

## Prospective Adaptation in the Use of External Representations

Martin, L. & Schwartz, D. L.

Stanford University

### <Introduction>

- Hatano による研究(Hatano & Inagaki, 1986; Hatano, Miyake, & Binks, 1977; Hatano & Osawa, 1983)
  - 適応的熟達者(adaptive expertise)
    - 長期的な成功や学習のために新たな状況を生成し、型にはまった効率性から離れる.
  - 手続き的熟達者(routine experts)
    - 型にはまった効率的な技術を保持する.
  
- Hatano & Inagaki(1986)による研究
  - 適応的熟達者の成長は、環境に依存する.
    - 遊ぶことができ、様々な型にはまった技術をリスク無しに探索できる環境.
    - 外的プレッシャーは、型にはまった動作を越えた効率的な動作の探索を支援するかもしれない.
  - Biederman & Shiffrar(1987)
    - ひよこの性別を見分ける熟達者に関して研究を行った.
      - ▶ 熟達者は、1 時間に 1,000 匹を 99%正確に見分ける.
      - ▶ オスのひよこのみを取り分ける労働者がいる → オスは切断される.
      - ▶ 切断の過程で、作業が中止させられることがある。(外的プレッシャー)  
⇒ 作業が中断する間に、性別の確認や学習をすることができる.
  
- 適応的熟達者への成長
  - 人は、課題に関して適度に効率的な技術を保持している場合、その技術でなんとかしようとする.
  - Luchins & Luchins(1959)
    - 振る舞いの硬直性.
      - ▶ あらゆるジャーの使い方を学習し、マスターするが、1, 2 個のジャーでシンプルな方法を使い続ける.
  - Lewis & Mack(1982), Sander & Richard(1997)
    - ▶ タイプライターの使用に慣れた人は、ワードプロセッサを使用する際、タイプライターの使用で得た技術でなんとかしようとする.

- ⇒ 効率的な動作が確立できれば、その動作は低コスト、低リスクである。
- ⇒ 一度効率的な方法を身に着けると、新しい方法を試さなくなる傾向にある。
- ・ 適応的熟達者になるためには、決まりきった動作から離れ、新しいものを学習する必要がある。
  - － これにより **implementation dip** が生成される(Fullan, 1993).
  - － 長期的な利益のために、知識や文脈を変化させる時間の犠牲が必要である。
- ・ 図1は、課題の熟達に関する2つの軌道を描いたものである。
  - － 点は、課題遂行中に事例や要素を獲得したポイントを示す。
  - － **Adaptive pattern** : 最初に探索を行う、もしくは考え、習慣、環境の調整を行う。課題への適切な適応がなされれば、最初の時間ロスを埋めることができる。
  - － **Routine pattern** : すぐに課題に従事し、決まった方法でゴールまで一定の動作をとる

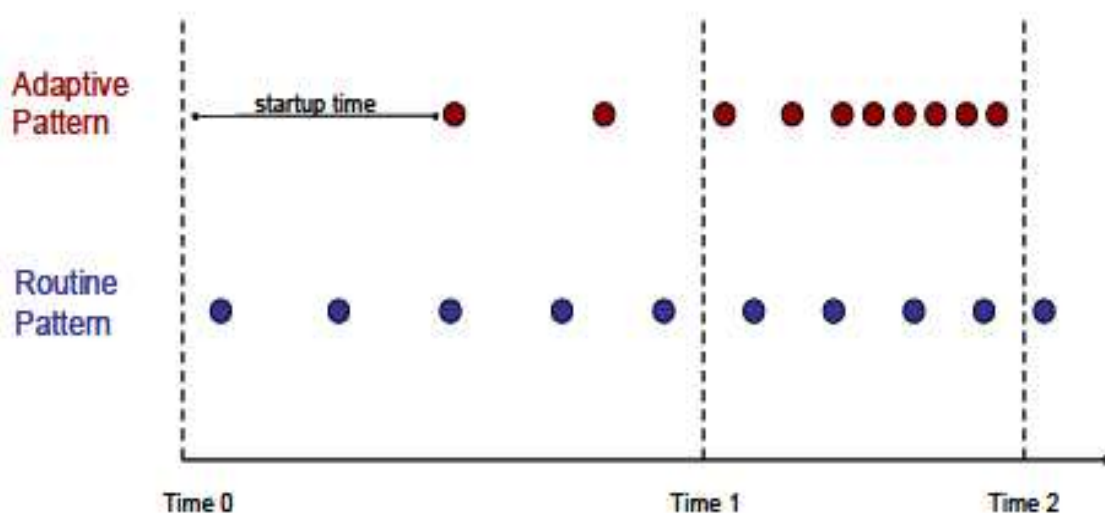


Figure 1. Two approaches to a recurrent task.

- ・ adaptive/routine pattern の両方に利益があり、2つのバランスをとることが重要。
  - － time1 がデッドラインであると、routine pattern が効率的である。
  - － time2 がデッドラインであると、adaptive pattern が効率的である。
- ・ もし短い期間内にテストがあれば、routine pattern が効率的である。
  - － しかし、学生の長期的な学習のための準備には向いていない。

・ Schwartz & Bransford(1998)

- 心理学的データを分析した学生と類似した本の内容をまとめた学生の比較
  - ▶ time1 では、本をまとめた学生が良い成績
    - 本の内容を記憶していた
  - ▶ Preparation for future learning(PFL)課題を使用
    - 実験の背景にある理論と実験の記述に関する問題
    - データを分析した学生がより理論を理解し、結果を正しく予測した。

⇒ データの分析は adaptive pattern に影響し、学生にデータを探索する機会を与えた。

⇒ この経験が、この先により効率的な学習とパフォーマンスを行う準備となった。

### < Catalysts to Adaptive and Routine Patterns >

➤ Hatano & Inagaki(1986)による適応的熟達者となるための 3 要素.

