

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

Curriculum Standardization and Learning Analytics for
WebBT in Teaching IR

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 教授

提出年月: 令和6年(2023年)2月

目次

図一覧	iii
表一覧	iv
記号一覧	v
第1章 はじめに	1
§ 1.1 本研究の背景	1
§ 1.2 本研究の目的	1
§ 1.3 本論文の概要	1
第2章 教材の提供と科目推薦	3
§ 2.1 e ラーニング教材と自発的能動学修の涵養	3
§ 2.2 自主学習の予定作成における目的と制約	3
§ 2.3 内容系統を考慮した教材・学習進捗管理と学習履歴活用	3
第3章 科目推薦・教材の最適化	5
§ 3.1 協調フィルタリングと信頼性評価	5
§ 3.2 多目的最適化と並列分散処理	6
§ 3.3 CPM による履歴データからの進捗予測	7
第4章 提案手法	8
§ 4.1 予定作成の多目的ベイズ最適化としての定式化	8
§ 4.2 教材管理と学習進捗管理の手法	8
§ 4.3 内容系統を考慮した学習管理システムの提案	8
第5章 数値実験ならびに考察	10
§ 5.1 数値実験の概要	10
§ 5.2 実験結果と考察	10
第6章 おわりに	11
謝辞	12
参考文献	13

図一覽

2.1	e ラーニングとは	4
2.2	e ラーニングの例：progate	4
2.3	ラーニングアナリティクスの概要	4
2.4	レコメンドシステムのイメージ	4
2.5	情報推薦システムの分類	4
3.1	レビューと CVR の相関性 [?]	6
3.2	レビュー評価と購買意欲の相関性 [?]	6
4.1	全 15 回書かれたシラバスの例	9
4.2	授業計画不足シラバス例	9

表一覧

2.1	教育ビッグデータの例	4
3.1	ある書籍の評価結果	6
3.2	ユーザー×アイテムの評価行列	6

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	用語	記号
特定のユーザー	x	g_c のユーザー数	$size(g_c)$
特定のアイテム	y	g_c の支持度数	$support(g_c)$
利用者数	n	g_c における協調度	$collaborate(g_c)$
アイテム数	m	u_{l_i} が属する頻出投稿者グループ	$G_{u_{l_i}}$
利用者集合 $\{1, \dots, n\}$	\mathcal{X}	投稿時間間隔が短いレビュー集合	g_b
アイテム集合 $\{1, \dots, m\}$	\mathcal{Y}	レビュー l_i の集中性スコア	$T_score(l_i)$
アイテム y を評価した利用者集合	\mathcal{X}_y	g_b のレビュー数	$size(g_b)$
ユーザー x が評価したアイテム集合	\mathcal{Y}_x	レビュー l_i と同じジャンルに属するレビュー数	o
対象ユーザー	a	レビュー l_i に出現する名詞集合	K_i
ユーザー x のアイテム y への評価値	r_{xy}	K_i の要素	$term_j$
ユーザー x による評価値の平均	\bar{r}_x	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	$df(term_j)$
アイテム y への評価値の平均	\bar{r}_y	レビュー l_i の情報性スコア	$I_score(l_i)$
推薦されたアイテムの数	f	レビュー l_i の類似性スコア	$S_score(l_i)$
レコメンドで推薦されたアイテム集合	$ S_r $	レビュー l_i のサクラ性スコア	$F_score(l_i)$
推薦可能なアイテム集合	$ S_a $	教材 i における信頼性スコア	$K_score(i)$
教材 i につけられたレビュー文章	l_i	教材 i におけるスパムスコアの平均	$\bar{F_score}(i)$
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}	教材 i のレビューの評価点の平均	\bar{l}_i
頻出投稿者グループ	g_c	レビュー l_i の協調性スコア	$C_score(l_i)$
Precision で考慮する上位ランキングの数	N	Precision で考慮する人数	H

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。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、苦手を解消できる遡り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。

§ 1.2 本研究の目的

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。

§ 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、教育ビッグデータを用いた教学IRについてと大学での成績について述べた。目的は、最適な科目推薦とそれらの科目における情報の提供を行うことのできるシステムを開発すること、およびシラバス標準化としてのフォーマット作成することを述べた。

第2章 教育ビッグデータの概要やその利活用について、eラーニングや教学IRをまとめる。また、教育ビッグデータの分析方法について述べる。

第3章 本研究で用いる協調フィルタリングについてやレビューに対する信頼性について述べる。

第4章 本研究の提案手法について述べる．シラバスフォーマットや学生に提供する教材の作成方法や科目推薦や教材更新の仕組みについて説明した．

第5章 科目推薦を複数の指標を用いて評価を行った．レビューの信頼性を考慮できているかの確認を行った．また，本システム全体の有効性の検証を行った．

第6章 おわりに と今度の課題について述べた．本研究では学生の科目選択や学習を支援するシステムの開発および，シラバス標準化に向けたシラバスフォーマットを作成した．結果として，開発したシステムは推薦システムとして機能し，学生にとって有用なシステムであることを示したのと同時に，作成したシラバスフォーマットを使用して作成したシラバスは従来のシラバスと比較してわかりやすく学生にとって有用な情報を提供できることを示した．

