

計測自動制御学会東北支部 第247回研究集会 (2008.12.19)

資料番号 247-1

ヒトの視覚情報処理にもとづいた運動制御～やわらかな制御システム系の構築～

Motion control based on visual information processing

○ 佐瀬 一弥

○ Kazuya Sase

東北大学, NPO 法人 natural science

Tohoku University

林 叔克

東北工業大学, NPO 法人 natural science

Tohoku Institute of Technology

沢田康次

東北工業大学

Tohoku Institute of Technology

キーワード: 視覚情報処理(visual information processing)

運動制御(motion control)

連絡先: 東北大学 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6 TEL.022-717-7800

NPO 法人 natural science 〒980-0023 宮城県仙台市青葉区北目町4-7 HSGビル3階 FIVE BRIDGE 内 TEL. 022-721-2035

1. はじめに

本研究では、現象論的なアプローチで脳の研究を行い、抽象度の高い脳の機能を追求し、それをもとに神経細胞や、その集合に意味を与えることを目的とする。その手法として、人に入出力のあるシステムとして着目し、入出力される、定量的に測定可能な物理量から、人の脳のもつ情報処理メカニズムのモデルを構築し、人の脳の普遍的かつ抽象度の高い機能を実験に基づいて解明する。

2. 視覚追従実験

2.1 実験の目的

ヒトを、視覚情報が入力され、脳による位置、速さ、加速度の制御の結果生じた、手の運動を出力するシステムとして捉える。入力される視

覚情報は、物体の位置のみであると仮定し、物体の位置と手の運動の間にある関係を調べる。

今回の実験は、対象物を追いかけるときの視覚情報に基づいた運動制御を調査する。

2.2 実験系構築の概要

暗室でスクリーンとむきあうように被験者に座ってもらう。スクリーンには色のついた丸が映し出される。赤がターゲットで、青がトレーサーである。ターゲットは、あらかじめプログラムされた運動をし、トレーサーは被験者の手元にあるマウスと同期して運動する。

今回は、ターゲットの運動を等速直線運動に設定した。実験を開始すると、ターゲットが一定の速度で左から右へ運動する。被験者には「ターゲットにトレーサーをできるだけ正確に合わせる」ことを課題として与える。

ここで、ターゲットの速さは、十分速く感じ

る速度と、十分遅く感じる速度の中間の速度 3 つを速度差が均等になるように抽出して 5 段階に設定。速さを小さい順に Level 1, Level 2, と表現する。

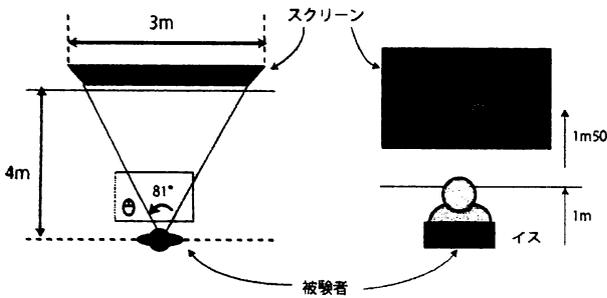


図 1. 実験系の配置

表 1. 速さの設定

level	Velocity [m/s]
1	0.08
2	0.4
3	0.8
4	1.2
5	1.6

2.3 実験の流れ

ターゲットの速さを Level 1 に設定し、実行。スクリーン上にカウントダウンが表示され、それに合わせてターゲットが左から右へ等速直線運動を始める。画面から消えると再び、左側へもどり、被験者のタイミングに合わせて、もう一度繰り返す。

この作業を 10 回繰り返して、Level 1 終了とする。

Level 2 以降も同様におこない、Level 5 が終了したら、実験終了とする。

2.4 解析方法

被験者 1 人当たり、各試行に対してターゲットの座標 $T(t)$ の時系列とトレーサーの座標 $X(t)$ の時系列が得られる。これを以下のように解析してゆく。

- ・ 試行ごとの $T(t)-X(t)$ の時系列を得る
- ・ Level ごとに $T(t)-X(t)$ の時系列の 10 回平均をとる

- ・ Level ごとに $T(t)-X(t)$ の分布をとり、その分布をガウスフィッティングした時の中央値と標準偏差を得る

得られた Level ごとの中央値と標準偏差をそれぞれ、正確さ、精度と呼ぶ。

次に、速さについて以下のように解析する。

- ・ 試行ごとの $dX/dt-dT/dt$ の時系列を得る
- ・ 試行ごとの $dX/dt-dT/dt$ をフーリエ変換する

- ・ Level ごとの $dX/dt-dT/dt$ のフーリエ変換したものの平均をとる

2.5 実験結果

4 人の被験者に対して行った結果をまとめる。図 5 はターゲットの速度と正確さの相関図である。正確さは、ガウスフィッティング後の中央値で定義した。すなわち、正確さが正であれば、全体的にターゲットよりも先行していることを示す。

