学習診断とその適用例

林 篤裕

(独立行政法人 大学入試センター 研究開発部)

e-mail: hayashi@rd.dnc.ac.jp

1. はじめに

- ◆スコアリング・レポート(Scoring Report)
 - ◆学習診断 (Learning Diagnosis)
 - ◆点数だけでなく、学習指針を受験者に返す
- ◆ Rule Space Method
 - ◆分類手法のひとつ: 受験者を学習進度ごとに
- ◆科学的推論能力テスト
 - ◆紹介
 - ◆実験、適用例
- ◆まとめと今後の展開

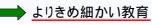


スコアリング・レポート

- 学習診断 (Learning Diagnosis)
 - ◆点数だけでなく、学習指針を受験者に返す
 - ◆近年、アメリカで注目されている
- 試験成績:

得点という数値のみ

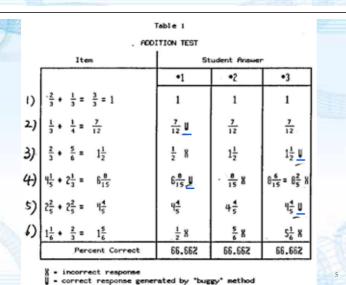
* 未学習単元の指摘



- "次の一手"、"道しるべ" を示す
 - ◆学習効果が期待できる
 - ◆試験:指導 ◆ 評価、選抜
 - ◆システマティックに

2. Rule Space Method

- 解答パターンから習熟進度を判断、分類
- 教育評価の分野から誕生した手法
- [発想]:同じ得点 同じ学習進度
 - K.Tatsuoka(1980's)
- クラスタリング手法統計的観点
 - 解答パターンから学習進度に基づいて
 - 受験者を Knowledge State (KS) に分類
- Knowledge State (KS)
 - 学習進度、習得·未習得単元
 - ■受験者個々人を分類



1) $\frac{2}{3} + \frac{1}{3} = \frac{2+1}{3} = \frac{3}{3} = 1$ \underline{w} 2) $\frac{1}{3} + \frac{1}{4} = \frac{4+3}{12} = \frac{7}{12}$ \times 3) $\frac{2}{3} + \frac{5}{6} \neq \frac{6+3}{18} = \frac{9}{18} = \frac{1}{2}$ \underline{w} 4) $4\frac{1}{5} + 2\frac{1}{3} = 6\frac{8}{15}$

Student 1:分母が異なっているときに分母を入れ替て足す

$$\frac{4}{5} + 2\frac{1}{3} = 6\frac{2}{15}$$

$$5)2\frac{2}{5} + 2\frac{2}{5} = 4\frac{4}{5}$$

$$(6)1\frac{1}{6} + \frac{2}{3} = \frac{7}{6} + \frac{2}{3} \neq \frac{9}{18} = \frac{1}{2}$$

Student 2:整数部分を忘れる

$$\times 4)4\frac{1}{5} + 2\frac{1}{3} \neq \frac{3+5}{15} = \frac{8}{15}$$

Student 3:分数の約し方

w 3)
$$\frac{2}{3} + \frac{5}{6} = \frac{4}{6} + \frac{5}{6} = \frac{9}{6} = \frac{3}{2} = 1\frac{1}{2}$$
 $3 \div 2 = 1 - 1$

× 4) $4\frac{1}{5} + 2\frac{1}{3} = \frac{21}{5} + \frac{7}{3} = \frac{63 + 35}{15}$
 $= \frac{98}{15} \neq 8\frac{6}{15} = 8\frac{2}{5}$ $98 \div 15 = 6 \cdots 8$

w 5) $2\frac{2}{5} + 2\frac{2}{5} = \frac{12}{5} + \frac{12}{5} = \frac{24}{5} = 4\frac{4}{5}$ $24 \div 5 = 4 - 4$

× 6) $1\frac{1}{6} + \frac{2}{3} = \frac{7}{6} + \frac{4}{6} = \frac{11}{6} \neq 5\frac{1}{6}$ $11 \div 6 = 1 - 5$

2. Rule Space Method

- 解答パターンから習熟進度を判断、分類
- 教育評価の分野から誕生した手法
- [発想]:同じ得点 同じ学習進度 ■ K.Tatsuoka(1980's)
- クラスタリング手法 = 統計的観点
 - 解答パターンから学習進度に基づいて
 - 受験者を Knowledge State (KS) に分類
- Knowledge State (KS)
 - 学習進度、習得·未習得単元
 - ■受験者個々人を分類

Rule Space Method (RSM)

