

Self-Explaining Expository Texts :

The Dual Processes of Generating Inferences and Repairing Mental Models

Chi, M.T.H.(2000)

IN Glaser, R.(Ed.). *Advances in Instructional Psychology*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 161-238

SELF-EXPLAINING : DEFINITIONS AND EXAMPLES

➤ Terminologies

- ◇ *self-explaining* :
- ◇ *self-explanation* (SE) :
- ◇ *self-explanation inference* (SEI) :
- ◇ *self-explanations* (SEs) :
- ◇ *protocols* :

➤ Examples of Self-Explanations

S17: The septum divides the heart lengthwise into two sides.

(#1) (AW) " ... the septum, it sort of ... um ... would divide the heart so that you can like ... *distinguish between the two parts.*" —1 SEI

(#2) (BB) "Well, what's a septum? I mean is it, um a *muscle*? A *bone*? You know, um, an *organ*? I don't think it's an organ, though." —3 SEI

(#3) (MW) " ... it's probably not like a wall, maybe *like a barrier* ... probably *things can go through it* ... I think it's probably *not like a solid wall.*" —3 SEI

S17: The septum divides the heart lengthwise into two sides.

(#4) (NH) " ... so ... there's two sides of the heart and the thing that divides it is the septum, lengthwise." —0 SEI

S18: The right side pumps blood to the lungs, and the left side pumps blood to the other parts of the body.

(#5) (NH) "So, the septum is a divider so that the *blood doesn't get mixed up*, so the septum is *like a wall* that divides the heart into two parts." —2 SEI.

➤ Grain Size and Format

- ◇ In the physics study : 自然発生的であったので SEs は文章単位 . SEI はフレーズ単位

- ◇ In biology study : self-explanations は教示されたので、より細かい単位 .
- Context of Self-Explaining
 - ◇ 複雑で科学的な問題をテキストから学習するという文脈で、self-explaining は研究された .
 - ◇ self-explaining は外部からインプットされたものを理解しようとして自分自身で用いるプロセスである .
- What Self-Explaining in Not
 - ◇ Self-Explaining Versus Talking or Explaining to Others.
 - 目的の違い
 - Explaining oneself は自分自身の理解を修正することが目的
 - Explaining to others は情報伝達が目的
 - しかし両者とも構成的な活動であるので、ともに学習を促進する
 - ◇ Self-Explaining Versus Thinking Aloud.
 - 思ったことをどんだん口に出すだけ
 - self-explaining のほうが学習効果が上がった(Wathen,1997) .
 - ◇ Self-Explaining Versus Elaborating.
 - **Elaborating[Elaboration] (精緻化)**: 覚えるべき情報に他の情報を付け加えることをいう . 他の情報が付け加えられることによって、覚えるべき情報の記憶が促進される場合を適切 (precise) 精緻化、妨害される場合を不適切 (imprecise) 精緻化という . 適切精緻化に導く情報には、覚えるべき情報の意味を明確に限定する情報、イメージを喚起する情報、他の関連ある情報とのまとまりを形成させる情報、他の情報との違いを明確にする情報などが指摘されている .
 - 精緻化には無意味であってもとっぴな関連付けは記憶に有効であるというが、学習においては無意味な関連付けは有効ではないのでこれは明らかに self-explaining とは異なる
 - 精緻化は学習者が自ら精緻化するものと他者から与えられるものがあるが self-explaining は学習者自身がするもののみである
 - 学習者にとっては self-explaining を要求されるのと精緻化の生成を要求されるのは変わらないのかもしれない . self-explaining を促すプロンプトは下記のようなものである .

“ 私たちはあなたたちに、各行を声に出して読み、それが何を意味しているのかをあなた自身に説明してほしいと思っています . つまり、それ

「それぞれの行であなたにとって新しい情報は何か、それはすでに読んだものとどう関連しているのか、循環システムがどう働くかの理解に対して新しい洞察をあなたに与えたか、またはあなたの心に疑問を提起させたか、ということです。心に浮かんだことをどんなことでも - 重要ではないと思われることでも - 私たちに言ってください。」

- 精緻化は完成されたテキストを強化すること（暗記？）が目的であり、対して self-explanation は学習者自身の不完全なメンタルモデルを強化することが目的である。
- self-explanation は精緻化の一種であるが精緻化のすべてが self-explanation であるわけではない。

◇ The Self-Explanation Versus the Generation Effect.

