

インドにおける社会インフラ研究開発の課題

Challenges for Social Infrastructure R&D in India

N. Vinoth Kumar

広大な国土を持つインドでは社会インフラへの投資が増加している。グローバル企業にとっては、インドの広大さと、それがもたらす経済的・文化的・地理的・環境的・政治的な多様性への対応が重要な課題である。特に製品やソリューション、サービスをインド市場に適合させるためには、部分的な変更だけで十分か、あるいは大幅な再設計が必要であるかの判断が欠かせない。

インド市場では、広い分野において現地企業とグローバル企業が競合しており、それぞれが競争における独自の強みを有していることを踏まえると、市場の多様性に対応するためだけでも、製品、ソリューション、またはサービスの再設計が求められる場合がある。再設計にあたっては、(1) マスカスタマイゼーションによって機能や価格設定を調整できるか、(2) 過酷な動作環境に製品が耐えられるか、(3) 多様なエンドユーザーにインタフェースが対応できるか、といった課題がある。こうしたインド向けの再設計プロジェクトには、現地の知識が豊富で、インド社会の多様性に精通する現地の研究者が最適である。

1. はじめに

インドにおける社会インフラへの投資額は5年ごとに倍増しており、5か年計画の12回目である2012年～2017年には1兆ドルの予算が用意されている¹⁾。また、投資先は、セクター(電力、運輸、水処理など)、州(グジャラート州、タミル・ナドゥ州など)、共同体の種類(農村部、郊外、都市部)というように多くのカテゴリーに分かれ、政府全額援助のプロジェクトとPPP(Public Private Partnerships: 公民提携)のプロジェクトがある。政府援助によるプロジェクトは、低所得層(特に農村部の住民)のニーズを重視し、PPPは都市インフラの改善によって中流・富裕層のニーズを満たそうとするものである。

このことからインドにおいては、価格の安さを最も重視する層を一方の極におき、もう一方の極には最新鋭の機能

を求める層をおく、多様な消費者に技術を合わせる事が重要な課題となる。グローバルなインフラ企業は、競争力を維持するために製造拠点と研究開発(R&D)センターの現地化を進めているが、インド全土のインフラ市場に対応するには、現地生産と現地への適合を通じてコスト削減を図るだけでは不十分である。多様で移り変わりの早い大規模な社会のニーズに対応するプラットフォームを構築するためにも、再設計は必須である。

本論文では、インフラ技術に見られる五つの発達段階(インフラ未整備、不安定なインフラ、低信頼インフラ、高品質インフラ、フェイルプルーフインフラ)について考察する(図1参照)。同図では、電力インフラを例に挙げ、ターゲットとする配電線電圧の二乗平均平方根(RMS: Root Mean Square)を点線で示してある。インフラ整備の第1段階は地域に電力インフラがない段階、第2段階は電力供給の品質・可用性が不安定な段階、第3段階は可用性が向上したものの品質が低い段階、第4段階は電力は高品質だが自然災害や特殊な事態が起きると供給が途絶える段

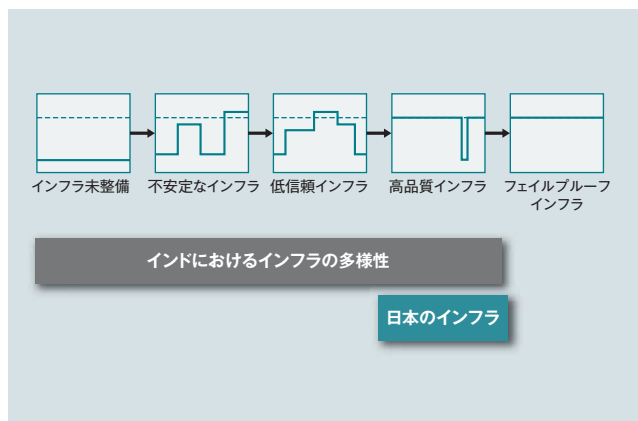


図1 | インフラ整備の5段階

一貫して高品質なインフラが整備されている日本とは異なり、インドのインフラ整備は一定ではなく、さまざまな段階が混在している。

階、第5段階は品質および可用性の両方が保証されているシステムをさす。第5段階は理想的と思えるが、これを実現するためにはシステムの冗長構成を求められる場合もあり、その非効率さが価値の低下を招くこともある。

