



参考資料:

日本船舶海洋工学会春季講演会(2014年度)発表用原稿



**エンジニアリングクラウドを用いた
3次元CADの共同利用による
実証研究(続報)**

日本船舶海洋工学会春季講演会
2014年 5月27日



一般社団法人 日本中小型造船工業会 加戸 正治
一般財団法人 日本船舶技術研究協会 福岡 哲二
株式会社 エス・イー・イー創研 松尾 晃・前田 幸喜
富士通株式会社 熊谷 博之
山中造船株式会社 武田 俊文・黒川 保
下ノ江造船株式会社 岡村 明
前畑造船株式会社 田頭 慎一

1

本研究は、船技協の研究開発基金を用いて2012年度より行ってきたもので、昨年度この講演会で報告した同じタイトルの研究論文の続報である。

本研究は、ここにリストアップした造船会社、エンジニアリング会社等との共同研究である。

1. 3DCDの中小型、内航造船所への普及状況

- ・大手、中手造船所では約10年前より実用化
- ・国産3DCADシステムに加え、海外のシステムの導入が進んでいる
- ・フィンランド、オランダ開発の Nupas-Cadmatic は海外50ヶ国、550社で使用
国内では主に中小型、内航造船所17社、設計会社5社で導入している
- ・試しに1セットだけ導入した造船所も多々多いが、実船適用には至っていない
- ・その他のシステムも同様な状況

2. 3DCADの導入が進まない理由

- ・3DCADのソフト、ハードの**設備費用**がかかる
- ・3DCADを使える**技術者がいない**
- ・**設計の外部依存度**が高く、外注先の零細設計会社の負担が大きい
- ・生産性向上の**確信がない**
- ・**設計工数**が2Dよりも大幅に増大している
- ・一般的に設計のリードタイム短く、3DCAD対応の**余裕がない**
- ・導入には強い**経営リーダーシップが必要**

大手中手造船所や一般産業界ではすでに3DCADは広く普及し、活用されている。

造船に近い建設土木でも、建設系が先行し、土木系がこれを追いかけている状況で、公共事業の承認にも適用されるようになってきている。

造船用の3DCADも多種多様なシステムが開発され使用されている。

今回の研究ではフィンランドとオランダで開発され、国内でも比較的広く使用されているNUPAS-CADMATICを用いたが、本研究の意図はこれに限定したものでない。

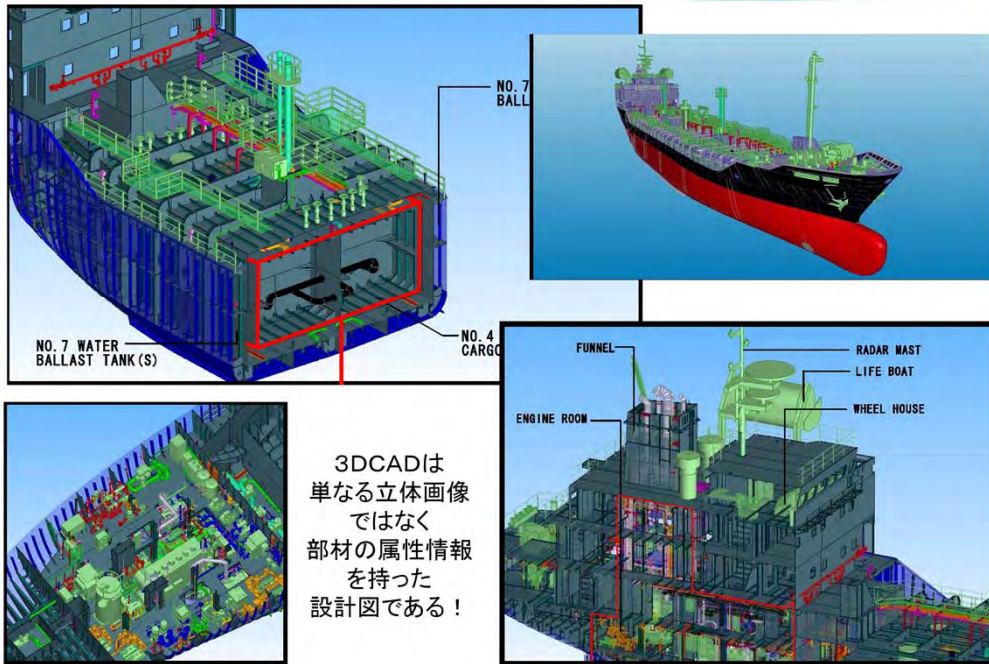
この様に広く用いられている3DCADであるが、中小手、特に内航船を主に建造している造船所ではなかなか普及できていないのが現状である。

その理由としては

- ①設備費用がかかる
- ②技術者がいない
- ③設計の外注依存度が高い
- ④生産性向上の確信はもてない
- ⑤設計工がかかる
- ⑥工程に余裕がない
- ⑦経営トップの理解が必要



