

愛知大学大学院中国研究科 博士後期卒業論文

外部性理論に基づいた自動車交通混雑と
新エネルギー自動車に関する総合的研究
——中国の事例と国際比較を中心に——

愛知大学大学院 中国研究科

指導教授：李 春利

指 名：張 鍾允

学績番号：12dc1501

2015年8月31日

目 次

第1章 序論.....	8
はじめに.....	8
1.1 問題意識.....	9
1.2 分析の枠組み.....	10
1.3 研究方法.....	12
1.4 論文の構造.....	13
第I部分 理論研究	
第2章 外部性理論の筋道と本質.....	15
2.1 外部性理論の発展経緯.....	15
2.1.1 外部性の理論源.....	15
2.1.2 外部性と社会厚生.....	16
2.1.3 外部性と所有権の取引.....	16
2.1.4 外部性と取引コスト.....	17
2.2 外部性の定義と分類.....	17
2.2.1 外部性の定義.....	18
2.2.2 外部性の分類1：正の外部性と負の外部性.....	18
2.2.3 外部性の分類2：生産外部性と消費外部性.....	19
2.2.4 外部性の分類3：その他.....	20
2.3 外部性の本質1：市場の失敗.....	21
2.3.1 理想的な市場理論の発展段階.....	21
2.3.2 市場の失敗理論の進化.....	22
2.3.3 私有経済における市場の失敗の有効性.....	23
2.3.4 市場の欠如の有効性と制度の内因性.....	23
2.4 外部性の本質2：制度の欠如.....	24
2.4.1 私的合理性と公共的合理性.....	24
2.4.2 外部性と制度の形成.....	25
2.4.3 制度の存在形式.....	26
2.5 小括.....	27

第3章 自動車消費の外部性とインフラの需給	28
3.1 自動車消費の外部性のメカニズム	28
3.1.1 自動車消費の負の外部性	28
3.1.2 自動車消費の正の外部性	30
3.2 自動車消費の外部性と制度の選択	32
3.2.1 公共財と共有資源	32
3.2.2 公共財と準公共財消費の外部性	34
3.3 自動車消費のインフラ依存性	35
3.3.1 インフラ需給の片側変更	35
3.3.2 インフラ需給の相互変更	36
3.4 インフラ整備と自動車消費の潜在性	38
3.4.1 インフラの理想的供給	38
3.4.2 インフラの延滞的供給	40
3.4.3 インフラの先導的供給	41
3.5 インフラの供給適度化	42
3.5.1 インフラ規模の適度化と供給増加	43
3.5.2 インフラ規模の適度化と時系列予測	43
3.5.3 総合的なインフラ組み合わせの最適化	44
3.6 小括	45
第4章 交通需給と消費弾力性のモデル化	47
4.1 交通需給とトリップ手段	47
4.1.1 交通需要の決定要因	47
4.1.2 交通需給の関係	49
4.1.3 トリップ手段の効用均衡	50
4.2 交通需給均衡のモデル化	50
4.2.1 交通需要のパレード効率性	51
4.2.2 交通資源の配分均衡	52
4.2.3 交通インフラ需給均衡の条件	54
4.3 自動車消費の弾力性	55
4.3.1 自動車消費の弾力性係数	55
4.3.2 自動車消費の相互的弾力性	57
4.3.3 各費用の選好と効用曲線	58

4.4 小括.....	59
第 II 部分：実証研究 1	
第 5 章自動車消費の負の外部性と制度選択—道路渋滞を例として.....	61
5.1 自動車消費と道路渋滞.....	61
5.1.1 道路渋滞のメカニズム.....	61
5.1.2 道路渋滞の主要源.....	63
5.1.3 負の外部性の内在化基準.....	65
5.2 私的トリップ費用と道路資源の配分.....	66
5.2.1 トリップ路線と混雑.....	67
5.2.2 トリップ時刻と混雑.....	69
5.3 自動車消費の外部性制度の選択.....	71
5.3.1 政府干渉論と市場取引論.....	71
5.3.2 第三種の解決法：政府牽引の市場的行動.....	73
5.3.3 政府牽引制度と交通需要マネジメント.....	75
5.4 小括.....	77
第 6 章中国における道路交通の現状—北京を中心に.....	79
6.1 中国の自動車消費と道路整備.....	79
6.1.1 自動車消費の状態.....	79
6.1.2 道路整備の状態.....	81
6.2 中国大都市の交通状況：北京を例として.....	82
6.2.1 北京の都市概況.....	82
6.2.2 北京の自動車消費状況.....	83
6.2.3 道路交通の整備.....	85
6.2.4 公共交通機関の整備.....	87
6.3 北京のトリップ状況.....	89
6.3.1 トリップパターン.....	89
6.3.2 トリップの目的と時間帯.....	90
6.3.3 トリップ距離と時間の分布.....	91
6.4 北京の道路渋滞状況.....	92
6.4.1 交通量の分布.....	92
6.4.2 交通渋滞指数.....	93

6.4.3 他の自動車消費の負の外部性	94
6.5 小括	95
第7章 北京の道路交通に対する施策と行動	97
7.1 自動車消費向けの行動	97
7.1.1 自動車使用の規制策と結果	97
7.1.2 自動車購入の規制策と結果	98
7.1.3 交通渋滞の緩和	100
7.2 交通機関の整備とトリップ方式の転換	101
7.2.1 都心部道路インフラの整備	101
7.2.2 駐車場整備と駐車状況	102
7.2.3 公共交通機関の整備	104
7.2.4 市民トリップ方式の転換	105
7.3 都市機能空間の再計画	106
7.3.1 既存の都市構造	107
7.3.2 鉄道駅と都市の「共発展」構造	108
7.3.3 北京の都市構造再計画の展望	109
7.4 ロードプライシング導入の検討	110
7.4.1 作業技術	110
7.4.2 社会的認可	111
7.4.3 課金の使途	111
7.4.4 ロードプライシングの国際経験	112
7.5 小括	112
第8章 交通モデルの国際比較と「東京モデル」	114
8.1 世界主要な交通モデル	114
8.1.1 北米モデル：自動車トリップを中心に	115
8.1.2 欧州モデル：自動車と公共交通の両立	116
8.1.3 アジアモデル：公共交通トリップを中心に	117
8.2 北京と他の世界大都市との比較	118
8.2.1 自動車の保有・使用と人口密度の分布比較	118
8.2.2 トリップパターンの比較	119
8.2.3 北京と東京の比較可能性	120

8.2.4 トリップパターンの選択モデル.....	122
8.3 アジア都市の代表的な交通モデル：東京モデル.....	123
8.3.1 自動車交通量の抑制と既存道路容量の回復.....	123
8.3.2 効率的な公共鉄道機関の整備を重視.....	125
8.3.3 副都心の再整備.....	128
8.3.4 TOD と駅まち一体開発.....	129
8.4 小括.....	131
第 III 部分：実証研究 2	
第 9 章 自動車消費の正の外部性と制度選択—新エネ車を例として.....	132
9.1 新エネ車消費の費用.....	132
9.1.1 技術の開発コスト.....	132
9.1.2 消費の私的費用.....	133
9.1.3 社会的費用.....	136
9.2 電気自動車の発展ルート.....	138
9.2.1 次世代自動車の技術比較.....	138
9.2.2 初期の市場浸透モデル.....	139
9.2.3 市場のメリットと潜在力.....	141
9.2.4 技術革新の市場キャズム.....	143
9.3 新エネ車の制度選択.....	143
9.3.1 正の外部性の具体的分野.....	144
9.3.2 政府の促進策.....	145
9.3.3 支援策の方向.....	145
9.4 小括.....	146
第 10 章 中国の新エネ自動車の支援策と産業発展.....	148
10.1 中国の新エネ自動車の促進策.....	148
10.1.1 戦略ロードマップ：業界計画と普及目標.....	148
10.1.2 財政支援策 1：新エネ車向けの補助金・優遇税制.....	150
10.1.3 財政支援策 2：インフラ向けの補助金・優遇税制.....	152
10.1.4 ほかの優遇施策：初期需要を創出と販売促進.....	153
10.2 市場促進事業：モデル都市の取り組み.....	154
10.2.1 中央政府によるモデル都市指定.....	154

10.2.2	モデル都市における取り組み状況	155
10.3	中国の新エネ自動車の産業現状.....	157
10.3.1	主な自動車メーカーの生産と開発	157
10.3.2	コア部品メーカーの技術開発.....	158
10.4	中国の新エネ自動車の市場成長とインフラ整備.....	159
10.4.1	新エネ自動車の販売状況：メーカーとモデル.....	159
10.4.2	インフラの整備と運営：公共整備と個人設備.....	161
10.5	小括	162
第11章	日本の次世代自動車政策・産業と日中比較	164
11.1	日本の次世代自動車産業政策の枠組み	164
11.1.1	戦略的な産業ロードマップ：次世代自動車戦略 2010.....	164
11.1.2	財政支援策：対策費補助金と優遇税制	166
11.1.3	市場推進事業：EV・PHV タウンの取り組み.....	167
11.1.4	地方支援策と併用効果.....	169
11.2	日本の新エネ自動車の産業発足とインフラ普及.....	170
11.2.1	主な自動車メーカーの生産と開発	170
11.2.2	インフラの普及 1：充電設備.....	172
11.2.3	インフラの普及 2：水素供給設備	173
11.3	新エネ車事業の日中比較と提言	175
11.3.1	ロードマップと促進策システム	175
11.3.2	産業構造と発展ルート.....	176
11.3.3	充電インフラ設備の普及	177
11.3.4	新エネ車モデル都市の事例.....	178
11.4	小括	179
第12章	世界のエコカー戦略と産業発展.....	182
12.1	世界の環境政策と電気自動車戦略.....	182
12.1.1	自動車産業・市場の現状	182
12.1.2	自動車産業の発展と社会との調整.....	183
12.1.3	不確定要素の多いエコカー戦略.....	183
12.1.4	新興国へ広がるエコカーの分業生産	184
12.2	世界市場の動向と環境規制	185

12.2.1	アメリカ：エコカー戦略を根幹に据え再生目指す.....	185
12.2.2	日本：新興国拡大と技術変化への対応.....	186
12.2.3	ヨーロッパ：基準作りで環境車戦略をリード.....	186
12.2.4	韓国：世界トップを競えるエコカー戦略を目指す.....	187
12.3	世界主要国のエコカーに対する支援策.....	188
12.3.1	アメリカ：法律に基づき、補助政策を進め.....	189
12.3.2	ヨーロッパ：観光車普及へ規制強化と基準づくり.....	189
12.3.3	韓国：エコカー普及、技術確保に向けた投資が活発.....	191
12.4	世界主要自動車メーカーのエコカー戦略.....	191
12.4.1	アメリカ系：GM・フォード・テスラ.....	191
12.4.2	ヨーロッパ系：VW・BMW・ルノー.....	193
12.4.3	韓国系：現代自/起亜.....	194
12.5	小括.....	194
第13章 総括・考察・課題と展望.....		196
13.1	総括.....	196
13.2	考察.....	199
13.3	課題と展望.....	202
むすび.....		204

第1章 序論

はじめに

自動車の誕生は工業文明を表し、人類移動手段の偉大な試みと認められる。フランス人の社会学研究者 Lefebvre (1984) によって、自動車が現代文明のリーディングオブジェクト (leading object) として、交通システムのみならず、交通組織も打ち出しておいた。これらのシステム、組織および機関が自動車を利用するだけでなく、自動車がこれらを利用することである。古典派と近代派社会学において、自動車にかかわる2つの議論がある。すなわち、自動車が現代科学技術の成果として、その発展は Max Weber が示したように、人類に物質的享樂を与える同時に鉄のカゴ (iron cage) を作り上げるか？自動車の発展は Habermas の喋ったように、理性的独断が生じる一方、人類解放の可能性が呈されるか？

Heidegger の理論によって、機械は人類に向けて明確的な統治特徴、規制紀律および征服意思を明らかに示している。Lefebvre は「昔に都市環境の付加物とした自動車は、都市の重要特徴になるだけでなく、都市の主人となってきた。」(1984)、「すべての空間はおおよそ自動車と高速道路に占領されている。」(1991) と話した。しかしながら、Habermas の理論によって、人類の存在は独立的個人を基盤とするわけではなく、人類と科学技術との「相互的理解」の視点から見べきである。

世界自動車工業はすでに120年以上を経ておいた。20世紀には10億台の自動車が生産されて、現在、世界の自動車保有台数は7億台以上、2030までには10億台に達すると見込まれる。過去の百年間において、自動車は最初の贅沢品から現在日常消費品まで変化しつつあり、自動車の重要性がますます高めている。Turner (1994) によって、公共交通システムは移動の民主化をもたらし、自動車を持つのは住宅と同じ、現代民主社会の基本目標となる。しかし、このような自動車規模は我々の生活を変わっただけでなく、都市空間環境も極めに変わっておいた。自動車が人類に多くの深刻な影響を与えて、例えば、道路混雑、環境汚染、交通事故、および都市空間の破壊など一方、人類が自動車に対する依頼は深くなればなるほどである。

経済の視点から見ると、自動車工業が国々の基幹産業、経済を牽引するセグメントの一つと見なされる。自動車消費が市場需要と消費を推進するだけでなく、国民生活の重要な面となると認められる。現在の中国において、自動車は

すでに住宅以外には最も重要な消費品となっておいた。中国の自動車市場が広めれば広めるほどとともに、自動車をもたらした社会公共生活にかかわる諸問題がますます注目され、その中に、最も目立つのは道路混雑と環境汚染と考えられる。本論では自動車消費が社会に与える影響について、理論と実証の研究を行い、異なる影響のメカニズムおよび対応する制度を明らかにしようと図る。

1.1 問題意識

中国は史上かつてない消費革命を経ている。商業の活発は消費市場の発展を促進し、人々の生活を向上している。改革開放以来、中国社会が経済発展とともに、大規模消費 (mass consumption) 時代に歩み込んでいる。この消費革命において、都市住民の日常生活は巨大な変化を生じた。もともと贅沢品としたものは現在一般的な消費品となり、自動車はこの例である。

自動車消費に関する研究は多くの研究分野に触れるものである。既存の工業経済学、消費経済学および都市経済学などの研究分野がすでに自動車消費に対して多くの検討を行っていた。しかし、工業経済学において、フォード主義 (Fordist) とフォードの生産方式が社会関係に与える影響について、議論していたが、自動車の大規模生産がいかに社会生活を変えるかという問題に対してほぼ触れてない。消費経済学における研究は主にサインバリュー (sign-value) を中心とすることである。このサインバリューは車のユーザーが身分を示すものとされるが、もたらした移動性 (mobility) と新たな自動車文化に関する注目が非常に少ない。都市経済学における自動車に対する研究は走行できる都市空間を中心としたが、自動車が現代都市の時空スケープ (time-space scape) に招いた変化にかかわる研究はまだ大きな潜在力があると考えられる。Urry (2000) によって、自動車と社会生活、自動車と移動性、および自動車と都市空間に関する研究をさらに検討する必要がある。

21 世紀に入った以来、中国の自動車産業と自動車市場が急速に発展して、特に 2009 年には中国が世界一の自動車生産・販売国となった。自動車保有台数と使用量の急増とともに、都市における交通需要が激増してきた。したがって、都市の道路資源と交通インフラ整備の欠如は経済発展に悪影響を及ぼした。しかし、空気汚染とエネルギー消費の視点には、近年の新エネ車は社会環境に良い影響を与えた。すなわち、自動車消費は会社に対して、様々な意味を備えている。しかも、本論における自動車消費の概念は自動車の購入のみならず、自動車の保有と使用、および自動車にかかわる他の経済行動を含めている。一

般に経済学では、ある経済主体の意思決定は他の経済主体の意思決定に影響を及ぼさないと仮定するが、現実には他の経済主体の影響を無視できない場合がある。そこで、そのような場合に対処するために考案された概念が外部性である。つまり、自動車消費は外部性を有するため、消費者そのものだけでなく、社会における他の経済主体（人間、企業など）にも影響を及ぼして、その中、正の外部性という良い影響もあれば、負の外部性という悪い影響もある。しかし、どの影響にしても、社会的費用と私的費用の間に差がある。この差は外部性の属性によって、社会あるいは個人が担わなければならない、社会厚生を損じるようになる。

したがって、社会厚生を損じることを防げるために、自動車消費に関する制度を打ち出す必要があると考えられる。外部性にかかわる既存理論において、大きく分けて政府干渉論と市場取引論という2つの研究分野がある。Pigouによって、政府が負の外部性の発生者に課税し、正の外部性の発生者に補助することをわかって、外部性を内部化するべきである一方、Coaseによって、市場メカニズムに基づき、外部性の発生者と受ける者の間に外部性行動を取引することをわかって、外部性を避けるべきである。しかし、自動車消費が競争性を有しながら、交通インフラに対する依存性を有しているため、単にこれらの解決法に頼れば、各自の欠点があるだろうと考えられる。したがって、いかにこれらの2つの解決法を結びつけながら、新たな外部性制度を打ち出すのは、本論では主要な問題の所在として検討しようと考えられる。

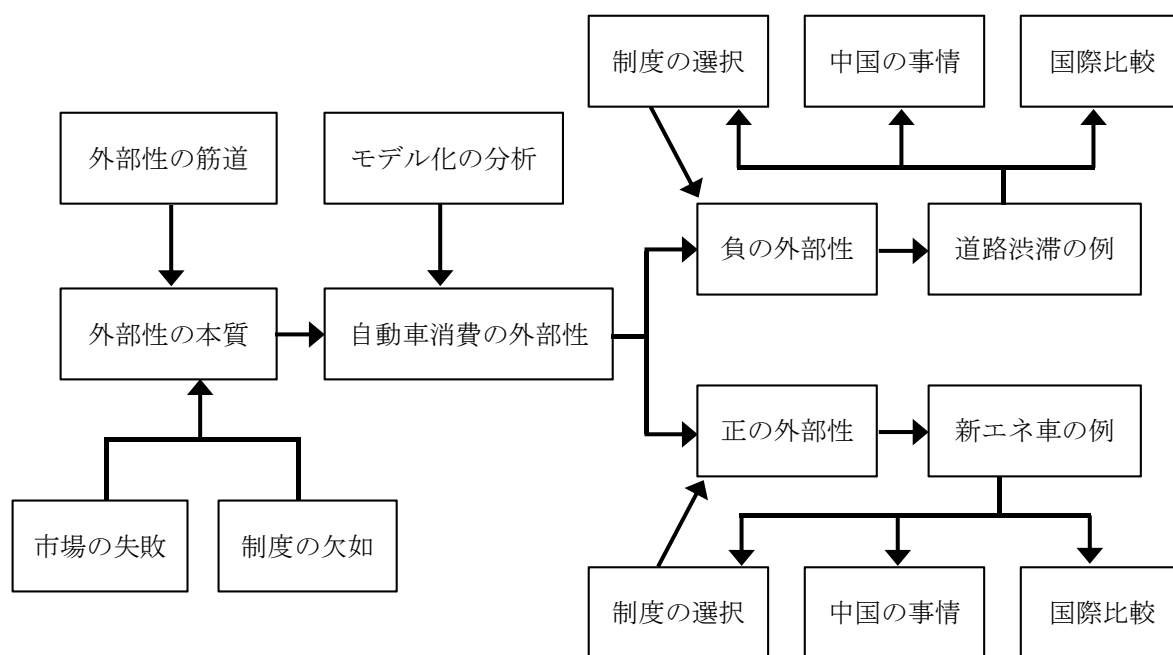
1.2 分析の枠組み

本論では大きく分けて理論研究、負の外部性の実証研究および正の外部性の実証研究という3つの部分を分けている。百年以上の発展を経て、外部性理論が膨大な理論体系となってきた。本論はまず外部性の概念と分類に手をつけ、理論システムにおいて、自動車消費の外部性に対する研究の位置をつけ、消費外部性の視点から、負・正の外部性を分けている。そして、経済学における需給理論の視点から、消費の需要、交通インフラの供給、およびトリップ効用に対する分析をわかって、自動車消費の外部性が生じるメカニズム、および外部性の制度を検討する。

自動車消費の負の外部性に対する実証研究において、まず、メカニズムと制度の選択に対して分析してから、道路渋滞を例として論述する。道路渋滞のメカニズムと発生源を分析しながら、先行研究における制度理論に結び、制度選

択にかかわる検討を行う。それから、中国における道路渋滞の事情および施策に中心して分析する。特に北京を中国の大都市の例として、ケーススタディーを展開し、自動車消費の抑制、インフラの整備、トリップ手段の転換および都市空間について、細かくに論述し、制度選択の実証分析を行う。また、日本などの先進国における解決策と交通モデルを引用し、国際比較を行うに通じて、中国に対して参照できる経験を見つけると図る。

図表 1-1 分析の枠組み



自動車消費の正の外部性に対する実証研究はおおよそ正の外部性に似て、まずメカニズムと制度の選択にかかわる分析を行う。それから、新エネ車の消費を例として論述し、新エネ車が伝統内燃車と比べ、正の外部性を明らかにする。そして、中国の新エネ車の促進策、産業発展、市場育成および技術開発について細かくに論述し、制度選択の実証分析を行う。また、日中比較を行うに伴い、両国の新エネ車の政策、産業、市場などの面における相違点を見つけ出し、中国に対して参照できる経験を提言する。最後には世界主要な自動車国のエコカー事情を総覧し、マクロの視点で世界エコカーの発展を把握しようと考えられる。

1.3 研究方法

本論では主に質的研究方法を利用して、理論と実証の研究方法を結びつけて分析する。理論研究においては主に文献研究とモデル分析の方法をわたって、外部性理論および自動車消費の外部性に対して分析する。特に自動車消費の需要、インフラの供給、および自動車消費のインフラ依存性にかかわる分析には多くの数学モデルを立ち上げ、諸現象のメカニズムを明らかにする。実証研究においては、自動車消費における負の外部性と正の外部性を分けて、それぞれ多くのデータを引用しながら、文献研究、モデル分析および国際比較の研究方法を通じて分析を行うに伴い、制度選択の理論とモデルの分析を行う。具体的には以下のように：

(1) 文献研究方法：先行研究を大量に検索しながら、既存のレポート、データ、文献など資料を収集して、理論の筋道をよく整理して、引用する。したがって、理論のロジックを沿って、発展経緯と新たな論点を導き出す。本論における理論研究はおおよそ文献研究を通じて論述する。

(2) 実証分析と規範分析：実証分析は経験的実証分析と理論的実証分析を含めている。理論分析は意識実験によって仮説を申し出すが、経験分析は常に観察（データなど）を通じてこの仮説を検証することである。規範分析は価値判断を研究に加え、常に経済活動の「何をすべきか」という問題を分析することである。本論には主に社会公平性と消費者効用を最大化しながら、外部性を解消・緩和する制度を検討する。

(3) 費用-便益分析方法：費用-便益分析（cost-benefit analysis, CBA）は経済学研究における最も必要な分析方法である。費用は経済活動が消耗した資源あるいは代価であるが、便益はこの経済活動をわたって獲得した収益である。外部性を分析する時、社会的費用・便益と私的費用・便益があり、外部性の属性によって、大きな相違点がある。

(4) 数学モデル分析：数学モデル分析は演繹の基盤として、普遍的な前提から、より個別的・特殊的な結論を得ることができる。理論と経験の分析を通じて、あくまでも確度といった蓋然性の導出に留まり、研究の属性と本質をまとめることができる一方、モデル分析は研究の一般的視点から、問題のメカニズムを明らかにすることができる。

(5) ケーススタディー：ケーススタディーは実際の事例研究を重視する方法である。自動車消費の外部性は非常に巨大な研究分野であるため、ケーススタディーの分析方法を利用すれば、理論はいかに実際に結びつけるかという問題をさらにわかりやすくなる。

1.4 論文の構造

本論の構造は自動車消費の外部性に関わる理論をめぐっての理論研究、及び中国の自動車消費の負・正の外部性と国際比較を踏まえて、実証研究を展開して、3つの部分を大きく分けている。

第I部分は第2、3、4章を含めて、まず、外部性のマクロ的な概念を明らかにするため、外部性理論の発展経緯、定義と分類、及び外部性の本質を具体的に論述する。また、マクロ視点からミクロ視点へ集中して、自動車消費の外部性とインフラの供給の関係にかかわる理論研究を展開する。その中、自動車消費の外部性のメカニズムを除いて、全て自動車消費とインフラ整備に関する分析であり、制度の選択、インフラとの依存性、インフラ整備と消費潜在性、及びインフラの供給適度化を含めている。それから、モデル分析を通じて、トリップ手段、交通需給均衡、自動車消費の弾力性などの内容を含める交通需給と消費弾力性の分析を展開して、自動車消費の外部性制度に演繹的根拠を申し出すと図る。

第II部分は第5、6、7、8章を含めて、主に自動車消費の負の外部性にかかわる実証研究を展開する。第5章では道路渋滞を例として、トリップ費用、トリップ路線、トリップ時刻などに関する分析を行ってから、政府干渉論と市場取引論の以外における第三種の解決法理論を導き出す。第6、7章にはおおよそ北京を中国における大都市の例として、自動車消費の発展、現状、課題、施策などの面に対して詳しく論述し、ケーススタディーを行う。その中、主に自動車保有の分布、トリップパターンと時間帯、インフラ整備、道路渋滞状況、及び機能空間の再計画を注目する。それから、ロードプライシングに対して検討する。第8章にもケーススタディーを行うが、東京と北京との比較を中心にする国際比較を展開する。また、「東京モデル」という概念を導入し、既存道路容量の回復、高規格な公共交通の整備及び副都心の再整備という3つの面で詳しく論述する。

第III部分は自動車消費の正の外部性に対する実証研究として、第9、10、11、12章を含める。第9章は新エネ車を例として、新エネ車消費の費用と伝統内燃車と比較して、正の外部性の所在を明らかにする。そして、電動車を中心にして、新エネ車の発展ルートにかかわる技術と理論的分析を行う。また、政府が新エネ車に対する促進策・支援策の方向を論述する。第10章と第11章にはそれぞれ中国と日本の新エネ車事情を結び、ケーススタディーと日中比

較を行う。その中、主に政策ネットワーク、産業発展、インフラ普及及び市場の創出・拡大などの面で論述する。特に新エネ車に対する促進策・支援策において、日中両国は大きな比較可能性がある。第 13 章には世界のエコカー戦略と産業発展を論述する。その中、市場の動向と環境規制、政府の支援策、自動車メーカーのエコカー戦略にかかわる分析は、おおよそアメリカ、ヨーロッパ及び韓国を分けて展開する。

最後の第 13 章には本論の総括をまとめて、既述した分析に基づいて考察を打ち出しながら、課題を指摘する。その中、幾何モデルの分析法を引用し、自動車消費の外部性について、政府牽引の市場的行動モデルを申し出す。それから、自動車消費の外部性の理論研究と中国事情を展望する。

第2章 外部性の理論筋道と本質

外部性は政府が市場経済に介入する非常に重要な要因の一つである。つまり、自由市場における経済行為が外部性を備えるため、政府は第三者として、これらの外部性を管理・牽引するにわたって、社会的損失を低下し、社会的利益を向上することである。だが、研究を展開する前に、まず外部性とは何か、それと市場の失敗はどの関係だろうか、政府が外部性に対してどの措置を採るべきか、という一連の問題を明らかにする必要があると考えられる。本章で外部性にかかわる既存の理論を引用・整理し、さらに深くの検討を行うにわたって、政府が市場に対する介入の理論基盤と施策の限界を明確化する。

2.1 外部性理論の発展経緯

外部性理論の発展は長い過程を経てきた。1890年にイギリス人の学者 Marshall が初めて外部性の概念を打ち出した以来、百年以上の発展をわたって、膨大な理論体系となってきた。その中、理論筋道が大きく分けて二つの面がある。一つ目は外部性そのものに対する認識；二つ目は外部性の制御に対する検討である。後者に対する研究には、主に行政介入と市場取引という二つの面に集中している。

2.1.1 外部性の理論源

1848年、イギリス人の古典的自由主義学者 John Stuart Mill が、初めて「燈台理論」を掲げた。彼の著書「政治経済学の原理¹」によって、航海安全を守るため、政府が燈台を建築する職責がある。燈台の利益を受ける船舶に対して使用料金を課せることができないため、政府が課金をわたって補助を支給しない限り、私的利益をために燈台を建てる人間がいないである。現在まで、こうした論述は外部性の研究において非常に有名な比喻となった。

1890年、イギリス人の経済学者 Alfred Marshall が新古典主義の創始者として、著書「経済学の原理²」に初めて外部経済の概念を掲げた。それによって、われわれはいかなる製品の生産規模の拡大による経済が2種類に分ける。

¹ John Stuart Mill : Principles of Political Economy with Some of Their Applications to Social Philosophy, 1848

² Marshall : Principles of Economics, 1890

第一は産業先進の一般化による経済；第二は産業における個別的な企業の資源、組織及び経営による経済。前者は「外部経済」(external economies)と呼ばれ、後者は「内部経済」(internal economies)と呼ばれる。Marshallによると、外部経済は常に同業の中小企業が特定の場所に集中する場合に出ることである。こうした特定の場所には生産財、材料、技術及びコンミュニケが快速に交流・研究され、補充的なサービス業も現し、能力者が腕を振るえる。これから、「外部経済」という概念が経済研究の分野に登場した。

2.1.2 外部性と社会厚生

Arthur Cecil PigouがMarshallに掲げられた外部経済の概念を引用したが、新たな外部性の概念を打ち出した。Marshallの外部経済とは、生産規模を拡大するとともに、外部における生産環境が改善され、生産費用が降下され、経済活動が外部からの影響を受けることである。しかし、Pigouの外部経済とは経済活動が外部へ影響を当てることである。Pigouが1924年に著書「厚生経済学³」の中に、限界社会的純生産と限界私的純生産という二つの概念を通じ、外部性の認識を深めた。すなわち、限界社会的純生産が限界私的純生産に等しい場合は、社会資源の最適配分が実現したものの、限界社会的純生産と限界私的純生産の間に差があれば、外部性が生じ出た。

また、Pigouが正の外部性(外部経済)と負の外部性(外部不経済)を分けて、経済活動が社会に有利な影響を与えるのは限界社会的収益と呼ばれ、経済活動が社会に有害な影響を与えるのは限界社会的費用と呼ばれる。これらの概念に対応して、限界私的収益と限界私的費用もあった。この時、政府は限界私的費用が限界社会的費用より低い社会部門に課税するべき一方、限界私的収益が限界社会的収益より低い社会部門に補助するべきである。Pigouがこうした課税・補助を通じ、外部性の内部化を実現できると認めた。

2.1.3 外部性と所有権の取引

すでにPigouが道路渋滞問題を引用し、外部性を論述しておいた。外部不経済の原因で、2本の道路の間に、常により良いのは使われすぎ、渋滞をもたらした。なぜならば、ドライバーが常に道路の費用を配慮しなく、優良道路を利用する時に限界私的純生産と限界社会的純生産の差が劣等道路より大きいた

³ Arthur Cecil Pigou: Welfare Economics, 1924

め、人々が優良道路に集まることである。

しかし、Pigou の論断に対して、Knight (1924) が別の観点を申し出した。Knight によると、道路渋滞が外部不経済に関わるが、外部不経済が生じる原因は稀有資源の所有権境界を定めるのは欠乏することである。稀有資源を個人所有に確定すれば、外部不経済を克服することができる。その後、Ellis と Fellner (1943) も Knight の所有権論説を認めながら、汚染問題を外部不経済につなげた。しかも、「競争中の企業が常に本当の不経済を見落とし、例えば煙、無駄に資源開発…これは技術或いは制度の環境による結果である。」と論述した。

2.1.4 外部性と取引コスト

Ronald Coase (1960) が著作「社会的費用の問題⁴」の中に取引コストの概念を打ち出した。Coase によって、外部不経済を解消するのは総体と限界の視点から取り扱うべきである。つまり、外部不経済の発生者が被害者に貨幣を支払うことにしても、逆に被害者が発生者に貨幣を支払って、外部不経済を減らしてもらうことにしても、パレート最適を達成できる。ただし、両者では所得分配に与える効果は異なる。取引コストはゼロの時に、資源所有権をいかに定でも、外部性の発生者と被害者の間に交渉を通じて総生産の最大化を達することができる。しかし、取引コストはゼロ以上の時に、外部性を解消することはコストがあるものの、企業と市場が問題を解決できなく、政府介入の必要があるわけではない。直接的な政府制御も様々な不確定性があるため、企業と市場より良い結果をもたらすとは限らないと認められる。

その後、Demsetz (1967) が一部の Coase の論点を引き入れて、所有権を定め、当事者が交渉自動を有すれば、取引コストを降下することができる。したがって、外部性の内部化の収益がコストより大きいことをもたらし、外部性の内部化を実現することができるかと認める。

2.2 外部性の定義と分類

先行研究をまとめて、Baumol と Oates が外部性の定義を打ち出した。一方、外部性に対する分類については、先行研究において異なる視点から、様々な種類が分かれた。本論では自動車消費の外部性を中心とするため、特に生の外

⁴ Ronald Coase : The problem of social cost 1960

部性と負の外部性、生産外部性と消費外部性に注目することである。

2.2.1 外部性の定義

1988年に Baumol と Oates が外部性に対して、このように概括した：もしある経済主体の厚生（効用或いは利益）に含まれるいくつかの真実変数の値は他人に決定された一方、これらの人は他の主体の厚生に影響を及びず自身の行為を特に注意していない時には、外部性が現した。ある商品に対して、充分の激励をわたって潜在的市場が出なければ、非パレート最適の均衡となる時に、外部性も現した。その後、多くの教科書には Baumol と Oates の外部性定義を引用してきた。

定義1：ある人 A の効用や生産関数に含まれた真実（非貨幣）の変数、その変数の価値が他の人（また他の会社、政府）に決定されるものの、これらの決定者が A の厚生に及ぼす影響を配慮しない。この時に外部性が発生した。

定義2：ある人の行為が他人の効用や生産関数に影響を及ぼすものの、受ける者が得た利益に費用を支払わなくて、耐えた損失で補助を獲得しない。

Buchanan と Stubblebine (1962) が関数関係 $U^A = U^A(X_1, X_2, \dots, X_n, Y_1)$ で外部性を表した。このうち、 U^A は A の私的効用を表し、一連の変数 (X_1, X_2, \dots, X_n) に依存する。これらの変数は A に支配されるものの、変数 Y_1 は他の人 B に支配され、B は社会成員とすることである。この関数式の中に、外部性の発生が一つの要因にかかわり、すなわち A の収益或いは損失は A そのものとの関係がなく、B に決まられるものである。

2.2.2 外部性の分類1：正の外部性と負の外部性

異なる外部性の視点によって様々な分類の基準がある。まず、簡単な外部性モデルを引き込む：

$$R^A = R(X_{1A}, X_{2A}, X_{3A}, \dots, X_{nA}, C_B) \quad (2.1)$$

この関数式の中に、 R^A は経済主体 A の効用を表し、 $X_{1A}, X_{2A}, X_{3A}, \dots, X_{nA}$ は A の自身収益にかかわる経済的活動を表し、 C_B は A に影響を及ぼす経済主体 B の意思決定、且つ C_B は A の制御を受けない。この時、B は A に対して外部性をもたらした。

正の外部性（外部経済）は他の経済主体にとって有利に働く場合の外部性；負の外部性（外部不経済）は他の経済主体にとって不利に働く場合の外部性。上式 (2.1) によって、B の意思決定が A の費用を下げる時、B が A に対して正

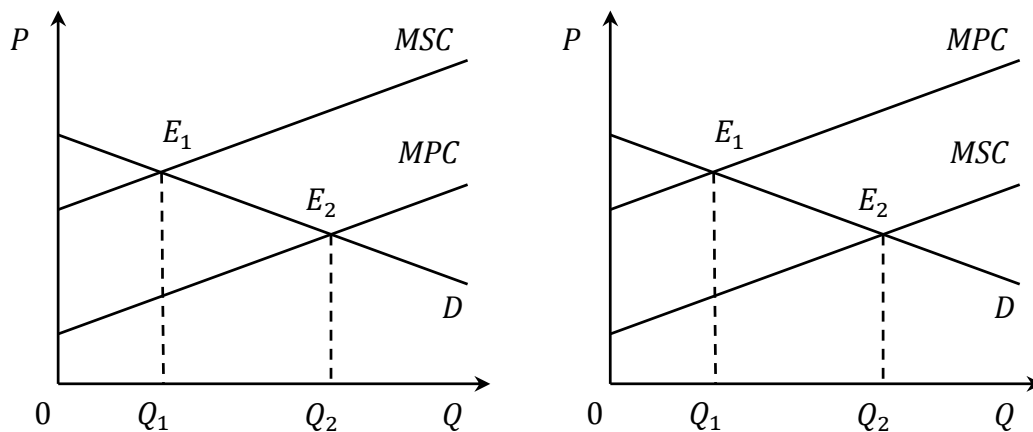
の外部性があり、 $dR^A/dC_B > 0$ ；逆に、B の意思決定が A の費用を増やす時、B が A に対して負の外部性があり、 $dR^A/dC_B < 0$ 。

Pigou の分析方法を引用すると、図表 2-1 によって、経済主体の意思決定が負の外部正を備えれば、限界私的費用 MPC (marginal personal cost) が MSC (marginal social cost) より低い一方、正の外部正の場合には限界私的費用 MPC (marginal personal cost) が MSC (marginal social cost) より高い。つまり、正負にかかわらず、外部性が社会的費用を不均衡をもたらし、不効率の状況にある。

図表 2-1 外部性の基本モデル

a) 負の外部性

b) 正の外部性



出所：Arthur Cecil Pigou「Welfare Economics」の論断によって、作成。

2.2.3 外部正の分類 2：生産外部性と消費外部性

Samuelson と Nordhaus (2007) の論述によって、外部性とは生産或いは消費の意思決定が他の経済主体に対して、補助可能のない費用を徴収し、あるいは補助必要のない収益を与える状況である。外部性の発生者が生産者なら、この外部性は生産外部性 (externality from producer) と言い、すなわち外部性が生産部門からのものである。一方、外部性の発生者が消費者なら、この外部性は消費外部性 (externality from consumer) と言い、すなわち外部性が消費部門からのものである。1960 年代以前、生産外部性が主に注目されて、例えば企業の環境汚染、企業独占の社会的余剰向けの損害などであった。それ以後、消費外部性が徐々に注目されてきた。本論では自動車消費の外部性を中心

として研究を行うから、ここでは消費外部性を主に論述する。

前例を引用して説明すれば、Bは消費者としてAに負の外部性をもたらす時、Bは自身の消費費用をAになすりつけた。つまり、Bの限界私的費用（MPC）が限界社会的費用（MSC）より低く、Bが過度の消費となった。逆に、Bは消費者としてAに正の外部性をもたらす時、Bは一部の自身収益をAへ流れ出した。つまり、Bの限界私的費用（MPC）が限界社会的費用（MSC）より高く、Bが消費不足となった。自動車消費の外部性のうち、常にBは車移動者、Aは社会全体を表し、移動者の自動車消費がもたらした外部性を社会全体が受けることである。

2.2.4 外部性の分類3：その他

正・負の外部性、生産・消費外部性の他、まだ他の視点から多くの分類法が存在している。例えば片側的・相互的外部性、金銭的・技術的外部性、パレート相関・パレート不相関の外部性などである。

1) 片側的外部性と相互的外部性：

厳密に言うと、この分類法が外部性そのものの属性でなく、発生者と受ける者の関係によることである。発生者が受ける者向けの外部性をもたらしたものの、受ける者が発生者向けの外部性をもたらさないのは、片側的外部性と言う。一方、発生者が受ける者向けの外部性をもたらした同時に、受ける者も発生者向けの外部性をもたらしたのは、相互的外部性と言う。片側的外部性の場合、発生者がもたらした外部性は正の外部性の可能性もあり、負の外部性の可能性もある。相互的外部性の場合、発生者と受ける者の間に、外部性の結果が多く組み方がある。

2) 技術的外部性と金銭的外部性：

Vinerが1931年に金銭的外部性（pecuniary externality）と技術的外部性（technological externality）の概念を打ち出した。この分類基準は外部性が社会資源の効率的配分向けに影響を与えるかどうかによることである。金銭的外部性は価格の変動で現す。市場経済において、価格メカニズムは外部性が資源配分の効率性に影響を及ぼさないことを保証できるため、社会総生産は不変の状況にある。しかし、技術的外部性が価格シグナルを通じて反映することはできない。市場経済において、資源配分に影響を及ぼす活動は価格メカニズ

ムに調整されることができなければ、この活動が資源配分の効率性に影響を与え、社会総生産が変動されることになった。

3) パレート相関の外部性とパレート不相関の外部性：

Buchanan と Stubblebine が 1962 年にパレート相関の外部性 (Pareto-relevant externality) とパレート不相関の外部性 (Pareto-irrelevant externality) の分類法を打ち出した。パレート相関の外部性とは、受ける者がある方法にわたって外部性を克服したが、この変化が受ける者の状況を向上したものの、発生者を損じない；パレート不相関の外部性とは、受ける者が外部性を克服すれば、自身の状況を向上できないだけでなく、発生者に損失をもたらす可能性があるため、外部性を克服する意欲を有しない。

つまり、パレート相関の外部性の時、克服の総収益は総費用より高いため、外部性を克服すれば、パレート最適 (Pareto-optimal) に達する可能性がある。しかし、パレート不相関の外部性の時、克服の総収益は総費用より低いため、外部性を克服すれば、外部不経済をもたらすようになる。この時に外部性の存続はパレート最適 (Pareto-optimal) に達することである。

2.3 外部性の本質 1：市場の失敗

伝統的市場の失敗の理論によって、外部性は市場の失敗を引き起こす重要な原因、政府が行政行為にわたって市場へ介入し、市場の欠陥を補充する必要がある。ただし、実には政府の介入とともに、外部性が解消されるわけではなく、新たな問題を引き起こす場合がある。多くの研究家は外部性のメカニズムを再び検討し、外部性と市場の失敗、公共財、不完全競争、および情報の非対称性との関係を見直し、伝統的市場の失敗の理論を批判した。

2.3.1 理想的な市場理論の発展段階

伝統的な市場の失敗が及ぼす「失敗」状況は理想的な市場状況に対応することである。こうした理想的な市場状況は三つの段階の理論発展を経た。

第1段階：アダム・スミス (Adam Smith, 1723-1790) に申し出された「見えざる手 (invisible hand)」。Smith によって、利己は人間の天性であるため、市場にわたって自由交換を行えば、利己的な意思決定が社会総生産に有益な影響を及ぼせる。国の富は政府の計画に依存することなく、個人の交換、専門

化、市場自由の拡大に依存することである。

第 2 段階：1874 年に Walras に打ち出された一般的均衡理論 (General Equilibrium Theory)。価格メカニズムは単一の市場の均衡をもたらせるが、あらゆる市場の均衡を保証できない。しかも、一つの市場の均衡が破壊されれば、他の市場の均衡に影響を及ぼす可能性が高い。したがって、いかなる商品の価格は自身の市場需給にかかわるだけでなく、総体の市場需給にもかかわる。あらゆる市場は需給均衡に達すれば、均衡価格での市場取引は総体市場の決済を招くことになる。

第 3 段階：1920 年に Marshall に打ち出された部分的均衡理論 (Partial Equilibrium Theory)。Marshall の前に、古典派経済学はコストが価値を決めるのを主張して、限界学派は効用が価値を決めるのを主張していた。Marshall がこの二つの理論を統一した。つまり、価値の判断は同時に供給と需要との二つの面を配慮しなければならない。需要の価格は供給の価格に等しい場合に、総生産は増加まだ減少ではなく、均衡状態にある。この総生産は均衡生産、価格は均衡価格である。

2.3.2 市場の失敗理論の進化

1776 年に Smith は市場が多く分野で完璧ではないことを認めた。例えば、国防、司法、道路・港の整備などの公共事業は製品の品質と取引の規則を厳格に定めておいた。Walras によって、自然独占、消費者盲目、公共財、配分の不均衡などの問題があつて、市場は万能ではない。

Meade (1952) によって、外部経済或いは外部不経済は、ある社会主体が活動を行う時に、活動に参入しない他の社会主体が直接的或いは間接的に発見可能な利益或いは損失を受けることである。Meade が初めて「発見可能」の概念を打ち出した。Scitovsky (1954) によって、外部性は私的利益と社会利益の差をもたらす原因の一つものの、外部性は市場の失敗に等しくない。外部性と市場の失敗の間にある関係が存在するが、この関係に対する認識が明らかではないことである。

1970 年代以前、市場の失敗にかかわる研究はミクロ経済分野で行っていたが、この以後、市場の失敗の概念は徐々にマクロ経済分野へ広まってきた。Galbraith (1977) が「マクロ経済の不安定性」、「ミクロ経済の無効率」と「社会不公正」を市場の失敗の三つの重要な表現と見なした。市場の失敗理論を引用する分野が広くなればなるほどが、本論に自動車消費外部性に対する研究は

主にミクロ経済に集中するから、ここにはマクロ経済の外部性を多く論述しない。

2.3.3 私有経済における市場の失敗の有効性

完全競争において、市場が必ず普遍性を備え、全ての商品とサービスが価格を備えることである。市場の普遍性を備えるのは二つの条件がある：1) 全ての商品とサービスが私的所有権を備える。2) 全ての商品とサービスの取引は均衡価格にわたって行う。

Arrow (1970) によって、絶対的市場の失敗 (absolute market failure) は完全競争均衡の基盤にあり、市場の普遍性をいかなるに離れるのは市場の失敗に見なされる。絶対的な市場の失敗において、資源の最適配分が実現すれば、完璧な私的所有権制度、および需給均衡を実現できる価格メカニズムが基盤とする必要はあるが、これらの要因は全部取引コストを配慮しない。だから、取引コストが高すぎ、市場の普遍性を妨げるようになったにしたがって、市場の失敗がもたらされた。これが相対的な市場の失敗 (relative market failure) である。

Arrow は市場の失敗が高取引コストの高い分野しか現さないと認めたが、Heller と Starrett は前述の論断が私有経済の失敗に属すると認める。私有経済が激励メカニズムと市場を欠如する時に、市場の失敗が現した。したがって、私有経済の市場の欠如 (non-existence of market) が招かれた。

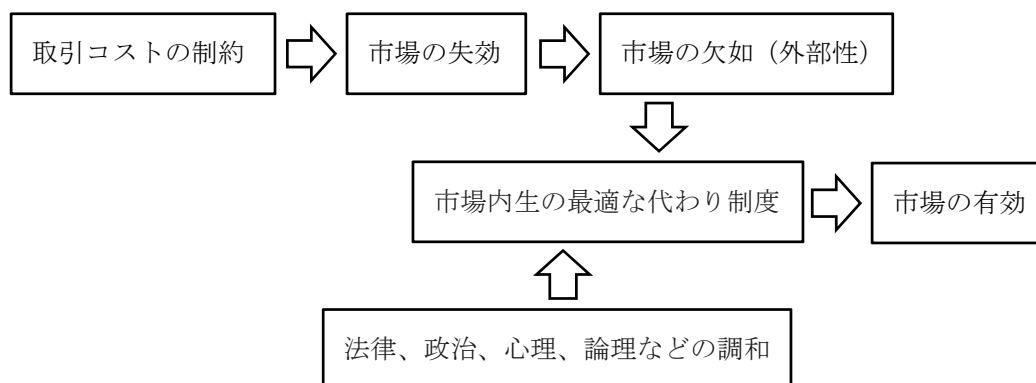
2.3.4 市場の欠如の有効性と制度の内因性

取引コストが十分に存在する世界において、市場の失敗のかなめは経済活動そのもの及びその結果ではなく、取引制度及び代わり制度の組織コストこそことである。理想的な市場の欠如はただ私的所有権の欠如が、市場システムの有効性にかからない。政府が市場に対する干渉はまさしくこの欠如を補充することである。

Akerlof (1984) によって、理想的な市場の確立コストは代わり制度の組織コストよりはるかに高いため、この欠如そのものがある効率性とみなすことができる。Andreas (1984) は Akerlof の有効性を是認、市場の欠如が他の低コストの実施を促進することを認めた。同時に、Andreas が制度の内因性に言及し、すなわち、ある市場の欠如を補充する最適な制度が常にこの市場に由来するものである。他の市場における制度を移行すれば、この制度と本市場の環境

との適合性を配慮しなければならない。こうした適合性は動きのものが、不適合から適合への変化は多くの調和的な要因を引き込む必要がある。例えば、法律、政治、心理、論理など。図表 2-2 は市場の失敗、市場の欠如、外部性、及び代わり制度などの概念にかかわる関係を表す。

図表 2-2 市場の欠如の有効性の筋道



2.4 外部性の本質 2：制度の欠如

オーストリア学派によって、市場の働きは制度の補充を要求し、例えば、明確な財産権の限定、及び制度の厳守などである。外部性はこれらの制度の欠如が招いたものが、制度の欠如を簡単に市場のせいにするべきではない。財産権が明確に限定されなく、或いは制度が厳守されないことは外部性を招くかもしれないが、これが自由市場そのものの失敗ではなく、制度の失敗とみなすべきである。

2.4.1 私的合理性と公共的合理性

Olson が (1965) に著書「共同行動の論理」(The Logic of Collective Action) に申し上げた理論によって、あるグループにおいては、グループ収益は公共性があるため、グループ中の成員はこの収益を均衡に分ち合え、だれかが費用を負担するかをこだわらない。そのため、市場経済に任せた場合、これらの正の外部性を伴う製品・サービスの供給が著しく過少になるという問題、いわゆるフリーライダーが生じる。このグループの範囲が大きくなければ、公共的利益のために働く成員が受ける私的利益が小さくなるほどである。だから、伝統的経済学の仮定によって、経済人の私的合理性が公共的合理性の実現を妨げ、いかに私的合理性と公共的合理性の統一を達成するのは、外部性を克服する制

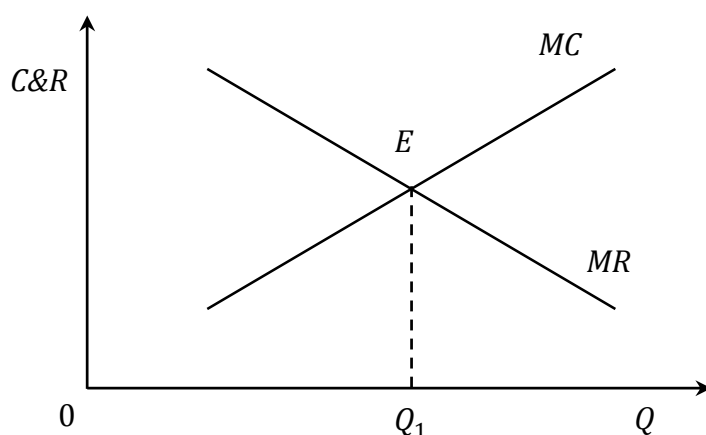
度の核心となる。

近代論理学の視点から見ると、道徳は私的合理性と公共的合理性の統一のきずなである。しかし、Olson は経済学の視点から、選択的インセンティブが私的合理性を公共的合理性へ移行するのを促進する有効な手段と認めた。グループ以内に公共的利益に働かない主体が受ける待遇と働いた主体が受ける待遇を区別できるため、激励が選択性を有する必要がある。つまり、私的合理性が公共的合理性へ移行すれば、制度の整備は必要である。こうした制度は市場の失敗がもたらした外部性を相殺することになる。

2.4.2 外部性と制度の形成

前述のように、外部性は私的合理性と公共的合理性の背き離れをもたらす原因ものの、効率性の制度が介入すれば、私的合理性が公共的合理性へ移行する可能性がある。したがって、制度をもたらす原因は研究の重点となってきた。Demsetz (1967) が財産権に対する論断によって、外部性の激しさが制度の形成と緊密な関係がある。関数式 (2.1) を通じて説明すると、 $R^A = R(X_{1A}, X_{2A}, X_{3A}, \dots, X_{nA}, C_B)$ において、 C_B の絶対値が過度に拡張すれば、受ける者 A が気付けるようになる。この時、 C_B の絶対値の拡張を抑える制度が現す可能性がある。一方、外部性を内在化する制度による収益は費用より高ければ、この制度が形成するようになった。

図表 2-3 財産権制度の実施の条件



出所：Anderson & Hill, “The Evolution of Property Rights: A Study of the American West”, 1976.

Anderson と Hill (1975) によって、ある資源の価値が向上すれば、財産権

が形成することになり、同時に資源が占拠される可能性が増加することにもなる。しかし、財産権制度が実施されるかどうかは費用と収益の関係にしたがることである。図表 2-3 によって、横軸は占拠を抑える活動の可能性、縦軸は財産権制度の費用と収益、曲線 MC は財産権制度の限界費用曲線 (marginal cost curve)、曲線 MR は財産権制度の限界収益曲線 (marginal revenue curve)、MC と MR の交点 E は財産権制度の均衡点 (equantequation)。

その後、Umbeck (1981) によって、パワーが配分メカニズムの基盤的な要因である。仮に既存制度がすべての人に互いに相手の財産権を尊重することを規制しているが、私的合理性によって、もしある経済主体が既存制度を破壊できるパワーを有し、破壊して私的収益をさらに獲得することができれば、既存制度が破壊され、且つ新たな制度が打ち出される可能性は高い。この論断は外部性が制度の形成に対する重要性をさらに明らかにした。

とにかく、外部性は私的合理性と公共的合理性の互いの排斥を招けるが、外部性の激化とともに、外部性を降下する制度が促された。この後、環境の変化がさらに外部性を拡大して、私的合理性が再び公共的合理性を離れた。そして、外部性は新たな限界に達せば、また新たな制度が形成し、私的合理性を公共的合理性への移行を促された。このように繰り返し続けるとともに、私的合理性と公共的合理性の動的な均衡が絶えずに形成している。

2.4.3 制度の存在形式

North (1990) によって、制度は一連の規制で人間の選択と相互関係を制約するに通じて、環境の不確実性と取引コストを抑え、財産権を守り、生産活動を促すことである。制度による一連の規制は非正式的制約 (informal constraints)、正式的制約 (formal constraints) および実施メカニズムが作り上がった。しかも、柯武剛 (2000) が制度に内在制度と外在制度という二つの種類を分けた。内在制度とはグループのうちに経験による自然に進化した規則、外在制度とはグループの権力主体がトップダウンに打ち出し、社会に押し付ける規則である。林毅夫 (2004) の正式的制約と非正式的制約に対する定義によって、正式的制約の変更では、この制度を制定・手配する人間に許可される必要があるため、正式的制度を変更すれば、変更者は時間と資源を費やし、組織や交渉を行い、それらの人間と整合性の意見に達しなければならない。非正式的制約の変更はグループの活動で達するのではなく、単に個人が完成することである。

先行研究の中に、内在・外在制度にも、正式・非正式的制約にも、Pigou と Coase の外部性理論を受け継ぐものである。前述によって、Pigou は政府が外部性の発生者に対して課金或いは補助を行い、すなわち「見える手」で外部性を解消すべきだと認めたが、Coase は財産権の明確化を基盤として、発生者と受ける者が交渉にわたって、市場メカニズムの「見えざる手」で外部性を解消すべきだと認めた。

2.5 小括

外部性の概念が 18 世紀に芽生えたから、かかわる研究が徐々に増えてきた。その中、最も必要なのは Pigou の政府干渉論と Coase の市場取引論である。外部性の定義では、ある社会主体の意思決定が他人の効用や生産関数に影響を及ぼすものの、受ける者が得した利益に費用を支払わなくて、耐えた損失で補助を獲得しない。しかも、これらの決定者が厚生に及ぼす影響を配慮しない。一方、外部性はまだ正・負の外部性、生産・消費外部性、および片側的・相互的外部性、技術的・金銭的外部性、パレート相関・パレート不相関の外部性などの分類がある。

外部性の本質から見ると、大きく分けて市場の失敗と制度の欠如という二つの面がある。前者において、外部性があるため、単に見えざる手という市場メカニズムを頼れば、資源配分の効率化となれない。だからこそ、新たな制度が生じる可能性が高いと考えられる。一方、社会学の視点から見ると、制度の環境が静的ではなく、絶えずに変化しているものである。外部性の環境が制度に応じなくなると、制度の失敗ももたらし、外部性が再び発生するようになる。

とにかく、社会主体の意思決定が互いに離れる状況にある限りに、外部性が生じる可能性がある。外部性は明らかな限界を有しなく、不完全競争、公共財、情報の非対称性などの分野とも多くの関係もある。つまり、外部性は混沌かつ動的な特徴を備える。外部性にかかわる理論システムが複雑な現象を含めるが、複雑な現象の裏には秩序がある。

第3章 自動車消費の外部性とインフラの需給

一般的に、経済の発展は社会の交流・移動を促進するため、自動車消費は徐々に増えることである。前章における外部性の概念によって、ある活動に従事する人が周囲の人の厚生に影響を与え、その影響に対する補償を支払うことも受け取ることもない時に生じる。外部性の分類によって、自動車消費の外部性は正の外部性もあれば、負の外部性もある一方、消費外部性、金銭的外部性、パレード不相關の外部性に属するべきである。自動車消費の外部性において、常に、発生者はドライバーなどの移動者、受ける者は社会全体と考えられる。しかし、この社会全体においては、ドライバーと他のドライバーの間には相互的外部性が生じるが、ドライバーと自動車を使用しない移動車の間には片側的外部性が生じる。しかも、自動車消費の外部性の受ける者が克服する結果によって、パレード相関・不相關の外部性を判断しなければならない。

3.1 自動車消費の外部性のメカニズム

自動車消費される過程に外部性は、道路インフラなどの公共財、或いは共有資源の財産権が明確化されなく、および外部性制度の整備が不足する状況に生じることである。Pigou 氏の政府干渉理論と Coase 氏の市場取引理論は結局、外部性のメカニズムを結びながら、いかに私的費用と社会的費用を重ねるかという方法に対する論断である。しかも、外部性の分類においては最も重要なのは負の外部性と正の外部性との分類である。以下、自動車消費の状況を結び、負の外部性と正の外部性のメカニズムを論述しよう。

3.1.1 自動車消費の負の外部性

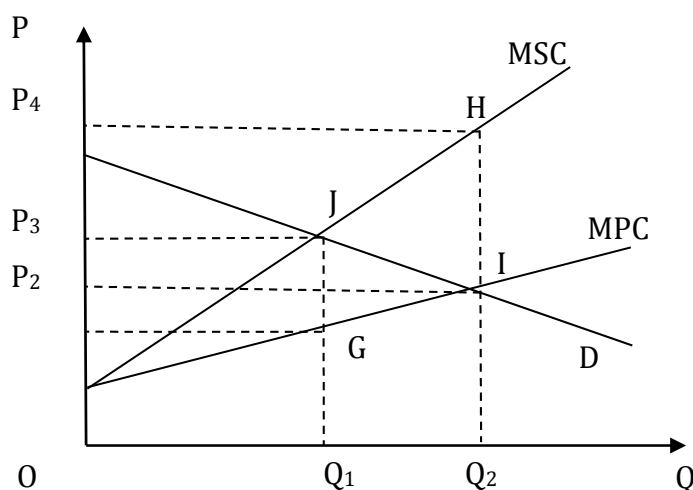
既存の自動車消費に対する研究は主に負の外部性に注目したもの、例えば、道路渋滞、排気ガス、交通事故、騒音汚染などのことである。宇沢弘文氏（1974年）の著書「自動車の社会的費用」によって、ある経済活動が、第三者あるいは社会全体に対して、直接的あるいは間接的に影響を及ぼし、様々な形の被害を与えるとき、外部不経済が発生しているという。自動車通行にかぎらず、一般に公害、環境破壊の現象を経済学的にとらえるとき、この外部不経済という概念によって整理される。そのもっとも大きな要因は、自動車通行によって第三者に大きな被害を与え、希少な社会的資源を使いながら、そ

れらに対してほとんど代価を支払わないということをも上げることができる。すなわち、本来自動車の保有者あるいは使用者が負担しなければならないはずであったこれらの社会的費用を、歩行者や住民に転嫁して自らはわずかな代価を支払うだけで自動車を利用することができたために、人々は自動車を利用すればするほど便益を得ることになって、自動車に対する需要が増大してきた。

ここに外部性の概念を自動車消費に引き込んで、自動車消費の外部性との概念を定める。すなわち、ドライバーは自動車を使用する時に、私的費用を担うだけでなく、社会的費用も引き起こしたが、この社会的費用をドライバーそのものが担わなく、社会全体がともに担うようになる。自動車が使用される時に社会的費用を引き起こすという属性は、自動車消費の外部性と認められる。

負の外部性の時に、自動車消費は社会に侵害を招き、消費の限界社会的費用 (marginal social cost, MSC) は限界私的費用 (marginal personal cost, MPC) より高い。自動車消費の環境を不変と仮定し、横軸は車両数 Q 、縦軸は費用の値 P を示せば、負の外部性のメカニズムは図表 3-1 による：

図表 3-1 自動車消費の負の外部性



出所：Kenneth Button 「Transport Economics」 2010

図表 3-1 のように、限界社会的費用曲線 MSC と需要曲線 D は J 点に交わっているため、社会的均衡に達し、社会的効用は最大限になり、車両数は Q_1 、社会的費用は P_3 である。この時、限界私的費用曲線 MPC は G 点までに延び、私的費用は P_1 になるが、また需要曲線 D と交わっていないため、私的均衡に

達していない。前章の論述のように、新規ドライバーは本人の担う私的費用だけ配慮し、社会に与える影響を配慮しないため、限界私的曲線 MPC は延び続ける。曲線 MPC は需要曲線 D と I 点に交わると、私的効用均衡に達する。この時、車両数は Q_2 、私的費用は P_2 になるが、限界社会的費用曲線 MSC は H 点までに延び、社会的費用は P_4 に達するようになる。ここに、ミクロ経済学によって、曲線 D は限界収益曲線にすることができる。

図表 3-1 において、車両数は社会的均衡の Q_1 を超える時、車両数の範囲を $[Q_1, Q_2]$ 、曲線 MSC の関数を $f(Q)$ 、曲線 D の関数を $g(Q)$ と仮定して、この時に、自動車消費の社会的費用は Q_1Q_2HJ 、私的収益は Q_1Q_2IJ 、社会厚生損失は HIJ である。すなわち：

$$HIJ = \int_{Q_1}^{Q_2} [f(Q) - g(Q)] dQ$$

社会的費用を降下するために、政府は行政或いは経済な規制をわたって、なるべく曲線 MPC を曲線 MSC へ近寄られる。Pigou 氏の理論によって、一般的にドライバーの私的費用を引き上げ、自動車の使用を減らすにしたがって、社会的費用を降下する目的に達することである。しかし、Coase 氏の理論によって、政府の介入は社会的費用を降下することができるものの、ドライバーの従来便益を損じるようになる。しかも、節約した社会的費用は図表 3-1 における HIJ の面積、ドライバーの損失効用は $GIHJ$ の面積、後者は前者より大きい、すなわち $S_{GIHJ} > S_{HIJ}$ である。こうした一部の人間の従来便益を奪って、他の部分の人間へ補助する方法は、社会的効用に損失をもたらすのみならず、社会の公平性にも影響を与えるようになった。

3.1.2 自動車消費の正の外部性

Button 氏 (2006 年) によって、自動車消費において、社会的費用だけでなく、社会的収益も存在しているが、運輸の分野には後者の重要性は前者より低いと認められる。したがって、既存の自動車消費に対する研究では主に負の外部性に対して検討を行っていた。しかし、自動車消費は正の外部性をもたらす状況もある。

呉敬璉氏 (2015) によって、新エネ車の消費は伝統的内燃車と比べ、社会的収益をもたらすことができるため、正の外部性となる。現在、世界の主要国はほぼ自国の新エネ車を開発し、伝統的内燃車への依頼を降下すると目指している。目下には新エネ車消費はまだ導入期にあり、インフラ整備の不足

