

Dr. W. Simpson 特別講演会報告

千葉大学工学部 塩入 諭

日本視覚学会、知覚懇話会、日本光学会視覚研究グループの共催でカナダ、ウィニーペッグ大学心理学科の、Dr. W. Simpson氏の講演会が1992年8月26日に千葉大学大学院自然科学研究科セミナー室で開催された。日本視覚学会、知覚懇話会の会員等約40名が参加した。講演は、氏の申し出に従い、私の日本語での要約を挟みながら勧められたが、多くの学生会員が参加していたことを考えると有効な手段であったと思われる（ただし、話の流れを崩さない程度の要約になっていたことを望む次第ではある）。

講演のタイトルは案内では"Temporal summation of visual motion"であったが、講演時には"Human sensitivity to changing motion"としていた。この2つの題は講演で述べられた研究の2つの側面を表しているが、以下の講演の要約からそれは理解していただけたと思う。

講演題目のとおり、ここで述べる研究の目的は加速度（速度変化）に対する人間の視覚系の感度を調べることである。線形システムにおいてインパルス応答関数がわかれば、あらゆる刺激に対する時間応答が求められるわけであるから、この問題は速度に対するインパルス応答関数を測定することになる（系の線形性はもちろん仮定される必要がある）。視覚系のインパルス応答関数の測定方法として、Ikeda¹⁾ や Rashbass²⁾ の用いた2パルス刺激法がある。2パルス刺激法は、パルス状の輝度変化を単一で呈示した場合とある時間間隔を持ち2回の輝度変化を与えた場合の検出閾値を比較することから2つのパルスの間の相互作用を検討する手法である。もし、視覚系に積分作用があり2つのパルスが完全に足し合わされているならば、単一パルスの場合に比べ2パルスの条件では、それぞれ半分の輝度変化で閾値に達することになる（実際に、パルス間の時間間隔が非常に短い場合はこのような足し合わせ効果が存在す

る）。Rashbassは、この第1パルスと第2パルスの振幅（輝度変化の大きさ）の比率を様々に変え、振幅比一定のもとでパルスの検出に対する振幅の閾値を測定している。閾値での第1パルスの振幅をX、第2パルスのそれをYとすると、測定結果が $X+Y=1$ であれば両者の足し合わせは完全であることになる（1は単一パルスのときの閾値を与える輝度変化の大きさ）。Rashbassは測定されたX、Yを2次元の座標上にプロットすると、楕円となることを見い出しており、それらのデータから足し合わせや抑制効果（パルス間の時間間隔が50ミリ秒程度のときは、単一パルスの場合より多くの輝度変化が必要になり、インパルス応答関数が負の領域を持つことに対応する）などの視覚系の時間応答特性がわかることを示している。楕円は、足し合わせ効果が大きいほど $Y=-X$ 方向に長くなり、抑制効果がある場合は $Y=X$ 方向に長くなる。

Simpson氏の実験では、運動視の特性が知りたいわけであるから、輝度パルスの代りに速度パルス、すなわちステップ状の位置変位を刺激として用いている。実験の概要は以下のとおりである。刺激パターンは、ランダムドットおよび正弦波格子縞（空間周波数は0.8 cpdあるいは4cpd）であり、それが左右に移動する。その移動量（つまり速度パルスの振幅）を変えながら、被験者が動きを検出できる閾値を測定する。速度パルスは時間差を持ち2回呈示され、第1パルスの振幅（X）と第2パルスの振幅（Y）の比は16種類のうちのいずれかである。振幅変化は振幅比を一定としたまま行うので、 $X-Y$ の2次元プロットで原点から、振幅比で決められた方向に放射状に変化しながら閾値の測定することになる。振幅比の組み合わせの中には、X軸方向、Y軸方向のものも含まれるが、それらは単一パルスの条件となる。もし輝

