

目は口ほどに物言う：注視ダイナミクスと類似性判断の関係

The eyes say more than the mouth: information relational between gaze dynamic and similarity judgments

日高 昇平[†], 鈴木 義彦[†]
Shohei Hidaka, Yoshihiko Suzuki

[†]北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology
shhidaka@jaist.ac.jp

Abstract

人は、様々なものの関係を意識的・無意識的に判断し様々な認知処理を行っている。本研究では、視線移動パターンを非線形力学系として捉え、特に類似性判断に関して、この視線ダイナミクスの持つ情報量に着目して分析を行った。類似性判断の際の視線時系列の予測性(移送情報量)を分析した結果、類似性判断の異なる場合には、異なる情報特性を示した。これは、類似性の決定前に、その潜在的な内容を視線が反映する事を示唆している。

Keywords — 情報探索、類似性、情報量、非線形力学系

1. はじめに

人は、様々なものの関係を意識的・無意識的に判断しながら様々な認知的な処理を行っている。たとえば、連想関係、類似性、典型性などの意味的な判断は、無意識的に行われ、脳波計測によって事象関連電位として計測可能である(Kutas & Federmeie, 2000)。また、このような意味知識は、無数の結合を持つネットワーク構造として捕らえられると考えられている(Nelson et al., 1999; Steyers & Tenenbaum, 2005)。このような一連の研究から、徐々に意味知識、意味的な判断過程の構造が明らかになりつつある。しかし、一方、これまでの研究の多くは、実験参加者の判断した「結果」を測定、収集、分析しており、意味認知の(特に判断前の)「情報処理過程」に直接迫るものではない。人がなんらかの判断を下す前には、与えられた知覚的刺激の情報を収集し、それを分析し、判断を下すべきか決定し、刺激の情報が十分出ない場合は再び情報収集を続ける、といった、情報

処理のループがあると考えられる。従って、最終的に下された判断結果のみならず、それに至るまでの情報処理過程の分析が、意味的な判断過程の解明へとつながる。

我々は情報の多くを視覚から得ており、また視線の動きとある種の注意はある程度の一致がみられる(Duchowski, 2002)。よって、視線の移動パターンと意味的な判断過程との関係が明らかになれば、意味判断に至る「情報処理過程」への直接的な分析が可能となる。従って、本研究では、人の意味的な判断における情報収集パターンを調べるために、画像の類似性判断課題を用いて、その判断過程で見られる視線移動パターンを分析した。この課題では、2つの画像(50の基本カテゴリに含まれる事例)を同時に提示し、それらを見比べて類似性を判断する。本研究では、視線移動パターン(軌跡)を非線形力学系として捉え、特に類似性判断に関して、この視線ダイナミクスの持つ情報量に着目して分析を行った。

2. 実験手続き

実験参加者は、コンピュータディスプレイ上に表示された2つの画像について、1-5のキーを押すことで、そのペアの類似性を答えることが求められた。類似性判断の基準は実験前には明示的に示されず、参加者自身の直感に従って決定する事を教示した。類似性の判断は、「非常に類似している」、「類似している」、「どちらでもない」、「類似していない」、「非常に類似していない」の5件(1-5のキーと対応)で行った。

各試行では、参加者がキー押しによって反応するまで画像対はディスプレイ上に表示され続け、反応後ビーブ音とともに次の試行へと進んだ。参加者は、50 クラス(1 クラス各 3 種)の画像についてから可能な組み合わせ 1225 対すべてについて類似性判断が求められた。実験は 1225 試行からなり、実験はおよそ 50 分から 90 分で終了した。

3. 参加者

北陸先端科学技術大学院大学の大学院学生 4 名(男性 3 名、女性 1 名、データ収集中)

4. 刺激・実験設定

幼児が 3 歳までに獲得する基本的な英語名詞 50 語(幼児の語彙獲得リスト MCDI (Fenson et al., 1994) から抽出)の表す典型事例の画像を 150 枚(各名詞 3 枚×50 語)を収集し、これを実験に用いた。画像は 1650×1050 の解像度を持つディスプレイ上に表示され、参加者はおよそ 40cm の距離からこれを見た。モニタの下に据え置き型の視線追従装置(Tobii X120)を置き、これにより、実験開始直後から実験終了までのディスプレイ上での視線の位置を計測した。サンプリングレートは 50Hz であった。

5. 分析方法

アイトラッカから得られた各試行の視線移動データと、参加者の類似性判断の結果をあわせて用い、視線と類似性判断の間に共有されている情報量を算出した。具体的には、時系列データの予測性から計算される移送情報量(Transfer entropy; Marko, 1973; Schreiber, 2000)によって、複数の変数間での情報量移動の時間平均および局所情報量(Lizier, 2008)を分析した。視線追従装置から得られるデータは、非線形力学系の解析に用いられる記号力学系を利用し、連続値時系列を記号列へと変換し(Buhl & Kennel, 2005)、情報量(Entropy rate および transfer entropy)を算出した。Entropy rate は時系列 A において、A の過去状態が与えられ

たときの、次の状態の条件つきエントロピーであり、Transfer entropy (B から A) は時系列 A の過去状態が与えられたときの A と B の条件つき相互情報量である。時系列 A、B 間の移送情報量を算出することによって、時系列 A から B、あるいは B から A への情報の移動を独立に測る事ができ、2つの情報源(力学系)がどの程度カップリングするか診断することができる(Marko, 1973)。

