

Journal of Japan Society of Information and Knowledge

# 情報知識学会誌

Vol.16 No.3 (Aug. 2006)

目次

## 特集「情報倫理／技術者倫理」

巻頭言	学会活動のさらなる活性化に向けて	細野 公男	1
特集論文	工学倫理と情報知識学	石原 孝二, 藤本 良伺	4
特集論文	工学教育における新しい取り組みと技術者倫理	調 麻佐志	14
特集論文	技術者倫理の展望 — その歴史的背景と今後 —	金光 秀和	24
一般論文	ベジアン・ネットワークを用いた情報検索における発見的探索の研究 ……ンゲンゲオ ワランカナ, ピンガン ウーエン, 飯村 伊智郎, 中山 茂		39
事例報告	遺伝子発現情報に基づくデータの集約化と視覚化 …… 峯田 克彦, 池尾 一穂, 田中 譲, 五條堀 孝		50
事例報告	宇部興産(株)におけるエンドユーザー教育—情報検索アドバイザー制度と研究 所員に対する電子ジャーナルのユーザー教育支援— …… 岡本 和彦, 出口 昌信		56
解説	化学物質の毒性情報と構造活性相関予測 …… 田辺 和俊, 大森 紀人, 小野 修一郎, 松本 高利, 長嶋 雲兵, 上坂 博亨, 鈴木 孝弘		63
解説	用語の由来 — 火山現象に関係する言葉 —	下鶴 大輔	85
解説	用語の由来 — 紙 —	長谷川 久	87
解説	用語の由来 — 船舶編(その2)—	後藤 大三	94
お知らせ	平成17年度総会議事録		97
	第14回年次大会を振り返って	田窪 直規	104
	情報知識学会月例懇話会	石塚 英弘	105
	情報知識関係新刊図書一覧	平田 周	106



情報知識学会

<http://www.jsik.jp/>

## 学会活動のさらなる活性化に向けて

細野 公男  
情報知識学会会長

藤原鎮男先生の後を受け会長に就任してから3年経ちました。情報知識学会誌 Vol.13のNo.3での就任挨拶では、学会が指向すべき方向、今後取り組むべき事業、解決すべき課題等について抱負を述べていますが、今読み返してみますと具体性に乏しいと反省せざるを得ません。それにもかかわらず学会活動が順調に機能していますのは、理事および会員各位、さらに事務局のご協力の賜物と、深く感謝しています。

この3年間の学会活動を振り返ってみますと、特筆すべきことは以下の点であります。

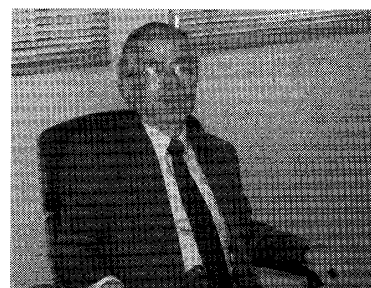
### (1) 学会誌

近年学会誌への投稿が増大し、順調に刊行されるようになりましたが、これは、安永編集委員長、宇陀副編集委員長を中心とする編集委員、査読者諸氏のご努力のおかげといえます。今年度から編集委員会の組織が変更され、新しい体制のもとで新たな活動が開始されています。その例が本学会誌の電子ジャーナル化で、今後刊行されるものだけでなく、刊行済みの過去の分もその対象となる予定です。この件は、いずれ学会誌あるいはホームページにその方針および利用の仕方等に関する詳細が示されることになると思われます。電子ジャーナル化を推進することによって、学会誌へのアクセスが著しく容易になるなど種々のメリットが考えられる点から、この試みの意義は、きわめて大きいといえましょう。

### (2) ホームページ

これまで後藤理事、平田前常務理事、時実理事、事務局、会員の方々のご尽力により構築・維持されてきたホームページは、学会活動の顔の一つとして、本学会の内外を問わず多くの情報を提供すると共に、広報活動の重要な手段としても機能してきました。近年デザインの変更、収録する情報の種類の増加、更

新頻度の増大など、種々の成果が見られます。今後も内容等のさらなる充実を図ることが期待されます。



### (3) 情報知識学フォーラム

本学会は、これまでドキュメンテーションの重要なツールであるマークアップ言語 SGML/XML の啓蒙・普及を図るため、1997年から9回にわたって SGML/XML 研修フォーラムの名のもとに、研修フォーラムを毎年1回(1997年は2回)開催してきました。この事業は成功裏に遂行されましたが、SGML/XML が社会的に定着したことを踏まえて、昨年度からこのフォーラムの代わりに新たな情報知識学フォーラムが開催されています。これは本学会の根幹である情報、知識、データと関連する研究や実践の中からテーマ、トピックを選んで、講演、研究発表、事例報告などを行うものであります。昨年度の第1回(SGML/XML 研修フォーラムから数えて第10回)フォーラムでは、活発な論議が展開されました。本年度も現在具体的な計画が策定されつつあります。

### (4) 研究報告会

これまで研究報告会は全て東京で開催されていましたが、本年度初めて大阪の近畿大学で第14回の研究報告会が行われました。会員数の少ない関西開催であったため不安な面がなきにしもあらずの感がありましたが、田窪理事、近畿大学の川原先生、事務局のご努力により、成功裏に終了することができました。本学会にとって画期的であったといえましょう。第15回は東京開催が決定されていますが、少なくとも数年に一度は、東京以外で

行うことを考えたいと思います。

#### (5) 月例懇話会

月例懇話会は過去に二度近畿大学で行われたことを除き、全て東京で開催されてきました。しかし昨年度は、愛知大学と筑波大学でも開催されるなど広がりを見せるようになりました。これは月例懇話会担当の平田前常務理事、石塚常務理事、山本理事、岩澤前理事のご尽力の結果であります。本年度から新たな体制で月例懇話会の活動が展開されます。前年度に引き続いての地方開催、若手やシニアを主たる対象とした新たな取組み等が期待されます。

#### (6) 研究部会、関西部会

本学会には、人文・社会科学系部会、専門用語研究部会、CODATA 部会、関西部会、SGML/XML 部会、若手の会があります。このうち最初の4部会では、シンポジウムや他の団体との共同の会議・研究会などが開催され、成果を挙げております。一方、SGML/XML 部会は、SGML/XML 研修フォーラムを開催するための母体でしたので、同フォーラムの中止を踏まえて、この部会をどうするかは今後の検討課題といえます。また、若手の会を将来どのように発展させていくかについても、学会全体として知恵を絞る必要があります。

#### (7) 役員選挙

本学会はこれまで実質的な役員選挙はなされてきませんでした。昨年度初めて行うことができました。平成17年の5月に選挙を踏まえて本学会定款の改定と役員選出規程の作成がなされ、同月28日に施行されました。この役員選挙規程に基づいて深見会員を委員長とする選挙管理委員会のもとで選挙が行われ、新しい役員の選出と理事会および総会でのその承認がなされました。初めての試みにも関わらず、選出作業が順調に行われましたのは、選挙管理委員会のご努力のおかげといえましょう。なお定款および役員選出規程に関して一部不備があることが指摘されていますので、今後の検討課題として考える必要があります。

上述しました活動を今後さらに発展させ充

実させていくことが、新しい理事会に課せられた責務であることは、いうまでもありません。これまでとは異なり、選挙結果を受けて決定されたわけでありますので、その責任はきわめて大きいといえましょう。そこで今回常務理事会が果たすべき役割をもっと具体的に規定することが重要と考え、以下に示すような常務理事の業務分担とその業務に中心となって携わっていただく理事及び会員について、6月6日に開催されました理事会で諮り、承認されました。

現在常務理事会構成メンバーは、細野、根岸、安永、石塚、岩田、宇陀、小川、国沢、中川、長塚の10名であります。全員がそれぞれ責任者として役割を分担し、実質的にその業務を担当する理事、会員と協力して活動を行うことになりました。活動の役割分担の詳細は下記の通りですが、若手の会についての検討がなされていない点、6月6日時点で担当者未定の部門等がありますが、これらは今後常務理事会で決定していくことになっていきます。

- ・学会誌：編集委員長(国沢常務理事)、副編集委員長(芦野会員)
- ・情報知識学フォーラム、シンポジウム、セミナー、講演会：責任・担当者(長塚常務理事)
- ・HP管理：責任者(岩田常務理事)、担当者(時実理事)
- ・月例懇話会：責任者(石塚常務理事)、シニア部門担当者(藤原理事)、若手部門担当者(江草理事)
- ・研究部会：責任者(中川常務理事)、担当者(各部会長)
- ・関西部会：責任・担当者(田窪理事)
- ・研究報告会：責任者(宇陀常務理事)、実行委員長(原田理事)
- ・企業連携、プロジェクト：根岸・安永両副会長、石塚常務理事、中川常務理事、小川常務理事、菊田理事、白鳥理事、藤原理事、細野
- ・財務：責任者(根岸・安永両副会長、細野)、担当者(原田理事)

過去の常務理事会の活動には、やや積極性を欠いていた面があることは否めないと思われます。昨年度まではメールによる会議が中心でしたが、今後は実際に顔を合わせて論議する機会を増やすことを考えています。上述した役割分担は、その一環であります。

さらに学会活動の活性化を図るためには、他にも取り組むべきことはあると思われまます。これまで以上に理事、会員の方々には役割を分担していただき、活発な学会活動を展開していきたいと考えます。とくに若手会員の力を是非お借りしたいところです。

今年度の事業計画はすでに決定されておりますが、今後の事業として検討すべきものとして20周年記念行事があります。本学会は1988年4月に設立されましたので、2年後には20周年となります。本学会はいわば成人式を迎えることになるのです。設立20周年を祝い、新たな気持ちでこれからの発展の第一歩を踏む出すために、記念の行事・事業を行うことは大変意義のあることといえましよう。学会誌特別号の刊行、記念講演会、特別

シンポジウムの開催など種々の案が考えられます。まだ先の話ではありますが、もし行うのであれば、早めに準備を開始する必要があるでしょう。

普段の活動でもいろいろ考えられます。本学会は、学术界と凸版印刷や大日本印刷などの産業界との緊密な共同作業によって設立されました。こうした実績は本学会の財産であり、十分尊重する必要があります。したがって、この歴史を踏まえて、もっと産業界との連携を図った事業の展開も不可欠であるといえましよう。また、学会員にとって学会活動がこれまで以上に身近な存在となるような試みも、必要と思われまます。たとえば会員間での意見・情報の交換や学会活動に関する会員からのフィードバックが得られるような双方向手段の導入があげられます。これらの事項は、常務理事会でも検討してみたいと考えていますが、理事および会員各位におかれましても十分お考えいただき、計画案やアイデアをお寄せいただくよう、ご協力とご支援をお願いいたしまます。

# 工学倫理と情報知識学 Engineering Ethics and the Information and Knowledge Sciences

石原 孝二\* 藤本 良伺\*

Kohji ISHIHARA and Ryoji FUJIMOTO

本稿はプロフェッショナル倫理と工学倫理の関係という視点から工学倫理の一般的な特徴について論じるとともに、情報知識学への適用の可能性について検討することを目的としている。工学倫理にとって重要な役割を果たす倫理綱領は、工学に共通の規範と各技術領域に特有の規範とによって構成されていると考えることができる。したがって、情報知識学に工学倫理を適用するには、情報知識学の対象領域を確定し、その特有の規範を明示化するという作業が必要になってくるだろう。本稿では、情報フィルタリング技術のケーススタディを行うことにより、情報知識学に特有の規範を示唆することを試みている。

This paper aims at discussing engineering ethics from the perspective of the relationship between professional ethics and engineering ethics. Moreover, we will try to discuss the possibility of the application of engineering ethics to the information and knowledge sciences. Code of ethics, which plays a critical role in engineering ethics, is composed of two parts — norms common to engineering and norms specific to each field of technology. Therefore, if we want to apply engineering ethics to the information and knowledge sciences, we should take steps to specify the range of the field and clarify the norms in the field. In this paper, we will suggest norms specific to the information and knowledge sciences by conducting a case study to clarify the ethical problems in the technology of information filtering.

キーワード：工学倫理, 情報知識学, プロフェッショナル倫理, 情報フィルタリング  
Engineering ethics, The Information and Knowledge Sciences, Professional ethics,  
Information filtering

## 1 はじめに

工学倫理 (engineering ethics, 技術者倫理) は、1910年代から制定された米国の工学系学協会の倫理綱領にそのルーツを持っている。1960年代には、NSPE(全米技術士協会)が倫理審査を開始し<sup>[1]</sup>、1970年代にNSF(全米科学財団)の工学倫理プロジェクトが開始されるなどして、工学倫理が学協会や大学の教育現場に広まっていった。日本では、1990年代後半に主要な工学系学協会が倫理綱領(倫理規定)を制定し、1999年にJABEEが発足してその認定基準に技術者倫理の項目を取り入れ

たことから、各学協会や大学・高等専門学校で工学倫理への取り組みが広まりつつある<sup>[2][3]</sup>。本稿では、特にプロフェッショナリズム倫理と工学倫理の関係を中心に工学倫理の特徴について検討するとともに、情報知識学における工学倫理の適用の可能性について検討することにしたい。

## 2 工学倫理とプロフェッショナル倫理

工学倫理の捉え方には、一般に二通りの捉え方があり得る。一つは、技術者個人の倫理に焦点を当てるものであり、もう一つは、より社会的コンテクストを重視して、科学技術と社会一般との関わりをも視野に入れようとする

\* 北海道大学創成科学共同研究機構/大学院文学研究科 Creative Research Initiative “Sousei” / Graduate School of Letters, Hokkaido University

るものである。工学倫理の発展は米国の技術者協会や技術者・研究者たちによるところが大きい。米国における工学倫理の主流は、技術者個人の倫理的な振る舞いに焦点を当てるものであった。これに対して、米国の研究者の一部や、ヨーロッパの研究者たちは、より社会的な視野を含んだものとして工学倫理を捉えていくことを提案している<sup>[2]</sup>。(engineering ethics の訳語として「技術者倫理」を当てる場合には、engineering ethics を技術者個人の行為の倫理に関わるものとして捉える傾向が強いように思われる。そのため、以下では、技術者個人の行為の倫理を対象とするものとしての engineering ethics を「技術者倫理」と表記したところがある(特に第5節)。なお札野<sup>[4]</sup>は技術者倫理の諸相を「科学技術そのものの本質」を考察するメタレベル、「科学技術と社会の関係」を考察するマクロレベル、「科学技術に関連する制度・組織及びそれらと個人との関係」を考察するメゾレベル、「技術者個人や個々の組織とその意思決定および行動」を考察するミクロレベルに分けている。札野の整理に従うなら、上記の意味での「技術者倫理」はミクロレベルに相当するものであろう。)

技術者個人の倫理に焦点を当てる米国における工学倫理の主流派の捉え方の背景としては、次の二つの要因を指摘することができる。第一に、米国の工学倫理は、技術職をプロフェッション(専門職)として確立することをめざしていた技術者協会によって推進されてきたため、工学倫理をプロフェッショナル倫理として捉えようとする傾向があったことを挙げることができる。第二に、大学の教育現場において工学倫理の授業が本格的に展開される以前に、米国の大学ではSTS(Science, Technology and Society)に関する授業科目が展開されていて、工学倫理とSTSとの差異を意識した授業開発が行われたことが指摘できる<sup>[5][6]</sup>。

米国では、1852年にAmerican Society of Civil Engineersが設立され、1910年代以降に、工学系各学協会が倫理綱領を制定している<sup>[3]</sup>。アメリカの技術系学協会が倫理綱領を制定されていったのは、技術者たちが、医師や弁護士たちと同様のプロフェッショナルと

して認められることを求めたからである。そのため、初期の倫理綱領や定款では、学協会の会員の質を確保することと、専門職集団全体の評価を高めることに重点が置かれていたが、1960年代以降の公民権運動や消費者運動、環境保護意識の高まりを背景として、「公衆の安全と福利・健康」を守ることや、地球環境の保護などが倫理綱領の重要な項目として取り入れられていくことになる<sup>[7]</sup>。アメリカでの工学倫理教育は、各学協会の倫理綱領などに照らして、具体的な事例の倫理的問題を考えさせるケーススタディを中心に展開されてきており、米国の工学倫理において倫理綱領は技術職をプロフェッションとして成り立たせる上で、中心的な役割を持つものとみなされているのである<sup>[5]</sup>。

工学倫理をプロフェッショナル倫理として捉えようとする米国の傾向は、ABET(米国技術教育認定機構)の認定基準からも読み取ることができる。ABETが現在用いている認定基準(工学一般)<sup>[8]</sup>には、次のような二つの項目が含まれている。

認定基準 3-(f)「プロフェッショナルとしての倫理的責任 (professional and ethical responsibility) の理解」

認定基準 3-(h)「グローバルな、経済的・環境的・社会的文脈において、エンジニアリングが与える影響を理解するために必要な幅広い教育を受けること」

この ABET の基準を日本技術者教育認定機構 (JABEE) の基準と比較すると興味深い。JABEE の基準<sup>[9]</sup>は以下のとおりである。

基準 1-(a)「地球的視点から多面的に物事を考える能力とその素養」

基準 1-(b)「技術者が社会や自然に及ぼす影響や効果、および技術者が社会に対して負っている責任に関する理解 (技術者倫理)」

ABET ではエンジニアリングの環境や社会への影響の理解と技術者倫理を区別して考えているのに対し、JABEE では、社会や自然に対して技術者が及ぼす影響と社会に対して技術者が負っている責任とを理解することが技術者倫理として考えられているのである。また、

ABETの基準では、プロフェSSIONALとしての倫理が強調されているのに対し、JABEEの基準ではそうした表現はない。ABETの基準が技術者倫理をあくまでもプロフェSSIONAL倫理として捉えようとしているのに対し、JABEEの基準は社会に対する影響の理解というSTS的な要素をも技術者倫理(工学倫理)の範疇に入れていのである。

### 3 倫理綱領と倫理規範

#### 3.1 倫理綱領の役割

上述したように、米国の工学倫理においては技術者協会の倫理綱領が重要な役割を果たしてきた。倫理綱領は、プロフェSSIONが成立するための一つの条件なのである。マーティンとシンジガー<sup>[10]</sup>はプロフェSSIONが成り立つ条件として、以下の三点を挙げている。①理論的な知識と専門的な技能が必要であること、②倫理綱領や行動規範などを制定し、自己規制を行っていること、③公共善に寄与すること。このうち、②の条件が成り立つためには、倫理綱領を制定し、それに一定の権威をもたせる専門職団体 (professional society) が組織されていることが前提になる。他方でまた、専門職団体が組織されるためには、当該専門領域のディシプリンがある程度確立されていることが前提となるだろう。

倫理綱領は、団体内部の規約である「定款」や「細則」とは異なり、学協会や技術者協会などの専門職団体が倫理規範を明示化し、会員に周知するとともに社会に公表するためのものである。その意味において、倫理綱領は社会一般との一種の「契約内容」としての役割を担っている。学協会において倫理綱領が制定されているか否かは、当該領域における工学倫理の確立のための重要な条件であるといえるだろう。

それでは、倫理綱領が制定されていない学協会では、工学倫理に対してどのような取り組みが可能なのだろうか？一つの方向性としては、倫理綱領の制定や倫理委員会の設置を

目指すということが考えられる。また、もう一つの方向性としては、倫理綱領などの制定はせずに、年次大会や会誌などで、工学倫理に関する議論の場を作ることが考えられるだろう。会員に技術者よりも研究者や教育者が多い学協会や、学際的な領域を扱う学協会では、後者の取り組み方がより適しているようにも思われる。(たとえば、日本工学教育協会の会誌や年次大会では工学倫理・技術者倫理関係の論文や発表が多く、技術者倫理に関する調査研究委員会も設置しているが、倫理綱領は制定していない。)

#### 3.2 工学系学協会における規範

工学系の各学協会の倫理綱領の多くは各学協会に共通の規範と各学協会の対象領域に特有の規範とによって構成されている。倫理綱領の制定に取り組んだり、規範の明確化を行う際には、このことに留意する必要があるだろう。上述したように、米国のABETの認定基準と日本のJABEEの認定基準では、工学倫理の捉え方に差異が見られるが、学協会の倫理綱領でも特徴的な差異が見られる。米国の学協会の倫理綱領の典型的な例として、NSPE(全米技術士協会)の倫理綱領<sup>[11]</sup>を見てみよう。NSPEでは、現在次のような倫理綱領を定めている。(1) 公衆の安全と健康、福祉を最優先させること (2) 技能を有した領域についてのみ、サービスを提供すること (3) 公的な声明においては、客観的な真実のみを語ること (4) 雇用者や依頼者に対しては、忠実な代理人・受託者として振舞うこと (5) 欺瞞的行為を避けること。このうち、(4)の雇用者・依頼者への義務は、米国の工学系学協会ですべて最初に倫理綱領が制定されたときから明記されていた義務であり<sup>[7]</sup>、ASCE(米国土木技術者協会)、ASME(米国機械技術者協会)、AIChE(米国化学技術者協会)などの現在の倫理綱領<sup>[12-14]</sup>にも見られる項目であるが、日本の学協会がこの項目を設けているところは比較的少ない。日本の17学協会の倫理綱領をサーベイした調査<sup>[15]</sup>によると、この項目を取

り入れているところは、倫理綱領を制定している 17 学協会の中で、5 学協会ではない。米国の工学倫理の規範が、より「プロフェッショナルリズム」を意識して、依頼者・雇用者への誠実性や技術者の技能の保証に重点を置いているのに対して、日本の工学倫理では、中立性や「社会的責任」といった規範をより重視しているのである。

なお上記の調査によると、日本の学協会の倫理綱領のほぼすべてには、以下のような規範が反映されていた。(1) 安全・環境への配慮、(2) 情報の公開・説明・秘匿、(3) 技術者個人の能力の向上、(4) 中立性・公共性・客観性、(5) 知的成果の尊重、(6) 社会的責任の重視。このことは、工学系学協会に共通の規範が存在しうること示すものであろう。

以上のように日米でずれがあるものの、共通の工学倫理の規範が存在すると考えていいだろう。各学協会の倫理綱領は、このような共通の規範を反映した項目とは別に、各学問領域の特性を反映した項目を持っている場合が多い。たとえば、土木学会の倫理規定<sup>[16]</sup>の第一項では「美しい国土」、「安全にして安心できる生活」、「豊かな社会」をつくり、改善し、維持するためにその技術を活用し、品位と名誉を重んじ、知徳をもって社会に貢献する」と定められ、第二項では「自然を尊重し、現在および将来の人々の安全と福祉、健康に対する責任を最優先し、人類の持続的発展を目指して、自然および地球環境の保全と活用を図る」とされている。こうした規定は、土木技術が自然環境や生活環境に直接的な影響を与えるものであると同時に、社会資本整備を行うためのものであるという基本認識がある。また、原子力学会の倫理規定<sup>[17]</sup>の「行動の手引き」では、「安全確保の努力」やエネルギーの安定供給などの「諸課題解決への努力」といった項目のほか、「平和利用への限定」や「核拡散への注意」という項目も設けられている。これらの項目は、原子力技術という対象領域が持つ特異性によるものである。さらに、情報知識学会と関連が深い情報処理学会の倫理綱領<sup>[18]</sup>では、プライバシーや知的財産権

に関する行動規範が定められている。

### 3.3 情報知識学の対象領域と規範

以上のことから、工学倫理を情報知識学に適用するということは、工学に共通の規範と情報知識学に特有の規範を明確化するということになるだろう。工学に共通の規範に関しては、上記の調査が整理しているもので良いとすると、情報知識学の対象領域を確定し、その領域に特有の規範を明示化するという作業が必要になってくる。情報知識学会のウェブサイトによると、情報知識学会は 1988 年に「日本学術会議の情報関係の 3 研究連絡委員会を中心に、データ・情報・知識・文献などを対象とする体系的な「情報学」「情報知識学」の振興の必要性が強く認識され<sup>[19]</sup>設立されたものである。また、情報知識学会の研究活動は「自然科学的領域にとどまらず、広く人文・社会科学など、あらゆる学問領域を包含すると同時に、各専門領域にかぎらず、専門領域間でのインターディシプリナリーな問題への取り組みをめざす<sup>[19]</sup>もの」とされ、学際性を強く意識したものとなっている。情報知識学は、「データ・情報・知識」に関する理論的な考察と技術的応用一般をカバーするため、その対象領域は非常に広く、当該領域に特有の倫理規範を明確化することは容易ではないように思われる。

とはいえ、学会組織としての統一性を有している以上、そこに何らかの規範を読み取ることが不可能ではないだろう。情報知識学会のウェブサイトでは、表 1 に示すようなテーマが情報知識学の対象テーマとして例示されている。

これらの例示テーマから読み取ることのできる情報知識学の対象領域は、情報・データの蓄積・加工・検索・表示・利用に関する理論的・技術的研究とそうした研究から生じてくる知的所有権の問題や教育方法に関する研究であるということになる。また、藤原<sup>[20-22]</sup>は、情報知識学に関しては様々な理解があるとしたうえで、情報知識学を「人間の知的活



表1 情報知識学の対象テーマ<sup>[19]</sup>

基礎理論	情報や知識の本質構造, 情報の蓄積・検索, 分類法, モデル, 組織化などに関する研究
処理	資料の収集・整理・利用, データの加工・変換・分析・評価・管理などに関する研究
表現	言語・記号, ターミノロジー, 媒体などに関する研究
流通	標準化, 案内, 知的所有権などに関する研究
応用	文献情報管理, データベース, 知識ベースシステム, 電子図書館, 電子出版, 情報教育などに関する研究

動の基本である情報に関する理論や知識を体系化すること, 及びその応用として知的生産性の向上を図るための, 情報や知識に関する学問」と定義している。

情報知識学が情報一般に関する理論と技術であるとする, その規範は, 応用倫理学の一大領域である情報倫理学が対象とする規範領域とほぼ重なることになるだろう。様々な情報技術の進展は, 個人情報や知的財産の収集と蓄積・公開の新たな形式を生み出し, 従来の法規や倫理規範では処理不可能な問題を数多く生み出してきた。情報倫理学一般はそのような問題に対処するための規範の明確化を行っていると考えられる。情報知識学も情報・データ一般を対象にする以上, その倫理にも情報倫理一般が対象とする問題が含まれると考えられる。だが他方でまた, 情報知識学の倫理はそのような情報倫理一般を包含する一方で, 情報知識学に特徴的な対象領域に応じた特有の倫理も含むものであろう。情報知識学が特に知識の蓄積や加工・検索, 知識データベースの作成などを対象領域とすると考えれば, そうした技術に関連する理論や技術に特有の規範が情報知識学の対象領域に特有の規範であるということになる。

本稿は, 情報知識学の規範を完全に明示することを目的とするものではなく, 情報知識

学に工学倫理を適用する際に考慮すべき観点を明らかにするとともに, 情報知識学の規範を明示化する手がかりを示すことにある。そこで, 以下では, 情報知識学における倫理的問題となりうるものとして, 検索技術の一つとしての情報フィルタリング技術の問題を取り上げ, 情報知識学における倫理のケーススタディを試みることにしたい。

## 4 情報知識学における倫理のケーススタディ：情報フィルタリング

### 4.1 情報フィルタリングと表現の自由

大量の情報から自分にとって必要な情報を選ぶ際のコストと, 情報を得たことによるメリットとの間のギャップを埋めるための技術として「セマンティック Web」の研究開発がW3C (The World Wide Web Consortium)などで進められている。セマンティック Webとは, 情報を記述する際にそれが何を意味しているかを表すメタデータを埋め込むことにより, コンピュータが情報の「意味」を理解できるようにする技術のことである<sup>[23]</sup>。この技術により, 検索結果の精度向上などが可能となり, 現在の情報の飽和状態が改善され, 必要とされる情報をユーザに提示する情報フィルタリング技術がさらに発展すると期待されている。フィルタリング技術の具体的な運用としては, ビジネスにおける適切な商売相手の探索 (e コマース) なども予想されるが, 以下では現時点でも論及されることの多い有害情報フィルタリングがはらむ倫理的問題について検討する。

有害情報の規制には常に「表現の自由」を侵害する危険性がつきまとう。米国では, 「猥褻なまたは下品な」及び「現代の基準に照らして明らかに不快な」内容を含んだ情報の送信等を禁ずる「通信品位法 (CDA)」が1996年に成立したものの, その翌年には連邦最高裁から違憲判決を下されるということがあった。「下品な」及び「明らかに不快な」という表現が曖昧

なために、憲法で保障された表現の自由を損なうと判断されたからである。その後CDAを修正した法律「児童オンライン保護法(COPA)」が1998年に成立したが、COPAは、成立直後からACLU(American Civil Liberties Union)やEFF(Electronic Frontier Foundation)などの諸団体から米国憲法修正第1条(言論の自由)に違反するとして訴訟を起こされた。その結果2004年に連邦最高裁が下級裁判所による同法執行差し止めの仮命令を支持し、COPAは表現の自由を制限するものであり違憲に当たるという判断が示されたのである<sup>[24]</sup>。

情報発信そのものを法的に一律規制するのではなく、受信者による自主的選別と発信者の自発的格付け(セルフレイティング)を軸とした「民主的な」規制であれば抵抗感も少なく許容されやすいと考えられる。この方式は以下のようにして行われる。まず発信者は自身の情報に対してその内容に関するレイティングを行い(たとえば暴力レベル2など)、それをデータベースに保存する。一方、受信者はどの程度の格付けのものまで受信するかを方針として設定しておく。そして受信する情報の格付けをデータベースで確認し、受信方針に合致しないものをはじくことにより情報の取捨選択がなされる。それによって見たい人は見ることができ、見たくない人は見ずにすむというわけである。このように情報の発信者が自らのコンテンツのレイティングを行うのであれば、表現の自由の見地から問題は少ないと思われる。また、ネット上では一国内で規制しても国境を越えて情報が流通することから、利用者の側で受信する情報を選択・規制できる技術であるフィルタリングシステムは、有害情報対策として広く普及する可能性を有している。(フィルタリング技術はW3Cによって規格が策定されている。多くのWebブラウザが搭載している標準的な技術仕様としてはPICS(Platform for Internet Content Selection)が有名である。)

## 4.2 情報フィルタリング技術の社会的インパクト

我々は情報フィルタリング技術を積極的に導入すべきなのだろうか。また、この技術が我々の社会生活に及ぼす影響はどのようなものであろうか。

まず気がかりなのは水谷<sup>[25]</sup>が指摘するように、発信者があえてレイティングを「拒否する自由」は認められうるのかという点である。フィルタリングの支持者からは、レイティング表示なしのページは最も有害度の高いレイティングをされたページと見なされ排除される可能性が強い。加えて、発信者がレイティングを拒否するという行為自体が非難の対象になることも考えられる。

レイティングそのものの意義を疑ってみることも重要だろう。あらゆる情報が細かな格付けを施され、体系的にカテゴライズされた社会を想像してみよう。そこでは自分の見たくないものはまったく見ずにすむ。しかし社会的観点からすれば、個々人が自分に関心のない問題を無視できる環境は政治的共同体の崩壊へとつながる恐れがある。自分とは異なる意見を持つ他者と出会い、その批判を通じて自身の考えを吟味・修正する機会の失われた社会を民主的とは呼べないだろう。またジョンソン<sup>[26]</sup>は、開かれた社会だからこそ誤った思想は誤っていることが示され正しい思想は正しいことが示されるのであり、閉じた社会では誤った思想が生き延びる可能性のあることを指摘している。

またセルフレイティングの場合、発信者が自身の情報に対して正当なレイティングを行うかどうかは怪しいという意見もある。このやり方では受信者は発信者の良心を信頼する他はないとも言える。それゆえフィルタリング精度を上げたければセルフレイティングではなく、情報を発信する人以外の第三者がその情報に対して格付けを行う「第三者レイティング」を採用することになるだろう。しかしそうなれば、発信者の関知しないところで情報の勝手なレイティングがなされてしまうよ

うな社会も考えられ、それを是とするか否かで意見が別れることは避け難いように思われる。

上記のことと関連して不透明なフィルタリングシステムの問題を指摘することができる。何が「有害」とされるかについては、個人単位、地域・国家単位で基準が異なるという見方がある。このような見地からすれば、レーティングやフィルタリングに関する十分な情報開示や説明責任が果たされていないシステムの場合、エンドユーザに不当な圧力がかけられるという懸念がある。というのも不透明なシステムならば、システムの上位にいる者(レーティング責任者やフィルタリング責任者)は特定の情報をエンドユーザに知られることなく規制できるために、本来ならば社会的に許容されるはずのない権力の行使が実現してしまうからである。(実際、情報フィルタリング技術が思想統制に使われている例もある<sup>[27][28]</sup>。)

さらに、技術的側面からもフィルタリングシステムの万能性に疑念を抱かざるをえない。レーティング方式のシステムでは、新しい情報が第三者機関に発見されてレーティングが完了するまでの間は監視をすり抜けてしまうという欠点があるし、音声や画像などのデータに秘密情報を挿入し、情報の存在そのものや発信行為を秘匿するステガノグラフィと呼ばれる技術も存在する<sup>[29]</sup>。フィルタリング方式には、有害な情報に出現する頻度の高いキーワードやフレーズをあらかじめピックアップしておき、受信しようとする情報と照合することで有害情報を排除する方法もあるが、その場合無害な情報まで排除してしまう恐れがある。

しかし技術面におけるより重要な点は、情報技術がそれ以外の技術とは比較にならないほど急速に進歩するという点であろう。土屋<sup>[30]</sup>が指摘するように、従来の社会では、「新技術導入・普及 → 問題発生 → 対応」というサイクルで法整備などを行えばどうにか技術をコントロールできたが、情報技術においては、消費者がその真価を見定めないうちに技術が新技術に取って代わられるほどに展開が

速い。技術の全体像をつかむ前に次世代の技術が登場する現状においては、上のサイクルではもはや有効な対策など不可能なことが示唆されていると言えるだろう。

### 4.3 システム設計者とユーザの価値基準

こうして見てくると、情報システムを設計あるいは管理する側と利用する側との間に生じる齟齬が一つの焦点となりそうである。設計者が製品に込めた意図が利用者の意図と乖離している場合、その製品はユーザにとって使いづらいものとなってしまふ。たとえば、ワープロソフトを設計する際にデザイナーがユーザの文章作成支援を意図してプログラムした機能が、実際にはユーザの意図する作業を邪魔する余計な機能となってしまふことがある。これと類比的に、フィルタリングシステムの設計においても設計者の設定したレーティング(価値基準)が、利用者の情報マネジメントを阻害するものになってしまう危険性を看過してはならない<sup>[31]</sup>。そのようなずれを解消するためには設計者と利用者との間のインタラクションが不可欠となる。設計段階で仮定された基準が成功しているか否かは、ユーザが製品を使用する過程で検証されるものであろう。

では、製品を使用するユーザの「顔が見えている」、つまり利用者の範囲がある程度特定できていればどうであろうか。その場合設計者がユーザにとって望ましいデザインを提案できる可能性は高くなるだろう。たとえば教育機関を対象にしたフィルタリングシステムの設計者が、とりあえず「教育・研究に適切な情報」以外を拒否するレーティングを行うことにさして異論はないだろう。しかしまた、「適切性」の範囲を確定する作業が困難であることは言うまでもない<sup>[25]</sup>。

## 5 技術の政治性と工学倫理

情報フィルタリングの問題は、情報知識学

における工学倫理を考える上で興味深いケースを提供するものである。この技術は検索精度の向上に寄与するものであり、情報知識学の主要なテーマのひとつであるということができよう。しかしこの技術は、前節で見てきたように、多くの倫理的問題をはらみ、それらの倫理的問題は、技術倫理のレベル(科学技術と社会との関係)と技術者倫理のレベル(技術者個人の行為・意思決定)の両方にまたがるものである。

技術倫理の観点から言えば、情報フィルタリング技術は表現の自由に一定の制限を課すことが認められるのか否かという、基本的な社会規範に関する大きな論争点に深くかかわることになるし、また、情報の制御や価値付けの権限を誰に与えるのかという、技術と権力が密接に関連する問題をひきおこすことになる。特に後者の問題に関しては、情報フィルタリング技術は特異なケースを示すものであろう。

技術哲学者のラングドン・ウィナー<sup>[32]</sup>は、技術が権力をもつケースが大きく二つの類型に分けられることを指摘している。一つの類型は、技術が偶然的に権力を持つケースであり、もう一つの類型は、「本質的に政治的な技術」のケースである。ウィナーは前者の例として、ニューヨークのロングアイランド島にあるジョーンズビーチ公園へ通じる陸橋を挙げている。これらの橋は1920年代から70年代にかけて、ニューヨーク市の公共工事に携わったロバート・モーゼスによって設計されたのだが、モーゼスは、バスを利用する貧しい黒人を公園から排除するために、意図的に橋げたを低く設計したのだと言う。このモーゼスの橋の例は、技術と政治的意図との間に内在的な関係が見られないものである。他方、「本質的に政治的な技術」とは、当該の技術が存在するために、特定の政治・社会システムを必要とするような技術であり、たとえば、原子力爆弾はその破壊力ゆえに、中央集権的で、ヒエラルキー的な命令秩序のもとで管理されることを必要とする。この技術が存在する限り、少なくともその技術にコミットする組織

においては、中央集権的な管理体制が不可欠になるのである。

情報フィルタリング技術は、ウィナーのこの二つの類型のいずれにも入らない第三の類型であると考えることができよう。情報フィルタリング技術は、原子力技術などの巨大技術とは異なり、必ずしも中央集権的な管理システムを必要としないが、情報の価値付けと制御を可能にする技術である限り、本質的に政治的な技術であると考えることが可能である。他方でまた、情報フィルタリング技術は、偶然的に政治的な技術でもある。この技術は教育現場や家庭で「有害」情報をフィルタリングするのにも利用できるし、また、「国家の名誉や利益を傷つける情報」をフィルタリングするのにも利用できるのである<sup>[28]</sup>。

情報フィルタリング技術が偶然的に政治的な技術であるとするならば、この技術が抱える問題は、技術者倫理レベルでの問題であるということになるだろう。というのも、技術者倫理は、当該領域の技術が「公共善」をもたらすことを前提としながら、その技術の開発や利用において、安全性を確保すること、自然環境や社会・文化への否定的影響を配慮すること、技術の悪用を防ぐことなどを自律的な規範として確立することによって成り立つからである。情報フィルタリング技術の社会的有用性が、情報検索の精度を増し、エンドユーザの利便性や情報へのアクセスを向上させることにあるとするならば、思想統制や体制保持のための検閲を行う情報フィルタリング技術の開発に従事する技術者は、雇用者・依頼者への忠誠義務と技術による公共善の実現の義務の衝突という、技術者倫理における中心的な問題に直面することになるだろう。また、この技術は、ユーザの価値基準とシステム設計にあたる技術者の価値基準とのすりあわせをどのようにすべきなのか、システム設計の依頼主の価値基準が社会的規範と齟齬をきたしている場合、どのように対処すべきなのかという、技術者倫理上の問題を引き起こすことになるだろう。

情報フィルタリング技術に限らず、情報科

学や情報知識学によって生み出される技術一般がもたらす倫理的問題は、科学技術と社会との関係を対象とする技術倫理と、技術者個人の倫理を問題とする技術者倫理のレベル両方にまたがるものが多いように思われる。情報技術は既存のものとは異なる知的所有権の新たな形式や新たなコミュニティを生み出すことにより、社会に大きなインパクトを与え続けている。このような技術の倫理を考える際に、プロフェッショナル倫理としての技術者倫理の枠内でのみ考えることは適切ではないだろう。その点では、工学倫理をプロフェッショナル倫理として捉えている ABET の定義よりもむしろ、社会へのインパクトの理解をも含めて工学倫理(技術者倫理)として考えている JABEE の定義の方がより適していると言える。特に、情報知識学のように、技術の進歩のスピードが速く、また、学際性を特徴とするような領域においては、より広い視野で工学倫理の問題を考えていく必要があるだろう。

※本論文の第4節「情報知識学における倫理のケーススタディ：情報フィルタリング」は藤本が執筆し、石原が若干の加筆修正を行った。そのほかの節は石原が執筆した。

## 参考文献

- [1] 日本技術士会(編訳):「科学技術者倫理の事例と考察」, 丸善, 250p., 2000.
- [2] 石原孝二:「工学倫理の教科書」, 科学技術社会論研究, Vol.2, pp.138-147, 2003.
- [3] 石原孝二:「技術者倫理と学協会」, 電気学会誌, Vol.124, No.10, pp.642-645, 2004.
- [4] 札野順:「技術者倫理教育, その必要性, 目的, 方法, 現状, 課題」, 工学教育, Vol.54, No.1, pp.16-23, 2006.
- [5] Baum, R. J.: “Ethics and Engineering Curricula”, 79p., 1980.
- [6] 杉原圭太:「なぜ技術者倫理教育に STS が必要か」, 科学技術社会論研究, Vol.3, pp.21-37, 2004.
- [7] Harris, C. E. Jr. et al.: “Engineering Ethics. Concepts & Cases”, 3rd ed., 390p., Wadsworth, 2005. (『第2版 科学技術者の倫理 — その考え方と事例』, 日本技術士会訳, 丸善, 444p., 2002.)
- [8] ABET: “Criteria for Accrediting Engineering Programs. Effective for Evaluations During 2005-2006 Accreditation Cycle,” Incorporates all changes approved by the ABET Board Directors as of November 1, 2004, <http://www.abet.org/forms.shtml> (2006年5月1日確認)
- [9] 日本技術者教育認定機構:「日本技術者認定基準 2004 年度版」, 2003年11月25日理事会承認, <http://www.jabee.org/OpenHomePage/criteria.htm#2006> (2006年5月1日確認)
- [10] Martin, M. W.; Schinzinger, R.: “Ethics in Engineering”, 4<sup>th</sup> ed., 339p., 2005.
- [11] NSPE: Code of Ethics for Engineers, revised in January 2006, <http://www.nspe.org/ethics/eh1-code.asp> (2006年5月1日確認)
- [12] ASCE: “Code of Ethics,” amended November 10, 1996, <https://www.asce.org/inside/codeofethics.cfm> (2006年5月1日確認)
- [13] ASME: “Code of Ethics of Engineers,” revised September 13, 2003, [http://www.asme.org/NewsPublicPolicy/Ethics/Ethics\\_Center.cfm](http://www.asme.org/NewsPublicPolicy/Ethics/Ethics_Center.cfm) (2006年5月1日確認)
- [14] AIChE: “Code of Ethics,” revised January 17, 2003, <http://www.aiche.org/About/Code.aspx> (2006年5月1日確認)
- [15] 須長一幸:「技術者倫理の徳目～工学関連学協会の倫理綱領のサーベイ～」, 平成14・15年度科学技術振興調整費調査研究報告書・科学技術政策提言「科学技術倫理教育システムの調査研究」(研究代表者北海道大学・新田孝彦), 542p., 2004年3月.