- **generation effect（生成効果）**: Slamecka, Graf (1978) は、単語の対連合学習において、覚えるべきターゲット単語を連想語や反対語などから被験者自身が生成する「生成条件」と、ターゲット単語が連想語などと対呈示されている「読み条件」とを比較すると、生成条件の方が記憶成績で優れることを報告した。このように記銘情報が実験者によって与えられるよりも、被験者自身が生成した方が保持に優れる現象を生成効果という。
- 共通点は両者とも構成的な活動であるという点である。
- 両者とも生成的であるということはより意図的かつ活動的に記憶痕跡を残すということの意味するので、記憶の検索と学習を促進する。

◇ Self-Explanation Inferences Versus Other Types of Inferences.

- **bridging inference（橋渡し推論）**: 文章が指示する状況や出来事の連鎖はすべて命題として明示的に表現されているわけではない。そのため読者は、文章内容に関してもっている既有知識を用いることによって、文間（命題間）のつながり、段落間の関連についての推論を行うことによって、一貫した意味表象を構成し理解を行っている。この因果連鎖や時系列的連鎖について読み手が能動的に構成する推論を橋渡し推論と呼ぶ。
 - 新しい情報を追加するわけではない
- **paraphrase（言い換え）**
 - これもまた新しい情報を追加するわけではない（SE#4 参照）
- **logical-type of inference（論理的推論）**: 演繹？ “全ての人間はいつか死ぬ。ジョンが人間であるとするならばジョンは死ぬか？”
- **schema-based inferences（スキーマを基にした推論）**: すでに持っている知識を基にした推論。レストランスクリプトなどから実際に述べられていない場面を推測する。

- スキーマを基にした推論はテキストから見れば新規な情報であるが，自分自身にとってはすでに持っている知識の検索でしかない。

THE SELF-EXPLANATION EFFECT : THE PHENOMENON

この章の目的は Chi の2つの self-explanation 効果についての研究の相違点に焦点をあて、目的を比較する。そしてより重要なことは2つの研究のデータにおける個人の違いを特定することである。

- The Physics and the Biology Studies
 - ◇ TABLE 4.1 , 4.2 参照

TABLE 4.1
The Design of the Biology & Physics Studies

<i>Biology</i>	<i>Physics</i>
<i>I Pretest Phase: Assess Prior Domain-Specific Knowledge & Ability</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • Define 20 terms • Answer half of the questions • Draw diagram 	<ul style="list-style-type: none"> • Read first three chapters & target chapter to a criterion • Bennett’s Mechanical Comprehension Test
<i>II Learning Phase: Read and Explain</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • 101 sentences • Answer prompts for function of 22 components 	<ul style="list-style-type: none"> • 3 examples
<i>III Posttest Phase: Assess Learning</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • Define terms • Answer all of the questions • Draw diagrams 	<ul style="list-style-type: none"> • Solve isomorphic problems • Solve end-of-chapter problems

TABLE 4.2
Differences Between the Biology & the Physics Studies

	<i>Biology Study</i>	<i>Physics Study</i>
Domain:	Declarative (the circulatory system)	Procedural (mechanics)
Age:	Eighth graders	College students
Learning Task:	Explain expository text	Explain examples in text
Assessment of Learning:	Answer questions	Solve problems
Experimenter Elicited Explanations:	Yes, by prompting	No, spontaneously generated
Control Group:	Yes	No

➤ The Findings

物理学における研究では self-explanation は強制されたわけではなかったので、荒い分析しか行わなかった。コンテンツに関連しているかそれを拡張したアイデアは全て S E としてカウントされた。一方生物学における研究では self-explanation は強制されたのでそれが単なる S E か S E I かの判別が行われた。

◇ Individual Differences or Range of Self-Explanations Generated.

- 物理学の研究において：1つの例題を学習する際にカウントされた S E の個々人の平均は最も少ない学習者は2個，最も多い学習者は25個であった
- 生物学の研究において：101のテキストのセンテンスに対して生成された S E I の個々人の平均は最も少ない学習者で7個，最も多い学習者は111個であった
- 両者とも分析する際に high explainers または low explainers の指標として使われている

◇ Learning Correlated With the Number of Self-Explanations.

