

# 色相信号を用いた協調型ゲームにおける コミュニケーション進化の分析

山下 祥弘<sup>†</sup> 坂野 了太<sup>†</sup> 伊藤 昭<sup>†</sup> 寺田 和憲<sup>†</sup>  
岐阜大学大学院 工学研究科<sup>†</sup>

## 1 はじめに

人とロボットのコミュニケーションを実現するためには、ロボットによる環境認識の研究の面と併せて、人が未知の非言語情報をどのように理解、解釈するのかについて知ることが重要である。

例えば、事前に意味が共有されていない信号だけを用いて、人はどのように意図の伝達を実現するのだろうか。このような問題意識から、お互いが部分的な情報しか持たず、問題解決には協調を必要とする課題である「司令官と見張り番」ゲームを作成し、意図伝達手段を連続的自由度を持つ色相信号のみに制限して、人の問題解決、意図伝達行動を観測した。

このとき被験者の課題は、どのような意味を、どのように連続空間を分節して記号化するのか、また新しい記号を必要とするとき、これまでの記号をどう拡張するのか、など難しい要素を含んでいる。我々はこの様な課題における人の行動を分析することで、人が記号の意味や戦略の共有について取る行動戦略を理解することを目指す。

## 2 実験

### 2.1 ゲームの概要

ゲームは画面上の飛行艇を司令官と見張り番共同で制御して、迷路内でゴールを目指すものである。司令官と見張り番はゲーム画面で与えられる情報、行える機能が異なっている。

迷路には飛行艇が近づくと飛行艇の方向に向かって動きだし、壁もしくは飛行艇と衝突するまで直進し続けるバルーン爆弾が存在する。見張り番の画面にはバルーン爆弾が表示されるが、司令官には表示されない。一方、ゴールは司令官の画面のみ表示される(ただし、得点がマイナスの状態ではゴールが表示されない)。司令官は飛行艇を直接操作し、見張り番は図右上の様な色相環を用いて色相を選択、および信号のON/OFFすることで周囲の状況を司令官に知らせる。見張り番のゲーム画面を図1に、ゲームのルールを表1に示す。

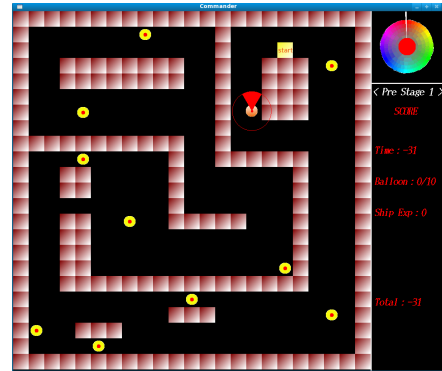


図 1: 見張り番ゲーム画面

- ・ゲーム開始時点ではプレイヤーの得点は 0p
- ・2 秒毎に -1p
- ・バルーン爆弾を壁に衝突させて爆発させると+100p
- ・爆発したバルーン爆弾は一定時間後に元の位置に戻るが、ポイントが加算させるのは最初の一回のみ
- ・飛行艇とバルーン爆弾が衝突すると-200p、その後スタートに戻される
- ・司令官はストップボタンを押している間飛行艇とバルーン爆弾の動きを停止できる  
(ただし、方向転換の操作と色信号の受信はできる)

表 1: ゲームのルール

### 2.2 実験手順

被験者を別々の部屋に案内し、詳しいゲームのルールや操作方法等をあらかじめ文章化したものを読ませた後、実験を開始する。被験者は岐阜大学の学生 10 組 20 名である。そのうち、4 組(6,7,8,9)は知り合い同士であり、残りの 6 組は知り合いではない。司令官、見張り番の割り当てはランダムである。

実験は以下の手順で行われる。まず、被験者は飛行艇の操作やバルーン爆弾の動きなどに慣れるため、通信をせず、両方とも司令官役でゲームを行う一人練習モードをプレイする。次に、通信をした状態でプレステージ p1, p2 をプレイする。ただし、p2 では司令官と見張り番の役割を p1 と逆にしてプレイする。また、ゴールできるまではゲームオーバーをしても 15 分間リトライし続ける。表 2 の p11, p12, ... は p1 ステージ, p21, p22, ... は p2 ステージである。その後、本番ステージ (s1, s2, s3) を 3 ス

Analysis of evolution of communications in cooperation type game using hue signals

