

配管工事におけるパイプ配材計画の自動生成に関する研究

学生会員 進 藤 翔 平* 正会員 木 村 元**

A Material Distribution Scheduling For Rigging Ship-hull Blocks With Pipes

by Shohei Shindo, *Student Member* Hajime Kimura, *Member*

Key Words: Pipe, Material distribution scheduling, X3D

1. 緒言

造船工程における先行艤装では、艤装工数の大半を配管工事が占めている。パイプの艤装をいかに効率的に行うかが重要である。しかし、先行艤装において、エンジンルームデッキ裏だけでもおよそ 1,000 本といった大量のパイプを取り付けなければならない。作業には訓練や経験が必要になる。また、本研究で対象とする造船所では、取り付け作業は 6~7 日間ほどで行われるが、現在すべてのパイプが取り付け作業場に一度に配材されている。このため、これらを置く広いスペースが必要となったり、目的のパイプを見つけるのに時間がかかってしまったりするという無駄が生じている。

先行研究として、組立シミュレーションを活用した配材方法がある¹⁾。予めパソコン上で組立シミュレーションを行い、その結果が作業場にあるパソコンなどに表示され、作業者はこれに基づいて作業する。この取り付け手順をコンピュータ上のアニメーションで予め確認すれば、組立作業上の問題点が事前に抽出でき、作業者が事前に作業手順を理解することができる。この配材方法を用いると、従来の図面ベースの作業と比較して、作業効率が著しく向上したことが確認されている。

しかし依然として、組立シミュレーションにおける取り付けの順序決定は人の手で行われているので、熟練の技術と知識が必要となっている。そこで本研究では、先行艤装において、一番パイプが密集しているエンジンルームデッキ裏のパイプの取り付けを対象を絞って、熟練技術者のパイプ取り付け順序を整理し、それに従って取り付け順序を自動生成する。さらに取り付けの全工程を 4 等分し、その日に取り付けるパイプが作業場に配置されるようにする。それにより、作業者の負担を減らし、また、作業スペースの削減、作業効率の向上を目標とする。

2. 本研究で使用するデータ

本研究を行うにあたって、大島造船所で使用されている造船設計システム「MATES」の CAD データから抽出されたパイプデータを用いた。その例を Fig.1 に、図示したものを Fig.2 に示す。このデータの特徴として、1 本のパイプは「親管」と「枝管」で表現され、パイプ経路の始

点終点とパイプが曲がる点の座標値が与えられる。呼径（パイプの外径）は親管の両端、枝経路の終点のみ表現される。さらに、デッキに貫通する場合は、貫通する位置の座標とその種類が与えられる。

PipeN = 48					
YD027	2	40	5.5	2	11950.00 -5800.00 9141.17
バカ穴貫通着目点					
KeiroN = 1, TenQt = 3					
		11568.60		-5800.00	9154.30 40
		11799.90		-5800.00	9154.30
		12550.60		-5800.00	9088.63 40
KeiroN = 2, TenQt = 2					
		11679.90		-5800.00	9154.30
		11679.90		-5800.00	9277.41 40
...					

Fig.1 Example of pipe data

3. パイプの 3 次元表示

読み込んだデータのパイプがどのような形で、どの位置に存在しているのか、どの順序で取り付けられるのかが視覚的に分かるように、読み込んだデータに X3D²⁾ (グラフィック言語) に変換するツールを Java で作成して、3 次元表示した (Fig.3)。これは無料で使用できる 3D ビューア (「Flux Player」等) で見ることができる。また、X3D のリンク機能を用いて、任意のパイプを画面上でクリックすると、そのパイプの情報が表示される機能を追加した (Fig.3 右上)。

