

省力設備の投資規模決定

河野 一郎

目次

1. はじめに
2. 前提条件
3. 投資決定式
4. 解析結果
5. 感度分析
6. 不確実性
7. 結論

1. はじめに

自動化・省力化は製造部門，搬送部門，検査部門，包装部門あるいは倉庫部門といった生産システムのあらゆる局面において進められている⁽¹⁾。自動化・省力化の効果と影響の現われ方は多種多様であり，またその程度も状況に応じて異なってくるが，期待できる効果にはつぎのようなものがある⁽²⁾。

- ① 加工時間の短縮および正確化
- ② 生産能力の増大
- ③ 人件費の節減
- ④ 不良品発生の減少
- ⑤ 作業者技能への依存度の軽減
- ⑥ 作業の安全性向上
- ⑦ 加工精度の向上，互換性の増大

省力設備の投資規模決定

- ⑧ 間接諸掛の節約
- ⑨ 製品品質の向上
- ⑩ 納期の短縮化，安定化
- ⑪ 品質管理費用の軽減
- ⑫ 治工具費用の節減
- ⑬ 所要床面積の縮小
- ⑭ 段取時間の減少
- ⑮ 設備の陳腐化の減少
- ⑯ 設備の汎用性の増大
- ⑰ 完成品，仕掛品の在庫量の減少
- ⑱ 設計変更の容易化，迅速化
- ⑲ 余裕時間の短縮
- ⑳ 設計から製作までのリード・タイムの短縮

自動化・省力化のデメリットとしてつぎのようなものがある⁽³⁾。

- ① 多額の資本の固定化（設備投資・取替え）
- ② 固定的な経費（とくに間接費）の増大
- ③ 生産態勢の非流動化（外的変化に即した切替えのしにくさ）
- ④ コントロールの問題（制御ないし管理上の問題）
- ⑤ 人間関係の問題

このように自動化・省力化の効果の内容と程度は、個々の企業の生産システムの形態によって異なってくるし、計数化しにくいものもあるが、本稿では経済性の観点からの考察を試みている。

自動化・省力化によって生産能率の高い設備が増加し、そのために新資本が投下される場合には企業の費用構造は複雑な変化を受ける。その場合、多額の固定費が増加し、他方では生産能率の向上によって変動費が減少し、また変動費の一部は固定費に変化するという結果を生ずる。

自動化・省力化に多額の資本が投下されることによって、資本費，減価償却費，

省力設備の投資規模決定

固定資産税などの固定費や修繕費が増加する。しかし他方では作業者の数が減り、生産能率の増大によって、単位労務費がいちじるしく節減される。また生産速度が速くなり、生産が標準化されることによって仕掛品が減少し、材料運搬費や製品検査費などが節減されてくる。また自動化・省力化が行なわれると、従来の不熟練作業者は非常に減るが、機械の維持管理にあたる技術的作業や管理者がふえてくる。その結果、変動費であった労務費の一部が準固定費に変化するのである。

自動化・省力化は一方では固定費を増加せしめ、損益分岐点を高めるとともに、他方では変動費率を低下せしめ、収益と費用の隔差率を高めることによって限界利益を高めることになる。しかし損益分岐点が高いので、安全率は低くなり、販売量が減少した場合には損失を生ずる危険は大となる。企業の利益構造はそれだけ弾力性を失なってくるわけである⁽⁴⁾。

自動化・省力化によって資本の有機構成が高まり、経済変動にともなう価格や需要の変化が企業の費用ないし利益にあたる増幅作用が増大することになる⁽⁵⁾。

従って高い利益率を実現させるためには、販売量の増加が達成される必要があり、自動化・省力化の決定の合理性は、長期の需要予測を前提としなければならない⁽⁶⁾。

自動化・省力化の経済性分析に関しては、省力投資案の選択を扱った伏見⁽⁷⁾や保全部門における省力投資案の評価を扱った上田⁽⁸⁾等の研究がある。生産能力拡張に関しては、ダイナミック・プログラミングを使ったエルレンコッター⁽⁹⁾、ラオ⁽¹⁰⁾、メイン⁽¹¹⁾等の研究がある。しかしこれらは、省力設備の特性をもとに省力化による費用構造の変化を考慮した投資規模決定にはふれていない。本稿では需要量が漸増または漸減する場合の投資規模決定を論及し、感度分析を行ない、不確実性下のもとにおける考察を加える。

2. 前提条件

(1) 需要量

q_t : t 時点の需要量 q_0 : 0 時点 (導入時点) の需要量 u : 定数 $q_t = q_0 + ut$

(2) 設備の生産能力

Q_t : t 時点の設備の生産能力 Q_0 : 0 時点の設備の生産能力 η : 定数
 k : 需要量が設備の生産能力に等しくなる時点 $Q_t = Q_0 - \eta t$ $q_k = Q_k$

(3) 初期投資額

$F(Q_0)$: 初期投資額 V : 定数 α : 定数 $F(Q_0) = V + \alpha Q_0$

(4) 操業費の固定費部分

$C_t(Q_0)$: t 時点の操業費の固定費部分

$C_0(Q_0)$: 0 時点の操業費の固定費部分

$j(Q_0)$: 操業費の固定費部分の増加する割合 E : 定数 T : 定数 β : 定数
 γ : 定数

$C_t(Q_0) = C_0(Q_0) + j(Q_0)t$ $C_0(Q_0) = E + \beta Q_0$ $j(Q_0) = T + \gamma Q_0$

$C_t(Q_0) = E + \beta Q_0 + (T + \gamma Q_0)t$

(5) 操業費の変動費部分

v_t : t 時点の単位変動費 v_0 : 0 時点の単位変動費 μ : 定数 $v_t = v_0 + \mu t$

(6) 製品一単位当りの価格

d : 製品一単位当りの価格

(7) 割引率

r : 割引率

(8) 設備の使用年数

n : 設備の使用年数

(9) 需要量の増減の割合が当該設備の使用期間を通じて比較的大きくなく、設備の使用期間中は追加設備の導入を計らず当該設備のみによって生産する。

省力設備の投資規模決定

(10) 手余り状態の時は当該設備で他製品の生産を行ないえないものとし、手不足状態の時は外注をしえないものとする。

3. 投資決定式

δ_i : 年価 $i=1, 2, 3, 4$

($-u < \eta$ の場合)

$$\begin{aligned} \delta_1 &= \left[d \left(\int_0^k q_t e^{-rt} dt + \int_k^n Q_t e^{-rt} dt - \left(\int_0^k v_t q_t e^{-rt} dt + \int_k^n v_t Q_t e^{-rt} dt \right) - F(Q_0) \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - \int_0^n C_i(Q_0) e^{-rt} dt \right] \frac{r}{1-e^{-rn}} \right. \\ &= I_1 Q_0 e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0} + I_2 e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0} + I_3 Q_0 + I_4 \end{aligned}$$

