



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

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

要約

キーワード：教育，自ら学ぶ力，遡り学習，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。「平成29年度学力調査を活用した専門的な課題分析に関する調査研究」によると、中学3年生の場合では、最も低い社会経済的背景(SES)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SES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。学力格差の原因是主に2つであり、1つは教育にかけるお金の多少が影響する家庭環境によるもの、2つめは地域の環境に存在する教育機会の多少の差によるものである[1]。学力格差の背景にある問題は、学びの当事者である子どもたち自身に責任ではなく、解決できないことばかりであり、本研究では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できる予定管理システムを開発することを目的とする。

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(e-Learning)」という言葉が使われるようになっている。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、2021年の文部科学省の調査によると、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。[2]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。

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、あらかじめ定められたテスト範囲を抜けがないよう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。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う。

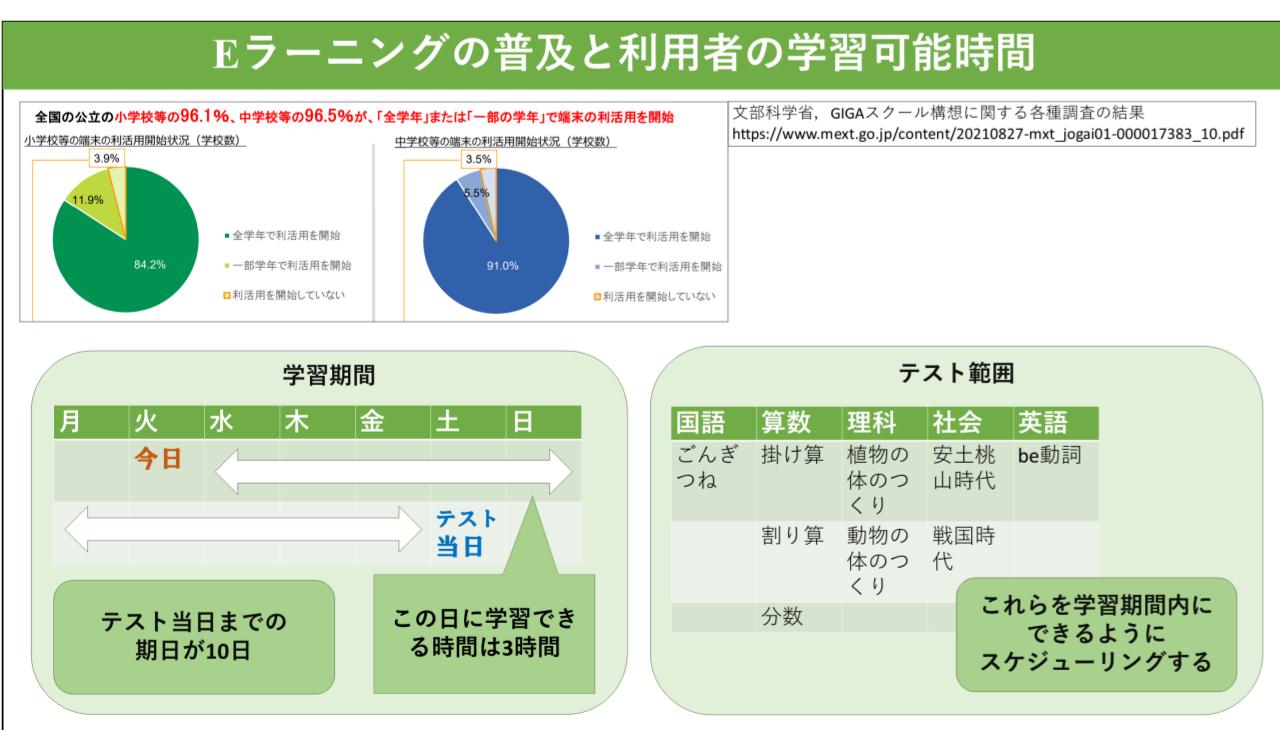


図2 制約条件と目的関数

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「学習系統図」。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けて理解が深まる。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つたが、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[3]。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。

