

技術文化論叢

第 11 号 (2008 年)

東京工業大学技術構造分析講座

『技術文化論叢』第11号(2008年)

目次

研究ノート

- 原爆爆発時, 広島・長崎上空での米国物理学者の行動と
地上で被爆した人の行動 福井崇時 1
- クーンの科学観の再検討のために: その予備的考察 古谷紳太郎 31

寄稿文

- 実践的工学研究方法試論
～ 超音波工学の研究に携わって40年 ～ 上羽貞行 51

資料紹介

- 負の数への挑戦: ダランベール『百科全書』を読む
湯浅友絵・中根美知代 59

2007年度 博士・修士論文梗概

<博士論文梗概>

- 戦後日本における計量標準の設定・維持・供給の歴史 詫間直樹 69

<修士論文梗概>

- 科学技術行政協議会(STAC)の史的分析 高揚 88
- 時制論理の研究 ～命題の時制と決定論を巡って～ 大橋正則 98
- 概念と対象の一般理論としての論理的存在論の研究 小山田圭一 105
- Ockhamの代示理論を反映した量化理論の研究 田中智 110

研究ノート

原爆爆発時、広島・長崎上空での米国物理学者の行動と 地上で被爆した人の行動

福井 崇時*

1. はじめに
 2. ロス・アラモスへ行く前のアルヴァレの行動
 - 2.1. レーダー開発
 - 2.2. フェルミとの共同作業
 3. ロス・アラモス研究所でのアルヴァレの行動
 - 3.1. 原爆起爆装置の発明
 - 3.2. 原爆爆発エネルギーの測定
 - 3.3. パノフスキーが作った装置
 - 3.4. トリニティ・サイト原爆爆発テスト
 4. 広島へ原爆投下
 - 4.1. テニアン島での準備
 - 4.2. 広島上空、爆発衝撃波圧力測定
 - 4.3. 広島からの帰路、息子ウォルター (Walter) に書いた手紙
 - 4.4. 広島から帰還後
 5. 広島での被爆体験者の記録
 - 5.1. パラシュートで落下する筒を見た人
 - 5.2. 8月20日頃の夜の広島
 6. 長崎に原爆投下
 - 6.1. 爆発衝撃波圧力測定
 - 6.2. アルヴァレ達の嵯峨根遼吉への手紙
 - 6.3. 永井隆博士の救護活動報告書
 7. 関連する幾つかの話
 - 7.1. マンハッタン計画に参加した人、しなかった人
 - 7.2. 原爆使用に対する科学者の対応
 - 7.3. ドラマ夢千代日記
 8. 謝辞
- 註
Abstract

1. はじめに

KEK (高エネルギー物理学研究所, 現在は高エネルギー加速器研究機構) フォトン・ファクトリー一部所属の桂共太郎から1984年5月24日付けの手紙が来

* 名古屋大学名誉教授 名古屋大学大学院理学研究科物理学教室

た。

1984 年 5 月 14 日から ICFA (International Committee for Future Accelerators, 次代加速器国際委員会) のセミナーがあり, 会を運営された人達を労おうと, 三浦靖子らの発案で 5 月 18 日手作り料理でもてなした。その席には, テレグディ (V. L. Telegdi), スミス (Llewelen-Smith), パノフスキー (W. Panofsky), マルヴェイ (J. H. Mulvey), 久寿米木朝雄, 尾崎敏, 山口嘉夫らが集まった。その席で旧い話が色々出た折, 桂が, 原爆と同時に落とした爆発衝撃波圧力測定の筒の中に入れられた嵯峨根遼吉への手紙の話を出した。(このことは以前, 福井が桂に伝えていた原爆関係の話題の一つ)。パノフスキーが「私も測定装置製作に加わっていた。若い時だったので, 命じられた通りに作っただけで, その目的は知る由もなかった。後にその手紙のことは新聞にも出たことがある」と言い, 紙片に絵を書き説明した。テレグディもパノフスキーも, アルヴァレ (Luis W. Alvarez) に手紙を出せば詳しいことが分ると言っていたと桂は書き, パノフスキーが描いた絵のコピーを同封してあった。

桂はアルヴァレを直接には知らないのので, 手紙を書くのを躊躇して 1 年が経った。桂がハワイ大学に留学した折りの指導教授ピーターソン (V. PETERSON) が, 京都でのレプトン・光子国際会議 (Lepton-Photon Conference) に出席後, 「筑波 エクスポ」を見るため KEK に来た。桂は, アルヴァレが書いた嵯峨根宛の手紙と関連する資料を貰うことをピーターソンに依頼した。暫くして, アルヴァレから幾つかの資料がピーターソンを通じて桂に届き, 桂はそれらのコピーを福井に送ってきた。

本稿は, 上記の資料とアルヴァレの自伝[1]から, 今次の戦争に参加し広島への原爆投下に至る彼の行動を, 広島にて被爆した人や被爆後の光景を見た人等のエピソードとともにまとめて記述した。そして, 長崎上空で落としたアルヴァレから嵯峨根遼吉への手紙の話と, 阪大の級友・古田純一郎が筆者宛に送ってきた, 長崎の永井隆博士が被爆負傷の身で救護班長として 2 ヶ月間救護治療活動をした報告書の復刻版を紹介する。

米国の原爆製造マンハッタン計画に関する幾冊かの本が刊行されている。著者は 1962 年にグローヴス (Leslie R. GROVES) [2], 1967 年にグロエフ (Stephane GROUEFF) [3], 1985 年にジョーンズ (Vincent C. JONES) [4], 1986 年にローズ (Richard RHODES) [5]などで, グローヴスは軍人だから軍の行動を中心に書き科学者の行動についての記述は少しで, グロエフとローズは科学者の行動も正確に書いている。ジョーンズの専門は科学史で米国陸軍の歴史部に所属していたので, 軍と科学者双方の行動を詳しく記述している。日本では, 研究代表者山崎正勝 (東工大) のもとで, マンハッタン計画の広範膨大な資料を精査

した詳細な科研費報告書が、昭和 62 年 3 月に提出されている[6]。日本が行った原爆開発研究については幾つか報告されている。その 1 つに、広島大学市川浩が、公開された連合軍最高司令官総司令部 GHQ/SCAP 記録のマイクロフィルム資料に基づいて調査し、米国査察団報告等をまとめた平成 11 年 3 月科研費研究報告がある[7]。後年、これらのマイクロフィルム資料は整理複写され柏書房から刊行された[8]。

アルヴァレの自伝には、彼自身が戦争に直接関わった行動が詳細に記述されていて、それらは先の本の著者達の知り得ない立ち入った内容の記録である。

2. ロス・アラモスへ行く前のアルヴァレの行動

2.1. レーダー開発

アルヴァレはカリフォルニア大学バークレー (Berkeley) 研究所[9]に於いて、ローレンス (Ernest O. LAWRENCE) の元でサイクロトロンが発振器の改良をしていた。ローレンスの指示で、彼はレーダー開発研究に加わるため、1940 年 11 月 11 日マサチューセッツ工科大学放射研究所 (MIT Radiation Lab.) [9]に移った。

アルヴァレらは種々の形式のマグネトロンを開発し、それらを用いてレーダーによる制御で飛行機の盲目着陸を可能にする機構 GCA (ground-controlled approach) を発明した。この機構は飛行機搭載のレーダーに応用され、悪天候でも爆撃目標が決定できるので、米国陸軍航空隊 (USAAF) 及び英国航空隊 (RAF) に広く採用された。英国航空隊は、1943 年 7 月下旬、ハンブルグ爆撃作戦会議へ GCA 機構発明者の彼を招待した。ハンブルグはこの 7 月下旬から始まった反復爆撃で、「ドイツの広島」と言われる程に徹底的に破壊された。

戦争終結後の 1946 年、アルヴァレはレーダー開発研究時に習得したマイクロ波の知識と技術、及び入手した未使用の軍のレーダー装置部品と、彼が発案したドリフトチューブと共鳴空洞との組み合わせを用いて、陽子線形加速器を製作し、当時として最高加速エネルギー 32 MeV を得た。

後の冷戦で 1961 年にベルリンの壁が作られ、西側ベルリンへの物資補給が空輸のみに頼らねばならぬ事態となった時、この GCA 機構が力を発揮し、冬期霧のテンペルホフ空港に 1 日も休むことなく貨物飛行機が離着陸できた。

アルヴァレは、自分が戦争に参加したのはパール・ハーバーより 1 年前の 1940 年 11 月に MIT へ行った時だと言っている。

戦時中、目黒の海軍技術研究所でレーダーの開発をされていた菊池正士は、アルヴァレの仕事を知っておられた。敗戦直後の 11 月に阪大のサイクロトロン

を米軍が撤収する際に大学にきた軍属を研究室へ案内され、アルヴァレが開発したキャヴィティ・マグネトロン (cavity magnetron) (共鳴空洞磁電管) のことを軍属に話されていた。

2.2. フェルミとの共同作業

1941 年暮にオッペンハイマー (J. Robert OPPENHEIMER) は滞英中のアルヴァレに電報でコロンビア大学での会合に招いた。その会合に集まったのは、フェルミ (E. FERMI), シラード (L. SZILARD), アンダーソン (H. L. ANDERSON), ツィン (Walter ZINN) だった。

アルヴァレは、1943 年暮よりシカゴ大学の「冶金研究所」(Metallurgical Laboratory) [10]に派遣され、フェルミを助けて、解体した原子炉 CP-1 をアルゴンヌ研究所で強制空冷天然ウラン黒鉛炉 CP-2 に再構築する作業に就いた。彼は、毎日ボディガード付きのフェルミと共にシカゴーアルゴンヌ間を特別なバスで通った。この CP-2 はオーク・リッジ (Oak Ridge) とハンフォード (Hanford) に建設されるプルトニウム生産用黒鉛炉の原型である。彼は、シカゴでの 6 カ月間の仕事は楽しかったが、戦時研究をせねばならぬことは苦痛でもあったと言っている。

3. ロス・アラモス研究所での行動

アルヴァレはボブ バッキアー (R. F. BACHER) [11]の勧めで、1944 年夏、ロス・アラモス研究所 (Los Alamos National Laboratory) へ家族共々移った。ロス・アラモス研究所は原爆製造を目的としているので、外部から隔絶され秘密が守られる場所が選ばれた。ニュー・メキシコ州の首都サンタフェから 30 km 程西北の、山地の中で際立って切り立っている台地に既に居住しているインディアンの土地に建設された。インディアンたちは、遠く離れた平地でリオ グランデ川筋の土地に移住させられた。

研究所建設工事は 1942 年 11 月末から始まり、研究所にはノーベル物理学賞を受賞した学者や著名な物理学者ら及び技術者達が家族と共に集まり、総勢二千人を越える人数になった。

所長オッペンハイマーは、アルヴァレが対ドイツの実戦に参加した経験を買って、研究所の運営委員に加えた。

3.1. 原爆起爆装置の発明

アルヴァレに課せられた研究所での最初の仕事は、オッペンハイマーがハー

ヴァード大学から呼び寄せた火薬専門の化学者キスチアコウスキ（George KISTIAKOWSKY）に協力して、原爆起爆方法を開発することだった。

研究所には、1945年7月の時点で、U-235 爆弾本体（Little Boy、分離された同位元素 U-235 約 50 kg）は1個のみ、プルトニウム爆弾本体（Fat Man）は1ヶ月に1個の割合で作られていた。その後、同位元素 U-235 分離生産はウナギ昇りに増加し、積算総量は1946年末までに1000 kg を越えた。

プルトニウムを爆発させるのは、臨界質量以下の金属プルトニウムと中性子源とを火薬の力で圧縮合体する方法で、圧縮合体には2つの方法が試みられた。その1つは、火薬の爆発波を収斂させその力で圧縮する爆発レンズと称されている方法である。アルヴァレは協力者と共に2つ目の方法の開発を担当した。彼は正多面体を勉強した。球表面を正12面体12面の5角形とし、これに正20面体20面の3角形を重ねると、準正32面体となり32の面ができ、それぞれの面の中心はほぼ等間隔になっている。それらの中心点に爆薬を仕込み発火させると、球殻状の爆発波で中心へ向う圧縮力となる。これら32個の爆薬を正確に、同時に発火させるのは、高電圧に蓄電したコンデンサーの放電電流パルスを各点火部に分配する方法である。火薬の種類や高電圧パルス分配方法など種々試行の末、最終的に数10億分の1秒以内の時間変動で発火させることに成功した。爆発レンズ方式と共に、アルヴァレ方式の改良が継続して試みられた。32点のみならず64の点火部の場合でも成功した。

3.2. 原爆爆発エネルギーの測定

オッペンハイマーは、アルヴァレに原爆爆発時のエネルギーを測定する方法を考えて欲しいと頼んだ。アルヴァレは、爆発時の衝撃波による気圧変化を測定すればよいと考えた。そして数ヶ月前にパサディナのカリフォルニア工科大学が公表している論文の中に、対空砲の弾丸を飛行機に命中させるため、弾丸のコースと目標との距離を射手へ知らせる方法があったのを思い出し、早速、発明者の物理学者、デュモンド（Jesse DUMOND）に会いに行った。

デュモンドの案は、曳航している飛行体に弾丸が来る方向を向いているマイクロフォンと弾が過ぎ去る方向を向いているマイクロフォンを取り付けたものだった。弾丸が飛行体を過ぎる際の衝撃波により、弾丸が来る向きのマイクロフォンは正の出力を、反対向きのマイクロフォンは負の出力を出し、2つの出力をオシロスコープで観測すると、N字形を示す。出力振幅はマイクロフォンと弾丸との距離に比例する。それらの値をFM発信機で送信し、射手側の受信機で弾丸と飛行体との距離に変換して射手に知らせると言う方法だった。

3.3. パノフスキーが作った装置

デユモンドが言うには、この装置を製作したのは若いドイツ移民で結婚したばかりの義理の息子、ピーフ (Pief, パノフスキー (Wolfgang PANOFSKY) の愛称) だが、彼は今、シエラ・ネヴァダ (Sierra Nevada) 陸軍基地へその装置を見せに行っているとのことだった。デユモンドはアルヴァレを基地へ連れて行き、ピーフに会わせた。アルヴァレは、早速彼にロス・アラモス研究所で仕事をするよう要請した。

アルヴァレは開発研究に、更に若手物理研究者 ラリー・ジョーンストン (Larry JOHNSTON), バーニー・ウォルドマン (Bernie WALDMAN), ノリス・ブラッドバリー (Norris BRADBURY) [12], ハロルド・アグニュー (Harold AGNEW) [13] の 4 人を集めた。

アルヴァレはパノフスキーに、デユモンドの装置で測定したい目的を説明した。マイクロフォンと FM 発信機と電源電池を入れた筒にパラシュートを付けて高度 9000 メートルから落とし、自由落下速度になった時に較正信号を発信し、次いで衝撃波パルスの振幅値を発信し、上空の B-29 機に搭載している受信機で受信するという案である。彼は多分可能だ、直ぐ取り掛かると言ってパサデイナに戻った。

後日パノフスキーは製作した装置と半田鋺を持ってロス・アラモス研究所に came。直径 20 cm の半球頂点に上向きマイクロフォン一つを置き、出力増幅回路、FM 発信機と電池等を下向きマイクロフォンの上に設置し、これらを長さ 1 m のアルミ円筒内に仕込んだ。これを 10 個程作った。長崎で落とされた筒は長崎市郊外で拾われ佐世保の日本海軍に持ち込まれた。海軍では検査して米進駐軍に報告し進駐軍は GHQ/SCAP に報告書を提出した。それには真鍮の筒と書いてある[8]。1. はじめに の項で書いたパノフスキーが描いた絵を 図 1 に示す。この絵は長崎で落とされた筒に入れたアルヴァレから嵯峨根遼吉への手紙が話題になった時に描かれ、筒のおよその姿を示すものである。

アルヴァレはパノフスキーが作った受信機と関連装置を取り付ける B-29 機内の場所を確認するため、ネヴァダとユタの州境にある航空隊基地へ行き、パイロット、ポール・ティベッツ (Paul TIBBETS) に会い機内を見せてもらった。ティベッツはプルトニウム原爆 (Fat Man) の模擬弾で投下訓練をしていて、ウラン-235 原爆 (Little Boy) を搭載して出撃する予定になっていた。

アルヴァレはオープンハイマーに、助手として電気技術に詳しい兵士を数名参加させてほしいと要請したが、秘密保持を理由に完全に拒否された。従って全ての作業を先の物理研究者 4 人とで行わねばならなくなった。

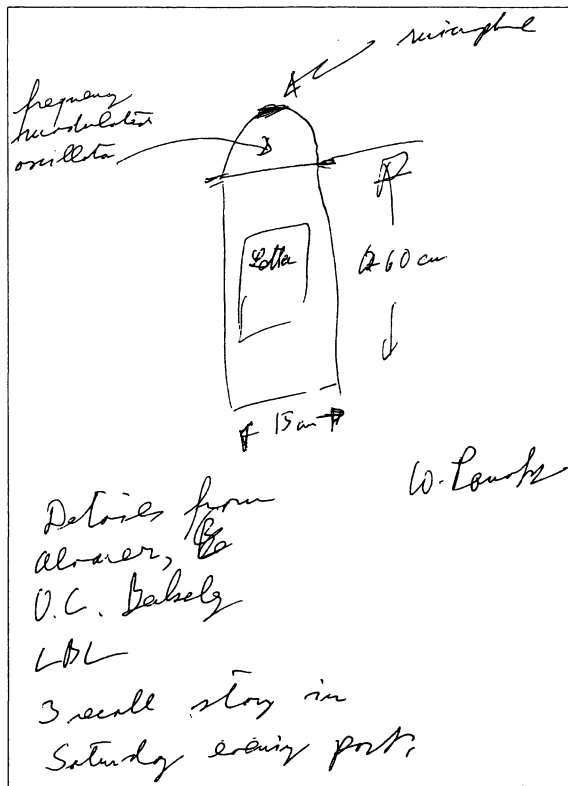


図 1：衝撃波強度測定装置に嵯峨根宛の手紙が入っている様子
 (パノフスキーが1984年5月 KEK での ICFA の会で慰労会の時に
 桂共太郎に説明しながら描いたもの)

3.4. トリニティ・サイト原爆爆発テスト

1945年7月16日に行われる予定のトリニティ・サイトでの爆発時に、アルヴァレ達は装置のテストをするため B-29 機に器材を積み込んだ。この機にはアルヴァレ、ジョーンズトン、アグニュー、ウォルドマンが乗り、パノフスキーが特別に客人として乗った。更に、Little Boy と共に飛ぶ予定の海軍大佐ウィリアム（ディーク）パーソンズ（William (“Deke”) PARSONS）も乗った。

ところが、機上のアルヴァレにオッペンハイマーから電話が来た。サイトの塔から 40 km 以内に近付いてはならないという命令であった。それでは目標が遠過ぎて測定はできぬとアルヴァレは反抗したがオッペンハイマーの考えは変わらず、測定できぬならテストを諦めろと言ってきた。アルヴァレは更に強く

反抗したが、オッペンハイマーの厳命は変わらなかった。ポツダムでトルーマン大統領がテスト爆発の結果を待っているのが事故があつては困ると言う絶対的の最高責任がオッペンハイマーの肩にかかっていることに気付いたアルヴァレは、マイクロフォンによる測定テストを諦めた。

アルヴァレは 15 日にロス・アラモスの家を出る時、奥さんに翌朝 5 時に南の空に珍しい光景が見えるだろうと告げた。アルヴァレ達の機は塔を中心に 40 km 離れて巡回しながらカウントダウンを待っていた。その日は天候が悪く爆発の瞬間は機とサイト間に雲があつて何も見えなかったが、強烈な光が天空を照らし、やがてオレンジと赤の明るい塊が雲間から見え赤い火の玉が昇つて来て、8 分後に約 12,000 m の高さまで達したのを見たが、機はショックを感じなかった。

4. 広島へ原爆投下

4.1. テニアン島での準備

アラマゴードでの爆発ではアルヴァレの装置で測定できなかったの、オッペンハイマーは本番での爆発時にエネルギー測定をする事を強く希望した。アルヴァレ達は、原爆搭載機を追尾する機に装置一式を積み測定する任務につくことになった。

アルヴァレはテニアン (Tinian) 島へ、1945 年 7 月 20 日 グリーン・ホーネット (Green Hornet) 輸送機で、ジョーンストン、アグニュー、ラリー・レインジャー (Larry LANGER) と一緒に着き、理論物理のボブ・サーバー (“Bob” SERBER, 正式名は Robert SERBER) がアルヴァレ達の作業を取り仕切った。

Little Boy の本体 U-235 が、7 月 26 日に巡洋艦 インディアナポリス (Indianapolis) で輸送され、3 個の完成したばかりの U-235 ターゲット・リングはグリーン・ホーネット機で来た。巡洋艦インディアナポリスは 7 月 29 日沖縄に向って出航したがフィリピン沖で日本の潜水艦により沈められた。

U-235 核の原爆 Little Boy は 7 月 31 日に組み立てられ、搭載準備が完了した。

Little Boy を落とす日は 8 月 1 日と予定されていたが、台風による天候不良のため延期された。

8 月 3 日夜、指示があり更に 2 晩出撃が延期された。気象官が 5 日までに台風は過ぎ去ると報じたので、5 日朝から Little Boy を B-29 機に積み込む作業が始まった。

爆撃飛行隊長でパイロットのポール・ティベッツは、搭乗機の名前を彼の母親の洗礼クリスチャン名 エノラ・ゲイ (ENOLA GAY) とした。出発儀式の後、

作戦説明があり、この時に初めて目標は広島だと知らされた。この爆弾一つで、1943年7月下旬からの反復爆弾攻撃でハンブルグを破壊したのと同程度の破壊をするだろうと予告された。

アルヴァレ達が製作した衝撃波測定装置を組み込んだ筒3本と受信装置一式を積み込んだ機は、グレート・アーティスト (Great Artist) と命名された。パイロットはチャック・スウィーニー (Chuck SWEENEY) で、エノラ・ゲイ機の1600 m 後を追尾するようになっていた。

オープンハイマーはアラマゴードでのテスト爆発の際、火の玉を見て、この火の玉が時間と共に拡がるのを高速撮影カメラ FASTAX で撮影すれば爆発エネルギーの情報が得られると考え、このカメラを積んだ B-29 機を飛ばす決定をした。急遽 3 機目の B-29 機を仕立て、ウォルドマンが FASTAX 2 台とフィルム 2000 m 程を持って乗り込んだ。

4.2. 広島上空、爆発衝撃波圧力測定

8月6日未明の午前3時前に離陸して数時間後、眠っていたアルヴァレをラリーが起こした。レーダー画面に数百キロメートル先の四国海岸が写し出されて機内は忙しくなった。衝撃波圧力測定マイクロフォンや送信機等全機器の最終検査を済ました時、機は目標に近付いているとパイロットが知らせてきた。エノラ・ゲイ機から爆弾は投下されたとの放送が来た。爆弾は高度9千数百メートルから起爆装置が起動する高度まで45秒で落下して行った筈である。圧力計の筒3個を落とした。エノラ・ゲイ機からの放送の約20秒後、機は2G急旋回で爆心から退避した。水平飛行に移る前に衝撃波圧力測定装置からの較正信号が受信され、装置が順調に働いていることが確認された。

突然鋭い閃光が機内を走った。衝撃波気圧パルスはオシロスコープ画面にN字形波形を示していた。この時に観測された圧力変化をグラフ用紙に手書きでプロットしたのが図2である。(アルヴァレから貰ったコピーの中の一枚だが、そのゼロックスコピーが不鮮明なので、福井がアルヴァレの息子ウォルター (Walter) に原図の所在を尋ねたところ、父の全ての書類等はパークレーのアルヴァレ・アーカイブに納めたと言う返事が来た。)

しばらくして機は2回短くて激しい振動をした。衝撃波測定が終わったので、受信装置等を取り付けていた狭い場所から機の前方へ出てくる間に、パイロットは機を広島方向に向けた。外を眺めるとキノコ雲が機の高度まで昇ってきているのが見えた。地上は煙で何も見えなかったのが目標が違ったようにも思え、ローレンスが莫大な電力と数億ドルを使って分離したU-235を無駄にしたのではないかという疑問を持ったが、パイロットは間違い無く広島を破壊したと告

げた。

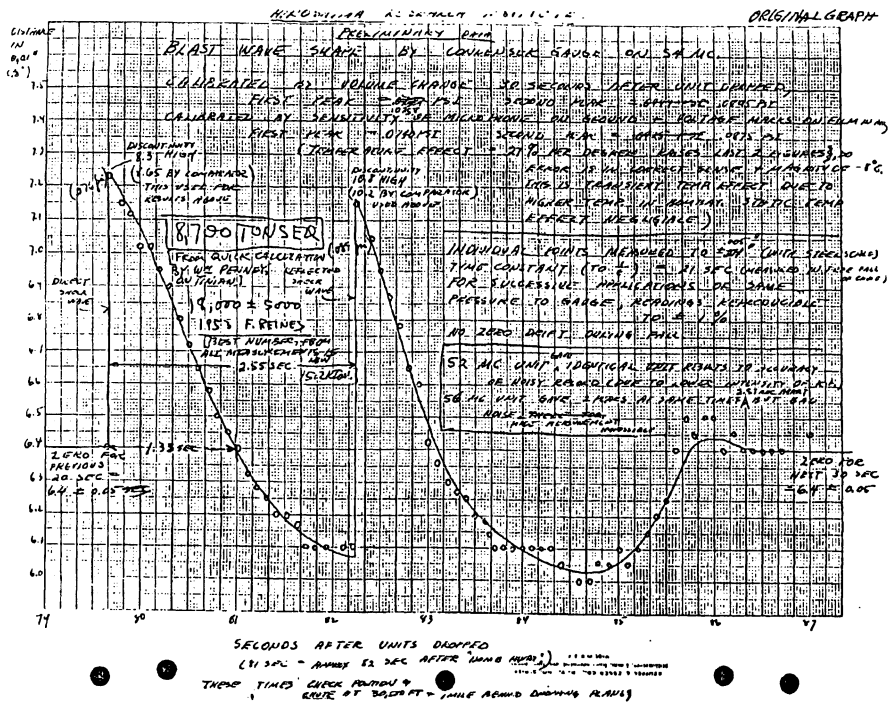


図 2 : 広島の上空で観測された原爆発時の気圧変化
 コピーが良くないので書き込みの文字は判読可能な所と不可能な所がある。
 判読できた所を以下に記す。

(このデータはいつプロットしたかわからない)。

横軸は爆弾落下後からの秒，風圧の単位は PSI。

PRELIMINARY DATA とあり、マイクロフォンのコンデンサー圧力計による爆風波形。爆弾落下後 30 秒で爆発し圧力計からの信号到着は 81 - 82 秒後，
 第 1 ピーク .0258 PSI (18 kg/m²) 第 2 ピーク .0895 PSI (63 kg/m²)
 (PSI ポンドパースクエアインチ 1 PSI = 703 kg/m²)

マイク感度とコンデンサーの温度補正をすると

第 1 ピーク .0750 PSI (53 kg/m²) 第 2 ピーク .0875 PSI (62 kg/m²)

テニアンで Bill PENNEY が急ぎ計算すると

爆発エネルギー 8,700 トン EQ

1953 年に F. REINES の計算では 18,000 ± 5,000 トン EQ

最も確からしい値は 15.2 キロトン EQ

測定は高度 30,500 フィート (6,150 メートル)，1600 メートル後方。

4.3. 広島からの帰路、息子ウォルター(Walter)に書いた手紙

広島への作戦飛行は生涯で最も憂鬱で印象深い経験だったと、アルヴァレは告白している。機が帰路につき日本本土を出た時、今回の印象を5才になったばかりの息子ウォルター(Walter)に大きくなり判断ができるようになった時に読むようにと、長い手紙を書いた。その第1頁のコピーを 図 3 に示す。

August 6th 1945
10 miles off the Jap
Coast at 28,000 feet

Dear Walter:

This is the first grown-up letter I have ever written to you, and it is really for you to read when you are older. During the last few hours I have been thinking of you and your mother and our little sister Jean. It was tough to take off on this flight, not knowing whether I would ever see any of you again. But lots of other fathers have been in the same spot many times before in this war, and I had a job to do, so I can't claim to be any sort of hero.

I wonder if you will remember the time in Albuquerque, when we climbed all through a B-29 Superfortress. Probably you will remember climbing thru the tunnel over the bomb bay, as that really impressed you at the time. Well, I have been in this B-29 for eight hours so far, and we won't be back for another five or six.

The story of our mission will probably be well known to everyone by the time you read this, but at the moment only the crews of our three B-29s, and the unfortunate residents of the Hiroshima district in Japan are aware of what has happened to aerial warfare. Last week the 20th Air Force, stationed in the Marianas Islands, put over the biggest bombing raid in history, with 6000 tons of bombs (about 3000 tons of high explosive). Today, the lead plane of our little formation dropped a single bomb which probably exploded with the force of 15,000 tons of high explosive. That means that the days of large bombing raids, with several hundred planes, are finished. A single plane disguised as a friendly transport can now wipe out a city. That means to me that nations will have to get along together in a friendly fashion, or suffer the consequences of sudden sneak attacks which can cripple them overnight.

What regrets I have about being a party to killing and maiming thousands of Japanese civilians this morning are tempered with the hope that this terrible weapon we have created may bring the countries of the world together and prevent further wars. Alfred Nobel thought that his invention of high explosives would have that effect, by making wars too terrible, but unfortunately it had just the opposite reaction. Our new destructive force is so many thousands of times worse that it may realize Nobel's dream.

After that little sermon, I'll try to describe what it is like to go into combat for the first time. I had not made up my mind to go on the mission before I left the states, but I was pretty well convinced that I would end up by going. I thought the thing through on at least a dozen nights, while I was trying to go to sleep. I think these mental trips were the worst part of the deal.

図 3 : アルヴァレが広島からの帰路、機上で息子 Walter 宛に書いた第一頁

手紙の抄訳を以下に示す。

1945 年 8 月 6 日 日本の海岸より 16 km, 高度 8400 m にて

ウォルター君 初めて君に書く手紙だが大きくなった時に読んで欲しい。数時間前には君や君のお母さん、妹ジーンのことをずうっと考えていた。お前達に二度と会えなくなるかも知れない非情でつらい飛行だから。しかし、今の戦争では多くの父親が同じ任務を行っている。

お前が之を読む時までには我々が何をしたかが知らされているだろう。今日我々の 3 機の内の 1 機が 1 つの都市を一瞬に破壊した。残念なのは何千人もの日本市民を殺戮し不具にした作戦に参加したことです。我々が作ったこの恐ろしい武器が次の戦争を起こさせないと望むことで私の思いが軽くなるようにと願っています。しかし、アルフレッド・ノーベルは彼が発明した爆薬がこのような効果を持つと期待したけれども不幸にも反対に戦争を一層恐ろしくしてしまいました。

我々の新武器の破壊力はノーベルのものより何千倍も大きい。

マリアナ諸島に着いた時、ワシントンとの往復電報を見て作戦に参加する決心をしました。出撃は天候不良のため数日延期されました。気象官が天候回復を告げ、出撃の準備を始めました。作戦の説明を受けた時、前に英国空軍の作戦に参加した時の感情とは今回は全く違うことに気がきました。

身には 35 kg 程の飛行服に救命着、釣り針、飲料水セット、救急箱、食糧、1 人用浮き袋、落下傘、ヘルメットの上に酸素筒が仕込まれた布製のものを被せ、さらに対空砲を受けた時の破片を防ぐ防護服を着けます。重くて昔の甲冑のようです。しかし、これらを身に着けるのは日本本土上にいる 65 分間だけです。

5 日夕刻、翌午前 2 時 45 分出撃すると告げられました。この待機時間が最悪の時間でした。爆弾を積んだ B-29 機の正面で記念撮影をしました。緊張は取れましたが、日本本土の海岸線が水平線の向こうに見えた時ピリピリした感動がしました。

測定装置の較正作業などで忙しく興奮はなくなりました。

爆弾が落とされた時、機は 2g の急旋回をしました。旋回が終わって数秒して機は爆風で揺れたが思ったよりゆるやかでした。爆発の結果を見ようと機の丸窓に向いました。それは畏怖を起こさせるものでした。煙雲が 12000 m まで昇ってきました。

地面は煙で何も見えなかった。書くのを忘れていたが強烈な閃光が機を貫きました。数マイル離れていても太陽より何倍も明るい光でした。

今、硫黄島の上、数時間後に帰り着くでしょう。私の心に残っている新鮮な気持ちを書いておきたかった。

父より

4.4. 広島から帰還後

広島からの帰還報告はしなかった。トルーマン大統領の命令で大統領の公式発表まで全てが秘密になっていた。大統領は証拠無しで爆弾は TNT 2 万トンの威力だと発表した。

テニアン島の隊員達は有頂天になり、早速次の攻撃の準備が始まった。

5. 広島での被爆体験者の記録

昭和 20 (1945) 年 8 月 30 日の朝日新聞に、大田洋子の「海底のやうな光—原子爆弾の空襲に遭って」(原文のママ)という題の囲み記事が掲載されている。彼女の家は白島九軒町で爆心から北北東へ約 2 km の所である。

この記事のを要約する (言葉は現代の書き方に書き変えてある)。

前夜は宇部が空襲され朝になって警戒警報もとれたので寢床に潜り込んでぐっすり眠った。見馴れない珍しく不思議な夢を見たと思った刹那、緑青色の海の底みたいな光線が臉の上を夢ともうつつともなく流れた。次の瞬間、名状し難い強烈な音が起こって私はからだ粉々に碎け飛び散ったような衝撃をうけた。爆弾が地に落ち込むダダンという音でもなくザザツと雨のようだという焼夷弾の音とも違い、カチインという金属的な、抵抗し難い音響だった。一瞬という言葉がこの朝ほど身をもって適切に感じられたことは曾てない。

それにしても火が見えない。木の葉のように吹き飛ばされたようだったけれど、寝ていた十畳の座敷に緋の着物を着て立っていた。緋のえんじ色がはっきり見えたがほかのもの、寢床も蚊帳も枕元にあった防空服も頭巾も帯も手拭も何も見えない。もうもうと立ちこめた壁土の煙で耳も眼も口も覆われて、しきりに咳をした。家は屋根も壁も窓も吹き飛び腰をねじった形で骨だけで立っている。見えるはずのない隣近所が丸見えだった。

裏庭を隔てた墓地で母親と怪我をしている妹と顔を合わせた。見渡す限りの家が倒れている。大田川の河原で火事を避け六日、七日、八日の 3 日間に見た現実はこの世のほかの絵巻だった。死骸と並んで寝ることも恐れぬ忍耐の限度を見た。夥しい人の群れの誰もが泣かない。誰も自己の感情を語らない。阿鼻叫喚の気配は何処にもない。黙って静かに死んで行く人達、電光で焼いた酷い火傷は神経が麻痺して激痛は感じないと聞くけど、それにしても負傷者の寂として静かなことは一層心を打つ。水を飲み配給の握り飯を最後に頬張って、はっきり名を告げて息を引きとった十五、六才の勤労学徒もいた。河原の陽の下で寝そべったように死んでいる五才位

の女の子もいた．．．．．

ローズの本[5]にも，大田洋子の話を短い引用している．

原爆が爆発した時，彼女は暗い部屋で寝ていた．爆発の衝撃で家が壊れる前に放射線は飛来しているから，彼女が見た「緑青色の海の底みみたいな光線」は多分原爆の放射線による眼球内のチェレンコフ光ではないだろうか．

5.1. パラシュートがついた筒の落下を見た人

2001 年 6 月 3 日午前 7 時 40 分から始まる NHK ラジオ放送番組「日曜訪問」で，二葉あき子が「歌い続けて 65 年」という題で話すのを聴いた．それによると，

