

時間解像度の違いが文字スクロールでの学習に与える影響

藤木 卓*・山下 浩次**・森田 裕介*・松本 浩明***
里 慎也****・倉田 伸*****・山道 一平*****・森 美樹*****

(平成15年10月31日受理)

Influence of Difference between Frame Rates on Learning with Scrolling Text

Takashi FUJIKI*, Kouji YAMASHITA**, Yusuke MORITA*,
Hiroaki MATSUMOTO***, Shinya SATO****, Shin KURATA*****,
Ipppei YAMAMICHI*****, Miki MORI*****

(Received October 31, 2003)

1. はじめに

情報通信技術の進展によりネットワークの高速化が進み、高品質の動画によるコミュニケーションが可能になってきた。教育においても、高品質の動画による遠隔教育が試行されている。しかし、現状ではコストの関係により、学校等での高速な専用線の確保が困難である。そのため、ネットワークの共有は避けられず、それによる品質の劣化に対応する必要が出てくる。

一般に、動画の品質は時間解像度と空間解像度により左右される。藤木ら(2001)は、低ビットレート用のビデオ会議ツールを用いたスクロール表示文による学習では、10BASE-T接続において、ネットワーク負荷が6 Mbps以上になると、正答率が低下することを示している⁽¹⁾。また、藤木・松本(2003)、松本・藤木(2001)は、ノイズのない入力画像では、スクロール表示文による学習において、安定した正答率を示すことを明らかにした⁽²⁾⁽³⁾。しかし、提示する文章として、地域の特徴や観光情報が用いられており、被験者の既有知識との関連は考慮されていない。

スクロール表示の読みに関しては、Sekey & Tietz(1982)によって、静止した文章と同程度に理解して読むためには、十分な表示文字数のもとでも、3倍程度の読み時間がかかること⁽⁴⁾、中條ら(1993)によって、読みに最適な移動速度は、表示文字数5~7文字以上で、5.3文字/秒になること⁽⁵⁾が分かっている。しかし、読みやすいスクロール表示のための時間解像度の条件や遠隔教育への利用については、明らかになっていない。

そこで本研究では、被験者の事前の知識の影響を無くすために無意味つづりを用い、ス

*長崎大学教育学部

**長崎大学大学院教育学研究科

***長崎県立長崎工業高等学校

****長崎県教育センター

*****創成館高等学校

*****名古屋市立城西小学校

*****長菱ソフトウェア(株)

クロール表示による学習を遠隔教育へ適用するための基礎データを得るための、実験的な研究を行った。すなわち、本研究の目的は、スクロール表示の時間解像度の変化による無意味つづりを用いた学習への影響を明らかにすることである。

2. 研究方法

2.1 動画の条件

動画作成時の条件を表1に示す。表の文字移動速度は、1秒間に移動する文字数と定義し、中條ら(1993)の研究⁵⁾から5文字/秒とした。また、同時表示文字数は、画面上に表示される最大文字数と定義した。これに関しては、中條ら(1993)の研究⁵⁾から7文字以上が良いと考えられる。しかし、スクロールの活用場面によっては文字数の制限を受けることも出てくるため、ここでは、10文字と5文字の2条件を設定した。図1に画面表示例を示す。時間解像度は、単位時間あたりのフレーム数(frame page per second [fps])で表される。今回の実験で使用した時間解像度の条件は、TV品質の30 [fps]と、低時間解像度である5, 4, 3, 2, 1 [fps]を設定した。それは、低時間解像度の場合、特に学習に与える影響が大きいと考えられるからである。

次に、フレームの置き換わりと文字表示の関係を図2に示す。図から分かるように5 [fps]では、フレームが置き換わる度に、文章が1文字移動し、1 [fps]では、フレームが置き換わる度に、5文字移動する。

実験後の分析としては、時間解像度と同時表示文字数の2要因分散分析を行った。

表1 動画作成時の条件

文字移動速度	5 [文字/秒]
同時表示文字数	5, 10 [文字]
時間解像度	30, 5, 4, 3, 2, 1 [fps]

