

ドコモの研究開発から振り返る 移動通信の歴史，さらに未来へ

— The long and winding road —

木下 耕太 元ドコモCTO，元ドコモ・テクノロジー社長（前方左）
歌野 孝法 元ドコモCTO，元ドコモ・テクノロジー社長（前方右）
尾上 誠蔵 元ドコモCTO，現ドコモ・テクノロジー社長（後方左から2番目）
永田 清人 元ドコモ移動機開発部部長，現アシュリオン・ジャパン代表取締役社長 兼 最高経営責任者（後方右から1番目）
山本 浩治 元ドコモNW開発部部長，現NTCテクノロジー代表取締役社長（後方右から2番目）
外川 智恵 インタビュア（後方左から1番目）



——皆様、本日はお集まりいただきありがとうございます。今や当り前の存在になった携帯電話の歴史において、技術開発や商品化の裏側には語られていないさまざまなドラマがあったかと思います。今回は黎明期から現在、未来までを5つの世代に分けてお話を伺わせてください。

■ 第1世代（80年代、アナログ方式）～

黎明期

自動車電話から携帯電話へ：小型端末movaの誕生

——それでは、黎明期に開発を担当されていた、木下さん。携帯電話の誕生からお話いただけますか？

木下 もともと携帯電話ではなくて、自動車電話システムとして誕生しました。最初に商用化したのが……。

山本 1979年12月3日。

尾上・永田 1979年12月3日です。

山本 昭和54年です。

——みなさん、よく覚えていらっしゃいますね。

永田 歴史的なことですからね。ドコモの社員はみなしっかり覚えています。

木下 最初の商用機は大きくて、重さが8kg、大きさが6ℓもありました。

当時、電電公社の技術系のトップの技師長という方がその重さや大きさに驚いて、「すぐに作り直せ！」と言われたことを覚えています。研究所に新しい組織を立ち上げて6ℓからどうやって小さくするかに頭をひねりました。2代目くらいでしょうか、その当時の責任者が小さくなった試作機を見て「ひょっとすると電池をつけると持って歩けるな」と言いました。

これなら携帯電話になる！と宣伝して回りました。まさに携帯電話の発想の原点です。しかし、電波免許は自動車電話に与えられたものですから、携帯電話としては使えません。そこで「車から持ち出せる着脱式移動機」として商用化に臨みました。携帯電話らしきモノは開発、商用化できたものの、残念ながらつながりの良くないシステムでした。しかも、



木下 耕太

端末は100万円もしましたから、ごく一部の方にしか利用していただけないものでした。

歌野 確か、当時は世界的にも自動車電話の開発が主流でしたよね。本格的な携帯電話はモトローラが作ったマイクロタック。自動車電話のシステムをベースとして、端末は送信出力を下げて、いわゆる携帯電話と同じような大きさ、形状に作り上げたというのが当時のやり方でした。

問題は自動車電話から携帯電話へと形を変えたために基地局への電波が届きづらくなってしまったこ



Motorola MicroTAC

WIRED News記事「携帯電話の歴史に残る「世界を変えた」12台の名機」より引用
https://wired.jp/2013/04/06/influential-cellphones/#galleryimage_61239-519_2

と、それをどう直していくかというのが、次の大きな課題でした。

木下 システム容量は全国で10万加入、東京と大阪に交換機を1台ずつ置くというシステム設計で進んでいました。

歌野 その当時、自動車電話をもつことは1つのステータスでした。こうした背景の中、国際的な状況も含めて将来的に本格的な携帯化が必要だという社内での認識が得られたから、システム開発が推進されていたのでしょう。しかし、当時はポケベル（ポケットベル）が主流でした。

木下 したがって、携帯電話の第1世代をリードした開発サイドの方はものすごくご苦労された。ポケベルと公衆電話があれば自動車電話はいらないのではと、導入サイドは否定的でしたから。1億人のうち10万加入で十分という評価でビジネスがスタートした記憶があります。

