

## What animated illustrations conditions can improve technical document comprehension in young students? Format, signaling and control of the presentation

Jean-Michel Boucheix

### ● Introduction

#### ✓ 背景

◇ マルチメディア文章におけるアニメーションの効果の検討が広まりつつある(e.g., Betranourt & Tversky, 2000, Hede, 2002, Hegarty, Narayanan, & Freitas, 2002, etc...)

#### ● これまでの実験的検討の結果

➢ 図(静止画, 連続画)に対して, 有意な成績の向上は認められない

#### ● 図の効果は多くの研究で確認(Mayer, Gallini, 1990, Hegarty, & Just, 1993, etc...)

この違いはどこから来るのだろうか, 効果的な使用法とは?

#### ✓ The lack of information equivalence in static and animated illustrations

◇ Tversky らによる主張

#### ● アニメーションの効果: 処理される情報の量と, 性質による

➢ 量の問題

◇ アニメーションは, ミクロステップの情報を全て提示可能

#### ● 静止図は 1 ステップまたは, あらいステップ

効果があるとすれば, 情報量が多いことが原因

➢ 性質の問題

◇ アニメーションが効果的であるためには

#### ● 時間変動, 空間的変形を含むもののほうがよい

➢ 例: 技術的装置(ギアシステム)

効果的なメンタルモデルを構成できる. しかし, アニメーションは, 高度な認知処理が必要となる

#### ✓ Perceptual and cognitive difficulty in animated information processing

◇ アニメーションの連続的で急速な変化

#### ● 知覚・認知処理が困難

➢ 原因

◇ 注意の分散

#### ● アニメーションとテキストの間の行き来

#### ● どこに注目していいのかわからない

◇ 軌跡や方向性を抽出するのが難しい

だから, 軌跡や方向性を予測しやすい, 連続図の方がより効果的なことがある (Betranourt & Dillenbourg, 2002)

◇ 筆者らの仮説

- 学習者がアニメーションをコントロール(停止, 巻き戻し, スローなど)できれば, これらの困難さは緩和できる
  - 関連研究
    - ◇ インタラクティブ性, アニメのコントロールによる効果を確認(Mayer, 2001, Schwan, 2004)
  - 関連研究の問題点
    - ◇ 先行知識との関連が不明確
      - 先行知識が豊富なものにとっては, コントロール性は不必要だろう
        - すでに分かっているので, 繰り返し見る必要はない
- 関連情報を発見することが重要
  - 初心者にとっては, 軌跡や方向性を抽出するのが難しい
    - ◇ 関連研究において, 関連情報の発見のための Cue の効果を確認(Shah, Mayer, and Hegarty, 1997, Mautone and Mayer, 2001, etc...)
- 適切な先行知識を持つ学習者にとっては, 静的な図の方が有効
  - すでに正確なメンタルモデルを持っている人にはアニメーションは不必要
  - 逆に, 先行知識を持たないものにとってはアニメーションが有効だろう
    - ◇ 正確なメンタルモデル形成の役に立つ

✓ Goal of the study and hypotheses

◇ 本研究の目的

- 若い学習者に対し, どのようなフォーマットの技術文書が理解を促進するのかを検討
  - なぜ若い学習者?
    - ◇ 若い学習者は, 有効な知識を持っておらず, 高度な認知処理を必要とする活動が苦手(Fayol, 1992, Hegarty & Sims, 1994)
    - ◇ これまでの研究は, 大人ばかりが対象だった
  - 実験条件
    - ◇ フォーマット(Illustration) : アニメーション vs. 静止図
    - ◇ プレゼンテーションのリズム(Pace) : 速い vs. 遅い vs. 自分でコントロール
    - ◇ シグナル(Cue) : Cue あり vs. Cue なし

◇ 仮説

- アニメーションの効果あり
- 自分でコントロールできる条件と比較し, 速い・遅いプレゼンテーションは理解を阻害
- Cue による理解の促進

Animation で Cue があり, 自分でコントロールできるのが一番良い(ただし, 先行知識が豊富でない学習者)

- Method

- ✓ Experimental design and participants

- ◇ 被験者

- 7年生 48名, 8年生 75名の計 123名

- ◇ 実験条件

- Illustration : アニメーション(AE) or 図 (SF)
- Cue : 提示(SP) or 非提示(SA)
- Pace : 速い(FR) or 遅い(SR) or 自分でコントロール(CR)  
2×2×3の12条件, 各10~12名