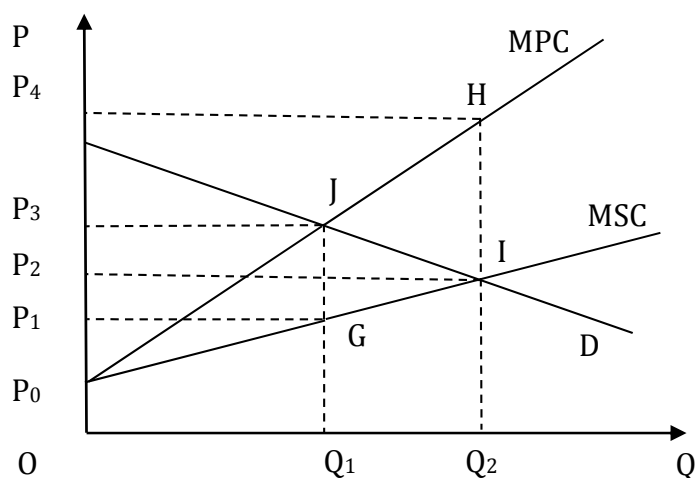
は新エネ車消費の不足をもたらすため、インフラ整備の導入的供給は新エネ車消費を促進する最も重要な要因となってくる。

図表 3-2 のように、正の外部性の時に、自動車消費の限界私的費用は限界社会的費用より高く、曲線 MPC は曲線 MSC の上方にある。自動車消費の環境を不変と仮定して、横軸は車両数 Q 、縦軸は費用値 P を示せば、自動車消費は 0 の場合に、限界私的費用は限界社会的費用と等しく、費用値は P_0 であり、自動車の保有費用を示している。

前述による負の外部性のメカニズムに対して、正の外部性のメカニズムの相違点は曲線 MPC と曲線 MSC の交換した位置である。曲線 MPC と需要曲線 D は J 点に交わる時に、車両数は Q_1 、費用値は P_3 である。仮に自動車消費が増え続ければ、車両数は Q_2 までになると、曲線 D と曲線 MPC は社会的効用の均衡点 I に交わり、社会的費用値は P_2 になり、自動車消費の社会的効用の最大限に達すようになる。しかし、この時、限界私的費用曲線 MPC は H 点に達し、私的費用値は P_4 となる。ここにも、曲線 D は限界収益曲線にすることができる。

ただし、経済人に対する仮定によって、限界私的費用が限界収益を乗り越えれば、消費の効用はマイナスになるため、消費の需要はなくなる。つまり、曲線 MPC は交点 J に達した後、伸び続かなくなる。したがって、曲線 MSC は未だ社会的効用の均衡点 I に達する前に止まるため、社会的効用の最大限に達することができない。

図表 3-2 自動車消費の正の外部性



出所：図表 3-1 を参照して、作成。

図表 3-2 のように、車両数は Q_1 を乗り越えれば、増え続かなくなる。車両数 Q の範囲を $[0, Q_1]$ 、曲線 MSC の関数を $h(Q)$ 、曲線 MPC の関数を $g'(Q)$ と仮定して、この時、自動車消費の私的費用は OP_0JQ_1 、社会的費用は OP_0GQ_1 。そのうち、自動車消費が社会に与える厚生は P_0JG である。すなわち：

$$P_0JG = \int_0^{Q_1} [g'(Q) - h(Q)] dQ$$

需要曲線 D は限界社会的費用曲線 MSC と交わる前に自動車消費量 Q は止まったため、自動車消費の社会的効用は最大限に達してなく、 P_0JI の面積は社会的効用の潜在力を表す。この時、社会的効用を向上するため、政府が常に自動車消費を促進するにわたって、曲線 MPC を下へ引き下げ、曲線 MSC へ近寄らせる。これも外部性の内在化をみなすことができる。

3.2 自動車消費の外部性と制度の選択

自由財（無料財）は経済分析における特別の課題である。現在の経済では、おおよその財は市場で配分され、買い手は受け取るものに対してお金を支払い、売り手は与えるものに対しお金を獲得する。このような財にとって、価格は売買の決定を導くシグナルである。しかし、財が無料で利用できる時に、現代の経済において資源を配分する市場の作用は存在しない。前述のように、政府は市場のもたらす結果を改善できることがある。ある財に価格がついていない時、民間市場でその財の適切な量の生産と消費がなされるという保証はない。その場合に、政府の政策は潜在的に市場の失敗を改善し、経済的福祉を像ださせる力を持つため、適切な制度を打ち出す必要があると考えられる。

3.2.1 公共財と共有資源

Samuelson 氏が 1954 年に初めて公共財の効率性に対して分析し、公共財の定義を打ち出した。公共財とは消費の不可分性、すなわちある人の消費は他人の消費に影響を与えないことである。つまり、公共財が消費分野に属する概念である。実にはこの定義が公共財と私的財の区別基準を掲げており、すなわち 1) その財は排除可能 (excludability) か：人々がその財を使用できないようにすることができるか 2) その財は競合 (rivalness) しているか：ある人がその財を使用することによって、他の人がその財を利用できる量は

減少するか。この2つの性質を用いて財を4つのカテゴリーに分類できる。すなわち、私的財 (private goods)、公共財 (public goods)、共有資源 (common resources) クラブ財 (club goods) である。

図表 3-3 4種類の財

		競合？	
		する	しない
		私的財	自然独占
排除可能？	可能	<ul style="list-style-type: none"> アイスクリーム 衣服 渋滞した有料道路 	<ul style="list-style-type: none"> 消防 ケーブルテレビ 渋滞していない有料道路
	不可能	共有資源	公共財
	不可能	<ul style="list-style-type: none"> 海中の魚 環境 渋滞した無料道路 	<ul style="list-style-type: none"> 竜巻警報のサイレン 国家保衛 渋滞していない無料道路

出所：マンキュー経済学（ミクロ編）p. 303

図表 3-3 のように、道路を無料で使用することができれば、公共財と共有資源に属する。道路が渋滞していない時、ある人が道路を使用すると、他の人の使用量に影響を及ぼさなければ、公共財に属する一方、道路が渋滞したら、道路を使用するのは負の外部性をもたらすようになる。この時、道路は共有資源に属する。

共有資源の競合性はその価値の希少性を表すが、排除不可能はその財産権を決めることが非常に困難なことを表している。Buchanan 氏（1965 年）が打ち出した「クラブ経済理論」（economic theory of clubs）によって、クラブの成員とする人々がクラブ財を消費する時、互いに影響を及ぼしている。ある成員の消費が他の成員の消費効用関数の独立変数となる。つまり、クラブ財は社会全体において排除可能ものの、クラブ以内には排除不可能、ミクロ層における共有資源となる。だから、4種類の財の限界はたまに曖昧な状態にある。この理論によると、ドライバーが道路インフラを使用する時に、道路インフラの使用は社会全体にとって排除可能であるため、クラブ財に属する。しかし、ドライバーグループ以内においては、道路インフラの使用は排除不可能であるため、公共財となる。交通渋滞に対する検討において、あるドライバーがもたらした道路渋滞という負の外部性はほぼ他のドライバー受け取り、自動車を使用しない人間にはほぼ影響を及ぼさない。

それ以外、本論では排除不可能のことを不排除性 (non-excludability) といい、競合しないことを不競合性 (non-rivalness) という。つまり、公共財は同時に不排除性と不競合性を有するが、共有資源と自然独占はそれぞれ単に不排除性と不競合性を有するため、準公共財と言う。

3.2.2 公共財と準公共財消費の外部性

前述のように、不排除性は A がある財 (例えば空気、無料道路など) を消費することは B がこの財を消費することを排除できない。しかも、A と B が獲得した収益 (或いは損失) C は等しく、消費者 A と B の消費効用と収益 (或いは損失) C の関係は以下のように :

$$R^A = R(X_{1A}, X_{2A}, X_{3A}, \dots, X_{nA}, C)$$

$$R^B = R(X_{1B}, X_{2B}, X_{3B}, \dots, X_{nB}, C)$$

上の関数式において、 R^A と R^B はそれぞれ消費者 A と B の消費効用を表す。消費者 A と B の効用関数の中に外部性の変量 C があり、C の影響はほぼ排除できない。この状況は外部正の依頼関係と合致するため、こうした不排除性は外部性 C の不排除性と認められる。したがって、公共財も共有資源も高度な外部性を備えていると判明できる。

同様に、不競合性の概念はある消費者の意思決定がその財 (例えば国家保衛、無料道路など) の生産コストを引き上げないということである。つまり、不競合性の財の限界費用は 0 である。上の関数式を結びながら説明すると、ある財が規定の生産コストを有しているため、消費者 A の意思決定は消費者 B に影響を及ぼさなく、この財は A にも B にも外部性 C をもたらしている。しかも、この財の外部性が強くなれば、受ける者が多くなるほどである。

いかなる公共的な財・サービスは幾つかの外部性を備えているため、公共財と準公共財は外部性の特殊な形式と認められる。だが、たまに外部性を備えていない場合もある。この両者の間に他の財も多くに存在している。例えば、伝染病の治療、道路整備、公園及びスポーツインフラの整備は同時に異なる程度で公共性と私的性を備えている。

それ以外、Gildin 氏 (1979 年) によって、財の消費において、公平進入 (equal access) と選択的進入 (selective access) がある。公平進入は公共財は誰でも消費できるが、選択的進入は消費者が消費する前にある制約条件を満たさなければならない。消費財の属性は供給方式によることであるが、供給方式は公平進入の方式か選択的進入の方式かを選択するのは、まだ排除技術と

私的選好にしたがうことである。ある消費財に対して、制約条件を満たさない人間を排除する技術がなければ、或いは経済上に不可能となれば、この財は公共財であり、公平進入の供給方式を実行するべきである。逆に、排除技術があり、或いは経済上に可能なら、選択的進入の供給方式を実行するべきである。

3.3 自動車消費のインフラ依存性

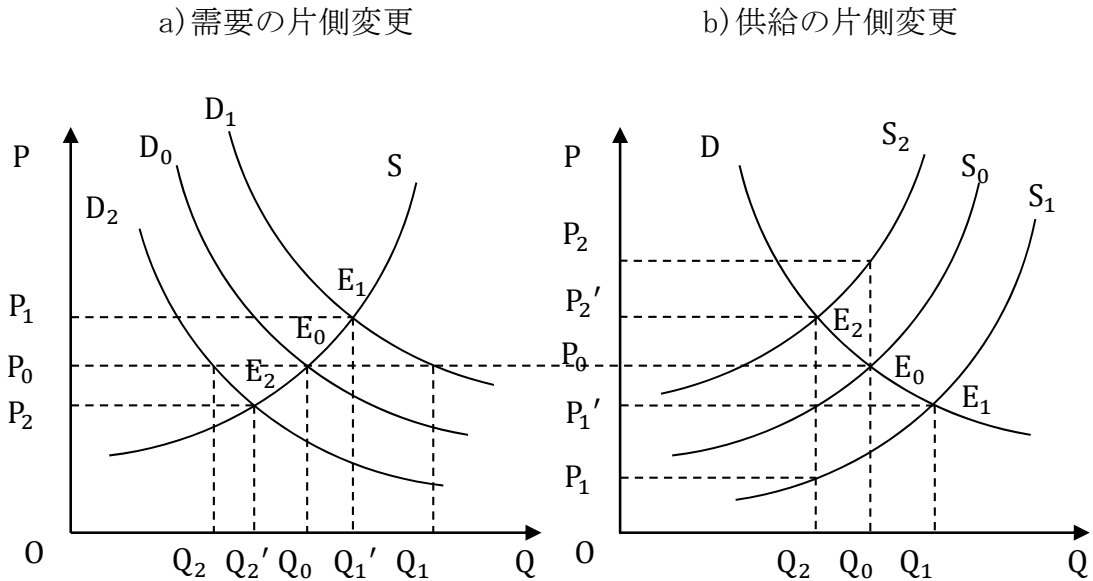
自動車消費の外部性にかかわる先行研究の中に、主にインフラネットワークと移動方法に対する検討であり、常に既存の運輸システム管理、規制及び定価などの静態的な視点に注目している。Button氏（2010年）によって、動態的な視点から見ると、投資額を控えるに通じて、運輸システムの規模と品質に影響を与える方法もある。多くの国では、道路、鉄道、港などのインフラの所有権は政府に握られているため、政府はさらにマクロの視点からインフラの供給を配慮する必要が有る。ここには運輸システムに対する投資は交通インフラの整備と認められる。

3.3.1 インフラ需給の片側変更

図表3-4 a)において、本来のインフラ需要曲線 D_0 と供給曲線 S は均衡点 E_0 に交わり、 P_0 は本来の私的均衡費用、 Q_0 は車両数である。しかし、仮に需要の向上は本来の需要曲線 D_0 を右へ D_1 まで移動させ、供給曲線 S は不変にすると、この時に私的トリップ費用 P_0 は変わらなければ、本来の需要量 Q_0 は Q_1 までに増加し、外部性も増えてくる。一方、本来の私的トリップ費用 P_0 を P_1 までに向上すれば、それに伴って需要量は減らし、需要曲線 D_1 と供給曲線 S は新たな均衡点 E_1 に交わるようになる。この時、交通の需要量は Q'_1 になる。つまり、交通インフラの供給は不変の場合に、需要量の増加は私的トリップ費用の向上をもたらし、潜在の交通重要量($Q_1 - Q'_1$)がある。

まだ、仮に需要の降下は需要曲線 D_0 を右へ D_2 までに移動させ、供給曲線 S は不変にすると、私的トリップ費用 P_0 は変わらなければ、本来の重要量 Q_0 は Q_2 までに減らした。一方、本来の私的トリップ費用 P_0 が P_2 までに降下すれば、新たな交通需要が誘われ、需要曲線 D_2 と供給曲線 S は新たな均衡点 E_2 に交わるようになる。この時、交通需要量は Q'_2 になり、誘われる需要量は($Q'_2 - Q_1$)である。

図表 3-4 交通インフラ需給の片側変更関係



出所：晏克非「交通需要マネジメント理論と方法」p131

同様に、図表 3-4b)における供給曲線 S の変更によって、インフラ需要曲線 D が不変の場合に、 $Q_0 < Q_1$ を仮定すると、 $P_1 < P'_1 < P_0$ 、インフラ供給の増加は需要の増加をもたらし、新たな均衡点において、私的トリップ費用は降下し、外部性は減らされるようになる。一方、 $Q_0 > Q_2$ の場合に、 $P_1 > P'_1 > P_0$ 、インフラ供給の減少は私的トリップ費用の向上をもたらし、インフラ需要を抑制するようになる。

3.3.2 インフラ需給の相互変更

インフラ需給の相互変更は 4 つの状況があり、すなわち同方向の増加、同方向の減少、異方向の増加、異方向の減少。それらの結果は需給曲線の変更率 ΔD と供給曲線の変化率 ΔS の差によって判断することである。

図表 3-5 a) のように、仮に本来のインフラ需給曲線 D_0 と供給曲線 S_0 は均衡点 E_0 に交わっている。この時、私的トリップ費用は P_0 、需要量は Q_0 である。需要曲線 D が D_1 までに移動すると、 $\Delta D = D_1 - D$ ；本来の供給曲線 S は S_1 、 S_2 、 S_3 までに移動すれば、それぞれ需要曲線 D_1 と新たな均衡点 E_1 、 E_2 、 E_3 に交わるようになる。この時、私的トリップ費用はそれぞれ P_1 、 P_2 、 P_3 、車両数は Q_1 、 Q_2 、 Q_3 になる。すなわち：

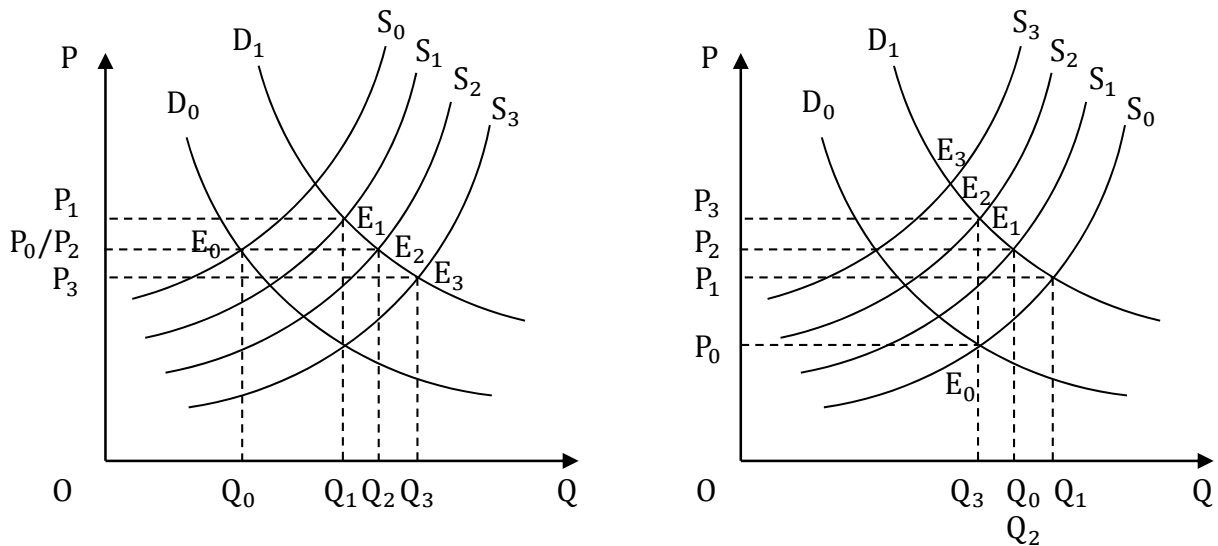
- a) $\Delta S = S_1 - S_0$ の時に、 $\Delta D > \Delta S$ 、 $Q_1 > Q_0$ 、 $P_1 > P_0$ ；

b) $\Delta S = S_2 - S_0$ の時に、 $\Delta D = \Delta S$ 、 $Q_2 > Q_1 > Q_0$ 、 $P_1 > P_0 = P_2$;
 c) $\Delta S = S_3 - S_0$ の時に、 $\Delta D < \Delta S$ 、 $Q_3 > Q_2 > Q_1 > Q_0$ 、 $P_1 > P_0 = P_2 > P_3$ 。
 つまり、車両数は増加している時に、新たな均衡状態における私的トリップ費用は増減は需給の差による判断する。需要の増加が供給の増加より大きい場合に、私的トリップ費用が向上；需要と供給の増加は等しくの場合に、私的トリップ費用は不変；需要の増加は供給の増加より小さい場合に、私的トリップ費用は降下するようになる。

図表 3-5 インフラ需給の相互変更関係

a) 需給曲線の同方向移動

b) 需給曲線の異方向移動



出所：晏克非「交通需要マネジメント理論と方法」p133

図表 3-5b)においては、需要は増加する同時に供給が減少するという異方向変更の状況を表している。前述にとると、その他の私的トリップ費用と車両数の関係を導き出すことができる。詳しくは図表 3-6 のように：

図表 3-6 インフラ需給の相互変更の関係表

	D 増 S 増	D 減 S 減	D 増 S 減	D 減 S 増
$\Delta D - \Delta S > 0$	$Q_1 > Q_0; P_1 > P_0$	$Q_1 < Q_0; P_1 < P_0$	$Q_1 > Q_0; P_1 > P_0$	$Q_1 < Q_0; P_1 < P_0$

$\Delta D - \Delta S = 0$	$Q_2 > Q_0; P_2 = P_0$	$Q_2 < Q_0; P_2 = P_0$	$Q_2 = Q_0; P_2 > P_0$	$Q_2 = Q_0; P_2 < P_0$
$\Delta D - \Delta S < 0$	$Q_3 > Q_0; P_3 < P_0$	$Q_3 < Q_0; P_3 > P_0$	$Q_3 < Q_0; P_3 > P_0$	$Q_3 > Q_0; P_3 < P_0$

図表 3-6 のように、需給曲線が同方向へ移動する時、車両数の変化は同じものの、私的トリップ費用の変化は需給変更の差による判断する；需給曲線が異方向へ移動する時、私的トリップ費用の変化は同じものの、車両数の変化は需給変更の差による判断する。一般均衡理論によって、自動車消費に対する交通資源の供給と需要は均衡値を備え、資源の需給量の間に関連している。例えば、道路の既存容量及び環境容量は交通資源を表すことである。

3.4 インフラ整備と自動車消費の潜在性

晏克非氏（2010）によって、経済の発展が社会活動の増加をもたらすにしたがって、トリップ需要は増えつつあることになる。つまり、都市経済の発展とともに、自動車消費は自然増加量を備えている。Anthony Downs 氏（1992年）によって、自動車消費は潜在性を備えている。つまり、消費される車両数は自然増加量のほか、一部の潜在需要量を含める。すなわち：

$$\text{自動車消費の需要量} = \text{従来量} + \text{自然増加量} + \text{潜在需要量}$$

ひたすらインフラの供給を向上して、消費の需要量を抑制しなければ、新規インフラは潜在需要量を誘うようになる。一方、インフラの整備は周期性を有するため、整備周期においてはインフラの供給量は不変な状態にある。つまり、インフラ整備の変化は時間上に離散的な分布を表す。だが、自動車消費の需要量の変化は時間上に連続的な分布を表す。

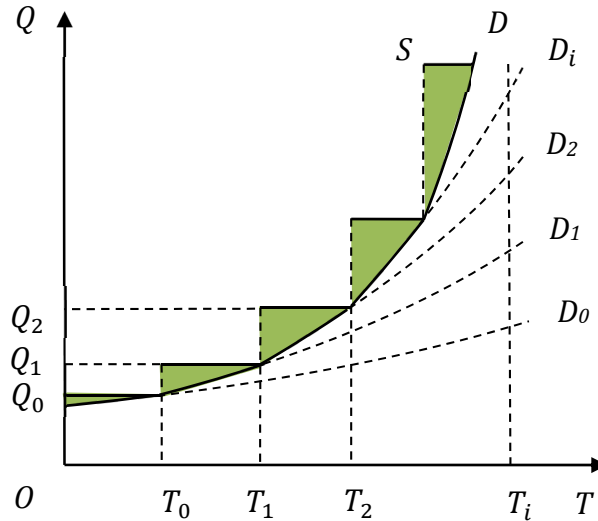
自動車消費の需要とインフラの供給の分布形式は、3種類のインフラ供給を定める。それぞれ理想的供給、延滞的供給および引導的供給である。

3.4.1 インフラの理想的供給

図表 3-7 はインフラ供給と自動車消費需要の潜在性の理論的關係モデルを表している。需要曲線 D_0 において、自動車消費の需要量 Q は時間 T とともに増加している。需要曲線 D_0 は需給の均衡点 (T_0, Q_0) までに延びる時、増加した消費需要を満たすため、従来のインフラ供給 Q_0 は Q_1 までに向上した。この時、向上したインフラは一部の潜在需要量を誘い出し、需要曲線は D_0 から D_1 までに移動し、傾斜度がさらに大きくなる。そして、需要曲線 D_1 は新たな均衡点 (T_1, Q_1) までに伸びた時に、供給水準は Q_2 までに向上して、誘い出した新たな

潜在需要量はさらに需要曲線を D_1 から D_2 まで移動させる。このように推移すると、最終的には実際の区分的連続需要曲線 D が組み上がるようになり、且つ需給均衡点は全て需要曲線 D にある。供給曲線 S と需要曲線 D の差 ΔS は供給剰余である。

図表 3-7 自動車消費需要とインフラの理想的供給



出所：李春利、張鍾允：「自動車の社会的費用における交通渋滞メカニズムに対する分析と東京モデル」『自動車安全と省エネ学報』2015(6)：pp. 103-108

図表 3-7 における需要曲線 $D_0, D_1, D_2, \dots, D_i$ の関数式をそれぞれ $f_0(T), f_1(T), f_2(T), \dots, f_i(T)$ 、実際の需要曲線 D の関数式を $g(T)$ 、供給曲線 S は段階関数、関数式を $h(T)$ と仮定する。すなわち

$$D = g(T) = \sum_{\substack{T \in (0, T_0] \\ i \in \mathbb{N}}}^{(T_{i-1}, T_i]} f_i(T); \quad S = h(T) = \sum_{\substack{T \in (0, T_0] \\ i \in \mathbb{N}}}^{(T_{i-1}, T_i]} f_i(T_i)$$

供給剰余 $\Delta S = S - D$ 、すなわち

$$\Delta S = h(T) - g(T)$$

$$= \sum_{\substack{T \in (0, T_0] \\ i \in \mathbb{N}}}^{(T_{i-1}, T_i]} [f_i(T_i) - f_i(T)] = \sum_{i \in \mathbb{N}} f_i(T_i) \Delta T_i - \sum_{i \in \mathbb{N}} \int_{T_{i-1}}^{T_i} f_i(T) dT$$

($i = 0$ の時、 $T_{i-1} = 0$)

このようなインフラ供給は理想的供給と考える。つまり、インフラの供給者は自動車の消費に対して緻密に予測し、自動車消費の需要量とインフラの供給量は一貫に同水準を維持している。一般的に、インフラの供給者が自動車消費需要量の変化を見通すのは困難であるため、事前にインフラの周期を精算し、且つ整備しており、ちょうど消費需要量がインフラ供給量に等しくなる時に、初めて新たなインフラを使用することはほぼ不可能である。しかも、自動車消費は外部性を備えているため、実際にインフラの供給は延滞的供給或いは先導的供給の状態にある。

3.4.2 インフラの延滞的供給

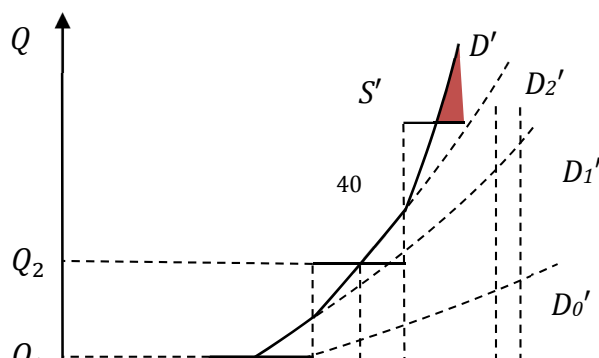
図表 3-8 のように、自動車消費の需要曲線 D_0' が均衡点 (T_0, Q_0) を乗り越えた後、新たな需要量を満たすため、インフラ供給水準は Q_0 から Q_1 まで向上されたが、新たなインフラ供給はまだ新たな潜在需要量を誘い出して、従来の需要曲線 D_0' は D_1' まで移動され、傾斜度がさらに大きくなる。需要曲線 D_1' が供給水準 Q_1 との新均衡点 (T_1, Q_1) を乗り越えたあと、インフラ供給水準はさらに Q_2 までに向上され、再び新たな潜在需要量を誘い出し、需要曲線 D_1' は D_2' まで移動された。このように推移すると、最終的には実際の区分的連続需要曲線 D' が組み上がるようになり、且つ需給均衡点は全て需要曲線 D' にある。供給曲線 S' と需要曲線 D' が交わり、需要曲線 D' の上における差 $\Delta S'$ は供給剰余、需要曲線 D' の下における差 $-\Delta S'$ は供給欠如である。

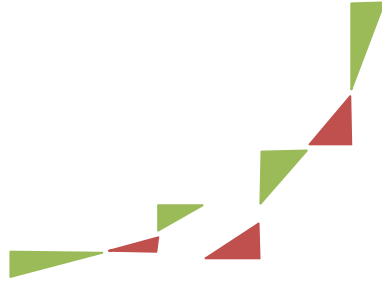
図表 3-8 における需要曲線 $D_0', D_1', D_2', \dots, D_i'$ の関数式をそれぞれ $f_0'(T), f_1'(T), f_2'(T), \dots, f_i'(T)$ 、実際の需要曲線 D の関数式を $g'(T)$ 、供給曲線 S は段階関数、関数式を $h'(T)$ と仮定する。 $g'(T)$ と $h'(T)$ の関係は図表 3-7 と似て、インフラ供給剰余 $\Delta S'$ とインフラ供給欠如 $-\Delta S'$ のモデル式は以下のように：

$$\Delta S' = \sum_{i \in \mathbb{N}} f_i'(T_i) \Delta T_i' - \sum_{i \in \mathbb{N}} \int_{T_{i-1}^*}^{T_i} f_i'(T) dT, (\Delta T_i' = T_i - T_{i-1}^*; i=0 \text{ の時、} T_{i-1}^* = 0)$$

$$-\Delta S' = \sum_{i \in \mathbb{N}} \int_{T_i}^{T_i^*} f_i'(T) dT - \sum_{i \in \mathbb{N}} f_i'(T_i) \Delta T_i^*, (\Delta T_i^* = T_i^* - T_i)$$

図表 3-8 自動車消費需要とインフラの延滞的供給





出所：李春利、張鍾允：「自動車の社会的費用における交通渋滞メカニズムに対する分析と東京モデル」『自動車安全と省エネ学報』2015(6)：pp. 103-108

このモデルの中に、独立変数は自動車消費需要、従属変数はインフラ供給である。つまり、自動車の消費量は既存のインフラ容量を超えた後、過量の消費需要を満たすため、新たなインフラの整備が始めてきた。しかし、インフラの整備は周期性を備えているため、この整備周期には交通供給欠如となる。したがって、自動車費用が負の外部性をもたらす時に、実際のインフラ供給はおおよそ延滞的供給である。

3.4.3 インフラの先導的供給

自動車消費は正の外部性を備える時、インフラの供給者が事前にインフラの整備をわたって自動車消費の私的トリップ費用を降下し、良い消費環境を造出することである。初期には自動車消費を促進するため、インフラの供給量は需要量より極めに高くべき、したがって消費の潜在需要量を誘い出ようになる。図表 3-9 のように、自動車消費の潜在需要があるため、最終的に需要曲線 $D_0'', D_1'', D_2'' \dots, D_i''$ が実際の需要曲線 D'' を組み上がっておいた。しかも、インフラの延滞的供給と比べ、インフラの先導的供給において、独立変数はインフラ供給、従属変数は自動車消費需要である。

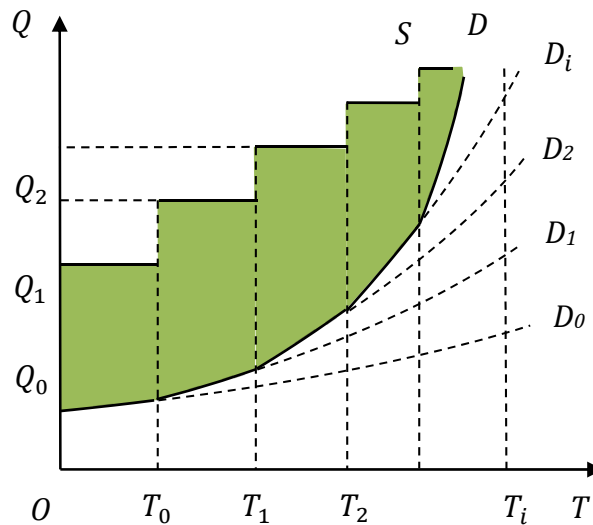
図表 3-9 において、需要曲線 $D_0'', D_1'', D_2'', \dots, D_i''$ の関数式をそれぞれ $f_0''(T), f_1''(T), f_2''(T), \dots, f_i''(T)$ 、実際の需要曲線 D'' の関数式を $g''(T)$ 、供給曲線 S は段階関数、関数式を $h''(T)$ と仮定する。 $g''(T)$ と $h''(T)$ の関係は図表 3-8 と似て、インフラ供給剰余 $\Delta S''$ のモデル式は以下のように：

$$\Delta S'' = h''(T) - g''(T)$$

$$= \sum_{\substack{T \in (0, T_0] \\ i \in \mathbb{N}}}^{(T_{i-1}, T_i]} [f_i''(T_i) - f_i''(T)] = \sum_{i \in \mathbb{N}} f_i''(T_i) \Delta T_i - \sum_{i \in \mathbb{N}} \int_{T_{i-1}}^{T_i} f_i''(T) dT$$

($i = 0$ の時、 $T_{i-1} = 0$)

図表 3-9 自動車消費需要とインフラの先導的供給



出所：図表 3-7 と図表 3-8 を参照し、作成。

モデルから見ると、先導的供給と理想的供給の関係式が似ている。相違点は後者が一貫に供給剰余の最小化を維持しているが、前者が初期において極めに高くの供給剰余を維持している。実には、自動車消費が正の外部性を備える時、政府が常にこうした先導的供給を通じて、自動車消費の私的トリップ費用を降下し、消費の意思決定を促進している。

3.5 インフラの供給適度化

前述のように、インフラの整備は従来の自動車消費需要を満たす一方、一部の潜在需要を誘い出し、悪循環をもたらす可能性が高い。したがって、インフラを適度に供給するのは社会資源を節約できる以外、間接的に自動車消費を抑制することになる。供給適度化とは、インフラの計画と整備が実際の需給関係の最適化を維持する適度な規模である。晏克非氏（2010 年）によっ

て、インフラ供給の適度化は動的な概念、供給基準は不変ではなく、交通システムの需給均衡を守るべきである。

したがって、インフラ供給者が需給関係によって、インフラ供給水準を向上しながら、自動車消費を調節して、需給両面から自動車消費を牽引する必要がある。すなわち：

$$\text{インフラ供給の適度化} + \text{消費調節} = \text{自動車消費需要}$$

3.5.1 インフラ規模の適度化と供給増加

インフラ整備に対する投資は常に公共事務に属しているため、政府が自国の経済発展、および自動車消費の施策によって、インフラ整備の予算を決定することである。しかも、自動車社会の発展段階とともに、インフラ整備の投資額も不変でない。投資成長率の視点から見ると、以下の公式を打ち出すことができる。

$$\begin{aligned} TIR_t &= \frac{I_t - I_{t-1}}{I_{t-1}} \\ &= \frac{(I_t - I_{t-1}) / (GDP_t - GDP_{t-1}) \cdot (GDP_t - GDP_{t-1})}{I_{t-1} / GDP_{t-1}} \cdot \frac{GDP_t - GDP_{t-1}}{GDP_{t-1}} \\ &= \frac{GIR_t \cdot IBR_t}{IR_{t-1}} \end{aligned}$$

このうち、 TIR_t は第 t 段階インフラ投資の成長率、 I は投資規模、 GDP_t と GDP_{t-1} はそれぞれ第 t 段階と第 $t-1$ 段階の国内総生産、 GIR_t は第 t 段階の経済成長率、 IBR_t は第 t 段階のインフラ投資の貢献率、 IR_{t-1} は第 $t-1$ 段階のインフラ投資率を表している。

この公式によって、インフラ投資の成長率を求める前に、同年度の経済成長率とインフラ投資の貢献率、および前年度のインフラ投資率という 3 つのパラメータを確認せざるを得ない。一般的に、前年度のインフラ投資率は常に原始データを獲得できるが、インフラ投資の貢献率は既存のデータを参照しながら、投入産出比率の分析方法を通じて算出する。ある時期において、経済が安定に発展すれば、インフラ投資の貢献率も安定に成長するようになる。つまり、この公式を通じて適度化のインフラ規模を算出することができる。

3.5.2 インフラ規模の適度化と時系列予測

インフラの投資規模は経済状況、交通需要規模、政府の財政状況などの要因から影響を受ける。このため、これらの要因を結びながら、数学モデルを作り上げ、投資規模の予測分析を行うことができる。以下、時系列予測モデルを例として説明する。

時系列予測モデルは指数平滑化法を採り、基本的な考え方は予測値が以前の観測値の加重和である。異なるデータに対して異なる加重を与えるため、新データにはより大きな加重を与え、旧データにはより小さく加重を与える。インフラ投資規模の時系列を $y_1, y_2, \dots, y_t, \dots$ と仮定すると、一次指数平滑化の公式は以下：

$$S_t^{(1)} = \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot S_{t-1}^{(1)}$$

このうち、 $S_t^{(1)}$ は第 t 段階の一次指数平滑値、 α は加重係数を表す。しかも $0 < \alpha < 1$ 。そして、二次指数平滑化の公式は以下：

$$S_t^{(2)} = \alpha \cdot S_t^{(1)} + (1 - \alpha) \cdot S_{t-1}^{(2)}$$

時系列 $y_1, y_2, \dots, y_t, \dots$ がある時間から直線的トレンドを備えれば、且つ未来にもこの直線的トレンドに沿って変化すると見通せば、以下の直線的トレンドモデルを通じて予測することができる。

$$\hat{y}_{t+T} = a_t + b_t \cdot T \quad T = 1, 2, \dots$$

このうち、 t は現在の段階数、 T は現在の段階数 t から予測段階までの段階数、 \hat{y}_{t+T} は第 $t+T$ 段階の予測値、 a_t と b_t はそれぞれ切片と傾斜度と表している。計算式は以下：

$$a_t = 2S_t^{(1)} - S_t^{(2)}$$

$$b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (S_t^{(1)} - S_t^{(2)})$$

3.5.3 総合的なインフラ組み合わせの最適化

前述において触れたインフラはほぼ自動車消費にかかわるインフラ、この中に大部分は道路にかかわるインフラ、例えば道路ネットワーク、駐車場などである。前述したように、道路インフラと自動車消費は相互に促進することであるため、異なる外部性状況においては、道路インフラと自動車消費が互いに独立変数と従属変数となる。しかし、ある交通インフラは自動車消費に関わらず、例えば空港、港など一方、ある交通インフラと自動車消費は互いの代替性を有し、例えば線路バス、公共鉄道など。ここに論述している交通インフラはマクロの視点から、総合的交通インフラのネットワークを表

すことである。

インフラ組み合わせの最適化とは、インフラ整備に対する総投資を最小化する状況において、各整備投資の組み合わせが最適化させることである。ここに汚染の外部性を例として、全部の交通インフラ供給は $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ などの n 方面を組み上がると仮定する。仮に、 i インフラ整備の投資は $I_i (i = 1, 2, 3, \dots, n)$ とすると、総投資の最小化モデルのように：

$$\min z(I_i) = \sum_{i=1}^n \int_0^{S_i} I_i(\omega) d\omega \quad (S_i \geq 0, I_i \geq 0)$$

このモデルにおいて、 i インフラの供給量は S_i 、消費需要量は q 。すなわち、制約条件は以下：

$$\sum_{i=1}^n S_i = q$$

この制約条件は今後しばらくの時間における交通需要を満たすことである。交通インフラ整備は交通需要とともに発展するべきが、交通供給は周期性を有するため、今後しばらくの時間において、交通供給量を事前に繰り上げる必要があると考えられる。

一方、仮に全ての供給が M 種類の資源を消耗し、 i インフラの供給が j 種類の資源の単位消耗は α_{ij} 、 j 種類の資源の消耗最高限度は a_j とすれば、異なるインフラ供給は異なる資源消耗を備えるため、総合的な資源消耗の最小化は以下：

$$\sum_{i=1}^n \alpha_{ij} S_i \leq a_j \quad \forall j = 1, 2, 3, \dots, M$$

まだ、全ての供給が N 種類の汚染をもたらし、 i インフラの供給が k 種類の汚染の単位発生は β_{ik} 、 k 種類の汚染の発生最高限度は b_k とすれば、異なるインフラ供給は異なる汚染度を備えるため、総合的な汚染の最小化は以下：

$$\sum_{i=1}^n \beta_{ik} S_i \leq b_k \quad \forall k = 1, 2, 3, \dots, N$$

そして、データから獲得した $I = [I_1, I_2, I_3, \dots, I_n]$ は交通インフラにおける各方面のインフラ組み合わせの最適化である。ただし、本論は主に理論的分析を行うため、データ統計にかかわる研究は今後の課題とする。

3.6 小括

自動車消費の外部性において、正の外部性と負の外部性を含めている。負

の外部性の場合に、自動車消費の社会的費用が私的費用より高く、社会厚生
の損失をもたらすが、正の外部性の場合に、自動車消費の私的費用が社会的
費用より高く、社会厚生の便益をもたらすことである。しかし、正の外部性
も負の外部性も資源配分の効率化ではなく、解消される必要があると考えら
れる。

まだ、自動車消費が道路などの交通インフラに依存するため、交通インフ
ラ整備が自動車消費に大きな影響を与えることである。しかし、交通インフ
ラが公共財、あるいは公共資源に属し、常に私的所有権を有しなくて、自由
取引をわたって外部性を解消・緩和することは無理である。一方、自動車消
費が交通インフラに依存するため、インフラ供給を通じて自動車消費の需要
を調整することができる。ただし、自動車消費は使用する車両数は自然増加
量のほか、一部の潜在需要量を含める。したがって、交通需給の状況によっ
て、理想的供給、延滞的供給、先導的供給という3種類を分けている。

だから、インフラ供給を適度化する必要がある。そうすると、社会資源を
節約できる以外、間接的に自動車消費を抑制することになる。だが、インフ
ラ供給の適度化は動的な概念、供給基準は不変ではなく、交通システムの
需給均衡を守るべきである。つまり、インフラ供給者が需給関係によって、
インフラ供給水準を向上しながら、自動車消費を抑制して、需給両面から自
動車消費を牽引する必要があると考えられる。

第4章 交通需給と消費弾力性のモデル化

前章における論述は主に自動車消費の視点から、外部性を中心にする検討であるが、自動車消費に需要はトリップ需要に属するものである。消費者の自動車消費の需要は自動車そのものに対する需要ではなく、トリップ価値に対する需要である。トリップ手段は自動車のみならず、鉄道、線路バス、自転車及び徒歩などを含めている。本章ではさらにマクロの視点から、自動車消費の需給を交通需給の概念に含めさせ、総合的な交通価値の供給と需要に対して検討しよう。しかも、トリップ手段の均衡、トリップ効用、及び移動車の選好弾力性にかかわる分析をモデル化し、これらの経済学メカニズムを明らかにする。また、Pigou 氏の政府干渉論と Coase 氏の市場取引論を結びながら、自動車消費の外部性にかかわる第3種の制度論を探求しよう。

4.1 交通需給とトリップ手段

Button 氏 (2010 年) によって、異なるトリップ手段の特徴は異なるトリップ距離に対して魅力を有するため、人々がトリップ距離によって、様々なトリップ手段を求める。例えば、短距離トリップの場合には、常に徒歩と自転車が、長距離トリップの場合には、常に自動車、鉄道及び飛行機などの交通機関を使用する。実際には各トリップ手段の間の競合度、及び需要の相互弾力性は取り替え物のあるかどうかにかかわることである。しかも、経済人の仮定によって、トリップ手段を決定する最も重要な要因はトリップの投入産出比率、すなわちトリップのコストパフォーマンスである。この中、トリップ費用はこのコストパフォーマンスを図る重要な要因である。

4.1.1 交通需要の決定要因

新古典派経済学によって、需要は抽象的な概念であり、異なる状況において、人々が消費したい商品の数を表す。一般的に、トリップ手段 a の需要量 (D_a) は、このトリップ手段の私的費用 (P_a)、他のトリップ手段の私的費用 (P_1, P_2, \dots, P_n)、移動者の選好 (T)、及び収入水準 (Y) からの影響を受けている。すなわち：

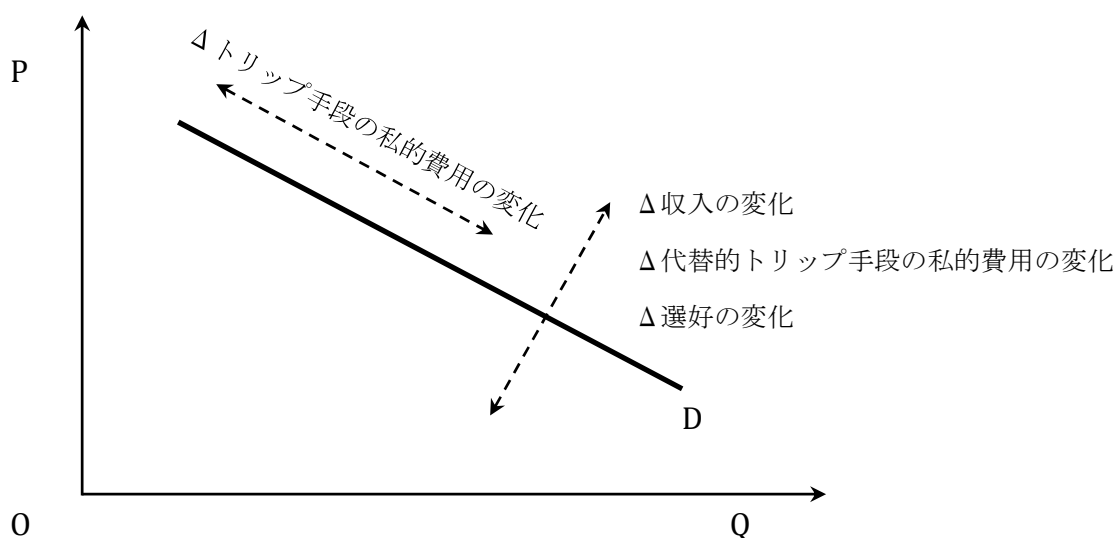
$$D_a = f(P_a, P_1, P_2, \dots, P_n, T, Y)$$

他の条件が不変な状態にあると仮定すると、交通需要曲線は私的トリップ費用の変化が需要に与える影響を表すものである。しかも、私的トリップ費用と

需要量が反比例の関係を示す。交通需要にとって、私的トリップ費用の変化は2つの結果をもたらす、それらは他のトリップ手段の私的費用より取り替え能力の変化、及び同トリップ手段の消費能力の変化である。この2つの結果はともにトリップ手段の需要量に影響を及ぼしている。図表4-1のように、下方へ傾斜する需要曲線において、需要弾力性は私的トリップ費用の変化がもたらした需要量の変化を反映している。傾斜度が大きくなければ、需要弾力性が大きくなるほどである。

また、他の要因の変化も需要曲線の変化をもたらしている。収入水準が向上すれば、移動者数が増え、需要曲線が引き上がるようになる；代替的トリップ手段の私的費用が低下すれば、原トリップ手段の相対的な私的費用が上昇するため、需要曲線が下回る；また、トリップ環境の変化が消費者の選好にも影響を及ぼすため、交通需要曲線が選好を伴って変化する場合も多い。

図表 4-1 簡単な交通需要曲線の変化



出所：Kenneth Button 「Transport Economics」 2010.

経済学において、常に線形対数モデルをわたって諸要因が需要に与える影響を分析し、諸要因の弾力性を明らかにする。しかし、各私的費用レベルにおいて、需要の私的費用弾力性の変化率はまったく同じであることを前提とする必要がある。すなわち：

$$\ln Q_M = \alpha + \beta_1 \ln P_M + \beta_2 \ln Y + \beta_3 \ln P_N$$

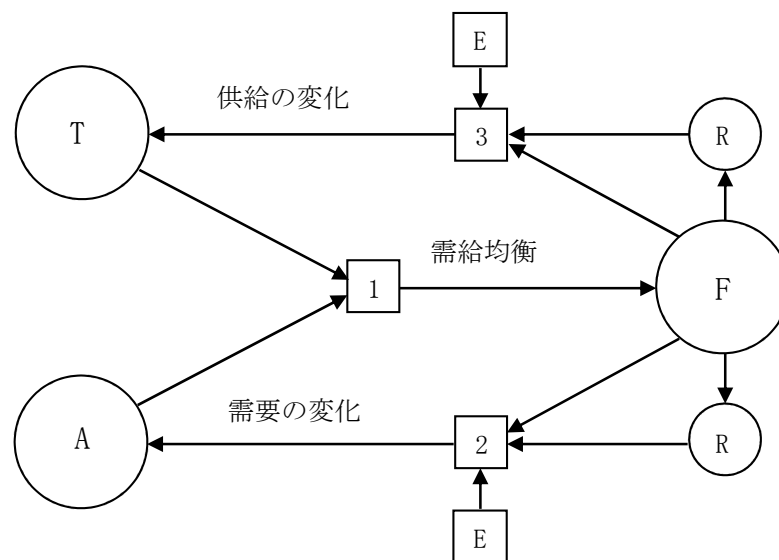
このうち、 Q_M はトリップ手段 M の需要量、 P_M はトリップ手段 M の価格、 Y

は移動者の収入、 P_N は代替的トリップ手段 N の私的費用を表している。全ての変数是对数の形で表れ、パラメータの推定は多元回帰分析を採っている。方程式において、係数 β_1 は需要の私的費用の弾力性、 β_2 は収入の弾力性、 β_3 は各トリップ手段需要の相互弾力性を表している。

4.1.2 交通需給の関係

Manheim 氏 (1992 年) が交通資源の供給関係に対する分析と陸化普氏 (2007 年) が交通システム、社会活動及び交通流モデルという三者関係に対する解釈を結びつけると、交通需給について以下の関係を明らかにするようになる。

図表 4-2 交通需給の動的関係



出所：曼克非「交通需要マネジメント理論と方法」 p129

ここには仮に F は交通流モデル、 T は交通システム、 A は社会活動、 R は交通投資が消耗した資源、 E は外部的要因を表して、交通経済学の視点から見ると、以下の関係をまとめることができる。

1) 交通システムと社会活動がともに交通流モデルを決め、すなわち $F = f_1(T, A)$ である。この時、交通需給の均衡をなすと認められる。

2) 交通機関及び交通投資の消耗した資源を通じて、交通流モデルが社会活動に影響を与え、すなわち $\Delta A = f_2(F, R, E)$ である。この時、社会活動の変化、或いは交通需要の変化と認められる。

3) 交通供給者が交通流モデルに対する判断・予測によって、交通機関に改

善・投資を行うにしたがって、交通システムに影響を与え、すなわち $\Delta T = f_3(F, R, E)$ である。この時、交通計画・政策の変化、或いは交通供給の変化と認められる。

4.1.3 トリップ手段の効用均衡

交通経済学の視点から見ると、自動車消費の外部性が発生する根本的な原因はインフラの需給関係が不均衡な状態にあることである。この需給関係の不均衡は自動車消費の外部性を内在化しないことをもたらす。

一般均衡論によって、インフラネットワークが均衡状態にある時、その供給と需要が均衡値を備える。しかも、インフラネットワークにおける各インフラ資源の間に、互につながり合うため、ある資源の供給量の変化が他の資源の変化をもたらすことである。ある都市における某地域（或いは時間帯） i において、インフラ資源 a 的需量を D_{ia} 、全部インフラ資源の総供給を S_i と仮定すると、地域（或いは時間帯） i におけるインフラ資源の剰余需要 RD_i は以下：

$$R_i = \sum_a D_{ia} - S_i$$

この時に都市におけるインフラ資源の総剰余需要は RD_t である。すなわち：

$$RD_t = \sum_i RD_i = \sum_i \left(\sum_a D_{ia} - S_i \right)$$

$RD_t = 0$ の場合に、都市におけるインフラネットワークの需給が一般均衡状態となる。完全競争市場において、市場メカニズムを通じて、インフラの需給が自然に均衡状態になることはできるが、自動車消費のインフラが公共財に属するため、明確な所有権を備えなく、各移動者のトリップ効用とトリップ選好を図ることも非常に困難なことである。また、インフラ供給の価値が蓄積性と移行性を有しないため、市場メカニズムを通じてインフラの需給が均衡状態に達することがほぼ不可能である。つまり、政府がインフラの需給に対して、実際的な公共策を打ち出すことが必要である。

4.2 交通需給均衡のモデル化

トリップと比べ、交通はさらにマクロ的な概念である。交通需給とは交通インフラに対する需要と供給をさし、常に道路、鉄道などの交通機関にかかわる一連の施設を含めている。交通需給の均衡をなすことはきわめて複雑な概念で

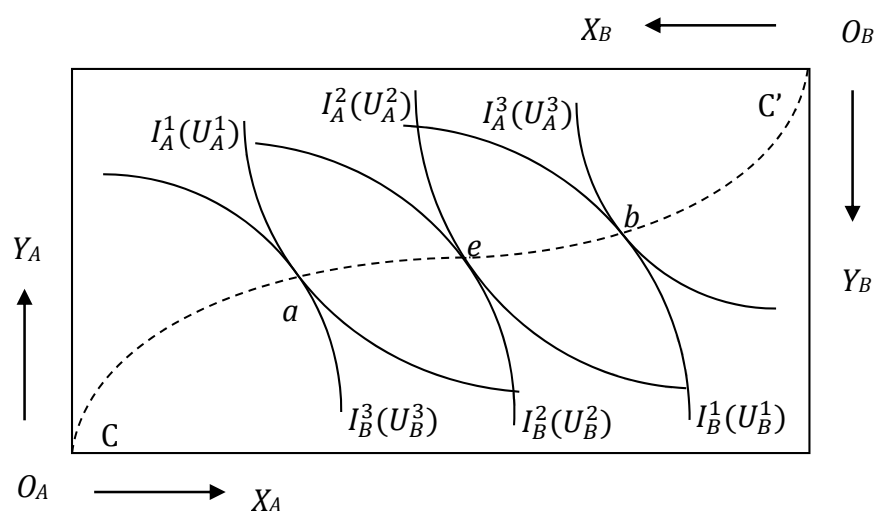
あり、需要の均衡と供給の均衡のみならず、ある条件にも満たさなければならぬ。ここには交通需給に対する分析をモデル化し、このメカニズムをさらに明らかにしよう。

4.2.1 交通需要のパレド効率性

晏克非氏（2012年）によって、交通需要（transportation demand）とは、経済生活において、ヒト・モノが決まった時間以内に異なるトリップ手段でトリップ目的を達成する空間的な移動に対する需要である。その特徴は決まった時間以内に決まった空間移動を達成することである。

移動者がインフラの消費者として、交通移動を行う時に使用するインフラ資源が道路、乗り物（自家用車、公共交通含め）、管理施設などの方面を含める。インフラ資源に対する調整の目的は、インフラ資源配分のパレド効率性を実現することである。ここにはエッジワースボックスモデル（edgeworth box）を通じてインフラ資源配分のパレド効率性を分析しよう。

図表 4-3 交通需要のパレド効率性



出所：晏克非「交通需要マネジメント理論と方法」p125

図表 4-3 のように、仮に 2 種のインフラ資源 X と Y があり、2 種の移動者 A と B がいる。O_A と O_B はそれぞれ移動者 A と B の原点、X_A と Y_A はそれぞれ移動者 A の資源 X と資源 Y に対する需要量。X_B と Y_B はそれぞれ移動者 B の資源 X と資源 Y に対する需要量。曲線 I_A¹、I_A²、I_A³ がそれぞれ移動者 A の資源組合の無差別曲線を表している。しかも、原点 O_A から各曲線までの距離とトリップ効用 U_A^{*} は正比率をなす。つまり、無差別曲線 I_A¹、I_A²、I_A³ はそれぞれトリップ効

用 U_A^1, U_A^2, U_A^3 に対応し、 $U_A^1 < U_A^2 < U_A^3$ である。同様に、 I_B^1, I_B^2, I_B^3 がそれぞれ移動者 B の資源組合の無差別曲線を表し、原点 O_B から各曲線までの距離とトリップ効用 U_B^* は正比率をなし、且つ $U_B^1 < U_B^2 < U_B^3$ である。

パレード効率性の概念によって、点 a、点 e、点 b は全て無差別曲線の接点、この時、資源配分の均衡状態に達している。それ以外、無差別曲線における点が全て均衡状態に達していないため、パレード効率性をなしていない。このように、ボックスにおいて若干の無差別曲線が互いに接すれば、全ての接点をつながる曲線 CC' は需要のパレード効率曲線をなすようになる。

曲線 CC' における点が全て無差別曲線の接点であるため、各点を通り抜ける接線の傾斜比率は資源 A と資源 B の限界代替率をなしている。移動者 A の資源 X と資源 Y に対する限界需要量がそれぞれ ∂X_A と ∂Y_B である。移動者 A のトリップ効用が U_A^* の場合に、資源 X と資源 Y が移動者 A に対して、限界便益はそれぞれ $MR_X^A = \partial U_A^* / \partial X_A$ と $MR_Y^A = \partial U_A^* / \partial Y_A$ である。しかも、 X_A と Y_A の限界代替率は以下のように：

$$MRS_{XY}^A = C_A = \frac{\partial U_A^* / \partial X_A}{\partial U_A^* / \partial Y_A} = \frac{\partial Y_A}{\partial X_A}$$

同様に、移動者 B のトリップ効用が U_B^* の場合に、資源 X と資源 Y が移動者 B に対して、限界便益はそれぞれ $MR_X^B = \partial U_B^* / \partial X_B$ と $MR_Y^B = \partial U_B^* / \partial Y_B$ である。しかも、 X_B と Y_B の限界代替率は以下のように：

$$MRS_{XY}^B = C_B = \frac{\partial U_B^* / \partial X_B}{\partial U_B^* / \partial Y_B} = \frac{\partial Y_B}{\partial X_B}$$

均衡点が無差別曲線の接点であるため、需要のパレード効率性をなす条件は移動者 A と移動者 B の間に、資源 X と資源 Y の配分が同時に同じの限界代替率に達し、すなわち $C_A = C_B$ である。実際には、2 種以上のインフラ資源がある時、需要のパレード効率曲線は異なる移動者に対して、異なる交通資源の限界代替率が等しい状態にあることである。

4.2.2 交通資源の配分均衡

晏克非氏 (2012 年) によって、交通供給 (transportation supply) とは、都市計画による交通用の土地の供給量、およびその後のインフラ整備、管理、運営に対する投資費用、常に交通需要のために整備した交通インフラである。例えば道路網、鉄道網、および一連の管理・サービスネットワークを指す。

しかし、実際には政府部門が公共的インフラを整備する時、常に移動者を統一的グループとして計画案配する一方、各インフラ資源の配分割合が交通の効率性を決める。前述のエッジワースボックスモデルをわたって、交通供給のパレード効率曲線を導き出すことができる。しかも、各交通資源の限界代替率が等しい状態にある時に、交通資源の効率的供給となる。

コブ・ダグラス生産関数 (Cobb-Douglas production function) を引用して分析すれば、全体的インフラの効用 U^* を決定する要因を資源 X 、資源 Y および環境状況 t と仮定すると、資源 X と資源 Y が全体的インフラの効用 U^* に対する貢献率は以下のように：

$$U^* = t \cdot X^\alpha Y^\beta \varepsilon$$

このうち、 t はインフラ資源ネットワークにおける環境状況であり、物質的環境（技術、空間計画含め）と社会的環境（公共政策、文化、サービス水準含め）を含めている。 ε は他のランダム関連要因、且つ $\varepsilon \leq 1$ 。 α は資源 X の生産弾力性係数、すなわち資源 X の変化が全体的効用 U^* にもたらす変化率を表している。 β は資源 Y の生産弾力性係数、すなわち資源 Y の変化が全体的効用 U^* にもたらす変化率を表している。しかも、

$$\alpha = \frac{\partial U^*/U^*}{\partial X/X}; \quad \beta = \frac{\partial U^*/U^*}{\partial Y/Y}$$

このモデルにおいて、資源 X の限界供給は $MS_X = \partial U^*/\partial X = \alpha(U^*/X)$ 、資源 Y の限界供給は $MS_Y = \partial U^*/\partial Y = \beta(U^*/Y)$ である。この時、資源 X と資源 Y の限界転換率は

$$MRS_{XY} = C^* = \frac{\partial U^*/\partial X}{\partial U^*/\partial Y} = \frac{\partial Y}{\partial X} = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{t}{U^*} \right)^{\frac{1}{\beta}} X^{-\left(1+\frac{\alpha}{\beta}\right)}$$

環境状況が一時期に不変な状態にあると仮定すると、 α と β の組み合わせ状況によって、交通資源の供給を判断すれば：

1) $\alpha + \beta > 1$ の場合には、効用リターンが逡増している。この時、全体的インフラの効用の成長率が資源供給の成長率より高いため、交通資源の供給を向上するべきである。

2) $\alpha + \beta < 1$ の場合には、効用リターンが逡減している。この時、全体的インフラの効用の成長率が資源供給の成長率より低いため、交通資源の供給を降下するべきである。

3) $\alpha + \beta = 1$ の場合には、効用リターンが不変である。この時、全体的インフラの効用の成長率と資源供給の成長率は一致し、全体的インフラの効用は資

源供給の成長とともに成長するわけではないため、資源 X と資源 Y の供給が均衡に達して、且つ資源配分のパレード効率性に達している。この時、環境要因 t の革新をわたって、全体的インフラの効用を向上するべきである。

コブ・ダグラス生産関数の正規化を通じて分析すると、資源 X、資源 Y および環境状況という 3 つの要因が全体的インフラの効用に対する貢献率を図ることはできる。全体的インフラの効用リターンが不変 ($\alpha + \beta = 1$) の場合には、全体的インフラの効用総生産 U^* 、資源 X の供給量と資源 Y の供給量の平均成長率はそれぞれ \bar{U}^* 、 \bar{X} と \bar{Y} である。すなわち資源 X の成長、資源 Y の成長、および環境状況 t の革新が全体的インフラの効用に対する貢献率の関係は以下のように：

$$\frac{t}{U^*} + \frac{\alpha \bar{X}}{U^*} + \frac{\beta \bar{Y}}{U^*} = 1$$

$$\alpha = \frac{\bar{U}^* / \bar{X}}{U^* / X + U^* / Y}; \quad \beta = 1 - \alpha; \quad t = \bar{U}^* - \alpha \bar{X} - \beta \bar{Y}$$

このうち、パラメータ α 、 β 、 t の推定をわたって、資源 X、資源 Y および環境状況 t が全体的インフラの効用に対する貢献率を測定することができる。

4.2.3 交通インフラ需給均衡の条件

前述にはそれぞれ需要と供給の均衡に対して論述しておいたが、全体的インフラの資源配分において、需要と供給の資源配分が同時にパレード効率性に達しなければ、全体的インフラの資源配分が均衡状態をなさない。つまり、各交通資源は様々な移動者に対する限界代替率がこれらの資源の限界転換率い等しく、すなわち $C_A = C_B = C^*$ という状態をなす必要がある。したがって、交通インフラの需給が同時に均衡状態に達して、交通の社会的効用の最大限を実現することである。

図表 4-2 の中に、 $C_A = C_B$ の時には需要のパレード効率曲線 CC' が出来上がり、曲線 CC' は各移動者の交通需要に対して、インフラ資源 X と資源 Y の限界代替無差別曲線である。一方、 C^* はインフラ資源 X と資源 Y の供給限界転換率。つまり、インフラ資源供給の限界転換率 C^* は曲線 CC' の限定条件となる。曲線 CC' の関数式を $f(X, Y)$ と仮定すると、且つ $C^* = g(X, Y)$ 、以下のラグランジュ関数がある：

$$F(X, Y) = f(X, Y) + \lambda [g(X, Y) - C^*]$$

そして、このラグランジュ関数式による連立方程式をわたって極地を求める。すなわち：

$$\begin{aligned}
 F'_X(X, Y) &= f'_X(X, Y) + \lambda[g'_X(X, Y) - C^*] = 0 \\
 F'_Y(X, Y) &= f'_Y(X, Y) + \lambda[g'_Y(X, Y) - C^*] = 0 \\
 g(X, Y) - C^* &= 0
 \end{aligned}$$

この連立方程式を通じて獲得した唯一の点 (X_0, Y_0) はインフラ資源 X と資源 Y の需給均衡点である。この時こそ、全体的インフラネットワークにおける資源配分のパレド効率性をなすことである。

しかし、交通インフラ資源配分のパレド効率性は理想的な市場状況に現れる。実は取引コスト、情報の非対称性、資源独占などの非効率的要因があるため、常にパレト改善(Pareto improvement)を行うべきものの、行わない場合が多い。この時、政府が資源配分の市場を干渉し、受益者の効用を守りながら、被害者に補助する必要がある。この時、本来のパレド効率性はカルドア・ヒックス効率性 (Kaldor-Hicks efficiency) ¹へ移行しておいた。

4.3 自動車消費の弾力性

自動車消費の需要において、トリップ目的によって各需要の弾力性が異なっている。自動車消費の需要は基本的にトリップ効用の最大限に対する需要から生じたものが、自動車消費はただ一つの実現手段としている。つまり、トリップ効用が自動車消費の根本的原因である。経済学理論によって、効用 U は便益 R と費用 C の差である。すなわち： $U=R-C$ 。

ドライバーの視点から見ると、 $U>0$ の場合に消費の意思決定があるが、 $U<0$ の場合に消費の意思決定がない。自動車消費の外部性が社会的効用の均衡点を乗り越えれば、政府が私的費用を向上する施策をわたって、私的効用を降下するにしたがって、交通需要量を抑制するようになる。ただし、長期の視点から見ると、自動車消費の私的費用を向上するにわたって消費の外部性を抑える方法は市場を抑制し、経済発展に影響を与えることになる。だから、自動車消費の弾力性と選好を転換するのは外部性を解消する根本的な方法である。

