

四人将棋における プレイヤーの協調過程に関する研究

伊藤毅志、杉本新也、古郡廷治
電気通信大学情報工学科

本稿では、マルチエージェントによる協調問題解決の例として四人将棋を挙げる。四人将棋では、状況の変化に対応して各プレイヤーの役割が変わる完全情報確定ゼロ和ゲームである。四人将棋において協調的な思考がどの様に実現されているのかについて考察した。(四人将棋には、2対2でチームを組み闘うダブルスと、全員敵同士になるシングルの2種類があるが、本報告では、特にダブルスにおける協調問題解決行動を扱った)まず、四人将棋をコンピュータ通信上で実現するシステムの構成を説明した。そして、そのシステムを用いて、ダブルスのパートナーと対話できる条件と、対話できない条件の2条件の心理実験を行った。対話ができる条件では、指し手の方針や、読みが、対話ができない条件では、パートナーの方針、読みを予想することによって補われ、協調的な思考の基となっていることが分かった。この心理実験の知見をもとに、四人将棋におけるプレイヤーの思考過程を説明する認知モデルの骨子を提案した。

本稿は、本年1月にHI研究会で報告した「四人将棋における暗黙のコミュニケーションに関する研究」の原稿をもとに加筆、修正したものである。

Cooperative Process in Playing "Four-Players-SHOGI"

Takeshi ITO, Shinya SUGIMOTO, Teiji FURUGORI
Department of Computer Science,
The University of Electro-Communications

We deal with the cooperative problem solving process in playing "four-players-SHOGI", a two-against-two (or sometimes four-way) game in which two persons on side cooperate each other to win the game. We explain firstly the organization of a four-player-SHOGI to be implemented on computer network. We analyze secondly the results of an experiment that show how the two players on the same side cooperate each other explicitly when allowed and implicitly when not allowed. Based on the analysis, we offer lastly a cognitive model that explains players' mental behavior for making a move in the four-players-SHOGI.

This paper is revised one basis on "Implicit Communication in Playing 'Four-Playing-SHOGI'", published in HI-58-4 (1995).

1. まえがき

人間の問題解決を「充たされていない状況から充たされた状況への変化の過程」と捉えるのなら、人間の行動は、殆ど問題解決行動の積み重ねであると言えるだろう。その問題解決行動も、決して解決者一人の力で解決されるものばかりではなく、むしろ周囲の状況、他の人との協調-競合関係の中で解決されることの方が多い。近年、状況理論や分散認知といった研究が認知科学の分野で盛んになりつつあるが、これは、伝統的な個人レベルの問題解決研究だけでは説明しきれない現象に対する研究の方向性であると言えるだろう。

Hutchinsは、協調問題解決の例として大型船の航行における乗組員の行動を挙げている¹⁾。大型船の航行では、船長が全ての乗組員の行動を把握して取り仕切っている訳ではなく、各乗組員が、自分の役割を認識した上で自律的に行動している。各自が自分に分担された役割を演じ、仕事をこなせば、全体としてうまく航行することが出来る仕組みになっている。

複数の成員によって構成される集団において、各々の役割が決まっていなような場面においても協調的な行動は見られる。たとえば会話のような場面を考えると、話者は互いに相手の意図を汲んだり、自分の話したい内容を割り込ませながら、全体として自然な会話を成立させていく。

本研究では、四人将棋というゲームを協調問題解決の例として挙げることにする²⁾。四人将棋の詳しいルールについては、以下の章で説明するが、学習が進んだプレイヤー同士の間では、直接的な対話がなくてもプレイヤー間で見事な連係プレーが生じ、お互いの意志の疎通がはかれていることが観察されるようになり、一種の協調行動が見られる。上達するにつれ、各プレイヤーは自分の役割を的確に判断するようになり、

巧みに役割を交代しながら、パートナーとの連帯を図っていく。

本研究の目的は、四人将棋の協調問題解決場面において、個々のプレイヤーがどのように状況を捉え、自分の役割を自覚して、自分の指し手を決定していくのかを調べることにある。

本報告では、上記の目的の前段階として、まず、通信上で動く四人将棋のシステムを紹介する。そして、そのシステムを用いて行った2つの条件の心理実験の結果を比較することによってプレイヤーの行動を説明する認知モデルの枠組みを提案する。

