九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

モビリティと技術革新

山﨑, 朗
九州大学大学院経済学研究院 : 教授

岡, 俊明
九州大学ベンチャービジネスラボラトリー : 講師

https://doi.org/10.15017/4360767

出版情報：經濟學研究. 67 (4/5), pp.111-124, 2001-05-31. 九州大学経済学会
バージョン：
権利関係：

モビリティと技術革新

山　﨑　　朗
岡　　俊　明

1．本論文の目的

経済発展、産業構造転換が技術革新によって引き起こされることは広く認められている。技術革新は、製造部門における生産性上昇に寄与するプロセスイノベーションと新しい製品を開発・製造するプロダクトイノベーションに区別されることが多い[1)]。経済学において生産関数的取り扱いが比較的容易なのは、製造コストを引き下げる（生産性上昇）プロセスイノベーションである。

しかしながら、長期的な経済発展、産業構造の転換をもたらすのは、新しい製品の市場への供給、すなわちプロダクトイノベーションである。新しい製品の供給がどのようなメカニズムで行なわれるかは、これまでブラックボックスとして取り扱われてきた[2)]。経済理論においては、新製品の誕生そのものを取り扱う理論的枠組みは存在しない。革新的技術は、外生的ショックとして理解される。技術革新をメインテーマにした研究もあくまでも経済学の枠組み、とくに生産関数への適用、独占と研究開発費の関係に限定されており、新製品誕生のメカニズムそのものを経済学的視点から解明しようとはしていない[3)]。

シュンペーターが経済構造を変革する産業上の突然変異に対して、「創造的破壊」（Creative Destruction）という用語を使用した背景には、経済の内部構造から非連続的変化を解明すると明言してはみたものの、非連続的変化を体系的に説明することが容易ではない、プロダクトイノベーションに対する困惑があったように思われる[4)]。

ところが、注意して見直してみれば、シュンペーターのみならず、チャンドラー、スウィー

1）「たとえば現在では、プロダクト・イノベーション（product innovation、製品のイノベーション）とプロセス・イノベーション（process innovation、生産工程のイノベーション）を区別することはきわめて一般的である。」(R・クームズ／P・サビオッティ／V・ウォルシュ（竹内啓・廣松毅監訳）『技術革新の経済学』新世社、1989年、p. 6）。

2）「技術進歩の一つの源泉が無視されているということは、必ずしもさほどふしぎなことではない。こうした問題には、経済分析がたやすく適用されるものではなく、むしろ、不可能だとしてもよいかもしれない。」（J・ジェークス／D・ソーヤーズ／R・スティラーマン（星野芳郎・大谷良一・神戸鉄夫訳）『発明の源泉』岩波書店、1968年、p. 4）。

3）クームズらの研究も生産関数、企業の研究開発、技術革新の普及パターンに集中している。

4）「いまちょうど、発電工場、電気産業、電化された農場や家庭および自動車をつくり出した企業の波の低下勾配のまっただなかにある。われわれはそこにあらゆる驚嘆すべきものを見出すのであるが、これに匹敵する重要な機会がまさにどこから出てくるかは、われわれの力のかぎりではわからない。」（ジョセフ・A・シュンペーター（中山伊知郎・東畑精一訳）『資本主義・社会主義・民主主義［上巻］』東洋経済新報社、p. 213）。

ジー、ダニエル・ベル、アルビン・トフラー[5]、リチャード・フォスター、米倉誠一郎などのプロダクトイノベーションに対する論述は、基本的にある共通性を有している。それは、新しい輸送・通信手段の出現とその手段を活用した新しい取引形態、新組織の誕生についての指摘なのである。シュンペーターが非循環的・非連続的技術変化の例として挙げたのは、駅馬車から汽車への変化であった[6]。彼はこの変化の本質的意味について論じているわけではない。チャンドラーの組織論は、鉄道会社の管理から開始されており、しかも新しい輸送・通信手段によって組織構造の変化がよぎなくされたという論理展開なのである[7]。しかしここでもこれらの技術革新の意味を問うのではなく、事業部制をもたらした外部条件として提示されているだけである。バランとスィージーは、国民経済の全構造を揺り動かす技術革新は、蒸気機関、鉄道、自動車の三つしかないと明確に規定している[8]。それでもその意味とは、田村大樹氏が的確に指摘したように、補完財としてのガソリンスタンド、モーテル、石油産業への影響と産業連関効果としてのゴム、ガラス産業の成長にあった[9]。輸送手段の技術革新は、経済発展のカギであることはまちがいないが、輸送手段のみが輸送問題解決のカギではない。電子・電機機器の技術革新は、情報の伝達という輸送問題の解決策であるが、その情報機器のモバイル化という問題もまた、広い意味での輸送問題なのである[10]。

この点については、ダニエル・ベルの見解が参考となる。ベルは、「技術に関していえば、過去25年間に導入された主たる技術、テレビとコンピューターに比べてみると、19世紀の個人の生活に大きな変化を導入したのはおそらく、鉄道、汽船、電気、電話であり、20世紀初期にあっては、それはラジオ、自動車、活動写真、航空機、高速垂直エレベーターであった。『変化のベース』のほんとうの影響は、各種の技術製品からではなく、堅く結びついた社会の枠組から生じた。その枠組は一つの国家の中で孤立していた地域と階級とを社会の中にもち込み、通信や交通の革命を通じて人と人とのふれ合いと相互作用の度合いとを増大させた。しかし、相互依存の度合いが大きくなるにつれて、規模の変化があらわれた。すなわち都市の膨張、組織の大きさの拡大、政治的活動の場の拡大といった変化の結果、個人はより大きな全体の中で無力感を強め、いかなる組織の活動に対しても中央からの管理がきく範囲が広まった」[11] と論じて

