

モジュールの抽出と製品パフォーマンス テニス・ラケット産業を事例として

菊地 昌洋

日本生命保険相互会社

[E-mail: e14320@yahoo.co.jp](mailto:e14320@yahoo.co.jp)

要約：製品全体のパフォーマンスを向上させる場合、インテグラル化が必要だと思われがちだが、当然ながらモジュラー化が有効になる場合がある。テニス・ラケットに関して、パボラ社はウーファーに振動吸収機能を集約するモジュールの抽出を行うことによって、反発性能を大きく損ねることなく振動吸収性能を向上させ、競合他社の模倣を受けつつも市場シェアを拡大した。

キーワード：製品アーキテクチャ、モジュールの抽出、テニス・ラケット

1. はじめに

「製品全体のパフォーマンス」という言葉を聞くと、設計者が互いに設計の微調整を行い、緊密な連携をとるすり合わせによって初めて向上させることができると思われがちである。しかし、逆に部品間のすり合わせを減らして、設計者が他の部品の設計を気にすることなく自由に設計できるようにすることによっても、当然ながら実現されることもあるわけである。

さて、各部品の設計者が他の部品の設計を気にすることなく自由に設計するためには、どうすればよいのであろうか。たとえば、パソコンを例に考えてみると、プリンターはパソコンの開発とはほぼ関係なく自由に開発されているにもかかわらず、基本的にはどの企業が生産したパソコンにも接続できるようになっている。それはプリンターとパソコンの接続方法が規格化されているからである。したがって、設計者が自由に設計するためには、部品どうしのつなぎ方を事前にルール化しておくことが重要であるように思われる。

しかしながら、設計者が自由に開発するためには、部品のつなぎ方のルール化だけでは不十分である。たとえば、フランス料理のフルコースをひとつの製品と見立てて考えてみよう。

仮にオードブル、スープ、魚料理、肉料理、サラダ、デザートが出されるとしよう。これらはフランス料理のフルコースを構成する部品であると捉えることができる。また、これらは別々の皿に入れられて順に出されるので、つなぎ方が事前にルール化されていると言える。では、オードブル、スープ、魚料理などの各部品が互いに他の部品を無視して自由に開発できるかという点を決してそんなことはない。スープの味付けが濃ければ魚料理の味付けは薄めにする、魚料理の分量が少なければ肉料理の分量を多くするといったように、全体のバランスを考えながら作らなければならないのである。つまり、どんなにおいしいスープや魚料理、肉料理でも、まったく独立に作られているならば、全体としてのパフォーマンスは低いものになってしまうのである。それでは、パソコンの例とフランス料理のフルコースの例とでは本質的に何が異なるのであろうか。それは各部品が担う機能にある。パソコンの場合、プリンターは印刷するという単一の機能を担っており、それはパソコン本体にはまったくない機能である。それに対して、フランス料理のフルコースの場合、スープも魚料理も肉料理も塩気や分量、栄養といった機能を共有している。そのため各部品の独立した開発はできないのである。言い換えると、設計者がそれぞれの部品を自由に開発するためには、各部品が担う機能を明確にして単純化したりすることも重要であるということである。

このように、設計者が他の部品の開発を気にすることなく、自由に開発できるようにするためには、部品どうしのつなぎ方を事前にルール化し、かつ各部品が担う機能を明確にして単純化することが必要であると思われる。ところが、近頃の経営学の議論では前者の観点ばかりが強調され、後者の観点が軽視されているように思われる。というのも、研究対象となっている多くの製品は、パソコンと同様にすでに各部品の担う機能が明確化かつ単純化されているからである。裏を返せば、各部品が担う機能を明確化・単純化するという方法に注目することによって、新たな知見が得られるかもしれないということである。

本稿ではテニス・ラケット産業の中でも、既存のパフォーマンス制約関係を緩和することで新規参入し、その後の競合他社の模倣行動による追随を受けながらも競争優位を維持してきたバボラ（BABOLAT）社について事例研究を行い、この点について明らかにしたい。具体的には、製品アーキテクチャに関して、とくに機能・部品の対応関係の観点から、製品全体のインテグリティを高めることを意図して行われたモジュラー化に関してミクロ的な考察を深めていく。

2. 先行研究

2.1. 製品アーキテクチャ

製品アーキテクチャ（product architecture）とは、機能（ないし機能要素）と部品（ないし

モジュールの抽出と製品パフォーマンス

コンポーネント) との対応の仕方である基本的な設計構想のことである。製品アーキテクチャの分類には、「モジュラー型」と「インテグラル型」という分類の軸と、「オープン型」と「クローズド型」という二つの分類の軸がある (Baldwin & Clark, 2000; 藤本, 2001; Ulrich, 1995 など)。

まず、モジュラー型とインテグラル型の分類の仕方について説明する。モジュラー型ないしインテグラル型は、部品と機能の対応関係とインターフェースという二通りの観点から定義される。部品と機能の対応関係の観点から見ると、各部品が多くの機能を受け持ち、部品と機能との関係が複雑に絡み合っている製品のことをインテグラル・アーキテクチャの製品と呼び、逆に各部品と機能がほぼ一対一で対応している製品のことをモジュラー・アーキテクチャの製品と呼ぶ。インターフェースの観点から見ると、インターフェースが集約化かつルール化されている製品のことをモジュラー・アーキテクチャの製品と呼び、そうでない製品のことをインテグラル・アーキテクチャの製品と呼ぶ。

しかし、これら二つの観点は、どちらか一方だけでは不十分であり、双方の観点をともに含んだ定義が望ましい (Fixson, 2002)。Ulrich (1995) は、機能構造の機能要素から物理的コンポーネントへの一対一の配置 (mapping) を含み、かつ、コンポーネント間の分離したインターフェースを含んでいる製品を、モジュラー・アーキテクチャの製品と呼んでいる。逆に、機能要素からコンポーネントへの複雑な、つまり一対一でない配置を含んでいる、または、コンポーネント間の結合したインターフェースを含んでいる製品を、インテグラル・アーキテクチャの製品と呼んでいる。¹ なお、ここでのインターフェースの分離・結合に関しては以下のように述べられている。製品が全体としてうまく作動するために、一方のコンポーネントの変化が他方のコンポーネントの変化を要求するならば、それら二つのコンポーネントは結合していると言う。逆に、一方のコンポーネントを他方のコンポーネントとは独立に変化させることができるならば、それら二つのコンポーネントは分離していると言う。

そして、インテグラル型からモジュラー型へとアーキテクチャを変更することを「モジュラー化 (藤本, 2001)」あるいは「モジュール化 (青木, 2002)」と呼ぶ。逆に、モジュラー型からインテグラル型へとアーキテクチャを変更することを「インテグラル化」あるいは「統

¹ 実際にモジュラー化を行う際には、機能・部品の対応関係とインターフェースの問題はどのような順序で扱うべきなのであろうか。Alexander (1964) では、ある要求 (requirement) に応えるための機能ないし構造を規定する設計者の道具をダイアグラム (diagram) と呼び、さらに、その機能と構造の両方を規定するダイアグラムを構築的ダイアグラム (constructive diagram) と呼んでいる。その上で、個別の要求の集合に対してそれぞれ構築的ダイアグラムを見つけることが先決であり、それより前に、すべての要求の集合を含む上位の要求の集合を構築するべきではないと述べている。つまり、まずコンポーネント内部における機能と部品の対応関係を構築した後に、コンポーネント間のインターフェースの集約化・ルール化を図るべきだということである。

合化 (藤本, 2001)」と呼ぶ。²

ただし、ここでの機能ないし機能要素と呼ばれるものに関して注意しなければならない点がある。それは、機能の表現の仕方には、顧客ニーズからの観点からと技術者が製品を構築する観点からの二つの方法がある、ということである。これは、製品に対する見方の違いに起因する。マーケティングの分野では、製品は属性の束であると捉えているが、エンジニアリング・デザインの分野では製品は相互に作用するコンポーネントの複雑な集成であると捉えている (Krishnan & Ulrich, 2001)。このような表現の仕方の問題に関して、Fixson (2002) では、技術者の観点よりも、顧客ニーズの観点から機能を定義する方が望ましいと述べられている。しかし、技術者の観点が顧客ニーズの観点到完全に包含されてしまうということもないだろう。たとえば、パソコン本体内部の冷却ファンや通風孔などが担う冷却機能は、技術者の観点から機能を表現する場合には明記されるが、顧客ニーズの観点からでは明示されない可能性がある。しかし、そのような冷却機能がなければ、顧客が直接的に必要としている機能も達成できないので、顧客ニーズの観点から見ても間接的には重要な機能なのである。つまり、顧客ニーズの観点から機能を描写するだけでは十分ではなく、両者の観点から機能を描写してみることが有用であるかもしれない、ということが示唆される。

また、システムのどの階層に注目しているのかにも注意を要する。一般的に複雑なシステムは階層構造として記述できる (Simon, 1996) わけだが、そうすると階層ごとに異なる製品アーキテクチャを示すことになる。Ulrich (1995) は、モジュラー型からインテグラル型への連続体の中で、モジュラー型に近い度合いをモジュラー性 (modularity) と呼び、製品機能ヒエラルキーと製品構造ヒエラルキーの対応関係の中でモジュラー性が最も高い階層に注目し、その階層がモジュラー型であるならば、その製品全体の製品アーキテクチャもモジュラー型の性質を示すと述べている。³

最後に、オープン型とクローズド型の分類の仕方について説明する。モジュラー・アーキテクチャの製品の中でも、部品間のインターフェースが企業を超えて業界レベルで共通化・オープン化されている製品のことをオープン・アーキテクチャの製品と呼び、部品間のインターフェースが基本的に一社内で閉じている製品のことをクローズド・アーキテクチャの製

² 現実の製品は、完全にモジュラー型、あるいは完全にインテグラル型と分類されることはまずなく、モジュラー型とインテグラル型をつなぐ連続体の間に存在すると考えられる (Ulrich, 1995)。

³ Alexander (1964) では、ダイアグラムとしてのサブ集合に必要な条件として、サブ集合内部の相互依存性を豊かにすると同時に、サブ集合間の相互依存性を可能な限り小さくすることを挙げている。したがって、ある階層においてモジュラー化が進行すると同時に、その下の階層ではインテグラル化が進行することもしばしば観察されるのも当然である。一般的には、このようなモジュラー化とインテグラル化の同時進行を「モジュラー化」と呼ぶ傾向があるために、概念的な混乱が生じている (青島, 武石, 2001)。

品と呼ぶ。

2.2. モジュール化のメリット・デメリット

青島・武石 (2001) によれば、モジュール化のメリットには、① 構成要素間のすりあわせにかかるコストを削減できる、② 製品全体に及んでいた影響をモジュールに局部化することが可能となる、③ 局部化に関連してモジュールの再利用が可能になる、④ 各モジュールが独立に動けることによってイノベーションを促進する、⑤ 分業を促進する、⑥ 製品の多様性を確保しやすい、ということが挙げられる。ほかにも、劣化ないし消費したコンポーネントを交換しやすいというメリットもある (Ulrich, 1995)。

もちろん、モジュール化にはデメリットもある。青島・武石 (2001) によれば、モジュール化のデメリットには、① 各モジュールが原理的に冗長性を持つ、② インターフェースの固定化により、達成可能な最大パフォーマンス水準が制約されている、ということが挙げられる。モジュール化のデメリットは翻ってインテグラル化を推進する要因ともなる。すなわち、製品パフォーマンスの最適化を図る必要がある場合や、モジュール化によって制約された水準の限界を超えたパフォーマンス水準が求められる場合には、インテグラル化が助長される可能性がある。そして、各モジュールの性能向上が限界に達したとき、インテグラル化を引き起こすことによって既存の製品のパフォーマンス限界を超克することができる。また、時間と投入資源が十分にある場合には、インテグラル化が優位な戦略となるとされる。さらに、システムの複雑性が減少したり、複雑性処理能力が増大したりすれば、インテグラル化が優位な戦略となるとされる。

青島・武石 (2001) では、分業の促進がモジュール化のメリットとして挙げられたが、そこには危険性も潜んでいる。Baldwin and Clark (2000) によれば、IBM が最初のモジュール型コンピュータ、システム/360 を 1960 年代半ばに発表した際に、利益の見込めるモジュールの設計努力を怠ってきたために、競合他社が革新的モジュールを引っ提げて新規参入することを許してしまったのである。というのも、技術者は複雑さに対応しようとしてシステムをモジュール化することを試みるが、その結果、作り出された個々のモジュールの研究開発とそのコストを勘案することが少ないからである。したがって、既存企業にとっては、分業の促進はモジュール化のデメリットにもなりえるのである。

2.3. モジュールの抽出と製品パフォーマンス

モジュール化によって、モジュールのイノベーションが促進されることにより、製品パフ

パフォーマンス⁴が向上するということは理解しやすい。たとえば、Baldwin and Clark (2000) では、モジュール・システムに適用可能な一般的な行為を「オペレータ」と呼び、「分離 (split)」、「交換 (substitution)」、「削除 (exclusion)」、「追加 (augmentation)」、「抽出 (inversion)」、「転用 (porting)」という六つのオペレータを取り上げている。そして、このようなモジュラー化のオペレータをオプションと見なし、どれほどの経済的価値を持つかを、ファイナンスにおけるオプション理論を用いて分析している。ここでの経済的価値を向上させる大きな要因が製品パフォーマンスなのである。つまり、これらのモジュラー化のオペレータが実行されると、それらの集合である製品パフォーマンスも向上するということである。その中でも、複数のモジュールから共通の機能要素を抽出して、それを担うモジュールを作り出すというモジュールの抽出に注目したい。このオペレータは、機能・部品の対応関係をより一対一配置に近づけるため、まさにモジュラー化なのである。⁵

もともと、たとえ製品アーキテクチャがモジュラー化したり、インテグラル化したりしなくても、あるいはたとえ当該製品が極端なインテグラル型ないしモジュラー型でなくても、製品アーキテクチャの観点から製品の機能と構造の対応関係を見直してみることは非常に重要であろう。Henderson and Clark (1990) は、製品開発を成功させるためには二種類の知識が必要であると述べた。すなわち、ある製品システムを構成する個々のコンポーネントに関する「コンポーネント知識 (component knowledge)」と、それらのコンポーネントをまとめたひとつの製品に統合・連結する仕方に関する「アーキテクチャル知識 (architectural knowledge)」である。その上で、イノベーションがコンポーネント知識とアーキテクチャル知識に与えるそれぞれのインパクトを二つの次元として、イノベーションを四通りに分類した。⁶ とくに、コンポーネント知識は変化せずに、製品の機能と構造の対応関係だけを変更するような、製品のまとめ方に関するイノベーションのことを「アーキテクチャル・イノベーション」と呼んで注目した。⁷ そして、既存企業は、どの知識が有用で、どの知識が

⁴ 製品パフォーマンスとは、製品がその機能要素をいかにうまく実行するか、である (Ulrich, 1995)。

⁵ Baldwin and Clark (2000) は、インターフェースの観点のみから製品アーキテクチャを捉えているが (Fixson, 2002)、モジュールの抽出は機能・部品の一対一の対応関係へ向かうものであり、Ulrich (1995) のように、機能・部品との対応関係とインターフェースの両面から定義されるモジュラー・アーキテクチャへと向かうモジュラー化であると捉えることができる。なお、モジュールの分離や追加も、両面から定義されるモジュラー化であると捉えることができる。

⁶ 具体的には、インクリメンタル・イノベーション、モジュラー・イノベーション、アーキテクチャル・イノベーション、ラディカル・イノベーションの四通り。Henderson and Clark (1990) の Figure 1 を参照のこと。

⁷ なお、ここでの「アーキテクチャル・イノベーション」は、Abernathy and Clark (1985) における定義とは異なる。Abernathy and Clark (1985) では、技術や生産に関して既存の能力 (competence) を陳腐化させ、かつ、新たな顧客ないし市場との結びつきを生み出すようなイノベーションとして定義されている。

有用でないのかを認識することが困難であるため、アーキテクチャル・イノベーションが大きな脅威であると述べた。

2.4. 製品アーキテクチャのダイナミック・シフト

このようなモジュラー化のメリット・デメリットからして、製品アーキテクチャはダイナミックにシフトしえる。

Clark (1985) では、モジュラー化・インテグラル化という用語を用いているわけではないが、製品アーキテクチャの変化する要因に関して、コンポーネントに関するイノベーションや顧客との観点から考察がなされている。ある製品に関して、コンポーネントには相対的に重要なコンポーネントとそうでないコンポーネントがあることを踏まえ、「デザイン・ヒエラルキー」という概念を提示している。デザイン・ヒエラルキーとは、頂点に最も重要なコンポーネントがあり、階層を下るにつれて相対的に重要度が低いコンポーネントが位置付けられているというヒエラルキーである。まず、産業の「流動期」においては、顧客にも企業にも、どのようなデザイン・ヒエラルキーが顧客ニーズを最もよく充足するかわからないため、多様なデザイン・ヒエラルキーが存在し、競合することになる。しかし、顧客の使用経験が増加し、製品と顧客との間での絶え間ない相互作用が起こることによって、顧客の頭の中にあるコンセプト・ヒエラルキーの中で当該製品のコンセプトが分類・区別されるようになる。すると、デザイン・ヒエラルキーの頂点である最も重要なコンポーネントに関して、顧客ニーズが明確になり、その特定の機能の開発が焦点となり、やがてそのコンポーネントにおけるコア・コンセプトが定まる。すると今度は、デザイン・ヒエラルキーの下位部分に開発の焦点が移行し、製品全体が洗練される。こうして、製品アーキテクチャが固定的となっていくわけである。しかし、新たな顧客や新たな用法が登場するときには、開発の焦点がデザイン・ヒエラルキーの上位部分に再び向けられる。製品アーキテクチャの再構築が起こるのである。

さらに、楠木・チェスブロウ (2001) では、そのような製品アーキテクチャが固定的になる状況を漸進的なモジュラー化、製品アーキテクチャの再構築の局面を急激なインテグラル化ととらえて、製品アーキテクチャのダイナミック・シフトを提示している。インテグラル型の製品アーキテクチャのもとでは、企業は要素技術やコンポーネントがどのように相互作用するのかについて徐々に理解を深めることから、開発に必要なツールや専用装置、テストや実験の手法、シミュレーション・モデルなどを開発する。その結果、要素間の技術的な相互依存性は次第に小さくなり、インターフェースが明確になっていく。こうして徐々にモジュラー化が進行する。そして製品アーキテクチャは安定的にモジュラーな段階に入り、イノ

バージョンが引き起こす変化が特定の要素技術やコンポーネントで完結しているモジュラー・イノベーションを促進する。しかし、ある種のモジュラー・イノベーションの利益機会を十分に引き出すためには、構成要素間の相互作用について新しい知識の学習が必要になることがある。このような破壊的なモジュラー・イノベーションは結果的にインテグラル化を引き起こし、技術的な構成要素の相互作用は再び不明確になる。つまり、製品アーキテクチャは、漸進的なモジュラー化と急激なインテグラル化を繰り返すのである。

しかし、一方では、製品アーキテクチャはモジュラー・アーキテクチャからインテグラル・アーキテクチャへと漸進的に変化するという見解もある。Ulrich and Seering (1990) によれば、ほとんどの設計はモジュラー・アーキテクチャからインテグラル・アーキテクチャへと進化する。新たな問題に対してはモジュラー型のように分解して考えることが容易であることや、製品開発の初期段階においては、設計の異なる側面に関して独立して取り組むことができることを技術者が望むことが挙げられる。しかし、コスト低減の圧力や、パフォーマンス向上の圧力によって、ひとつの部品が複数の機能を担うという「機能シェアリング (function sharing)」が次第に進められ、製品アーキテクチャはインテグラル・アーキテクチャへと変化するのである。

このように、製品アーキテクチャのシフトに関して見解が分かれる単純な理由は、各研究者が想定している製品が異なることに起因しているように思われる。⁸ 楠木・チェスブロウ (2001) がハードディスク・ドライブを事例としているのに対し、Ulrich and Seering (1990) は爪切りやピストン・シリンダー、加速度計といった製品を扱っている。ハードディスク・ドライブに比べれば、爪切りやピストン・シリンダーといった製品は、技術的複雑性が低く、顧客に求められる製品性能もすでに飽和していると思われ、さらに、製品技術の革新の頻度も少なく、そのインパクトの大きさも小さいと言える。

2.5. 製品アーキテクチャの選択

このような製品アーキテクチャのダイナミック・シフトを考えると、企業には製品アーキテクチャを選択する余地がないように思われる。しかし、実際には、製品アーキテクチャと、その変更を促すような要因との間には相互作用があると考えるのが妥当である (Sako & Murray, 2000; 武石, 藤本, 具, 2001 など)。この点は、「モジュラー化」という用語が濫用さ

⁸ 前述のとおり、青島・武石 (2001) によれば、製品システム・レベルでのモジュラー化とサブシステム・レベルでのインテグラル化は、しばしば同時に観察されることがあり、これらすべてを「モジュラー化」と読んでしまう傾向があるために混乱を招いていると述べられている。しかし、ここでの楠木・チェスブロウ (2001) と Ulrich and Seering (1990) の違いは、観察するレベルの違いによるものではないと思われる。

モジュールの抽出と製品パフォーマンス

れ、使用する人によってモジュラー化の定義が異なってしまう状況からも推察できる。一口でモジュラー化と言っても、アーキテクチャを捉える観点が異なれば、定義も異なってくるということである。Baldwin and Clark (2000) によれば、モジュール性 (modularity) には「設計のモジュール性」、「使用のモジュール性」、「生産のモジュール性」という三つがあると指摘している。Sako and Murray (2000) によれば、そのような三つのモジュール性においては、それぞれ最適のアーキテクチャが異なっており、全体のバランスをとる必要があると述べている。また、「製品アーキテクチャのモジュール化」と「生産のモジュール化」、「企業間システムのモジュール化」という3種類のモジュラー化を区別できると指摘されている(藤本, 2002; 武石 他, 2001)。武石 他 (2001) によれば、欧米の自動車業界においては、自動車メーカーが部品メーカーの相対的に安い労働力を活用したり、投資負担を軽減したり、直接取引をする部品メーカーの数を削減したりすることを目指して、アウトソーシングすなわち「企業間システムのモジュール化」が拡大しており、これに対応する形で「生産のモジュール化」が進んでいると述べられている。それに対して、日本の自動車業界においては、1990年代に入って、作業者の満足度が重視されるようになったり、自己完結型品質管理が重視されるようになったりしたため、組立ラインが従来の統合型から自律完結型になり、サブアッシー化すなわち「生産のモジュール化」が進んでいると述べられている。そして、欧米の自動車産業においては、進行する「企業間システムのモジュール化」や「生産のモジュール化」と「製品アーキテクチャのモジュール化」とは、ある種の矛盾や緊張関係が発生する傾向も見られ、それへの対処が注目されると述べられている。つまり、「製品アーキテクチャのモジュール化」、「生産のモジュール化」、「調達」のモジュール化」は相互に作用するのである。このように、開発ないし設計のロジックだけで製品アーキテクチャが一方向的にモジュラー化するというわけではない、ということである。言い換えれば、企業は製品アーキテクチャを選択できる余地があるのである。

