

1. 序

近年、日本をはじめ欧米各国において携帯電話が急速に普及し始めている。その基礎となる移動体通信システムの技術は、1970年代前後から研究開発が開始され、1980年代には研究開発の展開とともに現在普及している通信方式の規格が日米欧において定められた。移動体通信は、通信事業の民営化や規制緩和による市場創出の好例として引き合いに出されることが多い。移動体通信は、無線通信方式であって従来の有線方式とは異なるシステムであったために、その事業の展開が、国営であった通信事業の民営化や、単一企業による独占から複数の企業による市場競争へという政策の転換とも合致して、コスト低減とサービス向上が促され、結果として急激に市場が拡大していると言われている。

移動体通信の研究開発は、規格標準化活動との関連でも興味深い。当初は、移動体通信の規格は、各国別々であった。しかし、とくに欧州内において移動した別の国においても同一の加入者端末（電話機）が使用できること（国際ローミング）が求められ始めた。そこで、はじめ、北欧4か国のアナログ移動体通信の統一規格としてNMTが制定され、1981年に運用が開始された。ついで、1982年に欧州全体のデジタル統一規格の制定に着手されて、GSMが制定され、1992年に運用が開始された。このような標準規格制定の過程において研究開発を有効に実施することができたかどうか、標準化活動への対応や研究開発マネジメントの観点から検討される必要がある。なお、現在、デジタル移動体通信の世界標準規格として3つが認められており、一つはGSMであり、他は、米国を中心とするIS-54 TDMAと日本を中心とするPDCである。それぞれ、各地域内のみならず、中東欧、アジア・太平洋地域でも、これらの規格に準拠したサービスが展開され始めている。

移動体通信の加入者端末および基地局の設備・システムの市場には多くの企業が参入している。このうち、GSMについては、Ericsson（スウェーデンが本拠、以下同じ）、Nokia（フィンランド）、Motorola（アメリカ合衆国）の3社が世界の65～75%のシェアを握っていると報告されている [1]。しかし、この3社は元々中核技術として備えていた技術分野が異なる。Ericssonは通信のソフトウェア技術に強く、Nokiaは電子通信機器といったハードウェア技術に強いと言われてきた。他方、Motorolaは半導体というデバイス技術から移動体通信技術に展開してきている。このような背景とする中核技術の違いが研究開発の展開にどのような違いを与えているのかも興味深い。

さらに、移動体通信の有力企業2社が人口の少ない北欧諸国に本拠地を置く企業であることにも注目すべきである。移動体通信の市場が拡大した現在となつては、企業グループ全体として世界全体ではある程度の規模をなすものの²、それほど大量の研究者・技術者をさまざまな技術領域に投入できたとは考えがたく、焦点を

註

*1 本稿で述べられた見方は、もっぱら著者らのものであって、科学技術庁科学技術政策研究所の見方を代表するものではない。

*2 現在、従業員数は、Ericssonが100か国以上で85,000人、Nokiaが約45か国で34,000人であり、また、研究者・技術者数は、Ericssonがグループ全体で約20か国・18,000人、Nokiaグループの本社直轄研究開発部門であるNokia Research Centerが3か国・570人である。[1, 2]。

絞った研究開発が求められたことが推察される。このような状況下では、国全体として各セクタの協力のもとに効果的な研究開発が求められよう。一般に、北欧諸国では企業・大学・国立研究機関の相互連携がよく行われていると言われるが、とくに、移動体通信の研究開発に関してどのような組織的連携が見られたかという点も興味ある分析の視点である。

さて、本研究では、移動体通信技術に関する研究開発の組織過程を分析するために、知的成果物データベースに基づいて、学術文献や特許に表れる研究者・技術者の氏名を手がかりとして研究開発の組織過程を構造化して表現する、著者らが開発してきた方法論 [3] を用いる。この方法論によって作成された研究開発過程を表現する図を“動的活動連関図”と呼ぶ。この手法は、公開データを用い、分析者の恣意性を排除した客観的手続きに従ってそれを処理することに特徴を有している。そして、本稿では、北欧2か国に本拠地を置く企業2社とその本拠がある国－Ericsson および Sweden, Nokia および Finland－について比較分析を行う。

