実船搭載型エージェントシステムの開発

—船舶運航管理への適用に向けて—

広 野 康 平*

Development of the Agent System to Assist a Navigator onboard and Collect Operational Logs for Shore Based Process Management

Kouhei HIRONO

Abstract

There are many situations on the ship operation. Navigators have their own style to do their tasks according to these situations. Therefore, it is hard to describe the detail of the way to execute the ship operation task in the SMS manual.

It is important to capture the Navigator's behavior in the several situations as the first step of establishing rational Safety Management System. Because, the carrier will be able to classify navigator's behaviors, extract reasonable patterns of task processing, and revise the SMS manual.

The author joined in developing the prototyped agent system and confirmed its function to judge on ship situation, remind and recommend navigator to do the task. As the agent system based on the current SMS manual, however, it seemed that agent's rules wont suit any situations in the actual use.

The author developed new agent system that has the function to provide the navigator with the operational information as a utility system. And it records the fact that the navigator requires the information at the same time for the purpose of obtaining navigators behavior. This agent system was installed in "Fukae-Marun" that is the training ship belongs to Kobe University of Mercantile Marine.

This paper presents principal specifications and functions of this agent system and the result of field test during the "Fukae-Marun" voyage.

Key words : ship operation management, computer applications, artificial intelligence, ergonomics

キーワード : 船舶運航管理, 計算機応用, 人工知能, 人間工学

1. はじめに

ISMコードにより船舶運航に関する安全管理システムの確立が義務化され、現在、実運用段階に入っている。しかしながら、船舶の運航は、船種・船型の違い、積荷の状態、清水・燃料油等保有量、主機関の性能と保全の状態などの自船に関わる条件に加えて、就航する航路の気象や海象、遭遇する交通環境などの外的な条件が種々異なり、これらの条件を全て考慮し、最善の行動をとるための業務内容を一

律に規定することは困難である。安全管理システムの要件として手順書、すなわちSMSマニュアルの整備とこれに準じた業務履行が求められているが、上記の理由により、SMSマニュアルの内容は、「安全を確保あるいは担保するために必要な状態」を記述するにとどまり、「どのようにしてその状態に至らしめるか、どのようにしてその状態を維持するか」といった各船、遭遇する状況に応じた具体的な判断事項、判断基準、業務手順までは記述できていない。

状況に応じた判断や業務手順は、船舶運航の安全

* 正会員 神戸商船大学 (〒658-0022 兵庫県神戸市東灘区深江南町5-1-1)

性ならびに経済性に直結するが、依然として船長以下乗組員各人（以下、運航者と称す）の技量に依存するところであり、現在のところ、現場で行われているこれら業務の遂行状況を船社として把握する手段はない。

実運航を通じて、いわゆるベテランの行う業務の遂行状況を抽出し、これをパターンとして整理することができれば、船社全体として知識の共有が図られ、以後、より細分化されたSMSマニュアルの記述が可能となり、船舶運航上の安全性ならびに経済性を担保できてゆくものと考ええる。

船舶の運航には航海当直業務の他、保守整備、荷役事務等の種々の業務が必要であり、運航者の一人一人が複数の業務においてそれぞれの役割を担っている。船舶運航の時間的な推移に伴って、運航者はこれら複数の業務を時分割的に処理している。また、航海当直業務に着目すると、運航者は航海計画に従った自船の針路や速力の調整、交通状況の監視と避航操船、自然環境の監視等の複数作業を並行的に処理している⁽¹⁾。

今、一つの業務はいくつかの作業の実施により遂行させられるものと考ええると、複数の業務が課せられている運航者には、常に、どの業務のどの作業を実施すべきであるかの判断が求められているといえる。この作業選択の判断には、業務の進捗状況に対する認識、特に航海当直業務においては、自船のおかれている状況に対する認識が必須である。状況に対する認識が欠落すると、業務の不履行や重複が発生し、経済性だけでなく航行の安全性が阻害される可能性が高まる。この状況認識は運航者の意識の持ち様、経験に依存している。

