

Cognitive Load and Learning Effects of Having Students Organize Pictures and Words in Multimedia Environments: The Role of Students Interactivity and Feedback

Roxana Moreno, Alfred Valdez

・ INTRODUCTION

- ✓ 指導者がマルチメディア技術を使って、学習を促進させるにはどうしたらよいだろうか?
- ✓ 本研究の目的
  - ◇ マルチメディア学習の研究成果に基づき、科学的理解を促進させること
    - Dual code の役割
      - dual (言語と非言語を同時) に提示することは理解を促進するのか?
    - Interactivity の役割
      - 学習者自身に因果連鎖を構築させることが、あらかじめ用意された因果連鎖のステップよりも学習を促進させるのか?
- ✓ Multimedia 環境
  - ◇ 様々な表現を提示することが可能であり、学習を促進させる可能性がある
    - 提示される物の例：図、言葉、音声、動画、アニメーション ...
  - ◇ 本研究
    - Dual code の検討：2つの表象（例：図とテキスト）で示される方が、単一の表象（例：図またはテキスト）よりも理解が促進されるのか？
    - Interactivity の検討：学習者に対し因果連鎖を構築させることは学習は促進するのか？
- ✓ 本研究の学習対象：稲妻はなぜできるのか? (全 16 ステップで構成)
  - ◇ Dual code 検証
    - (a)GroupP
      - 稲妻生成の因果連鎖を図のみで表現
    - (b)GwoupW
      - 稲妻生成の因果連鎖を言語のみで表現
    - (c)GroupWP
      - 稲妻生成の因果連鎖を図と言語で表現 (GroupP+GroupW)
  - ◇ Interactivity の検証
    - Dual code の各条件を 2 分化
      - non-interactive(NIgroup)
        - ◇ 全ステップが時系列に示され、学習者が操作することはない
      - interactive(Igroup)
        - ◇ ステップが時系列通りに示されず、学習者が操作 (自分で組織化) しなければならない

#### ◇ 測定項目

- Retention
  - 稲妻のプロセスで学んだことを記述（学習した項目が再現できるか？）
- Transfer
  - 4問の転移課題（学習項目とは関連しない稲妻の問題）
- Mental load
  - 学習プログラム（使用した学習環境）がどれくらい大変だったのかの評定
- Relative efficiencies
  - Mental load とパフォーマンス(retention, transfer)から算出され,学習効果の指標となる
    - ◇ 基本的な考え：負荷を感じず,好成績が良い

#### ✓ Theoretical Framework

##### ◇ Mayer と Moreno(2003) : Cognitive Load Theory of Multimedia Learning(以下, CTML)の提唱

- CTML の仮定
  - (a) The dual channel assumption
    - 人間の情報処理における2つの分かれたサブシステムの存在
      - ・ Verbal code : 言語 (テキスト, 音声 ...)
      - ・ Non verbal code : 非言語 (図, アニメーション ...)
    - verbal 情報と non verbal 情報双方を上手く組み合わせて提示することが重要
  - (b) The active processing assumption
    - 意識的な処理の必要性: 受動的でない, active な学習の必要性
    - 自己で組織化することが重要(e.g., generation effect, self-explanation effect)
  - (c) The limited capacity assumption
    - ワーキングメモリの容量の制限: Cognitive Load Theory の中心
    - 本研究の教授法がどのような負荷となるのかを検討することが付加的な目的

#### ✓ Hypothesis and Predictions

##### ◇ Dual-code hypothesis

- GroupWP は GroupW, GroupP よりも, 低負荷で高成績を示す

##### ◇ Interactive hypothesis

- Interactive な条件は, non-interactive 条件よりも, 高負荷だが, 高成績を示す
- ここでの負荷 = 学習のために必要な負荷なので, 負荷を感じてもよい