- [16] 土木学会：「土木技術者の倫理規定」，1999.5.7 理事会制定，<http://www.jsce.or.jp/outline/frameset.htm> (2006年5月1日確認)
- [17] 原子力学会：「倫理規程」，2005年11月25日第477回理事会改訂承認，<http://wwwsoc.nii.ac.jp/aesj/rinri/index.html> (2006年5月1日確認)
- [18] 情報処理学会：「倫理綱領」，第38回通常総会(平成8年5月20日)制定，<http://www.ipsj.or.jp/03somu/ipsjcode/ipsjcode.html> (2006年5月1日確認)
- [19] 情報知識学会：「情報知識学会について」，<http://wwwsoc.nii.ac.jp/jsik/honkai.html> (2006年5月1日確認)
- [20] 藤原讓：「情報知識学試論」，情報知識学会誌，Vol.1, No.1, 1990.
- [21] 藤原讓：「情報知識学のフロンティア」，情報知識学会誌，Vol.3, No.1, 1993.
- [22] 藤原讓：「情報学基礎論の現状と展望」，情報知識学会誌，Vol.9, No.1, 1999.
- [23] 溝口理一郎：『オントロジー工学』，オーム社，275p., 2005.
- [24] Supreme Court of the United States: “Ashcroft, Attorney General v. American Civil Liberties Union et al.” Certiorari to the United States Court of Appeals for the third Circuit. No.03-218. Argued March 2, 2004–Decided June 29, 2004, <http://www.supremecourtus.gov/opinions/03pdf/03-218.pdf> (2006年5月1日確認)
- [25] 水谷雅彦：『情報の倫理学』，丸善，172p., 2003.
- [26] ジョンソン，D.：『コンピュータ倫理学』(水谷雅彦，江口聡監訳)，オーム社，342p., 2002. (2006年5月2日受付)  
(2006年6月18日採択)
- [27] Clive Thompson: “Google’s China Problem (and China’s Google Problem),” in *The New York Times*, April 23, 2006, <http://www.nytimes.com/> (2006年4月30日確認)
- [28] XIAO Quang: “The Development and the State Control of the Chinese Internet,” Written Presentation before the U.S.-China Economic and Security Review Commission, April 14, 2005, [http://www.uscc.gov/hearings/2005hearings/written\\_testimonies/05\\_04\\_14wrts/qiang\\_xiao\\_wrts.htm](http://www.uscc.gov/hearings/2005hearings/written_testimonies/05_04_14wrts/qiang_xiao_wrts.htm) (2006年5月1日確認)
- [29] 松本勉，中川裕志，村瀬一郎：「ステガノグラフィを用いた秘匿通信の研究開発」，第18回IPA技術発表会，[http://www.ipa.go.jp/SYMPO/SYMPO99/pdf/1.51\\_5.pdf](http://www.ipa.go.jp/SYMPO/SYMPO99/pdf/1.51_5.pdf) (2006年5月1日確認)
- [30] 土屋俊：「コンピュータ・エシックス？インターネット・エシックス？」，『情報倫理の構築』，水谷雅彦，越智貢，土屋俊編，新世社，pp.1–38, 2003.
- [31] 藤垣裕子：「情報技術と社会」，『情報』，川合慧編，東京大学出版会，pp.231–257, 2006.
- [32] Winner, Langdon: “Do Artifacts Have Politics?” *The Whale and the Reactor*, The University of Chicago Press, pp.19–39, 1986. (『鯨と原子炉』，吉岡齊・若松征男訳，岩波書店，306p., 2000.)

# 工学教育における新しい取り組みと技術者倫理 New Approaches in Engineering Education and Their Relation with Engineering Ethics

調 麻佐志<sup>\*,†</sup>

Masashi SHIRABE

本稿では、工学教育において重視されつつある教育の実践性について実地をキーワードとして論じる。ついで、わが国の工学教育カリキュラムの一部に導入された工学設計科目の発展系ともいべき新しい工学教育の取り組みを紹介する。最後に、その新しい科目と技術者倫理との関係について議論する。

Based upon the concept of “JICCHI (practice)”, this paper discusses practical engineering education. The topic becomes more and more important in engineering education. Then, the paper shows new approaches in engineering education. They are regarded as next generations of engineering design classes, which Japanese universities introduced to their engineering curriculums recently. Lastly, it discusses their relation with engineering ethics.

キーワード：工学教育，技術者倫理，学際性，設計，実践教育

Engineering Education, Engineering Ethics, Interdisciplinarity, Design, Practical Education

## 1 はじめに

### 工学教育の中の技術者倫理

工学系高等教育機関から巣立った技術者には、専門職業人として様々な価値に関する判断を実行しなければならない業務につく可能性がある。すなわち、技術業は、無体物も含む人工物をつくることに関わる職業であり、しかも、工学系高等教育を受けた専門家である技術者に対しては、しばしば、単なる人工物ではない「新しい」人工物を生み出すことが期待される。新しい物をつくるには、当然、設計が必要とされ、そこでは、コスト、性能、納期などに関する制約が考慮されながら、必ずしも明示的ではないにせよ、社会、環境、所属組織、顧客や消費者などの様々な価値に対する判断(広義の「工学的判断」)が行われるからである<sup>[1]</sup>。

高等教育機関における技術者倫理教育が他

の専門職業倫理教育や「ビジネスエシックス」と大きく異なる特徴として、このように複雑かつ総合的な価値判断を個人や集団として実行するために必要な知識や方法論、さらには意識(awareness)などを教育しなければならないことがあげられる<sup>[2]</sup>。すなわち、設計における工学的判断を実行する能力の一部を醸成する内容が技術者倫理教育に含まれている(この点からも技術者倫理教育は単純な就業準備教育とみなされるべきではない)。逆に工学教育が実践の場から一端切り離された知識や方法論だけを伝達する教育(「伝統的な工学」教育)に収まらないならば、工学的判断に関する内容は、工学教育に取り込まれるべきものとなる。

したがって、育成する人材がどのような状況で何を期待されて実践的な活動に関わっていくのかという視点を通して、「伝統的な工学」と技術者倫理とは結びつく。その橋渡しは、設計に関わる広義の工学的判断が担っている。

\* 東京農工大学

Tokyo University of Agriculture and Technology

† shirabe@cc.tuat.ac.jp

## 工学教育改革と新しい科目の導入

本稿の主たるトピックである技術者倫理科目と工学設計科目は、90年代以降の工学教育改革の流れの中で導入が始まった。

1995年、WTOにおける「GATS(サービスの貿易に関する一般協定)」の発効、およびその「人の移動」に関する交渉締結以降、工学教育の国際化は高等教育機関の重要課題の一つとなった。GATSの対象となるサービスやそれを供給する人材は工学分野に限られるわけではないものの、人材・サービス・製品が国境を越えることが圧倒的に多い工学分野はこの問題に真摯に取り組まざるをえない状況に追い込まれた。さらに、バブル崩壊後の経済状況において日本の製造業の競争力が相対的に弱まっていく中で、工学教育に対する期待が高まった。

これだけが唯一の要因ではないものの、結果として工学教育改革といわれるような流れが90年代に始まり、例えば、教育プログラム認証評価制度JABEEが導入されるなどした<sup>[3]</sup>。この工学教育改革の中で、米国から輸入された「新しい」科目に技術者倫理科目(Engineering Ethics)と工学設計科目(Engineering Design)がある<sup>[4]</sup>。

## 2 工学教育と実地

### 2.1 工学教育における理論と実地

工学教育が他分野の教育と異なっている点の一つとして、教育を通じて身についたことを用いて実践を行う場である実地の存在が挙げられる(その他、医学教育などにも同じく実地が存在する)。

工学や医学などの実地を持つ分野においては、外部の状況に応じて教育内容を変化させる必要がある。学術的に素晴らしくかつ正確な理論を教育した結果として身についた知識や技能であっても実地において役に立たないということが生じうるため、それを避けるために不断の改善が工学には要請されるからである。

つまり、中世文学のような領域では、教育内容は学問領域の内的論理<sup>[5]</sup>によって形成され、その教育効果も、波及的効果は別とすれば、内的論理に基づいて評価される。一方、工学の各専門分野においては、学問固有の内的論理を軽視することはできないものの、教育内容を決定する際、またその効果を評価する際にも内的論理と同等に外的論理を反映せざるをえない。

外的論理に基づいた教育を手っ取り早く実現する方法には、様々な形式の現場に赴いて行われる実地教育があり、現在、前述のように外的論理も重視される工学系高等教育組織において、実地教育がカリキュラムに取り込まれているケースは世界的にも多数派である。しかし、欧米、特に欧州では過去には科学を担う階層と技術を担う階層が社会的に分離していたために、その知識と技能の融合を目指すはずの近代的な工学高等教育に実地の論理を取り入れるのには歴史的にそれなりの苦勞があったことが伺われる。

### 2.2 日本の工学系高等教育と実地

わが国の工学系高等教育組織において、当初、実地がある程度積極的に取り込まれていた形跡が伺われる。例えば、柿原<sup>[6]</sup>によれば、工学系高等教育機関の始祖である工部大学校(後の帝国大学工科大学→現東京大学工学部)は、“実地教育として工部省の事業現場に赴く実習が重視されていたことに注目して、「現場主義的工学教育制度」の嚆矢として評価”され、それが“帝国大学工科大学へと継承され、その伝統は戦後高度経済成長期においても貢献したと”評する論者がいる。実際、工部大学校では、2年間の基礎教育を終えた後に、工学の内的論理に基づく理論を大学で学ぶ期間と実地で学ぶ期間を交互にはさむようなサンドイッチ型カリキュラムが編成されていたのである。

しかし、“工部大学校のサンドイッチ型のカリキュラムによる「理論と実践の結合」というのは一種のスローガンであり、[…中略…] 妥



当性を欠くものであった。” “その後の工部大学校の電信工学教育の展開を見ると、電信建築への派遣による実地教育は続けられたものの、[…中略…] 現場での実習の比重は減少していき、実験室教育に重点が移っていったと考えられる。” 後に、“帝国大学工科大学になると、よりいっそう実験室教育の重視という傾向が強まった。” つまり、徐々に実地の比重が低くなっていった。

カリキュラムだけから判断するならば、1873年の工部寮(後の工部大学校)開校以来、約120年をかけて、日本の工学系高等教育の目的は、現場技術者の養成から工学系研究者(開発研究等を含む)へと大きくシフトしたと考えられる。すなわち、当初の工部大学校のカリキュラムは、2年間の予科(≒教養)、次いで2年の専門、最後に2年の実地で構成されており、専門の1年間においても半期は実地教育であったので、トータルでカリキュラムの半分は実地教育に当てられていた。一方、直接比較には注意が必要であるものの、工学系高等教育の標準となりつつある学部4年、修士2年のカリキュラムにおいては、教養が1年(ないし2年)、専門が5年(ないし4年)で、専門のうち3年はほぼ研究室教育に当てられているのである。

2つのカリキュラムを比較する際には、時代背景を考慮する必要がある。この120年間の技術進歩や社会情勢の変化を考慮すれば、工部大学校も現在の大学も、各々の時代における先端的な工学領域の職業人を養成していると考えられる。また、現在、工学系高等教育機関の1つである工業高専において高度技術職が養成されていることも無視できない。つまり、社会情勢に合わせた工学系人材が高等教育組織において常に育成されてきたのであり、現在の工学系高等教育組織の一部である大学が養成する人材にとっての実地は研究現場なのかもしれない。

しかし、学生の卒業修了後の進路をみると、近年まで工学系高等教育組織は主な実地がどこにあったかを見誤っていた、あるいは教育内容を構成する際に内的論理を外的論理より

も重視しすぎていたと判断できる。例えば、平成12年(直近)の国勢調査の結果によると、わが国の技術者数は252万人であるのに対し、理系の研究者数は15万人にしか過ぎない<sup>[7]</sup>。すなわち、技術系人材の高々5%強しか研究職についていないのである。ただし、後者の数字には企業研究者の多くが含まれていないため<sup>[8]</sup>、科学技術研究調査のデータを併用すると、最大でその見積りは15%程度となる。いずれの推計をとるにせよ、卒業生・修了生のうちの多数派は研究者ではなく技術者になることが推測できる。したがって、現在の工学系高等教育組織の養成する人材にとっての主たる実地は研究現場ではなく、技術の現場であるといえよう。

なお、いわゆる大綱化以降の一連の大学改革や冒頭に述べた工学教育改革の流れの中で、研究職重視の姿勢に対する反省も生じ、様々な対応がなされてきたことは無視できない。例えば、従来から多くの大学(の一部の学科)で工場実習として実施されていた活動の重要性がより強く再認識され、インターンシップという名前が与えられるとともに、カリキュラムに明示的に組み込まれるようになったことがあげられる。さらに、本稿の主要なトピックである工学設計科目もその対応の一つである。

## 2.3 工学設計科目と実地

インターンシップをカリキュラムの中に組み込むことは、教育内容に実地を取り込む直接的な方法である点で優れているものの、当然実地ゆえの難しさが伴っている。すなわち、実地であるからこそ、コントロール不能な様々な事象が発生し得るし、またインターンとして派遣された学生も派遣場所によって学べる内容が異なってくる。インターンシップは教育活動として重要であるものの、問題もまた多く抱えている。

そこで、実地で学ぶべきこと(の一部)が習得できる環境を作り上げるという発想が浮かんでくる。自然科学で日常的に行われる自然の一部を切り取って再現する実験のように実

地の特徴の一部を講義室や実験室に再現するのである。そのような教育方法の1つが工学設計である。

八大学工学教育プログラム検討委員会<sup>[9]</sup>によると、工学設計科目の基本的な考え方には実地で役に立つということがある。日本の高等教育機関が手本とした米国の大学でも大学によってその内容は異なるものの、実地で必要な能力として唯一解が存在するわけではない ill-defined かつ現実的な課題を解決する能力の習得を工学設計科目は基本目的としている。したがって、学生に与えられる課題にはしばしば企業や自治体等が実際に抱えている課題がそのまま用いられている。例えば、工学設計科目の導入において先駆的であった金沢工業大学においては、ある年にはメインテーマとして大学のある野々市町から提示された「野々市町における公共交通の利用促進について」を採用し、それを学生自らがより具体的な課題(例えば、コミュニティバス「のっぺ」のバス停の改善)に落とし込んで検討している ([http://www.kitnet.jp/ed-seika/sekkei2\\_2005\\_nonoichi.html](http://www.kitnet.jp/ed-seika/sekkei2_2005_nonoichi.html))。

工学設計はチームによる共同作業で実施するのが通例であり、大まかにいえば、1) 与えられた課題を具体的な問題に落とし込み、2) 問題の解決策として具体的なモノやソフトウェアなどを作り出し、3) 解決策についての検討と結果をまとめた上で報告を行う、という3つのステージからなる。したがって、問題発見能力・解決能力に加えて、チームワーク、コミュニケーション力、文章作成能力、プレゼンテーション力などが、工学設計科目を通じて身につくと期待される。

工学設計科目で身につく能力等にはチームワーク関連を除けば卒業研究で習得可能なものが多いものの、そうではない能力の習得機会も与えられる。チームワークはもちろんその一つであるが、統合能力やものづくり能力などが身につく点は特筆されるべきである。特に、通常、卒業研究では問題の分析が主たる作業であるため前者を習得することが難しく、しかもそれが実地において常に要求され

ることに注意が必要である。

### 3 米国工学教育における新しい取り組み

工学設計科目の発想をさらに進めて、新しい実地を教室に作り出す取り組みが米国のいくつかの大学で行われている。筆者は2006年2月にそのような取り組みについて現地調査を行った。本節では、その概要について Webからの情報も併用しながら紹介する<sup>[10]</sup>。

本節で紹介するのは、イリノイ工科大学のIPRO(The Interprofessional Projects Program; <http://ipro.iit.edu/>) およびレンセラー工科大学のMDL (Multidisciplinary Design Laboratory; <http://www.eng.rpi.edu/mdl/>) とPDI(Product Design and Innovation; <http://www.pdi.rpi.edu/>) である。両大学とも工夫を凝らした工学教育を実施していることでも有名な大学である。

#### 3.1 IPRO(イリノイ工科大学)

##### 3.1.1 IPRO とその目的

IPRO は、異なるコースに所属する学生からなるチーム学習を行う必修科目(1学期3単位)である。各チームにはスポンサーから与えられた現実社会の課題を解決するというプロジェクトが与えられており、その課題内容には現実の職場(企業、ベンチャー、NPO、政府機関)の多様性が反映されている。チームに対しては、担当教員とスポンサーの協同で指導が行われており、2年生から4年生の多様な学科(各工学・理学系学科、ビジネス、法律、心理学、デザイン、建築)に所属する5~15名(典型的には10名)の学生から構成されている。

IPRO は、1996年から始まったプログラムであり、その主たる教育目的は、学生が以下の知識やスキル、能力を身につけることである。

- 異なる専門を背景とする人間がチームで協同作業をする方法とそのプロジェクト

マネジメント力

- リーダーシップと意思決定力
- 効率的なコミュニケーションと問題解決能力
- 対顧客関係をこなす能力
- 複数の目的 (質, 経済, 安全, 倫理, 持続可能性など) に対してバランスの取れた設計を行う能力
- 技術の商業化を行う機会や戦略を同定する力

すなわち, 現実社会で, エンジニアが体験する諸問題に対して総合的に対処できる能力を身に着けることがプログラムの教育目的である。

### 3.1.2 IPRO で取り上げられる課題

各チームが取り組む課題は多様であるが, 例えば, 2006 年春学期には表 1 のようなトピックが設定された (IT 関連のみを抜粋)。

過去には MLB のオールスター戦に際して実施される「ホームラン競争」で, ホームランの飛距離をリアルタイムで推計するシステムを開発するという課題が与えられ, 開発されたシステムがテレビ中継に現在まで使われているという興味深い例もある。

教育的観点からみて各プロジェクトが成功するかどうかには, 適切な指導を行うという当然の要素に加えて 2 つの重要なファクターがあり, その一つはチーム編成, もう一つが課題設定である。IPRO において参加者が現実社会の課題解決過程を体験することの意義が強調されているものの, プログラムの第一の目的は多様なバックグラウンドを持つチームで活動することによってのみ身につく能力を習得させることであり, したがって, 各プロジェクトチームは特定の学科からの参加者が過半数を超えないように編成され, また, そのような偏りが生じない課題が選定されている。

なお, IPRO で取り上げられる課題は企業やその他機関 (NPO, 自治体等々), 教員, 稀に学生から提案された多くのプロポーザルの中から教員および企業等のメンバによる評価プロセスを経て選定されている。

## 3.2 MDL(レンセラー工科大学)

### 3.2.1 MDL のミッションと目的

MDL のミッションは, 専門領域固有の知識を学際的な設計プロジェクトへと適用する実地における「臨床経験 (clinical experience)」を提供することである。また, そのようなミッ

表 1 IPRO で取り上げられる課題 (IT 関連を抜粋)

- 
- ・ Podcasting, Market Research & Multimedia Pilots for Calamos Investments LLC
  - ・ Portable and Secure Data Storage System
  - ・ Using the IIT Intranet Mediator to Support the United States Holocaust Memorial Museum (USHMM)
  - ・ Data Management, Analysis and Predictive Modeling
  - ・ Edutainment – Designing and User-Testing E-Learning Games
  - ・ Capturing IIT Reality in Video: The Experience of Finding a Job as an IIT Grad
  - ・ Implementing & Commercializing IPRO Knowledge Management Tools: iKNOW and iGROUPS
  - ・ Developing Team Building Games & On-Line Training Tutorials that Enhance the IPRO Experience
  - ・ Improving Health Care Information Systems for a Community Health Network
  - ・ Information Technology Solutions for Seamless Networks (An Entrepreneurial IPRO Project)
  - ・ TravelFlash: Contextual Information Access via Wireless Devices for Travelers Abroad
-

ション実現のために MDL は、1) 複数解答を持ちかつ技術的要求水準が高く、しかもスポンサー企業にとっても重要な現実世界の設計プロジェクトに工学系の学生が従事でき、かつ2) プロジェクトのスポンサー企業にとって有用な見返り(得られたアイデア、技術革新、将来の従業員となり得る学生)を提供する、という目的が達成できるようなプロジェクト課題を設定している。

スポンサーは自らのプロジェクトには4万ドルの資金を提供し、プロジェクト期間中(典型的には秋学期に始まり、春学期に終了する1年)学生を指導するだけでなく、真剣なクライアント(かつパートナー)として学生と協働でプロジェクトに関与しなければならない。

### 3.2.2 MDL の特徴とその教育効果

MDL と IPRO とは非常によく似た特徴を持つ。すなわち、学際的かつ現実的な課題の解決を目指す科目である。しかし、両者が特に注意を払っている点は異なっている。

IPRO で特に注意が払われているのは、学際的なチームを構成して問題に当たるということであり、そのようなチーム編成に相応しくしかも現実的な(つまり、現実に見られそうな)課題が選定されていた。つまり、学際的なチームで作業する経験が与える教育効果がプログラムにおいては第一に期待されているのである。

一方、MDL においても学際的な課題であることが決して軽視されるわけではないものの、それ以上に(単に現実的なだけでなく)クライアントが提供する本物の課題に挑戦することで、クライアントとの緊張感のある関係の中でチームとして学生が活動することが重視されていた(図1)。そのため、クライアントが提供する課題に応じて、チームの構成が偏る(例えば、ある学科の学生がチームの半数を大きく超える)ことも許容されている。すなわち、現実世界の「臨床経験」が与える教育効果が MDL に期待されている。その意味で、MDL の所長および副所長のいずれもが MDL 着任以前には一貫して企業(ないし企業の研

究所)に勤務していたということは、MDL の機能デザインの中では重要な意味を担っていると考えられる。

MDL のスタッフ(や創設にかかわった教員)は、やはり従来の大学で行われている工学教育に対しては、一様に不満を抱いていた。すなわち、実地において専門領域に関する(詳細にわたる)知識が重要なことは否定されないものの、(場合によってはそれ以上に)コミュニケーションや視覚化、文章化の能力が重要であり、また、システムをトータルに把握する能力が要求される。したがって、MDL プログラムにおいては、そのような能力を身につけ、工学における現実的な思考方法を学ぶ場が提供されるとともに、MDL にいたるまでに学習した内容を MDL が統合する役割を担えればと考えられている。

### 3.3 PDI(レンセラー工科大学)

本項目の内容は PDI の創設者の1人であり、現教員でもある Prof. Langdon Winner の中国での講演(2006)で使用したスライド(の翻訳)から引用したものである。

PDI とは学際的に設計(Design)を、その起源から理論、実践にわたるまで一貫して教育するプログラム(この場合は学士号が授与されるので日本の学科ないしコースに当たる)である。

従前の教育プログラムにおいては、

- 学生は1つの専門を身に着ければよい。
- 卒業後は特定の産業においてキャリアを積んでいく。
- 卒業生は社会に出て、組織的に固定化された階層に入る
- キャリアパスとは前述の階層を上っていくことである
- 優秀な学生は企業に入った後、経営者になる。

といったことが前提とされていた。したがって、キャリアを前にした学生に対しては、

- 一方通行的な講義形式で、
- 与えられた問題群について学び、
- 試験(すなわち、解答が所与の問題に対する評価)を通じた成果の確認

を行う教育を実施し、学生は

- 与えられた専門領域に関する固定化された内容を学びさえすればよく、
- 受身で、
- 一種、知識を注ぎ込む容器のような存在である

とみなされていた。

しかし、80年代の半ばから、そのような教育モデルに綻びが生じ始めた。すなわち、組織は柔軟性を必要とし、階層は問題解決のためのチームへと置き換わり、1つの専攻、専門性では不十分になったのである。

その結果として、次のような特徴を持つ教育モデルが必要になった。

- 柔軟性と創造性を育む教育
- Multi-disciplinary な学習の促進。

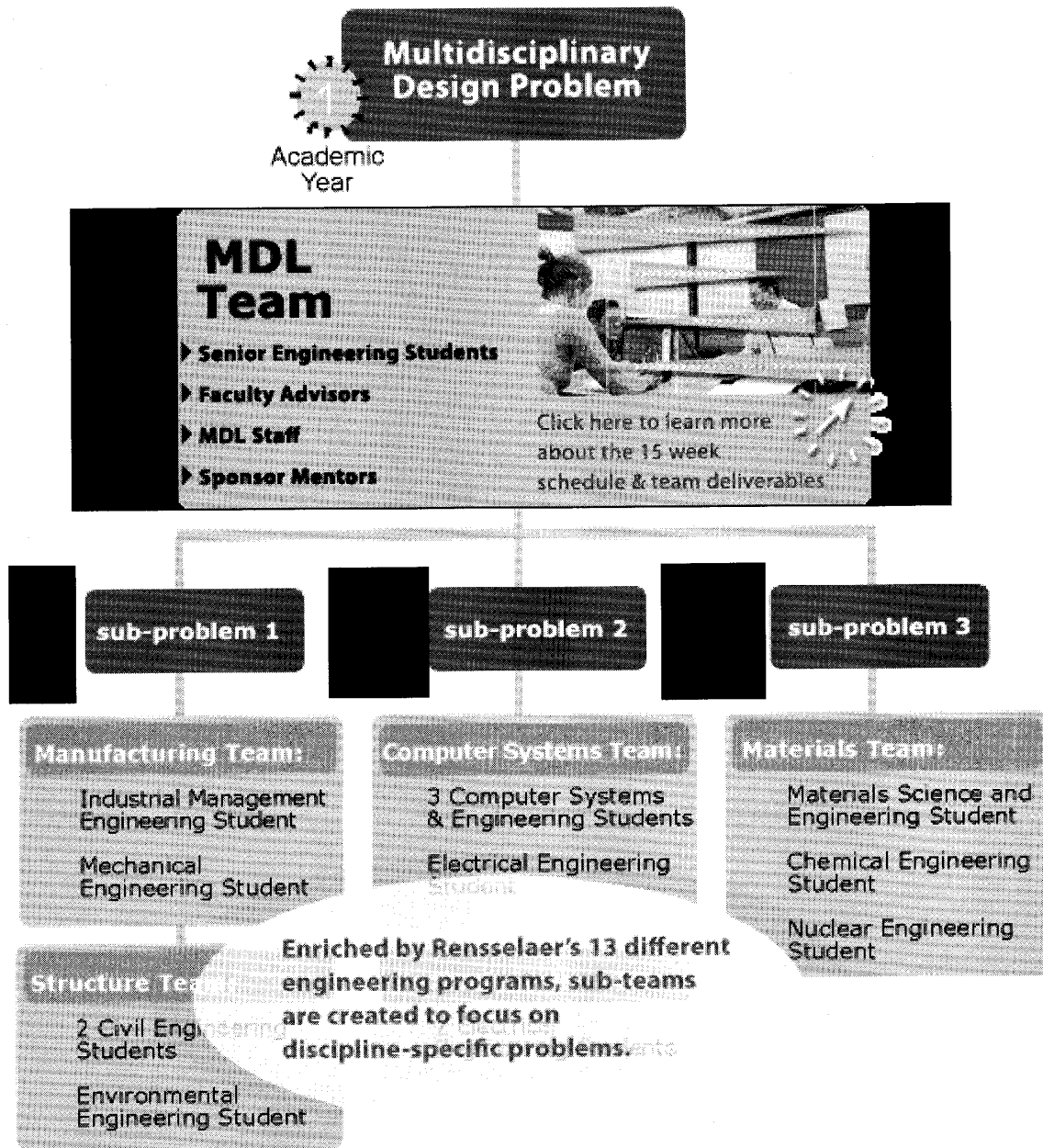


図1 MDL 概略図 ([http://www.eng.rpi.edu/mdl/becomesponsor\\_schedule.cfm](http://www.eng.rpi.edu/mdl/becomesponsor_schedule.cfm) より)

- 講義や筆記試験の利用の最小化
- チームで問題解決を実施する形式の教育 (Studio コース)
- Innovative な思考方法についての教育
- 問題解決型から、問題発見・同定型能力が身につく教育

このような発想から生まれた教育プログラムの1つがPDIである。

PDIは4年間のコースであり、学生は、すべての基礎的な科学(物理・化学・生物)および数学を学んだ上で、2つのStudioコースを毎年履修する。また、学生はSTS(Science and Technology Studies)科目についても選択し、最終的に2つの学位(例えば、STSと機械工学)を得て卒業する。

PDIの基本的なミッションは自信を伴った設計能力を持つ卒業生を送り出すことにあり、その自信の根幹となるのが、trans-disciplinaryな能力、技術的能力、社会文化的能力(例えば、人間関係について学んでいる)といった広い設計資源を授けるカリキュラム体系である。

このカリキュラムの根幹をなすのが、8つのStudioコースであり、以下、各コースを簡単に説明する。

#### Studio 1

目的：multidisciplinaryな設計(の概念)を理解する

技術学習目標：製図法の習得

設計学習目標：関係、素材、オープンエンドな石器、モデルの活用、等々

社会的学習目標：ユーザインタビューを通じたニーズ把握、基礎的設計研究

Studio 2 (1年生対象、2つのプロジェクトを実施)

教員：政治学、機械工学、工業設計の専門家3名による

コースでは小さなプロジェクトとより野心的な大きなプロジェクトの2つを学生は経験するとともに、文献購読や設計理論・社会史・調査手法に関する討論が行われる。Project 1: 学生は1つの単純な物体を選択し、それを分解

し、特徴をスケッチする。ついで、その物体の社会史ならびに関連特許について調査を行う。最終的には、学生はその物体を改善する方法や新しい設計を提案する。Project 2: 学生は4名のチームを構成し、RPIのキャンパスを訪問した人たちにふさわしいお土産を設計する。お土産は、1) 小さくて、魅力的かつ興味深いものでなければならない、2) RPIのキャンパスの性格の表象でなければならない、3) 学内の“Advanced Manufacturing Laboratory”で製造可能でなければならない。このプロジェクトを通じて、学生は、基礎技術的な設計に関する知識に加えて、様々な文化における贈与の意味(文化人類学)、贈与がどのように権力や義務の概念を巻き込むか(政治学、文化人類学)、RPIのキャンパスが訪問者に与える印象(社会学・心理学)、などまでを学ぶ。

#### Studio 3

目的：工業設計とその美学について学ぶ

技術学習目標：Flash, コンピュータアニメ, グラフィックデザイン…

設計学習目標：設計美学、形態と作製の関係、製品アイデアの創造

社会的学習目標：市場調査、製品史、消費者トレンド、社会的価値と創造

Studio 4: 技術領域での設計(工学設計イントロ)

Studio 5: ユーザーセンター設計

Studio 6: 新技術のインパクトと潜在力

Studio 7: 実世界における設計経験とチームワーク

Studio 8: Capstone Design (≒卒業設計)

### 3.4 新しい取り組みの共通点

本節で紹介した新しい取り組みは、いずれも従来の専門のあり方に拘った教育では対応しきれない実地で生かせる能力を学生に身につけさせる実践教育を目指している。すなわち、現代の工学の実地における課題は、特定の専門領域の知識のみで解決できない学際的な課題であることが多く、また、それに対応

する際にはチームで活動することが頻繁にあるという前提に立ちこれらの教育的な取り組みは構成されている。そして、これら3者に共通して強調されているのが、この学際性とチームワーク、問題発見能力、複数回答の存在に加えて、複数の目的に対してバランスの取れた解答を与える設計力、すなわち、冒頭で述べた技術者倫理教育を通じても醸成されるべき能力の重要性である。

#### 4 米国の新しい取り組みと技術者倫理

前節で紹介した取り組みと技術者倫理との関係を論ずるに際して、まずは技術者倫理とは何かを定義する必要がある。しかし、それについて議論を展開するのは本稿の範囲外であるので、代表的な研究者の定義をみることにしよう。

札野<sup>[11]</sup>は技術倫理(技術者倫理)を“研究・経験・実務を通して獲得した数学的・科学的知識を駆使して、人類の利益のために自然の力を経済的に活用する上で必要な行為の善悪、正不正や、その他の関連する価値に対する判断を下すための規範体系の総体、ならびに、その体系の継続的・批判的検討”として定義可能としている。

この定義から明らかなことは、前節で紹介した取り組みにおいて実地の特徴として取り上げられている観点のすべてが技術者倫理とも関わっていることである。すなわち、工学設計に関わる実践教育を実施しようとする際に考慮しなければならない能力や知識は、技術者が倫理的な判断を下す際に必要とされるそれと見事にオーバーラップしているのである。

実際、技術者倫理教育・研究の第一人者である Whitbeck<sup>[12]</sup>は工学設計と技術者倫理の類似性を指摘している。すなわち、両者はともに、与えられた課題に対して、自分の専門知識を利用しながらも、それ以外の多様な知識や価値観を考慮しながら、技術者として限られた時間内に解決策を与えなければならない状況において活用される知識や能力の体系

である。しかも、両者ともに、“i) 正しい解決策が1つであるとは限らない。ii) 正しい解決策が1つではないとしても、間違った答えは存在する。”<sup>[13]</sup>という特徴を有する点でも類似している。

両者が類似するのは偶然ではない。新しい工学教育の取り組みが実地で技術者が使う能力の取得を目指すものであると同様に、技術者倫理もまた技術者が実地で使えるものでなければならぬため、つまり、“技術者倫理としての工学倫理を考える際に重要なことは、理論的な分析や正当化よりも、現実の行動における実践である”<sup>[14]</sup>からこそ類似しているのである。したがって、技術者が現実の問題に対して適切な判断を下すのに要請される知識や能力はかなりの程度共通しており、伝統的な、すなわち学問の内的論理によって枠付けられた工学教育を通して身につく専門知識や能力とは異なった性格を持っている。

別の観点から言い換えると、技術者倫理は通常の工学の専門科目とは全く異質の「人社系科目」とみなされるべきではないといえよう。むしろ技術者に要求される多様な知識や技能を総合的に活用する力を身につけるための科目が技術者倫理なのである。それゆえに、JABEEのために仕方なくとか他の大学でも導入しているからそれに倣ってといった受動的な理由でカリキュラムに技術者倫理を取り込むのではなく、積極的に取り入れるべきであろう。そのような導入手法の1つとして、本稿で紹介した実地を取り込んだ新しい工学教育の手法と技術者倫理を融合するやり方が考えられる。

#### 5 まとめ

現在、様々な要因から工学教育の改革が求められており、その中で歴史的に徐々に研究者養成重視に傾いてきた工学教育のあり方に対して、(多数派の卒業生・修了生にとっての)実地で役に立つ知識や技能を見につけさせる試みがなされている。技術者倫理もそのような知識・技能の一つであり、その意味で工学

教育の中でこれを特殊な科目とみなすべきではない。また、これら実地で役に立つ知識や技能は従来の工学教育のやり方の延長では身につけにくいものであり、外的論理に基づいた新しい教育手法と内容を必要とする。

## 参考文献

- [1] 齊藤了文：「技術者とは何をする人か」, 『誇り高い技術者になろう』, 名古屋大学出版会, pp.48-66, 2004.
- [2] 札野順：「技術倫理の諸問題と技術者倫理教育」, 『科学技術倫理を学ぶ人のために』, 世界思想社, pp.65-87, 2005.
- [3] 調麻佐志：「工学教育改革と技術倫理」, 『科学技術倫理を学ぶ人のために』, 世界思想社, pp.88-105, 2005.
- [4] 工学教育プログラム実施検討委員会：「平成 11, 12 年度工学教育プログラム実施検討委員会報告(要旨)」, 230p., 2001.
- [5] 藤垣裕子：「専門知と公共性 — 科学技術社会論の構築へ向けて」, 東京大学出版会, 240p., 2003.
- [6] 柿原泰：「近代日本の工学教育における科学と実地の相克」, 年報 科学・技術・社会, Vol.5, pp.1-20, 1996.
- [7] 総務省：「平成 12 年国勢調査 抽出詳細集計」, <http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2000/shosai/00/index.htm> (平成 16 年 6 月 22 日公表).
- [8] 技術士審議会：「技術士制度の改善方策について」, [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/12/gijutu/k223.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/12/gijutu/k223.htm) (平成 18 年 4 月 1 日参照).
- [9] 工学教育プログラム検討委員会・工学教育プログラム分科会：「工学教育プログラム分科会報告」, <http://www.eng.titech.ac.jp/~jeep/08-10/sec-met1.html> (平成 18 年 4 月 2 日参照).
- [10] 政策科学研究所：「平成 18 年度 理工系人材確保のための大学教育改革研究会報告書」, 印刷中.
- [11] 札野順：「科学技術倫理の諸相とトランス・ディシプリナリティ」, 科学技術社会論研究, Vol.1, pp.204-210, 2002.
- [12] Whitbeck, C.: *Ethics in engineering practice and research*, Cambridge University Press, 350p., 1998.
- [13] 石原孝二：「工学倫理の教科書」, 科学技術社会論研究, Vol.2, pp.138-147, 2003.
- [14] 岩崎豪人：「エンジニアリングの倫理」, 『科学技術倫理を学ぶ人のために』, 世界思想社, pp.28-46, 2005.

(2006 年 5 月 2 日受付)  
(2006 年 6 月 18 日採択)



# 技術者倫理の展望 — その歴史的背景と今後 —

## Engineering Ethics

### — Its Historical Perspectives and Future Prospects

金光 秀和<sup>\*,†</sup>

Hidekazu KANEMITSU

現在、技術者倫理が世界各国で技術者教育に導入されつつある。日本においても、技術系学協会が倫理教育に取り組むと同時に、理工系の大学や高等専門学校で技術者倫理教育が活発化している。本稿では、歴史的背景の概観を通して、なぜ技術者倫理が必要なのか、また、現在どのような技術者倫理が求められているのかについて考察する。現在の技術者倫理はアメリカにルーツをもつものであるが、各国はそれぞれ異なった歴史的背景を有している。本稿では、アメリカの技術者倫理の歴史を概観し、その上で各国の歴史的相違について考察する。そのさい、とりわけ技術者の専門職としての責任に注目する。最後に、技術者倫理の今後の展望について論じ、ヨーロッパで試みられている、技術者倫理の技術倫理への拡張の構築に注目し、技術哲学による技術者倫理の基礎づけを求める議論について考察する。

At present, engineering ethics is introducing into engineering education in many countries in the world. In Japan just the same, engineering academic societies and professional societies are dealing with ethics education, and engineering ethics education is in activity at universities of science and technology. In this paper, the author will examine the necessity of engineering ethics and future engineering ethics, making a survey of historical backgrounds of engineering ethics including the difference of each country. He will take historical backgrounds into consideration by concentrating on the professional responsibility of engineers. And at last, he shall proceed to consider future engineering ethics, and the discussion of necessity of founding engineering ethics by philosophy of technology, paying attention to European approach which is trying to expand engineering ethics into ethics of technology.

キーワード：技術者倫理，技術倫理，技術者教育，技術哲学

Engineering Ethics, Ethics of Technology, Engineering Education, Philosophy of Technology

## 1 はじめに

現在、技術者倫理 (engineering ethics) が世界各国で技術者教育に導入されつつある。日本においても、技術系学協会が倫理教育に取り組むと同時に、理工系の大学や高等専門学校で技術者倫理教育の導入が活発化している。

現在の技術者倫理教育の特徴の 1 つとし

て、技術者の専門職としての責任 (professional responsibility) を強調する点が挙げられる。しかし、技術者を専門職の 1 つとして位置づけることができるかどうかは、技術者倫理でしばしば問題となる点である。そしてこの問題は、情報系の技術者にとってより切実なものとなる。というのは、いわゆる「土機電化」、土木・機械・電気・化学に比べ、情報は新しい領域であり、伝統的な技術業 (engineering) の領域よりも専門職としての位置づけがより問題になるからである。実際、情報系の技術者が伝統的な技術業の専門職として位置づけられるかどうかは、倫理教育においても問題となる<sup>[1]</sup>。

\* 金沢工業大学基礎教育部／同科学技術応用倫理研究所 Academic Foundations Programs, Kanazawa Institute of Technology/Applied Ethics Center for Engineering and Science, Kanazawa Institute of Technology

† kane@neptune.kanazawa-it.ac.jp

そこで、日本でも技術者倫理教育が活発化しているこの時期に、改めて技術者倫理の歴史を概観し、今日的な技術者倫理を展望することは情報系の技術者の倫理教育を考慮するさいにも意味のあることだと考えられる。本稿では、各国の相違を含めて、技術者倫理の歴史的経緯を概観するとともに、今日の技術者倫理と技術者倫理教育を展望する。それによって、なぜ技術者倫理が必要なのか、また、現在どのような技術者倫理が求められているのかについて論じることにはしたい。

## 2 歴史的概観

現在各国で導入が進められている技術者倫理の直接的なルーツはアメリカに求められる。技術者倫理の発展に関して、アメリカは他の国々に大きな影響を及ぼしているのである。後に確認するように日本においてもその影響は大きいものであるが、たとえば、フランスやオランダなど技術者倫理教育を導入する動きが見られる国々で、アメリカの技術者倫理の影響が明白であることが指摘されている<sup>[2]</sup>。アメリカにおける技術者倫理に関しては、すでに日本でも紹介と解説が行なわれているが、先行研究に基づきながら、本稿でもその歴史的展開について概観することにしよう。

アメリカの技術者倫理の歴史においては、第1に、技術系学協会による倫理綱領が大きな役割を果たしてきた。技術者は、倫理綱領を制定することによって自らの行動規範を明示し、専門職としての地位の確立を目指したのである<sup>[3]</sup>。第2に、技術者教育への技術者倫理の導入が大きな要素となっている。アメリカでは1970年代以降、技術者倫理の理論的枠組みの検討、およびその教育・研究への応用が開始されている<sup>[4]</sup>。以下では、この2点を中心に、アメリカの技術者倫理の歴史を概観する。

### 2.1 アメリカにおける技術者倫理と技術系学協会

アメリカの技術者は、自らの立場を専門職として位置づけ、専門職として自立することを目指してきた。具体的には、19世紀後半から、アメリカ技術業の先導者たちは、専門的知識と自律性、社会的責任を持つ専門職へと技術業を変えはじめていた。技術者はさらに、自らにふさわしい地位を確保するべく、公衆に対して、技術者の責任を明示する必要があると考えた。専門職としての責任を公衆に明示していないが故に、専門職にふさわしい地位が技術者には与えられていないと考えたのである<sup>[5]</sup>。アメリカの技術者協会は20世紀初頭以降、倫理綱領を制定し自らの行動規範を明示することによって、専門職としての地位の確立を目指したのである。

ただし、この段階で技術者を支配する責任として考えられていたのは、一般に雇用主に対しての責任であり、従順 (obedience)、忠誠 (loyalty)、信頼性 (reliability)、職務遂行上の専門能力 (competence in job performance) といった価値が、その責任に含まれるものであった。たとえば、初期に制定されたものの1つであるアメリカ電気技術者協会 (American Institute of Electrical Engineers: AIEE) の倫理綱領では、技術者の専門職としての第1の義務として、依頼主や雇用主の利益の保護が明記されていた<sup>[2]</sup>。初期の技術者協会の倫理綱領において重視されたのは、技術者と依頼主・雇用主との関係、および技術者相互の関係であった。

また、19世紀以降、急激に技術が発達しそれが普及したことによって欠陥技術が問題になり、技術者の能力が問われるようになった。その結果、技術者の資格制度が始まった。1907年にワイオミング州が法律を制定したのをきっかけに他の州もこれに続き、1920年に各州の登録委員会が連合して、全米技術業・測量業試験団体評議会 (National Council of Examiners for Engineering and Surveying: NCEES) が形成された。このNCEESは、開業する技

術者にプロフェッショナル・エンジニア (Professional Engineer: PE) の資格を与え、資格取得後の実務を規制するためのモデル法を發展させた。その基準は、PE の資格を受けるにあたり、専門職発展のための技術者協議会 (Engineers' Council for Professional Development: ECPD) により認定されたプログラムの学位 (学士) を持っていること、基本事項試験と専門職実務試験に合格すること、数年間の信頼できる技術実務経験などを求めている<sup>[6]</sup>。このような状況のもと、ECPD は 1930 年代に工学系教育プログラムの認定をはじめている。

そして、技術者全員免許制を求めた PE が ECPD から飛び出す形で、1934 年に全米プロフェッショナル・エンジニア協会 (National Society of Professional Engineers: NSPE) が設立される<sup>[6]</sup>。NSPE は州の免許に対するガイドラインを定めていたが、この免許条件は、大企業には無効とされるものであった。すなわち、大企業は産業免除によって、免許を持つ技術者のみを雇うことを免除されていたのである。そのため、各学協会が倫理綱領を制定し、また技術者の免許制度と技術者教育の認定機構が発足していたにもかかわらず、学協会の倫理綱領が技術者に対して大きな影響を及ぼすことのない時期が続いた<sup>[5]</sup>。

しかし、状況に変化が見られるようになる。初期の倫理綱領では、公衆に対する責任という観点が欠けていたが、第 2 次世界大戦以降、技術者が依頼主や雇用主以外に一般の人々に対しても重要な義務を有することが、次第に認識されるようになる。ここで重要な意味をもつのが、1947 年に定められた ECPD の倫理綱領である。この倫理綱領で初めて、技術者が公衆に対して有する責任、つまり公衆の安全・健康・福利に対する責任が明示されたのである。さらに、1974 年の改定では、公衆の安全・健康・福利を最優先することが明記されるに至る<sup>[7]</sup>。ECPD の倫理綱領は、各学協会が共有すべきものとして提示されたものであるが、実際、この綱領は多くの学協会によって採用されることになる。そして、公衆

