

# 卒業論文

## 効率的な遡り学習も考慮できる 目標逆算型積み上げ式学習支援システム

Goal-Oriented Learning Support System also Take into Account  
Efficient Retroactive Learning

富山県立大学大学 工学部 情報システム工学科  
2020025 中市 新太  
指導教員 António Oliveira Nzinga René 講師  
提出年月: 令和6年(2024年)2月



# 目 次

図一覧	iii
表一覧	iv
記号一覧	v
<b>第1章 はじめに</b>	<b>1</b>
§ 1.1 本研究の背景	1
§ 1.2 本研究の目的	2
§ 1.3 本論文の概要	3
<b>第2章 教材の提供と科目推薦</b>	<b>4</b>
§ 2.1 e ラーニング教材と自発的能動学修の涵養	4
§ 2.2 内容系統を考慮した学習進度管理	6
§ 2.3 週り学習と積み上げ式学習	7
<b>第3章 科目推薦・教材の最適化</b>	<b>9</b>
§ 3.1 自主学習の予定作成におけるフロー	9
§ 3.2 CPM による履歴データからの学習計画	11
§ 3.3 教材推薦における学習履歴活用	13
<b>第4章 提案手法</b>	<b>16</b>
§ 4.1 予定作成の最適化としての定式化	16
§ 4.2 教材管理と学習進度管理の手法	18
§ 4.3 内容系統を考慮した学習管理システムの提案	20
<b>第5章 実験結果並びに考察</b>	<b>23</b>
§ 5.1 実験の概要	23
§ 5.2 実験結果と考察	24
<b>第6章 おわりに</b>	<b>26</b>
<b>謝辞</b>	<b>27</b>
<b>参考文献</b>	<b>28</b>



# 図一覧

2.1	端末利用状況	5
2.2	高校新課程	5
2.3	学習系統図と年間指導計画	7
2.4	スタディ・ログ	7
2.5	遡り、積み上げ学習	9
2.6	すらら	9
3.1	PERT 図	12
3.2	CPM	12
3.3	フロート	13
3.4	プログラム	13
3.5	サクラチェック	14
3.6	信頼性の低いレビュー例	14
4.1	大本データ	18
4.2	参考にした教科書	18
4.3	勉強時間入力、イベント設定	18
4.4	理解度入力、学習範囲設定	18
4.5	教材データ	20
4.6	範囲選択方法	20
4.7	CPM 計算結果	20
4.8	スケジュール作成	20
4.9	信頼性スコアデータ	21
4.10	システム全体図	21
4.11	グラフページ	22
4.12	スケジュールページ	22

# 表一覧

5.1 システムの評価基準	24
5.2 アンケート結果	25

# 記号一覧

以下に本論文において用いられる用語と記号の対応表を示す。

用語	記号
教材 $i$ につけられたレビュー文章	$l_i$
レビュー文章 $l_i$ を <i>bigram</i> によって区切った要素集合	$X_{l_i}$
レビュー $l_i$ の類似性スコア	$S\_score(l_i)$
あるアイテムの $m$ 日目のレビュー集合	$B_m$
投稿時間間隔が短いレビュー集合	$g_b$
$g_b$ のレビュー数	$size(g_b)$
レビュー $l_i$ の集中性スコア	$T\_score(l_i)$
レビュー $l_i$ と同じジャンルに属するレビュー数	$o$
レビュー $l_i$ に出現する名詞集合	$K_i$
$K_i$ の要素	$term_j$
$l_i$ と同じジャンルのレビュー集合において $term_j$ を含むレビューの数	$df(term_j)$
レビュー $l_i$ の情報性スコア	$I\_score(l_i)$
レビュー $l_i$ のサクラ性スコア	$F\_score(l_i)$
レビュー $l_i$ の評価値スコア	$R\_score(l_i)$
レビュー $l_i$ の信頼性スコア	$K\_score(l_i)$

## はじめに

### § 1.1 本研究の背景

生まれ育った環境によって、子どもが獲得する学力に差がつくことを「学力格差」とよぶ。必要な教育を受け、一定の学力を身に着ける機会は本来平等であるべきだが、現実には生まれや育ちの環境によって状況が異なることは、2000年以降多くの研究者によって指摘してきた。

単なる本人の得意不得意による学力差と違い、学力格差では本人の意思に関係なく生まれによって差がつくことが大きな問題となる。その差は一時的なものに終わらず、教育達成や社会達成の差となり、生涯にわたって影響する。こうした達成を実現できた人とそうでない人の間に、互いへの偏見や差別意識が生じたりする場合もあり、こうした結果、社会的な信頼感が低下して、社会全体がバランスを失ったり、活力が下がってしまったりする可能性もある[1]。

家庭環境によって教育にかけるお金の多少で進学に必要な学費や生活費、習い事や通塾費などに差が生じる経済的な問題、親の学歴や家庭の蔵書数などの文化資本の差が子供の希望進路に影響する問題が学力格差の大きな原因とされる[2]。その他にも地域差、言語の違い、男女差、教師の指導力など多様な要因が組み合って格差が生まれている。

中学三年生に対する調査では、最も低い経済的背景の生徒は、最も高い背景の生徒が全く勉強していない場合の平均値で追い抜くことができないという結果が出た[3]。大都市では学校ごとの学力の違いが大きく、その学校にどのような社会経済的背景の子供が通うかにより強く規定されており、学習習慣の定着にも影響している。これらの結果から、家庭背景の不利を生徒個人の学習時間でのみ克服することは極めて難しいことがわかる。

日本では出身階層と通塾と家での学習時間がいずれも正の相関があり、富裕層の親は早期に確実に学習習慣を身に着けられるように通塾させている。通塾が暗黙の了解として教育メカニズムとして組み込まれてしまっているので、学校教育のみを受けている経済的に困難な層の生徒は相対的に学習習慣を身に着けづらい環境になってしまっている[4]。

2017年に行われた日本財団の箕面市子ども成長見守りシステムを用いた調査により、家庭の経済格差と子どもの認知・非認知能力格差との関係が明らかにされた。調査によれば、貧困状態にあると学力が低くなる傾向があり、特に小学校4年生以降で学力が大きく低下することが示された。さらに年齢が上がるにつれて、貧困世帯の平均的な学力が低下し、逆転の可能性が低下し、低学力が固定化してしまうことも指摘された。この状況を踏まえ、格差が拡大する前に早期に支援を行うことが重要であるといえる。

また、生活習慣やは自制心、勤勉性、外交性、協調性などの非認知能力については、貧困

世帯と非困窮世帯を比べると、小学校初期から大きな差が存在している。たとえ貧困状態にあっても学力の高い子どもは、生活習慣や学習習慣などが高水準にあるため、支援には基礎的信頼や生活習慣など、学習の土台となる非認知能力の育成が重要と考えられる [5]。

学力の差はやがて自信の喪失へとつながり日常生活も関係し、心身ともに健やかに成長し、自信を持って生きるために必要な非認知能力の低下にも関係し、自己肯定感の欠如や自信喪失、協調性の成長が阻害され、社会へ出ても上手く馴染めない人間性になってしまう可能性がある。

また、日本では最終学歴によって初任給などが変化し、その後のキャリアアップなどにも影響する。子どもの頃に少しずつ生じた学力各差は、経済格差になり、さらに格差が広がってしまう。結果、貧困世帯の子どもは、親になっても再び貧困になってしまう可能性があるという負の連鎖を起こす [6]。

## § 1.2 本研究の目的

既存の通信教育サービスでは、遡り学習のシステムや苦手科目の補強の教材は提供されているが、スケジュールや学習単元の選択においては、利用者が自ら選定するか、会社がある一定の期間に作成するスケジュールを利用するが一般的になっている。

子供の計画性は発達途中であるため、まだ時間の見通しが利かず、自分が何をどのくらい進められるのか把握していない子供は少なくない。自力での予定作成では、同時に多くの学習範囲を割り当てることがあり、この状態では実現できる計画にならない。無理の多い計画内容は計画倒れの経験を積み重ねることにつながり、達成感を得にくくなってしまう。また、目標設定がうまくいかず、既定の期間までに時間に余裕をもって行動できず、取り組む順番をイメージできないこともある。

学習計画では、多くの場合どこかで実行できなかった部分が出てくる。こうしたとき、計画そのものを投げ出してしまうと、計画を作成すること自体の意義を見失ってしまう [7]。子供が予定を常に守れるとは考えづらいため、柔軟で適応性のある学習スケジュールが特に重要になる。具体的には、予定を守れなかった場合、すぐに翌日に負担をかけずにスケジュールを修正できる仕組みが必要になる。これにより、子供たちは小さな失敗や遅れに對してストレスなく対処でき、学習のモチベーションを保ちやすくなる。

そのため、利用者がいつでもスケジュールを変更できる柔軟で適応性のあるシステムの構築が重要と考えた。これにより、自身のペースで学習でき、変動する予定に迅速に対応できる環境が整う。さらに遡り学習だけでなく、進んで新しい単元にも取り組めるような先取り学習など利用者が自身のペースで学び、興味を持って学習に取り組める仕組みを組み込む。このシステムは、学習効果を最大化し、子供たちが学びの楽しさを感じやすくなる一助となる。

また、教育格差の縮小に寄与する可能性がある。本システムでEラーニングを活用することで、利用者はオンライン上で学習できるため、都市部や地方を問わず、あらゆる家庭でアクセスできる学習機会が提供され、全ての利用者に平等な学習機会を提供する手段となる。

一部の家庭は十分な学習資源やサポートが得られる一方で、他の家庭は資源が限られ教育資源が制約されているかもしれないが、本システムはWeb上からスクレイピングをした

教材を活用するため、低成本で導入・利用できる環境が構築される。高額な学習資材や通学費用の制約を受けずに、多くの子供たちが手軽に利用できる学習環境が整うため、家庭の経済的な差異を軽減し、あらゆる背景を持つ子供たちに教育機会を平等に提供することが期待される。

また、柔軟性のあるスケジュールは、親の働き方や家庭の状況に合わせて学習ができるため、親のサポートが得られない状況でも子供たちが学び続ける機会を提供できる。これにより、教育格差の原因となる家庭の経済的な制約や親の教育レベルといった要因に対処できると考えた。

総じて、システムの導入は教育格差を縮小し、子供たちが公平なスタートラインから学べる環境を整える一助となれる。

### § 1.3 本論文の概要

本論文は次のように構成される。

**第1章** 本研究の背景と目的について説明する。背景では、社会問題になっている教育格差の現状と悪影響について述べた。目的は、学習者がいつでもスケジュールを変更できる柔軟で適応性があり、全ての利用者に平等な学習機会を提供できるシステムを構築することを述べた。

