

ヒトの運動制御におけるリズム生成のメカニズム

田村 友里恵, 林 叔克, 沢田康次

東北学院大学 教養学部 情報科学科

NPO法人 Natural Science

東北工業大学

1. はじめに

はじめに、研究の大きな目的は、人の認識を明らかにするということである。人の認識とは何か。

まず、われわれは、外界から五感を通して刺激を受ける。そして、それをもとにした反応がある。

いま、五感のなかでも、特に視覚に注目してみる。すると、「何をみたのか」というのが入力としてあり、そしてそこから「どう反応したのか」という出力がある。これらふたつのことは、客観的に分かることだ。

しかし、この客観的に分からないが、見過ごすことのできないこととして、「どのように見たのか」ということが挙げられる。この、「どのように見たのか」というのがいま、認識と呼ぶものである。そして、この認識を明らかにするために、客観的に分かる、何をみたのかという入力と、それに対してどう反応したのかという出力の二つを方法として用いる。

これらのことを簡単に行うことはできないだろうか。簡単というのは、入力となる視覚情報、また、その反応方法を少なくするという意味である。入力となる視覚情報が多すぎると、「どのように」を考えるのは難しくなると考えられるからだ。このことから、一定の速度で動くもの(入力)を追いかける(出力)という実験を行う。

2. 視覚追従実験

2.1 実験方法

実験はすべてパソコン上で行う。実験方法は以下のとおりである。

1. 一定の速度で動く物体(ターゲットと呼ぶ)をマウス(トレーサーと呼ぶ)で追いかける。
2. 被験者には、「できるだけ正確にターゲットに合わせてください」と言う。
3. ターゲットの速さは、
0.1Hz, 0.3Hz, 0.5Hz, 0.7Hz の 4 種類。
4. 各速さ、1 回 30 秒間で、10 回ずつ行う。

2.2 解析方法と実験結果

実験結果は、大きく 2 つにわけることができる。ひとつ、ターゲットとトレーサの位置についてで、もうひとつは、トレーサの速度についてだ。今回は、トレーサの速度に着目した。

解析方法としては、まず、トレーサの速さの時系列に、何か周期的なものはないかと考え、フーリエ変換を行った。すると、図 1 のように、ターゲットと同じ周波数と、その二倍の周波数でピークが出た(ちなみに、横軸が周波数、縦軸が幅である)。全ての速さでフーリエ変換すると、0.1Hz ではピークはあらわれなかったが、0.3Hz, 0.5Hz, 0.7Hz では、ピークがあった。このピークは何を意味するのか。

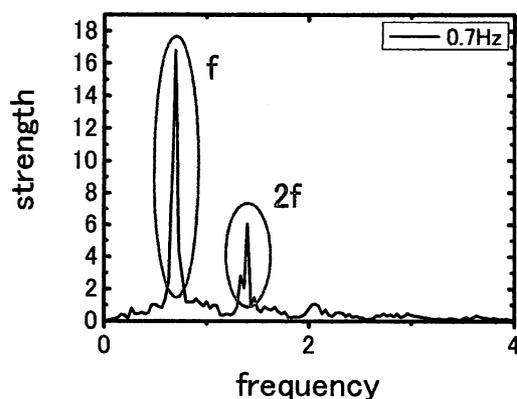


図 1 : 速度のフーリエ変換 (0.7Hz)

2.3 考察

このピークの意味を考える。ターゲットと同じ周波数(f)の場合は、ターゲットが一周する間にトレーサが、ターゲットより「速い」「遅い」動き、または、「遅い」「速い」動きをしていることになる。ターゲットの 2 倍の周波数($2f$)の時は、この動きが 2 回繰り返されていることになる。

つまり、周期的な動かし方をしていると考えられ、リズムがあると呼ぶことができるだろう。

しかし、このリズム生成は視覚情報と、その運動制御によるのか、それとも、手の運動によるものなのかを考えなければいけない。

3. 手運動とリズム生成

3.1 実験方法

基本的な実験方法は、前述した視覚追従実験と同じ実験条件にする。が、今回異なる点は以下の 2 つである。

1. 最初に実際にターゲットを追いかけてもらい、だいたいの速さ・動きを覚えてもらう。
2. その後、ターゲットがない状態で、円運動してもらう。

3.2 仮説

ターゲットがない状態で手運動したときにもリズムは出ると考えられる。マウスを動かす時、動かしやすい方向と、動かしにくい方向があるからだ。

3.3 実験結果

ターゲットがある状態とない状態の実験結果の各周波数の速度のフーリエ変換を比べる。すると、0.1Hz~0.7Hz まで、すべての周波数において、手の運動だけではピークが出ないことが分かった。図 2 は 0.7Hz の実験結果である。

