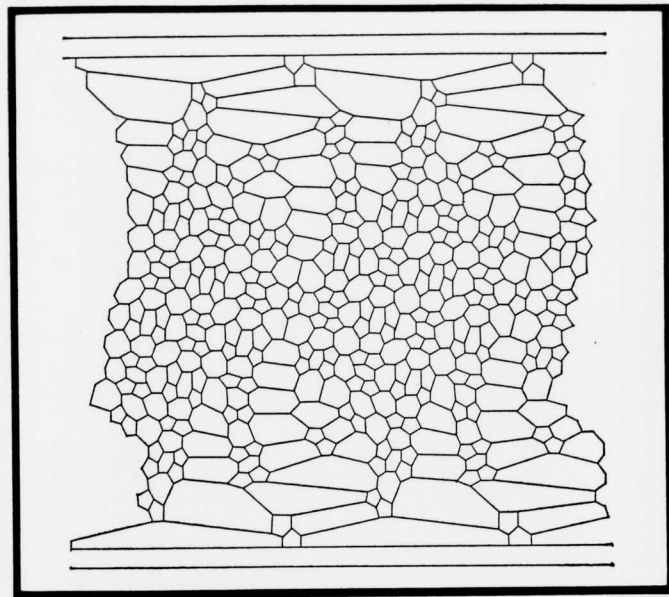


この項では、トポロジーの応用的な例について述べてみたい。

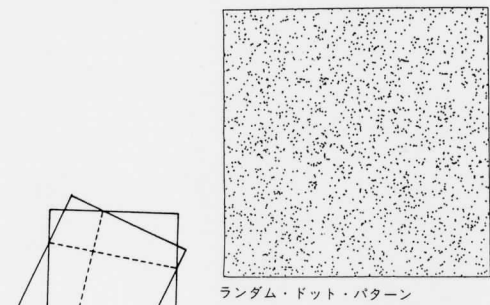
ブローウェルの不動点定理—— $n$ 次元球体上で作用するいかなる連続写像も必ず少なくとも一つの不動点をもつ——はトポロジーの中でも最もポピュラーな定理であり、美しく、かつ幅広い応用範囲をもつ(②)。

トムのカストロフィ理論は、曲面から曲面への写像の特異点に注目、分類することで不連続現象を定性的に記述するものであり、生物、社会、経済問題に至る諸現象を説明することができる(③)。この理論の中核をなす定理としてトム-マザーの定理があるが、これによると曲面の次元が4以下の場合、特異点は七つの基本的なタイプに分類される。このことは世の中(時間を含めて現実の空間は4次元である)の不連続的な変化のしかたは7種類以外にないことを意味する。

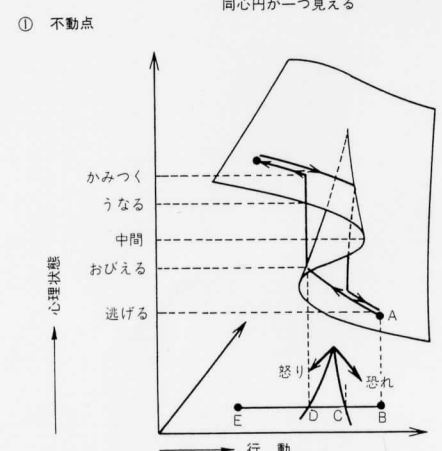
グラフ理論もトポロジーの中でもとりわけ応用範囲が広い。地図の塗り分けに関する問題も双対グラフによって解決されている。有名な4色問題——平面もしくは球面上の地図は必ず4色で塗り分けられるか——は100年以上にわたって未解決の難問であったが、1976年夏、イリノイ大学のアップルとハーケンは4色で塗り分けられることをコンピュータを使って証明した(④①,②)。



