

私のRI 歴書

励まされ支えられた 39 年

氏平 祐輔

Ujihira Yusuke
(東京大学名誉教授)



1. はじめに

私は、1949年に長江小学校（尾道市）、1952年に岡村中学校（横浜市）、1955年に県立横浜緑ヶ丘高校を卒業し、横浜国立大学工学部電気化学科（25名）に入学した。1年間は教養部（中区立野）に、2年目から南区弘明寺の工学部（旧 横浜高等工業学校）に通った。2年前期から専用の実験機が与えられ、キップの装置で H_2S を発生させて金属イオンを相互分離する分析実験が始まった。卒業研究は工業分析学講座（河村文一教授、桃木弘三助教授のち教授、鈴木繁喬助手、のち東京都立大学教授（いずれも故人）、並木博助手のち教育学部教授）に所属した。金属材料技術研究所（現 物質・材料研究機構）に導入されたGeneral Electric社の自動記録式X線回折分析計を借用し、X線回折ピークの強度の変動を研究した。

2. 東京大学工学部工業分析化学講座

1959年4月、東京大学大学院化学系研究科工業化学専攻に入学した。指導教官は平野四蔵教授（工業分析化学講座、故人）、同級生は5人であった。この講座は工学部直属で、工学部4号館に 응용化学科系（工業化学専修、火薬学専修、化学工学専修）や冶金工学や鉱山学科とともに所在していたほか、工学部6号館（総合試験所）にも研究室があり、企業から派遣され

た研究者が数名滞在していた。教育面では、前記学科の学生の工業分析化学実験を担当し、2年後期から専修学生5名が配属されていた。当時、輸入機械補助金でConsolidated Engineering Corporation社の質量分析計（担任：荒木峻助教授のち東京都立大学教授、故人。土屋正彦助手のち横浜国立大学教授）、Jarrell Ash社の3.4 m分光光度計（担任：鎌田仁助教授、河島磯志助手のち新日本製鉄(株)）、Baird社の赤外分光光度計（担任：田中誠之講師のち教授、明星大学学長などを歴任）が購入されていた。水池敦講師（のち名古屋大学教授、故人）はRIを利用した微量分析を手掛けられていた。その他、鉄鋼中の非金属介在物（炭素、窒素、酸素など）のガス分析（小鹿原猪一助手のち東京理科大教授）、X線回折分析（貴家恕夫助手のち明治大学教授、故人）、微量分析・吸光度分析（飯田芳男助手のち成蹊大学教授）を担当している教官などと、学生実験を担当しながら、前任の宗宮尚行名誉教授（G. von Hevesy研究室に留学。名古屋大学教授、工學院大学教授などを歴任。原子力産業会議を足場にRIの工業利用を推進された。故人）の指導でJISの分析法を検討している技官が数名いる大世帯であった。卒論学生も参加する輪講会は、これらの人々の最新の研究成果を報告する場所であったが、最先端の機器分析法や最新の化学分析の情報も、出席しているだけで手に入

る機会でもあった。日本分析化学会の事務局も1953年の創設から1958年まで同居していた。

大学院の工業化学専攻には、戦時中に東京大学第二工学部（現在は生産技術研究所，所在地は現在の千葉大学工学部）に設置された2講座（無機分析系：岡宗次郎教授，武藤義一助教授のち教授，生産技術研究所長を歴任。有機分析系：高橋武雄教授，仁木栄次助教授，直後に宇宙航空研究所教授（いずれも故人）の教官もおられた。

3. RI のトレーサー利用

論文のテーマは「共沈法による微量元素の分離定量」であった。微量とは ppm レベルで、当時の無機元素分析の最大の関心事項であった。共沈率測定 of “成果 vs 労力” を考えると、RI 利用が最も有効な例である。同室の水池先生に日本放射性同位元素協会（現 日本アイソトープ協会）から ^{198}Au などを購入していただき、医学部の建物の地下にあった東京大学放射性同位元素実験室で、Te を Sn(II) で還元沈殿し、Au, Ag, Hg(Pd) を共沈するトレーサー実験を始めた。都電に乗って駒込へ行って RI を受け取り、タクシーで本郷に帰り、貸切状態の実験室で実験した。ほどなく、水池先生が実験室の中央を仕切って 100 m² ほどの RI 専用の実験室を造られたが、米国の Cornell 大学に留学され、帰国後に名古屋大学へ転任された。博士課程 2 年になると、平野先生が退官され、指導教官は鎌田仁教授（環境安全技術センターを創設され、初代センター長、山形大学工学部長などを歴任）となった。RI 実験室は工学院大学から学部・修士の卒業研究に来ていた福田