- 道具立て
 - ■個々の問題(Item、設問、項目)
 - 最小の単元セット(Attribute)
 - ◆関係を示す行列(Incidence Matrix,

Item-Attribute Matrix, Q-Matrix)

11

- 受験者の解答パターン(Item Response Pattern)
- 実例
 - 入力: Item、Attribute、Incidence Matrix
 - 出力: Knowledge State (KS)

Items

1)
$$2\frac{8}{6} + 3\frac{10}{6} = (2+3)\frac{8+10}{6} = 5\frac{18}{6} = 5+3=8$$

or $= (2+1)\frac{1}{3} + (3+1)\frac{2}{3} = (3+4)\frac{1+2}{3} = 7+1$

2)
$$2\frac{1}{2} + 4\frac{2}{4} = 2\frac{2}{4} + 4\frac{2}{4} = (2+4)\frac{2+2}{4} = 6\frac{4}{4} = 6+1 = 7$$

3)
$$\frac{1}{2} + 1\frac{10}{7} = \frac{7}{14} + 1\frac{20}{14} = 1\frac{7+20}{14} = 1\frac{27}{14} = 2\frac{13}{14}$$

5)
$$1\frac{4}{7} + 1\frac{12}{7} = (1+1)\frac{4+12}{7} = 2\frac{16}{7} = (2+2)\frac{2}{7} = 4\frac{2}{7}$$

6)
$$2\frac{5}{9} + 1\frac{1}{9} = (2+1)\frac{5+1}{9} = 3\frac{6}{9} = 3\frac{2}{3}$$

7)
$$3\frac{1}{6} + 2\frac{3}{4} = 3\frac{2}{12} + 2\frac{9}{12} = (3+2)\frac{11}{12} = 5\frac{11}{12}$$

Description of Items by Various Combinations of Attributes in Fraction Addition Problems, a(b/c)+d(e/f)

<u>Attributes</u>

A1 : Separate the whole part from the fraction part when $a \neq 0$ or $d \neq 0$

A2 : Get the common denominator(CD) when c≠f

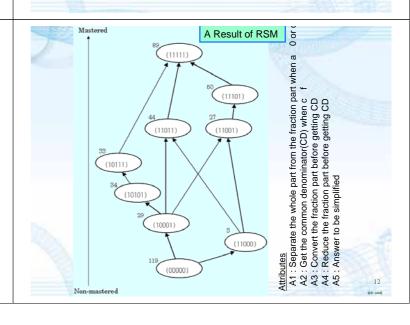
A3 : Convert the fraction part before getting CD

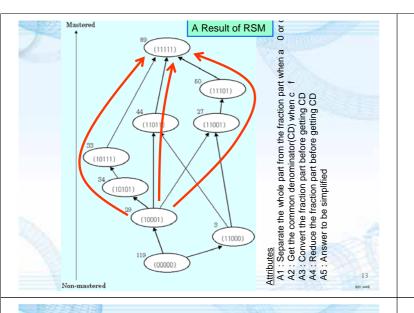
A4: Reduce the fraction part before getting CD (約分)

A5: Answer to be simplified

Incidence Matrix

			It	em	s		
Attributes	I1	I2	13	I 4	Ι5	I6	Ι7
A1	1	1	0	1	1	1	1
A2	0	1	1	0	0	0	1
A3	1	0	1	0	1	0	0
A4	1	1	0	0	0	0	0
A5	1	1	1	1	1	1	0





Rule Space Method (RSM)

- Knowledge State (KS)に分類
 - 回答パターンを元に: 学習進度、習得·未習得単元
 - ■受験者個々人を分類
 - ■階層関係
 - ◆どの位置(ステージ)に現在立っているか?
 - ◆今後どのような方向に進めば良いか?
- 絡み合った Attribute
 - 解答パターンの把握:思考方法、習得技量
 - ■別解
 - 問題分析がキーポイント: "Attribute"

3. 科学的推論能力テスト

- 科学的推論能力テスト
 - Science Reasoning Test (SR-Test)
 - ■受験者の問題解決特性を把握する試験
- ・提示された資料を元に読み解いて 問題解決を行うタイプの試験→ 従来の学科目試験

SR-Testの設問

- ■科学的思考を用いて辿り着くこと
- ■提供された情報をもとに 関連する概念を発見・把握し、理解
- ■提示された情報と各自で引き出した結論
- ■明らかになった仮説
- ■批判的に吟味する必要性も
- ■事実を知っているかということよりも、 提示された情報から科学的論理思考を 行う能力があるかどうかを測る

4. 実験方法

- SR-Testの一つの版を利用、日本語版
- 286名の大学 1年生、45分間で解答
- 7つの Passage (総設問数 40)