一つの業務あるいは作業に特化するのではなく、船舶運航の時間的推移の全般を通じて、運航者個人の作業選択を支援することにより、運航者の判断を適切なものにし、もって、船舶運航業務の安全性を維持・向上させることに寄与できると考える。

ここで「エージェント」とは「自律的に周囲の状況を検知し、検知した結果を基に判断を行い、周囲に働きかけを行うコンピュータアプリケーションの一つ」と定義する⁽²⁾⁽³⁾。現在のところエージェント技術に関する研究は種々の側面を持ち、人工知能研究を基盤とし状況判断等を行う「知的エージェント」、コンピュータの親和性向上を目指した「ユーザインタフェースエージェント」、エージェント同士の対話による問題解決を目指す「協調エージェント」、利用者が物理的に移動しても同等のサービスを提供する「移動エージェント」などの分類がされている⁽²⁾。本

研究では、運航者一人一人に付随し、船舶運航の全般にわたって運航者による作業選択の支援を行わせることを目的として、上記分類に従えば「知的エージェント」のカテゴリに属するエージェントの構築・運用を指向することとした。

筆者らは、船舶運航の安全性に直接影響する航海当直業務に着目し、運航者を支援するコンピュータエージェントシステムを開発した⁽⁴⁾⁽⁵⁾。このエージェントシステムは、船舶の運航ダミーデータを提供するデータサーバ、エージェント用マシン（当直航海士用、船長用の二台）およびエージェント名のネームサービスを行うエンタプライズサーバで構成した。エージェントには現在運用されているSMSマニュアルを参照して、一定間隔での見張り作業の促進と船位確認作業の促進を実施させるルールとともに、周囲の交通環境を判断して船長の登橋を促すルールを組み込んだ。併せて、エージェントと運航者とのやりとり（作業促進と応答）を行わせるために、テキストによるメッセージと応答用のボタンを持つユーザインタフェースを配置した。また、エージェントにはこれらのやりとりをタイムスタンプ付きで記録する機能を持たせた。

運航ダミーデータを利用したシミュレーション環境下での機能検証の結果、エージェントはルールに従い運航者に業務遂行を促し、うっかりミス在未然に防止し、運航者の応答から航海当直に支障がでないかを監視できることを確認した。

また、エージェントは運航者とは別個に周囲の監視データを取得し、ルール内に与えられた監視基準値との比較を行うことにより、当直体制の切り換え（当直航海士一名体制から、船長と当直航海士の二名体制）を判断できることを確認した。エージェントからの業務促進に対する運航者の応答を記録することにより、運航者の業務遂行状況を取得できることを確認した。

上記のエージェントシステムは、エージェントから提示した業務促進については、運航者の応答をとることができるものの、それ以外の運航者の所作については記録として残すことができない。また、与えたワークフローも暫定的なものであり、一律固定のルールでもって、この履行を強要する形式では運航者に負担をかける可能性がある。実際の運航において実施されているワークフローは運航者の判断によって種々多様に組替えられていると考える方が妥当である。

そこで、エージェントシステムの運用スタイルを以下のように想定する。

- ① エージェントシステムには、ルールに従って Reminder (覚え書き) として作業を促進する機能を持たせる。エージェントからの作業促進は運航者に強要しない。逆に、運航者自身の持つワークフロー、すなわち、どのような判断をして、どのような業務を実施したか、を取得することに主眼を置く。

- ② 船社が新たな陸上業務として、エージェントによる作業促進の結果、運航者の作業記録ならびに別途記録される運航データと比較して、実施された作業と運航状況との対応関係を求める。

ルールの適否はこの解析過程で検討される。

- ③ 船社は、ある運航状況のある作業実施の要否を判定するための条件として特定し、エージェントに持たせる作業促進のルールを変更する。

- ④ 所有あるいは管理下にある全船舶について①～③を繰り返し実施し、エージェントのルールの細分化を図る。

このような運用スタイルを前提として、今回、実船の運航への対応を目標とした新たなエージェントシステムを開発した。新しいエージェントシステムでは、前エージェントシステムに対し以下の点を改良した。

