

## 昭和の宇宙に咲くCS「さくら」の開発から学んだこと

離島衛星電話・TV中継サービスと6/4GHz通信衛星アンテナと中継器

情報通信研究機構

磯 彰夫

**SJRインタビュー:** CS開発計画が具体化したのは東京オリンピック開催後10年を経た昭和40年代末ということでした。静止衛星通信は限られた静止軌道位置と電波の周波数資源を開拓して利用しますので日本を取り巻く国際社会情勢と密接に関係しています。離島衛星通信のサービスエリアは日本周辺の国や地域に接しますので、該当する2国間で使用中あるいは使用予定の周波数帯での被干渉及び与干渉の国際調整が必要です。この問題は隣国や静止軌道直下付近の国々における国際的な安全保障環境に大きく依存します。

衛星通信、宇宙開発及び国際社会における出来事の推移を対比して説明していただけませんか。

**磯氏:** 米国、日本、アジア、ソ連、ロシア及び欧州の衛星通信、宇宙開発及び社会的出来事に関する昭和28年の日米の奄美群島返還協定締結年から昭和54年の通信放送機構設立年までの推移を次ページの表1に示します。

昭和28年に奄美群島、昭和43年に小笠原諸島、昭和46年に沖縄県が米国から返還されました。また、昭和31年に日ソ共同宣言が締結され、北方4島の早期返還の見通しが高まりました。

日本を取り巻く社会的状況を考えて、6/4GHz帯離島衛星通信サービスエリアは沖縄県南西諸島、奄美群島、小笠原諸島及び北方4島含むエリアに関連し検討しました。通信衛星アンテナの要求条件は6/4GHz帯離島衛星通信サービスエリアを含む指向性ビーム幅をもつ整形ビームアンテナとなりました。そして、アンテナ指向方向精度設計と姿勢制御や軌道制御精度とのトレードオフ設計、電気設計や熱・構造設計段階に進むことになりました。

また、離島衛星通信サービスと開始時期は電話とTVを主体とする国内公衆電気通信サービスを沖縄が日本に復帰後速やかに提供することでした。

**SJR:** 沖縄県南西諸島、奄美群島、小笠原諸島及び北方4島において、本土並みの電話とTVサービスを提供するに際しては、本土における電話とTVサービス状況を事前に知ることが必要だったと思います。昭和40年代以降の国内における電話とTVサービスの推移はどのようでしたか。

**磯氏:** インテルサット(1964年設立)は設計寿命5年の第3世代通信衛星以降、設計寿命7年の第4世代通信衛星を1971年に打ち上げる計画でした。グローバル衛星通信サービス更新時期を考慮し、昭和40年代末開始の国内電話及びTV衛星通信サービス期間は5~7年とし、昭和50年代中頃開始予定の次世代衛星通信サービス技術を検討しました。

換言すれば、5~7年間の衛星通信サービス期間中に得られる収益から、現状のサービス提供に要した衛星通信設備投資額を回収すると共に次期衛星通信サービス開始に必要な開発投資費用を生み出し、費用対投資効果に優れた新規サービスの展開力が生まれ、顧客満足度に優れた衛星通信事業経営継続が期待されるからです。

他方、複数事業者による競争市場においては、15~20年を越える衛星設計寿命に依存するサービ

表1 衛星通信、宇宙開発及び国際社会動向(1/4)

年	米国	日本	アジア	ソ連、ロシア	欧州
1953, 昭28	日米:奄美群島返還協定に調印	NHKテレビ本放送開始	朝鮮戦争休戦協定調印	水爆保有発表	東欧諸国反ソ暴動
1956, 昭31	米・英フシントン宣言	国際連合に加盟	中ソ経済援助協定	日ソ国交回復共同宣言	ハンガリー暴動
1957, 昭32	ハンガー1号打上失敗	57~58:国際地球観測年	マラヤ連邦樹立	スポーツニク1号打上	フラン切り下げ
1958, 昭33	NCA廃止, NASA設立	カッパ6型5号機打上	日・インドネシア平和条約	フルシチョフ・毛沢東会談	EEC発足
1960, 昭35	デルタ-2:Echo1A打上, 日米新安保条約・地位協定調印	宇宙開発審議会設置	中国・ビルマ友好不可侵条約	有人宇宙船スポーツニク5号打上	日・仏通商協定調印
1963, 昭38	デルタB-16:Symcom 2打上, デルタB-18:Teistar2 打上	貿易自由化率88%, GATT11条国への移行決定	マレーシア連邦発足	有人飛行ボストン7号と6号軌道上ラナンアプー	仏・西独協力条約
1964, 昭39	デルタD-25:Symcom 3打上, インテルサット設立(ワシントン)	東京オリンピック開催	中国, 初の原爆実験	ソ連・東独友好相互援助条約	仏, 中国を承認