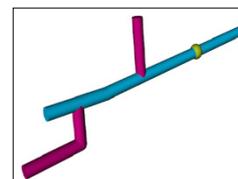


Fig.2 Figure of a pipe

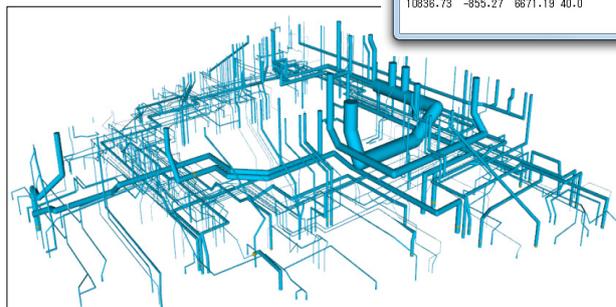
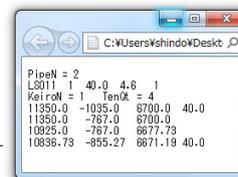


Fig.3 3D display of all pipes

* 九州大学大学院工学研究院海洋システム工学専攻

** 九州大学大学院工学研究院海洋システム工学部門

原稿受付

春季講演会において講演

©日本船舶海洋工学会

4. パイプの取り付け順序の整理

パイプ取り付け順序は、詳細は作業者によって異なるが、おおよそ次のような優先順位で行われる。

- ①デッキに貫通（固定）しているパイプから
- ②下にある（z座標が大きい）パイプから
z座標（高さ）が同じ場合
- ③呼径80～200mmのパイプから
- ④呼径65mm以下パイプ

注意しておきたいのは、先行艤装では上下反転した状態でパイプの取り付け作業がされるので、②はデータ上z座標が大きいほうから行われる。また、呼径250mm以上のパイプ（バラストライン等）は構造上、上方に配置されることが多いため、基本的には最後に取り付ける。しかし、先に取り付けたパイプが邪魔で後からでは取り付けにく

いと現場で判断された場合を考慮して、いつでも取り付けられるようにあらかじめ別スペースに配置しておくといった処置が必要となる。呼径が80mm以上のパイプほうが65mm以下より優先順位が高いのは、呼径80mm以上のパイプはクレーンを使って取り付けのためである。

パイプデータを読み込み、パイプ取り付け順序に従って、4等分した配材が1/4ずつ表示されるようなプログラムを作成した。エンジンルームデッキ裏ブロックにおける、809本のパイプを分割した結果がFig.4～Fig.8である。

