

論文の内容の要旨

論文題目 協同作業の記録と分析の支援システムに関する研究

氏名 安藤英幸

実際の作業の現場において、協同がどのように行われるかを理解するために、詳細に観察し、そこに見られる常識や工夫、技術の使われ方といった、状況の中に存在する秩序を発見する方法がとられる。こうした方法はエスノメソドロジーと呼ばれ、ビデオや音声によって作業を記録し、対話やジェスチャーを分析することが行われる。

本研究では、大型船舶のブリッジにおける協同作業を対象として、こうしたエスノメソドロジーの立場で、作業記録の定性的な分析と定量的な分析を行なう。これらの分析から得られる知見は、マニュアルやトレーニングの改善を行なう上で重要となる。また、こうした一連の分析作業を効率的に行なうために、協同作業の記録と分析のための情報システム CORAS(Collaboration Record and Analyze System)を構築する。ここでは、環境データの取得の容易さなどから、特にシミュレータトレーニングにおける協同作業を分析の対象とする。

図1には、CORASのシステムの構成を示す。CORASの中心となるのは、協同作業記録のデータベースであり、これらは、ビデオ、音声、対話データ、周囲の環境データとしてのシミュレータのログといった多様な時系列データによって構成される。これらの時系列データは、同期が取られ、必要に応じて状況が再現される。また、こうしたデータに加え、データの利用や分析を効率化するために、数種類のメタデータを利用して、作業記録のデータベースが構築される。これに加え、データ、メタデータの作成、分析のためのソフト

ウェア、ハードウェアがネットワークを介して接続される。

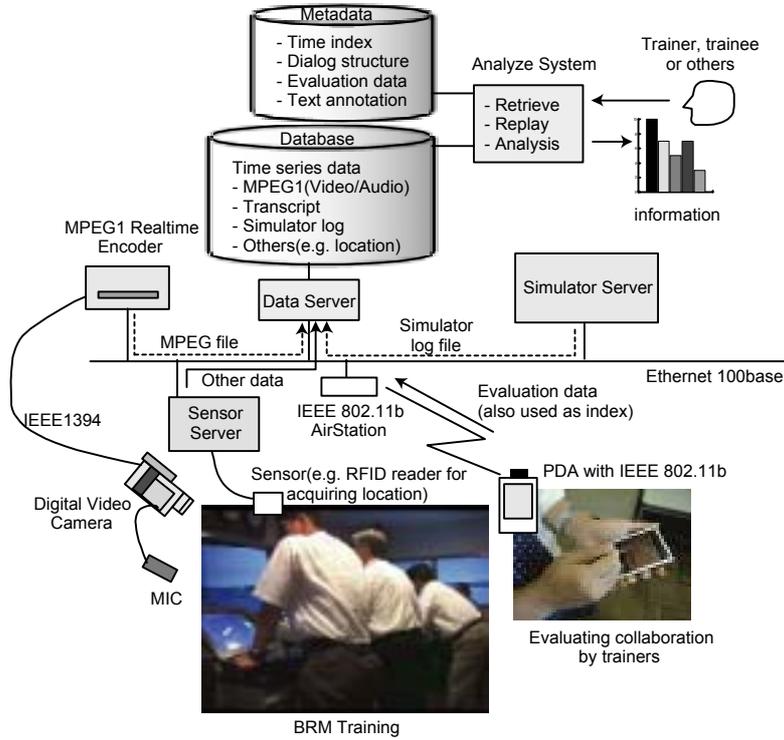


図 1. CORAS(Collaboration Record and Analyze System)の構成

CORAS を利用して、協同作業は 2 通りの定量的な分析が行われる。1 つは、対話を構成する階層構造を利用する方法である。図 2 に示すように、ブリッジにおける対話は、明確な構造をもつ対話によって構成されている。また、比較的限定された作業内容を反映して、対話構造の分類が可能である。こうした対話構造を利用して、交換される作業情報、発話者間の情報のフローといった視点での定量的なデータを得る。

タイム スタンプ	発話者	聞き手	発話内容	エクステンジ (Exchange)	シーケンス (Sequence)	セッション (Session)	ダイアログ (Dialog)
.....							
36:56	Q/M	Cap	now heading on 2-5-2, sir.	自船コース 報告	自船コース 確認	他船情報 確認	コース変更 に至る作業
36:58	Cap	Q/M 2-5-2 roger.					
37:01	Cap	2/O what is the course of yesterday?	他船コース 問い合わせ	他船情報 確認			
37:04	2/O	Cap yesterday, no change. 2-5-1 sir.					
37:07	Cap	2/O 2-5-1.	他船距離 問い合わせ	他船情報 確認			
37:08	2/O	Cap yes, sir.					
37:09	Cap	2/O how many miles?	他船スピード 報告	他船情報 確認			
37:10	2/O	Cap now, 0 point 4 miles. 4 cables.					
37:13	Cap	2/O 4 cables, roger.	他船スピード 報告	他船情報 確認			
37:14	2/O	Cap speed almost no change 9.5 knots sir.					
37:18	Cap	Q/M ok, course 255.	コース変更 指示	コース変更 確認			
37:20	Q/M	Cap course 255.					
.....							