3DCADの設計事例



一方で、先進的に活用している造船所もあり、これはその一例で2, 3年前にケミカル船の建造に際し、

3DCADを全船適用した先進的な例である。

国内の全造船所がこのように自ら積極的に3DCADを行うのであれば、本研究会の活動も特にすることもないが、実際には、まだ数少ないのが現状である。



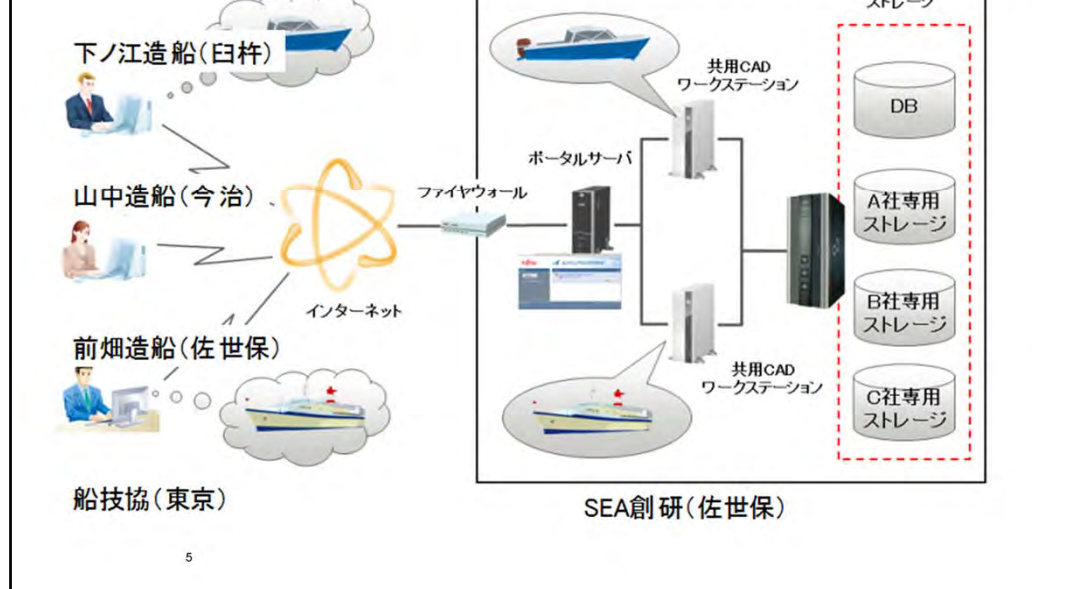
3DCADの普及のための方策(2012年度)

1. エンジニアリングクラウドによる連携・共同利用の実証(2012年度)
2. 設計技術者と3DCADオペレーターの専門分業化による効率化
3. フレックスデザインによる新標準船化の推進
4. 生産計画・工程管理への活用
5. 基本計画への3DCAD情報の活用

4

中小型内航造船所への普及のための方策として、下記5点を提案している。

- 1) エンジニアリングクラウドによる連携・共同利用
- 2) 設計技術者と3DCADオペレーターの専門分業化による効率化
- 3) フレックスデザインによる新標準船化の推進
- 4) 生産計画・工程管理への活用の実証
- 5) 基本計画への3DCAD情報の活用の実証



2012年度に行った試験運用によって、富士通が開発したデータの圧縮、高速転送技術を用いることにより、NUPAS-CADMATICのような大きなソフトでもクラウド環境での利用が可能であることを実証した。

今日、IT関連技術が飛躍的に進歩し、インターネットの光回線が全国に普及したことにより、エンジニアリングクラウドが実用化してこのような共同・連携利用が可能となった。

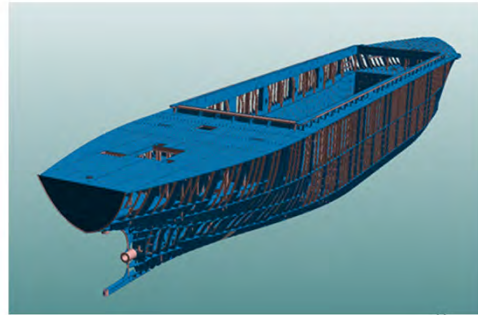
2012年度の実証実験において、クラウド環境下で連携・共同利用が技術的に可能であることを実証し、昨年度のこの講演会で報告した。

エンジニアリングクラウドによる連携・共同利用は単に初期投資の低減のためのシステムの共同利用だけでなく、この活動を通じて、3DCADオペレーターの専門分業化による作業量低減、平準化による有効活用や、フレックスデザインによる新標準船の推進にも有効であることが強く認識されるようになった。



3DCADの普及のための方策(2013年度)

1. エンジニアリングクラウドによる連携・共同利用の実証
2. 設計技術者と3DCADオペレーターの専門分業化による効率化
499型貨物船「山鋼丸」をモデル使用した3DCAD化の実証
3. フレックスデザインによる新標準船化の推進
4. 生産計画・工程管理への活用
5. 基本計画への3DCAD情報の活用

