

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

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て可視化し，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．中学3年生では，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．大都市では学校ごとの学力の違いが大きく，どのような社会経済的背景の子供が通うかによって学力や学習習慣の定着に影響している．この結果から環境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]．

チャレンジタッチなどの通信教育では，苦手を解消できる遊び学習は行われているが，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．変化しやすい学生の予定に配慮し，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，eラーニングが使用されている．2019年にはGIGAスクール構想が発表され，子供たちがeラーニングを受講できる環境になった(図1参照)[2]．

学習習慣が向上するほど生徒の学力検査の得点は高いことが示されている[3]．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付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．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付けづらい環境になってしまっている[4]．

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．図1に予定作成で使う目的と制約を示す．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．

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．

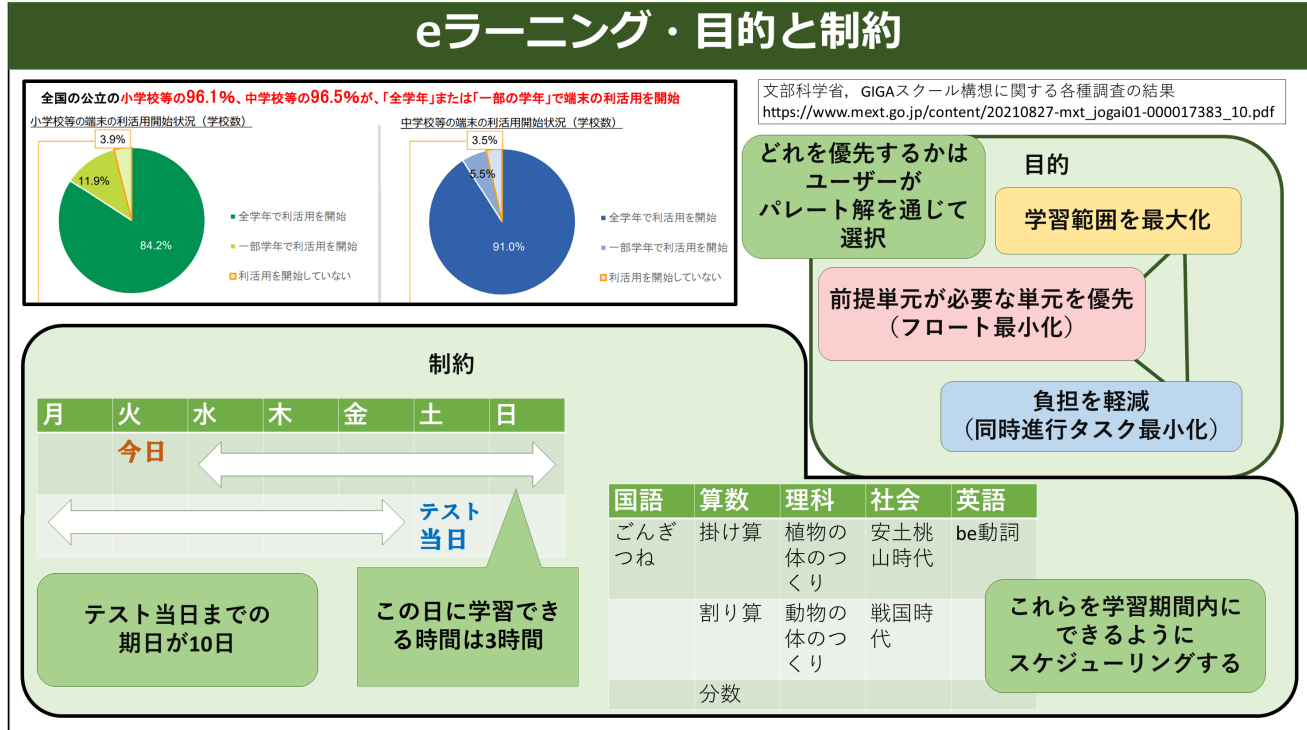


図1 Eラーニングの普及と目的・制約

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内容系統図と呼ぶ．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．近年，学習者の学びの道筋や成果の多くをスタディ・ログと呼ばれるデジタルデータとして蓄積・活用している．それを用いて生徒の理解度を見返すことで苦手範囲が明らかになる．