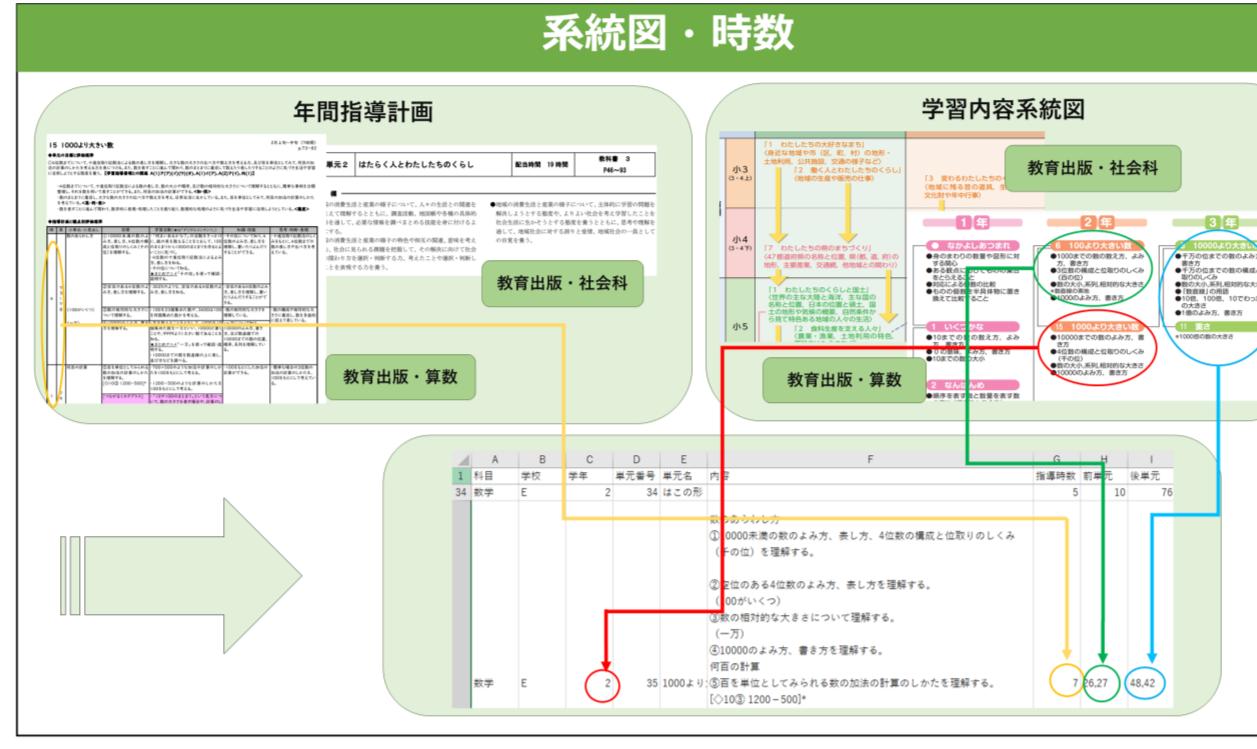


図3 系統図

3 科目推薦・教材の最適化

3.1 選り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。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。積み上げ型教科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。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、これを「遡り学習」とよぶ。ひとりひとりの理解度を分析し、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。

3.2 CPMによる履歴データからの進度予測

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定量的に算出することができる。[4]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たる個所ボトルネックの回避。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あげられる。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。前項で学習活動に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。これはクリティカルパスのボトルネックの回避する特性によって解決できると推測した。

