

Title	師資相承
Sub Title	From master to disciple
Author	長谷部, 浩二(Hasebe, Kōji)
Publisher	三田哲學會
Publication year	2021
Jtitle	哲學 (Philosophy). No.146 (2021. 3) ,p.177- 191
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	特集：岡田光弘教授 退職記念号 依頼論文・エッセイ
Genre	Article
URL	<a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00150430-00000146-0177">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00150430-00000146-0177</a>

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

# 師資相承

長 谷 部 浩 二\*

## 1. 師から弟子へ

今から 20 年ほど前、筆者がまだ岡田先生の研究室の大学院生であった頃、竹内外史先生が訪日されたのを機に慶應義塾大学三田キャンパスで論理学に関するワークショップが催された。このようなワークショップは岡田先生のコーディネートで毎年のように開かれていたが、日本ではなかなか聴くことのできない竹内先生の講演があるということで、特にこのときは国内の研究者が 100 人近く集まる大変盛況な会となった。竹内先生の講演は初日の最初で、朝から活発に質疑が交わされた。ところがその直後、竹内先生が心臓の発作に見舞われ胸の不調を訴えられた。すぐに救急車を呼び近くの病院までお連れすることになったのだが、岡田先生は主催者でその場を離れられない。そこで急遽、筆者が救急車に同乗することとなった。

病院に着くと、一緒に訪日されていた竹内先生の奥様が滞在先から駆けつけて来られた。幸い竹内先生の病状は軽く、病室の外のベンチで診療を待つ間、奥様は安堵されたのか竹内先生と岡田先生との思い出話を始められた。奥様はまず、竹内先生が岡田先生と出会って間も無く「岡田君はこんなに優秀なのになぜ今まで論文を書かなかったのだろう」とおっしゃったことや、その後その予見通り、岡田先生が重要な論文を矢継ぎ早に発表し一躍論理学の分野の若きホープとなられたことなどを話された。それから竹内先生に話が及ぶと、奥様は、竹内先生はストレートにものを言うこ

---

\* 筑波大学システム情報系

とが多く、指導を受ける学生さんは時にショックを受けることもあるようだが、本人は案外ケロっとしているんですと、内緒話をするように少し楽しそうに話された。細かいニュアンスは忘れてしまったが、筆者はそれを聞いたときに、その形容がいかにも岡田先生にも当てはまるものであったため、「岡田先生も自分と同じような指導を受けていたのかな」と思ったことを今でも覚えている。

あれから 20 年が経った今、筆者の研究室の学生に岡田先生の話をしたら、きっと筆者と似ていると言うのではないかと思う。自分自身でも、10 年以上にわたる指導を通じて多くの点で岡田先生から影響を受けたと感じる。(優秀なところはちっとも似なかったが。) 以下、本稿で岡田先生と筆者との師弟関係の思い出を綴りたいと思う。一部記憶が不確かで身の上話も出てくる主観的なものであることを予めお断りしておく。

## 2. 岡田先生との出会い

筆者が初めて岡田先生と出会ったのは、文学部 1 年生のときにサルトルをテーマにした先生の特論<sup>1</sup>を履修したときである。当時岡田先生はまだ 30 代で、斬新なデザインの(超高級)ファッションに身を包み、腰まで伸ばしたサラサラの髪をなびかせながらキャンパスを颯爽と歩く姿は、田舎者の筆者をとっても驚かせたものである。その授業は、サルトルの『嘔吐』[1]や『狂気と天才(キーン)』[2]といった作品を、ときにフランス語の原典を交えながら読むという刺激的なもので、未熟ながらも学生同士で毎週活発に議論が交わされた。筆者がレポート課題で『実存主義とは何か』[3]を取り上げた際には、自由と責任の問題について議論して頂いたりもした。天気の良い日にはキャンパスを出て皆を喫茶店に連れて行って下さったり、また学期の最後には六本木のカフェで打ち上げをして頂いたのを楽しく思い出す。