$$I_1 = \frac{1}{r} \mu e^{\frac{rQ_0}{u+\eta}} \frac{1}{1-e^{-rn}}$$

$$I_2 = \frac{1}{r} \left\{ (u+\eta) \left(-d + v_0 + \frac{2\mu}{r} \right) - \mu Q_0 \right\} e^{\frac{rQ_0}{u+\eta}} \frac{1}{1-e^{-rn}}$$

$$I_3 = \left\{ \left(\beta + \gamma n + v_0 - d + \mu n + \frac{\mu + \gamma}{r} \right) e^{-rn} - \alpha r - \beta - \frac{\gamma}{r} \right\} \frac{1}{1-e^{-rn}}$$

$$\begin{aligned} I_4 &= \left[\left\{ d\eta n - \mu\eta n^2 - v_0\eta n + E + Tn + \frac{1}{r} (d\eta - 2\mu\eta n - v_0\eta + T) \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - \frac{2\mu\eta}{r^2} \right\} e^{-rn} - rV + dq_0 - v_0q_0 - E + \frac{1}{r} (du - \mu q_0 - uv_0 - T) \right. \\ &\quad \left. - \frac{2\mu u}{r^2} \right] \frac{1}{1-e^{-rn}} \end{aligned}$$

($-u = \eta$ の場合)

$$\begin{aligned} \delta_2 &= \left[d \int_0^n q_t e^{-rt} dt - \int_0^n v_t q_t e^{-rt} dt - F(Q_0) - \int_0^n C_i(Q_0) e^{-rt} dt \right] \frac{r}{1-e^{-rn}} \\ &= I_1 Q_0 + I_2 \end{aligned}$$

$$I_1 = \left\{ \left(\beta + \gamma n + \frac{\gamma}{r} \right) e^{-rn} - \alpha r - \beta - \frac{\gamma}{r} \right\} \frac{1}{1-e^{-rn}}$$

省力設備の投資規模決定

$$I_2 = \left[\left\{ -dq_0 - dun + v_0q_0 + \mu q_0 n + v_0 un + \mu un^2 + E + Tn + \frac{1}{r} (-du + \mu q_0 + v_0 u + 2\mu un + T) + \frac{2\mu u}{r^2} \right\} e^{-rn} - rV + dq_0 - v_0 q_0 - E + \frac{1}{r} (du - \mu q_0 - uv_0 - T) - \frac{2\mu u}{r^2} \right] \frac{1}{1 - e^{-rn}}$$

または

$$\delta_3 = \left[d \int_0^n Q_t e^{-rt} dt - \int_0^n v_t Q_t e^{-rt} dt - F(Q_0) - \int_0^n C_t(Q_0) e^{-rt} dt \right] \frac{r}{1 - e^{-rn}} \\ = I_1 Q_0 + I_2$$

$$I_1 = \left\{ \left(-d + \mu n + v_0 + \frac{\mu}{r} + \beta + \frac{r}{r} + \gamma n \right) e^{-rn} + d - v_0 - \frac{\mu}{r} - \alpha r - \beta - \frac{r}{r} \right\} \frac{1}{1 - e^{-rn}}$$

$$I_2 = \left[\left\{ d\eta n - \mu\eta n^2 - v_0\eta n + E + Tn + \frac{1}{r} (d\eta - 2\mu\eta n - v_0\eta + T) - \frac{2\mu\eta}{r^2} \right\} e^{-rn} - rV - E + \frac{1}{r} (-d\eta + v_0\eta - T) + \frac{2\mu\eta}{r^2} \right] \frac{1}{1 - e^{-rn}}$$

($-u > \eta$ の場合)

$$\delta_4 = \left[d \left(\int_0^n Q_t e^{-rt} dt + \int_k^n q_t e^{-rt} dt \right) - \left(\int_0^k v_t Q_t e^{-rt} + \int_k^n v_t q_t e^{-rt} dt \right) - F(Q_0) - \int_0^n C_t(Q_0) e^{-rt} dt \right] \frac{r}{1 - e^{-rn}} \\ = I_1 Q_0 e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0} + I_2 e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0} + I_3 Q_0 + I_4$$

$$I_1 = -\frac{1}{r} \mu e^{\frac{rQ_0}{u+\eta}} \frac{1}{1 - e^{-rn}}$$

$$I_2 = \frac{1}{r} \left\{ (u+\eta) \left(d - v_0 - \frac{2\mu}{r} \right) + \mu q_0 \right\} e^{\frac{rQ_0}{u+\eta}} \frac{1}{1 - e^{-rn}}$$

$$I_3 = \left\{ \left(\beta + \gamma n + \frac{r}{r} \right) e^{-rn} + d - v_0 - \alpha r - \beta - \frac{1}{r} (\mu + \gamma) \right\} \frac{1}{1 - e^{-rn}}$$

$$I_4 = \left[\left\{ (q_0 + un)v_0 + \mu n - d \right\} + E + Tn + \frac{1}{r} \left(-du + \mu q_0 + v_0 u + 2\mu un + T \right) \right] \frac{1}{1 - e^{-rn}}$$

$$+\frac{2\mu u}{r^2})\Big]e^{-rn}+\frac{1}{r}(v_0\eta+2\mu\eta-d\eta-T)-rV-E\Big]\frac{1}{1-e^{-rn}}$$

4. 解析結果

4.1 $-u < \eta$ の場合

4.1.1 $v_t = v_0$ の場合

(1) $-\frac{r}{u+\eta}I_2e^{-\frac{r}{u+\eta}q_0}+I_3 \leq 0$ の時は $Q_0 = q_0$ が最適生産能力となる。

(2) $-\frac{r}{u+\eta}I_2e^{-\frac{r}{u+\eta}q_0}+I_3 > 0$ の時は

(i) $-\frac{r}{u+\eta}I_2e^{-\frac{r}{u+\eta}(q_0+un)}+I_3 \geq 0$ ならば

$Q_0 = q_0 + un$ が最適生産能力となる。

(ii) $-\frac{r}{u+\eta}I_2e^{-\frac{r}{u+\eta}(q_0+un)}+I_3 < 0$ ならば

$Q_0 = -\frac{u+\eta}{r} \{\log(u+\eta)I_3 - \log r I_2\}$ が最適生産能力となる。

4.1.2 $v_t = v_0 + \mu t$ の場合

$$\frac{d\delta_1}{dQ_0} = \left(I_1 - \frac{r}{u+\eta}I_2\right)e^{-\frac{r}{u+\eta}Q_0} - \frac{r}{u+\eta}I_1Q_0e^{-\frac{r}{u+\eta}Q_0} + I_3$$

$$f(Q_0) = \frac{d\delta_1}{dQ_0} \quad \text{とおく}$$

$$f'(Q_0) = \frac{r}{u+\eta} \left(-2I_1 + \frac{r}{u+\eta}I_2 + \frac{r}{u+\eta}I_1Q_0\right)e^{-\frac{r}{u+\eta}Q_0}$$

