

## The Role of Encoding in the Self-Explanation Effect

自己説明効果における符号化の役割

Robert j. Calin-Jageman Hilary Horn Ratner

COGNITION AND INSTRUCTION,23(4),523-543

### □ ABSTRACT

- 本研究では幼児の self-explaining と encoding について実験した
- 子供たちは大人 (expert) と一緒に足し算のゲームをした
- expert の解を説明する Explain-Expert 群と自分の解の説明する Explain-Novice 群と説明を生成しない統制群の3群の比較が行われた
- Explain-Expert 群は他の群より成績の向上, encoding において優れ, expert の方略の獲得も速く, 獲得後の使用率も高かった.
- これらの結果は, encoding の促進によって explanation は学習を向上させるということを示した

### □ INTRODUCTION

- 学生に学習したことを自分自身に説明するように求めると学習が促進する (Chi, De Leeuw, Chiu, & La Vancher, 1994). このことを self-explanation 効果と呼ぶ.
  - このことはさまざまな研究で確かめられてきた(Renkl, Stark, Gruber, & Mandl, 1998; Nueman & Schwarz, 1998; Bielaczyc, Pirolli, Brown, 1995)
  - Self-explanation 効果を説明する理論は2つある (Chi, 2000)
    - ◇ Incomplete-texts approach: self-explanation は学習し忘れたものを埋めるために働く (VanLehn, Jones, & Chi, 19920)
    - ◇ Repairing mental model: 学習者自身のメンタルモデルの欠点に焦点を当て, 修復させるために働く (Chi, 2000)
  - 今までの研究では self-explanation 効果と encoding の関係を示唆するものは多いが実験的なデータは少ない.
  - よく self-explanation をする学生は問題を解いている時に学習素材に頻繁に戻ったりしない (Chi, Bassok, Lewis, Reimann, & Glaser, 1989). VanLehn(1992)はこれをよい学習者は学習素材をより encode しているから戻る必要がないと解釈している.
    - ◇ もっともらしいが本当に encoding が self-explanation に影響しているのかどうか, またどのように影響しているのかははっきりしない
- ⇒ 本研究の目的の1つは encoding と self-explaining のより強い結びつきの証拠を挙げることである

## □ SELF-EXPLAINING FOR YOUNG STUDENTS

- 本研究の2つ目の目的は幼児にとっての self-explanation における encoding の重要性を明らかにすることである
- 近年、幼児に対しても self-explanation は効果があるということがわかってきたが、そのメカニズムに焦点を当てた研究はない。
- 年長の学生と同じように self-explanation が働くのかどうかもわからない
  - ◇ ワーキングメモリの制約で幼児にとってはうまくいかないこともある (Miller, 2000)
  - ◇ 一方幼児でも大人と一緒に記憶ゲームを続けていると記憶力が伸びるという研究もある (Ratner, Wendorf, & Hill, 2004)

## □ THIS STUDY

- 本研究では幼児の self-explanation と encoding の関係を直接的に査定しようを試みる
- 課題：簡単な足し算スキルを発達させるゲーム
- 方法：子供と expert (第一著者) が二人で交互にやり、子供は expert の高度な足し算の方略 (count-all) を観察する機会を持つ
- 1ラウンド終わるごとに expert がどのように問題を解いていたか、示すように求める。これに対する返答が子供の方略に対する encoding を反映していると考える。
- 次の2つの疑問に答えられるように実験を計画する
  - (a) 「self-explanation は encoding を促進するのか」
    - 実験群 (Explain-Expert 群) には毎回 expert の推理の説明をするように求め、これを標準的な self-explanation 条件とする。統制群には何も求めない。
    - Explain-Expert 群の成績が統制群より向上することを期待する
    - Explain-Expert 群がより encoding を促進するのかどうかを比較する
  - (b) 「この促進は学習の向上に必要なのか」
    - encoding の促進は self-explanation 効果に必要なのか
    - Expert の方略の encoding と explanation を分離するために、自分がどのように問題を解いたかの説明を求められる Explain-Novice 群を設ける
    - Explain-Novice 群の encoding は統制群と変わらないであろう (仮説)
    - もし expert の方略の encoding が self-explanation 効果に必要なのであれば Explain-Novice 群の成績は向上しないであろう
- Self-explanation と encoding と方略の獲得の相互関係を理解するために試行ごとに分析をする

