

## 第13回IATSSトーク

(2009年9月18日、東京・大手町サンスカイルーム)

加藤一誠氏 (日本大学経済学部経済学科教授)

太田和博氏 (専修大学商学部教授)

大口 敬氏 (首都大学東京大学院都市環境科学研究科教授)

横山利夫氏 (本田技術研究所未来交通システム研究室室長・上席研究員)

一ノ瀬友博氏 (慶應義塾大学環境情報学部准教授)

シンポジウム部会企画委員会では平成20年度および平成21年度の新会員を講師とするIATSSトークを開催しました。新会員5名にご登場いただき、専門分野についての話題を提供していただきました。

### 加藤一誠

## 空港運営と資金調達について



#### 空港の収支はどうなっているのか

日本大学の加藤一誠でございます。よろしくお願ひ申し上げます。

今日は、表題のようなことをお話しさせていただきますが、「インフラの資金調達」というのが私の最近の研究テーマで、対象は主に道路と空港です。今日は空港のほうを発表させていただこうと思います。

ここ2年くらいかけて、10人ぐらいのグループで日本の空港の収支を航空政策研究会というところで研究しました。実はインフラのお金というのは流れがよくわかっていないものですから、事実確認をしなきゃいけないというのが、一番最初の問題意識でした。というのも、今まで、航空政策とか空港政策、道路政策の中で、「こうあるべき」という「べき論」というのが非常に多いのです。ところが、その「べき」というのは「べき」でとどまってしまう、裏づけがない。そこで、何らかの形で基準をつくらうということで始めたわけです。なぜ空港収支に目をつけたかと言うと、アメリカはすでに、かなりの空港が収支をオープンにしているからです。

最初に日本、その後アメリカの空港の

お金の出入りのお話をして、それからファイナンスに話を進めます。アメリカでは道路も空港も同じように bond (債券) を発行しているという共通点があるからです。それで、最後は bond の話をさせていただこうと思っています。

#### 日本よりもクリアなアメリカの収支

ではまず日本の空港ですが、Fig.1をごらんください。今回対象にした空港は全部で41空港でした。国管理の空港、いわゆる旧1種と2種Aが20。それから自治体管理、これが旧2種Bと旧3種が20で、あわせて41。ターミナルビルにもすべてアンケートを実施しました。それから空港環境整備協会がやっている空港内駐車場の収支も推計して、単純合計ですが全部一体で収支を出してみました。これまでにこういう形ですべてを合計した集計というのはなかったと思います。

ここにあるように、収入は着陸料と土地建物賃料、費用のほうは人件費、物件費、環境対策費、そ

れから羽田空港の財投の資金、それと減価償却と全部入れました。減価償却は投資をベースに、過去25年分を全部計算し直しました。ただ、航空機燃料税だけは入れておりません。これは名目上は空港の整備資金ということになっていますので、その存続も含めて議論が必要なため、ここではあえて案分しませんでした。

結果から申しますと、黒字だった空港は伊丹と新千歳の二つだけでした。これは減価償却を含むか含まないかで結果は違うのです。それから、第3種では神戸のみが黒です。減価償却を含まない場合は、羽田以下上七つの空港、それから第3種の富山、神戸、岡山の三つの空港が黒でした。これはあくまで会計上の数字です。減価償却というのは、全く別のビンテージのものを単純に25あるいは20で割って合計するわけで、経済学では全く邪道なんです。プロジェクトでは会計上の考え方で減価償却費を計算しました。

羽田は赤字でした。皆さんは一般的には羽田が黒で、それで日本の空港を全部賄っているというふうに思ってたでしょう。私もそう思っていたのですが、赤字でした。もちろんこれはあくまで試算ですので、実際には、例えばターミナルで働いている人と基幹部分で働いている人を二重に加算しているかもしれませんが、可能な限り収入は小さく保守的にみたくつもりです。この結果についてはもうじき正確な詳細な報告書が出るとしますので、それを

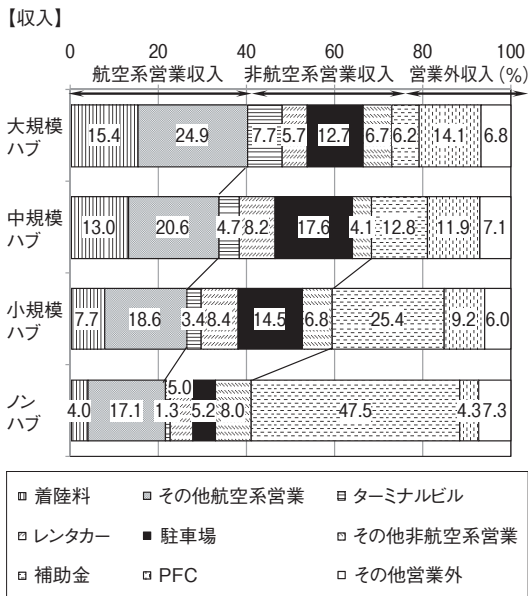


Fig. 2 アメリカの空港の規模別収支内訳 (2005-2007)

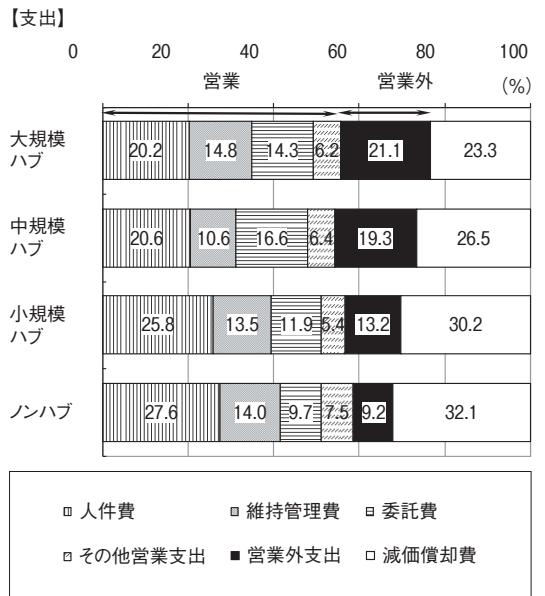
参考いただきたいと思います。

さて、ではアメリカの空港というのはどういう形の収支をとっているかということです。これは毎年変動がありますので3年間、2005年、2006年、2007年の平均をとって、そして規模別に分けてみました。Fig.2をごらんください。上から大、中、小、それからノンハブとあります。空港の数は全部で500ち

【対象】  
 国管理空港(国が管理する旧1種空港と旧2種A空港) 20空港  
 自治体管理空港(旧2種B空港と旧3種空港) 21空港  
 【集計法】  
 空港基本施設+ターミナルビル+空港内駐車場。範囲の経済性を考慮せずに単純合計  
 【国管理の空港の収支】  
 ・収入……着陸料等収入(着陸料収入+停留料収入+保安料収入)+土地建物賃付料収入  
 ・費用……人件費+物件費+環境対策費+財政投融资の借入金金利(羽田空港のみ)[+減価償却費]  
 ※航空燃料税は案分せず。  
 【自治体管理空港の収支】  
 ・収入……着陸料等収入+土地建物賃付料収入  
 ・費用……人件費+物件費+環境対策費[+減価償却費]  
 ※航空機燃料税は案分せず。  
 【黒字の国管理空港】  
 ・伊丹、新千歳  
 ・羽田、伊丹、新千歳、広島、松山、熊本、鹿児島(減価償却費含まず)  
 【黒字の自治体管理空港(地方管理空港)】  
 ・神戸  
 ・富山、神戸、岡山(減価償却費含まず)

注) 航空政策研究会特別プロジェクト。

Fig. 1 日本の空港の収支の試算



よっとあります。アメリカには18,000の空港があると言われていいますので、その中の基幹空港のみということになります。一番大きな特徴として挙げられるのは、Fig.2の左から二つ、着陸料と航空系収入です。これは規模の大きい空港が非常に大きく、小さい空港になると小さくなっています。その反対に、補助金というのがありますが、これは規模が小さくなるに従って大きくなっています。ノンハブの比較的小さな空港、それでも乗客数は1万人以上あるのですが、ここでは補助金がないと全体としては赤が出てくるということになっています。

支出のほうはあまり特徴がないのですが、一つ示唆があるとしたら、減価償却費です。日本と異なるのは、日本は小さな空港ほど減価償却負担が大きいのですが、アメリカは大規模空港で大体2割強、小さな空港でも大体3割ぐらいです。アメリカの空港投資は日本よりシンプルなのだろうということが、ここからうかがえます。

