

# 欧州のグラフィクスとCADの研究について

木村 文彦 (東大・工・精密機械)

## [1] はじめに

欧州におけるコンピュータ・グラフィクスとCADの研究について概観する。筆者の知る所は、西欧の一部の国々の限られた分野であるので、その範囲内の話となることを御了解いただきたい。

我々では、欧州におけるこの方面の研究状況はあまり良く知られていないようである。実際には、欧州は、この方面の研究に古い歴史と伝統を持ち、そこで初めて誕生した新しい概念、考え方も数多い。現在も、我々の知る限りでは、英国、西独、北欧(主にノルウェー、スウェーデン)、仏などで、主に政府の強い支援により、各種の研究開発が行われている。

学術的に見た時の欧州の特色は、基礎となる原理をしっかりととらえて、その上に立って、長期的展望を持って、正統的半端で、研究を進めていることである。基礎研究は、大学、公立研究機関で行われている。

一方、大学内でも、あるいは、大学や公立研究機関と関係を持つ半官半民のよき組織の研究開発機関において、極めて実務的な仕事も行われており、その成果は、直ちに使える形で民間に公開されている。西欧では、あまり規模の大きくない企業も多く、その企業は強力な研究開発能力を持っていないように思われることも、上記の方式が普及していることの一因と考えられる。一般的に、基礎研究などの成果を民間へ技術転移させていくことは、政府主導の努力が強く行われていることには注目して良いと思われる。

優秀な研究者、技術者が小さなシステムハウスなどを設立し、商用システムを開発している例も多く、米国のターンキーCAD/CAMシステムメーカーとは別の行き方で良いソフトウェアも提供している。米国のシステムが、システム化の技術を重視して、実用的に使いやすいものを目指しているように見えるのに対して、欧州の企業は、ソリッドモデル、曲面、NCCなどの要素技術をしっかりとまよめようとしているものが多い。

以下に、あまり組織的な展望ではないが、ソリッドモデリング、曲面モデリング、CAD/CAMプロジェクト、グラフィクス標準化などについて、歴史的状況や各国の現状をまとめて見る。

## [2] ソリッドモデリング<sup>1)</sup>

3次元立体に関する各種の処理を扱うソリッドモデリング(Solid Modelling)のハイオ＝アの仕事は、1973年のUniversity of CambridgeのI. Braidにより開発されたBUILD<sup>2)</sup>であると言われている。BUILDは、直方体や円柱などの基本立体を生成することができ、そのための立体同集合演算の概念を明確にした。円柱面同士の交わりを扱うことができない、システムの拡張性が乏しい、など制限の多いものだったが、その後の研究に大きな影響を与えたものであった。この仕事は決してBraid一人のものではなく、Wilkes指導下のComputer Laboratoryに

における CAD 研究グループ（当時のリーダーは C. Lang）の著実な研究の積み重ねによる所も大であったと推察される。同所では、同じ頃、モデルに基きつつ三次元実体形状を削り出す三次元モデル作成機や、大画面を有するレーザディスプレイなども開発されており、マン・マシン・インターフェースの研究も含めて、CADの研究が高水準にあったことがうかがえる。

ほぼ同じ頃、同様の研究が、日本、西独などで独立に行われていた。（米国の様子について、詳細は不明だが、University of Rochesterの研究計画書<sup>3)</sup>が1974年に出版されている。）西独では、TU Berlin の G. Spun 指揮下の COMPAC<sup>4)</sup>に関する一連の研究が有名である。機械工学から見た統合的 CAD/CAM の体系を考え、広範囲のシステム開発を進めていく中で注目されてきた。

上記の両システム共、その後とも研究が継続され、新しい成果を出し続けている。（BUILD は new-BUILD となり、Dept. of Engineering でモデル応用の研究が進められている。）

