

人工知能から組織知能へ

丹羽 清

1. はじめに

経営（マネジメント）に人工知能（特に、エキスパートシステム）は有効なのか。あるいは、人工知能を役立たせるためには、何が課題で、それをどのような観点で取り扱えばよいのか。これを論ずるのが、本稿の目的である。換言すると、これは、組織知能の実現に向けて、人工知能をいかに活用すべきかを考察することになる。

2. 人工知能と組織知能

人工知能（AI: Artificial Intelligence）とは、人間の知能と類似だと思われる機能の計算機上での実現と言える[1]~[3]。エキスパートシステムとは、人工知能の分野であり[4][5]、次の3つの特徴をもつ計算機システムを言う[6]。

- 専門家の知識（経験的な「思考規則」）で構成される知識ベースを用いて、
- 演えきの推論を行ない、
- 実用性（高度な問題を専門家なみに解く）を狙う。

一方、組織知能とは、組織が総体として持つ問題処理能力であり、これはまた「人間知能と機械（人工）知能の交絡集積体」としても定義されている[7]~[9]。組織知能を、人間知能と機械知能の交絡集積体として捉えると、組織知能の実現のためには、次の2点を考えることが必要であろう。

- ① 人間と機械とを、いかに交絡させるか。筆者は、これを、人間と機械（計算機）とを、いかに協同させるかとの視点で捉えてみたい。
- ② いかに集積させるか。筆者は、これを、広義の「人間—機械システム」を、単に個人が利用するのでは

なく、複数の人たちから成る組織が利用するにはいかにあるべきか、という視点から捉えてみたい。

ところで、筆者らは、広義の人工知能（または、知識ベースシステム）の研究を、ここ10年間ほど、マネジメント分野をその適用対象にとりあげて行なってきた[10]~[17]。その中で、本稿に直接関係するものとして、次の3項目を論じている。

- ④ 近代の知識ベースシステムとして、“Human-Computer Cooperative System”（「人間—機械協同システム」）を提案・開発した[14]、[16]、[17]。
- ⑤ 組織でのマネジメント向上のために、知識伝承システムを提案・開発した[10]~[13]。
- ⑥ 知識ベースシステムの実用化のための1つの鍵として、“Knowledge Transfer”（「知識転移」）を指摘した[15]。

したがって、以下ではこれら④、⑤、⑥をもとに、松田の提唱した「組織知能」を、特に前記の①と②という視点から考察したい。

3. 人間と機械との協同

3.1 マネジメント分野でのエキスパートシステムの限界

(1) ユーザー（マネジャー）の不満と要求

大規模な建設プロジェクトのリスト管理を対象に、筆者等は、エキスパートシステムを作成した。リスク（トラブル）とその原因を知識ベースに蓄積し、ユーザー（プロジェクトマネジャー）が、原因を指定すると予想されるリスクの警報を出力したり、あるいは、不安なリスクを入力すると、それが発生しそうか否かを答えてくれるものである。この2つの機能（前向推論と後向推論に対応）は、プロジェクトマネジャーの考えもれや、見落とし防止に大変有効であった。

しかし、ユーザーは、このシステムに慣れてくると、

にわ きよし (株)日立製作所 基礎研究所

〒185 国分寺市東恋ヶ窪1—280

次のような不満を表明し出した。『だいたい、わかりきった答しか出てこない。知識ベースには、今の問題に関連した知識が(自分が提供して)入っているはずなのに、どうして、つながって出てこないのか。これは専門家(エキスパート)向システムでなく素人向システムだ』

このユーザーに対して、『あらかじめ、断片的でもよいから、知識間の関係(たとえば、If~Then~)をつけて知識ベースに入れておかなければ出力されません』と答えるのが、エキスパートシステム開発者の常である。こうして、多くのユーザー(多くの場合、知識提供者を兼ねている)は、知識の関連づけ作業という重労働を強いられることになる。