度の場合と同様な結果であれば、16の方向について閾値測定結果は、楕円上の点となるはずである。パルス呈示の時間間隔は33ミリ秒から200ミリ秒の間で変え、それぞれについて測定を行っている。

Simpson氏は、実験結果のX-Yプロットから、まず次の3点を指摘する。最初に、パルス間の干渉が100ミリ秒以上のパルス間隔の条件でも存在する（つまりデータが楕円となる）ことで、インパルス刺激が視覚系の時間フィルターを介して応答されていることを意味する。2番目は、測定点が180度の回転に対して対称である（ $(X, Y) = (-X, -Y)$ ）点である。これは、右方向の動きも左方向の動きも全く同様に検出されることを意味し、刺激の検出のために、インパルス応答を二乗して評価していることを示唆する。3番目は、測定点が $X = Y$ の直線に対して対称である（ $(X, Y) = (Y, X)$ ）点で、第1パルスと第2パルスが交換可能であることを意味する。これらがRashbassの輝度パルスの実験結果と一致することから、Rashbassの手法に従い速度のインパルス応答関数の自己相関関数を求めることができることになる。詳細は省くが、Simpson氏はこれらの事実を踏まえ、実験結果に楕円の近似を行い、インパルス応答関数の自己相関関数を求めている。さらに、その自己相関関数のデータに一致するような適当な低周波通過フィルターを求め、速度に対するインパルス応答関数の近似としている。これにより、実験の目的である速度に対するインパルス応答関数の測定が完了したことになる。

この推定された速度のインパルス応答関数は、負の領域を持たず（これはすべてのパルス時間間隔に対し楕円が $Y = X$ 方向に長くなることのないことに対応し、実験結果からも明らかである）、100ミリ秒を越えてもなだらかに応答が下がり続ける。インパルス応答関数が負の領域を持たない点は特に興味深く、輝度変化に対するインパルス応答関数が時間的な抑制により負の領域を持つのと異なる。これは、視覚系の速度変化に対する感度が低いことを意味する。また、100ミリ秒を越えてもなだらかに応答が下がり続けるという特性

は、運動情報の足し合わせ時間が輝度の場合に比べ長いことを意味する。この2点が実験から得られた主要な結果であるといえよう。

インパルス応答関数におけるこれらの特徴は、3種の刺激（ランダムドットと2つの正弦波格子縞）に対して共通であるが、刺激間での差異も見られる。ランダムドット、4 cpd格子縞、0.8 cpd格子縞の順に応答の立ち下がりが緩やかになり、時間的変化に対する感度が悪くなる傾向にある。これは速度変化に対する感度が空間パターンに依存することを示唆しているが、その原因については明らかではないとのことであった。

最後に、ここで求めたインパルス応答関数を用いての、速度変化を対象にした過去の実験データに対する予測についての話があった。Nakayama³⁾、Gottsdanker et al. (1961)、Regan and Beverley⁴⁾それぞれのデータに対して、予測はよく一致しており、速度のインパルス応答関数としての妥当性が示されていた。

以上がSimpson氏の講演の要約であるが、実験結果そのものもさることながら、輝度のインパルス応答を求めるために開発された手法が、運動視についても適用できることを示しており、非常にまとまりのよい研究であると感心した。さらに詳細を知りたい方は、現在氏が準備中であるという論文をお持ちいただきたい。

文 献

- 1) M. Ikeda: Temporal summation of positive and negative flashes in the visual system. *Journal of the Optical Society of America*, 55, 1527-1534, 1965.
- 2) C. Rashbass: The visibility of transient changes of luminance. *Journal of Physiology*, 210, 165-186, 1970.
- 3) K. Nakayama: Biological image motion processing: A review. *Vision Research*, 25, 625-660, 1985.
- 4) D. Regan and K. I. Beverley: Figure-ground segregation by motion contrast and by luminance contrast. *Journal of the Optical Society of America*, A1, 433-442, 1984.