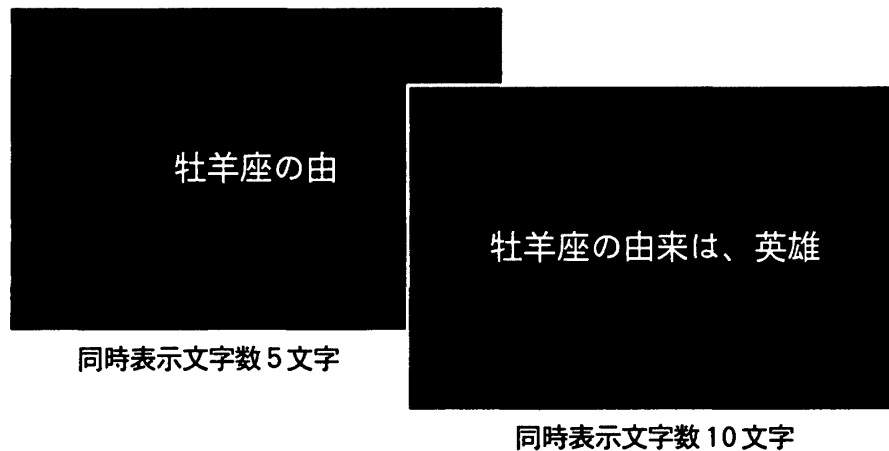


図1 画面表示例

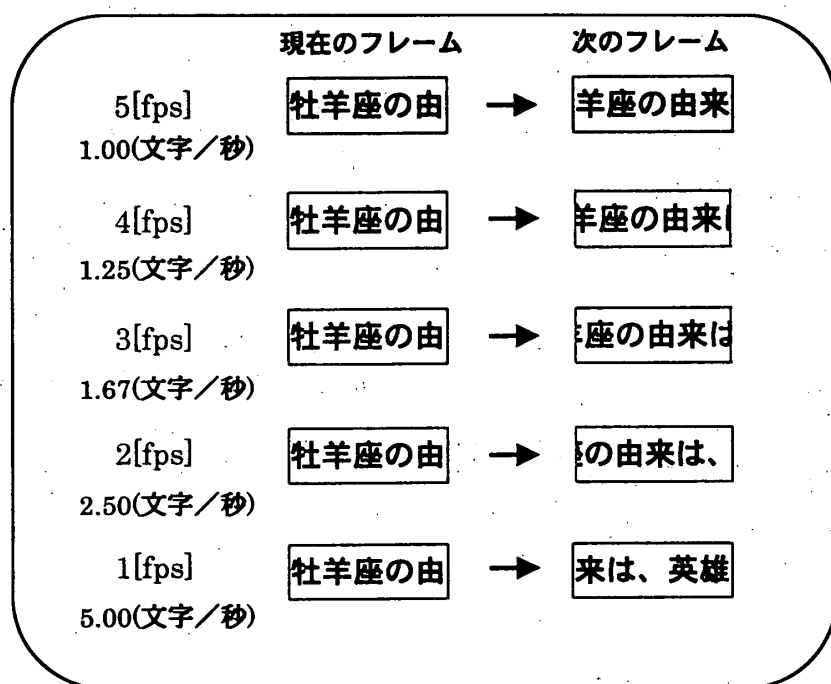


図2 フレームの置き換えりと文字表示の関係

2. 2 動画の作成

動画の作成方法について図3に示す。

スクロール動画の作成にはAdobe Premiereを用いた。30[fps]の動画は文字をスクロールさせて作成した。5, 4, 3, 2, 1[fps]の動画は30[fps]の動画ファイルから静止画を抽出し、それらの静止画ファイルを繋ぎ合わせて作成した。そして、このようにして作成した動画をIEEE 1394接続したDVカメラに書き出した。

学習内容に関しては、興味を持たせやすい内容であること、適度な文章長であることから、12星座の物語⁶⁾を元にして、150文字程度の文章を12個作成した。また、被験者の事前の知識の影響を無くすために、それぞれの文章中にカタカナ3文字の無意味つづりを5箇所含ませた。

2. 3 実験手順

実験の被験者は、長崎大学生34名である。実験環境を図4に示す。図から分かるように、21インチのTVを用いてスクロール動画を再生し、被験者に学習させた。TVと被験者との距離は、150cmと設定した。