5) 「約言するならば、超産業化社会への過程にある諸国にとって、とくに、そこに生きる未来型人間にとって、移動とは一つの生活様式であり、過去の制約からの解放、さらには豊かな未来への一歩を意味するものとなっているのである。」(アルビン・トフラー（徳山二郎訳）『未来への衝撃』中公文庫、1982年、p.112)。

6) 「たとえば駅馬車から汽車への変化のように、純粋に経済的－「体系内部的」－なものでありながら、連続的にはおこなわれず、その枠や慣行の軌道そのものを変更し、「循環」からは理解できないような他の種類の変動を経験する。このような種類の変動およびその結果として生ずる現象こそわれわれの問題設定の対象となるものである」(ジョセフ・シュンペーター（塩野谷裕一・中山伊知郎・東畑精一訳）『経済発展の理論（上）』岩波文庫、1977年、p.171)。

7) アルフレッド・D・チャンドラー（三菱経済研究所訳）『経営戦略と組織』実業之日本社、1967年、pp.36-39。

8) P・バラン／P・スウィージー（小原敬士訳）『独占資本』岩波書店、1967年、pp.266-268。

9) 田村大樹『空間的情報流と地域構造』大明堂、2000年、pp.78-83。

10) 米倉誠一郎の技術革新についての見解は、斬新であり、われわれの見解にきわめて近い。米倉は、「いつでも、安価な輸送手段と頻繁に行なえるコミュニケーションこそ経済成長の基本的要因である。」(米倉誠一郎『経営革命の構造』岩波新書、1999年、p.80)と述べている。

おり、技術革新の中心に空間克服に関する技術を据え、その社会的インパクトを彼の社会学の研究対象として捉えている。

本論文では、これまでブラックボックスとして取り扱われてきたプロダクトイノベーション、創造的破壊の中心的メカニズムを、新しい輸送・通信手段および移動可能（モバイル）製品開発の一連の展開として捉えようと試みる。もちろん、すべてのプロダクトイノベーションを輸送・通信手段、モバイル機器の開発という観点から捉えることができないことは、あらためていうまでもない。冷蔵庫、洗濯機、クーラーなどの移動を目的としていない製品の開発は、人間生活の快適さと関わっている。また、人間の命に関わる医療・製薬・バイオ技術も「モバイル」、「移動」という観点からは除かれる。

つまり、プロダクトイノベーションの源泉を３つに大別すれば、輸送・通信・モバイルという移動に関する技術、日常の生活を安楽にするための固定化された機器、そして人間の命そのものの維持に関わる技術に大別される。ただし、医療・製薬・バイオ技術も細胞、分子、原子、電子レベルの技術に近づくことによって、小型・圧縮といったモバイル機器の開発ときわめて似通った技術革新メカニズムを有するようになる。

しかし本論文で、輸送・通信・モバイル機器のプロダクトイノベーションに議論を限定するのは、これらの新製品の普及によって、関連産業のプロダクトイノベーションはもとより、新しい取引形態をもたらし、その技術に対応した新組織の誕生、―シュンペーターはこれも創造的破壊の一つと理解した―をもたらすと考えるからである。それは、新組織の誕生にとどまらず、産業の融合[12]をも引き起こす主要な源泉となっている。すなわち創造的革新の社会的連鎖を引き起こすのは、輸送・通信・モバイル機器における技術革新の連鎖、製品の急速な普及なのである。

２．モバイル性にもとづく製品分類

製品のモバイル化は、様々な工業製品が人間の移動に随伴できるよう小型[13]、軽量化され、さらに電源のコードや電話線から自由になることによって可能となる。モバイル製品の代表であったトランジスターラジオや携帯用テープレコーダーが世界的に普及したのも小型、軽量で持ち運びしやすかったからである。機器の小型化、コードレス化によってモバイル製品となった商品は、いつでもどこでも音楽を聞きたい、情報を入手したいというきまぐれな欲望を実現

11）ダニエル・ベル（内田忠夫・嘉治元郎・城塚登・馬場修一・村上泰亮・谷嶋四郎訳）『脱工業化社会の到来［上］』ダイヤモンド、1975年、p.60。交通経済学においても同様の認識は何度も示されてきた。たとえば、「交通における技術が社会全体に利用されるようになる過程では、さまざま出来事が発生した。鉄道建設が鉄鋼業などの関連産業の発展を促進したり、大衆の移動距離を飛躍的に延長させるようになった。商業圏は拡大し、工業の立地条件は大きく変化した。その反面鉄道建設に対する反対運動も多く発生した」（岡田清「交通の供給」岡野行秀編『交通の経済学』有斐閣、1977年、p.469）。しかしながら、このような認識は、交通経済学の導入部分、前置きとして論述されてきたにとどまる。

12）植草益『産業融合』岩波書店、2000年を参照。ただし、植草氏は、規制緩和と代替技術により注目している。

13）ダニエル・ベルは、第三次技術革命の四つの底流として、①機械、電気システムの電子化、②ミニチュア化（小型化）、③デジタル化、④ソフトウェアを挙げている。ダニエル・ベル（福島範昌訳）『最後に残る知恵：テクノロジーと人類社会のゆくえ』たちばな出版、1988年、pp.58-61。

する製品となった。携帯電話が爆発的に普及している主要因も、まさに「携帯」性（モバイル性）にある。

携帯電話やモバイルパソコンは、携帯用テープレコーダー、携帯用CDプレイヤー、カメラなどとは異なり、モバイル機器であると同時に通信機能を有している。携帯電話は、いつでも、どこでもコミュニケーションを取りたい、情報を入手したいという人間の欲望を満たす製品であったからこそ、世界的に急速に普及しているのである。

