CSR ソフトウェア最新状況について

－ タンカー算式計算ソフトの公開 －

開発部　赤木正則

1.　はじめに

IACS 共通構造規則（鋼船規則 CSR-B 編及び CSR-T 編, 以下 CSR という）が制定され、2006 年 4 月 1 日以降に建造契約が結ばれる 150m 以上の二重船殻油タンカー及び 90m以上のばら積み貨物船は CSR の要件を満足する必要がある。　従来の船級協会の構造規則は、それほど複雑なものではなく比較的簡単な算式で表現できたため、造船所や設計者は電卓や独自に開発した計算ツールを用いて部材寸法計算を行うことが少なくなかった。　しかしながら CSR においては、作用荷重をできるだけ正確に推定し、より厳密な強度評価を行うため、非常に複雑でかつ膨大な計算が要求される。　CSR に対応したソフトウェアがなければ船体構造の部材寸法を決定することは、実際上不可能と言える。

本会は、CSR の発効以前より、CSR に対応した直接計算ソフト及びバルクキャリア算式計算ソフトを開発し、提供を開始した。　その後これらソフトウェアの改良を行うと共に、タンカー算式計算については、計算機能のみを有する簡易版（算式計算ツール）を配布してきたが、本年 9 月に十分な操作機能も備えたフルセットのタンカー算式計算ソフトを公開するに至った。これにより、本会は CSR に対応するソフトウェアを一式揃えて提供する体制となった。

ここでは、新しく完成したタンカー算式計算ソフトの概要とともに、本会の CSR 対応ソフトウェアの最新状況について説明する。

2.　タンカー算式計算ソフト

本会はまず、Microsoft Excel を用いた油タンカー用 CSR 算式計算ツールを開発し造船所等に配布した。　しかしながら、CSR では原則として全ての構造部材寸法をチェックする必要があり、計算用 Excel シートに入力すべきデータは相当な量となる。　また CSR の規則算式は複雑であり、実際の構造図面から計算に必要なパラメータを適切に抽出するためには、CSR に関するある程度の理解が必要となる。　これらの問題を解決し、CSR 規則算式に基づくより簡便で実用的な部材寸法チェック用のツールを提供するため、本会は GUI（グラフィックユーザーインターフェース）機能を有するタンカー規則算式計算用のパッケージソフトの開発を行い、2007 年 9 月に公開した。