．．．．前日，広島部隊を慰問し歌を歌い，8 月 6 日朝の列車で帰京する予定でした．駅へ少し早く着いたので，予定より先に出る列車に乗りました．列車が走り出してトンネルに入ってしばらくすると，激しい衝撃とともに列車が止まってしまった．他の乗客と一緒に広島の方へ歩いてトンネルを出た．広島の方を見ると市は煙に包まれ物凄い雲が立ち上っていた．空を見上げると落下傘が何か筒のような物をぶら下げて落ちて来た．誰かが爆弾かも知れないと叫んだので全員トンネルの中へ逃げ込みました．．．．．

彼女が見た落下傘が着いている筒は，アルヴァレ達が上空から落としたパノフスキー製作の，原爆爆発時の衝撃波圧力測定マイクロフォン等を入れた筒の一つであった．

5.2. 8 月 20 日頃の夜の広島

NHK TV の“にんげんマップ シリーズ 私の戦後 50 年”で 1995 年 8 月 24 日放映「あの夏に逝った妹へ．．．．」やドラマ「夢千代日記」放映後プロデューサー深町幸男との対談及びラジオ放送等で早坂暁が語っている．山口県防府にあった海軍兵学校が 8 月 19 日か 20 日に閉じられ，予科生だった 15 才の富田祥資少年は実家の松山北条へ帰るべく広島駅に着いたが，松山への連絡船がない時刻なので駅で一夜を過ごした．その夜は雨が降っていて見渡す限り市の建物は雑倒されたように形が無くなっていて沢山の燐火が燃えている死の様相だった．そのような廃墟には生きている人など居ないと思っていた．ところが暗闇の何処かで赤子の泣く声がした．その声を聞いた時は驚いたと早坂は回想している．死の街にも新しい命が生まれている現実があるとの強烈な印象を受けた．彼はこの印象が後にドラマ「夢千代日記」の基本構想となったと言っている．

6. 長崎に原爆投下

プルトニウム爆弾 (Fat Man) を落とす出撃も 3 機で行くことになった。爆弾搭載機には英国航空隊のパイロット、ビル・ペンネイ (Bill PENNEY), レオナード・チェシャイア (Leonard CHESHIRE) も搭乗することをグローヴス (L. GROVES) は許した。衝撃波を測定するグレート・アーチスト機にはアルヴァレは搭乗せず、ジョーンストン, アグニュー, ブラッドバリーが乗り, 3 機目には広島への出撃と同様高速撮影カメラ FASTAX を持ってウォルドマンが乗った。

8 月 8 日の夕方, アルヴァレはサーバー, フィリップ・モリソン (Phillip MORRISON) と将校クラブで次の飛行作戦や戦争の早期終決方法を話している時, 嗟嘆根遼吉を思い出した。彼に今回の爆弾は原爆であると知らせ, 原子核物理学者として日本の然るべき人物に戦争を止めさせるべく働きかけるよう書いた手紙を, 例の筒へ入れようということになった。この手紙については 次節 6.2. に詳述する。

8 月 8 日夜の作戦説明で, プルトニウム爆弾を落とす目標都市は小倉であると指示された。出発前に色々なゴタゴタがあった。原爆搭載機ボックス・カー (Bock's Car) のパイロット, スウィーニーによると, 給油ポンプが故障したので燃料を 2300 リットル少なくしか入れられなかった。さらにウォルドマン機の出発が遅れ, 屋久島上空で 3 機が合流するのに時間を取り過ぎた。小倉上空は雲が厚く, 3 回進入を試みたが雲は取れていなかった。レーダーで目標を決めて落とせという命令だったが, レーダーによる目標決定は無理だった。原爆搭載機の燃料の残りが厳しくなってきたので, 急遽長崎へ直行した。長崎は良い目標ではなかった。投下地点の選択もそこそこに, 爆弾を落とし急いで帰還の途に着き, 沖縄で給油して戻った。

6.1. 爆発衝撃波圧力測定

広島の場合と同様に, グレート・アーチスト機で測定した衝撃波気圧グラフを 図 4 に示す。爆発の威力は 1 万 7 千トンとあり, 後年ライネス (Frank REINES) が計算した値 2 万 2 千トン, 誤差 2 千トンとも記入されている。

広島の場合より 2 乃至 1.5 倍強力である。

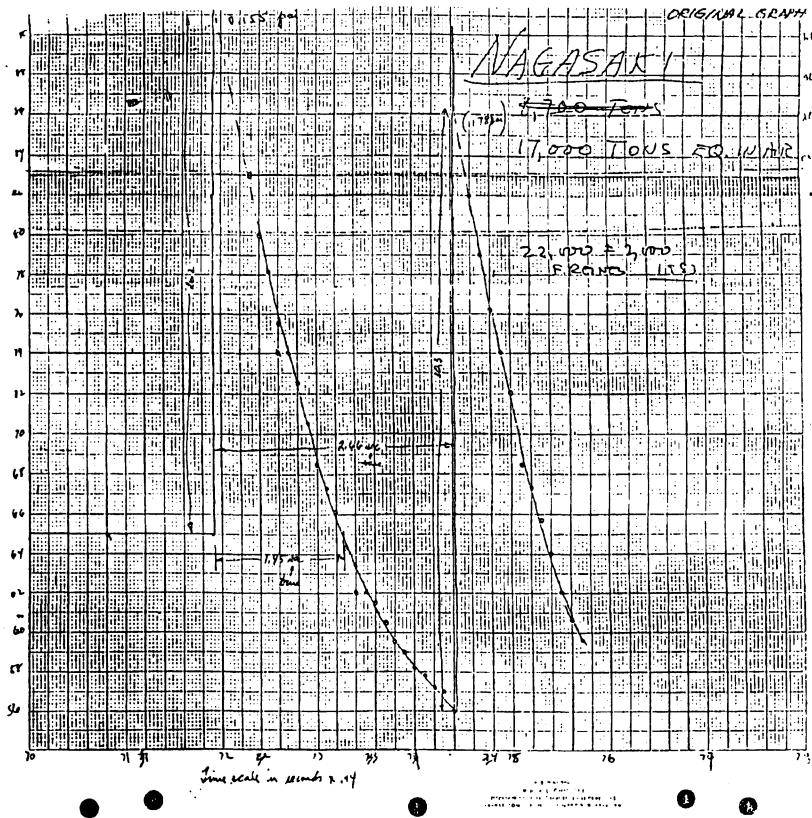


図 4：長崎に落としたプルトニウム爆弾 Fat Man の爆発衝撃波圧力波形

6.2. アルヴァレ達の嵯峨根遼吉への手紙

アルヴァレ達が思い付いた嵯峨根への手紙は、先ずアルヴァレが下書き、サーバーとモリソンが手を入れて清書し、カーボン複写をとり、衝撃波測定装置の筒に入れた。手紙を入れた筒の姿をパノフスキーが描いた絵が、前出の 図 1 (3.3 節) である。

その手紙は 8 月 9 日の日付けで原爆隊司令部発、嵯峨根遼吉教授へ、曾ての共同研究者 3 人より、と書き出されている。緊急の私的な手紙だが、著名な原子核物理学者である貴殿の影響を使い、参謀幕僚に戦争継続は悲惨な結果を齎すと悟らせて欲しい。アメリカは巨費を投じて設備を構築し、無休で稼働して原爆を作る能力を持っていることを貴殿は疑わないだろう。この 3 週間に、原爆が 1 つは米国の砂漠で、2 つ目は広島で爆発し、今 3 つ目が落とされた事実を貴殿は全力を尽くして貴国の指導者に認めさせて欲しい。即刻降伏しなければ幾倍もの烈しさを原爆が落とされ都市は消滅し、市民が無駄死するのを科

学者として悲しむ、と言う主旨が書かれていた。

手紙が入れられたマイクロフォンの筒は長崎市郊外の住民が拾い、佐世保の日本海軍に届けられた。1本は遠く福岡の西方郊外に落ち、九州大学の者が拾った。海軍と大学では筒の中を検査し、発信回路が組み込まれていることは解明できたが、原爆起爆信号発信装置とすれば本体と別になっていることに疑問を持ち、結局目的は何かの判断ができないまま進駐軍に報告した。これらの報告を含めて、進駐軍自らも筒を分解検査し写真を多数写し、52頁のトップ・シークレット扱いでGHQ/SCAPに報告している[8]。その中に日本海軍軍人が嵯峨根教授宛の手紙を見たという報告があり、彼には手紙の書き手が理解できず、嵯峨根教授を知らないし手紙の内容も正しく判断できないまま進駐軍に報告している。このような経過で手紙は嵯峨根遼吉へは伝えられなかった。

アルヴァレから届いた資料の中に米国で発行された『グラフ世界』(英文名はSCENE, 記事は英文と邦文)という写真画報雑誌の写しがあった。それには「この手紙が戦争を止めたか」との題で、この手紙の写しを掲載している。戦後4年目にアルヴァレの招きで嵯峨根遼吉がパークレーを訪れ、アルヴァレと会ってこの手紙のことを知る話も書かれている。手紙の写しは、元の手紙の最終行にアルヴァレが嵯峨根宛のサインを書き入れ嵯峨根に手渡されたものが掲載されている。

『グラフ世界』の表紙は 図 5、手紙が載っている頁は 図 6、アルヴァレが嵯峨根宛にサインをしている写真が載っている頁を 図 7 に示す。

戦後の昭和24年(1949年)、嵯峨根教授は米国アイオワ大学から招かれて、12月4日横浜港出帆のプレジデント・クリーヴランド号で渡米し、同月22日アルヴァレと再会した時の話を読売新聞に寄稿した。読売新聞は昭和25年(1950年)1月3日、「日米原子学者の握手」と題して嵯峨根教授の報告文と例の手紙を掲載している[14-1]。更に読売新聞は『戦後50年 につぼんの軌跡』シリーズにおいて平成7年(1995年)1月8日の記事で科学部北村行孝記者が「第三の火 原子力草創期」と題して嵯峨根教授の行動を取り上げ、先の手紙図 6 と写真図 7 を掲載している[14-2]。



図 5: 米国で印刷発行された写真画報雑誌 *Scene* グラフィック世界の
1950年2月号の表紙

「1部25セント, 1年2ドル」と印刷されている。記事は英文と邦文。

Picture
of
the Month
FROM
"SCENE"
FEB 1950

Hedemerton
atomic bomb command
August 9, 1945.

To Prof. R. Sagane.

From: Three of your former scientific colleagues
during your stay in the United States.

Before sending this as a personal message to you that
you use your influence as a reputable nuclear physicist
to convince the Japanese General Staff of the terrible
consequences which will be suffered by your people
if you continue in this war.

You have known for several years that an atom
bomb could be built if a nation was willing to pay
the enormous cost of preparing the necessary
material. Now that you have seen that we had con-
structed the production plants, there can be no doubt in your
mind that all the output of these factories, working 24 hours a
day, will be exploded on your homeland.

Within the space of three weeks, we have proof-fired one bomb
in the American desert, exploded one in Hiroshima, and
fired the third this morning.

We implore you to confirm these facts to your leaders,
and to do your utmost to stop the destruction and
waste of life which can only result in the total
annihilation of all your cities if continued. In scientific
we deplore the race to which a beautiful discovery has been
put, but we can assure you that unless Japan
surrenders at once, this rain of atomic bombs will
increase manyfold in fury. To your friend Sagane
Very truly yours,
Hae 22, 1949.

SCENE photo by Jack Iwata

Did This Letter Stop the War?

THE ABOVE LETTER is a photocopy of the letter that was dropped during the atom-bombing of Nagasaki in August, 1945. Penned by Prof. Luis Alvarez, presently connected with the University of California Radiation Laboratory, it was addressed to Prof. Ryokichi Sagane, his former scientific colleague, and was dropped in a transmitter tube. The note failed to reach Prof. Sagane. Instead, it fell into Japanese

Naval Intelligence hands. However, the military finally sent for Sagane for "possible reassurance" about the deadliness of the bomb.

"I just told them there would be a third attack if they didn't give in," Prof. Sagane said. "The Americans aren't fooling with this bomb."

The next day Japan capitulated to the United States.

図 6 アルヴァレ達が嵯峨根宛に書きマイクロフォンの筒に入れた手紙
(嵯峨根がパークレーを訪ねアルヴァレと再会した時、アルヴァレが
嵯峨根宛の手紙のコピーにサインをした。日付けは 1949 年 12 月 22 日。)



ATOMIC SCIENTIST, Dr. Alvarez, who wrote the note that was dropped over Nagasaki with the A-bomb, signs his letter again four years later as Prof. Sagane, to whom the message was intended, looks on.

FOUR YEARS AFTER A-BOMB

Top Atom Scientists Have Reunion in Berkeley

SCENEphotos by Tom Okada

THE ONLY MAN in the world ever to get a personal letter sent to him with a live atomic bomb is currently visiting the United States.

He is Prof. Ryokichi Sagane of Tokyo University's Department of Physics, who told SCENE in an inter-

view that he has come to this country to "learn and to teach." He will do these things working with Dr. Jackson Laselett's synchrotron at Iowa State College in Ames, Iowa. (A synchrotron is a development from the cyclotron, Sagane explained.)

9

図7: 四年後の1949年12月に嵯峨根がバークレーを訪れ、アルヴァレが経緯を話しながら嵯峨根宛にサインをしているところ。

6.3. 永井隆博士の救護活動報告書

阪大の級友・古田純一郎が送って来た永井隆博士の「原子爆弾救護報告」の写しは、被爆後25年目に見つかった第十一救護隊報告書で、昭和45年に長崎放送が「被爆二十五年・長崎」というテーマで取材中、田川裕記者が城山地区の警防団長だった田川福松を訪ねた時に見せられたのがこの報告書だった。田川福松の子供達も第十一救護隊で手当を受けた。

朝日新聞社が長崎放送の同意をえて原本の写真版と活字が本となり、原本は

長崎大学医学部原爆被災学術資料センターに保管されていると西森一正名誉教授が書いている。

報告書表紙の写真を 図 8 に示す。

この 47 頁にわたる報告書には、「昭和二十年八月一十月の救護活動についての学長あての報告書」と添え書きがあり、放射線専門医師の眼で観察した放射線の影響や、自ら被爆負傷の身で、同じく負傷している看護婦等十一名の医療班の隊長として、多数の被爆者を救護治療した詳細な記録と共に、救護班員の被爆体験も記述されている。この報告書の概要を次に書いておく。

まず、広島が被爆した時、日本の公式発表では新型爆弾と言うだけで細部に亘る発表がなかった所以对策は講じなかったが、被爆した 9 日の夜、米軍機が散布したビラで原爆だと知り、専門家として気付かなかったことは申訳ないと記している。

米国科学陣は原子エネルギーの兵器化に成功し、広島に、ついで長崎大学を中心とする浦上一帯を壊滅し、日本をして一挙に敗戦国に転落せしめた。一瞬の閃光は空一面に散光となって拡がったらしく、何れの方向を向いていた人も閃光を見た。そして熱を皮膚に感じ、次いで暴風が襲来した。地上の一切が瞬時に粉碎され、地球が裸になった。戸外の生物は全て即死。各所に火災が発生した。生き残った者も放射線を全身に浴び活動不活発。負傷者の皮膚は裂け誰もが真裸。この世の終わり、地獄の形相。この光景は眼底より拭い去ることはできぬ。爆心を中心として巨大な濃厚なガス体の雲が発生し全体を覆い、多数の小閃光が光り、黒い雨がしばらく降った。このガス雲は夜になっても上空に留まっていた。

爆心地付近では放射能の残留があった。これは原子崩壊で発生した原子か原爆が不完全爆発でその残留ウランと思われる。後日発生した人体障害から見ると、多量のガンマー線が原爆から発生したと考えられ、同時に熱線も紫外線も発生し共に火傷の原因となったと思われる。

水が被爆を防いだ興味ある例を書いている。川で水泳をしていた小児 3 人の 2 人が水中に潜っていて、1 人が丁度浮んで背中が水面に現れた時、爆弾が炸裂した。先の 2 人には異常がなく、後の 1 人のみ背中に火傷状の皮膚損傷を受けた。また、水槽中の金魚は生きていた。

第 2 章では放射線が人体各部に与えた障害を詳述している。第 3 章は隊員それぞれの被爆体験とその後の行動及び隊員達が見た情景を記述している。第 4 章は被爆者の障害の詳細、第 5 章は被爆患者に関する諸統計で、爆心からの距離と被爆障害度、治療経過等との関係を記述している。第 6 章は永井らが行った治療の効果が記されていて、「自家移血刺激療法」は効果顕著で、その方法は患者の静脈血 2 cc を採り、クエン酸ソーダ 0.2 cc とよく混和し凝固を防いで直ちに同患者の臀筋肉に注射し温罨法しよくむ。これを隔日 1 回行い数回で治療を終える。初注射後 3 日目に病勢は急激に治癒に向い結果として死亡者が出なかったと記している。第 7 章は被爆者の将来への対策で、終章において永井の医師としての反省が書かれ、人間はカインの後裔でもあるから殺人兵器と

して原子エネルギーを使用したのが、転禍為福、新しい文明形態への利用により幸福な世界が作られれば犠牲者の霊も慰められると結んでいる。

永井隆博士は医師としてよりジャーナリズムにより長崎の鐘などで有名人に仕立て上げられたが、適確な知識を持っている放射線専門医師として、正当な評価が与へられてよい人物だと思う。

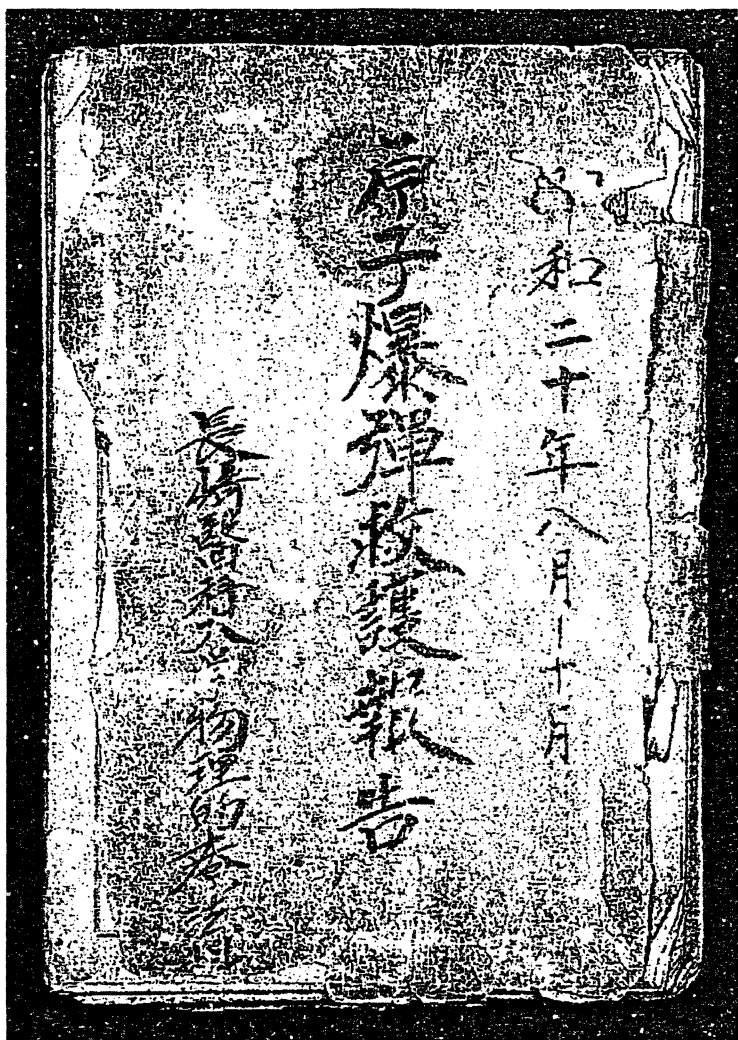


図 8：永井隆の自筆による第十一救護隊報告書の表紙
被爆後二十五年目に発見された永井隆の八月から十月の間の救護活動の報告書。
原報告書は長崎大学医学部原爆被災学術資料センターに保管。

7. 関連する幾つかの話

7.1. マンハッタン計画に参加した人、参加しなかった人

欧州共同体が 1957 年にスイスのジュネーヴ郊外、フランスとの国境に建設した陽子加速器を中心とする共同利用のヨーロッパ合同原子核研究機構 CERN (*Conseil européen pour la recherche nucléaire*; European Organization for Nuclear Research at Geneva, Switzerland) は、1960 年に米国からワイスコップ (Victor F. WEISSKOPF) を迎え入れ翌年所長とした。ヨーロッパ共同体加盟国から来た所員の閉鎖的行動を開放的にするため、ウィーン出身のオーストリア人であり米国籍をもつ原子核理論物理学者のワイスコップを所長にして、同時に 20 名程の米国研究者を招聘したのは、彼等の行動で所員の意識改革を期待した方策だったと言う事を、私は 1962 年に CERN フォード研究員になった時に聞いた。

翌年の春、ワイスコップの誕生祝いがあり、彼はお祝いのお礼として、研究者として懐古的な幾つかの話をした。チューリッヒ工科大学へパウリの面接を受けに行った時の面白い話は別の機会にするとして、彼が米国に移り職を探していた時、マンハッタン計画に参加すれば月 200 ドル (ロス・アラモス研究所の規定では大卒が月 200 ドル、マスター1年は 220 ドル、1年毎に 20 ドル増える) で働けるといふ勧誘を受け、ロス・アラモス研究所へ移ったと彼は述べた。また、最も印象的だったのは、アラマゴードでのテスト爆発の時に見た火の玉が、瞬間瞬間に色が次々と変わってゆく光景だと言っていた。

1961 年にノーベル物理学賞が授与されたポーランド移民のホフスタッター (Robert HOFSTADTER) は、ワシントンでマンハッタン計画への参加勧誘を受けた。秘密の話だからと屋根に上がって長時間話を聞いたが、奥さんの強い反対意見で彼は参加しなかったと述べている。

7.2. 原爆使用に対する科学者の対応

アルヴァレの記述によれば、1945 年 6 月 ロス・アラモス研究所ではアーネスト・ローレンス、アーサー・コンプトン、エンリコ・フェルミ達にオッペンハイマーが問いかけて、「人命を失うことなくデモンストレーションで戦争終結を早める方法があるか」に答えを出す要請をした。彼等は「直接の軍事的使用に代る有効な手段は思い付かない」と公式メモランダムに記録している。

広島長崎後、ロス・アラモス研究所では、戦争未経験者とアルヴァレとでは原爆への感じ方が全く違っているとされている。アルヴァレは、やはりデモンストレーションで威力を見せるべきだったと強く言っている。デモンストレーションで原爆の実態を見せても日本の職業軍人は考えを変えようとはしないだろうが、科学者は原爆の実態を知れば戦争継続が如何に無駄な行為かを理解し、終結への動きをしてくれると信じてと言っている。だが、原爆を使用して

しまった今では、例えば、都市大火の時、延焼を止めるために風下の人家を沢山破壊し防火線をつくることと類似している。こう思うことで少しは肩の荷が軽くなった。しかし広島長崎市民に犠牲を強いてしまった。戦争が続けば日米双方の兵士と日本市民の死傷ははるかに酷いものになるだろうから、原爆を使ったことは戦争終結を早めるためのやむをえぬ必要悪だったともアルヴァレは述べている。

嵯峨根遼吉宛の手紙の発信者の 1 人であるフィリップ・モリソンは、日本の敗戦直後 GHQ/SCAP が組織した原爆調査団 (Atomic Bomb Mission Japan) [7, 8]の一人として来日し、先ず飛行機で広島を上空から視察した。次いで理研、京大、阪大の原子核研究状況を調査した。彼は想像を絶する廃墟の広島を見て、後に反原爆を唱える科学者の 1 人となる。彼は原爆が廃墟とした広島は写真や話でどのように説明しても、その現実是我々の想像や理解を遥かに越えている光景だったと言っている。原爆製造に直接関わった物理学者ですらこのように言っている。ましてや、一般の人々が原爆は質的にも量的にも全く異なった破壊兵器であることを理解することの難しさを、彼のこの述懐が示している。この時点では放射線被害の実態は判っていなかった。アラマゴードでは生物への影響は調べていないから、米国科学者達は爆発の威力は認識したが、それに加えて後遺症被害を与える異質な兵器という知識を持っていたが、その量的実態は未知だった。機械的破壊に加えて放射線被害を与える兵器だと訴え理解を得る難しさがこの点にある。

7.3. ドラマ夢千代日記

5.2.項で述べた早坂暁(富田祥資)が被爆広島之夜、体験した事実を下敷きに書いたドラマ「夢千代日記」は、1980年代前半、NHK「ドラマ人間模様」シリーズで放映された。ドラマの主人公夢千代を広島で胎内被爆した被爆二世と設定した。彼女は鄙びた山陰の温泉街の芸者置屋女将で、医師から余命 2 年と宣告されている。神戸の病院から冬の山陰の温泉街に戻るところからドラマが始る。彼女を中心にそれぞれ金銭的には裕福ではないが、優しく人のよい人間が寄り添って生きる姿の心暖まる物語である。大きな感動を与えられた視聴者の強い要望で「続」と「新」の三部まで作られた。

ドラマ製作に際しプロデューサー深町幸男は鄙びていて、しかも芸者が居る山陰の温泉宿という設定に合う場所を探していた。昭和 55 年秋、兵庫県美方郡温泉町湯村温泉が選ばれロケーションが行われた。湯村温泉の人達は町をあげてこのドラマに直接間接に参加し、隣の漁村の漁師達もエキストラ以上の参加であった。湯村温泉には夢千代の銅像も建てられ、訪れる宿泊客はこの銅像にお金を置くようになった。その額は 1 年で数十万円にもなり町ではこのお金を毎年広島市へ寄附している。

被爆二世という設定の夢千代を演じた昭和 20 年生まれの吉永小百合は、自分ではスポーツ系だと言っているが、このドラマを演じて感じるところがあり詩

の朗読などをして反原爆活動をしている。彼女は福井が学んだ高校，第七高等学校造士館の先輩，昭和6年文甲卒の吉永芳之（平成元年9月11日没）の二女である。

8. 謝辞

桂共太郎さんの要請でアルヴァレ教授に資料を依頼する労をとってもらった，ハワイ大学ピーターソン教授に感謝する。資料の送り主故アルヴァレ博士の冥福を祈ります。これらの資料と共に種々情報を送付された桂さんに感謝する。永井隆博士の救護活動報告書のコピーを送付された阪大の級友・古田純一郎さんの親切にお礼を表します。原稿を読み記述について貴重な意見をよせて下さった級友の北垣敏男さんと杉本健三さんに厚く感謝します。名大の友人・澤田昭二さんから幾つかの誤りを指摘して頂き記述を正確にできた。澤田さんの御好意に心よりお礼を申し上げます。畏友・小沼通二さんからも適切な助言を頂き感謝します。図等をPCに取り込む作業をしてもらったSP研の博士過程3年生山本尚人さん（現，名大大学院工学研究科マテリアル理工学専攻，助教）の尽力に感謝します。

原稿を送付した読売新聞社の北村行孝さん（現職 読売新聞中部支社編集担当一支局長相当）からアルヴァレが嵯峨根教授へ送った手紙に関して読売新聞が記事にしていることを教えてもらった。北村さんの御好意で興味ある記事を紹介できたことに厚く感謝します。

註

原爆製造に関する著書と著者

- [1] Luis W. ALVAREZ (1911. June 13 – 1988. Sept. 1)
ALVAREZ – Adventures of a Physicist (New York: Basic Books Inc., 1987)
- [2] Leslie R. GROVES (1896 – 1970)
Now It Can Be Told – The Story of The Manhattan Project (New York: A DA CAPO, 1962)
- [3] Stephane GROUEFF
MANHATTAN PROJECT – The Untold Story of The Making of The Atomic Bomb (Boston: Little Brown and Co., 1967)
- [4] Vincent C. JONES (1915 -)
MANHATTAN : THE ARMY AND THE ATOMIC BOMB, United States Army in World

War II, Special Studies (Washington, D.C.: Center of Military History, United States Army, 1985)

[5] Richard RHODES

THE MAKING OF THE ATOMIC BOMB (New York: Simon and Schuster, 1986)

科研費報告書

[6] 昭和 62 年 3 月研究代表者：山崎正勝（東京工業大学大学院社会理工学研究科経営工学専攻）昭和 59 - 61 年度科学研究費補助金（総合 A）研究成果報告書「第二次大戦下における各国の原爆開発過程の実証的な比較研究」は研究者 13 名によりマンハッタン計画に関する広範膨大な資料を精査された詳細な研究報告。

[7] 平成 11 年 3 月研究代表者：市川浩（広島大学総合科学部社会環境研究講座）平成 8 年度—平成 10 年度科学研究費補助金（基盤研究 C）研究成果報告書「第二次世界大戦期における日本の戦時科学技術研究の実態に関する実証的研究」は、公開された GHQ/SCAP マイクロフィルム資料、特に Atomic Bomb Mission Japan 等を詳細に調査された報告書。

GHQ/SCAP 記録文書

[8] マイクロフィルムに収められた GHQ/SCAP の秘密文書が公開され柏書房がそれらを順次写真印刷して刊行。4 期に分別されている。

I 期 AG（高級副官部）文書

II 期 行政・法律関係文書

III 期 経済関係文書

IV 期 原爆と日本の科学技術関係文書

文中の註 8. の内容は次の巻に入っている。

GHQ/SCAP TOP SECRET RECORDS

IV GHQ トップ・シークレット文書集成 第 IV 期

（1998 年 2 月 20 日 発行 全 11 巻）

原爆と日本の科学技術関係文書 第 1 巻

BOX No.ESD-1 FOLDER (2)

Atomic Bomb (File #1) Oct.1945 – Dec.1945 p.45 – p.97

米国戦時研究コード名(暗号, 符牒)

[9] 1940 年 6 月にルーズベルト大統領のもとに組織された国家防衛研究委員会 (The National Defense Research Committee) の管理下にマサチューセッツ工科大学放射研究所 (The Radiation Laboratory of Massachusetts Institute of

Technology) が設置された。

所の目的はマイクロ波技術を開発、レーダー及び関連する技術、電子回路を開発し軍用に供する基本設計をつくる事であった。所の名前、放射 (Radiation) は戦時中のコード (暗号、符牒) 名で直訳は「放射」であるが、研究の対象が判るように意識して「電波」、「レーダー」、「マイクロ波技術」とすると実態が判ると思う。

この組織は戦争終結後の 1946 年に解散した。所での研究成果を MIT Radiation Laboratory Series として、1947 年から 1953 年の間に全 28 巻の本となり McGraw-Hill Book Company, Inc. より刊行された。

個々の本のタイトルは割愛するが、レーダー関係 5 冊、マイクロ波関係 13 冊、電子回路関係 9 冊と索引 1 冊である。

カリフォルニア大学バークレー研究所も正確には、カリフォルニア大学バークレー放射線研究所 (The Radiation (後に The Ernest O. Lawrence Radiation) Laboratory of University of California, Berkeley) である。

ここでも Radiation という言葉が使われている。所は設立当初から加速器を使って原子核の研究を目的とし、Radiation 「放射線」という名称が使われた。[10] 開発研究作業の実態を秘密にするために名付けたコード、符牒 (暗号) である。シカゴでの研究目的はウラニウムをプルトニウムに変換する施設の設計、構築と稼動に必要なすべての知識を得ることであった。

なお原爆製造目的の組織のコード、符牒は、マンハッタン工兵管区 (Manhattan Engineer District) である。初め陸軍は代替物質開発研究所 (Laboratory for the Development of Substitute Material) DSM を唱えたが、グローブスは変な呼び名にすると反って疑われるからと同意しなかった。

原爆製造の大工場敷地としてテネッシー州のテネッシー川流域開発公社 (TVA Tennessee Valley Authority) の土地を入手していたので、その近くの町の名、ノックスヴィレ (Knoxville) を候補名に上げたが実際の場所はまずいとなり、命名の議論をしている委員会の委員マーシャル大将の初期の事務所がニューヨークにあったからマンハッタンと言う名前を選び、作業全体を担当するのが工兵隊であり、組織の長グローブズの所属でもあるので異議なく Engineer が採用されマンハッタン工兵管区 (Manhattan Engineer District, MED) が原爆製造組織全般を意味するコード、符牒名となった。1942 年 8 月のことである。

戦争終結後、コロンビア大学が中心となり米国原子力委員会 (U. S. Atomic Energy Commission) との契約の基に、1942 年半ばから 1946 年 12 月 31 日に渡るマンハッタン計画での成果の一部を、Manhattan Project Technical Section of the National Nuclear Energy Series として以下のように 8 部門 全 60 数巻の本を McGraw-Hill Book Company, Inc. より刊行した。

- Division I - Electromagnetic Separation Project
- Division II - Gaseous diffusion Project
- Division III - Special Separation Project
- Division IV - Plutonium Project

Division V - Los Alamos Project
Division VI - University Rochester Project
Division VII - Materials Procurement Project
Division VIII - Manhattan Project

戦後、このシリーズの幾つかが写真印刷され頒布された。

宇宙線実験研究を始めるに際し、また禁止された原子核研究を再開した時のカウンターや電子回路の製作には、これらの本が最高の参考書となった。例えば、

Division V - Vol.1 : W. C. Elmore & M. Sands, "Electronics : Experimental Techniques", Vol.2 : B. Rossi & H. H. Staub, "Ionization Chambers and Counters : Experimental Techniques"

我々が B-29 の空襲で逃げ回っていた時、アメリカではこのような仕事がされていたこと、物質的にも知識も桁違いの差があることを知り、負け戦が当然だと痛感し悲しい思いをしたのを今でも忘れてはいない。

ロス・アラモス研究所の人物

[11] ボブ・バックアー (R. F. BACHER) はハンス・ベーテ (H. A. BETHE) と共著で原子核物理学の教科書となる解説論文を書いている。

H. A. BETHE and R. F. BACHER: "Nuclear Physics - A. Stationary States of Nuclei." *Rev. Mod. Phys.* 8, April 1936. pp. 82-229.

ベーテは続編を 2 つ書いた。

H. A. BETHE: "Nuclear Physics B. Nuclear Dynamics, Theoretical." *Rev. Mod. Phys.* 9, Jan. 1937. pp. 69-244.

M. Stanley LIVINGSTON and H. A. BETHE: "Nuclear Physics C. Nuclear Dynamics, Experimental." *Rev. Mod. Phys.* 9, July 1937. pp. 245-390.

これらの論文は原子核物理学のベーテのバイブルと称されていて、アルヴァレもこの論文で自習したと言っている。

共著者のリビングストンはサイクロトロン加速原理の論文を書いている。
M. Stanley LIVINGSTON: "The Magnetic Resonance Accelerator." *Rev. Sci. Instr.* 7, Jan. 1936. pp. 55-68.