携帯電話についていえば、無線音声通信の優位性は、インフラ設置の容易さにもあった。有線音声通信は、有線の電話線を広域に張り巡らせる必要がある。それに対して、無線音声通信のインフラは、比較的設置コストのかからない基地局を用いる。電線、光ファイバーケーブルは、時間とコストのかかる線的整備が必要である。携帯電話のアンテナは、点的整備で十分である。発展途上国で携帯電話が急速に普及している背景には、アンテナ設置の容易さと低コストがあることはまちがいない。

さらに携帯電話は、音声通話から、データ通信機能やインターネット接続サービスを提供することによって、複合的な機能を有する（ゲーム機能もある）情報端末となった。1999年度末には、日本においても携帯電話加入者数が固定電話の加入者数を上回った[14]。

パソコン市場でもモバイル性の高いノート型パソコンのシェア上昇が続いている。ノート型パソコンのモバイル性は携帯電話ほど高くない。それでも、設置場所を問わず、スペースを節約でき、デスクトップパソコンと遜色ない機能を有しているがゆえに、価格はむしろ高いにもかかわらず市場シェアは上昇し続けている[15]。

物財をモビリティという視角から分類した場合、4つのタイプが存在する。第1のタイプは、不動産と呼ばれる建築物のように、空間上に固定され、移動不可能な財である。住宅、工場、倉庫、オフィスである。

第2のタイプは、頻繁に移動させることを前提としていない製品である。家具、冷蔵庫、洗濯機、エアコン等の空調設備、有線電話、デスクトップ型パソコン、本棚、オーディオセットなどである。これらの製品は、引越しや模様替えの際に動かすことは可能であるものの、日常的に移動させることを前提とした製品ではない。これらの財は、建物と比較すれば耐用年数は短いものの、空間的に固定される不動産的性格の強い製品である。したがって、これらの機器の利用は、場所的に制約されることになる。その機能を利用するためには、建築物のなかの、さらにその機器が設置された場所に行かなければならない。

それに対して、人間が移動中に利用することを前提として作られた製品（第3タイプ）が存在する。ウォークマン、携帯ラジオ、携帯テレビ、腕時計、ゲームボーイ、携帯電話、ノート型パソコンである。このタイプの製品は、人間の移動に随伴し、移動中に使用することを目的としている。モバイル製品は、上記のような電子機器、精密機械に限定されるわけではない。万年筆、眼鏡、文庫本、化粧品、新聞なども、モバイル製品といえる。

14）郵政省編『通信白書　平成12年版』ぎょうせい、2000年、p.9。

15）通商産業省機械情報産業局監修・社団法人日本電子工業振興協会編『パソコン白書1999-2000』コンピュータ・エージ社、1999年、pp.18-24。

第2タイプと第3タイプの両方に位置している財も多数ある。オーディオ機器、ラジオ、テレビ、時計、コンピュータなどは、据え置き型とモバイル型の商品の混在状態にある。

第4タイプは、移動そのものを目的とした財である。航空機、自動車、オートバイ、船舶、自転車などの交通手段である。第4タイプに属する製品開発に共通するトレンドは、「高速化」である。第4タイプは、移動手段そのものであり、人間や物を移動させることを目的としている。効率性を最優先とするのが市場メカニズムの根幹である以上、これらの製品は「高速化」を志向する。「高速化」と同時に、輸送の効率性を高めるためには、交通手段を「大型化」しなければならないことが多い。人や物を低コストで移動させるためには、一度に大量のものを移動させることによって、輸送コストの削減が可能となるからである。旅客機、タンカー、コンテナ船は急速に大型化してきた。

第3タイプのモバイル製品開発に共通のトレンドは、「小型化（ダウンサイジング)」である。人間が持ち運ぶことができる重量、大きさには限界がある。人がより容易に物財を移動させようとするならば、より軽く、よりコンパクトな製品でなければならない。携帯電話も軽量化しており、コンピュータも、軽量、薄型のノート型やサブノート型パソコンの普及によって、モバイル化が進展している。

3．製品のモバイル化がもたらす技術革新の連鎖反応

製品のダウンサイジングは、関連部品のダウンサイジングを連鎖的に引き起こす。モバイル化への対応は、技術革新の源泉である。小型化、軽量化の困難な部品が小型化、軽量化されないかぎり、最終消費財のモバイル化は実現しない。

製品のダウンサイジングは、世界商品を生み出す源泉でもある。10年ほど前までは、コンピュータを利用しようとする場合、大学や企業の端末まで出向かなければならなかった。ところがその後、デスクトップパソコンが開発されたため、家庭でコンピュータを利用できるようになった。コンピュータの所在地は分散した。さらに、近年の「小さく、軽い」パソコンの登場は、機械を人間のライフスタイルに適合させることを可能にした。いまや一人一台あるいは一人に数台というパーソナル化へと進展しており、しかも小型パソコンの登場によって、いつでもどこでもコンピュータを利用できる、モバイル環境が整いつつある。

製品のダウンサイジングは、だからこそ、社会構造を変化させるのである。モバイル化は、知識生産、情報処理、情報伝達の分散化を加速する。このことが、家族、社会、企業のあり方や取引形態の変化を引き起こすのである。

上記4つの区分は、あくまでも現時点での区分である。技術革新によって、現在は第2タイプに区分されている財も将来第3タイプになる可能性が存在する。携帯用のラジオ、電卓、携帯電話、ウォークマンも、もともとは第2タイプの製品であった。重く、大きく、移動や随伴に適さない様々な製品特性を、技術革新によって克服した結果、現在は第3タイプのモバイル製品になったのである。

工業製品のモバイル化は、社会生活、消費行動に変化を生じさせる。電話線で固定された電話は、家族で共有されていた。電話器はテレビや冷蔵庫ほど重くなかったとはいえ、常に持ち

運びができるほど軽くはなく、鞄やポケットに入れられるような小型でもなかった。電話線によって配置が固定されていたため、使用する時間と場所が限定された。

ところが、常に携帯可能な子機や携帯電話の普及により、電話はプライベートな商品となった。眼鏡、腕時計、ウォークマン、モバイルコンピュータ、任天堂のゲームボーイ[16] などは、家族利用から個人利用となり、需要を拡大した。