**第2章** Eラーニングと学習指導方法の特徴についてをまとめる。また、スケジュール作成に使用するCPMの特徴とメリットを述べる。

**第3章** 塾でよく扱われる遡り学習と積み上げ学習とその有効性を述べる。CPMのプログラム上での動作と教材レビューに対する信頼性について解説する。

**第4章** 本研究の提案手法について述べる。データの定式化と定式化したデータをもとに作成されたデータとその作成方法、実際のシステムのUIについて解説する。

**第5章** 本研究の実験および結果を記載する。実験はアンケートで行い、その結果をもとにした考察を記述する。

**第6章** 本研究のまとめと今後の課題を記述する。



## 教材の提供と科目推薦

### § 2.1 e ラーニング教材と自発的能動学修の涵養

#### E ラーニング

2020 年からの新型コロナウイルス感染症の影響により、義務教育においても対面での授業を控え、オンライン講義で対応してきている。その際に e ラーニングという言葉が使われるようになっている。e ラーニングは 1950 年に登場した Computer Aided Instruction から発展してきたものである。コンピュータを利用して各生徒の理解度に応じた学習の内容を状況に合わせて提示するシステムであり、米国を中心に世界各国で研究、開発が盛んに行われていた。

1995 年、Windows95 が発売され、一般家庭にもパソコンが普及するようになり、CD-ROM を中心とした学習 Computer Based Training が作られた。2000 年ごろには政府が e-Japan 構想を打ち出したことで紙などの旧メディアを電子化していくことに注目が集まり、e ラーニングという言葉が日本国内で登場した。

インターネットのブロードバンド化によって、従来とは比べものにならない高速・大容量通信のインターネット通信ができるようになり、Web を利用した学習を Web Based Training と呼び、学習履歴はもちろん、教材やプログラムまでもサーバ上で一括管理ができるようになった。CD-ROM では教材改定やプログラム改定が困難だったが、教材・プログラムが Web 上に保存されているため、提供者は受講管理や教材の更新、プログラムのメンテナンスをスピーディに行えるようになり、受講者は場所と時間を選ばず最新の環境・教材で学習できるようになった。そして、現在ではスマートフォンやタブレットといったモバイル端末の登場とともに e ラーニングという言葉がより一層の普及を見せるようになる [8], [9]。

従来の学習法と比べて、e ラーニングには、時間や場所を選ばずに学習できる、学習者の理解度や進度に合わせて学習内容を調節できる、反復学習や課題学習など、自発的・能動的な学習が可能な教材やコンテンツを活用できるといったメリットが存在する。その結果として、学習者が主体的に学習に取り組む意欲は高まる。

これらの特徴から、e ラーニングは自発的能動学習の涵養に有効な学習方法と考えられる。

#### GIGA スクール構想

義務教育の場においても e- ラーニングは活用されており、2019 年には児童生徒向けに端末が配布され、通信ネットワークを学校に配備し、個別最適化された教育を全国の学校現場で実現させることを目標とした GIGA スクール構想が発表された。現実空間と仮想空間が

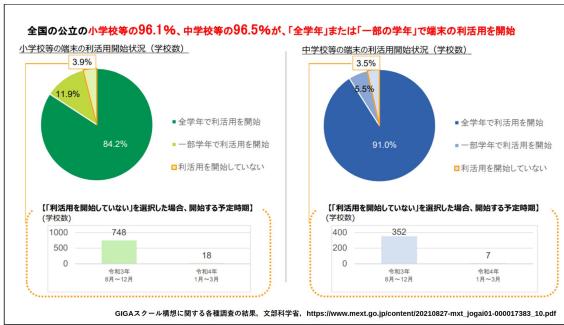


図 2.1: 端末利用状況



図 2.2: 高校新課程

一体となった Society5.0 時代を生きていく子供達にとって、教育における ICT を基盤とした先端技術の活用は必須だといえる。変化の激しい現代においては、多様な子供達を誰一人取り残さず、個別に創造性を育む教育の実現が重要であり、ICT 教育に携わる次世代の人材を育てる必要がある [10]。

2021 年には全国の公立小学校の 84.2 %, 中学校の 91.0 %, 全学年で端末の利活用を開始しており、全国の自治体の中でも 96.1 %が端末を整備していることが分かった [11] (図 2.1)。上記の調査から、GIGA スクール構想の 1 人 1 台の端末の普及は進んでおり、多くの子供たちが e- ラーニングを受講できる環境にあることが分かる。2021 年のベネッセの教師への調査によると、小学校では 58.7 %, 中学校では 44 %が「新課程で指導すべき学習内容が多くて授業で教えきれない」と回答しており、学校での学習のみではカバーできない部分はどうしても存在する [12]。

日本では出身階層と通塾と家での学習時間がいずれも正の相関があり、富裕層の親は早期に確実に学習習慣を身に着けられるように通塾させている。通塾が暗黙の了解として教育メカニズムとして組み込まれてしまっているので、学校教育のみを受けている経済的に困難な層の生徒は相対的に学習習慣を身に着けづらい環境になってしまっている [4]。

## 自発的能動学習

自発的能動学習とは、学習者が自ら学習の目標や目標を設定しながら主体的に学習に取り組む手法である [13]。現在、社会のグローバル化や、IT 産業の躍進など社会環境の変化は激しく、今使われている知識も急激に陳腐化すると考えられる。単純な暗記だけの知識を増やすだけではなく、自ら学び、時代の変化に対応できる能力をつけるために、自発的能動学習は今後より一層重要視される。

2022 年 4 月高校 1 年生から新学習指導要領が始まり、高等教育の課程が大きく変化する。新課程での変化について図 2.2 に示す。日本の学習指導要領は、時代の変化を見据えて概ね 10 年ごとに改訂されているが、今の日本社会は、グローバル化の進展や技術革新、生産年齢人口の急減など目まぐるしく変化しており、先を見通すことが難しい時代になっている。

そのため、予測困難な社会で必要となる自ら課題を見つけ、自ら学び、自ら考え、判断して行動できる力を身につけることを目標としている新学習指導要領では知識・技能だけでなく、思考力、判断力、表現力なども含めた力も必要になるため、自発的能動学習の重要性がより高まると考えられる [14]。

## § 2.2 内容系統を考慮した学習進度管理

先に述べた自発的能動学習を重きとする問題解決学習は、知識を教授することよりも体験・経験を重視することで、知識が定着せず、学力低下を招く可能性がある。

### 系統学習

学習内容を段階的に配置し、順序だてて学習させる指導方式を系統学習とよぶ。一方系統学習は一定の知識を効率よく学習するには非常に効果的な方法で、テストを利用して評価する傾向が強く、学習意欲が高い児童・生徒が多いときには競争心が生まれ相乗効果を期待できる。

一方、デメリットとして知識重視の一方通行型による学習方法のため、知識重視の一方通行型による学習方法のため、教えられる内容が生徒の興味・関心・必要とは必ずしも合致しない。結果として、学習者が自ら学ぶ意欲や思考力が育ちにくく、学習への意欲も低下してしまう [15] [16]。

一般的に一斉教授型授業の中で展開されるが、生徒の能力差・個人差に対して個別的に対応することが難しいために、理解の早い学習者は授業の流れの中で流され、理解の遅い学習者は置いて行かれるということが必然的に生じる。競争から脱落してしまった学習者を救済するようなシステムが構成されずに、学習塾など学校以外の団体に頼りがちになってしまう。

現在の教育課程の基準である学習指導要領は、基本的には系統学習の考え方に基づいて編成されている。そのため、テストは学年で同じ内容で行われ、優秀な結果を出すには学習範囲を網羅しておく必要がある。

自らの興味や得意不得意を考慮して、学習者のモチベーションを高める自発的能動学習と最低限のテスト範囲を学習できる学力を確保できる系統学習のバランスをとることが有効になると考えた。

系統学習と自発的能動学習を考慮した、学習進度管理に考慮すべき3つの要素を説明する。

### 学習系統図

学習系統図とは、単元を系統立ててつないで図示したものであり、全体を俯瞰で捉えることができ、各単元のつながりを視覚的に理解することができる(図 2.3)。苦手単元に関連する前提になる単元や後に続く単元も学習することで、理解を深めることができる。教科書会社が教科書や参考書、Web サイトに出している場合がある。

苦手な単元など課題を洗い出すためにも活用でき、特定できれば得意単元の時数を苦手単元に振り分けるなどの工夫が行える。また、学年と併せて表記することで、いつ何を学ぶかが把握しやすくなり、受験勉強の際の知識の整理にも有効とされる [17]。

ある単元に対して、苦手単元ならば前提単元を見直し学習することで理解を深められ、好きな単元に対しては関連する発展した単元を学ぶことができる。

学習系統図は系統学習をサポートし、自発的能動学習の涵養にも役立つと考えられる。系統図を活用することで、学習者は自分の位置を理解し、どの部分で理解が足りないかを把握し、学習者は系統学習を基にして積極的な参加と問題解決に取り組むことが期待される。

### 年間指導計画



図 2.3: 学習系統図と年間指導計画

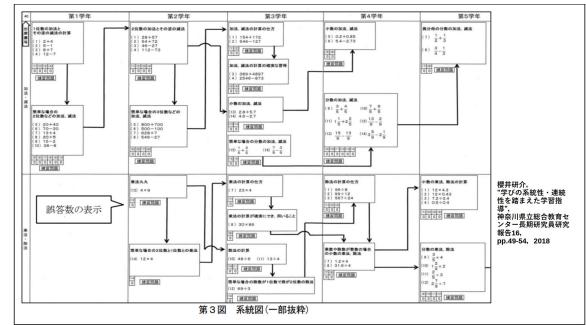


図 2.4: スタディ・ログ

年間指導計画とは、学年や学級において、学習の時間の学習活動の見通しをもつために、年間の流れの中に単元を位置付けるものである(図 2.3)。

年間指導計画に含まれる基本的な構成要素としては、単元名、各単元における主な学習活動、活動時期、予定される時数などがある。時数は学校教育法施行規則で示された総合的な学習の時間数を基に各単元に適切に配分される[18]。単元のねらい、生徒の意識、各教科等との関連、外部講師や異校種との関連などを記す場合もある。

学校の授業の進行や、試験も計画に従って行われるため、学習者が優秀な結果を得るためにには年間指導計画で示された範囲は履修しておく必要がある。

### スタディ・ログ

近年、教育の情報化・デジタル化が進展し、学習者の学びの道筋や成果の多くをスタディ・ログと呼ばれるコンピュータ上のデジタルデータとして蓄積・活用している[19]。

これまでデータの蓄積がなかったことから過去を遡って生徒が何を苦手としているかを気づくことができなかったが、蓄積されたスタディ・ログから生徒の理解度を見返すことで苦手範囲が明らかになり、早期に個別指導などの手当てが可能となっている[20]。また、学習目標に対しての達成率を可視化し、自らの成長を実感でき、モチベーション維持にも効果がある[21]。

先行研究では、学習系統図とスタディ・ログを組み合わせ、学習指導において誤答数を系統図に示し視覚的にとらえることにより、学習のどの手順でつまずいているかを具体的に知ることができ、指導においての有効性が示された[22](図 2.4)。

結論として、学習系統図、年間指導計画、スタディ・ログは相互に補完しあいながら、系統学習と自発的能動学習を組み合わせた効果的な学習環境を構築する要素になる。

## § 2.3 遷り学習と積み上げ式学習

### 教科の特徴

教科は、前の単元を土台にし、新しい単元の知識を積み上げなければ学習を理解できない積み上げ型教科と、それぞれの単元に関係性が薄く、ほかの単元の知識をあまり使わない独立型教科に分けることができる。独立型教科の中にもそれぞれの単元の中では積み上げ