① リスク

- 型にはまった技術を使用した場合、人は使用する技術の変更にリスクをかけることを好まない。

② 状況

- 変動性を削除するような教育は、学生が新しい状況で技術をどのように変化させるか考えることを阻害している。

③ 文化

- 構造の理解を目標とする文化では、効率を犠牲にし、新しい手続き的な技術を試す機会が与えられる。

➤ 我々は、更に 2 つの要素を付け加える

① 反応

- 振る舞いが煩わしく、欠点が生じたとき、型にはまった方法をやめる。
  - 新たな方法を試す。
- 適応は、特殊な問題に直面したとき生じることがある(Stevens et al, 2006).

⇒ 状況が適応を強制したときに生じる適応 → fault-driven adaptations

② 順向

- 特定の領域に多量の経験を持っているとき、routine pattern でなんとかできる

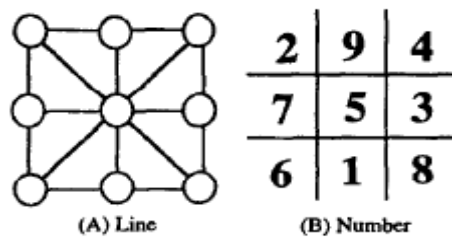
課題でも，adaptive pattern を使用するだろう。  
→ 適応的熟達者は，adaptive pattern の利益を理解している。

⇒ 長期的な改善に焦点を当てた適応 → prospective adaptation

- Ericsson, Krampe, and Tesch-Romer(1993)
  - － チェスの熟達化に関する研究。
    - ▶ チェスマスター：チェスを実際に行うことで熟達する。
    - ▶ グランドマスター：過去のゲームから学習する。
  - ⇒ チェスを行うことはせず，長期的な改善のために深い理解を得る。
- Schoenfeld(1992)
  - － 数学問題を使用した実験
    - ▶ 数学教員：問題を理解するために長い時間をかけ，適切な解法を選択する。
    - ▶ 高校生：素早く解法を選択し，間違っただけの解法を使用し続ける。
  - ⇒ ここでの熟達者と初心者の問題解決の違いは，adaptive pattern と routine pattern の違いに一致している。
- Kirsh & Maglio(1994)
  - － テトリスを使用した実験
    - ▶ 熟達者：目的箇所ピースを配置するには非効率的な行動をとる。
  - ⇒ 非効率的な行動により，正確な判断を行う。

### < Expertise in Representational Tools >

- adaptive pattern には様々な種類があるが，道具の使用はその内の一つである。
  - 道具は，問題解決の状態を変化させる。
    - 物理的な道具（ハンマー，のこぎり）
      - － 物理的環境との相互作用によって人間の能力を変化させる。
    - Kirsh(1996)
      - － 道具の使用は，使用者の行動可能性を変化させる最も容易な方法である。道具の使用により，道具がなければ不可能であったことが可能となる。
    - 表象的な道具
      - － 認知課題の解決の支援となる。
    - Zhang(1997)
      - － 同型異種の問題 tic-tac-toe と 15 ゲームの比較
        - 表象の違いによってパフォーマンスが異なる



(Zhang, J., The Nature of External Representations in Problem Solving, *Cognitive Science*, 21(2), 1997, p. 189)

- ・ 図 2 は， adaptive pattern が表象的な道具を生成することにも関わることを示す。

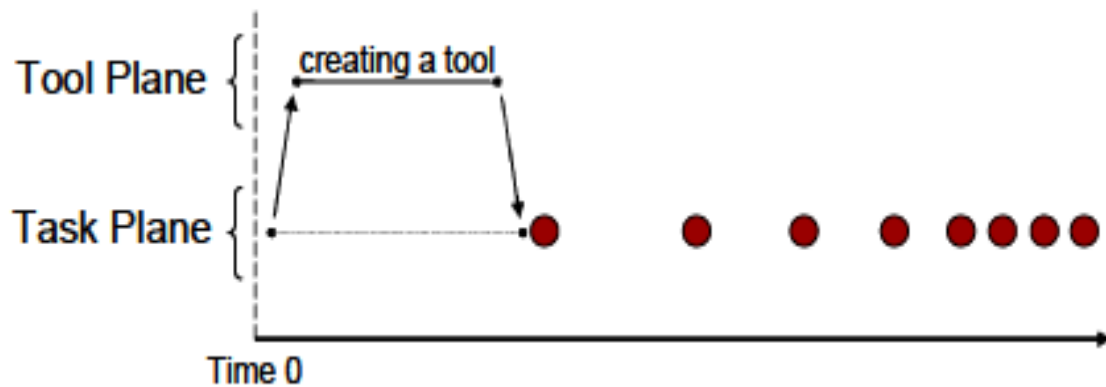


Figure 2. Startup time can be spent creating a tool.

- ー Task Plane は， 問題解決を行う状態を示す。
- ー Tool Plane は， 問題解決から一旦離れ， 問題解決を支援する道具の生成状態を示す。
- Task Plane と Tool Plane の活動が混合されることもある。

### < Overview of the Experiment >

- > 分野に関わらず， 複雑なデータを扱った経験を基に熟達者を識別した。
  - ・ 大学院生：複雑なデータを使用した経験がある。 → 比較的熟達している
  - ・ 学部生：特殊な事例に関する経験が少ない。
- ⇒ 大学院生の方が， 学部生よりも prospective adaptation を示すのではないか。
- > 図 3 は実験デザインを示す。