詳細は不明だが、スイスに EUCLID<sup>5)</sup> と呼ぶシステムもあった。

以上のようなハイオピオのソリッドモデルと同じ頃、本よりはとわきに引き続いて、多くのモデルが開発された。そして、今日、ソリッドモデルの CAD/CAM における重要性はよく認識されるようになり、数多くのモデルも数えるに至っている。開発の初期段階から現在に至るまで、その主流は欧州勢で占められ、米国のモデルにも多くの影響を与えた。主なものをあげて見ると、MICADO による EUCLID<sup>6)</sup>、Kernforschung Karlsruhe の REGENT/GIPSY<sup>7)</sup>、Cambridge の new-BUILD<sup>8)</sup>、TU Bochum の PRORENZ<sup>9)</sup>、新しいものでは、KTH (Sweden) の GPM-Solid<sup>10)</sup>、TH Helsinki の GWB<sup>11)</sup> などがある。Braid の Stepwise Construction<sup>12)</sup> に続いて、同所変形操作を重視していることを一つの特徴で、new-BUILD、GPM-Solid、GWB、後述の Romulus などに採用されている。

上のものは、主に研究用であるが、商用とされているものとしては、Shape Data の Romulus<sup>13)</sup>、COMPAC から発展した Bausteine Geometrie<sup>14)</sup>、Matra Data Vision の EUCLID、Dassault Systems の CATIA-solid、CADLAN<sup>15)</sup>、SAMMIE<sup>16)</sup> など、次々ある。他々のシステムの機能については、不明の点が多いが、これらにより、ソリッドモデルも徐々に実用化されていくべきであろう。Romulus は最も実績のあるモデルであり、EUCLID は極めて応答が速く、CATIA のソリッド機能は未だアプレミティブである、とまわられている。

開発に関して一つの興味ある事柄は、研究機関からソフトウェア開発の企業へ人が移り、優秀なプログラクも生み出している点である。よく知られている例として、Univ. of Cambridge や CAD Centre から、Shape Data、Cambridge Interactive Systems、Applied Research of Cambridge、FEES、等々へ人が移り、継続性のあるソフトウェアを開発していること、がある。

### [3] 曲面モデリング

自由曲面モデリングの基礎理論およびシステムに関して、欧州は重要な成果を生みだしている。基礎的成果として、Renault の Bézier による曲面理論<sup>17)</sup>がある。彼は、技術者としての工学的考察に基づいて、制御多角形なる概念を導入し、曲線の生成・制御に新しい見方を導入した。その概念に従い、曲面システム

UNISURF を開発した。これは、主にフランス国内に大きな影響を及ぼし、近年は国外からも注目されるに至った。フランス国内のものとして、類似の手法を採用しているものには、Dassault Systems の CATIA の曲線曲面機能、Aerospatiale の SIGMA<sup>18)</sup> などがあり、航空機産業以外でも利用されているようである。他国ではスイスの Battelle による SYSTRID.1<sup>19)</sup> があり、詳細は不明であるが、一部の企業で採用されているようである。

別の系統として、ノルウェーの Central Institute for Industrial Research などによる AUTOKON<sup>20)</sup> がある。ノルウェーでは、造船工業を背景として古くから CAD システムが開発されており、多種多様なスプライン曲線に関する基礎的成果も蓄積されていた。近年に至り、これらの成果を応用して、後述する internordic GPM-project の一環として、汎用で非常に強力な曲面モデラを開発しようとする計画があった。結果としては、この計画は完了せず、次の APS-project に引き渡される形になっているようであるが、この過程で、又、新しい理論的成果を生み出した。それは B-spline 理論における subdivision algorithm<sup>21)</sup> (別名 Oslo algorithm) である。これは曲面を B-spline で表わしておいた時に、各種のモデル処理に必要となる geometric computation を統一的に解決しようとする算法であり、Univ. of Utah の Riesenfeld の問題提起に対して、Univ. of Oslo の数学者 Lyche が解決を与えたといわれている。この算法を利用した曲面システムが Central Institute で開発中であるが、未だ発表の時期には至っていないようである。

他の国々でも、個別に仕事は進められていた。英国では、BAC における先駆的研究に続き、主に CAD Centre などで、POLYSURF<sup>22)</sup>、DUCT など多様な曲線曲面システムが開発され、ミニコンで動くような小さなシステムにまとめられた。これらの一部は、ソリッドモデルとの結合も考えられているようである。その他、TU Berlin<sup>23)</sup>、Philips<sup>24)</sup> などにおける研究がある。これ以外にも多くの例があるが、多岐にわたるので省略する。