それでは、どのような要因が製品アーキテクチャの変化に影響を与え、企業はどのようにして製品アーキテクチャを選択すればよいのだろうか。Ulrich (1995) によれば、多くの既存製品の製品アーキテクチャは、意図的に作られたものではなく、漸進的な進化の結果ではあるのだが、企業には製品アーキテクチャを選択する自由がある。その選択された製品アーキテクチャは、製品の変化や製品バラエティ、製品パフォーマンス、製品開発マネジメントといった企業経営上の諸問題を通じて、企業パフォーマンスに影響を与える。そのことからすれば、あらゆる状況において最適であるような唯一絶対の製品アーキテクチャは存在しないのである。したがって、企業は製品アーキテクチャを理解し、モジュラー・アーキテクチャとインテグラル・アーキテクチャの双方のメリット・デメリットを勘案しつつ、慎重に製品

アーキテクチャを選ぶ必要がある。

製品アーキテクチャのモジュラー化に関する具体的な事例を交えた先行研究を見ていくと、これらの点がより一層、明らかになる。そのような先行研究は、エレクトロニクス、精密機器、家電、自動車など様々な産業にわたっている。そして、これらの研究においては製品アーキテクチャのモジュラー化が各産業の競争状況や製品開発、企業間システム、組織に与えたインパクトについて詳細に記述されている。それと同時に、逆方向のインパクト、すなわち競争状況や企業間システムの方から製品アーキテクチャのモジュラー化への影響についても論じられている。

製品アーキテクチャのモジュラー化に関して言えば、ソフトウェアの事例を扱った Meyer and Seliger (1998) や小山・竹田 (2001)、コンピュータの事例を扱った Baldwin and Clark (2000)、ゲーム産業の事例を扱った柳川 (2002) などが挙げられる。たとえば、Meyer and Seliger (1998) では、一連の派生製品を効率的に開発・生産する共通構造を形成するサブシステムやインターフェースの集合を「製品プラットフォーム」と定義し、ソフトウェアの開発においては「製品プラットフォーム」が研究開発費を削減し、しかも多様な派生製品をすばやく市場に投入することを可能にすると述べている。この「製品プラットフォーム」は、すべての市場セグメントのユーザーに必要とされる機能を担い、かつ、その他の追加的アプリケーションの土台となるようにインターフェースが業界標準化されている。つまり、ソフトウェアはオープン型のモジュラー・アーキテクチャになることによって多大なメリットを享受したのである。Ulrich (1995) の枠組みに従って考えれば、ソフトウェアに関しては、製品開発マネジメントや製品のバラエティ・変化といった問題を考慮した結果、モジュラー・アーキテクチャが選択されたということである。

一方で、製品アーキテクチャの考え方はこのような製造業だけでなく、海運業 (武石, 高梨, 2001) や金融業 (臼杵, 2001) など、製造業以外の産業についても応用されている。武石・高梨 (2001) によれば、コンテナ化は海運サービスの体系をオープン型のモジュラー・アーキテクチャに転換するプロセスであった。これによって ① 荷役効率が上昇し、雨天時の作業も可能になったため、荷役作業が飛躍的にスピードアップされ、② 形状の標準化により積み下ろし作業の機械化が可能になったため、船舶・港湾施設の大型化が進み、大量輸送によるスケール・メリットを享受できるようになり、③ ノード⁹ において中身に触れる必要がなくなり、損傷や盗難のリスクが減少したため、保険料やパッキング費用の削減につながった、というメリットを享受した。もちろん、コンテナ内に空きスペースができたり、空のコンテナの管理が必要になったりするなどのデメリットも生じた。しかし、コンテナ化の

⁹ ノードとは、異なる輸送モードの接点のこと。

モジュールの抽出と製品パフォーマンス

メリットはデメリットを上回り、インターモーダル輸送の強化やアライアンス形成の活発化を引き起こすなど、海運業の新たな競争パターンの出現につながったと述べられている。また、臼杵 (2001) によれば、金融商品のモジュラー化は売買が成立することで達成される。¹⁰ この売買が成立するためには、売買当事者が ① 移転されるキャッシュフローの決め方、② 契約や受け渡しなど移転の手続き (取引)、および ③ 価格の決め方 (値づけ)、の三つについて合意することが必要である。そして、1980 年代からの金融理論と情報技術の発展により、これらの三点にかかわるルールの標準化が促進され、年あるいは月単位で資産担保証券やデリバティブといった新金融商品のモジュラー化が進められていると述べている。

注意すべきは、これらの研究の多くがあらゆる製品においてモジュラー・アーキテクチャが望ましいと暗に示唆しているように思えてしまうことである。しかし、繰り返しになるが、インテグラル・アーキテクチャが駆逐されてしまうということはない。製品の変化や製品バラエティ、製品パフォーマンス、製品開発マネジメント、生産、調達、企業間関係といった諸問題を検討し、それらと製品アーキテクチャとの相互作用を認識した上で、適切な製品アーキテクチャを選択する必要があるのである。

2.6. 本稿の位置付け

製品全体のパフォーマンスを高めようとする場合、必ずインテグラル化しなければならないというのは誤りである。当然ながら、モジュラー化が製品全体のパフォーマンスを高める有効な手段となることもある。たとえば、ある部品が他の部品の機能を制限してしまっているような場合、あるいは非効率的な「機能シェアリング (Ulrich & Seering, 1990)」が行われている場合、モジュラー化が製品全体のパフォーマンスを高める有効な手段となることがある。ただ、近年興隆しているモジュラー化に関する議論は、インターフェースの観点ばかりが強調され、製品アーキテクチャのもう一方の側面である機能・部品の対応関係の観点が見軽視されているように思われる。裏を返せば、機能・部品の対応関係に注目すると新たな知見が得られるかもしれないということである。

また、一口に機能・部品の対応関係と言っても、機能の表現の仕方には顧客の観点から表現する方法と、設計者の観点から設計する方法がある。このような違いは、製品の捉え方の違いに起因している。マーケティングの分野では、製品は属性の束であると捉えているのに対し、エンジニアリング・デザインの分野では、製品は相互に作用するコンポーネントの複雑な集成であると捉えているのである。そして、Fixson (2002) では、顧客の観点から表現す

¹⁰ 臼杵 (2001) では、製品アーキテクチャの定義をインターフェースの観点のみで捉えているが、金融商品の主な機能がキャッシュフローを変化させることであるので、とくに問題はないと思われる。

の方が望ましいと結論づけている。しかし、顧客の視点で捉えた機能を設計者が過不足なく翻訳できていないかもしれない。そうすると、両者の観点で捉えた機能を比較することも必要であるように思われる。

さらに、製品アーキテクチャのダイナミック・シフトに関する先行研究においては、漸進的なモジュラー化と急激なインテグラル化が繰り返されていくという見解 (楠木, チェスブロウ, 2001) と、漸進的にインテグラル化が進行していくという見解 (Ulrich & Seering, 1990) が存在する。製品システム・レベルでのモジュラー化とサブシステム・レベルでのインテグラル化は、しばしば同時に観察されることがあるという指摘もある (青島, 武石, 2001) が、ここでの見解の相違とはおそらく関係ないだろう。先行研究での事例と本稿でのテニス・ラケットの事例をあわせて考えると、製品の特性の違いだけでなく、顧客との関係が製品アーキテクチャのダイナミック・シフトに影響を与えているように思われる。

本稿ではテニス・ラケット産業の中でも、1990年代の半ばに新規参入し、その後の競合他社の模倣行動による追従を受けながらも競争優位を維持してきたバボラ (BABOLAT) 社について事例研究を行い、これらの点について明らかにしたい。具体的には、製品アーキテクチャに関して、とくに機能・部品の対応関係の観点から、製品全体のパフォーマンスを高めることを意図して行われたモジュラー化に関してミクロ的な考察を深めていく。このモジュラー化は、複数の部品が担っていた機能をひとつの部品に集約するというモジュールの抽出 (Baldwin & Clark, 2000) であるのだが、主にコンピュータ産業で議論されているにすぎず、他の産業を事例とした実証研究はいまだにない点で研究する価値があるように思われる。テニス・ラケット産業を対象とする理由はいくつかある。テニス・ラケット産業は、技術や市場規模がゆっくりと時間をかけて発達してきた。新宅 (1994) が研究対象とした電卓業界や Christensen (1997) が研究対象としたディスク・ドライブ業界と比較すれば、その差は歴然としている。また、製品アーキテクチャに関しても極端なインテグラル化ないしモジュラー化が進展しておらず、市場規模も小さい。¹¹ そもそも製品アーキテクチャやイノベーションに関する先行研究において、このような産業が対象になることはない。というのも、イノベーションのスピードの速い産業はスピードが遅い産業を包含していると考えられるからである。ただ、完全に包含しているとは考えにくく、スピードが遅いがゆえに見えるものもあるはずである。そこで、スピードが遅い産業にもスポット・ライトを当ててみたいと思ったわけである。また、テニス・ラケット産業は世界レベルでのオープンな競争が展開されて

¹¹ テニス・ラケットの国内市場はデフレの影響で近年、縮小傾向にある。2001年の国内市場は約750億円で、余暇市場スポーツ部門の最終消費支出に占める割合は約1.6%となっている (レジャー白書, 2002)。

おり、既存企業間での競争は激しさを増してきている。このような点では他の多くの産業と共通しており、多くの日本企業が直面している問題でもある。だが、バボラ社はこのような厳しい市場の状況にもかかわらず、1990年代半ばにフレーム生産に新規参入し、成功した。この事実からすれば、バボラ社の事例を研究することによって何らかの知見が得られるかもしれないのである。

3. テニス・ラケット産業とバボラ社

3.1. テニス・ラケットの製品アーキテクチャ

テニス・ラケットの構造および機能は国際テニス連盟の定めるルール *Rules of Tennis 2003* によって、大まかに規定されている。たとえば、ストリング面に関しては、平らで、フレームに繋がり、交互に編みこまれたストリングによって構成されなければならない、とされている。また、表裏両面で同一の特性を発揮するように設計・張り上げが為されなければならない、とも書かれている。ラケットの大きさに関しては、フレームがグリップも含めての全体の長さで 29 インチ (73.66cm) 以内、幅が 12.5 インチ (31.75cm) 以内で、ストリング面が長さ 15.5 インチ (39.37cm) 以内、幅が 11.5 インチ (29.21cm) 以内と規定されている。さらに、フレームを保護したり、振動を抑えたりする以外の目的の物体あるいは装置はフレームに取り付けてはならない、と規定している。

ここで、製品アーキテクチャの観点からテニス・ラケットの機能と構造の対応関係を考えてみたい。ルールによって規定されているように、一般的なテニス・ラケットの部品は、フレームとストリング¹² の 2 種類に大別される。なお、ここでのフレームを広義のフレームと名付ける。

広義のフレームはさらに、カーボンファイバーやグラファイト¹³ などから構成される狭義

¹² 正式な呼称は「ストリングズ (strings)」である (*Rules of tennis 2003, 2003*)。ここでは簡便化のため「ストリング」と呼ぶ。日本では素材に関わらず「ガット」と呼ばれることも多い。主な種類は、牛や羊の腸を材料とするナチュラル・ストリング、ナイロン系ストリング、ポリエステル系ストリングの 3 種類がある。ナイロン系ストリングは、さらにモノ構造とマルチ構造とで 2 種類に大別される。なお、ナイロン系・ポリエステル系ストリングを総称してシンセティック・ストリングと呼ぶこともある。

¹³ 正確にはグラファイトファイバー (黒鉛繊維) と言う。生産工程は、まず洋服などの素材として知られるアクリル繊維を人工的に化合してアクリロニトリル樹脂にし、さらに化合して、紡糸する。この糸を、酸素を吹き込みながら 200~300 度の高温炉に通して (耐炎化)、熱で溶けない安定繊維に変化させる。この繊維を、1000~1500 度の高温で、さらに熱すると、炭素以外の不純物がガスになって飛ばされ、ついには炭素同士が結合したカーボンファイバー (炭素繊維) が誕生する。そして、このカーボンファイバーを、引き続き 2000~3000 度で、引っ張りながら熱し (黒鉛化)、黒鉛結晶を発達させることで得られる (2003 年 6 月 25 日、ブリヂストンのテニス用品関連のホームページ http://www.bs-tennis.com/frame/f_tmk.html)。

のフレーム、チタンメッシュあるいはカーボン・ナノチューブなどから構成されるフレーム補強材、ウレタンで成型されるグリップ、¹⁴ 使用者の手のひらとの密着性を高めたり、汗を吸収・乾燥させたりするグリップ・テープなどの部品群に分解される。それ以外にも、鉛あるいは鉄で構成され、質量分布を調整する役割を果たす balancer（おもり）、ストリングから伝わる振動からフレームを保護したり、地面やフレームによってストリングが損傷するのを防止したりするグロメット¹⁵ などの部品があり、これらも広義のフレームの中に含まれる。¹⁶ 一般的なテニス・ラケットに関して、このような機能と部品の対応関係で図示すると、図1のようになる。¹⁷

ただし、図1に関して、いくつか注意しなければならない点がある。図1では部品と機能の関係が完全には把握できない点に注意しなければならない。たとえば、質量分布調整という機能に関しては、balancerを除くラケット全体の質量分布を計測した上で、心地よい振りぬき感を実現するように balancer の形状、質量、取り付け位置などを決めていくというのが基本である。したがって、基本的に質量分布調整に関しては、balancer が非常に重要な役割を果たし、それ以外の部品はあまり重要でない。このことからすれば、質量分布調整という機能は balancer とのみ連結線が引かれるべきであるように思われる。しかし、反発力を追求しようと面の大きさを大きくしすぎてしまったり、面剛性を高めようと重い素材を中心に狭義のフレームを作ってしまったりと、非常に重い balancer をグリップ・エンドぎりぎりに取り付けなければならず全体の質量が重くなりすぎたり、あるいはグリップ・エンドぎりぎりに最も重い素材の balancer を取り付けても最適な質量分布を実現できなかったりする問題が発生してしまうこともある。つまり、balancer の機能を最大限に発揮しても対処できない事態が存在するのであり、このような観点では全体の中で比較的、重い部品である狭義のフレームやグロメット、グリップが小さいながらも一定の役割を果たすのである。

また、部品間の相互依存性や機能間の相互依存性が見過ごされていることに注意しなければならない。たとえば、ストリングとグロメットとの関係が挙げられる。1990年代の半ば

¹⁴ ハンドルという呼び名もある。近年では、軽量化を図るために狭義のフレームとグリップとを一体成型している場合が多い。機能シェアリング (Ulrich & Seering, 1990) の例と言える。

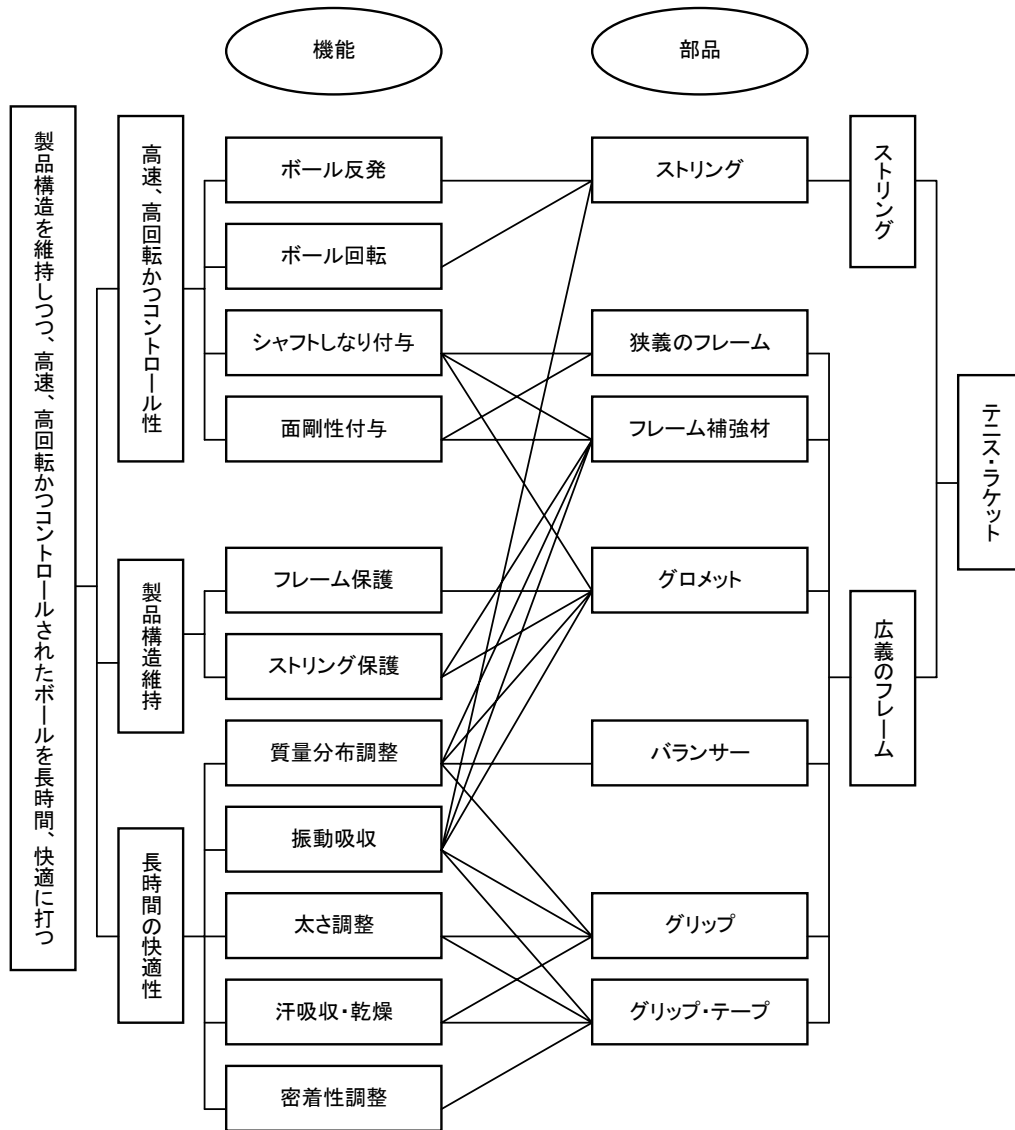
¹⁵ 狭義のフレームとストリングとの間に挟まる部品のこと。振動吸収や質量分布調整などの機能も果たす。

¹⁶ その他にも、グリップの機能強化や太さを調整する厚さ 0.3mm 前後の上巻きグリップ・テープ、グロメットを地面との衝突から保護するヘッド・テープ、ストリングの振動を吸収するバイブレーション・ダンパー（振動止め）などがモジュールとして外付けできる。なお、ラケットによっては、バイブレーション・ダンパーを狭義のフレームやグリップの中に埋め込んでいるものもある。

¹⁷ ここでは、グリップを一体成型しておらず、バイブレーション・ダンパーも狭義のフレームやグリップの中に埋め込まれていないタイプのラケットを想定している。

モジュールの抽出と製品パフォーマンス

図1 テニス・ラケットの機能と部品の対応関係 (技術者の観点)

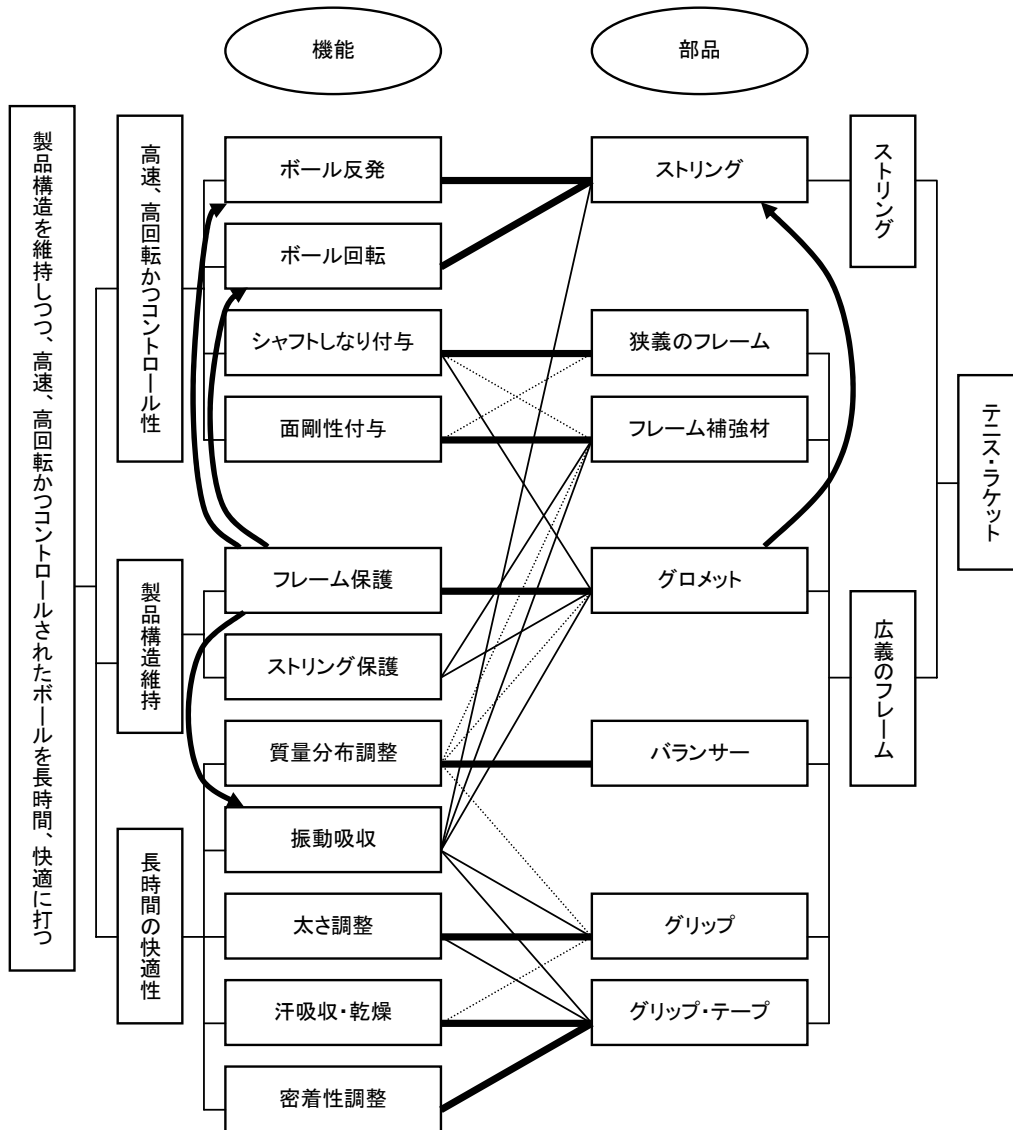


注) 図の簡略化のため、サブサブ機能とサブサブ構造との連結以外の連結線は省略してある。

まで、ほとんどすべてのテニス・ラケットにおいてストリングはグロメットによって狭義のフレームにしっかりと固定され、自由な動きを取れないようにされてきた。その結果、ストリングの機能のパフォーマンスはグロメットによって大きく制限されてきた。

