

2015 産業と技術の比較研究 報告書
「社会インフラの国際競争力 II」

平成 28 年 4 月
一般財団法人 商 工 会 館
(産業と技術の比較研究会)

「産業と技術の比較」研究会委員

児玉 文雄 東京大学名誉教授（委員会座長）

岡松 壯三郎 （一財）商工会館理事長

柴田 友厚 東北大学大学院教授

鈴木 潤 政策研究大学院大学教授

藤盛 紀明 NPO 国際建設技術情報研究所理事長

加納信吾 東京大学大学院准教授

馬場康志 朝日新聞社メディアラボ主査

内容

第1章	イントロダクション	4
第2章	インフラ輸出のゴールセッティング	5
2. 1	なぜいま社会インフラ輸出戦略なのか?	5
2. 2	政府の意図するところ ― 日本政府の取り組み	5
2. 3	社会インフラ輸出のわが国経済への響き	9
第3章	インフラ輸出のフロンティア曲線	11
第4章	ガラパゴス現象の定義と検証課題	16
4. 1	社会インフラにおける構成要素の相互依存性	16
4. 2	インフラ輸出におけるガラパゴス状態の定義	17
4. 3	脱ガラパゴスの分析視点	19
4. 3	まとめ	21
第5章	インフラ輸出の総合戦略と技術の位置づけ	22
5. 1	日本建設業の海外進出ガラケー化と今後の海外戦略	22
5. 2	トルコのボスポラス海峡横断鉄道トンネル建設工事	23
5. 3	総合建設業の技術力と日本建設業の強み	29
5. 4	建設業の海外インフラ受注力と技術の役割	30
第6章	水道インフラの事例	33
6. 1	日本の社会インフラが「世界一」であることの証拠	33
6. 2	日本では意識されていない「補完システム技術」の存在	34
6. 3	その他の環境条件	34
6. 4	世界標準からみれば、「ガラパゴス」になっている可能性	37
6. 5	海外顧客の状況	38
6. 6	外乱要因	39
第7章	鉄道輸出の事例	41

7. 1	日本の高速鉄道の特徴	41
7. 2	意識されなかった日本の強み（補完システム？）	43
7. 3	海外顧客への展開可能性	44
第8章	新しい社会インフラとしての IC カード	46
8. 1	はじめに	46
8. 2	交通系 IC カードの種類	46
8. 3	IC カード乗車券システムの性能	47
8. 4	IC カード乗車券システムの性能に対する「社会システム」の要請	47
8. 5	分析フレームワークと分析方法	48
8. 6	分析結果と考察	50
8. 7	おわりに	52
第9章	ガラパゴス現象のレバレッジ・シナリオ	55
9. 1	インフラ輸出におけるシナリオ分岐	55
9. 2	日本のインフラ輸出における4つのシナリオ	56
9. 3	本章のまとめ	59

第 1 章 イントロダクション

本プロジェクトの目的は、

- ① 青木昌彦氏の指摘にあるように、「失われた 20 年に、日本の都市圏に構築された「社会インフラ」は、間違いなく、世界一の水準に達していることを改めて確認し、
- ② この技術力が世界（先進国・途上国）への輸出競争力に必ずしも結び付いていない原因を分析し、
- ③ 日本の洗練した社会インフラ技術が、国際競争力を持つようになるにはどのようにするか

について検討を加えることにある。

第2章 インフラ輸出のゴールセッティング

そもそもどうして**社会インフラ輸出**が日本再興戦略に位置付けられ、「経協インフラ戦略会議」まで設置して安倍内閣挙げて支援対策を講じているのか？人口に膾炙していない部分があるのは、その背景論が未整備であることによる。以下、その背景について、①なぜ今社会インフラ輸出戦略なのか？、②政府の意図するところ、③日本経済への響きの三点から考察を提示し、平成27年度報告書における問題提起としておきたい。

2. 1 なぜいま社会インフラ輸出戦略なのか？

インフラ輸出戦略を重視される要因としては、以下の点を挙げることができよう。

- ・わが国経済の戦後の歴史を振り返ると、かつて繊維製品の代表される労働集約的製品輸出振興、次にわが国の産業構造の高度化を反映して資本集約的製品の輸出振興、プラント輸出のような複合的製品のパッケージ輸出、途上国への経済協力アイテムとして架橋・道路等のインフラ整備、BOT方式による発電施設の輸出などを経て社会インフラ輸出につながってきたと考えられる。
- ・もちろん、途上国就中アジアの発展に伴い、社会インフラ投資についての膨大な需要があることは理解しておく必要がある。そしてこの市場には、先進国ばかりでなく、新興国の中国が供給者として登場してきている。
- ・社会インフラの構築には技術としては、比較的ローテクのもの（道路の建設など）からハイテク（システムの運行管理など）までの組みあわせ、管理が大事である。
- ・社会インフラ輸出の競争相手国一事業によって異なるが、先進国間(企業)競争、エネルギー分野、鉄道等の交通分野、港湾・道路、そこに見られる専門性、伝統的技術の継承、当該地域の歴史的背景（旧植民地と旧宗主国）があり、そこに入り込むわが国企業の立場はいわば「Late Comer」（遅れた参入者）である。（この項については、以下の項でも触れていく）

2. 2 政府の意図するところ ― 日本政府の取り組み

2. 2. 1 取組の中核

こうした想定される動機に対して、政府の取組の中核をなすものは以下である。

- ・経協インフラ戦略会議の設置 平成25年1月 第3回日本経済再生本部でインフラシステム輸出を関係閣僚会議の場等を通じて推進するよう総理から指示があり、これを受けて同年3月に上記会議（議長：官房長官 関係閣僚参加）が設置された。

- ・第4回経協インフラ戦略会議（平成25年5月17日）で以下の「インフラシステム輸出戦略」が決定されている。

- ①インフラシステム輸出による経済成長の実現
- ②インフラシステム輸出の波及効果
- ③国際競争を勝ち抜くための官民挙げた取り組み
- ④インフラ輸出、経済協力、資源確保の一体的推進

2. 2. 2 インフラシステム輸出戦略の検証

では、インフラシステム輸出戦略における政府の狙いと現状はどのようなになっているか、以下に4つの項目について検証しておく。

①インフラシステム輸出による経済成長の実現

【政府の狙い】

国内の需要は打ち止め感のある中、海外の需要を取り込んでいくとなると、社会インフラ部門が有望であり、ことに新興国の需要は大きい。アジア諸国は他の新興国よりも、ややその先を行っているものの、総じてこれらの国の地場の産業が弱い。そこにわが国の技術・ノウハウを活かして進出することにより、裾野産業を含めて、わが国の力強い経済成長につなげていく狙いがある。

【現状】

インフラ需要の経済規模と主要なインフラにおける日本のインフラの水準を示しておき、日本が世界のインフラ需要に対して持つ機会を概観しておく。

- ・OECDによると、世界のインフラ需要予測は2000年からの30年間に71兆ドル、年単純平均で2,3兆ドル
- ・対象分野：水、通信、電力(送配電、発電)、道路、鉄道《線路のみ》。その他エネルギー関連
- ・日本のインフラのサービス・品質は世界最高水準
 - 電力：年間平均停電時間
日本 16分 > ドイツ 19分 > 米国 292分 > 中国 791分
 - 水道：漏水率
日本(東京) 3,6% > 米国(LA) 9% > 英国(LDN) 26,5% > タイ(バンコク) 33%
 - 鉄道：定時発着率
日本 99% > 英国 88% > タイ 63% > マレーシア 43%

・日本のこれら部門の輸出実績 (2013 年)

2010 年 約 10 兆円、 2013 年約 13 兆円、 目標 2020 年 約 30 兆円

内訳	2013 年	2020 年
エネルギー	3,8 兆円	4,5 兆円
通信事業	1 兆円	4,1 兆円
その他の情報関連	3 兆円	3,3 兆円
交通	0,5 兆円	0,8 兆円

以上のようにエネルギー分野での受注が引き続き大きい。通信分野、交通等では事業投資による収入額が伸びている

・各国の成約実績の推移

日本の海外プラント・エンジニアリング成約実績

- － 2005 年～2012 年 年間 200 億ドル前後
- － 2013 年には約 222 億ドル

各国との比較： 対象範囲が国により異なるため単純比較は困難 とはいえ、

- － 韓国 2005 年 約 158 億ドル → 2013 年 約 637 億ドル
- － 中国 同 約 296 億ドル → 同 約 1716 億ドル

②インフラシステム輸出の波及効果

【政府の狙い】

- ・インフラシステム輸出は、受注企業の直接的な裨益のみならず、日本企業の進出拠点整備やサプライチェーン強化など複合的効果を生み出す。
- ・また、我が国の先進的な技術・ノウハウ・制度等の移転を通じ、環境、防災等地球規模の課題解決に貢献し、我が国の外交的地位の向上にも貢献する。

【現状】

- ・しかしながら、目下の社会システム輸出は単発 project が多く、とても狙い通りには進んでいない。
- ・企業が個別に受注計画を立てて発注元である相手国の政府機関などにアプローチし、競争入札に臨んで受注が決まると、『設計 (Engineering)』、『調達 (Procurement)』、『建設 (Construction)』の 3 つの領域だけを請け負う『E P C』プロジェクトが中心であり、製品や要素技術を単体で売り、インフラが開業した後はリスクを取らない「売り切り型」のビジネスが主流」(みずほ総研：宮澤)
- ・政府が官民一体で推進しているのは「パッケージ型インフラシステム」＝「E P C」の前後に当たる「プロジェクト創造」や「土木工事」から「オペレーション」「メンテナンス」などまでを含めて一体的に勧めるスキームである。

③国際競争を勝ち抜くための官民挙げた取り組み

【政府の狙い】

- ・一義的には民間企業主体による取り組みが重要。
- ・一般に初期投資の規模が膨大で、投資回収には長期間を要するとともに、相手国政府の影響力が強いことから、日本側も官民一体で取り組む必要がある。

【現状】

- ・安倍政権は従前の政府の対応とは一線を画し政権交代後、総理は 62 ヶ国、経済産業大臣は 30 ヶ国訪問しインフラ輸出拡大に向けた積極的なトップ・セールスを推進している（経済ミッションを伴うもの；総理訪問国のうち 31 ヶ国 経済産業大臣訪問国のうち 18 ヶ国）。これらがすべて成約に至っているわけではないが、ここに現れた政府の姿勢は社会インフラ輸出を日本再興戦略の一環として極めて重視していることと理解できる。

- ・主なトップ・セールス案件（太字はわが国企業が落札した案件）

- ー 都市交通—**カタール（15年2月 安倍総理のトップ・セールス ドーハ・メトロ発電所、水のプラント）** U A E
- ー シェールガス—**米国、カナダ**
- ー 水関連事業—**カタール、クウェート**
- ー 石油精製プラント—**バーレーン、クウェート**
- ー 原子力発電所—**トルコ**
- ー 高速鉄道—**インド（ムンバイ—アーメダバード間）、マレーシア—シンガポール間**
- ー 石炭火力発電・地熱発電・淡水化プラント—**ミャンマー、ケニア、ウズベキスタン、オマーン、バングラ**
- ー 深海油田プロジェクト—**ブラジル**
- ー 情報通信—**ブラジル—アンゴラ間光海底ケーブル敷設**
- ー 道路—**トルコ・イズミット輪横断橋**

④インフラ輸出、経済協力、資源確保の一体的推進

【政府の狙い】

- ・支援に際しては、相手国の発展段階や日本企業の進出度合に応じメリハリを付けつつ、政府開発援助とうの経済協力と緊密に連携を図ることが重要
- ・エネルギー・鉱物資源の海外からの安定的かつ安価な供給確保についても、インフラ輸出や経済協力と連携して、官民一体となって働きかけを行う必要がある。

【現状】

- ・アジア太平洋の時代と社会インフラ投資需要とは重なってきており、わが国として力の入れ所である。他方、同時に先進国にも新技術を持って乗り入れるチャンスがある。（イギリスの鉄道への日立参入など）この場合は前者より外交政策的位置づけは弱いのではな

いか

・単に機械類（ハードウェア類）の輸出となると、中国のオファー価格はわが国の約50%といわれる。これをかいくぐっていくためには、前述の通り、プロジェクト・ファイナンスの段階から運行システム、維持管理システム、メンテナンスまで、一体で売り込む必要があるが、途上国がここまで賢明な判断をすることを期待しにくい以上、政府が総合的に判断しこれをサポートしていくことが必要である。

- － F/S 実証事業の充実、途上国の開発計画策定支援・専門家の派遣等技術協力・無償資金協力の活用
- － 円借款の重点分野見直し、本邦技術活用条件（STEP）の制度改善等
- － JAIC, JBIC, NEXI による公的金融支援の強化

具体的には、中国・韓国のを組み込んだ輸出を、システムのオペレーション能力がある商社（M社）は日本品（機械類）を使わずにプロジェクトをまとめることも始めている。機械類（物）のわが国からの輸出はなくても、オペレーション、メンテナンスで社内の人材を出すことも企業の存立をかけて進めている一つの生き残り策である。

2. 3 社会インフラ輸出のわが国経済への響き

社会インフラ輸出の経済に対するプラス効果は限られるのではないかと、言い換えれば、なぜ今社会インフラ輸出がトップ Priority なのか？という点を明らかにしておく必要がある。

一つには国内の需要打ち止め感がある一国内インフラの老朽化から更新の必要性は叫ばれているが、将来の話としては見込めるものの、現実にはまだ実現していない。そこで鉄道事業・電力事業については海外の需要に応える動きはある。ゼネコンは国内需要の停滞、公的予算の削減から一部企業にあっては7・8年前から海外進出を図っているところもあるが、総じて国内志向である。電力業界は海外志向の人材がいることから、東日本大地震以降海外需要に目を向け始めている。

その意味で確かに社会インフラ輸出はトップ Priority 群の一つといえる。これも残念ながら、他に売れるものがないという消極的位置づけである。言い換えると、トップ Priority 群の一つで、近年の動きから見ると農産物、医療、サービス分野（小売業・チェーン）が社会インフラ輸出とともにトップ Priority 群を形成しているといえよう。これらの Priority 群は政府の肝いりで輸出振興が図られている。しかし、機器の輸出、それもコスト削減のため安い外国機器の組み込み、海外先進企業の技術の取り入れなどで進められるケースが見られ国産品、国産技術は限られるのではないかと。丸ごと日本の技術、日本の機器、日本の経営ノウハウのそのものの輸出は存在するのであろうか？

政府として応援するのは、広い意味での社会インフラ輸出をわが国企業（または企業グループ）が関与しているものについて取り上げており、これらを通じて次第にわが国企業（ま

たは企業グループ）が成長し次第に広い意味での国産化率の向上につながるのを期待しているのではないのか？

もしそういうものとする、社会インフラ輸出の当面の国民経済全体へのプラスの影響限られているものをそのまま飲み込んで支援していると考えるべきであろう。今の政府の姿勢は、政府やるべきことやってあとは民の覚醒に待つことといえる。

これに対し、中国は 90～95%は官の仕事。さらに政府の大方針である「一帯一路構想」とそれに必要な資金を賄うための「A I I B」とは積極的な社会インフラ輸出への国家戦略が伺える。

目下、わが国で積極的輸出志向なのは車両メーカーの 2 社（日立 英国、川重 米国）
事例：日立のイギリス向けは高速鉄道車両 596 両の製造と 27 年間のメンテナンス事業を一括して受注したのは、世界の鉄道市場を牛耳ってきたアルストム社(仏)、ジーメンス社(独)とは違うものの一石を投じたことは評価される

例えば、新幹線の例で見ると、わが国の新幹線は 1964 年スタートした後は、延伸が優先で、海外に出ること考える人いなかったのに対し、中国の新幹線は最初から海外を目指していた。どこまでうまくいくかは目下不明であるが、中国はそれなりの技術レベルあるとみるべきだ。（「のぞみ」はともかく「ひかり」レベルの技術はある）規格、メンテもとっていく。思うに、中国の新幹線事業は、最初から海外を目指していた。日本のあとフランス TGB がスタート。日本国内ではようやく北海道にまで延びたが、まだ四国には出ていない。新幹線モデルは人口稠密地域に限るもので、当時は海外は考えていなかった。

今後、日本はどう闘うか？見方を変えると社会システム輸出を通じて、支援国における関連するルール形成、さらには規格の形成を働きかけていくことは十分考えられる。

必要なのは総合企画力、Global な協力、現地資本とどう組むか？を含めて協力のあり方さらに、きめ細かいサービスが評価されるかもわが国の生きる道、また、支援国の現状を見た上で長い付き合いを担う人材の養成が必要である。

(岡松)

第3章 インフラ輸出のフロンティア曲線

昨年の12月の山口大学・MOT国際シンポジウムの基調講演で、「Strategic Positionings in the B2B of Digital Economy」という論文を書いた。そこでは、デジタル技術の出現により、日本産業のイノベーション能力（したがって、国際競争力）がどのように変化したかを、B2CとB2Bの2つのカテゴリーに分けて論じた。そこで、本研究会の報告書では、この論文を出発点として、社会インフラの輸出競争力をB2CやB2Bというカテゴリーの他に、B2P (Business to Public)の問題として、日本のイノベーション能力と国際競争力をどのように理解し、把握すべきかを論じてみたい。

B2Cについては、イノベーションのパターンが造り方に重点を置く「Learning-by-Doing」から、ビジネスモデルに代表されるような、使い方に焦点を合わせた「Learning-by-Using」(Rosenberg, 1984)に変化したことが、デジタル技術の出現と浸透に、大きな影響を与えた。典型的な事例は、「portable music」という理想は、アナログ時代のソニーによって、「ウォークマン」という製品で、はじめて市場に導入された。しかし、その技術は、インターネットを前提とする、デジタル技術時代の到来により、アップル社の「iPod」というビジネスモデルに完全に取って代わられた。トヨタのハイブリッドカーも、Learning-by-Usingの産物と考えられる。一方、ドイツVWやBMW、ベンツの運転性能の良さは、自動車の構造設計からきており、Learning-by-Doingの産物だと言える。

