

Elementary Students' Strategies for Writing-to-Learn in Science

Perry D. Klein

Abstract

ライティングの学習への効果

過去の研究では、ライティングが学習に貢献する可能性が示されてきた、しかし、小学生におけるライティングの研究はほとんどない。

4, 6, 8年生の子ども 70人が、科学的課題(浮力またはバランスに関する課題)の実験を行い、その現象の解釈を述べ、そして、発話を行っている間 journal-style のノートを書いた。15人の生徒が書いている間により複雑な説明を構築した。

データ分析の観点

- ・ライティング作業
- ・ライティング作業における遷移順序
- ・文章の特徴
- ・コンテンツの生成に対する方略

7つの要因

- ・Text Production：テキストの生成
- ・Searching From Experiment：実験からの探索
- ・Brainstorming：ブレインストーミング
- ・Elaborative Genre：複雑な分野
- ・Goal Setting：ゴール設定
- ・Searching From Text：テキストからの探索
- ・Reviewing Beliefs：信念を見直すこと

説明の向上に関する要因

- ・ブレインストーミング
- ・テキストからの探索
- ・実験からの探索
- ・テキストの生成(わずかに)

0. Introduction

多くの言語教育者や研究者が、ライティングが学生に、難しいコンテンツを理解する、批判的に考える、そして新たな知識を構築することにおける効果を議論してきた。

同時に、科学、数学そして歴史といったコンテンツにおける教育者は、ライティングがそれらの専門領域における生徒の学習に寄与する可能性を議論してきた。

数十年、ライティングが学習に寄与するという主張が実験的に立証されないまま残されてきた。

Britton(1982)の仮説

口に出すことによって、ライティングが学習を形成する効果。

ほとんど方略的な専門的知識を仮定しない。

統語的そして意味的な構造を強要される。

Forward Search 仮説

現在の問題状態への注意が要求される

Backward Search 仮説

修辭的問題と問題解決の2つの問題解決空間で考えることの効果。

ライティングにおける修辭的目標の解決のため コンテンツに対する副目標を設定する

ジャンル仮説

複雑なジャンルによる効果。

1. METHOD

課題の選定

- ・小学校の科学的教育における重要な概念を含むもの
 - ・生徒がすばやく収集できるデータを使って原理的には解くことが可能だが、深い分析を必要とするもの
- 2つの科学的課題を対象とした

浮力課題

- ・なぜ物体が沈むのか？浮かぶのか？
- ・子供の浮力に関する横断的研究(Inhelder and Piaget(1958))
子供の説明・解釈は以下のようにグループ化することができ、複雑さは年齢と教育によって増加する。
 - (a)矛盾したまたは断片的な説明
 - (b)重さ
 - (c)物質のタイプ
 - (d)物質のタイプの重さという特徴
 - (e)密度、重さ/体積
 - (f)液体と物質の密度後の発達研究や教育研究によって、上記のように説明が進んでゆく必要がないが、この系列は年齢や教育レベルと相関していることが示された。

バランス課題

- ・各アーム上にいくつかのペグがあり、ディスク状の錘がそのペグの上に乗せることができるようになっている。
- ・アームがバランスするか？、右に傾くか？、左に傾くか？予測することを求められた。
- ・Siegler(1985)
ほとんどの生徒の予想は、以下の4つのうちの1つであることを示した。
(上位のルールは下位のルールを含む)
 1. 支点の両サイドの錘の重さが同じなら、はかりはバランスする。もし、X側がより重いならそちらに傾く
 2. 重さが同じで、X側がより離れているなら、X側に傾く
 3. Xがより重く、X側が離れていないなら、経験に基づいて推測する
 4. X側がより重く、X側が離れていないなら、トルクを計算する。 $t_1 = w_1 * d_1$, $t_2 = w_2 * d_2$
- ・Hardiman, Pollatsek, and Well(1986)
数人の被験者は、乗法によるルールよりも一般的でない量的ルールを作った。
例：一方の重さが2倍で、反対側の距離が2倍なら、バランスが保たれる。

