

## Flash Lag 現象における SOA の効果

永井聖剛・風井浩志・八木昭宏

関西学院大学 大学院文学研究科 心理学専攻

〒662-8501 兵庫県西宮市上ヶ原 1-1-155

### 1. 序

外界の信号を網膜で受け取り、その信号が V1 に到達するまでに、30-100 ms の時間を要することが知られている<sup>1,2)</sup>。この処理遅延が直接に知覚に反映されるのであれば、運動物体は実際とは異なった位置に知覚されていることになる。しかしながら、我々は静止物体と同様に運動物体を掴むあるいは打つといった反応を正確かつ容易に行うことができる。運動物体への正確な反応は、視覚経路の処理遅延を補償するシステムを仮定することにより説明できるであろう。視覚経路における処理遅延の補償システムが存在することの有力な証拠として、Flash Lag (FL) 現象が挙げられる。FL とは、運動線分の両端に静止線分を瞬間提示すると、両者が物理的に一直線上に並んでいるにも関わらず、静止線分の方が後方に知覚される現象を指す。FL の大きさは、運動線分と静止線分とが一直線上に知覚されるときに両者の空間的なズレで表す場合と、空間的なズレから換算される時間的なズレで表す場合とがある。FL の時間的な大きさは視覚経路の処理遅延の大きさに概ね相当し、我々は運動物体を実際とほぼ同じ位置に知覚していることが示唆されている<sup>3)</sup>。

Kuhara and Nijhawan<sup>4)</sup> は、運動線分提示と静止線分提示との SOA が 0 ms の場合でも SOA が十分に大きい場合でも FL の大きさは変わらないと主張している。しかしながら、SOA 0 ms では運動成分が生じていない状態  
2000 年冬季大会ポスター (1月25日)

で両線分が提示されるということを考慮すると、SOA 0 ms では他の SOA とは異なるメカニズムが介在する可能性があるだろう。本研究ではこの可能性に注目し、実験 1 と実験 2 では運動線分提示から静止線分提示までの SOA を変数として FL を測定し、実験 3 では運動方向の予測可能性を変数として FL を測定した。

### 2. 実験 1

#### 2.1 方法

被験者は大学院生 4 名 (著者 1 名を含む) であった。全ての被験者は正常な視力を持っており、著者 1 名以外は本実験の目的を知らされていなかった。また全被験者は以下の全実験に参加した。

運動線分として、緑色の垂直バー (輝度 3 cd/m<sup>2</sup>, 9 x 50 min) が 13.3 ms 毎に 1 pixel (1.81 min) ずつ左方向に位置を変えて提示された。運動線分の出現地点は、スクリーン中央から右に 60 pixel (1.81 deg) の位置、消失地点は同左 60 pixel (1.81 deg) の位置であった。運動線分の出現と同時 (SOA 0 ms), 出現から 400, 800, および 1200 ms 後 (SOA 400, 800, & 1200 ms), あるいは運動線分の最終フレーム (SOA 1600 ms) で、静止線分として 2 本の緑色垂直バーが 13.3 ms 間提示された。静止線分は運動線分の上下に提示され、両者の間隙は 3 pixel (5.4 min) であった。

静止線分が現れたときに静止線分が運動線分の「左」あるいは「右」のどちらに位置し

たかを強制2肢選択法で答えることを、被験者は要求された。測定は2重上下法<sup>9)</sup>で行われた。1セッションは2シリーズから成り、各シリーズの第1試行における両線分間の水平方向のズレは、8-10 pixel (14.5-18.1 min) の間でランダムに選ばれた。一方のシリーズの第1試行では静止線分が運動線分よりも左に、他方のシリーズの第1試行では右に提示された。シリーズ中は被験者の反応に応じてズレの大きさが変化した。例えば、ある試行で「左」と反応した場合、次試行では静止線分が1 pixel (1.81 min) だけ「右」側にズレて提示された。各セッションは、両シリーズとも10回の反応転換を終えた時点で打ち切られた。主観的等価点 (PSE) は、3回目から10回目までの転換点の平均値とした。被験者は各SOAにおいて3セッションずつ行った。ただし、1セッション目は練習とし、2セッション目以降のPSEの平均値をFLの大きさとした。

## 2.2 結果

図1は各SOAでの、時間に換算したFLの大きさが示されている。これを見ると、SOA 400-1200 ms と比べると SOA 0 ms ではこれら

の数倍のFLが生じている。SOA 1600 ms (運動の最終フレームに静止線分提示) では、FLは殆どみられなかった。これらの傾向は全被験者で共通であった。

## 3. 実験 2a & 2b

実験1では被験者の眼球運動を制限しなかった。そのため、SOA 0 ms とそれ以外のSOAで異なる眼球運動を行っていた可能性がある。すなわち、SOA 0 ms に限り眼球が静止しており、それ以外のSOAでは運動線分を追従していたかもしれない。そのため、SOA 0 ms に限って刺激を中心窩でとらえていなかった可能性もある。そこで、運動線分出現地点を明示し運動線分を追従させた場合(実験2a)、および静止線分出現付近を注視させた場合(実験2b)で、同様の測定をSOA 0 ms および800 ms において試みた。