2. 分析対象技術の概要

移動体通信は、無線通信技術や音声符号化複号化技術といったデジタル通信技術を基盤としている。また、装置としての“携帯電話”という点で見れば、電池・集積回路・アンテナといったデバイスも重要であり、移動体通信はさまざまな要素技術が統合されて構成されている技術である [4]。中でも移動体通信を他の技術と区別して特徴づける中核的技術は、通常の“移動体電話 (mobile telephone)”の別称が“セルラー電話 (cellular telephone)”であることからわかるように、ゾーン（基地局から電波の届く範囲、セルともいう）間の移動にかかわらず通信を維持するチャネル選択技術である。

移動体通信にはさまざまな種類がある。まず、伝送方式によりアナログとデジタルに大別される。現在は加入者数の増加に対応してデジタル方式の研究開発が進められ、市場においてもデジタル方式が増加している。また、チャネルの分割方式により、FDMA, TDMA, CDMA といった種類にも分けられる。規格にはさまざまなものがあり、使用する周波数帯、チャネル分割等において異なっている。代表的な規格として、NMT, AMPS/D-AMPS, TACS/ETACS, GSM, DCS 1800, PDC 等がある。

3. 方法論

3.1. 方法

著者らがこれまでに開発してきた方法論を用いる [3]。

3.2. データ・セット

本研究は、世界で活動する企業グループおよび特定の国の研究開発機関の研究開発活動を把握することが目的であるため、特許と学術文献の双方のデータベースを用いる。

まず、特許に関しては、データベースとして、パテント・ファミリーをデータとする INPADOC データベースを用いた。なお、パテント・ファミリーとは、同一のクレームをもつ特許が、複数の国・機関に出願された場合に、ファミリーとして1つにまとめられたものである。サーチ・キーについては、世界共通の分類である国際特許分類を用いた。対象とした技術は、移動体通信を特徴づける中核的技術である無線方式による通信のチャネル選択に関わる技術であり、これに対応するサーチ・キーとして検索に用いた国際特許分類を表1に示す。

一方、学術文献に関しては、対象技術が通信分野であることから、データベースとして、INSPECデータベー

表1 移動体通信の中核的技術に対応する国際特許分類

H04Q 7/00 (as group)	Selecting arrangements to which subscribers are connected <u>via</u> radio links or inductive links
-----------------------------	--

表2 移動体通信に対応する INSPEC の分類および統制語

INSPEC Classifications	
B6000	communications
B6200	• telecommunication
B6250	• • radio links and equipment
B6250F	• • • mobile radio systems (including cellular radio)
D4000	office automation – communications
D4045	• mobile communications (including cellular radio and telephones, radio paging)
INSPEC Controlled Terms	
mobile communication systems	
mobile radio systems	
cellular radio	
mobile radio	
mobile communication	

・上記のうち、太字の分類および統制語について検索した。

スを用いた。サーチ・キーについては、INSPEC Classifications中に、移動体通信に対応する分類がある。一方、移動体通信に関連する統制語 (controlled terms) が付与されているもののINSPEC Classificationsの対応する分類が付与されていないレコードもわずかであるが存在した。そこで、検索にはINSPEC Classificationsの分類を用い、補完的に統制語を用いた。サーチ・キーとして検索に用いた分類および統制語を表2に示す。

検索対象組織は、スウェーデンおよびEricssonグループ、フィンランドおよびNokiaグループである。そこで、特許については、出願人の国籍が当該国(スウェーデン、フィンランド)であるか、または、出願人が当該企業グループ(Ericssonグループ、Nokiaグループ)に含まれているパテント・ファミリーを検索した。分析に用いた発明者のデータは、パテント・ファミリー中のベーシック・パテントを基にした。一方、学術文献については、第一著者の所属機関が当該国または当該企業グループにあるレコードを検索した。検索された学術文献の中から、原著論文や学会発表等の論文 (conference paper) のみを選択し、総説 (review) や解説記事等は除外した。