#### [4] CAD/CAM プロジェクト

本節では、欧州における最近の 2 つの international project, などに ついて概要を述べてみたい。

最初のものは、北欧 4 国 (ノルウェー、スウェーデン、フィンマーク、フィンランド) による internordic GPM-project<sup>25)</sup> である。これは、形状モデリング機能を中核として、データベースにより各種モデルを統合化して、統合 CAD/CAM を実現しようとする計画であり、3 年計画で 1982 年に終了した。最終的な目標は実働するシステムを開発することであったと思われすが、真のねらいは、研究者を育て、技術水準を向上させることにあったとも思われる。その意味では、この project は成功であり、元々水準の高かった北欧各国を最先進国におし上げるのに有効であった。具体的成果としては、Oslo の Central Institute では、共用のデータベース管理システム TORNADO<sup>26)</sup>、曲線曲面システム (未完成)、Trondheim の TH Trondheim では、板金システム<sup>27)</sup>、Stockholm の Royal Institute では GPM-solid が作られた。これらを統合して、評価するには至らなかったと思われすが、これらの成果は、今、各国別の開発の基礎として利用されている。<sup>28)</sup>

次は、西独、ノルウェー、2 国による APS-project である。これも実用的

な統合 CAD/CAM システムを構築するニセかわらぬである。1980年より発足し、当初5ヶ年程は、両国の既構築のシステムを統合、評価し、次に長期目標を設定して、新しい構築に入る模様であるが、構築責任者の証によつても、長期計画は何も確定しておらず、研究構築の状況により考えよという、研究プロジェクトの性格も持つようである。当初計画では、ノルウェーの TORNADO、または Philips (Hamburg) の PHIDAS<sup>29)</sup> をデータベース管理に用い、TU Berlin の COMPAC、CAPSY<sup>30)</sup>、TH Aachen の DETAIL 2<sup>31)</sup>、AUTAP 等々を統合する予定のようであり、実際の作業が進行している。

これらの project から感じられることは、一つは政府の、二つは方面の研究開発に対する強力な支援である。これらの project 以外に、例えば西独は、Kernforschung Karlsruhe 内にあるセクタを通じて、CAD 研究に肉する企業、大学に対する助成を組織的に行っている。他方、感じられることは、これらの支援を受入れる体制があるという事である。例えば、TU Berlin には EPK、TH Transsien には SINTEF などという組織があり、大学と密な連携をとりながら、多くの人員を擁して、実際の構築作業に取り組んでいる。もちろん、企業も project に参加して、評価作業などを行っている。

上記のような international 巨大規模 project とは対照的に、各国とも国内的には、中小規模の企業に対する CAD/CAM 導入に ついて積極的な支援を行っている。近年、種々の CAD/CAM システムを設置して、システムを試用できるような Walk-in Centre と称するものが、政府支援のもとに欧州各地(英、仏、ノルウェー、西独)に建設されているのも、その一つの現われであろうか。

#### [5] グラフィクス<sup>32)</sup>

欧州のグラフィクスの研究は、米国におけるほど激進ではなく、一般にディスプレイ装置も貧弱である。しかし、上述のような CAD/CAM に係れるグラフィクスや、マン・マシン・インタラクション等々の研究には優れたものがある。Eurographics Conf.<sup>33)</sup> によりその一端を垣角見るニセかである。

ニここでは、最近の欧州のグラフィクス界の著しい成果である ISO グラフィクス標準 GKS<sup>34)</sup> について記す。GKS の技術的内容については触れない。GKS は、最初、DIN グループの Encarnacao により 1977 年に ISO/SC5/WG2 に提案された。以後、何回かの会合を経て、その内容が変更せられ、最終的に 1982 年の ISO の会合で DIS (Draft proposed International Standard) として承認された。形式的な手続きを経て、某年度には国際標準になると見込まれている。最近のニースによれば、ANSI も GKS をアメリカ規格として採用するニセに力を入れている<sup>35)</sup>。これらの期向を通じて、TH Darmstadt、Kernforschungszentrum、西独のメンバーを主とする DIN グループは組織的な活動も積極的に行い、GKS を改良していった。英国の Rutherford Appleton Lab.、オランダの Mathematical Centre 等々も大の貢献をした。

一般に ISO/SC5/WG2 に対する貢献は、西独、英国が組織的で、強力であり、ノルウェー、仏、オランダ等々が個人的に強力な支援を行っている。GKS の次の話題もいっつかよつてあり、今後の動向が注目される。(ANSI も強力な活動を行っているのは言うまでもない。)

