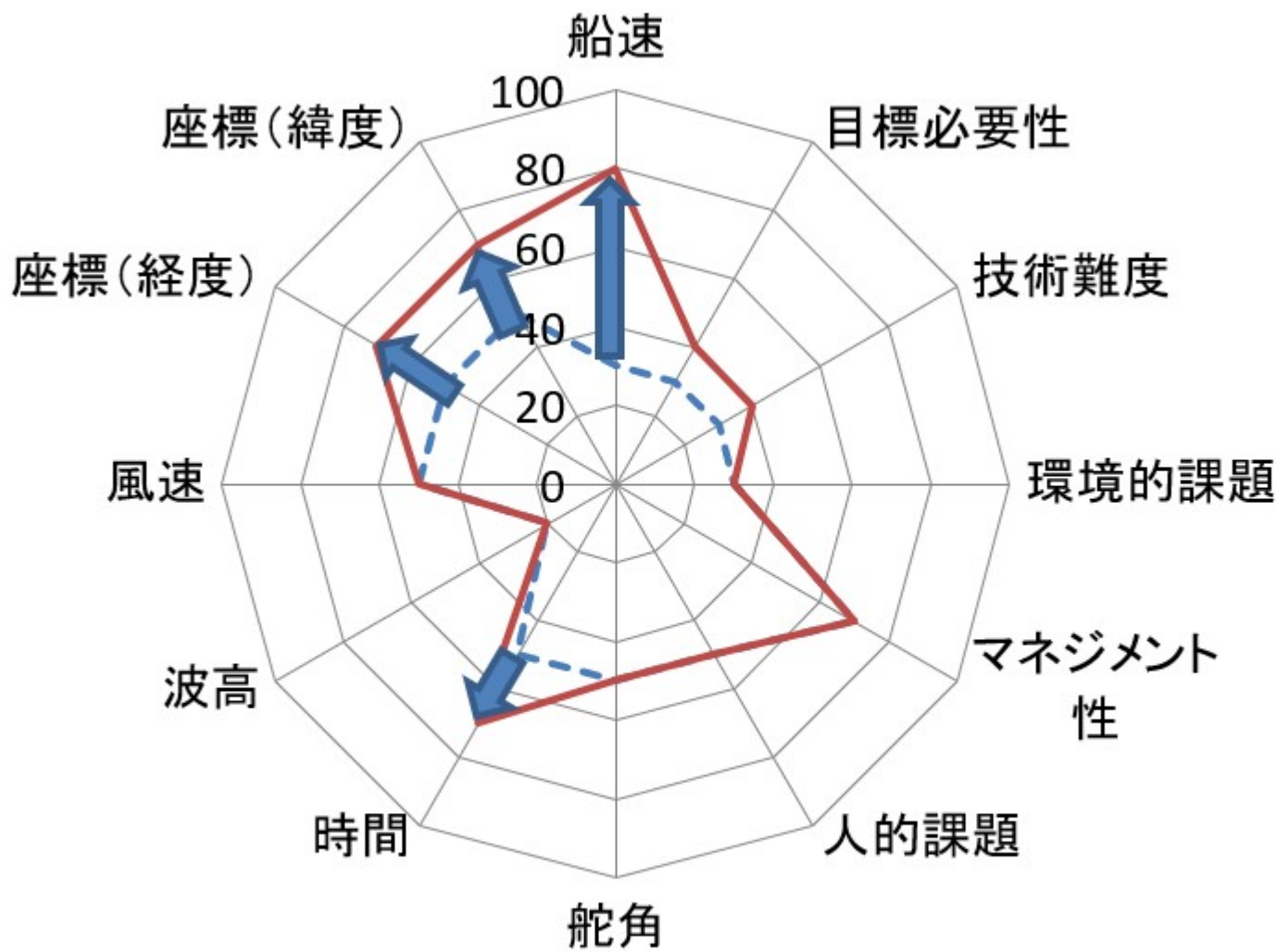


--- 現状認識

— 目標状態



➡ 現状から目標に遷移するために必要な変位量や操作量

図3 現状認識と目標状態への遷移量

認知科学を用いて生成した行動ルールを持つ人インスパイアードモデルの実現に関する基礎研究

Basic research for human inspired artificial intelligence

持田 信治^{1*} 満行泰河²

¹ 流通科学大学 商学部 経営学科

¹ Department of Commerce University of Marketing and Distribution Science

² 横浜国立大学 大学院 工学研究院

² Faculty of Engineering, Yokohama National University

Abstract: People act based on their experiences. Actionable experiences are tacit knowledge and have a functional structure. A functional structure is a framework consisting of multiple basic functions for a certain purpose, and by replacing the basic functions, it becomes possible to use them in actions to achieve a new purpose. On the other hand, the realization of an artificial general intelligence (AGI) that can perform a variety of actions is expected. AGI does not have a pre-prepared program for each action goal, and operates in a goal-oriented manner. Therefore, AGI requires a mechanism to understand the purpose and