- どちらの研究においても生成された self-explanation の数と学習には相関があった
- 物理学の研究において：high explainers はそれぞれの例題に対し平均16の S E を生成し，86%の問題に正答した。low explainers は平均3個の S E を生成し，42%の問題にしか正答しなかった。
- 生物学の研究において：
 - S E をプロンプトされた学習者はプレテストの成績に対しポストテストの成績は26%上昇したのに対し，統制群は16%しか上昇しなかった。特により難しい問題に対してその傾向が顕著であった。
 - S E をプロンプトされた群のなかでも生成された S E I の数で high explainers と low explainers に分けると high のほうが成績が良かった（正答率 78% v.s. 61%）
- これらのことは2つの問題を提起する。表面的な問題としては，どうしたら low explainers により多くの S E や S E I を制せさせることができるのかという介入的な問題。より深い問題としては，なぜある学習者は他の学習者よりも多くの S E I を生成したのか，という問いである。
- 結局，より多くの S E I が含まれることになるから S E を多く生成することによって学習成績が上昇するのではないだろうか
このことを確かめるためには self-explaining のプロセスを理解する必

要がある .

◇ Robustness and Generality of the Phenomenon.

self-explanation effect に関する研究結果の多くは相関的なものであるが、その現象はロバストである。多くの研究者がさまざまな手実験操作やデザインで同様の結果を確かめてきたからである。

- 分野 : LISP coding(Pirolli & Recker,1994) , 電磁気学 (Ferguson-Hessler & de Jong, 1990) , 確率(Renkl,1997)
- 年齢 : 大学生 , 中学 2 年生 , 5 歳児(Siegler,1995)

➤ The Influence of Prior Knowledge and Ability in Understanding the Self-explanation Effect

◇ prior knowledge

- domain-specific knowledge
- domain-relevant knowledge
- misconceptions
- domain-general world knowledge

◇ ability

- GPA
- ability in the biology study : CAT(California Achievement Test)
- ability in the physics study : BMA(Bennett Mechanical Ability test)

◇ どちらも S E s にも影響はなかった .

TWO CONTRASTING APPROACHES

TO UNDERSTANDING THE SELF-EXPLANATION EFFECT

➤ Generating Inferences : The Incomplete Text view

- よくかけているテキストでも完璧であるということはありません . self-explaining とはテキストの足りないところの推論を生成するプロセスであるとする考え方 .

◇ Is an Incomplete Text Detrimental to Learning?

- 高説明者は低説明者より多く正答しただけではなく、その傾向はより深い理解を求める質問において顕著であった .

inference が gap を埋めることで、より学習者の持つ表象を豊かにするので学習を促進するという inference view に合致する .

- テキストにおける情報の欠落は深い理解に必要であるかもしれない .

◇ Inference-Generating Mechanisms for New Knowledge.

- inference-generating いくつかのメカニズムが仮定される。
 1. 異なる命題で表現された情報を統合する。
 2. テキストに表現された情報と前もって持っている情報を統合する。
 3. 言葉の意味から推測する。
 4. 上記のものを組み合わせて生成する

◇ Skepticisms About the Inference-Generating View

足りない情報についての推論の生成が self-explanation を説明する唯一のメカニズムだとするならば以下のことが考えられる。

1. self-explanations は同じ分布になる。

ならなかった。self-explanations はテキストの足りない情報に一致して生成されているわけではなかった
2. 同じところでは同じような意味の self-explanations が生成されるべきである

ならなかった。SEs #1, #2, #3, #4 参照
3. 生成された self-explanations は正しく理解できるようなものでなければならない。

そうではなかった。観察されたものはしばしば崩壊していたり、間違っていたりした。しかも間違っていたとしても学習を促進していた(Stein & Bransford,1979)

◇ 間違った self-explanations が生成されるということは学生はそれぞれ不完全なメンタルモデルをはじめからもって教室にやってくるのではないだろうか。

◇ このことから考えると、self-explaining とは学習する素材についての自分自身のメンタルモデルを修正 (revision) するプロセスなのではないだろうか

