数理解析研究所講究録
第455巻1982年260-280

多値論理の研究状況について

大阪府立高専　　深山　徹

Rescher[36]やWolf[37]の文献調査からも分かるように，1920年代より再出発した多値論理の研究はすべての成果を把握することが困難になるほど多くの成果を挙げてきており、哲学，論理学だけでなく数学，電子工学，情報工学等の各分野から研究されており学際的傾向をもちはじめている。またPostやŁukasiewiczがはじめた頃の多値論理の概念を拡げる傾向もみられる。しかし一方においてはアリストテレス以来の長い論理学の歴史において2値論理が主に扱われてきたように、我々の日常の論理としては2値論理が用いられているという漠然とした考えがあり、多値論理の研究の意義に対する疑問も根強く、多値論理の研究に影響を及ぼしている。これらの点からみた多値論理の研究状況を報告する。

尚、2節以降では昭和56年6月に実施した多値論理の研究状況に関するアンケート調査結果も参考にしている。

§1. 「2値の原理」からみた多値論理研究

Frege[1]は古典2値言明算を再発見して論理の構造を具体的に分析した。それに続くWhitehead, Russell等は[2]に象徴される数学の論理学化を通して我々の思考の一部(理性)の批判、分析を試みたが必らずしも成功しなかった。それに前後してPost[3]とならんで多値論理を研究し再認識させたŁukasiewiczは[5]において様相言明と3値論理との関係の考察に続いて次のように述べている。

「いかなる命題(断定)も真か偽かのいずれかである。」という根本原則を「2値の原理」(2分節法)と呼ぶとき，この原理は我々の思考の最も深遠な基底をなすが，それはまた古代から激しく論議されてきたところのものである。アリストテレスは、この原理を認めていたが未来の偶然的な出来事にかかわるような言明については異論を唱えた。エピクロス学派の人々は、この2値の原理を明瞭に否定した。かくして2値の原理はストア派においてはじめて完全に先鋭な形で登場する。…… しかしながら論理学のこの基本的な原理は全く自明であるとは思えない。

上記の引用においても推察されるように，多値論理を研究する際の基本的な視点の1つとして，「我々の思考もしくは認識は2値の原理に基づいてのみ行なわれているのか。」(以下

視点Aと呼ぶ）がある。視点Aが否定的であれば「我々の思考もしくは認識のどのような部分が多値論理的であるのか。」「多値論理的な部分の我々の思考もしくは認識は，どのような問題を解決できるのか。」というような視点が成立することになり，多値論理に関する研究も一層活発になる。又，視点Aが肯定的であれば論理の研究は最終的には2値の原理に基づく2値述語論理の中に還元され，多値論理における研究目的や研究対象の選択は技術的な実用性または便宜性の中において行なわれることになる。

形式的な2値述語論理の完全性[14]や2値述語論理に基づく無矛盾で算術の展開が可能な形式的体系における決定不可能命題の存在を示す不完全性定理[15]についてのGödelの結果をどのように考えるかにもよるが，この基本的な視点Aに対する具体的で決定的な解決方法は現在のところない。その理由としては次のようなものがある。我々の思考もしくは認識（以下思考と呼ぶ）を研究対象とするとき，その対象を研究しているときの我々の思考はメタ言語としての思考（以下メタ言語と呼ぶ）である。我々は既にその区別が必要であることを知り，できるだけ区別できるような形式的表現を採用している。しかし，それらの対象としての形式的表現やメタ言語としての形式的表現がどの程度まで我々の自然発生的な思考

を表現しているかを説明し具体的に測定することは困難である。ここに2値の原理からみた多値論理の研究において少くとも2つの研究方向が生じることになる。つまり，我々の思考をどの程度表現しているかについては論及せずに形式的体系としての多値論理の構造を研究する方向と我々の思考を表現する体系としての多値論理の構造を研究する方向である。いずれの方向にしても最終的には我々の自然発生的な思考や認識に基づいて研究がなされていることには違いないが，将来において視点Aがどのように解決されていくか興味深い。