次に、動画の提示順序を図5に示す。まず、サンプル動画を提示して、記憶課題と主観評価アンケートについての説明を行った。そして、同時表示文字数5文字について30, 5, 4, 3, 2, 1[fps]の順番で動画を提示し、10分間の休憩の後に、同時表示文字数10文字について30, 5, 4, 3, 2, 1[fps]の順番で提示した。その際、それぞれのスクロール動画が終了するごとに記憶課題、主観評価アンケートを行った。また、提示文章の順序効果を無くすためにそれぞれの時間解像度に使用する文章を全てローテーションさせた。

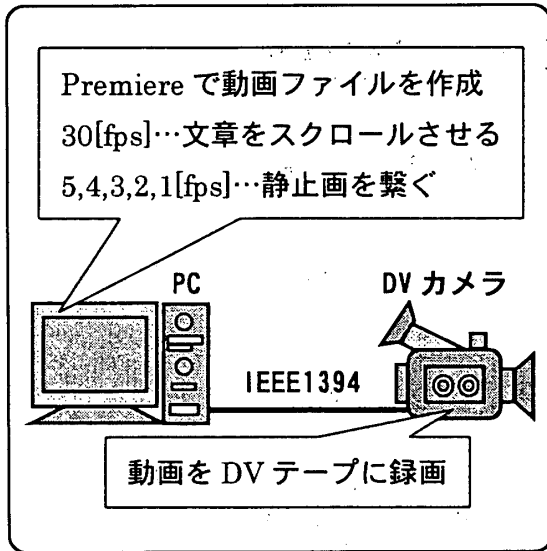


図3 動画の作成方法

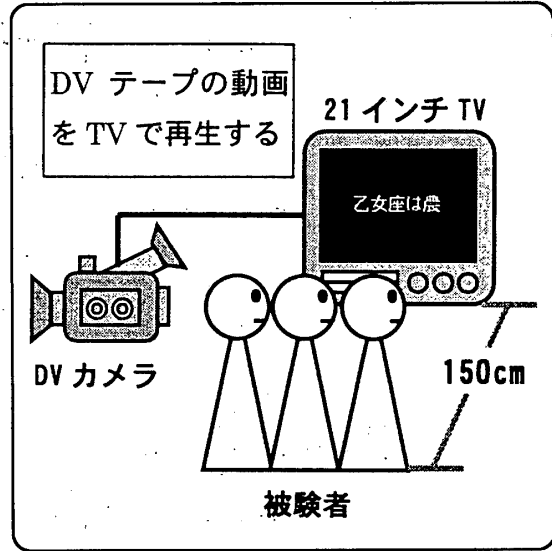


図4 実験環境

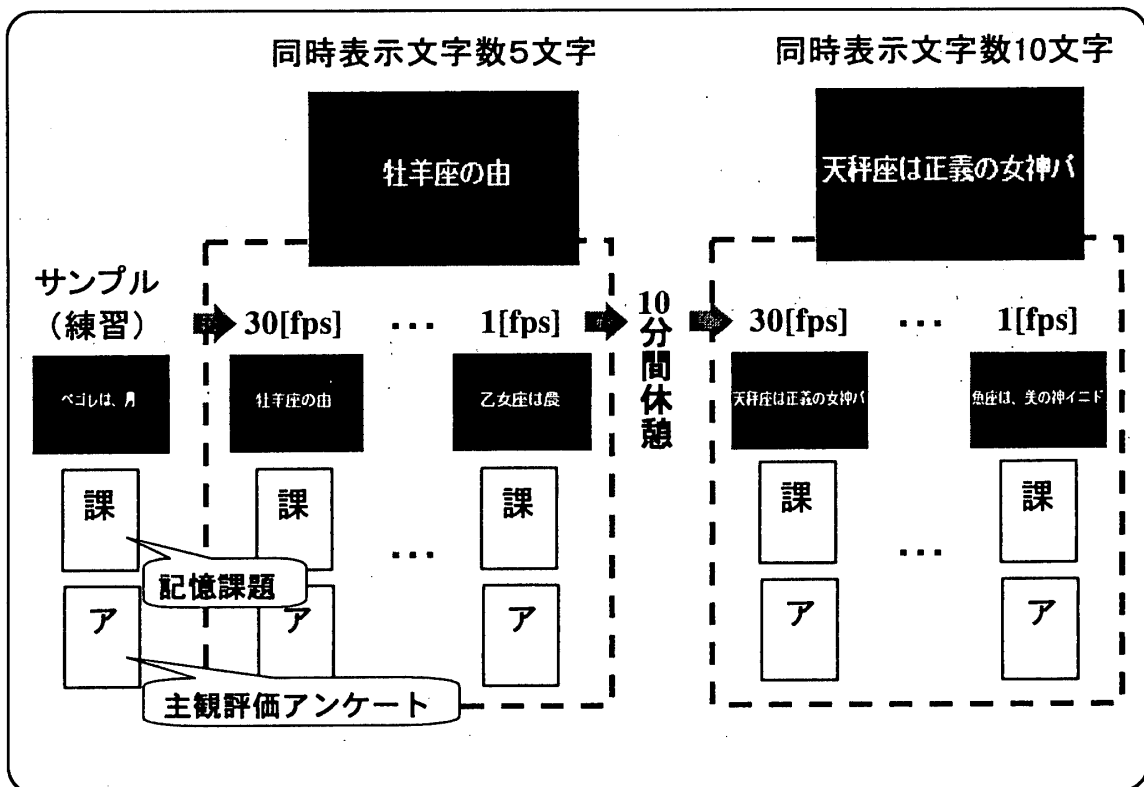


図5 動画の提示順序

2. 4 記憶課題及び主観評価アンケート

スクロール動画による学習の評価は、記憶課題と主観評価アンケートを用いて行った。記憶課題は時間解像度の違いによる記憶・再認の影響を調べるために、そして主観評価アンケートは、動画の画質や内容に関する印象を調べるために行った。

記憶課題の例を図6に示す。図から分かるように、動画として提示する文章中の無意味つづりの部分を括弧にして、解答群の10語の中から選ぶ形式にした。

主観評価アンケートでは、次の10項目について、5段階評価（5…良い、4…やや良い、3…普通、2…やや悪い、1…悪い）を行うように指示した。ただし、⑩スクロール速さの感覚については、3をちょうど良いとし、5が速い、1が遅いとした。

「内容」に関する2項目

- ①説明の分かり易さ ②内容の難易

「疲労」に関する3項目

- ③学習への集中度 ④目の疲労感 ⑤精神的疲労感

「画像」に関する4項目

- ⑥文字の鮮明さ ⑦文字のぶれ ⑧文字の認識の容易さ
⑨文字の動きのスムーズさ

「スクロール速さ」に関する1項目

- ⑩スクロール速さの感覚

（5……速い、3……ちょうど良い、1……遅い）