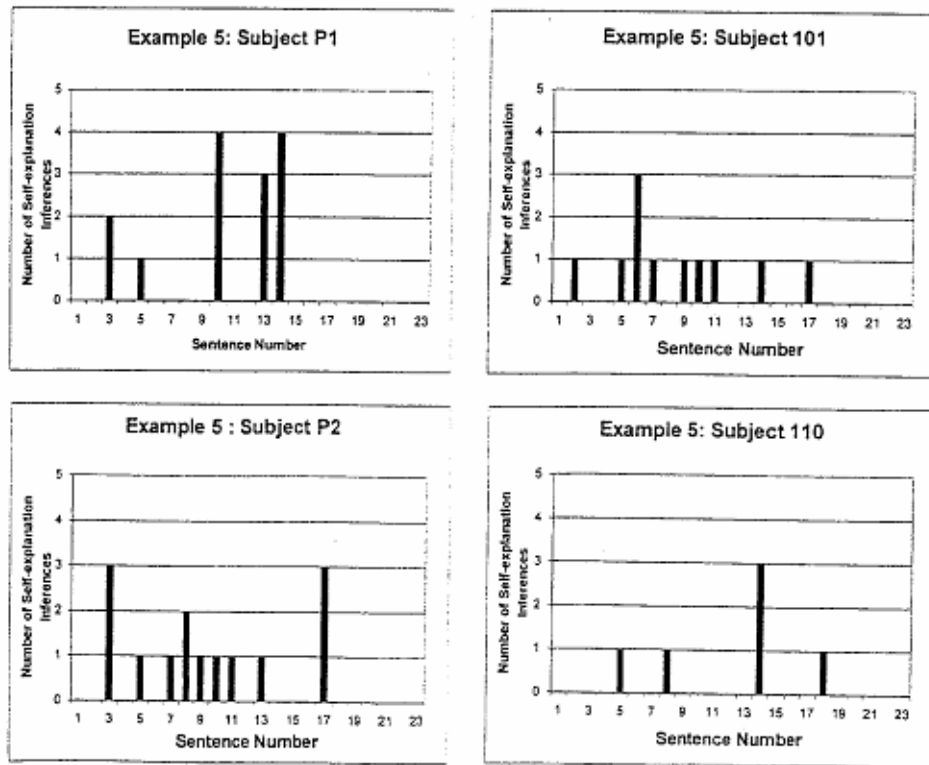
➤ Undertaking Revision : The Imperfect Mental Model View

◇ self-explanation は自分自身のメンタルモデルの修正と更新のプロセスであるとする考え方。

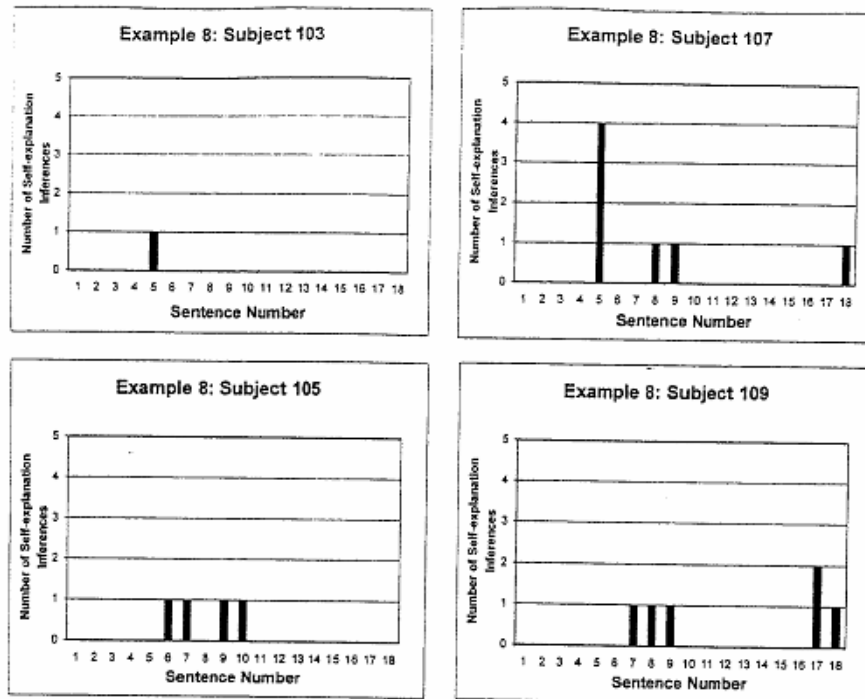
◇ メンタルモデルは個々人によって違うのでこのモデルでは以下のことが説明できる。