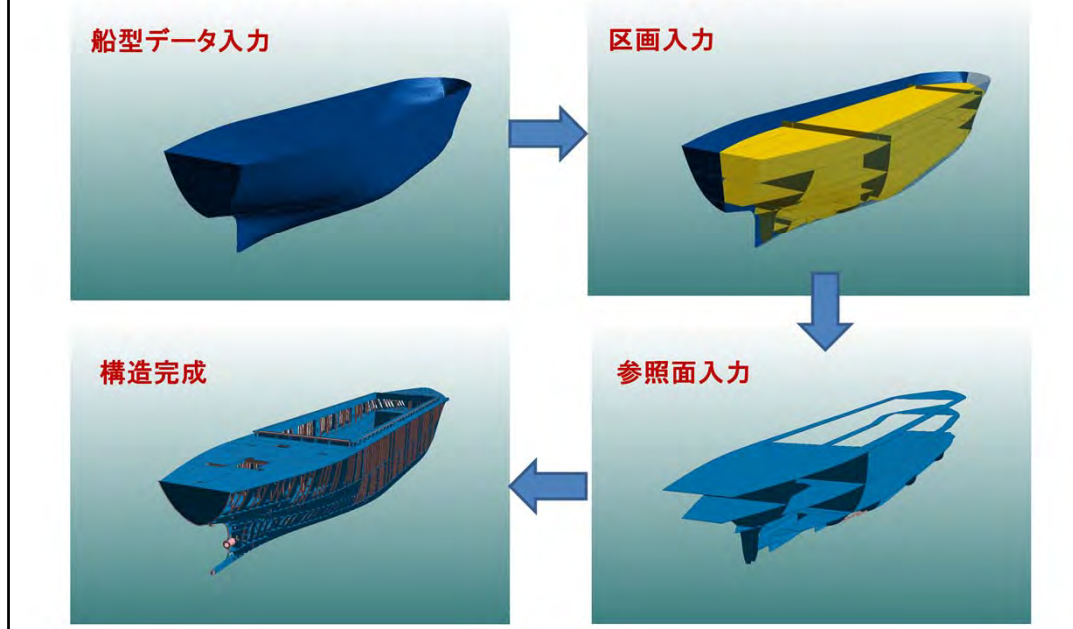


2013年度は

社内に多くの3DCADオペレーターを抱えなくても、効率的に設計作業が出来ること、
②3DCADの設計作業は従来の設計工数と比べて、それ程多くはならないこと
を具体的に、定量的に実証することにした。

本船は3年前に山中造船で建造された499型一般貨物船「山鋼丸」で、当時は通常の
2次元CADで設計された。今回これを改めて3DCADによる設計を船殻構造について
は主船体の全て、艀装については機関室配置の設計を行った。

1. 3DCAD化のプロセスの作業記録をとり分析、評価の実施



「山鋼丸」はJRTTの支援による先進CO2低減のための新規開発船であり、共有船建造する船主、造船所にはJRTTから線図を含む基本図が提供されている。今回、この図面をベースとして3DCAD化をスタートした。担当するのはSEA創研の3DCADオペレーター4名で、その技術レベルを上級、中級、初級に区分して評価すると、上級1名、中級1名、初級2名である。

上級者は造船設計の知識経験もある3DCADシステムエンジニアであり、中級者は3DCAD歴5年の女性オペレーターであり、初級2名3DCAD歴1年未満の若手である。上級者の指導の元に、中級のオペレーターを中心に作業が進められた。また山中造船からこのクラスの船の標準の構造詳細図の提供を受け、参考図とした。

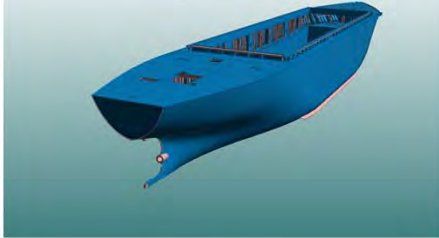
作業は船型データの入力に始まり、区画入力、参照面の定義、構造部材入力を行い、完成した。

この間の作業プロセスは作業日報として、誰が、どの作業を、何工数かけて行った、造船所との作業確認の有無等の記録を残した。現在この結果から、作業者の能力レベルも勘案しながら、標準の作業工数の算出と従来の造船所および設計外注先での設計工数との比較評価を行っているところである。

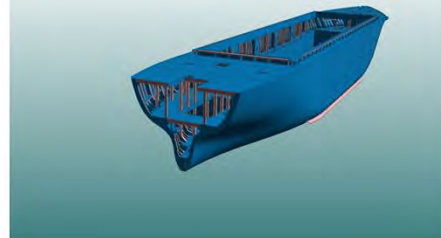
速報的には構造部材の入力に時間はかかっているが、完成後の重量集計やネスティング等の生産設計工数も含めて評価すると、それ程の工数増加にはなっていないことを裏付ける結果となっている。

