

日本語の読書時の視点誘導インターフェースと誘導の効果

守田 了 石原 由紀夫

山口大学工学部

宇部市常盤台 2557

morita@kde.yamaguchi-u.ac.jp

アイマークカメラとパソコンを用いてスクロールとナビゲーション機能を持つ読書時の視点移動ナビゲーションシステムを作成する。文章に対して一定の間隔でマーカの位置を設定する。視点位置から 20 文字分を × マークを用いて隠しておき、誘導マーカの位置をみた場合に文字が画面に写し出す。このようにすることによりユーザは誘導マーカの位置を見ないと文章を読み勧められない仕組みを導入する。誘導マーカを用いる場合のヒトの視点移動を計測し、その特徴を調べる。実際に視点移動情報処理モデルにより作成した視点移動と比較し有効性を示す。

キーワード 眼球運動, 速読, 誘導インターフェース

Eye Movement Navigation Interface on Reading and Effectiveness

Satoru MORITA and Yukio ISHIHARA

Faculty of Engineering, Yamaguchi University

2557 Tokiwadai, Ube, 755, Japan

We introduce the navigation interface in reading of Japanese. Human can read sentences including big and small characters. We realize the eye movement in the wide region by generating the short-term memory image. We measure the human eye movement while subject reads using the navigation interface. We show the effectiveness of the computation model by comparing the human eye movement and the eye movement based on computation model.

keyword: Foveated Vision, Navigation Interface

1 はじめに

速読を訓練するには停留回数および停留時間を減らし、行間運動をスムーズにし、逆行運動を減らすことが必要である [1]。表 1 に示すように、学年があがるにつれて、停留数、逆行数、不適応凝視数が少なくなり、停留時間が短くなることにより、読書速度があがるが示されている。停留回数を減らすために印刷物における文書の停留して欲しい文章の位置にマークをする方法が述べられている。少しずつこの範囲を広げていくことにより停留回数を減らす訓練ができることが述べられている。

他方でキーボードやマウスの代わりとして視線を入力とするインタフェースの研究が盛んに行われている [2][3]。また視線を入力としてテキストのスクロールを制御する方式が提案されている [4][5]。キーボードやマウス入力を用いずに視線を用いて、画面に表示されているスクロールバーやアイコンをクリックもしくはドラッグすることができる。本論文では視線を用いて速読を訓練できるように、視線をもとにテキストウインドウ中の緑色のマークを用いて視点を誘導するシステムを提案する。

特に視点誘導システムを用いる場合におけるヒトの視点移動をひき起こす読書時の視点移動情報処理モデルを提案する。広範囲にわたる注視点の移動を可能にするために、短期記憶 [6] に基づく中心窩視覚システムが提案されている [7][8]。視点移動のモデルは提案されている英文の読書時の視点移動の情報処理モデル [9] を短期記憶に基づき日本語を読むために拡張するものである。スクロール時のように速く読むことのできない状況でも速読を訓練する効果があらわれる。印刷された文章と同程度の理解度でスクロール表示を読む場合は印刷物の読みの約 3 倍の時間がかかることが述べられている [5]。本論文では視線を用いてスクロールする画面を速く読む訓練ができるように、読書時の視点誘導システムをスクロールする画面に用いる。

アイマークカメラとパソコンを用いてスクロールとナビゲーション機能を持つ読書時の視点移動ナビゲーションシステムを作成する。文章に対して一定の間隔でマーカの位置を設定する。視点位置から 20 文字分を \times マークを用いて隠しておき、誘導マーカの位置をみた場合に文字が画面に写し出す。このようにすることによりユーザは誘導マーカの位置を見ないと文章を読み始められない仕組みを導入する。誘導マーカを用いる場合のヒトの視点移動を計測し、その特徴を調べる。短期記憶イメージがヒトが理解しているイメージと考え、短期記憶イメージが正確に復元されかつ、解像度が一定以上であ

