

# 効率的な遊び学習も考慮できる 目標逆算型積み上げ式学習支援システム

2020025 中市 新太 情報基盤工学講座 指導教員 António Oliveira Nzinga René

## 要約

本研究では、小・中・高校の児童・生徒に向けた学習システムを提案する。系統図と年間指導計画から学習におけるクリティカルパスを求め、制約条件をもとに多目的で最適な複数のスケジュールを作成、利用者の嗜好に合わせて選択できるように提案を行う。多目的最適化の手法として、制約条件を考慮できる遺伝的アルゴリズムを採用する。また、系統図と利用者の学習状況を組み合わせ可視化し、苦手範囲を直感的に把握できるようにする。この手法によりすべての児童・生徒に必要な学習機会を与え、学習習慣を身に付けさせることを目的とする。キーワード：教育、自ら学ぶ力、遊び学習、積み上げ式学習、CPM

## 1 はじめに

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されてきた。

中学3年生の場合では、最も低い社会経済的背景のグループの生徒は、最も高いグループ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。また、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と述べられている。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[1]。

学力格差の背景にある問題は、家庭環境や地域差によるもので、学びの当事者である子どもたち自身に責任はなく、自らの努力では解決できないことばかりである。望む教育を受けることができていない児童・生徒に対して必要な学習機会を与えることが社会課題となっている。

現在、チャレンジタッチなどの通信教育において苦手を解消できる通信教育は行われているが、スケジュールや当日行う学習単元は利用者が自ら選定するか、月に1回などある一定の期間で定められたスケジュールを用いているものが多い。本研究では変化しやすい学生の予定に配慮し、期間を定めながら利用者がいつでもスケジュールを変更できるシステムの構築を目指す。

## 2 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

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いた。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く。直感的な操作性や起動時間の短さ、持ち運びの容易さなどから、学校や塾、企業研修の現場といった幅広い分野での活用が進み、さまざまな利用法や成果が報告されている。

2019年にはGIGAスクール構想が発表され、図1に示すように全国の公立小学校の84.2%、中学校の91.0%、が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。[4]上記の調査から、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。

学習習慣は学力に影響し、学習習慣が向上するほど生徒の標準学力検査の得点は高いことが示されている[5]。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、上位階層の親は早期に確実に学習習慣を身に付けられるように通塾させていると考えられる。

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。学校教育のみを受けている下位階層の生徒は相対的に学習習慣を身に付けづらい環境になってしまっている[5]。

### 2.2 自主学習の予定作成における目的と制約

予定作成システムは、決められた制約条件の中で、目的関数を最大または最小となるパラメータの組み合わせの解を探索する組み合わせ最適化問題として捉えられる。

予定作成における制約条件として図1に示すように、あらかじめ定められたテスト範囲を期限内に学習できるようにする、学習可能な時間内で予定を作成する、前提科目を理解している科目のみを推薦するなどが挙げられる。目的関数としては、利用者の嗜好や学習範囲の最大化、利用者の負担の最小化などが挙げられる。このように目的関数が多数存在する最適化問題を多目的最適化問題と呼ぶ。

しかし、組み合わせ最適化を解く場合、目的関数がトレードオフになる関係がある場合がある。トレードオフとは、何かを得ると別の何かを失ってしまう相容れない関係のことである。予定計画を例に挙げるとすると、学

習時間を増加させることで学習範囲を広げることができるが、一方で利用者への負担が大きくなってしまふ。

すべての目的関数を最大化あるいは最小化する最適解が存在するとは言えないため、目的関数の一部、または全体を少しずつ犠牲にする必要がある。その条件で現れる解をパレート解と呼ぶ。パレート解は一般的には複数存在し、その中から解を選択することになる。