こうした状況を踏まえたうえで、インフラの第1段階から4段階がいずれも残っている国において、第4段階にある社会インフラを操作するために発達した情報制御システムが、果たして理想的かどうかを検討する必要がある。あるいは、第1段階から第5段階の多様なインフラ整備状況にまとめて対応できるよう、システムを再設計する必要もあると考えられる。

ここでは、インドにおけるこのような社会インフラ研究開発の課題と日立グループの取り組みについて述べる。

2. 多様性に向けた再設計

ソリューション案として、単純にシステムをインド市場の法規制要件または入手価格に関するニーズに適合させるのにとどまらず、多様性または多様性に向けた変革（ダイバーシティイノベーション）に向けてシステムそのものを再設計することが考えられる。以下では、再設計にあたって考慮すべき三つの重要な点について述べる。

2.1 マスカスタマイゼーションに向けた設計

市場の多様さから、インフラシステムとコンポーネントの価格と機能に対する期待は一樣ではなく広範囲にわたる。市場には、効率と信頼性を重視する層があれば、機能よりも価格を重視する層もある。こうしたインドの多様な要件に対応するにあたっては、バリエーションと構成を管理するツールを活用したカスタマイズ可能な設計を採用す

ることにより、競合に対する優位を確保できる。例えば、単一の情報制御システム設計をベースとして、インフラ発達の各段階（未整備、不安定、低信頼、高品質）で生じるニーズに合わせたスケールアップやスケールダウンを可能にしておくといったことである。これは、ソフトウェアおよびハードウェアアーキテクチャを、再構成や数学モデル化のしやすさの視点から、再検討および再編成することで実現可能である。情報制御システムの技術の大部分はソフトウェアとアルゴリズム関連であるため、マスカスタマイゼーションへの対応にはソフトウェアが重要である。

Krueger²⁾は、ソフトウェアのマスカスタマイゼーションを適用する際のモデルを幾つか示している。「抽出モデル」(extractive model)は、複数の製品の各機能を集めて単一の製品に集約し、そこから複数の変種を作るように構成を展開する手法であり、「先取りモデル」(proactive model)は、構成をカスタマイズ可能な単一製品のために、アーキテクチャや設計を新たに作り出すアプローチである。もちろん、再設計に際しては抽出および先取りの両モデルを検討できるが、実際の選択では、再設計のために時間と人材をどれだけ費やせるかが影響する(図2参照)。時間と人材に限りがある場合には抽出モデルが適しており、先取りモデルは、長期的な実現目標を視野に入れたリバースイノベーション向け新製品の開発に有効である。

インドの状況に応じたカスタマイズが可能なアーキテクチャとプラットフォームの構築には、インフラ整備の各段階において情報システムが有効に機能するように、現地の情報とカスタマイズオプションが必要となる。制御システムのハードウェアを現地で生産する場合、製品の価格を抑えつつ、旧式な部品に伴うリスクを軽減するため、ハード