(1) $q_0 \leq Q_0 \leq q_0 + un$ において $Q_0 = Q_0^*$ が $f(Q_0^*) = 0$ $f'(Q_0^*) < 0$ を満たす時, $Q_0 = q_0$, $Q_0 = Q_0^*$, $Q_0 = q_0 + un$ のうちで δ_1 を最大にする Q_0 が求める最適生産能力となる。

(2) $q_0 \leq Q_0 \leq q_0 + un$ において $f(Q_0) = 0$ $f'(Q_0) < 0$ を満たす Q_0 が存在

省力設備の投資規模決定

しない時, $Q_0 = q_0$, $Q_0 = q_0 + un$ のうちで大きい δ_1 を与える Q_0 が求める最適生産能力となる。

4.2 $-u > \eta$ の場合

4.2.1 $v_t = v_0$ の場合

(1) $-\frac{r}{u+\eta} I_2 e^{-\frac{r}{u+\eta}(q_0+un)} + I_3 \leq 0$ の時は $Q_0 = q_0 + un$ が最適生産能力となる。

(2) $-\frac{r}{u+\eta} I_2 e^{-\frac{r}{u+\eta}(q_0+un)} + I_3 > 0$ の時は

(i) $-\frac{r}{u+\eta} I_2 e^{-\frac{r}{u+\eta} q_0} + I_3 \geq 0$ ならば $Q_0 = q_0$ が最適生産能力となる。

(ii) $-\frac{r}{u+\eta} I_2 e^{-\frac{r}{u+\eta} q_0} + I_3 < 0$ ならば

$Q_0 = -\frac{u+\eta}{r} \{\log(u+\eta)I_3 - \log r I_2\}$ が最適生産能力となる。

4.2.2 $v_t = v_0 + \mu t$ の場合

$$\frac{d\delta_1}{dQ_0} = \left(I_1 - \frac{r}{u+\eta} I_2 \right) e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0} - \frac{r}{u+\eta} I_1 Q_0 e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0} + I_3$$

$$f(Q_0) = \frac{d\delta_1}{dQ_0} \quad \text{とおく}$$

$$f'(Q_0) = \frac{r}{u+\eta} \left(-2I_1 + \frac{r}{u+\eta} I_2 + \frac{r}{u+\eta} I_1 Q_0 \right) e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0}$$

(1) $q_0 + un \leq Q_0 \leq q_0$ において $Q_0 = Q_0^*$ が $f(Q_0^*) = 0$ $f'(Q_0^*) < 0$ を満たす時, $Q_0 = q_0 + un$, $Q_0 = Q_0^*$, $Q_0 = q_0$ のうちで δ_1 を最大にする Q_0 が求める最適生産能力となる。

(2) $q_0 + un \leq Q_0 \leq q_0$ において $f(Q_0) = 0$ $f'(Q_0) < 0$ を満たす Q_0 が存在しない時 $Q_0 = q_0 + un$, $Q_0 = q_0$ のうちで大きい δ_1 を与える Q_0 が求める最適生産能力となる。

5. 感度分析

(1) 需要量

① 需要量の予測値の変化による最適生産能力の変化

需要量の予測値が $q_t = q_0 + ut$ である時の最適生産能力を $Q_0^*(q_0, u)$ とする。

$I_j(u+\Delta u)$, ($j=1, 2, 3, 4$) は $u \rightarrow u+\Delta u$ とした場合の I_j の値とする。

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu=0 \\ -\frac{r}{u+\eta} I_2 e^{-\frac{r}{u+\eta} q_0} + I_3 > 0 \\ -\frac{r}{u+\eta} I_2 e^{-\frac{r}{u+\eta} (q_0+uu)} + I_3 < 0 \\ -\frac{r}{u+\Delta u+\eta} I_2 (u+\Delta u) e^{-\frac{r}{u+\Delta u+\eta} q_0} + I_3 > 0 \\ -\frac{r}{u+\Delta u+\eta} I_2 (u+\Delta u) e^{-\frac{r}{u+\Delta u+\eta} (q_0+(u+\Delta u)\eta)} + I_3 < 0 \\ u > -\eta \\ u+\Delta u > -\eta \end{array} \right.$$

を満たす時

$$Q_0^*(q_0, u) = -\frac{u+\eta}{r} \{\log(u+\eta)I_3 - \log r I_2\}$$

$$Q_0^*(q_0, u+\Delta u) = -\frac{u+\Delta u+\eta}{r} \{\log(u+\Delta u+\eta)I_3 - \log r I_2(u+\Delta u)\}$$

$$\Delta Q_0 = Q_0^*(q_0, u+\Delta u) - Q_0^*(q_0, u)$$

$$= -\frac{u+\Delta u+\eta}{r} \{\log(u+\Delta u+\eta)I_3 - \log r I_2(u+\Delta u)\}$$

$$+ \frac{u+\eta}{r} \{\log(u+\eta)I_3 - \log r I_2\}$$

省力設備の投資規模決定

② 需要量の予測誤差による年価の変化

需要量の予測値が $q_t = q_0 + ut$ である時の最適生産能力を $Q_0^*(q_0, u)$ とし、この時の年価を $\delta[Q_0^*(q_0, u), q_0, u]$ とする。

需要量の実際値が $q_t = q_0 + (u + \Delta u)t$ となった場合、生産能力が $Q_0^*(q_0, u)$ であるときの年価を $\delta[Q_0^*(q_0, u), q_0, u + \Delta u]$ とする。

$$\delta[Q_0^*(q_0, u), q_0, u]$$

$$= I_1 Q_0^*(q_0, u) e^{-\frac{r}{u+\gamma} Q_0^*(q_0, u)} + I_2 e^{-\frac{r}{u+\gamma} Q_0^*(q_0, u)} + I_3 Q_0^*(q_0, u) + I_4$$

$$\delta[Q_0^*(q_0, u), q_0, u + \Delta u]$$

$$= I_1 (u + \Delta u) Q_0^*(q_0, u) e^{-\frac{r}{u+\Delta u+\gamma} Q_0^*(q_0, u)}$$

$$+ I_2 (u + \Delta u) e^{-\frac{r}{u+\Delta u+\gamma} Q_0^*(q_0, u)} + I_3 Q_0^*(q_0, u) + I_4 (u + \Delta u)$$

$$\Delta \delta = \delta[Q_0^*(q_0, u), q_0, u + \Delta u] - \delta[Q_0^*(q_0, u), q_0, u]$$

$$= \{ I_1 (u + \Delta u) e^{-\frac{r}{u+\Delta u+\gamma} Q_0^*(q_0, u)} - I_1 e^{-\frac{r}{u+\gamma} Q_0^*(q_0, u)} \} \times Q_0^*(q_0, u)$$

$$+ I_2 (u + \Delta u) e^{-\frac{r}{u+\Delta u+\gamma} Q_0^*(q_0, u)} - I_2 e^{-\frac{r}{u+\gamma} Q_0^*(q_0, u)} + I_4 (u + \Delta u) - I_4$$