2. 四人将棋とそのルール

2. 1. 四人将棋について

四人将棋は、将棋好きの島根県平田市長太田氏が考案し余暇に楽しんでいた新しい将棋ゲームを、プロ棋士の指導のもと、ルールを洗練させ、1993年11月に毎日新聞を通じて世間に公表したものである³⁾。すでに2回、関東学生四人将棋大会も開かれるようになり、一年あまりで多くのプレイヤーに楽しまれるようになりつつある。

2. 2. 四人将棋のルール

四人将棋は、正方形の9×9の将棋盤に図1のように駒を並べ、四人が四方から向かい合って攻め合うゲームで、駒の動かし方、効きなどの性能は、普通の将棋と全く同じである（対面の3段目に入ると歩、銀、飛車は、それぞれと金、成り銀、竜に成る）。

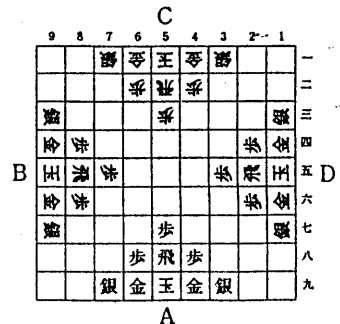


図1 四人将棋の初期盤面

指し手は、Aを初手とすると、 $B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ のように時計方向に指し進め、王手がかかった時だけ、かけられた人に手番が移る。

ゲームには、互いに敵になるシングルスと、向かい合う2人がペアを組んで戦うダブルスがある。

シングルスでは、2人が詰んだ時点で勝負が終わる。最初に詰められた人が4位、次に詰められた人が3位となり、残りの2人が1位2位になる。相手を詰ますと勝ち点1が与えられ、残った2人のうち勝ち点の多い方が1位、同点の時は、双方の駒数の多いほうが1位となる。各プレイヤーの目的としては、なるべく上位になるように指し進めることである。

ダブルスでは、向かい合う2人がペアを組み、4人のうち誰かが詰まされれば、詰まされた方のチームの負けとなる。したがって、それぞれのペアは、互いに協力して、他の2人の敵のうちのどちらかの玉を詰ませるといのが、ゲームの目的となる。

(おおまかなルールは、上記の通りである。詳しくは、文献3を参照されたい。)

2. 3. 四人将棋の特徴

四人将棋は、盤上のすべての駒は敵味方お互いに見える上に、サイコロなどの不確定な要素がなく、勝ち負けがはっきりしているので、完全情報確定ゼロ和4人ゲームであると言える。

四人将棋では、シングルス、ダブルスで、人間同士の関係、コミュニケーションの形態が大きく変わってくる。

シングルスでは、お互いが敵であり、基本的には、誰も信用できない状況に置かれる。しかし、全員を敵に回すと、ゲームを有利に展開できなくなるので、適当に協調的な行動も取らなければならず、非常に複雑な判断を迫られる。実際、シングルスでは、自由に他者と会話することが許されて

いるので、会話によって同盟関係を作ったり、裏切ったりという複雑な駆け引きを行い、ゲームを有利に展開させる必要がある。

一方、ダブルスでは、対面同士がペアを組み、協力して共通の敵と闘うので、ゲームの目標はかなりはっきりしている。したがって、シングルスのような、複雑な駆け引きは必要としない。純粹に協調問題を扱える好例であると考えられる。

実際、(まだ、ゲームの歴史が古くないので、強さを図る段・級などの明確な尺度はないが)熟達者のダブルスのゲームでは呼吸の合った指し手の応酬が見られ、指し手を通して、ペアのお互いの意図が伝わり、暗黙のコミュニケーションが成立していると思われる。

本研究では、ダブルスの協調場面を例に挙げ、どのように意志の疎通がなされているのかを考察していく。

3. 四人将棋通信システム

3. 1. システムの概要

本システムは、四人将棋をコンピュータ上の通信を用いて対局することが出来るように、X-Window System上で構築したユーザインターフェースシステムである。このシステムは、UNIXネットワーク上でのコネクション型のプロセス間通信を用いたクライアント・サーバモデルを実現している。将来的には、四人将棋の協調行動をシミュレートする認知モデルをシステムのクライアント上に乗せることも考えているが、現時点では、指し手の自動判定と手番処理を行って4人で将棋が指せる通信システムの試作の段階である。

