

# 学習診断とその適用例

林 篤裕

(名古屋工業大学 社会工学専攻  
& アドミッションオフィス長)

*e-mail: hayashi.atsuhiro@nitech.ac.jp*



1

## 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  
+ ==> よりきめ細かい教育
  - ◆ 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

3

## 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  $\neq$  同じ学習進度
  - ◆ K. Tatsuoka(1980' s): ETS、Columbia Univ.
- ◆ 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

4

Table 1

# Fraction Addition Items

Item	Student Answer		
	#1	#2	#3
1) $\frac{2}{3} + \frac{1}{3} = \frac{3}{3} = 1$	1	1	1
2) $\frac{1}{3} + \frac{1}{4} = \frac{7}{12}$	$\frac{7}{12}$ W	$\frac{7}{12}$	$\frac{7}{12}$
3) $\frac{2}{3} + \frac{5}{6} = 1\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$ X	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$ W
4) $4\frac{1}{5} + 2\frac{1}{3} = 6\frac{8}{15}$	$6\frac{8}{15}$ W	$\frac{8}{15}$ X	$8\frac{6}{15} = 8\frac{2}{5}$ X
5) $2\frac{2}{5} + 2\frac{2}{5} = 4\frac{4}{5}$	$4\frac{4}{5}$	$4\frac{4}{5}$	$4\frac{4}{5}$ W
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

W = correct response generated by "buggy" method (wrong idea)

5

Student 1 : When denominators are different,  
two denominators are add to numerator.

$$1) \frac{2}{3} + \frac{1}{3} = \frac{2+1}{3} = \frac{3}{3} = 1 \quad \begin{array}{l} \text{(分母)} \\ \text{(分子)} \end{array}$$

$$W \ 2) \frac{1}{3} + \frac{1}{4} = \frac{4+3}{12} = \frac{7}{12} \quad \text{(correct in luckily)}$$

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

$$W \ 4) 4\frac{1}{5} + 2\frac{1}{3} = 6\frac{8}{15} \quad \text{(correct in luckily)}$$

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

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

Student 2 : When denominators are different,  
the whole part are forgotten.

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

6

Student 3 : Wrong reducing method of an improper fraction.

W 3)  $\frac{2}{3} + \frac{5}{6} = \frac{4}{6} + \frac{5}{6} = \frac{9}{6} = \frac{3}{2} = 1\frac{1}{2}$  (correct in luckily)  $3 \div 2 = 1 \dots 1$

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

W 5)  $2\frac{2}{5} + 2\frac{2}{5} = \frac{12}{5} + \frac{12}{5} = \frac{24}{5} = 4\frac{4}{5}$  (correct in luckily)  $24 \div 5 = 4 \dots 4$

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

Only if “quotient = remainder”

(商)

(剰余)

7

## Rule Space Method (RSM)

### ◆ 道具立て

- ◆ 個々の問題(Item、設問、項目)
- ◆ 受験者の解答パターン(Item Response Pattern)
- ◆ 最小の単元セット(Attribute)
  - 関係を示す行列(Incidence Matrix, Item-Attribute Matrix, Q-Matrix)

### ◆ 実例

- ◆ 入力 : Item、Attribute、Incidence Matrix
- ◆ 出力 : Knowledge State (KS)