- ① 一元的情報提供機能と運航者要求の記録機能

運航者は判断を下そうとする時、状況を確認するためになんらかの情報を必要とするはずである。そこで、エージェントには運航者に対して「便利な」情報ユーティリティとしての側面を持たせ、運航者に情報提供のサービスを行わせる。同時に、エージェントはどのようなタイミングで、どのような情報を運航者が欲したかを記録できるようにした。

- ② ルールの分離

各船各航海に応じたSMSマニュアルの違いに対応できるようエージェントとルールの分離を図った。

- ③ データサーバ群の整備

船内にある複数のエージェントが共通して利用するデータ提供元として、運航データを提供するセンサデータサーバ等を整備し、実船におけるエージェントシステムの環境を構築した。

新たに開発したエージェントシステムを、神戸商船大学練習船深江丸（以下、深江丸と称す）に搭載し、実運航を通じて機能検証を行った。

Fig. 1. Hardware structure of the Agent System on "Fukae-Maru"

2. 深江丸に搭載したエージェントシステム

2.1 ハードウェア構成および各種サーバ機能の概要

Fig. 1 に深江丸に搭載したエージェントシステムのハードウェア構成を示す。

「Main Host Machine」は深江丸に既存の船内 LAN ホストマシンで、位置、針路、速力などの航海計器からの信号の他、機関運転データなど 296 項目のデータと最大 20 隻分の ARPA データを集約している。今回のエージェントシステムにおいては、運航データの提供元と位置付けられるものであるが、深江丸の運航に直接関与しているマシンであり、エージェントとの間に直接の通信経路を設けず、「Server Machine」内の「DATA SERVER」にのみ運航データを送信するものとした。「DATA SERVER」は、船内 LAN ホストマシンから 1 秒間隔で運航データを受け取り、エージェントからの要求に応じて、該当する運航データを提供できるようにした。

「Server Machine」にはその他、各エージェントが共通して利用し、かつ一元管理が求められる情報・データを提供するサーバを集約した。すなわちこれらの情報・データとは、エージェントルール、自船運航状況、航海計画、および海図オブジェクトであり、それぞれ、「AGENT RULE SERVER」、「SHIP STATUS SERVER」、「PASSAGE PLAN SERVER」、および「CHART SERVER」を実装した。

「AGENT RULE SERVER」は、エージェントのルールを記述した XML ファイルをルールのバー

ジョン毎に保持し、エージェントからのバージョンの指定を伴った要求に応じて、該当するルールを返す。

「SHIP STATUS SERVER」は、自船の運航状況に関する情報を管理するサーバプログラムである。自船の運航状況とは、航海計画における変針点(WP: Way Point)の通過、現当直者氏名など、自船運航の進捗に伴って変化する事象を示すものとし、「SHIP STATUS SERVER」は予め状況を表す項目ならびに運航開始時の値を記述したXML文書を読み込んでおく。運航中においては、「SHIP STATUS SERVER」はエージェントからの項目の問合せに応じてその値を返すとともに、エージェントから値の変更依頼、すなわち、運航状況変化の通知、があった場合は、該当する項目に指示された値を代入する。

「PASSAGE PLAN SERVER」は、航海計画を記述したXMLファイルを航海番号毎に保持し、エージェントからの航海番号の指定を伴った要求に応じて、該当する航海計画を返す。

「CHART SERVER」は、海岸線等の海図オブジェクトを提供するサーバプログラムで、予めENC(電子海図)の各Cell(*)から生成した海図オブジェクトをXMLファイルとして保持している(ECDISの仕様に準じ「SENC: System ENC」と称す)。

「CHART SERVER」はエージェントから、緯度・経度によるエリアの指定、縮尺レベルの指定、ならびにS57(**)に準じた海図オブジェクトのラベル番号の指定を受け取ると、地理的・縮尺レベルに該当するSENCの中から指定されたラベルの海図オブジェクトを抽出し、これらを返す。

以上の各種サーバはWebサーバとして機能させるものとした。これは、複数のエージェントからの任意の数、タイミングによる要求に対応する必要があり、かつ、通信規約が規格として定められていることから、開発ならびに拡張が容易になると判断したからである。また、今後は、陸上からの運航モニタリングなど運航管理システムの発達に伴い、運航データ通信の要求が増えていくものと予想される。このとき、一つの船舶を一つのWebサイトと捉えておけば、船隊として形成される船社と全船舶の一対他のネットワーク形態において、運航管理システムの保守性・拡張性の点で有利と考えられる。

