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 → よりきめ細かい教育
- "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

Table 1

ADDITION TEST

	Item	Student Answer •1	•2	•3
1)	$\frac{2}{3}+\frac{1}{3}=\frac{3}{3}=1$	1	1	1
2)	$\frac{1}{3}+\frac{1}{4}=\frac{7}{12}$	$\frac{7}{12}$ U	$\frac{7}{12}$	$\frac{7}{12}$
3)	$\frac{2}{3}+\frac{5}{6}=1\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$ X	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$ U
4)	$4\frac{1}{5}+2\frac{1}{3}=6\frac{8}{15}$	$6\frac{8}{15}$ U	$\frac{8}{15}$ X	$8\frac{6}{15}=8\frac{2}{5}$ X
5)	$2\frac{2}{5}+2\frac{2}{5}=4\frac{4}{5}$	$4\frac{4}{5}$	$4\frac{4}{5}$	$4\frac{4}{5}$ U
6)	$1\frac{1}{6}+\frac{2}{3}=1\frac{5}{6}$	$\frac{1}{2}$ X	$\frac{5}{6}$ X	$5\frac{1}{6}$ X
	Percent Correct	66.66%	66.66%	66.66%

X = incorrect response
U = correct response generated by "buggy" method

Student 1：分母が異なっているときに分母を入れ替て足す

1) $\frac{2}{3}+\frac{1}{3}=\frac{2+1}{3}=\frac{3}{3}=1$

W 2) $\frac{1}{3}+\frac{1}{4}=\frac{4+3}{12}=\frac{7}{12}$

X 3) $\frac{2}{3}+\frac{5}{6}\neq\frac{6+3}{18}=\frac{9}{18}=\frac{1}{2}$

W 4) $4\frac{1}{5}+2\frac{1}{3}=6\frac{8}{15}$

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

X 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

X 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÷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÷15=6…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÷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÷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)
  - 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) $\frac{1}{2}+1\frac{10}{7}=\frac{7}{14}+1\frac{20}{14}=1\frac{7+20}{14}=1\frac{27}{14}=2\frac{13}{14}$

4) $3\frac{5}{2}+4\frac{6}{7}=3\frac{35}{14}+4\frac{12}{14}=(3+4)\frac{47}{14}=(7+3)\frac{5}{14}=10\frac{5}{14}$

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)

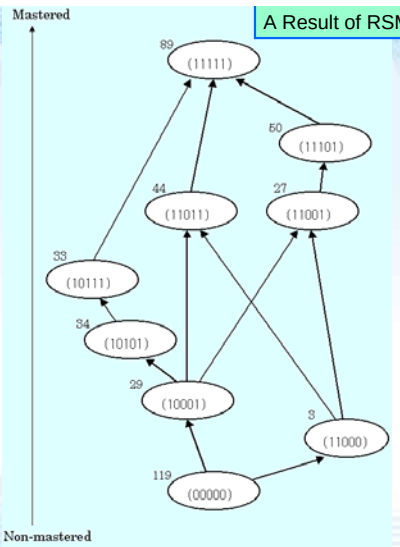
Attributes

A1 : Separate the whole part from the fraction part when a≠0 or d≠0
A2 : Get the common denominator(CD) when c≠f (公約数)
A3 : Convert the fraction part before getting CD
A4 : Reduce the fraction part before getting CD (約分)
A5 : Answer to be simplified

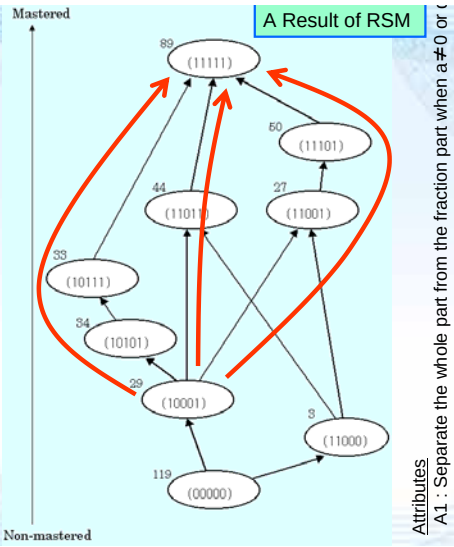
Incidence Matrix

Attributes	Items I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7
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