1.1 浮力課題

被験者

男子 19 人, 女子 17 人 (4, 6, 8 学年), 計 36 人

課題

- ・ 6 リットルのバケツの水
- ・ 3 つに区分けされた仕分け用マット (浮かぶ, 沈む, その他)
- ・ 小さな木のブロック (10cc, 6g), 大きな石 (70cc, 187g), 小さな石 (11cc, 27g), 大きな木のブロック (845cc, 435g), 塩の詰まったプラスチックピン (180cc, 216g), 小麦胚芽が詰まったプラスチックピン (180cc, 57g), 水の詰まったプラスチックピン (180cc, 178g), 中くらいの木のブロック (88cc, 50g と表記), 小さく密度の高い木のブロック (42cc, 50g と表記 中くらいのブロックと同じ重さ), 底に穴の開いたアルミ缶 (200cc, 32g 空, 230g 水でいっぱい).
- ・ “ 何によって物は沈むのか? ”, “ あなたはどのようにそれを学んだか? ” と書かれた紙

手続き

生徒はインタビューを受け, インタビュアーはテープに記録した.

1. 発話練習
2. あなたの言葉で, 何がオブジェクトを浮かべるまたは沈めるのかを教えてください.
もし, 被験者が, “ 軽い ”, “ 密度の高い ”, “ 表面積 ” などの言葉を用いたら, インタビュアーはそれらの意味を明らかにするために, 制限のない質問をさらに行う.
3. インタビュアーは先にリストされた順番で, 一つずつオブジェクトをテストするように伝え, どうなると思うか?, なぜそれが浮かぶか? 沈むか? の質問を行った. そして, 各オブジェクトの浮力をテストし, 仕分け用マット適切な位置にそれを置いた.
4. タスク終了後, インタビュアーが, “ 実験を終えて, オブジェクトが何によって浮くあるいは沈みますか? ”, “ この実験から何を学びましたか? ” と質問し, 発話を伴ったライティング課題を与えた.
5. ライティング後, インタビュアーは “ 実験に関するライティングを終えて, 何がオブジェクトを浮かばせるまたは沈めるとおもいますか? ” と質問した.

浮力実験のスコアリング

実験直後のライティング前の説明レベル ライティング後のより高い説明レベル

ライティングによる説明の向上

1.2 バランス課題

被験者

男子 15 名, 女子 19 名 (4, 6, 8 年生), 計 34 名

課題

- ・ 各アームに 4 つのペグのついた天秤, 9 つのディスク状の錘
- ・ アーム上にこれらの錘が配置された 15 の図が描かれたワークシート (4 つのルールにもとづいて大体難しい順に並べられている)

手続き

浮力課題と類似.

1. 発話練習
2. 以下の質問に言語報告
“ 何がアームを一方に傾けるか? もしくはバランスさせるか? ”
3. 15 の実験試行が書かれたワークシートを受け取る. 各試行に対して, インタビュアーは
“ どちらに傾くか, バランスすると思いますか? ”

- と質問し、回答後に、図と同じ配置になるように実験を行い、結果をワークシートに記録した。
4. “実験を終えて、アームをどちらに傾けるもしくはバランスさせるのは原因は何ですか？”と質問し、ライティング課題が行われた。
 5. ライティング課題の後、“実験についてのライティングを終えて、ビームをどちらかに傾けるもしくはバランスさせるのは何だと思えますか？”と質問

バランス実験のスコアリング

スコアリングの手続きは浮力課題と同様

1.3 分析

分析の観点

- ・ライティング作業
- ・ライティング作業における遷移順序
- ・文章の特徴
- ・コンテンツの生成に対する方略

3. Results

3.1 Explanations

浮力課題

- ・実験前

3つの学年におけるほとんどの生徒は重さだけをもとにして浮力を説明した(Table 1)。

- ・実験後

4, 6 学年の生徒は様々な説明を行い, 8 年学年のほとんどの生徒は重さを体積に関連させた(Wilcoxon signed ranks, $z = -3.50$, $p < .01$)。

