

## Relative effectiveness of animated and static diagrams: An effect of learner prior knowledge

Slava Kalyuga

### • Introduction

- ✓ 近年、学習者との熟達度と教授手法の間には相互作用が生じることが示されている
  - ✧ 初心者にとって有効なものは、より経験豊かな人には有効でない。またその逆もしかり
    - ⇒学習者の熟達度に合わせて、教授方法を変えたり、学習環境をデザインしなければならない
  
- ✓ なぜこのようなことが起こるのか？
  - ✧ Cognitive load theory のフレームワーク (see Van Merienboer & Sweller, 2005) からの説明
    - 未知(新規)の情報を扱う時：ワーキングメモリの制限が非常に厳しい (Baddly, 1997; Miller, 1956; Peterson & Peterson, 1959)
    - 既知の情報を取り扱う時：長期記憶の知識、チャンクにより、ワーキングメモリの制限が低減される
      - ⇒先行知識がカギとなる
  
  - ✧ 初心者：知らない情報が多いために、多くの情報をワーキングメモリに保持しなければならない
    - ⇒容易に過負荷状態に陥ってしまう
      - 外的な支援(より詳細にわたるサポート)が必要
  
  - ✧ より知識がある人：初心者と同様の情報を与えられると、自身が既に持っている知識と、与えられた情報の間における関連情報をワーキングメモリに保持しなければならず不必要な認知負荷が増加する
  
- ✓ Animation 関連研究の発展
  - ✧ コンピュータベースの学習環境における主要な要素として扱われる
    - 静止画に対するアニメーションの優位性や、アニメーション使用に対するデザイン原則の提案 (e.g., Mayer & Anderson, 1992; Reed, 2005; etc.)
    - しかし、静止画に対するアニメーションの教育的優位性は、必ずしも明らかではない (e.g., Hegarty, Kriz, & Cate, 2003; Tversky, Morrison, & Betrancourt, 2002)
      - この原因として、アニメーションの持つ連続性という特性や、認知的処理の困難さ(ワーキングメモリの制限)が挙げられている (Chandler, 2004; Lowe, 1999)
  
- ✓ 学習時における Animation の困難さと静止画の利点
  - ✧ Animation の困難さ
    - 多くの情報を限られた時間の間に処理しなければならない
      - リハーサルなしに新規の情報をワーキングメモリに保持できるのはほんの数秒
    - 前後関係の処理(連続した情報の処理)
      - 次にくる情報が前のものと関係がなければ、干渉が起きる

- ◇ 静止画の利点
  - 連続的な情報処理に対する問題がない
    - 必要に応じて何度でも見直すことができる
  
- ✓ 本研究の目的
  - ◇ 学習者の熟達度とアニメーション，静止画における教授法の関係を検討
    - 学習対象：グラフの変形(具体的な内容は後述)
      - 例.  $y = x$  のグラフを  $y = 3x+2$  に変形
  
  - ◇ 仮説
    - 初心者にとっては，静止画の方がアニメーションよりも効果的であるが，熟達するにつれて効果が弱くなる
  
- Rapid verification method for evaluating levels of expertise
  - ✓ 特定の領域において，学習者の熟達度を(迅速に)診断するには?
    - ◇ これまでの手法
      - 構造化インタビュー，プロトコル分析
        - ⇒オンラインで適用するのは難しい(技術的実装の困難さ)
  
      - 伝統的な多項選択肢問題
        - ⇒診断的な能力に対して問題がある(実際の解法に対する情報は与えてくれない)
  
    - ◇ 本研究の手法
      - Rapid online diagnostic technique (Kalyuga and Sweller, 2004,2005)
        - 人間の認知アーキテクチャにおける知識構造の違いに注目  
(述べられてはいませんが，おそらく，Chi の物理学エキスパート対初心者研究等が背景と思われる)
        - ◇ 具体的方法 1(Kalyuga and Sweller,2004,2005)
          - 学習者に対し問題を出し，できるだけ早く問題を解く**初めのステップ**を答えてもらう
          - 知識により，解答されるステップに違いが生じる
            - 知識のある学習者：よりハイレベルな解答が可能
  