モバイル化は、きまぐれな欲望への迅速な対応を可能とする。必要な時に、いつでもどこでも瞬時に需要に対応できるからである。それに対して機器の空間的固定化は、人間労働の場を制限する。オフィスの机に一日中座っていなければならないのは、そこに固定された本棚（デジタル化されていない文書の集積）、パソコンと電話器があるためともいえる。

モバイル化の基礎となる、圧縮、小型化、軽量化、あるいは人、物の高速・大量移動のための大型化、高速化および安全性への技術革新の要求は、多くの困難とトレードオフを内包している。

モバイル化は、あらゆる気象条件への対応を求める。モバイル機器は、大型コンピュータのように、冷暖房の効いた部屋に鎮座することは許されない。多様な温度、湿度など地球上のさまざまな気象条件に対応しなければならない。

多くのトレードオフこそが、技術革新へのインセンティブとなる。技術革新の方向性は、不確実であるとよくいわれる。技術革新の一つの方向性は、まちがいなくモバイル化の実現である。

小型化、軽量化は、すべての部品、素材、エネルギー源について連鎖反応する。すべての部品、素材が、軽量化、小型化、薄化しなければ、製品というシステムの軽量化、小型化、薄化は実現できない。空間克服のボトルネックがもっとも空間移動しにくい部分にあるのと同じように、小型・軽量化の限界は、もっとも小型化・軽量化しにくい部分に規定される。もっとも小型化・軽量化しにくい部分への技術革新の圧力は、きわめて高くなる。つまり小型・軽量化の技術革新は、相互に関連しつつ伝播していくのである。

小型化・軽量化のためには、まったく別の方式が開発されなければならなくなることが多い。ブラウン管、真空管、マンガン電池の小型化、軽量化では乗り越えることのできない限界が存在する。同様に、プロペラ機をいくら改良したところで、音速のジェット機は作り出せない。シュンペーターが非循環的・非連続的技術変化の例としてあげたのは、駅馬車から汽車への変化であった。

マッキンゼーのリチャード・フォスターは、このような技術の不連続を理解できない場合、変化は突然に訪れ、企業は「不意打ちをくらうことになる」[17] のだと論じている。彼は、一群の製品や製法が別のグループに取って代わられる転換を「技術の不連続期」と名づけている。具体的には、「真空管から半導体への切り替え、プロペラ機からジェット機への転換、天然の繊維や洗剤から合成の繊維、洗剤への移行、レコードからテープへ、ついでコンパクトディスクへの転換」[18] などである。

16）このような商品もモバイルという観点から論じたものとして、塚本昌彦『モバイルコンピューティング』岩波書店、2000年がある。

17）リチャード・フォスター（大前研一訳）『イノベーション』TBSブリタニカ、1987年、p.32。

18）同上書、p.33。

空間克服にかかわる製品開発は、軽量かつ堅牢、高速かつ安全・快適、小型かつ大容量電力といった、高い次元でのトレードオフ関係のある要求を満たさなければならないために、技術革新におけるパラダイムシフトが発生しやすいのである。新しい素材、新しい小型電池、新しい半導体、新しい記憶媒体、新しい表示画面などなどである。米倉氏は、スタンフォード大学のネイザン・ローゼンバーグが「一つの技術が突出することによって不均衡が生じ、それを解消するために他の工程の技術が進歩し、またそこで新たな突出が生まれる」[19] と主張していることを紹介している。

メインフレームコンピュータからパソコン主導の時代への道のりは平坦なものではなかった。コンピュータを小型化する過程で、様々な技術的困難に直面したのである。すべてのデバイスにおいて、高機能なうえに、軽量さ、薄さ、堅牢性、安全性が求められたからである[20]。

高度な機能を保ちながら、しかも携帯性に優れたものにするためには、さまざまな技術革新を必要とする。すなわち関連産業の技術的革新を刺激し、次世代の新たな製品、技術、産業を生み出す素地を創出する。

たとえば、小型で処理能力の高いプロセッサを内蔵しようとすれば、限られたスペースのなかにできる限り多くの素子を搭載したチップを必要とする。そのためには、チップを生み出す半導体製造装置にはワンランク上の次元の精度が要求される。半導体製造装置の革新が実現しなければ、チップの革新は進まず、チップの革新が進まなければ、小型で高性能なパソコンを作ることはできないのである。

コンピュータの頭脳である半導体チップに大量の素子を形成するためには、まず高純度なシリコンの単結晶を確保しなければならない。そして、単結晶のシリコンインゴットを薄く正確にスライスする技術が求められる。さらに回路原版のマスクを作り、それをウエハ上に再現するために、高精度なステッパーを必要とする。半導体の前工程では、レジスト塗布、露光、現像、エッチング、レジスト等を繰り返し行い、基板上に回路を形成する。その後、回路の形成されたウエハをチップに切断し、リードフレームに接合、組み立て、樹脂封止、検査等の工程を経て、はじめて半導体チップは商品となる。半導体製造工程は、大きく分けても数十工程、細かく分類すると200工程にも及ぶといわれる。そのほか、半導体市場が広がるにつれ、洗浄のための超純水、クリーンルームの設計に至るまで幅広い関連産業を生み出している。その間、工学、物理学、化学、光学などさまざまな関連技術に支えられた60種以上の半導体製造装置が必要とされ、日本の半導体製造装置産業は1998年度において、約7660億円の市場へと成長している[21]。