衛星通信、宇宙開発及び国際社会動向(3/4)

年	米国	日本	アジア	ソ連、ロシア	欧州
1973, 昭48	Atlas-Centaur: IntelsatIV F-7打上	円変動相場制に移行, 円急騰, 石油危機	日本:北ベトナムと国交樹立	米・ソ核戦争防止協定調印	西独, 国連加盟
1974, 昭49	米, パナマ運河返還宣言	人口1億1千万人突破	日韓大陸棚協定調印	Raduga静止通信衛星打上	デルタ2914-106:Symphonie-A打上
1975, 昭50	米, ベトナム戦争終結, 5月:デルタ2914-110:Anik-A3打上, 10月:デルタ2914-116:GOES-1打上, 12月:デルタ2914-118:RCASatcom1打上	N-10ケット1号機:ETS-1打上	南ベトナム臨時革命政府承認, ベトナム戦争終結	東独・ソ連新友好条約調印	西独・イラン・ソ連天然ガス協定
1976, 昭51	1月:デルタ2914-119:CTS打上, 2月:デルタ2914-120:Marisat1打上	資本自由化完了	7月:デルタ2914-125:Palapa-A 打上	Ekran1静止通信衛星打上	4月:デルタ2914-122:NATOIII-A打上

衛星通信、宇宙開発及び国際社会動向(2/4)

年	米国	日本	アジア	ソ連、ロシア	欧州
1965, 昭40	北ベトナム北爆開始, デルタD-30:Early Bird (Intelsat) 打上	ILO87号条約承認	韓国軍の南ベトナム派兵	Molniya1-1打上	仏・ソ原子利用協定調印
1968, 昭43	日米:小笠原返還協定に調印	いざなぎ暴風, 3C時代に調印	中国, 文化大革命は完了	カガールン墜落死	英, 金市場閉鎖
1969, 昭44	デルタM-66:Intelsat3-B打上, アポロ11号有人月面着陸, 7月:宇宙開発に関する日米協力に関する交換公文	10月:宇宙開発事業団設立	南ベトナム臨時革命政府成立	中ソ国境衝突事件	西独, マルク切り上げ
1970, 昭45	米軍, カンボジア侵攻	L-4Sロケット5号機:「おおすみ」打上	中国周恩来首相:北朝鮮公式訪問	西独, ソ連武力不行使条約調印	3月:デルタM-77:NAT O-A打上
1971, 昭46	日米:沖縄返還協定に調印, 米国ドル防衛策	米貨交換レート1ドル=308円	中国, 国連での代表権承認	インタースペース-2打上	西独マルクの変動相場制移行をECが承認
1972, 昭47	デルタ1914-92:Anik-A1 打上	冬季オリンピック札幌大会	日中国交正常化	米・ソ穀物協定調印	西独, 中国と国交

衛星通信、宇宙開発及び国際社会動向(4/4)