に対する責任が明記されて以後は、この項目も各学協会の倫理綱領の中に採り入れられていく<sup>[3]</sup>。

また、1970 年代に入り、技術者の公衆に対する責任に一般の人々が注目するような事件や事故が多発した。現在の技術者倫理の教科書でも取り上げられることの多い、DC-10 墜落事故、フォード・ピント車欠陥事件などがそうである。中でも、1971 年にサンフランシスコで起こった湾岸高速交通 (Bay Area Rapid Transit District: BART) での事例は、アメリカの技術者倫理の転換点となったと言われるものである<sup>[5]</sup>。この事例では、コンピューター制御システムの安全性への疑問を監督者に伝えた 3 名の技術者が不服従を理由に解雇されたが、電気電子技術者協会 (The Institute of Electrical and Electronics Engineers: IEEE) は、公衆の利益を守るために行動したとして、彼らを擁護した。彼らが、公衆の安全を守るという ECPD の倫理綱領に従って行動したとして、裁判で技術者を擁護したのである。このように、公衆に対する責任が倫理綱領に明記されるようになって以降、この責任を果たすための行動によって不当な扱いを受けた技術者を擁護するためにも、倫理綱領が用いられることになる<sup>[3][5]</sup>。

また、さまざまな形で環境問題が浮上して以降、倫理綱領に環境への配慮を含める学協会が現れはじめた。たとえば、土木技術者協会 (The American Society of Civil Engineers: ASCE) は、1977 年に環境への配慮を倫理綱領に含めている (表 1)。

現在の倫理綱領に目を転じてみよう。ルーゲンビールによれば、現在のアメリカの倫理綱領において技術者が尊重すべき価値として含まれているのは、「公衆の安全」・「専門能力」・「誠実さと客観性」・「利害相反の回避」・「守秘義務」・「公平かつ実績に基づいた決定」の 6 つである。さらに、現行のアメリカの倫理綱領に含まれてはいないが、よりグローバルな文脈から倫理綱領に含まれるべきものとして、「人権」・「技術者の権利」・「知的財産権」・「自然環境の保護」・「科学技術がもたらす影響へ

表1 アメリカにおける倫理綱領の歴史 (札野作成のものを一部改変)<sup>[8]</sup>

第1期	職業倫理強調の段階 (The Professional-Conduct Phase)
1911年	コンサルティング・エンジニア協会 (The American Institute of Consulting Engineers)
1912年	アメリカ電気技術者協会 (The American Institute of Electrical Engineers: AIEE) = 1963年電気電子技術者協会 (The Institute of Electrical and Electronics Engineers: IEEE) に
1914年	アメリカ機械技術者協会 (The American Society of Mechanical Engineers: ASME) アメリカ土木技術者協会 (The American Society of Civil Engineers: ASCE)
第2期	公的使命の段階 (The Public Mission Phase)
1947年	専門職発展のための技術者協議会 (The Engineers' Council for Professional Development: ECPD) = 1980年技術者教育認定機構 (The Accreditation Board for Engineering and Technology: ABET) に
1974年	専門職発展のための技術者協議会 (ECPD) が綱領を改定し、公衆の安全・健康・福利の最優先すべきことを明記
1977年	専門職発展のための技術者協議会 (ECPD) が綱領を改定し、人類の福利を最優先すべきことを明記
第3期	環境への配慮の段階 (The Environmental Concern Phase)
1977年	土木技術者協会 (ASCE) が、環境への配慮を倫理綱領に含める
1985年	世界技術組織連盟 (The World Federation of Engineering Organizations: WFEO) が技術者のための「環境倫理綱領」 (Code of Environmental Ethics) を公表
1990年	電気電子技術者協会 (IEEE) が綱領を改定し、環境への配慮を含める
1996年	土木技術者協会 (ASCE) が綱領の中の基本憲章7を改定し、「持続可能な開発」 (sustainable development) を含める
1998年	機械技術者協会 (ASME) が、環境に関する基本憲章8を追加する

の配慮」・「技術者の公的な役割」の6つを挙げている<sup>[9]</sup>。アメリカの倫理綱領は、技術者と雇用主、あるいは技術者相互という閉じた関係における責任の配慮から、公衆に対する責任の明記を経て、現在ではより開かれた世界を技術者の責任の対象にしようとしている。

専門職としての地位を確保しようとしたアメリカの技術者は、専門職の自律性を担保するものとして倫理綱領を策定した。当初は公衆に対する責任よりも技術者や雇用主の利益保護に主眼があったが、公衆に対する責任をその項目に含め、倫理綱領は技術者にとっての新たな責任の対象を明確にし、その責任を果たすために不当な扱いを受けた技術者を擁護するために用いられるに至る。技術系学協会による倫理綱領の制定から、すなわち技術

者集団内部から技術者倫理が生まれてきたことは、アメリカの技術者倫理の歴史を考えるさいに注目されるべき点の1つである。

## 2.2 アメリカにおける技術者倫理教育の導入

1970年代以降、さまざまな事件や事故をきっかけに、一般の人々が、科学技術の社会に及ぼす影響について関心を持ちはじめた。さらに、ベトナム戦争を契機とした科学技術批判や、公害・環境問題といった社会的要因によって、地球環境や公衆の安全への配慮が技術者の重要な責務として議論されはじめる。それに加え、1970年代後半から、全米科学財団 (National Science Foundation: NSF) と全米人文科学基

金 (National Endowment for the Humanities: NEH) の支援を受け、技術者と哲学者およびその他の分野の専門家からなる学際的なプロジェクトが実施された。このプロジェクトでは、技術者の専門職としての倫理を再確認し、それを次世代に伝えるための教育プログラムの開発が行われた<sup>[10]</sup>。具体的には、NSF と NEH の支援を受けて、レンセリア工科大学の科学・技術人間的側面研究センター (Center for the Study of the Human Dimensions of Science and Technology at Rensselaer Polytechnic Institute: RPI) とイリノイ工科大学の専門職倫理センター (Center for the Study of Ethics in the Professions at Illinois Institute of Technology: IIT) がプロジェクトを企てた。こうしたプロジェクトは、技術者倫理という新しい領域を支援し、また技術者倫理に関する科目の設置を支援するものであった<sup>[11]</sup>。

しかし、アメリカの技術者倫理教育の歴史と現状に詳しい札野によれば、アメリカにおける技術者倫理教育の起源を特定するのは容易ではない<sup>[4]</sup>。以下では、RPI でのプロジェクトを総括したボームが、技術者倫理教育に関する具体的な提言をまとめた『倫理と技術者教育課程』、および札野の研究などをもとに技術者倫理教育の歴史を概観する<sup>[4][12]</sup>。

19 世紀後半、技術者教育は高等教育の 1 部として認識されはじめる。非常に限定された意味でのプロフェッショナリズム (professionalism) の教育、技術者の専門職としての教育はある程度実践されてきた。また、第 2 次世界大戦以降、科学技術の成果が社会に与える影響を考慮するような教育が、科学史・技術史・科学技術論などの文脈で、実践されていた。1977 年に NSF の支援を受けて、アメリカ科学振興協会 (American Association for the Advancement of Science: AAAS) が実施した調査によると、科学技術が社会に与える倫理的影響や価値観への影響に関して、多くの大学で少なくとも 1 つの科目が開講されていた<sup>[4][12]</sup>。

しかし、技術者倫理は科学技術の社会への

倫理的影響を考慮する分野とは区別されるものである。ボームはこれらの区別を強調し、技術者倫理は専門職集団に属する技術者の行為や意思決定を扱う分野であるとする<sup>[5][12]</sup>。狭義の技術者倫理教育、すなわち技術者が重視すべき価値観と行動規範、および技術者の意思決定に焦点を絞った技術者倫理教育の芽生えが見られたのは、1976 年であると考えられている<sup>[4][12]</sup>。この年、NSPE が技術者倫理教育に関して、その教育が不十分であり、技術者の専門職としての地位やそれと社会との関係を学生に確認させることを教育目標とする科目の開講を提言したのである。具体的には、1974 年に同協会が行なったアンケート調査の結果に基づき、技術者の専門職としての行動規範に関する教育が不十分なことを指摘し、認定を受ける技術者教育課程は、上記のような科目を少なくとも 1 つは開講すべきであると提言したのである<sup>[4][12]</sup>。

先述の NSF と NEH の支援による学際的なプロジェクトが開始したのは、この時期であった。1979 年の段階で、すでに開講されている科目が 30 から 40 あり、また計画中のものが少なくとも 50 以上あったが、当時、ECPD が技術者倫理およびプロフェッショナリズムに関する科目を、認定を受けようとするすべての教育課程に課するか否かを検討していたことも追い風となり、技術者倫理教育への関心が高まった<sup>[4][12]</sup>。そして、1980 年代に入ると、環境問題の登場やさまざまな事故 (スペースシャトル・チャレンジャー号の爆発事故やチェルノブイリ原発事故など) の続発などによって、技術者倫理教育の必要性がさらに強調されるようになる。

1990 年代には、ECPD の後継機関である技術者教育認定機構 (Accreditation Board for Engineering and Technology: ABET) が技術者倫理を教育目標に含めることになる。先述のとおり、ECPD は 1979 年に技術者教育課程に技術者倫理に関する科目を公式に要請するか否かを検討中であった。その後 ABET は 1980 年代半ばから、認定要件として倫理と専門職についての教育に取り組んでいること

を求めるようになる。1985年のABRTの認定基準では、「技術専門職とその実務における、倫理性の理解」を育てる真剣な努力をすることが求められている<sup>[7]</sup>。さらに、1997年に採用された認定基準、Engineering Criteria 2000(EC2000: 2001年施行)では、より明確に技術者倫理が提示されている。EC2000は、21世紀の技術者教育のあるべき姿を模索し、それまでの教育内容中心のカリキュラム評価から教育成果(outcomes)を重視した認定へと大きく変革を遂げたものであったが、この中で技術者倫理が明示されているのである。すなわち、「卒業生が地球的で社会的な関係の中で技術の影響力を理解し、技術に関係した現代的問題の知識を持っていること」を実証するように求め、経済的、環境的、社会的、および政治的因子に加えて倫理的因子を考慮することを含む「大規模な設計経験」を学生が持つように指導しているのである<sup>[7]</sup>。

このように認定基準に技術者倫理が明示されて以降、認定審査を受ける大学は、卒業生が技術者倫理を理解していることを実証する必要に迫られた。加えて、NSFがこの分野の研究・教育に財政的支援を続けたことによって、技術者倫理教育はアメリカの工学系大学において着実に発展を遂げることになった<sup>[4]</sup>。実際、各種調査によると、技術者倫理を教える大学の数は、1990年代に入り飛躍的に増加した。それらの調査によると、1980年代は技術者倫理教育への関心が高まったとはいえ、制度的に技術者倫理をカリキュラムに取り込んだ大学はまだ少数であった<sup>[11]</sup>。しかし、1997年に実施された調査によると、技術者倫理を教育する大学の数は増加し、少なくとも工学系上位10大学においては何らかの形で、技術者倫理に関する科目が教育課程の中に設けられていた<sup>[4]</sup>。

また、技術者倫理に関する科目を独立に開講するのは別に、教育課程全体を通して技術者倫理を教えるという教育方法が開発された。教育課程全体を通じた倫理教育(Ethics Across the Curriculum: EAC)は、イリノイ工科大学専門職倫理研究センターが中心となって、か

りの成功をおさめてきている独自の取り組みである。EACのアプローチは、ごく普通の専門科目の中に倫理について考える小さなユニットをいくつもはめ込むことによって、専門科目担当者が技術者倫理教育へと参画し、その結果全教育課程を通じた技術者倫理教育を実現しようとするものである。これは従来の専門科目にほんの少し倫理を組み込むこと(micro-insertion)によって可能となるものである<sup>[13]</sup>。このEACのアプローチは、アメリカのみならず世界的な広がりを見せている。

ABRTの認定を受けた機関のうち、必修科目として倫理に関連した科目を設定しているのは17%にすぎず、しかもそれらは哲学や宗教などの科目であるとの調査もある<sup>[14]</sup>。たしかに、技術者倫理に関する科目を必修科目として設置することはアメリカにおいても標準的なことではないが、選択科目として、またEACのアプローチによって、技術者倫理はアメリカの技術者教育に確実に浸透している。

### 2.3 アメリカにおける技術者倫理の4段階

アメリカの技術者倫理は、上述のような推移の中で発展してきたものであった。ミッチャムの言葉を借りてそれを整理すれば、「暗黙の倫理」(implicit ethics)、「忠誠としての倫理」(ethics as loyalty)、「公衆の安全・健康・福利」、「倫理教育」という4段階を経ての発展ということになる<sup>[15]</sup>。すなわち、19世紀中頃から終わりまでの段階では、技術者の倫理とは、技術者たちの間の「暗黙の倫理」であった。この段階では、いまだ倫理綱領は存在せず、各協会のエートスが技術者の行動を律していた。しかし、20世紀に入ると、主要な学協会は倫理綱領を策定し、技術業の更なる発展を目指すことになる。これらの倫理綱領では、依頼主・雇用主の利益が重視され、20世紀はじめの約30年間は依頼主・雇用主への「忠誠の倫理」が技術者倫理の中心を占めていた。第2次世界大戦後になると、技術業が社会に及ぼす影響、および技術者の社会的責任が強く意

識され、現在の多くの倫理綱領に見られる「公衆の安全・健康・福利」が重視されるようになる。そして1970年代に入り、工学系高等教育機関で「倫理教育」が開始され、現在の技術者倫理という研究上および教育上の1分野が確立されることになった。EC2000が提示された1990年後半以降は、技術者倫理に関する教科書の改訂や新たな出版が相次ぎ、必修科目、選択科目、EACのアプローチなどによって、技術者倫理はアメリカの技術者教育に広く浸透している。

このように、アメリカでは、技術者協会において技術者の倫理が確立された後に、大学で技術者倫理教育が展開されるようになった。当初は依頼主・雇用主への「忠誠の倫理」が重視されていたとはいえ、技術者の内発的な動機から技術者倫理が生まれてきたこと、それゆえ専門職としての責任が強調される形で技術者倫理が発展してきたことが特徴的である。現在のアメリカの技術者倫理教育にこうした歴史的背景があることは、他の国々での技術者倫理の展開を考慮する際に、注目されるべき事柄である<sup>[16]</sup>。

### 3 国際的な広がりを見せる技術者倫理

アメリカにルーツをもつ技術者倫理は、現在国際的な広がりを見せている。このような動向の背景として、1990年代半ば以降の技術者資格および技術者教育の国際化を挙げることができる。我が国においても、国際的に通用する技術者教育の認定システムを構築する必要性が認識され、「国際的に通用するエンジニア」を目指して、1999年11月に日本技術者教育認定機構 (the Japanese Accreditation Board for Engineering Education: JABEE) が設立された。JABEEはその認定基準として技術者倫理を明確に示している。すなわち、日本技術者教育認定基準(2004年度版)において、基準1・(1)・bとして、「技術者が社会や自然に及ぼす効果や影響、および技術者が社会に対して負っている責任に対する理解(技術者

倫理)」を明示している。また、ヨーロッパにおいては、アメリカで展開されてきた技術者倫理をもとに技術倫理 (ethics of technology・科学技術倫理) を構築しようとする動きも見られる。以下では、技術者資格・技術者教育の国際化の動向を確認し、それを踏まえながら、各地域での技術者倫理の展開を追うことにする。

#### 3.1 技術者資格・技術者教育の国際化

経済活動のグローバル化に伴い、科学技術によってもたらされた製品や成果だけでなく、技術者自身の活動も特定の地域や文化圏を超えたグローバルなものとなる。このような状況のもと、技術者の国際資格の問題が関心を集めるようになった。具体的には、1995年に設立された世界貿易機構 (World Trade Organization: WTO) は、モノの貿易だけでなく、技術的なサービスの国際的な品質保証を目指している。そして1990年代後半、WTOの設立に呼応して、技術者資格の国際相互承認の動きが急速に進展することになる。技術者教育の認証に関する国際的な枠組みとして、1989年に調印されたワシントンアコード (Washington Accord) があるが、この加盟国が中心となり、1996年3月に技術者の流動化に関するフォーラム (Engineers Mobility Forum: EMF) が設立された。また、2000年には、アジア太平洋経済協力会議 (Asia Pacific Economic Cooperation: APEC) 加盟国間の技術者の流動性を高めることを目的に、技術者資格の相互認証を行うAPECエンジニアの審査登録が開始された。この登録制度では、その登録要件に、認定または承認された技術者教育プログラムの修了、実務経験、継続教育の他に、「自国および業務を行う相手エコノミーの行動規範を遵守すること」が含まれている<sup>[17]</sup>。日本においても、2000年に技術士法が、国際的な整合性を持つ形に改正されている。また上述のワシントンアコードは、加盟団体が認証したプログラムの学位(学士)の実質的同等性を保証するなかで、統一的な認定基準を定めてはい

ないが、多くの加盟団体は、その認定基準に技術者倫理を採り入れている。このように現在、技術者倫理は、国際的に通用する技術者を教育する上で不可欠の要素となっている<sup>[4][16]</sup>。

### 3.2 日本における技術者倫理

現在の日本における技術者倫理および技術者倫理教育の展開を考慮する場合、上述の技術者資格・技術者教育の国際化の影響は極めて大きい。

日本において、技術者倫理が活発に議論されはじめたのは、2000年頃からである。この頃から、関連する教科書が出版され、実際に関連する講義が開講されはじめた。この2000年は、雪印による集団食中毒事件や三菱自動車のリコール隠し事件などの不祥事が続発した年である。さらに遡ると、オウム真理教によるサリン事件、高速増殖炉もんじゅ事故、JCO臨界事故など科学技術の専門家が関わる事件・事故が、1990年代半ばから続発していた。日本において技術者倫理が注目されるに至った要因の1つとして、これら一連の事件・事故を挙げることもできるだろう。しかしながら、大きな要因として、工学教育改革と呼ばれる一連の流れが1996年頃にはじまったことが挙げられる<sup>[18]</sup>。

もちろん、日本の工学教育改革の見本である、アメリカの工学教育改革の一因が、技術に対する社会的不安であったこと、また日本でそれまでほとんど関心が払われていなかった技術者倫理が、関係者の間ですんなりと受け入れられたことなどから、先の事件や事故が大きな背景として技術者倫理の必要性を認識させたと解釈することはできる。しかし、技術者倫理が技術者教育に導入される直接の要因となったのは、1996年頃にはじまる工学教育改革であった<sup>[18]</sup>。

この時期、技術者資格・技術者教育の国際化の動きを視野に入れながら、工学部レベルでの教育および技術者資格の制度整備が急速に進んだ。1996年に日本工学教育協会に工学教育アクレディテーションシステム調査検討委

員会が設立され、その中間答申を受け、1997年7月、国際的に通用するエンジニア教育検討会が、工学系学協会、当時の文部省・通商産業省・科学技術庁、経済界関係者によって設立され、制度の基本案や認定基準などが検討された。その結果、APECエンジニアの要件である、技術者教育プログラムの承認あるいは認定のうち、要件がより厳しい認定を目指すこととなった。これは、認定レベルで技術者資格の相互承認を取り決めているワシントンアコードに加盟し、どの経済圏でも通用する技術者資格の実現を目指したものであった<sup>[6]</sup>。

このような文脈の中で、先述のJABEEが、アメリカの技術者教育認定機構であるABETに倣って設立されることになる。JABEEは、日本の技術者教育の国際的な同等性を確保し、国際的に通用するエンジニアの育成を目指して設立されたものである。その目的を果たすべく、2001年にワシントンアコードに暫定加盟したJABEEは、その後2005年6月に開催された第7回ワシントンアコード総会において、非英語圏ではじめて正式加盟を認められることになる。

もちろん、1997年5月に日本学術会議基礎工学研究連絡委員会が発表した「工学系高等教育機関での技術者の倫理教育に関する提案」のように、制度設備とは異なる次元での倫理教育の提言も存在した。しかし、技術者資格・技術者教育の国際化の流れの中で、JABEEが設立され、その認定基準に技術者倫理が含まれていることが、日本における技術者倫理教育導入の大きな要因となったことは否定できない<sup>[16]</sup>。

アメリカの技術者倫理の歴史と対比した場合、大学や高等専門学校における倫理教育が、学協会の取り組みに先行している点が特徴的である。1990年代後半から、情報処理学会を皮切りに、主要な技術系学協会が倫理綱領が制定されたが、それもアメリカの学協会のように内発的な動機によってではなかった。1938年の段階ですでに倫理綱領にあたるものを発表していた土木学会のような例外はあるものの、近年の日本の学協会の倫理綱領策定



のさきがけとなった情報処理学会の場合を見ても、その制定のきっかけは情報処理国際連盟 (International Federation for Information Processing: IFIP) からの問い合わせであった。また、その他の主要な学協会の倫理綱領の策定についても、2001年3月に閣議決定された科学技術基本計画が、学協会に倫理綱領の策定と技術者の資格認定に倫理的視点を盛り込むことを求めたことによるところが大きい<sup>[6]</sup>。

日本に技術者倫理が導入された経緯を考慮した場合、アメリカのように技術業に関して専門職集団 (profession) という概念が希薄であること、学協会がプロフェッショナルソサイティとしてではなく、アカデミックソサイティとして機能してきたという点をその特徴として挙げることができる<sup>[3][19]</sup>。そもそも日本の工学系学協会は、工部大学校第1回卒業生が同窓会として工学会を作ったのが始まりだとされている<sup>[6]</sup>。歴史的にアカデミックソサイティとして存在してきた日本の学協会においては、専門職集団としての意識が希薄であり、それゆえ、アメリカとは異なり、学協会の内発的な動機から技術者倫理が生じることがなかったのである。

### 3.3 ヨーロッパにおける技術者倫理

一方、ヨーロッパの技術者倫理に関しては、現在アメリカや日本で実践されている技術者倫理教育という点から見れば、それはまだ揺籃期にあると言える。ヨーロッパにおいて、技術者倫理が注目されはじめたのは、1990年代半ば以降、すなわち技術者資格の国際化が関心を集めるようになって以降のことである。徐々に技術者倫理教育への注目も高まりつつあり、ヨーロッパ工学教育協会 (European Society for Engineering Education: SEFI) は、1998年に技術者教育における倫理に関するワーキンググループを設立している。しかしほとんどの大学では、技術者倫理教育が組織的に行なわれているとは言えないのが現状である<sup>[4]</sup>。

ただし、ヨーロッパには、アメリカにルー

ツをもつ技術者倫理とは異なる歴史が存している。たとえば、フランスでは人文科学が伝統的に技術者教育において重要な意味をもつものと考えられてきた<sup>[20]</sup>。あるいはオランダでは、1970年代から科学技術社会論 (science, technology and society: STS) に関する科目が、しばしば技術系大学で必修科目として教えられてきた<sup>[2]</sup>。これらは狭義の技術者倫理教育とは異なるものの、技術者の責任やその倫理的・社会的側面が技術者教育課程で全く無視されてきたわけでないことを示している。

#### 3.3.1 ヨーロッパにおける歴史的経緯

ヨーロッパにおいても、2001年にフランス科学者・技術者会議 (National Council of Engineers and Scientists of France) が「技術者倫理憲章」 (Charter of Ethics of the Engineer) を、また2002年にはドイツ技術者連盟 (Association of German Engineers: VDI) が「技術者倫理の基本原則」 (Fundamentals of Engineering Ethics) を発表し、アメリカの技術者倫理の歴史的展開に沿うような動きが見られる。しかし、ヨーロッパには技術と倫理に関して、アメリカとは異なる歴史的文脈がある。ここでごく簡単にではあるが、フランスとドイツを中心にその歴史的経緯を概観しておこう。

世界に先駆けて、科学技術を専門として教える高等教育機関を設立したフランスは、技術者教育における人文科学の重要性を常に認識していた。デイディエによれば、エコールポリテクニクはその設立当初より、文学を教えることの重要性を常に認識してきた<sup>[20]</sup>。このような伝統は、フランスのその他の高いレベルの理工系教育プログラムに強い影響を与えることになる。もう一つの影響として、カトリックの技術者によって生み出された技術者の社会的役割という考えがある。これが技術者を専門職化する運動の中心をなすことになる。すなわち、フランスでは、個人の専門職 (プロフェッショナル) としての倫理は、技術者の社会的役割というカトリックの考えに反映されているのである。しかしそれとは別

に、宗教とは関係なく、より広い視点を有する教養主義的な伝統が存在する。デイディエは、技術者倫理に関連して、フランスにはこれら2つの伝統があることを確認し、後者の方がより支配的であることを示している<sup>[20]</sup>。

そもそもフランスの技術者教育は、優秀な学生に開かれている。世界中で最も技術者の地位が高いとの調査もあるほどである。フランスの技術者はアメリカとは異なり、自らの社会的地位の向上に苦慮する必要はなかったのである。技術者教育は卒業生に高い社会的地位を与え、有名校の卒業生のみではあるが、技術者は他の国々よりも早く出世する。このような事情から、フランスでは、技術者教育と専門職集団とを区別する必要がある。すなわち、技術者教育を施す大学を卒業する人々と技術者として働く人々とを区別する必要がある。前者の多くは高い社会的地位を与えられ、経営者へとその立場を変えるのである<sup>[21]</sup>。

このようにフランスでは、アメリカとは異なり、歴史的・文化的な理由から、技術者教育において専門職集団 (profession) という概念が希薄である。それゆえ、技術業における専門職倫理としての技術者倫理は、アメリカと同じようには発展してこなかったのである。デイディエは技術者倫理を「専門職倫理としての技術者倫理」と「技術倫理としての技術者倫理」に区別している。アメリカに端を発する前者の技術者倫理とは別に、技術者倫理は、技術倫理 (ethics of technology)、すなわち技術者というよりもむしろ技術 (technology) に適用される道徳哲学ともみなされると考えるのである<sup>[20]</sup>。実際、後述のように、ヨーロッパでは狭義の技術者倫理とは異なる別のアプローチも試みられている。

一方ドイツでは、比較的古くから技術についての哲学的議論が存在していた。たとえば、1877年に『技術哲学の原理』(Kapp, Ernst: *Grundlinien einer Philosophie der Technik*) が出版されている。こうした議論はカントやヘーゲルの影響を受けたもので、広く社会倫理の観点から技術を論じたものであった。ただ

し、特別な倫理を展開していたわけではなく、ドイツにおいて技術者の倫理が中心的な話題となったのは、第2次世界大戦後のことである。1947年に再建されたVDIは、「倫理的・文化的職務としての技術」(Technology as ethical and cultural task) をモットーに技術者教育に関する国際的な協議会を発足させている。ヤスパースが「集団の罪」を哲学的に否定したことが、ドイツ国家の再建を正当化すると同時に、VDIのような専門職の組織の再建を正当化したのである。技術者倫理の文脈から重要なのは、1956年に組織されたVDIの中央委員会、人間と技術 (Humanity and Technology) に関する中央委員会である。この中央委員会は4つの分科委員会に分かれていたが、その1つ哲学と技術 (Philosophy and Technology) に関する分科委員会において、技術者倫理の問題が扱われることとなった。このようにドイツでは、他の国々とは異なり、VDIの制度的な枠組みのもと哲学的な議論が行なわれたことが特徴的である<sup>[22]</sup>。

1970年代、この哲学と技術に関する分科委員会は、ドイツ国民の世論の変化とりわけ環境問題への配慮に起因する変化に焦点を合わせた。『成長の限界』(Carson, Rachel: *Silent spring*, 1962) の出版や緑の党の政治的成功などをきっかけに、ドイツ国民は環境問題に関心をもつようになっていたのである。この時期、これらの新しい問題を扱った、専門職倫理に関する著作や技術者教育の問題に関する著作が刊行された<sup>[22]</sup>。

人間と技術に関する中央委員会の哲学的活動は、徐々にVDIを超えてその影響力をもつようになった。そして1977年には、公衆の関心を受けてテクノロジーアセスメントを取り上げた会議、「テクノロジー評価の基準」(Maßstäbe der Technikbewertung) を開催している。こうした会議やそれに引き続いた著作の出版から、いくつかの影響のあるワーキンググループが形成された。これらのワーキンググループは新しい倫理綱領の開発にも貢献することになった。第2次世界大戦後まもなく提案され(1950年に第1草案)、すでに存在してい

た「技術者の信条」(Engineer's Confession)の言葉が急速に時代遅れのものとなり、またイデオロギー上の背景がもはや受け入れ難いものになっていたのである。これらのワーキンググループの1つが、1980年に『VDI: 将来の課題』(VDI: *Zukünftige Aufgaben*)をまとめた。ここでは、技術者が社会的・政治的・倫理的目標の形成に参加することが要求され、技術的な手段を適切に用いてそれを発展させることにより、人間全体の生の可能性を改善することが、すべての技術者の目標として挙げられている。この一般的規則は、すべての技術の領域に適用されるとし、したがって技術者の専門職上の仕事 (professional work) にも適用されるとしている。ここに、技術者の専門職倫理の必要性が述べられるのであり、倫理綱領によるその責任の保護が求められるのである<sup>[22]</sup>。

別のワーキンググループは、テクノロジーアセスメントに対する新しいガイドラインを作成するプロジェクトに従事し、1991年、VDI-Richtlinien 3780「テクノロジー評価: 概念と基礎」(*Technikbewertung: Begriffe und Grundlagen*)を発表した。ここでは、定義、技術にとっての価値体系の意味、技術的活動における価値、テクノロジー評価の方法、テクノロジー評価のための機関の5つの区分にそれぞれ概要が示されている。技術者倫理に関して重要であると考えられる第3の区分、技術的活動における価値では、8つの価値領域を同定している。すなわち、1) 機能効率あるいは技術効率、2) 経済効率、3) 物質面での生活水準、4) 安全性、5) 健康、6) 環境基準、7) 個人的発展、8) 社会生活の質である。すべての技術は、将来の発展を見積もるさいには、これらの基準を基礎に評価されなければならないとされる。これによって、技術者は、自らの良心のみを頼りにするのではなく、技術者共同体が全体として受け入れたルールやガイドラインをよすがとすることが可能となった<sup>[22]</sup>。

このテクノロジーアセスメントに対するガイドラインの作成、およびそれに続く著作の出版 (Lenk, Hans; Ropohl, Günter: *Technik*

*und Ethik*, 1987) とともに、VDIのパンフレット「技術者の責任と技術倫理」(*Ingenieurverantwortung und Techkikethik*, 1991)によって、ドイツにおける技術者倫理の発展段階は完結した<sup>[22]</sup>。現在もドイツにおいては、VDIがこの分野を主導している。先述のように、2002年にはVDIによって「技術者倫理の基本原則」(Fundamentals of Engineering Ethics)が発表されている。

ドイツにおいては、現在のアメリカの技術者倫理が発展する以前から、技術についての哲学的議論が存在していたこと、そしてテクノロジーアセスメントへの関心に見られるように、広く社会的影響を考慮する傾向があり、歴史的に個人倫理よりも社会倫理の観点を重視する点が特徴的である。

### 3.3.2 ヨーロッパにおける近年の動向

技術者資格の国際化が関心を集めるようになって以降、制度的決定によって、ヨーロッパでも技術者教育課程における倫理教育に対する関心が具体的に増大することになった。フランスでは、1995年、技術者資格委員会 (Engineering Title Committee: CTI) が明確に、技術者教育課程に倫理が導入されるべきことを示した。オランダでは、文部科学大臣が主導権を握り、1991年に科学研究における倫理的側面の扱い方を示した覚書を議会に提出した。あるいは、ポルトガルでは、専門職の資格の法的使用や工学の学位のための認定を規制する団体が、そのガイドラインにおいて、技術業という専門職の有する社会的・倫理的責任について言及している<sup>[20]</sup>。このような状況のもと、先述のように、SEFIが技術者倫理教育に関するワーキンググループの活動を開始させている。

また、注目に値する近年のヨーロッパの動向に、リールカトリック大学などを中心としたヨーロッパ倫理ネットワーク (European Ethics Network: EEN) による技術倫理の構築プロジェクトがある。

杉原らの紹介をもとに、その概要を確認しておこう。EENが目指すのは、アメリカで展

開されてきた技術者倫理をもとに、欧州の技術倫理を構築することである。この技術倫理は、ミクロ・メゾ・マクロの対象領域から成る。ミクロレベルは技術者個人のレベル、すなわち技術者が組織で遭遇する可能性のある倫理的問題を検討するためのレベルである。メゾレベルでは、技術システムや組織が問題となる。そしてマクロレベルでは、技術発展が社会問題として捉えられる。この技術倫理の観点からみれば、狭義の技術者倫理は、倫理的問題をミクロレベルでのみ扱い、技術者個人の問題としてそれを分析する傾向にあったのである<sup>[15]</sup>。

では、なぜこのように適用範囲を拡張する必要があるのだろうか。現在の技術業の実践が社会に及ぼす影響、とりわけそのグローバルな影響に注目した場合、伝統的な倫理的枠組みは当然拡張を求められるように思われる。アメリカの技術者倫理の文脈でも、技術者個人が直面する道徳的ジレンマのみを扱うような伝統的な技術者倫理に対しては、すでに各種の批判が存在しており、技術業の社会的文脈を含むより広い枠組みとの結合が必要であるとの見解が示されている。たとえば、ハーカートは、伝統的な技術者倫理教育がミクロレベルの倫理的問題のみに焦点を絞っており、技術の本性やその発展に関するマクロレベルの倫理的問題が無視されていることに言及している。そして、技術者倫理を現存する STS の領域と統合することを望んでいる<sup>[14]</sup>。

EEN プロジェクトの中心的な研究者の 1 人であるディディエによれば、技術者に焦点を絞るだけでは不十分であるのは次のような理由による。すなわち、現在の技術は、顧客・実業家・政治家・市民・有権者・特定の利益団体(労働組合や環境保護団体や平和団体、開発団体など)のメンバーなど、技術者以外の数多くの因子によって形づくられているからである。そしてディディエは、先述のとおり、技術者倫理を技術倫理として、すなわち技術者ではなく技術に適用される道徳哲学とみなす可能性を示唆している。しかし、真の技術倫理は存在していないと付け加え、その基礎を

技術哲学に見出し、技術哲学においてより体系的に倫理的問題が扱われることを求めている<sup>[20]</sup>。

こうした背景には、技術者教育における人文科学の教育の重要性を古くから認識し、また広く科学技術の社会的影響を考慮していた、ヨーロッパの歴史的事情が関係しているとも考えられる。ヨーロッパにおける技術倫理への拡張の試みは、専門職倫理としての技術者倫理とは異なるアプローチから技術者倫理を捉えるものとして、注目に値するものである。

#### 4 今後の技術者倫理の展望

現在世界各国で導入されつつある技術者倫理の発端は、そのルーツであるアメリカの技術者倫理の歴史的経緯を概観して明らかのように、技術者の専門職としての社会的地位の確立と密接に関わっている。それゆえ、現在の(狭義の)技術者倫理においては、技術者の専門職としての責任が強調されることになる。現行の倫理綱領に見られる「公衆の安全・健康・福利の最優先」についても、それが最優先されるべきであるのは、たとえ企業に雇用される者であったとしても、技術者は技術業という専門職に属していることをより尊重すべきと考えるからに他ならない。アメリカでは、技術者倫理は、科学技術の社会への倫理的影響を考慮する分野とは区別され、専門職集団に属する技術者の行為や意思決定を扱う分野として登場したのであった。

日本では、技術者教育の国際的同等性を保証するために設立された JABEE が、ABET に倣うかたちで、技術者倫理を認定基準の 1 つにしたことを大きな要因として、技術者倫理への関心が高まった。しかし、アメリカと日本の技術者のあり方は大きく異なるものである。日本の技術者の場合、多くは専門職集団よりも所属企業との関係の方が緊密である。あるいは、技術系学協会のあり方そのものが、プロフェッショナルな集団という意味合いの薄いものである。こうした違いを無視したまま、技術業の専門職倫理としての技術者倫理を日本

に導入することは、何らかのひずみを生むとも考えられる。札野の指摘するとおり、アメリカなどで強調される「専門職集団」(profession)という概念が希薄であるため、日本ではこの概念なしに技術者倫理を定義しなければならない。技術者倫理とは何かという根本的な問いに対して、日本にはまだ明確な答えが存在しないのである<sup>[23]</sup>。今後、そもそも専門職としての技術者とは何かを、我が国の事情と照らし合わせながら考慮する必要がある。それと同時に、技術者倫理のあり方そのものを考慮する必要があるだろう。

実際、現在の技術者倫理の分野では、異なる文化的価値やそれぞれの文化圏における専門職に関する概念などを考慮に入れた技術者倫理の構築の試みも見られる。具体的にはグローバルな倫理綱領を策定し、また多様な価値観を反映させた技術者倫理教育を構築しようとする試みである<sup>[24]</sup>。技術者の活躍する場がますます国際的になり、またその影響が全地球的に及ぶ現在、このような試みはさらに活発化するものと考えられる。

また、日本において技術者倫理のあり方を改めて考えることが必要であることは、認定基準に照らしても明らかである。先述のように、アメリカでは技術者倫理は科学技術の社会への倫理的影響を考慮する分野とは区別される形で導入された。しかし、ABETの認定基準では、技術者倫理に関する認定基準のほかに、科学技術が社会に与える影響を考慮する教育に関する認定基準が設けられている。すなわち、基準3・(h)として、「技術的解決が全地球的、経済的、環境的、社会的な側面に影響を与えることの理解に必要な広範囲の教育」を卒業生が身に付けていることを求めているのである。ABETの認定を受けるには技術者倫理に関する項に加えて、この(h)項を満たす必要がある。実際、アメリカでは、STSに関する科目などが認定プログラムの学生には課せられているという。一方、JABEEにおいては、ABETの(h)項に相当する基準は独立には存在しておらず、JABEEの(b)項に含まれる形になっている。しかし、現行日本に導

入されつつあるのは、アメリカにルーツをもつ技術者倫理である。すなわち、科学技術の社会的影響を考慮する分野とは異なる、狭義の技術者倫理である。とすると、現行のままでは、日本の技術者倫理教育には科学技術が社会に及ぼす影響の考慮が欠けることになってしまう<sup>[18]</sup>。

アメリカにおいても、狭義の技術者倫理教育とSTSなどを統合し、より広い視野から問題を扱うべきであるという議論が存在するが、とりわけ日本においては、その点の考察が不可欠であると考えられる。そのさい、ヨーロッパにおける技術倫理への拡張の試みも、手がかりの1つになるだろう。

## 5 結び

EENを中心とした、技術者倫理の技術倫理への拡張の試みは、技術哲学にその基礎を見出そうとする。技術哲学において体系的に倫理的問題を扱うことは、いわば技術の本性として、そこに倫理的な側面が含まれているか否かを考察することであるだろう。現代の技術のあり方を考えたさい、技術者資格・技術者教育の国際的な同等性だけでなく、科学技術が世界に及ぼす影響の同等性も考慮する必要があるように思われる。すなわち、科学技術の実践には参与しない、あるいは参与できないにもかかわらず、科学技術がもたらす大きな影響を受ける人々への配慮が必要である。言い換えれば、「技術の力の外に置かれている弱者に対する理解と配慮」である<sup>[25]</sup>。たとえば、極めてグローバルな性質をもつ情報技術についても、情報格差(digital divide)という形で、技術の外に置かれている弱者が、現に存在する。

現在の技術は、技術者が個人としてそれを実践することは稀で、技術者が集団としてそれに関わるのが常であろう。また、デイディエの指摘するとおり、顧客や市民など、技術者以外の多くの人々とも関わっている。それゆえ、現代の技術は二重の意味で集団的な行為なのである。集団的行為としての現代の技

術の本性とはいかなるものであるのか、またそこに倫理的因子がいかに含まれているのか。今後の技術者倫理の展開にとって、そのような問いの考察が肝要であると考える。

## 参考文献

- [1] 杉原桂太：「情報技術者を目指す学生のための倫理教育の試み」, 科学技術社会論学会 第4回年次研究大会予稿集, pp.123-124, 2005.
- [2] Henk, Zandvoort et al.: “Ethics in the engineering curricula: topics, trends, and challenges for the future”, *European Journal of Engineering Education*, Vol.25, No.4, pp.291-302, 2000.
- [3] 石原孝二：「技術者倫理と学協会」, 電気学会誌, Vol.124, No.10, pp.642-645, 2004.
- [4] 札野順：「技術の実践における倫理の諸問題と技術者倫理教育」, 哲学, No.54, 日本哲学会編, pp.38-54, 2003.
- [5] 杉原桂太：「米国における技術業倫理学の成立とその現在」, 表現と創造, 第3号, pp.1-13, 2002.
- [6] 菊池重秋, 「技術者倫理の歴史的背景」, 日本の科学者, Vol.39, No.1, pp.4-9, 2004.
- [7] Harris, Charles E. et al.(日本技術士会編訳)：「第2版 科学技術者の倫理」, 丸善, 444p., 2002.
- [8] 札野順：「技術者としていかに行動すべきか(2)」, 『技術者倫理』, 放送大学教育振興会, pp.101-126, 2004.
- [9] Luegenbiehl, Heinz C: “Themes for an International Code of Engineering Ethics”, *Proceeding of the 2003 ASEE/WFEO International Colloquium*, 2003, <http://www.asee.org/about/events/conferences/international/papers/upload/Themes-for-Int-l-Code-of-Eng-Ethics.pdf> (2006年4月18日参照)
- [10] 札野順：「米国における工学倫理教育」, 品質管理, Vol.47, No.10, pp.910-916.
- [11] Weil, Vivian: “The Rise of Engineering Ethics”, *Technology in Society*, Vol.6, pp.341-345, 1984.
- [12] Baum, Robert J: “Ethics and Engineering Curricula”, *Hastings Center*, 79p., 1980.
- [13] Davis, Michael: “Ethics across the curriculum”, *Ethics and the University*, Routledge, pp.111-142, 1999.
- [14] Herkert, Joseph R: “Continuing and Emerging Issues in Engineering Ethics Education”, *The Bridge*, Vol.32, Num.3, pp.8-13, 2002.
- [15] 杉原桂太; 大野波矢登, 「欧米における技術者倫理・技術倫理の動向」, 『工学倫理の諸相』, ナカニシヤ出版, pp.202-228, 2005.
- [16] 石原孝二：「技術者倫理教育はなぜ必要か」, 電気学会誌, Vol.124, No.10, pp.626-629, 2004.
- [17] 日本技術士会：「APEC エンジニア登録要件について」, <http://www.engineer.or.jp/apec/youken.html> (2006年4月18日参照)
- [18] 調麻佐志, 「工学教育改革と技術倫理」, 『科学技術倫理を学ぶ人のために』, 世界思想社, pp.88-105, 2005.
- [19] 札野順, 「なぜ技術者は特別の責任を負うのか」, 『技術者倫理』, 放送大学教育振興会, pp.30-54, 2004.
- [20] Didier, Christelle: “Engineering ethics in the Catholic University of Lille (France): research and teaching in a European context”, *European Journal of Engineering Education*, Vol.25, No.4, pp.325-335, 2000.
- [21] Didier, Christelle: “Engineering ethics in France: a historical perspective”, *Technology in Society*, Vol.21, pp.471-486, 1999.
- [22] Huning, Alois; Mitcham, Carl: “The Historical and Philosophical Development of Engineering Ethics

in Germany”, *Technology in Society*, Vol.15, pp.427-439.

- [23] 札野順：「技術者倫理教育，その必要性，目的，方法，現状，課題」，*工学教育*，Vol.54，No.1，pp.16-23，2006.
- [24] 金光秀和：「多様な価値観を反映させた技術者倫理教育と国際的倫理綱領」，*工学教育*，Vol.54，No.1，pp.165-169，2006.

- [25] 古谷圭一：「技術者倫理を支えるものその成立までの歴史」，*工学教育*，Vol.54，No.1，pp.5-10，2006.