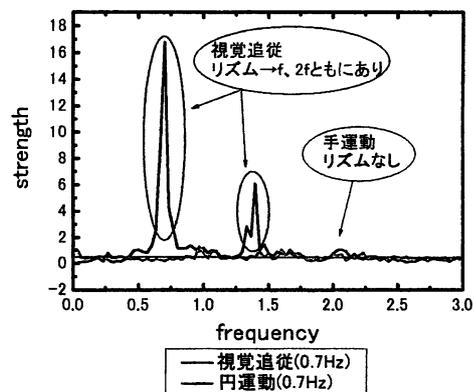


図 2 : T がある場合、無い場合の比較

3.4 考察 1

実験結果から、リズムはターゲットを追いかけようとする事により生まれることが分かった。しかし、なぜリズムが生まれるのだろうか。何か、リズムを生むことでメリットがあるのか、それとも、リズムは生まれてしまうものなのだろうか。たとえば、円周上のある地点でターゲットとトレーサとの位置を合わせようとしたなら、リズムは自然に生成される。

よって、ターゲットとトレーサが円周上のどの位置で合っているのかを調べてみる。

3.5 解析方法と解析結果

トレーサの位置の時系列から、円周上のどの位置でターゲットと合うのかを調べる。

すると、0.1Hz と、0.5Hz では、トレーサとターゲットの位置が重なる場所に周期性があり、0.3Hz と、0.7Hz では周期性はなかった。実際の実験結果は、図 3 と図 4 である。

グラフの横軸は、円周上の位置で、縦軸はターゲットとトレーサが重なった回数である。

各周波数での解析結果をまとめると、以下のようになる。

- 0.1Hz : 周期性がある(短い周期)
- 0.3Hz : 周期性はない
- 0.5Hz : 周期性がある(長い周期)
- 0.7Hz : 周期性はない

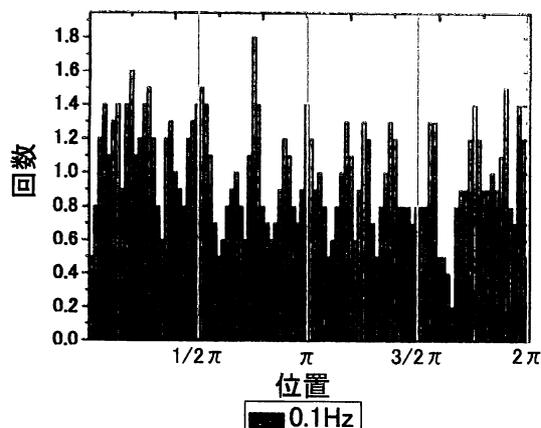


図 3 : ターゲットとトレーサの合う位置(0.1Hz)

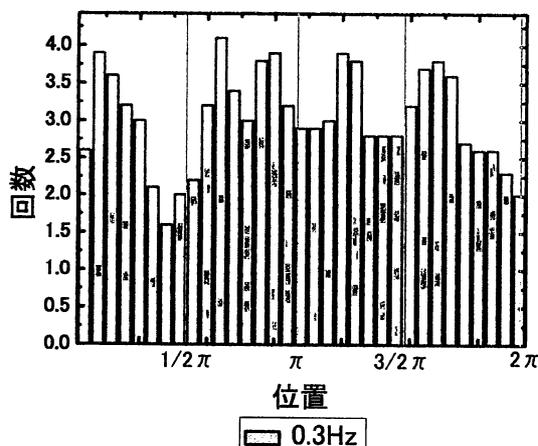


図 4 : ターゲットとトレーサの合う位置(0.3Hz)

3.6 考察 2

これらのことから、ターゲットの速さによって、合わせ方が違うと考えられる。まず、周期性があった、0.1Hz, 0.5Hz を考察した後に、周期性がなかった 0.3Hz, 0.7Hz について考察していく。

0.1Hz では、短い周期性があった。これは、ターゲットとの位置がズレてから、合わせるまでの時間間隔がだいたい決まっていると考えられる。つまり、ターゲットの位置に合わせてようとしているといえる。

0.5Hz では、長い周期性があった。これは、円周の位置情報に依った合わせ方をしていると考えられる。

0.3Hz では、ターゲットの速さが、ターゲットの位置に合わせてには速すぎ、しかし、円周の位置で合わせるには遅すぎる速さで、合わせ方が決まっていないと考えられる。

0.7Hz では、0.3Hz と同様に、ターゲットの位置にも、円周の位置でも合わせていない。これは、ターゲットが速すぎるためであり、そこから、ターゲットの速度に合わせているのではないかと考える。

ここから、「ターゲットにできるだけ正確に合わせる」という目的が一緒であっても、その合わせ方は異なると考えられる。

4. 今後の予定

今後の予定として、現在立てた仮説を検証するとともに、リズム生成のメリット/デメリットを明らかにしていく。