世界で初めてトランジスタをワンチップ上に

19) 米倉前掲書、p.21。さらに米倉は、1894年におけるジョン・ボブソンの「一つの改良は順次新たな発明行為を呼び起こし、もっとも洗練された全体のプロセスに仕上がっていく。新たな知識や新たな動力に裏付けられた発明は、多くの場合にはそれ以前に起こった発明を凌駕（オーバーシュート）するため、工程間にある種の揺らぎの法則を生じることになる。もっとも進んだ工程が他の遅れた工程を常に刺激することによって技術進化が継続され、『進歩のペース』が形成される」という見解を紹介している（同上、p.21）。

20) コンピュータのダウンサイジングについては、岡俊明「モバイルコンピューティングへの技術革新」山崎朗・玉田洋編著『IT革命とモバイルの経済学』東洋経済新報社、2000年、pp.66-70を参照。

21) 通商産業省大臣官房調査統計部編『機械統計年報』平成10年より。

集積したICは、テキサス・インスツルメンツ社によるもので、1958年、幅4ミリ、長さ9ミリ程度のゲルマニウム基板上に5個の素子を搭載したものであった[22]。その後、一つの基板上に搭載される素子数は著しく増え超々LSIと呼ばれるLSIも誕生している。

1970年頃まではLSIのメインメモリには、主に磁気メモリが採用されていた。この磁気メモリが半導体に置き換わることによって、DRAM市場が形成された。メインメモリであるDRAMは、1970年当時1kビットだったが、ほぼ3年で4倍になるペースで4k，16k，64k，256kとその容量を増やし、1985年には1Mビットに達する。その後もDRAMの開発は進み、G（ギガ）単位のDRAMもすでに開発済みである。1GビットDRAMは、数平方センチのチップ上に22億4000万個の素子を集積していることになる。メモリと同様のことはマイクロプロセッサにも起こっており、マイクロプロセッサが誕生した1971年以来、「ムーアの法則」に従うように、およそ1年半で2倍の集積度を達成している[23]。

このように、LSIの中核をなすマイクロプロセッサとメインメモリは、数平方センチ角上に驚くべき量のトランジスタを集積させ、コンピュータやその他の電子製品の頭脳として機能している。トランジスタの集積は、高信頼性、高速処理、低消費電力、低コスト等波及効果を関連産業にもたらすこととなったのである。

モバイルコンピューティングや携帯電話、カーナビ、液晶テレビの普及にともない急速に発展したパーツとして、フラットパネルディスプレイ（FPD）がある。人間は視覚から最大の情報量を得ている。マンマシンインターフェイスの中で最も重要なパーツの一つは、種々の情報を映像化するディスプレイである。

FPDの開発は、ブラウン管によるCRT（Cathode Ray Tube）ディスプレイの重さや厚みなどによる携帯性への障壁を克服するために促進された。FPDには液晶ディスプレイ、プラズマディスプレイ、発光ダイオード、有機EL(エレクトロルミネッセンス)などがある。これらFPDのうち最も普及が進んでいるのは液晶ディスプレイである。液晶ディスプレイの特徴とは、自ら光を発光せず、外部からの光を偏光することによって画像、文字等の情報を表示するため消費電力が少ない点、フルカラー化についても他のFPDと比して進んでいる点にある。

液晶は、1888年ライニッツアー（Reinitzer）と1889年レーマン（Lehmann）によって発見された。デジタル時計や電卓などの数字を表示するためのディスプレイに用いられるセグメント方式が実用化に至ったのは、1970年ごろであり、1970年代後半からドットマトリックス方式が量産化されている。ドットマトリックス方式によって、液晶ディスプレイ（LCD）は数字や文字から、図表やグラフィックスを表現できるようになり、フルカラーの動画を処理することもできるようになった。実用化に至って30年ほどの歴史しか持たない液晶であるが、その開発の歴史もまたより高密度な微細化の歴史であった。

ブラウン管と比較した場合の液晶の利点とは、いうまでもなく軽量薄型化が可能であること、および省電力性にある。若杉・大森も指摘するようにブラウン管で高画質、大画面を求めれば奥行きが長くなり、そのため消費電力が増え、重量が重くなるという特性をもっている。

22）志村幸雄『半導体産業新時代』日本能率協会マネジメントセンター、1955年、pp.18-19。
23）同上書、pp.26-29。

それゆえ、「電子ディスプレイはブラウン管である以上は、『一人一台、誰でも、いつでも、どこでも』というわけにはいかず、家庭においてはテレビとして、お茶の間の奥に鎮座し、産業用においてはコンピュータ室などの特別な場所にあるのみ」であり、「このディスプレイ搭載率がテレビやパソコンなど一部の製品に限られていたのは、ひとえにブラウン管が重く、しかも大きかった」ためにほかならない[24]。

近年の生産動態をみても、電子管から液晶への移行は急速に進んでいるようである。液晶デバイスの生産額は、1991年の約2550億円から1997年の約9008億円へと一貫した成長を示しており、生産額は3.5倍以上に上昇している。これに対して、電子管は1991年の7187億円から1997年の8499億円へ増減を繰り返しつつ推移した結果、1.2倍程度の成長にとどまっている。1997年には生産額において液晶デバイスと電子管の生産額の逆転現象が起こっている。

近年では、テレビや省スペース性を考慮したデスクトップパソコンなどに液晶ディスプレイが利用されるようになっている。その主要なマーケットは、現在のところノートパソコンや携帯電話などのモバイル製品である。液晶産業は、モバイル製品の需要牽引力が、結果的に液晶技術を発展させ、市場の拡大をも促してきた典型的な例といえる。

液晶ディスプレイに代わる次世代表示装置としては、有機EL（エレクトロルミネッセンス）がとくに注目されている。有機ELは、電圧をかけると発光する特殊な有機材料を使用した素子である。光源が不要なため、消費電力が少なく、表示速度が早いため、モバイル機器の表示装置として注目されている。NECは韓国・サムソンSDI（ブラウン管生産で世界最大の企業）と共同で有機ELを共同開発、生産することで合意している。現在世界で100社以上がこの製品の開発にしのぎを削っているといわれている[25]。