図 1 に本ソフトの基本概念図を示す。

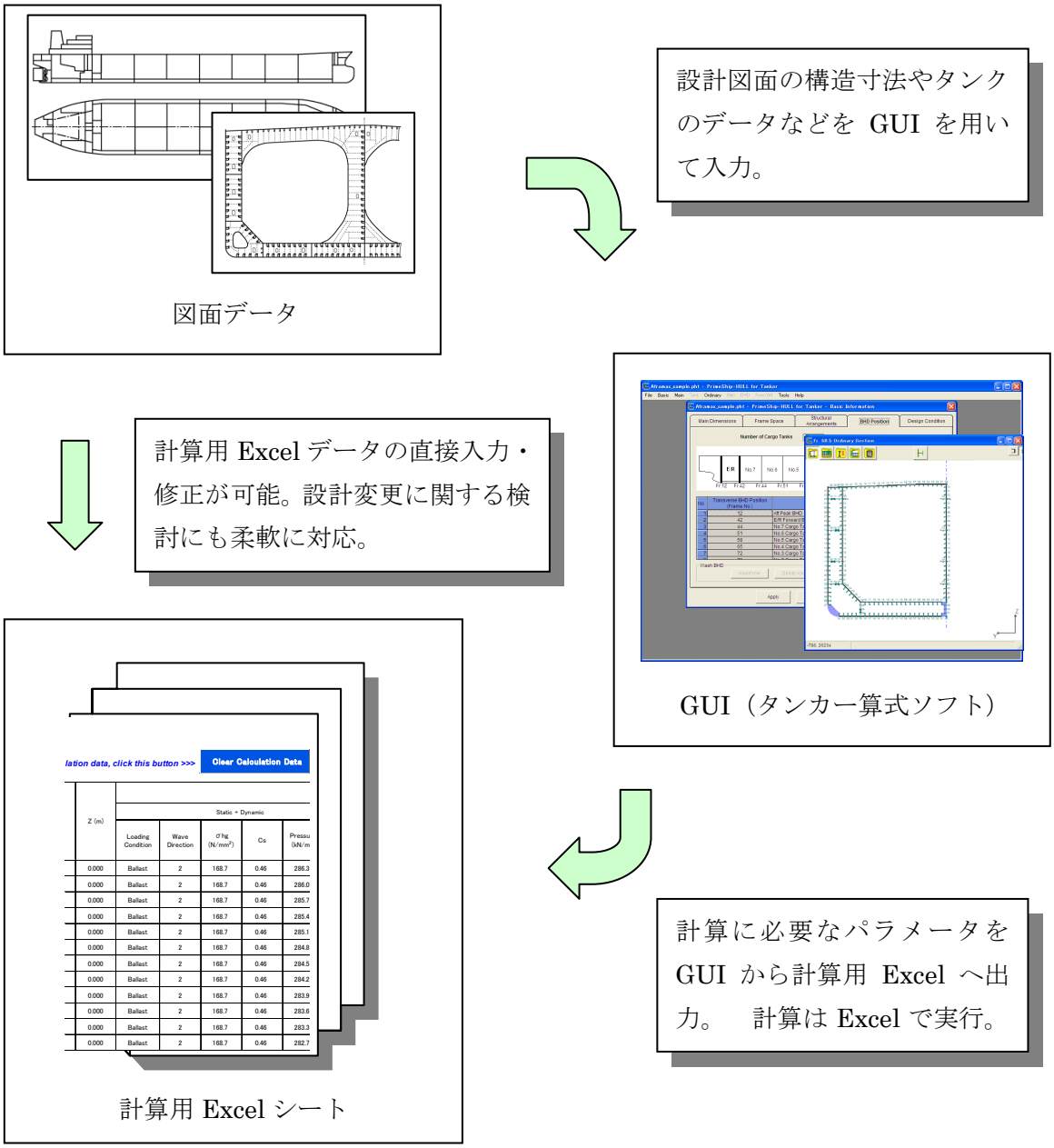

図 1.　タンカー算式ソフトの基本概念図

2.1.　対応可能な船型、構造様式

CSR タンカー規則は、油を積載する 150m以上のタンカーに適用されるが、これには VLCC、アフラマックスタンカー、プロダクトタンカー、油物質を運搬するケミカルタンカーなどが含まれ、多種多様な船型及び構造様式を考慮する必要がある。　本ソフトの開発にあたっては、様々な大きさ及びタイプのタンカーについて船型や構造様式を調査し、それぞれに適したデー

タ構造や入力方法を採用した。　例えば、VLCC に対してはクロスタイの入力を促す画面が表示されるが、コルゲートバルクヘッドに関する画面は表示されないなど、必要最小限のデータを効率的に入力できるよう設計した。　図２に本ソフトで解析可能な代表的な船型を示す。

