

# Observation Can Be as Effective as Action in Problem Solving

Magda Osman

Cognitive Science, 2008, 32, 162-183

## 1. Introduction

### 1.1. Case 1

- ▶ 新しい暖かい陳列棚がほしい食品マネージャー
  - ・ エンジニアが最初にインストールとデモをすればリスタートとシステムのコントロールを自身でしなければならない

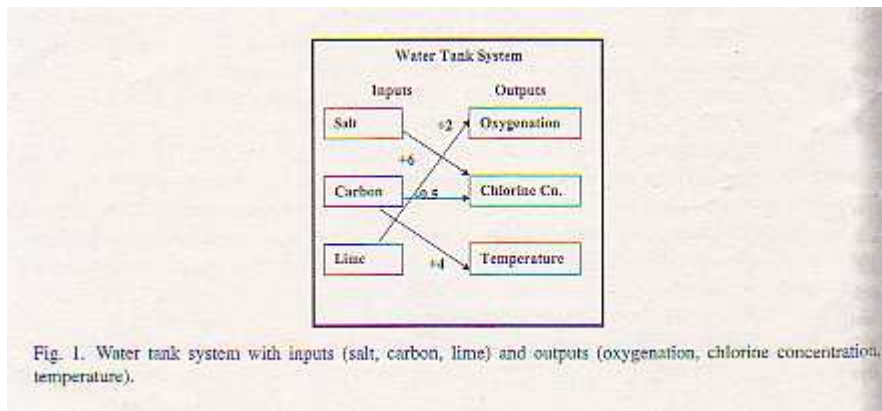
### 1.2. Case 2

- ▶ 3.5 秒以内に 380° F に到達できるヒーターが必要な研究ユニット
  - ・ メンバーは説明書に基づいてカスタムの方法を学習する
  
- ▶ complex dynamic control(CDC)システムを含む特定のゴールを持つという点で共通である
- ▶ これらのケースの重要な違い
  - ・ 観察を通して学習するか
  - ・ システムとインタラクションをしながら学習するか
- ▶ 2つの疑問
  - ・ 観察を通じた知識の獲得より、インタラクションをとって行った学習の後のほうが、特定のゴール(SG)の実行は正確(accurate)であるか？
  - ・ 特定の基準に基づく CDC システムのコントロールの学習は特定の結果なしで行われるよりシステムの理解において益をもたらすか？
- ▶ 今までの研究では別々に言及されている
  - ・ 特定のゴールの教示はシステムの構造の基本的な知識を減少させる  
(Burns & Vollmeyer, 2002; Vollmeyer, Burns, & Holyoak, 1996)
  - ・ コントロールパフォーマンスの減少は学習が観察に基づく場合にも報告される  
(Bery, 1991; Lee, 1995)
- ▶ 本研究
  - ・ 2つの知見の統合
    - 行動は CDC 課題における熟達知識の獲得に必要な要素か？

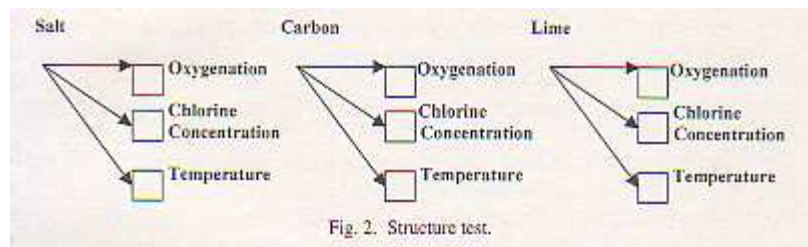
### 1.3. CDC tasks

- ▶ CDC システムを用いた課題
  - ・ 動的学習環境(Dynamic learning environment)である

- 複雑な環境との相互作用におけるスキルベースの知識の獲得や転移を調べるのに理想的
- ▶ 典型的な CDC 課題は複雑な原因構造やルールを通していくつかのアウトプットとつながったインプットを含む
- ▶ Burns & Vollmeyer(2002)の浄水場に基づく課題を使用する (Fig. 1)
  - インプットの値を操作し、アウトプットへの効果を追うことにより、原因と効果を推論する