B2Bについては、モジュール化の進展と進化が、キー・ファクターである。モジュール化の初期の段階では、パソコンに代表されるように、この新しい変化は、日本のイノベーションの能力と国際競争力には逆風の様相を呈していた。しかし、近年のボーイング社の航空機に見られるように、主要構成モジュールを複数の日本メーカーへアウトソーシングし、その契約を長期化させるという新しい動きは、要素技術（素材技術を含む）に起きた技術革新と無関係ではない。炭素繊維技術を独占している材料メーカーと共同して、日本の航空機製造企業が、ボーイング社からの受注の量的拡大と質的高度化を可能にしたと言える。しかし、日本の航空機メーカーがボーイング社に取って代わる日が来ることは今世紀中にはないだろう。

一方、他の産業資本財メーカーのなかには、革新的な要素技術の革新的利用 (by-using) により、より上位のシステム・プロバイダーの地位を獲得しつつある事例が散見できる。建設機械メーカーのコマツ(株)や、工作機械システム開発を手掛け始めた森精機(株)の事例である。コマツの場合は、Komtraxの導入の成功により、鉱山作業の無人化に成功しつつある。森精機は、市販パソコンを導入したMPPS (Mori Advanced Programing Production System)の開発により、工作システムのプロバイダーの地位を獲得しつつある。例えば、ドイツの工作機械の老舗であるDMG (Gilenmeister Aktien Gesellschaft)の吸収合併は、その証拠といえよう。

このデジタル経済の下での B2B における日本製造業の再生・逆襲現象をどのように理解すべきであろうか？モジュール化の進展の初期では、モジュール・インテグレーターが技術革新の果実を独り占めにし、ビジネス上では非常に有利な立場を確保することが出来る。しかし、次第に、各モジュールにもたらされる新しい技術革新を如何に再統合して、新しい価値創造を行うことが、競争の要になってくる。すなわち、新しい要素技術の革新をシステムに取り込み、システム全体のパフォーマンスを飛躍的に向上させるかが問題となる。この飛躍的パフォーマンスの上昇や、無人運転に見られるように、従来は 2 つに分かれていたサブシステム（従来の自動車と人間による運転システムは、別々のサブシステムであった）を技術的に連結可能なものにして、より上位概念に位置するシステム（あるいは、アーキテクチャ）として高度化していくプロセスとして理解できるのである。

このタイプの技術革新は、新しい要素技術がモジュールに転用（porting）されることにより、従来は独立に存在し、操縦されていた、2 つのシステムが、より高度なシステムとして創出されることを意味する。インターネットによる個別の音楽の取得、カーナビ、自動運転につながる種々の運転支援システム技術は、自明なことではなく、ほとんどの人が想像していなかった技術革新である。この技術革新は、要素技術の革新やその革新的利用により可能になったものであり、筆者は、**Learning-by-Porting** という技術革新形態、あるいは、社会学習形態であると主張している。これこそ、B2B における IoT (Internet of Things) という、世間を風靡している概念であろう。このように考えれば、B2B における日本企業の技術開発能力や国際競争力の復活を期待できるのである。

以上の分析を敷衍して、B2P (Business to Public) におけるイノベーション能力や国際競争力はどのように分析できるのであるか？この報告書の柴田論文によると、高速鉄道などの日本の社会インフラの技術進歩は、全く新しい機能の付加ではなくて従来機能の進化である。進化に必要な「きめ細かな改良」を実現可能にしたものは、ユーザー（企業）とサプライヤー企業との連携と調整という仕組みである。その開発システムの特徴は、社会インフラの運営主体を頂点とした垂直統合的な産業構造と、国内需要に最適化された「すり合わせ」型のシステム設計思想ということになる。柴田論文の最終的な結論は、次のような問いかけである。国内の高度な需要、社会インフラの運営主体を中心とした垂直統合的な仕組み、そのユーザー企業の仕様に最適化したサブシステムの提供という、3 つの間には確かに相関関係が存在する。しかし、因果の矢印がどちらを向いているのかは自明ではない。

そこで、日本の社会インフラの輸出競争力は、相関関係から明示的な因果関係に展開し、それを基に、輸出の相手国の特殊な需要構造を見つけ出し、それに合わせた最適設計を実現できるかどうかによって依拠していると言えよう。

システム・オペレータとシステム・サプライヤーとの密接な連携と度重ねた微調整の進化過程の成果として作り上げられた日本の社会システムは、どのような「フロンティア」

を開拓したのだろう。最短で3分30秒間隔で運行している東海道新幹線では、同じ線路の上を、最速の「のぞみ」、停車駅が違う「ひかり」そして各駅停車の「こだま」という3種類の車両が走っているのである。にもかかわらず、東京・新大阪間の平均遅延時間はわずか36秒である。東京都の上水道システムの漏水防止技術は進化を重ね、1945年には80%あった無収水（漏水）率は、2013年には3%程度にまで低下している。JR 東日本では、Suica とカードとカード読み取り・書き込み装置間の通信を100msec 以下と規定しているが、世界標準のシステムでは、この値を250msec と規定している。また、この通信を含めて、乗客が改札を通過するまでに要する処理時間は、Suica は185msec 程度だが、世界スタンダードは350msec 程度かかる。

以上のような事実を基にして、日本の社会インフラの課題を整理してみよう。普段の改良とその時々に出現した技術革新を迅速に不断的に導入することによって、完成された日本の社会インフラは、技術革新により可能になった、「フロンティア曲線」の上にある特殊点という定式化が可能である。このフロンティア曲線による定式化は、上述したような日本の社会インフラ技術の世界における優位性は、あくまで、相対的なものであるという点にある。需要構造が異なれば、最適解は、フロンティア曲線の上を移動するのである。

この定式化に沿って、日本の社会インフラの国際競争力を考察してみよう。まず、需要構造の違いを考察する。森精機(株)がドイツの名門DMGを吸収合併するときに、森雅彦社長は、次のようなことを発見した。はじめは、両者の設計の思想が違うのだと考えていた。例えば、DMG の旋盤はほかの機種との共通部品を多く採用しており、コストが低い。一方、森精機は顧客から出てくる細かい要望をトコトン聞き入れる。だから、コスト削減が見込めても、部品共通化にあえて踏み切らない。それらは、顧客ニーズに最大限応えたいという思いから来ている。違ったのはニーズの方だった。ドイツの顧客は部品にはこだわらない。本来なら小さくて済む部品が、他の大型機種との共通化のため多少大きくなっても、安くなればよいと考える。ところが日本の顧客は、部品を可能な限り小さくすることで機械自体を小型 にしてほしいと求める¹⁾。

日本の優位な社会インフラを国際競争力の強化に結び付けるための課題を考えてみる。第1の課題は、社会インフラ技術の評価能力（特に評価指標への理解）である。しかし、この評価能力は、上述したように、需要構造の違いに由来している。本報告書の馬場論文によれば、世界の地下鉄の運賃制度を①距離制（乗車距離に応じて徴収）、②ゾーン制（都市部に同心円状のゾーンを少数設定し乗車中に通過したゾーン数に応じて徴収）、③均一制（運営路線内で均一運賃）に分類した場合に、距離制を採用しているのは、日本や中国・韓国など9カ国のみで（中国・韓国も一部は均一ないしゾーン制）、他の国においてはほとんど全ての路線でゾーン制か均一制を採用している。しかし欧州の標準となっている制度は、明らかに、ICカード技術の出現前に、単純労働の不足問題を解決する手段

¹⁾ 日経ビジネス：企業研究 Vol.49 「DMG 森精機」（2015/5/25）

として考案され、その後、慣習化されたものが多いと考えられる。一方、日本においては、人件費が相対的に安かったので、距離別運賃を、改札業務に多数の人員を配すことによって維持していた。そこで、日本においては、この前近代的な業務体制の問題解決を IC 技術により一挙に実現したと解釈できよう。この導入には、従来なら当然遭遇したであろう労働者側からの反対運動が少なく、静かに実行された。結果的には、労働人口の減少と賃金の上昇という時期と一致したのが原因とみることが出来よう。逆に言えることは、欧州における「均一運賃制」と「信用乗車方式」（抜き打ちの社内検札により、不正乗車の抑止力にする方法）との組み合わせは、IC カード技術を前提にすれば、もはや最適とは言えないかもしれない。

そこで、日本の輸出企業に要求されるのは、新しい技術革新により実現可能になった社会インフラを世界に認識させることである。極端な場合は、新しい技術革新により可能になった「フロンティア曲線」は、想定外であったりする。このカテゴリーに、クリステンセン（Christensen）が提唱している「無消費」状態²も含まれる。

歴史的には忘れ去られていたような設計を、新しい技術により、復活させたような事例もある。「ボスポラス海峡横断鉄道トンネル」は「トルコ 150 年の夢」と呼ばれている。1860 年にある技術者が海底にパイプを沈設して、蒸気機関車を走らせる計画をしていた。その計画は今回の「ボスポラス海峡横断鉄道トンネル」工事とほぼ同じである。1970 年代にトルコ政府はマルマラ海沿岸部の交通網を整備し、海峡を海底トンネルで結ぶマスター計画を作成。1980 年代初頭、欧米系コンサルが F S を行い、国際企業連合が B O T で受注を狙ったが、財務・法制的障害で実現しなかった。1998 年トルコ政府が日本政府に O D A 事業を要請した。1999 年に海峡トンネルと取り付け部への国際協力銀行 J B I C（現 J I C A）の円借款資金供与が決定したという経緯を経て実現されたものである。

第 2 の課題は、高度に技術化された社会インフラの操業・運転能力やその人材の育成である。これは、日本の社会インフラの運用企業からの技術吸収に直接関連する。高速鉄道の輸出においては、最終的には、JR の参加を必要とした事例が存在し、多くの場合、運転手の訓練であった。鉄道運行においては、欧州や米国では、上下分離を原則として、線路などインフラ管理と運行事業者を分離させている。フロンティア曲線に近い運行状況を実現するためには、新たな人材の育成や訓練システムの創設を必要とするかもしれない。

日本の社会インフラの輸出競争力を論じるにあたり、理論的な基本問題が存在する。日本の高度に「一体化」されている社会インフラを、統合の「逆」の道、すなわち、適当な数のモジュールに「分断」という方途が存在するののかという基本的な問題である。

日本の新幹線技術が確立する以前の鉄道技術体系を前提とした、欧米のモジュール分割は、線路（レール）システム；車両システム；運転管理システムの 3 モジュールへの分割である。しかし、日本新幹線システムでは、この 3 つは一体化されており、分割されているのは地域だけである。日本の新幹線では、運転が行われていない夜間に、レールの点検・修理

² 玉田俊平太：「日本のイノベーションのジレンマ」（翔泳社、2015 年）

が日常的に行われており、例えば、線路の内側のエッジは、ナイフのごとく鋭利なものになっているという。新幹線は、このように周到に維持管理されたレースの上を走るので、高速と、使用間隔の短さが可能になるのである。最近の欧米の鉄道事情を観察すると、その分割方式の「機能不全」の兆しが見える。米国における脱線事故の多発現象、ドイツにおける単線を両側から列車が走り衝突するという事例に、その不全現象が散見できるのである。

高速鉄道が常態化するようになると、欧米の分割ではなく、完成された日本の一体化された高速鉄道システムから、逆算して、新しい「モジュール分断」を検討する時期に来ていると言えよう。実際、日立製作所は既に A-Train システムを発表し、それによって共通化を図るという先駆的な試みを実行している。

最後に、「B2P」の P には、G（政府）そのものが含まれる。したがって、B2P の議論には、各国政府の国家戦略、とくに、世界制覇戦略が、合理性を超えて、大きな影響を与えることを忘れてはならない。中国の習近平政権による、現代版のシルクロードを連想する「一带一路」計画による、政治介入は、この典型的な事例である（図 1 参照）。事実、図を詳細に観察すれば、インドネシアの「ジャカルターバンドン」間の新幹線計画は、この一带一路構想の近く、少なくとも、延長線上にある。一方、インド政府の「アメダバードムンバイ」間の路線（図 2 参照）は、一带一路構想の路線とは、はるか遠い距離にあり、中国の世界戦略に、今のところ抵触してないようである。

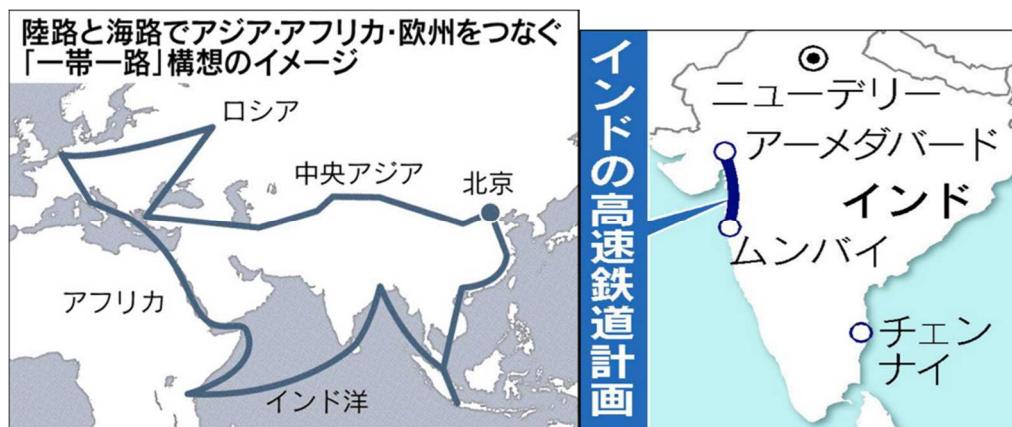


図 1：中国の「一带一路」構想の路線図

図 2：インド政府の高速鉄道計画

以上を要するに、日本の社会インフラ技術の相対的優位性を、性能（高さ）とコスト（安さ）の平面上のフロンティア曲線上の定点として位置づけ、欧米の社会インフラ技術との相対比較を、フロンティア曲線上の移動として把握する必要がある。今後の社会インフラの技術進化と輸出競争力も、この定式化の中で議論すべきである。

（児玉）

第4章 ガラパゴス現象の定義と検証課題

4. 1 社会インフラにおける構成要素の相互依存性

社会インフラ（上下水道、電気・ガス、鉄道など）においては、ある国において整備されるものは、その国特有の市場構造、制度、ユーザーの嗜好、文化などからくる「需要特性」と、インフラを整備する主体が国か、民間か更にはそのインフラサービスが統合された主体の設定がどのようになっているか（例えば、国営化・公営化されていて国や地方自治体が全て供給しているなど）、サービスを分業形態で提供しているのか（送発電分離など）1事業体が統合的に供給しているのか、など「産業構造」によっても、インフラの在り方はこの国毎に異なっている。需要特性と産業構造の違いは、求められるインフラサービスを規定しており、また技術力によって実現する製品やサービスが需要特性や産業構造にも影響を与えている。

したがって、社会インフラの構成要素である「需要特性」、「産業構造」、「製品・サービス特性」は、相互に依存関係にあり、相互に影響を及ぼしながら発展してきていると考えられる。技術力がもたらす製品やサービスが新たな需要を喚起することもあり、技術依存的に需要特性が変化することもあるれば、あるレベルの需要を満たすためにサービスが開発されることも起きる。また、インフラサービスを提供する企業が垂直統合的にワンストップサービスを提供していることが、サービス特性に影響を与えることも想定される。

このような要素間の相互依存性は、相互に微調整を繰り返しながら最適化されて、その社会におけるインフラを提供するべく発展していると想定される。したがって、先進国では、歴史的な経緯により、所与のインフラシステムが既に構築されており、インフラシステムの全面更新という事態は起きにくく、サブシステムの部分更新がインフラ整備における主要なイベントである一方、開発途上国ではゼロベースでインフラシステムを構築することがあり得るために、サブシステムではなく全システムの移転が起り得る。

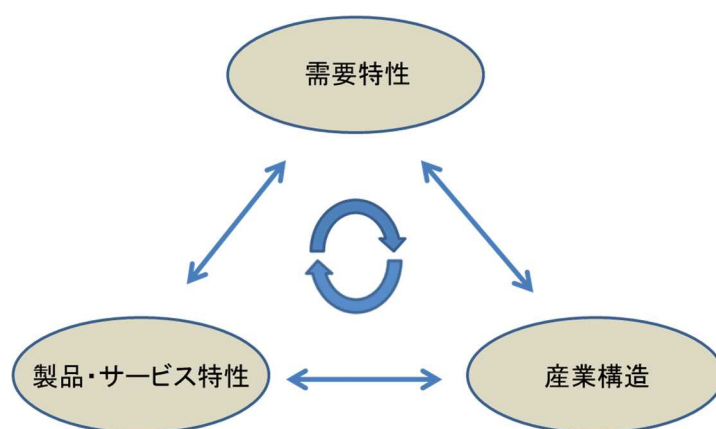


図 X-1 社会インフラの3要素と相互依存性

4. 2 インフラ輸出におけるガラパゴス状態の定義

4. 2. 1 インフラ輸出におけるシステムの「分解」と「再構築」

A 国における社会インフラを B 国に輸出する場合を考えよう。例えば、社会インフラは日本の新幹線でも、日本の上水道でもよい。日本の新幹線は日本の社会システムに最適化された形で発展しており、これをそのまま、別の国に輸出することはできない。社会インフラは、ハードとしての線路、信号、車両、電力供給システムだけでなく、ソフトとしての運用ノウハウ、予約システム、保守ノウハウなどのオペレーションを含んでおり、これらは相手国の社会システム、歴史的な経緯などを踏まえて、その部分が転用される。したがって、輸出されるのは全体システムではなくサブシステムであり、相手国が受入れ可能なように最適化された「ある部分」が移植(porting)ないしは新規にデザインされる。

相手国においては、日本とは異なる需要特性、産業構造を有しており、それに向けて最適化された製品・サービス特性の提供が求められる。このためには、日本で展開されている製品やサービスを一旦分解し (Decomposed)、相手国向けに最適化して再構築する作業 (Optimized Reconstruction) が求められる。この際に問題となるのは、日本において発生している「需要特性」、「産業構造」、「製品・サービス特性」の相互依存性が強すぎるため、これをほどこいて分解し、他国に合わせたサブシステムに再構成できないのではないかという点にある。これを「サブシステムの移転可能性」 (Portability) と呼んでおこう。需要特性と産業構造が似ていれば、同様の製品やサービスを移植する作業は比較的容易であろう。先進国間でのインフラの輸出入は比較的容易であるのに対して、開発途上国に対するインフラ輸出では、スペックダウンした基本機能が求められるといった再構築は常に実施されてきた。新幹線程の高速鉄道は必要なく、時速 150km 程度の鉄道でよいといった例はその典型であろう。