[12] ブラッドバリー (Norris BRADBURY) はオッペンハイマーの跡を継いで 1945 年-1970 年の間、ロス・アラモス研究所の所長となり、研究所を平時の状態に組み換え、研究者達をそれぞれ元の機関へ戻す処理と残留者への仕事と居住対策を講じた。所の研究目標として水爆開発を最優先とし、ビキニ、エニウエトク環礁での実験を成功させた。原水爆の武器研究部とは別に核物理学の基礎と応用研究を目指して陽子線形加速器 LAMPF (Los Alamos Clinton P. Anderson Meson Physics Facility, 加速エネルギー 800 MeV) を建設した。陽子線で作る 2 次粒子のパイ中間子線を利用する癌治療への試みが行われた。さらに

原爆爆発時、広島・長崎上空での米国物理学者の行動と地上で被爆した人の行動

核融合 (Nuclear Fusion) 研究部門を創設した。

[13] アグニュー (Harold AGNEW) は 3 代目 (1970 年-1979 年) の所長で、所本来の目的の他、レーザー開発、原子炉安全対策と核防御対策に力を注ぎ、一方地熱利用の開発を行った。

アルヴァレ達の嵯峨根への手紙に関する新聞記事

[14-1] 読売新聞昭和 25 年 (1950 年) 1 月 3 日火曜日

『日米原子学者の握手』『嵯峨根遼吉博士の第一信] “あゝ戦争は嫌だ 長崎へ原爆投下までの大論争 初めて発表 歴史的な手紙”

嵯峨根教授の報告と共に手紙の写しとその訳文が掲載されている。

[14-2] 読売新聞平成 7 年 (1995 年) 1 月 8 日日曜日

『戦後 50 年 にっぽんの軌跡』シリーズ <38>

科学部北村行孝記者による「第三の火 原子力草創期」と題する記事がある。“激動の原子力開発草創期に牽引力となって、天馬のように時代を駆け抜けた一人の原子核物理学者がいた”の序に続いて、嵯峨根教授が原子力復興に奔走されたその原動力が昭和 24 年暮にパークレーでアルヴァレ達と再会し研究再起の念を抱いた事だとあり、「米国の友より原爆に添えられた停戦勧告の手紙」の記事で手紙の写しとアルヴァレと共に写っている写真を載せてある。

参考

[15] B-29 (米陸軍の四発爆撃機) について

空飛ぶ超要塞 (Boeing Super Fortress) と呼ばれた爆撃機で、1942 年 9 月に完成。初飛行。2430 馬力エンジン 4 基搭載。翼幅 43.05 m, 全長 30.18 m, 総重量 56.2 トン, 最大速度 時速 576 km, 航続距離 5230 km (爆弾 2 トン搭載時), 最大爆弾搭載量 9 トン, 与圧キャビン, 1944 年 6 月から戦闘に投入。戦争終了時まで 3970 機生産された。当時世界最速, 最高空飛行と長距離航続力の性能を誇っていた。

How Did American Physicists Act over the Atomic Bombings of Hiroshima and Nagasaki, and What Did the Japanese Do on the Ground when the Bombs Exploded?

FUKUI, Shuji

Professor Emeritus of Physics, Nagoya University

Abstract:

Luis Alvarez at Berkeley Laboratory, University of California, was the eminent physicist who was awarded the Nobel Prize for physics for 1968. He had participated in the wartime researches since November of 1940. In this report, his wartime works, some of which are closely related to Japan, are described based on his autobiography, his invention of trigger method of plutonium bomb and a measuring device of atomic bomb explosion powers with which he detected air pressure wave on B-29 above Hiroshima. He and his colleagues wrote a letter to Professor Sagane which was dropped on Nagasaki telling about atomic bomb and urged Sagane to persuade Japanese authorities to surrender. Some dramatic reactions of people in Hiroshima and in Nagasaki after the atomic bombings are described.

クーンの科学観の再検討のために：その予備的考察

Thomas Kuhn Revisited: Preliminary Discussion

中島研究室 古谷紳太郎

FURUYA, Shintaro

はじめに

「トーマス・クーンは、20 世紀、社会に最も影響を与えた科学史家の一人である」。たとえ彼の立場に反対する人間でも、このことを否定する者はいまい。日常用語となつて久しい「パラダイム」概念を挙げるまでもなく、社会における彼の影響力の大きさは周知の事実だからである。しかし、クーンの科学観が、「誰に、どのような影響を与えたのか」については、学問社会においてさえはっきりしたことは言えない。これは、「誰が、どのように、クーンの科学観を理解したのか」と言い換えることができる問いである。しかし、この問いは、その見かけよりずっと複雑かつ多様であり、未だ明確な回答は与えられていない。

「誰が、どのように、クーンの科学観を理解したのか」。この問いに答えるためには、まず、以下のように「誰が」の部分の場合分けをする必要がある。すなわち、第一に、「現代科学社会学がどのようにクーンの科学観を理解したのか」。第二に、「科学哲学がどのようにクーンの科学観を理解したのか」。第三に、「科学史がどのようにクーンの科学観を理解したのか」である。同時に、我々はそれぞれのクーン理解を吟味しなければならない。それが場合分けをする理由でもあるのだが、彼らのクーン理解は決して一様ではないのだ。したがって、首尾よくそれぞれのクーン理解を吟味できれば、ついにはクーンの科学観自体を再検討する必要性が浮き彫りにされるだろう。本稿は、クーンの科学観を本格的に再検討するための、予備的な考察である。

以下では、まず第一節として、現代科学社会学がどのようにクーンの科学観を理解したのかを見てみよう。現代科学社会学が受容したと言われるクーンの科学観—社会構成主義的科学観—は、社会における科学・技術を運用する際の指針として機能しはじめている。というのも、現代科学社会学の科学観が、現代科学論の基礎となっているからだ。だが、驚くべきことに、その科学観を提供したはずのクーンは、現代科学社会学の科学観に否定的だった。これは、クーン自身の意図に照らせば、現代科学社会学はクーンの科学観を誤解していた、ということである。つまり、クーンの科学観は社会構成主義の礎石となった科学観である、という認識が誤りである可能性があるのだ。現代科学論は科学政策等に応用されて久しいが、その基礎的科学観が十分に吟味されたものでないとすれば、非常に由々しき事態であると言わねばならない。そこで、第一節では、現代科学社会学の主要分野二つ—実験室研究と科学知識の社会学—を取り上げ、それらが受容したと思われるクーンの科学観に対して、クーン自身が語った科学観をアノマリーあるいは反証例として提示するやり方で、現代科学社

会学がクーンの科学観をどのように誤解したのかを明らかにしよう。

つぎに第二節として、ポパー派の科学哲学がどのようにクーンの科学観を理解したのかを見てみよう。現代科学社会学の科学観がそう見なされるのと同様に、ポパーとラカトシュは、クーンの科学観を憎むべき相対主義であると受け止めた。しかし、やはりクーン自身は、ポパーやラカトシュのクーン理解が適切ではないと主張していた。ポパーやラカトシュの目に、クーンの科学観が相対主義として映ったのはなぜだろうか。また、その後の科学哲学者は、クーンの科学観をどのようにみなしてきたのだろうか。これらの問いに答えるため、第二節では、科学哲学の変遷を振り返りながら、ポパーとラカトシュのクーン理解とその他の科学哲学者たちのクーン理解の比較・検討を試みる。

第三節では、科学史がどのようにクーンの科学観を理解したのかを見てみよう。科学史においては、科学哲学におけるのとは異なり、クーンの科学観は比較的冷静に受け止められた。しかし、冷静に受け止められたからと言って、クーンの主張が十分に理解されたと考えるのは早計である。科学史家たちは、クーンの主張を「ホイッグ史観」批判と「エクスターナル」アプローチの重視と受け止めた。だが、それはクーンの科学観の帰結でこそあれ、クーンの科学観そのものとは言えないのではないか。そこで第三節では、クーンの科学観の受け止められ方が、すでに科学史内部でその重要性が指摘されていた「ホイッグ史観」批判と「エクスターナル」アプローチの重視以上でも以下でもなかったということを確認しよう。

では、クーンの科学論が本来意図していたところの科学観とは、一体どのようなものだったのか。本稿はこの問いのための予備的考察であるため、ここに詳しく議論することはできない。そこで、おわりにでは、今後クーンの科学観を本格的に再検討するための現段階での展望を示し、研究ノートとして締め括ることにしたい。

1. 現代科学社会学はクーン科学観をどのように理解したか？

クーンの科学観が提出された科学史・科学哲学に増して彼のインパクトを受けたのは、科学社会学であった。その影響の大きさから、科学社会学に「クーン以前」、「クーン以後」という形容が用いられるほどである。本稿では、すでに何度も現代科学社会学という語が用いられているが、それはクーン以前の科学社会学と区別するためである。

「クーン以前」の科学社会学とは、マートンに代表されるコロンビア学派の科学社会学のことである。マートンは、指導教官であったジョージ・サートンや、カール・マンハイムの知識社会学の影響を受け、科学史を土台にして科学社会学を確立した。知識社会学はその研究対象から科学的知識を除いていたが、そのせいか、あるいは 40 年代から 50 年代にかけての冷戦体制におけるイデオロギーの対立のためか、科学社会学は知識社会学の例にならって「存在被拘束性」を科学的知識に適用せず、科学的知識と社会の関係が活発に議論されることはなかった。それでも、マートンの科学社会学は「科学者の社会学」として一つの学派を形作っており、科学社会学には、デレク・デ・ソラ・プライスの

ような別のアプローチも現れてきていた。（プライス，1970）

ただし，マートン自身も回想録で述べているように，60年代に入るまで，科学社会学は全体としては振るわなかった。（マートン，1983）ここに，クーンが登場したのである。成定薫は，科学社会学にとってのクーンのインパクトを以下のように説明する。

パラダイムに基づく科学研究をパズル解き（puzzle solving）になぞらえるクーンの科学観は，一九六〇年代のヴェトナム戦争反対運動や大学紛争を通じて，科学技術のあり方に疑問を抱くようになり，伝統的・通俗的な科学観とそれを基礎にしたマートン流の科学社会学に飽き足りないものを感じはじめていた多くの人々の共感を呼んだ。（成定，1994，p.320）

このインパクトについて，中山茂は以下のように言っている。

ラディカリズムが頂点に達した時点では，大学紛争時の急進的な学生たちによって，クーンはマルクーゼと共に革命のイデオログに持ち上げられた。

（中略）紛争世代の科学史・科学社会学には，現代の科学にはじめから批判的で，科学が現在のように墮落している歴史的・社会的根源をたずねるためにその専攻を選んだ者も多いので，科学批判はまことに鋭く，科学の神話の打破にその精力をそそぐ。その結果，実験室のなかの科学者を動物園の檻のなかの動物のように扱って観察したり，異なったパラダイムを戴く不倶戴天のヤクザの集団の果たし合いのように科学史を描くものまであらわれる始末である。彼らはマートンの言う鬼子である。（中山編，1984，p.8，p.20）

いずれの引用でも，時代性が科学社会学の科学観形成に無視できない影響を及ぼしたことを示している点が興味深い。実際，クーンの『科学革命の構造』の出版と同年の1962年にレイチェル・カーソンの『沈黙の春』が出版されているが，カーソンが警告した事態は，当時ベトナム戦争で用いられた枯葉剤によって現実のものとなっていた。科学，体制，戦争が一体となって，時代的悪の象徴となっていたのだ。以下に見るポパー派科学哲学の場合と比較すると，「エクスターナル」な要因が科学観に及ぼす影響に加えて，筆舌に尽くしがたい「時代精神」¹のようなものの影響を感じさせる。第三節でも議論するように，一口に「エクスターナル」と言っても，その意味するところまで一口に表現することは難しい。しかし，「便宜上」の慣例に習えば，引用での説明は，いわば「エクスターナル」な意味での，現代科学社会学に対するクーンのインパクトに関する説明であったと言えよう。

では，「インターナル」な意味での，現代科学社会学に対するクーンのインパ

¹ ただし，これは歴史主義的意味における「時代精神」ではない。むしろ，トーマス・ヒューズが言う「運動量」や「スタイル」のようなものである。つまり，歴史には「唯一最善の道はない—そしてたぶん今もない—ことを示唆する」（ヒューズ，1996，p.31）のような，逆説的な意味での「時代精神」である。

クトはどのようであったか。教科書的論文集である『Handbook of Science and Technology Studies』では、大多数の論者が、クーンの科学観が現代科学社会学に影響を与えたことを好意的に認めている。その中から、「実験室研究」と呼ばれる現代科学社会学の研究者であるカリン・クノール＝セティナの言を引いてみよう。

実験室研究で用いられる方法—民俗誌的分析（参与観察）と言説分析—は、クーンの登場によってポピュラーになった科学史のケーススタディの方法と実質的に同等と言える。（Jasanoff et al., 1995, p.141）（拙訳）

実験室研究は、70年代後半に現れた現代科学社会学の一分野で、実験室の文化人類学とも呼ばれる。彼らは、その名前が示すとおり、科学研究の現場である実験室をフィールドとして、文化人類学的あるいは民俗学的研究を行う。通常の文化人類学や民俗学と彼らのそれとの相違点は、構造主義的というよりは構築主義・社会構成主義的であることである。クノール＝セティナの説明にもあるように、実験室研究は参与観察を行うので、上の引用での中山の「動物園の檻の中の動物のように扱って」という揶揄は明らかに行き過ぎである。しかし、動物行動学のように対象が観察されるだけでなく、対象の意図を無視して観察された行動の再解釈が行われるという点では、中山の憤慨ぶりももつとではないか。

動物はその行動の意図を無視されたところでリアクションのすべを持たないが、人間はそうではない。そのうえ、対象となる人間は、レイ・パーソンではなく科学者である。レイ・パーソンとは異なる科学者の行動の意図である「科学の意味」²が無視され、かつそれが無条件にレイ・パーソンの行動として再解釈されるのだ。構造だけでなく、構造の構造あるいは構造材料に着目すれば、構造主義と構築主義、通常の文化人類学や動物行動学と実験室の文化人類学が似て非なるものであることは、一目瞭然である。実際、通常の文化人類学では、すでに60年代にフィールドワークの暴力性に関する倫理的問題提起がなされ、70年代にはアメリカ文化人類学会に倫理委員会が設立されるに至っている³。しかし、科学においては、情況は真逆であった⁴。

² 括弧付きで科学の意味と言うのは、それが今後改めてなされるべき議論の対象であるが、現在誰もが納得するような形で提示できないためである。科学の意味や、もっと言えば科学の価値というものは、当然理論だけでなく実践やその結果も踏まえて考えられるべきだろうし、その形而上学的価値も併せて考えられるべきだろう。

³ アメリカ文化人類学会の倫理委員会のサイト (<http://www.aaanet.org/profdev/ethics/>)に詳しく書かれている。

⁴ このような観点に立てば、サイエンス・ウォーズは起こるべくして起こった、と言えるかもしれない。金森は「科学者の社会的責任」を追求するのはいいのだが、その一方で「科学論者の社会的責任」も、それと同様に存在するという、言われてみればまるで自明の事実を改めて確認せざるをえなかった。」と言い、「サイエンス・ウォーズという、なかばスキャンダラスで、心理的消耗の多い事件を介してでなくても、科学論は、おそろくいずれ

さて、上の引用でクノール＝セティナは、実験室研究の方法と「クーンの登場によってポピュラーになった科学史の方法」が同一であると言っている。しかし、困ったことに、彼女は文化人類学や民族誌的方法については具体的に論じても、「クーンの登場によってポピュラーになった科学史の方法」については抽象的にしか論じていない。したがって、彼女の言う「科学史の方法」が何であるかについては推測するしかない。だが、その他の著作も含めて考えると、どうやらそれは科学理論に向けられた「エクスターナル」アプローチのことを意味している。そして、このアプローチは、科学理論や概念すら社会的に構成されるとする社会構成主義であると受け止められたのだ。(Knorr-Cetina, 1981; 1983; 1992; 1999)

しかし、クーンが、科学を無条件に社会の文脈に落とし込んではいなかったことは明白である。たとえば、クーンは『科学革命の構造』で以下のように言っている。

社会学者と言語学者とかの場合は、特定の集団のメンバーがこの法則に相当する表現を別に問題なく発し、受け入れていることに気付きはするが、その表現やその中の言葉が何を意味するか、その集団の科学者がその表現をいかに自然に密着させるか、については多く学ぶことがなかったのは明らかである。(クーン, 1970, p.214)

この引用は、クーンの科学観は「エクスターナル」なそれである、という科学史における通俗的理解にもかかわる部分であるが、社会学者や言語学者を直接的に批判している分だけ、クノール＝セティナに対するクーンの解答となっている。というのも、クノール＝セティナの引用にあったように、彼女たちの方法論は社会学的「エクスターナル」アプローチと言説分析であるからだ。後で触れるエクスターナル・アプローチの分類をした成定は、クーンの科学観における「社会」が無条件の社会ではなく、「科学者の」という条件付きの社会であることを、わかりやすい図にして示している。(成定, 1994, p.131) だが、ここでクノール＝セティナは明らかにその違いを認識していない。これを金森修は、「部分的描写の誤謬」と呼んでいる。(金森・中島編, 2002, p.14) 「どの社会か」ということに無自覚であることは、実際しばしば彼らにとって致命的だった。

さて、現代科学社会学は、実験室の文化人類学だけによって代表されるわけではない。社会構成主義的な現代科学社会学を形作っていた主要分野に、「ストロング・プログラム」で知られる、科学知識の社会学 (Sociology of Scientific Knowledge: SSK) がある。科学知識の社会学は、バリー・バーンズやデイヴィッド・ブルアなど代表的な研究者がエディンバラ大学に集まっていたため、エディンバラ学派と呼ばれる。彼らの特徴は、科学知識の社会学という名前が示

は、自分たち自身の研究動向が極端な「反科学」と直結するのは好ましくないという認識に到達したであろうが、史実として、サイエンス・ウォーズがその認識を早める契機になったというのは、否定しがたいであろう。」とまとめている。(金森・中島編, 2002, pp.17-18)

すように、「科学者の社会学」であるコロンビア学派の科学社会学では議論されなかった、科学的知識に社会学的な分析を行う点である。そして、その社会学的分析は、社会構成主義的アプローチでもってなされる。

バーンズの『科学的知識と社会学的理論』は、科学理論をある種の信念体系と位置づけており、科学を宗教に例えたクーンの影響が見られる。他方、論理すら社会的要素を含むという主張を含む「ストロング・プログラム」を標榜したことで有名なブルアの『数学の社会学』に対するクーンの科学観の影響も、非常に明白である。(Barnes, 1974;ブルア, 1985) というのも、ブルアは、その著書のほぼ半分を科学哲学と社会学の伝統におけるクーンの科学観の位置づけに費やしたのちに、「クーン的」数学史とよく似たものが可能なはずだ(ibid., p.212)として、社会構成主義的な数学史の議論を展開しているからである。それにもかかわらず、意外なことに、ブルアによるクーン科学観の受容は、まったく理論的というよりはむしろ思想的である。ブルアは4章「知識と社会表象」の終わりで、以下のように言う。

知識の神聖さを犯すのではないかという恐れは、どのようにして克服できるのであろうか。あるいは、どのような条件でその恐れを最小限に押さえることができるであろうか。その答えは前述したことから明らかである。それは、科学とその方法にほとんど全面的な確信を抱く者、その確信を至極当然のことと考えている者、その確固とした信念が全く問題の余地がない者によってのみ、克服されるのである。このことは『科学革命の構造』が伝えようとすることである。クーンはそこで、彼が至極当然のことと考えているように見受けられることがらを、至極当然のことと考えている方法を用いて研究している。(中略)これこそが知識社会学にアプローチする際、とられるべき態度である。(ブルア, 1985, pp.110-111)

このように、ブルアにとって、クーンの科学観は、科学知識分析の方法論というよりは、科学知識を神聖視しない態度として積極的に受容された。もちろん、4章までに議論されているように、ブルアがクーンの科学観を受容するとき、その受容の仕方には方法論的なもの—科学理論に対する社会学的なアプローチ—is含まれている。しかし、ブルアによれば、ポパーやラカトシュの議論も、クーン同様に科学理論に対する社会学的なアプローチを含んでおり、その意味でポパーやラカトシュとクーンは同列であるという。そして、彼らの決定的な違いは、そのイデオロギー的性質の相違⁵にある、とブルアは言う。(ブルア, 1985, pp.82-83) そのうえで、彼は、デュルケームの宗教社会学を科学に適応する際の、対啓蒙主義イデオロギーとして、「クーン的」な科学観を支持しているのである。中山の言うように、知識社会学は、たしかに科学の神話の打破を明確に意識していた。

ここで、ブルアのイデオロギー的クーン理解が、あくまでポパー派との対比

⁵ ブルアは、ポパーが啓蒙主義であるのに対し、クーンはロマン主義であるという。

の上に成立していることは強調しておかなければならない。というのも、そのうえでクーンを支持するということは、「ポパーによるクーン理解」をブルアが積極的に援用している、ということの意味しているからだ。しかし、『批判と知識の成長』でのクーンの弁明からも明らかな通り、クーンはポパーやラカトシュと同様の問題意識を持っていることを強調する一方で、彼らのイデオロギー的クーン理解が誤りであることを主張し続けていた。したがって、ストロング・プログラムによるクーンの評価—つまり、科学に対する態度についてのイデオロギー的評価—は、クーンからすればまったくの誤解であり、迷惑以外の何ものでもなかった。

野家啓一は『クーン-パラダイム』のなかで、「ストロング・プログラムに懐疑的なクーン」という小見出しを設けて、1987年にクーンが来日し東大講演における佐々木力とクーンの会話について、「明らかにクーンは、佐々木氏の誘いにもかかわらず、ストロング・プログラムに対しては一貫して否定的な態度を崩していない。おそらくは、「経験的な側面」を軽視して社会的側面のみを強調するエディンバラ学派のある種の傾向に対して、内的アプローチと外的アプローチの統合を目指していたクーンとしては危惧の念を抱かざるをえなかったであろう。」(野家, 1998, p.277)とまとめている。このように、クーンがストロング・プログラムに否定的であった証拠は枚挙にいとまがない。以下にその一例を引用しよう。

「ストロング・プログラム」と呼ばれた運動のもっとも極端な形態は、権力と利害がそこにあるすべてであると主張するものとして広く理解されました。自然それ自体は、それがどういうものであれ、それについての信念の発展においていかなる役目をも担っていないかのように思われてきたのでした。(中略) 私はストロング・プログラムの主張を不条理—ばかげたデコンストラクション [脱構築] の一例—であると考え出した者のひとりです。それから、それに置き換わろうと目下努めている、もっと手加減された社会的・歴史的定式化も、私の観点では、より満足のゆくものではほとんどありません。これらのより新規の定式化は、自然の観察が科学的発展において役割を演ずることを惜しげなく認めます。しかし、それらは、その役割について—すなわち、自然がそれについての信念を生み出す交渉に参入する仕方について、はほとんど何も情報を与えません。(クーン, 2008, p.140)

かくして、現代科学社会学が、あらゆる意味でクーンの科学観を誤解していたことは、もはや明白である。ただし、ストロング・プログラムは、実験室研究と異なり、「部分的描写の誤謬」の危険性を認識はしていた。それゆえ、科学を無条件に社会に還元することをさげようとして、彼らはその綱領に「反射性原理」を含めたのである。つまり、科学に向けられる脱構築の目は、反射的に、その科学を脱構築している社会学にも向けられなければならない、というわけだ。けれども、科学も社会学も相対化した後には、明らかに頼るべき合理性の規準は存在しない。「部分的描写の誤謬」を回避しようとしたストロング・

プログラムは、かくして認識論的泥沼にはまり込むことになった。やはり、社会構成主義を掲げる現代科学社会学にとって、「どの社会か」ということに無自覚であったことと、その「社会」の特異性やその他の「社会」との関係に注意しなかったことは、重大な欠陥であると言わざるを得ない。そして、この欠陥は、クーンの科学観に対する誤解に起因していた。

しかし、だからと言って現代科学社会学を排斥できると考えるのは、短絡的にすぎる。現代科学社会学がクーンを誤解していたとしても、それが完全に不毛かどうかは話が別だからである。ただし、今なされている以上に、現代科学社会学に致命的欠陥の修復、および過去の反省とそのフィードバックが求められているのは間違いない。「科学とは何か」あるいは「知識とは何か」という問題は、それらはどうあるべきか、どう実現したら良いか、という議論も含めて、真剣にかつ建設的に議論されなければならない。そして、クーンの科学観の再検討は、間違いなくそうした議論の中に含まれているはずだ。

2. 科学哲学はクーン科学観をどのように理解したか？

クーンの科学哲学は、一般に、ファイヤアーベント、トゥールミン、ハンソンらとともに、新科学哲学の陣営に分類される。彼らが「新」科学哲学と呼ばれるのは、他方にウィーン＝シカゴ学派の科学哲学とポパー派の科学哲学を、いわば「旧」科学哲学として想定することができるからである。

新科学哲学という用語が初めて用いられたのは、1974年のキジールとジョンソンの論文「アメリカ合衆国における新科学哲学」であったようである。(野家, 1998, p.241)しかし、新旧科学哲学の特徴を明示的に対比し、その後の論争の方向性を決定したのは、1964年のシャピアの書評であった(野家, 1998, pp.194-196; Fuller, 2000, pp.284-287)。シャピアは、クーンの要点が科学史におけるホイッグ史観批判と科学哲学における論理実証主義批判であることを認識した上で、「パラダイム」などのクーンの使用が意味論的に脆弱であることを指摘し、その科学観を相対主義として批判した。フラーは、シャピアによるこのクーン理解が、次の世代の科学哲学者たちによって新科学哲学と呼ばれた科学哲学像の基礎になったと言う。(Fuller, 2000, p.287)⁶たしかに、フラーが言う次の世代の科学哲学者の一人であるブラウンは、教科書としても定評のある『Perception, Theory and Commitment: The New Philosophy of Science』で、シャピアのクーン理解とほぼ同様の仕方で、ファイヤアーベント、ハンソン、トゥールミン、クーン、ポランニーを新科学哲学の祖としてまとめている。

⁶ 後にも取り上げるこのフラーの著作では、クーンの思想が彼の人間関係から時代背景まであらゆる要素が関連づけて論じられている。科学哲学者たちの世代性・時代性の指摘は、複雑多岐にわたる一見無関係な要素群から一つの形があぶり出されてくるようで、非常に興味深い。たとえば、287ページの脚注には、「クーン、トゥールミン、イムレ・ラカトシュはみな1922年生まれ。ハンソンとファイヤアーベントはともに1924年生まれ。シャピアは別だが、これら人物を一つの知的陣営と見なした、イアン・ハッキング、ラリー・ローダン、ハロルド・ブラウン、フレッド・スッペ、ピーター・マチャマーら次世代の科学哲学者たちはみな1935年から45年生まれである。」(拙訳)と書かれている。

では、科学哲学はブラウンたちが定式化したような新科学哲学によって塗り替えられたのか、と問えば、答えは明らかに否である。ブラウンは、形式論理学を科学哲学のツールに用いないことを新科学哲学の特徴の一つとして挙げている。だが、形式論理学は今でも確固として存在しているし、しばしば重心を認知科学分野にシフトさせているとは言え、形式論理学を科学哲学的問題に用いる諸分野も存在している⁷。野家は新科学哲学の登場を「パラダイム転換」に例えているが（野家，1998，pp.242-254），新科学哲学と同時に形式論理学や分析哲学などが並立している現状を見る限り、新科学哲学が科学哲学の新パラダイムになったとは言いがたい。さらに言えば、パラダイムはそもそも科学に特異的な概念として提示されたのであって（クーン，1971，pp.12-25），その意味でもやはり新科学哲学が新パラダイムになったとは考え難い。

新旧科学哲学間の論争の実質的な引き金となったクーンの科学哲学が科学史として展開されたことからわかるとおり、この論争が初めから科学史と科学哲学を横断する性質を持っていたことは指摘しておくべきだろう。解釈のバリエーションを生む多様な論点が存在したことは、科学史・科学哲学に混乱を引き起こしてきた主な要因の一つだからである。

それまでの科学哲学は、感覚与件の棚上げによってもっぱら科学理論の論理的な分析に集中することができていたが、科学の合理性に関する説明にはしばしば科学史の事例が引かれた。そして、そうした事例は科学理論の合理的な発展に則した形で語られるのが常であった。したがって、旧来の科学史・科学哲学の主流は総じて「インターナル」アプローチを取り、そうでない場合も含めてしばしば「ホイッグ的」になりがちであった。ファイヤアーベント、トゥールミン、ハンソン、クーンらは、科学史・科学哲学のこうした状況を問題視した。特にファイヤアーベントとクーンは、旧来の科学史・科学哲学から「社会的側面」が欠けていることを、共時的には観察に関わり（理論負荷性）通時的には理論転換に関わる（通訳不可能性）深刻な問題として指摘していた。すでに見たように、この指摘が—その実質的意味は別にしても—科学史外では社会学的アプローチの重要性を示唆するものとして受け止められ、現代科学社会学を勃興させたのだった。そして、後に見るように、科学史では、この指摘は「エクスターナル」アプローチの重要性を示唆するものとして受け止められた。

しかし、1950年代から1960年代にかけてそれぞれの科学哲学を展開した科学

⁷ ただ、そうした「ハード」な科学哲学が、新科学哲学以前のように、科学の意味や価値の社会における代弁者でなくなっていることは、非常に残念なことである。そうした役割は、現在では、科学者自身による「アウトリーチ活動」にほぼ全面的に依存している。もちろん、倫理的であることに加えて、科学者が自身の仕事を社会の中に位置づけ直す（コミュニケーション）機会として、アウトリーチ活動は重要である。だが、そうした活動は、あくまで科学者に求められる職業ではない。日常言語と科学的言語との奥深い関係に新しい光を投げかける論理学や、認知科学における新たな知見を携えてさらに心強くなった科学哲学が、「ソフト」な科学史・科学哲学とともに科学の意味と価値の代弁者になる日が来ることが切望される。

哲学者たちは、議論の動機や仕方あるいは重心に違いはあるものの⁸、科学を過度に理想化しないという点では共通しており、そのいずれもが旧科学哲学が感覚与件を棚上げしていることを批判していた⁹。感覚与件の棚上げは、旧科学哲学にとっては自明の公理に等しい。したがって、これを批判することは、旧科学哲学全体を批判することであり、さらに旧科学哲学が保証していた科学観を共有する科学界全体を根本から揺るがすことであった。

それは科学のアイデンティティー・クライシスとでも呼ぶべき事態であった。とくに、神に代わって世界の秩序を担ってきた「科学」¹⁰に、そうであることを一層期待する人々¹¹にとって、この批判のインパクトは想像を絶するものであったに違いない。ナチズムやマルキズムが科学に与えた影響を嫌悪していたポパーやラカトシュの反応は、その意味においてまったく当然であったと言っても良からう。彼らに典型的な反応を、ラカトシュから引こう。

科学の資格証明は一体何なのか。われわれは降参して、科学革命とは、参加に基づく単なる非合理的変化であり、宗教的回心と同じだ、と認めねばならないのか。(中略)しかし、もしクーンが正しいとすると、科学と疑似科学との間に明確な区別はなく、科学的進歩と知的頹廢との違いもなく、知的誠実さについての客観的基準もないことになる。だが、その場合に彼は、科学的進歩を知的退行から区別するどのような基準を提起できるのだろうか。(ラカトシュ, 1986, p.7)

ポパーとラカトシュは、このような反応でもってクーンに相対主義あるいは反科学というレッテルを貼ったのだった。科学、体制、戦争は、現代科学社会学同様、ポパーとラカトシュに、それらが一体となったときに現れる悪を見せつけた。しかし、彼らの反応は現代科学社会学とは異なっていた。彼らは、体制や戦争に悪用される科学を疑似科学として批判したが、そうした批判の根拠として、純粋に合理的な科学を打ち立てることに情熱を傾けたのだ。彼らはたしかに「科学の価値」を認識しており、その議論には学ぶべきところが多い。

しかし、もちろん、彼らの反応はあらゆる意味で妥当というわけでは決して

⁸ 本稿で詳細に論じることができないが、彼らの主張を一括りにすることの危険性は、強調してもしすぎることはない。「エクスターナル」という語や「社会」という語と同様に、「新科学哲学」という語も、十分に腑分けされ吟味されているとは言えないからだ。

⁹ 発達心理学とゲシュタルト心理学が彼らの議論を刺激したことは明らかである。しかし、彼らが社会学的文脈というよりはむしろ認知科学的文脈でこれらの心理学を用いている点は、現代科学社会学との対比において、強調してもしすぎることはない。

¹⁰ 「聖俗革命」(村上, 1976) 的な意味で。ただし、ここで「革命」という語は、動的な意味ではなくまったく静的な意味で用いている。たしかに、変化が起こることは動的だが、起こった変化を所与とした人間が現れることは、静的でありながら「革命的」と呼ぶに相応しい驚くべき事態であると言えるからだ。「革命」という語を、このようにいわばデチューンして捉えることは、クーンの科学論を議論する際の前提として強調するべきである。

¹¹ 特にヨーロッパの政治動乱を経験した人々にとって、ファイヤアーベントとラカトシュの相違をこうした観点から見ることは非常に興味深い。

ない。ラカトシュは、上の引用に続く部分に書かれている通り、「ポパーとクーンの双方が解けなかった問題」(ibid.)の一つの答えとして、「科学的研究プログラム」を提案した。それは、感覚与件の問題の直接的解答ではなかったが、彼らが相対主義と見なしたクーンの科学観に対抗して、科学理論の合理的な進歩を説明するための一つの試みであった。しかし、「科学的研究プログラム」の方法論は、過去の事例には当てはまっても、現在や未来の科学にもまったく当てはまるものではなかった。そのうえ、ポパーはもちろん、ラカトシュも答えられなかった部分について、クーンはすでに先鞭を付けていた。以下のように、クーンは科学の進歩に、生物進化のモデルをあてている。

生物進化の場合と同じく、このすべての過程も、定まった目標、永久に固定した科学的真理というものがなくとも起こりえたであろう。そして、科学知識発展の各段階はそれぞれ、固定した真理よりもより良き模範になっている。(クーン, 1971, p.195)

もちろん、生物進化のモデルが科学理論の進歩のモデルとして適切か否かは、大いに議論の余地が残されている。しかし、クーンはすでに、少なくともラカトシュが答えられなかった現在の科学理論の進歩について、「合理的な説明を与えるモデル」を提示していたのである。明らかに、ラカトシュはクーンの科学観を見誤っていた。

もちろん、しばしば批難されてきたように、クーンの議論は「素人的表現や論理の粗雑さ」があり、そのうえ、彼は意識的に「論壇に登場して人目を引くために、「科学研究におけるドグマの役割」とか、有名な「パラダイム」、普通名詞として一般化した「科学革命」、さらに「通常科学」「異常科学」など、ラディカルな表現や新しい造語を頻発させ」ていた。(中山編, 1984, pp.4-5)そして、すでに見たように、このような表現は、明らかに望まざる追随者を生む原因となっていた。もちろん、そうしたラディカルな表現の中には、ラカトシュの引用にもあったような、「改宗」などのメタファーも含まれる。

かくして、ポパーとラカトシュからの激しい論争を引き起こしたのは、クーンの科学観そのものではなく、クーンが彼の科学観を提示する際に施した装飾であった。

この、「パラダイム論争」として知られる論争の発端ともなったシンポジウムの記録は、『批判と知識の成長』(Lakatos & Musgrave, 1970)としてまとめられているが、ポパーやラカトシュとクーンの議論は、まったくすれ違ってしまっている。クーンの科学観は、合理主義的に批判されてはいないのだ。だから、結論でも述べる通り、クーンの意図はむしろこうした初期の議論の記録を含め、改めて考察されなければならない。しかし、今我々が求めているのは、「誰が、どのように、クーンの科学観を理解したか」のバリエーションを確認する作業である。

以下では、件のパラダイム論争が収束して以後、クーンがどのように記述さ

れているかを見てみることにしよう。一体、その後の科学哲学の教科書は、クーンをどのように描いているのだろうか。科学哲学の教科書として定評のある『新版 科学論の展開』(チャルマーズ, 1983)を見てみよう。

クーンの見解とラカトシュやポパーの見解の衝突から、「合理主義」と「相対主義」という語と結びついた明確に異なる二つの立場に関わる論争がひきおこされた。この論争は、理論評価や理論選択の問題に関するものであり、科学を非科学から区別するやり方をめぐりものである。(ibid., p.169)

ここで、チャルマーズは、クーンのパラダイム論を相対主義として理解し、ポパーやラカトシュの合理主義と対比している。周知のように、パラダイム論における理論選択は新旧パラダイム間の通訳不可能性を前提としており、科学の進歩が断続的であるというクーンの主張の根拠はここに存する。ポパーやラカトシュが理論の絶え間ない発展の基準となるべき合理性を追求したのに対して、クーンはそのような基準の重要性を認めながらも、あくまで不可知論的な態度を崩さなかった。つまり、チャルマーズは、この理論選択に対するアプローチの相違をもって、ポパー派を合理主義、クーンを相対主義として分類しているのである。チャルマーズは続けて、以下のようにパラダイム論争に関わった両陣営を特徴づける。「ラカトシュは合理主義的に科学を説明しようとして失敗し、一方クーンは相対主義的な説明をしていることを否認してはいるが、実はそうしていた。」(ibid., p.182)ここで、チャルマーズはクーンの科学観を相対主義と見なしている。だが、ポパーやラカトシュとは異なる仕方でも相対主義と見なしている、ということは注目しておこう。

チャルマーズのまとめによれば、クーンのパラダイム論の争点は理論選択に対する彼の不可知論的アプローチにある。そして、その不可知論的アプローチによって、クーンの科学観は相対主義であるという結論が導かれる。ところが、最近になって相次いで出版された著作の中に描かれるクーン像は、チャルマーズの描くクーン像とはかなり異なったものとなっている。1998年に野家啓一が『クーン-パラダイム』、また、2000年にスティーブ・フラーとアレクサンダー・バードがそれぞれ独立に『トーマス・クーン』という同じタイトルの著作を出版しているが、それぞれアプローチの相違があるにもかかわらず、彼らはクーンを保守的な合理主義者として描いているのである¹²。

¹² バードは Stanford Encyclopedia of Philosophy (<http://plato.stanford.edu/>) の Thomas Kuhn の項を担当しており、そこでも著書と同様のクーン理解を提示している。フリードマンも、バードと同様の仕方でもクーンを合理主義者に分類している。論者によって多少の相違はあれ、クーン、ラカトシュ、ローダンの議論を一つの学問的潮流とみなし、彼らを旧来の理論的・理想的な合理主義者とは異なる実践的・実証的な合理主義者としてまとめている。

(Bird, 2000; Friedman, 2002)ただし、フラーは、主としてコナントの影響や当時の社会的文脈(主として冷戦構造)などを含めたクーンのパersonal・ヒストリーに照らしてクーンの科学論を理解しようと試みており、バードらとまったく同じ意味で合理主義に分類しているわけではない点には注意が必要である。

たとえば、バードは「クーンのパラダイム理論とそれに関連する科学教育の議論は、なぜ科学が進歩（クーン的な意味で）するのかを説明している」（Bird, 2000, p.211）（拙訳）としている。だが、チャルマーズと同様の基本的理解から、「クーンが考える科学の進歩と彼の中でのニュートラルな意味での真理概念を見れば、我々がいかなる意味でも彼を相対主義者と呼ぶことはできないことは明白である」（*ibid.*, p.218）（拙訳）と、チャルマーズとは真逆の結論に至っている。チャルマーズの目に相対主義に映った不可知論的態度が、バードの目には合理的に見えているのである。また、以前はパラダイムの意味論的脆弱性の陰で、まっとうに取り上げられることのなかった、クーンの科学観の実践的側面に注目しているのも、バードの特徴である。彼は「クーンは、実験器具やその操作を含めた実践的な意味での合理性を考えている」（*ibid.*, p.217）と言い、クーンの科学観の合理的側面を積極的に議論しているのである。

もちろん、バードのアプローチだけが、クーンの科学観の実践的側面への唯一のアプローチ方法というわけではない。たとえばラウズは、実践的で科学活動のリアリズムを強調する「クーン1」と、哲学的な言明を強調するラディカルな「クーン2」というように、クーンの科学論を分解して理解しようと試みている。（Rause, 1987, pp.26-40）ラウズの場合、クーン科学観の保守的な科学論の実践的側面は「クーン2」が体现することになる。しかし、クーンは科学活動の現実に則した科学像を提示した、という結論部分は同様であるにもかかわらず、ラウズとバードがその結論に至るアプローチと理解の仕方にはかなりの差がある。ラウズの著作は、そのタイトルが示すように、権力闘争や政治性に着目して科学活動を理解しようという試みである。したがって、その試みに沿うかたちでクーンが理解され評されているのである。

ここで上に挙げたクーンに関する著作を年代順に並び替えてみると、クーン理解についてのある傾向が現れる。チャルマーズの著作は1983年、ラウズの著作は1987年、バードの著作は2000年に出版されているが、より新しい著作ほどクーン理解が「落ち着いて」きているのである。つまり、クーンの科学観が、ラディカルな相対主義、ラディカルな合理主義、ニュートラルな合理主義と変遷してきているように見えるのである。このように、科学哲学の分野におけるクーン科学論の理解はバリエーションに富んでいるが、当初ポパー派の科学哲学者たちが見なしたような相対主義者としてのクーン像は、しだいに科学の実践を重視した合理主義者という形に収束しつつあるように見える¹³。この傾向は、2002年のフリードマンの論文「Kuhn, and the Rationality of Science」にも確認することができる。しかし、それでもやはり、そうしたクーン像は未だ広く周知されておらず、科学哲学におけるクーン像は未だ定まっていないと言え

¹³ クーンの科学哲学は、ポランニーの科学哲学に、より接近している。しかし、注意しなければならないのは、彼らの関心（本稿では議論できないが、科学がその他の活動にない創造性を示す理由の実践を含めた理解が、彼らの共通の関心であったのではないか）は共通していても、その関心へのアプローチはまったく異なっている点である。すなわち、クーンはあくまで集団としての活動に着目しているのに対し、ポランニーはより個人的な活動に着目している。（Kuhn, 1962, 1977; Polanyi, 1962）

る。

3. 科学史(技術史)はクーン科学観をどのように理解したか?