4. 分析

図1,2は、それぞれ、Ericsson+Sweden, Nokia+Finlandの移動体通信技術の研究開発に関する動的活動連関図である。本稿では、紙幅の都合により、その一部で、最大の研究開発グループの部分だけを掲載している。それから、特許の出願人 (applicant) /譲受人 (assignee) については、必ずしも発明者の所属機関と一致しない場合もある。そこで、学術文献の著者の所属機関 (affiliation) と特許の出願人/譲受人について註*3を付した。

066788 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83

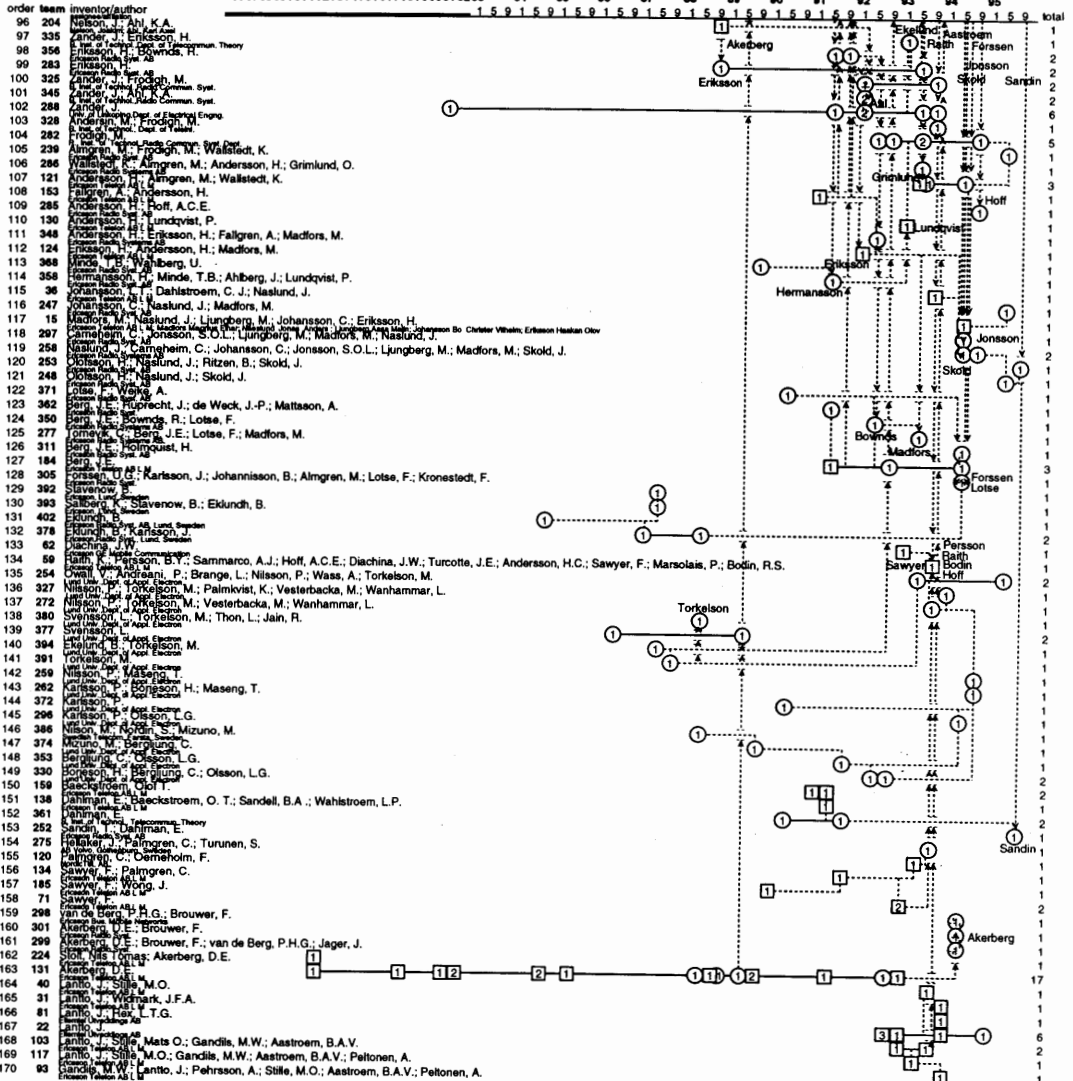


図1 移動体通信に関する動的活動連関図-Ericsson + Sweden (部分図) (続き)