筆者は入学当時、仏文学専攻に進むつもりであったが、哲学専攻に方向

転換するきっかけとなったのもこの授業である。あるとき教員名簿で岡田先生のプロフィールを調べてみたら、先生の本当のご専門は論理学であることを知り、試しに生協で論理学の教科書 [4] を買って読んでみたら大変面白かった。そこで岡田先生に「論理学をもっと勉強したい」と言うのと、「それなら今度の土曜日に三田キャンパスでお昼を食べながら話をしましょう」と気さくに応じて下さった。お会いすると<sup>2</sup>、論理学におけるいくつかのテーマを紹介して下さいた上で、竹内先生と八杉先生の教科書 [5] や竹内先生の教科書 [6] を読むようにとアドバイスを頂いた。こんな風に初学者に対しても大変親切にして頂いたことがとても嬉しく、また論理学そのものの面白さから、この分野を本格的に勉強しようと決意した。また当時刊行された雑誌「哲学」の別冊に収録された岡田先生の論理学の文献ガイド [7]<sup>3</sup> を読みながら、眼前に広がる論理学の世界を少しでも早く学びたいと思ったものである。

### 3. 贅沢な個人指導

竹内先生の予見通り、岡田先生は慶應の大学院を出てアメリカに渡られてからすぐに、証明論や計算論に関する重要な論文を次々と発表された。業績リストを見ても分かる通り、発表媒体は JSL, TCS<sup>4</sup> といった一流誌や、LICS, ICALP, CADE, RTA<sup>5</sup> といったトップ会議の目白押しである。ほとんどの研究者にとっては、一生を通じてもこれだけの質と量の査読論文を通すことは至難の業と思われるが、岡田先生はわずか数年でそれを成し遂げられた。その内容も、Ordinal Diagrams といった証明論の中心的課題を扱ったものから、弱い含意 (Weak Implication) や項書き換え系 (Term Rewriting Systems) といったものまで多岐にわたっており、その意味でもこれらの仕事が全て一人の研究者によってなされたとは、にわかには信じられない。これらの論文は、学術論文のみならずこの分野の多くの教科書でも引用されており、今日においてもなお被引用数を伸ばし続けている<sup>6</sup>。

これだけでも驚嘆すべきであるが、さらに同時期に哲学に関する論文も発表されているのはもはや超人的と言っても過言ではない。哲学の分野の中で論理学に関する問題を扱っている研究者は少なくないが、哲学者として数理哲学や現象学といったテーマについて研究しながら論理学や理論計算機科学の分野において国際的に第一線で活躍し続けている研究者は、世界中を探してみてもほとんど岡田先生一人であると言ってよいだろう。

筆者が岡田先生に出会ったのは、ちょうど先生が北米の大学から慶應の哲学科に移籍されて数年が経った頃のことである。前述のアポイントメントの後も些細なことでもいちいち質問をしに研究室を訪ねたものだが、先生はいつでも親切に時間を割いて下さった。また、一階述語論理の完全性定理の証明といった基本的な内容についても、それが理解できたかどうかを研究室のホワイトボードを使って筆者に説明させるのに何時間でも付き合ってくれたりもした。学者というよりも芸術家のような(?) 雰囲気だったせいもあり、当時の筆者には岡田先生の学問的な凄さがよく分かっていなかったが、今から考えれば、岡田先生ほどの超一流の研究者のほとんどは、(とりわけ理系の研究室においては) 一学生がその分野を勉強したいと訪ねてきても、助手はおろかティーチングアシスタントに適当に相手をさせて終わるのが普通ではないだろうか。このような個人指導を学部生の頃から受けることができたのは、本当に幸せであったと思う。

個人指導の際には、論理学の勉強の仕方や定理の証明の行間に隠れた推論など、教科書やティーチングアシスタントなどからは決して学ぶことのできない貴重なアドバイスを数多く頂いた。とりわけ強調されたのが実際に手を動かして計算することの大切さである。計算が苦手でなかなか手が動かない筆者は「論理学者はアスリートと一緒に、頭で考えるのではなく手を使ってたくさん計算をして体で覚えるのだ」と何度も注意をされた。あるときは、「竹内先生から見せてもらった Gödel の直筆のノートには、他の研究者の書いた論文がビッシリと書き写されていて、さらに自分の理