- ▶ 2つの尺度
  - ・ 非直接的な指標(Berry & Broadbent, 1987)
    - 学習フェーズとテストフェーズの違い
      - 問題解決者は CDC システムの理解を操作の知識の適応を通して示す
  - ・ 直接的な指標
    - 問題解決者の原因構造やルールの理解の正確性
      - インプットとアウトプットの関係やルールの報告 (Fig. 2)
      - 特定のインプットからアウトプットの予測



#### 1.4. Procedural-based versus declarative-based inductive knowledge

- ▶ 学習は方略的ではなく、知識は CDC 課題との直接的なインタラクションにより獲得

される(Berry & Broadbent, 1987, 1988; Dienes & Fahey, 1995, 1998)

- ・ 操作が手続き化される
  - 意識せず効果的に操作を行える, 意識的な利用不可能性
- ・ 直接的指標と非直接的指標の分離
- ▶ Berry ら(e.g., Berry, 1991; Lee, 1995)
  - ・ 知識の獲得と適応は付随的で, トップダウンの宣言的知識により制御や調整されない
    - コントロール課題は手続き化課題
- ▶ テストフェーズの結果のコンフリクトの可能性を調べた
  - ・ 観察→宣言的過程
  - ・ 直接的なインタラクション→手続き的過程
  - ・ テストフェーズ→手続き的過程
- ▶ 観察ベースの学習者のコントロールパフォーマンスは手続きベースの学習者に比べて低かった
  - ・ 最高のコントロールパフォーマンスのために行動は学習の必要条件
- ▶ まとめると…
  - ・ 知識の転移可能性は知識獲得が行われる学習のやり方と知識が適応される課題の属性による
  - ・ CDC 課題の学習やコントロールのための入念な方略に焦点を当てること(観察ベース)により付随的な手続き的過程は混乱させられ, 認知負荷を増す
  - ・ 転移の成功のためには知識獲得と知識の適用は手続きベースの過程を必要とする

### 1.5. Goal specificity

- ▶ CDC 課題は熟達ルール学習(skilled rule learning)と仮説検証を調べるのにも使用される(Burns & Vollmeyer, 2002; Sweller, 1988; Vollmeyer et al., 1996)
- ▶ CDC 課題の熟達は適切なスキーマを呼び起こす能力により区別できる
- ▶ Sweller (1988)
  - ・ 問題解決の熟達化はゴール志向やゴールの特異性による
    - ゴール志向→means-ends analysis により特定の結果の達成を目指す
      - = 課題の深い理解ができない
      - 近いゴールに集中して仮説検証が妨害される
    - ゴールをなくすとスキーマベースの知識が促進される (NSG)
- ▶ goal specificity の追試より
  - ・ NSG 構造が提供されると SG 構造が提供されるより 2 つの尺度でよいパフォーマンスを示す

- ・ 異なる文脈間で知識を転移できる
- ▶ **Burns & Vollmeyer (2002)**
  - ・ **Dual Space** 仮説は **goal specificity effect** を問題解決者の注意の焦点に基づき描写する
    - 問題はルール空間と事例空間に分解される
    - **SG** 構造の下では特定の事例の達成に注意が向くので事例空間が関係する
    - **NSG** 構造の下では探索が制限されていないのでルールと事例の両空間が関係する
      - 課題に関する全ての属性に注意が向けられる
    - ルール空間の探索が仮説検証を促し、より問題の構造を理解する
  - ▶ まとめると…
    - ・ **SG** 教示の下で獲得される知識はトレーニングと同じゴール構造の問題にのみ関係する
    - ・ **NSG** 教示の下で得られる知識は転移可能で、異なるゴールセットにも一般化できる
    - ・ **NSG** 教示は **CDC** 課題における知識の獲得、適用に必要な仮説検証を促す

## 1.6. Summary

- ▶ 2つの相容れない主張
  - ・ 基礎的スキルの獲得は"ボトムアップ"であり意識的な検討は不可能である
  - ・ 仮説検証のような"トップダウン"の過程がスキルベースとなりうる
    - コントロールタスクは **goal specificity** のような要因を識別するのを助ける