- ✓ General procedure

- ◇ 4フェーズで構成

- (1)プレテスト
- (2)レッスン(学習フェーズ)
- (3)直後の理解調査(immediate comprehension test)
- (4)ポストテスト(レッスンの1週間後に実施)

- ✓ Material

- ◇ 19スライドのマルチメディア教材 : 図1

- いずれも2つのギアで構成され, 少量の説明文がある
- 教材の内容
  - (1) ギアシステムの構成要素 : 何で構成されているか(ギアとは何かなど)
  - (2) 回転方向 : 右回り, 左回り
  - (3) 水桶を持ち上げるギアシステム
  - (4) 機械的影響 : トルクの計算

- ✓ Studied factors

- ◇ Illustration format

- Animated condition(AE) : 実際にギアが回転 61名
  - 全19スライド中16スライドがアニメーション
- Static condition(SF) : 静止画 62名

- ◇ Signaling cues

- 10スライドに対し, 4タイプのcueを表示
- cueの詳細
  - 明るい(緑の)点
  - ギアの回転方向を矢印で図示
  - 回転速度計の表示
  - 短い文章

ギアAを見て下さい という感じの文章

Static condition では, 文章が見て下さいから, 想像して下さいに変わる

- ◇ Control of the presentation
  - 3タイプのリズムを設定
    - Slow(SR : 42名) : 4分10秒に設定(Fastの3倍)
    - Fast(FR : 39名) : 百科事典の一般的な速度である1分40秒に設定  
Slow, Fastはおそらく, たんと流れていくのみで, 戻ること等はできない
    - Self-controlled rhythm(CR : 40名) : 自分のペースで, ボタンを押しながら進んでいく(図1参照). ただし, 前に戻ることはできない
  
- ◇ Levels of prior knowledge
  - 先行知識と効果の関連の検討のために, プレテストの結果から, 被験者を3タイプに分類
    - L1:low, L2:medium, L3: High
  
- ◇ Dependent measures
  - Immediate comprehension test の成績
  - Pre-post test の結果
  - レッスンが終わるまでの時間(学習に費やしていた時間)
  - “Reading strategy”
    - 図とテキストどっちを重視して見ていたのかなどの方略の分析
      - ◇ 視線を記録している(詳細な記録方法は?)
  
- ✓ Pre-test, post-test and immediate comprehension test
  - ◇ Pre-test and pos-test
    - ギアに関する多項選択肢型, 問題解決型の問題, 計13問から構成
      - 問題例
        - ◇ どれがギアなのか矢印で図示しなさい
        - ◇ ギアAが時計回りに回転したときに, ギアBはどの向きに回るのか図示しなさい
        - ◇ ギアAは20枚歯です, ギアBは10枚歯です. ギアAが1回転する間に, ギアBはどれだけ回るでしょうか
        - ◇ 丘を登るのに, どちらのギアの組み合わせの方が, バイカーにとってきついでしょ  
うか
  
  - ◇ Immediate comprehension test
    - レッスン直後に口頭で回答する, 図とテキストから構成される問題: 15点満点
      - 問題例
        - ◇ 理解度テスト(6問): レッスン時と同じものを使用(?)
          - 問題例
            - どれがモータ?
            - ギアはどちらの方向に回転しますか?

◇ 転移テスト(4問)：レッスン時と似ているが、微妙に違うタイプの問題

● 問題例



➤ クランクにつながれたギアに関する問題

◇ Mr.Nose はクランクを 5 回しか回転させられません。より速く桶を持ち上げるにはどちらを使用すればよいですか?

◇ Mr.Nose は何回でも回転させることができますが、オーバーワークにはなりたくありません。どちらを使用すればよいですか?

◇ 説明テスト(5問)

● 理解度テスト・転移テストに対する、口頭の説明を求められる

➤ なぜか説明してください

✓ General abilities test

◇ Reading :Lefavaris(1967)の”Lark-test”を使用

◇ Spatial ability test: Shah and Myake(1996), Thurstone and Thurstone(1964)のテストを使用

● Results

✓ Homogeneity of experimental conditions for controlled factors

◇ コントロールのテスト(読解, 空間能力), プレテストの成績において, 条件間に差はなし  
被験者は等質

✓ Immediate comprehension

◇ 全体の結果と, 条件毎に分けた 2 つの分析: 結果表 1, 表 2

● 問題のタイプ

➤ Comprehension : C, Transfer : T, Explanation : E

◇ 2(Illustration) × 2(Cue) × 3(Pace)の分散分析(?)