- 方略の獲得は直線的ではなく、複数の方略が同時期に共存するからである (Siegler, 1996)
- 方略使用のパターンが課題成功の可否にかかわってくるであろう
- 先行研究 (Siegler, 1995) では Explain-Expert 群のほうが Explain-Novice よりも成績を向上させたが、encoding は測定していないので測定する
- 先行研究 (Siegler, 1995) の Explain-Novice は正解不正解のフィードバックを受ける前に explanation を求められたので不正解時も説明もしていた
  - 今回は Explain-Novice の混乱を避けるため正解不正解のフィードバック後に説明を求める

## □ METHOD

- Participants : 幼稚園に通う 27 名の子供 (15boys, 12girls 平均年齢 5 歳 3 ヶ月)
  - ◇ 39 名にプレテストを行い、基準をクリアしなかった 27 名
  - ◇ ランダムに以下 3 群に分けられた
    - Control (n=9, 6boys, 3girls)
    - Explain-Novice (n=9, 5boys, 4girls)
    - Explain-Expert (n=9, 4boys, 5girls)
- Materials
  - ◇ Problems
    - 足し算の問題 10 問
      - 1 より大きい正の整数を 2 つ足すもの
      - 合計が 6 ~ 10 になるもの
      - 同じ数字は足さない
      - 小さいほうに大きいほうを足す
    - 5 問ずつセット A とセット B に分ける
    - 被験者はプレテストで A か B のどちらかをする
    - 実験では被験者と Expert (実験者) が 1 問ずつ交互に問題を解く。被験者はプレテストをしたほうのセットから 4 問, Expert はもう一方のセットから 4 問解く
  - ◇ Math game
    - 問題は“宝箱ゲーム”というボードゲームを介して提示された
      - 宝箱 : 宝箱の絵がボードに書いてあり, そこには二つの蓋がついている。それぞれ独立して開閉するが中央についているハンドルによって一度に開けることができる。

- 宝箱ははじめは完全に開いている。初めに片方にチップを足し算の問題の足される数分入れふたを閉じたあと、もう片方に足す数分のチップを入れふたを閉じる。順番のほうが宝箱の中のチップの数を当てる。

◇ Encoding Task :

- 「さっきは私の番だったけど数を知るために何をしていたかな？何を言いながら何をしていたのか見せてくれる？」
- 子供たちは言葉で答えたり、やって見せたりした

◇ Video equipment : 実験中のすべての部分はビデオで録画された

➤ Procedure (手続き)

- ◇ プレテスト：子供たちは宝箱ゲームの説明をされ、練習問題として「 $2+1$ 」をした。その後セットAまたはセットBの5問を解くように言われた。

次の3条件を満たす子供は除外した

- (a) 加える数を正確に数えられない
  - (b) count-all 方略を使う
  - (c) プレテストが50%以上できた
- (a) に当てはまる子供はいなかった。11名が (b) (c) の条件を満たしたので除外した。

- ◇ 実験セッション：子供はエキスパートと交互に宝箱ゲームを行った。4問ずつ行い、エキスパートが行っている間は子供はそれを観察していた。交互にやることにより子供の注意を維持し、またトレーニングと測定のセッションを分けなくてもよかった。またそれぞれの群は以下の教示を与えられた。

- Explain-Expert : “How did I[the expert] know that?”
- Explain-Novice : “How did you know that?” or  
“How could you have known that?”