(2006年5月2日受付)  
(2006年6月18日採択)

# Study on Heuristic Search in Information Retrieval Using Bayesian Networks

## ベイジアン・ネットワークを用いた情報検索における 発見的探索の研究

Warangkhan NGENKAEW<sup>\*,†</sup> Ouen PINNGERN<sup>‡,§</sup>  
Ichiro IIMURA<sup>¶,||</sup> and Shigeru NAKAYAMA<sup>\*,\*\*</sup>

ンゲンゲオ ワランカナ ピンガン ウーエン 飯村 伊智郎 中山 茂

This paper proposes a Bayesian networks technique and a heuristic search method for retrieving the most relevant documents, by combining the user profiles with the document details in matching the given query words. This proposed technique helps users to retrieve the documents in the descending order relevant to their needs, as the users can specify their requirements through a set of query words of interests along with heuristic information regarding the required documents. This technique stores heuristic information in both document profiles and user profiles. Then Bayesian networks are used to order documents in the descending order of users' relevancy. We have completed the experiment with 850 document records in the faculty library. Experimental results show that there are two factors that might have some effects on the results. The first factor is the sampling of the documents by the system itself and the second factor is the document number relevant to the users' needs.

Keywords: heuristic search, information retrieval, Bayesian networks  
発見的探索, 情報検索, ベイジアン・ネットワーク

## 1 Introduction

Information Retrieval (IR) is a collection of organized information that the users can access according to their needs<sup>[1][2]</sup>. Identifying the relevant documents from all documents in the database is a basic problem of the retrieving process. Normal retrieving systems use exact match to retrieve the documents, by matching query

words with a title or an author's name. The problem of the exact match is how to specify the number of query words the users should enter into the system to get the satisfactory results. If the users input many query words, they will get few results that may not match the required documents. In contrast, if few query words are used, too many results will be retrieved from the system. Many of these retrieved results may not be relevant to the users' needs. It is possible that the document required by the users appears too low or too long in the list of the retrieved items.

\* 鹿児島大学工学部情報工学科

Department of Information and Computer Science, Faculty of Engineering, Kagoshima University

† knwarang@ics.kagoshima-u.ac.jp

‡ キングモックト工科大学工学部情報工学科

Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

§ kpouen@kmitl.ac.th

¶ 熊本県立大学総合管理学部総合管理学科

Department of Administration, Faculty of Administration, Prefectural University of Kumamoto

|| iiimura@pu-kumamoto.ac.jp

\*\* shignaka@ics.kagoshima-u.ac.jp



As a result, the users have to spend more time, browsing through long lists of results.

Therefore, this paper presents a heuristic search in retrieving relevant documents from the document space<sup>[3]</sup>. Using heuristic search is based on A\* algorithm and Information Retrieval A\* (IRA) algorithm associated with a probability technique for retrieving the relevant documents. These two algorithms update the probability function along the way as the search proceeds. Moreover, this technique stores both document profiles and user profiles as the heuristic information which include certain information, such as educational level, the field of study, and so on<sup>[4]</sup>. Then, Bayesian networks are used for sorting the documents in descending order of the users' relevancy.

## 2 A\* Algorithm for Retrieving Documents

The A\* algorithm for searching a document space is a practical tool for solving problems in many problem spaces which can be represented by a graph<sup>[3][5]</sup>. A\* algorithm is used to calculate the minimum cost of a given node from a start node to a goal node by using heuristic information related to the cost of an unidentified solution for any node in a graph during the search. This function is an estimate of the arc costs from the start node to the goal node which can be represented by the following formula:<sup>[6]</sup>

$$f^*(n) = g^*(n) + h^*(n), \quad (1)$$

where  $g^*(n)$  is an estimated minimum arc costs from the start node to the node  $n$ , and  $h^*(n)$  is an estimate of  $h(n)$  which is an actual arc costs from the node  $n$  to the goal node, based on heuristic knowledge.

## 3 IRA Algorithm and the Heuristic Function for IRA

IRA algorithm is based on A\* algorithm of information retrieval. The difference between IRA and A\* is that IRA is used to search for multiple goal nodes from a set of nodes that represent the total of documents.

IRA algorithm uses two lists named OPEN and CLOSE. The OPEN list is used for storing the nodes at the present state. In contrast, the CLOSE list stores the expanded nodes.

According to A\* Algorithm, it can be defined as a heuristic function of IRA as follows:<sup>[6]</sup>

$$f^*(n) = b + (G - a) \times \frac{b}{a}, \quad (2)$$

where  $b$  is the number of documents which are already evaluated.  $a$  is the number of evaluated documents which are relevant to the users' needs, and  $G$  is the number of documents expected to be relevant to the users' needs.

Therefore,  $g^*(n)$  represents the costs or the number of the evaluations where the documents in the node  $n$  occur, and  $h^*(n)$  represents the estimation of the number of documents need to be retrieved from the node  $n$  until the relevant document is found (for example  $G$ -th document). Any node that has the minimum of  $f^*(n)$  will be expanded.

## 4 Heuristic Function for Searching the Document Space

Searching documents usually involve the query words which represent each document. A\* and IRA algorithm help the users to retrieve the documents by continuously updating the probability of the relevant documents, and the use of heuristic information.

The problem of searching documents in the document space is, if there are good  $q$  query words, the result will be  $2^q - 1$  of document sets. With a large amount of document sets, the users cannot define the group of query words to get a satisfactory results. There are the technical terms used for this algorithm<sup>[6]</sup>.

The query words are **terms** in the **node** in document space.

**Lattice nodes** are a group of nodes that represent documents. And each node represents the depth or the level of sampling evaluated as being relevant.

**Lattice node sampling** is the procedure that collects samples from retrieved documents that are relevant to the users' needs. Lattice node sampling is the sampling with a replacement.

When considering the link among lattice nodes, retrieved documents may have some similar features within the lattice nodes. If the lattice node sampling is the node A, and the document D has already been retrieved, then the lattice node B is the subset of the node A. Therefore, the document D needs to be a member of node B, and this node is called an **actual sampling node**.

Let us assume that there are 5 features  $f_1, f_2, f_3, f_4,$  and  $f_5$ . If the document D has the same features or properties like the node with features  $f_1f_2f_3f_4f_5$ , and it is retrieved, then the probability value of the nodes with features  $f_1f_3f_5, f_1f_2f_3f_5, f_1f_3f_4f_5,$  and  $f_1f_2f_3f_4f_5$  (actual sampling nodes) also need to be updated with the probability value.

## 5 Bayesian Networks for Ranking the Documents

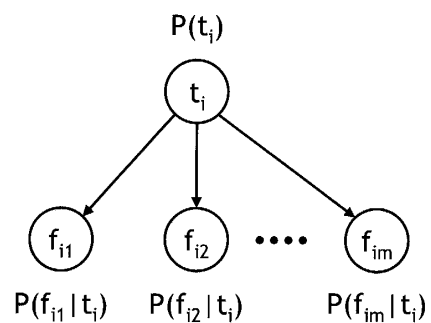
The main objective of many systems which

search documents from the library or the World Wide Web, is to retrieve the most relevant documents. However, there is a problem with exact match searching systems. The systems will retrieve a list of documents without considering the order of their relevancy, arrange documents alphabetically or according to the highest frequency of query words in the result. Therefore, these systems cannot always fulfill the users' requirements, if the users do not determine their needs by themselves. Using Bayesian networks implemented from Bayes' theorem can solve this problem. Term weighting is calculated using heuristic information collected from the users and added back into the system in order to arrange the result of documents in relevant order.

Therefore, this paper uses the Bayesian theory called term weighting function for ranking the documents. According to Bayes' theorem for information retrieval, it can be described in the following basic network form<sup>[7]</sup>.

One or more document features to examine is  $f_{ij}$ . The node with  $t_i$  represents the event that the document is relevant to the topic  $t_i$ . The node with  $f_{ij}$  represents the event that the feature  $f_{ij}$  appears in the document.

From the Fig. 1, the two probabilities need to be specified as follows:



**Fig. 1** The relationship between topic and features.

- $P(t_i)$  is the probability that the document is relevant to the topic  $t_i$  called the prior probability.
- $P(f_{ik}|t_i)$  of each feature given in each topic is the probability that the feature appears in a document, when the relevant document to the topic  $t_i$  called the conditional probability is given.

In order to find the probability of the documents relevant to the topic  $t_i$  given the existed features  $f_{ij}$  in the documents, Bayes' rule can be used directly. Therefore, the topology in Fig. 1 is called simple Bayesian inference as follows:

$$P(t_i|f_{i1}, \dots, f_{im}) = \frac{P(t_i)P(f_{i1}, \dots, f_{im}|t_i)}{P(f_{i1}, \dots, f_{im})}. \quad (3)$$

However, we only need to rank the documents by the posteriors, Bayes' rule can be simplified as a linear decision rule as follows:

$$g(t_i|f_{i1}, \dots, f_{im}) = \sum_k I(f_{ik}) w(f_{ik}, t_i), \quad (4)$$

where  $I(f_{ik})$  is an indicator variable which equals 1 or 0, only if  $f_{ik}$  exists in the document and if  $f_{ik}$  does not exist in the document, respectively.

$w(f_{ik}, t_i)$  is a coefficient to a specific feature  $f_{ik}$  and topic  $t_i$  pair, used for ranking the documents in descending order of the posterior probability.

Therefore  $g(t_i|f_{i1}, \dots, f_{im})$  can be defined as the summary of weights of the features which exist in the documents. This approach is called term weighting.

## 6 Experiments and Considerations

According to A\* and IRA algorithm as previously mentioned, the search in the document space occurs by creating the model,

the use of this heuristic technique for information retrieval system, and the use of Bayesian networks for ranking the documents.

Let us suppose that we used a database system with 500 documents, and 400 query words. Theoretically, if a user enters the following 4 query words into the information retrieval system; Network, Communication, Image, and Digital. The system then creates the lattice nodes for these 4 words, and creates the relationship between each node and its documents in the database as Fig. 2. Consequently, with 4 query words that the user entered, there were 215 recovered documents from 500 documents.

### 6.1 Determination of the goal node

After creating the lattice nodes, the system randomizes the lattice node sampling by starting from the appropriate level of searching according to the following criterions:

The levels of lattice nodes generated are defined as:

**Level 1:** Every node that has any document with one of the same word as the user enters.

**Level 2:** Every node that has any document with two of the same words as the user enters.

**Level 3:** Every node that has any document with three of the same words as the user enters.

**Level 4:** Every node that has any document with four of the same words as the user enters, and so on.

The searching process starts to sample the lattice nodes by using this equation:

$$Level(Start) = \left\lceil \frac{Number\ of\ Query\ Words}{2} \right\rceil. \quad (5)$$

Therefore, in order to limit the number of nodes at the selection of the first node, we identify which lattice nodes in the lower level will be defined. The lower level nodes do not need to be examined because they have so little probability of being relevant to the users' needs.

According to this situation, the searching started from Level 2. By using IRA algorithm, the system would OPEN the nodes in the circled area and CLOSE the upper nodes which were in Level 1. Level 3 and Level 4 were the successor nodes which had not yet been examined.

In order to use the original heuristic function with the Bayesian networks theory, the new heuristic function is as follows:

$$f^*(n) = \frac{N_{Ret}}{N_{Doc}} + \left(1 - \frac{N_{Ret}}{N_{Doc}}\right), \quad (6)$$

where  $n$  is the evaluated node at the time,  $N_{Ret}$  is the number of documents that are sampled from the node  $n$ .  $N_{Rel}$  is the number of documents that are sampled and relevant to the users' needs, and  $N_{Doc}$  is the total documents in each node.

The criteria for choosing a node is that the node should be in the OPEN set and has the properties as follows:

- (1) If the node is already examined and has the  $f^*(n)$  value, choose any node which has the minimum  $f^*(n)$ . If the results are more than 1 node, choose the left node first.
- (2) If the node is already examined and has  $f^*(n) = \infty$ , or if no number of relevant documents is found, do not examine.
- (3) If the node has not been examined, choose the left node first.

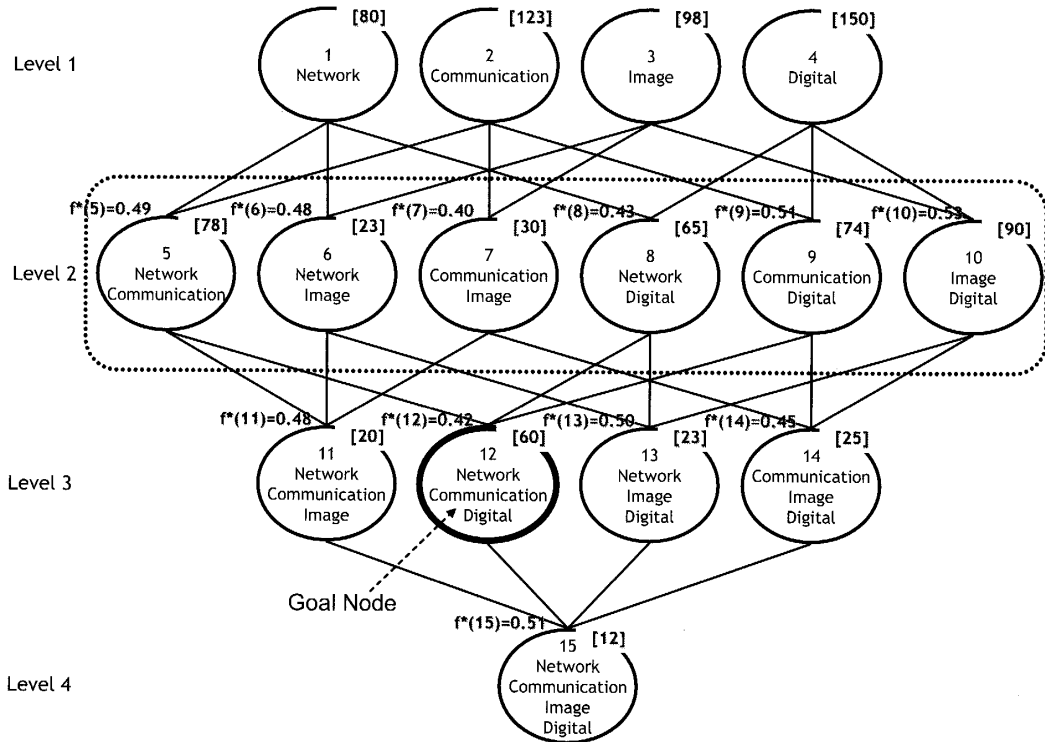


Fig. 2 The example of the lattice nodes,  $f^*(n)$ , and a goal node ([ $x$ ]: " $x$ " is the number of documents in a node.).

**Table 1** The updating of the probability value of the lattice node sampling and actual sampling nodes of the node number 5.

Lattice node sampling			Actual sampling		
Document	Result	$r/s$ (5)	$r/s$ (11)	$r/s$ (12)	$r/s$ (15)
$N_{Doc}^{(1)}$	Rel	1/1	0/0	1/1	0/0
$N_{Doc}^{(2)}$	N-Rel	1/2	0/1	1/1	0/0
$N_{Doc}^{(3)}$	Rel	2/3	0/1	2/2	1/1
...	...	...	...	...	...
$N_{Doc}^{(17)}$	Rel	6/17	0/3	5/7	1/1
$N_{Doc}^{(18)}$	N-Rel	6/18	0/3	5/8	1/2
$N_{Doc}^{(19)}$	N-Rel	6/19	0/3	5/9	1/2

“ $r$ ”: the number of the relevant documents to the users’ needs in the node number (5), (11), (12), and (15), respectively. “ $s$ ”: the number of the sampled documents in the node number (5), (11), (12), and (15), respectively. “Rel”: Relevancy. “N-Rel”: Non-Relevancy.

The experiment was initially of the type defined in case (3), therefore the sampling started at the node number 5, “Network and Communication” node. This node was the lattice node sampling. Therefore, actual sampling nodes were the node that had the link with the lattice node sampling (Every node in Level 3 and Level 4 which had the words Network and Communication, the node number 11, 12, and 15).

The system sampled the documents in the chosen lattice node  $s$  documents, for example, 25% of all documents. Eventually, the users examine if the retrieved documents satisfy their needs. For example, the node number 5 had 78 documents. If we sampled 25% of all documents, we could get 19 documents for the users to examine as Table 1.

From Equation (2), in this case  $G$  value was 25. In order to examine the goal node, we consider that the approximation of the relevant documents is greater than or equal to the  $G$  value. For this example, the approximation of the node number 5 equaled  $6/19 \times 78 = 24.63$  which was less than 25, thus the node number 5 was not the goal node. Also, the system needs to consider the other nodes.

At first, if the node number 5 had  $f^*(5) = \text{null}$ , then the system examined this node and evaluated the sampled documents in this node and the others in the lower levels which had the words Network and Communication. Therefore, in the first iteration, the system updated  $f^*(5)$ ,  $f^*(11)$ ,  $f^*(12)$ , and  $f^*(15)$ . For example,  $f^*(5)$  was updated from null to 0.50, then 0.52, and so on. Until finally this node had  $f^*(5) = 0.49$ . As well as, the nodes in the lower levels, and others which are examined in the next iterations until the goal node is found.

The probability value of every node will be updated, followed by  $f^*(n)$  function as Equation (6). The system records  $f^*(n)$  for each node in the next examination.

Then node number 5 was deleted from the OPEN set and the system expanded the OPEN set to cover the successor nodes of the node number 5 which were the node numbers 11 and 12. Therefore, the OPEN set had node numbers 6, 7, 8, 9, 10, 11, and 12 for the next iteration of search. Then the node number 6 was selected in order to examine and update the probability value of the documents within this node. Finally, the system updates  $f^*(n)$  along the way the

**Table 2** The sampling of the documents in each node with Precision and Recall.

Node	Query words	Number of documents in node	Number of sampled documents (25%)	X	Precision	Recall
1.	Network	80	20	3	0.15	0.40
2.	Communication	123	31	5	0.16	0.66
3.	Image	98	24	0	0.00	0.00
4.	Digital	150	37	5	0.13	0.66
5.	Network + Communication	78	19	6	0.30	0.80
6.	Network + Image	23	6	0	0.00	0.00
7.	Communication + Image	30	7	4	0.25	0.53
8.	Network + Digital	65	16	4	0.57	0.53
9.	Communication + Digital	74	18	6	0.31	0.80
10.	Image + Digital	90	22	4	0.17	0.53
11.	Network + Communication + Image	20	5	2	0.40	0.26
<b>12.</b>	<b>Network + Communication + Digital</b>	<b>60</b>	<b>15</b>	<b>7</b>	<b>0.46</b>	<b>0.80</b>
13.	Network + Image + Digital	23	6	1	0.16	0.13
14.	Communication + Image + Digital	25	6	2	0.33	0.26
15.	Network + Communication + Image + Digital	12	3	2	0.66	0.26

X: The number of relevant documents that are retrieved.

search is proceeded. The node with the minimum  $f^*(n)$  is found as a goal node. The system then examined the nodes until the node number 12 was found as a goal node, as shown in Fig. 2. This node has 29 documents relevant to the users' needs which is higher than  $G$ .

Finally, every document in the node 12 which had these 3 query words; Network, Communication and Digital was shown to the users (by using Bayesian networks). Thus, these 3 query words were the appropriate words for this searching procedure.

This algorithm is terminated when the goal node is found or the relevant documents have been retrieved.

Before the system processes the Bayesian networks procedure, it will use some heuristic information from the users such as the user profiles which also include: educational level, the field of study, familiarity with the area of inquiry, language capabilities, journal subscriptions, reading habits, and specific preferences. The user profiles will be compared with the details of documents. For example, if one user graduated from Com-

puter Science and the candidate documents also match the query words which this user already entered. In contrast, the subject of the candidate documents did not match with "Computer Science", therefore those documents will be deleted from the candidate documents list. The user profiles information will help the system of which some documents that do not match the users' information have been rejected.

## 6.2 Experimental Results

Table 2 shows the sampling of the documents in each node in the lattice nodes and includes Precision, and Recall for each node.

According to Table 2, the node number 12 had the appropriate set of query words for retrieving. This node had Precision = 0.46 and Recall = 0.80 as later mentioned. This experiment used a heuristic search, which focuses on retrieving the most relevant documents to the users' needs. Therefore, Recall must be considered. The node number 5, 9, and 12 that had the highest Recall, must be

firstly considered. If these 3 nodes have the equal value of Recall, then we consider the node which has the highest Precision. Thus, the node number 12 was chosen as a goal node.

After the node number 12 had been considered to be the goal node, the documents in this node will be ranked by Bayesian networks using linear decision rule [Equation (4)]. The document ranking process can be separated in 2 types:

- (1) Ranking by fields in the document details such as author, title, publisher, subject, edition, etc. Therefore, the features are  $f_1, \dots, f_5$ ,  $I$  is 0 or 1 and  $w$  is the order of document features that the users want to rank. This calculation can be used if the users enter the document details.
- (2) Ranking by query words that the users enter. This weighting process can be used with keywords, synonyms, or abbreviations. The first word that the users enter receives the highest weight, and the weight will decrease in descending order.

The system calculates each document weight, for example, in the case of calculating from the users' entered four query words as shown in Table 3.

SEQ	ISBN	TITLE	SCORE
1	156604-329-8	The Internet power toolkit: cutting-edge tools & techniques for power users	0.917
2	156205-603-4	Internetworking technologies handbook	0.917
3	0-201-56741-5	Internet system handbook	0.778
4	0-201-42270-0	Wide area network performance and optimization: practical strategies for	0.722
5	0-534-20244-6	Understanding Data Communications and Networks	0.722
6	0-07-021422-3	The intelligent network standards: their application to services	0.722
7	0-07-020346-6	TCP/IP: architecture, protocols and implementation	0.722
8	0-471-14274-3	Reengineering IBM networks	0.722
9	0-02-415465-2	Local and metropolitan area networks	0.722
10	0-02-946399-8	Isdn: An Introduction	0.722
11	0-07-024043-4	Introduction to ATM networking	0.722
12	0-13-090853-3	Data communications and distributed networks	0.722
13	0-02-415441-5	Data and computer communications	0.722

**Fig. 3** The list of the relevant documents and their total scores, as a final result.

$$\begin{aligned}
 g(N_{Doc}^{(1)} | f_1, \dots, f_4) \\
 &= (4 \times 1) + (3 \times 1) + (2 \times 1) + (1 \times 0) \\
 &= 9.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 g(N_{Doc}^{(2)} | f_1, \dots, f_4) \\
 &= (4 \times 1) + (3 \times 0) + (2 \times 1) + (1 \times 1) \\
 &= 7.
 \end{aligned}$$

If  $N_{Doc}^{(1)}$  had a higher total weight than  $N_{Doc}^{(2)}$ , then  $N_{Doc}^{(1)}$  was ranked above  $N_{Doc}^{(2)}$ . The example of the final result is shown in Fig. 3.

### 6.3 The Effectiveness of the Information Retrieval System

The heuristic search has a goal to retrieve the most relevant documents to the

**Table 3** The description of the term weight calculation of  $N_{Doc}^{(1)}$  compared with  $N_{Doc}^{(2)}$ .

No.	Word	Weight	$N_{Doc}^{(1)}$		$N_{Doc}^{(2)}$	
			S(1)	I(1)	S(2)	I(2)
1	Network	4	Yes	1	Yes	1
2	Communication	3	Yes	1	No	0
3	Image	2	Yes	1	Yes	1
4	Digital	1	No	0	Yes	1

$S(1), S(2)$ : Status of  $N_{Doc}^{(1)}$  and  $N_{Doc}^{(2)}$ , respectively.  $I(1), I(2)$ : Indicator variable from equation (4) of  $N_{Doc}^{(1)}$  and  $N_{Doc}^{(2)}$ , respectively.

**Table 4** Details of 20 sets of query words used to measure.

Types	Number of query words	Number of groups of query
1	3 words	6 groups
2	4 words	6 groups
3	5 words	4 groups
4	6 words	2 groups
5	7 words	2 groups

users' needs and skips non-relevant documents. When this system retrieves the documents from the database, the next step is to evaluate whether the retrieved documents are correct and relevant to the users' needs.

There are many methods to measure the effective of the IR system. However, there are the two most popular methods, that are Precision and Recall<sup>[8]</sup>.

**Precision( $P$ )** is the ratio of the number  $N_{rel}$  of the retrieved documents that are relevant and the number  $N_{total}$  of the retrieved documents.

$$P = \frac{N_{rel}}{N_{total}}. \quad (7)$$

**Recall( $R$ )** is the ratio of the number  $N_{rel}$  of relevant documents that are retrieved and the number  $N_{exist}$  of the relevant documents in the database.

$$R = \frac{N_{rel}}{N_{exist}}. \quad (8)$$

Precision measures the ability of the system to reject non-relevant documents to get the most precision in the retrieving method. In contrast, Recall measures the ability of the system to retrieve the relevant documents from the database. It cannot be concluded that the system should have one value higher than another. It depends on the users' requirements. For example, if one user is interested in a high Precision value, the user should enter many query words in order to get a shorter list of documents, but

there is a high possibility to be relevant to one's need. On the other hand, if the user is interested in a high Recall value, then the user should enter few query words. We can combine Precision and Recall into only one number called E-Measure as:<sup>[9]</sup>

$$E = 1 - \frac{b^2PR + PR}{b^2P + R}, \quad (9)$$

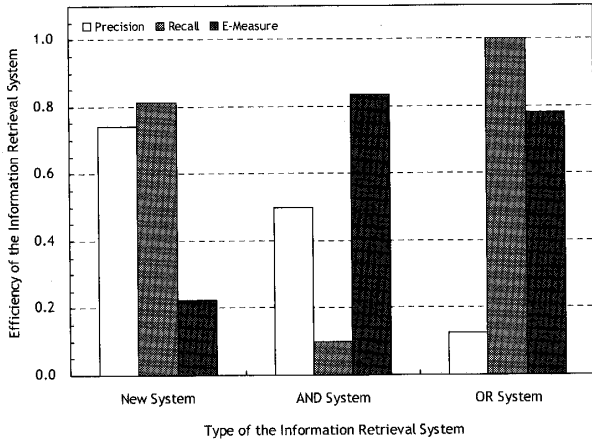
where  $P$  is Precision and  $R$  is Recall, while  $b$  is the measurement of relative importance of  $P$  or  $R$ . For Example,  $b = 0.5$  means that the user is twice as much interested in Precision than Recall.

In order to compare the efficiency of the new system with AND system and OR system, we considered two types of the following evaluations:

- (1) The comparison of average values of Precision, Recall, and E-Measure calculated from each document on the list of the result in 20 groups of query words entered to three systems as shown in Table 4 and Fig. 4.
- (2) The comparison of the influence of increasing query words from 3 to 7 words gives to Precision (a), Recall (b), and E-Measure (c) in three systems as shown in Fig. 5.

The better systems will have a lower value of E-Measure. At the same time, both Precision and Recall need to be higher than the others for the better systems.



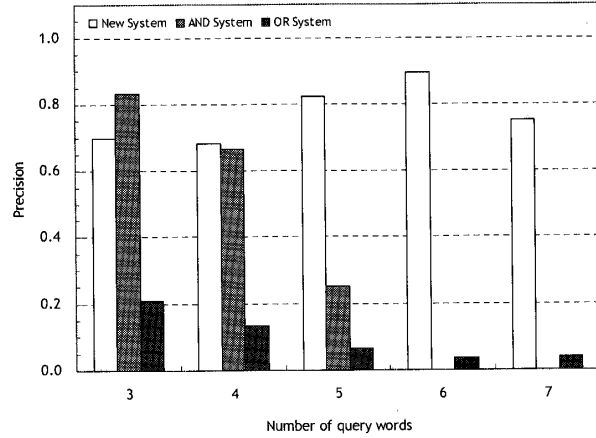


**Fig. 4** The average values of Precision, Recall, and E-Measure compared in three systems, in case of 3 to 7 query words are entered, and  $b = 0.5$ .

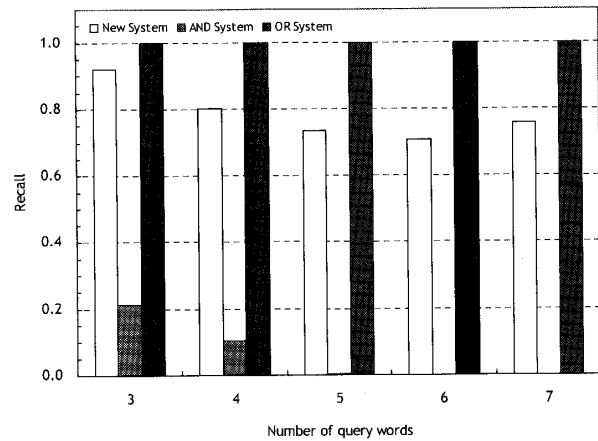
### 7 Conclusion

Algorithms A\* and IRA are applied in searching documents in the document space. These algorithms are able to find the node which has the appropriate set of query words linked to the real documents. Therefore, the goal node which is expected to have relevant documents is found. The users get the relevant documents result list from ranking procedure by using linear decision rule from Bayesian networks. The other procedure, that some heuristic information is used in the given retrieval system, is the user profiles.

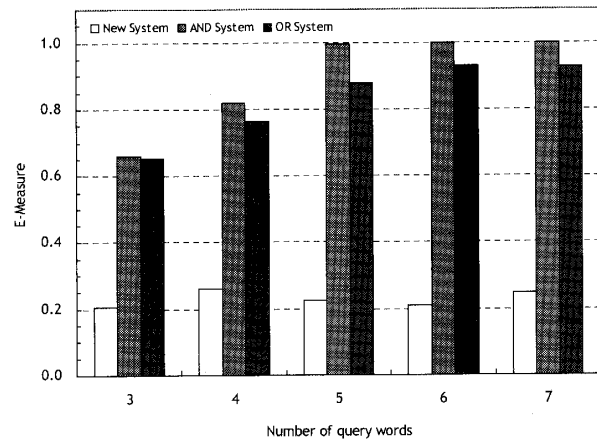
Moreover, during searching goal node of the system, the users help the system judge the sampling documents whether they are relevant to their needs. Then the system uses this information from the users in updating the probability of each document in the lattice nodes and the actual sampling nodes. We find that there are two main factors that have some effects on the ability to find a good result, namely, the sampling, and the given number of documents expected to be relevant from the users.



(a) Precision.



(b) Recall.



(c) E-Measure.

**Fig. 5** Influence of the number of query words gives to Precision (a), Recall (b), and E-Measure (c) in three systems.

## References

- [1] Korfhage, R.R.: "Information Storage and Retrieval", Wiley Computer Publishing, USA, 1997.
- [2] Lancaster, F.W.: "Information Retrieval Systems: Characteristics, Testing and Evaluation", A Wiley-Interscience Publication, USA, 1979.
- [3] Andrew, A.M.: "Continuous Heuristic The Prelinguistic Basis of Intelligence", New York: Ellis Horwood, 1993.
- [4] Merkl, W. et al.: "A hypertext oriented user-interface for an intelligent legal fulltext information retrieval system", Proceedings International Conference on Database and Expert Systems Applications, A.M. Tjoa and R. Wagner (eds), Vienna, 1990.
- [5] Luger, G. F. and Stubble Field, W.A.: "Artificial Intelligence Structures and Strategies for Complex Problem Solving", The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. Redwood City, California, 1993.
- [6] Hofferer, M.: "Heuristic Search in Information Retrieval" , Information Retrieval: New Systems and Current Research, Taylor Graham, London, pp.81-90, 1994.
- [7] Fung, R. and Del Favero, B.: "Applying Bayesian Networks to Information Retrieval", Communication of the ACM, Vol.38, No.3, pp.42-57, March, 1995.
- [8] Salton, G. and McGill, M.J.: "Introduction to Modern Information Retrieval", McGraw-Hill, Singapore, 1984.
- [9] Van Rijsbergen, C.J.: "Information retrieval", Second Edition, London, Butterworths, 1979.

(Received February 3, 2006)

(Accepted July 31, 2006)

# 遺伝子発現情報に基づくデータの集約化と視覚化 Integration of Gene Expression Profiles into the Visualized Data Management System

峯田 克彦\* 池尾 一穂<sup>†</sup> 田中 譲\* 五條堀 孝<sup>†,‡</sup>

Katsuhiko MINETA Kazuho IKEO  
Yuzuru TANAKA and Takashi GOJOBORI

近年の遺伝子発現情報の爆発的な増大は、その基盤となる技術の革新とともに研究者に遺伝子がどのように使われているかという情報を網羅的に入手する機会を提供している。しかしながら、データの増加に伴い、データの取り扱いや検索などの解析において、これまでの生命研究では直面しなかった新たな課題が生じている。本稿では、このような課題に対して我々が取り組んでいる高次元生物情報可視化プラットフォームを紹介するとともに、今後の遺伝子発現情報を用いた研究に関して議論する。

An explosive increase of the gene expression data provides us a chance to analyze fundamental biological phenomena such as how the genes are being used in the organisms. As the data increases, however, we faced new problems how we deal with and analyze an enormously large amount of data. Moreover, the gene expression data includes information of the time, location and network of the genes that cannot be managed easily. Thus, the establishment of a novel management system for the gene expression data is one of the most essential tasks in the biological data analyses. Here, we introduce our visualizing platform of higher-dimensional biological data for the management of the gene expression data.

キーワード：遺伝子発現情報，可視化，ネットワーク，データベース  
Gene Expression, Visualization, Network, Database

## 1 背景

### 1.1 遺伝子発現情報

遺伝子発現解析は、生物個体中に存在するゲノム配列に記されている遺伝情報がいつ、どこで、どのようなタイミングで利用されているかという情報を提供する。この遺伝子発現情報を解明することは、例えば疾患の発生機序の解明、新薬の開発、食品工学などの応用に結びつくことから生命科学における最も重要な課題の1つとなっている。遺伝子発現情

報は、特定の生命現象に注目しても多くの遺伝子が関与し、かつ各遺伝子間で複雑なネットワークを構成していることが知られている。このネットワークは、局所的な同一部位中での反応だけではなく、隣接する部位への情報伝達によって3次元空間上に経時的に構成されるものである。

### 1.2 遺伝子発現情報の実験的取得方法と問題点

このような遺伝子発現情報は、実験的にはある時系列のある時点における、さらに各組織の各細胞における遺伝子発現頻度(発現している分子数)の集積という形で収集されている。近年の遺伝子発現測定技術の進歩により同時に観察できる遺伝子発現頻度の数は爆発

\* 北海道大学大学院情報科学研究科  
Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University

<sup>†</sup> 国立遺伝学研究所 生命情報・DDBJ 研究センター  
CIB-DDBJ, National Institute of Genetics

<sup>‡</sup> tgojobor@genes.nig.ac.jp

的に増加しており、遺伝子発現情報自体の蓄積もそれに伴い増加している。そのため、解析手法においても、これまでの単独～複数個の遺伝子発現情報を取り扱うための方法では対処することができない状況が生まれてきた。現在では、例えば多変量解析や統計的な手法をこれら大規模データに用いることで、共通に発現する遺伝子群の同定や、ある機能の特徴づけるような遺伝子発現パターンの解明などが行われている。

このような解析においては、一般に個々に分離した細胞や組織のサンプルにおける発現頻度を計測し、それを単体のデータや平面的な表形式データとしてだけ取り扱っており、それに対する解析は、ある組織でのある遺伝子の時系列の変化をそれぞれ単独でグラフ化することや比較することによって行われている。

しかしながら、前述した解析方法においては、各細胞や各組織に関する物理的な距離に関する情報や三次元的な空間情報が加味することができず、実際の生物体内で生じる細胞、組織間でのより高次の遺伝子発現情報・ネットワークの解明においては、十分な情報・解析を提供できるとは言い難い。加えて、観察者である研究者の発想は、二次元に投射されたデータを俯瞰し、もしくはそれに対する種々の解析を行ったとしても、生物体自体からの連想を喚起するためには貧弱な情報であり、新規知識発見を行うためにも上記のような問題点を克服できるような手法、考え方が必要である。

### 1.3 先行研究の例

これまでにこのような問題意識の下、国外のグループにおいて、マウスの脳に注目したデータベースの開発が報告されている<sup>[1]</sup>。彼らは、*in situ* ハイブリダイゼーションという遺伝子発現の観察手法に基づき、遺伝子発現情報を収集するとともに、マウス脳の三次元データを構築し、その発現パターンを3次元空間上にマップしている。*in situ* ハイブリダイゼーションという手法は、特定の遺伝子の

発現パターンを特定の部位(ここでは脳の切片画像)で観察する手法であり、原則として、調べたい遺伝子の数  $\times$  部位の断面数の画像データが必要となる。彼らは、この大量画像データの処理を自動化しており、今後の研究の進捗にともしない有力なデータベースとなることが期待できる。

### 1.4 今後の展望

一方で、遺伝子の機能情報や発現情報は、ヒトだけに限らず、むしろ実験の容易なモデル生物(マウス、ラットなど)において集積されているという状況がある。一般に生物が持つ遺伝情報は生物進化の過程で保存されてきているため、ヒトでの特定遺伝子の機能を調べるためにマウスやラットで実験を行ってその機能を推測するという手法は、非常に良く用いられている。つまり、生物の機能をより詳細に理解していくためには、特定の生物種の情報だけに依らず、むしろ複数の生物種の情報から互いに補完・推測することでより付加価値の高い解析を行うことが可能となる。

前述したようにデータ解析の欠点を補い、さらに生物種の比較までも含めた遺伝子発現情報解析を行う仕組みというのは、これまでに存在していない。そのため、ここで問題としているようなすべての情報を内包し、かつ解析可能とするためのプラットフォーム、すなわち生物の空間情報、時間情報、進化情報という異なる軸の情報を3次元形状データを核として統合した新規解析プラットフォームの開発は世界的にも緊急の課題であるとともに非常に興味深い研究対象となっている。また、このようなプラットフォームを開発することは、新たな研究分野の創出や遺伝子によるネットワークの解明などにつながる遺伝子発現情報解析への支援といった視点からも大変意義深いものと考えられる。加えて、上記アプローチを実装することで、単独に存在する種々の遺伝子発現情報を生物の形状データを元に再構成することが可能となり、今まで数日～数ヶ月かかっていた実験を既知の情報から再構築し、

コンピュータ上で実験結果をシミュレートすることも可能となる。以下の項では、我々の開発しているプラットフォームについて紹介する。

## 2 高次元生物情報可視化プラットフォーム

我々は以上のような背景の下、高次元生物情報可視化プラットフォームを開発している。このプラットフォームは、上記のような空間的・時間的な遺伝子発現情報を統合し、利用者の研究を活性化することを目指している。そのためには、生物の細胞単位や部位単位にその形状データと遺伝子発現情報を備えること、そして、それらに対する解析の手法を実装することが必要である。我々は、コンピュータ上に構築した3次元空間内で生物の形状データの表示と遺伝子発現情報の可視化、およびそれらの解析を行えるシステムの開発を行っている。詳細を以下に説明する。

### 2.1 立体形状データ

生物の3次元デジタル情報として、核磁気共鳴画像法などによる実測に基づく方法と擬似的なコンピュータグラフィクス(CG)を用いる方法がある。実測から得られる情報は、非常に正確な形状を提供することができる反面、個人の識別をも可能になるという危険を内包している。そのため、ヒトの情報を取り扱うことを念頭におくと、現在我々を取り巻く環境下では難しい状況にある。一方、CGにより作成された形状データは、厳密性という意味で実測データには及ばない点もあるが、不特定多数の標準的な形状をモデル化して提供することが可能となる。CGによる形状作成の場合も、実測データを参考にすることで非常に精度の高い形状データを入手することが可能である。そこで我々はCGによる形状データを採用してシステムの基盤としている。

### 2.2 遺伝子発現情報の取り扱い

遺伝子の発現情報を観察する手法には、一般に網羅的に収集する方法と個別に収集する手法の2種類の手法が存在する<sup>[2]</sup>。詳細な説明は他の書籍に譲るが、前者にはcDNAマイクロアレイ、DNAチップ、SAGEなどといった手法が、後者にはノーザンハイブリダイゼーション、*in situ* ハイブリダイゼーションなどといった手法が含まれる。特に前者の手法により産み出されるデータは、大量の発現情報が収集されるという意味において、我々のプラットフォームでぜひとも使用したい情報である。ここで例に挙げたcDNAマイクロアレイやDNAチップといった手法による遺伝子発現情報は、実験手法や使用した材料などの差異により、異なった研究グループのデータ間での比較ができないことが長年の問題であった。近年、このような遺伝子発現情報を有効利用していくためにMicroarray Gene Expression Database 会議<sup>[3]</sup>が国際に統一した実験手法、用語を提案しており、徐々に共通化の基盤が整備されつつある。一方、後者の個別に収集される遺伝子発現情報は、網羅的な収集で見落とされる可能性のある詳細な遺伝子発現情報の入手が可能であり、どちらのタイプのデータも我々のプラットフォームには不可欠な情報と考えている。前出の通り、遺伝子発現情報は、上記のいずれの方法であっても、ある遺伝子がどこでどの程度発現しているかという表で表現されるものであり、我々のプラットフォームでは、この形式のデータは全て取り扱いが可能である。

### 2.3 遺伝子発現情報の可視化

我々のプラットフォームにおいて、もっとも主要な特色として遺伝子発現情報を3次元で表現した形状データ上に表示する機能がある(図1)。このことで、どの遺伝子がいつ、どこで発現しているのかということを利用者は直感的に理解することが可能となる。また、3次元形状データはコンピュータ上で任意に移動、

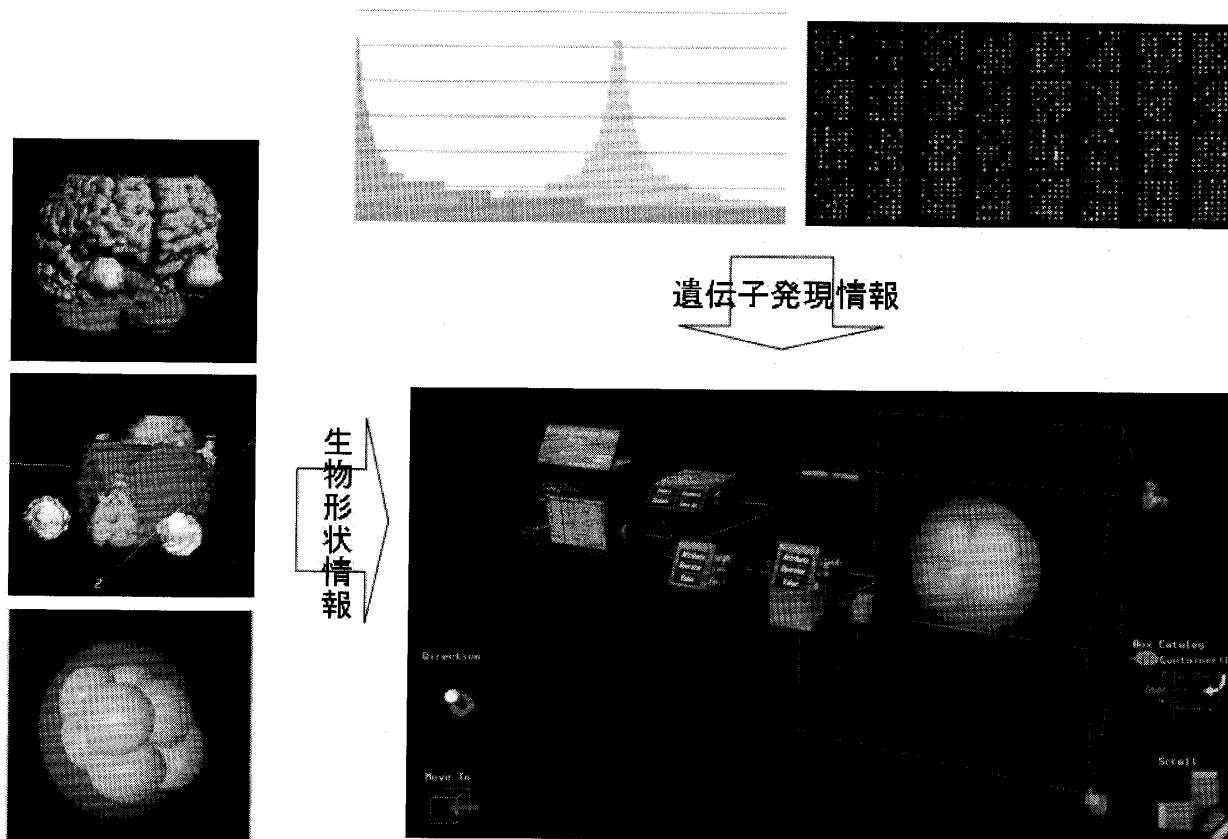


図1 多次元生物情報可視化プラットフォームの表示例

左側の図は、生物形状のCGモデルの例であり、上からヒト脳、マウス脳、ホヤの細胞(8割球期)を表す。上側の図は、遺伝子発現情報の例であり、右側はcDNAマイクロアレイの実験結果、左側は遺伝子発現情報をグラフ化したものである(縦軸:遺伝子の発現頻度、横軸:遺伝子)。中央の図は、多次元生物情報可視化プラットフォームの表示例である。ここでは、ホヤの細胞を表示させ、データベースからの遺伝子発現情報を視覚的に操作している。

