九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

船舶分野における配管経路自動設計に関する研究

安藤, 悠人

https://doi.org/10.15017/1500713

出版情報：九州大学, 2014, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済

（様式２）

氏　　名　：安藤　悠人

論 文 名　：船舶分野における配管経路自動設計に関する研究

区　　分　：甲

論　文　内　容　の　要　旨

近年、計算機の発達に伴い、船舶やプラントの配管設計作業において３次元ＣＡＤの利用が一般的になっており、設計作業や施工の効率向上につながっている。しかし、ＣＡＤは部材の配置を指示しチェックするための単なるツールに過ぎないため、設計作業の自動化には至っていない。特にスペースが狭隘な船舶における配管設計では､パイプ同士を干渉することなく配置するだけでなく、施工のしやすさ、メンテナンス性、パイプラインに付属するバルブ等の機器の操作性、さらに各種規則による制約など多岐にわたる要求を満たすことが求められるため、もっぱらベテランの配管設計技術者の知識と経験頼みになっているのが現状である。特に日本固有の問題として団塊世代の大量退職によりベテラン技術者が急激に不足しつつあり、知識と経験頼みの配管設計作業の分析、新しい世代の技術者の育成、および配管設計作業の自動化・省力化は急務である。

以上を研究背景として、本論文は障害物の存在する狭隘な空間において配管経路の設計作業を自動的に行うシステムの実現を目指し、その方法について検討した結果を取りまとめたものであり、８章から構成されている。

第１章では研究の背景と目的について述べている。配管設計作業は、ポンプやバルブ等の機器を配置する作業と、系統図に従ってそれら機器同士を結んだり分岐するようパイプを配置する作業に分かれ､パイプ配置の結果によっては機器を再配置するような繰り返し作業が生じることを紹介し、配管設計作業を自動化するシステムのあるべき姿について説明している。

第２章では、船舶における配管設計の概要、本論文にて提案するシステムに関連する技術や理論の概要、および自動配管設計に関する関連先行研究について紹介している。

第３章では、本研究で扱う配管経路設計問題における設計パラメータおよび評価項目について説明し、配管設計問題のモデル化を行っている。特に船舶では、狭隘な空間における配管が求められるため、一般の建築物ではあまり見られないＳ字状に曲がったベンド管が多用されることが述べられている。また、パイプの分岐の扱いについて、ベテランによる設計作業では分岐の配置は配管経路設計に含まれるが、本論文では分岐部を機器の一種とみなして配管経路設計問題から切り離し、バルブ等の機器と同様の機器配置問題とする方法を提案し、そのメリットについて説明している。

第４章では、第３章でモデル化した配管設計問題のうち、分岐の無いパイプ１本分の経路設計問題を定式化し、グラフ上の最短経路探索問題へ帰着してダイクストラ法により最適解を求める方法について述べている。パイプ配置の範囲を表わす直方体状の空間を格子状に分割し、その各格子点における座標と向きを状態量とした重み付グラフを生成する。このグラフのエッジの重みは、実際の配管コストを反映させる。また、グラフのエッジ生成の可否は、実際のパイプピースで障害物と干渉せずに接続可能かどうかで判定される。よって、ほとんどの先行研究において設計対象空間を分割する格子の寸法がパイプの直径に大きく依存していたため細やかな経路生成ができなかった問

題点があったが、本論文の方法によってそれが解決された。同時にＳ字状に曲がったベンド管など自動設計において扱いが難しかったパイプピースの取扱いについても解決され、複雑な形状のパイプピースを用いて障害物を回避した最小コストのパイプ配管経路を自動計算により求めることを可能とした。さらに、配管コスト評価方法に工夫を加えることにより、パイプラックへの配置を優先したり、鳥居配管を回避するような設計案を得る方法について提案を行っている。

第５章では、複数のパイプの経路を同時に求める問題の解決策について述べている。パイプ１本の経路については第４章で提案された方法によって最適解を得ることが保証されるが、複数のパイプの経路について１本ずつ提案手法を適用して経路を決めても、パイプを引く順序によって得られる設計案が異なり、後から配置するパイプほど遠回りになったり、最悪の場合パイプを引くこと自体が不可能になるという問題が生じる。ベテラン技術者による設計作業では、太いパイプから優先して経路を決めることで対処しているが、それだけでは満足な設計案は得られないことが説明されている。そこで本論文では、電子回路の配線経路設計に用いられている「タッチアンドクロス法」の導入を提案している。これは、最初パイプ同士の干渉を無視して全てのパイプの最小コスト経路を求め、パイプ同士の干渉コストを徐々に引き上げながらパイプを１本ずつ引き直す作業を繰り返していくことを基本とする方法である。さらに、タッチアンドクロス法による設計案の改善の行き詰まりを解消するため、探索の過程で後戻りを許容する焼きなまし法と組み合わせる方法を提案している。

第６章では、船舶のバラストポンプルームや船体平行部におけるデッキ裏スペースの配管設計を想定したシミュレーション実験を通じて、提案手法の有用性や問題点について述べている。

第７章では、本論文で提案した手法の新規性、および実用化に向けた課題について考察を行っている。

第８章では、本論文の結論として本研究の成果についてまとめている。

〔作成要領〕

１．用紙はＡ４判上質紙を使用すること。
２．原則として，文字サイズ１０．５ポイントとする。
３．左右２センチ，上下２．５センチ程度をあけ，ページ数は記入しないこと。
４．要旨は２，０００字程度にまとめること。
（英文の場合は，２ページ以内にまとめること。）
５．図表・図式等は随意に使用のこと。
６．ワープロ浄書すること（手書きする場合は楷書体）。
この様式で提出された書類は，「九州大学博士学位論文内容の要旨及び審査結果の要旨」の原稿として写真印刷するので，鮮明な原稿をクリップ止めで提出すること。