- Control : 教示なし

またそれぞれの教示は正しい答えをチェックしてから与えられた

➤ Measures (測定)

- ◇ Addition skill : それぞれの問題に対して正解か不正解かの判断をし、答えなかったものも不正解と判断した。それぞれのトレーニングスコアからプレテストの得点を引いたものを差分得点とし、これを分析の対象とした。

- ◇ **Strategies** (分類方法) : ビデオに基づき, 子供の足し算の方略を以下の3つに分類した.
- (a) **count-all** : 数えるために指を使う, 声に出す, 静かに唇を動かす行動をし, 足し算の両方の数を表現しようとしている
  - (b) **count-guess** : 数えるために指を使う, 声に出す, 静かに唇を動かす行動をし, (a) に分類されなかったもの
  - (c) **retrieval** / その他 : 数える行動が見られなかったものすべて
- この分類方法は先行研究
  - 分類は第一著者と, 仮説を知らない評定者の2者で独立して行った. 評定者間の信頼性はとても高かった ( $\alpha = 0.88$ ). 一致しなかったものについては一つ一つ話し合って調整した.
- ◇ **Encoding** : 子供たちの説明はエキスパートのデモンストレーションの方略の以下3点から分析された.
- (a) 全体的に数える
  - (b) 二つの足す数を別々に数える
  - (c) 2つ数えたものを統合して合計をだす
- それぞれの要素について1点ずつ与えられ0~3点の得点がつけられた.
  - 分類は第一著者と, 仮説を知らない評定者の2者で独立して行った. 評定者間の信頼性はとても高かった ( $\alpha = 0.93$ ). 一致しなかったものについては一つ一つ話し合って調整した.
- ◇ **Explanations** : 子供たちの説明はどの情報を提供したかによって分類された.
- (a) **what information** : 何をしたか (例: 指で数えた)
  - (b) **what + why information** : 何をなぜしたか (例: わかり易いので指で数えた)
  - (c) **no relevant information** : 無関係な情報 (例: このゲーム持ってる)
  - (d) **no response**
- 分類は第一著者と, 仮説を知らない評定者の2者で独立して行った. 評定者間の信頼性はとても高かった ( $\alpha = 0.88$ ). 一致しなかったものについては一つ一つ話し合って調整した.
- **Analysis** (分析)
- 独立変数の大部分は条件とセッションの2元分散分析にかけられた. 条件の主効果の有意性は統制群と各実験群の比較による **planned comparisons** で確かめられた. また, セッションの主効果の有意性は **Bonferonni-adjusted pairwise comparisons** で確かめられた.

## □ RESULTS

### ➤ Preliminary Analyses

- プレテストの基準に当てはまったのは39人中28人。  
基準を満たすか満たさないかに男女差はなかった ( $(1, N=39)=2.19, p<.14$ ).
- プレテストの成績に男女間の有意差はなかった ( $t(37)<1$ ).  
平均正解率：男子 23% (SEM = 4.7%)  
女子 26% (SEM = 4.5%)
- その他男女間で違いは見られなかったため男女間の違いは今後述べない
- 子供たちはランダムに3条件に配置された。  
条件ごとのプレテストの正解率は有意差なし ( $F(2,24)<1$ ).
  - Explain-Expert 15%(SEM=5%)
  - Explain-Novice 17%(SEM=5%)
  - Control 17%(SEM=5%)

### ➤ Addition Accuracy

- 子供たちは実験セッションを通じて簡単な足し算の能力を向上させた。
- 1元分散分析の結果成績の向上は有意であった ( $F(4,104)=5.86, p<.01$ )
  - プレテスト 16%(SEM=2.8%)
  - 第1セッション 20.3%(SEM=3.7%)
  - 第2セッション 32%(SEM=6%)
  - 第3セッション 34%(SEM=6%)
  - 第4セッション 40%(SEM=7%)
- 正確さの向上が実験条件と関連があるのかを調べるために、Difference scoreを3×4の分散分析した (3 (Explain-Expert, Explain-Novice, Control) × 4 (4セッション)).
  - セッションの主効果：有意,  $F(3,72)=3.71, p<.05$
  - 実験条件の主効果：有意,  $F(2,24)=3.85, p<.05$
  - 交互作用：有意差なし,  $F<1$
- 事前比較は以下のことを示した。
  - Explain-Expert 群とその他2群の間に有意差(それぞれ  $p<.05$ )
  - Control 群と Explain-Novice 群の間は有意差なし ( $p<.81$ )

