

西独におけるコンピュータ・ビジョン研究の現状

谷内田 正彦 (大阪大学基礎工学科)

1. はじめに

1980年8月1日~1981年7月30日まで西独Humboldt財団の援助により、Hamburg大学の情報工学科(Fachbereich Informatik)で研究する機会を得た。今後ICPR(於München), IJCAI(於Karlsruhe)等を始めとして、多くの国際会議が西独で開催される。これらの会議に出席された時、西独におけるコンピュータ・ビジョン関係の大学、研究所を訪問されるに際して、少しでも参考になればという気持ちで本稿を書いた。なお、西独における情報処理教育、研究全般については、羽中田の論文に詳しく書かれている⁽¹⁾。また、1977年までのドイツにおける人工知能関係(コンピュータ・ビジョンを含む)の研究については文献(2)において、Nagelにより書かれているので参考にして頂きたい。

2. 西独におけるコンピュータ・ビジョンの研究

西独に1年間滞在したが、コンピュータ・ビジョン関係で訪問した研究機関の数は多くはない。このため、西独におけるコンピュータ・ビジョン、画像処理関係の研究の傾向を知るために、1976年~1981年の間にIJCPR, IJCAIに発表された論文を調べてみた。これらの論文を研究グループ別にリストしたのが表1である。なお、この表では、コンピュータ・ビジョン、画像処理関係に絞って選んだが、抜けているものも多いと思われるが、概略の傾向はつかんと思う。同表にも研究機関、住所を記入してあるが、さらに訪問の際の便宜を考慮して、西ドイツの地図上に所在地を記入したのが図1である。図中の番号は表1における番号に対応している。

表1には、発表論文の題名が記入されているので、これから各研究グループでの研究の概略が解ると思われるが、その主な研究をピックアップしたのが表2である。これらの表から次のような特徴が解る。

- 画像を2次元的に処理する画像解析の研究は数多く行われているが、その“見かけ”の形から元の3次元世界を理解しようとするコンピュータ・ビジョンの研究は少ない。この意味でのコンピュータ・ビジョンの研究に焦点を当てて研究を行っているグループは、現在の所Hamburg大学のグループだけのような。

- 動画画像処理の研究はハンブルグ大学で精力的に行われてきたが、最近では多くの研究機関で研究が行われるようになり、ドイツにおける研究の大きな特徴となって来た。

- remote sensing 画像の解析が精力的に行われている。

- いくつかの小さな研究グループにより、画像解析の応用研究が行われている。

西独におけるコンピュータ・ビジョン、画像処理研究の発展を知るために、表1を年度別にグラフで示したのが図2である。本図から解るように、IJCPRへの発表は急増しており、画像処理の研究の急激な発展がうかがえる。しかし、IJCAIへの発表は少く(ハンブルグ大学のみ)、このことからコンピュータ・ビジョンの研究