#### • EXPERIMENT1

##### ✓ Method

##### ◇ Participants and design

- 被験者: 教育心理学専攻の大学学部生 98 名
  - 平均年齢 27.31
  - 条件間による年齢, 性別の差はなし
- 各条件の人数

- I-P : 17 , I-W : 16 , I-WP : 15
- NI-P : 16 , NI-W : 15 , NI-WP : 19

#### ◇ Materials and apparatus

- 質問紙
  - 人口統計学(???)と気象学の問題（先行知識の測定）
- 困難さの評定(difficulty-rating)
  - 学習の困難さを7段階で評定
    - ◇ 質問：「稲妻のプロセスについて学ぶのはどれくらい難しかったですか」
    - ◇ 1:very easy ~ 7:very hard
- 保持テスト(retention test)
  - 質問：「どのように稲妻ができるのか説明して下さい」
- 転移テスト(transfer test)
  - (a) 稲妻の強さを増すにはどうしたらいいですか?
  - (b) 雲がありますが、稲妻はありません。なぜでしょうか?
  - (c) 空気の温度は、稲妻に関係しているだろうか?
  - (d) 電荷は稲妻に関係しているのだろうか?
- コンピュータシステム
  - 稲妻はなぜできるのか?を説明する16フレームの流れから構成：図1
    - ◇ 図のみ(P)，言葉のみ(W)，言葉と図両方(WP)の3バージョン
    - ◇ Interactive Group
      - ランダムに4フレームが提示され，3分の間に正しい順番に並べ替える
        - 並べ替えに対して，正しければ *Correct!*と表示，間違っていれば，元の位置に戻されてしまうというフィードバックが内蔵
        - 3分間が終了すると，正しい並び方を1分中表示
    - ◇ Non-interactive Group
      - 正しい並び方をした4フレームが4分間提示される
      - 同様のセットを3セット行い計16フレームが完了する
  - 図1：NI-WP group の例
    - ◇ GroupW：図が提示されない
    - ◇ GroupP：文字が提示されない
  - Macromedia の FlashMX で作成されており，pentium ，15inch モニターの PC で実行を行う

#### ◇ Procedure

- 一度の実験に1~6名が参加，被験者はランダムに各条件に割り当て
  1. コンピュータの前に座り，質問に回答（プレテスト）
  2. コンピュータシステムでの学習
  3. 各テストの実行(retention, transfer, difficulty-rating)

◇ Scoring

- 2名の評定者が Moreno and Mayer(2000)に基づき評定
- 評定者間一致率
  - Retension:92% , Transfer:87% , Difficulty:100%
  - 相違点は話し合いで解決

✓ Results and Discussion

◇ 多変量分散分析(MANOVA)を実施：表 1

多変量分散分析とは?? (<http://www.g-link.co.jp/CSN/Manova.htm> より)

多変量分散分析は、1組の応答との関係に基づいて、グループを比較するテクニックです。例えば、製造工程において、使用する生産ラインによってグループが定義され、硬さや強度といった完成品の品質に関する様々な測定を応答とします。この工程において、品質が生産ラインによって異なるかどうかを決定したい場合があります。このような工程を対象として解析を行う1つの方法として、個々の応答を考慮した一連の解析を行う方法があります。生産ラインと強度の関係の解析と、生産ラインと硬さの関係の解析は別々に行うことができます。1回に応答が1つずつ考慮されるために、このような解析方法を単変量と呼びます。しかし多変量分散分析の利点は、同時に複数の応答を考慮する多変量テクニックにあります。多変量分散分析は、応答の線形結合に基づいてグループ間の相違を調べるため、単変量テクニックよりも効果的です。例えば、硬さ、強度のどちらに関しても生産ラインによる差が見つからず、2つの応答が同時に考慮されて初めて生産ラインによる差が明確になる場合があります。

- ◇ MANOVA の結果 ( code(P, W, or WP) × interactivity(I vs. NI), 従属変数 : retention, transfer, difficulty , 以下 MANOVA の有意水準 : p=.05, 各要因における ANOVA の有意水準 p=0.017 とする )
  - Code groups(P,W, and WP)の主効果(p < .0001)
    - Code による成績の差
  - Interactivity Group(NI, I)の主効果(p = .004)
    - Interactivity による成績の差
  - Code と Interactivity の交互作用は認められず
- ◇ Issue1:生徒は2つの提示の方がよかったのか? ( interactivity をつづして code の分析 )
  - Retention の結果(ANOVA)
    - 条件間に差が認められる(p < .0001)
      - ◇ WP が最もよい成績(WP:8.67,W:6.65,P:2.40)
  - Transfer の結果(ANOVA)
    - 条件間に差が認められる(p < .0001)
      - ◇ WP が最もよい成績(WP:3.84,W:2.58,P:1.65 )
  - Difficulty の結果(ANOVA)
    - 有意傾向 ( p = .04 )
      - ◇ P が WP, W よりも大変(P:3.80,W:2.96,WP:3.02)
  - Instructional Efficiency : 図 2

- difficulty と performance(transfer, retention)の成績をそれぞれ標準化したのから構成,  $E=0$  が基準となり, 斜めに見て上側はより効果的であり, 下側は効果的でないことを示す
  - ◇ 効果的: 負荷を感じず高成績
  - ◇ 効果的でない: 負荷を感じて低成績
- 条件間に差が認められる( $p < .0001$ )
  - ◇  $WP:E=0.62, W:E=0.28, P=-0.90$