所有形態と資金調達の関係

次に、私がファクトファイディングとして非常におもしろいなと思ったのが所有形態です。ここ数年、インフラは民営化とか公有という形で所有の問題が議論されています。例えば、関西の3空港を一体運営してポートオーソリティーみたいにしては、などといった議論があるわけです。アメリカの主要な空港は全部公有です。ただしその中身がかなり違って、今回、500強の空港を区分してみたのがTable 1です。

「地方政府」には郡と市町村、地方自治体が入っています。520の空港のうち過半数は地方政府が持っている。一般的にエアポート・オーソリティーと言われているのが「空港事業体」と書いたものなのですが、これは120ぐらいしかないわけです。それからもう一つよく言及されているニュージャージー・ニューヨーク・ポートオーソリティーなどは、ここに「港湾」と書いたところに含まれます。ここには多角的な事業をやっている、ワシントン州などの空港が含まれます。数としては27しかない

わけです。

ここから何が申し上げられるかといいますと、先ほど言ったようにアメリカは大きい空港から小さい空港までたくさんあるのですが、ほとんど地元でお金を出しているということなんですね。そうすると、なぜこんなことができるかということで資金調達の問題になってきます。

Table 2 は所有形態別に資金調達の方法をまとめたものです。独自の集計をしてみたのですが、自分のところの空港でどれだけ稼げるかというのを考えてみたのが「経常収支」という項目です。括弧の中が1空港当たりの平均で、「港湾事業体」が非常に大きいのは、ニューヨーク・ニュージャージー・ポートオーソリティーが入っているからですが、これ

Table 1 アメリカの基幹空港の空港規模と所有形態

所有者	大ハブ	中ハブ	小ハブ	ノンハブ	合計(%)
地方政府	17	16	36	200	269 (51.7)
市町村(地方自治体)	10	12	26	116	134 (31.5)
郡	5	4	9	74	92 (17.7)
その他	2	0	1	10	13 (2.5)
連邦政府	0	0	2	5	7 (1.3)
州政府	2	4	5	69	80 (15.4)
空港事業体	6	13	20	82	121 (23.3)
港湾事業体	5	3	3	16	27 (5.2)
その他	0	2	2	12	16 (3.1)
合計	30	38	68	384	520 (100.0)

注) FAAの資金支出データに記載されている空港のみを抽出しており、GA空港などはここに含まれない。アメリカでは、日本のような所有形態に基づく定型の区分方法はない。そのため、AAAE(アメリカ空港管理者協会)やACI(国際空港協会)も独自集計に基づいて空港の分類を公表しているが、それぞれ区分方法に相違がある。

Table 2 アメリカの所有形態別の資金調達方法

	補助金(A)	減価償却費(B)	経常収支(C)	内部資金(B)+(C)	債券発行(D)	外部資金(E)	プロジェクト支出額(F)
地方政府(269)	38.28 (142.32)	65.44 (243.25)	56.53 (210.15)	121.97 (453.41)	99.38 (369.43)	131.93 (490.45)	159.76 (593.91)
空港事業体(121)	22.03 (182.03)	31.91 (263.73)	27.12 (224.12)	59.03 (487.84)	42.07 (347.69)	63.11 (521.59)	70.53 (582.90)
連邦政府(7)	0.37 (53.06)	0.24 (33.86)	0.44 (62.51)	0.67 (96.37)	0.00 (0.00)	0.16 (22.38)	0.63 (90.43)
州政府(80)	5.55 (69.42)	6.53 (81.58)	4.38 (54.72)	10.90 (136.29)	5.52 (69.04)	7.15 (89.41)	11.24 (140.54)
港湾事業体(27)	7.56 (280.02)	19.12 (708.15)	22.97 (850.69)	42.09 (1558.84)	14.96 (554.08)	20.24 (749.60)	42.26 (1565.24)
その他(16)	1.94 (121.31)	1.49 (93.22)	1.63 (101.65)	3.12 (194.87)	0.15 (9.40)	1.41 (88.26)	2.50 (155.96)
合計	75.74 (145.65)	124.72 (239.85)	113.06 (217.42)	237.78 (457.27)	162.08 (311.69)	224.01 (430.78)	286.93 (551.78)

注1) 上段は億ドル、下段は平均(10万ドル)。  
2) 州空港はアラスカに多いが、収支報告でゼロになっているものが多いため、州は参考値。  
資料) FAA, CATSより抽出して再集計。

を除くと、規模としてはこの「地方政府」と「空港事業体」との間で差がありません。すなわち、もう少し研究が要るのですが、所有形態が違うからといって収支の結果に大きな差が出ていないというのが正直な感想です。

日本と全く違うのが「bond」です。これは特に最近、関心を持っているテーマです。交通債というのはマーケットでほとんど消化してもらおうのですけれども、格付け機関が格付けをして、その格付けによって払う利子が変わってくるわけです。アメリカの場合はムーディーズとS&P、フィッチの3社がつけているのです。空港の場合、債券(空港債)を発行している大部分は、経営のいいところなんです。これは収入を担保にして発行するということになります。日本では関空会社や成田空港が発行しておりますが、関空の場合は国債の格付けがそのままシフトしている。成田の場合はS&Pが評価をしていて、民営化をしても格付けはこのまま良好に推移するだろうと言っているぐらい財務評価がいいのです。このように、日本は本当に特殊なところしか発行していません。しかしアメリカはかなりの数の空港で発行しています。

その仕組みを Fig.3 でご説明しておきます。空港や有料施設は地方債を発行。これは主に歳入債です。歳入債のパターンは、空港全体の収入を担保とする場合と、それから部分的にターミナルだけを担保とするとか、いろんな形があります。ターミナルも、例えばあまり業績のよくない会社を使うターミナルは将来の収入に不安があるので、格付けが低くなります。主に州法の制約がありますので、発行額は限られてきます。それから集めたお金は、空港だけというように当初の目的のみに用途が限られてきます。これまでは主に利子所得の課税を免除するというところで市場は拡大してきました。

#### 債券にかかわる格付けはどうかされるか

そして、今の金融危機と最も関係あるのがこのモノ

- (1) 空港や有料施設(道路、橋)は地方債を発行=歳入債(空港全体、トランシェ)  
 (2-1) 州法と用途の制約  
 (2-2) 利子所得の免税によっては市場は拡大  
 (2-3) 金融危機以前にはモノライン(金融保証会社)による保証  
 ・発行主体がモノラインに保証料を支払う→シングルAがトリプルAに=調達コストの低下  
 ・モノラインの破綻=変動金利+利付→次年度の金利負担増大

Fig. 3 アメリカの債券による空港資金調達の様相

ラインというものです。例えば私が経営状態の厳しい中小の空港だとします。そうしますと私は将来返済できなくなる可能性がありますから、ムーディーズに持って行きますとシングルA(A)ぐらいしかもらえない。これだとギリギリの投資適格です。そうすると、私は高い金利を払いたくないものですからモノラインへ持っていくわけなんです。そうするとモノラインは自分の信用を貸してくれて、これがトリプルA(AAA)がつく理由です。ただ、モノラインは「シングルA以上しか引き受けない」と言っていますが、シングルAがトリプルAになるというマジックのようなことが起こるのです。たとえ小さな空港でもトリプルAになっている。不思議に思っ調べてみると、全部これは保証つきなんです。

ところが一昨年あたりからモノラインの手元現金が少ないということが発覚いたしまして、モノラインの格付けが軒並み、一気に何ランクも落ちました。そうしますと、格付けをしてもらっている空港も同じように格付けが落ちていく。しかも、変動金利のものがあるんですね。2年目からの金利が変わってしまうわけです。そうすると来年度予算では急に利払いが増えてしまう。このように、市場を通じたインフラの資金調達が行き詰まるということが昨年あたりから見られるようになった。私がアメリカに行った今年4月頃も債券に対する見方は大変厳しかったです。もちろん、これは歳入債ですから地方政府の本体とは切り離しております。だから空港が破産の憂き目に遭うのではないかと、そういう危険すらあったわけです。

しかしこういうことも、データだけで見ると、実感が無い。Fig.4は格付け分布です。Ba以上が投資適格なのですが、このグラフで見るとほとんどが投資適格で、しかも過去30年間で破産ゼロという非常に

