

ものづくり情報技術統合化研究プログラム

Integrated Volume CAD System Research Program

プログラムディレクター 牧野内昭武
MAKINOUCHI, Akitake

製造業において、CAD、CAM、シミュレーション、CATなどの情報技術は、それ無しにものをつくることができないほど基本的な道具になっている。しかし、一方でこれらの技術はそれぞれに発展の歴史を引きずっており、各個技術の間の齟齬が大きな問題となっている。この問題を解決するには、CAD、シミュレーション、CATなどが独自性を主張してきた従来の枠組みを見直し、全体の協調性を前面に押し出した、これまでとは違うフレームワークのもとに新しい技術を創り出すことが求められている。

この要求に答えるために、本研究プログラムでは、「VCAD システム」という新しい概念を提案しそれを実現することを目指す。これは、「VCAD データ」と名付けた、物体構造や流体の流れる空間を記述する新しいデータ形式をコアに、このデータを生成し処理するプロセッサとしての「ボリュウム CAD (VCAD)」, そのデータ上で直接走る各種の「シミュレーション」、ボリュウムデータに基づいて機械加工を行う「CAM」、工業製品だけでなく生体などの自然物もその形状や構造を計測しボリュウムデータに取り込むための「CAT」を含む統合的なシステムである。これにより、統一されたボリュウムデータをベースに、1つのシミュレーションから次のシミュレーションを連続させることにより、設計段階で製造過程から製品機能までの評価が一挙にできるようになる、人工物と自然物とを完全に統一された環境の下に分け隔て無く扱うことができるようになるなど、これまでに無い新しい世界を開くことが可能となる。VCAD システムの適用範囲は、自動車や家電などから、情報通信機器、光学、医療など広範な産業に及ぶと考えている。

本研究プログラムは平成13年4月から開始され、本年度で4年間を終了することとなる。この間、最初の3年間でVCAD システムを構成する各種要素技術の開発を行い、本年度はそれら要素技術の統合化を手がけて来た。具体的には、統合システムの基盤となるVCAD バージョン3.2 (フレームワーク版) がリリースされ、VCAD にももの形状や物性のデータを取り込むV-CATや、VCAD 上で走る各種のシミュレーションソフトウェアなどがリリースされた。本システムは、「VCAD システム研究会」という、企業や個人が参加する研究組織によって評価され、そこでの議論が開発にフィードバックされている。

来年度は、プロジェクトの最終年度になるが、本システムの普及を図る方法を検討しており、VCAD フレームワークとV-CATについてはソフトウェアの公開を、各種シミュレーションソフトウェアに関しては商品化考えている。

In most industrial companies the information technology such as CAD (Computer Aided Design), computer simulation, CAM (Computer Aided Manufacturing) and CAT (Computer Aided Testing) is becoming a very important tool for product and manufacture design. However, the gap between these technological items, for example between CAD and simulation, becomes a big problem, since each technology has been developed based on its own independent background and connection between items was not taken into account sufficiently.

The objective of the project is to propose and develop a new volume CAD system, called VCAD, which can express the physical attributes of the internal part of a 3D-volume directly and thus make it possible to remove the gap between CAD, CAT and computer simulation. The key of the VCAD system is a unified data structure, in which the entire modeled space is filled by rectangle cells and the body boundary is represented by discretized surfaces described in the cells, and thus is suitable for the robust and efficient calculation in distributed parallel computing environment. This integrated system, which consists of VCAD, V-CAM, V-simulation and V-CAT, is expected to increase the productivity of product and manufacture design in the manufacturing industry.

The project has finished the first stage, 2001–2003, in which individual technologies were developed, and has entered the second stage of the project for this fiscal year, in which the integration of developed technologies is carried out aiming at the construction of a the trial system for the industrial design and production process.