4.1. 研究開発過程の全般的特徴

まず、研究開発過程の全般的特徴を比較する。表3に示されているように、特許数はほとんど変わらない。しかし、学術文献数はスウェーデンが多い。これより、スウェーデンと比べて、フィンランドでは技術開発に重点が置かれていたことがわかる。

次に、研究開発の開始時期や、年間あたりの報数の推移について見てみる。図3に示されているように、スウェーデン全体としては、すでに1970年前後より学術文献が発表されたり特許が出願されたりしている。なお、最大の研究開発グループ内では、最初の学術文献は1980年に、特許は1973年に出されている。また、学術文献や特許の年間あたりの報数が増加し始めたのは、1988～89年である。一方、フィンランド全体としては、学術文献が発表されたり特許が出願されたりのは1980年前後であり、最大の研究開発グループ内では、特許は1987年に、学術文献は1990年になって初めて出されている。特許の年間あたりの報数が増加し始めたのは、やはり1989年であり、1992年以降は、スウェーデンを上回っている。

これらのことから、スウェーデンが、学術研究においても技術開発においても先行していたことがわかる。しかし、技術開発が急速に活発化し始めたと考えられる1989年以降現在に至るまで、スウェーデンとフィンランドとでは学術文献も特許も報数の点では差がほとんどない。1992年のGSMの運用開始以降も、GSM Phase 2+等、さまざまな規格の策定作業が進められており、これらとも対応してデジタル移動体通信の研究開発が進められてきていると考えられる。

動的活動連関図の中で、垂直方向の破線が密になっている部分は、その時期に、研究開発チーム間でのメンバーの大きな組み替えが最大の研究開発グループ全体として見られたことを意味していると考えられる。このような時期が、スウェーデンでは、1991～92年と1993～94年に、フィンランドでは、1994年に見られる。フィンランドについては、この垂直方向の破線で示されるつながりがなければ、この最大の研究開発グループはより小さな複数のグループに分散したままであったはずである。スウェーデンにおいてもフィンランドにおいて

*3 学術文献の著者の所属機関と特許の出願人/譲受人

□企業グループ

Ericssonグループの本部(headquarters)でグループ各社の親会社はTelefon AB LM Ericssonである。よって、スウェーデン国内の特許出願では、Telefon AB LM Ericssonが出願人となる。外国、たとえば米国に出所があると考えられる特許では、Ericsson, Inc. (ex. Ericsson GE Mobile Communications, Inc.)が出願人/譲受人となる。なお、実際の研究開発実施組織は、グループの子会社の1つであるEricsson Radio Systems AB等であり、学術文献の著者の所属機関として表示されている。

一方、現在、Nokiaグループは、Nokia Telecommunications Oy (ex. Telenokia Oy), Nokia Mobile Phones, Ltd. (ex. Mobira Oy, Technophone Oy; Nokia Matkapuhelimet Oy), Nokia General Communications Products Oyの3つで構成されている。これらが特許の出願人/譲受人になる。同一の特許について、Nokia Telecommunications OyとNokia Mobile Phones, Ltd.の両方に特許の出願人/譲受人があったり、同一の研究者による発明でも、特許によって出願人/譲受人が異なる場合がある。これらは、研究開発費の出所によって推察される。なお、Nokia Telecommunications Oyはデジタル通信技術の研究開発を、Nokia Mobile Phones, Ltd.は無線電話技術の研究開発を担当している。また、実際の研究開発実施組織は、学術文献の著者の所属機関として表れる本社直轄の組織であるNokia Research Centerである。

□通信事業者・国立研究機関

スウェーデンでは、通信事業は、元々、Swedish Telecom Radio Administration (Televerket) - 日本の郵政省と旧日本電信電話公社に相当者が担っていた。したがって、1993年7月のTeleverketの通信事業の民営化までは特許の出願人/譲受人はTeleverketとなっていた。民営化後は、Televerketの通信事業部門は政府が全額出資するTelia ABに転換し、研究開発はおもにTeliaグループの研究開発子会社であるTelia Research ABが担うようになった。民営化後は、特許の出願人/譲受人はTelia ABとなっている。なお、民営化に伴いTeleverketの監視部門は、Post- och Telestyrelsen (National Board of Posts and Telecommunications)に移った。