● 主効果の検討

➤ 全体の成績(C+T+E の成績)

◇ Illustration の主効果: Animated format の方が, Static format に対し有意に成績が高い(p = .026)

◇ Signal の主効果: Signal を提示した条件が, 提示しなかった条件に対して有意に成績が高い(p = .045)

◇ リズムの主効果は認められず(p = .84)

◇ 各問題タイプ別の分析

● Illustration(Animation vs. Static)

➤ Comprehension : 有意差あり(p = .03)

➤ Transfer : 有意傾向(p = .08)

➤ Explanation : 有意差なし(p = .22)

- Signal(Cue あり vs. Cue なし)
  - Comprehension : 有意差なし( $p = .42$ )
  - Transfer : 有意なし( $p = .14$ )
  - Explanation : 有意差あり( $p = .03$ )
  
- 交互作用の検討
  - Signal と rhythm に交互作用あり
    - ◇ Signal ありの Self 条件が他の条件よりも成績が高い  
Signal は self-controlled 条件に対して効果的であった( $p = .03$ ) . 結果を見るとそうでもないぞ ...
    - ◇ Format と signal , format と rhythm に交互作用はなし
  
- ✓ The evolution of acquisitions: the improvements from pre to delayed post-test
  - ◇ 先行知識のレベル ( low, medium, high) × pre-post test の分散分析(?) : 表 3
    - 主効果の検討
      - Pre-post , 先行知識の効果あり (ともに  $p < .001$ )  
生徒は知識を得ており , 特に先行知識の乏しい生徒に有効だった
      - 各要因における向上率の分析
        - ◇ Illustration : 効果あり( $p = .02$ )
        - ◇ Signal : 効果なし( $p = .86$ )
        - ◇ Rhythm : 効果あり( $p < .02$ )
  
    - 要因間における交互作用の分析(2(Illustration) × 2(Cue) × 3(Pace)の分散分析(?))
      - Illustration と Rhythm の交互作用( $p = .048$ ) : 図 2
        - ◇ Animation は Self-control の時に効果的
      - Signal と Rhythm の交互作用( $p = .034$ ) : 図 3
        - ◇ Cue は Self-control の時に効果的
          - Fast, Slow にとっては妨げになっている
      - Illustration と Signal の交互作用はなし
  
  - ◇ 要因と先行知識との関係 : 先行知識の低い学習者への注目(要因 × 先行知識の分散分析(?))
    - Illustration と prior knowledge の交互作用はなし( $p = .22$ )
      - しかし , 先行知識の低い学習者の成績は , Animation 条件の方が Static 条件よりも高い( $p = .017$ )
    - Signal Cue は先行知識の低い学習者にとっては有効でないようだ
      - 先行知識の低い学習者のポストテストの成績 : Cue がない方が成績が高い( $p = .04$ )
    - Rhythm と prior knowledge の交互作用は有意傾向( $p = .06$ )
      - 先行知識の低い学習者の成績の向上率のみが有意差あり : Self-control が一番
        - ◇ Self-control vs. fast ( $p = .012$ )
        - ◇ Self-control vs. slow ( $p < .001$ )

✓ Text and illustration “reading” strategies

◇ どれくらい図・テキストを読んでいたのか，眼球運動の分析

● 学習時間（図・テキストを読んでいた時間）の分析：図 4

➤ Self 条件は，他の 2 条件（時間は固定）に対し，より多くの時間をかけていた

◇ Self 条件内の分析

- Animation の方がより多くの時間をかける ( $p < .001$ )
- Signal があつた方がより多くの時間をかける ( $p < .001$ )

● “reading”の方略の分析

➤ 図とテキスト間の眼球の動きの分析

◇ 動きの定義：表 4

● パート 1：ギアシステムの構成要素，回転方向（レッスン前半）

- S1-I：図ばかり見ているグループ(12 名)
- S2-T：テキストばかり見ているグループ(63 名)
- S3-S：両方まんべんなく見ているグループ(45 名)