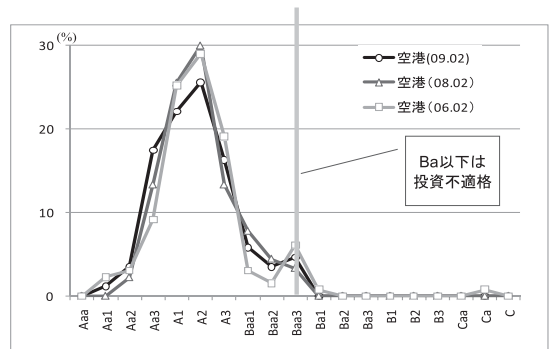


Fig. 4 アメリカの空港債の格付け分布

信用のある債券なんです。だから、みんな買ったがるわけですね。ただし、これは発行したものです。発行する前にムーディーズと交渉しますから、ムーディーズの格付けが低くて返済に困ると思ったら発行しないのです。図中の2009年2月というのが金融危機の後の結果です。図はパーセントですからあまり変わらないように見えるのですが、発行件数が大幅に落ちています。つまり、ムーディーズと交渉した結果、発行できないというようなところがけっこう増えているのです。

では、格付けはどうやって決まるのかというのを少しだけ申し上げておきます。格付けを説明するのに統計的に一番有意なのは、乗客数と乗客数の変化率でした(Fig.5)。そうすると、大きな空港は格付けが高いというのがベースにあって、それと非航空系収入の大きさというのでも格付けに効いてきます。デッドサービスカバレッジ、これが利益と債務のバランスです。

それともう一つは、これはちょっと意外だったことです。ハブ・アンド・スポークと言いまして特定の航空会社が路線を一つの空港に集めて小さなスポーク路線を張っていくのですが、それと全く逆で直行比率が大きいほど格付けは高くなる。地元利用率が高いということはハブを航空会社が変えても使ってもらえないじゃないかという意味です。すなわち、格付けのポイントはリスクが大きいかどうかというのがポイントで、だから非航空系収入が多いということは、たとえ航空会社が破産してもほかにお金が稼げると判断されます。経営上のリスクを評価するのが格付けだったというのがはっきりいたします。ただ、私はムーディーズへ2回行って複数のアナリストにインタビューしたのですが、どうもケース・バイ・ケースのところはかなり多い。しかも空港だけはまだ格付けマニュアルが公開されておられません。

これは日本ではあまり言われていないのですが、オバマの経済政策にBuild America Bond (BAB) というのがあります。初めは何のことかわからなかったのですが、これは地方債の利払いの35%を連邦政府がかぶるといふものです。それを購入者に返すのではなくて発行体に返す。つまり、補助金なんです。これを今年2月に決めました。そして、Fig.6を見ていただいたらわかるのですが、データは第1四半期ですが、ことしオバマが発表するまでは、億ドル単位で見ると去年の3分の1ぐらいしか発行できていなかった。ところが第2四半期になりますと、

去年並みに戻っている。すなわち、買い手がつくようになった。ここにBABの影響をうかがうことができます。実はこれインフラ資金を連邦政府が補助しているのと同じことなんです。それもマーケットで評価していますから、格付けを与えています。格付けを見ますと大体よく、見通しも安定的で、なかには若干ネガティブな見通しもありますけれど、将来の不安は少ないと見られています。

収支を明確にすることで初めてパブリックになる

私が何を言いたいのか。これは非常に抽象的な概念ですが、アメリカのインフラはやっぱり「パブリック」の役割が非常に大きいということです。主要空港も道路もパブリックです。そしてメンテナンスbondと名前がついている債券もありますが、実際は交通も含む投資用のbondなんです。アメリカは自由で、民間の活力がありますが、このように公の役割はきちりあるわけです。

最近、アメリカでもインフラの民営化が進んでいると言われます。例えばミッドウエー空港の民営化はつぶれました。シティバンクがだめになりまして、民営化は一たん白紙です。それからインディアナ空港もイギリスのBAAが運営していたのですが、これもパブリックになりました。現在、アメリカで空港で民営というところはなくなりました。

道路は確かに州際道路の有料制が進んでいます。また完全民有民営という道路もありますが、この数年間でデフォルトを経験しました。何よりもアメリカ

- (1) 乗降客数変化率、旅客規模
- (2) 非航空系収入、デッドサービスカバレッジ比(利益と債務のバランス)
- (3) Utilization (地元利用率、直行便利利用旅客数/周辺人口)→ハブ化はリスクの上昇=格付けにはマイナス
- (4) 質的な分析が加味されている (case by case)

出典) 三枝まどか、加藤一誠、黒沢義孝「アメリカにおける空港債の決定要因」『公益事業研究』60(2)、2008年10月。

Fig. 5 アメリカの格付けの決定要因の分析

- ・連邦政府が利払いの35%を発行体に払戻す (taxable)、ほとんどが固定金利
- ・発行実績—2009年第2四半期 (出所: Bond Buyer)
- ・地方債 (課税) 230億ドルのうち156億ドル、うち53億ドルが交通関連 (発行ラッシュ)

交通関連の債券発行高の推移(億ドル)				
	2006	2007	2008	2009
I	51.6(7.4)	87.4(8.1)	164.0(19.2)	53.8(6.3)
II	120.1(11.0)	113.0(9.1)	145.0(9.9)	143.8(12.9)
I+II	171.7(9.6)	200.4(8.7)	308.9(13.3)	197.6(10.0)

Fig. 6 Build America Bond (2009.2~)

カの道路の民営は、民間への長期リースなのです。

最後に、まず債券から言えることは、会計上、少なくともファイナンス的に業績のいい空港は格付けがつくかもしれませんから市場から資金調達ができるかもしれない、ということです。現在、空港政策がちょうど転機になっておりまして、新たな内部補助のシステムを構築するのか、それとも完全に地方へ移管するのか、今、岐路に立っているわけです。ただ、そこで市場からの調達や民間への長期リースということを考えなければいけない。

いま一つは、空港を個別に見ていきますと会計上の黒字が債券の発行条件ではないということです。地域そのものが評価されていると言ってもよい。空

港や道路は地元の需要がなければ業績は改善しません。だから赤字だから何もできないということはないということです。まず日本の空港は収支を明確にすることですね。それが今後の課題ではないかと思えます。道路につきましても同じようなことが言えると思います。今は日本の国債の信用がそのまま道路会社の格付けになっていますが、果たしてそれでよいのか。今後、道路のほうは、一般道路については揮発油税にかわる利用者負担システム、有料道路については、市場をにらんだ資金調達方法を研究する必要があろうかというふうに思っております。

ご清聴、ありがとうございました。

## 太田和博

# 道路政策の再構築の方向性



### 交通経済学のスタンスとは

専修大学の太田和博です。どうぞよろしくお願いたします。

私の専門は交通経済学です。商学部出身なのですが、商学部というのはもともと実学思考で、純粋な経済学とは異なる側面があります。では、交通経済学者はどのようなスタンスに立つのかをまず最初にお話したいと思えます。

例えば、経済学者の理論家の人がいろんなことをしゃべると、我々はその人に対して「しかし、現実には違いますよ。実際には当てはまりませんよ」と言います。一方、実務家の方々から「現実はこちらです」と言われると、「いや、経済学ではこう考えるのです」と言います。ほとんどコウモリのような、そういうスタンスかもしれません(笑)。

冗談はさておき、本質的に、理論を中心に研究されている経済学者と、我々のように応用経済学として交通経済学をやっている者との違いがあるかということなんですが、理論で経済学をやっている方はまず理論のほうが好きなのですね。理論とい

うのは美しい、エレガントです。いくつ

かの現実を切り取った後の本質的な部分を示すモデルが非常に美しくなったりすると、それを現実に無理に当てはめようとする傾向があるようです。道路交通に関して理論経済学者が書かれた本の中には、ちょっと当てはめ方がおかしいのではないかなということも多々あります。つまり、理論経済学の人たちは、おそらく、理論をどうやって現実に当てはめようかということをまず考えるのではないか。それに対して我々は、やはり現実問題を解決したい。いろいろある交通問題を解決するために、もしかしたら経済学の思考方法が使えるのではないかという意味で取り組んでいる、これが基本的なスタンスだと思います。これは本田宗一郎さんが言われた「理念なき行動は凶器であり、行動なき理念は無価値である」という話と同じで、経済学を使ってある程度理念というか、モデル的なものを組み立てたい。そしてそれを政策として実践したい。そういうスタンスだということふうに思っています。

では、そこで、この学会のスタンスでもある「学

際的」ということですが、「交通経済学は学際的になれるかどうか」。これは、私はなれるだろうというふうに思っています。それはなぜならば、問題を解決したいと思っている、その点で学際的になれるのだろうと思います。そのためにはやはり、他の分野からの刺激が必要です。おそらく通常の経済学を学んでいる人たちや、あるいは公共経済学などをやって通常の政策論をやっている人と違って、私たちはもっと政策そのものに近いところにいるのではないかと思います。