型の特性があることもある。五教科の中では数学、英語には積み上げ型教科の特性が、理科、国語、社会には独立型教科の特徴が強い。

ベネッセの調査によると、高校受験を経験した高校1年生の中学生のころに一番苦手だった教科の第1位は数学、第2位は英語であり、どちらも積み上げ型教科であった[23]。独立型教科は単元の結びつきが弱いので、今やっている単元を最初から復習すれば、定期テストでは得点が取れるが、積み上げ型教科では抜け落ちてしまった部分を復習しなければそこから先の単元が理解できなくなってしまう[24]。

数学で例を挙げると、たとえば、中1で習う一次方程式でつまずいている場合、小学生で習う割り算や分数などから理解できていないケースもあり、学校や塾などの集団学習のみではつまずきまでは解明できず、置いてきぼりになる生徒が出てしまう。

## 積み上げ式学習

全ての基礎となる部分の確認、定着からしっかりと行い、それぞれのわからない原因から、ひとつひとつをじっくり隙間なく単元を積み上げていくことで、安定感のある本物の学力を身につけられる。これを積み上げ学習とよぶ(図2.5)。

最初はなかなか先に進まないが、ある一定のラインを超えると急激に理解力が高まり、身につくまでの時間が加速度的に短縮されるため、結果的に近道になると言われる[21]。

しかし、積み上げ式学習を行ったとしても、理解できていない単元は出てしまう。また、積み上げ学習を行っておらず、どこから勉強したら良いか分からない場合も存在する。その際、遡り学習が非常に重要な役割を果たす。

## 遡り学習

学習系統図を使用して、現在理解できていない単元の前提となる単元を遡りながら復習することで一つ一つの単元の理解を積み上げていくことで、安定感のある本物の学力を身に着けることができる。この学習方法を遡り学習と呼ぶ[25](図2.5)。

これまで学んできたすべての科目を復習することは現実的ではなく、かえって混乱することもあるため効率が悪い。スタディログなどによって一人一人の理解度を分析し、既に身についている単元はショートカットすることにより、必要最低限かつ最適な学習を行うことができる。

また、学習系統図を用いることで学習目標に対しての達成率を可視化し、自らの成長を実感できるという効果もある。自分の理解度を明確にしておくことで、自学自習にも役立つ。塾や個別指導ではよく使われている手法となっている。

自分の学年で学ぶことの数ヶ月先の単元を学習したり、1から2年、場合によってはそれ以上、学年を超えた先の内容を学ぶことを先取り学習と呼ぶ。学校で習っていることが不確かまま先へ進むことを急ぐのは、不安定な学習になりやすく、必ずしも推奨されることではない。しかし学校で習っていることがすでにしっかりと身についている学力の高い学生にとっては、同じ進度で学んでいくのは苦痛な場合もあり、学習意欲が削がれてしまう可能性がある。

遡り学習と先取り学習を合わせて、無学年学習と呼ぶこともあります。子どもの学年に関係なく、一人一人の学力や理解度に合わせて学習を進められる[26]。

単元のつながりを利用している実用例を示す。

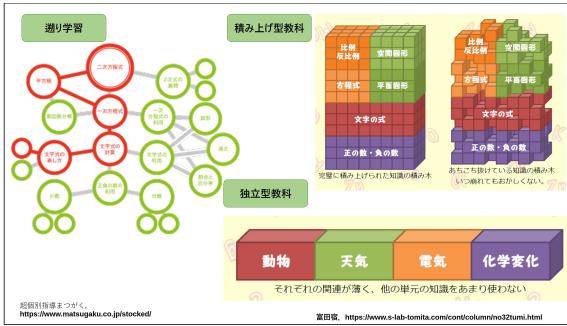


図 2.5: 遷り、 積み上げ学習

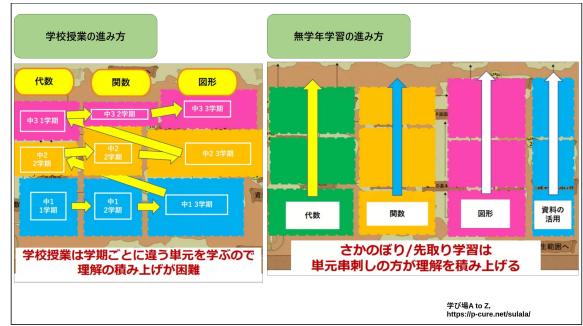


図 2.6: すらら

- **すらら:** 無学年式の通信教育系統を考慮した結果、 つまずきの元となる単元を推薦し、 苦手を克服する手助けを行っている。 つまずきの元となる単元を克服した後には、 今度は串刺し式に類似する難易度の高い単元に進むシステムを採用しており、 前単元の記憶が薄れる前に単元の理解を積み上げられる [26]. 勉強に遅れをとっている子供でも、 苦手を完全克服しながら効率的に学習を進めることができる (図 2.6).
- **Axis:** 個別指導学習系統図を使用し、 今までどのような学習をしてきたか、 これからどのような学習をしていくのか、 各教科の単元ごとの関連性を明確にしながら苦手単元を特定、 塾で個人個人に合わせた学習スケジュールを提供している。 学習スケジュールの最適化に使用している [27].

このように、 単元ごとの関連を利用した教育方法は実用化されていることが分かる。

## 科目推薦・教材の最適化

### § 3.1 自主学習の予定作成におけるフロー

プロジェクトの進捗管理を行う上で、目標達成のためにタスクやプロセスを可視化する必要がある。特定のタスクが終わらなければ作業を開始できないタスクもあるので、タスク間の関連性を把握しておかないと致命的な遅れが発生することがあるからである。そのため、1950年代に開発されたプロジェクトマネジメント手法である Critical Path Method (CPM) を使用する。

CPM は、プロジェクト完了のために実行しなければならないクリティカルなタスクを特定する手法であり、Critical Path(クリティカルパス) とは、プロジェクトの全工程を最短時間で完了させるために重要な作業経路のことです。プロジェクトの一連の工程を結んだ時、最も時間のかかる最長の経路がクリティカルパスの経路となる [28]。

プロジェクト規模が大きくなると単純にタスクの数が増え、タスク間の依存関係も複雑化するため、遅れが生じるとプロジェクト全体の遅延に繋がるようなタスクであっても把握するのが難しくなってしまう。このような遅延が許されないタスクを把握し、遅れないように対策することができる。

CPM は現代においては自動化ツールによって簡単に作成されるように進化し、プロジェクトプランニングにおいて不可欠な一部となっている [29]。

クリティカルパスを導出するメリットは複数存在する。

#### スケジュール作成

まず、スケジュール作成に有用な点があげられる。クリティカルパスがそのままプロジェクト全体にかかる最も時間のかかる最長の経路となるため、作業日数や必要工数も明瞭になる。また、プロジェクト全体の流れとクリティカルパスの把握により、クリティカルパス以外のタスクで納期あるいは工数を調整するなど、効率的なスケジュール管理ができる。

また、プロジェクトの締め切りは、思いがけず前倒しになることがある。そのような突然のスケジュール変更に直面したときも、前もってクリティカルパスを把握しておけば短縮できる場所を探し、柔軟に対応することができる。

クリティカルパスがそのままプロジェクト全体にかかる最も時間のかかる最長の経路となるため、作業日数や必要工数も明瞭になる。プロジェクト全体の流れとクリティカルパスの把握により、クリティカルパス以外のタスクで納期あるいは工数を調整するなど、効率的なスケジュール管理ができる。

また、プロジェクト内タスクの依存関係を矢印とノードを用いて図示できるため、並行して行えるタスクや優先すべきタスクを視覚的に分別したスケジュールの作成が可能である。

## PERT 図

プロジェクトのノードを線や矢印で結び、プロジェクトの達成に必要な業務の流れを図表にしたもの PERT 図と呼ぶ。工程と所要日数のほか、工程間の依存関係が視覚的に確認できるため、スケジュール管理や適切なリソース配分をするのに役立つ。PERT 図を活用すると、プロジェクト内で重点を置くべき工程を簡単に把握できるのが特徴であり、主にプロジェクト全体のなかでクリティカルパスを見極めるために使用される。PERT 図はアロー型とフロー型に分けられる [30]。それぞれを図 3.1 に示す。

- アロー型

円は、タスクの開始または終了を表し、矢印が作業内容を示しており、アローダイヤグラムの形をとる。アローダイヤグラムでは、ノードが 2 つに分かれてしまった場合、ダミー作業を点線で作図し、二股に分かれてしまったノードを 1 つにまとめる。実際の作業は伴わないため、作業時間の加算はゼロとして扱うことになる [31]。

作業の流れを強調して表示するため、プロジェクトの進行において各作業の関係性が明確になるが、作業の詳細やタスクの内部構造を表示するのが難しく、大規模なプロジェクトの場合には見込みにくいことがある。また、プロジェクトが複雑になると、多くのノードや矢印が交差し、見やすさが損なわれる可能性がある。

- フロー型

ノードをタスクや工程として扱い、タスク間の依存関係を示す矢印でつなぎ、ネットワーク図の形をとる。詳細を重視するため、全体像を理解するのにアロー型よりも時間がかかることがあるが、ノードをタスクや工程として扱うため、各タスクの詳細な作業内容をノードに属性づけることができる。また、タスク間の依存関係を明示的に示すことができ、細かな作業順序の理解がしやすいというメリットもある [32]。

本研究の学習系統図はそれほど大規模な依存関係ではない。しかし、提案手法でも説明するが、グラフ化する際にタスクに単元名、単元番号、リンク先を埋め込む必要があるため、タスクに情報を組み込みやすいフロー型を用いる。

## フロート

クリティカルパスと比べたフロートを求めることができる。フロートとは、後続するタスクやプロジェクトの終了日に影響が出ない、タスク遅延の許容範囲のことである。フロートを見極めておくと、プロジェクトの柔軟性を判断するのに役立つ。

プロジェクト内で優先度の高いタスクを把握することで今後のスケジュールを円滑に行なうことが可能である。クリティカルパスの作業を早急に終わらせることによって、全体のスケジュールに余裕をもたせることも可能になる [33]。

## ボトルネック

プロジェクトにおけるボトルネックを導出できる。ボトルネックとは、ワークフロー内で停滯や生産性低下など、良くない影響を与えていた箇所を示す。プロジェクトの作業工程にボトルネックがあると、それ以外の工程が円滑に進められていたとしても、プロジェクト全体を通して多くの時間を要することになってしまう。

その際、プロジェクトの全体像を把握しているとボトルネックになり得るタスクが事前に把握できるため、トラブルが発生した場合のリカバリーやフォローのシミュレーションを高い確度で行えるようになる [34]。

学習者が学習する際、当日の体調の悪化や予期せぬトラブルの発生など、学習の進度が遅れてしまう要因は多数存在する。そのとき、CPMを使用した手法を扱うことで余裕を持った学習をすることができると考えた。

### § 3.2 CPMによる履歴データからの学習計画

Pythonを用いてCPMを求め、システムに組み込むことにする。プログラム上でCPMの求め方を以下に示す [35] 依存関係は前提条件のみを入力し、後続タスクは自動で出力させる。

