

知識社会における交通行動：課題と展望*

Traffic Behaviour in Knowledge Society: Research Issues and Perspectives *

小林潔司**

By Kiyoshi KOBAYASHI**

1. はじめに

高度な情報・通信技術、高速交通技術に支えられた知識社会が到来しつつある。新しい交通・通信技術が開発され、それが社会に普及していくことにより人間のコミュニケーション行動の自由度は飛躍的に増大する。コミュニケーション技術の革新は、人間が情報や知識をより早く、より効率的に伝播することを可能にするだけではない。異なる地域に立地する活動のさまざまな結びつきの可能性を拡大する。拡大されたコミュニケーションの可能性は、人間のコミュニケーション行動に多大な影響を及ぼしながら、社会システム自体の構造変化を引き起こしている。

古代アテネのアゴラはミーティング施設であった。人々はアゴラに集まり財やアイデアを交換した。多くのヨーロッパの都市では、広場がミーティング施設として機能した。世紀末ウィーンはカフェという文化的ミーティング施設を有していた。ミーティング施設が、都市構造の形成や都市における創造性の発展に非常に重要な役割を果たした。現代都市には膨大な量のアイデア（知識、技術）が集積している。人間の間でのアイデア交換の容易さが、大都市の集積の効果という外部経済を形成している。ミーティング施設は限られた都市空間の中で膨大化しつつあるアイデアの交換需要を効率的に満足させる手段として重要な意義を持っている。

多くの交通行動において、交通主体は他人の意志と無関係にその行動のすべてを決定できるものでは

ない。多かれ少なかれ、他人の意志が交通行動の決定に関与している。特に、フェイス・トゥ・フェイスのコミュニケーション（以下、ミーティングと呼ぶ）では、相手とミーティングに関する合意を形成することが前提となる。日常生活のあらゆる側面において人間はミーティングを行っている。交渉・集金・打ち合わせという多くの業務トリップ、友人や恋人との交際等はミーティング自体を目的としている。通院、通学、通勤、買物トリップを既定する多くの制度的条件や慣習も人間のミーティングの積み重ねにより形成されたものである。また、我々は家庭内で膨大な量のミーティングを行っており、家族関係は交通行動の生成に多様な影響を及ぼしている。

本稿では、知識社会における重要なコミュニケーション行動であるミーティングに着目し、そのモデル化の方法とミーティングを支える交通基盤整備や交通政策に関わる今後の研究課題について展望する。2. では交通行動に介在する「他人の存在」の重要性について指摘する。3. では、コミュニケーション・ネットワークが「人的ネットワーク」と「物的ネットワーク」という二重構造を有していることを指摘する。4. では人的ネットワークにおける個人間の相互作用を、5. では交通（物的）ネットワーク上での個人間の相互作用と情報が果たす役割についてモデル化する。6. では、知識社会における交通基盤整備のための研究課題について考察する。

2. 交通行動と「他人の存在」の発見

本稿の主題は、交通行動における「他人の存在」の重要性を指摘することにある。さらに、「他人とのコ

*キーワード：知識社会、交通行動分析、課題と展望

**正員 工博 鳥取大学教授 工学部社会開発システム工学科
(鳥取市湖山町南4丁目101、TEL 0857-31-5309、
FAX 0857-31-0882)

コミュニケーション」を基調とした交通行動モデリングの可能性について1つの展望を示してみたい。本節では、コミュニケーションにおける「他人の存在」の発見が中世ヨーロッパの時間革命をもたらしたという歴史的事実を通じて、交通行動における「他人の存在」の重要性について問題提起する。

中世ヨーロッパにおける商業の振興は、今日的な時刻システムの誕生という時間革命をもたらした。コンスタンチヌス帝によるキリスト教の容認以来、教会時間による「八定時課」制が中世の人間行動を支配した。八定時課は元来、修道僧と聖堂参事会員を集合させ聖歌隊を形成するために用いられた時刻である。昼はおよそ3時間ごとに分割された。夜は祈りと休息が交互に配置され、夜の「晩課」、真夜中の「朝課」、明け方の「讃課」に3分された。八定時課は非常に不規則な時刻であるが、当時の農民達の労働パターンに対しては合理的であった。

時刻制度は非常に保守的で変化しにくいシステムである。中世ヨーロッパでは、公衆が自由に時間を確認できる機械仕掛けの大時計がまだ発明されておらず、聖務の時刻を告げる教会の鐘の音が唯一利用可能であった。農民であれ、労働者であれ、「労働を開始する時刻」、「昼食を始める時刻」、「再び労働に戻る時刻」、「労働を終える時刻」はすべて教会の鐘の音に頼っていた。労働は現在の午前6時頃の祈りにはじまり、午後3時頃の九時課で終わった。

13世紀頃、「商人の時間」の登場により時刻システムは劇的な変化を遂げる。商人達は顧客や取引相手と絶えずミーティングを行なう必要がある。商人達にとって3時間ごとに細分化される八定時課は極めて不便だった。商人達の生活リズムとは合い入れない。教会は商人や町で働く人々の要求に基づいて時刻システムを徐々に修正していった。J・ル・ゴフは以下のように書いている¹⁾。「10世紀から13世紀の末にかけて、昼間の時の刻み方が進化した。九時課(none)は、当初は現在の時間で午後3時頃にあったが、これがゆっくりと前へ進み正午あたりに静止する(ここから正午を表わす英語の noon という言葉が生まれる)。九時課、それは鐘の告げる聖なる時間の下で都市の仕事場で働く人々のひと休みの時間となる」。かくして、労働時間を午前と午後に分する時刻システムが出現する。時間革命である。

表-1 ミーティングの種類

頻度 パターン	高頻度	低頻度
直接的	高密度な空間における高頻度なミーティング (日常的コンタクト・交際)	限られた時間と場所における 多人数のミーティング (会議・打合せ等)
間接的	短命で高頻度に消費される情報・財の素早い入手 (株式市場等)	不可分性、保存性に優れた知識やサービスの伝達 (学会等)

時間革命は、ミーティングを理解するために格好の素材を提供する。八定時課制は、人々が「神」と聖なるコミュニケーションを行なうためのシステムである。午前・午後という労働時間の2分法は、人々が「神」ではなく「他人」とコミュニケーションするために出現したシステムである。それは時の権力が人為的に作ったシステムではない。むしろ、人々がミーティングを繰り返すことにより、自生的に形成された。時間革命の本質は、コミュニケーションにおける「他人の存在」の発見にある。ミーティングは自分ひとりだけでできるわけではない。他人との合意の必要性が、労働時間の2分法、商習慣や勤務制度、休日等の制度を形成していったのである。