我々の理屈からいうと、経済学に基づいた正しい交通政策があるはずだということになります。例えばロードプライシング。私が初めて IATSS で研究させてもらったのが今から20年ほど前です。藤井彌太郎先生のロードプライシングのプロジェクトに加えていただきました。最近ではロンドンでもやっておりますし、いろんなところで少しずつロードプライシングが導入されていますが、20年ちょっと前は、理論的に正しいけれど、どこもやってくれないぞと思っていたわけです。ロードプライシングに近いことをやっていたのは当時シンガポールだけで、独裁国家ならできるけれど民主国家はできないよねという、そのようなことを言っていました。その時点では、我々が経済学的に正しいと信じるような政策が、なぜできないのだろうかということを、我々は自問するということになります。このような視点から、今日は道路政策の再構築というのを考えてみようと思っています。

### 交通政策と公共選択論

交通政策も公共政策の一つです。公共政策は少し硬い言い方をすると、集成的意思決定（コレクティブ・チョイス）と言います。個々人の決定ではなくて集団としての意思決定なのですということ。この集団的意思決定を分析する学問分野として、経済学の分野としては大きく分けて社会選択論（ソーシャル・チョイス・セオリー）と公共選択論（パブリック・チョイス・セオリー）というのがあります。ソーシャルとパブリックという、この分野になじみのない方から見るとほとんど言葉上の意味は同じだというふうにとらえられるかもしれませんが、経済学ではかなり違うスタンスになっています。

簡単にご説明しますと、社会選択論というのはもともと集成的意思決定のルールとはどういうものなのか。例えば、多数決ルールですね、そういうルー

ルはどんな性質を持っているのだろうか。そしてどういう条件のときにそのルールが成立するかということ、かなり厳密に理論的に分析する分野です。最初の大きな議論は、1950年代の後半に出てきた一般可能性定理です。アロウという人がこの研究でノーベル経済学賞を受賞しています。これは社会科学の分野では本質的にかなり困った話です。例えばあるルールで、AというプロジェクトのほうがBというプロジェクトよりもよいですよと決めた。そしてBというプロジェクトとCというプロジェクトを比べたらCよりBのほうがよいですよということが決まった。そうするとランクはA→B→Cになるはずだけれども、AとCを比べてみたら、そのルールではCが勝っちゃった。とすると、そのルールはおかしいでしょう。つまり推移性を満たさないという話になります。この推移性を満たすことや独裁性を排除するといったような民主社会においてもっともらしい条件をいくつか設定したところ、すべての条件を満たすルールはこの世に存在しないということを証明してしまった。つまり、世の中には合理的なルールはない、もっともらしいルールはないというのが、今から50年ほど前に提示されました。

そこで、みんな困ったわけですね。ルールがない、ルールの存在証明がなされないときに私たちはどうやって物事を決めていくのかと。そこで大きく二つの方向に分かれて、社会選択論のほうは、ではルールが存在するための条件を探しましょうと、これは数学的に解析するということになります。社会選択論では私には直観的に理解できない数学が使われていて、トポロジーなどを使うものですから全然直観的にわからないわけです。この分野は非常に進歩しております。

もう一つが公共選択論というものです。これは、もっともらしい意思決定ルールがないとしても現実には集成的な意思決定をしているじゃないか、実際にはいろんなことを決めていかなければならないじゃないかと。だったら、その現実の意思決定自体を分析してみようというスタンスです。それに経済学の手法を使おうというものです。経済学は、基本的にはすべての人・者・主体が合理的に行動すると考えます。この場合の「合理的」という意味は、自分の利害に基づいて行動するという意味です。これは価値判断を含んでいない概念で、悪いとか、よいということではありません。今、ここに150円ある。コーラとウーロン茶とワンカップ大関がある。

どれを飲むかは自分の自由であるというだけの話でありまして、ついついワンカップ大関を飲んでしまうと、そういう話ですね(笑)。それを「健康のためにウーロン茶を飲みなさい」と言われて飲む、それを時々飲む。その場合には、それは経済学的に言うとその人個人の合理的な選択ではないと、そういうふうに考えるということです。

そこで問題になってくるのは、官僚や政治家や企業や投票者というのも合理的に行動するはずだと考えるわけです。今、官僚たたくが非常に激しい。公務員はけしからんという話になっているわけですが、経済学を研究している人間はそうは考えない。公務員の人たちが国民が望むように働くように制度がつけられていないわけで、「公僕なんだから、国民のために働け」と言ったってそれは無理な話ですし、政治家にも「地元のことなんか考えず天下国家のことを論じてくれ」と言ったら次の選挙では落選してしまう。企業についてもそうです。社会的責任とか言いながらも、きちんと収益を上げなければ会社がつぶれてしまうわけですから、やはり利潤を追求する。投票者は投票者で、立派な人を選びたい、選ぶべきだ。だけど、やはり自分に利益を与えてくれる人に投票する。あるいはさらに言えば、自分が投票したところで選挙結果は変わらない。大体、同票にならない限り自分の1票というのは意味がないわけですから、それなら投票に行くよりも遊びに行く。これを合理的棄権といいます。そういうふうに行動するだろうということです。つまり、人々というのは合理的に行動した場合には、こうあるべきだということから離れますよということを前提として、制度というのを見てみましょうということになります。その結果として集合的意思決定が変な結論を導き出すとするならば、制度自体を変えることによって人々の行動を矯正するといいますか、誘導しましょうというのが公共選択論のスタンスです。

では、交通政策を含む公共政策というのがどういふものかということですが、これについては政治家の皆さんも官僚の皆さんも、非常に大きな誤解があると私は思っております。公共政策は「みんなのため、国民の利益のためにやるのです」と言うのですけれど、私はそれは間違いと思っています。公共政策というものはある者に利益を与えるために実施されるわけですが、必ず損失者を生じさせると思っています。つまり、すべての人が利益を得るような政策であれば、だれも反対しないのだからすでに実行されてい

るはず。議論になるということ自体、その政策によって損失をこうむる人がいるはずだと。では問題は、損失者をどういふふうになんて納得させて政策を実行していくかということになります。そのときに公共選択論というのはいろんな意味で現状を整理することができるということです。このあたりが技術開発と違うところで、技術開発というのはいろんな意味においてはずべての人を幸せにするような部分があるわけですが、政策研究というのはいろんな意味でありません。

東京都の副知事の猪瀬直樹さんは、「道路は政治である」と『道路の決着』という本に書いています。これは悪い意味で使っています。つまり、道路というのは政治家によってぐちゃぐちゃにされているという意味です。しかし、これは正確な意味において、道路は政治でしか決定されなければならないはずだと。なぜならば公共的に供給されるものであるからです。ですから、それなら、的確に政治というものをコントロールできるような制度をつくらなくてはならないということになります。

#### 道路公団の民営化をどう考えるか

2005年に道路公団は民営化されました。一般的には、道路公団はけしからんという流れになっていますが、それを少し違う側面から考えてみたいと思います。

もともと有料道路制度というのは、収入債を発行して、まあ財投から借りるという感じなので債券ではありませんが、道路公団が借金をして資金調達をする。そして道路を造る。造った道路の借金を返すために料金を取るという仕組みです。よく誤解されているのは、取った金で道路を造っているのだととらえられていることです。そうではなくてまず借金をするところから始まるということになります。

そしてもう一つの大きな議論が、料金プール制です。これは全国のすべての高速道路からの収入ですべての高速道路の借金を返すというものです。個別の有料道路ですと個別償還をして全部借金を返すと無料になるのですが、全国一律で料金プール制になっています。この二つが相まって、高速道路というのは批判を浴びてきたわけです。

新しい路線が増えれば増えるほど借金の額が増えますから、そうすると高速道路の料金は上がっていくということになります。となるとどういふ反応が起こるか。整備済みの路線、これは黒字とは限らないけれども、その利用者は、これ以上、自分のとこ



ろとは関係ないような地域で道路が造られると借金が増えて料金が上がるから、もうこれ以上造るなど考える。しかし、整備されていない地域の人たちは、借金してでもいいから造ってくれというふうを考える。これを政治的に考えるとどうということになるかという、整備済み路線の利用者が過半数を超えると、その整備目標は政治的に支持を失って脆弱化するということなのです。