        - ◇ 具体的手法 2：よりコンピュータベースのオンライン環境に適した方法 (Kalyuga,2006)
          - いくつか提示される解法のステップ評定
            - 提示された解法のステップは，実際の解法のステップとして正しいかどうかを判定

- 本研究では具体的手法 2 を使用
  - ◇ 理由：コンピュータベースのオンライン環境に埋め込みやすいため  
⇒単純にボタンを押すだけでよい(数式の解析等をしなくてもよい)
  - ◇ 本研究で使用された問題
    - $y = x$  のグラフをより難しいグラフへと変換する時の解法のステップの判定
      - 問題 1 :  $y = -2x + 3$  へ変換
      - 問題 2 :  $y = 1/3x - 2$  へ変換
    - $y = x^2$  のグラフをより難しいグラフへと変換する時の解法のステップの判定
      - 問題 1 :  $y = -1/3x^2$  へ変換
      - 問題 2 :  $y = 2(x - 2)^2$  へ変換
- 実際の方法
  - ◇ 対象となる式を 10 秒提示
    - $y = x^2$  を  $y = 2(x - 2)^2$  に変換します(図 1)
  - ◇ 4 つのタイプの途中の解法が提示され、“途中のステップとして”正しいかどうか判定するよう求められる(図 2)
    - 短時間で回答しなかった場合には、次には早く回答するように求められる  
※図 2 は誤答(こういうステップはとらない)
  - ◇ 合っているかどうかをコンピュータが自動採点
    - 正解ならば 1 点, 誤答と分からないは 0 点
      - 上記各問題に対して各 4 問実施され, 最大は 16 点

## • Experiment

- ✓ 先に述べられた診断ツールを用いて, 学習者の熟達度と教材の間にある相互作用を検討する
  - ◇ 学習者の熟達度
    - Expert vs. Novice
      - 実際には, 診断ツールの成績の平均を基準とし, 平均より高得点か低得点かで決定
  - ◇ 教材
    - Animation vs. Static Picture(後に説明)

## • Method

- ✓ Participants
  - ◇ 大学学部生 33 名(男性 18 名, 女性 15 名 年齢は 18 歳~25 歳)
    - 学部は教育学部から工学部まで様々であるが, こういったフォーマットによる学習経験に差はなし

✓ Materials and procedure

◇ 実験手続き

- 診断テスト：先に述べられた物
- 学習フェーズ：後述
- ポストテスト
  - 診断テストと同様の手続きで問題だが，より難しくなっている

◇ 実験条件

- 診断ツールの成績に基づき 2 条件(High, Low)に分類し，その中で Animation 条件，静止画条件に分かれる
  - 計 4 条件
    - (1) high-animation
    - (2) high-static
    - (3) low-animation
    - (4) low-static

- Animation 条件(図 3)

- 2 つの問題の解き方に対するアニメーションが提示される，長さは 1 分程度

- ◇ 内容

- Worked example

- どのような過程を経て解いていくのかということが，アニメーションで示される

- ◇ 具体的な学習内容

- (1)  $y = x^2$  を  $y = 2(x - 1)^2 - 3$  に変換する過程の提示

- (2)  $y = x^2$  を  $y = -1/2(x - 1)^2 + 3$  に変換する過程の提示

⇒注目すべき符号，係数がハイライトされ，グラフの遷移は矢印で提示(それぞれ赤色で表示)