3. ミーティングの役割

(1) ミーティングの種類

経済学者バランダーは、現代都市における交渉の役割に着目し、都市活動の立地におけるコミュニケーション費用の重要性をチューネンや初期の立地論の枠組を越えてより広い観点から指摘した²⁾。彼が指摘するように現代の都市活動の顕著な特徴は、他の都市活動と頻繁に広範囲のコミュニケーションを行うことにある。大都市で生産され集中する知識の量は著しく増加している。知識は多くの人間・企業・組織の間に分散され、高度に専門化・複雑化・多様化している。知識の交換に必要なコミュニケーションの内容や種類も多様化している。

ミーティングの種類は多様であるが、その空間的・時間的な特性に着目すれば表-1のように分類できる。人間はミーティングを通じて知識や情報などの科学的アイデア、友情や愛情などの心理的サービス、財などを交換する。ミーティングにおいて交換されるものが変われば、ミーティングの頻度や性格も変

表-2 ネットワーク特性の比較

	交通ネットワーク	人的ネットワーク
ノード	出発地・到着地	個人
リンク	道路	ミーティング・通信
インプット	トリップ需要	アイデア・友情等
アウトプット	実現トリップ	アイデアの進歩・友情等の深化
観測可能変数	交通トリップ	ミーティング回数
状態変数	交通条件	アイデア、友情等の機能
目的変数	旅行時間・コスト	知識・アイデアの交換
メディア	交通手段	議論
活動距離	長距離	短距離

わってくる。1対1のコミュニケーションは、ミーティングの基本的な形態であり、もっとも集中的にアイデアを交換する方法である。特に、友情や愛情といった心理的サービスを交換する場合には、この方法が採用される。また、科学的アイデアに関して、1対1のミーティングにより集中的に交換できる。しかし、知識交換において1対1のミーティングが常に効果的な方法であるとは限らない。社会が高度に知識化し研究活動が活発化すれば、必然的に科学的アイデアの種類は多様化し知識交換の頻度は急増する。知識交換をすべて人間の1対1の接触によって行おうとすれば、必要な交換回数は飛躍的に増大する。会議・学会等のように数多くの人間が一同に集まれば、知識交換の効率性は著しく改善される。ミーティングの規模が大きくなれば、自分が獲得したい知識を有する人間と知りあう確率は高くなる。一度、知識交換の相手と知りあえば、その人間と個別的なミーティングを行えばよい。

(2) ネットワークの二面性

交通・コミュニケーション行動は、「人的ネットワーク」、「物的ネットワーク」という2種類のネットワーク上で展開される。散歩やドライブのように他人の意思決定とは独立に行われる交通行動を除けば、上述の2つのネットワークが交通・コミュニケーションの実現に大きな役割を果たしている。2つのネットワークの特性は表-2に示すように整理できる。

人的ネットワークは科学的アイデア、心理的サービス等が流れるネットワークである。人的ネットワークの顕著な特性は、個々の人間がアイデアを蓄積しているノードの役割を果たしており、アイデアが交換されるミーティングがリンクの役割を果たしてい

るところにある。人的ネットワークでは「ミーティングの開催の有無」、「ミーティングの場所と時間」等が決定される。そこでは、「参加者間での合意」が原則であり、ミーティングの形成には常に複数の人間の意思決定が関与する。ミーティングには1)多くの形式的会議のように特定の指導者が、強制力を発揮してミーティングを開催する場合、2)自発的な集い、男女交際のように、ミーティングの内容がそれに参加する最もインセンティブの低い者の意向によって決定される場合等、ミーティングの種類によって意思決定の様式は異なる。しかし、複数の人間の意向や意思決定がミーティングの形成に関与していることは明らかであろう。

物的なネットワークは主として「通信ネットワーク」、「交通ネットワーク」により構成される。通信ネットワークではテレビ会議やファックスのように、通信ネットワーク自体がミーティングを実現するように機能する。双方の当事者がコミュニケーションにおいて消費する金銭的・時間資源はそれほど多くない。当事者は暗黙の内に合意が形成されることを前提にコミュニケーションを行うものの、合意形成の必然性がそれほど強く要請されるわけではない。このような事前の合意に対する制約の少なさが、事前の合意形成に多大なエネルギーを要するミーティングを実現させる手段として頻繁に用いられる。

交通ネットワークは通信ネットワークとは非常に異なった性質を持つ。交通ネットワークのノードとリンクは必ずしも人的ネットワークのノードとリンクに1対1に対応しているわけではない。人的ネットワークのノードである個人が交通ネットワークのリンクを移動する。ミーティングの多くは、ホテル、会議場、街角の喫茶店などのミーティング施設(ノード)を利用して行われる。人的ネットワークにおいてもっとも重要なリンクである家庭もまた、交通ネットワーク上ではノードである。交通機関内で打ち合わせを行ったり、たまたま乗り合わせた人と雑談に興じた場合は、交通ネットワークのリンクが人的ネットワークのリンクとして利用されていることになる。

交通ネットワークの顕著な特性は、ネットワーク利用に関する意思決定が交通行動の当事者である個人の裁量に委ねられる点にある。交通ネットワークは多くの交通主体が同時に利用する場であり、個人の

意思決定といえども、他人の意思決定の「結果」の影響を受ける。そこで問題となるのは、不特定多数の意思決定の「結果」であり、交通ネットワークを利用する個人の間に交通行動に関する合意が形成されているわけではない。合意形成の手段が欠如している交通ネットワークでは、個人は不確定な条件下で意思決定を行わなければならない。不確定な状況の下での個人の自由な選択の結果が、必ずしも社会的に望ましい結果をもたらすとは限らない。交通情報の提供が個人行動を誘導し、選択行動の全体を望ましい方向へ改善する可能性がある。

(3) 交通行動モデリングの課題

交通行動研究は、ある交通主体の行動をモデル化し、それを集計化するという方法論的個人主義の立場にたっている。方法論的個人主義とはシュンペーターが用いた言葉であるが、社会・経済システムの現象を個人々人による独立な行動に還元し、それを集計化することにより理解しようとする立場を意味する。彼は、このパラダイムの操作性、有用性を認めながらも個人の相互作用によって生じる社会現象を理解するには本質的な問題を有していると批判した⁴⁾。これまでの交通行動モデリングは、方法論的個人主義のパラダイムの下に、人々が互いに時間を調整し、同一の時間、場所に集合するという個人の意思決定における相互作用を捨象してきた。ミーティング行動をモデル化するためには、従来無視されてきた個人間の相互作用を明示的に考慮することが必要となる。