4.3.1 自動車消費の弾力性係数

自動車消費の弾力性に対する分析を行う前に、弾力性の計算を明らかにする必要がある。以下には経済学の視点から、自動車消費の弾力性の計算を論述しよう。

¹ カルドア基準：ある変化によって便益を得る人が損をする人の損失を補償することを考える。補償してもなお便益が残っているならばその変化を是認する。ヒックス基準：ある変化によって損をする人が当該変化を阻止することを考える。その変化によって便益を得る人の損失便益を補償しようとしてもパレト優位な状況をつくれなければその変化を是認する。すなわち、逆の変化がカルドア改善でない場合をいう。

仮に自動車消費の私的費用は C 、消費量は Q とすれば、需要関数は $Q = f(C)$ である。私的費用の変化率は $\Delta C/C$ 、消費需要の変化率は $[f(C + \Delta C) - f(C)]/f(C)$ である。需要弾力性の原理によって、自動車消費の需要弾力性 E は以下のよう:

$$E = \frac{[f(C + \Delta C) - f(C)]/f(C)}{\Delta C/C} \approx \frac{df(C)/f(C)}{dC/C} = \frac{d \ln[f(C)]}{d \ln C}$$

需要関数が減少傾向の反比率関数を呈するため、需要関数 $Q = f(C)$ は反比率非線形関数の場合に、仮に $Q = f(C) = \alpha C^n$ 、且つ $\alpha > 0$ 、 $n < 0$ とすれば、

$$E = \frac{df(C)}{dC} \cdot \frac{P}{f(C)} = \alpha n C^{n-1} \cdot \frac{C}{\alpha C^n} = n < 0$$

需要関数 $Q = f(C)$ が反比率線形関数の場合に、仮に $Q = f(C) = \beta C + \gamma$ 、且つ $\beta < 0$ 、 $\gamma > 0$ とすれば、

$$E = \frac{df(C)}{dC} \cdot \frac{C}{f(C)} = \beta \cdot \frac{C}{\beta C + \gamma}$$

このうち、 $C > 0$ 、 $Q > 0$ のため、 $E < 0$ と分かる。つまり、自動車消費の環境が不変の場合に、消費の需要弾力性が負の定数である。しかし、実際には消費弾力性に影響を与える要因が多いため、本論では消費の料金費用を例として論述する。他の要因が不変と仮定すれば、仮に消費の需要量は Q を、消費の料金は P を、料金費用の弾力性は E_p を表し、且つ $E_p < 0$ 、すなわち:

$$E_p = \frac{\Delta Q/Q}{\Delta P/P} \approx \frac{d \ln Q}{d \ln P}$$

このうち、 ΔQ は消費需要量の変化値、 ΔP は消費の料金費用の変化値。 E_p の値によって、3種類の弾力性が分けられている:

1) $E_p \in (-1, 0)$ の場合には、需要の変化率が費用の変化率がより小さいため、需要は弾力的であるという。つまり、自動車消費の需要が料金費用の変化に対して敏感ではないと認められる。

2) $E_p \in (-1, -\infty)$ の場合に、需要の変化率が費用の変化率がより大きいため、需要は非弾力的であるという。つまり、自動車消費の需要が料金費用の変化に対して敏感であり、敏感度が弾力性の絶対値の増加とともに増加すると認められる。

3) $E_p = -1$ の場合に、需要の変化率と費用の変化率が等しいため、需要は単位弾力的であるという。しかし、この状況は非常に少ない。

4.3.2 自動車消費の相互的弾力性

移動者がトリップ手段を選択する時に、配慮するのは各トリップ手段の総合的私的費用である。しかも、方式毎に時間費用、料金費用、快適性費用、便利性費用などの面も含めている。他の費用が不変と仮定すると、一つの費用の変化にしたがって、相対的費用が変わるようになる。前述のように、トリップ手段の間に代替性があるため、私的費用構造の変化が移動者のトリップ手段の選択に影響を与える。つまり、私的費用構造における一つの費用の変化は、他のトリップ手段の需要関数の独立変数となると考えられる。

ここにトリップ手段 A と B を例として、異なるトリップ手段の相互的弾力性を分析しよう。仮に他の費用が不変の場合に、トリップ手段 A の料金費用が変化すれば、トリップ手段 B の需要関数は以下の通り：

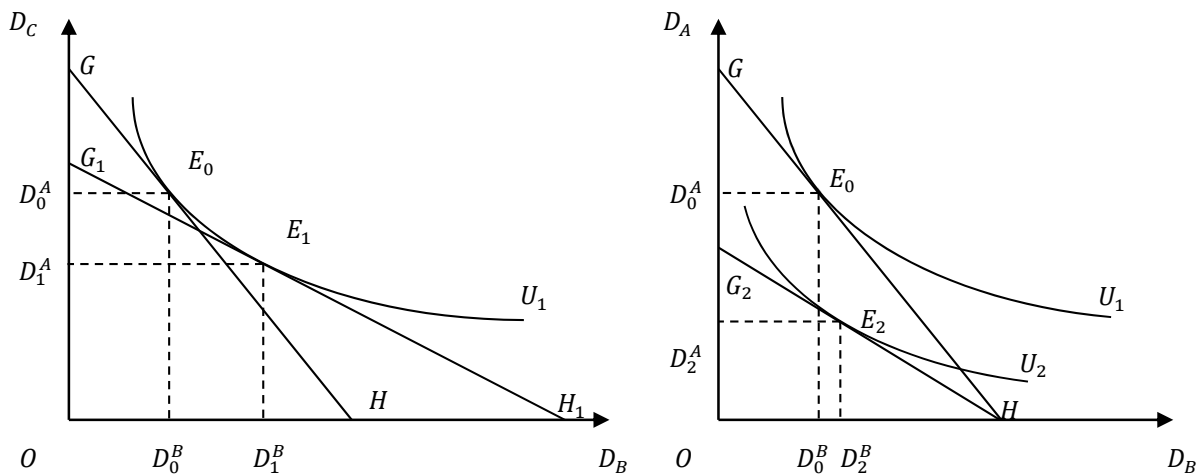
$$D_B = f(X_1, X_2, \dots, X_n; P_B, P_A)$$

このうち、 D_B は方式 B の需要量、 P_B は方式 B の料金費用、 P_A は方式 A の料金費用、 X_1, \dots, X_n は方式 B の他の費用を表している。

図表 4-4 外部性の内在化における相互的弾力性の変化

a) 非弾力的トリップ需要の変化

b) 弾力的トリップ需要の変化



出所：胡曉健、陸建「交通出行選択行為分析与交通需求管理」（2014年）

仮に方式 A の費用を向上することを通じて、方式 A の外部性を内在化すれば、方式 A の費用変化量は ΔP_A 、内在化された料金費用は $P_A + \Delta P_A$ である。図表 4-4a) のように、トリップ効用曲線 U_1 が不変の場合に、方式 A の料金費用が向上すれば、一部の移動者のトリップ手段を転換するのを推進するようになる。方式 A の需要減少は方式 B の需要増加をもたらすため、限界代替曲線が GH か

ら G_1H_1 へ、均衡点が E_0 から E_1 へ移行するようになる。しかも、 $D_1^B > D_0^B$ 、 $D_1^A < D_0^A$ 。

しかし、交通需要マネジメント論によって、方式Aの外部性を内在化するに伴って、方式Aの費用が向上して、一部の方式Aの需要が抑制され、全体的トリップ需要が降下するようになる。図表4-4b)のように、方式Bの需要が不変の場合に、トリップ効用曲線 U_1 から U_2 へ、限界代替曲線がGHから G_2H へ、均衡点が E_0 から E_2 へ移行するようになる。しかも、 $D_2^B > D_0^B$ 、 $D_2^A < D_0^A$ 。この時、同様に方式Aの需要減少は方式Bの需要増加をもたらした。

2つのトリップ手段の間に料金費用と需要量の相互的弾力性関係は以下のように：

$$E_{AB} = \frac{\Delta Q_B / Q_B}{\Delta P_A / P_A}$$

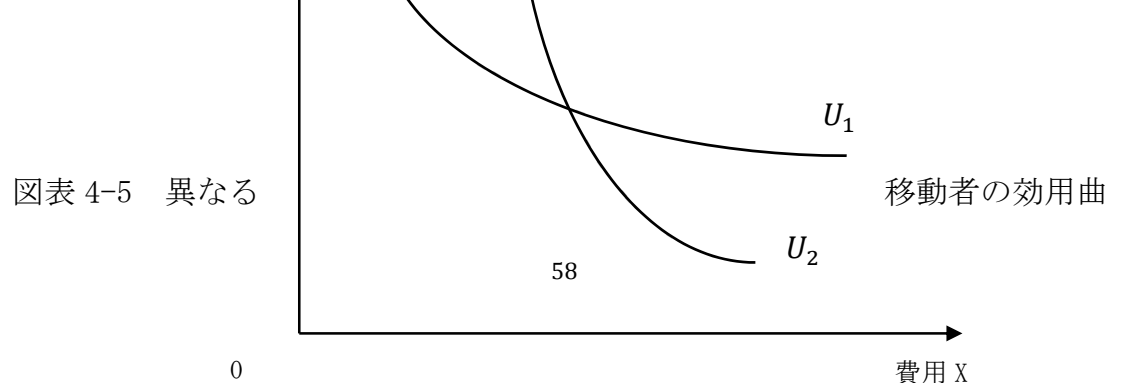
このうち、 ΔQ_B はトリップ手段Bの需要変化量、 Q_B は既存の方式Bの需要量； ΔP_A はトリップ手段Aの費用の変化量、 P_A は既存の方式Aの費用； E_{AB} は相互的費用弾力性の係数である。トリップ手段AとBは互いに代替性を備えるため、 ΔQ_B と ΔP_A は同方向の変化量、且つ $E_{AB} > 0$ である。

4.3.3 各費用の選好と効用曲線

前述のように、常に自動車消費の費用は時間費用、料金費用、便利性費用、快適性費用などの面を含めている。異なる移動者が各種類の費用に対する選好も異なっている。したがって、異なる移動者のトリップ手段の効用曲線も異なっている。

まだ、2種類のトリップ手段AとBがあり、各トリップ手段が2の私的費用XとYを備え、費用Xと費用Yは互いに代替性を有していることに仮定すれば、方式Aの費用を X_A と、費用Yを Y_A と表し、方式Bの費用Xを X_B 、費用Yを Y_B と表して、且つ $X_A \neq X_B$ 、 $Y_A \neq Y_B$ 。

移動者 C_1 、 C_2 は費用Yに対して異なる選好を持っているため、各限界代替率も異なり、トリップ手段の選択も異なる。



図表4-5 異なる

線

出所：コブ・ダグラス生産関数のメカニズムに基づき、作成。

図表 4-5 のように、費用 X と費用 Y は互いに代替性を備えるため、効用関数は反比率関数を呈している。再びコブ・ダグラス生産関数で説明すれば、仮に 2 種類の移動者の私的トリップ費用代替モデルはそれぞれ U_1 と U_2 にすると、効用関数は以下のように：

$$U_1 = A_1 X^{\alpha_1} Y^{\beta_1}; \quad U_2 = A_2 X^{\alpha_2} Y^{\beta_2}$$

このうち、U はトリップ効用、A は効用係数、 α と β はそれぞれ費用 X と費用 Y の弾力性係数を表している。しかも、 $\alpha_1 > \alpha_2$ 、 $\beta_1 < \beta_2$ 。このモデルを反比率関数式に転換すれば、以下のように：

$$Y = (U_1/A_1)^{\beta_1} X^{-\frac{\alpha_1}{\beta_1}} = (U_2/A_2)^{\beta_2} X^{-\frac{\alpha_2}{\beta_2}}$$

すなわち、係数 U_1/A_1 、 U_2/A_2 の大小がこれらの反比率曲線の位置を決めることである。

4.4 小括

交通需要は常に経済発展とともに上回る。しかも、交通需要の本質はトリップ価値に対する需要である。一般的にトリップ手段の需要量は、このトリップ手段の私的費用、他のトリップ手段の私的費用、移動者の選好、及び収入水準などの要因からの影響を受けている。まだ、交通システム、社会活動及び交通

流モデルという三者関係によって、交通需給の関係が異なる。自動車消費の外部性が発生する根本的な原因は、インフラの需給関係が不均衡な状態にあることである。一般均衡論によって、インフラネットワークが均衡状態にある時、その供給と需要が均衡値を備える。

しかも、各インフラ資源の間に、互につながり合うため、ある資源の供給量の変化が他の資源の変化をもたらすことである。交通資源に対する需給をモデル化に分析すると、移動者がインフラの消費者として、トリップの時に使用する交通資源が道路、乗り物、管理施設などの方面を含め、トリップ需要も異なる。しかし、政府部門がインフラを整備する時、常に移動者を統一的グループとして計画案配する。全体的インフラの資源配分において、需要と供給の資源配分が同時にパレート効率性に達しなければ、全体的インフラの資源配分が均衡状態をなさない。したがって、交通インフラの需給が同時に均衡状態に達する限り、交通の社会的効用の最大限を実現することである。実にはこうした均衡が実現できないため、政府が資源配分の市場を干渉し、本来のパレート効率性はカルドア・ヒックス効率性へ移行する。

トリップ効用が自動車消費の根本的原因であるため、政府が異なる移動者のトリップ目的及び効用によって、自動車消費需要の弾力性を測って、外部性制度の基準とすることができる。すなわち、弾力性をわたってトリップ手段の選好を転換して、外部性を解消することである。

Y. Zahavi, "Equilibrium between travel, demand, system supply and urban structure", in E. J. Visser (ed.), *Transport Decisions in an Age of Uncertainty*, The Hague: Martinus Nijhoff, 1977.

第5章 自動車消費の負の外部性と制度選択 —道路渋滞を例として

前述のように、自動車消費の外部性にかかわる先行研究において、主に負の外部性に着目していた。すなわち道路混雑、排気ガス、交通騒音などの社会的費用が最も気かけられる。一方、自動車消費（購入、保有、使用含め）は購入代金、自動車税、駐車料、およびロードプライシングなどの私的費用も含めている。自動車消費の社会的費用が私的費用より高くなければ、負の外部性が招かれるようになる。この中、道路渋滞が負の外部性において最も必要な面と考えられるため、本章では道路渋滞を例として、自動車消費の負の外部性に対して分析する。

負の外部性の制度については、主に政府干渉論と市場取引論を分けている。政府が外部性の発生者に税金を課すに通じて外部性を解消することと、市場における外部性の発生者と受ける者の間に自由取引をわたって外部性を緩和することである。しかし、これらの政府が多く欠点を有しているため、本章ではこれらの2つの制度を結びながら、さらに実際に応じる制度を検討しようと考えられる。

5.1 自動車消費と道路渋滞

交通混雑・渋滞は自動車消費における重要な面と考えられる。晏克非(2012)によって、道路渋滞とは交通需要がある道路線区の容量を乗り超える時、超える交通流が道路に滞在する現象を指す。つまり、経済学の視点から見ると、交通需要と供給の均衡が失うのはもたらすことである。トリップ費用において、多くの基準を含めるが、常に時間費用と料金費用を分けている。以下には道路渋滞にかかわる分析を行い、渋滞のメカニズム、要因および内在化基準を明らかにする。

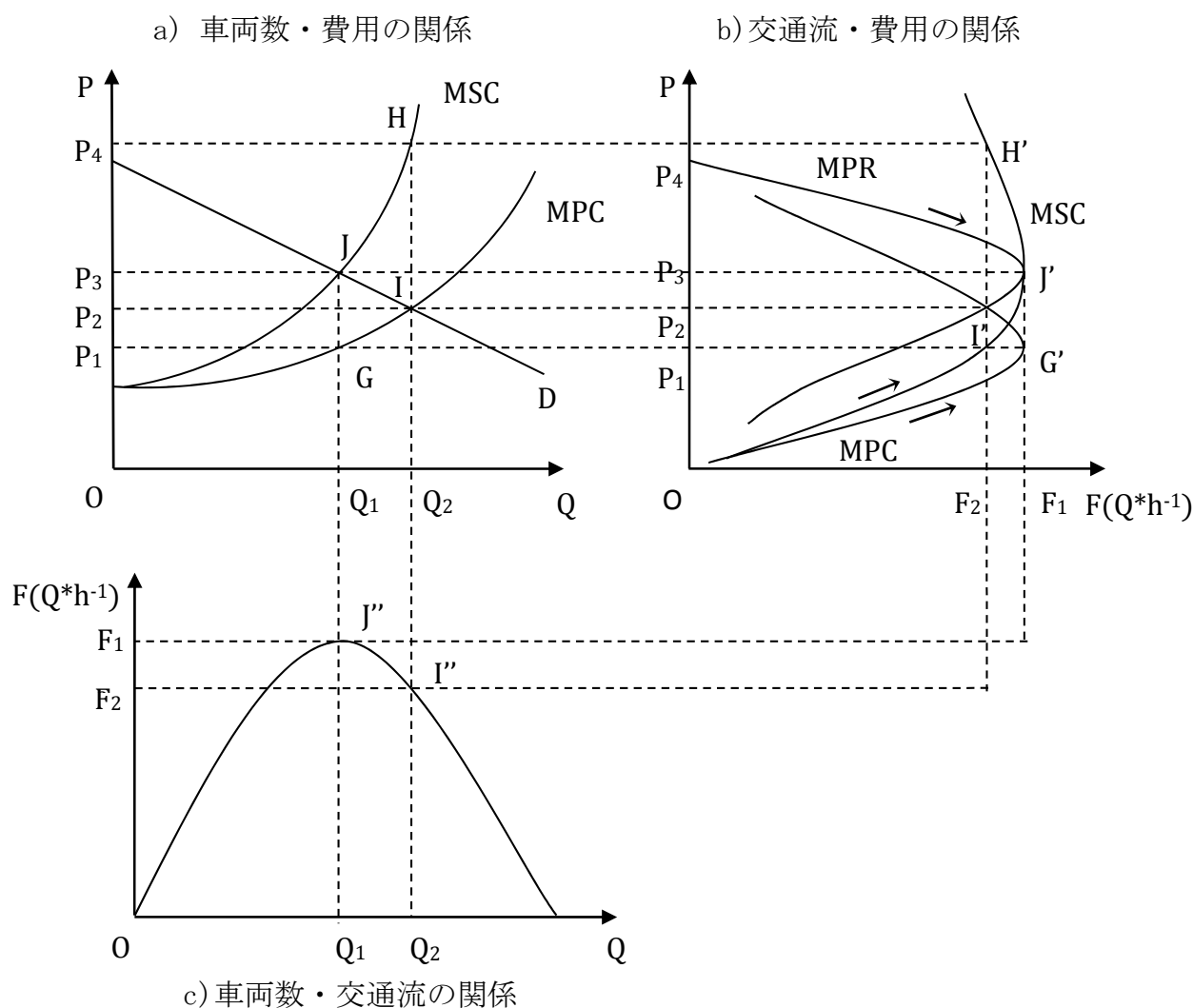
文世一(2005)によって、交通経済学における標準的な混雑の理論は、単一の交通施設を対象として静学分析である。交通混雑は道路、鉄道、航空などあらゆる種類の交通手段について生じるが、経済全体について見ると、自動車が引き起こす道路混雑が最も広範かつ重大である。

5.1.1 道路渋滞のメカニズム

図表 5-1 における a)、b)、c)において、それぞれ車両数 (Q)、費用 (P)、

交通流量 (F) の関係を表し、道路容量が不変と仮定する。a)の中には限界社会的費用曲線 MSC (marginal social cost) と需要曲線 D が J 点に交わるため、自動車消費の社会的均衡を成し、交通流量の最大限に達して、車両数は Q_1 、社会的費用は P_3 である。この時、限界私的費用曲線 MPC (marginal private cost) は G 点まで上回し、私的費用はわずかに P_1 であり、自動車消費の私的均衡を成してない。前述したように、新規ドライバーは私的トリップ費用のみ考え、社会的に及ぼす影響を配慮しないため、車両数が Q_2 までに増え続け、限界私的費用曲線 MPC と需要曲線 D は I 点に交わり、限界私的費用は P_2 になる。しかし、この時に曲線 MSC は H 点までに上回し、社会的費用はすでに P_4 になってしまう。まだ、経済学理論によって、需要曲線 D と限界収益曲線は等しいことである。

図表 5-1 車両数・費用・交通流の相互関係



出所：張鍾允、李春利「交通拥堵治理及拥堵费制度的机理分析与探究」（2014年）

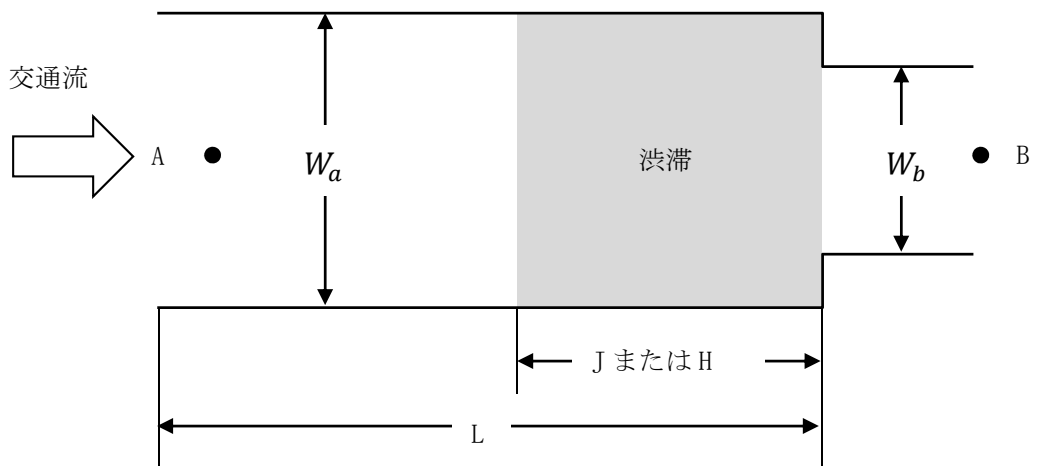
b)の中には点 G' 、 H' 、 I' 、 J' はそれぞれa)における点 G 、 H 、 I 、 J に対応している。交通流量の概念によって、決まる時間以内に道路を通過した車両数をさすため、車両数が0或いは渋滞の最大限になると、交通流量は0である。車両数が0の場合に、最初ドライバーが全部の道路資源を享するため、私的収益の最大限に達する。しかし、車両数が徐々に増えるとともに、交通流量が増加して、限界私的収益曲線MPR (marginal private revenue) と曲線MPCは同時に差し向かいに移行して、ドライバーごとの限界収益が逡減し、限界費用が逡増している。車両数が道路交通流量に達したら、曲線MPRと曲線MSCが J' 点に交わり、自動車消費の社会的均衡を成し、社会的効用が最大限に達する。この後、車両数が増え続ければ、交通渋滞が生じる。このため、車両の走行速度が降下するとともに、交通流量が逡減するようになる。曲線MPRと曲線MPCが点 I' に交わる時に、交通流量が F_2 までに下回って、自動車消費の私的均衡を成すが、曲線MSCが H' 点までに上回った。この時、交通流量の損失値($F_1 - F_2$)は渋滞度に等しいものである。

c)において、交通流量の最大限を乗り越える前に、交通流量が車両数の増加とともに上回る。交通流量が最大限 F_1 に達したら、自動車消費の社会的効用が最大限に達する。 J'' 点はa)の J 点とb)の J' 点に対応し、車両数・交通流量関数の放物線の頂点とする。その後、車両数が増え続ければ、渋滞が生じて、交通流量が車両数の増加とともに下回ってくる。 I'' 点はa)の I 点とb)の I' 点に対応し、限界私的費用と限界私的収益の均衡点である。図表5-1c)のように、 I 点は J 点と比べて、車両数が増加したものの、交通流量が降下した。つまり、渋滞のために、道路資源の配分効率が降下するようになることである。

5.1.2 道路渋滞の主要源

前述では簡単なモデルを基づいて分析したものである。このモデルにおいて、まっすぐな道路、交差点なし、同じの走行車種、同じのドライバー状況と仮定した。実際には多くの細かい要因が道路渋滞をもたらすことができる。Vickrey (1969年)によって、交通インフラの密度が渋滞度に影響を及ぼし、ある地域において、渋滞度が交通インフラ密度の関数である。このうち、ボトルネック効果は圧倒的多数の渋滞列が起こる重要な原因となる。ここには文世一 (2005年)が打ち出したモデルを引用して論述する。

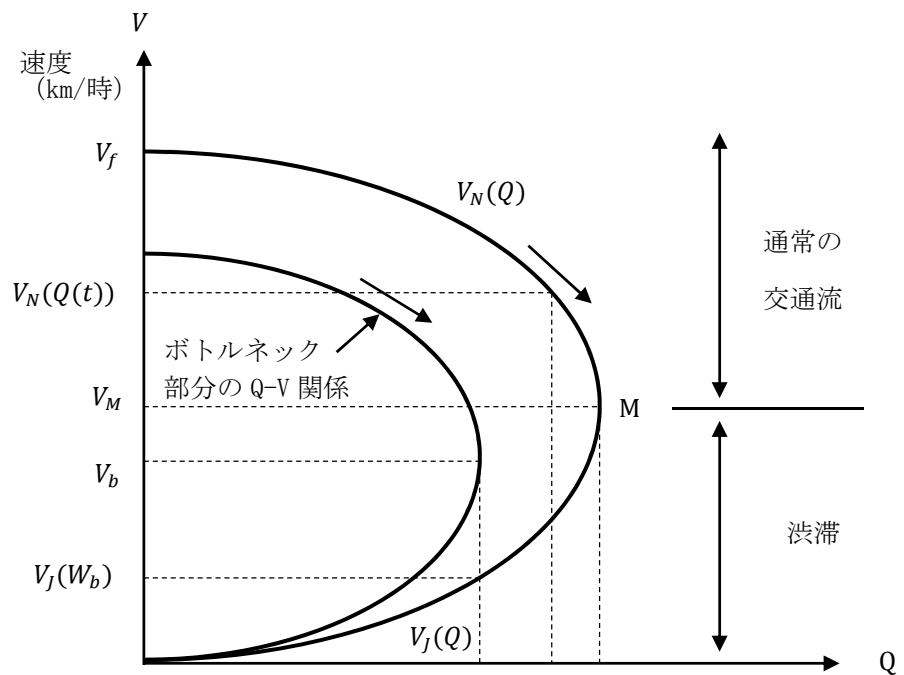
図表 5-2 道路区間の構造



出所：文世一「交通混雑の理論と政策」(2005)

図表 5-2 のような道路区間を想定する。区間の終端Bに容量 W_b のボトルネックがある以外は、道路区間の交通条件は均一（容量は W_a ）であると仮定する。また道路区間を走行する車の性能はすべて等しいものとする。図 6-4 には、この道路における Q-V 曲線とボトルネック部分の Q-V 曲線を重ねて描いている。図よりボトルネック部分の交通容量が道路区間の容量よりも小さくなっていることが確認できる。

図表 5-3 道路区間およびボトルネックの交通流の状態



図表 5-3 のように、地点 A から流入する W_b $Q(t)$ W_a 交通量 (台/時)

交通量は時間とともに変動する。時刻 t に流入する交通量 $Q(t)$ が W_b を上回らない限り、同量の交通量が一定時間経過後に地点 B から流出し、渋滞は起こらない。このとき速度は図表 5-3 より $V_N(Q(t))$ である。しかし、交通量 $Q(t)$ がボトルネックの交通容量 W_b を超えると、ボトルネックを通過する交通量は容量を上回らないので、その超過分が渋滞列を形成する。このような渋滞列の内部では、連続条件よりボトルネック容量 W_b に等しい交通量が流れており、速度は $V_f(W_b)$ である。この場合でも渋滞列より上流側では流入した交通量がそのまま流れており、その速度は $V_N(Q(t))$ である。なお渋滞が生じたとき、図表 5-3 に示すようにボトルネック部分を走行する速度は V_b であり、その上流の渋滞区間で $V_f(W_b)$ となる。同じ交通量が流れているのに、交通容量がより大きな上流部分の速度が低いことに注意されたい。例えば高速道路のトンネルはボトルネックになる場合が多いが、その手前で渋滞が生じていてもトンネル内に入ると交通がスムーズに流れることが実際の観測データからも確認されている。

5.1.3 負の外部性の内在化基準

道路は公共財に属し、私的財産権を備えないするため、市場取引の方式を通じて道路使用の外部性を解消することはできない。課金をわたって自動車消費の負の外部性を内在化すると、ロードプライシングはこうした課金形式となる。ロードプライシングは自動車消費の私的トリップ費用を上回るにわたって、自動車消費を抑制し、自動車消費の社会的均衡を守るしたがって、社会的費用を降下することを目指す。この概念に基づいて、自動車消費の負の外部性を内在化する基準を算出することができる。初めて道路に走行する車両が外部性を起こさなく、且つ私的トリップ費用は料金費用と時間費用だけ含めると仮定すると、このドライバーの平均私的費用 APC は自身の私的費用に等しくのもの、以下のように：

$$AC = C_1 + (C_2/V)$$

このうち、 C_1 は単位距離の課金費用、 C_2 は時間費用、 V は車両の走行速度である。車両数が Q の場合に、自動車消費の総費用 TC は

$$TC = AC * Q$$

新規ドライバーが起こした社会的費用は

$$MSC = dTC/dQ = AC + dAC/dQ$$

上式によると、自動車消費における社会的費用と私的費用の差は $(dAC/dQ)Q$ と分かる。つまり、この差がロードプライシングの課金基準となることである。再び図表 5-1 a) を見ると、渋滞の社会的費用と私的費用の差

はHIJの面積、すなわち：

$$HIJ = \int_{Q_1}^{Q_2} [f(Q) - g(Q)]dQ$$

また、Neutze (1963) が打ち出した速度・流量関係論によって、自動車消費において、仮に単位私的費用 P と走行速度 V の関数は $P = f(V)$ ；走行速度と車両数 Q の関数は $V = f(Q)$ とすれば、すなわち単位私的費用 P と車両数 Q の関数は $P = f[g(Q)]$ となる。つまり、総私的費用は以下のように：

$$TPC = Q * P = Q * f[g(Q)]$$

ここには微積分の方法で限界車両数が総私的費用に及ぼす影響を算出することができる。すなわち：

$$\frac{dTPC}{dQ} = f[g(Q)] + Q * \frac{df[g(Q)]}{dQ}$$

このうち、 $f[g(Q)]$ は限界私的費用、 $Q * df[g(Q)]/dQ$ は渋滞のもたらす社会的費用である。つまり、渋滞が起こる時に、ロードプライシングの課金基準は $df[g(Q)]/dQ$ によることである。しかし、実際にはロードプライシングを実施する時に、さらに他の社会的要因が生じるため、簡単に経済学の視点から分析することではない課題である。詳しくは後の部分に論述する。

5.2 私的トリップ費用と道路資源の配分

ロードプライシングが交通混雑の激しい地域およびその周辺において、車の集中する時間帯における交通量を抑制することにより、渋滞による都市機能の低下を改善するとともに、環境負荷の軽減を図ることに対して、重要な施策と考えられる。しかし、前述のように、道路などの交通機関は公共財であるため、市場取引をわたって外部性を解消することはできない。このため、政府干渉論のように、一定の混雑地域に進入しようとする自動車に課金するという経済的インセンティブを利用したロードプライシングの導入は効率的に交通量の抑制法と考えられる。

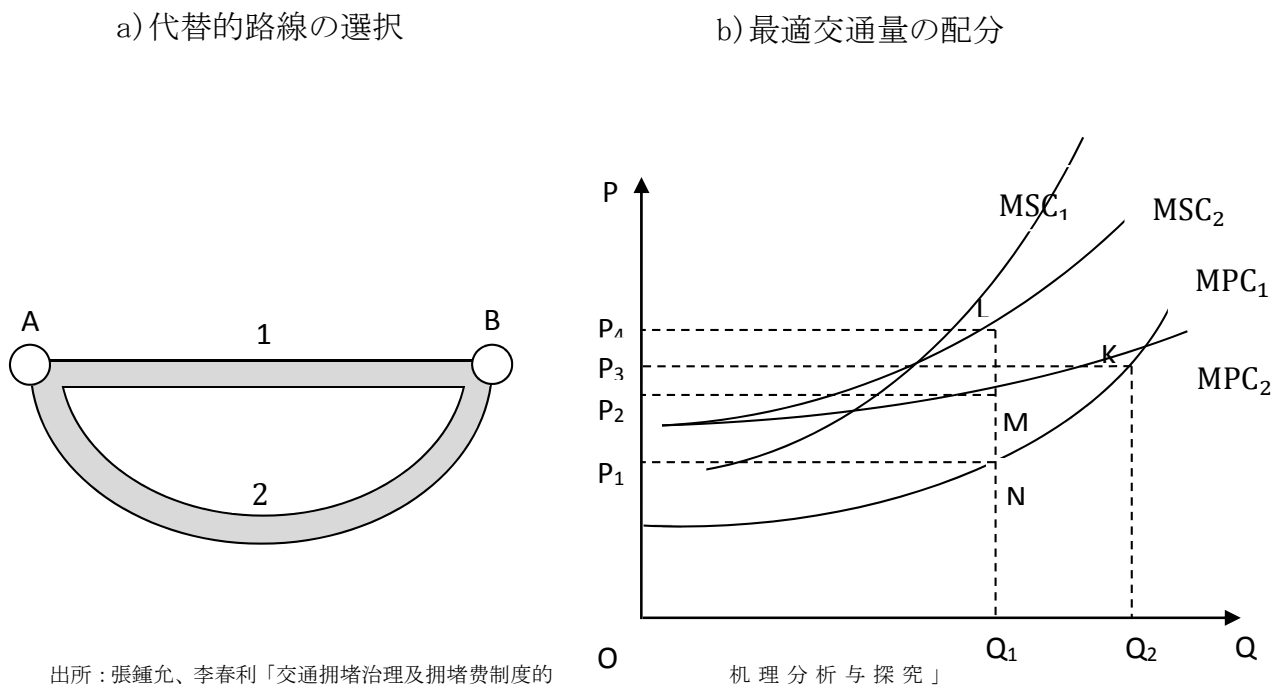
O' Sullivan (2008) によって、ロードプライシングのような経済的インセンティブを利用し、4つの方法を通じて、交通量の抑制することになる。それぞれトリップ手段の転換、トリップ路線の転換、トリップ時刻の転換および空間構造の転換。本論では自動車消費の状況を主に分析するため、以下ではトリップ路線とトリップ時刻の転換に対して論述する。

5.2.1 トリップ路線と混雑

道路混雑を生じている特定地域を囲むラインをコードン線という。このコードン線を越えて入域した自動車を課金すれば、一部の課金を担わたくないドライバーが代替的の無料路線を選択するわけである。道路整備の前に未来の交通流構造を見通すことは難しいから、道路網の空間を平均に使用することはできない。つまり、一部道路には渋滞が起こるものの、他の道路にはまだ多くな空間が残る状況はある。

図表5-4のように、都市における場所Aと場所Bの間に2つの線路があり、AとBの間に車両数nの交通需要があると仮定する。路線1の距離は短くて、交通需要が大きく、渋滞が起こりやすい；路線2の距離はより長くて、交通需要が小さく、需要が起こりやすすくない。

図表 5-4 トリップ路線の私的費用構造



図表5-4b)のように、曲線 MPC_1 、 MSC_1 と MPC_2 、 MSC_2 はそれぞれ路線1と路線2の限界私的費用と限界社会的費用を表している。路線1の距離が短いため、車両数が0の時に、路線1の私的トリップ費用が路線2より少なく、使用率の成長が路線2より高い。つまり、曲線 MPC_1 と曲線 MSC_1 が車両数Qの増加とともに逡増し、それぞれ曲線 MPC_2 と曲線 MSC_2 とK点とL点に交わる。K点

は私的トリップ費用の均衡点であるため、2つの路線の私的トリップ費用はすべて P_3 、車両数は Q_2 となる。この時、新規ドライバーの私的トリップ費用は線路1にも線路2にも同じである。しかし、K点は社会的費用の均衡点ではなく、曲線 MSC_1 と曲線 MSC_2 がL点に交わる時に、社会的トリップ費用は最大限 P_4 、車両数は Q_1 、道路の効率的資源配分となる。線路1の外部的費用 EC_1 (external cost、社会的費用と私的費用の差)¹と線路2の外部費用 EC_2 の区間はそれぞれLNとLM、すなわち：

$$EC_1^{LN} = MSC_1^L - MPC_1^N; \quad EC_2^{LM} = MSC_2^L - MPC_2^M$$

$$(MSC_1^L = MSC_2^L)$$

ロードプライシングのような私的トリップ費用を向上する施策を実施すれば、交通の社会的効用を最大化する視点から、異なる道路における車両数の比率を調整し、道路資源配分を効率化すべきである。社会的費用は私的費用と外部費用の和と認められるため、社会的効用の均衡点Lにおいて、以下のよう

$$MPC_1^N + EC_1^{LN} = MPC_2^M + EC_2^{LM}$$

この時、線路1は課金道路、線路2は無料道路と仮定すると、線路1の課金基準を通じて、道路資源配分を効率化することができる。しかし、図表5-4b)において、課金基準は EC_1^{LN} の絶対値ではなく、 EC_1^{LN} と EC_2^{LM} の差、すなわち区間MNとするべきである。上式によって、以下のよう

$$MPC_1^N + EC_1^{LN} - EC_2^{LM} = MPC_2^M$$

仮設によって、一定時間以内には総車両数 n は固定値であるため、線路1には1台車が増えれば、線路2には1台車が減ることである。線路1には渋滞が起こり、線路2には円滑な状態にある時に、ただ線路1の外部費用 EC_1 に基づいて課金すれば、従来の資源配分構造を打ち破って、多くのドライバーを線路1から線路2へ殺到させ、渋滞を線路1から線路2へ移動するようになる。

一般的に、ある都市には多くの道路の組み合わせたネットワークが整備しておいたの

¹社会的費用とは私的費用と外部費用の和 (<https://ja.wikipedia.org/wiki/費用>
 #. E7. A7. 81. E7. 9A. 84. E8. B2. BB. E7. 94. A8. E3. 80. 81. E5. A4. 96. E9. 83. A8. E8. B2. BB. E7. 94. A8. E3. 81. A8. E7. A4. BE. E4 . BC. 9A. E7. 9A. 84. E8. B2. BB. E7. 94. A8)

はできなければ、一部の渋滞道路における外部費用の絶対値を課金基準とするべきではない。でなければ課金基準が高すぎて、多すぎるドライバーを無料道路に追い込み、新たな渋滞をもたらす可能性が高いと考えられる。

5.2.2 トリップ時刻と混雑

私的トリップ費用を向上する目的はピーク時の道路混雑を緩和し、道路資源の配分を効率化することである。だから、ロードプライシングのような課金は線路だけでなく、時刻も基準とするべきである。ある都市には、多くの通勤・通学者のトリップ時刻はほぼ朝ピーク時と夕方ピーク時に集まっている。ここは朝ピークの出勤者を例として分析する。

ある都市において、出勤者のトリップ時刻はおおよそ朝8～9時に集中している。常に、すべての出勤者がちょうど出勤時間の前に目的地に到着することを望むにしたがって、この時間帯における車両数が激増し、渋滞が起こるようになる。しかし、単位出勤者にとって、朝ピークより早くの時刻に出発を繰り上げると、渋滞を避けることができるものの、出勤時間より早く目的地に到着するのは時間を無駄にするようになる。O' Sullivan (2008) によって、出勤者が最も大事にするトリップ費用は時間費用で、ここは文世一の分析を結びながら、時間費用をトリップ費用の例として分析する。

ここには出発と到着を繰り上げるのがまねく無駄な出勤時間をスケジュール費用 C_s (scheduling cost)、円滑な道路に走行する固定時間を固定費用 C_f (fixed cost)、渋滞がまねく無駄な走行時間を渋滞費用 C_j (jam cost) と仮定する。この3種類はともにトリップ総費用 C_t (total cost) を組み合わせる。すなわち：

$$C_t = C_f + C_s + C_j$$

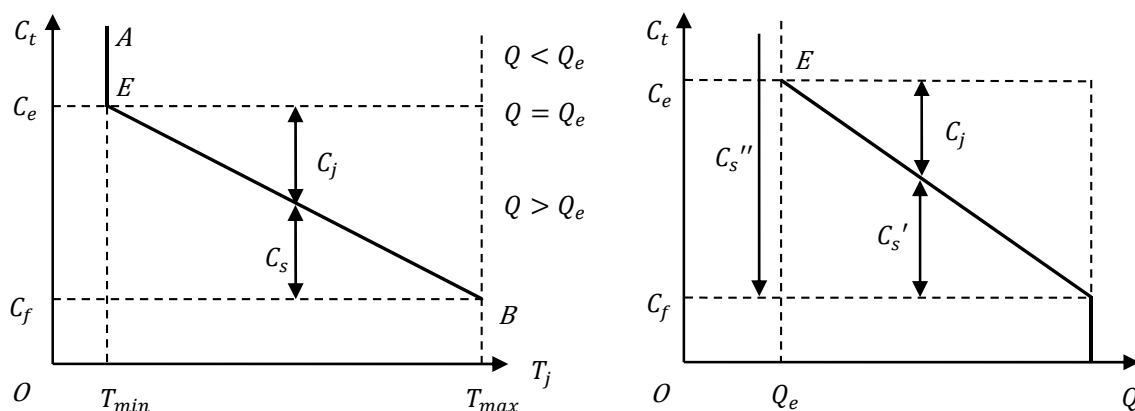
まだ、道路容量を Q_e 、車両数を Q 、トリップ時間を T 、且つ円滑の場合にトリップ時間が等しいと仮定すると、以下の関係がある：

- 1) $Q < Q_e$ の時には円滑な状態になるため、 $C_j = 0$ 、私的トリップ費用は $C_f + C_s$ である；
- 2) $Q = Q_e$ の時には交通流量が最大限に達するため、道路資源配分のパレード効率性となる；
- 3) $Q > Q_e$ の時には渋滞が始めて起こるから、私的トリップ費用は $C_f + C_s + C_j$ である。

図表 5-5 トリップ時刻の私的費用構造

a) 3 種類の時間費用の関係

b) 時間費用と課金基準の関係



出所：張鍾允、李春利「交通拥堵治理及拥堵费制度的机理分析与探究」（2014年）

図表 5-5a) のように、曲線 AB はトリップ費用とトリップ時間の関係を表しながら、スケジュール費用と渋滞費用の配分比率を表している。E 点は曲線 AB の変曲点とし、この時には車両数が Q_e である。E 点の左側において、道路に走行する車両数が道路容量より小さいため、ドライバーが固定費用しか負担しないものの、最大のスケジュール費用 C_s を負担せざるを得ない。E 点には走る車両数がちょうど道路容量に等しくの程度まで増えるが、渋滞はまだ起こっていない状態にある。この時、ドライバーが固定費用しか負担しない一方、スケジュール費用の最小化になる。E 点の右側において、走る車両数が道路容量を乗り越え、徐々に増え続けてくるため、走行速度が始めて下回り、ドライバーが渋滞費用を負担するようになる。この時、渋滞費用の増加とともに、スケジュール費用が逡減、トリップ時間が逡増している。

図表 5-5 b) における E 点がトリップ総費用 C_t と走行車両数 Q の関係を 2 つの部分に分けている。E 点の左側において、車両数が道路容量のほど大きくないため、ドライバーがスケジュール費用と固定費用だけを負担する。この時のスケジュール費用を C_s'' を仮定すると、 $C_s'' \geq C_e$ である。E 点の右側において、車両数が徐々に道路容量を乗り越えて、渋滞を起こしてきた。この時のスケジュール費用を C_s' と仮定し、渋滞費用 C_j の増加とともに C_s' が逡減している。

ロードプライシングの課金基準は渋滞費用 C_j の変化を基づくべきである。つまり、朝ピークを繰り上げる出勤者のドライバーにとって、課金は 0 であるが、走る車両数が道路容量 Q_e を乗り越えた後から、課金基準は渋滞費用を基づいて、等比率に調整するべきである。そして、より高くのスケジュール費用を担

える通勤者が早めに出発して、課金を避けることができる一方、スケジュール費用をあまり担いたくない通勤者が課金を負担せざるを得ない。だから、ロードプライシングのような課金を通じて、トリップ時間を調整し、道路資源配分の効率化をするようになる。

5.3 自動車消費の外部性制度の選択

以上には政府介入論によって、私的トリップ費用を向上するにわたって道路資源配分の効率化をするメカニズムを分析しておいた。ただし、先行研究のように、外部性を解消するのは政府干渉論と市場取引論という2種類の解決法があるため、これらの理論を活用して、消費者の効用曲線を転換するのは外部性制度の策定基準とされるべきだろうと考えられる。以下、再びこれらの2つの理論を振り返り、自動車消費の外部性に対して、3つ目の解決法を申し出そうと考えられる。

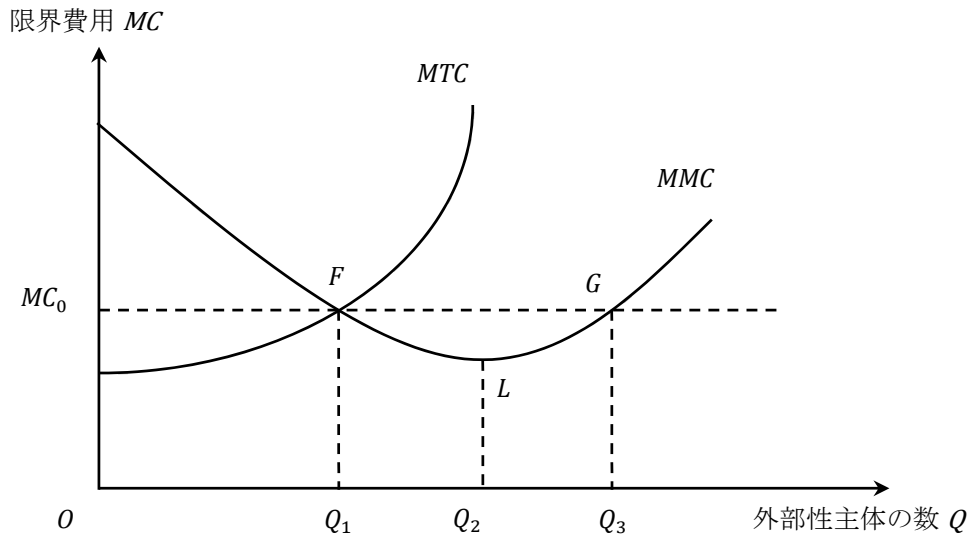
5.3.1 政府干渉論と市場取引論

前述のように、Pigou と Coase が各自の外部性を解消する制度を打ち出しておいた。すなわち政府干渉論と市場取引論である。しかし、瀋満紅 (1997) によって、これらの制度を実施する時、前者が管理費用を備え、後者が取引コストを備えている。

他の要因が不変の場合には、制度選択の最適化は限界管理費用 (marginal management cost, MMC) と限界取引コスト (marginal transaction cost, MTC) によって決めることである。限界管理費用とは政府干渉の制度を採る時に、外部性主体の増加を伴って、政府管理費用も上回るようになる。その中、政府部門の運営費用、監督費用、および課金と補助の実施費用などを含めている。ここには、取引コストやレントシーキング (rent seeking) などの効率損失を配慮しないと仮定する。

一方、限界取引コストとは市場取引の制度を採る時に、外部性主体の増加を伴って、発生者と受ける者の間における取引コストも向上する。その中、情報探し費用、交渉費用、契約費用などを含めている。図表 4-5 には、限界管理費用と限界取引コストが外部性主体の増加とともに変化する状況を表している。横軸は外部性単位数、縦軸は限界費用、曲線 MMC は限界管理費用曲線、MTC は限界取引コスト曲線である。

図表 5-6 外部性制度の選択モデル



出所：瀧満紅「論環境経済手段」『経済研究』（1997年）

図表 4-5 のように、曲線 MMC は L 点まで下回った後から、徐々に上昇している。経済学の視点から解釈すると、限界管理費用は大きく分けて 2 種類がある。すなわち、従来の政府部門（例えば環境部門）の日常支出を固定費用とし、具体的な管理活動の支出を変動費用（variable cost）としている。外部性主体 Q の数が少ない時、政府部門がこれらの主体向けの限界管理費用が高い。そして、外部性主体の増加とともに、管理費用をこれらの主体に分担するため、限界管理費用 MMC が徐々に下回るようになる。しかし、外部性主体の数が Q_2 まで増加した後、ただ従来の政府部門に頼って管理することは無理になり、さらに他の提携的部門（例えば行政、法律部門など）からの協力が要するため、限界管理費用がまだ上回るようになる。だから、曲線 MMC が外部性主体の増加にしたがって放物線を呈している。

曲線 MTC において、外部性主体の増加とともに、取引コストが激増しているため、数学上には取引コストの一次導関数が 0 より大きい ($dTC/dQ > 0$)、しかも、取引コストの二次導関数も 0 より大きい ($d^2TC/dQ^2 > 0$) である。つまり、曲線 MTC は外部性主体の増加とともに、指数型のように上回っている。

図表 4-5 の中に外部性主体の数によって、2 つの区間を分けている。曲線 MTC と曲線 MMC が F 点に交わる時に限界費用は MC_0 、外部性主体の数は Q_1 である。この時、政府干渉と市場取引の限界費用は等しくの状況にあり、臨界な外部性主体の数は Q_1 である。しかし、 $Q < Q_1$ の時、限界取引コストが限界管理費用

より小さく、すなわち $MTC < MMC$ ため、市場取引の制度を選択すべきである。 $Q > Q_1$ の時、限界取引コストが限界管理費用より大きく、すなわち $MTC > MMC$ ため、政府干渉の制度を選択すべきである。

5.3.2 第三種の解決法：政府牽引の市場的行動

図表 5-6 の制度選択モデルは完璧な市場メカニズムと効率的管理を備えることと仮定する状況である。ここには再びこれらの解決法のメカニズムを纏めて、比較する。

社会的費用は私的費用と外部費用の和と決まっているため、政府干渉の解決法を採れば、直接に従来の限界私的費用を向上するにわたって、外部性を解消することである。その結果、ピグー税のような課金或いは補助を通じて、外部費用を内部化し、新たな限界私的費用を限界社会的費用と重なられるようになる。図表 5-7 a) のように、 MPC は従来の限界私的費用曲線、 MPC' は新たな限界私的費用曲線を表している。曲線 MSC と曲線 MPC の間における区間 EF は限界社会的費用と限界私的費用の差であるため、限界外部費用 MEC (marginal external cost) を表している。この時、曲線 MPC' が曲線 MSC と同じ、需要曲線 D と E 点交わり、従来の私的費用 P_2 は P_1 となる。それで、以下のように：

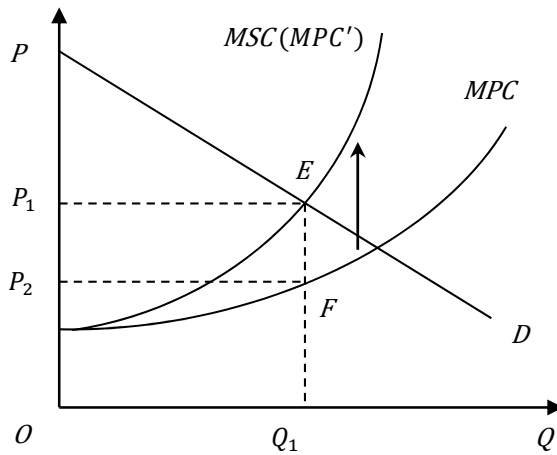
$$MSC = MPC + MEC; \quad MSC = MPC' \quad \text{では} \quad MPC' = MPC + MEC$$

一方、コース定理によって、取引コストがないなどの理想的条件の下では発生者と受ける者の交渉によって外部性による過剰生産を避けることができ、少なくとも社会全体としては同じ水準の社会的余剰が達成される。つまり、ピグー税による発生者の既得便益を損じる事が避けるため、外部性の発生者と受ける者の協議をわたって、新たな私的費用と社会的費用を打ち出し、且つ社会的費用と私的費用が等しいである。図表 5-7 b) のように、外部性の発生者と受ける者の協議によって、曲線 MSC が下回りながら、曲線 MPC が上回って、新たな限界私的費用曲線 MPC'' と限界社会的費用曲線 MSC' ができるようになる。しかも、曲線 MPC'' と曲線 MSC' は重なっている。新たな限界費用曲線は需要曲線 D と G 点に交わっている。この時、従来の私的費用 P_3 は P_4 に上回り、従来の社会的費用 P_1 は P_4 に下回るようになる。それで、以下のように：

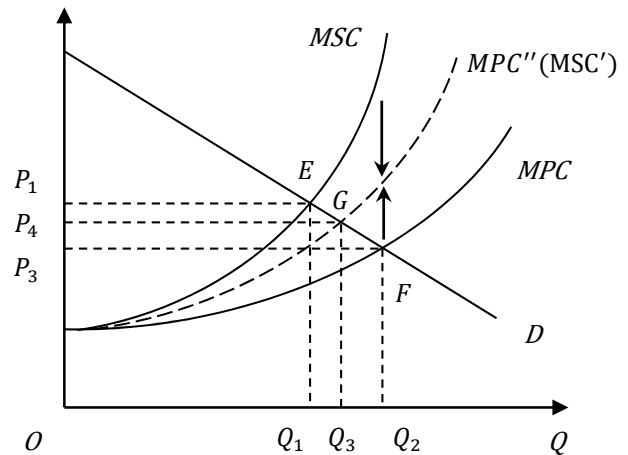
$$MSC = MPC + MEC; \quad MSC - MEC_1 = MPC + MEC_2 \quad \text{では} \quad MPC'' = MSC'$$

図表 5-7 負の外部性制度の選択モデル

a) 政府干渉の解決法



b) 市場取引の解決法



出所：先行研究に基づき、作成。

しかし、前述のように、現実における市場が常に完璧ではなく、政府の管理も様々な欠点を有している。例えば、Pigou の理論には政府が公共便益を体表し、外部性の活動に対して効率的に管理することができると仮定する。ただし、政府の公共施策が多く限界性を有し、外部性の発生者と受ける者にかかわる情報を十分に把握することはできない。一方、Coase の理論も限界性を有すると認められる。それはただ前述のような財産所有権の判明のみならず、取引コストがない理想的条件は存在しなく、交渉・協議の費用が極めて高い場合も多い。

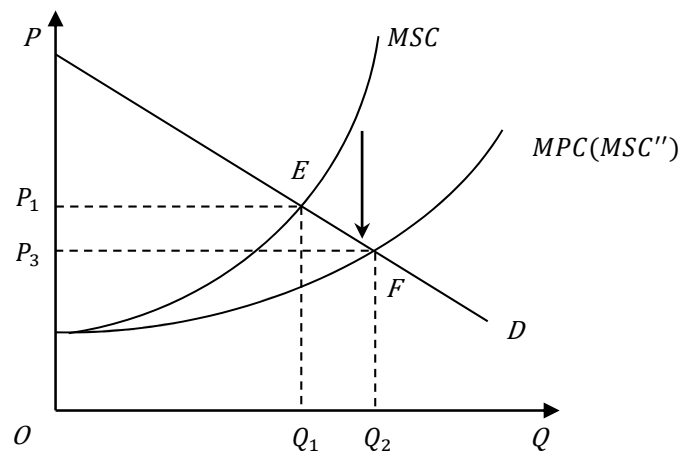
Andreas (1994) によって、現実には私的市場において、所有権の不明や取引コストの高すぎなどの要因がもたらすギャップが多い。これらのギャップが私的市場の失敗を招くものの、全体的経済システムの失敗ではない。こうした自発的市場ができないところで、制度を打ち立てるにわたって、失敗を克服し、効率的市場を作り上げることができる。本論では自動車消費の外部性にかかわる議論において、市場メカニズムと政府干渉論を結びつけながら、政府牽引による市場的行動の制度という第三種の解決法を打ち出すことは可能だろうと考えられる。つまり、政府が外部性発生者に対して、行政的干渉を行うわけではなく、市場取引の環境を変更するにわたって、発生者行動をさらに効率的な行動方式へ牽引するにしたがって、外部性を緩和することである。

図表 5-8 のように、政府が外部性発生者の従来の効用を守りながら、市場取

引の環境を変更するに通じて、発生者の従来の外部性行動方式を変更するようになる。したがって、曲線 MSC が下回って、曲線 MPC と F 点に交わり、新たな限界社会的費用曲線 MSC'' は従来の限界私的費用曲線 MPC と重なるようになる。この時、従来の私的費用は不変、従来の社会的費用 P_1 は P_3 に下回るようになる。しかも、図表 5-7b) と比べ、 $P_3 < P_4$ 、 $Q_2 > Q_3$ 。それで、以下のように：

$$MSC = MPC + MEC; \quad MSC - MEC = MPC \quad \text{では} \quad MPC = MSC''$$

図表 5-8 政府牽引制度の解決法モデル



出所：先行研究に基づき、作成。

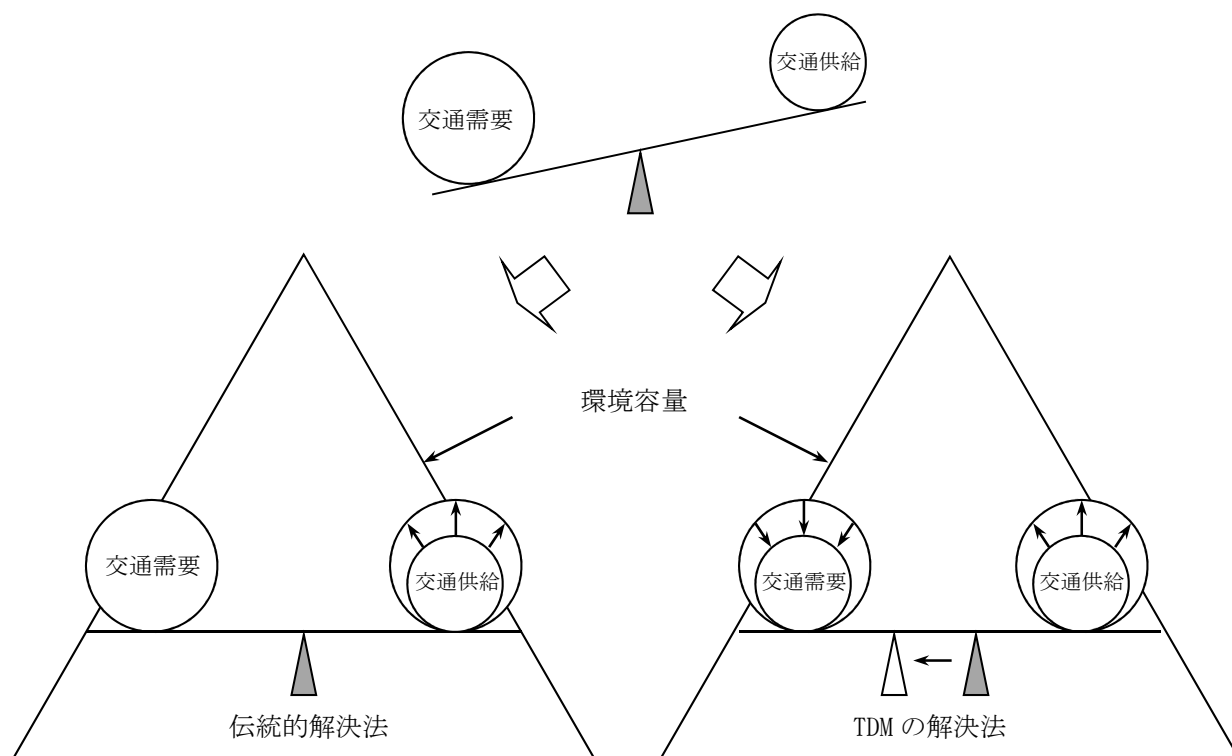
5.3.3 政府牽引制度と交通需要マネジメント

前述における道路混雑のメカニズムに対する分析、政府牽引制度において、3つの面に着目するべきである。すなわち交通需要の降下、交通供給の向上およびトリップ手段の転換である。これらの3つの面が独立でなく、互いに影響を及ぼす状況にある。

ここには交通需要マネジメント (transportation demand management, TDM) の概念を引用する。交通需要マネジメントとは、自動車利用者の行動を変えることにより、道路渋滞をはじめとする交通問題を解決する手法。大塚和幸(2001年)によって、TDM 施策は交通行動からみて、一般的には、大きく次の5つに分類されている。a) 時間の変更：朝夕等のピーク時間に集中する交通需要をピーク時間外にシフトさせ、交通需要の時間的平滑化を図る。b) 経路の変更：同じ起終点をもつ複数の経路がある場合、混雑する道路や交差点から経路を変更することにより、交通需要の空間的平滑化を図る。c) 手段の変更：鉄道等の大量公共交通機関と道路交通などの交通手段間で需要のかたよりがある場

合、大量公共交通機関の利用を促進することにより、適切な交通機関分担を図る。d) 自動車の効率的利用：乗用車の平均乗車人数を増加させる、あるいは貨物車の積載率を高めることにより、効率的な自動車利用を図る。e) 発生源の調整：勤務日数の調整や通信手段による代替により、交通の発生量の調整を図る。

図表 5-9 交通需要マネジメント概念図



出所：陳艷艷、劉曉明、陳金川「都市交通需要管理及応用」(2009)

こうした政府牽引制度では、交通需要の抑制は最も必要な面と考えられる。延滞的供給のもたらす供給欠如を避けるため、道路インフラ整備の時に、自動車消費の自然増加量と潜在需用量を抑える必要がある。李春利 (2014) によって、現在、中国の多くの都市における交通施策がおおよそ交通供給マネジメント (Transportation Supply Management, TSM) に属し、すなわち道路インフラ供給の視点から、道路容量を向上することである。一般的に、道路需要の増加が道路整備より速いため、単に道路整備に頼れば、交通混雑を解消するわけではない。TDMの解決法がこうした需給関係を革新しておいた。

まだ、公共サービス供給の向上とトリップ手段の転換も必要な面と考えられる。道路需要を抑制しながら、交通インフラの整備を向上して、なるべく延滞

的供給から理想的供給へ寄る。ただし、この交通インフラの整備はただ幹線道路の延長のみならず、バイパスを含める道路ネットワークである。様々な目的地への交通流を分散できる四方八方に通ずる道路網を作り上げ、移動者のトリップ効用を向上することができる。一方、公共交通機関の価値を向上し、公共交通の便利性と定刻性を強化するにしたがって、移動者のトリップ時間・料金を降下し、公共交通機関の利用を促進するべきである。

最後には、都市の機能地域に対する計画の効率化をわたって、発生源を調整し、交通発生量を抑制することである。例えば、副都心の整備を通じて、従来の集中的交通発生量を異なる副都心へ分散することができる。したがって、交通発生量の時間と空間を転換するようになる。

5.4 小括

道路渋滞・混雑は自動車消費の負の外部性において、非常に重要な面と考えられる。道路渋滞とは交通需要がある道路線区の容量を乗り超える時、超える交通流が道路に滞在する現象である。経済学の視点から見ると、交通需要と供給の均衡が失うことである。つまり、自動車消費の社会的費用と私的費用が等しいため、需要曲線（便益曲線）との均衡点は異なり、私的効用を満たせば、社会厚生を損じるようになる。実際には、交通インフラの密度が渋滞度に影響を及ぼしている。ある地域において、渋滞度が交通インフラ密度の関数である。このうち、ボトルネック効果は圧倒的多数の渋滞列が起こる重要な原因となる。

私的トリップ費用を向上するのは、環境負荷の軽減を図ることに対して、重要な施策と考えられる。しかし、道路などの交通機関は公共財であるため、市場取引をわたって外部性を解消することはできなく、政府干渉論によって、トリップ路線の転換、トリップ時刻の転換を推進でき、効率的に交通量の抑制法と考えられる。