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。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。

§ 2.3 内容系統を考慮した教材・学習進度管理と学習履歴活用

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す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)。

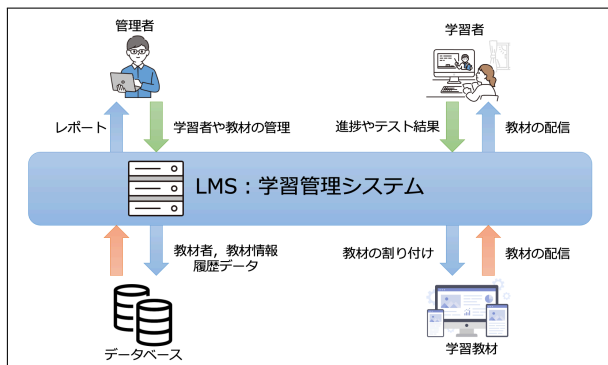


図 2.1: e ラーニングとは

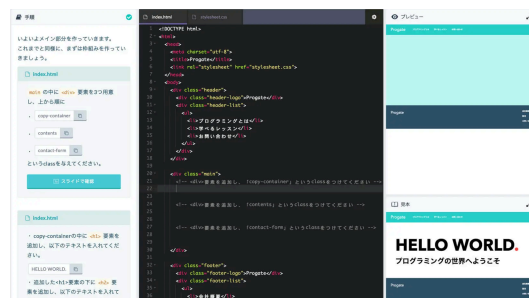


図 2.2: e ラーニングの例: progate

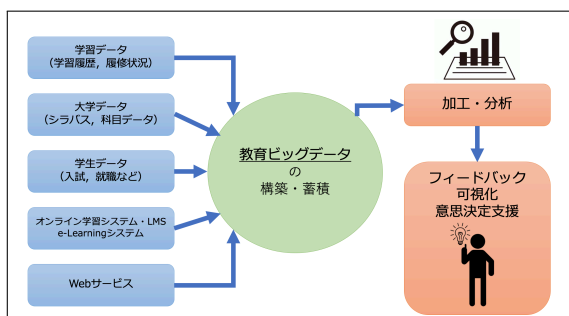


図 2.3: ラーニングアナリティクスの概要

表 2.1: 教育ビッグデータの例

取得時期	教育データ	内容
入学前	出身高校 入試情報 学習ログ 入学前情報	判定値 入試方式, 入試成績, 志望順位 取り組み状況, 学習パターン 志望動機, 学習習慣の有無
入学時	学生情報	通学形態, 家族構成, 通学時間
各セメスター	履修情報 授業 学生生活 成績情報	必修・選択科目, 履修科目 出欠状況, 遅刻, 提出物 サークル, アルバイト, 課外活動 科目成績, GPA, テスト結果
4 年次	就職活動	活動履歴, 内定状況, 志望分野
卒業後	卒業後	満足度 (大学, 授業), アンケート

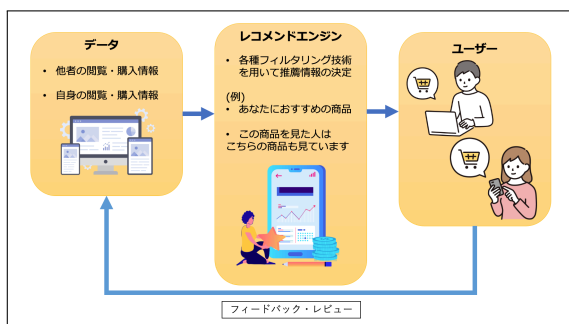


図 2.4: レコメンドシステムのイメージ



図 2.5: 情報推薦システムの分類

科目推薦・教材の最適化

§ 3.1 協調フィルタリングと信頼性評価

情報推薦の手法として、協調フィルタリングという手法があり、それをアイテムベース協調フィルタリングとユーザーベース協調フィルタリングの2種類が大別することができる。そこで、本項ではその2種類に情報推薦について解説する。まず最初にアイテムベース協調フィルタリングについて解説し、次に本研究で使用するユーザーベース協調フィルタリングについてより詳しく解説する。

アイテムベース協調フィルタリング

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..