【図の補足】

- 青：前の配材に含まれるパイプ
- 赤：その配材に含まれるパイプ
- 透明：後の配材に含まれるパイプ
- 緑の球：貫通位置

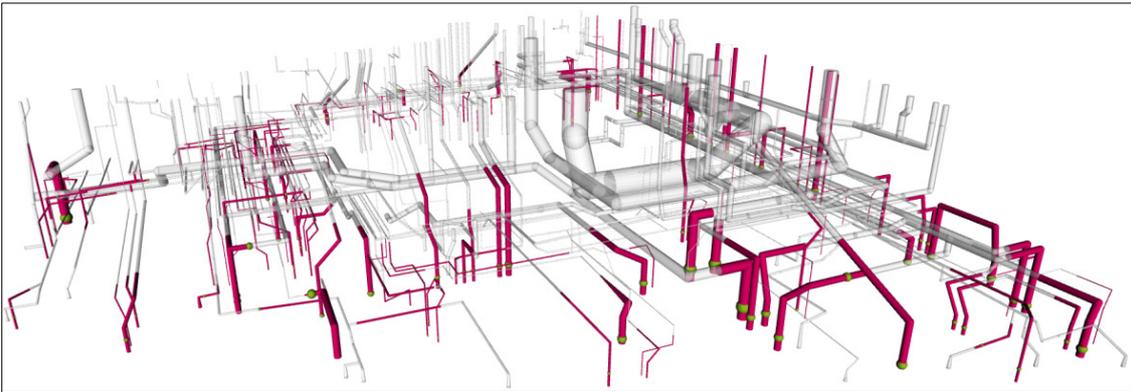


Fig.4 Material distribution : 1/4

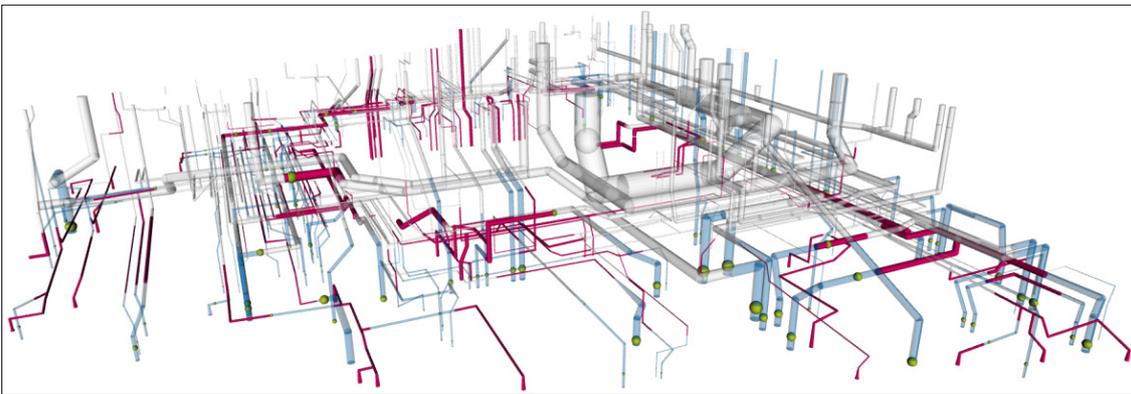


Fig.5 Material distribution : 2/4

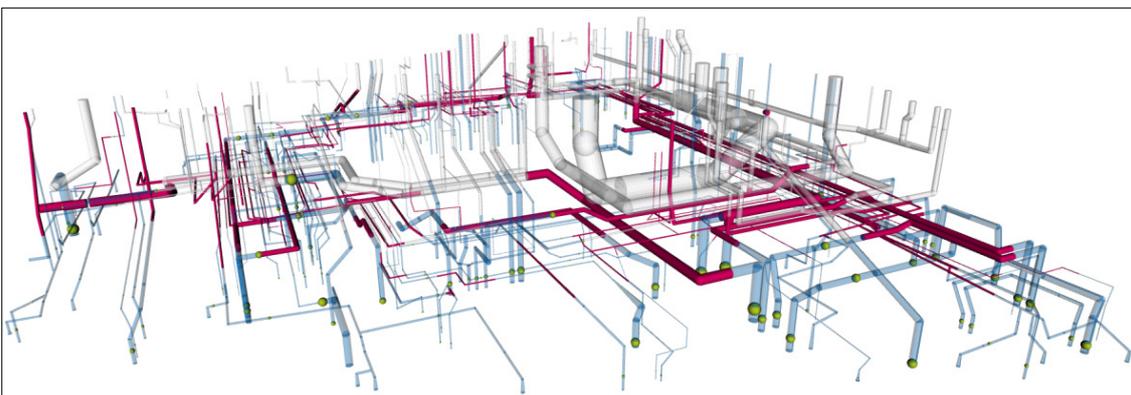


Fig.6 Material distribution : 3/4

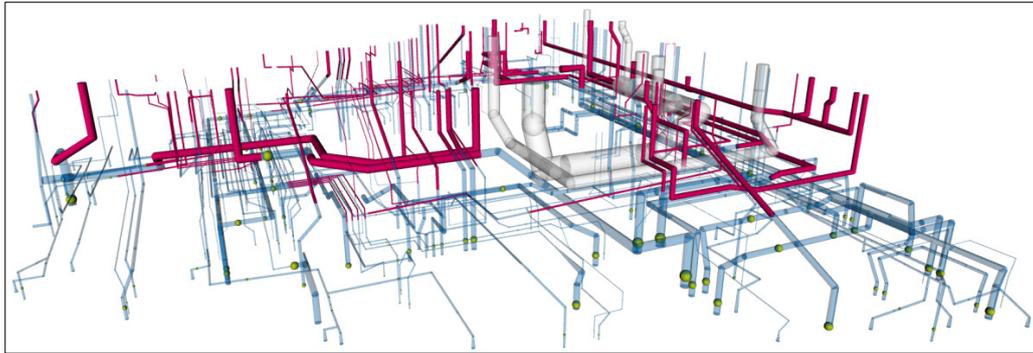


Fig.7 Material distribution : 4/4

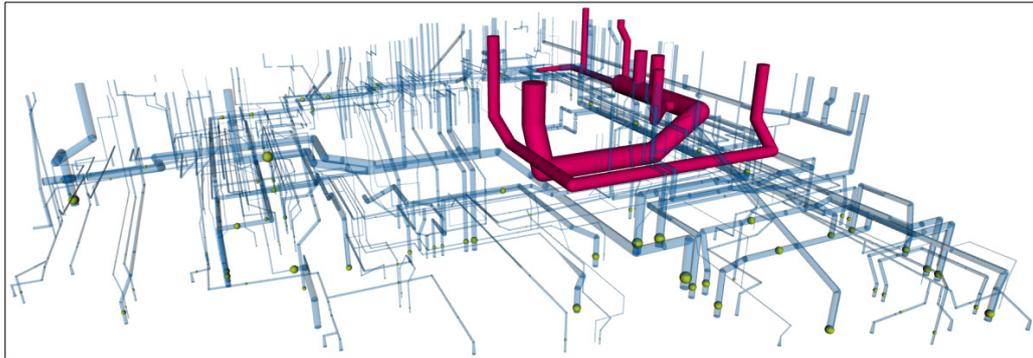


Fig.8 More than 250mm diameter pipes

また、一部分を拡大した図を Fig.9～Fig.12 に示す。

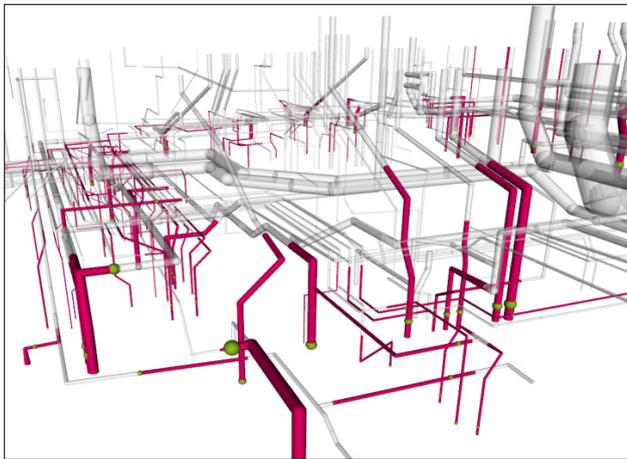


Fig.9 Material distribution : 1/4