## 2. Present study

- ・ 主な目的：
  - 学習が観察ベースのときと手続きベースのときのコントロールパフォーマンスへの効果の比較
  - **goal specificity** よりも問題解決能力を損ねるか？
- ・ **Burns & Vollmeyer(2002)**のウォータータンクシステムの利用
- ・ 4条件
  - **SG-action, SG-observe, NSG-action, NSG-observe**
- ・ **CDC** 課題における正確なコントロールに手続き的過程が必要ななら
  - 非直接的尺度のパフォーマンスは両観察ベース条件で両手続きベース条件に劣る
- ・ **CDC** 課題における知識の獲得に仮説検証が必要条件なら
  - 学習のやり方に関わらず **SG** 学習は **NSG** 学習より両尺度で乏しいパフォーマンス

ンスとなる

## 2.1. Participants

- ▶ 64名のロンドン大学の学生が参加
  - ・ 各条件 16名ずつ

## 2.2 Materials

- ▶ Burns & Vollmeyer(2002)の浄水システムを利用
  - ・ 3つのインプットと3つのアウトプット
  - ・ 関係は Fig.1
  - ・ 学習フェーズの各試行, テストフェーズの初めのインプットは全て0
  - ・ アウトプットは Chlorine Concentration=500, Temperature=1000, Oxygenation=100 (1試行目が始まるまで隠されている)

## 2.3. Design

- ▶ 学習フェーズ→テストフェーズ
  - ・ 学習フェーズ: ブロック 1→構造テスト 1→ブロック 2→構造テスト 2
  - ・ テストフェーズ: コントロールテスト 1, コントロールテスト 2
- ▶ 指標
  - ・ 直接的指標: 構造テスト 1, 2
  - ・ 非直接的指標: コントロールテスト 1, 2

## 2.4. Procedure

- ▶ 4条件の重要な違いは学習フェーズに含まれる

### 2.4.1. Action-based CDC task version

- ▶ 3つのインプットと3つのアウトプットをコンピュータディスプレイ上に提示 (Fig.3)
- ▶ インプットとアウトプットの関係は Fig.1
- ▶ 6試行×2ブロック=全12試行
- ▶ 各試行-100から100の間でインプットの数値を変える
  - ・ その後アウトプットの表示
- ▶ 続く試行の数値は前の試行から続いている
  - ・ 2ブロック目の1試行目でリセットされる
- ▶ 各ブロック終了後, 構造テスト(Fig.2)を受ける
- ▶ NSG条件の教示: CDC課題の一般的な教示と操作法を与えられる