以上、限られた国々の、限られた分野において履望してきました。これだけかゝるも推察されるように、欧州では、後に極めて重要となる新しい概念、アイディアが出土していることが多いためである。

そのようなものがあるか、否か不明であるが、近年、欧州各国では、CADの高度化に伴い、Knowledge Engineering などの手段を利用する計画がいくつか存在している。Engineering Database 構築<sup>36)</sup>、取付具設計<sup>37)</sup>、棒状加工自動化<sup>38)</sup>などの応用がある。この方面の研究については、その有効性をよく見極める必要があるのである。

技術的詳細については、全く触れなかったが、文献にきり内容を補足することは望みます。

### 参考文献

- 1.) Special Issue on Solid Modeling, IEEE Computer Graphics & Applications, vol.2, no.2 (1982).
- 2.) Braid, I.C. : Designing with Volumes, Ph.D dissertation, Univ. of Cambridge (1973).
- 3.) Voelcker, H.B. et.al. : An Introduction to PADL, TM-22, PAP, Univ. of Rochester (1974).
- 4.) Spur, G. & Gansmeier, J. : Processing of Workpiece Information for Production Engineering Drawings, Proc. 16th MTDR, pp.17-21 (1975).
- 5.) Engeli, M.E. : A Language for 3D Graphics Applications, Int. Computing Symposium, North-Holland, pp.459-466 (1973).
- 6.) EUCLID User's Manual, MICADO (1977).
- 7.) Schuster, R. : System und Sprache zur Behandlung Graphischer Information in Rechnergestütztem Entwurf, Rept. KfK-2305, Kernforschungszentrum Karlsruhe (1976).
- 8.) Braid, I.C. : New Generations in Geometric Modelling, P-78-GM-01, CAM-I, Inc. (1978).
- 9.) Saefert, H. et.al. : Different Ways to Design Three-Dimensional Representations of Engineering Parts with PROFENZ, Proc. Int. Tech. CAD, pp.335-343 (1978).
- 10.) Haglund, H. et.al. : System Specification - Volume Geometry, GPM Rept. no.18 (1981).
- 11.) Mantya, M. & Sulonen, R. : GWB: A Solid Modeler with Euler Operators, IEEE Computer Graphics & Applications, vol.2, no.6 (1982).
- 12.) Braid, I.C. et.al. : Stepwise Construction of Polyhedra in Geometric Modelling, in Mathematical Methods in Computer Graphics and Design, pp.123-141, Academic Press (1980).
- 13.) Romulus Brochure, Shape Data (1980).
- 14.) Spur, G. et.al. : A Model for Processing Part Geometry, in Advanced Manufacturing Technology, PROLAMAT 79, pp.101-120 (1979).
- 15.) Bigelmaier, A. et.al. : Computer Aided Design Language CADLAN, Proc. Euro-graphics, pp.191-204 (1981).
- 16.) SAMMIE Brochure, Compeda, Co. (1982).
- 17.) Bezier, P. : Mathematical and Practical Possibilities of Unisurf, in Computer Aided Geometric Design, pp.127-152 (1974).