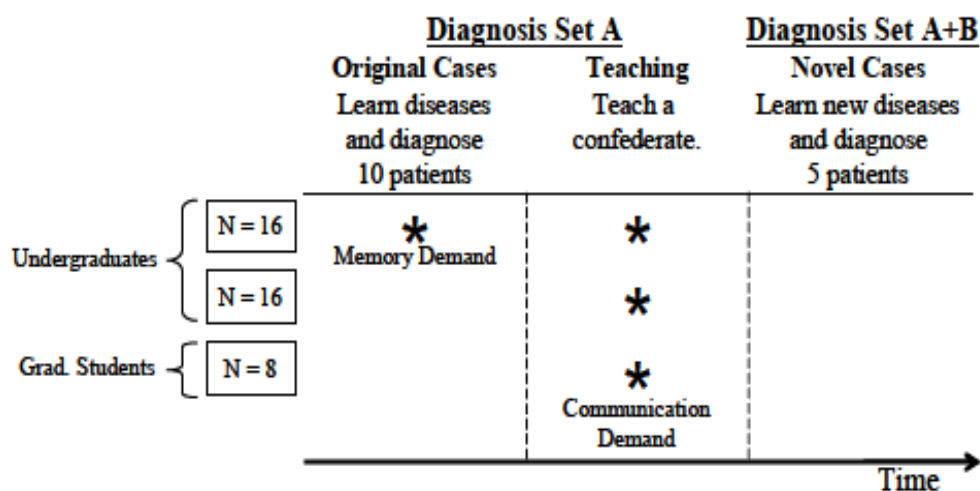


Figure 3. Design of the Experiment. The asterisks indicate places where we attempted to induce fault-driven adaptation. The graduate students test whether sustained educational experiences lead to prospective adaptation. The final diagnosis session at the right of the figure tests whether students who have experienced fault-driven adaptation will use prospective adaptation when the fault has been removed.

➤ 3つの phase

・ Original cases

- 事例参照用シート(Set A)を使用し, 10回, 医療診断を行う.
- Set A, 解答用シート, 紙とペンを与える.
- どの被験者もいつでもメモをとることができ, メモを参照することができる.
- できるだけ正確に, 検査結果の表示を最少にしながら診断するように教示.
- 半数の学部生(16人)は, コンピュータで診断を行う間, シートを参照できない.
  - 記憶負担 ⇒ fault-driven の状況
  - ⇒ 記憶負担を削減するため, adaptive pattern に従い, 紙とペンによって外的表象を生成するのではないか.
- もう半数の学部生(16人)と大学院生(8人)は, シートをいつでも参照できる.
  - Tool Plane に入ることなく, 診断を行うことが可能
  - ⇒ 教育経験の違いにより, 学部生は routine pattern に従い, 大学院生は adaptive pattern に従うのではないか.

・ Teaching

- 6つの病気に関して, どのように診断を行うのか他の人に教える.
  - ⇒ コミュニケーション負担削減のために, 外的表象を生成するのではないか.

- － 5分間で、Original casesの結果とメモから資料を準備する。
    - ⇒ もし外的表象を生成すれば、過去の経験による prospective adaptation.
  - － 5分間で診断方法を教える。
    - ⇒ 教えている途中で、外的表象を生成すれば、fault-driven adaptation.
- ・ Novel cases
  - － 事例参照用シート(Set A, B)を使用し、5回、医療診断を行う。
  - － どの実験参加者もシートをいつでも参照できる。
    - ⇒ Teachingをfault-drivenの状況で行った学部生は、adaptive patternに従い、外的表象を生成するだろうか。
  - － どの実験参加者いつでもメモをとることができ、メモを参照することができる。
  - － できるだけ正確に、検査結果の表示を最少にしながら診断するように教示。
    - ⇒ Original casesでadaptive patternに従った学生は、更にadaptive patternを使用するだろうか。

## 方法

### 実験参加者

- 学部生：32人(男性11人／女性21人)  
 大学院生：8人(男性3人／女性5人)  
 → 医療に関する教育は受けていない。

- Original casesでシートを自由に使用できる学部生：16人  
 Original casesでシートの使用に制約がある学部生：16人  
 大学院生：8人(Original casesでシートを自由に使用できる)

### 材料

- ・ 事例参照用シート
  - Set A－12枚、6つの診断結果。
  - Set B－4枚、Set Aにはない2つの診断結果。
    - － 患者の名前
    - － 医者の名前
    - － IDナンバー
    - － 8つの検査結果／症状
    - － 診断結果

Patient Name D. Ruiz  
 ID Number 73946  
 Presiding Physician Dr. Stanley

Standard diagnostics:  
 Blood Pressure  High  Normal  
 Temperature  High  Normal  
 Heart rate  High  Normal

Patient complains of:  
Dizziness, headache

Standard Blood Screen Results:  
 Pos  Neg  
 Anemia   
 Elevated white blood cell count

Perform Jacobson Test-Battery Results:  
 Abnormal  Normal  
 Reflex test   
 Visual acuity test   
 Treadmill test

Diagnosis: Arthritis

Figure A.1. An example reference case.

- 医療診断課題

Patient name: E. Moore

Standard diagnostics:  
 Blood Pressure  High  Normal  
 Temperature  High  Normal  
 Heart rate

Patient complains of:

Standard Blood screen:  
 Anemia  Positive  Negative  
 Elevated white blood cell count

Jacobson Test-Battery:  
 Reflex test   
 Visual acuity test  Abnormal  Normal  
 Treadmill test

0 Next

Figure 4. Screenshot from the computer interface for diagnosing new patients. Several tests have ordered (clicked) to reveal their results.