人的ネットワークと交通ネットワーク上での意思決定は互いに深く関連している。人的ネットワークにおけるミーティングは、交通ネットワーク上で開催される。しかし、それが「どこで」、「いつ」、「誰と」、「どのように」開催されるのかに関しては、ミーティングの潜在的な参加者により集合的に決定される。意思決定過程において参加者の交通の便のように交通ネットワーク上での個人の意志決定の結果が反映されることはあるが、ミーティングの内容は本質的に人的ネットワークで決定される。このようにミーティングに関する意思決定は、人的ネットワークにおける意思決定を上位問題、交通ネットワークに関する意思決定を下位問題とする stackelberg 問題になっている。ミーティングに関する行動モデルの

開発は、今後の重要な研究課題となるだろう。

知識社会への移行につれて、多くの社会的、経済的な基本構造が変化しようとしている。例えば、週休2日制の普及、研究開発活動の進展は、人的ネットワークの構造やそこにおける意思決定を大きく変化させる。それに付随して交通行動も変動するだろう。方法論的個人主義という基本的パラダイムに基づいて設計されたパーソントリップ調査は、個人の交通行動の解明に多大な貢献を果たしてきた。しかし、それはあくまでも交通ネットワーク上での交通行動を調査するものであり、人的ネットワーク上でのミーティング行動に関して極めて断片的な情報をもたらしたにすぎない。現代社会の基本的なコミュニケーション形態であるミーティングの全貌を把握するには極めて程遠い状況にあると言わざるを得ない。

4. ミーティングと交通行動

(1) ミーティング行動のモデル化の必要性

過去20年以上にわたって膨大な量に及ぶ交通行動に関する研究が蓄積されてきた。ランダム効用モデルを用いた離散的選択モデル^{5)~9)}の発展により、交通行動の表現方法の自由度は著しく増加した。ランダム効用モデルは、効用最大化理論と論理的整合性を保持しながら交通行動をモデル化できるため、各種の交通政策の効果も経済理論と整合性のとれる形で評価できる利点がある。経済効果分析は、最近になって研究が進展してきたものの、これまであまり研究がなされなかった分野である。不思議な現象であるが、交通行動分析の焦点が主として行動のモデリング自体に置かれてきたことと無縁ではない。

ミーティング行動を決定する場合、他人の意思が介在してくる。また、他人の意思によりミーティングに参加せざるを得ない場合もあるだろう。個人の意思決定に他人の意思が介在する場合、そこで実現する交通行動の均衡状態はパレート最適にならない可能性が大きい。この種の均衡解の非効率性は、トリップの過大供給、過小供給の問題を生起する。例えば、友人との交際量は最適水準よりも過小になりうるだろう。このようにいくつかの私的交通では、トリップは過小供給される危険性がある。一方、制度的、義務的な条件が支配する業務交通では、トリップ

が過大供給される可能性もある。その中で通信によるコミュニケーションで代替すべき交通トリップも存在しよう。驚くべきことに、この種の交通生成に関わる外部不経済の問題は、これまで交通行動に関する文献の中でほとんど議論されてこなかった。これまでの交通行動モデリングが方法論的個人的主義の枠組みの中で行なわれてきた以上、この種の外部不経済が問題になる余地はなかったからである。

ひとたび、個人間の相互作用に基づく外部不経済の存在を認めれば、実に多くのことが研究課題として残されていることに気づく。現行の総合交通計画における交通トリップの総需要抑制政策も、交通生成に関わる外部不経済の補正という視点からいまい一度見直してみる必要がある。交通がもたらす外部不経済の問題は、これまで自動車交通がもたらす社会的費用に関する議論、あるいは混雑税に関する議論に終始しがちであった。しかし、外部不経済性の問題は、交通混雑以外にも数多く存在する。これまでに、ともすればアドホックに提案されてきた交通管理施策も、外部不経済性の補正手段として新たな体系化が求められる時代に入ってきたと考える。

(2) ミーティング行動のモデル化

ミーティングは、参加者間の交渉過程を通じて形成される。会議であれ、私的交際であれ、ミーティングを企画する発案者がおり、潜在的な参加者にミーティングへの出席を呼びかける。ミーティング形成の有無に関する最初の合意が形成される。合意が得られれば、ミーティングの規模や場所、開催時間の詳細等が決定される。ミーティング形成の過程では、種々の合意事項が同時に決定されたり、個々人の事情を踏まえた調整やフィードバックがなされるが、1) ミーティングの目的と開催の有無の決定、2) ミーティングの詳細の決定という概ね段階的な意思決定過程として表現することが可能であろう。ミーティング形成過程に関しては今後の調査・研究の蓄積が待たれるところである。

簡単なモデルによりミーティング開催に関する合意形成を表現する。いま、2人の個人 i, j からなる人的ネットワークを考える。個人 i のあるミーティングに対する効用関数を次式で定義する。

$$U_i = V_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

ここに、 V_i は確定的効用項であり、個人属性、ミーティング特性等の説明変数を用いて表現される。 ε_i は観察者に観測されない特性を表す確率変数である。個人 i がミーティング参加に合意するか否かは、ミーティングに参加して得られる効用が、彼の保留効用水準より大きいかどうかによって決定されるとしよう。彼がミーティング参加に合意する確率は

$$P_i = \text{Prob}\{V_i + \varepsilon_i \geq \bar{V}_i + \bar{\varepsilon}_i\} \quad (2)$$

と表せる。ここに、 $\bar{V}_i$: 確定的保留効用水準、 $\bar{\varepsilon}_i$: 確率誤差項である。したがって、個人 i と j がミーティング開催に合意する確率は

$$P_{ij} = \text{Prob}\{V_i + \varepsilon_i \geq \bar{V}_i + \bar{\varepsilon}_i, V_j + \varepsilon_j \geq \bar{V}_j + \bar{\varepsilon}_j\} \quad (3)$$

と表現される。社会の高度化によりミーティングの機会費用が高くなり、保留効用水準 $\bar{V}_i, \bar{V}_j$ が増加した場合を考えよう。保留効用水準が高くなればミーティングの生起確率は低下する。ここで、ミーティングの生起確率 P_{ij} は個人の合意確率 P_i, P_j よりも常に小さな値になることに留意しよう。仮に、双方の合意確率が独立であり、それぞれ0.1である場合、ミーティングの生起確率は0.01と極めて小さくなる。このように、ミーティングは社会、経済、文化の発展に極めて重要な役割を果たすものの、一方で人間の時間価値が増大するほどミーティングの形成がますます困難になっていくという基本的な矛盾律が存在する。知識社会は人間のコミュニケーションが強く求められながら、自発的なミーティングが形成されにくい社会である。情報・通信の技術革新、交通・都市基盤の整備は、増加する時間価値に対抗してミーティングを達成するための重要な手段である。ミーティングの実現と時間価値の増加を同時に達成することにより経済発展が実現しているのである。

