



# 学習履歴を活用したファジィ・ランダム多目的最適化の並列分散処理による日程計画

2120020 島崎圭介 情報基盤工学講座

指導教員 António Oliveira Nzinga René

## 要約

自分ではスケジュール管理が難しく、またスケジュールの立て方がわからない児童・学生・生徒に向けた学習支援システムを提案する。このシステムは、学習者が自分のペースで計画的に学習できるようにサポートし、特に学習計画を立てることが苦手な子どもたちに効果的である。具体的には、学校の年間指導計画を元に学習のクリティカルパスを求め、そのクリティカルパスに遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm: GA)を用いてファジィ・ランダム変数を導入することにより、不確定性と不確実性の両方を取り入れたスケジュール管理システムを実現する。これにより、学習計画における予測困難な要素をうまく管理し、柔軟に対応することができる。さらに、並列分散処理技術を活用して、本来多くの時間を要する計算を高速化し、リアルタイムで学習計画の調整が可能となるスケジュール管理を提案する。これにより、限られた時間の中で効果的に学習を進めることができ、特に忙しい学生にも実用的なシステムとなる。また、学習習慣を身に着けさせることを重視し、遡り学習を取り入れることで、理解が不十分な単元を復習し、自分の苦手を克服できるようにサポートする。遡り学習によって、基礎からしっかりと学び直し、理解度を深めることができが可能となる。今回の段階では、ファジィ変数を導入してクリティカルパスの問題を解くことに焦点をあて、その基本的な部分を実現した。このシステムは、学習者一人ひとりの進歩に合わせて柔軟に対応することができ、最適な学習プランを提供することを目指している。

キーワード：教育、ファジィ・ランダム、並列分散処理、遡り学習、CPM

## 1 はじめに

人手不足による国内総生産(Gross Domestic Product: GDP)の減少などの問題が考えられる。この問題の対策として、AIの導入や出生率の増加政策などがあげられる。その対策の一つである「人員・費用などの資源の最適な分配による生産性の向上」に着目した。

また、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差別とよぶ。そこで学力差別をなくすく誰でも自分通りのスケジュールを作成することができる通信教育サービスを提供する。このスケジュール管理には柔軟性が求められる。子どもの計画性は発展途中有るため、その要素に不確実性と不確定性を考慮する必要がある。このとき二つの要素を同時に表現するために、ファジィ・ランダム変数の概念を用いる。

また、本システムでは、Web上からスクレイピングをした教材を活用するため、低コストで導入・利用する環境ができる。また、ファジィ・ランダム変数を導入することによって複雑な問題となり、処理時間が膨大になる可能性が考えられる。したがって並列分散処理による処理時間の高速かつ不確実性と不確定性を考慮できる学習支援システムを作成することを目指す。

## 2 ファジィ・ランダムの導入

### 2.1 効率的な学習支援システム

2020年から新型コロナウイルス感染症の影響により、eラーニングが使用されている。これにより子どもがe-ラーニングを受講できる環境が整えられてきている。ここでも重要なのは学習習慣である。この学習習慣が不安定かつ不規則などでは、成績の向上は期待できない。

そこで子どもにスケジュール管理をさせることによって学習習慣の向上と自ら進んで行う学習を定着化を目指す。また、遡り学習として理解できていない単元の基礎となる単元を遡りながら復習し、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。個人の理解度を分析して、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。これにより効率よく学習することができるため時間の足りない子どもでも成績向上に期待ができる。それにより国内の平等な学習レベルで行うことができる。これで国全体のレベルが向上するという見込みもある。

### 2.2 ファジィ・ランダム多目的最適化による日程計画

投入資源による所要時間の変化の不確定性・不確実性を表現するため、本研究で時間費用関数にファジィ・ランダム変数を用いる。ファジィ・ランダム変数とは、ファジィ性とランダム性の両方を表現することができる変数のことである。クリティカルパスの最小化と費用の最小化を目的関数としたファジィ・ランダム変数を導入する。クリティカルパスメソッド(Critical Path Method: 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。主にこの手法は工事現場など日程が決まっている場合に多く用いられる。