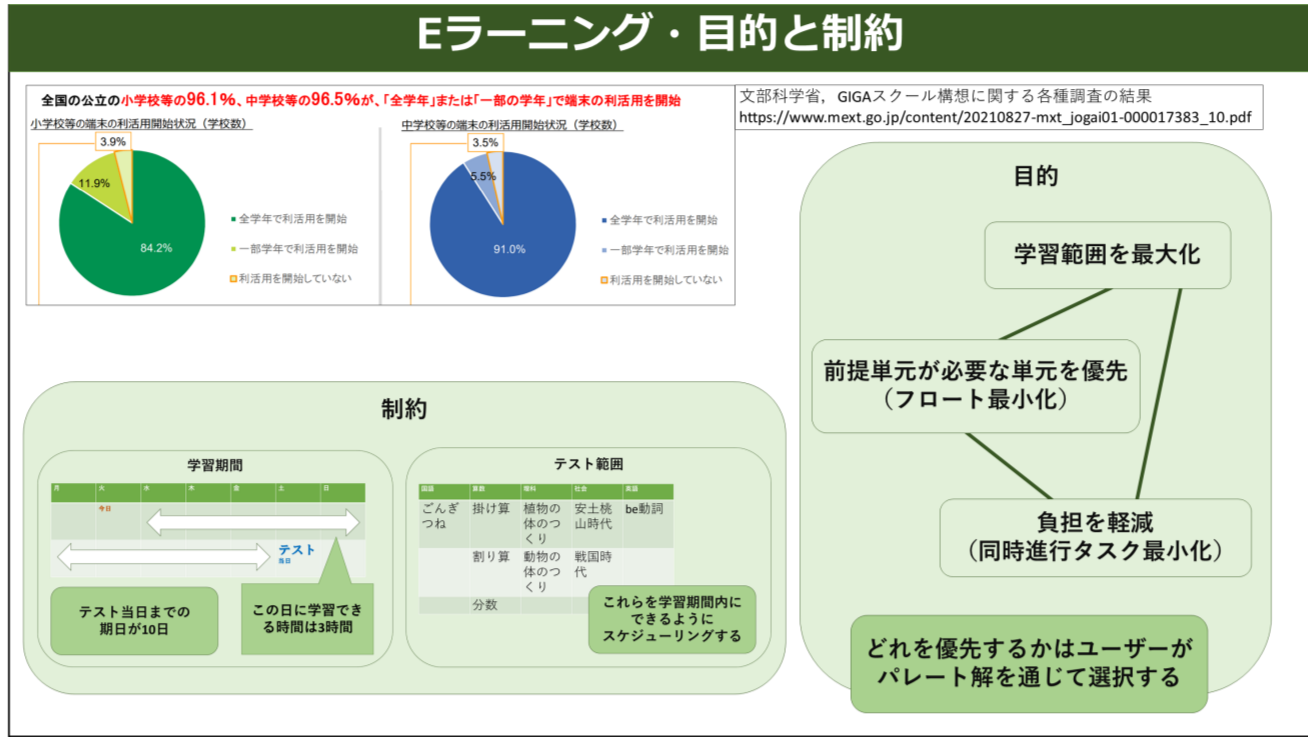


図1 Eラーニングの普及と学習可能時間

### 2.3 内容系統を考慮した教材・学習進度管理

学習の内容をそのつながりを踏まえて図示したものを学習系統図と呼ぶ。それを確認することで、全体を俯瞰で捉えることができ、各単元のつながりにも気付いて理解が深まる。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。

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。これまでは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。

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づ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[5]。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る効果もある。