クリティカルパスから導き出せるものとして、以下各タスクの開始・終了がある。

- ES (Early Start) : 最短でタスクを開始できる期間
- EF (Early Finish) : 最短でタスクを完了できる期間
- LS (Late Start) : 最遅でタスクを開始する期間
- LF (Late Finish) : 最遅でタスクが終了する期間

これらを使用して、スケジュールを作成していくことになる [35]。図3.2に開始終了時間の例を示す。

#### 往路時間計算

各タスクに対して、そのタスクに前提条件がない場合、そのタスクのESを0とし、EFを開始時刻にタスクの所要時間を加算して設定する。これはそのタスクがプロジェクトの開始時に開始できるタスクであることを意味する。タスクに前提条件がある場合、その前提条件に対応するタスクのEFを取得、タスクの最大のEFをESとして設定する。タスクの前提条件がすべて完了した後でなければ開始できないためである。ESを開始時刻に設定し、タスクの所要時間を加算してEFを設定する。すべてのタスクに対して計算を繰り返した後、最も大きくなったEFを全体の所要時間とし、復路時間計算に使用する。

#### 復路時間計算

現在のタスクの前提タスクの位置に配列を作成し、現在のタスクの番号を入れ込む。この作業を繰り返すことで後続タスクのリストを作成する。各タスクに対して、もし後続タスクが存在しない場合、LFをプロジェクト内の全体の所要時間とし、それからタスクの所

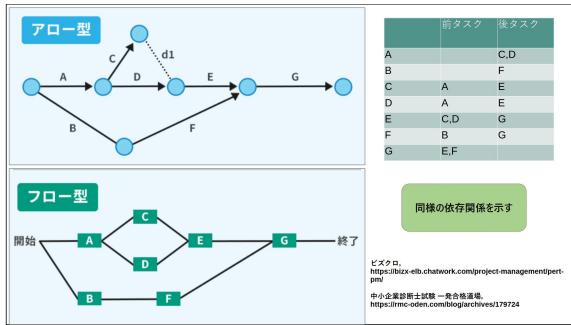


図 3.1: PERT 図

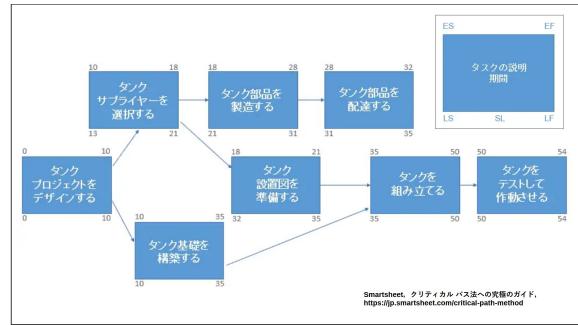


図 3.2: CPM

要時間を引いたものを LS として設定する. これはそのタスクがプロジェクトの終了と同時に終了するタスクであることを意味する. 後続タスクが存在する場合, そのタスクの LS を取得, タスクの最小の LS を LF として設定する. LF からタスクの所要時間を引いたものを LS として設定する.

## フロート

クリティカルなタスクではフロートは 0 になる. フロートが正の値であるタスクは非クリティカルパスに属し, フロートの期間内であれば, 遅延してもプロジェクトの完了日に影響は出ない.

フロートには 2 つのタイプがあり, それぞれで計算方法が異なる.

トータルフロートとフリーフロートについて, 図 3.3 で表す. また, 計算方法を以下に示す.

### • トータルフロート

プロジェクト終了日の遅延や, スケジュール制約条件からの逸脱が出ない範囲で, ある作業の開始を最早開始日から遅らせることができる期間のことである.  $k$  を現在のタスクの番号とすると,

$$LS_k - ES_k \quad (3.1)$$

または

$$LF_k - EF_k \quad (3.2)$$

で算出する.

### • フリーフロート

後続のタスクに遅延が出ない範囲で, あるタスクの開始を遅らせることができる期間のことである. フリーフロートは, 2 つ以上のタスクに共通して 1 つの作業が後続する場合のみに使用され,

$$ES_{k+1} - EF_k \quad (3.3)$$

で算出する. 全て使ったとしても, 後続のタスクには全く影響が出ない.

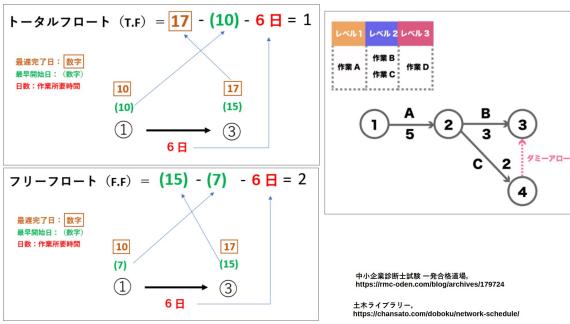


図 3.3: フロート

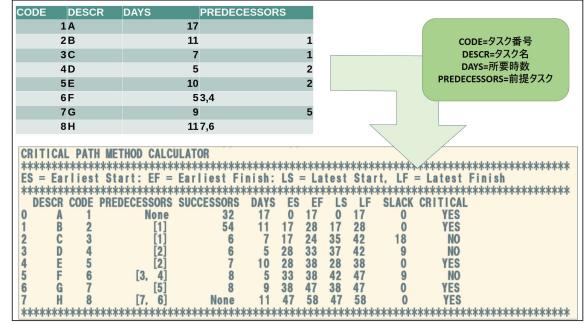


図 3.4: プログラム

プロジェクト全体に対しての優先度を考慮するため、本システムではトータルフロートを用いる。トータルフロートの求め方は2種類存在しどちらも同じ値をとるが、LS-ESを使用する。フロートが0の時にクリティカルなタスクとなるため、Yesを出力する。クリティカルパスを求めていたわけではないため、複数のクリティカルパスの中のタスクが混合されている [29]。疑似データを作成し、CPMを求めた例を図3.4に示す。

### § 3.3 教材推薦における学習履歴活用

教材を提供する際、利用者からレビューを取得して、ランキング形式にすることで適した教材を優先して推薦するようにしたい。

しかし、レビューの価値を不当に利用し、評判を操作するためにサクラレビューが使用されることがある。サクラチェックといわれるサクラレビューを検出するためのシステムがある [37]。これは、価格や商品名、レビューについてのそれぞれの項目に応じてサクラかどうか判断するシステムである(図3.5)。

サクラレビューには、企業の人間が意図的に肯定的、もしくは競合に不公平で悪意のある否定的な評価を書き込むスパムレビューと、物品や金銭などを見返りとして、肯定的なレビューを掲載してもらうキャンペーンで書かれたフェイクレビューがある。これらのサクラレビューを考慮したレビューの信頼性の指標として類似性、協調性、集中性、情報性の4つの指標を定義し、各指標ごとにスコアを算出し、そのスコアを可視化することで、システム利用者にとってより有効な判断支援を行う研究を行っている [38]。その結果、4つの指標を扱うことで信頼性を判断することが容易になり、有効な判断支援を行うことが可能になったという結果を得ている。つまり、この4つの指標を使用して、ユーザーにとって有効な判断支援を行えるといえる。指標はそれぞれ0以上5以下の値をとり、この値が5に近いほどサクラらしさが高く、サクラと疑われるものとしている。4つの指標の特徴を図3.6に示す。

そこで本研究でも、レビューの信頼性に関してこれら4つの指標を用いて、サクラ性を算出したあとに、それらの値からサクラ性を考慮した上で教材に対する評価値を算出する。

#### 類似性

複製またはそれに近いレビューには多くのスパムが含まれていることが示されている [39]。



図 3.5: サクラチェッカー

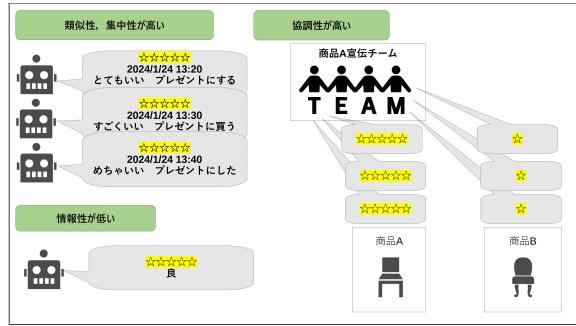


図 3.6: 信頼性の低いレビュー例

そこで、他のレビューの文章とどの程度類似しているかを測る指標として類似性スコアを定義する。

まずレビュー  $l_i$  の文章を bigram で区切る。これは連結する 2 単語を 1 つの単位要素として区切る方法であり。bigram によって区切られた単位要素の集合をレビュー  $l_i$  を表す要素集合  $X_{l_i}$  とする。次に Jaccard 係数を用いてレビュー  $l_i$  と  $l_j$  の類似度を式 (3.4) で求める。

$$sim(l_i, l_j) = \frac{|X_{l_i} \cap X_{l_j}|}{|X_{l_i} \cup X_{l_j}|} \quad (3.4)$$

このとき、 $|X_{l_i} \cap X_{l_j}|$  は  $X_{l_i}$  と  $X_{l_j}$  のどちらのレビューにも登場する bigram の単位であり、 $|X_{l_i} \cup X_{l_j}|$  は  $X_{l_i}$  または  $X_{l_j}$  の片方に登場する bigram の単位である。そして、レビュー  $l_i$  の類似性のスコアを式 (3.5) のように求める。

$$S\_score(l_i) = \max_{l_j} (sim(l_i, l_j) | j \neq i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (3.5)$$

このとき、 $n$  は  $l_i$  と同じジャンルに属するレビューの数である。そして、式 (3.5) を下記の式 (3.6) で正規化を行い類似性スコアを算出する。

$$S\_score_{norm}(l_i) = 5 \cdot S\_score(l_i) \quad (3.6)$$

## 協調性

同じグループのメンバーが同じ商品に対して投稿を行い、商品の評価を協力して不当に操作するサクラグループは実際に存在する。レビューがこのようなサクラグループによって投稿されたものである可能性を測る指標として協調性スコアを定義できる。

しかし、本システムを利用するユーザーは学生であると想定している。学生がこのシステムにおいて複数人で強調してサクラレビューを投稿するとは考えにくいため、今回は使わないこととする。

## 集中性

サクラレビューは時間的に集中して投稿されることが示されている [41]。そこで各教材のレビューに対して偏った評価値のレビューがどの程度集中して投稿されているかを図る指標として集中性スコアを定義する。

どの程度のレビューが集中して投稿されているかを求める方法として、バースト検知手法がある。バースト検知手法は、時系列データに対してある現象の集中的な発生を検出することができる手法である。この手法では、単語を評価値に置き換えることで、特定の評価値がバーストするタイミングを検知し、そのバーストのタイミングに投稿されているレビューについての集中性スコアと定義する。

バースト検知手法には、単位時間ごとのイベントの数でふだんより割合が増えていることを検知する離散型手法と、イベント間の時間間隔がふだんより短くなっていることを検知する連続型手法がある。この2つの手法を組み合わせることで、ある評価値の投稿数の割合が急激に増加した日を離散型手法で検知した後に、その日の中でのその評価値の投稿数の時間的な変化を連続型手法で計測することが可能になる。以下に、評価値5のレビューの集中性スコアを求める方法を示す。