尾上 とはいえ、スタートから3年が経過した頃、私が入社した82年は1万台加入程度でしたが、いわゆる大容量方式の開発が始まっていました。獲らぬ狸の皮算用と思っていました。

歌野 結果として、スタートしてから10数年の間に10万、100万とドンドン伸びていきました。

山本 ドコモ誕生の平成4年、93年は170万ですよ、ね。

永田 肩からぶら下げた本体から受話器を外して使う、ショルダーフォンが誕生して、報道の人たちが



ショルダーフォン

みんなそれで連絡するようになり、当時の歌番組である「夜のヒットスタジオ」で、近藤真彦がこれを抱えて階段から降りてきたので、少し認知が広がりました。

山本 ショルダーフォンは、1985年の御巢鷹山の飛行機墜落事故でも救助隊の裏方として大変役立ちました。

永田 サービスインする前、横須賀の研究所にあったものを組み立てて送り出しました。

歌野 当時は自衛隊にも貸し出して、災害復旧にも役に立てていたと記憶しております。

永田 ちなみに、アナログ端末で150ccのmova[®]が誕生したのは1991年です。ただ、ポケベルはつながるのになぜ携帯電話はつながらないのかと、社内外からさまざまなご意見をいただいた時代でした。それが第一世代です。

■ 第2世代（90年代、デジタルPDC方式）～

爆発的普及拡大時期

音声通信からデータ通信へ：iモードの誕生

——movaになり、6ℓが150ccにまで縮小され、加入台数が爆発的に増え、そしていよいよ第2世代へと移っていきました。

山本 この時代、1998年、99年といえばiモードですよ。



歌野 孝法



永田 その前にデジタルのPDC（Personal Digital Cellular）方式を導入して、2,400kbpsとか1,200kbpsのデータ通信とかファックス通信もやりました。

木下 当時、ネットワークのデジタル化という大きな流れがあって、移動体通信においても、ネットワークのデジタル化に向けた開発が動き始めました。命を受けた私はとにかく通信中にしっかりと会話ができるように考えて、まず第一世代で問題になった上り回線（携帯端末→基地局）の電波の強さが、下り回線とバランスするようにシステムを変更しました。さらに、携帯端末がどの基地局に移りそうか基地局側が探すのではなく、携帯端末が自分でどの基地局に移るべきかを報告するようにしたのです（MAHO：Mobile Assisted Hand Off）。このMAHOとデジタル多重化効果のおかげで基地局は大幅に小型化できました。このようにして、品質も良くなり、システム容量も大きくなったので、デジタルPDC方式では、ピーク時は4,000万加入まで加入者が増えました。

歌野 欧米においては、早くからデジタル化を標準化も含めて精力的に検討していた時期でした。

尾上 デジタルは、ヨーロッパを中心とした標準方式である、GSM（Global System for Mobile communications）が世界的には先に商用化されました。

木下 PDC方式は、まずは音声だけのシステムを

商用化しました。

永田 PDC方式のデータ通信はこの音声をベースとした回線交換が最初です。

木下 回線交換のデータ通信は非常に複雑なつくりになってしまいました。インタフェース（I/F）がアナログのモデムしかないので、上り方向では移動機でアナログからデジタルに変換して、それをまたネットワーク側でアナログに変換するという状況です。しかし、非常に複雑なシステムであっても「やるしかない」という状況で、非常に苦労しました。固定網のI/Fがアナログで、移動通信区間だけデジタル化したからずれているわけです。それを無理やり整合取ろうとするから、開発にそのしわ寄せが行きます。

永田 新しいシステムの営業は法人から始めるのが常なのだから、ファックスとモデムを絶対必要とするはずの法人へ売り込みに行ったのに、システムが十分に機能しないこともありました。しかも、それがある程度動いた頃には、時代がもうパケットへと進み、本格的なデータ通信へと変革を遂げていました。

パケット通信に関しては、当時のトップ層が早期にネットワークの展開を決断したおかげで、サービスに先んじて全国で利用可能な状態になっていました。データ通信に適した効率の良いベースができあ