電子製品がモビリティを獲得するためには、当然電源のコンセントから自由にならなければならない。モバイル製品の普及にともない、二次電池の技術的向上および急速な市場拡大がもたらされてきた。1800年ボルタが異種の金属を電解液に浸すと起電力を発生することを発明し、これが電池の誕生とされている。その後1800年代後半には鉛蓄電池が開発され、1900年代前半には、ニッケル・カドミウム電池、アルカリマンガン乾電池などが開発された。1900年代後半には密閉型ニッケル・カドミウム二次電池が開発され、各種リチウム電池が実用化に至っている。

化学電池は、放電のみを目的とした一次電池と充電によって何度も使用できる二次電池に区分できる。一次電池として最も普及しているのは、マンガン乾電池、アルカリマンガン乾電池である。

２次電池として普及しているのは、鉛蓄電池、ニッカド電池、ニッケル水銀電池、リチウムイオン電池などである。数量ベースでは、1999年度において総計約67億個が生産されている。そのうち一次電池が72％程度を占め、数量ではアルカリマンガン電池が最大の生産量であり約23％程度である。二次電池の生産数量は一次電池と比較して少なく、総生産数の28％程度である。しかし、生産額では、1999年の総額

24）若杉秀樹・大森栄作『フラットパネルディスプレイ最前線』工業調査会、1999年、pp.28-29。

25）『日本経済新聞』2000年12月６日朝刊。

8161億円のうち、一次電池は24%、二次電池は76%を占める。二次電池の中でもリチウムイオン電池が最大の生産額を示し約33%である。

小型機器用の二次電池としては従来、ニッケル・カドミウム蓄電池が主流であったが、モバイル機器の多様化により二次電池の種類も変化してきている。ニッケル・カドミウム電池は放電電圧が平坦であり、長寿命であり、長期保存に強いという性質を持っている。しかし、よりエネルギー密度の高く、長寿命電池が市場で求められた結果、ニッケル水素電池やリチウムイオン電池が急速に普及し始めている。

日本においてニッケル・カドミウム電池は、1992年の約1541億円をピークに急激にその販売金額を減少させている。それに対してニッケル水素電池がニッケル・カドミウム電池のシェアを奪うように、1993年の約305億円から1999年の約1082億円へと急速にシェアを上昇させている。

さらに急速な生産額の伸びを示しているのが、リチウムイオン電池であり、1995年の約376億円より1999年には約2630億円へと5年で約7倍の生産額となっている。リチウムイオン電池の生産額は、1996年時点で既に他の二次電池の生産額を抜きトップとなり、その後もその差を広げつつある。リチウムイオン電池は、負極に黒鉛化炭素材料、正極にコバルト酸リチウムを、電解液としてリチウム塩を溶かした有機電解液を用いている。ニッケル・カドミウム電池と比較して、高いエネルギー密度、充電の迅速性、長寿命といった点に特色があり、安全性にも優れている。

携帯電話のような最終製品の小型化、軽量化の動きに対応して、電池も小型、軽量化かつ高エネルギー密度製品へとシフトしてきている[26]。小久見善八氏は、「電子機器の発展は、二次電池の発展なくしてこれほどの速度が可能であったであろうか。電子機器では、ますます小型化・高機能化が進むとともに，デジタル化の波に乗って新しいデバイスが次々に仲間入りすると予想される。これを作動させるための二次電池には今まで以上に高エネルギー密度化が求められると考えられる。」[27] と述べている。

このような一連の革新的技術革新の連鎖反応は、まさに製品の小型化、モバイル化によって引き起こされている。小型化、モバイル化は、利用可能性を個人レベルにまで拡大し、その結果需要を急増させ、生産コストの引き下げのためのプロセスイノベーションをも引き起こす。機器のモバイル化は、利用局面を時間、空間の制約から解放し、関連産業の成長をも拡大し、そのことによって産業構造転換を促進する。機器のモバイル化は、ライフスタイル、ビジネス手法にも変化をもたらす。

4．輸送・通信手段におけるプロダクトイノベーションのインパクト

輸送・通信手段の製造工程は、資本主義の発展にとってきわめて重要な機軸産業となる。船舶、電気機関車、自動車、バイク、航空機、電話、ファックス、ラジオ、テレビ、携帯電話な

26) リチウムイオン電池やニッケル水素電池の主な用途は携帯電話やノート型パソコン、PDAなどの携帯用電子機器である。詳しくは、日本電池株式会社編『最新実用二次電池（第二版）』日刊工業新聞社、1999年、および西美緒『リチウムイオン二次電池の話』裳華書房、1997年を参照。なお、データは、社団法人電池工業会HP (http://www.bag.or.jp)より引用した。

27) 小久見善八「二次電池」牧野昇・江崎玲於奈編著『総予測　21世紀の技術革新』工業調査会、2000年、pp. 297-298。

どの製造である。人、物、情報を空間移動させるための工業製品は、単なる一産業として存在しているのではなく、その時代の空間克服形態を象徴するもっとも重要な基軸産業となっているのである。

蒸気船、蒸気機関車から開始された資本主義の産業革命は、人、物の移動では、自動車から航空機へと展開した。情報面では、郵便（これは物の輸送の形式をとる）、電話、ラジオからテレビ、ファックス、インターネット、携帯電話へと進化してきた。

このような空間克服手段製造業がきわめて重要というのは、まず第一に、その時代の空間移動は、それによって制約を受け、空間移動の制約条件は、その時代の最適な物流、情報伝達を決定し、それにもとづき企業の立地・配置、企業間および企業と消費者間の取引様式が規定されるからにほかならない。チャンドラーの事業部制についての研究は、まさにこの点に関する研究であるということができる。