ある教材に対する $m$ 日目のレビュー集合を $B_m$ とし、時刻の速い順から $\{B_1, B_2, \dots, B_m\}$ と離散時間で送られてくることを考える。このような $m$ 日分のレビュー集合に対して、離散型バースト検知手法を用いて、普段よりも評価値5のレビューの割合が増えている日を、を $t$ 日目とし、 $t$ 日目の評価値5のレビュー集合を $B_{t_5}$ とする。

$B_{t_5}$ の要素を投稿された時間順に並べた投稿時間列 $\mathbf{l} = \{l_1, l_2, \dots, l_{u+1}\}$ について考える。そして、 $l_j$ と $l_{j+1}$ の投稿時間間隔を $x_j$ としたとき、 $\mathbf{l}$ の投稿時間間隔列 $\mathbf{x} = \{x_1, x_2, \dots, x_u\}$ を求めることで各レビューが時間を空けているか調べる。投稿時間間隔列 $\mathbf{x}$ に対して連続型バースト検知手法を用いて、投稿時間間隔が連続して短いレビュー集合 $g_b \in B_{t_5}$ を求める。各レビュー $l_i \in g_b$ の集中性スコアは、 $g_b$ のレビューの数 $\text{size}(g_b)$ を用いて以下の式(3.7)で求める。

$$T\_score(l_i) = \text{In}(\text{size}(g_b)) \quad (3.7)$$

ただし、このときどのレビュー集合 $g_b$ にも属さないレビューの集中性スコアは0とし、以下の式(3.8)で正規化を行う。

$$T\_score_{norm}(l_i) = \frac{5 \cdot T\_score(l_i)}{\max(T\_score(l_i) | j = 1, 2, \dots, N)} \quad (3.8)$$

## 情報性

レビューの文章が有益な情報を多く含んでいるほど、そのレビューがサクラではない可能性が高いことが示されている[42]。また、そのような文章は名詞が多く使用されている傾向がある。

レビュー本文中の名詞が多い、または他のレビュー本文で使用されていない名詞であるほどサクラ性が低くなるということである。そこで、どの程度情報性が高いレビューであるかを測る指標として情報性スコアを以下の式(3.9)のように定義する。

$$I\_score(l_i) = \ln \left( 1 + \sum_{j=1}^{|K_i|} \ln \left( \frac{o}{df(term_j)} \right) \right) \quad (3.9)$$

このとき、 $o$ はレビュー $l_i$ と同じジャンルに属するレビューの数である。また、 $l_i$ に出現する名詞集合を $K_i$ とし、 $term_j \in K_i$ とする。 $df(term_j)$ は $l_i$ と同じジャンルのレビュー集

合において  $term_j$  を含んだレビューの数とする。そのため、同ジャンルのレビューの中でも他のレビューでは使われていない特徴的な名詞を多く含んだレビューであればスコアが高くなる。そして、以下の式 (3.10) で正規化を行う。

$$I\_score_{norm}(l_i) = 5 \cdot \left( 1 - \frac{I\_score(l_i)}{\max(I\_score(l_i) | j = 1, 2, \dots, o)} \right) \quad (3.10)$$

### サクラ性

それぞれのスコアを足して 3 で割ったスコアをサクラ性スコアとする [43]。

$$F\_score_{norm}(l_i) = \frac{C\_score_{norm}(l_i) + T\_score_{norm}(l_i) + I\_score_{norm}(l_i)}{3} \quad (3.11)$$

## 提案手法

### § 4.1 予定作成の最適化としての定式化

本プログラムに使用するデータの説明を行う。データ保存には csv ファイルを使用している。

#### 大本データ

複数の教科書会社から引用した学習系統図と年間指導計画からなるデータであり、プログラム全体で使用する(図 4.2)。科目名、指導学年、单元名、单元内容、指導時数、单元番号とそれに対応する前提单元番号が入っている(図 4.1)。学習系統図からは单元の依存関係を、年間指導計画からは指導時数をはじめとした他の情報を抽出している。

科目は小学校で 5 科目、中学校で 5 科目、高校が 10 科目で、合計 20 科目分、20 個の csv ファイルが存在する。

#### ユーザーデータ

ユーザーの個人情報が含まれるデータであり、ユーザー自身で入力してもらう必要がある。

- ログインデータユーザー ID とパスワード、名前が記録される。1 つの csv に全て含まれ、1 行が 1 人を表す。
- 勉強時間データ

日曜から土曜までの一週間、各日の勉強可能な時間が簡単なクリック操作で入力できる(図 4.3)。自分がどの時間帯が勉強可能か考えながら入力することをイメージしている。また、15, 30, 60 分刻みのカレンダーに変更することが可能になっている。1 つの csv に全て含まれ、1 行が 1 人を表す。

- イベントデータ

イベント番号、イベント名、開始時間、終了時間が入れられる(図 4.3)。勉強範囲データのすべての单元を学習するまでの制限日を設定している。

ユーザー自らで追加や削除、名前変更をし、試験開始日や学年の最後などを目標日とすることをイメージしている。FullCallender という jQuery のオープンソースプラグインを利用しておらず、ドラッグアンドドロップを使って直感的にイベントの日程変更ができる。個人が複数の予定を入れることができるように、csv はユーザー毎に作られる。

- 理解度データ

各単元に対するユーザーの理解度が入れられる(図4.4). 自己評価を行って各単元の理解度をバーを移動することで入力する. 5段階評価で4が最も理解度が高く, 0が最も低くなっている, -1は未履修の単元としている. 科目毎にcsvが存在し, 1行が1ユーザーを表す.

- 学習範囲データ

スケジュール作成時の学習範囲が入れられる(図4.4). 学習範囲に含まれる単元のチェックボックスをチェックすることで学習範囲と認定する. 単元が学習範囲に含まれている, すなわちチェックがついているれば1, 含まれていなければ0が入る. csvの形式は理解度データと同様である.

## 教材関連データ

- 教材データ

学習の際に扱う教材が入っている(図4.5). 単元名をキーワードとして扱い, 単元名+”解説”という検索ワードで検索, スクレイピングを行った結果取得したデータである. WebサイトのデータはGoogle Chrome Driverとseleniumで行った. URLとタイトル, 教材番号が含まれ, csvは各単元に1セットずつ存在し, 1行が1教材を表す.

- ビデオ教材データ

子供の見る教材として, 動画は学習効果が高いが, YouTubeからのスクレイピングは特定の場合を除いて禁止されており, 勝手にスクレイピングすることはグレーゾーンである可能性がある. そこでYouTube Data API v3を使用してスクレイピングするとして. このYouTubeData APIv3はYouTubeが提供しており, 開発者がYouTubeのデータや機能にアクセスできるAPIである.

しかし, 無料で取得することができるデータ総数は1日ごとに上限が設定されているため, YouTubeデータは複数日かけて取得する. YouTube Data API v3にはさまざまな機能があり, YouTubeの動画再生数やグッドボタンの数, メタタグ, チャンネル登録者数, コメントの取得が可能である. 本研究では, そのさまざまな機能の中でも動画タイトル, 動画URL, HTML上に動画を埋め込む際に必要なHTMLコードの3つの情報をスクレイピングで取得する(図4.5).

csv形式はhtmlコードが要素として追加されている以外はWebサイトの教材データと同じである.

- レビューデータ

信頼度評価のためのレビューデータが入れられる(図4.9). ユーザーは教材を使用した後に教材の5段階評価と感想コメントを入力する. 5段階評価で5が最も満足度が高く, 1が最も低くなっている.

教材 $l_i$ において, 全体の評価値スコアの平均を $R\_score(l_i)$ とする. 教材番号, 5段階評価, コメント, レビュー日時, ユーザーIDが含まれる. csvは各単元に1セットずつ存在し, 1行が1レビューを表す.

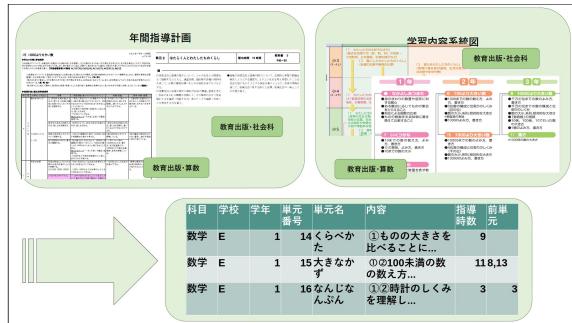


図 4.1: 大本データ

小学校	国語	算数	英語	理科	社会
年間指導計画 光村図書	教育出版	東京書籍 啓林館	教育出版	啓林館	教育出版
内容系統図 なし	教育出版	なし	啓林館	教育出版	
中学校	国語	算数	英語	理科	社会
年間指導計画 光村図書	啓林館	東京書籍	大日本図書	教育出版	
内容系統図 なし	啓林館	なし	大日本図書	教育出版	
高校	国語	算数	英語	理科	社会
年間指導計画 教育出版	啓林館 算数 324 国語 341 国表 306 現B 326 古B 309	東京書籍 数A 324 数II 324 数B 322	大日本図書 英322 英II317	啓林館 生物 304,302 地理 303,301	教育出版 日本史 309,312 現代 314 政治経済 312 倫理 312
内容系統図 なし	啓林館	なし	なし	啓林館	社会 地理書院 地理A 308 地理B 304

図 4.2: 参考にした教科書



図 4.3: 勉強時間入力, イベント設定



図 4.4: 理解度入力, 学習範囲設定

## § 4.2 教材管理と学習進度管理の手法

定式化したデータをもとに作成されたデータの説明を行う。

### 学習範囲指定データ

本プログラムで扱う PERT 図では、科目全体が一つの依存関係になっている。科目全体を学習範囲と設定する場合、すべての内容を網羅的に学習することが目標となってしまう。入試に向けて勉強する方法としては正しいが、テスト対策における優先度設定には同じ優先度を使用することはできない。

テスト期間など限られた期間での学習ではテスト範囲に絞り込んだ効率的な学習が求められるため、テスト期間の単元のみを扱う CPM 使用が必要になる。

以下にタスクの範囲を指定する手法を提案する。作成方法を図 4.6 に示す。

まず、Start, End というタスクを用意する。

使用範囲にはタスク番号のリストを使用する。

- Start

タスク番号を”0”とし、所要時間を 0 にする。このタスクは実質的に開始を示すダミータスクになる。

- 他タスク

各タスクの前提タスクがリストに含まれていないものだった場合無視する。その後、前提タスクが存在しなくなってしまった場合は、前提タスクを”0”とする。これにより、不足している前提タスクが開始のダミータスクとして設定される。

- End

タスク番号を”999”とし、所要時間を0にする。リストと他タスクの前提タスクに含まれているタスクの差集合を、前単元として存在しない単元番号の集合として抽出する。それらをEndの前提タスクとして扱う。実質的に終了を表すダミータスクになる。