- 18.) SIGMA Brochure, Aerospatiale.
- 19.) SYSTRID.1 Brochure, Battelle, Geneva Research Centre.
- 20.) Mehlum, E. et.al. : AUTOKON , PROLAMAT '73, (1973).
- 21.) Cohen, E. et.al. : Discrete B-splines and Subdivision Techniques in Computer Aided Geometric Design and Computer Graphics, Computer Graphics & Image Processing, vol.14, no.2, pp.87-111 (1980).
- 22.) Flutter, A.G. : The POLYSURF System, PROLAMAT '73, pp.401-415 (1973).
- 23.) Munchmeyer, F. et.al. : Interactive Design of Fair Hull Surfaces Using B-Splines, Computers in Industry, vol.1, no.2, pp.77-86 (1979).
- 24.) Janse, J. : Backgrounds and Use of the Computer Aided Geometric Design System GTS, Computers in Industry, vol.3, no.1-2, pp.143-148 (1982).
- 25.) Ulfsgby, S. et.al. : GPM: An Interinduc CAD Project, MICAD 82, (1982).
- 26.) Ulfsgby, S. et.al. : TORNADO: A DBMS for CAD/CAM Systems, Computer Aided Design, vol.13, no.4, pp.193-197 (1981).
- 27.) Jakobsen, K. & Fenheim, K. : Design of Complicated Assemblies of Welded Plates, in Preprint of IFIP WG5.2 W.C. on CAD System Framework (1982).
- 28.) Bp, K. et.al. : Advanced Production Systems (APS) - CAD/CAM Systems of the Future, op.cit.
- 29.) Blume, P. & Fischer, W. : Datenbanksystem für CAD-Anwendungen, KfK-CAD 111 (1978).
- 30.) Spur, G. : Possibilities of Merging COMPAC, CAPSY and CAPP, CAM-I, Inc., M-80-PP16-05 (1980).
- 31.) Fuchs, H. : Integrated CAD/CAM System - Structure, Range of Application, Experiences, MIT CAD/CAM Conf., pp.255-280 (1982).
- 32.) Special Issue on Computer Graphics in Europe, IEEE Computer Graphics & Applications, vol.2, no.5/6 (1982).
- 33.) Eurographics Conf. Proceedings, (1980 ~ 1982).
- 34.) Bono, P. et.al. : GKS - The First Graphics Standard, in 32), pp.9-23 (1982).
- 35.) Electronics, vol.55, no.21, pp.41-42 (1982).
- 36.) Cholvy, L. & Foissan, J. : Representation of Information in a Design Process, to be presented at CAPE '83, (1983).
- 37.) Márquez, A. et.al. : Fixture Design by PROLOG, Proc. MICAD 82, pp.66-80 (1982).
- 38.) Descotte, Y. & Latombe, J.-C. : GARI: A Problem Solver that Plans How to Machine Mechanical Parts, Proc. IJCAI, pp.766-772 (1981).

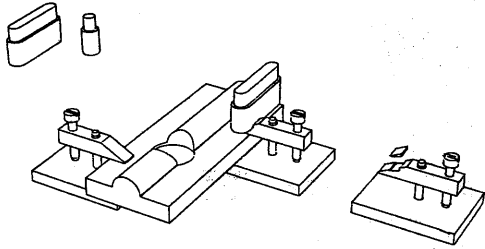


图 1. ROMULUS

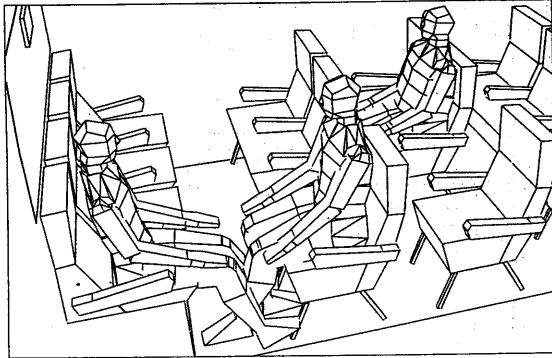


图 2. SAMMIE

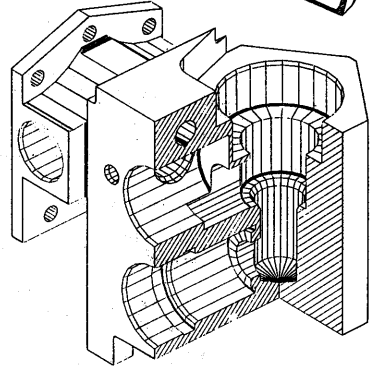
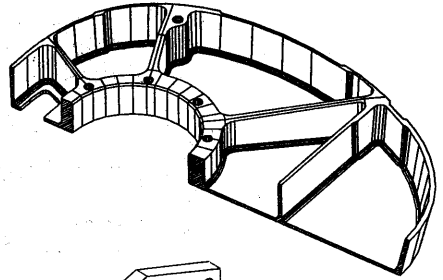