③ 完全予測値による年価と不完全予測値による年価の差異

需要量の予測値が $q_t = q_0 + ut$ である時の最適生産能力は $Q_0^*(q_0, u)$ である。ここで需要量の実際値が $q_t = q_0 + (u + \Delta u)t$ となった場合の年価は $\delta[Q_0^*(q_0, u), q_0, u + \Delta u]$ となる。

需要量の予測に完全情報が得られ、予測値と実際値が一致し、 $q_t = q_0 + (u + \Delta u)t$ である時の最適生産能力を $Q_0^*(q_0, u + \Delta u)$ とし、この時の年価を $\delta[Q_0^*(q_0, u + \Delta u), q_0, u + \Delta u]$ とする。

$$\delta[Q_0^*(q_0, u), q_0, u + \Delta u]$$

$$= I_1 (u + \Delta u) Q_0^*(q_0, u) e^{-\frac{r}{u+\Delta u+\gamma} Q_0^*(q_0, u)}$$

$$+ I_2 (u + \Delta u) e^{-\frac{r}{u+\Delta u+\gamma} Q_0^*(q_0, u)} + I_3 Q_0^*(q_0, u) + I_4 (u + \Delta u)$$

省力設備の投資規模決定

$$\begin{aligned}
 & \delta[Q_0^*(q_0, u+\Delta u), q_0, u+\Delta u] \\
 &= I_1(u+\Delta u)Q_0^*(q_0, u+\Delta u)e^{-\frac{r}{u+\Delta u+\eta}Q_0^*(q_0, u+\Delta u)} \\
 & \quad + I_2(u+\Delta u)e^{-\frac{r}{u+\Delta u+\eta}Q_0^*(q_0, u+\Delta u)} + I_3Q_0^*(q_0, u+\Delta u) + I_4(u+\Delta u) \\
 \Delta\delta &= \delta[Q_0^*(q_0, u+\Delta u), q_0, u+\Delta u] - \delta[Q_0^*(q_0, u), q_0, u+\Delta u] \\
 &= I_1(u+\Delta u)\{Q_0^*(q_0, u+\Delta u)e^{-\frac{r}{u+\Delta u+\eta}Q_0^*(q_0, u+\Delta u)} \\
 & \quad - Q_0^*(q_0, u)e^{-\frac{r}{u+\Delta u+\eta}Q_0^*(q_0, u)}\} \\
 & \quad + I_2(u+\Delta u)\{e^{-\frac{r}{u+\Delta u+\eta}Q_0^*(q_0, u+\Delta u)} - e^{-\frac{r}{u+\Delta u+\eta}Q_0^*(q_0, u)}\} \\
 & \quad + I_3\{Q_0^*(q_0, u+\Delta u) - Q_0^*(q_0, u)\}
 \end{aligned}$$

(2) 価格

① 価格の変化による最適生産能力の変化

価格が d である時の最適生産能力を $Q_0^*(d)$ とする。

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \mu=0 \\
 -\frac{r}{u+\eta}I_2e^{-\frac{r}{u+\eta}q_0} + I_3 > 0 \\
 -\frac{r}{u+\eta}I_2e^{-\frac{r}{u+\eta}(q_0+un)} + I_3 < 0 \\
 -\frac{r}{u+\eta}I_2(d+\Delta d)e^{-\frac{r}{u+\eta}q_0} + I_3(d+\Delta d) > 0 \\
 -\frac{r}{u+\eta}I_2(d+\Delta d)e^{-\frac{r}{u+\eta}(q_0+un)} + I_3(d+\Delta d) < 0 \\
 u > -\eta
 \end{array} \right.$$

を満たす時

$$Q_0^*(d) = -\frac{u+\eta}{r} \{\log(u+\eta)I_3 - \log r I_2\}$$

$$Q_0^*(d+\Delta d) = -\frac{u+\eta}{r} \{\log(u+\eta)I_3(d+\Delta d) - \log r I_2(d+\Delta d)\}$$

省力設備の投資規模決定

$$\begin{aligned} \Delta Q_0 &= Q_0^*(d+\Delta d) - Q_0^*(d) \\ &= -\frac{u+\eta}{r} \left\{ \log \frac{I_3(d+\Delta d)}{I_3} - \log \frac{I_2(d+\Delta d)}{I_2} \right\} \end{aligned}$$

② 価格の変化による年価の変化

価格が d である時の最適生産能力は $Q_0^*(d)$ であり、この時の年価を $\delta[Q_0^*(d)]$ とする。

$$\delta[Q_0^*(d)] = I_1 Q_0^*(d) e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(d)} + I_2 e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(d)} + I_3 Q_0^*(d) + I_4$$

$$\begin{aligned} \delta[Q_0^*(d+\Delta d)] &= I_1 Q_0^*(d+\Delta d) e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(d+\Delta d)} \\ &\quad + I_2(d+\Delta d) e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(d+\Delta d)} \\ &\quad + I_3(d+\Delta d) Q_0^*(d+\Delta d) + I_4(d+\Delta d) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta \delta &= \delta[Q_0^*(d+\Delta d)] - \delta[Q_0^*(d)] \\ &= I_1 (Q_0^*(d+\Delta d) e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(d+\Delta d)} - Q_0^*(d) e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(d)}) \\ &\quad + I_2 (d+\Delta d) e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(d+\Delta d)} - I_2 e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(d)} \\ &\quad + I_3 (d+\Delta d) Q_0^*(d+\Delta d) - I_3 Q_0^*(d) + I_4(d+\Delta d) - I_4 \end{aligned}$$

(3) 単位変動費

① 単位変動費の予測値の変化による最適生産能力の変化

単位変動費の予測値が $v_t = v_0 + \mu t$ である時の最適生産能力を $Q_0^*(v_0, \mu)$ とする。

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu = 0 \\ -\frac{r}{u+\eta} I_2 e^{-\frac{r}{u+\eta} q_0} + I_3 > 0 \\ -\frac{r}{u+\eta} I_2 e^{-\frac{r}{u+\eta} (q_0 + \mu n)} + I_3 < 0 \\ -\frac{r}{u+\eta} I_2 (v_0 + \Delta v_0) e^{-\frac{r}{u+\eta} q_0} + I_3 (v_0 + \Delta v_0) > 0 \\ -\frac{r}{u+\eta} I_2 (v_0 + \Delta v_0) e^{-\frac{r}{u+\eta} (q_0 + \mu n)} + I_3 (v_0 + \Delta v_0) < 0 \\ u > -\eta \end{array} \right.$$