- コンピュータ上で診断を行う。
- 正方形をクリック(検査を行う)し、診断結果を見ることができる。
- 十分な情報を得れば、診断結果を用紙に記入する。
- "Next"ボタンを押すことで、正解の診断結果が与えられる。

- 解答用シート
- メモ用の紙とペン

### 手続きと実験デザイン

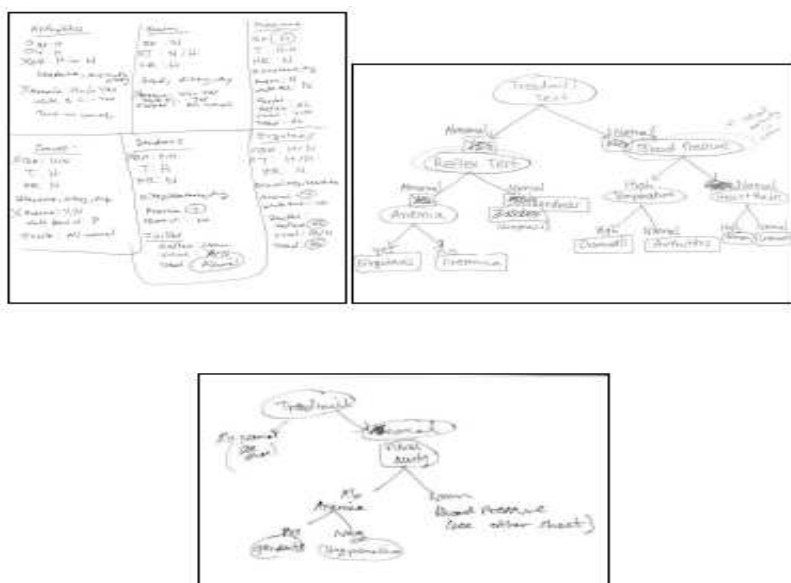
- 3つの phase : Original cases(被験者間), Teaching, Novel cases
- Original cases
  - 事例参照用シート(Set A)を使用し、10回、医療診断を行う。
- Teaching
  - 6つの病気に関して、どのように診断を行うのか他の人に教える。
- Novel cases
  - 事例参照用シート(Set A, B)を使用し、5回、医療診断を行う。

### 結果

#### Original cases

##### ➤ 表象のコーディング

- No representation - 表象生成なし
- List - リストの生成
- Matrix/Tree - マトリックス, 系譜の生成



**Figure 5. Examples of representations created by one participant.** The upper-left corner shows a representation created during the original cases. The representation to the right was created during the teaching phase. The bottom representation was created during the novel cases.

- ・ 表 1 は、Original cases での各条件における表象のコーディング結果を示す。

Table 1. Frequency of creation of a representation for the original cases, organized by condition and type of representation.

|                   | Continuous<br><u>Undergraduate</u> | Intermittent<br><u>Undergraduate</u> | Continuous<br><u>Graduate</u> | <u>Totals</u> |
|-------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|---------------|
| Matrix/Tree       | 1                                  | 2                                    | 6                             | 9             |
| List              | 2                                  | 12                                   | 2                             | 14            |
| No Representation | 13                                 | 2                                    | 0                             | 15            |
| <b>Totals</b>     | <b>16</b>                          | <b>16</b>                            | <b>8</b>                      | <b>40</b>     |

- － 条件間における生成された表象形式に有意差あり ( $\chi^2(4)=34.6, p<.001$ ).
- － 各条件で表象を生成した学生の割合
  - ▶ シートを自由に使用できる学部生：19%
    - 表象を生成せずにシートで何とかする.
  - ▶ シートの使用に制約がある学部生：88%
    - 記憶負担の削減, fault-driven adaptation の結果.
  - ▶ 大学院生：100%
    - 必要がないにも関わらず表象を生成する.
    - 事前の経験の影響, prospective adaptation の結果.

⇒ シートの使用に制約がある学部生と大学院生は, adaptive pattern に従った.

- ・ 表象の変化について
  - － List から Matrix/Tree に表象を変化させた学生の割合に有意差あり ( $\chi^2(1)=4.0, p<.05$ ).
    - シートの使用に制約がある学部生：12.5%
    - 大学院生：50%

⇒ 事前の経験による影響.

#### ➤ 時間

- ・ Startup time：最初の診断課題前に準備を行う時間
- ・ Diagnosis time：診断課題を行っている時間
- ・ 4人が各診断課題前の study time で 30分を超過した
  - Diagnosis time の調整.

- 多変量分散分析を行った結果
  - Startup time に関して条件の主効果あり ( $F(2, 37)=21.93, p<.001$ )
    - 平均 Startup time
      - ▶ シートを自由に使用できる学部生：102 秒
      - ▶ シートの使用に制約がある学部生：503 秒
      - ▶ 大学院生：937 秒
  - 多重比較 (テューキーの HSD 法) の結果, 全ての条件間に有意差あり ( $p<.01$ ).
    - シートを自由に使用できる学部生 < シートの使用に制約がある学部生 ( $p<.01$ )
    - シートを自由に使用できる学部生 < 大学院生 ( $p<.01$ )
    - シートの使用に制約がある学部生 < 大学院生 ( $p<.01$ )
  - Diagnosis time に関して条件の主効果なし ( $F(2, 33)=.22, p>.05$ ).

⇒ 診断前の準備時間に差はあるが、診断している時間に差はない。

- 条件間における Startup time の違いは、表象の生成によってもたらされる。
- 図 6 は、それぞれの表象形式による 10 回の診断時間を示す。
  - ▲, ■, ◆ は、診断回数ごとの診断開始の平均時間。End は課題終了の平均時間を示す。