克顕さん（名古屋大学助手，工学博士，のち台湾で企業を設立，故人）と私の専用になった。共沈分離の選択性を向上させるため，比色分析試薬の利用を試み，*p*-ジメチルアミノベンジリデンローダニン，ジチゾン，チオナリドなどは選択性の高い発色試薬が発色条件の微塩基性溶液では溶解しているが，酸性では沈殿する現象を利用して共沈分離の選択性を高めた。錯化試薬の使用も示した。 ^{51}Cr ， ^{59}Fe ， ^{60}Co ， ^{65}Zn ， $^{114\text{m}}\text{In}$ ， ^{124}Sb ， ^{137}Cs ， ^{144}Ce ， ^{204}Tl などの RI を使用した。 Ag^+ がガラスフィルターに吸着しやすいこと，希薄溶液では Hg^{2+} が酸化することなど得難い知識を得たりもした。微量の AsO_4^{3-} ， PO_4^{3-} ， WO_4^{3-} ， MoO_4^{3-} など陰イオンの分離に賞用されていた二酸化マンガン共沈のシステム化を試みたときには，半減期が数時間以上の短寿命の ^{24}Na ， ^{56}Mn ， ^{64}Cu ， ^{76}As ， ^{142}Pr ， ^{187}W ， ^{194}Ir などを自分で調製してトレーサー利用するため，日本原子力研究所（茨城県東海村）に何度も通った。

依頼されてプラスチック中の無機元素不純物の熱中性子放射化分析なども原子炉で行った。

4. RI を利用した化学分析の開始

1962 年頃，産業界の高度成長を受け，工学部では学科や講座の拡張が進められた。応用化学系も 4 学科 24 講座に倍増する過程で，建物（工学部 5 号館）も新設された。この前後の学生数の増加ぶりを表に示した。大学院の充実ぶりがうかがえる。1 階に 178 m² の RI 実験室も設置され，使用の許可の申請に伴う膨大な文書作りも経験した。工業分析化学講座は，無機，有機，機器の 3 講座に拡大し，博士課程修了

表 応用化学系 4 学科の学部・大学院 卒業生数の推移

卒業年	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
学士 (人)	67	70	70	62	116	121	131	133	115	147	122
修士 (人)	10	12	11	19	27	33	73	92	81	84	82
博士 (人)	5	2	5	9	5	8	13	13	17	32	33

後、機器工業分析講座（仁木栄次 教授）に助手として採用され、1965年に講師に、1968年に助教授になった。1965年に新しいRI実験室や研究室に引っ越した。話題になっていたメスbauer効果を工業分析へ応用するため、装置作りを進めると共に、水中の溶存酸素をTI (^{204}TI) と当量反応して溶出させ、放射能で連続測定する装置を、初めての卒論学生の渡邊秀夫さん（1966年卒、東ソー(株)、故人、同社の液体クロマトグラフ装置の開発者）と製作した。

5. 薄膜上へのRIの電着

Research Council of Canada の Postdoctoral Fellowship に応募していたら、Québec市にある Université Laval 理学部化学科の J-C. Roy 教授（放射化学）が Research Associate（1966年10月～1968年9月）として招いてくださった。Université Laval は Québec市郊外の Sainte Foy に移転したばかりで、かつて“弱い相互作用のもとでは対称性の乱れがある”という Lee-Yang 理論の実験的な実証を行った C-S. Wu 女史が物理学科に滞在されていたとのことであった。プラスチック薄膜上へのRIの電着の実験などを行った。このとき初めて大西洋が中央にある地図を見て、日本が Far East にあるといわれるゆえんを理解した。滞在中にカナダ国旗がユニオンジャックから白地に赤のメープルリーフに変わった。

余談になるが、1966年末に有機工業分析化学講座の戸田昭三 助教授（のち農学部教授）から「11月11日の朝日新聞の朝刊の一面トップに“東大の乱脈なアイソトープ管理”と報道され、工学部5号館の施設も書類不備でやり玉に挙がって、工学部長や仁木教授に大変なご迷惑をお掛けしているぞ」という手紙が、記事の切り抜きと共に送られてきた。その後、工学部からRI施設維持費が付けられ、数年経たのち放射線管理室が設置された。