- 学生たちは同じ場所で違う SE を生成する
- SE が生成されるところも量も違う。メンタルモデルの違いによって矛盾が起きるところが違うから

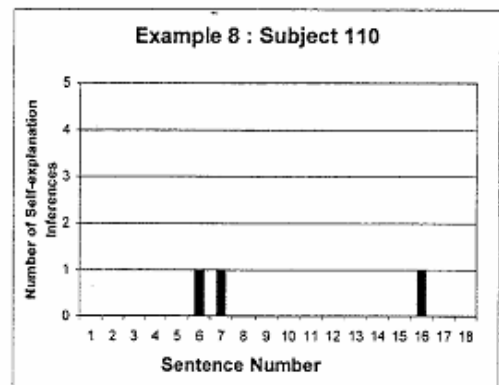
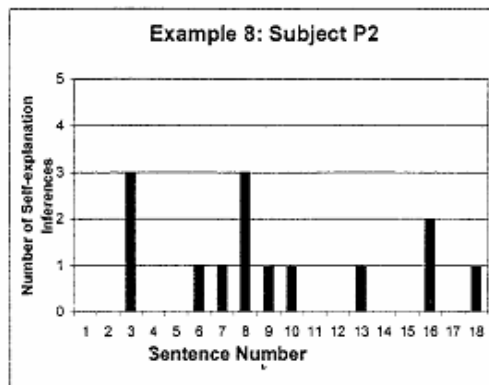
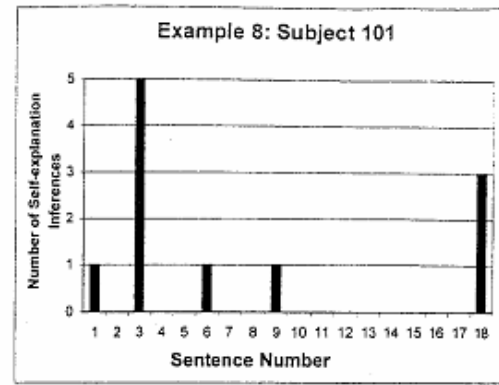
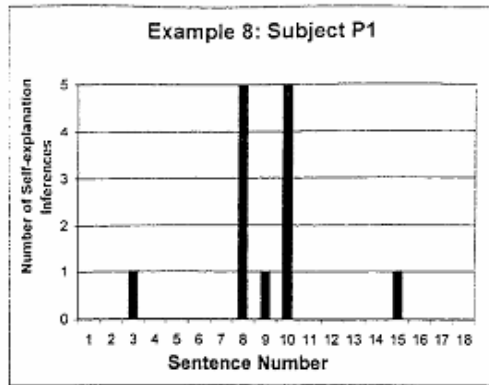
◇ この見地からは学生はそれぞれ不完全なメンタルモデルをもって教室に来ると考えられるが、このことは Chi, de Leeuw et al.(1994)によって確かめられている。(学生たちは学習以前にはおよそ6種類に分類される不完全なメンタルモデルを持っていた)



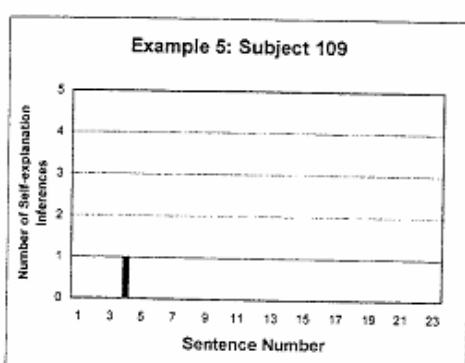
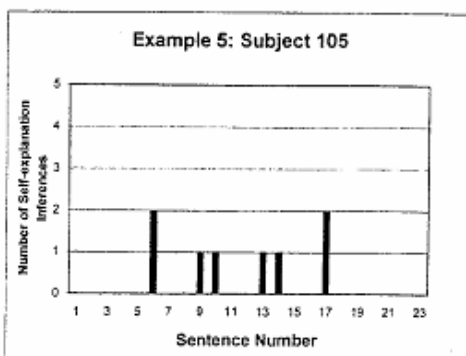
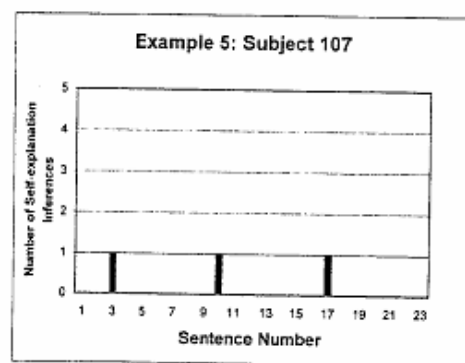
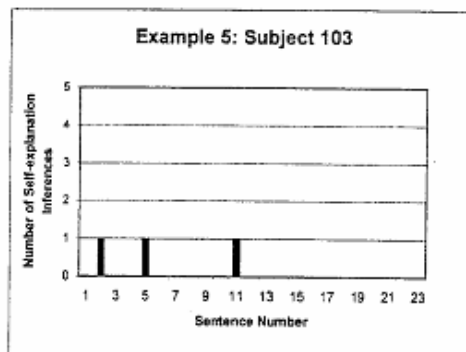
(a)