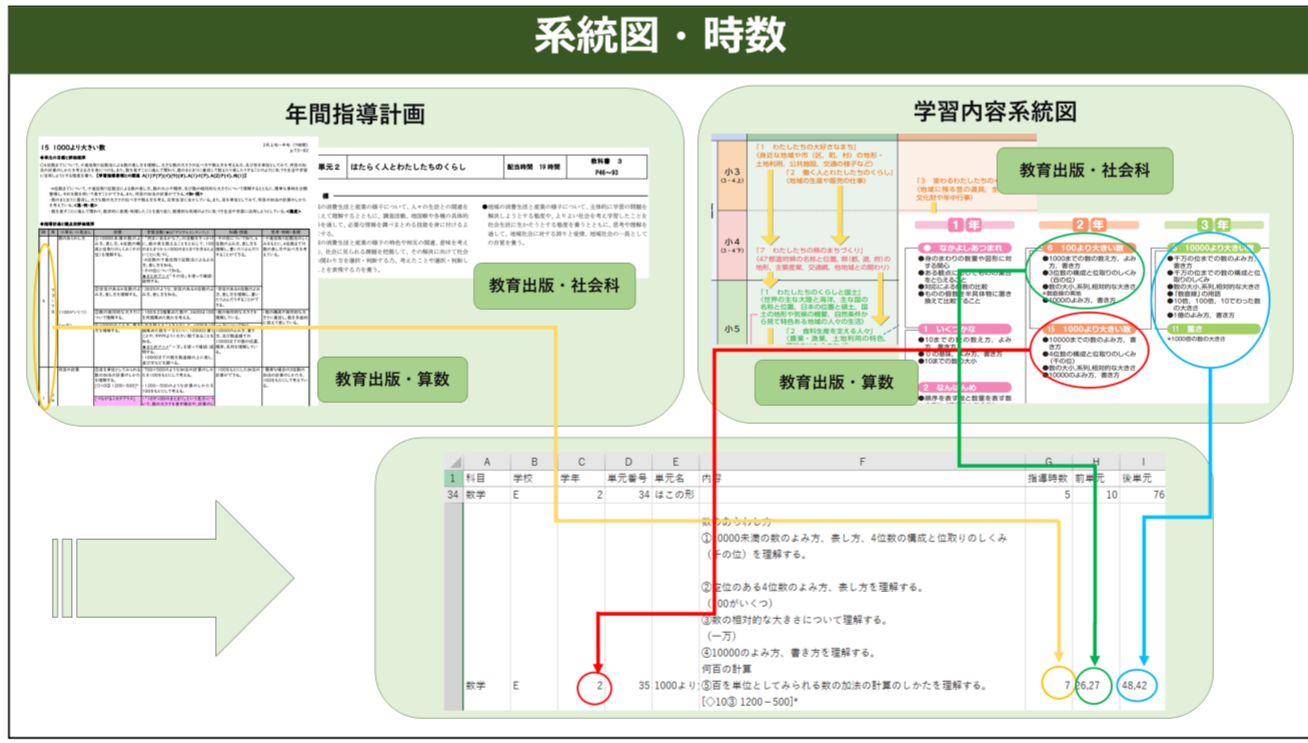


図2 系統図

## 3 科目推薦・教材の最適化

### 3.1 遊び学習と積み上げ式学習

教科には大きく分けて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かれる。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性が強い。

積み上げ型教科では学習の流れの中で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。学習系統図を利用し、現在理解できていない単元の前提となる単元をさかのぼりながら復習し、一つ一つの単元の理解を積み上げていくことにより安定感のある本物の学力を身に着けることができる。これを遊び学習とよぶ。ひとりひとりの理解度を分析し、既に身につけ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。

### 3.2 CPMによる履歴データからの進捗予測

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、そのとき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、すなわち最も時間のかかる最長の経路のことをクリティカルパスと呼ぶ。クリティカルパス上に存在しないタスクには、日程的に余裕があるという

ことになる。この余裕をフロートと呼ぶ。クリティカルパスを求め、フロートを算出することで、厳密に管理しなければならないタスクと、余裕を持って対応できるタスクを具体的に見出すことができる。

また、様々なタスクの依存関係を視覚的に把握することができ、あるタスクの進捗が他のタスクへどれくらい影響を及ぼすかを定量的に算出することができる[6]。クリティカルパスを把握するメリットとしては、1. タスクの優先度が計算できるため、効率的にスケジュールを管理できる。2. ワークフロー内でよくない影響を与えている箇所であるボトルネックの回避ができる。3. 前もって想定された作業と実際の進捗を比較したデータが今後の計画作成に有用という点が挙げられる。