6. 大学紛争後の研究理念

帰国したときは、大学紛争が始まったばかり。同じ学科の向坊隆 教授（故人）が工学部長（次いで総長）に就任され、ボディガード役を受け持たされた。大学紛争のプラスの成果に、工学部の教官のほとんどと顔見知りになったこと、組織の意思決定のプロセスや大学紛争の歴史的な数々の現場を裏側から見る得難い体験ができたことなどのほかに、学問体系を問い直すということがあった。我々も工業分析化学を見直し、工学の基本的な概念である“問題解決のための技術システムを設計する学問体系”として構築しようと議論を繰り返した。結論として、1) 分析試料の正確な分析値（法）を出すスペシャリストから脱却して、分析値を情報として役立たせる立場のジェネラリストを育成する、2) 依頼された分析事例に的確な分析法を設計する（分析システムを作る、分析機器を設計する）、3) 元素以外のプローブを探す（元素の価数・状態、中間状態、不対電子、 $Z=0$ すなわちサブナノ空間など）、4) その場で生きたまま分析する、などがあった。センサーの開発、最新のエレクトロニクスやコンピューターの積極的な利用、得られた分析結果の解釈などにも、縄張りを広げることになった。

医学に例えれば、工業分析化学の役割を検査室・分析室から総合医の診断機能に拡大すると解釈できる。広い分野の勉強や研修が気兼ねなくできる風潮が広がり、周期の短くなった科学技術の変化に対応しやすい風土が醸し出された。

7. アイソトープ総合センター

1971年頃、理学部化学科の齋藤信房 教授に、アイソトープ総合センターの運営を部門主任として手伝うよう依頼された（非常勤講師）。物理部門が佐藤純さん（理学部化学科助手、のち明治大学教授）、化学部門が私、生物部門が宮地重遠さん（応用微生物研究所（現在は分子細

胞生物学研究所) 助教授のち教授), 放射線管理部門が森川尚威さん(理学部化学科, のち教授, アイソトープ総合センター長)で, 会議を含めて1週間に半日程度を本格的なRI取扱施設で過ごした。斎藤センター長を交えたホットな議論が交された。ここでは, ろ紙クロマトグラフ(^{48}V を利用)や電子スピン共鳴吸収装置で数種の価数をとるVイオンの状態分析を試みた。1982年まで10年間, 異なる分野の新しい知識や手法に接することができた。

8. ^{57}Fe , ^{119}Sn メスバウアースペクトロメトリーによる鉄, Snの状態分析 (^{57}Co , $^{119\text{m}}\text{Sn}$)

河上記念財団, 松永記念科学振興財団から研究助成金を受け, メスバウアースペクトロメーターの製作に弾みがついた。苦難の多かった初期には技官の鈴木良実さん(元環境安全研究センター助教授)が協力してくれた。

8.1 鉄の水酸化物, 酸化物, オキシ酸化物の状態分析

$\text{Fe}(\text{II})$, $\text{Fe}(\text{III})$ 化合物の水溶液から沈殿するFeの酸化物, オキシ酸化物などは, 溶液中に存在する陰イオンの種類や濃度, 温度, 析出速度などによって変化する。また, 生成物を加熱処理しても変化する。X線ディフракトメトリーを補償する方法としての確立を目指し, 種々の条件で調製した沈殿のメスバウアースペクトルを集積し, それらの相関をまとめた。大藪又茂さん(1981年博士, 金沢工業大学教授)らが成果を挙げた。

8.2 機能的鉄化合物や合金の組成比の解析

鉄含有ペロブスカイト触媒の反応に伴う鉄の状態変化を追跡したり, ある企業で開発中だった鉄希土類磁石($\text{Sm}_2\text{F}_7\text{N}_x$)のN濃度のノンストイキオメトリー比からのずれによる熱磁気特性の変化に伴うスペクトルの対立を解明したり, 水素吸蔵アモルファス鉄の水素の吸蔵に伴うスペクトルの変化を追跡したりした。