この手法により、スケジュール全体において開始と終了を示すダミータスクを使用して、他のタスクに与える影響を排除しつつ、適切な前提タスクのつながりを確保できる。

大本データから単元名、指導時数、単元番号を抜き出している(図4.7)。ユーザー毎に科目数である20個のcsvが必要になる。

## CPM関連データ

学習範囲指定データを対象にして、クリティカルパスと各タスクの開始終了時間を求める(図4.7)。3章2節で求めたように、ES, EF, LS, LF, フロート、後続タスク、クリティカルなタスクかどうかを求め、記述する。他の要素としては、単元名、単元番号、前提タスク、所要時間といった要素を抽出する。csvの形式は学習範囲指定データと同様である。

## スケジュールデータ

個人個人のスケジュールが入っている。

作成方法を以下に示す。

1. 各科目ごとに学習範囲内の単元の学習時間を全学習範囲の総学習時間に対する各単元の比率から計算する。全体の学習時間をどの単元にどれだけ割り振るかを算出できる。
2. 単元をLSに基づいて早い順にソートし、計画する上での基準とする。フロートは優先度を示す値ではあるが、開始時刻からどれだけ離れているかを考慮していないため、スケジュールのソートに使用することはできない。代わりにLSが早い作業ほど他の作業の開始に影響を与える可能性が高いため、優先的に実施されるべきであると考えた。優先度の並び順としてLSの大小を使用し、作業をスケジュールすることで全体の予定を最適化し、遅延を最小限に抑えることができる。
3. 各日における学習スケジュールを生成する。週間の勉強時間データに基づき、各日の学習可能な時間を考慮し、各日における学習スケジュールを生成する。学習可能時間が週の勉強可能時間データから取得され、各日の学習スケジュールに順番に挿入していく。各単元の学習時間が各日の学習可能時間を超える場合、その単元は複数の日にまたがって学習される。

日付とそれに対応する単元名、単元番号、単元の勉強時間が入れられる(図4.8)。科目毎にcsvが存在し、1行が1日の1単元を表す。

キーワード (単元名)	Web教材データ	HTitle	HPurl		
キーワード ながよしあつまれ いくつかな なんばんめ いまなんじ いくつといくつ		解説 表やグラフ たし算・ひき算の教え方 内容解説資料 小学算数 19/28	https://(略) http://(略) https://(略)		
	Youtube教材データ	Youtubetitle 1,2,3 いくつかな?   数字のうた   1から 20まで数えてみよう! 【小学生1年生】いくつといくつかな その 1【さんすう】	Youtubeurl https://(略) https://(略)		
なんばんめ			https://(略) https://(略)		
ホームページ教材					
No.	HName	評価スコア	レビュー本文	評価ボタン	信頼性スコア
1	世界一わかりやすい算数 小1 「なんばんめ」	非常に良い 非常に悪い 普通 良い 非常に良い	レビューしてね!	評価する	4.636750594318342
2	1年算数問題と回答例 わかる物語	普通	test	評価する	2.544578313253012
3	かずえよう! なんばんめ! すたあど! NHK for School	評価してね~	test	評価する	0.0

図 4.5: 教材データ

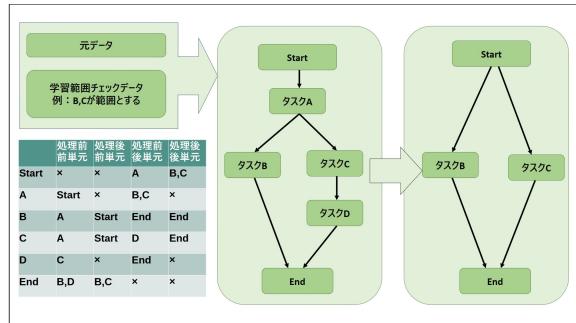


図 4.6: 範囲選択方法

範囲選択データ		単元名	単元番号	指導時間	前単元
Start			0	0	
いくつといくつ			4	7	0
ぜんぶでいくつ			5	10	0
のこりはいくつ			6	8	5
どれだけおおい			7	3	6
10よりおきいかず			8	104.7	
End			999	0	8

CPM結果データ		CPM処理		並び替え						
DESCR	CODE	PREDECESSORS	SUCCESSORS	DAYS	ES	EF	LS	LF	SLACK	Critical
Start	0	[5', 4']		0	0	0	0	0	0	YES
いくつといくつ	4[0']	[8']		7	0	7	14	21	14	NO
ぜんぶでいくつ	5[0']	[6']		10	0	10	0	10	0	YES
のこりはいくつ	6[5']	[7']		8	10	18	10	18	0	YES
どれだけおおい	7[6']	[8']		3	18	21	18	21	0	YES
10よりおきいかず	8[4', 7']	[999']		10	21	31	21	31	0	YES
End	999[8']			0	31	31	31	31	0	YES

図 4.7: CPM 計算結果

スケジュールデータ					圧縮率データ		
Day	Date	DOW	Unit	Study Hours	Description	科目名	圧縮率
1	2024-01-25 Thu	0		0	Start	小学校国語	0
1	2024-01-25 Thu	5		1.84210526315789	ぜんぶでいくつ	小学校算数	5.42857142857143
1	2024-01-29 Thu	6		1.47368421052632	のこりはいくつ	小学校英語	0
1	2024-01-29 Thu	4		0.68421052631578947369	いくつといくつ	小学校理科	0
2	2024-01-26 Fri	4		0.6052631578947369	どれだけおおい	小学校社会	0
2	2024-01-26 Fri	7		0.55263157894736910	10よりおきいかず		
3	2024-01-27 Sat	8		1.10	10よりおきいかず		
3	2024-01-27 Sat	999		0	End		

図 4.8: スケジュール作成

## 圧縮率データ

スケジュールを勉強範囲単元の指導時数の合計時間からどれだけ伸縮したかを記録している (図 4.8).

$$\text{圧縮率} = \frac{\text{勉強範囲単元の指導時数の合計時間}}{\text{制限日までの勉強可能時間の合計}} \quad (4.1)$$

で求められる. 圧縮率が大きいほど余裕のないスケジュールになってしまっていることがわかる. CSV はユーザー毎に作られ, 1 行が 1 単元を表す.

## 信頼性データ

各教材の信頼性スコア  $K\_score(l_i)$  を求め, 記録する (図 4.9).

信頼性スコアの求め方を以下に示す. まず, 3 章 3 節で述べたように, 各教材のサクラ性スコア  $F\_score(l_i)$  を計算する. その後, 信頼性スコアを式 (??) を用いて求める.

$$K\_score(l_i) = \frac{F\_score(l_i)}{R\_score(l_i)} \quad (4.2)$$

教材データと同じ CSV ファイルに書き込まれる.

## § 4.3 内容系統を考慮した学習管理システムの提案

これらのプログラムを flask によって一つのプログラムとしてまとめ, つながりを作った (図 4.10). ユーザーインターフェイスについて説明を行う.

レビューデータ (Youtube教材も同様の形式)						
HTitle	HPurl	Hpnumber	student	evaluation	text	date
1年算数何番と何番目 <a href="https://12sansuu.j-walk.jp/">https://12sansuu.j-walk.jp/</a> わかる教え方		0	1111	4	とても良いです おすすめ	2024/1/25 15:03
世界一分かりやすいさんすう 小1 「なんばんめ」	<a href="https://lidrill.com/">https://lidrill.com/</a>	1	1111	4	そんなにも！	2024/1/25 15:04
信頼性データ						
HTitle	HPurl	Hpnumber		Credibility score		
世界一分かりやすいさんすう 小1 「なんばんめ」	<a href="https://lidrill....(%)">https://lidrill....(%)</a>		1	4.63675059431834		
1年算数何番と何番目 わかる教え方	<a href="https://1....(%)">https://1....(%)</a>		0	2.54457831325301		
算数1年生「なんばんめ」×タブレット端末 - 教育つれづれ日誌	<a href="https://www....l(%)">https://www....l(%)</a>		5			

図 4.9: 信頼性スコアデータ

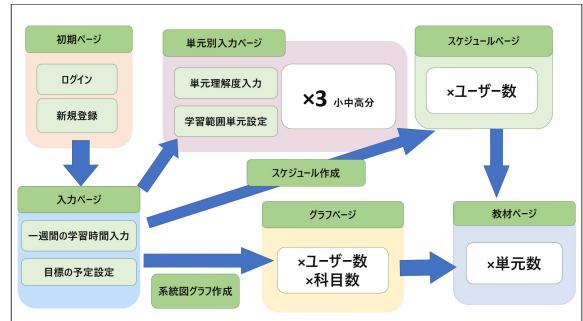


図 4.10: システム全体図

各ユーザーにはユーザー ID が与えられ、それによって個々の情報を区別している。これにより、個別の学習履歴や進捗状況を管理できる。

### 学習系統グラフ

pyvis で 2D グラフを作成し、単元の関係性を直感的に確認できるようにした(図 4.11)。pyvis はグラフの可視化用の Python ライブラリであり、ネットワークグラフを作成した後 html ファイルとして出力できる。作成した html ではマウス操作でグラフを拡大・縮小したり、ノードを移動したりすることができるため、学習者は自身の興味に合わせて能動的に学習を進めることができる。

ノード一つに単元を一つ割り当て、教材画面へのリンクを埋め込むことで、学習者は必要な教材をスムーズに参照し、興味のある単元の教材に直接アクセスすることができる。

理解度データを参照し、ノードを理解度によって 5 色に分けることができた。学習者は理解できていない単元のノードの関連する単元のノードを遡って辿り、前提単元を学習しながらおすことで理解不足を解消することができる。逆に、学習中の単元のノードを辿りとは逆に辿ることで、関連する先の単元を学習し、興味を深めることができる。

これにより、学習者は自身の課題を認識し、遡ってノードをたどり、理解が足りていない単元を把握することが可能になる。また、辿りとは逆向きにノードをたどることで自分の今取り組んでいる単元の関連単元を調べ、自身の興味のままに学習できる。

学習範囲のノードを大きくすることで現在の学習範囲を一目で確認できる。クリティカルパスのノードを星形にすることで学習者は重要な単元をすばやく見つけ出し、学習の優先順位を判断することができる。

html はユーザー毎に 20 科目分作成することになる。

実際のページでは一番初めに出てくるのは共通の html だが、プルダウンメニューで科目を選択でき、iframe 要素を使用して個人の html を埋め込んだものが現れるようになっている。

### スケジュール画面

ページではカレンダーと圧縮率の表が現れ、カレンダーは、月ごとのスケジュールを表示するために使用される。圧縮率の表は、各科目の学習の圧縮率を示し、ユーザーが各科目のスケジュールの余裕を確認し、それを考慮しながら学習を進めていくことができる(図 4.12)。

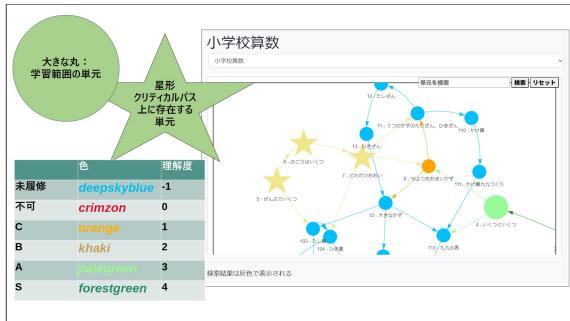


図 4.11: グラフページ

図 4.12: スケジュールページ

当日学習する単元は最初は非表示とされているが、カレンダーの日付をクリックすることでスケジュールデータに含まれる単元名が表示される。これにより、ユーザーはその日に学習する単元を一目で確認できる。