先行研究では，学習内容系統図とスタディ・ログを組み

合わせ誤答数を学習内容系統図に示し視覚的にとらえることにより苦手範囲を特定し，指導においての有効性が示された[5]．学習系統図と年間指導計画を組み合わせる一つの表としてまとめ，システム全体で使用する（図2参照）．

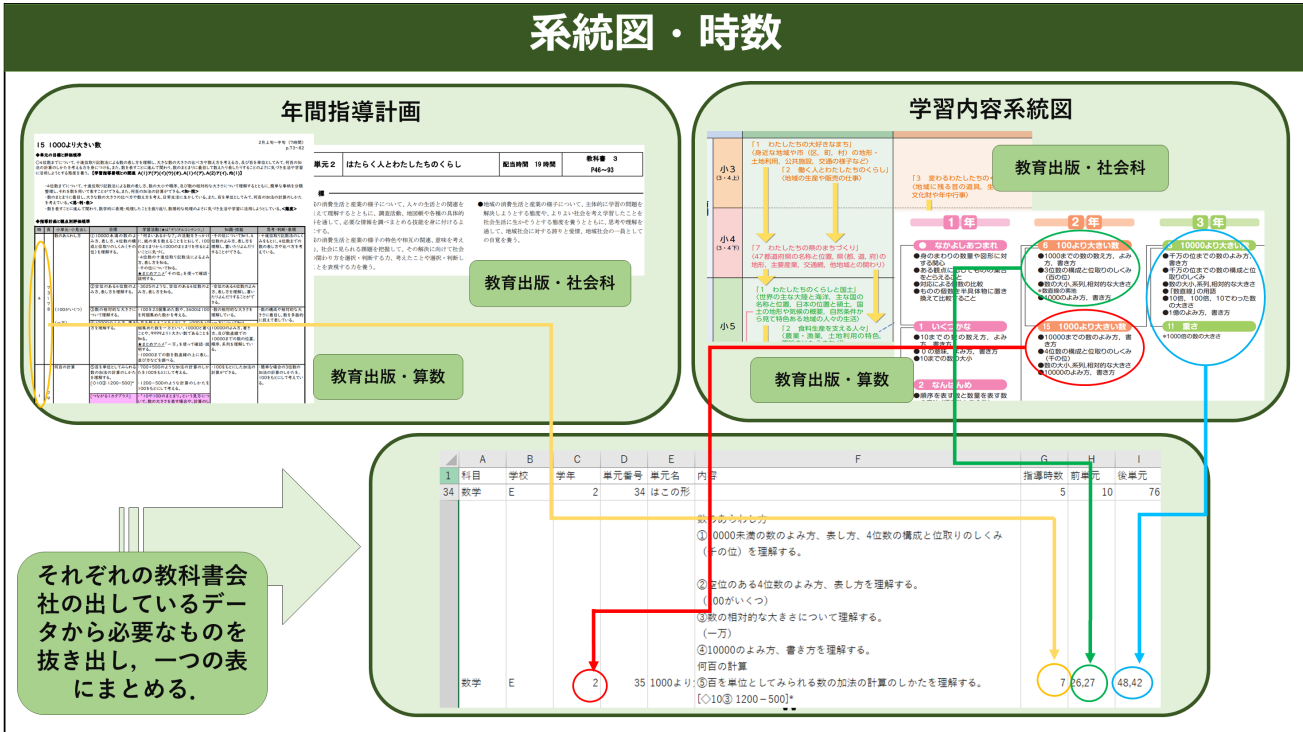


図2 学習内容系統表

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関係性が薄い独立型教科に分かれる．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．