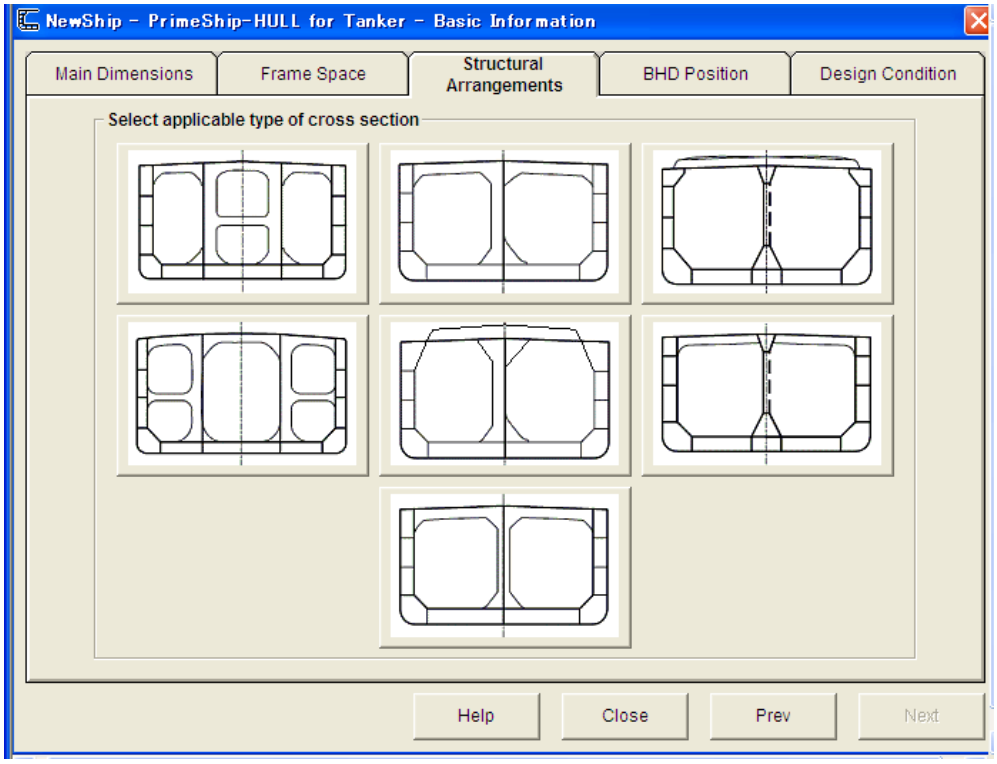

図 2.　対応可能なタンカーの船型例

また、ケミカルタンカーなどにおいては、通常の造船用鋼材に加え、ステンレス鋼やクラッド鋼が用いられることが多いため、タンカー算式ソフトはこれらの特殊な鋼材にも対応できるよう設計されている。　これらの鋼種に対する腐食予備厚もシステムで自動的に設定される。

2.2.　画面操作性

タンカー算式計算ソフトの画面構成、操作性は、先に開発公開されたバルク版と類似させており、バルク版の使用経験にあるユーザーは違和感なく使用できるよう設計されている。　また、初めてのユーザーであってもあまり悩むことなく操作できる画面設計となっているが、操作マニュアルを用意し一層の便宜を図っている。

これまでの算式計算ソフトの多くは、外板、ロンジ、ガーダーなどの縦強度部材からなる Ordinary Section を定義するための GUI には優れているが、トランス付きのウェブスティフナーや水密隔壁付き防撓材を簡単かつ正確に配置できるような機能を有するものはあまり多くはなかった。　しかしながら CSR においては、例えば船底ロンジの強度評価を行う場合、フロアー付き防撓材の寸法が必要となり、また、船底ロンジと防撓材の結合部分の強度評価といったかなり煩雑な計算も行わなければならないなど、トランス面や隔壁面での部材定義が極めて重要となっている。

タンカー算式ソフトにおいては、CAD ライクな部材配置ツールを提供することなどにより、ウェブスティフナーや隔壁付き防撓材といった複雑で多数に及ぶ部材の定義を、非常に簡単にできるよう設計されており、ユーザーの労力の軽減を図っている。　また、スパン修正などの複雑で煩雑な計算もシステムで自動で行い、より正確な計算がより簡単にできるよう配慮している。