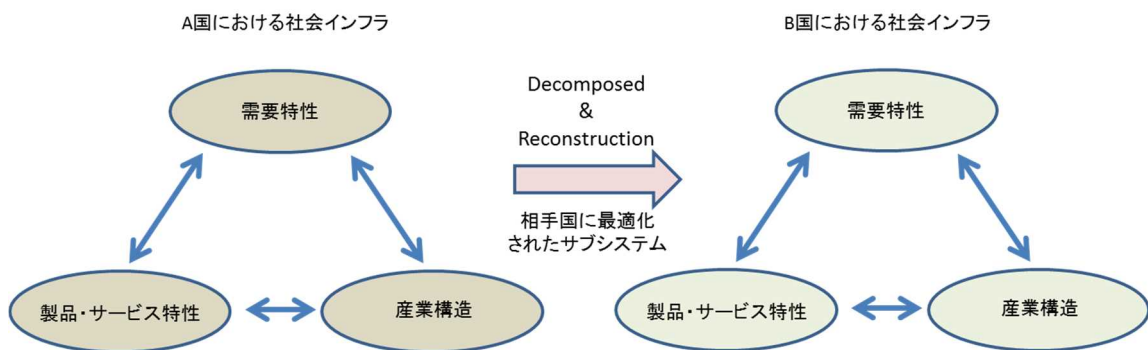


図 X-2 インフラ輸出におけるシステムの「分解」と「再構築」

4. 2. 2 ガラパゴス状態の定義

日本が独自に発展させた製品・サービスが外国では利用されない、普及しないという現象

は、「ガラパゴス化現象」として、日本の PC98 シリーズなどのパソコン、携帯電話、スイカなどの非接触 IC カード、カーナビゲーションシステム、軽自動車、新幹線などに対して、用いられてきた。社会インフラの輸出においても、日本の高度な鉄道システムや新幹線、水道などは、日本では独自の発展を遂げているが、外国には移植不可能なものではないかと危惧されており、近年、インドなどでの新幹線輸出プロジェクト受注の成功例、インドネシアでの敗退などが報道されつつも、日本の製品・サービスが高度に発展しすぎて他国のニーズに合致していない結果、輸出ができていないのではという危惧が持たれている。

こうした「ガラパゴス化」あるいは「ガラパゴス現象」は、文脈上、日本の高度に発展した製品・サービスが他国に移植(Porting)できない状態を曖昧に表現する用語としては用いられてきたが、その状態を定義する方法論は提案されてこなかった。本章では、「サブシステムの移転可能性」(Portability) (以下、「ポータビリティ」と略す)、「社会インフラの3要素の相互依存性」(以下、「相互依存性」と略す)の2つの概念を出発点として、「ガラパゴス状態」を一般的に定義しておきたい。

図 X-3 では、横軸は相互依存性、左縦軸（青）はポータビリティ、右縦軸（赤）はシステム全体のパフォーマンスである。ポータビリティはシステムの相互依存性が高くなればなるほど、低下していく単調減少をとる一方、システム全体のパフォーマンスは相互依存性が高くなればなるほど、より効率的になりパフォーマンスは上昇していくであろう。このため、相互依存性が高くなれば、システム全体のパフォーマンスは高くなるが、ポータビリティは低下する。

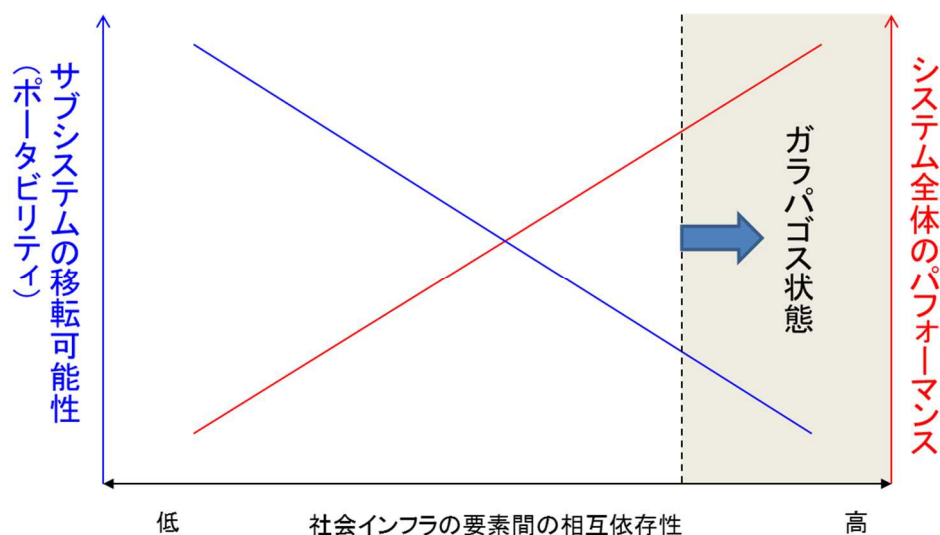


図 X-3 ガラパゴス状態の定義

相互依存性が一定以上の値（ガラパゴス状態の閾値）をとるとき、そのインフラシステムは、その社会に対しては高度に最適化されるがポータビリティが低下しすぎて、もはや他の

社会に転用できないくらいに個別化されたシステムとして汎用性を失い、独自のシステムとして進化してしまい、分解して再構築ができない状態に至る。図 X-3 では、「需要特性」、「産業構造」、「製品・サービス特性」の3つ要素間の関係が高度に最適化され、分解して転用を意図しても転用先で再構築することが不可能な状態を「ガラパゴス状態」と定義することができる。環境に適応して進化し過ぎた結果、他の環境では生息できないというニュアンスがこれまで「ガラパゴス」と称されてきた理由と思われるが、正確に定義するならばこのように定義していくことがひとつの方法である。

したがって、ガラパゴス状態の観察は、どの程度の要素間の相互依存性が発生しているか（どのような内容の相互依存関係なのか、それは転用不可能な程度の最適化であるか）、高い相互依存性の結果発生した製品やサービスの特徴や優位性は何かという点になる。

4. 3 脱ガラパゴスの分析視点

4. 3. 1 ガラパゴス状態からのリバース・エンジニアリング

一方、日本が優れていると想定される特定の製品やサービスのガラパゴス状態を解除して、輸出可能な形に変換するというリバース・エンジニアリング的な発想に立つならば、逆の視点で観察することが求められる。このためには、次のような設問が設定されるべきであろう。

- ・特定のインフラにおいて、何に特徴的で優れた製品やサービスなのか
- ・その製品・サービスは、どのような相互依存性の中で発展したものか、それとも容易に他国に転用できるポータビリティを有しているか。他国に移植しても同様の優位性を発揮するか
- ・製品・サービス特性は抽出して転用し、他国の需要特性や産業構造の中で再構築する際にどのような障害があるか
- ・インフラ輸出の日本側のコーディネーターに求められる能力・経験は何か、とりわけポータビリティとの関連ではどのような能力が要求されているか？

これらの設問は、日本のインフラサービスが他国に展開あるいは転用可能なものであるか否かをチェックする際に有用であり、日本のインフラサービスを観察する場合や日本のインフラ構築技術を他国に輸出した事例を分析する際に、分析の対象となる製品・サービスが真にガラパゴス化したものか、それとも相手国に合わせる形で容易に移転可能なものであるのかを判定する基準となる。

4. 3. 2 転用可能性をあげるためのアプローチ

欧州が技術標準化団体を整備し、技術標準化を積極的に推進しているのは、製品やサービスのポータビリティをあげるための有効な手段であると認識しているためであると考えられる。社会インフラ構築における要素間の相互依存性が高い状態に最適化したとしても、ポータビリティが低下しない仕組みを準備しておけば、自国で最適化した製品やサービスを

そのまま、他国に移植する作業が可能となる。これにより、ガラパゴス状態に陥る心配をせずに、安心して自国のマーケットで製品・サービスの高度化に取り組むことができる。製品・サービスの技術標準化は、相手国が同じ技術標準を採用すれば、同一の需要特性を有するという状態を生むことができるため、ポータビリティの上昇が期待できるからである。日本のように芸術的なパフォーマンスと比較するとシステム全体のパフォーマンスは低下するものの、技術標準化により、システム全体のパフォーマンスは許容範囲に収まる。ポータビリティが上昇すれば、社会システムの要素間の相互依存性はガラパゴス状態に至る手前までしか上昇せず、中程度の相互依存性のレベルにおいて、ほとんどの製品・サービスの移転が可能となる状態が実現する。

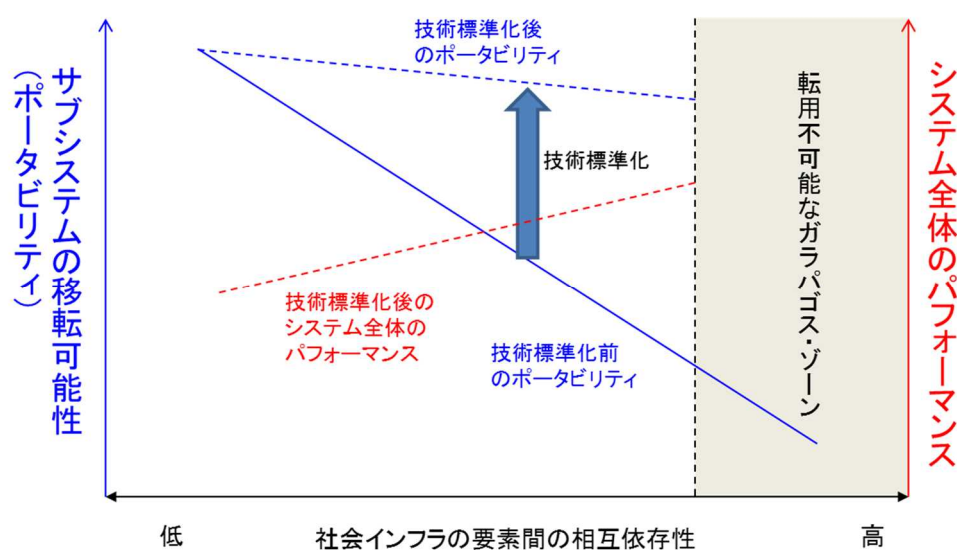


図 X-4 製品・サービスの技術標準化によるポータビリティの上昇

一方、欧州勢が欧州内で技術標準化におけるコンセンサスを先に形成した上で、世界標準化に駒を進めてくるため、日本勢が国際技術標準を主導することには基本的に難しい状況が形成されている中で、日本勢の取り得る選択肢は、自国の強みが国際技術標準に取り込まれるように活動を強化することであるが、現実的には全ての分野で実現することは難しい。図 X-4 におけるポータビリティを上昇させるためには、技術標準化以外の方法でも、相互依存性が高い領域でのポータビリティを上昇させる工夫が求められる。このためには、

- ・アドバンテージがある製品・サービスを欧州型技術標準（国際技術標準）でも日本の技術標準の両方を満たすデュアル技術規格対応型とすること
 - ・モジュール分割を工夫することにより、分解・再構築の難易度を低下させること
 - ・インフラ構築におけるモジュールの分解・再構築のノウハウを高度化させること
- などを追及していく必要がある。

4. 4 まとめ

本章では、社会インフラ整備における構成要素として、「需要特性」、「産業構造」、「製品・サービス特性」の3つを設定し、これらが相互に関係しあい、調整されることにより最適化された状態で、社会インフラが整備されることを出発点として、構築された社会インフラと同様のインフラを異なる社会や国に適用しようとする際には、インフラを構成する製品・システム・サービスを分解して再構築する必要があること、高度に最適化され過ぎると、分解して転用し再構築することが不可能な状態（ガラパゴス状態）に陥ることを示した。「需要特性／産業構造／製品・サービス特性の3つの相互依存性」、「サブシステムの移転可能性」、「システム全体のパフォーマンス」といった概念を用いて、異なる種類のインフラ輸出を同じ分析視点、フレームワーク下で議論する素地を提供した。

(加納)

第5章 インフラ輸出の総合戦略と技術の位置づけ

5. 1 日本建設業の海外進出ガラケー化と今後の海外戦略

日本建設業の海外進出は日本軍の海外展開に応じて19世紀末に始まり、第二次大戦後は東南アジア諸国への賠償工事で海外工事進出が進められた。1970年代以降は中東の各国のオイルマネーによる建設特需が発生し、アジア地域の受注を急激に伸ばした。オイルショック以降も中東地域の受注は伸び続けた。図1に示すように1980年代後半以降は日本企業の海外進出が始まり、その生産拠点建設需要が増大した。

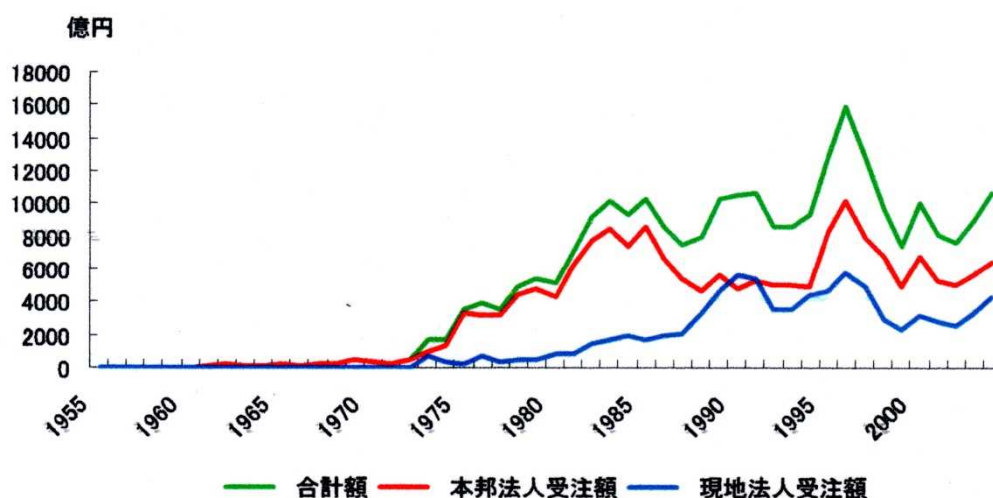


図5. 1 建設業の海外受注

しかしながら、建設業は数度に渡って海外工事で失敗を重ね、海外工事＝リスクと言う概念が強い。そのため経営戦略としては国内工事が主、海外工事は10～15%程度で、従と言うのが基本的な考えで、海外の協力業者の育成、海外人材の育成も不十分であった。日本人社員でも海外で一度失敗すると国内勤務となるケースがほとんどで、海外勤務人材の育成が不十分である。一方、欧米の主要建設・エンジニアリング業の海外工事量は全工事量の50～70%である。このことを一部では日本ゼネコンのガラケー化と報道している。

大成建設は2000年初頭から海外工事受注を最重点目標の一つと定め、工事受注額の20%が海外工事となるまでになった。そのために有能な社員の多くを海外に派遣し、女性社員も海外研修に参加させた。2015年、ワーキングウーマン・パワーアップ会議の第2回エンパワーメント大賞を大成建設が受賞した。受賞理由の一つに「女性社員の能力開発」として2002年からグローバルな事業展開に対応できる人材の育成目的として、女性社員の海外建設現場実務実習を実施していることを挙げている。



図5. 2 大成建設 第2回エンパワメント大賞受賞
(ワーキングウーマン・パワーアップ会議HPより)

2007年3月23日に「大成建設グループ中期計画」を発表した。この中期計画は2007年―2009年のもので、その事業環境（予測）として海外事業が重要事業と位置を付けている。大成建設以外の大手建設業も2020年東京オリンピック後を睨んだ重要戦略として海外工事を位置付けている。そのための施策は企業によって様々であるが、

技術・人材育成を含む総合的なものである。但し過去の失敗のPDCAをどのように生かしたかは明確ではない。

5. 2 トルコのボスポラス海峡横断鉄道トンネル建設工事

本報告では大成建設が施工を担当したトルコのボスポラス海峡横断鉄道トンネル建設工事を例にとって日本企業の海外インフラ工事受注における技術の役割について論ずる。

5. 2. 1 トルコの社会インフラ事情

1) 社会システム構成と現状

トルコの社会インフラはある程度の整備が進んでいる。しかしながら近年はシリアからの人口流入など人口増加も続き、建国100周年にあたる2023年を目途に多くのプロジェクトが進められている。

トルコでは電力需要が急激に増加する見通しで、電源の増設が必要である。石油・ガスなどエネルギー資源の輸入を抑えることも重視しており、電力電源に占める再生可能エ

エネルギーの構成比を 2023 年までに 30%に引き上げることを目標としている。

国家の発展にはインフラ整備が必須・必要条件である。海外からの投資もインフラ整備が必要条件である。政権が安定しておりそのための計画が進行中である。

トルコの国土は広く、イスタンブール、アンカラ、イズミール、アダナなど経済圏が分散されている。そのために長距離輸送システムが重要であるが、鉄道網の整備は遅れている。中央アジアや中東との関係強化が進みつつあり、未開発の東部地域を含めた長距離鉄道網の構築は優先順位が高い。政府も 2023 年までに高速鉄道・既存鉄道の大幅な延伸を計画している。都市交通ではイスタンブール、アンカラ、イズミール、アダナ、ブルサなどでメトロが運行され、路線の延伸などが計画されている。

自動車/航空はある程度整備されてきつつあり、空港については、東部地域を中心に空港の新設が計画されている。2016 年にはイスタンブールの第 3 空港が完成する見込みである。

港湾関係では、イスタンブールの西方で計画されている黒海とマルマラ海を結ぶ新しい運河が総額 500 億ドルの大型プロジェクトとして動く見通しである。

2) 日本政府のトルコ支援基本方針

外務省のトルコについての基本認識は「トルコ人は一般的に非常に親日的であり、日本文化に対する関心も高い。2012 年に外務省が行った世論調査によれば、83.2%のトルコ人が日本との関係を「友好関係にある」「どちらかというとも友好関係にある」と言うものである。

外務省国別データブック 2007 では以下のように述べている。

「トルコは、アジア、中東及びヨーロッパの結節点に位置し、その地政学的重要性は高い。同国は、穏健かつ現実的な外交路線を基調とし、欧米諸国との協調及び隣接する中東欧諸国、コーカサス・中央アジア、中東諸国との関係を重視し、地域の安定化に貢献している。また、大きな人口を有し、市場経済・対外開放政策の推進を通じて、経済的潜在性が高い。日本は、トルコとの良好な関係も踏まえ積極的に ODA を実施している。」