2. 構造各部のチェック、検討(フロントローディング)の実施

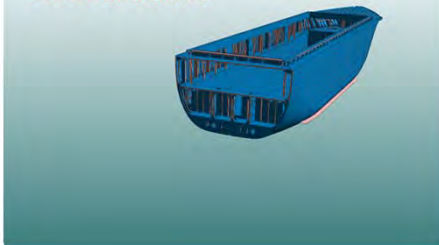
外板含む全体構造



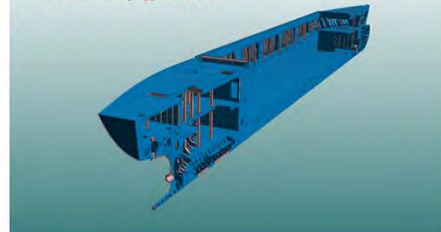
機関室横断面



HOLD部横断面



HOLD部縦断面



ほぼ完成した時点で3DCADオペレーターと造船所設計技術者にてチェック&レビューを開催した。

全体から細部に至るまで、ブロック別に各部のチェックを行った。

本図の様に造船所からの求めに応じて、任意の部分を任意の角度で、また全体や部分拡大も自由に行うことが可能であり、設計技術者だけでなく、現場作業者にとっても効率的組立、施工方法を事前に検討することにも有効であることを改めて認識した。

また重量についても全体の船殻重量、ブロック別重量、重心表と以前に造船所にて詳細図より手計算に算出したブロック重量、および重査にて算出した完成重量との比較検討を行い極めて良い一致を示すとともに、これが設計の早い段階で算出できることが確認できた。



設計技術者と3DCADオペレーターの専門分業化

1. 連携の効果

- 造船所、設計会社、エンジニアリング会社をエンジニアリングクラウドで連携

2. 教育の仕組み

- 設計技術者：操作、チェック、修正する使える人の範囲、レベルを拡大
- 3DCADオペ：船の用語、機能を理解する現場を見る機会

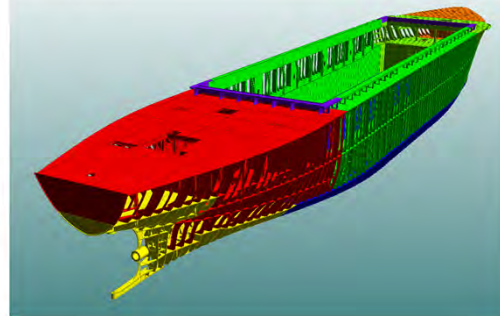
3. マニュアル化

- 用語、表記統一：
- 部材、部品の標準化：
- 指示方法、確認方法：

4. チェックする仕組み(人は間違ふもの)

- 進捗レベル表：
- チェック指標の作製：

レベル	色区分	進捗状況	表示者
レベル1	赤	個別部材のみ、状況で、3DCADオペレーター側で、設計マニュアルに従い、指定して作成	3DCADオペレーター
レベル2	橙	造船所の構造設計設計者の初期指示に基づき配置、形状を作成したか、属性(部号材質等)に入力しては未定、仮データの状態で、またはPARENTからCHILDにLBD、CB、線図、区画を実換した直後の状態。	3DCADオペレーター
レベル3	黄	造船所の構造設計設計者の明確な指示に基づき、属性まで含めて完成した状態。	設計技術者
レベル4	黄緑	造船所の構造設計設計者が配置、形状、属性を1次チェックし、OKとなった状態	設計技術者
レベル5	緑	造船所の計画設計者が社内関係者(基本計画、管理、工等)と協議検討し、OKとなった状態で、全船中の状態をもって構造図完成とする。全船この状態になってから、承認図提出、鋼材発注、寄先、外注先と協議を行う。	設計技術者
レベル6	青	穴あけ情報等の、最終設計との調整完了。	
レベル7	紫	修正、変更があった場合	



このように3DCADを使える造船技術者がいない、使いこなすためのトレーニング大変である、設計工数がかかるといった懸念を専門分業化により払拭できることを示したが、さらにこれを確実なものにして行くために、このような方策が必要であると考えている。

1) エンジニアリングクラウドで結び同一画面をPCのモニターで確認しながら設計技術者と3DCADオペレーター間で検討を容易に、随時行えるようにする。

2) 教育の推進

3DCADオペレーターの技術を上級、中級、初級に分けたが、造船技術者は上級技術を習得する必要は無く、3DCADを操作できる、チェックできる、修正できれば十分であると考えている。

設計技術者だけでなく、現場作業管理者、監督、営業担当者も、経営者も随時見て確認出来る環境を整えば、生産性の向上には極めて有効であると考えている。

また、3DCADオペレーターにもバーチャルな世界だけでなく、現場をみる機会を与えることも当然必要なことである。

3) マニュアル化の実施

用語、表記の統一に始まる、一連の標準化、マニュアル化は、オペレーターがだれであっても同じ図面を作成するためには、必要であることはいまでもない。

4) チェックする仕組みの構築

それでも人は間違ふものであるという前提にたてば、チェックする仕組みが必要である。特に3DCADは基本設計図がそのまま詳細設計図になり、生産設計図になり、そのままものが作られることになる。出来上がってからミスに気がつくという事態も発生しかねない。入念なチェックシステムを構築する必要がある。