単元名にハイパーリンクを埋め込んでいるため、クリックすると教材ページにスムーズに遷移できるようになっている。これにより、ユーザーはスケジュールから直接必要な教材にアクセスできる。

作成時に単元の学習時間が 0 の行を無視しており、これによって Start と End などのダミータスクを出力せず、実際に行われる単元のみが表示されるようになる。また、スケジュール html はスケジュールの更新の度に作成し、上書き保存が行われる。

これらの要素を使用することで、学習者が自己学習を進める上で使いやすく、効果的な学習支援を提供できると考える。

## 教材画面

学習者が教材画面で積極的に正直なレビューを行うことは、学習者全体にとって大きなメリットをもたらす。多くの学習者が良い教材に良いレビューを投稿することで、その教材の信頼度が上がり、ランキングでも上位になっていく。また、質の高い教材がランキング上位に表示されることで、学習者は安心して教材を選ぶことができ、学習意欲も高まる。

反対に、学習者にとって役に立たない教材はレビューによって評価が低くなり、ランキング圏外に追いやられる。教材選定の際、スクレイピングで混入した学習とは関係ない教材も、この仕組みによって自然と淘汰されていくと考えられる。

また、学習後にレビューを書く行為は自発的な学習習慣の形成に大きく貢献する。例として、

1. レビューを書くためには、学習内容を整理し、自身の理解度を客観的に評価する必要がある。そのため、学習内容の定着を促進し、記憶の長期化に役立つ。
2. レビューは単なるアウトプットではなく、学習内容に対する自身の考え方や評価を表現する行為であり、学習者自身が主体的に学習内容に関与するようになり、学習意欲や積極性が向上する。
3. 学習したことをアウトプットする習慣は、学習効果の向上だけでなく、思考力や表現力の向上にもつながり、アウトプットの習慣化に有効である。

などレビュー行為そのものが非認知能力の形成に役立つ可能性がある。



## 実験結果並びに考察

### § 5.1 実験の概要

本研究の数値実験として、システムの有用性の検証、科目推薦の有効性を行う。システムの有用性の検証では実際にシステムを使用してもらい、アンケートに答えてもらう。アンケートの項目は全部で10個あり、また、アンケートと同時にコメントを記入できる欄を設けておき、自由にコメントができるようとする。このアンケートを持って本システムの有用性の検証を行う。以上のコメントを5段階のリッカート尺度で評価してもらう。

リッカート尺度とは、あるトピックに対して、多段階の選択肢を用いたアンケートを取り、回答者がどの程度同意するかを測定する手法のことである[44]。両極に位置する選択肢の間に段階的な選択肢を設定することで、単純な2択では測定しにくい質問でも回答を集めやすいという特徴がある。

今回のアンケートでは5段階のうち、1をとてもそう思う、2をそう思う、3をどちらでもない、4をそう思わない、5をとてもそう思わないといったように回答を設定し、アンケートに答えてもらう。

アンケート項目全体を通して、基本的にはシステムの使用感に関する質問を多くしてある。本来なら本システムを使用し、学習効果が向上するのを確認することでシステムの有効性を検証するべきだが、確認するためには開発したシステムを長期間使用してもらわないと学習効果が向上したかを確認することができない。そのため、本研究ではアンケート調査を用いてシステムの有効性を示す。

調査の対象は同研究室の修士1年生が2名、学部4年生が4名、3年生が4名、外部生徒が1名の合計11人に実際に開発したシステムを使用してもらい、アンケートを答えてもらった。行った質問を表5.1に示す。実際に使用してもらうにあたり、システムの使用手順について説明を行い、実際に使用してもらう。

手順は以下に記してある通り、新規登録から個人データの入力、スケジュール作成と系統図グラフ作成、教材のレビューまでの一連の流れを説明した。

1. 新規登録画面で、ユーザID、パスワード、ニックネームを入力してください。
2. 登録したユーザー情報を使用してログインしてください。
3. 右上の画面で勉強可能な時間帯をクリックして選択してください。入力完了後、「合計時間を保存」ボタンを押して保存してください。

表 5.1: システムの評価基準

Q1	システムの操作性はわかりやすいか	Q2	システムの機能は理解しやすいか
Q3	レイアウトは親切か	Q4	デザインは見やすいか
Q5	利用にストレスを感じたか	Q6	学習の効率アップに使えるか
Q7	教材は学習に適しているものか	Q7	視覚化が学習進捗把握に役立つか
Q9	学習の効率が上がるか	Q10	学習のモチベーションが上がるか

4. 左下の画面で「予定追加」ボタンを押して、表示される青いボックスをドラッグして次のテストの日程に配置してください。配置が完了したら、「書き込み」ボタンを押して保存してください。
5. 「理解度チェック」ボタンから好きなものを選択し、単元のバーを動かしたりチェックボックスをつけたりしてください。
6. 再ログイン後、「スケジュール日程作成」ボタンを押して、表示されたカレンダーの日付をクリックして確認してください。
7. 「系統図グラフ作成」ボタンを押して、プルダウンメニューから理解度チェックで登録した科目を確認してください。グラフに理解度とテスト期間、クリティカルパスが反映されていることを確認してください。
8. グラフで好きなノードから出るボックスをクリックし、教材メニューに移動してください。レビューと評価を行い、教材の信頼度スコアが変化することを確認してください。

## § 5.2 実験結果と考察

合計すると、肯定的な評価が 92 件、否定的な評価が 8 件となった。表 5.2 にアンケート結果を示す。それぞれの質問項目について以下で考察する。

一個目に、「システムの操作性はわかりやすいか」という質問を行った。結果として、肯定的な評価が 9 件となった。システムの操作性は予定作成時のドラッグアンドドロップや、勉強時間にできるマスをクリックするなど、直感的にわかりやすい機能にするよう心掛けたことが、評価に影響していると考える。

二個目に、「システムの機能は理解しやすいか」という質問を行った。結果として、肯定的な評価は 5 件あったが、否定的な評価も 3 件出てしまった。この結果の理由としては、ユーザーに対する説明を UI のみで完結させられていないためであると考えられる。実際にコメントでは、システムの流れがもう少しわかりやすいほうが良い、といった意見がみられた。

三個目に、「レイアウトは親切か」という質問を行った。結果として、肯定的な評価が 10 件となった。これは、レイアウトを洗練させて、ユーザーが遷移する画面を極力減らしたことが評価されているのだと考える。

四個目に、「デザインは見やすいか」という質問を行った。結果として、肯定的な評価が 9 件となった。css や java script を用いて、カーソルを合わせている部分の色を変えるなど画

表 5.2: アンケート結果

質問内容	とてもそう思う	そう思う	どちらでもない	そう思わない	とてもそう思わない
Q1	3	6	2	0	0
Q2	2	3	3	2	1
Q3	5	5	1	0	0
Q4	7	4	0	0	0
Q5	0	3	3	3	2
Q6	5	6	0	0	0
Q7	8	1	1	1	0
Q8	6	5	0	0	0
Q9	6	5	0	0	0
Q10	8	2	0	1	0

面を装飾したことが評価されていると考える。また、系統図グラフのノードの色も彩度を落として長時間見ても目が疲れないようになっていることも評価を上昇させている可能性がある。

五個目に、「利用にストレスを感じたか」という質問を行った。結果として、肯定的な評価が2件に対し、否定的な評価は5件出てしまった。ユーザーがストレスを感じる要因として、個人情報の入力に時間がかかり、ログアウトが必要な場面が存在することが挙げられる。本実験の回答者は実際の対象者とは無関係であり、実際に扱うわけではないデータを入力することが一因となった可能性も考えられる。さらに、この質問のみ肯定と否定の評価が逆転しており、原因の一つである可能性もある。

六個目に、「学習の効率アップに使えるか」という質問を行った。結果として、11件すべてにおいて肯定的な評価が得られた。これはスケジュールの作成、系統図グラフの作成、教材提供を別々に行うのではなく、同時に組み合わせることによって得られた結果だと考える。

七個目に、「教材は学習に適しているものか」という質問を行った。結果として、肯定的な評価が9件あった。そのため、本システムが提示する教材は学習に活用することができるといえる。しかし、否定的な評価も1件出てきている。これは、スクレイピングの結果により教材として適していないものがユーザーに提示されたのが原因だと考えられる。スクレイピング自体を改善、またはユーザーの母数が増加することで解消できると考えられる。

八個目に、「視覚化が学習進捗把握に役立つか」という質問を行った。結果として、11件すべてで肯定的な評価を得られた。本来固定されている学習系統図をユーザー好みに動かせたり、自分の学習進捗と照らし合わせることができるため、高評価をもらえたのではないだろうか。

九個目に、「スケジュールは妥当なものか」という質問を行った。結果として、11件すべてで肯定的な評価を得られた。実際に使って確かめたわけでないため評価の妥当性としては怪しいが、少なくとも個々人の学習可能時間を考慮しているため、スケジュールとしては成立していたことで多くの肯定評価を得られたと考える。

十個目に、「学習のモチベーションが上がるか」という質問を行った。結果として、肯定的な評価が10件となった。目標を明確にしてスケジュールを設定することや、自分が興味

のある単元の類似単元を系統グラフから参照し、スムーズに教材を提供できることが高評価につながったと考える。しかし、否定的な評価も1件存在する。コメントでは実際に問題を解くプロセスが存在せず、学習が身につかないことを指摘された。また、勉強以外の点ではアバター機能などの遊び心が存在したほうがモチベーションが上がるといったコメントも寄せられた。

また、自由記入であるコメントにおいて、「ロードが短く、速度が速い」というポジティブなコメントが見られた。これは参照するデータの個数を分割したため、ロードを挟む場所を最小限にしたことにより得られた結果と考える。

以上のアンケート結果の総括として、本システムはユーザーにとって十分有用であることを示せた。

## おわりに

本研究では、小中高生に向けたいつでも作成できる柔軟なスケジュールと必要な情報を視覚化できる系統図グラフの提供を行い、同時に、各科目における教材をユーザーに提示することで学習の支援も行うシステムの開発を行った。具体的には、ユーザーから週の学習時間、学習終了予定日、現在の理解度と学習範囲の情報を受け取り、学習範囲内で単元のLSを算出し、ソート、スケジュール作成日当日から予定日までの合計勉強時間内に比率を考慮して分割する。曜日ごとの学習時間を考慮して日程に各単元を適切に配置していき、スケジュールを作成する。また、学習系統図の単元をノードとする双方向2D系統図グラフとして可視化し、現在の単元の理解状況に合わせてノードの色分けを行い、学習範囲とクリティカルパスを強調し、学生が遡り学習や積み上げ学習を行う時に参照することで、前提単元や後続単元の理解状況の確認が容易になっている。スケジュールと系統図グラフ両方からスムーズに教材を閲覧でき、ただ提示するのではなく教材のレビューを行えるようにした。各レビューに対してスコアを算出し、そのスコアをもとにランキング化することで、ユーザーの集合が信頼度を形成し、学生に最適な教材を提示できるようになっている。