しかしながら、マネジメントという悪構造(ill-structured)な領域において、将来使われるかもしれない知識間の関係づけを、あらかじめ予想して行なうことは、実際には、非常にむずかしい作業である。この問題は、基本的には、現在のエキスパートシステムが、演えきの推論(3段論法のつなぎ合せ)を用いることに起因する。すなわちエキスパートシステムからの出力は知識ベース作成時にあらかじめ設定しておいた(断面的な)知識の関係と、それらに推論という機械的操作を加えて得られる知識間の関係以上のものには成り得ないのである。ところがユーザーの要求は「あらかじめ設定しない知識間の関係づけを、換言すれば、知識ベース作成時には予想できない知識の使われ方を、実現すること」である。

さらに現実のプロジェクトマネジメントの現場においては、(特別に優れていなくとも)平均的なプロジェクトマネージャーは、論理的な推論だけでなく、直観を用いて自分の頭の中の知識を利用し、たとえば、上記の要求に対応すること(連想と呼ぶ)も行なっている。(具体例は本稿では割愛して[14][16][17]にゆずる)。これは、他の多くの研究者の指摘[18]~[22]とも一致する。すなわち、素人のユーザーならば、あるいは、論理的な推論しかないエキスパートシステムに満足するかもしれないが、平均的能力を持つユーザーは、これだけでは不満を持つ。そして、たとえば、前述のような論理的な枠を越える要求を出す。教科書に書かれているエキスパートシステムは、専門家の知識を蓄積し、初心者ユーザーがそれを用いる構図が多いが、マネジメント分野では、この構図は多くの場合当てはまらない。(大多数は、初心者でなく平均的(average)マネージャーであり、彼らを対象にシステムを開発することが必要)

(2) ユーザーの要求に対する3通りの立場

前述の要求に対していわゆるAI(人工知能)研究者のとり得る立場として次の3通りが考えられる。第1は、エキスパートシステム(あるいは、知識工学)は、モジュラリティの高い知識表現を使うプログラミングテクニックであり、その価値は、プログラミングの生産性と保守性を向上させることにあるとする立場である。たとえば、プラントやプロセスのコントロールシステムにおいて、普通の方法で書かれていたプログラムを、IF~Then~を使って書き直したら非常に効率が高まったなどの仕事に対応する。この立場では、前述のユーザーの要求など、もともと無理、あるいは的外れということになる。

第2の立場は、エキスパートシステムを成功させるには、悪構造(ill-structured)領域への適用はあきらめて、構造と機能が明確な領域へ適用させるべきというものである。すなわち、対象領域の構造と機能を分析して、モデルを作り、そのモデルを計算機に埋め込めば、あやふやな経験的知識などいわずとも正確な解が出るはずというものである。この立場は、2.で述べたエキスパートシステムの特徴からはずれるので、従来、各学問・技術分野で行なわれてきている方法と区別がつきにくくなるという側面も持つ。電子回路の故障診断に、最も初期の研究[23]がある。また、この立場では、経験的知識を浅い(Shallow)知識、構造・機能を表現するモデルを深い(deep)知識と呼ぶことがある[24]、[25]。

第3の立場は、前述のユーザー要求の実現へ向けて、研究を進めて、悪構造領域で(初心者でない)平均的能力をもつユーザーに使えるシステムを開発しようというものである。筆者は、次のような理由で、この第3の立場をとる。世の中は、脱工業化(post-industrial)、あるいは、情報化(information-intensive)社会に入りつつある。そこでは、各種の教科書に出ているような知識や、いわゆる「科学的知識」やデータの類は、広範囲なコンピュータネットワークと各種のデータベースとによって容易に入手可能である。となると、分野毎の専門家(あるいは担当者)が、その経験を通じて得た「経験的知識」が貴重な資源(competitive resources)になるであろう。したがって、このような経験的知識を取り扱うことのできる知識ベースシステムの開発が、相対的に重要性を増すであろう。

3.2 人間—機械協同システム (Human-Computer Cooperative System)

(1) システムの構成

前節のユーザー要求(あらかじめ、関係づけされていない知識を引き出すこと。「連想」と呼ぶ)を実現する

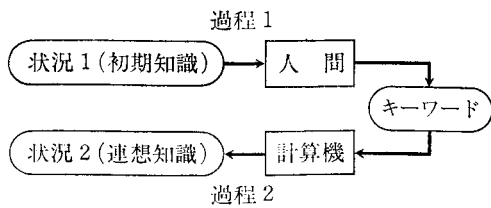


図1 知識の連想過程モデル (文献[16]より)