省力設備の投資規模決定

を満たす時

$$Q_0^*(v_0, \mu) = -\frac{u+\eta}{r} \{\log(u+\eta)I_3 - \log r I_2\}$$

$$Q_0^*(v_0 + \Delta v_0, \mu) = -\frac{u+\eta}{r} \{\log(u+\eta)I_3(v_0 + \Delta v_0) - \log r I_2(v_0 + \Delta v_0)\}$$

$$\begin{aligned} \Delta Q_0 &= Q_0^*(v_0 + \Delta v_0, \mu) - Q_0^*(v_0, \mu) \\ &= -\frac{u+\eta}{r} \left\{ \log \frac{I_3(v_0 + \Delta v_0)}{I_3} - \log \frac{I_2(v_0 + \Delta v_0)}{I_2} \right\} \end{aligned}$$

② 単位変動費の予測誤差による利益の差異

単位変動費の予測値が $v_t = v_0 + \mu t$ であるときの最適生産能力は $Q_0^*(v_0, \mu)$ であり、この時の予想年価を $\delta[Q_0^*(v_0, \mu), v_0, \mu]$ とする。

単位変動費の実際値が $v_t = (v_0 + \Delta v_0) + \mu t$ となった場合、生産能力が $Q_0^*(v_0, \mu)$ であるときの年価を $\delta[Q_0^*(v_0, \mu), v_0 + \Delta v_0, \mu]$ とする。

$$\delta[Q_0^*(v_0, \mu), v_0, \mu]$$

$$= I_1 Q_0^*(v_0, \mu) e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(v_0, \mu)} + I_2 e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(v_0, \mu)} + I_3 Q_0^*(v_0, \mu) + I_4$$

$$\delta[Q_0^*(v_0, \mu), v_0 + \Delta v_0, \mu]$$

$$\begin{aligned} &= I_1 Q_0^*(v_0, \mu) e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(v_0, \mu)} + I_2 (v_0 + \Delta v_0) e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(v_0, \mu)} \\ &\quad + I_3 (v_0 + \Delta v_0) Q_0^*(v_0, \mu) + I_4 (v_0 + \Delta v_0) \end{aligned}$$

$$\Delta \delta = \delta[Q_0^*(v_0, \mu), v_0 + \Delta v_0, \mu] - \delta[Q_0^*(v_0, \mu), v_0, \mu]$$

$$\begin{aligned} &= \{I_2 (v_0 + \Delta v_0) - I_2\} e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(v_0, \mu)} \\ &\quad + \{I_3 (v_0 + \Delta v_0) - I_3\} Q_0^*(v_0, \mu) + I_4 (v_0 + \Delta v_0) - I_4 \end{aligned}$$

③ 完全予測値による年価と不完全予測値による年価の差異

単位変動費の予測値が $v_t = v_0 + \mu t$ であるときの最適生産能力は $Q_0^*(v_0, \mu)$ である。この時、単位変動費の実際値が $v_t = v_0 + \Delta v_0 + \mu t$ となった場合の年価は $\delta[Q_0^*(v_0, \mu), v_0 + \Delta v_0, \mu]$ である。

単位変動費の予測に完全情報が得られ、予測値と実際値が一致し $v_t = v_0 + \Delta v_0 + \mu t$ である時の最適生産能力を $Q_0^*(v_0 + \Delta v_0, \mu)$ とし、この時の年価

省力設備の投資規模決定

を $\delta[Q_0^*(v_0+\Delta v_0, \mu), v_0+\Delta v_0, \mu]$ とする。

$$\delta[Q_0^*(v_0, \mu), v_0+\Delta v_0, \mu]$$

$$= I_1 Q_0^*(v_0, \mu) e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(v_0, \mu)} + I_2 (v_0+\Delta v_0) e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(v_0, \mu)} \\ + I_3 (v_0+\Delta v_0) Q_0^*(v_0, \mu) + I_4 (v_0+\Delta v_0)$$

$$\delta[Q_0^*(v_0+\Delta v_0, \mu), v_0+\Delta v_0, \mu]$$

$$= I_1 Q_0^*(v_0+\Delta v_0, \mu) e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(v_0+\Delta v_0, \mu)} + I_2 (v_0+\Delta v_0) e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(v_0+\Delta v_0, \mu)} \\ + I_3 (v_0+\Delta v_0) Q_0^*(v_0+\Delta v_0, \mu) + I_4 (v_0+\Delta v_0)$$

$$\Delta\delta = \delta[Q_0^*(v_0+\Delta v_0, \mu), v_0+\Delta v_0, \mu] - \delta[Q_0^*(v_0, \mu), v_0+\Delta v_0, \mu]$$

$$= I_1 \{ Q_0^*(v_0+\Delta v_0, \mu) e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(v_0+\Delta v_0, \mu)} \\ - Q_0^*(v_0, \mu) e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(v_0, \mu)} \} \\ + I_2 (v_0+\Delta v_0) \{ e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(v_0+\Delta v_0, \mu)} - e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(v_0, \mu)} \} \\ + I_3 (v_0+\Delta v_0) \{ Q_0^*(v_0+\Delta v_0, \mu) - Q_0^*(v_0, \mu) \}$$

(4) 操業費の固定費部分

① 固定費の予測値の変化による最適生産能力の変化

固定費の予測値が $C_i(Q_0) = E + \beta Q_0 + (T + \gamma Q_0)t$ である時の最適生産能力を $Q_0^*(E, \beta, T, \gamma)$ とする。

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu = 0 \\ -\frac{r}{u+\eta} I_2 e^{-\frac{r}{u+\eta} q_0} + I_3 > 0 \\ -\frac{r}{u+\eta} I_2 e^{-\frac{r}{u+\eta} (q_0 + un)} + I_3 < 0 \\ -\frac{r}{u+\eta} I_2 e^{-\frac{r}{u+\eta} q_0} + I_3 (\gamma + \Delta\gamma) > 0 \\ -\frac{r}{u+\eta} I_2 e^{-\frac{r}{u+\eta} (q_0 + un)} + I_3 (\gamma + \Delta\gamma) < 0 \\ u > -\eta \end{array} \right.$$

を満たす時

$$Q_0^*(E, \beta, T, \gamma) = -\frac{u+\eta}{r} \{\log(u+\eta)I_3 - \log rI_2\}$$

$$Q_0^*(E, \beta, T, \gamma+\Delta\gamma) = -\frac{u+\eta}{r} \{\log(u+\eta)I_3(\gamma+\Delta\gamma) - \log rI_2\}$$

$$\begin{aligned} \Delta Q_0 &= Q_0^*(E, \beta, T, \gamma+\Delta\gamma) - Q_0^*(E, \beta, T, \gamma) \\ &= -\frac{u+\eta}{r} \log \frac{I_3(\gamma+\Delta\gamma)}{I_3} \end{aligned}$$