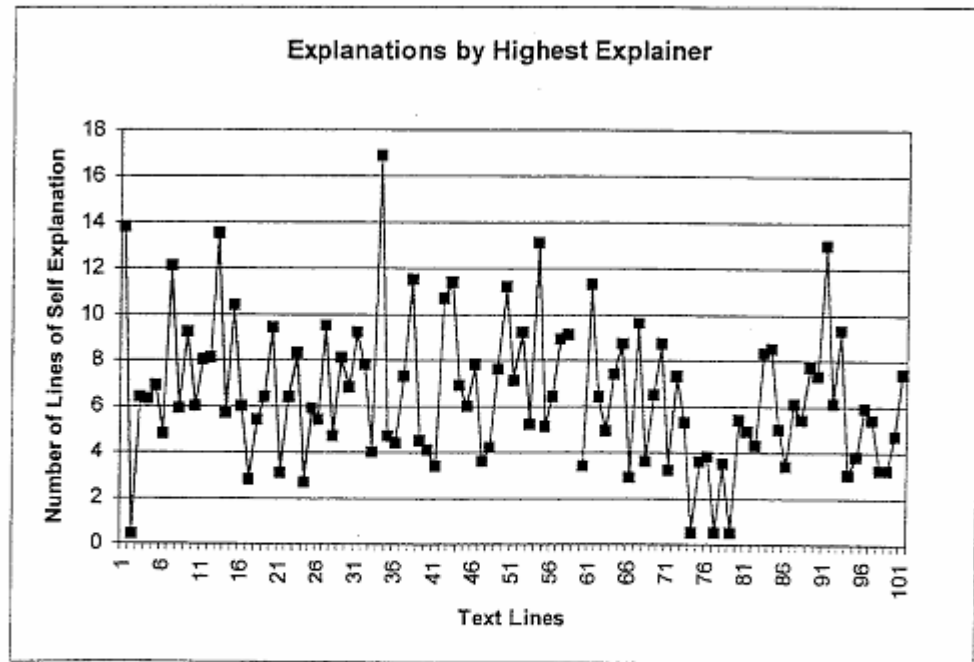
(d)



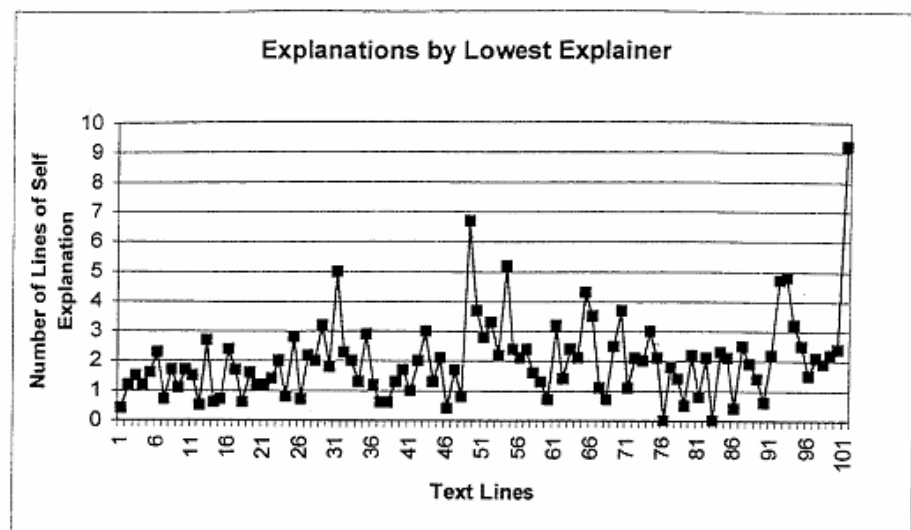
(b)