以下において視点Aから19世紀後半以降に得られた2値論理に関するよく知られた成果を抽出し対比させることによって多値論理の研究を概観する。

石本[6]が述べるようにBoole[7]やDe Morgan[8]が論理学による哲学の基礎づけ（もしくは数学による論理学や哲学の基礎づけ）といった意図からでなく，単に命題論理の代数化といった意図から行った研究がある。特にBooleについては発表当初その成果はすぐには注目されなかったが一部の修正と改善がなされた現在のブール代数は論理学や数学だけでなく回路設計や神経回路の分析にまでその成果は影響を及ぼしている。末木，西脇[9]によるとBooleは既にSyntax と

Semantics を明瞭に区別し，記号系列の妥当性はその Syntax のみで決定されるべきであると考えていた。まず Syntax が存在し，それに対する解釈は整合的である限りどのようなものであってもよい，という考えは彼の記号に対する態度が極めて形式主義の立場に近いことを示している。Kotarbinski[10] も彼の研究に対して，我々の思考と2値論理の関係を分析したのではなく，またメタ言語としての数学を分析する意図があったわけでもない。むしろ，2値論理を記号的に表現することによって研究対象を明確化したことに意義があり，後に2値論理の分析や電気回路理論等への応用を可能にする糸口となったが彼がそのような応用の可能性までを予想していなかった，という趣旨を述べている。誤解を恐れずにこの方法の一面を表現するならば，思想的意図を持たない形式的表現であるだけにその形式的体系は分析しやすく応用しやすい。しかしその反面において，研究成果が発表された時点では，理論の正しさによって主に評価され，研究主題の重要性に関する評価がされにくいので研究環境からの研究主題の理解に基づく援助や，他の研究者をそのテーマに誘因することにより研究を促進するということは，すぐには期待できない。

多値論理の研究においても　Boole 等の研究方向と同じような傾向がみられる。Post は少くともその論文においては多値

論理を哲学的見地からでなく（我々の思考の一部としての可能性を吟味することなく）純粋な形式的体系として表現し研究したことは，Łukasiewiczが[5]で述べている。又，2値論理の形式的拡張の体系としての研究や，物理的現象の解明のために多値論理の体系で表現する研究もある。我々の思考の分析に伴う困難を回避しているだけに形式的体系の研究内容も明確であり，個々の具体的成果も著しい。現在の数学や工学における大部分の多値論理研究者は，（我々の思考の分析を意識している場合においても）成果としての論文の表現においては，この方向を採っている。この立場からの成果は非常に多いので次の論文を挙げて他は省略する。高橋[12],[13]は有限多値論理および連続論理を一般的に表現できる形式的体系を作り，多値論理の形式的研究の基礎を作った。尚，この方向の研究が視点Aへの解決の糸口となる可能性もここで述べておく。

Fregeから初り，Whitehead, Russell等が行った数学の論理学による基礎づけという意図を持つ研究がある。彼らは我々の思考を分析する手がかりとして数学を選び，数学を基礎づけることを試みた。数学の整合性を問題とするとき，その研究基盤として確実なメタ言語を必要とした。メタ言語の吟味

の後，彼らは形式的な2値述語論理の一種を構成し，その上に数学を構築することを企だてた。形式的な2値述語論理の採用の妥当性は，Russellの時点では無理のない自然な採用と考えられた。それはGödelの完全性定理[14]からすると妥当なものであったが，不完全性定理[15]によって，Hilbert，Bernays[16]等も試みた整合性の証明という企図を含む数学の基礎づけを達成する程には強力な体系でないことが後になって判明した。しかし，彼らの企ては失敗したが，理性の分析という彼らの意図は主題の重要性という意味からも興味を持たれ，また技術的な多くの成果を残した。尚，Gödelの不完全性定理の発表以後，数学の整合性に対する研究は急速に少なくなるとともに，論理学の研究動向にも影響を及ぼした。