● パート 2：ギアサイズと回転の関係部（レッスン後半）

- S1-GF：ほとんど図を見ずテキストばかりを見ていたり，図だけを見ている（両極端）(12 名)
- S2-T+C-：イラストを見ず，テキストがでるのを待っている．ギアシステム間との比較を行わない(28 名)
- S3-C+T-：ギアシステムを見ているが，テキストをほとんど見ない(27 名)
- S4-C+T+：ギアシステムとテキストを体系立てて見る(53 名)

◇ 結果：表 5

● 実験条件は，方略に影響

➤ Self-controlled 条件は，テキストと図の間の行き来を，特に多く行っていた

◇ Part1:self 条件は S3 が多い (  $2(4, n = 82)=37.15, p < .01$ )

◇ Part2:self 条件は S4 が多い (  $2(6, n = 82)=56.9 p < .01$ )

➤ Animate 条件は，テキストと図の間の行き来を，多く行っていた

◇ Part1:Animate 条件は S3 が多い (  $2(4, n = 120)=12.71, p < .01$ )

◇ Part2: Animate 条件は S4 が多い (  $2(6, n = 120)=13.15, p < .01$ )

➤ Signal 条件は，テキストと図の間の行き来を，多く行っていた

◇ Part1:Present 条件は S3 が多い (  $2(4, n = 120)=18.57, p < .01$ )

◇ Part2:偏りは見られず (  $2(6, n = 120)=3.62 p > .10$ )

- Discussion

- ✓ 本研究の目的

- ◇ 若い学習者に対し，どのようなフォーマットの技術文書が理解を促進するのかを検討

- ✓ 結果のまとめ

- ◇ Immediate comprehension

- Animation, Signal の効果を確認

- ただし，Signal の効果は，自分でコントロールできる時に限られる

- ◇ 長期的な効果(pr-post test)

- アニメーションの効果は，自分のペースで学習したときに特に有効である

- Signal(Cue)の効果は，自分のペースで学習したときのみに見られた

- Self-control の効果は持続する．Slow 条件よりも良かった事にも注目

- 先行知識との関連

- 先行知識の低い学習者(Low)は，self-control のアニメーションあり条件で最も効果が見られ，Cue の効果も Self-control でのみ見られた