がっていたからこそ、iモードも回線交換でやろうとか色々な案があったのですが、最終的にパケット通信でやろうという話になったのです。

木下 パケット通信の開発については、当初テレコムオペレータ的な発想でプロトコルにX.25を適用するという案もありました。しかし固定網でもあまり実績のないX.25では十分ではないため、新しいプロトコルを探そうという事になりました。一方で、1995年くらいに、どうもアメリカでインターネットというものが流行りつつあるらしいという話がはいってきました。それで私たちもインターネットの勉強をすることになりました。

永田 あのころ、インターネットの構造は誰も分かっていなかったのではないですか？しかし、こうしたキャッチアップにより、当時の技術もビジネスも大きくジャンプしたのではないですか。

歌野 メールが使えるようになって、ポケベルの存在価値がなくなってきた時代です。

山本 私は先見性とか、選択が非常によかったのではないかと思います。iモードにおけるコンパクトHTMLなど、携帯に合ったものを選択していったことが当時の発展につながったのではないのでしょうか。——ところで、「ガラパゴス」と呼ばれるのはこの時代も対象ですか？

木下 ドコモが第2世代のシステムで採用した方式は、ヨーロッパなどで検討された国際標準とは異なり、日本独自で検討してきたものであり、外界から

隔離されて生物が独自に進化を遂げてきたガラパゴス諸島になぞらえて、日本独自の方式が世界から孤立したことを揶揄した言葉です。

永田 一般的に言えば、第3世代以降の機能過多な端末も対象になりますが、これにはiモードが早く育ちすぎたということも背景にあります。移動端末においては、ヨーロッパもアメリカも、スマホ（スマートフォン）世代になるまで本格的なインターネットサービスはやっていませんでした。

**自分のしたいことを具現化するチャンスだった。
一瞬できないと思ってしまうことに挑戦する。**

——ここで、ゼロからの出発をされた皆さんの当時の思いをお聞かせいただけますか？

木下 正直に言えば、私は面白いから仕事してたというだけで、未来などという大げさなことは、考えたことはありません。でも、ないものを作るのは面白いし楽しかった。

永田 私は端末を担当していましたが、movaをブルース・ウィリスが宣伝してくれたことは嬉しかったです。電車の車内で、携帯電話を使っている姿を見るのもゾクゾクしていました。自由度はすごくありました。お客さんも少ない、誰も注目しないなどといわれましたけれど、技術屋にとっては自分のしたいことを具現化するチャンスだったと思います。

山本 技術とか工学の人たちは、ものを作ることや



山本
浩治



歌野
孝法

何かを生み出すことが本質的に好きなのではないでしょうか。我々が歩んできた道は苦しいこともありましたが、結果が伴ったことが何よりも嬉しいです。時には自分の考え方を否定されたこともありましたが…。夢中になって「今」に取り組んで、より良いものを生み出していったことの繰り返しでした。ドコモ発足の際には、私は単に仕事がおもしろいという理由だけでドコモへ移りました。移動通信が進歩すると生活も便利に豊かになりそうな、そんな夢がありました。

尾上 みなさん、できないと思ってることを作ってきたというのは自慢すべきではないでしょうか？例えば高い周波数では、セルラ方式はできないと思ってた人は結構いました。2GHzでセルラができると思っていた人は、少なくとも20～30年前はいなかったのではないのでしょうか。それが今は2GHzでセルラシステムが普通になってきてる。

これを踏まえて、最近の例で言えば、第5世代移動通信システム（5G）でミリ波のようなさらに周波数が高いと電波が飛ばないといわれても、「今はできなくても10年ぐらいたったらできるようにしてほしい」と私は後輩に伝えています。

山本 だから、簡単にできることではなくて、一瞬できないと思ってしまうことに挑戦する。そして、世の中が便利になる。全部を自分でやろうとするのは大変なのですが、挑戦しないとだめだと思っています。

