資金制約とリスクの下での途上国における交通インフラ投資配分モデル

東京工業大学国際開発工学専攻　学生会員　オンパンダラ　パンパキット
東京工業大学国際開発工学専攻　正会員　　上田　孝行

1　はじめに

開発途上国にとってインフラ整備は公共政策の中で最も重要な位置を占めている。世銀によると、開発途上国の 50%以上の GNP は大都市に集中している。その内の 15～25%は交通部門に投資されており、先進国に比べて数倍にもなる。これは国民一人当たり 5～１0%(大都市の貧困層の 25%以上)の所得を占めている。この重要な交通インフラ投資は資金制約とリスクという問題を抱えている。一方、様々な理由で道路部門に過剰な投資が行われる傾向がある。この不均衡な投資配分は交通混雑や環境悪化の他にも、生産性にマイナス影響を与えると指摘されている(例えば、伊多波・斎藤（1999）など)。そこで、本研究では資金制約とリスクを考慮して国民の効用が最大となるような交通部門間の投資配分モデルを構築し、災害リスク、建設リスク、そして物価リスクの伴う場合について解析を行う。

2　交通インフラ投資とリスク

本研究では、開発途上国における交通インフラ投資に大きな影響を与える代表的な建設・災害・物価リスクを考慮する。開発途上国での道路投資の建設コスト・オーバーラン率が比較的小さいため、道路の伸び率が圧倒的に高い傾向がある。さらに各交通部門のストックが少ないために災害による損失率は大きいと予想できる。また、インフラ建設に用いられる材料の多くは海外から輸入されるために、物価リスクによる影響は大きいと考えられる。

3　モデル構築および解析

本研究では、開発途上国における政府、家計、そして企業の特徴に着目し、各主体の行動をモデル化した。家計は企業に労働と資本を提供し、賃金と配当所得を取得する。そして、政府は家計から徴収した税金に、開発途上国の特徴である国際機関からの資金援助を加え、交通インフラを提供するという単純な構成となっている。また、政府は効用を最大化する行動をとるとする。

効用最大化（西村（1990））：

$$\max_{c,u_i} \sum_{t=0}^{T} \beta^t \cdot (N_o(1+n)^t) \cdot c(t) \qquad (1)$$

$$s.t. \begin{cases} p_c(t)R_4(t)c(t) + m = (w_o(1+w)^t)l(t) + \phi \\ l(t) = \Omega = const \\ A \cdot S_1^{e^{S_1}}(t) S_2^{e^{S_2}}(t) S_3^{e^{S_3}}(t) \left(N_o(1+n)^t \cdot \Omega\right)^{e^L} K^{e^K}(t) = \\ \qquad R_4(t)\left[(N_o(1+n)^t) \cdot c(t) + I_K(t)\right] + I(t) \\ I(t) + R_1(t) = R_3(t)\left[(N_o(1+n)^t) \cdot m + \varphi(t)\right] \\ u_1(t) + u_2(t) + u_3(t) = I(t) \\ \dot{K}(t) = I_K(t) - \delta_K K(t) \\ \dot{S}_i(t) = u_i(t) - (\delta_i + R_2(t)) S_i(t) \end{cases} \qquad (2)$$

β：主観的割引率
N_0：家計数 (初期人口)
n：人口成長率
c：個人の財消費量
p：財の価格
l：労働時間
w：賃金率
m：一括税
ϕ：配当所得
I：交通インフラ投資の資金制約
φ：国際機関からの借款(援助)
S_i：各交通インフラストック
K：民間資本ストック
I_K：民間資本投資
u_i：各交通インフラ投資
δ_K：民間資本ストックの減価償却
δ_i：各インフラストックの減価償却
R_1：災害リスク
R_2：建設リスク
R_3, R_4：物価リスク
$i \in \{1,2,3\}$：{道路、鉄道、その他}
$A, e^{S_1}, e^{S_2}, e^{S_3}, e^L, e^K$：パラメータ