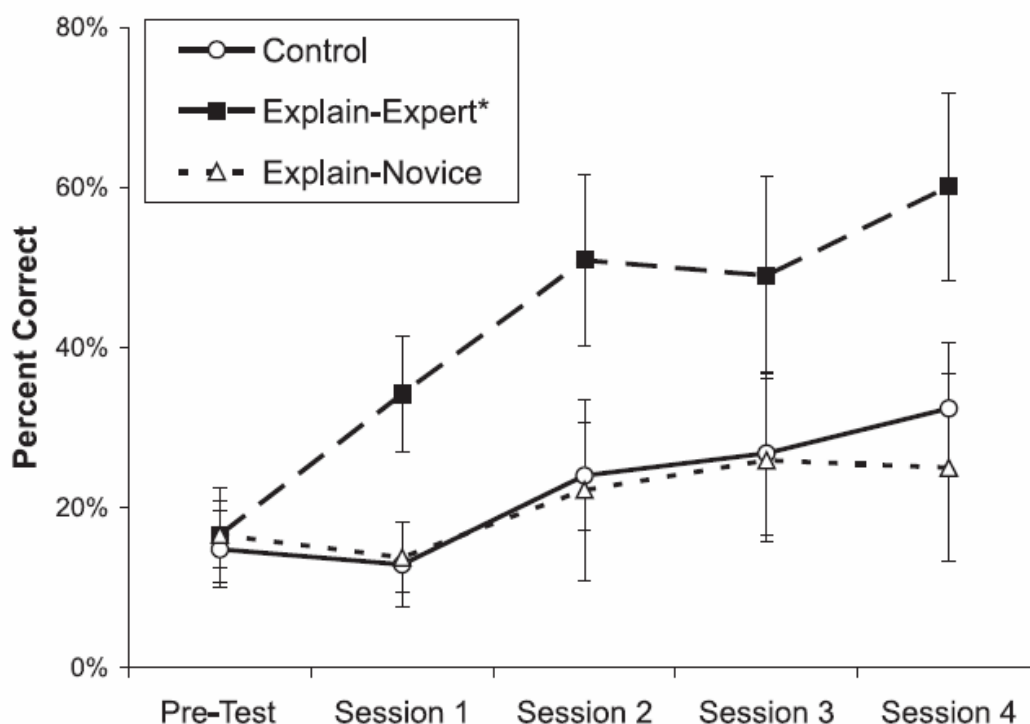


FIGURE 1 Addition skill by test session and experimental condition. Percentage correct ( $M \pm SEM$ ) by experimental session for the Control group ( $n = 9$ , solid line, circle markers), Explain-Expert group ( $n = 9$ , dashed line, square markers), and Explain-Novice group ( $n = 9$ , small dashed line, triangle markers).

➤ Count-All Strategy

◇ Strategy acquisition: 子供たちは count-all 方略を知っているかどうかで選別された。

- 各セッションの終わりまでに1度でも count-all 方略を使った子供の割合

第1セッション	第2セッション	第3セッション	第4セッション
25%(n=7)	44%(n=12)	55%(n=15)	59%(n=16)

- 最終的に count-all 方略を1度でも使った16人の子供のうち Explain-Expert 群7名, Control 群6名, Explain-Novice 群3名で有意傾向であった( $2, N=16$ )= $3.98, p<.05$ .