解したことがその何倍も書き加えられていた」とおっしゃり、「Gödel ほどの天才でもそうやってノートを取っているのだから、並の秀才ならそれ以上に書かないと到底理解などできない」と教えて下さった。また、筆者が本当に理解できているかどうかを確かめるために、岡田先生はしばしば教科書をただ真っ直ぐに読んだだけでは答えが分からないような意地悪な質問をされた。そしてそれに答えられないと、自分で答えを見つけるまでは決して正解を教えてはくれなかった。こうした個人指導は、筆者が学位を取得して慶應を離れるまで 10 年以上にわたって続けて頂いた。

#### 4. 線形論理による実時間システムの分析手法

岡田先生の研究業績の中で代表的なものと言えば、やはり線形論理に関する一連の仕事が挙げられるだろう。線形論理は、1987 年に Jean-Yves Girard による論文 [8] で発表されて以来、理論計算機科学の分野において爆発的に広まった論理体系である。線形論理そのものの概要については岡田先生や筆者の兄弟子の照井一成氏による優れた解説論文 [9, 10] に譲ることとして、ここでは筆者が大学院生の頃に関わったテーマである線形論理による実時間システムの分析手法 [11, 12, 13] について紹介する<sup>7</sup>。なお、以下では計算機科学の側面から見た意義について述べるが、哲学的な意義については岡田先生による論文 [14] を参照されたい<sup>8</sup>。

この研究について紹介する前に、まず背景となる形式検証 (Formal Verification) もしくは形式手法 (Formal Methods) について簡単に説明しておく。形式検証は、コンピュータシステムの仕様 (システムを作る際に、それがどのように動作すべきかを記述した設計図) が設計者の意図通りに正しく記述されているかどうかを、論理学の枠組みを用いて数学的に厳密に分析するための理論 (もしくはそれを基にした方法) である。一般に形式検証は、モデル検査と呼ばれる意味論的なアプローチによる方法と、定理証明と呼ばれる証明論的なアプローチによる方法の 2 つに分類すること

ができる。前者はシステムの可能な実行過程（状態遷移）を網羅的に調べ上げるものであるのに対し、後者はシステムのあらゆる実行過程について成り立つ性質を論理推論体系によって証明するというものである。その方法論的特徴から、一般に前者は仕様に含まれる具体的なエラー（プログラムのバグ）を発見するのに有効であり、一方後者は仕様の正しさを形式的に証明するのに有効である。

岡田先生らによる論文 [11] が執筆された当時、計算機科学の分野では形式検証に関する研究が非常に盛んに行われており、産業界への応用も数多く試みられていた。特に対象となったのが、複数のプロセス（自律的に振る舞うプログラム）が並行動作することによって実現されるようなシステムである。しかしながら、当時の既存手法にはいくつかの課題が残されていた。その一つは、モデル検査のほとんどが時相論理（様相論理における様相概念を質的時間様相として解釈したもの）を基にしているため、量的時間制約の下で振る舞うシステムの検証に応用することが難しいということである。また、多くの既存手法はプロセスの数が変化しないことを暗に仮定しており、構成要素が動的に変化するようなシステムについては扱うことが困難であった。

これらの課題を解決するために、論文 [11] では以下のようなアプローチを採用している。まずシステムにおける各プロセスの状態および大域時間を線形論理の原子命題として記述し、ある時点でのシステム全体の状態をそれらの  $\otimes$ （乗法的論理積）による連言として記述する。さらに、システムで起こり得る（量的時間制約を伴う）状態遷移を線形論理の含意として表現することにより、線形論理の証明図をシステムの実行過程として解釈することができる。以上の論理的な枠組みを用いることで、「システムがある状態に到達し得るかどうか」という到達可能性問題を証明可能性の決定問題に帰着させて検証することが可能となる。論文 [11] では、この検証法が稠密時間システムに対して PSPACE-決定可能であることなどが示さ

れている。以上で述べた分析手法は、証明図を用いている点で証明論的なアプローチであると言えるが、一方で、その証明図で表されているのはシステムの一般的な性質ではなく具体的なシステムの実行過程であるという点で意味論的なアプローチであると言える。こうした意味で、この分析手法は従来の証明論と意味論のアプローチを融合した独創的なものである。