各リスクの伴う場合の交通インフラ投資配分を解析する。次ページに、一例として災害と建設リスクが共に発生する場合の一般最適解を示す。

キーワード：　インフラ投資、投資配分
〒152-8550　　東京都目黒区大岡山 2-12-1

$$
\begin{aligned}
\Rightarrow u^*_1(t) &= \frac{1}{\left(p_x \cdot J_1^t + (1-p_x)\right)} \cdot \frac{e^{S_1}}{e^{S_1}+e^{S_2}+e^{S_3}} \Big\{ \Big[(N_o(1+n)^t)\cdot m \ + \varphi(t) \Big] - \Big(\frac{e^{S_2}+e^{S_3}}{e^{S_1}}\Big)(1-(p_y^{t+1}M_1^t + (1-p_y^{t+1})\delta_1))S_1(t) \\
&\quad + (1-(p_y^{t+1}M_2^t + (1-p_y^{t+1})\delta_2))S_2(t) + (1-(p_y^{t+1}M_3^t + (1-p_y^{t+1})\delta_3))S_3(t) \Big\} \\
\Rightarrow u^*_2(t) &= \frac{1}{\left(p_x \cdot J_2^t + (1-p_x)\right)} \cdot \frac{e^{S_2}}{e^{S_1}+e^{S_2}+e^{S_3}} \Big\{ \Big[(N_o(1+n)^t)\cdot m \ + \varphi(t) \Big] - \Big(\frac{e^{S_1}+e^{S_3}}{e^{S_2}}\Big)(1-(p_y^{t+1}M_2^t + (1-p_y^{t+1})\delta_2))S_2(t) \\
&\quad + (1-(p_y^{t+1}M_1^t + (1-p_y^{t+1})\delta_1))S_1(t) + (1-(p_y^{t+1}M_3^t + (1-p_y^{t+1})\delta_3))S_3(t) \Big\} \\
\Rightarrow u^*_3(t) &= \frac{1}{\left(p_x \cdot J_3^t + (1-p_x)\right)} \cdot \frac{e^{S_3}}{e^{S_1}+e^{S_2}+e^{S_3}} \Big\{ \Big[(N_o(1+n)^t)\cdot m \ + \varphi(t) \Big] - \Big(\frac{e^{S_1}+e^{S_2}}{e^{S_3}}\Big)(1-(p_y^{t+1}M_3^t + (1-p_y^{t+1})\delta_3))S_3(t) \\
&\quad + (1-(p_y^{t+1}M_1^t + (1-p_y^{t+1})\delta_1))S_1(t) + (1-(p_y^{t+1}M_2^t + (1-p_y^{t+1})\delta_2))S_2(t) \Big\}
\end{aligned}
\tag{3}
$$

ここで、J=コスト・オーバーラン率、p_x, p_y=災害、コスト・オーバーランが発生する確率、
M＝全損失率（災害による損失率+減価償却率）とする。

この様に、災害による交通ストックの損失率、建設コスト・オーバーランによる予算制約の変化を考慮し交通インフラ投資を決定する式が得られた。

4　数値シミュレーション

投資配分モデルの適用性を検討するために、仮想的なアジア途上国データセットを作成し、各リスクを考慮した場合の数値シミュレーションを行った。それらのリスクが 40 年間での投資配分に与える影響や交通ストックと GDP の関係を調べた。

一例として、物価リスクの有無を考慮した場合の投資配分の変化を示す。 図１のように、物価指数の逆数=1 に比べて指数の逆数=0.8 の場合では物価上昇によって投資予算の価値が下がるために、各部門への投資配分は低下することがわかった。

また、図２のように物価リスクあり-なしでの影響は後期発展段階ほど、交通ストックのギャップが次第に小さくなるが、GDP に与える影響は大きくなることが分かった。

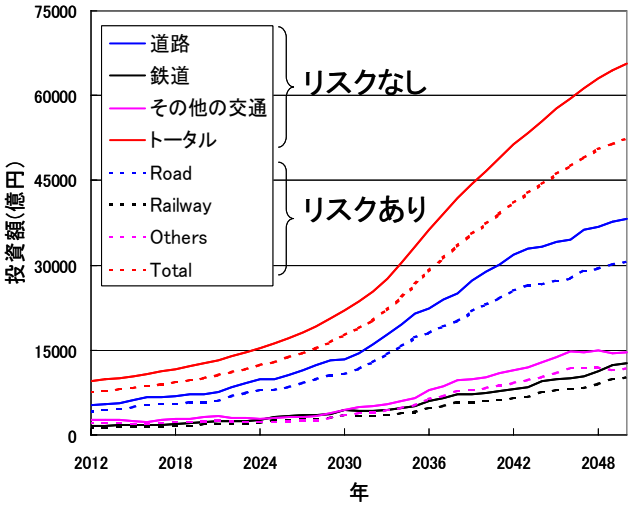

図１：物価リスクを考慮した投資配分

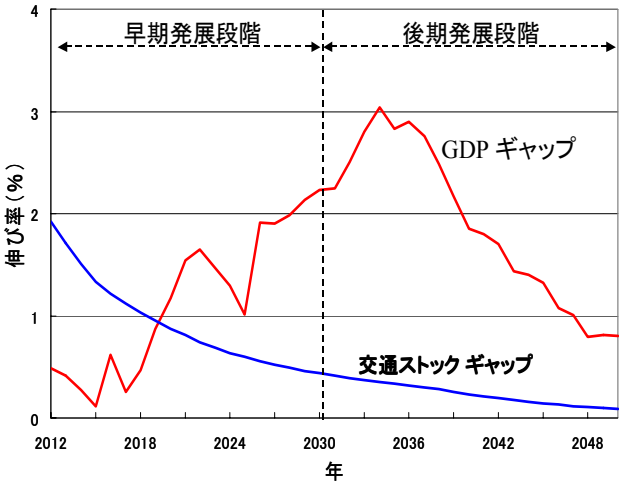

図２：交通ストックと GDP の伸び率のギャップ

5　結論

①　資金制約とリスクを考慮した交通インフラ投資配分モデルを構築した。

②　数値シミュレーション結果から、GDP への災害・建設リスクの影響は、早期発展段階ほど大きいことが分かった。GDP への物価リスクの影響は、後期発展段階ほど大きくなることが分かった。

今後の課題としては、交通インフラのほかに、その他の社会資本および地域間（都市と地方）を考慮したモデルへの拡張が必要である。

【参考文献】

1. 伊多波良雄、斎藤英則：社会資本ストックと民間資本ストックの推計、同志社政策科学研究創刊号 pp.67-90（1999）
2. 三井清、太田清：社会資本の生産性と公的金融、日本評論社（1995）
3. 西村清彦：経済学のための最適化理論入門、東京大学出版会（1990）