### 3.1 方法

実験2aでは、運動線分の出現・消失位置は実験1と同じであった。運動線分の出現位置にあらかじめ緑色の光点(輝度3 cd/m<sup>2</sup>, 直径5.4 min)を提示し、被験者には運動線分が提示されるまでは光点を注視しておくことを求

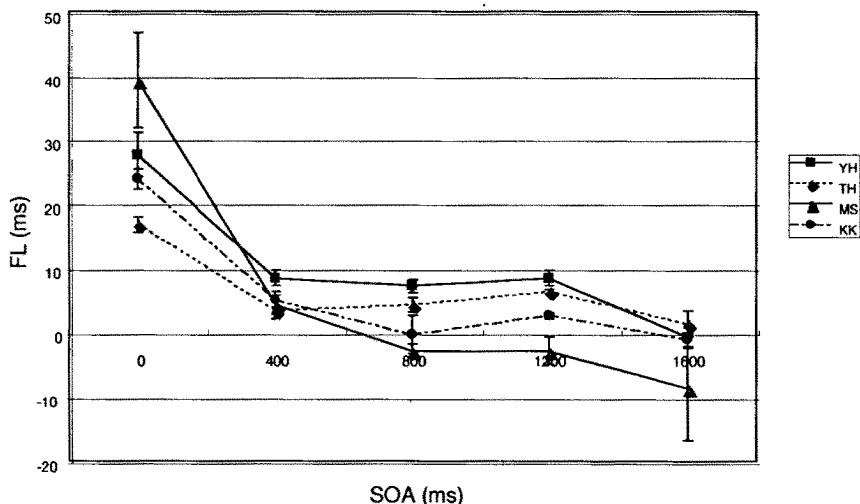


図1 The magnitude of FL in Experiment 1. The horizontal axis indicates SOA between a moving line and briefly-flashed lines (0, 400, 800, 1200, & 1600 ms). The vertical axis indicates the magnitude of FL in time. Error bars represent  $\pm 1$  SEM.

めた。さらに運動線分の提示後は運動線分を追従するように求めた。実験 2b では、画面中央に緑色の光点を提示し、試行中は光点を注視し続けることを被験者に求めた。運動線分が注視点に重なったところで、静止線分が提示された。したがって、運動線分出現地点は SOA 0 ms では画面中央となった (SOA 800 ms では、実験 1 と同じ地点)。被験者の眼球運動は ober 2 または眼球静電位法でモニターさ

れ、求められた眼球運動を正しく行わなかった試行のデータは除外し、その試行と同じ内容の試行をもう一度繰り返した。

### 3.2 結果

実験 1 と同様の傾向を得た。つまり、SOA 0 ms で SOA 800 ms よりも大きな FL が観察された (図 2)。この結果から、実験 1 で得られたデータが眼球運動に関連したアーティファクトによるものではないと言えよう。し

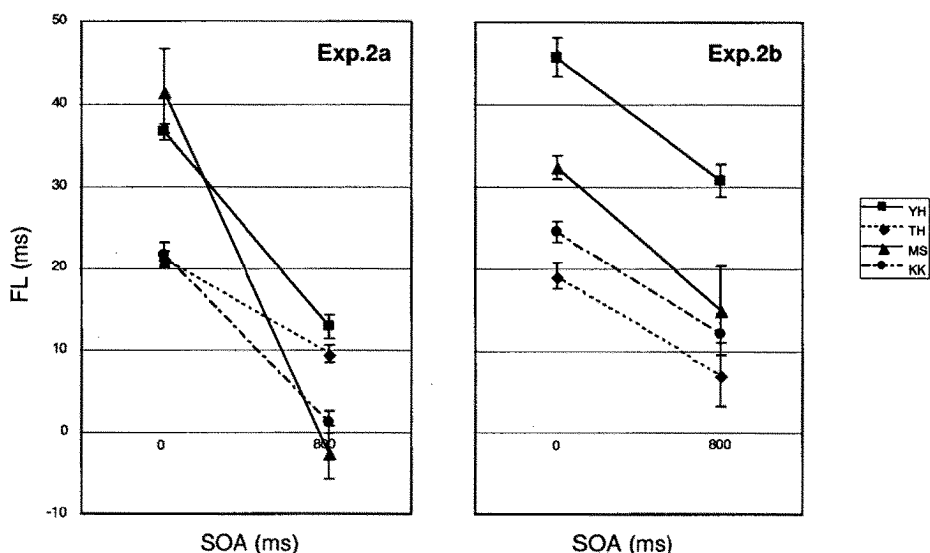


図 2 The magnitude of FL in Experiment 2a and 2b. The horizontal axis indicates SOA between a moving line and briefly-flashed lines (0 & 800 ms). The vertical axis indicates the magnitude of FL in time. Error bars represent  $\pm 1$  SEM.