3) トルコの 国家開発計画経緯

トルコでは 1960 年代に国家計画庁経済開発計画が導入され、1963 年に経済全般をカバーする長期経済開発計画が策定された。以後 5 か年計画で公共投資が行われ、第 9 次計画（2007 年－2013 年）に続き第 10 次計画（2014 年－2018 年）を実施中である。これら開発計画の骨子は、経済成長を通じた貧困削減と、地域格差（西部と東部）の是正で、EU 加盟へ向けた基本政策が開発戦略の根底にある。長期の開発計画である長期戦略（2001 年～2023 年）が存在する。

近年ではシリアからの大規模の難民の受け入れがあり、トルコ南東部では上下水道、廃

棄物管理の整備ニーズが高まっている。そのため上水道（浄水場、送配水管）、下水道（下水処理場、下水管、雨水収集設備）、廃棄物処理施設（埋立処分場等）に関する設備投資、維持管理機材の調達及びコンサルティング・サービス（F/S 作成支援）費用等のために JICA の円借款が充当されている。

5. 2. 2 ボスポラス海峡横断鉄道トンネル建設

1) 「ボスポラス海峡横断鉄道トンネル」へ至る歴史的経緯と発注形態

「ボスポラス海峡横断鉄道トンネル」は「トルコ 150 年の夢」と呼ばれている。1860 年にある技術者が海底にパイプを沈設して、蒸気機関車を走らせる計画をしていた。その計画は今回の「ボスポラス海峡横断鉄道トンネル」工事とほぼ同じである。1970 年代にトルコ政府はマルマラ海沿岸部の交通網を整備し、海峡を海底トンネルで結ぶマスター計画を作成。1980 年代初頭、欧米系コンサルが F/S を行い、国際企業連合が BOT で受注を狙ったが、財務・法制的障害で実現しなかった。1998 年トルコ政府が日本政府に ODA 事業を要請した。1999 年に海峡トンネルと取り付け部への国際協力銀行 JBIC（現 JICA）の円借款資金供与が決定した。

工事の発注者はトルコ共和運輸通信省 鉄道・港湾・空港建設総局である。契約は業者による設計施工提案方式（Design and Build proposal）としている。契約書の基本は FIDC（国際コンサルティング・エンジニア連盟）発行の Engineering Procurement and Construction: EPC/Turnkey project 用一般条項をベースに作成され、業者負担を軽くする配慮がされた。

本プロジェクトはマルマライ計画と呼ばれる国家プロジェクトで、ボスポラス海峡横断地下鉄と、海峡の両端から東西に延びる既存トルコ国鉄の近代化の二つからなっている。

2) 工事概要

ボスポラス海峡は、イスタンブールに存在し、ヨーロッパ大陸側とアジア大陸側に隔てている海峡である。海峡横断トンネルはカズリチェシュメ駅から（ボスポラス海峡を挟み）アイリクチェシュメの新駅までで、長さは 13,558m である。大成建設とトルコ 2 社の JV の工事内容は表 1 のようで、主要な土木技術は沈埋技術、シールド技術、NATM 技術である。

■ 工事範囲 - BC-1

➤ 土木・建築・機械・電気設備の設計施工

➤ 他工事との設計・施工調整

➤ 遺跡調査

■ 主要工事

➤ トンネル : 沈埋T, シールドT, NATMT, 開削T

➤ 駅舎 : 地下(NATM)駅, 地下(開削)駅, 地上駅

➤ 軌道 : 標準軌、RC道床、バラスト道床

➤ 橋 : 道路橋, 鉄道橋

➤ 設備 : 受変電, 換気・排煙, 消火, 照明, 輸送

表 5. 1 大成JVの工事内容（大成建設説明資料）

3) 当該工事で活躍した土木技術と技術の国際レベル

当該工事で採用されたトンネルは沈埋工法、シールド工法、NATM工法である。3工法の中で工事の主要部分を占めた沈埋工法の内容は図3、図4のようである。

沈埋トンネル横断・縦断図

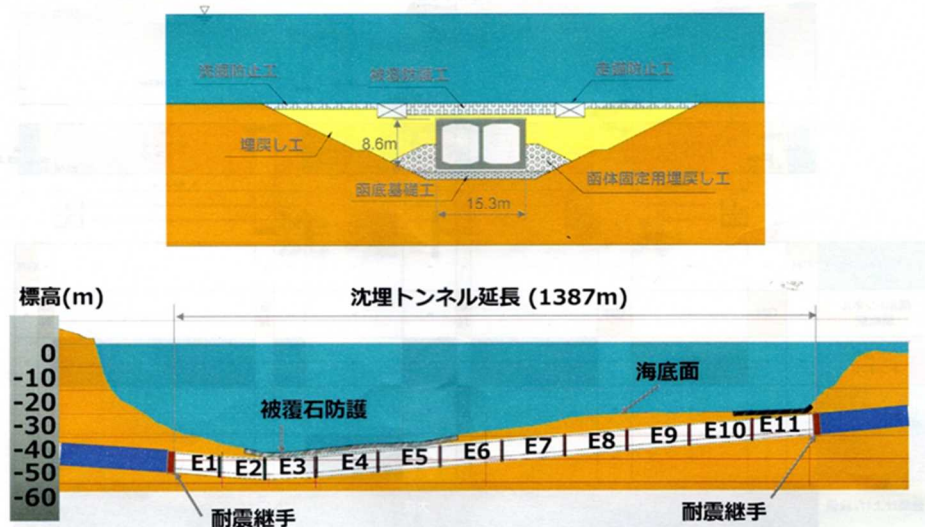


図 5. 3 当該工事の沈埋トンネル工事概要（大成建設説明資料）

函体概観図

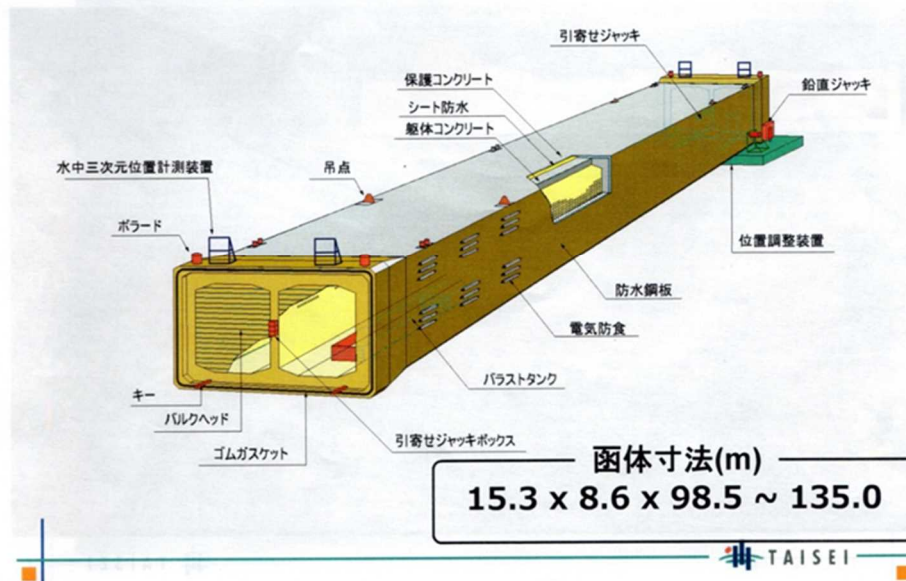


図5. 4 当該工事の沈埋函体（大成建設説明資料）

某大手ゼネコン技術研究所の副所長に3つのトンネル工法の日本の技術レベルとその評価基準の有無、当該工事の技術レベルについて問い合わせ、以下の情報を得た。

結論：当該工事の日本の技術（沈埋，シールド，NATM）が世界一であると証明する評価基準はない。トンネルは単独工法ではなく，複数の工法で構築されることが多いので，単に長さや機械の外径で比べることは出来ない。ただ，長さや外径で海外と比べても構築当時世界一になっているトンネルがあるので，日本の技術はトップ技術といっても過言ではない。3つのトンネル工法は外国で開発されたが，日本で工夫・改良されトップ技術になり，海外でも通用する高い評価を得ている（日本のトンネル技術はガラケー化していない）。

（補足のコメント）

- ・ いずれもヨーロッパで開発された技術である（技術発祥の地ではない）
- ・ 客観的な評価基準（子供にでもわかる評価基準）として，トンネル延長，断面積，施工深さ（土被り厚さ，水深）などが分かりよい。
- ・ トンネル長さでの比較（世界最長，日本最長など）は可能であるが，トンネルは必ずしも単一のトンネル工法で施工されない（現在供用中で世界最長の青函トンネルのように施工中に工法が変わることがある）。断面積は特殊な拡幅部を持つトンネルが多く比較不能。施工深さ個別工法ごとに調査しなければならず大変（まとまった資料無）
- ・ 掘削地盤の性状（山岳トンネルでいえばヨーロッパは安定した岩盤が多い，日本は軟岩および破碎帯が多い）に応じた対応技術はかなり専門的。岩盤，地盤の評価技術に始

まり、前方探査、地山安定工法（NATMでは吹付コンクリートやロックボルト、シールドなら泥水や土圧バランスによる掘削とその管理手法）など多様。掘削地盤の難易度を示す絶対指標はない。

○総合的に世界一を証明する方法（評価基準）はない。今のところ、トンネル延長、断面積、施工深さ（土被り厚さ、水深）が世界一（これまでで最も長いなど）を（ライバルになるトンネルと比べ）自称し、公表している。

◎日本のトンネルで建設当時世界一と公表したものは、青函トンネル（1988年長さが世界一）、東京湾アクアライン（1994年シールドマシン外径が世界一 14.14 m）。

◎日本の掘削地盤はヨーロッパと異なり、岩盤は柔らかく、破碎地帯も多い。このためNATMやTBMは工夫しなければならない。都市土木で使われるシールドについても軟弱地盤や海底トンネルへの応用など工夫されている。絶対的な指標はないが、難易度は高いと認識されている。

■トンネル工法は種々の分類があり、細かく分類すると世界一を自称できるので要注意。

上記のように当該工事のトンネル技術は世界トップクラスと考えられる。しかしながらこれらの技術は他国で開発されたものであり、他国の建設会社によるトンネル工事も多く行われている（表2）、日本のトンネル技術は日本の条件に合わせて発展してきているが、世界のどの地盤条件にも適用可能である。ドーバー海峡トンネル工事では日本の川崎重工のトンネル掘削技術が採用された。日本の海外工事はガラケー化が言われているが、トンネル技術は国際競争力を有している。ただし、技術のみでインフラ輸出競争力を勝ち取ることは出来ない。

4) 外乱要因

4-1) 遺跡調査

トルコはアジア・近東・アフリカ・ヨーロッパ、すなわち東西文明の架け橋である。世界史の上での最重要地域である。工事に際して実施された遺跡発掘で東ローマ帝国時代の大規模な遺跡が発見された。そのため2005年半ばから2012年8月まで調査が行われ、工事を遅延させた。

4-2) 中国の「一帯一路計画」

トルコは東西文明の交差点なので「一帯一路」でも重要な経路であるが、トルコは親日的な国なので日本のインフラ輸出の障害とはならない。2014年1月トルコのエルドアン大統領が来日して「日本企業と共同で世界規模のプロジェクトを実現したい」と発言している。

4. 世界の長大鉄道トンネル(10km以上)

No.	トンネル名	長さ(km)	所在地	2003年7月現在
				開通
1	Gotthard Base	57.1	スウェーデン	工事中
2	Basis Bernner	55	オーストリア・イタリア	計画
3	青函	53.9	北海道・青森	1988
4	Basis Mond'Ambin	52.1	フランス・イタリア	計画
5	Channel(Euro)	50.5	フランス・ドイツ	1994
6	Lothberg Base	34.6	スウェーデン	工事中
7	Koralm	32.8	オーストリア	計画
8	Guadarrama	28.4	スペイン	工事中
9	八甲田	26.5	青森	工事中
10	岩手一戸	25.2	岩手	2002
11	Pajares Base	24.7	スペイン	計画
12	Lainzer-Wienerwald	23.9	オーストリア	計画
13	飯山	22.2	長野・新潟	工事中
14	大清水	22.2	群馬・新潟	1982
15	Belledonne	20	フランス	計画
16	La Grande Chartreuse	20	フランス	計画
17	Lianokladi-Domokos	20	ギリシャ	計画
18	Simplon(No.2)	19.8	スイス・イタリア	1922
19	Simplon(No.1)	19.8	スイス・イタリア	1906
20	Zimmerberg Basis	19.7	スイス	工事中
21	Semmering Basis	19.2	オーストリア	工事中止
22	Vereina	19.1	スイス	1999
23	Channel Tunnel Link	19	ドイツ	工事中
24	新関門	18.7	山口・福岡	1975
25	Vaglia	18.6	イタリア	工事中
26	Apennino	18.5	イタリア	1934
27	Qinling(秦嶺) I - II	18.5	中国(陝西)	2002
28	Valico	16.6	イタリア	?
29	六甲	16.3	兵庫	1972
30	Furka Base	15.4	スイス	1982
31	横名	15.4	群馬	1982
32	Severomuyskiy	15.3	ロシア	2001
33	五里ヶ峯	15.2	長野	1997
34	Firenzuola	15.1	イタリア	工事中
35	Monte Santaomarcio	15	イタリア	1987
36	St. Gotthard	15	スイス	1882
37	Ceneri Basis	15	スイス	工事中
38	Civ 4	15	オーストリア	計画
39	Ceneri-Basis	15	スイス	計画
40	中山	14.9	群馬	1982
41	Lothberg	14.6	スイス	1913
42	Mout McDonald	14.6	カナダ	1988
43	Romeriksporten	14.6	ノルウェー	1999
44	Cikarija	14.3	クロアチア	計画
45	Dayaoshan(大揺山)	14.3	中国(広東)	1987
46	Taiwan HSR project	14	台湾	工事中
47	北陸	13.9	福井	1962
48	Yeshanguan(野三関)	13.8	中国(湖北)	計画

表5. 2 世界の長大トンネル(日本トンネル技術協会HP)

5. 3 総合建設業の技術力と日本建設業の強み

建設工事は総合技術であり、施工技術の他に、材料調達・労務調達とマネジメント・各種リスク管理など多くの技術・ノウハウが必要である。日本建設業の強みはQ（品質）C（コスト）D（工期）S（安全）E（環境）を完全に遂行する能力である。日本の大手建設業は創業以来100年—400年と言うように世界的に稀に見る長寿命企業である。明治以来、多くの建設業が設立されては倒産しているが、大手建設業が長寿命となっている

理由は共通である。それは企業姿勢・哲学が（１）お客様第一 （２）信用第一（３）品質第一 としていたことである（参考文献３）。

発注側の希望以上の過剰品質、現地の状況と乖離した過剰品質などを日本建設業のガラケー化と考えるか、日本企業の特質・強みと考えるかは議論のあるところである。しかしながら日本企業の強みであることは間違いない。

本議論には対象となる商品の金額と使用期間も考慮する必要がある。B 2 C 商品は通常価格の上限は10数万円、数百万円で、耐用期間も最大十数年程度である。B 2 P 商品・社会インフラの価格は数十億円、数百億円、数千億円となる。また耐用機関も数十年、数百年、場合によっては千年以上にもなる。商品価格と耐用年限の大きさは品質・価格の要素に大きな影響を与える。

5. 4 建設業の海外インフラ受注力と技術の役割

建設業のプロジェクト受注は図5に示すような総合力である。これはB 2 B、B 2 G、B 2 P 産業に共通するもので、国内・海外に共通する。

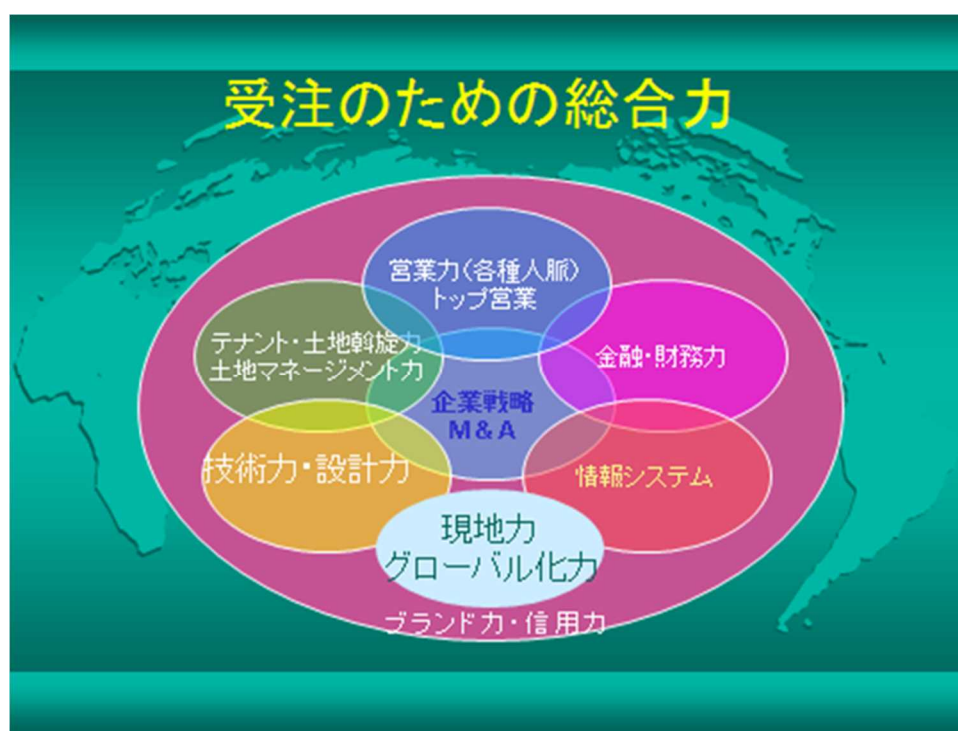


図5. 5 インフラ受注に必要な総合力

技術は重要な要素であるが、ONE OF THEM である。開発途上国の場合、国際的な社会・経済環境、財務支援や現地の政治情勢、政治トップの地位の安定度・意向などがより重要なケースが多い。