主にビジネスのプロジェクト管理において使われる手法ではあるが、様々なプロジェクトで利用されていることから、学校教育の場においても成果を出すことができるのではないかと考えた。先に述べたように、学習活動では取り組むための土台となる知識や理解が十分に形成されていなければ、次のステップの学習活動において学びの成果を妨げてしまう。この問題はクリティカルパスのボトルネックを回避する特性によって解決できると推測した。

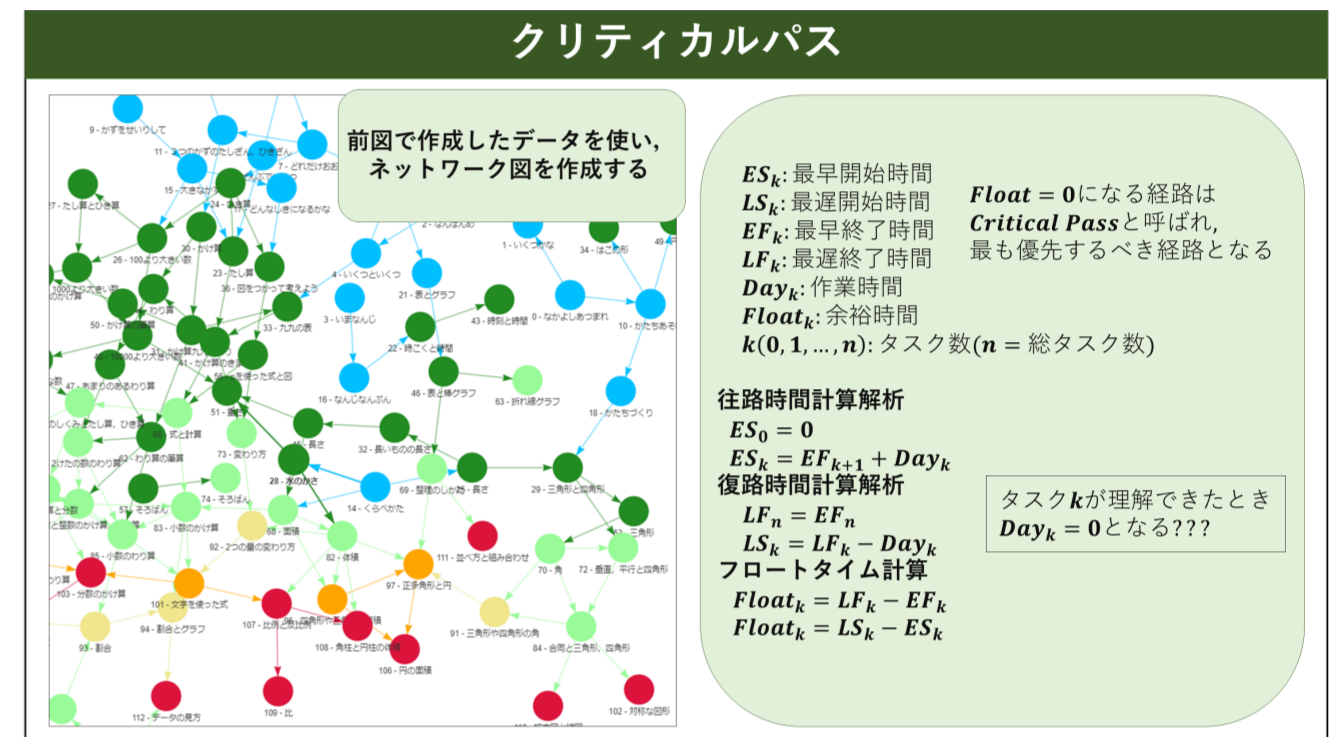


図3 CPMについて

### 3.3 多目的最適化と並列分散処理

遺伝的アルゴリズムとは、近似解を探索するためのアルゴリズムである。解の候補であるデータを遺伝子として複数準備し、適応度の高い個体の選択、個体を2種類組み合わせる交叉、個体の一部をランダムに変更する突然変異や適応度が低い個体を淘汰することを繰り返し、最適解を求める。適応度は目的関数の最大化、または最小化の形で設定される。