ざっと全国高速道路ネットワーク計画の推移をご説明しますと、1956年に道路整備特別措置法ができて道路公団ができた。最初のうちは、例えば名神高速道路の借金は名神高速道路の収入で返しましようという考え方でした。66年には国土開発幹線自動車道建設法で7,600キロという整備計画がつけられました。この計画ができたときに整備済みの高速道路はわずか200キロ。ということは、まだ7,400キロをこれから造るという話で、反対する人も少なく、よい計画だという話になります。

72年には料金プール制に移行をして、そうすると東名や名神の利用者から見るとあまりよい話ではありません。そのときは整備済み路線が約900キロ、まだできていないのが6,700キロ。未整備のほうが多数派なので、この計画はよいということでオーソライズされるということになります。

そして87年にこの7,600キロ計画が1万4,000キロ計画に拡充されています。これは四全総の一部として閣議決定されました。これは全国津々浦々、当初は2時間で結ぶというのを1時間にしました。当時の状況は、7,600キロの計画のうち、約4,000キロが完成していて、未整備が3,600キロ。つまり、整備済みが多数派になっている。この時点で、もう高速道路はやめましようやというほうが多数派になるということになります。1万4,000キロに拡充することによって未整備が1万キロということになり、つまり、整備計画を拡大することによって整備拡大支持派を多数派にして政治的支持を得たと解釈できます。

小泉元首相が道路公団民営化と言い始めた頃には、8,000キロに近い整備が終わり、2005年には民営化されました。このとき1万4,000キロ計画を3万キロにすればよかったのかという、さすがにそこまではできないということになり、結局のところ民営化されたのです。

ここで一つの問題は、今、高速道路の整備計画はどうなっているのかということです。1万4,000キロは維持されているのかされていないのか。これはイエス&ノーという両方の答えがあり得るだろうと思います。「ノー」のほうとしては、どこまで造るかは民間会社が決めることになったので1万4,000キロ計画は放棄されたという意見もあるでしょう。「イエス」のほうは、新直轄という制度で無料の高速道路を造るという制度が導入されたので、1万4,000キロ計画は維持されていると考える。おそらく道路局はこういうスタンスだろうと思います。

ここでどのように解釈すべきかということ、つまりインプリケーションですけれども、民営化自体が目的になってしまって高速道路政策の目的があいまいになってしまった。つまり、道路政策によって整備目標が与えられた後に、国直轄でやるのか、道路公団でやるのか、民間会社でやるのかという手段を考えるというのが本来の筋なのに、そうではなくて、目的と手段が逆転してしまいました。にもかかわらず民営化というのは実行された。したがって、先ほどの本田宗一郎さんの言葉からいうと、民営化という行動が道路政策という理念がない中で行われたので、これは本田宗一郎さんの言葉でいうと「凶器」だったのかなと、そういうふう思うわけです。

いずれにしても、政策目標というのが明確に設定されていない状況の中で個別の政策を論じることは非常に危険な状況であるということです。高速道路を無料化すべきか否かとか、暫定税率を廃止すべきか否かというのは、実は道路政策や経済政策の目標がしっかり決まった後に、手段としてこれが適切かどうかを論じるべきところですが、実は目的と手段が逆になってしまって、そしてマニフェストに書いてあるものですから、無料化と暫定税率廃止というのが今や政策目標になっているわけです。この考え方をいかに整理しながら本来あるべき議論のほうに持っていくかというのが、私たちの仕事のかなと考えています。

今日は、自分の言いたいことを含めて、民営化の議論の背景として、このような解釈もできるという考え方を、公共選択論的なアプローチですが提示させていただきました。ご清聴、ありがとうございました。

大口 敬

## 運転挙動と交通工学



交通を正確に計測するのは難しい

ご紹介ありがとうございます。

「運転挙動と交通工学」、こういうタイトルをまず先につけさせていただいたのですが、これは私は、個別の車の動き以外に交通工学とは何を指すのかを考えてみたら、おそらく流れというものを扱うということなんだろうと思っています。個々の車が動いているというのではなくて、その中から集合体としてあるいはシステムとして、マクロに何か現象が出てくるというところが交通工学という部分なのかと思っています。目指すべきところは多分、安全上の問題とか、環境影響のような外部影響のような問題、こういったものを少しでもよくしていくという、ある意味、負の問題にパッチを当てていくというような部分が一つと、それからより滑らかによくしていく、楽しくしていく、そういうようなことを目指す分野だろうというふうに理解しています。

ただ、「運転挙動」という物言いをしますと、人間工学とか自動車工学の中でも交通心理学をやられるような方がお考えになるような部分には、場合によっては少し内的なことも含まれると思うのですが、私の興味は科学的に扱える客観的な計測可能量のような対象に向いています。もっとも、一人ひとり、工学的に人間の行動が表せるのかといたら、自分の行動をモデル化されるのは私も嫌ですし、そういうものではないだろうと思います。にもかかわらず多分、集合体としてマクロに現れるところに何か一般性みたいなものがあるのではないかと、漠然と思っています。

それから、私が常日ごろ感じていることは、交通というものは、科学的に「事実はこうです」というのが意外によくわからないというか、観測をすることで計測することがすごく難しく、だからこそ、それを少しでもきちんとはかるというようなことを考えるのも一つの分野ではないかと思っています。

サグで渋滞  
が起こるわけ

初めに「サグ」について少し紹介させていただきます。サグというものは Fig.1 のように勾配が登り坂に変わるところを指します。車を運転しているドライバーがそこを走り抜けていく。単純なそれだけのことなのに、なぜこんなにも問題になってくるのだろうかというところから調べました。赤羽弘和先生のプロジェクトで、町工場に行って機材をつくり上げて、それを気球に上げてビデオカメラを2台据えまして勾配が変化するときの要所を、Fig.2のように画像で撮ってきて、ソフトウェアをつくっては画像解析するというようなことをやりました。1990年頃のことです。Fig.3をごらんください。これは横軸は時間で、縦軸が距離軸です。1台1台の線が車が移動していく様子を表していますが、ここにフニョフニョと描かれているのが、この後、流れが悪くなっている、傾きが小さくなっているという現象です。これはまさに世界で初めて、こういう場所でも無いのに渋滞が起きたということを実測をした、本当に確認をしたという貴重な成果かなと思っています。

道路の実務屋さんにはしばしば、サグは下りから上りになるから上り坂がいかなのだとおっしゃるのですが、この場所は実は下りでした。しかしこういう渋滞が起きているということで、まさに上っているからいけないのではなくて、勾配の変化が何か悪さをしているということを確認できていると思っています。

では、こういう渋滞がどうして起きるのか。簡単なメカニズム、これは越正毅先生の受け売りで申し訳ないのですが、渋滞が増えると内側の車線に交通が偏ってきます。その中に固まりができてくる。前の車にくっついて走っている車両群が固まりになる。ちょっとトロい運転の車がどうしても先頭車になってしまう。さらに勾配が変化することによって、そ

のままのアクセルであっても速度が落ちる。ちょっとした速度低下で、2.3%の勾配変化なんて本当に大したことじゃないのですけれども、もうすでにカツカツに車間を詰めているものですから、ちょっとでも前の車との車間が詰まることによって、後ろの車はその車間距離を維持しようとする。もうギリギリに詰めて走っているところへ勾配が来ますから、ついブレーキを踏む。これが後ろへどんどん伝わっていく。

さらに、一たん低速になっても、みんな信号のようにガーッと発進していけば、一時的にそういうことが起きるだけで終わるのですが、なぜ40キロもの渋滞になるのかです。これもやはり勾配変化だということだと思います。渋滞の中を走っているというのは、要するに前が動かないと自分が動き出せないという状態にあって、いやいや走っているわけですね。例えばFig.2の場所は非常に緩やかです。2.3%勾配が変わるのに、たしか700mぐらいかかっています。こういう緩やかな場所でも、渋滞の中と同じように前が動いたら自分も追いかけます。しかし平坦な場所と同じつもりで追いかけても、勾配が変化しているので追いつけない。

追いつかないので、さらに追いかける。双方速度が上がっているのに、車間が詰まっていけない。こういう現象になりまして、車間距離、本当は車頭距離ですけども、これが相対的に長くなるということで単位時間当たり通過できる台数が減ってしまいます。そして一たん渋滞を起してしまうと、さらに疎通能力が低くなることによって、非常に大規模な渋滞に見える

ものが起きてしまうという現象です。

このサグでの現象や、トンネルの入口で起こる渋滞などはちょっと暗くなる場所へ入るといような心理的な影響だろうというふうに言われているわけですが、これらが運転が下手な初心者だけに起こ