◇ Issue2:interactivity の効果は? (code をつづして interactivity の分析)

- Retention(ANOVA)
  - 条件の有意傾向( $p=.03$ )
  - 仮説に反して, NI 条件の方が成績が高い傾向があった
    - ◇  $NI:6.50, I:5.31$
- Transfer(ANOVA)
  - 条件の有意傾向( $p=.001$ )
  - Retention と同様に, 仮説に反して, NI 条件の方が成績が高い傾向があった
    - ◇  $NI:3.58, I:2.94$
- Instructional Efficiency
  - Retention, transfer において, NI の方が効果的であった (Retention:  $NI:E=.26, I:E=-.26$ , Transfer:  $NI:E=.36, I:E=-.37$ )

◇ 実験 1 の結果まとめ

- 予測通り: 2 つの表示法 (WP) が成績がよく, 負荷が少なかった
- 予想と異なる: Self-organize technique (interactivity) が逆効果に (負荷を感じ, 低成績)
  - 学習時間が制限されていたためか? 実験 2 で確認
    - ◇ 学習者にペースを委ねるのが interactivity の役割...
  - フィードバックがだめだった? 実験 3 で確認
    - ◇ 考えてやるというよりも, 試行錯誤的になっていた?

・ EXPERIMENT2

- ✓ 実験 1 で Interactivity の効果が現れなかったのは時間の制限によるものなのか?を検討

◇ 条件

- I-ST(interactive, system-timed): インタラクティブであるが, 時間はシステムがコントロール
- I-UT(interactive, user-timed): インタラクティブであり, ユーザが時間をコントロール
- NI-ST(non-interactive, system-timed): インタラクティブではなく, 時間はシステムがコントロール

◇ Method

- Participants and design
  - 被験者: 教育心理学専攻の大学学部生 53 名
    - ◇ 平均年齢 26.43

- ◇ 条件間による年齢，性別の差はない
- 各条件の人数
  - ◇ I-ST : 17
  - ◇ I-UT : 18
  - ◇ NI-ST : 18
- Materials and apparatus
  - コンピュータシステム以外は実験 1 と同様
  - コンピュータシステム
    - ◇ I-ST : 実験 1 の I-WP 条件と同様
    - ◇ I-UT : 制限時間なしという以外は実験 1 の I-WP と同様
    - ◇ NI-ST (記述なし):(おそらく) 実験 1 の NI-WP と同様
- Procedure
  - 実験 1 と同様

✓ Result and Discussion

- ◇ 実験結果：表 2 上部
- ◇ MANOVA の結果
  - グループ間の違いは認められず( $p = .69$ )
    - 実験 1 の interactivity の結果は時間のコントロールによるものではなかった
    - +予想と反して，I-UT 条件の方が学習時間が短かった( $p < .001$ )

• EXPERIMENT3

- ✓ 実験 1 で Interactivity の効果が現れなかったのはフィードバックの質によるものなのか?を検討
  - ◇ 単純な操作（試行錯誤的）になっており，深く考えなかったのではないかを検討
- ✓ 条件
  - ◇ I-SF 条件：これまでと同様のフィードバック（操作に対して Correct!の提示または，やり直し）
  - ◇ I-UF 条件：システムフィードバックの前に，ユーザに確認が入る（本当にここでいいですか? というような確認が入る）
- ✓ Method
  - ◇ Participants and design
    - 被験者：教育心理学専攻の大学学部生 31 名
    - 平均年齢 22.68 歳
    - 条件間による年齢，性別の差はない
  - ◇ Materials and apparatus
    - コンピュータシステム以外は実験 1 と同様
    - コンピュータシステム
      - I-SF : 実験 2 の I-UT 条件と同じ
      - I-UF : I-SF と同様であり，4 つのフレームを操作するときに Submit ボタンが提示される点のみが異なる
  - ◇ Procedure
    - 実験 2 と同様

✓ Results and Discussion

◇ 実験結果：表 2 の下部

◇ MANOVA の結果

- 条件間に有意差( $p = .05$ )
  - Retention, difficulty の ANOVA の結果：条件間に差は認められず
  - Transfer(ANOVA)：条件間に有意差 ( $p < 0.0167$ )
    - ◇ I-UF の方が成績がよい
  - Instructional Efficiency(transfer と mental load)
    - ◇ I-UF の方が効果的(I-UF:E=0.25, I-SF=-0.26)