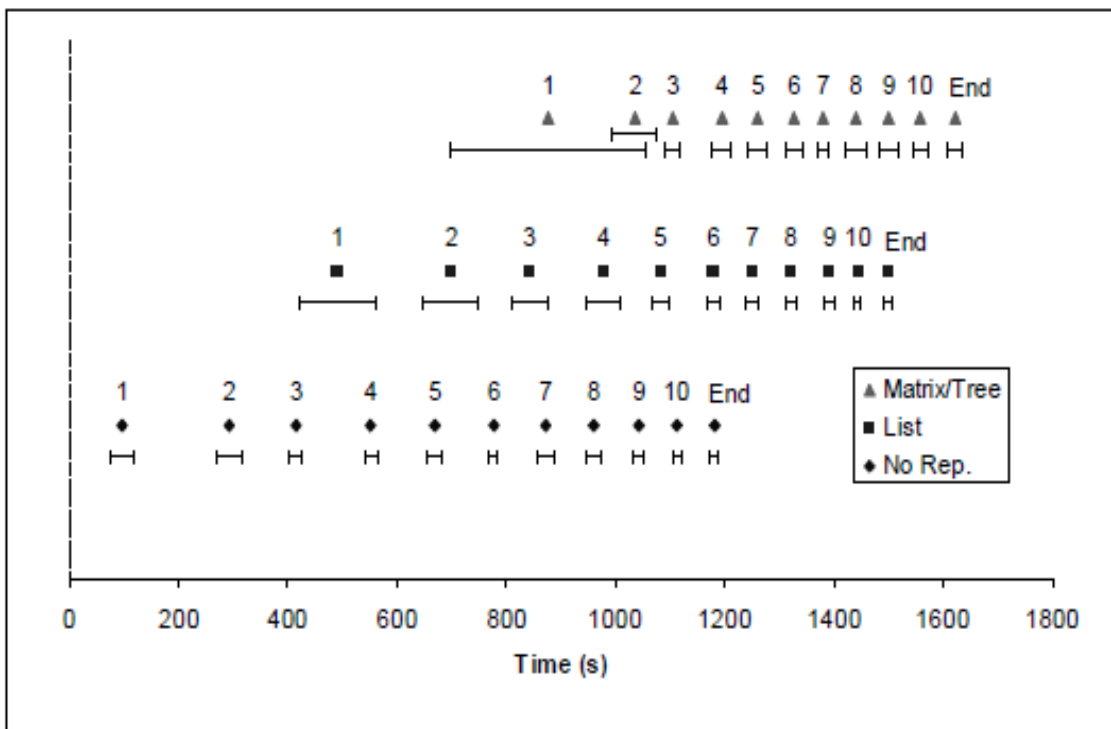


Figure 6. Speed of performance on the original cases. Error bars indicate +/- 1 standard error of time per problem.

- 多変量分散分析を行った結果

- Startup time に関して表象形式の主効果あり ( $F(2, 37)=18.03, p<.001$ )

平均 Startup time

- ▶ No representation : 96 秒
- ▶ List : 491 秒
- ▶ Matrix/tree : 876 秒

- 多重比較 (テューキーの HSD 法) の結果

Matrix/Tree > List ( $p<.05$ )

Matrix/Tree > No representation ( $p<.05$ )

List > No representation ( $p<.05$ ).

- Diagnosis time に関して表象形式の主効果なし ( $F(2, 33)=2.38, p>.05$ ).

⇒ Matrix/tree は、時間的に非効率的であるが、その利益について後に検討する。

- 正答率

- 平均正答率

- ▶ シートを自由に使用できる学部生 : 91%
    - ▶ シートの使用に制約がある学部生 : 89%
    - ▶ 大学院生 : 94%

- WOR(weighted optimality ratio) : 最適な順序での検査の施行を示す指標。

Table A.1. Associations among diseases and medical tests.

|                              | Arthotitus | Bronson's<br>Syndrome | Crownwell's<br>Disease | Dendrosis | Ergotaxis | Fresomia | Gendontis | Hypomalia |
|------------------------------|------------|-----------------------|------------------------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Blood Pressure               | +          | -                     |                        |           |           | +        |           |           |
| Temp.                        | -          |                       | +                      | +         |           |          |           |           |
| Heart Rate                   |            | +                     | -                      | -         | -         | -        |           |           |
| Anemia                       |            |                       |                        | +         | +         | -        | +         | -         |
| Elev. White Blood Cell Count | +          | +                     | +                      | -         | -         | -        | +         | +         |
| Reflex Test                  | -          | -                     | -                      | -         | +         | +        | -         | -         |
| Visual Acuity                | -          | -                     | -                      |           |           |          | +         | +         |
| Treadmill Test               | -          | -                     | -                      | +         | +         | +        | -         | -         |

→ 白血球の検査を行えば、運動負荷検査を行わなくても病名を絞ることができる。

$$WOR = \left( \frac{\sum(\text{Test Ratios})}{\text{Number of Tests} + (\text{Diseases Left} - 1)} \right)$$

**Equation 1 – Formula for the Weighted Optimality Ratio (WOR)**

- Test Ratio : 最適解と実際に参加者が試行した検査の比  
 (ある検査を行った時+になる病名数) × P(+)  
 + (ある検査を行った時-になる病名数) × P(-)

