

J-010

## 協調問題解決における色信号を用いた意図の伝達 Communication of intention using color signals in cooperative problem solving

坂野 了太<sup>†</sup>      山下 祥弘<sup>†</sup>      伊藤 昭<sup>†</sup>      寺田 和憲<sup>†</sup>  
Ryota Banno    Yoshihiro Yamashita    Akira Ito    Kazunori Terada

### 1. はじめに

人とロボットのコミュニケーションを考えるためには、ロボットの面だけではなく、人が信号等の非言語情報をどのように理解、解釈するのかについて考えることが必要である。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。

本研究では、意図伝達手段を連続的な空間から自由に選択可能な色信号に制限し、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、人の問題解決、意図伝達行動を観測した。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には、これまでの記号をどう拡張するのか、など新しい要素を含んでいる。我々は実験結果から、人が記号の意味や協調戦略について、共有化を進めるプロトコルの抽出、分析を行った。

### 2. ゲーム概要

「司令官と見張り番」ゲームのゲーム画面を図1に示す。ゲームは画面上の飛行艇(図1・中央)を司令官が見張り番の誘導の下操り、ゴールを目指す。また、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(図1・黄色の円)が存在する。

司令官と見張り番はゲームの状況をそれぞれのディスプレイで見ることができるが、司令官の画面にはバルーン爆弾が表示されない。また、司令官にはストップボタンがあり、このボタンを押している間は飛行艇とバルーン爆弾の動きを停止させることができる(ただし、方向転換と色信号の受信はできる)。見張り番にはバルーン爆弾を表示し(図1)、さらに図1右上の様な針が回転する色相環を用いて司令官に色信号を送り、また点減させることが可能である。ただし、見張り番にはゴールが表示されない。

得点構造は以下のとおりである。

- ・ゲーム開始時点ではプレイヤーの得点は0ポイントである
- ・2秒毎に1ポイント減算される
- ・バルーン爆弾を壁に衝突させて爆発させると100ポイント加算される
- ・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、ポイントが加算されるのは最初の一のみである
- ・飛行艇とバルーン爆弾が衝突すると、200ポイント減算され、飛行艇は一定時間後にスタートに戻される
- ・得点がマイナスの状態ではゴールが表示されないため、ゴールにたどり着けない。



図1：ゲーム画面

### 3. 実験

言語以外の意思伝達方法として、「色」をコミュニケーションのメディアとして用い、どのようなプロトコルが生まれるか及びその過程を見る。

実験では以下のデータを記録する。

- ・フレーム毎の飛行艇の位置、向き、動き、色、バルーン爆弾の位置、などからなる行動記録(ログ)
- ・実験中の被験者の様子を録画したビデオ映像

#### 3.1 被験者

被験者は、10組20名の岐阜大学の学生である。そのうち、5組は知り合い同士であり、残りの5組は知り合いではない。各組の一人(司令官)が飛行艇を操作し、もう一人(見張り番)が色による指示を行う。被験者には得点に応じて報酬が支払われることが教示される。

#### 3.2 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んでもらい、その後実験を開始する。

実験は以下の手順で行う。まず、飛行艇の操作やバルーン爆弾の動きなどに慣れてもらうため、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してもらう。

次に、通信をした状態で2ステージ(p1, p2)プレイしてもらう。ただし、ここではステージ毎に司令官と見張り番の役割を交代してプレイしてもらう。また、ゴールでき

<sup>†</sup> 岐阜大学大学院工学研究科応用情報学専攻

No	面識	成績/信号					最終プロトコル	役割交代による変化	total point
		p1	p2	s1	s2	s3			
1	なし	△3 A	△2 B	○ B	○ B	× B	赤:危険 青:安全 色変化:ストップ	信号変更	710
2	なし	×3 A	△2 B	△ B	× B	× B	赤:危険 黄:注意 青:安全	信号変更	0
3	なし	×5 A	×4 B	○ B	× B	△ B	赤:前方危険 赤点減:危険	ストップ使用 信号変更	354
4	あり	△5 A	△3 B	× A	△ A	△ A	赤:危険 青:安全 点減:アクセル		0
5	なし	×3 A	×4 B	△ A	△ A	○ A	赤:危険 緑:注意 青:安全 青点減:進め	ストップ使用	369
6	あり	△3 A	×3 B	△ B	× B	× A+B	針の方向:バルーン的位置 点減速度:距離 ストップ時は 赤:危険 緑:安全	信号変更	0
7	あり	×3 A	×4 A	× A	× A	× A	赤:危険 青:安全 点減:強調	なし	0
8	あり	×2 A	○ A	○ A	△ A	△ A	赤:危険 青:安全 青点減:アクセル	なし	777
9	あり	△4 A	△2 A	○ A	○ A	○ A	赤:危険 緑:ストップ 青:安全	(自ら)ストップ使用 信号変更	1732
10	なし	×3 A	×3 A	○ A	○ A	○ A	針の方向:進行方向 点減:アクセル 黒:ストップ		1276