筆者は大学院生の頃にこの研究プロジェクトに参加させて頂いた。特に、線形論理の定理証明の研究で有名な神戸大学の田村直之先生と番原睦則先生（現在名古屋大学）と共同で定理自動証明ツールを用いて実装したり、またフランスの Jean Pierre Jouannaud 先生らの研究グループと共同で定理証明支援系の Coq を用いて FATALIS と呼ばれる検証ツールを開発することなどに携わった。これを通じて、最初の学会発表など研究者としての貴重な経験を積ませて頂いた。

## 5. セキュリティプロトコルの安全性検証法

岡田先生によるもう一つの形式検証に関する研究として挙げられるのが、セキュリティプロトコルの安全性検証法である。セキュリティプロトコルは、コンピュータネットワーク通信において秘匿性や通信相手の認証を実現するための暗号を用いたプロトコル（メッセージの送受信の手順）である。岡田先生がこの研究を始められた当時、この分野は、Needham-Schroeder プロトコルと呼ばれる非常に単純な暗号プロトコルに致命的なエラーが含まれていることがモデル検査を用いて発見されたこと [15] などを契機に、非常に盛んに研究されていた。その状況を、John McCarthy が「遺伝学においてハエが果たしたのと同じ役割を人工知能においてチェスが担った」と評したことになぞらえれば、セキュリティプロトコルはまさに形式検証の分野におけるハエやチェスのような絶好の研究対象であったと言えるだろう。この頃、多くの論理学者がこぞってこの分野に参入し、それぞれの得意な手法を基にした新しい検証法が次々と発表



された。大学院生だった筆者もまた岡田先生の指導のもとで証明論的アプローチをもとにこの問題に取り組んでいた。

当時、証明論的なアプローチで代表的なものは、John C. Mitchell らの研究グループが提案した Protocol Composition Logic (PCL) [16] であった。PCL の基本的なアイデアは、プロトコルに関する性質を論理式で表し、安全性を保証する性質を論理体系によって証明するというものである。このようなアイデアに基づいた先行研究としては BAN 論理 [17] が挙げられる。しかし PCL は、いくつかのプロトコルの既知の安全性証明を推論規則によって合成したり拡張したりすることによって、新しいプロトコルの安全性証明を得ることができるという利点を持っていた。一方で、論理体系としてはかなり複雑で、プロトコルの証明を自動化するのは難しいと考えられた。

これらの考察をもとに岡田先生と筆者が提案したのが、プロトコルの安全性証明を 1 階述語論理の部分体系によって定式化した Basic Protocol Logic[18] と呼ばれる論理体系である。この研究をはじめた頃の岡田先生のアドバイスは、模造紙のような大きな紙を用意して、とにかく手を動かして具体的なプロトコルの安全性に関する証明図を作ってみるということであった。その教えに従い、筆者は毎日朝から大学の近くの喫茶店の 2 階にある大きなテーブルを陣取り、まずレポート用紙を何枚もノリで貼り合わせて大きな紙を作り、その上で夕方までかけて証明図を書いた。一通りできたら大学に行って岡田先生とその証明図を見ながら議論をし、翌日までに修正すべき問題点を見つけるということを行った。この作業を通じて、いつしか Schütte の証明探索による 1 階述語論理の完全性証明法を応用することにより、プロトコルが安全であれば証明図を得ることができ、またそうでなければプロトコルに対する具体的な攻撃手順を表す反例モデルを得ることができるということに気がついた。こうした発見は、形式検証で扱われている問題にも古くから知られた普遍的な論理の構造が潜んで

いることを明らかにするものであり、岡田先生の論理に対する深い洞察がなければ決してたどり着くことはできなかった結果である。筆者は、岡田先生と共同でこの成果を招待講演を含むいくつかの国際会議で発表する機会に恵まれた。その後も、Andre Scedrov 先生の下で博士号を取得した Gergely Bana 氏の協力を得て、プロトコルの計算論的安全性証明法へと発展させ、論文 [19] をはじめ、いくつかの国際会議で発表することができた。