提案は図面の作成進捗状況に応じて色分けする方法で、オペレーターが作成した図面を、色分けをみてチェックする度合いを加減することが出来る。

さらに考えられる可能性の高いミスを部材に記入もれであり、重量をインデックスにして監視できるのではと考えている。



3DCADの普及のための方策

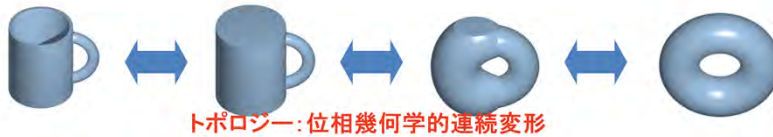
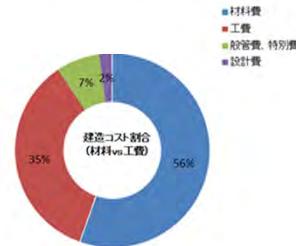
1. エンジニアリングクラウドによる連携・共同利用の実証
2. 設計技術者と3DCADオペレーターの専門分業化による効率化
499型貨物船「山鋼丸」をモデル使用した3DCAD化の実証
3. フレックスデザインによる新標準船化の推進
フレックスデザインとは？
4. 生産計画・工程管理への活用
5. 基本計画への3DCAD情報の活用

1. フレックスデザインとは

- ① L, B, d, Cb, Lcb等線図の変更に簡単な操作で追従し、設計図、物量を自動修正する。
- ② D, 区画の変更に簡単な操作で追従し、設計図、物量を自動修正する。
- ③ 機器の配置変更に簡単な操作で追従し、機器、配管図、物量を自動修正する。
- ④ 標準化した設計と複数の予めセットされたオプション設計の選択により、最小のCAD操作で、設計図、物量を更新する。

2. フレックスデザインの活用の目的

- ・設計の高効率化
- ・設計の新標準船化の推進



NUPAS-CADMATICだけでなく最新の3DCADシステムに具備されている新機能で、一部の変更に伴い、それに関連する他の部分を自動的に追従させる機能があり、線図の変更や区画配置の変更に簡単な操作で自動修正させることができるようになる。

また従来より、CADでは一部を予め作製したオプション図に差し替えることができる。これらの機能を活用することにより設計をより効率的に行うことができる。

しかしながらいくら効率良く設計ができるようになったとしても建造コストの中に占める設計費の割合は全くの新規設計船で無い限り、数パーセント以下であり、それが50%効率UPしたとしても建造コスト全体への効果はわずかである。

一方で、従来の造船設計は船主ニーズに合わせて設計建造する一品受注生産方式であったのが、最近では厳しい国際競争のなかで、大手中手造船所では性能および生産性のより一層の向上のため、事前に十分な検討を繰り返して作り上げた標準船方式に変わりつつある。

しかし内航船の世界ではまだ旧態の一品受注生産方式が主流であり、さらに短納期という宿命から十分な検討がなされないままに建造へと進まざるを得ない場合が多いのが実情である。

冒頭紹介した「山鋼丸」の場合でも、なかなかこの船型のままでは作らせてもらえず、船型開発の良さが必ずしも生かされていない。荷主、オペレーター、港湾等制約が多い内航船の世界ではヤムを得ない場合もあるが、これからは内航船の世界でも標準船方式を導入することにより、性能機能の向上、生産性向上によるコストダウンを図る必要があると思われる。

フレックスデザインによる新標準船は、従来の標準船の様に主要寸法を一義的決めてしまうのではなく、標準船から船主ニーズに合わせてフレキシブルに変更できるようにした新しい標準船システムである。