- ・ライティングの後

6, 8 年生のほとんどの生徒は重さを体積に関連させて浮力の説明を行った。10 人の生徒が, ライティングの間に説明の向上があり, そのうち 8 人はより複雑な説明を, 2 人は初期の間違った考えを棄却した($z = -2.56$, $p < .01$)。

- ・相関関係

ライティング後の説明レベルに相関していた(Kendall の tau-b ノンパラメトリック相関係数(34) = .35, $p < .05$, しかし, ライティング中とは相関がなかった(36) = .1, ns.)。

バランス課題

- ・実験前

4, 6 年生の約半数と 8 年生のほとんどがバランス課題の振る舞いをルール 3 (重さと距離の質的な組み合わせ)を用いて説明した。

- ・実験後

15 人がより複雑な説明を行った。全ての学年においてほとんどの生徒はルール 3 を用い, 1 人がより単純な説明に逆行した。全体的に有意に向上(Wilcoxon matched pairs signed ranks test, $z = -3.40$, $p < .01$)。

- ・ライティングの後

全ての学年においてルール 3 が最も一般的な説明として続いて用いられ, 5 人がより複雑な説明を, 2 人がより単純な説明を行った。全体的にほとんど向上無し($z = -1.26$, $p = .10$)。

・相関関係

ライティング後の説明は学年レベルと相関しなかった(3 学年全てにおけるルール3の説明が多かったため($\tau\text{-}b(34) = .17, ns$)).

ライティング中の説明の向上と学年との相関もなかった($\tau\text{-}b(34) = .03, ns$).

3.2 ライティング作業

科学的課題, 学年, 説明の向上とライティング作業の関係(Table 6)

ほとんどのライティング作業の頻度は課題間で非対称だった.

最も頻繁なライティング作業は, 生成や生成と書き換えなどの生成に関するものであった.

浮力課題では, 生徒は, 生成し, 書き換え, そして事前知識を見直した.

また, 実験結果をバランス課題より有意に見直した.

・学年と有意に相関した作業

“生成と書き換え”, “実験結果の見直し”, “評価と修正”

・ライティングにおいて説明の向上を予測する作業

“生成”, “書き直し”, “実験結果の見直し”, “テキストの見直し”, “評価と修正”

・全作業の回数

説明の向上と有意に相関

3.3 ライティング作業における遷移順序

ライティング作業における遷移確率(Fig 1).

81 パターンの内, 25%以上のものを示した.

チャンスレベル以上

goal-setting / organizing generate & transcribe, Question/Comments

review prior knowledge, review experiment generate, generate&transcribe

generate transcribe

review text evaluate/revise

これらの遷移はライティングのプロセス理論とおおむね一致する.

プランニング作業は生成作業の後に起こり, 生成作業は見直し作業の後に起こる.

遷移確率はライティング中に概念の向上と関係していたのか?

25%以上のものについて分析(fig 1.)

2グループで比較(説明の向上があったもの, なかったもの)

generating, transcribing, reviewing experimental results, reviewing text, evaluating and revising の頻度は説明の向上があった被験者で有意に大きかった.

しかし, 10 パターンの遷移は, 被験者の間の確率に有意な差はなかった.

3.4 テキストの特徴

被験者のテキストの特徴(table 7).

ほとんどの生徒のテキストに, explanation と comparison の両方が含まれていた.

修辭的な述語(explanation, comparison, description)の頻度

バランス課題よりも浮力課題において有意に多い.

説明の向上は3つの修辭的熟語の頻度と相関していた。

テキストの広範囲の特徴 (Deep-linked clauses, Deepest level of text, total clauses)

