製品モデルを利用した船体検査支援システム に関する研究

— 第2報 検査情報獲得支援のための簡易入力システムの構築 —

正員 濱 田 邦 裕* 正員 藤 本 由紀夫*
正員 新 宅 英 司*

Studies on Ship Inspection Supporting System by the use of Product Model
(2nd Report : Development of Inspection Supporting System
to Generate Information on Corrosion and Inspection)

by Kunihiro Hamada, *Member* Yukio Fujimoto, *Member*
Eiji Shintaku, *Member*

Summary

Authors have been developing integrated information system to support ship inspection. In the 1st report, ship inspection was classified into three stages (Plan, Do and Check), and prototype system for inspection planning stage was developed.

In this paper, in order to support the "Do (execution)" of inspection, information system to generate information on corrosion and inspection is developed. By carrying this system into inspection, inspector can generate corrosion information and inspection information only by doing easy operations. In order to realize this, some new models and functions are introduced. These are "Inspection State Model", "Corrosion Model", "Inspection State Generating Function", "Corrosion Information Generating Function" and "Time Information Generating Function". "Inspection State Model" and "Corrosion Model" are information models by which inspection state and corruptions are expressed statically. These models are generated by the use of above mentioned functions by effectively using Product Model, information on inspection planning and image information on corrosion.

In order to verify the proposed models and functions, prototype system is developed. Some examples are shown at the end of this paper.

1. 緒 言

近年、造船業では情報の共有化・統合化の重要性が強く認識され、設計・生産活動を統合的に支援する造船 CIM の研究・開発が精力的に進められてきた。最近では、設計・生産活動のみではなく、運航・保守・廃棄までを含めた船

舶のライフサイクル全体を計算機によって統合的に支援することを目的に、造船業、海運業、関連企業、船級協会および所轄官庁等にまたがる高度統合情報システムに関する研究が行われている^{2),3),4)}。

このような船舶のライフサイクルを支援するシステムにおいて、腐食や亀裂などの損傷情報は非常に重要な位置付けを担う。船舶に生じる損傷を計算機内部に記述することにより、船体構造の健全度の解析的な評価や、運航計画や修理計画の立案を計算機によって支援することが期待できる⁴⁾。このようなシステムを実現するためには、先ず、個々の船舶に生じる損傷を計算機内部に記述することが要求される。また、損傷情報の正確性・信頼性を検討する上で、

* 広島大学工学部

原稿受理 平成 12 年 7 月 10 日

秋季講演会において講演 平成 12 年 11 月 16, 17 日

損傷が発見された時の検査状況（いつ、どこで、誰が、何を等）を計算機に記述することも重要と考えられる。

船舶は大規模な製品であるため、様々な部位に生じる損傷やその損傷が発見された時の検査状況を計算機内部に記述することには、莫大な工数を要することは容易に予測できる。しかし、船舶のライフサイクルを支援するシステムにおいてこれらの情報は必要不可欠であり、何らかの手段を講じて計算機内部に記述できるようにする必要がある。

一方、著者らは船舶の検査活動を統合的に支援するシステムについて検討している⁹⁾。船体の損傷は船舶の点検・検査活動によって発見されるものであるため、今後の船舶の検査活動を支援するシステムには、損傷情報や損傷の検査状況に関する情報の生成を考慮することが要求される。

そこで本報では、船舶に生じる損傷の一つである腐食に着目し、腐食情報と腐食が発見された時の検査状況の情報を、検査実施時に容易に生成することが可能な簡易入力システムについて検討する。

本報の特色は、以下の二点である。

- 1) これまでの船舶のライフサイクルを支援するシステムに関する研究を踏まえて、腐食情報や検査状況の情報の生成を総合的に捉えることにより、これらの情報を容易に生成できることを示している点。
- 2) 画像処理技術を利用した新たな腐食情報の生成手法を提案している点。

このために、本報では、先ず2章において関連研究を概説し、本報の位置付けを明確化する。3章および4章では、本報で提案するシステムの基本概念について述べるとともに、システムに求められるモデルと情報処理機能を具体的に定義する。さらに5章においてプロトタイプ・システムを構築することにより、定義したモデルと情報処理機能の妥当性を確認する。