tacitly learned experiences that can be acted upon. Therefore, in this study, we attempted to represent tacitly learned experiences as action goals and environmental conditions as an information matrix and act upon them. Specifically, we report on our attempt to acquire experience in maneuvering a ship and reuse the acquired experience.

1 はじめに

今後、様々な行動判断が可能な AGI(Artificial General Intelligence) の実現が求められている。AGI は予め準備された行動目標別のプログラムは無く、目的指向で動作する。人は目標達成に向けて取得済みの経験をもとに行動するため、AGI は行動目的を理解する能力と行動経験の獲得が求められる。そこで、本研究は図 1 に示す「人インスパイアードモデル」を提案する。「人インスパイアードモデル」は目的指向で行動判断を行う。そして「人インスパイアードモデル」は図 2 に示す様に認知科学の手法を用いて体験を暗黙知化して経験を得て行動を行い、行動経験を取得するサイクルを持つ。認知科学の手法とは観察することであり、具体的には素人の目と立場で物事を見て、根本から状況を問い、物事を疑問を持って観察することである。本研究では以降、暗黙知化された経験を単に経験 (Tacit knowing) と呼び、暗黙知化されていない経験を体験と呼ぶ。本研究は体験を暗黙知化して経験とするメカニズムの解明を目指して「人インスパイアードモデル」の有効性を検証した。具体的には操船操作と図書から経

験の獲得を行い、獲得した経験の再利用を試みたので報告する。

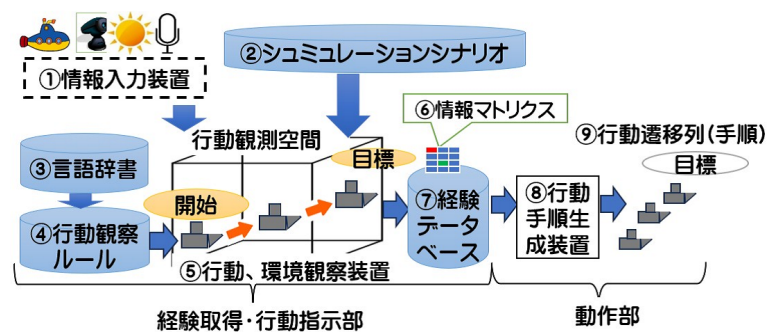


図 1: 人インスパイアードモデルの概念図

*連絡先: 流通科学大学 商学部 経営学科
〒 651-2188 兵庫県 神戸市西区学園西町 3 丁目 1 番
E-mail: shinji_mochida@red.umds.ac.jp