多値論理においてもRussell等の行った理性の分析という意図ほどではないが視点Aを考慮した研究傾向がみられる。

Goddard，Routley[17]は多値論理が哲学的問題を扱うときに強力であるという明確な証拠を挙げた。

メタ言語として多値論理を必要とする立場からの研究としては，確率の論理学的研究[18]を行ったReichenbach[19]は量子力学について（真，偽，不確定の値をもつ）3値論理を必要とすることを示した。なお杉原[20]によると量子力学の命題論理学を量子論理学と呼び，不確定性原理およびそれに関連

して物理量を表わす演算子の非交換性をもつ（これは論理学の立場から見て著しく目立つ特色である）量子論理学は，Birkhoff, Neumann [21] によってヒルベルト空間の部分空間の集合に対応させ正可補モデュラー束として規定された。

Skolem [22] や Chang [23] は集合論に生じるある種の矛盾はメタ言語として（無限）多値論理を普通の2値論理に代って用いるとすると避けうるかも知れないという考えを持ち，その可能性を追求した。

尚，我々の自然発生的な思考もしくは認識は2値述語論理に近いと考え，2値述語論理以外の論理体系は最終的には2値述語論理に還元可能であると考える立場も存在する。例えば本橋 [24] は，ある条件の下で多値論理において成立するいくつかの定理（補間定理）を2値述語論理の定理に還元することを研究した。

Łukasiewicz を中心とするポーランド学派も主に哲学的見地からの多値論理を研究している。彼らの関心は主に哲学にあり数学や工学にはないのであるが論理の数理的側面を充分に意識して多くの成果を挙げている。しかしながらポーランド学派においては，Russell 等が行ったようにメタ言語として多値論理を採用し，その上に数学を構成するというような企ては現在のところない。その1つの理由としては，石本が

Lejewski [25] を参考にして述べるように，ポーランド学派のもう一人の指導者であるLesniewskiにはHilbertが強調した公理系の無矛盾性は特に証明する必要のないことであった。つまり証明の一歩一歩のステップが直観的に充分明らかであるならば矛盾に陥るということはあり得ないと考えるからである。しかし，Lesniewskiのこの考え方は専門家の賛同を必らずしも得ていない。

Kotarbinskiによれば直観主義の創始者Brouwer [26] はPostやLukasiewiczに続いて1925年に真または偽のほかに他の価値をもつ命題を命題計算の中に導入したが，同じく直観主派学派を代表するHeyting [27] は1930年に真と偽のほかに第3の論理的価値をもつある命題を考慮に入れる多値論理学は誤りであるとして彼の考える体系を示した。Heytingの体系の特性モデルの数は無限であり，その意味では無限多値論理と考えられないこともないが様相論理的な解釈も可能である。一般には，擬ブール代数またはkripke [28] によるモデルが解釈に利用されている。

構成的数学の考え方についてのBrouwerほどの影響力は全然ないが，Woodruff [32] は構成的多値論理の考え方に対する詳しい説明と同時に，多値論理のSyntaxとSemanticsの構成と表現に新しい基準を導入することを研究した。

最後に最近の新しい研究テーマとしてZadeh[29]によって提唱された[0,1]内の真理値をとる連続論理の一種であるfuzzy論理および命題の真理値として[0,1]上のfuzzy setを値としてとる拡張されたfuzzy論理が，人間の思考過程の表現をも意識して研究されている。

またパターン認識と無限多値論理の関係がWang[30]や中村[31]等によって研究されている。

以上において「我々の思考もしくは認識は2値の原理に基づいてのみ行なわれているのか。」という基本的視点Aについて19世紀以降におこなわれた2値論理に関するよく知られた研究と対比しながら，多値論理の研究に対する代表的な考え方を2つの方向に分けて概観した。引用した文献以外にも各分野において多くの研究者による成果があるのでRescherやWolfによる文献調査を参考にして参照されたい。

以上をまとめてみると19世紀後半以降の論理の研究には哲学的方面からの研究と自然科学的方面からの研究があり，各々の分野独自の目的や研究方法が採用されるうちに互いに影響を及ぼしあって論理全体の研究が進められており，多値論理についてもその傾向がみられた。また基本的視点Aへの関心の程度は多様であり，多値論理を研究対象としてその構造

