



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	光選別機の開発のための数値シミュレーション技術と最適化手法に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	宮本, 知幸
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第11319号
Issue Date	2014-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/55673
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Tomoyuki_Miyamoto_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (情報科学) 氏名 宮本 知幸

審査担当者 主 査 准教授 野口 聡
 副 査 教 授 五十嵐 一
 副 査 教 授 近野 敦

学位論文題名

光選別機の開発のための数値シミュレーション技術と最適化手法に関する研究
(Study on Numerical Simulation and Optimization Techniques to Design and Develop Optical Sorter)

本学位論文では光選別機の解析法およびそれを用いた設計について論じている。光選別機は米などの粒状物質の良品・不良品を選別するシステムであり、粒状物質を取り組むシューター、不良品を識別するリーダーと不良品を選別するイジェクターから構成される。シューターはリーダーへ粒子を均一かつ同速度で供給する役割を担っている。リーダーはカメラで良品と不良品の識別を高速に行う機能を担っている。イジェクターはリーダーで識別された不良品を圧縮エアで弾き飛ばすことで選別する役割を担っている。その役割の中でシューターとイジェクターの性能が、光選別機の性能に大きく係わる。シューターには効率的な識別のために、粒子を分散させることが要求され、イジェクターには確実な不良品の選別と少ない空気量で動作する経済性が要求される。筆者は、シューターとイジェクターの高性能化と高経済性を目指し、その実現のために本研究を遂行してきた。

本論文の第1章では光選別機の歴史、機能、役割について述べ、本研究の背景、目的についてまとめている。さらに、過去の粒子物の解析手法や機器の最適化設計手法についてもまとめ、本論文の提案手法の妥当性、正当性について論じている。

第2章では、個別要素法による粒子流のシミュレーションによるシューターの構造について論じている。まず、短粒種米と長粒種米の特徴について述べ、それらの挙動を解析する個別要素法について述べている。個別要素法では、一般に球や楕円球による要素近似を行うが、単粒種米および長粒種米は球ではその特徴を表現できないため、球集合体モデルとして表現することを提案している。これにより、楕円球を用いた表現よりも計算時間を短くし、粒子挙動を解析することを実現している。個別要素法のシミュレーション結果は、実験と良く一致していることを確認している。つぎに筆者は、粒子を一様に分散できるシューターとして、段付きシューターを提案している。段付きシューターの性能は、開発したシミュレーションにより、その効果について論じている。実験でも、段付きシューターの効果を検証し、光選別機のシューターの高性能化に大きく貢献した。

第3章では、SPH法 (Smoothed Particle Hydrodynamics Method) によるイジェクターの空気流について論じている。まず SPH 法について詳細に述べている。続いて筆者は、SPH 法により解析したイジェクターからの噴出流と実験を比較することで、シミュレーション結果の妥当性について論じている。さらに、イジェクターの機構が噴出流に与える影響について論じている。その中で、イジェクターのノズル高さを低くすることで、高噴射エア圧を得られるが噴射エアが長くなることと、圧縮部を長くすることで噴射エアが短くなるが噴射エア圧が低くなることを明らかにしている。筆者は、その関係がトレード・オフの関係であり、光選別機の性能向上を難しくする要因であることを明らかにしている。本章の最後に、イジェクターの機構がもたらす光選別機の性能についてまとめている。

第4章では、第3章で明らかにしたトレード・オフの関係に対して、ゲーム理論を適用することで、イジェクター機構の最適化設計を行うことについて論じている。まず、ゲーム理論の非協力ゲーム、協力ゲームの原理、定式化などについて詳細に論じている。続いて筆者は、イジェクター機構の最適化設計のために、ゲーム理論への問題設定、定式化について論じている。その中では、歩留まり向上とランニングコスト低減の相反する目的を達成するために、イジェクター構造を設計している。これまで、相反する目的の最適化設計には、重みなどの人為的パラメーターを導入することで定式化していたため、最適化設計結果はパラメーターに依存するという問題があった。しかし、筆者はゲーム理論を適用することで、人為的パラメーターを排除して、相反する目的の妥結点を求める手法を提案している。設計したイジェクター構造は、歩留まり向上とランニングコスト低減の妥結点として求まり、得られた結果の有効性について論じている。

第6章では、本研究を総括し、得られた知見についてまとめている。

これを要するに、著者は粒子挙動を正確に解析するために、個別要素法に球集合体を適用することで短粒種米と長粒種米を解析する方法を提案している。また著者は SPH 法によりイジェクター構造が噴出エア流に与える影響を明らかにし、ゲーム理論を用いてイジェクター構造を最適化設計する手法を提案している。これらから、著者は光選別機の設計開発のみならず数値解析学、粒子運動力学、流体力学に重要な寄与をしていると考えられる。よって著者は北海道大学博士 (情報科学) の学位を授与される資格あるものと認める。