- (1) Uni. Hamburg, Fachbereich Informatik
Schlueter strasse 70, D-2000 Hamburg
 1. H.-H.Nagel; Experiences with Yakimovsky's algorithm for boundary and object detection in real world images(IJCP3).
 2. R.Jain, D.Militzer, H.-H.Nagel; Separating non-stationary scene components in a sequence of real world TV-images(IJCAI5)
 3. H.-H.Nagel; Analysis techniques for image sequences(IJCP4).
 4. B.Neumann; Interpretation of imperfect object contours for identification and tracking(IJCP4).
 5. B.Radig; Description of moving objects based on parameterized region extraction(IJCP4).
 6. B.Radig, R.Kraasch, W.Zach; Matching symbolic descriptions for 3-D reconstruction of simple moving objects(ICPR5).
 7. B.Neumann; Motion analysis of image sequences for object grouping and reconstruction(ICPR5).
 8. H.-H.Nagel, B.Neumann; On 3-D reconstruction from two perspective views(IJCAI7).
 9. L. Dreschler, H.-H.Nagel; Volumetric model and 3D-trajectory of a moving car derived from monocular TV-frame sequences of a street scene(IJCAI7).
 10. B.Radig; Inferential region extraction in TV-sequences(IJCAI7).
 11. H.Marburger, B.Neumann, H.-J.Novak; Natural language dialogue about moving objects in an automaticall analyzed traffic scene(IJCAI7).
- (2) Uni. Hamburg-Eppendorf, Institut fuer Mathematik und Datenverarbeitung in der Medizin, Eppendorf, Hamburg
 1. K.H.Höhne, M.Bohm, G.C.Nicolae; Encoding and analysis of X-ray image series(IJCP4).
 2. M.Bohm, U.Obermoeller, K.H.Hoehne; Determination of heart dynamics from X-ray and ultrasound image sequences(ICPR5).
- (3) Fraunhofer-Institut fuer Informations-und Datenverarbeitung
D-7500 Karlsruhe 1.
 1. H.Tropf; Analysis-by-synthesis search for semantic segmentation(IJCP4).
 2. A.Korn, R.Kories; Motion analysis in natural scenes picked up by a moving optical sensor(ICPR5).
- (4) Forschungsinstitut fuer Informations Verarbeitung und Mustererkennung
Breslauer Strasse 48, 7500 Karlsruhe.
 1. B.Bargel; Classification of remote sensed data by texture and shape features in different spectral channels(ICPR5).
 2. K.Luetjen, P.Gemmar, H.Ischen; FLIP: A flexible multiprocessor system for image processing(ICPR5).
 3. M.Sties, B.Sanyal, K.Leist; Organization of object data for an image information system(ICPR5).
 4. W.Kestner; Considerations about knowledge-based image interpretation(ICPR5).
 5. W.Kestner, M.Bohner, R.Scharf, M.Sties; Object guided segmentation of aerial images(ICPR5).
 6. K.H.Bers, M.Bohner, H.Gerlach; Object detection in image sequences(ICPR5).
- (5) Technische Universitaet Munchen, Institut fuer Nachrichtentechnik
Arcisstr. 21, D-8000 Munchen 2
 1. H.Platzer; Pattern processing and texture analysis by coherent optical computer(IJCP3).
 2. H.Marko, H.Platzer, G.W.Stroke; Optical processing(IJCP4).
 3. L.W.Abele; Feature selection by space invariant comparison with applications to the segmentation of textured pictures(ICPR5).
- (6) Gesellschaft fuer Reaktorsicherheit(GPS) mbH Forschungsgelaende
8046 Garching, München.
 1. E.Saedtler; Automation of reactor monitoring systems by means of pattern recognition techniques(ICPR5).
- (7) DFVLR(Deutsche Forschungs-und Versuchsanstalt fuer Luft-und Raumfahrt),
Institut fuer Nachrichtentechnik, D-8031 Oberpfaffenhofen, Post Wessling.
 1. E.E.Triendl; How to get the edge into the map(IJCP4).
 2. E.E.Triendl, T.Henderson; A model for texture edges(ICPR5).
 3. G.Hirzinger, K.Landzettel, W.Snyder; Automated TV tracking of moving objects-the DFVLR-tracker & related approaches(ICPR5).

(続)

- (8) Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl fuer Informatik 5
Martensstrasse 3, 8520 Erlangen.
1. H.Niemann; A comparison of classification results in charctor recognition by man and by machine(IJCPR3).
 2. H.Niemann; Interactive clustering of patterns(IJCPR4).
 3. H.Niemann; Hierarchical graphs in pattern analysis(ICPR5).
- (9) Univ. Stüttgart, Institut fuer Informatics, Stuttgart.
1. K.Hanakata; Three steps from classification toward explanation within the scope of pattern recognition problem solving(IJCPR4).
- (10) Univ. Stuttgart, Institut fuer Physikalische Electronic, 7000 Stuttgart.
1. P.W.Schwarzmann, E.R.Reinhardt, R. Erhaltdt; Classification of microscopic cell images by features extracted with statistical methods(ICPR5).
- (11) Max-Planck-Institut fuer Experimentelle Medizin, Forschungsstelle Neurochemie Hermann-Rein-str. 3, D-3400 Goettingen.
1. H.G.Zimmer, H.Kronberg, V.Neuhoff; Quantitative evaluation of chromatograms(ICPR5).
- (12) DORNIER GmbH, Postfach 1420, 7990 Friedrichscafen 1.
1. H.Schuetzte, S.Frydrychowicz, J.Schroeder; Scene matching with translation invariant transforms(ICPR5).
- (13) European Molecular Biology Laboratory, Postfach 102209, D-6900 Heidelberg.
1. P.T.Speck; Automated recognition of line structures on noisy raster images applied to electron micrographs of DNA(ICPR5).

IJCPR : International Joint Conference
on Pattern Recognition.

IJCAI : International Joint Conference
on Artificial Intelligence.

IJCPR3 : Corouado/CA, USA, 1976.

IJCAI5 : Cambridge/MA, USA, 1977.

IJCPR4 : Kyoto/Japan, 1978.

IJCAI6 : Tokyo/Japan, 1979.

IJCPR5 : Miami/USA, 1980.

IJCAI7 : Vancouver/B.C., Canada, 1981.