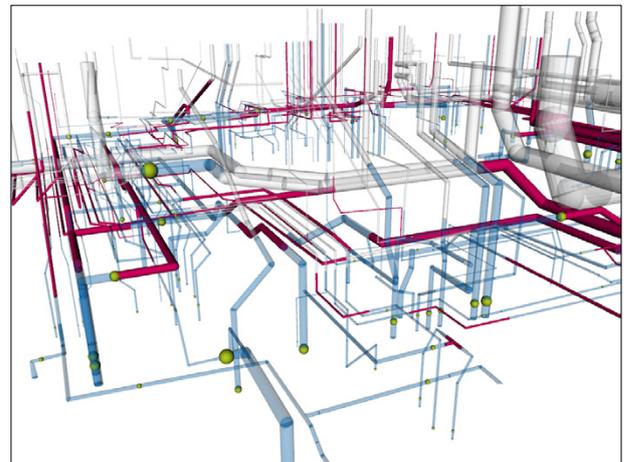


Fig.11 Material distribution : 3/4

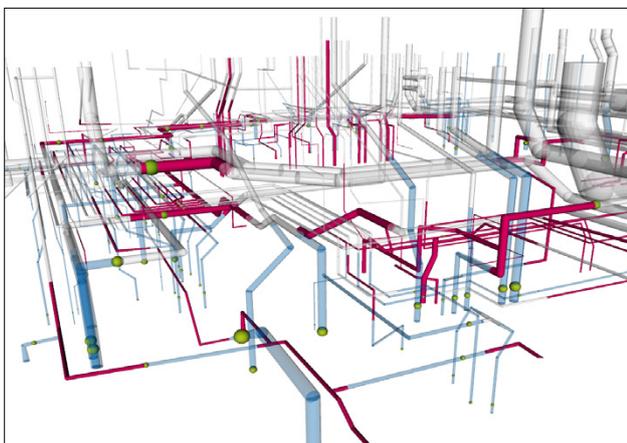


Fig.10 Material distribution : 2/4

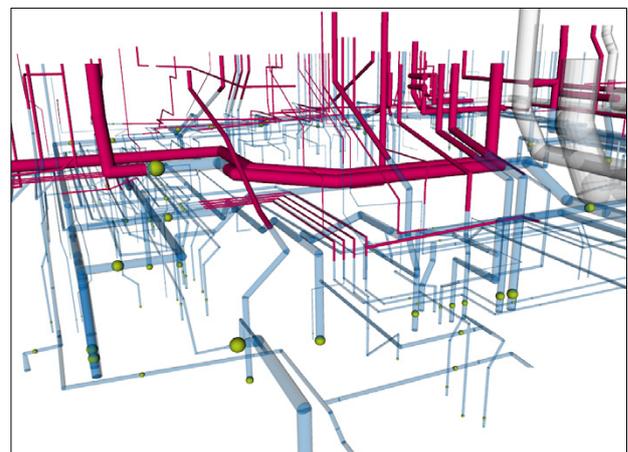


Fig.12 Material distribution : 4/4

5. 考察

この他、1020本のパイプデータをもつ他の船でも試した。造船所の現場担当者からは、ほぼ実用レベルであり、実際に運用して効果を確認してみるとのコメントを頂いた。しかし、より効率的な配材計画をするためには、以下のような改良すべき点が考えられる。

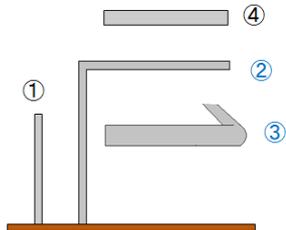


Fig.13 Problem of workability

Fig.13のような配置のパイプの取り付け順序は、先ほど整理した順序に従うと、①②③④となる。しかし、先に②を取り付けてしまうと、③をクレーンでは取り付けられない場合がある。もし、工事日程の境目が②と③の間にあると、③が別の日程に配材されてしまうことになる。作業がしやすい順序に現場で変更できるように、取り付けづらいパイプはまとめて配材しなければならない。このため、パイプが取り付けづらくないかといった作業性の評価
③・判定をする必要がある。

6. 結言

本研究では、パイプデータを読み込み、現場の取り付け順序に従って順序を自動生成し、配材を4等分、X3Dを使ってそれらを3次元表示するプログラムを作成した。今後の課題としては、パイプ取り付けの作業性を考慮した順序決定や、より詳細な取り付け順序の決定が挙げられる。

謝辞

本研究において、株式会社大島造船所の工作部・設計部より貴重なデータを提供していただき、様々な意見や助言をいただきました。厚く御礼申し上げます。本研究は日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究(B)課題番号23360388より補助を受けました。

参考文献

- 1) 奥本泰久：「造船技術と生産システム」，成山堂書店，2009
- 2) 広内哲夫：「X3Dグラフィックス」，カットシステム出版，2008
- 3) 野田和正、木村元：「配管工事におけるパイプ取り付け順序の作業性評価」，2011年度九州大学卒業論文、2012年3月

Appendix

4章の取り付け順序のフローチャート