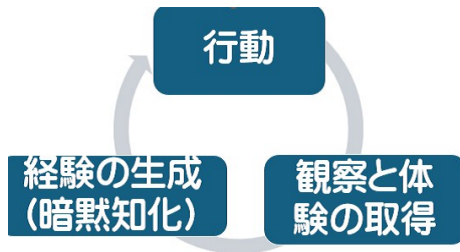


図 2: 認知科学の手法と行動経験取得のサイクル

2 自律行動可能な人工知能実現に向けて

2.1 体験の暗黙知化

体験の暗黙知化とは取得した体験を図 3 に示す様に構造化して新たな行動への対応可能な形式にして経験とすることである。生成された経験は図 3 に示す様に機能的構造 (Functional Structure) を持ち、新たな行動目標に向けた行動への再利用が可能である。機能的構造とは Polanyi が唱えた知識構造であり、人が暗黙の内に物事を認識する上で言葉では、表現できない基本機能を含む枠組みのことである [1]。例えば、歩行に関する経験において、人は何処かへ行くかと言う目標とどうやって行くかという方法のみを認識しており、身体の筋肉の動きは理解していない。例えば歩行を含む機能的構造には体の動きに関する言葉では表現できない、歩行に関する基本機能が含まれている。例えば図 3 に示す様に「コンビニに行く」という行動目標では、歩行にて向かうという到達方法が認識され、細かな足の動きを認識している訳ではない。機能的構造を持つ経験であれば、認識しない機能は入れ替え可能である [1][2]。例えば、目的地に向かう行動に於いて、歩行を自転車の運転に置き換えることが可能である [1][2]。本研究では体験を暗黙知化して経験を得ることをイメージ化と呼び、イメージ化された経験は情報マトリクスにて記述される。情報マトリクスは Xml(eXtensible Markup Language) で記述され、行動情報や環境情報その他を一括して記載する。情報マトリクスは多次元の評価軸を持っており、図 4 に示す様に図形表示が可能である。図 4 では現在状態と目標状態を図形表示している。図 4 に示す、現在状態から目標状態に向かう動きや操作が目標に向かう行動であり、目標に向かう行動は複数の動きや機械等の操作量で構成される。

2.2 行動目標の理解

目的指向の行動手順の生成により効果的な行動が実現する。行動は過去に取得した経験を元に発現される。

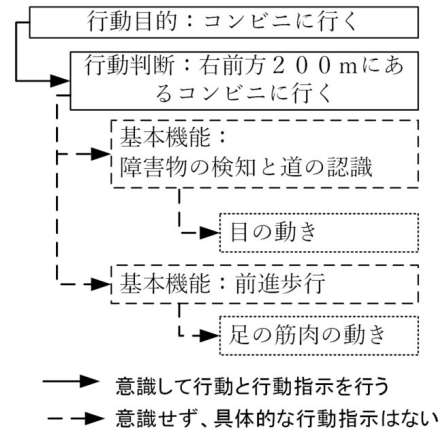


図 3: 経験の機能的構造 (構造化された経験)

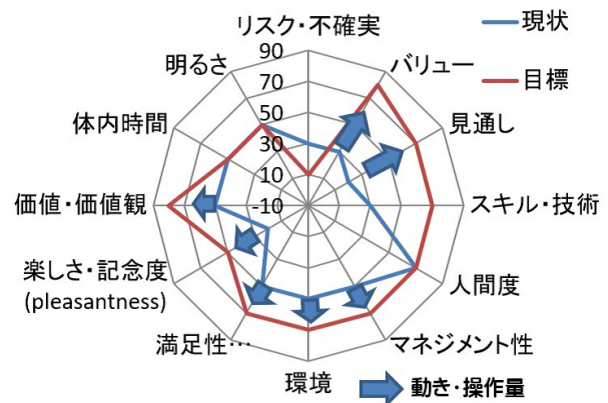


図 4: イメージ化 (情報マトリクス化) した経験の図形表示例

しかし、体験が暗黙知化されて経験が形成されるメカニズムは明らかになっていない。そこで、本研究は体験に、行動目標と環境情報を同時に記録して、体験の暗黙知化を行う。目標とは図 4 に示す、目標状態のグラフであり、複数の評価軸が示す評価値から構成される。目標状態をグラフ表示してイメージ化することにより、イメージ化された過去の経験が含む目標状態との比較が可能となる。現在状態と目標状態が類似であれば現在状態から目標状態に遷移する行動を得ることができ、経験を図形化することによりパターンマッチングによる経験の検索が可能である。

