

1. はじめに

近年、変形労働時間制度の中でも1日あたりの労働時間を一定にしないという柔軟な制度の適用がなされ、その通勤混雑緩和への効果が期待されている。本研究では、大都市鉄道通勤を念頭に通勤者や企業などの行動を定式化し、始業時刻・労働時間の変更に伴う業務活動の効率の低下の影響を考慮した、変形労働時間制度の経済評価を試みる。なお、出勤時と帰宅時が対称的であると仮定し、前者に着目して分析する。

2. 鉄道通勤サービス市場と一般企業の生産活動

(1) 通勤者の出勤不効用と鉄道企業の輸送力供給のモデル化

時刻 t に都心に到着する通勤者の出勤による部分不効用 $U(t)$ を式 (1) のように列車の混雑度 $s(t)$ と自宅を早く出発することのスケジュールコストの和により定義する。 表-1 モデルの定式化

時点 t の輸送力を単位時間当りの通勤者数を用いて $u(t)$ (人/分) と表す。時刻 t 以前に都心に到着する累積通勤者数の割合を $m(t)$ とすると、式 (2) が成立する。

鉄道企業の運行費用 TRC は各時点の費用を式 (3) のように積み上げたものである。これを各通勤者が均等に運賃 RC として負担する (式 (4)) と仮定する。

(2) 一般企業の生産活動と労働疲労のモデル化

一般企業は都心に立地し、時間的集積の経済性が働くもとで合成財を生産して、1人あたりの生産額をその通勤者の賃金として分配する。ここで、時刻 t に始業する通勤者の時刻 T_2 までの生産額 $Y(t)$ を式 (5) で定義する。また、労働疲労による不効用 $E(t)$ を式 (6) で定義する。

$U(t) = -(s(t))^\eta - c(T_2 - t) \quad (1)$ <p>$s(t)$: 時刻 t に都心に到着する列車の混雑度 $c > 0$ (円/分): 自宅出発時刻が早いことに関するスケジュールコストの勾配 η: パラメータ T_2: スケジュールコストの基準時刻</p> $\dot{m}(t)N = s(t)u(t) \quad N: \text{総通勤者数} \quad (2)$ $TRC = \int_{T_0}^{T_2} \zeta (u(t))^{\iota} dt \quad (3)$ <p>$\zeta, \iota (> 1)$: パラメータ T_0, T_2: 最早, 最遅到着時刻</p> $RC = TRC/N \quad (4)$ $Y(t) = \int_t^{T_2} A(n(\tau)N)^\alpha d\tau \quad t \in [T_1, T_2] \quad (5)$ <p>$n(t)$: 累積始業者数の割合 α: 時間的集積の経済性を表すパラメータ A: パラメータ T_1: 最早始業時刻</p> $E(t) = -e(T_2 - t) \quad (6)$ <p>e: 労働疲労スケジュールコストの勾配</p>

3. 変形労働時間制度下の労働時間帯分布の分析

(1) 利用者均衡下の労働時間帯分布の分析

鉄道企業の時刻別輸送力は政府に規制されているが、通勤者の自由な行動が許されているケースを考える。

通勤者 i が最終的に享受する出勤時の効用 $W(i)$ は、以下のように表すことができる。

$$W(i) = Y(n^{-1}(i)) + E(m^{-1}(i)) + U(m^{-1}(i)) - RC = const. \quad (7)$$

ここで、 $n^{-1}(i), m^{-1}(i)$ はそれぞれ、 $t_1 = n^{-1}(i), t_2 = m^{-1}(i)$ であり、 $n(t_1), m(t_2)$ の逆関数である。

政府は等効用条件 (7) を満たすもののうち、通勤者の効用の総和が最大になるような鉄道の運行スケジュールを計算し、それによって鉄道企業は輸送力の供給を行う。このような運行スケジュールと労働時間帯分布を求める問題は、社会的厚生水準 SW の最適決定問題として、以下のように定式化できる。

$$\max_{u(t), k(t)} SW = \int_{T_0}^{T_2} [\dot{m}(t)NU(t) - \zeta u(t)^\iota + \dot{n}(t)N(Y(t) + E(t))] dt \quad (8)$$

$$s.t. \quad \dot{m}(t) = s(t)u(t)/N \quad \dot{n}(t) = k(t)/N \quad W(i) = const.$$

$$\dot{Y}(t) = \begin{cases} -A(n(t)N)^\alpha & \text{if } (T_1 \leq t \leq T_2) \cap (\dot{n}(t) \neq 0) \\ 0 & \text{if } (T_0 \leq t < T_1) \cup (\dot{n}(t) = 0) \end{cases} \quad (9)$$