切断することが可能であるので、実際の生物を実験的に扱っている際には見ることでできない、内側や裏側といった部分での発現情報も容易に観察することができる。また、時間的にどの段階から遺伝子が発現するようになるのかといった情報の視覚化も可能である。

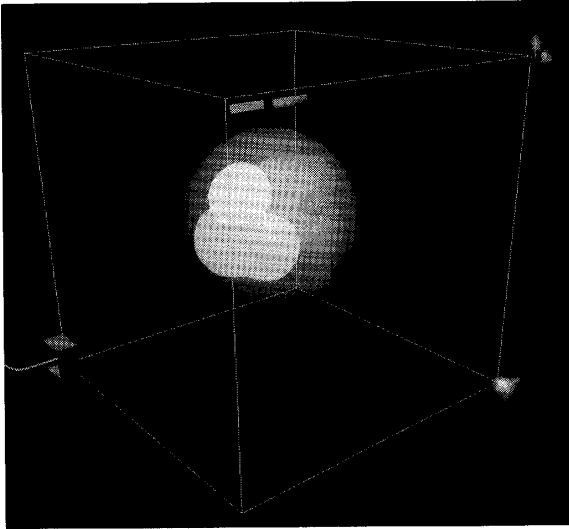
## 2.4 遺伝子発現情報の空間的比較・検索

遺伝子発現情報は、データベースとして内部に格納されているので、通常の検索を行うことはもちろん可能であるが、さらに特定の3次元形状に注目して、ある細胞で発現している遺伝子を表示させたり、また細胞a, b, cに共通に発現するものを選ぶといった特殊

な検索を行ったりすることも可能である。また、検索結果を可視化して3次元空間上に表示すること(図2)で、遺伝子間の相互作用や、on/offといったネットワーク解明へとつながる情報を解析者に視覚的に認識させることができる。

## 2.5 遺伝子発現情報の時間的比較・検索

上記に加えて、生物の発生過程などといった経時的な遺伝子発現情報の変化を検索によって、見つけ出すことも可能である。例えば、発生初期のみに発現する遺伝子群を表示させたり、成体中で発現している遺伝子が発生過程のある時期にどこで使われているのかといっ



**図2** 遺伝子発現情報の可視化例  
 ホヤの初期発生での各割球において、発現している遺伝子を異なる色で表示させている。また、ここでは発現の程度は各色の濃淡で示してある。このように3次元空間中の生物形状データ上で実際に遺伝子がどこで、どの程度発現しているのかを利用者は認識することができる。

た情報も直感的に認識できる形で検索を行うことができる(図2)。

## 2.6 遺伝子発現情報の進化的比較・検索

前項でも述べた通り、単独の生物種に注目した情報だけでは限界がある。そこで、本プラットフォームにおいては、複数の生物種の情報も横断的に視覚化するとともに、発現情報を検索することができる(図1)。その結果、ヒトで情報のない(少ない)ある遺伝子の発現情報をマウスの結果から検索し、ヒトでの機能を推測するといった生物の進化的時間軸に注目した比較解析を行うことが可能となる。また、進化的に遺伝子の機能は必ずしも同一でない場合も考えられる。このような同一性と相違性に注目することで、配列の相同性と機能の相同性の比較、ひいては進化的なネットワークの比較といった研究を支援していくことが可能である。

## 2.7 関連する生命情報との統合

遺伝子発現情報は、遺伝子がいつ、どこで、どのように使われているかという情報であるが、それに加えて、例えばゲノム中での位置関係、翻訳されるアミノ酸配列やタンパク質の立体構造情報、実験的に明らかになっている機能などといった付加的な情報も多くはデータベースや文献情報として公開されている。また、生物学的な基本情報として、例えば細胞の発生系譜、細胞・組織・器官の階層性などといった情報も同じく遺伝子発現情報以外の情報として重要である。遺伝子発現情報を元にした解析を行う際にもこのような付加的な情報は不可欠であり、我々のプラットフォームにおいても有機的に各種データを結びつけて表示する機能を備えることが今後、重要になってくると考えている。

## 3 結び

遺伝子発現情報は、生命科学の基盤となる多くの情報を有しており、そこから如何にして有用な知識を発見していくかということが、今後の研究の進展に不可欠な課題である。我々は、その課題を解決するために、上記のような遺伝子発現情報を空間・時間・進化という複数の軸に基づき、3次元形状データを基盤としたプラットフォームを開発している。本プラットフォームは、研究支援を行うためのシステムとして現状開発が進んでいるが、我々は最終的には遺伝子発現情報のみならず、すべての生物学的情報をこのプラットフォームに統合することを目指している。本プラットフォーム上で生命体自体を再構成し、さらには生命現象をシミュレートすることが可能になるためには、まだまだ多くの生物研究の進展と情報の蓄積が必要ではあるが、このような研究を進めていくことで、生物学研究の根源的な命題である「生命とは何か」という問いに答えることが可能となるよう、引き続き研究を進めていきたい。

参考文献

- [1] Carson J.P., Ju T., Lu H.C., Thallar C., Xu M., et al.: "A digital atlas to characterize the mouse brain transcriptome.", PLoS Comput. Biol. Vol.1, No.4:e41, pp.289-296, 2005.
- [2] 五條堀孝編：「生命情報学」，シュプリンガー・フェアラーク東京，238p.，2003.
- [3] <http://www.mged.org/>

(2005年12月1日受付)

(2006年4月14日採択)



**宇部興産(株)におけるエンドユーザー教育  
—情報検索アドバイザー制度と研究所員に対する  
電子ジャーナルのユーザー教育支援—  
End User Education at UBE Industries, Ltd,  
— Information Retrieval Adviser System and  
Support of User Education of Electronic Journal  
for Laboratory Members —**

岡本 和彦<sup>\*,†</sup> 出口 昌信<sup>\*,‡</sup>

Kazuhiko OKAMOTO and Masanobu DEGUCHI

知的財産権の問題が注目を集めている現在、如何に効率よく、必要な情報を入手して研究開発活動に活用し、かつ、他社との権利侵害を回避するかについては重要な課題の一つである。これまでも、研究開発活動に必要な商用データベース、情報検索システムを導入し、活用のための情報検索教育を行って来た。しかし、さらなる研究開発の効率化が求められていた。研究者自らが行うエンドユーザー情報検索の効率化、検索技術向上の目的から、「情報検索アドバイザー制度」を設置した。この「情報検索アドバイザー制度」は、各研究部において、「情報検索アドバイザー」を選任し、各アドバイザーが研究活動の傍ら、各個所において、必要な情報検索技術を指導し、他の研究員に対して助言を行う制度を言う。この制度により、エンドユーザー(研究者)の立場に立った、木目細かいアドバイス、コンサルティング活動が可能となった。このため、経済効率も考慮した先行技術調査が拡大、浸透している。本報告では、この「情報検索アドバイザー制度」の概要を報告すると共に、主にエンドユーザー教育の一環として行っている、研究所員に対する電子ジャーナル (ScienceDirect) のユーザー教育支援について報告する。

This article describes how successfully Corporate Research & Development of Ube Industries, Ltd. had tackled to construct an information retrieval system for end users, and briefs the “Information Retrieval Adviser System” being emerged from the IR system construction. It is based on the policy that research or information retrieval should be done by researchers or scholars themselves who actually engaged in R&D, invention and so on. The company continues to introduce end user oriented information retrieval systems and necessary end user education or orientation. In detail each research department selects “information retrieval advisers” for the purpose of making the end user education more effectively, and raising the effects. Those advisers not only do their own studies but also instruct or advise for other researchers on how to effectively conduct information retrieval. In addition to this adviser system, the author also describes the support of user education of electronic journal (ScienceDirect) for laboratory members.

キーワード：エンドユーザー教育，電子ジャーナル  
end user education, electronic journal

\* 宇部興産(株) 研究開発本部知的財産部  
Intellectual Property Department, Corporate Research & Development Ube Industries, Ltd.

† 27124u@ube-ind.co.jp

‡ 29740u@ube-ind.co.jp

## 1 はじめに

知的財産権の問題が注目を集めている現在、如何に効率よく、必要な情報を入手して研究開発活動に活用し、かつ、他社との権利侵害を回避するかについては重要な課題の一つである。これまでも、研究開発活動に必要な、商用データベース、情報検索システムを導入し、活用のための情報検索教育を行って来た。しかし、さらなる研究開発の効率化が求められていた。

発明を生み出すのは研究者である。研究者自らが明細書を書き、有効な特許を出願し、権利を取得できるよう、知的財産教育を実施している。加えて、如何に効率よく必要な情報を入手して研究開発活動に活用し、かつ、他社との権利侵害を回避するかについては重要な課題の一つである。

研究者自らが研究活動に必要な情報を調査、検索すべきという基本方針がわが社では出され、複数のエンドユーザー情報検索システムが導入されていた。電子ジャーナル (Science Direct) もその一つである。

さらに、研究者自らが行う、エンドユーザー情報検索の効率化、検索技術向上の目的から「情報検索アドバイザー制度」を設置した。また、人件費をかけないで効果を出す、ということも目的に含まれている。

この「情報検索アドバイザー制度」は、各研究部で、「情報検索アドバイザー」を選任し、各アドバイザーが研究活動の傍ら、各個所において、必要な情報検索技術を指導し、他の

研究員に対して助言を行う制度を言う。この制度により、エンドユーザー (研究者) の立場に立った、木目細かいアドバイス、コンサルティング活動が可能となった。このため、経済効率も考慮した先行技術調査が拡大、浸透している。

本報告では、この「情報検索アドバイザー制度」の概要を報告すると共に、エンドユーザー教育の一環として行っている、研究所員に対する、電子ジャーナル (ScienceDirect) のユーザー教育支援について報告する。

## 2 情報検索アドバイザー制度の概要

図1に宇部興産 (株) の研究開発組織の概要を示す。図1に見られるように、研究開発本部に宇部研究所、高分子研究所が所属している。当初は試験的に研究所の各研究部より、1名ずつ人選してもらい10名でスタートした。アドバイザーの選抜方法であるが、各研究部長の推薦により調査、情報検索、情報管理に適した人間を選抜した。その後、研究部の人数、研究グループ数に応じて、情報検索アドバイザーの人員を増員していった。

その結果、現在では、計20名の情報検索アドバイザーが存在する。情報検索アドバイザーは現役研究者の兼任による制度であり、専任ではない。このため、一人のアドバイザーが指導する研究者数が増えすぎると、研究活動に支障をきたすためである。また、情報検索アドバイザーが存在する個所とそうでない個所での情報流通の格差が生じたこともアド

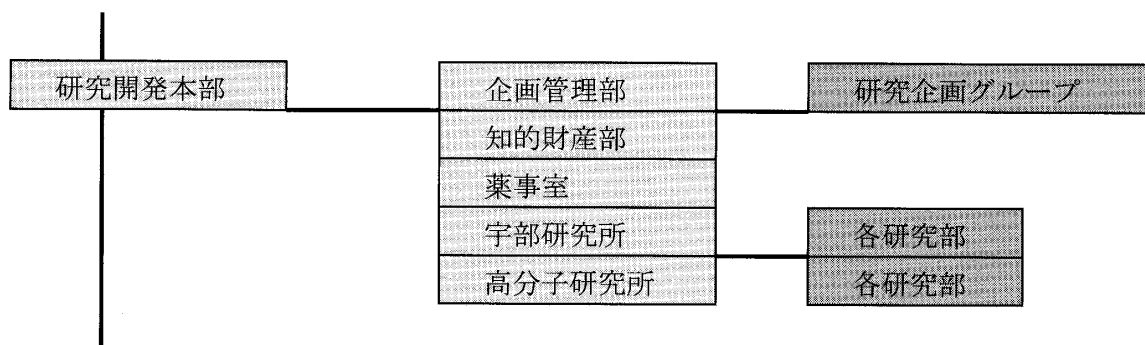


図1 研究開発組織図

バイザーが増員される理由となっている。

情報検索アドバイザーに要求される情報検索能力であるが、これについてはいろいろと議論があり、試行錯誤しながらのスタートとなった。まず必要な商用データベースが何かという議論から始まり、次にどのレベルまで習得すべきかという議論が発生した。

このことから、研究開発本部を含めたグループ企業全体における技術分野を勘案し、習得すべき商用データベースを選定した。その上で、セミプロレベル到達を想定し、若干プロレベルに達する部分を含めて、教育カリキュラムを試作した。具体的な教育内容については次章で述べるが、試行錯誤の結果、エンドユーザー向け情報検索システムを中心としたカリキュラム編成になりつつある。情報検索アドバイザーに求められる能力も、各研究部での技術分野、研究分野に関連した、エンドユーザー向け情報検索システムの習得及び、研究者への指導力に落ち着きつつある。

### 3 エンドユーザー教育の概要

宇部興産グループ全体での技術分野は広範囲になり、教育が必要な商用データベースは大体以下のように区分される。セミナー等はグループ全体を考えて用意し、研究部、技術グループ等の箇所ごとに業務の必要に応じて、選択し、受講するオープンセミナー形式を取っている。

#### A. 共通

- (1) 日本特許  
NRI サイバーパテントデスク、  
PATENT - NET、  
PATOLIS - IV
- (2) 外国特許  
DIALOG、  
STN
- (3) 科学技術文献／電子ジャーナル  
JDream II、  
ScienceDirect

#### B. 有機化学・医薬

STN、  
STNEasy、  
SciFinder、  
CrossFire (Beilstein)

#### C. 無機・金属材料、電気・機械、外国特許 DIALOG

これらの商用データベースについて、各プロデューサー／プロバイダーより講師を招き、1回2時間～3時間程度のセミナーを研究所において開催している。形式はオープンセミナー形式とし、受講者は前述の情報検索アドバイザーの他、研究所の研究者、事業部、グループ内企業の技術者等である。教育対象の商用データベースは全部で9種類あるため、商用データベース毎に年1回開催したとしても、年に9回開催のシリーズとなる。

宇部興産の研究分野において、重要であり、かつ使用頻度の高いデータベースについてはユーザーニーズに応じて、年2回の開催としている。加えて、データベースのバージョンアップ等があれば、それに合わせて追加開催している。その他情報検索システム関連の新製品のデモ等も含めれば、宇部研究所だけでも毎月1～2回のペースでエンドユーザー教育を開催している。

以上の教育内容に加えて、

#### D. 特許情報の分析・加工

パテントマップの作成、利用方法

#### E. 情報検索において必要な著作権法

著作権、複写権、著作権等管理事業法の基礎知識等

#### F. ビジネス情報

マーケットリサーチの概論、方法論

等についても、研究所員、研究所総務部からの提案、その他の事情から、教育カリキュラムに加え、既に実施している。

ここで説明しておくが、各プロデューサー／プロバイダーより講師を招き、1回2時間～3時間程度のセミナーを研究所において開催すること自体は一般的であり、多くの企業

で実施されていることである。

しかし、当社においては、①各箇所において、「情報検索アドバイザー」を選任し、その箇所において、よりきめの細かい指導、アドバイスをを行うことで、エンドユーザー全体の情報検索能力、調査能力を向上させていることが特徴である点を強調しておきたい。加えて、②情報検索アドバイザー制度の構築により、人件費をかけないで、上記効果を期待することができる、というメリットがある。

#### 4 研究所員に対する電子ジャーナルのユーザー教育支援

上記内容を踏まえて、研究所員に対する電子ジャーナル (ScienceDirect) のユーザー教育支援について述べる。

##### 4.1 電子ジャーナルのユーザー教育支援を開始した理由

当初、知的財産情報教育としては、教育カリキュラムに入れていなかったが、その当時の宇部研究所・総務部長の依頼により、特別に知的財産情報教育カリキュラムに加えることとなった。それは以下の理由による。

①企業の研究者の場合、まず第1に特許調査が重要であるが、その次に学術文献調査をすることも重要である。電子ジャーナル (ScienceDirect) については、SciFinder に比較し、多数の研究所員が利用できる契約形態を取っており、研究所としても、各研究員の利用促進をする必要性があったためである。このことから、情報検索アドバイザー制度とリンクさせれば、電子ジャーナルの利用促進において、より効果的である、と判断したことがある。

次に、②著作権等管理事業法に施行により、学術雑誌の紙媒体による複製での著作権料が高額になってきたことがある。文献複製料金のコストダウンのためには、電子ジャーナルを活用し、必要な文献は個人利用として電子媒体でダウンロードし、紙媒体での文献複製

をしないよう指導し、それを研究所全体に周知・徹底させる必要性があったためである。

このように電子媒体による学術文献のダウンロードとその個人利用について周知・徹底させ、コストダウンを促進するとともに、著作権の問題についても、研究所員への理解を広げるためには、情報検索アドバイザー制度を活用することが効果的であったためである。

以上の理由から、特別に、研究所員に対する電子ジャーナル (ScienceDirect) のユーザー教育支援を行なった次第である。

##### 4.2 具体的教育内容

①開催時期であるが、毎年、新入社員が各個所に配属されるのが4月下旬であることを踏まえ、例年5月に開催している。

②教育内容については、初心者がIDを取得し、使用開始時の登録方法の説明から始め、実際の利用方法について教育している。このユーザー教育の時間は約3時間である。

③注意事項として、研究者はデータベースの著作権、デジタルコンテンツの著作権についての予備知識が無い者が大半である。

従って、故意ではないにしても、不本意に違法行為を起こすことが無いよう、プロデューサーである、エルゼビアのガイドラインを示し、注意を促している。言い換えれば、やっていいことと、やってはいけないことについて具体的事例を示しながら教育している。

補足として、研究者の著作権に関する予備知識の無さの程度を述べる。知的財産情報教育を開始する前の段階では、①著作権法の予備知識が皆無であり、②データベースが著作権の保護対象になること自体を全く知らない、というレベルであった。例えば、「商用データベースから、数万件レベルで、データをダウンロードして、プールし、その電子媒体のデータをグループ内各所で共有し再利用すれば、コストダウンできて有益だから、やって欲しい。」と依頼してきた者がいたほどである。

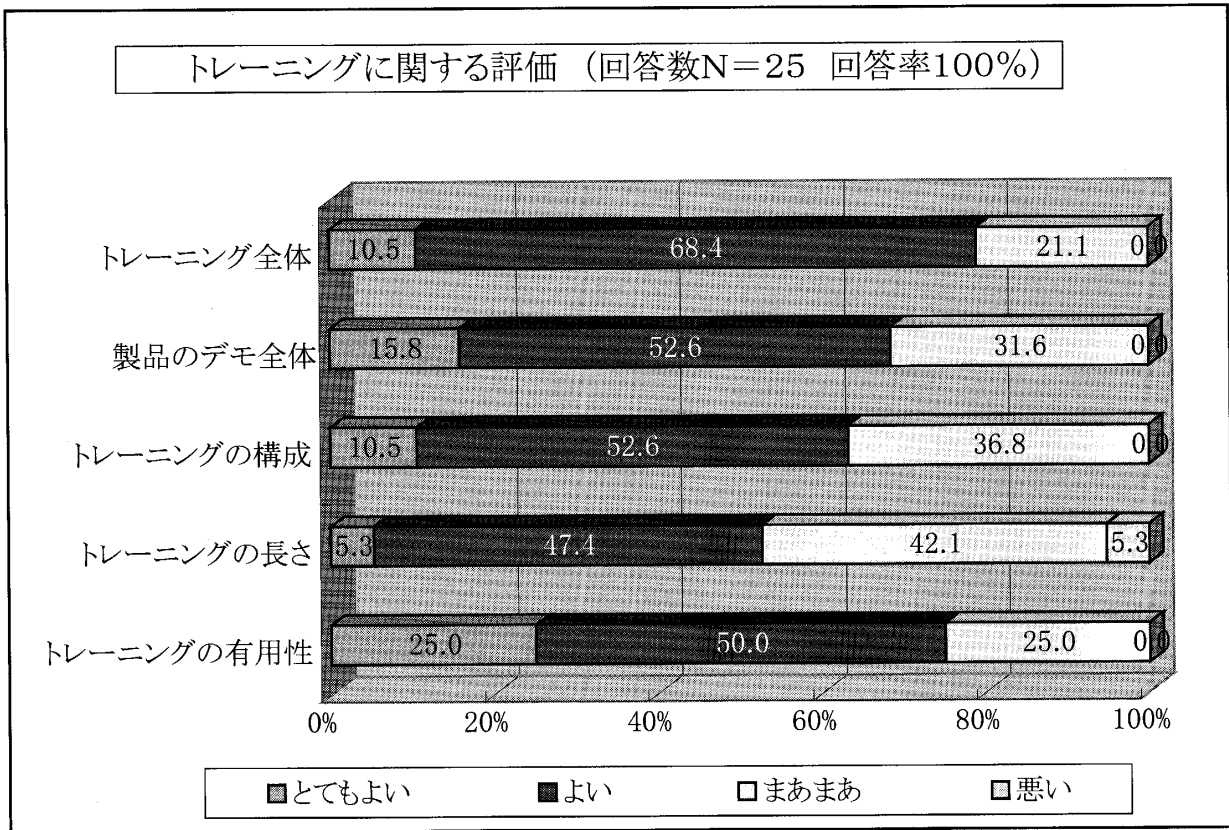


図2 トレーニング内容に関する評価

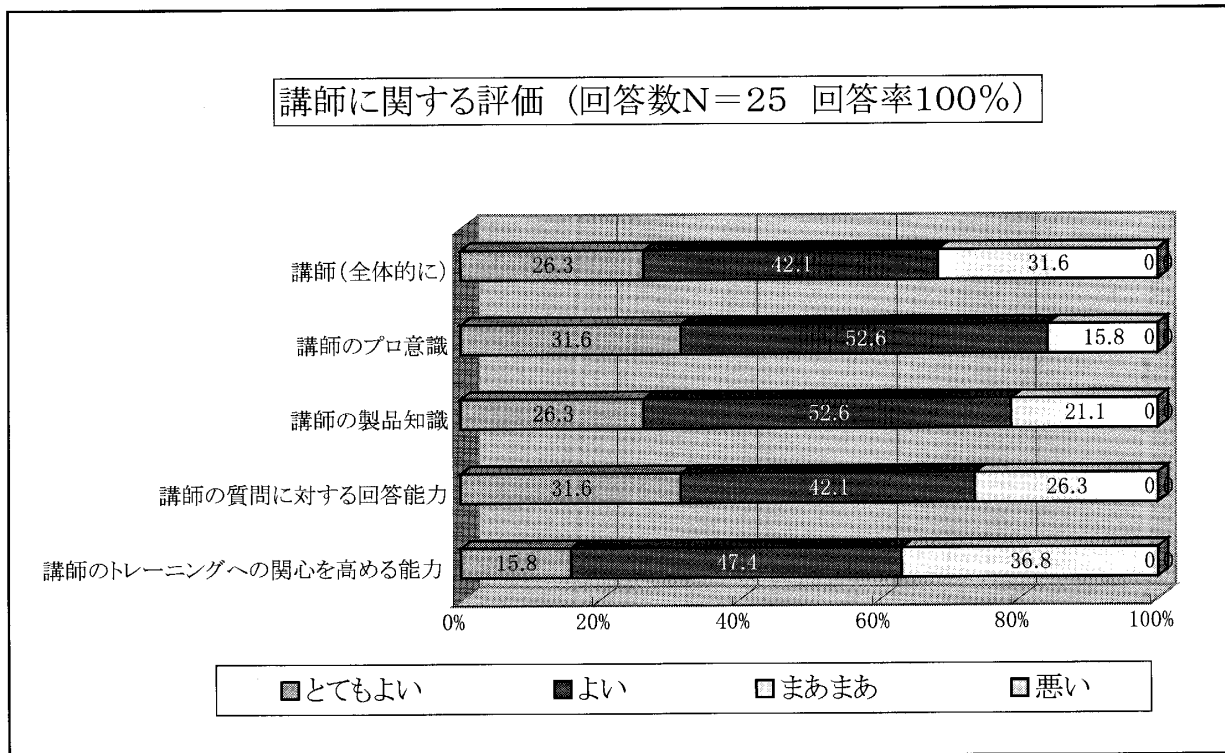


図3 講師に対する評価

### 4.3 教育内容に対する受講者の反応

図2及び図3に2005年度の受講者のアンケート結果を示す。この年度の受講者は25名であり、アンケート回収率は100%である。

アンケート結果を見る限り、おおむね肯定的な評価であった。しかし、講習時間が長いと感じている受講生も一部に見られることがわかる。

## 5 まとめ

エンドユーザー教育及び知的財産教育の一環として、研究所に対する電子ジャーナルのユーザー教育支援を開始して3年になる。エルゼビアの利用統計から、初年度に比べ、エンドユーザーである研究者の情報検索技術が進歩していることがわかり、ユーザー教育支援の効果が現れている。

アンケート結果を見る限り、1回のユーザー教育の3時間を長いと感じている研究者がいることがわかる。今後、研究者のレベルアップを見ながら、教育時間も含め、より教育効果の上がる教育内容を検討したい。

## 謝辞

本報告をご快諾いただいたエルゼビア・ジャパン(株)をはじめ、宇部興産(株)の関係諸氏にこの場をかりて深く感謝する次第である。

## 参考文献

- [1] 特許情報委員会：「特許情報教育の現状と今後の対策」, 日本特許協会, 資料 第210号, 1993.
- [2] 太田晴久：「理研ビニル工業における知的財産教育と情報検索教育」, 情報管理, Vol.38, No.9, pp.795-803, 1995.
- [3] 若杉茂：「21世紀における薬学図書館の役割 利用者教育・電子情報 フジサワにおける電子ジャーナルの運用」, 薬学図書館, Vol.45, No.1, pp.20-29, 2000.
- [4] 松山裕二：「電子ジャーナルのエンドユーザートレーニング 開発の進展とトレーニングの重要性」, 情報科学技術協会予稿集, Vol.37, pp.25-30, 2000.
- [5] 松山裕二：「電子ジャーナルの有効利用トレーニング経験から見た問題点」, INFOSTA シンポジウム予稿集, Vol.38, pp.72-76, 2001.
- [6] 赤塚勝：「論文検索から電子ジャーナルにたどりつくまで」, 薬学図書館, Vo.47, No.1, pp.12-18, 2002.
- [7] 松山裕二：「人材育成 専門家集団のスキルアップ」, 情報の科学と技術, Vol.53, No.3, pp.135-139, 2003.
- [8] 大川陽子：「授業を支援する図書館利用教育の展開」, 医学図書館, Vol.50, No.2, pp.147-149, 2003.
- [9] 「情報科学技術協会セミナー(エンドユーザー検索 -企業内教育の取り組み 2003年9月26日開催)資料」, 2003.
- [10] 岡本和彦：「宇部興産(株)におけるエンドユーザー教育：研究開発本部における『情報検索アドバイザー制度』」, 第40回情報科学研究集会予稿集, pp.91-94, 2003.
- [11] 岡本和彦：「宇部興産(株)におけるエンドユーザー教育：研究開発本部における『情報検索アドバイザー制度』」, 情報管理, Vol.47, No.1, pp.15-19, 2004.
- [12] 「特集：特許検索に必要なスキルと知識」, 情報の科学と技術, Vol.54, No.5, 2004.
- [13] 岡本和彦：「宇部興産(株)におけるエンドユーザー教育：研究開発本部における『情報検索アドバイザー制度』」, 日本知財学会第二回研究発表会講演要旨集, pp.362-365, 2004.
- [14] 岡本和彦：「全国図書館大会への招待, 第6分科会(専門図書館), 専門図書館の人材育成, 宇部興産(株)におけるエンドユーザー教育：研究開発本部における『情報検索アドバイザー制度』」, 図書館雑誌, Vol.98, No.9, pp.645, 2004.
- [15] 岡本和彦; 出口昌信：「宇部興産(株)におけるエンドユーザー教育II：グループ企業

- 内における PATOLIS -Ⅳの導入教育」, 第 1 回情報プロフェッショナルシンポジウム (INFOPRO2004) 予稿集, pp.99-102, 2004.
- [16] 岡本和彦:「宇部興産 (株) におけるエンドユーザー教育: 研究開発本部における『情報検索アドバイザー制度』及びインフォプロのスキルアップ (私見)」, 平成 16 年度 (第 90 回) 全国図書館大会要綱, pp.45-46, 2004.
- [17] 岡本和彦; 出口昌信:「山口大学に対する知的財産情報教育支援 ~産学連携における試み~」, 第 11 回 医学図書館研究会・継続教育コース 予稿集, 2004.
- [18] 岡本和彦:「宇部興産 (株) におけるエンドユーザー教育: 研究開発本部における『情報検索アドバイザー制度』」, 2005 年情報学シンポジウム講演論文集, pp.23-27, 2005.
- [19] 岡本和彦:「宇部興産 (株) におけるエンドユーザー教育: 研究開発本部における『情報検索アドバイザー制度』及びインフォプロのスキルアップ (私見)」, 平成 16 年度 (第 90 回) 全国図書館大会香川大会記録, pp.242-251, 2005.
- [20] 天明二郎:「情報リテラシー・サービス 横浜市立大学医学情報センターにおける利用者教育: ガイダンスを中心に」, 医学図書館, Vol.52, No.1, pp.49-52, 2005.
- [21] 岡本和彦; 出口昌信:「山口 TLO に対する知的財産情報教育支援 -産学連携における試みⅡ-」, 日本知財学会第三回学術研究発表会講演要旨集, p.268-271, 2005.
- [22] 出口昌信; 岡本和彦:「宇部興産 (株) におけるエンドユーザー教育Ⅲ: 営業部門に対する知的財産情報教育の試み」, 日本知財学会第三回学術研究発表会講演要旨集, pp.280-283, 2005.
- [23] 岡本和彦; 出口昌信:「宇部興産 (株) におけるエンドユーザー教育Ⅴ: 研究所に対する電子ジャーナルのユーザー教育支援」, 研究・技術計画学会第 20 回年次学術大会講演要旨集, pp.887-890, 2005.
- [24] 出口昌信; 岡本和彦:「宇部興産 (株) におけるエンドユーザー教育 -営業部門に対する知的財産情報教育の試み-」, 情報知識学会誌, Vol.16, No.1, pp.39-43, 2006.
- [25] 岡本和彦; 出口昌信:「山口 TLO に対する知的財産情報教育支援 -産学連携における試み-」, 情報知識学会誌, Vol.16, No.1, pp.44-51, 2006.
- [26] 岡本和彦; 出口昌信:「山口大学および山口 TLO に対する知的財産情報教育支援 -山口大学における特許情報インストラクター育成-」, 情報ネットワーク・ローレビュー, Vol.5, pp.161-180, 2006.

(2005 年 12 月 9 日受付)

(2006 年 7 月 26 日採択)

# 化学物質の毒性情報と構造活性相関予測

## Toxicity Information and Its QSAR Prediction of Chemical Substances

田辺 和俊<sup>\*,†</sup> 大森 紀人<sup>\*</sup> 小野 修一郎<sup>\*</sup> 松本 高利<sup>‡</sup>  
長嶋 雲兵<sup>§</sup> 上坂 博亨<sup>¶</sup> 鈴木 孝弘<sup>||</sup>

Kazutoshi TANABE Norihito OHMORI Shuichiro ONO  
Takatoshi MATSUMOTO Umpei NAGASHIMA  
Hiroyuki UESAKA and Takahiro SUZUKI

近年、化学物質の毒性に関する情報の取得が地球的な規模で喫緊の課題となっている。しかし、動物を用いる安全性試験は莫大な時間と費用がかかるため、毒性が未知の全ての化学物質について動物試験により毒性を評価することは不可能である。また、それらの情報を集録した毒性データベースにも様々な問題点がある。そこで、構造活性相関、特にコンピュータを利用した定量的構造活性相関 (QSAR) による毒性予測が化学物質管理の観点から重要になっており、多くの毒性予測システムが開発されている。しかし、QSAR による既存の毒性予測システムの成績は実用的には不十分であり、世界中の多くの研究者がこの問題に取り組んでいる。我々は既存のシステムより高精度かつ高汎用性の予測システムの開発を目指して、ニューラルネットワークを用いた毒性予測手法を研究している。しかし、この問題の解決には信頼度の高い毒性データの収集を始めとして多くの課題が横たわっている。

Recently, it is globally necessary to collect data on toxicities of numerous chemical substances available in market. But safety tests using animals take huge cost and period, and it is impossible to get toxicity data on all unascertained chemical substances by animal test. Also there are many problems in existing databases which collect toxicity data on chemical substances. As a screening method for animal tests, a toxicity prediction on a basis of quantitative structure-activity relationship (QSAR) is meaningful. Several toxicity prediction systems with QSAR have been developed, but the performances of most existing systems are highly questionable. In order to develop a toxicity prediction system for numerous chemical substances showing a higher performance than those of existing systems, we are applying a neural network technique. Several problems on toxicity information and its QSAR prediction of chemical substances are discussed.

キーワード：化学物質の毒性、毒性データベース、構造活性相関、QSAR、ニューラルネットワーク  
Toxicity of Chemical Substances, Toxicity Database, Structure-Activity Relationship, QSAR, Neural Network

### 1 はじめに

人類は新規の化学物質を続々合成し、我々の生活及び健康の向上に役立ててきた。し

かし、一方でそれら化学物質の毒性が現在、地球上で深刻な問題になっている。すでに1962年、Rachel Carsonは有名な書物“Silent Spring”<sup>[1]</sup>を出版し、その中で農薬を中心とする化学物質の毒性について人類に警告した。それにもかかわらず、有毒な化学物質に起因する様々な事故、事件が地球上のあらゆる地域で発生した。この原因は、大多数の化学物質がその毒性が未知なまま我々の周囲に存在しているからである。そのため、化学物質の

\* 千葉工業大学社会システム科学部経営情報科学科

† kazutoshi.tanabe@it-chiba.ac.jp

‡ 東北大学多元物質科学研究所

§ 産業技術総合研究所計算科学研究部門

¶ 富山国際大学地域学部

|| 東洋大学経済学部経済学科



毒性に関する情報の取得が地球的な規模で喫緊の課題となっている。

本論文では、化学物質の毒性情報とその予測技術の現状と課題、及びこの課題に関する我々の研究成果を総括する。

## 2 化学物質の毒性

有毒な化学物質による事故は古来より多発しているが、最近起きた多数の被害者が出た大事故としては表1に示すようなものがある。化学物質の危険度を定量的に示すリスクは、毒性の強さだけでは表されず、その毒物にどの程度接触するかという接触頻度あるいは接触確率と毒性との積で表される。表1に示す化学物質は、毒性はきわめて高いが、法律で管理が規制されているので、一般市民が接触する確率は低い。したがって、一般市民にとってこれらの化学物質のリスクはきわめて低い(ただし、ダイオキシンは以下のようにリスクが高いのでこれらには含まれない)。

一方、近年、日本では表2に示すような化学物質が環境中から検出され、大きな社会問題になった。これらは、環境中の存在量がごく微量であるにもかかわらず、一般市民が接触する頻度が高いため、リスクが高く、したがって監視が必要な化学物質である。

しかし、大多数の化学物質はその毒性が不明なまま我々の周囲に存在しているのが現状である。もちろん、医薬品をはじめ、食品添加物、化粧品、農薬、殺虫剤等は人体との関わりが深く、これらの毒性についてはそれぞれ厳しい基準が設けられている。また、その他の工業化学物質についても、中間体、製品、副生物、不純物を含め、環境汚染、食物連鎖等を通じての健康障害防止の面から、わが国では化審法(化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律)により毒性に関し規制がなされている。

さらに、これらの化学物質の製造現場における労働災害防止のために、労安法(労働安全衛生法)に基づいた毒性調査、届出が定められている。米国では Toxic Substances Control Act(TSCA) に基づいて同様の審査が行われるが、新規化学物質の登録を管轄する Environmental Protection Agency(EPA) の発表では、申請される化学物質の数は毎年約 2,000 種にのぼるといふ<sup>[2]</sup>。

一方、化学物質の登録機関 Chemical Abstracts Service(CAS) が登録した化学物質の総数はすでに 2,700 万種類を越え、毎日 4,000 種類の化学物質が登録されている<sup>[3]</sup>。この 2,700 万種類という数は学術論文に登場した、すなわち化学の実験室で合成された化学物質の総

表1 有毒化学物質による最近起きた代表的な大規模事故・事件

化学物質名	事故・事件内容
イペリット, 青酸ガス, アルシン等	1974年以降, 中国や日本の各地で旧日本軍遺棄の毒ガスによる被害続出
ダイオキシン	1976年, イタリア・セブソの化学工場が爆発し大量放出, 被災者22万人, 住宅地域1,800haが汚染, 10年間居住禁止
シアン化合物	1984年, インド・ボパールの米国ユニオンカーバイドの子会社の農薬工場が爆発し噴出, 死者4千人, 被災者20万人
水銀等	1986年, スイス・バーゼルの薬品会社火災でライン川に流出, 流域のドイツ, フランス, オランダ等が大規模汚染
サリン	1995年, 日本・東京の地下鉄で散布, 死者12人, 被害者3,796人
ニトロベンゼン等	2005年, 中国・東北部の化学工場の爆発事故で河川に流出, ロシア極東のハバロフスクに到達

表2 環境中に存在するリスクの大きい代表的な化学物質

化学物質名	存在環境	発生原因
ダイオキシン	大気, 河川, 土壌, 農作物	廃棄物の焼却, 農薬等
ベンゾピレン	室内空気, 大気	タバコの煙, 自動車排ガス
フタル酸エステル	プラスチック製品	可塑剤
トリハロメタン	水道水	塩素殺菌
トリクロロエチレン	土壌, 地下水	半導体工場
ホルムアルデヒド	室内空気	建材等
アスベスト	大気, 室内空気	建材, 耐熱材等

数であり, それらすべての化学物質が一般市民にとって危険を及ぼす訳ではない. 一般市民にとってその毒性が問題になるのは市場で流通している化学物質であり, その総数は約10万種類程度である. しかし, この市場で流通している化学物質の中で毒性が判明している化学物質の総数は実はきわめて僅少(毒性の信頼性の高い物質数は数千にすぎない)である.

化学物質の毒性を評価するためには通常, 動物を用いた試験が行われる. しかし, 表3に示すように, 安全性の動物試験には長期の年月と巨額の費用が必要である<sup>[4]</sup>. また, 動物愛護の観点からも多数の動物を用いる安全性試験は好ましくない. したがって, 毒性が未知の約10万種類もの莫大な化学物質の全てについて動物試験により毒性を評価することは現実的には不可能である.

### 3 毒性データベース

動物試験による毒性評価の結果を収録した各種の毒性データベースがインターネット, CD-ROM, 冊子体等の媒体で公開されており, インターネットで利用可能な毒性データベースとしては表4に示すものがある<sup>[5-7]</sup>. これらのデータベースに収録されている化学物質については, 手軽に毒性情報を入手することが可能である. しかし, その内容や利用に関しては色々な問題点がある.

まず第1は, データの内容や形式が不統一であり, データベースが使いにくい点である.

表3 毒性評価のための動物試験の費用と期間(化学物質1種当たり)<sup>[4]</sup>

試験項目	費用(千円)	期間
発ガン性	187,500	3年
慢性毒性	114,000	1年半
生殖試験	45,500~ 60,000	3年
催奇形性	34,000	1年
生体内運命	30,000	6ヶ月~1年
亜急性毒性	7,500~9,500	5~6ヶ月
濃縮性	6,000~8,500	4~6ヶ月
変異原性	4,500	3ヶ月
急性毒性	900~4,500	3ヶ月
ミジンコ急性 毒性	750~2,700	3~4ヶ月
染色体異常	1,800~2,300	2~3ヶ月
生分解性	1,400~2,000	2~4ヶ月
魚類急性毒性	500~1,000	3ヶ月
エームス試験	500~800	45~60日

例えば, 発ガン性のデータベースについては, 表5に示すように, 発ガン性のランクが2段階から6段階までと異なり, また各段階の発ガン性の表現がまちまちなため, これらの違いを理解するのは困難であり, きわめて使いにくい.