このように、機能と部品との連結には強弱があると思われる。質量分布調整は、バランサーとの連結は非常に強く、狭義のフレームやグロメットなどとの連結は弱いが確実に存在す

図2 連結の強弱を反映したテニス・ラケットの機能と部品の対応関係 (技術者の観点)



注) 図の簡略化のため、サブサブ機能とサブサブ構造との連結以外の連結線は省略してある。

る。また、グロメットがStringのパフォーマンス限界を規定している。これらの点を考慮することが本稿ではとくに重要であるため、図2のように強い連結を太線、弱い連結を点線、極端に強くも弱くもない連結を普通の線で表すことにする。また、パフォーマンスの限界を規定するという関係を、規定される側に矢じりが向いている矢印で表すことにする。な

モジュールの抽出と製品パフォーマンス

お、図1でも図2でも技術者の観点からの機能の列挙となっている。というのも、ここで焦点となっているグロメットが担っている機能は、消費者の観点からでは記述されない可能性があるからである。

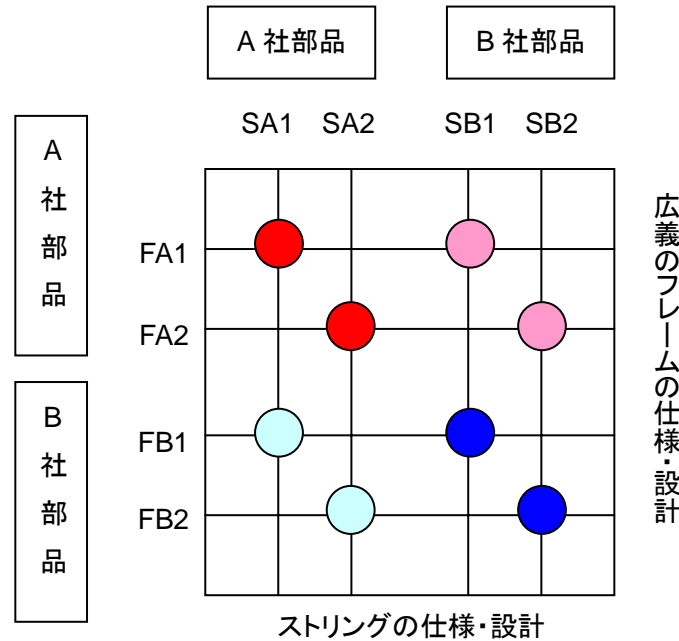
図2に示されている通り、広義のフレームをさらに細かい部品群に分解した階層において、強い連結のみに着目してみると、ストリング保護と振動吸収という二つの機能を除いた九つの機能と七つの部品が9本の連結線で結ばれていて、機能と部品がほぼ一対一で対応しており、かなりモジュラー型の製品アーキテクチャであるように見える。実際、強い連結部分にのみ注意を払って、部品を寄せ集めて組み立ててもそこそこのパフォーマンスを示すテニス・ラケットが出来上がる。しかし、すべての連結線を考慮に入れると機能と部品の対応関係は入り乱れており、またグロメットとストリングの構造上の相互依存性も高い。つまり、テニス・ラケット全体としてのパフォーマンスを最大にするためには、多くの部品に関して微妙なすり合わせが要求されることから、その意味ではインテグラル型の製品アーキテクチャであると言える。

ストリング面と広義のフレームという階層においては、「調達のモジュール化 (武石 他, 2001)」が行われていると言える。すなわち、広義のフレーム、ストリングは基本的に異なる企業が生産を担当している。また、たとえ広義のフレームとストリングを同一の企業が生産していても、ほとんどすべての場合において、これら2種類の部品を組み立ててしまうことはない。基本的には広義のフレームとストリングとを企業を超えて自由に組み合わせることができる。つまり、「企業を超えた汎用インターフェースの存在」という観点からは、オープン・モジュラー型の製品アーキテクチャであるためのひとつの条件は満たされている(青島, 武石, 2001; Ulrich, 1995)。

しかし、振動吸収機能に関してストリングと広義のフレームは機能上の相互依存性を持っている。反発性能¹⁸を追求し振動吸収をおろそかにしている広義のフレームに、同様に反発性能にきわめて優れ振動吸収にきわめて劣るストリングを組み合わせると、ボールが飛びすぎて、しかもプレーヤーの肘に負担がかかるテニス・ラケットが出来上がってしまう。逆に、振動吸収が極端に優れ反発性能がおろそかにされている広義のフレームとストリングを組み合わせると、肘には優しいがまったくボールが飛ばないテニス・ラケットが出来上がってしまう。したがって、図3に示されている通り、テニス・ラケット全体として最大のパフォーマンスを発揮するためには、広義のフレームとストリングがお互いに長所を打ち消しあってしまうないように組み合わせに注意しなければならないのである。また、広義のフレーム

¹⁸ 広義のフレームの反発性能はシャフトのしなりとその復元力の機能によって実現される(富山, 1985)。本稿ではこの機能を「シャフトしなり付与」と呼んでいる。

図3 設計パラメータ空間による製品アーキテクチャの表現



注) 図の簡略化のため、相対的に全体のパフォーマンスの劣る組み合わせを省略してある。たとえば、FA1とSA2またはSB2は組み合わせ可能だが、全体のパフォーマンスでは他の組み合わせに劣る。

は、あまりに強い力がかかると破損したり、歪んだりしてしまうため、ある一定以上の張力（テンション）でストリングを張ることができない。つまり、構造上の相互依存性も存在する。

このような相互依存性に対して、広義のフレームとストリングという2種類の部品を最終的に組み立てるストリンガー¹⁹が大きな役割を果たしている。ストリンガーとは、文字通りストリングを張り上げる人のことであり、一般的にはテニス用品店などの小売店やテニス・クラブ、あるいはプロ・テニス・プレーヤー一人一人に専属となっている。ラケットとストリングのいずれにも精通していて、顧客が選択したラケットと性能上の不協和を起こさず、かつ顧客の好みに応じたストリングを選定し、適切な張力で張り上げる職人のような存在で

¹⁹ USRSA（米国ラケット・ストリンガー協会）のMRT（マスター・ラケット・テクニシャン）の資格を持つ人は、現在日本に17人いる。

モジュールの抽出と製品パフォーマンス

ある。つまり、ストリンガーが構造上・機能上の相互依存性の問題を解決しているのである。したがって、この階層においては、インターフェースの共通化という観点からはオープン・モジュラー型の製品アーキテクチャだと言えるが、最大のパフォーマンスを実現するためにはストリンガーによるすり合わせが要求されるのであり、インテグラル型の製品アーキテクチャであると言える。

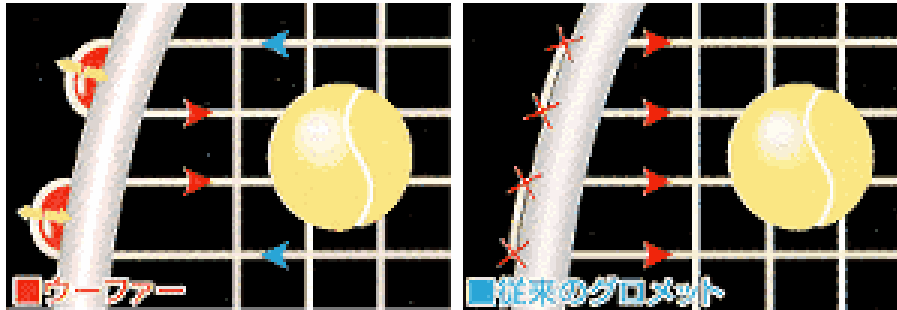
3.2. モジュールの抽出

多くの既存のフレーム・メーカーは、グロメットがストリングのパフォーマンスを制限している点を見逃して、専ら広義のフレームの改良に努めてきた。ストリング面は一般的に楕円形をしており、縦の長さとは横の幅は大きく異なっている。さらに厳密に言えば、縦も横も狭義のフレームの中央は長く、両サイドは短くなっている。この長さの異なるものに均一の張力でストリングを張ると、ストリングは一本ごとに異なった反発力を持つてしまう（富山, 1985）。この問題に対して、ストリング面のすべての位置においてストリングが均一の反発力を持つ状態を実現することが理想であることは確かである。これを実現するには、張られる長さに応じてストリングの張力を変えて張り上げなければならないが、現実には非常に手間がかかるため、2本のストリングを使用して縦と横とで張力を変えて張り上げるだけだった。ただそこで、既存のフレーム・メーカーはグロメットにしっかりと固定されたストリングを前提としており、縦と横の張力を変えて張り上げる以外の解決方法を考えようとはしなかった。つまり、反発性能の問題をストリング・メーカーあるいはストリンガーが解決すべき問題として見なしており、自らが生産する広義のフレームとは関係のない問題として扱っていた。機能・構造の対応関係からはインテグラル型だと判断されるにもかかわらず、インターフェースの共通化という観点からのみ眺めることによって、モジュラー型のように捉えて製品開発を行っていた、とも言える。

しかし、ストリングがすべて均一の反発力を恒常的に持たなくても良いのである。反発力を持つのは一時的、すなわちボールとのインパクトの瞬間だけで良いのである。長年に渡るストリング生産に携わってきた中で、フレームに関しての技術的なノウハウをも蓄積してきたバボラ社は、多くの既存のフレーム・メーカーが気づいていなかったこの点に注目した。

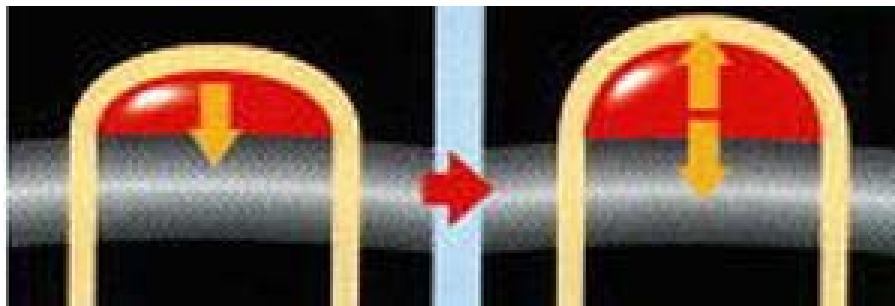
そこで、バボラ社は自社の強みであるストリングのパフォーマンスを最大限に引き出すためには、フレームとストリングのインターフェースに改善を施し、ストリングがフレームに束縛されることなく自由に動けるようにすることが必要であると判断した。すなわち、ふく

図4 ウーファーの「滑車機能」



出所) 松尾 (2002a)

図5 ウーファーの「ピストン機能」



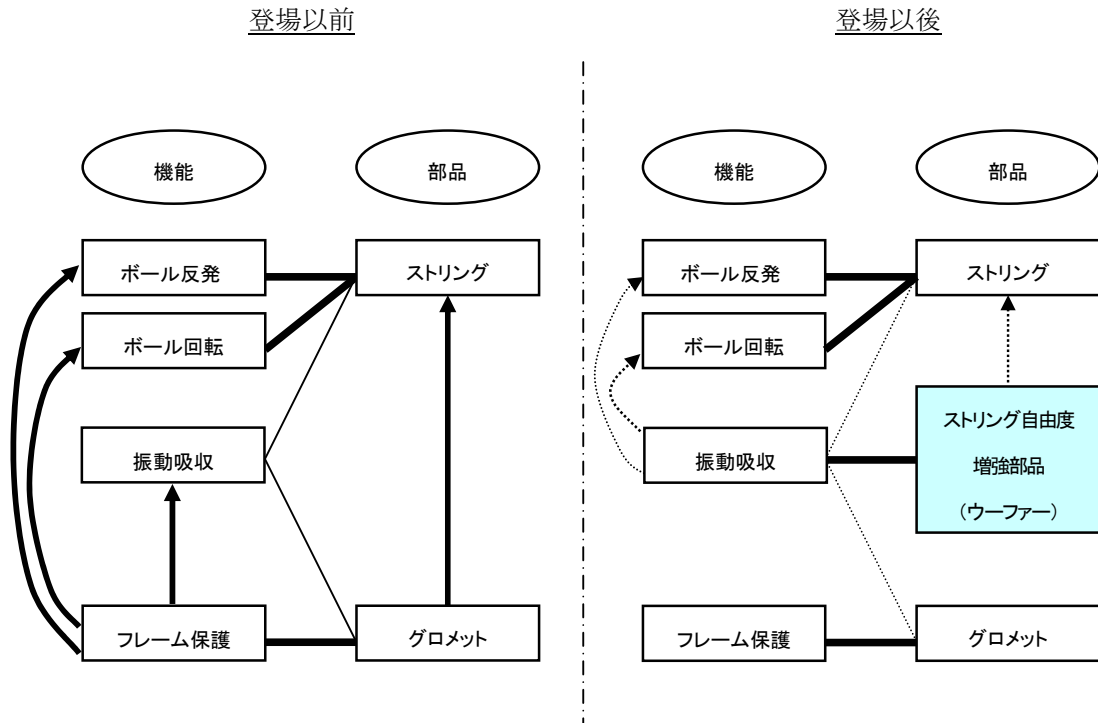
出所) 松尾 (2002a)

らみを持たせた高弾性エラストマー²⁰ をグロメットに組み込むことを考案したのである。これが、いわばストリング自由度増強部品と呼ぶことができる「ウーファー (Woofers)」である。

ウーファーには大きく二つの機能がある (松尾, 2002a)。ひとつは「滑車機能」である (図4 参照)。ストリングの通り道に滑りやすい表面処理が施されているため、ストリングがロックされずに動きやすく、ボールがストリング面の中心をやや外れて当たったときでも正常

²⁰ エラストマー (elastomer) とは、高分子化合物の一種で、ゴムのように弾性 (エラストマー性) に富むものの総称である。同じ高分子化合物でも、プラスチックのように可塑性を持つプラストマー (plastomer) とは異なる。

図6 ウーファー登場による機能と部品の対応関係の変化（技術者の観点）



注) 関係する部品およびそれらが対応する主要な機能のみ抜粋

なストリング面変形を保つ。これにより、ボールとストリング面の接触時間を従来比で 25% 増加させ、コントロール性能やスピン性能を大幅に向上させるとともに、スウィート・エリアを拡大させた。

もうひとつの機能は「ピストン機能」である（図 5 参照）。ボールのインパクト時に内側へ引き込まれるストリングによって高弾性エラストマーが圧縮され、復元する力をストリングの弾力に加える。これにより、ストリング面の反発力を向上させるとともに、ストリング振動の減少化を可能にした。

ウーファーに関して、製品アーキテクチャの観点から分析すると、これらの「滑車機能」や「ピストン機能」は主に振動吸収機能を担っており、図 6 のように表現できる。ウーファー登場以前は、ストリングのパフォーマンスがグロメットによって強く制限されていた。より正確に表現すると、ストリングとグロメットが構造上の強い相互依存性を持つだけでなく、

フレーム保護と振動吸収という機能が機能上の相互依存性を持っていた、ということである。しかし、ウーファー登場後は、これらの「滑車機能」や「ピストン機能」によって、ウーファーが振動吸収機能をほとんど一手に引き受けるようになり、ストリングという部品と振動吸収という機能に課せられていた制限が大幅に緩和された。これは、モジュールの抽出 (Baldwin & Clark, 2000) によるモジュラー化と捉えることができる。これによってバボラ社は、反発力やスピン性能、振動吸収などに関して既存のパフォーマンス限界を打破するテニス・ラケットを生み出したのである。

このような「ウーファー」の働きによって、バボラ社のラケットは反発性能、振動吸収性能、コントロール性能、スピン性能に優れていると言われている。ただ一方で、「自然なしなり」や「適度な曖昧さ」を持つ点が高く評価されているようであるとも言われている。²¹ 両者の意見の間には一見、矛盾があるように思われる。なぜなら、反発性能や振動吸収性能などのすべての性能が絶対的に上昇したとすると、「適度な曖昧さ」が残ることはないからである。

では、実際にはどうだったのだろうか。本稿では、反発力を表わす指標として「反発力」、振動吸収性能を表わす指標として「トルク」と「ショック」という指標を採用した。²² ただ残念ながら、これらの指標は振動吸収性能と並んでバボラ社のテニス・ラケットの特長であるスピン性能やコントロール性能を測定しきれていない。図7は横軸に反発力、縦軸にトルクないしショックをそれぞれとり、バボラ社の「ピュアコントロール」が発売された1999年とその前年の1998年に日本ないし米国で発売が開始されたテニス・ラケット93本²³のポジションを散布図として描いたものである。女性や高齢者、ジュニアなどの一般的に筋力の弱いプレーヤーにとっては、反発力が絶対的に高い方が望ましい場合が多いので、すべての散布図において右下の方向が望ましい。一方、一般の成人男性のプレーヤーやプロ・テニス・プレーヤーにとって、反発力はほとんど関係ないか、むしろ小さい方が望ましいくらいである。したがって、新宅 (1994) のように直線で表される属性間の等効用曲線を想定すると、²⁴ 前者のプレーヤーの等効用曲線は右上がりの直線で表され、後者のプレーヤーの等効用曲線は横軸に水平か、やや右下がりの直線で表される。

これらの散布図を見ると、バボラ社のテニス・ラケットである「ピュアドライブ」と「ピ

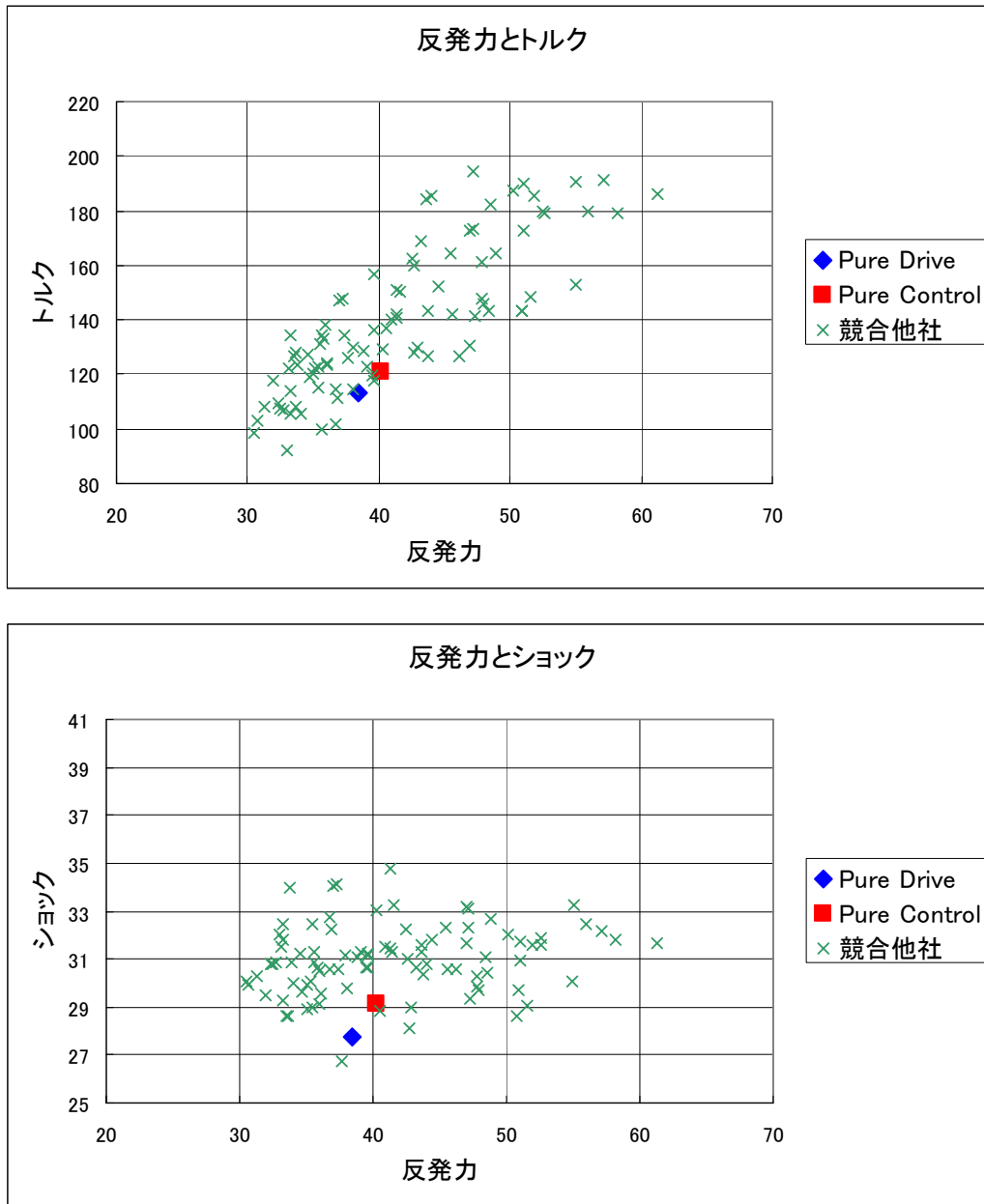
²¹ A社営業担当者へのインタビューによる。

²² 反発力、トルク、ショックの公式や計算方法に関しては、補遺を参照のこと。

²³ フレックスやヘッド・サイズに関してデータの欠落していた一部のラケットを除く。

²⁴ 新宅 (1994) では、縦軸に価格、横軸に価格以外の属性、すなわち機能をとっている。しかし、テニス・ラケットにおいて価格は、あるメーカーの製品ラインの中でも、また、他のメーカーの製品ラインと比較しても、ほぼ横並びであり、さらに時系列的な変化も少ない。そのため、ここでは価格を除いている。

図7 1998・99年の反発力とその他のパフォーマンス指標



出所) 質量、全長といったデータに関しては Tennis Warehouse のホームページ <http://www.tennis-warehouse.com/>、『月刊・テニスジャーナル』各月号などからデータを取得し、補遺に示す計算式からトルク、ショック、反発力を計算することによって、筆者が作成した。

「デュアコントロール」はトルクやショックが比較的、優れている。コントロール性能やスピン性能を測定できれば、この優位性はいつそう明らかになるだろう。しかしながら、必ずしも

