

# なぞり運動における内部モデルと習熟メカニズムの模倣と応用

富山県立大学工学部電子・情報工学科  
1715038 清水豪士

指導教員：奥原浩之

## 1 はじめに

情報数理工学と制御工学を融合した基盤研究にもとづいて、ターゲットトラッキングタスクでなぞり運動における内部モデルのモデル化と習熟メカニズムを解明する。拡張カルマンフィルタと報酬駆動システムの枠組みで自律分散制御の基盤技術を開発する。

似たような研究として手の動きと視線の動きの関係性についての研究 [1][2] はあるが、なぞり運動に重きを置いた研究 [3] は少ない。また、誤差の予測モデルの研究も行われている.[4]

## 2 現在の状況

### 2.1 PsychoPy

PCを使って心理学実験を行うためのツールとしてPsychoPyがある。主な使い方としては刺激画像の表示時間の指定をしたり、刺激画像が表示されてからのボタンを押すまでの反応時間を記録するといったことができる。PsychoPyはPythonというプログラミング言語を用いてPCに指示を出す。

PsychoPyにはBuilderとCorderという機能がある。図1はBuilder、図2はCorderそれぞれの画面である。

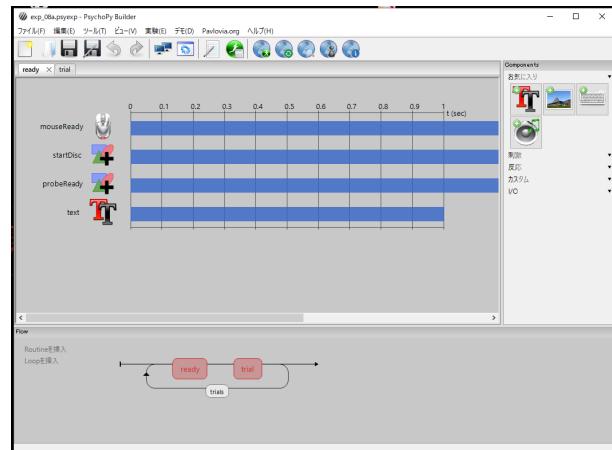


図1：Builder

図1はBuilderと言われる自分でプログラムを書くのではなく、アイコン（コンポーネント）を配置して作成した実験をPythonのスクリプトに変換してくれます。刺激としては、画像表示・文字の表示・音の再生などがある。反応としては、マウスのクリック・キーボードを押すなどがある。BuilderではExcelサポートされたxlsx形式のExcelファイルを利用して、実験条件の設定を簡単に行うことができる。

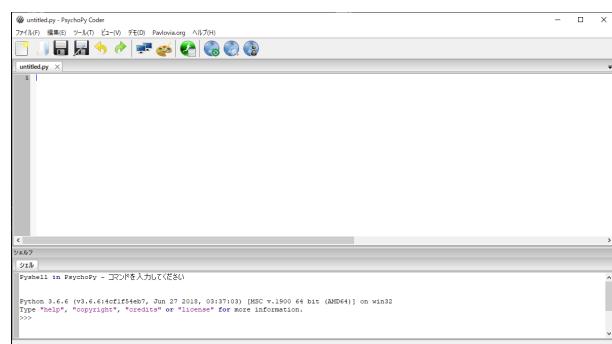


図2：Corder

図2はCorderと言われ、直接コードを書くことができる。Builderで作ったスクリプトは人が直接書くものよりも冗長的なため、Corderを使うほうがいい場合もある。