・ 図 7 は、各表象形式における検査の WOR を示す。

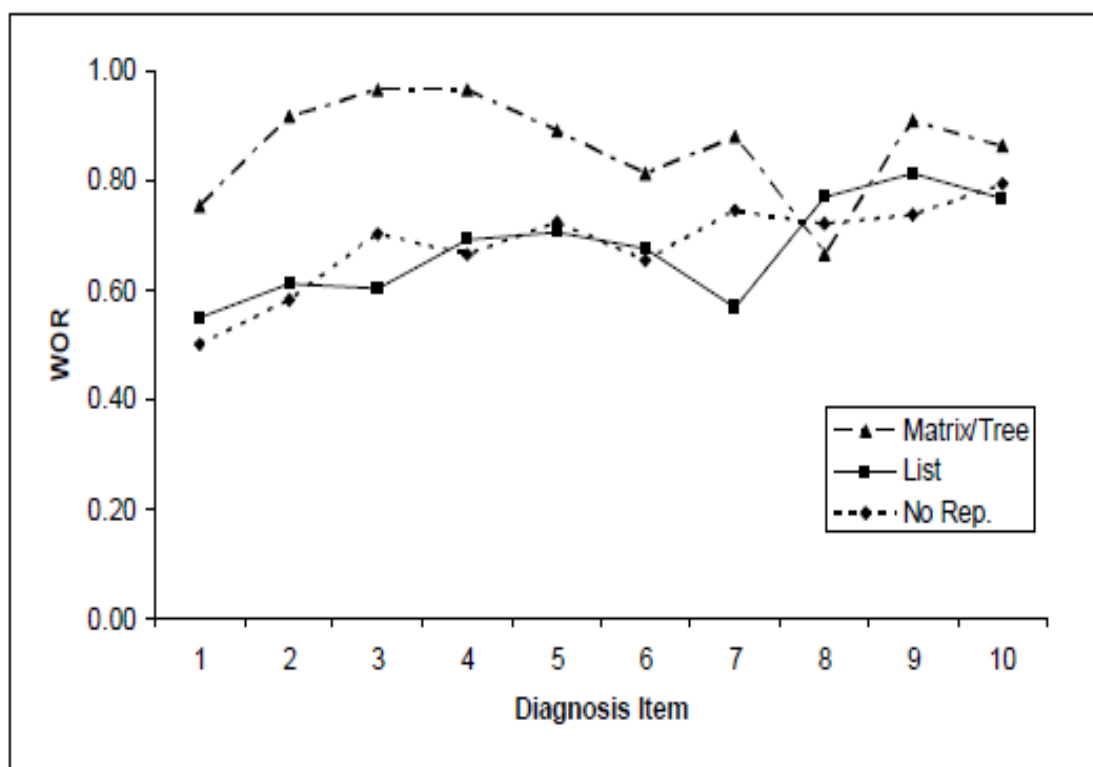


Figure 7. WOR across original cases, by type of representation.

- ・ 4人が各診断課題前の study time で30分を超過したため、WORの分析から除外。
- ・ WORに関して、3(条件) × 10(診断回数)の分散分析
  - 条件と診断回数の交互作用なし ( $F(12.81, 211.4) = .81, p > .05$ ). 自由度の調整.
  - 条件の主効果なし ( $F(2, 33) = 2.01, p > .05$ ).
  - 診断回数的主効果あり ( $F(6.41, 211.4) = 3.54, p < .01$ ). 自由度の調整
    - 診断を重ねることで WOR が上昇した.
    - ⇒ より最適な順序で検査を行うようになった.

- ・ WOR に関して, 3(表象形式)×10(診断回数)の分散分析
  - － 表象形式と診断回数の交互作用あり ( $F(18, 297)=1.96, p<.05$ ).
    - Matrix/Tree が他と比べて早い段階から, 効率的である.
  - － 表象形式の主効果あり ( $F(2, 33)=5.48, p<.01$ ).
    - 平均 WOR
      - ▶ Matrix/Tree : .86
      - ▶ List : .67
      - ▶ No representation : .68
  - － 多重比較 (テューキーの HSD 法) の結果
    - Matrix/Tree > List ( $p<.05$ )
    - Matrix/Tree > No representation ( $p<.05$ )
    - List  $\doteq$  No representation (*n.s.*)
  - － 診断回数的主効果あり ( $F(9, 297)=3.84, p<.01$ ).
    - 診断を重ねることで WOR が上昇した.
    - ⇒ より最適な順序で検査を行うようになった.

### Teaching

- ・ 表 2 は, Teaching での各条件における表象のコーディング結果を示す.

Table 2. Frequency of creation of a representation for teaching, organized by condition and type of representation.

|                   | Continuous<br><u>Undergraduate</u> | Intermittent<br><u>Undergraduate</u> | Continuous<br><u>Graduate</u> | <u>Totals</u> |
|-------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|---------------|
| Matrix/Tree       | 2                                  | 6                                    | 5                             | 13            |
| List              | 8                                  | 6                                    | 0                             | 14            |
| No Representation | 6                                  | 4                                    | 3                             | 13            |
| <b>Totals</b>     | <b>16</b>                          | <b>16</b>                            | <b>8</b>                      | <b>40</b>     |

- ・ 各条件での Original cases と Teaching で生成された表象の比較
  - － シートを自由に使用できる学部生：有意差あり ( $\chi^2(1)=6.35, p<.05$ )
  - － シートの使用に制約がある学部生：有意差なし ( $\chi^2(1)=.82, p>.05$ )
  - － 大学院生：有意差なし ( $\chi^2(1)=3.69, p>.05$ )

⇒ シートを自由に使用できる学部生は, コミュニケーション負担削減のために表象を生成し, 他の学生は, Original cases で生成した表象を Teaching で使用した結果.

### Novel cases

- ・ 表 3 は, Novel cases での各条件における表象のコーディング結果を示す.

Table 3. Frequency of creation of a representation for novel cases, organized by condition and type of representation.

|                   | Continuous<br><u>Undergraduate</u> | Intermittent<br><u>Undergraduate</u> | Continuous<br><u>Graduate</u> | <u>Totals</u> |
|-------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|---------------|
| Matrix/Tree       | 1                                  | 4                                    | 6                             | 11            |
| List              | 2                                  | 8                                    | 1                             | 11            |
| No Representation | 13                                 | 4                                    | 1                             | 18            |
| <b>Totals</b>     | <b>16</b>                          | <b>16</b>                            | <b>8</b>                      | <b>40</b>     |

- ー シートを自由に使用できる学部生
  - Original cases と同様
- ー シートの使用に制約がある学部生
  - 2人が fault-driven adaptation から, prospective adaptation へ移行した.  
(2人が No representation へ移行した)
- ー 大学院生
  - Original cases とほぼ同様

- ・ 表 4 は, Original cases と Novel cases での表象生成の有無を示す.

Table 4. Creation and modification of representations in original and novel cases, across all conditions.

|                       | <u>NOVEL CASES</u>       |                       |
|-----------------------|--------------------------|-----------------------|
| <u>ORIGINAL CASES</u> | <u>No Representation</u> | <u>Representation</u> |
| No Representation     | 15                       | 0                     |
| Representation        | 3                        | 22                    |

- ー Original cases と Novel cases での表象生成の有無に有意差あり  
( $\chi^2(1)=24.91, p<.001$ ).  
→ Teaching で表象を生成したが, Novel cases では生成せず.