NSGA2とは多目的遺伝アルゴリズムの一種であり、遺伝的アルゴリズムを多目的最適化問題に拡張したものである。NSGA2の特徴として、非優先ソート、混雑度ソート、混雑度トーナメントの3つが挙げられる。

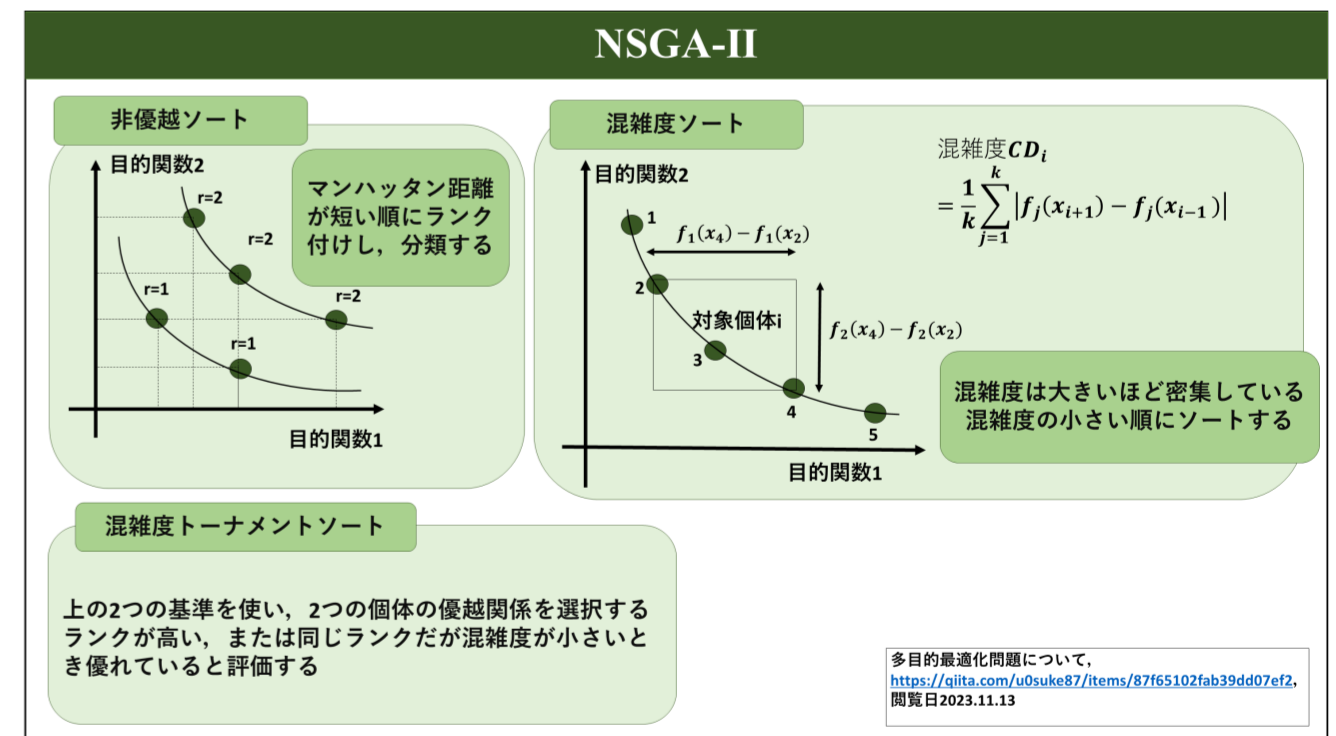


図4 NSGA2

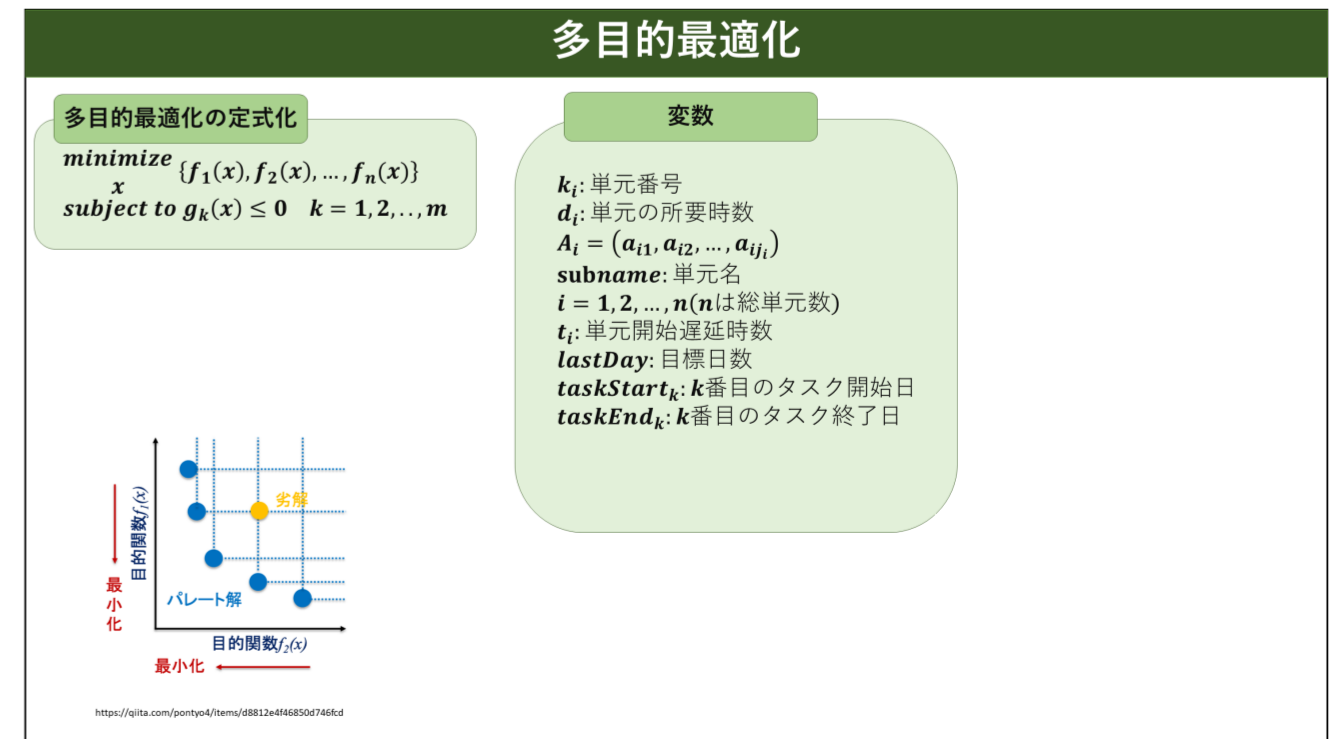


図5 多目的最適化

## 4 提案手法

本研究で提案する予定作成システムの流れを図に示す。WebページとYouTubeからスクレイピングし、学生に提示する教材として使用する。ユーザーが現在の履修状況、学習可能な時間、学習目的を入力する。それらを制約条件として、利用者の負担の最小化や学習範囲の最大化を目的関数に設定した最適化問題を多目的遺伝的アルゴリズムによって解き、ユーザーに複数の予定候補を提示する。