大問番号	設問数	取り扱われている題材	関係するトピック
Passage 1	5	元素の同位体	物理、化学
Passage 2	6	光合成による CO₂ の収支	生物
Passage 3		原生動物の分類	生物
Passage 4			物理、地学
Passage 5	6	放射性元素の半減期による年代測定	物理
Passage 6		ビタミン C の含有量測定	化学
Passage 7	5	振り子の運動	物理

- 割り付け
 - 属性に注意しながらなるべく均等になるように
 - Passage提示順

表2. 各 Passageの取り扱っている題材

大問番号 設問数 取り扱われている題材 関係するトピック
Passage 1 5 元素の同位体 物理、化学
Passage 2 6 光合成による CO2 の収支 生物
Passage 4 7 重力の測定方法の検討
Passage 5 6 放射性元素の半減期による年代測定 物理 化学 物理 化学 物理 地学 物理 地学 物理 地学 物理 化学 内assage 6 6 ビタミン C の含有量測定 物理 化学 物理

■ Passage 3は除外: 思考過程が他と異質

■ Item数: 40 ■ 35



4. RSMに適用

- Knowledge Stateを求めてみる
- 適用データ
 - SR-Test の日本語バージョン
 - 286名分の項目反応パターン
 - Item数: 35
 - Attribute数: 当初約80 (Passage 3は除外)
- まずは部分的に: Passage 1,2,4
 - Item数: 18
 - Attribute数: 12 ◆ 当初約25

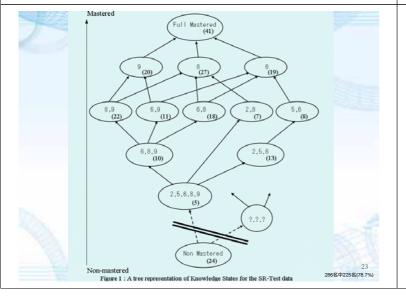
An example of Incidence Matrix

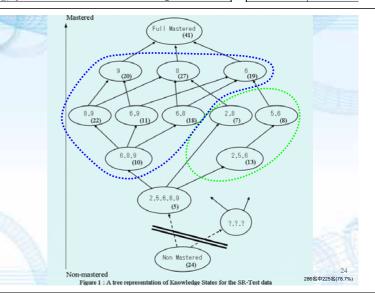
- Task Analysis: Attributeの抽出
 - ■Extraction of Attribute, refining
 - ■Domain Expert of these subject, teacher
 - ■筆記式での解答例も参考に