- ◇ 他の方法は，先行知識の高い学習者(high)には影響なし

- 予測を支持．コントロールできること，Cue の有効性を示した

- ◇ Reading strategy

- 実験条件により，異なる方略をとることが示された

- コントロールできるアニメは，より active な学習を支援

- ◇ テキストと図の間を行き来する活動が多かった

- しかし，このような活動が，いつも有効とは限らない．より詳細な検討が必要ですね．



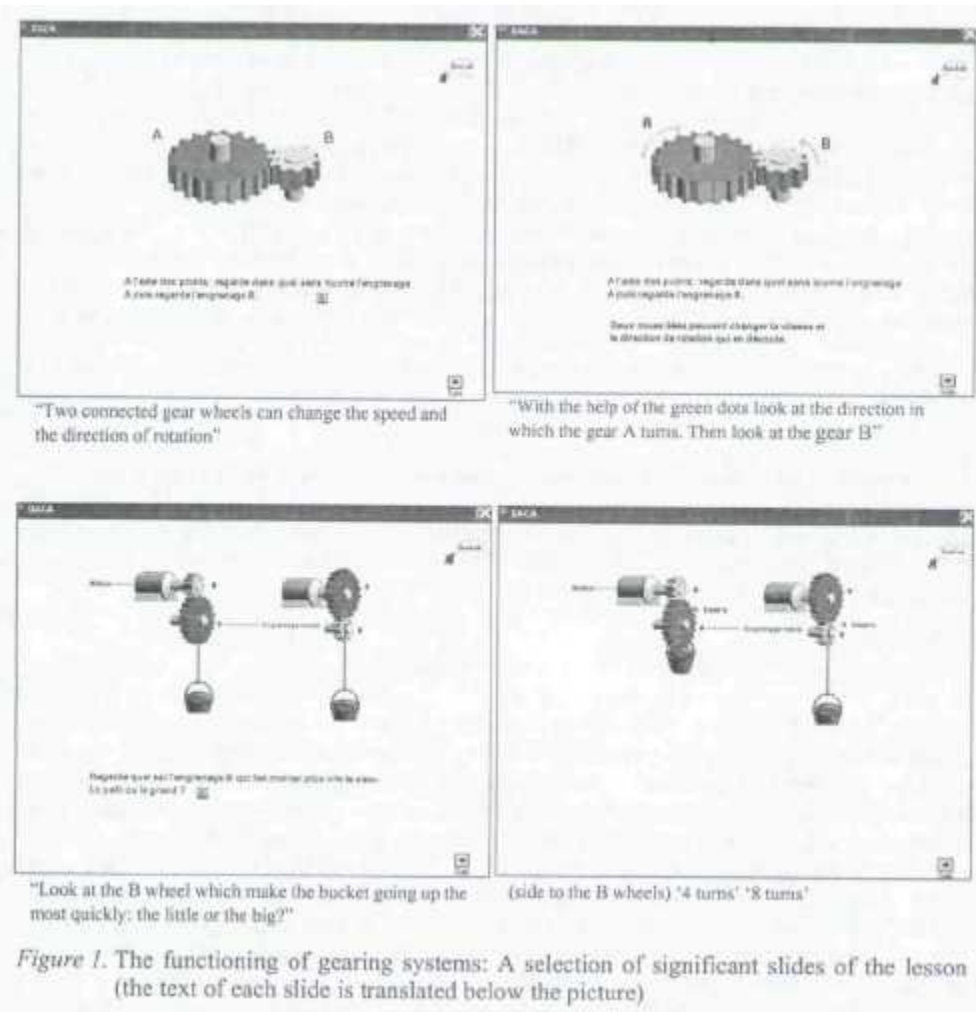


Table 1

Mean rates of correct answers in the immediate comprehension test as a function of each experimental condition and for each category of question

	Animated format						Static format					
	Signaling Pr.			Signaling Ab.			Signaling Pr.			Signaling Ab.		
(N=123)	Fast	Slow	Self	Fast	Slow	Self	Fast	Slow	Self	Fast	Slow	Self
C:	.79	.68	.80	.76	.80	.71	.70	.63	.79	.59	.70	.68
T:	.80	.66	.70	.59	.74	.65	.79	.50	.64	.57	.57	.51
E:	.51	.53	.50	.21	.51	.34	.41	.27	.51	.28	.42	.36
C+T+E	.70	.63	.68	.54	.68	.57	.63	.48	.63	.48	.55	.53

Note. C: comprehension; T: transfert; E: explanation.

Table 2

Mean rates of correct answers in the immediate comprehension test as a function of each factor (illustration format, signaling, rhythm) for each category of question

		Comprehension	Transfert	Explanation	T: C+T+E
Illustration Format	Animated	.76	.69	.43	.63
	Static	.68	.59	.37	.55
Signaling cues	Present	.73	.68	.45	.62
	Absent	.70	.60	.35	.55
Rhythm of presentation	Fast	.75	.62	.43	.60
	Slow	.70	.62	.43	.58
	Self-controlled	.71	.69	.35	.58

Table 3

Mean rates of correct answers in the immediate comprehension test as a function of each factor (illustration format, signaling, rhythm) and according to each level of prior knowledge

Prior Knowledge		Low - n=30		Medium - n=57		High - n=36		T: - n=123	
		Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test
Illustration format	Animated	.24	.46	.42	.52	.64	.68	.43	.56
	Static	.23	.33	.41	.51	.60	.61	.41	.49
Signaling cues	Present	.23	.35	.42	.53	.64	.69	.43	.52
	Absent	.24	.44	.42	.50	.60	.60	.42	.52
Presentation rhythm	Fast	.22	.39	.41	.50	.62	.67	.41	.52
	Slow	.26	.35	.43	.53	.63	.64	.44	.51
	Self-Cont	.22	.47	.42	.53	.61	.68	.42	.56

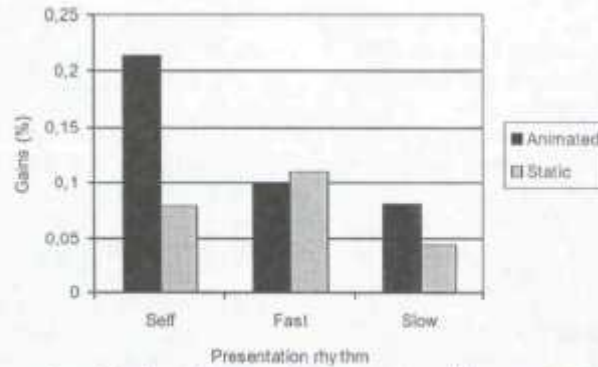


Figure 2. Mean rates of gains between the pre-test and the post-test as a function of the illustration format and of the rhythm of presentation