2. 関連研究と本報の位置付け

2.1 CISS とライフサイクル製品モデル

近年、情報の共有化・統合化技術の一つとして CALS (Commerce At Light Speed) が提唱されている。CALS の目的は、製品の設計・製造・運用に関係する機関が共通のデータベースを使用してリアルタイムに業務を行うことであり、製品の品質・機能の向上や製品のライフサイクル・コストの削減等の効果が得られると言われている¹⁰⁾。CISS (Computer Integrated Shipping and Shipbuilding) は船舶の CALS 対応を目的として提唱された概念であり、船舶のライフサイクルを情報システムとして統合化する概念である¹¹⁾。

CISS は非常に大規模な情報システムであるため、その実現のためにはシステムの全体構成や基本的な枠組について検討する必要がある。このために文献¹²⁾では、システムを構築するための基本概念について検討されている。文献

¹³⁾で提案された重要な概念の一つとしてライフサイクル製品モデルの概念が挙げられる。ライフサイクル製品モデルは、受注から設計、生産、運航、保守、廃棄へと製品のライフサイクルが変遷するのに応じて、様々な製品情報が変化することを表現するモデルであり、以下の三つの製品モデルによって構成される。尚、文献¹⁴⁾はシステムの基本概念の明確化を目的としているため、個々の製品モデルの具体的な情報構造等については言及されていないことを追記しておく。

設計製品モデル：製品の仕様や機能を満足するように製品設計において決められた製品を表現する製品モデル。現実の世界には存在しない理想的な製品が表現される。造船 CIM において検討された製品モデルは、主に設計製品モデルに相当する。

実現製品モデル：実際の製造過程を経ることによって実現化された製品を表現する製品モデル。工場における出来上がり状態の製品を表現するため、出来上がり状態の製品形状等を収集し、設計製品モデルを修正することにより表現される。実現製品モデルに関する研究として、文献^{15,16)}が挙げられる。

現状製品モデル：使用途中における製品の状態を表現する製品モデル。使用によって生じる劣化などの情報が、実現製品モデルに対して追加されることにより表現される。

2.2 船体損傷情報システム

船体損傷情報システムは、横浜国立大学の角・川村らによって提案された船体の保守管理を支援するための情報システムであり、船体損傷情報データベースと船体損傷評価システムによって構成される¹⁷⁾。このシステムは、船体に生じる損傷情報をデータベースによって一元的に管理し、関係機関がそのデータベースから必要な情報を抽出・利用することにより、船舶の保守管理の効率化および運用中船舶の安全性の向上を達成することを目的としている。文献¹⁸⁾では、上記システムを実現するために、以下の点について検討されている。

- a) 船体損傷情報システムの運用形態と利用方法
- b) シングルハルタンカーを例とした船体構造、腐食情報および亀裂情報の表現のためのオブジェクト指向データモデルの定義
- c) 上記に基づく WWW 上の試作システムの構築

試作システムでは、損傷情報は、WWW 上の入力画面において、損傷モデルに必要な情報を直接的に入力することにより生成される。また、船体損傷情報システムを2.1節のライフサイクル製品モデルと関係付けて捉えると、この研究における上記 b) の部分は、現状製品モデルに必要な腐食や亀裂などの損傷情報の情報構造について、具体的に検討したものとして捉えることができる。

2.3 著者らの既研究

著者らは、船舶の検査活動を支援する船体検査支援システムについて検討している。このシステムは、統計的品質管理理論におけるPDCAサークルの考え方を船舶の検査活動に導入することにより、見残しや誤報告などの問題のある検査活動を低減し、船舶の検査活動の正確性・客観性を向上しようとするものである。

以上を実現するために、既報では、検査の過程を計画、実施、検証の三つの段階に分類し、これらの過程を統合的に支援するシステムの全体構成と個々のサブシステムの位置付けについて検討した。さらに検査計画を支援するためのサブシステムである船体検査シミュレータのプロトタイプを構築した。このシミュレータには、船体構造のモデルと亀裂や腐食などの損傷のモデルに加えて、検査員の視界を表現するモデルと損傷発見確率を計算するための情報処理機能が導入されており、計算機内部で仮想的な検査活動を実施することにより、船体各部の損傷発見確率を定量的に把握することができる。