1つのアプローチとして題記システムを開発した。詳細は、他[14][16][17]にゆずり、本稿では、その基本アイデアを述べる。

ここで扱う連想は、情報検索でのシソーラス/単語間連想辞書(26)、AI分野でのアナロジー(27)では実現できない、連想過程の核心である創造部分は、現在のコンピュータアーキテクチャーでは実現不可能であろう。したがって、この部分は、人間に分担させる。図1に示すように、知識の連想過程(初期知識→連想知識)を2分割し、前半の過程1を人間に、後半の過程2を計算機に分担させる。すなわち、初期知識が与えられた時、人間(ユーザー)は自分の直観能力を用いて、任意の「キーワード」を想起し、計算機に入力する。計算機は、その「キーワード」で、自分の知識ベースとパターンマッチングし、その結果として連想知識を出力する。なお、過程1において、人間に「キーワード」を想起させやすくする誘導機能を計算にもたせる。

開発した人間-機械共同システムは、従来技術の前向推論、後向推論の各機能と、上記の知識連想機能より成る。システムの要素は、次の①~④である。

- ①計算機の知識ベース
- ②計算機の推論機構(前向推論, 後向推論)
- ③人間の直観(連想)能力
- ④計算機にもたせる③の誘導機能

図2に示すように、本システムにおける、人間と計算

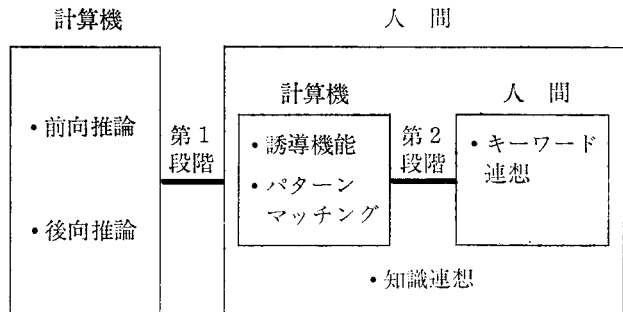


図2 人間と計算機の2段階協同 (文献[17]より)

機の協同は、2段階で行なわれている。

(2) 歴史的 위치づけ

計算機の主要な使われ方の変遷を図3に示す。過去においては、計算機は、計算とデータ処理が主要任務であった。現在は、それらに加えて、エキスパートシステムに代表されるように知識支援が注目されている。将来は、さらに、思考支援がこれらに加わるであろう。この場合単に論理的思考だけでなく直観の支援、および活用が中心課題となろう。

約10年ほど前、人工知能が、「おもちゃ(toy)」の問題でなく、「実際(real world)」の問題解決を必要とした時、「人間の知識」を計算機にとり込むというアイデアのエキスパートシステムが提案された[28]。今日、われわれは情報化社会に突入しつつあり、悪構造(ill-structured)なマネジメント領域の問題解決の重要性が相対的に高まっている。これに対して、「人間の直観」を陽にシステムにとり込むというアイデアの「人間-機械協同システム」は、1つの有力な接近法であろう。

4. 組織(複数のマネジャーたち)による知識ベースシステムの利用

4.1 知識伝承システム

エキスパートシステムは、ある分野の専門家(エキスパート)の経験的知識を知識ベースに蓄積し、それ以下の能力のユーザー(たとえば初心者)が利用することが基本的な枠組みとなっている。たとえば数少ない専門医の知識を知識ベース化し、一般の開業医が利用したり、非常に優れた化学分析や土質分析の専門家の知識を他の多くの分析技術者が利用したり、あるいは、機械やプラント等の診断の熟練者

	過去	現在	将来
使われ方	計算支援	知識支援	思考支援
例	計算機	エキスパートシステム	人間-計算機共同システム
適用	計算 • 物理 • 技術 データ処理 • 会計 • 統計	素人(初心者)のガイド • 診断 • 設計 • モニタリング	平均的担当者との共同 • エンジニアリング • マネジメント • マーケティング

図3 計算機の使われ方の変遷 (文献[17]より)

