

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 5 月 22 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2017

課題番号：16K18264

研究課題名(和文)感性工学に基づく金属組織形態の自動定量評価技術の開発

研究課題名(英文) Automatic and quantitative evaluation of material structure shape using Kansei engineering

研究代表者

平田 直哉 (Hirata, Naoya)

東北大学・工学研究科・助教

研究者番号：70507897

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：材料の性質は、顕微鏡等により観察できる組織の存在形態(大きさや形状など)と強い相関を持っていることはよく知られている。組織形態評価は人間の判断の占める割合が大きく、評価者の「感性」に大きく左右される。本研究はマセマティカル・モルフォロジを用いることで、金属組織の自動定量評価するための技術開発を目的とした。

WaterShed手法等を適切に組み合わせることで、複雑な形状と幅の広い分布を有する半凝固金属の初晶サイズ分布を精度良く半自動で求めることが出来た。また短辺と長辺の自動算出技術の開発により、複合材料内の大きく湾曲した扁平粒子の扁平率も精度良く求めることができた。

研究成果の概要(英文)：Material properties strongly depend on a morphology of its microstructure. In this study, automatic and quantitative evaluation method using mathematical morphology was developed.

Combination of mathematical morphology methods such as an WaterShed method could improve an evaluation accuracy and efficiency of primary phase size distribution of Al-Si alloy. And automatic calculation method of major and minor axis of particles enabled automatic calculation of aspect ratio of bended thin particles in meta-cera material.

研究分野：鑄造工学

キーワード：感性工学 画像処理 半凝固金属 複合材料 アスペクト比

1. 研究開始当初の背景

材料の性質は、顕微鏡等により観察できる組織の存在形態(大きさや形状など)と強い相関を持っていることはよく知られている。組織形態を正確に評価することで、材料の性質を推定できるだけでなく、発現メカニズムの解明や性質の向上、製品生産技術の改善等に応用が可能である。

顕微鏡写真等から材料組織の形態計測を行う際、主に人間が手作業で行う場合と、コンピュータを用いて自動化する場合がある。いずれの場合もまずは計測対象となる試料もしくは画像を作成する。そして人間が判断しやすい可視化、もしくはコンピュータが判断しやすいセグメンテーション(白黒による二値化など)を行う。その後、何らかの方法で対象を認識し、定量的な形態情報を抽出することで計測を行う。人間が関与する場合は、対象の認識のステップにおいてセグメンテーションに相当する作業も自然に行っている場合が多く、ここで重要なことは対象の“意味”を利用していることである。すなわち自分の取り扱う対象(たとえば共晶やデンドライト組織の形状認識や、画像にて認識できる欠陥の種類など)のセグメンテーションにおいて、これまで習得してきた知識や経験を利用し、内容を理解・学習している前提がある。このような人間の関与を前提としたシステムでは、形態情報の定量化に対し、解析者の主観(感性)の混入や再現性、定量性の欠如などの問題がある。

2. 研究の目的

前述のように、コンピュータを利用した組織形態評価を行う場合においても、現在のところ人間の判断の占める割合が大きく、評価者の「感性」に大きく左右される。またそのため大量の情報を処理することも困難である。本研究はこの人間の「感性」を定量化するための有力な技術のひとつである「マセマティカル・モルフォロジ」を用いることで、金属組織の自動定量評価するための技術の確立を目指すものである。

3. 研究の方法

まずは、セグメンテーション技術に関し、半凝固金属の初晶を人間の感性に近い形で半自動的に抽出する技術の開発を行った。本研究では材料特性と相間のある初晶サイズ分布を解析対象とした。本来初晶サイズには分布があり、半凝固金属では大小様々な初晶が分布している。しかし多くの場合、コンピュータを用いた画像処理ではセグメンテーション精度が低いため、平均粒径等で代表されることが多い。まず人間が経験的にしているセグメンテーションの基準としてノイズ除去、初晶の抽出、大小様々なサイズの初晶に対する適切な分離といった課題を抽出し、それらに対しマセマティカル・モルフォロジの代表的な手法のひとつであるオーブ

ニング、クロージング、Marker Controlled WaterShed 法等を組み合わせることで、人間の判断をより容易に半自動的にコンピュータで実現することを可能とした。