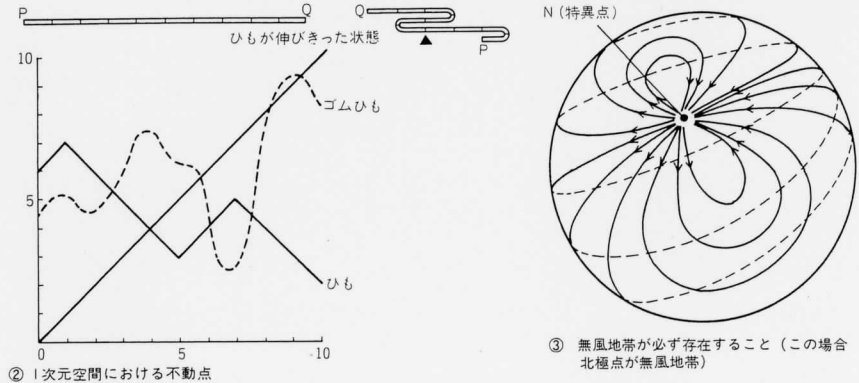
ムーアの地図——4色で塗り分けるのは困難だが可能



① 不動点

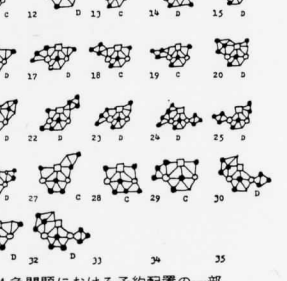
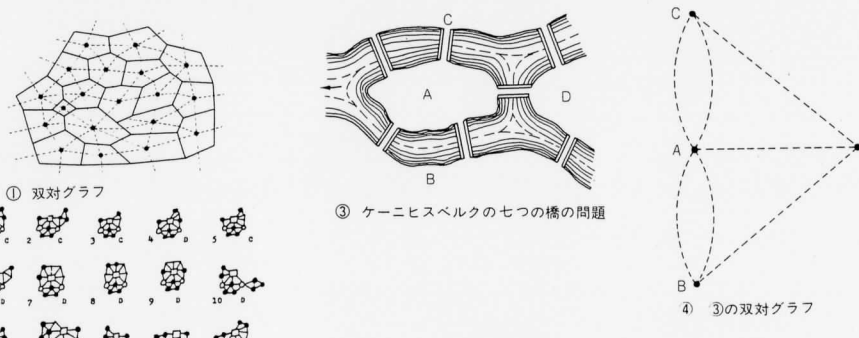


③カストロフィ理論の応用——犬の心理状態と行動(ジーマン)——  
横軸に心理状態(怒りと恐れ)、縦軸に行動が示される。犬の心理状態がB→Dと変化するにつれて、犬の行動は「逃げる→おびえる」と連続的に変化する。しかしDを通過してEへ向かうと曲面上でジャンプし、行動面では「おびえる→かみつく」への不連続的な変化となって現われる。

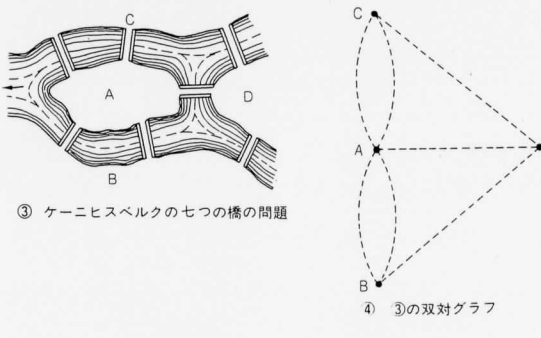


② 不動点定理

- ① 無秩序に並んだ点のシートを2枚重ね合わせ、その1枚を少し回転させると、同心円状の模様がかみついてくる。この同心円の中心は回転の中心軸(不動点)となっている。
- ② ひもでもゴムひも(伸び縮みがある)でも、途中で切ったりしなければ(連続写像であれば)必ず不動点をもつことが直観的に理解できる。厳密には中間値の定理を使って証明しなければならない。
- ③ 地球上の表面のいたるところで、同時に風が吹いているような状態をつくりだすことは不可能であり、どこかに必ず無風地帯ができてしまう。これも不動点定理によって説明される。



② 4色問題における予約配置の一部(アップル、ハーケン、コッホ)



④双対グラフとその応用  
双対グラフは領域を点で表わし、隣接する領域どうしを線でつないだりニアグラフである(④)。有名な4色問題の証明の本質的な部分は、1834個の可約配置(塗り分けにあたって無視してもよい領域の配置)の双対グラフ群である。  
有名なケーニヒスベルクの七つの橋の問題——七つの橋を1回ずつ渡って散歩することができるか——も双対グラフに変換することによって一筆書きの問題になる。この場合、奇点(3個以上ある)があるので一筆書きすることはできない。したがって、七つの橋を1度ずつ渡ることも不可能である。