またこの研究を契機に、筆者は Andre Scedrov 先生から共同研究の誘いを受け、ペンシルバニア大学と共同研究者の Iliano Cervesato 先生が当時在籍されていたプリンストン大学に1ヶ月間訪問する機会にも恵まれた。アメリカでは、2つの訪問先のそれぞれでセミナー発表をすることになっており、英語が苦手な筆者は行く前から不安でいっぱいであった。出発前、岡田先生に「(正式な学会ではない) セミナーなので気軽にリラックスして発表するようにします」とメールを書いたら、「長谷部君、そんな気持ちで発表に臨んではいけません。最初から成功を狙うべきです。発表が不安なら何十回でも家で練習をなさい。」と厳しいお叱りの返事を受けた。研究者としての心構えを教えて頂いて、目の覚める思いだったことを今でも覚えている。

## 6. 研究室での思い出

研究室での日頃の様子についても少し触れておきたい。今でもそうであると思うが、筆者の在学当時、文学部では3年生から指導教授のゼミに所属するカリキュラムとなっていた。この頃の岡田先生のゼミには学部生と大学院生が合わせて十数名在籍しており、現象学、分析哲学、認知科学の3つのテーマで班(サブゼミ)に分かれてそれぞれ読書会などを行い、当番制で毎週1つの班が発表するというスタイルで進められた。こうした工夫のおかげで、学生達はゼミの時間以外にもサブゼミのメンバーで議論を

することとなり、自然に縦と横の絆が深められた。

ある日のゼミの雑談で、岡田先生が「大学の教員はやりたくない仕事が90パーセントくらいあって、それらを全部終わらせてやっと自分の本当にやりたい仕事ができるんです」とおっしゃった。それを聞いた天真爛漫な雰囲気の中の一人の女子学生が「“やりたくない仕事”って例えばゼミとかですか?」と質問すると、それがあまりにストレートで岡田先生は直ちに否定できずに苦笑されたため、一同で大笑いとなったことがあった。筆者も大学で教職を得てはじめて知ったことであるが、大学では自分の好きな研究をする時間はほとんどなく、委員会や入試といった事務仕事や、授業や研究室の学生指導などの教育に関わる仕事が山のようにあり、まとまって研究のために時間が取れるのは長期休暇くらいである。岡田先生にとって、ゼミは「本当はやりたくない仕事」だったかのどうかは分からないが、それでも先生は大変面倒見がよく、学生達にとってゼミは楽しい時間であった。

ゼミに限らず、岡田先生は普段は茶目っ気があり、機知に富んだユーモアを交えて話をされることが多かった。また、海外での経験も豊富で、文学や音楽、歴史といった幅広いジャンルにも精通しており、さまざまな話題で周囲を楽しませて下さった。ところがゼミの発表が始まると一変して厳しくなり、発表の準備が不十分であったりすると容赦無く議論の不備を指摘された。一方で、特論のときもそうであったが、三田のゼミでも時折キャンパスの外の喫茶店に皆を連れて行って下さったり、また忙しい中でも毎年ゼミ合宿を開いて下さったりもした。筆者が在学していたときには軽井沢や横浜などで合宿を行ったが、万平ホテルのカフェテラスや中華街のレストランやジャズバーなどに皆を連れて行って食事をご馳走して下さったことを懐かしく思い出す。

授業のゼミ以外にも、大学院生や近隣の他大学の教員が集まる輪読会が、週に1度、夕方6時から開かれていた。学部生だった当時の筆者には

難し過ぎて全く理解できなかったが、そこでは線形論理などに関する最新の論文が取り上げられて、当時大学院生だった浜野正浩氏や照井一成氏などが発表を担当されていた。終わってからは決まって皆で大学の近くのレストランに夕食に出かけた。筆者もしばしばお供をさせて頂き、他大学の先生を交えた会話を聞くのが楽しかったことを覚えている。