この研究で得られた知見の内、本報と深く関係する項目として、以下の二点が挙げられる。

- ・検査活動の正確性向上、あるいは損傷情報の正確性・信頼性を検討する上で、検査状況を表現する情報は必要不可欠である。
- ・ルールやノウハウ等に基づいて検査を実施するのみではなく、適切な計画に基づいて検査を実施し、さらに実施後の検証を可能とすることによって、検査活動の正確性の向上が期待できる。

2.4 本報の位置付けと範囲

以上に述べた関連研究を踏まえると、腐食情報の生成を支援するシステムには、以下の項目が要求される。

- ・腐食情報の生成は、実現製品モデルを現状製品モデルへと変化させる活動の一部として捉えられる。各々の製品モデルに必要な情報については、文献 [1, 3, 7, 8, 10] 等によって検討されているため、これらの研究で検討された情報構造を考慮することが必要である。
- ・船体構造には多数の腐食が発生するため、可能な限り容易・迅速に情報入力を行えることが望ましい。

また、腐食情報は検査活動の実施によって得られる情報であり、腐食情報の生成は検査活動と関連付けて捉えるべきである。この点を考慮すると、上記に加えて、更に以下の二点を考慮することが重要と考えられる。

- ・腐食情報の信頼性を検討する上で、実施された検査状況を把握することは必要不可欠である。このために、腐食情報のみではなく、その腐食が発見された時の検査状況を、情報として残す必要がある。
- ・検査計画が立案されている場合、船体の検査は検査計画に基づいて実施されるべきであり、立案されている計画を何らかの形で検査担当者に明示する必要がある。

以上の議論を踏まえ、本報では腐食情報の生成を支援する簡易入力システムを、検査実施時に使用するシステムとして捉え、その位置付けを Fig.1 のように考える。具体的には、実現製品モデルが生成され、著者らの既研究による検査計画が立案されていることを前提として、検査計画情報をシステムの利用者に明示する。そして実際に検査が行われた後に、行われた検査に基づいて腐食情報と検査状況の情報を生成し、現状製品モデルの情報として記述する。

3. 本報で提案するシステムの概要

3.1 システムの基本コンセプト

本報で提案する簡易入力システムの使用イメージを Fig.2 に示す。図に示すように、検査員は記録用紙や記録用機器の代わりに、小型のノート PC を携帯する。そして、手間のかかる入力作業を行うことなく、画面やボタンをクリックすることのみで、以下の項目を可能とすることを考慮する。

(1)検査計画情報の表示

検査計画が行われている場合には、船体構造上のどの位置に立ち、その位置でどの構造を見るべきかを、ノート PC の画面上に表示する。

(2)検査情報の獲得

検査担当者、検査実施日時、腐食を発見した位置等の検査状況を表現する情報を獲得する。

Fig.1 System Boundary

Fig.2 Utilization Image of the Proposed System

(3)腐食情報の獲得

既研究で検討されている腐食の表現のために必要な情報(腐食の形状、程度等)を生成し、製品モデルと関係付けて管理する。

本システムにおける情報処理の流れを整理すると Fig.3 のように表現することができる。図に示すように、各検査位置毎に、検査計画情報の表示、検査情報の獲得および腐食情報の獲得を繰り返すことにより、目的とするシステムを実現する。

3.2 簡易入力システムの構築のために

簡易入力システムを実現するための検討課題を以下に整理する。

(1)検査計画情報の表示のために

本報では、検査を実施する前に、現状製品モデルの生成および著者らの既研究である船体検査シミュレータを用いた検査計画の立案が終了していることを前提としている。

製品モデルには船体構造を表現する三次元形状情報が管理されている。また、船体検査シミュレータを使用することにより、検査員が立つ位置(三次元座標)とその時の視界(三次元ベクトルおよび角度)が獲得される。これらの情報を利用すれば、三次元形状処理技術によって、Fig.4