この通信システムを使うことによって、プレイヤーを一人一人を分離して観察できるようになったので、実際の盤と駒を用いた四人将棋では得られなかった各プレイヤーの発話プロトコルデータも収集できるよ

うになった。

本システムのプログラムは、大きく分けてサーバプログラムとクライアントプログラムから構成されている。おおまかなイメージは、以下ようになる。サーバは、盤と駒、席順を用意して、クライアントに各方向から見た盤面を提供する。一方、クライアントは、ユーザからの入力を受け、各方向から見た駒の制御、王手判定、手番の判定などを行って、盤面と手番をサーバに返してやる(図2参照)。

3. 2. 各部の機能

サーバは、通信部と盤面回転部を持ち、クライアントは、通信部、初期設定部、盤面回転部、データ変換部、駒移動制御部を持っていて、各々以下のような機能を果たしている。

・通信部

サーバは、一手毎に、送られてくるクライアントからの手番情報と動かした盤面情報を受け取り、盤面を各クライアントから見た盤面情報に変換して各クライアントへ送り返す。同時に、手番のクライアントへ手番であることを送信する。

クライアントは、手番である場合は、ユーザからの入力待ち、手番でない場合は、サーバからの入力待ちの状態になっている。

・盤面回転部

データは、駒の配置データの2次元配列であり、サーバの持っている配置を基準に、初手のプレイヤーは0度、2手目のプレイヤーは90度、3手目は180度、4手目は270度のように回転してから各クライアントへ送る。

・盤面初期化部

ウインドウの生成、グラフィック属性の指定、ビットマップの生成などの為の初期設定を行っている。

また、駒の初期配列、使用するパラメータ全ての初期化、フラグの初期化も行い、これによって、初手の手番の盤面を各プレイヤーのディスプレイ上に表示する。

・駒移動制御部

駒の性能による駒の移動、成り処理、禁じ手処理、王手判断などを行い、四人将棋のルールに反する手を識別する。

3. 3. システムの動作

プレイヤー(システムのユーザ)は、全てX-Window上のマウスクリックによって駒の移動入力を実現している(図3参照)。プレイヤーは指したい駒をマウスで選び、クリックによって駒を持ち上げ移動させて、置きたいところでクリックを離す。

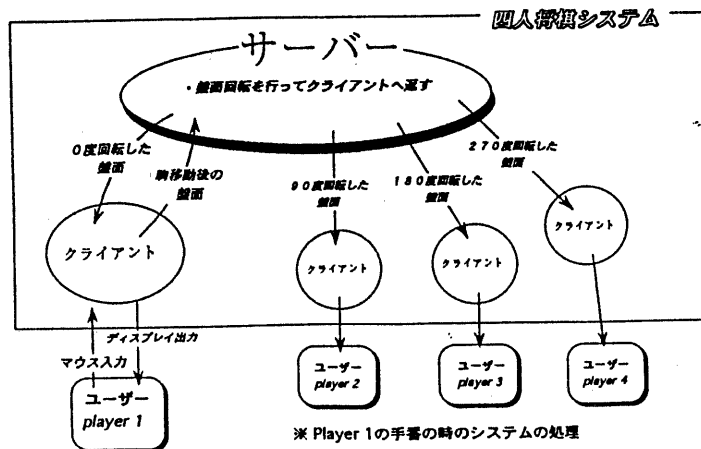


図2 四人将棋通信システムの概要

駒の成り、持ち駒を打つなどの処理も全てマウスで行え、禁じ手（二歩、打ち歩詰めなど）や王手処理なども自動でシステムが判断し、指せない手は「指せません」と表示されるようになっている。