- Static 条件

- アニメーションと同様の 2 つの問題の解き方が，それぞれ 1 枚ずつの図で提示

- ◇ アニメーション条件により表示される主要な 4(5)ステップを 1~4(5)と書いた文字で提示

- 両条件共通の要素

- 使用される図

- ◇ 図とテキストで示された情報のみを提示＝音声等は使用していない

⇒実験的統制のため，他の要素がからんでくることを避けたい

## • Results

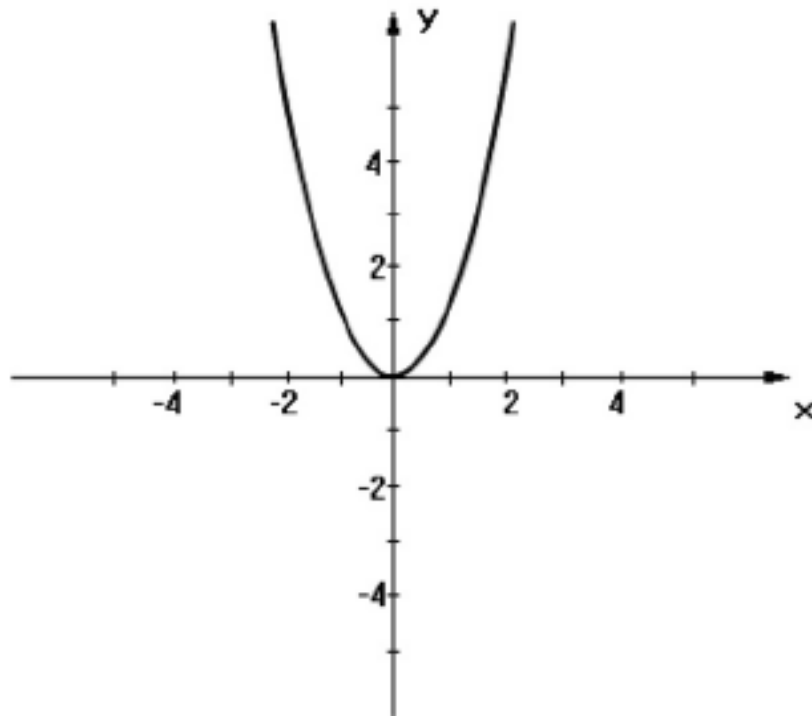
### ✓ 結果：表 1

- ◇ 分析方法 Knowledge gains に対し 2(instructional format)×2(level of knowledge)の分散分析
  - Initial test scores: rapid verification test の結果
  - Final test scores: 学習フェーズ終了後のテスト結果
  - Knowledge gains: Final test scores と Initial test scores の差
    - Level of knowledge の主効果
      - ◇ Low level の人の方が Gain が高かった(M = 1.59)
      - ◇ High level の人は Gain なし(M = -0.19)  
⇒Final test が難しかったことが原因だろう
    - Instructional format の主効果は認められず
      - ◇ 交作用があるかが目的だから、次を見よう
    - 交互作用あり
      - ◇ 単純主効果の検定
        - Novice learners(Low knowledge learners)は静止画の方が効果的
          - 静止画の Gain(M=2.56) > アニメーションの Gain(M=0.50)
        - Expert learners(High knowledge learners)はアニメーションの方が効果的
          - アニメーションの Gain(M=0.50) > 静止画の Gain(M=-0.88)