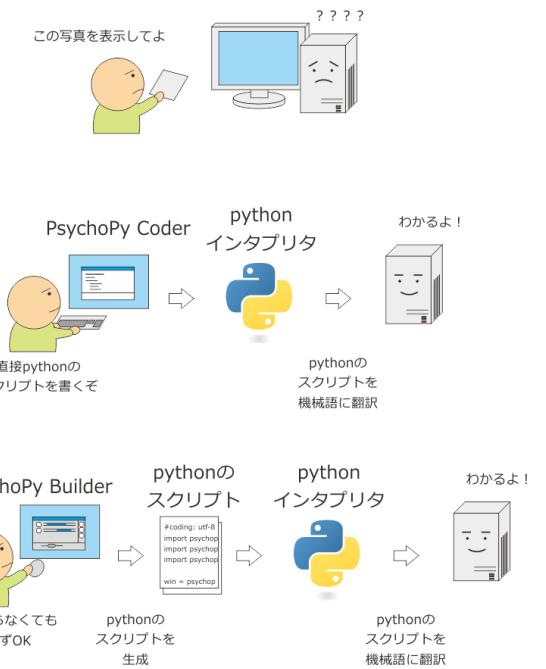


図3：PsychoPy のイメージ図

## 3 実験

### 3.1 実験概要

鏡映描写課題と言われる、鏡に映った自分の手の像を見ながら图形をペンでなぞる課題。鏡を見ながら描画するため、前後方向に手を動かしたときに視覚像の動きが逆転し、うまく图形をなぞるのが難しい。しかし、何度も練習をすると、次第に手と鏡像の動きの関係が学習され素早く間違わずになぞることができるようになる。

今回の実験はこの鏡映描写課題と類似の課題をPCで実現するためにPsychoPyを使って実験を作成する。

### 3.2 鏡映描写課題の実験（例）

実験は星の形の半分をなぞるものである。マウスを動かすと動かす対象物の左右への移動はマウスと同じように動くが、上下は反転して動くようになっている。実験は10回繰り返される。その10回はそれぞれ始点と終点が違っている。1つの試行ごとにデータが1200個ほど取れる。

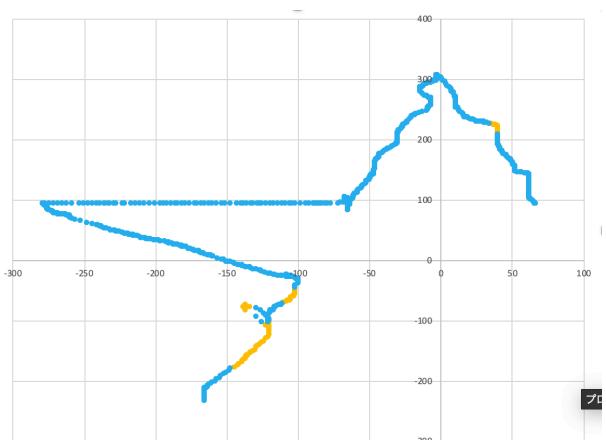


図4：実験結果をエクセルでグラフ化したもの

図4は(x,y)=(67,93)が始点であり、そこから星の半分の形をなぞっていき、(x,y)=(-165,-233)が終点になっている。

図4では青点がなぞるべき線の上を通ったのを示しており、オレンジ店

はなぞるべき線からはみでたときを示している。

### 3.3 実験

星ではなく四角をなぞるようにしてあるマウスを動かすと動かす対象物の左右への移動はマウスと同じように動くが、上下は反転して動くようになっている。実験は5回繰り返される。その5回は始点と終点が固定され、ランダム性がない。実験の条件としてゴール以外の緑点を通過すると赤点に変化するようになっており、全部が赤点の状態でゴールしないと次の試行に移らないようになっている。