クリティカルパスはさまざまなタスクの依存関係を視覚的に把握することができ、あるタスクの進歩が他のタスクへどのくらい影響を及ぼすか定量的に算出することができる。

きる。今回このクリティカルパスを最小化と費用の最小化を目的関数としたものを導入する。ファジィ性とランダム性について説明したものを図1に示す。

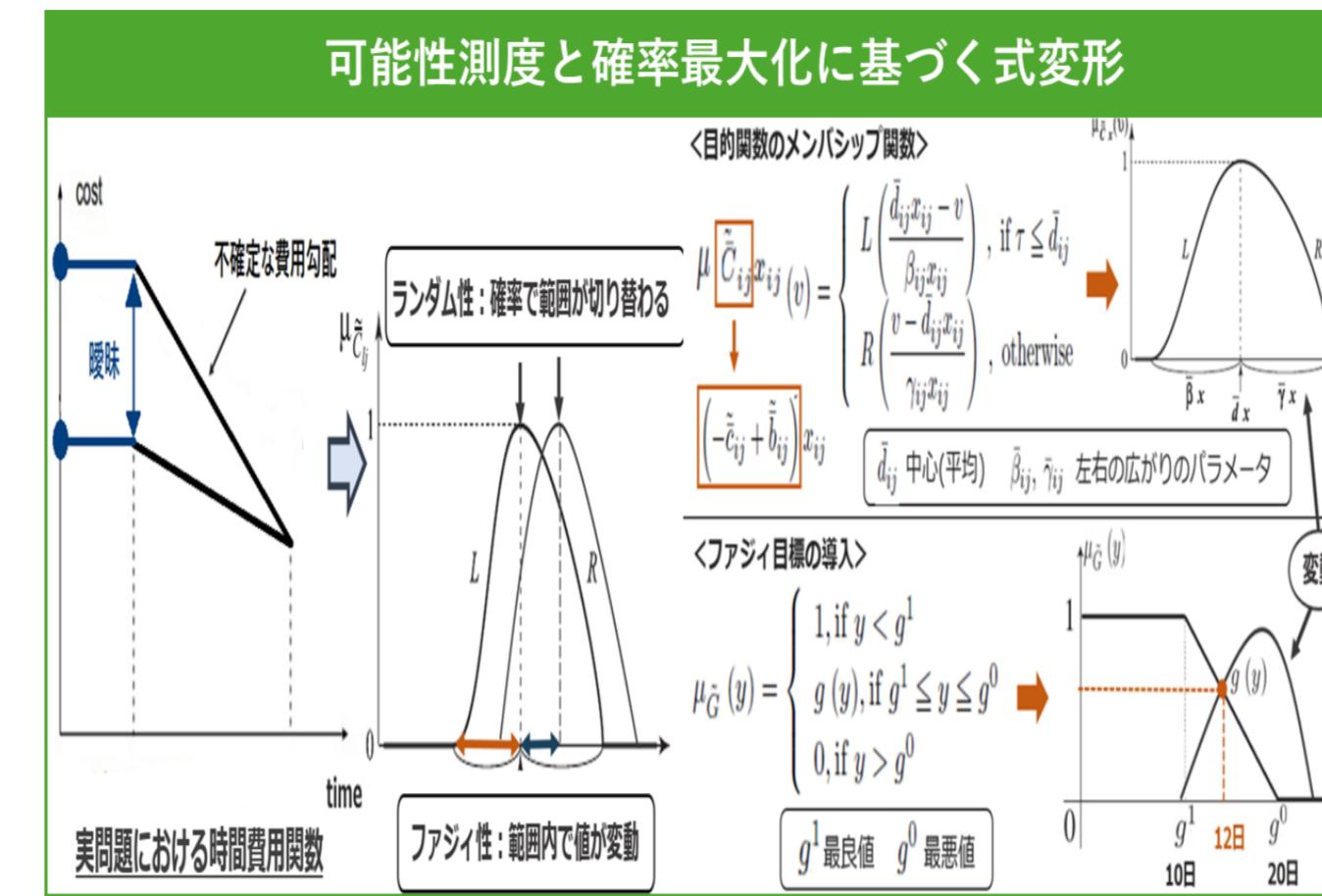


図1 目的関数のメンバーシップ関数とファジィ目標の導入

### 2.3 クリティカルパスメソッド

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。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、あるタスクの進歩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。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。また、このクリティカルパスを算出する変数にファジィ・ランダム変数を導入することによってより想定外の問題に対応できる形になると想える。その概要を図2に示す。