受注行為にとって技術は ONE OF THEM であるが、受注に至る営業活動には技術は重要要素である。インフラは世界のどの国でも地域に密着した構造物である。地域における地道な社会貢献活動、ブランド獲得が重要である。そのためには技術は重要な役割を果たしている（図 5. 6）。

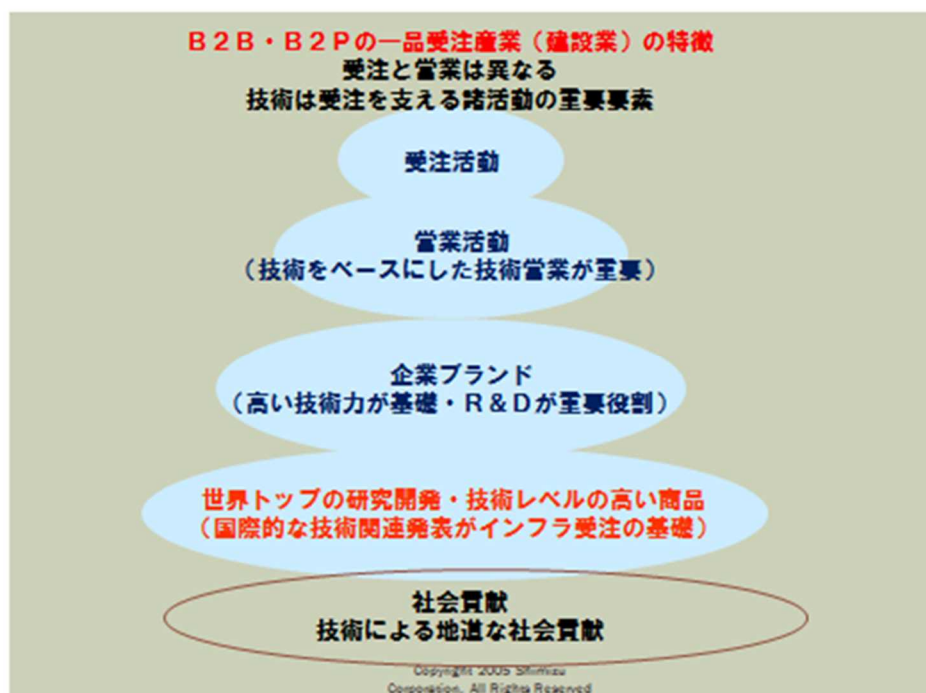


図 5. 6 B 2 B, B 2 P の一品受注産業（建設業）の特徴

謝辞：本論執筆にあたり、清水建設技術研究所 副所長 桂豊博士に多くの情報を提供頂いた。謝辞を表します。

（藤

盛）

参考・引用文献

1. 特集 トルコ 150 年の夢—アジアとヨーロッパを結ぶ海峡横断トンネル『基礎工』平成 26 年 1 月号
2. 特集 暮らしを支え、夢を叶えるトンネル・地下空間、『トンネルと地下』Vol.46, No.8, 2015.8
3. 藤盛紀明「建設業の技術経営（MOT）第 1 章建設業の技術経営（MOT）概論」『鉄構技術』2009. 4
4. 大平広一郎「盛り上がる中東インフラ市場」、国際社会経済研究所HP
5. 外務省HP
6. 「ボスボラス海峡横断鉄道トンネル建設工事」、商工会館「産業と技術の比較」委員会 大

成建設説明資料 2015・11・13

第6章 水道インフラの事例

6. 1 日本の社会インフラが「世界一」であることの証拠

- ローテクだが、世界一のもの

- *漏水防止技術（漏水率 世界最小）

1945年には80%あった無収水（漏水）率は、1965年に40%、1970年には20%程度に低下し、1990年には10%程度、2000年には6%程度、2013年には3%程度にまで低下している（途上国ではおよそ50%程度、ロンドン26.5%、モスクワ9.9%、ソウル6.3%、ベルリン／パリ5.0%）。1960~70年代には水道管は鉛管が主体であったが、配水管（幹線）は1980年代からダクタイル（割れにくい鋳鉄）化が進められ、また給水管（各戸までの枝管）も1990年代にステンレス化が進められ、現在はほぼ全てが置き換えられ、漏水の低減に寄与している。

漏水がほとんどないため日本の上水道は水圧を高くすることができ、これが衛生上（汚水や雨水の侵入を防ぐ）も、また省エネ（増圧ポンプが不要）にも貢献している。さらに、

- *不断水工法（断水させないで工事する）

- *マンホール（堅牢、ガタつきなし）

- *浄水場等、施設の維持管理技術

なども優れている。

- ハイテクで世界一のもの

- *膜処理技術（RO膜、UF／MF膜）

- *微量分析技術（センサー、臭気分析）

（ちなみに下水道では：）

下水道人口普及率は77.6%（2015年）で、世界的には高水準。ただし、総務省統計局「世界の統計2015」によれば、日本の「公共下水道接続率」は75.8%（2011年）であり、オランダの99.3%、スイスやドイツの97.3%、イギリス（イングランド・ウェールズ）の96.6%、スペインの95.5%などと比べるとかなり遅れている。北米と比べると米国の73.7%は上回っているものの、カナダは87.1%となっている（各国のデータは2008年～2010年）。

また、

・汚水処理（下水道、農村集落排水、浄化槽含む）人口普及率：88.9%（2013年）

・下水汚泥資源化率：70%

などの数字もある。

6. 2 日本では意識されていない「補完システム技術」の存在

日本の水道システムは、自治体（およびその外部団体）が持つ施設（浄水場、管路）の設計・施工・維持・運営のノウハウと、それを補完するメーカー（パイプ、ポンプ、メーター等）の技術が一体となって高いレベルが維持されている。しかし、歴史的経緯により運営主体が細かく分かれ、標準化が十分に進んでいない。また、運営主体の自治体が外部に進出する意識を持っていなかったため、海外はおろか日本国内でも広域化はあまり進展しておらず、ノウハウの移転・共有システムに課題を抱えている。

日本でも東京都や大阪府など一部の大規模自治体は、高度な専門人材の育成システムを有しており、技術やノウハウの伝承も行われているが、一方でビジネスとしての経営能力を欠いている。国内における広域化や海外進出を考えるには、ビジネスとしてコンサルティングや全体のシステムインテグレーションを行う旗振り役が必要となるが、日本はその面で弱さを抱えている。世界の水メジャー（ヴェオリア、スエズ、テムズウォーター）は、自国および相手国の政府と一体となってトップセールスや金融支援のスキーム形成、メーカーの選定や機器設備の調達、施工管理、現地オペレーターの教育など、総合的なインテグレーションを自らのビジネスモデルとしており、優れた力を発揮している。

6. 3 その他の環境条件

● ユーザーの技術的洗練性

水道事業の場合、最終ユーザーは一般市民（住民）であるが、ユーザー側に技術は必要ない。中間的ユーザーとしての施工業者（主として道路工事を行う業者）には、水道管のみならずガス管や地中化電線、通信ケーブル、地下鉄トンネルなどのインフラを扱う技術が必要とされるが、日本では都市部ではデータベースが整備されつつあり、施工業者の計測管理・工事技術も高いレベルにある。管路の健全性調査などには、ロボット技術の導入も検討されている。

途上国では基本的に管路のインフラが弱く、メンテナンス技術も発達していない。世界の水メジャーも、水源や浄水場の技術はユーザーに移転するが、管路の構築・維持の技術やノウハウは手薄。現地の施工技術やパイプメーカーの未熟さが問題の根底にあるものと考えられる。日本の ODA 案件では、途上国の浄水場の技術者を日本に招いて研修させている例もある。

● サプライヤーの連携性

日本国内では、荏原・日揮・三菱商事 3 社が水事業を統合し、「水 ing」を 2011 年に設立。東京都水道局が支援を表明し、豪州の United Utilities Australia（UK 系）を買収。荏原の水処理技術（ポンプ）、日揮の海外プラント建設実績、三菱商事の営業・交渉力が融合し、アジア最大の水事業会社になる可能性を持つ。

また、日本碍子（ガイシ）と富士電機が水環境事業子会社を統合し、メタウォーターを 2008 年に設立。日本ガイシ由来の機械技術と富士電機由来の電気技術を併せ持つ企業グル

ープとして、国内外の水道、下水道、環境の各分野で事業を展開している（上下水道施設向けの機械設備や電気設備の設計、建設を核とした各種エンジニアリング、各設備の補修工事、維持管理（保守・点検）、運転管理などの各種サービス）。

これに対し、水メジャーは進出先で様々な水処理関係企業を自ら買収している。ヴェオリアは日本でもヴェオリア・ウォーター・ジャパンを設立し（2002年）、グループ企業11社（2002年に水道検針大手のジェネッツを買収、2005年に昭和環境システム、2006年に中堅水処理会社の西原テクノサービス(現西原環境)を買収など）を形成している。2015年5月15日にはヴェオリア・ジャパン株式会社に商号変更し：

- ・従業員数：3,972名
- ・女性従業員比率：15.8%（業界の平均*：12.4%）（2014年12月31日現在）
- ・運転維持管理を行う下水処理場：42カ所
- ・運転維持管理を行う浄水場：40カ所
- ・水道料金徴収業務：約150の自治体から受託
（対象人口：約2,500万人、対象戸数：約1,100万戸）
- ・GISサービス：約180の自治体から受託
- ・漏水調査：430以上の自治体から受託

厚生労働省の「水道分野国際標準戦略委員会」では、ビジネスモデルに関するタスクグループで議論が行われた。その議論を受けて日本の今後の方針案として「問題解決のためのエンジニアリング（パッケージ戦略？：鈴木）」と「個々の技術を組み合わせた事業運営」の2つの方向性について、概要と課題の抽出が行われている：

(1) 問題解決のためのエンジニアリング

- ・日本の各企業が有する高い技術を活用したモデルである。
- ・「診断技術」「最適設計」によって相手国の課題解決を目指す。「診断技術」「最適設計」はクローズ領域の技術（ブラックボックス化）とする。高度な技術の導入にあたっては、LCCで評価する。
- ・ソフトに付加させる形でハードの導入を図ることを目指す。
- ・高い技術力に裏付けされた「安全性」「信頼性」が日本のセールスポイントとなる。
- ・効率性、省エネ等、高度な技術を求めている国をターゲットにする。
- ・「蛇口から直接飲める水」が日本の水道文化である。これまで「衛生面の改善」「生活の質向上」が重要だとしてきたが、相手国の状況によって発想を変えることも必要ではないか。「飲み水」と「その他の用途の水」の二元給水も、水資源の乏しい地域では一つの問題解決技術となる。
- ・相手国の実情に応じた、段階的な課題解決策や改善策を提示する。グレードアップさせていくようなエンジニアリング技術は日本が得意な部分だと思われる。

【課題】

- ・ LCC の視点でメリットをどのように相手国に説明し、理解してもらうかが、問題である。
- ・ 水道の場合、要求水質が決まっているので、日本の技術が優秀で 10 倍も優れた水質を出せば 10 倍価格が高くても理解されるという必然性がない。要求水質を満足するための最低限の方法が求められる。
- ・ 海外展開に際しては、相手国ルール of the 把握が必要である。日本とは安全管理のレベルの差が大きい。

(2) 個々の技術を組み合わせた事業運営

- ・ 途上国のニーズは「資金」と「事業運営ノウハウ」である。「資金」については、日本の資金を入れることで、日本の技術の導入を促進させる。「事業運営ノウハウ」については、日本の技術を導入することで、その技術を効率的に活用するための事業運営ノウハウの提供が可能となる。日本の有する高度な管理システムが提供できる。
- ・ 日本の官が有する事業運営（維持管理技術）と民間企業が有する計画・設計、製品を組み合わせた、官民連携方策を検討する必要がある。
- ・ スマートシティインフラは都市全体のインフラを対象とし、上水、下水、工水、電力、環境等、複数の技術領域関わるものである。日本の高度な技術を活用できる領域だと考えられる。また、スマートシティインフラに欠かせないのが、総合型のメーターの導入である。スマートさを量で計るためには高度なメーターが必要となり、ここも日本の得意な領域である。
- ・ 都市の規模を決める要因の一つに水の需要量と供給量がある。水の供給能力は位置的な条件で決まるものだが、日本は技術的な工夫によって、それを無視した形で都市を発達させ、省エネ化を進めてきた。日本の得意な省エネ技術を組み合わせて活用できる。
- ・ 中国の水資源の乏しいエリアでは、町単位ではなく、ビル単位や高級住宅地単位で浄水施設を用意して蛇口から飲める水を供給している例もある。このような事業に参画し、ショールーム的に活用することで、水平展開を目指す。

【課題】

- ・ 水道事業運営に入り込むことにより、「長期的に安定した収入が得られる」。これが水道事業運営へ投資するメリットである。現状で海外水道事業運営を行っている日本企業は商社がほとんどであるが、日本企業（ゼネコン、メーカー）を活用するとコスト高で利益が出ないため、安価な海外企業を活用した事例ばかりとなっている。
- ・ スマートシティインフラの国際標準化の動きがある。ベンチマークをどのように設定するか of the 議論が必須である。
- ・ スマートシティインフラは「新規開発」が主体だと思われる。新規開発が見込まれる

中東エリアでは資金があるので、日本の高度な技術で切り込む余地がある。しかし、新規開発が見込まれるものの資金がないインドでは、機械化省力化ではなく、多くの人々を使うようなシステムが求められるかもしれない。

6. 4 世界標準からみれば、「ガラパゴス」になっている可能性

未収水率 3%というのは、先進国の中でも最高水準であり、過剰品質という見方もできる。これをそのまま途上国に輸出することは非現実的であり、何らかの国際標準に準拠した適応を考慮する必要がある。

平成 22 年 5 月、「知的財産推進計画 2010」が知的財産戦略本部により決定され、国際標準化を進めるべき特定戦略分野（7 分野）の一つに水分野が位置づけられた。併せて、平成 22 年 6 月に閣議決定された成長戦略においても特定戦略分野の国際標準獲得が盛り込まれた。これを受け、平成 22 年 11 月、厚生労働省等の関係府省は、水分野の国際標準化のニーズや動向に応じた我が国の対応方針を定期的に検討するための場として「水分野国際標準化戦略検討委員会」を設置した。検討を進めるに当たっては、水道部会と下水道部会を置き、個別に検討を行ったうえで、水分野国際標準化戦略案として取りまとめられた。この案は、知的財産戦略本部企画委員会国際標準化戦略タスクフォースにおける集中討議を経て、知的財産戦略本部の国際標準化戦略アクションプラン（水分野）として了承されている。

東芝レビューVol.59No.5(2004)によると、欧州の水事業運営会社による近年の海外進出の動きに呼応するように、世界で有力な水事業運営会社を擁するフランスが ISO の TMB（技術管理評議会）に上下水道サービス事業の規格制定を 2001 年に提案した。提案趣旨は「アジアなどの農村部を中心にした上下水道普及の遅れをばん回し普及促進を図るためには、上下水道運營業務の質を高める手法としての規格化が必要」としている。この提案は投票の結果 TMB の承認を受け、ISO に技術委員会 TC224 が 2002 年に正式に発足した。これを受け TC224 は、2006 年 7 月の上下水道サービス事業の規格制定・発効を目指して活動している。

日本はこれに積極的に対応するために、四つのワーキンググループ（WG）に委員を出すとともに、官・民・学・消費者代表による国内対策委員会を立ち上げている。国内の上下水道分野では、第三者委託、PPP（Public Private Partnership）などサービス分野の民活の動きが顕著になりつつあるが、ISO 国際規格化は WTO の TBT 協定や WTO 政府調達に関係しているため、その動向は上下水道事業関係者の大きな関心事となっている。ちなみに、東芝は ISO/TC224 の国内対策委員会と上水道国内対策パネルに委員として参画し活動している。

規格化では、システム管理のガイドラインとサービスの品質基準、PI（Performance Indicator）が主要な構成要素になる。上下水道関係者の大きな関心事は、規格と PI の位置づけである。現状、この規格はガイドラインの位置づけとし、認証規格にはしないとの

合意が取れている。一方 PI は、具体的な基準値を示さないことは合意しているが、その位置づけと定義の規定度合いは上水道システムと下水道システムで少し相違している。この相違は、上水道システムと下水道システム、そして各国の置かれている自然環境（水環境、災害など）や社会環境（消費者ニーズ、文化・習慣、法規など）に起因している。

WTO の TBT 協定は、加盟国に準拠事項を義務づけているが、その要点は国際規格に準拠した国内規格の制定・発効と認定された認証機関の認証結果の受入れである。したがって、日本は国内規格を国際規格（ISO、IEC など）に整合させて、同様の内容で規格を制定することになる。WTO 政府調達協定の締結国はこの協定に拘束される。適用は中央・地方政府機関とそれらの関連機関であり、製品・サービスと調達機関の区分で適用基準額が異なる。下水道システム関連では、汚水及び廃棄物の処理・衛生・その他の環境保護サービスが対象となっている。上水道サービスは、環境保護サービスへの適用が検討されている。WTO 協定は、国・都道府県・政令指定都市などが対象であるが、この規格の目的と趣旨を考慮した適用が他の自治体にも普及・波及していくものと考えられる。

6. 5 海外顧客の状況

途上国では安全な水の供給率は 75%にとどまり、適切なし尿処理は 35%の人口に対してしか行われていないのが現状である。途上国の水道インフラは、一般的に設備が古くまた水源の水質も悪い。また、急激な都市化の進展やスラムの拡大に伴って、安全な水にアクセスできない人口が増加しつつある。

1 人当たり 1 年間に利用可能な水の量（ファルケンマーク指標）を用いると、2008 年のデータでは、水ストレス状態（1700 トン/年以下）にある人口は、46 の国・地域で約 20 億人、うち水欠乏（1000 トン/年以下）は、29 カ国・地域の約 3 億 3 千万人に達しており、1997 年に比べてそれぞれ 3.6 倍と 1.9 倍に増加しており、近年の水資源をめぐる状況の悪化が窺える。

途上国の水道事業において問題とされるのが高い無収水率であるが、これは必ずしも管路の不備のみに原因があるわけではなく、貧困層による盗水も大きな原因である。大きなスラムを抱えるマニラ市では、東地区でスラム住人に対する特別な接続方式（地区単位でメーターを設置）の導入と、ローン払いによる配水管の設置を事業化することにより、盗水を抑制して（劇的な無収水率の低下）サービスの向上を可能にするという好循環を実現している。無収水率を低下させるためには、このような現地の実情に合わせたマネジメントあるいはビジネスモデルの構築も重要である。