（ ）は、月の女神（ ）から音楽、
医術、予言、狩り、馬術、弓などを授けられま
した。（ ）の山中に住み、百芸の師として
若い英雄達を多数導きました。乱戦の時に誤っ
て（ ）の放った毒矢がひざに刺さってし
まい、ひどく苦しみながら命を落としてしま
いました。太陽の神（ ）は彼の死を悼み天
に上げ星座にしました。

解答群

ペゴレ ノンゼ シヲト ノゼン ノツゴ
ペレゴ ノツコ ドロコ シトヲ ドロゴ

図6 記憶課題の例

3. 結果及び考察

3. 1 時間解像度と平均正解数の関係

時間解像度と平均正解数の関係を図7に示す。

図から分かるように、正解数は、同時表示文字数5文字より10文字の方が高い値を示した ($F(1, 33)=9.40, p<.01$)。これは、同時表示文字数10文字の動画は、5文字の動画と比較して、表示文字数、表示時間が2倍であるため、文章としての把握が容易で、記憶しやすかったためと考えられる。

また、図から、1[fps]、5[fps]の正解数が低下していることが分かる。(2要因分散分析被験者内計画 $F(5, 165)=2.73, p<.05$)。交互作用が確認できなかったため、LSD法による多重比較を行った結果、5[fps]の正解数は2、4、30[fps]の正解数より5%の有意水準で低い値を示した (5[fps] < 2, 4, 30[fps])。また、1[fps]の正解数は4[fps]の正解数より5%の有意水準で低い値を示した (1[fps] < 4[fps])。この場合、5[fps]における低下の原因は、注視時間が関係していると考えられる。人間の注視時間は普通0.2~0.3秒程度で、その間に複雑な処理が行われている⁽⁷⁾。ところが、5[fps]におけるフレームの停止時間は0.2秒であったため、注視時間が短すぎて読みが困難になったと考えられる。一方、1[fps]の低下は、追従運動が関係していると考えられる。追従運動は、動きのあるものを目で追う働きであり、その範囲は視野角で5°程度である⁽⁸⁾。しかし、1[fps]の場合、文字の移動距離が視野角で6.5°になるため、文字の動きに追従できず、正解数が低下したものと考えられる。