島出版会, 1976 [II-17-口絵]  
 • S. ババート著, 奥村貴世子訳: マインドストーム, 未来社, 1982 [II-17-口絵]  
 • J. ピアジェ著, 滝沢武久訳: 思考の誕生(エビステマー叢書), 朝日出版社, 1980 [II-17-口絵]  
 • 波多野完治編: ピアジェの認識心理学, 国土社, 1980 [II-17-口絵]  
 • 滝沢武久他: 知能の心理学(古典入門ピアジェ), 有斐閣, 1982 [II-17-口絵 a, b]  
 • 波多野完治監修, 無藤隆編: ピアジェ派—言語・社会・文化—(心理学の発展1), 国土社, 1982 [II-17-口絵]  
 • Ulric Neisser: Cognition and Reality (Principles and Implications of Cognitive Psychology) (古崎敬訳による), W.H. Freeman and Company, 1976 [II-18-口絵]  
 • 溝口文雄: 人間の記憶内の知識表現形式(数理学1979-7) [II-18-口絵, 18-口絵, 18-口絵]  
 • Harold Cohen: What is an Image? (Proceeding of the 6th IJCAI (Vol.2)), 1979 [II-19-口絵, 19-口絵 a, b]  
 • デニエル・G. ボブロー, アラン・コリンズ編, 瀧一博監訳: 人工知能の基礎, 近代科学社, 1980 [II-19-口絵 a]  
 • 溝口文雄・北沢克明: 知識工学入門(ブルーバックス), 講談社, 1982 [II-19-口絵 b, c, 19-口絵]  
 • 千葉大学小原研究室提供 [III-1-口絵]  
 • 小原二郎・内田祥哉・宇野英隆編: 建築・室内・人間工学, 鹿島出版会, 1970 [III-1-口絵]  
 • 小原二郎: 室内計画(高等学校用), コロナ社, 1981 [III-1-口絵]  
 • 岡田光正他: 建築と都市の人間工学, 鹿島出版会, 1977 [III-1-口絵]  
 • 樋口忠彦: 景観の構造, 技報堂出版, 1975 [III-4-口絵]  
 • Colin Rowe: The Mathematics of the Ideal Villa and Other Essays, MIT Press, 1976 [III-5-口絵] i 左  
 • H. Wölfflin: Kleine Schriften, Benno Schwabe & Co-Verlag Basel, 1946 [III-5-口絵 ii 右, III-11-口絵 a]  
 • Otto Hagenmaier: Der Goldene Schnitt: Heinz Moos Verlag München, 1977 [III-6-口絵, 6-口絵, 6-口絵, 6-口絵, 9-口絵, 9-口絵 a, 10-口絵, 10-口絵]  
 • Matila Ghyka: The Geometry of Art and Life, Sheed And Ward [III-6-口絵, 6-口絵, 6-口絵, 8-口絵, 10-口絵]  
 • 岩中徳次郎: 形と比例, 美術出版社, 1978 [III-6-口絵, IV-13-口絵]  
 • J. S. Ackerman: The Architecture of Michelangelo, A. Zwemmer, Ltd, 1961 [III-7-口絵左]  
 • 望月長興: 日本人の尺度, 六藝書房, 1971 [III-8-口絵右]  
 • H. E. Huntley: The Divine Proportion (a study in mathematical beauty), New York, Dover Publications, 1970 [III-8-口絵 a, IV-13-口絵]  
 • P. A. ミヒュリス著, 吉田鋼市訳: 建築美学, 南洋堂出版, 1982 [III-8-口絵]  
 • ゲラー・ジュニンクス著, 市場泰男訳: エピソード魔法の歴史(教養文庫), 社会思想社, 1979 [III-9-口絵 b]  
 • Maurice Bessy: Magic And Super Natural, Spring Books, 1964 [III-9-口絵 c, d]  
 • Encyclopedia of World Art IX, McGraw-Hill Book Company, Inc, 1972 [III-9-口絵 a]  
 • a + u, 1977-6 [III-9-口絵 b, 11-口絵 i]  
 • 近藤豊: 古建築の細部図, 大河出版, 1978 [III-9-口絵 c]  