Fig.3 Flow of Information Processing in this System

Fig.4 Indication of Inspection Planning Information

に示すような検査位置や検査を行うべき場所に関する情報を、容易に生成することができる。

したがって、この部分は表示のためのインターフェースを作成することのみが必要である。

(2)検査情報の獲得

検査状況を表現する情報は、これまでの研究では定義されていない。したがって、検査状況を表現するために必要な情報を明確化し、適切な情報構造を有するモデルを定義する必要がある。さらに、この情報を容易に生成するための情報処理手法について検討する必要がある。

(3)腐食情報の獲得

腐食を表現するモデルに関しては既に研究が行われているため、この部分の検討課題は容易に腐食情報を生成するための情報処理手法の明確化である。

本報では腐食情報の生成に、上記(2)の検査状況の情報、(実現)製品モデルの船体構造の情報および画像情報を利用する。近年、デジタルカメラに代表される撮影デバイスの小型化・高精度化は、急速に進展している。また、計算機の高速・大容量化や画像処理技術の高度化によって、ノート PC などの小型機器で、容易に画像情報の取得・処理を行えるようになった。そこで、画像情報を基に腐食情報を自動生成することを試みる。また、腐食の画像情報は、腐食状態を把握する上で有効な情報と考えられる。このために、画像情報を腐食情報と関係付けて管理することも考慮する。

以上の整理に基づき、本報では以下のモデルと情報処理機能を定義する。

- ・検査状況を表現するための検査状況モデル
- ・検査状況モデルを生成するための情報処理機能
- ・画像情報を含めた腐食モデル
- ・腐食モデルを生成するための情報処理機能

4. モデルと情報処理機能の定義

4.1 検査状況モデル

実際の検査状況を表現するためには、検査を行った日時に関する情報および検査担当者の情報は必要不可欠な情報と考えられる。また、既報の知見より、船体各部の検査状況を定量的に把握するためには、検査員の検査位置およびその時の視界に関する情報が重要である。そこで本報では、既報で報告した視界のモデルを基に、検査状況を表現する検査状況モデルとして以下の三つのモデルを定義する。

検査実施点モデル:船体構造のある部分を検査した際に、検査員がどの位置に立ち、どのような視界を設定したかを表現するモデルである。属性として、検査位置(三次元座標)、視線方向(三次元ベクトル)、視界の角度(degree)および検査時刻の情報を有する。

区画検査状況モデル:一つの船倉の検査状況を表現する

モデルであり、検査実施点モデルの集合によって表現される。このモデルの属性として、検査実施点モデルに加えて、検査経路（稜線）、検査担当者（文字列）および検査対象となる船倉（製品モデルの構造単位の情報）を記述する。

船体検査状況モデル：一回の定期検査等による船体全体の検査状況を表現するモデルであり、区画検査状況モデルの集合によって表現される。このモデルと製品モデルとの間に一对多の関係を定義することにより、ある船舶に対して行われた複数回の検査活動を表現する。これらのモデルのオブジェクトデータモデル図 10・10を Fig.5 に示す。図中の太線部が本報で新たに定義した部分である。

4.2 検査状況モデルの生成手法

検査状況モデルの生成を、属性値の生成と関係の生成に分けて捉えると、以下のように整理することができる。

属性値の生成：検査位置（三次元座標）、視線方向（三次元ベクトル）、視界の角度（degree）、検査時刻、検査経路（稜線）、検査担当者、検査対象（構造単位）

関係の生成：検査実施点モデルとその属性との関係付け、区画検査状況モデルとその属性との関係付け、船体検査状況モデルと区画検査状況モデルとの関係付け、製

品モデルと船体検査状況モデルとの関係付け

3.1 節で述べたように、本報では各検査位置毎の情報生成を繰り返すことによって検査状況の情報を獲得する。この際に予め検査対象となる構造単位と、船体検査状況モデルを選択すれば、これら一連の関係は一意に決定される。したがって、関係の生成はシステムによる自動処理が可能である。

属性値の生成問題に着目すると、構造単位の情報を実現製品モデルが有する情報であるので、新たな生成は不要である。また、検査担当者の情報は検査実施前に予め入力することにより、検査時刻は計算機内部の時刻情報を利用することにより生成できる。残る属性値は、以下のように生成する。

(1)検査計画に基づいて検査を実施する場合

Fig.5 に示したように、検査計画の際に生成される視界のモデルは、検査位置、視線方向、視界の角度の情報を有する。したがって、検査計画に基づいて検査が実施される場合は、検査計画時の情報をそのまま利用すれば良い。