Webサーバ機能はTomcatとサーブレット(ja-

```

Agent → DATA SERVER
http://ServerMachine:8080/examples/servlet/fsbs01.dataserver01?com=send?item=latitude?item=longitude

DATA SERVER → Agent
<?xml version="1.0" ?>
<data name="fukae" time="2002-08-08+10:30:31" version="0" >
  <logtime time=" 2002-08-08+10:30:00 " />
  <latitude deg="34.5362" />
  <longitude deg="135.1935" />
</data>

```

Fig. 2. Request from AGENT and response of "DATA SERVER"

```

Agent → AGENT RULE SERVER
http://ServerMachine:8080/examples/servlet/agentruleserver.AgentRule?version=2

AGENT RULE SERVER → Agent
<?xml version="1.0" ?>
<agent_rules author="?????" revised_date="2002-07-30" version="2" >
  <rule category="1" code="S04_3NM"
    description="Point S04 3NM" master="EXTRA_OFFICER" name="S04_3NM" >
    <condition>
      <and>
        <proposition commands="com=send" item_type="DOUBLE"
          item_uri="192.9.200.30:8080/examples/servlet/fsbs01.dataserver01"
          item_uri_protocol="HTTP" judge_value="34.533"
          operator="GT" parameter="item=latitude" >
        </proposition>
        <proposition commands="com=send" item_type="DOUBLE"
          item_uri="192.9.200.30:8080/examples/servlet/fsbs01.dataserver01"
          item_uri_protocol="HTTP" judge_value="135.187"
          operator="GT" parameter="item=longitude" >
        </proposition>
        <proposition commands="get=S04_3NM" item_type="BOOLEAN"
          item_uri="192.9.200.30:8080/examples/servlet/shipstatus.ShipStatus"
          item_uri_protocol="SHIP_STATUS" judge_value="false"
          operator="EQ" parameter="" >
        </proposition>
      </and>
    </condition>
    <behavior code="Notice_3NM_Before_S04"
      description="Notice_3NM_Before_S04" name="Notice_3NM_Before_S04" >
      <verb do="PROMPT" ></verb>
      <object 1 agent_name="" target="USERS_MESSAGE_BOX" ></object 1>
      <object 2 type="DOCUMENT" >
        <document type="MESSAGE" >
          <content description="S04 Point 3NM" title="NOTICE" ></content>
        </document>
      </object 2>
    </behavior>
    <behavior code="Notice_3NM_Before_S04_Done"
      description="Notice_3NM_Before_S04_Done" name="Notice_3NM_Before_S04_Done" >
      <verb do="SUBSTITUTE" ></verb>
      <object 1 agent_name="" target="SHIP_STATUS" ></object 1>
      <object 2 type="VALUE" >
        <value command="put=S04_3NM" item_type="BOOLEAN"
          item_uri="192.9.200.30:8080/examples/servlet/shipstatus.ShipStatus"
          item_uri_protocol="SHIP_STATUS" item_value="true" parameter="" >
        </value>
      </object 2>
    </behavior>
  </rule>
</agent_rules>

```

Fig. 3. Request from AGENT and response of "AGENT RULE SERVER"

karta-tomcat-3.2.1) を用いて実装した。TomcatとはWebサーバアプリケーションの一つであり、サーブレットはWebサーバマシン内でTomcatから起動されるJavaのクラスである。サーブレットクラスを継承したクラスをプログラミングすることにより、任意の機能をWebサーバに付与することができる。なお、各サーバからの応答は全てXML文書とした。

Fig. 2、Fig. 3に DATA SERVER、AGENT

(*) Cell: ENCにおけるデータセットの単位。一つのメディア内に複数のファイルとして存在する。

(**) S57: IHOが定めるENCデータ記述の規格。

Fig. 4. Structure of AGENT and relations for each entities

RULE SERVERの要求と応答の例を示す。

2.2 エージェントの機能概要

2.2.1 エージェントプログラムの起動とエージェントルール of 取扱い

Fig. 4 に今回開発したエージェントのオブジェクトの構成と関連を示す。

エージェントプログラムは、運航者一人につき一台のパーソナルコンピュータで稼動するものとし、起動時に「支援対象者名」、「ルールバージョン番号」および「航海番号」を引数として与える。