2.3 人インスパイアドモデルの機能

目標に向かう行動手順は 1 つではなく、しかも環境条件は無限に存在する。そこで、本研究は実際の行動の観察を行い、環境情報と共に記録する [3]。具体的に

は、行動観察ルールにより高度の観察を行い、行動観察ルールにより抽出した特徴に環境情報等を加えて機能構造化を行い、情報マトリクスとして記録する(図1の⑥参照)。情報マトリクスを時系列的に配置したものが経験となり、イメージとして図形表現された経験は過去に取得したイメージ(情報マトリクス)とのパターンマッチングによる比較や類似検索が可能となる。

3 実験

3.1 実験の目的

本試験では人インスパイアードモデルを用いて、新たな目標に向かう操船手順の生成試験を行った。具体的には、航行シナリオに基づき図5により、船の航行運動の観察と航行情報の収集を行い、次に、取得した航行情報をもとに新たな航行計画を作成して、航行計画の有効性を検証した。

3.2 船舶航行シミュレータ

船舶操縦シミュレータは、ROS2 及び Unity を用いて開発したものである [4]。実験水槽や実海域での船舶の自由航走試験をコンピューター上で実施可能な枠組みで構成されており、船舶操縦運動モデルとして代表的な MMG 3DOF モデル [5] に沿って船舶が運動し、操作量である舵角とプロペラ回転数を外部コントローラーから通信して入力する。船舶操縦シミュレータはロボット開発で広く使われている ROS2 をプラットフォームとして採用しているため、実機でも ROS2 を採用している場合はシミュレータ上で開発・検証した機能をそのまま実機に転用可能である。

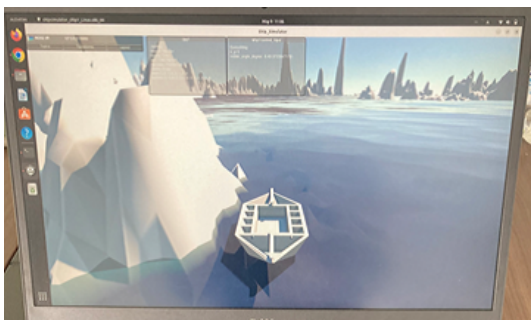


図 5: シミュレータの画面

3.3 試験の流れ

本試験では Unity 上の船舶モデルで航行シミュレーションを行い、船舶の運動データを取得した [6]。ある

目標に沿って取得したモデルの運動データは模型の経験情報となる。試験の手順は以下の通り。(1) 船舶モデルの運動データ収集操船シナリオの作成を行い、シナリオに従い、図5に示す操船シミュレータを使用して、船舶の操船シミュレーションを行う。(2) 取得した運動能力データを情報マトリクス化してデータベースに記録する。情報マトリクスは Xml 形式で記述される。(3) 取得した経験情報から、新たな到達目標に向けた航行ルートを計画して、操船シミュレータを使用して操船の模擬を行い、航行計画の有効性を検証する。

3.4 船の運動データ収集

操船シナリオに従い、図5に示すにシミュレータにて操船シミュレーションを行った。操船シミュレーションでは船舶モデルのプロペラ回転数: n (rpm)、 θ : 舵角(度)を変更しながら情報記録を行った。取得した船舶モデルの航行状況を図7に示す。図6の舵角とは舵角を変更した点である。例えば図6の $0 \rightarrow 1$ とは舵角 0 からプラス方向に舵を操作したことを示す。取得した航行情報の一部を図7に示す。図7の (X, Y) はモデルの位置であり、船の位置座標は無単位である。データは3秒単位に情報を取得している。3秒とは人の行動判断のサイクル時間であり、以前の研究結果から人は3秒毎に行動判断を行うと想定している [7]。表1に取得した観察データから得た観察情報の一部を示す。観察情報は言語で記述され、数字データと直接関連付けしないことにより経験の構造的性を高めている。