また検査経路を表現する稜線に関しては、新たな検査実施点モデルが生成される毎に、前の検査実施点モデルの検査位置と、新たな検査実施点モデルの検査位置とを結ぶ線分を追加していくことにより対応できる。

(2)検査計画を変更して検査を実施する場合

Fig.4 における二次元座標があれば、その二次元座標を製品モデル上に投影し、検査員の身長分だけ上方向にオフセットさせることにより、検査位置の三次元座標を獲得できる。そこで、検査位置を変更する場合には、検査員に Fig.4a)の画面をクリックさせることにより、変更後の三次元座標を獲得する。同様に、視線方向を変更する場合には Fig.4b)の画面をクリックさせることにより視界の中心部の三次元座標を獲得する。そして検査位置と視界の中心部とを結ぶ三次元ベクトルが視線方向となる。視界の角度については検査員の情報を利用することにより、また検査経路に関しては上記 a)と同様の手法により獲得する。

尚、本報では以上の処理を行う情報処理機能を検査状況生成機能と呼ぶ。

検査状況生成機能：検査計画情報と製品モデルを利用して、検査状況モデルを生成する情報処理機能

4.3 腐食モデル

既に提案されている腐食を表現するモデルとして、川村らのモデル¹⁰⁾と著者らの既研究のモデル¹¹⁾が挙げられる。川村らのモデルは、板一面に生じる一様な腐食を表現することを目的としており、その属性として IACS あるいは NK による腐食程度の情報¹²⁾と板厚の情報を有する。著者らのモデルは、部材等に生じる個々の局部的な腐食を表現することを目的としており、腐食の形状情報を有する。両者の共通点は、腐食の経時進行を表現するために、検査時

Fig.5 Object Representation of Inspection State Models

刻と関係付けた腐食モデルを、部材情報あるいは接合関係情報と関係付けている点である。

本報では、画像情報を記述することに加えて、上記二種類のモデルを総合的に扱うことを考慮し、以下の腐食モデルを定義する(Fig.6)。図中の太線部が、本報で新たに定義した部分である。

部分腐食モデル：ある時刻における個々の局部腐食を表現するためのモデルであり、腐食形状を表現するための面分の情報、画像情報および上述した検査実施点モデルの情報を有する。この手法を用いると、局部腐食が進展する場合、時刻 T1 の局部腐食と時刻 T2 の局部腐食は、別々の部分腐食モデルにより表現される。この局部腐食の進展を表現するために、同一の局部腐食を表現する部分腐食モデルの間に Association (方向性を有する関係) を生成する。

領域腐食モデル：部材や接合部の腐食を大局的に表現するモデルであり、属性として衰耗厚の情報、IACS あるいは NK による腐食程度の情報および検査実施点モデルの情報を有する。局部的な腐食が存在する場合 (IACS 評価における FAIR 以下、NK 評価における cD 以下の場合) は、部分腐食モデルが記述される。

経時変化モデル：時間経過に伴う腐食の変化を表現するためのモデルであり、領域腐食モデルと検査時刻が、複数記述される。この経時変化モデルを腐食の発生した面毎に分類して部材情報や接合関係情報に記述することにより、船体各部に生じる腐食を表現する。

4.4 腐食モデルの生成手法

腐食モデルの生成は、以下に示す腐食情報生成機能と経時情報生成機能によって行われる。

4.4.1 腐食情報生成機能

腐食情報生成機能は、システムの利用者が腐食の程度、衰耗厚および腐食の画像情報を入力することにより、製品モデルおよび検査実施点モデルを利用して、部分腐食モデ

Fig.6 Object Representation of Corrosion Models

ルおよび領域腐食モデルを自動生成する機能である。

腐食の程度、衰耗厚および画像情報は、これらの情報を入力するためのインターフェース上で画面をクリックすることにより入力する。ところで、腐食の程度は検査員の主観に頼っており、比較的バラツキが大きい情報である。このような主観情報を決定する際に、見本が提示されるとバラツキが減少することが知られている¹⁰⁾。このために、腐食程度の見本となるサンプル画像を表示することを考慮した。これらの情報が入力された後の情報処理手法を以下に示す。