表 1. 西独から発表された論文の研究グループ別のリスト

究は西独全体について見ると、まだ断片にすぎないと言える。

3. Hamburg 大学におけるコンピュータ・ビジョンの研究

西独におけるコンピュータ・ビジョンの研究の中心となつてゐるハンブルク大学の情報工学科における研究例について簡単に述べる。ハンブルク大学の情報工学科 (Fachbereich Informatik) は最初、研究所 (Institut) として出発したが、その後学科となり現在では 8 つの講座を持つ比較的大きな学科である。ここには 8 つの研究グループがあるが、その一つが Nagel 教授の研究グループであり認知 (Cognition) グループと呼ばれる。この研究グループは Nagel 教授を始めとして、Neumann, Radig, Dreschler の 4 人のスタッフから成り、動画像の解析に焦点をあてて研究を行なつてゐる。その中心テーマは動画像から、いかにして動物体の 3 次元構造を発見するかということであり、次の 4 つのサブ・テーマに分けて研究を進めてゐる。

(1) 動画像から運動領域を検出する。

(2) 運動領域から顕著な特徴点を検出し、画面間で対応をとる。

(3) 対応付けられた特徴点の 3 次元世界における座標を計算し、その画面間の動きを決定する。

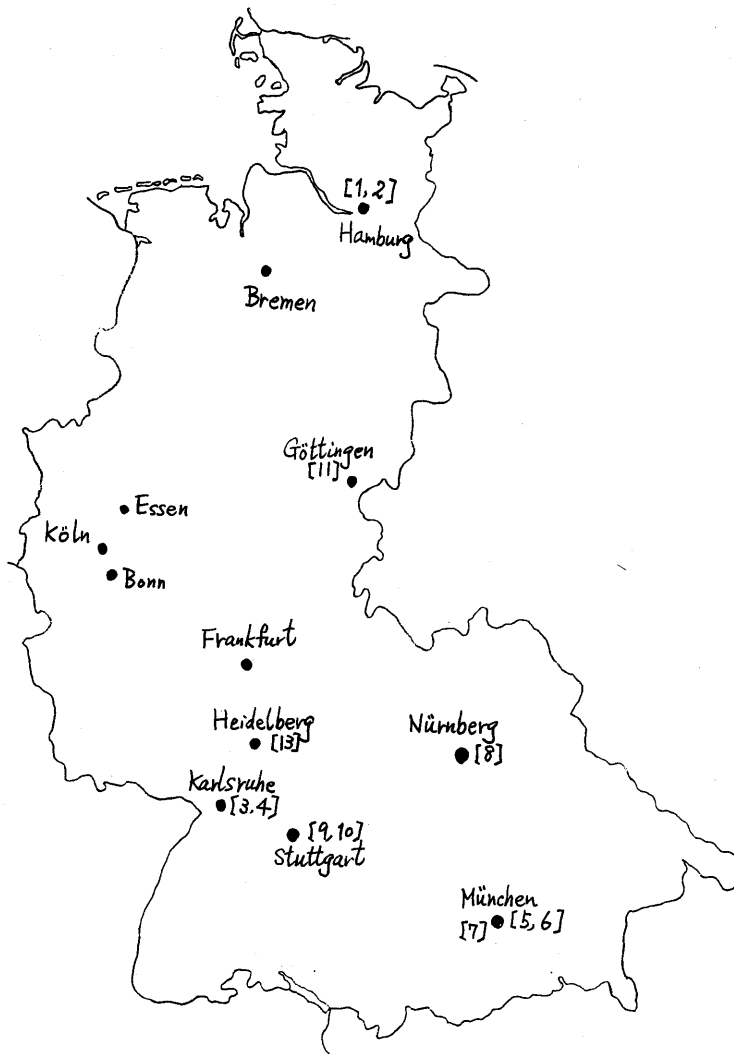


図1. 研究機関の所在地

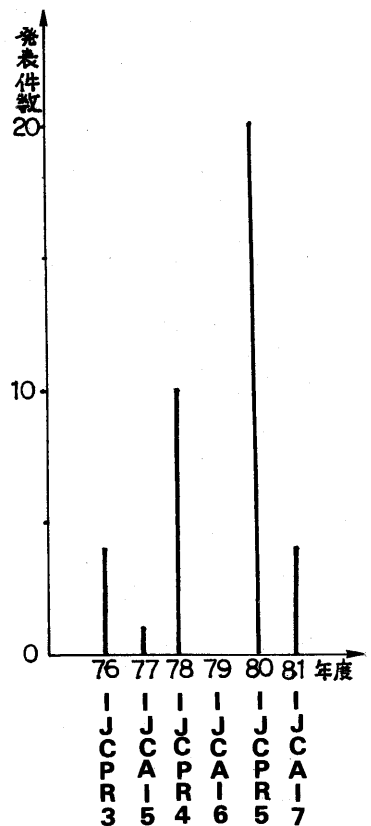


図2. 年度別発表件数

(4) 求められた3次元の点から convex hull を決定して、新物体の概略の3次元モデルを決定する。

(1) に対しては明るさの時間的な変化を組織的に解析する手法を用いている。

(2) に対しては、明るさの曲率を求めるオペレータを使用し、曲率が局所的に最大になる所を顕著な特徴点としている。図3に示す入力画像から上の方法を用いて特徴点を求めた結果を図4に示す。特徴点が求まると、それらの画面間への対応を視差 (disparity) の連続性などを考慮して弛緩法を用いて求める。連続画面 (12画面) について対応をとった結果を図5に示す。特徴点の対応がとられると、物体はある平面上を移動し、その平面に垂直な軸の周りで回転するという仮定のもとに、各点の3次元的位置を決定することができる。各点の3次元位置が決定されると、これから convex hull を求めることにより物体の概略のモデルを決定する。