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。単元の基礎を遡りながら復習し、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。これを遡り学習とよぶ。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。

ユーザーベース協調フィルタリング

ユーザーベース協調フィルタリング (User Based Collaborative Filtering: UBCF) は、特定のユーザーにおすすめのアイテムを推薦するための手法である。これは、あるユーザーが評価したアイテムをもとに、類似したユーザーの評価履歴を利用して、新しいアイテムを推薦するための方法である。

ユーザーベース協調フィルタリングには、複数の方法があるが、一般的には以下の手順に従って実行される。

Step1：類似度の計算

各ユーザー間の類似度を計算することで、特定のユーザーに類似したユーザーを見つける。この類似度を算出する際にはコサイン類似度、ピアソン相関係数などが用いられる。

Step2：類似ユーザーの選択

Step1で得られた類似度の高いユーザーを選択することで、特定のユーザーに似たユーザーの評価履歴を参照する。

表 3.1: ある書籍の評価結果

	書籍 1	書籍 2	書籍 3	書籍 4	書籍 5
対象ユーザー	5	3	4	4	??
ユーザー A	3	3	1	5	4
ユーザー B	4	3	4	3	5
ユーザー C	2	5	5	2	1
ユーザー D	3	1	1	3	3

表 3.2: ユーザー×アイテムの評価行列

	国語	数学	化学	物理
ユーザー A	1	3	0	3
ユーザー B	0	1	3	0
ユーザー C	2	1	3	1
ユーザー D	1	3	2	0

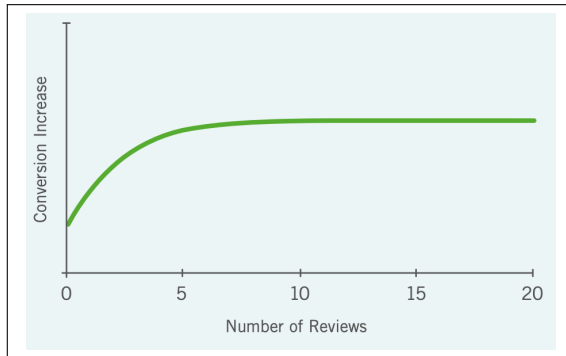


図 3.1: レビューと CVR の相関性 [?]

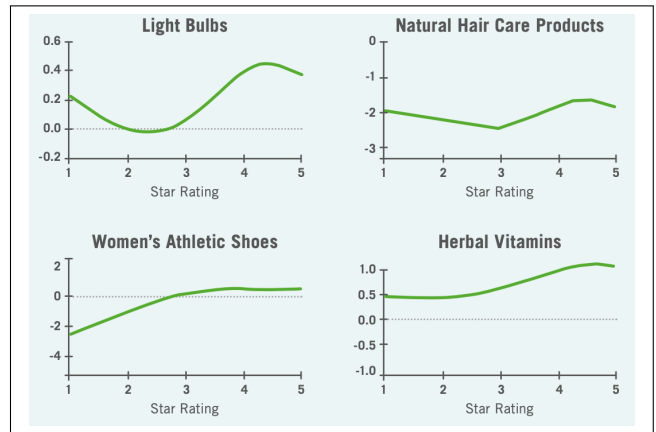


図 3.2: レビュー評価と購買意欲の相関性 [?]

Step3: 推薦アイテムの選択

Step1, Step2 をもとに選択した類似ユーザーの評価履歴をもとに, 新しいアイテムを推薦する.

§ 3.2 多目的最適化と並列分散処理

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.

スパムレビュー

スパムレビューとは, 対象商品を広告するために意図的に肯定的な評価を与えるレビュー, もしくは対象商品を批判するために不公平または悪意のある否定的な評価を与えるレビューのことである.

フェイクレビュー

フェイクレビューとは, 商品を販売している企業が, 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を持ったレビューである. そのため,

フェイクレビューはステルスマーケティングの1種であり、ステルスマーケティングをおこなうためにフェイクレビューグループが存在する。

§ 3.3 CPMによる履歴データからの進捗予測

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の淘汰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。

NSGA-II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。NSGA-II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。

$$I_score_{norm}(l_i) = 5 \cdot \left(1 - \frac{I_score(l_i)}{\max(I_score(l_i) | j = 1, 2, \dots, o)} \right) \quad (3.1)$$