実験では、実際に学生用システムを複数人に使用してもらいアンケートに答えてもらつた。その結果、アンケート全項目を通して肯定的な意見が多く、このことから開発したシステムの有用性を示した。しかし、システムの流れが説明なしではわかりにくいというコメントが多く、これはUIのみで説明が完結できていないことが原因であると考える。

今後の課題として、現在はプログラムを実行しているPCのローカル環境でなければ動かすことができないため、サーバー上にアップすることで個人のPCやスマホからも実行できるようにしたい。また、UI関連ではページを見るだけで流れが理解できるような、説明がなくとも利用者にわかりやすいデザインが必要になる。教材については、現在の教材収集では検索ワードが洗練されておらず、関連性のないurlが多すぎる上に、単元の特徴を十分に反映できていないことが課題となる。また、コメントで指摘されたように、システム内に問題を解くという動作が存在していない。自発的な能動学習を促進するために、将来的には改善に取り組む必要がある。今回は大学生にアンケートを用いてシステムの有用性を確認したが、実際にシステムを対象の小中高生に使用してもらうことで成績の上昇を確認を持って有用性を示す必要がある。同システムは2022年からの高等教育新課程にも元データの充実とともに活用されることが期待される。



# 謝辞

本研究を遂行するにあたり、多大なご指導と終始懇切丁寧なご鞭撻を賜った富山県立大学電子・情報工学科情報基盤工学講座の奥原浩之教授, António Oliveira Nzinga René 講師に深甚な謝意を表します。最後になりましたが、多大な協力をして頂いた、奥原・René 研究室の同輩諸氏に感謝致します。

2024年2月

中市 新太



## 参考文献

- [1] “ベネッセ教育情報 学力格差とは？”, [https://benesse.jp/educational\\_terms/1.html](https://benesse.jp/educational_terms/1.html), 閲覧日 2023.2.4.
- [2] 吉田和久, “出身階層の資本構造と高校生の進路選択”, 社会学評論, 69, pp.21-36, 2018.
- [3] 中島ゆり, “学校内の社会経済的背景の分散と学力”, 保護者に対する調査の結果と学力等との関係の専門的な分析に関する調査研究, pp.62-98, 2018.
- [4] 垂見裕子, “小学生の学習習慣の形成メカニズム 日本・香港・上海の都市部の比較”, 比較教育学研究, 第 55 号, pp.89-110, 2017.
- [5] 公益財団法人 日本財団, “家庭の経済格差と子どもの認知・非認知能力格差の関係分析”, pp.1-20, 2017.
- [6] “gooddo データで見る教育格差。子どもの貧困問題がますます深刻化している実状とは”, [https://gooddo.jp/magazine/poverty/children\\_property/59/](https://gooddo.jp/magazine/poverty/children_property/59/), 閲覧日 2023.2.4.
- [7] “ベネッセ教育情報 計画性がない子の特徴と原因は？計画性を鍛えるためにすべきこと”, <https://benesse.jp/kyouiku/202108/20210820-2.html>, 閲覧日 2023.2.4.
- [8] “デジタルナレッジ E ラーニングとは”, <https://www.digital-knowledge.co.jp/el-knowledge/e-learning/>, 閲覧日 2023.2.4.
- [9] “駿台グループ e ラーニングとは”, <https://satt.jp/e-learning/e-learning.html>, 閲覧日 2023.2.4.
- [10] “MASTER EDUCATION【徹底解説】今さら聞けない GIGA スクール構想とは？基本から実施スケジュール、文部科学省の支援まで解説”, [https://master-education.jp/column/about\\_giga\\_school/](https://master-education.jp/column/about_giga_school/), 閲覧日 2023.2.4.
- [11] 文部科学省, “GIGA スクール構想に関する各種調査の結果”, pp.1-34, 2021.
- [12] ベネッセ教育総合研究所 学び・生活研究室, “「小中学校の学習指導に関する調査 2021」小学校版集計表”, pp.1-17, 2021.
- [13] “コエテコ アクティブラーニングとは？文部科学省が推進している理由や事例を紹介”, <https://coeteco.jp/articles/10663>, 閲覧日 2023.2.4.
- [14] “河合塾 新課程入試のポイント”, <https://www.keinet.ne.jp/exam/2025/point/>, 閲覧日 2023.2.4.
- [15] 早坂淳, “我が国の戦後教育史における学習指導過程の特徴”, 長野大学紀要, 第 34 卷, 第 1 号, pp.27-39, 2012.

- [16] 三笠珠生, “アクティブ・ラーニングの導入で学力試験はどう変わるのか”, <https://www.waseda.jp/se-m-fox/memb/17s/mikasa/mikasa.index.html>, 閲覧日 2023.2.4.
- [17] “HOME 個別指導塾 数学・英語・理科の電車風学習系統図の使い方説明書”, <https://home-kobetsu.com/?p=258>, 閲覧日 2023.2.4.
- [18] 文部科学省, “年間指導計画の作成”, 今、求められる力を高める総合的な学習の時間の展開（中学校編）, pp.62-68, 2022.
- [19] “みんなの教育技術 「スタディ・ログ」とは? 【知っておきたい教育用語】”, <https://kyoiku.sho.jp/122126/>, 閲覧日 2023.2.4.
- [20] “DNP 蓄積された学習履歴（スタディ・ログ）を見とり、よりきめ細かい指導を実現 大阪市 3年間のスマートスクール事業の成果から”, [https://www.dnp.co.jp/biz/case/detail/10157721\\_1641.html](https://www.dnp.co.jp/biz/case/detail/10157721_1641.html), 閲覧日 2023.2.4.
- [21] “超個別指導まつがく 積み上げ式学習”, <https://www.matsugaku.co.jp/stocked/>, 閲覧日 2023.2.4.
- [22] 櫻井研介, “学びの系統性・連続性を踏まえた学習指導 – 算数・数学科のレディネーステップを活用して –”, ,16, pp.49-54, 2018.
- [23] “ベネッセ教育情報 苦手トップ2は「数学」と「英語」! 苦手科目克服のために最適な勉強法とその理由とは?”, <https://benesse.jp/kyouiku/201907/20190712-2.html>, 閲覧日 2023.2.4.
- [24] “富田塾 第32回 大きく2つに分かれる教科の特性”, <https://www.s-lab-tomita.com/cont/column/no32tumi.html>, 閲覧日 2023.2.4.
- [25] “家庭教師のマスター 【第89回】次の学年に「苦手」を持ち越さない!3月からでも間に合う「さかのぼり学習」のコツ”, <https://www.u-master.net/blog/2022/03/03/%E7%AC%AC89%E5%9B%9E3%E6%9C%88%E3%81%8B%E3%82%89%E3%81%A7%E3%82%82%E9%96%93%E3%81%AB%E5%90%88%E3%81%86%E3%81%95%E3%81%8B%E3%81%AE%E3%81%BC%E3%82%8A%E5%AD%A6%E7%BF%92%E3%81%AE%E3%82%B3%E3%83%84/>, 閲覧日 2023.2.4.
- [26] “学び場 A to Z 無学年式オンライン教材「すらら」とは?教材、学習方法、料金、他教材との違いや「こんな子どもにおすすめ!」など徹底解説”, <https://p-cure.net/sulala/>, 閲覧日 2023.2.4.
- [27] “個別指導 Axis 一人ひとりの目標から逆算した学習提案”, <https://axis-kobetsu.jp/attractions/planning/>, 閲覧日 2023.2.4.
- [28] “jooto クリティカルパスとは?使い方や求め方を解説”, <https://www.jooto.com/contents/critical-path/>, 閲覧日 2023.2.4.
- [29] “smartsheet クリティカルパス法への究極のガイド”, <https://jp.smartsheet.com/critical-path-method>, 閲覧日 2023.2.4.

- [30] “ビズクロ プロジェクト管理の PERT 図とは？構成要素や書き方・注意点をわかりやすく解説 ”, <https://bizzx-elb.chatwork.com/project-management/pert-pm/>, 閲覧日 2023.2.4.
- [31] “中小企業診断士試験 一発合格道場 プロジェクト管理素人でも解ける！アローダイアグラム集中講座 by はっしー ”, <https://rmc-oden.com/blog/archives/179724>, 閲覧日 2023.2.4.
- [32] “ものづくりドットコム 「PERT ／ CPM」とは ”, [https://www.monodukuri.com/gihou/article\\_list/96/PERT%EF%BC%8FCPM](https://www.monodukuri.com/gihou/article_list/96/PERT%EF%BC%8FCPM), 閲覧日 2023.2.4.
- [33] “Lychee 【初心者必見】クリティカルパスとは？求め方・見つけ方の詳細を解説！ ”, <https://lychee-redmine.jp/blogs/project/tips-criticalpath/>, 閲覧日 2023.2.4.
- [34] “asana クリティカルパスとは？プロジェクト管理に役立つ手法を解説 ”, <https://asana.com/ja/resources/critical-path-method>, 閲覧日 2023.2.4.
- [35] Math Hands-On with Python, “Critical Path Method in Python — Early Time, Late Time, Critical Activities and Project Duration ”, [https://www.youtube.com/watch?v=I6MLKMirZ2E&ab\\_channel=MathHands-OnwithPython](https://www.youtube.com/watch?v=I6MLKMirZ2E&ab_channel=MathHands-OnwithPython), 閲覧日 2023.2.4.
- [36] “ワークマネジメントオンライン クリティカルパスの書き方は？具体的な使い方や求め方 ”, <https://www.work-management.jp/blog/how-to-write-critical-path.html>, 閲覧日 2023.2.4.
- [37] “サクラチェッカー ”, <https://sakura-checker.jp/>, 閲覧日 2023.2.4.
- [38] 伊木惇, 龜井清華, 藤田聰, “レビューを対象とした信頼性判断支援システムの提案”, 情報処理学会論文誌, Vol.55, No.11, pp.2461-2475, 2014.
- [39] 岡本一志, 柴田淳司, “過去の商品レビューに関する類似性分析”, ファジィシステムシンポジウム, 第36回, pp.355-356, 2020.
- [40] 三船正暁, 金明哲, “ネットショッピングにおけるスパムレビューの特徴分析 ”, 日本計算機統計学会, 第30回大会, pp.9-12, 2016.
- [41] Xie Sihong, Wang Guan, Lin Shuyang, Yu Philip, “Review spam detection via temporal pattern discovery ”, the ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 2012.
- [42] 山澤美由起, 吉村宏樹, 増市博, “Amazon レビュー文の有用性判別実験 ”, 情報処理学会研究報告, 第53号, 2006.
- [43] 清水豪士, “教学IRにおけるWebBTの改善のためのシラバス標準化とラーニングアナリティクス ”, 2023.
- [44] “GMO RESEARCH リッカート尺度とは？メリットと設問作成時の注意点を解説 ”, <https://gmo-research.jp/research-column/likert-scale>, 閲覧日 2023.2.4.