科学哲学とは異なり、科学史(技術史)では、クーンについての理解は驚くほど一致している。野家、バード、フラーは皆、クーン科学史が「ホイッグ史観」批判であり、「エクスターナル」アプローチを開くものであったと言っている。(野家, 2007; Bird, 2000; Fuller, 2000)しかし、ここで注意しなければいけないのは、彼らが「エクスターナル」と言うとき、その意味は必ずしも一致するとは限らないことだ。議論のために、フラーの理解を引用しよう。

これは、現在を過去の不可避的な結果とする、ある歴史に関する思想(ホイッグ的なもの)を脱神格化することに関係しているかもしれない。クーンは、伝統的に外的科学史を奉じてきた科学史家たち(マルクス主義的なものも含めて)を、より深い内的科学史理解のために科学の文化的側面を強調してきた人々として描いている。特に彼らが多様な科学者(天才だけでなく)や史料(出版されているものだけでなく)を取り上げていることなど。(Fuller, 2000, p.333) (拙訳)

フラーは、クーンがマルクス主義的なものも含めた「伝統的に外的科学史を奉じてきた科学史家たち」を意識していたことを指摘している。おそらくクーンも前述のマーティンの回顧録にあったようなマッカーシズムの影響を受けているため、表面上はマルクス主義の影響は見られない。だが、クーンはたしかにゲッセンを読んでおり、主としてマーティンを通じて、「エクスターナル」アプローチの重要性を受け止めていたことは、後になってから語られている。(Kuhn, 1997)しかしながら、クーンが受け止めた—そして、結果的に彼の著作に、何かしらの形で反映されることとなる—「エクスターナル」アプローチが、マーティン流のエクスターナリズムであったのか、ゲッセン流のエクスターナリズムであったのか、あるいはまったく別のクーン流のエクスターナリズムであったのかは、クーン科学観そのものを吟味しない限り、まったく定かではない。

たとえば、成定薫は、エクスターナル・アプローチを四つに分類し、「エクスターナル」といわれるマーティンとクーンが、それぞれ異なるアプローチであることを議論している。(成定, 1994, pp.129-153)だが、成定は明らかに例外的存在である。というのも、「インターナル」・「エクスターナル」という分類が便宜的だという認識が一般的である反面、「エクスターナル」という語の場合分けがされることはめったにないからだ。つまり、ある人が「エクスターナル」だと言われるとき、その人がどのような意味で「エクスターナル」なのかということが意識されて議論がなされることは非常に稀なのだ。すでに確認したように、それは「社会」という語についても同様である。

とはいえ、どのような「エクスターナル」アプローチなのか、ということをはっきり意識している科学史の伝統が存在することもたしかである。それは、1931年にロンドンで開かれた第二回科学史・技術史国際学会で衝撃的デビュー

を果たした、ボリス・ゲッセン以来の伝統を持つ、マルクス主義的科学史である。たとえば、『科学技術史概論』で、大沼正則は以下のように述べている。

1960年代、(中略)科学と社会との関連を強調する風潮が生まれた。いわゆる「科学の社会史」とか、「外的科学史」とか呼ばれるもので、T・クーンの「パラダイム論」(『科学革命の構造』1962年、邦訳1971年)が代表的論著の一つである。(中略)しかし、ここには専門家集団が認めた科学的業績を真理とする考え(真理を約束ごととする考え)が含まれており、学界、サークル、研究所などの歴史(科学制度史)の研究への一定の前進はあるものの、科学を客観的自然から切り離し、技術を通して結びついている社会的経済的構造から結局は科学を切り離すという誤りを含んでいる。(山崎俊雄他編、1978、p.227)

科学哲学の議論を振り返ったあとでは、「客観的自然」という表現には一仮に厳密な唯物論的哲学の議論に限った意味だとしても一ナイーブな印象を受けざるを得ないとはいえ、ここでの大沼の主張は非常に興味深い。というのも、続けて「マルクス主義的科学史をひとまとめに「外的科学史」に含める傾向があるが、これは正確な認識とはいえない」(ibid.)と言っているのだ。

マルクス主義的科学史は、一般に「エクスターナル」アプローチであると考えられている。また、クーンの科学史も、一般に「エクスターナル」アプローチであると考えられている。だが、ここで大沼は、マルクス主義的科学史はすでに1930年代から「エクスターナル」な要素も含めた科学史を展開してきた、という前提に立った主張をしている。つまり、マルクス主義的科学史にとって、科学史は「インターナル」(であるべき)か「エクスターナル」(であるべき)か、ということは問題ではなく、すべてをマルクス主義的観点で統一した「一般科学史」こそ、求められるべき科学史というわけである。そのために、彼らは、非マルクス主義的科学史の中で、ようやく「エクスターナル」アプローチを取り入れたクーンの科学史を、いわば未熟な「エクスターナル」アプローチとして受け止めているのである。しかし、野家も先の引用で指摘にしていたように、『科学革命の構造』において、クーンは「エクスターナル」アプローチと「インターナル」アプローチの統合を試みたのであった。(Kuhn, 1977, pp.105-122)このように、マルクス主義的科学史とクーンの科学史の間で、「インターナル」や「エクスターナル」といった用語を支えるプロトコルに混乱が見られる点は注意する必要がある。しかし、それでもやはり、クーンの科学史が「エクスターナル」アプローチの科学史であると受け止められたことに変わりはない。

以上見てきたように、異なるバックグラウンドをもつ科学史的伝統でも、同じようにクーンを「エクスターナル」アプローチと理解することが妥当であるのは、それは「どのようなエクスターナル・アプローチか」、と問わない場合に限られている。したがって、「実証的」であることを求めることと実質的に同じ

意味である「ホイッグ史観」批判とは異なり、ある人が「エクスターナル」と言うときには、それが何を意味しているのか注意深く吟味しなければならないのである。

おわりに

クーンの『科学革命の構造』は、すでに古典としての引用パターンを辿って久しく(中山編, 1984, p.7), 彼の「パラダイム」概念はあたかも所与の概念装置として引用され続けてきている。だから、クーンの科学観は、すでに所与のものとなっていると言えないことはない。とはいえ、これまで見てきたように、クーンの科学観の理解は、時代や学問分野によってバラバラであり、一貫した理解が与えられていないばかりか、場合によっては明白に誤ってもいた。やはり、我々はクーンの科学観を再検討しなければならない。ただし、クーンの科学観の理解に誤解やばらつきがある以上、我々はクーン自身の著作に目を向け、その本来の意図を探らねばならない。そして、その試みは、「エクスターナル」というよりは、クーンに対して「インターナル」なものになるはずである。

そのことを考えるためのケーススタディとして、フラーのクーン科学観理解を見てみよう。上でふれたフラーの著作は、当時の社会情況—とくに冷戦構造というマクロな社会情況と、冷戦期の科学観を準備した師コナントとの関係というミクロな社会情況—から得られた、これまでにないクーン科学観であると言って良い。そして、その後の歴史に照らしてみても、コナント科学観の延長線上にクーンの科学観を理解することは、妙に説得的でもある。しかしながら、フラーが与えたクーン科学観に答えられない、明白な問題がある。『科学革命の構造』がコナントの意に沿う形で提出されたという理解からは、それが「なぜウィーン=シカゴ学派による『統一科学事典』の一部として世に出されたのか」ということを説明できないのである。クーン自身も言うように、『科学革命の構造』は、チャールズ・モリスらによって「最後まで原稿を書き上げるに不可欠な刺戟と勧告を与え」られていたのである。(クーン, 1971, p.v)

もちろん、クーンがコナントの密命を受けてウィーン=シカゴ学派に潜入し、旧科学哲学の破壊工作を試みた、などという事態は、万が一にもありそうにない。クーンは、ポパーやラカトシュによる誤解に対して弁明を続けてきたのであり、その後も、望まざる追随者たちには一貫して否定的であり続けたのである。したがって、クーンの著作に加えて、クロムビー編『Scientific Change』におさめられた初期クーンの講演の記録や、ラカトシュ・マスグレーヴ編『批判と知識の成長』におけるポパーに対する返答なども、クーンの科学観の再検討のために吟味する必要があるだろう。

すなわち、本稿が示唆する今後の研究の展望は、『科学革命の構造』は、新科学哲学的文脈でも、ポパー・ラカトシュ的文脈でも、現代科学社会学的文脈でもなく、むしろウィーン=シカゴ学派の文脈から読み直す必要があるのではないか、ということである。

参考文献

- Barnes, Barry, 1974, *Scientific Knowledge and Sociological Theory*, Routledge & Kegan Paul Ltd.
- Bird, Alexander, 2000, *Thomas Kuhn*, Acuman Publishing Ltd.
- Crombie, A. C., 1963, *Scientific Change*, Heinemann Educational Books Ltd.
- Friedman, M., 2002, “Kuhn, and the Rationality of Science”, *Philosophy of Science*, Vol. 69
- Fuller, Steve, 2000, *Thomas Kuhn A Philosophical History for Our Times*, The Univ. of Chicago Press
- Galison, Peter, 1997, *Image and Logic*, The Univ. of Chicago Press
- Jasanoff, Sheila, G. E. Markle, J. C. Petersen & T. Pinch eds., 1995, *Handbook of Science and Technology Studies*, Sage
- Knorr-Cetina, Karin & Mulkay, Michael eds., 1983, *Science Observed*, Sage
- Knorr-Cetina, Karin, 1981, *The Manufacture of Knowledge : An Essay of the Constructivist and Contextual Nature of Science*, Pergamon
- Knorr-Cetina, Karin, 1992, “Laboratory Studies and the Constructivist Approach”, 『年報 科学・技術・社会』 Vol. 2: 115-150
- Knorr-Cetina, Karin, 1999, *Epistemic Cultures : How the Sciences Make Knowledge*, Harvard Univ. Press
- Kuhn, Thomas, Aristides Baltas, Kostas Gavroglu, & Vasso Kindi, 1997, “A Discussion with Thomas S. Kuhn”, *Neusis* 6:143-198
- Kuhn, Thomas S., 1977, *The Essential Tension*, The Univ. of Chicago Press
- Lakatos, Imre & Musgrave, eds., 1970, *Criticism and The Growth of Knowledge*, Cambridge Univ. Press
- Polanyi, Michael, 1958, *Personal Knowledge*, The Univ. of Chicago Press
- Rause, Joseph, 1987, *Knowledge and Power: Toward a Political Philosophy of Science*, Cornell U. P.
- クーン, トーマス, 中山茂訳, 1971, 『科学革命の構造』, みすず書房 (原著 Thomas S. Kuhn, 1970, *The Structure of Scientific Revolutions*, The Univ. of Chicago Press)
- クーン, トーマス・S., 佐々木力訳, 2008, 『構造以来の道 哲学論集 1979-1993』, みすず書房
- ゲッセン, ボリス・ミハイロヴィチ, 秋間実・稲葉守・小林武信・渋谷一夫訳, 1986, 『ニュートン力学の形成』 (叢書・ユニベルシタス), 法政大学出版会
- チャルマーズ, A. F., 高田紀代志訳, 1985, 『新版 科学論の展開』, 恒星社厚生閣 (原著 Chalmers, A. F., 1982, *What Is This Thing Called Science? Second edition*, Univ. Queensland Press)
- ブルア, D., 佐々木力・古川安訳, 1985, 『数学の社会学-知識と社会表象-』, 培風館 (原著 Bloor, David C., 1976, *Knowledge and Social Imagery*, Routledge & Kegan Paul Ltd.)
- プライス, デレク・デ・ソラ・プライス, 島尾永康訳, 1970, 『リトル・サイエンス ビッグ・サイエンス』 (原著 Price, D. J. de Solla, 1963, *Little Science, Big Science*, Columbia Univ. Press)
- マートン, R・K, 成定薫訳, 1983, 『科学社会学の歩み-エピソードで語る回顧

録』, サイエンス社

ラカトシュ, イムレ, 村上陽一郎・井山弘幸・小林傳司・横山輝雄訳, 1986, 『方法の擁護-科学的研究プログラムの方法論』, 新曜社

金森修・中島秀人編, 2002, 『科学論の現在』, 勁草書房

山崎俊雄・大沼正則・菊池俊彦・木本忠昭・道家達将編, 1978, 『科学史技術史概論』, オーム社

山崎正勝, 2002, 「パラダイム論から非相対主義的真理論へ-ピータ・ギャリソンのトレーディング・ゾーン概念によせて-」, 『科学基礎論研究』第99号, Vol. 30, No. 1:1-7

成定薫, 1994, 『科学と社会のインターフェイス』(平凡社・自然叢書24), 平凡社

成定薫他, 1994, 『岩波講座 現代思想10 科学論』, 岩波書店

村上陽一郎, 1976, 『近代科学と聖俗革命』, 新曜社

中山茂編, 1984, 『パラダイム再考』, ミネルヴァ書房

野家啓一, 1998, 『現代思想の冒険者たち クーン-パラダイム』, 講談社

野家啓一, 2007, 『増補 科学の解釈学』, 筑摩書房

寄稿文

実践的工学研究方法試論 ～ 超音波工学の研究に携わって40年 ～

上羽 貞行*

1. はじめに

筆者は大学院時代、超音波工学を専門とする森栄司先生のご指導の下、東京工業大学精密工学研究所で、修士、博士 5 年間で過ごさせていただいた。この間、「自らが独立した研究者として成長するためには何が必要であるか」を折に触れて考え、科学論、技術論、認識論などを勉強し、また多くの友人と討論を重ねながら、自分なりの方法論の構築を試みた。

大学院修了後は同じ東京工業大学印写工学研究施設(現像情報工学研究施設)の光学を専門とする辻内順平教授の指導の下、助手として勤めることになり、大学院時代に構築しつつあった方法論の有効性を超音波以外の分野で検証せざるを得ない立場となった。

助手として研究テーマ選定から遂行までの実践を行う中、4,5 年ほど経過すると、自分にとって仮説かと思えた研究方針(方法論)がいくつかの点で確信が持てるようになり、研究が楽しいものになってきた。大学院修了後 11 年弱で、精密工学研究所助教授として任用されることが決まった折、この段階で、考え方すなわち「私の工学研究方法論」と呼ぶべきものを自分なりにまとめておくことは、自分の考え方を整理する意味でも、また研究の楽しみを他人に分ってもらおう上でも、意味のあることと思われ、1979 年 4 月に研究室の学生諸君に話をしたのが公表の最初である。

その後、助教授、教授としての研究活動、教育活動(付録参照)を通してもこれらの確信は深まりこそすれ、揺らぐことはほとんどなかった。本報告は、この時のレジメを元に加筆訂正したものである。

科学技術の功罪が問われる中、また若者の理科離れが問題とされる中、多分に独断的なところがあるが筆者の研究実践の指針であるこの小著が、他の人の何らかの参考になれば幸いであると考え、披露させていただく次第である。

2. 工学の発展経緯と研究手法

ひとまず工学を「工学とは要請に応じて対応する技術構成を可能ならしめる技術の学問体系」と定義し、この「工学を発展させるためにはどのような対応が必要であるか」との観点から、自分がとらえている工学の発展について幾つの特徴を述べる。

1) 元来、自然科学は分科された科学となる以前は単に自然哲学として存在し、“自然の見方”あるいは“自然観”であった。そして、自然哲学は技術とは全く別個のものであり、それぞれ独自の道をとって発展した。

*東京工業大学精密工学研究所 Email: ueha.s.aa@m.titech.ac.jp

2) 自然哲学は実証性を取り入れ、「分科」することにより知識を集積して自然科学となり、進歩と更なる分科をおし進めた。

一方、技術もまた、経験的事実を積み重ねる中で、法則性を見出し、さらに自然科学で得られた成果を取り入れることにより発展し、技術学あるいは工学としての体系を持つようになり、多様な目的に応じて分科、発展をおし進めた。

3) 黎明期の自然科学は、技術を援助しうる十分な能力は持たなかったが、分科発展する中でかなりの援助が出来るようになり、自然科学と技術学の相互作用は増大し、現在では技術学を十分にサポートしうる段階に到達している。端的に言えば、科学の進歩なくしては技術学の進歩はあり得ず、また逆に技術学の進歩なくしては科学の進歩もありえないような段階に来ている。人によっては、このような科学と技術学の境界が消滅しつつある段階のことを「科学技術革命」と呼んでいるようである。

4) 自然科学、技術学がその相互作用を増す一方、それぞれが細分化に細分化を重ねる中で、対象も特殊化されてきており、要請・要望の多様化に対応すべく、学際的研究の展開が図られてきた。

5) しかしながら、研究分野の一層の特殊化は、それだけでは一般性の喪失を意味し、特殊化された分野で育った研究者では更なる前進がなし難い段階に来ている。すなわち、いささか逆説的ではあるが、特殊化され細分化された分野を発展させるには、より一般的、総合的知識なくしては為し得ない段階に来ている。

6) 3節で述べるように、学問の分野の発展の契機は要請・要望と工学の現状との矛盾の解決であり、これらの矛盾が解決されればほぼその分野の役割は終わりである。しかしながら、一見すると矛盾がなくなったように見える場合でも、まだ認識されていない矛盾のある場合が考えられ、これらの矛盾を顕在化させるためにも、また、役割を終えた分野から次なる新しい分野を作り上げていく上でも、広い視野が増々要望されている段階と考えられる。すなわち、これまでの科学技術の成果すなわち科学的認識に立脚した新しい段階での‘自然哲学’を持った研究者が必要な段階であると考えられる。

以上の議論を模式的に表すと図1のようになる。

3. 工学発展の契機と研究課題の抽出

工学に於いて、ある分野が発展するかどうかはその分野にかかわる矛盾が見出され、これを解決できるかどうかにかかわっている。この矛盾は、その分野における内部矛盾とその分野と他の分野、社会、自然科学等との相互関係において生ずる外部矛盾とに大別できる。ただし矛盾が見出されるかどうかは、研究者個人が「工学を発展させていく、あるい

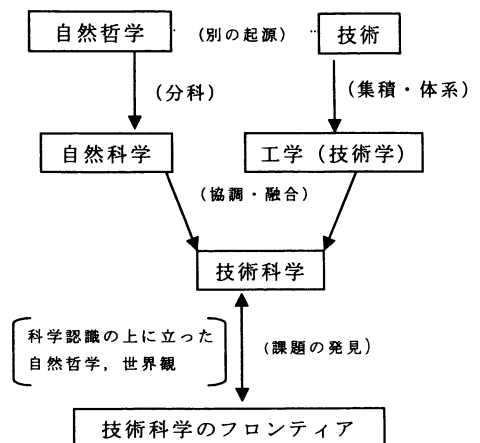


図1 工学発展の概観図

は環境を改良，改善していくという能動的な意思を持つかどうか」という姿勢に深くかかわっていることに留意する必要がある。

これらの矛盾を，もう少し立ち入って考えると次のようになる。

3.1 専門分野における内部矛盾

そもそも学問の分野を設定する場合，それは内部矛盾を多く含むような形で設定されており，この内部矛盾の解決が，その分野が相対的に独自の展開をする原動力になる。この内部矛盾が完全に解決された分野は研究という意味においてははやその使命を終え，新しい分野が構成されるべきであろう。

ただ，内部矛盾の存在が，外的な要因によっても顕在化させられる場合が多くあることも忘れられない。

3.2 専門分野と非専門分野との矛盾

1) 社会的ニーズとの矛盾

社会的ニーズは既成の各分野の知識を総合した場合に達成される場合が多くなってきており，一方，工学及び自然科学は人工的自然及び自然の一断面，一断面を取り出している場合が多い。したがって，従来成果に基づき，何かを設計製作する場合には，構成要素の相互関連において問題を生ずる可能性がある。この問題は目的技術学における問題であるが，場合によっては一般技術学への問題提起である場合がある。

2) 工学の他の分野との矛盾

他の分野の課題を自分の分野との関連で理解しておくこと，自分の分野の思わぬ問題に気が付くことがある。また，ある分野の課題を別の分野の方法を用いると容易に解決できる場合がある。後者の場合の手法を意識的に推進することはテクノロジートランスファ（技術移転）と言われている。いずれにしろ，これらは分野相互の不均衡発展による矛盾が要因である。

3) 自然科学と工学との発展の差異による矛盾

科学的発見，進歩を工学に即取り入れることが可能な場合もあり，また自然科学の課題及び必要とされる技術を自分の分野との関連で知っておくと，その分野における課題が顕在化する場合がある。

4) 予測される近未来ニーズとの矛盾

現在は社会ニーズになっていないが，問題となるであろうことが推測される場合があり，この問題と現在の工学レベルとの矛盾を解決することも大きな課題の一つである。

4. 課題の顕在化手法と研究課題の選定

4.1 課題の顕在化手法

（方法1）具体的な目標を設定し，この目標を現在の最高の技術を駆使して実現を試みる。この目標は，もし実現すれば，それなりに意味のある目標でなければならないが，実現できない場合があれば，それが新たな研究課題となろう。この場合，問題解決が既成の分野のワクを越えても，それは追求すべきで，ワクは学問を発展させるためにこそ存在するものであるべきである。

また研究を進める上で、多くの場合、予期せぬ副産物が出てくるもので、このようにして得られた課題を突破すれば、少なくともそこでは世界のトップに立っている場合がある。そして、これにより解決された問題が一般的あるいは普遍的であればある程好ましい。

この方法においては、まずもって何を目的とするかに研究の価値がかかっている。この目的、すなわちニーズを生み出す‘現場’としては生産、消費、研究室、社会、自然科学、生活、他の工学分野など人間生活全体のかかわる分野に及ぶと考えられる。そして、これらの具体的目標を達成する中で、それらが持つ一般性のある潜在的ニーズを分析抽出し、これを解決することを課題とする場合は優れて独創的であることが多い。

(方法2) 何らかの立場から、統一的にその分野、あるいは種々の技術をとらえ、統一的にとらえられない場合には、さらに概念を深める必要があり、その概念の深まりにより別の技術が生まれる可能性がある。その統一的に扱う一つの立場として、現象を数式的、理論的に扱い、より取り扱いの精度をあげることで、新しい技術の可能性を探り出すやり方がある。

(方法3) 既存の技術が立脚している条件を極端に走らせることにより、矛盾を顕在化させる。

(方法4) 他人の論文、発表から、現在の到達点を知り、現実の要請を絡めて、矛盾を顕在化させる方法等がある。

以上の方法の中で(方法1)はニーズオリエンティッド、(2)、(3)、(4)はシーズオリエンティッドな方法と言える。しかしながら、(2)、(3)、(4)の方法においても、現在何が必要とされているかというニーズをある程度は知っていなければ、矛盾の存在を見抜くことはできない。また、第4の方法はいわゆる‘流行を追う’危険性があり、世界の第一線に追いつくことは出来ても第一線を形成することは、多くの場合困難と考えられる。

4.2 研究課題の選定

前章で述べた方法によっていくつかの課題が見出されるものと考えられる。しかしながら、出来れば工学における独創的研究といわれる

- (イ) 必要な課題を新しい方法により実現すること
- (ロ)

新しい製法
設計法
装置 } の開発

- (ハ) 新しい技術を可能ならしめる解釈、解明

を目指し、またテーマの質として

(イ) 一般性、(ロ) 緊急性、(ハ) 実用性、(ニ) 発展性等を考え、テーマを選択することが望まれる。

なお、テーマ設定後の研究の進め方については、実吉純一先生の「研究におけ

る独創性に関する方法論」に詳しい^{1)・2)}。

5. 求められる研究者の資質とその獲得について

研究を行うにあたり、何をテーマとするかということがもっとも重要と考えられ、そのテーマの源泉である矛盾の所在するところと、それを顕在化させる方法について既に述べた。

したがって、研究者としては、より一般的、普遍的なるテーマを抽出し得る能力が必要であり、その能力を高めるためには次のような点を考慮すべきと考えられる。

1) 自分の所属する分野の構造及び現在の状況を知るためのいわゆる一般的な学習をすること。言葉なくしては思考のめぐらしようがないのと同じように、たとえ方法があっても知識なくして着想の仕様がなない。また、構造がわからなければ手の打ち方が判らないからである。ただし、一般的知識を得るためにも、また構想を把握するためにも、教育的な具体的テーマを設定し、これを追跡する中で構造および知識を獲得することが有効な場合がある。

2) 自分の所属する分野を歴史的小および他の分野との関連において横断的に把握すること。

このことにより現在の分野を一発展段階として有機的に把握できる。これは個別的な技術史の習得になるものと考えられる(もっとも、現在の段階では個別技術史を作ることそのものが研究的色彩を持っている場合が多い)。

3) 自分の分野を他の分野との関連で有機的に理解するため、自分の分野に近いと思われる分野から、その分野の発展段階と当面する課題についての知識を得るよう努力する。

この場合、現象をいわゆる‘物理的意味’あるいは‘論理’の段階まで深めておくと、比較的広範な分野の発展段階、課題が掴めるようになる。これらの目的に学会発表会、修論発表会など有効に使える。

4) 科学の発展段階とその最新の成果に関心を払う。これには、その分野の優れた人の書いた一般向けの解説書、あるいはインターディシプリナリーな書籍等が有効かと思われる(第3の場合も同じ)。

5) 現在および将来の社会が何を要求するかを知るため、一般技術史の勉強と現在の社会の発展方向を探る努力をすること。

6) 技術・科学および社会を發展的、総合的に理解する方法として、弁証法を身につけること。また学問の発展の論理が理解でき、多くの混沌の中からスジを見つけたり、具体的なものに潜在する一般的な課題を見つけたりすることには弁証法が有効な場合がある。

6. むすび

以上、工学の発展段階、工学研究の課題設定指針、必要とされる研究者の資質等を含む工学研究方法論について自説を紹介した。筆者が考える「望ましい研究者像」とは、要約すると“自分の所属する分野の構造、分野の位置を歴史

的、横断的(≡有機的)に捉えられる研究者、広大なスツ野とダイナミックな思考力、深い洞察力を持った高いピークを出し得る研究者”になること。これはまた‘科学的認識が進んだ段階における自然哲学者’とも呼べる工学研究者と言い換えることができる。

ここで紹介した方法論の妥当性を論理的、あるいは実証的に検証することは困難であり、多分に独断的な面がある。

しかしながら、この小論が各人独自の方法論を構築する上で参考になればと願う次第である。

参考文献

- 1) 実吉純一「研究における独創に関する方法論」第7回 EM シンポジウム予稿集 pp89-98 (1978)
- 2) 上羽貞行「実吉純一先生の研究方法語録について」、信学技法 us2003-71, EA2003-97, pp1-6 (2003-11)

(付録)

研究活動概要		
	研究テーマ	備考(方法論との関連)
1965-1970 (東京工業大学理工学研究科 電気工学専攻)	・ランジュバン形振動子の実用化	・独立した研究者となるために ・与えられたテーマの解決と方法論の構築開始 ・実吉純一先生の方法論を知る
1970-1980 (東京工業大学助手:印写工学研 究施設、現像情工学研究施設)	・振動測定法の確立 〔面内振動測定法提案・実現 光ファイバー利用干渉計提案・実現 パッシブ音響ホログラフィ提案・実現〕	・方法論の実践・検証 ・応物と超音波分野でのテクノロジートランスファー ・方法論の間まとめ「私の工学方法論」(1979.4)
1980-1992 (東京工業大学助教授:精密工学 研究所)	・超音波モータ	・教育と研究を進める ・学生の実力より一寸上のテーマ設定
1992-2002 (東京工業大学教授:精密工学研 究所)	・超音波アクチュエータ ・近距離場音波浮揚現象発見と 非接触搬送への応用展開	・概念の拡張
2002-2006 (東京工業大学教授:精密工学研 究所(併)所長)	〃	・「科学のための研究と社会のための研究(富浦氏の分類)」を知る。
2006~2008 (東京工業大学教授:精密工学研 究所)	・音バリアフリー関連研究立ち上げ	・方法論再考「実践的工学研究方法試論」(2007)

資料紹介

負の数への挑戦：ダランベール『百科全書』を読む

湯浅友絵¹・中根美知代²

1. はじめに

負の数は、中学校に入学してすぐ学ぶ単元である。ただし、義務教育で教えられるといっても、そう簡単な概念ではない。正の数は、りんご1個、2分の1個、一辺が1の正方形の対角線の長さは $\sqrt{2}$ というように、それが表現するものの存在を実際に目に見える形で示すことができ、それに対応するような演算が定められている。しかし、マイナス1個はそのような方法では示すことができない。向き付けという概念を導入して、今日の気温はマイナス3度とか、今月の家計は赤字だからマイナス12,000円というように、負の数に一応現実的な意味を与えたようには説明できる。マイナスの符号が逆向きを表しているという見方をすることになるのだが、マイナスとその数の絶対値を切り離して考えていることで、負の数の実体を示しているとは言いがたいという見解もあろう。負の数と負の数を掛けると正になるという計算規則を認めても、その意味するところが何であるかを、誰もが納得する形で明確に説明するのはなかなか難しい。

実際、ヨーロッパに負の数が導入された後、数学者の間で、負の数をめぐって大きな論争が起こった。マルチネスは2006年に出版した『負の数学』において、16世紀以降の負の数に関する論争を主題としたまとまった論考を試みた。そこでは、現実と結び付けられないが、整合性のある計算が可能で、それゆえ役に立つ負の数に、数学者がさまざまな仕方に対処してきた様子が記述されている。そして負の数に現実的な意味を与えることは数学者たちの大きな課題であったことが紹介されている。

17世紀において、負の数は「無未満の数」と捉えられていた。この無未満という概念自体が論争になる一方、18世紀になると、金銭的負債や温度、移動という物理的な状態に即した捉え方が出てくる。すなわち、方向付けを与えて、それらしい意味を与えようとしたのである。そうではあっても当時の数学者全体が納得できるような負の数の概念をめぐって、論争は続けられていた。

18世紀半ばに活躍したジャン・ル・ロン・ダランベール (Jean Le Rond d'Alembert, 1717 - 1783) は、このような状況を見た上で、負の数を、幾何学における平行線、解析学における無限とともに、検討されるべき数学の重要な概念のひとつと位置づけた。ところが、平行線や無限・無限小に比べて、負の数の認識をめぐる18世紀の歴史研究は、やや乏しい。議論の余地のある概念を積極的に使って数学を進歩させていった大陸と、その本質の議論にこだわって使用を拒み、数学的に遅れをとっていた英国との対比という問題関心から論じられている程度で、当時の人々が把握していた負の数の概念は具体的にどうであったのだろうかという部分があまり検討されていない。平行線や無限小と同様に、この方面についてもより詳細な研究を進めていく必要がある。