一方、フィンランドでは、通信事業は、政府が全額出資するTelecom Finland, Ltd. - 日本の旧日本電信電話公社に相当者が元々独占し、対応する政府機関は、Posti ja Telelaitos - 日本の郵政省に相当者であった。1980年代後半より通信事業市場の自由化が進められているが、1992年においても、本分析事例の中では、Telecom Finland, Ltd.の特許の出願人/譲受人がPosti ja Telelaitosとなっている。国立研究機関としては、Technical Research Center of Finland (VTT)がある。

表3 移動体通信に関する動的活動連関図に表れる研究開発活動の概要

	Sweden + Ericsson	Finland + Nokia
特許数 (パテント・ファミリー)	334	284
学術文献数	245	68
計	579	352
研究者数	528	350
研究開発チーム数	420	265
研究開発グループ数	170	120
最大の研究開発グループに含まれる研究開発チーム数	170	91
全研究開発チームに対する最大の研究開発グループに含まれる研究開発チームの割合	0.40	0.34

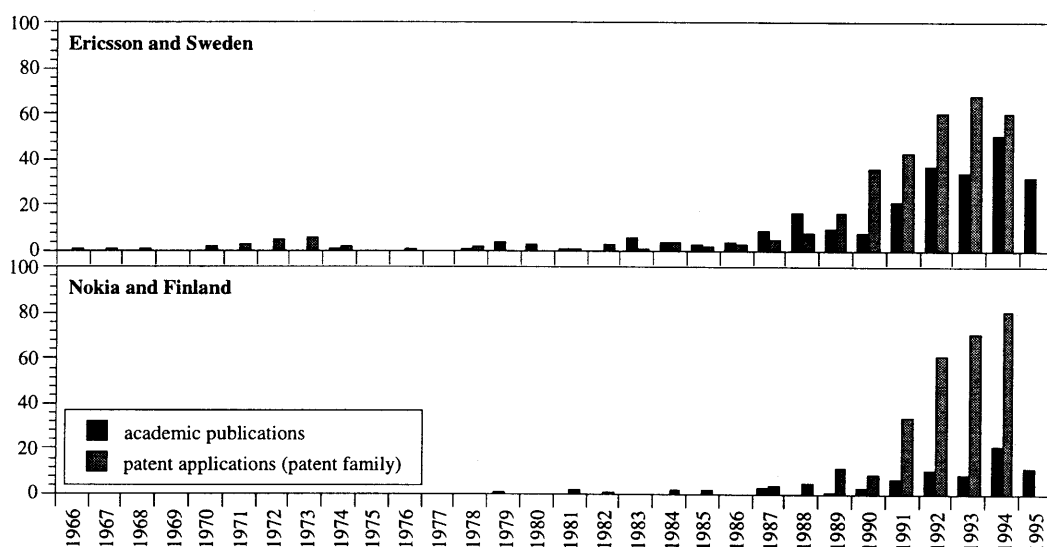


図3 移動体通信に関する学術文献・特許の報数の推移

も、この時期、チームの組み替えをもたらした何らかの状況の変化があったと推測される。

図1,2で水平方向の実線で示されているように、スウェーデンにおいてもフィンランドにおいても、長期にわたって継続している研究開発チームがいくつか見られる。しかも、その多くが1人だけで構成されている研究開発チームである。また、研究開発チームのメンバー数は、一部のチームを除き1~4名である。このように、研究開発チームは、おもに小規模のメンバーで構成されていることがわかる。

4.2. 企業・大学・研究機関間の連携

スウェーデンの最大の研究開発グループの中で orders 96-153 の研究開発チームは、ほとんど学術文献だけを発表したクラスターとなっている。最大の研究開発グループ内で他の研究開発チームとつながりがあるとは

いえ、発明して特許を出願する研究開発チームとは分離された一群である。これらの研究者の所属機関について見てみると、Ericsson Radio Systems AB (ERA) の他に、Royal Institute of Technology (KTH: Kungl Tekniska Högskolan) や Lund University といった大学も含まれている。スウェーデンには、「研究」だけを行っている一群があったことがわかる。