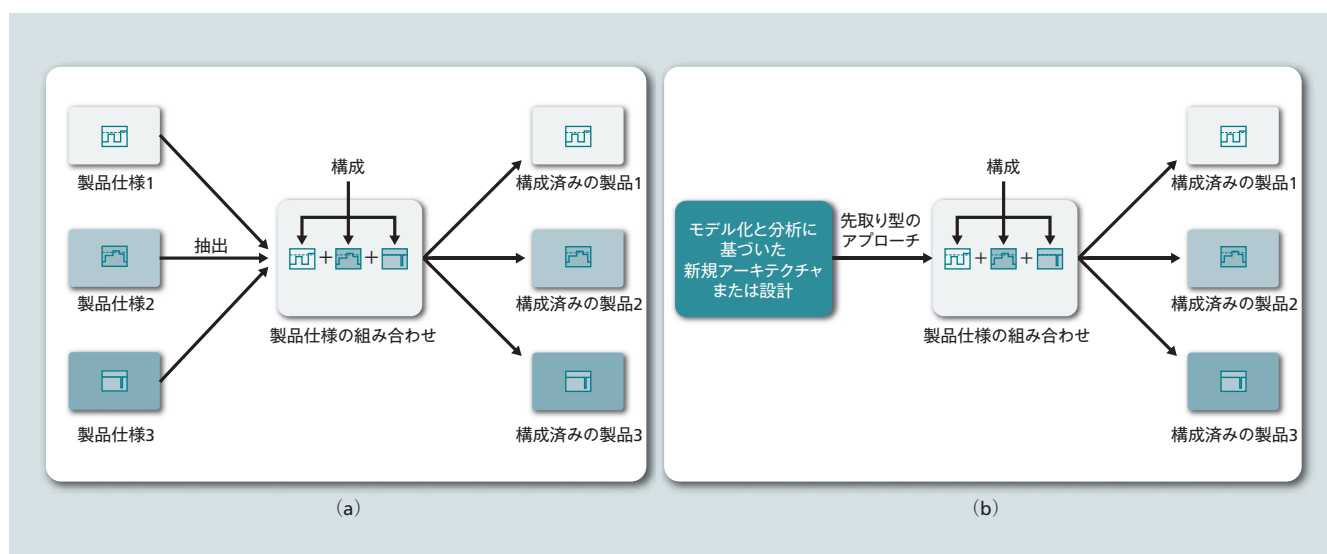


図2 | Kruegerの抽出モデル(a)と、先取りモデル(b)をインドにおけるインフラのソフトウェアマスカスタマイゼーションに適用した場合の例
異なる構成を可能にするため、抽出モデルには既設製品と機能の研究が必要であり、先取りモデルには新たなアーキテクチャを創造するための重要なイノベーションと分析が必要である。

ウェアの再設計に際して、以下の選択肢を考慮する必要がある。

(1) 基幹となる部品を複数のサプライヤーから調達できるよう、ハードウェアプラットフォームを再設計する。Porter³⁾は、業界分析の枠組みの中で、業界における競争力を損なう5大要素の一つとして「サプライヤーに交渉の場での優位を与えてしまうこと」を挙げている。インド市場では、日立のシステムを手ごろな価格に設定して競争力を維持する必要があるが、そのためのアプローチの一つとして、異なるサプライヤーからのコンポーネントを使用できるようにハードウェアプラットフォームを再設計する必要がある。

(2) 機能に余裕を持たせることが求められ、しかもスケーラビリティの提供が必須である場合には、省略可能なセンサーを数理モデル化で代替することにより、より手ごろな価格の製品バリエーションを用意可能である。

例えば、日立インド社のインフラシステムグループでは、スマートグリッド、鉄道管理、インテリジェントウォーターシステムを推進しているが、現地の状況に適応し、インド市場に合わせたハードウェアおよびソフトウェアのマスカスタマイゼーションを実現するために制御盤の再設計を検討している。

2.2 耐性を考慮した設計

制御システムの設計にあたっては、まず入出力の特性を定義する。高品質なインフラ向けに設計された制御システム装置では、入力（電圧、電流、周波数など）が一定の品質を満たしていることを前提としている。しかし、インフラ整備の第1段階から第4段階が混在している環境では、より低い品質の入力でも許容されるようなシステムを設計する必要がある。異なるサプライヤーからのコンポーネントを使用できるようにハードウェアプラットフォームが再設計されている場合は、これに加えて、コンポーネントの誤動作が許容されるようシステムを設計する。障害の重大性はさまざまであるが、発生箇所によって、(1) 電源または入力側、(2) 負荷または出力側、(3) システム内部のコンポーネントまたはサブシステムレベルの3グループに大別できる（図3参照）。