では、このように負の数を捉えたダランベール自身は、『百科全書』の項目で、どのような見解を示したのであろうか。あらゆる学問分野の先端の知識を結集し、単なる辞書的な役割にとどまらず、諸学の取り掛かりとしても役立つことを意図した

¹東日本旅客鉄道株式会社東京支社

²立教大学理学部, michiyo.nakane@nifty.com

のが『百科全書』である。おそらく彼は、この項目の執筆にあたり、慎重な態度で臨んでいるであろうし、彼の記述がそれ以降の数学者に大きな影響を与えたことは間違いないだろう。本稿では NÉGATIF の項目を邦訳した上で、ダランベールの負の数に対する考え方を探ってみよう。

2. 『百科全書』項目「負」の邦訳

文中にある図は、「百科全書」に実際にはなく、訳者たちが挿入したものである。原著にある () はそのまま用い、訳者たちが補った語句は [] でくくってある。

項目「負」

負の量³は、代数学においては符号マイナスをつけて示され、多くの数学者によってゼロより小さいとみなされた。しかしながら、これから見ていくことにより、ゼロより小さいとみなす考えが正確でないことは、すぐにわかるだろう。「量」の項目を参照せよ⁴。

負の量は正の量の反対であり、また正が終わるところで負が始まる。「正」の項目を参照せよ。

負の量の概念を定めることは簡単ではなく、何人かの優れた人々があまり正しくない概念を与えたことによって負の量の概念を混乱させたことを打ち明けねばならない。負の量は、ゼロより小さいというが、それは私たちの理解を超えていることである。1 は -1 と比較できず、 $1:-1$ と $-1:1$ は異なっていると主張している人は、2つの間違いをしている。それは (1) 人は常に、代数の演算の中で、1 を -1 で割ることができる、(2) -1 と -1 の積は 1 と 1 の積に等しく、1 と -1 の関係は -1 と 1 の関係に等しい、というものである。負の量に関する代数学での演算の正しさ⁵、簡単さを考えると、我々の負の量に対する正確な捉え方は単純でなければならず、凝りすぎた形而上学から導かれたものであるべきではないと信じる。真の概念を発見しようとする、まず負と名づけられかつゼロより小さいとみなした量は、大変しばしば実の量によって表わされることに注目しなければならない。例えば幾何学においては、負の直線群は正の直線群とは共通点 [=原点] がのっている直線⁶に関する位置によってのみしか異ならない。「曲線」の項目を参照 [Figure 1]。計算の中で出会った負の量は、実際に実の量であると十分自然に結論づけられる。しかし、実の量は、すでに前提とされている別の考えに結び付けられなければならない。例えば、 x に 100 を足すと 50 になるような x の値を探することを考えてみよう。代数学の規則により、 $x + 100 = 50, x = -50$ となろう。一方で量 x は 50 に等しいともみなされ、左辺に 100 を足す代わりに、右辺から 100 を引くことができる。そこで、問題は次のように述べられるべきであろう。100 から x を引くと 50 になるような量を見出せ、と。このようにして問題を提示すれば、 $100 - x = 50$ は、 $x = 50$ となり、 x

³原語は、quantités négatives。当時は、自然数および正の分数を「数」と呼び、それ以外の数は「量」と呼ぶ場合が多かった。原語にしたがって負の量と訳出したが、今日の負の数を意味しているといつてよい。

⁴『百科全書』の項目のこと。原著では項目名はイタリックになっているが、訳文では「」でくくった。

⁵意味づけはできないが、計算としては整合的なものとなるという理由で、今日教えられるような負の数の計算法則が、当時も受け入れられてはいた。

⁶ y 軸のことを指すと考えられる。

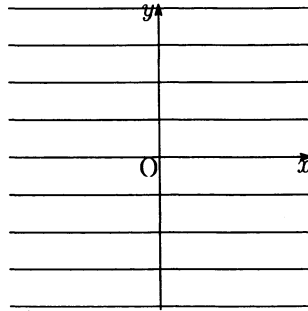


Figure 1: 負の直線群と正の直線群

の負としての形骸はもはや残らないであろう。このように、正の量の計算の中で負の量は本当に示されるにもかかわらず、負の量は[ゼロより小さいという]間違っただけの状態の中で仮定されてきた。量の前に見出される符号マイナスは、上の例が大変明確にしているように、上の仮定のもとで私たちがおかした間違いを直し、改めることに役に立つ。「方程式」の項目を参照せよ。

私たちは、ここで $-a$ のような単独の負の量、あるいは b が a より大きい場合の量 $a - b$ のことしか問題にしないことに注意しよう。 $a - b$ が正である場合は、 b は a より小さく、そこに付く符号は[マイナスではないので]何も難しくないのである。

さて、単独の負の量はまったく現実的、絶対的ではない。漠然と -3 といったとき、それはどんな意味も示さない。実際、ある人が別の人に -3 エキュ⁷を与えたと言うより、その人が 3 エキュをもらったというほうが、わかりやすい言い方であろう。

ここで、 $-a$ と $-b$ との積は、なぜ $+ab$ となるのか検討しよう。 a と b の前に符号マイナスが付いていると仮定しているが、それらは a, b に別のものが混ざり合い、組み合わせられていることを示している。もし数量が単独で独立したものとして考えられていたならば、数量の前にある符号マイナスは、はっきりとした基本理念がないものになってしまう。つまり、量 $-a, -b$ の前に符号マイナスがあると考えるのは、問題や演算の仮定の中に、いくつかの暗黙の間違いがあるからだけだ。もし問題が明瞭ならば、数量 $-a, -b$ は必ずそれぞれ符号プラスとともに見出されるはずで、その時それらの積は、 $+ab$ となるだろう。なぜならば、それは $-a$ と $-b$ の掛け算を意味するからだ。それは、 $-a$ 回 b を引くことである。すなわち、すでに考察したように、負の量を足したり置いたりすることは正の量を引くことである。同じ理由で負の量を引くことは、正の量を足すことである。そして、それは問題の単純で自然な記述でなければならない。 $-a$ と $-b$ を掛けるのではなく、 $+a$ と $+b$ を掛ける。それは、積 $+ab$ を与える。現実の世界では、この計算に対して、負の数に関する考察をそれ以上展開することは不可能である。そして、この考え方は単純なものであるから、私は、これ以上にはっきりと正確な考え方で置き換えられることはないだろうと思う。そして私は、解決可能な負の量を含んだ問題すべてに対して、その考えを適用するならば、決して誤りを犯すことはないと思える。

⁷当時の通貨の単位。

る。いずれにせよ負の量に関する代数的な演算の規則は、あらゆるものによって認められ、正確なものとして一般に受け入れられている。曲線の負の座標上の量と正の座標についての状態を結びつけるいくつかの考えもそうである。「曲線」の項目を参照せよ。

私たちはこの項目の中で、幾何学の問題の解答において負の量はいつも正の反対側にあるわけではないこと、しかし、計算の際には負の量は、常に正の反対であると仮定した側にあることだけを付け加えよう。たとえば、中心あるいは極を通る直線群の間の曲線が方程式を考える。これを y とおき、[各直線に] 対応する角を z と名づける。例えば、 $y = \frac{aa}{a + b \cos z}$ を考えよう⁸。 $\cos z = -1$ のとき [$z = \pi$ だけ]、もし、 $a > b$ ならば、 y は $\cos z = 1$ のとき [すなわち $z = 0$ のとき] と正反対にあることは明らかである。しかしながら、 y のいずれの場合 ($\cos z = -1, \cos z = 1$) の値も式の中で正の形をしている。しかし $a < b$ ならば、 y の計算上の値は負になるが、[$\cos z = -1$ に対する直線は] $\cos z = 1$ のときと同じ側であろう。それは、 y がとるであろうと推測した側と逆である。幾何学において、負の量があるはずのない側に見出されるような別の場合をさらに挙げることができる。しかし、私たちが確立した諸原則と、「方程式」の項目の中ですでに示した諸原則によって、難しい問題でも十分に解決できる。私たちは、方程式の虚根が負の根と異なることを「方程式」の項目の中で説明した。それは、提示されている問題と根本的に異なる程度にわずかに異なる視点から考察した問題に対しては、負の根が解答となることである。しかし虚数は、考察している問題にどのような解答も与える可能性がない。⁹虚数は決して正の量にならないのに、負の根は問題の小さな変化によって正になることができる。たとえば $b^2y = x^3 - a^3$ を考えよう。 $b = 1$ とおき $y = x^3 - a^3$ [Figure 2] とすると $x < a$ の時、 y は負になり、[y 軸に対して正とは] 反対側におかれる。(「曲線」の項目を参照せよ。) それはなぜだろうか。もし、軸を c 、これはまったく任意

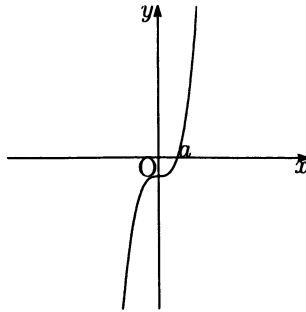


Figure 2: $y = x^3 - a^3$

であるが、だけ後退させると、 x 軸と y 軸の代わりに、 x 軸と z 軸 $z = y + c$ が得

⁸今日では a^2 とかかれるが、原文表記に従った。

⁹負の数と虚数はともに、実体ははっきりしないが、計算上は役に立つという性質をもっているため、数学者たちはこの二つを平行して議論することが多かった。負の数の概念が確立した後、虚数を導入するという順序が踏まれたわけではない。

られる。この時 $z = c + x^3 - a^3$ とすると、 $x < a$ の時、 z はもはや負にならない。あるいはむしろしばらくの間、正であり続けるだろう。このことから、 $y + x^3 - a^3$ の負の値は、正の値と同様、この曲線上にある。このことは、「曲線」の項目でより詳しく述べられている。反対に、 $y = \sqrt{x^2 - a^2}$ で $x < a$ ならば、軸を適当に動かしても、 y の値は虚のままにとどまる [Figure 3]。このように負の根は実在する根であ

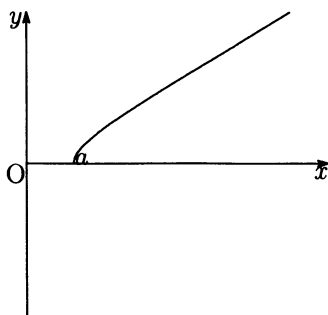


Figure 3: $y = \sqrt{x^2 - a^2}$

る。なぜなら根は、解答の過程の小さな変化で正になるからである。しかし、虚根は実在する解ではない。なぜならば、虚根は負の根と同じような変化によって、正にも実にも決してならないからだ。「方程式」の項目を参照せよ。

先に、正が終わったところから負が始まると述べたが、このことは正が虚にならないという制約とともに理解しなければならない。例えば、 $y = x^2 - a^2$ 、 $x > a$ ならば、 y は正になり、 $x = a$ ならば $y = 0$ になり、 $x < a$ ならば、 y は負になる [Figure 4]。したがって、このような場合には、 $y = 0$ の時、正が終わり、その時負が始まる。一方、 $y = \sqrt{x^2 - a^2}$ を考えると、 $x > a$ のとき、 y が正になり、 $x = a$ のとき、 $y = 0$ になる。しかし、 $x < a$ のとき、 y は虚になる。

正から負への移行は、常にゼロあるいは無限を通過してなされる。例えば $y = x - a$

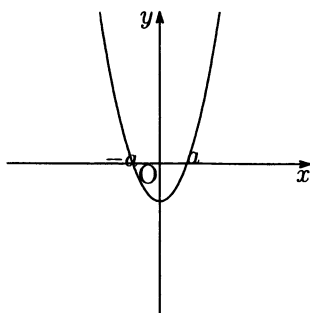


Figure 4: $y = x^2 - a^2$

のとき, $x > a$ である限り, y は正であり, $x < a$ のとき, y は負であり, $x = a$ のとき, $y = 0$ である [Figure 5]. この場合, この移行は, ゼロを通過してなされる. しかし $y = \frac{1}{x-a}$ であるならば, $x > a$ である限り, y は正であり, $x < a$ の時, y は負である [Figure 6]. そして, $x = a$ の時, $y = \infty$ である. この移行は, 無限を通過してなされる.

無限あるいはゼロを通る量は, 必ず正と負になるとはいえない. なぜならば, そ

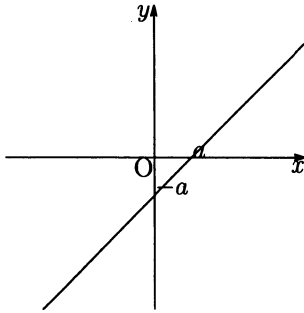


Figure 5: $y = x - a$

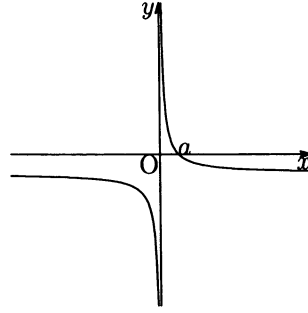


Figure 6: $y = \frac{1}{x-a}$

のような量は正であり続けることができるからだ. 例えば, $y = (x-a)^2$ あるいは

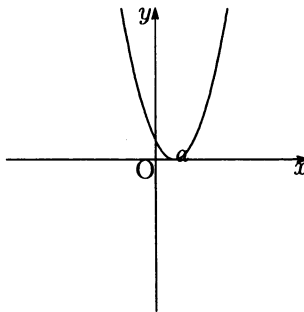


Figure 7: $y = (x-a)^2$

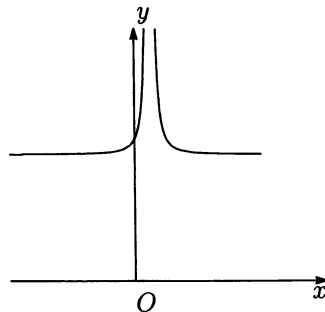


Figure 8: $y = \frac{1}{x-a}$

$y = \frac{1}{(x-a)^2}$ は $a = x$ の時, それぞれ $y = 0, y = \infty$ になる. そして, $a > x$ の場合, $a < x$ の場合も, y は正であり続ける. 「最大」の項目を参照せよ.

3. 考察: ダランベールにとって「負の数」とは

現実存在する数量を問題にするのが数学であると考えていたヨーロッパの数学者は、中国・インド起源の負の数の概念を知ると、それが現実とどのように関連付けられるかを熱心に論じた。18世紀になると、その議論も出尽くし、関連付けはほぼ不可能と認識されることになる。現実との関連は考えずに、便宜的に負の数を使うとする数学者がいる一方、関連をつけられないのなら負の数は認めないとする数学者もいた。その時代において、ダランベールはあえて負の数と実在との関連付けに挑んだことが『百科全書』の記述からうかがわれる。

項目の冒頭に書かれた、「ゼロより小さい量ではない」とする主張はきわめて個性的である。では負の数とはなにか。ダランベールは負の数を正の数に帰着して意味づけるという考え方を導入する。負の数を伴う操作は、解釈を変えれば、正の数で表現することができる。そして、負の数同士の積を論じる場合にも、答えが正になる必然性を持たせるような解釈が可能である。マイナスという記号は、ゼロより小さな量を表すのではなく、数学的操作の解釈にかかわるものというのが彼の立場である。ダランベールにとって、負の数とは正の数の別の表現形態であるとみなすこともできよう。マルチネスは、「ダランベールは負の数を不要としている」と記しているのは、この点に着目したためであろう。しかし、その解釈には無理があるように思える。

確かにダランベールは、マイナスつきの数は現実的・絶対的でないとし、符号と絶対値を切り離す方針をとり、正の数と反対の向き付けを与えて負の数を理解している。しかし、彼はまた、計算上ではそうであっても幾何学的にはそうとも言い切れないでいる。では、どのようにしてこの矛盾を解決すればいいかという記述はここには見当たらない。しかし、正の数から負の数への連続性を主張していることは注目に値する。正の数があってそれに逆の向きをつけて負の数を構成したというよりも、正の数からの移行により登場したのが負の数という立場をとっているのである。さらにダランベールは、負の数を虚数と対置させ、負の根はグラフの上で目に見える形で表わされ y 軸の移行によって正の数になるが、虚根はそうでないことを指摘することにより、負の数の存在性・現実性を述べている。

ここで、「先に、正が終わったところから負が始まると述べたが、このことは正が虚にならないという制約とともに理解しなければならない」というダランベールの言明を検討してみよう。彼は、 $y = x^2 - a^2$ の場合は、 $x = a$ を境にして y の値が正から負へ移行するが、 $y = \sqrt{x^2 - a^2}$ の場合は正の数から虚数への移行を示していると指摘している。このことをあわせると、「」内の言明は次のように解釈できるのではないだろうか。代数的な計算では虚から正への移行が可能であるが、このことは平面上のグラフでは、 x が a を超えると何もないところから突然曲線が現れるということになる。しかし、負から正への移行はそのようなことはない。代数的な操作は取らずに、幾何学的な操作のみでなされる移行を考えるというのが、ここでいう制約であろう。目に見える形にしておいて、正の数からの連続性を主張し、虚数と比べた上で、負の数の存在を際立たせようとするのが、ダランベールの意図のように思われる。

正の数自体は現実としっかり結びついているのだから、それと関連付けることにより、負の数の存在が主張できる。このように考えたダランベールは、負の数を伴う概念が正の数で表現できることや、正の数から負の数への移行ができることを論じたのであろう。そして、負の数の存在を主張するというのは、その数が必要であるからにはほかならない。

数学は現実に存在する数量の処理を問題にするのではなく、その計算から派生した一定の演算規則を満たすような体系を研究対象にするという数学自体の変化が19世紀半ばに生じたため、負の数の演算規則の合意がなされ、負の数が認められたとするのが、マルチネスの最終的な結論である。そうであったとすれば、ダランベールの説明は、今日的な負の数の概念形成上、特別な意味は持たなかった。結局、負の数は現実にあるものとの関連付けで理解されなかったのだから、それを試みた他の多くの数学者たちと同様の道を、ダランベールもまた辿ったことになる。しかし、幾何学的な視点から、負の数と対比した上で虚数の存在の脆弱さを示したことは、複素平面を導入して虚数の幾何学的意味づけを与えていくというその後の歴史的経緯の中に、一石を投じた可能性がある。このことについては、引き続き検討していきたい。

謝辞

本稿の作成にあたり、立教大学客員研究員の Xavier Dahan 博士から有益なご助言をいただきました。ここに記して感謝いたします。

文献

- [1] Jean d'Alembert, "Négatif" *Encyclopédie, ou, Dictionnaire raisonne des sciences, des arts et des metiers, par une societe de gens de letters*, t.11, (Paris: Briasson, 1765), 72, 655. 本稿の作成にあたっては、1986年に Pergamon Press から発行された縮刷版を用いた。
- [2] Alberto A. Martinez, *Negative Math*, Princeton University Press, 2006. (邦訳：小屋良祐訳『負の数学』青土社, 2006年)。
- [3] ヴィクター・カツ (上野健爾・三浦伸夫訳) 『数学の歴史』共立出版, 2005年。

2007 年度 博士・修士論文梗概

2007 年度提出博士論文

戦後日本における計量標準の設定・維持・供給の歴史

詫間直樹

2007 年度提出修士論文

科学技術行政協議会(STAC)の史的分析

高揚

時制論理の研究 ～命題の時制と決定論を巡って～

大橋正則

概念と対象の一般理論としての論理的存在論の研究

小山田圭一

Ockham の代示理論を反映した量化理論の研究

田中智

戦後日本における計量標準の設定・維持・供給の歴史

中島・梶研究室 詫間直樹

学位取得日 2007年9月25日

第1章 はじめに

第1章において、研究の背景を説明し(第1.1節)、先行研究の吟味と研究課題の設定を行なった(第1.2節)。

本研究の背景は、以下のとおりである(第1.1節)。

産業において高品質な製品を生産する過程では、製品特性の計測が行なわれる。その際、同じ製品特性を測っても計測器によって値が違ってしまうようでは混乱をきたす。計測器ごとの差をなくすためには、共通のものさしとなる計量標準の参照が必要になる。また、物理学や化学における学術的な実験においても、計測(測定)は非常に重要な要素であり、測定装置の校正(calibration)の際に計量標準を必要とする。このように、計量標準は産業技術においても理学においても不可欠な存在である。従って、計量標準の歴史を研究の対象とすることは、十分に意義のあることである。

さて、日本における計量標準の歴史を、学術の対象として取り扱うために、これを科学史・技術史の古典的問題と関連させて論ずる。その古典的問題とは、日本の科学・技術の後進性の問題である。これについて以下に述べる。

廣重徹は、その著書『科学の社会史』において、欧米先進諸国における科学が1870年頃に制度化(専門職業化)され1930年代に体制化されたが、それが日本にも当てはまり、時期もそれほど遅れていないと主張した¹。そして、当時支配的であった「科学啓蒙主義」に基づく単純な追いつき史観を批判した。科学啓蒙主義的な歴史記述では、まず欧米に市民社会に育まれた理想的な科学が存在し、日本は常にそれを学び消化する努力を積み重ねてきた、という構図から出発する。西洋における科学は市民社会とともに発達してきたが、日本においては科学的精神に習熟した市民社会が形成されないまま西洋に匹敵する軍事力をもつ帝国主義国家へ飛躍しようとしたため、日本の科学は官僚性・封建性・軍事性といった後進性を帯びることになった、というわけである²。これに対し、廣重は西洋の科学的精神を美化せず、科学が軍事・経済的ナショナリズムを支

¹ 廣重徹『科学の社会史』(中央公論社、1973年)、第2章および第9章。本書は、後に上・下巻に分けられ、岩波現代文庫シリーズに収められた(2002年および2003年)。その際、吉岡斉による解説文が付いた(下巻の253-294頁)。その中の265-273頁において、廣重の「科学の体制化論」の意義と限界について論じられている。

² 吉岡斉による「解説」(廣重徹『科学の社会史(下)』(岩波文庫、2003年)所収)、267-268頁。

えたという点では、西洋も日本も同じであるという立場をとったのである。

廣重以降は、日本の科学・技術は欧米に比べて遅れていないという論評が多くなされた。例えば、1870年頃の制度化に関して、村上陽一郎は、日本では1877年東京帝国大学という工学部を含む総合大学が世界で始めて現れたことを例に挙げ、当時の高等教育における科学と工学の位置づけに関しては、日本は先進的な状況にあったと論じている³。また、梅棹忠夫の日欧平行進化説の影響を受けて江戸時代と明治時代の連続性を指摘することがブームとなった。さらに、1990年頃になると、半導体やカメラなど世界市場を席卷した技術が過度に注目されたり、日本は欧米諸国の科学・技術に学ぶところはもうないといった楽観的な論調が現われたりした。

しかし、実際には、日本の科学・技術には欧米に遅れをとった部分、キャッチアップにおいて等閑にされた部分が存在した。例えば、1980年代の日本における、計量標準をはじめとする研究開発基盤の整備状況がその好事例である。1980年代の日本では、華やかな先導的研究が重視された。その一方で、計量標準や材料物性試験データ、有害物質の物理化学性状データといった基礎的数値データの獲得・蓄積・供給が、欧米に大きく遅れをとるという事態が生じていたのである。

これは、技術の「跛行性」の典型例とも言える。技術の跛行性とは、産業部門や技術の種類によって技術水準の発達速度に差があり、国際的に見て技術水準が低いまま取り残されてしまう技術分野が出てきてしまうことを言う。本来、跛行性は、技術がそれほど発達していない国が、全産業部門にわたって技術水準を上げ、先進国の水準に追いつこうとしている状況で問題となる。しかしながら、1980年代の日本のように技術先進国と目されるようになっても、跛行性は存在するのである。その一つが、計量標準の技術であったというわけである。

資金やマンパワーなどの資源は限られているので、選択と集中の方針によって、わざと資源を投入しない分野をつくることは、決して悪いことではないが、計量標準や測定技術のように基礎的な分野への資源投入をあまりにも怠ったり、回復不能な状態に至らしめると、全産業へ悪影響が広がる可能性がある。従って、計量標準のような基礎的技術の技術水準と制度が実際にどのように変遷してきたのかを研究することは、産業技術政策を考える上で十分に意義のあることである。

ここで、議論をもう少し精密化したいので、「後進性」(「先進性」)の概念にサブカテゴリーを設ける。少なくとも二つのサブカテゴリーが存在する。一つは、精確な量を供給する技術(すなわち計量標準の技術)や精確な測定を行なう技術、精密加工技術、精確な組付け技術、均一な製造技術といった「精密技術」の技術水準に関する後進性である。これを「技術的後進性」と呼ぶことに

³ 村上陽一郎「科学技術の文化的背景」(林武・里深文彦編著『科学技術の生態学』(アグネ承風堂、1993年)所収)、40-53頁。

する。もう一つのサブカテゴリーは、技術を支える制度の整備等が遅れていることを意味する「制度・政策的後進性」である⁴。廣重による科学の体制化が遅れていないという指摘や、村上による日本の科学教育や工学教育が先進的であったという指摘は「制度・政策的後進性」に関するものである、と解釈することができる⁵。同様にして、「先進性」のサブカテゴリーとして「技術的先進性」と「制度・政策的先進性」を設ける。こうして議論を精緻化することにより、日本の計量標準がどのような意味で遅れていたのかを詳しく考察することが可能になる。「日本の計量標準がどのような意味で後進的であったのかを明らかにすること」、これが本論文の最終的な課題である。

最後に、計量標準の歴史を研究する意義をもう一つ述べておく。それは、計量標準が、先端技術から普及済みの技術まで、幅広い対象を支えていることである。国家標準や、計測器メーカーが保有する高精度な計量標準は、主に先端技術開発や最前線の学術研究を支えている。その一方で、技術の普及や底上げを支援する計量標準も存在する。精度はそれほど高くないが現場で使用可能な、「現場標準」(実用標準, working standard)や「検査標準」(check standard)などがそうである。また、計量法に基づく検定や基準器検査は、どちらかという技術のローエンドをターゲットにしている。このように計量標準は、ハイエンドからローエンドまでのすべての技術を支えている。そこで、高精度でハイテク支援を意図した計量標準と、中・低精度で技術の普及や底上げを狙った計量標準とを区別して議論することができる。ハイテクを支援する計量標準の技術が国際水準に引けをとらなかつたのに比べ、技術の普及と底上げを支援する計量標準の技術はたびたび資源投入不足となった。これは、ハイテクとローテクの格差の格差によって形成される技術の跛行性が、計量標準という一技術分野に反映されていたことを意味する。従って、計量標準という技術分野は、技術全般の跛行性の縮図のようなものであり、科学史・技術史の研究対象としての価値を十分に有すると言える。

次に、第 1.2 節において、先行研究の吟味と研究課題の具体化を行なった。

戦後日本における計量標準の歴史についてまとめた研究は、学術論文でない

⁴ このほか、「産業構造の後進性」や「資本蓄積の後進性」などが考えられる。本研究はこれらも考慮するが、分析概念として前面に押し出す概念は「技術的後進性」と「制度・政策的後進性」の二つである。

⁵ 「遅れ」や「後進性」は、諸外国に対する相対的な「劣性」・「弱さ」・「不十分さ」を時間軸で表現したものである。確かに、劣勢を挽回し、弱さや不十分さを解消するためには時間がかかるし、「先進国に追いつく」「宇宙開発技術では〇〇年遅れている」といった表現は広く用いられるので、このような表現に一定の妥当性を認めてもよい。「遅れ」「後進性」といった表現は、あくまで便宜的なものであり、本論文においては、同時期の諸外国と比較したときの相対的な「劣位性」・「弱さ」・「不十分さ」を意味するものとし、時間的な遅れは意味しないこととする。

ものを含めても、少ない⁶。

経済産業省の産業技術総合研究所 計量標準総合センターは『計量標準 100周年記念誌』を出版している⁷。その第2章は、「新たな役割を担う計量標準研究所」と題して、1990年代初めから2003年までの日本の国家計量研究機関(2001年3月までは、通産省工業技術院傘下の計量研究所ならびに電子技術総合研究所と物質工学工業技術研究所の標準研究部門、2001年4月以降は産業技術総合研究所の計量標準総合センター)の歴史について書かれている。これは、1990年代の計量標準の歴史、特に計量標準に関わる制度や政策の歴史についての先行文献といえる。一方、産業における計量標準の技術水準や利用実態については踏み込んだ記述は見られない。

日本計量史学会の論文集『計量史研究』に掲載された川村正晃の研究論文「わが国機械工場における限界ゲージ方式の導入について」は、第二次世界大戦前の機械工業における限界ゲージの導入と普及について論じている。各種ゲージの使用状況や寸法精度などが具体的に書かれており、実証性の高い研究と言える。また、限界ゲージの歴史と機械工業全体の歴史の関係についても述べている。しかしながら、戦後の機械工業におけるゲージの使用については理論的な考察にとどまっている。戦後への実証的研究の拡張が望まれる⁸。

小川美吉が『JEMIC 計測サークルニュース』に掲載した温度標準についての記事は、工業用温度計の具体的な校正法方を中心に、温度定点の定義の変遷、標準白金ロジウム製の温度のトレーサビリティの確立までの歩みなどが当事者(温度計メーカーの技術者)の立場から詳しく書かれている。記述期間は第二次大戦前から2005年までと長い。ただし、温度以外の量の標準については記述されていない。温度以外の量についても、産業界の当事者による詳細に立ち入った歴史の記述が望まれる⁹。

以上のいずれの先行研究も、戦後日本における計量標準の歴史の長期的かつ包括的な分析結果を与えていない。従って、戦後日本における計量標準の歴史について学術研究を行なうためには、まず初めに、できるだけ長い期間にわたって、できるだけ多くの産業部門を俯瞰するような計量標準の歴史を書くことが求められる。もちろん、すべての事柄を万遍なく網羅することが目的ではない。計量標準の歴史を記述するに当たっては、何らかの視点があることが望ま

⁶ 日本の科学・技術の後進性の問題との関連で計量標準の歴史を論じるためには、本来ならば第二次世界大戦以前についても詳しく論じる必要があるが、資料の制約から分析の範囲を戦後に限った。しかし、戦前の技術水準は戦後にも影響しているため、第2章の初めに、戦前の計量標準や精密技術の水準および機械工業全般の技術水準について言及してある。

⁷ 独立行政法人 産業技術総合研究所 計量標準総合センター『計量標準 100周年記念誌』(計量標準総合センター、2003年)。

⁸ 川村正晃「我が国の機械工場における限界ゲージ方式の導入について」『計量史研究』第22巻、2000年、1-8頁。

⁹ 小川美吉「JEMICの温度計校正業務の歩み(その1~その5)(連載記事)」『JEMIC 計測サークルニュース』第34巻第1号~第35巻第1号(2005~2006年)。

しい。

まず、既に述べたように、「技術的後進性（先進性）」および「制度・政策的後進性（先進性）」の視点がある。「技術的先進性（後進性）」は、産業が要求する「精確さ」に答える計量標準を実現・供給するための技術力があるかどうかで判断される。「制度・政策的先進性（後進性）」は、計量標準供給体系や計量標準の研究開発体制が（計量標準の先進国に較べて）充実しているかどうかで判断される。

ここで、歴史記述上の問題が発生する。それは、第二次世界大戦後から現在に至るまで、ずっと計量標準が技術的に後進的（または先進的）であったり、制度・政策的に後進的（先進的）であるとは限らないので、技術的または制度・政策的な後進性と先進性が入れ替わる時点で、時代を区分する必要がある。

本研究で行なった調査（政策文書の収集と精査、官民の計量標準関係者へのインタビュー、国家計量研究機関の年報に基づく研究支出額とマンパワーの分析、国家計量研究機関の各種年史の精査、計量標準関連団体の出版物の精査、過去に出版されたカタログの参照など）の結果をもとに、戦後を以下のような4つの時期に区分した¹⁰。4つの時期は、次の通りである：

第Ⅰ期：終戦から1960年代半ば頃まで。技術水準が低く、測定値や特性値のばらつきが大きく、値の統一と精確さの向上が重要課題であった。一方、制度・政策の面では、校正や検定等による計量標準供給が効果的であった。

第Ⅱ期：1960年代および70年代。政府の科学技術政策において計量標準供給の重要度が下がった一方で、産業界において企業の所有する計量標準と国家計量標準との関連付けるための制度が導入された。

第Ⅲ期：1980年代から90年代初めまで。国家計量研究機関において計量標準の設定・維持・供給に直結する研究の割合が減り、計量標準に直結しない先導的・基礎的研究の割合が増えた。産業用計量標準の確保は企業努力に委ねられた。

第Ⅳ期：1990年代以降。国家計量標準の再整備が始まった。科学技術政策において研究開発基盤概念が拡張されると同時に、技術基準の国際的統一という制度的外圧に対する一連の処置がとられた。

広範な調査に基づいたとはいえ、この4区分の妥当性は初めから保証されているわけではない。その妥当性は、実際に歴史記述を行なってみて、有効な歴史分析が行なえたかどうかによって、事後的に確認される。結論から言えば、時代区分の仕方は妥当であったといえる。

本研究の第一の具体的課題は、各時期の特徴を制度と技術水準の両面から述

¹⁰ 第Ⅰ期と第Ⅱ期、第Ⅲ期と第Ⅳ期は、それぞれ数年間の重なっている期間がある。

べることである。詳しくは各章(第2章～第5章)で述べてあるが、以下に簡単に各時期の特徴を述べる。

第Ⅰ期の技術的な特徴は、終戦直後、測定・加工・組付け・製造等に関する精密技術の水準が低く国際水準に追従していけない状態にあったことである。一方、制度面では、計量標準供給制度が効果を発揮し、第Ⅰ期の終わり(1960年代中ごろ)までには、値のばらつき^{ばらつき}の減少が見られ、最低限の品質が確保された。

第Ⅱ期の主な特徴は、いずれも計量標準供給の制度に関するものである。政府の科学技術政策において計量標準供給が定型的業務と見なされ、国立研究機関から公的検査機関へとアウトソースされた。このように国家計量標準の直接供給が減ったのだが、現場の測定器と国家標準との関連付けを保証する制度として、トレーサビリティ制度の構築が試みられた。しかしながら、財政的問題などにより、トレーサビリティ制度の本格的な構築には至らなかった。

第Ⅲ期において、国家計量研究機関において計量標準供給に直結する研究の割合が減った。この事象に関係する第Ⅲ期の特徴としては、制度・政策的な特徴と技術的な特徴の両方がある。制度・政策的な特徴は、技術立国路線への政策転換と「基礎研究ただ乗り論」対策のための基礎研究重視政策である。一方、技術的な特徴としては、機器に対するニーズが多様化し、値の精確さ以外に、多機能化、自動化、長寿命化、メンテナンスの簡易化などが求められるようになったことが挙げられる。

第Ⅳ期の特徴は二つあり、いずれも制度・政策的なものである。一つは、科学技術政策における研究開発基盤概念の拡張であり、これにより、技術のハイエンドを支援する計量標準の重要性が認識されるようになった。もう一つは、技術基準の国際的統一という制度的外圧であり、その結果、品質保証技術等のミドルレンジ技術の普及やローエンド技術の底上げを支援する計量標準の整備が求められた。

各時代の特徴を述べた後で、本研究の第二の具体的課題として、欧米主要国における計量標準の歴史と日本の計量標準の歴史を比較した。なぜならば、後進性や先進性といった概念が外国と比べた場合の相対的な概念であるからである。米国、ドイツ、英国、フランスの4ヶ国における計量標準の歴史を調べた。これらの国においては、戦後一貫して、計量標準の研究開発・維持・供給が重視され続けた。これに対して日本では計量標準の整備が時代によって軽視される時期があった。このように、計量標準の重要性に対する認識が、欧米先進国と日本とで差があるのはなぜなのか、その理由についても考察した。

以上二つの具体的課題の分析結果を踏まえて、最後に、本研究の最終的な課題であるところの、「戦後日本における計量標準はどのような意味で後進的であったか」についての考察を行なった。結論を先に簡単に述べると、その後進性は主に制度・政策的な後進性であった。