基本モデルを拡張し、交通トリップの過大供給、過小供給の問題について考察しよう。個人 i が個人 j と n 回のミーティングを行った時の限界効用関数 $MU_i(n)$ を次式のように表す。

$$MU_i(n) = \frac{\partial V_i(n)}{\partial n} + \varepsilon_i \quad (4)$$

彼が第 n 回目のミーティングに合意するか否かは彼の限界効用がミーティングの潜在価格 λ_i より大きいとか否かによって決定される。潜在価格は個人によって変動する確率変数である。個人 i と j が第 n 回目

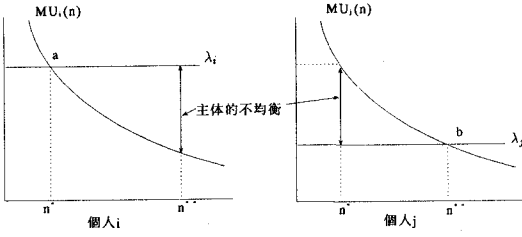


図-1 ミーティングの合意メカニズム

のミーティングに合意する確率 $\Phi(n)$ は

$$\Phi(n) = \text{Prob}\{MU_i(n) \geq \lambda_i; MU_j(n) \geq \lambda_j\} \quad (5)$$

と表現できる。図-1は、個人 i, j のミーティング回数に対する限界効用関数を表している。2人の限界効用関数は同一であり、潜在価格のみが異なると仮定する。個人 i は忙しい人間で彼の潜在価格は非常に大きい。一方、個人 j は比較的時間的な余裕があり、彼の潜在価格は相対的に低い。ミーティングが2人の自発的合意により開催されるためには、2人の限界効用が同時にそれぞれの潜在価格より大きくなければならない。図-1において個人 i は点 a においてミーティングの限界効用が潜在価格に一致する。しかし、個人 j の限界効用は潜在価格よりも大きいままである。個人 i はミーティングを最適消費するが、個人 j にとってミーティングは過小消費となる。自発的ミーティングの回数 n^* は、潜在価格の高い人間によって規定され、社会全体としては過小消費される。一方、個人 j が強制力を発揮しミーティング回数を点 b の水準 n^{**} に設定したとしよう。この時、ミーティングは社会的に過大消費される。

このようにミーティング回数は必ずしも社会的に最適な水準に決定されるわけではない。常に主体的不均衡が生じていると考えてよい。ミーティングの過大消費、過小消費は同時にトリップの過大供給、過小供給を引き起こす。交通政策やテレビ会議等の新しい技術の導入により、社会的に望ましいコミュニケーションの水準を創出するための努力が必要である。残念ながら、このような視点からの研究は現在のところ行われていないようである。

(3) ミーティング・アクセシビリティ

ミーティングの開催場所の決定は、ミーティング

に参加する人間の交通行動の大枠を決定する。あるホテルで開催される会議に出席する場合を考えよう。会議の出席者はホテルに行くのが目的ではない。ホテルが交通の目的地となったのは、会議がそのホテルで開催されたためである。そのホテルが会議場として選択されたのは、それが会議の出席者全員にとってたまたま便利なところに位置していたためかもしれない。ミーティング場所の魅力は、人的ネットワークにおける選択行動の結果として決定される。それは、都市における土地利用や交通システムの特性に依存して内生的に決定されるところに特徴がある。

都市におけるコミュニケーション環境を、ミーティング・アクセシビリティによって表現する³⁾。ゾーン j のミーティングの魅力をミーティング施設の容量 Q_j とミーティングの規模 D_j で表現しよう。

$$ATT_j = \alpha_1 Q_j^{\alpha_2} D_j^{\alpha_3} \quad (6)$$

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ はパラメータである。ゾーン j のミーティングに対するゾーン i のアクセシビリティを

$$ACC_{ij} = \exp(-\beta d_{ij}) ATT_j \quad (7)$$

と表す。ただし、 d_{ij} はゾーン間時間距離、 β は距離に対する抵抗である。ゾーン k からゾーン j で開催されるミーティングに参加する者の数を次式のようなグラビティモデルで表現しよう。

$$G_{kj} = \alpha_1 N_k^\gamma f_{kj} Q_j^{\alpha_2} D_j^{\alpha_3} \quad (8)$$

ただし、 $f_{kj} = \exp(-\beta d_{kj})$ 、 N_k ：ゾーン k の知識就業者数、 $\gamma(>0)$ ：パラメータである。式(8)を k について加算することにより、ゾーン j のミーティングの規模 D_j は次式のようになる。

$$D_j = \{\alpha_1 Q_j^{\alpha_2} (\sum_k N_k^\gamma f_{kj})\}^\varepsilon \quad (9)$$

ただし、 $\varepsilon = 1/(1 - \alpha_3)$ である。式(7)に式(6)と式(9)を代入して展開すれば、ゾーン i の都市内の全ゾーンで開催されるミーティングに対するアクセシビリティは次式で定義される。

$$ACC_i = \sum_j \{\phi_{ij} Q_j^\delta (\sum_k N_k^\gamma f_{kj})^\sigma\} \quad (10)$$

$\phi_{ij} = \alpha_1^\delta f_{ij}$ 、 $\delta = \alpha_2 \alpha_3 \varepsilon$ 、 $\sigma = \alpha_3 \varepsilon$ である。式(10)をミーティング・アクセシビリティと呼ぶ。ミーティングの魅力が「どれだけ多くの人間がミーティングに参加するか」という人的ネットワークでの意志決定に依存して決定されていることに留意して欲しい。