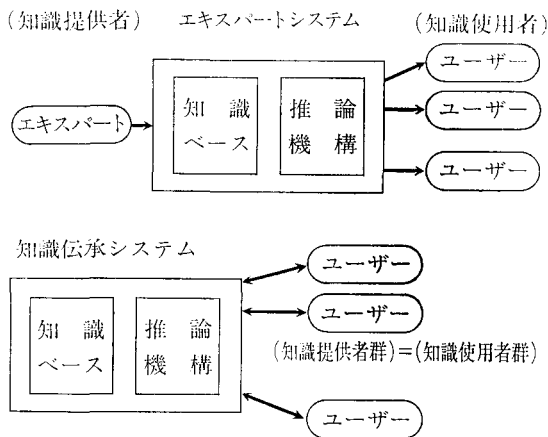


図 4 エキスパートシステムと知識伝承システムのシステム構成

の知識をポータブル計算機の知識ベースに入れ僻地の巡回エンジニア（時として営業マン）に持たせる等では、この枠組みは有効なかもしれない。

しかし、企業や公共事業体等の経営・マネジメントの分野で、この枠組みが使えるかどうかは吟味を要する。この分野では、(i)事実上専門家はいる、(ii)システムのユーザーとなるマネジャーは(初心者でなく)平均的職業人である、(iii)マネジャーにとって、他のマネジャーの経験的知識の利用は有効である、の3点が筆者の観察である。これにもとづき、知識ベースに入れる知識の提供者(群)と、それをを用いる使用者(群)とが同一である「知識伝承システム」を提案・開発(図4参照)した。(なお、前節の「人間-機械共同システム」も、この「知識伝承システム」の骨組みを採用している)

この「知識伝承システム」のシステム構成は、2点において、重要な意味を持つと考えられる。第1は、知識獲得効率の向上である。それは、“give & take” (たとえば、『10件の経験的知識を提供してください。そうすれば、このシステムは、100人の人々を対象としているので、あなたは、他人の990件の経験的知識が利用できます。』)の原則が成り立つからである。第2は、個人の知識が集積されるので、それらの間の関連づけの工夫を行えば、まさしく、「組織知能」の実現への1つの方式と考えられる点である。

ところで、「知識伝承システム」は、日本の企業を観察して考案したものであるが(エキスパートシステムの提唱者ファイゲンバウム教授は、この考え方は筆者等のオリジナルなもの指摘している[29])、これは国際的に適合するだろうか。たとえば、米国では、マネジメン

トの専門家としてMBA(経営学修士)がビジネススクールから供給され、ビジネスのかんりの中枢を占めていることを観ると、あるいは、エキスパートシステムの方が良いのかもしれない。しかし、一方で、米国の産業の生産性を上げるためには、マネジャー達はマネジャーの部屋に閉じこもらず、生産ライン、スタッフ、工場員等、すべての従業員と密接に連絡をとり、それらを統合するコミュニケーター、あるいは、触媒になるべきという指摘[30]も最近なされており、知識伝承システムが有効な状況も考えられる。

この知識伝承システムの国際的適合性の問題を次のような観点で把えるのも興味深いと筆者には思われる。すなわち、日本と米国の両者について各々の組織内の多くの人たちの知識を、他人が有効に用いることのできるように体系化する(これは、知識伝承システムの知識ベースを設計することを意味する)ことで、その知識体系(知識ベース)の構造の差(すなわち、知識の関連づけ、統合化の違い)により、日本的経営と米国的経営の差の一面を表現できるかもしれない。その特長は、いったん計算機上に実現できると、種々の条件の下で実験できる点にあり、今日、人工知能研究の(工学でない)科学的立場が、計算機を用いることで人間の知能の性質を解明しようとしているのとのアナロジーが成り立つ。

4.2 知識転移 (Knowledge Transfer)

今日、多くのエキスパートシステム(あるいは、AIシステム、知識ベースシステム)が開発され、すでに研究段階から実用段階に入りつつあるとも言われている。また、実用化のため、研究室のAI技術をいかに、産業界、あるいは実用システムに転移させるかというTT(Technology Transfer, 技術転移)が多くの場で論じられるようになった[31]~[33]。