第2章 第I期：計測器の値の混乱と終息（終戦～1960年代半ば）

第2章では、第I期（終戦から1960年代半ば頃まで）について述べた。終戦後から1950年代までは、産業界において計測器の値がばらばらで混乱しており、計量標準の供給が不可欠であった。しかし、そのために整備した計量標準供給制度が功を奏し、1960年代の半ば頃までには、計測器の指示値の混乱は終息に向かったのであった。

終戦直後、日本の精密技術の水準は低かった。戦時中の技術輸入の途絶や終戦直後の経済的混乱などにより、戦前に国際水準に追従していた技術分野を含めて、技術水準が低く、当然、値の精確さの水準も低かった。製品や素子といった測定対象とそれらを測定する測定器が共に精確さを欠き、国際水準に追従していけない状態にあった。このような低水準状態は、すべての物理量において起こっていた。電気量、温度、機械量（寸法・形状）について、ばらつきや不一致が大きかったことを示す具体的事例を挙げた（第2.3節）。

一方、制度と政策の面では、計量標準供給制度が効果を発揮した。検定、基準器検査、依頼試験という3本立ての制度で、標準供給を行ない、測定値のばらつきに対処した。大まかに言うと、検定では比較的低い精度の計測器・標準器の校正を行ない、基準器検査では中ぐらいの精度の標準器を、依頼試験では高精度の標準器を校正した。このような3本立ての標準供給制度によって、終戦直後大きかった測定値の食い違いが徐々に減少し、1965年頃までには値がそろうようになっていった。これによって、製品品質の均一化がもたらされた。

後進性・先進性の観点から評価すると、第I期は、技術的には後進的であったが、制度・政策的には先進的であったと言える。

第3章 第II期：科学・技術政策における国家計量標準供給の優先度低下と産業界における計量標準確保の努力（1960年代および70年代）

第3章は、第II期（1960年代および70年代）を記述した。

第I期の終わりにまでに産業界の技術的な後進性が少なくなったことは、逆説的ではあるが、第II期において制度・政策的な後進性をもたらすこととなった。

まず、政府の科学技術政策において計量標準供給業務は簡単な定型的業務と見なされ、科学技術投資の対象としての優先順位が下がった。また、すでに第I期の終わりから引き続き、計量標準供給の業務量が増え続けたので、標準供給業務のアウトソーシングが進んだ。すなわち、国家計量標準研究機関から、公的検査機関へと標準供給業務がアウトソースされた。1965年、電気試験所の検定部門と地方の支所が分離され、特殊法人日本電気検定所が設立された。直流・低周波領域の標準器の多くが日本電気計器検定所に移管された。その結果、電気試験所が供給する電気標準は、標準電圧、標準抵抗および標準キャパシタンスなどに限られることになった。インダクタンス、磁気特性、電力、交直差、

変成比、電流比等の組立て量の標準や倍量・分量の供給(比の拡大)、周波数ポイントの増大は、すべて日本電気計器検定所の仕事となった。制度・政策的後進性を意味する。高周波領域の電気標準についても、1964年にその供給が(財)日本機械金属検査協会に委託されている。長さや形状などの幾何学量や、質量・力・圧力・流量など力学量の物理標準を担当する計量研究所においても、電気試験所ほどではないが、検定・基準器検査・依頼試験の外部委嘱が行なわれた。

このように国家計量標準の直接供給が減ったことは、制度・政策的後進性を意味する。

この直接供給の減少を補うために、産業界においては、現場の測定器の値と国家計量標準の値とを関連付ける必要性が認識されるようになった。そこで、測定トレーサビリティ制度を導入する動きが産業界に現れた。トレーサビリティ制度は、高精度の標準器から低精度の測定器までの値を効率よく保証する計量標準供給の方法であり、その普及は制度的先進性を意味した。しかし最終的には、トレーサビリティ制度の本格的導入には至らなかった。既存の指定検査機関を二次標準機関として活用する方針が採られたが、校正のニーズに即応できないことがあり、制度的に不十分であった。こうして、計量標準供給に関する制度の精緻さの点で、後進性が残ることとなった。

ただし、例外的に、公害計測器を校正する標準物質のトレーサビリティが国家主導で確立された。外国に対しても通用する適正な環境規制を実現するため、純度の高い標準物質が国家標準として維持・供給され、市販の標準物質に対して国家標準へのトレーサビリティを義務付けた。さらに、自動車の輸出にあたって、米国や欧州諸国と日本の環境測定器の能力を比較可能にするために、化学標準物質の国家標準の日米欧間での国際比較が開始された。トレーサビリティ制度は本来任意の制度なのだが、強制的な性格をもつ制度として、例外的に国家主導で構築された。ある程度強制的に行なわないと制度構築ができないところが日本的である、と言えよう。

一方、この時期の精密技術の技術水準はどうであったか? 機械工業全般の状況を見ると、1960年代において、すでに50年代から始まっていた技術導入および新型設備の投入がさらに進み、機械工業全体の生産高および技術水準が向上した。1970年代には石油危機への対策として、省エネルギーや省力化、コスト低減が目指され、エレクトロニクス機器の導入など設備の自動化が進んだ。このことは、自動計測ユニットや自動定寸装置の精度向上にとって有利に働いたと思われる。また、不況克服のために輸出拡大政策がとられ、遅れていたといわれる工作機械を含めて機械工業全体の輸出が増えた。輸出の増加は技術水準の向上を伴っていることが多いので、機械工業全体の技術水準が向上していたと考えられる。同様に、工作機械の輸出増は、計測技術を含む精密技術の向上を示唆する。ただし、輸出増の原因の一つに輸出価格を国内価格より低く設定したことがあるので、技術水準が世界的にみて一流の水準まで達していたかどうかは疑問である。したがって、第Ⅱ期における精密技術は、技術的後進性は脱却したが技術的先進性の獲得はこれからという段階にあったと推測される。

第4章 第Ⅲ期：国家計量研究機関における計量標準供給に関する研究の停滞（1980年代～90年代初め）

第4章は、第Ⅲ期（1980年代～1990年代初頭）における、計量標準に関する研究の不十分性、技術水準の評価の難しさ、産業界における計量標準確保の努力などについて述べた。

第Ⅲ期は、国立研究所レベルで計量標準の開発・維持・供給に直結する研究の割合が減り、計量標準に直結しない先導的・基礎的研究の割合が増えた。これと関係する第Ⅲ期の特徴は、制度・政策的な特徴と技術的な特徴の両方がある。

制度・政策的特徴としては、技術立国路線への政策転換と「基礎研究ただ乗り論」対策のための基礎研究重視政策が挙げられる。これらの政策の影響により、国家計量研究機関においても、先導的・基礎的研究へのシフトが見られ、計量標準の開発・維持・供給に関する研究を圧迫した。これは、電総研において顕著であったが、もっとも計量標準のミッションに敏感な計量研究所においてさえ、先導的・基礎的研究へのシフトは見られた。本章では、このような影響が実際にあったことを、研究支出額やマンパワーといった数値データを英国の国家計量研究機関である National Physical Laboratory (NPL) と比較して裏付けた（第4.1.2節および4.1.3節）。

一次標準の供給が少なくても、二次標準供給機関（公的検査機関）の段階で計量標準の種類と範囲を増やせば問題はないのだが、二次標準機関においても計量標準の供給は不十分であった。一例として、校正需要の定期調査を行なっていなかったことが挙げられる。このため、校正需要の変動の把握が不十分なままとなった。校正需要の定期的調査を行なっていた米国と比べると、制度的に遅れていたといわざるを得ない。

以上のことから、第Ⅲ期における日本の計量標準の開発・維持・供給は、制度・政策的後進性を有していたといえる。

制度・政策の充実度に比べ、技術水準の評価は難しい。第Ⅲ期の技術的特徴として、まず全産業部門に共通して、計測器に対するニーズが多様化し、値の精度向上以外に、自動化、多機能化、高速化（計測・加工時間の短縮）、安定性と頑健性の確保、長寿命化、メンテナンスの簡易化などが求められるようになったことが挙げられる（第4.2節）。

機械量（寸法や形状など）に関しては、NC 工作機械の出現が高精度追及の流れを変えた。自動工作機械の加工精度は、同時代の非自動工作機械の加工精度より一桁以上悪い。それでも、工作機械のユーザーは、精度の高さ以外の点に価値を見出していた。工作時間の短縮、熟練技術が不要であること、製品コストを節約できること、夜間無人操業（完全自動化、メンテナンスフリー化）が可能であること、多品種少量生産に向いていることなどが挙げられる。

また、電子機械工業においては、時間・周波数標準の高精度化と集積回路に

おける素子特性の均一化技術の向上により、電子回路用の参照電圧や参照電流、参照抵抗、参照キャパシタンス等の高精度化が頭打ちとなったことが挙げられる。これにより、周波数標準を除く電気関連の国家標準の役割は間接的になり、国家計量研究機関における、産業支援の役割は薄れ、次世代標準の開発のような基礎研究や国家標準の国際比較が主たる役割となった。

計量標準供給の制度と政策が不十分であっても、そのことが産業界において表面化することはなかった。それは、ひとえに企業努力のおかげである。計測器メーカーや大企業を中心に、企業内トレーサビリティが整備された。また、企業系列内での値の一貫性の確保が行なわれた。日本国内にない標準については、企業が自主的に外国の計量標準研究機関や計測器メーカーへとトレーサビリティを確保した。

これらのことは、精密技術の後進性を意味しない。精密技術のうち、精確さ以外の諸元すなわち、安定性や頑健性（ロバストネス）に関する技術が向上しているからである。また、技術一般の後進性も意味しない。なぜなら、自動化、多機能化、高速化などの領域で技術の向上が見られるからである。

第5章 第IV期：国家計量標準の再整備とその二要因（1990年代以降）

第5章では、第IV期、すなわち、国家計量研究機関において国家計量標準の再整備が始まった時代（1990年代以降）について述べた。これに関係する第IV期の特徴は二つあり、いずれも制度・政策的なものである。一つは、科学技術政策における研究開発基盤概念の拡張であり、技術のハイエンドを支援する計量標準の重要性が認識されるようになった。もう一つは、技術基準の国際的統一という制度的外圧に対する対応であり、品質保証技術等の中間水準技術の普及やローエンド技術の底上げを支援する計量標準の整備が求められるようになった。

第5.1節で、研究開発基盤概念の拡張によって、国家計量標準が科学技術政策の重要対象項目として視野に入ってきたことを指摘した。

計量標準に関する研究は、第II期および第III期の科学技術政策において、一旦は、先端技術研究ではないと見なされたのだが、1990年頃になると、先導的技術研究自体の内容がとてつもなく高度化したため、それを支える研究開発基盤として、計量標準の重要性が再認識されるようになったのである。

先導的・基礎的研究の高度化は、かつてない計測精度の向上、計測範囲の広域化、極限環境下での計測を必要とし、それに伴って計量標準も高度化した。例えば、超伝導の研究のために極低温温度標準を確立する必要が生じた。半導体の製造プロセスでは、プロセスガス中の不純物である微量水分の除去およびその測定が重要になったため、超低湿度の微量水分発生器の標準が必要となった。また、航空・宇宙・エネルギー等の産業においては、超高温域で使用可能な構造材料の開発が行われ、そのためには超高温という極限領域における測定の信頼性を保証する計量標準が大切になった。

このような事情は、政府の科学・技術政策にも反映されるようになった。

政府の政策担当者や関連する審議会のメンバーたちは、1984年の科学技術会議11号答申における「科学技術に係る諸活動の基盤」、1986年の科学技術政策大綱における「科学技術振興基盤」、1992年の科学技術会議第18号答申における「先端的基盤科学技術」や「ラボラトリーテクノロジー」、1994年の産業構造審議会基本問題小委員会報告書における「広い意味での技術基盤」や「ソフト的基盤」、第1期科学技術基本計画における「知的基盤」など、新しい概念をつくり出しつつ、研究開発基盤の対象を拡大していった。その過程で、国家計量標準の整備の重要性を認識するようになったのである。

第5.2節では、第二の特徴、すなわち、技術基準の国際的統一について述べた。

ISO(国際標準化機構, International Organization of Standard)やIEC(国際電気標準会議, International Electrotechnical Commission)などの国際標準化機関では、複雑に関連しあう各種の規格・基準を技術面から整理・統合すると共に、基準に対する適合性の認定について一般的なルールを設ける作業を1970年代から進めてきた。この問題は、GATT(「関税と貿易に関する一般協定」)の協議においても、貿易障害排除の観点から取組まれてきた。1986年から1994年にかけてのGATTウルグアイ・ラウンドにおいては、包括的な自由貿易体制を確立することが協議され、WTO(世界貿易機関)を1995年に発足させることが決まったのだが、このとき、規格等の技術基準について、基準を世界で一つにすることを盛り込んだTBT協定(Agreements on Technical Barriers to Trade, 「貿易の技術的障害に関する協定」)が策定された。

技術基準の国際的統一は、その前提としての計量標準の統一を促進した。この国際的な動きが、いわば外圧となって、日本における国家計量標準の再整備を迫ることになったのである。

ウルグアイ・ラウンドで技術基準の世界的統一が目指されていたさなかの、1990年代の初頭、品質保証の国際規格であるISO9000シリーズ規格が世界的に普及した。ISO9000シリーズには、計測・検査機器のトレーサビリティを明示することが要求されていたため、その認証を取得しようとする企業はトレーサビリティを対外的に明示する必要に迫られた。ISO9000シリーズもまた、国家計量標準の再整備を促したのである。そして、国家標準へのトレーサビリティを明示的に証明する制度として、校正事業者の認定制度が、計量法という法律に明記されるに至った。欧米諸国と違って、トレーサビリティ制度を強制法規に書き込んでしまったところが日本的であるが、欧米諸国からの制度・政策的な遅れが、ようやく解消され始めた。

以上のように、第IV期においては、計量標準が、ハイテクを支える研究開発基盤として科学技術政策において最重視されるようになったと同時に、他方で、品質保証技術に代表されるようなミドルレンジおよびローエンドの技術を支援する制度的基盤として、計量標準供給制度の再整備が検討され始めた。

以上のことは、計量標準の開発・維持・供給に関して、ようやく制度・政策的な先進性が獲得され始めたことを意味する。

第 6 章 諸外国における計量標準の開発・維持・供給

この章では、本研究の第二の具体的課題として、欧米主要国における計量標準の歴史と日本の計量標準の歴史を比較した。先進性や後進性は、本来、外国と比較した概念であるからである。

外国の計量標準に関する史料は、日本のそれに比べて入手が困難であるが、各国の国家計量研究機関の年史や年報、また、『計量管理』などの専門雑誌に掲載された海外の計量標準事情の視察記録などをもとに、国際比較を行なった。

その結果、日本の計量標準供給体系の整備が紆余曲折を経ているのに対して、米国、ドイツ、英国、フランスの 4 ヶ国においては、第二次世界大戦後、計量標準供給が一貫して重視されてきたことが分かった。重視された理由としては、各国ごとに異なる理由と、4 ヶ国に共通した理由とがある。

米国の NBS (現 NIST) は、名称に “Standards” という単語が入っており、ミッションが明確であった。物理標準だけでなく、化学分析や工業分析のための標準物質も整備し、また、参照用の科学技術データの提供にも熱心であった。また、基礎研究も計測に関連したものを行なった。また、世界最大の軍隊と軍需産業を擁していたので、校正の需要が十分にあった。

ドイツの PTB においては、PTB の所長に国家標準の設定の最終決定権が与えられたという特殊な事情がある。総職員数は NIST の半分なのに標準に係わる職員数が同じくらいなのは、この特殊事情による。また、物理量別に部門が分かれており、その関係もあって、基礎研究も物理量別の測定方法の研究となっている。

英国 NPL の場合は、もともとそれほど規模が大きくなかったということもあるが、第二次世界大戦後は行政改革により、職員数はどんどん減っていった。日本の国家計量研究機関と同様に、ダウンサイジングの対象となったにも拘らず、計測関連部門が主要部門として残った。日本で計測関連部門の縮小が進んだのと対照的である。その理由として、行政改革を担当した官僚にとってミッションの重視は受け入れやすい概念であったと思われる。また、試験・校正結果の二国間相互承認を 1981 年から始めているので、BCS (British Calibration System) の頂点に立つ NPL において一次標準の維持をしないという選択肢はなかったとわれる。

フランスの BNM 校正チェーンの場合、BNM の強力な調整・統括力が 5 つの一次標準研究所を束ねたと言える。これに対し、日本では、計量標準を一元的に所掌する部署をつくれなかった。

一方、4 ヶ国に共通した計量標準重視の理由は二つある。第一に、米国の NBS は NCSL と、独 PTB は DKD と、英 NPL は BCS と、仏の一次標準研究所は BNM 校正チェーンと、という具合に、各国の国家計量研究機関は民間の校正ラボと

の接触が多かったことが挙げられる。一般的に、校正サービスが制度化されると、国家計量研究機関は産業界への計量標準供給や情報提供、フォーラムの運営などに力を入れるようになる。そのため、国家標準の確立はもちろん、維持・供給についての研究も積極的に行なわれたと考えられる。第二に、4ヶ国とも、国家計量研究機関以外に大規模な基礎研究拠点を有していることが挙げられる。このことが、国家計量研究機関をして、産業用計量標準の維持・供給に関わる実践的研究に専念しやすくせしめたと推測される。

一方、日本における計量標準の設定・維持・供給の歴史は、これら4ヶ国に比べて、制度・政策的な後進性を有していると言える。1970年代末に、通産省機械情報産業局計量課において、当時の計量課長が省議決定方式による民間の校正ラボのオーソライゼーション（権威付け）について考えていたが、実現には至らず、1990年代になるまで民間の校正ラボと一次標準研究所との接触は少ないままとなった。また、大規模な基礎研究拠点が少なかった。理化学研究所など例外はあったが、少数であった。これらの理由が重なって、国家計量研究機関における国家標準の維持・供給に関する研究が、欧米4ヶ国に比べて活発にならなかったと考えられる。

第7章 まとめと考察

本論文では、計量標準の設定・維持・供給の歴史を長いタイムスパンでできるだけ俯瞰的に記述することに努めた。さらに、終戦から1990年代までを、以下のように第I期から第IV期までの4つの時期に分けて、歴史記述を行ない、各時期の特徴および後進性（先進性）の吟味を行なった。

第I期の特徴は、技術面において、測定・加工・組付け・製造等に関する精密技術が低く国際水準に追従していけない状態にあったが、制度面で計量標準供給制度が効果を発揮した、ということである。従って、第I期は、技術的には後進性を有し、制度・政策的には先進性を有していたと言える。

第II期においては、制度的後進性と制度的先進性が混在する。まず、国家の科学・技術政策において、計量標準供給業務は業務量の多い定型的業務と見なされ、合理化の対象となった。これは制度・政策的後進性を意味する。こうして国家計量標準の直接供給が減ったことで、却って、現場の測定器の値と国家計量標準の値とを関連付ける必要性が認識されるようになった。そこで、計量標準のトレーサビリティ制度を導入する動きが産業界に現れた。トレーサビリティ制度は、高精度の標準器から低精度の測定器までの値を効率よく保証する計量標準供給の方法であり、その普及は制度的先進性を意味した。しかしながら、その本格的導入は見送られた。既存の指定検査機関を二次標準機関として活用する方針が採られたが、校正ニーズの変化に即応できないなど、制度的に不十分な点があった。こうして、計量標準供給に関する制度の精緻さの点で、後進性が残ることとなった。ただし、例外的に、公害計測器のための標準物質のトレーサビリティが国家主導で確立された。

一方、この時期の精密技術の技術水準はどうであったか？ 機械工業全般の状況をみると、不況克服のために輸出拡大政策が採られ、遅れていたといわれる工作機械を含めて機械工業全体の輸出が増えた。輸出の増加は技術水準の向上を伴っていることが多いので、機械工業製品の輸出増加は、機械工業全体の技術水準が向上していたことを示唆する。同様に、工作機械の輸出増は加工・測定・組立てにおける精密技術の向上を示唆している。ただし、輸出が増加した原因の一つに輸出価格を国内価格より低く設定したことがあるので、技術水準が国際的に一流の水準まで達していたかどうかについては、疑問の余地がある。したがって、第Ⅱ期の精密技術は、技術的後進性は脱却したが技術的先進性の獲得はこれからという段階にあったと推測される。

第Ⅲ期には、国家計量研究機関で行なわれる計量標準の確立・維持・供給に直結する研究の割合が減った。この事象に関係する第Ⅲ期の特徴としては、制度・政策的な特徴と技術的な特徴の両方がある。

制度・政策的な特徴は、技術立国路線への政策転換と、「基礎研究ただ乗り論」対策のための基礎研究重視政策である。その結果、国家計量研究機関において計量標準の確立・維持・供給に直結する研究の割合が減り、計量標準に直結しない先導的・基礎的研究の割合が増えた。ただし、政府レベルの政策が実際に研究現場に影響を与えて計量標準の研究のアクティビティが下がっているかどうかは、別途確認する必要がある。本研究では、それを実証的に裏付けた。1980年代を通じて、日本の代表的な国家計量研究機関である通産省の計量研究所において、計量標準の確立・維持・供給に直結する研究の研究費が減少していることを見出した。また、日本の計量研究所と、英国の国家計量研究機関である National Physical Laboratory (NPL) とにおいて、1990年代初頭において計量標準の研究に携わる研究者数を物理量ごとと比較し、すべての物理量について、計量研究所で計量標準の研究に従事する研究者数が NPL のそれよりも少ないことを示した。こうして、先導的・基礎的研究重視政策が研究現場のアクティビティにまで影響していることが分かった。一次標準の供給が少なくなっても、二次標準供給機関（公的検査法人）の段階で計量標準の種類と範囲を増やせれば問題はないのだが、二次標準供給機関においても計量標準の供給は不十分であった。従って、一次標準と二次標準を合わせても、標準供給は不十分であった。以上のことから、第Ⅲ期は制度・政策的後進性を有していたといえる。

技術的な特徴としては、産業において計測器や精密機器に対するニーズが多様化し、自動化、高速化、多機能化、耐久性の確保、メンテナンスの簡易化などが求められるようになり、値の精確さに対する要求が頭打ちになったことが挙げられる。このことを、工作機械の加工精度のデータおよび電子回路技術における電圧等の精度のデータを用いて裏付けた。ただし、精度向上に対するニーズの停滞が直ちに技術的後進性を意味するわけではない。第Ⅲ期の技術的先進性（後進性）を定義すること自体が難しい。なぜなら、精確さ以外の性能に対するニーズが増加したからである。

第Ⅳ期（1990年代以降）において、国家計量標準の再整備が始まった。第Ⅳ

期の特徴は二つあり、いずれも制度・政策的なものである。一つは、科学技術政策における研究開発基盤概念の拡張であり、技術のハイエンドを支援する計量標準の重要性が認識されるようになった。もう一つは、技術基準の国際的統一という制度的外圧であり、品質保証技術等の中間水準技術の普及やローエンド技術の底上げを支援する計量標準の整備が求められた。

以上のように、各時期の特徴を述べた後で、本研究の第二の具体的課題として、日本と欧米諸国の計量標準の歴史を比較し、両者の違いについて述べた。日本の計量標準整備の歴史が紆余曲折を経ているのに対して、計量標準整備の先進国である米国、ドイツ、英国、フランスにおいては、第二次世界大戦後、国家計量標準の重視が一貫して続いていることを示した。4ヶ国に共通して言えることは、国家計量研究機関と民間企業の校正ラボとの接触が多かったということ、国家計量研究機関以外に基礎研究を荷う大規模な基礎研究拠点存在したことである。これに対し、日本においては、国家計量研究機関と民間企業の校正ラボとの接触が少なかったため、計量標準の設定・維持・供給の研究に対するモチベーションが欧米4ヶ国に比べて低く、その結果、国家計量研究機関における計量標準の研究アクティビティが減少したと思われる。また、大規模な基礎研究拠点の代用として国家計量研究機関を活用する方策がとられた結果、計量標準に関する研究に没頭できなくなったと推測される。

最後に、本研究の最終的な課題、すなわち、「戦後日本の計量標準はどのような意味で後進的であったのか」という問題に対して答えを与える。戦後日本における計量標準は、主として制度・政策的な意味で後進的であった。日本が本格的に制度・政策的先進性の獲得に乗り出したのは、第IV期（1990年代以降）になってからであった。二十世紀の初めから起算すると、欧米諸国に追いつくまでに百年近くもかかっていることになる。計量標準の制度・政策的後進性が技術の後進性を招くことはなかったが、それは民間企業の自主的努力によるところが大きく、潜在的には技術水準の低下につながる可能性があったのである。その意味でも、日本の計量標準は他の先進国にくらべて後進的であったと言える。また、計量標準や精密技術以外の分野についても、同様のことがなかったかどうかを調べてみることは有意義であると思われる。

本研究では、機械量（寸法、形状、表面性状など）、電磁気量（直流・低周波、高周波、光・レーザー）および物質濃度の精度を具体的に数字で示して、計量標準を含む精密技術の発達を分析する際の一助とした。長期的に見ると値の精確さは向上していく傾向にあるが、短期的には精確さを少し犠牲にしても他の性能の向上を選択するケースがあることが分かった。このことから、精密技術といえども直線的に発達するわけではないことが分かる。他の物理量や化学量についても同様の分析をすることが望まれるが、今後の課題としたい。

*A History of the Upgrading, Maintenance and Provision of
Measurement Standards in Post-War Japan*

TAKUMA, Naoki

Summary

Measurement standards are indispensable for modern science and technology. Indeed, we can neither manufacture high quality products nor carry out academic experiments in physics and chemistry. This makes the history of measurement standards worth studying. It is, therefore, surprising that there has been no historical study on measurement standards in post-war Japan which has dealt with a long period, say, over 50 years and which has considered a broad range of physical and chemical quantities. This dissertation is the first attempt to analyze comprehensively the history of measurement standards in post-war Japan.

The “backwardness of Japanese science and technology” is one of the classic issues of the history of Japanese science and technology. I will consider this theme in the context of the history of measurement standards in Japan.

T. Hiroshige, a historian of science, asserted in 1973 that Japan’s institutionalization and incorporation of science never fell so much behind the West in the period that followed Meiji Japan. From then on, a multitude of studies have pointed to the advancedness of science and technology in pre and post war Japan. However, backward areas of science and technology did exist. For example, in the 1980s, Japan fell far behind the US and the European countries with regard to the acquisition, accumulation, and provision of the fundamental numerical values, such as measurement standards, chemical constants, material testing results, and characteristics of chemical substances. Thus, the history of measurement standards offers a good occasion to illustrate the relative backwardness or advancedness of Japanese science and technology.

The main purpose of the thesis is to elucidate in what way the science and technology of measurement standards were backward in post-war Japan. To show this, I define two types of backwardness: “technological backwardness” and “institutional backwardness.” The former means the backwardness in the technological level of “precision technology” as compared to the international level. Here, “precision technology” is defined as “technology used to guarantee the accuracy and robustness of product characteristics.” It encompasses technology of measurement standards, of accurate measurement, of high-precision processing, and of precise assembling of components. The latter, “institutional backwardness,” refers to the backwardness in the provision system of measurement standards and in the policies related to measurement standards.

Because it is difficult to identify immediately the backwardness or the advancedness of the entire post-war period, I divide it into four periods. This periodization makes it possible to identify each period's backwardness or advancedness. The four periods are as follows:

Period I: From the end of World War II to the mid 1960s. The measurement results of instruments varied considerably and the unification of measured values was of great importance. At the same time, the provision of measurement standards by means of calibration and verification was effective.

Period II: From the 1960s to the 1970s. The priority of the provision of measurement standards decreased in the government's science and technology policy. Meanwhile, there were efforts to introduce the traceability system, which guarantees the relationship between "working standards" and the national standards.

Period III: From the 1980s to the beginning of the 1990s. In the national metrology institutes, the advanced and fundamental research that is not directly relevant to measurement standards surpassed the research directly relevant to measurement standards. The R&D of the industrial measurement standards was left to the industry's own effort.

Period IV: Since 1990s. A full-fledged provision system of measurement standards was introduced to cope with the global harmonization of technological standards. The sophistication of the science and technology policy extended the definition of R&D infrastructure.

Next, I break down the main purpose of the thesis into two concrete tasks:

(1) To describe the feature of each period from both technological and institutional point of views, and to identify the technological and institutional backwardness (or advancedness) of each period;

(2) To compare Japan's post-war history of measurement standards with those of the major Western countries, that is, the US, Germany, the UK, and France in order to confirm Japan's relative backwardness in the establishment of measurement standards.

The validity of the above periodization is confirmed a posteriori by completing the first task.

The feature of each period is as follows:

Period I: Right after the end of WW II, the accuracy level of technologies of measurement, processing, assembling, and manufacturing was far below the international level. In contrast, from the institutional point of view, the provision system of measurement standards functioned effectively.

Period II: The features of this period emerged mainly with regard to the

provision system of measurement standards. In the first place, the calibration and verification services of national metrology institutes were outsourced to and taken over by public inspection agencies. Then, an attempt was made to imitate the American traceability system of measurement standards. However, the introduction of full-fledged traceability system was postponed.

Period III: There are both institutional and technological features. The institutional features are the tendency in industrial policy toward the technology-oriented nation, and the emphasis on the basic and advanced research in science and technology policy. As for technology in industry, the requirements for instruments became diversified. The high accuracy was no longer the first prerequisite. Industries required the advancement of other technological properties, such as automation, multi-functionality, high-speed operation, durability, and the simplicity of maintenance.

Period IV: There are two institutional features. One is the extension of the definition of R&D infrastructure. The other is the global pressure caused by the harmonization of technical standards. These two institutional features promoted the establishment of a full-fledged provision system of measurement standards.

After describing the feature of each period, I identify in what way each period is backward or advanced.

In Period I, the level of precision technology was far behind the international level. Therefore, this period is characterized as technological backward. In contrast, it was institutionally advanced because the provision system of measurement standards worked effectively.

Period II exhibits both institutional backwardness and institutional advancedness. The outsourcing of calibration services of national metrology means institutional backwardness. In contrast, the introduction of traceability system means institutional advancement. However, the institutional backwardness still remained, because the establishment of traceability system was insufficient. As for technology, judging from the production and export statistics of the overall machine industries, it is conjectured that technological backwardness decreased.

Period III shows institutional backwardness, with regard to the science and technology policy and the provision system of measurement standards. As for technology in industry, although the progress in accuracy stagnated, we cannot immediately say that this period is technologically backward, because progress was made regarding other technological properties than accuracy.

In Period IV, as already mentioned, two institutional features promoted the establishment of a full-fledged provision system of measurement standards. Therefore, this period can be characterized as advanced in institutional sense.

The result of the second task, that is, the comparison of Japan's post-war history of measurement standards with those of the US, Germany, the UK, and France supports Japan's relative backwardness in the establishment of measurement standards.

With the results of the first and second tasks, my study identifies in what way the science and technology of measurement standards in post-war Japan was backward. It shows that Japan's backwardness was principally the institutional backwardness. Although this backwardness did not lead to a technological backwardness thanks to the industry's effort, it could have posed an obstacle to the Japanese industrial development.

科学技術行政協議会(STAC)の史的分析

木本研究室 高揚

第 1 章 研究背景と問題設定

第二次大戦後、日本の新しい学術研究体制とそのあり方について多くの議論がなされた。その結果、1949 年 1 月、日本学術会議と同時に科学技術行政協議会(STAC)¹が設立された。STAC とは、日本学術会議の意見を科学技術行政に反映させる際に、政府関係省庁の連絡調整のやり方を審議するための機関であった。

今日、科学・技術行政のあり方は大きな問題となっているが、この問題は、当然歴史的にも検討されてきた。戦後日本の科学・技術行政を歴史的に検討するとすれば、日本学術会議の歴史や、それと同時に設置された STAC を分析・検討することから始めるべきであろう。本論では、行政的機能を主目的とした STAC の歴史を分析対象とした。

主な先行研究は、日本科学史学会編の『日本科学技術史大系』通史 5、中山他編著『通史・日本の科学技術』、『科学技術庁十年史』、科学技術政策史研究会編集の『我が国の科学技術政策の史的展開』、元 STAC 局長を勤めた鈴江康平の諸論、或は、『日本の科学技術の再編 GHQ 日本占領史第 51 巻』や『占領軍の科学技術基礎づくり[占領下日本 1945-1952]』等がある。これらの先行研究には叙述の食い違いがあり、STAC についての評価も必ずしも一致していない。重要な論点を整理してみると、次のようになる。

- (1) 戦後の民主化時期に出された科学・技術関係の行政機構としては、さまざまな構想があったが、これらの分析は十分にはされていない。
- (2) 学術体制刷新当時に、GHQ の介入の仕方についても意見が分かれている。
- (3) 学術体制に関する GHQ 内部での議論、具体的には経済科学局と民政局の意見の違いが、日本の学術体制刷新にどう関わったか、十分に分析されていない。
- (4) STAC の評価についても、肯定的なものと否定的なものが両方ある。どのような評価が正しいかの検討が求められている。
- (5) STAC の解消原因と科学技術庁の設立理由について、STAC が弱いからとか、日本学術会議が反政府的な発言をするから廃止された等という理由が述

¹ The Scientific and Technical Administration Commission, 略称 STAC.

べられているが、これらが正しいかどうかについての検討も必要である。

このように、先行研究の叙述には一致していないものが多く、STAC の設立過程と活動及び役割については、根本から再検討する必要があると思われる。

よって、本論文は、今日の科学技術行政のあり方を念頭におきながら、① STAC の設立過程とその活動の歴史を、日本側と GHQ の政策展開の中から明らかにすること、②STAC は、実際にはどんな機能を果たしたか、あるいは果たせなかったかを分析し、全体的に STAC の歴史的意義を明らかにすることの 2 点を課題とする。なお、使用した主な一次資料は以下のようなものである。

(1) 占領政策関係資料

国会図書館憲政資料室マイクロフィルム：ESS(B)11602-11610, ESS(B)11612-11615 等。主な内容は、STAC FILE², Notes on proceedings of STAC meetings³, そして、Scientific and technical division Liaison Group 会議録, Dr. Kelly's views on STAC 1949. 10. 20, Record of meeting with vice president and govt. members of STAC and JSC originals, 20 October 1949 1949. 10. 20, Summary of answers made by various vice-ministers to the inquiry of doctor Kelly, ESS, GHQ, relative to STAC 1949. 11. 20, On the establishment of the industrial technology council 1950. 12. 19, Activities report, Office of division chief, week5-10 1948. 4. 12, Regulations governing the organization of the Scientific and Technical Administrative Committee 1948. 4. 8, Conference 10 Mar 48 --- Further discussion of renewal committee proposals 1948. 3. 10, Conference 8 March, 1948 RE proposals of renewal committee 1948. 3. 8

(2) 日本学術会議図書室所蔵の——学術体制刷新委員会

(3) 日本学術会議図書室および福島文庫所蔵の——日本学術会議関連資料

(4) 日本学術会議図書室所蔵の——科学技術行政協議会 (STAC) 関連資料

(5) 国会議事録等

第2章 STAC の設立過程

戦後日本では、学術研究体制の民主化再編が議論され、日本学士院、学術研究会議、日本学術振興会をいかに改革するかが問題となった。日本学士院、学

² STAC 会議で決定した案の資料等の英訳

³ 第 1 回から第 24 回までの会議録の英訳

術研究会議がそれぞれ改革案を文部省に提出し、文部省の指導の下で、「学術研究体制委員会」が設立された。しかし、日本学士院と、学術研究会議の意見が分かれたままで、学術研究体制の刷新は行き詰った。さらに、ここまでの三団体の改革は、「第一線の科学技術者の関知しないままに重大事が進められるべきでない」⁴という非難を受けるようにもなった。

こうした日本側の一部の動きとは別に、GHQもこの問題に関して興味を持ち始めた。1946年6月、GHQ経済科学局科学技術課のケリーを中心とする私的グループ、科学渉外連絡会(SL)が組織された。ケリーは渉外連絡会の任務として、「科学研究の新体制について研究し、渉外連絡会の希望する体制を立案すること」⁵を課題にした。ケリーは、11月に、三団体と文部省、そして科学渉外連絡会の代表者を招集し、「今後は科学渉外連絡会の主導のもとに進むようにいいわたした」⁶。科学渉外連絡会での検討や学術体制刷新世話人会を経て、1947年8月、日本学術体制刷新委員会が成立された。

日本学術刷新委員会は、学術体制刷新について8ヶ月間検討を続け、日本学術会議と同時に科学技術行政協議会(STAC)を設置することを決めた。STACの目的は、日本学術会議の提案を政府側の科学技術行政に反映するためであった。

他方、民政局は、原爆傷害調査を進めるに当たって、日本政府内に連絡調整機関がないため困難に直面した経験にもとづいて、日本側に科学者関係の適当な機関を求めていた。ここから、1948年3月30日、GHQ民政局のポーターは、STACを早急に設立するよう要求した。民政局は、占領軍が日本で研究、或は調査する場合に、STACを使うことができることを考えたと思われる。経済科学局科学技術課のオブライエン、民政局の関係者、そして学術体制刷新委員会の代表達がSTACの具体案を議論した。その結果、STACの審議内容としては、「二以上の庁の所管に又は技術に関する業務を調整すること。但し、外国政府と政府との間におけるこれらの業務の調整企画を含む」という業務内容を新に入れた。この間、日本にいなかったケリーがこの動きを知り反対した。ケリーの反対により、STACの設立時期は早くはならなかった。

こうして、1949年1月、日本学術会議と同時にSTACが設置された。STAC委員は、日本学術会議と政府関係省庁から半分ずつ委員を選出することとなって

⁴ 日本科学史学会『日本科学技術史大系・通史 5』第一法規出版株式会社、東京、1964年、P. 125.