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．理解できていない単元の基礎となる単元を遊びながら復習し，単元の理解を積み上げていくことにより学力を身に付けられる．これを遊び学習とよぶ．個人の理解度を分析し，理解し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最優先経路であるクリティカルパスを特定する手法である．クリティカルパスを基準の0とした日程的な余裕をフロートと呼び，求め方は図3に示す．

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定量的に算出することができる[6]．学習の積み上げにボトルネックが生じる問題は，クリティカルパスの特性によって解決できると推測した．

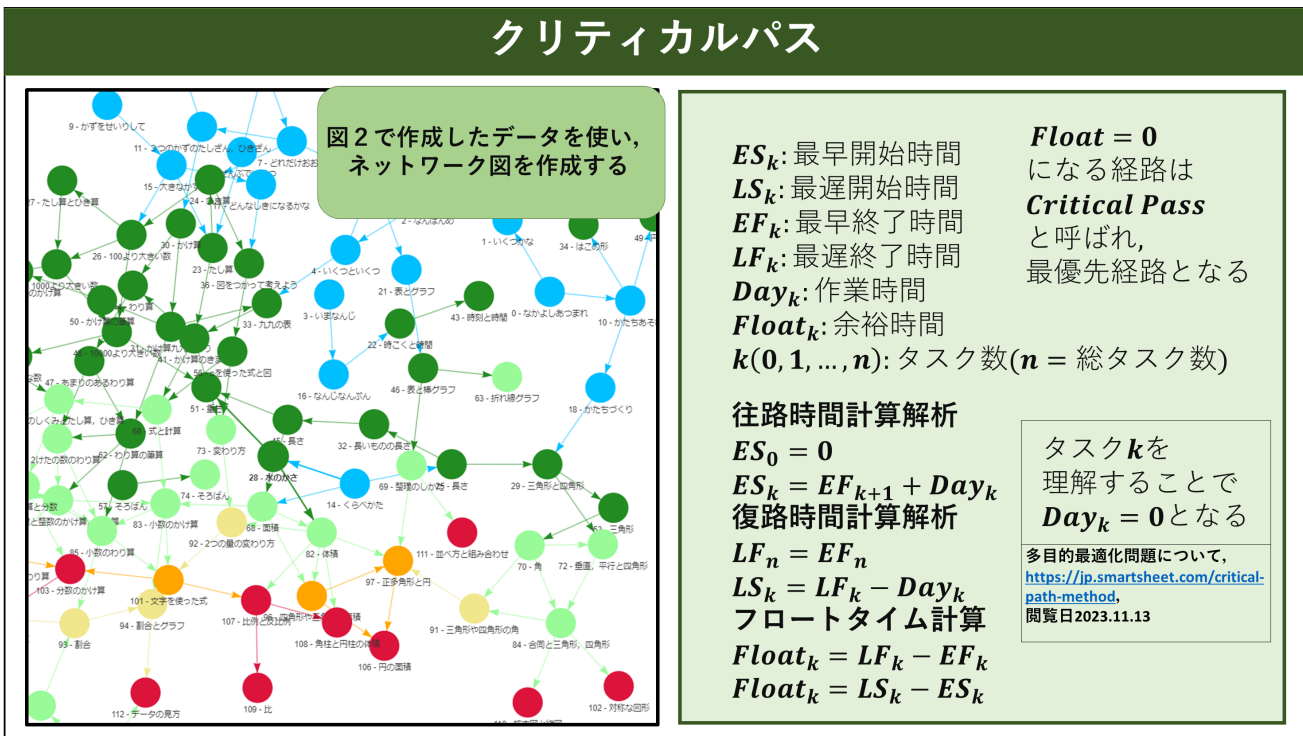


図3 CPMについて

3.3 多目的最適化と並列分散処理

遺伝的アルゴリズムでは，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て最適解を求める．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．特徴の詳細を図4に示す．