② 固定費の予測誤差による年価の差異

固定費の予測値が $C_i(Q_0) = E + \beta Q_0 + (T + \gamma Q_0)t$ である時の最適生産能力は $Q_0^*(E, \beta, T, \gamma)$ であり、この時の予想年価を $\delta[Q_0^*(E, \beta, T, \gamma), E, \beta, T, \gamma]$ とする。

固定費の実際値が $C_i(Q_0) = E + \beta Q_0 + (T + (\gamma + \Delta\gamma)Q_0)t$ となった場合、生産能力が $Q_0^*(E, \beta, T, \gamma)$ である時の年価を $\delta[Q_0^*(E, \beta, T, \gamma), E, \beta, T, \gamma + \Delta\gamma]$ とする。

$$\begin{aligned} &\delta[Q_0^*(E, \beta, T, \gamma), E, \beta, T, \gamma] \\ &= I_1 Q_0^*(E, \beta, T, \gamma) e^{-\frac{r}{u+\gamma} Q_0^*(E, \beta, T, \gamma)} + I_2 e^{-\frac{r}{u+\gamma} Q_0^*(E, \beta, T, \gamma)} \\ &\quad + I_3 Q_0^*(E, \beta, T, \gamma) + I_4 \\ &\delta[Q_0^*(E, \beta, T, \gamma), E, \beta, T, \gamma + \Delta\gamma] \\ &= I_1 Q_0^*(E, \beta, T, \gamma) e^{-\frac{r}{u+\gamma} Q_0^*(E, \beta, T, \gamma)} + I_2 e^{-\frac{r}{u+\gamma} Q_0^*(E, \beta, T, \gamma)} \\ &\quad + I_3(\gamma + \Delta\gamma) Q_0^*(E, \beta, T, \gamma) + I_4 \\ \Delta\delta &= \delta[Q_0^*(E, \beta, T, \gamma), E, \beta, T, \gamma + \Delta\gamma] \\ &\quad - \delta[Q_0^*(E, \beta, T, \gamma), E, \beta, T, \gamma] \\ &= \{I_3(\gamma + \Delta\gamma) - I_3\} Q_0^*(E, \beta, T, \gamma) \end{aligned}$$

③ 完全予測値による年価と不完全予測値による年価の差異

固定費の予測値が $C_i(Q_0) = E + Q_0 + (T + \gamma Q_0)t$ である時の最適生産能力は $Q_0^*(E, \beta, T, \gamma)$ である。この時固定費の実際値が $C_i(Q_0) = E + \beta Q_0$

省力設備の投資規模決定

$\{T+(\gamma+\Delta\gamma)Q_0\}t$ となった場合の年価は $\delta[Q_0^*(E, \beta, T, \gamma), E, \beta, T, \gamma+\Delta\gamma]$ である。

固定費の予測に完全情報が得られ、予測値と実際値が一致し、 $C_t(Q_0)=E+\beta Q_0+\{T+(\gamma+\Delta\gamma)Q_0\}t$ である時の最適生産能力を $Q_0^*(E, \beta, T, \gamma+\Delta\gamma)$ とし、この時の年価を $\delta[Q_0^*(E, \beta, T, \gamma+\Delta\gamma), E, \beta, T, \gamma+\Delta\gamma]$ とする。

$$\begin{aligned} & \delta[Q_0^*(E, \beta, T, \gamma), E, \beta, T, \gamma+\Delta\gamma] \\ &= I_1 Q_0^*(E, \beta, T, \gamma) e^{-\frac{r}{u+\gamma} Q_0^*(E, \beta, T, \gamma)} + I_2 e^{-\frac{r}{u+\gamma} Q_0^*(E, \beta, T, \gamma)} \\ & \quad + I_3 (\gamma+\Delta\gamma) Q_0^*(E, \beta, T, \gamma) + I_4 \\ & \delta[Q_0^*(E, \beta, T, \gamma+\Delta\gamma), E, \beta, T, \gamma+\Delta\gamma] \\ &= I_1 Q_0^*(E, \beta, T, \gamma+\Delta\gamma) e^{-\frac{r}{u+\gamma} Q_0^*(E, \beta, T, \gamma+\Delta\gamma)} \\ & \quad + I_2 e^{-\frac{r}{u+\gamma} Q_0^*(E, \beta, T, \gamma+\Delta\gamma)} + I_3 (\gamma+\Delta\gamma) Q_0^*(E, \beta, T, \gamma+\Delta\gamma) + I_4 \\ \Delta\delta &= \delta[Q_0^*(E, \beta, T, \gamma+\Delta\gamma), E, \beta, T, \gamma+\Delta\gamma] \\ & \quad - \delta[Q_0^*(E, \beta, T, \gamma), E, \beta, T, \gamma+\Delta\gamma] \\ &= I_1 \{Q_0^*(E, \beta, T, \gamma+\Delta\gamma) e^{-\frac{r}{u+\gamma} Q_0^*(E, \beta, T, \gamma+\Delta\gamma)} \\ & \quad - Q_0^*(E, \beta, T, \gamma) e^{-\frac{r}{u+\gamma} Q_0^*(E, \beta, T, \gamma)}\} \\ & \quad + I_2 \{e^{-\frac{r}{u+\gamma} Q_0^*(E, \beta, T, \gamma+\Delta\gamma)} - e^{-\frac{r}{u+\gamma} Q_0^*(E, \beta, T, \gamma)}\} \\ & \quad + I_3 (\gamma+\Delta\gamma) \{Q_0^*(E, \beta, T, \gamma+\Delta\gamma) - Q_0^*(E, \beta, T, \gamma)\} \end{aligned}$$

(5) 使用年数

① 使用年数の変化による最適生産能力の変化

使用年数が n である時の最適生産能力を $Q_0^*(n)$ とする。

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu=0 \\ -\frac{r}{u+\gamma} I_2 e^{-\frac{r}{u+\gamma} Q_0} + I_3 > 0 \\ -\frac{r}{u+\gamma} I_2 e^{-\frac{r}{u+\gamma} (Q_0+un)} + I_3 < 0 \end{array} \right.$$

省力設備の投資規模決定

$$\left\{ \begin{array}{l} -\frac{r}{u+\eta} I_2(n+\Delta n) e^{-\frac{r}{u+\eta} q_0} + I_3(n+\Delta n) > 0 \\ -\frac{r}{u+\eta} I_2(n+\Delta n) e^{-\frac{r}{u+\eta} \{q_0+u(n+\Delta n)\}} + I_3(n+\Delta n) < 0 \\ u > -\eta \end{array} \right.$$