第2の問題点はデータの量と質の点である. この種のデータベースの中で最大規模のものはRegistry of Toxic Effects of Chemical Substances(RTECS)のデータベースである. こ

表4 主なオンライン毒性データベース<sup>[5-7]</sup>

データベース名	物質数	構造データ	構造検索	URL
NTP	500種以上	あり	不可	<a href="http://ntp-server.niehs.nih.gov/">http://ntp-server.niehs.nih.gov/</a>
TOXNET	多数	あり	可	<a href="http://toxnet.nlm.nih.gov/">http://toxnet.nlm.nih.gov/</a>
Gene-Tox	3,000種以上	あり	可	<a href="http://toxnet.nlm.nih.gov/">http://toxnet.nlm.nih.gov/</a>
CCRIS	8,000種以上	あり	可	<a href="http://toxnet.nlm.nih.gov/">http://toxnet.nlm.nih.gov/</a>
IRIS	500種以上	あり	可	<a href="http://toxnet.nlm.nih.gov/">http://toxnet.nlm.nih.gov/</a>
RTECS	70,000種以上	あり	可	<a href="http://toxnet.nlm.nih.gov/">http://toxnet.nlm.nih.gov/</a>
CPDB	1,300種以上	なし	不可	<a href="http://potency.berkeley.edu/cpdb.html">http://potency.berkeley.edu/cpdb.html</a>
GAP	600種以上	あり	不可	<a href="http://www.epa.gov/gap-db/">http://www.epa.gov/gap-db/</a>
IARC	800種以上	なし	不可	<a href="http://monographs.iarc.fr/">http://monographs.iarc.fr/</a>
NCI	37,000種以上	あり	可	<a href="http://cactus.nci.nih.gov/">http://cactus.nci.nih.gov/</a>

表5 各種発ガン性データベースにおける発ガン性ランクと表現の違い

データベース名	発ガン性ランク	説明
IARC	1	Carcinogenic to humans
	2A	Probably carcinogenic to humans
	2B	Possibly carcinogenic to humans
	3	Not classifiable as a human carcinogen
	4	Probably not carcinogenic to humans
EU	1	Known as a human carcinogen
	2	Should be regarded as if a human carcinogen
	3	Possibly carcinogenic to humans
EPA	A	Carcinogenic to humans confirmedly
	B1	Probably carcinogenic to humans
	B2	Carcinogenic to animals, but unknown to humans
	C	Possibly carcinogenic to humans
	D	Not classifiable as a human carcinogen
	E	Not carcinogenic to humans confirmedly
NTP	A	Known as a human carcinogen
	B	Reasonably anticipated as a human carcinogen
ACGIH	A1	Carcinogenic to humans confirmedly
	A2	Carcinogenic to humans suspectedly
	A3	Carcinogenic to animals, but unknown to humans
	A4	Not classifiable as a human carcinogen
	A5	Not suspected as a human carcinogen
日本産業衛生学会	1	Carcinogenic to humans
	2A	Probably carcinogenic to humans
	2B	Possibly carcinogenic to humans

のデータベースは米国の National Institute of Occupational Safety and Health(NIOSH) が製作しており、現在、約 17 万件のデータが収録されている。しかし、この数はデータを抽出した論文数の累計であり、化学物質の種類は 17 万よりかなり少ない。さらに、このデータベースには様々な試験法で得られた毒性データが原論文からそのまま収録されており、統一的な試験法で評価されたデータが収集されていない。したがって、このデータベースのデータは信頼性の点で問題がある。

統一的な試験法で化学物質の毒性を評価して収録したデータベースとしては National Toxicology Program(NTP) のデータベースがある。NTP は米国で 1978 年に設立された毒性試験研究機関であり、統一的な動物実験の計画、実施、分析において世界的なリーダーの位置を占めている。したがって、このデータベースに収録されているデータはきわめて信頼性が高い。しかし、残念ながら、このデータベースに収録されている化学物質の数はそれほど多くない。例えば、発ガン性のデータが収録されている化学物質の総数は僅か 1,000 種類程度である。したがって、市場で流通している化学物質の中で発ガン性が判明しているものは 1% 程度であり、残りの 99% は発ガン性が不明なまま我々の周囲に存在している。

第 3 の問題点は化学物質の検索方法である。どのデータベースでも化学物質の名称、分子式、CAS 番号等の文字情報の検索が主体である。しかし、化学物質の命名法はきわめて複雑であり、データベースに登録されている名称でもれなく検索することは一般に困難である。CAS 番号は化学物質を簡単明確に定義できる番号であるが、任意の化学物質について CAS 番号を調べることは容易ではない。化学物質の構造を用いれば容易に化学物質を検索できるが、構造式検索機能があるデータベースでは化学構造を線形表記して入力する必要があり使いやすくない。

## 4 化学物質の毒性の予測

### 4.1 構造活性相関による毒性予測

化学物質の構造からその毒性を予測することができれば、動物試験にかける化学物質の数を絞り込むことによって毒性情報の効率的な取得が可能になり、化学物質の安全管理の観点から大きな意義がある。また、新規の化学物質を合成、製造する前にその毒性を事前に評価することも可能になり、新規化学物質の開発にとっても意義が高い。このような観点から、化学物質の毒性をその構造から予測する手法の研究開発が欧米では活発に行われている。

この基礎になっているのは、「類似の構造をもつ化学物質は類似の生理活性を生じる」という構造活性相関 (Structure-Activity Relationship, SAR) の概念である。化学物質の活性発現は化学物質が生物体に吸収され、作用を引き起こす部位に輸送され、標的部位と化学反応を引き起こすことにより生ずる。化学物質は細胞膜を透過して標的部位に達するが、細胞膜は脂質に富んでいるため、油に溶けやすい (親油性) 物質は比較的速く多量に細胞膜を通過する。一方、標的部位と化学物質との反応は薬物—受容体相互作用、いわゆる鍵と鍵穴の関係にたとえられるように化学物質の分子構造に依存するが多い。したがって、よく似た分子構造をもつ化学物質は同じ生体内での標的に対して同様な反応を引き起こすと考えられる。

しかし、化学物質が生体内で活性を発現する機構を解明して化学物質の構造から活性を予測することは現段階ではきわめて困難である。それは、生体内での化学物質の挙動には生体内の様々な受容体や酵素等が関与し、吸収、代謝、輸送、結合等、多くの現象が関係するが、生体側の構造を含め未だ解明されていない現象が多いからである。そこで、現状の活性予測手法としては、化学物質と受容体等との相互作用に基づいた分子レベルでの理論的アプローチでなく、既知データの活用により、化学物質の構造と活性との関係を統計

的に推測する SAR の手法である。SAR の考え方は 1868 年に Crum-Brown と Fraser が化学物質の生理活性を化学構造の関数と仮定したことに始まり、20 世紀の初めから医薬品や農薬等の薬理活性を同族の化学物質の構造に関連させて解明するために発展した。

活性を定量的に予測する定量的構造活性相関 (Quantitative Structure-Activity Relationship, QSAR) は 1964 年の Hansch と Fujita<sup>[8]</sup> 及び Free と Wilson<sup>[9]</sup> の論文に始まり、近年のコンピュータの発達により急速に進展した。QSAR による薬理活性分子の設計、いわゆるドラッグデザインについては多くの適用例がある<sup>[10-12]</sup>。最近では QSAR の手法が化学物質の薬理活性と正反対の毒性の解明・予測にも用いられるようになってきた。

化学物質の毒性は化学物質と受容体との化学反応の結果と考えられる。したがって、同じ毒性機構の化学物質について構造を反映す

る記述子を用いて毒性データとの回帰式を算出し、同じ反応過程をもつ毒性が未知の化学物質の毒性を予測することが可能であり、この方式が QSAR による毒性予測の基礎である。QSAR の方法を化学物質の毒性の予測に用いる場合は構造毒性相関 (Quantitative Structure-Toxicity Relationship, QSTR) と呼ぶこともある。化学物質の構造と毒性との相関を QSAR の手法で解析した研究は多数発表されている<sup>[13-15]</sup>。

その際に用いられる化学物質の構造を特徴づける記述子としては表 6 に示すものがあり、これらの記述子は化学構造からソフトウェアを用いて自動的に求めることができる。また、これらの記述子と毒性データとの相関を解析する統計手法としては表 7 に示すような様々な手法があり、これらの方法が単独あるいは組み合わせて用いられる。

表 6 QSAR でよく用いられる記述子

特徴・性質	記述子
構造的特徴 <sup>[16]</sup>	各種の原子・結合・部分構造の有無またはその個数、分子量等
物理化学的性質	沸点, 融点, 蒸気圧, 溶解度, 分配係数 (通常は log P がよく用いられる) 等
電子的性質 <sup>[17]</sup>	置換基定数 (Hammett の $\sigma$ 等), 酸解離定数, 酸化還元電位, 結合次数, 電子密度, 正味電荷, 電気陰性度, 有効分極率, 分子軌道 (特に HOMO や LUMO) のエネルギー, 局在化エネルギー, イオン化ポテンシャル等
立体的性質	置換基定数 (Taft の $E_s$ 等), van der Waals 半径, 分子容, 表面積, 分子屈折, カップ形状指数, STERIMOL 等
トポロジカル的性質 <sup>[18]</sup>	分子結合指数等

表 7 QSAR でよく用いられる統計解析手法

種類	線形解析	非線形解析
教師付学習法	重回帰分析 (MLR), 主成分回帰 (PCR), 判別分析, 部分最小二乗法 (PLS), 適応最小二乗法 (ALS), SIMCA, 分類・回帰木 (CART), 線形学習機械等	ロジスティック回帰, ニューラルネットワーク (ANN), 遺伝的アルゴリズム (GA) 等
教師なし学習法	主成分分析 (PCA), クラスタ分析, 因子分析, k-近隣 (KNN) 法等	コホーネンマップ, 自己組織化マップ, 非線形マッピング等

## 4.2 毒性予測システム

上記のような実用上の理由から QSAR の手法を用いて化学物質の構造から毒性を予測する種々のシステムが多数開発されている。これらのシステムで予測可能な毒性は急性毒性、慢性毒性、発ガン性、変異原性等、色々な種類があるが、その内でも特に発ガン性を中心に、代表的なシステムの予測成績を紹介する。その理由は、ガンは人類の死因の第1位であり、かつ発症まで時間がかかるため最も重大な毒性であること、及び表3に示すように、発ガン性の動物試験は最長の期間を要し、QSAR による予測が最も効果的であることからである。

### 4.2.1 TOPKAT

TOPKAT (Toxicity Prediction by Kom-puter Assisted Technology)<sup>[19-22]</sup>は米国 Health Designs Inc. の Enslein らによって開発された各種の毒性の予測システムである。重回帰分析 (Hansch-Fujita 法) や判別分析法を用いて急性毒性、変異原性、発ガン性、催奇形性、生分解性等の予測を行うことができる。システムにはそれぞれの毒性データベースと構造記述子のセットが用意されている。

標準的な記述子としては部分構造記述子の他に、電子的記述子としては電子密度、正味電荷、グループ電気陰性度、有効分極率等、トポロジカルな記述子としては分子結合指数、形状記述子としてはカップ形状指数が用いられる。これらの記述子は TOPMOS II プログラムにより化合物の構造を SMILES (Simplified Molecular Input Linear Entry System) で入力することにより自動的に生成される。

TOPKAT による発ガン性の予測成績については、計 705 化合物を用いた再現性が 99.6%、cross-validation による予測率が 98.2% という高い数値が公表されている。しかし、米国の National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS) の発ガン性予測テストの結果では TOPKAT の予測的中率は 58% であった。予測成績がこのように低くなった原因は不明であるが、TOPKAT の予測モデルの学

習に用いられた化合物が NIEHS のテスト化合物とかなり異なっていたことが考えられる。

### 4.2.2 CASE

CASE (Computer Automated Structure Evaluation)<sup>[23-27]</sup>は米国 Case Western Reserve 大学の Klopman によって開発されたシステムである。CASE においては、化合物の構造の特徴を表す構造記述子の選定と抽出が完全にコンピュータにより自動的に行われ、毒性に関する知識が皆無の場合でも容易に予測モデルが生成される。

構造記述子は log P や分子結合指数等の若干の物性推算値の他は、多数の部分構造が機械的に抽出される。複雑な構造の化合物では部分構造の総数は莫大な数となるので、ベイズ統計理論を用いて毒性に寄与する構造記述子を選別する。最近では、CASE をさらに発展させて、代謝体の影響も考慮する Multi-CASE (Multiple Computer Automated Structure Evaluation)<sup>[28]</sup>も開発されている。

米国 NIEHS の発ガン性予測テストの結果では、CASE の予測的中率は 49% であった。その原因は余りにも機械的な記述子の生成と、莫大な数の記述子からの選別による chance correlation (偶然の相関) の混入と考えられる。

### 4.2.3 REPAD

REPAD<sup>[29]</sup>はイタリアの Istituto Sperimentale di Sanita の Benigni により開発された発ガン性の半定量的予測法である。この方法では化合物の親電子的反応性の簡易推算値 Ke と発ガン性警戒構造 SA の両者を用いて判定を行う。Ke の数値が 3.0 より大きい化合物は発ガン性が高く、小さい化合物は発ガン性が低いと判定する。また、SA は必ずしも全ての種類の化合物の発ガン性を説明できるものではないが、変異原性のデータとの相関から発ガン物質の指標として利用している。REPAD の予測成績については NIEHS の予測的中率は 57% であり、TOPKAT と同程度であった。

#### 4.2.4 COMPACT

COMPACT(Computer-Optimized Molecular Comparative Analysis of Chemical Toxicity)<sup>[30]</sup>は Lewis らにより開発された発ガン性予測法である。この方法では、化学物質による発ガン機構においてチトクロム P450-I が重要な役割を演じるとして、チトクロム P450-I の基質や Ah レセプター作用物質であるかどうかの識別により発ガン性を予測する。

この理論に基づき、立体的特性については平面性に関する形状記述子である Area/Depth<sup>2</sup>, 電子的特性については HOMO と LUMO のエネルギー差  $\Delta E$  を用い、それらの数値の比を COMPACT 比と名付け、その値が 0.20 より大きい場合は+, 0.15 より小さい場合は-, 0.15 と 0.20 の中間の時は不明と判定する。NIEHS による発ガン性予測テストでは COMPACT の予測的中率は 54% であり, CASE や REPAD と同程度であった。

#### 4.2.5 FALS

FALS(Fuzzy Adaptive Least Squares)<sup>[31-34]</sup>は森口らにより開発された毒性予測システムである。化学物質の毒性データは-, +, ++, +++ のような等級の形で扱うことが多いため、順序があるカテゴリーデータを解析するために適応最小二乗(ALS)法を考案した。さらに、大量の毒性データの予測成績の向上を目指してファジイ推論の技法を ALS に取り入れた Fuzzy ALS(FALS)を開発した。所属する化合物の分布を正規凸集合とみなし、釣り鐘型のメンバーシップ関数で表す。構造記述子としては、分子量、疎水性定数、各種の部分構造等の記述子を用いて線形識別関数(予測モデル)を算出する。

化学物質を構造的特徴により炭化水素化合物群、環状ヘテロ化合物群、ニトロ・ニトロソ・N-オキサイド化合物群、ハロゲン化合物群、アルコール・フェノール・エーテル化合物群、カルボニル化合物群、非芳香族アミン化合物群、含酸素イオウ化合物群の 8 つのクラスに分類して個別の相関式を作成することにより、予測の精度を高めている。

予測テストの結果については、NTP の発

ガン性データ(陽性 155, 陰性 91 物質)を用いた識別では, false positive が 6.1%, false negative が 4.9% であり, leave-one-out 予測では false positive が 13.4%, false negative が 8.9% という結果が公表されている。判別の誤りのうち, 陽性を陰性と誤る false negative が特に問題になると思われるが, false negative は予測でも 8.9% と良好な結果を示している。NIEHS の発ガン性データを用いた予測テストでは FALS の的中率は 68% であり, これまでのシステムよりは成績が高い。

### 4.3 予測システムの成績評価

#### 4.3.1 NIEHS の公開テスト

1990 年に NIEHS の Tennant らは NTP による発ガン性試験化合物 44 種について国際的に広く呼びかけて発ガン性予測の公開テストを提案した<sup>[35]</sup>。これが NIEHS の公開テストの第 1 ラウンドである。このテストには幾つかのグループが参加し, それぞれの方法で予測した結果が公表された。1993 年に NTP によるテストの結果が発表され, 国際ワークショップにおいて予測の成功や失敗の原因が議論された。さらに, 1994 年に NIEHS の Wachsmann により発ガン性予測の第 2 ラウンドが提案され, 1995 年末を期限として世界各国の毒性予測研究チームに参加が呼びかけられた。

最近発表された第 1 ラウンド及び第 2 ラウンドの集計結果<sup>[36]</sup>を表 8 に示す。このうち, Tennant らのシステムや RASH は変異原性等のデータから活性-活性相関(Activity-Activity Relationship)により発ガン性を予測するものであり, 構造データのみからの予測ではない。また, SA(発ガン性警戒構造)も用いているが, これにはあいまいな点があり, 最終的には判定者の知識, 経験に依存する。Weisburger, Lijinsky, DEREK も専門家の意見を取り込んで定性的な予測を行う。これに対して, Ke, Benigni, CASE, TOPKAT, COMPACT 及び FALS ではコンピュータにより発ガン性が自動的に予測される。また, Benigni の REPAD は半定量的方法であるが, これも

表 8 NIEHS による発ガン性予測テストにおける各システムの的中率 (%)<sup>[36]</sup>

	システム名 (開発者)	陽性	陰性	合計
第 1 ラウンド	Tennant et al. <sup>[35]</sup>	61.9	78.3	70.5
	Ke (Bakale & McCreary) <sup>[37]</sup>	64.3	64.7	64.5
	Weisburger <sup>[38]</sup>	95.0	26.3	61.5
	RASH (Jones & Easterly) <sup>[39]</sup>	75.0	47.1	60.6
	DEREK (Sanderson & Earnshaw) <sup>[40]</sup>	80.0	38.1	58.5
	TOPKAT (Enslein et al.) <sup>[41]</sup>	75.0	43.8	57.1
	DEREK hybrid (Sanderson & Earnshaw) <sup>[40]</sup>	50.0	61.9	56.1
	Lijinsky <sup>[38]</sup>	61.9	47.8	54.5
	COMPACT (Lewis et al.) <sup>[30]</sup>	33.3	68.2	52.5
	CASE (Rosenkranz & Klopman) <sup>[25]</sup>	47.1	50.0	48.7
	Benigni <sup>[42]</sup>	47.1	31.8	38.5
第 2 ラウンド	SHE (Kerckaert et al.) <sup>[43]</sup>	57.1	70.6	66.7
	R2 (Lee et al.) <sup>[44]</sup>	40.0	73.3	65.0
	Benigni et al. <sup>[45]</sup>	71.4	61.1	64.0
	R1 (Lee et al.) <sup>[44]</sup>	40.0	71.4	63.2
	Bootman <sup>[46]</sup>	28.6	68.4	57.7
	Tennant et al. <sup>[47]</sup>	57.1	57.9	57.7
	OncoLogic (Woo et al.) <sup>[48]</sup>	42.9	57.9	53.8
	Ashby <sup>[49]</sup>	42.9	57.9	53.8
	Huff et al. <sup>[50]</sup>	28.6	52.6	46.2
	FALS (Moriguchi et al.) <sup>[51]</sup>	28.6	50.0	43.5
	RASH (Jones & Easterly) <sup>[52]</sup>	42.9	38.9	40.0
	KeE (Benigni et al.) <sup>[42]</sup>	100.0	12.5	39.1
	DEREK (Marchant) <sup>[53]</sup>	71.4	26.3	38.5
	COMPACT (Lewis et al.) <sup>[54]</sup>	71.4	26.3	38.5
	BeO (Benigni et al.) <sup>[42]</sup>	57.1	25.0	34.8
	Purdy <sup>[55]</sup>	57.1	25.0	34.8
	Progol et al. <sup>[56]</sup>	50.0	25.0	31.8
	CASE (Zhang et al.) <sup>[57]</sup>	14.3	20.0	18.2

短時間に予測が可能である。

この NIEHS の公開テストで用いられた物質数が第 1 ラウンドで 44, 第 2 ラウンドで 30 であり, 各種手法の成績評価には十分とはいえない。しかし, このテストからは, 他の実測データや専門家の意見を用いる半経験的システムの予測率が高く, 完全に自動化されたシステムはまだ予測率がきわめて低いと結論できる。

#### 4.3.2 Predictive Toxicology Challenge

上記の NIEHS の公開テストでは用いられた物質数が少数であったため, ドイツ・フライブルグ大学の C. Helma らは多数の物質を用いる公開テストを世界各国の研究者に呼びかけて Predictive Toxicology Challenge (PTC) 2000–2001<sup>[58]</sup>を開催した。このテストの特徴は, 主催者がモデル学習用及びテスト用の化学物質の構造, 記述子, 発ガン性データをイ



ンターネット上に公開し、参加者はその共通のデータセットを用いて自己のモデルの予測結果を提出し、主催者がその結果を集計するという公開コンテストであり、このコンテストは以下の3段階で行われた。

① Data Engineering

発ガン性試験データ (male, female の rat, mouse に対するもの) のある化学物質について構造のデータを主催者が公開し、これらに対する記述子を一般から公募した。その結果、7種類の記述子群、総数 7000 個以上の記述子データが公開された。物質数は、学習用が

NTP データベースから抽出した 471 種、テスト用が FDA(Food and Drug Administration) データベースから抽出した 185 種である。

② Model Construction

学習用化合物の記述子と発ガン性データを用いて参加者が各自のモデルを作成した。14のグループが 26~31 のモデルを提出した。

③ Model Evaluation

発ガン性データを伏せたテスト用化合物について参加者が各自のモデルで発ガン性を予測した結果を提出し、主催者がその結果を集約し ROC 分析 (図 1) によって評価した。し

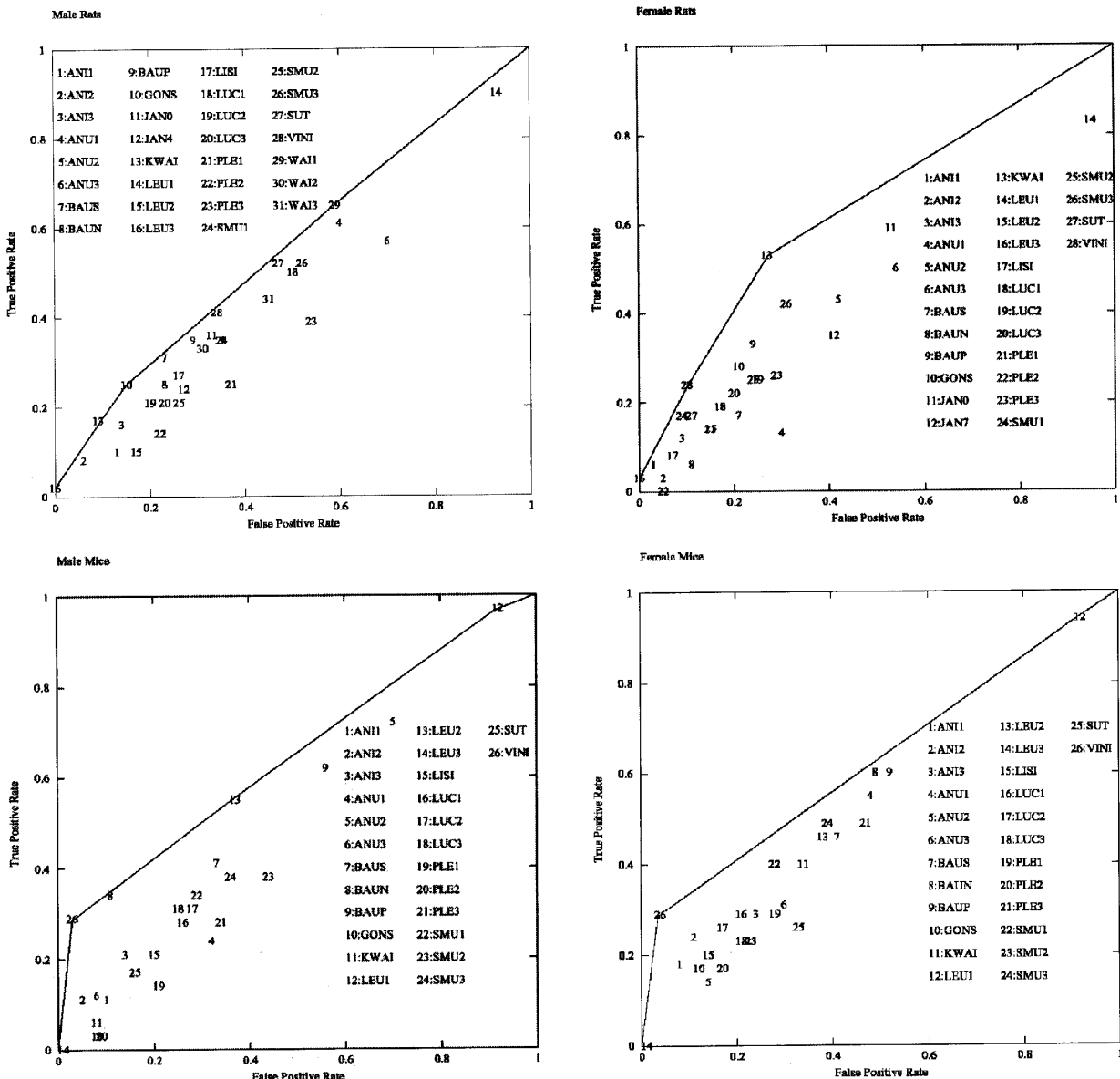


図 1 PTC コンテスト参加者の予測結果の ROC 分析図

かし、参加者の予測モデルの大半は ROC 分析図の左下に位置しており、発ガン陰性を陽性と誤判別する false positive は少ないが、陽性を陰性と誤判別する false negative が多いことが分かる。この原因として、FDA のテスト化合物の構造が NTP の学習用化合物とかなり異なっていたこと、及び発ガン機構の複雑さと構造情報のみを使うことが指摘されているが、これらの予測手法において false negative が多い点は実用的には問題である。

## 5 政府機関等における QSAR の利用<sup>[59]</sup>

QSAR による化学物質の毒性予測は製薬・化学産業ばかりでなく、各国政府機関における化学物質の管理・規制にも用いられつつあるので、その現状を概観する。

### 5.1 米国・カナダ

米国では Interagency Testing Committee(ITC) という機関が TSCA によって規制されるべき化学物質を決定しており、その際に QSAR を活用している。その他、EPA, NTP, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), FDA, NIOSH 等の機関でも QSAR を利用している。

EPA は世界中の政府機関の中で QSAR を最も広く活用している機関であり、TSCA のもとで新規化学物質のリスクと暴露を実証することが義務付けられている。米国で製造、加工していると報告された化学物質は TSCA インベントリーに収録され、TSCA ではインベントリーに記載されていない物質を新規化学物質として商業目的でこれを製造、輸入する事業者に対して Premanufacture Notification(PMN) を提出することを求めている。

EPA の中で PMN を行っているのが Office of Pollution Prevention and Toxics (OPPT) であり、OPPT は化学物質の発ガン性の評価に OncoLogic を用いている。OncoLogic は EPA の研究者が開発したシステムで、発ガンの機構

に関する広汎な知識を活用した一連の QSAR を用いて、一般的な有機化合物以外の繊維、高分子、金属等についても発ガン性の評価が可能である。

EPA では環境毒性については EPISUITE というソフトウェアパッケージを開発し、公開している<sup>[60]</sup>。この中には、EPIWIN(SMILES 入力を変換するインタフェース)、AOPWIN(大気反応速度の評価)、BCFWIN(生物濃縮係数の評価)、BIOWIN(生分解性の評価)、ECOSAR(水棲毒性の評価) 等、多数のソフトウェアが含まれている。

NTP は NIEHS, NIOSH, FDA 等の活動を包含する政府間プログラムである。これらの機関から提出された化学物質について QSAR を用いて毒性を評価している。また、市販の毒性予測のソフトウェアについて成績評価を行っている。ATSDR においても QSAR を活用して化学物質の毒性の評価を行っている。FDA では Center for Drug Evaluation and Research(CDER) において薬品の発ガン性の評価の目的に TOPKAT や Multi-CASE をテストしている。

カナダでは 1999 年に施行された法律で化学物質の規制に QSAR 活用の検討を開始し、化学物質の蓄積性、生物濃縮性、毒性の評価のために、ECOSAR, TOPKAT 等の市販ソフトウェアの成績評価を行っている。

### 5.2 EU

EC においては、化学物質のリスクアセスメントを推進するために 1996 年に新規及び既存化学物質のリスク評価に関するテクニカルガイダンス文書 (TGD) を公表した。その第 4 章では、QSAR の利用分野、利用方法等について規定している。そこでは、化学物質の環境毒性や環境寿命、例えば魚毒性等については QSAR の利用に関して詳しく記されているが、生体毒性については記されていない。

EU における現行の化学物質の規制システムでは、新規及び既存の化学物質は同一の試験を受けることが要求されていない。そこ

で、リスクアセスメントに関して新たなシステム REACH(Registration, Evaluation and Authorization of CHemicals) が計画されている。その際には QSAR を活用した毒性予測手法が重要な役割を果たすと期待されている。

EU の内、デンマークでは、毒性物質の判別に QSAR を活用しており、TOPKAT や Multi-CASE 等の商用ソフトウェアの予測精度の検証実験を行っている。ドイツにおいても、新規化学物質の毒性評価のために QSAR の利用が検討されており、急性毒性の QSAR モデルを開発している。

### 5.3 日本及びその他

わが国においては、製品評価技術基盤機構(NITE)、化学物質評価研究機構(CERI)、日本化学物質安全・情報センター(JETOC)等の機関で、QSAR による毒性予測及びそのための毒性データベースの開発を行っている。

OECD においても化学物質の毒性評価のために QSAR モデルやデータベースの開発を進めている。

## 6 発ガン性予測に関する我々の研究

### 6.1 ニューラルネットワークによる発ガン性予測

一般に QSAR 手法を用いる毒性予測には、予測精度、汎用性、処理時間という相反する3種類の問題があるが、これらをすべて解決するのは難問である。これらの問題に関係する選択肢は、構造-毒性の相関の解析にどのような手法を用いるかという点と、相関解析に有効な構造記述子をいかに選定するかという点である。上記のような既存手法の予測成績の低さの原因の1つは、構造-毒性の相関解析に重回帰分析等の線形解析手法を用いているためと考えられる。しかし、化学物質の構造と毒性との相関は単純な線形関係とは考えにくく、むしろ非線形関係と考えたほうが妥当である。したがって、非線形解析手法を

用いることにより、既存のものよりも精度が高い予測手法を開発できる可能性がある。

そのような非線形解析手法の一つとしてニューラルネットワークがあり、薬理活性の解析や予測等の分野では多くの適用例<sup>[61-63]</sup>があるが、毒性予測に応用した研究は少ない。そこで、我々は化合物の構造情報のみから毒性を高い精度で予測する手法を開発するために、ニューラルネットワークを用いて構造と毒性、特に発ガン性の相関を解析する研究を行ってきた。発ガン性を取り上げたのは、前記の2つの理由の他に、発ガン性を高精度で予測する手法が未開発なためである。

ニューラルネットワークを用いて化学物質の発ガン性を予測する手法の概念図を図2に示す。入力層、中間層、出力層各1層から成る3層構造のニューラルネットワークを使用し、入力層に化合物の構造を特徴づける記述子を入力し、出力層には各化合物の発ガン性の有無を教師データとして入力する。学習用の化合物群について、誤差逆伝播法のアルゴリズムを用いて、発ガン性データの出力値と教師データとの誤差を最小にするよう、ネットワークの重みと閾値の修正を行う。この学習が完了すると、テスト用の化合物群の記述子データを入力して発ガン性データの出力値を求め、実測値との比較からの中率を計算する。

ニューラルネットワークを用いて発ガン性予測を検討した我々の研究の結果を以下に紹介する。

### 6.2 結合記述子を用いる解析<sup>[64]</sup>

我々はまず、記述子として最も単純な結合の数だけを用い、ニューラルネットワークの有効性を検証した。NTP のデータベースから、原子 C, H, Cl のみから成る有機塩素化合物 41 種を抽出し解析に用いた。記述子としては各化合物における C-C, C=C, C=C(芳香族), C-H, C-Cl 結合の数, log P 及び分子量を用い、ニューラルネットワークに入力して学習した。Leave-one-out test を行った結果、83%の予測的中率を得た。

この方法では記述子が化学構造から簡単に求まるので、迅速な予測が可能である反面、このような単純な記述子ではこれ以上の予測的中率の向上は困難である。例えば、図3に示す構造異性体の対は発ガン性の有無が異なっているにもかかわらず、結合数が同じであるため、leave-one-out test を行うと実測値を説明できない。また、ベンゾピレンをはじめとする縮合多環芳香族炭化水素化合物 (PAH) ではベンゼン環の結合様式の違いによる多数の構造異性体があるが、このような構造の違いによる発ガン性の有無を結合記述子のみで説明することは不可能である。

の違いを説明するために量子化学的記述子を用い、同じ41種類の有機塩素化合物の発ガン性データをニューラルネットワークで解析した。用いた記述子は分子軌道計算等から求まる Gibbs 標準生成自由エネルギー、イオン化ポテンシャル、LUMO エネルギー、HOMO-LUMO のエネルギー差、Connolly 体積、分子量、log P の7種類である。Leave-one-out test を行った結果、的中率は93%となり、量子化学的記述子を用いれば上記の構造異性体の発ガン性データの違いが予測できることが分かった。

しかし、ここで用いた量子化学的記述子を求めるためにはMOPAC等による量子化学計算が必要であり、結合記述子を用いる場合のように迅速な予測は困難である。特に内部回転異性体が存在する化合物では、分子軌道エネルギーや Connolly 体積等の記述子の値が回

### 6.3 量子化学的記述子を用いる解析<sup>[65]</sup>

そこで次に、このような構造異性体の構造

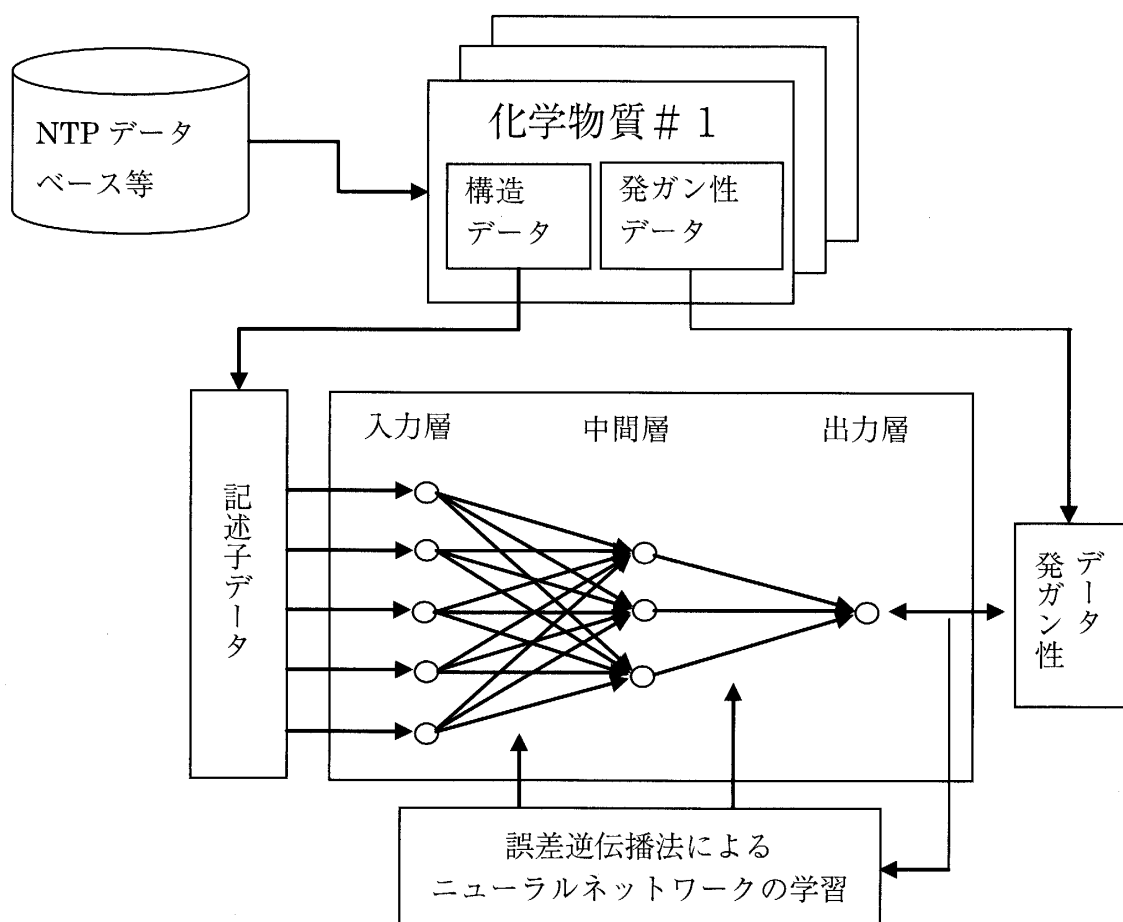


図2 ニューラルネットワークを用いる化学物質の発ガン性予測の概念図

転異性体間で異なるので、最安定の回転異性体を探る操作が必要になる。しかし、内部回転異性体が多数存在する化合物について最安定の異性体を探るにはかなり時間がかかる場合があり、この点が課題である。

また、ここで扱ったのはわずか41種類の有機塩素化合物であり、多種多様な化合物についてこのような高い中率で予測できるかどうかは疑問が残る。

#### 6.4 多種多様な化合物についての解析<sup>[66]</sup>

そこで、ニューラルネットワークを用いる方法が広範囲の化合物についてどの程度高い中率で予測できるかを検討するために、PTC 2000-2001のコンテスト<sup>[58]</sup>のデータをニューラルネットワークで解析し、コンテストの参加者の結果と比較した。このコンテストでは、多くの参加者が多種多様な化合物の発ガン性を学習・予測した結果が公表されているので、このコンテストの発ガン性データは、広範囲の化合物に対する我々の方法の適用性を検証し、他の方法の成績と比較する点できわめて有効なデータである。

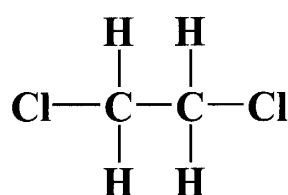
発ガン性及び記述子のデータは、このコン

テストにおいて公開されたデータの内、参加者の予測的中率が最も低かった male rat のデータを用いた。物質数は、モデル学習用が陽性107、陰性180、テスト用が陽性45、陰性122、合計454である。コンテストでこれらの化合物について公開された記述子の中から量子化学的記述子である tReymers と Helma の記述子(表9)を用いた。

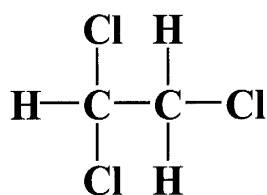
学習化合物についてこれらの記述子のデータを用いて学習したモデルに対して、テスト用化合物のデータを用いて求めた我々の手法の予測的中率を PTC の参加者の結果<sup>[58]</sup>と比較して表10に示す。参加者の解析法は、決定木、重回帰分析、カスケード法、相関ルール、ラティス探索、グラフ縮約、判別分析などであり、ほとんどが線形の解析手法である。

我々の方法は参加者のどれよりも高い予測的中率が得られたが、その理由としては、記述子の適切な選択とニューラルネットワークという非線形解析手法の適用の2点が考えられる。参加者の予測方法の大半では、非常に多数の記述子を単純な線形手法で解析しており、このような機械的な解析手法では多種多様な化合物の発ガン性を高い精度で予測するのは容易でないと考えられる。

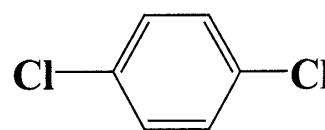
しかし、我々の手法も PTC 参加者の手法



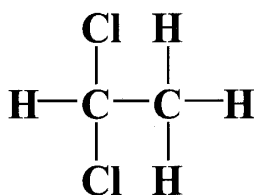
1,2-ジクロロエタン



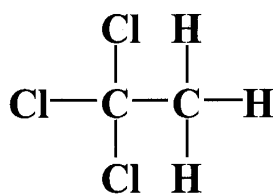
1,1,2-トリクロロエタン



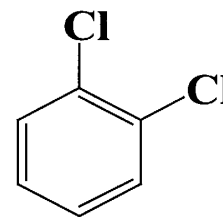
1,4-ジクロロベンゼン



1,1-ジクロロエタン



1,1,1-トリクロロエタン



1,2-ジクロロベンゼン

図3 結合記述子を用いた発ガン性予測において実測値(上段:陽性,下段:陰性)と予測値(上段:陰性,下段:陽性)が一致しない構造異性体の対

表 9 PTC データの解析に用いた量子化学的記述子

記述子群	記述子
tReymers	SLOGP, SMR, ROTBOND, FLEX, VOLUME, SURF_A, TPSA, HBD, HBA, LUMO, HOMO, DIPOLE, LOGD_2, LOGD_7, LOGD_10
Helma	log P, dipole, electronic energy, electronegativity, heat of formation, homo, homo-lumo, hybrid dipole, ionization potential, lumo, largest interatomic distance, molecular weight, point-chg. dipole, total energy, /POLARIZA, /DELTAHF, /STABIL, /STRAIN, total_access, non-polar_access, polar_access, perc_nonpolar

表 10 PTC データを用いた各発ガン性予測法の的中率 (%)

手法名	陽性	陰性	合計
本研究	4.4	99.2	73.7
KWAI	16.9	90.9	71.1
ANI2	7.7	94.1	71.0
GONS	25.1	85.0	68.9
BAUS	31.2	77.3	64.9
LUC2	21.0	80.1	64.3
BAUN	25.1	77.1	63.1
BAUP	35.2	71.2	61.6
LISI	27.1	74.0	61.5
PLE2	14.1	78.1	60.9
JAN4	24.0	73.2	60.1
SMU2	21.0	74.0	59.8
WAI2	33.2	69.4	59.7
VINI	41.1	66.3	59.6
ANU2	35.0	65.3	57.2
SUT	52.3	53.1	52.9

も発ガン陰性化合物の的中率はいずれも好成績であるのに対し、陽性化合物の的中率はきわめて低い。この原因としては、学習用化合物の数が陽性 107 種類、陰性 180 種類と不均衡なため、モデルの学習が陰性化合物に偏って行われたためと考えられる。また、NTP の学習用化合物群が構造的に広範囲なバルクの化学物質を含み、かつ比較的小さな分子が多いのに対し、FDA のテスト化合物群が医薬品に偏り、化学構造の面でかなり異なっている点も指摘されている。

### 6.5 多段階の発ガン性データを用いる解析<sup>[67]</sup>

我々の手法が既存のものより優れているといっても、その的中率は 74% 程度であり、既存化学物質の安全管理、新規化学物質の毒性予測の実用目的からは決して十分な精度といえない。また、我々の方法でも発ガン陰性化合物の的中率は好成績であるのに対し、陽性化合物の的中率はきわめて低い。QSAR による毒性予測を動物試験のスクリーニングと位置付けるならば、発ガン陽性化合物を陰性と判定して見逃すことは好ましくないため、この結果は実用的にはきわめて問題である。

化学物質の毒性の中には QSAR 手法を用いた予測が良好な成績を示し、水棲毒性のように欧米諸国で化学物質管理に実用的に使用されている毒性もある。しかし、それらの毒性データは PTC コンテストで用いられた発ガン性データのように、毒性あり・なしの 2 値ではなく、毒性の強度に応じた連続変数データである。

したがって、発ガン性データについても発ガン性あり・なしの 2 値データではなく、発ガン性の強さに応じた連続値データを用いれば、既存手法より高い精度の発ガン性予測手法を開発できる可能性がある。表 5 に示したように、動物試験による発ガン性は IARC, EPA, NTP 等様々な機関で収集評価しているが、評価の信頼度は機関によって異なり、また同一の化学物質でも機関で異なる発ガン性のラン

クに評価されているものもある。

そこで、信頼度の高い機関による評価を中心に、各機関のランクを総合的に評価して、計9段階に格付けした発ガン性ランクデータベース (CRDB) を開発した。すなわち、表 11 に示すように、発ガン陽性は最も信頼度の高い A ランクから最も低い D ランクまで 4 段階、陰性も最も信頼度の高い I ランクから最も低い F ランクまで 4 段階、及び陽性・陰性の判定不明の E ランクの計 9 段階である。

量子化学的記述子を用いてこの発ガン性ランクデータをニューラルネットワークで解析した結果、平均誤差 0.007, 2 乗相関係数 0.999 という高い精度で広範囲の化学物質の発ガン性を予測できることが分かった。このことは、既存の発ガン性あり・なしの 2 値のデータを収録したデータベースではなく、ここで構築した多段階の発ガン性データベースが高精度の発ガン性予測手法の開発に有効であることを示している。

我々は現在、1,000 種類以上の広範囲の化学物質について発ガン性ランクデータベースを開発中であり、このデータを用いて多種多様な化学物質の発ガン性を高精度で予測する手法を開発する計画である。さらに、発ガン性を含む種々の毒性について、毒性の実測データの評価、有効な記述子データの選定、及び

相関解析手法の最適化を行うことにより、実用的な毒性予測システムを構築し、公開したいと考えている。

## 7 今後の課題

5 節に記したように QSAR による毒性予測システムは化学物質を取り扱っている産業界だけでなく、行政面でも利用されている。しかし、これまでの予測システムの成績は実用的には不満足である。その解決には以下の対策が必要である。

### 7.1 信頼性の高い毒性データの蓄積

QSAR による発ガン性予測に関してはこれまで数多くの研究が報告されている<sup>[68-78]</sup>が、それらの多くはハロゲン化炭化水素、フェノール類、ニトロソ化合物等、比較的少数の同族体、いわゆる congener を対象とするものである。このような場合は発ガンの機構がかなり類似している可能性があり、そのため発ガン性データと相関の高い記述子を見出すことが容易である。また、水棲毒性等のように、non-congener においても相関の高い log P 等の記述子を用いた単純な手法で予測できる場合もある。

表 11 9 段階の発ガン性ランクデータを用いた予測値と設定値

ランク	発ガン性	化学物質数	発ガン設定値	発ガン予測値
A	++++	5	0.900	0.887 ~ 0.909
B	+++	70	0.800	0.719 ~ 0.818
C	++	39	0.700	0.693 ~ 0.749
D	+	55	0.600	0.584 ~ 0.625
E	+/-	29	0.500	0.472 ~ 0.517
F	-	21	0.400	0.386 ~ 0.423
G	--	34	0.300	0.293 ~ 0.320
H	---	44	0.200	0.190 ~ 0.214
I	----	124	0.100	0.031 ~ 0.200
合計		421		

それに対して、不特定の化合物群、いわゆる non-congener に対する発ガン性予測の問題では、化合物の構造は多様であり、発ガンの機構も複雑であり、それらの発ガン性を統一的に説明できる手法を見出すことはきわめて困難な問題である。一般の化学物質の毒性を高精度で予測するためには、多種多様な構造の non-congener についての毒性予測モデルの構築及びその信頼性の評価が必要であるが、上記のようにこれに成功している予測システムはまだない。

この原因として non-congeneric QSAR に共通して考えられる問題点としては

- (1) 学習用化合物の中にテスト用化合物に含まれる発ガン性(または反発ガン性)構造についての情報が不足している,
- (2) chance correlation(偶然の相関)の混入により学習用化合物セット中に含まれる情報が相関手法中に正しく抽出されなかった, などが考えられる。

これらの解決策としては(1)については学習用化合物の種類と数を増やすこと、(2)については発ガンの機構に直接または間接に関係があると思われる構造を中心に候補記述子を設定し、また相関手法に取り入れる記述子の選別の方法を再考すること等が挙げられる。ただし、現実にはデータベース、コンピュータのハードウェア、ソフトウェア及び発ガン機構に関する研究の進展等克服すべき課題は多い。

発ガン機構の完全な解明にはまだかなりの年月を要すると思われるが、これについては質量ともに十分な学習化合物データと、コンピュータの計算速度の飛躍的増大によってカバーできると思われる。多種多様な化合物群の発ガン性を統一的に予測できるような手法を開発する問題は多くの研究者が取り組んでいる最先端の研究課題である。

以上のことは発ガン性のみならず、様々な毒性の予測に共通する問題と思われる。最近、環境汚染物質をクラスⅠ(化学的に不活性な物質)、クラスⅡ(化学的にやや不活性な物質)、クラスⅢ(化学的に活性な物質)及びクラスⅣ(化

学的に特異的に活性な物質)に分類し、それぞれについて QSAR を検討することが提案されている。これは1つの有効な手段と思われるが、具体的な分類方法が問題であり、また毒性の種類によりメカニズムもかなり異なるので、さらに検討が必要であろう。もし可能であれば、毒性の種類ごとにメカニズムに立脚した構造記述子を用いたアプローチが望ましいことはいうまでもない。

## 7.2 新規解析技術の開発

化学物質の構造と毒性データとの相関を解析する技術としては、我々が用いているニューラルネットワークは強力な非線形解析手法であり、それまで解析困難であった多くの問題に応用されてきた。しかし、誤差逆伝播法による階層型ニューラルネットワークの学習においては、過剰学習の問題、収束の遅さ、局所最適解への収束、モデル選択の任意性等の問題が存在することが指摘されている。

一方、近年登場したサポートベクターマシン(SVM)はデータの集合を多次元の非線形空間に写像した後、線形モデルで識別を行う手法である<sup>[79]</sup>。この方法は、局所解の問題がないこと、機械学習方法として興味ある理論的なサポートがあること、実際問題への適用の際に比較的簡単に実施できること等の利点があり、階層型ニューラルネットワークの上記の問題を解決できる学習機械と期待されている。SVMは化学・生物学分野でも応用され始めているが、これまでは医療画像診断や遺伝情報解析等が主であり、毒性予測分野への応用は未だごく少数である<sup>[80]</sup>。

さらに、QSARによる毒性予測には、表7に示すように遺伝的アルゴリズム(GA)、分類木・回帰木(CART)等、多くの解析方法があり、新たなアルゴリズムが提案されている方法もある。したがって、これらの各種の解析手法を統合化した毒性予測システムの開発も今後の研究課題である。



### 7.3 知識工学的アプローチの展開

QSARによる毒性予測の方法論は、コンピュータを活用して膨大なデータを統計解析する機械的ルール導出アプローチと、専門家の知識を活用したエキスパートシステムのアプローチに二分することができる。前記のように、PTC コンテストの参加者の大半は、数千という膨大な記述子を用い、多種多様な化合物の発ガン性データとの相関分析を行っているが、このような機械的な解析法では発ガン性の予測に有効な記述子の効果が希薄になり、高精度のモデルを作成することが難しい。

そこで注目されるのは専門家の知識を活用したエキスパートシステムのアプローチであり、既存手法の中ではDEREKやOncoLogic等のシステムがこの範疇に入る。前記のように、DEREKもOncoLogicもまだ予測的中率はあまり高くないが、これからの発展性の点では機械的なルール導出アプローチよりも期待される<sup>[81][82]</sup>。

### 7.4 生体内における毒性発現機構の解明

生体内における化学物質の毒性の発現機構は単純ではなく、化学物質の種類によって様々な機構により毒性が発現すると考えられる。したがって、単一の予測モデルですべての化学物質の毒性を予測することには限界があり、予測成績の高いモデルを得るためには化学物質を毒性発現機構の種類によって分類し、それぞれについて予測モデルを求めることが必要である。そのためには生体内における化学物質の毒性の発現機構解明の基礎研究が不可欠である<sup>[83][84]</sup>。

## 8 おわりに

はじめに記したように、化学物質の毒性の予測技術の確立は、国内問題ではなく国際的な規模で重要な課題である。特にQSAR手法に基づく定量的予測は経済的、社会的、動物

愛護的等、様々な観点から急務の開発課題であり、その信頼性向上のためには国際協力体制による研究開発の飛躍的進展が切望される。

### 謝辞

本論文は、科学技術振興調整費知的基盤推進整備事業「化学物質安全特性基盤の確立に関する研究：構造活性相関による生体有害性予測手法開発」(平成9～13年度)、及び科学研究費補助金基盤研究(A)(1)14209022「化学物質の健康影響評価における非線形構造活性相関手法の研究」(平成14～17年度)の支援の下に行われた我々の研究成果を中心に、化学物質の毒性予測の現状をまとめたものである。終始ご指導いただいた北里大学名誉教授の森口郁生先生はじめ、これらの研究にご協力いただいた関係各位に感謝する。

### 参考文献

- [1] R. Carson: "Silent Spring", Mariner Books, 2002; 青樹築一(訳):「沈黙の春」, 新潮社, 1974.
- [2] C. M. Auer; M. Zeeman; J. V. Nabholz; R. G. Clements: SAR and QSAR in Environmental Research, Vol.2, pp.29-38, 1994.
- [3] <http://www.cas.org/EO/regsys.html>
- [4] <http://www.meti.go.jp/report/downloadfiles/g20704c03j.pdf> 及び <http://www.env.go.jp/council/05hoken/y053-05/mat04-4.pdf> より編集.
- [5] A. M. Richard; C. R. Williams: "Quantitative Structure-Activity Relationship (QSAR) Models of Mutagens and Carcinogens", edited by R. Benigni, pp.145-173, CRC Press, 2003.
- [6] K. L. E. Kaiser: "Predicting Chemical Toxicity and Fates", edited by M. T. D. Cronin and D. J. Livingstone, pp.17-29, CRC Press, 2004.