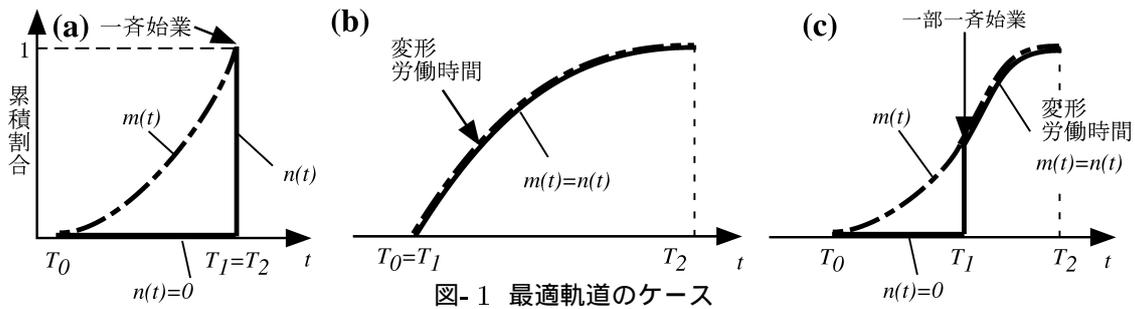


図- 1 最適軌道のケース

$$h_1(t) \equiv -n(t) \leq 0 \quad h_2(t) \equiv n(t) - m(t) \leq 0 \quad h_3(t) \equiv m(t) - 1 \leq 0 \quad (10)$$

最適制御理論を用いてモデルの求解を行うと、制約条件 (10) の組合せにより、(a) 全員が一斉始業を行う、(b) 全員が変形労働を行う、(c) 変形労働時間と一斉始業が混在、の 3 つのケースに分類される (図- 1)。

(2) システム最適下の労働時間帯分布の分析

前節での鉄道企業の規制に加え、時刻別運賃を導入すれば、通勤者の行動も制御して社会的厚生水準 SW を最大にできる (システム最適)。このケースは等効用条件 (7) を除いた問題として同様に定式化でき、最適軌道は前節と同様に図- 1 に示す 3 つのケースに分類される。

(3) 変形労働時間制度の経済評価

数値計算により、全通勤者が一斉始業 (9:00-17:30；実労働時間 450 分) する状況と比較して、実コアタイムを 330 分 (10:00-16:30) とする変形労働時間制度の効果を評価する。各変数の値を $\eta = 4.5$, $\iota = 3.1$, $\zeta = 0.0008$ (円/分), $c = 20$ (円/分), $e = 20$ (円/分), $N = 50,000$ (人), $\alpha = 0.3$, A : 一斉始業のときの 1 通勤者あたりの 1 日賃金が 20,000 (円) に設定する。

図-2(i) のように利用者均衡下では一斉始業時刻の約 40 分前から出勤が始まる。制度の導入により、6 割が 9:40 に一斉始業し、4 割が変形労働を行う (iii)。システム最適下では一斉始業 (ii)、変形労働時間あり (iv) と出勤時間帯が長くなり、時間あたりの混雑が大幅に減少する。

効用の変化を各成分ごとに分別して表示したものが図-3 である。この計算例では、利用者均衡の下で一斉始業の場合 (i) と比較して、制度を導入 (iii) すれば賃金は減少するが、スケジュールコストと労働疲労の不効用が賃金の減少分以上に小さくなり、効用は大きくなる。また、混雑は軽減されるが、一斉始業のもとでシステム最適にすること (ii) の軽減に比べれば小さい。システム最適・変形労働時間あり (iv) のとき、混雑は大きく減少する。

4. おわりに

本研究では、企業の生産効率の低下を考慮しても変形労働時間制度の効果があることを確認した。また、制度を導入することが混雑を最も緩和するわけではないことが明らかになった。

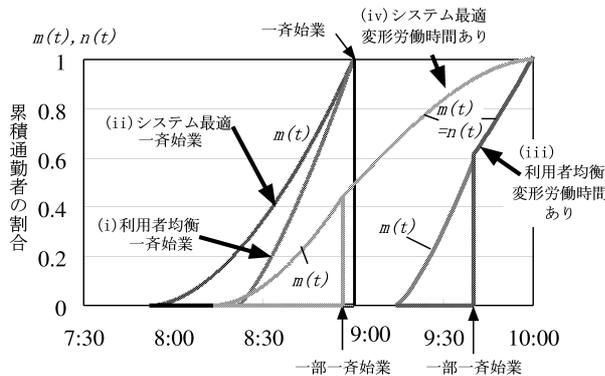


図-2 各ケースの出勤・始業時刻分布

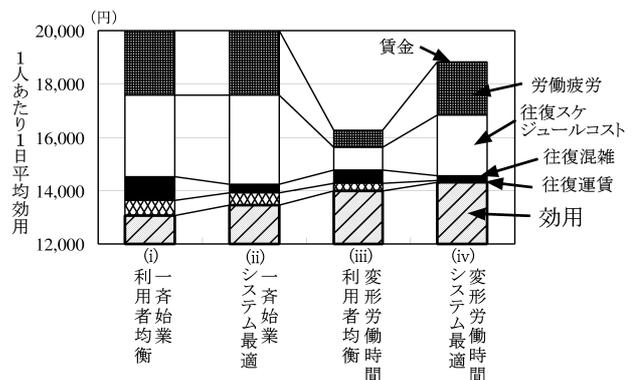


図-3 経済評価の比較