を満たす時

$$Q_0^*(n) = -\frac{u+\eta}{r} \{ \log(u+\eta) I_3 - \log r I_2 \}$$

$$Q_0^*(n+\Delta n) = -\frac{u+\eta}{r} \{ \log(u+\eta) I_3(n+\Delta n) - \log r I_2(n+\Delta n) \}$$

$$\begin{aligned} \Delta Q_0 &= Q_0^*(n+\Delta n) - Q_0^*(n) \\ &= -\frac{u+\eta}{r} \left\{ \log \frac{I_3(n+\Delta n)}{I_3} - \log \frac{I_2(n+\Delta n)}{I_2} \right\} \end{aligned}$$

② 使用年数の変化による年価の差異

使用年数が n である時の最適生産能力は $Q_0^*(n)$ であり、この時の年価を $\delta[Q_0^*(n)]$ とする。

$$\delta[Q_0^*(n)] = I_1 Q_0^*(n) e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(n)} + I_2 e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(n)} + I_3 Q_0^*(n) + I_4$$

$$\begin{aligned} \delta[Q_0^*(n+\Delta n)] &= I_1(n+\Delta n) Q_0^*(n+\Delta n) e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(n+\Delta n)} \\ &\quad + I_2(n+\Delta n) e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(n+\Delta n)} + I_3(n+\Delta n) Q_0^*(n+\Delta n) \\ &\quad + I_4(n+\Delta n) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta \delta &= \delta[Q_0^*(n+\Delta n)] - \delta[Q_0^*(n)] \\ &= I_1(n+\Delta n) Q_0^*(n+\Delta n) e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(n+\Delta n)} - I_1 Q_0^*(n) e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(n)} \\ &\quad + I_2(n+\Delta n) e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(n+\Delta n)} - I_2 e^{-\frac{r}{u+\eta} Q_0^*(n)} \\ &\quad + I_3(n+\Delta n) Q_0^*(n+\Delta n) - I_3 Q_0^*(n) + I_4(n+\Delta n) - I_4 \end{aligned}$$

③ 完全予測値による年価と不完全予測値による年価の差異

使用年数の予測値が n である時の最適生産能力は $Q_0^*(n)$ である。ここで

省力設備の投資規模決定

使用年数の実際値が $n+\Delta n$ となった場合の年価は $\delta[Q_0^*(n), n+\Delta n]$ となる。

使用年数の予測に完全情報が得られ、予測値と実際値が一致し $n+\Delta n$ である時の最適生産能力を $Q_0^*(n+\Delta n)$ とし、この時の年価を $\delta[Q_0^*(n+\Delta n), n+\Delta n]$ とする。

$$\delta[Q_0^*(n), n+\Delta n]$$

$$=I_1(n+\Delta n)Q_0^*(n)e^{-\frac{r}{u+\eta}Q_0^*(n)}+I_2(n+\Delta n)e^{-\frac{r}{u+\eta}Q_0^*(n)} \\ +I_3(n+\Delta n)Q_0^*(n)+I_4(n+\Delta n)$$

$$\delta[Q_0^*(n+\Delta n), n+\Delta n]$$

$$=I_1(n+\Delta n)Q_0^*(n+\Delta n)e^{-\frac{r}{u+\eta}Q_0^*(n+\Delta n)}+I_2(n+\Delta n)e^{-\frac{r}{u+\eta}Q_0^*(n+\Delta n)} \\ +I_3(n+\Delta n)Q_0^*(n+\Delta n)+I_4(n+\Delta n)$$

$$\Delta\delta=\delta[Q_0^*(n+\Delta n), n+\Delta n]-\delta[Q_0^*(n), n+\Delta n]$$

$$=I_1(n+\Delta n)\{Q_0^*(n+\Delta n)e^{-\frac{r}{u+\eta}Q_0^*(n+\Delta n)}-Q_0^*(n)e^{-\frac{r}{u+\eta}Q_0^*(n)}\} \\ +I_2(n+\Delta n)\{e^{-\frac{r}{u+\eta}Q_0^*(n+\Delta n)}-e^{-\frac{r}{u+\eta}Q_0^*(n)}\} \\ +I_3(n+\Delta n)\{Q_0^*(n+\Delta n)-Q_0^*(n)\}$$

感度分析は以上のほかに、設備の生産能力および割引率に関するも行ない得るが、ここでは省略する。

6. 不確実性

需要量、価格、変動費等が確率変数となっている場合の分析およびベイジアンアプローチによる分析を行なう。

6.1 不確実性

(1) 需要量

① q_0 に関して

(i) $-u < \eta$ の場合

省力設備の投資規模決定

$q_0 > Q_0$ のとき $\delta = \delta_3(q_0 = q_{0i})$, $Q_0 - n(u + \eta) \leq q_0 \leq Q_0$ のとき $\delta = \delta_1(q_0 = q_{0i})$, $q_0 < Q_0 - n(u + \eta)$ のとき $\delta = \delta_2(q_0 = q_{0i})$

離散確率変数 q_0 が次のような確率関数をもつものとする。

q_0	$q_{01} \cdots q_{0J} \cdots q_{0K} \cdots q_{0W}$	$q_{0J} = Q_0 - n(u + \eta)$
$P(q_0)$	$P(q_{01}) \cdots P(q_{0J}) \cdots P(q_{0K}) \cdots P(q_{0W})$	$q_{0K} = Q_0$

$$E(\delta) = \sum_{i=1}^{J-1} \delta_2(q_0 = q_{0i})P(q_{0i}) + \sum_{i=J}^K \delta_1(q_0 = q_{0i})P(q_{0i}) + \sum_{i=K+1}^W \delta_3(q_0 = q_{0i})P(q_{0i})$$

$Q_0 = Q_0^*$ のとき $E(\delta) \rightarrow \text{MAX}$

(ii) $-u = \eta$ の場合

$q_0 \geq Q_0$ のとき $\delta = \delta_3(q_0 = q_{0i})$, $q_0 < Q_0$ のとき $\delta = \delta_2(q_0 = q_{0i})$, $q_{0J} = Q_0$

q_0	$q_{01} \cdots q_{0J} \cdots q_{0W}$
$P(q_0)$	$P(q_{01}) \cdots P(q_{0J}) \cdots P(q_{0W})$

$$E(\delta) = \sum_{i=1}^{J-1} \delta_2(q_0 = q_{0i}) + \sum_{i=J}^W \delta_3(q_0 = q_{0i})$$