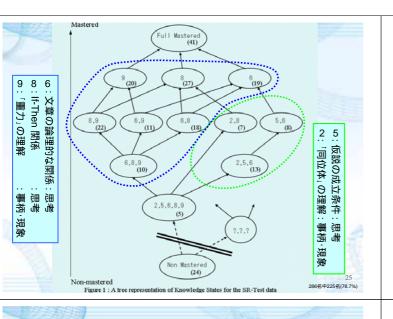
		П	原子 41				4 45	100	ait x B	B 2	L		5 R		л.	28 0	2x E	14 0			D7	**	AT F2		F4		5 6	.	272	-	-			5 6	.	表9干 G1		~		
Passage	Attribute	les.	4	1 ***	2"	3 ~	٠,~	٠, P	·	, ,		٠,٠	້ກິ	11	12	"ti"	14	15	10	17	'n	T't				22	້ມີ	24	25	۳°,			28	່ະລັ	30	31		2 "	33	•
	9.5	1 8	2	ē	4	4	1	3	- 6	1	1	2	2	2	- 3	2	- 6	2	- 3	3	_		3	1	2	3	3	- 2	- 1			1	0	2	- 3	- 2	_	1	Ŧ	_
原子 原子 原子	30位:原子の質量:陽子数と中性子数の樹		N .	1		1		1			т																													
原子	300: 同位体の任何: 資量が異なる	13	2	1		1								- 1																										
那 千	Tild: 原干器号·约翰萨, Hoorleage		1			1								- 1																										
医9千.光合成	, 700: 変を鑑む, NEAP18, 15, A12	1 1	2	1	1	1	1	1			1	- 1	1	1									1													- 1				
原干	707: (Assemptionの構成比平の展表		1	1										- 1																										
	NIS: EXCompanion)	1	N.	1										- 1	1			1																						
原子	109: 英級の成立を確認する。Cass Financing PSAT-	4 :	2	1	1									- 1																										
界子, 平域県	ス10: 文章の旅程的な開発を程度する	1	4		1									- 1									1				- 1	- 1												
原子	ス11: 李樹(音定、regutter)を理能する		1		1			- 1						- 1																										
原子 原子 原子 原子	ス位: 中性子の性質を理能		1					1						- 1																										
原子	ATT: 200 A SERVE SHARON SERVE SETTS		1					1						- 1																										
原子	スは: 明有されない(wptot/開発を解釈する		1					1						- 1																										
原 子	2.13: もし原子書号が1ならば、原子が1つ		1					1						- 1																										
原子	ス份: 七人原子書号が1で質量数が2ならば、中性子が	1	1					1						- 1																										
原子	ス17: もし否になければ不安定な物質(飲料性的飲料)	4	1					1						- 1																										
原子	1.18: 海利收益(beauthe treates)		1					1						- 1																										
	2.19: CObの主席理由、光念度		1					- 1					1	- 1																										
	721: 技の直径		1											- 1																										
方合成、重力.	, 724: Battground to consequé 光合成、量力、平域和)	1 :	N.							1				- 1							- 1	1						- 1												
五合成, 医牙	123: F-Tren Resoring	_	<u> </u>					_			_	_1_		_																									1	
B.D	129: 量力の要率		1					- 1						- 1							- 1	1																		
量力	327: 最力抗射の原因・在質・受みの原因	1	8											- 1	1	1			- 1	- 1	- 1	1																		
量力	X26: アンタナの構造・性質を視覚する	1	8											- 1	- 1	1		1	1	- 1																				
量力 平減期	725: 医特性的 (seast) re the first	1	1					_			_			_					- 1	- 1	1	_																		
平規期	338: Seglettial Flagority		1								_												1																	
	339: 木に対する年代展定	1 :	2											- 1											1	1														
平越期	2.40: 岩石仁対する年代政定		1											- 1												1														
平越県、衛州	FR41: Model をapply できる	13	2											- 1									1																1	
平成県ようと	2342: 数、重、分数の大小が得る	1	el .					- 1						- 1								1	1	1	1	1	1					1								
平常用	344: Estheation, Approximation		1											- 1													1													
ピクシ	347: ピタミスが当り着と反応する(集合)	Т	2					Т			т			\neg															- 1						- 1					7
495		-	4					4			_											1									1				- 1					
ピタシ	330: Unit, friftithit, Standardon, De able to uncersta	ei.	1					- 1						- 1								1												1						
ピタモン 表9千	3.54 : Cause-offect Reasoning freductive trinking) or :																																							

SR-Test13			原于					光合						重力	
Passage	Attribute	番号	1	2	3	A4 /	5				9	10	11	12	13
E 7	頻度	<u> </u>	6	4	4	1_	9	1	1	1	2	2	2	3	2
原子原子	X02:原子の質量:陽子数と中性子数の和	1	l !		1		1								
	X03:同位体の性質:質量が異なる	2	1 !		1										
	合, X06 ●表を読む, NEAP18,19, A12	3	1 1	1	1	1	1			1	1	1	1		
原子、重力	X08:比較(comparison)	4	1											1	
原子	X09:仮説の成立を確認する。Case Reasoning(PSAT	5	1	- 1											
原子,半減期	X10 ●文章の論理的な関係を理解する	6	l	1											
	成 X24: Background Knowledge(光合成、重力、半減期)	7	l						1						
光合成、振り子	X25 : If-Then Reasoning	8	—				-				1_		_		_
重力	X26:重力の意味	9	l												
重力	×27:重力放射の原因・性質・歪みの原因	10	_				-						_	<u>.</u>	_
重力	X28:アンテナの構造・性質を理解する	11	l											1	
重力	X31 ●演繹推論(deductive thinking)	12	<u> </u>				-	1					_		
半減期	X38 : Sequential Reasoning	13	l												
半減期	X39: 木に対する年代測定	14	l												
半減期	X40:岩石に対する年代測定	15													
半減期、振り子	X41: Model を apply できる	16													
半減期ビタミン	X42:数、量、分数の大小が判る	17 18													
半減期 ビタミン	X44: Estimation, Approximation						-						-		_
ニタミン ビタミン	X47:ビタミンOがヨウ素と反応する(無色)	19													
ニタミン ビタミン	X48 : 余分なヨウ素がデンブンと反応する(青色) X50 : Unit を決める。Standardize, Be able to understa	20 21	l												
ニッミン ビタミン	X54 : Cause-effect Reasoning(deductive thinking) or X		l												
ニッミン 振り子	X56 : NEAP 22 : Is it necessary to use info. In comple		l												
掘り子	X50: NEAP 22: Is it recessary to use into. In comple X59: L と Period の 増減の関係を解釈する。 つまりモ	24													
銀ケ丁 撮リ子 ビタミン	XSS:L Z Feriod の増加の関係を解析する。フェッモ X6O:比例・反比例の関係を解釈する	25													
1827 丁, ヒッミン 振り子	X64 : Quantitative and logical reading(A15)	26													
振り子	X65 : Executive Control or Management(A17)	27	l												
TRX > 1	700 . Executive Control of Management(A177	- 27	\vdash				\dashv						-		_