しかしながら、エキスパートシステム(あるいは、知識ベースシステム)のユーザーにとっては、その関心事は、システムから問題解決に役に立つ知識が提供されるか否かであり、そのシステムが、どの程度AI技術を含んでいるかではないはずである。(本稿の対象としているマネジメント分野においては、特に、そうであろう。)したがって、筆者は、エキスパートシステム(また、知識伝承システム等、一般に知識ベースシステム)の実用化を狙うには、TTでなくむしろKT(Knowledge Transfer, 知識転移)に注目すべきと考えている。ここで、KTとは、知識提供者からエキスパートシステム(一般に、知識ベースシステム)を通して、ユーザーに到

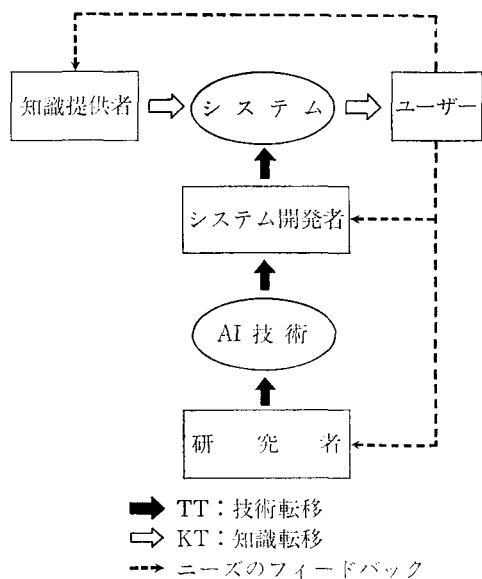


図 5 TT(技術転移)とKT(知識転移)の関係[15]

る知識の流れと定義する。図 5 に、AI 分野における TT と KT との関係を示す。

紙幅の都合上、現在、この KT の重要性にあまり注意が向けられていない理由と、KT 向上に関係するいくつかの開発例は別稿 [15] にゆずる。

5. おわりに

人工知能(特に、エキスパートシステム)を、経営(マネジメント)で有効に用いる場合の課題を、特に、組織知能(人間知能と人工知能の交絡集積体[7]~[9])実現のための課題という視点で明らかにした。それらは、

- (i) 対象は悪構造 (ill-structured) 領域であり、その知識を、従来のエキスパートシステムが使用する推論法で取り扱うには限界がある。
- (ii) システムのユーザーは、従来のエキスパートシステムが想定している初心者ではなく、大多数は平均的職業人である。
- (iii) システムの形態は、

知識提供者群 = システムユーザー群

となろう。以上の (i), (ii), (iii) を考慮に入れて、次世代の知識ベースシステムとして、「人間-機械共同システム」を提案した。さらに、これ(および、一般に知識ベースシステム)を、実際の場で使われるように開発するために、KT (Knowledge Transfer: 知識転移) という側面に注意を払う必要があることを指摘した。

参考文献

- [1] Barr, A. and E. A. Feigenbaum, *The Handbook of Artificial Intelligence*, Vol. 1, William Kaufmann, Los Altos, CA, 1981.
- [2] Barr, A. and E. A. Feigenbaum, *The Handbook of Artificial Intelligence*, Vol. 2, William Kaufmann, Los Altos, CA, 1982.
- [3] Cohen, P. R. and E. A. Feigenbaum, *The Handbook of Artificial Intelligence*, Vol. 3, William Kaufmann, Los Altos, CA, 1982.
- [4] Hayes-Roth, F., D. A. Waterman, and D. B. Lenat (Eds), *Bulling Expert Systems*, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1983.
- [5] Waterman, D. A., *A Guide to Expert Systems*, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1986.
- [6] 丹羽, 「人工知能とエキスパートシステム」
Computer Today, 1986年1月号, pp.23, 1986.
- [7] 松田, 「組織知能の科学と技術——経営情報学の一構想——」, 産業能率大学紀要, Vol.7, No.2, pp.1, 1987.
- [8] Matsuda, T., "Strategic Informatics and Organizational Intelligence," *Sanno College Bulletin*, Vol. 8, No. 1, pp. 1, 1987.
- [9] 松田, 「OR 実施理論と組織知能」, 日本 OR 学会, OR/MS とシステムマネジメント研究部会資料, 12月12日, 1987.
- [10] Niwa, K., M. Okuma, S. Seki, and I. Fujine, "Development of a Risk Alarm System for Big Construction Projects," *Proc. of Project Management Institute Symposium*, pp. 221, 1979.
- [11] Niwa, K., and M. Okuma, "Know-How Transfer Method and its Application to Risk Management for Large Construction Projects," *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. EM-29, No. 4, pp. 146, 1982.
- [12] Niwa, K., and K. Sasaki, "A New Project Management System Approach: The Know-How Based Project Management System," *Project Management Quarterly*, Vol. 14, No. 1, pp. 65, 1983.