反発力に優れているというわけではないことがわかる。反発性能と振動吸収性能がともに優れているということは、同じ反発力でもトルクやショックが相対的に低い、つまり従来の性能のトレード・オフを超えたということを意味しているのであって、両方の性能が絶対的に優れていたというわけではないのである。そして、従来の性能のトレード・オフを超克したということから、「自然なしなり」や「適度な曖昧さ」という評価の声が聞かれたのである。

このような独自の製品ポジションによって、振動吸収性能が必要不可欠であるプロ・テニス・プレーヤーやそれ以外の上級プレーヤーの間で、シェアを高めていくことができたのである。そればかりか、競合他社の模倣が、当初は柔軟な素材を使用したグロメットを開発するというような単純なモノマネであったことから、見かけの上では似ていても、振動吸収性能としてはバボラ社のテニス・ラケットに及んでいなかったため、競合他社の似通ったラケットのほとんどが生産中止に追い込まれたようである。また、このことが影響して、競合他社の模倣も次第に広義のフレームとストリングとの関係を考慮するというコンセプト上の模倣へと変化していったようである。

3.3. バボラ社の市場シェアの拡大

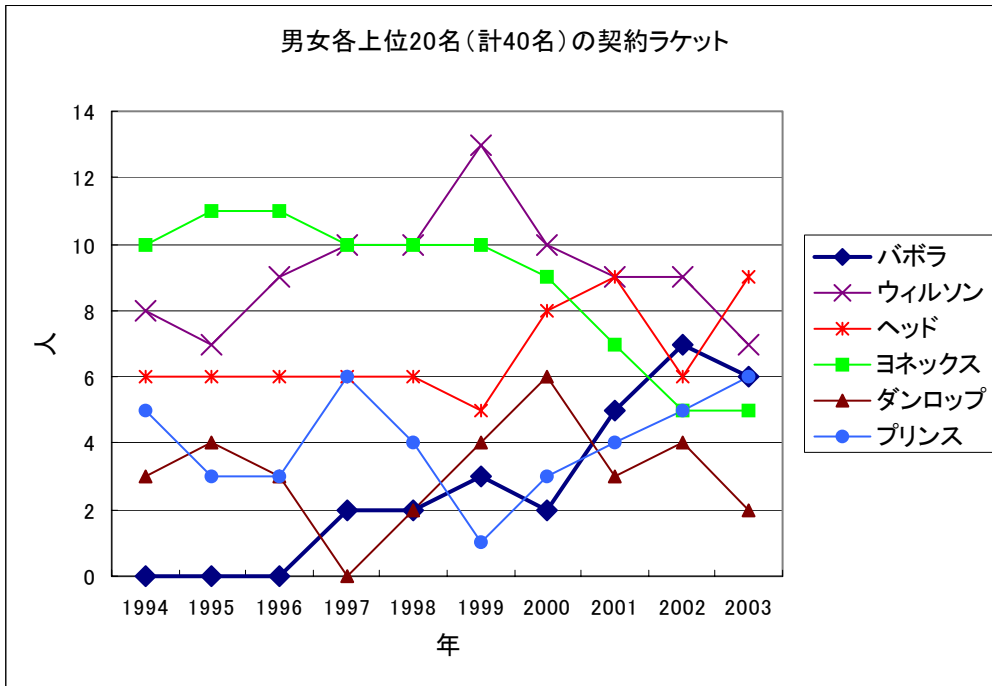
それでは、テニス・ラケット産業においてバボラ社の地位はどのように変化したのであろうか。この点を確認するために、まず、テニス・ラケット市場における企業間のシェアを比較したいと思う。ただし、全世界でのシェアに関するデータがないため、プロ・テニス・プレーヤーの使用率で代理することにする。すると、図8のように示される。図8は、バボラが広義のフレーム生産に新規参入した1994年から現時点までの期間において、各フレーム・メーカーが上位のプロ・テニス・プレーヤーと契約を結んでいる人数をプロットしたものである。ここで言う上位のプロ・テニス・プレーヤーとは、男子はATP²⁵のシングルスにおけるエントリー・ランキングの上位20名、女子はWTA²⁶のシングルス・ランキングにおける上位20名、男女合計40名のことである。男子のランキングに関しては、1年間の獲得ポイントのみで競われるATPのチャンピオンズ・レースによるランキングもあるが、これは2000年から始まった新しいランキングなので、ここでは従来のエントリー・ランキングを採用している。また、1995年と1996年におけるWTAのシングルス・ランキングには、同順位のプレーヤーが存在している。²⁷そのため、上位21名について調べられており、男女合計も41名となっている。

²⁵ ATPとは、男子プロ・テニス・ツアーの運営団体である。

²⁶ WTAとは、女子プロ・テニス・ツアーの運営団体である。

²⁷ 1995年は、モニカ・セレスとシュティフィ・グラフが1位、1996年は、モニカ・セレスとアランチャ・サンチェスビカリオが2位でそれぞれ同順位となっている。

図 8 プロ・テニス・プレーヤーにおける広義のフレームのシェア

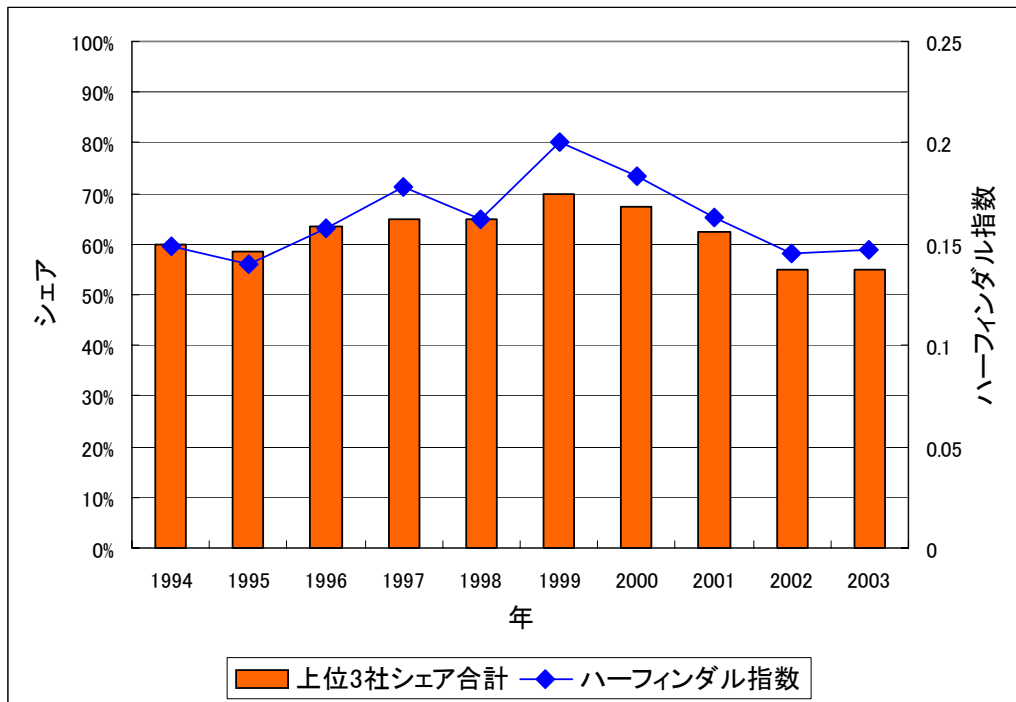


注) 2003 年は 6 月 23 日時点、それ以外の年は年度末のエントリー・ランキングをもとに筆者が作成。

なお、男女各上位 20 名ずつを採用した理由はいくつかある。第一に、メーカーないしブランドごとの契約プレーヤー数の差である。ウィルソンやプリンスなどは、ほとんど無名のプレーヤーも含めて無数の契約プレーヤーを保持している。一方で、バボラは新規参入して間もないこともあり、契約プレーヤーは約 60 名とあまり多くない。したがって、ランキングの範囲をあまりにも広げすぎてしまうと、契約プレーヤー数の多いメーカーに有利になってしまう。第二に、ランキングの変動の激しさである。ランキングの変動が激しいため、ランキングの範囲をこれ以上狭めてしまうと、個々のプレーヤーの浮き沈みに大きく左右されすぎてしまう。それ以外の理由は、データの取得可能性である。ランキングで 21 位以下のプレーヤーに関しては、氏名は判明するものの、テニス・ラケットの使用契約を結んでいたブランド名に関しては判明しない部分があった。

図 8 から読み取れるように、バボラは 1994 年の新規参入から 3 年間、存在感は薄かった。

図9 シェア上位3社のシェア合計およびハーフィンダル指数



注) 1995・1996年は全体を41人、それ以外の年は40人として計算。筆者が作成。

しかし、1997年から上位のプロ・テニス・プレーヤーの間で、確実に存在感を増しつつある。とくに、2001年以降の動向を見る限り、広義のフレーム市場におけるトップ・ブランドの仲間入りを果たしたと言えるかもしれない。

なお、その他のメーカーの動向を見てみると、1999年を境にして、ウィルソンやヨネックスがシェアを落としているのに対して、プリンスが巻き返している。全体としては、各メーカーのシェアの差が縮まり、競争の度合いが激しくなっている。

この点に関して、シェア上位3社のシェア合計と、シェア上位6社のシェアから計算したハーフィンダル指数²⁸をグラフとして表すと図9のようになる。1999年以降、上位3社のシェア合計もハーフィンダル指数もともに低下傾向にあり、競争が激しさを増しつつあることが裏付けられている。

²⁸ ハーフィンダル指数とは、各社のシェアの2乗値の総和である。

3.4. テニス・ラケット産業の競争の激しさ

このような競争の激しさに関して、もう少し掘り下げてみたい。具体的には、Porter (1980)における五つの力による産業構造の説明を試みる。これは産業別の利益ポテンシャルを考察するために用いられることが多いが、ここではテニス・ラケット産業への新規参入の難易度と、新規参入後の競争の激しさを分析することに適用する。結論から先取りしてしまえば、新規参入は比較的容易なものの、競争は激しく、生き残っていくことが難しい産業であると判断される。

3.4.1. 新規参入の脅威

テニス・ラケット産業の参入障壁は高い・低いのどちらとも言えず、また、既存企業からの予想される反撃も激しいとも激しくないとも言えない。つまり、新規参入の脅威は強い・弱いのどちらとも言えない。

テニス・ラケットは各社がフルライン戦略を採っているばかりか、頻繁にモデル・チェンジが行われるため、ひとつのモデルの生産量は多くはない。つまり、規模の経済や経験効果はあまり重要ではない。また、テニス・ラケットの生産には大規模な運転資金が必要なわけでもない。しかしながら、テニス・ラケット産業では各社とも、毎年、新しいモデルのラケットを市場に投入している。とくに大手のウィルソンやヘッド、プリンスといったメーカーは、毎年、大量のモデルを投入してきており、かなり差別化されているように思われる。ただ、テニス・ラケット産業は、ある企業がグロメットを装着したラケットを発売するや否や、競合他社も揃ってグロメット付きラケットを発売して追随したように、あるいはある企業がチタンを素材として使用するや否や競合他社もチタンを使用したラケットの生産を一斉に始めたように、その技術の単純さ故に模倣が盛んに行われている産業である。反発性能や振動吸収性能といった性能上では、似通ったラケットも少なくない。このように、テニス・ラケット産業の参入障壁は高い・低いのどちらとも言えないだろう。

次に、価格に関してだが、ブランドが利く産業なので、既存企業はほとんど値下げを行うことはない。デフレが進行した1990年代の日本においても、テニス・ラケットの発売価格はおよそ2万~4万円の範囲に収まっている。しかし、既存企業の経営資源は豊富であり、技術の単純性とあいまって、ある企業が新たな技術をてこにして新製品を投入しても、瞬く間に競合他社に模倣されてしまうのである。このように、テニス・ラケット産業において、既存企業からの予想される反撃は、技術的には激しいが、価格的には激しくないとと言える。

以上のことから、テニス・ラケット産業では新規参入の脅威は強い・弱いのどちらとも言えない。

3.4.2. 既存企業間の対抗度

テニス・ラケット産業の既存企業間の対抗度は強い。

バボラ参入以前で、多くの契約プロ・テニス・プレーヤーを抱えていた主要メーカーはウィルソン（米）、プリンス（米）、ダンロップ（英）、ヘッド（オーストリア）、フォルクル（スイス）、ヨネックス（日）が挙げられる。契約プロ・テニス・プレーヤーがいたその他のメーカーはエステューサ（米）、アディダス（米）、スラセンジャー（英）、マヨール（仏）、フィッシャー（オーストリア）、クナイスル（オーストリア）、ミズノ（日）、ヤマハ（日）が挙げられる。その他、世界的に有名であったメーカーにはプロケネックス（米）、ウェイベックス（米）、ウィンブルドン（英）、ロシニョール（オーストリア）、東亜ストリング（日）などが含まれる。その他にも、日本のみで販売しているようなブリヂストンやジャパーナといったメーカーもある。さらに、バボラの参入後の1996年、日本のゴーセンが新規参入を果たした。このように、既存企業の絶対的な数が多い。²⁹

これらの企業はストリングも併せて生産している企業もある。そのような企業の中にも、ラケットをメインとして生産している企業もあれば、ストリングをメインとして生産している企業もある（表1参照）。また、これらの企業の中には、プリンスやヘッド、ヨネックスのようにテニス・ラケット以外にバドミントンやスカッシュないしソフトテニスのラケットを製造している企業もあれば、フォルクルやフィッシャー、クナイスル、ロシニョールのようにスキーやスノーボードの板ないしボードを生産している企業もある。さらに、ウィルソンのようにゴルフのクラブや野球のグローブを生産している企業もある。もちろん、エステューサのようにテニス・ラケットのみを生産している企業もある。このように、既存企業の個性は多様である。

一方で、ブランドとして認知されることが重要であると言える。厳密に言うと、テニス用品市場でのブランドではなくて、テニス・ラケット市場でのブランドにおいてである。³⁰ 世界ランキングで上位のプロ・テニス・プレーヤーを多く抱えるブランドほど、一般のプレーヤーの市場においてもシェアが高いと言われている。事実、ストリング市場での優位な地位にあるゴーセンや東亜ストリングも、テニス・ラケットの契約プロ・テニス・プレーヤーを獲得するに至っておらず、テニス・ラケット市場ではかなり弱い地位である。

²⁹ そればかりか、図8・9で見られるように、各社のパワーも同程度であると言える。

³⁰ この点に関連して、住友ゴム工業は2003年7月1日付でスポーツ事業を分社化して、SRIスポーツを設立した。このSRIスポーツは、テニス・ラケットなどのスポーツ用品を「ダンロップ」ブランドで製造・販売すると同時に、同じく子会社の米国ダンロップ社から「ダンロップ」ブランドのテニス・ラケットを輸入販売している。さらに、バボラ社から「バボラ」ブランドのテニス・ラケットを輸入販売している。SRIスポーツは、テニス用品以外にも、ゴルフ用品やアウトドア用品も製造・販売している。

表1 ラケット（広義のフレーム）とストリングの兼業

	ラケット生産		ラケット生産せず
ストリング生産	ラケット重視型 ウィルソン プリンス ダンロップ ¹ フォルクル など	ストリング重視型 ゴーセン など	ストリング專業型 キルシュバウム ルキシロン アシャウエイ レーザーファイバー など
	ラケット專業型 エステューサ スラセンジャー など		

注) 表中の矢印は、バボラがテニス・ラケットの生産開始後の変化を表している。後述するように、バボラは従来のナチュラル・ストリングのシェアを維持しつつも、ラケットのシェアを急速に拡大しつつある。つまり、ラケットとストリングの両方を重視しているので「バランス型」と呼ぶのが正確かもしれない。

以上、見てきたように、テニス・ラケット産業では競争企業の数が多く、個性が多様である。しかも、前述の通り、製品が差別化されておらず、顧客にスイッチング・コストがかからない。³¹ したがって、既存企業間の対抗度は強いと言えるのである。

3.4.3. サプライヤーの価格交渉力

サプライヤーの価格交渉力は強い。

テニス・ラケットの素材は、主にカーボンファイバーであり、繊維を生産している企業から直接仕入れるか、もしくは商社を介在させて仕入れている。チタンなどの金属も主に商社

³¹ 日本においては、市場の成長率が低いことも既存企業間の対抗度を強めている。テニスへの参加人口は1995年には1140万人だったが、1999年には780万人まで減少した。2001年はやや持ち直して920万人となっている。日本におけるテニス用品の市場規模は1991年に約1280億円だったが、2001年には約750億円まで落ち込んでいる（レジャー白書, 2001, 2002）。

から仕入れている。1社あたりの仕入先の数はおよそ2、3社である。日本での例を挙げると、2002年3月期において、東レの連結売上高は1兆円を超えているのに対して、東レの子会社から仕入れているゴーセンの売上高は約90億円と東レの1%にも満たない。このように、サプライヤーにとっては、テニス・ラケット産業は重要な顧客ではないのである。

また、資産規模で見てもサプライヤーの産業の方がはるかに大きい。たとえば、2002年3月期において、東レの連結での総資産が約1兆3000億円（単独で約8700億円）、三菱レイヨンの連結での総資産が約3300億円（単独で約2500億円）であるのに対し、ブリヂストンスポーツが約400億円、東亜ストリングが約20億円といったように、資産規模には桁違いの差異が見られる。こうしたことから、テニス・ラケット産業の企業が前方統合することは難しく、むしろ繊維産業の企業による後方統合の脅威が勝っていると言える。

以上のことを総合すると、テニス・ラケット産業ではサプライヤーの交渉力は強いと判断される。

3.4.4. 買い手の価格交渉力

買い手の交渉力は強い・弱いのもどちらとも言えない。

ここでの買い手はスポーツ用品店やラケット・ショップ等の小売店である。テニス・ラケットに限らず、スポーツ用品の小売店は顧客の購買の意思決定に強い影響を与えることができる。また、性能上ではほとんど差別化されていないため、買い手にはそれほどスイッチング・コストもかからないと思われる。

しかし、デザイン上ではかなり差別化されている。1980年代後半から、消費者がデザインを重視するようになってきており（山本, 1990）、近年ではテニス関連雑誌におけるラケット評価の項目にも盛り込まれるようになった。また、テニス・ラケット産業に比べると、相対的な集中度が低く、後方統合の脅威も低い。さらに、テニス・ラケットの品質が重要であり、買い手はあまり価格を重視しない。

以上のことを総合すると、テニス・ラケット産業では買い手の交渉力は強い・弱いのもどちらとも言えないと判断される。

3.4.5. 代替品の脅威

代替品の脅威は弱いと言える。

そもそもテニス・ラケットの構造および機能は国際テニス連盟の定めるルール *Rules of Tennis 2003* によって規定されており、機能も構造もまったく異なる代替品というのは存在しない。もちろん、素材に関しては木からアルミやグラスファイバー、そしてカーボンファ

モジュールの抽出と製品パフォーマンス

イバーやグラファイトファイバーへと変遷したように、代替品が存在しており、これらの代替品は価格—パフォーマンス・トレードオフを改善してきた。しかし、素材が異なるというだけで、既存企業が扱うことができないような代替品ではないため、利益ポテンシャルを極端に悪化させることはない。

以上のことから、テニス・ラケット産業では代替品の脅威が弱いと判断される。

3.4.6. 厳しい競争環境とバボラの地位

新規参入に関しては、規模の経済や経験効果が重要ではなく、また、大規模な運転資金が必要になるわけでもなく、バボラ社にとって新規参入自体は難しいことではなかっただろう。

一方、業界の競争状況に関しては、テニス・ラケット産業は代替品の脅威が弱い一方で、既存企業間の対抗度が強かったり、サプライヤーの価格交渉力が強かったりして、生き残っていくことが厳しい産業である。事実、バボラの参入後、アディダス、ヤマハ（1997年）が撤退した。現在では、エステューサ、ミズノも現役の契約プロ・テニス・プレーヤーがいなくなっている。スラセンジャーやマヨールも非常に少ない状態である。競争は厳しさを増してきていると言える。

3.5. バボラ社の歴史とテニス・ラケット市場の動向

競争に勝ち残っていくことが厳しいテニス・ラケット産業において、市場シェアを拡大しつつあるバボラ社とは、そもそもどのような企業であったのだろうか。この点に関して、テニス・ラケット市場の動向とともに見ていくこととする。

1874年、英国陸軍大佐ウォルター・C・ウィングフィールドが近代テニスを考案し、その1年後にピエール・バボラがナチュラル・ストリングの生産を開始した。³² その後も、バボラ社はストリング専門メーカーとしてナチュラル・ストリングを生産し続け、1980年代に至るまでストリング市場においてトップ・シェアを維持してきた。イギリス、オーストラリア、フランス、アメリカ等でのテニス普及度が高かったこともあり、ストリングはほとんど羊の腸から作られたストリング、すなわちシープ・ガットであった。一方、ラケットは木を素材としたウッド・ラケットであった。

1950年代には、軽くて丈夫な合成繊維ナイロン糸が開発され、衣服素材分野の大きな変革の時代となる。これはテニスの世界にもナイロン系ストリングの登場という画期的な変化をもたらした。

³² バボラ社は、もともと楽器ビオラの弦を製造していたのだが、当時の有名なテニス・プレーヤーであったルネ・ラコステからストリング開発の依頼を受けて、ストリング開発が始まった。

1960年代には、ゴーセンがモノ構造のナイロン系ストリング「ハイシープ」を開発した。このストリングは、ナチュラル・ストリングの欠点である耐久性の弱さ、湿度や気温への耐性のなさ、テンション維持率の低さ、価格の高さといった問題点をクリアし、瞬く間に世界中に広まった（『テニスマガジン・イヤーズブック』1999年号, p. 194）。一方、テニス・ラケットは反発力の向上とともに大量生産と品質の安定が追求され、狭義のフレームの素材としてウッドに代わってスチールやアルミ、グラスファイバー、カーボンファイバーなどの新素材が模索された。初めにウッドに代わる素材として現れたのが、アルミである。³³ 軽くて耐久性がある金属として注目を浴びたが、柔らかすぎる点が大きな問題であった。硬質アルミ、それに続く超硬質アルミというように進歩し、この問題は解決されたように思われたが、振動吸収性能が悪いという点が問題として残った。そこで、グラスファイバーが登場したが、これだけでは柔らかすぎて使えずに、ウッドの補強材か、他の金属とのコンポジット³⁴ として使用していた。そして、今日でも立派に使われているカーボンファイバーが開発されるに至った。新素材が模索される一方で、広義のフレームの形状は木製のテニス・ラケットと同じであった。

1970年代に入ると、ストリングの中でもとくにナイロン系ストリングが強度の点で改善が進んだ。その結果、レギュラー・サイズと呼ばれる従来のストリング面の面積（約70平方インチ）を1.5倍（約110平方インチ）に広げたラージ・サイズ・ラケット、いわゆる「デカラケ」が可能になり、反発性能は格段に向上した（山本, 1990）。とくに、初心者や非力な女性プレーヤーには、より楽にテニスを楽しめるラージ・サイズ・ラケットは、次第に高い人気を集めていった（『月刊・テニスジャーナル』1985年6月号, p. 67）。