(1)部分腐食モデルが不要の場合

検査実施点モデルには、検査位置、視線方向および視界の角度が記述されている。この情報を利用して、検査員の視界に含まれる部材情報および接合関係情報を特定する。そして、部材情報・接合関係情報毎に領域腐食モデルを生成し、その属性として、入力された腐食の程度、衰耗厚および利用した検査実施点モデルを記述する。

(2)部分腐食モデルを生成する場合

部分腐食モデルを生成する場合は、上記(1)に加えて、以下の処理を行い、画像情報を基に部分腐食モデルを自動生成する(Fig.7)。

- 1) 計算機内部の画像情報は、1 ピクセル毎に加法混色による表現方式で表現されている。加法混色は、RGB (赤、緑、青) の三原色を加えることにより様々な色を表現する手法であり、各ピクセルは三原色の各々の強さを表現する数値情報を有している¹⁷⁾。
- 2) 色の濃淡の激しい (数値の差の激しい) 箇所を判別して、画像情報から稜線を抽出し、二次元の面分を生成する。尚、稜線の抽出手法として様々な手法が提案されているが、本報では Prewitt フィルタ (一次空間差分フィルタ, 3×3 マスク) を利用した¹⁸⁾。

Fig.7 Corrosion Information Generating Function

- 3) 検査実施点モデルに記述される検査位置および視線方向の情報を利用して、二次元の面分を製品モデル上に投影することにより、腐食の形状を表現する三次元の面分情報を獲得する。尚、図中のLはカメラの倍率と画像の詳細度により変化する。
- 4) 部分腐食モデルを生成し、三次元の面分情報と画像情報を部分腐食モデルの属性値として記述する。更に、上記(1)によって生成された領域腐食モデルに部分腐食モデルを記述する。

4.4.2 経時情報生成機能

経時情報生成機能は、新たに生成された部分腐食モデルおよび領域腐食モデルと、過去の検査活動によって既に獲得されている腐食モデルとを、自動的に関係付ける機能である。以下にその詳細を示す(Fig.8)。

(1)経時変化モデルと領域腐食モデルとの関係付け

- 1) 前項(1)に示したように、領域腐食モデルが生成される際に、そのモデルが存在する部材情報あるいは接合関係情報と、その腐食がどちらの面に属するかが特定される。
- 2a) 該当する部材情報あるいは接合関係情報に既に経時変化モデルが存在する場合には、その経時変化モデルに、新たに生成された領域腐食モデルと検査時刻を記述する。
- 2b) 存在しない場合は、新たに経時変化モデルを生成し、領域腐食モデルを記述する。その後、生成した経時変化モデルを、該当箇所へ記述する。

(2)部分腐食モデル間の関係付け

- 1) 上記(1)の関係付けにより、新たに生成された部分腐

食モデルが存在する部材情報や接合関係情報が特定できる。

- 2) 該当する箇所が存在する、発見時刻が新しい部分腐食モデルを抽出する(図中の太線部分)。この抽出には、部分腐食モデル間の Association を利用する。
- 3) 上記 2)の部分腐食モデルの重心を計算し、新たに生成された部分腐食モデルの面分の内部に重心が含まれるか否かを判別する。含まれる場合には、その腐食モデルと新たに生成された部分腐食モデルとの間に Association を生成する。
- 4) 以上の処理を実施すると、部分腐食モデル間には Fig.8 に示す Association が生成されることになる。即ち、個々の部分腐食モデルは、自分の直前・直後の部分腐食モデルのみを知っている。また、図に示すように、複数の腐食が時間の経過によって一つの大きな腐食へと変化する場合にも、本報の表現方法はその変化の過程を表現できる。

5. プロトタイプ・システムの概要

前章までの検討結果に基づき、オブジェクト指向言語である Smalltalk を使用して、プロトタイプ・システムを構築した。船体構造を表現する実現製品モデルの生成には、東京大学の野本・青山によって研究・開発された SODAS を利用した¹⁰⁾。また、形状表示のためのインターフェスは、青木らによって開発されたフリーソフトウェアである JUN (<http://www.sra.co.jp/people/aoki/Jun/Main.htm>)を利用して構築した。本システムの実行例を以下に示す。