事業の形態については、世界各地でコンセッション（所有権を移転せず民間事業者運営権を長期付与する）や BTO、部分民営化、公営事業のままの支援などさまざまな方式が導入されているが、民営化が必ずしも成功するわけではなく、場合によってはかえって無収水率が上昇し水道料金を上げざるを得ないという悪循環に陥る例も散見される。

6. 6 外乱要因

6. 6. 1 中国の「一带一路」計画に抵触するか？

中国の都市部における水道事業は、基本的に地方政府（直轄市や市・県級政府、またはその下部組織である経済技術開発区など）によって運営されている。地方政府は、「自来水公司」（または供水公司ともいい、いずれも水道会社を指す）や「排水公司」（下水道会社）と呼ばれる事業会社を設立して運営に当たる。そして、多くの場合、浄水場や汚水処理場等の施設ごとに自来水公司や排水公司が設立するプロジェクト会社である「項目公司」を通して施設を運営している。また、自来水公司や排水公司などの事業会社は、地方政府や金融機関の融資を受けるとともに、電力、ガス、水道などの公益事業に投資する会社である「地方政府投融资平台」（融資平台）からの出資を受ける場合がある。北京市や重慶市などでは、融資平台の傘下に「〇〇集団」と呼ばれる複数の公益事業関連会社が入る仕組みになっており、これらの中には重慶市の「Chongqing Water Group（重慶水務集団）」のように持ち株会社として株式市場に上場しているものもある。

中国では、1980年代末からの法制度整備によって官民連携が可能となるなか、①国外から技術と資本を導入したい地方自治体が Suez や Veolia などのグローバル企業との合弁企業を設立し、他の自治体へと展開（例：Chongqing Water Group、Shanghai Pudong Veolia Water）、②地方自治体所有の企業が市場から資本を調達して事業展開（例：Beijing Enterprises Water Group、Shanghai Industrial Holdings など）、③香港、シンガポール等の在外中華系企業が、単独やグローバル水道オペレーターとの合弁によって中国本土へと参入・展開（例：NWS Holdings、Sound Global、China Water Affairs Group など）、という3つのパターンによって水道オペレーターが展開してきた。そして、②と③のパターンによって発展した企業の中から、中国市場だけで供給人口が1,000万人を超えるような大企業が誕生してきた（Beijing Enterprises Water Group など）。

中国における民間企業による上下水道の供給人口は、1999年にはグローバル企業（ただし、全て中国企業との合弁）が2,500万人であったのに対し、中国企業は800万人であった。それが、2012年には、グローバル企業が8,500万人、中国企業は1億7,400万人、在外中華系企業が4,800万人となっている。水道消費量が2000年から2011年までに37%増加するなど拡大する市場の中で、グローバル企業のローカルメジャー企業に対する相対的な地位は低下してきている。

世界の水道サービス市場で活躍する2大グローバルメジャーのVeoliaとSuezだが、供給人口は欧州の割合がいずれも過半を占め、その収益基盤は依然として欧州である。欧州は成熟市場であるため、両社はさらなる成長のために欧州以外での事業展開を志向している。実際、中国、米国のほか、Veoliaはインドを、Suezは南米を重要な市場として展開している。しかし、急成長するローカルメジャーなどとの競争が激しくなっていくものとみられ、両社が今後の成長戦略を描いていくのは容易ではない。また、国内市場の拡大

によって成長したローカルメジャー企業がさらなる市場を求めて国外へと進出し、新たなグローバルメジャーへと成長していくことも考えられる。

6. 6. 2 その他

厳しい規制の下に 1980 年代から上下水道が民営化されている英国とは異なり、フランスでは、水道事業の完全民営化は行われておらず、事業主体は、コミュヌ（commune：市町村レベルの地方自治体）である。しかし、自治体は自ら事業を行うのではなく民間等事業者への委託契約の形を取る場合が多く、2007 年時点で、水供給サービスの 39%（人口ベースでは 72%）が委託管理によっている。特に著名な水事業者としては、スエズ（Suez Environment）、ヴェオリア（Veolia Environment）、ソー（Saur group）があり、委託事業はこれら 3 社の寡占状況にある。この方向性は、今後、水道事業の広域化が不可欠となる日本国内の状況にとって、参照モデルとして大きな意味を持っている。

（鈴木）

参考資料

- 三井物産戦略研究所、戦略研レポート「水道サービス産業の世界動向」、2015.6.16
- 日本総合研究所、「最近の水ビジネス市場と主要プレーヤーの動向」、2014.3.17
- 厚生労働省 健康局 水道課、「水道分野国際標準戦略推進業務」報告書、平成 24 年 3 月
- 本間重一、湯川敦司、「ISO/TC224 の上下水道サービス事業国際規格化の動向とその影響」東芝レビュー、Vol.59,No.5 (2004)
- グローバルウォータージャパン代表・村和就、「上下水道の輸出の 可能性と日本の戦略」、商工会館講演資料、2015.9.25
- 住友商事水・環境ソリューション事業部長・大場渉、「総合商社の水インフラビジネスについて」、商工会館講演資料、2015.10.23
- 東京水道サービス代表取締役社長・増子敦、「水道の海外展開」、商工会館講演資料、2016.1.15

第7章 鉄道輸出の事例

7. 1 日本の高速鉄道の特徴

7. 1. 1 高度な国内需要

新幹線のなかで、最も高密度の運行管理を行っているのは、最短で3分30秒間隔で運行している東海道新幹線である。さらに、東海道新幹線では、同じ線路の上を、最速の「のぞみ」、停車駅が違う「ひかり」そして各駅停車の「こだま」という3種類の車両が走っている。速度と停車駅が違うのだから、途中で列車の追い越しが必要になってくる。つまり、「こだま」が駅に停車している最中を見計らって、「のぞみ」がそれを追い越すという高度な運行管理が必要になる。にもかかわらず、東京・新大阪間の平均遅延時間はわずか36秒である。日本の高速鉄道は、このような高密度で正確な運行管理を行い技術とノウハウを蓄積してきた。

加えて、国内を走る高速鉄道は、厳しい気象条件をクリアしなければならなかった。地震や台風が多いという厳しい気象条件、山岳地帯が多いためにトンネルやカーブが多いと言う厳しい地理的条件などに耐えうるだけの、性能と機能を備えた車体を開発してきたのである。

7. 1. 2 ガラパゴスなのか？

スピードは欧州勢とほぼ約300キロであり、世界の潮流からかけ離れて日本が特段優れているわけではない。また高速鉄道の事故は人命に直結することを考えれば、信頼性は高ければ高い方がよい。信頼性においてガラパゴスは存在しない（はず）。したがって、ガラパゴスの可能性があるとしたら機能である。具体的に考えたい。JR東海が、2013年に6年ぶりに導入した新型車両「N700A」では例えば以下の機能が導入されている。

・緊急停車距離の短縮

700系の場合、緊急ブレーキをかけて停車するまでの時間は約90秒、停車距離は約4キロ程度。N700Aでは、停車するまでの距離を2割短くした。これによって大地震の際の安全性が大幅に向上。これを実現するためには、ブレーキディスクと車輪をつなぐボルトの締結位置を様々に工夫することで、摩擦係数を高めるよう改良した。

・車体傾斜システムの導入と横揺れの吸収

従来、60のカーブに適用されていた車体傾斜システムを120カーブにまで増やすと同時に、大きな揺れも小さな振動もバランスよく吸収できるようにチューニングを重ね、不快感を覚えやすい揺れを抑えた。

JR東海は「走ることと止まること。鉄道列車として基本中の基本である性能を大幅に進化させた」と語る。これらの機能は全く新しい機能ではなくて従来機能の進化である。考え

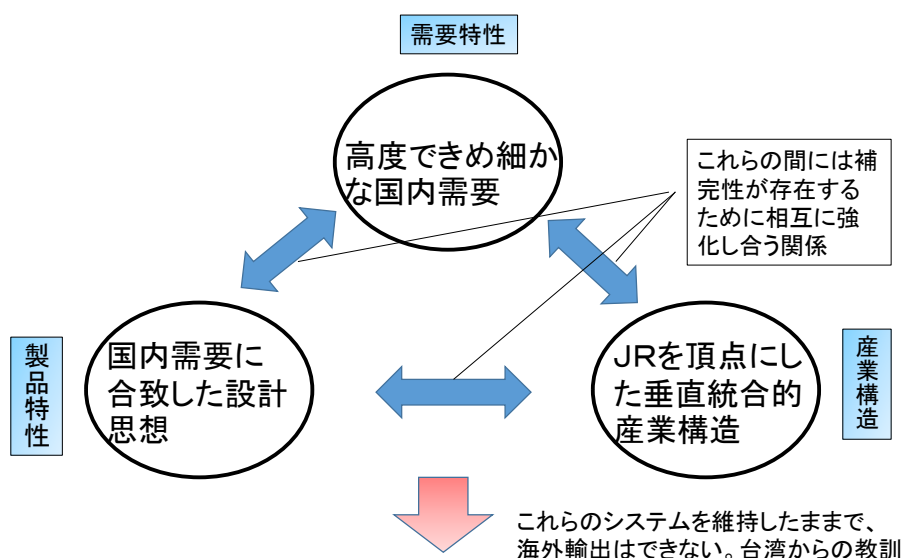
るべきは、これらの機能は、海外市場が金を出して欲しがる機能か、あるいは国内でしか通用しない機能なのかどうかという点にある。そして、これらのきめ細かな改良を実現可能にしたものは、以下に述べるような JR と車両メーカーとの連携と調整という仕組みである。

7. 1. 3 垂直統合システム

高度できめ細かな国内需要に答えることを可能にしてきたのが、日本独自の新幹線開発システムであった。日本の新幹線開発システムの特徴を一言で言うと、JR を頂点とした垂直統合的な産業構造と、国内需要に最適化されたすり合わせ型の車体設計思想ということに尽きる。つまり JR が産業ヒエラルキーの頂点に位置し、日立や川崎重工など車体メーカーと JR との間で緊密な連携と調整を繰り返しながら、JR 独自の要求に答えてゆくという作り方である。このように国内の高度な需要、JR を中心とした垂直統合的な仕組み、JR 仕様に最適化した車体という 3 つの間には相関関係が存在する。しかし、因果の矢印がどちらを向いているのかは自明ではない。

更に日本のシステムを一層クローズドにしているのは、地域分割という方針に従って、国鉄の民営化がすすめられたために、JR 東日本、JR 東海、JR 西日本など、地域ごとに上下一体システムとして囲い込まれたという事実である。これは欧州が上下分離を原則として、線路などインフラ管理と運行事業者を分離させたことと対照的な考え方である。

国内需要に最適化した新幹線システム



7. 2 意識されなかった日本の強み（補完システム？）

これまで研究会で議論されなかったが、近年注目を浴びている新幹線の補完システムを一つ紹介する。

ゴミを捨てて感謝されるのは日本（J R 東日本）のみ

仙台から東北新幹線に乗り、最終到着地である東京駅に降りるとき、各車両の降車口にはゴミ袋を広げて待っているスタッフがいる。食事の食べ残りやペットボトルなど、車内で出たゴミを回収するために、袋を広げているのである。そして、乗客がゴミ袋にゴミを捨てると、そのスタッフから「どうもありがとうございます」と感謝される。日本では当たり前の光景であるために、特段このことを意識していない。しかし、海外から来た乗客は、これに大変驚く。海外ではゴミを捨てて、他人から感謝されることなどありえないからである。この清掃サービスを提供している企業は、J R 東日本で新幹線の清掃にあたる「J R 東日本テクノハート T E S S E I」というJ R 東日本の子会社である。

T E S S E I は、米国ハーバード・ビジネススクールのケースにもなり、M B A の講義で実際に使用されている。また米C N N は、'Tokyo's seven minute miracle' と T E S S E I の仕事ぶりを絶賛した。このように、海外はこのT E S S E I の取り組みに大変な関心を持って注目している。T E S S E I は、カラフルな制服を着て、到着してから折り返し運転をするまでのわずか7分間で清掃を完了する。おまけに、その清掃の様子は、外で待っている乗客から動作の全てがくっきりと見えるようになっている。スタッフが働くそのような場は、新幹線劇場と呼ばれる。彼らが絶賛するのは、清掃という地味で汚い仕事に対して、高いモチベーションと誇りを持って取り組み、わずか7分で終了させるという現場力の高さである。

もちろん最初からそうだったわけではない。当初は、清掃の仕事であるから、「きつい」「汚い」「危険」の3K職場だった。離職率も高いにもかかわらず、その中で掃除しなければならぬ車両数は増え続けるという大変な状況だった。清掃の仕事に誇りを持たず、親戚に隠している従業員もいた。それを変えた大きな要因は、T E S S E I の仕事を、単なる清掃ではなくて、「おもてなし」へと再定義したことによる。それによって、T E S S E I の仕事は、汚い、汚れたものを扱う仕事から、顧客に奉仕する崇高な仕事へと、その意味付けが変えることに成功した。仕事の意味と価値が、日本独自の精神的土壌に根差した「おもてなし」へと変わったのである。それを見せる場が、「新幹線劇場」である。

高速鉄道レイヤーに照らし合わせると、このような清掃サービスは、運行管理レイヤーの最上位に位置づけられる。そして「おもてなし」という精神土壌に根差しているために、模倣が難しく、日本の競争力が持続するサービスであろう。このような清掃サービスの役割は、海外輸出に際してどのように考えるべきだろうか。



清掃作業終了後に、一礼して乗客を迎える

出所：JR東日本テクノハート

7. 3 海外顧客への展開可能性

国内の高度な需要水準、垂直統合的な仕組み、そしてすり合わせ型製品特性という3者は、補完的な関係になっているために、強固な三位一体を形成している。国内の高度な需要水準と相性が良い仕組みと製品特性になっているのである。したがって、需要が異なる海外に輸出しようとするならば、現地需要に合致した仕組みと製品特性が必要になる。

国内と同じ仕組みが通じないことは、台湾の新幹線輸出事例から明らかである。国内ではJRが圧倒的な力を持ったプロジェクトリーダーとして、新幹線プロジェクトをこれまでまとめてきた。台湾プロジェクトでは、当初JRが関与しなかったために、リーダー不在のプロジェクトとなり、それは「烏合の衆」と台湾から酷評された。その後、JRが関与することになったが、JRは国内の新幹線システム仕様をそのまま台湾にも輸出しようとしたために、台湾サイドと大きな軋轢が生じた。台湾のケースから改めて学べることは、現地には独自の需要と事情があり、それを無視したパッケージ輸出は現地との軋轢を生むということだろう。

7. 3. 1 車両設計のプラットフォーム化又はモジュール化

一つの方策は、車両のプラットフォーム化である。高速鉄道であれば、どの地域でも共通して持つ性能や機能を基盤部分として抽出し、現地市場独自の特性やニーズには、補完的な性能や機能として共通部分と組み合わせることで対応する。これは車両メーカーであれば当然考えるはずであり、実際日立は既にA-Trainシステムを発表し、それによって共通化を図るということを試みている。日立は従来、鉄道会社の要望に従い、一から設計をしていたが、開発戦略を変更した。

7. 3. 2 どこで差別化するのか

顧客が求めている需要水準以上の、高度な技術にこだわることを過剰仕様という。それは顧客にとって価値につながらず、差別化要因にはなりにくい。とするならば、果たしてどこで差別化できるのか。一つの可能性はサービスでの差別化であろう。

ここでのサービスは2種類に分けて考えられる。TESSEIのような対顧客へのサービスか、あるいは、保守サービスか？ 前者は既に言及した。後者を考えてみる。例えば車両が故障した場合、たとえ保証期間が過ぎたものでも、日本では当然の慣行として、メーカーはまず技術者を送り問題解決を優先する。しかし欧米では、必ずしもそうではない。保証期間を過ぎた車両の場合、まず弁護士が送り込まれて法的な解決が優先させると言う。

このような日本の慣行をベースにした差別化以外に、IOTを駆使した高度な予防・保守・修繕サービスも考えられるだろう。IOTの活用によって故障を未然に防ぐことができ、部品交換で収益を上げることができる。既に日立は、IOTによる保守サービスの高度化に取り組んでいる。

7. 3. 3 リース方式による初期コストの低下

新興国には膨大な高速鉄道需要があるが、政府が十分な資金を持っていないケースが多い。したがってどうしても初期投資を抑えることが重要課題になる。その際、リースで鉄道車両を使えるならば、初期投資負担が大幅に軽減されるだろう。既に日立は、英国にこのリース方式を適用した。ただし、新興国では政府保証が不十分な恐れがあり、課題は多い。

(柴田)

第8章 新しい社会インフラとしての IC カード

8. 1 はじめに

近接型非接触 IC カード「Felica」に乗車券アプリケーションを搭載した「IC カード乗車券」は、2001 年 11 月に JR 東日本が「Suica」の運用を開始した後、国内の多くの交通機関が相次いで導入し相互利用も進んだために、いまや 1 枚の Felica カードで北海道から九州まで多くの交通機関が利用できるまでになった。

改札におけるスムーズな運賃支払処理を実現するため、IC カード乗車券システムには何よりも高速処理が求められる。その性能において、Suica など日本の IC カード乗車券システムは世界の他規格のシステムを概ね凌駕しているが、世界の多くの都市では処理性能の劣る他規格のシステムが採用されている。

その理由について、従来コストや標準化といった技術的観点で議論されることが多かったが、本稿では IC カード乗車券システムを「社会システム」の一部と捉えた場合に、制度・人口動態など他の社会的要件が、IC カード乗車券システムの選択に強く作用している可能性について論じる。

8. 2 交通系 IC カードの種類

IC カード乗車券システムは、IC カード、およびカードに搭載される乗車券アプリケーション、カード読み取り・書き込み装置、サーバー装置・ネットワークなどからなる。IC カードには接触型と非接触型があり、非接触型はさらに密着型（通信距離 2mm 以下）、近接型（同 10cm 以下）、近傍型（同 70cm まで）などに分類されるが、交通系の IC カードとして使用されるのは近接型の非接触型 IC カードが主流である。