ミーティング・アクセシビリティに関する奥村誠による計算事例を紹介しよう。ベネチアの都市街路

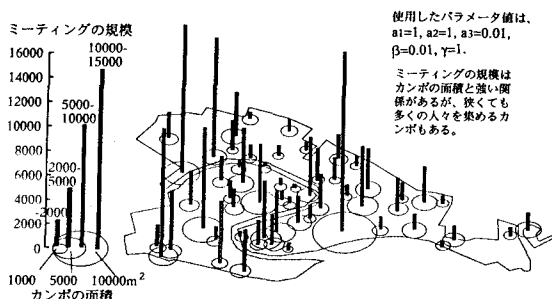


図-2 ミーティング・アクセシビリティ

は特異な構造を持っている。現代の交通手段である自動車を取り入れることは不可能であり、水上交通手段を除けば徒歩だけが唯一利用可能な手段である。ベネチアでは街路と呼ぶにふさわしい道はごく少なく、残りは建物と建物の間隙を縫うように発達した細街路で構成された魅力的なラビリンス都市になっている。細街路を歩いていると突然目の前にカンボと呼ばれる広場空間が広がる。ベネチアの街には、このような数多くのカンボが存在し、人々の娯楽や団らん、情報交換の場として利用されている。不思議なことに、ごく少数のカンボが頻繁に利用され、常に混雑しているのに対して、多くのカンボは近所の人々が利用するもののほとんど混雑することはない。このようなカンボの利用状況をミーティング・アクセシビリティを用いて分析する。人口が島内に一様に分布していると考え、ミーティング施設の規模をカンボの面積で表現する。モデルのパラメータ値は図-2に示すとおりである。図-2に示すように少数のカンボだけがミーティング規模が大きくなっている。必ずしも面積の大きいカンボが集客力が高い訳ではない。集客力に対するミーティング規模の規模弾力性を現わすパラメータ値 γ が大きくなるとミーティングはより少数のカンボに集中する傾向が強くなる。以上の数値計算においては、どのカンボが人々のミーティングの拠点になるかに関して事前に何も指定していない。ベネチアの街路ネットワークの地理的な特性の下で、ミーティング・アクセシビリティが人々の選択行動の結果として内生的に決定される。ミーティング・アクセシビリティは極めて非線形性の強いシステムである。大運河に新しい橋が建設されれば、ベネチアのミーティング・アクセシビリティ構造全体が相転移を遂げ、旧来のミー

ティング中心の急速な衰退と新しい中心の急成長につながる可能性がある。

(4) 「ミーティング」を軸とした交通モデリングの可能性

以上の断片的なアイデアの紹介を通じて、筆者がミーティング行動のモデリングに対して有している問題意識をある程度に明らかにしえたと思える。これを新しい交通モデリングの方法論として体系化していくためには今後に残された多くの課題がある。第1に、ミーティング形成と交通行動の双方を同時に考慮したような行動モデルを開発する必要がある。ミーティング活性化に関する政策分析を行うためには断片的にせよミーティング行動のモデル化を蓄積していく必要がある。第2に、ミーティング行動の集計化の方法論を開発する必要がある。個人間の相互作用がある場合、集計化操作を個人の選択行動の簡単な加算和では表現できない。都市は、多様な潜在的ミーティング需要を有する人間が、ミーティングに対するニーズが一致する相手を発見し、ミーティングを繰り返している。あたかも、2つの分子が偶然に出合い新しい物質を形成する化学反応の過程のようにミーティングが進行する。このような過程は前節で述べたようにミーティング中心が内生的に形成されたり、ネットワーク構造の突然の相転移が生じるような非線形性の強い過程である。このような random matching の数学的表現の開発が都市におけるフェイス・トゥ・フェイスのコミュニケーションの全貌を理解するための基礎的な研究課題である。第3にミーティングの実態を把握するための調査論の開発が必要である。我々は人的ネットワークにおけるミーティング行動に関してほとんど実態を把握していない。分断されたトリップデータよりミーティングのある断面を推測せざるを得ないのが実情である。ミーティング行動に関しては、ミーティング施設等の拠点を対象とした調査や家庭・企業における訪問客調査等により把握できよう。ミーティング調査と交通行動調査の双方を接合するための方法論の開発が重要な研究課題である。すでに、我々は例えば交通行動調査と交通断面調査という異質の調査結果に基づいて経路別交通量を推計するための方法論を開発している。交通行動調査とミーティング調査の

接合という課題は、人的ネットワークと交通ネットワークの相互関係を理解するための基礎的な研究になるだろう。われわれは、フェイス・トゥ・フェイスのコミュニケーションの重要性に関しては強く認識しているものの、それにアプローチするための道具をほとんど持ち合わせていない。以上の研究課題はいずれも決して容易なものではないが、果敢にアプローチするに値する重要性を持っていると考える。

5. 情報と交通行動

(1) 期待形成のモデル化の意味

交通ネットワークでは不特定多数の人間が互いに事前の合意形成を行わず、各自の自由な意思決定により交通行動を形成する。交通ネットワークにおいても、個人の意思決定に他人の意思決定の「結果」が影響を及ぼす。しかし、交通主体は他人の意思決定の結果について、その詳細を知ることにはできない。他人の意思決定が集計化された結果を、ネットワークを利用した事後において交通状況として知り得るだけである。そこでは、極めて多くの人間が同時に意思決定を行っており、合意形成に要するコミュニケーション費用は禁止的に高い。交通主体は互いに情報を交換せずに、過去の経験や直感に従って意思決定を行わざるを得ない。このような不確実な状況の下で行なわれる意思決定が、全体として交通ネットワークの望ましい利用を実現するという保証はない。したがって、公共主体が交通情報を提供することにより、交通主体間のコミュニケーションを補完することが必要になる。

不確実性下で意思決定する交通主体は、実現するであろう交通条件に関して何らかの予測を行なう。予測は経験情報に基づいた学習や直感に基づいて行なわれる。経路選択に直面しているドライバーを考えよう。彼は、過去の経験情報を持っているものの、これから生起するであろう各経路の交通条件について確定的なことは何も言えない。彼は、何らかの先験情報や過去の経験に基づいて走行時間等の交通条件を予測する。ドライバーは自分の決定にとって重要な変数に関して予測を行なうが、このような予測の結果を「期待」と呼ぶ。交通行動における期待形成の役割を議論するために、簡単なランダム期待効

用モデルを用いた経路選択の問題をとりあげる。ある経路に対するランダム期待効用をモデル化する。

$$EU_t = a + bT_t^s + \varepsilon_t \quad (11)$$

ここに、パラメータ a, b はドライバーに固有な効用構造を表現している。 T_t^s は時点 t においてドライバーが認知する経路走行時間の主観的な期待である。添字 s は主観的期待であることを意味している。 ε_t は観測誤差である。ドライバーが不確定情報の下で経路選択を行なう場合、変数値 T_t^s の値を事前に確定的に知ることは不可能である。したがって、不確定情報下で経路選択を行なうドライバーの行動を表現する場合、各ドライバーが説明変数の値（その分布）をどのように予測するのかを説明するモデルが必要となる。そこで、 t 期の期首においてドライバーが有するある経路の走行時間の平均値に関する主観的期待 T_t^s を当該ドライバーの t 期の経験情報（過去の走行における実績値） $(\bar{T}_{t-1}, \bar{T}_{t-2}, \dots)$ および過去の主観的期待 $(T_{t-1}^s, T_{t-2}^s, \dots)$ の関数として表現しよう。

$$T_t^s = \Phi(\bar{T}_{t-1}, \bar{T}_{t-2}, \dots; T_{t-1}^s, T_{t-2}^s, \dots) \quad (12)$$

この式は、ドライバーが経験情報や過去に有した主観的期待に基づいて t 期の経路走行時間の平均値に関する主観的期待を形成するメカニズムを表わしており、「期待形成メカニズム」と呼ぶこととする。