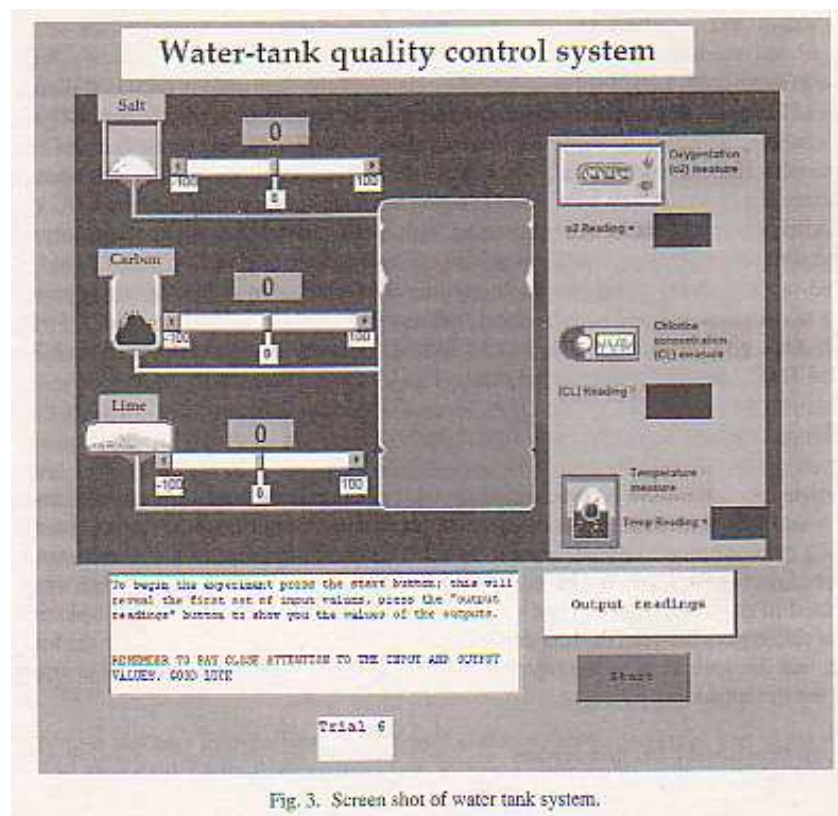


Fig. 3. Screen shot of water tank system.

- ▶ SG 条件の教示：はじめから特定の値にして、保とうとすることによりシステムについて学ばなければならない
  - ・ Chlorine Concentration = 700, Temperature = 900, Oxygenation = 50

#### 2.4.2. Observation-based CDC task version

- ▶ SG-action 条件の参加者により選択された値を観察する
- ▶ 次に進むタイミングは参加者が決められる
- ▶ 操作は action-base 条件と同様
  - ・ 構造テストも同様に受ける
- ▶ NSG 条件の教示：特定のボタンを押すときに注目すべきシステムの特徴に関する一般的な教示
- ▶ SG 条件の教示：ある値にし、保つためにどのくらい効果があるかを評価しなければならない

#### 2.4.3. Test phase(Control Test 1, Control Test 2)

- ▶ 2つのコントロールのテストを行う
  - ・ 6試行を通してある値にして、保つ
- ▶ SG 条件の参加者は同様の内容を行ってきた

- ・ コントロールテスト 2 では目標値を新しくする

## 2.5. Scoring

### 2.5.1 Structure Test scores

- ▶ 構造テストの得点化(Vollmeyer et al., 1996)

$$\frac{\text{正反応} - \text{誤反応}}{N}$$

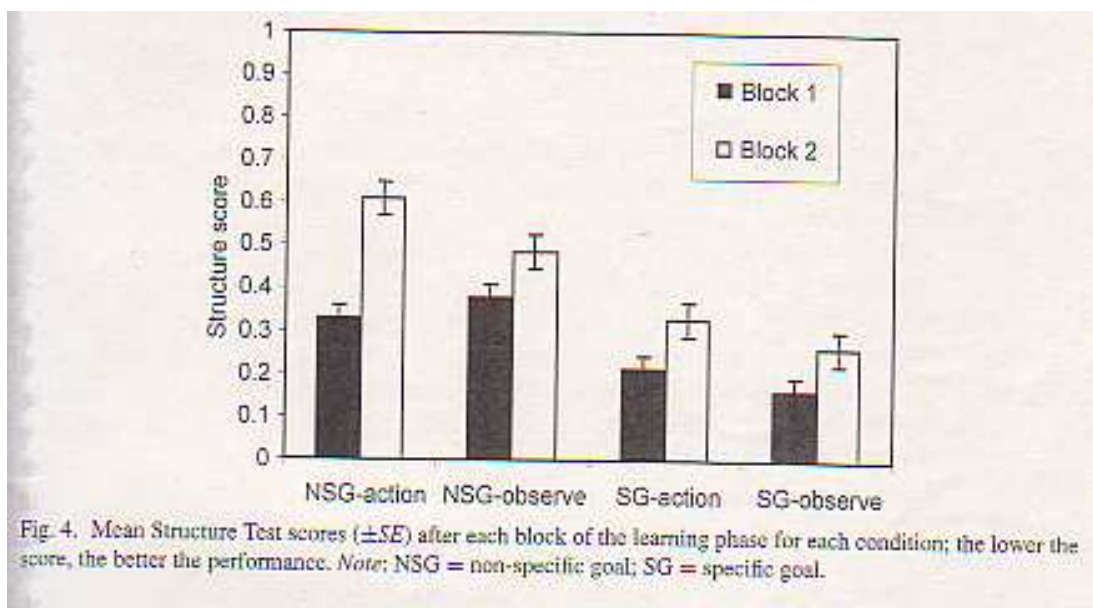
- ・ 正反応：チェックした正しいリンクとチェックしていない間違ったリンク
- ・ 誤反応：チェックした間違ったリンクとチェックしていない正しいリンク
- ・ N：書かれたリンクの総数
- ・ 最大値は 1