✓ 実験 3 結果まとめ

◇ フィードバックの質による学習効果の違いを確認

• GENERAL DISCUSSION

✓ 本研究の目的：マルチメディア学習研究の知見から，dual code の効果, interactivity による理解促進を検討すること

◇ 実験 1 の結果から

- dual-code 仮説を強く支持
  - 図や言葉単体よりも，図と言葉の組み合わせが有効である
- self-organization technique(interactivity)
  - 我々の手法の効果はむしろ逆効果だった：高負荷で低成績

◇ 実験 2, 3 の結果から

- interactivity, ペースのコントロール, どのようなフィードバックを与えるのかを慎重に考慮しなければならない

✓ 実用的な面からの意義

◇ e-learning のデザインにおいて重要な観点を示した

- interactive な学習環境構築の必要性がある
  - ただフィードバックするだけではなく，評価させるようなフィードバックが必要
- 言語的な説明と，視覚的な表象が上手く組み合わせられる必要性がある

✓ 終わりに

◇ 本研究の制限点

- 課題の対象：対象が 1 つのみだった（稲妻の仕組み）
- インタラクティブ性の種類：1 種類のみだった（因果連鎖の組織化）
- フィードバックの種類：2 タイプだけだった（コマ送り対正しいかどうかの判断）
- 生徒の制限：気象学の初心者のみを対象  
さらなる研究が必要だよね

Figure 1 □ Selected frames from the NI-WP version of the program.

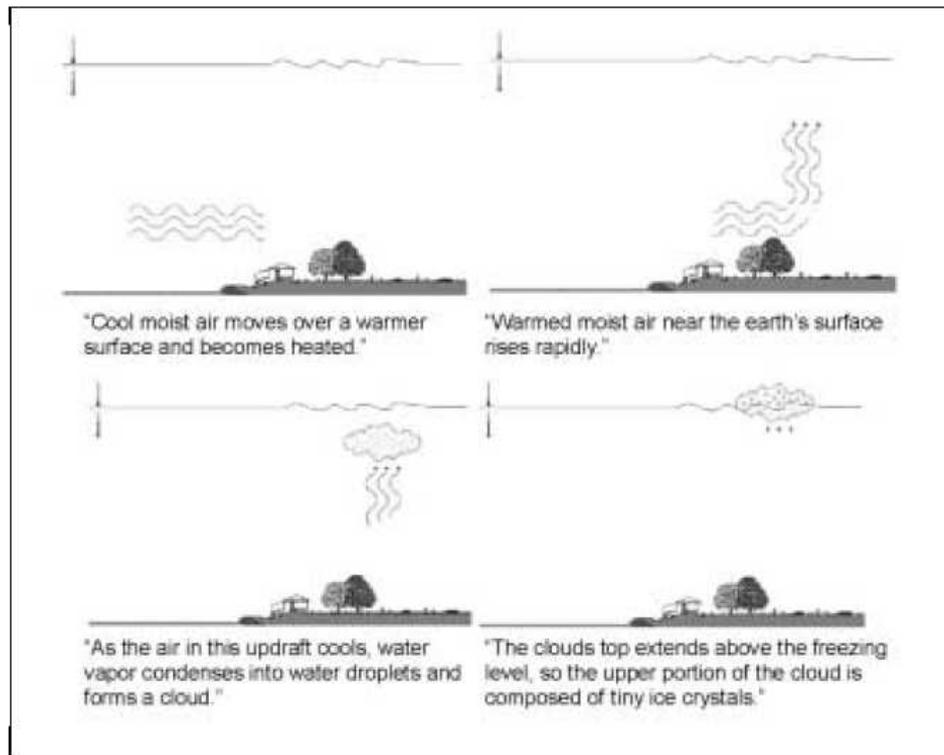


Table 1 □ Mean scores (and standard deviations) for six groups on retention, transfer, and difficulty ratings—Experiment 1.

<i>Group</i>	<i>N</i>	<i>Retention</i>		<i>Transfer</i>		<i>Difficulty</i>	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
NI-P	16	2.50	2.07	2.12	1.63	3.25	1.44
NI-W	15	7.80	3.32	3.40	1.72	2.73	1.49
NI-WP	19	9.21	3.69	4.42	2.19	2.84	1.50
I-P	17	2.29	1.79	1.18	1.18	4.35	1.45
I-W	16	5.50	2.19	1.75	1.00	3.19	1.11
I-WP	15	8.13	2.67	3.27	2.19	3.20	1.61

*Note.* Actual score ranges were 0 to 14 for retention, 0 to 7 for transfer, and 1 to 6 for difficulty.