交通系で使用される非接触 IC カードには、表 1 に示す主に 3 つの規格が存在する。

表 1 交通系 IC カードの種類

		Felica	Type-A	Type-B
カード規格		独自	ISO/IEC14443準拠	
通信速度		212～424kbps	106 (212, 424, 848 審議中) kbps	106～848kbps
機器間通信規格		ISO/IEC18092(NFC IP-1)	ISO/IEC18092(NFC IP-1)	ISO/IEC21481(NFC IP-2)
特徴	長所	プロトコルが高速	大量に普及=安価	通信速度の高速化が可能
	短所	通信速度を上げられない	プロトコルが高速処理向きでない 通信速度を上げられない	プロトコルが高速処理向きでない
事例	国内採用事例	Suica, Edy, nanaco, WAON, QuicPay	各種入退室カード、 タスポ	住民基本台帳カード、運転免許証、 パスポート、
	海外採用事例		MasterCard PayPass Visa payWave	MasterCard PayPass Visa payWave
	交通系 IC カード採用事例 (別表参照)	香港、インドネシア	モスクワ、北京、台北、ソウル、ロンドン、サンフランシスコなど	シンガポール、パリ、モントリオール、リスボンなど

日本国内の交通系 IC カードとしては、ソニーが開発した Felica が主に使用されているが、世界的に見れば Type-A カードがシェアの 70%以上を占めている[1]。Felica は Type-A と比較して、カード読み取り・書き込み装置との間の通信を高速に実行できるという特徴を持つが、Type-A より製造コストがかなり大きいといわれる。また、Type-A、Type-B は ISO/IEC14443 として 2001 年に国際規格化されているが、Felica は「Type-C」として審議されたものの、国際規格化されることはなかった。

Felica が世界的に広く普及しない理由として、この製造コストの問題と国際規格の問題が論じられる場合が多い。

8. 3 IC カード乗車券システムの性能

交通系 IC カードを含む IC カード乗車券システムの性能については、Felica に乗車券アプリケーションを搭載した Suica など日本のシステムの性能が他システムを上回るといわれるが、具体的な性能値については公式情報に乏しい。

JR 東日本では、Suica カードとカード読み取り・書き込み装置間の通信に要する時間を 100msec 以下と規定しているが、例えばロンドンで採用されている Type-A (OS は Mifare) の交通系 IC カード「Oyster」では、この値を 250msec と規定している。また、この通信を含めて運賃に関する処理を完了するまでに要する時間は、Suica は 185msec 程度だが、Oyster は 350msec 程度かかるとする資料もある[2]。

Type-B に関しても情報は乏しいが、シンガポールが 2002 年に導入した交通系 IC カード「ez-link」に関して処理時間を 200msec とする資料があり[3]、これを元にすると Suica は ez-link よりもわずかに早いことになる。

JR 東日本では、Suica 開発時に実験を通じて、カードを確実に読み取り・書き込み装置の通信可能領域にかざす「タッチ&ゴー」方式をとったとしても、領域内の滞在時間は平均約 520msec、最短では 200msec であることを確認している[4]。この実験結果からみると、処理時間 185msec の Suica は通過する乗客を遅滞なく処理可能だが、Oyster は明らかに性能が不足しており、ez-link も十分とは言えない。

ただし、上記は駅利用客の多い日本で求められる性能であり、利用客が少なくゆつくりと歩きながらカード認識させることができる環境であれば、大きな問題にはならない。

8. 4 IC カード乗車券システムの性能に対する「社会システム」の要請

上述したように、Suica の高速性能の背景には、駅利用客が多く自動改札に高速な処理能力を要請する日本固有の社会的要件が存在する。また、民間鉄道事業者が多く、各運営鉄道間を駅で乗り換えるために、乗客が通過する改札数が多いことも、この社会的要件を強化しているものと考えられる。

椎橋(2005)は、Suica の特質として「端末(改札機)での運賃計算の高速処理」をあげている[4]。ある定期券を持つ利用客が、定期区間外の駅から乗車し、定期区間内の路線を利用

した上で、さらに定期区間外の駅で降車するような場合に、磁気券システムでは定期券を含めて 3 枚の乗車券が必要になり、切符の購入・精算に多くの時間を要していた。Suica では、乗車駅で定期区間の乗継駅を判定しその運賃をカードに記録、降車駅ではその情報を利用してしながら運賃を計算することで、自動運賃計算と処理の高速化を同時に実現している。

こうしたきめ細かなサービスを、複数の鉄道事業者間の路線を複雑に乗り継ぐ乗客にも提供し、なおかつ高速処理を実現するという、いかにも日本的で高度なシステムが実現しているが、このような性能が諸外国でも必要とされるかという疑問がある。

一般社団法人・日本地下鉄協会がまとめた資料[5]によれば、世界の地下鉄の運賃制度を①距離制（乗車距離に応じて徴収）、②ゾーン制（都市部に同心円状のゾーンを少数設定し乗車中に通過したゾーン数に応じて徴収）、③均一制（運営路線内で均一運賃）に分類した場合に、距離制を採用しているのは、日本や中国・韓国など 9 カ国のみで（中国・韓国も一部は均一ないしゾーン制）、他国においてはほぼ全ての路線でゾーン制か均一制を採用している。

運賃制度としてゾーン制や均一性を採用していれば、乗り換えが発生しても運賃計算は大幅に簡略化されるため、Suica に見られるような複雑な処理は不要となり、カードを含め IC カード乗車券システムに対する要求性能も緩和できるため、製造コストを低減できる。

このように考えると、Suica など日本型の IC カード乗車券システムが世界に普及せず、性能的に劣ると考えられる Type-A などのカードを使用したシステムが広く普及している現象は、性能・コスト・標準化といった要因よりも、運賃制度や人口過密度などの社会的要件が強く影響しているとも考えられる。

8. 5 分析フレームワークと分析方法

以上の考察から、世界の各都市について、都市交通に採用している IC カード乗車券システムを、Felica 使用のタイプとそれ以外のタイプに大別し非説明変数とした場合に、社会的要件が説明変数としてどの程度の能力を持つかを検証する。

各都市の社会的要件としては、①運賃制度、②駅昇降客の過密度、③都市の人口増加率を採用する。①②の採用については上述した通りだが、現時点で①②の要因により性能の低い IC カード乗車券システムを採用可能だとしても、当該都市において長期的かつ著しい人口増加が見込まれる場合に、将来性を考慮して性能の高いシステムを採用する場合があるとも考えられるため、③も変数として採用した。

運賃制度に関しては、上記の日本地下鉄協会[5]の情報を採用するが、同一都市内の複数路線間で制度が異なる場合は、最も輸送人員数の多い路線の制度を採用する。また、北京の地下鉄 BMTRC については均一制と距離制が併記されているが、均一制と見なした。

駅昇降客の過密度については、日本地下鉄協会[5]に記載された都市内各路線の年間輸送人員数の和を各路線の駅数の和で除した値の対数値を、代理指標として採用する。

各都市の人口増加率については、国立社会保障・人口問題研究所(2012) [6]記載の 2000 年

～2015 年の年平均人口増加率を採用する（ただし深圳は同研究所による 2000 年～2030 年の推計値により、また香港は公開情報により補完した）。

非説明変数となる各都市採用の IC カード乗車券システムのタイプについては、各種公開情報により個別に調査して判定した。サンプルのほとんどについて、各都市でバスなど都市交通に採用されているシステムは地下鉄にも適用されていることを確認したが、一部については判定できなかった。しかし、一般には同じシステムを各都市交通に共通して適用することが合理的と考えられるため、サンプルからは除外しなかった。

サンプルの一覧を表 2 に、分析モデルを図 1 に示す。

表 2 サンプル一覧

国	都市	地下鉄 運賃方式	駅昇降客 の過密度	左過密度 対数値	年平均 人口増加率	システム タイプ
アメリカ	ニューヨーク	均一制	3.5	0.54	0.67	Type-A
アメリカ	ロサンゼルス	距離制	2.9	0.47	0.59	Type-A
アメリカ	ワシントン	距離制	2.6	0.41	1.04	Type-A
アメリカ	サンフランシスコ	距離制	2.4	0.39	0.72	Type-A
アルゼンチン	ブエノスアイレス	均一制	3.9	0.59	0.98	Type-A
イギリス	ロンドン	ゾーン制	4.0	0.60	-0.01	Type-A
イラン	テヘラン	均一制	7.4	0.87	1.29	Type-A
インド	デリー	距離制	3.3	0.52	3.53	Felica/Type-A
カナダ	モントリオール	均一制	3.5	0.55	N/A	Type-B
韓国	ソウル	ゾーン制	7.4	0.87	-0.49	Type-A
シンガポール	シンガポール	距離制	9.9	1.00	1.06	Felica/Type-B
スペイン	マドリッド	ゾーン制	2.9	0.46	0.30	Type-A
タイ	バンコク	距離制	3.4	0.54	1.10	Felica/Type-A
台湾	台北	距離制	5.5	0.74	N/A	Type-A
中国	香港	距離制	16.2	1.21	0.60	Felica
中国	北京	均一制	12.2	1.09	0.13	Type-A
中国	深圳	距離制	6.1	0.79	1.08	Felica
中国	上海	距離制	5.9	0.77	-0.11	Type-A
トルコ	イスタンブール	均一制	2.7	0.43	N/A	Type-A
日本	東京	距離制	11.1	1.05	0.33	Felica
日本	大阪	距離制	7.0	0.84	0.11	Felica
ブラジル	リオデジャネイロ	均一制	4.7	0.67	0.90	Type-A
フランス	パリ	ゾーン制	4.9	0.69	0.21	Type-B
ベルギー	ブリュッセル	均一制	2.7	0.43	N/A	Type-B
ポルトガル	リスボン	ゾーン制	2.4	0.38	0.38	Type-B
マレーシア	クアラルンプール	距離制	2.4	0.38	1.56	Type-A
ロシア	モスクワ	均一制	14.5	1.16	0.53	Type-A

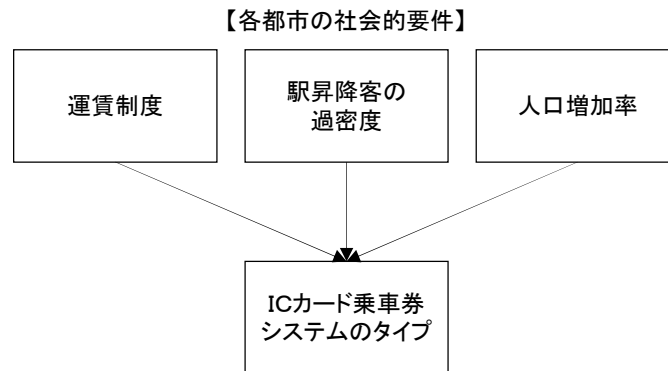


図 1 分析モデル

分析方法としては、まず運賃制度と駅昇降客の過密度の 2 軸により上記サンプルの散布図を作成し全体を概観する。その結果、説明変数に一定の説明能力が認められる場合は、人口動態について不明な 4 サンプルを除いた 23 サンプルに対して判別分析を実施し、モデルの説明能力を定量的に確認する。

8. 6 分析結果と考察

図 2 に散布図を示す。図からも明確に分かるとおり、運賃制度についてゾーン制・均一性を採用している都市では、駅昇降客の過密度が極めて高いモスクワなども含めて Type-A/Type-B による IC カード乗車券システムを採用しており、Felica 型を採用している都市はない。一方で、距離制の運賃制度を採用している場合には、駅昇降客の過密度が低い都市と一部都市（上海・台北）を除いて、Felica を採用する傾向にある。また、駅昇降客の過密度が比較的低いバンコク、デリーが Type-A と Felica 併用になっているが、年間人口増加率が 1%を超えており、将来性を見込んでシステムを選択している可能性がある。

シンガポールは現在 Type-B と Felica の併用になっているが、散布図上の位置から見て今後 Felica へシフトする可能性が示唆される。また、テヘランは過密度が比較的高く人口増加率も比較的大きいが、運賃制度がモスクワと同じ均一性であり、さらに過密度が増しても対応可能と考えている可能性がある。

散布図において、Felica 型の都市群と Type-A/Type-B 型の都市群の境界線が一部都市（上海・台北）を除いて明確であり、このモデルの説明能力は比較的高いと評価できる。

そこで、図 1 に示したモデルにより判別分析を実施し、モデルの説明能力を確認する。なお、表 2 において Felica も含めて複数のカードを併用している 3 都市については、コスト高の Felica を採用するなんらかの誘因が発生していると考えられるため、Felica 使用と見なした。

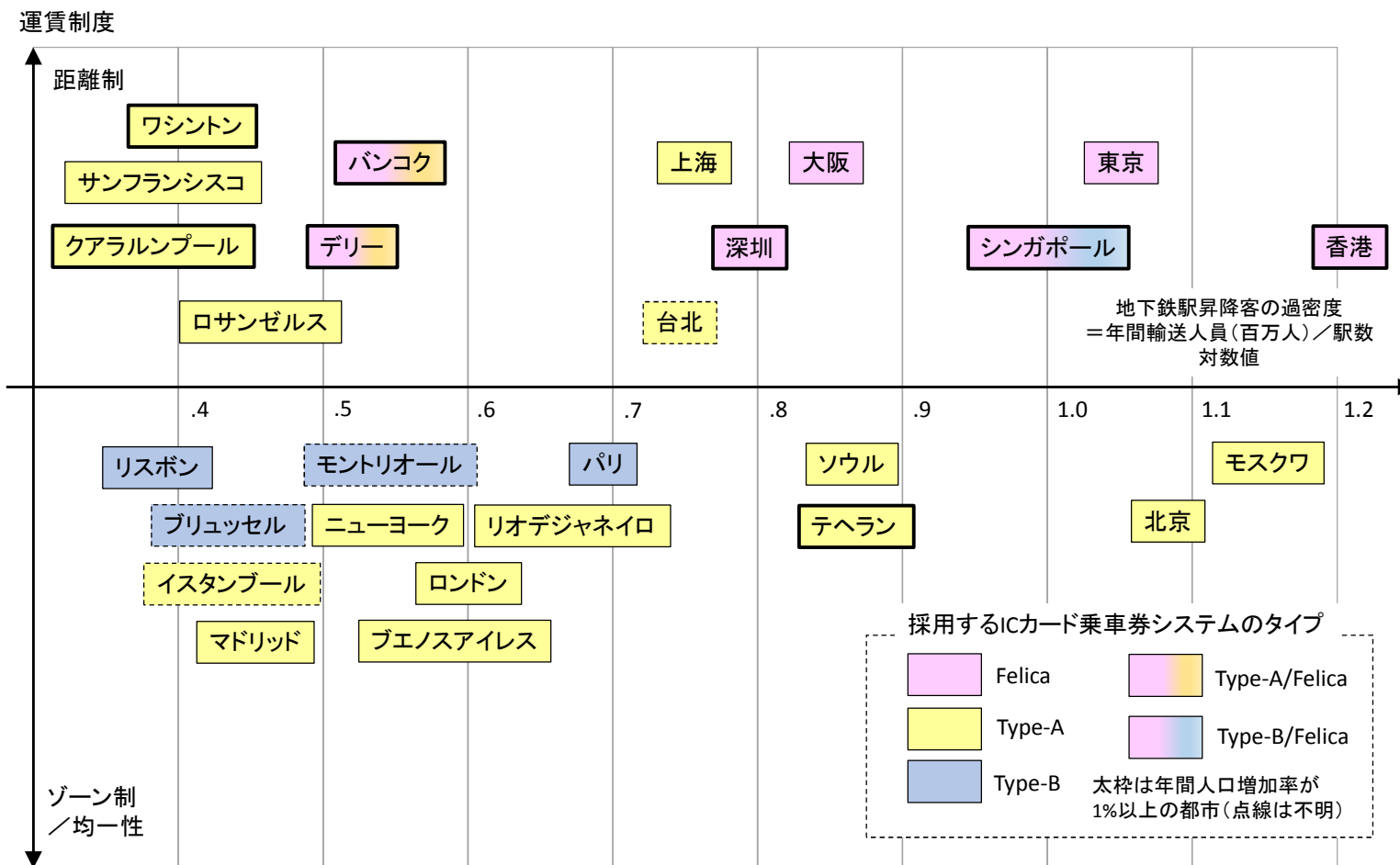


図 2 散布図

判別分析（変数逐次投入）結果を表 3 に示す。

表 3 判別分析結果

Wilks のラムダ				
関数の検定	Wilks のラムダ	カイ 2 乗	自由度	有意確率
1	.447	16.109	2	.000

標準化された
正準判別関数係数

	関数
	1
運賃制度	1.013
駅過密度	.732

分類結果^a

カードタイプ		予測グループ番号		合計	
		typeA_B	felica		
元のデータ	度数	typeA_B	14	2	16
		felica	0	7	7
	%	typeA_B	87.5	12.5	100.0
		felica	.0	100.0	100.0

a. 元のグループ化されたケースのうち 91.3% が正しく分類されました

表 3 が示すようにモデルは 1%水準で有意であり、求められた判別関数により 23 サンプル中 21 サンプル（91.3%）を説明することができる。係数は運賃制度が最も大きく、駅の過密度がそれに次ぐが、これは散布図で確認した結果と整合的だ。また、人口過密度の係数は有意でないと判定された。

求められた判別関数で説明できなかった 2 サンプルは上海とロサンゼルスであり、いずれも現在は Type-A 型のシステムを採用しているが、今後 Felica 型のシステムへの転換を検討する可能性を示唆しているものと見ることもできる。

8. 7 おわりに

本稿では、IC カード乗車券システムは都市交通という「社会システム」を構成する一要素であり、運賃制度や駅昇降客の過密度といった社会的要件を強く反映して、技術的選択が行われている可能性を示した。

特に、運賃制度が IC カード乗車券システムの選択に強く影響を及ぼしていることを確認したが、この運賃制度には、都市交通の公共性に対する各国・都市の基本的な考え方の違いが、強く反映されていると考えられる。

日本の公共交通は、交通事業者が基本的に独立採算でインフラの整備から運営までを担っており、事業者の収支状況と利用者に提供される利便性は、トレードオフの関係にある。これに対して、欧州では公共交通は公共サービスの一環と位置づけられ、利用者の利便性を優先するため、インフラの公有や運営に対する公的助成を前提とする考え方が一般的だ。