9. 転換電子メスバウアースペクトロメトリー(CEMS)によるFe, Snの状態分析

市販の検出器(弁当箱程度の大きさ)を購入して転換電子を測定したが, 長時間Qガスを流すために消費量が多かったので, マッチ箱大の検出器を製作した。稲葉道彦さん(1980年修士修了, (株)東芝)らがアルミニウムブロックで製作し, 検出特性などを調べた(旭硝子工業技術奨励会助成金)。強度に優れているセラミクス製のチャンネルトロンを使用した検出器も試作した。

ほとんどの鉄鋼材料の表面mm~mは, いろいろな表面処理がなされている。表面処理により, どのような化合物が深さ方向に生成し, 変化しているかの情報は, 表面処理法の改良に不可欠であった。

9.1 硬化処理した鉄鋼表面の深さ方向分析

鉄道のレールなど応力のかかる鉄鋼材料の表面層は硬化してある。代表的な硬化方法は, ほう化, 炭化, 窒化である。刀を燃え盛る石炭で熱し, 急冷して焼きを入れ刃先を強くするのは, 炭化の例である。半田有通さん(1983年博士, 厚生労働省)らが微妙なタッチで, ほう化鋼, 炭化鋼, 窒化鋼を削りながらCEMスペクトルを測定し, 深さ方向に生成している, ほう化鉄, 炭化鉄, 窒化鉄の組成変化を明らかにした。窒化処理では, NH_3 ガス窒化, 溶融塩, イオン窒化, イオン注入など窒化法により生成する窒化鉄の組成が変化する様子も明らかにした。

9.2 防錆処理した鉄鋼表面の生成物の分析

ベンキを塗装する銅板表面はパーカラライジング(リン酸塩処理)される。野村貴美さん(1987年論文博士, 東京大学特任准教授)や黒澤一吉さん(日本パーカラライジング(株), 1996年社会人博士)らが, 同社と協力してリン酸塩処理で生成したリン酸塩化合物を次々に明らかにし, 防錆やベンキ塗装の相性を関係付けた。しゅう酸処理鋼, 硝酸処理鋼, 酸化鉄被覆鋼な

どの表面層の生成物の分析，スズ処理銅板（ブリキ）や亜鉛処理銅板（トタン）界面の合金層の深さ方向の生成物の変化も明らかにした。

9.3 鉄鋼の腐食生成物の深さ方向分析

溶存酸素下での各種の水溶液中やH₂O, HCl, SO₂, H₂Sなどの蒸気と接触する鉄鋼表面に生成する鉄化合物を *in situ* で同定する検出器を製作し，濃度，温度，湿度など環境によって変化する腐食生成を特定した。野村貴美さんや藤浪真紀さん（1987年博士，現千葉大学教授）らが頑張った（スガウエザリング技術振興財団助成金）。

9.4 先端機能材料の機能発現のメカニズムの解析

光電導性酸化鉄膜，FeやSnを含有する有機ガス検出センサ，液晶薄膜表示装置に賞用されるITO透明半導体薄膜，テレホンカードやオレンジカードなどに使用されたフェライトの硬磁性体やセン（仙）ダスト（AlFeSi合金粉末）の軟磁性体の磁気特性などとFeやSnの酸化数との関連性を明らかにした。

10. 陽電子消滅寿命測定によるナノ空孔の評価（仁科記念財団研究助成金，²²Na）

サブナノ空間である原子空孔は，格子欠陥を通して金属や半導体の単結晶の電気特性の，また自由体積はアモルファス物質や溶液の流動性，体積変化，ガラス転移，緩和減少，レオロジー物性，機械物性などに影響する。それゆえ，多くの素材の解析や品質評価に欠かせないパラメータであり，そのサイズや濃度の測定が不可欠である。

～200 psの時間分解能をもつ陽電子消滅寿命測定装置の試作機は，中川英元さん（東京工業大学1970年卒，1978年Toronto大学Ph.D，元横浜国立大学客員助教授）が完成してくれた。

10.1 寿命と自由体積のサイズの関係の定量化

流王俊彦さん（1976年修士，信越化学工業（株））は，多種の溶媒について，音速のデータ

を利用して自由体積のサイズを見積り，Ps（ポジトロニウム，陽電子と電子の対）寿命から得た自由体積サイズとの関連を調べたり，不活性ガスを溶解させ自由体積に及ぼす影響を調べた。小林慶規さん（1981年博士，産業技術総合研究所）と野水勉さん（1979年修士，名古屋大学教授）は，Marquette大学のD.M. Schrader教授と協力し，アニリンやピリジンなどNを含む溶媒のプロトネーションの効果や溶媒効果を分子軌道解析から推定し，実験結果を予想した。中西寛さん（1973年修士，1986年Marquette大学Ph.D）は空孔が0.2～5 nmの多孔質物質について測定し，Ps寿命と空孔サイズの関係を明白にした。