1. フレックスデザインによる新標準船の有効性の実証

		Excelent Parent	Child①	Child③	Child④
Ship's Name		499型貨物船(山鋼丸)	499型貨物船(H丸)	499型貨物船(SES丸)	749型貨物船(T丸)
Type		2層甲板船 逆G	2層甲板船 逆G	2層甲板船 マリナ	2層甲板船 逆G
主要寸法	Loa	m 75.240	74.220	75.240	83.120
	Lpp (L/B)	m 69.000 (5.75)	68.000 (5.67)	69.000 (5.75)	77.500 (5.96)
	B mid (B/d)	m 12.000 (2.88)	12.000 (2.75)	12.000 (2.88)	13.000 (2.78)
	D mid (L/D)	m 7.120 (9.69)	7.370 (9.23)	7.120 (9.69)	8.100 (9.57)
	d mid	m 4.172	4.360	4.172	4.670
	Cb	0.732	0.744	0.732	0.732
	lcb	% -1.435	-1.700	0.000	-1.435
重量	D.W.	t 1,730	1,800	1,730	2,385
	L.W.	t 866	887	867	1,132
容量	G.T.	499	499	499	749
	Cargo Cap	m3 2,867	2,451	2,867	3,800
船速、主機推進	Vs (Des. Full)	kts 12.5	12.4	12.5	12.0
	Eng.Type	4 cycle 低速 6LA28G	4 cycle 低速 6LA32G	4 cycle 中速発電機 6EY18ALW	4 cycle 低速 6LH34LA
	MCR (kW x rp)	1,322 300.0	1,617 280.0	951 200.0	1,471 298.7
	NOR (kW x rp)	1,124 284.2	1,132 248.6	903 196.6	1,030 265.2
	Prop.No x Type	1 FPP	1 FPP	1 CPP	1 FPP
	Prop.Dia	m 2.400	2.400	2.800	2.600

12

フレックスデザインの有効性を検証するためにいくつかのモデルを設定した。

まず基本となる母船型、造船所ではこれをタイプシップ、マザーシップ、原型、等々いろいろな呼び方があるが、ここではペアレント特に性能や生産性の良さが確立されているペアレントという意味で「エクセレントペアレント」と呼ぶことにした。

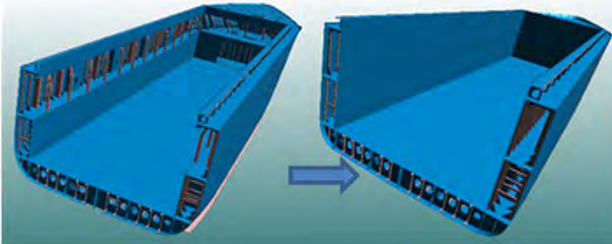
これから作られるモデルを「チャイルド」「エクセレントチャイルド」と称することにした。

エクセレントペアレントとして先ほどの「山鋼丸」とし、チャイルドとしてH丸、SES丸、T丸等いくつかを設定した。

これらの船は既に建造したり、設計検討が進められた船型ですが、主要寸法だけが与えられたとして、エクセレントペアレントからフレックスデザインの手法を用いて、どの程度の工数でチャイルドが作製できるか、どのような差異があるか検証することにした。

2. フレックスデザインによる新標準船の有効性

- 山鋼丸からH丸へ最小の設計工数で変換できるか？
- 構造細部、物量追従しているか？
- エラーの発生と対処は？
- 設計細部の統一できないか？



変更項目	Flex Design	Definit Design	個別設計
1. 主要寸法の変更 *Leadの変更 *Lapの変更 *Ch, Lapの変更 *Lead of Deck, Upper Deckの変更	○		
2. 線図の変更 *船種別の変更 *船種別の変更、S/Cの変更 *Ch, Lapの変更 *Lead of Deck, Upper Deckの変更	○		○
3. 配管 *Crew Chamberの変更 *Fr. Spaceの変更 *Long Spaceの変更 *Long Bedの位置変更 *Long Bedの向き変更 (Compassの向き) *Tank Deckの位置変更 *Top Side Tankの位置、寸法変更 *配管の位置、寸法変更 *配管の向き、寸法変更 *Batch Clewingの寸法変更 *Expansion Tankの位置変更 *上部構造の寸法、位置変更	○	○	○
4. 船内構造 *タレットの位置変更 *タレットの向き変更 *タレットの寸法変更 *タレットの位置、寸法変更 *タレットの向き、寸法変更 *タレットの位置、寸法変更 *タレットの向き、寸法変更 *タレットの位置、寸法変更 *タレットの向き、寸法変更 *タレットの位置、寸法変更 *タレットの向き、寸法変更	○	○	○
5. 主機幹構造 *主機幹の位置変更 *主機幹の向き変更 *主機幹の寸法変更 *主機幹の位置、寸法変更 *主機幹の向き、寸法変更 *主機幹の位置、寸法変更 *主機幹の向き、寸法変更 *主機幹の位置、寸法変更 *主機幹の向き、寸法変更 *主機幹の位置、寸法変更 *主機幹の向き、寸法変更	○	○	○
6. 艙室構造 *艙室の位置変更 *艙室の向き変更 *艙室の寸法変更 *艙室の位置、寸法変更 *艙室の向き、寸法変更 *艙室の位置、寸法変更 *艙室の向き、寸法変更 *艙室の位置、寸法変更 *艙室の向き、寸法変更 *艙室の位置、寸法変更 *艙室の向き、寸法変更	○	○	○
7. 船外構造 *船外構造の位置変更 *船外構造の向き変更 *船外構造の寸法変更 *船外構造の位置、寸法変更 *船外構造の向き、寸法変更 *船外構造の位置、寸法変更 *船外構造の向き、寸法変更 *船外構造の位置、寸法変更 *船外構造の向き、寸法変更 *船外構造の位置、寸法変更 *船外構造の向き、寸法変更	○	○	○
8. 船外付帯 *船外付帯の位置変更 *船外付帯の向き変更 *船外付帯の寸法変更 *船外付帯の位置、寸法変更 *船外付帯の向き、寸法変更 *船外付帯の位置、寸法変更 *船外付帯の向き、寸法変更 *船外付帯の位置、寸法変更 *船外付帯の向き、寸法変更 *船外付帯の位置、寸法変更 *船外付帯の向き、寸法変更	○	○	○