- [7] M. T. D. Cronin: "Predictive Toxicology", edited by C. Helma, pp.93-133, CRC Press, 2005.
- [8] C. Hansch; T. Fujita: *Journal of American Chemical Society*, Vol.86, pp.1616-1626, 1964.
- [9] S. M. Free Jr.; J. W. Wilson: *Journal of Medicinal Chemistry*, Vol.7, pp.395-399, 1964.
- [10] J. L. Fauchere: "Qsar: Quantitative Structure-Activity Relationships in Drug Design", John Wiley & Sons Inc, 1989.
- [11] T. Fujita: "Qsar and Drug Design: New Developments and Applications", Elsevier Science, 1995.
- [12] H. Kubinyi: "3D Qsar in Drug Design: Recent Advances", Kluwer Academic Pub., 1998.
- [13] 松尾昌季: 「QSAR(定量的構造活性相関)手法を用いた化学物質の手計算による毒性予測」, Life-Science Information Center, 1999.
- [14] L. Passerini: "Quantitative Structure-Activity Relationship (QSAR) Models of Mutagens and Carcinogens", edited by R. Benigni, pp.81-123, CRC Press, 2003.
- [15] R. Benigni: "Quantitative Structure-Activity Relationship (QSAR) Models of Mutagens and Carcinogens", edited by R. Benigni, pp.173-192, CRC Press, 2003.
- [16] T. I. Netzeva: "Predicting Chemical Toxicity and Fates", edited by M. T. D. Cronin and D. J. Livingstone, pp.61-83, CRC Press, 2004.
- [17] G. Schüürmann: "Predicting Chemical Toxicity and Fates", edited by M. T. D. Cronin and D. J. Livingstone, pp.85-149, CRC Press, 2004.
- [18] J. Devillers; A. T. Balaban: "Topological Indices and Related Descriptors in QSAR and QSPR", Gordon & Breach Science Publishers, 1999.
- [19] K. Enslein; P. N. Craig: *Journal of Environmental Pathology and Toxicology*, Vol.2, pp.115-121, 1978.
- [20] K. Enslein; P. N. Craig: *Journal of Toxicology and Environmental Health*, Vol.10, pp.521-530, 1982.
- [21] K. Enslein; T. R. Lander; M. E. Tomb; W. G. Landis: *Teratogenesis, Carcinogenesis and Mutagenesis*, Vol.3, pp.503-513, 1983.
- [22] K. Enslein; V. K. Gombar; B. W. Blake: *Mutation Research*, Vol.305, pp.47-61, 1994.
- [23] G. Klopman: *Journal of American Chemical Society*, Vol.106, pp.7315-7321, 1984.
- [24] G. Klopman; A. N. Kalos; H. S. Rosenkrantz: *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*, Vol.1, pp.61-81, 1987.
- [25] H. S. Rosenkrantz; G. Klopman: *Mutagenesis*, Vol.5, pp.333-362, pp.425-432, 1990.
- [26] G. Klopman: *Quantitative Structure-Activity Relationship*, Vol.11, pp.176-184, 1992.
- [27] G. Klopman; H. S. Rosenkrantz: *Mutation Research*, Vol.305, pp.33-46, 1994.
- [28] H. Rosenkrantz: "Quantitative Structure-Activity Relationship (QSAR) Models of Mutagens and Carcinogens", edited by R. Benigni, pp.175-206, CRC Press, 2003.
- [29] R. Benigni: *Mutagenesis*, Vol.6, pp.423-425, 1991.
- [30] D. F. V. Lewis; C. Ioannides; D. V. Parke: *Mutagenesis*, Vol.5, pp.433-435, 1990.
- [31] I. Moriguchi; S. Hirono; Q. Liu; Y. Matsushita; T. Nakagawa: *Chemical*

- and Pharmaceutical Bulletin, Vol.38, pp.3373-3379, 1990.
- [32] I. Moriguchi; S. Hirono; Y. Matsushita; Q. Liu; I. Nakagome: Chemical and Pharmaceutical Bulletin, Vol.40, pp.930-934, 1992.
- [33] I. Moriguchi; S. Hirono; Q. Liu; I. Nakagome: Quantitative Structure-Activity Relationship, Vol.11, pp.325-331, 1992.
- [34] 森口郁生: 薬学雑誌, Vol.114, pp.135-146, 1994.
- [35] R. W. Tennant; J. Spalding; S. Stasiewicz; J. Ashby: Mutagenesis, Vol.5, pp.3-14, 1990.
- [36] R. Benigni: "Quantitative Structure-Activity Relationship (QSAR) Models of Mutagens and Carcinogens", edited by R. Benigni, pp.259-282, CRC Press, 2003.
- [37] G. Bakale; R. D. McCreary: Mutagenesis, Vol.7, pp.91-94, 1992.
- [38] Anon.: "Predicting Chemical Carcinogenesis in Rodents — An International Workshop", NIEHS, 1993.
- [39] J. D. Jones; C. E. Easterly: Mutagenesis, Vol.6, pp.507-514, 1991.
- [40] D. M. Sanderson; C. G. Earnshaw: Human and Experimental Toxicology, Vol.10, pp.261-271, 1991.
- [41] K. Enslein; B. W. Blake; H. H. Borgstedt: Mutagenesis, Vol.5, pp.305-306, 1990.
- [42] R. Benigni: Environmental and Molecular Mutagenesis, Vol.19, pp.83-89, 1992.
- [43] G. A. Kerckaert; R. Brauninger; R. A. LeBoeuf: Environmental Health Perspectives, Vol.104, pp.1075-1084, 1996.
- [44] Y. Lee; B. G. Buchanan; H. S. Rosenkranz: Environmental Health Perspectives, Vol.104, pp.1059-1064, 1996.
- [45] R. Benigni; C. Andreoli; R. Zito: Environmental Health Perspectives, Vol.104, pp.1041-1044, 1996.
- [46] J. Bootman: Environmental and Molecular Mutagenesis, Vol.27, pp.237-243, 1996.
- [47] R. W. Tennant; J. Spalding: Environmental Health Perspectives, Vol.104, pp.1095-1100, 1996.
- [48] Y. T. Woo; D. Y. Lai; J. C. Arcos; M. F. Argus; M. C. Cimino; S. DeVito; L. Keifer: Journal of Environmental Science and Health — Part C: Environmental Carcinogenesis and Ecotoxicology Reviews, Vol.C15, pp.139-160, 1997.
- [49] J. Ashby: Environmental Health Perspectives, Vol.104, pp.1101-1104, 1996.
- [50] J. Huff; E. Weisburger; V. A. Fung: Environmental Health Perspectives, Vol.104, pp.1105-1112, 1996.
- [51] I. Moriguchi; H. Hirano; S. Hirono: Environmental Health Perspectives, Vol.104, pp.1051-1058, 1996.
- [52] T. D. Jones; C. E. Easterly: Environmental Health Perspectives, Vol.104, pp.1017-1030, 1996.
- [53] C. A. Marchant: Environmental Health Perspectives, Vol.104, pp.1065-1074, 1996.
- [54] D. F. V. Lewis; C. Ioannides; D. V. Parke: Environmental Health Perspectives, Vol.104, pp.1011-1016, 1996.
- [55] R. Purdy: Environmental Health Perspectives, Vol.104, pp.1085-1094, 1996.
- [56] R. D. King; A. Srinivasan: Environmental Health Perspectives, Vol.104, pp.1031-1040, 1996.
- [57] Y. P. Zhang; N. Sussman; O. T. Macina: Environmental Health Perspectives, Vol.104, pp.1045-1050, 1996.

- [58] <http://www.informatik.uni-freiburg.de/~ml/ptc/>
- [59] M. T. D. Cronin: "Predicting Chemical Toxicity and Fates", edited by M. T. D. Cronin and D. J. Livingstone, pp.413–427, CRC Press, 2004.
- [60] <http://www.epa.gov/oppt/exposure/docs/episuited.htm>
- [61] J. Zupan; J. Gasteiger: "Neural Networks for Chemists", VCH, 1993; 田辺和俊; 長塚義隆 (訳): 「化学者のためのニューラルネットワーク入門」, 丸善, 1996.
- [62] J. Devillers: "Neural Networks in QSAR and Drug Design", Academic Press, 1996.
- [63] K. L. Peterson: "Reviews in Computational Chemistry, Volume 16", edited by K. B. Lipkowitz and D. B. Boyd, pp.53–140, Wiley-VCH, 2000.
- [64] 松本高利; 田辺和俊: JCP E Journal, Vol.11, pp.29–34, 1999.
- [65] 田辺和俊; 松本高利: Journal of Computer Chemistry, Japan, Vol.1, pp.23–28, 2002.
- [66] 田辺和俊; 大森紀人; 小野修一郎; 鈴木孝弘; 松本高利; 長嶋雲兵; 上坂博亨: Journal of Computer Chemistry, Japan, Vol.4, pp.89–100, 2005.
- [67] K. Tanabe; N. Ohmori; S. Ono; T. Matsumoto; T. Suzuki: Journal of Ecotechnology Research, Vol.11, pp.111–116, 2005.
- [68] D. Villemin; D. Cherqaoui; A. Mesbah: Journal of Chemical Information and Computer Sciences, Vol.34, pp.1288–1293, 1994.
- [69] X.-H. Song; M. Xiao; R.-Q. Yu: Computers and Chemistry, Vol.18, pp.391–396, 1994.
- [70] S. Hatrik; P. Zahradnik: Journal of Chemical Information and Computer Sciences, Vol.36, pp.992–995, 1996.
- [71] M. Vracko: Journal of Chemical Information and Computer Sciences, Vol.37, pp.1037–1043, 1997.
- [72] G. Gini; M. Lorenzini: Journal of Chemical Information and Computer Sciences, Vol.39, pp.1076–1080, 1999.
- [73] R. Vendrame; R. S. Braga; Y. Takahata; D. S. Galvao: Journal of Chemical Information and Computer Sciences, Vol.39, pp.1094–1104, 1999.
- [74] M. J.-Heravi; F. Parastar: Journal of Chemical Information and Computer Sciences, Vol.40, pp.147–154, 2000.
- [75] S. C. Basak; G. D. Grunwald; B. D. Gute; K. Balasubramanian; D. Opitz: Journal of Chemical Information and Computer Sciences, Vol.40, pp.885–890, 2000.
- [76] D. Bahler; B. Stone; C. Wellington; D. W. Bristol: Journal of Chemical Information and Computer Sciences, Vol.40, pp.906–914, 2000.
- [77] F. R. Burden; M. G. Ford; D. C. Whitley; D. A. Winkler: Journal of Chemical Information and Computer Sciences, Vol.40, pp.1423–1430, 2000.
- [78] F. R. Burden; D. A. Winkler: Chemical Research in Toxicology, Vol.13, pp.436–440, 2000.
- [79] N. Cristianini; J. Shawe-Taylor: "An Introduction to Support Vector Machines: And Other Kernel-Based Learning Methods", Cambridge University Press, 2000; 大北剛 (訳): 「サポートベクターマシン入門」, 共立出版, 2005.
- [80] N. Chen; W. Lu; J. Yang; G. Li: "Support Vector Machine in Chemistry", World Scientific Publishing Co. Inc., 2004.
- [81] R. D. Combes; R. A. Rofford: "Predicting Chemical Toxicity and Fates", edited by M. T. D. Cronin and D. J. Livingstone, pp.193–204, CRC

Press, 2004.

[82] S. Parsons; P. McBurney: "Predictive Toxicology", edited by C. Helma, pp.135-175, CRC Press, 2005.

[83] Y. T. Woo; D. Y. Lai: "Quantitative Structure-Activity Relationship (QSAR) Models of Mutagens and Carcinogens", edited by R. Benigni,

pp.41-80, CRC Press, 2003.

[84] Y.-T. Woo; D. Y. Lai: "Predictive Toxicology", edited by C. Helma, pp.385-413, CRC Press, 2005.

(2006年2月14日受付)

(2006年5月12日採択)

# 用語の由来 — 火山現象に関係する言葉 — Diction on Volcanological Community

下鶴 大輔\*

Daisuke SHIMOZURU

著者は、1981年から12年間、気象庁管轄の「火山噴火予知連絡会」の会長を勤めた。その間、主な火山噴火としては、三宅島(1988)、伊豆大島(1986)、十勝岳(1988)、伊東沖海底噴火(1989)、雲仙普賢岳(1990~1995)があった。私達の義務は、これらの噴火や、その他の火山の動きについて、タイムリーで適切な見解を気象庁を通じて発表することだった。

ここで、火山噴火予知連絡会(以下予知連)について概略を述べておくことにしよう。1965年に発足した第一次地震予知計画から遅れること10年の1974年に、第一次噴火予知5ヵ年計画が発足した。この計画に基づいて、国立大学と関係する研究機関の研究者をメンバーとして、気象庁に事務局を置く予知連が機能することになった。初めは事務局に予算もなく、地方からの大学の先生達は腰弁当で集まったものだった。すべてのメンバーはそれぞれの火山の観測データを持ち寄り、火山活動の評価をして、必要な火山については予知連の統一見解を発表することになっている。

## 1 火山活動 (Volcanic Activity)

一般にこの言葉は、火山が盛んに噴煙をあげている状態(噴火)を意味すると思われる。実は、噴火が起きていなくても地下のマグマの作用で地震が起きたり、火山体の地殻変動が観測されたり、噴気の温度が高くなったりする場合でも、火山活動の状態が変化したと表現する。噴火も火山活動の範疇に入る。

## 2 噴火予知 (Prediction of Volcanic Eruption)

噴火予知とは、1)いつ、2)どこから、3)噴火のタイプ、4)噴火の規模と予想される災害、5)いつ終息するか、の5要素を高い確度でタイムリーに社会に公表することである。しかし、自然現象は複雑なるが故に、知恵を働かして観測を重ねても社会の要望に応えることは難しい。世間では、科学者は予知をしてくれると期待する。政府は予知をするために予算を出しているという。実際に予知連の議論は、特定の火山の活動度を観測データから評価しているのが現状である。米国の火山学者から、予知連(Prediction Committee)の名称をやめて、火山活動評価委員会(Evaluation Committee)に変えたらという手紙を貰ったことがある。予知連の議論の内容は確かにそれに近いのだが、予知という文言が付かなければ政府は予算を出せないという。

## 3 活火山 (Active Volcano)

古くは、火山の活動度に基づいて、活火山、休火山、死火山と分類していた。わが国では、1918年に当時の震災予防調査会が、明治以降噴火した火山と最近は噴火していないが、噴火の記録が残っている火山として、52火山を日本の活火山としたのが最初であった。その後、地質学者による火山の噴出物調査が行われるようになり、「歴史時代に噴火の記録のある火山、噴火の記録はないが噴気活動のある火山」として、77火山をわが国の活火山とした。活火山の定義としては世界中で決まった基準はない。1978年に「活動火山特別措置

\* 東京大学名誉教授

法」(活火山法)が制定されたので、気象庁としては「活火山」を定義する必要に迫られた。予知連の中に検討会を設けて「過去1万年に遡って噴火した火山」を活火山と定義することになった。この結果、わが国には現在108の活火山があることになった。1万年という説に科学的根拠があるわけではなく、火山の寿命の長さや潜在的危険度を考慮したものである。富士山の最後の噴火は1707年であるから、壮年期の立派な活火山である。

#### 4 火山性地震 (Volcanic Earthquakes)

火山情報の中に「火山性地震の数は・・・」という言葉がある。これは火山体の浅い所に発生する地震のことである。「火山性」という表現には、なにかわからないがマグマの活動によって起きる地震と解釈される。火山体の構造は不均質であるから、近傍の地震など周辺の応力状態が変化すると、マグマなどの流体に無関係に地震が誘起されることが多い。従って、火山に発生する浅い地震は、単純に「火山地震」と表現するのが適当である。

#### 5 火砕流 (Pyroclastic Flows)

1991年の雲仙普賢岳の噴火で発生した火砕流によって48名の命が奪われた事件で、テレビ映像と共に火砕流という言葉が一般に知られるようになった。歴史的には、1902年のカリブ海に浮かぶマルティニク島のプレ火山の噴火で山頂の岩尖が崩れ、高温の噴煙と灰が麓の街を襲い28,000名の命を奪った。フランスの著名な火山学者が、市街を襲った高速の煙を *nuee ardente*(高温の黒い雲)と呼び、熱雲と訳されていたが、後に火砕流 (pyroclastic flow) という命名が一般的になった。わが国の火山地質学者も各地で古い火砕流堆積物を調査したが、火砕流の発生と運動を目にしたのは初めてのことであった。火砕流は、火山灰や岩塊が高温のガスと周囲から取り込んだ空気と一緒に高速で山体を流下する現象である。

岩なだれと異なるのは高温の煙が瞬時に襲ってくることで、現象としては「熱雲」という表現に近い。火砕流の「流」は、なんとなく地面を流れてくるという印象を与える。

#### 6 防災 (Prevention) か減災 (Mitigation) か

自然災害の対策に防災という言葉がよく用いられている。地震や火山噴火にしても、事前の予知は難しいのが現状であるから、これらの自然現象に対しては、人命も含めて社会構造に大小の被害が出ることは避けられない。災難を100%防ぐことは不可能である。しかし、地震に対しては建物を耐震構造や免震構造にして倒壊を防ぐ手当てがあり、噴火の場合は事前にそれぞれの火山について災害予測図(ハザードマップ)を作成して、適宜訓練を行って噴火による災害をできるだけ少なくすることが必要である。従って減災という言葉が適当である。

#### 7 危険 (High Risk) か安全 (Safety) か

火山が噴火して住民避難という事態になったとき、報道関係者から、どこが安全でどこが危険ですかとの質問を受けることがある。将来ある地域が加害因子による災害を蒙る確率が高くても、その加害因子に対しての対策が万全であるならば、その地域は安全ということになる。つまり、危険と安全は相対立する言葉ではない。

以上、火山情報の中でまぎらわしい、誤解を与えそうな言葉をいくつか取り出してみた。火山情報に限らずすべての情報の文言は、一般的ではない用語を使わないで、分かりやすく解説すべきである。また、情報は発表する側の都合ではなく、あくまでそれを受け取る側の立場を考慮に入れて文章を練ることが大切である。

(2006年2月10日受付)

(2006年4月18日採択)

## 用語の由来 — 紙 — Origins of Terms — paper —

長谷川 久\*

Hisashi HASEGAWA

はじめに、紙の用語が一般に使われ別の意味に転化した例から紹介しよう。

### 1 「反古」

まず、よく“約束を反古(ほご)にする”などと使われる“反古にする”という言葉は、一般には「ダメにする」「すててしまう」などの意に用いられるが、実はこれは江戸時代から紙とくに古紙業者に使われた言葉である。江戸時代、紙はもちろん和紙でござ、みつまたを原料とし、手抄きして作った紙だが、これが大福帳などになって使い切った後は、ばらしてうら返しして手習い用など他の用途に使う。これも使い終わるともはや使い途がない。棄てるしかないということになる。つまり、うらを反(かえ)して使った古紙は「反古(ほご)」となって棄てられるということから、「約束を反古にする」などという言葉が生まれた。

### 2 「ひやかす」「浅草紙」

もうひとつ、皆さんは他人を軽くからかうなどという意味で使われる用語「ひやかす」という語源をご存知だろうか。

これは江戸時代「反古」になった紙を再生させるべく町中からくず屋が集めてきて、これを今の浅草に集めた。ここで反古つまり今でいう古紙から墨をぬいて(脱墨)もう一度抄き直して、多少墨が残るから色は黒いが何とか使える紙にする。今でいう再生紙だが、当時は「浅草紙」と言った。江戸時代、この再

生紙の職人の集まっていた町が浅草で、そこへ江戸中から買取人が集荷してきた「反古紙」がもちこまれた。この過程で墨をぬくために灰汁(あく)に浸す。「あく」はかまどの灰などを買い集めて水にとかしたもので、灰のなかのアルカリ分が溶け出てアルカリ水溶液ができる。これに浸すと墨が紙から離れやすくなる。ただし、そのためには相当に長時間反古紙をあくに浸しておく必要があり、浅草紙の紙抄き職人はその間退屈しながら待つしかない。

ところが多少色っぽい話になるが、浅草は当時の吉原遊廓に近い。若い職人はふらりと吉原へ足が向くのは当然である。そこで格子のなかの遊女の顔を見ながらふらつくが、残念ながら登楼して遊女を買うだけの時間がない。何しろ「あく」での脱墨は時間はかかるが、いつまでもというわけにゆかず、一定時間後は、水洗いした後紙抄きをしなければならぬ。だから浅草紙の職人が古紙をあくに浸している若干の余裕時間に吉原に出かけ遊女に声をかけるのは登楼する気のない冗談のようなもので、このことを古紙をあくに浸し(冷やし)ておくことにかけて、「ひやかす」という言葉が生まれたという。

ちなみに現在も古紙から墨をぬく技術の基本は、まず古紙の表面から墨を遊離させることで、このためアルカリと界面活性剤を用いるのが古紙の脱墨処理の中心となっている。

### 3 「古紙」「古紙パルプ」「バージンパルプ」

今でこそ“古紙”という言葉が国民全部に理解されているが、これも由来があって、昔は一

\* (元)北越製紙(株)



般に「屑紙」と言った。戦後、製紙設備の大規模化が急激に進むなかで、マスの原料としての「屑紙」はいわゆる「屑」ではなくなったわけだが、代わりの名称として当時の米国の「waste paper」を直訳すれば「廃棄された紙」となるが、それも「死んだ」という意味の「故人」の「故」をとって「故紙」と名付けた。そして古紙利用がさかんになるにつれ、死んだ者が生きかえるというもおかしな表現で、それならドイツなど屑紙を「Alt Papier」と名付けているが、それを訳して古紙(old paper)としたらどうかということで、「古紙」という言葉が常用されるようになった。

今日本では、紙・板紙が年間3千数百万トンも生産され、ほぼ6割の2千万トンほどが回収利用されている。古紙を処理してパルプ繊維として再生する技術の中心は「脱インキ(脱墨)」と「ごみ除去(異物除去)」である。今は設備、薬品が発達して、古紙が使われているかどうか一見しただけでは分からなくなっている。だからわざわざ「再生紙使用」などことわっている。古紙を再生したパルプを「古紙パルプ」と言い、これに対し木材からパルプ化処理でとり出したパルプを「バージンパルプ(処女パルプ)」と言う。われわれ紙パ技術者は「バージンをできるだけ減らせ」などと知らない人がきいたらびっくりするようなことを言う。

筆者が学生であった戦争末期から戦後間もなくの頃は「バージンパルプ」などほとんど手に入らぬから、屑紙を集めてそのまま原料にしたような昔の浅草紙よりも品質の悪い紙を使っていて、屑紙のなかの活字がそのまま残っていたりして本にしたとき活字がダブって読めないなど大変なものであった。戦後のエロ雑誌などはもっぱらこれを使っていて、いわゆる「カストリ雑誌」と呼ばれ、紙も「カストリ紙」と言われた。

#### 4 「ノウハウの三種の神器」

さて、お話かわって、「三種の神器」といっても戦前に義務教育を受けた年配者でないと

わかるまいが、皇位継承のときこの「剣」と「玉」と「鑑」の三種の神器がひきつがれるのだという。これをもじって私はいろいろな講演会で、日本の技術には「ノウハウの三種の神器」があると言ってきた。もっとも、これは私ひとりの考えではなく、紙関係の私的な会合のとき出てきたアイデアである。「ノウハウの三種の神器」とは、「包む」「結ぶ」「畳む」の三種の技術で、これはほとんど日本独特といってもよいくらいで、欧米には見るべきほどのものはない。多分、日本人の器用さが関係していると思うが、海外出張の折などそういう眼で見ると、やっぱりそうだと確信をもつに至ったものである。

多少「用語」という本題から離れるかもしれないが、この「ノウハウの三種の神器」について若干解説したい。

#### 5 「結ぶ」

「包む」についてはあとで述べるが、まず「結ぶ」では和服の着付け想像してもらえればよい。着付けでは始めからひもを結ぶ作業が入り、最後は帯を結ぶに至る。羽織(はおり)があれば羽織のひもを結ぶ。男ものでは、はかまのひもを結ぶのもノウハウである。着物以外でも水引などは伝統的ノウハウのある特殊な技術で成り立っている。日常生活のなかでも荷造りなどで縄を結ぶなどという手順が日本では結構多い。一方、洋服では結ぶという手順はほとんどない。ボタン、チャック、ファスナーには特別のノウハウはない。

#### 6 「畳む」

「畳む」については着物たんすと洋服たんすを対比してみれば分かる。着物たんすは和服をたたむというノウハウを前提として設計されている。洋服たんすは、ハンガーに吊るしてかけるだけで、これもノウハウはまったくない。旅行に出るとき和装類はコンパクトにたたんでトランクに入れるが、洋服はハンガーに吊るし洋服カバーをかけてそのまま機

中でも車中でも持ち歩く。着物のノウハウは「結ぶ」と「畳む」もあわせて着付け教室で有料で取得しなければならないほどの特殊な技能レベルである。余談になるが、私のアメリカにいる孫は今幼稚園(アメリカでは幼稚園も義務教育)に通っているが、日本語の授業もある所を選んだため日本の風習・行事についても授業があり、かるた取り、凧揚げ、ひな祭り、書初めそして折り紙細工などをやる。折り紙は「畳む」のノウハウのかたまりである。

## 7 「包む」

さて、三種のうちの最後の「包む」だが、ここでようやく紙に関係してくる。ちなみに紙の分類として大別して紙と板紙に分かれる。一般に紙と厚紙である。主として印刷情報用紙(書籍、雑誌、ノート、ファックス用紙など)、新聞用紙、包装用紙(クラフト紙など)そして家庭用紙(ティッシュなど)がある。板紙はそのほとんどが包装用紙で段ボール厚紙、白板紙などがある。つまり、紙は印刷するか、包装するかで大部分の用途は抑えられる。その包装のノウハウだが、日本のデパートへ行ってみれば分かる。プレゼント用にしてくれと言えば、どの女店員もいろいろなサイズの箱を實に見事に手際よく包装してくれる。もちろん包装紙は、表面にそのデパート独特の画柄のある片艶包装用紙である。もしアメリカのデパートならまずクラフト紙に入れてよこすが、あえて贈答用にと言えば包装紙につつみりポンをかけてくれるが、包装はセロテープで、ばんそうこうを貼ったように不細工である。

「包む」のノウハウの極致は実は風呂敷である。包装材料の極意は、何も包まないときにはコンパクトに小さく、包むときはそのサイズ、形状に対応して自在につつめることである。風呂敷はご承知のように江戸時代の銭湯でぬいだ着物をまとめて包んでおくための布が起源である。しかし、今に至ってもその有用性は失われていない。若干のノウハウを知れば一升壇さえ持ち運びできるように包むことができる。

## 8 「包」と「装」

包装についてあれこれ述べてきたが、そもそも包装の「包」はおなかの赤ちゃんを大切に保護する形から発しているもので、内容物を外力から守る性能を意味している。「装」は、外見を飾るすなわち表面に美しい印刷をして、店頭並べたとき客の眼をひくというディスプレイ効果を意味する。つまり、包装の機能は「保護」と「装飾」である。その保護機能のために、包装としての紙や板紙に求められるものは常識的には強度である。紙・板紙の用途によって求められている強度の種類には、いろいろある。それらについて解説するのは本稿の趣旨でないので、紙業界でよく使われる用語で一般に興味があると思われるものについて順不同に述べることにする。

## 9 「听量」「米坪」

とは言え、今まで述べてきたことに多少関連するものから始めると、紙の強度に直接的にかつもっとも効果的に影響するのは、紙・板紙の単位面積当たりの重量である。これを業界用語では「听量」(キンリョウ)あるいは「米坪」(メートルツポ)という。具体的には紙・板紙の一平方メートルあたりのg数である。ご参考までに言えば、ティッシュなどの薄い家庭用紙は大体10~20gである。印刷出版情報用紙、たとえば書籍、ノート、ファックス用紙、ポスター用紙など一般に紙というと思ひ浮かべるたぐいの紙は、薄いもので50g、厚いものでも200g以下であろう。新聞用紙はおおむね40gである。一方、板紙については270g位から600gまでである。ところで白板紙(たとえば店頭にならぶ商品の外装箱はほとんど白板紙である)などでは、听量をg数以外に号数で表示する。50gを1号とし $270\text{g/m}^2$ は5(号) - 4 ( $50\text{g} \times 5 + 5\text{g} \times 4$ )、 $310\text{g/m}^2$ は6(号) - 2、 $350\text{g/m}^2$ は7(号) - 0で、以下 $600\text{g/m}^2$ は12(号) - 0となる。

## 10 「過听」「欠听」

号数で表示するのは取引単位で、当然ながら実際にできた白板紙は、取引単位どんぴしゃりであるはずはなく、6-2の注文であっても320gということもある。紙・板紙の取引は、注文の基準重量取引だから6-2の注文なら310g/m<sup>2</sup>の計算で取引され、320gに抄造された場合はその分メーカー側の損となる。これを「過听」という。紙抄き技術の問題でコントロールできず過听になる場合もあれば、強度がお客の求めるレベルに達せず、やむを得ず過听にする場合もある。

逆のケースは「欠听」である。お客の求める強度や厚さを満たしていれば、取引基準の听量に満たなくても文句は言われない。つまり、その分メーカー側のコスト削減になる。ただし7-0の注文を6-2で作ったら、今度はユーザー側が6+2で取引してくれと言うだろう。まあそんなケースはまずないが、お客の要求はシビアになる一方で、メーカー側は苦しまぎれに過听にしてしのぐことがしばしばある。

前述のように包装素材としての板紙にとくに求められているものは強度だが、そのなかで強度不足でトラブルを起こした例として、一般の人にも店頭で目にする機会のあるのは、箱の中に粉体が入っていて内容物の重みで箱の横腹がふくらんでいるケースである。技術的には箱の素材の板紙の圧縮強度の不足によるものだ。そのトラブルの現象を俗に「胴ぶくれ」と言っている。あるいは箱を積み上げた場合、上の箱の重みで下の箱が「胴ぶくれ」を起こすこともある。対策としては板紙の「听量」を増やすことが速効的である。

## 11 「腰」

さて、紙、板紙を問わず、紙・板紙の強度をあらわす用語はたくさんあるが、業界の仲間同志ではすぐにピンとくるけれども、一般の人にはなかなか説明しがたいものが結構ある。

そのなかのひとつに「腰」という用語があ

る。この「腰」にもっとも近いのは一般の技術用語では「たわみ強度」であろう。紙・板紙では剛度 (Stiffness) という測定項目があるが、それにもっとも相関がある。しかしそれにある種の“粘性”あるいは“弾力”といった感覚を加えたものと言ったら、当たらずと言えども遠からずであろう。「腰」は前述の「胴ぶくれ」や「つぶれ」にも関係するが、板紙ばかりではなく印刷用紙など薄紙にも、「腰」が重要な特性である。たとえば書籍を開いたときページの「腰」が強すぎてピンと立っていたら、本の体裁をなさない。逆に「腰」が弱すぎてビニールで本を作ったようにくたくたしていたら、ページをくるときに大変な手間である。

だから、われわれ紙屋は出版用紙の取引のため紙のサンプルを手にしたとき、まず紙の“白さ”(ただし白さといっても千差万別で、たとえば街でノートを何種類か買ってきて、その“白さ”をくらべてみると、“白さ”にもずいぶんと差があることがよく分かる)、つぎに“腰”を見る。親指と人指し指、薬指の間に紙をはさみさっとしごく。听量にもよるが、腰の強さによって音が変わる。同一听量なら腰が強いほど高いオクターブの音がする。職人の世界である。「腰」については、書籍にしたとき、本を開くとページがピンと立ってしまっただけで手でしごかなければならないのは、「腰」が異常に強すぎるからで、逆にプラスチックを本にしたように、くたっとしてページをめくるのにも苦勞するというのでは「腰」が弱すぎる。昔、有力出版社の紙の購入担当者は紙の見本を手にして、先ほど述べた指先の感触による腰の判定法で注文をつけてきたものである。そういう人に測定器の数字をあげつらっても理解してもらえない。

## 12 「紙の厚さ」「手肉」

たわみ強度の感覚的業界用語として「腰」が使われていることは前述のとおりだが、紙の強度と深いかかわりのある紙の「厚さ」は物理的には厚さ計で測定されるが、その触感的

厚み感を業界用語では「手肉」という。紙パルプ業界外の人はいきなり「手肉」と言われてもピンとこないと思うが、業界の連中は紙を手にしたときのクッション性、弾力感などをふくめたふっくら感ともいえるべき“厚み”を思い出すであろう。これが実は出版用紙として重要なのである。この手肉のある紙を使って書籍にすると、ペラペラした感じでないしとりとした本になると、紙の取引にかかわっている者は思っている。もっとも最近の出版不況で、年を追うごとに出版点数はじりじり落ちるばかりである。「ハリー・ポッター」などのような何百万部の大ヒットは滅多に出るものでない。

出版は本の内容が最も重要なことはもちろんだが、ほかに紙、印刷、製本、装丁などいろいろな技術が要求される。装丁は本の旗じるしであるなどと誇り高く言われている。製本はそのような各分野の専門性の技能の集積で成り立っているのだが、今は宣伝で何とか多くの部数を売ればよいというように見える。安物のたとえば児童向け週刊マンガ本などは、紙は下級のできるだけ厚手の紙を使い、分厚い雑誌になっていて、子供（のみならず若い年の青年も電車で読みふけている）に買い得感を与えるように工夫している。こういうときに使う厚みは、強度や触感とはかわりない。本にしたときページ数が少なくとも厚ぼったい本になるときの紙を、「嵩（かさ）」があるという。あるいは「束（つか）」があるとも言う。

### 13 「紙のうすさ」「束（つか）見本」

紙は「人情紙のごとし」といかにも薄いものの代表のように言われる。たしかに戦後プラスチックフィルムが出現するまでシート状で薄いものと言ったら、まず紙が思い浮かぶのは当然である。紙の厚さは听量や、品種による密度によって違ってくるのは当然だが、一般に印刷用紙やコピー用紙などはおおむね数十 $\mu$ から100 $\mu$ 前後である。そして、ティッシュや特別の薄葉紙には10 $\mu$ 台のものもある。10 $\mu$

以下の紙を抄くとなると、これはきわめて特殊な技術や設備を必要とする。紙というのは細長いパルプ繊維のからみあいシートが形成されているのだから、どんなにうまく薄く均一にシートを形成するように抄紙したとしても、パルプ繊維の太さ以下の薄さにはならない。そして、どんなに細いパルプ繊維を使用しても、シートを形成するためには繊維がかさなり合う部分が必要である。したがってシートの理論的最低の厚さは、繊維の太さの2倍は少なくとも必要で、3 $\mu$ がミニマムの限界と言われる。

実技的にいろんな挑戦がなされ、5 $\mu$ を作ったとか4 $\mu$ もできたとか聞くが、どれをもってシートと言うか、つまりシートのなかにパルプ繊維がまったくない“すきま”がどのくらい許されるのかもあり、また数 $\mu$ の紙ができたとして実用的にどのような用途があるか、まさに触れれば崩れるというような紙では、紙ではないのではないかと考えられる。ちなみに大工の技能コンクールで、かんなでどれだけ薄い“かんな屑”が作れるかというのがTV放映されていて、かんなの刃砥ぎ（はとぎ）から組立て調整までまさに職人芸で、そのトップクラスの大工が削り出したかんな屑はミニマムの厚さはたしか8 $\mu$ であった。

ところで企業の商品として紙を作るとき心にとどめているのは、そういう特殊な紙つまり希少品を世に送り出すことではない。商品としての紙はあるロットサイズ単位で、平均値としていろいろな規格値をみたす必要があるが、さらにロット内のバラツキが平均値の数%の範囲内におさめなければならない。もしそれが大きく変動すると、その紙で本を作ったとき1冊ごとに厚さがことなったりしてきわめて不具合である。紙の厚さが基準値内であることをユーザーに示すのに、「束（つか）見本」というのが作られる。つまり白紙のまま製本して本の厚さはこの程度になるということを確認するのである。これによってたとえば、ケースに入った高級本を作る場合、ケースのサイズもこの束見本によって作られるので、紙の厚さが大きく変動して、束見本と違

う製本となった場合は大変なクレームとなる。

## 14 「地合 (じあい)」「風合 (ふうあい)」

お話かわって、紙関係の業者が紙の良否を判別する最初の材料は、一般の印刷用紙では、「地合 (じあい)」であろう。「地合」とは、紙全体に原料のパルプ繊維が均一に分布している状況で、地合がよければ紙を透かしてみたときにムラがない。紙の厚さは“人情紙のごとし”などと言われるように“薄 (うす) い”ものの代名詞になっており、一般の印刷用紙では厚さは数十ミクロンが普通で、したがって厚さのバラツキはミクロンオーダーの差である。

「地合」が良いと紙全体がしっとりとした感じで、実際に印刷してもインキの付着が均等になり、再現性の良い印刷が可能になる。この「地合」をもっと感覚的にとらえた表現に「風合 (ふうあい)」がある。口ではなかなか説明しがたいが、一言で言えば“上品な”ということになるろうか。それは手にしたとき、これはいい紙だと感ずるもので、現象的にはまず地合がよく、表面が滑らかで適度なクッション性と腰の強さがあり、したがって手にしたときの感触がよい。さらに白さと光沢も適度で (あまりにも真っ白で、てかてかと光るものは特別な用途を除けば下品ということになる) あるのが「風合」がいいと言えるかもしれない。

## 15 「紙の白さ」

余談だが“紙のように白い”というたとえもあるが、実は紙の白さは千差万別で、皆さんが町の文具屋でメーカーの異なるノート何種類かを見てみると、同じ白い紙の大学ノートでも少し黒っぽかったり、黄色がかっていたりいろいろあることに気づかれるであろう。もともと紙は木から作る。木の主成分である繊維以外の成分は空気に触れると酸化して茶褐色になる。だから程度の差はあるが、木材の色は黄色から茶褐色系統である。木材から紙