第二に、技術革新の方向性が定まると、それに関連した技術革新の連鎖反応が始まるという点である。自動車の普及は、さびにくく軽くて強い素材としての薄板（鉄）、耐久性のあるタイヤ、エンジンの性能を高めるガソリン、大量生産するためのロボット、いつまでも美しい塗装材、エンジンの性能を引き出すためのプラグ、軽量化するためのプラスチック部品など、自動車の高速性、安全性、効率性、さらにはデザイン性や美的感覚を高めるための矛盾した要求を満たすための一連の技術革新が展開する。人と物を高速移動させるには、摩擦熱、空気抵抗、衝撃への対策を必要とする。物の移動においては、軽薄短小化ではなく、高速化、大型化（しかもできるだけ軽量化が望ましい）と低コスト、快適、安全性、低公害との間にトレードオフが存在する。

第三に、空間移動を促進するには、事故・故障対策、維持・補修制度、リスク低減策が必要となる。そのためのサービス業が新しく生まれ、急速に発展する。自動車教習場、自動車整備工場、ガソリンスタンド、自動車部品販売店、免許交付制度・車検制度、自動車保険などである。空間克服手段の製造は、食料品とは異なり、空間移動にともなう、さまざまな制約、困難、問題に対処するために、多くの私的・公的サービス部門の拡大をもたらすのである。バランとスィージーは、「ガソリンスタンド、自動車修理工場、モーテル、保養地などのような多くのサービス『産業』も、自動車のあとを追って発達してものである。これらのすべての捌け口によって吸収された資本の額は、自動車産業自体にたいする投資額を何倍も上回るものであることは確かである。」[28] と論じている。

第四は、空間克服手段の所有形態から派生する問題である。自転車、バイク、自動車、ラジオ、テレビ、電話、パソコン、携帯電話は、個人や世帯単位での所有が可能である。戦後資本主義の発展は、企業あるいは軍隊しか所有できなかった空間克服手段を個人、世帯単位で所有、利用することによって実現したといえる。大型の船舶、電気機関車、ジャンボジェット機を個人、世帯単位で所有することは不可能である。

戦後は乗用車と電話によって、人、物、情報の個人的な空間移動が可能となった。空間克服において個人単位の所有と利用が可能か否かは、その空間克服産業の発展度、関連産業への

28）バラン／スィージー前掲書、p.267。

波及効果、経済社会構造の変革に与える影響度を左右する。あらためていうまでもなく、個人所有の空間克服手段の方が、需要規模、関連産業への波及効果が格段に大きくなる。

物の移動では、物そのものを移動させやすい形態に転換させ、さらには梱包や輸送単位を合理化し、コンテナのような規格に統一することで、モバイル性を高めることが可能である。しかし、人の移動では、人間そのものを圧縮し、容量いっぱいに詰め込むことはできない。人の空間移動には、情報、物の移動にはない（動物の輸送の場合も一定の「快」が必要となる）「快」という条件が必要となる。

第五番目の論点として、空間克服手段を機能させるインフラストラクチャーが必要であるという点をあげておかねばならない。

船舶、自動車、航空機、携帯電話は、ウォークマンのようにそれ単独で機能させることはできない。それらを機能させるためには、港湾、道路、空港、電話線、アンテナ、宇宙衛星などのインフラが必要となる。どの時代にどのような社会資本投資が必要となるかは、その時代の空間克服手段に依存することになる。政府の役割とは、失業者対策のために、将来不必要となる公共事業を行うことではなく、次世代空間克服手段の展開に対応した社会資本整備を進めることでなければならない[29]。

ビジネスロジスティクスの研究者も近年、交通用具、動力機、交通路（施設）の調和的な発展に関心をよせるようになっている。谷本谷一氏は、これら三要素のなかのもっとも低い水準によって輸送の生産性は定まるため、均衡ある発展が必要であるとしている[30]。現実には、氏のいうように、社会資本整備に時間がかかるため、もっとも遅れて整備されることになる。とくに、他の先進国と比較して、日本は、高速交通体系の社会資本整備に遅れが目立つ。

携帯電話のアンテナ、宇宙衛星は、連続一貫型の整備を必要としない。空間的には点的整備で充分である。発展途上国で携帯電話の普及速度が速いのは、電話線に比べてアンテナは短時間で設置でき、かつ電話線と比べて費用も安いからである。その意味では、社会資本の観点からみても、より空間克服されているということができる。

同様に、連続一貫型整備が必要な道路、線路よりも点的整備で済み、なおかつ世界的ネットワークを形成できる港湾、空港の方が遠距離、多様なネットワークという面においては、優れているといえる。

発展途上国の急速な発展は、時間のかかる連続一貫型の社会資本整備ではなく、携帯電話網、空港、港湾の点的整備型の社会資本整備への重点投資によって、短時間に空間克服環境を整備することができるようになったことも背景にあると考えられる。

5．モバイル化の帰結

先端技術の実用化は、産業構造の高度化を推進する原動力となってきた。製品は市場での競争の過程で、不断のイノベーションを求められる。しかし、その一方で、多くの製品、企業、産業は市場からの退出を命じられてきた。過去

29）この点については、山﨑朗『日本の国土計画と地域開発』東洋経済新報社、1998年を参照。

30）谷本谷一『物流・ロジスティクスの理論と実態』白桃書房、2000年、p.123。

の技術に立脚していた製品は、新技術を採用した製品に駆逐されていく。産業構造の高度化は、このような技術革新のプロセスであり、プロダクトサイクル転換の歴史であった。

本論文で財のモバイル化、および輸送・通信手段の技術革新に焦点を当ててきたのは、技術革新、プロダクトサイクルとして議論されてきた多くの新製品、技術革新が、その内実にモバイル、高速空間移動という契機を内包していることを明らかにするためであった。非モバイル製品は、モバイル製品[31]によって一部代替、場合によって淘汰されてきた。