岡田研究室の大学院生は、研究室棟 2 階の哲学科の共同研究室で過ごすことが多かった。岡田先生は授業や学内の雑務が終わると決まって共同研究室に立ち寄り、「この前議論したあの証明はその後どうなった？」などと声をかけられ<sup>9</sup>、そこからその日の個人指導が始まることが多かった。大学院に進学してからの岡田先生の指導は大変厳しく、少しでも勉強が足りないと言われ指摘されたものである。あるときは、ミーティングが夜になり「一緒に夕食を取ろう」と近くのレストランに連れて行って頂くのだが、そこでも「あの計算はできた？」と聞かれ、計算する紙が無いとなるとテーブルの上のナプキンを何枚も取ってその上で計算するといった具合で、食事も喉を通らなかったのを覚えている。それでも、どんなに研究ができなくても岡田先生は決して見捨てたりせず、筆者が自分で答えを見つけ出すまでずっと待ち続けていて下さった。岡田先生がサバティカルでフランスに長期滞在されていたときも、毎日のように筆者が夕方に FAX でノートを送り、その後国際電話で長時間議論をするといった方法で指導を続けて頂いた。まだインターネットが今のように普及していない時代で、岡田先生は自腹で電話代を払って下さっていたが、一体いくらかかっていたのだろうか。当時はその厳しさに反発したりもしたが、今から思えばこうして鍛えて頂かなければ現在の自分は決してあり得なかったし、自らも教職に就いて改めて岡田先生の教育に対する熱意の強さを知り、感謝するばかりである。

## 7. おわりに

本稿では詳しく触れられなかったが、岡田先生が学術界に果たしたもう一つの大きな貢献として、多くの研究者に「研究交流の場」を提供されたことが挙げられると思う。冒頭で記したようなワークショップを岡田先生は毎年のようにオーガナイズされてきた。広い人脈で多くの著名な海外研究者を招待することも多く、国内のみならず海外の多くの論理学者や哲学者にとって大きな楽しみであった。またコーディネータとしての能力を買われて、大学では21世紀COEプログラムの部門リーダーや、その後の「論理と感性のグローバル研究センター」の初代センター長など、大型の研究プロジェクトの要職を歴任されてきた。多種多様な研究者が集う文学部の中で、分野横断的なネットワークを作り上げて一つの大きな研究プロジェクトにまとめ上げることができたのは、岡田先生のような幅広い学問領域を一人でカバーできるコーディネータがいたからこそであろう。

いつも若々しい雰囲気岡田先生が大学を定年退官されたと聞いても筆者は未だに実感が湧かないが、今後こうした研究交流の場が少なくなってしまうとしたら寂しい思いがする。長年の大学での激務から解放されて今は少し休んで頂きたい気もするが、これからも論理学や哲学の研究分野を牽引し続けて頂けたらと思う。筆者も学位を取得してからお目にかかる機会が少なくなってしまったが、また共著の論文執筆などを通じて、学生時代の頃のように指導して頂きたいと願っている。

## 謝辞

本稿を執筆するにあたり、多くの助言と、大幅な締切延長をお認め頂いた峯島宏次氏にこの場を借りて深く感謝いたします。

## 注

- <sup>1</sup> 文学部 1 年生のために日吉で開講される授業で、3 年次に三田で所属するゼミの授業を体験することを目的としたものである。
- <sup>2</sup> その日は、教員だけが入ることのできるファカルティクラブに連れて行って頂き、高級なカレーをご馳走になったのを覚えている。なお、岡田先生は高級なワインをたしなむなどの美食家で、在学中はおしゃれなレストランに数えきれないほど連れて行って頂き、美味しい料理をご馳走になっている。
- <sup>3</sup> 今から 20 年以上前の記事であるが、論理学の全体像を非常に要領よくまとめた文献紹介で、ルイス・キャロルの規則から始まる岡田先生らしい機知に富んだ文章と相まって、今でも有用性を全く失っていない優れたガイドである。これから論理学を学びたいという読者には是非一読をお勧めする。
- <sup>4</sup> 正式名称は順に Journal of Symbolic Logic, Theoretical Computer Science である。
- <sup>5</sup> 正式名称は順に Annual Symposium on Logic in Computer Science, International Colloquium on Automata, Languages, and Programming, International Conference on Automated Deduction, International Conference on Rewriting Techniques and Applications である。
- <sup>6</sup> 詳しく知りたい読者は、Google Scholarなどで検索をするとよいだろう。
- <sup>7</sup> この他にも岡田先生の線形論理に関する研究は、相意味論 (Phase Semantics) や証明網 (Proof Net) に関するものなど多岐に及んでいる。これらの一連の仕事を要領よく解説することは筆者の能力をはるかに超えているため、本稿では割愛させて頂く。詳しくは業績リストに挙げられた論文などを参照されたい。
- <sup>8</sup> この論文の冒頭に書かれている岡田先生と Scedrov 先生と Kanovich 先生との共同研究の様子を筆者は懐かしく思い出す。
- <sup>9</sup> 岡田先生による竹内先生の思い出を綴った文章 [20] の中にも同様の記述があり、それを読んでも竹内先生と岡田先生はよく似ていると感じる。