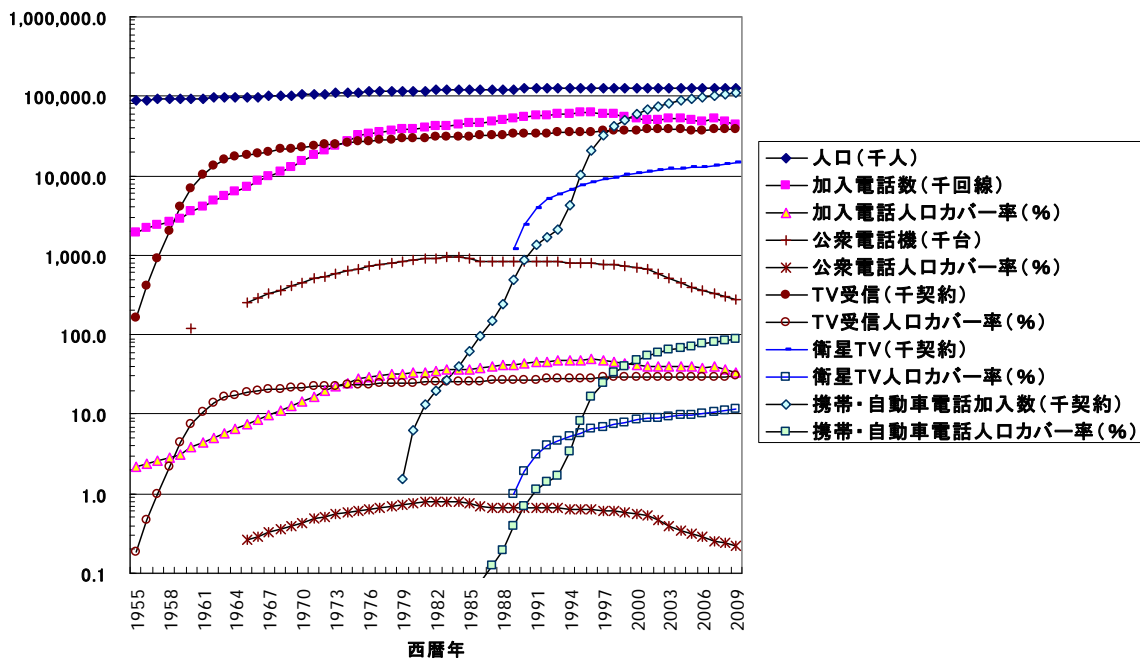
年	米国	日本	アジア	ソ連、ロシア	欧州
1977, 昭52	日米漁業協定調印	・領海12海里・漁業専管水域200海里実施 ・2月:N-10ケット3号機:ETS-2打上 ・7月:デルタ2914-132:GMS打上 ・12月:デルタ2914-137:CS打上	3月:デルタ2914-129:Palapa-B 打上	Ekran2, Gals静止衛星打上	・1月:デルタ2914-128:NTOIII-B打上 ・4月:デルタ2914-133:Sirio打上 ・9月:デルタ2914-134:OTS打上失敗 (Failure-Vehicle exploded, possibly SRM case) ・11月:デルタ2914-136:Meteosat-1打上
1978, 昭53	6月:デルタ2914-142:GOES-3打上	4月:デルタ2914-140:BSE打上	日中平和条約調印	Gorizont 打上	5月:デルタ2914-141:OTS2打上
1979, 昭54	8月:デルタ2914-149:WestarC 打上	・8月, 通信放送衛星機構成立 ・12月, 自動車電話サービス開始	米中国交樹立	ソ連軍アフガニスタン侵攻	7月:インマルサット設立(ロンドン)

ス事業計画は10年以下でタイムリーな新サービスを展開する他の電気通信事業者に比してサービス競争力が低下し、事業停滞を招く恐れが出ます。

日本の人口(千人)、加入電話数(千回線)、加入電話人口カバー率(%), 公衆電話機(千台)、公衆電話機人口カバー率(%), TV受信(千契約)、TV受信人口カバー率(%), 衛星TV(千契約)、衛星TV人口カバー率(%), 携帯・自動車電話数(千契約)及び携帯・自動車電話人口カバー率(%)に関する1955年～2009年までの推移を図1に示します。

昭和45年(1970年)における日本本土における人口は1億4百万人で、公衆電気通信事業は加入電話1500万回線、加入電話の人口カバー率14.5%, 加入電話数対電話機数比は0.66, 公衆電話機45万台、公衆電話の人口カバー率0.4%, 及び全国公共TV放送事業はTV受信2200万契約及びTV受信契約の人口カバー率21%を示し、成長段階にありました。