(c)



(c)



(d)

FIG. 4.2. Distribution of spontaneous self-explanations across the sentences of three worked-out examples for four high explainers for Example 5 (a) and Example 8 (b), four low explainers (c, d), and for the best and the worst learner's enforced self-explanations (e, f).

- How to Operationalize Mental Model Gaps and Conflicts(or Violations)
 - ◇ gaps : モデルの中でかけているところ .

- ◇ conflict : 一般的な意味での矛盾 .
 - ◇ violation : 矛盾の中でも特別なもの . 間違っているにもかかわらず , 構成要素同志の繋がりが一貫しているモデル(flawed mental model)に埋め込まれた信念と個々のテキストの命題との矛盾
- How to Characterize Mental Model Repair
- ◇ Table4.3 参照

TABLE 4.3
Characteristics of Repair

1. Pauses and uncertainty statements such as ums at points of conflicts.
 2. Monitoring statements of failure to understand.
 3. Repetitions of the same self-explanations.
 4. Effortful and lengthy self-explanations in contrast to short confirmatory ones.
-

- ◇
- A Microgenetic Analysis of a Single Case From a Second Biology Study
 - ◇ Flawed Mental Models.
 - ◇ Four Self-explanations at Points of Conflicts.
- Evidence Consistent With the Repair Interpretation
前述のケーススタディ以外による証明
 - 1 . テキストの内容に , より詳細な説明を付与しても , 学習効果が上がる時とそうでないときがある(Recker & Pirolli,1995; Reder, Charney, & Morgan,1986) .
 - 2 . 他者に説明されるより , 説明を生成するほうが効果がある(Webb,1989) .
 - 他者から修正されるより , 自分自身で修正したほうがより効果的であるといえるのではないか .
 - 教師やチューターは学生のメンタルモデルを正確に把握することはできないので(Chi et al.,2004) , 講義は個々の学生のメンタルモデルの修正にあわせることができない . 従って教授的な方法は self-explanations より効果がないのである(Chi,1996) .
 - explanations はメンタルモデルの修正のために自分自身で生成される時に最も有効である .
 - 3 . 高学習者はモニタリングの発話が多く , 低学習者は少ない (Chi, Bassok, et al.,1989) .
 - このことは高学習者はよくモニタリングするので自分のメンタルモデルとテキストとの間の conflicts によく気づき , 修正するので学習効果が上がると考えられる .

SUMMARY AND DISCUSSION

➤ The Process of Self-Repair

- ◇ inference-generating view では生成された SEs の量の個人差と学習効果の関連の説明ができなかった。
- ◇ self-repair view の利点 1 : SEs の個人差を説明できる。
 - 個人のメンタルモデルから生成されるので個人差がある。
- ◇ self-repair view の利点 2 : プロンプトの 2 つの効果を提示できる。
 - 新しい情報と自分自身のメンタルモデルを比較するように教示することによって, conflicts に気づく機会を与える。
 - 矛盾に気づき, 否定されることを促進する。
 - このようにプロンプトが self-explanation を促進するという結果を説明する。

➤ What Happens With Incorrect Self-Explanations?

- ◇ どちらの実験の分析においても, 誤った self-explanation を含んでも, 除外しても基本的な結果のパターンは変わらなかった。
- ◇ なぜ誤った self-explanation は学習に悪影響を与えないのか, inference-generating view では説明できないが, self-repair view からは説明できる。
 - おそらく, 誤った self-explanation の生成はそれらがテキストに誤りを指摘されることによって conflicts を生じさせることになるので, 学習を促進させるのではないだろうか。
 - conflicts が観察されたときは, 観察されなかったときより学習を向上させていた。
conflicts の存在は学習を促進させる。