H丸は「山鋼丸」と同じ499型貨物船で、主要目等よく似ているが、細かく見るといろいろ異なる点がある。

この表は造船所で作成した山鋼丸とH丸の比較表をフレックスデザインで対応出来るものと、個別に対応しなければならないものに仕分けたものである。

- ①線図の入れ替えにより自動的に変更されるもの
- ②区画位置の移動により自動的に変更されるもの
- ③予め作成したオプション図との差し替えで変更されるもの
- ④個別に対応するもの

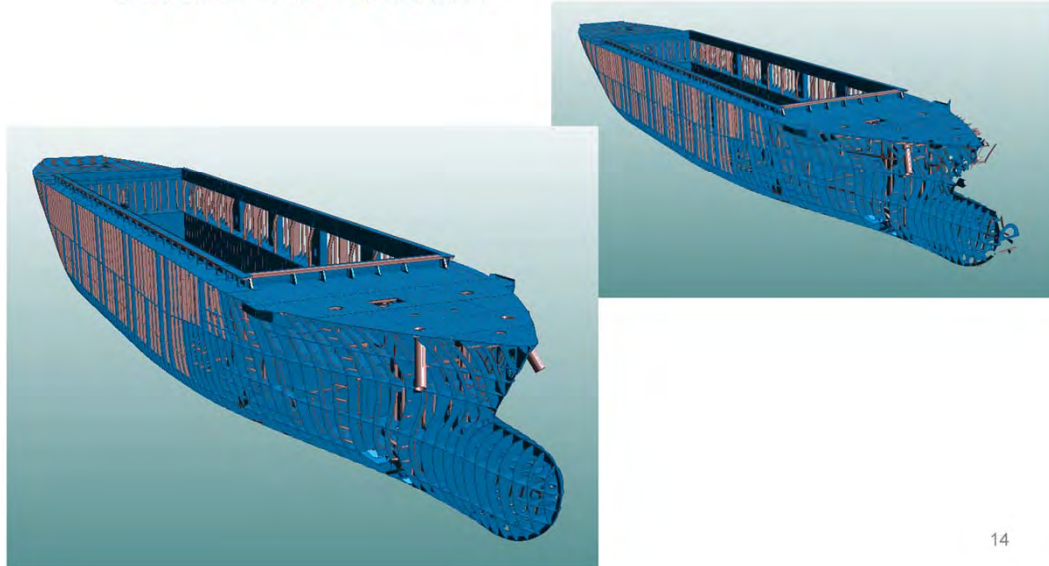
～③の項目はフレックスデザインにより簡単に転換できるものであり、

4項目は個々に対応する必要があり、標準船化をすすめていくためには、最終的には全て無くしてしまうことが必要である。

従来であれば主要寸法、線図が異なれば、設計はやり直しであり、細部の構造の統一性は考えても効果のない、意味の無いものになってしまうが、フレックスデザインにより主要寸法、線図の変更は簡単に修正できる項目になり、今後細部を統一化、標準化することにより船主ニーズに細かく対応できる新しいフレキシブルな標準船ができることになる。