図1 人口, 加入電話, 公衆電話, TV受信, 衛星TV及び携帯・自動車電話の推移

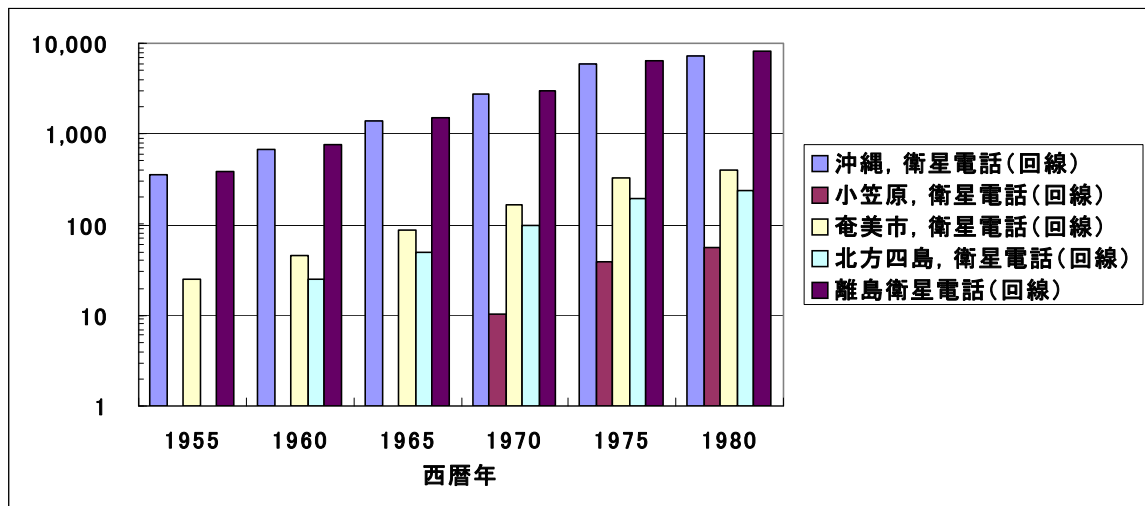


**SJR:** 電電公社における昭和40年初頭に策定した中容量国内衛星通信方式の電話回線容量目標値は3千回線以上と聞いています。この電話回線容量目標値3千回線はどのように決まったのでしょうか。離島電話やTV中継サービスの検討概要を簡単に説明していただけますか。

**磯氏:** 次の7つの仮定のもとに、離島衛星通信回線容量試算を行いました。

- 仮定1. 離島内通信回線容量対離島外通信回線容量比は30%対70%
- 仮定2. 離島外通信回線における海底ケーブル対衛星通信比は70%対30%
- 仮定3. 小笠原諸島の衛星通信回線は全体回線  $\times 0.3 \times 0.3 = 0.09 = 9\%$
- 仮定4. 沖縄及び奄美大島電話回線等は島伝いに長距離大容量無線回線が設置してあるので、沖縄及び奄美大島等の衛星通信回線は全体回線  $\times 0.3 \times 0.3 \times 0.3 = 0.027 \sim 2\%$
- 仮定5. 北方四島における昭和35年人口は昭和15年人口を当てはめる
- 仮定6. 北方四島における昭和35年以降の人口は北海道全体人口増加率と同じ
- 仮定7. 北方四島ルート等は島伝いに長距離大容量無線回線が設置してあるので、北方四島の衛星通信回線は全体通信回線  $\times 0.3 \times 0.3 \times 0.3 = 0.027 \sim 2\%$

図2 離島衛星電話回線の試算例



沖縄県南西諸島, 奄美群島, 小笠原諸島及び北方4島における離島衛星電話回線の試算例を図2に示します。1970年(昭和45年)～1980年(昭和55年)における衛星電話回線の試算値は3～8千回線です。

昭和40年初頭に策定された中容量国内衛星通信方式の電話回線容量目標値が3千回線以上であったことを改めて思い起こしました。

離島衛星TV中継回線に関しては、受信契約の人口カバー率21%で成長段階にあることを考慮し、全国公共TV放送中継1回線と地域民間TV放送中継1回線からなる合計2回線以上のTV中継と3～8千回線電話中継とを総合し、6/4GHz中継器数台経由で伝送することを目標に検討を進めました。また、衛星中継器4GHz帯送信器TWTA飽和電力有効利用のため、TDMA多元接続中継方式が選ばれました。

平成から昭和を振り返り、「日本全土において、あまねく公平な国内電気通信サービス提供を義務付けられた1社独占経営環境が東京－名古屋－大阪－電話回線等の高収益電話及びTV中継回線収入の一部を3～8千電話回線及びTV中継2回線から得られる収入規模の離島衛星電話回線建設・運用サービスコストに当てる」ことを可能にした当時の衛星通信事業背景を再認識する日々です。

**SJR:** 小笠原諸島は本土と約1,000 km 離れており、海底ケーブル通信は衛星通信などの無線通信に比べて、人口約2500人の小笠原諸島では、費用対効果が小さく長く整備が見送られてきました。これまで、小笠原のテレビ、インターネット、電話などの通信・放送事業は、3つの衛星により実施されています。現在の通信方式では、気象などの影響により安定的な運用が難しく、またインターネットの環境はISDNレベルで、CTやレントゲン画像を病院に送信するのに30分程度かかるなど、本土との情報格差が課題となっていました。