○:一回目クリア △:最終的にクリア ×:クリアできず 数字:プレイ回数 A:プレイヤーAの信号 B:A以外の信号  
 黄色:最終プレイ時のストップボタンを使用した時間の割合が5割以上 水色:ステージ終了時にプロトコルが一致していたステージ

表1: 実験結果

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てもらう。このステージはプレステージであり、ここでの得点は報酬に加えられない。

その後、本番ステージ (s1, s2, s3) を3ステージプレイしてもらう。3ステージとも役割は固定 (p1と同じ) し、ここでの得点に応じて報酬を支払う。

また、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のアンケートを行う。このアンケートの記入時間も含めて、平均実験時間は2時間程度である。

#### 4. 実験結果

各ステージの終了後のアンケートを用い、共有したと思われるプロトコルについて解答を求めた結果、最終的に9組のペアが完全に一致し、残る1組もほぼ一致していた。これらの信号の一致は計算機が取得した行動記録からも確認された。

また、表1の実験結果を見ると、多くのペアが赤 (危険)、青 (安全) というプロトコルを形成している。その中でも、成績のよいペアはストップボタンの使用頻度が高く、また「ストップボタンを押せ」というプロトコルを形成したペアは更に優秀である。

更に、プレステージでの役割交代の後、司令官は行動を見張り番は信号を変更しているペアが複数見られた。また、役割交代の後 (本番ステージ開始時) にプロトコルが一致したペアは得点が高い。中には、役割交代後やそれ以前にプロトコルが一致しているにも関わらず得点の低いペアもいるが、これはプロトコルが一致した時点でのステージをクリアできていないことから、信号の使い方に問題があり、さらにはそれが改善されなかったため、成績が上がらなかったのだと思われる。

#### 5. 考察

今回の実験では、多くのペアが赤 (危険)、青 (安全) というシンプルなプロトコルの形成に至った。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を避けたのが原因である

と考えられる。また、本能的に赤は人を不安にさせる色であり、青 (緑) は人に安らぎを与える色である。加えて、私たちの生活に身近な「信号機」も同じ意味を持っており、コミュニケーションを取るためにこれらの共通の認識を利用したのだと考えられる。ただし、これらの2つの信号に加えて、「注意」や「急げ」、「ストップ」など、新しい信号を実現しているペアが多かった。これらの多くは事前に意味が共有されているものではなく、新しく意味の共有を実現したものである。

成績のよかったペアほど、ストップボタンの使用頻度が高くなる傾向があった。司令官が自発的にストップボタンを押すことは「相手に意見を求める」行動であり、見張り番がストップボタンを押させる信号を送ることは「相手に意見を伝える」ための行動である。これらの相手に対するアプローチを行うことによって、より慎重かつ正確にコミュニケーションが取れたのだと考えられる。

また、プレステージでの役割交代後に方針を変え、本番ステージ開始時にプロトコルが一致したペアの成績も高かった。このことから、相手の立場になって考え、行動することにより、円滑なコミュニケーションが取れているということが分かる。

#### 6. 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間のプロトコル形成の過程を観察した。結果としては、シンプルかつ共通の認識を利用したプロトコルの形成が見られた。また、相手に対するコミュニケーションのアプローチが見られたり、相手の立場になることで学習し、作戦を変更したりするという結果も得られた。

現在も信号の使われ方について詳しい分析を行っている。また、次の課題としては、共通の認識が存在しない非言語情報を用いて実験を行い、より複雑なプロトコルの獲得を目指すことを考えている。