图 3. EUCLID

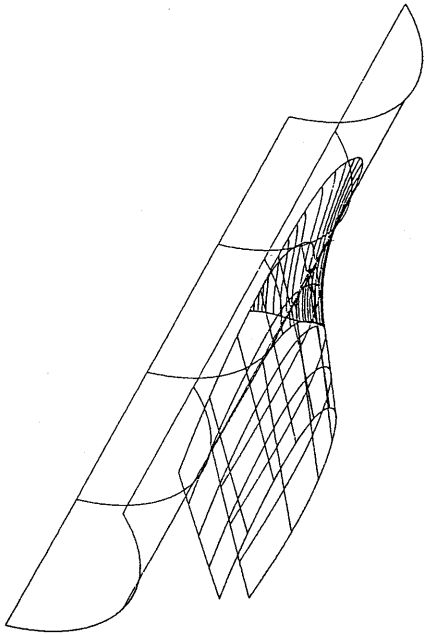


图 4. SIGMA

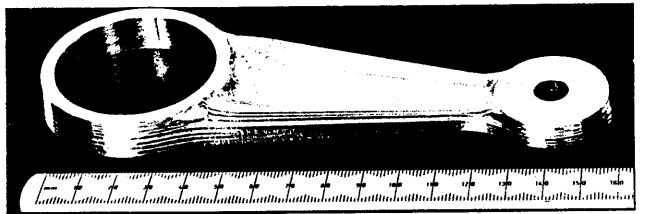
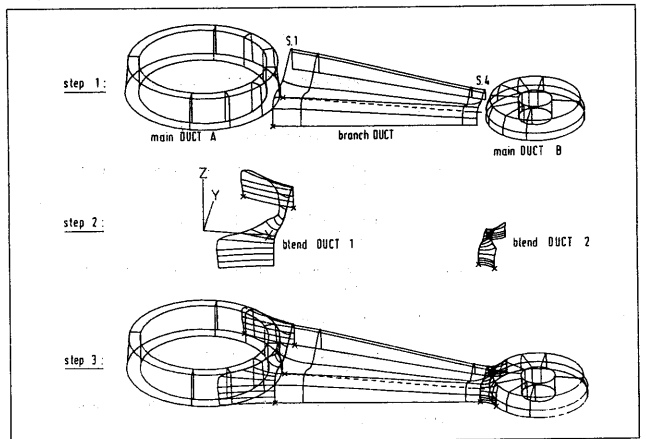


图 5. DUCT

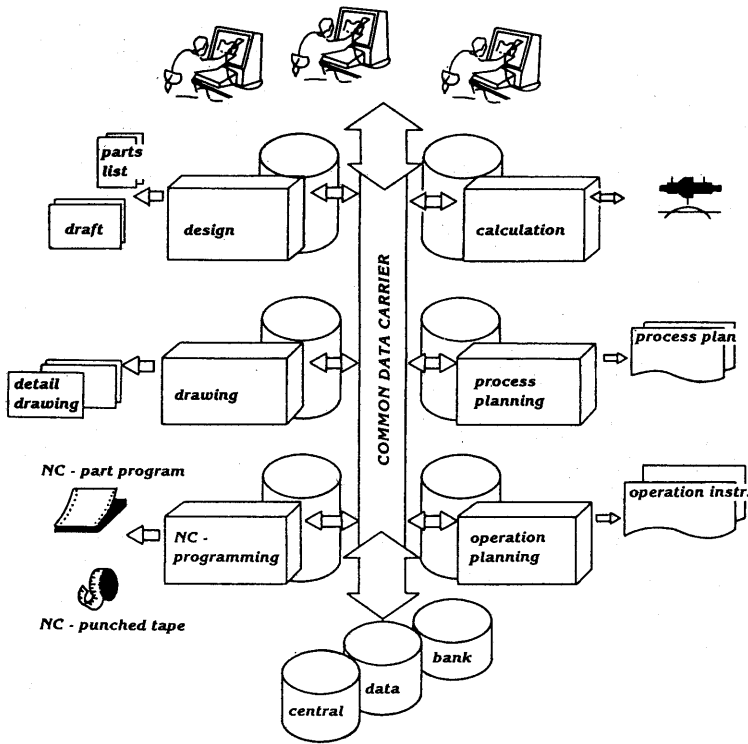


图 6. APS Project

Graphics standards milestones.

1974-75	National study groups organized
1976	IFIP WG 5.2 Workshop on Methodology in Computer Graphics (Seillac I)
1977	GSPC Core System and DIN GKS published; ISO TC97/SC5/WG2 formed
1979	Core System and GKS revised; GKS submitted to ISO as new work item
1980-81	GKS reviewed/revised by WC2
1982	GKS registered as draft proposed international standard
1983 (expected)	GKS becomes first international standard in computer graphics

表 1. GKS