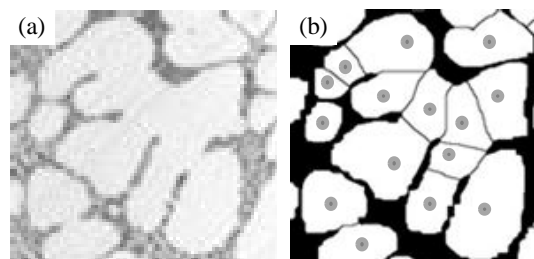
また、扁平粒子を混合した複合材料であるメタセラ材料の組織評価について、扁平粒子の扁平率が材料特性に大きな影響を与えることがわかっているが、湾曲した高扁平粒子の扁平率を自動的に求めることは困難であった。本研究ではマーカーと呼ばれる印を手動で付することで、半自動的に形状抽出を可能とし、さらに扁平粒子の短辺と長辺の抽出自動化技術を開発した。これにより、扁平率算出精度と効率を大幅に向上することができた。

次項に、これらの主な成果を紹介する。

4. 研究成果

(1) 半凝固金属の初晶サイズ分布

図 1(a)が半凝固金属における自動セグメンテーションが難しい複雑形状粒子の例である。これを従来多く用いられる UEP マーカーを用いた WaterShed 法を用いてセグメンテーションした例が図 1(b)である。自動生成された UEP マーカーは大きな複雑形状初晶の内部に複数生成され、結果として本来ひとつのはずの初晶粒子が多数の粒子として判断されるオーバーセグメンテーションが起きている。



(a) オリジナル画像 (b) UEP マーカーとセグメンテーション結果

図 1 従来法によるセグメンテーション

一方で、本研究において開発した提案法(EDM マーカーの利用等)によるセグメンテーション結果が図 2 である。粒子ごとに色分けをしており、同じ色の領域はひとつの粒子と判断されたことを示す。図 1 に示す複雑形状粒子は図 2 の中心付近にある緑色の粒子であるが、その粒子をはじめとして、大きな粒子から小さな粒子まで適切にセグメンテーションされていることがわかる。

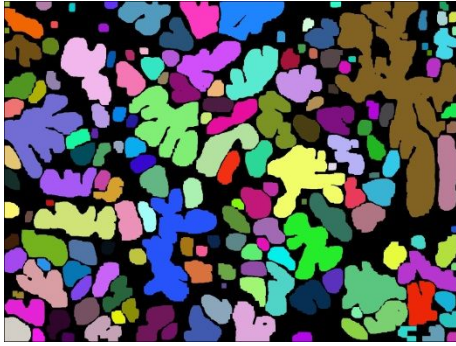


図2 提案法によるセグメンテーション結果

次に、初晶サイズ分布を算出した結果を図3に示す。人間の感性を反映させた手動(Manual)の結果を理想的な分布と仮定すると、従来法(UEP マーカー+オープニング)では小さな粒子の数が過大評価されていることがわかる。これは図1に示すオーバーセグメンテーションによるもので、ひとつの大きな粒子が多数の小さな粒子としてセグメンテーションされたためである。結果として大きな粒子は過小評価されていることもわかる。一方提案法のひとつであるEDM マーカー+オープニングでは、手動の分布に極めて近い結果が得られていることがわかる。

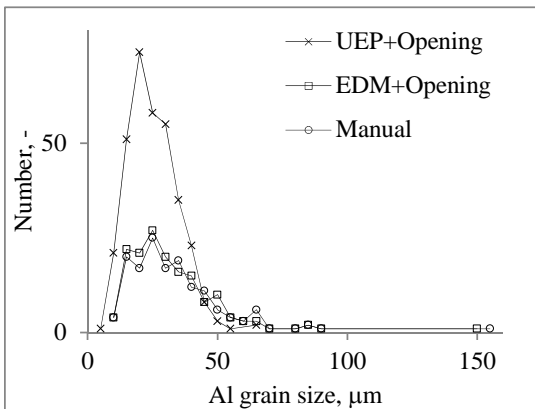


図3 初晶 Al 粒子サイズ分布

(2) メタセラ材料の粒子扁平率

図4にメタセラ材料の扁平粒子の例を示す。

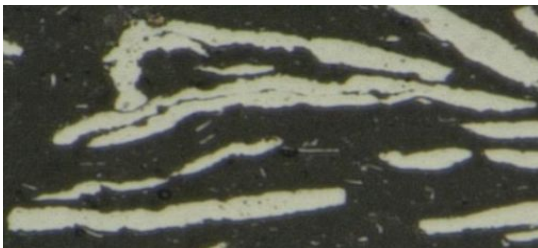


図4 メタセラ材料の扁平粒子

メタセラ材料の粒子は、ニクロム粒子をボールミルにて扁平化したものであり、高い扁平率を有する。これを前項で示したUEP マーカーでセグメンテーションを行うと、図5に示すように低扁平の小さな粒子にオーバーセグメンテーションされる。またEDM マーカーを用いた場合も、図6に示すように薄い粒子が重なった部分は一体としてセグメンテーションされてしまう。これほど重なった粒子を自動セグメンテーションすることは極めて困難なため、本項ではセグメンテーションのステップにおいては手動マーカーを用いた。

