高速サンプリングによる視線検出とスキーマ注視曲線

○鈴木 健之(関西大学大学院)、堀井 健、小谷 賢太郎(関西大学 工学部)

北村 裕(関西大学 総合情報学部)

Hi-frequency sampled visual line and schema fixation curve

Kenji Suzuki(Graduate School of Kansai University)

Ken Horii, Kentaro Kotani (Faculty of Engineering, Kansai University)

Yutaka Kitamura(Faculty of Informatics, Kansai University)

1. はじめに

文章読解という行為を眼球運動という点から評価するには、被験者の読解力、文章の難易度、あるいは読解中の環境の違いが直接的に反映するところの「注視」を的確に捉える必要がある。従来から提唱してきた「スキーマ注視曲線」¹⁾は上述の点を如実に反映したものであり、人の知覚・認知特性を生かした時間区分から得られる認知負荷量により文章読解力の評価を行ってきた²⁾。

ところが、この「注視」は視線の検出精度に大きく依存し、従来の眼球検出器が有する 30Hz のサンプリングレートでは細かな解析が困難であった。そこで、本報告では 250Hz の高速サンプリングシステムを導入し、「注視」ならびにスキーマ注視曲線の再検討とその適応について議論している。

2. アイリンクシステム

本研究で用いた眼球運動計測システムは SMI 社製のアイリンクシステムであり、アイカメラ、テキスト表示に用いる Subject PC(Compaq Deskpro 4000)およびデータ記録に用いる Operator PC(Compaq Deskpro 4000)で構成されている。サンプリング周波数は 250Hz である。アイリンクシステムの構成を図 1 に示す。

図1 実験システム構成

3. 注視とスキーマ注視曲線

・注視

従来は以下の2つの条件を満たすものを注視と定義し、これより注視点を算出していた。

〈1〉サンプリング点のある一点を基準に選び、こ

の基準点と他のサンプリング点との距離(基準距離)が 1° 以下である。

〈2〉順序だったサンプリング点において、その中の2つのサンプリング点間の距離(相対距離)が 1° 以下である。

ところが、上述のように距離を判定条件とした場合には、高速サンプリングによる視線データから注視を決定するのは困難である。そこで、新たに注視の条件を以下のように定めた。

〈1〉順序だったサンプリング点において、その中の2つのサンプリング点間での視線移動速度が 35deg/sec^3 以下である。

〈2〉条件1を満たす連続したサンプリング点の数が8個以上とする。

図2 視線軌跡および注視点
(上図:従来の条件、下図:新たな条件)

図2は従来の注視条件と新たな注視条件の下で得られた視線軌跡と注視点をそれぞれ表す。これらの結果を比較してみると、視線軌跡の形状と注視点の位置については余り差は見られない。しかしながら、表1に示したように、各注視点における

表1 各注視点での注視時間 (ms)
従来の条件による場合 新しい条件による場合

X座標	Y座標	注視時間
111.8	104.2	192
119.0	111.7	96
152.6	115.8	160

X座標	Y座標	注視時間
108.0	102.0	124
114.2	105.6	4
118.8	110.6	148
124.1	111.2	4
137.9	113.7	4
151.7	116.9	4
152.8	115.3	148

注視時間には明らかな違いが認められる。このことは、高速サンプリングによる場合には「注視」を決定付けるところのサッケードが的確に把握

されていることを意味する。

・スキーマ注視曲線

これまで、スキーマ注視曲線上で次の様な注視時間の区分域を考え、読解力評価のための認知負荷量を求めてきた。

- ・第一区分： 0～132ms までの注視時間域
- ・第二区分： 132～264ms までの注視時間域
- ・第三区分： 264ms 以上の注視時間域

図3に示すように、第一区分域は文字そのものの存在やパターンを知覚できるレベル(知覚レベル)、第二区分域は文字の意味・概念を認知できるレベル(認知レベル)、第三区分域は言語情報処理に関わるレベル(言語処理レベル)であり、それぞれの認知負荷量を図中のように定めている。新しい注視条件の下では、この3つの区分に加えてサックードに相当する部分が加わることになる。したがって、このサックードに相当する部分を新たな意味を持つ認知負荷量とするかあるいは知覚レベルの認知負荷量に加えるかする必要が生じる。

図3 スキーマ注視曲線と認知負荷量

4. 実験例

・視野制限下での文章読解実験を行なった。

4.1 実験方法

被験者はアイカメラを装着し、頭部を固定し、5種類のテキスト(朝日新聞の「天声人語」より抜粋)と5種類の視野制限(6°、9°、12°、15°、視野制限無し)の下で実験を行なった。実験終了後、理解度アンケートを実施した。被験者は健康男子6名(年齢：21～24歳)である。

・評価のための計測量

テキストが表示されてから読解終了までの読解時間、スキーマ注視曲線から求まる標準偏差および3区分に相当するそれぞれの認知負荷量、各サンプリング点間での視線移動速度、ならびにサックードの大きさを計測量とした。

4.2 実験結果

読解時間：視野制限の違いによる差は見られな

った。(F(4,29)=2.78 ; P<0.05)

スキーマ注視曲線：標準偏差、認知負荷量共に視野制限の違いによる差は見られなかった。(それぞれ、F(4,29)=2.1、F(4,29)=0.85、F(4,29)=2.78、F(4,29)=2.53 ; いずれも P<0.05)

視線移動速度：視野制限の違いによる差は見られなかった。(F(4,29)=1.53 ; P<0.05)

サックードの大きさ：図4を見ても明らかに、視野が大きくなるに連れて、サックードの大きさも大きくなった。(F(4,29)=11.68 ; P<0.05)

図4 視野制限の大きさとサックードの大きさ

理解度と計測量との相関：各計測量との相関を表2に示す。

表2 理解度と計測量との相関

被験者	A	B	C	D	E	F
実験時間	-0.98	-0.59	-0.79	-0.71	-0.79	0.12
標準偏差	-0.68	-0.86	-0.87	-0.86	-0.40	-0.91
認知負荷量	知覚レベル	0.80	0.35	-0.52	0.81	0.70
	認知レベル	0.40	0.96	0.93	0.83	-0.18
	言語処理レベル	-0.45	-0.91	-0.96	-0.86	-0.09
平均視点移動速度	0.96	0.84	0.92	0.73	0.65	-0.47
平均サックード移動量	0.60	0.17	0.90	0.94	0.74	-0.16

この結果をまとめると次の様になる。

- ・理解度が高い人ほど、実験時間が短い。
- ・理解度が高い人ほど、スキーマ注視曲線の標準偏差は減少する。また、言語処理レベルの認知負荷量は減少し、認知レベルの認知負荷量が増加する。
- ・理解度が高い人ほど、視線移動速度ならびにサックードの大きさ共に増加する。

本研究の一部は平成10年度関西大学重点領域研究助成金の援助を受けたことを記す。

[参考文献]

- 1) Y. Kitamura, K. Horii, Y. Tomoda, & Y. Akai, (1993), "Evaluation of Readability Formulae in Terms of Eye Movements; Derivation of Schema Fixation Curves", d'Ydewalle, G. & Van Renabergen, J. (Eds.), *Perception & Cognition: Advances in eyemovement research*, North-Holland.
- 2) 緒方 孝司、その他(1996)、「スキーマ注視曲線への注視時間区分の導入による読解力評価」、日本人間工学会関西支部大会講演論文集、pp.17-20
- 3) 田崎 京二、その他(1979)、視覚情報処理、朝倉書店