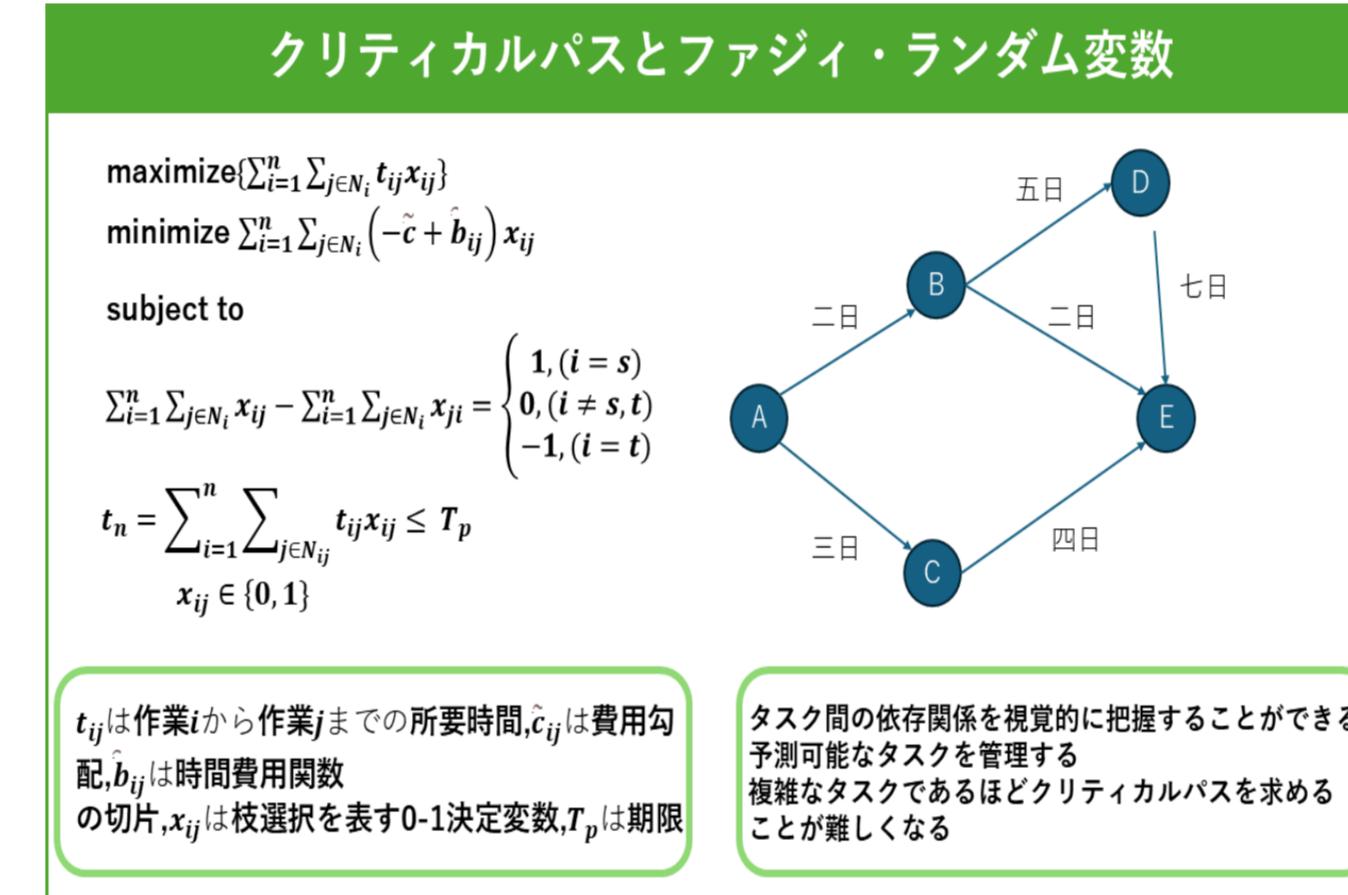