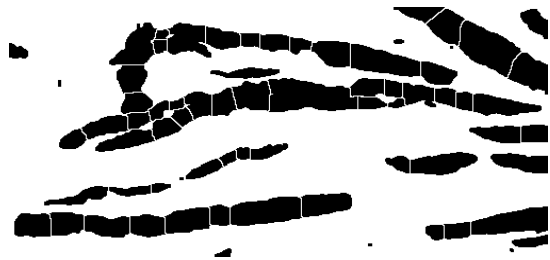


図5 UEP マーカーによるセグメンテーション例

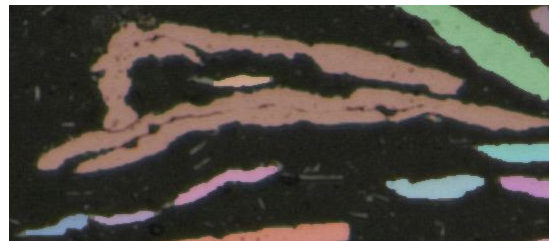


図6 EDM マーカーによるセグメンテーション例

図7に手動マーカーの例、図8に手動マーカーを用いたセグメンテーション例を示す。

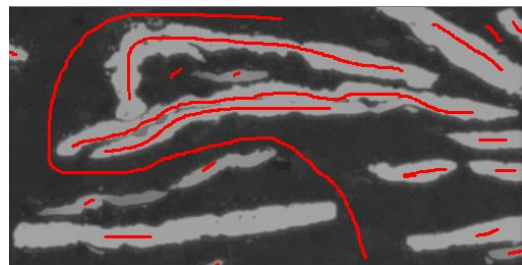


図7 手動マーカー例

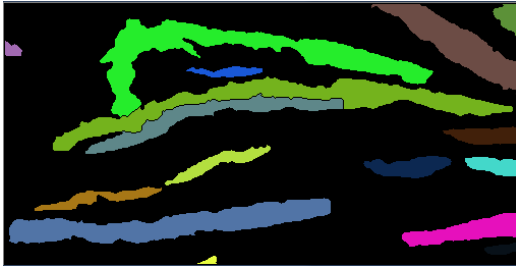


図 8 手動マーカーを用いたセグメンテーション例

手動マーカーは人間の感性をそのまま反映させるため、図 8 に示すように極めて自然なセグメンテーション結果が得られる。さらに扁平粒子の短辺と長辺を自動抽出する技術を開発し、扁平率の自動算出を行った。結果の例を図 9、図 10 に示す。図 9 は解析対象としたオリジナルの画像、図 10 はすべての扁平粒子に対する扁平率の計算結果である。



図 9 メタセラ材料の組織写真例

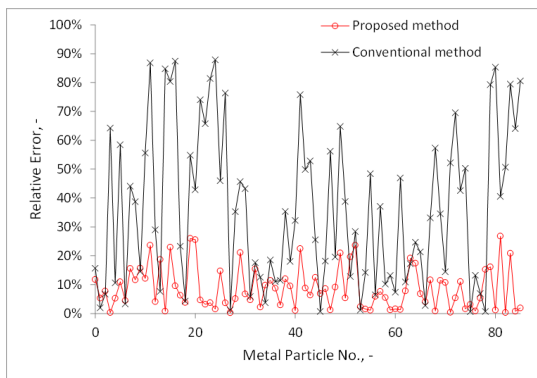


図 10 扁平率の算出結果。手動の計測に対する誤差。

図 10 は従来扁平率を算出する際に多く用

いられてきた楕円を用いる方法で算出した結果と、提案法による結果を比較したもので、手動で扁平率を計測した結果に対する誤差を示している。楕円を用いた手法では大きく湾曲した粒子の扁平率が過小評価されやすく、結果として手動の結果に対して誤差が大きくなる。一方で提案法の誤差はほぼすべての粒子において小さかった。

以上より、マセマティカル・モルフォロジを適切に用いることで、コンピュータを用いた材料組織の形態評価精度や効率を大きく改善することが出来た。完全な自動化にはさらなる研究が必要であるが、人間の判断をより容易に反映可能な手法として極めて有効であることがわかった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計0件)

[学会発表](計0件)

[図書](計0件)

[産業財産権]
出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

6. 研究組織

(1)研究代表者

平田 直哉 (HIRATA, Naoya)

東北大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号：70507897