<sup>†</sup>Yoshihiro Yamashita, Ryouta Banno, Akira Ito, Kazunori Terada

<sup>†</sup>Faculty of Engineering, Gifu university

record	stage	p11	p12	p13	p14	p15	p21	p22	p23	p24	s11	s12	s21	s22	s31	s32	
1	2	point	-721	-824	69			-751	167			371		339			-560
		time	12	124	331			151	132			129		161			160
2	0.5	point	-760	-819	-695			-600	145			-528	436	-678	-425	-531	-354
		time	60	119	195			200	155			128	64	178	125	131	154
3	1.5	point	-644	-664	-616	-799	-653	-668	-532	-625	-305	354		-622	-301	-53	75
		time	44	64	116	99	153	168	132	125	205	146		222	201	253	225
4	1	point	-638	-285	-288	-599	43	-701	-501	331		-474	-653	-883	350	-614	40
		time	38	85	88	59	57	101	201	69		174	153	183	250	314	360
5	2	point	-744	-699	-528			-661	-589	-590	-522	-599	54	-401	311	369	
		time	44	69	128			61	89	90	122	160	346	201	89	131	
6	0.5	point	-838	-401	209			-917	-709	-680		-328	295	-472	-239	-441	-337
		time	38	201	91			117	109	180		128	105	172	139	141	137
7	0	point	-677	-141	-571			-596	-722	-606	-435	-530	-504	-665	-536	-694	-578
		time	77	141	170			96	72	106	135	130	104	165	132	194	178
8	2	point	-601	-427				370				777		-301	617	-64	98
		time	201	327				130				123		201	83	264	702
9	3	point	-832	-780	-704	78		-504	30			518		617		597	
		time	32	80	104	122		204	270			82		183		203	
10	3	point	-637	-730	-89			-384	-169	-229		496		672		108	
		time	37	130	289			184	169	129		104		128		192	

表 2: 各ステージの得点と消費時間

ステージプレイする．なお 1 回目でクリア出来ない場合はもう 1 回挑戦する．表 2 の s11, s12,... は s1 ステージの一回目, 二回目などである．本番ステージ s1,s2,s3 では役割は p1 と同じに固定とし, ここでの得点に応じて報酬を支払う．各ステージの終了後に司令官と見張り番それぞれに対して別々にアンケートを行う．なお, 全実験が終了するまで司令官と見張り番が会うことはない．

### 3 実験結果

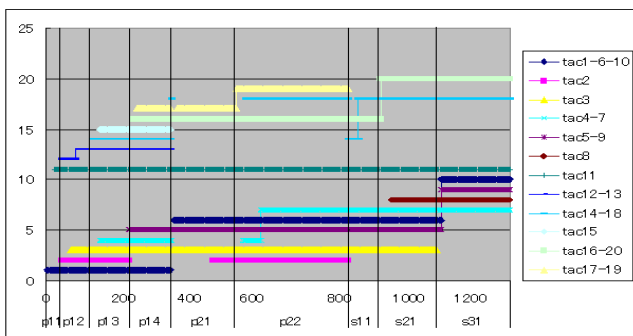


図 2: 戦略の時系列変化

- tac1 危険度を red ~ yellow ~ blue で表現
- tac2 red(点減) 危険最大・tac3 blue(点減) ダッシュ
- tac4 green 一時待機
- tac5 ストップ時 blue, red で危険を表現
- tac6 危険度を blue, red で表現
- tac7 green ストップ命令
- tac8 進路を blue, red で指示
- tac9 tac5+点減で強調
- tac10 tac6+点減で強調

表 3: 見張り番の戦略群の簡単な説明

実験結果を表 2 に示す．表 2 の record はクリア成績の和 (本番ステージにおいて 1 回目でクリアしたら 1 点, 2 回目では 0.5 点) を表し, 有色部はクリアしたステージを表す．

図 2 は表 2 の 9 組目の戦略の時系列変化を表したものである．tac1~10 は見張り番の戦略進化を tac11~20 は司令官の戦略進化を示している．戦略の第一段階としては, blue (安全), red (危険) のような単純なシグナル (信号) を用いて, 見張り番が一方向的に情報を司令官に送るといいう戦略が見られた (図 2 見張り番: tac1~4, 司令官: tac11~15)．また, 第二段階では司令官がストップボタンを使用する (または見張り番が司令官にストップボタンを使用させる信号を送る) ことで, 司令官は飛行艇の向きを変え安全確認を行い, 見張り番は飛行艇の向きに応じて blue (安全), red (危険) の信号を出すといった, 情報のやりとりをお互いに行う戦略が見られた (図 2 見張り番: tac5~9, 司令官: tac16~20)．

### 4 考察

今回の実験では, 多くのペアが red (危険), blue (安全) というシンプルなプロトコルに落ち着いた．多くの色があるにもかかわらず, 少数パターンの色しか用いられなかったのは色の種類を多数使用する事でプロトコルの形成が複雑になり, 共有しにくくなるのが原因であると考えられる．また, コミュニケーションの進化において司令官が自発的にストップボタンを押すことや見張り番がストップボタンを押させる信号を送ることというのは「相手に意見を求める」, 「相手に意見を伝える」ための行動であり, 成功した組では多く観測された戦略である．それらの組では, 最初は一方通行的な信号のやり取りから, 確実な意図伝達手段を進化させることで, より複雑な状況でうまく対処できる能力を獲得したと思われる．

### 5 まとめ

本稿では, 事前に意味が共有されていない非言語情報だけを用いて, 人がどのように意図の伝達を実現するのか調べるために「司令官と見張り番」ゲームを用いた実験を行い, 限定された条件下での人同士のコミュニケーション進化の過程を観察した．