学年	停留数 /100字	逆行数 /200字	停留 時間	読字 数/字
1年	136.2	21.9	330	2.14
2年	97.6	15.2	291	3.45
3年	64.6	8.4	267	5.78
4年	51.7	5.4	203	8.92
5年	44.4	4.1	228	9.41
6年	45.7	2.7	198	9.30

表 1: 眼球運動の発達 (国立国語研究所による)

れば視点は逆行せずに、一定以下であれば視点は逆行する。スクロールにより画像が移動する場合は、移動を考慮せずに統合すると統合された記憶画像から文章は再構成されない。スクロールに応じた位置ずれを補正することにより、スクロール時であってもスクロールしない場合と同様の短期記憶イメージを生成することができる。特に特徴マッチングによる記憶の統合の負担を減らすことと記憶画像の一定解像度に基づく逆行における一定の解像度を小さくすることが、読む速度を速める因子の一つになることを確かめる。このような短期記憶に基づく情報処理モデルと計測したヒトの視点移動を比較し情報処理モデルの妥当性を示す。

2. では誘導灯による視点移動ナビゲーションとスクロールについて述べ、3. では日本語の読書時の視点移動情報処理モデルについて述べ、4. では読書時の視点移動ナビゲーションシステムの視点移動情報処理モデルによる評価について述べる。

2 誘導灯による視点移動ナビゲーションとスクロール

近年旅客案内や映画の終りに流れるクレジットなどにスクロール表示が使用されるようになってきている。スクロール表示は少ない画面を用いて大きな文字で多くの情報を流すことができるため、広く使用されている。視線の方向と垂直方向と水平方向にスクロールする場合はある。

- テキストウインドウを視点位置から一定速度で進行方向と逆方向にスクロールする
- テキストウインドウを視点位置から一定速度で進行方向と垂直方向にスクロールする

スクロールするテキストを読む場合その読み速度は低減することが知られている。スクロール表示された文章の

読みに関する心理学的測定に基づく研究が行われている [5]。印刷物で提示された時の平均読み速度は 278 語/分であり、スクロール表示された時の平均読み速度は 96 語/分である。理解度テストでは差がなかった。このことから印刷された文章と同程度の理解度でスクロール表示を読む場合は印刷物の読みの約 3 倍の時間がかかることがわかる。文書のスクロールは単位時間あたり、左へ 20 ピクセルまたは 80 ピクセルで行なっている。文書のスクロールは単位時間あたり、上へ 10 または下へ 10 ピクセルで行なっている。上スクロールは映画のクレジットなどに使用されており、左スクロールは新幹線の旅客案内などに使用されている。

一般に読書は停留、サックード、行間運動、逆行の四つの機能からなる。表 1 に示すように、学年があがるにつれて、停留数、逆行数、不適応凝視数が少なくなり、停留時間が短くなるため、読書速度があがっていることが示されている。このことから速く読むためには以下の点が重要になる。

- a 改行をスムーズにする
- b 停留数を少なくする
- c 停留時間を短くする
- d 逆行の数を減らす

これらの点の中で特に [b] を考慮して緑色の誘導灯を視点から一定の位置におき視点移動を誘導する。停留回数を減らすために印刷物の停留して欲しい文章の位置にマークをする方法が述べられている。少しずつこの範囲を広げていくことにより停留回数を減らす訓練ができることが述べられている。視点がマークの位置にこなかった場合は、次にマークの位置にくるように小刻みに調節する必要がある。本手法はこの手法を拡張し、アイマークにより得られた視点位置に基づき停留してほしい文章の位置に動的にマークを提示する方式である。少しずつこの範囲を広げていくことにより停留回数を減らす訓練ができる。スクロールする画面ではあらかじめマークを提示することはできず、本論文で示す視点に基づくスクロールとマークの提示は有用である。これらの機能を実現するためには、視点がどこの位置にあるかを知る必要がある。本論文では Nac の EMR-8 を用いて視点を計測する。