◇ Strategy use: 一度 count-all 方略を獲得するとそれを使い続ける傾向にあった。第3セッションまでに count-all 方略を獲得した子供15人中, 12人が少なくとも1度は続くセッションでもその方略を使用していた。

- 各セッションにおける問題ごとにカウントした方略の使用率

第1セッション	第2セッション	第3セッション	第4セッション
17%(SEM=5.7%)	30%(SEM=7%)	34%(SEM=8%)	36%(SEM=7%)

- ・ セッションが進むにつれての使用率の上昇は有意  
 $F(3,81)=3.63, p<.05$

- 4 (セッション) × 3 (実験条件) の繰返しの分散分析を行った (TABLE1)

- ・ セッションの主効果：有意,  $F(3,72)=2.97, p<.05$
- ・ 実験条件の主効果：有意,  $F(2,24)=4.29, p<.05$
- ・ 交互作用：有意差なし,  $F(6,72)=1.07, p<.38$

TABLE 1  
Count-All Frequencies and Standard Errors by Session and Condition

	Training							
	1		2		3		4	
	%	SE	%	SE	%	SE	%	SE
Control	14	.11	21	.13	25	.15	20	.12
Explain-Other <sup>a</sup>	30	.10	53	.16	62	.15	65	.13
Explain-Self	8	.08	19	.11	11	.13	17	.13

<sup>a</sup>Overall significantly different from Control.

- 事前比較は以下のことを示した。
    - ・ Explain-Expert 群では Control 群より有意に count-all 方略を使用していた ( $p<.05$ )
    - ・ Control 群と Explain-Novice 群の間には有意差なし ( $p<.87$ )
  - 対比較では子供たちは第1セッションでの使用率は他のセッションよりも有意に低かった (それぞれ  $p<.05$ ), 他では有意差はなかった。
- ☆ Count-all and learning : count-all 方略を獲得した子供が多く学習していた。

- count-all 方略の獲得の有無による成績の向上率平均の違い

	向上率	(プレテスト正解率)	(initial encoding)
acquired	42% (SEM=6%)	16% (SEM=3%)	0.56 (SEM=0.15)
Not acquired	5% (SEM=7%)	15.9% (SEM=5%)	0.27 (SEM=0.19)

- ・ プレテストでは acquired の子供達と not acquired の子供達の間には有意差はなかった ( $t(25)<1$ )
- ・ 一番初めの encoding にも有意差はなかった ( $t(25)=1.16, p<.25$ )



➤ Count-Guess : A Bridge to Count-All

Count-guess 方略とは加数をあらわしたり結びつけたりする素振りなく、ただ数えるものである。

- 例) ・ 1 から 10 まで数えて、「10」と答える (48%)  
 ・ 10 以上数える (26%)  
 ・ 数えた数とは関係ない数字を答える

☆ Count-guess 方略を使ったときの正解率は 20%だったが、これは 10 問中 2 問の答えがちょうど 10 だったことによるものと考えられる

☆ Count-guess 方略は方略としては効果的ではないが、count-all 方略への掛け橋として重要である (Figure 2)

- Count-all を獲得した子供 16 名のうち 14 名がそれ以前に少なくとも一回は count-guess 方略を使っていた
- Count-all 獲得後は count-guess の使用は減っていった
  - ・ count-all 獲得前の 4 試行では count-guess を 51%(SEM=9%)使用していたのに対し、獲得直後の 4 試行では 14%(SEM=6%)、5~8 試行では 15%(SEM=7%)の使用率であった
  - ・ count-all の増加に従い count-guess は減少していった ( $F(2,30)=7.68$ ,  $p<.01$ )
  - ・ count-all 獲得以前 4 試行より獲得後のほうが count-guess は有意に減少していた ( $p<.01$ )
- count-guess を獲得してから count-all を獲得するまでの平均試行数は 6.07 試行(SEM=1.3)。Explain-Expert の平均は 3.2 試行(SEM=0.8)、統制群の平均は 9.6 試行(SEM=2.3)で有意差があった ( $t(10)=2.44$ ,  $p<.05$ )