木下 一時期、R&Dの世界ではデスパレーがあるとよく言われました。実用化に結びつかない研究開発のことを指しています。そういう意味ではドコモの開発には幸いなことにデスパレーはなかったです。というのは、導入、開発、研究の3者がしっかり連携をしてるから、研究サイドが作ったものを開発陣が導入サイドの要求条件をよく咀嚼して移していくことができました。非常にいい流れで仕事できました。

歌野 人が少ないからやらざるを得なかった。開発も事業の導入の場にも実際に行きました。オペレーションなども、場合によっては分担するなどして、一体となってシステムの導入・機能追加などを行ってきました。その環境があったからこそ、いまでも



永田 清人

ドコモでは開発経験した人が事業部門に行ったりと（部門を超えた）交流がとて多いです。

■ 第3世代（2000年代、W-CDMA方式）～

マルチメディアの時代

標準規格も国際化し、海外ローミングが可能に

——さて、2000年代に向けてグローバル化が進み、世界統一規格が求められる時代へと入ってきました。

尾上 携帯が普及したこの時代には、インタフェースを統一しておかないと一般旅行者が携帯を世界で使えないという事実と直面します。そのために努力しようというのが第3世代のそもそものコンセプトでした。ITU-R（International Telecommunication Union-Radio communication sector）で議論して目標として定めたのが世界統一規格で、2Mbpsの通信を可能とするといった目標や共通認識を作り上げたのがこの時期です。

永田 第3世代に対してメーカーの人たちは当然それで色めき立っていたと思います。第2世代のPDCに比べると技術的ジャンプ度は非常に高かったと思います。アナログの時からPDCの頃までは技術の進展に連続性がありましたが、第3世代になり、大きくジャンプし、そこに各メーカーは相当な投資をしてきたのは、世界で売ることを考えていたからだと思います。

山本 ところが、第3世代に統一されたのにもかかわらず、海外では第3世代だけではなくGSMも入れてほしいと言われてしまい、日本のメーカはさらなる開発を強いられていました。ヨーロッパは広く普及しているGSMがベースで、第3世代を全部に広げる気はなかったのかもしれませんが。

尾上 3Gの方式そのものには、日本の提案が大きく寄与しているので、ある意味で日本の貢献が世界に広がったということになります。ただ、それが日本の産業にどれだけプラスになったかという点、それはメーカや市場の事情に大きく依存することになるので、ここでは何とも言えません。

木下 第3世代の発端は、PDCの開発が終わって何とか動きだして売れ出したとほっとしていたら、開発のボスが「次はW-CDMA（Wideband Code Division Multiple Access）でやるぞ」と言い出しました。そこで、それを世界標準にするためにオペレータやメーカを呼んで、仲間を作ろうということになりました。その時、研究部隊が手掛けていたシステムの伝送実験をノキアのCTO（Chief Technical Officer）に見せたところ、どうやら2年ぐらいこちらの方が進んでいるようで驚いていました。ノキアのCTOが帰国後、エリクソンのCTOと話した結果、無線技術はドコモのW-CDMAでヨーロッパをまとめるから、制御プロトコルはGSMでやらせてくれという話になり、それがヨーロッパと手を組む発端となりました。

尾上 ヨーロッパでは標準方式の対象として5つぐらいの候補があり、そのうちの1つにW-CDMAが入ってはいましたが、ETSI（European Telecommunications Standards Institute）というヨーロッパの標準化団体の中で、特にTD（Time Division）-CDMAという方式との間で、1年間ほど激しく議論が繰り広げられてきました。それが1998年の1月の会合において、W-CDMAを基本として、一部にTD-CDMAを取り入れることで、ヨーロッパ標準として決定しました。そして、ヨーロッパの次はアメリカです。アメリカ側は、CDMA2000という方式が議論の中心になっており、日欧対アメリカの構図となりました。単なる技術論争だけではなく、特許などの権利の扱いとか、ある種の貿易論争のようなものまで含んだ対抗戦となってしまう、激しい議論の末に一部のパラメータの妥協を受け入れたものの、ほぼ当初のW-CDMAが標準になりました。ただし、CDMA2000も含め、複数のモードをもつ1つの標準ということになり、本当の意味での唯一の標準ではありませんでした。