エージェントプログラムは、AGENT RULE SERVERからルールXML文書を取得し (Fig. 3 参照)、タグ<rule>内のmaster_nameを参照して、支援対象者に該当する「rule」ノードを抽出する。

「rule」ノードとはタグ<rule>を頂点とする以降のタグの階層構造を指す。「rule」ノードは子ノードとして、Agentの動作を規定する「behavior」ノードと、この動作を実行する条件を記述した「condition」ノードを持つ。一つの「rule」ノード内には一つの「condition」ノードしか存在しないものとするが、一つの条件が満たされた場合、エージェントにいくつかの動作を期待することも想定できるため、「behavior」ノードは複数存在できるものとした。

エージェントプログラム内では、ルールの評価と動作実行の二つの作業を実施する必要がある。エージェントの動作としては、運航者に対する作業促進、各サーバへのアクセス、ワーキングメモリとして用いるInner Statusへのアクセスがあり、それぞれ対象が異なる。このため、アクセス先に応じた抽象ク

Fig. 5. Meaning of behavior with combination VERB, OBJECT_1 and OBJECT_2

ラスを用意して、「behavior」ノードの記述に従ってそれぞれのインスタンスを「Behavior」オブジェクトとして生成するようにした。「Behavior」オブジェクトは、「verb (述語)」ノード、「object_1 (目的語: ~に)」ノードおよび「object_2 (目的語: ~を)」ノードをそれぞれ参照してAgentの動作を規定する情報を保持する。Fig. 5 に「verb」、「object_1」および「object_2」の組合せによるAgentの動作の意味を示す。

ルールの評価は「rule」ノードに対応して生成される「Rule」オブジェクトが担当する。「Behavior Control」オブジェクトはエージェントプログラム内に一つだけ生成され、「Rule」オブジェクトと「Behavior」オブジェクトとの関係を管理するとともに、「Timer」オブジェクト、「User Interface」オブジェクト等からのイベントを受け取り、各「Rule」オブジェクトに対し評価を実行させる。「rule」ノード内には、categoryを設けルールの分類ができるように考慮した。ルール評価の実行判断を「Behavior Control」オブジェクトに集約させることにより、categoryを参照した「Rule」オブジェクトの取捨選択が容易になるようにした。

2.2.2 監視機能・作業促進機能

「Timer」オブジェクトのイベント送信間隔は、船舶の運航状況の変化を検知するにあたり適切なものとする必要がある。ここでは、深江丸 (全長約50m) を対象として、Navigation Fullでの速力12.5ノットで航行する場合、1 船長分を進出するのに要する時間 (50m/12.5ノット≒8秒) を参照して10秒間隔とした。

「condition」ノードは条件式を階層的に表しており (Fig. 3 参照)、<and>、<or>、<not>および<xor>の論理式タグおよび<proposition>の命題式タグの組合せから構成される。階層構造上の「葉」の位置には必ず命題式が配置される。「Rule」オブジェクトは、「condition」ノードを深さ優先で辿り、各命題式

の評価を実行する。ルールの作成ならびに保守を担当する人間による可読性を考慮すると、ノードの階層数は少ない方が望ましいと言える。そこで、論理式の種類に冗長性を持たせ、少ない階層数で条件を記述できるようにした。

命題式(タグ<proposition>)は、属性として、評価する変数の種類(item_type)、変数の入手先(item_uri_protocol, item_uri, command, parameter)、演算子(operator)ならびに閾値(judge_value)を持ち、「Rule」オブジェクトはこれらの属性を解析して、item_uri等で指定された情報元から値を取得する。この情報元は、DATA SERVER、SHIP STATUS SERVER、および「Inner Status」オブジェクトである。情報元から取得した値と閾値とを比較し、演算子に従って真偽を判定する。なお、情報元からの値は全て文字列であるため変数の種類を別途記述することで論理型、整数型、実数型、および文字列型それぞれの形式に合わせた比較を行えるようにした。