8

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

9

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

#### Attributes

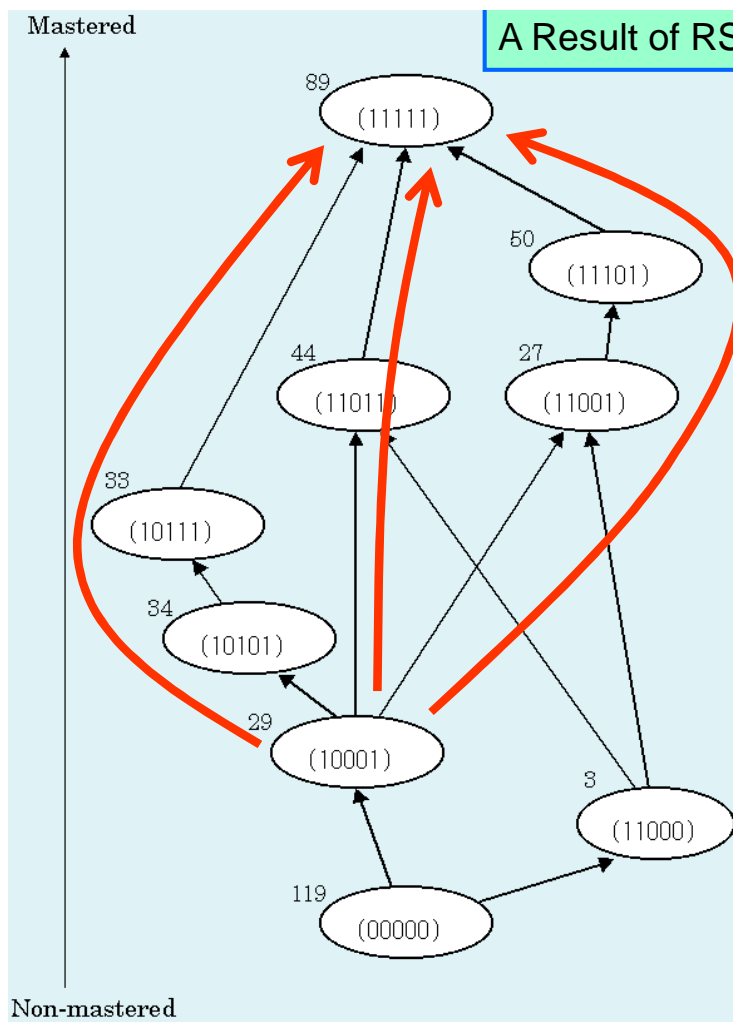
- A1 : Separate the whole part from the fraction part when  $a \neq 0$  or  $d \neq 0$
- A2 : Get the common denominator(CD) when  $c \neq f$  (公約数)
- A3 : Convert the fraction part before getting CD
- A4 : Reduce the fraction part before getting CD (約分)
- A5 : Answer to be simplified

#### 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

10





Attributes

- A1 : Separate the whole part from the fraction part when  $a \neq 0$  or  $d$ ;
- A2 : Get the common denominator(CD) when  $c \neq$
- 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
  - ◆ 解答パターンを元に : 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

13

### 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

14

# 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 <sub>2</sub> 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

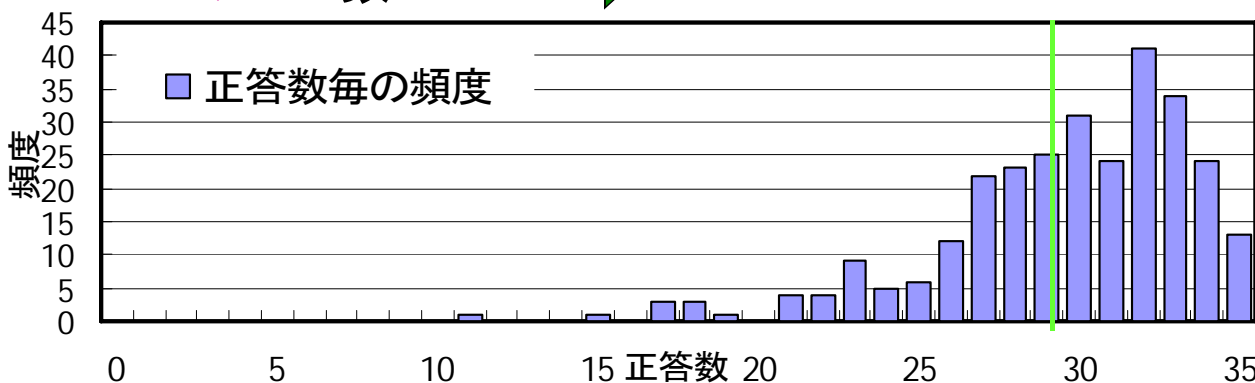
- ◆ 属性に注意しながらなるべく均等になるように
- ◆ Passage提示順

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 <sub>2</sub> 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







SR-Test13

Passage	Attribute	頻度	原子					光合成					重力		
			番号	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	D1
			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	頻度	原子					光合成			
			番号	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3
			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						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									