➤ Noncounting Strategy

Counting の使用は試行全体の 47%、残りの 53%は retrieval/other に分類した。

- Retrieval/other を使用した試行の正解率は 17%
- Retrieval/other はセッションが進むに従い有意に減少していった

	pretest	1 <sup>st</sup> session	2	3	4
Retrieval/other の使用率	69%	64%	54%	41%	40%

Each SEMs=8% ,  $F(4,104)=4.66$  ,  $p<.01$

- Retrieval/other の減少に実験条件による有意差はなかった ( $F<1$ )

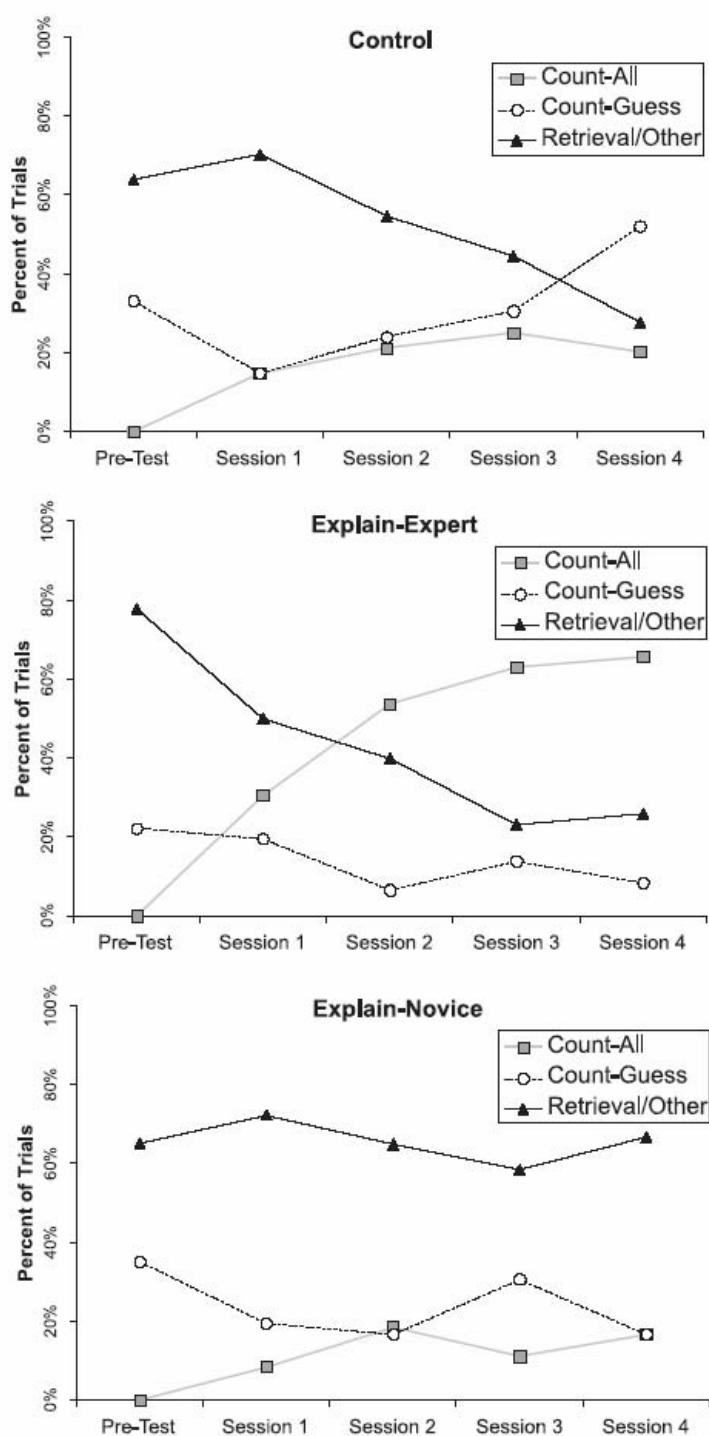


FIGURE 2 Strategy use by test session and experimental condition. Percentage of trials on which children used the count-all strategy (solid line, squares), count-guess strategy (dashed line, circles), and retrieval/other strategy (gray line, triangles) for each test session for the Control group ( $n = 9$ , top), Explain-Expert group ( $n = 9$ , middle), and Explain-Novice group ( $n = 9$ , bottom).