「Behavior Control」オブジェクトは、「真」となった「Rule」オブジェクトに関する「Behavior」オブジェクトを起動し、この「Behavior」オブジェクトは自らの「verb」、「object_1」、「object_2」に従った動作を実行する。

以上の一連の流れにより、予めルール内の「condition」ノードに監視対象と閾値を記述しておくことにより、少なくとも「Timer」オブジェクトがイベントを送信する間隔毎に値を評価することができ、また、条件が合致したときのエージェントの振る舞いを「behavior」ノードに記述しておくことにより、運航者に対して注意喚起、あるいは作業の促進を実現することができる。

2.2.3 情報提供・作業記録機能

「User Interface」オブジェクトは、CHART SERVERから海図情報を取得し表示する。また、PASSAGE PLAN SERVERからWP等を取得し、各WP間の距離と針路を計算し保持する。海図表示パネルには、任意の二点間、あるいは、自船と任意の一点間の実距離と実方位を計測する機能を付与した(DIVIDER—RULER)。

「User Interface」オブジェクトは、DATA SERVERに自船位置を問い合わせ、最新のデータを取得する。このとき、目標WPまでの距離と方位ならびに横偏位量を計算する。

「User Interface」オブジェクトは、運航者による海図表示パネル上のクリックを検知し、コースライン、目標WPまでの方位線、横偏位、DIVIDER

—RULERの別を判別し、該当するデータを表示する。同時に、この運航者の動作を情報の要求と解釈して「Logger」オブジェクトに記録を依頼する。

一方、「Behavior」オブジェクトによる監視結果の通知、あるいは作業促進はメッセージボックスにて表示される。運航者はこのメッセージボックスの内容を確認して、メッセージボックスに用意されたボタンを押下する。「User Interface」オブジェクトは、運航者のボタン押下を応答イベントとして「Behavior Control」オブジェクトに送信すると同時に、「Logger」オブジェクトに対して、運航者の応答の記録を依頼する。

以上の流れにより、運航者の情報要求の事実を記録するとともに、エージェントから提示した内容への運航者の応答を記録することができる。

3. 実海域運航時における検証

3.1 運航者の作業記録

平成14年8月1日(木)から8月8日(木)において、深江丸による夏季研究航海が実施された。

今回の研究航海では参加した海洋研究グループの海水採取計画に準じて航海計画が立案された。海水採取ポイントは、全航程を通じて14地点であり、各採水ポイントでは、主機関の完全停止が求められる。そのため、採水ポイントへ向けてのアプローチ、速力低減の操船が都度行われた。

Fig. 6にある採水ポイントへのアプローチの最終局面における海図表示パネルと、この前後で記録された運航者の情報要求ログの例を示す。

一回の要求・応答につき一つのXMLのタグ「log」が生成され、その属性としてタイムスタンプ(time)、情報提供元(source)、情報の種類(name)、および情報の内容(code)を記録する。情報要求ログはXMLファイルとしてエージェント内に保持される。

ログにあるように、目標採水ポイント(WP10番に同じ)にアプローチする際に、DIVIDER—RULER機能を用いて、向首すべき針路と、残り距離を確認していることが分かる。また、11:41:30には、次のコース(WP10番とWP11番)の距離と針路を確認していることが分かる。

このようにして、運航者が望む情報をエージェントが提供し、その事実を記録できることを確認した。運航者による状況に応じた作業実績を取得することが可能となった。

3.2 ルールに従った監視の実施

Fig. 7に、大阪湾内での採水ポイントへ向け航行

Fig. 6. Information replying to user's request and AGENT's logging data

している時点の海図表示パネルと、このときルールに従ってエージェントが提示したメッセージボックスを示す。参照されたルールは、Fig. 3 に示したものである。エージェントは、自船の緯度、経度ならびにSHIP STATUSの「S04_3NM」フラグを参照して、「S04ポイントまで3マイル」の通知を出した。