## 参考文献

- J.-P.サルトル, 白井浩司訳. 嘔吐 (改訂版). サルトル全集第 6 巻, 人文書院, 1986.
- J.-P.サルトル, 鈴木力衛訳. 狂気と天才 (キーン). サルトル全集第 14 巻, 人文書院, 1981.
- J.-P.サルトル, 伊吹武彦訳. 実存主義とは何か. サルトル全集第 13 巻, 人

- 文書院, 1987.
- 大出晁, 高野守正. 論理学, 慶應義塾大学出版会, 1985.
- 竹内外史, 八杉満利子. 証明論入門, 1988.
- Gaisi Takeuti. *Proof Theory* (2nd edition), North-Holland, 1987.
- 岡田光弘. 論理学入門のための Personal Guide. 哲学 (別冊), 三田哲学会, pp.85–94, 1994.
- Jean-Yves Girard. Linear Logic, *Theoretical Computer Science*, vol.50(1), pp.1–101, 1987.
- Mitsuhiro Okada. An Introduction to Linear Logic: Expressiveness and Phase Semantics. *Mathematical Society of Japan Memoirs*, vol.2, pp.255–295, 1998.
- 照井一成. 線形論理の誕生. 数学, 第 62 卷, 第 1 号, pp.115–132, 2010.
- Max I. Kanovich, Mitsuhiro Okada, and Andre Scedrov. Specifying real-time finite-state systems in linear logic. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, vol.16(1), pp.42–59, 1998.
- Koji Hasebe, Vincent Cremet, Jean-Pierre Jouannaud, Antoine Kremer, and Mitsuhiro Okada. FATALIS: real time processes as linear logic specifications. *2nd International Workshop on Automated Verification of Infinite-State Systems*, 2003.
- Koji Hasebe, Jean-Pierre Jouannaud, Antoine Kremer, Mitsuhiro Okada, and Roland Zumkeller. Formal verification of dynamic real-time state-transition systems using linear logic. 日本ソフトウェア科学会第 20 回大会, 2003.
- Mitsuhiro Okada. A Small Remark on Hilbert’s Finitist View of Divisibility and Kanovich-Okada-Scedrov’s Logical Analysis of Real-Time Systems. *Logic, Language, and Security—Essays Dedicated to Andre Scedrov on the Occasion of His 65th Birthday*, Springer LNCS vol.12300, pp.39–47, 2020.

- Gavin Lowe. Breaking and fixing the Needham-Schroeder public-key protocol using FDR. *International Workshop on Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems*. Springer, pp.147–166, 1996.
- Nancy Durgin, John C. Mitchell, and Dusko Pavlovic. A compositional logic for protocol correctness. *14th IEEE Computer Security Foundations Workshop*, pp.241–255, 2001.
- Michael Burrows, Martin Abadi, and Roger M. Needham. A logic of authentication. *Proceedings of the Royal Society of London. A. Mathematical and Physical Sciences*, vol.426(1871), pp.233–271, 1989.
- Koji Hasebe and Mitsuhiro Okada. Completeness and Counter-Example Generations of a Basic Protocol Logic. *6th International Workshop on Rule-Based Programming*, Electronic Notes in Theoretical Computer Science, vol.147(1), pp.73–92, 2005.
- Gergei Bana, Koji Hasebe, and Mitsuhiro Okada. Computationally Complete Symbolic Attacker and Key Exchange. *20th ACM Conference on Computer and Communications Security*, pp.1231–1246, 2013.
- 岡田光弘. 竹内先生とロジック. 数学セミナー, 2018年2月号, pp.34–39, 日本評論社.