ただし、政府干渉論も欠点を有するため、外部性を解消するのは政府干渉論と市場取引論という2種類の解決法を活用して、政府牽引制度を申し出すことができるだろうと考えられる。前の2種類とくらべ、政府牽引制度は限界社会的費用を下回るにわたって、移動者のトリップ効用を守りながら、交通混雑を緩和することができる。すなわち、政府が外部性発生者に対して、行政的干渉を行うわけではなく、市場取引の環境を変更するにわたって、発生者行動をさらに効率な行動方式へ牽引するにしたがって、外部性を緩和することである。すなわち TDM の解決法を基づいて、交通需要を抑制しながら、道路網を整備す

る。まだ、公共交通機関の便利性を向上し、トリップ手段の転換を推進する。それ以外、都市における機能空間を分散化し、副都心をわたって交通流発生源を調整することである。これらの面が独立でなく、互いに影響を及ぼしている。

第6章 中国における道路交通の現状

—北京を中心に

中国では、自動車消費の負の外部性にかかわる社会問題が近年から徐々に注目されてきた。交通渋滞のもたらした交通の慢性化が経済効率を大きく損じる一方、排気ガスが住民の生活・健康に与えた影響はますます深刻になってくる。特に北京、上海などの大都市において、自動車消費がすでに住民の日常生活に囲まれたため、負の外部性が招いた問題がさらに深刻な状態にある。本章では中国の概況を結びつけながら、北京の現状を中心にして、自動車消費の負の外部性における渋滞問題を具体的に論述する。

6.1 中国の自動車消費と道路整備

中国国家统计局のデータによって、近年から中国における自動車消費の推移が上行している。だが、2008年リーマン・ショックの原因で、2009年の成長速度が落ちた。2010年前後には中国における多くの大都市が次々に地元の交通規制を打ち出したとともに、自動車消費の推移が徐々に降下してきた。一方、近年から中国が道路整備向けの投資を増え、道路総延長と道路面積の成長率が徐々に向上してきた。すなわち中国が自動車消費を抑制しながら、道路整備を強化しつつある。

6.1.1 自動車消費の状態

2000年以来、中国の自動車が飛躍的な経済成長のもとで、乗用車を中心に急速に普及してきた。北京の自動車保有台数も、交通量も増え続けている。2000～2013年の間に、自動車保有台数の年平均成長率は17.3%、自家用車の年平均成長率はさらに24.3%に達した。つまり、中国の自動車保有台数を推進するのはおおよそ自家用車の消費である。

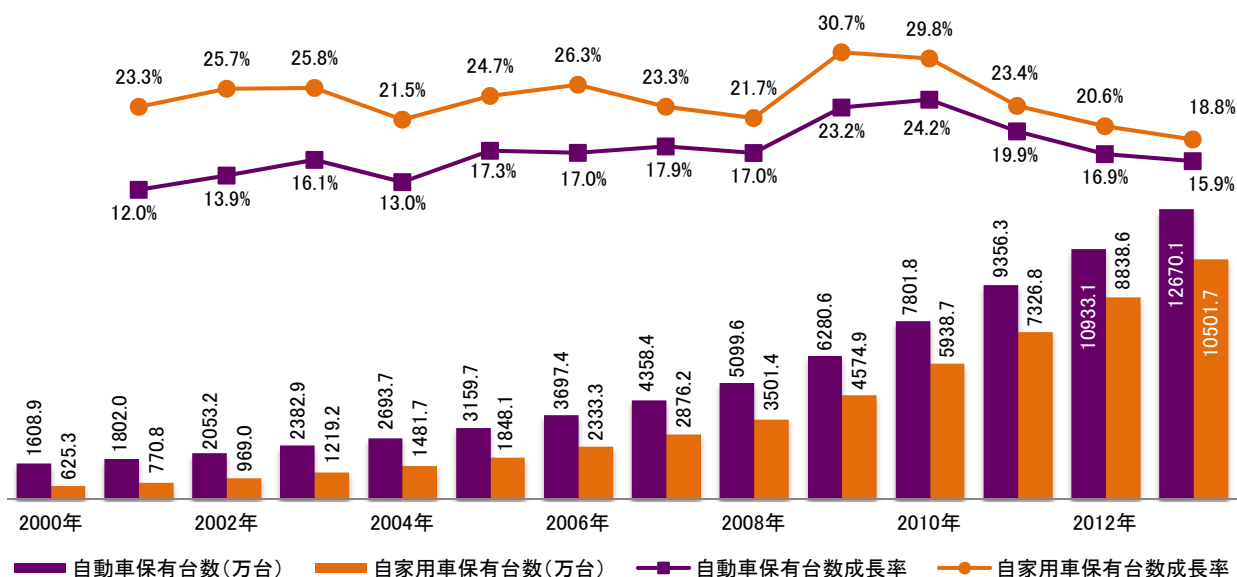
図表6-2のデータから見ると、新車と乗用車の成長率はほぼ一致である。2009年に打ち出した自動車の農村優遇¹施策に従って、中国の自動車市場が都市部から農村部へ拡張して、自動車消費が全面発展の状態となった。このため、2009年には新車の成長率がピークに達した。2000～2013年の間に、新車登録台数の年平均成長率は18.7%、乗用車登録台数はさらに21.3%に達した。つまり、中国の新車消費を推進す

¹ 中国語で「新車下郷」と言う。中国国務院は2009年1月14日に「自動車産業調整振興計画」による農村優遇政策。この計画においては、2009年3月1日～12月31日の間に購入した1.3リットル以下の微型乗用車、および三輪車・低速トラックを廃車し、軽型トラックを買い替えるユーザーに1度だけの補助金を支給する。2010年初、この施策が2010年12月31日までの一年延長を発表。

るのはおおよそ乗用車である。

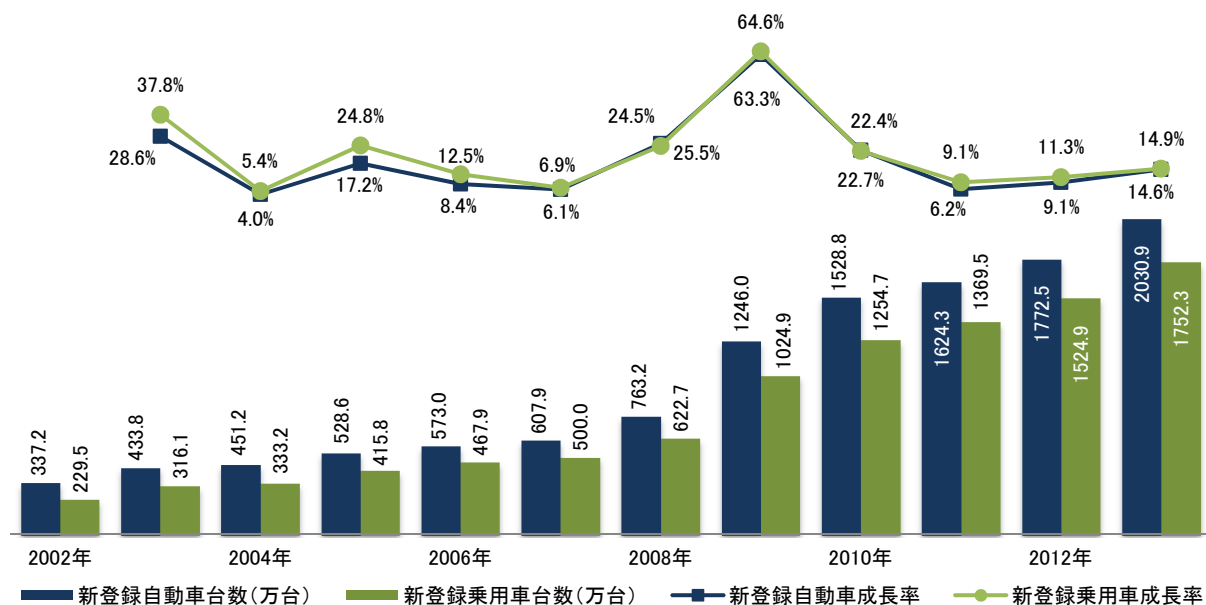
中国の自家用車消費は自動車消費において、最も重要な部分であり、自家用車消費は自動車消費の負の外部性をもたらす主要源と言える。また、自家用車の年平均成長率（24.3%）と乗用車の年平均成長率（21.3%）はほぼ一致によって、中国市場の自家用車の購入はおおよそ初めての購入と判断できる。

図表 6-1 中国の自動車・自家用車保有台数の推移



出所：中国国家统计局のデータを基づき、作成

図表 6-2 中国の新登録自動車・乗用車台数の推移



出所：中国国家统计局のデータを基づき、作成

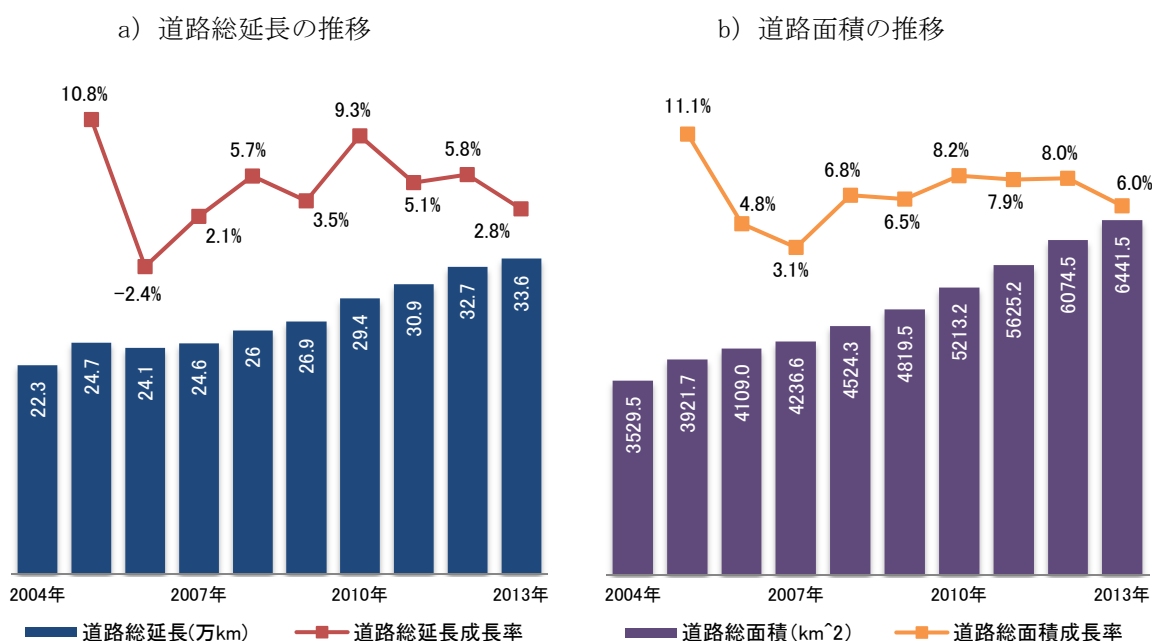
6.1.2 道路整備の状態

前章の分析によると、自動車消費が道路インフラに対して依存性がある。道路インフラの供給（道路の交通容量）が需要（交通量）を下回れば、供給不足となり、道路渋滞をもたらすことである。図表6-3によって、2004～2013年の間に中国の道路総延長の年平均成長率は4.7%、道路面積の年平均成長率は6.9%、自動車保有台数に対して道路整備ははるかに追いつかない状況にある。しかも、このデータが都市間道路・高速道路も含めるため、都市内における道路整備はさらに低い状況にある。仮に自動車保有台数はQ、道路総延長はL、道路面積はSとすると、各車平均の道路延長 $\bar{L} = L/Q$ 、平均の道路面積 $\bar{S} = S/Q$ 、即ち

$$\begin{aligned} \bar{L}_{2004} &= L_{2004}/Q_{2004} \approx 49.42(m); & \bar{S}_{2004} &= S_{2004}/Q_{2004} \approx 782.25(m^2) \\ \bar{L}_{2013} &= L_{2013}/Q_{2013} \approx 2.65(m); & \bar{S}_{2013} &= S_{2013}/Q_{2013} \approx 50.84(m^2) \\ \bar{L}_{2004}/\bar{L}_{2013} &\approx 18.65; & \bar{S}_{2004}/\bar{S}_{2013} &\approx 15.39 \end{aligned}$$

したがって、中国では自動車急増の9年間に、各車平均の道路延長は18.65倍を減少、道路面積は15.84倍を減少した。また、近年から道路面積の成長率は道路延長を上回るため、大量の道路整備は従来道路を拡張するものの、キャピラリーのような補充幹線・バイパスに対する新規供給が不足である。

図表6-3 中国の道路整備の推移



出所：中国国家统计局のデータに基づき、作成

6.2 中国大都市の交通状況：北京を例として

高德地図が発表した「2014 年第 3 四半期中国の主要都市の交通分析報告」によると、北京の渋滞度が中国全国の第 1 位の位置つけた。それ以外、北京の自動車保有台数も一貫して全国第 1 位であった。したがって、本論では北京を例として、中国における自動車消費の負の外部性の中に、道路渋滞のケーススタディーを行う。

図表 6-4 中国都市の自動車保有台数ランキング (2014 年)

順位	都市	自動車保有台数 (万台)	順位	都市	自動車保有台数 (万台)
1	北京	537.1	6	広州	269.5
2	重慶	399.8	7	天津	258.9
3	成都	336.1	8	杭州	251.7
4	深圳	290.5	9	蘇州	245.0
5	上海	272.3	10	鄭州	230.8

出所：公安部交通管理科学研究所

6.2.1 北京の都市概況

北京交通発展研究センターに発表された「2013 年北京交通発展年報」によって、2012 年末に北京市の GDP は 17879.4 億元、一人当たりの GDP は 87475 元。北京市の土地面積は 16410.54 平方キロ、人口は 2069.3 万人²、人口密度は平方キロごとに 1261 人である。北京に属する地域の開発規格によって、北京全市は首都機能核心区、都市機能開発区、都市発展新区、生態涵養発展区という 4 つの区域をわけてある。しかし、首都機能核心区と都市機能開発区が含まれる東城区、西城区、朝陽区、海淀区、豊台区、石景山区は北京の中心部と見なされ、常に「城 6 区」と呼ばれる。本論に及ぼす北京の中心部はこの「城 6 区」と指すことである。

人口密度においては、都心部における首都機能核心区は最も高く、平方キロごとに 23758 人；次は都市機能開発区の平方キロごとに 7902 人である。人口密度の分布は中心部から郊外へ降下しつつある。2011 年と比べ、首都機能核心区と都市機能開発区にはそれぞれ平方キロごとに 487 人と 171 人が増えたが、都市発展新区には 36 人、生態涵養発展区にはわずか 2 人が増えた。

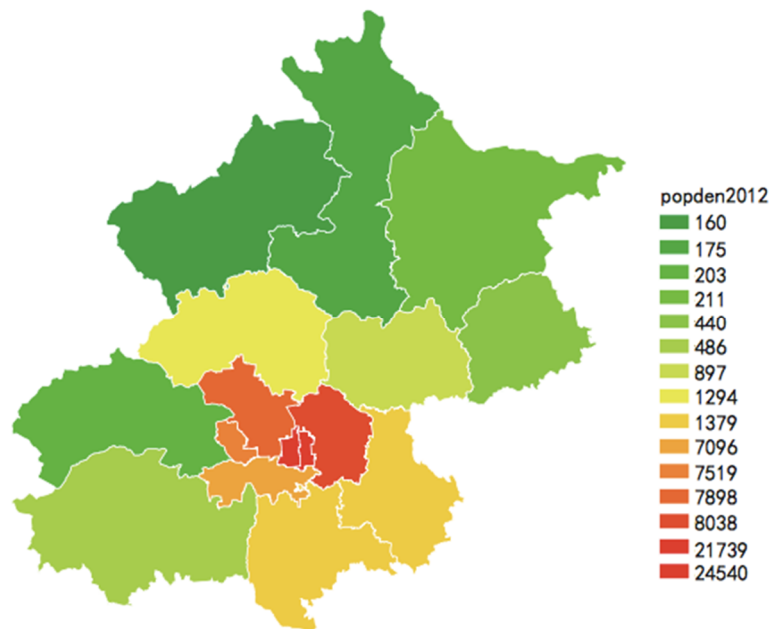
²これが常駐人口とさす。その中、戸籍人口は 1297.5 万人。

図表 6-5 北京の各地域の概況統計

区 域	住民人口 (万人)	区内面積 (平方キロ)	人口密度 (人/平方キロ)	区域範囲
首都機能核心区	219.5	92.39	23758	東城区、西城区
都市機能開発区	1008.2	1275.93	7902	朝陽区、海淀区、豊台区、石景山区
都市発展新区	653.0	6295.57	1037	房山区、通州区、順義区、昌平区、 大興区
生態涵養発展区	188.6	8746.65	216	門頭溝区、懷柔区、平谷区、密云県、 延慶県
合 計	2069.3	16410.54	1261	

出所：北京交通發展研究センター

図表 6-6 北京の常駐人口密度の分布



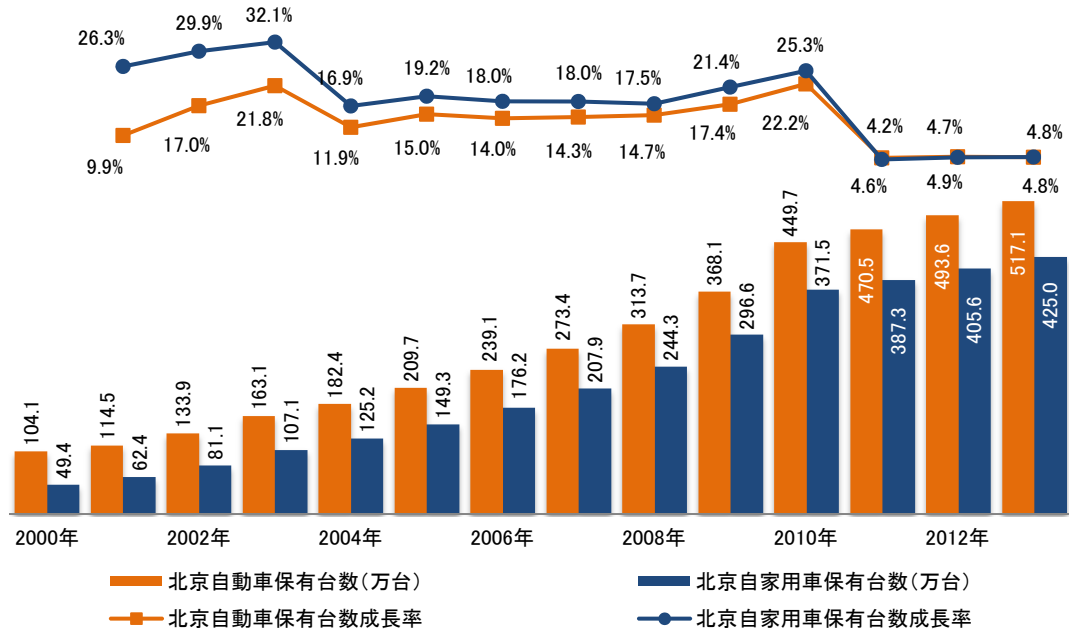
出所：北京交通發展研究センター

6.2.2 北京の自動車消費状況

2014 年末までに、北京の自動車保有台数が 559.1 万台、2013 年より 2.8%が向上した。2000 年からの 14 年間、区内の自動車保有台数が 401.3 万台増えてきた。図表 6-7 によって、2010 年までに北京の自動車保有台数の成長率がおおよそ向上する勢いにあった。2007～2010 年の間、自動車の年平均成長率は 15.4%、このうち、自家用車は 18.4%、自家乗用車はさらに 22.8%に達した。しかし、北京の自動車購入規制策が登場した後、2011 年以來、自動車保有台数の成長速度が明らかに落ち、年平均成長率はわずか 4%、自家用車の年平均成長率は 3.6%、自家乗用車は 4.5%まで下回っ

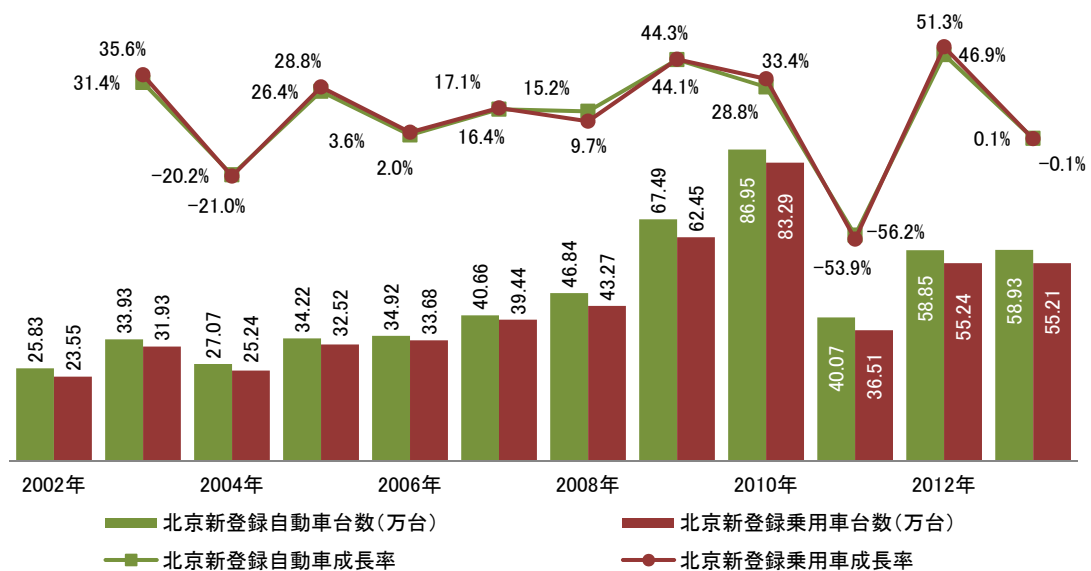
た。一方、図表 6-8 によって、2011 年に北京の新車と新規乗用車の登録台数が前年より 53.9%と 56.9%減少したのも、この購入規制策によることである。

図表 6-7 北京市の自動車・自家用車保有台数の推移



出所：中国国家统计局のデータに基づき、作成

図表 6-8 北京の自動車・乗用車新規登録台数の推移



出所：中国国家统计局のデータに基づき、作成

一方、人口密度のように、北京市の自動車分布密度も都市の中心部から郊外へ徐々に降下する状況にある。2012 年末に中心部と近郊部において、新規登録の自動車はほぼ乗用車であり、94%と 78.5%に達して、全市の新規登録乗用車の比率は 88%に達した。また、車種の分布も不均衡の状態にある。中心部には乗用車の割合が最も高いものの、郊外にはトラック系車両の比率は中心部より高い。だが、バスの分布は中心部にも郊外にもほぼ同水準を維持する。

図表 6-9 北京各地域における車種分布

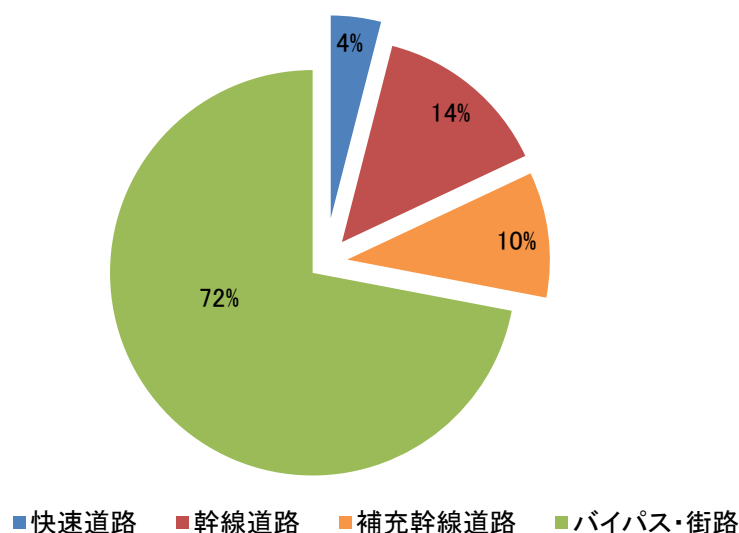
地 域	乗用車	バス	小型トラック	トラック	その他
中心部	94.0%	3.1%	1.1%	0.4%	1.4%
近郊部	78.5%	3.1%	5.9%	3.6%	8.9%
周辺部	70.5%	2.7%	9.6%	4.9%	12.3%
全 市	88.0%	3.1%	3.0%	1.6%	4.3%

出所：北京市公安局交通管理局

6.2.3 道路交通の整備

2012 年末までに北京の中心部における道路の総延長は 6271 キロである。そのうち、快速道路は 263 キロ、幹線道路は 865 キロ、補充幹線道路は 648 キロ、バイパスと街路は 4495 キロであり、道路総面積は 7631 万平方メートルである。

図表 6-10 北京中心部の道路種類別の割合

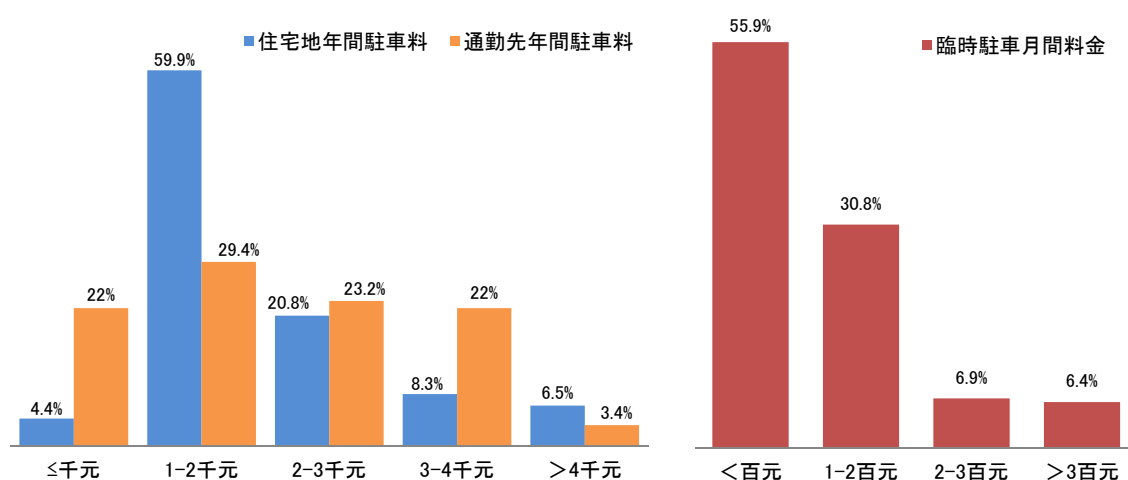


出所：北京市交通委員会路政局

駐車インフラの整備において、2012 年までに整備された駐車場は 6273 ヶ所、駐車

スペースは 161 ヶ所である。駐車スペース数が前年より 8.4%増えた。そのうち、住宅地における駐車スペースは 972611 ヶ所、全部駐車スペースの 60%を占める；年平均駐車料は 2382.45 元ものの、1000~2000 元の割合が全部の 59.9%を占める。次には通勤先における駐車スペースが、全部の 11%を占める；年平均駐車料は 2559.78 元ものの、圧倒的 대부분は 4000 元以下である。3 番目は公共駐車場（路上駐車含め）、全部の 4%を占める；月ごとに臨時駐車料の料金収入は 148.53 元、そのうち 100 元以下の臨時駐車料の割合が最も高く、55.9%に達する。

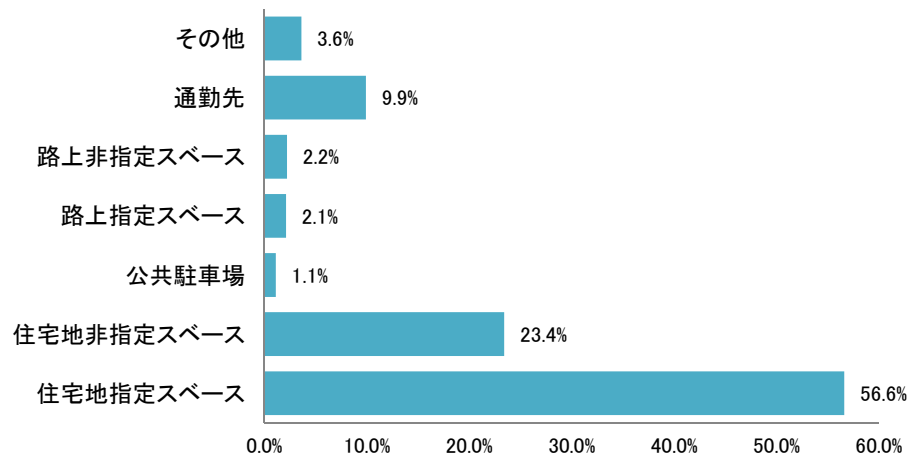
図表 6-11 北京の駐車場料金の分布



出所：北京交通發展研究センター

統計データから見ると、北京の駐車料金は非常に低価、特に住宅地と公共駐車場の料金はおおよそ中低価の水準にあり、駐車料金の低価も自動車消費を促進する要因と考えられる。また、北京の駐車場整備は年々に増えつつあるものの、自動車保有台数の急増を追いつけないため、慢性的な路上駐車により、円滑な交通の妨げになってしまった。北京市政府が公布したデータによって、2013 年 9 月には中心部における駐車スペースが 276 万ヶ所備えたものの、同年の自動車保有台数は 517.1 万台であった。駐車場の不足のため、さらに違法駐車が常態化になる一方、政府部門はたまにこうした違法駐車に対して放任の態度を採らなければならない。図表 6-12 によって、北京の夜間駐車場所から見ると、2012 年に違法路上駐車は 3 割を含めるが、昼間には瞬間的駐車を加えて、違法路上駐車料の割合が夜間よりさらに高いと考えられる。

図表 6-12 北京の夜間駐車場所の割合

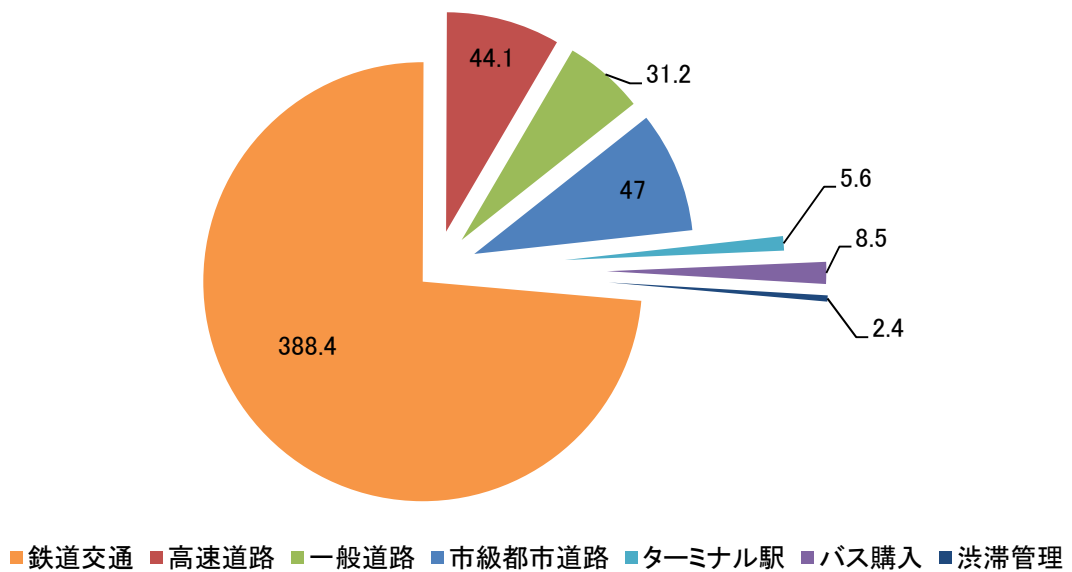


出所：北京交通発展研究センター

6.2.4 公共交通機関の整備

北京における公共交通システムはおおよそ線路バス、地下鉄及びタクシーが組み上がるものである。線路バスは最も伝統的な公共交通機関として、近年、ネットワークの整備が既に定着化になる。2012年までに北京におけるバス停が617ヶ所、運営車両は22146台、運営線路は779本、運営距離は19547キロ、年間走行距離は13.4億キロである。

図表 6-13 2012年北京の交通インフラ投資の構造（億元）



出所：北京市交通委員会

北京の鉄道交通はほぼ地下鉄で組み上がり、中心部に分布しているが、近年から近郊部へ伸びつつある。2012 年末までに、北京の地下鉄線路は 15 本、総延長は 443 キロ、駅数は 261 ヶ所、旅客輸送トンキロは延べ 220.6 億人であり、ピーク時の満載率は 142%に達した。近年、北京の交通交通に対する投資の大部分は鉄道交通整備に集中するため、2013 年までに線路は 16 本、総延長は 513 キロ、駅数は 318 まで整備しておいた。鉄道交通の整備は年々が増え続けているが、まだ交通需要を下回る状況にある。将来、市内の交通渋滞、排気ガスなどの公害を減少するため、さらに鉄道交通ネットワークの整備に努め続けると見込まれる。

図表 6-14 北京の鉄道交通の旅客輸量送統計

線路	運営距離 (km)	列車数	駅数		年間旅客数 (延べ人数)	毎日旅客運送 (万人キロ)	ピーク時の満載率
			地下	地上			
1 番線	31	420	21	2	47494.82	1059.25	122%
2 番線	23	288	18	-	43214.72	632.54	93%
4 番大興線	50	438	33	2	36003.63	921.36	113%
5 番線	27	282	16	7	31977.90	731.67	136%
6 番線	31	328	20	-	52.79	427.39	42%
8 番線	18	102	12	-	4705.41	88.22	104%
9 番線	17	144	12	-	1328.01	25.35	48%
10 番線	58	504	42	-	31729.60	604.78	121%
13 番線	41	336	1	15	24453.33	718.15	132%
15 番線	33	156	7	5	3938.58	178.94	142%
八通線	19	180	-	13	11139.64	304.97	131%
空港線	28	36	2	2	852.21	56.48	112%
亦庄線	23	138	5	8	4404.65	123.79	90%
房山線	23	114	1	10	1035.88	44.00	56%
昌平線	21	84	1	6	3831.16	127.01	136%
合計	443	3550	261		246162.34	6043.90	-

出所：北京市鉄道交通指揮センター

また、近年には北京は区内の道路発生量を降下するため、新規タクシーに対して抑制策を採り、運営タクシーが 6.66 万台以内を控えている。2012 年には北京市内のタクシー輸送量は延べ 6.98 億人であった。タクシーは主に中高収入層のトリップ手段として、経済発展とともに、旅客輸送量が増え続けるため、タクシーの需要量が供給量を下回る状況になった。現在、北京のタクシーはおおよそ中心部で走っているが、近郊部にはタクシーがわずかに少量に分布し、郊外はさらにタクシーを見えない状況にある。つまり、自家用車の保有量が低く、鉄道交通の整備がほぼ伸びな

く、線路バスの普及が少なく、タクシーがほぼなくの郊外部には、トリップ環境が非常に不便な状況にある。

6.3 北京のトリップ状況

現在、北京の自動車消費はまだ交通発生量の大部分を占めている。この自動車消費の中に、乗用車だけでなく、タクシーおよびバスも含めている。乗用車とタクシーと比べ、バスは低公害車として、大割の旅客輸送量を担っている。鉄道交通が最も公害の低いトリップ手段として、近年から大幅に発展してきたが、まだ交通需要を満たせない状態になる。現在、日常の短距離トリップには乗用車トリップはやはり最も大きな割合を占めている。今後、地下鉄の便利性、快適性および魅力度の向上を期待されている。

6.3.1 トリップパターン

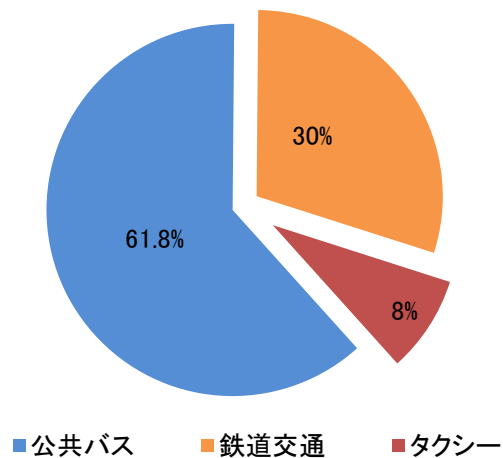
2012年、北京市内における日平均のトリップ発生量は延べ3033万人（徒歩含めなし）、前年より延べ160万人が増え、増加幅は5.6%である。

図表6-15 2012年北京の日平均のトリップ手段比較（延べ万人）

	線路バス	鉄道交通	乗用車	自転車	タクシー
トリップ発生量	826万	509	990	422	199
前年よりの増加量	15	114	42	-10	ほぼ同じ
トリップ割合	27.2%	16.8%	32.6	13.9%	6.6%

出所：北京交通発展研究センター

図表6-16 北京の公共交通機関の旅客輸送量の割合



出所：北京市交通委員会

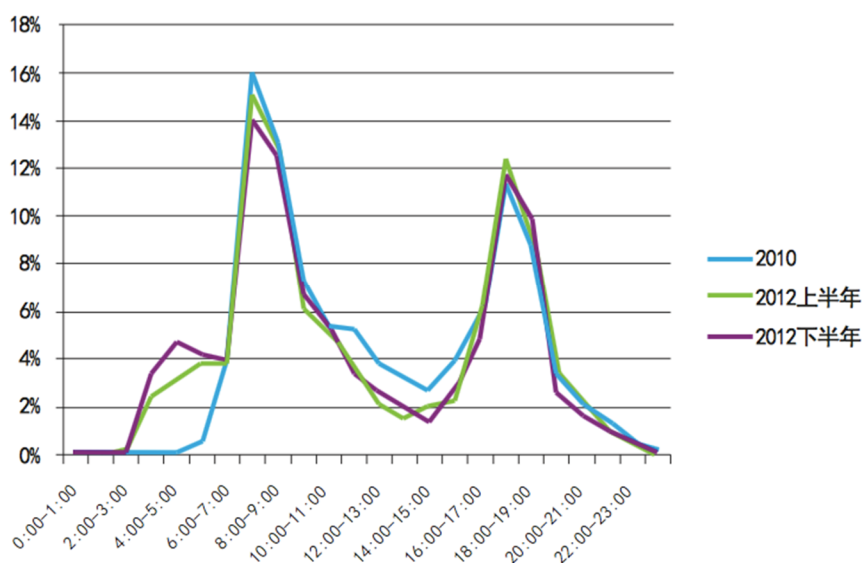
2012年には公共交通機関の旅客輸送量が延べ83.1億人、そのうち、線路バスは最も主要なトリップ手段として、旅客輸送量は延べ51.5億人、61.8%を占め、半分以上の輸送量を担った。その以外、鉄道交通は延べ24.6億人、29.8%を占めた；タクシーは延べ7億人、8.4%を占めた。

6.3.2 トリップの目的と時間帯

2012年には、通勤・通学トリップはやはり最も主要なトリップ目的、トリップ全種類の56.88%を占めた。しかし、生活的なトリップ（買い物、外食、娯楽など）は徐々に増えてきて、34.73%を占め、出迎え・見送りのトリップは7.37%を占めた。

時間帯では、通勤・通学トリップの時間帯は近年以来あまり変わらなく、おおよそ朝・夕方のピークに集まっている。その中、朝のピークの交通発生量は夕方より多い。2012年の朝のピーク（7時～9時）の交通発生量は全日の28%を占めた。

図表6-17 北京のトリップ時間帯の分布



出所：北京交通発展研究センター

北京のトリップ分布から見ると、目的はおおよそ通勤・通学、時間帯はおおよそ朝・夕方のピークに集中するという特徴が現れている。こうした移動者はトリップの時間費用を最も重視し、トリップの定刻性に対する要求は高いため、鉄道交通はこの通勤・通学トリップに対して最も適合な方式と認められる。しかし、図表6-14のように、2012年に運営中15本の地下鉄線路の中に、ピーク時の満載率が超負荷

(100%以上) 状態にあるのは 10 本、特に 15 番線はさらに 142%に達した。つまり、現在の鉄道交通の整備はやはりトリップ需要を追いつけない状況にある。

6.3.3 トリップ距離と時間の分布

トリップ距離の視点から見ると、2012 年には 0~5 キロの短距離トリップは最も多く、50%以上を占めた。図表 6-18 によると、上半期と下半期の分布はほぼ変わらない状態にある。つまり、北京住民の日常移動は短距離トリップを中心にして、交通発生量の割あたりがトリップ距離と反比例の関係を現れ、15 キロを乗り超えた後、この反比例の関係がさらに著しくなる。

図表 6-18 トリップ距離の分布

移動距離 (キロ)	<5	5~10	10~15	15~20	20~30	30~40	>40
2012 年上半期	54.4%	18.4%	11.5%	6.7%	5.6%	2.1%	1.3%
2012 年後半期	55.5%	17.0%	11.2%	6.6%	6.3%	2.2%	1.0%

出所：北京交通発展研究センター

トリップ時間では、図表 6-19 によって、2012 年にトリップ時間は最も長いトリップ手段は地下鉄、次は線路バス、3 番目は通勤バスであった。つまり、長距離トリップでは、低公害の地下鉄、線路バスなどの公共交通が最も主要なトリップ手段にされた一方、乗用車、タクシーなどの私的道路交通が主に短距離トリップ手段にされた。こうした私的道路交通が交通渋滞をもたらす最も重要な要因として、短距離トリップでは乗用車に中心すれば、さらに渋滞をもたらしやすい。しかし、こうした私的道路交通は便利性も快適性も公共交通より極めて高いため、住民のトリップ手段を転換することには、さらに公共交通機関の便利性と魅力度を向上する必要がある。

図表 6-19 トリップ手段の時間分布 (分間)

トリップ手段	徒歩	乗用車	地下鉄	線路バス	タクシー	通勤バス	通学バス	自転車
2012 年上半期	18	42	76	63	38	68	32	22
2012 年後半期	16	43	77	62	40	71	43	21

出所：北京交通発展研究センター

6.4 北京の道路渋滞状況

北京の道路網はおおよそ同心円のような環状線路を中心に、四方へ放射するネットワークを整備されたものである。現在までに6本の環状線路を整備し、第6環状線路以内の中心部と一部の近郊区は北京の主要地域と見なされる。本論では伝統的な分類方法によって、第6環状線路以内における道路ネットワークを東第2、3、4、5環状線路、南第2、3、4、5環状線路、西第2、3、4、5環状線路、北第2、3、4、5環状線路という諸線区に分ける（略称：東2、3、4、5環、南2、3、4、5環、西2、3、4、5環、北2、3、4、5環）。

6.4.1 交通量の分布

現在、北京における快速道路と幹線道路が主要な交通量を担い、特に第2、3、4番環状線路の日平均交通量が19万台以上。このうち、南2環と南3環は少しく下回り、それぞれ16.7万台と18.3万台である。ピーク時に東4環と北4環の交通量が最も多く、毎時間それぞれ19353台と19303に達する。

車種の割合から見ると、乗用車とタクシーが最も多く、次は線路バス、トラックおよびオートバイである。道路網全体において、乗用車とタクシーの割合がそれぞれ60.2%と13.4%を占めるが、第2、3、4番環状線路において、この二つの車両はさらに交通量の79%を占める。

図表6-20 2012年北京の道路交通量構造

線区	平均交通量（台）		交通量比率	
	全日	ピークの1時間	乗用車	タクシー
東2環	242884	16175	65.92%	19.60%
東3環	256345	16331	55.38%	20.78%
東4環	287654	19353	65.74%	12.44%
東5環	147815	7483	59.52%	4.78%
南2環	167247	10848	52.53%	10.88%
南3環	183290	9659	57.88%	15.72%
南4環	213740	13101	71.41%	7.69%
南5環	143532	7046	37.24%	0.58%
西2環	197163	12837	63.68%	20.02%
西3環	232626	11682	62.19%	16.62%
西4環	281243	17751	72.44%	10.84%
西5環	148341	10584	68.50%	3.26%
北2環	192265	11428	69.63%	18.99%
北3環	216395	15652	59.03%	20.10%
北4環	272593	19303	60.50%	18.45%
北5環	203361	11786	59.97%	4.52%

注：X環とは、第X環状道路の略称、以下同様。例えば、東3環は東3環状道路とさす。

出所：北京交通発展研究センター

6.4.2 交通渋滞指数

交通渋滞指数とはまだ交通運行指数（Traffic Performance Index, TPI）と呼ばれ、北京が初めて使う道路の渋滞度を測定する数値である。TPIの數位範囲は0～10であり、2数字ごとに一つの渋滞基準を表し、それぞれ円滑、大凡円滑、軽微渋滞、中度渋滞、深刻渋滞に対応する。数値が高くなければ、渋滞度が高くなるほどである。その数値は都市の道路ネットワークに走行車両の位置データを測定してから、さらに深くの統計・精算を通じて獲得したものである。

図表 6-21 TPI の分類基準

色 別					
渋滞度	円滑	大凡円滑	軽微渋滞	中度渋滞	深刻渋滞
渋滞指数	0～2	2～4	4～6	6～8	8～10

出所：北京交通発展研究センター

北京では市内における3万台以上のタクシーに載せるGPSを通じて、動態データが分析センターへ転送された後、まず車両の位置データを計算し、各道路の走行速度を獲得する。そして、道路の機能と交通量データで各道路の重要性を計算し、また調査員が各道路の渋滞度に対する知覚を加えて、0～10の基準値を作り上げることである。

2012年、平日の時に道路網の平均TPIは5.2、9月と12月には中度渋滞、2月には大凡円滑、以外の時間には軽微渋滞とあった。朝のピーク時に渋滞常態化の道路延長は219キロ、前年より110キロを増え、増加幅は84%；夕方のピーク時に渋滞常態化の道路延長は343キロ、前年より252キロを増え、増加幅は79%であった。図表6-22によって、常態化の線区がおおよそ幹線道路と快速道路にあった。前章に論述したように、近年から北京における幹線道路と快速道路は容量が拡大されつつあるため、さらに多くの車両が吸い込まれて、逆に交通渋滞をもたらしやすくなってしまふ。実際にはバイパスや街路の整備を中心にし、各目的地の交通流を効率的に分散するべきである。そうすると、道路網の渋滞を緩和できる一方、道路交通の便利性を向上することもできる。

図表 6-22 2012 年ピーク時の道路渋滞状況

	朝のピーク時		夕方のピーク時	
	渋滞距離 (キロ)	比率	渋滞距離 (キロ)	比率
快速道路	65	6.2%	91	8.7%
幹線道路	109	7.5%	171	11.8%
バイパス	44	0.6%	79	1.0%
道路網	219	2.1%	343	3.2%

出所：北京交通発展研究センター

6.4.3 他の自動車消費の負の外部性

(1) 排気ガス：2012 年に自動車消費にかかわる大気汚染の中に、CO は立方メートルごとに 1.4 ミクログラム；CO₂ は立方メートルごとに 0.05 ミクログラム；吸入性粒子状物質は立方メートルごとに 0.109 ミクログラムである。2012 年から、北京が国 5 の排気基準を実行し、37.7 万台の旧車を廃棄した。この旧車廃棄とともに、市内の CO、NO_x、炭化水素、および粒子状物質の排出量は 12 万トン減らした。

(2) 騒音汚染：2012 年に北京の交通騒音の分布では、都心部と郊外においてより小さく、それぞれ 67.5 デシベルと 67.8 デシベルが、周辺における第 4 環状線路から近郊部までの地域が最も大きく、69.8 デシベルに達した。総体から見ると、北京市内では多数地域の道路沿線騒音の差が大きい状態にある。

図表 6-23 2012 年北京の道路沿線騒音の分布

	2 環以内	2 環～3 環	3 環～4 環	4 環以外	近郊部	遠い郊外
平均騒音量 (デシベル)	67.5	68.0	69.5	69.8	69.7	67.7
平均道路交通量 (台/時間)	2767	4154	5127	3958	6113	1555

出所：北京市環境保護局

(3) 交通事故：2012 年には北京に 3196 件の交通事故が起こった。その中、死亡事故は 845 件、死亡者が 918 人、負傷者が 3615 人、万車毎の死亡率は 1.77 人であり、交通事故がもたらした直接の経済的損失は 3017.9 万元であった。

図表 6-24 2012 年北京の交通事故の分布

区域	発生件数	負傷者数	死亡者数	直接の経済的損失 (万元)
中心部	1295	1289	340	1227

郊外	1901	2326	578	1790.9
全市	3196	3615	918	3017.9

出所：北京市公安局交通管理局

6.5 小括

近年、中国における自動車の消費量が急増するとともに、自動車消費の外部性をもたらした社会問題は経済効率を損じるのみならず、住民の生活・健康に大きな影響を与えていた。自動車保有台数を推進するのはおおよそ自家用車、新車消費を推進するのはおおよそ乗用車である。しかし、近年には道路総延長と道路面積の成長率は上回っておいたが、自動車保有台数に対して道路整備がはるかに追いつかない状況にある。

北京の渋滞度と自動車保有台数がすべて中国全国の第1位であって、人口密度のように、自動車分布密度が都市の中心部から郊外へ徐々に降下する状況にある。近年から北京中心部における道路整備はほぼ向上していない一方、駐車料金が非常に低価である。道路交通インフラの整備は年々に増えつつあるものの、自動車保有台数の急増を追いつけない。現在、北京の自動車消費はまだ交通発生量の大部分を占めているが、この中、乗用車だけでなく、タクシーおよびバスも含めている。鉄道交通が最も低公害のトリップ手段として、近年から北京における鉄道整備向けの投資は増え続け、地下鉄は徐々に中心部から近郊部へ伸びつつあるが、まだ交通需要を満たせない状態になる。

北京の道路網は同心円のような環状線路を中心に、四方へ放射するものである。現在、北京における快速道路と幹線道路が主要な交通量を担い、特に第2、3、4番環状線路の日平均交通量が19万台以上。車種の割合から見ると、道路網全体において、乗用車とタクシーの割合が最も多く、特に乗用車は6割以上を占めている。TPIによって、渋滞常態化の線区がおおよそ幹線道路と快速道路にあった。交通渋滞の他、自動車消費の負の外部性をもたらす問題がさらに排気ガス、騒音汚染および交通事故を含めている。

第7章 北京の道路交通に対する施策と行動

北京は中国の首都として、道路混雑の問題は深刻な状態にあり、世界における多くの大都市と比べ、大きな差がある。しかし、近年から北京の道路混雑に対する管理は交通需要マネジメント方式を採って、行政な手段で市内の自動車消費、特に自家用車の購入・使用を規制している一方、公共交通機関に対する投資を大幅に増加してきた。それ以外、北京は現在、都市の中心部から近郊へ拡張しながら、政府部門・企業・公共サービス機関などの機能単位を近郊地域へ移行している。2016年には北京市政府が中心部以外の地域に引っ越すと見通されることは、ほかの機能単位の分散化に影響を及ぼすと望まれる。

7.1 自動車消費向けの行動

近年、北京における自動車保有台数が急増しているため、道路の整備が自動車消費の需要を満たせない状況にある。このため、北京政府が一連の自動車消費を規制する施策を打ち出し、市民の自動車購入・使用を抑えざるを得ない。この一連の施策を通じ、短時間で自動車保有台数の急増を抑制するようになり、行政手段をわたって道路混雑の悪化を緩和しておいた。

7.1.1 自動車使用の規制策と結果

2007年、北京オリンピックのテストイベント期間に、交通混雑・大気汚染などの自動車消費の負の外部性を抑制するため、北京は初めて「ナンバープレート走行規制」という施策を施行した。この施策を施行してから、北京市内における道路渋滞を緩和しただけでなく、排気ガスによる大気汚染も改善した。2008年には市内の走行車両は130万台を減少、排出ガスは5815.2トンを削減した。その後、道路混雑・大気汚染を抑制するため、こうしたナンバープレートの最後番号によって「走行規制」は踏襲されてきた。

走行規制の車両は2種類を分けている。第1種は政府部門および国有企業の公務車、規制時間はその日の24時間、規制範囲は北京市内における全ての道路である。第2種は第1種以外の車両、この種類の中にほぼ自家用車、規制時間はその日の7時から20時まで、規制範囲は第五環状道路以内における道路である。規制違反のドライバーが100元の罰金を課され、もとの道へ戻らせる。ただし、警察車・消防車・救急車などの緊急公務車、公共バス・タクシーなどの公共車両、新エネ車、および外国大使館車両は規制以外である。

図表 7-1 北京の「ナンバープレート走行規制」番号分布（最後番号）

期間	月曜日	火曜日	水曜日	木曜日	金曜日
2014年4月14日～2014年7月12日	5と0	1と6	2と7	3と8	4と9
2014年7月13日～2014年10月11日	4と9	5と0	1と6	2と7	3と8
2014年10月12日～2015年1月10日	3と8	4と9	5と0	1と6	2と7
2015年1月11日～2015年4月10日	2と7	3と8	4と9	5と0	1と6
2015年4月13日～2015年7月11日	1と6	2と7	3と8	4と9	5と0
2015年7月12日～2015年10月10日	5と0	1と6	2と7	3と8	4と9
2015年10月11日～2016年1月9日	4と9	5と0	1と6	2と7	3と8
2016年1月10日～2016年4月10日	3と8	4と9	5と0	1と6	2と7

出所：http://www.haoyun56.com/xue/xianxingbj/；http://www.bjjtgl.gov.cn/zhuanti/10weihao/index.html

7.1.2 自動車購入の規制策と結果

北京の道路渋滞を解消するため、北京市政府が2010年12月に「さらに首都交通科学発展を推進、交通渋滞の解消を強化する事業に関する意見」¹（北京交通マネジメント28弾と略称）を発表した。この意見において、基準・管理・整備・規制という4つの面で交通渋滞にかかわる施策を含めている。その中、第19弾には、ナンバープレートの抽選を通じて、乗用車保有台数の成長を抑制することを明らかにした。

2011年、北京市政府は毎年乗用車の新規登録台数は24万台、毎月2万台まで制約した。新規登録指標には自家用車が88%、商用車が2%、公務車が10%占める。購入資格を備える消費者が政府部門に申請した後、毎月の26日にナンバープレートの抽選を行う。ナンバープレート指標を獲得した申請者が6ヶ月以内に新車登録の手続きを完了しなければ、その指標が無効になり、繰り返して申請段階に流れ入った。抽選した後、ナンバープレート指標を獲得しない申請者が自動的に翌月の抽選に流れ入った。

自動車購入規制を通じ、2011年から北京の自動車新規登録比率が明らかに減少、2010年の19.7%から2011の3.6%まで降下し、2012年までには4.4%になった。その中、自家用車の新規登録比率が特な顕著である。自動車を購入する希望者が多くなればなるほど一方、ナンバープレートの指標が増えないから、抽選あたりの比率は年々に降下しつつある。2011年の申請者が21万人であったが、2015年4月には235.6万人になった。抽選あたりの比率は最初の10：1から現在の172：1になった。したがって、北京で自動車を購入することはますます

¹ 中国語で「关于进一步推进首都交通科学发展加大力度缓解交通拥堵工作的意见」

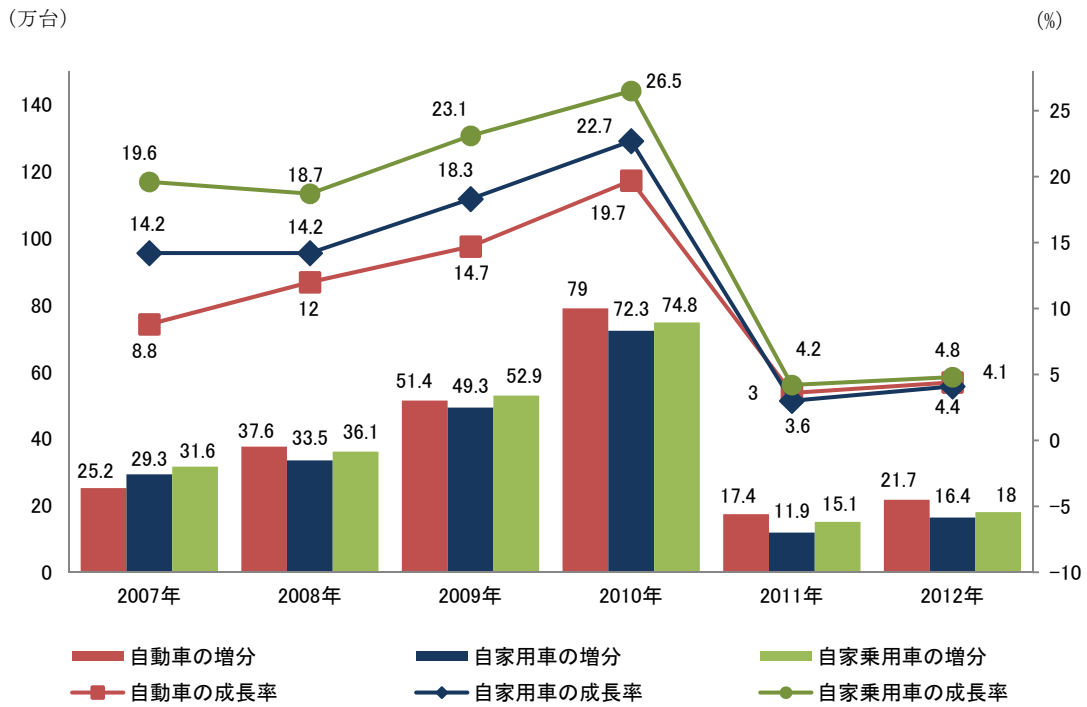
難しくなり、購入規制が自動車保有台数の成長に対して、効率的な抑制することになった。

図表 7-2 「北京交通マネジメント 28 弾」の内容構成

<p>(一) さらに都市計画を改善、中心部の機能と人口を分散。</p>	<p>1. 都市の機能分布を最適化。 2. 交通の牽引とサービスの役割を十分に発揮。 3. 交通インフラ計画を全面的に実施。</p>
<p>(二) 道路インフラの整備事業を強化。</p>	<p>4. 都心部の幹線道網整備を全面的に推進。 5. 都心部の道路循環システム整備を強化。 6. 都心部で公共駐車スペース5万ヶ所を整備。 7. 地域柄に合わせて基礎駐車スペース20万ヶ所を整備。 8. 国の高速道路網・市の幹線道路網を全面的に整備。</p>
<p>(三) 公共交通の発展を優先に強化、公共交通トリップを激励。</p>	<p>9. 中心部の鉄道交通整備を加速。 10. 既存の鉄道交通安全・運営・サービスインフラを改善。 11. 快速通勤の公共交通ネットワークを建設。 12. さらに地上公共交通線路網を最適化。 13. 総合的旅客輸送ターミナルとバスステーションの整備を加速。</p>
<p>(四) 自転車・徒歩の交通システム、パーク&ライド条件を改善、「グリーントリップ」を提唱。</p>	<p>14. 駐輪場1000ヶ所、5万台以上規模の公共自転車サービスシステムを整備。 15. 積極的に小中学校スクール・バスを促進、通勤バスを激励。 16. 駐車スペース3万ヶ所以上のパーク&ライド専用駐車場を整備。 17. 現代交通・文明交通の啓発活動を展開。 18. テレビ会議と機動的出勤制を提唱。</p>
<p>(五) 自動車マネジメントを強化、使用方法を牽引。</p>	<p>19. 乗用車保有台数を抑制、自動車の急増トレンドを緩和。 20. ピーク時に走行規制の施策を継続に実施・改善。 21. 自動車ユーザーに使用費用を担わせ、都心部の交通量を削減。</p>
<p>(六) 科学的管理を強化、近代的交通マネジメントと運輸サービスを改善。</p>	<p>22. 継続に道路交通を円滑化、既存道路容量を回復。 23. 新たなスマート交通マネジメントシステムを整備。 24. 交通秩序マネジメントを強化。 25. 駐車場の秩序・経営マネジメントを強化。 26. 交通情報伝達・予報システムを整備、緊急措置を強化。 27. さらに交通管理制度を改善、職務責任を着実。 28. 交通渋滞解消業務を監督・評価内容に導入。</p>

出所：「さらに首都交通科学発展を推進、交通渋滞の解消を強化する事業に関する意見」2010年12月23日。

図表 7-3 北京における自動車の成長推移

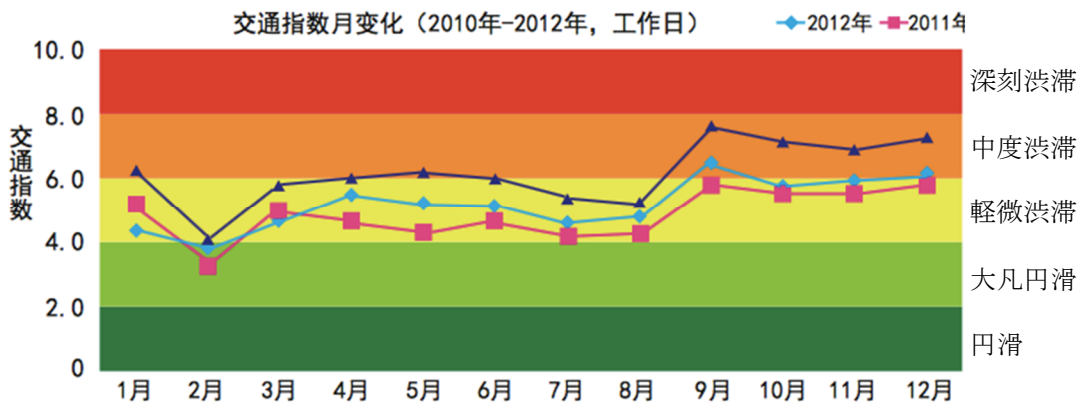


出所：北京交通発展研究センターの公開したデータに基づき、作成。

7.1.3 交通渋滞の緩和

北京は走行・購入規制を通じ、それぞれ自動車の使用と保有台数に対して抑制効果になった。こうした行政方法は短時間以内で道路渋滞を解消することができる。2012年のデータから見ると、平日のTPIが5.2、2011年の4.8より8.3%上昇したものの、2010年の6.1と比べ、14.8%の降下が達した。

図表 7-4 平日のTPI推移



出所：北京交通発展研究センター

しかし、2012年と2011年のデータ比較から見ると、日平均の深刻渋滞と中度渋滞の時間が2011年より各自10分間を増え、軽微渋滞がさらに30分間を増えた。一方、大凡円滑の時間が40分間を減らし、円滑の時間が10分間を減らした。その中、補充幹線道路とバイパスでの渋滞程度が大幅に増加した。なぜならば、近年の北京区内新規道路整備は主に近郊地域に集中し、都心部の道路交通整備はおおよそ既存道路容量を拡大する作業に集中していたため、キャピラリーのような補充幹線道路とバイパスに対する整備は極めて不足である。また、都心部道路網の低密度は北京区内における既存の空間占用・分化などの従来要因もあり、道路渋滞を解消するため、都心部に自動車の使用・保有を抑制しかできない。

図表 7-5 北京における道路平日平均速度 (km/h)

時間帯	道路種類	2010年	2011年	2012年	2012年 /2011年	2012年 /2010年
朝のピーク時	急速道路	35.1	35.6	35.5	1.1%	-0.3%
	主要幹線道路	22.2	23.4	23.3	5.0%	-0.4%
	補充幹線・バイパス 道路網	20.1	25.2	24.2	20.4%	-4.0%
夕方ピーク時	急速道路	30.2	31.2	30.6	1.3%	-1.9%
	主要幹線道路	19.7	21.5	21.4	8.6%	-0.5%
	補充幹線・バイパス 道路網	18.3	23.3	22.2	21.3%	-4.7%
		21.2	24	23.5	10.8%	-2.1%

出所：北京交通発展研究センター

7.2 交通機関の整備とトリップ方式の転換

自動車の交通流を円滑にすることにより、交通渋滞が緩和され、走行速度が増し、私的費用の低減と排気ガスの排出量削減につながることである。近年から、北京が区内における道路・駐車場および公共交通機関の整備に対する投入に力を尽くしてきた。特に市内の地下鉄は近年から大幅に発足しており、おおよそ中心6区の地域をカバーする地下鉄ネットワークが整備されておいた。公共交通インフラ、特に地下鉄の整備とともに、公共交通の便利性が向上になり、移動者の中に公共交通を利用する割合が徐々に増してきた。