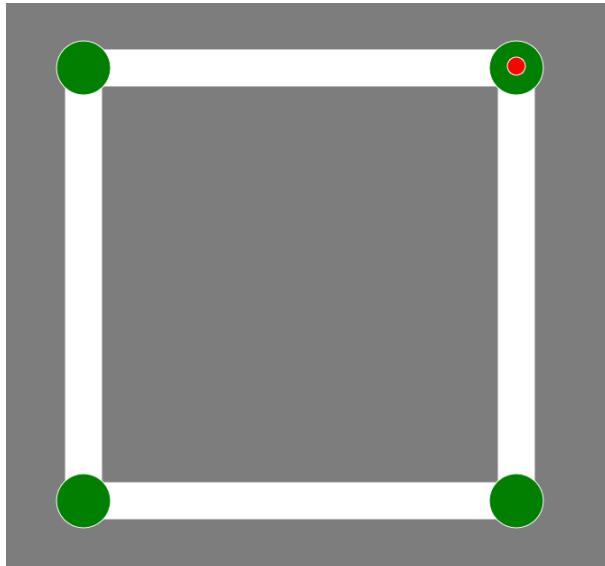


図5：四角をなぞる実験の実行中画面

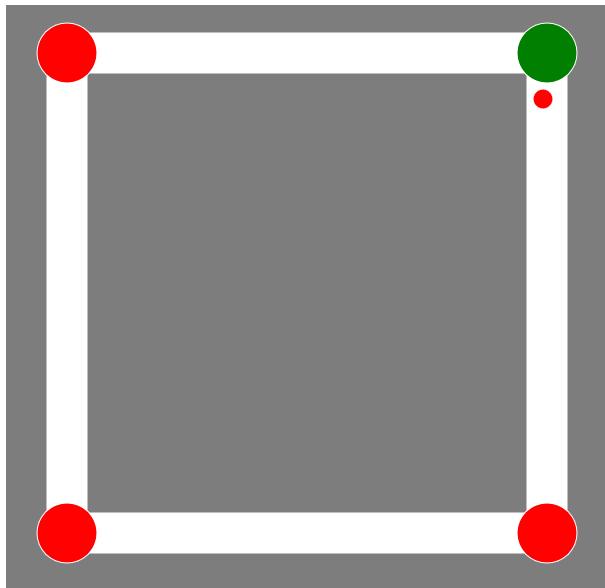


図6：ゴール手前

図5、図6で示しているような条件のもと実験を行なっていく。

## 4 データ

5回の繰り返しの試行を1回とカウントし、1回1セット、2回1セット、3回1セットの3種類のデータを取得した。1回1セットは3人分、2回1セットのデータ、3回1セットはそれぞれ1人分のデータを取得した。

### 4.1 1回1セットのデータ

149	183	201	194	195
130	110	175	181	165
19	73	26	13	30
87.24832	60.10929	87.06468	93.29897	84.61538
True	True	True	True	True
True	True	True	True	True

図7：データ

53	47	47	53	45
35	44	47	43	40
18	3	0	10	5
66.03774	93.61702	100	81.13208	88.88889
True	True	True	True	True
True	True	True	True	True

図8：データ

295	141	153	43	55
208	90	83	23	38
87	51	70	20	17
70.50847	63.82979	54.24837	53.48837	69.09091
True	True	True	True	True
True	True	True	True	True

図9：データ

図7、図8、図9はそれぞれ1回1セットのデータである。それぞれを見てもらうとわかるが、これだけでは習熟しているかどうかはわかりづらい。

### 4.2 2回1セットのデータ

1回目	316	298	205	279	242	
	266	229	133	244	186	
	50	69	72	35	56	1回目の試行の平均値
	84.17722	76.84564	64.87805	87.4552	76.8595	78.04312056
	True	True	True	True	True	
	True	True	True	True	True	

図10：データ

2回目	197	232	270	228	235	
	172	209	249	222	166	
	25	23	21	6	69	2回目の試行の平均値
	87.30964	90.08621	92.22222	97.36842	70.6383	87.52495854
	True	True	True	True	True	
	True	True	True	True	True	

図11：データ

図10は2回1セットのデータの1回目、図11は2回目のデータである。それぞれを見てもらうと図10の平均値より図11の平均値の方が高いため習熟しているといえる。1回1セットのデータの取り方よりもこっちの方が習熟しているかどうかがわかりやすい。

