example Focused on Sorting to Elementary School Students and Older at Scientific Events
.....NAKAMURA Hirofumi.....21