#### ➤ 時間

- ・ 多変量分散分析を行った結果
  - ー Startup time に関して条件の主効果あり ( $F(2, 37)=6.16, p<.01$ )  
平均 Startup time
    - ▶ シートを自由に使用できる学部生 : 66 秒

▶ シートの使用に制約がある学部生：153 秒

▶ 大学院生：292 秒

－ 多重比較（テューキーの HSD 法）の結果

シートを自由に使用できる学部生 < 大学院生 ( $p < .01$ )

シートの使用に制約がある学部生と他の条件間に有意差なし。

－ Diagnosis time に関して条件の主効果なし ( $F(2, 37) = 2.57, p > .05$ ).

・ 生成された表象形式に関する分析。

・ 図 8 は、それぞれの表象形式による 5 回の診断時間を示す。

－ ▲, ■, ◆ は、診断回数ごとの診断開始の平均時間。End は課題終了の平均時間を示す。

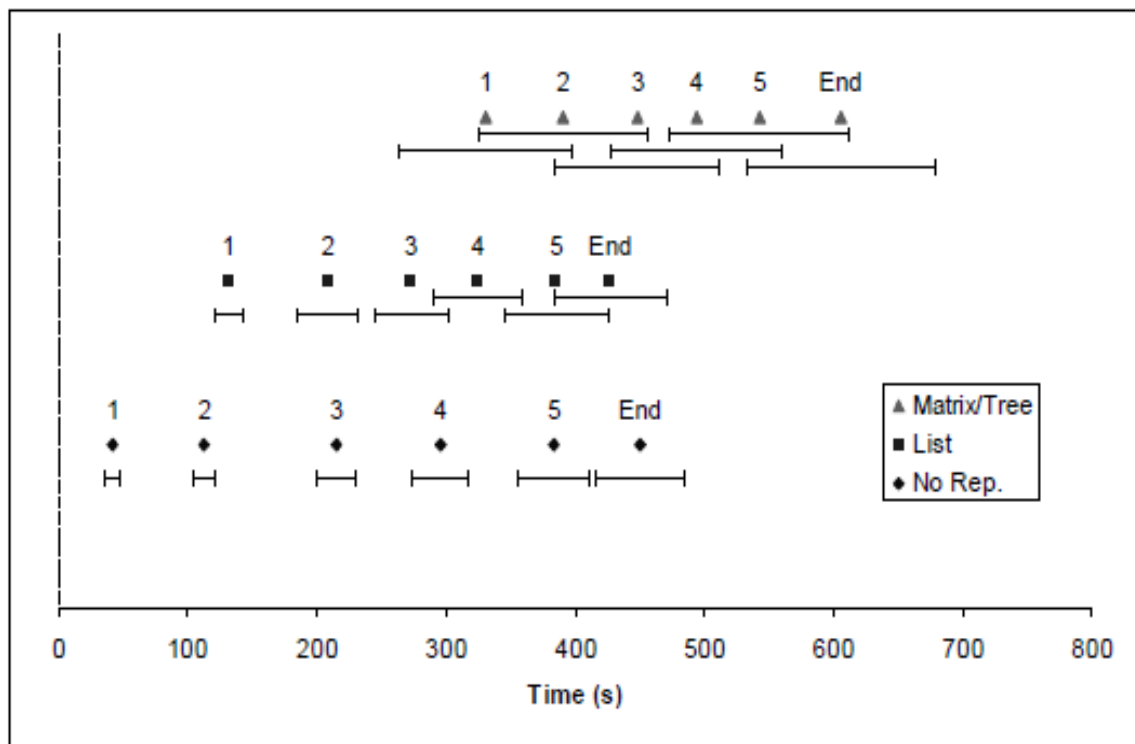


Figure 8. Speed of performance on the novel cases. Error bars indicate  $\pm 1$  standard error of time per problem.

・ 多変量分散分析を行った結果

－ Startup time に関して表象形式の主効果あり ( $F(2, 37) = 20.33, p < .001$ )

平均 Startup time

▶ Matrix/Tree : 331 秒

▶ List : 132 秒



- ▶ No representation : 42 秒
- 多重比較 (テューキーの HSD 法) の結果
  - Matrix/Tree > List ( $p < .01$ )
  - Matrix/Tree > No representation ( $p < .01$ )
  - No representation  $\approx$  List ( $n.s.$ )
- Diagnosis time に関して表象形式の主効果あり ( $F(2, 33) = 4.20, p < .05$ ).
  - 平均 Diagnosis time
    - ▶ Matrix/Tree : 212 秒
    - ▶ List : 254 秒
    - ▶ No representation : 341 秒
- 多重比較 (テューキーの HSD 法) の結果
  - Matrix/Tree < No Representation ( $p < .05$ )
  - List と他の表象形式との有意差なし

⇒ Matrix/Tree が最も遅く診断を始めたにも関わらず, 診断課題を最も早く解答した.

➤ 正答率

- ・ 図 9 は, 各表象形式における検査の WOR を示す.