 • 森田慶一訳: ヴィトルウィウス建築書, 東海大学出版会, 1979 [III-10-口絵, 14-口絵]  
 • Edgar Wedepohl: Eumetria (Das Glück der Proportionen), Verlag Richard Bacht GmbH - Essen [III-10-口絵]  
 • Le Corbusier: Le Corbsnier 1957-65 [III-11-口絵, 18-口絵 d, f]  
 • William S. Huff: Symmetry, Man's Aesthetic Response Man's Contemplation on Himself (Opposition 3), 1974 [II-11-口絵, 11-口絵 e]  
 • J. Hambidge: Dynamic Symmetry (the Greek Vase), Yale University Press, 1920 [III-11-口絵]  
 • Geoffrey Tory: Champ Fleury, Dover Publications, 1967 [III-11-口絵]  
 • ル・コルビュジェ著, 吉阪隆正訳: モデュロールI (SD選書), 鹿島出版会, 1980 [III-11-口絵, 11-口絵下, 18-口絵, 18-口絵 a, 18-口絵]  
 • A. Ozenfant, Ch. E. Jeanneret: Sur la Plastique (L'esprit Nouveau 1), 1920 [III-11-口絵上]  
 • Franco Borsi: Leon Battista Alberti, Phaidon Press Ltd., 1977 [III-11-口絵 b, c, d]  
 • Le Corbusier: Le Corbusier 1910-29 [III-11-口絵 f]  
 • ジョゴラ提供 [III-11-口絵 g]  
 • Eisenman, Graves, Gwathmey, Hejduk, Meier: Five Architects, Wittenborn & Company, 1972, より作成 [III-11-口絵 h]  
 • Le Corbusier: L'architecture Vivante 1929 [III-11-口絵, 口絵左]  
 • 富永謙: 建築設計論第7回プロポーション2 ル・コルビュジェの比例法上(a+u, 1979-8) [III-11-口絵, 口絵, 口絵の文]  
 • ル・コルビュジェ著, 吉阪隆正訳: モデュロールII (SD選書), 鹿島出版会, 1976 [III-11-口絵]  
 • C. A. ドクシアディス著, 長島孝一・大野秀敏訳: 古代ギリシアのサイトプランニング, 鹿島出版会, 1978 [III-12-口絵]  
 • 都市デザイン 研究体: 現代の都市デザイン, 彰国社, 1975 [III-12-口絵, 12-口絵, 12-口絵, 12-口絵]  
 • 建築文化, 1966-5 [III-12-口絵]  
 • 日本建築学会編: モデュールと設計(設計計画パンフレット12), 彰国社, 1971 [III-12-口絵, 12-口絵, 15-口絵, 16-口絵, 16-口絵 a]  
 • 多目的ホール(E+P 8), 集文社, 1976 [III-12-口絵]  
 • グスターフ・バイヒル(a+u, 1974-6) [III-12-口絵]  
 • 建築文化, 1981-10 [III-12-口絵]  
 • C. A. Doxiadis: Archtural Space in Ancient Greece, MIT Press, 1972, より作成 [III-12-口絵, 12-口絵, 12-口絵]  
 • 伏見康治・中村義作・安野光雅: 美の幾何学(中公新書), 中央公論社, 1979 [III-13-口絵 a, b]  
 • Peter S. Stevens: Handbook of Regular Patterns, MIT Press, 1980 [III-13-口絵 a, b]  
 • Robert T. Packard, AIA Editor: Architectural Graphic Standard, John Wiley & Sons, Inc, 1981 [III-13-口絵]  
 • 森田慶一: 建築論, 東海大学出版会, 1978 [III-14-口絵]  
 • Arthur Stratton: The Orders of Architecture, London B. T. Batsford, Ltd. 1931 [III-14-口絵]  
 • J. サマーソン著, 鈴木博之訳: 古典主義建築の系譜, 中央公論美術出版, 1976 [III-14-口絵]  