実際にアイマークカメラとパソコンを用いてスクロールとナビゲーション機能を持つ読書時の視点移動ナビゲーションシステムを作成した。図 1 は視点移動ナビゲーションシステムである。アイマークカメラと画面を

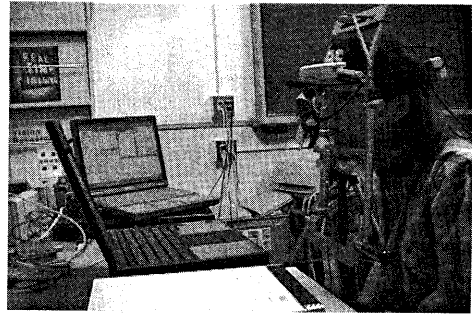


図 1: 視点移動ナビゲーションシステム

制御するパソコンと頭を固定するあご台により構成されている。文章に対して一定の間隔でマーカの位置を設定する。視点位置から 20 文字分を × マークを用いて隠しておき、誘導マーカの位置をみた場合に文字が画面にうつしだされるようにした。このようにすることによりユーザは誘導マーカの位置を見ないと読み勧められない仕組みを導入した。誘導インターフェースのコンピュータの画面を図 2(a)(b) に示す。図 2(a) は左方向へスクロール時の画面であり、(b) は通常の場合と上方向へスクロール時の画面である。左方向へのスクロール時は一度に何行も表示しておくため、一行のみにしている。これは新幹線内のテロップと同じである。本稿では、ヒトの視点移動ナビゲーションシステムを用いた測定結果を報告する。実際にナビゲーションによるスクロール時の視点移動を計測し視覚情報処理モデルを検討する。

3 誘導時のヒトの視点移動

580 文字の文章を被験者に読んでもらい、その際の視点移動を計測した。画像サイズは 1220 × 920 pixels であり、文字サイズは 24 × 24 pixels である。15 種類の実験を行った。各実験の違いを表 {table:2} に示す。実験 1, 実験 2, 実験 3, 実験 4 はスクロールしない静止画像をマーカーによるナビゲーションにしたがって読む。マーカーの間隔はそれぞれ 9(cell), 19(cell), 29(cell), 39(cell) であり 4.5 文字分, 9.5 文字分, 14.5 文字分, 19.5 文字分にあたる。実験 5, 実験 6, 実験 7, 実験 8 は左方向にスクロールする画像をマーカーによるナビゲーションにしたがって読む。実験 5, 実験 6 と実験 7, 実験 8 ではマーカーにしたがって読むために読める速度にスクロール速度を調整する。左方向上方向のスクロール速度は文章を読み続けられる速度に調整している。マーカーの間隔はそれぞれ

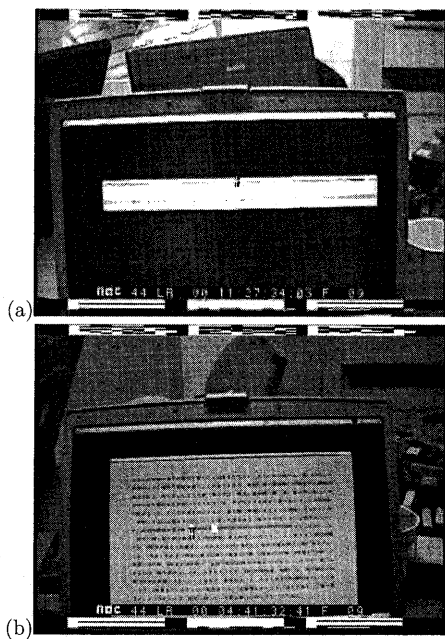


図 2: 誘導時のコンピュータの画面

(a) 左方向へスクロール時の画面 (b) 通常の場合と上スクロール時の画面

no.	mark	scroll direct (cell)	scroll speed (pixel)	mark distance (cell)	mask width (cell)
1	o	—	—	9	40
2	o	—	—	19	40
3	o	—	—	29	40
4	o	—	—	39	40
5	o	←	3.0	9	40
6	o	←	3.0	19	40
7	o	←	6.0	29	40
8	o	←	6.0	39	40
9	o	↑	0.2	9	40
10	o	↑	0.2	19	40
11	o	↑	0.2	29	40
12	o	↑	0.2	39	40
13	x	—	—	—	40
14	x	←	6.0	—	40
15	x	↑	0.2	—	40