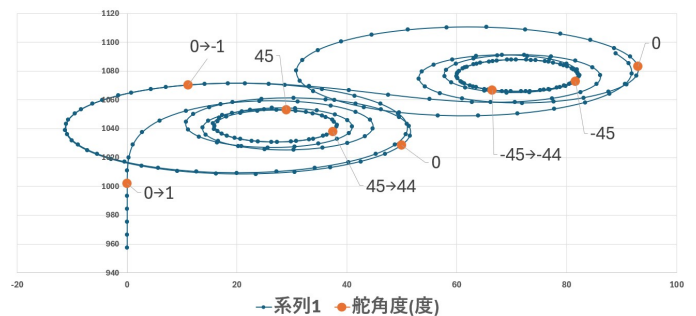


図 6: 航行シミュレーションの様子 (船の座標と舵角)

3.5 情報マトリクスの生成

取得した運動データと環境情報を情報マトリクスに変換して経験データベースに Xml 形式で記録する。具体的には操船シミュレーションから図8に示す様に対象の運動情報を得る。そして取得した時系列的な情報マトリクスに行動目標を加えて経験とする。ただし本試験では行動目標は手動で判断している。例えば、「右

time(秒)	X	Y	θ :舵角(度)	n:回転数(rps)
390	0	939.531	0	29.98745904
393	0	948.396	0	29.98745904
396	0	957.4024	0	29.98745904
399	0	966.2966	0	29.98745904
402	0	975.3052	0	29.98745904
405	0	984.2686	0	29.98745904
408	-6E-05	993.2001	0	29.98745904
411	-0.001	1002.108	1.13829847	29.98745904
414	0.0453	1011.109	2.3379027	29.98745904
417	0.3028	1020.051	3.64809657	29.98745904
420	1.0687	1028.942	4.77795449	29.98745904

図 7: 取得した航行データの一部

//ルールNO	タグ名	オペランド	目的	操作量	動作者	対象物	操作対象
53	Action	右旋回	右旋回	10	船員	船	舵(度)
54	Action	右旋回	右旋回	20	船員	船	プロペラ回転数
55	Action	左旋回	左旋回	-10	船員	船	舵(度)
56	Action	左旋回	左旋回	20	船員	船	プロペラ回転数

図 8: 船舶に対する環境監視ルール (一部)

「右旋回」は手動で判断している。行動目標とは図 4 に示した目標イメージであり、本件では目標は便宜上、言語的に表記している。例えば図 8 のオペランドの「右旋回」とは右に舵が切られたことであり、船が右に移動する状況である。本件では行動目標を言語的に記述して、行動の発現をトリガーで検知する。トリガーとは行動に先立ち、観察される状況のことである。トリガーが検知されると対応する行動検知ルールにより行動が観察される。

表 1: 取得した観察情報 (一部)

NO	観測情報 (取得知識)
1	プロペラの回転数を上げ始めて約 70 秒で最大回転数になる
2	右に舵を切り始めて約 40 秒で舵は最大角 4 5 度になる
3	右に舵を切り始めて約 25 秒で舵角は 12 度となり船は右方向直進となる

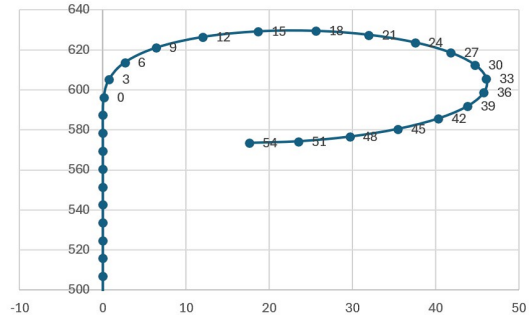


図 9: 操船試験結果

表 2: 操船計画 (直進から右旋回)

