

Title	非直交要素を用いた鋳造シミュレーションに関する研究
Author(s)	金谷, 亮吾
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/40162">https://hdl.handle.net/11094/40162</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

氏 名	金 谷 亮 吾
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 3 1 1 4 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 9 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科材料開発工学専攻
学 位 論 文 名	非直交要素を用いた鋳造シミュレーションに関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 大 中 逸 雄 教 授 原 茂 太 教 授 碓 井 建 夫

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、任意の六面体要素を用いることのできる鋳造における熱流動解析法に関する研究についてまとめたものである。

第 1 章は序論であり、本研究における目的及び従来行われてきた研究について述べている。

第 2 章では、開発した任意の六面体要素を用いる三次元凝固解析法のアルゴリズムについて述べ、本解析法による計算結果を厳密解及び従来法による計算結果と比較し、妥当な解析結果が得られることを示している。

第 3 章では、任意の四辺形要素を用いる二次元湯流れ解析法を開発し、実用的な解析に不可欠な三次元湯流れ解析法の基礎を築くことを試みている。そして、幾つかの具体例に適用し、非直交要素を用いることで解析対象の形状を少ない要素数でよくモデル化でき、本解析法によって妥当な解析結果が得られることを示している。

第 4 章では、アクリル板で製作したキャビティおよび数種類の湯口系について、垂直押し上げ鋳造及び重力鋳造の水モデルによる可視化実験を行い、第 3 章で述べた二次元湯流れ解析法による計算結果と比較している。いずれの計算結果も、充てんパターン及び充てん時間は実験結果とおおむね一致することを示している。また、湾曲部を伴う湯口系について、直交要素分割及び非直交要素分割による計算結果と実験結果を比較し、特に流体が加速してゆく湯道部に対しては、非直交要素を用いて解析することが重要であることを示している。

第 5 章では、第 3 章で示した二次元湯流れ解析法を拡張した三次元湯流れ解析プログラムのアルゴリズムについて述べている。幾つかの適用例から、本解析法によって妥当な解析が可能であることを示している。また、非直交要素を用いることによって、直交要素を用いる従来法で正確に解析することができなかった鋳型充てん過程を推定できる可能性があることを示している。

第 6 章では、第 2 章から第 5 章で示した研究結果を総括した三次元熱流動解析システムのアルゴリズムについて述べている。そして、本解析法によって妥当な解析ができ、本解析法が実用的なものとなり得る可能性を示している。

第 7 章は総括であり、各章における結果及び考察をまとめている。

## 論文審査の結果の要旨

高品質鋳造品を経済的に生産するためには、鋳造方案決定の段階で凝固解析や湯流れ解析を中心とした CAE (Computer Aided Engineering) を積極的に利用する必要がある。しかし、現在開発されている熱流動解析法の多くは直交要素を用いているため、実際の鋳造品の形状を忠実にモデル化することが困難である。特に薄肉で湾曲部を伴う複雑な形状を有する鋳造品については、計算結果が実際の場合と大きく異なることがある。このため、非直交要素を用いることができ、実際の鋳造品の形状を忠実にモデル化できる実用的な解析法が望まれている。

本研究は、物理的意味が明確な直接差分法による非直交要素を用いることのできる三次元熱流動解析法（三次元凝固・湯流れ同時解析法）を開発し、その妥当性を明らかにしたものである。

本研究によって得られた結果を要約すると以下の通りである。

- (1) 任意の六面体要素を用いることのできる新しい三次元凝固解析法を開発し、相変化を考慮しない場合の計算結果は要素形状に影響されことなく厳密解によく一致することを示している。さらに、実用的な鋳造品に対する凝固解析を行い、従来法による計算結果と比較することによって妥当な結果が得られることを示している。
- (2) 任意の四辺形要素を用いることのできる新しい二次元湯流れ解析法を開発し、流れ場計算の結果が厳密解によく一致することを示している。また、実用的な応用例として、本解析法をダイカスト鋳造及び薄肉湾曲湯口系を伴った重力鋳造に対して適用し、妥当な解析結果が得られることを示している。
- (3) アクリル板で製作したキャビティおよび数種類の湯口系について垂直押し上げ鋳造と重力鋳造の水モデルによる可視化実験を行い、二次元湯流れ解析法による計算結果と比較している。そして、計算で得られた充てんパターン及び充てん時間が実験結果とおおむね一致することを示している。また、本解析法を適用することで、湯流れに起因する鋳造欠陥を予想する指針となる最終充てん位置およびガスの巻き込みなどを的確に推定できる可能性があることなどを示している。さらに、湾曲部を伴う湯口系については、非直交要素を用いることが精度の良いシミュレーションを行うために重要であることを明らかにしている。
- (4) 二次元湯流れ解析法を拡張し、任意の六面体要素を用いることのできる新しい三次元湯流れ解析法を開発している。そして、本解析法による計算結果の妥当性を調べるために、板状矩形キャビティへの充てん過程を三次元解析し、実験結果とほぼ一致することを示している。さらに、二次元解析を適用することができない湾曲板状キャビティへの押し上げ鋳造を、直交要素及び非直交要素分割で解析し、前者の解析では実際の流動と著しく異なる結果が得られることを見出している。
- (5) 任意の六面体要素を用いることのできる三次元熱流動解析システムを開発し、実用的な解析法となる可能性を示している。

以上のように、本研究は複雑なキャビティを溶湯が充てんする現象をより精度良くシミュレーションできる新しい数値解析法を考案し、実験結果と比較することで実用上十分な精度を持っていることを明確にしたものである。よって、本研究は材料工学、特に鋳造工学の発展に寄与するところが大きい。