1980年代前半には、ストリングに関しては、管理のしやすさやコスト・パフォーマンスの高さで優れるナイロン系ストリングが、さらなる高反発性を追及するために細ゲージ化³⁵を進めていき、全盛時代を迎えた。それとは対照的に、ナチュラル・ストリングはストリング市場における相対的なシェアは下がっていった。バボラ社もナイロン系ストリングの生産を開始したが、日本のナイロン系繊維メーカーであったゴーセンに、ストリング市場のシェア1位の座を奪われた。それでも、ナチュラル・ストリングは依然として多くのプロ・テニス・プレーヤーに使用され続けており、ストリング市場での存在感は大きかった。一方、狭義のフレームの素材としてカーボンファイバーが主流となった。カーボンは硬くて振動吸収性能もアルミなどに比べてはるかに優れていたが、やや重いことが難点であった。したがっ

³³ 1967年に史上初のアルミ・ラケットとしてウィルソンの「T2000」が登場した。

³⁴ コンポジットとは、繊維状にしたものをメッシュ状に編みこんだもの。

³⁵ ゲージとはストリングの太さのこと。細い方が反発力やスピン性能は高まると言われている。一般的には、1.20～1.35mm くらいである。

モジュールの抽出と製品パフォーマンス

て、当初は補強材として用いられたが、技術の進歩とともにカーボンは軽量化され、ついにグラファイトが現れた（『月刊・テニスジャーナル』1985年6月号, p. 67）。また、狭義のフレームの断面が空力学的に計算されて設計されるようになり、反発性能が飛躍的に向上した。³⁶ また、フレームを地面との接触から保護するヘッドバンパーないしヘッドバンパーと一体となったグロメットもこの頃、標準的に装備されるようになった（『月刊・テニスジャーナル』1998年8月号, p. 138）。さらに、女性のテニス人口の増加を背景として、³⁷ ラケットの製品ラインに関しては、各メーカーが多種多様なラケットを生産するようになったばかりか、頻繁にモデル・チェンジが行われるようになった。同様に、ストリングの製品ラインに関しては、カラー・バリエーションが豊富になった。

1980年代後半になると、「デカラケ」に対応したケブラーを使用したストリングが登場した。また、プレー・スタイルの多様化に対応して、マルチ構造のナイロン系ストリングやポリウレタンを使用したストリングも登場した。

1990年代前半には、「デカラケ」に加えてフレームの厚さが約30～50mmであるラケット、いわゆる「厚ラケ」が増加していった。この「厚ラケ」はフレックスの値を高めることによって大幅に反発力を向上させた。逆に、ストリングに関しては、反発力が広義のフレームで十分過ぎるほどまかなわれてしまうことから、プレーヤーの身体への衝撃を吸収することに優れている「柔らかい」ストリングが選択される傾向が見えてくる（『テニスマガジン・イヤーブック』1999年号, p. 194）。

1990年代後半に入ると、フレームには新素材としてチタンやタングステン、ハイパー・カーボンやハイモジュラス・グラファイトなどが採用され始め、超軽量でしかも高反発のラケットが登場した。このような広義のフレームの変化を背景に、「柔らかい」ストリングが好まれる傾向が強まっていき、バボラのナチュラル・ストリングも復権することとなった。しかし、広義のフレームに新素材を使用したり、製法を改良したりすることで、テニス・ラケット全体としてのコントロール性能や食いつき感（打球感）、振動吸収などのパフォーマンス向上は限界に達しつつあった。一方で、ストリングの素材あるいは構造の改善によって、これらのパフォーマンスを向上させることも限界になりつつあった。³⁸ 製品ラインに関して

³⁶ しかし、その代償としてテニス肘を患うプレーヤーも急激に増加したため、振動吸収性能の向上が製品開発における重要な課題となった。

³⁷ 女性のテニス人口が増加した理由としては、女子プロ・テニス・プレーヤーであるマルティナ・ナブラチロワが活躍したことが挙げられる（『月刊・テニスジャーナル』1998年8月号, p. 138）。

³⁸ ストリングの素材の改良に関しては、ベルギーのルキシロン社が、1990年代初頭、競合他社とは一線を画す「ポリエステル系」のストリングを開発・生産して成長しつつある。同社の「ポリエステル系」というのは、厳密にはポリエステルそのものではなくて、コーポリマーやポリエーテルエーテル、フルカーボンレンジなどを配合した高分子ポリマーを単繊維射出して作られる。1997年以

は、一年ごとにモデル・チェンジを行うのが業界の慣例のようになってきた。ただ、一口にモデル・チェンジと言ってもメーカーごとに取り組む姿勢には大きな差が見られる。テニス・スクールC社のヘッドコーチは次のように述べている。

メーカーによって、人に使えるものの基本ラインがあり、それをこの時期にはこういう形で表したいというメーカーと、ただグリップがあって、スロート³⁹ があって、面があってというラケット作りをしているメーカーがあるんじゃないか…(中略)…安易に考えているメーカーだと、モデルが変わると大はずれになったりとか、継続しないんだけど、基本ラインを持っているところは、表現の仕方は違うんだけど、モデルが変わっても本来の特徴は損なわれていないような気がします。

このように、一部のメーカーにおいてはまともな製品開発がなされていない可能性があることが示唆されている。⁴⁰ また、それ以外のメーカーにおいては、毎年モデル・チェンジがなされているといっても、実際には以前のモデルの性能上の特徴を受け継いでいるということである。

近年のテニス・ラケット市場の動向に関してさらに詳しく見ていこう。図 10 は各スペックの経年変化を表している。また、図 11 は各パフォーマンスの経年変化を表している。いずれの図においても、縦軸は 1991 年を 100%とした時の割合を表し、横軸は年(西暦)を表している。データは 1991 年から 2002 年 6 月までの約 10 年間に於いて米国ないし日本で発売を開始した主要ブランドのテニス・ラケット 435 本から成っている。⁴¹ テニス・ラケットの質量、バランス・ポイント、バボラ RDC⁴² の計測によるスウィング・ウェイト、全

降、多くのプロ・テニス・プレーヤーに使用されるようになった。これを受けて、一般のプレーヤーの間でも知名度が高まったものの、スイング・スピードが非常に速くないとまったく食いつき感を実感できない(松尾, 2002b) こともあり、ストリング市場でのシェアの伸びは鈍い。いまだに、ナイロン系のストリングが世界シェアの 60%以上を握っているのが現状である(『読売新聞』2001 年 12 月 15 日)。

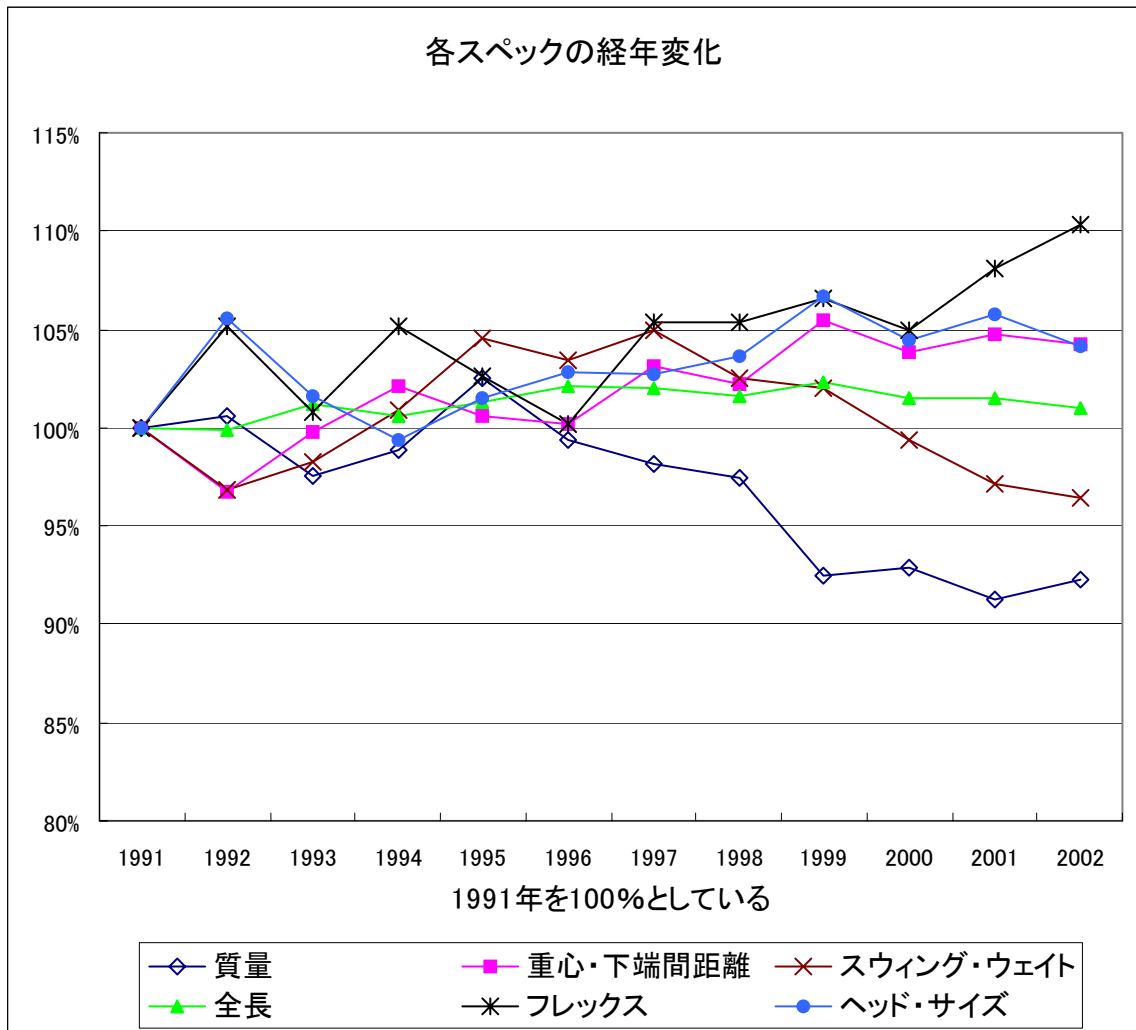
³⁹ スロートとは、狭義のフレームのシャフト部分のこと。

⁴⁰ 機能・部品の対応関係の観点からすればインテグラル型の製品であるにもかかわらず、インターフェースの観点のみに注目してモジュラー型の製品のように扱ってしまっているとも捉えることができる。

⁴¹ 主要ブランドには、バボラ、ダンロップ、ヘッド、プリンス、ウィルソン、ヨネックスのほか、エステューサやフィッシャー、ゴーセン、プロケネックス、フォルクルなども含んでいる。ただし、一部のデータに関して取得できなかったラケットを除く。また、ここでは長年にわたって販売が継続されているモデルでも、初めて登場した年に関するのみ集計しているため、多少のバイアスがかかっている点に注意を要する。そのようなロング・セラーのモデルの例としては、バボラの「ピュアドライブ」やヘッドの「プレステージクラシック 600」、プリンスの「グラフィイト OS」、ウィルソンの「プロスタフオリジナル」といったラケットが挙げられる。1 年間で販売が中止されるモデルの数に比べれば、数はきわめて少ない。

⁴² バボラ RDC とは、Babolat Racket Diagnostic Center の略であり、グリップ・エンド(ラケットの下端)から 10cm の点を回転軸として、フレーム面が地面と垂直になるようにスウィングした場合の慣性モーメントないし回転慣性の大きさを測定している。

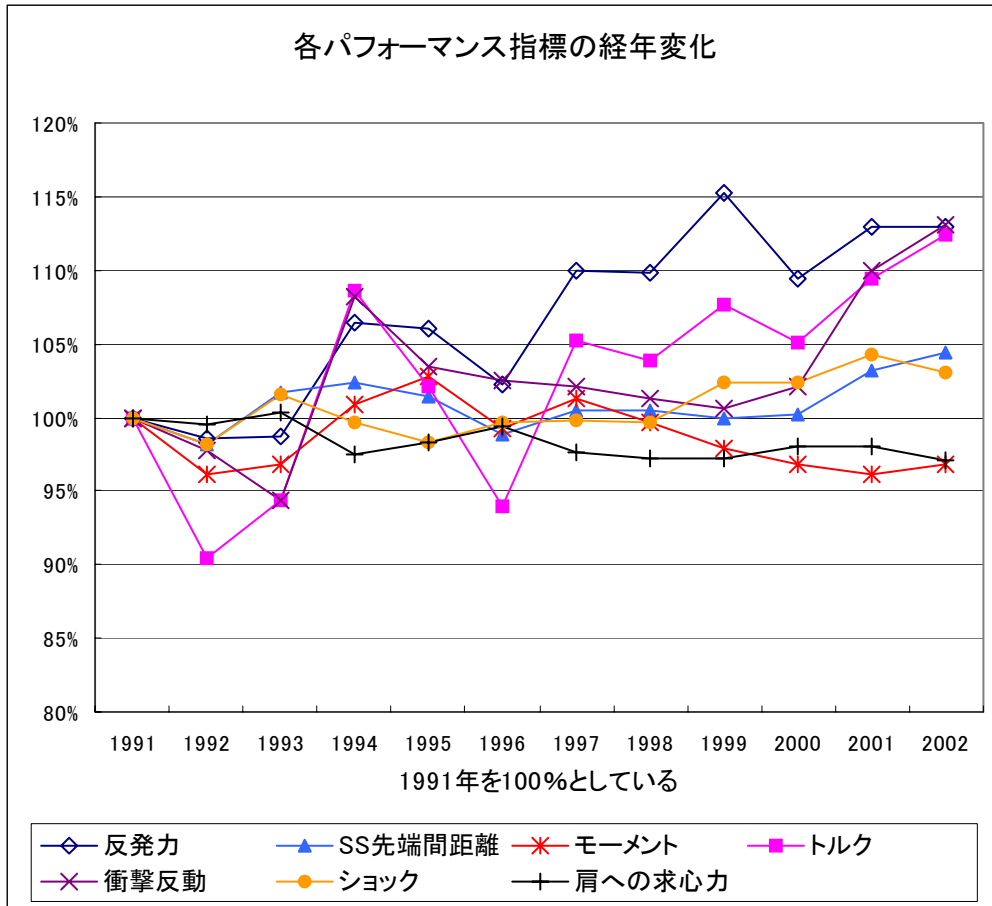
図 10 1991-2002 年 6 月における各スペックの変遷



長、フレックス、ヘッド・サイズに関しては、Tennis Warehouse のホームページ <http://www.tennis-warehouse.com/>、『月刊・テニスジャーナル』各月号、『テニスマガジン・イヤーズブック』各年号からデータを取得した。また、発売年に関しては、上述の参考サイト・参考文献に加えて、『テニスクラシック・ブレイク』各月号や『ティーティー』各月号なども参照した。

図 10 から読み取れることとして、質量は 1998 年まで±5%の範囲内で推移してきたが、1999 年には 1991 年の 92.5%にまで下落している。それ以後は、あまり大きな変動もなく、

図 11 1991-2002 年 6 月における各パフォーマンスの変遷



2002 年は 1991 年の 92.2% となっている。重心・下端間距離⁴³ は ±5% の範囲内で推移してきたが、2002 年は 1991 年の 104.2% とやや長くなっていることがわかる。スウィング・ウェイトも ±5% の範囲内で推移してきたが、1997 年以降は一貫した下落傾向にあり、2002 年には 1991 年の 96.4% となっている。全長は、1999 年に 1991 年の 102.3% まで長くなったが、その後は緩やかな短縮化を見せており、2002 年には 1991 年の 101.0% となっている。フレックスは 1991 年の水準と比較すると 1992 年に 105.2%、1993 年に 101.0% とかなり大きく変動しているが、1997 年から 2000 年までは約 105% 程度で安定的に推移し、その後は 2 年連続して上昇している。2002 年には、1991 年の 110.4% となっている。ヘッド・サイズは 1992 年に

⁴³ ここでは、簡略化のためグリップ・エンドのことを下端と呼んでいる。

モジュールの抽出と製品パフォーマンス

1991年の105.6%まで急激な増加を見せたが、1994年には1991年の水準を割り込むまでに減少している。しかし、それ以降、1999年までは再び増加傾向を示している。2002年には、1991年の104.1%となっている。

また、図11から読み取れることとして、反発力は増加と減少を繰り返しながらも、全体的な傾向としては増加している。1991年の水準と比較すると、1994年に106.4%、1999年に115.3%、2002年に113.1%となっている。トルクは1991年の水準と比較すると、1992年に90.4%、1994年に108.6%、1996年に94.0%というように激しく変動している。1996年以降は増加傾向にあり、2002年には1991年の112.4%にまで増加している。ショックはおおよそ±5%の範囲内で推移しており、ここ数年ではやや増加している。1991年の水準と比較すると、ショックは103.1%となっている。

このような経緯は1980年代のデカラケ・ブームを受けたものと捉えることができる。『テニスマガジン』1992年1月20日・2月5日合併号86ページでは、1992年のモデルを概観して、以下のように述べている。

厚ラケのテクノロジーはとどまるところを知らず、厚ラケを作らないと思われていたメーカーまでも厚ラケを作り始めた。…(中略)…軽量、トップウエイトもブームだ。従来のラケットが320グラム前後で、バランスポイントはグリップエンドから30センチ前後であったのに対し、重量が300グラム以下で、バランスポイントが34センチ前後にあるものが多い。製法の進歩で軽量化は難しくなくなったが、いたずらに軽くするとボールの威力に負けてしまう。そこで、ボールの威力に負けないようにバランスポイントをラケットヘッドよりに移すことによって、振り抜きやすさをましているのだ。…(中略)…フェース面積は増大の一途をたどり、125平方インチというものまで出てきた。

このように、1990年代においては、軽量化が大幅に進む一方で、ヘッド・サイズやフレックスの値が高い高反発系のテニス・ラケットが新たに発売される傾向にある。ただし、忘れてならないのは、バボラの「ピュアドライブ」やヘッドの「プレステージクラシック600」、プリンスの「グラフィイトOS」、ウィルソンの「プロスタッフオリジナル」といったロング・セラー・モデルも存在することである。このようなロング・セラー・モデルは、大抵、身体的負担を軽減するために、重い割に反発力が低い。つまり、新たに発売されるモデルとは好対照をなしているのである。

3.6. バボラ社に追随する競合他社

バボラ社のウーファーによる成功によって、テニス・ラケット産業ではストリングの動きを自由にするというコンセプトが重視されるようになった。また、今まで注目されてこなかったグロメットが製品開発の焦点となった。ウーファーは特許で保護されていたにもかかわらず

らず、ストリングの動きを自由にするというコンセプトが明示的であったり、技術的複雑性が低かったりすることにより、競合他社の模倣を許す結果となった。振動吸収性能やコントロール性能を犠牲にし、反発性能を追求してきた時流への反動ともあいまって、⁴⁴ 競合他社はこぞってストリングの動きを自由にしたモデルを開発したり、ウーファーと類似したグロメットを開発したりすることとなったのである。そのような競合製品は 1998 年あたりから登場してくる。

なお、前述の通り、競合他社の模倣の傾向としては、当初は柔軟な素材を使用したグロメットを開発するというような単純なモノマネであったが、次第に広義のフレームとストリングとの関係を考慮するというコンセプト上の模倣へと変化していつている。

3.6.1. ウィルソン

ウィルソン社は、図 12 のような「パワー・ホール (Power Holes)」と呼ばれるストリング・ホールを開発し、1998 年以降、一部のモデルに搭載し始めた。⁴⁵ これはフレームのストリング・ホールに通すグロメットを取り去り、そのストリング・ホール自体をストリング面と垂直の方向に楕円形に伸ばしたものである。基本的には、フレーム面の 3 時、9 時、12 時の位置の 3 箇所に装備するものである。これによって、広いスイート・エリアを実現させた。この技術は、グロメットの改良ではないものの、ストリングの動きを自由にするという点でバボラ社のウーファーと共通していると言える。

続いてウィルソン社は、図 13 に描かれている「ローラー (Rollers)」と呼ばれるグロメットを開発し、2000 年以降、一部のモデルに搭載し始めた。⁴⁶ これはバボラ社のウーファーにきわめて類似した技術と言える。これは、一部のグロメットを完全な滑車、すなわちローラーにしてしまったものである。⁴⁷ ストリング面に対して垂直方向のストリング運動と、水平

⁴⁴ この点に関しては、プロケネックスが振動吸収性能やコントロール性能を向上させるために、近年開発した「Core 1 Technology (コア 1 テクノロジー)」を発表した際のプレス・リリースが参考になる。

Brings the “feel” back into tennis. Much of the new technology is devoted to power and lightness. Control and feel have been sacrificed. ProKennex believes it is time to make tennis more enjoyable by bringing back the feel of the ball and the fun of the game.