を作る場合、繊維以外の成分を化学処理で取り除いていき、最後に漂白剤で残ったわずかな着色成分を除去する。とはいえ、どうしてもきわめてわずかな量だが、着色成分が残る。その程度によって、そのパルプ繊維で紙を抄いたときの薄い黄色味がいろいろなレベルで残る。それを消すために青味染料や蛍光染料を微量添加する。色彩について多少知識のある方ならご存知と思うが、色の要素のうち色相については Y - B (黄 - 青) ラインと R - G (赤 - 緑) ラインをタテ・ヨコ軸とする平面上の点で表現される。

## 16 「紙の色相」

紙の色相の変化はその製造工程から見て、主として Y - B ライン上を、もとの木材の色の Y から精製が進むにつれて B の方向へ変色し、ニュートラルに近づく。精製度の低い中・下級紙は黄色味が濃く、新聞紙もその一種である。20~30年前頃から新聞用紙には新聞古紙を脱墨して多量に使うようになり、そのため今や新聞用紙は昔のように黄色ではなく、薄い灰色となっている。

## 17 「1 に関西, 2 に女性, 3 に不景気」

紙の色が暖色系 (黄系) が多いか寒色系 (青系) が多いかは、そのときの流行のようなものがあって、筆者は冗談に業界講演などで次のように言ったものである。すなわち「紙が暖色よりも寒色が好まれる場合というのは、1 に関西, 2 に女性, 3 に不景気、つまり関西のユーザーはどちらかと言えば青味のある紙を好み、女性は男性よりも青系統が好きである。そして、不景気になると青味の強い紙の売れ行きがよいと、もう 30 年も昔だが筆者はそう思い込んでいたものである。

## 18 「紙の表とうら」

さて、いろいろ紙にかかわる雑談をしてきたが、終わりに誰もが知っているようで業界

外の人は意外と知らない“紙の表とうら”“紙のタテとヨコ”について述べてみよう。

“紙の表とうら”は、昔はツルツルしている方が表、少しザラついていればウラと思って大抵当たっていた。それは、水に分散した原料を抄き網上に流して水切りをするのだが、網から水が流れ落ちるとき水と一緒に紙のうらの紙戸から細かい原料と填料が脱落する。それでうらに粗い原料だけが残る、うらの面が表の面よりザラついていた。しかし最近では、2枚の抄き網(ツインワイヤーという)の間に原料を流し込んで両面から脱水する。網は今まで水平に設置されたが、ツインワイヤーではタテに平行して並べその間を原料が流れる。必然的に両面が同時に同程度に脱水され、表とウラの差がなくなっている。もちろんツインワイヤー以前の旧式の抄紙機で作る紙は、これからも表とうらがあるが、だんだんに新しいツインワイヤーによる表うらのない紙が増えていくであろう。

紙の表とうらはなくなっていくが、紙のタテ、ヨコは今後もなくなるならない。手抄き和紙は例外で、この場合、原料(紙料)液は静止しており、それを網ですくい上げるから、タテ、ヨコはないが、機械抄きの紙はすべて原料が網の上(ツインワイヤーでは網の間)を流れていくから、その流れ方向に、紙の繊維の長い方(タテ)がそろってしまう。

## 19 「M. D. と C. D.」

その流れ方向(M.D.=Machine Direction)とそれを横切る方向(C.D.=Cross Direction)

とでは、強度とくに「腰」の強さが違う。印刷用紙を買う場合、ラベルには銘柄(これで紙種やメーカーが分かる)、听量(米坪  $g/m^2$ )、サイズ(A列本判とか四六半裁とか、あるいは  $cm \times cm$  で表示してある)のほかT目(タテメ)Y目(ヨコメ)も表示してある。T目とは紙の長い方向が繊維の流れ方向と一致するもの、Y目とはその逆である。A4(A列4番)とかB5とかのサイズの書籍を作るとき、ページがめくりやすいように本の長い方向(一般的にはタテ)が繊維の流れ方向に一致するように、もとの紙のT目、Y目を選択する。これは口で説明するとややこしいが、たとえばA5判はA4判の半分のサイズだが、繊維の流れ方向は逆になる。A3はA5と同じ流れ方向で、A6はA4と同じになる。書籍はヨコ方向の「腰」が弱い方がページがめくりやすく、とくに文庫本のような小型本ではヨコ方向の腰が強いと本を開いたときページが立ってしまう。したがって作る本のサイズでもとの印刷用紙のT目、Y目を選ぶ必要があるのである。

さて、業界用語についての随筆まがいのものという前提で書き出したが、書き始めてからあれもこれも業界外の人には解説しないと通じないのではないかと話があちこちへ飛んでしまい、とりとめのないものになった。製紙用語と一般社会とのかかわりあいのなかで筆を進めたつもりだが、散漫で読みづらい点はおゆるしいいただきたい。

(2006年2月10日受付)

(2006年4月18日採択)

## 用語の由来 — 船舶編 (その2) — Origins of Terms — ship(2) —

後藤 大三\*

Daizo GOTO

およそ、新規なものを説明しようとする、新規な用語や定義を決めねばならない。日本には漢語という便利なものが生まれ、短い言葉で新しい思想を表してきた。最近では、難解な漢語を避けて、カタカナ用語、アルファベット略語が使われるようになった。

これらの新形式の用語についての評価はさておいて、ここでは主として明治期の西洋文化の紹介者の労苦の跡を訪ねることとする。古き良き時代は懐かしいものである。

### 13 産みの苦しみ、先人の労苦

#### 13.1 水入り、吃水 (draft)

「水入り」は「吃水」と同義語で、没水部または没水の深さを示す。日本で洋式船が使われ出してからのものであるが、「水入り」という“やまとことば”がそのまま使われた珍しい例が明治初年まで残っていた。日本における本格的な洋船建造の歴史を繙いてみると、伊豆の戸田でロシア軍艦「ディアナ」号の代船「ヘダ」号を建造した経験者が佃島に集められた。当初は水戸徳川斉昭により、その後、幕府の手によって洋式船の建造が開始された。維新後、造船所は民間の事業家、平野に譲渡された。平野は根っからの事業家で、活字工場を経営したこともあるが、人のひく車に乗るのは、人の道に反するからといって、人力車には終生乗らなかったという。平野造船所は幕府直轄時代に、千代田型の洋式軍艦を建造した実績があり、当時珍しかった乾ドックを持っていた。その当時の宣伝ビラに、「水入

り下の工事も承り候。・・・」と、ぬかりなく宣伝している。平野造船所の跡地は、石川島播磨重工業(株)旧月島工場となった。

喫水は、ドラフト (draft - 名詞) の訳語であるが、戦後の漢字制限により、吃水の文字を使うようになった。ドラフトには「牽くこと」の他に「ひと飲み」の意味がある。一方、喫には喫茶というように、「上品に飲む」という意味があり、まことに名訳であったと思う。現代風の吃水では、「水を飲んでどもる」と、汚らしくなってしまった。ついでながら、動詞は draw, drew, drawn で、語源的には「牽く」「線を引く」等の意味だが、転じて「吃水する」の意味に使われる：例えば、the ship draws 21feet・・・その船の吃水は 21 フィートである。

日本語で喫水の語が初めて出てくるのは、攻玉社の創立者近藤真琴の訳書『造船論略』であると思う。イギリスの海軍大学の教科書を近藤が訳したものであるが、原著は子息の近藤甚樹(後の造船中将)が留学中に入手したらしい。この訳書では「喫水部」(=「没水部」)のような使われかたもしている。攻玉社の図書館蔵の訳書は明治 17 年海軍兵学校刊で、前出の平野造船所の宣伝ビラの時期とはそう隔たっていない。近藤は和魂洋才を兼ね備えた人で、多くの造船学用語も適正に翻訳していた。喫水は彼の造語である可能性が高い。

#### 13.2 排水量 (displacement)

これも『造船論略』に初めて出てくる言葉である。喫水と共に明治初年から使われていた。これは、ディスプレイスメント(置換)の訳であり、水に置き変わった重量、水を押し

\* (元) 石川島播磨重工

のけた (排水した) 重量, つまり, 漢語で排水量となったと考えられる. これも, 近藤の造語の匂いがする. 力学ではディスプレイメントは変異量の意味である. 排水量を求めるには, 排水容積を数値積分により求めた後, 水の比重をかけて排水 (重) 量を産出する. 造船学の定義上は, 排水量は重量 (単位はトン) である.

さて, 重量は国際単位 (SI ユニット) 規約では, 質量と重力加速度の積である国際単位ニュートン (N) に換算せねばならなくなった. 排水量をニュートンで表した場合, 数値と桁数が変わり感覚的に理解しにくくなる. そこで, 正確を期するならば, 排水量は質量であり, 重量ではないと断る必要がある. 国際単位の規約を厳密に適用すると無理が生じる. これは, 質量単位に重力単位 kg 系を借用せざるを得なかったことに由来する.

## 14 苦心の訳語

### 14.1 穩力

stability (安定性) を近藤が訳したものと思われる. 船は少し傾けば, 元の状態に戻ろうとする性質がある. 人類が丸木舟の時代から取得した智慧である. この性質をスタビリティという. 安定した状態に戻そうとする力であるから, 漢学者でもある近藤は, 苦心の末, 穩やかな状態に戻そうとする力という意味を込めて, 「穩力」と訳した. この言葉は, 『造船論略』以外には見あたらない. 近藤の苦心の造語であると思われるが, 現代造船学では消えてしまった.

### 14.2 縦断面, 横断面

截 (セツ) は旧字であり, 断面とは厚さのない断面を意味する. 戦後, 暫くまで横断面を横断面と書いていた. 船舶算法に使う縦断面, 横断面の言葉が日本に紹介されたのは, やはり, 『造船論略』である. ここで問題としたいのは, 船の縦横の違いである. 近藤は現行の習慣と逆

に, 船の横断面を縦断面, 船の縦割り断面を横断面と定義した. 彼は数学者であるから,  $x$  軸 (長手方向),  $y$  軸 (横方向),  $z$  軸 (深さの方向) 方向がきちんと定義されておればよかった. 近藤は  $x =$  一定の断面を縦断面 (長手方向に直角な断面),  $y =$  一定の断面を横断面 (横方向に直角な断面),  $z =$  一定の断面を水面 (深さ方向に直角な断面) と称した. 近藤の命名は数学的には筋が通っているが, 間接的に過ぎる. ここは, 船の長手方向を縦方向とする方が理解しやすい. 素直に, たとえば, 縦軸に沿って曲げることを縦曲げという方が自然である. この自然流に従えば, カツオやベラのシマ模様は, 「縦ジマ」であるが, シマダイやシマウマは 「横ジマ」である.

どんな議論がこれについてなされたか不明であるが, 現在では中央切断といえば, 長さの中央での横断面を表すというように, 近藤の意に反して常識的解釈となっている.

### 14.3 男孔, マンホール (manhole)

幕府解体時, 旧幕府海軍有志は, 沼津に徳川家兵学校を設立 (後に沼津学校と改称) し, 旧幕府所有の書籍, 機材等を以て陸軍将校の養成を図った. この学校は, 廃藩置県の明治4年兵部省に吸収された. 教育は長崎海軍伝習所, 蕃所調所等の教官があたった. その中には, フィロソフィーを哲学と訳した西周のような学者もおり, 豊富な人材, 資料を使って貴重な文献を出版した. 『蒸気器械書』 (明治2年沼津学校の教科書) はその一例である.

この教科書は, オランダ語と英語の書籍から生徒の教育のために作られたものであるらしく, 蘭英両語の書がカタカナで注記してある. 医学用語と同じくらいに難解な漢語が多いが, 輸水嘴子 (送水ノズル) のように, 苦心の訳語が随処に見える. 中でも傑作は, 「男孔」であろう. マンホールの訳語であることはすぐにはわからなかった. タンクやボイラなどの閉囲された区画に入るための入口である. 普通, 約  $350 \times 450$  ミリの長円形の開口であれば, 潜り込むことができる. マンホー



ルは、ときに入孔とも称されるが、「男の入る孔」と特に断ってあるのがおもしろい。

#### 14.4 馬力 (horsepower)

直訳用語で、このくらい、日本人の頭ですんなり入ったものはないだろう。単位時間あたりの仕事量の単位で、自動車のエンジン等の出力は、馬力で表す。その単位はHp(Horsepower)である。なんとなく親しみのある馬力の用語は、国際単位(SIユニット)のワット(Watt)の出現により、出番がなくなった。田舎で育った人は、荷物を一杯積んだ車が馬に牽かれて行くのを見たであろう。馬力はそんなノスタルジーに満ちた用語である。

船の出力をワット(W)またはキロワット(KW)で表示されても、いちいち馬力に換算してみなければ、ぴんとこないという人が多かった。単位の変革のときには、いつでもおこる問題である。そこで、horse powerにあたるドイツ語Pferd Starkeから、一時HPの代わりの単位名としてPSが使われた。これも、一種のノスタルジーのなせる業かもしれない。

#### 14.5 幾何 (geometry), 代数 (algebra)

和算で図形の面積を求めることは、徳川中

期頃から盛んに行われた。未知数の値を求めることも、謎解き問題の解法として説明された。しかし、洋学として体系だった数学が日本で流布するのは明治以降であろう。従って、代数学とか幾何学とか呼び名が決まったのは、明治以降の話である。

幾何は中国渡来の用語であるらしい。「幾ばくなりや」とうまい名前を考えたものだと関心していたら、中国出身の同僚、田教授が教えてくれた。幾何学はイタリア人マテオリッチが中国に伝えたものであるとのことである。同教授によれば、ジェオメトリーと良く似た音である「ジーホー」の漢字、「幾何」を当てはめたという話である。それならば、代数という言葉は、いかなる由来を持つか、知りたくなった。広州での会議に出席したとき、中国の若い学生たちに代数という言葉を知っているかと尋ねてみた。ところが、そんな字は知らないという。代数という言葉は、日本人の造語かもしれないと、思い直した。代数学のアルジェブラには、文字の置き替えの意味があるそうだが、代数という言葉が日本人の発想とすれば、創作者は称賛に値する。

(2006年2月10日受付)

(2006年4月18日採択)

## 情報知識学会平成18年度総会議事録

- 1.開催日 平成18年5月26日(金) 13:30~14:30  
 2.会 場 近畿大学B館10階MM会議室 (東大阪市小若3-4-1)  
 3.議 長 細野会長 司会進行：安永副会長  
 4.議 事 総会有効成立確認：事務局  
           出席者22名、他に委任状95通の提出を受け、計117名。  
           依って定足数(正会員の10分の1)を満たし、総会成立。  
           1)議長挨拶：細野会長  
           2)平成17年度事業報告：根岸副会長  
           3)平成17年度決算報告：根岸副会長  
           4)平成17年度監査結果報告：長塚理事代読  
           5)平成18年度役員選挙結果：長塚理事  
           6)新役員紹介：細野会長  
           7)平成18年度事業計画説明：中川理事  
           8)平成18年度予算説明：中川理事

上記の報告および役員・事業計画・予算は、原案(後掲の総会資料)通り承認された。

## 平成18年度総会資料

### [資料1] 会員数

	平成17年 3月31日現在	平成17年度 入 会	平成17年度 退 会	平成18年 3月31日現在
正会員	289名	24	19	294名
学生会員	22名	3	6	19名
名誉会員	1	2	1	2名
協賛会員*	12 (34)	0 (0)	0 (5)	12 (29)
合 計	324	29	26	327

\*協賛会員は全て団体。( )内数字は口数。1口の年会費¥30,000。

## [資料2] 平成17年度事業報告

### (1) 会議

- ・平成17年 5月13日 17:30~18:00 第1回理事会 於：凸版印刷(株)
- ・平成17年 5月28日 17:13~18:43 総会 於：国文学研究資料館
- ・平成17年 5月28日 19:00~19:35 第2回理事会 於：国文学研究資料館
- ・平成17年12月28日 17:30~20:00 第3回理事会 於：凸版印刷(株)
- ・平成18年 3月15日 17:30~20:00 第4回理事会 於：凸版印刷(株)

### (2) 事業

- ・「情報知識学会／第13回研究報告会」主催：情報知識学会  
於：国文学研究資料館 平成17年5月28日
- ・関西西部会第1回研究会「トピックマップによる主題に基づいた資料整理」共催：情報知識学会関西西部会、日本図書館研究会整理技術研究グループ 於：大阪市立浪速人権文化センター 講師：内藤求氏(ナレッジ・シナジー) 平成17年6月11日
- ・関西西部会第2回研究会「大規模韓国語オントロジー開発のためのシソーラス構築」共催：情報知識学会関西西部会、日本図書館研究会整理技術研究グループ、横断的アーカイブズ論研究会 後援：情報科学技術協会 於：大阪市立浪速人権文化センター 平成17年7月16日
- ・「第10回情報知識学フォーラム/情報の精製と合成」主催：情報知識学会  
於：慶應義塾大学三田キャンパス 平成17年10月29日
- ・「第18回専門用語シンポジウム/東アジア諸国における専門用語の諸問題」主催：情報知識学会専門用語研究部会  
於：規格協会本部ビル大講堂(赤坂) 平成17年11月19日
- ・「人文科学とコンピュータシンポジウム(じんもんこん2005)」主催：(社)情報処理学会人文科学とコンピュータ研究会 後援：情報知識学会  
於：東京大学本郷キャンパス 平成17年12月16~17日
- ・「2006年情報学シンポジウム」共催：日本学術会議、情報知識学会他  
於：東京大学弥生講堂(東京都文京区) 平成18年1月17日
- ・「文化・知識情報資源共有化とメタデータ」主催：横断的アーカイブズ論研究会 後援：情報知識学会 於：静岡大学佐鳴会館(浜松市) 平成18年3月4日

### (3) 月例懇話会

- ・東海集会「ターミノロジー vs. ネーミング」講師：山本昭氏(愛知大学)  
於：愛知大学車道(くるまみち)キャンパス 平成17年7月29日
- ・つくば集会「新しい情報利用に向かって」講師：奥住啓介氏((財)データベース振興センター)  
於：筑波大学春日キャンパス(旧 図書館情報大学) 平成17年10月1日

### (4) 刊行物

- ・情報知識学会誌15巻2号(研究報告会論文集) 平成17年 5月28日発行
- ・情報知識学会誌15巻3号 平成17年 9月16日発行
- ・情報知識学会誌15巻4号(フォーラム特別号) 平成17年10月30日発行
- ・情報知識学会誌16巻1号 平成18年 1月19日発行

[資料3] 平成17年度決算

収入の部

科目	金額	細目	予算	決算	内訳
会費	3,401,357		3,400,000	3,401,357	正会員2,447,357円、学生会員84,000円、法人12団体、29口、870,000円
参加費	99,000	研究報告会	0	0	
		フォーラム	300,000	99,000	参加者47名
		セミナー	0	0	
		月例懇話会	0	0	
売上金	573,612	論文集	0	0	
		バックナンバー	150,000	175,690	学会誌 127冊
		別刷り	150,000	328,000	論文 10本、1,000部
		著作権料	50,000	66,140	複写使用料分配金、通常許諾料、許諾権使用料
雑収入	0		0	3,782	預貯金利息
小計	4,073,969		4,050,000	4,073,969	
前年度繰越金	585,596		585,596	585,596	
合計	4,659,565		4,635,596	4,659,565	
特別会計	0		0	0	
積立金	2,400,000		2,400,000	2,400,000	事務局機構拡充積立金
総計	7,059,565		7,035,596	7,059,565	

支出の部

科目	金額	細目	予算	決算	内訳
印刷費	1,535,215	学会誌	1,350,000	1,473,858	15巻2号～16巻1号、別刷含む
		論文集	0	0	
		選挙	20,000	23,767	投票用紙ほか
		その他	20,000	37,590	封筒ほか
		人件費	1,020,000	事務局	1,020,000
事業費	353,245	編集事務局	300,000	0	
		HP管理	200,000	0	
		研究報告会	45,000	42,850	会場費 12,850円、アルバイト3名×1日30,000円
		フォーラム	300,000	157,575	会場費5,565円、講師謝金5名 80,000円 会議費51,450円 アルバイト2名16,000円 郵送費4,140円
		月例懇話会	60,000	27,820	会場費 円×2回、他に前期分10,436円
会議費	73,950	部会補助金	200,000	125,000	専門用語研究部会 50,000円、CODATA部会50,000円、人文社会科学部会0円、関西部会25,000円
		理事会	60,000	67,200	会場費 3回分
		常務理事会	0	0	
業務委託費	0		0	0	選挙管理委員会会合費
賃借料	0		0	0	
通信費	303,730	その他	0	6,750	
		学会誌発送費	80,000	124,365	別刷発送費含む
		編集通信費	20,000	0	原稿転送、その他
		總會	30,000	69,752	總會案内
		選挙	40,000	40,130	投票用紙発送
		電話代	0	0	
		インターネット	50,000	66,483	ドメイン登録、転送料、Nifty
交通費	199,580		0	0	郵便切手代
消耗品費	630	役員旅費	0	0	
		事務局通勤費	200,000	199,580	
		事務局交通費	0	0	
維持修繕費	0		20,000	0	印鑑補充インキ代 パソコン修理関係
雑費	12,705	手数料	0	7,140	振込手数料
		その他	10,000	5,565	その他
事務所借上経費	0		0	0	
小計	3,499,055		4,050,000	3,499,055	
次年度繰越金	1,160,510		585,596	1,160,510	
合計	4,659,565		4,635,596	4,659,565	
特別会計	0		0	0	
積立金	2,400,000		2,400,000	2,400,000	事務局機構拡充積立金
総計	7,059,565		7,035,596	7,059,565	

[貸借対照表]

平成18年3月31日現在 (単位:円)

科 目	借 方	貸 方	備 考
1. 資産の部			
現金	0		
銀行普通預金	868,975		口座番号3586133
銀行定期預金	1,002,821		口座番号3586133
郵便振替口座	1,739,214		口座00150-8-706543
郵便振替口座	49,500		口座00130-9-706558
2. 負債の部			
前受金		100,000	次年度以降年会費
3. 特別会計			
事務局機構拡充積立金		2,400,000	
4. 正味財産		1,160,510	
(内当期正味財産増減)		(574,914)	
合 計	3,660,510	3,660,510	

[資料4] 監査報告書

監査報告書

情報知識学会  
会長 細野公男 殿

作成日 平成18年5月18日

情報知識学会 監事 山本毅雄

情報知識学会 監事 岩渕幸雄

当監事は、情報知識学会定款第19条に基づく監査証明を行うため、情報知識学会の平成17年4月1日から平成18年3月31日までの財務諸表について、監査を行いました。この監査にあたって、当監事は一般に公正妥当と認められる監査基準に準拠し、通常実施すべき監査手続きを実施致しました。

監査の結果、当監事は上記財務諸表が平成18年3月31日現在の情報知識学会の財務状況を適正に表示しているものと認めます。

## [資料5] 平成18年度役員

[会長]	細野公男	慶應義塾大学名誉教授
[副会長]	根岸正光	国立情報学研究所教授
[副会長]	安永尚志	国文学研究資料館教授
[理事]	石塚英弘	筑波大学教授
	岩田修一	東京大学教授
	宇陀則彦	筑波大学助教授
	江草由佳	国立教育政策研究所研究員
	太田泰弘	(財)日本規格協会
	岡本由起子	東京家政学院大学助教授
	小川恵司	凸版印刷(株)技術開発研究所長
	長田孝治	カテナ(株) 社会公共システム担当部長
	菊田昌弘	(株)シナジー・インキュベート社長
	国沢 隆	東京理科大学助教授
	後藤智範	神奈川大学教授
	白鳥 裕	大日本印刷(株)開発室長
	田窪直規	近畿大学教授
	時実象一	愛知大学教授
	中川 優	和歌山大学教授
	長塚 隆	鶴見大学教授
	原田隆史	慶應義塾大学助教授
	春山暁美	
	藤原 譲	筑波大学名誉教授
	山本 昭	愛知大学助教授
[監事]	岩渕幸雄	
	山本毅雄	国立情報学研究所名誉教授

以上

## [資料6] 平成18年度事業計画

### (1) 会議

- ・ 総会 平成18年5月26日開催
- ・ 理事会 年4回開催
- ・ 評議員会 年1回開催

### (2) 事業

- ・ 第14回(2006年度)研究報告会 平成18年5月26~27日開催
- ・ 第11回情報知識学フォーラム 平成18年10月開催
- ・ 月例懇話会 随時開催

### (3) 学会誌編集委員会

- 1 例年どおり1年に4つの号を発行する。  
18年No.2 5月号 研究報告会+通常論文  
18年No.3 7月号 特集号「情報倫理」岡本先生ご担当+通常論文  
18年No.4 10月号 フォーラム+通常論文  
19年No.1 1月号 通常論文
- 2 J-STAGEからの公開を目指す(とりあえず、18年No.1から)
- 3 Back issuesの電子化(予算などを見ながら、出来る分から順次PDF化を行っていく)

### (4) 情報知識学フォーラム

2005年度は若手会員を中心とした内容でのフォーラムで開催された。2006年度フォーラムの内容については、次期実行委員会で具体化してゆくことになる。2005年度と同様に若手中心なものにするか、課題やテーマはどうするか、企業の若手会員による講演を中心とするか、学会発表形式ではなく講演形式で議論の場(サロン)とするかなどが検討課題となる。

具体的なテーマとしては、情報知識学との接点と可能性を探る：情報セキュリティと情報知識学、情報教育と情報知識学などが、提案されている。これらを含めて次期実行委員会で具体化することになる。

### (5) 部会

#### ・CODATA 部会

2006年からは、電子ジャーナル“Data Science Journal”の刊行を実施する。その他、情報学シンポジウム(平成18年1月7日)共催、CODATA DSAO(アジアオセアニアのデータソース)、CODATA 2006、国内のデータ活動関係の研究会補助、CODATA-Japanのホームページの立ち上げ等、多数の事業を予定している。

#### ・人文・社会科学系部会

「第23回歴史研究と電算機利用ワークショップ」開催予定。

#### ・専門用語研究部会

毎秋開催している専門用語シンポジウムを本年度も開催予定。ただし、参加者の層が広がり新たな専門用語研究者が部会に参加しやすくすることを考慮した案を検討する予定である。本年度はISO/TC37(用語)総会が北京で8月に開催され、EAFTerm(東アジア専門用語フォーラム)も同時期に開催されるため、EAFTerm日本側窓口として協力する。その他、会誌を利用した専門用語関連のトピック、活動紹介するなどして、専門用語活動を積極的PRする。また日中韓の多言語用語集の作成についてもできる限りの支援をはかる。

#### ・関西部会

- 1) 第14回年次大会(研究報告会+総会)を成功させる
- 2) 関連学協会と連携しながら、当学会員が興味を持ってそうな分野の行事を年1~2回開催する。
- 3) 関連学協会と連携しながら、当学会員が興味を持ってそうな分野の行事を適宜後援する。

[資料7] 平成18年度予算案

収入の部

科目	細目	17年度決算	17年度決算細目	18年度予算	18年度予算細目	内訳
会費		3,401,357	2,447,357	3,350,000	2,400,000	正会員 300人 (¥8,000*300)
			84,000		80,000	学生会員 20人 (¥4,000*20)
			870,000		870,000	法人会員 29人 (¥30,000*29)
参加費	研究報告会	99,000	0	340,000	30,000	資料費 ¥3,000*10名
	フォーラム		99,000		300,000	参加者 ¥5,000*60名
	セミナー		0		0	
	月例懇話会		0		10,000	参加費¥1,000*10名, 学生は無料
売上金	論文集	569,830	0	500,000	0	
	学会誌		175,690		150,000	平均¥1,500 * 100部
	別刷り		328,000		300,000	論文 10本、1,000部
	著作権料		66,140		50,000	複写使用料分配金、通常許諾料、許諾権使用料
雑収入		3,782	3,782	3,000	3,000	預貯金利息
小計		4,073,969	4,073,969	4,193,000	4,193,000	
前年度繰越金		585,596	585,596	1,160,510	1,160,510	
合計		4,659,565	4,659,565	5,353,510	5,353,510	
特別会計		0	0	0	0	
積立金		2,400,000	2,400,000	2,400,000	2,400,000	事務局機構拡充積立金
総計		7,059,565	7,059,565	7,753,510	7,753,510	

支出の部

科目	細目	17年度決算	17年度決算細目	18年度予算	18年度予算細目	内訳
印刷費	学会誌	1,535,215	1,473,858	1,540,000	1,500,000	16巻2号～17巻1号、別刷含む
	論文集		0		0	
	選挙		23,767		0	投票用紙ほか, 平成18年度は施行せず
	その他		37,590		40,000	封筒ほか
人件費	事務局	1,020,000	1,020,000	1,340,000	1,020,000	85,000円X12ヶ月
	編集事務局		0		200,000	
	HP管理		0		120,000	
事業費	研究報告会	353,245	42,850	650,000	100,000	会場費 15,000円、アルバイト3名x1日45,000円
	フォーラム		157,575		300,000	会場費、講師謝金 その他
	月例懇話会		27,820		50,000	会場費 円x2回、他に前期分23,436円
	部会補助金		125,000		200,000	専門用語研究会 50,000円、CODATA部会50,000円、人文社会科学部会50,000円、関西部会50,000円
会議費	理事会	73,950	67,200	110,000	70,000	会場費 3回分
	常務理事会		0		20,000	
	その他		6,750		20,000	ホームページ担当者会議3回/年
業務委託費			0		0	
賃借料			0		0	
通信費	学会誌発送費	303,730	124,365	295,000	150,000	別刷発送費含む
	編集通信費		0		0	原稿転送、その他
	総会		69,752		70,000	総会案内
	選挙		40,130		0	投票用紙発送, 平成18年度は施行せず
	電話代		0		0	
	インターネット		66,483		70,000	ドメイン登録、転送料、Nifty
	その他		3,000		5,000	郵便切手代
交通費	役員旅費	199,580		200,000	0	
	事務局通勤費		199,580		200,000	
	事務局交通費		0		0	
消耗品費		630	630	10,000	10,000	文房具, 補充インキ, 用紙, ラベル代など
維持修繕費		0	0	170,000	170,000	ソフトのバージョンアップ, パソコン補強・修理関係
雑費	手数料	12,705	7,140	17,000	10,000	振込手数料
	その他		5,565		7,000	その他
事務所借上経費			0		0	
小計		3,499,055	3,499,055	4,332,000	4,332,000	
予備費		1,160,510	1,160,510	1,021,510	1,021,510	17年度決算は「次年度繰越金」
合計		4,659,565	4,659,565	5,353,510	5,353,510	
特別会計					0	
積立金		2,400,000	2,400,000	2,400,000	2,400,000	事務局機構拡充積立金
総計		7,059,565	7,059,565	7,753,510	7,753,510	



## 第14回年次大会を振り返って

田窪 直規  
大会実行委員長

第14回年次大会が、2006年5月26日(金)、27日(土)の二日にわたって、近畿大学B館MM会議室で開催された。これは、前年度まで、「研究報告会&総会」という名称で開催されていたものであるが、今年度から、このように名称変更した。

初めての東京を離れての開催で、参加者数が心配されたが、無事、43名の参加を得ることができ、研究発表数も17件と充実したものとなった(ただし、一名、怪我により発表を取り消さざるを得なくなり、実質16件となったのは、残念であった)。

上で、「初めて」と記したが、今回は、その他にも「初めて」が多く、初めて、二日にわたり開催し、初日の研究報告会の後、初めて、懇親会を催した。懇親会には、大勢の参加者を得ることができ、にぎやかに情報交換が行われた。その後、ミナミの法善寺横町近辺で2次会を行い、これにも、10数名の参加を得ることができた。ただ、残念だったのは、2次会参加者の平均年齢が高く、若手が来なかったことである。

なお、大会終了後、鶴橋を探訪するオプション・ツアーを開催したが、7名の参加を得ることができた。鶴橋は、独特の雰囲気が漂うコーリヤタウンとして有名であり、一行は、お土産のキムチを買い、焼肉を楽しんだ。

今回の大会では、会員間の交流を重視した。実行委員長としては、今後、交流の輪の中で、一方では、会員相互が刺激を受け、他方では、共同研究の輪が広がることを、願っている。

~~~~~

## 編集委員会からのお知らせ

細野会長の巻頭言に紹介されていますように、学会誌をこれまでの冊子体に加えてJ-STAGEからも電子ジャーナルとして公開する計画を編集委員会で進めています。この電子ジャーナル化にともなう投稿規定、執筆要項などの改定作業に入っています。新しい投稿規定などは順次、学会のホームページに掲載しますので、投稿をお考えの学会員はこちらをご覧ください。

学会誌編集委員会委員長  
国沢 隆

## 情報知識学会月例懇話会のお知らせ

月例懇話会担当 石塚 英弘(筑波大学)

会員の皆様

下記の予定で月例懇話会を開きますので、ご興味のある方はご参加ください。  
なお、詳しいお知らせは別途、メール等でお知らせする予定です。

### 記

講師：国立公文書館アジア歴史史料センター・主任研究員  
牟田昌平様

題目：国の記憶装置としてのデジタルアーカイブ

— アジア歴史史料センターと公文書館デジタルアーカイブの経験を踏まえて —  
最初に約 30 分間、講師からお話しいただき、その後、このテーマで会場の参加者と懇談したいと存じます。

日時：9月26日(火) 18時30分から1時間半程度

場所：凸版印刷(株)内 情報知識学会の事務室 椅子の数：10~15席  
JR 秋葉原駅 昭和通出口 下車徒歩7分

会費：千円(冷たい飲み物とスナックを用意する予定)

参加申込：事前に情報知識学会事務局宛にメールでお申し込みください。

以上

## 情報知識関係新刊図書一覧 2006年1～6月

- 『マルチメディア情報学概論』 田上博司著 二瓶社 阪南大学叢書 76 2480円  
『近世書籍文化論』 史料論的アプローチ 藤實久美子著 吉川弘文館 9500円  
『図書館の発見 新版』 前川恒雄／石井敦著 日本放送出版協会 NHKブックス 1050 920円  
『情報』 東京大学教養学部テキスト 川合慧編 東京大学出版会 1900円  
『現代中国のマスメディア・IT革命』 林暁光著 明石書店 現代中国叢書 6 1800円  
『情報批判論』 情報社会における批判理論は可能か スコット・ラッシュ著 NTT出版 4500円  
『江戸の海外情報ネットワーク』 (歴史文化ライブラリー 207) 岩下哲典著 吉川弘文館 1700円  
『日本主義的教養の時代』 大学批判の古層 竹内洋・佐藤卓巳編 柏書房 3800円  
『最新情報と表現』 伏見正則ほか著 実教出版(基礎シリーズ) 1600円  
『オートポイエティック情報社会論』 戸田光彦著 北樹出版 2300円  
『言語・知識・信念の論理』 東条敏著 人工知能学会編集 オーム社 3300円  
『世界の図書館百科』 藤野幸雄編著 日外アソシエーツ 紀伊國屋書店 14200円  
『情報処理産業経営実態調査報告書』 第27回(2005年度調査実施) 情報処理推進機構 2000円  
『量子が変える情報の宇宙』 ハンス・クリスチャン・フォン・バイヤー著 日経BP社 2000円  
『東大式絶対情報学』 伊東乾著 講談社 1500円  
『文化情報学入門』 村上征勝編 勉誠出版 文化情報学ライブラリ 1800円  
『心と認知の情報学』 ロボットをつくる・人間を知る 石川幹人著 勁草書房 2100円  
『情報社会の構造』 IT・メディア・ネットワーク 大塚先著 東京大学出版会 3800円  
『国家と情報』 大森義夫著 ワック 933円  
『地域情報化 認識と設計』 丸田一／國領二郎編著 NTT出版 3600円  
『情報サービス産業白書 2006』 情報サービス産業協会編 コンピュータ・エージ社 5000円  
『情報源と情報サービス』 木本幸子著 大学教育出版 1500円  
『最新暗号技術』 NTT情報流通プラットフォーム研究所 アスキー 3200円  
『数式を使わないデータマイニング入門』 岡嶋裕史著 光文社 光文社新書 255 700円  
『メディア産業論』 湯浅正敏／宿南達志郎著 有斐閣 1800円  
『情報社会のビジョン』 現実と仮想のコミュニケーション 寺島信義著 文芸社 1200円  
『新・思考のための道具』 知性を拡張するためのテクノロジー・その歴史と未来 ハワード・ラインゴールド著 パーソナルメディア 2000円  
『新・情報化社会対話集1』 青田吉弘著 ラッセル社 1800円

(注) 図書館流通センター刊『週刊新刊全点案内』より収録。コンピュータの技術・操作関連のもの、初心者入門的なもの、またビジネス色の強いものは除外した。

制作者：平田 周

## 事務局からのお知らせ

### [1] 年会費の納入をお願いします

平成18年度(2006年4月1日～2007年3月末日)の年会費を未納のかたは、郵便局または銀行の下記口座へ至急お振込ください。1年分の年会費は正会員8千円、学生会員4千円です。数年分未納のかたは合計額を納入してください。請求書が必要な場合は、その旨を事務局へお知らせ願います。

1. 振込先(振込手数料はご本人負担でお願いします)

- a. 郵便振替口座 00150-8-706543 情報知識学会(代表 細野公男)
- b. 三菱東京UFJ銀行 秋葉原駅前支店 普通預金 3586133 情報知識学会  
(会長 細野公男)

2. 納入した年月日の確認方法

情報知識学会から郵送された封筒の宛名ラベルをご覧ください。[ ]内に過去4年間、ご自分の納入日が印字されているので確認できます。納入年(西暦の下2桁)、月(2桁)、日(2桁)の6桁です。年会費を滞納している場合は、[未納]と表示してあります。金融機関へ振り込まれてから事務局へ通知が届き、宛名ラベルに印字、発送するまで10日ほどかかりますので、ご了承ください。

### [2] 最近1ヶ月以内に事務局からのメールを受信しなかったかた

現在、8割以上の会員がメールアドレスを事務局へ登録されています。各部会の活動や月例懇話会の予告・報告など、頻繁に受発信しており、電子メールは必須の連絡手段となりました。過去に登録されても、最近1ヶ月以内に情報知識学会事務局からメールを1通も受信しなかったかたは、不達が予想されますので、再度、アドレスを事務局 [jsik@nifty.com](mailto:jsik@nifty.com) へご連絡ください。添付ファイルが開けないかたも、お知らせくださればテキスト文に直して送信します。

### [3] 電話でのお問い合わせ

事務局の業務は土日祝日を除き、月曜から金曜日までの毎日行っています。お問い合わせなどの電話は、できるだけ午後1時半から5時まででお願いします。連絡には電子メールやFAXも、どうぞご利用ください。

入会ご希望のかたには入会申込書を、郵送またはFAX送信でお届します。

情報知識学会事務局

〒110-8560 東京都台東区台東1-5 凸版印刷(株)内  
TEL: 03-3835-5692 FAX: 03-3837-0368  
E-mail: [jsik@nifty.com](mailto:jsik@nifty.com) URL: <http://www.jsik.jp/>

---

---

情報知識学会誌 編集委員会

編集委員長 国沢 隆 東京理科大学  
副編集委員長 芦野 俊弘 東洋大学

編集委員

|        |           |        |          |
|--------|-----------|--------|----------|
| 相田 満   | 国文学研究資料館  | 石井 守   | 情報通信研究機構 |
| 石塚 英弘  | 筑波大学      | 岩田 覚   | 東京大学     |
| 内田 努   | 北海道大学     | 宇陀 則彦  | 筑波大学     |
| 江草 由佳  | 国立教育政策研究所 | 大久保 公策 | 国立遺伝学研究所 |
| 岡本 由起子 | 東京家政学院大学  | 神立 孝一  | 創価大学     |
| 五島 敏芳  | 国文学研究資料館  | 阪口 哲男  | 筑波大学     |
| 菅原 秀明  | 国立遺伝学研究所  | 太原 育夫  | 東京理科大学   |
| 田良島 哲  | 東京国立博物館   | 時実 象一  | 愛知大学     |
| 中川 優   | 和歌山大学     | 長田 孝治  | (株)カテナ   |
| 長塚 隆   | 鶴見大学      | 中山 堯   | 神奈川大学    |
| 中山 伸一  | 筑波大学      | 西澤 正巳  | 国立情報学研究所 |
| 西脇 二一  | 奈良大学      | 根岸 正光  | 国立情報学研究所 |
| 原 正一郎  | 京都大学      | 原田 隆史  | 慶應義塾大学   |
| 藤井 賢一  | 産業技術総合研究所 | 藤原 譲   |          |
| 細野 公男  |           | 村川 猛彦  | 和歌山大学    |
| 安永 尚志  | 国文学研究資料館  | 山本 毅雄  |          |
| 山本 昭   | 愛知大学      |        |          |

---

---

■複写をされる方に

本誌に掲載された著作物を複写したい方は、(社)日本複写権センターと包括複写許諾契約を締結されている企業の従業員以外は、著作権者から複写権等の行使の委託を受けている次の団体から許諾を受けて下さい。著作物の転載、翻訳のような複写以外の許諾は、直接本会へご連絡ください。

〒107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル 学術著作権協会  
TEL: 03-3475-5618 FAX: 03-3475-5619 E-mail: naka-atsu@muji.biglobe.ne.jp

アメリカ合衆国における複写については、次に連絡してください。

Copyright Clearance Center, Inc. 222 Rosewood Drive, Danvers, MA. 01923, USA  
TEL: 978-750-8400 FAX: 978-750-4744 URL: <http://www.copyright.com/>

情報知識学会誌 Vol.16, No.3 2006年8月8日発行 編集・発行 情報知識学会  
頒布価格 3000円

---

---

情報知識学会 (JSIK: Japan Society of Information and Knowledge)

会長 細野 公男

事務局 〒110-8560 東京都台東区台東 1-5-1 凸版印刷(株)内

TEL: 03(3835)5692 FAX: 03(3837)0368 E-mail: [jsik@nifty.com](mailto:jsik@nifty.com)

URL: <http://www.jsik.jp/>

---

---

# Journal of Japan Society of Information and Knowledge

## Contents

### Special Issue: Information Ethics / Engineering Ethics

#### Preface

Foreword ..... Kimio HOSONO... 1

#### Research Paper

Engineering Ethics and the Information and Knowledge Sciences  
..... Kohji ISHIHARA and Ryoji FUJIMOTO... 4

New Approaches in Engineering Education and Their Relation with Engineering  
Ethics ..... Masashi SHIRABE... 14

Engineering Ethics — Its Historical Perspectives and Future Prospects  
..... Hidekazu KANEMITSU... 24

Study on Heuristic Search in Information Retrieval Using Bayesian Networks  
..... Warangkhana NGENKAEW, 39  
Ouen PINNGERN, Ichiro IIMURA and Shigeru NAKAYAMA... 39

#### Case Study

Integration of Gene Expression Profiles into the Visualized Data Management System  
..... Katsuhiko MINETA,  
Kazuho IKEO, Yuzuru TANAKA and Takashi GOJOBORI... 50

End User Education at UBE Industries, Ltd, — Information Retrieval Adviser  
System and Support of User Education of Electronic Journal for Laboratory  
Members — ..... Kazuhiko OKAMOTO and Masanobu DEGUCHI... 56

#### Review

Toxicity Information and Its QSAR Prediction of Chemical Substances  
..... Kazutoshi TANABE,  
Norihito OHMORI, Shuichiro ONO, Takatoshi MATSUMOTO,  
Umpei NAGASHIMA, Hiroyuki UESAKA and Takahiro SUZUKI... 63

Diction on Volcanological Community ..... Daisuke SHIMOZURU... 85

Origins of Terms — paper — ..... Hisashi HASEGAWA... 87

Origins of Terms — ship(2) — ..... Daizo GOTO... 94

#### Information

Proceedings of General Meeting in 2006 ..... 97

Report on Conference in 2006 ..... Naoki TAKUBO... 104

Monthly JSIK Colloquium ..... Hidehiro ISHIZUKA... 105

Books ..... Shu HIRATA... 106

情報知識学会誌 第16巻3号 2006年8月8日発行

編集兼発行人 情報知識学会 〒110-8560 東京都台東区台東1-5-1 凸版印刷(株)内

TEL: 03(3835)5692 FAX: 03(3837)0368 (振替: 00150-8-706543)

学術刊行物 ISSN 0917-1436