

審査の結果の要旨

氏名 刘捷

日本の造船業は、厳しい国際競争の中で、船舶の建造においてコスト削減、リードタイム短縮などの実現に多くの努力が費やされている。しかしながら、従来の経験と勘に頼った船舶の建造現場の改善方法の限界が存在することも事実であり、高効率な生産を実現するためには現場の「見える化」というものが期待されるが、具体的な「見える化」を効果的に実現する方法論は十分に確立されているとは言い難い。

本論文は、技術発展が目覚ましい情報通信技術を有効活用し、造船工場の「見える化」を実現するための技術を確認し、「見える化」に基づいた建造マネジメントの有るべき姿を議論し、実現するために必要となる技術、方法論を構築、提案することを目的としている。具体的な成果物として画像処理技術を活用した造船工場のモニタリングシステムの構築を掲げ、全6章で構成される論文となっている。

第1章では、本論文の背景となる日本の造船工場のモニタリングの現状と必要性を議論し、本研究の目的とアプローチを示し、モニタリングを実現する上での困難な課題を整理している。

第2章では、一般的なモニタリング技術のレビューとして、画像処理技術、人間（作業員）などの位置計測・観測技術などの技術的な特徴と造船工場で適用する際の問題点を整理している。さらには、モニタリングで得られる多種多様なデータを統合する観点から製造工程のモデル化に関して関連研究が整理されている。これらから、本研究で解決すべき課題を抽出している。

第3章では、本研究のモニタリングシステムの中核となるモニタリングデータ収集システムについて論じている。画像処理技術や電波等を利用した位置計測技術を活用したモニタリングシステムの構築では多くの取組みがされており、実用システムも少なくはない。しかしながら、これらの技術にとって造船工場は劣悪な使用環境であり、データ収集に際しては多種多様なノイズ、処理エラーの要因を取り除く必要があり、多くの技術的課題が存在する。本論文では、造船の特徴を分析し、モニタリング対象の時間と空間のスケールを適切にコントロールする画像処理方法を提案している。また、オープンソースのコンピュータビジョン向けライブラリである **OpenCV** を利用した画像処理システムを構築し、提案手法の実現可能性と妥当性を造船工場の実際のケーススタディによって検証している。

第4章では、多種多様なモニタリング機器、技術から得られるデータを統合し、ダイナミックに変化する現場の状況を計算機内部に構築するための方法に関して論じている。本論文では、計算機内部に構築された造船現場を仮想組立定盤 (**Virtual Job shop**) と呼び、仮想組立定盤におけるワーク（作業対象）、作業、作業員の情報モデルを生成し、相互に関

連付け管理することを提案している。これを実現するために、データを統合する手法 (Data Integration Method), データを関連づける手法 (Data Connection Method) を提案している。データを統合する手法は、画像処理システムから獲得されるワーク、作業、作業者の個々のデータにラベルを付け、空間的な距離、時間的な距離を基準にデータを統合する手法である。データを関連づける手法は、統合されたワーク、作業、作業者の各データの論理的な対応関係を利用して、欠損データの補充や、データの修正等を施し、データの精度を高める手法である。これらの二つの手法によって、最終的には仮想組立定盤における作業が情報として定義される。提案手法の実現可能性と有効性を、ケーススタディによって検証している。

第5章では、モニタリングシステムのプロトタイプシステムとモニタリング実験に関して論じている。構築したモニタリングシステムは、造船工場における組立ブロックの形状抽出、位置検出、作業者の位置検出や行動検出、作業情報として、溶接作業、グラインダーによる研削作業、ガウジングによる補修作業、ガスバーナによる加熱作業等が時刻歴とともに抽出される。これらのデータを整理、集約し、仮想組立定盤における作業情報が生成され、管理される。これらの情報とオリジナルのビデオを対応付けることによって、任意の作業状況を認識し、無駄な動きや詳細に行動を見つけるための特定のビデオクリップを見ることができるシステムも構築している。モニタリングシステムで使用するビデオ撮影環境、無線 LAN (WiFi) による位置検出環境の概要が示され、実際の造船工場のモニタリング結果が示され、その有効について議論している。

第6章では、本論文の結論と今後の課題が示されている。本研究で提案する手法によって、造船における建造管理を進めるための効率、進捗、品質、安全性などの状況を改善するために役立つ情報が得られることが確認されている。造船工場での利用が困難であるとされてきた画像処理技術や位置計測技術などは、造船の特徴を考慮することによって利用が十分に可能であることが示され、得られるデータに対しても十分に利用価値があることが確認された。本論文で示された方法や構築されたシステムは造船業における生産システムを革新する上で重要な示唆を与える成果を含んでおり、今後の展開が期待される。

よって本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。