⁴⁵ 具体的には、「Hammer 6.4 Stretch Ti (ハンマー6.4 ストレッチ Ti)」、「Hammer 3.0 Stretch Ti (ハンマー3.0 ストレッチ Ti)」（以上 1998 年発売）、「Hyper Hammer 5.6 (ハイパーハンマー5.6)」、「Hyper Pro Staff 5.4 (ハイパープロスタッフ 5.4)」（以上 2000 年発売）など。

⁴⁶ 具体的には、「Rollers 2.6 Overdrive (ローラー2.6 オーバードライブ)」、「Rollers 3.1 Overdrive (ローラー3.1 オーバードライブ)」（以上 2000 年発売）。

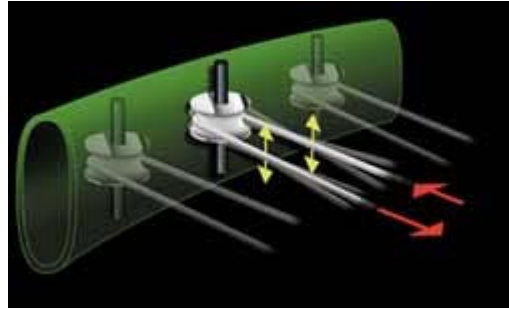
⁴⁷ この「ローラー」には当初、弱点があった。滑車が装着される部分のフレームの強度がどうしても弱くなってしまい、そこがプレー中に破損してしまうというのである。現在は改善されているようである。

図 12 ウィルソンの「パワー・ホール」



出所) 2003年9月1日, Tennis Warehouse のホームページ
<http://www.tennis-warehouse.com/>

図 13 ウィルソンの「ローラー」



出所) 2003年6月25日, Tennis Warehouse のホームページ
<http://www.tennis-warehouse.com/>

図 14 ウィルソンの「アイゾゾーブ・グロメット」



出所) 2003年9月1日, Tennis Warehouse のホームページ
<http://www.tennis-warehouse.com/>

方向のストリング運動を同時に自由にすることを可能にし、広いスイート・エリアの実現とコントロール性能の向上に寄与したとされる。ストリング面に対して垂直方向のストリング運動を自由にするという発想は、「パワー・ホール」と同じである。また、ストリング面に対して水平方向のストリング運動を自由にするという発想は、バボラ社のウーファーとまったく同じである。ウーファーのような「ピストン機能」がない点は異なっている。いずれにしても、ストリングの動きを自由にするという点は、バボラ社のウーファーと共通していると言える。

さらに、ウィルソン社は図 14 のような「アイソゾーブ・グロメット (Iso-Zorb Grommets)」と呼ばれるグロメットを開発し、2002 年以降、一部のモデルに搭載し始めた。⁴⁸ これは従来のグロメットと形状は同じだが、素材には建物の免振材として利用される特殊な重合体（ポリマー）を使用している。これにより、振動吸収性能が向上したとされる。グロメットの改良であるという点は、やはりウーファーと共通している。

3.6.2. ヨネックス

ヨネックス社は、「ショックレス・グロメット」と呼ばれるグロメットを開発し、1999 年以降、一部のモデルに採用し始めた。⁴⁹ これは、従来のグロメットのストリング・ホールの長さを延長したものである。フレーム面の 3 時、6 時、9 時の位置の 3 箇所がこのようにストリング・ホールの長さが延長されている。これによって、柔らかい打球感を生み出すとされている。これは、ストリングの動きを自由にしてはいるわけではないが、グロメットの改良という点ではバボラ社のウーファーに対する模倣行動と言えるだろう。

続いてヨネックス社は、図 15 のような「マッスル・パワー・フレーム (Muscle Power Frame)」

図 15 ヨネックスの「マッスル・パワー・フレーム」



出所) 2003 年 9 月 1 日, Tennis Warehouse のホームページ
<http://www.tennis-warehouse.com/>

⁴⁸ 具体的には、「Hyper Hammer 2.7 (ハイパーハンマー2.7)」、「Hyper Hammer 4.0 (ハイパーハンマー4.0)」、「Hyper Hammer 6.2 (ハイパーハンマー6.2)」(以上 2002 年発売) など。

⁴⁹ 具体的には、「SRQ Ti 600 (SRQ チタン 600)」、「SRQ Ti 700 (SRQ チタン 700)」、「SRQ Ti 800 PRO (SRQ チタン 800 プロ)」(以上 1999 年発売) など。

モジュールの抽出と製品パフォーマンス

と呼ばれるグロメットを開発し、2000年以降、多くのモデルに搭載していった。⁵⁰ これは、グロメットのストリング・ホール間を隆起させた構造である。これにより、グロメットとストリングの密着度を高め、フレームからグロメットへ、そしてグロメットからストリングへと力をより直接的にボールへ伝達することが可能になった。これは、ストリングの動きを自由にするのとはまったく反対に、ストリング運動を制限しようという視点である。これは、グロメットの改良であるという点だけでなく、ストリングの動きを意識しているという点でも、やはりバボラ社のウーファーに対する模倣行動と言えるだろう。

3.6.3. プリンス

プリンス社は、図16のような「スウィート・スポット・サスペンション・システム (Sweet Spot Suspension System)」ないし「4S」と呼ばれるグロメットを開発し、1999年以降、多くのモデルに採用してきた。⁵¹ これは、インパクト時の衝撃を抑えるために、ストリングを通

図16 プリンスの「スウィート・スポット・サスペンション・システム」



出所) 2003年9月1日, Tennis Warehouse のホームページ <http://www.tennis-warehouse.com/>

⁵⁰ 具体的には、「Ultimum RQ Ti 1500 (アルティマム RQ チタン 1500)」、「Ultimum RQ Ti 1700 (アルティマム RQ チタン 1700)」、「Ultimum RQ Ti 2000 (アルティマム RQ チタン 2000)」(以上2000年発売)など。

⁵¹ 具体的には、「Thunder Superlite Titanium (サンダースーパーライトチタン)」、「Thunder Harrier Titanium (サンダーハリアーチタン)」、「Michael Chang Titanium (マイケルチャンチタン)」、「Graphite SF(グラファイトSF)」、「Graphite EQ(グラファイトEQ)」(以上1999年発売)、「Triple Threat Approach (トリプルスレットアプローチ)」、「Triple Threat Blast (トリプルスレットブラスト)」(以上2000

図 17 プリンスの「ツーピース・パワー・ロック構造」



出所) 2003 年 9 月 1 日, コートサイドテニス専門店のホームページ
<http://www.courtside.co.jp/>

す部分がストリング面と垂直の方向に楕円形に広げられているものである。基本的には、フレーム面の 6 時と 12 時の位置に装備するものである。これによって、広義のフレームとストリングとの接点をフレーム面の内側から外側へと移動させ、スウィート・エリアの拡大を実現している。この技術もストリングの動きを自由にするという点だけでなく、グロメット部分の改良でもあるという点で、バボラ社のウーファーと共通していると言える。

続いてプリンス社は、グロメットの無いグロメットレス・ラケットを可能にする技術を開発した。これは「モア・パフォーマンス (More Performance)」と呼ばれる総合的な技術を構成するひとつの技術であり、「ツーピース・パワー・ロック構造 (TWO-PIECE Power Lock Construction)」という名称で特許を取得している。図 17 のように、凹凸のある 2 本のハーフ・フレームを張り合わせることで、従来、フレームにドリルでストリング・ホールを開けるといふ工程を省くことを可能にし、フレームの強度向上やカーボン粉塵の防止とともに、グロメットを省くことを実現した。⁵² 2002 年以降、多くのモデルに採用されている。⁵³ これは、

年発売)、「Triple Threat Hornet (トリプルスレットホーネット)」(以上 2001 年発売) など。

⁵² ほかにも、作業工程の短縮化が大きなメリットとして挙げられる。

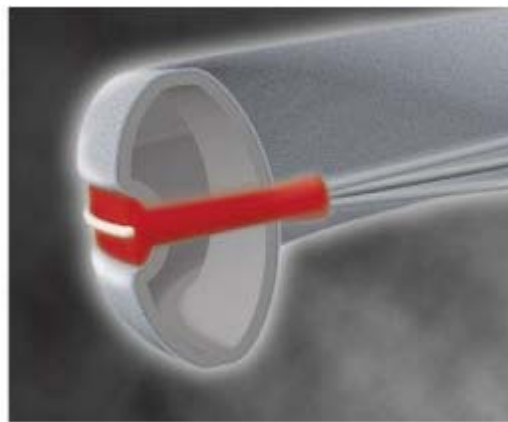
グロメットを不要にしてしまうということからグロメットに焦点が当てられていた点で、バボラ社のウーファーと似ている発想と言えよう。

3.6.4. ダンロップ

ダンロップ社は、「ラバー・グロメット (Rubber Grommet)」と呼ばれるグロメットを開発し、1999年以降、一部のモデルに採用してきた。⁵⁴ これは、その名の通り、従来のグロメットと形状は同じだが、素材を柔軟なラバーに代替したものである。耐久性に欠ける点を除けば、ストリング面に対して垂直方向のストリング運動に対しても、水平方向のストリング運動に対しても、優れた衝撃吸収性能を発揮する。これもウィルソン社の「ローラー」と同様に、ウーファーのような「ピストン機能」がない点は異なっているものの、ストリングの動きを自由にするという点は、バボラ社のウーファーと共通していると言える。

続いてダンロップ社は、図 18 のような「HR グロメット (HR Grommet)」と呼ばれるグロメットを開発し、2000年以降、一部のモデルに採用してきた。⁵⁵ これも、その名の通り、従

図 18 ダンロップの「HR グロメット」



出所) 2003年9月1日, 住友ゴム工業(株)
のテニスナビのホームページ
<http://tennis.dunlop.co.jp/frame.html>

⁵³ 具体的には、「More Dominant (モアドミナント)」、「More Game (モアゲーム)」、「More Thunder (モアサンダー)」(以上 2002 年発売)、「More Precision (モアプレジジョン)」、「More Response (モアレスポンス)」、「More Approach (モアアプローチ)」、「More Balance (モアバランス)」(以上 2003 年発売) など。

⁵⁴ 具体的には、「Rimbreed XL (リムブリード XL)」(以上 1999 年発売)、「Space-Lite Amorphous (スペースライトアモルファス)」(以上 2000 年発売)、「Rim 2000 Tour (リム 2000 ツアー)」(以上 2002 年発売) など。

⁵⁵ 具体的には、「Space-Feel Ti-AMR (スペースフィールチタンアモルファス)」(以上 2000 年発売) な

来のグロメットと形状は同じだが、素材を振動吸収素材として定評のあるハイブラー®⁵⁶ に代替したものである。機能的には「ラバー・グロメット」とまったく同じであると言えよう。

3.6.5. ヘッド

ヘッド社は、図 19 のような「コンフォート・ゾーン (Comfort Zone)」と呼ばれるグロメットを開発し、2000 年以降、一部のモデルに採用してきた。⁵⁷ これは、ストリング・ホールの部分を柔軟なサーモプラスチックでコーン型に成型したものであり、インパクト時の衝撃を軽減すると同時に、スウィート・スポットの拡大を図ったものである。フレーム面の 3 時、6 時、9 時の位置にあるストリング・ホールのみがコーン型になっている。ストリング面に対して垂直方向のストリング運動を自由にするものであると言える。しかしながら、ストリング面に対して水平方向のストリング運動は制限されている。とくに、このグロメットの外側部分には硬質ポリアミドが使用されており、ストリングの固定度合いはむしろ高められている。この点は、バボラ社のウーファーやウィルソン社のローラーとは異なっているが、ストリングの運動を自由にするのか、それとも制限するのかということに注意が払われている点は、他社の技術と共通していると言えるだろう。

図 19 ヘッドの「コンフォート・ゾーン」



出所) 2003 年 9 月 1 日, ヘッドの日本語ホームページ
<http://www.head-div.gr.jp/#>

ど。

⁵⁶ ハイブラー®は、クラレ社の登録商標である。

⁵⁷ 具体的には、「Ti Laser (ティーアイレーザー)」(以上 2000 年発売)、マイナーチェンジ後の「Ti Heat (ティーアイヒート)」および「Ti Fire XL (ティーアイファイヤーXL)」(以上 2000 年発売) など。

3.6.6. フォルク

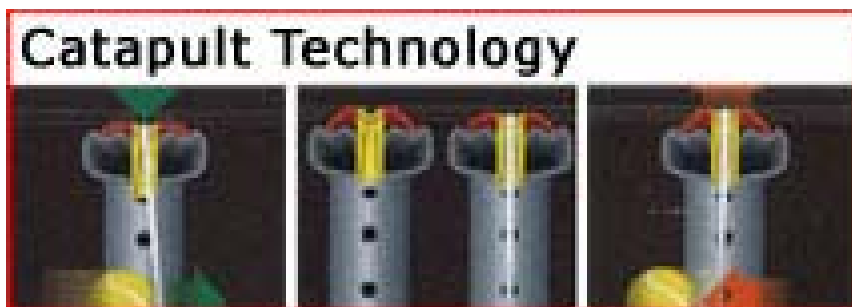
フォルク社は、図 20 のような「クラシック・ビッグ・グロメット (Classic Big Grommet)」と呼ばれるグロメットを開発した。これは、グロメットのストリング・ホールをコーン状にすることで、ストリングの可動範囲を広げたものである。ヘッド社の「コンフォート・ゾーン」ときわめて似通っていると言える。機能も基本的には同じであると言える。また、フォルク社はさらに可動範囲を拡大した「パワー・ビッグ・グロメット」と呼ばれるグロメッ

図 20 フォルクの「クラシック・ビッグ・グロメット」



出所) 2003 年 9 月 1 日, Tennis Warehouse のホームページ
<http://www.tennis-warehouse.com/>

図 21 フォルクの「カタパルト・テクノロジー」



出所) 2003 年 9 月 1 日, Tennis Warehouse のホームページ
<http://www.tennis-warehouse.com/>

トを開発し、多くのモデルに搭載した。⁵⁸ これも可動範囲が拡大した以外の点はまったく同じである。いずれにしても、ストリングの動きを自由にしようとしている点と、グロメットの改良である点は、ウーファーと共通していると言える。

続いてフォルクル社は、図 21 で描写されている「カタパルト・テクノロジー (Catapult Technology)」と呼ばれる技術を開発し、一部のモデルに搭載し始めた。⁵⁹ これは、グロメットと広義のフレームとのフレーム外周上での接触面において、バネのような働きを持つようにグロメットを山型に盛り上げたものである。これにより、インパクトした瞬間にバネが縮むことでボールとストリングとの接触時間が延長され、次の瞬間にはバネの復原力も加わることで反発力を高めることに成功した。ウーファーの「ピストン機能」を異なる方法で実現したものだと言える。

3.6.7. ミズノ

ミズノ社は、「ハイパー・ストリング・システム (Hyper String System)」と呼ばれる技術を開発し、一部のモデルに採用した。⁶⁰ これは、ストリング面の 3 時および 9 時の位置にあるフレームの内側に溝をつけたものである。これにより、ストリングの可動範囲が長くなり、スウィート・エリアの拡大とホールド感の向上を実現しているとされる。これは主に、フレームの改良であるが、同時にストリングも改良されている点や、フレーム面の大きさを変えることなくストリングの動きを大きくしようとしている点は、ウーファーに共通するものがある。

その後、ミズノ社は、図 22 のような「ブースター・グロメット (Booster Grommet)」と呼ばれるグロメットを開発し、一部のモデルに搭載し始めた。⁶¹ これは、グロメットのストリング・ホールを長方形にすることで、インパクト時にストリングが打球方向、つまり、ストリング面に対して垂直方向に移動するというものである。また、ストリング・ホールの中間部分に軟質樹脂を使用している。これにより、コントロール性能や振動吸収性能が上昇したとされる。これは、ストリングの動きを自由にしようとしている点や、グロメットの改良である点で、バボラ社のウーファーと共通していると言える。

⁵⁸ 具体的には、「Classic 9 Pro (クラシック 9 プロ)」、「Hot Spot 3 (ホットスポット 3)」、「X-Tended 2 (エクステンディッド 2)」(以上 1999 年発売) など。

⁵⁹ 具体的には「Catapult 1 (カタパルト 1)」、「Catapult 3 (カタパルト 3)」(以上 2001 年発売) などに搭載された。

⁶⁰ 具体的には、「Pro Light P10 Ti Hyper (プロライト P10 チタンハイパー)」(以上 1999 年発売)。

⁶¹ 具体的には、「Wenew 900 S (ウィーニュー 900S)」、「Wenew 1100 TL (ウィーニュー 1100TL)」、「Wenew 1200 S (ウィーニュー 1200S)」(以上 2003 年発売) など。

図 22 ミズノの「ブースター・グロメット」



出所) 2003年9月1日, ミズノのホームページ <http://www.mizuno.co.jp>

3.7. バボラ社の競争優位

バボラ社は、ナチュラル・ストリングの市場シェアこそトップを維持してきたわけだが、テニス・ラケットは以前に生産した経験もなく、完全な後発者であった。そのようなバボラ社が、なぜテニス・ラケット市場への新規参入を果たし、競争優位を維持させつつあるのだろうか。

Barney (1996) によれば、模倣を困難にする要因のひとつとして特許などの制度的条件を挙げている。しかし、前述の通り、バボラ社は独自の技術であるウーファーを特許で保護していたにもかかわらず、技術的複雑性の低さとコンセプトの明示化によって競合他社の模倣を許している。たしかに、何らかの理由で、ライバル企業が模倣できなかつたり、模倣に遅れたりする場合、当該企業の競争優位は持続することもある (Ghemawat, 1986)。だが、ここでの模倣の遅れは3、4年と大きなものではなく、しかも買い手に大きなスイッチング・コストがかかるわけでもない。したがって、バボラ社の競争優位は一時的に過ぎない可能性があった。

それにもかかわらず、広義のフレーム市場において1997年から上位のプロ・テニス・プレーヤーの間で、確実に存在感を増しつつあり、2001年以降の動向を見る限り、トップ・ブランドの仲間入りを果たしたように思われる。また、バボラ社のラケット、とくに1994年の新規参入当初から生産されている「ピュアドライブ (Pure Drive)」や1999年に投入された「ピュアコントロール (Pure Control)」は、ロゴの変更を除いてまったくモデル・チェ

表2 米国で販売されているバボラのテニス・ラケット 2003 年秋モデル

コンポジット 搭載技術	カーボン・ナノチューブ/ ハイモジュラス・グラファイト	グラファイト/ ザイロン	グラファイト/ ケブラー	ハイモジュラス・ グラファイト
ウーファー 搭載	<ul style="list-style-type: none"> ●VS NCT コントロール ●VS NCT ドライブ 	<ul style="list-style-type: none"> ●ピュアパワーザイロン 360 ●ピュアパワーザイロンプラス ●ピュアコントロールザイロン 360 ●ピュアコントロールザイロンプラス ●ピュアドライブザイロン 360 ●ピュアドライブザイロンプラス 	<ul style="list-style-type: none"> ●ピュアドライブ Std. ●ピュアドライブプラス ●ピュアドライブ OS ●ピュアコントロール Std. ●ピュアコントロールプラス ●ピュアコントロールプラス MP ●ピュアコントロール Std. MP 	
デュアルウー ファー搭載	<ul style="list-style-type: none"> ●VS ナノチューブパワー ●VS ナノチューブドライブ 			
その他				<ul style="list-style-type: none"> ●エアロツアーStd. ●エアロツアープラス ●エアロツアープロリミテッド Std. ●エアロツアープロリミテッドプラス

注) 2003 年 9 月 1 日, Tennis Warehouse のホームページ <http://www.tennis-warehouse.com/> を基にして筆者が作成。表中の Std. はスタンダードの略。スタンダードとはヘッド・サイズ、つまりフレーム面の大きさが標準的であるという意味。バボラのテニス・ラケットの場合には、97~100 平方インチ。従来のピュアドライブやピュアコントロールがこのスタンダードに該当する。一方、OS、MP はそれぞれオーバーサイズ、ミッドプラスの略。オーバーサイズはスタンダードサイズよりもヘッド・サイズが大きい。逆に、ミッドプラスはスタンダードサイズよりもヘッド・サイズが小さい。また、プラスは通常の 27 インチよりも 0.5 インチないし 1 インチだけ長いことを意味している。)

ンジを行わずに 1990 年代末の激化する競争⁶² を生き残り、2003 年現在でも生産が継続されている (松尾, 2002a)。競合他社のラケットの大部分が 1 年ないし 2 年以内に生産が中止されたり、大幅なモデル・チェンジが行われたりしていることからすれば、きわめて「長生き」

⁶² 図 9 を参照のこと。

モジュールの抽出と製品パフォーマンス

しているラケットであると言える。さらに、近年、バボラ社はカーボン・ナノチューブやハイモジュラス・グラファイトなどの素材を使用した新たなコンポジットの開発と平行して、製品ラインの拡張を行っている。表2にあるように、カーボン・ナノチューブとハイモジュラス・グラファイトのコンポジットを使用した「VS NCT ドライブ (VS NCT Drive)」や「VS NCT コントロール (VS NCT Control)」、そのコンポジットに加えて、主に振動吸収機能に関してウーファーをさらに進化させた「デュアルウーファー (Dual Woofer)」を搭載した「VS ナノチューブパワー (VS Nanotube Power)」や「VS ナノチューブドライブ (VS Nanotube Drive)」といったモデルも生産している。このことは製品ラインの幅の広いウィルソンやプリンスといった既存のトップ・ブランドに追いついたことを内外に示すものであろう。

それでは、バボラ社が広義のフレーム市場へ新規参入を果たし、そこで競合他社の模倣を受けながらも市場シェアを伸ばしつつ、かつ息の長いテニス・ラケットの製造を続けることができ、しかも製品ラインの拡張まで行うことができるようになった要因は、何だったのだろうか。

第一に、テニス・ラケットのパフォーマンスを向上させたことである。とくに、従来はグロメットが担っていた消費者には直接関係のないフレーム保護という機能と消費者に直接関係がある振動吸収機能を切り離した。これによって、反発力を大きく損なうことなく、振動吸収性能が大幅に向上した点、すなわち「自然なしなり」や「適度な曖昧さ」を持つ点が高く評価されている。

第二に、第一の点と関連して、製品ポジショニングが優れていたという点である。ドミナント・ブランドが支配する市場に新たに製品を投入する場合、同質化戦略よりも差別化戦略の方が望ましいという理論 (Carpenter & Nakamoto, 1989; Schmalensee, 1982 など) があるが、振動吸収性能を犠牲にしても、反発性能を向上させてきたテニス・ラケット産業において、バボラ社のラケットはぽっかりとあいたポジションに位置し、差別化がなされていたのである。プロ・テニス・プレーヤーの三分の一が慢性的なテニス肘に悩んでいると言われている。つまり、振動吸収性能はきわめて重要視されており、他の属性の性能では補償が利かないということである。この製品ポジションは、そういったプロ・テニス・プレーヤーにとって、魅力的であったのである。

第三に、ストリング・メーカーの最古参であり、かつナチュラル・ガットのトップ・ブランドとして君臨してきたバボラ社の評判であろう。⁶³ ウーファーは広義のフレームとストリ

⁶³ ナチュラル・ストリング市場というところが重要である。ほぼ同時期にテニス・ラケット市場に新規参入したゴーセンは、テニス・ラケット市場でシェアを伸ばすことができなかったからである。ゴーセンはシンセティック・ストリング市場では世界一のシェアを誇っているが、顧客にはプロ・テニス・プレーヤーが少なかったため、その分、名声も低く、契約プロ・テニス・プレーヤーが活

ングとの相互作用に注目しているからである。Dierickx and Cool (1989) は、市場取引可能性がなく、かつ模倣可能性も代替可能性もない資源のことを重要資源 (critical asset) ないし戦略的資源 (strategic asset) と呼び、戦略的資源を蓄積していくことが持続力のある競争優位につながると述べている。ナチュラル・ガットでのトップ・ブランドといった企業特種的な評判は、過去の学習や投資といった行動の結果、企業内に蓄積されるものであって、取引可能ではなく、簡単には調達できないものなのである。したがって、これは広義のフレーム生産に尽力してきた競合他社にはない資源であったのである。

第四に、バボラ初のテニス・ラケット「ピュアドライブ」を使用していたカルロス・モヤ選手が大いに活躍したことである。彼は 1998 年のモンテカルロ・オープン、フレンチ・オープンで立て続けに優勝を果たし、電撃的なデビューを果たした。さらに、翌 1999 年には、ATP シングルス・エントリー・ランキング 1 位に輝いた。このような契約プロ・テニス・プレーヤーの活躍による評判というのも市場での取引可能性がなく、蓄積することによって競争優位の持続可能性に結びつく (Dierickx & Cool, 1989)。