このようにして、エージェントは与えられたルールを解釈して、定められた動作を実行できることを確認した。前回のエージェントシステムと同様に、エージェントによる客観的な運航状況の監視、あるいは作業を促進する機能を実現できた。

4. 考 察

4.1 エージェントシステム環境の整備

4.1.1 船舶運航データの入手

今回、深江丸にエージェントシステムを搭載するにあたり、既存の船内LANシステムとの連携を果たした。この際、エージェントと既存システムとが直接通信することを避け、DATA SERVERを仲介させた。このことは、DATA SERVERとエージェントの間での通信規約は、船舶からの運航データの入手方法に左右されないことを示しており、一般船舶に当エージェントシステムを搭載するにあたって、DATA SERVERと船舶側とのインタフェースを都度とることによって、当エージェントシステムの稼動環境を整えることができる。

一般船舶では深江丸のようなインフラは整備され

Fig. 7. Notation from AGENT as the result of its own judgment on the ship situation

ていないが、今後AISが搭載されるようになれば、AISの通信に用いられる自船位置、針路、速力等の自船運航データを分岐させ入手することは可能であると考えられる。したがって、DATA SERVERと船舶側とのインタフェースについても、AISの仕様に従って規定することが可能となり、当エージェントシステムを一般船舶に搭載することは容易になると思われる。

4.1.2 Webサーバ機能の利用

DATA SERVERの他、各種サーバは、不特定多数のエージェントから、任意のタイミングでアクセスされることを前提にし、かつ、通信規約が規格として定められている利点を重視して、Webサーバとして実装した。しかしながら、Webサーバにはリアルタイム性が保証されていない。特に運航データを配信するDATA SERVERについては、運用上支障が出る可能性がある。エージェントによるサーバレスポンスの監視やデータの時刻検証などリアルタイム性を確認する手段を考慮する必要がある。今後、データベースシステムとの併用を検討する必要があると考える。

4.2 ルールの分離

エージェントが参照するルールを分離し、区間的に限定されているものの、エージェントによるルールの解釈、これに従ったエージェントの作動を実現した。次段階としては、一航海の全般にわたるルールの整備を行い検証する。このとき、ルール全般に渡る整合性の確保が必要になると考える。今後ルールの規模に応じて専用の推論機構の用意、複数解の中から最適のものを選別するコンフリクトソリューションの問題などいわゆるProduction Systemを扱う際と同じ問題に直面すると思われる。

今回、ルール中に属性としてcategory、name、codeを与えているが、これらの組合せからルール評価の可否を判別する機能は実装していない。Pro-

duction Systemに準じる問題と併せてカテゴリ分類の基準について検討を進める。

4.3 エージェントの機能

運航者は状況に応じて作業選択をしているものとする。運航者には、ある作業を実施する、あるいは中断する条件があり、このような条件を判断するために必要なデータが存在する。一方で、作業遂行にあたり直接必要なデータが存在する。つまり、一つの作業には幾つかの種類のデータが関連しているものと考えることができる。

エージェントが運航データ提供の機能を有することで、運航者の要求するデータの種類、内容を時刻とともに記録することに成功した。この記録の解析から運航者の作業選択の条件、あるいは作業に必要としているデータの種類を類推することが可能になり、状況に応じた作業手順の実際を取得できる可能性があるといえる。いわゆるベテランによる作業手順の記録が得られれば、より現実的に即したSMSマニュアルの検討、エージェントルール of の検討にフィードバックできると考える。

今回実現した情報提供は、自船の位置保全に関する情報であった。この他にも交通環境、地形環境、自然環境に関連する情報があるが、同様の手法で、運航者の作業手順を記録する方策がとれるものとする。

データベースシステムとの併用を考慮すると、現時点でのデータだけではなく、統計処理を伴った過去のデータの入手が可能となり、より運航者の求めるデータの提供が可能となると考える。また、気象海象情報など外部の情報源にアクセスしてデータを入手する方策を検討する必要があると考える。

データベースシステムを併用する場合、データベースシステムによるアクセス記録をもって作業記録とすることも考えられるが、船舶運航の全般にわたって運航者個人の業務支援と記録を行わせること、データベース以外の情報源にアクセスする可能性があることを考慮すると、個人付きのエージェント内に担当する運航者の作業記録機能を持たせるべきと考える。