表 2: 誘導インターフェースによるヒトの視点移動実験

no.	gaze	for num	back word	for word	back word	time	spe ed s/le tter
		num	num	pixel	pixel	s	
1	2300	1218	1081	28.68	26.87	91.55	0.16
2	1366	755	611	26.05	24.47	54.14	0.09
3	1385	770	615	26.91	29.53	54.87	0.09
4	1633	899	734	25.26	28.05	64.89	0.11
5	4188	2691	1497	19.96	26.03	115.9	0.20
6	4224	2713	1511	20.24	27.04	114.3	0.20
7	2188	1393	795	25.87	27.20	57.70	0.10
8	2182	1360	821	25.82	24.93	57.77	0.10
9	1228	748	480	28.18	33.29	55.01	0.09
10	2271	1362	908	55.54	63.22	101.9	0.18
11	3239	1928	1311	82.80	93.16	144.9	0.25
12	4173	2460	1712	109.9	118.8	184.1	0.32
13	1286	711	575	31.99	32.49	52.33	0.09
14	4188	2691	1497	19.96	26.03	115.9	0.20
15	1228	748	480	28.18	33.29	55.01	0.09

表 3: 誘導インターフェースによるヒトの視点移動の測定結果

9(cell), 19(cell), 29(cell), 39(cell)であり 4.5文字分, 9.5文字分, 14.5文字分, 19.5文字分にあたる。実験 9, 実験 10, 実験 11, 実験 12 は上方向にスクロールする画像をマーカーによるナビゲーションにしたがって読む。マーカーの間隔はそれぞれ 9(cell), 19(cell), 29(cell), 39(cell)であり 4.5文字分, 9.5文字分, 14.5文字分, 19.5文字分にあたる。実験 12, 実験 13, 実験 14 はナビゲーションなしで, スクロールしない静止画像, 左方向にスクロールする画像と上方向にスクロールする画像を読む。停留は画像上のピクセルが同じなら停留とみなす。全般に逆行数が多いがこれは微細なサッカドを視点移動に加えているためである。実験時には次のマーカーの位置を見るように指示している。20文字分を x マーカーで隠す。マーカーの位置を見たときのみ文字のマスクが消える。この実験結果では画像上で 1ピクセル移動した場合を視点移動ととらえているため, 逆行数が多くなっている。各実験について 5 回行い平均をとっている。また実験のインターフェースでみられるように緑色の背景に白いマーカーを用いている。これはマーカーを目立たせるためである。表中の cell は 12pixel 分で 2cell で 1文字分に対応する。

図 3(a)(b)(c) にそれぞれ誘導しない場合の静止画像, 左方向のスクロールと上方向のスクロール時の読書時の

視点移動を計測した結果を示す。図 4(a)(b)(c) に静止画像における、誘導マーカの間隔が 4.5 文字、9.5 文字、19.5 文字の場合の視点移動を計測した結果を示す。結果から 9.5 文字の場合は視点移動に無駄が少ないのに対して、9.5 文字、19.5 文字の場合には視点移動に逆行や細かいサッカドが多くなっていることがわかる。

表 3 にヒトの視点移動の測定結果を示す。誘導を用いずに読む場合、左方向にスクロールする場合は読みに 2 倍程度の時間がかかっている。それに対して縦方向のスクロールに対して読み速度に違いはみられなかった。静止画像を読む場合、誘導マーカーの間隔が短い 4.5 文字より 9.5 文字の方が読み速度が速く、9.5 文字より 19.5 文字の方が読み速度が遅くなっている。誘導マーカーの位置が 9.5 文字から 14.5 文字の位置では比較的読み速度が速くなっている。