連携の形態について詳細に見てみると、まず、キーパーソン 1 人である Gudmundson, B. (orders 62-72) は、KTH から ERA に異動している。Fordigh, M. (orders 103-105) は KTH に所属する一方、ERA のメンバーとも共著で論文を書いている。この Ericsson グループを中心とする最大の研究開発グループの中にあつて、orders 135-145, 147-149 にかけて Lund University の研究者による学術文献が並ぶが、これは、その中のメンバーの 1 人であつた Ekelund, B. が、その後、Ericsson, Inc. (ex. Ericsson GE Mobile Communications, Inc.) (U.S.) において、最も多くの特許の発明者となっている Dent, P.W. との共同発明があるからである。他にも Dent, P.W. は、order 83 で、Lund University の研究者との共著論文がある。これら以外には、Ericsson グループの研究者とこの Lund University の研究者とのあいだにはつながりは見あたらない。また、やはりキーパーソンの 1 人であつて最も多くの特許の発明者である Dent, P.W. も、特許情報から判断すると、スウェーデンからアメリカに異動している。

一方で、スウェーデンとアメリカにある研究拠点間での連携が見られる。キーパーソンの 1 人であつて最も多くの研究開発チームに含まれている Raith, K. は、はじめ Uddenfeldt, J. らとともに ERA において研究開発を行っていたが、1990 年頃に Ericsson, Inc. に異動して連携を保ちつつ研究開発を進めていたことがうかがえる。

スウェーデンのそれ以外の研究開発グループでは、Ericsson グループの他に、通信事業者である Telia AB (ex. Swedish Telecom Radio Administration (Televerket)) やその研究開発子会社である Telia Research AB や、他の大学、非営利研究機関である Swedish Institute of Computer Science 等の研究者による成果があるものの、組織的には大きな展開になっていない。

これらより、スウェーデンでの移動体通信に関する研究開発の中心は、おもに Ericsson グループの中で行われたといえる。しかも、Ericsson グループ内では、スウェーデンのみならず、アメリカにおいても研究開発が行われている。Ericsson の資料 [1] によれば、現在、デジタル移動体通信の研究開発の本部はアメリカにあるとされている。スウェーデン国内における組織間の連携よりも、アメリカとヨーロッパという 2 大市場で、かつ、それぞれの規格をもつ地域に置かれた Ericsson グループ内の研究開発拠点間での連携に研究開発の中核があつたことがうかがえる。

フィンランドの最大の研究開発グループの中には、学術文献だけを出している研究開発チームのクラスターはない。ほとんどが Nokia グループ内の研究者による特許や学術文献である。他の所属機関との連携について詳細に見てみると、Oulu University の Glisic, S. らが Nokia グループの研究者と共同発明をしている (order 12)。また、Helsinki University の Tanskanen, J.M.A. は、もともとは Nokia Research Center に所属している Laakso, T. らとともに共著で学術文献を書いている (order 22)。さらに、Malkamäki, E. は、Helsinki University of Technology に所属して学術文献を発表し研究を行う一方、Nokia Mobile Phones, Ltd. が出願人/譲受人となる特許の発明者として開発を行っていた。その後、1992 年頃に、Nokia Research Center に異動している。一方、Nokia の資料 [2] によれば、現在、Nokia グループにはフィンランド以外にアメリカと日本に研究開発拠点があるが、観察された時点ではこれらの拠点に所属する研究者との連携は見あたらない。

一方、フィンランドのそれ以外の研究開発グループでは、Nokia グループの他に、他の大学（たとえば、

Lappeenranta University of Technology 等), 国立研究機関である Technical Research Center of Finland (VTT) 等の研究者による成果があるものの, 組織的には大きな展開になっていない。

これらより, 観察された時点まででは, フィンランドでは, もっぱら Nokia グループの中で, しかもフィンランド国内で研究開発が行われていた。なお, Nokia グループには, デジタル通信技術を担当する Nokia Telecommunications Oy と, 無線電話技術を担当する Nokia Mobile Phones, Ltd. があり, デジタル移動体通信技術はまさにこの両者にまたがる技術である。そして, 特許の出願人/譲受人に双方が挙がっていたり, 各社を出願人/譲受人とする特許がほぼ半々ずつあるように, グループ内において統合してデジタル移動体通信技術の研究開発に取り組んでいたことがうかがえる。