を研究する段階であって，多値論理の体系を応用する研究は1950年代には極くわずかであり1960年代以降から徐々に盛んになってきており非常に期待されている。しかし多値論理をメタ言語として使用する研究はまだ多いとは言えない。我々の自然発生的な思考や認識と多値論理の関係はこれからの研究に待たなければならない。

尚この節の最後にRine[33]が述べるようにコンピューターサイエンスの方面からの多値論理の研究と応用が活発になされてきていることを簡単に紹介する。そのハードウェアに関する研究方向としてはLSI技術の進展とも関係して，回路設計に多値論理を応用するもの，従来からある2進2値の電子計算機の部分的設計に多値論理の性質を利用するもの，そして原理的に多値論理を利用した多進多値の電子計算機の実現を目的にしたもの等がある。日本でも長谷川[34]等を中心にしてこれらの方向の研究がなされている。またソフトウェアにおいて多値論理を用いたプログラムの作成研究も考えられるが，どのような性質のデーター処理をさせるか未解決の部分も多くその有効性に期待されている。後藤[35]等は従来の2進2値電子計算機を利用して多値論理の性質を調べている。

これらの研究が多値論理や視点Aに及ぼす影響に期待する。

§2. 多値論理の範囲の拡大

前節で概観したように多値論理について色々な研究がなされ多くの成果を挙げている。それらの成果の中には多値論理の体系を自然な形で拡張しているものも含まれる。その結果各研究者の多値論理に対する考え方も変化しはじめており，必らずしも一致していない。これは研究の進展により論理体系の間の関係が明確になってきたことにも原因があり，活力のある研究領域においてみられる傾向である反面，概念が確定していないとも言える。例えば Post や Łukasiewicz の体系が多値論理であることは明らかだが非古典論理のすべてが多値論理であるとは言えない。どのような条件を満たすとき多値論理の体系と呼ぶのかという問題が生じる。簡単のために真理値の集合 𝔙 についての拡張の例を挙げる。Post や Łukasiewicz は 𝔙 として自然数の（部分）集合あるいは，〔0，1〕の部分集合を考え真理値として，それらの要素としての数を採用した。現在では〔0，1〕全体を 𝔙 とする体系がある。又．Rasiowa〔38〕が 1975年の ISMVL で発表した体系は，𝔙 が pseudo boolean algebla であり真理値は数とは限らない。高橋の自然な有限多値論理の拡張である連続論理は 𝔙 が compact Hausdorff 空間で位相が入っている。又．拡張された fuzzy 論理の真理値は fuzzy set である。このように多値論理の一

種として扱われる体系の範囲は拡大している。尚，Mathematical Reviewsの1980年の分類ではfuzzy論理は多値論理の隣接項目として独立した項目であるが，1975年のISMVLは招待論文としてfuzzy論理を選んでいる。Boolean valued logicが多値論理の範囲に入るのかも興味深い。又，多値論理の範囲が必要になるときとして文献調査がある。

§3. 学際性

多値論理が哲学，論理学だけでなく数学，電子工学，情報工学等の各方面から研究され学際的傾向を持ちはじめている。

各分野の研究者はそれぞれの研究目的や研究方法をもって研究し，結果として多値論理の研究を活発にしている場合も多い。各分野の研究者の交流の機会としては国際多値論理シンポジウム(ISMVL)等があり，我国でも多値論理研究会が発足しその活動が期待されている。しかし現状では各分野の研究成果は，それぞれの分野の学術誌に投稿され他の分野の研究者の目に触れないことも多い。又，多値論理全体の研究状況が把握されにくい。研究会やシンポジウムに期待される一方において新しい方策も望まれている。