 • 日本建築学会編: 改訂新版日本建築史図集, 彰国社, 1978 [III-15-口絵]  
 • 内藤昌: 新柱廊宮論(SD選書), 鹿島出版会, 1976 [III-15-口絵, 15-口絵]  
 • 伊藤要太郎: 木割書の成立(世界建築全集3日本III世)平凡社, 1959, [III-15-口絵]  
 • 内田祥哉: 建築生産のオープンシステム, 彰国社, 1977 [III-16-口絵 b]  
 • 池辺陽: デザインの鍵—人間・建築・方法, 丸善, 1979 [III-17-口絵, 17-口絵, 17-口絵, IV-14-口絵, IV-20-口絵]  
 • 池辺陽: 空間の寸法体系・GMモジュールの構成と適用, 1961 [III-17-口絵, 17-口絵, 17-口絵, 17-口絵]  
 • Le Corbusier: Le Corbusier Mein Werk, Verlag Arthur Niggli-Teufen-Teufen AR, 1960 [III-18-口絵, 18-口絵]  
 • Le Corbusier: Le Corbusier 1952-57, Artemis, 1977 [III-18-口絵 b]  
 • Le Corbusier: Le Corbusier 1946-52, Artemis, 1976 [III-18-口絵]  
 • 富永謙: 建築設計論第8回プロポーション3 ル・コルビュジェの比例法下(a+u, 1979-9) [III-18-口絵の文]  
 • Le Corbusier: Le Corbusier 1938-46, Artemis [III-18-口絵 c]  
 • C. Alexander, S. Ishikawa, M. Siverstein: A Pattern Language Which Generates Multi-Service Centers, Center for Environmental Structure, 1968 [III-19-口絵]  
 • C. アレグザンダー著, 稲葉武司訳: 形の合成に関するノート, 鹿島出版会, 1978 [III-19-口絵]  
 • 法政大学アーバン・デザイン研究会: 人間環境の空間化・その概念と方法(都市住宅, 1970-11) [III-19-口絵, 19-口絵, 19-口絵]  
 • C. アレグザンダー著, 宮本雅明訳: オレゴン大学の実験, 鹿島出版会, 1977, [III-19-口絵, 19-口絵]  
 • 国際科学技術博覧会: 科学万華鏡, みずうみ書房(写真撮影, 関戸勇), 1981 [IV-1-口絵]  
 • 丹下敬明: ガウディの生涯, 彰国社, 1978 [IV-1-口絵, IV-4-口絵]  
 • 竹山実: 愚いニルバーナ, 商店建築社, 1974 [IV-2-口絵]  
 • エルハルト・カルコシュカ著, 入野義朗訳: 現代音楽の記譜, 全音楽出版, 1977 [IV-2-口絵]  
 • 日本図学会: 図形科学ハンドブック, 森北出版, 1980 [IV-2-口絵, 2-口絵, 2-口絵, 2-口絵, 2-口絵, 2-口絵右, 3-口絵, 4-口絵, 10-口絵, 14-口絵, 15-口絵, 15-口絵, 16-口絵]  
 • 小西岳: 数学のひろば(数学セミナーリーディングス), 日本評論社, 1981 [IV-2-口絵上]  
 • 日本建築学会編: 三訂版西洋建築史図集, 彰国社, 1983 [IV-3-口絵]  
 • 中森寛二・内藤淳: 曲線の科学, コロナ社, 1962 [IV-3-口絵, 3-口絵, 3-口絵, 3-口絵④~⑥, IV-4-口絵, 4-口絵④, 5-口絵, 5-口絵, 5-口絵④, 5-口絵⑤, ⑥, 6-口絵, 8-口絵②, ⑨, 9-口絵, 9-口絵②, 12-口絵③, 12-口絵, 13-口絵, 13-口絵③, 13-口絵④, 13-口絵]  
 • J. B. Fischer von Erlach: Entwurf einer historischen Architektur, Die bibliophilen Taschenbücher, 1978 [IV-3-口絵]  
 • 矢野健太郎: 数学100の発見(数学セミナー—数学100の発見), 日本評論社, 1972 [IV-3-口絵]  
 • H. ステインハウス著, 遠山啓訳: 数学 スナップ・ショット, 紀伊国屋書店出版部, 1976 [IV-3-口絵, 16-口絵, 20-口絵]  
 • 彰国社編: 城—国宝日本建築, 彰国社, 1962 [IV-5-口絵]  
 • Architectural Record 1963-7 [IV-6-口絵]  
 • 建築文化, 1964-10 (写真撮影: 村井修) [IV-6-口絵]  
 • カラム, No. 2 [IV-6-口絵, 18-口絵]  