深くつながっている節の数, 深いレベル(節が連続して繋がったもの), 節の総数がバランス課題よりも浮力課題で有意に大きかった。

これらのテキストにおける広範囲の特徴は

学年レベル

ライティング中における説明の向上と相関していた。

3.5 コンテンツの生成に対する方略

説明の向上におけるコンテンツを生成することに対する方略の効果(Table 8)。

各方略はローカルレベルでコード化されている。

no-search 方略

ほとんどのプロトコルで少なくとも一回はあり, 多くの生徒は最初にこの方略を用いた。潜在的なゴールセッティングや問題解決をせずに初期の説明を記録しようとした。

reviewing experimental results 方略

ほとんどの生徒は明示的にコンテンツを生成するために用いた。

他の方略

少数の生徒が使用した。

課題間の差

浮力課題とバランス課題の間の頻度において有意な差はなかった。

相関関係

学年レベルと Search from text と search from genre との間に正の相関

学年レベルと No-search との間に負の相関

説明の向上と Search from text と Backward search との間に正の相関

説明の向上と No-search との間に負の相関

global content-generating strategy

・ no-search: lowest level: 22/70

どのようなライティング方略にも顕在的な注意が要求されない

・ forward search: middle level: 42/70

現在の問題状態への注意が要求される(テキストと実験結果)

・ backward search: highest level: 6/70

現在の問題状態とサブゴールへの注意が要求される(genre structure といったような)

これら3つの方略は異なった認知的負荷を強い, より複雑な方略は後から展開される。

浮力課題(mean rank = 39.28)ではバランス課題(31.50)よりもわずかに global text generating strategies が高かった($z = -1.84, p = .07$)。

学年レベルはわずかに global text generating strategy と相関していた($\tau\text{-}b = .20, p = .07$)。

global level strategy と説明の向上との相関

global level of text generating strategy は有意に説明の向上と相関していた($\tau\text{-}b = .42, p < .01$)。

forward search を用いた42人の生徒のうち11人に説明の向上があったのに対して, global strategy

として no-search を用いた 22 人の生徒のうち一人も説明の向上がなかった (Mann-Whitney U Wilcoxon rank sum W test, $z = -2.62$, $p < .01$) .

backward search strategy を用いた 7 人のうち 4 人は説明の向上があり , forward search と比較し有意に増加した ($z = -1.98$, $p < .05$) .

3.6 Integration of Analyses

本研究の中心的な興味

ライティングの間のどのような要因が , 学習を予測するか ?

ロジスティック回帰分析

変数は 3 つのブロックのモデルに入れられた .

Block1: 学年レベルと科学課題はライティング課題に優先するため

Block2: できるだけモデルを単純にするため , 7 つのライティングの因子

Block3: ライティング因子のそれぞれとの相互作用

このモデルは 90% の事例を説明した .

Brainstorming, Search From Text, Search From Experiment が部分的に相関を示した .

Text Production がわずかに部分的相関を示した .

これら 4 つの因子が , 説明の向上における 24.67% の変動を予測した .

4. Discussion

この研究で , 少数の生徒が科学的現象に関する説明を構成する厳しい学習規準を満たした .

この課題が生徒から幅広い writing operations や text features そして content generating 方略を導いた .

これらの独立変数の間の変化のほとんどは , 7 つの要因に帰することができた .

ロジスティック回帰分析によって ,

ブレインストーミング , テキストからの検索 , そして実験からの検索の 3 つの要因がライティングを行っている間の学習を予測した .

この研究で明らかになった主要な発見

小学生に対して , writing-to-learn が有益であり , 方略が多様で , その方略は他の方略と独立で , そしてそれらの効果は付加的である .

将来的な研究は , 他のライティング課題を用いる , またはより上級生を使う (様々な方略の使用) など .

writing-to-learn としての多様性の優勢 , 独立 , forward search 方略は , 2 つの矛盾の打開として解釈することができる .

1. 発声のポイントで形成する nonsearch 操作は , 軽い認知的な負荷を課して , ほとんど複合的知識を必要としないため , 大抵十分な知識の変化を行わない .
2. backward search や複数の方略の組み合わせた利用のような複雑な処理は , 生徒に大きな認知的負荷を与え , そして洗練された複合的知識を要求する .

高学年の生徒は適度な認知資源を持ち , ライティングの方略が制限されている .

そのため , 適度なライティングの能力の制限の中で

forward search from text

forward search from experiment

brainstorming

が利用され問題解決を可能にする .

ライティングを通じた学習は小学校における適切な活動である