

児玉 文雄（埼玉大学政策科学研究科）

村岡 徹（埼玉県庁）

1. 目的

産業における技術革新と比較してあまり研究がなされていない公共部門における技術革新の普及率の推移を分析することにより、普及速度に影響を与える要因を考察することを目的とした。

2. 分析対象

技術革新の成果品のうち、公共部門でも活用されているものの一例として、コンピュータ・システムを取り上げ、地方公共団体（主として都道府県）への普及を適用業務別に分析した。

3. 分析の方法

技術革新の普及曲線を説明するモデルとしてしばしば使われるロジスティック型モデルと、採用者の規模による採用時期の違いを組み込んだモデル（技術革新の特性の違いによる2種類のバリエーションを持つ）への、現実のデータの適合を比較することにより、普及曲線の形を決める要因を考察した。

4. モデル

(1) ロジスティック型モデル

最も単純なロジスティック型モデルは、相互交流などを通じた情報の伝達に従って、あたかも伝染病が広がるように普及が進んでいくとするものである。時点 t における新技術の採用者数を m_t とし、既に採用している者を含めて、採用する可能性があるもの全体の数を n とする。（単純化のため、 n は全期間中変化しないものとし、普及期間は間隔 Δt で等分しておく。）

各期において新たに採用する者の数は、採用する可能性をもつ者のうちまだ採用するに至っていない者の数が多いほど、また情報の得やすさや競争上の理由から既に採用している者の比率が高いほど、多くなるであろう。そこで、

$$m_t - m_{t-1} = b (n - m_t) (m_t / n) \Delta t$$

と仮定し、 $\Delta t \rightarrow 0$ と考えれば、

$$d m_t / d t = b (n - m_t) (m_t / n)$$

になるが、これを解けば、 a を積分定数として、

$$m_t / n = (1 + e^{-a - b t})^{-1}$$

が得られる。すなわち、普及率 m_t / n は時間 t についてロジスティック曲線を描くことになる。

(2) 対数正規分布および正規分布の分布関数型（S. ディヴィス）

この2種類のモデルは、個々の採用者の意志決定を組み込んだモデルの2つのバリエーションである。意志決定にあたっては、その時点での投資の回収期間を予測し、許容できる回収期間より短ければ採用するという方式を取ると考

える。この投資の回収期間の予測値と許容限界値を決める要素は、技術革新の特性、採用を検討している者の規模、その他の決定的ではない諸々の要因の3種類とする。

① 技術革新の特性

技術革新は、それを採用することによる効果の現れ方によって大きく2種類に分類できるとする。すなわち、技術的に比較的簡単で、初期から学習効果が認められるが、長期的には学習効果は少なくなるような性格の技術革新（Aタイプの技術革新）と、技術的に比較的複雑で、初期にはコストも多くかかり学習効果もゆっくりとしか現れないが、あとになるとずっと大きな学習効果が出てくるような技術革新（Bタイプの技術革新）である。

② 規模

採用を検討している者自身の規模は、採用を決めるかどうかに大きく影響する。通常、規模が大きいほうが、スケール・メリットがあり投資の回収期間が短く、許容できる期間が長く、従って、早く採用する可能性が高い。

③ その他の諸々の要因

その他、様々な要因があるが、全体の普及率への影響という点では、単一の要因としては決定的な役割を果たすものはないとする。

そこで、 $E R_{it}$ を採用可能性を持つ者 i が時点 t において行う回収期間の予測値、 R^*_{it} を i が時点 t において、受容できると考える回収期間の限界値とすると、 i が t 時点で新技術を採用している条件は、

$$E R_{it} \leq R^*_{it}$$

となる。ここで $E R_{it}$ は、①～③に対応して、技術革新の性質などすべての採用者に共通の事情を反映した要因を $\theta_{1(t)}$ 、採用者 i の規模を S_{it} 、その他多数の個別要因を X_{ijt} 、それら個別要因を総合したものを $e_{1it} = \prod_j X^{o(1)}_{ijt}$ とすると、

$$E R_{it} = \theta_{1(t)} S_{it}^{b(1)} e_{1it}$$

と書け、 R^*_{it} は、すべての採用者に共通の事情を反映した要因を $\theta_{2(t)}$ 、規模以外の様々な個別要因の影響を $e_{2it} = \prod_k Y^{o(k)}_{ikt}$ とすると、

$$R^*_{it} = \theta_{2(t)} S_{it}^{b(2)} e_{2it}$$

と書けるとする。これから採用条件は、

$$E R_{it} / R^*_{it} = [\theta(t) S_{it}^{b(2)-b(1)} e_{it}]^{-1} \leq 1$$

となる。ただし、 $b = b(2) - b(1) > 0$ 、 $\theta(t) = \theta_{2(t)} / \theta_{1(t)} > 0$ 、 $e_{it} = e_{2it} / e_{1it} > 0$ である。更に $S_{cit} = (\theta(t) e_{it})^{-1/b}$ とおくと、

$$S_{it} \geq S_{cit}$$

と書き直せる。すなわち、 S_{cit} が技術革新を採用する者の規模の限界値を示し、採用可能性を持つ者 i の規模が $S_{it} = S_t$ として与えられたとき、 i が新技術を時点 t までに採用している条件付き確率は、 $S_t \geq S_{cit}$ が成立する確率に等しい。