経過時間 (秒)	舵操作	舵角度 (度)	プロペラ回転数 (Rpm)
0	無し	0	30
1	右舵始め	0	30
25	右舵終了	12	30
25	左舵始め	12	30
50	左舵終了	0	30

3.6 経験からの新たな航行ルートの作成

取得した運動能力から得られた経験から新たな目標到達に向けた航行ルートを計画する。経験は時系列的な情報マトリクス遷移列として表現されている。例えば、図 6 に示す様に直進時のプロペラ回転数と舵角量情報に加えて、右旋回時のプロペラ回転数と舵角量経験を組み合わせることにより、直進の後、右旋回を行う航行を行う新たな行動計画の立案が可能である。本試験での新たな航行ルートは直進の後、右旋回である。表 [?] に示す操船計画を実施した時の船の動きを図 9 に示す。操船計画は直進から右旋回である。ただしグラフ上の数字は秒であり、x と y 座標値は無単位である

3.7 結果

本試験では Unity 上の船舶モデルによるシミュレーションを行い、船舶の運動特性を観察して経験を得た。そして取得した経験から新たな目標達成に向けた操船計画を得て、同じくシミュレータによる操船試験を行った。その結果、図 9 に示す様に、経験から得た操船計画通り、直進から右旋回の操船が可能であることが示された。今後、波高や風速のある様々な環境下での経験情報の蓄積を進めることにより、新たな操船計画の立案が可能である。

4 文章からの経験の取得

4.1 知識生成ルールによる資料の分析

人の行動には到達すべき目標があり、経験を元に行動を行う。経験のないことは行動出来ない。しかし、人はマニュアルや指示書に従って行動することが出来るため、マニュアルや指示書も拡張された体験であると見なすことができる。そこで、本研究では図 10 に示す様に行動からの経験取得に加えて、一般文書資料からの経験取得を試行した。具体的には文書資料から経験抽出ルールによる文書資料の分析を行い、資料が経験情報を有するかどうかの判断を行った。経験抽出ルールは図 11 に示す様に名詞と動詞を含んでおり、キーワードと動詞による資料の特徴抽出が可能である。各キーワードと動詞は図 12 に示す様に多次元の評価値を持ち、資料の特徴を多次元で評価することが可能である。図 13 にシステムを使用した経験検索の例を示す。本例では、プロジェクトマネジメントに於いて費用的な問題解消方法を含む経験の検索をおこなっている。そして図 14 に検索結果を示す。そして図 12 は検索された資料を分析して経験情報を得た結果を示している。本例は費用的な問題に対してリスク対策を行って、目標とする評価状態に至る経験資料であることを示している。本例では、多次元の評価軸により資料の分析結果を図形的に表現している。図 11 の現状のグラフ形状は人的リスクを起因とした費用リスクが発生とその対策を示す資料であることを示している。資料の分析パターンを検索キーとして検索を行うことにより、より利用条件に近い資料の検索が可能となる。

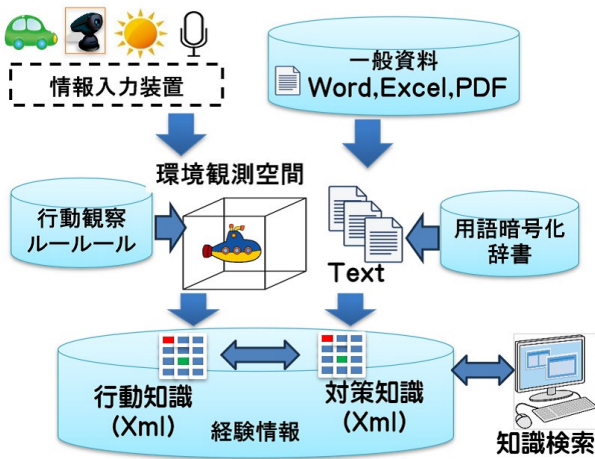


図 10: 知識生成システムの図

WORD	種類	正規形式	正常度	リスク度	費用度	満足性 (speciality)	画値・価値割
価値観	N	価値観	0	1	0	0	1
価値	N	価値観	0	1	0	0	1
意思決定	N	意思決定	0	1	1	0	1
温泉	N	温泉	20	3	1	70	30
風情	A	風情	10	2	1	30	30
良い	V	良いです	0	1	0	0	1
比較	V	比較する	0	1	0	0	1
プロジェクトマネジメント	N	プロジェクトマネジメント	0	0	0	0	30
リスクマネジメント	N	リスクマネジメント	0	0	10	0	30