7.2.1 都心部道路インフラの整備

北京都心部(中心6区)には歴史上の原因で都市空間に対する既存の占用・分

化は根強いいため、新規道路の整備空間が極めて限られている。それ以外、集合住宅が主要な居住形式として、道路インフラの整備を大きな制限を与えることになった。日本では独立的マンション・一戸建てを居住の基本単位としているが、中国では集合住宅を居住の基本単位としている。集合住宅の中には常に複数のマンション、内部道路、駐車場、及びガーデンプラザなどの生活施設を備えている。こうした集合住宅は大量の公共土地を占用し、クローズド式管理を行い、内部道路が公共道路に繋がらないため、外部の車両は住宅地域を通り抜けられない。

また、北京の都心部では多くの政府・企業部門、及び大学などの研究機関が集中しており、こうした社会機能部門が集合住宅のように大量の公共土地を占用し、クローズド式管理を行っている。外来車両・人間が占用地域を通り抜けられない。

図表 7-6 北京都心部（中心 6 区）の道路状況

年度	道路総延長 (km)	前年比 (%)	道路面積 (万 m ²)	前年比 (%)
2005 年	4073	-	7437	-
2006 年	4380	7.5	7632	2.6
2007 年	4421	0.9	7632	0
2008 年	6143	39	8940	17.1
2009 年	6204	1.0	9179	2.7
2010 年	6312	1.7	9395	2.4
2011 年	6258	-1	9164	-2.5
2012 年	6271	0.2	9236	0.8

出所：北京市交通委員会路政局の公開したデータに基づき、作成。

したがって、都心部における多くの社会部門と集合住宅が都心部の土地を占有することは、区内の道路網の整備に大きな影響を及ぼしている。図表 7-6 によって、2008 年北京オリンピックの交通需要のため、2007~2008 年に北京市政府が一部の既存占用を触れ、道路インフラの供給を強化したものの、その後、区内の道路整備が大幅に増すことがなかった。

7.2.2 駐車場整備と駐車状況

北京都心部の駐車場整備が道路整備と同様な状況に直面している。現在、都心部において、開発可能な土地が非常に限られるため、駐車場の整備が明らかに不足、推進速度が緩慢である。都心部と比べ、近郊が都市発展新区として、

区内の駐車場整備が大幅に推進されておいた。北京の自動車使用・保有台数が中心部から周辺部へ次第に減少しつつという分布によると、近郊はその中間位置における。しかも、大量の開発可能の土地が近郊で駐車場整備の条件となる。ただし、遠くの郊外地域は生態涵養発展区として、当地の自動車保有台数とも使用率とも高くなくで、大幅な駐車場整備の要因が備えない。

図表 7-7 北京市における駐車インフラ整備の推移（箇所）

	2010年		2011年		2012年	
	駐車場	駐車スペース	駐車場	駐車スペース	駐車場	駐車スペース
首都機能核心区	1143	193534	1204	200672	1223	201622
都市機能開発区	3361	947151	3575	990436	4003	1094756
都市発展新区	779	206461	764	220506	787	244525
生態涵養発展区	143	31632	172	33129	187	41932
合計	5471	1394495	5787	1471427	6273	1611372

出所：北京市交通委員会運輸管理局

また、都心部の駐車場整備が不足、および違法駐車に対する処罰強度が欠しているため、違法路上駐車が普遍化になってきた。北京交通発展研究センターの夜間駐車に対する調査によって、3割の駐車は違法駐車である。しかも、夜間駐車はおおよそ長時間駐車であり、瞬間駐車を含めない。したがって、瞬間駐車を含める昼間駐車には違法駐車の影響がさらに高いと考えられる。

前章でTDM東京行動プランに対する分析によって、渋滞を引き起こす原因の一つとして、路上駐車がある。車の到着地をコントロールすることはTDMの基本であり、その役割を担うのが駐車場の整備と管理である。東京は都心の混雑地で駐車を調整する誘導策や違法駐車防止のための駐車マネジメントの推進に努めていた。一方、北京は現在の違法駐車に対する管理はまだあまりにも不十分であるため、本来の駐車場整備が車両保有・使用に対応できない上で、空き有料駐車場が大量に存在し、違法路上駐車が普遍化になることをもたらした。例えば、最近の調査によって、平日に中関村地域には毎日の違法駐車が800台以上ものの、空き駐車スペースが5000ヶ所あり、翠微商圈には毎日の違法駐車が約1000台ものの、空き駐車スペースが2700以上ある。

2015年5月、北京市人代常務委員会が2016年に「北京市自動車駐車条例」を提案することを発表し、「車両購入の前に駐車を有すること、駐車場に駐車すること、駐りに料金を課すこと、違法駐車が罰を受けること」という取り組

みによって内容を制定する。しかし、駐車マネジメントは駐車場整備のみに頼れば不十分であり、ずさんな処罰の強化を通じて、既存の駐車場を効率的に使用することも需要だろうと考えられる。

図表 7-8 北京の夜間駐車割合の推移

	2010年 (%)	2011年 (%)	2012年 (%)
住宅地駐車場	56.6	45.7	41.0
住宅敷地違法駐車	23.4	31.2	39.1
公共駐車場	1.1	6.6	4.2
路上駐車 (合法)	2.1	5.3	4.9
路上駐車 (違法)	3.3	9.2	8.3
通勤先駐車場	9.9	1.6	2.0
その他	3.6	0.4	0.5

出所：北京交通発展研究センター

7.2.3 公共交通機関の整備

2008 北京オリンピックの交通需要を応じるため、北京市は道路整備の以外、地下鉄などの公共鉄道交通機関の整備も推進した。道路整備と異なり、北京市はオリンピックのきっかけで、鉄道交通の整備を加速してきた。北京市インフラ施設投資会社のデータによって、2009~2011 年の間に、鉄道交通整備に対する投資は 300 億元前後を維持していた。2012 年には 400 億元を超えた。

2014 年末までに、北京市は地下鉄を中心としての鉄道総延長は 524.2km、駅数は 318 ヶ所、運営線路は 18 本である。現在、また 4 本の線路が敷設中、それぞれ西郊線、16 番線、燕房線、S1 線。この 4 本の線路は 2016 年に開通すると見込まれる。2015 年には 4 本の線路が敷設開始、それぞれ 3 番線、12 番線、17 番線、19 番線、2020 年以前に開通すると見込まれる。また、9 本の線路が敷設計画中、それぞれ 18 番線、11 番線、20 番線、21 番線、東 4 番環状線、玉泉路線、新空港線、R1 番線、14 番西延長線。これら計画中の線路が 2020 年に敷設開始、2023 年に開通すると見込まなれる。

大都市ではバスが自動車より低くの外性を備えるものの、速度と快適性などの制限があるため、長距離の公共交通として、便利性が低い。東京交通モデルの経験から見ると、公共鉄道交通はアジア大都市の交通状態にさらに合わせると分かる。バスと比べ、鉄道が更な快適性を備えるため、さらに移動者の時間費用を節約することである。東京の鉄道ネットワークがメトロ・電車・ライトレールという立体的なシステムを組み合わせている。一方、前述の

ように、北京では既存の空間占有があるため、電車・ライトレールの整備は非常に困難で、鉄道交通の整備は地下鉄を中心にせざるを得ない。

近年から北京メトロの発展速度から見ると、将来に北京の鉄道交通が主要な公共交通機関となるため、都市のトリップ方式が現在の自動車中心の道路移動から、徐々に鉄道移動へ転換しようと思込まれる。

図表 7-9 北京地下鉄整備の推移 (2016 年以降は敷設中)

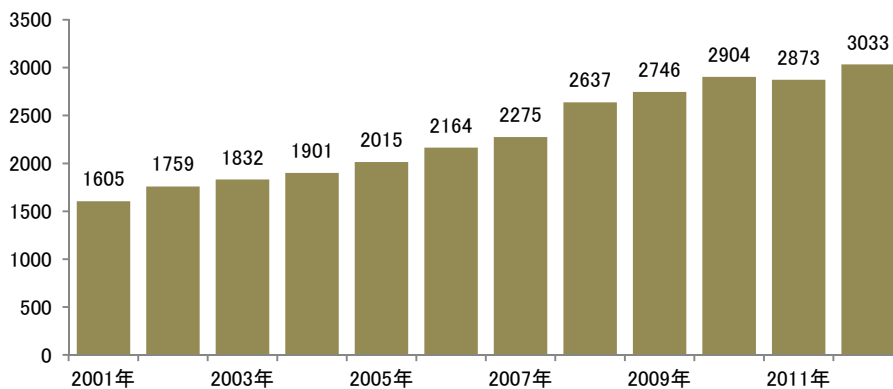
年度	総延 (km)	駅数 (箇所)	線路数 (本)	年度	総延 (km)	駅数 (箇所)	線路数 (本)
1971 年	54.1	41	2	2012 年	473.3	282	16
2002 年	95	57	3	2013 年	500.5	299	17
2003 年	114	70	4	2014 年	524.2	318	18
2007 年	141.6	93	5	2016 年	565.1	344	21
2008 年	253.4	159	8	2017 年	589.1	380	22
2009 年	281.6	183	9	2018 年	624.2	407	23
2010 年	414	243	14	2019 年	696.3	437	25
2011 年	430.5	256	15	2020 年	720.3	458	26

出所：北京市インフラ施設投資会社、ウィキペディアのデータを基づき、作成。(https://zh.wikipedia.org/wiki/北京地铁)

7.2.4 市民トリップ方式の転換

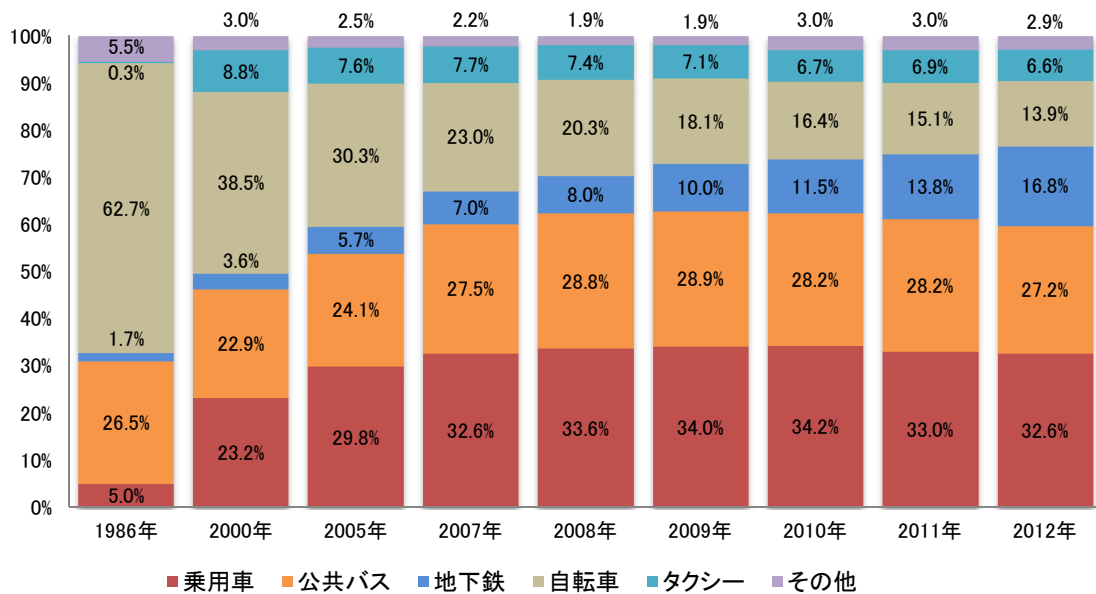
経済発展と都市化の加速とともに、北京市の人口数が継続に増加しているため、近年、北京区内の旅行総量が増加傾向を維持している。2001 年にの毎日延べ 1605 万人と比べ、2012 年には毎日延べ 3033 万人、10 年間ほぼ 2 倍増となった。区内の旅行総量の急増も交通渋滞をもたらす一つの原因である。

図表 7-10 北京区内旅行総量の推移 (延べ万人/日)



出所：北京交通発展研究センター

図表 7-11 北京区内トリップ方式構造の推移



出所：北京交通発展研究センター

トリップ方式比率から見ると、2007年の前に自動車保有台数が年々に急増、及び地下鉄などの公共交通機関の整備が緩慢に増加していたため、公共交通トリップの割合変化が明らかではなく、自動車トリップが本来の自転車トリップを取り替えた。2007年以後、鉄道交通整備の加速と自動車走行・購入の規制とともに、自動車トリップの割合が安定化になり、自転車トリップが継続に降下する一方、地下鉄トリップの割合が急増してきた。2020年までに北京の鉄道交通総延長が720kmに達すると見込まれ、東京鉄道交通の3474km総延長と比べ、まだ大きな差があるが、現在北京のトリップ方式が徐々に公共鉄道交通を中心にするアジア交通モデルに移行している。

図表 7-12 北京鉄道交通の旅客輸送量推移 (延べ万人)

年 度	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年
年の輸送量	70306	65493	121660	142268	184645	219280	246162
毎日平均輸送量	193	179	332	390	506	601	673

出所：北京市交通委員会運輸管理局

7.3 都市機能空間の再計画

北京は中国の首都として、多くの政府部門、企業、大学、研究機関及びデパートなどの社会機能部門が都心部（中心6区）に集中するとともに、ますます

都市の空間を押し出ししながら、都市機能地域となってきた。前述のように、こうした社会機能部門が大量の土地を占有しているため、道路・公共交通機関の整備がボトルネックに直面している。いかに集中する機能部門を分散し、副都心を打ち出すことは、現在、中国の学术界においては激論中の課題である。

7.3.1 既存の都市構造

現在、北京区内の都市構造が同心円式で組み立て、主な機能部門が第6環状道路以内の首都機能核心区（東城区・西城区）と都市機能発展区（朝陽区・海淀区・石景山区・豊台区）以内に集中している。この二つの地域の面積が北京区内面積の8.34%を占めるものの、区内人口の59.33%を集めている。加えて公共交通機関の利便性・快適性がまたトリップの需要に満たせないため、自動車の保有・使用もおおよそこの二つの地域に集中している。こうした単中心の都市構造が都心部の道路渋滞を齎しやすいため、都市規模の拡張するとともに、交通需要の極限を超えて、都市の発展が極めて悪影響を及ぼすことになる。

前述のように、現在北京の移動目的の中に通勤・通学が56.88%を占めて、移動の時間帯がおおよそピーク時に集中しているため、通勤・通学時間帯の交通渋滞が非常に深刻な状態である。北京都心部が多年の発展を経て、都市構造が固定化した一方、区内のモータリゼーションがこのような構造地域に発展して、固定化の都市地域が新興の自動車消費需要に対して、十分な道路空間を備えないにしたがって、道路渋滞問題がますます深刻化になることである。

TDMの視角から見ると、小規模都市にとっては単中心・コンパクトな機能分布が土地、資源を節約することができ、適切な組み立てである。北京のような大都市には、副都心と交通ルートの組み合わせる都市計画が将来の持続可能な発展モデルとなる。しかし、北京従来の発展モデルは都心部を中心にして、徐々に周辺部へ拡張する様式であり、主要な商業・金融・行政部門が通勤目的として、おおよそ3番環状道路以内に集中するため、通勤時間帯の渋滞がますます深刻化させる。さらに、2番環状道路以内には北京区内30%の交通量が6%の面積に集中し、交通量の空間分布が非常に不均衡である。

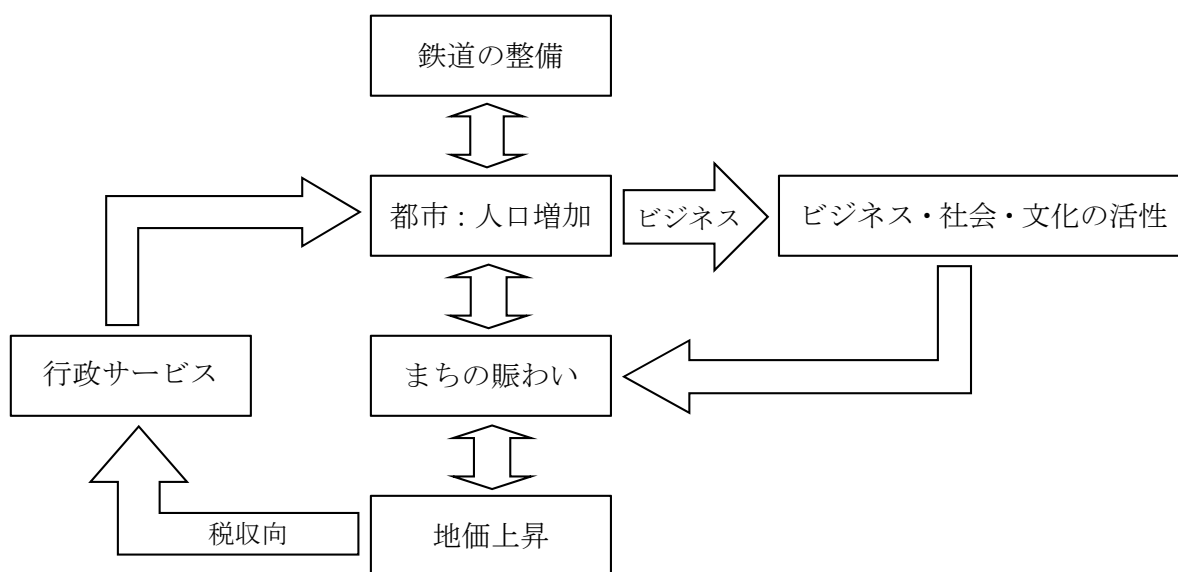
実は現在、北京区内に二つの副都心が形成しており、すなわち中関村と国貿CBDである。しかし、こうした副都心はまだ商業機能レベルにあり、交通機能の潜在力の掘り起こし、都市計画観念の転換が望まれている。具体的には、鉄道駅と都市の「共発展」構造を導入して、再び戦略的な計画を打ち出すことである。

7.3.2 鉄道駅と都市の「共発展」構造

鉄道駅と都市の「共発展」構造は土井勉氏が2008年に掲げた概念であり、以下には土井勉氏の議論を引用して、鉄道駅と都市の「共発展」構造を論述する。

産業革命の後期に登場した鉄道は、大量の物資と人を都市に運び込むことによって、都市における産業基盤を強固に形成するとともに、近代的な都市型のライフスタイル形成にも大きく寄与することになった²。まさに、都市と鉄道駅とは共に発展することになったのである。すなわち、鉄道の整備により都市圏の拡大が可能となり、大量の人々が定常的に都市へ流入することとなった。その結果、都市の人口が増加し、増加した多くの人々に対するサービスなど様々な事業所の立地も促進される。人々が集まることにより、まちの賑わいが進展するわけである。

図表7-13 鉄道と都市の「共発展」構造



出所：土井勉「鉄道駅とまちづくり」2008：p102

まちの賑わいが盛んになることにより、事業機会や利便性を求めて様々な事業者や人々が都市に集まることになる。都市空間は限定されているから、地価

²土井勉「鉄道が築いた都市」北村隆一編著『鉄道でまちづくり豊かな公共領域がつくる賑わい』pp.9~36学芸出版社2004

は上昇を続ける。行政から見れば都市活動による税収の向上や地価の上昇による固定資産税の増収など、財源かが豊かになる。豊かになった財源をもとに、都市基盤整備や産業政策や福祉政策、文化政策など、様々な行政サービスの向上が可能となる。

また、鉄道整備が進み都市に人口が集積することは企業にとっては、消費者や労働力の増加を意味することであり、ビジネスチャンスの拡大となる。こうした諸活動の活性化によってビジネスだけでなく、様々な経済的・社会的・文化的な活動も活性化する。こうした活動が活性化することによって、まちの賑わいも更に進展する。都市が発展を続けると人々の動きも活性化し、人の活動も多様化し、大量化する。そして鉄道利用者も増加し、鉄道のサービスも充実することになる。

以上のように、鉄道による輸送力の拡大は都市の発展を促進し、都市の発展は鉄道の発展を促すことになる。あたかも生物が相互に依存しあうことで持続的に成長することを意味する「共発展」するかのように、鉄道と都市においても「共発展」構造が存在し、鉄道と都市が共にスパイラル・アップ的に発展してきた。その結果、都市の中心的な駅や乗降者数の多い駅には駅前の繁華街、駅前商店街が形成されることになった。こうした駅前の商店街の形成・発展の背景には、鉄道沿線における住宅地の開発などによる人口の集積が進み、鉄道沿線を生活圏とする多くの人々が存在するからである。鉄道沿線における様々な事業の展開がこうした人口の定着をもたらした。

7.3.3 北京の都市構造再計画の展望

2005年以来、北京市政府が新興地域に対する計画と整備を推進してきた。2005年に発表された「北京都市総合計画（2004～2020年）」において、新たな都市開発戦略を打ち出し、11ヶ所の新興地域を開発することを明らかにした。その中、通州、順義、亦庄が未来向けに三つの重点地域である。この10年間に、北京市政府が公共サービス施設向け投入の50%以上の分が新興地域に集中している。異なる地域ポジションと環境状況によって、それぞれ新興地域が将来、北京都心部における一部の機能部門を受け続けていく。

2015年3月、中央政府が「北京・天津・河北共同発展計画綱要」（京津冀一体化と略称）を公布して、北京単一都市開発の範囲を乗り越え、もともと北京における社会機能部門を河北と天津に移行しながら、こうした地域における産

業構造を協調化させ、北京・天津・河北を中心としての都市圏を打ち出すことを目指している。

2015年7月10～11日に開催した第11期中共北京市委員会第7回会議では、「北京・天津・河北共同発展計画綱要」のロードマップとスケジュールを制定した。北京副都心の開発は主に二つの役割を目指し、すなわち都心部の人口と社会機能の分散と地域発展の活性化。

国際経験から見ると、常に世界大都市が快速に発展するに伴い、混雑・汚染などの交通問題が現すことである。副都心の開発を通じて交通問題を解消することは多くの都市の対応策であり、東京・ソウル・パリ・ロンドンはこの例である。将来、北京は首都機能核心区と都市機能開発区における一部の企業・社会サービス機関などの機能部門を都市発展新区と生態涵養発展区へ移行し、まさに副都心を打ち出すことを望まれる。

7.4 ロードプライシング導入の検討

現在、北京の交通渋滞問題に対して、多くの研究者がロードプライシングを導入しようと検討している。ロードプライシングとは、Pigou の理論のように、政府が価格調整メカニズムと通じ、自動車消費を抑制する手段である。しかし、Coase がこうした課金方式を批判しておいた。自動車移動者に対してロードプライシングを課せば、自動車消費のもたらす負の外部性が抑制されるものの、私的費用の向上を通じて社会的費用を降下することが自動車移動者の利益を損し、社会公平性に影響を及ぼすものである。しかも、政府部門がロードプライシングを導入する際に、常に作業技術、社会の認可、収入の用途などの面からの障害を直面しなければならない。

7.4.1 作業技術

作業技術の障害が主に二つの面があり、課金技術と測量方法である。まず、道路渋滞を生じる特定地域を囲むラインをコードン線と言い、車両がこのコードン線を超えて入域する時、課金させる。しかし、こうした課金方法が新たな実施費用を加え、道路容量を降下させるリスクがある。現在のハイテクと通じて、こうしたリスクを削減できる。例えば、東京が 2000 年にロードプライシング導入について、ETC 技術を応用したシステムによるコードンプライシング方式を想定していた。だが、ハイテクの使用が高くの実行・維持・監督のコストをもたらすことである。

また、渋滞度に対する測量にも障害がある。ロードプライシングの導入が移動者の線路・時間弾力性に大きな影響を及ぼすため、課金額が異なる時間帯とコードンによって継続に調整する必要がある。一旦、課金額の基準が渋滞度に合わせなければ、逆に道路容量の利用率がロードプライシングを導入する前より低い状態になる可能性がある。

7.4.2 社会的認可

ロードプライシングを導入することは、私的トリップ収益を降下させ、私的トリップ収益が社会的費用より低い移動者は従来のトリップを放棄しよう強いられる。国際経験から見ると、こうした人間が常に中低所得者。ロードプライシングがこのグループの日常生活に対して大きな影響を与えるため、社会的認可が非常に低く、多くの市民が拒んでいた。Peter Jones氏は1998年に市民が公共サービスに対する反応を調査し、ロードプライシングの反対原因を集めておいた。例えば、自動車移動者自身も被害者、課金コードン以外の車両増加、別の形での課税、社会公平性の欠乏などの議論がある。

それ以外、ロードプライシングがプライバシーに対しても負の影響を及ぼす。Keong氏(2002)によると、ETC技術を応用したシステムは自動車移動者のプライバシーを損じた。課金方式によって、政府部門が課金者の移動情報を握り、移動者の行為を監視するツールになる可能性がある。

7.4.3 課金の使途

ロードプライシングが移動者のトリップ収益を損するが、課金の収入額が移動者トリップ収益の減少額(第4章に図表4-1a)より、 P_2P_3 部分)を乗り越えるため、カルドア・ヒックス効率(Kaldor-Hicks efficiency)が実現した。つまり、移動者の私的トリップ収益が損失を受ける時、政府部門が課金の収入を通じて被害者に償った後、一部の剰余価値が残れる。したがって、二つの収入使途問題が現した。

まず、被害された移動者の範囲と損失度に対しての測定が困難である。中間所得層のロードプライシングによる弾力性が最も大きいによって、このグループが課金を避けるために移動の路線・時間、および方式を転換するように促す。しかし、中間所得層がこうした転換で受けた損失を測定することが非常に難しいである。次の難点は補償度と補償方式である。政府部門が公共サービス機関として、課金の使途には社会利益を最大化するのを原則とするべきが、実施の時には異なるグループの使途選好を調和することが非常に難しいである。

7.4.4 ロードプライシングの国際経験

2000年、東京は「TDM（交通需要マネジメント）東京行動プラン」の中にロードプライシングの導入を明らかにしたが、社会的認可の原因で、今までも実施してない。実践経験から見ると、ロードプライシングの導入に成功した都市がわずかにロンドン、シンガポール、およびストックホルムなどの少数の都市である。ストックホルムの人口が90万以下、シンガポールの総面積が700平方キロだけで、小規模都市の状況が北京のような大規模都市に対して、比較可能性が低いと考えられる。しかし、ロードプライシングの導入に成功した「ロンドンモデル」は、2000年ロンドン市長選挙の時に立候補者 Libbin Stone 氏が選挙公約の中にロードプライシングの導入をまさに書き込み、市民が投票の形で決定する。Libbin Stone 氏が市長を当選した後、選挙公約の通りに2003年にはロードプライシングを導入した。つまり、ロンドンの導入成功は社会的認可を獲得した後、実施したものである。逆に、2005年にイギリスのエディンバラにおいて、市政府がロードプライシングの導入を明らかにしたが、市民の強い反対で、放棄せざるを得なく、東京の状況と同じである。

7.5 小括

近年、北京における道路の整備が自動車消費の需要を満たせない状況にあるため、北京政府が一連の自動車購入・使用を抑える施策を打ち出した。その中、ナンバープレートによる走行規制と新規車両ナンバープレートの抽選施策は最も注目されている。

一方、近年から北京が区内における道路・駐車場および公共交通機関の整備に対する投入に力を尽くしてきた。したがって、市内の地下鉄は近年から大幅に発足して、公共交通の便利性を向上しておいた。しかし、駐車場や道路などの自動車消費にかかわるインフラの整備について、都心部における開発可能な土地が非常に限られるため、推進速度が緩慢である。多くの政府部門、企業、大学、研究機関及びデパートが都心部に集中し、土地を占有しているため、道路・公共交通機関の整備がボトルネックに直面している。

TDMの視角から見ると、北京のような大都市には、副都心と交通ルートの組み合わせる都市計画が将来の持続可能な発展モデルとなる。しかし、北京従来の発展モデルは都心部を中心にして、徐々に周辺部へ拡張する様式であり、主要な商業・金融・行政部門が通勤目的として、おおよそ3番環状道路以内に集

中するため、通勤時間帯の渋滞がますます深刻化させる。一方、生物が相互に依存しあうことで持続的に成長することを意味する「共発展」するかのよう、鉄道と都市においても「共発展」構造が存在し、鉄道と都市が共にスパイラル・アップ的に発展することができる。将来、北京副都心の開発は主に二つの役割を目指し、すなわち都心部の人口と社会機能の分散と地域発展の活性化。

現在、ロードプライシングを北京に導入する検討が目立っている。政府が価格調整メカニズムと通じ、自動車消費を抑制する手段として、自動車消費のもたらす負の外部性が抑制されるものの、私的費用の向上を通じて社会的費用を降下することが自動車移動者の利益を損し、社会公平性に影響を及ぼすものである。しかも、政府部門がロードプライシングを導入する際に、常に作業技術、社会の認可、収入の使途などの面からの障害を直面しなければならない。

第8章 交通モデルの国際比較と「東京モデル」

世界大都市ごとに各自の環境特徴が備えるため、長時間で各自の交通状況を備えている。したがって、都市管理者たちが当地における交通状況を基つき、異なる交通施策を制定し、様々な交通モデルになった。北米、西欧、およびアジアにおける都市が人口状況・都市規模・自動車保有・トリップパターンなどの面に大きな差がある。しかし、中国と日本はともにアジア大国として、多くの面に共通点があって、比較可能性が高い。東京はアジアにおける代表的な都市として、交通渋滞の緩和に成功し、多くの直面した問題は現在の北京にも存在している。東京の交通マネジメント法を分析、北京との比較を行うことは、北京などのアジア新興モータリゼーション都市にとって、欠点を見出し、かつ未来を見通すことができる。

8.1 世界主要な交通モデル

100年以上の発展とともに、多くの世界大都市が特徴的な交通モデルが備えておいた。都市の交通モデルは経済発展、地理状況、空間構造、交通インフラ整備、および市民のトリップパターンにかかわるため、交通モデルは地域性を有する。北米では自動車トリップが主な移動手段、西欧における多くの大都市では自動車と公共交通トリップは両立である。アジア都市の地方特徴によって、公共交通トリップを中心にする交通モデルが最も適切である。したがって、こうした三つの交通モデルが北米モデル・欧州モデル・アジアモデルと呼ばれる[1]。

図表 8-1 三種の交通モデルのトリップパターン比較

種 類	公共交通トリップ	乗用車トリップ	徐行トリップ ¹ 比率
北米モデル	10%以下	50%以下	10~20%
欧州モデル	30~40%	30~40%	30%
アジアモデル	50%以上	20%以上	20~30%

出所：陸錫明「アジア都市交通モデル」p12

北米モデルはモータリゼーション化が高く、乗用車トリップが主な移動手段として、日常トリップの50%以上を占めるが、公共交通トリップの割合がわずか10%以下である。欧州モデルでは公共交通と乗用車トリップの割合がいずれ

¹ 徐行トリップとは、徒歩・自転車・電気自転車などの慢性的移動手段と指す。

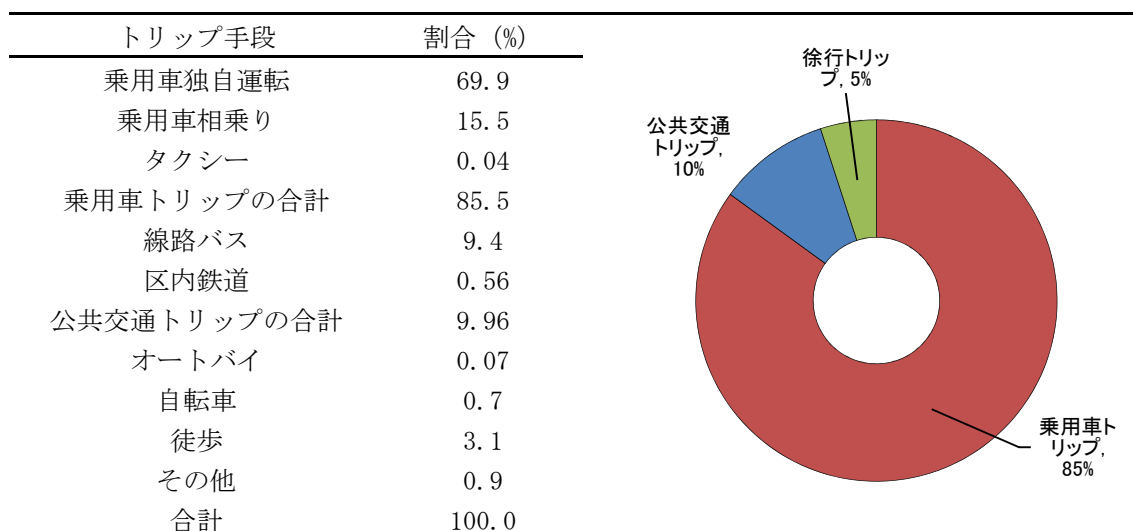
も 30~40%を占める。アジアモデルでは公共交通トリップを中心に、日常トリップの 50%を占めるが、乗用車トリップの割合がわずか 20%未満である。

8.1.1 北米モデル：自動車トリップを中心に

北米モデルとは自動車トリップを都市トリップパターンの中心にし、人口密度が高くなく、空間分布が分散な状態である都市に適して、ロサンゼルスはこの例である。しかし、自動車トリップの発展に伴い、都市の土地空間が限りのあるものため、道路整備がさらに延べられなく、交通渋滞がますます深刻化になった。2000 年にはロサンゼルス都心部におけるトリップパターンの中に、公共交通トリップが 10%行かないものの、自動車トリップが 70%以上。このトリップパターンは、分散化・低密度の空間構造による高規格の道路ネットワークと低水準の公共交通整備に決定されたものである。

ロサンゼルスはアメリカの西海岸に位置し、アメリカ二番目の大都市であり、総面積は 10571 平方キロが、都心部の面積は 3700 平方キロ、都市総面積の約 35%占めて、典型的な分散的な空間構造である。2000 年の人口は 988 万人、毎年平均 9 万人増、ほぼ 90%の割合が 88 ヶ所の町区に分布して、町区の人口密度は平方キロごとに 2378 人が、都市人口密度はわずか平方キロごとに 935 人である。

図表 8-2 ロサンゼルス都心部のトリップパターン構造 (2000 年)



出所：陸錫明「アジア都市交通モデル」p13

ロサンゼルス分散的な空間構造によって、高規格・高密度の道路ネットワ

ークが備えなければならない。2000年には区内の道路総延長は10240キロ、高速道路は256キロが、地下鉄・線路バスなどの公共交通機関の整備は少なく、公共交通トリップの比率は世界中最も低くの大都市の一つと見なされる。この状況で、ロサンゼルスが高くの自動車保有量を有する状態である。2000年には家庭ごとに自動車を1.68台保有し、3人ごとに2台を保有していた。道路整備とモータリゼーション化の相互促進に従って、自動車トリップが徐々に最も重要なトリップ手段となった。

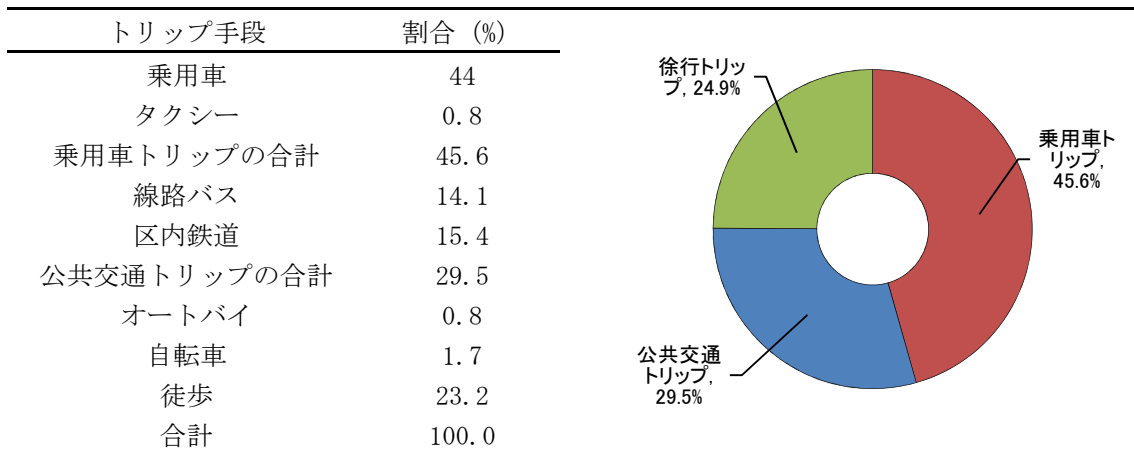
8.1.2 欧州モデル：自動車と公共交通の両立

欧州モデルとは都市トリップパターンの中に、自動車トリップと公共交通トリップが共に主要手段にして、こうした交通モデルは都市に秩序的な発展を促進することであり、ロンドンはこの例である。ロンドン都市圏における日常トリップパターンの中に、公共交通トリップ（鉄道と線路バスを含む）の割合が29.5%、乗用車トリップ（自家用車、タクシーを含む）は45.6%、徐行トリップは24.9%を占める。こうした自動車と公共交通トリップの両立のモデルは、空間集中化・拡張秩序化という状況によって、高規格の道路ネットワークと公共交通機関整備に決定されたものである。

ロンドン都市圏が中心部と近郊部で組み上がる。地下鉄環状線の中における中央区は都心部として、最も必要なビジネリアである。2003年にはロンドンの人口は738.8万人、従業員は454.1万人。他の世界大都市と比べ、ロンドンの人口密度が中間層で、中心部の人口密度は平方キロごとに9100人が、近郊部では平方キロごとに3560人である。ロンドンの機能部門がほぼ都心部に集中し、中心部には主要な通勤先が集まるため、毎日多くの通勤者が様々なトリップ手段で中心部における通勤先に通っている。

こうした集中的な空間構造に応じるため、ロンドンが高規格の交通ネットワークを整備しておいた。その中、道路総延長が14676キロ、道路網の密度は平方キロごとに9.3キロ。ロンドンにおける道路環状線がわずか1本が備えるため、無秩序な都市拡張を妨げる役に立った。また、ロンドンでは大規模の鉄道交通ネットワークが備えている。ロンドン都市圏における鉄道線路の総延長は約1225キロ、駅数が630ヶ所、鉄道網の密度は平方キロごとに0.78キロである。様々なトリップ手段が各自の優位性を発揮しながら、互いに結び合うのはロンドンのような欧州モデルの特徴となる。

図表 8-3 ロンドン都市圏のトリップパターン構造 (2004 年)



出所：陸錫明「アジア都市交通モデル」p15

8.1.3 アジアモデル：公共交通トリップを中心に

アジアモデルとは日常トリップパターンの中に、公共交通トリップが中心に位置し、区内の鉄道、線路バスなどの公共交通機関によって、高規格の交通ネットワークが備えるものである。その中、区内鉄道が最も重要な運輸手段として、半分以上の旅客運送を担い、線路バスが鉄道の支線と補充として運行する。東京、香港、ソウル、シンガポールはこの例である。こうした公共交通を中心にする交通モデルは集中的な空間構造、先進な公共交通サービス機関、高規格の鉄道網整備に関わるものである。

都市変遷の視点からみると、アジアにおける大都市の発展ルートは欧米都市と異なり、先にアジア大都市では人口高密度の空間構造が形成した後、モータリゼーションができたことは一般である。工業化、都市化およびモータリゼーションが欧米都市に発端したため、欧米都市がこの三者の同時発展とともに同時計画と調和することができる。一方、東京にも北京にも先に工業化・都市化が現れて、空間構造と道路設備がほぼ定着した後、モータリゼーションが発展してきた。しかも、モータリゼーションが逆に人口密度を促進し、投資空間をさらに集中させたにすぎなくて、交通渋滞などの自動消費の負の外部性の問題がますます深刻化になった。これはアジア大都市における自動車社会の特徴である。

図表 8-4 東京圏のトリップパターン構造 (2004 年)

トリップ手段	割合 (%)
--------	--------

乗用車	10.3
タクシー	6.0
乗用車トリップの合計	31.1
線路バス	3.1
区内鉄道	43.5
公共交通トリップの合計	46.6
二輪車	14.8
徒歩	22.3
合計	100.0

出所：陸錫明「アジア都市交通モデル」 p16

8.2 北京と他の世界大都市との比較

近年、北京の自動車市場が急速に発展したに伴い、自動車保有・使用の分布、区内トリップパターンなどの面には世界大都市と比べ、多くの相違点がある。モータリゼーションが急速に発展した一方、道路・公共交通機関の整備は同調できないことは交通渋滞をもたらした必要な原因と見なされる。他の世界大都市、特に共なアジア都市の東京との比較を通じ、北京の交通渋滞の原因を明らかにして、関連施策の制定にとって、国際経験を参照することができる。

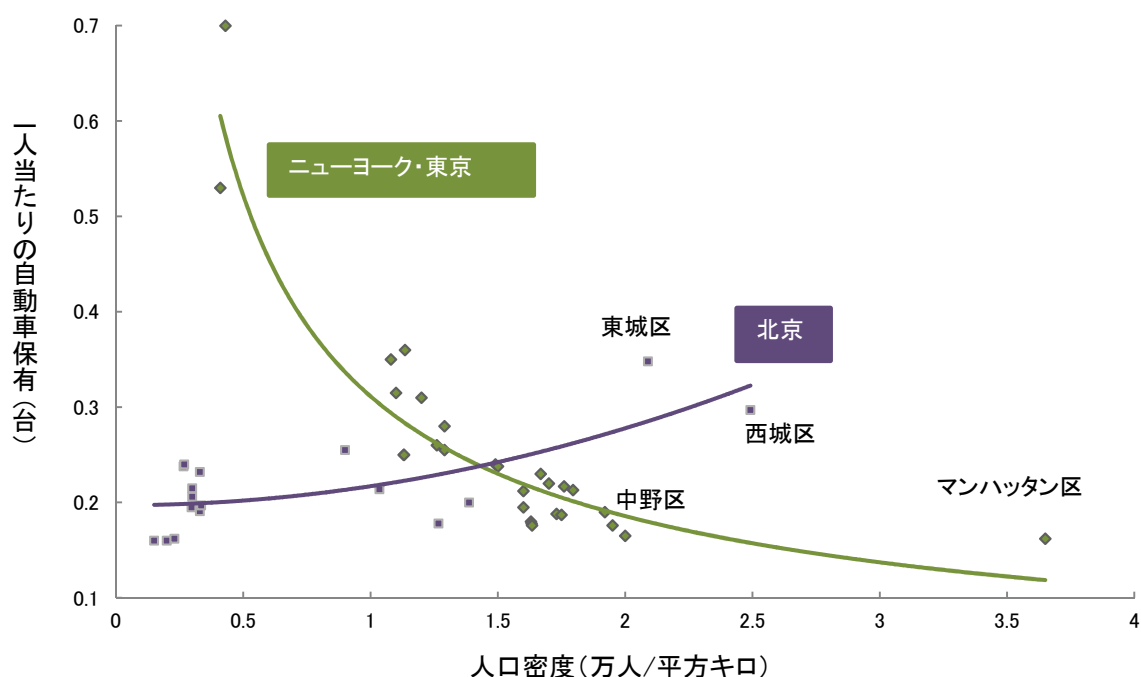
8.2.1 自動車の保有・使用と人口密度の分布比較

先進国都市の経験から見ると、常に都市の中心部には人口密度が高く、道路整備の空間が少ないため、自動車の保有・使用量が人口密度の分布と反比例の関係を維持するべきである。例えば、東京とニューヨークの中心部では自動車の保有台数が低いが、周辺部ではより高い。つまり、人口密度が高ければ、一人当たりの自動車保有量が低いほどである。ニューヨークのマンハッタン区では人口密度が平方キロごとに 3.65 万人、一人当たりの自動車保有量が 0.15 台；東京の中野区では人口密度が平方キロごとに 2.01 万人、一人当たりの自動車保有量が 0.16 台。一方、北京の東城区と西城区では、人口密度が両方も平方キロごとに 2 万人、東京の人口密度と同水準であるが、一人当たりの自動車保有量がそれぞれ 0.34 と 0.29 台、東京とニューヨークの 2 倍となった。しかも、北京の自動車の 70%分が第 6 環状線以内に集まり、周辺部での自動車保有量が低いため、大量の自動車が中心部の限りがある道路空間と交通インフラを争うのは、北京の交通渋滞をもたらす必要な原因である。

北京では都心部には 4 つの区（東城区、西城区、朝陽区、海淀区）がある。この 4 つの区における自動車トリップの割合が 47%に達したが、東京都心部の

自動車トリップがわずか 6%、北京は東京の 8 倍である。中国ではマイカーブームと都市化が重なり合い、先進国の数十年の歩みを数年間で歩いた。その結果、自動車の保有・使用が都心部に集中して、道路空間の需給がさらにアンバランス化になった。つまり、中国の都市モータリゼーションが先進国の都市モータリゼーション、および正確の自動車社会発展ルートに逆行している。

図表 8-5 北京・東京・ニューヨークの自動車保有と人口密度の関数比較



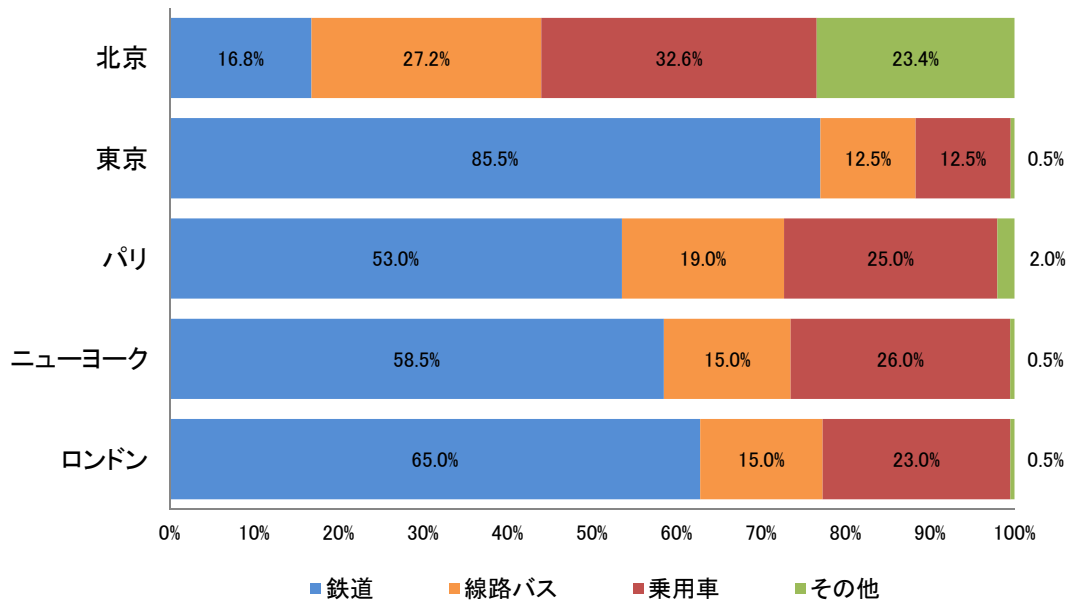
出所：郭継孚、劉莹、余柳「中国大都市の交通渋滞問題に対する認識」『都市交通』、2011（2）：8-14

8.2.2 トリップパターンの比較

図表 8-6 によると、ロンドン、ニューヨーク、パリ、東京における区内鉄道トリップの割合が全て 50%以上、特に東京は 86%までに達した一方、北京ではわずか 12%、東京の 7 分の 1 である。自動車トリップの割合では、ロンドンは 23%、パリは 25%、ニューヨークは 26%、東京はわずか 13%が、北京は 34%、東京の 2.5 倍である。

トリップパターンの便利性、定刻性がトリップ効用の必要な要因である。自動車トリップと比べ、東京の鉄道交通が高便利性・定刻性を有するため、ある程度で自動車トリップの快適性を相殺した。したがって、大量の移動者が自動車トリップをあきらめ、公共鉄道トリップを選択した。

図表 8-6 主な世界大都市のトリップパターン比較



出所：張晓明、頼寿華「広州の新たな都市空間計画にの交通発展戦略思考」『都市計画学刊』2006（4）：pp. 68～75

国土交通省の統計によって、2010年に東京圏の鉄道交通機関が毎日延べ4074人以上を輸送し、東京圏の旅客輸送量の86%を担っていた。さらにピーク時には91%の旅客輸送量を担っていたが、自動車トリップはわずか6%の割合を占めた。同様に、ロンドンの鉄道トリップは自動車の3倍、ニューヨークとパリの鉄道トリップは自動車の2倍以上である。しかし、北京の鉄道トリップはわずか12%を占めるものの、自動車トリップは34%、鉄道トリップはただ自動車の3分の1である。こうした「鉄自比率」の値から見ると、北京はニューヨークとパリの6分の1、ロンドンの9分の1、東京の18分の1である。こうした比率比較を比較すると、北京と世界大都市との相違点がさらに明らかになった。

8.2.3 北京と東京の比較可能性

日中両国の都市発展ルートは高くの比較可能性がある。1960～70年代に、特に1964年東京オリンピックと1970大阪万博の間に、日本大都市の自家用車が急増していたに伴い、排気ガス、交通渋滞、および交通事故などの自動車消費の負の会部性問題がますます注目された。中国も2008年北京オリンピックと2010年上海万博の間に、自家用車が急増、関連の社会問題が深刻化になって、日本の歩調と似通っている。

図表 8-7 東京・北京の交通機関に関するデータの比較

		東京圏	北京市	東京：北京
都市規模	面積（平方キロ）	13559	16411	0.8
	人口（万人）	3583.9	2114.8	1.7
	人口密度（人/平方キロ）	2643.2	1288.6	2
	自動車保有（万台）	1490.5	518.9	2.9
	一人当たりの自動車保有（台）	0.4	0.2	2
道路整備	道路総延長（キロ）	116276	21614	5.3
	快速道路延長（キロ）	431.7	923	0.5
	車両毎な道路延長（メートル）	7.8	4.2	1.9
	自家用車トリップ比率（%）	13	34	0.4
鉄道機関整備	地上鉄道総延長（キロ）	3473.9	465	5.2
	地下鉄総延長（キロ）	301.8	513	0.6
	運営線路数（本）	132*	16	8.3
	駅数（ヶ所）	1960*	318	6.2
	鉄道トリップ比率（%）	86	12	7.2

注：1) 東京圏は東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県という地域を含め、実際の通勤圏と指す。

2) 東京圏は2014年のデータ、北京市は2013年のデータを引用。

3) 東京圏の鉄道運営線路と駅数は2006年のデータ。

出所：李春利、張鍾允：「自動車の社会的費用における交通渋滞メカニズムに対する分析と東京モデル」『自動車安全と省エネ学報』2015(6)：pp. 103-108

東京と北京はともにアジアにおける世界大都市に属している。人口数、人口密度、自動車保有量、モータリゼーション新興都市などの面では高くの比較可能性がある。図表 8-7 によって、東京の人口数と人口密度はそれぞれ北京の1.7と2倍が、面積は北京の80%である。また、東京の自動車保有量はほぼ北京の3倍、一人当たりの保有量は北京の2倍である。比率の視点から見ると、単なる自動車の高保有は交通渋滞をもたらす原因とならない。

交通インフラの面では、北京の地下鉄と快速道路の総延長はそれぞれ東京の1.7倍と2倍。しかし、東京の鉄道インフラが地下鉄だけでなく、地上の電車とライトレールも含める鉄道交通機関の総延長と密度は、遥かに北京を超えて、北京の5倍である。しかも、東京の鉄道線路が北京の8倍、駅数が北京の6倍である。四方八方に通ずる鉄道ネットワークは便利性を備え、トリップパターンの転換と自動車走行の発生量の降下を促進することができる。

同時に、東京の道路総延長は北京の5倍以上、四方八方に通ずる道路網が異なる目的地の自動車を分散化させ、集中走行を避けるようになる。東京の自動

車保有量は北京の3倍にしても、車両ごとに占める道路延長はおおよそ北京の2倍である。東京の自家用車トリップの割合がわずかに北京の40%が、鉄道トリップの割合が北京の7倍以上。つまり、北京と比べ、東京の移動者の中に、自動車トリップより、鉄道トリップを選択する人間が多い。

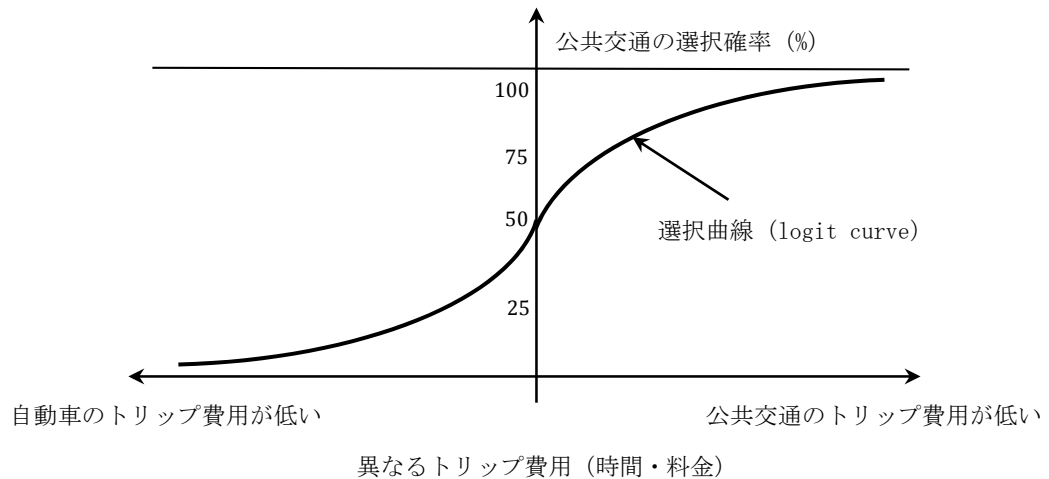
交通渋滞は需要が供給を上回るために発生するもので、北京では増え続ける自動車交通に対して、道路整備が追いつかない状況にある。しかも、北京の地域を相互に結ぶ高規格道路ネットワーク整備も遅れ、特にキャピラリーのような補充幹線およびバイパスの整備が極めて不足の状況にある。

8.2.4 トリップパターンの選択モデル

トリップパターンの選択モデル (Logit model) によると、移動者は自動車トリップと公共交通トリップの間に選択するとき、異なる私的トリップ費用 (時間、料金) の組み合わせによって、公共交通の選択比率が異なる。モデルから見ると、公共交通トリップの選択比率と公共交通トリップの効用が正比率をなすが、異なるトリップ費用の組み合わせが異なるトリップ効用を絡む。特に日常通勤トリップの面では、こうした理性的な選択が極めて著しいである。東京が高便利性の公共鉄道ネットワークを備え、鉄道トリップの費用が自動車トリップより低下するため、多くの移動者が自家用車を持っているものの、逆に鉄道トリップを選択する。つまり、政府が自動車走行・保有に対して、行政的な規制施策を作り出さないが、公共交通のトリップ効用を向上するに通じ、自動車利用の自粛を促進し、道路の交通発生量を抑制したことになった。

これで分かるように、トリップパターンと交通インフラ整備の違ったことは、東京の渋滞程度が北京より遥かに低く、最も重要な要因である。データ比較および前述した経済理論から見ると、道路渋滞を緩和すれば、単なる自動車走行・保有の抑制だけでなく、自動車使用の抑制と公共交通便利性の向上を同時に推進することである。移動車のトリップパターンを自動車から公共交通へ転換させるのは、公共交通の便利性と魅力度を向上することを必要な前提とするわけである。

図表 8-8 トリップパターンの選択モデル



出所：李春利、張鍾允「自動車の社会的費用における交通渋滞メカニズムに対する分析と東京モデル」

8.3 アジア都市の代表的な交通モデル：東京モデル

他の大都市と比べ、東京は交通渋滞に対して、さらに経済的な調整を重視し、市場メカニズムを通じ、抑制施策の目標を達した。こうした方法の取り組みは「東京モデル」と呼ばれる²。「東京モデル」とは、主な経済学の需給理論によって、3つの体系で漸進的な改善策を推進したものである。その基本理念は移動者のトリップ需要を十分に満たすことを前提として、交通施策と都市計画が相互に案配するに通じ、トリップパターンの転換と交通流の分散という二重目的を実現することである。

8.3.1 自動車交通量の抑制と既存道路容量の回復

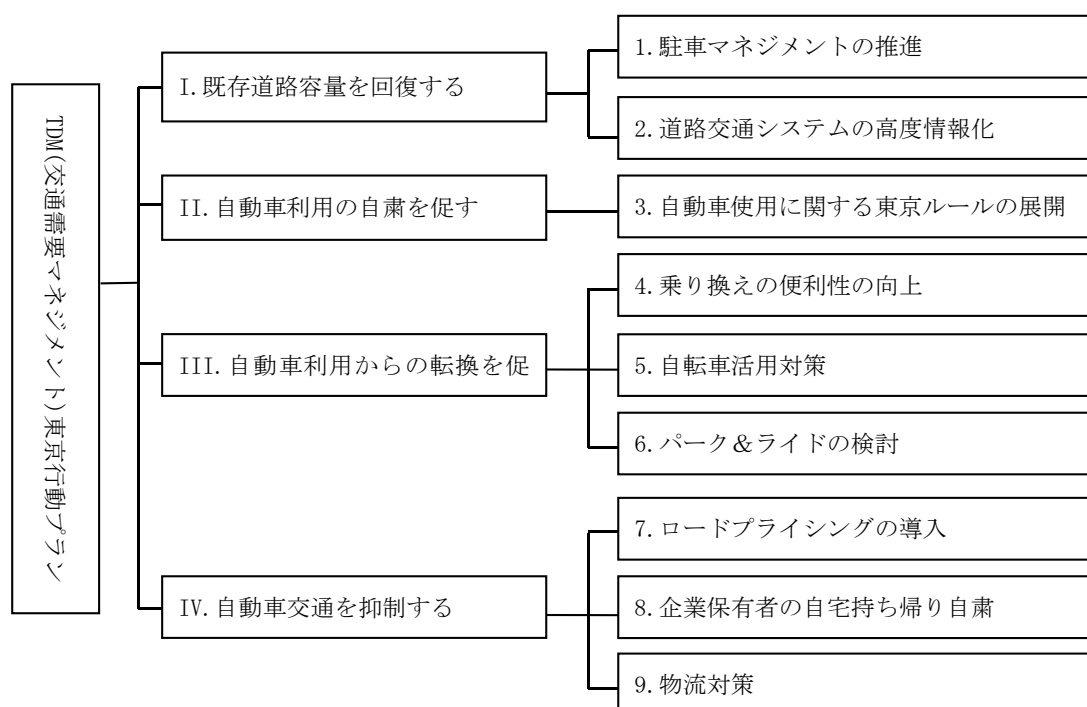
1980～90年代には、日本では再び新たな交通渋滞問題が現した。それで、東京は交通発生量を抑制し、都市交通の円滑化を図るため、交通需要マネジメントの視点から、総合的な施策づくりに取り組んできた。

2000年には東京都政府が「TDM（交通需要マネジメント）東京行動プラン」を発表し、重要な9つの施策を打ち出した。TDM東京行動プランにおいては、このプランは都民・事業者の方々と行政とが取り組むべき行動を示し、交通改善目標を達成することにより、はじめて人間本位の都市交通体系が実現できる。これらの施策体系のうち、都民とともに取り組む施策として、特に必要な9

²李春利、張鍾允：「自動車の社会的費用における交通渋滞メカニズムに対する分析と東京モデル」『自動車安全と省エネ学報』2015(6)：pp.103-108

つの施策を重点施策と位置つける。これらの施策は自動車交通量の抑制、あるいは既存道路容量の回復に大きな力を発揮するものである。その中、4つの筋道を分け、それぞれ (I) 既存道路容量を回復する；(II) 自動車利用からの転換を促す；(III) 自動車利用の自粛を促す；(IV) 自動車交通を抑制する。これらの施策体系が経済メカニズムを通じ、路上走行の交通量と交通増加量を抑制すると目指すが、直接に自動車使用・保有を制御するわけではない。

図表 8-9 「TDM（交通需要マネジメント）東京行動プラン」の構造



出所：「TDM（交通需要マネジメント）東京行動プラン」

渋滞を引き起こす原因の一つは路上駐車である。これを防ぐため、東京は駐車場の整備と管理を強化した。そして、違法駐車防止に向けた取り組みを推進し、駐車秩序と交通の円滑化を図った。1962年には総務省は「自動車の保管場所の確保等に関する法律」を公布した。この法律のうち、自動車の保有者は、道路上以外の場所において、当該自動車の保管場所を確保し、路上の場所を自動車の保管場所として使用してはならないと明らかにした。この法律は、自動車の保有者に保管場所を確保し、道路を自動車の保管場所として使用しないよう義務づけるとともに、自動車の駐車に関する規制を強化することにより、道路使用の適正化、道路交通の円滑化を図ることを目的とする。経済学理論の視

点からみると、自動車消費の外部性を内在化する措置にして、駐車管理を市場メカニズム以内に位置つけると目指す。

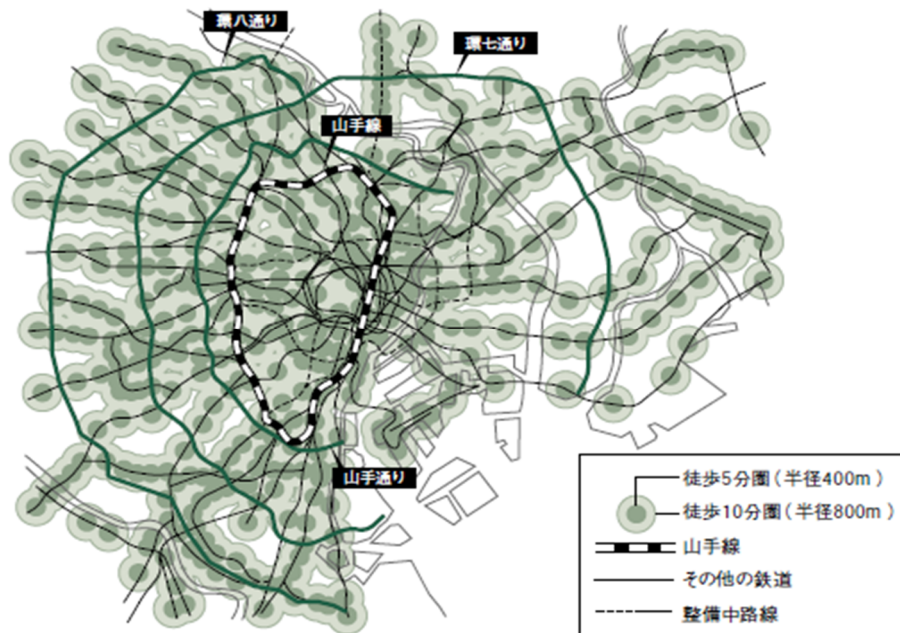
現在までに瞬間路上駐車を抑止はまだ東京の既存道路容量を回復する施策の一つである。駐車場所として無料で路上に駐車される自動車は交通渋滞をもたらす重要な要因とみなされる。このような路上駐車は道路混雑を悪化させるとともに、交差点部の路上駐車の影響は大きく、交通容量を約 20～40%低下させる場合がある。それ以外、交通を円滑にするため、東京は最先端の情報通信関連技術を活用した。道路と車両を一体のシステムとして構築し、渋滞緩和、交通管制技術の向上、安全確保、物流の効率化、都市環境改善などのために、高度道路交通システム（ITS）を推進しておいた。

2014 年 4 月には、東京都都市整備局は改正駐車場条例が施行されました。この条例において、建築物の駐車施設を附置する義務を明らかにした。北京と異なり、東京における多くの通勤先は自社の駐車を付けない一方、有料駐車場の賃金は普通の通勤者にとって非常に高い。したがって、高価格の駐車料金は自動車通勤を自粛させ、効率的な鉄道交通を利用することを促進した。