A Result of RSM



Attributes
A1 : Separate the whole part from the fraction part when a≠0 or c
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
A5 : Answer to be simplified



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)

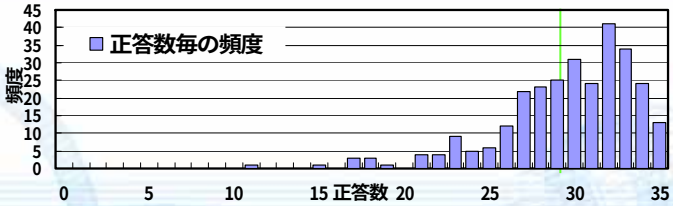
大問番号	設問数	取り扱われている題材	関係するトピック
Passage 1	5	元素の同位体	物理、化学
Passage 2	6	光合成による CO_2 の収支	生物
Passage 3	5	原生動物の分類	生物
Passage 4	7	重力の測定方法の検討	物理、地学
Passage 5	6	放射性元素の半減期による年代測定	物理
Passage 6	6	ビタミン C の含有量測定	化学
Passage 7	5	振り子の運動	物理

- 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 CO_2 の収支	生物
Passage 3 X	5	原生動物の分類	生物
Passage 4	7	重力の測定方法の検討	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	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

- 問題分析(Task Analysis)
  - Passage 3は除外：思考過程が他と異質
  - Item数：40 ⟶ 35

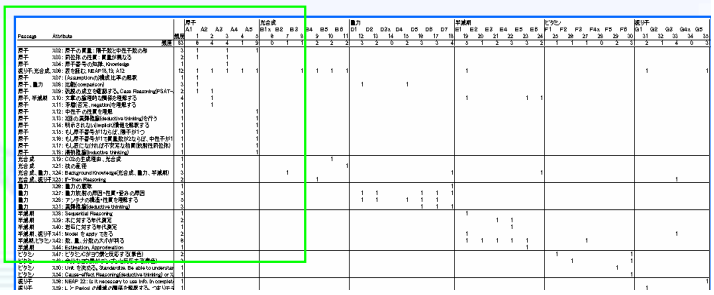


4. RSMに適用

- 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



SR-Test13

Passage	Attribute	番号	原子 A1	A2	A3	A4	A5	光合成 B1	B2	B3	B4	B5	B6	重力 D1	D2	D
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1
	頻度		6	4	4	1	9	1	1	1	2	2	2	3	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	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		1												
光合成、重力、半減	X24 : Background Knowledge(光合成、重力、半減期)	7							1							
光合成、振り子	X25 : If-Then Reasoning	8									1					
重力	X26 : 重力の意味	9														
重力	X27 : 重力放射の 原因・性質・歪みの 原因	10												1	1	
重力	X28 : アンテナの 構造・性質を理解する	11												1	1	
重力	X31 ●演繹推論(deductive thinking)	12						1								
半減期	X38 : Sequential Reasoning	13														
半減期	X39 : 木に対する年代測定	14														
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														
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														
ビタミン	X48 : 余分なヨウ素がデンプンと反応する(青色)	20														
ビタミン	X50 : Unit を決める。Standardize. Be able to understa	21														
ビタミン	X54 : Cause-effect Reasoning(deductive thinking) or	22														
振り子	X56 : NEAP 22 : Is it necessary to use info. In comple	23														
振り子	X59 : L と Period の 増減の 関係を解釈する。つまりモ	24														
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														

SR-Test13

Passage	Attribute	番号	原子 A1	A2	A3	A4	A5	光合成 B1	B2	B3	B4	B
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	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	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 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		1								
光合成、重力、半減	X24 : Background Knowledge(光合成、重力、半減期)	7						1				
光合成、振り子	X25 : If-Then Reasoning	8										1
重力	X26 : 重力の意味	9										
重力	X27 : 重力放射の 原因・性質・歪みの 原因	10										
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)	12										
半減期	X38 : Sequential Reasoning	13										
半減期	X39 : 木に対する年代測定	14										
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										
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										
ビタミン	X48 : 余分なヨウ素がデンプンと反応する(青色)	20										
ビタミン	X50 : Unit を決める。Standardize. Be able to understa	21										
ビタミン	X54 : Cause-effect Reasoning(deductive thinking) or	22										
振り子	X56 : NEAP 22 : Is it necessary to use info. In comple	23										
振り子	X59 : L と Period の 増減の 関係を解釈する。つまりモ	24										
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										