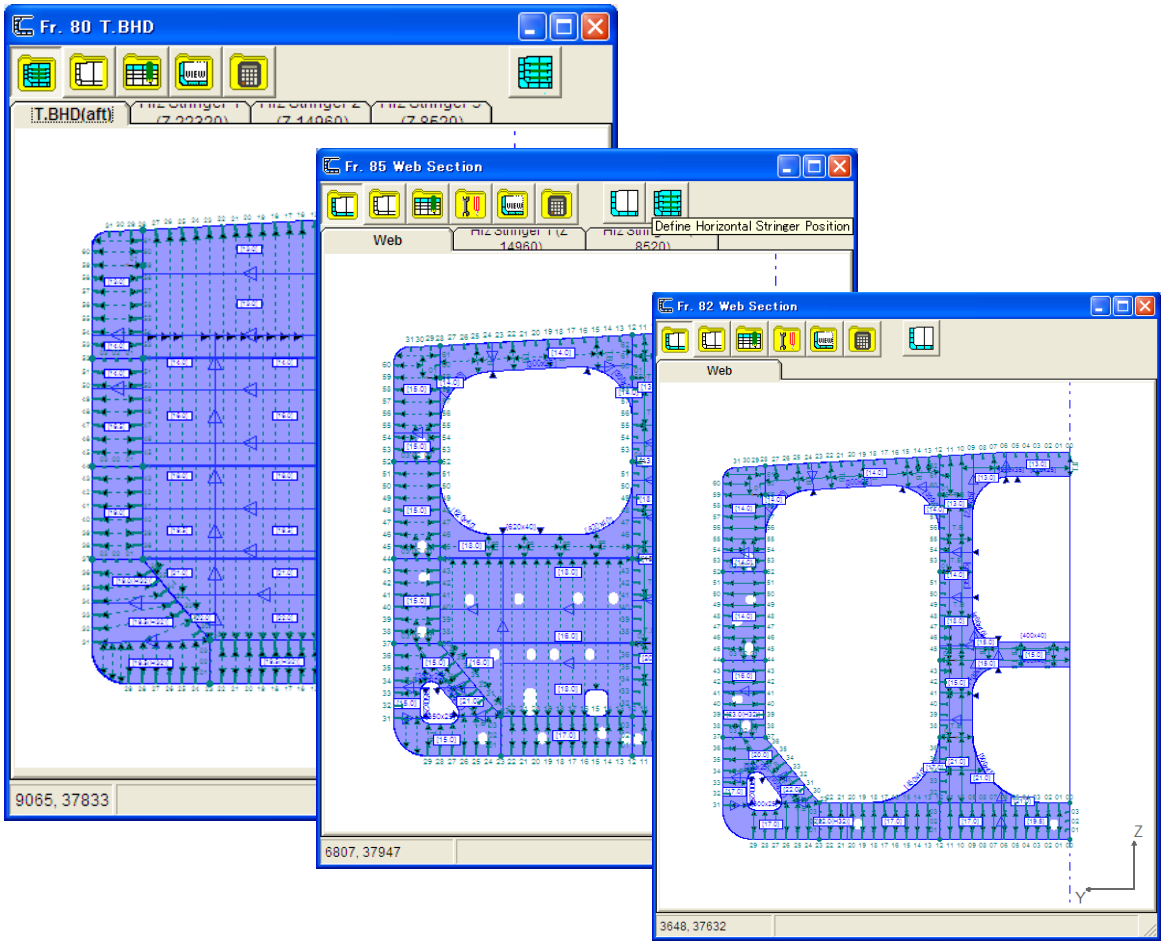

図 3.　隔壁及びトランスの定義画面

2.3.　計算機能

タンカーCSR では、通常の縦強度チェックやローカル部材計算は勿論のこと、ハルガーダ最終強度、疲労強度チェック、スロッシング計算などの様々な計算が要求される。　これらの計算はその内容が複雑な上に、計算対象箇所が多数であるため、全ての計算を行うには多大な労力を必要とする。　本会が開発したタンカー算式計算ソフトでは、これらの計算を非常の簡単な操作のみでほぼ自動で行うことが可能であり、ユーザーの労力が大幅に低減される。

タンカー算式ソフトがサポートする計算機能の一例を以下に掲げる。

(1) 船体横断面の断面二次モーメントや断面係数などの計算

(2) 縦強度計算、HT Zone のチェック

(3) ハルガーダ座屈チェック

(4) ハルガーダせん断強度評価
(5) 最終強度計算
(6) ローカル部材計算
(7) 大骨（PSM）の算式強度チェック
(8) ロンジ端部の疲労強度チェック
(9) ロンジ貫通部、スティフナ結合部の強度チェック
(10)スロッシング評価

なおタンカーCSR においては、ハルガーダ最終強度の計算方法として、２つの異なる手法を用いることが認められている。　一つは上甲板パネルの座屈応力を基に最終強度を推定する簡易手法で、もう一つはバルク版の手法を取り入れた増分反復法による評価方法である。　本会の算式ソフトは、この両方の手法による最終強度の計算を行うことが可能である。

またスロッシング計算においては、貨物タンク高さを 20 分割した各液位において、その都度開口面積計算を行う必要があるが、本ソフトではこの開口面積計算を自動で行うことができ、スロッシング計算に関わる労力が大幅に低減される。

計算結果は画面上に表示され、要求値を満足しない部材は、赤またはオレンジ色で表示される。また、想定条件毎や項目毎に計算結果を表示できるため、計算結果の識別、整理、検討を容易に行うことができる。