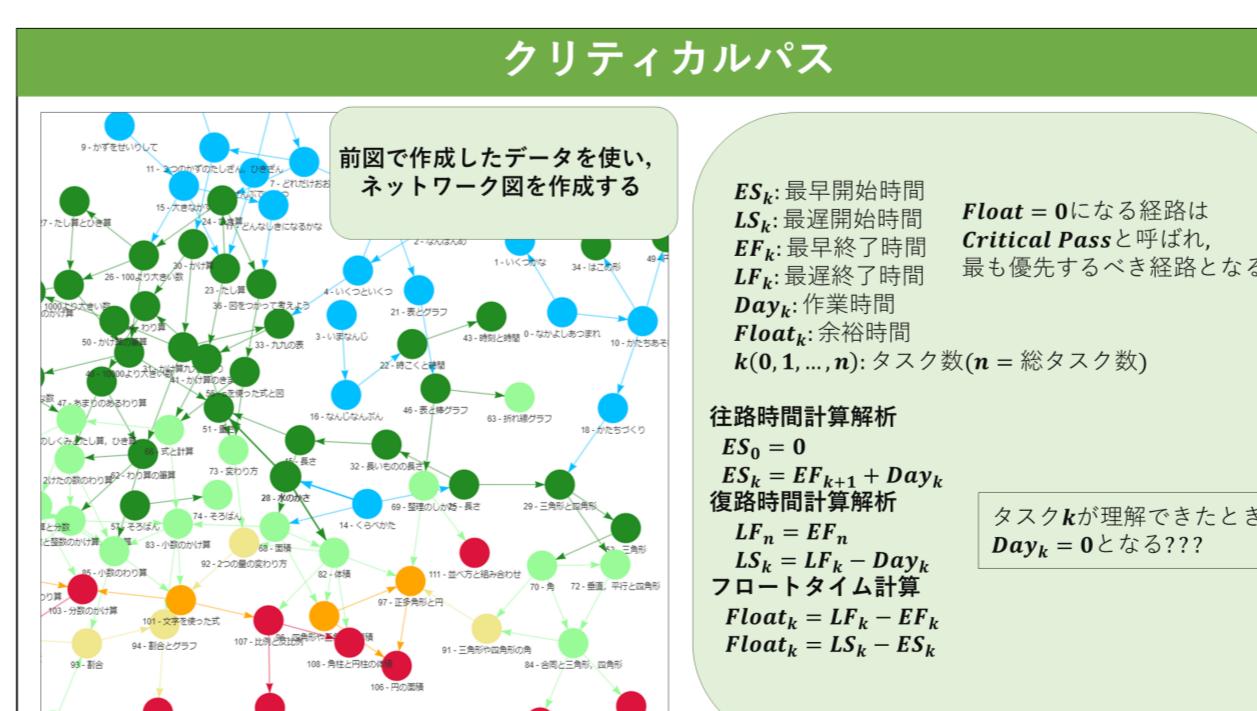


図5 CPMについて

3.3 多目的最適化と並列分散処理

この研究で取り扱う多目的最適化とは、特定の制約条件の下で、複数の目的席数を同時に最大化または最小化しようとする最適化アプローチである。多目的最適化のメリットとして、結果が出るまでの作業時間が削減されることや、答えを導くのに現実的ではない時間がかかる問題を解けることがある。多目的最適化問題は、さまざまな分野で発生し、全ての目的関数を同時に最大化または最小化する解が存在しないことがあるため、パレート最適という概念を導入する必要がある。パレート最適解とは、ある目的関数を満たそうとしたときに他の目的関数が犠牲になり満たされなくなってしまう解のことであり、一般的には1つとなることはほとんどなく複数となる場合がほとんどである。[5]