5.1 本システムを利用する流れ

(1)検査計画の立案

船体検査シミュレータを用いて検査計画を実施し、検査経路を決定する。この部分は、本システムを利用するための準備段階である。

(2)検査対象の選択と検査員情報の入力

検査実施に先立ち、検査対象となる船倉を選択し、検査員の名前、身長、視力および視野の角度を入力する。

(3)検査計画情報の表示

上記の入力が終了すると、次に検査員がどの位置に移動して、どの構造を検査すべきかが表示される(Fig.9(3))。

(4)検査情報の獲得

a) 検査計画に基づいて検査を実施する場合には、Fig.9(4)における OK の部分をクリックすると、検査状況生成機能が用いられ、検査状況モデルが生成される。

b) 検査計画を変更して検査を実施する場合には、変更後の検査位置と視線方向をクリックする。これにより、変更後の検査位置と視界が表示されると同時に、検査状況生成機能が用いられ検査状況モデルが生成される。

(5)腐食情報の獲得

上記(4a)または(4b)が終了すると、Fig.9(5)に示す画面が

Fig.8 Time Information Generating Function

表示されるので、腐食の程度と衰耗厚を入力する。また、局部腐食が存在する時は、ボタンを押すことにより画像情報を取得する。この後に、腐食情報生成機能・経時情報生成機能が用いられ、腐食モデルが生成される。

(6) 他の検査位置での検査の実施

上記(3)~(5)を繰り返すことにより、他の検査位置での検査活動が行われる。このようにして検査活動が終了すると、製品モデル、検査状況モデルおよび腐食モデルが関係付けられて統合的に管理される。したがって、検査終了後は Fig.10 に示すように、腐食がどのように進展しているか、またその腐食がどのようにして発見されたか等を容易に抽出することが可能となる。

5.2 本システムの利用例

本システムを利用した検査活動の可能性を確認するために、模擬的な検査活動を実施した。具体的には、大学内の一室(計算機室)を船倉に見立て、Fig.11 に示すように、模擬的な腐食と実際の腐食写真を印刷したものを壁面に貼り付けた。そして、実際にノート PC (デジタルカメラ内蔵) を持ち運びつつ、本システムを利用して腐食情報と検査状況の情報を生成できるかを確認した。

Fig.12 は、計算機室のモデルと計画された検査経路を示している。まず、検査員は Fig.12 の A 点に移動する(Fig.13)。A 点では Fig.14 に示す画面が順番に表示されるので、画面をクリックすることにより、必要な情報を入力する。B 点においても同様である。その結果、Fig.15 に示すように腐

Fig.10 Acquired Information

Fig.9 Inspection Flow by the Use of this System

食情報と、検査状況の情報を生成することができ、照明充分で腐食と検査位置が比較的近い理想的な条件下では、本システムが利用できることが確認できた。

6. 結 言

6.1 本報の結論

本報の実施によって得られた知見を以下に整理する。

- 1) 本報では、検査の実施を支援することを目的に、検査状況や船体に生じた腐食に関する情報を容易に生成するための簡易入力システムについて検討した。
- 2) 製品モデル、検査計画における視界のモデルおよび画

模擬的な腐食

腐食写真の印刷

Fig.11 Corrosions in the Room

Fig.12 Planned Inspection Route

Fig.13 Inspection Activity by Using Proposed System

Fig.14 Flow of Inputting Information

Fig.15 Acquired Corrosion Information

像情報を利用して検査状況や腐食情報を生成する手法を提案し、その実現のために検査状況モデル、腐食モデル、検査状況生成機能、腐食情報生成機能および経時情報生成機能を定義した。

- 3) 上記 2) に基づいてプロトタイプシステムを構築した。これにより、6.2.1 項に示す課題は残されているが、本報で定義したモデルと情報処理機能の基本構成が妥当であることを確認できた。
- 4) 以上によって、これまでの船舶のライフサイクルを支援するシステムに関する研究を踏まえて、総合的に腐食情報や検査状況の情報の生成を捉えることにより、これらの情報を比較的容易に生成できることを示した。