例えば、フランスでは国内交通基本法（LOTI 法）により「国民の誰もが安全にできるだけ低コストで快適に移動できる権利」（「交通権」）が人権として定められており、ドイツでは事業者の収支にかかわらず運転間隔などサービス内容を一定の水準で維持することが、政府からの補助の条件になっている[7]。

また、欧州各国では、年齢層や利用時間帯・曜日、さらには同乗者に対する割引など、様々な割引制度を充実させて顧客満足の上昇を図っており[8]、さらにバスや BRT・LRT など都市交通に「信用乗車」方式を採用して、利用客の利便性と輸送効率の両立も図っている。

「信用乗車」方式では、利用客は自ら乗車券を改札し、乗車券は改札から一定時間内で有効となる。さらに、欧州では運賃がゾーン制・均一制であることから、「信用乗車」方式により利用客は一定のエリア内で事実上交通機関が乗り降り自由（改札不要）となる。この方式では、例えば LRT・BRT は車両の全てのドアを同時開放して利用客の昇降に対応できるため、無賃乗車の可能性はあるが停車時間が短縮でき、表定速度（二地点間の距離を移動時間で除した指標）も向上する[9]。

一方、日本の交通事業者は独立採算のため、運賃を確実に徴収することに重きを置いており、例えばバスなどのワンマン運転においては、昇降を一つのドアに限定し利用客を一列に並べて改札をする。このため、利用客は昇降に時間を要して不便である上、表定速度も低下する。

本稿で取り上げた地下鉄に関しては、「信用乗車」方式で必要となる抜き打ちの車内検札が都市中心部の混雑時に困難になるため、欧州でも IC カード乗車券システムの導入が広がり始めている。しかし、そのシステムの選択には運賃制度（ゾーン制・均一制）が深く影響しており、それら制度の背景には、利用客の利便性確保と輸送の効率性維持について公共サービスが果たすべき役割に対する、日本とは全く異なる考え方である点に注意を要する。

日本の鉄道では、多くの交通事業者が併存し、それぞれ独自の採算性判断から距離制の運賃体系を設定している。都市部の鉄道において、各事業者が運賃を確実に回収しながら大量輸送を実現し、なおかつ利用客には路線の相互接続とスムーズな乗り換えという利便性を提供するため、全ての「しわ寄せ」を技術に集中させるかたちで、Suica など Felica 型の IC カード乗車券システムが生み出された。Felica 型のシステムは世界のごく一部の都市が採用するのみであることから「ガラパゴス」であると揶揄されることもあるが、このシステムを生み出した日本の「社会システム」こそが、ガラパゴスなのではないだろうか。

青木(2014)は比較制度分析の立場から、日本の過去二十年は「失われた二十年」ではなく、「制度体系の『移りゆく一世代＝三十年』の半ば」と捉えるべきだと指摘している。そして、過去二十年で強いて何かが失われつつあるとすれば、それは「高度成長の時代に当たり前と受け取られていた制度体系の有効性」だとしている[10]。運賃制度をはじめとする公共交通に係わる日本の諸制度も、これまでは人口増加・利用客増加を前提として構築されてきたが、少子化・人口減少の局面を迎えて見直しを迫られている。そして、制度体系が今後「移りゆく」なかで、技術に関しても新たな選択が行われるものと考えられる。

[参考文献]

- [1] NXP(2015) “Tap into MIFARE” P3
http://www.nxp.com/documents/brochure/About_MIFARE_Brochure_final.pdf
- [2] Birch et al(2013) “Tomorrow’s Transactions—The Transit Reader” P35
<http://www.chyp.com/wp-content/uploads/2015/01/The-Transit-Reader.pdf>
- [3] Sim et al(2003) “Implementation of an Enhanced Integrated Fare System for Singapore” P3
<http://www.lta.gov.sg/ltaacademy/doc/UTIP%20-%20EIFS%20Implementation.pdf>
- [4] 椎橋章夫(2005) 「IC カード乗車券システムにおける自律分散高速処理技術とそのアプリケーション」 計測自動制御学会産業論文集 Vol4, No.7 41/49
- [5] 地下鉄協会 「世界の地下鉄データ一覧表」 <http://www.jametro.or.jp/world/>
- [6] 国立社会保障・人口問題研究所(2012) 「世界の主要都市人口の推移と将来推計」
<http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/Data/Popular2004/11-19.htm>
- [7] 日本政策投資銀行(2015) 「地域公共交通システムのあり方に係わる調査～地域交通連携スキーム(Local Transportation Partnership)の構築」 2015 年 6 月
- [8] 清水李太郎・有馬隆文(2014) 「欧州におけるアフオーダブルな鉄道運賃制度の展開ー第4次ヨーロッパレイルウェイパッケージ提案前後の事例を中心にー」 都市・建築学研究 九州大学大学院人間環境学研究院紀要 第26号
- [9] 明星秀一(2010) 「地域鉄道における運賃収受を考える」 公益財団法人鉄道総合技術研究所 RRR, 2010 年 12 月号
- [10] 青木昌彦(2014) 「青木昌彦の経済学入門ー制度論の地平を拓げる」 ちくま新書

第9章 ガラパゴス現象のレバレッジ・シナリオ

9. 1 インフラ輸出におけるシナリオ分岐

日本がインフラ輸出において、今後とり得るオプションの中で何が将来を分岐させるのかをシナリオプランニング的な手法を利用してシミュレートし、そのクリティカルポイントに対して、次の章以降で報告される事例研究がそのための検証としてどのように活用されるかについて最後に提示しておきたい。

以下の状況設定は、作業仮説として提示しているものであり、検証課題を提示するための作業と解釈されたい。

【重要でかつ確実な事象】

(国内でのガラパゴスの発展)

- ・今後も日本国内では、「需要特性」、「産業構造」、「製品・サービス特性」の相互依存関係は強化され続ける。したがって、ガラパゴス的なインフラの発展が留まることなく進展し、独自の製品・サービスの開発は継続される。例えば、大都市圏の鉄道のネットワーク化は更に高度化し、スマートメンテナンスの進展とともに、メンテナンス技術の革新も進み、ダイヤ混乱の原因となっている人身事故発生防止のための対策は強化される。

(国内主要プレイヤーの海外における消極的対応)

- ・日本のインフラ運営の主体は、海外展開に対して消極的な対応を続ける。例えば、鉄道における JR 各社、電気・ガスを供給する地域大規模企業、上下水道における大規模地方自治体などは、他の事業体（例えば JR に対する納入メーカー、東京都水道局の第三セクターである東京水道など）に OB 人材を抛出することはあっても、自らの主要な事業として海外展開を位置づけることはしない。例外は、日本郵政の海外郵便事業であろう。

(国際技術標準整備におけるリーダーシップの欠如)

- ・日本が優位にある独自の製品・サービスが国際技術標準の中で有利に組み込まれて、海外に普及するということは部分的には起きることはあっても、全体としてはあまり期待できない。ISO における欧州優位は制度的に揺らぐが、日本の国際技術標準化活動は面的に展開するだけの人材・予算・ノウハウ・インセンティブを持ち合わせていない。したがって、技術標準という観点から、日本の「製品・サービス特性」が他の要素である「需要特性」、「産業構造」との相互依存関係を脱して、他国の社会システムに適合する可能性は低い。

【重要でかつ不確実な事象】

(ポータビリティの設計)

- ・日本の優位性を含んだ製品・サービスにおけるポータビリティを高めるための工夫がとられるか否か？ポータビリティの上昇は、優位性のある特定製品・サービスと国際技術標準

整備の連動によっても実現されるが、技術標準整備によらなくとも、デュアル対応なモジュール化によっても実現され得るパスは存在する。国内のインフラ運営主体に対して、日本のサプライヤーはオーダーメイドの製品・サービスを提供してきたが、モジュールに基づくアーキテクチャーデザインでコスト低減化と性能の維持をバランスさせたインフラ構築のパーツやサービスを提供できるかという点が重要になってこよう。

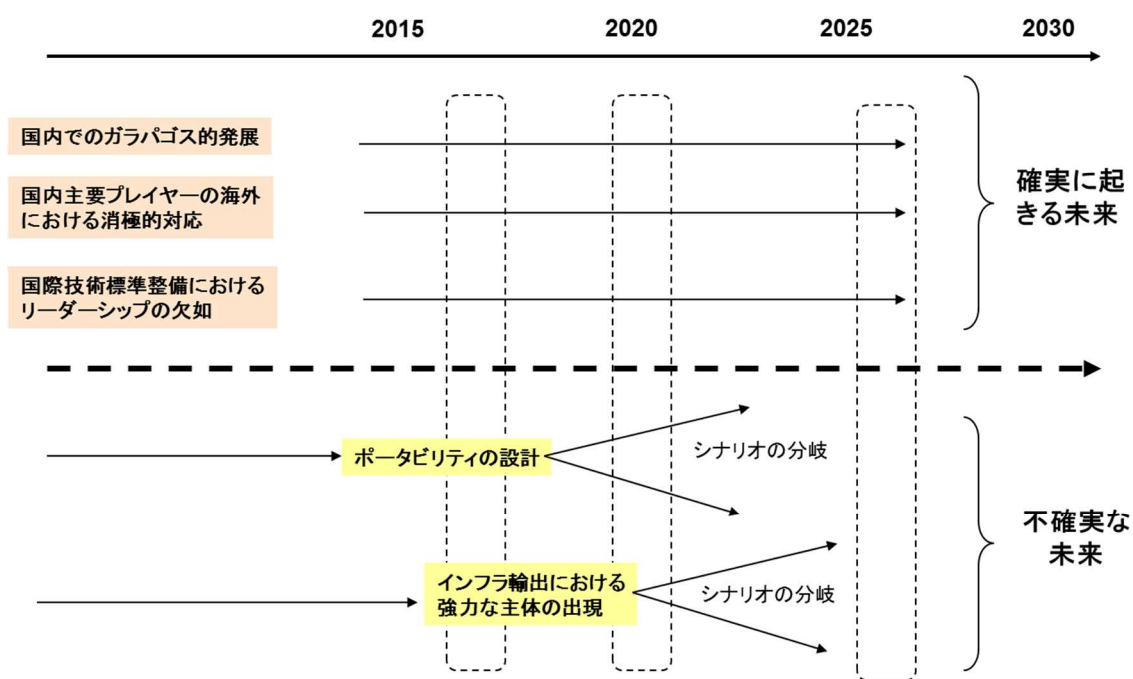
(インフラ輸出における強力な主体の出現)

- ・日本でインフラ運営を担っている主体以外のインフラ輸出を担う有力な主体が形成されるか否か？インフラ輸出の主体は、製品・サービスのモジュール分割と相手国に対する最適化された再構築の実施を担う主たるプレイヤーであり、インフラ運営（運用）までを担う総合的なプレイヤーの出現が必要となってきた。

9. 2 日本のインフラ輸出における4つのシナリオ

重要で確実な事象はシナリオの分岐に依存しない「確実に起こる未来」であり、「国内でのガラパゴス的な製品・サービスの発展」、「国際技術標準整備における日本側のリーダーシップの欠如」が継続するということを前提としている。

一方、重要で不確実な事象は、将来のシナリオを分岐させる要因であり、「不確実な未来」である。「ポータビリティの設計」に成功するか否か、「インフラ輸出における強力な主体」が出現するか否かで、4つのタイプの状態が想定される。



未来は、「重要で確実な牽引力」と「重要で不確実な牽引力」の時間的推移のセットで記述される

図 9-1 日本のインフラ輸出における「確実に起きる未来」と「不確実な未来」

2つの変数の組合せからは、4つの状態が規定される。「インフラ輸出における強力な主体の出現」は、相手国におけるコーディネーション能力の強弱を示しており、案件に対するBuy-sideのコンサルティングから、Sell-sideのチームフォーメーションまでを含む幅広い概念としてここでは設定している。ポータビリティの設計は、日本の強みを抽出して再構築可能な状態に再設計できるか否かという点を問題にしている。以下、4つの状態を説明しておく。

ポータビリティの設計			
		設計できる	設計できない
インフラ輸出における強力な主体の出現	出現する	理想のインフラ供給者 ・日本の強みを生かしたインフラ輸出 ・コンサルから運用までをカバーする強力な事業者 ・日本の運用ノウハウを最適化した形で相手国に移植	弱いインテグレーター ・強みがなく、価格競争に巻き込まれる ・日本の製品・サービスに関係なく、インフラ事業を請け負う。 ・コンサル能力、運営ノウハウで競争力を発揮する
	出現しない	モジュール・プロバイダー ・全体ではなく、部分を供給 ・日本の強い部分の輸出としては成功 ・モジュールのみの供給のため、競争力の維持が課題	入札の敗退者 ・日本の強みを発揮できず ・日本型システムをそのまま移植しない限り、インフラ輸出が成立しない。 ・途上国に対して、全体システムを輸出する場合のみ有効

図 9-2 日本のインフラ輸出：4つのシナリオ

理想のインフラ供給者：国内におけるガラパゴス的なインフラの発展を活かす形で、全般的には国際技術標準におけるリーダーシップが発揮できないなかでも、輸出のターゲットとなる製品やサービスにおけるモジュール設計の工夫により、ポータビリティの設計が実現し、日本に優位性のある製品やサービスが、運営ノウハウとともに相手国のインフラに組み込み可能な形で提供される。同時に、強力なコーディネーターが上流のコンサルティングから、受注・納入・運用までをマネジメントするため、日本が目指す理想のインフラ輸出が実現する。

弱いインテグレーター：国内におけるガラパゴス的なインフラの発展には対応しつつも、一般的には国際技術標準におけるリーダーシップが発揮できず、かつ輸出のターゲットとなる製品やサービスにおける受入国側の採用する技術標準に対応可能なモジュール設計の工夫に失敗し、日本で実現している製品・サービスが相手国に適した形で組み込むフレキシビリティを獲得できない状態が続く。こうした状況下でも、インフラ輸出のプッシュ政策により、国内でインフラ運営ノウハウを持つ強力なコーディネーターが上流のコンサルティングから、受注・納入・運用までをマネジメントするが、アドバンテージのない入札を実施することになり、価格競争に巻き込まれる。運営ノウハウを持つ強力な主体が、インフラ輸出に直接関与するスキームであったとしても、日本が優位性のある製品やサービスが移転できず、結果的に競争力のない弱いインテグレーターとなる。

モジュール・プロバイダー：国内におけるガラパゴス的なインフラの発展を活かす形で、一般的には国際技術標準におけるリーダーシップが発揮できないなかでも、輸出のターゲットとなる製品やサービスにおけるモジュール設計の工夫により、ポータビリティの設計が実現し、日本に優位性のある製品やサービスが、運営ノウハウとともに相手国のインフラに組み込み可能な形で提供される。しかしながら、国内インフラ運営経験を有する輸出主体や海外でのインフラ運営経験を持つ輸出主体が受注を目指すグループに関与せず、受注に必要なコーディネーション能力を伴わないため、システム全体への関与はできず、部品供給者に留まる。

入札の敗退者：国内におけるガラパゴス的なインフラの発展には対応しつつも、一般的には国際技術標準におけるリーダーシップが発揮できず、かつ輸出のターゲットとなる製品やサービスにおける受入国側の採用する技術標準に対応可能なモジュール設計の工夫に失敗し、日本で実現している製品・サービスが相手国に適した形で組み込むフレキシビリティを獲得できない状態が続く。加えて、国内インフラ運営経験を有する輸出主体や海外でのインフラ運営経験を持つ輸出主体が受注を目指すグループに関与せず、受注に必要なコーディネーション能力を伴わないため、入札の敗退が続く。

インフラ輸出の現状は、インフラの種類により4つの状態のどれに該当するかは異なってくるであろう。また、状態としてポータビリティの設計が部分的にできているといった中間状態、インフラ輸出における強力な主体が設定できたりできなかったりという場合もあり、中間的な位置づけにいるケースもあると想定されるが、これらは「理想のインフラ供給者」と「モジュール・プロバイダー」の中間的位置づけといった解釈をしていくことで対応できよう。

「4. 3. 1 ガラパゴス状態からのリバース・エンジニアリング」で、ガラパゴス状態からの展開可能性を検討するためのチェックリストを下記のように列挙したが、日本の社

会インフラの事例解析を実施する場合に、下記の設問に対して、その内容をチェックしていくことにより、日本の優れた社会インフラを海外に持ち込む場合のハードルが何になるのか、4つの状態のどれに該当しているのかをプロファイリングすることができ、また障害となっている状態を解消し、より望ましい状態に遷移するための方策を検討する糸口を与える。

- ・特定のインフラにおいて、何に特徴的で優れた製品やサービスなのか
- ・その製品・サービスは、どのような相互依存性の中で発展したものか、それとも容易に他国に転用できるポータビリティを有しているか。他国に移植しても同様の優位性を発揮するか
- ・製品・サービス特性は抽出して転用し、他国の需要特性や産業構造の中で再構築する際にどのような障害があるか
- ・インフラ輸出の日本側のコーディネーターに求められる能力・経験は何か、とりわけポータビリティとの関連ではどのような能力が要求されているか？

本レポートでの水道、鉄道、トンネル工事、IC カードなど個々のインフラ分析においても共通の分析視点は、各々のインフラ輸出が現状、どの状態にあるのかを推定するのに貢献している。

9. 3 本章のまとめ

本章では、社会インフラ整備における構成要素として、「需要特性」、「産業構造」、「製品・サービス特性」の3つを設定し、これらが相互に関係しあい、調整されることにより最適化された状態で、社会インフラが整備されることを出発点として、構築された社会インフラと同様のインフラを異なる社会や国に適用しようとする際には、インフラを構成する製品・システム・サービスを分解して、再構築する必要があること、高度に最適化され過ぎると、分解して転用し再構築することが不可能な状態（ガラパゴス状態）に陥ることを示した。サブシステムの移転可能性、システム全体のパフォーマンス、「需要特性」、「産業構造」、「製品・サービス特性」の3つの相互依存性を用いて、ガラパゴス状態を定義し、これにより異なる種類のインフラ輸出を同じフレームワーク下での議論を可能とすると同時に、インフラ輸出の成否を左右する重要なパラメーターとして、「ポータビリティの設計」、「インフラ輸出における強力な主体の出現」を想定し、これにより出現する4つの状態について、考察を加えることにより、個々のインフラ輸出を事例分析する際の状態についての分類を提供した。

（加納）