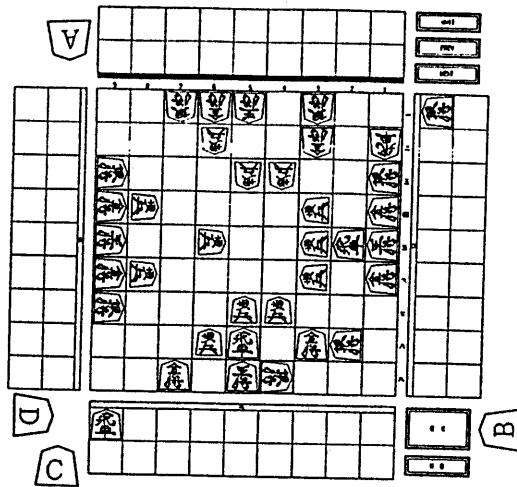


図3 通信システムのディスプレイ表示例

4. 心理実験

4.1. 目的

ダブルスにおいて、パートナーと対話が出来る場合と出来ない場合では、プレイヤーの思考や手の決定にどのような違いが現れるのか？プレイヤーは、自分の状況の変化をどのように把握して、自分の手を決定しているのかを調べる。

4.2. 方法

四人将棋のダブルスにおいて、四人将棋システムを用いて、各プレイヤーを直接会話出来ないような環境を作った。そして、メールの交換を用いることによって、パートナーとだけ文書による会話を許す環境を設定した。これによって、パートナー間だけの対話環境が実現され、ペア間の協同的問題解決場面だけが観察できるようになった。

被験者は、当大学の将棋部員4名。棋力

は、およそアマ1級から初段前後。四人将棋は、部活動で遊びとして5～15局ぐらい指したことがある程度で、四人将棋の棋力については、全員にアンケートを取ったところ、およそ $A \geq B > C \geq D$ （A～Dは、Appendix Aの被験者記号）の順に強いという認識（謙遜を除けば、ほぼ同意見）を持っていた。被験者の棋力は、他にもシングルスや予備実験なども含めて10日（一日1時間半、2局程度）以上行っている上に、この実験以前にも10～30局指しているとのことなので、四人将棋の初心者域はかなり脱しているとみて良いだろう。

ここで、メール交換を自由にした場合（F条件）とメール交換を禁止した場合（N条件）の2条件を設定して、被験者の行動と発話プロトコルの比較を行った。

4.3. 結果

Appendix Aは、F条件のデータの一つである。左が四人将棋の棋譜で、右がプレイヤー間で交換されたメッセージと被験者の発話内容である。

まず、発話データを整理すると、大別して、以下の3つ「意図」「読み」「形勢判断」の思考に分類されることが分かった。

<意図>

プレイヤーは、大別すると以下の4通りの「意図」を変遷していることが観察された。

- ① 右側の敵を攻める。
- ② 左側の敵を攻める。
- ③ 自玉を守る。
- ④ パートナーを守る（助ける）。

この4つの「意図」は、このゲームの大目標「味方の玉が詰まされる前に、敵の玉を詰ます」を達成するための4つの副目標というであると言える。

<読み>

プレーヤーは今後の具体的な指し手を予想する思考も行っている。本研究では、プレーヤーが予想する指し手の系列を「読み」と定義する。

<形勢判断>

プレーヤーは自分のチームの形勢判断に関する思考も行っている。

プレーヤーは、これら3つの思考を行って、指し手を決定し、結果として協調的な問題解決を行っていることが観察された。

データは、被験者の発話から4つの「意図」を選定し、「意図」の変遷を調べ、それに伴って、どのような思考が現れるのかを調べた。

また、2条件（FとN条件）による思考、行動の違いをもとにまとめると以下になる。

対話可（F）条件

対話によって、パートナーと共通の意図を持つことができる上に、敵の意図や読み、形勢判断などについての意見の交換もできるようになっている。これによって、自分の問題状況を、より明確に捉えられるようになった。そして、パートナーの読みを利用することもできることで、チームとしては読みの範囲を広げ、個人としては読みの範囲を狭めることが可能となった。

反面、相手に対して指し手を要求することができるようになってきているので、リーダーとフォロワーの関係（L-F関係）が明確化して、読みの最適な分割を妨げるような現象もみられた。Appendix-Aで言うと、プレーヤーB（リーダー）とC（フォロワー）のような例である。Bがリーダーシップを取ってチームの意図と読みをリードして提案している。この関係は、この対局全