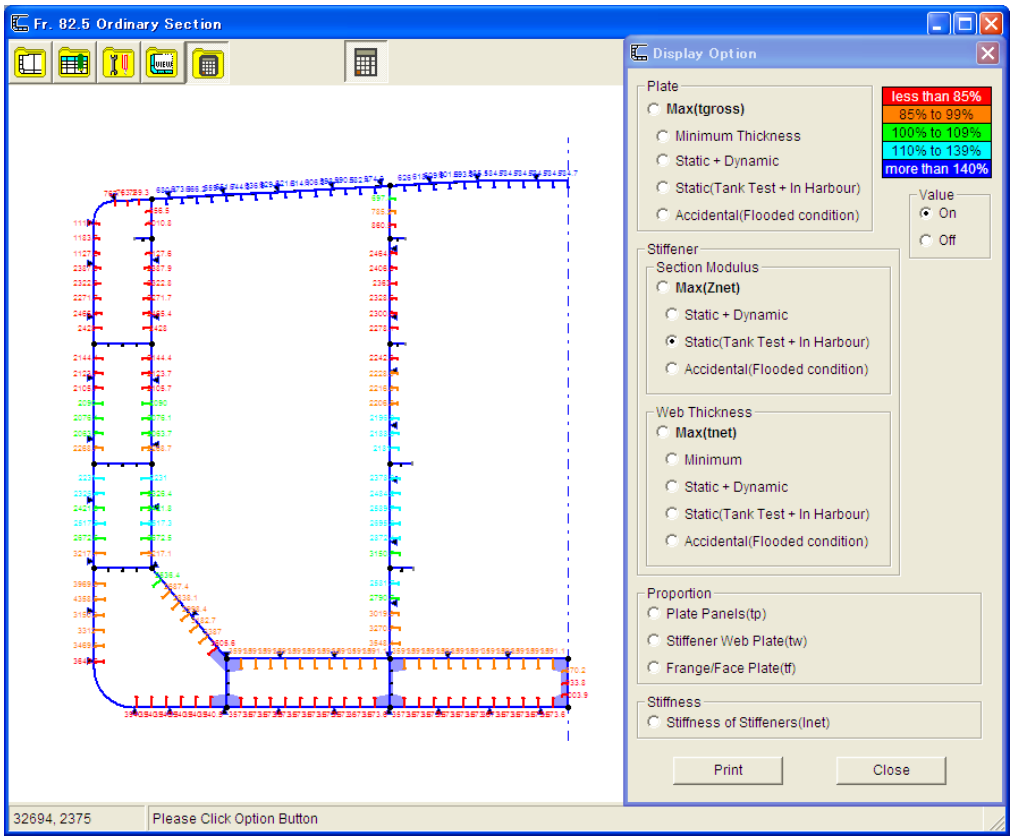

図 4.　計算結果の画面表示

2.4.　計算用 Excel シートとの連携

冒頭でも述べたように、本ソフトにおける計算機能は、本会が独自開発した計算用 Excel シートが担っており、タンカー算式ソフトの本体をなす GUI 機能は、Excel シートとの間で必要なデータのやりとりを行う。　Excel の計算自体はかなり高速であるが、Excel とのデータ転送に時間がかかるため、ソフト全体の計算時間が結果として長くなってしまうことが多い。　本ソフトの開発に当たっては、Excel とのデータ転送の設計に細心の注意を払い、データ転送にかかる時間の短縮化に努めた。

計算用 Excel シートには、種々の入力データや計算結果は勿論のこと、計算の中間段階における各種パラメータや係数などを極力表示するようにしてある。　したがって、タンカー算式ソフトは単なるブラックボックスではなく、設計者が必要に応じて規則計算の各段階でチェックできるようになっている。　これにより計算の信頼度を設計者自身が確認できるとともに、計算結果に影響を及ぼす設計要因を容易に把握することができる。

タンカー算式計算ソフトから出力される計算用 Excel シートは、別に保存しデータを修正して再計算することが可能である。　従って、不合格となった部材の寸法を修正しての再チェックや、スペースやスパンを少し変更した場合の検討など、様々な状況で柔軟に対応することが可能である。

3.　その他の CSR 対応ソフト

タンカー算式計算ソフト以外にも、本会は CSR 対応ソフトを開発公開している。　ここでは、それらのソフトの最新版（2007 年 10 月末時点）と主要な改良点を簡単に紹介する。

3.1.　バルク版算式計算ソフト

本会のバルク版 CSR 算式計算ソフトは、CSR 発効前の 2005 年 12 月に第 1 版がリリースされ、その後数回の改訂を経て、2007 年 4 月に Ver.2.0.0 が 7 月に Ver.2.0.1 が公開された。　これらの改訂における主要な変更点を以下に述べる。

(1) データベース構造を変更して積付けデータの共有化を図り、入力作業量を低減させた。
(2) 部材寸法の変更を、複数の部材に対して一括で行えるようにした。
(3) コルゲートバルクヘッドの波型形状を正確に定義できるようにした。　また、ビルジホッパタンクやトップサイドタンク内の水密壁につく防撓材を自由に配置できるようにした。
(4) 船首尾区画を含めた非平行部の規則計算に全面対応できるようにした。
(5) IACS から出された字句修正や共通解釈などの取り入れを行った。