6. 結果・考察

視線(連続値系列)と類似性判断、および固視点の位置(左画像・右画像・どちらでもないの 3 カテゴリー値)の 3 つの変数の移送情報量(Transfer entropy)を分析した結果を表 1 に示す。移送情報量が情報の送信側、受信側の双方向を別個に測定できる。表 1 (3×3 行列)では、対角要素に平均伝達情報量(Entropy rate)、非対角要素に時系列 A (Sender)から B (Receiver)への平均移送情報量を示す。理論上、平均移送情報量は平均伝達情報量を超えない非負値であるので、類似性判断のもつ情報量(0.0475)に対して、視線系列は比較的高い情報量(0.0154)を受けている事がわかる。

次に、視線系列から類似性判断への反応直前の時間プロファイルを分析した。図 1 は反応のオフセットを基準(時間 0, 情報量 0)とし、参加者 1 の反応の直前の 1 秒間の局所移送情報量のプロファイルを判断結果(5 段階)ごとにわけ、その試行間平均を示したものである。「類似」、非常に類似、あるいは「どちらでもない」と答えた試行では、反応前に移送情報量が大きくなり、それ以外の反応の場合、移送情報量は小さい。しかし、この傾向は、参加者間で必ずしも同じではなく、参加者 2 (図 2)では、「とても類似している」、「とても類似していない」の 2 つが類似の時間プロファイルを示した。どの選択肢が高い情報量を持つかは、参加者間で異なっていたが、参加者間で一貫して、移送情報量の時系列パターンが、類似性によって、判断と視線

との情報的なカップリングの強さが異なり、また反応の直前に大きく変化していた。そこで、視覚的刺激的検出から反応までの遅延 (Kosinski, 2008) を考慮して、反応の 190 ミリ秒前 (判断の推定オンセット) での局所移送情報量に対して、類似性判断を要因とする一要因分散分析した。その結果、いずれの参加者でも、局所移送情報量に有意な差が見られ ($p < 0.01$)、類似性判断により、視線の受ける情報量に差がある事が示唆された。

以上の結果から、画像の類似性判断と視線ダイナミクスの情報量には強い関連性があることが示唆される。しかし参加者間、または判断の内容によって情報量の時間プロファイルが異なり、視線の移送情報量が判断直前に変化する結果が得られた。従って、今後の課題として、意味判断を視線から個人または集団共通の認知モデルを構築し、その情報処理メカニズムの解明に迫る事が挙げられる。

表 1 : 平均移送情報量

移送情報量が情報の送信側、受信側の双方向を別個に測定できる。類似性判断のもつ情報量 0.0475 に対して、視線系列は比較的高い情報量 0.0154 を受けている。

		Sender		
		視線系列	類似性判断	視線位置
Receiver	視線系列	0.5401	0.0154	0.0415
	類似性判断	0.0046	0.0475	0.0935
	視線位置	0.0967	0.001	0.13

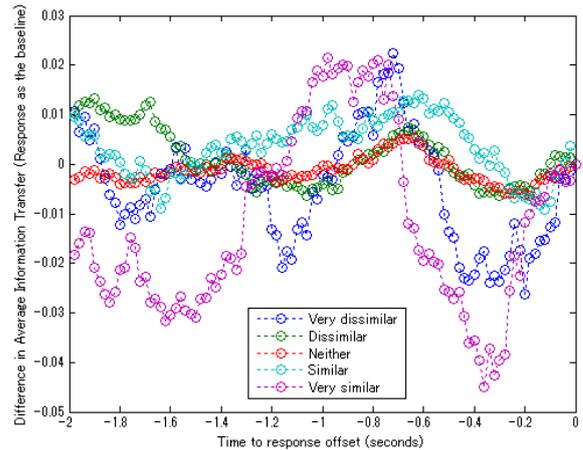


図 1: 類似性判断(1-5)から視線系列への移送情報量 (transfer entropy) の反応時を基準 (0 情報量) とした時間プロファイル (参加者 2 の各試行の平均)

参考文献

[1] Buhl, M. and Kennel, M. B. (2005). Statistically relaxing to generating partitions for observed time-series data., Phys. Rev. E 71, 046213.

[2] Duchowski, A. T. (2002). A breadth-first survey of eye-tracking applications., Behavior Research Methods, Volume 34, Number 4, 455-470.

[3] Fenson, L., Dale, P. S., Reznick, J. S., Bates, E., Thal, D. J., & Pethick, S. J. (1994). Variability in early communicative development. Monogr. Soc. Res. Child Dev., 59, 1-173.

[4] Kutas, M. and Federmeier, K. D. (2000). Language comprehension and the N400, Trends in Cognitive Sciences - Vol.4, No.12, 463-470.

[5] Kosinski, R. J. (2008). A literature review on reaction time, Clemson University.

[6] Lizier, J., Prokopenko, M., & Zomaya, A. (2008). Local information transfer as a spatiotemporal filter for complex

systems. *Physical Review E*, 77(026110)

- [7] Marko, H. (1973). The Bidirectional Communication Theory—A Generalization of Information Theory., *IEEE Trans. On Communications*, Vol. COM-21, No. 12, pp. 1345–1351.
- [8] Nelson, D.L., McEvoy, C.L., & Schreiber, T.A. (1999). The University of South Florida word association, rhyme, and word fragment norms.
- [9] Schreiber T. (2000), Measuring Information Transfer, *Physical Review Letters*, Vol. 85, No. 2, pp. 461–464.
- [10] Steyvers, M. & Tenenbaum, J. B. (2005). The large-scale structure of semantic networks: Statistical analyses and a model of semantic growth. *Cognitive Science*, 29, 41–78.