インドの場合は、入力および出力の特性が予測不可能であり、現地調達したコンポーネントやサブシステムの障害モードが不確かなため、(1) 上記3タイプの障害発生箇所における障害重大度を積極的に検知し、(2) 障害発生時にも動作し続けるか、または直ちに警告を発する技術は、装置の耐用年数を延ばすという点で付加価値がある。現在主要な位置を占めている設計には、こうした技術が採用され

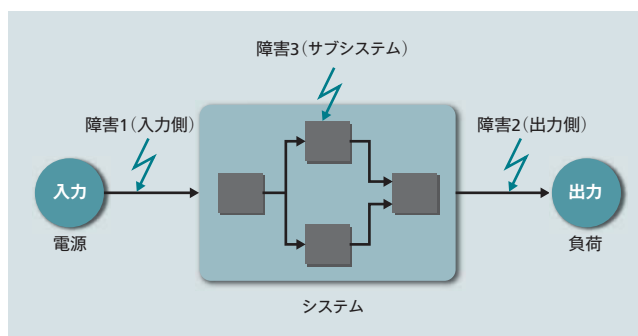


図3 | 耐性が必要なシステム障害の種類

障害は、入力側、出力側、または内部のサブシステムで発生しうる。さまざまな障害に対応できる耐性を備えたシステムを設計する必要がある。

ていることが多い。通常、新しいシステムは既設のセンサーインフラと共存できるように選択する必要があるが、上記の積極的なセンサー検知および障害耐性を遠隔操作で実現できるよう、制御システムを動的に構成するアプローチにも将来性が感じられる。

そうした一例がHitachi Hi-Rel Power Electronics Pvt. Ltd. (HHPE) である。インド全土にインバータとドライブを供給しているが、その設置箇所ごとに状況はさまざまであり、停電が年間で数件しかなく、電源側および負荷側の過渡電流とTHD（Total Harmonic Distortion：全高調波ひずみ）の限度が許容範囲内の場所もあれば、一方では日常的に停電が発生し、システム内の電子機器の寿命に影響が及びそうな過渡電流とTHDが電源側や負荷側で発生する場所もある。こうした状況への対処として、コントローラモジュールに動的な制御システムを組み込み、外乱特性を学習することで（能動フィルタの変数を介して）、状況に応じた耐性を提供したり、最悪の想定に応じた総合的な耐性を提供したりするといった方法がある。

2.3 エンドユーザー向けインタフェース

日本語の「ボカヨケ」という言葉は、システムの誤操作を予防するように作られたフェイルセーフなシステムをさす用語として世界的に使用されている。その一方で、運用条件の多様性を超えて、システムの効果的な使用を促す概念を打ち出す必要も感じられる。社会インフラプロジェクトは、社会の中で機能する必要があるため、インフラを効率的に利用できるかどうかは、地域文化や識字率などの要因に影響される。そのため、再設計にあたっては、インドのさまざまな人に対応できるユーザーインタフェースを検討し、提供する必要がある。

ここで日立NeSTコントロールシステムズ社（HNC：Hitachi NeST Control Systems Pvt. Ltd.）を例に挙げると、このDCS（Distributed Control System：分散型制御システム）はインドの電力会社で使用されているが、DCSの操作

者は、一連のプロセスが画像やアニメーションで示されるユーザーインターフェースを好む傾向があるという。また、インドの電力会社からは、業務に従事している操作者の注意がそれるのを防ぐために、PC (Personal Computer) にインストールされているほかのアプリケーションをユーザーが開けないよう、ユーザーインターフェースを変更してほしいという独特な要望も挙がっている。

インドでは、社会インフラのユーザーインターフェースに関するニーズも多様である可能性があり、このようなニーズへの対応を通じてユーザー体験を豊かにすることができる。多様なニーズを満たすには、上述のとおりマスカスタマイゼーションによる構成のバリエーションで対応できる場合もあるが、特殊な要件の中には、設計段階でユーザーの要望を反映させることが必要なものもあると思われる。

日立グループの情報制御システムのユーザーインターフェース設計に、ユーザー自身に関与できるよう、認証の仕組みを整えたとえ、簡単なツールチェーンを開発することも可能であろう。

