

先端的イメージングデバイスを用いた多重解像度形状モデリング

[1] 組織

代表者：三浦 憲二郎
(静岡大学大学院工学研究科)

対応者：臼杵 深
(静岡大学電子工学研究所)

分担者：
R.U. Gobithaasan
(University Malaysia Terengganu)
Rushan Ziatdinov
(Fatih University)
臼杵 深
(静岡大学電子工学研究所)

[2] 研究経過 (以下10.5ポイント)

・本プロジェクトの目的

近年、機械部品の著しい微細化、精密化により、その外観検査のためには高解像度な計測データを取得する必要が出てきた。イメージングデバイスの飛躍的な進歩によりナノ・マイクロ分野での顕微鏡等の計測技術は急速に進歩している。しかし、顕微鏡では視野が狭くなるため、対象の相対的な位置を把握することが困難である。液晶などの製品検査では広範囲かつ高い精度が必要とされるが、全範囲を高解像度で表そうとすると、膨大なメモリを消費してしまう。このような理由によって、測定したデータを十分に活用できないため、ナノ・マイクロ分野での形状モデリングに関する研究はほとんど行われていない。そこで、本研究では先端的イメージングデバイスによって得られた顕微鏡画像を対象に解像度の異なる計測データを効率よく処理し、対象の局所的幾何性質から大局的性質までを同時に表現できる多重解像度画像を生成・処理するシステムを構築する。

・本プロジェクトの概要

コンピュータグラフィックス分野における多重解像度モデルを顕微計測における解像度の不均一性を扱うことが可能なモデルとして拡張することは斬新な着想である。ナノ・マイクロデバイス設計データと現物との幾何形状の差異を定量的に把握すること

は、国際半導体技術ロードマップにおいても喫緊の課題とされ、ナノ・マイクロ形状モデリングの実現は今までにない卓越した成果となる。さらに、設計段階、シミュレーション、製造工程初期段階において効率的な仕様変更・改善が可能となる点で、超精密ものづくり分野の飛躍的な発展に貢献することが期待される。本研究は、設計工学と生産工学の双方の観点から卓越した成果と言え、より高度な技術、例えば、マスクリペアや半導体欠陥形状修復、三次元微細形状のインプロセス加工計測制御、ナノ・マイクロデバイスのアセンブリプロセスの工程管理、iPS細胞や生体組織の成長観察や成長制御といった、工業分野のみならず医療分野やバイオ分野の発展への寄与が期待できる。

・研究活動状況の概要

まず、本プロジェクトの分担者である Dr. Rushan Ziatdinov をトルコ国の Fatih University から招へいし、先端的イメージングデバイスを用いたコンピュータグラフィックスや形状モデリングに関する研究打ち合わせおよびセミナー講演会を開催した。

続いて、本プロジェクトの分担者である Dr. R.U. Gobithaasan のとりはからいで、University Malaysia Terengganu から Dr. Ahmad Faisal Mohamad Ayob を招へいし、形状モデリングとオーシャンエンジニアリングの融合に関する研究打ち合わせおよびセミナー講演会を開催した。

[3] 成果 (以下10.5ポイント)

(3-1) 研究成果

本年度は、以下に示す研究成果を得た。

まず第1に、Dr. Rushan Ziatdinov との研究ディスカッションについて以下に記載する。

Visual perception is the ability to interpret the surrounding environment by processing information that is contained in visible light. According to Arnheim (1954), visual perception by its structure is a sensitive analog of intellectual cognition, and on both the perceptual and intellectual levels the same mechanisms are operating. Attneave (1954) defines perception as an information-handling process, and notes that much of the information received by any higher organism is redundant. Redundant visual stimulation results from either (a) an area of

homogenous color (color includes brightness here), or (b) a contour of homogenous direction or slope. It is further concentrated at those points on a contour at which its direction changes most rapidly (Attneave, 1954). Attneave's experiments were never published, but Norman et al. (2001) have conducted similar experiments and replicated Attneave's results. The aim of this work is to indicate some ways in which techniques of information theory may clarify our understanding of visual perception, in particular focusing on explaining how information is concentrated along visual borders. The quantity of information is sometimes called *surprisal* (Feldman & Singh, 2005), and can be computed as follows (Shannon, 1948): $u(M) = -\log(p(M))$, where

$p(M)$ is a probability density function. For closed planar curves with no self-intersections, the quantity of information becomes (Feldman & Singh, 2005):

$$u(\kappa) = -\log A' - b(\Delta s)^2 \cos(\kappa \Delta s - \frac{2\pi}{n}),$$

where κ is a curvature. Feldman and Singh (2005) claim that information generally increases with curvature, and that negative curvature points carry more information than equivalent positive curvature points. Results obtained by Matsuno and Tomonaga (2007) suggest that not only humans, but chimpanzees, too, are more sensitive to changes in concavity than in convexity. The mentioned works can be considered as pilot research in understanding visual perception and vision from the point of view of information science; however there are certain questions which have not yet been considered. For example, from Eq. 1 it can be seen that at a singular point (cusp) the quantity of information cannot be determined because $\lim_{\kappa \rightarrow \infty} u(\kappa) = \text{undefined}$;

however, from Attneave's theory it follows that singular points bear the maximum quantity of information. If visual borders are created by C^1 splines, then there should be junction points at which the quantity of information can be computed in two ways. This brings us to the problem of QIC splines, i.e., splines with quantity of information (surprisal) continuity.

第2に, Dr. Ahmad Faisal Mohamad Ayob との研究ディスカッションについて以下に記載する.

Shape representation plays a major role in any

shape optimization exercise. The ability to identify a shape with good performance is dependent on both the flexibility of the shape representation scheme and the efficiency of the optimization algorithm. In this article, the use of evolutionary algorithm is presented for 2D and 3D shape matching problems. The shape is represented using B-splines, in which the control points representing the shape are repaired and subsequently evolved within the optimization framework. The efficiency of the proposed algorithm is illustrated using three test problems, wherein the shapes were identified using a mere 5000 function evaluations. Extension of the approach to deal with problems of unknown shape complexity is also presented.

(3-2) 波及効果と発展性など

本プロジェクトの活動の結果, 学外研究者, 特に海外の研究者との交流が飛躍的に活性化し, 国際共同研究プロジェクトへの発展が示唆された. また, 本プロジェクトの成果として提案された, 形状における曲率と外観の関係性の定量化や形状モデリングとオーシャンエンジニアリングの融合という新しい研究領域の開拓 (萌芽的研究の発見) に結びつき, 今後の発展が期待できる.

出張報告（特別教育研究経費を使用した場合について，全員分記載して下さい。）

氏 名：Dr. Rushan Ziatdinov

所 属：Department of Computer & Instructional Technologies, Fatih University

期 間：2014年8月18日～2014年8月24日

用務先：静岡大学大学院 工学研究科 機械工学専攻 三浦・臼杵研究室

用務内容：研究打ち合わせおよびセミナー講演

主たる対応者：三浦 憲二郎

氏 名：Dr. Ahmad Faisal Mohamad Ayob

所 属：School of Ocean Engineering, Universiti Malaysia Terengganu

期 間：2015年2月15日～2015年2月21日

用務先：静岡大学大学院 工学研究科 機械工学専攻 三浦・臼杵研究室

用務内容：研究打ち合わせおよびセミナー講演

主たる対応者：三浦 憲二郎