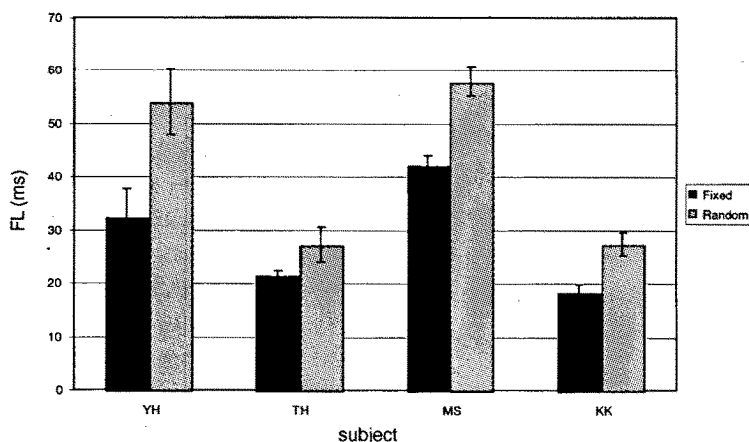


図 3 The magnitude of FL at SOA 0 ms for the random and fixed conditions in Experiment 3. The vertical axis indicates the magnitude of FL in time. Error bars represent  $\pm 1$  SEM.

たがって、SOA 0 msにおけるFLはSOAで得られたFLとは異なった性質を有していると考えられる。

#### 4. 実験3

SOA 0 msにおけるFLの性質をさらに探るため、運動線分の運動方向をランダムにした条件でFLを測定した。これにより、運動線分の運動方向の予測可能性がFLに及ぼす効果が検討できるものと考えられた。

##### 4.1 方法

運動線分の移動方向に関して、ランダム条件と固定条件の2つの条件を設けた。ランダム条件では、試行ごとに運動線分の移動方向（左方向あるいは右方向）がランダムに変化した。その他は実験2bと同様であった。固定条件では運動線分の移動方向はセッション内で固定されていた。なおSOAの設定は0 msだけに限った。

##### 4.2 結果

ランダム条件の方が固定条件よりも大きなFLがみられた（図3）。したがって、SOA 0 msにおけるFLは運動線分の移動方向の予測可能性に影響を受けることが示唆された。

#### 5. まとめ

一連の実験結果から、SOA 0 msでのFLは他のSOAよりも大きなFLがみられた。このような結果は、SOA 0 msとそれ以外で同等のFLがみられた先行研究<sup>4)</sup>の結果と矛盾している。さらに、実験3の結果から、SOA 0 msでのFLは運動方向が予測できない場合に増大することが明らかになった。これらの結果は、視覚経路に存在する単純な処理遅延補償メカニズムを仮定するだけでは説明できないであろう。なぜなら、いかなるSOAでも補償メカニズムが一樣に機能するならば、全てのSOAで同等のFLがみられるはずだからである。同じく、一樣な補償メカニズムを仮定すれば、

運動線分の運動方向が試行間で固定されている場合でもランダムな場合でも同等のFLが生じるものと考えられるが、この予測は実験3の結果とは一致しない。

実験1の結果においてSOA 1600 msでFLが非常に小さくなっていることを考慮すると、運動線分の知覚位置は「運動線分の位置の時空間平均」によって決定されるのかもしれない。例えば、ある時間( $t_0$ )における運動物体の知覚位置は $-t_2$ から $+t_2$ までの5フレームの運動物体の各位置の平均によって決定されると考える。このような時空間平均システムを仮定すれば、SOA 0 msにおけるFLの増大、そしてSOA 1600 msにおけるFLの減少が説明できるであろう。SOA 0 msでは、 $-t_2$ および $-t_1$ において運動線分が存在しないので平均がプラス側に偏り、運動線分は $t_0$ における実際の位置よりも運動方向にズレて知覚される。また、SOA 1600 msでは、 $+t_1$ および $+t_2$ において運動線分が存在しないので平均がマイナス側に偏り、運動線分は $t_0$ における実際の位置よりも運動方向と逆の向きにズレて知覚されることになる。おそらくは、この時空間平均システムと補償メカニズムが同時に機能することによって、運動物体の知覚位置が決定されているのであろう。

#### 文 献

- 1) J. H. Maunsell and J. R. Gibson: Visual response latencies in striate cortex of the macaque monkey: *Journal of Neurophysiology*, 68, 1332-1344, 1992.
- 2) M. T. Schmolesky, Y. Wang, D. P. Hanes, K. G. Thompson, S. Leutgeb, J. D. Schall and A. G. Leventhal: Signal timing across the macaque visual system. *Journal of Neurophysiology*, 79, 3272-3278, 1998.
- 3) R. Nijhawan: Motion extrapolation in catching ball. *Nature*, 370, 256-257, 1994.
- 4) B. Khurana and R. Nijhawan: Extrapolation or attention shift? *Nature*, 378, 566, 1995.
- 5) T. N. Comsweet: The staircase method in psychophysics. *American Journal of Psychology*, 75, 485-491.