左スクロール時ではマーカーの間隔が短い場合は読み速度が通常の 2 倍程度遅くなっているが、誘導マーカーを用いない場合とほぼかわらない。誘導マーカーの間隔が広くなると読み速度が誘導マーカーを用いない場合と比べて半分に遅くなっている。上方向のスクロール時には誘導マーカーの間隔を長くするにつれて読み速度が遅くなっている。

このことから誘導マーカーを用いることにより、読書速度を速くする最適なサッカド間隔がわかる。静止画像で誘導マーカーの間隔が 9.5 文字から 14.5 文字が最適であり通常の読み速度と変わらない。左スクロール時では誘導マーカーの間隔が 14.5 文字分から 19.5 文字分の場合が最適である。上スクロール時では誘導間隔が短い 4.5 文字が最適である。特に左スクロール時では誘導マーカーの効果で 2 倍の速さで読むことが可能になっている。

高速に眼を移動しているにもかかわらず世界が揺れているように感じない理由は、見ていると感じているイメージは見ている瞬間の画像ではなく、短期間蓄えられた数枚が統合された画像であるためである。本論文では短期記憶イメージがヒトが理解しているイメージと考える。短期記憶イメージが正確に復元されかつ、解像度が一定以上であれば視点は逆行せず、一定以下であれば視点は逆行する。スクロールにより画像が移動する場合は、移動を考慮せずに統合すると統合された記憶画像から文章は再構成されない。スクロールに応じた位置ずれを補正することにより、スクロール時であってもスクロールしない場合と同様の短期記憶イメージを生成することができる。特に特徴マッチングによる記憶の統合の負担を減らすことと記憶画像の一定解像度に基づく逆行における一定の解像度を小さくすることが、読む速度を速める因子の一つになることを確かめている。[10]