——決定事由が技術の優劣ではなかったのですね。

尾上 あの時は、3Gが未来永劫できないかと思いました。

歌野 当時、欧州のメーカの中には、「W-CDMAの採用は、技術的に優れているか否かではない、我々にとってはIPR（Intellectual Property Rights）を含め技術的に実現することが現実的ではない、だか



木下
耕太



永田
清人



尾上
誠蔵

「この標準化に反対する」と、とあるメーカーのトップに言われたことを印象的に記憶しております。そして、「我々にとって全くのアドバンテージになってないものを採用することはありえない」とも、そのメーカーに主張されました。

歌野 当時、移动通信関係の機器を提供している欧州メーカーの多くは、固定通信にも大きなシェアを持っていましたからね。携帯の次の発展に対しては自分たちがある程度主体になってやれるものを模索してたのだと思います。欧州を中心にこのような攻防の激しさが増したのは、GSMの成功を背景に市場が大きくなったこともひとつの大きな要因だったと思います。

尾上 しかし、昨日の敵は今日の友。利権だけではなく技術的な良い論争ができたからこそ、今、良い関係を築くことができているのだということも伝えておきたいです。

■ 第4世代(2010年代,LTE/LTE-Advanced方式)～

スマホの時代

さらに快適な通信環境へ

——市場が大きくなった第3世代。続いてどのように変化したのですか？

木下 第3世代は第2世代と関係なく独立して築きました。相当な投資をしたけれど、サービス開始か



山本
浩治

らの数年間の収益はそれほどでもなかった。この状況では、第4世代は新たに作らせてもらえないかもしれないというわけで、改良版の3.9Gとかスーパー3G（今のLTE）を打ち出したわけです。

尾上 当時、第4世代の研究は次々と進んでいて、2002～2003年には100Mbps、研究所レベルでは、1 Gbpsというデータ伝送を実現していました。ところが、3Gのビジネスの状況は投資の回収をできないまま惨憺たるものでした。このような時に、R&Dの中期計画を立てるという時期に重なり、その中で第4世代の開発などとはなかなか言えるような状況にないため、1週間でスーパー3Gという話にまとめあげて、計画に反映させました。もちろん、標準化にもっていく時も恐る恐る、丁寧に対応しました。

歌野 これは、聞く側の新たな投資などに対する抵抗感をどうやって和らげるかというお話ですね。例えば、3Gは3Gの中で少しずつ改良はしていました。HSDPA（High Speed Downlink Packet Access）とかHSUPA（High Speed Uplink Packet Access）とか、段々と高速化をしてきました。そして、その延長にもう1つ、スーパー3Gがさらにあるというイメージで伝えたら、聞く側のほうは抵抗がより少なくなるのではないかと。いまの基盤の上に乘れば、投資としてはそれほど大きなプロジェクトや課題として映らないだろうという考えですね。

そう考えると、今とは雰囲気さがすごく違います。

今は4Gとか5Gとか、次々新しいことを言っていたほうがビジネスになるようなイメージです。新しさを出していこうとしてるのがいまの時代。新しい分だけビジネスになると考えているように思います。

永田 3G、4G、5Gと伝送速度が上がってくる中で、「それによりどのようなサービスができるのか考えろ」とよく言われます。しかし、最近では、伝送速度が速くなることで、いろいろな人がそれを使って、新しいサービス、文化が生まれてきています。例えば、YouTubeはもともと存在していましたが、伝送速度が速くなったことでスマホから動画をアップロードできるようになった結果、YouTuberが活躍できるようになり、またInstagramの利用も増えてきて、「インスタ映え」といった言葉も出てきました。

歌野 通信のキャパシティに合わせて使っていく。使っていくがゆえに、またそれを受容するためのシステムが必要になってくるという循環です。特に最近では、皆さん、キャパシティをふんだんに使いますから、旺盛な需要にどのように応えるかを開発サイドも考える必要があります。