モバイル製品は個人で所有されることが多いため、据え置き型の製品と比較して、生産台数はきわめて多くなる。ただし、一台当たりの重量・体積は小さくなるため、素材産業への波及効果は、必ずしも大きいとはいえないものの、小型化のための知識・技術の集約化によって、モバイル製品は、関連産業に対しても知識集約化への転換を促す。機器（ハード）の低コスト化は、機器そのものの関連製造業への産業連関的波及効果よりも、その利用についてのサービス（通信、ソフトウェア、コンテンツ）に影響を及ぼす。この点からも経済活動の知識集約化が促進される。しかも、すでに論じてきたように、より小さく、より高精度で、より信頼性の高い製品であるためには、技術的に克服困難なさまざまな課題をクリアしなければならないため、関連産業に技術革新の連鎖反応を引き起こす。

モバイル製品は、その性質上、共同利用から個人使用へと向かう。社会生活、企業活動は、個人使用を前提として新しい生活様式、生産様式を構築する必要に迫られることになる。モバイル化を、製品の単なるダウンサイジング、小型化という次元で分析することは適切ではない。なぜなら、モバイル化は、社会に構造変化をもたらす源泉だからである。

輸送手段は、自転車、バイク、乗用車とトラックの一部を除くと、個人使用の商品ではなく、かつ移動速度が速くなり、大量輸送になるにつれて個人使用から離れ、独自の社会資本を必要とすることになる（船舶、航空機）。したがって、個人使用のモバイル機器や個人使用の輸送手段と比較すれば、社会的なインパクトはその分弱くなる。個人使用の輸送手段には、その使用を支える支援産業の一連の普及・拡大が必要となる（自動車保険、自動車修理工場、ガソリンスタンド）。

通信手段の新製品でありかつモバイル化が同時に進行しているのが、パソコン、携帯電話である。モバイルパソコン、携帯電話は時計や携帯用テープレコーダーと同様にモバイル機器であると同時に、通信手段でもある。しかもそれらの通信速度は光速であり、通信コストは急速に低下しており、モバイル機器であるがゆえに、時間と空間の制約を克服している。

輸送手段は通常、高速化、低コスト、利便性、安全性、快適性において相対立する矛盾を内包していることについてはすでに述べた。ここで指摘しておきたいのは、輸送手段における高速化と利便性（日常的利用）の対立は、技術革新によって解決することがきわめて難しいという点である。輸送手段は、その利用速度が高速化すればするほど、バス停、駅、空港などのターミナルは離れて配置されなければならないからである。速度の上昇は、ターミナル数の減

31）本論文で取り上げた以外のモバイル機器の状況については、山川裕『企業を変えるモバイル革命』日経BP社、1998年を参照。

少をともなわざるをえない。すなわちどこでもいつでも利用できるという条件から乖離するのである。さらに、高速化、低コスト化（大型化）は、個人使用という利用条件からも遠ざかることになる。そのことによって、生産台数は制約され、関連サービス業の発展も、社会的インパクトも弱化する。そもそも輸送手段の高速化といったところで陸上では時速120km程度、海上では時速80km程度、航空においても最大マッハ2程度（通常のジェット機はマッハ0.9前後）にすぎない。移動速度における光と航空機の関係は、まさに航空機と徒歩の関係にすぎないのである。

それに対して、インターネットを活用した携帯電話、モバイルパソコンによる情報交換は、高速（光速）でありかつ分散的伝達が可能である（音楽、映画等の伝達には現在時間がかかっていることはいうまでもない）。輸送手段において生じる矛盾は、インターネットを活用した通信手段においては生じない。輸送手段のように、徒歩、バス、電車、航空機と乗り換える必要もない。しかもデジタル情報は、人間と異なり、圧縮が可能であり、この面における有利性も無視できない。電話線から光ファイバーケーブルへというインフラの性能向上による速度上昇よりも、圧縮技術による速度上昇の可能性が高いという説もある[32]。圧縮技術の開発は、モバイルインターネットの可能性をさらに高めるであろう。

現在における究極の空間克服手段としてインターネットと接続した携帯電話、モバイルパソコンを挙げるのは、伝送速度は高速、伝送範囲は世界中でありながら、伝送コストは低廉であり、物、人の移動においてはきわめて困難な「圧縮」という技術も活用でき、そのうえ末端の受発信機はすぐれて分散、モバイル型であり、利用の時間と場所の制約からも開放され、個人的利用が可能となっているという、情報の伝達における究極の理想型にますます近づいているからである。機器の小型化・モバイル化、光速ネットワークとの連結、圧縮されたデジタル財の低コスト移動という空間克服の三条件を満たしたモバイルインターネットは、新しい情報交換、取引形態の創造を通じて、生活様式、組織形態、ビジネスモデル、産業融合に強いインパクトを与える[33]。社会資本整備、関連サービス、関連工業に影響を与えた自動車とはまた異なる意味において、社会構造、経済構造、産業構造を変革する技術革新といえる。

山﨑〔九州大学大学院経済学研究院教授〕
岡　〔九州大学ベンチャービジネスラボラトリー講師〕

32）玉田洋「情報化社会の未来：分散化社会への移行、空間克服がもたらす知価社会」玉田洋・山﨑朗編著前掲書、p.248。

33）「ソフト、新聞、音楽CDは、もはや、包装されて店、家庭、キオスクなどに配送される必要はない。これらはインターネット上で電子配送されはじめている。すでに多数の航空券や証券がインターネット上で取引されている。コンサルティング業、娯楽、銀行、保険、教育、医療分野では、若干の障害もあるものの、インターネットが仕事のやり方を変えはじめている。結局のところ、財・サービスの電子販売と配送は、来るべきディジタル・エコノミーの最大かつ最強の推進力となるだろう。」（米国商務省（室田泰弘訳）『ディジタル・エコノミー』東洋経済新報社、1999年、p.10）。