これより、 S_{cit} の分布、 S_{it} の分布が各 t において決まれば、個々の採用確率を規模別の分布により総合（積分）して全体の普及曲線が求められる。

Scit は ε_{it} に依存した確率分布をするが、 ε_{it} が多数の個別要因の積であることからこれを任意の t において対数正規分布と仮定すれば、Scit も対数正規分布に従う。また、規模 Sit も通常、 t を固定したとき経験的に対数正規分布に従うとみなせる。

更に、①に述べた A タイプの技術革新の場合には、

$$\theta(t) = \alpha t^f \quad (\alpha > 0, 0 < f < 1)$$

B タイプの技術革新の場合には、

$$\theta(t) = \alpha e^{-bt} \quad (\alpha > 0, 0 < f < 1)$$

という形をとると仮定すると、

$$Q_t = N(\log t \mid \mu_D, \sigma_D^2) \quad \dots \quad \text{Aタイプ}$$

$$Q_t = N(t \mid \mu_D, \sigma_D^2) \quad \dots \quad \text{Bタイプ}$$

という、対数正規分布の分布関数および正規分布の分布関数の形の普及曲線が導かれる。ただし、 μ_D, σ_D は、Sit の分布の平均と分散、 ε_{it} の分布の分散及び α, b, f から決まってくるパラメータである。

5. 実証分析

(1) 方法

分析は、以下のようにいずれのモデルも時間を表す変数 t に関して線形になるように変換して、最小 2 乗法を用いる。

① ロジスティック型

$$\log \left((m_t/n) / (1 - m_t/n) \right) = a + b t$$

と変形して最小 2 乗法によりパラメータ a, b を求める。

② 対数正規および正規分布関数型

$F(X)$ を標準正規分布の分布関数として、ある年 t において観測された普及率 DR_t に対し、 $DR_t = F(z_t)$ をみたす z_t を求める。

$$z_t = a + b \log t \quad (\text{対数正規分布の分布関数型})$$

$$z_t = a + b t \quad (\text{正規分布の分布関数型})$$

という形で最小 2 乗法による当てはめを行う。

(2) データ

データは、自治省が毎年（ただし 1969 年から）行っている調査の報告書をもとに一部独自に再集計した。都道府県に関して業務別（表 1 に示す 9 業務）の普及率を求めた。

(3) 結果

都道府県における業務別の普及曲線への当てはめの結果（表 2）を見ると、大量情報処理型の業務には正規分布関数型のモデルが、技術的情報処理型の業務には対数正規分布関数型のモデルが良い適合を示す。

6. 結論及び考察

(1) もともと産業における生産工程の技術革新の普及のモデルとして考えられた対数正規分布関数型および正規分布関数型のモデルが、地方公共団体におけるコンピュータの普及のモデルとしても比較的有効である。それはしばしばロジスティック型のモデルより良く当てはまる。

(2) 技術革新が応用されるにあたっての特性の違いにより、普及曲線の形態が異なってくる。地方公共団体におけるコンピュータの普及では、適用業務によって異なったタイプの普及曲線を描く。

(3) 業務別の普及曲線が2つのタイプに分かれる理由の解明は残された課題であるが、仮説として次のような事柄が考えられる。

大量情報処理型の業務は、処理に必要なマスター・ファイルやテーブルなど様々な初期設定を必要とする。また、処理の流れが変わるので、組織の再編や要員の訓練が必要とされる。それらが整えば、大量のデータの発生に対応することができる。これに対し、技術的情報処理型の業務では、技術的に必要な知識を持った人は必要だが、初期にはそれほど多くの組織的対応は必要とされない。しかし、状況の変化に対応して計算の条件を変える必要があり、飛躍的な効率の向上が望めない。

表1 分析対象業務の内訳

大量情報処理型		技術的情報処理型
人事管理	給与	予測・計画
自動車税	法人事業税	森林計画
起債管理	指定統計	工事設計積算(土木)

表2 業務別普及率：各モデルのR²の比較

区分		ロジスティック 曲線型	対数正規分布 分布関数型	正規分布 分布関数型
人事 管理	利用	0.836	0.832	0.941 ◎
	導入	0.858	0.844	0.925 ◎
給与	利用	0.901	0.819	0.983 ◎
	導入	0.813	0.888 ◎	0.886 ○
自動車税	利用	0.953 ◎	0.740	0.944 ○
	導入	0.774	0.927 ◎	0.900
法人 事業税	利用	0.885	0.922	0.981 ◎
	導入	0.930	0.929	0.990 ◎
起債 管理	利用	0.900	0.780	0.979 ◎
	導入	0.898	0.740	0.941 ◎
指定 統計	利用	0.857	0.842	0.987 ◎
	導入	0.884	0.903	0.971 ◎
予測 計画	利用	0.717	0.960 ◎	0.864
	導入	0.713	0.938 ◎	0.843
森林 計画	利用	0.517	0.835 ◎	0.771
	導入	0.712	0.772 ◎	0.667
工事 積算	利用	0.834	0.982 ○	0.984 ◎
	導入	0.795	0.940 ◎	0.905