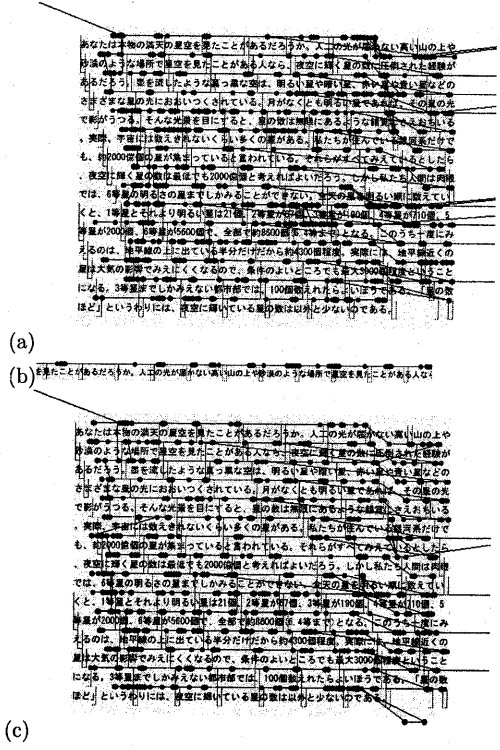


図 3: 誘導を行わない場合の視点移動 (a) 通常 (b) 左方向へスクロール時の視点移動 (c) 上方向へスクロール時の視点移動

で提案された情報処理モデルで作成した視点移動の結果と類似している。

4 おわりに

誘導マーカーを用いた読書時の視点誘導インターフェースを作成し、視点誘導時のヒトの視点移動を計測した。計測した結果が提案する情報処理モデルに現れることを示した。

謝辞

ヒトの視点移動は公立はこだて未来大学川嶋 稔夫教授のもと測らせて頂き、また熱心に議論頂き感謝します。

参考文献

- [1] 佐藤 泰正, “速読の科学”, 講談社, 1985
- [2] 大野 建彦, “視線を用いた高速なメニュー選択作業, 情報処理学会論文誌, vol. 40, no. 2, pp. 603-612, 1999
- [3] R. Jacob, “What you look at is what you get: Eye movement-based interaction techniques,” proc. of ACM CHI90 Human Factors in Computing System Conference, pp. 11-18, 1990
- [4] 大和 正武, 門田 皓人, 高田 義彦, 松本 健一, 鳥居 宏次, “視線によるテキストウィンドウの自動スクロール, 情報処理学会論文誌, vol. 40, no. 2, pp. 613-622, 1999
- [5] A. Sekey, J. Tietz, “Text display by Saccadic Scrolling,” “Visible Language, 16(1), pp. 62-77, 1982
- [6] R. C. Atkinson and R. M. Shiffrin, “Human memory: A proposed system and its control process., The Psychology of Learning and Motivation, Vol. 2, Academic Press, 1968.
- [7] 守田 了, 石原 由紀夫, “短期記憶とタスクモデルに基づく視点移動の実現, MIRU2000, vol. I, pp. 209-214, 2000
- [8] S. Morita and Y. Ishihara, “Control of Foveated Vision based on Short-term Memory,” Proc. of IEEE MFI99, pp. 13-18, 1999.
- [9] 石原 由紀夫, 守田 了, “読書時における視点移動の実現, 電子情報通信学会論文誌, vol. J84-D-II, no.1 pp. 111-119, 2001
- [10] 守田 了, 石原 由紀夫, “読書時の視点移動のナビゲーションシステム, HI094-006, 2001
- [11] S. W. Wilson: “On the retina-cortical mapping,” Int. J. Man-Machine Stud. 18, pp. 361-389, 1983.
- [12] H. Yamamoto, Y. Yeshurun and M. D. Levine, “An Active Foveated Vision System: Attentional Mechanisms and Scan Path Coverage Measures,” Computer Vision and Image Understanding, Vol. 63, No. 1, pp. 50-65, 1996.
- [13] 青西 亨, 福島 邦彦, “網膜と皮質の不均一性を考慮した注視点移動モデル”, 電子情報通信学会論文誌, J78-D-II, pp.1363- 1371, 1995.

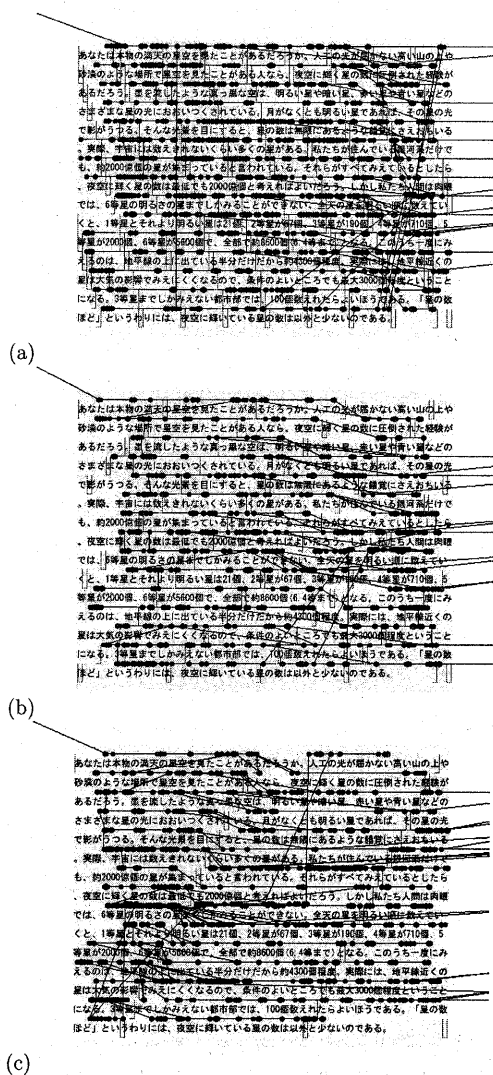


図 4: マーカーによる誘導時の視点移動

(a)4.5文字先に点灯する場合 (b)9.5文字先に点灯する場合 (c)19.5文字先に点灯する場合