- [13] Niwa, K., K. Sasaki, and H. Ihara, "An Experimental Comparison of Knowledge Representation Schemes," *The AI Magazine*, Vol. 5, No. 2, pp. 29, 1984.
- [14] Niwa, K., "Knowledge-Based Human-Computer Cooperative System for Ill-Structured Management Domains," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. SMC-16, No. 3, pp. 335, 1986.
- [15] Niwa, K., "Knowledge Transfer: A Key to Successful Application of Knowledge-Based Systems," *The Knowledge Engineering Review*, Vol. 2, No. 3, Special Issue on Technology Transfer, 1988.
- [16] Niwa, K., "Human-computer Cooperative System: Conceptual Basis, Sample System Evaluation, and R&D Directions," *Proc. of American Society of Mechanical Engineers Manufacturing International*, 1988.
- [17] Niwa, K., *Human-Computer Cooperative System: A Case Study of Knowledge-Based Risk Management for Large Construction Projects*, John Wiley, New York, in press, 1988.
- [18] Morris, W. T., "Intuition and Relevance," *Management Science*, Vol. 14, pp. B157, 1967.
- [19] Klein, G. K., "Automated Aides for the Proficient Decision Maker," *Proc. of IEEE International Conference on Cybernetics and Society*, pp. 301, 1980.
- [20] Dreyfus, S. E. and H. L. Dreyfus, "A Five Stage Model of the Mental Activities Involved in Directed Skill Acquisition," *Report ORC 80-2*, University of California at Berkeley, 1980.
- [21] Dreyfus, H. L., and S. E., Dreyfus, *Mind over Machine*, The Free Press, New York, 1986.
- [22] Silverman, B. G., "Expert Intuition and Ill-Structured Problem Solving," *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. EM-32, No. 1, pp. 29, 1985.
- [23] Davis, R., H. Shrobe, W. Hamscher, K. Wieckert, M. Shirley, and S. Polit, "Diagnosis Based on Structure and Function," *Proc. of American Association for Artificial Intelligence National Conference*, pp. 137, 1982.
- [24] Hart, P. E., "Direction for AI in the eighties," *SIGART*, Vol. 79, pp. 11, 1982. Kahneman, D., P. Slovic, and A. Tversky, Eds., *Judgement Under Uncertainty: Heuristics and Biases*, Cambridge University Press, 1982.
- [25] Michie, D., "High-road and Low-road Programs," *The AI Magazine*, Vol. 3, No. 1, pp. 21, 1982.
- [26] Salton, G., *Automatic Informatic Information Organization and Retrieval*, McGraw-Hill, New York, 1969.
- [27] Carbonell, J. G., "Learning by Analogy: Formulating and Generalizing Plans from Past Experience," in R. S. Michalski, J. G. Carbonell and T. M. Mitchell (Eds), *Machine Learning—An Artificial Intelligence Approach*. Springer-Verlag, Berlin, 1984.
- [28] Feigenbaum, E. A., "The Art of Artificial Intelligence: I. Themes and Case Studies of Knowledge Engineering," *Proc. of Fifth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pp. 1014, 1977.
- [29] Feigenbaum, E. A. and P. McCorduck, *The Fifth Generation*, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1983.
- [30] Whitmore, K. R., "Management for Productivity," *The MIT Report*, Sept., pp. 3, 1987.
- [31] Harris, Larry R., "Experience with INTELLLECT: Artificial Intelligence Technology Transfer," *The AI Magazine*, Vol. 5, No. 2, pp. 43, 1984.
- [32] Kaplan, S. Jerrold, "The Industrialization of Artificial Intelligence: From By-Line to Bottom Line," *The AI Magazine*, Vol. 5, No. 2, pp. 51, 1984.
- [33] British Computer Society (Cambridge University Press), Special Issue on Technology Transfer, *The Knowledge Engineering Review*, Vol. 2, No. 3, 1988.