図 11: 経験抽出ルールの例

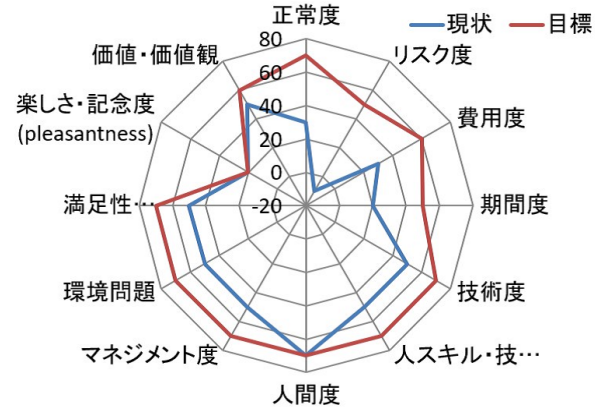


図 12: リスクマネジメントに関する資料分析の例

4.2 結果

本件では一般文書資料からの経験取得を試行した。その結果、課題解決方法を示す資料検索の可能性を示した。つまり、現状から目標の状態に遷移するための行動を示す資料の検索が可能であることが示された。

5 まとめ

本研究は AGI の実現に向けた、人の行動経験の蓄積と再利用性の可能性を示した。本研究では人インスパイアードモデルを提案した。人インスパイアードモデルは人と同様に暗黙知化された経験を持ち、暗黙知化された経験とは機能的構造を持つ経験である。機能的構造を持つ経験は意識されない動作を入れ替える事により、再利用が可能である。本研究では暗黙知化された経験をイメージと呼ぶ。イメージ化は、行動観察ルールにより行動観察を行い、ヒットしたルールのパターンに環境情報を加えて情報マトリクスを生成することにより行なう。情報マトリクスの図形表現がイメージ化である、得られた図形がイメージである。イメージは過去に取得したイメージ（経験）との比較が可能である。イメージ化された現在状況からイメージ化された目標状態に遷移するための動作や機械等の操作量が目標到達に向けた行動となる。本研究は操船操作と図書分析に人インスパイアードモデルを適応して、経験獲得の有効性を示した。そして、人インスパイアードモ

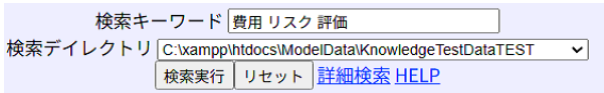


図 13: 経験検索の例 (費用 リスク 評価)

id	ファイル名	ヒット位置	内容
1	Dat202507301451500007.txt	費用度>-10	対策を考える
2	Dat202507301451510013.txt	費用度>10	リスクマネジメントを考える

図 14: 経験検索結果の例 (費用 リスク 評価)