⁵ 吉川秀夫『科学は国境を越えて—ケリー博士評伝』三田出版会、東京、1987年、P. 76.

⁶ 前掲(4)日本科学史学会、1964年、P. 126.

いたが、政府は一部の委員を政治的理由から拒否することもあった。こうして、STAC は、自らの行政機能を持たない、日本学術会議の意見を行政に反映するため、科学・技術に関して各省庁の連絡調整を審議する「審議機関」として、必ずしも強い行政的権限を持たなかった。

第3章 STAC の活動の実際

STAC が活動した期間は1949年3月から1956年4月までの約7年間であった。その間、STAC の毎月定例会議で151件の案件が審議された。このうち、学術会議からの提案は105件、政府側の省庁からの諮問は43件、GHQ からの諮問が4件である。

日本学術会議の方からは、科学・技術振興や、科学者・技術者の待遇改善などの諸問題が STAC に提起され、それらを行政的に実現するために、審議が行われた。これらのうち、学術会議の勧告が具体化されたものとして、例えば東大の応用微生物研究所、原子核研究所などの新設、PB レポートの取得、外国から留学生を招くための奨学基金の設置、民間研究機関助成法、公務員発明報償制度、研究用電気ガス税免税、国立放射線基礎医学研究所の設置、南極観測などがあった。しかし、関係省庁に通知しただけに終わっているものも多かった。また、連絡調整の結果として、各省に研究補助金の予算の計上、原子力関係文献資料の所管、科学アタッシュの派遣などは解決ないし実現された。そして、政府側から提案された鉄道技術研究所や、国際計数センターとの連絡及び計数装置政策研究推進についても新しい連絡機関が設置された。GHQ と日本政府の間の窓口として、STAC は戦後直後の技術導入や、研究用機械導入、放射線同位元素の配分等を担当し、一定の役割を果たした。しかし、全体的には、政府側は積極的に STAC を十分に活用しなかったことは事実である。

こうした STAC の実状を GHQ は、STAC がうまく機能していないと考えていた。特に経済科学局は、STAC の強化を図ろうとした。たとえば、出席率が悪い STAC 委員には、GHQ が警告したほか、STAC 関係省庁と、学術会議、GHQ の関係部局と一緒に会議をさせ、STAC の強化政策を議論させた。しかし、具体的な効果をあげたとは言い難い。

第4章 科学技術庁の成立と STAC の廃止

GHQ 側からの STAC 強化の意図以外に、日本側からも、より強力な行政機関を目指すものとして、科学技術庁を新設しようという動きが出現した。自民党

の国会議員の前田らは、1952年3月に「自由党科学技術庁案」を国会に提出した。1953年には、科学技術振興国会議員連盟が「科学技術庁設置案」を作成した。1954年2月には、社会党松前代議士他7名が「科学技術庁設置法案」を提出した。しかし、政府は、すぐには「科学技術庁」を設置するには至らなかった。

他方1953年末、アメリカは、東西冷戦にあつて、イギリスやソ連の原子力平和利用に対抗し、新たな原子力支配を目指して、「アトムズ・フォア・ピース」政策に乗り出した。このアメリカの原子力平和利用の国際戦略の枠組みの中で、日本では、1954年3月、3億円の原子炉建設予算が提出された。その後、原子力利用審議会の設置、「原子力三法」の成立、日米原子力協定の批准、原子力委員会の成立、原子力局の設置、「原子力基本法」施行等の一連の原子力関係政策が推進された。また、これより以前、アメリカの対日戦略の変更に伴つて1952年4月、日本での航空機研究が解禁され、その後、「航空技術審議会設置法」の制定、防衛庁技術研究所の設立、航空技術審議会の設置、航空技術研究所の設立が行われた。

こういう背景の下で、原子力関係担当機関と航空技術関係も含めた総合行政機関の設置が政府に必要となった。したがつて、このための行政機関として、科学技術庁が作られるに至つた。そして、STACは、この科学技術庁内に吸収され、科学技術審議会となった。こうしてSTACが消滅した。ただ、重要なのは、「アトムズ・フォア・ピース」以前の、前田らの科学技術庁構想には、原子力関係担当機関としての役割はなかつたことである。彼らの科学技術庁構想は、変化したのである。したがつて、STACが歴史の舞台から消えたのは決して機能が弱かつたからではないと考えられる。STACが廃止となつた原因は、STACが弱体であるとか、日本学術会議が反政府的な発言をするからということでもなかつた。

第5章 結論

STACは、これまで述べてきたように、戦後GHQ占領政策下での日本の学術体制刷新運動の結果、日本学術会議と共に誕生し、日本学術会議のGHQまたは省庁からの政策や、行政関連組織で、連絡調整を審議する組織として設置されたものである。STACに関する先行研究は、第1章で述べたように、STACの通史的な分析が欠けていただけでなく、部分的な叙述でも一面的な記述が多かつた。たとえば、STACの成立過程については、科学技術政策史研究会編集の『我が国の科学技術政策の史的展開』、日本科学史学会編集『日本科学技術史

大系・通 5』, 中山茂他『通史・日本の科学技術』等でも, 占領軍 GHQ の資料を十分に利用していないため, STAC の設立過程については不完全であった。

本論文では, STAC の設立から解消までの展開の基本筋は次のようなプロセスであったことを明らかにした。

- (1) 学術体制刷新委員会では, 日本学術会議の設置と関連して, 行政組織の必要性も議論された。その時の意見の違いは, 審議機関と行政機関を同一の機関で行うか, 審議機関と行政的機能を持つ連絡会議, 事務局を設置するか, 審議機関と科学技術庁のような中央集中的な行政機関を設置するかにあった。GHQ 経済科学局のケリーと密接な関係にあった科学渉外連絡会は, 総合企画, 総合調整機関たる科学技術庁の設置を主張していた。
- (2) 刷新委員会の最終結論は, 日本学術会議の任務を遂行するにあたり, 各省間の連絡, 調整, 内閣に常設される審議機関を要望した。STAC は日本学術会議と同時に成立されることと, STAC の半分の委員は, 日本学術会議から選出することが提案内容となった。
- (3) GHQ 民政局は, 占領政策上から STAC を早期に成立させたいという意向があり, 民政局の求めた「各省の科学技術行政の調整を図る」, 「国際関係事業」という内容が STAC 法案に盛り込まれた。ただし, 経済科学局のケリーの反対により, STAC の設立時期は早くはならなかった。
- (4) STAC は, 日本学術会議の意志を科学技術行政に反映させ, 各省の科学技術行政の調整を図る審議機関として設置された。しかし, この STAC には日本政府にも, GHQ 側も不満があった。GHQ は日本政府の機構として強化するように迫ったが, 具体策には至らなかった。
- (5) STAC に関して, GHQ も必ずしも満足していなかったが, STAC の設立過程では GHQ からの「介入」の影響が指摘できる。さらに, STAC が成立した後も, GHQ の影響があった。外国技術導入や, 研究用機械の輸入等においても, GHQ の考えが反映されている。
- (6) STAC は日本学術会議の一部であると勘違いされることもあったが, 審議機関であった。しかし, 学術会議内部に STAC 連絡会委員や STAC 強化委員が設けられ, 日本学術会議からは, 審議された内容を積極的に STAC にかけることが行われた。ただ, STAC 内には, 学術会議委員には窮屈な状況⁷もあり, STAC の活動形態には問題があったと考えられる。

⁷ 日本学術会議第 3 回総会議事録

- (7) STAC では、約7年にわたり、151件の案件が審議された。このうち、審議の内容に沿って実現されたものも少なくない。GHQの支援により、STACで取り扱われた海外技術輸入、科学研究機械輸入、放射線同位元素輸入等には、一定の機能を発揮した。
- (8) STACの会長である首相はSTAC会議には一度も出席しなかった。政府側の文部省や、通産省等にはSTACに諮問するという意識がなく、それぞれ自己中心にやってきた。STACの弱体を克服するものとして、新しい行政機構を、前田議員等は計画していた。しかし、これだけではSTACの解消にはならなかった。
- (9) 東西冷戦の中で、アメリカは「アトムズ・フォア・ピース」政策を出し、日米原子力協定が策定された。ここから、原子力、航空行政を合わせた行政機構が要望されることになった。これが、前から出されていた科学技術庁構想と結合して、科学技術庁が設置された。STACの機能は、科学技術庁に吸収され、科学技術審議会となった。こうしてSTACは解消された。STACの廃止は、STAC自身にあったのではなく、日米原子力協定が策定されたことに原因があった。
- (10) STACの持っていた弱点は、科学技術庁の成立によって、克服されたのではなく、むしろ、科学技術行政全体からすれば、ますます、調整機能の権限を消失する方向に向かうことになった。

以上、総括的に言えば、STACは戦後学術体制刷新の結果として生まれたため、周りからの期待が大きかった。日本学術会議とSTACは「科学技術行政の戦後最初の枠組み」⁸の一部ではあった。しかし、各省庁関係の科学技術政策は、各省庁が独自に取り組んでいたため、「日本学術会議に科学技術政策の立案を任せたい」⁹とは言いがたい。STACは「審議機関に過ぎず」、「物足りない存在」等の評価は、先行研究の中でしばしば見受けられる。しかし、STACは「審議機関」として生まれたため、実施の力が弱いのは当然のことであろう。

5.2 今後の課題

STACに関連するGHQ側の資料の一部は、国会図書館憲政資料室にある。こ

⁸ 田中浩郎「科学技術行政機構の確立」中山茂他『通史・日本の科学技術2』学陽書房、1995年、P. 134.

⁹ 同上 P135

こには、大量の資料があるが、これらは、利用面から見れば、まだ整理されていない状態である。これらの資料は戦後日本の科学技術の研究にとって不可欠な資料である。時間的な制限で、今回は一部しか使えなかったが、今後は、より系統的な資料調査を行いたい。また、刷新委員会会長兼重寛九郎のGHQ関連の説明は不透明なことが多く、日本学術会議側の資料には、なお未解明のものがあると思われる。さらに、STACは、審議機関であったが、このことがSTACの弱さに関連していたとも考えられる。そのため、この件については、科学技術行政機関としての「行政」機関もしくは「審議」機関のあり方として、さらに検討すべき課題であると考ええる。

*The Establishment and Function of
the Scientific and Technical Administration Commission (STAC)*

GAO Yang

Abstract

After World War II, a wide public debate began in Japan on the reorganization of science and technology research and the creation of a new body to administer it. It resulted in the establishment of two organizations: the Science Council of Japan (JSC) and the Scientific and Technical Administration Commission (STAC).

This thesis studies the establishment of the STAC and surveys its history and activities from its inception in the occupied Japan. It looks at the role played by the General Headquarters (GHQ) of the Supreme Commander of the Allied Powers (SCAP) in its shaping, and probes how STAC mediated between scientific and technical administration and the Science Council of Japan. The thesis attempts to evaluate its overall historical significance for science and technology research in Japan.

Chapter I briefly looks at the related scholarly work and identifies the subjects of the thesis. It places the establishment of STAC in the context of postwar reforms. It tells how STAC was set up and its relations with the Science Council of Japan established as a deliberative organ under the Prime Ministry. Chapter II examines how STAC functioned and focuses on its link to and cooperation with the Science Council and GHQ.

Chapter III looks at the administration and organization of STAC itself and its activities. Between March 1949 and April 1956, STAC held 87 regular meetings. During these monthly regular meetings 151 projects were deliberated. Each issue was often deliberated individually by a group of experts. STAC's responsibilities included importing technology and machines for research, the treatment of radioisotope permitted by GHQ, the establishment of the Applied Microorganisms Institute of Tokyo University and the Institute for Nuclear Research, Publication Board reports, and setting up scholarship funds for inviting foreign students and scholars in cooperation with the Science Council.

Chapter IV looks at the establishment of the Science and Technology Agency as a new administrative organ in 1956, and the termination of STAC in the same year. A major reason for the weakening and finally the dissolution of STAC was not the Science Council of Japan's critical stance against and conflict with the government statements on academic, but needs for a new agency governing the nuclear policy.

The Japanese government preferred to follow the US, where a separate scientific and technical administration organ in charge of the science and technology related to nuclear energy and aviation was proving to be highly effective.

Finally, Conclusion identifies shortcomings in the previous work on the subject, and offers an overall evaluation of STAC and its activities. This thesis shows that GHQ played a significant role in the shaping the structure and policies of STAC, which led to the exploitation of some scientists. It also shows the termination of STAC resulted in a weaker JSC.

時制論理の研究

～ 命題の時制と決定論を巡って ～

藁谷研究室 大橋正則

本論文は、時制を含む推論を形式化し、時制と人間が時間を把握する構造の本質について考察しようとするものである。

時間を巡る哲学的な考察は、古代から決定論などに関連して、たびたび行われてきた。1960 年代に Arthur N. Prior によって数々の議論がまとめられ、様相論理を用いて時制を研究する、現在の様式が作られた。この後、時制論理の研究は、応用的側面から、研究が続けられてきた。

本論文では、再び、時制と人間が時間を把握する構造の本質に関する議論を行いたい、と言う意図のもと、時制論理の仕組みをよく理解し、現在の時制論理が表している時間の概念を考察した。そこで、現在の時制論理が決定論的性質を持つことに着目した。現在の時制論理は、過去と未来の 2 つの様相のみで、様相をつけないことで現在を表そうとしている。本論文の主要な主張は、決定論的でない時制論理の構築に、現在を表す別の様相が必要であることである。

1. 序章

この章で時制の形式化(記号化)について論ずる。決定論的でない、時制の形式化の方法についての考察が、この論文の主題であるので、この章は、とても重要である。本論文では、現在の形式化が自然に思えるように、注意深く議論を行った。以下、その中で特に注意すべき点をいくつか紹介する。

(1) 時制の形式化の際に、英語を念頭においていること

時制の論理の研究は主に英語の時制について行われてきた経緯がある。本論文も、この文脈に沿って英語の時制を前提に考察を行う。一方、世界には英語に我々が見出せる時制が見られない言語も存在する。本論文が英語を前提にすることには、これらの言語を無視しようと言う意図があるのではない。英語の時制の形式化を基に、時間の把握の構造を分析する一般的手段を手に入れることが目的であり、さらに、この手段は、他の言語の分析にも十分当てはめられるであろうと考える。しかし、実際の個々の言語の分析は、本論文の研究範囲を大きく超えている。そこで、英語特有の時制も存在することを意識しつつ、一般的な時制の形式的な取り扱いについて考察してゆくつもりである。また、本論文は日本語で書かれることから、形式化された文の訳も日本語で行う。英語を交えた方がよい場合には、適宜、英語の注釈を挿入する。

(2) 時制の形式化の際に、様相論理の方法を用いていること

現在の大多数の時制論理は、様相論理の方法を用いて形式化されている。最小時制論理も様相論理を用いて形式化されている。様相論理を用いる形式化とは、以下のような形式化である。

過去形 1 生存者の中に女性がいた。

この文を以下のように読み替える。

過去形 2 過去のある時点で「生存者の中に女性がいる」が事実だった。

「過去のある時点で…が事実だった」を P と記号化し、「生存者の中に女性がいる」を命題を表

す記号 α で記号化する。

過去形 3 $P\alpha$

同様に未来形、現在形も以下のように形式化する。

未来形 1 生存者の中に女性がいるだろう。

未来形 2 将来のある時点で「生存者の中に女性がいる」が事実である。

未来形 3 $F\alpha$

現在形 1 現在、生存者の中に女性がいる。

現在形 2 現在「生存者の中に女性がいる」が事実である。

現在形 3 α

P や F が表しているのは、文を修飾する言葉であって、時制そのものではない。また、過去形 3 や未来形 3 における α は無時制だが、現在形 3 における α は現在時制を表していることに注意しなければならない。

(3) 時制を表す様相は、過去と未来だけで、現在時制については、様相をつけないことで表そうとしていること

現在時制を様相をつけないことで形式化したつもりだが、次章以降の考察から、実際にはそのように行かないことがわかる。ここが、本論文の最も重要な論点である。

2. 最小時制論理

本章で、Prior の仕事として知られている、最小時制論理について紹介し、考察する。最小時制論理は、その後の時制論理の研究の基礎となった体系である。

考察の結果、最小時制論理に、次のような特徴を見出せる。

a) 公理 A4 が決定論を表す式である。

本論文では決定論の定義を Jan Lukasiewicz の “On Determinism” に準ずる。Lukasiewicz の決定論の定義は次のとおりである。

決定論の定義 「時刻 t で A が事実ならば、 t よりも前の全ての時刻において
「時刻 t において A が事実である」が正しかった。」

これが、公理 A4 に内容的にそのまま対応している。その結果、公理 A4 を用いて計算された定理には、決定論的性質が伴う。

b) 様相のない文が、2つの時制を表しうる

形式化の際、現在時制の文章を様相のない文で表したが、最小時制論理において、様相のない文は、2とおりの時制の文章を表しうる。2とおりの文章とは、現在時制の文章と、全ての時刻を表す時制の文章である。様相をつけない文の時制が、任意の固定されたある 1 点の時刻を指すのか、全ての時刻を同時に指すのか、様相のない文の登場の仕方によって、変わってくるのである。

3. 線形時制論理

最小時制論理に公理を加えることによって、推移性、右線形性、左線形性、非終焉性、稠密性、循環性を持った時間の構造を表す体系を構築できる。これらの体系について紹介し、考察する。線

形時制論理は、最小時制論理の拡張の例であり、次の分岐型時制論理の構築の基礎にもなっている。線形時制論理にも公理 A4 が含まれ、このことが線形時制論理の各体系にも決定論を含ませる原因になっている。

4. 分岐型時制論理

分岐型時制論理は、未来に関する可能性を表そうとする体系である。最小時制論理を拡張した体系 K_b および CR と、新たに未来に関する様相を導入した体系 OT がある。これらの体系について先行研究を紹介し、考察を加えている。これらの体系、特に OT にも決定論が含まれている。

5. 決定論を巡る主たる議論

この章で決定論を巡る議論について、2 つの先行研究、アリストテレスの議論『命題論の 9 章』と Lukasiewicz の『決定論を巡って (On Determinism)』を紹介し、考察する。『命題論の 9 章』の議論は古く、かつ有名で、決定論に反対するものであるが、その議論に不明瞭な箇所があり、解釈を巡って後の世まで議論が続いている。Lukasiewicz の論文は、アリストテレスの『命題論 9 章』をはじめ、古代の決定論を巡る議論を念頭に置き、決定論に反論し、新しい論理体系を作るための発想を提起している。Lukasiewicz の議論は、分析が非常に正確で、かつ、数多くの Lukasiewicz 自身の主張を含んでおり、これらの主張それぞれに考察する余地が存在する。本論文では議論の中から、次の点に注目し、最小時制論理が決定論的性質を持つことについて分析する上での、手がかりを得ることを試みている。

本論文が注目する点とは次の点である。

次の 2 つを前提にすると、古典論理の下で決定論が導かれる。

- ・どんな命題についても、ある時刻 t で命題の肯定が正しいか、命題の否定が正しいかどちらか一方である。(二値性の原則)
- ・どんな命題についても、ある時刻 t で命題が正しいならば、命題が表す事柄は事実である。
「ある時刻 t で \sim が正しい」を T_t と記号化し、次の章で考察する。

6. 決定論的でない時制論理の構築についての考察

本章では、今まで見てきた先行研究を踏まえて、決定論的でない時制論理の構築について考察を行う。本章までの先行研究に対する考察により、最小時制論理の公理 A4 が決定論的性質を持っていることが明らかになった。さらに、公理 A4 を用いているすべての時制論理が、決定論的性質を持つ時制論理になる。そこで、決定論的でない時制論理を構築するために、公理 A4 を単純に排除するのではなく、公理 A4 が持つ特徴を分析することを通して、時制論理を構築する際にどのような形式化が必要であるかについて考察する。最後に、決定論的でない時制論理の構築に、過去と未来に加え、様相演算子が必要であることを述べる。公理 A4 の分析について、まず、公理 A4 に含まれている、時制演算子のない文に注目する。時制演算子のない文は、公理 A4 以外にも、メタ定理 RG と RH に登場する。メタ定理 RG と RH における時制演算子のない文は、公理 A4 とは異なる (決定論的でない) 特徴を持っている。これらの間に共通することは、完全性定理に基づいて、時制論理の文を述語論理に翻訳したとき、どちらにも、変数が自由変数であるような述語が登場す

ることである。このことと、第5章で取り上げたLukasiewiczの議論の形式化を結びつけることによって、決定論的でない時制論理の構築に、過去、未来を表す(時制)演算子以外の時制演算子 Tt が必要であることを導き出す。決定論を導き出した、2つの仮定を Tt を用いて形式化すると、次のようになる。

$$(i) (Ttp \vee Tt \sim p) \& \sim (Ttp \& Tt \sim p)$$

$$(ii) Ttp \supset p$$

(i) は次の式に論理的に等値である。

$$(i') Tt \sim p \equiv \sim Ttp$$

(i') と (ii) をよく観察すると、両方ともに Tt が必要でないことを示唆していることが分かる。一方、決定論がこの2つから導かれるのであるから、決定論を拒否するには、少なくともどちらか一方を否定しなければならない。このことから、決定論を含まない時制論理の構築に Tt と言う、任意に固定された1つの時点を表す様相が必要であること、つまり、未来時制と過去時制以外の様相が必要であると結論する。

7. 課題と今後の展望

7.1 課題と方針について述べる前の、時制の形式化についての再検討

先行研究の紹介で紹介した時制論理はどれも、様相論理の方法を用いていた。様相論理の大きな特徴として、文を名詞化し、名詞化された文に修飾語や修飾句をかけてゆくという点がある。様相論理の方法を用いたまま、分析する方針もあるが、様相論理の方法でない方法についてここで述べておきたい。それは、文章を単語の単位に分解する方法である。これから例を用いて説明するが、日本語の例でも説明は可能であるものの、英語の方がはっきりとし、分かりやすいので、英語の例を用いて説明する。

次の例文を例に説明する。

Taro will be at home tomorrow.

この例文から will を取り出して、文のさまざまな場所に置き、修飾させることを考える。

will(Taro be at home tomorrow)

will を抜き出して文の先頭に据え、will に文全体を修飾させる方法である。ここで、この例文は一見、様相論理と同じ方法に見えるが、違いがあることを指摘する。それは、will という単語を単体で修飾語として用いている点である。この will は抽象化された未来を表す修飾語であり、will でなくとも future, later などでも構わない。このように抽象的な単語として will を扱えば、“will home”(=“future home”)のように、他の言葉への修飾が容易になり、分析がより細かく論理的に合理的になる。様相論理の方法では“it will be the case that”と言う、文章として成り立つことを意識した言葉を用いていた。この場合では「未来の家」のような分析が出来なかったことを指摘する。以上の議論を踏まえて、今後の研究の方針と課題について述べる。

7.2 否定の性質の研究-矛盾許容型論理-との関連性

「二値性の原則」を表す式は、 T と否定 \sim の交換可能性についての式であったことから、否定と

様相の性質について注目し、研究を進めてゆく方針が考えられる。

例えば、 $\sim Tt \sim p$ という式について考える。(i') を否定することから、 Tt と否定が交換できないことから、この式はこれ以上簡略化されないが、意図的に $\sim Tt \sim p$ の Tt を省略する。

$$\sim \sim p$$

すると、 Tt と \sim の交換が不可能であることが、二重否定を消せないことに対応することがわかる。また、未来の事柄を表す命題 p が第3の真理値をとるとき、 p の真理値は真でなく、かつ、 p の真理値は偽でない。このことを Tt と \sim のみを用いて表そうとすると次のようになる。

$$\sim Ttp \& \sim \sim Ttp$$

これは形式的には矛盾した式である。次の式も内容的に矛盾しないものの、形式的に矛盾した式と捉えることが出来る。

$$p \& Tt \sim p$$

$Tt \sim$ を新しい否定とみなすと、一見、この式は p について矛盾を許容する式に見える。また、

Taro will not be at home tomorrow.

について考えると、

not will (Taro be at home tomorrow)

であるか

will not (Taro be at home tomorrow)

であるかについて考える余地が生まれる。つまり、未来の時制を表す単語 *will* と *not* は交換可能か、交換可能ならどのようなことが起こるか。あるいは交換不可能ならば、どのようなことが起こるか。このような時制を表す単語と、否定を表す単語の関係について考察する余地がある。このような研究は、否定の性質の研究とともになされるべきである。このように、否定の性質と関係付けて時制演算子の取り扱い方について調べ、決定論的でない時制論理の研究に反映させる研究方針が考えられる。否定と様相の性質についての研究は、すでに研究室のほかのメンバーにより研究が進められており、研究室の他のメンバーと連携をとりながら、研究を進めてゆく予定である。

7.3 命題を扱うより一般的な論理-様相論理-との関連性

様相論理は命題を名詞として取り扱う方法であった。この方法の特性について考えて、時制論理の構築について考察する方針である。たとえば、 Tt を様相としてみると、 Ttp を p に変形することは、命題が真であることが、命題が表す事柄が事実であることに一致することを主張していると解釈できる。つまり、言い換えれば、命題と、命題が表す事柄を混同していると解釈できる。しかし、事柄と命題の区別は欠かせない。例えば、未来の事柄は、未だ起きていないので、起こるか起こらないかわからない。未来の事柄については、それを指す命題についてのみ、現時点で語ることが出来るのである。このような考察は、命題を扱う際に様相 (modality) を入れることと関係がある。つまり、時制の扱いだけに限定される問題ではなく、命題の扱い方全般にかかわる問題である。時制を論理学で扱うことを、様相論理の方法の研究と関連付けて研究する方針である。

7.4 論理的存在論 (Ontology) との関連性

論理的存在論では、文を、述語論理より細かく、対象とそれ以外で文を構成するものに向け、対

象を表す名辞の扱い方について研究を行う。

たとえば “Taro is a student .” で言うとおりのことである。

(Taro) (is-a) (student).

この文に will を加えることについて考える。

(Taro) (will-be-a) (student).

ほかに次のような加え方もある。

(will-Taro) (is-a) (student).

(Taro) (is-a) (will-student).

本稿は、命題に時制がかかることについて考察してきた。それに対し、今見たように、対象名に時制がかかる分野の研究の可能性が示唆されている。つまり、存在論の中で時制を扱う研究の可能性があることが示唆されている。今後、この分野についても考察し、命題にかかる時制の研究と、存在論の中の時制の研究との関連性についても考察する方針がある。

7.5 OT にみる必然性の取り扱いについて

未来の可能性を表す *OT* における必然性は、全未来にわたる可能性を網羅していた。しかし、必然的という言葉の使い方は多様であり、たとえば、発話者が考えられる可能性において、必ず起こるさまを「必然的」と表現することも考えられる。この状況を *OT* の意味論に置き換えると、必然性が全未来を網羅するのではなく、全未来の一部を網羅すると考えられる。

このことは全知の問題に関係があると考えられる。その関係とは次のようなことである。

OT において次の式が定理であった。

T31' $\vdash_{OT} A \supset HMA$

内容的な考察から、この定理を妥当と思う主体は、将来どんなことが起こりうるかについてすべて知っていると考えられる。将来どんなことが起こりうるか、すべて知っている主体は、未来の可能性についての全知の主体とも言える。ただし、この全知の主体は、実際に起こるまで、可能性のうちどれが選ばれるかまでは知らない。通常の、論理を扱う主体、つまり個々の人間は将来どんなことが起こりうるかについて、すべて知っているわけではない。実際に起きてみて、起こりうることを知ることが通常の場合である。*OT* における必然性、可能性は全未来を網羅しており、他方で、全未来を網羅しない必然性、可能性もありうる。全未来を網羅しないとは、全未来の部分未来のみを網羅することである。この必然性を表す様相は、数学の「ほとんどいたるところで」と言う言葉と関係があると推測される。このような、「必然的」の様相を表す論理体系についても考察する余地がある。

7.6 応用面の研究について

今度の論文では時間的制約から調査が及ばなかったが、現在の時制論理は、人工知能や計算科学の研究に応用されている。このような応用面について、今後研究することを予定している。

**A Study on Tense Logic:
with a Focus on Modalities and Deterministic Characteristics**

OOHASHI, Masanori

Abstract

This paper is a result of my survey of tense logic. Here we understand by *tense logic* a logical regimentation of linguistic phenomenon known in grammar as *tense*. Thus the logical intention of studying tense logic is to get logical systems to analyse *tense* by means of which we recognize structure in time. In order to judge whether a system is suitable as a logic of *tense*, i.e. as a logical means by which we analyse how we recognize and capture time, we have to check the content of axioms and derivable theses in terms of our natural linguistic logical intuition.

The foundation of tense logic was laid down by Arthur N. Prior in 1960s. His research covered philosophical aspects and mathematico-logical aspects of *tense*. Thus doing, he put forward a logical system which is today referred to usually as *minimal tense logic* K_t . Most of the systems that have been constructed by now in the field of *tense logic* take K_t as their logical base.

K_t has, however, two problematic characters. First K_t has only two modal operators P and F where P stands for the operator for past tense, while F that for future tense, lacking the operator for present tense. Second K_t includes the axiom A4 which is in nature of *deterministic* character.

Jan Lukasiewicz, an eminent Polish logician, wrote an important essay on *determinism*. He showed how to derive *determinism* from two propositions which he put as supposition. His result shows that in order to refuse determinism, it is required that at least one of the two suppositions, or possibly both, be rejected.

Formalizing his two suppositions and analyzing his argument, I observed that one modal operator is taken by him to be redundant, which is, according to my analysis, a mistake. From this observation, I came to the conclusion that if we wish to refuse the determinism which axiom A4 expresses, it is inevitable to introduce another modal operator into systems of tense logic.

The regimentation of time structure, i.e. *tense* is not adequate as far as *our ordinary sober* regimentation is concerned. Therefore, it is necessary to construct a system which is not of deterministic character like K_t . In order to exclude determinism from a system of tense logic, the third modal operator in addition to P and F is necessary. Indeed, it is necessary to construct the system which has at least the three modal operators which are P , F and another operator for *present* tense.