参考文献

1. Frege, G; Begriffsschrift, eine der arithmetischen nachgebildete formelsprache des reinen denkens, (Halle, 1879). 日本語訳は[6]に収録
2. Whitehead, A.N. & Russell, B.; Principia Mathematica, (3 vols. Cambridge, 1910-1913).
3. Post, E.L.; Introduction to a general theory of elementary propositions, Amer. J. Math., 43 (1921), 163-185.
4. Łukasiewicz, J.; O logice trójwartościowej, Ruch Filozoficzny (Lwów), 5 (1920), 169-171.
5. Łukasiewicz, J.; Philosophische Bemerkungen zu Mehrwertigen Systemen des Aussagenkalüls, Comptes Rendus des Séance de la Société des Sciences et des Lettres de Varsovie, 23 (1930), 51-77. 日本語訳は[6]に収録
6. 石本 新; 論理思想の革命, 東海大学出版会, 1972.
7. Boole, G.; The Mathematical Analysis of Logic, (Cambridge, 1847). 日本語訳は[9]に収録
8. De Morgan, A.; Formal Logic: or The Calculus of Inference, Necessary and Probable, (London, 1847).
9. 末木剛博, 西脇与作; G. ブール 論理の数学的分析, (公論社, 1977).
10. Kotarbinski, T.; Leçons sur l'histoire de la logique,

(Warszawa, 1968). 日本語訳は〔11〕に収録

11. 松山厚三; T. コタルビニスキー 論理学史, (合同出版, 1971).

12. 高橋元男; Many-valued logics of extended Gentzen style I, Sci. Rep. Tokyo Kyoiku Daigaku, Sect. A, 9 (1968), 271-292.

13. 高橋元男; Many-valued logics of exetended Gentzen style II, J. Symbolic Logic, 35 (1970), 493-528.

14. Gödel, K.; Die Vollständingkeit der Axiome des logischen Funktionenkalküls, Monatsh. Math. Phys. 37 (1930), 349-360.

15. Gödel, K.; Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und ver-wandter Systeme I, ibid., 38 (1931), 173-198.

16. Hilbert, D. & Bernays, P.; Grundlagen der Mathematik, (2 vols., Berlin, 1934-1939).

17. Goddard, L. & Routley, R.; The Logic of Significance and Context, (New York, 1973).

18. Reichenbach, H.; Wahrscheinlichkeitslehre: eine Untersuchung über die logischen und mathematischen Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung, (Leyden, 1935).

19. Reichenbach, H.; Philosophic Foundations of Quantum Mechanics, (Berkeley & Los Angeles, 1944).

20. 杉原丈夫; 非古典論理学, (槙書店, 1975).

21. Birkhoff, G. & Neumann, J.V.; The Logic of Quantum Mechanics, Annals of Mathematics, 37(1936), 823-843.

22. Skolem, Th.; Bemerkungen zum Komprehensions axiom, Z. für Math. Logik und Grundlagen der Math., 3(1957), 1-17.

23. Chang, C.C.; The axiom of comprehension in infinite valued logic, Math. Scand. 13(1963), 9-30.

24. 本橋信義; Some Investigations on Many Valued Logics, Proc. Japan Acad., 48(1972), 59-61.

25. Lejewski, C.; Zu Lesniewskis Ontologie, Ratio, 1, 1958.
日本語訳は[6]に収録

26. Brouwer, L.E.J.; Intutionistische Zerlegung mathematischer Grundbegriffe, Jahresbericht der deutschen Mathematiker-Vereiningung, 33(1925).

27. Heyting, A.; Die formalen Regeln der intuitionistischen Logik,, Die formalen Regeln der intuitionistischen Mathematik II-III,,, Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften, Physikalisch-Mathematische Klass (1930), 42-56, 57-71, 158-169.

28. Kripke, S.A.; Semantical analysis of intuitionistic logic I, Formal system and recursive functions (ed. by J.N. Crossley and M.A. Dummett, Amsterdam, 1965), 92-130.

29. Zadeh, L.A.; Fuzzy sets, Inform. Control, 8(1965), 338-353.

30. Wang, H.; Proving theorems by pattern recognition II, Bell System Tech. J., 40(1961), 1-41.

31. 中村 昭; ある無限多値論理とパターンの特徴づけについて, 数理科学講究録, 140 (1972), 29-49.