2007	35(5))									
SR-Test13				原子				光合	成	
				A1 A	2 A3	3 A4	Α5	В1Е	2B3	3B4
Passage	Attribute		番号	1	2 3		5	6	7 8	
		頻度		6	4 4	1	9	1	1 1	2
原子	X02:原子の質量:陽子数と中性子数の和		1	1	1		1			
原子	X03 : 同位体の性質 : 質量が異なる		2	1	1					
振り子,光合成,光:	合, X06 ●表を読む, NEAP18,19, A12 🔪		3	1	1 1	- 1	- 1		1	
原子、重力	X08:比較(comparison)		4	1						
原子	X09:仮説の成立を確認する。Case Reasonii	ng(PSAT-	5	1	1					
原子, 半減期	X10 ●文章の論理的な関係を理解する。		6		1					
	減 X24 : Background Knowledge(光合成、重力、	半減期)	7						1	
光合成、振り子	X25 : If-Then Reasoning		8							
重力	X26:重力の意味		9							
重力 重力	X27 : 重力放射の原因・性質・歪みの原因	\	10	Wc	rkii	na	wi	th f	iauı	re
重力	X28 : アンテナの 構造・性質を理解する		11			_			_	
重力	X31 •演繹推論(deductive thinking)	$\overline{}$	12	tab	ies	ar	na	gra	pns	3
半減期	X38 : Sequential Reasoning		13							
半減期	X39:木に対する年代測定		114	1 -			-1-	.1: _	_ :	
半減期	X40 : 岩石に対する年代測定		13	Log	JICa	al l	eis	ttiO	n in	1
半減期、振り子	X41:Model を apply できる		16	ser	ntor	200	20			
半減期ビタミン	X42 : 数、量、分数の 大小が 判る		17	361	ilci	100	,3			
半減期	X44 : Estimation, Approximation		18							
ビタミン	X47 :ビタミンCがヨウ素と反応する(無色)		19 20	Do	duc	stiv	n 1	hin	kin	~
ビタミン	X48 : 余分なヨウ素がデンプンと反応する(青1			De	uuc	·ιιν	e i	.1 1111 1	VIII	y
ビタミン	X50 : Unit を決める。Standardize. Be able to									
ビタミン	X54 : Cause-effect Reasoning(deductive thin		22							
振り子	X56: NEAP 22: Is it necessary to use info. I									
撮り子	X59:LとPeriodの増減の関係を解釈する。	つまりモ								
振り子, ビタミン	X60:比例・反比例の関係を解釈する		25							
振り子	X64 : Quantitative and logical reading(A15)		26							
振り子	X65 : Executive Control or Management(A17))	27							







Rule Space Method

- SR-Testに対する解釈例
 - 解答するための3つのキーポイント

◆文章の論理的な関係 [6] : 思考

◆If-Then 関係 [8] : 思考

◆「重力」の理解 [9] :事柄·現象

■ 副次的なポイント

◆仮説の成立条件 [5] : 思考 ◆「同位体」の理解 [2] :事柄·現象

分類結果の妥当性

- クラスター毎の被験者の特性
 - ◆項目反応パターン

Rule Space Method

- Attribute の重要性
- 問題分析(Task Analysis)
 - Attribute の抽出作業
 - ■試験問題に精通した専門家 ◆教員、ドメイン·エキスパート
 - ■大掛かりな作業: 行きつ、戻りつ。精錬。
 - RSM の有用性の可否を握る。核心。
 - ◆Knowledge State (KS)の特性に強く影響する。

5. まとめ

- RSMの紹介
 - クラスタリング手法
 - 学習進度に基づいて
 - 適用例: SR-Test
- 関連トピック
 - Facet Theory
 - POSA

(Partial Order Scalogram Analysis)

- 学習診断実現に向けて ■ 理論的、システム的

- 今後の展開:有用性の確認
 - 結果の吟味
 - Attributeの再精煉?
 - 全体の Items に対して適用
 - ◆ 基礎的学力試験
 - 他の Items にも適用
 - Attribute
 - ◆問題分析(Task Analysis)
 - ◆ 効率的な抽出方法の開発
 - ◆ 精煉方法、ノウハウ