(2) 期待形成仮説

ドライバーが経路走行時間をどのように予測するかに関して、種々の行動仮説を考えることができる。代表的な行動仮説として、1) 静的期待仮説、2) 外挿的期待仮説、3) 適応的期待仮説、4) 合理的期待（以下、略して RE と呼ぶ）仮説が考えられる。静的期待仮説とはドライバーが走行条件に関して固定的な期待を形成すると考える立場である。従来の多くの経路選択モデルがこの仮説に立脚しているが、ドライバーが静的期待をどのように形成したかについて何も説明していないという問題点がある。

外挿的期待仮説によれば、 t 期の予測値 T_t^s は、前期における走行時間の実績値だけでなく、その変動の程度にも依存すると考える。したがって T_{t-1} が $t-1$ 期の走行時間、 T_{t-2} が $t-2$ 期の走行時間を表わすとする、 t 期の外挿的期待は次式で定義される¹⁰⁾。

$$T_t^s = T_{t-1} + \eta(T_{t-1} - T_{t-2}) \quad (13)$$

ここで η は期待係数と呼ばれる。各期の外挿的期待は

前期の水準に前期と前々期の間の走行時間の変化の一定割合を加えたものに等しいと考える。 η が正ならば過去の傾向が継続することが期待され、負ならば過去の傾向が逆転することが期待される。外挿的期待の動きは η によって支配される。 η は本来モデルの基礎となる経済構造に依存して選択されるものであるが、外挿的期待仮説はこのような選択行動を何も表現していないという問題点がある。

外挿的期待の欠陥を改善するために、前期の期待の誤差に応じて期待を修正していくと考える適応的期待仮説が提唱された¹¹⁾。適応的期待仮説は

$$T_t^s = T_{t-1}^s + \zeta(T_{t-1} - T_{t-1}^s) \quad (14)$$

と表わされる。 ζ は適応係数と呼ばれ、期待が過去の誤差に対して調整される速度を表わす。式(14)を変形すれば $T_t^s = \zeta T_{t-1} + (1 - \zeta)T_{t-1}^s$ を得る。 T_{t-1}^s は $t-2$ 期に形成された $t-1$ 期の価格水準の期待であり $T_{t-1}^s = \zeta T_{t-2} + (1 - \zeta)T_{t-2}^s$ と表現できる。そこで、式(14)を逐次展開すれば

$$T_{t-1}^s = \zeta \sum_{k=1}^{\infty} (1 - \zeta)^{k-1} T_{t-k} \quad (15)$$

となる。外挿的期待が2期前までの実現値のみに依存しているのに対して適応的期待は過去の全系列に依存している。適応的期待仮説は多くのラグを持った値に対してそのウェイトが幾何分布に基づいて付加された形になっている。分布ラグの形式は多くの方式が可能であり、幾何級数的に減少するラグはその一つの特殊形に過ぎない。幾何級数的なラグの長所はその推計が容易な点にある。しかし、モデルが現実の行動を正確に表現しているという科学的根拠は薄弱である。また、適応的期待は利用可能な情報を最適に利用していないことが証明されている¹²⁾。

(3) RE 仮説

Muth らは「合理的主体の長期的な学習行動の結果、彼の主観的な期待は客観的な実現値に一致する」という RE 仮説を提唱した¹³⁾。その後、経済学の分野を中心として研究が蓄積され不確実性下の合理的な仮説として定着しつつある^{12)14)~18)}。また、学習行動を通じて RE を形成するメカニズムについても研究が進展した^{19)~21)}。ドライバーが学習行動により主観的期待を逐次更新していくとしよう。このような学習過程の結果、主観的期待はある値に収束し

ていくと考える。RE 仮説によれば、ドライバーの主観的期待は学習行動を通じて現実に実現する走行時間の確率分布に一致する。ドライバーが RE を形成すれば、もはや彼は自分の主観的期待を修正しようというインセンティブを持たない。ドライバーの選択経験が未熟な場合には彼は RE を形成しえない。彼の主観的期待は、過去の偶然的な履歴に依存し、その時々不安定な経路選択行動を記述することは不可能である。しかし、ドライバーが経験情報を蓄積し RE を形成すれば、実際に実現する走行時間の確率分布を通じて彼の主観的期待を計測できるようになる。このように RE 仮説は、本来極めて個人的な情報で計測が困難であるとされてきた主観的期待を客観的に計測するための有効な方法を与えるという点で極めて実際の利点を持つ²²⁾。

筆者等はドライバーが走行時間に関する期待をベイズ学習により逐次修正するような経路選択モデルを提案した²³⁾。走行時間の期待値と分散を同時に修正するような学習モデルが提案されているが、そのうち期待値の学習モデルは次式のようになる。

$$T_{t+1}^s = T_t^s + \frac{1}{\nu_0 + n^t} \cdot (T_t - T_t^s) \quad (16)$$

ν_0 : 初期期待に関わるパラメータ、 n^t : 経路走行回数である。 $t+1$ 期の主観的期待は、 t 期における期待値 T_t^s (第1項)と t 期における主観的期待 (第2項)の誤差を用いて更新される。重み係数 $1/(\nu_0 + n^t)$ は定数ではなく、 n^t が大きくなるにつれて 0 に近づき、主観的期待 T_t^s の補正量は次第に減少する。式(16)で t が十分に大きくなれば $T_t^s \simeq \bar{\tau}_t$ と近似できる。 $\bar{\tau}_t$ は標本平均である。ドライバーが経路選択を十分多く繰り返せば、彼の平均時間に関する主観的期待は客観的に実現する標本平均に漸近する。ドライバーはどのような初期期待を有していても、学習行動を通じて最終的に RE を形成する。ドライバーが RE T^* を形成すれば、

$$T^* = E_{\infty}[T_t] = \lim_{N \rightarrow \infty} N^{-1} \sum_{t=1}^N T_t \quad (17)$$

が成立する。ここで、シミュレーション結果を紹介しよう。このシミュレーションでは、ある固定数のドライバーが2つの代替的な経路の間で選択を繰り返す。各経路の走行時間は局所的な交通量により日々変動する。ドライバーの経路選択の結果は経路の走行時間に反映する。その結果はドライバーの期待に影響

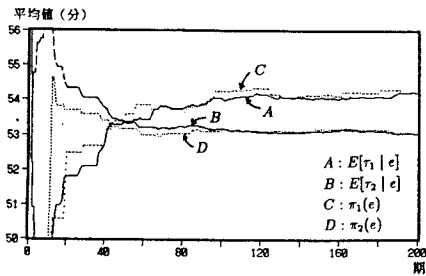


図-3 学習と期待形成の役割

を及ぼし、彼の経路選択に影響を与える。このように実際に実現する走行時間の確率分布とドライバーの期待の双方が時間とともに変化していく。図-3は2つの経路において各期までに実現した走行時間の平均値(A, B)とドライバーの主観的期待(C, D)が次第に1つの定常的な状態(RE)に収束する状態を示している。