32. Woodruff, P. W.; Foundations of Three-valued Logic, University of Pittsburgh, 1969.

33. Rine, D. C. (ed.); Computer Science and Multiple-valued Logic — Theory and Applications, Amsterdam, 1977.

34. 長谷川利治; 多値論理回路について, 数理解析研究所講究録, 81 (1970), 263-289.

35. 後藤以紀; 多値論理の演算法則と公理との関係について, 日本数学会基礎論分科会, 1971.

36. Rescher, N.; Many-valued logic, (New York, 1969).

37. Wolf, R.G.; A survey of Many-valued Logic (1966-1974), Modern Uses of Multiple-valued Logic (ed. by J.M. Dunn & G. Epstein, Boston, 1977), 167-323

38. Rasiowa, H.; Many-Valued Algorithmic Logic as a Tool to Investigate Programs, ibid., 79-102

(参考資料1)

調査結果 (S.56.10.31現在)

・実施の方法，主旨は最終ページの末尾です。

対象者数 60名　回答者数 43名 (72%)

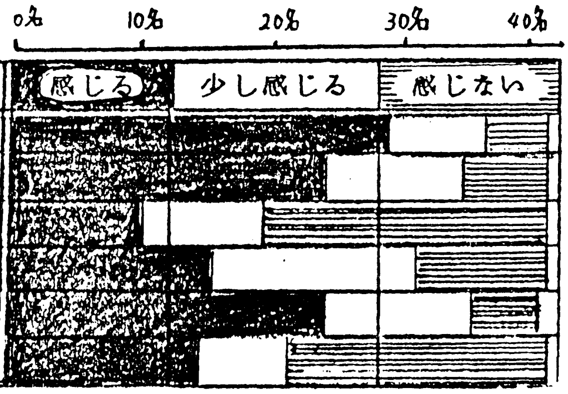
A　専門領域又は興味を持っておられる領域を記入して下さい。

数学 23名，工学(電子・情報 etc.) 18名，その他(宇宙物理・科学教育) 2名。

B1　次の各場合において、情報量の増大傾向を感じておられますか。

該当欄に○を記入して下さい。

		場合
◎	1	学会において
○	2	図書室において
	3	職場の教育内容からみて
	4	同僚との会話から
○	5	自分の研究中に
	6	一般のマスコミを通して



B2　情報量の増大傾向を感じておられる場合、次の事項の中から比較的同意見のものを選んで番号を○で囲んで下さい。　○印の個数は自由です。

(注4.) 以下の百分比は回答総数43名に対する比です。

・原因について

34名(79%) 1 研究が専門化し、研究者が増えたから、
13名(30%) 2 研究が盛んだから、
14名(33%) 3 業績発表の機会が増えたから、
8名(19%) 4 研究制度、又はその組織・運営から、
8名(19%) 5 現代の風潮だから、
2名(5%) 6 その他　(通信・印刷技術の発達，・情報に価値を認められだしたため etc.　.)、

2. 影響について

25名(58%) 1 情報の評価が困難になる、
16名(37%) 2 情報の収集が困難となり、本来の研究に専念できなくなる、
7名(16%) 3 業績発表の機会が増える、
6名(14%) 4 特別な影響はない、
6名(14%) 5 その他　(・充分な内容をもたない論文も増える．・良質な論文の印刷公表が遅れる．)
・一通りは読んでからでないと内容を判断できないので困る．
・あまり論文を読まないので いくら情報があっても無に等しい　・良質の論文は増えていない．
・どのような情報ネットワークに属しているかが研究に重要な影響を与える．