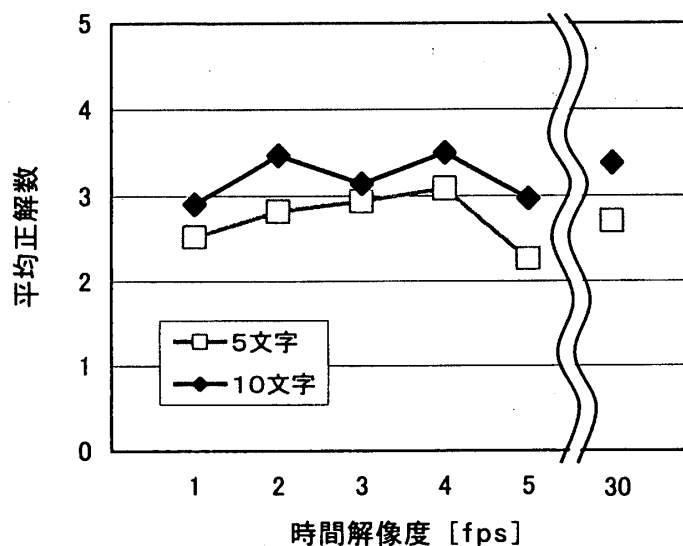


図7 時間解像度と平均正解数の関係

3. 2 時間解像度と主観評価（スクロール速さの感覚）の関係

時間解像度と主観評価（スクロール速さの感覚）の関係を図8に示す。この図のY軸は、評価点3を0としている。またここでは、低時間解像度部分のみの傾向を把握するために、直線による近似を行った。

図から、近似直線の傾きは、同時表示文字数5文字より10文字の方が小さいことが分かる。このことは、低時間解像度によるスクロール速さの感覚において、同時表示文字数10文字の動画は、5文字の動画より、時間解像度の影響を受けにくいことを意味している。

また、同時表示文字数5文字と10文字の近似直線のX軸との交点は、5文字では2.3、10文字では2.1である。ここで得られた時間解像度2.3[fps]と2.1[fps]では、フレームごとの停止時間で0.43秒と0.47秒、文字の移動距離で視野角 2.8° と 3.1° となる。この停止時間は注視に十分な時間であり、移動距離は追従運動に十分な角度である。そのため、被験者が最適なスクロール速さと感じたと考えられる。

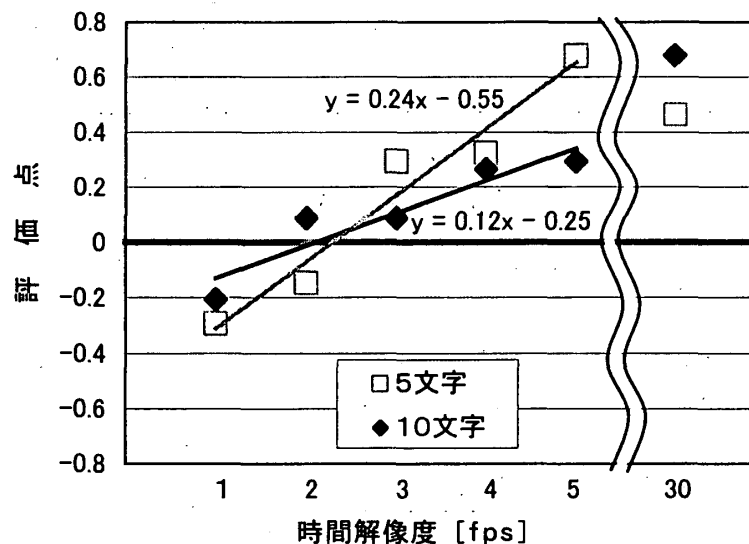


図8 時間解像度と主観評価（スクロール速さの感覚）の関係

3. 3 時間解像度と主観評価（内容）の関係

時間解像度と主観評価（内容）の関係を図9に示す。

図から分かるように、「内容」に関する評価点は、同時表示文字数5文字より、10文字の方が高い値を示した（2要因分散分析被験者内計画 $F(1, 33)=13.99$, $p<.01$ ）。これは、時間解像度と平均正解数の関係と同様に、表示文字数、表示時間が2倍であるため、文章としての把握が容易だったためと考えられる。