3. フレックスデザインの拡張と限界

山鋼丸から類似船型H丸への線図変換と参照面の移動による
フレックスデザインの作業状況例



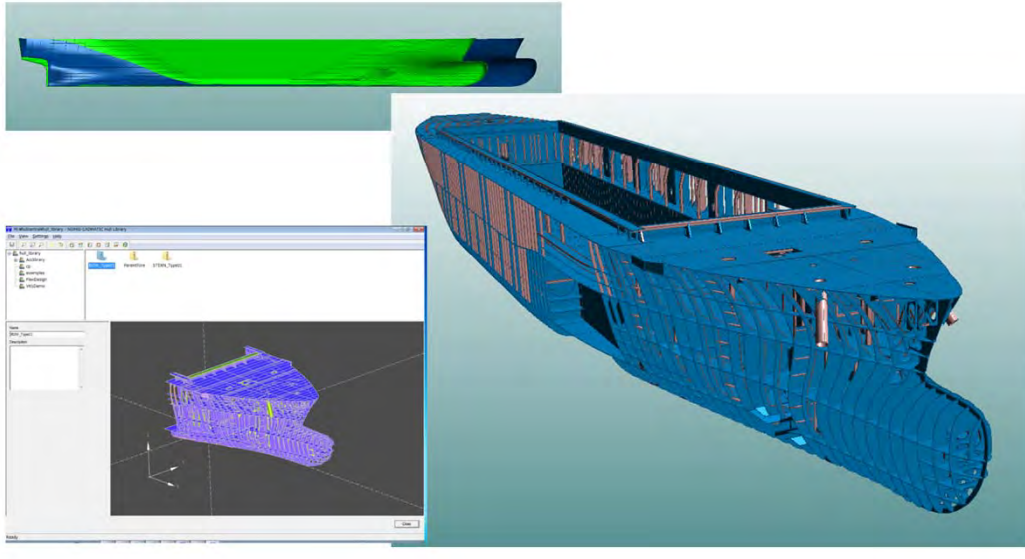
14

今回の作業でも、実際に行ってみると線図データの不具合等により若干のエラーが発生し、それらの修正含めて1週間程度でH丸の構造図が完成した。

慣れてくればもっと短縮できるものと期待できる。

4. フレックスデザインの拡張と限界

山鋼丸からS丸749型への大型化変換はフレックスデザイン+ライブラリーの活用の手法



S丸船型の如く719型まで大きくなると、船の全体変換では手修正量が多くなり、効率的でなくなってしまう。

今回は主船体と船首部の2つに分けてそれぞれ変型し、それをつなぎ合わせる方法を行ったが、簡略な作業手順を検討し、確立していく必要があるが、この程度のフレックスデザイン化は可能性のあることが確認できた。

部材寸法の変更は現状ではオフラインで入力することになるが、将来的にはNKの部材寸法プログラム等と連携できるようになれば全自動で行えるようになる可能性もある。



3DCADの普及のための方策(今後)

1. エンジニアリングクラウドによる連携・共同利用の実証(2012年度)
2. 設計技術者と3DCADオペレーターの専門分業化による効率化
3. フレックスデザインによる新標準船化の推進
4. 生産計画・工程管理への活用
 - ・物量情報(部材数、重量、面積、溶接長)に基づく最適工程管理の実証
5. 基本計画への3DCAD情報の活用
 - ・基本計画の重要ポイントは①性能、②容積、③重量の高精度の推定

16

今後普及のための方策4. と方策5. についても今後進めて行く予定にしている。

方策4. 生産計画・工程管理への活用

生産技術の中でも工程管理にまず3DCADの物流情報を活用すべきである。

3DCADが算出する正確でかつ迅速な重量重心、塗装面積、溶接長等の物量情報をもとに発生工事量を算出し、工程管理の最適化を図っていくことができる。

方策5. 基本計画への3DCAD情報の活用

船主から引き合いが来て、建造契約までの設計を行う基本計画は、船の性能とコストの大半はここで決まる最も重要な設計業務である。

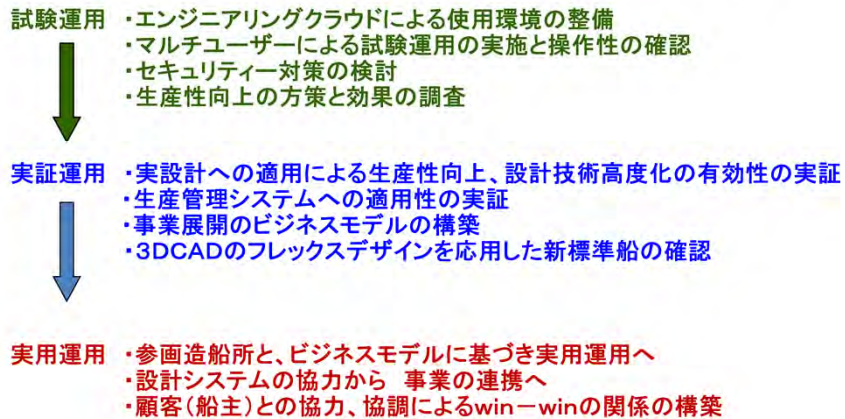
基本計画では

- 1) 重量計算
- 2) 性能推定
- 3) CAP、STABILITY等の船舶計算 が主要な業務である。

3DCADには重量等の物量情報が含まれている。これらの物量情報を分析し、基本計画にFBしてデータベースを構築することにより、それが可能となる。

3DCADは単に基本設計以降の設計の効率化に有効だけでなく、その情報を分析し、基本計画にFBしていくことにより、高精度の情報を有効活用することができる。

3次元CADの連携・共同利用の実証研究は
単なるCADの利用技術の研究だけでなく、
3次元CAD導入を契機とする**技術経営の革新**を目指す研究である



本研究はこの図の如く、

- ①試験運用
- ②実証運用
- ③実用運用の3段階に区分して展開する計画をたて、行ってきた。

2012年度は第1段階の試験運用を行い、

2013年度は第2段階の実証運用により連携・共同利用の有効性の確認、実証を行った。

その次の実用運用はこれらの成果を踏まえ、これから展開していく新規事業ですが、すでにその実現に向けての胎動が始まっている。



ご静聴ありがとうございました。