デルは行動観測ルールを1つのファイルに一様に記述することにより、多様な機械操作や人の行動観測ルールを1つのファイルで行うことができる。すると人インスパイアードモデルは様々な行動を1つの観測ルールで観察することが可能となり、AGIへの応用が期待できる。例えば、図16に車の運転と操船操作を監視するルールを1つの観測ルールに記述した例を示し、操船と車の操作が可能なAGI実現の可能性を示している。本試験では実際の行動観察に代えてシミュレーションデータによる試験を行っており、更に行動目標は手動で与えている。そこで、今後、行動観察と環境情報の自動取得による経験の暗黙知化と蓄積が実現すれば、様々な行動判断が可能なAGIの実現が期待できる。

```
<Docs>
<filename>Dat202507301451500007.txt</filename>
<filepath>C:\xampp\htdocs\ModelData\KnowledgeTest\Data\TEST
<filepath>
<Time>2025年07月30日14時54分28秒</Time>
<Times>20250730145428</Times>
<Report>
リスクマネジメントとは、
リスクマネジメントとはリスク管理や危機管理のことである。具体的な手順はリスクの
リスク別に対策と対策の発動条件を設定してリスクに備えることである。1995年の阪神
や電力会社の大規模災害時の対応は迅速であった。迅速な対応が取れた背景にはリスク
の整備があったと考えられる。阪神淡路大震災以降、一般的な企業でもリスク管理が進
リスクマネジメントの原則及び指針が設定された。一般的なリスク管理ではリスクの洗い
定量的リスク分析を行い、次にそれぞれのリスクに対策と対策の発動条件を設定する。
的な手順を示す。リスクマネジメントは図に示す損害度発生頻度マトリクスで示すこと
る。
</Report>
<HitKeyWord>10</HitKeyWord>
<Value>-50</Value>
<Importance>49</Importance>
<MaxKeyHitnum>4</MaxKeyHitnum>
<MaxKey>リスクマネジメント</MaxKey>
<Mean>
対策を考える
</Mean>
<Abstract>
対策について対策を考える
</Abstract>
<正常度>-10</正常度>
<リスク度>-10</リスク度>
<費用度>-10</費用度>
<期間度>-10</期間度>
<技術度>-10</技術度>
<人スキル・技術度>-10</人スキル・技術度>
<人間度>-10</人間度>
<マネジメント度>-10</マネジメント度>
<環境問題>-10</環境問題>
<満足性 (speciality) >0</満足性 (speciality) >
<楽しさ・記念度 (pleasantness) >0</楽しさ・記念度 (pleasantness) >
<価値・価値観>-30</価値・価値観>
<簡単さ>0</簡単さ>
<大きさ>0</大きさ>
<利便性>0</利便性>
<丈夫さ>0</丈夫さ>
</Docs>
```

図 15: 資料を評価して得た経験の例

参考文献

- [1] Michael Polanyi: The tacit dimension, University of Chi-cago Press ,2003
- [2] Michael Polanyi: 高橋勇夫, 暗黙知の次元, ちくま学芸文庫,2003
- [3] 佐伯胖: 認知科学の方法, 東京大学出版会, 2007
- [4] 田淵景太, 満行泰河: ROS2 と Unity を用いた船舶操縦シミュレータの開発, OpenCAE Symposium2023, B-04, pp1-8, 2023
- [5] Yasukawa, H., and Yoshimura, Y.: Introduction of MMG standard method for ship maneuvering predictions, Journal of Marine Science and Technology, 20, 37-52, 2015
- [6] 北村愛実: Unity の教科書, SBクリエイティブ, 2022
- [7] 田 信治: 3秒ルールインテリジェンスを用いた患者様子見の模擬, バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌 VOL 24 NO1 pp.37-46, 2022

// NO	タグ名	オペランド	目的	操作量	動作者	対象物	操作対象
48	Action	アクセルを離す	減速運転	小	運転者	車	アクセル
49	Action	ブレーキを少し踏む	少量減速運	小	運転者	車	ブレーキ
50	Action	アクセルを踏む	加速運転	小	運転者	車	アクセル
51	Action	ハンドルを右に回す	右旋回	小	運転者	車	ハンドル
52	Action	ハンドルを左に回す	左旋回	小	運転者	車	ハンドル
53	Action	右旋回	右旋回	10	船員	船	舵(度)
54	Action	右旋回	右旋回	20	船員	船	プロペラ回転数
55	Action	左旋回	左旋回	-10	船員	船	舵(度)
56	Action	左旋回	左旋回	20	船員	船	プロペラ回転数
57	Action	単純加速	加速	30	船員	船	プロペラ回転数
58	Action	単純減速	減速	0	船員	船	プロペラ回転数

図 16: 複合行動監視ルールの例