8.3.2 効率的な公共鉄道機関の整備を重視

現在、東京は世界で交通鉄道の便利性・快適性が最も高くの都市の一つであり、JR、民鉄（地下鉄含む）および他の鉄道機関が高規格の公共鉄道網を作り上げ、鉄道交通の密度が北京より遥かに高い。また、図表 8-10 のように、東京の山手線地域内では、駅から徒歩 5 分圏の範囲が 2000 年の大江戸線（都営地下鉄 12 号線）の環状部の開業などにより 64%を占めることになり、世界的にみても公共交通機関の整備は高い水準となった。また、徒歩 10 分圏でみると、山手線地域内のほぼ全域がカバーされた。特に環状線方向では、鉄道ネットワークの整備が進んでいないため、自動車利用の比率が高い状況になったが、大江戸線環状部が整備されることにより、環状方向の公共交通ネットワークが強化され、その方向での自動車交通量が減少しつつあった。

図表 8-10 東京都心で駅から徒歩 5 分圏の範囲



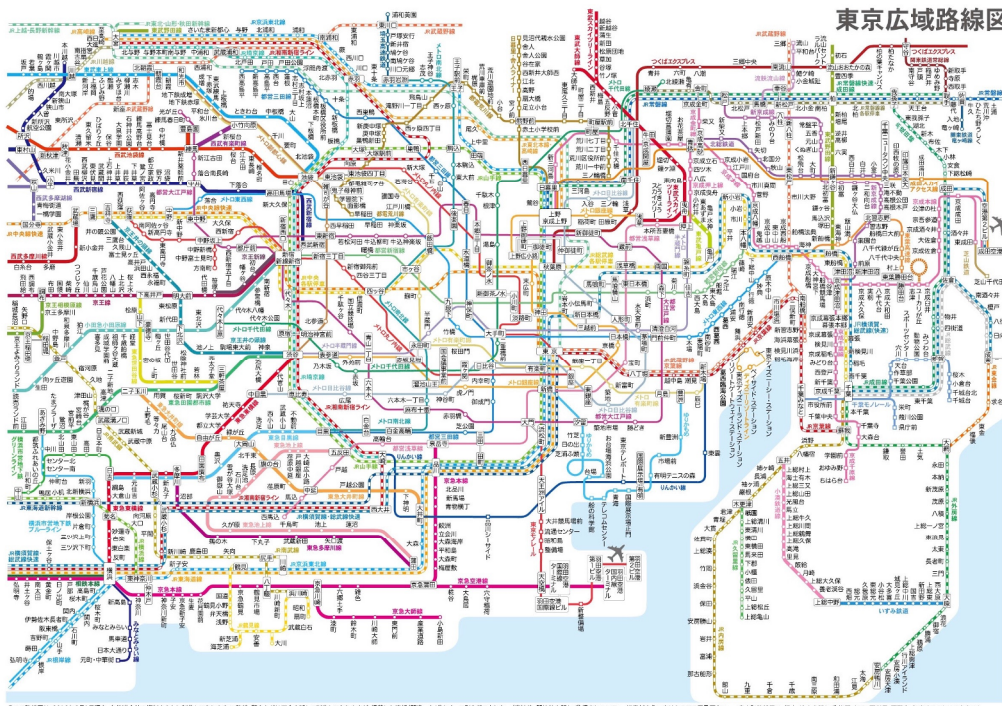
出所：「TDM（交通需要マネジメント）東京行動プラン」2000年2月

なお、交通結節点などの他の交通機関の便利性を向上するのは、東京の公共鉄道ネットワークは高水準のもう一つの原因となる。鉄道駅などにおけるエレベーター・エスカレーターなどの整備、構内案内図を掲げ、客流分散できる通路と出口の設置などのことは、効率的な乗り換えの便利性を向上する促進策である。東京では90%以上鉄道の乗り換えは3～5分間以内、且つほぼ室内でやり遂げる。東京の鉄道駅の出口が広く分布し、主要駅の出口はさらに数十ヶ所に達する。この高規格な鉄道交通のトリップ費用（時間・料金）が自動車より極めて低いことは、東京の鉄道トリップ比率が北京より高い原因の一つと考えられる。

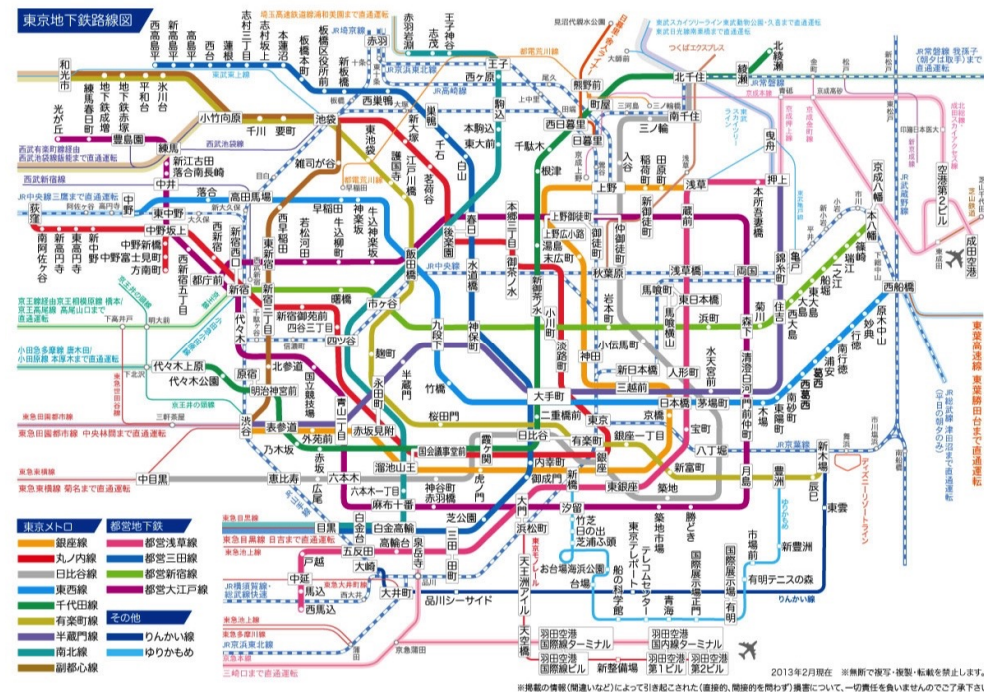
公共交通が自動車トリップを取替えることができるが、トリップ効用は移動者に対して、最も重要な要因である。多くの世界大都市はこうしたトリップパターンの転換のために、地元の事情に適した措置を採り、公共交通のトリップ効用を向上し、路上交通量を抑制しつつある。

図表 8-11 東京の鉄道網路線図

a) 東京広域路線図



b) 東京地下鉄路線図



出所: Meik design のホームページ (http://www.meik.jp/2rosenzu/14_tokyo_yokohama.html)

8.3.3 副都心の再整備

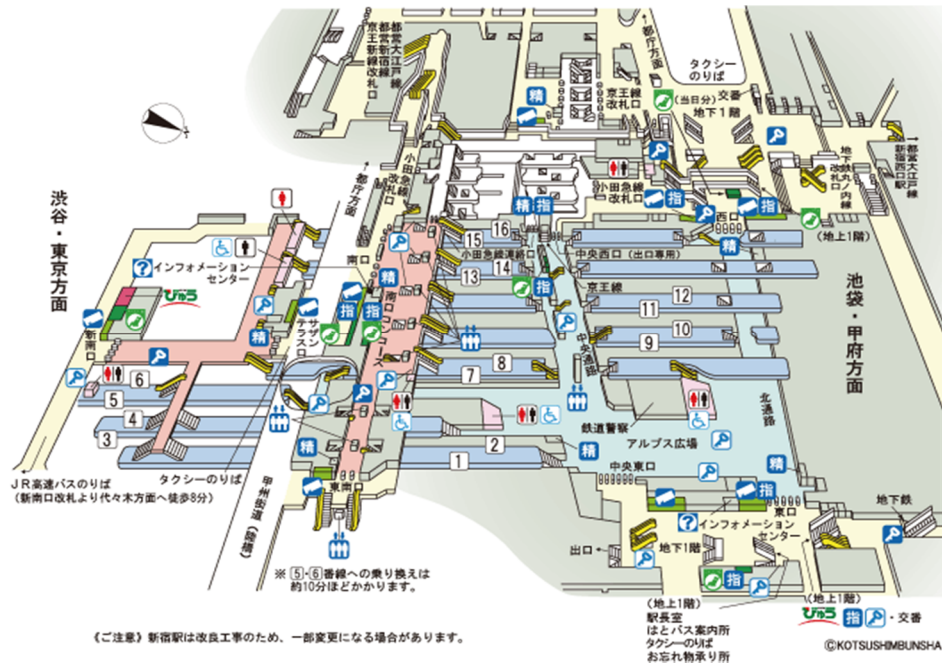
TDM 東京行動プランによると、都市は、高密度な空間に複合的な機能をもたせた集約型にすると、エネルギー消費量や交通移動量が少なくなり、効率が良くなるとされる。東京の持続的な発展に向けたまづくりを進めるにあたって、「集積のメリット」に「環境整備」という視点を加え、効率の良い移動ができるまちを形成していくことが大切である。このため、都市環境に配慮しながら、量から質への充実を図っていくことを都市整備の基本とし、既成市街地における既存の都市基盤ストックを活用して、都心とその周辺地域の再整備を進め、都心居住をバランス良く回復することが重要である。また都心・副都心や多摩地域を含め、業務・商業・住宅が一体となり、活気ある空間としての職住近接や、情報化の進展に対応した SOHO³の形成を促進していくことが大切である。

1958 年までは、東京の千代田区、中央区、港区、新宿区、文京区、台東区を「都心 6 区」と呼んだ。都心への業務機能の分散の観点から、東京が副都心の 7 ヶ所を策定した。1958 年に池袋、新宿、渋谷の 3 地区は東京都心の機能分散を目的に指定され、副都心の中でも最も重要な地域であるため「3 大副都心」と言い、指定から半世紀を経た 2008 年には、この 3 地区を結ぶ地下鉄路線がそのまま「副都心線」の名称で開業した。1982 年に上野・浅草、錦糸町・亀戸、大崎はバランスの取れた東京の育成を目的として副都心に追加された。そして、1995 年に臨海副都心が追加された。他の世界大都市と異なり、都心部を囲むのは快速・幹線道路ではなく、山手線という鉄道環状線である。7 ヶ所の副都心はおおよそこの環状線と他の鉄道放射線との交差点に位置づけ、交通ターミナルの役に立ってきた。

例えば、新宿駅は東京における最も重要な鉄道交通ターミナルとして、16 ヶ所のプラットフォームは 9 本の線路を集めて、2011 年に毎日の旅客輸送量は延べ 326 万人であり、2013 年の北京地下鉄全線の毎日旅客輸送量（約延べ 880 万人）の 3 分の 1 以上に相当する。駅の周辺地域には政府部門、企業、商店街、住宅が集中し、多くの出口が主要な建物の構内につながるため、客流を分散する同時に、トリップ効用を向上するようになった。

³ SOHO（スモール・オフィス、ホーム・オフィス）とは住所の近くでの小さな事務所の開設や在宅勤務などによる職住近接型の職場形態。

図表 8-12 JR 新宿駅の構内図

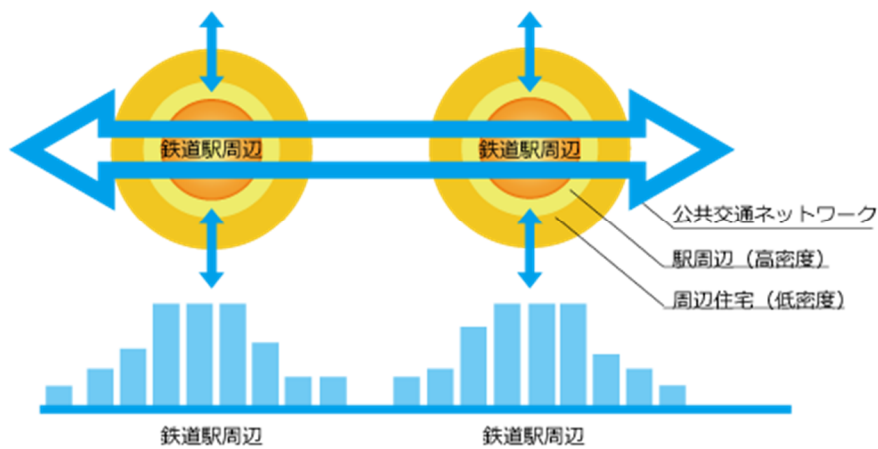


出所：JR 東日本ホームページ (<http://www.jreast.co.jp/estation/stations/866.html>)

8.3.4 TOD と駅まち一体開発

「東京モデル」は道路交通発生量の抑制、公共交通機関の整備、および副都心の策定という3つの体系で組み上がる漸進的な改善策である。しかし、これらの3つの方面はそれぞれ独立な状態でなく、相互に影響を及ぼし、TOD という一体的な開発システムわけである。

図表 8-13 TOD 都市活動の集約化

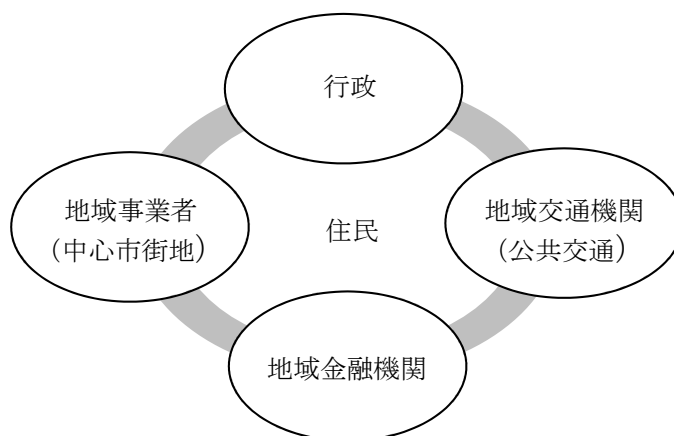


出所：日建設計のホームページ (<http://www.nikken.co.jp/ja/solution/tod.html>)

TOD (Transit Oriented Development) とは、公共交通機関に基盤を置き、自動車に依存しない社会を目指した都市開発、特に鉄道駅を中心に都市活動を集約させることである。東京における公共交通機関と徒歩・自転車の交通分担率の合計はほぼ 90%に達する。特に地下空間を有効活用しながら駅周辺の開発密度を高め、車や歩行者ネットワークの充実を図ることで、さらに環境負荷を抑えながら、高い効率性と安全性、シンボル性を兼ね備えた駅拠点づくりが進められておりいた。

さらに、2013年には日建設計がアジア都市の特徴に対して、新たな駅まち一体開発 (Integrated Station-City Development) という概念を打ち出した。この概念を大きく分けて、1) 鉄道駅を中心にする集約型の都市開発 ; 2) 鉄道沿線と沿線地域を一体化の開発という二つの主要内容を含める。

図表8-14 まちづくりのステークホルダー



出所：土井勉「鉄道駅とまちづくり」『鉄道駅とまちの実証的研究』関西鉄道協会都市交通研究所2008：p110

この駅まち一体開発において、鉄道交通利用の発生方（住宅）と吸収方（業務・商業・娯楽など）との両方を整備し、客流と価値流を相互に促進する螺旋状の効用を誘発する。このうち、1) 鉄道交通の快適性と魅力度、2) 不動産者と鉄道運営者の投資利益、3) 地域事業者の高水準サービス、4) 住民の生活・トリップの便利性、という4つの面を向上することができるようになる。

土井勉氏の論述によると、従来の交通渋滞がなく、利便性の高い日常生活を支える都市をめざす方向から、これらのまちづくり活動を通じて目指されている都市の魅力とは、大量消費による利便性よりも環境に優しい生活であり、

様々な人々との交流が活発な地域力(ソーシャルキャピタル)の高い生活であると考えられる。

8.4 小括

100年以上の発展とともに、多くの世界大都市が特徴的な交通モデルが備え、自動車を主なトリップ手段とする北米モデル、自動車と公共交通を同様に重んずる西欧モデル、および公共交通を中心にするアジアモデルをなっておいた。常に、都市の中心部には人口密度が高く、道路整備の空間が少なく、自動車の保有・使用量が人口密度の分布と反比例の関係を維持するべきである。中国ではマイカーブームと都市化が重なり合ったため、自動車の保有・使用が都心部に集中して、道路空間の需給がさらにアンバランス化になって、正確の自動車社会発展ルートに逆行している。

東京と北京はともにアジアにおける世界大都市に属して、人口数、人口密度、自動車保有量、モータリゼーション新興都市などの面では高くの比較可能性がある。他の大都市と比べ、東京は交通渋滞に対して、さらに経済的な調整を重視し、市場メカニズムをわたって抑制施策の目標を達した。「東京モデル」とは、主な経済学の需給理論によって、3つの体系で漸進的な改善策を推進したものである。その基本理念は移動者のトリップ需要を十分に満たすことを前提として、交通施策と都市計画が相互に案配するに通じ、トリップパターンの転換と交通流の分散という二重目的を実現することである。

「東京モデル」から見ると、まず、路上走行の交通量と交通増加量を抑制しながら、違法駐車防止に向けた取り組みを推進し、駐車秩序と交通の円滑化を図り、既存の道路容量を回復することである。まだ、公共交通機関を整備し、公共交通の便利性と快適性を向上するにわたって、自動車から公共交通へのトリップパターンの変換を推進し、路上交通量を抑制しつつある。最後、「集積のメリット」に「環境整備」という視点を加え、効率の良い移動ができるまちをなす。都心・副都心を含め、業務・商業・住宅が一体となり、活気ある空間としての職住近接や、情報化の進展に対応して、交通流の分散化を促進することである。

[1]陸錫明「アジア都市交通モデル」同濟大学出版社 2009年 pp. 12~21

第9章 自動車消費の正の外部性と制度選択

—新エネ車を例として

現在までに自動車消費に関わる分析は主に負の外部性に着目してきた。ただし、自動車消費には正の外部性が有する。負の外部性の概念に応じて、正の外部性というのは自動車を保有・使用する私的費用が社会的費用より高く、社会厚生を与えることである。現在、伝統内燃車については、排気ガスとエネルギー消費などの社会的問題が厳しくなればなるほど、主な自動車大国はほぼみんな自国の新エネ車を開発・発展して、新エネ車事業の助けを借り、自国の経済発展と技術革新を促進することを望まれている。

新エネ車は常に電気モーターを動力源とする電気自動車を指している。電気自動車は、車載電池から電力を得る電池式電気自動車 (EV : battery electric vehicle) と、走行中に電力を外部から供給する架線式電気自動車、いわばプラグインハイブリッド車 (PHV : plug in hybrid electric vehicle) とに大きく分けられる。燃料電池車 (FCV : fuel cell vehicle) は電気自動車に属するが、電力の取得は外部からの充電ではなく、水素を燃料として、搭載した燃料電池で発電し電動機の動力で走る車を指す。それ以外、ハイブリッド車 (HV : hybrid electric vehicle) は新エネ自動車ではないが、次世代自動車に属している。

9.1 新エネ車消費の費用

新エネ車を消費することは費用をかけることである。こうした費用はガソリンタンクから車両走行まで (T2W : tank to wheel) に新エネ車を消費する私的費用と社会的費用だけでなく、燃料採掘からガソリンタンクまで (W2T : well to tank) にエネルギーを生産する費用も含める。新エネ車が内燃車より、社会に対するメリットを分析すれば、消費と使用段階だけではなく、エネルギー生産過程を含めて、W2W (well to wheel) に着目するわけである。

9.1.1 技術の開発コスト

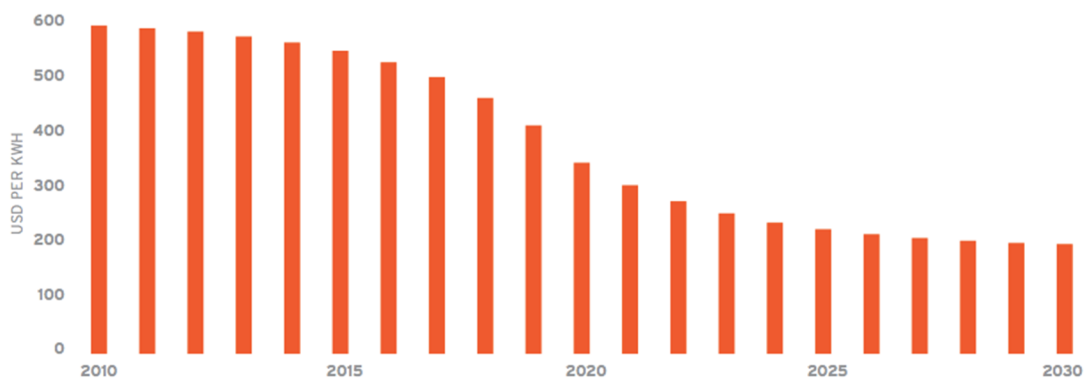
車両の動力源システムから見ると、新エネ車と HV・内燃車に比べて、異なる動力源システムを備える。アメリカの電気自動車連盟 (Electrification Coalition) が公布した「電気自動車ロードマップ 2009」 (Electrification Roadmap: Revolutionizing Transportation and Achieving Energy Security 2009) によると、開発段階には電動車の構造が内燃車より簡単という特徴を有

することである。

内燃車は100年以上の発展を経て、技術は完全状態になり、複雑な機会構造の上にコストが降下する潜在力が非常に小さい一方、電動車のコア部品コストが20年以内には半分ほど降下すると期待されている。現在、電動車の電池開発には高コストが存在しているが、動力源システムの開発で節約したコストは一定の埋め償うこととなれる。HVの動力源には内燃機を採るため、構造の複雑性を増加、電動車のようなリメットになれない。しかし、HVは電動車と内燃車の重ね合わすものではなく、内燃機のサイズがさらに小さく、トランスミッションも簡素化となる。

現在、車両用電池の開発はまだ電動車普及に対して最も必要な一環である。既存の車両用電池は技術上に車両の航続距離、最高速度、加速性能、使用寿命、および安全性などの需要にほぼ満たせるが、開発・生産コストが極めて高く、市場の競争力が失うことになった。現在、電動車はまた完全な市場メカニズムが形成してないため、異なる電池コストデータ源によると、リチウム電池の生産コストは500～2000ドル/kWhである。アメリカの「電気自動車ロードマップ2009」によって、2010年の電池生産コストは600ドルぐらい、将来には大幅に降下する可能性が高い。

図表9-1 車両用電池生産コストの推移



出所：Electrification Coalition, 2009

9.1.2 消費の私的費用

自動車消費の私的費用は省エネ性と燃料価格という二つの要因で決める。Serra (2012) がアメリカ市場にのり内燃機と電動車を比較して、内燃機の省エネ性は11km/L(約0.09L/km)、電動車の省エネ性は0.15kW・h/km(約6.67km/kW

・h) を解明した。だが、2010年アメリカのガソリン代は0.73ドル/L、電気代は0.13ドル/kW・h。つまり、内燃車と電動車消費の私的費用はそれぞれ6.6セント/kmと2セント/km、内燃車は同級電動車より3.3倍の私的費用があることが分かる。しかも、他の国に比べて、アメリカのガソリン代が安い。2014年度中国のガソリン代は8.11元/L、生活用電気代は地域によって異なるが、常に0.52~0.62元/kW・hである。つまり、中国では内燃車と電動車消費の私的費用はそれぞれ0.73元/kmと0.08~0.1元/km、前者は後者より7.3~9.1倍ほど高い。

自動車消費の私的費用にかかるもう一つの要因は燃料価格である。1970年代二回の石油危機と2008年のリーマンショックを除いて、石油消費量は一貫して向上、将来に変わらないと見込んでいる。国際エネルギー機関（International Energy Agency, IEA）が2009年に発表した「世界エネルギーレポート2009」によって、2008年に比べて、2030年には世界石油消費量は2000万バレル増、増分の97%は交通分野からである。乗用車の石油消費量は交通分野において半分以上を占めるが、大型トラック、航空、航海などの分野においては石油の代替エネルギーがない状態である。

図表 9-2 石油端末消費の分類

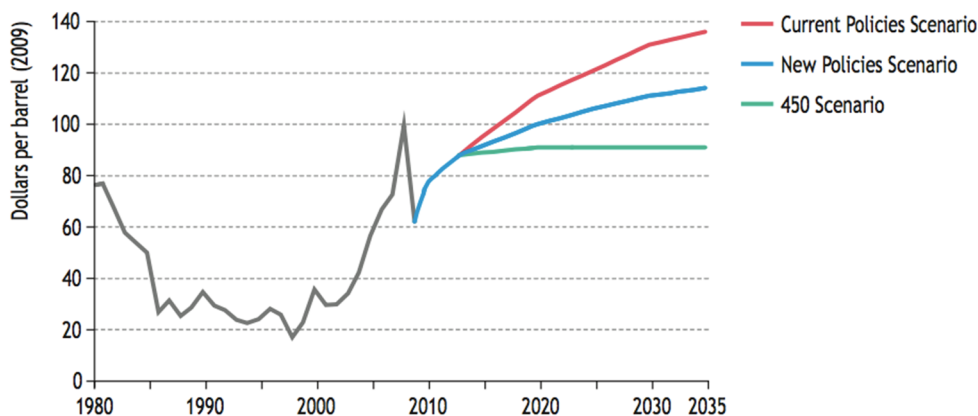
交通分野	私的交通	乗用車	25%
		軽トラック	21%
	他の交通	中重型トラック	12%
		航空	6%
		航海	3%
		他の交通パターン	4%
他の分野	工業	25%	
	生活	3%	
	商業	2%	

出所：Electrification Coalition, 2009

現在、石油の問題は確認埋蔵量がますます少なく、採鉱がますます困難になるだけでなく、石油サプライ事業が国有企業に徐々に集中することも原油価格変動のリスクをもたらす可能性がある。原油価格は変動中に順調に上昇するとともに、内燃車消費の私的費用が上昇することになる。国際エネルギー機関の予測によって、通常市場条件で2015年に原油価格が2008年の水準に戻れる。ある施策を通じてエネルギー消費量は現在の1.4%から1.2%まで引き下が

れば、石油価格は2020年に2008年のピーク値に戻れる。

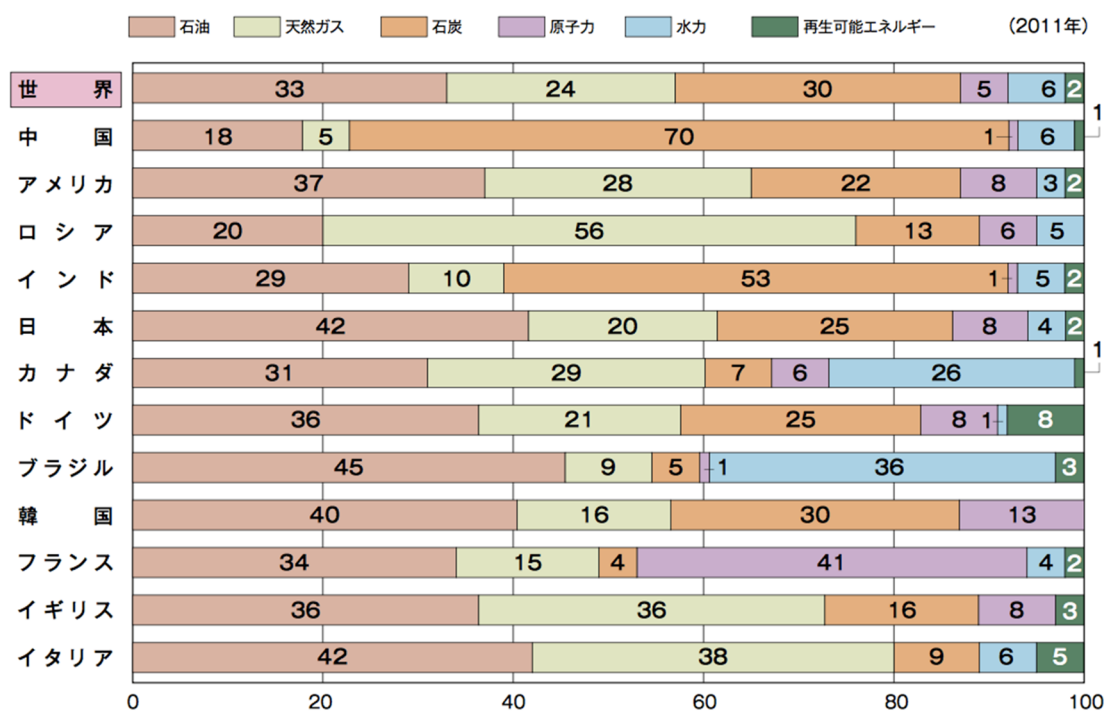
図表 9-3 国際エネルギー機関の原油価格予測



出所：IEA, World Energy Outlook, 2010.

一方、発電は単一な自然資源に頼らなく、電気代の上昇速度はガソリン代より遅くて、電気代とガソリン代の差が大きくなればなるほど。しかし、内燃車と電動車の T2W 効率効率差がより大きくないが、今後、内燃車と電動車との私的使用費用が大きくなればなるほどと見込まれている。

図表 9-4 主要国の電源別発電電力の構成比



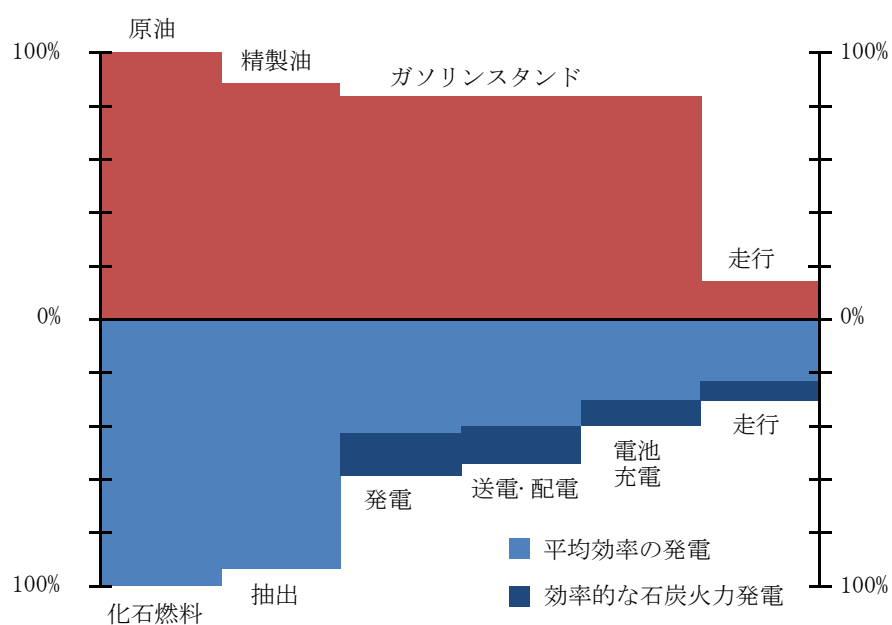
出所：電子事業連合会「原子力・エネルギー図面集 2014」

9.1.3 社会的費用

前述のように、電動車の T2W 効率は 75%が、内燃車の T2W 効率はただ 15%。ただし、電力と石油は異なる資源であり、両者のエネルギー変換効率は T2W と W2T という二つの部分を含めるべきであるが、後者はまた採掘・加工・運輸などのプロセスを含める。エネルギーの最初採掘から最終消費までの全過程を考慮すれば、内燃車より電動車はさらに効率的なものである。

電動車に使用される電力はガソリン発電なら、電動車は内燃車より 38%の省エネ分がある。初期の電動車は夜間過剰電力で充電かもしれないが、この場合には電動車の W2W 効率は 29%、内燃車の W2W 効率は 16%、電動車は内燃車より 13%高いである。

図表 9-5 電動車と内燃車の効率比較



出所: Joao Vitor Fernandes Serra, Electric Vehicles: Technology, Policy and Commercial Development (2011)

温室効果と環境汚染に対して、電動車は解決策の一つと見なされる。電動車は排気ガスがないが、ゼロ排出わけではない。電動車使用のための規定外発電は同様に排出量が有する。現在、石炭は最も重要な発電燃料として、石油発電より汚染量が多いから、石油発電の電動車はガソリン車より汚染量が多いと認める場合がある。しかしながら、前述のように単位エネルギー毎に電動車は走行距離は内燃車より遠く、電力の W2W 効率はさらに高いが、排出においては、

W2W の排出量測定も大きく分けて二つの部分、W2T 階段と T2W 階段を含めている。W2T 階段に内燃車はメリットを備えるが、T2W に電動車のメリットは T2W へのデメリットを補うのに十分である。

Serra (2011) の計算によると、仮にある国の電力は 100%石炭発電、1kg の石炭は 2930g の CO₂ を排出、2.7kW・h の電力は主力する。この場合に発電の炭素排出量は 1085g CO₂/kW・h。石油発電の場合には炭素排出量は 2710g CO₂/L。それ以外、現在のエタノール燃料は常にブレンド燃料として存在、E10 と E25 という 2 種類である。内燃車は E10 と E25 を燃料とすれば、炭素排出量はそれぞれ 1.5%と 16.2%を減少となる。

W2T 階段からみると、石炭発電に偏る電動車はガソリン車より汚染量が多いようだ。ただし、電動車のメリットは車両そのものの効能である。図表 9-5 の中、各行のデータは一定電源の電動車が異なる内燃車よりの炭素排出量、電動車が内燃車を取り替えれば、炭素排出量の削減量と表す。

図表 9-6 電動車の炭素排出削減量

炭素排出削減量 (gCO ₂ /km)	石油より		E25 より	E10 より
	10km/L	14km/L	14km/L	14km/L
100%石炭発電	108.4	31.0	50.0	46.5
100%天然ガス発電	191.7	114.3	133.3	129.8
アメリカ	188.5	111.1	130.2	126.6
EU	216.5	139.2	158.2	154.7
中国	157.1	79.8	98.8	95.3
インド	131.6	54.3	73.3	69.8
ブラジル	259.9	182.5	116.5	201.6

出所：Joao Vitor Fernandes Serra, Electric Vehicles: Technology, Policy and Commercial Development (2011)

以上のデータからみると、電動車は各状況の下で排出削減を達成できると分かれる。アメリカ交通省のデータによって、アメリカにおける自動車の年平均走行距離は 4.8 万億 km 近い。全部の自動車は電動車に取り替えれば、毎年の炭素排出量は 7.73 億トンまで削減することができる。

それ以外、電力企業が排出削減の長期目標を達するために、絶え間なく省エネ技術を革新している。これでも分かるように、全体 W2W の視角からみると、電動車は内燃車よりさらにクリーン性、環境保護とエネルギー消費の面に正の外部性が備えている。

9.2 電気自動車の発展ルート

現在、電動車の技術はまだ完璧ではなく、加えて充電インフラの普及不足などの原因で、初期消費者はより高い私的費用を担わなければならない。ただし、電動車コストの降下と原油価格の上昇とともに、今後、電動車の普及は加速することを期待されている。

9.2.1 次世代自動車の技術比較

1) HV：2 つ以上の動力源を持つ車両(自動車だけに限らない)を HV (hybrid vehicle) と呼ぶ。一般的にハイブリッドカーと呼ばれる車両は内燃機関(エンジン)と電動機(モーター)を動力源として備えた HV (hybrid electric vehicle) である。車種によって違いはあるものの、運転条件によってエンジンのみで走行、モーターのみで走行、内燃機関とモーターを同時に使用して走行するものなどがある。HV はパワーを中型ニッケル水素電池に蓄積、普通の電動車より小さくモーターへ駆動用電力を提供する。

2) PHV：プラグインハイブリッド車 (plug-in hybrid Vehicle) は、コンセントから差込プラグを用いて直接バッテリーに充電できるハイブリッド車である。ただし、重要な電気のみを範囲を提供するだけでなく、範囲を拡張するために内燃機関が含まれている。HVと比べると、PHVは普通の充電コンセントに差し込む大き目のバッテリーが搭載する。PHVはパラレルPHVとシリーズPHVという2種類で分けている。パラレルPHVには直接車輪に接続して範囲拡張を提供するために、内燃機関を使用する。シリーズPHVはバッテリーを充電するために内燃機関を使用するが、駆動力を提供するのはモーターだけである。

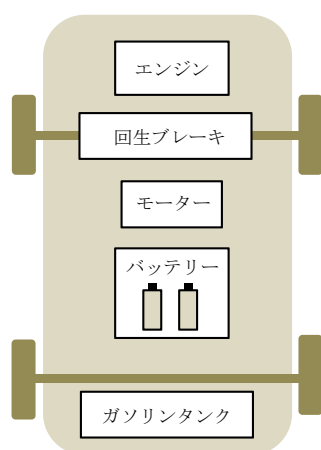
3) EV：電気自動車 (Electric Vehicle) にはモーターが駆動力を提供して、内燃機関が備えない。これらの車両は、バッテリー技術に対する要求が最も厳しく、バックアップエネルギー源が備えない。このため、電池の高コストに加えて、多くの消費者はEVの実行可能が低いと認めている。特に充電インフラが少ないことはさらにEVの実行可能に影響を与える。しかし、充電インフラが十分に普及、及び電池のコストが降下することができれば、EVは最も適切な新エネルギー車と考えられる。

4) FCV：燃料電池自動車 (Fuel Cell Vehicle) は、搭載した燃料電池で燃料から発電し電動機を動かして走る。水素を燃料として用いる燃料電池自動車については走行時にCO₂、またCO・NO_x・SO_xなどの大気汚染の原因となる有害

物質を排出しない。数分程度の燃料充填で数百kmの走行が可能という点は、充電に時間がかかり走行可能距離も短い電気自動車よりも利便性が高い。

2009年時点においてアメリカで使用される大半の自動車はガソリンを使用しておりアメリカ国内で排出される一酸化炭素の60%以上と温室効果ガスの約20%を排出している。一方、水素自動車は僅かな大気汚染物質しか排出しない。大部分は水と熱であるが燃料電池で使用される水素が再生可能エネルギーのみによって生産された場合以外は水素の製造工程において汚染物質を発生する。

図表9-7

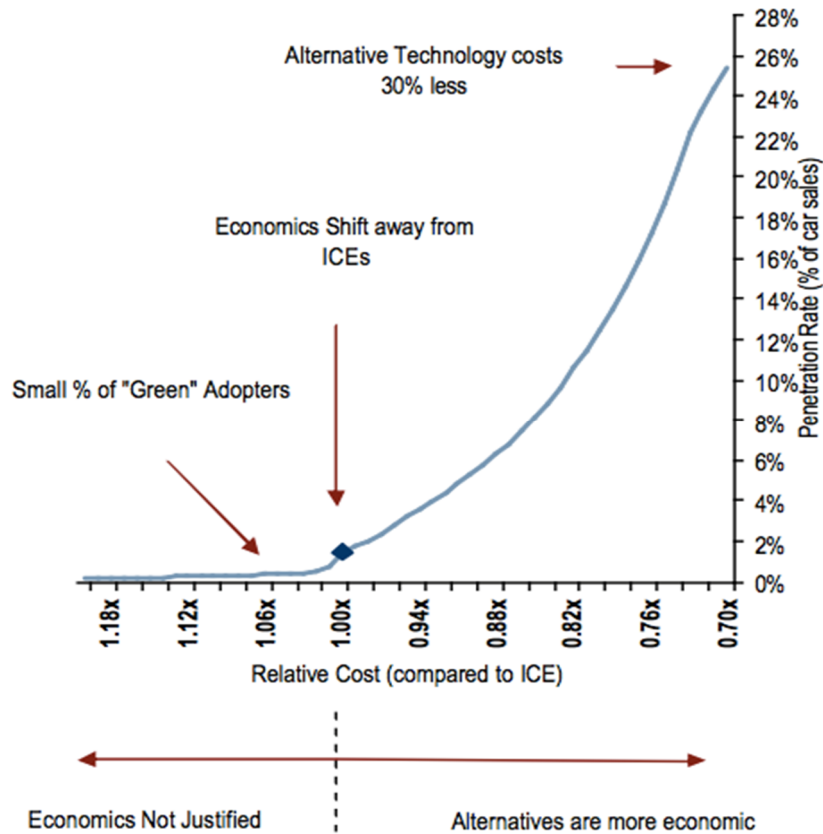


9.2.2 初期の市場浸透モデル

ライフサイクル理論によると、新製品或いは新技術は初めて登場する時に、市場浸透段階がある。新エネ車の市場浸透率は多くの要因に依存して、それぞれコスト、インフラ分布、消費者の支持などである。クレディ・スイス (Credit Suisse) はEV と内燃車との相対的なコストと「グリーン係数」を通じて、EV の市場浸透率を計算しておいた。このモデルは需要関数に似ている。つまり、製品価格は低くなればなるほど、消費者に対する魅力は大きくなる。EV の相対的なコストは電池価格の降下、ガソリン代の上昇および環境税の上昇とともにますます降下する。これらの要因はEV の相対的なコストに影響を及ぼ

すが、相対的なコストと市場浸透率との関数曲線の形状を変更できない。

図表 9-8 相対的なコストの市場浸透モデル



出处: Credit Suisse, Electric Vehicles, Credit Suisse Equity Research, 2009. P63.

まず、このモデルから見ると、相対的なコストがターニングポイントを越えた後、内燃車がまだ慣性がある。なぜならば、消費者が既存の技術に慣れており、既存技術のインフラに対して信頼することである。しかし、このモデルは消費者を一つの総体として、具体的な市場セグメントの区別を及ばさない。現在、主な自動車国は自国の新エネ車インフラの普及に力を尽くしている。2020年までに新エネ車インフラは多くの地域で普及になり、内燃車の市場慣性も時間とともに徐々に退却しようと思込まれる。このモデルにおいて、市場の浸透率曲線が急峻になればなるほど、コストはますます消費者の考慮する主要因となるものである。

次に、このモデルは「グリーン係数」を加えた。市場需要は消費者の経済的な意思決定に依存するだけでなく、環境要因も消費者の意思決定に影響を与える。しかし、この「グリーン係数」は異なる地域と時間とともに変化する。

9.2.3 市場のメリットと潜在力

2010 年日産リーフがアメリカ市場での価格によって、電池のコストは約 625~830 ドル/kW・h が、原油価格は 100 ドル/バレル(端末価格は 0.88 ドル/L)。アメリカの自動車トリップの 85%は 100km 以下、その中、田舎にの毎日平均走行距離は 64km が、都市部にの毎日平均走行距離は 48km。仮にアメリカで販売するリーフの電池コストは 830 ドル/kW・h にすれば、リーフユーザーの 1 年目の使用私的費用は内燃車より 5085 ドル多い。2020 までにはリーフの電池コストは毎年 6%降下。製販企画によって、リーフ電動車と内燃車のコストの差を算出できる。

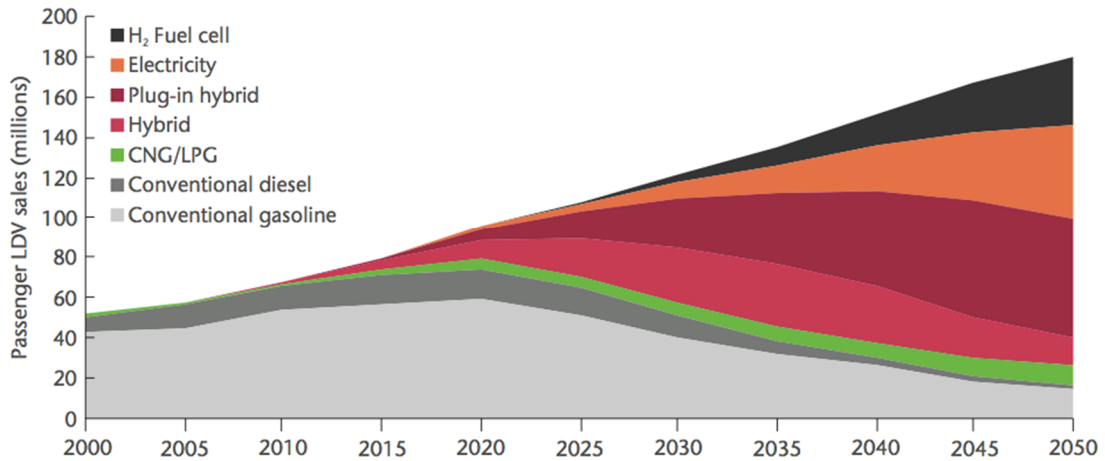
図表 9-9 アメリカ市場における日産リーフ電動車と内燃車とのコストの差

年度	2011	2013	2015	2017	2019	2021
販売台数	50	250	350	450	500	500
電池コスト (ドル/kW・h)	830	733	648	573	506	476
車両コストの差 (ドル)	- 5085	- 2660	- 535	1340	3015	3765
年平均コストの差 (百万ドル)	- 254	- 655	- 187	603	1508	1883
NPV (ドル)	- 254	- 1298	- 1695	- 1302	- 242	1043

出所: Joao Vitor Fernandes Serra, Electric Vehicles: Technology, Policy and Commercial Development (2011)

算出した結果によって、新エネ車のユーザーは短時間に利益を獲得できないが、長時間から見ると新エネ車の使用は消費者にも社会にも極めて大きな便益をもたらす。アメリカのガソリン代は他の自動車国より大幅に低く、自動車の消費量もより高くて、図表 9-5 の算出データは控え目である。ヨーロッパにおいて、80%のトリップは 25km 以下。仮に毎日平均走行はただ 25km、ガソリン代はアメリカの 2~3 倍なら、新エネ車の便益はさらに高いわけである。しかし、初期の消費者は便益を獲得することが難しいから、電動車などの新エネ車を購入する経済的な意欲が弱いと考えられる。

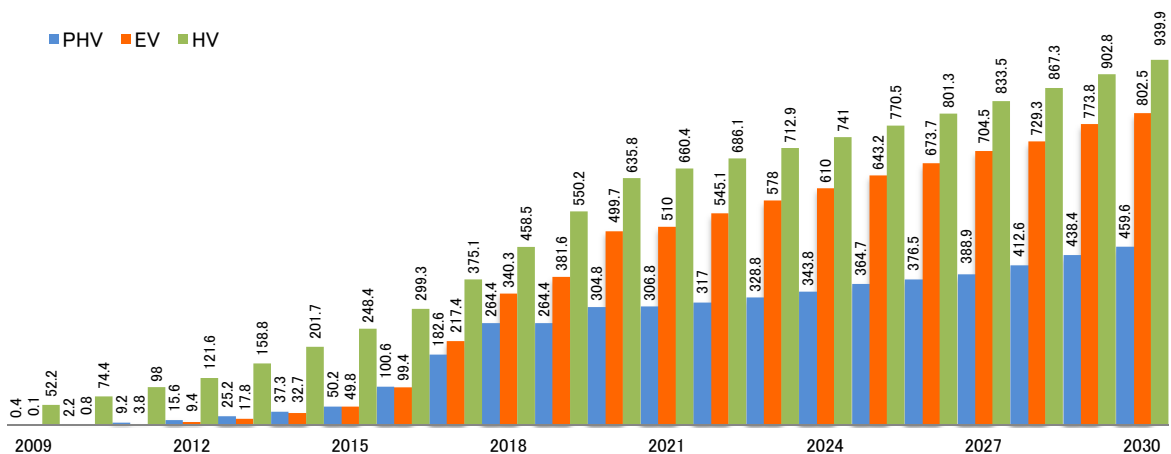
図表 9-10 異なる車種の発展ブルーマップ



出所：IEA, Technology Roadmap: Electric and plug-in hybrid electric vehicles, 2011. p14

既存の新エネ車に対する研究によると、新エネ車市場はS型のような曲折な技術革新ルートに沿って急速に成長しようと思込まれる。2011年、国際エネルギー機関は控え目に見積もって、2020年まで新エネ車市場は明るくないが、2020年以後、市場シェアが大幅に上昇するようになる。しかも、HVの販売も継続に成長する一方、内燃車の販売は2020年から衰退しつつある。クレディ・スイスによると、2020年にはHVが大幅のシェアを占めるが、EVの成長が最も早く、販売上徐々にPHVとの差が大きくなる。PHVの販売台数はHVの半分ほどと思込まれる。

図表9-11 EV・PHV・HVの市場潜在力推移（万台）

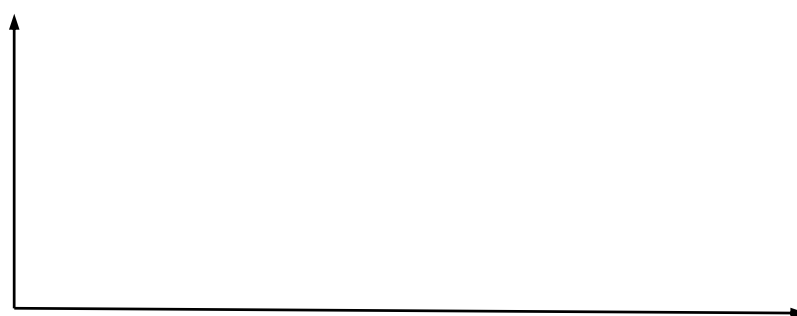


出所：Credit Suisse, Electric Vehicles, Credit Suisse Equity Research, 2009. P62.

9.2.4 技術革新の市場キャズム

現在、新エネ車の技術はまだまだ完璧ではなく、特に電池技術の開発・生産の面では大きなコストが存在し、インフラ整備もまだ不足である。Moore (1999) が技術革新モデルを掲げ出し、即ちハイテク業界において新製品・新技術を市場に浸透させていく際に見られる、初期市場からメインストリーム市場への移行を阻害する「ギャズム (Chasm)」という深い溝がある。初期市場と既存市場の相違点を区分けすることは、企業に対して既存市場に参入することに役立つである。

図表 9-12 Moore イノベーションギャズム・モデル



出所：Moore, G. A. (1999) *Crossing the Chasm: Marketing and Selling High-Tech Products to Mainstream Customers*, HarperCollins Publishers, London, UK.

初期市場とメインストリーム市場の間のギャズムは市場浸透率の 16%前後にある。異なる新製品・新技術のギャズムは異なり、時には初期市場段階に繰り上がることがある。即ち、新エネ車の販売量がギャズムに達したら（自動車販売台数の 16%前後）、消費者の要求は厳しくなりつつあり、新エネ車の普及はある技術・環境の要因のために妨げられる。現在、新エネ車市場の拡大は直面している二つの問題は電池の開発・生産コストとインフラの普及。

電池コストの降下とともに、新エネ車は異なる市場セグメントで競争力が現れてくる。電池コストが 900 ドル/kW・h になると、新エネ車は公務車と商務車市場で競争力があるが、750 ドル/kW・h になると、新エネ車がライフサイクルにおける経済性が伝統的内燃車と同様になる。ただし、電池コストが 750 ドル/kW・h 以下になれば、新エネ車がメインストリーム市場に参入できない。

中期市場において、充電設備などのインフラの整備度は消費者の意思決定に影響を及ぼす最も必要な要因である。インフラ整備の密度は新エネ車の航続距離にかかわるが、インフラ建設コストの高さも、投資者の便益に影響を与える。

したがって、インフラ整備では政府の支援・促進が必要である。初期構築プログラムは、消費者の需要、建設コスト管理を満たすために考慮される必要がある。前述した Moore イノベーションキャズム・モデルによって、キャズム前の市場参入者（投資者と消費者を含め）は先駆者なるが、政府の支援はインフラ整備の初期段階に最も必要な役割を果たすことである。

9.3 新エネ車の制度選択

第3章の正の外部性を判断する論述によって、新エネ車消費は内燃車に比べて排気ガスとエネルギー消費の面ではさらに大きな社会的便益を獲得するため、新エネ車消費の社会的費用は私的費用より低いものである。市場から見ると、自動車消費の意思決定は利益主導なものである。曲線 MPC が曲線 D と交われば、延長が止まる一方、曲線 MSC が曲線 MPC の下に位置するため、単なる市場メカニズムに頼れば、新エネ車の技術革新は遅いだけでなく、消費量も少なくなり、社会的便益が過少となることがある。この時、政府は外部性の本質と市場の状況によって制度選択を行わなければならない。同時に、新エネ車導入の初期段階には政府の力を借りて市場の慣性を克服し、最初の市場参入者が担う私的費用を削減する必要がある。

9.3.1 正の外部性の具体的分野

近年、石油の探査費用はますます高くなり、多くの国は新エネルギーの発展に注力してきた。化石燃料への依存を早めに取り除くため、新エネ車を重視する国は多くなればなるほどである。電力の燃料源は非常に広くて、化石燃料の精鍊・運輸などのプロセスによる間接コストが降下することができる。このため、一部の伝統的な自動車メーカーと石油大手企業は新エネ車の商業化を妨げている可能性がある。

炭素排出量の削減は新エネ車消費にかかわるもう一つ正の外部性である。前述のように、新エネ車は内燃車よりさらに W2W 効率を持ち、CO₂、有毒ガスを排出しない。仮に新エネ車が内燃車を取り替えれば、排気ガスを削減することができるが、環境保護の面にはどのくらい役割を果たすか、現在、明らかではない。しかし、電力システムにおけるエネルギー伝達は効率的から、仮に化石燃料で発電すれば、新エネ車の汚染は内燃車より極めて少ない。

(A special report on the future of energy: The end of the petrolhead ,
Source: Economist, The (London, England), June 21, 2008, p. 74 5pp)。

それ以外、新エネ車が新たな経済発展をもたらすことができる。新興企業が新エネ車の全面的な量産を実現すれば、2 万億ドルの市場が浮き上がると見込まれる。しかも、新エネ車の普及は毎年 5000 億ドルの車両用電池市場と 3000 億ドルの炭素排出削減目標をもたらすことができる。また、毎年電力システムに対するアップグレード投資は 6500 億ドルとなる。新エネ車産業の出現は 6 万億ドルの市場に影響を及ぼす。その中、既存市場を取り替えることだけでなく、新興市場を創出することもある (Agassi, 2008)。しかし、2009 年クレディ・スイスは世界新エネ車と車両用電池市場は 2030 年までに 5000 億ドルに達すると予測したが、マッキンゼー (McKinsey) はその時にただ中国市場は 2200 億ドルに達すると予測した。

9.3.2 政府の促進策

新古典派経済学の理論によると、通常の場合では政府が市場に介入すべきではない。しかし、独占経営、外部性及び情報非対称などの市場の失敗の場合がある。市場メカニズムが働かなければ、政府は常に二つの手段で市場に是正する。一つ目は社会的商品を直接に供給、二つ目は他の機関を支援して社会的商品を供給。政府の職責は一連の施策を通じて民間投資を社会ニーズの方向へ引き込み、投資の最適化させることである。こうした施策は行政的な管理統制だけでなく、市場メカニズムの助けを借りる手段もある。

一般的に、政府は発展目標によって多様な対応策を打ち出すべきである。例えば、消費者向けの補助を通じ、新エネ車市場の潜在力を掘り起こす；企業向けの促進策を通じて、技術革新と製品最適化を促進する；商品販路向けの激励を通じて、新エネ車の市場規模を拡大する。電力企業との協力を通じて、スマートグリッド整備を高速化し、開発事業を支援するなどのことである。政府は新製品・新技術の促進者として、発展戦略を制定、モデル市場を選定、効率的な支援を提供するべきである。政府の施策は必ず未来に着目し、最も実行可能な選択肢を分析し、中・長期の段階的な実施計画を制定すべきである。こうした将来向けの計画を制定することこそ、政府の職責であり、企業を政略的方向に投資することの促進方法である。

9.3.3 支援策の方向

前述したように、政府による支援策は新エネ車の初期市場に対して重要である。現在各自動車国が自国の新エネ車産業に対する施策から見ると、支援策は

大きく分けて車両施策・インフラ整備施策・市場促進施策という三つの面がある。

(1) 車両施策：新エネ車向けに補助金と優遇税制を行えば、開発・生産コストの降下を促進、新エネ車の価格競争力が向上することができる。適切な減税は政府の負担にならないが、新興産業の登場は政府にとって、新たな税源となる。一方、電池コストは新エネ車と内燃車の価格差の主要な原因である。低コストの電池は充電時間・航続距離などの性能に影響を及ぼし、これが新エネ車販売に対して最も障害である。長期から見ると、電池コストが徐々に降下していくが、短期には政府が電池開発向けに支援と補助を提供することは必要である。

(2) インフラ整備施策：インフラ普及の密度も新エネ車販売にかかわる重要な原因である。現在、充電スタンドなどのインフラの整備度がまだ不足、消費者がインフラに対する需要は投資者の整備能力を遥かに超えている。この問題は政府に解決されるべきである。インフラ向け補助と減税などの施策以外、公共インフラを提供することも効率的な解決策と見こなされる。例えば、充電スタンドは常に公共駐車場、デパートなどの場所で、新エネ車ユーザーに快適な充電サービスを提供することである。それ以外、充電規格基準化、スマートグリッドアップグレード、及びグリーン発電保証などの方式で消費者に安心感を与える。

(3) 市場促進施策：車両とインフラ向けの促進策は新エネ車の供給者に対する支援になれば、市場向けの啓発宣伝とモデル市場の選定は需要者に対する促進策である。政府は地方市場の特徴によって、新エネ車のモデル市場プログラムを推進する必要がある。航続距離などの制限があるため、最初的に公共事業車両には新エネ車を導入することは最も効率的である。なぜならば、こうした車両の運転が強い計画を持ち、作業環境が事前に予測可能である。例えば公共バス、タクシー、公務車及び配達車。それ以外、事業ユーザーは個人ユーザーよりさらに車両使用の経済性を分析することである。現在、日中両国は積極的に電動車モデル都市プログラムを展開しているが、自国の状況によって、多くの相違点が存在している。

9.4 小括

新エネ車の消費は内燃車と比べ、排気ガス、エネルギー消費などの負の外部

性を備えないため、経済学の視点から見ると、正の外部性を有する。常に、新エネ車は電気自動車、プラグインハイブリッド車、および燃料電池車を含めているが、ハイブリッド車は次世代自動車に属している。電動車は排気ガスがないが、ゼロ排出わけではないが、電動車使用のための規定外発電は同様に排出量が有する。W2T 階段に内燃車はメリットを備えるが、T2W に電動車のメリットは T2W にのデメリットを補うのに十分である。つまり、W2W における費用から見ると、電動車は内燃車よりさらにクリーン性、環境保護とエネルギー消費の面に正の外部性が備えている。

現在、電動車の技術はまだ完璧でなく、充電インフラの普及も不足な状況にあって、消費者はより高い私的費用を担っている。常に、新製品或いは新技術は初めて登場する時に、市場浸透段階がある。ただし、新エネ車市場は S 型のような曲折な技術革新ルートに沿って急速に成長しようと思込まれ、2020 年以後、市場シェアが大幅に上昇するようになる。

新エネ車消費は内燃車に比べて排気ガスとエネルギー消費の面ではさらに大きな社会的便益を獲得するが、新エネ車消費の社会的費用は私的費用より低いいため、新エネ車の技術革新は遅いだけでなく、消費量も少なくなり、社会的便益が過少となることがある。新エネ車導入の初期段階には政府の力を借りて市場の慣性を克服し、最初の市場参加者が担う私的費用を削減する必要がある。市場メカニズムが働かなければ、政府は常に二つの手段で市場に是正する。一つ目は社会的商品を直接に供給、二つ目は他の機関を支援して社会的商品を供給。政府の職責は一連の施策を通じて民間投資を社会ニーズの方向へ引き込み、投資の最適化させることである。こうした施策は行政的な管理統制だけでなく、市場メカニズムの助けを借りる必要もある。

[22]^ "Fuel Cells for Transportation", U. S. Department of Energy, updated September 18, 2009. Retrieved June 7, 2010

[23] "Fuel Cell Vehicles", Fuel Economy, Retrieved on: 2008-11-03.