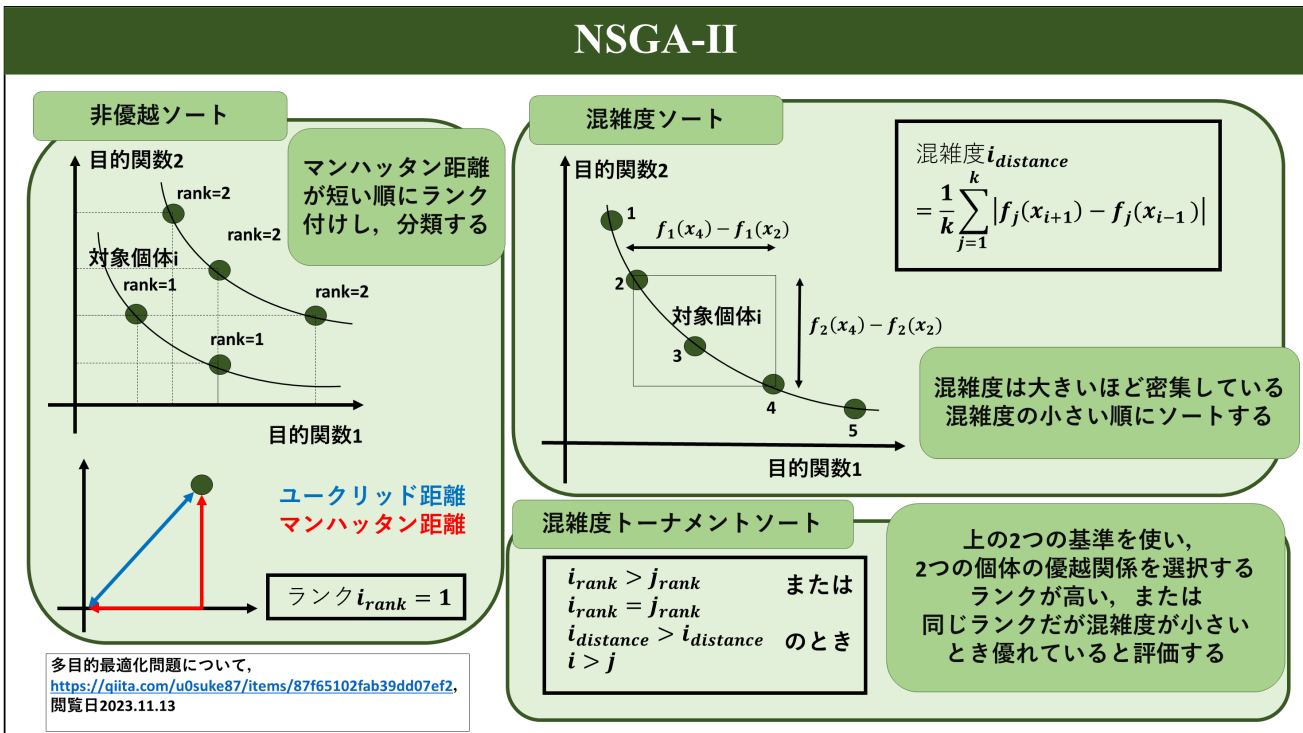


図4 NSGA2の特徴

4 提案手法

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，ユーザーにパレート解として複数の予定候補を提示する．2回目以降の学習システムについては図5に示す．



図5 提案手法

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，各経路のフロート，各単元ごとのフロートを求めた（図6参照）．

各単元を重み付き有効グラフのノードとして考える．学習系統図は戻りのない有効非巡回グラフと考えられるため，トポロジカルソートを行える．依存順に後続ノードをたどっていくことにより各単元のESを求めることができる．また，同様に逆順でソートを行うと，LSを求めることができる．その後，図3で示したようにフロートを求める．