提案手法

§ 4.1 予定作成の多目的ベイズ最適化としての定式化

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。

§ 4.2 教材管理と学習進捗管理の手法

§ 4.3 内容システムを考慮した学習管理システムの提案

授業科目名	確率・統計学	
授業科目名 (英語)	Stochastic System	
科目区分	専門	
配当学年	工学部 1年	
担当教員		
職階	氏名	所属
教授	○ 奥原 浩之	情報システム工学科
開講学期	前期	
単位数	2	
単位区分	選択	
関連する学習・教育目標	情報システム工学科：B-1、C-2、D-1	
授業の目標・授業概要	確率論を学ぶ目的は、現象を数値化して、現象に関する「情報」を取り出すことであり、それを用いて不確定的現象に対する判断の指針、手助けとするものである。確率の基本的な概念や確率論的な考え方を理解できるように配慮し、工学（電子、情報、通信、知能）に現れる確率・統計の基礎的事項について学ぶ。	
学生の到達目標	①用語、確率の確率論に関する確率の意味を理解できる。 ②確率に与える確率の計算方法を理解できる。 ③確率論（二項分布、ポアソン分布、正規分布）の導入部分と学ぶ。	
授業計画	①確率・統計学の概要 ②事象と確率の基礎 ③いくつかの有用な関数 ④離散形分布 ⑤連続形分布 ⑥多変量分布 ⑦統計量から導かれる分布 ⑧線形変換 ⑨正規分布による確率統計 ⑩代表的な統計量の分布 ⑪確率の応用と応用 ⑫相関と回帰分析、重回帰分析 ⑬シミュレーション回帰分析 ⑭ベイズの定理、検査の診断能 ⑮線形変換	
キーワード	確率変数、分布関数、統計量、回帰分析	
成績評価基準	授業態度（30%）、レポート・試験（40%）、小テスト・プレゼンテーション実習・演習（30%）との結果を加味して、「S・A・B・C・D・F」または「優・良・可・不可」で評価する。授業態度（学習・実習・発表等）、小テスト、レポート、試験の結果によって総合的に評価する。ただし、試験に合格するレポートを課す場合がある。出席回数が2/3未満の場合は、原則として単位を認定しない。再試験は行ない。	
教科書・教材参考書等	ブリン（書籍、論文、Webページ、演習問題）などを配布する。 参考文献等「経済・経済を学ぶ学生のための基礎数学」（森田、奥原、共立出版、2012）。	
関連科目・履修条件等	関連科目：2年後期「データベースとデータ処理」	
履修上の注意事項や学習上の助言	授業にはノートPC必須。講義、討論、実習、演習を併用する。	
学生からの質問への対応方法	質問は授業中、授業終了時に受け付けるほか、電子メール（ tpuwww@tpu.ac.jp ）でも受け付けます。また、高度も随時受け付けますが、事前に電子メールで相談内容を連絡して予約してください。	

図 4.1: 全 15 回書かれたシラバスの例

授業科目名	フーリエ解析学	
授業科目名（英語）	Fourier Analysis	
科目区分	専門	
配当学年	工学部 2年	
担当教員		
職階	氏名	所属
講師	○ 森島 信	情報システム工学科
開講学期		
前期		
単位数	2	
単位区分	選択	
関連する学習・教育目標	情報システム工学科 (D-1)	
授業の目標・授業概要	本講義では、フーリエ級数展開、フーリエ変換・逆変換に関する理論を学び、併せて演習も実施することにより、フーリエ解析の知識を身につけて、深く理解することを目指す。	
学生の到達目標	① 周期関数のフーリエ級数を求め、その関数をフーリエ級数に展開できること。 ② 与えられた関数のフーリエ変換ができること。 ③ フーリエ級数等の知識を用いて、基本的な微分方程式が解れること。 ④ コンピュータを用いたフーリエ変換の演習内容を理解できること。 など	
授業計画	指定教科書に従い、下記の表れた講義を進める。全15回実施する。 ・ガイダンス ・三角関数の基礎 ・フーリエ級数 ・フーリエ変換 ・偏微分方程式 ・ラプラス変換 ・エクセルを用いた演習 ・フーリエ解析の応用事例 ・まとめ (15回目)	
キーワード	三角関数、フーリエ級数、フーリエ変換、偏微分方程式、ラプラス変換 など	
成績評価基準	平常点（レポートなど）と、期末試験または期末レポートの成績で総合的に評価する。	
教科書・教材参考書等	理工系の数学入門コース 新編版 フーリエ解析 大石 進一（南）	
関連科目・履修条件等	他の数学科目を履修し、基礎的な微分計算を容易にできることが望ましい。	
履修上の注意事項や学習上の助言	連絡事項がある場合は講義中に言うので注意すること。 学習習慣または授業を受けるにあたっては、学習・履修を自らしないように努めてください。	
学生からの質問への対応方法	電子メールやその他の方法で事前に相談内容を連絡すること。	

図 4.2: 授業計画不足シラバス例

数値実験ならびに考察

§ 5.1 数値実験の概要

§ 5.2 実験結果と考察

おわりに

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 Renè 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，奥原研究室の同輩諸氏に感謝致します．

2023 年 2 月

中市 新太

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”, https://www.mext.go.jp/content/20210827-mxt_jogai01-000017383_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