3.2.　バルク版直接計算システム

バルク版の直接計算システムは、算式計算ソフトと同じく 2005 年 12 月に第 1 版がリリースされ、2007 年 4 月に Ver.2.20 が 7 月に Ver.2.22 が公開された。　これらの改訂における主要な変更点を以下に述べる。

(1) ハルガーダ応力の考慮方法として、解析結果にハルガーダ応力を重ね合わせる間接法

（Superimposition method）に加え、モデル両端に集中モーメントを付加する直接法（Direct method）にも対応できるようにした。

(2) 座屈強度再評価や疲労計算を Excel シートを用いてできるよう、Excel シートへの出力機能を設けた。

3.3. タンカー版直接計算システム

タンカー版の直接計算システムは、2006 年 3 月に第 1 版がリリースされ、2007 年 4 月に Ver.2.20 が 7 月に Ver.2.22 が公開された。　これらの改訂における主要な変更点を以下に述べる。

(1) 高度座屈評価をシステム内で自動的に計算できるよう改良し、設計者の負担軽減を図った。

4. サポート及びメインテナンス

本会は CSR に対応したこれらソフトウェアに対するユーザーサポートをこれまで以上に充実させる計画である。　その一環として、CSR 対応ソフトウェアのユーザーを対象とした専用サイトを開設し、ソフトの最新版，不具合情報，FAQ などの情報を提供している。

さらに、ユーザーから寄せられる要望や意見を参考として、より使いやすく有益なソフトウェアを実現するため開発改良を進める所存である。

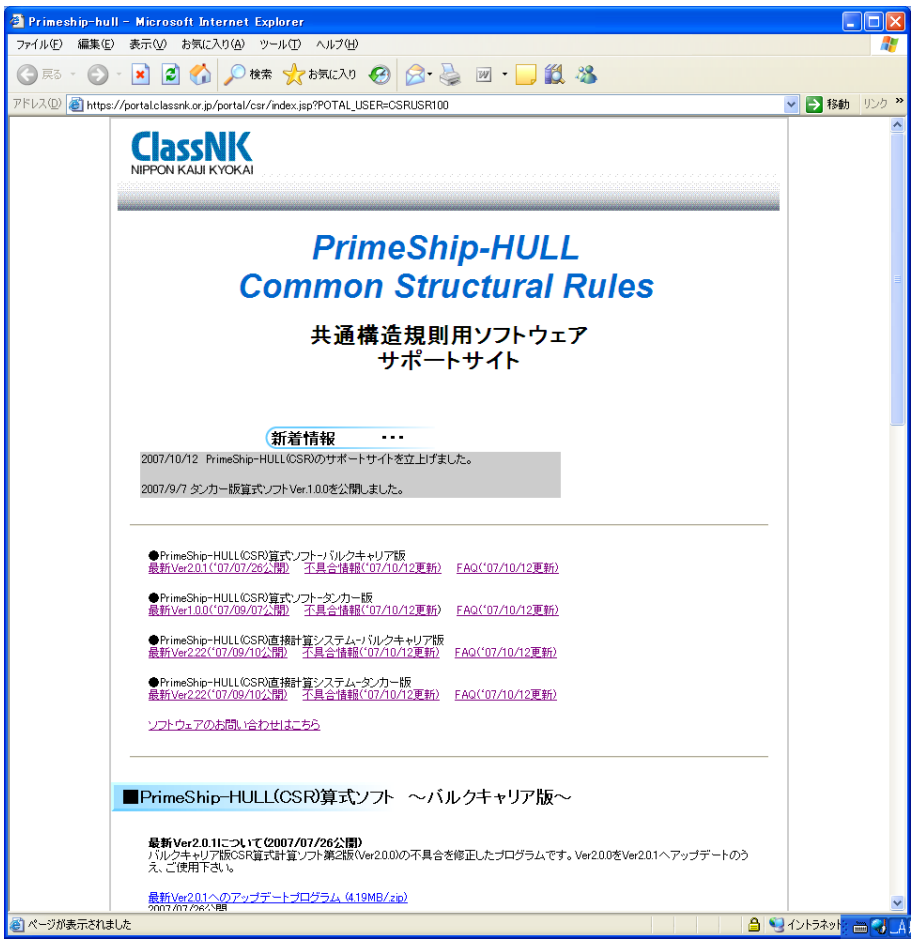

図 5.　ソフトウェア サポートサイト