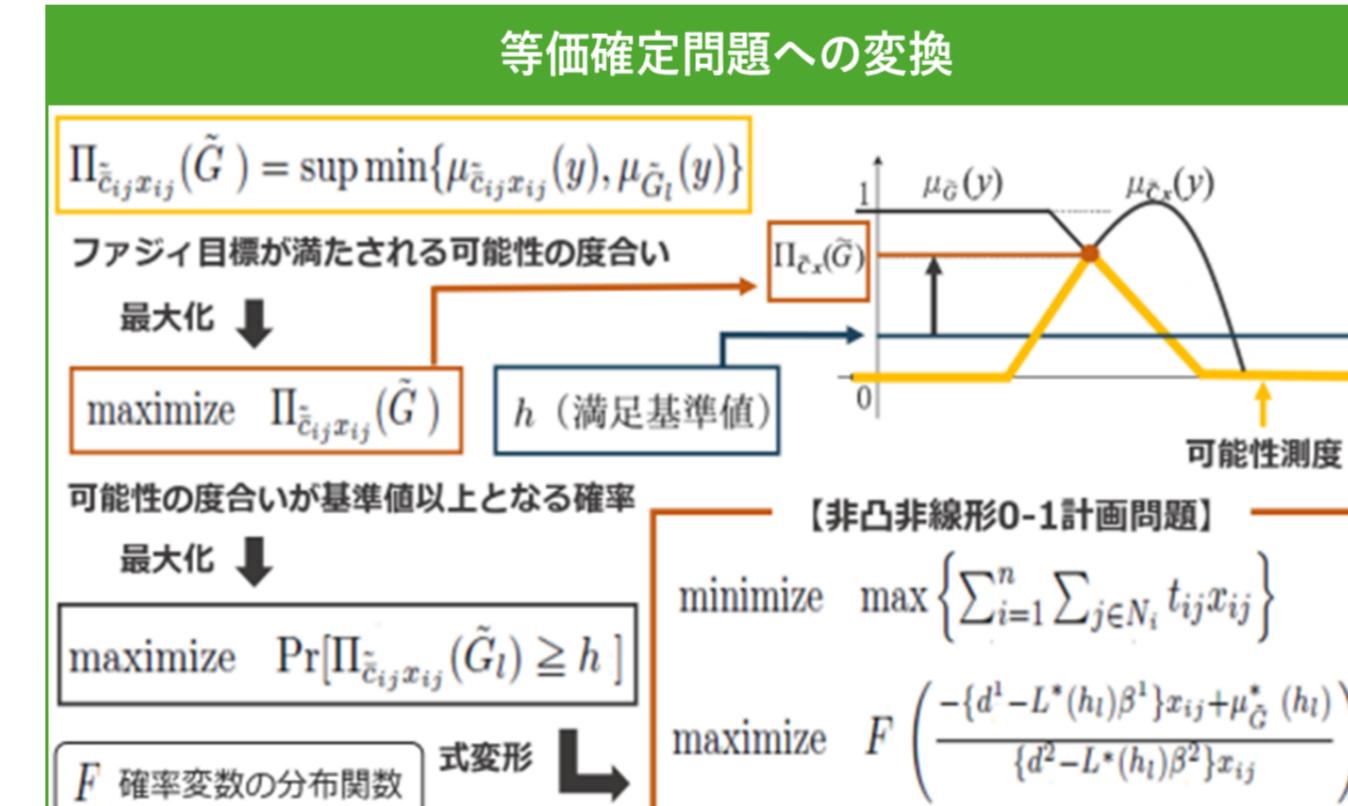