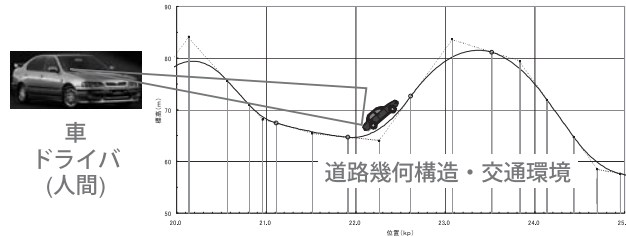


Fig. 1 高速道路のサグ渋滞

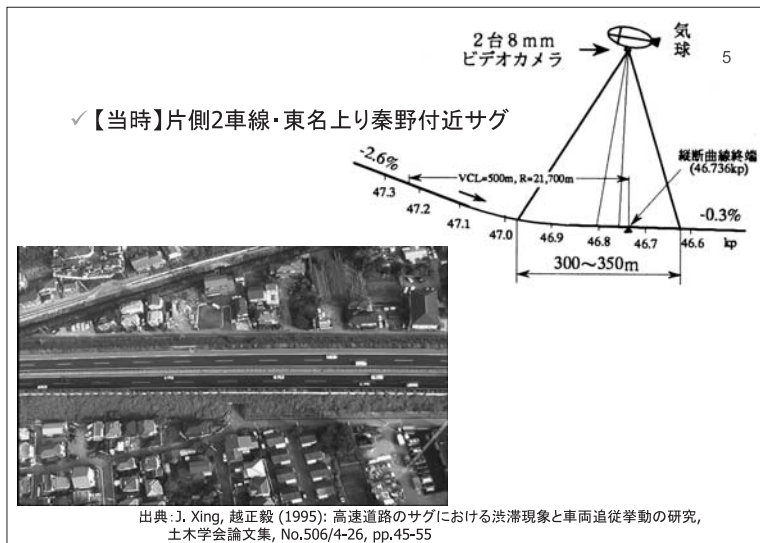


Fig. 2 高速道路のサグ渋滞：カイトバルーンによる観測—車両軌跡抽出

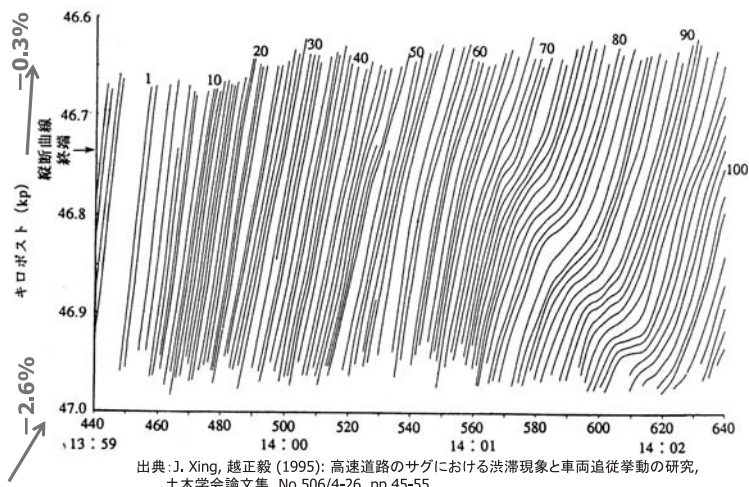


Fig. 3 単路部ボトルネックにおける渋滞発生決定的瞬間を初観測

るというのではないですから、なにか一般的な人間の特性だろうと思うのです。一方では、車群の先頭になる人というの、なにかある特性のある人かもしれないとも考えられます。個人的な差がやっぱりクリティカルなのかもしれないですし、一般的にどうしようもないかもしれないというあたりがおもしろいなと思いつつ、しかし20年たっても解決できずにいます(笑)。

解決できない理由の一つは、実際の現象というのは実はなかなか正確にとらえ切れないということだと思います。極論すれば、結局、計測というのは常に誤差を伴うわけですから真実はだれも知らないのではないかと。知りえないのではないかと。しかしそれでは終わってしまいますから、いかにして真実に近いところまでいくかを丁寧に検証していく。そのためにもシステム開発をやったり、一つひとつのデ

ータをもう少し一般化できるようなシミュレータを使ったりと、いろいろ工夫はしています(Fig.4、5)。

それから、車線利用率が内側に偏ってしまうのをどうやったらバラけさせられるかということの検討もしています。いろいろな手法が考えられているのですが、その中の一つがFig.6、7にある「付加車線」というものです。一般に日本では高速道路では図のような登坂車線方式で、左側にこの車線を付加するわけですが、ヨーロッパなんかに行きますと内側に付加するような考え方もあります。日本でも暫定2車なんかのところではこういうこともやっていますが、単純にどちらに増やして、どちら側を絞るか考えると、組み合わせが4通りある。これで内側の車群を分散させるという目的からすると、内側に交通があるのに左を増やしたところで大して行ってくれないだろうと。だから内側を増やしたほうがいい

のだろうと。それから、交通量が非常に多い状態ですと、車がバンバン来ているところを左に寄るのは怖いですから、右に寄るほうがいいだろうと割と素直に考える(笑)。実際には観測するだけの事例がなかなか実際にはないのですが、工事でたまたま車線を閉塞したりとか、そういうのを集めてきて解析してみると、左に付加するよりは、物理的には一たん左に振っておいて右に付加というふうにやったほうが、相当右に偏って60%というのを58%ぐらいまで抑えられる。うまくすれば50・50ぐらいに行けるだろうとか、こんなような検討に取り組んだりしました。

そもそも渋滞というのは、交通容量というのがあるって、それ以上車が走ると渋滞するというのがシンプルな概念説明なんですけど、実際問題はいろいろな交通量レベルで渋滞が起きてしまう。これは何だろうと考えますと、やっぱり個人差の存在があるんですね。つまり交通需要と容量という概念だけではとらえ切れないような、たまたま遅い車がいる、その後ろをすごく詰めて走ってサグに引かかったがためにガタガタと渋滞して行列ができてしまうとい

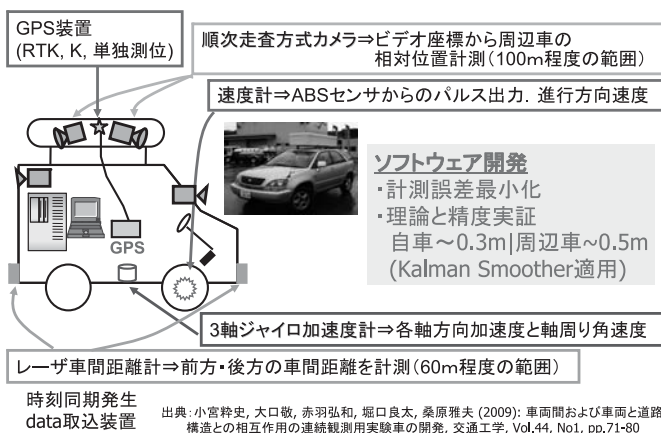


Fig. 4 高速道路のサグ渋滞：追従挙動解析手法開発

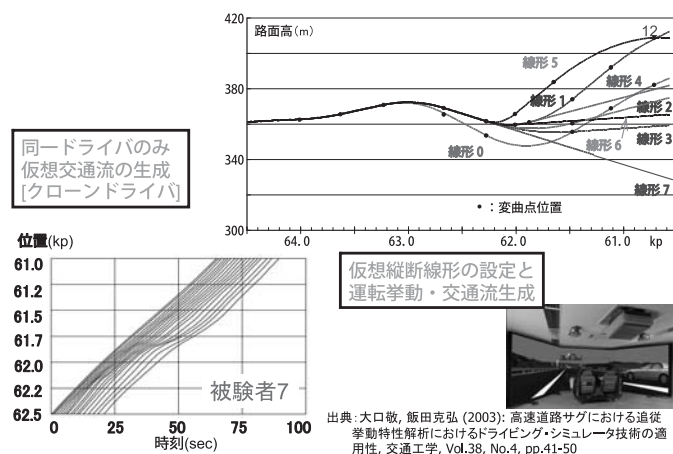


Fig. 5 高速道路のサグ渋滞：追従挙動解析手法開発ードライビング・シミュレータ活用、追従積み重ね実験

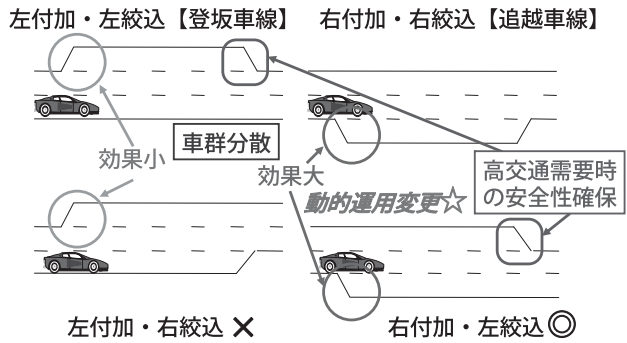
うのが、大した交通量じゃないレベルでも起きてしまうということですね。そんなようなことを調べたりもしていました。