図 6 はターゲットの速度と精度の相関図である。精度はガウスフィッティングの標準偏差で定義しており、値が大きいほどターゲットに合わせる際のぶれが大きいことを示す。

図 7 は、ターゲットから見たトレーサーの速度をフーリエ変換したものを各 Level ごとに平均をとり、そのうちでもっともスペクトル強度が大きい周波数を縦軸にプロットしたものである。つまり、あるターゲットの速さに対するトレーサーの運動のうち最も顕著だった速度の周波数成分を知ることができる。

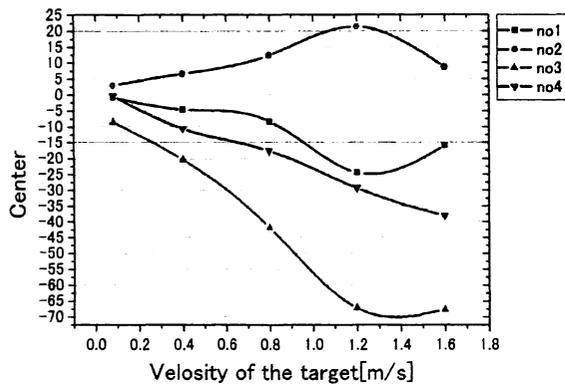


図 5. ターゲットの速度と正確さの相関図

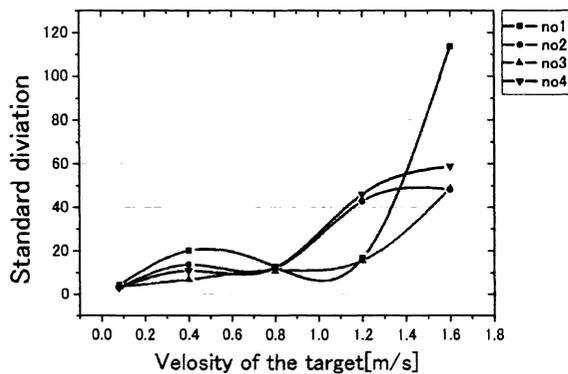


図 6. ターゲットの速度と精度の相関図

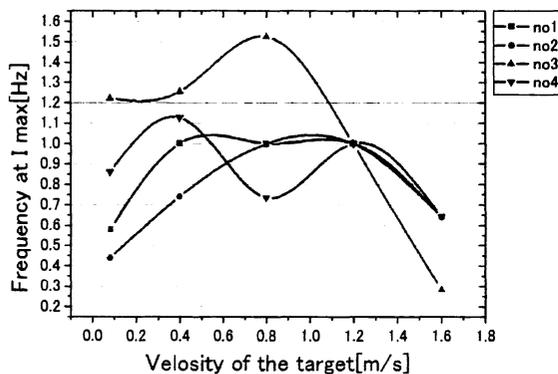


図 7. ターゲットの速度とスペクトル強度最大の周波数

2.6 考察

図 5 において、速度が速くなるにつれて、いずれの被験者にも正確さが小さくなっていく様子がみられる。速いほど合わせる事が困難であると考えられる。

図 6 において、速度が速くなるにつれて、いずれの被験者にも精度が悪くなっている。こちら

も、速いほど合わせる事が困難であると考えられる。

図 7 において、速度が小さい時は被験者ごとに顕著な周波数成分が異なっているが、速度が 1.2[m/s]の時には、どの被験者も同様の値をとっており、共通の性質が現れている。

2.7 ばねの振動との比較

図 7 の結果をばねの振動と対応付けて考察してみる。

ばねは伸びに比例した復元力をあたえる。釣り合いの位置で、速度が 0 にならないので、単振動する。

これを人間の運動制御と対応付けてみる。距離に比例して加速度を制御した結果、ターゲットの位置で止まることができず、通り越してしまう。これを繰り返すことで、ターゲット付近を振動するような運動をすると説明できる。

また、ばねの振動の周期はばね定数によって決定し、ばね自体が等速直線運動する場合は、その速度によらず周期は一定である。

一方で、ヒトの運動制御における振動の周期は、ターゲットが等速直線運動する場合でも、速さの影響をうける。図 7 では、ターゲットの速さによってスペクトル強度最大における周波数は変動している。ただし、遅い時は値が散らばっていたものが、しだいに収束しているともとれる結果である。そのことから、収束した値がヒトに普遍的な周波数であり、この実験条件の場合においては、ターゲットの速さが 1.2[m/s]に近づくにつれて、ヒトに普遍的な運動制御が顕著になったと考えられる。

3. まとめ

- 速さの周期性からヒトは位置の差をもとに、加速度を制御していると思われる。
- スペクトル強度が最大となる周波数はターゲットの速さに応じて変化し、ある速さの時に一つの値に収束する傾向が見られた。