

平成11年7月15日

日本電信電話株式会社
東京大学
(株) ジーエイチクラフト

光ファイバセンサ船体損傷検出システムを共同構築 －アメリカズカップ・ニッポンチャレンジ艇をサポート－

N T T、東京大学、(株) ジーエイチクラフトの3者は、ヨットレース界の最高峰であるアメリカズカップ2000 ([* 1](#)) に参戦する「ニッポンチャレンジ艇」の船体の変形や損傷を検出する『光ファイバセンサ船体損傷検出システム』 ([図1参照](#)) を共同で構築しました。

アメリカズカップに参加するヨットは、より抵抗の少ない船形であるとともに、軽量で高強度なサンドイッチ複合材料を用いた船体構造を持っています。材料の持つ強度ぎりぎりの極限で設計されているため、船体の破壊につながる変形や損傷（剥離）について、早期にその発生位置を検出できる技術が求められていました。

今回3者が共同で構築した『光ファイバセンサ船体損傷検出システム』には、N T Tの光ファイバひずみ計測技術「B O T D R ([* 2](#))」、東京大学環境海洋工学科の船体構造解析技術、(株) ジーエイチクラフトの複合材料設計・製作技術が組み合わされています。船体に取り付けられた光ファイバセンサにより得られる連続的なひずみ情報から、船体に生じた変形や損傷位置を自動的あるいは遠隔操作で計測することのできる、従来にない画期的な検出システムです。

<主な特徴>

本システムの特徴は、1)構造設計の検証、2)変形・損傷位置の検出、3)自動／遠隔計測を実現したことです。損傷等の検出は、本システムをベースキャンプに設置し、定期的に船体のひずみを自動計測することにより行います。そのひずみを解析し、損傷が検出された場合には、その場所をパソコン画面上に船体図と重ね合わせて表示します。さらに、詳細な情報が必要な場合、通信回線を利用した遠隔操作を行うこともできます。

<技術のポイント>

1) 船体の構造設計へのフィードバックを実現

本システムでは、ヨットに取り付けられた細径で軽量な光ファイバセンサにより測定される連続的なひずみ情報を用いることで、ひずみゲージ（*3）など従来のセンサのように「点」の情報ではなく、船体全体の3次元的なひずみ情報を得ることが可能です。このひずみ情報を解析することにより、損傷の検出だけでなく、船体の変形状態をチェックすることができます。

ニッポンチャレンジ艇を含むヨットでは、船首と船尾を結んだ前後方向に大きな力がかかります。そのため、前後方向を変形しにくくするために、剛性が高くなるように設計されています。実際に、本システムを用いて水上と陸上で船体のひずみ計測を行い、それらの状態変化を解析しました（図2参照）。この結果、前後方向については船体中央に向かってなだらかに変化するひずみ分布が観測され、船体の構造が理想的であることを確かめました。一方、周方向のひずみについては、前後方向に比べて状態変化が少し大きくなっていますが、この結果はシミュレーションによる構造解析などとも一致しています。これらのことから本システムは、構造設計の検証に有効であることがわかります。

2) 損傷（剥離）検出方法の確立

光ファイバセンサにより測定された連続的なひずみ情報から、剥離が発生した位置を検出することが可能です。（図3参照）

船体を構成する部材の接合部分に取り付けられた2本の光ファイバセンサのひずみを比較することにより、部材間に生じたひずみの原因が、変形によるものかそれとも部材間の剥離なのかを判別することができます。

さらに、光ファイバを船体に取り付ける際に、センサ部分とそれ以外の部分で光ファイバの種類を変えています。これは、それらの境界を目印として用いるためで、これらを手がかりとしてひずみ情報とその船体上での対応関係を求め、ひずみ情報から船体の変形や損傷位置を検出します。

3) 自動計測・遠隔操作による診断が可能

アメリカズカップ2000では、本システムを用いた自動計測を行うことにより、ニュージーランドのベースキャンプにあるニッポンチャレンジ艇の損傷検出を容易に行うことができます。また、詳細な検討を行う必要が生じた場合、通信回線で日本から本システムの遠隔操作を行うこともできます。

<今後の展開>

今後は、ひずみ情報と損傷（剥離）の関係をより明確化するために、物体の変形を近似的に計算する有限要素法を用いたシミュレーション実験と、部分モデルを用いた実験を行います。また、本システムを実際に適用していきながら、ヨットのひずみ情報を基礎データとして収集していく予定です。

なお7月20日（海の日）、愛知県蒲郡市において本システムを搭載したニッポンチャレンジ艇の進水式が予定されています。

<用語解説>

*** 1 : アメリカズカップ2000**

アメリカズカップは、1851年に英国ヴィクトリア女王から贈られた「アメリカズカップ」と呼ばれる純銀製カップの獲得を目指し、一国の総力を挙げた戦いを展開する国際ヨットレースの最高峰です。参加国家は、与えられたルールと条件の下で、それぞれの操船技術および建造技術を競い合います（「ヨットの科学」、シップ・アンド・オーシャン財団）。

- 第30回アメリカズカップ(America's Cup 2000)概要

- ・ レース海域：ニュージーランド・オークランド沖
- ・ レース日程

ルイ・ヴィトンカップ（予選）：1999年10月～2000年2月

アメリカズカップ（決勝戦）：2000年2月～3月

- ・ 参加チーム(1999年6月1日現在)

防衛ヨットクラブ：ロイヤル・ニュージーランド・ヨット・スクォードロン

挑戦ヨットクラブ：10カ国15シンジケート（ニッポンチャレンジを含む）

※ニッポンチャレンジの公式ホームページ

<http://www.nc2000.co.jp/>

*** 2 : BOTDR (Brillouin Optical Time Domain Reflectometer)**

光ファイバの一端から光パルスを入射すると、光ファイバ長さ方向の各位置で様々な散乱光が発生します。入射端側に戻ってくる光（後方ブリルアン散乱光）の周波数の変化量が、光ファイバに生じたひずみの変化量に比例します。そこで光の周波数の変化量から光ファイバに生じたひずみの大きさを、また光が戻ってくるのに要する時間からその位置を同時に求めます。光ファイバ自身がセンサであるため、軽量で、電磁ノイズの影響を受けずに、光ファイバの長さ方向のひずみを長距離にわたって計測できるという特徴を持っています。

*** 3 : ひずみゲージ**

金属線が伸縮すると電気抵抗値が変化することを利用して、ひずみを電氣的に計測するセンサです。ひずみは、長さ数mm～数cmのひずみゲージについて計測されるために、得られる情報は離散的となります。

別紙

- ・ [図1. 「光ファイバセンサ損傷検出システム」イメージ](#)
- ・ [図2. 船体の変形測定による構造設計の検証を実現](#)
- ・ [図3. 剥離検出方法の確立](#)

＜お問い合わせ先＞

N T T 武蔵野研究開発センタ
R & D 広報担当 倉嶋、佐野、大崎
Tel (0422)59-3650
Fax (0422)59-4398
E-mail : koho@smart.netlab.ntt.co.jp



[NTT NEWS RELEASE](#)