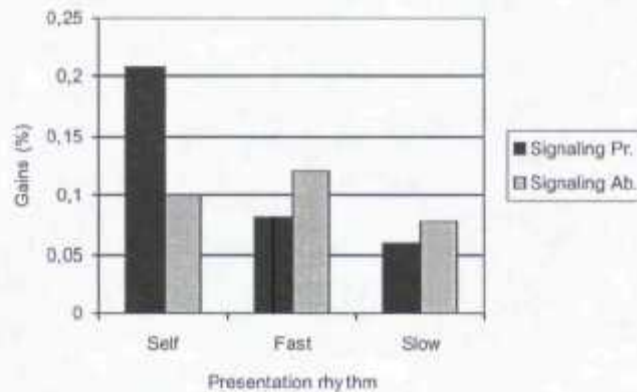


Figure 3. Mean rates of gains between the pre-test and the post-test as a function the presence (SP) of absence (SA) of signaling cues and of the rhythm of presentation

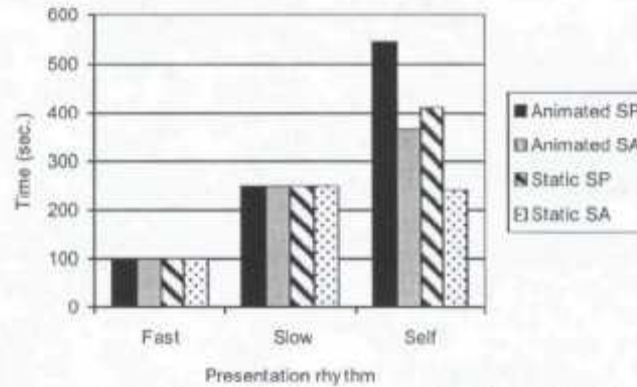


Figure 4. Mean times (seconds) of lesson learning as a function of the different experimental conditions

Table 4

*Processing strategies of the document*

**Part 1 – Definition and rotation direction of the gear system**

Three strategies are distinguished:

- S1 In the group called “Illustrations” (I) the students use the main part of the time of exposition of the lesson to look at the picture, rather than at the text,  $n=12$  students
- S2 In the group called “Text-reading” (T) the students use the main part of the time of exposition of the lesson to look at the text, rather than the illustration,  $n=63$  students
- S3 In the group called “Shift text-picture” (S), the students alternatively move their gazes (oculocephalic movement) from the text to the illustration and/or from the illustration to the text, and thus distribute their gazes on the two media during the time of exposition,  $n=45$

**Part 2 – Size-speed relationship**

Four strategies are distinguished:

- S1 In the group called “global fixation” (GF) during the main part of the time of exposition the learners go directly to the written part of the presentation without looking at the illustrations, or they look undifferentially as much at both gearing systems,  $n=12$
- S2 In the group called “Text without comparison” (T+C-) during the main part of the time of exposition the students wait for the text to appear, do not look at the illustrations, and focus the instructions without comparing the two different gearing systems,  $n=28$
- S3 In the group called “Compare without (encoding the) text” (C+T-) the learners alternatively fixate the two gearing systems, but do not look at the text (or very little),  $n=27$
- S4 In the group labeled “Compare and (encode the) text” (C+T+) the learners systematically look alternatively at the text and at the two gearing systems,  $n=53$

On the basis of these categories defined Table 4, we divided the students (percent) according to the different strategies used for each part of the lesson, for each experimental condition, Table 5.

Table 5

*Distribution (%) of the students according to the strategies used to consult the lesson as a function of the experimental conditions*

		Part 1 – Definition-rotation direction			Part 2 – Size-speed relationship			
		S1-I	S2-T	S3-S	S1-GF	S2-T+C-	S3-C+T-	S4-C+T+
Presentation rhythm	Fast	16	79	05	05	47	42	06
	Slow	08	50	42	05	05	18	71
	Self-Cont	05	26	69	20	15	05	60
Illustration format	Animated	16	36	48	04	14	32	50
	Static	05	67	30	16	31	14	39
Signaling cues	Present	13	44	43	00	22	21	57
	Absent	07	62	31	21	25	25	29