体を通じて見られ、Cの読みの手についての吟味あまり行われることなく指し手が進んでいる。（図3）の局面では、メッセージ（5）のCの読み「8八銀」は、あまり深く読まれることなく、Bの読み「4九銀」の指し手が選ばれているが、局後の検討では、Cの読み「8八銀」の方が良い手であったことが指摘されている。

対話不可（N）条件

この条件では、F条件で見られたL-F関係が明確には現れない。プレーヤーは、自分の意図をもとに読みを進め、読みの集合を持ってパートナーの指し手を待っている。その読みから外れる指し手をパートナーが指したときに、その指し手をもとに読みを進めパートナーの意図を確認するという思考過程を取る。

4. 4. 考察とプレーヤーモデル

本実験の被験者は、4人とも将棋部員であり「読む」という行為には十分慣れていると考えられる上、何回も実験を繰り返しているうちに、初心者域は脱し、四人将棋のエキスパートになりつつあると考えられる。したがって、実験の結果得られたプレーヤーのモデルはエキスパートモデルに近いものと考えられる。

大きく分けて、2種類の思考パターンが観察された。

1. 「意図」から「読み」へ

（トップダウン推論）

例えば、自分の玉が危ない（形勢判断）ので、自分の玉を守る手を考えようとして、「読み」へ入るパターンである。

N条件の時に顕著に現れることが観察されている。これは、対話できない条件ではパートナーの「意図」を想定してそれに沿うように、自分の考えを進める必要があるからだと考えられる。

2. 「指し手」から「読み」へ

(ボトムアップ推論)

これは、発話データからは明確に読みとれないが、指し手が先に見え、その指し手の裏付けをとるように「読み」が進む思考のパターンである。

F条件では、しばしば、明確な「意図」に関する発話がないのに、「読み」が進められることが多く、この思考のパターンがN条件に比べ多いことが観察されている。これは、「意図」に関する思考は、明確に意識しなくともメールの交換で、パートナーの「意図」が伝わるので、より探索範囲が広げようとする思考に偏るからではないかと考えられる。

実際、被験者は上述の2つの思考パターンを併用して思考を進めているが、直接対話できない暗黙のコミュニケーションでは、相手の「意図」をもとに思考する思考パターンが重要であることが示唆された。

N条件における被験者の思考過程をモデル化した図が、図4である。プレイヤーは、枠の中で思考しているが、自分以外の人の指し手が入ってくると、自分の読みの範疇であったかどうかを即座に判別し、範疇であれば邪魔されることなく思考を続ける。範疇でないと、思考は中断し、指し手の意図を逆算し、意図を生成して読みを進める。

そして、トップダウンとボトムアップの推論が繰り返し現れ、自分の指し手を決定し、自分の手番の時にその指し手を指す。

5. 今後の課題

心理実験を通して、プレイヤーの思考過程の骨子を提案することが出来た。今後は、これを骨格にして、具体的な指し手の解析を行い、四人将棋固有の認知モデルを構築して四人将棋のダブルスを協調的に行えるようなシステムを開発していく。図4のモデルでは、形勢判断、意図の逆算、意図生

成などの部分について、まだ、詳しいモデルが立っていない。今後は、モデルの細部についても考察を深めていく。

また、言葉や直接的な記号では表されない「暗黙の」コミュニケーションは、指し手の論理的な意味ばかりではなく、表情やしぐさ、指し手の早さ、タイミングなどにも現れるものであると考える。通信を使った対局では、表情やしぐさなどは難しいが、指し手の早さやタイミングなどの情報は、指した人の思考状態の情報を含んでいると考えられるので、これらの情報も協調的認知モデルに組み込んでいきたいと考えている。