（参考資料2）

• 個人的な対策について

23名(53%) ① 主に読む雑誌をきめている、

13名(30%) 2 Math. Reviews等の抄録誌を利用している、

21名(49%) ③ 研究の必要上、その都度、文献調査をしている、

7名(16%) 4 研究の必要上、継続的に文献調査し、ファイルしている、

20名(47%) ⑤ 主要論文のReferencesを利用している、

2名(5%) 6 国・企業等の情報検索サービスを利用している、

6名(14%) 7 個人的には特別な対策はとっていない、

3名(7%) 8 その他（・自分にとって重要な文献を識別する能力を養う。
・研究テーマを本当に興味のあるものにしぼれば必要な論文も比較的少なくなる etc.）

• その他の対策について御意見又はアイデアを記入して下さい。

（記入数9名）
・口コミ，耳学問を利用する（なるべく会合に出て多くの人と知り合う）。
・暇な時に文献カードを作り整理しておく。 ・手に入りにくい論文は直接手紙で著者に依頼する。
・定評ある書物の精読と目的意識をもった再読をする。 ・独創性を大切にし他人を気にしない。
・関連する学会や団体で文献をファイルして欲しい。 etc.

• 文献調査について

24名(56%) ① 重要だと思う、

18名(42%) ② 研究上必要だと思うので個人でも行う必要を感じる、

9名(21%) ③ 研究上必要だと思うが二次的なものであり、他の個人や団体による出版物等を利用すればよい、

2名(5%) 4 必要を感じない、

1名(2%) 5 その他（・大切だと思うが個人では実行できないし業績には直接むすびつかない。
・計算機による検索システムが安価に普及すればよいが現在は高価である。 etc.）

• 論文の評価とその取捨選択について

20名(47%) ① 評価の基準があいまいだから、可能なかぎり収集採用し選択は個人にまかせればよい、

9名(21%) 2 全ての論文を読むことは不可能だから、一定の基準を設ける、

11名(26%) ③ 主観的要素が含まれても仕方がない、

6名(14%) 4 主観的にならないように、第一人者等の意見を参考にする、

14名(33%) ⑤ 評価は歴史的に決まってくるから、現時点では試行錯誤しかない、

3名(7%) 6 その他（・自分を信じるしかない。 ・実行しているうちに考えも固ってくる。
・評価を公表すればよい。 etc.）、

B3 その他感じておられることを自由に記入して下さい。

（記入数11名）
・良質の情報はそれほど増えていないはずだが具体的な識別方法はこれからの現実問題となる。
・個人にとっても研究方法で効率化できる部分はあるはずである。
・情報源によって研究が無意識的に影響をうけるので情報源も検討してみる必要がある。

(参考資料3)

C1　数学基礎論に興味をお持ちですか。 ○で囲んで下さい。

ある。	少しある。	ない。
21名	14名	8名
(49%)	(33%)	(19%)

C2　数学基礎論の研究方法、研究内容等について御意見を記入して下さい。

(記入数14名)

- 「生の数学を言語，論理というフィルターを通して眺めたときに どのように見えるかを研究する」 そのための手段として「論理」を研究する必要がある.
- 証明論に関しては「本当に興味を持てる問題は難しいものしか残っていない」といった困難な状況にあると思う.
- 現在は Generalized recursion theory 又は infinitary な many-valued logic が重要と思う.
- 算数教育にも基礎論を生かしてみたい.
- 既にとかれたテーマと そうでないテーマとが 漠然としていて 具体的には分からない.
- 他分野との交流が深まっているが これを一層進める事が重要.
- もっと応用面も考え 研究者の絶対数を増やせば 内容も一層豊富になると思う.
- 一部に固まった人たちの間の個人的な手書きですんでしまっている場合もある.
- 各大学に基礎論の講義が開講されるような状況になれば 多くの意味で基礎論にも影響があると思う.
- 基礎論を利用する立場なので 必要に応じて著名な文献を参考にしている.
- 情報理論や プログラムの理論などの関係からしか 知らないので 具体的には コメントできません.

etc.