第 10 章 中国の新エネ自動車の支援策と産業発展

中国のような自動車新興国に対して、電動車などの新エネ自動車産業の発展と市場拡大は非常に重要、環境保護とエネルギー効率の向上だけでなく、本国の自動車産業に新たなきっかけとなっている。ガソリン車に比べて、電動車(EV)の消費は排気ガスとエネルギー消費の面には正の外部性を有する。現在、中国における自動車消費の中に自家用車向けの消費は大部分の割合を占めているため、新エネ自動車事業の推進は現在中国に対して大きな意味があると考えられる。しかし、電動車の市場形成は新エネ自動車産業の発展に対して重要な要因である。現在、中国の新エネ車市場は順調に広がり、中国国情に合わせる車種技術は初期の状態にあるため、中央政府の優遇政策によって電動自家乗用車の市場ボトルネックを突き破り、産業化の目標を達することが見込まれる。

10.1 中国の新エネ自動車の促進策

中国が定義する「新エネ車」とは、日本の「次世代自動車¹」と異なり、主にバッテリー電源自動車 (EV 或いは BEV)、プラグインハイブリッド車² (PHV) 及び燃料電池車 (FCV) のことを指す。中国政府は「エネルギー生産と消費の革命」の推進を国策の 1 つに位置付けている。こうした中、新エネルギー自動車の開発・普及を促進することは重要な一環となっている。2012 年から、中国政府は正式に新エネ自動車の発展を国家経済計画に取り入れた。その後産業発展と市場環境の変化に応じて絶えずに調整しつつある。3 年間以内、中国では中央層から地方層まで新エネ車に対する一連の促進政策システムが形成された。

10.1.1 戦略ロードマップ：業界計画と普及目標

中国はこれまで発展途上国としては積極的に自動車の新エネルギー化を進めてきた。最初に新エネ車の技術向上を国家的プロジェクトとして主導したのは科学技術部で、01～05年の第十次5カ年計画期の国家高技術研究発展計画で新エネ車の産業化を重点分野に指定し取り組んだ。その後、「国家中長期科学技術発展計画綱要（2006—2020）」で2006～10年の第十一次5カ年計画、2011

¹経済産業省が2014年11月に発表した「自動車産業戦略2014」によると、次世代自動車の定義は、ハイブリッド自動車(HV)、電気自動車(EV)、プラグイン・ハイブリッド自動車(PHV)、燃料電池自動車(FCV)、クリーンディーゼル自動車(CDV)、圧縮天然ガス自動車(CNG)等とされている。

²レンジエクステンダー車含む

～15年の第十二次五カ年計画でも同分野を重点分野に指定している。科技部の基本的な考え方は大きな技術変化が起こり、旧来技術が陳腐化する時期に、新分野で一足飛び式に世界の技術的先頭に立ちたいというものである。

新エネ車は第12次五カ年計画（2011～15年）で確定された国の7大戦略的新興産業の一つ、世界の自動車工業発展の必然的な流れでもある。中国の省エネ・新エネ車産業の発展については中国の国務院が2012年7月に「省エネ・新エネ車産業発展計画（2012～2020）」を発表したことで、一気に加速することが期待された。新政策は、第三段階燃費規制をクリアした内燃機関自動車とハイブリッド車（HV）を省エネ車に、プラグインハイブリッド車（PHV）、電気自動車（EV）、燃料電池自動車（FCV）を新エネ車にする分類し、新エネ車産業を国家戦略として発展させることを明確にしました。

その中、2015年にEVとPHVの製販累計台数を50万台、2020年までに500万台へ引き上げることを目標として打ち出した。ガソリン・エンジン車の燃料消費効率については、2015年までに新規生産乗用車は14.5km/L、省エネ車は16.9km/Lに引き上げる。2020年にはそれを乗用車20.0km/L、省エネ車22.2km/Lにすることを目指す。一方、新エネ車の技術的目標としては、2015年までにEV、PHVが最高時速100km以上、航続距離がEV150kmとPHV50km、電池モジュールのエネルギー密度150Wh/kg以上、コスト2元/Wh以下、循環寿命2000回または10年以上；電動駆動システムのパワー密度2.5kW/kg以上、コスト200元/kWh以下と設定されている。2020年には電池モジュールのエネルギー密度を300Wh/kg以上、コスト1.5元/Wh以下の達成が目標とされている。

また、2013年9月10日に中国中央政府は「大気汚染防止行動計画」を公布し、主要都市の吸引性粒子状物質濃度を2017年までに2012年比で10%以上低下させることを目標に発表した。計画対象分野は多岐にわたるが、交通分野では環境対策強化策の1つとして、新エネ車の利用を促進すると共に、新エネ車・スマートグリッド等の技術開発・応用化を強化するとしている。特に、新エネ車の利用促進に向けては、公共交通・衛生車、政府機関での新エネ車の率先的な利用を推奨、財政補助等の個人による購入奨励策、大都市の公共交通における更新・追加需要の6割以上を新エネ車とする等の施策も規定している。

それ以外、2014年7月に国務院は「新エネルギー自動車の普及応用の促進に関する指導意見」を公布し、6つの方面に25項目の具体的な政策・措置を打ち出して、新エネルギー車の普及応用を一層加速させるとともに、エネルギーや環境をめぐる圧力を緩和し、自動車産業のモデル転換・バージョンアップを促

進するという方針を明らかにした。この指導意見は新エネ車の普及実用促進への具体策が詳細に示されており、新エネ車の普及を加速させることへの本気度が窺える。

10.1.2 財政支援策1：新エネ車向けの補助金・優遇税制

これらの政策は中国における工業化と都市化およびモーターリゼーションの進展等により、PM2.5等による環境汚染の深刻化が指摘されていることが背景にある。2012年以降、新エネ車および充電インフラにかかる国家統一規格の策定や研究開発補助金など新エネ車製造メーカーへの支援、また購入補助金や税制優遇措置の実施など一般消費者への支援策が多く導入されている。

2013年9月に中央政府による新エネ車の購入補助金制度が規定されたことである。財政部、科技部、工業情報部、発展改革委員会が共に「新エネ車の普及推進を引き続き展開することに関する通知」を発表し、中央政府が新エネ車向け財政補助の範囲・対象・標準を明らかにした。EVとPHVの2種類が補助金の対象となり、購入補助金は航続距離に応じて3段階に分類され、計4種類が規定された。また補助金額は毎年低減していくものとし、2013年比で2014年には10%、2015年には20%と低減させていくこととされた。但し、補助金の低減率はその後2014年1月28日に公表された「新エネ車の普及応用をより一層効率よく行うことに関する通知」において緩和され、2013年比で2014年は5%、2015年は10%減少させることとなった。

表図10-1 中国新エネ車向けの促進補助金標準

車種		指標	2013年	2014年	2015年
乗用車	EV	$80 \leq R < 150$	3.5	3.325	3.15
		$1500 \leq R < 250$	5	4.75	4.5
		$R \geq 250$	6	5.7	5.4
	PHV	$R \geq 50$	3.5	3.325	3.15
	FCV		20	19	18
商用車	バス	全長 L (m)	$6 \leq L < 8$	30	
			$8 \leq L < 10$	40	
			$L \geq 10$	50	

	チタン酸リチウム 急速充電 EV		-	15		
	PHV		$L \geq 10$	25		
	FCV		-	50	47.5	45
	スーパーキャパシタバス		-	15		
特装車	EV (郵政用車、物流用車、 環境衛生用車等)	2000 元/kWh、最高 15 万元		15	14.25	13.5

注：1. R は EV の航続距離 (km)、L は車両の長さを指す。

2. 郵政用車、物流用車、環境衛生用車などの専門業務車について毎な助成金額が 15 万元以内。

出所：「中国都市旅客運送電動化およびインテリジェント政策研究」中国国家職能交通システム工程技術研究センター

年次によって額が異なるが、2014 年は車種ごとの航続距離に応じて、3.325 万元～5.7 万元の補助金が支給された。補助金額は新エネ車と同種内燃車との価格差に基づいて確定し、規模効果や技術革新などの要因によって、年々に減少することである。

優遇税制の面では 2014 年 8 月に、財政部、国家税務局、工業情報部は共に「新エネ車の自動車取得税の免除に関する公告」を公布した。この公告において、2014 年 9 月 1 日から 2017 年 12 月 31 までの期限で、工業情報部と国家税務総局に選定された新エネ対象車両に対する車両購入税を免税することを規定して、「自動車取得税免除の新エネ自動車モデルリスト」によって管理を行い、EV の航続距離を明らかに定めておいた。

表図 10-2 新エネ車の航続距離標準 (km)

車種	乗用車	バス	トラック	業務車	試験方法
EV	≥ 80	≥ 150	≥ 80	≥ 80	M1、N1 クラスは条件法、その他は 40km/h 等速法を使用。
PHV	≥ 50 (条件法) ≥ 70 (等速法)	≥ 50	≥ 50	≥ 50	M1、N1 クラスは条件法或いは 60km/h 等速法、その他は 40km/h 等速法を使用。
FCV	≥ 150	≥ 150	≥ 200	≥ 200	M1、N1 クラスは条件法、その他は 40km/h 等速法を使用。

注：M1 クラスは座席数 9 所以内の乗用車、N1 クラスは最大 3500kg 以内のトラックを指す。

出所：「中国における都市旅客運送電動化およびインテリジェント政策研究」国家職能交通システムプログラム技術研究センター、2015. 1。

10.1.3 財政支援策 2：インフラ向けの補助金・優遇税制

充電インフラの整備は、上述の「新エネ自動車の普及応用の促進に関する指導意見」において、最初のテーマとして取り上げられている重要課題である。指導意見では、具体的に充電設備の建設を加速、充電設備の整備計画を制定、充電設備建設の都市総合計画の中への組み入れ、充電設備の技術基準・建設基準を制定、充電設備用地政策および電気価格政策を制定、充電設備の中核技術を発展、公共駐車場への充電設備建設を加速、地方政府による充電施設建設を支援することなど、幅広い分野で政策方針が挙げられた。

また、充電インフラ分野における長期計画として、現在、国家エネルギー局を中心に関係省庁により「EV 充電インフラ発展計画(2015~2020)」が検討されており、長期計画を形成する重要な政策になると考えられる。

2014年11月に、「新エネ車充電インフラ建設を奨励する通知」が財政部、科学技術部、工業情報化部、発展改革委の4部門により公布された。この通知では、北京・天津・河北、長江デルタ地域、珠江デルタ地域の大气汚染対策重点地域と、それ以外の地域に対し、地域ごとの2015年までの新エネ車の導入目標を設定し、上記条件を満たした都市に対して、重点地域とその他の都市に対して、2013~2015年の各年末の新エネ車両導入台数に応じて、累進的に充電設備設計奨励金を中央政府から支給することを規定している。また、奨励金はインフラ施設の建設・運用に用い、指定する国家業界標準を満たせば、地方財政として支援策の実施を奨励するほか、急速充電設備も対象分野として挙げられている。

表図10-3 新エネ車充電インフラ建設奨励金

地域	2013年		2014年		2015年	
	導入台数	補助額 (万元)	導入台数	補助額 (万元)	導入台数	補助額 (万元)
京津冀、長江デルタ、珠江デルタの大气汚染対策重点地域	2500以上	2000	5000以上	2700	10000以上	5000
	5000未満		7000未満		15000未満	
	5000以上	3000	7000以上	3800	15000以上	7000
	7000未満		10000未満		20000未満	
	7000以上		10000以上		20000以上	
	10000未満		15000未満		25000未満	
10000以上	7500	15000以上	9000	25000以上	12000	
その他地域	1500以上	1000	3000以上	1800	5000以上	2400
	2500未満		5000未満		7000未満	
	2500以上	2000	5000以上	2700	7000以上	3400
	5000未満		7000未満		10000未満	
	5000以上		7000以上		10000以上	
	7000未満		10000未満		15000未満	
7000以上	5000	10000以上	6700	15000以上	8000	

出所：「新エネ車充電インフラ建設を奨励する通知」

10.1.4 ほかの優遇施策：初期需要を創出と販売促進

2014年7月13日に発表された「政府機関及び公共機関の新エネルギー自動車購入実施プラン」では、政府機関と公共機関公用車の新エネルギー化に向けタイムテーブルとルートマップが明らかにされ、2016年をめぐりに中央政府・国の機関および新エネルギー車の普及応用都市の政府機関・公共機関では、一年間に購入・買い換えする自動車全体のうち新エネルギー車の占める割合が30%を下回らないようにすることがうち出され、この割合は年々上昇するとされた。

それから、2014年4月に交通運輸部は「新エネルギー車の普及と応用を加速に関する意見」を発表して、2020までにEVが交通運輸業において最初規模を備え、公共交通、タクシーおよび都市物流などの分野で30万台を保有することを目指す。その中、公共バスは20万台、タクシーと物流業務車は10万台に達する。この意見において、北京・天津・河北という地域では購入・買い換えする公共バス、タクシー、物流業務車の中に、EVの割合が35%以上、EVの運営効果と安全性が大幅に向上させ、都市運輸省エネ化に対する貢献率が20%に達するということが明らかにした。

中国では増え続ける車両数に対して、都市部での交通インフラ整備が進んでおらず、交通渋滞や大気汚染が深刻な社会問題となっている。このためナンバープレートの発行枚数の制限や、ナンバープレート番号を利用した運行規制等が実施されている。2014年末では、上海、広州、石家庄、北京、天津、貴陽、深圳の7地域でナンバープレートによる一般車両の購入制限が施行されている。一般自動車はナンバープレート規制の対象とされており、交付にあたり抽選を経て当選しない限り自動車の購入をすることができない。だが、販売インセンティブとして、新エネ車は内燃機関を有するガソリン車と比べ、ナンバープレートの交付が格段に容易である。政府ではこれらの自動車の購入にかかる制約を、新エネ車向けに緩和することで普及にむけた支援策として位置づけている。

10.2 市場促進事業：モデル都市の取り組み

新エネ車の普及は自動車業界の革新技术だけでなく、社会全体に大きな影響を及ぼすことである。最初需要の創出、インフラ設備の建設、市場向けの広報

などの面に対して、促進事業を行うことが必要と考えられる。中国は2009年から新エネ車消費のモデル都市として多くの都市を選定した。地方政府、国有企業、公共交通部門等とも連携してEV、PHVの導入、環境整備を集中的に行い、普及モデルの確立を図り、徐々にほかの都市に広がることを目指す。

10.2.1 中央政府によるモデル都市指定

2009年、中国政府は北京、上海、重慶などの13都市で「十城千両」という省エネ・新エネ車モデル都市プログラムを展開、公共交通、タクシー、公用車、郵政・環境衛生専用車などの分野で先に新エネ車を導入することを促進した。2010年、さらに天津、厦門などの12都市を第2、3期のモデル都市として加えた。同時に、モデル都市の中に6都市を選定して、個人新の販売事業を展開。このプログラムにおいて、3年間以内には毎年10都市を増加して、毎都市には1000台新エネ車を導入しながらモデル運行を行い、2012年までに新エネ車の運行規模が全国自動車市場の10%を占めることを目指した。

2012年末、第1期のモデル都市プログラムが終了、25都市では取り入れた新エネ車は2743台となった。その中、公共・専門業務車は23032台、自家用車4400台、本来の目標より遥かに及ばない状態である。

表図 12-4 新エネ車モデル都市一覧

	都 市	選定時間
第1期	北京、上海、重慶、長春、大連、杭州、武漢、深圳、 濟南、合肥、長株潭、昆明、南昌	2009.5~2010.1
第2期	天津、海口、鄭州、厦門、蘇州、唐山、広州	2009.8~2010.10
第3期	襄樊、フフホト、瀋陽、成都、南通	2010.8~10

出所：中国電動車百人会 2015年度フォーラムレポート集（2015）

2013年9月13日、工業情報化部、財政部、科学技術部、発展改革委が共に「新エネ車の普及推進を引き続き展開することに関する通知」を公布、2013~2015年の間に第2階段の新エネ車促進事業を展開することを明らかにした。この通知においては、一定の政策目標に沿った地方独自の政策を掲げる都市・地域を新エネ車の普及・促進モデル都市として認定する旨が規定されている。これを受けて、前述の中央政府4部は、同年の11月26日に第1次新エネ車普及推進都市および地区リストとして、28ヶ所の地方政府および都市郡を指定、さらに2014年1月27日には、第2次リストで12ヶ所の地方政府および都市郡を指定して、合

計で39ヶ所の88都市³がモデル都市として認定された。この指定を受けて、各地方政府は2015 年末までの普及目標台数を設定し、普及支援策の実施が認められ、その推進が期待された。

10.2.2モデル都市における取り組み状況

第2段階モデル都市指定から1年が経過した2014年11月、工業情報化部が各地の普及支援策をまとめたところによると、2014年10月末時点までに30ヵ所の65都市がなんらかの支援政策と整備していることが確認されている。一方、各モデル地域の累積普及台数調査では、39のモデル都市が提出した2013年から2015年までの目標累積普及台数33.6万台に対し、2013年1月から2014年9月までの累計普及台数は3.86万台、うち2.05万台は2014年の実績であった。この累計普及台数は、計画比で約11%の達成度に過ぎず、2015 年末までの目標累積普及台数の達成に向けては、今後、地方政府への支援政策の実施に向けた監督を強めるとしている。

目標累積普及台数、および2014年9月までの普及台数と対目標比をモデル都市別に見ると、北京と深圳が約35000台と最も高い目標を掲げ、その後12のモデル都市が目標1万台以上、その他25都市は1万台以下で、大半が最低目標台数5000台程度である。その中、浙江省が約5200台と最も多く、北京市が約4800台、深圳と合肥が約4200台、上海市が約4000台と大きな差は見られない。一方、1万台以上の目標を掲げる都市では江蘇省が約3100台、天津が約1700台、広州や広東省(深圳市、広州市を除く)が共に約1300台の導入実績を持つのである。

表図10-5 第2段階主なモデル都市における政策面の特徴

都市	長期計画	車両購入補助制度	充電インフラ奨励制度
北京	新エネ車としてEVを中心に普及を推進する計画	EVを対象とする国家補助金と同額の購入補助	個人用充電施設の設置に向け、不動産管理業者に対し積極的な協力を要請
天津	公共分野での普及を強化する計画	国家補助金と同額の購入補助	公共セクター中心のインフラ整備計画

³それぞれは北京、天津、太原、晋城、大連、上海、寧波、合肥、蕪湖、青島、鄭州、新郷、武漢、襄陽、長株潭(長沙・株州・湘潭)地区、広州、深圳、海口、成都、重慶、昆明、西安、蘭州、河北省(石家庄、唐山、邯鄲、保定、邢台、廊坊、衡水、滄州、承德、張家口を含む)、浙江省(杭州、金華、紹興、湖州を含む)、福建省(福州、アモイ、漳州、泉州、三明、莆田、南平、竜岩、寧徳、平潭を含む)、江西省(南昌、九江、撫州、宜春、萍郷、上饒、贛州を含む)、広東省(仏山、東莞、中山、珠海、惠州、江門、肇慶を含む)。内モンゴル(フフホト、包頭を含む)、瀋陽、長春市、ハルビン、江蘇省(南京、常州、蘇州、南通、塩城、揚州を含む)、山東省(濰博、臨沂、濰坊、聊城を含む)、瀘州市、貴州省(貴陽、遵義、畢節、安順、六盤水、黔東南州を含む)、雲南省(昆明、麗江、玉溪、大理を含む)。

上海	新エネ車のデータ収集・監督センターの設置を計画	国家補助金とは異なる独自の補助金水準を持ち。また市内の区で追加的な購入補助金を整備	充換電施設への投資に対する30%未満の財政補助を規定
杭州	新エネ車の利用促進のみならず、地元の自動車産業発展も含めた計画	公共分野の新エネ車は国家補助金と同額の購入補助、その他の乗用車向け低額の補助金(PHV:2 万元、EV:3 万元)に留まり	充換電施設への投資に対する20%未満の財政補助を規定
合肥	新エネ車のリース事業者に対する市への納税還付等も規定	EVに対して国家補助金と同額の購入補助を支給、それ以外の新エネ車には国家補助金の20%を支給	充換電施設投資に対する5%未満の財政補助、個人向けに設置・充電費用として1万元/台、一定台数のEV利用者を抱える企業・住宅管理会社に充電施設建設費用として2000元/台を規定
広州	広東省の自動車産業自体の発展計画と関連し、個人向けの普及を主要な利用分野として設定	国家補助金と同額が、2013年の購入補助金額を継続	充電施設の設置目標のみ
深圳	2009年の十城千両計画の指定都市、多様な取り組み	国家補助金と同額、2013年の購入補助金額を継続	充換電施設への投資に対する30%未満の財政補助を規定、また個人向けの設置・充電費用として1~2万元/台の補助金

出所：平成26年度アジア産業基盤強化等事業（中国における次世代自動車及び関連インフラの普及可能性調査事業）

調査報告書

表図 10-6 第2段階新エネ車モデル都市完成率（2014年9月、現在）

地方	目標	実績	完成率	地方	目標	実績	完成率
合肥	5720	4145	72%	浙江省	10100	5203	52%
上海	10000	4022	40%	鄭州	5500	1423	26%
江蘇省	18085	3118	17%	北京	35020	4762	14%
天津	12000	1726	14%	広東省	10000	1369	14%
深圳	35000	4189	12%	広州	10000	1241	12%
襄陽	5000	561	11%	青島	5200	510	10%
重慶	10000	995	10%	太原	5000	489	10%
長株潭	6100	492	8%	河北省	13141	803	6%
成都	5000	298	6%	西安	11000	710	6%
蕪湖	5110	252	5%	大連	5000	225	5%
瀋陽	5000	232	5%	雲南省	5000	223	4%
武漢	10500	389	4%	維坊	5500	174	3%
貴州省	6000	166	3%	臨沂	5690	173	3%
新郷	5000	153	3%	江西省	5300	118	2%
福建省	10000	153	2%	寧波	5000	119	2%
瀘州	5000	48	1%	淄博	5000	63	1%
内モンゴル	5000	25	1%	ハルビン	5000	5	0%
長春	10000	33	0%	晋城	6000	3	0%
蘭州	5000	3	0%	聊城	5010	3	0%

海口	5000	0	0%	(合計	335976	38616	11.5%)
----	------	---	----	-----	--------	-------	--------

出所：中国電動車百人会 2015 年度フォーラムレポート集（2015）より、作成

10.3 中国の新エネ自動車の産業現状

第十一次 5 年計画期に入ってハイブリッドを念頭に置いた省エネ車の促進に言及するようになった。また同時期に、新興企業の BYD が電池生産技術に基づいて電動車の独自開発をアピールし始め、奇瑞、吉利等の新興企業がそれに続いた。さらに市場競争メカニズムの中から低コストの低速電動車産業が勃興し、社会における輸送機器の電動化を事実上リードした。政府からの一連の促進策が立ち上がった後、中国の新エネ車産業の発展が加速してきた。技術の面では EV の航続距離がさらに増加、エネルギー消費が大幅に低下した。HV の販売台数が増えているが、EV はまた基幹車種である。

10.3.1 主な自動車メーカーの生産と開発

BYD は EV 事業の黒字転換を背景に、自社とダイムラーとの合併ブランドを含めて PHV と EV 製品の多様化を進め、電動車事業を強化する計画である。2013 年 4 月にはアイドリングストップと回生ブレーキを融合した HV システムを発表し、低燃費技術を採用する製品範囲を広げるとともに、ターボ、DCT 技術開発も強化し、低燃費イメージを醸成する計画している。

奇瑞自動車は新エネ車事業子会社とともに、EV 車種の QQ、RiichM1 の開発に取り組み、政府からの購入助成金を活用しながら、販売強化を目指している。既に、2012 年 11 月には広州汽車グループと戦略提携関係を締め結び、プラットフォーム、省エネ・新エネ車などの開発分野で提携する計画である。傘下新エネ車事業はモーター、制御システム、リチウム電池、ニッケル水素電池などのコア技術を把握している。

吉利自動車は低コストのアイドリングストップシステムの採用車種を増やしながら、新エネ車産業技術イノベーションプログラムへの参加によって取得した政府助成金を活用して、EV を開発している。一方、吉利は 2012 年 3 月に子会社化したボルボと、ボルボから技術導入する契約を交し、共同で小排気量、高性能、グリーン環境保護のエンジン、環境性の小型乗用車プラットフォームを開発するほか、EV、HV、PHV などの省エネ・新エネ車のパワートレントなどを開発する方針である。

10.3.2 コア部品メーカーの技術開発

(1) パワーバッテリーシステム：近年から、中国のリチウム電池産業の発展が強化され、車両用リチウム電池むけの投入が増やしつつある。2013 年末には中国における車両用リチウム電池メーカーは 100 社を超え、生産能力は毎年 40 億 Ah になる。バッテリーメーカーは急速に成長して、相互な開発提携を通すとともに総合能力を向上。中国のリチウム電池技術はほぼ国際水準となるが、電池群技術、電池集積技術などに関わる開発能力はまだ低下、技術革新と標準化はさらに強化される必要がある。

(2) 駆動モーターシステム：中国におけるモーターシステムメーカーは 20 社以上、伝統的な車両用モーター企業と工業制御システム業界から転換した企業を含めている。それ以外、多くのモーター新興企業が近年から急速に成長し、ある程度の競争力を備えている。近年以来、中国の新エネ車メーカーがほぼ自国のモーターシステム製品を取り入れている。しかも、一部メーカーはさらに外国系自動車メーカーに製品提供している。

(3) 回路制御システム：中国における多くのメーカー・大学などの研究機構は新エネ車回路制御システムに対する開発能力を備えており、ほぼ EV の需要に満たせる。しかし、回路制御システム産業においては依然として多くの不足が有している。各メーカーの技術蓄積が欠乏、生産財と産業化能力が先進国に比べて大きな差がある。回路制御のソフトウェア開発がほぼ外国開発ツールに依頼する以外、車体メーカーと部品メーカーとの制御器が標準化になっていないため、交換コストが高い。

(4) 燃料電池システム：現在、中国はコア材料の生産・開発能力は国際水準より、かなり大きな差があるだけでなく、生産財技術および電池プールの耐久性と信頼性に対する研究は極めて不足である。例えば、乗用車用燃料電池の運転寿命は必ず 3000~5000h、バス用燃料電池はさらに 20000h 以上に達しなければならない。現在には中国水素燃料電池の運転寿命はただ 2000h くらいが、世界先進技術は既に 8000h 以上に立っている。

10.4 中国の新エネ自動車の市場成長とインフラ整備

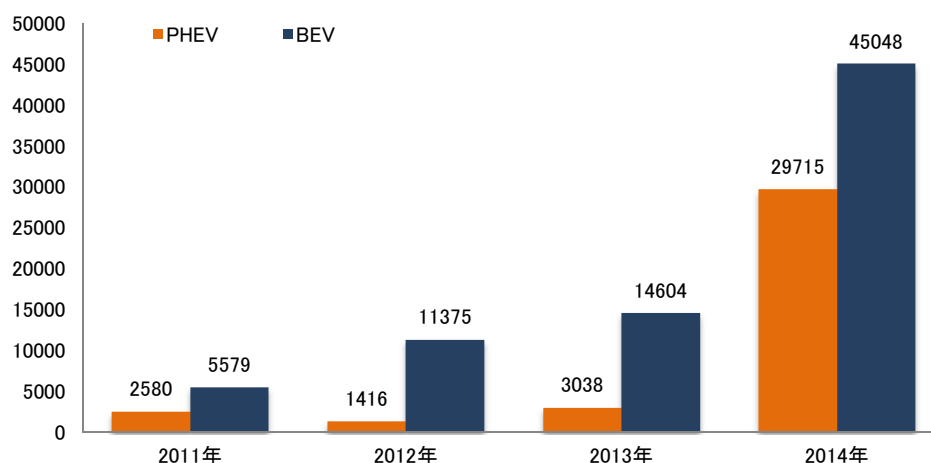
道路渋滞と排気ガスを抑えるため、近年には中国の中央政府と各地方政府は自動車の購入と使用に対して、多くの規制を作り上げた。2014年、多く都市ではガソリン車の購入規制が続々登場し、伝統的な自動車産業に悪影響を与える可能性があるが、新エネ車はほぼ規制範囲に含まれないため、逆に新エネ車に

対して促進効果となっている。一方、EVの普及に向けては、ユーザーのバッテリー切れの懸念を解消することが肝要であり、早急な充電施設網の拡充が望まれるが、新エネ車の普及度合いが少ないことから充電施設の設備稼働率が上がらない。また充電施設の数が不十分であるがゆえに新エネ車の普及が進まないという問題が認識されている。

10.4.1 新エネ自動車の販売状況：メーカーとモデル

近年、中国における自動車市場は順調に成長しつつある。2014年は中国にとって新エネ車元年と呼ぶことができるほど重要な時期であったといえる。中国自動車工業協会によると、2014年における中国の自動車販売台数は2349万台に達し、6年連続で世界一の自動車販売大国となった。そのうち74763台（前年比約3.2倍）を新エネ車が占め、シェアは全体の1%以下と低いものの、新エネ車普及の兆しが見られている。民族系新エネ車の販売台数は5.55万台、販売合計の75%を占めた。モデルから見ると、2014年に販売された新エネ車のうち、乗用車が71%、バスが27%、トラックおよび他の車種は2%を占めた。

表図 10-7 中国におけるEV販売台数推移



出所：中国自動車工業協会による販売データ (<http://auto.huanqiu.com/roll/2015-01/5390006.html>)

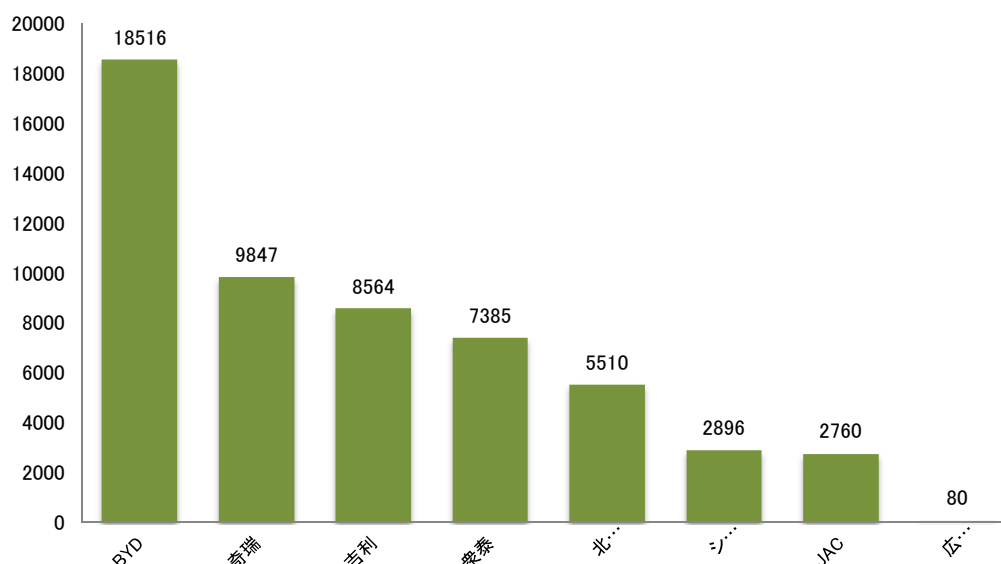
表図 10-8 2014年中国における新エネ車の販売状況

	生産台数	前年比	販売台数	前年比
新エネ車	78499	約3.5倍	74763	約3.2倍
EV	48605	約2.4倍	45048	約2.1倍
PHV	29894	約8.1倍	29715	約8.8倍

出所：中国自動車工業協会による販売データ (<http://auto.huanqiu.com/roll/2015-01/5390006.html>)

現在、中国では個人市場向け新エネ車を発売する民族系メーカーは8社である。BYDは1.8万台の販売台数によって新エネ乗用車の販売ランキングにおいて首位にランクされる。次は奇瑞、傘下のQQ-EVは累計販売9096台、最も売れ行きのよいEVモデルである。吉利はKandiモデルの8千台以上の販売台数によってランキングの3番目にランクされる。トップ3の国内メーカーは65%の市場シェアを占め、それぞれ33%、17%、15%の民族系新エネ車販売台数の比率を占めている。それから、衆泰、北京汽車およびJAC。2014年11月、広州汽車が初めて自社の新エネ車モデルTrumpchiを発売するため、2カ月以内の期間で80台しか販売しなく、販売台数はまた目立たない状態にある。

表図 10-9 2014年中国主要な新エネ車メーカーの販売台数



出所：網通社の統計データ (http://auto.news18a.com/news/storays_60832.html)

2013年末にBYDは初めて自社のPHVモデル「秦」を発売した以来、2014年までに累計販売14704台、中国での最量産モデルになった。奇瑞は2014年に自社の3つ新エネ車モデルを発売したが、吉利はただ自社の一種モデルによって販売ランキングの第3位を獲得した。衆泰は2014年10月に超低価格の小型EVモデル「曇100」を発売してから、年末までに2311台を販売し、傘下の第3種EVモデルである。

表図 10-10 2014年中国民族系EVモデルの販売ランキング

メーカー	モデル	車種	販売台数	メーカー	モデル	車種	販売台数		
1	BYD	秦	PHV	14704	10	奇瑞	eQ	EV	542
2	奇瑞	QQ	EV	9096	11	奇瑞	RiichM1	EV	209
3	吉利	Kandi	EV	8564	12	上海汽車	Roewe-E50	EV	191
4	衆泰	E20	EV	7341	13	BYD	Denza	EV	132
5	北京汽車	E系	EV	5534	14	広州汽車	Trumpchi	EV	80
6	BYD	e6	EV	3812	15	衆泰	M300	EV	28
7	JAC	Tojoy	EV	2760	16	衆泰	2008	EV	16
8	上海汽車	Roewe-550	PHV	2705	17	北京汽車	Senova	EV	15
9	衆泰	雲 100	EV	2311					

出所：中国自動車市場研究会の統計データ (<http://www.cpcal.org/newslist.asp?types=news&id=5123>)

10.4.2 インフラの整備と運営：公共整備と個人設備

中国政府は充電スタンドなどのインフラの普及に促進施策を発表し、インフラ整備に対して助成金などの優遇を与える。中央政府は、初期需要創設のため、率先して公共部門で新エネ車を導入し、それに合わせて充電網を整備していた。加えて、地方都市においてはそれぞれの都市状況に合わせて、新エネ車の普及を図ろうとしており、地方政府は目標数値達成のために多くな工夫を重ねている。現在、中国における主な新エネ車向けの充電設備運営企業は国家电网、南方電網、普天新能源、中石化などである。

2014年9月までに中国では充電ステーション640ヶ所、充電ポールは2.8万基が整備された。2015年末までには全国充電・交換ステーション1549ヶ所、充電ポール238559基を建設する計画を発表。国家エネルギー局が制定した「電気自動車充電インフラ施設計画」によると、2020までには充電ポールを450万基に達することが見込んでいる。

表図10-11 中国における充電インフラの分布（2014年7月、現在）

都市名	充電ステーション	充電ポール	都市名	充電ステーション	充電ポール	都市名	充電ステーション	充電ポール
深圳	82	4100	福建省	7	381	蕪湖	1	461
北京	77	2995	フフホト	5	27	蘭州	1	82
杭州	74	620	武漢	4	167	瀋陽	6	10
上海	24	1770	広州	3	48	昆明	1	150
成都	23	880	河北省	3	100	晋城	1	7
重慶	12	200	長株潭	3	236	青島	3	N/A
大連	10	275	西安	5	60	長春	2	N/A
合肥	8	2000	臨沂	5	150	塩城	1	N/A
新郷	8	35	襄陽	2	30	南通	1	N/A
天津	7	471	常州	2	110	済南	5	N/A
太原	7	300	鄭州	1	500			

中国では個人用充電ポールの整備費用は設備モデルによって異なり、数千元から一万元の程度である。しかも、充電ポールを整備する前に多くの交渉手続きが有り、自動車メーカー、電力会社、マンション管理組合などの部門を及ぼす。多くの地方政府がインフラ整備と申請手続きの簡略化に力を尽くしている。現在、北京、上海、天津、杭州などの大都市では個人用充電ポールの整備が増やしつつある。

しかしながら、会社間ごとに充電規格が統制されていない問題によって、充電ポールの接続端子が合致しないことや、個人が自宅に充電ポールを敷設しようとした際に、政府の承認を得られてもマンション管理組合が承認しない等の障害が指摘されている。特に、新エネ車購入の意欲があり、経済面でも問題がない個人でも、駐車場確保および不動産管理会社、マンション管理組合からの個人向け充電ポール設置の同意取得で、実務上の困難に遭遇している。集合住宅への個人用充電ポール設置に関して、不動産管理会社、マンションの管理組合からの同意の取り付けは困難であるが、充電ポール設置を推進する通知が出されており、建設が促進されると考えられる。

EV の普及には自宅や街中で手軽に充電可能な充電インフラが必要である。その設備投資に対する資金回収の確実性は、EV 普及速度に依存するが、両者のバランスの点でEV がすんなりと普及するにはまだ道のりが遠いように思われる。

10.5 小括

現在、中国の新エネ車市場は順調に広がり、中央政府の優遇政策によって電動自家乗用車の市場ボトルネックを突き破り、産業化を図っている。2012 年から、中国政府は正式に新エネ自動車の発展を国家経済計画に取り入れた。その後産業発展と市場環境の変化に応じて絶えずに調整しつつある。

中国政府が新エネ車に対して、戦略ロードマップだけでなく、新エネ車・インフラ向けの補助金・優遇税制、初期需要を創出と販売の促進策も打ち出した。また、2009 年から新エネ車消費のモデル都市として多くの都市を選定して、地方政府、国有企業、公共交通部門等とも連携してEV、PHV の導入、環境整備を集中的に行い、普及モデルの確立を図った。

同時に、政府からの一連の促進策が立ち上がった後、中国の新エネ車産業の

発展が加速してきた。技術の面では EV の航続距離がさらに増加、エネルギー消費が大幅に低下した。したがって、新興企業の BYD が初めて電動車の独自開発をアピールし、奇瑞、吉利等の新興企業がそれに続いた。コア部品メーカーの技術開発では、パワーバッテリーシステム、駆動モーターシステム、回路制御システム、および燃料電池システムにかかわる技術は近年から大幅に発展しておいたが、世界先進基準と比べ、まだ大きな差がある。

中央政府は、初期需要創設のため、率先して公共部門で新エネ車を導入し、それに合わせて充電網を整備していた。地方都市も新エネ車の普及に力を入れている。一方、中国政府は充電スタンドなどのインフラの普及に促進施策を発表し、インフラ整備に対して助成金などの優遇を与える。

江藤 哲寛 中国次世代自動車の夜明け 大和総研 2015 年 5 月 14 日
http://www.dir.co.jp/consulting/asian_insight/20150514_009702.html

第 11 章 日本の次世代自動車政策・産業と日中比較

近年、日本政府は電動車の販売、インフラ普及および新エネ社会づくりのために一連の支援策を発表しておいた。経済産業省や国土交通省などの政府部門は電動車の購入・充電スタンドや水素供給設備などのインフラの設置向け多くの対策費補助金と税制を設けた。それ以外、EV・PHV の初期需要創出には、充電インフラ整備や普及啓発などを集中的に行うため、EV・PHV の普及に先駆的に取り組む自治体をモデル地域として選定し、普及モデルの確立を図っていた。これらの基本策に基づいて各自治体が当地状況に合わせる支援策を打ち出し、電動車などの次世代自動車およびインフラの普及に支えている。

日本の電動車産業の発展ルートは政府計画と企業活用という協調活動で進んで、中国との比較可能性が有り、中国自動車産業にとって参考価値が高いと考えられる。本章では日本の電動車政策と産業について述べながら、日中両国の新エネ車産業政策、市場発展に対する比較分析を行う。

11.1 日本の次世代自動車産業政策の枠組み

経済産業省は 2010 年 4 月に「次世代自動車戦略 2010」を発表した。EV、PHV などの新車販売に占める割合を 2030 まで最大 70%まで高める計画である。政府が実施する普及に向け購入支援策としては EV、PHV、急速充電器などのための「クリーンエネルギー自動車など導入促進対策費補助金」、低燃費車向けの減税制度「エコカー減税」などがある。また全国の各国自治体が独自に電動車購入支援策を実施しており、2009 年には自治体レベルでの EV・PHV 普及を促進するパイロットプロジェクト「EV・PHV タウン」が経済産業省主導で始動した。電動車産業支援策としては、「低炭素型雇用創出産業立地推進事業費補助金」など、国内産業の競争力を維持するための立地支援策と兼ねたものを中心となっている。

11.1.1 戦略的な産業ロードマップ：次世代自動車戦略 2010

日本は前期に新エネ自動車を開発する国の一つである。1965年、通商産業省が電動車の研究プランを起動した。1970年代から官民により電気自動車（EV）の開発・普及に取り組んできたが、ほとんど普及していない状況である。

2009 年に量産型の EV が相次いで販売され、同年 5 月に環境省により策定された構想（次世代自動車普及戦略）においても、2020 年までに 200 万台の普及目標が掲げられる等、今後、EV の本格的な普及が期待される。

前期政策を踏まえて、2010年4月に経済産業省は「次世代自動車戦略2010」を発表した。この戦略によると、先進環境対応車（ポスト・エコカー）は大きく分けて次世代自動車と将来の時点において技術水準に照らして環境性能に特に優れた従来車という二種類である。その中、次世代自動車の定義は「低炭素社会づくり行動計画」（2008年7月閣議決定）において、ハイブリッド自動車（HV）、電気自動車（EV）、プラグインハイブリッド車（PHV）、燃料電池自動車（FCV）、クリーンディーゼル自動車（CDV）、CNG自動車等に従った。

各種民間予測では、ハイブリッド車、プラグイン・ハイブリッド車、電気自動車は2020年で世界の新車販売台数の約10%~20%程度を占める。そのうち、電気自動車は2020年に世界の新車販売台数の約1%~10%程度を占めると予測されている。国内では、規制的手法（燃費規制、物流対策等）、経済的手法（補助金、税）、基盤整備（インフラ整備等）の強弱によって、次世代自動車の普及シナリオが異なる。日本自動車工業会は、普及促進策がないとの前提に立って、自然体で2020年の普及率を予測すると、最大で10%+ α 程度と考えていると表明した。

図表 11-1 2020~2030年の乗用車車種別普及見通し

	2020年		2030年	
	政府目標	民間努力ケース	政府目標	民間努力ケース
従来車	50~80%	80%以上	30~50%	60~70%
次世代自動車	20~50%	20%未満	50~70%	30~40%
HV	20~30%	10~15%	30~40%	20~30%
EV/PHV	15~20%	5~10%	20~30%	10~20%
FCV	~1%	僅か	~3%	1%
CDV	~5%	僅か	5~10%	~5%

出所：次世代自動車戦略 2010、経済産業省

それ以外、経済産業省では、2006年8月に「新世代自動車の基礎となる次世代電池技術に関する研究会」において「次世代自動車用電池の将来に向けた提言」を報告書としてとりまとめた。報告書においては、蓄電池の性能向上とコストダウンを最重要課題として掲げた。性能向上は2015年に2006年の1.5倍、2020年には3倍、2030年には7倍の程度へ引き上がる。コストダウンの方は2015年には2006年の1/7、2020年には1/10、2030年には1/40の程度まで下がる。

また、FCVの開発を促進するため、経済産業省に属する新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）は、燃料電池の飛躍的な高性能化・低コスト化、生産性の抜本的な向上を実現するため新たな研究開発プロジェクトに着手すると発表し

た。具体的には、民間企業が燃料電池車（FCV）の技術開発・実用化を加速するのに不可欠な高度な解析・評価技術や新たな材料コンセプト創出といった基盤的な技術開発、タクトタイムを大幅削減するためのプロセス技術開発にオールジャパン体制で取り組む。

11. 1. 2 財政支援策：対策費補助金と優遇税制

2012年4月に経済産業省が「環境対応車普及促進事業補助金」（エコカー補助金と略称）を立ち上げ、平成23年12月20日から平成25年1月31日までに一定の環境要件に合致する新車を購入し、一年間使用する者に対して、補助金が交付されると解明していた。乗用車は7～10万円、商用車は20～90万円。なお、申請総額が予算額を超過しましたので、平成24年9月21日（金）をもって受付を終了しました。

2012年6月、経済産業省が「クリーンエネルギー自動車等導入促進対策費補助事業（CEV補助金）」を開始し、実施機関は次世代自動車振興センター。補助対象はEV・PHV・CDV・FCVなどのクリーンエネルギー自動車を購入する消費者である。補助対象車両はメーカー、輸入事業者等からの申請に基づき事前にセンターで審査・承認された車両のみである。補助金を受けて取得したクリーンエネルギー自動車は、原則として定められた期間（3年ないし4年）は保有することが義務付けるものである。「CEV補助金」が始まる時に車両と充電インフラという両面向けの補助内容を含めていたが、2013年に立ち上がった「燃料電池自動車用水素供給設備設置補助事業」に対応するため、元々「CEV補助金」において充電インフラ向けの補助内容は中止され、新設立の「次世代自動車充電インフラ整備促進事業」が引き続き実行する。

経済産業省はFCV向けの水素供給インフラの普及を促進するため、2013年5月に「燃料電池自動車用水素供給設備設置補助事業」を開始し、インフラの面で将来FCVの市場発展の下地となる。補助方式は充電インフラ向けの補助と似合い、法人及び個人事業者が、FCV等に燃料として水素を供給するために必要な設備の整備費用の一部を補助するものである。

税制の方では、国土交通省は2009年4月からグリーン税制とエコカー減税を実施した。対象車両はFCV、EV、PHV、CDV、CNGなどの次世代自動車および排出ガス性能及と燃費性能の優れたガソリン車である。グリーン税制によると、環境負荷の小さいモデル向け、自動車税・軽自動車税を軽減するとともに、新車新規登録等から一定年数を経過した自動車に対して自動車税・軽自動車税を重課する。同時に、エコカー減税においては自動車重量税と自動車取得税を免税・軽減する。

図表 11-2 エコカー減税内容

	次世代自動 (EV、FCV、 PHV、CDV、平 成32年度燃費 基準+20%達 成車)		ハイブリッド自動車、ガソリン自動車									
			平成17年排出ガス基準75%低減レベル									
			平成32年度燃 費基準+10% 達成車		平成32年度 燃費基準達 成車		平成27年度燃 費基準+20% 達成車		平成27年度燃 費基準+10% 達成車		平成27年度燃 費基準+5%達 成車	
普通 乗用車	軽自 動車	普通 乗用車	軽自 動車	普通 乗用車	軽自 動車	普通 乗用車	軽自 動車	普通 乗用車	軽自 動車	普通 乗用車	軽自 動車	
自動車取 得税※1	全額免除		80%軽減		60%軽減		40%軽減		40%軽減		20%軽減	
自動車重 量税※2	全額免除		75%軽減		50%軽減		25%軽減		25%軽減		25%軽減	
自動車税 軽自動車 税※3	75% 軽減	50% 軽減	75% 軽減	25% 軽減	75% 軽減	25% 軽減	50% 軽減	減税 なし	50% 軽減	減税 なし	減税なし	

※1 平成29年3月31日までに、新車登録・届出した場合。

※2 平成29年4月30日までに、新車登録・届出の場合。(及び、一部の自動車での、この期間内に初回の継続検査を受ける場合)

※3 新車購入(新規登録・届出)の翌年度に適用。平成28年3月31日までの新車登録車を対象。

出所：ホンダのホームページ (<http://www.honda.co.jp/green-tax/reduction/merits/index.html>)

11.1.3 市場推進事業：EV・PHV タウンの取組み

日本政府は財政支援策を立ち上げた以外、市場促進事業も展開してきた。経済産業省は2009年に「EV・PHVタウン」を呼びかけ、「低炭素社会づくり行動計画」の取組方針にも位置付けられている電気自動車(EV)、プラグインハイブリッド車(PHV)の本格普及に向けた実証実験のためのモデル事業である。電気自動車、プラグインハイブリッド自動車の初期需要を創出するためには、充電インフラ整備や普及啓発などを集中的に行う必要があることから、まずはモデル地域を選定し、自治体、地域企業等とも連携してEV、PHVの導入、環境整備を集中的に行い、普及モデルの確立を図り、日本全国への展開を目指す。

「EV・PHVタウン」に選定された地域では、電気自動車、プラグインハイブリッド自動車の本格普及、それによるCO2の削減に向けて、基本理念、基本方針等に基づき、地域特性を最大限に活用した先導性・モデル性のある取組を推進するため、その実証試験のためのより具体的な取組内容を取りまとめた「EV・PHVタウン推進アクションプラン」を策定します。

アクションプランでは、費用対効果、持続性、実現可能性を高めるために、本タウンの実施期間となる2013年度までの役割分担、費用負担(予算措置)を明確にし、その実施にあたっては当該自治体だけでなく、自動車メーカー、電力会社、協力企業、大学・研究機関等との連携体制を構築し、その取組を推進する。また、

アクションプランを通じて、こうした取組が既存の枠組みにとどまることなく、多くの地域の企業、住民にも共有、理解され、幅広い関係者の協力を得ることも推進にあたっては重要である。

図表 11-3 EV・PHV タウン選定都市一覧

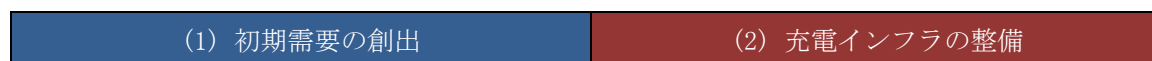


	選定時間	自治体
第1期	平成21年3月	愛知県、青森県、神奈川県、京都府、東京都、長崎県、新潟県、福井県。
第2期	平成22年12月	大阪府、岡山県、沖縄県、岐阜県、熊本県、埼玉県、佐賀県、静岡県、栃木県、鳥取県。

出所：経済産業省EV・PHV情報プラットフォーム (<http://www.meti.go.jp/policy/automobile/evphv/town/>)

自治体と、地域企業が連携して、次世代自動車の導入や充電インフラの整備、普及啓発にチャレンジし、次世代自動車普及モデルとなる地域を「EV・PHVタウン」として全国から選定した。モデル事業の実施にあたっては、(1)EV・PHVの初期需要の創出；(2)充電インフラの整備；(3)EV・PHVの普及啓発；(4)効果評価・改善という4つの基本方針に基づき実施。そのため、政府、自動車メーカー、研究機関、有識者などから構成される「EV・PHVタウン構想推進検討会」を設置し、4つの基本方針に基づく具体的な施策を検討。

図表11-4 EV・PHVタウンの基本方針



EV、PHV そのもの魅力、購入時のインセンティブ、利用時のメリットの付与、性能に適した利用方法の検証を行いつつ、初期需要を創出する。	EVの最大のデメリットである航続距離への不安感を解消するため、普及台数、利用方法、地域特性などのバランスを計りつつ、幅広い関係者が連携して、充電インフラを整備する。
(3) 普及啓発の促進	(4) 効果評価の実施
「EV・PHVタウン」の実施を通じ、EV・PHVを集中的に導入することによる見える化、話題化、環境・エネルギー性能における内燃機関自動車との差別化を図ることにより、普及啓発を促進する。	EV・PHVの性能もさることながら、ユーザーの視点に立ち、充電インフラも含めて、その便利性、社会受容性などについて評価を行い、普及啓発と相まって普及の加速化に資する。

出所：経済産業省EV・PHV情報プラットフォーム (<http://www.meti.go.jp/policy/automobile/evphv/town/about.html>)

11.1.4 地方支援策と併用効果

近年、各自治体および地方都市は当地の新エネ自動車促進支援策を立ち上げた。例えば、東京都は優良ハイブリッドバス向け補助対象経費から国費負担分を除いた額の1/2（限度額は250万円）、EV・PHV向け通常車両との価格差の1/4（補助限度額は車種による）、急速充電設備向け補助対象経費から国費負担分を除いた額の1/2の分を支援する。神奈川県は電気自動車向け、通常価格との差額の1/4以内の分を支給する。愛知県はCNGトラック・バス、ハイブリッドトラック・バス、EVの新車購入に向け、本体価格と通常車両価格の差額の1/3以内の分を支援する。FCVの促進支援策については、経済産業省のCEV補助金を除いて、東京都はFCVの販売ごとに100万円の補助を支給。愛知県もFCVの販売に対して一台75.7万円の補助を支給。

トヨタのミライFCVとプリウスPHVという二のモデルを例として、CEV補助金を享受する以外、自動車重量税と自動車取得税を全額免除するエコカー税制も、自動車税75%減免するグリーン税制も享受。そうすると、元々車両定価は670万円のミライFCVの実際価格は521万円となる。しかも、東京都や愛知県など地方支援策の立派な地域には実際価格はさらに減らし、400万円ぐらいとなる。

11.2 日本の新エネ自動車の産業発足とインフラ普及

日本の自動車メーカーは技術研究・開発の面に主動力を持ち、開発投資はほぼ自社負担、市場実績に対してはよく感知する。4つの大手メーカーの中には、日産と三菱自動車はEVやPHVなどの電動車製品に偏り、押し広めている。トヨタとホンダは自社の電動車製品も登場されたが、次自動車向けの主な技術開発を実績が良くのHVに注力している。近年から、EV・PHVの生産・販売台数は明らかに増加しているが、市場実績はHVより大きな差がある。2014年末、トヨタの量産型

FCV モデルが登場、FCV の初めて商業化となることを表す。

図表11-5 日本次世代自動車生産・販売・保有台数の推移

		2009年	2010年	2011年	2012年	2013年
生産台数	EV/PHV	2260	16437	54638	67031	N/A
	HV	824506	731667	1031159	1248012	N/A
販売台数	EV/PHV	1793	7346	17009	29703	29809
	HV	454030	449260	635790	857303	1013235
保有台数	EV/PHV	2106	9409	26394	55988	84928
	HV	983831	1418400	2029009	2852105	3813387

出所：次世代自動車振興センターホームページ (<http://www.cev-pc.or.jp/tokei/hanbai.html>)。

11. 2. 1 主な自動車メーカーの生産と開発

トヨタはHVの先行メーカーで、幅広い価格帯やボディタイプにHVを展開しており、HVのモデル数や製販台数において世界最大の自動車メーカーとなっている。HVの現地生産も拡大する意向で、2015年以後はHV基幹部品の現地生産も順次始まる見通しである。トヨタの次世代自動車の開発焦点はHVに偏るが、傘下のEVモデルはほぼ小型車に属する。1990年代にトヨタはFCV技術を研究した以来、15年間で特許は2400件以上獲得しており、燃料電池システムと水素タンクなどのコア技術を備えている。

日産はルノーとのアライアンスを活用して、EV普及に向けたインフラ整備への働き掛けを世界各国で展開し、2016年度までにルノーと合計で7車種のEVを累計150万台販売することを目標に掲げている。基幹モデルと位置つけるリーフは日本で2010年10月に生産開始。またリーフに続くEV基幹モデルとして2013年度に小型商用車e-NV200を投入した。電動車の海外生産はバッテリー現地生産とセットで取り組み、モーターやインバーターについても内製や系列サプライヤー活用により最大限現地化に取り組んでいる。

本田は2009年2月の2代目インサイト発売を皮切りに、小型車を中心に1モーターパラレル式HVの製品ラインアップ拡充を進め、トヨタに次ぐHV先行メーカーとしての地位を確立している。2011年11月に発表した次世代革新技术「Earth Dreams Technology」においては、既存の1モーター式HVの更なる性能向上に取り組むとともに、2モーター式と3モーター式のHVシステムを実用化する方針を表明。

三菱自は2020年に世界販売の20%をEVとする目標に向け、i-MiEVの世界展開拡大とi-MiEVのEVシステムをベースに開発したMINICAB-MiEV、PSAと共同開発

する商用 EV など、EV 製品拡充を推進する。また、i-MiEV 技術をベースに HV や PHV の開発にも取り組んでいる。

技術開発の面には日本の自動車メーカーは新エネ車の中核部品の開発を常に企業の本社に設けるが、非中核部品は海外の外部委託メーカーに任せ、技術支持・標準規格などの面に提供している。現在、多くの自動車メーカーの部品事業は垂直統合から水平分業へ移行し、電池技術・充電インフラ・部品委託の面における標準化戦略は、こうした水平分業システムにおいて電動車モジュール生産方式向けの調整である。

図表 11-6 日本における主な新エネ自動車モデルの対照

モデル	メーカー	車種	航続距離(km)
Leaf	日産	EV	228
i-MiEV	三菱自	EV	120
Minicab-MiEV	三菱自	EV	150
Outlander PHV	三菱自	PHV	62(+ gas range)
Prius PHV	トヨタ	PHV	26.4(+ gas range)
FCX Clarity	ホンダ	FCV	620
Mirai	トヨタ	FCV	750
Accord PHV	ホンダ	PHV	21(+ gas range)
Fit EV	ホンダ	EV	225

出所：中国電動車百人会 2015 年度フォーラムレポート集

11.2.2 インフラの普及 1：充電設備

充電設備は大きく普通充電設備と急速充電設備の二つに分かれ、普通充電設備はコンセントとポール型普通充電器に大別できる。普通充電用のコンセントには単相交流 100V または 200V を使用し、1 時間でおおよそ 10km 程度走行可能な充電が可能、30 分でおおよそ 10km 程度走行可能な充電が可能な充電器である。ポール型普通充電器は、ケーブル無しタイプの充電器とケーブル付きタイプの充電器の二種類がある。ケーブル無しタイプの充電器においては、コンセントの設置場所によって充電できる車種が限られる場合があり、ケーブル付きタイプのポール型普通充電器においては、一部電動車が充電できない種類がある。急速充電器については電源は 3 相 200V を使用、出力 50kW の充電器が一般的で、高圧供給による契約が必要となる場合が多いである。5 分間でおおよそ 40km 程度走行可能な充電が可能となることである。

図表 11-7 普通充電設備と急速充電設備の性能比較

充電設備の種類		普通充電			急速充電
		コンセント		ポール型 普通充電器	
		100V	200V	200V	
想定される充電場所 (例)	プライベート	戸建住宅・マンション、ビル、屋外駐車場等		マンション、ビル、屋外駐車場	- (ごく限定的)
	パブリック	カーディーラー、コンビニ、病院、商業施設、時間貸し駐車場等			道の駅、ガソリンスタンド、高速道路SA、カーディーラー、商業施設等
充電時間	航続距離 160km	約 14 時間	約 7 時間		約 30 分
	航続距離 80km	約 8 時間	約 4 時間		約 15 分
充電設備本体価格例 (工事費は含まない)		数千円		数十万円	百万円以上

出所: 経済産業省 EV・PHV 情報プラットフォーム (<http://www.meti.go.jp/policy/automobile/evphv/what/charge/index.html>)。

2010年3月にトヨタ、日産、三菱自、富士重工業、および東京電力という5社はCHAdeMO協議会を設立し、急速充電器のCHAdeMO標準を定めた。なお、協議会には自動車会社と電力会社のほか、充電機器メーカー、充電サービス提供企業、およびこれを支援する企業や行政などの国内外含めて158社の団体が協議会に参加した。また、2012年にはパナソニック、豊田自動織機、東芝、三菱電気などの電気企業が電動車量用電力供給システム協議会を設立し、普通充電器のAJRI認定を打ち上げた。急速充電器に比べると、普通充電器の方は充電時間は長い、建設投資と使用料金は安い。

2012年から、神奈川県と東京都、および埼玉県、北海道、静岡県は初めに急速充電設備を大量導入したが、充電設備（急速充電器と普通充電器を含め）の導入数から見ると、関東の西の地域における分布密度が高く、人口分布密度と合わせる形である。

図表 11-8 日本における充電スタンドの分布 (2015年5月、現在)

自治体	充電スタンド数	自治体	充電スタンド数	自治体	充電スタンド数	自治体	充電スタンド数
東京都	563	石川県	246	三重県	192	香川県	112
埼玉県	468	福井県	146	滋賀県	167	福岡県	376
神奈川県	797	富山県	144	奈良県	111	熊本県	221
千葉県	533	新潟県	463	大阪府	459	鹿児島県	176
茨城県	289	北海道	427	兵庫県	494	愛媛県	126
群馬県	328	青森県	130	宮崎県	150	佐賀県	151
栃木県	247	岩手県	159	鳥取県	135	大分県	124
愛知県	773	宮城県	199	島根県	83	沖縄県	133
岐阜県	247	秋田県	145	岡山県	233	高知県	87
静岡県	404	山形県	158	広島県	210	長崎県	127
長野県	324	福島県	206	山口県	229	和歌山県	119
山梨県	157	京都府	266	徳島県	74	(合計：12108ヶ所)	

出所：GoGoEV ウェブサイトの統計データに基づき、作成。(http://ev.gogo.gs/)

11.2.3 インフラの普及2：水素供給設備

2014年に経済産業省が発表した水素・燃料電池戦略ロードマップによって、日本においては、2013年度から商用の水素ステーションの整備を開始し、2015年度内に四大都市圏を中心に100ヶ所程度の水素供給場所を確保することを目指す。なお、ユーザーが許容できる水素供給場所までの距離は、自動車による走行により10分程度で到達できることと考えられている。四大都市圏を中心に100ヶ所程度の水素供給場所を合理的に配置することによって、間隔に近い水準で水素供給場所を確保できると考えられる。

他方、今後の技術革新等の見通しを踏まえつつ、個々のユーザーの受容可能性という観点から水素価格の目標は、2015年に同車格のガソリン車の燃料代と同等以下の水素価格、2020年頃に同車格のハイブリッド車の燃料代と同等以下の水素価格の実現を目指す。インフラ事業者に加えて、自動車メーカーや国等の関係者が適切な役割分担をすることで、この目標を少しでも前倒しして実現していくことが重要にしている。

図表11-9 FCV用水素供給設備設置補助事業補助上限額表¹

¹ オンサイト方式：水素製造装置を敷地内に有する；オフサイト方式：水素製造装置を敷地内に有さない；移動式：充填性能に直接関わる設備を1の架台に搭載し移動可能なもの；パッケージ：主要設備を1又は2の筐体に内包した設備形態

水素供給設備の規模	水素供給能力 (Nm ³ /h)	供給方式	補助率	補助上限額 (百万円)
中規模	300以上	オンサイト方式(パッケージを含むもの)	定額	280
		オンサイト方式(上記に該当しないもの)	1/2	280
		オフサイト方式(パッケージを含むもの)	定額	220
		オフサイト方式(上記に該当しないもの)	1/2	220
小規模	100以上 300未満	移動式	定額	250
		オンサイト方式(パッケージを含むもの)	定額	180
		オンサイト方式(上記に該当しないもの)	1/2	180
		オフサイト方式(パッケージを含むもの)	定額	150
		オフサイト方式(上記に該当しないもの)	1/2	150
		移動式	定額	180
水素集中製造設備 (供給先水素供給設備1設備当たり、ただし10設備を上限とする)			1/2	60
液化水素対応設備			1/2	40

出所：次世代自動車振興センター (http://www.cev-pc.or.jp/hojo/suiso_outline.html)

2013年から商用水素ステーションの先行整備を進めているが、四大都市圏の間で整備所数に格差がある。東京23区内等の燃料電池自動車の高い需要が見込まれる地域や、四大都市圏を結ぶ高速道路沿いにおいて、水素ステーションが求められている。2015年6月までに、日本全国には水素供給ステーションが23ヶ所開所、計画中54ヶ所。

図表 11-10 日本における水素供給設備分布 (2015年5月、現在)

自治体	水素供給設備数		自治体	水素供給設備数		自治体	水素供給設備数	
	開所済	計画中		開所済	計画中		開所済	計画中
東京都	5	7	山梨県	0	1	大阪府	1	6
埼玉県	4	5	愛知県	7	8	兵庫県	1	0
神奈川県	3	7	福岡県	1	8	山口県	0	1
千葉県	1	4	滋賀県	0	1	京都府	0	2
山梨県	0	1	徳島県	0	1	佐賀県	0	1
大分県	0	1	合計：77ヶ所 (その中、計画中54ヶ所)					

出所：燃料電池実用化推進協議会。 (<http://fccj.jp/hystation/#list>)

FCVと水素供給インフラを促進するため、日本2つの大手石油企業、新日石と新日鉱は2019年までにそれぞれ水素供給ステーションを1000ヶ所設置する計画が発表された。この2つの大手石油企業が合併したエネルギー会社JXは2014年12月に神奈川県に一所目の水素供給ステーションを設置し、初めて東京圏に向け業務展開してきた。

のもの；水素集中製造設備：供給先水素供給設備に、水素を集中的に製造及び供給する；液化水素対応設備：オフサイト方式設備のために液体水素を受け入れ供給する；水素供給能力：燃料電池自動車等への平均的な水素充填能力。

11.3 新エネ車事業の日中比較と提言

日本では2009年に新エネ車の本格的な市場投入が始まり、EV・PHV普及に向けた自治体、関係業界等の積極的な取り組みが進められてきた。国からの補助金等の手厚い支援もあり、商業施設、宿泊施設、高速道路パーキングエリア、道の駅、飲食店など様々な業種での充電器設置も進み、試行錯誤ながらも充電器を利用したビジネスモデルも一部開始している。

これら様々な取り組みの過程で多くの課題が浮き上がりになり、それらの課題に対して施策緩和などの様々な対応が、自治体のみならず民間業界等により積極的に行われてきた。またこれらの多くの取り組みが進められることにより、充電インフラそのものとその必要性に対する国民の理解も広がってきた。中国においても日本と同様の課題があり、その対応の検討が今まさに進みつつあることが明らかになった。

11.3.1 ロードマップと促進策システム

日本と中国は新エネ車に対しての施策構造は非常に似ていると考えられる。戦略的な施策については多くのロードマップのような施策が発表されたが、日本の「次世代自動車戦略2010」(2010年4月)と中国の「省エネ・新エネ車産業規画(2012～2020)」(2012年6月)は最も重要、新エネ車に対する専門的なロードマップと見なされる。両方とも新エネ車の普及目標、インフラ整備および将来の発展ルートを総合的に計画した。しかし、戦略的な施策の全体から見ると、中国の方が単なる新エネ車に対して重視し、内燃車にして抑えること一方、日本の方が次世代自動車のみならず内燃車に対する省エネ化し、環境技術を引き上げることも重視している。

促進策システムでは日中両国も似合って、ほぼ補助金・優遇税制と最初需要創設などの財政支援策と市場支援策で組み合わせている。財政支援策は大きく分けて、両国とも新エネ車の販売とインフラ整備に対して補助金を支給、新エネ車の購入に対して税金減免を行っている。ただし、日本のインフラ整備補助金については充電設備のみならず、2014年から水素供給設備の整備に対しての補助金を打ち出した。中国ではFCVの技術蓄積が極めて少なく、ひたすら自国のEV産業を発展しているから、充電インフラの整備に偏り、水素供給設備の整備に対する支援策が現在、打ち出さない状態である。

しかし、前述のように、新エネ車技術開発の面では日本の自動車メーカーが主な役に立ち、市場トレンドと自社の予測に合わせて開発戦略を作るものである。中国の自動車メーカーは新興メーカーとして、技術蓄積は弱く、投資能力も不足状態であり、単なる自社能力に頼る新エネ車開発は困難なことである。したがって、支援策の補助対象は日中両国とも相違点が有している。中国における新エネ車支援策はほぼプッシュ方式（押し式）で、新エネ車メーカーと開発部門向け補助を支給するケースが多いが、消費者向け補助支給が不足と考えられる。それに対して、日本ではほぼプル方式（引き式）で、市場向けの補助を採り、新エネ車価格とインフラ整備投資を引き下げることになる。

11.3.2 産業構造と発展ルート

日本の自動車産業は自国内で新技術、新商品を開発する能力を持ち、新製造技術、新素材を開発する能力を、世界トップレベルの日本自動車部品・材料産業とともに獲得してきたからで、鉄鋼、非鉄金属、プラスチック、セラミック、電気・電子、化学など他周辺業界との良好な協力をベースに世界高水準の競争地位を獲得してきた。電動車戦略においてもさらに電機・電子業界、材料産業のノウハウを取り込んで世界トップの地位を維持しようとしている。

電動車の分野では日本自動車メーカーが先行して、PHVとEV一般量産車の販売が始まった。2009年の発売当初に描かれていた販売計画と、その販売拡大速度は期待を下回ったものの、バッテリー価格の低減努力、要素部品価格の低減と航続距離の延長、充電インフラ設備の整備により、2015年以後に販売が加速拡大すると、EVの関係企業では見ている。

近年から中国政府は新エネ車生産強国となることを掲げ、新たな発展に向けた準備を進めている。中国は世界最大の自動車生産大国になったものの、自動車、特に乗用車が外資ブランドに占められ、民族系ブランドで生産される自動車についても多くが外資技術に依存しているため、中国市場の発展を民族資本より外国資本が享受しているとの反省に立って、中国市場の発展を背景に民族自動車産業、部品産業の発展を目指すものである。