➤ Comparison to Other Constructive Activities

- ◇ その他の 6 つの構成的な活動との比較
 - 1 . self-questioning or posing questions to oneself
 - : 自分自身への質問。学生は質問の生成の仕方を教えられる。(King,1991)
“ How is ...related... ? ”, “ Explain why ... ” etc.
 - self-explaining のプロセスのなかで自分自身のモデルから生成される質問とは異なる。“ Why does blood go to the lung? ” etc.
 - 生成された質問に答えようとするなかで自分の誤解を見出すので効果的なのであろう。
 - 2 . explaining or posing questions to others
 - : 他者への説明と(テキストからの)質問の提起。

- self-explaining や self-questioning が自分自身のメンタルモデルからなされるのに対して、これらはテキストの内容に基づいてなされる。
- 他者から説明をされるより、他者へ説明したほうが学習効果がある。(Webb,1989)
- (筆者の知る限り)self-explaining や self-questioning と explaining and questioning to others を比較した研究はないが、explaining to others もまたメンタルモデルの修正を引き起こすのかもしれない。

3 . asking questions of others

：わからないことを他者へ質問する。

- 構成的な活動であるだけでなく、質問をするということは自分自身の誤解や conflicts について質問をするという活動であることから、とても効果的な学習方略であるといえるだろう。
- 学生の質問に適切にフィードバックを与えることができれば、学生がこれらの解答を求めることは自分の conflicts や誤解を解明する手助けになるだろう。

4 . answering questions posed by others

：他者からの質問に答える。

- より説明的な解答を生成するように求められなければ(King,1990)、学習効果は少ない(Hamilton,1985; Redfield & Rousseau,1981)。
- 解答する目的が他者のゴールであるからではないだろうか。
- asking questions よりも学習効果は少ない(Davey & cBride,1986)。

5 . summarizing and notetaking

：要約とノートをとること。

- 要約は最後まで読んでからなされる。(内的なメンタルモデルではなく)外的なものから生成される。テキストに書いてないことを書いてはいけない。
- ノートをとることは要約とは別の活動であるが、key sentences を抜き出すことはコピーとデリートで要約を作っていくことと似ている。
- ノートをとることは構成的な活動であるので、何度もテキストを読むよりは、内容の保持にとって有効である(Dyer, Riley, & Yekovich, 1979)。
- 要約もノートをとることも、ともに、1週間後の内容保持テストで self-questioning に成績が劣る(King,1992)。

6 . drawing either concept maps or diagrams

：コンセプトマップやダイアグラムを描く

- 空間的なところで起こる構成的な活動である。
- self-explaining や self-questioning ほど細かいところを表現できない。

- かつ，時間がかかる．
- 利点は，目で見ることができて，それによって推論を生成することができる点である．ex.)幾何学的な問題を解くとき，あるものとあるものの関係を見出すとき．
- 言語的な媒介よりも空間的な優位性があるにもかかわらず，学習効果は少ない(Heinze-Fry & Novak, 1990) ．

◇ 比較のまとめ

- 上記の予測はそれぞれの活動が self-repair を含んでいるかいないかという点についてなされたものである．
- それぞれの活動の効果は，その中で生成されたものの質によって影響されるので大まかなことしかいえなかった．
- 最も学習を促進する活動は，自分のメンタル表象についての疑問と修正をするという方法で学習内容の理解をするという自分自身のゴールを目標とする活動である，ということは明らかである．

➤ What Type of Intervention Is Effective?

- ◇ 教師やチューターが学生のメンタルモデルの conflicts を知るのはとても難しい．学生自身が最も良く自分のメンタルモデルの gaps と conflicts を知る立場にある．すなわち，メンタルモデルをどう修正すべきかは学生自身が一番よく分かる．

学生自身に自分のメンタルモデルと規範的なモデルの間の矛盾を見出すことを促すプロンプトが有効であろう．すなわち reflection を促すようなプロンプトがいいのではないだろうか

➤ Two Caveats

- ◇ self-repair view の見地からは，学生が持っている単純なモデルと科学的なモデルがうまく合えば conflict が self-repairing を引き起こして学生のモデルが正しく修正されるが，全く見当違いのときは，学生は持っているメンタルモデルを破棄し，新しいモデルを形成しなければならない．

その際にはメタフレームワークを提供することが学習領域の理解を促進するであろう

- ◇ メンタルモデルの修正のメカニズムと buggy-rule repair や gap-filling repair のメカニズムとが一致する範囲はこの章では解明できない深い問題を残した．