第五に、以上四つの要因によって、バボラ・ブランドのラケットが世界的に注目され、同時進行的に数多くのプロがバボラとラケット使用契約を結び始めていき (松尾, 2002a)、彼らが活躍したということである。

4. まとめ

4.1. ディスカッション

バボラ社は、長年、ナチュラル・ストリングの開発に携わってきた中で、ストリングと広義のフレームとの相互依存性を低減させることで既存のテニス・ラケットの製品パフォーマンスが向上するかもしれないと確信していた。そして、振動吸収機能に対応する部品をフレームやグロメットからウーファーに集約し、ストリングとフレームの相互依存性を低減させるというモジュールの抽出 (Baldwin & Clark, 2000) を通じたモジュラー化によって、反発力を維持しつつも振動吸収性能に優れたテニス・ラケットの開発に成功した。これは、既存のドミナント・ブランドとは差別化されたテニス・ラケットであり、振動吸収性能をとくに必要としていたプロ・テニス・プレーヤーを含む上級プレーヤーには十分に魅力的な製品となった。このような製品ポジショニングの良さに加えて、バボラ社には 100 年以上の間培ってきたナチュラル・ストリング市場での名声もあった。さらには、ラケット契約選手の活躍も重なった。これらの諸要因によって、広義のフレーム市場へ新規参入を果たし、そこで市場

躍する可能性も低かった。したがって、さらなる契約プロ・テニス・プレーヤーの獲得も難しかった。

モジュールの抽出と製品パフォーマンス

シェアを伸ばしつつ、かつ息の長いテニス・ラケットの製造を続けることができ、しかも製品ラインの拡張まで行うことができるようになった。このように、テニス・ラケット全体のパフォーマンスを高めるためにモジュラー化を行った背景として、強みを持っていたストリングでの開発の自由度を高めるように製品アーキテクチャを変更し、ストリング市場での市場シェアをも拡大しようという意図がバボラ社にはあったのかもしれない。そのような意図の有無にかかわらず、結果的には競合他社の模倣によって、テニス・ラケット産業全体としても製品アーキテクチャが変化したことは明らかである。このように新たな製品アーキテクチャが構築され、模倣を通じて産業全体に波及していく現象は多くの産業に見られると言える。⁶⁴

このような製品アーキテクチャの変化によって、新たに技術革新の対象となった機能は、既存の製品にはまったくなかった機能かもしれないし、テニス・ラケット産業のように、従来の製品アーキテクチャでは犠牲にならざるをえないと思われていた機能かもしれない。市場調査によって、前者のようにまったく新しい市場ニーズを捕捉することは難しいかもしれない。しかし、後者のように市場調査によって捕捉する可能性が高い。だとすれば、後者のような場合には、捕捉された市場ニーズに従った製品が登場することが期待される。それにもかかわらず、技術的な問題から、そのような市場ニーズを充足することは困難ないし不可能であると信じられているがために実現されないこともある。そのように信じられている理由は、既存の製品アーキテクチャを前提として設計者が思考しているからである。理想的な設計とは、設計をするたびに要求を分解し、コンポーネントと対応させて、組み立てていくこと (Alexander, 1964) かもしれない。しかし、多くの場合においては、ある製品に関して、最も重要度の高いコンポーネントに関してコア・コンセプトが決まると、重要度の低いコンポーネントへと技術革新の焦点が移行していく (Clark, 1985) ように、製品は特定の製品アーキテクチャを前提としてパフォーマンスの向上が図られていくのである。

したがって、このような製品アーキテクチャの変化によって、たしかに製品パフォーマンスは向上するわけだが、顧客が重視する特定の性能を大幅に向上させる一方で、それ以外の性能に関しては変化させないか、むしろ落としている場合が一般的である。バボラ社がウーファーを導入して開発したラケットについても、トルクやショックといった振動吸収性能の

⁶⁴ たとえば、ノート・パソコンやサブノート・パソコンといった携帯型パソコンが挙げられる。これらの携帯型パソコンは、デスクトップ・パソコンではあまり注目されてこなかった大きさや重さという新たな機能を向上させることが要求された。そこで、従来の CRT モニターから液晶ディスプレイやプラズマ・ディスプレイといった軽量の表示デバイスへとモニターを変更し、メモリやハードディスク・ドライブが入った本体やキーボードとも一体化して、マウスの代替となるタッチパッドなどの部品をも加えるという機能・部品の配置転換を行ったわけである。そして、多くのメーカーがほぼ同じ機能・部品の対応関係の製品アーキテクチャを選択している。

指標が大幅に改善されていた一方で、反発性能を示す反発力は必ずしも競合他社のラケットに勝っているわけではなかった。しかし、振動吸収性能は上級プレーヤーが望んでいた性能であり、市場シェアを高める大きな要因となったのである。

また、製品機能をいかに列挙すべきかという点に関しても新たな知見が得られた。Fixson (2002) によれば、生産者の観点からどのように製品を構築するかというテクノロジー・モジュラリティよりも、消費者の観点からどのように市場ニーズを満たすかというビジネス・モジュラリティの方が優れていることが示されている。つまり、製品の機能を列挙する際には市場ニーズに基づいた方法の方が望ましいということである。一方、本稿では、消費者の観点から列挙される機能と、列挙されない機能が存在し、これら二つの機能をひとつの部品が担うという「機能シェアリング (Ulrich & Seering, 1990)」がなされていたわけである。本稿の場合には、それぞれの機能を単一の部品で担わせるようなモジュラー化が有効であった。このことから、製品の機能を列挙する際には、生産者の観点からの機能と消費者の観点からの機能とを比較することが重要であると言える。たしかに、製品開発の段階では、消費者のニーズを技術者が生産者の観点からの機能に翻訳し、部品として体現させるのが一般的なわけだが、その際に製品を構築する際には必要だが、消費者には直接必要ではない機能・部品が必要とされるかもしれないのである。このような場合、もちろんそのような消費者に不要な機能・部品を追加することなく製品開発を行うことができることが望ましい(表3参照)。しかし、グロメットが担っているストリング保護機能のように、製品構造を維持するために必要である場合も多々ある。このような場合においては、各機能を個別の部品に担わせるモジュラー化を行ったり、あるいは別の機能を担っている部品との機能シェアリングを行ったりするなど、製品アーキテクチャの変更が重要になってくる。もちろん、消費者に不要な機能・部品を排除しようと試みることも忘れてはならない。プリンス社のグロメットの無い「ツープース・パワー・ロック構造」のように、斬新なアイデアによって問題を克服できる場合もあるからである。

さらに、本稿では製品アーキテクチャのダイナミック・シフトに関する知見を広げられたように思われる。機能シェアリングが企業のインクリメンタルな努力に裏付けられているように、製品アーキテクチャは必ずしもインクリメンタルなモジュラー化と急激なインテグラル化を必ずしも繰り返しているわけではない。製品の変化や製品バラエティ、製品パフォーマンス、製品開発マネジメント、生産、調達、企業間関係といった諸問題を検討し、それらと製品アーキテクチャとの相互作用を認識した上で、適切な製品アーキテクチャを選択する必要がある (Ulrich, 1995) わけだが、そのような諸問題と製品アーキテクチャとの緊張関係の中で、製品アーキテクチャが安定的であったり、モジュラー化とインテグラル化を繰り返

モジュールの抽出と製品パフォーマンス

したりという異なる現象が観察されるのである。

新宅 (2000) によれば、電卓やパソコン、家庭用テレビゲーム機といった産業を事例として、急速な技術進歩に対応するためには、品質よりもモデル・チェンジのサイクルや製品開発リードタイムといったスピードを重視したり、コスト・リーダーシップ戦略や焦点絞込み戦略 (Porter, 1980) ではなくて「フルライン戦略」をとり、そのフルラインの製品群を絶えず変化させていったり、製品アーキテクチャをモジュラー化したりすることが必要となってくると述べられている。本稿での事例では、技術進歩のスピードが遅い産業でも、フルライン戦略をとることが有効であることが示されている。

まず、ひとつの市場に二つのセグメントが存在しているとし、片方のセグメントがもう片方のセグメントの顧客の憧れの的であるような場合である。1990年代のテニス・ラケット産業においては、軽量化が大幅に進む一方で、ヘッド・サイズやフレックスの値が高い高反発系のテニス・ラケットが新たに発売される傾向があった。対照的に、身体的負担を軽減するために、重い割に反発力が低いバボラの「ピュアドライブ」やヘッドの「プレステージック 600」といったロング・セラー・モデルも存在していた。後者のモデルは、プロ・テニス・プレーヤーを含む競技志向の中・上級プレーヤーがターゲットであり、セグメントの規模としては初級プレーヤーや高齢者・ジュニアなどのセグメントよりもかなり小さい。しかし、多くの初級プレーヤーやジュニアにとっては、プロ・テニス・プレーヤーが憧れの存在であり、そのような初級プレーヤーやジュニアに対しての刺激となっており、間接的ではあろうが同じブランドのテニス・ラケットの購入にプラスの作用をもたらしたり、将来的には購入につながったりするかもしれない。そうしたことを勘案すると、中・上級プレーヤーのセグメントをも同時に攻めていくことが、テニス・ラケット・メーカーにとっては合理的な選択となるのである。

また、既存顧客が評価するような新たな機能を「発見」するような場合においても、フル

表 3 二つの観点からの機能・部品のマトリックス

	消費者にとって必要な機能・部品	消費者にとって不要な機能・部品
製品構築に必要な機能・部品	翻訳される	取り除く努力が必要
製品構築に不要な機能・部品	翻訳する努力が必要	翻訳されない

ライン戦略をとることが有効である。そのような新たな機能は、既存の固定的な製品アーキテクチャでは実現が難しい場合が多い。したがって、新たな製品アーキテクチャが必要になるわけである。ところが、新たな製品アーキテクチャに基づいた製品は、当初、新たに評価されるとわかった機能に関しては絶対的に向上させることができるものの、それ以外の機能に関しては既存の製品アーキテクチャに大抵、及ばない。そこで、当初は既存の製品アーキテクチャの製品ラインを維持しつつ、一部に新たな製品アーキテクチャの製品ラインを加える。そして、次第に新たな製品アーキテクチャにおいて新たに評価される機能以外の機能に関しても既存の製品アーキテクチャと遜色なくなるにつれて、その製品ラインの割合を増やしていくのである。

バボラ社はウーファーという独自の技術を開発して、既存のドミナント・ブランドとは差別化した製品をもって新規参入し、その技術の特許を取得した。しかし、技術の単純性から競合他社の模倣を許した。多くの競合他社が、当初はバボラのブランド・ポジションに近いポジションを狙って多くの製品を投入してきたが、そのような厳しい状況下でもバボラはシェアを確実に増加させてきた。競合他社の模倣にもかかわらず、バボラ社の競争優位が衰えることなく維持されている主な原因は、競合他社の技術が単純な物まねであり、性能ではバボラ社のテニス・ラケットに及んでいなかったことであろうが、それ以外の要因として顧客に関する先駆者の優位 (pioneering advantage) が存在したことも考えられる。⁶⁵ Carpenter and Nakamoto (1989) は、顧客がブランドに関して学習したり、選好を形成したりする過程が先駆者の優位を生み出す重要な役割を果たしていることを、実験によって証明した。市場の初期段階においては、複数の属性のうち、どの属性が重要であるのかや、どの属性を組み合わせるのが理想的なのかといったことに関して、顧客がほとんど分からない。このような状況において、先駆者は属性の評価のされ方や理想的な属性の組み合わせに多大な影響を与えるのである。具体的には、顧客の嗜好の分布に関して、その重心を理想点 (ideal point) とすると、理想点は先駆者のブランド・ポジションの方向にシフトすると同時に、先駆者が相対的に強みを持っている属性をより高く評価するように、属性評価の重み付けがシフトする。こうして先駆者は当該市場において高シェアを獲得するわけである。さらに、先駆者のブランドは当該市場においてスタンダードないし典型となる。すると、顧客には後発のライバル

⁶⁵ 競合他社のテニス・ラケットの品質に対して、顧客が懐疑的であった (Schmalensee, 1982) とは考えにくい。というのも、ウィルソンやヨネックスといった競合他社は、振動吸収性能を向上させた新たな製品アーキテクチャのテニス・ラケットの市場には新規参入したと言えるかもしれないが、もともとテニス・ラケット市場で比較的、契約プロ・テニス・プレーヤーも多く、高いシェアを保持しており、顧客は新たな製品アーキテクチャのテニス・ラケットに対してもあまり懐疑的ではなかったと思われるからである。

企業の類似ブランドが見劣りしてしまう。このように、先駆者のブランドの典型性（prototypicality）によって、競合他社が類似したブランドを出せば出すほど、かえって先駆者の高シェアが維持されるという状況が生まれるのである。このような先駆者の優位が生じているとすれば、独自のポジションを先取りしたバボラ社の競争優位は、今後も持続する可能性がある。

4.2. インプリケーション

4.2.1. 実務家へのインプリケーション

当初に創造された製品アーキテクチャは、設計当時に要求された機能を実現するために最適化されたもの（Alexander, 1964）であり、しかもその後の開発では、重要な機能から順に洗練されていくために、製品アーキテクチャも徐々に固定的になっていくのである（Clark, 1985）。ということは、当初は要求されていなかった機能を追加する場合だけではなく、当初から要求されていたが、それほど重要ではなかった機能を向上させようとする場合には、固定的になっている製品アーキテクチャが最大の障害となりえる。したがって、製品アーキテクチャの変更をひとつの選択肢として考慮すべきである。

また、製品アーキテクチャの理解の仕方には、機能・構造の対応関係とインターフェースの共通化の度合いという2通りの観点があるが、本稿の事例から理解されるように、製品アーキテクチャを理解するには必ず双方の観点から分析する必要があるだろう。インターフェースの共通化の度合いという観点のみで分析すると、製品アーキテクチャを一面的にしか捉えることができず、製品アーキテクチャの見直しが正しい方向へと導かれな危険性がある。

さらに、製品機能を記述する際には、顧客ニーズからの観点と技術者の観点という2通りの観点からの記述の仕方があるが、本稿の事例から理解されるように、双方の観点から記述してみて、重ならない部分を洗い出してみることが重要である。技術者が顧客ニーズを製品機能に翻訳する場合でも、翻訳されなかった部分や、翻訳された機能以外で現れた製品機能がないかどうか注視すべきである。とくに、消費者には不要だが、技術的には不可欠なように見える機能・部品に関しては、取り除くように努力すべきである。なぜなら、そこには製品パフォーマンスが向上する余地が含まれているからである。そのような不要な機能・部品を取り除く際に役立つ考え方が、モジュールの分離や抽出を含む機能・部品の対応関係の変更である。

上記の点と関連して、技術的な制約によって部品と機能との対応関係が固定されているとしても、それを所与とせず、より良い対応関係を目指して、その技術的制約を克服しようと試みるべきである。バボラ社は長年のストリング生産に携わる中で、ストリングのみなら

ずフレームに関するノウハウも吸収し、ストリング性能を最大限に発揮する仕掛け、すなわちウーファーを開発した。そして、既存のフレーム・メーカーのパフォーマンス限界を打ち破る画期的なラケットを実現させ、フレーム市場参入からわずか4年という短期間にトップ・ブランドへと成長したのである。とくに、顧客が重視する属性が変化するような事態に直面した場合には、機能と部品の対応関係の変更がひとつの有力な対応手段となる。

複数の属性がある場合、特定の技術や、自社に最も多大な利益をもたらす既存顧客のニーズによって、特定の属性のパフォーマンスのみが向上し、しばしば他の属性のパフォーマンスが犠牲にされ、属性間のパフォーマンスのバランスが著しく歪められるという事態を回避すべきである。テニス肘という障害を抱えるプロ・テニス・プレーヤーにとっては、振動吸収性能がある一定のレベル以上が必要であったように、ある属性のパフォーマンスが犠牲になることは、顧客が非補償型の選好を示す場合には致命的となる。

4.2.2. 理論へのインプリケーション

製品アーキテクチャの理解の仕方には、機能・構造の対応関係とインターフェースの共通化の度合いという2通りの観点があるが、Fixson (2002) で指摘されているように、製品アーキテクチャを理解するには必ず双方の観点からの分析が望ましいことが改めて理解された。インターフェースの共通化の度合いという観点のみで分析すると、製品アーキテクチャを一面的にしか捉えることができず、製品アーキテクチャの見直しが正しい方向へと導かれない危険性がある。この点は「インテグラル・アーキテクチャ度」といった製品アーキテクチャの測定においても、注意を要する点であると言える。

また、製品機能を記述する際には、顧客ニーズからの観点と技術者の観点という2通りの観点からの記述の仕方があるわけだが、本稿の事例により、双方の観点から記述してみて、重ならない部分を洗い出してみることが重要であることがわかった。というのも、技術者がそれを具体的な製品の形に体現させたときに、余分な構造を含んでしまっている可能性があるためである。この点は、顧客のニーズの観点からの記述が望ましいとする Fixson (2002) の主張とは異なる。

Christensen (1997) では、ハードディスク業界を事例として、既存の主流市場では製品の性能を引き下げるものの、低価格、シンプル、小型で使い勝手がよいといった新たな特長を備えた新技術を「分断的技術 (disruptive technology)」と呼んで注目した。既存企業に最も利益をもたらす既存の主流顧客にはその分断的技術の価値が理解されないために、その技術に注力されることがなく、当初は新たな市場で新規参入企業によって着手される。ところが、しばらくすると性能が向上し、既存の主流顧客のニーズまでも充足するようになる。こうして、

モジュールの抽出と製品パフォーマンス

既存企業は既存の市場から撤退せざるをえなくなると述べている。ただ、そこでは競争の基盤となる属性が、記憶容量から大きさ、信頼性、利便性、そして価格へと順序良くシフトしていくと想定されていたが、実際には複数の属性間のパフォーマンスの組み合わせが顧客に最も好まれる製品が最も高いシェアを獲得してきたということであると再解釈できる。したがって、本稿の事例と同様に、既存企業の製品が提供する属性間のパフォーマンスのバランスが著しく歪められたことにより、新規参入企業の製品に対する顧客の選好が既存企業の製品に対する顧客の選好を下回ったとも解釈できるのである。

4.3. 本稿の限界と今後の方向性

本稿では、製品アーキテクチャが必ずしもインクリメンタルなモジュラー化と急激なインテグラル化を繰り返しているわけではないことがわかった。製品の変化や製品バラエティ、製品パフォーマンス、製品開発マネジメント、生産、調達、企業間関係といった諸問題と製品アーキテクチャとの緊張関係の中で、製品アーキテクチャが安定的であったり、モジュラー化とインテグラル化を繰り返したりという異なる現象が観察されるのである。しかし、これらの諸問題と製品アーキテクチャとの相互作用の強さや、どの要因が最も強く製品アーキテクチャに影響を及ぼしているのか、どの要因が作用するとどのような製品アーキテクチャの変化パターンが現れるのかといった点に関してはわかっていない。

本稿の事例では、多くの競合他社が、当初はバボラのブランド・ポジションに近いポジションを狙って多くの製品を投入してきたが、そのような中でもバボラはシェアを確実に増加させてきた。そのような流れを受けて、競合他社はバボラのポジションから離れたポジションを狙うように変化してきたのである。この主な原因は競合他社の技術が単純な物まねであり、性能ではバボラ社のテニス・ラケットに及んでいなかったことが挙げられる。しかし、それ以外の要因として先駆者の優位が存在していたことも考えられる。Carpenter and Nakamoto (1989) において、後発者が先駆者のブランドに近いポジションに製品を投入しても顧客には見劣りしてしまうという顧客の選好の非対称性が示されたわけだが、Carpenter and Nakamoto (1990) では、ドミナント・ブランドが存在する市場に後発企業が参入する際に、顧客の選好の非対称性が強い場合には差別化戦略、非対称性が弱い場合には同質化戦略が最適であると述べている。だとするならば、そもそも企業が顧客の選好の非対称性の強さを把握することが難しいのかもしれないし、仮にそうだと理解していても合理的な選択をできない別の要因があったのかもしれない。この点に関しては、まだわかっていない。また、どのような条件が揃った場合に、競合他社の模倣が当該企業にとってプラス、マイナスのいずれに作用するのかについても、いまだにわからない点があることも事実である。

これらのいまだにわからない点は将来の研究に委ねられる。

補遺

テニス・ラケットのパフォーマンス指標に関して、その公式と計算方法を以下に示す。ここでは富山 (1985)、川副 (1993, 1995)、川副・神田 (1993a, 1993b)、『月刊・テニスジャーナル』各月号などを参考としている。

ここで取り上げるパフォーマンス指標は、トルク、ショック、反発力という三つの指標である。これ以外にも、モーメントや衝撃反動 (impulse reaction) といった指標もあるが、本稿では省略している。大まかに言うと、この反発力が反発性能、それ以外の指標が振動吸収性能を表していると言える。このように、これらの客観的指標は、反発性能や振動吸収性能を表すものであり、残念ながら、コントロール性能やスピン性能を直接示すような指標はない。

これらの指標は、あくまで客観的データに基づくものであり、ユーザー、すなわちプレーヤーの主観的な評価とは異なる点に注意を要する。

前述のとおり、Fixson (2002) によれば、生産者の観点からどのように製品を構築するかというテクノロジー・モジュラリティよりも、消費者の観点からどのように市場ニーズを満たすかというビジネス・モジュラリティの方が優れていることが示されている。つまり、製品の機能ヒエラルキーを構築する際には、市場ニーズに基づいた方法の方が望ましいということである。したがって、各機能に対応する性能も消費者の観点から分類され、測定された方が良いということになる。

しかしながら、主観的データはテスターの考えに強く影響されたり、販売に都合の良いように意図的に情報操作がされたりする危険性がある。ラケットのカタログはたいていの場合、情報が不十分であり、誤解を招くことさえあるのである。また、時系列を追うような主観的データは入手困難である。たとえ同じテスターによる異なる年度に発売されたテニス・ラケットに関する主観的データがあったとしても、テストされた時期が異なっていたり、比較されているラケットが異なっていたりする場合がほとんどである。そのような異なる条件下でテストされたデータを比較してもあまり意味がない。

これらの理由により、客観的指標によるテニス・ラケットのパフォーマンス評価が求められている (川副, 神田, 1993a, 1993b など)。同じ理由により、本稿でも客観的データに基づいたこれらの指標を採用する。

トルク

トルクは、ボールとのインパクトによって生じる屈曲力とも言うべき力である。この力によって、グリップを握っている手が後方に曲げられ、その次の瞬間に、今度は前方へ推進されるという現象が引き起こされる。トルクは回転軸にかかる力なのである。トルクを数式で表すと、

$$\text{トルク [Newton meters]} = \left(\frac{Mr^2}{I} \right) \left(\frac{db(s_2 - s_1)}{100t} \right)$$