### 2.5.2. Control Test 1 and 2 scores

- ▶ Burns & Vollmeyer(2002)の方法を利用
  - ・ エラー得点＝各試行における各ターゲット アウトプットと実際のアウトプットの違い
    - 対数変換
  - ・ 6 試行の平均エラー得点を使用

## 2.6. Result

### 2.6.1. Structure Test scores (Fig. 4)

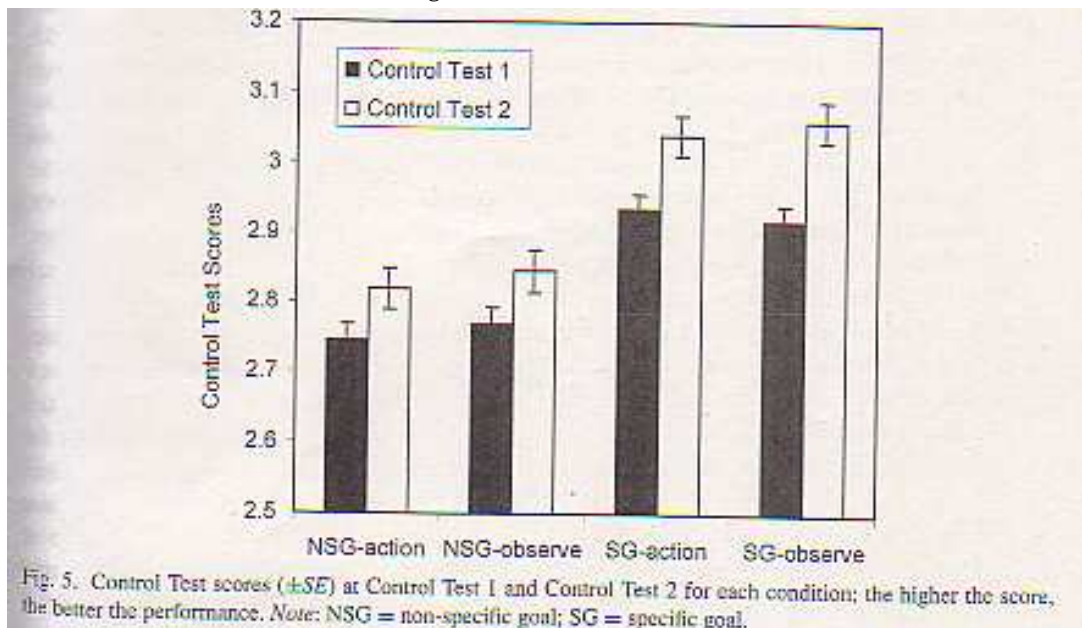


- ▶ ブロック(構造テスト 1, 2)×ゴールタイプ(NSG, SG)×学習のやり方(action,

observe)の分散分析

- ・ ブロックの主効果( $F(1, 60) = 14.04, MSE = .71, p < .0005$ )
    - セカンドブロックでの原因構造の知識のほうが正確
  - ・ ゴールタイプの主効果 ( $F(1, 60) = 11.73, MSE = 1.37, p < .001$ )
  - ・ 学習のやり方の主効果はない( $F(1, 60) = .59, MSE = .07, p = .45$ )
    - 交互作用は有意ではない
- ▶ 構造テストのパフォーマンスの違いは教示の特異性(SG, NSG)の結果