[1] Uni. Hamburg, Fachbereich Informatik	・動画像の理解 — 2次元の連続画像から元の3次元世界における動物体の構造を見出す。
[2] Uni. Hamburg Eppendorf	・医用画像処理 — 特に、心臓のX線、超音波画像の解析
[3] Fraunhofer-Institut	・画像処理 — 最近では動画像処理に精力的
[4] Forschungsinstitut für Informations Verarbeitung	・remote sensing画像の解析 — image processor (FLIP)の研究 — 最近では動画像処理にも精力的
[5] Tech. Uni. München	・光学的方法を用いた画像処理 — 最近ではデジタル的な方法もやっている
[6] Gesellschaft für Reactorsicherheit	・原子炉のmonitoringへの応用
[7] DFVLR	・航空写真の解析 — 最近では動画像処理にも精力的

表2. 各研究グループの主な研究内容

めることができる。図6はこうして決定された物体のモデルを示す。かなり粗いモデルであるが、domain specific な知識を用いずに、単に動画像を見るだけで物体のモデルを計算機で形成できるという点に大きな特徴がある。

4. あとがき

西独におけるコンピュータ・ビジョン、画像処理関係の研究を概観した後、コンピュータビジョンの色彩の濃い研究を行っているHamburg大学の研究を紹介した。なお、ここでは述べなかったが、カールスルーエ大学においてはロボットの研究の一環としてその視覚の研究も行われている。これらの研究成果はISIRのproceedingに発表されているので、興味のある方は直接proceedingを参照されたい。

最後にハンブルグ大学に招いた頂いた同大学 Nagel 教授及び援助を頂いた Humboldt 財団に感謝致します。また、1年間の留学を快く許して頂いた本学辻教授、及び同研究室のオマに感謝致します。

参考文献

- [1] 村中田; 西独における情報処理教育—オーストリア情報処理振興計画及び英情について—, 情報処理, vol. 17, no. 1, pp. 33-41, 1976.
- [2] J. Pitrat et. al., "Artificial Intelligence in Western Europe", IJCAI-5, pp. 955-963, 1967.

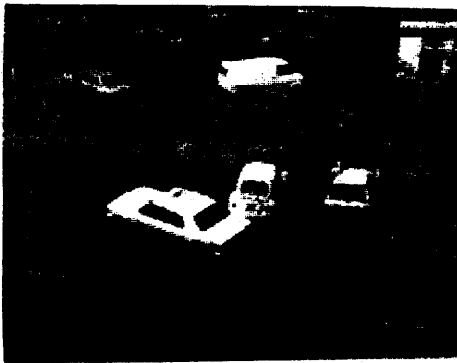


図3. 入力画像



図4. 特徴点の検出

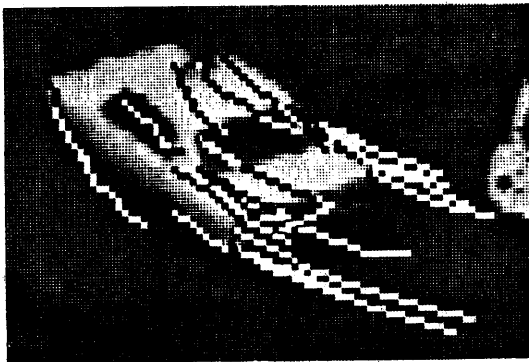


図5. 特徴点の対応

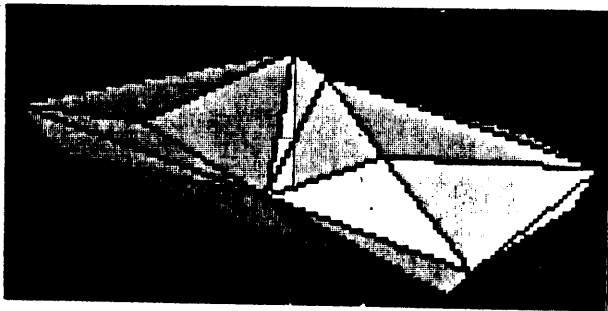


図6. 動物体のモデル