10.2 アモルファス材料中の自由体積の評価（熊谷科学技術振興財団助成金）

研究対象をプラスチックやガラスなどのアモルファス物質に絞り，自由体積の大きさ，濃度をパラメータにして，1) 共重合ポリマー（PS/PPE, AN/AS）のブレンド比の作用，2) 熱収縮ポリマー（PE/PP）の機能発現挙動，3) イオン架橋アイオノマーの熱挙動，4) エラストマー（シリコンゴム）の架橋密度の効果，5) 形状記憶ポリマー（スチレン/ブタジエン系，ポリノルボルネン，ポリウレタン）の作用メカニズム，6) ゲルポリマー（PVA, PNIPA, PAAm）の大きな体積変化，7) ポリ酢酸ビニルのけん化（水素結合）による分子空間の変化，8) 電子照射（PE）の効果，9) 分子構造や分子量分布（PS）の効果，10) 液晶ポリマー，11) 空気透過性ポリマー，ゾル・ゲル転移（カラゲナン）などなど，を解析した。李洪玲さん（1998年博士，東京大学工学部安全管理室）や伊藤賢志さん（1999年博士，産業技術総合研究所）らが，高分子研究室や企業の研究者らと協力して進めた。

1996年には，日米科学協力事業で，李洪玲助手夫妻や大学院学生の内山佳子さん（2000年博士），若林由記さん（2000年博士，（株）テクノコンサルジェ）と共にMissouri大学Kansas

校の Y.C. Jean 研究室に 6 か月間滞在して、自由体積測定データの標準化を試みた。滞在中に New Orleans で開かれた米国化学会年会 (3 月) で Schrader 教授が主宰された陽電子のシンポジウムに Jean 研究室のメンバーともども全員で出席した。日本からも伊藤賢志さんや研究室の OB たち、共同研究を行っていた A. Vértes 教授 (後述) も参加され、大半の出席者が顔見知りというリラックスした雰囲気でのディスカッションを経験した。8 月にはハンガリーの Lillafüred 村の山中にある一軒宿の古城ホテルで Vértes 教授の同僚の B. Levay 教授が主宰した Positron and Positronium Chemistry の国際会議に米国から出席するため初めて大西洋を渡った。また、翌年の 5 月に Jean 教授が Missouri 州の Kansas 市で主宰した International Conference on Positron Annihilation には、研究室全員で参加したが、勝手知った Kansas 市の案内や会議の裏方などとして協力した。

11. 総合試験所

1984~1989 年は、弥生キャンパスにある総合試験所 (現在は総合研究機構、工学部 9 号館) の化学部門の担当になった。この施設は 1937 年に三菱 (岩崎小弥太社長) の寄付金など 143 万円を基金として設立された。事務や図書室なども独立しており、自前の財団法人も持っていた。超高圧電子顕微鏡、電子線プローブマイクロアナライザー、大型構造物試験機などのほか、企業の実験室も用意され、産学連携のフロンティアとして機能していた。化学、機械、電気、物理、冶金、建築、鉱山、構造方面の 8 研究室に、工学部の学科が数年のサイクルで助教授を派遣して運営に当たっていた。

12. 先端科学技術研究センター

1989~1992 年まで機器工業分析化学講座担当の教授を勤めたあと、定年 (1997 年) までには、先端科学技術研究センターの化学認識機能材料講座の担当になり、実験装置とともに駒場

第二キャンパスに移動した。この前身は、東京大学宇宙航空研究所、次いで工学部境界領域研究施設 (一部は旧文部省宇宙科学研究所) で、1986 年に発足した。先端材料、先端デバイス、先端システム、社会・科学技術関連大部門のほか、寄附研究部門など 20 講座以上があり、工学部を中心に、医学部、法学部、経済学部などが母体となって、教官を派遣し支援していた。ロンドンにはアンテナ事務所も設置していた。