また、図から、30[fps]が高い値を示していることが分かる。2要因分散分析では、時間解像度の条件間について1%の有意水準で差が見られた（ $F(5, 165)=8.92$, $p<.01$ ）。交互作用が確認されなかったため、LSD法による多重比較を行った結果、30[fps]について5%の有意水準で差が見られ（ $30[\text{fps}] > 1, 2, 3, 4, 5[\text{fps}]$ ）、4[fps]は1[fps]より5%の有

意水準で高い値を示した ($4[\text{fps}] > 1[\text{fps}]$)。このことより、時間解像度30[fps]の動画は、低時間解像度の動画より文章内容が分かり易く感じられたと言える。しかし、時間解像度と平均正解数の関係には有意差が見られなかったことから、本研究の範囲内では、「内容」に関する好印象は、正解数には影響を与えない可能性があると考えられる。

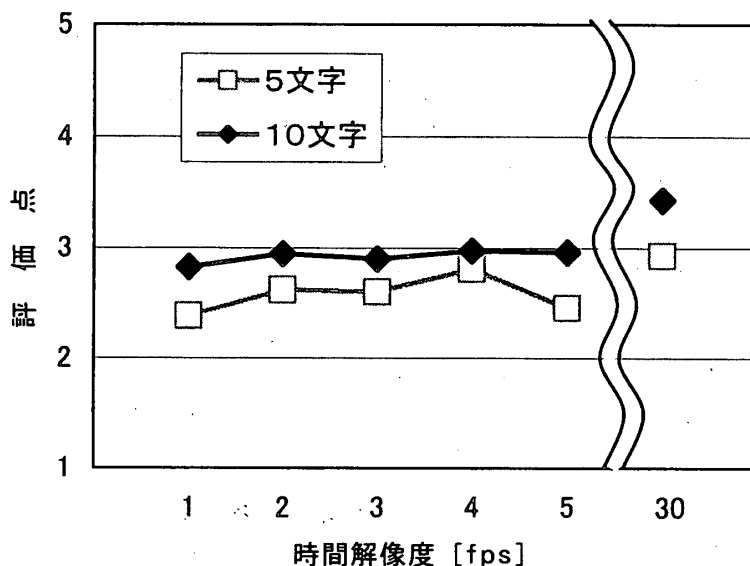


図9 時間解像度と主観評価（内容）の関係

3. 4 時間解像度と主観評価（画像）の関係

時間解像度と主観評価（画像）の関係を図10に示す。

2要因分散分析の被験者内計画では、交互作用に有意傾向が見られた ($F(5, 165)=2.26$, $p < .10$)。そこで、各要因の単純主効果を分析した。表2にその結果を示す。さらに、同時表示文字数5文字 (B at A[5]), 10文字 (B at A[10]) の両方の水準における時間解像度の単純主効果について、LSD法による多重比較を行った。その結果、30[fps]と他の時間解像度の差が有意であった ($30[\text{fps}] > 1, 2, 3, 4, 5[\text{fps}]$)。また、1[fps]は30[fps]以外の時間解像度に対しても低い値を示した ($1[\text{fps}] < 2, 3, 4, 5[\text{fps}]$)。

このことより、30[fps]の動画は、低時間解像度の動画より、画像に対する印象が良かったと言える。しかし、時間解像度と平均正解数の関係には有意差が見られなかったことから、本研究の範囲内では、「画像」に関する好印象は、正解数には影響を与えない可能性があると考えられる。