5. 考察と課題

まず, スウェーデン, フィンランドとも, それぞれに拠点を置く企業グループである Ericsson と Nokia が, 移動体通信に関する研究開発の中心であったことが明らかとなった。しかも, Ericsson の場合には, スウェーデン内のみならず, 大きな市場でありかつ本国とは異なる規格を採用しているアメリカにも研究開発拠点があり, これらの拠点間で連携して研究開発活動が進められていた。一方, Nokia の場合には, フィンランド国内でもっぱら研究開発活動が進められていた。

大学との組織的連携は, スウェーデン, フィンランドとも全面的に行われているわけではなかった。独立した小さな研究開発グループの中に, 大学の研究者によってメンバーが構成される研究開発チームが多くあったからである。ただし, 両国とも, 一部のキーパーソンについて, 大学で「研究」を主として行っていたのが, 民間企業に異動して「開発」を主として行うようになったという例が見られた。

企業グループと国立研究機関あるいは民営化後の通信事業者の研究機関との組織的連携はほとんど見られなかった。しかし, とくにスウェーデンにおいて, 国立研究機関あるいは通信事業者の研究機関においても, 企業グループと並行して同時期に研究開発が行われている。国立研究機関あるいは通信事業者の研究機関においては, ほとんど研究者間の連携が見られず, その組織過程を見ると独立した研究開発グループに分散していた。ただし, 特許数・学術文献数・研究者数の点でみると, 企業グループよりはるかに少なく, 移動体通信の研究開発は, 通信事業者や国立研究機関ではなく, 通信機器供給業者(すなわち, Ericsson グループ, Nokia グループ)の主導で行われていたことが推察される。

「研究」と「開発」との連携に関しては, 同一の研究者が発明して特許を出願し, 研究して学術文献を発表するという人が, とくにスウェーデンに多くいた。また, 表3の全研究開発チームに対する最大の研究開発グループに属する研究開発チームの割合にも示されているように, 研究開発チーム間につながりがあり比較的大きな研究開発グループが構成されていた。他の技術開発を対象とした事例分析では, 一般に, 欧米企業での組織過程では, 「研究」と「開発」では研究開発グループが分離していたり, 大きな研究開発グループが構成されず分散していることが多かった。しかも, これらの企業では製品化に至っていないところが多かった。ところが, この移動体通信の事例での両国の特徴は, これらとは異なっていた。1992年以降から特許数が増加していることから, 基本的技術の開発にとどまらず, 製品化や次期の技術につながる開発活動が積極的に展開されていたことが推察される。

また, 研究開発チーム間でのメンバーの大きな組み替えが研究開発グループ全体として見られた(スウェーデン:1991~92年, 1993~94年; フィンランド:1994年)。この背景については, 今後, 分析を進めていく必

要がある。

学術文献・特許といった知的成果物のデータから得られた結果を基にして、スウェーデンおよびフィンランドにおける移動体通信に関する研究開発の組織過程が観察された。今後、キーパーソンである研究者等へのインタビューを行い、より詳細な情報を得て、研究開発過程と国や企業グループとしての研究開発システムとの関係や、規格標準化活動への対応との関係についての分析を深めたい。

謝辞

本研究は、Swedish National Board for Industrial and Technical Development (NUTEK: Närings- och teknikutvecklingsverket) の Lennart Stenberg 氏, Adrian Ratkic 氏らとの共同研究の一環として行われている。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] Ericsson 各種資料 (e.g. <http://www.ericsson.se>)
- [2] Nokia 各種資料 (e.g. <http://www.nokia.com>)
- [3] Ijichi, T., Yoda, T., and Hirasawa, R. Mapping R&D network dynamics: Analysis of the development of co-author and co-inventor relations. 研究技術計画, 8, 263-275. (1995)
- [4] 齊藤忠夫, 立川敬二 (編) 移動通信ハンドブック. 東京: オーム社. (1995).