となる。ただし、 M [kg]はラケットの質量、 r [cm]はラケットの重心と回転軸との距離、 I [kg・cm²]はスウィング・ウェイト、 d [cm]は回転軸からインパクト点までの距離、 b [kg]はボールの質量、 s_2 [m/s]はインパクト後のボールの速度、 s_1 [m/s]はインパクト前のボールの速度、 t [s]はボールとストリングとのインパクト持続時間をそれぞれ表している。

トルクの値は小さい方が良い。というのも、この値が大きいほど、インパクトによって生じる振動が大きくなり、プレーヤーがテニス肘を患う原因となるからである。しかしながら、トルクが前方への推進力に変換される際に、ラケットのしなりやプレーヤーの筋肉の伸長によって一部の力が吸収されることで、力の消失が起こりえる。そのため、推進力の効果を数量化することは難しいのである。ただ、フレックス⁶⁶の値が高いラケット、すなわち広義のフレームが硬いラケットは、この力をあまり吸収できないことが明らかになっている。したがって、硬いラケットはテニス肘の原因となりえるのである。⁶⁷

ショック

ショックは、インパクトによってラケットの運動エネルギーが突然、変化することによって生み出される負荷のことである。ショックを数式で表すと、

$$\text{ショック [joules]} = \left(\frac{Mr^2}{I} \right) \left(\left[\frac{b(s_2 - s_1)}{1+c} \right] \left[s_2 + cs_1 + \frac{d^2b(s_2 - s_1)}{I} \right] - \frac{[db(s_2 - s_1)]^2}{2I} \right)$$

となる。ただし、 M [kg]はラケットの質量、 r [cm]はラケットの重心と回転軸との距離、 I [kg・cm²]はスウィング・ウェイト、 b [kg]はボールの質量、 s_2 [m/s]はインパクト後のボールの速度、 s_1 [m/s]はインパクト前のボールの速度、 c は反発係数、 d [cm]は回転軸からインパクト点までの距離をそれぞれ表している。

トルクと同様、ショックの値も小さい方が望ましい。余分なエネルギーはテニス肘の原因となりえるからである。もちろん、あまりに小さい値になってしまうと、ボールを打ったときの打球感も損な

⁶⁶ 数値が高いほど、フレームが硬いことを示している。Stiffnessとも呼ばれる。

⁶⁷ このため、プロ・テニス・プレーヤーは柔らかいラケットを好む傾向にある。1980年代に登場した「デカラケ」が、一般のプレーヤーには浸透したものの、プロ・テニス・プレーヤーにはほとんど受け入れられなかったのも同じ理由である。「デカラケ」は、大きなフレーム面を支持するためにフレックスの値が高くなりがちだけでなく、トルクの値も大きくなりがちなので、プレーヤーの肘にかかる負担は比較的、大きいと言われている。

われてしまうのかもしれないが、実際にそのようなテニス・ラケットを作ることは難しいであろうことも考慮して、本稿ではそのような問題は考えないことにする。

インパクトの際にラケットからボールに一部の運動エネルギーが伝えられるわけだが、インパクト前後のボールの速度を所与とすれば、ボールの質量は常に一定であるので、ボールに伝えられる運動エネルギーも一定ということになる。したがって、この運動エネルギーの変化は、ラケット内部のエネルギーに変換されながら、ラケットがボールと衝突する際に低下する速度の大きさに依存していると言える。

ただ、ショックを決定するのはラケットの速度の低下分だけではない。問題はボールに伝えられなかった残りの運動エネルギーがその後、どのように変化するか（あるいは変化しないか）である。高校物理で想定されているような状況、すなわち熱や振動といった別のエネルギーに変換されることのない理想的な状況では、残りの運動エネルギーはすべてがラケットの運動エネルギーになる。しかし、現実には熱や振動に変換されてしまう。たとえば、ラケット内部のエネルギーに変換されて、広義のフレームの振動として現れてくる。したがって、いかに熱や振動といった他のエネルギーに変換されないかが重要である。

もちろん、広義のフレームの振動はある程度、吸収されえるので、それも勘案に入れた上でのトレード・オフになる。広義のフレームが柔らかいほど、振動に変換されたエネルギーを吸収することができる。また、質量分布を調整することによっても振動を軽減することができる。ヘッド・ライトで全体としては重いラケットにするのである。さらに、バイブレーション・ダンパーをストリング面に装着することによっても、多少の振動を吸収することができる。グリップに埋め込むタイプのバイブレーション・ダンパーならば、それよりもさらに望ましい。しかし、バイブレーション・ダンパーはあくまで補助的なオプションであり、振動の大部分が広義のフレームで吸収されることに注意したい。

反発力

反発力という指標を説明する前に、まず「パワー」という用語の説明から始めたい。パワーという言葉ほどラケットの宣伝文句として顕著に見られる言葉は少ないだろう。しかし、このパワーという言葉の意味はきわめて曖昧である。それには、次のような意味が考えられる。

- (i) 高反発、つまり反発係数が大きいこと。
- (ii) スウィング・ウェイトが重い、つまり楽にラケットをスウィングすることができること。
- (iii) 仕事が小さい、つまり楽に速いボールを打つことができること。

一般的な「パワー」の解釈は(i)の高反発であると思われる。

モジュールの抽出と製品パフォーマンス

1990年代後半以降の高反発ラケットの流行で、フレックスの値がきわめて高い、すなわち広義のフレームがきわめて硬いラケットが多くなってきた。⁶⁸ たしかに、フレックスが高いほど反発係数も大きくなるという事実も実験によって検証されている。反発係数にはフレームの剛体運動と一次振動(2節曲げ)が主として影響しており、反発係数はフレーム剛性が増すと大きくなり、ボールとの衝突速度で決まるある剛性で飽和するのである(川副, 神田, 1993a)。硬いフレームで、しかもストリング面の広い「デカラケ」が、ストリング面がトランポリンのように働くがゆえに高反発であるという話は広く知られている。しかし、反発係数が大きくなるとコントロールが難しくなることも、同様に広く知られている。これを受けて、USRSA ではパワーとコントロールは連続体の両端であるとしている。そして、このパワーの数値を、

$$\text{パワー} = \text{ヘッド・サイズ} * \text{フレックス} * (L [\text{inch}] * 0.1 - 1.7) / 10$$

という計算式によって求めている。ただし、 L はラケットの全長であり、標準的な 27 インチの場合に 1、1 インチ・ロングの「ナガラケ」の場合に 1.1、といった数字になるように 0.1 をかけて 1.7 を引くという変換がなされている。

しかし、この計算式にはフレックスの値が大きくなっても、パワーという指標が逡減することがないという欠陥がある。また、反発係数はラケットの質量によっても変化する。ラケットの質量が大きいほど、反発係数は増加するが、増加分は逡減していくのである。⁶⁹ さらに、反発係数はラケットの質量分布によっても変化する。ヘッド・ヘビーになるほど、つまりラケットの重心が先端側に寄るほど、反発係数は増加するが、増加分は減少していくのである。⁷⁰ このような反発係数の性質も考慮した指標が望ましいことは言うまでもない。

したがって、本稿では、パワーの式と反発係数の両方を考慮して、反発性能を表す指標を「反発力」とし、以下のような計算式で推定することにする。

$$\text{反発力} = \text{ヘッド・サイズ} * (L [\text{inch}] * 0.1 - 1.7) * \text{反発係数}$$

ただし、 L はラケットの全長を表すとす。

この反発力は、「デカラケ」が登場する以前には、より高い方が望ましいとされ、メーカーも反発力の向上に尽力してきたが、1990年代前半の「デカ・厚ラケ」のブームや、1990年代後半からのチタンやカーボン・ナノチューブといった新素材の登場以後は、むしろ反発力を抑制する方向も見られてきた。テニス・ラケット市場においては、反発性能が消費者の要求を十分に満たしているというこ

⁶⁸ 1990年代半ばに流行した、フレーム面に垂直な方向にフレームが厚い「厚ラケ」は、フレックスを高めることを通じて間接的に反発係数を高めていた。

⁶⁹ 川副・神田(1993b)の図6を参照のこと。

⁷⁰ 川副・神田(1993b)の図7を参照のこと。

とであろう。

計算方法

まず、計算の前提条件として、ボールの質量が 57 グラムであると想定した。⁷¹ また、ボールのインパクト点は、ラケットの先端から 15 センチメートルと 20 センチメートルという 2 通りを想定した。

次に、以下のような状況を想定した。ここでは、テニスにおける代表的なプレーと思われるグラウンド・ストローク、ボレー、サーブを想定した。⁷² グラウンド・ストロークは相手が打ったボールをワン・バウンドさせてから打ち返すものである。ボレーは相手が打ったボールをバウンドさせないで、つまりノー・バウンドで打ち返すものである。サーブは自分でトス・アップしたボールをノー・バウンドで打つものである。なお、プレーヤーからネットに向かう方向を正の方向としている。

状況 1 : グラウンド・ストローク

インパクト前のボールの速度 s_1 の大きさが 10 メートル毎秒、インパクト後のボールの速度 s_2 の大きさが 30 メートル毎秒である。ボールの向きも考慮すると、 $s_1 = -10$ [m/s]、 $s_2 = 30$ [m/s]となる。また、グリップを握る手のほぼ中心にくる回転軸は、ラケットの下端から 7 センチメートルの位置にある。

状況 2 : ボレー

インパクト前のボールの速度 s_1 が 20 メートル毎秒、インパクト後のボールの速度 s_2 が 20 メートル毎秒である。ボールの向きも考慮すると、 $s_1 = -20$ [m/s]、 $s_2 = 20$ [m/s]となる。また、グリップを握る手のほぼ中心にくる回転軸は、ラケットの下端から 7 センチメートルの位置にある。

⁷¹ *Rules of tennis 2003* (2003) によれば、ボールの質量は 1.975 オンス (56g) 以上 2.095 オンス (59.4g) 以下と規定されている。

⁷² 厳密に言えば、ひとつひとつのプレーは各々、異なっている。しかし、それでは性能評価は不可能になってしまうので、似通ったプレーを類型化・集約化することが必要であろう。グラウンド・ストローク、ボレー、サーブという 3 種類のほかに、リターンやハーフ・ボレー (ライジング・ショット)、スマッシュというプレーも想定できるが、リターンやハーフ・ボレーはグラウンド・ストロークないしボレー、スマッシュはサーブでそれぞれ代理できるものと仮定している。なお、リターンは相手プレーヤーのサーブを返球するもので、一般的ストロークと比べると、ボールの初速・終速ともに速い。ハーフ・ボレーはワン・バウンドしたボールをかなり早いタイミングで返球するもので、一般的ストロークと比べると、終速は同程度もしくはやや遅い。しかし、初速がやや速く、ボレーの場合とほぼ同程度である。スマッシュは相手プレーヤーのロブ (つまり、上に打ち上げるショット) をサーブと同じような動作で返球するもので、ボールに若干の初速がある点で異なっている。

状況 3 : サーブ

インパクト前のボールの速度 s_1 が 0 メートル毎秒、インパクト後のボールの速度 s_2 が 40 メートル毎秒である。ボールの向きも考慮すると、 $s_1 = 0$ [m/s]、 $s_2 = 40$ [m/s]となる。また、グリップを握る手のほぼ中心にくる回転軸はラケットの下端から 5 センチメートルの位置にある。

以上のように想定される前提条件と状況を踏まえて、パフォーマンス指標を計算するのに必要な残りのスペックに関する計算も行った。まず、ボールのインパクト点がラケットの先端から 15 センチメートル、20 センチメートルの二通りの場合と、ラケットの下端から 7 センチメートル、5 センチメートルの位置に回転軸がある二通りの場合、合計 $2 \times 2 = 4$ 通りの場合に対応した回転軸からインパクト点までの距離 d を計算した。次に、バランス・ポイントと全長のデータから、ボールのインパクト点がラケットの先端から 15 センチメートル、20 センチメートルのそれぞれの場合における、二通りの回転軸と重心との距離 r を計算した。この回転軸と重心との距離 r とバボラ RDC の計測によるスウィング・ウェイトのデータから、ラケットの下端から 7 センチメートル、5 センチメートルの位置に回転軸がある場合のそれぞれのスウィング・ウェイトを計算した。そして、ラケットの質量とバランス・ポイント、フレックスのデータから反発係数の理論値を計算した。インパクト持続時間に関しては、ボールとラケットとの衝突速度によって 0.003~0.006 秒と異なるが、⁷³ 反発係数とほぼ反比例するという関係から、ここでは

$$\text{インパクト持続時間 [s]} = 0.001763 / \text{反発係数}$$

として計算した。⁷⁴

以上のような二通りのボールのインパクト位置と三通りの状況において、トルクとショックという二つの指標に関して計算した。二通りのボールのインパクト位置については単純平均し、三通りの状況については、グラウンド・ストロークとボレーとサーブの比率を 2 : 1 : 1 として加重平均した。⁷⁵ また、反発係数の理論値から反発力を計算した。

謝 辞

本論文は東京大学大学院経済学研究科の修士論文をベースにして、加筆・修正を加えたものである。

⁷³ 川副 (1995) の図 12 を参照のこと。

⁷⁴ ここではバボラのピュアコントロールを基準としている。ピュアコントロールのインパクト持続時間を 0.0045 秒であると仮定し、それとその反発係数の理論値である約 0.391732 を掛け合わせることで 0.001763 という定数を導いている。

⁷⁵ プロ・テニス・プレーヤーの中にはグラウンド・ストロークよりもボレーやサーブの比率が多い選手もいるだろうが、一般のプレーヤーを含め、その他のほとんどのプレーヤーにとっては、グラウンド・ストロークの比率が最も高いことを考慮して、グラウンド・ストローク : ボレー : サーブ = 2 : 1 : 1 とした。

修士論文作成時から論文の方向性に多大なヒントを与えてくださった藤本隆宏先生、投稿論文の内容・構成に関して適宜、アドバイスをくださった新宅純二郎先生、そして辛抱強く校正・編集してくださった GBRC オンライン・ジャーナル編集室の西田麻希さんに深く謝意を表したい。

参考文献

- Abernathy, W. J., & Clark, K. B. (1985). Innovation: Mapping the winds of creative destruction. *Research Policy*, 14, 3-22.
- Alexander, C. (1964). *Notes on the synthesis of form*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- 青木昌彦 (2002) 「産業アーキテクチャのモジュール化—理論的イントロダクション」青木昌彦, 安藤晴彦 編著『モジュール化—新しい産業アーキテクチャの本質』1章, 東洋経済新報社.
- 青島矢一, 武石 彰 (2001) 「アーキテクチャという考え方」藤本隆宏, 武石 彰, 青島矢一 編著『ビジネス・アーキテクチャー—製品・組織・プロセスの戦略的設計』2章, 有斐閣.
- Baldwin, C. Y., & Clark, K. B. (2000). *Design rules: The power of modularity*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Barney, J. B. (1996). *Gaining and sustaining competitive advantage*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Carpenter, G. S., & Nakamoto, K. (1989). Consumer preference formation and pioneering advantage. *Journal of Marketing Research*, 26, 285-298.
- Carpenter, G. S., & Nakamoto, K. (1990). Competitive strategies for late entry into a market with a dominant brand. *Management Science*, 36, 1268-1278.
- Christensen, C. M. (1997). *The innovator's dilemma: When new technologies cause great firms to fail*. Boston: Harvard Business School Press. 邦訳, C・M・クリステンセン (2000) 『イノベーションのジレンマ—技術革新が巨大企業を滅ぼすとき』伊豆原 弓 訳, 玉田俊平太 解説. 翔泳社.
- Clark, K. B. (1985). The interaction of design hierarchies and market concepts in technological evolution. *Research Policy*, 14, 235-251.
- Dierickx, I., & Cool, K. (1989). Asset stock accumulation and sustainability of competitive advantage. *Management Science*, 35, 1504-1511.
- Fixson, S. K. (2002). *The multiple faces of modularity: An analysis of a product concept for assembled hardware products*. (Working Paper, Technical Report 03-05, Industrial & Operations Engineering). University of Michigan, Ann Arbor, MI.
- 藤本隆宏 (2001) 「アーキテクチャの産業論」藤本隆宏, 武石 彰, 青島矢一 編著『ビジネス・アーキテクチャー—製品・組織・プロセスの戦略的設計』1章, 有斐閣.
- 藤本隆宏 (2002) 「日本型サプライヤー・システムとモジュール化—自動車産業を事例として」青木昌彦, 安藤晴彦 編著『モジュール化—新しい産業アーキテクチャの本質』6章, 東洋経済新報社.

モジュールの抽出と製品パフォーマンス

『月刊・テニスジャーナル』各月号. スキージャーナル社.

Ghemawat, P. (1986). Sustainable advantage. *Harvard Business Review*, 64, 53-58.

Henderson, R. M., & Clark, K. B. (1990). Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative Science Quarterly*, 35, 9-30.

Krishnan, V., & Ulrich, K. T. (2001). Product development decisions: A review of the literature. *Management Science*, 47, 1-21.

川副嘉彦 (1993)「ボール・ストリングス系の非線形性とフレーム振動モードを考慮したテニスラケットの反発係数分布の解析」『日本機械学会論文集』59(562)C編, 1678-1685.

川副嘉彦 (1995)「手で支持したテニスラケットの実験的同定とボールとの衝突における振動振幅の予測」『日本機械学会論文集』61(584)C編, 1300-1307.

川副嘉彦, 神田芳文 (1993a)「テニスにおけるボール・ラケット系の衝突現象の解析 (フレーム振動の影響とラケットの最適設計)」『日本機械学会論文集』59(566)C編, 2116-2123.

川副嘉彦, 神田芳文 (1993b)「テニスにおけるボール・ラケット系の衝突現象の解析 (ボールの反発速度におよぼすフレームの質量分布の影響)」『日本機械学会論文集』59(566)C編, 3108-3115.

小山裕治, 竹田陽子 (2001)「ソフトウェアの開発技法と構造—コンピュータ・ソフトウェア開発の特徴と課題」藤本隆宏, 武石 彰, 青島矢一 編著『ビジネス・アーキテクチャー製品・組織・プロセスの戦略的設計』7章, 有斐閣.

楠木 建, H・W・チェスブロウ (2001)「製品アーキテクチャのダイナミック・シフト—バーチャル組織の落とし穴」藤本隆宏, 武石 彰, 青島矢一 編著『ビジネス・アーキテクチャー製品・組織・プロセスの戦略的設計』13章, 有斐閣.

松尾高司 (2002a)「127年の「バボラ」イズム」『月刊・テニスジャーナル』(2002年12月号), 131-135.

松尾高司 (2002b)「ルキシロン……新たなる領域への第一歩!」『月刊・テニスジャーナル』(2002年12月号) 136-137.

Meyer, M., & Seliger, R. (1998). Product platforms in software development. *Sloan Management Review*, 40, 61-74.

Porter, M. E. (1980). *Competitive strategy: Techniques for analyzing industries and competitors*. New York: Free Press. 邦訳, M・E・ポーター (1982)『競争の戦略』土岐 坤 訳. ダイヤモンド社.

『レジャー白書』(2001) 自由時間デザイン協会.

『レジャー白書』(2002) 自由時間デザイン協会.

Rules of tennis 2003. (2003). International Tennis Federation (ITF). 2003年9月1日検索, <http://www.itftennis.com>

Sako, M., & Murray, F. (2000). Modules in design, production and use: Implications for the global automotive

- industry. Submitted to MIT IMVP Annual Sponsors Meeting, Cambridge, MA.
- Schmalensee, R. (1982). Product differentiation advantages of pioneering brands. *The American Economic Review*, 72, 349-365.
- Simon, H. A. (1996). *The science of the artificial* (3rd ed.). Cambridge, MA: MIT Press.
- 新宅純二郎 (1994) 『日本企業の競争戦略—成熟産業の技術転換と企業行動』 有斐閣.
- 新宅純二郎 (2000) 「先端技術産業における競争戦略」 新宅純二郎, 許斐義信, 柴田 高 編著『デファクト・スタンダードの本質—技術覇権競争の新展開』 5章, 有斐閣.
- 武石 彰, 藤本隆宏, 具承桓 (2001) 「自動車産業におけるモジュール化—製品・生産・調達システムの複合ヒエラルキー」 藤本隆宏, 武石 彰, 青島矢一 編著『ビジネス・アーキテクチャー—製品・組織・プロセスの戦略的設計』 4章, 有斐閣.
- 武石 彰, 高梨千賀子 (2001) 「海運業のコンテナ化—オープン・モジュラー化のプロセスとインパクト」 藤本隆宏, 武石 彰, 青島矢一 編著『ビジネス・アーキテクチャー—製品・組織・プロセスの戦略的設計』 6章, 有斐閣.
- 『テニスクラシック・ブレイク』 各月号, 日本文化出版.
- 『テニスマガジン』 各隔週号, ベースボール・マガジン社.
- 『テニスマガジン・イヤーズブック』 各年号, ベースボール・マガジン社.
- 富山 清 (1985) 「ラケットの性格診断—ラケットの実験的考察」 徳永幹雄 編著『テニスの科学』 4章, 九州大学出版会.
- 『ティーティー』 各月号, 学研.
- Ulrich, K. T. (1995). The role of product architecture in the manufacturing firm. *Research Policy*, 24, 419-440.
- Ulrich, K. T., & Seering, W. P. (1990). Function sharing in mechanical design. *Design Studies*, 11, 223-234.
- 臼杵政治 (2001) 「金融業のアーキテクチャと競争力—内在するモジュラー化指向とクローズな取引関係の役割」 藤本隆宏, 武石 彰, 青島矢一 編著『ビジネス・アーキテクチャー—製品・組織・プロセスの戦略的設計』 5章, 有斐閣.
- 山本恭裕 (1990) 「テニスラケット—スポーツとファッションのボーダレス化」 片岡 寛 編著『市場力学を変える商品多様化戦略』 7章, 中央経済社.
- 柳川範之 (2002) 「ゲーム産業はいかにして成功したか—アーキテクチャー競争の役割」 青木昌彦, 安藤晴彦 編著『モジュール化—新しい産業アーキテクチャーの本質』 5章, 東洋経済新報社.

[受稿 2004 年 3 月 9 日; 受理 2004 年 4 月 12 日]

赤門マネジメント・レビュー編集委員会

編集長 新宅 純二郎

編集委員 阿部 誠 粕谷 誠 片平 秀貴 高橋 伸夫 藤本 隆宏

編集担当 西田 麻希

赤門マネジメント・レビュー 3巻4号 2004年4月25日発行

編集 東京大学大学院経済学研究科 ABAS/AMR 編集委員会

発行 特定非営利活動法人グローバルビジネスリサーチセンター

理事長 片平 秀貴

東京都千代田区丸の内

<http://www.gbrc.jp>