3. 多様性に向けた革新のために必要な研究者

再設計によってインドの多様性に対応すること、およびその課題と可能な手法について説明したところで、次に検討すべき重要な点は、再設計作業に従事する適切な人材の選定である。

多様性への対応を通じて変革を実現するためには、この多様性の表層および深層の両方を理解している現地の研究者が理想的である。再設計プロセスには、広範な地域データの収集と多様な様式・言語による現地コミュニケーションが伴い、構造化されていない地域データをモデル化、およびシミュレートするための数学的能力も必須である。以下に要点を挙げる。

- (1) インドは国全体の数学的能力が高く、多言語社会である。現地の研究者であれば、多様性に伴う課題を解消できる可能性がある。
- (2) 日立インド社R&Dセンタの目的の一つは、インド工科大学 (IIT) やインド経営大学 (IIM) など、国際的評価の高い研究機関との連携を通じて、研究ネットワークを強化することである。上記のような機関出身の人材を採用することは、協力体制の強化につながる。
- (3) Hofstede⁴⁾ は五つの文化次元に基づいて「国民文化」を分類している (図4参照)。インド文化と日本文化は「不確実性の回避」という点で最も大きく異なる。すなわち、厳しい規律や行動規範を重視する日本文化とは対照的に、インド文化は不明瞭さや不確実さに対して寛容であると言える。インドのような国で多様性に向けた革新を推進するに

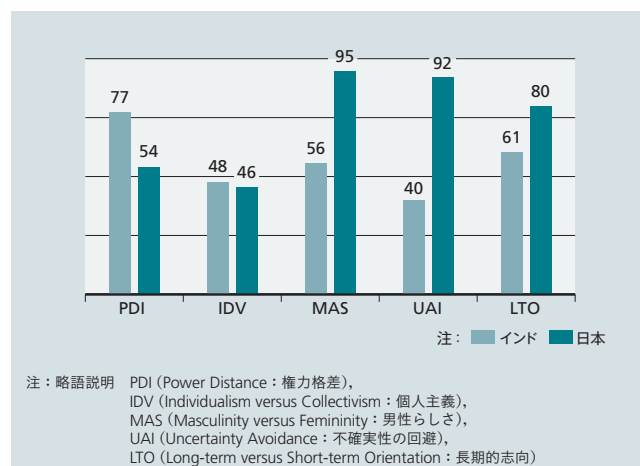


図4 | Hofstedeの文化次元に基づいたインド文化と日本文化の比較
インド文化と日本文化は「不確実性の回避」という文化次元で最も大きく異なる。

は、「不確実性の回避」傾向が低いことが重要な文化的資質となる。

4. おわりに

ここでは、インドにおける社会インフラ研究開発の課題と日立グループの取り組みについて述べた。

インドの社会インフラ市場に参入しようとする企業は、多様性に向けた革新の必要性について検討する必要がある。これは単に、環境や条件にシステムを適合させるという意味ではなく、インフラ整備の各段階に対応できるようシステムそのものを再設計するという考え方である。再設計にあたっては、マスカスタマイゼーション、運用環境への耐性、および多様なユーザーグループのニーズを満たすインターフェースをサポートする共通のプラットフォームを介して、インド市場の多様なニーズに対応することを重視する必要がある。

日立インド社R&Dセンタは、市場の多様性に応えるイノベーションを推進するため、インドという地域・市場の多様性をよく知る現地出身の優秀な研究者を積極的に採用していく。

参考文献など

- (1) Planning Commission, Government of India : Approach to the Twelfth Five Year Plan (2011)
- (2) Krueger, C.W. : Software Mass Customization, BigLever Software, Inc. (2006.3)
- (3) Porter, M.E. : The Five Competitive Forces That Shape Strategy, Harvard Business Review (2008.1)
- (4) Hofstede G : National Culture, <http://www.geert-hofstede.com/>

執筆者紹介



N. Vinoth Kumar

2011年日立インド社入社、R&Dセンタ 所属
現在、社会インフラの研究計画に従事