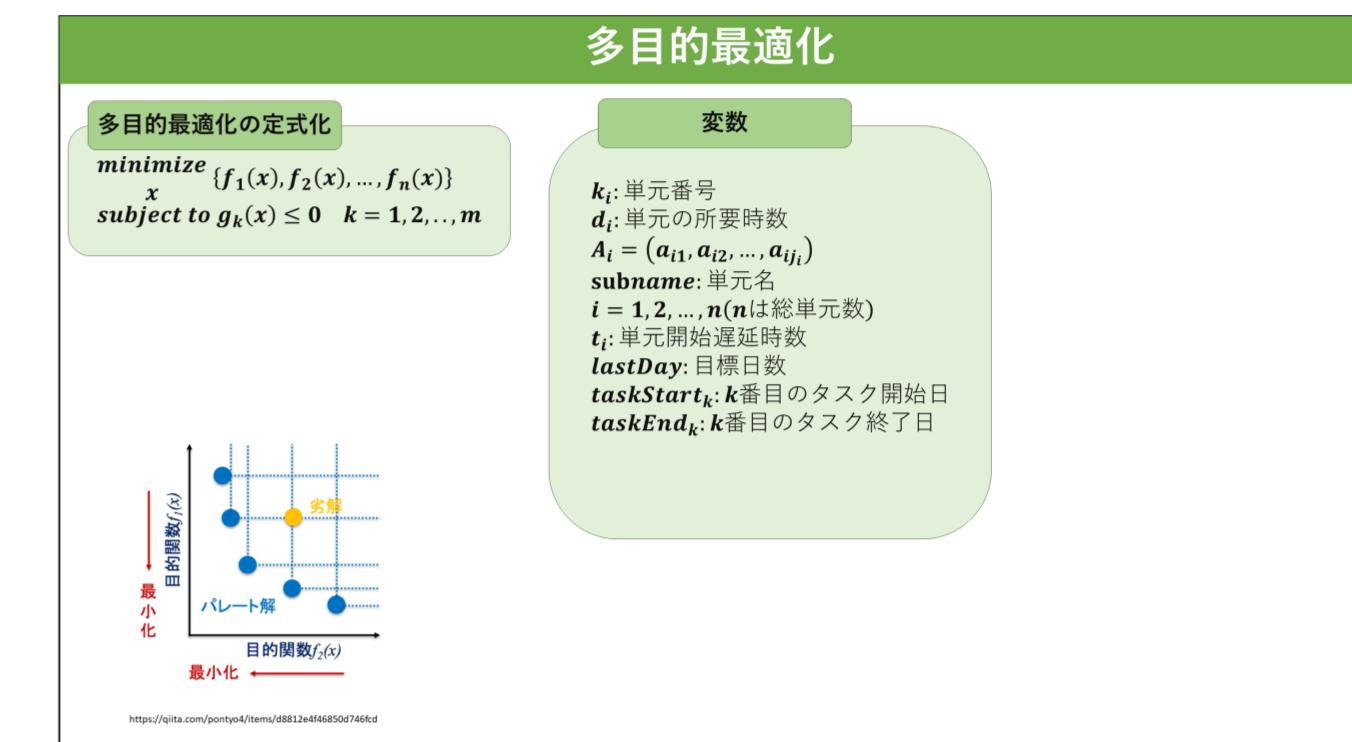


図4 多目的最適化

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的関数に設定した最適化問題を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。