## • Discussion

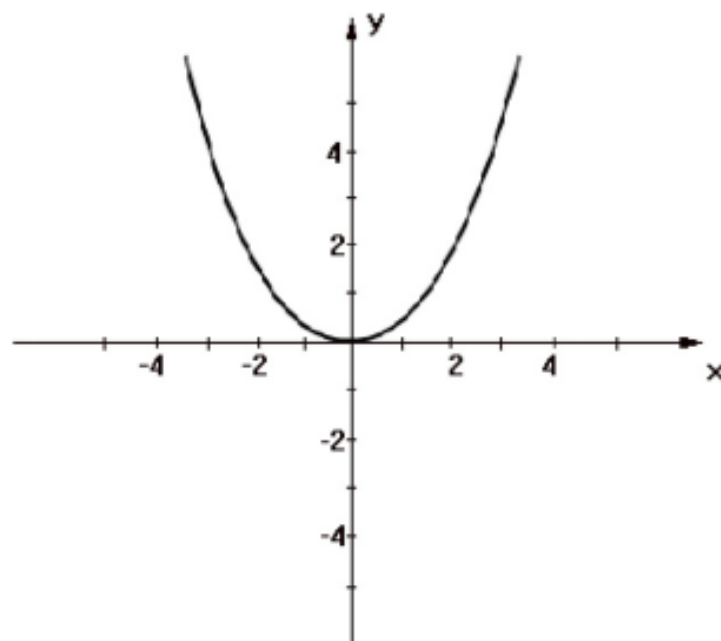
- ✓ 本研究：学習者の熟達度とアニメーション、静止画における教授法の関係を検討
  - ◇ Cognitive Load Theory の考え方から
    - アニメーションは初心者には負荷が多すぎるので、静止画の方が効果的
    - 知識を持つ学習者は、アニメーションの複雑さを十分にこなすことができるので、アニメーションの方が有効  
⇒本研究の結果：上記の予測を支持
  - ◇ Rapid diagnostic procedure が学習者の熟達度を判定し、どの教授法(アニメーション or 静止画)を使用すればよいかということを決定出来る  
⇒Adaptive instructional procedure(学習者に合わせた教授方法)に応用できます
  - ◇ より包括的な研究が必要
    - 対象が非常に狭く、手続き的なものの学習であり、学習時間も短かった
      - 他の題材での検討が必要
      - 異なるレベルのインタラクティブ性、異なるペースなどの観点からの検討も必要
  - ◇ 最後のまとめ
    - 学習者の熟達度に合わせて教材を準備することが、効果的な学習環境を構築するための主要素であることを示した

This is a graph of the line  $y = x^2$



Transform it into a graph of the line  $y = 2(x - 2)^2$ .

Fig. 1. Snapshot of the statement for a graph transformation task.



Right

Wrong

Don't know

Fig. 2. Snapshot of the rapid response window for a graph transformation task.

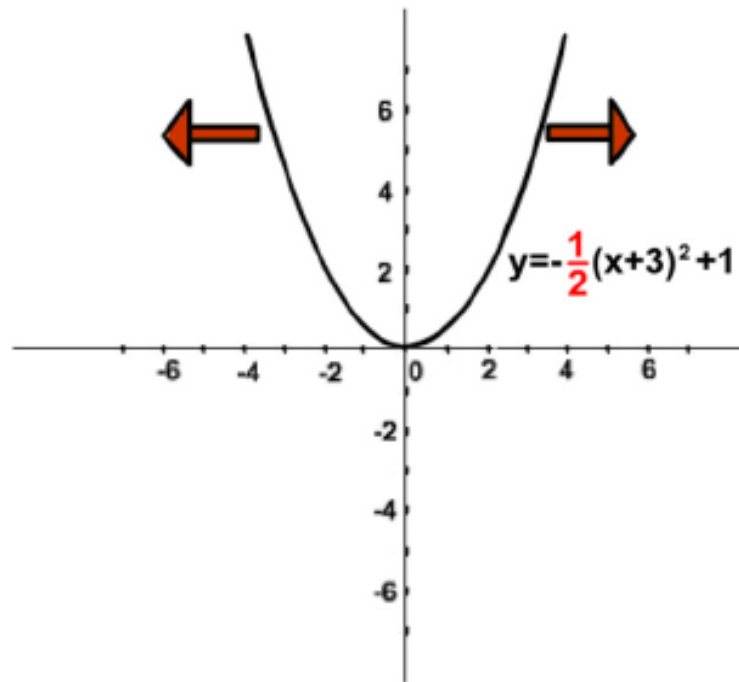


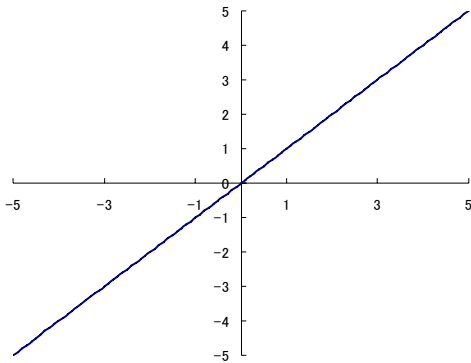
Fig. 3. Snapshot of a frame from the animated instruction on graph transformations.