NI-P = noninteractive-pictures; NI-W = noninteractive-words; NI-WP = noninteractive-words and pictures; I-P = interactive-pictures; I-W = interactive-words; I-WP = interactive-words and pictures.

Figure 2 □ Graphic representation to visualize the instructional efficiency of six treatment groups—Experiment 1.

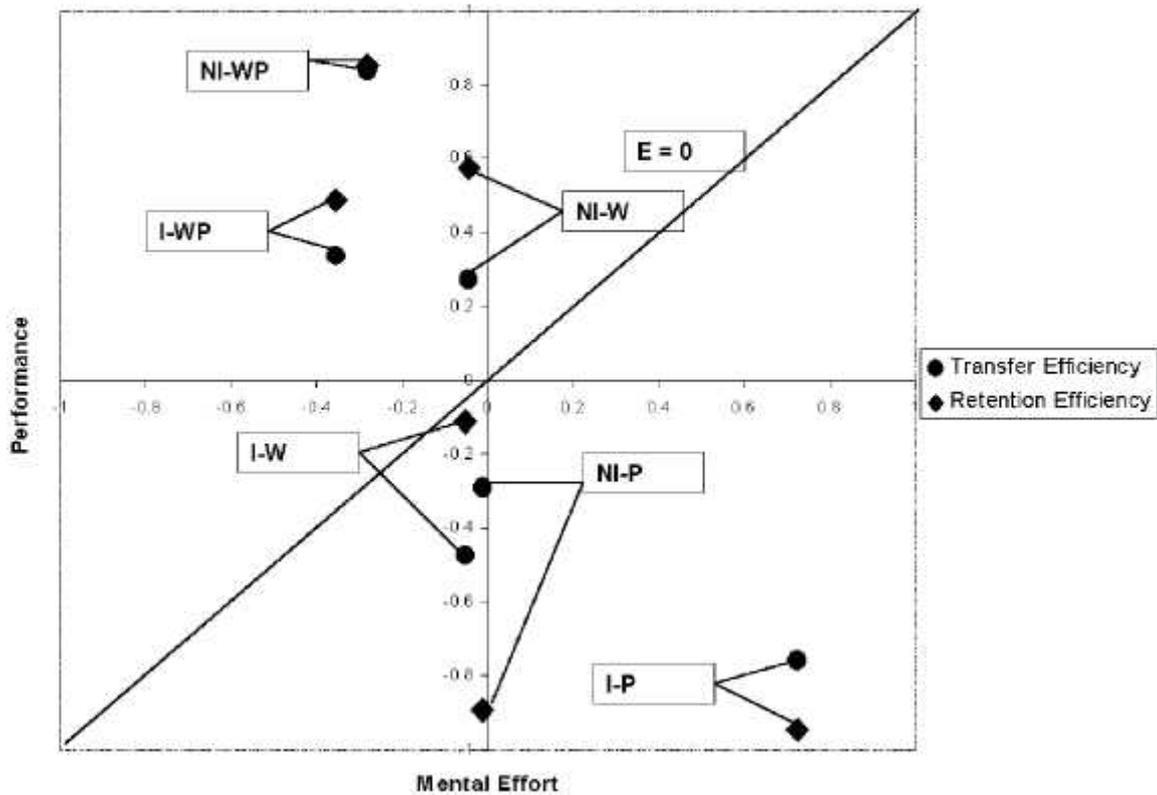


Table 2 □ Mean scores (and standard deviations) for four groups on retention, transfer, and difficulty ratings—Experiments 2 and 3.

Group	N	Retention		Transfer		Difficulty	
		M	SD	M	SD	M	SD
<i>Experiment 2</i>							
I-ST	18	8.06	3.17	3.28	1.64	3.00	1.37
I-UT	17	8.59	3.17	3.53	1.54	2.76	1.25
NI-ST	18	7.61	3.17	4.11	1.64	2.72	1.27
<i>Experiment 3</i>							
I-SF	15	7.80	2.80	3.13	1.50	3.37	1.26
I-UF	16	8.75	2.77	4.19	1.51	3.53	1.50

*Note.* Actual score ranges were 0 to 15 for retention, 0 to 7 for transfer, and 1 to 6 for difficulty.  
 I-ST = interactive group–system-timed condition; I-UT = interactive group–user-timed condition;  
 NI-ST = not-interactive group–system-timed condition; I-SF = interactive group–system-feedback condition;  
 I-UF = interactive group–user-feedback condition.