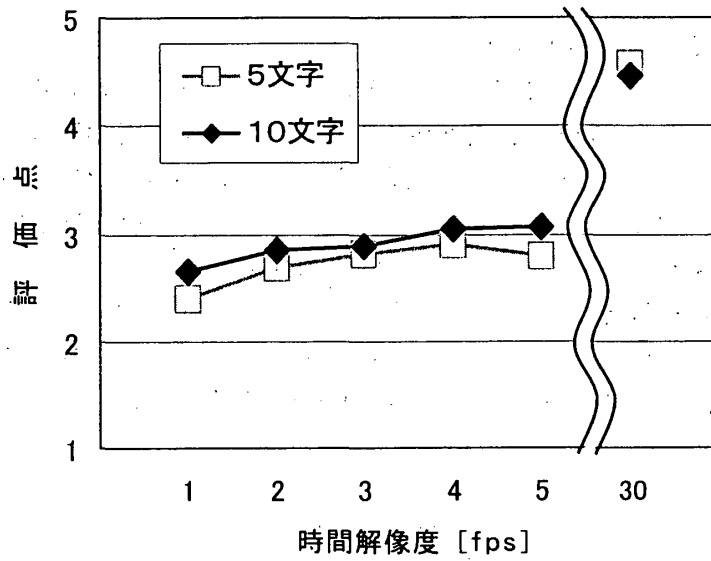


図10 時間解像度と主観評価（画像）の関係

表2 A（同時表示文字数）とB（時間解像度）の交互作用の分析表

要因	SS	df	MS	F
A at B[30]	: 0.18	1	0.18	2.16 ns
(S×A at B[30])	: 2.76	33	0.08)	
A at B[5]	: 1.26	1	1.26	4.94 *
(S×A at B[5])	: 8.40	33	0.25)	
A at B[4]	: 0.33	1	0.33	1.55 ns
(S×A at B[4])	: 7.07	33	0.21)	
A at B[3]	: 0.11	1	0.11	0.50 ns
(S×A at B[3])	: 7.30	33	0.22)	
A at B[2]	: 0.49	1	0.49	1.98 ns
(S×A at B[2])	: 8.11	33	0.25)	
A at B[1]	: 1.13	1	1.13	6.36 *
(S×A at B[1])	: 5.84	33	0.18)	

B at A[5]	: 102.19	5	20.44	74.08 **
(S×B at A[5])	: 45.52	165	0.28)	
B at A[10]	: 72.99	5	14.60	53.99 **
(S×B at A[10])	: 44.61	165	0.27)	

*p<.05 **p<.01

4. 結論

本研究において以下のことが明らかになった。

- ① 正解数は、同時表示文字数5文字より10文字の方が高い値を示した。また、5[fps]は注視時間の影響、そして、1[fps]は追従運動の影響により正解数が低下したと考えられる。
- ② 「スクロール速さの感覚」の評価点は、同時表示文字数5文字より10文字の方が時間解像度の影響を受けにくい。また、同時表示文字数5文字では時間解像度2.3[fps]、10文字では2.1[fps]が最適なスクロール速さと感じられる。
- ③ 「内容」に関する評価点は、同時表示文字数5文字より、10文字の方が高い値を示す。
- ④ 「内容」、「画像」の評価点は、30[fps]が5, 4, 3, 2, 1[fps]より高い値を示すが、本研究の範囲内では、正解数における同様の傾向は確認できなかった。

参 考 文 献

- (1) 藤木卓, 室田真男, 清水康敬 (2001) 低ビットレート用ビデオ会議ツールの授業メディアとしての評価. 電子情報通信学会技術研究報告 (教育工学), ET2001-82, pp.115-122
- (2) 藤木卓, 松本浩明 (2003) 文字スクロール動画を利用した学習における残像と低時間解像度の影響. 日本産業技術教育学会九州支部論文集, 第11巻, pp.7-12
- (3) 松本浩明, 藤木卓 (2001) 入力画像の違いが時間解像度と学習成績の関係に及ぼす影響. 電子情報通信学会技術研究報告 (教育工学), ET2001-81, pp.109-114
- (4) Sekey, A and Tietz, J. (1982) Text Display by "Saccadic Scrolling". Visible Language, 16, pp.62-76
- (5) 中條和光, 納富一宏, 石田敏郎 (1993) 横スクロール表示の読みの速度に及ぼす文字数の効果. 心理学研究, Vol.64, No. 5, pp.360-368
- (6) 12星座の物語 http://www.sakai.zaq.ne.jp/utarun/star/12seiza_story.htm
- (7) J. Kevin O'Regan. (1990) Eye movements and reading, Reviews of Oculomotor Research, 4, pp.395-453
- (8) 山田光穂, 福田忠彦 (1986) 画像における注視点の定義と画像分析への応用. 電子情報通信学会論文誌, Vol.J69-D, pp.1345-1342