➤ Encoding Score

- Encoding score はセッションが進むに従い向上していった

	pretest	1 <sup>st</sup> session	2	3	4
encoding score	0.44 (SEM=0.12)	1.07 (SEM=0.14)	1.07 (SEM=0.12)	1.22 (SEM=0.16)	1.37 (SEM=0.17)

,  $F(4,104)=9.58$ ,  $p<.01$

- どのセッションもプレテストとの間に有意差があった ( $p<.01$ )
- 共分散分析で有意差が確認された ( $F(1,23)=5.57, p<.05$ ) (Table 2 参照)
  - プレテスト×セッション ( $F<1$ ), プレテスト×条件 ( $F(3,23)=1.68, p=.20$ )では均質さは保たれていた
  - 条件の主効果があり ( $F(2,23)=5.43, p<.05$ ), Explain-Expert はその他 2 つの条件とそれぞれ有意差があった ( $p<.05$ )
  - Explain-Novice と Control の間に有意差はなかった ( $p<.75$ )

TABLE 2  
Encoding Scores and Standard Errors by Session and Condition

	Session									
	Pretest		1		2		3		4	
	Score	SE	Score	SE	Score	SE	Score	SE	Score	SE
Control	0.67	.22	0.89	.25	0.67	.21	1.11	.28	1.56	.31
Explain-Expert <sup>a</sup>	0.33	.22	1.56	.25	1.67	.21	1.89	.28	1.67	.30
Explain-Novice	0.33	.22	0.78	.25	0.89	.21	0.67	.28	0.89	.30

<sup>a</sup>Overall significantly different from Control.

- Encoding score と足し算の正解率には正の相関があった ( $r=0.39, n=27, p<.05$ )
- Count-all を獲得した子供としなかった子供の encoding score には有意差があった ( $F(1,24)=4.30, p<.05$ )

⇒ self-explaining の有効性は encoding と関係している

➤ Explanations

子供達は喜んで自分たちと expert の行動を説明したが、説明のほとんどは解釈できないものや関係ないものであったり、部分的過ぎたり省略されすぎたりしたので、細かい分析はできなかった。説明は以下のように分類された。

- what information : 何をしたか
- what + why information : 何をなぜしたか
- no relevant information : 無関係な情報

- Explain-Novice 群には正解・不正解によって以下の教示のどちらかが与えられた
    - “How did you know that?” or “How could you have known that?”
    - ・ 正解不正解の時の違いで説明が変わるかどうかを調べたが有意差はなかった
    - (a) *what* information : 正解時 32%, 不正解時 28% ,  $t(7)<1$
    - (b) *what* + *why* information : 正解時 2%, 不正解時 3% ,  $t(7)<1$
  - 説明の内容について実験条件の効果を調べた
    - (a) *what* information : 主効果, 交互作用ともなし ( $F(1,16)=2.70, p<.12$ )
    - (b) *what* + *why* information : 主効果に有意傾向 ( $F(1,16)=4.09, p<.060$ )
  - *what* + *why* information の生成と正解率の変化には正の相関が見られた ( $r=0.48, n=18, p<.05$ )
  - *what* + *why* information の生成と encoding score の変化には正の相関が見られた ( $r=0.64, n=18, p<.05$ )
- ⇒ *what* + *why* information を生成する子供はよく学習する