### 2.6.2. Control test 1 and 2 scores (Fig. 5)



- ▶ テスト(コントロールテスト 1, 2)×ゴールタイプ(NSG, SG)×学習のやり方(action, observe)の分散分析
    - ・ テストの主効果( $F(1, 60) = 13.55, p < .0005$ )
      - コントロールテスト 1 のパフォーマンスのほうがコントロールテスト 2 よりよい
    - ・ ゴールタイプ的主効果( $F(1, 60) = 40.33, p < .0005$ )
    - ・ 学習のやり方の主効果はない( $F(1, 60) = .22, p = .64$ )
    - ・ 交互作用は有意ではない
- ▶ コントロールテストのパフォーマンスの違いは教示の特異性(SG, NSG)の結果

### 2.6.3. Correlation between structure test scores and control test scores

- ▶ Berry & Broadbent (1987, 1988)
  - ・ 直接的, 非直接的指標の分離はコントロール課題で得られる知識は手続き的であ



ることを示す

- システムの良いコントロールを示しても、構造を明確に報告することには失敗する
- ▶ 構造テスト 1, 2 とコントロールテスト 1, 2 の間の相関分析を行う
  - ・ 構造テスト 2 とコントロールテスト 1 の間には有意な負の相関  
( $r(64) = -0.49, p < .005$ )
  - ・ 構造テスト 2 とコントロールテスト 2 の間には有意な負の相関  
( $r(64) = -0.53, p < .001$ )
  - 構造テストのパフォーマンスが上がるほどシステムのコントロール能力は増す
- ▶ 同様の相関分析を学習のやり方別に実施
  - ・ 手続きベースのとき
    - 構造テスト 2 とコントロールテスト 1 の間に有意な負の相関  
( $r(32) = -0.61, p < .0005$ )
    - 構造テスト 2 とコントロールテスト 2 の間に有意な負の相関  
( $r(32) = -0.46, p < .01$ )
  - ・ 観察ベースのとき
    - 構造テスト 2 とコントロールテスト 1 の間に有意な負の相関  
( $r(32) = -0.36, p < .05$ )
    - 構造テスト 2 とコントロールテスト 2 の間に有意な負の相関  
( $r(32) = -0.60, p < .001$ )
  - ・ 両方の学習のやり方で、直接的、非直接的な知識の指標に関連がある

### 3. Discussion

- ▶ 本研究からわかったこと
  1. Burns & Vollmeyer (2002)の発見を追試
    - ・ goal specificity は CDC 課題のパフォーマンスの正確さに影響する
  2. Burns & Vollmeyer の研究と一致して、goal specificity はコントロールシステムの知識の両指標に影響した
  3. 構造テストにおいて練習効果が見られた
    - ・ 構造テスト 2 のほうが構造テスト 1 より成績が良い
    - ・ コントロールテスト 2 でのパフォーマンスはコントロールテスト 1 より悪い
  4. NSG 条件のパフォーマンスはコントロールテスト 1, 2 とともに SG 条件より優れていた
    - ・ Burns & Vollmeyer(2002)の結果と異なる
    - ・ 若干の手続きの違い(履歴の表示なし)

5. 両学習のやり方でシステムの構造知識はシステムのコントロール能力と関係する
  - ・ CDC 課題は知識の手続き化を促進するという見方と異なる
6. 手続き的過程より仮説検証が CDC 課題における知識獲得の必要条件
  - ・ SG 学習は NSG 学習の問題解決パフォーマンスに劣る
  - ・ 観察ベース学習は手続き学習と同様に **goal specificity effect** に影響を受ける
- ▶ 宣言的知識と手続き的知識は関連がある
- ▶ 手続き的学習(行動)そのものは CDC 課題における知識の獲得に必要な条件ではない
- ▶ パフォーマンスの違いは学習のやり方より **goal specificity** な教示に起因する
  - ・ なぜ本研究と CDC 課題の先行研究の間に宣言的知識と手続き的知識の結果で不一致があるのか？
  - ・ 行動は学習や問題解決において特別なステータスをもたないのか？