誌 上 発 表 Publications

[雑誌]

(原著論文) *印は査読制度がある論文

Hama T., Asakawa M., and Makinouchi A.: “Investigation of factors which cause breakage during the hydroforming of an automotive part”, *J. Mater. Process. Technol.* **150**, 10–17 (2004). *

Tsuno K., Irikado H., Oono K., Ishida J., Suyama S., Itoh Y., Ebizuka N., Eto H., Dai Y., Lin W., Suzuki T., and Ohmori H.: “New-technology silicon carbide (NT-SiC): demonstration of new material for large lightweight optical mirror”, *Proc. SPIE-Int. Soc. Opt. Eng.* **5659**, 138–145 (2004). *

Teshima Y., Kase K., Usami S., Kato M., Ikeda N., and Makinouchi A.: “Self-reversed configurations on cube”, *Symmetry: Art Sci.: J. Int. Soc. Interdiscip. Stud. Symmetry (ISIS-Symmetry)*, No. 1-4, pp. 258–261 (2004). *

大森整, 上原嘉宏, 林偉民, 森田晋也, 劉慶: “超精密切削による電鍍金型加工と光学素子開発”, *型技術* **19**, No. 13, pp. 14–15 (2004). *

高村正人, 須長秀行, 桑原利彦, 牧野内昭武: “プレス成形シミュレーションによるスプリングバック形状予測手法の開発”, *自動車技術会論文集* **35**, No. 4, pp. 145–150 (2004). *

上原嘉宏, 大森整, 片平和俊, 林偉民, 渡邊裕, 清水智行, 三石憲英, 伊藤伸英, 佐々木哲夫: “ELID マイクロファブリケーションシステムにおけるマイクロツールの開発: 第2報 マイクロツールの評価について”, *砥粒加工学会誌* **48**, 269–274 (2004). *

渡邊裕, 大森整, 林偉民, 鈴木亨, 牧野内昭武: “屈折率傾斜光学素子への ELID 研削の試み”, *砥粒加工学会誌* **48**, 621–622 (2004). *

世良俊博, 藤岡秀樹, 横田秀夫, 牧野内昭武, 姫野龍太郎, 谷下一夫: “マイクロ CT を用いたラット細気管支の局所コンプライアンスの評価”, *日本バイオレオロジー学会誌 (B & R)* **18**, 20–27 (2004). *

石川惣一, 上原嘉宏, 渡邊裕, 片平和俊, 林偉民, 大森整, 三石憲英, 山本幸治: “ELID マイクロファブリケーションシステムにおけるマイクロツールの開発: 第3報 マイクロツールの高能率加工について”, *砥粒加工学会誌* **49**, 157–162 (2005). *

(総 説)

渡邊裕, 大森整, 林偉民, 鈴木亨, 牧野内昭武: “屈折率傾斜光学素子への ELID 研削の試み”, *型技術* **19**, No. 8, pp. 122–123 (2004).

[単行本・Proc.]

(原著論文) *印は査読制度がある論文

Teshima Y., Kase K., Usami S., Kato M., Ikeda N., and Makinouchi A.: “Enumeration of cutting points configuration in cube cutting”, *Human and Artificial Intelligence Systems from Control to Autonomy: Proc. Fourth Int. Symp. on Human and Artificial Intelligence Systems*, Fukui, 2004–12, *Advanced Knowledge International*, Adelaide, pp. 407–414 (2004). *

Tsuno K., Irikado H., Hamada K., Ohno K., Ishida J.,

Suyama S., Itoh Y., Ebizuka N., Eto H., and Dai Y.: “Reaction-sintered silicon carbide: Newly developed material for lightweight mirrors”, *Proc. 5th Int. Conf. on Space Optics (ICSO 2004)*, Toulouse, France, 2004–3–4, ESA, Noordwijk, pp. 681–685 (2004). *

Yamada T., Tsubota K., and Makinouchi A.: “Parallel computing for large scale stress analysis of the shape adaptation of bone microstructures”, *Proc. 7th Int. Conf. on Computational Structures Technology (CD-ROM)*, Lisbon, Portugal, 2004–9, Civil-Comp Press, Stirling, pp. 1–11 (2004). *

(その他)

Suzuki T., Ohmori H., Dai Y., Lin W., Katahira K., Makinouchi A., and Tashiro H.: “Ultraprecision fabrication of glass ceramic aspherical mirror by ELID-grinding with nano-Level positioning hydrostatic driving machine”, *Proc. 3rd Int. Conf. and 4th General Meet. of the European Soc. for Precision Engineering and Nanotechnology*, Vol. 2, Eindhoven, The Netherlands, 2002–5, Euspen, Bedford, pp. 795–798 (2002).

