OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	官能性能設計を取り込んだ建設機械の機械・制御系の設計手法に関する研究
Author(s)	大林, 薫
Citation	大阪大学, 2026, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/105441
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　大　林　薫　）	
論文題名	官能性能設計を取り込んだ建設機械の機械・制御系の設計手法に関する研究

論文内容の要旨

建設機械においても，遠隔化や自動化などシステムの高機能化が加速しており，高品質な製品を効率よく開発することが求められている．この課題に対して，モデルベース開発（MBD）の活用が進んでいる．MBDは，開発の上流工程でシミュレーションを用いた事前検討を行うことで，下流工程の手戻りを低減し，開発の効率化と品質の向上を実現する開発手法である．建設機械においても基本性能の設計にMBDが活用されているが，官能性能設計への適用は進んでいない．官能性能設計とは，建設機械の官能評価に関連する性能の設計を意味している．建設機械においても，操作性や乗り心地などの官能評価が行われているが，人の感性による評価はばらつきやすく，官能要因の抽出が難しいため，依然として評価者の感覚評価に依存した設計となっている．したがって，官能性能設計においては，官能評価に影響する要因（官能要因）を明らかにし，それらを適切に制御する手法を構築する設計プロセスの確立が課題である．そこで本研究では，建設機械の操作性を対象に，油圧ショベルの操作性に影響する官能要因を抽出し，その知見に基づいて油圧ショベルの遠隔操作手法および半自動制御手法を提案することで，官能性能設計のフレームワークを示すことを目的とした．本論文は，以下の6章で構成される．

第1章は序論とし，本研究の背景と目的および研究の構成について述べた．

第2章では，本研究の関連研究を紹介し，本研究の位置づけを明確化した．

第3章では，油圧ショベルの操作性に影響する官能要因を抽出するため，単軸操作と複合操作に分けて実験を実施した．実験では，車体特性や視覚情報を実験パラメータとして変更し，それぞれの操作に対する影響を評価した．単軸操作を対象とした実験の結果，むだ時間と視覚情報が操作に影響する官能要因であることを明らかにした．むだ時間が大きくなると，修正操作の増加とポジショニング精度の悪化が見られ，被験者の操作性評価も低下した．視覚情報については，油圧ショベルの作業機が視覚的な重量感として操作に影響し，慎重なポジショニング操作を促すことが示唆された．さらに，むだ時間と視覚情報について複合操作に対する影響を評価した結果，単軸操作と同様に影響が見られた．複合操作の実験で対象としたすきとり操作は，ブームとアームを複合的に操作し，バケットの刃先を地面に沿って水平に動かす操作である．実験の結果，むだ時間を有する条件では，刃先の挙動が安定せず，むだ時間が操作性に影響することが示された．また，視覚情報については，オペレータが視覚的なバケットの面積変化からバケットの刃先位置を推定し，ブームを操作していることが明らかとなり，バケットの面積という視覚情報が操作に影響することを実験的に示した．以上より，第3章の研究では，むだ時間と視覚情報が油圧ショベルの操作性に影響する官能要因であることを明らかにした．

第4章では，第3章の結果から，むだ時間が官能要因であることが明らかになったことを踏まえ，遠隔操作においてむだ時間にあたる通信遅延の影響を抑止する遠隔操作手法を提案した．本手法では，オペレータは仮想空間上のショベルを操作し，操作量のみを通信を介して実機に送信することで，通信遅延の影響を排除し，意図どおりの遠隔操作を実現する．提案手法の妥当性はシミュレーションにより検証し，むだ時間が官能要因であるという知見に基づいた官能性能設計手法を具体的に示した．

第5章では，第3章の結果から，すきとり操作において視認されるバケットの面積変化を基にブームが操作されることが明らかになったことを踏まえ，このオペレータの経験則に基づいてブーム操作を自動化し，すきとり操作の半自動制御手法を提案した．本手法は，アームを手動，ブームを自動で操作する半自動制御方式であり，オペレータの感性に基づいてブームを自動制御することで，自動化に対する違和感を軽減し，操作性を向上することを目的とした．また，シミュレーションによる検証も実施し，オペレータの経験則を半自動制御に反映できていることを確認した．これにより，視覚情報が官能要因であるという知見に基づいた官能性能設計手法を具体的に示した．

第6章では，本研究を総括し，今後の展望について述べた．

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（大林　薫　）		
	（職）	氏　名
論文審査担当者	主査　教授	石川　将人
	副査　教授	井野　秀一
	副査　教授	東森　充

論文審査の結果の要旨

本論文では、代表的な建設機械である油圧ショベルの操作性に着目し、操作性に影響する官能要因の抽出およびそれに基づく油圧ショベルの遠隔操作手法・半自動制御手法を通して、官能性能設計のフレームワークを提案している。

本論文は全6章で構成されている。第1章は序論、第2章は研究背景を述べている。

第 3 章では、油圧ショベルの操作性に影響する官能要因を抽出するため、単軸操作と複合操作を対象に実施した実験について述べている。実験では、車体特性や視覚情報を主要パラメータと設定し、操作性に対するそれぞれの影響を評価した。その結果、単軸操作においては、むだ時間と視覚情報が操作に影響する官能要因であることを明らかにした。むだ時間が大きくなると、修正操作の増加とポジショニング精度の悪化が見られ、被験者の操作性評価も低下した。視覚情報については、油圧ショベルの作業機が視覚的な重量感として操作に影響し、慎重なポジショニング操作を要することが示唆された。続いて、ブームとアームの同時操作によりバケットの刃先を地面に沿って水平に動かす複合操作（すきとり操作）を対象とした結果について述べている。実験の結果、むだ時間と視覚情報の影響評価について単軸操作と同様の知見が得られた。むだ時間を有する条件では、刃先の挙動が安定せず、むだ時間が操作性に影響することを示している。また、視覚情報については、オペレータが視覚的なバケットの面積変化からバケットの刃先位置を推定してブームを操作していることが明らかとなり、バケットの面積という視覚情報が操作に影響することを示している。

第 4 章では、前章の結果を踏まえ、遠隔操作においてむだ時間にあたる通信遅延の影響を抑止する遠隔操作手法を提案している。この手法では、オペレータは仮想空間上のショベルを操作し、操作量のみを通信を介して実機に送信することで通信遅延の影響を排除し、意図どおりの遠隔操作が実現できる。提案手法の妥当性はシミュレーションにより検証され、むだ時間が官能要因であるという知見に基づいた官能性能設計手法が具体的に示されている。

第 5 章では、第 3 章の結果を踏まえ、オペレータが視認したバケットの面積変化をもとにブームを操作しているという経験則に基づいて、アーム操作を手動、ブーム操作を自動とする半自動制御方式を提案している。これは、オペレータの感性に基づいたブーム自動制御を用いることで、自動化に対する違和感を軽減し、操作性を向上することを目的としたものである。シミュレーションによる検証の結果、オペレータの経験則を半自動制御に反映できていることを確認し、視覚情報が官能要因であるという知見に基づいた官能性能設計手法を具体的に示している。

第6章では、本研究を総括し、今後の展望について述べている。

以上のように、本論文は操縦しやすさという官能要素を考慮した建設機械の工学設計について論じたものであり、学術的にも応用的にも意義のある結果を示している。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。