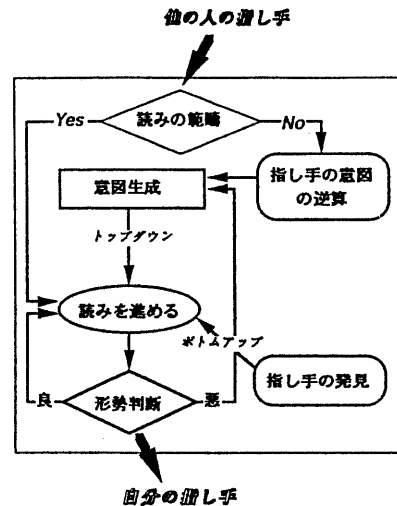


図4 プレーヤーの思考モデル

参考文献

- (1) Hutchins, E. : "The Technology of Team Navigation", In Galegher, J., Kraut, R., and Egido, C. (Eds.), Intellectual Teamwork : Social and Technical Bases of Cooperative Work, Hillsdale, NJ:LEA (1990).
- (2) 伊藤毅志、杉本新也、古郡廷治 : 「四人将棋における暗黙のコミュニケーションに関する研究」、情処HI研究会, HI-58-4, pp.21-28, (1995)
- (3) 井上慶太・東大将棋部 : 「四人将棋入門」、株式会社クレオ, (1994)

Appendix A ダブルス発話プロトコルデータ例（メール有）

<平成6年2月21日実施>

指し手（棋譜）				C君の発話データ&メール
C	B	D	A	
4七歩	7六歩			あつ、たぶんAさんのあつ、Aさんは飛車の横の歩をあげると思います。どちらか一方。それで、んー、もし、Dさんの方に向かって歩をあげたら多分、Dさんは4五歩とやって守りの体勢に入ると思います。
		6三歩	3六歩	8八銀とあてられるといやなので歩をあげます。
6七歩	7四歩			多分、Bさんも飛車の横の歩をあげると思います。
		4三歩		Dさんも多分あげると思います。
			3四歩	多分、Aさんも同じふうにあげると思います。
3八銀	8七飛			ばくは3八銀とやって、えー、そうか、えっと、どうしよう、んー、3八銀に、2八銀なら、2九銀でいいと思うので、3八銀に指します。
				あつ、えっと、Bさんは6五の歩をつくかもしれませんが。
		7二飛		ばくは、今度、7八銀とあがって飛車にあてるつもりです。Dさんは9二飛とくと思います。Aさんは多分、2八銀とあててくるんだと思います。どうしよう、これは困った同時にあてられて。。。実際、この銀あがりはよくなかった。ん、ちょっと悪かったと後悔しています。どうするのかな。6八銀#####3八銀でとってきて同金、ん、2八銀と打たれたら、飛車がまわってくる、2九飛とまわってくる。きたら、3九銀を打てばいいし、#####、同金、同飛、4九金と受けとればいいのか。
			2八銀	#####歩をとるか。やっぱり、2八銀です。あててきてどうすればいいのかな。いっとく、7八銀ってあがると次のAさんの番で3八銀でとってきて、同金。まっ、むこうは飛車#####2八銀、7八銀、8四飛車、それだったら、ばくが守れるから、ばくが2九銀で大丈夫そうだな。
7八銀				ここで、7八銀ってやると、ん、3八銀ってとってきても同金、まわっても生きるから大丈夫かなと思う。
	9三銀			普通は#####と思います。どうするのかな#####次にとりこまれて、2九飛車があつて、3九、3九銀があがって#####。
		8二飛		とつて、とつて、それで2八銀打ちはきついで。2八銀打ちは、2八銀は2九玉か、とつて、とつて、#####。
			3八銀	あつ、次、7二銀かな。まて、まてよ、え。
4八飛	8五飛			あつ、やっぱりとつてきた#####。あーやっぱり金でとるのは危険だよな。そうか、こうして、こうして、飛車でとればいいのかもしれない。4八飛車。金でとることばかり考えていた。#####。
				#####。
				#####、でも左に攻めるには、7二銀か、7二銀になんにもしなないと。7三銀とつて同金、9二飛、9二飛、9三銀打ち、それ、なんでもないか。（メール届く）
		3二銀		<メール>王手の判定がおかしいよ。王手の判定がおかしい。多分、7二銀ってうつから。じゃあないっすね。あなってるから、その瞬間に2三にひく。
				あつ、そっか、そうするとAさんは歩を守りにいく。飛車に#####。（メール届く）
				<メール>3二銀にする。
				もう、さしちゃった。1三飛ってきると#####。
				えーと、多分、まだ、Dさんからの攻撃はそれほど速くないので、多分3六の歩を守りにくくと思います。そこで、んー、守りにきた。3六歩を守りにくるのに、2七銀で飛車にあてながら。。。
			2二銀	

<以下、略>