## □ DISCUSSION

- ◇ encoding と self-explanation の効果の間には強い関係があり, 強い encoding は学習を促進する. (e.g., Siegler & Chen, 1998)
  - ◇ *what* + *why* information の生成は encoding と足し算のスキルに正の相関があり, 学習に効果がある. (Chi et al., 1994; Siegler, 1995)
  - ◇ encoding と学習の関係を追認したが (Crowley et al., 1999), 本研究では統制群を置くことによりこれらの関係が説明生成の効果の基礎となっていることを明かにした
- Learning With an Expert Partner
- 本研究の結果は self-explanation と encoding と学習の強い繋がりを示唆したが, 何がこのこれらの媒介をしているのか, いかに生徒の記憶の残るのか.
- ⇒ 学習者と講師の間で生成される self-explanation にその答えがある
- ◇ 学習者の 60%が最初のセッションで少なくとも1回は何らかの counting を使い, 最後のセッションまで合わせると 81%が使っていた. この急激な増加は expert の観察を通して方略を発達させたものであることを指し示している.
  - ◇ count-all を獲得した後でも他の方略の使用は0にはならなかった. これは発達 overlapping-waves 理論(Siegler, 1996)に適合する.

- ◇ 子供達は大人の行動の機械的な模倣はすぐにできるが、その行動の意味を理解し、使えるようになるまでには時間と労力と継続的な相互作用が必要である。これらは **appropriation**(Rogoff, 1990)や **internalization**(Vygotsky, 1978)とよばれてきたものである。
- ◇ 本研究の大人と子供が交互にゲームをする方法はこの実験課題の学習においては有効な手段であるようだ

➤ **Explaining, Appropriating and Encoding**

- ◇ 統制群に比べて **Explain-Expert** は方略を早く獲得した
  - ⇒ **explanation** の生成は他者の行動を理解し内在化させる能力を向上させる。このことは **expert** の行動を説明させる教示が他者の行動や推理の背後にある論拠や意味を参照する誘因になったことを意味する。
  - ⇒ このことは子供たちに、子供たち自身の理解のみぞを探し出させると同時に **expert** の方略についての更なる情報を推測させる
  - ⇒ またこのときの副産物として **expert** の方略の **encoding** も強化され、**expert** の方略への適応は **explanation** と **encoding** の仲介役として働くのである
- ◇ **Explain-Expert** は方略の獲得後、他の群より多くその方略を使う傾向にあった
  - ⇒ **explanation** の生成はその後よりよい行動をとることを援助している
  - ⇒ **expert** の行動について話す機会は子供たちに、いずれ内在化し彼ら自身の思考を導くことになる外界の行動パターンを与えている
- ◇ もし他者の推理を説明することが子供たちを **expert** の方略とのより深い共同過程に引き込むのだとしたら子供たちが **expert** とのやり取りを思い出すときに重大な影響を与えるかもしれない
  - ・ 共同学習は多面的な見方の組み合わせを強化し (Tomasello, Kruger, & Ratner, 1993), 自己と他者の認知的な活動の線引きをあいまいにする (Rogoff, 1990).
  - ・ 他者の推理を説明することは学習を向上させるが **expert** のしたことと自分のしたことを区別する能力を弱くする (Ratner, Foley, & Gimpert, 2002)

➤ **Educational Implications**

- ◇ 本研究は **explanation** の生成が幼児の学習にも有効であることを追認した (Crowley & Siegler, 1999; Peters et al., 1999; Pine & Messer, 2000; Siegler, 1995)

- ◇ 幼児には教師の教訓的なデモンストレーションの説明をさせることがもっとも有効であることを追認した (Siegler, 1995)
- ◇ 先行研究 (Siegler, 2002) では expert の正しい推理と novice の間違いの両方について explain を生成させたときが最大限に効果が上がっていた
- ◇ このことは日本の実践での成功にも合致している (Stigler & Hiebert, 1999)
- ◇ 本研究の結果からいえるのは、幼児にただ自己説明させようとすると、失敗するということである。しかし今回は台本にのっとりた教示を与えていた結果かも知れないので自然な教室環境での対話ではよりよい説明を引き出せるかもしれない (Chi, Siler, & Jeong, 2004)
- ◇ 本研究や先行研究 (Chi et al., 1994) の結果より, *why*-type explanation を生成させることが最も効果を上げるので、対話を通して生徒に explanation を作らせるときには講師は生徒に「なぜ」その解が有効なのかに注目することを奨励すべきである。