### 4.3 3回1セットのデータ

1回目	198	234	210	292	200	
	164	214	175	272	194	
	34	20	35	20	6	1回目の平均値
	82.82828	91.45299	83.33333	93.15068	97	89.55305851
	True	True	True	True	True	
	True	True	True	True	True	

図12：データ

2回目	175	242	214	191	197	
	161	209	183	182	197	
	14	33	31	9	0	2回目の平均値
	92	86.36364	85.51402	95.28796	100	91.83312263
	True	True	True	True	True	
	True	True	True	True	True	

図13：データ

3回目	186	171	221	140	153	
	157	160	221	138	124	
	29	11	0	2	29	3回目の平均値
	84.4086	93.56725	100	98.57143	81.04575	91.51860676
	True	True	True	True	True	
	True	True	True	True	True	

図14：データ

図12は3回1セットのデータの1回目、図13は2回目のデータ、図14は3回目のデータである。それぞれを見てもらうと図12の平均値より図13、図14の平均値の方が高いため習熟しているといえる。1回1セットのデータの取り方よりもこっちの方が習熟しているかどうかがわかりやすい。

### 4.4 まとめ

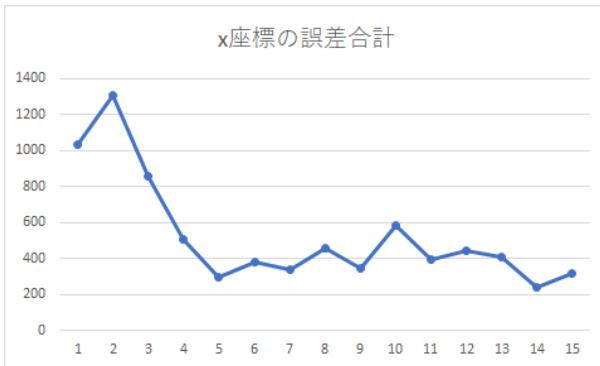


図 15：データ



図 16：データ



図 17：データ

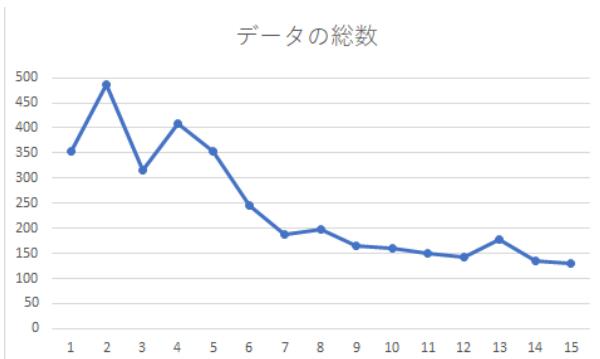


図 18：データ

それぞれのデータを取得した。しかし、データを見てもらえば分かるのだが、これだけでは習熟しているかどうかがわかりづらい気がする。原因としては、今回は「True」「False」の値を考慮しているだけのためだと考えている。そのため、今後はこの 2 値だけでなく、データの個数や線からの誤差なども考慮しないといけないのではないかと考える。

## 5 おわりに

実験が完成し、データを取得した。今後は研究室の人たちに協力してもらい、データを取得していく段階である。また、理論の方からのアプローチをしていく

## 参考文献

- [1] 武藤ゆみ子, 小宮山摂, 武藤剛:運筆動作における視線の役割; ヒューマンインターフェース学会論文誌, Vol.16, No.3, 2014
- [2] 助宮治:運筆動作における視線の役割—視線とペン先の位置関係の時間変化—
- [3] 阪口豊:内部モデルの信頼度に基づく運動計画のアルゴリズム; 電子情報通信学会論文誌, J-79-D-II, No.2, 1996
- [4] 灑山健:運動学習の統一理論モデル-運動学習における誤差の予測の重要性-; 日本神経回路学会誌, Vol.23, No.1, 2016
- [5] <http://www.s12600.net/psy/python/ppb/html/chapter08.html>