(iii) $-u > \eta$ の場合

$q_0 > Q_0 - n(u + \eta)$ のとき $\delta = \delta_3(q_0 = q_{0i})$

$Q_0 \leq q_0 \leq Q_0 - n(u + \eta)$ のとき $\delta = \delta_4(q_0 = q_{0i})$

$q_0 < Q_0$ のとき $\delta = \delta_2(q_0 = q_{0i})$

q_0	$q_{01} \cdots q_{0J} \cdots q_{0K} \cdots q_{0W}$	$q_{0J} = Q_0$
$P(q_0)$	$P(q_{01}) \cdots P(q_{0J}) \cdots P(q_{0K}) \cdots P(q_{0W})$	$q_{0K} = Q_0 - n(u + \eta)$

$$E(\delta) = \sum_{i=1}^{J-1} \delta_2(q_0 = q_{0i})P(q_{0i}) + \sum_{i=J}^K \delta_4(q_0 = q_{0i})P(q_{0i}) + \sum_{i=K+1}^W \delta_3(q_0 = q_{0i})P(q_{0i})$$

(2) 価格

d	d_1, \dots, d_w
$P(d)$	$P(d_1), \dots, P(d_w)$

(i) $-u < \eta$ の場合

$$E(\delta) = \sum_{i=1}^w \delta_1(d=d_i)P(d_i)$$

(ii) $-u = \eta$ の場合

$$E(\delta) = \sum_{i=1}^w \delta_2(d=d_i)P(d_i)$$

又は

$$E(\delta) = \sum_{i=1}^w \delta_3(d=d_i)P(d_i)$$

(iii) $-u > \eta$ の場合

$$E(\delta) = \sum_{i=1}^w \delta_4(d=d_i)P(d_i)$$

$Q_0 = Q_0^*$ のとき $E(\delta) \rightarrow MAX$

(3) 変動費

μ	μ_1, \dots, μ_w
$P(\mu)$	$P(\mu_1), \dots, P(\mu_w)$

(i) $-u < \eta$ の場合

$$E(\delta) = \sum_{i=1}^w \delta_1(\mu_i)P(\mu_i)$$

(ii) $-u = \eta$ の場合

$$E(\delta) = \sum_{i=1}^w \delta_2(\mu_i)P(\mu_i)$$

又は

省力設備の投資規模決定

$$E(\delta) = \sum_{i=1}^w \delta_3(\mu_i) P(\mu_i)$$

(iii) $-u > \eta$ の場合

$$E(\delta) = \sum_{i=1}^w \delta_4(\mu_i) P(\mu_i)$$

$Q_0 = Q_0^*$ のとき $E(\delta) \rightarrow MAX$

(4) 固定費

T	T_1, \dots, T_w
$P(T)$	$P(T_1), \dots, P(T_w)$

(i) $-u < \eta$ の場合

$$E(\delta) = \sum_{i=1}^w \delta_1(T) P(T_i)$$

(ii) $-u = \eta$ の場合

$$E(\delta) = \sum_{i=1}^w \delta_2(T_i) P(T_i)$$

又は

$$E(\delta) = \sum_{i=1}^w \delta_3(T_i) P(T_i)$$

(iii) $-u > \eta$ の場合

$$E(\delta) = \sum_{i=1}^w \delta_4(T_i) P(T_i)$$

$Q_0 = Q_0^*$ のとき $E(\delta) \rightarrow MAX$

6.2 ベイジアン分析

事前確率および利得（年価）が次のように与えられている⁽¹²⁾。

将来の需要 事前確率	$q_{01}(A_1)$	.....	$q_0^*(A_i)$	.....	$q_{0n}(A_w)$
	$P(A_1)$	.....	$P(A_i)$	.....	$P(A_w)$
生産能力 Q_0	$\delta(q_0 = A_1)$	.....	$\delta(q_0 = A_i)$	.....	$\delta(q_0 = A_w)$

省力設備の投資規模決定

この時、 $E(\delta)$ および $E(\delta) \rightarrow MAX$ となる $Q_0 = Q_0^*$ が求まる。

尤度が次のように与えられている⁽¹³⁾。

実際の需要	標本情報による予測				
	$q_{01}(F_1)$	.....	$q_{0i}(F_i)$	.....	$q_{0w}(F_w)$
$q_{01}(A_1)$	$P(F_1|A_1)$	.....	$P(F_i|A_1)$	.....	$P(F_w|A_1)$
⋮	⋮				⋮
$q_{0w}(A_w)$	$P(F_1|A_w)$	.....	$P(F_i|A_w)$	.....	$P(F_w|A_w)$

$$P(F_j) = \sum_i P(A_i)P(F_j|A_i)$$

事後確率は

$$P(A_i|F_j) = P(A_i)P(F_j|A_i)/P(F_j)$$

標本情報が与えられた時の期待利得 $E(\delta|SI)$

$$E(\delta|SI) = \sum_j P(F_j)MAX[E(\delta)|F_j]$$

標本情報の期待価値 $EVSI$

$$\pi = \delta \frac{1 - e^{-r\pi}}{r}$$

$$EVSI = E(\pi|SI) - MAXE(\pi)$$

標本情報からの期待純利益 $ENGSI$

$$ENGSI = EVSI - \text{標本情報の原価}$$

7. 結論

省力設備の特性をもとに省力化による費用構造の変化を考慮した、需要量が漸増または漸減する場合の投資規模決定を行なった。

又、需要量、価格、単位変動費等に関する感度分析を行ない、各変数が確率変数となっている場合の不確実性下の分析およびベイジアンアプローチによる分析を加えた。

省力設備の投資規模決定

注

- (1) 福井清「省力化・自動化の手引」, 昭和46年, 日本実業出版社
- (2) 尾関俊雄「NCの経済計算と評価はこうする」 「IE」第11巻第10号, 昭和44年10月号, p. 31~p. 37
- (3) 伏見多美雄「自動化と省力投資の経済性分析」 「企業会計」第25巻第9号, 昭和48年9月号, p. 105
- (4) 占部都美他「生産性と経営管理」, 昭和33年, ダイヤモンド社, p. 113~p. 114
- (5) 占部都美「経営学総論」昭和51年, 白桃書房, p. 339~p. 343
- (6) 占部都美他 “Ibid”, p. 117
- (7) 伏見多美雄 “Ibid”, p. 105~p. 113.
- (8) 上田泰夫「保全部門における省力投資案の評価法——上限および下限の制約をもつ省力投資案の一研究——」 「日本工業経営会誌」第56号, 昭和48年9月
- (9) Donald Erlenkotter, “Capacity Planning for large multilocation Systems: Approximate and incomplete Dynamic Programming Approaches”, Management Science, November 1975
- (10) M.R. Rao, “Optimal Capacity Expansion with Inventory”, Operations Research, Vol. 24, No. 2, March-April 1976
- (11) A.S. Manne, E.D., “Investments for Capacity Expansion”, The M.I.T. Press, 1967
- (12) Bruce W. Morgan, “An Introduction to Bayesian Statistical Decision Processes” 1968 竹内・中村・稲川共訳「意思決定入門」
- (13) 井上康男「不確実性と資本予算」, 昭和49年, 白桃書房, p. 20~p. 26