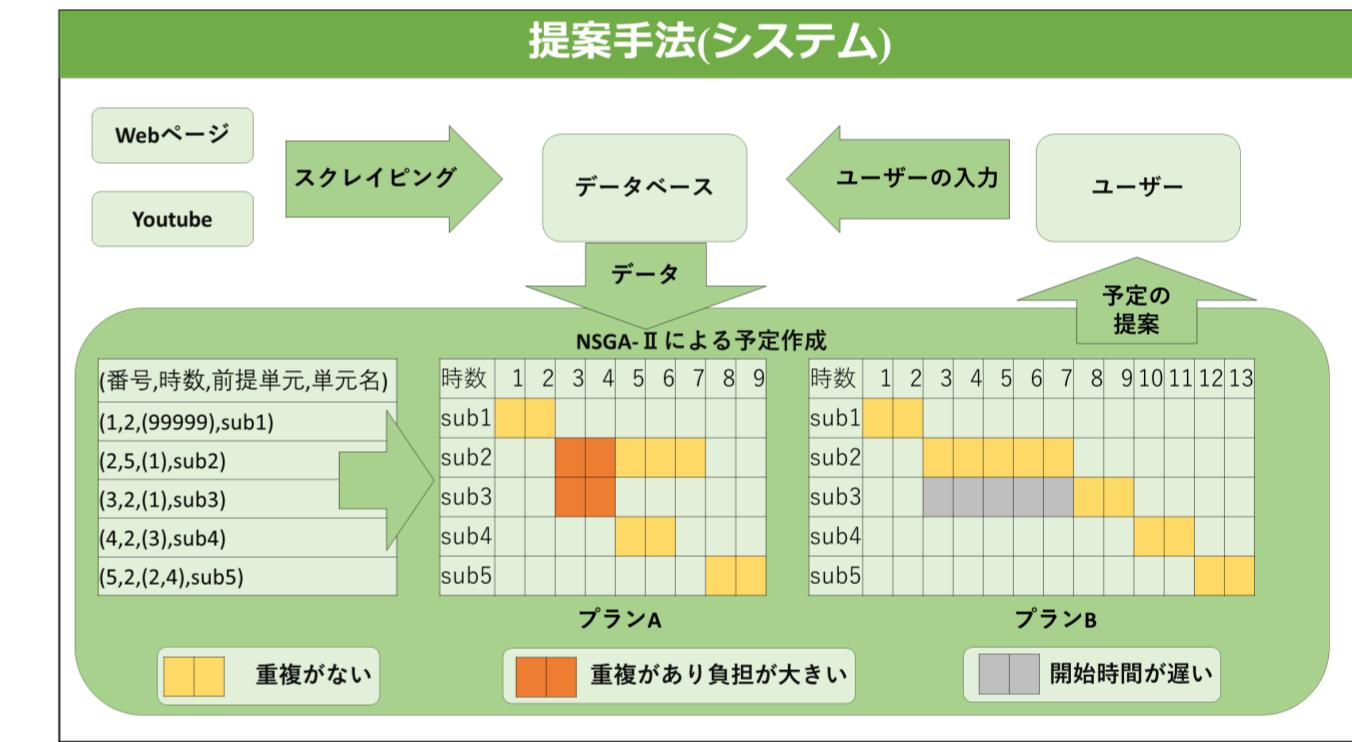


図6 提案手法の概要(システム)



図6 提案手法の概要(UI)

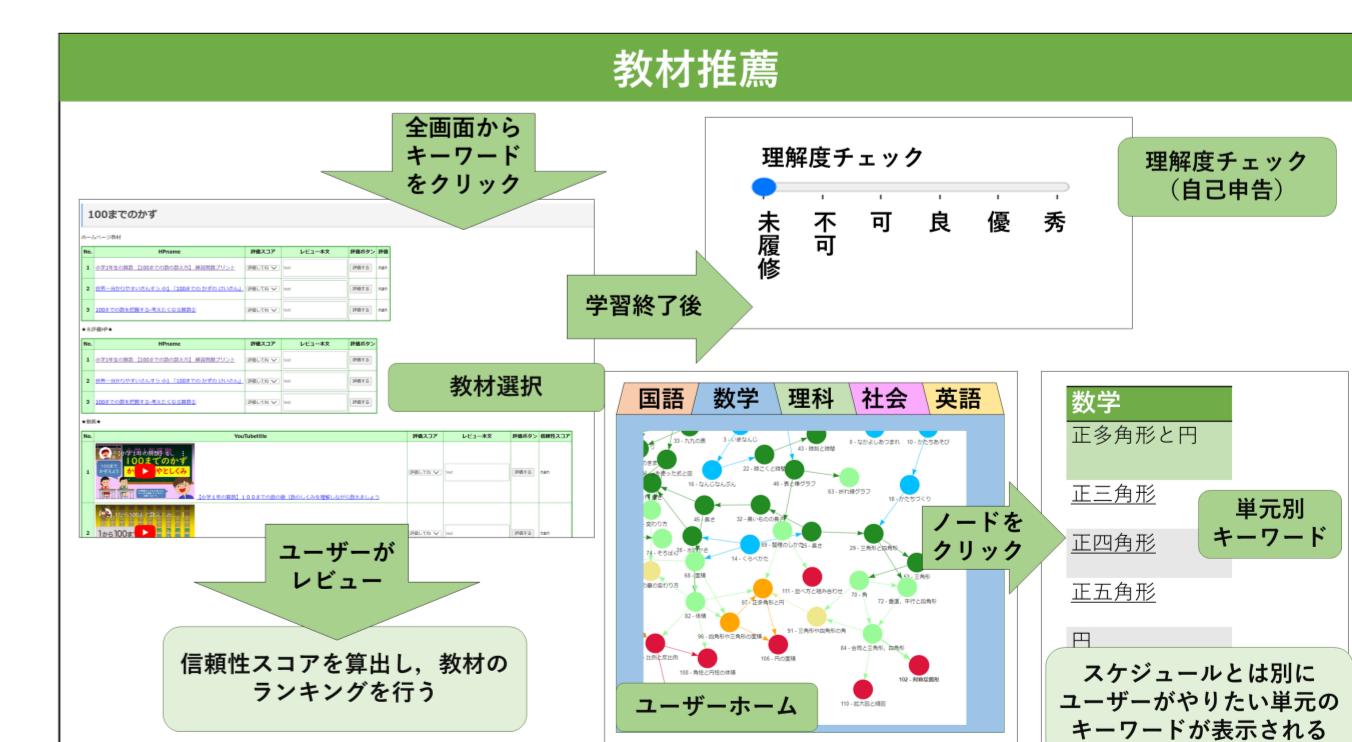


図6 教材推薦

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Critical Passを求めた。

数値実験

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	