### 3.1. Dissociations and associations between procedural and declarative knowledge

- ▶ **Funke(2001)**
  - ・ CDC 課題の研究は 2 つの異なる研究史に追随する
    - 自分の熟達分野におけるエキスパートの意思決定
    - 初心者の熟達化
- ▶ エキスパートとノービスの違い
  - ・ エキスパートは宣言的知識と手続き的知識が関連している
    - エキスパートの知識は問題空間のゴール構造の概念や CDC 課題において特定の事例を形作る能力と強く結び付いている
  - ・ ノービスは分離している
- ▶ 分離の原因
  - ・ 関連付けが起こるほどの経験が不足している
- ▶ CDC システムにおける経験の増加はノービスの宣言的知識と手続き的知識の関係を強めなかった(e.g., **Berry & Broadbent, 1987**)
- ▶ **Berry & Broadbent (1984)**
  - ・ 問題解決者が学習中に言語プロトコルを生成すると宣言的知識と手続き的知識の関連が見られた
- ▶ **Sanderson(1989)**
  - ・ 宣言的知識と手続き的知識の分離＝練習の増加と CDC 課題の図的表象
  - ・ 宣言的知識と手続き的知識の関連＝解決者の試行履歴をなくす
    - 心的に仮説テスト方略を追うことにより知識をアップデート
- ▶ **Burns & Vollmeyer (2002)**
  - ・ 試行履歴を提示→宣言的知識と手続き的知識に関連あり
  - ・ 構造テストによりシステムの知識を呼び起こし、知識の調整が行われた

- 参加者は自分の知識の後を追うことができた
- ▶ 本研究
  - ・ 構造テストを提示し，試行履歴を表示しなかった
    - 直接，非直接的指標の関連
  - ・ 観察ベースと行動ベースで同様のパフォーマンス
    - 両条件ともインプットとアウトプットの変化を覚えておかなければならない
    - インプットをよくモニターし，アウトプットを予測をしなければならぬ
  - ・ SG 条件では特定のインプット-アウトプット事例に注意を集中するので仮説テストが妨害される
- ▶ 観察ベース学習者のパフォーマンスが乏しい理由のひとつは学習中の履歴の表示と SG タイプの教示
- ▶ 仮説検証行動を心的に追う，または言語化することは宣言的知識と手続き的知識をつなぐのに重要である
  - =セルフモニタリング
- ▶ CDC 課題の場合，エキスパートの宣言的知識と手続き的知識は関連付けられている
- ▶ エキスパートになるためにはセルフモニタリングが必要である
- ▶ ノービスでもセルフモニタリングと同種の行動を行うことで宣言的知識と手続き的知識の関連が見られる
- ▶ セルフモニタリングは知識の獲得，体系化，適応に重要な方法

### 3.2. Should action be awarded special status in learning and problem solving?

- ▶ 行動は知識を構成する上で重要な役割を果たすと主張されてきた
  - ・ 学習は行動により起こる
- ▶ セルフモニタリングを許すような教授方法が必要
- ▶ 行動の観察より優れた別の例は意図優位性効果
  - ・ 完遂されようとしていた行動に関することのほうがより早く正確に思いだされる
  - ・ 展望記憶は実際の行動より優れていることも示されている
- ▶ この効果は自己調整 (self-regulation) やセルフモニタリングに影響する個人変数による
- ▶ Peningroth (2005)
  - ・ reflectivity(内省)の傾向を示す行動志向の参加者は意図する行動における検索に秀でている
  - ・ instinctive(本能的な)の傾向を示す行動志向の参加者では逆である
- ▶ CDC 課題の研究と本研究によると，学習中のセルフモニタリングの関与のレベルが

問題解決環境における学習の行動ベースと観察ベースの違いの重要な要因

#### 4. Conclusions

- ▶ **goal specificity effect** の追試
  - ・ その効果は観察ベース学習でも一般化される
- ▶ 観察学習は成功でき、正確な問題解決を促進する
  - ・ 行動ベースと同様に **goal specificity effect** に敏感
- ▶ 知識の理解と実行には手続き的な要素より仮説テストが必要