Yamada T., Tsubota K., and Makinouchi A.: “A large scale volume based analysis of bone microstructure on PC cluster”, *Proc. CD 7th World Congr. on Computational Mechanics (WCCM 5)*, Vienna, Austria, 2002–7, Vienna University of Technology, Vienna, pp. 1–6 (2002).

Suzuki T., Ohmori H., Yamagata Y., Moriyasu S., Uehara Y., Morita S., Lin W., Dai Y., Katahira K., Makinouchi A., and Tashiro H.: “Ultraprecision diamond cutting of mould die for 2500mm double-sided fresnel lenses”, *Progress of Machining Technology: Proc. 6th Int. Conf. on Progress of Machining Technology*, Xian, China, 2002–9, edited by Chen D. and others, Aviation Industry Press, Beijing, pp. 265–268 (2002).

牧野内昭武, 山村直人, 横内康人, 高村正人, 浜孝之, 森謙一郎, 桑原利彦, 吉田健吾, 伊藤耿一, 宅田裕彦, 吹春寛: *加工プロセスシミュレーションシリーズ 1: 静的解法 FEM: 板成形 (全一冊)*, 日本塑性加工学会 (編), コロナ社, 東京, (2004).

口 頭 発 表 Oral Presentations

(国際会議等)

Takamura M., Ohura K., Sunaga H., Kuwabara T., Makinouchi A., and Teodosiu C.: “Sheet Forming Simulation Using a Static FEM Program and Considering the Elastic Deformation of Tools”, *8th Int. Conf. on Numerical Methods in Industrial Forming Processes (Numiform 2004)*, Columbus, USA, June (2004).

Yokota H., Nakamura S., Kakusho N., Kawaguchi R., Yabe H., Makinouchi A., Himeno R., and Higuchi T.: “New anatomy with three dimension internal structure microscope device”, *16th Int. Congr. of the IFAA: Anatomical Science 2004 from Gene to Body*, Kyoto, Aug. (2004).

Teshima Y., Kase K., Usami S., Kato M., Ikeda N., and Makinouchi A.: “Self-reversed configurations on cube”,