図 2. 対話データの階層構造

もう 1 つの方法は、協同作業のトレーニングにおけるトレーナーによる定量的な評価作業の支援という形で行なう。従来から、リッカート尺度を用いたチェックシートなどで協同の評価が行われているが、これを携帯端末(PDA)上のソフトウェアに代替し、より詳細で効率的にトレーナーが評価作業を行なうよう、評価項目とインターフェースの設計を行い、支援を行なう。また、トレーナーによって携帯端末を利用して入力されるデータは、詳細な協同の観察を行なう上での重要なインデックス情報としての役割も果たす。

また、詳細な観察に基づく協同の定性的な分析を効率的に進めるために、対話の中で多く参照される周囲の他船の位置とスピードといったデータの提示、時系列のデータへのテキストのアノテーションを利用した検索、複数の時間コントロール機能についても実装を行った。

次に、対話構造の作成を、計算機により自動的に行なう手法の検討を行った。ここでは、時系列の対話データの背景にある作業意図を推測する、という問題として対話構造の作成を捉え、隠れマルコフモデルを基にして、協同と作業の確率モデルを構築するアプローチをとることとした。この確率モデルは、あらかじめいくつかの正解例のサンプルによって確率分布を学習し、それに基づいて、観察された対話データを最も高い確率で出力する作業意図系列を推測する。特に、計算機による予測精度の向上のために、ブリッジの対話の特徴である、作業者間の明確な役割分担、限定された対話のパターン、指示に対する了解といった対話の組のパターンといった情報を利用することとし、先の学習モデルに、発話者、教師無しデータマイニング手法である **k-means** クラスタリングで自動生成した対話のパターン、2 次のマルコフ過程を取り入れた。

これまでに構築した、協同の記録と分析のための情報システム **CORAS** を用いて、ブリッジにおける実際の協同作業の記録と分析を行った。

対話構造を利用した定量的な分析の結果からは、船長を頂点とする明確な組織構造が明らかとなり、ブリッジで交換される情報の種類と頻度を把握することができた。また、観察した 4 人の協同の中では、ある特定の船員が、比較的負担が少なく、空いた時間を利用して、自発的に他の船員の役割を支援し、チーム全体としては動的な環境の中で、増減する作業量に対応している様子が見られた。

また、分析を行なう視点として、特に実環境における意思決定を対象とする **NDM(Naturalistic Decision Making)** 研究で利用される、状況認識、意思決定、行動の 3 つのプロセスによって作業を捉えるモデルを採用し、ブリッジの協同作業がそれぞれのステップにどのように対応するかに着目して、定量的、定性的な分析を行った。対話構造で利用した作業の分類を、さらに状況認識、意思決定、行動に分類し、また、対話構造の時系列データを利用して検討を行った。その結果、ブリッジにおけるチームの状況認識、意思決定、行動の特徴として、①多様な状況認識が繰り返される、②意思決定については船長がほとんどの場合単独で行なう、③複数の行動が同時進行によって行われる、といった

ことが明らかとなった。これらを図3に示す。

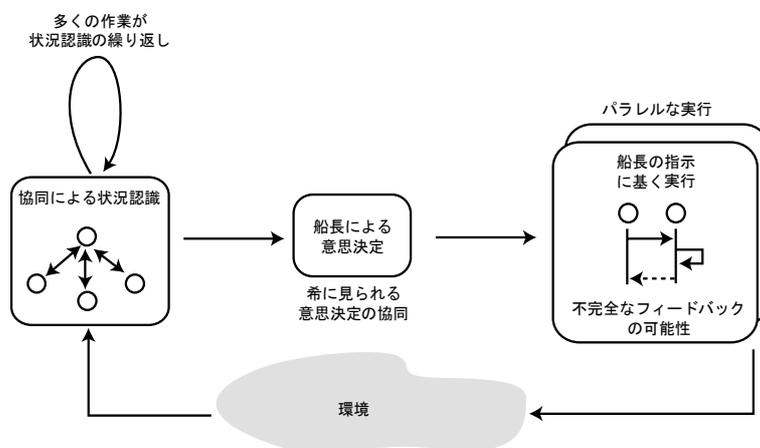


図3. ブリッジにおけるチームの状況認識、意思決定、行動のモデル

また、それぞれのステップにおける協同行なわれ方の定性的な分析を行った。状況認識における協同では、2人の協同が他の船員に対してもオープンな環境で行われたことにより、他の危険船の存在を指摘するといった協同を促す事例が観察された。

次に、対話構造の計算機による自動作成手法について、実際の協同作業における対話データを用いて検証を行った。その結果、図4のグラフで、話者情報と時系列を用いたモデルが最も良い精度を示すように、ブリッジにおける対話の特徴としてのパターンを活用することによって、予測の精度の向上が見られることが明らかとなった。

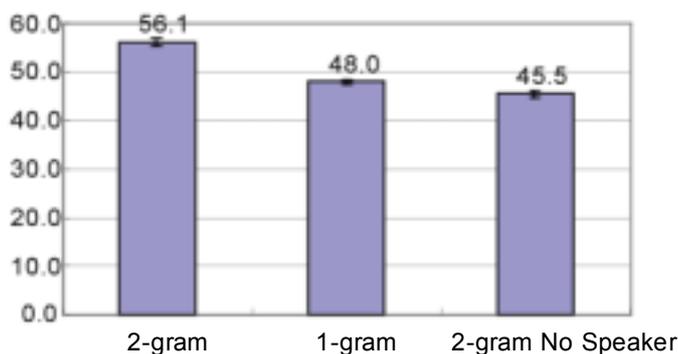


図4. 対話構造の自動作成精度の比較

2-gram 時系列で直前の作業意図の利用。話者情報も利用。

1-gram 時系列データを利用しない。話者情報も利用。

2-gram No Speaker 時系列で直前の作業意図の利用。話者情報を利用しない。