図2 モデルの定式化

## 3 学習支援システムへの導入

### 3.1 等価確定問題への変換

ファジィ・ランダム変数を含む式をそのまま取り扱うことは困難であるため、確率計画問題から多目的日程計画問題へ等価確定変換する必要がある。そこで、ファジィ・ランダム変数を係数に含む目的関数に対して、多目的計画問題に変形したものを図3に示す。



この定式化を行うことによってファジィ・ランダムによる多目的計画問題を解くことでクリティカルパスを解くことができるようになった。

### 3.2 学習支援システムへの学習履歴の組み込み

学習支援システムの機能として、遡り学習を取り入れる。遡り学習とは、学びたい単元の基礎となる単元を遡りながら復習することによって学びたい単元の理解を積み上げられるものとなっている。今回のシステムでは、すでに理解できている単元の学習を飛ばし理解できていない単元の学習に遡ることによって効率的な学習ができる学習支援システムとなっている。

別の種類の学習方法として積み上げ式学習があるが、積み上げ式学習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。このような学習はあまり効率的とは言えないため今回遡り学習のを採用した。

### 3.3 並列分散処理による高速化の事例

ファジィ識別システムを並列実装することによる処理の高速化の事例がある。この論文の数値実験では、6台から11台に並列分散処理の台数を増やすことによって101382.3秒から53965.5秒の47416.8秒の高速化が見られた[1]。この結果より、ファジィ識別システムを並列分散処理することによって、実行結果の差ができることがわかる。また、この実験では、ネットワークに接続している計算機を使用していることがネットワークにつながった状態でも並列分散処理によって高速化できることがわかる。

しかし、この実験結果はファジィを取り入れているが、ファジィ・ランダムではないのでファジィ・ランダムに取り入れた際に、どのようになるか分からぬという点がある。

## 4 提案手法

提案するシステムの概要について説明する。初めにクリティカルパスの最小化と費用の最小化を目的関数としたファジィ・ランダム多目的日程最適化問題を定式化し、遡り学習支援システムに導入することによって不確定性と不確実性の二つを補った並列分散処理により高速化のされた学習支援システムを作る。

今回は、ファジィ・ランダム変数ではなく、ファジィ変数をCPMの解法の変数に導入することで不確定性を考慮したものでCPMを解く。その時のファジィ変数を用いたクリティカルパスで図5の例題を解く。 $\alpha$ -cutした数値の実行時間結果とする[2-4]。