ただし、それでもゼロベースの新エネ車開発は困難なことから、中国企業は欧米自動車部品メーカーや、欧米エンジン・トランスミッション・車両開発専門の技術コンサルタント会社のサポートを受けて開発を行う例が多い。既に中国政府は合併自動車メーカーの外資パートナーに対して、開発機能の現地化、自主ブランド育成、新エネ車の現地生産、基本技術の移管など多様な形で中国新エネ車産

業の発展への協力を求めており、現地市場を開放する政府運営を行っている。新興国における自動車ビジネスは、現地民族資本による新エネ車産業のあるなしを問わず、現地雇用の拡大、現地新エネ車・部品産業発展への貢献を考慮した進出計画が問われている。

11.3.3 充電インフラ設備の普及

前述のように、2014年9月までに中国では充電ステーション640ヶ所、充電ポールは2.8万基が整備された。一方、日本では2014年末までに充電スタンドが11462ヶ所整備された。分布の特徴から見ると、中国では設備が国・地方の政府に推進されるため、複数の充電ポートが少数の充電ステーションに集中しているが、日本では充電設備が常に飲食店、駐車場、デパート、コンビニに要請され、分散的な形で設置されている。

中国では現状、新エネ車ユーザーの多くが通勤で利用し、会社で充電しているという実態があると聞いている。今後EVの普及を目指す場合、従業員向け駐車場への充電器設置への補助も重要と考える。但しその場合、充電を無料としてしまうと、その他の充電サービスの事業性を損なう可能性があるため、それ相当の対価を徴収することも必要と考えられる。中国での電力契約についても、日本と同様に基本料金・従量料金の考え方で料金設定されていると考えられる。

中国では充電器設置に関する理解が不足から、充電器設置に多くの障壁がある。日本でも初期には中国と同様に、充電器設置への理解が得られず、なかなか充電器設置が進まなかった。国の関係省庁の連携や補助事業団体による活動に加え、関係メーカー等による業界団体の設立等により、活発な理解促進活動が行われてきた。これらの国・関係機関等の積極的な活動により、様々な事業者による充電設備の設置への意欲向上が図られ、当初の自治体や関係企業による充電器整備から、現在は様々な事業者・場所・形態での充電器設置が進みつつある。

充電設備を組み込んだマンションも多く出て来ている。既設マンションについては、中国同様障壁が多いが、一般住民への理解が進んでくれば、費用負担の考え方を明確にしておく必要があるが、マンションの付加価値向上の一環等で充電機器の設置が進むことが期待されている。

11.3.4 新エネ車モデル都市の実例

最初需要創設において、中国は2009年から新エネ車普及モデル都市を選定し、地方的なローカル特徴に合わせる促進策を打ち出した。日本も同様、2010年からEV・PHVタウンを重要な自治体で選定した。ここで北京と東京を例として、具体的都市における取り組み対して比較しながら、論述しよう。

1) 関連目標：東京ではEV・PHVタウン構想が、一過性のもので終わるのではなく中長期的な普及を目指すための実効性ある取組とするため、自動車メーカー、電力会社等を始めとした関係者との連携組織を構築し、初期需要創出・インフラ整備・普及啓発・効果評価が個々の取り組みではなく密接に連携した取組として構築していく。短期目標は販売台数の2%、5年間で累計15000台、CO2約2.3万トンの削減。中・長期目標は販売台数の50%。100V・200V充電用コンセントの利用開放や大量設置、急速充電インフラは都内80基まで整備。

それに対して、北京も初期需要創出・インフラ整備・普及啓発などの取り組みで新エネ車モデル都市を構造したが、多くの社会部門で相互提携、連携組織を構築する形ではなく、政府による指令的な促進策が掲げられることが多い。目標としては、2015年末の新エネ車の普及目標は35020台が、2017年までに市内の大気汚染改善を進め、吸引力粒子状物質濃度を2012年比で25%以上低下させることし、市内の各区に対して改善目標値を設定した。1000本の急速充電ポールを整備し、市内中心部における半径5km単位での急速充電ネットワークの建設。

2) 初期需要の創出：初期コストの高さへの対応として、購入時においては支援を行うとともに、利用時においては充電インフラの使用料金、駐車場料金の割引などのインフラ利用優遇制度の創設により、EV利用のための社会基盤を構築し、利便性を向上することで普及を促す。また、自動車メーカー、電力会社、地元企業、地元自治体などの主体で構成する連絡会を平成20年9月29日に設置し、普及に向けた検討を進めている。連絡会等において、情報交換等を行うことにより、地元企業等が率先的にEV・PHVを導入しやすい環境・状況を創り出すことで、初期需要創出を図る。

北京では2014年に公布された「北京市EV推進応用行動計画(2014-2017)」によって、車両の普及促進の関連項目として、電動バスは2014年900台以上、2017年までに4500台以上を採る。中心部の新規タクシーは全てEV、郊外区ではタクシーの全てをEVにする。EV自動車の時間貸レンタル事業のモデル化を加速。郵便・宅配、電子商取引等の末端物流でのEV貨物車の利用を促進。政府機関の新增・更新車両は原則としてEV自動車を採用。新增・更新する衛生車両は50%以上をEV。個人利用

を推奨し、EVの自家用車を導入する。北京市モデル応用新エネ自動車管理弁法等に基づき、EVに対して、国家補助金と同額の市からの財政補助を支給する。

3) 公共充電インフラ整備：東京ではEV・PHVで共用して使用することができる既存の100V・200Vコンセントの充電用途への活用や、安価で簡便な100V・200Vの充電用コンセントの整備を進めるとともに、実施当初はEVの大量導入企業を中心に、その後、EVの一般ユーザーの普及に合わせてその他の企業へも、必要最低限の急速充電器の設置を促す。そして、こうした取組を持続可能な取組としていくために、充電インフラ整備への支援、設置希望者への技術指導等を行うとともに、充電インフラ整備に大きく貢献した企業に対する表彰制度を創設するなど、企業による積極的な充電インフラの整備を促すような環境を整備する。

北京では公共駐車場、交通拠点停車場、大型ショッピングセンター駐車場、高速道路サービスエリア、EVディーラー、一定のガソリンスタンドでは急速充電ポールを整備する。総合的にインフラ建設に向けた取り組みを進め、インフラ施設の建築、運営、管理の市場メカニズムを形成する。北京・天津・河北地域の一体化した充電サービスネットワークの建設に向けた研究を進める。

4) 普及啓発：東京では自動車メーカー、電力会社とも連携し、重点地域においてショッピングセンターや公共施設等の集客力の高い施設で展示会を開催することにより、EV・PHVの認知度を高めるとともに、一般ユーザーを対象とした体験試乗会により、EV・PHVの性能、利便性等への理解促進を図る。また、環境教育の一環として、EV・PHVを活用した低炭素社会の学習にも取り組むことにより、老若男女問わず、EV・PHVの認知度を高める。

北京での新エネ車に関わる普及啓発事業は主な市政府による推進、関連な説明会、マスコミで宣伝広報などの活動を行っている。例えば、北京市政府は国家科学技術部と提携し、新エネ車体験センターを打ち出し、「電動北京」という宣伝・試乗活動を開催した。しかも、新エネ車をコミュニティへの進出という普及啓発を行い、2000社の不動産管理開催に向けて説明会を開催した。

11.4 小括

日本政府は電動車の販売、インフラ普及および新エネ社会づくりのため、電動車の購入・充電スタンドや水素供給設備などのインフラの設置向け多くの対策費補助金と税制を設けておいた。また、充電インフラ整備や普及啓発などを集中的に行うため、EV・PHVの普及に先駆的に取り組む自治体をモデル地域として選定し、普及モデルの確立を図っていた。

日本の自動車メーカーは技術研究・開発の面に主動力を持ち、開発投資はほぼ自社負担、市場実績に対してはよく感知する。その中、日産と三菱自動車はEVやPHVなどの電動車製品に偏り、トヨタとホンダは自社の電動車製品も登場されたが、主にHVに注力している。2014年末、トヨタの量産型FCVモデルが登場、FCVの初めて商業化となることを表している。充電設備は大きく普通充電設備と急速充電設備の二つに分かれ、普通充電設備はコンセントとポール型普通充電器に大別されている。充電設備の導入数から見ると、関東の西の地域における分布密度が高く、人口分布密度と合わせる形である。

日本と中国は新エネ車に対しての施策構造は似て、両方とも新エネ車の普及目標、インフラ整備および将来の発展ルートを総合的に計画した。しかし、中国の方が単に新エネ車に対して重視し、内燃車を抑えること一方、日本の方が次世代自動車のみならず内燃車に対する省エネ化し、環境技術を引き上げることも重視している。

電動車の分野では日本自動車メーカーが先行し、PHVとEV一般量産車の販売が始まった。中国は世界最大の自動車生産大国になったものの、民族系ブランドで生産される自動車についても多くが外資技術に依存している。ゼロベースの新エネ車開発は困難なことから、中国企業は欧米自動車メーカーのサポートを受けて開発を行う例が多い。中国では充電器設置について多くの障壁がある。日本でも初期には中国と同様に、充電器設置への理解が得られず、なかなか充電器設置が進まなかった。国・関係機関等の積極的な活動により、様々な事業者による充電設備の設置への意欲向上が図られ、当初の自治体や関係企業による充電器整備から、現在は様々な事業者・場所・形態での充電器設置が進みつつあるべきである。

第 12 章 世界のエコカー戦略と産業発展

過去の自動車販売は経済不振や政治変動がない限り、前年実績を上回り、自動車保有の推移は世界規模の不況の中で、さえ成長を持続してきた。しかし、自動車はその社会性と商品性を維持し、今後も幅広い雇用効果を生み続けるためには、自動車消費のマイナスの側面、社会の発展にマイナスの影響を及ぼす可能性を持つ要因を絶えず抑制する必要がある。具体的には、排気ガスの浄化、CO₂ 排出量、エネルギー消費量の抑制、交通渋滞の緩和などにより、自動車保有の増大がもたらす社会的費用を最小化する努力が必要である。本章では世界主要な国における自動車の産業政策に対して分析し、特に日本と日中比較を主に分析する。

12.1 世界の環境政策と電気自動車戦略

既に世界の主要国では CO₂ 排出量抑制の一環として、自動車セクターの排出規制を強化しつつある。CO₂ 排出量抑制の近道である軽量・小型化の推進とともに、小型化なるがゆえにより厳しく問われる車両安全性の向上も、また新たな課題となっている。今後、世界の自動車産業には、ますます燃費性能と車両安全性の向上というトレードオフの関係を高度にバランスさせる自動車を開発することが問われている。

12.1.1 自動車産業・市場の現状

世界の自動車販売は着実な拡大を続け、2020 年までに 1 億台に達すると予測されるが、その中身は大きく変容すると見られる。成長の中心が 2008 年世界金融危機を境に新興国に移行し、世界自動車販売の過半を新興国が占めるに至ったことで、2020 年に向けた世界市場の拡大においても、量的な拡大の中心は新興国が担うと見込まれる。

しかし、新興国の自動車市場の発展は従来と同様の発展過程を辿らない可能性が高い。新興国における燃料消費抑制、市場拡大に伴う排ガス浄化、温暖化効果ガス排出の抑制という観点から、市場発展の当初から世界水準の環境性能と安全性能を備えた製品を必要としているからである。今後、新興国の事情に合わせて開発した商品が新興国市場の急拡大を背景に先進国を含めた世界商品に発展するケースも始まると考えられる。

既に、リーマンショックを前後して、先進国では小型車シフトが進展。新興

国市場が小型車を中心に市場拡大を実現したことも加わり、世界規模で自動車の小型車シフトが進展している。先進国市場における小型車シフトは環境規制の強化や低燃費車に対する販売インセンティブに対応したもの、石油価格の上昇に伴い小型車シフトが進展した国など、それぞれに事情は異なるものの、先進国市場において小型車・低燃費車志向は大きな需要トレンドになっている。

世界の自動車メーカーには先進国市場の環境規制や市場嗜好に対応したパワートレインの開発だけではなく、新興国市場の規制や市場特性に対応した多様な商品企画・製品開発戦略が問われる。新興国でも製品の多様化への対応と小型車志向、低コストの実現、環境性能・安全性能の向上とあって、多方面にわたる技術課題への対応が問われる。

12.1.2 自動車産業の発展と社会との調整

環境問題に大きく影響する自動車セクターからのCO₂排出量の抑制は、社会の発展にとっても重要である。特に、CO₂排出量総量に占める自動車の比率は、自家用車や陸上輸送用自動車からのものを含めて2011年に17%に達している。地球温暖化の進展とそれらが原因とみられる世界的な異常気象と自然災害の深刻化に直面する中、人類はそれぞれの地域、それぞれの排出セクター毎に、地球温暖化の主要な原因と考えられるCO₂の削減に取り組んでいる。とりわけ、CO₂排出量の多くを占める自動車の便利性と引き換えにCO₂を排出してきた自動車産業の関係車が率先して、排出量抑制に取り組むことは、自動車の発展をより大きく享受してきた産業界の責務となっており、自動車産業が今後も人類に支持されながら、発展してくるために取り組まなければならない社会との調整上の最大の課題といえる。

したがって、環境問題の解決なくして自動車市場の拡大もなく、発展もなく、という認識を明確にした上、自動車セクターの世界的なCO₂排出量の研究や、今後の自動車販売台数、保有台数増大に伴うエネルギー消費量を精度高く試算する一方、世界市場の拡大、世界保有増大持続に不可欠な自動車セクターからのCO₂排出削減シナリオを明確に提示する努力が問われている。

12.1.3 不確定要素の多いエコカー戦略

社会との調整で終われる環境戦略技術の大きな流れの一つが、自動車からのCO₂排出量をゼロ、またゼロに近づける電動化技術である。電動化技術は内燃エンジン自動車に比べて、はるかに排出量は減少するが、ハイブリッドシステ

ム、バッテリー、モーター、インバーターなどの要素部品技術の多くが、なお発展する余力を残していることから、社会全体に普及するまでのコストダウンは途上にある。

初期電動化を担うハイブリット車（HV）は日本自動車メーカーを中心に開発が進められ、内燃車に対する燃費性能と価格比較において、ほぼ標準の自動車生産の水準に達し、日本を中心に先進国で市場基盤を拡大している。コンボ、ハイブリット車は、1 モーターパラレルバイブリッド、2 モーターシリーズ・パラレルハイブリッド、2 モーターシリーズハイブリッドがそれぞれに発展し、充電電力により部分的に EV 走行が可能なプラグイン化が進展するとみられる。また、ハイブリッドシステムとは別に、モーター駆動部分を独立して配置し、スプリット型のハイブリッドシステムの採用も拡大しつつある。

環境対応で問われる低燃費を実現する最短距離は車体の小型・軽量化である。これは EV や HV が普及しても燃費改善という観点で、内燃エンジン車と同様に戦略課題となっている。しかし、小型・軽量化は車体安全性とはトレードオフの関係にあるとともに、自動車の魅力拡大で先進国から普及が拡大した MPV や SUV など多目的のトレンドに逆行するものである。

12.1.4 新興国へ広がるエコカーの分業生産

エコカー普及最大の課題がコストであることから、自動車・部品生産の新興国シフトにより、広がった分業体制をエコカー・部品生産においても活用する可能性が高まっている。また、エコカー部品に多く関わる電機・電子産業は自動車産業とは異なる理由より、1980年代から中国や東南アジア地域、中南米地域に多数進出してきた関係もあり、新興国で形成されてきた電機・電子産業基盤を世界のエコカー・同部品生産分業体制に組み込むこともコスト削減の有効手段となっている。

新興国生産拠点の正味のコスト競争力を支えるのは、現地に発展した裾野産業や材料産業であることから、先進技術や環境・安全性能に深く関わる部品分野で、労働コストだけでは安くない部品産業、裾野産業・材料産業のサポート不可欠となっている。また場合によっては新興国で獲得可能な生産規模や現地調達が可能で材料に合わせた部品開発により、先進国にはできなく、低コストかつ高性能な部品の開発・生産・調達が可能になっている。

世界の自動車産業が技術蓄積し、実験場とする分野がここ数年の新興国市場の拡大と環境・安全技術を重視する自動車産業全体トレンドにより変化してい

る。伸びている市場で技術が発展するという点ではこれまで同様だが、先進国で環境技術の獲得を巡る競争が激化していると同様に、新興国で新技術の採用を巡る競争が激化している。

12.2 世界市場の動向と環境規制

現在、世界自動車消費の仕組みに自家用車は大部分を占めている。アメリカ・日本・ヨーロッパなどの先進国市場では自家エコカーの販売は順調に増えている。2012年と2013年の緩やかに始まってから、2014年全世界エコカー販売台数は30万台以上、2012年の14万台と2013年の20万台を遥かに超えた。2015年には新たなモデルが徐々に登場するとともに、全世界のエコカー販売台数は40万台に達する可能性が高いと考えられる。

12.2.1 アメリカ：エコカー戦略を根幹に据え再生を目指す

アメリカ社会にとって自動車は人々の基本的な移動を支える必需品であるから、自動車販売が停滞しても保有台数への影響は少なく、新車販売が停滞した分、平均車齢が上がり、潜在的な代替需要は積み上がる。アメリカ市場では2013年より環境規制を巡る動きが本格化する。カリフォルニア州とその同調州がZEV1（ゼロエミッションビークル）を代替車なく正味で販売することが求められる。オバマ大統領の再選により2020年代中盤には欧州や日本と同等かそれ以上に厳しい内容のCO₂排出規制となるCAFE2（企業平均燃費）基準が導入されることがほぼ確実となった。

アメリカ市場の回復と環境規制への対応を進める中で、自動車産業は最後の生き残りのチャンスを迎えている。リーマンショック前の市場高水準時期に、米国Big3は北米事業を大型乗用車と小型商用車開発に集中する一方、中型車、小型車開発についてはヨーロッパや韓国の開発資源を活用して、アメリカ市場に求められる製品プラットフォームの開発を行ってきた。リーマンショックから回復過程においても、GMとフォードはヨーロッパや韓国子会社、クライスラーはヨーロッパの親会社が開発した製品プラットフォームにより巻き返しを図っているが、今後、製品販売競争が激化する中で、米国Big3の販売シェアを

¹ ZEV（Zero Emission Vehicle）とは、排出ガスを一切出さない電気自動車や燃料電池車を指す。カリフォルニア州のZEV規制は、州内で一定台数以上自動車販売するメーカーは、その販売台数の一定比率をZEVにしなければならないと定めている。

² CAFE（Corporate Average Fuel Efficiency）とは、「企業（別）平均燃費」のことである。アメリカでは自動車製造企業ごとに企業平均の燃費を算定し、その燃費が基準値を下回らないように義務付けられている。

³ アメリカのBig3自動車メーカーとは、常にGM、フォード、クライスラーを指す。

回復がどこまで進むかは主力製品である北米専用製品の製品力にかかるといえる。

2012年に再選された民主党政権は環境規制を強化する一方、環境関連産業の育成に政府資金を投入したが、資金援助を受けた企業のいくつかが経営破綻し、政府主導の産業育成計画は頓挫。GMとクライスラーへの政府資金投入による経営再建は市場の回復を背景に一定の成果を上げて入るが、中長期的な競争力回復は確信が持てない状況が続いている。

12.2.2 日本：新興国拡大と技術変化への対応

日本自動車産業は世界最大の自動車生産国ではないが、日本メーカーの国内と海外の生産を合わせた世界生産は世界最大規模を誇る。ただ、リーマンショック以後、世界市場における新興国比重の拡大と急速に問われるCO2排出量抑制と自動車の電動化の中、基本的な成長戦略の見直しが進んでいる。2005年以後は海外生産の拡大を継続するとともに開発の現地化を進め、海外市場の開拓を海外で開発した専用モデルと海外拠点を活用した低コストで進める体制を整備しつつある。

日本自動車メーカー各社の成長戦略は、海外事業経験の差や市場基盤の強い地域、他の自動車メーカーとの協力関係が異なるため多様化している。一方、部品産業はこれまで世界生産の拡大とともに国内の部品生産が拡大してきたが、海外の生産・開発拠点の拡大とともに、部品輸入が増大、国内生産規模が自動車と部品の双方で縮小する危険性が高まっている。このため、日本自動車部品メーカー各社は海外生産拠点との分業強化、世界開発分業体制の強化により内外事業をとともに強化する戦略を導入しつつある。

また、空洞化の可能性が拡大する中で、政府、大学関係者と共同で次世代車両分野を地域産業の特徴を生かして強化する動きが始まっている。その中には日本発のガリバー企業の育成支援、海外事業展開が拡大する中で、海外子会社や合併会社からのライセンス使用料、ブランド使用料回収戦略など、これまで重視されてこなかった海外流出した技術資産の回収を強める動きが含まれている。

12.2.3 ヨーロッパ：基準作りで環境車戦略をリード

1990年代までヨーロッパ自動車メーカーの多くは厳しいロカール市場における競争の中で、自国市場を中心にすみ分けてきたが、海外事業展開が遅れ、ヨーロッパの経済動向に大きく左右される経営を展開してきた。欧州依存から

の退却戦略として、中国、インド、中南米、中東欧事業展開を重視。リーマンショックを機に成長主体が新興国にシフトすると、一気に新興国戦略を加速して事業基盤を強化してきた。

特に世界的な事業拡大戦略の中では、ヨーロッパ自動車産業が取り決めた排ガス規制 E4、E5、E6 を世界各国に導入し、それに対応したパワートレインや製品を持って市場開拓を図るなど、自動車産業だけでなく、政府機関と共同歩調を取りながら、海外事業基盤の拡大に成功してきた。さらに、部品・材料分野を含む新技術の採用提案においてイニシアチブを取り、世界市場では自動車と部品メーカーがともに新興国市場の開拓を強化。部品メーカーは新興国で台頭した自動車メーカーの開発をサポートする形で世界的な事業展開を強化してきた。

巨大市場に成長しつつある BRICS への事業展開については、1990 年代の出遅れを挽回して、一部先行はしているが安定的な事業基盤を抱えている拠点は少ない。ことため、ヨーロッパ自動車産業は E6 以後の排ガス規制対応と、CO2 排出制限にダウンサイジングと EV や PHV、回生機能付きアイドリングストップ等電動化戦略で競争基盤を強化する戦略である。

12.2.4 韓国：世界トップを競えるエコカー戦略を目指す

韓国自動車産業は 1997 年末に経験した通貨危機の影響から脱し、世界トップを伺うまで発展した。1997 年末の通貨危機後に IMF から金融支援を受け入れる代わりに資本と市場の開放を求められた結果、韓国では自動車メーカーを経営する民族資本は現代自グループ 1 社となり、大手自動車部品メーカーの多くが外資部品メーカーの傘下に入った。その後、韓国自動車産業は世界市場に通用する技術と品質獲得を徹底するとともに、外資技術を活用することで製品競争力を強化。そのコストパフォーマンスの高さから、現代自グループは世界販売を着実に拡大するとともに、外資傘下の GM 大宇やルノーサムスンもまた海外市場向け製品、プラットフォーム、主要コンポーネントの供給拠点として発展した。

しかし、成長持続を優先した戦略の下で、韓国国内の自動車生産と輸出は順調に回復・拡大したが、最新の独自技術獲得が後回しになり、技術の外資依存は維持され、独自製品・技術の開発を担う自動車・部品産業の育成が遅れた。ただ、現代自グループを中心に 2000 年代は市場の急拡大が続く新興国で量産規模を備えた生産拠点を連続して育成したことから、世界金融危機時においても成長を持続、急速発展を実現した。新興国市場の成長純化とともに、現代自グ

グループを中心にした韓国自動車産業は改めて成長戦略を見直し、外資依存してきた基礎部品技術、先進技術の獲得を重視、現代自グループは系列部品メーカーの育成・強化を図るとともに、先進技術を伴う上級イメージで世界クラス自動車メーカーとの対等の競争に挑戦している。

表図 12-1 世界主要国のエコカー政策

国別	エコカー政策		
	普及目標	保有待遇	生産・開発投資待遇
アメリカ	2015年EV/PHV100万台普及。	官公庁による購入支援、州政府毎に税優遇、補助金。	EV/PHV 開発投資補助。
日本	HV、EV、PHV、FCV等のエコカーの新車販売比率 2020年最大50%、2030年最大70%。	低燃費車の重量税、取得税減免。各自治体が個別購入補助。	低炭素型産業投資、復興投資支援等。
EU	走行するEV/PHVの台数を2020年500万台、2025年1500万台と想定。	2015年乗用車のCO2排出量を130g/km、2020年95g/kmに削減。	欧州グリーンカーイニシアチブ政策により自動車環境・安全性向上投資に対する投資を優遇。
韓国	2020年EV、PHV、HV150.4万台普及目標。	HV消費税減免、EV補助金支給。	中央、地方自治体双方が投資優遇。
中国	EV/PHV保有2015年50万台、2020年500万台。2020年年産能力200万台。	PHV最大5万元、EV最大6万元の補助金。低燃費車の車船税と購置税を優遇。	EV/PHV開発・生産投資を生産能力増強認可にリンク。

出所：FOURIN 世界自動車産業専門調査会社に公開されたデータに基づき、作成。

12.3 世界主要国のエコカーに対する支援策

世界のエコカー産業が現在、快速拡大のタイミングに入っている。こうした新たな市場を発展するため、世界主要国は本国の産業と市場に対する戦略を作り上げ、異なるエコカー販売インセンティブを各自に打ち出した。目前には先進国の自動車市場が十分に成長しており、エコカーがさらに自動車市場の潜在力を引き出すチャンスとみなされる。将来ある期間において、世界各国がエコカーなどのエコカーに対する促進政策が継続していくと考えられる。

12.3.1 アメリカ：法律に基づき、補助政策を進め

アメリカではオバマ政権が発足した2009年に自動車に対する環境規制の枠組が変わり、新車に対する温室効果ガス規制（GHG）を導入、従来からあるCAFE燃費規制と強調しつつ法律としては二つの燃費規制が存在し、2015年までにPHVの100万台普及計画を表明した。2012年にはカリフォルニア州がLEV規制の新たな枠組として、アドバンスド・クリーン・カープログラムを導入して、有害物質や揮発性物質の自動車排ガス規制を強化するとともに、新ZEV規制を盛り込んだ。ZEV規制は2001年に導入されたものの、クレジット制度によって、CNG車などの代替燃料車やHVなどの低公害車を一定量販売すれば規制適合とみなされてきたため、自動車メーカーはEVの販売義務を免れてきた。

エコカー普及に向けた開発・製造に対する金銭的支援については、2009年2月に成立したARRA⁴に基づき、電気自動車の電池および同部品と周辺技術開発に対する補助金を支給し、予算総額は24億ドルである。そして、EISA⁵に基づき、燃費を25%向上させる低公害車事業に対する総額250億ドル低利融資を行う。エネルギー省の自動車技術開発資源では、連邦政府のエネルギー省下で自動車の先進技術開発プログラムを推進、研究事業へ補助金を支給し、毎年2億ドル相当の予算を充当している。

エコカー消費者に対する支援政策に関しては地域によって内容が異なる。ある州政府がEV、PHVの購入補助金最大2500ドルを支給。例えば、コロナ市でEV、HVを含むエコカーの購入に2000ドル、サンホアキンバレー地域住民を対象に最大3000ドル、リバーサイド市で2000ドルの補助金が支給されている。その他、多くの自治体政府が排気基準に基づき、補助金を支給したり、税金を減免したりしている。

12.3.2 ヨーロッパ：観光車普及へ規制強化と基準づくり

欧州委員会は2010年4月にEVなどの環境対応車の開発・普及に向けた包括戦略「クリーンでエネルギー効率の良い自動車に関する戦略」⁶を発表、8項目について40超の実行案を提案した。エコカーの安全基準、規格標準化、充電インフラ整備をはじめ、環境対応車の開発支援などに関する計画を策定した。ヨーロッパ各国がそれぞれ独自のエコカー普及策を実施する中、EU内で統一的な基準の下で普及に向けた施策を行うことで、技術面でリードする日本メーカーに

⁴ ARRA (American Recovery and Reinvestment Act of 2009) とは、アメリカ第 111 議会において 2009 年 2 月に制定され、オバマ大統領が 2009 年 2 月 17 日に署名して成立した、景気刺激対策法である。

⁵ EISA とは 2007 年 12 月に成立したエネルギー自給・安全保障法(Energy Independence and Security Act of 2007)を指す。

⁶ 英語では A European Strategy on Clean and Energy Efficient Vehicles.

対抗する狙いがある。欧州委員会が特に重要にするのがEV充電規格の統一である。5億人市場のEU内でEVを普及させるには圏内での一貫した充電規格が不可欠であると判断した。

欧州道路交通研究諮問評議会などはエコカーロードマップを策定し、EU域内のEV、PHV普及目標を2020年に500万台、2025年に1500万台と設定。「欧州グリーンカーイニシアティブ（2008～2013年）」では総額50億ユーロが拠出され、欧州銀行を通してエコカープロジェクトに対する融資が実施されている。また欧州委員会は他の先進国よりも厳しいCO2排出量規制目標を決定した。欧州委員会は2012年7月11日に乗用車および小型商用車のCO2排出量削減に関する規制の詳細内容を公表した。現行案通り、2020年のCO2排出量規制値を乗用車95g/km、小型商用車147g/kmとすることを確認し、メーカー毎に異なる目標値の算出方法や小規模メーカーの扱いなどについて見直しを行う方針を発表した。

エコカー普及には追い風になるが、規制対応のコスト上昇が国際競争力低下を招くという危険もあるが、規制強化と基準設定、投資支援とをバランスさせて世界のデファクト獲得を目指している。

12.3.3 韓国：エコカー普及、技術確保に向けた投資が活発

韓国のエコカー産業をみると、政府が主導となり、現代自・起亜、韓国GM、ルノーサムスン、双竜自という国内5大完成車メーカーや、現代Mobis、LG化学、サムスンSDIなどの大手部品メーカーとの協業による全方位なエコカーの開発・製造・普及を目指す。2020年までに韓国国内でエコカーだけで、180万台を普及させる計画である。目標達成に向け製品開発が進んでいるほか、政府主導でこれまで先進メーカーに依存してきたエコカー向けコア技術の確保に向けた投資を活発化させている。制御分野では現代自・起亜主導で、制御ユニットなどの開発が進展しつつある。リチウムイオン電池については世界シェア1位、2位に並ぶサムスンSDI、LG化学が素材部門の内製化を強化している。

韓国政府は2010年12月に2020年までにグリーンカー365万台を普及する計画を発表した。このうち、EV105万台、HV40.6万台、PHV24.8万台、FCV9.9万台、クリーンディーゼル185.4万台を普及する計画。環境車の生産計画は2015年に120万台で、うち90万台を海外輸出する。国内市場の環境車比率を2015年に21%を目指す。2012年4月、韓国の環境部は政府や公共機関向けEV普及を推進するための補助金・インセンティブなどを決定した。また、エコカーに対して個別消費税、取得税、教育税などで最大420万ウォンが減税となる。

なお、充電インフラについては2015年5月、環境部はエコカー用充電器の普及計画を発表した。2015年までに10.4万基、2020年に220.7万基を普及する計画した。また、電池交換施設は2020年までに3752ヶ所を設置する計画した。2012年5月、エコカー用充電器の設置補助金制度を実施した。公共機関や個人がエコカーを購入する場合、充電器諸費用について最大880万ウォンを補助する。

12.4 世界主要自動車メーカーのエコカー戦略

エコカー産業がもたらす雇用創出効果は絶大であり、経済発展に及ぼす影響は大きい。そのため、世界の巨大自動車市場国は自国内にエコカー産業の育成を目指し、自動車市場発展を国内産業と経済が第一に享受する政策を採用している。自動車メーカー間の健全な競争と相反するものではなく、エコカー産業を人類共通の財産と考え、競争しながらも、ともに産業発展を支えていく協調姿勢が世界のエコカー産業の担い手に問われていることを意味する。それゆえに、エコカー産業関係車には産業そのものの存在意義の理解と、将来に向けて産業の意義を維持・発展させる共同の努力が必要であることを認められる。

12.4.1 アメリカ系：GM・フォード・テスラ

GMは電動化技術での先進性を競い、高い技術開発力を背景に、自社開発のHVやEVを製品化してきた。2012年、レンジエクステンダー搭載のシリーズ式HVとPHVとなるモデルや、マイクドハイブリッドのBAS式HVを戦略製品と位置付けていた。2014年に市場投入する都市型のEVを加えて、電動化製品を展開する計画である。だが、2010年12月に予定通り発売したものの計画通りの販売量に達せず、量産化第2段階に入れたい。想定以上にコスト増となり、税控除を適用しても3.2万ドルという価格設定となったことが大きい。

フォードのエコカー戦略は、かなり現実路線であり、製品展開はトヨタに近い。HV、PHV、EVという3つのレベルのエコカーをアメリカ市場で発売したが、事業として最も重視するのはHVである。HVの技術はトヨタをベースにしている。スタートした2004年はトヨタと契約によりグループのアイシンAWから基本システムを調達していたが、ハイブリッドシステムが第2世代、第3世代に進むにつれて、自社開発・自社生産に移行、2012年に発売のHVモデルでは、ハイブリッドシステムを内製化した。また、主要部品も二次電池をはじめモーターやインバーターなども日本から調達していたが、一部北米生産に切り替えた。

テスラモーターズは、アメリカのシリコンバレーを拠点に、EVと電気自動車関連商品を開発・製造・販売している自動車会社である。本社所在地はカリフォルニア州パロアルトであり、社名は電気技師であり物理学者であるニコラ・テスラにちなむ。2008年2月、最初の生産型が取締役会長イーロン・マスクに届けられ、そして一般的な生産は2008年3月17日に開始された。2008年4月、テスラモーターズの第1号店がカリフォルニア州ロサンゼルスに開店した。2008年11月12日、アメリカのエネルギー省はATVMIP7の下で2009年に年4回与えられ始まる補助金と直接借款のための適格性と資格の詳細な最終決定を公表した。電気自動車に必要なメンテナンスは極めて少ない。オイル交換は不要であり、またブレーキのメンテナンスは回生制動により少ない。ミッションオイル、ブレーキフルード、および冷却水の交換は、内燃車でないため不要である。

表図12-2 2014年世界エコカーメーカー販売台数ランキング

順位	メーカー	国別	販売台数	シェア
1	ニッサン	日本	63327	20%
2	三菱	日本	36670	12%
3	テスラ	アメリカ	31623	10%
4	シボレー	アメリカ	22509	7%
5	フォード	アメリカ	22436	7%
6	トヨタ	日本	20470	6%
7	BYD	中国	18358	6%
8	ルノー	フランス	18358	6%
9	BMW	ドイツ	17793	6%
10	吉利	中国	11307	4%
11	VW	ドイツ	9703	3%
12	奇瑞	中国	8605	3%
13	衆泰	中国	7542	2%
14	ベンツ	ドイツ	5824	2%
15	北京汽車	中国	5234	2%
16	ボルボ	スウェーデン	5182	2%
17	ポルシェ	ドイツ	1954	1%
18	フィアット	イタリア	1799	1%
19	キャデラック	アメリカ	1354	0%
20	起亜	韓国	1340	0%

注：データ出所の統計方法が異なるため、中国メーカーの販売量データは第10章より多少食い違いがある。

出所：中商情報ウェブサイト公開データによって、作成。（<http://www.askci.com/data/2015/02/10/15812fp83.shtm>）

1)

⁷ ATVMIP : Advanced Technology Vehicle Manufacturing Incentive Program

12.4.2 ヨーロッパ系：VW・BMW・ルノー

VWはこれまで米国カリフォルニア州でのEV販売義務が課されなかったこともあり、日本やアメリカの自動車メーカーに対して開発の本格始動が遅く、2010年のHVモデル市販化が最初であった。2012年までに1モーター・2クラッチの平行ハイブリッドを複数モデルに搭載して発売、2013年には都市型EVモデルを販売してきた。他のドイツメーカー同様に、モジュール戦略によってHV、EV、PHVという3種のエコカーを開発しており、2014年にかけて、VWとオーディの様々なセグメントから新製品を発売した。また中国乗用車市場におけるリーダー的立場から、中国生産も視野に現地開発を進めている。

表図 12-3 2014年世界エコカーモデル販売台数ランキング

順位	メーカー	モデル	種類	販売台数	シェア
1	ニッサン	リーフ	EV	61027	19%
2	三菱	アウトランダー	PHV	31689	10%
3	テスラ	Model S	EV	31623	10%
4	GM シボレー	Volt	PHV	21293	7%
5	トヨタ	プリウス	HV	19018	6%
6	BMW	i3	EV/PHV	16052	5%
7	BYD	秦	PHV	14747	5%
8	フォード	Fusion Energi	PHV	11719	4%
9	ルノー	ZOE	EV	11323	4%
10	吉利	Kandi	EV	10022	3%
11	フォード	C-Max Energi	PHV	8705	3%
12	奇瑞	QQ3	EV	7866	2%
13	衆泰	E20	EV	7341	2%
14	メルセデスベンツ	Smart Fortwo ED	EV	5824	2%
15	フォルクスワーゲン	e-up	EV	5448	2%
16	北京汽車	E150/E200	EV	5234	2%
17	ボルボ	V60	PHV	5149	2%
18	ルノー	Kangoo ZE	EV	4257	1%
19	三菱	i-MiEV	EV	3936	1%
20	BYD	e6	EV	3611	1%

注：データ出所の統計方法が異なるため、中国メーカーの販売量データは第10章より多少食い違いがある。

出所：中商情報ウェブサイト公開データによって、作成。（<http://www.askci.com/data/2015/02/10/156478b6.shtml>）

BMWのエコカー戦略は、HVとEVとでは全く異なる。HV、PHV、EVのいずれのレベルのエコカー技術も製品として量産化して、市場投入する計画ではVWなどほ

かのドイツメーカーと同じであるが、PHVを含めたエコカーを新たなブランドを立ち上げて展開するのが特徴である。エコカーの製造拠点はPHVに搭載する発電用のエンジンを英国で生産するのみで、そのほかはすべてドイツに集中している。EV用モーターやパワーエレクトロニクスなどはノウハウ蓄積のため、内製を計画している。

ルノーのエコカー戦略は、EVの量産化と自動車業界でのリーダーポジション獲得が最優先項目となっている。日産とグループで2016年まで累計150万台販売を目標にしてきた。2012年までに初期計画の4モデルを市販化、欧州メーカーとして一般向けのEV販売を先導した。エコカーの中でもHVは経営戦略を共にする日産に任せており、ルノーはヨーロッパ市場を中心とするEVの普及に注力している。

12.4.3 韓国系：現代自/起亜

現代自/起亜は2015年までにエコカー35万台製販体制の確立を目指しており、HVからPHV、EV、FCVまで、全方位のエコカー戦略を有し、製品分野ごとに量産化を前提にした開発を進めている。世界トップクラスの自動車メーカーとして、地域ごとに異なる環境規制や市場トレンド対応し、世界シェアを拡大する計画である。

EV分野では2014年以後、本格的な製品を投入する計画である。だが、充電インフラの整備が遅れ、EVの最終販売価格も低下しないため、現代自は技術改善とコスト削減努力を強化している。FCV分野では2013年3月に世界初の量産モデルとして発売した。水素エネルギー活用目指す北欧向けに供給を開始した。

12.5 小括

自動車消費の社会発展にマイナスの影響を及ぼす可能性を抑制し、排気ガスの浄化、CO₂ 排出量、エネルギー消費量の抑制、交通渋滞の緩和などにより、自動車保有の増大がもたらす社会的費用を最小化する努力が必要である。世界の自動車メーカーには先進国市場の環境規制や市場選好に対応したパワートレインの開発だけではなく、新興国市場の規制や市場特性に対応した多様な商品企画・製品開発戦略が問われる。しかし、環境問題の解決なくして自動車市場の拡大もなく、発展もなく、という認識を明確にした上、自動車 CO₂ 排出量の研究や、今後の自動車販売・保有台数増大に伴うエネルギー消費量と CO₂ 排出削減を明確に提示する努力が問われている。

社会との調整で終われる環境戦略技術の大きな流れの一つが、自動車からのCO2 排出量をゼロに近づける電動化技術である。エコカー普及最大の課題がコストであることから、自動車・部品生産の新興国シフトにより、広がった分業体制をエコカー・部品生産においても活用する可能性が高まっている。先進国で環境技術の獲得を巡る競争が激化していると同様に、新興国で新技術の採用を巡る競争が激化している。

現在、世界自動車消費の仕組みに自家用車は大部分を占めている。アメリカ・日本・ヨーロッパ・韓国などの先進国市場では自家エコカーの販売は順調に増えている一方、中国の自家エコカー市場も広まる状態にある。まだ、世界主要国は本国の産業と市場に対する戦略を作り上げ、エコカー販売インセンティブを各自に打ち出した。将来ある期間において、エコカーがさらに自動車市場の潜在力を引き出すチャンスとみなされ、世界各国がエコカーに対する促進政策が継続していくと考えられる。エコカー産業において、競争しながらも、ともに産業発展を支えていく協調姿勢が世界のエコカー産業の担い手に問われていることを意味する。それゆえに、エコカー産業関係車には産業そのものの存在意義の理解と、将来に向けて産業の意義を維持・発展させる共同の努力が必要であることを認められる。

第13章 総括・考察・課題と展望

13.1 総括

(1) イギリス人の研究者 John Stuart Mill が初めて「燈台理論」を掲げてから、長い過程を経て、外部性は非常に膨大な理論体系となってきた。この長い期間には多くの研究者が外部性の理論研究に力を捧げたが、その中、Marshall が初めて外部経済の概念を打ち出してから、Pigou が限界社会的純生産と限界私的純生産という二つの概念を通じ、外部性の認識を深めた。また、外部経済と外部不経済を分けて、政府は社会的費用の発生者を課税するべき一方、社会的収益の生産者を補助するべきである。Coase によって、取引コストはゼロの時には、所有権をいかに定でも、外部性の発生者と受ける者の間に交渉を通じて総生産の最大化を達することができる一方、取引コストはゼロ以上の時には、外部性を解消することはコストがあるものの、企業と市場が問題を解決できなく、政府介入の必要があるわけではない。

外部性とは、ある経済主体の意思決定（行為・経済活動）が他の経済主体の厚生、効用或いは便益に影響を及ぼすことをいうことである。分類には主に正と負の外部性、生産と消費の外部性、片側的と相互的外部性、技術的と金銭的外部性、及びパレート相関とパレート不相関の外部性である。しかも、外部性の本質を認めると、市場の失敗と制度の欠如は外部性をもたらす主要原因と考えられる。

自動車消費においては、負の外部性と正の外部性に関わらず、社会的費用と私的費用の間に差が存在する。しかも、自動車消費はインフラ整備に依存し、インフラ整備による潜在性を備える。経済学の視点から見ると、インフラ整備は交通資源の供給とすることができる。この供給は公共性を有しているにしたがって、交通資源の供給者がいかに自動車消費の外部性によって、効率的制度を打ち出すかということは、外部性を解消する肝心な点と認められる。だから、本論ではインフラの供給適度化という論点を申し出した。

(2) 負の外部性において、本論では道路渋滞を例として検討を展開している。道路渋滞とは交通需要がある道路線区の容量を乗り超える時、超える交通流が道路に滞在する現象である。このうち、ボトルネック効果は圧倒的多数の渋滞列が起こる重要な原因となる。外部性を解消するのは政府干渉論と市場取引論という2種類の解決法を活用して、政府牽引制度を申し出すことができる

だろうと考えられる。前の2種類と比べ、政府牽引制度は移動者のトリップ効用を守りながら、交通混雑を緩和することができる。本論では政府干渉論と市場取引論を結びつけ、自動車消費の外部性に対する第三種の解決法を申し出した。すなわち、政府が外部性発生者に対して、介入施策を実行するわけではなく、市場取引の環境を変更するにわたって、発生者行動をさらに効率的な行動方式へ牽引するにしたがって、外部性を緩和することである。

中国では近年から自動車規模を急増したが、道路・駐車場などのインフラ整備は自動車規模を追いつけない状態にあって、交通渋滞などの外部性問題が徐々に注目されてきた。本論では北京を中国における大都市の例として、実証研究を行っていた。近年、北京市政府が地元の自動車消費に対して、様々な施策を打ち出した。このうち、「走行規制」と「購入規制」という2つの施策は最も体面性を備えると考えられる。だが、道路インフラ整備の不足、路上駐車の普遍化、および公共交通は高規格のネットワークとなっていないため、道路渋滞などの外部性問題は絶えずにある。しかし、北京市政府は自動車消費を抑制しながら、地下鉄などの効率的交通機関に対する投資は年々が増えつつあり、高規格・効率化の鉄道ネットワークを敷き続け、市民のトリップ手段を転換させると図っている。一方、近年からロードプライシングを導入するのは激論されつつあるが、作業技術、社会的認可及び課金の使途などの難点がある。国産経験から見ると、ロードプライシングは道路渋滞を緩和することができるが、北京にも適合するとは限らないと考えられる。

先進国の経験からみると、アジア大都市のトリップパターンは公共交通を主要なトリップ手段とするべきである。東京と北京はともにアジアにおける大都市として、都市状況、自動車の所有と分布、道路・鉄道インフラの整備などの面で比較可能性が高いと考えられる。「東京モデル」によって、道路渋滞を緩和することは、自動車使用の抑制、公共交通インフラの整備および副都心という3つの面を含めている。近年から北京の交通施策を総覧すれば、おおよそこの道に沿って展開していると分かれる。だが、北京は地元の特徴を備えるため、具体的施策は「東京モデル」と異なり、地元に応じる施策を打ち出す必要がある。

(3) 正の外部性において、本論では新エネ車の消費を例として検討を展開している。W2Wの視点で伝統的内燃車と新エネ車を比較すれば、後者は排気ガスとエネルギー消費の面に多くのメリットを備える。しかし、新エネ車の社会

的費用は私的費用より低いため、技術革新は遅いだけでなく、消費量も少なくなり、社会的便益が過少となることがある。したがって、新エネ車が導入の初期段階には政府の力を借りて市場の慣性を克服する必要がある。政府は施策をわたって、民間投資を牽引し、投資の最適化をするべきである。こうした施策は行政的に促進するだけでなく、市場メカニズムを結びつけ、交通渋滞施策のように消費行動を牽引する施策を打ち出す必要もある。既存研究によって、将来には新エネ車、特に電動車の発展は多くなればなるほどと見込まれる。

現在、中国政府の優遇政策によって電動自家乗用車の市場ボトルネックを突き破り、産業化の目標を達すると図っている。特に2010年以後、中国政府が新エネ車を基盤産業として、ロードマップのみならず、新エネ車の開発およびインフラの整備向けの補助金や税制優遇などの支援策を打ち出しておいた。しかも、初期需要を創出するために、中国政府は新エネ車のモデル都市を取り組んで、新エネ車の販売とインフラの整備を促進しておいた。したがって、中国の新エネ車産業と市場が順調に広がっている。しかし、近年から中国の自動車メーカーがコア部品メーカーの技術開発において、大幅に発展しておいたが、開発基盤が弱いため、世界先進基準と比べ、大きな差がある。販売が増えつつある新エネ車であるが、とりわけ普及の課題は、「航続距離の短さ」と「充電インフラの未整備」、さらに「車両価格の高さ」などの課題があって、市場導入期において様々なキャズムがあると考えられる。

国際比較の視点から見ると、日本における新エネ車産業が中国との比較可能性が高いと考えられる。両国は共に自国の状況を結びながら、新エネ車のロードマップ、産業と市場の促進策を打ち出しながら、初期需要を創出するために「モデル都市」を選定しておいた。しかし、発展ルートには中国がEV、PHVなどの電動車を中心にして発展している一方、日本も電動車を重視しているが、FCVには大きな望みを託している。したがって、インフラ普及の面には、中国は主に充電インフラを設けているが、日本は充電設備も水素供給設備も設ける。将来、日本の水素社会発展の背景において、電動車と比べて、FCVの技術開発と市場普及はさらに重視されると見込まれる。

現在、世界自動車国は自国のエコカー戦略、およびエコカー販売インセンティブを打ち出しておいた。将来ある期間において、世界各国がエコカーに対する促進政策が継続していくと見込まれて、互いに市場競争を続けながら、ともに産業発展を支えていく協調姿勢が呈している。それゆえに、エコカー産業関

係車には産業そのものの存在意義の理解と、将来に向けて産業の意義を維持・発展させる共同の努力が必要であることを認められる。

13.2 考察

(1) 自動車消費の外部性に対する研究は外部性理論にかかわる実証研究と認められ、近年から徐々に活発になってくる。先行研究をまとめると、外部性は市場の失敗と制度の欠如がもたらすものである。市場取引環境が揃えなく、或いは取引コストが高すぎるため、外部性の発生者が自身の外部性行動に費用を担わなく、或いは発生者と受ける者の間に外部性行動に対する交渉・取引を行えない。したがって、外部性を解消できなくて、残り続けるようになる。また、制度が常に市場の欠点を補充、経済活動を規範化するものであるが、財産権の限定、規制の厳守、情報の非対称性などの要因があって、効率的制度の欠如も外部性を招くことである。特に自動車消費はインフラ依存度が高く、インフラが公共性を備えるため、その外部性問題がさらに複雑となる。政府がいかに自動車消費の外部性の特徴を分析するか、そして効率的制度を打ち出すのは、外部性問題を解消・緩和する要となる方法と考えられる。

(2) 自動車消費の負の外部性において、道路渋滞、排気ガス、騒音汚染などの様々な面を含めている。それぞれの面には各自の特徴を備えるため、専門的に研究を展開する必要がある。道路渋滞を例として、単に消費そのもののために自動車を使用する人間が非常に少なく、ほぼ自動車をトリップ手段として、トリップ効用を求めることである。しかし、トリップ手段とできるものは自動車だけでなく、鉄道、自転車および徒歩などの手段もある。線路バスも自動車トリップに属するが、その社会的費用は乗用車より非常に低いと認められる。一方、ほぼ全てのトリップ目的はある地点から別の地点へ移動であるため、都市の地理構造を改善、トリップ目的地を分散化するにわたって、トリップ距離を短めにすることは、交通量を降下、渋滞を緩和するようになる。単に自動車の「走行規制」、「購入規制」及びロードプライシングなどの施策を通じて自動車の使用を抑制すれば、社会的認可や社会公平性を触れるだけでなく、自動車産業の発展にも影響を及ぼすことである。したがって、いかに移動車のトリップ効用を守りながら、道路渋滞などの外部性問題を緩和するかという問題は浮き上がってきた。

新エネ車の消費が伝統内燃車と比べ、正の外部性を有すると認められる。生産から消費までの全過程（W2W）から見ると、新エネ車がエネルギー消費、排気ガスなどの面にメリットを備える。しかし、新エネ車もインフラに対する依存度が高いため、充電スタンド、水素ステーションなどのインフラ整備の不足は新エネ車の販売・使用を制限している。まだ、充電時間、航続距離、及び車両の高価格などの技術難点も新エネ車普及のボトルネックとなっている。だが、新エネ車及びハイブリッド車などのエコカーは大きな潜在力を有し、どうしても将来の発展方向と認められる。政府はこれらの状況を基づいて、いかに消費の促進制度を打ち出すのは、現在、激論中の状態にある。

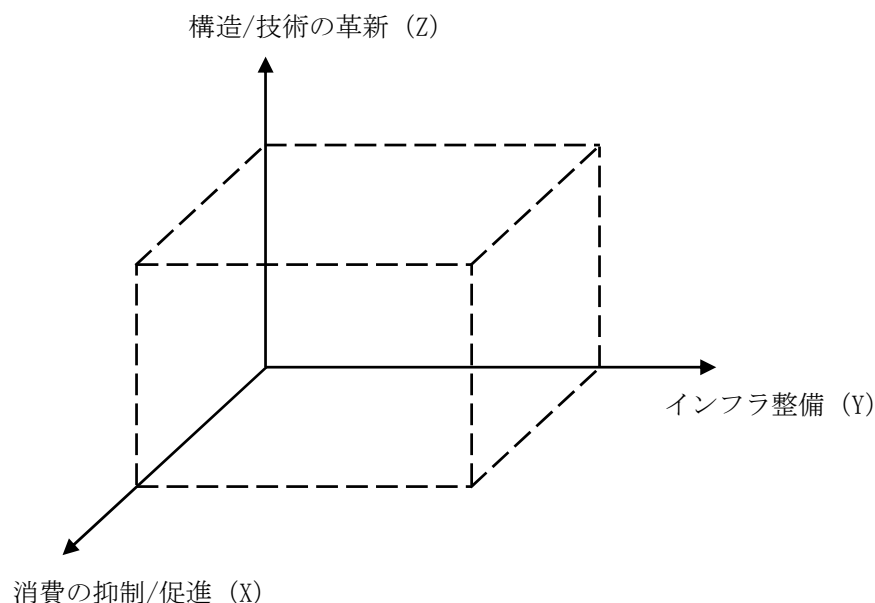
(3) 中国は近年から、道路渋滞の緩和と新エネ車の発展に対して、様々な施策を發布しておいた。北京を例として見れば、政府は行政規制を通じて自動車の使用・購入を抑制している一方、地下鉄などの公共交通インフラを整備しつつあり、便利性と定刻性を向上するにわたって、市民のトリップパターンに乗用車から公共交通への転換を促進している。したがって、近年のトリップパターン推移から見ると、北京には自動車購入・使用は低成長の状態にあるが、地下鉄ネットワークの整備、および地下鉄トリップの比率は順調に伸び上がっている。なお、京津冀一体化の政策によって、将来には北京も副都心を打ち出すと見込まれる。国際比較の視点から見ると、北京や東京などのアジア大都市において、TODは最も適合の交通モデルと認められる。つまり、モータリゼーション特徴に対して、自動車の使用を抑制、交通インフラの供給を向上、かつ交通流構造を改善するということである。

まだ、新エネ車産業と市場の発展を促進するため、近年から中国政府がロードマップと多くの具体的促進・支援策を發布して、とりわけEV・PHVの発展を重視している。その中、中央政府が新エネ車消費とインフラ整備向けの補助金と優遇税制を打ち出しながら、新エネ車普及のモデル都市を選定しておいた。一方、多くの地方政府も地元の様々な促進策を打ち出し、新エネ車産業と市場を支援している。日本と中国における新エネ車に関わる施策を比較すると、おおそ車両消費の促進、インフラ整備の拡張、および技術の革新という3つの面に支援していると分かれる。それ以外、発展ルートにおいて、日本は福島原発事故以来、電力需給逼迫、電力料金値上げて、EV・PHVの普及が予測通り進むかどうか不透明になってきたが、FCVの普及がさらに日本のエネルギー現状と水素社会の戦略に合わせると考えられる。しかし、中国はFCVにかかわ

る技術蓄積が欠乏する一方、自国の電力供給が十分足りるため、主にEV・PHV発展を重視している。

(4) 以上の実証分析を求めて、自動車消費の外部性を解消する新たな制度を導き出すようになる。それは自動車の消費、インフラの供給および構造・技術の革新という3つの面を着目しながら、政府干渉論と市場取引論を結びつけ、政府が市場取引行動を牽引する制度である。道路渋滞を負の外部性の例として、まず、車両の消費を抑制するにわたって、交通量を均衡化まで降下する。また、道路インフラの供給を向上しながら、公共交通インフラの便利性を向上するにわたって、トリップ手段の転換を促進する。最後に、都市機能の分散化を通じて、交通流構造を改善するによって、トリップ距離と時間を降下しながら、トリップ効用を向上する。一方、新エネ車を正の外部性の例として、車両の消費を支援したり、充電スタンドなどのインフラを整備したりするにわたって、新エネ車産業・市場の発展を促進する。そして、技術の革新を通じて、航続距離、充電時間および生産・整備コストなどのボトルネックを打ち破る。つまり、自動車の消費の外部性に対して、政府が行政的規制をなるべく減らし、新たな効率的市場環境を作り上げ、外部費用の少ない消費行動を牽引するという三次元に着目することである。

図表 13-1 政府牽引制度の三次元モデル



出所：既述した内容に基づき、作成。

以上の論証を基づくによる自動車消費の政府牽引制度をモデル化すれば、図表 13-1 のように、解析幾何の三次元モデルを申し出すことができる。x 軸、y 軸、z 軸はそれぞれ自動車消費、インフラ整備、構造/技術革新を表している。その中、負の外部正の場合に X 軸は自動車消費の抑制量、正の外部正の場合に X 軸は自動車消費の促進量を表す。3 つの変数が各自の軸における値による長さ、幅、高さが組み上がる立方体の体積は制度効率性の値を表している。しかも、これらの変数が互いに影響を与える。すなわち、3 つの変数が共に制度効率性の最大限を決定している。ここには x 軸、y 軸、z 軸における変数、および制度効率性をそれぞれ X、Y、Z、および U と仮定する。簡単な回帰方程式を並べれば、以下のように：

$$U = b_0 + b_1X + b_2Y + b_3Z + b_4XY + b_5XZ + b_6YZ + b_7XYZ + e$$

このうち、 $b_0 \dots b_7$ はそれぞれ初期値、変数 X、Y、Z の関連係数、変数 X と Y、変数 X と Z、変数 Y と Z、および 3 つの変数の相互関連係数、e はランダム変数である。理論上、この回帰方程式によって、自動車消費の政府牽引制度効率性の最大限を算出することができる。したがって、制度効率性の最大限によって、具体的施策を制定するべきである。

13.3 課題と展望

(1) 北京の交通渋滞をもたらす要因は高くの自動車分布密度、道路と公共交通インフラ整備の不足、および都市機能の集中化以外、北京の集合住宅と政府部分が多く都市空間を占めているのは道路の円滑化を妨げる要因となる。集合住宅は中国の住宅特徴と見なされ、多くのマンションが大きな敷地に集まり、敷地以内の空間に囲いをして、道路が外の道路ネットワークに繋がらない状態である。また、多くの政府部門も集合住宅と似て、大きな庭を含める自社独占の空間に囲いをして、外の道路に繋がらないだけでなく、外来車両・人間が勝手に入れない。現在、北京の中心部（城 6 区）において、このような政府部門、集合住宅、および寄り合い住宅が多くに実在している。しかも、北京は首都として、多くの大学・研究機関も中心部に集まっているから、大学・研究機関の集中化も道路交通に影響を及ぼすと考えられる。

また、国際比較の視点から見ると、東京は駐車場の整備と管理、および駐車マネジメントを通じて、既存の道路容量を回復し、道路の円滑化を図った。しかし、現在、北京における駐車場の整備は自動車保有台数をはるかに追いつか

られない状態にあつて、大量の路上駐車は道路渋滞を招く要因と認められる。とにかく、空間占有と駐車場整備は将来、北京などの中国大都市における道路円滑化を妨げる必要な課題となり、短時期には解消することはできないと考えられる。

新エネ車発展において、技術開発とインフラ整備はやはり中国新エネ車産業・市場における最も重要な課題を認められる。モデル都市などの促進事業を通じ、初期需要を創出しておいたが、全面的な産業発展と市場普及は新エネ車消費のコストパフォーマンスの向上に偏らなければならない。ゼロベースの自動車開発は困難なことから、中国企業は欧米自動車・部品メーカーのサポートを受けて開発を行う例が多い。中国政府は自国市場を育成しながら、自国新エネ車メーカーの開発能力と充電インフラの便利性を向上することは、今後の課題となると考えられる。

一方、日本の新エネ車メーカーの開発能力が世界先進に達しているものの、自国の新エネ車市場は、特にEV・PHVは充電時間と航続距離などの技術的原因で、なかなか台頭していない状態にある。2014年末、トヨタの量産化FCVが登場してから、政府の支援策の助けを借りて良い市場反応を獲得したが、FCVの生産コスト、水素ステーションの整備コストが高騰しているため、FCVの普及に大きな影響を与える。こうした状況において、自動車メーカー又はインフラ事業者の一方が他方に負担を寄せることなく、自動車メーカーとインフラ事業者が双方の知恵を絞り合うという姿勢が重要である。

(2) 自動車社会において、人々は同時に自動車消費の受益者、被害者、および害悪者としている。自動車消費の外部性問題に対して、社会管理機関が長期的ビジョンで施策を制定する必要があると考えられる。モータリゼーションがもたらす交通渋滞、大気汚染などの外部性問題が中国の特有ものではなく、先進国において何十年前に現れておいて、それらの解決策は中国に貴重な参照経験を提供した。しかし、中国は自国国情を有しているため、先進国の経験を参照しながら、国情を結びつけて、自国の解決策を打ち出さざるを得ない。道路渋滞メカニズムの分析を通じ、自動車消費の発生源に手を出す必要がある。つまり、トリップ効用を守りながら、消費需要を抑制して、既存の道路容量を回復し、インフラの供給と使用効率を向上することである。実は治水のように、交通流を塞ぐことでなく、さらって流れをよくすることである。

一方、新エネ車においては、中国が世界最大の自動車生産大国になったもの

の、多くの中国ブランドで生産される自動車も外資技術に依存している。そのため、中国市場の発展を民族資本より外国資本が享受しているとの反省に立って、民族系の新エネ車産業、部品産業の発展を目指している。中国は自動車生産強国になることを掲げ、新たな発展に向けた準備を進めているにしたがって、中国政府が新エネ車の産業・市場基盤の育成を重視している。一方、中国自動車産業は基本技術の習得に改めて取り組んでいる。需要が急増した一時期において、海外自動車メーカーのスタイリングをコピーして現地生産し、一定の販売を実現したブランドが一時期販売拡大に成功した。すでに、中国政府は合併自動車メーカーの外資パートナーに対し、開発機能の現地化、自主ブランドの育成、新エネ車の現地生産、基本技術の移管など多様な形で中国新エネ車産業の発展への協力を求めてきており、その対応深度に応じて、現地市場を開放する政策運営を行っている。しかも、将来の長い時期に、新エネ車と内燃車が同時に存在していくと見込まれる。新エネ車を開発する一方、伝統内燃車の技術を革新、環境性能を向上することも重視するべきである。

おむすび

自動車は現代工業文明を表すものとして、登場してからの120年以上を経て、人類社会の発展に巨大な影響を与えておいた。自動車の消費は人間・貨物の流通を促進しているものの、道路、駐車場などのインフラは従来の社会空間を侵入している。この二重性はまさに序論に論述したように、人類に物質的享楽を与える同時に鉄のカゴを作り上げること、或いは理性的独断が生じる一方、人類解放の可能性が呈されることである。これらの視点は本論における正・負の外部性についての議論と似ている。

外部性理論そのものは混沌な概念と認められる。外部性は個人理性が集団理性を背離することをもたらすが、内生制度において個人理性を集団理性へ移行させる。しかも、外部性の存在は限界を備えなく、不完全競争、公共財、および情報の非対称性などの概念の間に複雑な関係がある。しかし、哲学の視点から見ると、事物は矛盾の総合体であるため、矛盾の両者は対立性を有すれば、統一性も有することである。つまり、自動車消費の外部性の概念を分けて分析してから、繰り返し見る必要があると考えられる。これはHabermasの理論のように、人類と科学技術の「相互的理解」視点から見べきである。

本論における自動車消費の外部性に関わる分析は主に質的研究方法を利用して、理論と実証の研究を行っておいだが、量的研究方法をほぼ利用していな

い。しかも、自動車消費の外部性研究を全体に把握するため、具体分野に対する専門的な研究は欠点となるかもしれない。今後、大量のデータを収集して、統計調査を行うに従って、量的研究を展開しようと考えられる。

本論における自動車消費の負の外部性に対する実証研究は北京の道路渋滞問題を例として分析・論述しておいたが、大気汚染、騒音汚染、交通事故などの他の負の外部性、および他の都市における外部性問題に対する研究は不足であるため、今後には他の都市における他の負の外部性問題に対して、調査と研究を展開しよう。また、正の外部性に対する実証研究は、中国の全体像と国際比較に偏るが、具体都市における新エネ車の発展に関わる分析は極めて少ない。今後にはさらに細かくの調査と検討を展開しようと考えられる。