燃費を左右する要因とは

ここで少し燃費の話をしたと思います。大学卒業後ある自動車会社に勤めたのですがいきなり「車の実用燃費が悪い、どうにかしてくれ」と言われ、これがその時期の私の使命でした。そこで、車の挙動に興味があるものですから、やはり会社でも車の挙動を調べて、加速度だけじゃなくて燃費もとれる車をどうにかして仕立てようと決心したわけです。いろいろと走り回って分析をすると、例えば Fig.8 のような走行挙動が計測できます。

Fig.9 に示すように、往復2車線、首都高、6車線でパターンに差が出たりしました。多車線の6車線道路みたいところでプワットと走ってはビタッと止まるというのをくり返すわけです。こういうパターンをベースにして考えると、実際には燃料消費量というのは速度では説明できない領域でこれだけの散らばりがあることを発見し、何なのかと考えました。結果的に距離を達成するのが交通だとすると、距離を達成するまでの効率に関連する要素はいろいろあって、信号制御や道路構造、交通運用がすぐに思いつきます。これらがどう効いてくるのかをうまく説明できるような挙動をベースにしたモデリングを考えました。そこで得られたのが、例えば10キロ移動するとかいうときにどれだけ燃料を使うかというのは、時間と距離と速度変動を表すような指標、これはある運動エネルギーのような概念でう

まく理論的な説明がついたのですが、三つの線形和で説明できるというような結論でした (Fig.10)。ただし、これは比較的速度域が低い領域で、空気抵抗



出典：大口敬, 桑原雅夫, 赤羽弘和, 渡邊亨 (2001): ボトルネック上流における車線利用率の矯正効果と付加車線設置形態, 交通工学, Vol.36, No.1, pp.59-69

Fig. 6 高速道路のサグ渋滞：付加車線設置渋滞対策一車線付加の4パターン

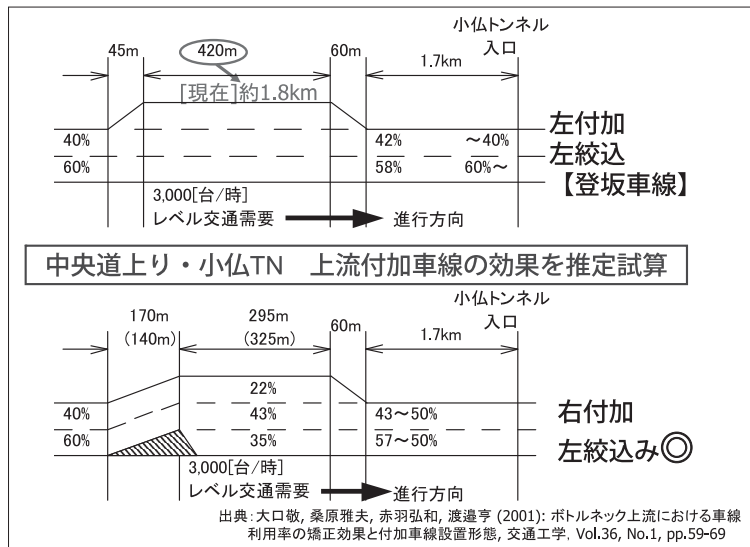


Fig. 7 高速道路のサグ渋滞：付加車線設置渋滞対策一付加車線効果の推定計算

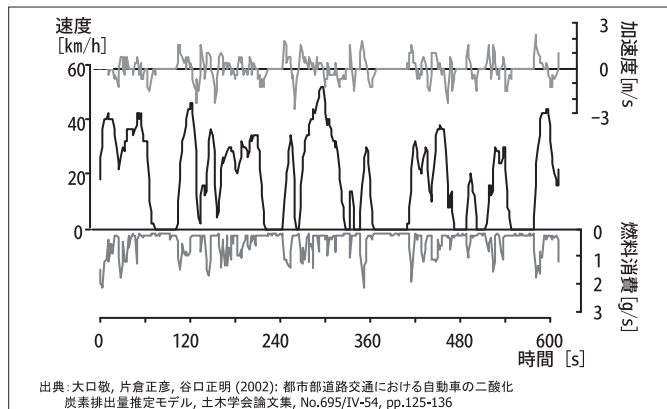


Fig. 8 実用燃費と運転挙動：実走行パターン測定例 [東京都市部一般街路]



があって、なかなかすなりと、これが最上の方法だというのが見つからないのが現状のようです。

また、信号機を置く場所についても、現状は最上の方法ではないような気がします。もう時間もありませんので、また機会を改めてお話しします。

こんなような興味を持っている中で私が最近考えておりますのは、交通ルールみたいなものにはもともと決めておかなきゃいけないことと、それから安全を考えたり円滑を考えた中で出てきた「こうしよ

う」というようなこともあるのではないかと。そこにはルールのヒエラルキーがあるのではないかと思うのです。基本ルールと派生ルールと、それから例外規定みたいなものとかあるのではないかと、それを整理できると、より本質的なルールは何かという議論ができるのではないかと、ちょっと考えております。この件も別の機会ぜひお話ししたいと思います。ご清聴、ありがとうございます。

## 横山利夫

# インフラ協調型安全運転支援システム —Hondaの取り組みの紹介—



※講演をもとに講演者が作成したレポートを掲載します。

### はじめに

Hondaは、「人間尊重」の企業理念のもと、クルマやバイクに乗っている人だけでなく、乗っていない人の安全も同時に考慮し、交通社会で暮らす全ての人の安全を実現するために、教育と技術の両面で取り組んでいる。技術開発に関しては、「衝突後安全」の領域としてQQ コール、「衝突安全」の領域ではコンパクトボディ対応ボディ、「衝突回避」の領域では衝突被害軽減ブレーキシステム、「予防安全」の領域ではインテリジェントナイトビジョン等の、自律型の安全運転支援システムを実用化してきた。

Hondaはインフラ協調型安全運転支援システムを、自律型のシステムでは検知しにくい、安全運転に関するさまざまな情報を、路車間・車車間通信によって認知し、外部協調で安全性を高めることと考えている。またこれらの技術は、情報提供レベルから「注意喚起」「警報」レベル、将来的には「操作支援」というように技術進化に合わせて実用化していく予定である。

### Hondaの取り組み

ここでは、日米欧の各地域における取り組みを紹介する。

#### ●日本での取り組み

日本の交通事故は、2005年をピークに事

故件数・負傷者数・死者数ともに減少傾向にある。理由としては、シートベルトの装着率の向上、エアバッグなどの安全装備の普及、クルマ自体の衝突保護性能の向上が事故時の被害軽減に効果を発揮していると考えられる。今年1月には「2019年に死者数2,500人以下」という新たな政府目標が発表され、引き続き事故防止に取り組むことになっている。

事故状況の分析から、死亡事故は車両対歩行者の割合が高く、死傷事故は追突・出会い頭等の割合が多い。また、人的要因では発見の遅れが全体の70%と最も高くなっている。これらのことから今後、ICT/ITS 技術を活用した予知予防安全技術や高齢者対応技術が、より重要になると考えられる。

Hondaは、「DSSS(Driving Safety Support Systems)」「スマートウェイ」「ASV(Advanced Safety Vehicle) - 4」等のプロジェクトにおいて、栃木地区の「地域実証実験」「首都高速での公道実験」、東京での「合同実証実験」に参加してきた。

栃木地区のDSSSプロジェクトでは、路車間通信による見通しの悪い道路環境下での事故防止を目的とし、「追突防止」「右・左折時衝突防止」等の安全運転支援システムを検証した。

右折時衝突防止システムは「光ビーコン」「車両検知カメラ」「制御装置」等を組み合わせ、路車間通信で、右折車両に対向して来る二輪車の情報を音声と表示で知らせている。

ASV-4では車車間通信で見通しの悪い道路環境下における事故の防止と、車車間通信と路車間通信のシームレスなシステム連携の機能検証を行った。

これらのシステムの一般被験者実験より、注意喚起は減速開始タイミングが早くなることや、より慎重な運転になることを、運転行動から確認することができた。

スマートウェイの取り組みでは、首都高速での公道実証実験において「前方障害物情報の提供」「前方状況の映像提供」「合流支援」「デジタル地図情報連携」等の機能確認を行った。社内でのアンケート結果より、これらの情報提供は安全運転向上に寄与し、情報が運転の妨げにはならないとの結果が得られている。東京の合同実証実験では、高速道路や一般道の交差点におけるシステムの実用化に向けた機能確認を目的とし、二輪車・四輪車で参加した。