 • カラム, No. 18 [IV-6-口絵, 6-口絵, 18-口絵, 18-口絵, 18-口絵, 19-口絵]  
 • カラム, No. 83 [IV-7-口絵, 17-口絵, 18-口絵, 19-口絵]  
 • 建築文化, 1970-4 [IV-7-口絵]  
 • 坂根巖夫: 遊びの博物誌, 朝日新聞社, 1978 [IV-7-口絵, 20-口絵]  
 • H. Fabrizio: De formatione ovi, et pulli, 1961 [IV-10-口絵]  
 • 中村植里: 回転する門の歴史, 朝日新聞社, 1979 [IV-10-口絵]  
 • 日本図学会コンピュータグラフィックス委員会編: コンピュータによる自動製図システム, 日刊工業新聞社, 1974 [IV-11-口絵]  
 • 建築文化, 1970-3 [IV-11-口絵]  
 • 高橋正人: 構成(視覚造形の基礎), 鳳山社, 1975 [IV-12-口絵, 16-口絵]  
 • ルイーズ・バウエン・マリッジャー, トーマス・F・フロマン著, 白石和也訳: デザイン発想—造形のよりどころ, 鳳山社, 1974 (アメリカ自然史博物館提供) [IV-12-口絵]  
 • 渡部一三・村山忠(水環造形研究会): 環境系としての水; 武蔵野のまがいず井戸断面図(東陶通信 No. 264, 東陶機器, 1980) [IV-13-口絵]  
 • H. A. Millon, A. Frazer: Key Monuments of the History of Architecture, Harr N. Abrams, Inc [IV-13-口絵]  
 • 高木隆司: 「かたち」の探究, ダイアモンド社, 1978 [IV-13-口絵④]  
 • 中西俊男: 点と線と面, 日科技連出版社, 1981 [IV-13-口絵, 13-口絵④, 13-口絵⑤, 14-口絵, 14-口絵]  
 • 中村良夫: 土木空間の造形, 技報堂出版, 1967 [IV-13-口絵]  
 • 磯田浩・広部達也: 図学教程, 東海大学出版会, 1976 [IV-13-口絵, 13-口絵, 13-口絵, 16-口絵, 16-口絵, 16-口絵④, ⑤, 18-口絵]  
 • 小倉謙: 植物解剖と形態学, 養賢堂, 1951 [IV-13-口絵③]  
 • William H. Jordy: American Buildings And Their Architects, Doubleday & Company, Inc, 1972 [IV-13-口絵]  
 • Robert W. Marks: The Dymaxion World of Buckminster Fuller, Reinhold Publishing Corporation, 1960 [IV-13-口絵]  
 • 小林次次: The Architectual Review (1959-5) [IV-13-口絵]  
 • 佐貫亦男: 設計からの発想(ブルーバックス), 講談社, 1979 [IV-15-口絵]  
 • 建築文化, 1978-9 [IV-15-口絵]  
 • 大野義夫, 宮澤篤: コンピュータが見た複素関数(数学セミナーリーディングス), 日本評論社, 1982 [IV-16-口絵]  
 • 前川道郎・宮崎興二: 図形と投象, 朝倉書店, 1981 [IV-16-口絵]  
 • カラム No. 33 [IV-17-口絵]  
 • 日本建築学会編: 新訂近代建築史図集, 彰国社, 1982 [IV-17-口絵, 18-口絵]  
 • 宮崎興二: 多面体と建築—そのなぞとたち, 彰国社, 1979 [IV-17-口絵, 17-口絵, 17-口絵, 17-口絵]  
 • Forum 1959-11 [IV-18-口絵]  
 • 坪井善勝: 曲面構造—シュレルの理論とその応用, 丸善, 1965 [IV-18-口絵②]  
 • Progressive Architecture 1959-2 [IV-18-口絵]  
 • 建築文化, 1981-5 (写真撮影: 大橋富夫) [IV-19-口絵]  
 • 本間龍雄: 新しいトポロジー(ブルーバックス), 講談社, 1982 [IV-21-口絵, 21-口絵]  
 • 一松信: 四色問題(ブルーバックス), 講談社, 1980 [IV-21-口絵, 21-口絵④, ⑤]  
 • 西山豊: 不動点をお見せします(数学セミナーリーディングス), 日本評論社, 1982 [IV-21-口絵④]  
 • 加藤十吉: トポロジーの世界(数学セミナーリーディングス), 日本評論社, 1982 [IV-21-口絵, 21-口絵⑤]  
 • 寺阪英孝: 現代数学小辞典(ブルーバックス), 講談社, 1978 [IV-21-口絵]