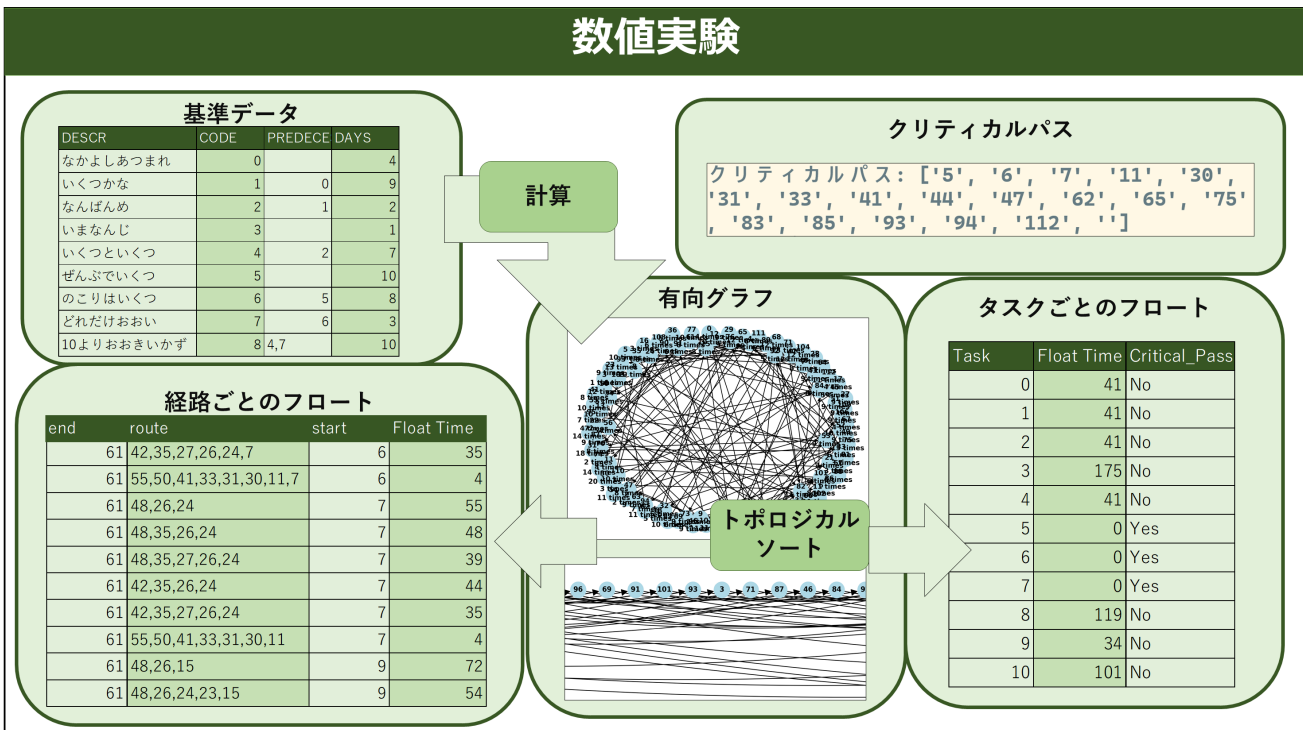


図6 実験結果

6 おわりに

学習内容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，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を行いたい．制約条件と目的関数が数式にできておらず，NSGA2を動かすことが未だできていない．また，スケジュール以外でもネットワーク図のノードから各単元に飛べるようにする，学習終了後に単元の成績を変更する入力項目を付け学習状況を都度変更できるようにするなどユーザーインターフェイスの改善を考えている．システム以外の面でも，学習内容系統図と年間指導計画の定式化を行い，どの科目，どの教科書を扱ったとしても教材をスクレイピングする際のキーワードを抽出できるようにしたい．

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”，https://www.mext.go.jp/content/20210827-mxt_joga101-000017383_10.pdf，2021，閲覧日 2023.11.10
- [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/，閲覧日 2023.11.10