東京都は通信衛星では困難なブロードバンド環境を整備し、東京都心との情報格差を根本的に解消し、住民生活の利便性を向上するため、海底光ファイバーケーブルを敷設することになりました。東京都主導の海底光ファイバーケーブル回線建設資金と保守運用との計画概要についてご存知でしたら教えてください。

**磯氏:** 海底光ファイバーケーブル回線敷設と保守運用に関して

- (1) 整備期間は平成22年1月から平成23年3月末まで
- (2) 整備範囲は八丈島から小笠原村父島及び母島までの約800km
- (3) 事業費約100億円

(4)情報通信サービスの提供及び保守に関しては平成23年4月1日から平成33年3月31日までの10年間を通じて都が通信事業者に情報基盤を無償で貸与し、事業者が料金収入等で

- 1) 地域イントラネットの構築による行政サービスの充実,
- 2) ブロードバンドによるインターネット接続,
- 3) 地上デジタル放送の再送信の保守及び運用を行うこと

等が明らかになっています。(http://www.kensetsu.metro.tokyo.jp/douro/jyouhoukiban/index.htm, http://www.metro.tokyo.jp/INET/OSHIRASE/2009/12/20jci200.htm参照)

**SJR:** 離島は漁業資源や新たな海洋・海底資源としての活用が期待されたり、安全で低コスト大量輸送手段としての船舶航行路に必要な海洋環境保全の役割が期待されています。そこでそのような離島をもつ自治体が、東京都と同様に海底光ファイバーケーブル敷設を進める際の資金計画に関してご意見がありますか。

**磯氏:** 面積50km<sup>2</sup>以上島数は東京都の大島を含む3島所有に比して、鹿児島県が奄美大島を含む9島を、北海道が択捉島を含む7島を、それぞれ所有しております。

電気通信回線需要量は経済総生産額に比例し増加することが一般的に知られています。

(http://www.itu.int/itudoc/itu-d/indicato/86178.pdf参照)

県内経済総生産(名目)(平成18年度)は東京都92兆円(韓国GDP9.2千億ドルと同程度)、北海道18兆円(シンガポールGDP1.8千億ドルと同程度)、鹿児島県5兆円(ルクセンブルクGDP5.3百億ドルと同程度)、また一人当たり県民所得(平成18年度)は東京都480万円(韓国NI/人1.7万ドルより高い)に比して、北海道240万円(シンガポールNI/人2.7万ドルより低い)、鹿児島県220万円(ルクセンブルクNI/人7.5万ドルより低い)です。

北海道や鹿児島県等の自治体が離島海底光ファイバーケーブル敷設コスト2500人×100Mbps/100億円/800km/年相当を負担し、通信事業者にケーブル等の情報基盤を無償で貸与し、事業者が料金収入等で保守及び運用を行う場合、県内経済総生産対島数比が東京都30兆円/島より小さな、北海道2.5兆円/島、鹿児島県0.5兆円/島等の自治体は枠外財源を新たに措置し、海底光ファイバーケーブル敷設予算計画の立案が必要です。

**SJR:** 海底ケーブルが地震被災や浅海航行中の漁船操業等による事故に遭遇しますと、海底ケーブルが安定な回線運用に回復するまで長期間を要するといわれています。事故から回復までの年間不稼働率、バックアップ回線および高信頼回線運用に関してどのように考えればよろしいでしょうか。

**磯氏:** 台湾南方沖で発生した地震により被災した光海底ケーブルの報道例を紹介いたします。「2006年12月に台湾南方沖で発生した地震により、おおよそ250kmの範囲にわたり、9ケーブルシステム19区間の光海底ケーブルが被災し、香港、シンガポールなど特に東南アジア地域との国際通信サービスに多大な影響が発生しました。約3ヶ月間の海底ケーブル修理作業を経て、2007年2月に各ケーブルの修理が完了し、同地域の海底ケーブルはほぼ被災前の状況に回復いたしました。(http://www.kddi.com/corporate/news\_release/2007/0213a/index.html参照)」。

光海底ケーブル通信回線運用年間不稼働率は、地震の被災における不稼働日90日間の最悪値、年間不稼働率=100×(90/365)=24% 最悪率を考慮する必要があります。