(4) 期待形成における情報の役割

最近、路車間情報システムや駐車場案内システムのように、ドライバーに何らかの情報を事前に与えることにより、間接的にドライバーの行動を誘導する試みがなされるようになった^{24)~30)}。このような交通情報が提供される場合には、交通情報も期待形成メカニズム(12)の中に変数として含まれる。交通情報の提供は、ドライバーの期待に影響を与え、結果的にドライバーの選択行動に影響を及ぼす。しかし、ドライバーの長期学習行動を考慮にいたした場合、情報提供がどこまで効果を発揮するかに関しては慎重な検討が必要となる。簡単な例をとりあげよう。ある時点で、公共主体がすべての(一部の)ドライバーに、ある経路を選択するようなメッセージを与えたとしよう。仮に、すべてのドライバーが指定された経路を利用した結果、指定された経路に混雑が生じたとして。早かれ遅かれ、指定されなかった経路の方がむしろ早く目的地に到達できることを知るドライバーも現われる。このような学習行動が反復され、ドライバーが実際に実現する走行条件分布を学習したとして。この時、公共情報を提供しても、ドライバーの経路選択をやはり誘導できないという状況が生じる可能性を否定できない。

経済学の分野では、RE均衡が成立する場合、市場に参加する主体が獲得した情報はすべて現時点で

の市場価格に反映され、結果的に主体が獲得した情報が「情報」としての役割を果たさなくなるという情報の中立性命題が成立する¹⁷⁾³¹⁾³²⁾。交通情報がドライバーの経路誘導効果を発揮するためには、このような「交通情報の中立命題」が成立しないことが前提となる。交通情報の中立性とは、交通情報の個々のメッセージが何等追加的な情報をもたらさない状態として定義できる。いま、情報システムが提供するメッセージの集合を η としよう。メッセージ e のもとで最終的に実現するREを $T^*(e)$ と表わす。この時、異なるメッセージ $e, e' \in \eta$ に対して近似的にせよ $T^*(e) \simeq T^*(e')$ が成立する時、交通情報が中立であるという。このように、メッセージのそれぞれに対して実現するREに差異が生じなければ、交通情報はもはや「情報」として機能していない。この場合、情報提供によりドライバーの経路選択を誘導しようとする試み自体が長期的には意味をなさなくなる。一方、中立命題が成立しない場合、情報提供は長期間にわたって実質的な効果をあげうる。

市場価格が需要と供給の関係で求まるように、走行時間は経路に対する需要と供給条件の相互作用により求まる。一般の市場財の場合、財の現在価格は市場で事前に観察でき、市場価格が将来価格に関する情報を他の主体に伝達する役割を果たす。交通市場の場合、ドライバーが経路の走行時間を事前に知りえず、市場価格のような役割を果たす情報が存在しない。このような視点から、小林等は、先に示したベイズ学習モデルを用いて、交通市場では「情報の中立性命題」が成立せず、交通情報システムは長期間にわたって効果を持ち得ることを示した²⁸⁾。

(5) 情報と交通行動に関する研究課題

交通情報が実質的に情報としての価値を持つのは、交通ネットワーク上ではいわゆる価格メカニズムが機能しないことによるところが大きい。経済市場における価格のように、システム全体における需給関係を集計的に表現するような情報を利用することができない。このような情報の欠如が交通ネットワーク利用の効率性を阻害している。交通情報の提供は、情報の欠如によるネットワーク利用の非効率性を是正する役割を果たしている。

不確実性に起因して生じる非効率性を是正する方

法は、交通情報の提供という手段以外にも存在する。たとえば、予約システムは容量による割当という疑似的な市場を導入する方法である。人為的に情報が交換される場を形成することにより、交通ネットワーク上に生じる不確実性を部分的に吸収する。各自の交通行動が事前に確約され、不確実性が減少する。予約システムの効果も情報が果たす役割を介在にして理解できる。情報提供と期待形成の問題は、経路誘導や駐車場案内システムだけではなく、広範囲にわたる交通現象と関連している。

情報は不確実性がもたらす非効率性を是正し交通混雑を部分的に緩和する。しかし、不確実性は是正と混雑という外部不経済の解決は本質的に異なった問題である。事実、交通情報の提供により、全ドライバーの厚生水準が逆に低下する場合があります。経路誘導の効果は、1) 経路選択を変更したドライバー達が享受する時間短縮効果、2) そのドライバー達が利用していた従前の経路の混雑緩和がその経路を利用するドライバーに与える外部経済、3) 誘導先の経路において混雑が増加することによる外部不経済から構成される。3) の外部不経済が1) 2) の経済効果を卓越する場合、経路誘導が逆に全ドライバーの総厚生水準の低下を招くことがある。交通情報のみでは外部不経済性の問題を完全には解決できない。混雑税やピーク価格等の経済的手段と組み合わせたアプローチが必要である。情報提供とその他の交通マネジメント手法を組み合わせるなど、交通管理政策の総合化が急がれるところである。

6. 知識社会における交通基盤整備の課題

交通・通信ネットワークはいうまでもなくノードとリンクの複合的な構成体である。従来、ネットワークの整備といえば、リンク機能の拡充に重点が置かれてきた。知識社会においてはネットワークのノード機能がますます重要になってくる。特に、人的ネットワークにおいてミーティングが重要なリンクの機能を果たしていることは特筆すべきであろう。ミーティング施設は空間的に固定された施設であり、物的ネットワークのノードを構成する重要な要因である。一方、人的ネットワークは空間的に固定されたネットワークではない。場合によっては移動する交通

機関内でミーティングを行なうこともできる。バーチャル・リアリティを活用したテレビ会議は、空間的に離れた地点、場所をあたかも1つのノードに統合化しようとする技術である。

ノードは異なったリンクを結び付ける結節点である。人的ネットワークにおける複雑なミーティング需要を満足させるためには多様なモードによる稠密で複合的なネットワークを整備する必要がある。また、情報提供や種々の交通サービスを結合させた新しい交通サービスを提供するためのマーケティング戦略が必要となる。都市は、さまざまな物的ネットワークを構成するノード、その都市をその他の世界とつなぐノードの集積の場である。ノードの密度とその効率性が知識社会における人的ネットワークの発展のための重要な条件である。

知識社会における都市の将来は、「人的ネットワークと物的ネットワークの間の協同効果をいかに形成するか」という都市開発戦略に依存している。短期的には人的ネットワークが都市のポテンシャルを決定する。しかし、人的ネットワークの構造は不安定である。人的ネットワークにおける意思決定が、ネットワークの構造を瞬時にして本質的に変化させることがある。学会や協会の設立、分離独立、廃止などがその例である。ネットワークのハブ構造も劇的に変化する可能性がある。しかし、長期的には人的ネットワークは物的ネットワークの構造に依存する。