5. まとめ

実船搭載を考慮して、エージェントシステムの稼動環境を整備するとともに、分離したルールで動作するエージェントシステムを開発した。このエージェントシステムは、運航者に対して一元的に情報を提供する機能とともに、そのときの運航者による情報要求を記録する機能を持つことにより、運航者

から作業手順を引き出せる可能性が見出せた。

今後は、ルールの整備、情報提供機能と作業記録機能の拡充を図るとともに、実運航を通じてベテランの作業結果と、非ベテランの作業結果との比較を行う予定である。両者の作業結果に有意な差を見出すことができれば、より現実的なSMSマニュアルの検討に資することができると考える。

参 考 文 献

- (1) 社団法人 日本造船研究協会, SR238新しいフリーサポートシステムの研究成果報告書, 平成11年3月.
- (2) 山本 学, E-コマースに関わるエージェント技術の動向, 人工知能学会誌, 17巻5号, pp. 526-531, 平成14年9月.
- (3) Stuart Russell・Peter Norvig, エージェントアプローチ人工知能, pp. 31-50, 共立出版, 平成12年.
- (4) 広野康平, 船舶運航におけるエージェント技術の応用, 日本航海学会論文集, 第106号, pp. 21-28, 平成14年3月.
- (5) 安藤英幸・広野康平・大和裕幸, マルチエージェントによるチーム航行支援, MACC2001第10回マルチエージェントと協調計算ワークショップ論文集, pp. 21-25, 平成14年2月.
- (6) Müller, Jörg P., The Design of Intelligent Agents A Layered Approach, Springer, 1996.

質 疑 応 答

稲石正明 (東京商船大学): ひとつのエージェントに、情報提供機能と運航者要求の記録機能を持たせた理由について説明してください。システムの拡張性、機能の独立性を考えると、二つのエージェントに分け、マルチエージェントタイプのシステムにしたほうが合理的だと思いますが、いかがでしょうか。

広野康平: 提案するエージェントシステムは、船舶の運航全般にわたって運用されることを想定しています。つまり航海当直業務の支援だけではなく、その他の保守整備作業や、荷役関係の事務業務などの支援も将来的には視野に入りたいと考えています。運航者(乗組員)はこれらの業務を次から次へこなして船舶運航を実現していると考えます。例えば、当直に入る前のある事務業務をしていて、当直時間となったので入直する。交替した後これを再開する。といった場合、運航者はそれ

それぞれの業務毎に支援システムを起動しこれを利用するのではなく、個人単位での作業遂行を支援する方が助かるのではないかと考えます。一方で、船舶運航の全般にわたっての作業記録がとれるのであれば、複数の業務が集中する状況や、進捗状況を知ることができ、陸上にて運航管理をする立場からも有用ではないかと思えます。

ご指摘の通り、情報提供機能と記録機能を分離した構成も考えられますが、一貫して個人に付き添って業務の支援を行うことと、それぞれの局面での記録をとる必要があることから、二つの機能を合わせ持たせることとしました。

稲石正明：運航者要求の記録から運航者の意図を自動類推するのは非常に難しい問題だと思います。

今後どのように研究を進めていかれるのかお聞かせください。

広野康平：運航者の意図を自動的に類推するアプ

ローチは考えていません。研究の目的は、船隊としての運航管理において、どのように安全品質を維持していくかにあります。現在のベテラン船員のスキルあるいはノウハウといったものを何らかの形で把握する必要があると考えます。

そのためには、ベテランの作業状況を記録することが第一であると考え、今回の提案のような情報提供＋要求記録の機能を考えました。今後は、実船での記録蓄積を行い、状況に応じたベテラン業務の定式化を試みたいと考えています。このとき、運航者の意図の類推はやはり人間によることを考えています。それでも、記録・定式化・ルール改編を繰り返す中で、ルールが船隊としてのスタンダードプロシジャとなり、これに従ったエージェントの業務支援によって船隊全体としての安全品質の均質化につなげていくことができるのではないかと考えます。