図5 提案手法の概要

## 5 数値実験並びに考察

数値実験では、教育出版の算数1-6年までのクリティカルパスと各経路のフロートを求めた。

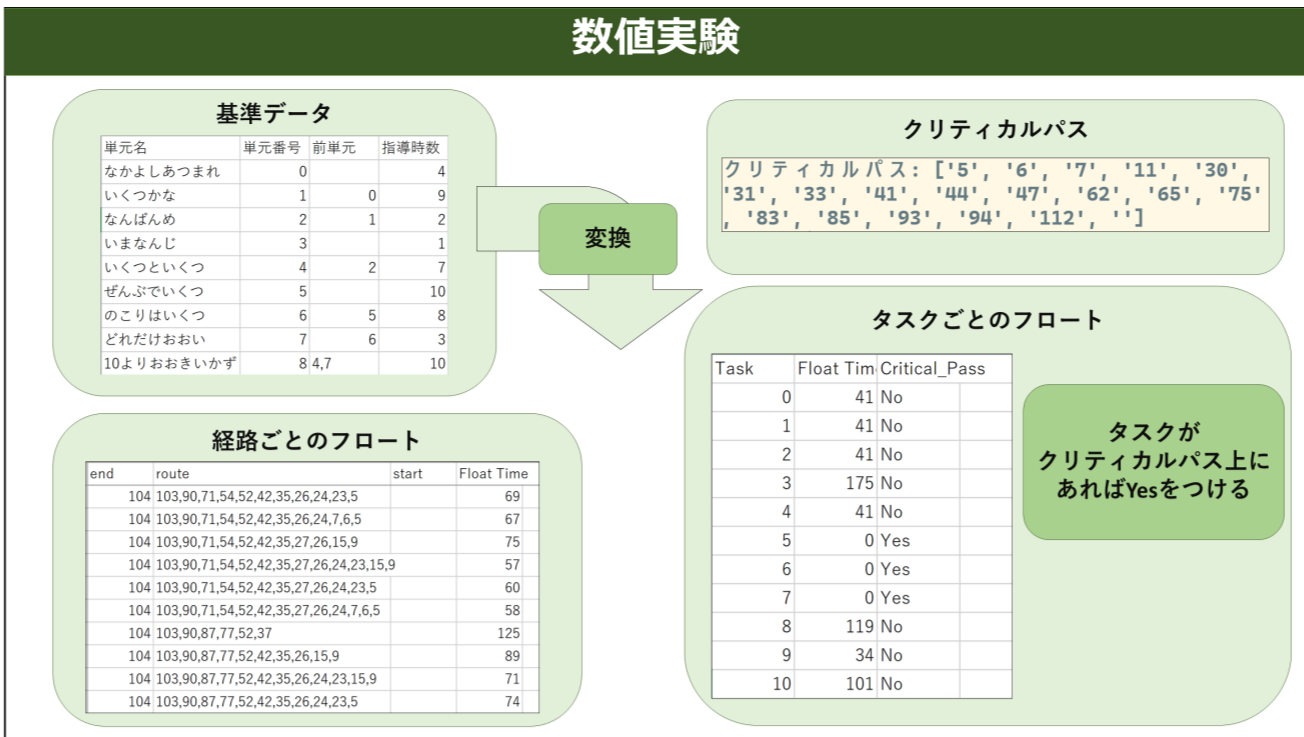


図6 実験結果

## 6 おわりに

本研究では、科目系統図と年間指導計画を用いて対話型グラフを作成した。また、クリティカルパスと各タスクのフロートタイムを求め作業優先度を決定した。今後の課題として、ネットワーク図、クリティカルパスの定式化、

多目的最適化による制約条件を考慮したスケジュールの作成とユーザーインターフェ이스の改善を考えている。

## 参考文献

- [1] 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 , 第8章, 62-72, 2018
- [2] 垂見裕子, ” 小学生の学習習慣の形成メカニズム ” , 比較教育学研究第55号, 2017
- [3] 豊田弘司, ” 中学生における学習習慣と学業成績の関係に関する実践的研究 ” , 103-4. 教育実践総合センター研究紀要, 2010
- [4] 文部科学省, ” GIGA スクール構想に関する各種調査の結果 ” , 2021
- [5] 櫻井研介, ” 学びの系統性・連続性を踏まえた学習指導 ” , *Proceedings of the 2013* 神奈川県立総合教育センター長期研究員研究報告 , 16, 49~54, 2018
- [6] Time Krei, ” クリティカルパスを用いたタイムマネジメント ” , [https://timekrei.tenda.co.jp/column/critical\\_path/](https://timekrei.tenda.co.jp/column/critical_path/) , 閲覧日 2023.11.10