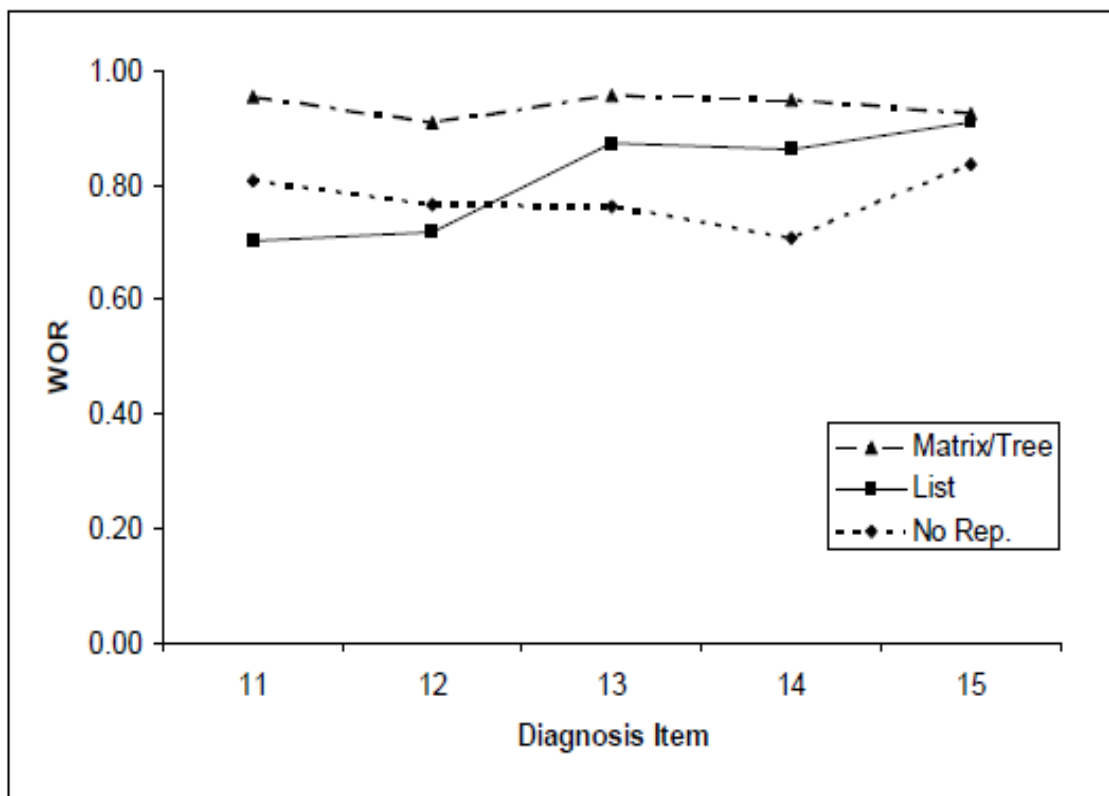


Figure 9. WOR across novel cases, by type of representation.

- WOR に関して, 3(条件)×5(診断回数)の分散分析
  - 条件と診断回数の交互作用なし( $F(5.92, 109.48)=.50, p>.05$ ). 自由度の調整
  - 条件の主効果なし( $F(2, 37)=1.17, p>.05$ ).
  - 診断回数的主効果なし( $F(2.95, 109.48)=1.54, p>.05$ ). 自由度の調整
  
- WOR に関して, 3(表象形式)×5(診断回数)の分散分析
  - 表象形式と診断回数の交互作用あり( $F(6.10, 112.97)=2.74, p<.05$ ).
    - Matrix/Tree の効率は安定している.
    - List が No representation に比べ上昇している.
  - 表象形式の主効果あり( $F(2, 37)=4.29, p<.05$ ).
    - 平均 WOR
      - ▶ Matrix/Tree : .94
      - ▶ List : .81
      - ▶ No representation : .78
  - 多重比較 (テューキーの HSD 法) の結果
    - Matrix/Tree > No representation ( $p<.05$ )
    - List と他の表象形式との有意差なし
  - 診断回数的主効果なし( $F(3.05, 112.97)=2.66, p>.05$ ).

## 考察

- 今回の実験の目的は, 新規もしくは, 類似した問題解決を行う際の経路の違いの特徴づけであった.
  - adaptive pattern と routine pattern に焦点を当てた.
  
- シートの使用に制約があり, 記憶負担を与えられた学部生.
  - 記憶負担を削減する道具として表象を生成した.
  - 制約がなくなった状況でも, 表象を生成した. → prospective adaptation
  
- シートを自由に使用できる学部生
  - コミュニケーションのために表象を生成するが, 問題解決の場面では生成しなかった. → routine pattern に従った.
    - ⇒ コミュニケーションの負担は, 学生の問題解決へのアプローチを変更させる (e.g., Palinscar & Brown, 1984; Biswas et al., 2001). 教育学の研究における結果とは相違.
    - 教える活動と診断を行う活動が異なりすぎたのでは?

- もっとも効率的な表象(Matrix/Tree)を生成した学生は、**adaptive pattern** に従った。
  - ・ **Tool Plane** に入り、表象を生成することで、問題解決の開始が遅くなった。
  - ・ 最も効率良く検査を行い、診断時間が最も早かった。
- 大学院生
  - ・ シートを参照しながら診断を行うこともできたが、**Original cases** から **Tool Plane** に入り、表象の生成を行った。 → **adaptive pattern** に従った。
  - ⇒ 表象を生成する事前の経験が原因。

### <General Discussion>

- 今回の研究により、新たな熟達に関する指標を与えた。
  - ・ **adaptive pattern** : 与えられた課題から一旦離れる。
  - ・ **routine pattern** : 課題にすぐに取り掛かる。
    - 大学院生は、**prospective adaptation** により、表象生成に長い時間を費やす。それにより、無駄な検査を行わず、素早く課題を済ませる。
    - **fault-driven adaptation** の与えられた学部生は、**adaptive pattern** に従う傾向を見せた。しかし、表象生成にかかった時間に関して、**routine pattern** に従った学生との差がなかった。
      - 更に表象生成に時間をかけることの利益について学習していない。
- ⇒ これらの指標によって、適応的熟達者が行う **adaptive pattern** の測定が可能となる。
- 適応的熟達者になるためには…
  - ・ 効率的な技術と型にはまった方法から離れるということが、新たな方法への適応となる(Schwartz, Bransford, & Sears, 2005)。
  - ・ 教育的な経験が重要。
    - 実際の教育現場で適応的な方法の利益を経験させることは難しい。
- 今後
  - ・ 学生が、**adaptive pattern** に従うような条件について調べる。
    - 短期間と長期間の展望的な効率性のトレードオフについて検証。
    - **adaptive pattern** に従うことでの満足度調査。
      - 時間が経つにつれて満足度が上昇
    - 自己認識、性格による違いについて検証。