13. 研究協力など

13.1 原発廃棄物処理施設の視察

1989 年 6 月に原子力安全研究協会の依頼で、原子力発電所廃棄物の地層処理の予備調査としてスウェーデンを訪問した。地下 100 m 以上の掘削孔に、耐圧性の pH 電極を下ろし酸化還元電位を測定している現場や、廃棄物の収容予定の旧鉱山の鉱道などを視察した。

13.2 日本学術振興会の人物交流事業

1986 年 8 月に 1 か月間、研究課題、手法、年齢、興味がよく似ているハンガリーのブダペストにある Eötvös Loránd 大学 (Attila Vértes 教授、故人) に滞在した。ブダ地区の市街地にある中世風の建物内の実験室で研究が進められていたが、郊外に新キャンパスを建設中であり、数年後に訪れた時は近代的な実験室に様変わりしていた。放射化学グループには、以前日本アイソトープ協会で講演された T. Braun 教授も在籍しておられ、講演後の懇親会に私も招かれていたことを憶えており、Panama 出張から帰国したばかりであったが、昼食をご馳走してくださった。ちょうど、Chernobyl 原子力発電所の事故直後で、ハンガリー科学アカデミー所管の Central Research Institute of Physics が精力的に放射能の汚染調査を行い、結果をサーキュラーで広報していた。

滞在中に Praha 経由で東欧の Dresden にある Kernforschung für Naturwissenschaften, DDR Akademie (現在は Forschungszentrum Dresden-Rossendorf) を訪問し、顔見知りのメスバウア

一効果の研究者の E. Richter 博士と H. Reuther 博士の研究室などを見学した。門に入って研究所の写真を撮ろうとしたら、走ってきた守衛にカメラを取り上げられた。近郊の Maissen の国立マイセン陶器工場を案内され、絵付け工程などを楽しんだ。

14. 教育活動など

1965 年から応用化学系や専修の学生に対する工業分析化学関連の講義に携わったが、工業分析の対象（試料）が産業の推移を反映して燃料（石炭、石油や燃焼ガス）、鉄鋼、非鉄金属、ケイ酸塩（セメント、石灰岩、ガラス、鉱石）、肥料、食品（油脂、岩塩）、溶剤、水などからシリコンや化合物半導体、磁性体、機能性プラスチック、電子材料セラミクス、無機化合物結晶などへ変遷していった。それに伴って、化学分析の主流が試料中の元素の主成分（数 10%）分析から微量成分（サブ%～ppm）分析、さらに超微量成分（サブ ppm～ppb）分析へ移っていった。また、手法も容量測定（滴定）、重量測定、電気量測定から吸光度測定、発光光度測定、電流測定へ、更には情報対象も元素から特定元素の化学状態や結晶性へ、分析領域も試料全体から局所（微小領域、表面）などへと目まぐるしく変化していった。工業分析化学系には 7 名の教官が在籍していたので、私の担当である原子核・放射線による工業分析や工業分析の体系化を試みた。東京大学学部、大学院の機器工業分析化学や特論のほか、工学院大学応用放射化学（学部）、応用放射化学特論（大学院）

（1973～2007 年）、山梨大学工学部の工業分析化学（1993～2006 年）、法政大学の分析化学、機器分析（学部）や分析化学特論（大学院）（1997～2006 年）、東京都立大学大学院の工業分析化学特論（1973～1999 年、隔年）などの講義を活用して、内容をブラッシュアップしながら、よりシステム化しようとした。不十分ながらも、成果の一部は「原子核 放射線による分析」（日刊工業新聞社、1984）、「化学分析」（昭晃堂、1993）、「固体表面・微小領域の解析・評価」（リアライズ社、1991）、「Analyses of corrosion products of steels by conversion electron Mössbauer spectrometry」（Research Signpost India、1996）として出版した。

15. おわりに

日本や世界を見渡せる環境で、原子核・放射線を手立てにして多くの解析手法や先端材料の分析に携わることができた。また、多種の科学技術の発芽期、成長期、成熟期、衰退期を目の当たりに見聞する運の良い時期に活動できた。

研究成果は、研究室に配属された東京大学（旧 仁木・氏平研究室）、工学院大学（旧 村上徹朗研究室）と東京理科大学（旧 水池敦研究室）の学生、協同研究を行った大学や企業の方々のご支援の賜物である。ごく一部の氏名を挙げさせていただいたが、陰に陽に研究をサポートしてくださったすべての方々に深甚なる感謝をささげる。