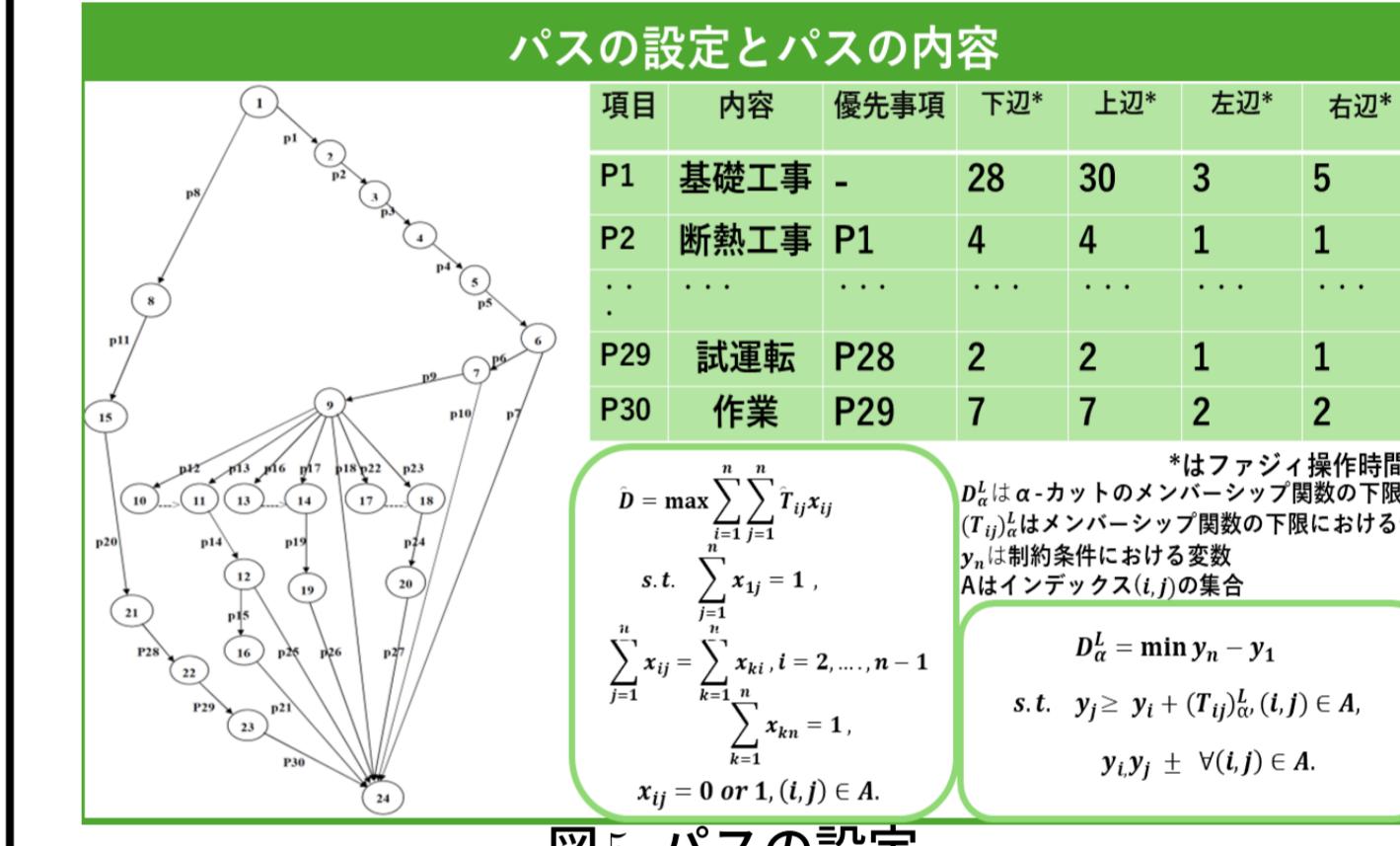


図5 パスの設定

この図5の式を使用することによってファジィ変数を含んだクリティカルパスを解くことができる。この式をpythonを用いて図5の例題を解いたのを次の章に示す。

## 5 数値実験並びに考察

今回、ファジィ・ランダム変数を導入するのではなく不確実性を除いたファジィ性のみを持つ変数をCPMの変数に導入した。その導入したファジィ変数を図5に定式化し、その式を使用して例題を解いた[2][4]。

実行結果						
$\alpha$	Path	経路	最小時間(days)	最大時間(days)		
$\alpha=0.0$	Path: [P1', P3', P4', P5', P6', P9', P12', P14', P15', P21']		150.0	165		
$\alpha=0.0$	Path: [P1', P3', P4', P5', P6', P9', P12', P14', P25']		129.0	142		
$\alpha=0.1$	Path: [P1', P3', P4', P5', P6', P9', P13', P14', P25']		121.9	143.9		
$\alpha=0.2$	Path: [P1', P3', P4', P5', P6', P9', P17', P19', P26', P27']		125.5	153.2		
$\alpha=0.3$	Path: [P1', P3', P4', P5', P6', P9', P23', P24', P27']		117.7	149.7		
$\alpha=0.4$	Path: [P1', P3', P4', P5', P6', P10']		103.1	135		
$\alpha=0.5$	Path: [P1', P3', P4', P5', P6', P9', P18']		114.0	156		
$\alpha=1.0$	Path: [P1', P3', P4', P5', P6', P9', P18']		101.0	170		

図6 ファジィ変数を用いた実験結果

図5より、 $\alpha$ -カットすることによって複数のクリティカルパスの解を求めることができる。ファジィ数を含めることによって値が不確実性を考慮した複数ある値にも対応できる解となつた。

## 6 おわりに

ファジィ変数を含むクリティカルパスの問題を解くことができた。今後、ファジィ変数にランダム性を追加することで不確実性と不確定性の二つを満たす学習支援システムを作成することができる。実際にファジィ・ランダム変数を導入して、クリティカルパスを解くことができるかの実験も必要となる。また、ファジィ・ランダム変数を導入することによって処理が複雑になり処理時間の大幅に増える可能性があるので並列分散処理を行うことによってどの程度処理時間の軽減ができるのか検証する必要がある。

## 参考文献

- [1] 中島智晴、新居学、横田泰之、石渕久生、‘並列分散処理によるファジィパターン識別による高速化’、22nd Fuzzy System Symposium, pp. 6-8, 2006
- [2] A. N. Ahmed. and S. M. Salman. “Critical Paths Identification on Fuzzy Network Project”, IOSR Journal of Mathematics(IOSR-JM), pp. 49-54, 2015
- [3] Matthew J. “A fuzzy approach to critical path analysis”, <https://www.pmi.org/learning-approach-critical-path-analysis-8984> . 2002 閲覧日, 2024. 11, 1
- [4] M. F. EL-Santawy and S. Abd-Allah, “The Longest Path Problem in Fuzzy Project Networks : A Case”, Gen. Math. Notes, Vol. 3, No. 2, pp. 97-107