安定で経済的な情報基盤整備のためには、光ケーブル回線と衛星通信回線とからなる複数の経路を組み合わせたメッシュ・ネットワークを構築し、併せていずれかの回線が切れてもミリ秒単位で経路を自動的に切り替える仕組みを取り入れことが不可欠です。

衛星通信の同報集線・配信機能及び本土内地上無線回線やインテルサット回線との電波干渉の影響が少ない6/4GHz帯500MHz割当伝送帯域の特長を生かし、100億円を超えない投資規模で10年間運用のブロードバンド離島衛星通信を実現することを目標にする、研究開発計画の具体化が緊急課題です。

**SJR:** 携帯・自動車電話契約数は1990年に公衆電話機台数831千台を超え、1995年に衛星TV受信契約数7,375千契約を超え、1998年に地上TV受信契約数36,597千契約を超え、1995年加入電話数52,258を超え、2009年に日本人口カバー率が88%に達しています。他方、公衆電話機台数は1981年に914千台、人口カバー率0.78%、また加入電話数は1996年61,089千回線、人口カバー率48.9%のピークを迎えた後、公衆電話機台数及び加入電話数はそれぞれ漸減を続け、高度成長期にサービスインした固定電話ビジネスは衰退期に入りました。

将来の公衆電話や加入電話サービスに関してはどのようにお考えですか。

**磯氏:** 国内における携帯・自動車電話サービスは人の五感機能を補完・補強と、距離を越え(全国エリアサービス)、時差を克服(海外ローミング)しながら、人々の社会活動領域の拡大に寄与してきました。

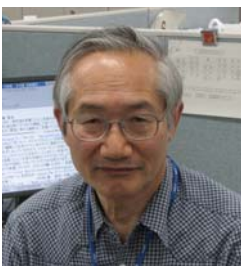
例えば、携帯端末は①電話(音声・聴覚情報伝送ITU-R規格)や②画像(音声・視覚情報伝送ITU-R規格)に加え、③視覚・指タッチ、電子メール、検索情報等の大容量ファイル高速転送(IEEE802.11-WLAN-Wi-Fi規格)、④手(送受話器ハンズフリーIEEE802.15.1-WPAN-Bluetooth規格)、⑤足(地理、GPS位置情報デファクト米軍規格)⑥お財布機能等に関するウェアラブル機能を高め、顧客ニーズをタイムリーに実現してきました。

1. 日本の携帯・自動車電話ビジネスは人口カバー率が88%に達し、成熟期を迎えていると考えます。今後は新たなITU-R及びIEEE802世界標準規格技術を開発し、BRICS新興市場のサービス開拓などのより一層のエリア拡大が課題です。
2. 長寿・少産社会における公衆電話や加入電話サービスの成長と飛躍への道筋は高齢者・子供・障害者の活動領域拡大をもたらす、バリアフリーテレホンサービスの本格的な開発であると考えます。
3. ラストワンマイルの目標達成が近いファイバー・ツー・ザ・ホーム・(FTTH)ネットワーク資産 (<http://www.rbbtoday.com/news/20090514/59840.html>参照)の利活用向上のため、「10 yards Layout Free Services Beyond Fiber」サービス研究開発加速が必須です。(<http://www.ieee802.org/15/pub/TG3c.html>, [http://grouper.ieee.org/groups/802/11/Reports/tgad\\_update.htm](http://grouper.ieee.org/groups/802/11/Reports/tgad_update.htm), <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4g.html>参照)

**SJR:** 次回は非常災害時における衛星電話・TV中継、30/20GHz通信衛星アンテナ及び中継器についてお話を伺います。長時間、ありがとうございました。

## 著者紹介

磯 彰夫 氏



昭42東北大学大学院理学研究科修士課程了。同年電電公社電気通信研究所入社、昭48電電公社横須賀電気通信研究所。昭49宇宙開発事業団(NASDA)実用衛星設計グループ(出向)。昭53電電公社横須賀電気通信研究所。昭和62宇宙通信基礎技術研究所(SCR)出向。平成3NTT無線システム研究所。平4三菱電機鎌倉製作所入社。平14エム・シー・シー入社。現在、独立行政法人情報通信研究機構新世代ワイヤレス研究センターユビキタスマバイルグループ招へい専門研究員。工学博士。AIAA, IEEE, AFCEA, 電子情報通信学会, 各会員