- Symmetry: Art and Science 2004: 6th Interdisciplinary Symmetry Congr. and Exh. of ISIS, (International Society for the Interdisciplinary Study of Symmetry (ISIS-Symmetry)), Tihany, Hungary, Oct. (2004).
- Tsuno K., Irikado H., Oono K., Ishida J., Suyama S., Itoh Y., Ebizuka N., Eto H., Dai Y., Lin W., Suzuki T., and Ohmori H.: "New-Technology Silicon carbide (NT-SiC): demonstration of new material for large lightweight optical mirror", SPIE5659 4th Int. Asia-Pacific Environmental Remote Sensing Symp., Honolulu, USA, Nov. (2004).
- Teshima Y., Kase K., Usami S., Kato M., Ikeda N., and Makinouchi A.: "Enumeration of cutting points configuration in cube cutting", 4th Int. Symp. on Human and Artificial Intelligence Systems: From Control to Autonomy (HART 2004), (University of Fukui), Fukui, Dec. (2004).
- Watanabe Y., Ohmori H., Lin W., Uehara Y., Suzuki T., Morita S., Mitsuishi N., Ishikawa S., and Makinouchi A.: "Micro-ELID grinding machining for optical components of gradient index (GRIN)", RIKEN Symp.: 5th Japan-Korea Joint Symp. on Micro-Fabrication, Wako, Feb. (2005).
- (国内会議)
- 鈴木亨, 大森整, 山形豊, 戴玉堂, 田代英夫, 牧野内昭武: "Development of 4 axis ultraprecision oil hydrostatic driving machine for spherical lens mould cutting processing", 型技術者会議 2002, 東京, 6 月 (2002).
- 上原嘉宏, 大森整, 林偉民, 渡邊裕, 片平和俊, 三石憲英, 浅見宗明, 大井豊, 岡田真行, 佐々木哲夫, 山本幸治: "ELID 研削における研作液供給方法に関する研究 (第 7 報: 加工効率の向上を目的とした微細ピン加工技術その 2)", 2004 年度精密工学会春季大会学術講演会, 東京, 3 月 (2004).
- 浅見宗明, 大井豊, 大森整, 上原嘉宏, 林偉民, 今井圭介, 佐々木哲夫, 三浦隆寛, 阿倍勝幸: "テーブルトップ超精密 4 軸加工機の開発 (第 9 報: 単結晶ダイヤモンドツールを使用した微細形状加工の試み)", 2004 年度精密工学会春季大会学術講演会, 東京, 3 月 (2004).
- 森田晋也, 渡邊裕, 鈴木亨, 林偉民, 大森整, 牧野内昭武: "ボリューム CAD の超精密金型加工への応用 (第 1 報: V-CAM の開発とその加工効果)", 2004 年度精密工学会春季大会学術講演会, 東京, 3 月 (2004).
- 渡邊裕, 大森整, 林偉民, 片平和俊, 上原嘉宏, 森田晋也, 石川惣一, 牧野内昭武, 大鷹英雄, 佐々木哲夫: "モバイル AFM を用いた機上計測の特性", 2004 年度精密工学会春季大会学術講演会, 東京, 3 月 (2004).
- 渡邊裕, 林偉民, 大森整, 森田晋也, 上原嘉宏, 劉慶, 牧野内昭武: "屈折率傾斜光学素子への ELID 研削加工の試み", 2004 年度精密工学会春季大会学術講演会, 東京, 3 月 (2004).
- Kwak T., 鈴木亨, 上原嘉宏, 大森整, 牧野内昭武: "超精密射出成形シミュレーション及びその光学性能検証", 理研シンポジウム「第 14 回マイクロファブリケーション研究の最新動向」: 次世代微細加工・計測技術と新しいアプリケーション, 和光, 5 月 (2004).
- 渡邊裕, 大森整, 林偉民, 鈴木亨, 牧野内昭武: "屈折率傾斜光学素子への ELID 研削の試み", 型技術者会議 2004, (型技術協会), 東京, 6 月 (2004).
- 鈴木亨, 大森整, 林偉民, 戴玉堂, 渡邊裕, 上原嘉宏: "VCAD/VCAM を利用した非球面レンズ金型加工の試み", 型技術者会議 2004, (型技術協会), 東京, 6 月 (2004).
- 渡邊裕, 大森整, 林偉民, 片平和俊, 上原嘉宏, 森田晋也, 鈴木亨, 牧野内昭武: "機上レーザープローブ計測システムの開発", 光計測シンポジウム 2004, 横浜, 6 月 (2004).
- 手嶋吉法, 加瀬究, 山澤建二, 牧野内昭武: "光造形法による VCAD データの三次元実体化モデル", 理研シンポジウム「機能と形: かたちが生み出す新しい世界—現代の寺田寅彦を探しに—」, 和光, 6 月 (2004).
- 手嶋吉法, 加瀬究, 牧野内昭武: "対話: Kitta Cube の数え上げ—VCAD 形状表現の基礎—", 理研シンポジウム「機能と形: かたちが生み出す新しい世界—現代の寺田寅彦を探しに—」, 和光, 6 月 (2004).
- 高村正人, 大浦賢一, 浜孝之: "弾塑性変形解析ソフトウェア STAMP3D", 理研シンポジウム「VCAD システムの世界: ものづくり情報技術統合化研究 (第 4 回)」, 東京, 7 月 (2004).
- 渡邊裕, 大森整, 林偉民, 鈴木亨, 牧野内昭武: "屈折率傾斜光学素子への ELID 研削の試み", 2004 年度砥粒加工学会学術講演会 (ABTEC2004), 滋賀県草津, 9 月 (2004).
- 渡邊裕, 林偉民, 鈴木亨, 大森整, 森田晋也, 上原嘉宏, 劉慶, 牧野内昭武: "屈折率傾斜 (GRIN) 光学素子への ELID 研削加工の試み (第 2 報: ELID 研削加工の最適条件)", 2004 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 松江, 9 月 (2004).
- 郭泰珠, 金井茂, 鈴木亨, 上原嘉宏, 林偉民, 大森整, 牧野内昭武: "射出成形光学レンズのシミュレーション及び光学的性能の実験的検証", 2004 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 松江, 9 月 (2004).
- 惠藤浩朗, 戴玉堂, 海老塚昇, 戎崎俊一, 林偉民, 大森整, 牧野内昭武: "SiC ミラーの超精密加工", 2004 年度精密工学会秋季大会, 松江, 9 月 (2004).
- 手嶋吉法, 加瀬究, 牧野内昭武: "Kitta cube の数理 (VCAD メッシュの基礎)", 日本応用数理学会 2004 年度年会, 東京, 9 月 (2004).
- 石川惣一, 三石憲英, 上原嘉宏, 大森整, 林偉民, 渡邊裕, 片平和俊, 山本幸治, 伊藤伸英: "ELID 研削における研作液供給方法に関する研究 (第 9 報: 高能率研削加工における CYLIN 円筒研削方法特性)", 2004 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 松江, 10 月 (2004).
- 渡邊裕, 林偉民, 鈴木亨, 森田晋也, 上原嘉宏, 大森整, 牧野内昭武, 劉慶: "屈折率傾斜 (GRIN) 光学素子への ELID 研削加工の試み", 第 5 回生産加工・工作機械部門講演会「生産と加工に関する学術講演会 2004」, (日本機械学会), 吹田, 11 月 (2004).
- 渡邊裕, 大森整, 林偉民, 鈴木亨, 上原嘉宏, 牧野内昭武: "IT 援用加工 (2): IT 加工計測融合工学・先端光学素子開発", 神奈川科学技術アカデミー教育講座「次世代研削加工技術コース」, 川崎, 11 月 (2004).
- 須長秀行, 高村正人, 牧野内昭武: "薄板プレス成形シミュレーションによるスプリングバック形状予測", 第 10 回型技術ワークショップ 2004, (型技術協会), 滋賀県草津, 11 月 (2004).