C3　多値論理について興味をお持ちですか。 ○で囲んで下さい。

ある。	少しある。	ない。
25名	6名	12名
(58%)	(14%)	(28%)

C4　現在、多値論理が研究されていると思う分野を記入して下さい。

コンピューター関係	電子工学・システム工学	数学	医学	哲学
17名	9名	9名	1名	3名
(40%)	(21%)	(21%)	(2%)	(7%)

C5　多値論理の研究方法、研究内容等について御意見を記入して下さい。

(記入数19名)

- 多値論理の範囲は、現在 規定されているのですか（Boolean valued, fuzzy logic を含む?）.
- 3ポート論理も多値論理と考えている.　・fuzzy logic の一部(すべて?)は広い意味の多値論理と思う.
- 3値論理までなら意味は分かるが n値やそれ以上のものには、目標，目的，意味があるのですか.
- 数学がその中で展開されていない(?)論理にどんな意味があるのですか. 結局は2値論理でよいのではないか.
- 人間の考え方と どれだけ一致しているかということが かなり大切だと思いますが, どの程度一致しているかをどのように具体的に測るかが 難しいのではないかと思います（これは fuzzy logic でも同じ）
- 応用に意味のありそうな場合を研究していた.　・意味は実行後にでてくることも多い.
- 応用分野における研究の不足を感じている.
- 集積回路，コンピューター・サイエンス等の立場からの研究が日本国内では不足していると考えられる.
- ここ数年来. 多値論理を計算機構成へ応用することが現実的になってきており. その研究が増えている
- ハードウェアによる実現に興味を持っている.　・システム工学にも応用できると思う.
- 多値スウィッチング、多値論理回路設計、多値フォールト・ダイアグノシス、多値情報伝送 フェイル・セイフ、パターン認識 etc. の応用がある.
- 多値 多しきい論理回路の構成法と 具体的な電子回路の実現を行っている.
- LSI技術を背景とする多値デジタルデバイスの具体的実現を目的に研究している.　etc.

(参考資料4)

C6　多値論理に関する論文で興味のある論文名を記入して下さい。
(記入数17名)

・Łukasiewiczの論文	・T.T. Dao, E.J. McCluskey and L.K. Russellの論文
・高橋元男の論文	・C.Y. Lee and W.H. Chenの論文
・山本喜則の論文	・A. Druzeta; Z.G. Vranesic and A.S. Sedraの論文 etc.

C7　多値論理に関して比較的利用している雑誌名を記入して下さい。
(記入数21名)

・J. Sym. Logic	・ISMVL Proceeding
・Notre Dame J. Formal Logic	・IEEE Trans. -Comput.
	・信学会 論文誌(D)　etc.

C8　多値論理に関する論文を捜す場合、取っておられる方法を記入して下さい。
(記入数17名)　一枚目 B2 の (iii), (iv)の他に

・知っている論文のreferenceを次々にさかのぼる	・科学技術文献速報 電気工学系編を利用
・大学 又は 国会図書館をさがす	(キーワード) 3値論理，多値論理
・C7の雑誌を利用	しきい値論理

C9　多値論理に関する論文で現在所有している論文を出来るだけ多く記入して

下さい。　余白の足りない場合は裏面も利用して下さい。

(記入数18名)　省　略

・個人で系統的にファイルしておられる方もおられます。

この調査は以下の大学・短大・高専・高校の43名の方々の協力によるものです。(S.56.10.31 現在)

岩手大　東北大　筑波大　埼玉大　東工大　防衛大　都立大　早稲田大　明治大
法政大　日大　東洋大　都立東大和高　新潟大　豊橋技科大　名古屋大
京都大　大阪大　関西大　大阪電気通信大　大阪キリスト教短大　大阪府立高専
徳島大　岡山理科大　広島大　九大　大分大　熊本大　琉球大

調査実施者；深山 徹

(注1) 記名式調査法です．アンケート用紙発送は昭和56年6月です。

(注2) ◎,○は各項において記入数の多いものです。

(注3) 記入項目の文は回答の要旨です。

(注5) この調査は日本における多値論理の研究実態を知ることを目的として

・多値論理に対する考え方
・研究情報の入手方法の考え方　等

について多値論理の研究者および多値論理の周辺分野の研究者を対象として調査したもので，信頼のおける回答を得るために調査方法は記名式にしました。