平成十九年度修士論文梗概

概念と対象の一般理論としての論理的存在論の研究*

A Study of Logical Ontology as a General Theory of Concepts and Objects

小山田 圭一

Keiichi OYAMADA

本研究では、存在と知識の問題に対する体系的な考察のための準備と端緒の一部を与えるために、一つの記号論理体系の構築を企図する。より具体的に言えば、本研究の目的は、科学理論等の概念体系の論理的構造やそれらにおける概念と対象の様々な関係を一般的・普遍的に記述するための記号論理体系の構築である。これを、知識の一般的形式の記述に適した記号論理体系の構築、と換言してもよいだろう。その様な記号論理体系を本研究では、論理的存在論と呼ぶことにした。第 1 章では、その様な名称の説明を含めた本研究の哲学的背景を述べ、本研究の学問的位置付けや意義を闡明せんとした。

また第 2 章では先に述べた目的を果たすための指針を挙げるため、アリストテレスの三段論法、Frege 以降一般的になった一階述語論理、そして数学のための基礎理論としてても囃されて来た集合論について考察を行った。そこではこれらの体系が持っている知識表現上の問題点を存在論的観点から見出し、それらを克服するためには記号体系に如何なる要請が為されるべきかを示した。それらを以下に挙げる。

要請 1 三段論法の妥当性から、本研究が構築する体系はそれを部分体系として含む体系となるべきであること

要請 2 本研究が構築する体系の言語的枠組みは、単称名及び単称文の包括的な取り扱いに対処可能なものであるべきであること

要請 3 EVT1.1、EVT1.1、EVT1.3 及び EVT2 が適切に定式化され、また導出可能となる様にすべきであること

要請 4 〈存在〉・〈非存在〉の適切な表現のために、名辞に関しては、一般名、単称名のみならず、非指示的名辞たる空名辞が導入可能であるような言語的枠組みを採用すべきであること

要請 5 〈存在〉を表現するための論理的装置として、量化記号以外の要素を体系に組み込むべきであること

ここで、要請 2 に於ける EVT1.1、EVT1.1、EVT1.3、EVT2 とは、11 世紀の計算家ガルランドゥス (Garlandus Compotista) による三段論法の枠組みでの単称文の取り扱いを藁谷敏晴教授が定式化したもので、次の様に表現される。

EVT1.1 「 a 」が単称ならば単称肯定命題「 a は b である ($a \text{ est } b$)」は全称肯定命題「すべての a は b である ($\text{omne } a \text{ est } b$)」に等値である。

*指導教官：藁谷 敏晴 教授

EVT1.2 「 a 」が単称ならば全称肯定命題「すべての a は b である ($\text{omne } a \text{ est } b$)」は特称肯定命題「ある a は b である ($\text{quidam } a \text{ est } b$)」に等値である。

EVT1.3 「 a 」が単称ならば命題「 a は b でない ($a \text{ non est } b$)」は命題「いかなる a も b でない ($\text{nullum } a \text{ est } b$)」に等値である。

EVT2 「 a 」と「 b 」が単称ならば命題「すべての a は b である ($\text{omne } a \text{ est } b$)」は命題「すべての b は a である ($\text{omne } b \text{ est } a$)」に等値である。

続く第 3 章では、構築されるべき体系に対してより積極的な成立要件を見出すため、知識の基本的単位である述定に関して存在論的・意味論的考察を行い、然る述定の構造と機能を分析した。この考察及び分析は主に対象と概念及び存在と判断の関係に留意して行っている。そしてこれらに基づき、体系構築のための更なる要請をいくつか導いた。それらは以下の 3 点である。

要請 6 対象とは独立に成立する概念間の関係を表現するための論理的能力が体系に備わっているべきであること

要請 7 単称の同一性命題を表現するための論理的能力が体系に備わっているべきであること

要請 8 ある概念がある概念の下位概念となるとき、その下位概念が指示する対象は上位概念もまた指示する、という命題が体系内で表現されかつ成立するべきであること

以上のことを踏まえて、この第 3 章では、本研究で構築される体系の原始記号としてある 2 つの関手を導入するための契機を得た。2 つの関手とは同一性を表現する関手 $=$ と概念間の順序関係を表現する関手 c である。

この 2 つの関手は、概念と対象の関係に対して自然な形式を与え、それを表現として記述する上で非常に重要な役割を果たす。その際、関手 c は純粋な概念間の関係を表し、概念の指示する対象に依存しない関係を記述する。一方、関手 $=$ は同一かつ唯一の指示対象を持つという関係を表し、それ以外の概念的な関係とは独立な関係を記述する。即ち関手 $=$ は外延的な指示対象の同一性のみを表現する関手である。また、関手 $=$ は個別的对象に対する指示機能を担うことによって記号体系内で存在に関する内容の記述を可能にする。更にこの両関手の組み合わせによって、本研究で構築される体系に於いては、概念と対象の様々な一般的関係を記述することが可能になり、以上の 8 つの要請も満たすことになるのである。

このようにして構築される体系を示す前に第 4 章で考察するのは、本研究と密接な関連を持つ Leśniewski の成果である。彼は数学の基礎を表現する形式体系として Ontology と呼ばれる記号体系を構築したが、この体系は以上で挙げた要請の 1 から 5 を満たす様な体系となっている。本研究もこの成果に多くを負っているが、ここで特に強調したいのは、この Ontology という体系が概念一般の取り扱いに関して欠点を持っているということである。それは、外延の等しい 2 つの異なる概念があっても、それらを区別して取り扱うことが出来ないという点である¹。このことは Ontology に対する統語論的な考察からは勿論のこと、意味論的な考察からも示すことができる (第 4 章第 2 節)²。

先に挙げた 8 つの要請を満たし、Ontology の欠点を解消すべく第 5 章で構築されたのがここに示す体系 A である。体系 A の公理としては、まず次の 8 つの式が指定される。

¹これは存在論的な観点や知識表現の観点から観れば、明らかな欠点である。

²ここでいう意味論的な考察は 3 つの異なる (本質的には同等である) 意味論的視点から為され得る。一つは Leśniewski 自身が Ontology に課した意味論的要請であり、また一つは Lejewski が提示した Ontological Table と呼ばれる意味論的図式であり、そしてもう一つは藁谷が提示した MO と呼ばれる意味論的体系である。本研究第 4 章第 2 節では、ここで最後に挙げた藁谷による MO と Ontology の対応関係について詳しく検討した。

$$I1 [ab](a = b \supset b = a)$$

$$I2 [abc](a = b \wedge b = c \supset a = c)$$

$$P1 [ab](a \subset b \equiv [c](c \subset a \supset c \subset b))$$

$$IP1 [abc](a \subset b \wedge b \subset a \wedge c = a \supset c = b)$$

$$IP2 [ab](a = a \wedge b = b \wedge a \subset b \supset a = b)$$

$$IP3 [abc](a \subset b \wedge [\exists d](c = d \wedge d \subset a) \supset [\exists e](c = e \wedge e \subset b))$$

$$IP4 [ab](a = b \supset [\exists c](c = c \wedge c \subset a \wedge c \subset b))$$

$$IP5 [abc](b = c \wedge c \subset a \wedge [defg](d = f \wedge f \subset a \wedge e = g \wedge g \subset a \supset d = e) \supset a = a)$$

また、名辞に関する定義の規則を次の図式を満たす式が体系展開の段階に応じて定理 (thesis) として印字し得るよう規定する。

$$NDA. [a]([\exists b](a = b \wedge b \subset \Phi) \equiv a = a \wedge \phi(a))^3 \quad [the\ scheme\ of\ nominal\ definition\ in\ A]$$

以上の8つの公理は次の2つの式を公理として持つ体系に単純化可能である⁴。

$$A1 [ab](a = b \equiv [\exists c](c = c \wedge c \subset a \wedge c \subset b) \wedge [de](d = d \wedge e = e \wedge ((d \subset a \wedge e \subset a) \vee (d \subset b \wedge e \subset b)) \supset d = e))$$

$$A2 [ab](a \subset b \equiv [c](c \subset a \supset c \subset b))$$

この様にして構築された体系 A の一つの特徴は、関手 c のみが満たす規定として半順序性⁵のみが課されていることである。これは体系 A の最小性を示している。というのも、一般に半順序性は順序関係が満たす最低要件だからである。従って、関手 c に半順序性以外の規定を措けば、体系 A の拡張体系が容易に得られるのであり、これは考察する概念系の範囲や特殊性に合わせて体系を特化させることができるという利点が体系 A にあることを示している。

次の第6章では、体系 A に関して成り立ついくつかの結果が示され、更に特殊化の例として、関手 c を外延的な関係と看做せる様に追加規定を置いた体系が考察される。

そこで示される一つ目の結果は、以下の5つの式が体系 A から独立であることの証明である⁶。

$$[ab](a = b \supset a \subset b)$$

$$[ab](a = b \supset [\phi](\phi(a) \equiv \phi(b)))$$

$$[ab](a = a \wedge a \subset b \wedge b = b \supset b \subset a)$$

$$[ab]([\exists c](c = c \wedge c \subset a \supset c \subset b) \supset a \subset b)$$

$$[abc](a = b \wedge c \subset a \supset c \subset b)$$

$$[abc](a = b \wedge a \subset c \supset b \subset c)$$

³より単純に $[a](a = a \wedge a \subset \Phi \equiv a = a \wedge \phi(a))$ 又は $[a](a = a \supset (a \subset \Phi \equiv \phi(a)))$ (この2つは推論的に等値になる) とすれば良いと思われるかもしれないが、このような定義図式は逆理的な問題を孕むということが第6章で示される。

⁴この単純化は定義の規則や外延性の規則に訴えること無く可能である。また以下ではここで述べる $A1$ と $A2$ を体系 A の正式な公理として扱うことにする。

⁵反射性、反対称性、推移性を合わせて半順序性とする。

⁶但し、ここでは、名辞に関する定義の規則を考察から除外して考えることにする。即ち、本節で体系 A と言った場合に意味するのは、名辞に関する定義の規則以外の推論規則と公理 $A1$ 及び $A2$ を備えた体系のことである。

これらの式が体系 A から独立であるという事実は、関手 = が概念的な関係にある意味で合意しないこと、また関手 c が外延的な関係として規定されていないことなどを示していると考えられる。

次の結果は体系 A と Ontology の間に成り立つ関係についての結果である。まず、この体系 A に於いて、存在論的に最も基本的な述定を表現する単称文は、次の様に定義される。

$$a \varepsilon b \equiv [\exists c](a = c \wedge c \subset b)$$

そして、この様に導入された単称文を形成する関手 ε が Leśniewski による Ontology の公理及び規則を満たすこと、即ち次の式と図式の A に於ける導出可能性が示される。

$$[ab](a \varepsilon_1 b \equiv [\exists c](c \varepsilon_1 a) \wedge [cd](c \varepsilon_1 a \wedge d \varepsilon_1 a \supset c \varepsilon_1 d) \wedge [c](c \varepsilon_1 a \supset c \varepsilon_1 b))$$

$$[a](a \varepsilon \Phi \equiv a \varepsilon a \wedge \phi(a))$$

またこれにより、Ontology が体系 A の部分体系となることが明らかにされるのである。

更に同章では、体系 A の応用として、概念間の順序関係を外延的な関係に極性化することが試みられる。実際には次の 2 式を公理として追加することによって、関手 c を概念の外延的包含関係として解釈できる様に体系を拡張するのである。

$$A3 [ab](a = b \subset a \subset b)$$

$$A4 [ab]([c](c = c \wedge c \subset a \supset c \subset b) \supset a \subset b)$$

この極性化によって得られた体系 B は、三段論法に於ける定言命題や数学に於ける基礎的知識の形式を表現する外延的述定を取り扱う際に効力を持つものである。従って、勿論これは体系 A の一つの有益な応用であると言える。またこうして得られた B に対して、先に Ontology について検討した(第 4 章) のと同様、藁谷による意味論的体系 MO との対応関係が示される。この結果に応じて次の第 7 章では体系 B と Ontology が如何なる関係にあるかを調べることにした⁷。

こうして第 7 章では、外延的体系 B が Leśniewski による Ontology と推論的に等値であることを観ることによって、それらが同等の論理的能力を持つことが示される。この結果及び前章の結果によって、体系 A、体系 B 及び Ontology の論理的能力に関する正当な評価が可能になると考えられる。そしてこれらの結果から言えることは、体系 B と Ontology は同等の論理的能力を持った体系であり、それらに対して体系 A はより高い論理的能力を持ち、かつより一般性の高い体系だということである。

最終章である第 8 章では、本研究に続いて取り組まれるべき課題を挙げた。それが以下のものである⁸。

課題 1 純存在論的述定の詳細な構造の解明及びその論理形式に表現を与える体系の構築 (第 3 章第 2 節)

課題 2 伝統的存在論や近代認識論の原典を踏まえた論理的存在論の哲学的背景や展望の追究 (第 1 章)

課題 3 存在、真理、知性、言語等に関する存在論的・認識論的研究とその論理的・形式的取り扱い (第 1 章第 2 節)

⁷なお、第 6 章では体系 B は次の 2 つの式及び図式をそれぞれ公理及び定義図式として持つ体系に単純化可能であることも示された。

$$[ab](a = b \equiv [\exists c](c = a) \wedge a \subset b \wedge [d](d = d \wedge d \subset b \supset b \subset d))$$

$$[ab](a \subset b \equiv [c](c = c \wedge c \subset a \supset c \subset b))$$

$$[a](a \subset \Phi \equiv [b](b = b \wedge b \subset a \supset \phi(b)))$$

⁸ () 内は本文の対応箇所を示している。

概念と対象の一般理論としての論理的存在論の研究

課題 4 命題の真偽並びに時制 (tense) が示す現在・過去・未来、必然性や可能性といった様相性及び propositional attitudes を表示する命題の表現を可能にする体系の構築 (第 1 章第 1 節第 4 小節)

課題 5 集合の自然な論理形式を表現する体系の構築 (第 1 章第 2 節第 3 小節)

課題 6 自体的述定や附帯的述定 (又は分析的命題や総合的命題) を表現する体系の構築 (第 3 章)

課題 7 Leśniewski の Mereology とその他の Mereology を比較検討及び部分と全体という概念に係わる一般的問題の追究 (第 4 章第 1 節第 4 小節)

以上の課題はいずれも大変大きな課題であるが、どれも私自身が個人的に意義を認める様な課題ではなく、哲学・論理学の一般的な関心から意義が認められるものだと考えられる。

Ockham の代示理論を反映した量化理論の研究

An Investigation on the Quantification Theory which Reflects Ockham's Theory of Supposition

06M42238 田中智

指導教官：藁谷敏晴教授

Abstract

In this paper, we investigate several quantification theories which reflects Ockham's theory of supposition. Supposition is a property of a categorematic term in the subject or predicate of some proposition. The theory, however, has close a relation to the theory of quantification, since Ockham's theory of supposition tells us not only the thing which is referred to by the categorematic term, but also the way the term refers to objects. Therefore, some logicians have used the modern theory of quantification, especially the first order predicate logic, in order to analyze Ockham's theory of supposition. But, some people claim not to use the first order logic because 'Ockham quantifiers over terms whereas modern logicians quantify over variables'(Matthews[10]).

The aim of this paper is to investigate the quantification theories which are based on another viewpoint of quantifiers. Consequently, this paper is related more closely to the symbolic logic rather than Ockham's theory of supposition itself.

1 序論

1.1 代示の理論の概要

Ockham の '*Summa Logicae*'([12]) によると代示 (supposition) あるいは代表とは、「ある命題内において何を指示しているのかに関して主語あるいは述語といった語の有する性質」とされている。たとえば「すべての人間は動物である」という文では、主語である「人間」という語は今存在している各個別的な人間を代示している、という風に用いられる。代示の理論は 13-14 世紀の論理学においてきわめて独創的な理論である。例えば論理学史の大家である Bocheński は "supposition [was] one of the most original creations of Scholasticism, unknown to Ancient and Modern logic"([1], pp. 162-73) と述べている。

この独創的で精緻な理論に対し、これまで多くの論理学者によってその意味論的・構文論的な性

質が研究されてきた。なかでも Ockham における代示の理論はその説明の仕方から、たびたび現代における量化理論と関連して言及されている。

代示はその働きによってまず質料代示、単純代示、個体代示などに分類される。このうち、本論文で扱うのは主に個体代示である。個体代示では「全ての人間は動物である」から「この人間は動物であり、あの人間は動物であり、……」のように語の量に言及しており、この代示がこれまでに現代の量化論理体系との関連で論じられてきた。

1.2 述語論理と代示

現代の量化理論の代表例と言え、Gottlob Frege(1848-1925) に始まる一階述語論理であり、代示の理論の解釈にはしばしばこの論理体系が用いられてきた。

一階述語論理では先の「全ての人間は動物である」という文を次のように解釈する^{*1}：

^{*1} 中世論理学においては全称肯定命題は存在関与を持つ

$$(\forall x)(M(x) \supset A(x)) \wedge (\exists x)(M(x))$$

このように、一階述語論理においては‘人間’や‘動物’のような一般名辞は述語関数 (predicate function): ‘M’、‘A’によって表現され、それは個体 (individuals) を表す変数あるいは定数とは統語論上まったく異なる扱いをされ、定言命題は含意と全称量子化あるいは存在量子化によって表現される。

また、「すべての人間は動物である」という文は代示の理論では‘人間’と言われるもののみを考えるのに対して、一階述語論理における解釈では、あたかもそれ以外のすべての対象を考慮しているように見える。

今、この世界に存在している個体を ‘ c_1, c_2, \dots ’ という記号で表したとすると、一般にこの式は

$$((M(c_1) \supset A(c_1)) \wedge (M(c_2) \supset A(c_2)) \wedge \dots) \\ \wedge (M(c_1) \vee M(c_2) \vee \dots))$$

と表現される。一方、各個別の人間を表す記号を ‘ m_1, m_2, \dots ’ とすると、代示の定義からこの命題は

$$(A(m_1) \wedge A(m_2) \wedge \dots) \wedge (M(m_1) \vee M(m_2) \vee \dots)$$

のように‘人間’だけが量化された形で表現される。

このように代示の理論ではある特定の語が量化されるのに対して、一階述語論理による解釈では変数全体を量化しており無数の無駄な選言肢が生じてしまっている。このことから、Matthews は「Ockham と現代人は—A、E、I、O 型のどれであれ一定言命題の解釈に関して合意することがで

という立場がよくとられており、Ockham もその立場をとっている。そのため、ここでは全称肯定命題の主語に存在性を仮定するために ‘ $(\exists x)(M(x))$ ’ という項をあえて追加している。

きないということがわかる。」(Matthews[10], p. 99) と述べている。

1.3 論文の目的

本論文の目的は、Ockham の代示の理論を通して、別の概念に基づいた論理体系について研究することである。本研究はこれまであまり注目されてこなかった新たな視点から、ある種の自然さをもった論理体系を構築できるという点で、論理学の発展に対して有用であると考ええる。

一階述語論理では‘ソクラテス’などの単称名と‘人間’などの一般名に対して自然言語にはない構文論的な違いを持っているのに対し、本論文で考察する主な論理体系はその様な違いを設定しない。したがってこの研究は Ockham 研究という観点だけではなく、論理体系の自然言語への適用という問題に対しても有用であると考ええる。

2 限定した指示詞の論理 ℓLID

藁谷は [13] において指示詞 (Demonstratives) を表す記号をもとにした論理体系 LID を構築している。この論理体系の特徴は、従来の述語論理が個体を量化するのに対し、指示詞記号と呼ばれる ‘ X, Y, \dots ’ といった名詞に作用する記号を量化するという点である。

いま、‘人間’を記号 ‘ a ’ で表すとすると、 LID では‘この人間’や‘あの人間’といった表現を指示詞記号 ‘ X, Y, \dots ’ によって ‘ $Xa, Ya,$ ’ といった記号で表すのである。さらに ‘ F ’ をある性質とすると、「この ‘ a ’ は ‘ F ’ を満たし、あの ‘ a ’ は ‘ F ’ を満たし、…」といった文を指示詞記号に関する量子子 ‘ $[X]$ ’ によって ‘ $[X](F(Xa))$ ’ のように表現している。また、 LID では「 \sim は—である」という表現を表すために、繫辞 (copula) ‘ ε ’ という記号を原始記号としてもっている。

ℓLID は、藁谷 [13] による指示詞の論理 LID の演繹能力を限定した論理体系である。以下が

ℓLID の公理系である :

ℓLID の公理

(AL1) 真理関数的式 (命題論理における定理)

(AL2) $\alpha \varepsilon \beta \supset \alpha \varepsilon \alpha$

(α' や β' は項とする。以下の ' γ ' なども同様)

(AL3) $(\alpha \varepsilon \beta \wedge \beta \varepsilon \gamma) \supset \alpha \varepsilon \gamma$

(AL4) $(\alpha \varepsilon \beta \wedge \beta \varepsilon \gamma) \supset \beta \varepsilon \alpha$

(AL5) $\alpha \varepsilon \beta \supset [\exists \Omega](\Omega \beta \varepsilon \alpha)$ (Ω' は指示
詞記号 (つまり X_n, n : 自然数) とする。以下も
同様)

(AL6) $\alpha \varepsilon \beta \supset [\Omega](\Omega \beta \varepsilon \beta)$

(AL7) $[\Omega](\alpha \varepsilon \Omega \beta \supset \alpha \varepsilon \beta)$

(AL8) $[\Omega](\Gamma(\Omega \alpha \varepsilon \Gamma \alpha)) \supset \alpha \varepsilon \alpha$

(Ω', Γ' は異なる指示詞記号とする)

(AL9) $[\Omega](\Omega \alpha \varepsilon \beta) \wedge [\Omega](\Omega \beta \varepsilon \alpha) \supset [\Gamma](\Gamma \alpha \varepsilon \Gamma \beta)$

(AL10) $[\Omega](\phi) \supset \phi[\Omega/\Gamma]$

($\phi[\Omega/\Gamma]$ は ' ϕ ' 内に現れる記号 ' Ω ' をすべて
 Γ に置き換えて得られる式であり、 Γ は ' ϕ '
において ' Ω ' に関して自由であるとする)

(AL11) $[\Omega](\phi(\Omega \alpha)) \wedge \beta \varepsilon \alpha \supset \phi[\Omega \alpha/\beta]$

($\phi[\Omega \alpha/\beta]$ は ' ϕ ' 内に現れる記号 ' $\Omega \alpha$ ' をすべ
て ' β ' に置き換えて得られる式であり、' β ' は
' ϕ ' において ' Ω ' に関して自由であるとする)

ℓLID の推論規則

(RL1) Modus Ponens

(ϕ と ' $\phi \supset \psi$ ' から ' ψ ' を導出できる)

(RL2) 量子化の分配規則

($\mathcal{A} \supset \phi$ から $\mathcal{A} \supset [\Omega](\phi)$ を導出できる)

ℓLID には次のような特徴がある :

- 一階述語論理が個体を最小単位とするのに対し、*ℓLID* は一般名辞を最小単位としている。
- 一階述語論理の量化とは異なり、代示の理論のように量化によって一般名辞の下個体を走ることが可能である。
- 「全ての ' a ' は ' b ' である」といった全称肯定

命題を ' $[X](Xa \varepsilon b)$ ' によって表現すること
で、伝統的な三段論法に関する多くの定理が
証明可能である。

以上の点から、*ℓLID* は一般に用いられている
一階述語論理よりも代示の理論を扱うのに適し
た論理体系であると考えられる。ただし、*ℓLID*
における指示詞記号を量化するという考え方は
いくつかの問題がある。特に、この指示詞記号は
Leśniewski の論理的存在論のもとでは強い意味
での選択関数となってしまう。さらに *ℓLID* にお
いては ' $[X](F(Xa, Xb))$ ' のように、一つの指示詞
記号が二つ以上の一般名辞につくことが可能であ
るが、これは一度に多くの名辞からその成員を抽
出しているという点で日常言語における「この」
や「あの」といった指示形容詞が持たない特徴で
ある。なぜなら、' $この + 人間$ ' のように発話した
人は、この時点で ' $この + 動物$ ' や ' $この + イス$ '
などについては考えていないように思われるから
である。代示の理論は「この」や「あの」という
指示形容詞によって記述されるため、この点が代
示の理論の表現に障害となる。

3 限定量化の論理 *RQ*

この章では限定量化をもとにした論理体系 *RQ*
について考察する。この論理体系 *RQ* では前章の
論理体系 *ℓLID* とは異なり、異なる名辞をそれぞ
れ一挙に個体抽出することはできない。

ここで例化記号とは、ある名辞からその下位の
個体を表す変数を生み出す記号である。例えば一
般名辞定項 ' a ' と例化記号 ' x ' が結びついて、' a '
内の個体を表す ' x_a ' という変数を扱うことができ
ようになる。この例化記号は一般名辞から限定
変数を生成するという点で、Hailperin[3] の体系
とは異なる。

以下が *RQ* の公理系である :

RQ の公理

(AR1) 真理関数的式 (命題論理における定理)

(AR2) $\alpha \varepsilon \beta \supset \alpha \varepsilon \alpha$

(α' , β' は項とする。以下の ' γ ' なども同様)

(AR3) $(\alpha \varepsilon \beta \wedge \beta \varepsilon \gamma) \supset \alpha \varepsilon \gamma$

(AR4) $(\alpha \varepsilon \beta \wedge \beta \varepsilon \gamma) \supset \beta \varepsilon \alpha$

(AR5) $\alpha \varepsilon \beta \supset (Av_\beta)(v_\beta \varepsilon \beta)$

(v は例化記号 (つまり x_n, n : 自然数) とする。

以下の ' u ' なども同様)

(AR6) $\alpha \varepsilon \beta \supset (Ev_\beta)(v_\beta \varepsilon \alpha)$

(AR7) $\alpha \varepsilon v_\beta \supset \alpha \varepsilon \beta$

(AR8) $(Av_\alpha)(v_\alpha \varepsilon \beta) \wedge (Av_\beta)(v_\beta \varepsilon \alpha) \supset u_\alpha \varepsilon u_\beta$

(AR9) $(Av_\alpha)((Au_\alpha)(v_\alpha \varepsilon u_\alpha)) \supset \alpha \varepsilon \alpha$

(ただし、' u ' と ' v ' は異なる例化記号とする)

(AR10) $(Av_\alpha)(\phi) \supset u_\alpha \varepsilon \alpha \wedge \phi[v_\alpha/u_\alpha]$

(ただし ' $\phi[v_\alpha/u_\alpha]$ ' は ' ϕ ' 内に現れる限定変数 ' v_α ' をすべて ' u_α ' に置き換えて得られる式であり、' u_α ' は ' ϕ ' において ' v_α ' に関して自由であるとする)

(AR11) $u_\alpha \varepsilon \alpha \wedge \phi[v_\alpha/u_\alpha] \supset (Ev_\alpha)(\phi)$

(ただし ' $\phi[v_\alpha/u_\alpha]$ ' は ' ϕ ' 内に現れる限定変数 ' v_α ' をすべて ' u_α ' に置き換えて得られる式であり、' u_α ' は ' ϕ ' において ' v_α ' に関して自由であるとする)

(AR12) $(Av_\alpha)(\phi) \wedge \beta \varepsilon \alpha \supset \phi[v_\alpha/\beta]$

(ただし ' $\phi[v_\alpha/\beta]$ ' は ' ϕ ' 内に現れる限定変数 ' v_α ' をすべて ' β ' に置き換えて得られる式であり、' β ' は ' ϕ ' において ' v_α ' に関して自由であるとする)

(AR13) $\beta \varepsilon \alpha \wedge \phi[v_\alpha/\beta] \supset (Ev_\alpha)(\phi)$

(ただし ' $\phi[v_\alpha/\beta]$ ' は ' ϕ ' 内に現れる限定変数 ' v_α ' をすべて ' β ' に置き換えて得られる式であり、' β ' は ' ϕ ' において ' v_α ' に関して自由であるとする)

(RR1) Modus Ponens

(ϕ ' と ' $\phi \supset \psi$ ' から ' ψ ' を導出できる)

(RR2) 量子子 ' A ' の分配規則 ($\mathcal{A} \supset (v_\alpha \varepsilon \alpha \wedge \phi)$ から ' $\mathcal{A} \supset (Av_\alpha)(\phi)$ ' を導出できる)

(RR3) 量子子 ' E ' の分配規則 ($(v_\alpha \varepsilon \alpha \wedge \phi) \supset \mathcal{A}$ から ' $(Ev_\alpha)(\phi) \supset \mathcal{A}$ ' を導出できる)

RQ には次のような特徴がある：

- RQ は二つの量子子：' A ' と ' E ' を持つ。
- ℓ LID と同様に一般名辞を表す記号を最小の単位としている。
- 例化とその量化によって、代示の理論のように一般名辞の下に個体を走ることが可能である。
- 例化による量化は ℓ LID とは異なり、一度に複数の一般名辞を抽出することはできない。
- 「全ての ' a ' は ' b ' である」といった全称肯定命題を ' $(Ax_a)(x_a \varepsilon b)$ ' によって表現することで、伝統的な三段論法に関する多くの定理が証明可能である。
- ℓ LID 内への埋め込みができる。

RQ は ℓ LID のように複数の一般名辞から同時に個体を抽出するという機構が存在せず、それゆえ先に述べたように代示の理論との解離が ℓ LID よりも少ない。Ockham の代示の理論では、一般に一つの名辞の下位個体を選択するので、RQ の限定量化の範囲で十分であると考えられる。

RQ は ℓ LID よりも現段階では表現能力としても概念としても弱い論理体系だが、それにもかかわらず RQ では名辞の諸性質に関する様々な性質を表現することができる。したがって、もし演繹能力に不満がなければ弱い概念に基づく論理体系 RQ のほうが望ましい。

4 結論と今後の課題について

本論文は Ockham の代示の理論をもとに様々な量化の概念について考察しているが、本論文は以下のような課題を残している。

課題1、意味論の構築

本論文において新たに構築した二つの論理体系 ℓ LID、RQ には、そのいずれに対しても完全性の成立する意味論が考えだされていない。完全性が証明できる意味論の構築は、その論理体系の意味を確固としたものにするのに必須のものである。

課題2、時制命題と様相命題への拡張

Ockham は彼の *Summa Logicae*[12] において命題をいくつかに分類し、その真理条件について考察している。その中には過去時制命題や未来時制命題、そして様相命題があり、これらの命題に関しても代示の理論を用いている。

本論文における代示の理論はすべて現在時制の非様相的な範囲を超えていない。したがって、本論文で構築した論理体系をこれらの時制命題、様相命題に拡張することは Ockham 研究というだけでなく、論理学の発展にとって重要である。

主要参考文献

- [1] Bocheński, Innocentius M.: *A History of Formal Logic*, New York : Chelsea Publishing Co., 1970 (Translated & Edited By Ivo Thomas).
- [2] Freddoso, Alfred J.(translation): *Ockham's Theory of Propositions: Part II of the Summa Logicae*, Chicago : St. Augustine's Press, 1998.
- [3] Hailperin, Theodore: 'A Theory of Restricted Quantification, I and II', *The Journal of Symbolic Logic*, Vol. 22 (1957), pp. 19-35, pp. 113-129.
- [4] Henry, Desmond Paul: *Medieval Logic and Metaphysics: A Modern Introduction*, New York : Prometheus Books, 1972.
- [5] Lejewski, Czesław: 'On Leśniewski's Ontology', *Raio*, Vol. 1 (1958), pp. 150-176.
- [6] Leśniewski Stanisław: *S. Leśniewski's Lecture Notes in Logic*, Srzednicki, J.T.; and Stachniak, Z. (eds.), Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 1987.
- [7] Leśniewski Stanisław: *Collected Works I, II*, Surma, S.J.; Srzednicki, J.T.; and Barnett, D.I.(eds), Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 1992.
- [8] Loux, Michael J.(translation): *Ockham's Theory of Terms: Part I of the Summa Logicae*, Chicago : St. Augustine's Press, 1998.
- [9] Matthews, Gareth B.: 'Suppositio and Quantification in Ockham', *Notas*, Vol. 7, No. 1 (1973), pp. 13-24.
- [10] Matthews, Gareth B.: 'Ockham's Supposition Theory and Modern Logic', *The Philosophical Review*, Vol. 73, No. 1 (1964), pp. 91-99.
- [11] Matthews, Gareth B.: 'Two Theories of Supposition?', *Topoi*, Vol. 16, No.1 (1997), pp. 35-40.
- [12] Ockham, William.: *Summa Logicae*, New York : St. Bonaventure : Cura Institutii Franciscani, Universitatis S. Bonaventurae, 1974, (Part I. is translated in English by M. Loux in [8], and Part II. is translated in English by A. Fredosso in [2]. Japanese translation is [14]).
- [13] Waragai, Toshiharu: 'Basic Construction of a System of Logic Based on Identity and Demonstratives', *Philosophy*, No. 74 (1982), Keio University, Mita Philosophical Society, pp. 65-78.
- [14] 渋谷克美 (translation): 『オッカム「大論理学」註解 I~V 巻』, 千代田区、創文社、(1999-2005).

投稿規定

1. 本学で研究・教育に携わる者は投稿することができる。その他、編集委員会が必要あるいは適切と判断した場合も本誌に投稿することができる。
2. 投稿の種類は、論文、寄書・資料紹介、研究ノート、修士・博士論文概要等とする。
3. 原稿の掲載の可否は審査を経て決定するものとする。論文審査は、編集委員もしくは、編集委員会が必要と判断した場合は、別に適切な審査員を選んで行う。
4. 原稿の分量は注や図表も含めて 40,000 字を一応の限度とする。
5. 原稿は 3 部提出し、著者は手元にオリジナルを必ず保管する。また、原稿の電子ファイルを収めた電子媒体(フロッピー・ディスク、CD-ROM 等)を提出する。投稿した原稿・電子媒体は返却しない。
6. 原稿は下記宛に送付する。
〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学大学院 社会理工学研究科
経営工学専攻 技術構造分析講座 大岡山西 9 号館『技術文化論叢』編集委員会
7. 掲載された文書の著者には掲載号を 3 部贈呈する。
8. 発行後に訂正を要する事項が生じた場合には、できるだけ早く文書で編集委員会に申し出る。
9. 本誌に掲載された文書の著作権は『技術文化論叢』編集委員会に帰属する。他に転載しようとする場合には、あらかじめ編集委員会に申し出て許可を受けなければならない。
10. 本誌に掲載された文書は、一定期間を経た後、技術構造分析講座のホームページにおいて公開される。URL : <http://www.histec.me.titech.ac.jp/course/index.html>
11. 原稿の作成は次のようにおこなう。
 - (1) 原稿は、原則としてワード・プロセッサを用いて作成する。使用するソフト・ウェアは、一般に広く普及しているものが望ましい。
 - (2) 用紙は A4 サイズのものを横書きで使用し、1 ページあたり 35 字×40 行を目安とする。左右 3cm、上下 3.5cm の余白をあける。
 - (3) 原稿の冒頭に和文表題・著者名を入れる。また、著者の所属機関名など連絡先を脚注に記す。
 - (4) 英文表題とローマ字による著者名を付記する。
 - (5) 論文には 250 語以内の欧文要旨をつけることが望ましい。
 - (6) 句点はコンマ(,)、終止点はピリオド(.)を用いる。
 - (7) 文中の引用文は「」の中に入れる。長い引用文は本文より 2 字下げて記入する。
 - (8) 図表には表題をつけ挿入個所を指定する。説明文は挿入個所に書き入れる。図表は白黒のみとし、そのまま写真製版できるような鮮明なものを使用する。カラーの図表は受けつけない。
 - (9) 引用文献の記載においては、出典を確認できるよう十分な書誌データを記す。書き方は以下の例に準じる。

<書籍>

- ・ロバート・オッペンハイマー(美作太郎、矢島敬二訳)『原子力は誰のものか』中公文庫、中央公論新社、2002 年、17 頁。
- ・Mark Walker, *Nazi Science: Myth, Truth, and the German Atomic Bomb* (Cambridge: Perseus Publishing, 1995), 269-271.

<論文>

- ・David Holloway, "Physics, The State, and Civil Society in the Soviet Union," *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 30(1999): 173-192.
- ・スタンリー・ゴールドバーグ(春名幹男訳)「グローブス将軍と原爆投下」『世界』岩波書店、611 号(1995 年 8 月)、173-191 頁。

この投稿規定は 2005 年 4 月 1 日以降から適用する。

『技術文化論叢』編集要綱

1. 発行趣旨

今日の科学・技術の発展はきわめて急速であり、社会における科学・技術のあり方や先端技術の方向性如何が環境問題や人間性にかかわるものとして論議をよんでいる。他方、技術開発をめぐる国際的競争はますます激化しており、ここでも先進国間、南北間での技術移転や国際協力問題は国際的な課題となっている。東京工業大学大学院社会理工学研究科は「科学技術と人間社会のインターフェイスに位置する文化や科学技術を対象とする学問領域を切り開くために」設置された。

『技術文化論叢』は、こうした状況の下で、科学や技術の本質、それらの発展の仕方や社会的関係などを歴史的に、哲学的・方法的、あるいはひろく社会科学的に論議する研究誌として公刊するものである。

2. 発行主体

東京工業大学大学院社会理工学研究科経営工学専攻技術構造分析講座で発行の運営を行う。

3. 編集組織

上記技術構造分析講座を中心として編集委員会を構成するが、適宜必要に応じて東京工業大学内の構成員が加わることも妨げない。編集委員は、1年任期とする。再任を妨げない。

4. 発行回数

原則として年1回とする。

5. 投稿資格

本学で研究・教育に携わる者とするが、編集委員会が必要あるいは適切と判断した場合は、この限りではない。

6. 審査

投稿論文の掲載の可否は審査を経て決定するものとする。論文審査は、編集委員もしくは、編集委員会が必要と判断した場合は、別に適切な審査員を選んで行う。

7. 掲載投稿の種類

論文、寄書・資料紹介、研究ノート、修士・博士論文概要等とする。

8. 次号(第12号)の原稿提出締め切りは、2009年1月5日とする。

『技術文化論叢』第11号(2008年)

2008年4月1日発行

編集：技術文化論叢編集委員会

編集委員長：梶 雅範

副編集委員長：Yakup Bektas

編集委員：栗原岳史、詫間直樹、野澤聡、古谷紳太郎、大森仁

発行：東京工業大学大学院 社会理工学研究科 経営工学専攻
技術構造分析講座

〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1

URL：http://www.histech.me.titech.ac.jp

Tel: 03-5734-3610 / Fax: 03-5734-2844

印刷：国際文献印刷社

Contents

<Research Notes>

- How Did American Physicists Act over the Atomic Bombings of Hiroshima and Nagasaki,
and What Did the Japanese on the Ground Do when the Bombs Exploded?
FUKUI, Shuuji 1
- Thomas Kuhn Revisited: A Preliminary Discussion FURUYA, Shintaro 31

<Letters>

- An Essay on Practical Research Methodology of Engineering Science: A 40-year Research
Experience in Ultrasonic Engineering UEHA, Sadayuki 51

<Documments with Commentaries>

- Struggling with Negative Quantities: D'Alembert's Ararticle on "Négatif" in *L'Encyclopédie*
YUASA, Tomoe and NAKANE, Michiyo 59

<Short Summaries of The New Dissertations>

- A History of the Upgrading, Maintenance, and Provision of Measurement Standards
in Post-War Japan TAKUMA, Naoki 69
- The Establishment and Function of the Scientific and Technical Administration
Commission (STAC) GAO, Yang 88
- A Study on Tense Logic: with a Focus on Modalities and Deterministic
Characteristics OOHASHI, Masanori 98
- A Study of Logical Ontology as a General Theory of Concepts and Objects
OYAMADA, Keiichi 105
- An Investigation on the Quantification Theory which Reflects Ockham's Theory of
Supposition TANAKA, Satoshi 110

TITech Studies in Science, Technology and Culture

No. 11 (2008)

Tokyo Institute of Technology

ISSN 1347-6262