浜孝之, 浅川基男, 高村正人, 牧野内昭武, Teodosiu C.: “剛体工具面の連続的な法線ベクトル変化を予測した高精度荷重補正アルゴリズムの開発”, 第 12 回機械材料・材料加工技術講演会, (日本機械学会), 熊本, 11 月 (2004).

浜孝之, 浅川基男, 畠山知浩, 宇津木洋, 牧野内昭武, 網野廣之, 呂言: “弾塑性有限要素法による対向液圧成形解析プログラムの開発”, 第 12 回機械材料・材料加工技術講演会, (日本機械学会), 熊本, 11 月 (2004).

横田秀夫, 覚正信徳, 中村佐紀子, 西村将臣, 姫野龍太郎, 牧野内昭武: “ボクセルエディタを用いた生物内部の 3 次元構造解析”, 第 13 回日本バイオイメーシング学会学術集会, 京都, 11 月 (2004).

浜孝之, 浅川基男, 高村正人, 牧野内昭武, Teodosiu C.: “Effect of force correction algorithm arising from change of tool normal on sheet metal forming simulation”, 第 55 回塑性加工連合講演会, (日本塑性加工学会), 京田辺, 11 月 (2004).

宇津木洋, 浅川基男, 畠山知浩, 浜孝之, 牧野内昭武, 網野

廣之, 呂言: “静的陽解法有限要素法による対向液圧成形の解析”, 第 55 回塑性加工連合講演会, (日本塑性加工学会), 京田辺, 11 月 (2004).

恵藤浩朗, 海老塚昇, 鈴木亨, 林偉民, 大森整, 戎崎俊一, 牧野内昭武: “超軽量 SiC ミラーの高効率加工”, 第 5 回宇宙科学シンポジウム, (宇宙航空研究開発機構宇宙科学本部), 相模原, 1 月 (2005).

恵藤浩朗, 海老塚昇, 鈴木亨, 林偉民, 大森整, 戎崎俊一, 牧野内昭武: “SiC ミラーの高効率開発技術”, RISE 研究会, (国立天文台), 三鷹, 2 月 (2005).

横田秀夫, 覚正信徳, 西村将臣, 中村佐紀子, 牧野内昭武, 姫野龍太郎: “3 次元内部構造顕微鏡と RV エディタが切り開く新しい解剖学”, 第 139 回日本獣医学会学術集会, 和光, 3 月 (2005).

恵藤浩朗, 海老塚昇, 鈴木亨, 林偉民, 大森整, 戎崎俊一, 牧野内昭武: “加工変形シミュレーションを導入した SiC ミラーの超精密加工”, 2005 年度精密工学会春季大会学術講演会, 横浜, 3 月 (2005).