Working with figures, tables and graphs

Logical relation in sentences

Deductive thinking

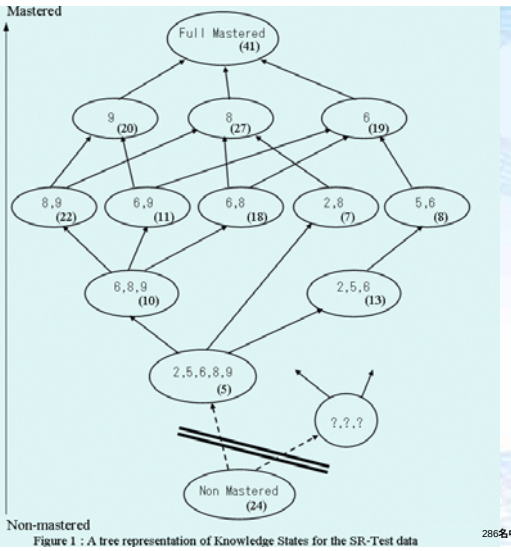


Figure 1 : A tree representation of Knowledge States for the SR-Test data

286名中225名(78.7%)

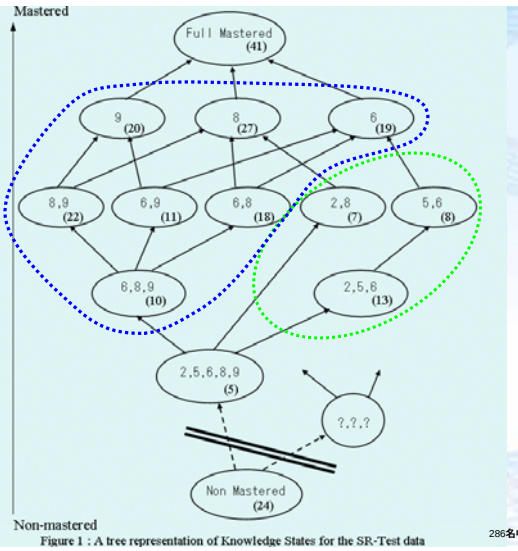


Figure 1 : A tree representation of Knowledge States for the SR-Test data

286名中225名(78.7%)

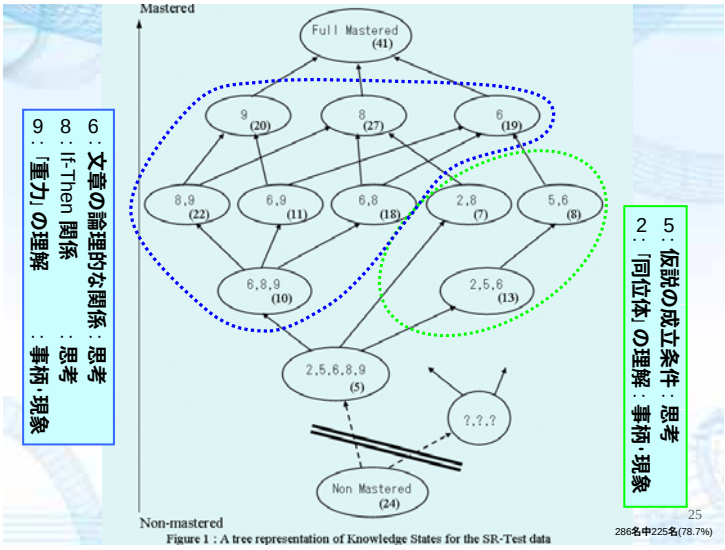


Figure 1 : A tree representation of Knowledge States for the SR-Test data

286名中225名(78.7%)

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