Table 1  
Means and standard deviations for test scores and knowledge gains by experimental conditions

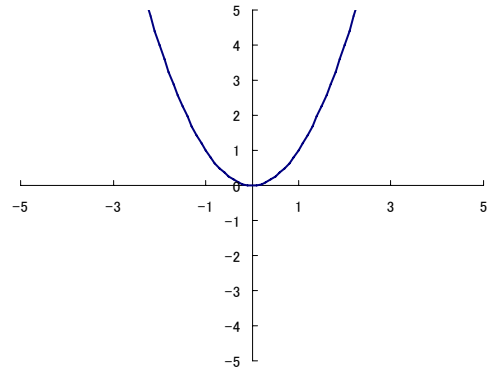
Variable	Experimental conditions			
	Novices		Experts	
	Animated (8)	Static (9)	Animated (8)	Static (8)
<i>Initial test scores (max. 16)</i>				
<i>M</i>	6.63	6.00	10.63	10.38
<i>SD</i>	1.51	2.00	2.00	1.77
<i>Final test scores (max.16)</i>				
<i>M</i>	7.13	8.56	11.13	9.50
<i>SD</i>	2.03	2.13	3.27	2.20
<i>Knowledge gains</i>				
<i>M</i>	0.50	2.56	0.50	-.88
<i>SD</i>	2.51	1.24	3.02	2.53

(参考グラフ)

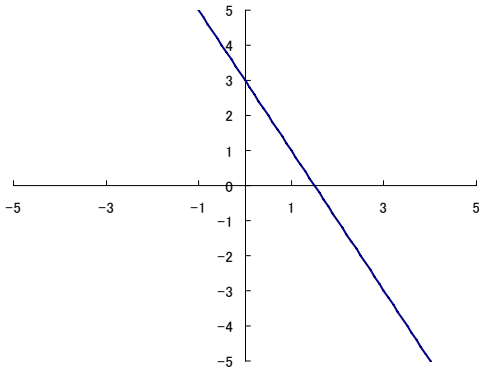
$$y=x$$



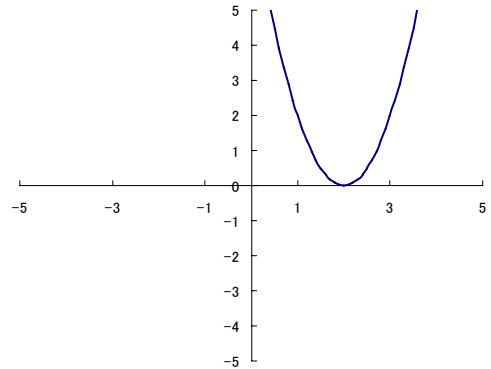
$$y = x^2$$



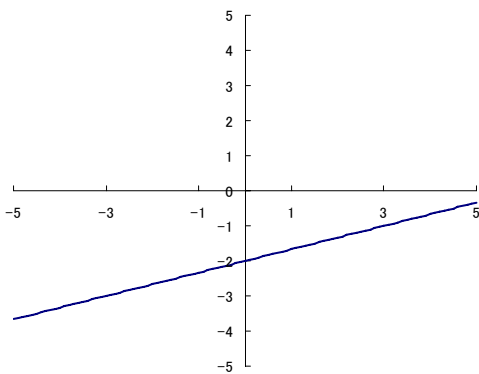
$$y=-2x+3$$



$$y = 2(x-2)^2$$



$$y = 1/3x-2$$



$$y = -1/3x^2$$