物的ネットワークはゆっくりと進化する。物的ネットワークは短期的には一定値をとると考えることができる。そのうえで、人的ネットワークが自己組織化される。しかし、物的ネットワークが徐々に進化していき、ある臨界的ないき値を越えると短期的な人的ネットワークの構造が劇的に変化する可能性がある。物的ネットワークにおいて高度なアクセシビリティを誇るノードは、人的ネットワークにおいて仮に短期的に比較劣位にあっても、やがて努力によってそのポテンシャルを回復する可能性が存在する。

7. おわりに

知識社会では、人間のフェイス・トゥ・フェイスのコミュニケーションの重要性が増大する。この種のコミュニケーションは、社会、経済、文化の発展に極め

て重要な役割を果たすものの、人間の時間価値の増大に伴ってそれを行うことがますます困難になってくるという矛盾を抱えている。情報・通信・交通技術の発展は、増加する時間価値にも関わらずフェイス・ツウ・フェイスのコミュニケーションを達成するための重要な手段となっている。本稿では、「他人とのコミュニケーション」を基調とした交通行動モデリングの可能性について1つの展望を示すとともに、情報・通信技術の発展を明示的に考慮しうる交通行動モデルの方法論に関して1つの試論を述べた。本稿は交通パラダイムにおける方法論的個人主義からの脱却をめざしたものであるが、もとより体系的な方法論を展開するにはほど遠い状態にある。しかし、今後の交通政策の高度化を図る上で、「他人とのコミュニケーション」を基調とした交通行動モデリングの重要性をご理解頂ければ望外の幸甚である。

参考文献

- 1) Le Goff, J., 1978, *Temps de L'église et temps des marchands, Pour un autre Moyen Age*, Gallimard.
- 2) Palander, T., 1935, *Beitrag zur Standortstheorie*, Uppsala, 篠原泰三訳, 立地論研究, 大明堂, 1984.
- 3) 小林潔司, 朴性辰, 吉川和広, 1989, ミーティング施設の役割と知識生産活動の立地均衡に関する研究, 土木学会論文集, 407/IV-11:77-86.
- 4) Schumpeter, J. A., 1908, *Das Wesen und der Hauptinhalt der Theoretischen Nationalökonomie*, 大野忠夫, 木村健康, 安井琢磨改訳, 理論経済学の本質と主要内容, 岩波文庫, 1984.
- 5) Finney, D., 1971, *Probit Analysis*, Cambridge University Press.
- 6) McFadden, D., 1974, Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior, in: Zarembka, P., (ed.), *Frontiers in Econometrics*, Academic Press.
- 7) Domencich, T. A. and McFadden, D., 1975, *Urban Travel Demand: A Behavioral Analysis*, North-Holland.
- 8) Daganzo, C., 1979, *Multinomial Probit*, Academic Press.
- 9) Ben-Akiva, M. and Lerman, S. R., 1987, *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*, The MIT Press.
- 10) Metzler, L., 1941, The nature and stability of inventory cycles, *Review of Economics and Statistics*, 23: 113-129.
- 11) Cagan, P., 1956, The Monetary Dynamics of Hyperinflation, in: Friedman, M. (ed.), *Studies in the Quantity Theory of Money*, University of Chicago Press.
- 12) Sheffrin, S. M., 1983, *Rational Expectations*, Cambridge University Press, 宮川重義訳, 合理的期待論, 昭和堂, 1985.
- 13) Muth, J., 1961, Rational expectations and the theory of price movements, *Econometrica*, 29: 315-335.
- 14) Lucas, R. E. Jr., 1978, Asset prices in an exchange economy, *Econometrica*, 46: 1429-1445.
- 15) Shiller, R. J., 1978, Rational expectations and the dynamic structure of macroeconomic models, *Journal of Monetary Economics*, 4: 1-44.
- 16) Radner, R., 1979, Rational expectations equilibrium: Generic existence and information revealed by price, *Econometrica*, 47:3:655-678.
- 17) Radner, R., 1982, Equilibrium under Uncertainty, in: Arrow, K. J. and Intriligator, M. D. (eds.), *Handbook of Mathematical Economics*, 2: 923-1006, North-Holland.
- 18) Lippman, S. A. and McCall, J. J., 1982, The Economics of Uncertainty: Selected Topics and Probabilistic Methods, in: Arrow, K. J. and Intriligator, M. D. (eds.), *Handbook of Mathematical Economics*, 1:211-284, North-Holland.
- 19) DeCanio, S. J., 1979, Rational expectations and learning from experience, *Quarterly Journal of Economics*, 370: 47-57.
- 20) Bray, M. M. and Savin, N. E., 1986, Rational expectations equilibria, learning and model specification, *Econometrica*, 54: 1129-1160.
- 21) Fourgeand, C. C. G. and Pradel, J., 1987, Learning procedures and convergence to rationality, *Econometrica*, 54: 845-868.
- 22) 小林潔司, 1990, 不完備情報下における交通均衡に関する研究, 土木計画学研究・論文集, 8:81-88.
- 23) 小林潔司, 藤高勝巳, 1993, 合理的期待形成過程を考慮した経路選択行動モデルに関する研究, 土木学会論文集, 458/IV-18: 17-26.
- 24) Bonsall, P., 1992, The influence of route guidance advice on route choice in urban networks, *Transportation*, 19: 1-23.
- 25) Chang, G. and Mahmassani, H., 1988, Travel time prediction and departure adjustment behaviour dynamics in a congested traffic system, *Transportation Research*, 22B: 217-232.
- 26) Iida, Y., Akiyama, T. and Uchida, T., 1992, Experimental analysis of dynamic route choice behaviour, *Transportation Research*, 26B: 17-32.
- 27) 飯田恭敬, 内田敬, 宇野伸宏, 1993, 交通情報の効果を考慮した経路選択行動の動的分析, 土木学会論文集, 470/IV-20: 77-86.
- 28) 小林潔司, 井川修, 1993, 交通情報によるドライバーの経路誘導効果に関する研究, 土木学会論文集, 470/IV-20: 185-194.
- 29) 室町泰徳, 兵藤哲朗, 原田昇, 1993, 情報提供による駐車場選択行動変化のモデル分析, 土木学会論文集, 470/IV-20: 145-154.
- 30) Kobayashi, K., 1994, Information, rational expectations and network equilibria, *The Annals of regional Science*, (forthcoming).
- 31) Hellwig, M. F., 1980, On the aggregation of information in capital markets, *Journal of Economic Theory*, 22: 477-498.
- 32) Grossman, S., 1989, *The Informational Role of Prices*, The MIT Press.