6.2 今後の課題

6.2.1 簡易入力システムに関する課題

(1) 稜線抽出手法の最適化

画像情報から稜線を抽出する手法は、これまでの研究により様々な手法が提案されている。本報では Prewitt の手法を採用したが、この手法が適切であるかについては、十分に検討できなかった。したがって、検査実施時の照明等の影響も考慮しつつ、船舶の腐食情報の稜線を抽出するために、どの手法が適切であるかについて検討する必要がある。また、画像情報の詳細度についても同時に検討する必要があると考えられる。

(2) 誤差の明確化とその低減手法の検討

検査実施点モデルの生成の際に、検査員に画面をクリックさせることにより、検査位置や視線方向を獲得している。この手法を用いると、実際の検査位置・視線方向と計算機内部の値との間に誤差が発生することは明らかである。したがって、本システムを利用した場合の、腐食情報や検査状況の情報の誤差を定量化し、問題がある場合には対策する必要がある。

6.2.2 船体検査支援システム全体に関する課題

本報では、腐食に着目したが、検査の実施を支援するためには、亀裂などの他の損傷情報を容易に獲得する手法について検討する必要がある。さらに、獲得した腐食情報や検査状況の情報を利用することにより、船体構造の信頼性向上や、検査活動の正確性・客観性の向上が期待できる。これらの検討は重要な課題であり、続報以降において検討する。

謝 辞

プロトタイプ・システムを構築する際に、東京大学大学院の野本敏治教授、青山和浩助教授の研究成果を利用させていただきました。ここに御礼申し上げます。また本報の

一部は村尾優作氏（研究当時：広島大学工学部）の卒業研究として実施されたものです。氏の努力に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 例えば、シップ・アンド・オーシャン財団：造船 CIMS フレームモデル設計書，(1994)。
- 2) 日本造船学会将来技術検討委員会：21 世紀初頭までの将来技術課題（'94 新しい造船学シンポジウム），日本学術会議造船学研究連絡会，(1994)。
- 3) 川村，角，関：船体損傷情報システムに関する研究，日本造船学会論文集，第 184 号，pp.523-532，(1998)。
- 4) 将来技術検討委員会(PhaseII)報告書：海運・造船統合情報システムと先進安全船，日本造船学会，(1997)。
- 5) 濱田，藤本，坂口：製品モデルを利用した船体検査支援システムに関する研究－第 1 報 船体検査シミュレータの構築－，日本造船学会論文集，第 186 号，pp.611-619，(1999)。
- 6) 花田，武藤，菊田：CALS 産業革命－ネットワーク時代の企業戦略－，ジャストシステム，(1995)。
- 7) 野本，武市，青山：組立工程における製品の精度管理システムに関する基礎的研究，日本造船学会論文集，第 178 号，pp.725-737，(1995)。
- 8) 野本，武市，青山：溶接変形の予測に基づく精度管理システムに関する研究，日本造船学会論文集，第 181 号，pp.249-260，(1997)。
- 9) 圓川，宮川：SQC 理論と実際，朝倉書店，(1992)。
- 10) 例えば，青山和浩：造船における設計・生産情報の獲得支援のためのモデリングに関する研究，東京大学学位論文，(1995)。
- 11) I. Jacobson 他著，西岡利博他訳：オブジェクト指向ソフトウェア工学 OOSE－use-case によるアプローチ，トッパン，(1995)。
- 12) J. Rumbaugh 他著，羽生田栄一監訳：オブジェクト指向方法論 OMT，トッパン，(1992)。
- 13) 青木淳：オブジェクト指向システム分析設計入門，ソフト・リサーチ・センター，(1993)。
- 14) 濱田邦裕：板骨構造物を対象とした製品モデルの表現方法に関する研究，東京大学学位論文，(1997)。
- 15) 船のメンテナンス研究会：船のメンテナンス技術，成山堂書店，(1996)。
- 16) 例えば，藤本，新宅：ファジィデータに基づく帰属度関数の確率論的推定，日本ファジィ学会誌，Vol.7，NO.6，pp.1229-1238，(1995)。
- 17) 中田，南：音声・画像工学，昭見堂，(1994)。
- 18) 谷口慶治編：画像処理工学(基礎編)，共立出版，(1996)。