Working with figures, tables and graphs

Logical relation in sentences

Deductive thinking

9 : 文章の論理的な関係 : 思考  
 8 : If-Then 関係 : 思考  
 6 : 「重力」の理解 : 事柄・現象

5 : 仮説の成立条件 : 思考  
 2 : 「同位体」の理解 : 事柄・現象

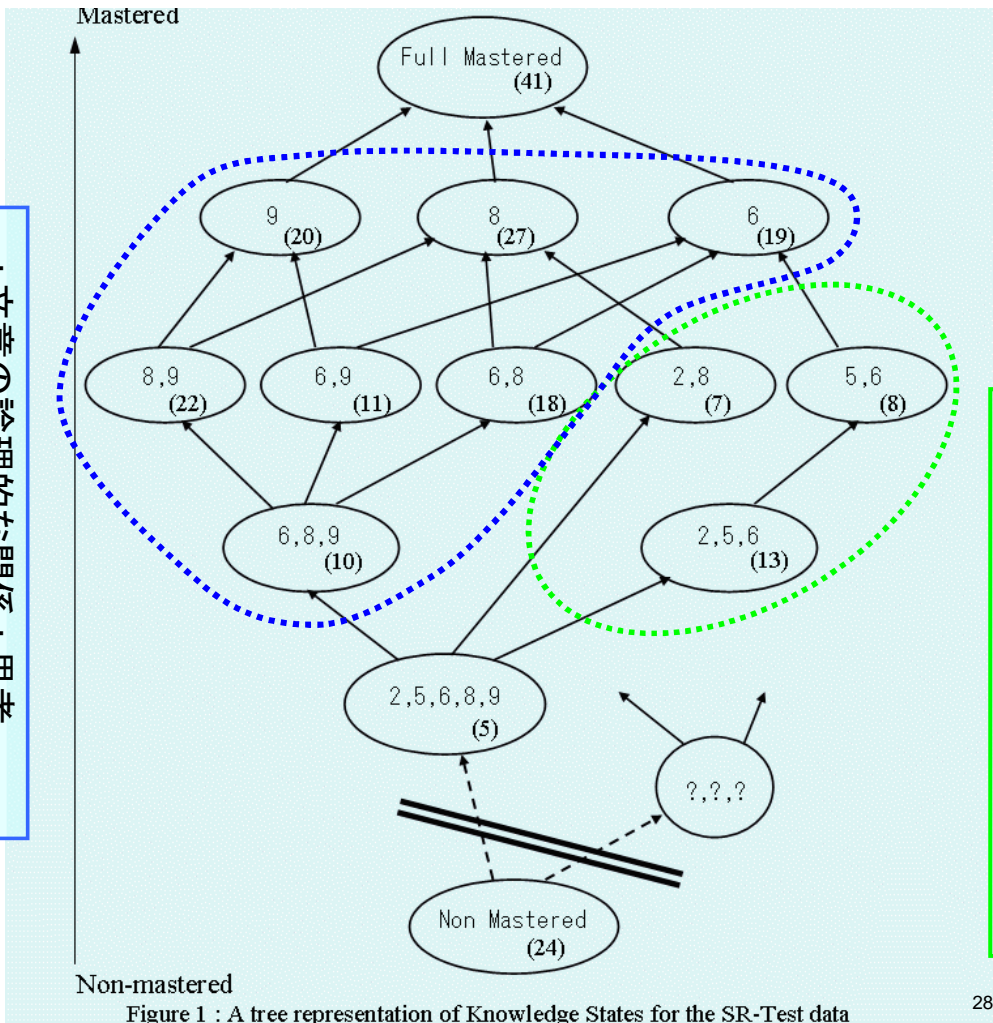


Figure 1 : A tree representation of Knowledge States for the SR-Test data

21  
286名中225名(78.7%)

## Rule Space Method (RSM)

### ◆ 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

#### ◆ クラスタ毎の被験者の特性

- 項目反応パターン

# Rule Space Method (RSM)

- ◆ 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。

23

## 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、システムの
- ◆ 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
  - ◆ 機械学習との関係は?

24