尾上 毎回こんな議論を超えて新しいものが誕生し

ています。本当に毎回通る道です。5Gはその最たるものです。お客様が望んでいる以上、少し上ぐらいを狙わないと、すぐに技術は陳腐化しますから、難しめ、難しめを狙っていかないと、なかなかうまくいかないです。結果論ですが、そういう循環になっています。

歌野 そういう意味では、これからはすごく難しい時代に突入しました。昔の話はだいたい固定網のサービスが先にあって、それを携帯の中にどのように上手に取り込んでいくかを考えてきました。しかし、これからは何が新たなビジネスになりうるのかを考えるのですから、かなり雰囲気が違います。インフラ基盤は変わらないと思いますが、考えなければいけないことは、我々の時よりは極めて難しくなっていると思います。

——東京オリンピックも目前ですね。さらに新しいことが求められていきそうです。

尾上 5Gでは、IoTも意識していますし、遅延を小さくする、信頼性を高めることなどにも取り組んでいます。テレコム業界以外の方が5Gに注目していて、ある意味いろんなコラボレーションというか、パートナーリングで新しいビジネスチャンスが生まれてきています。ドコモは2020年に5Gのサービスを





開始するといっていますが、それは現実のものになると思います。

未来の技術者たちへ 「少し先の何か」を自分たちの力で生み出して！

——近未来の話になってきたところで、次世代の同僚たちへのエールをお願いいたします。

永田 私は現役時代、結構、開発にお金を使わせてもらいました。一番お金を使わせてもらったのは3Gが立ち上がらなかった3年間。3G用の端末を立ち上げるという意味では、立ち上げられましたから短期的な目標は達しましたが、Googleの 안드로이드やiPhoneとは全く別物でした。ということは、お金の使い方がどこか間違っていたのかもしれませんが、グローバルな感覚が必要だったのかもしれませんが、当時はそのような環境にはありませんでした。いまはグローバルに意識を向ける環境ができていますので、これからの人にはグローバルの感覚で、キーとなるもの、あるいは技術を残せるように、注力してもらいたいです。それを、長期的に考えて上手くビジネスをつなげていってほしいです。

尾上 しかし、それはある意味で結果論でもあります。私たちは、まったく何もないところから立ち上げるという役割を担ってきました。そこに価値があると思いたいです。繰り返しになりますが、できないと思うことを実現する、想像の範囲内ではなくて、想像を超える新しいものを生み出してほしいです。

永田 それはそれで価値だと思いますが、OSにしても、LSIにしても、結局日本は全部負けた。グローバルな活躍を夢に思っ、自分のアイデアを大いに生かしてそれを勝利に結びつけてほしいです。

山本 私の担当分野は昔で言う「交換」ですから、アドバイスがほかの方たちと異なる観点になるかもしれませんが、ぜひ若い人をお願いしたいのは、10の技術があったとすると、1つは世界の先端を走る研究開発をやり、残りの9は、世の中にあるものを組み合わせて、ドコモ初のネットワークを生み出していきたいです。

歌野 アドバイスできることはありませんが、我々の時代は、「移動通信」への理解が非常に薄い中で、国際的状況にも技術的知識にも理解を深めながらやってきて、ようやくここまでたどり着いたというのが実感です。この先、そこからステップアップするには何が必要なのかをよく考えてやってもらいたい。どんな力が必要なのかを是非模索していただきたいと思います。しかし、私たちがそれに言及することにはおそらく価値はありません。変化する時代や環境に合わせた理解と知識と技術を自ら考え・見出すことが必要なのだと私は思います。頑張ってください。

木下 荒っぽく言えば、できたあかつきに、オペレータ、事業者とエンドユーザに役に立つ利点が明確にあるような目標設定をしていただくのが良いと思います。今自分ができることだけをやるなど伝えたいです。できる、できないではなくて、まずは利点、売りがあるものに目標を置いてほしい。あとは目標に向かって頑張れば、たかが通信なのだからたいていのことはできます。

——みなさん、話がつきませんね。貴重な記憶とアドバイスをありがとうございました。