Hondaのナビゲーションシステムは1998年に双方向通信型インターナビシステムを実用化し、従来の経路案内に加え「交通の円滑化」「走行方法のアドバイス」「道路行政への活用」「気象・災害時の情報提供」等、社会環境・安全領域への活用を推進している。

フローティングカー情報で得られた交通情報の活用では、埼玉県と協力し、埼玉県の朝霞地区内の情報より急ブレーキ多発箇所を抽出して原因を解析し、国道の視界を遮る街路樹の剪定や、路面に速度抑制の注意喚起のペイントなどの対策により、急ブレーキの発生回数を約7割減少させることができた。

#### ●アメリカでの取り組み

HondaはUS・DOT (Department Of Transportation) が主催する「CICAS-V (Cooperative Intersection Collision Avoidance System-Violation)」「VII (Vehicle Infrastructure Integration)」「VSC-A (Vehicle Safety Communications -Applications)」等のプロジェクトに取り組んでいる。CICAS-Vでは路車間通信を用い交差点での信号無視・一時停止無視による、出会い頭事故の防止を目的とし、信号、交差点周辺地図、GPSコレクションデータをインフラを介して受信し、走行データと比較して必要に応じてドライバーに注意喚起を行う。VSC-Aは車車間通信を用い、追い越し禁止警報、追突防止警報など、七つの安全運転支援技術を検証しつつ、通信スタンダ

ード、セキュリティ仕様の開発、高精度位置評定技術の検証等を行っている。これらの七つの安全運転支援技術は、アメリカでの車両対車両事故の7割に効果があると考えられている。Hondaは、昨年11月に開催されたITS-New Yorkでは、左直事故防止および出会い頭事故防止のアクティブセーフティ屋外デモンストレーションに参加した。

#### ●欧州での取り組み

Hondaは、自動車メーカー主体で構成される、Car 2 Car コンソーシアムに二輪車で参加している。

C2Cコンソーシアムでは、さまざまな安全運転支援システムや、フローティングカーシステム等の実証実験を通じ、通信技術の標準化や早期の普及を目指したビジネスモデルの立案を推進している。C2Cコンソーシアムは、ローカルな路車間・車車間通信に加えて、インターネットなどの外部のネットワークとも連携することにより、安全のみならずさまざまなサービスを提供することも検討されている。

昨年10月には、「C2Cデモ2008」がドイツのフランクフルト近郊、OPELのブルーピング・グラウンドで実施され、Hondaはデモコースで実施された4種類の安全運転支援システムのシナリオに、安全運転支援機能を搭載した二輪車で参加した。

#### まとめ

日本の一般道における路車間通信システムは、光ビーコンによるシステム実用化の見通しが得られ、次ステップに向けて電波メディアとの併用システムの実験運用の段階にきている。高速道路における路車間通信システムに関しては、電波メディアを利用したサービスの有効性、受容性の検証が終了し実用化の見通しが得られている。日本の車々間通信システムは、通信メディアの特性や、システムの有効性が明確となり、今後は実用化に向けた詳細仕様の検討や、路車間通信システムと車車間通信システムとの連携について検討が進むと考えられる。

米国や欧州の路車間通信システムや、車々間通信システムについては、今後環境対応や快適・利便性を向上させるための検討が進められ、2010年代中頃からの実用化が想定される。

Hondaは、日米欧各地域に適したシステムを、ハードウェア/ソフトウェアの共通化を図りながら実用化を目指す。将来的には、自律型安全運転システムとの融合による統合安全運転支援システムの実現につなげる。



## 一ノ瀬友博

## 都市における生物多様性の保全



## 都市化と生き物の関係

一ノ瀬です。ご紹介ありがとうございます。私はもともと、生き物を研究の対象にしているのですが、今日は交通とか道路、まちづくり、住空間などが関係してきますので、表題のようなテーマでお話させていただきたいと思います。特に都市域におけるエコロジカルネットワーク構築を中心にしたいと思います。

そのほかに、農村地域における生物多様性の保全や、都市や農村の景観の問題、これはドイツ語のランドシャフトの景観で、どちらかという土地利用に近いのですが、どんなふうに土地が変化してきたかも研究しております。最近生き物のことだけでなく人間にかかわることをけっこうやっています。中山間地域といいますと最近限界集落などという問題がクローズアップされていますが、そういう持続困難になっているところをどうしていけばいいか、また少し広い範囲では、昨年、国土形成計画が策定されて、今年になって広域地方計画というものがつくられているわけですが、そういった中で日本の農村地域などをどう考えるかというようなことも研究をしています。

皆さんご存じのように、都市という空間、場所は、とにかくできるだけ人間にいいようにつくられているわけです。本当に快適かどうかは別にして。ただ、私なんか農学部で勉強するまでは知らなかったのですが、意外にたくさん生き物が住んでいるところでもあります。今までは人間中心の都市で生き物の保全などということは、あまり考えてこなかったわけですが、日本は第2次世界大戦以降から、人間中心の都市という空間においても保全ということを考えるようになってきています。世界的にもそうですね。また最近身近な自然や生き物と触れ合うことによって人間のほうが変わる、あるいは人間がいろんな形で恩恵をこうむるとかそういう考え方になってきています。癒しや教育の効果もあるのではない

かと言われております。

航空写真をごらんになるとおわかりになると思いますが、東京は非常に大きな都市でありながら、実は皇居があったり明治神宮の森があったりして、大きな緑がよくあるところなんです。当たり前ですがもっと昔、江戸時代はもっとたくさん緑や農地なんかがあったと言われてます。東京がどんどん大きくなる中で当然そういったものが失われていったわけですが、そのことが大きな問題だと言われるようになってきたのは、先ほど、第2次世界大戦後と申し上げましたが、特に1960年代後半から70年代です。これは公害が大きな問題になった頃とも重なります。

Fig.1とFig.2をごらんください。一つの例として持ってきたのですが、東京がどんどん発展して大きくなっていくに従って生き物がどんどんいなくなっていくという、退行曲線とか退行前線と言われるものです。都市と生き物の関係、あるいはもっと広く環境の関係を抜おうというようなことで、「都市生態学」という分野が日本でも生まれてきたりした頃です。Fig.1はホテルを例にしています。ここに年代が書いてありまして昭和5年から10年ぐらいから、25年、30年、35年と、だんだんだんだん生き物が多摩のほうに、もっと奥のほうに追いやられていく様子がわかります。当時、いろんな生き物について調べられていまして、どこまで厳密かというのはあるのですが、Fig.2はトノサマバツタです。ホテルと年代は違いますが、基本的にはやはりだんだん退行していく様子がわかります。

当時、これを研究された品田稜先生の一つの結論を簡単に言いますと、緑地がなくなっていくのと非常にマッチしているのではないかとことです。Fig.3に東京の緑地率が50%以下になった地域の変化が表されています。都市がどんどん大きくなっていくと、緑がどんどんなくなっていく。この50%というのが一つの目安になっていたのではないかとされています。

こういった都市生態学の研究が盛になると、じゃあどうやってその都市をよくするか、自然を取り戻そうなんていう話が出てくるわけですが、一つには都市の環境の悪化というのが当然、人間の健康にも大きな影響を及ぼすことに気がつく。公害もその一つですね。今では小学校の授業でも出てくると思いますけれど、環境の質をはかるバロメーターになる生き物、「指標生物」と言ったりしますが、その研究も盛んになってきました。特に水質との関係においてははずいぶん昔から研究がありまして、例えばイトミミズがいると非常に汚いとか、そんなようなことが環境の指標として使われてきたりしました。都市生態学の研究が盛んになるのが1970年代、指標生物の考えはその少し前くらいでしょう。

じゃあどういふふうに回復していけばいいのかということ。ここから道路や交通が関係してくるわけですが、その前までいろんな形で公園をついたり、あるいは道路を緑化したり、工場を緑化したりということをしてきたわけなんですけれども、やっぱりもっと生き物に配慮するようなことを考えなきゃいけないのではないかとということで、「エコロジー緑化」なんていう言葉が生まれてくるのもこの時代です。生物にも配慮して、かつ、その植える木自体もその環境にふさわしいものを植えていこうなんていうことがだんだん出てくるようになりました。

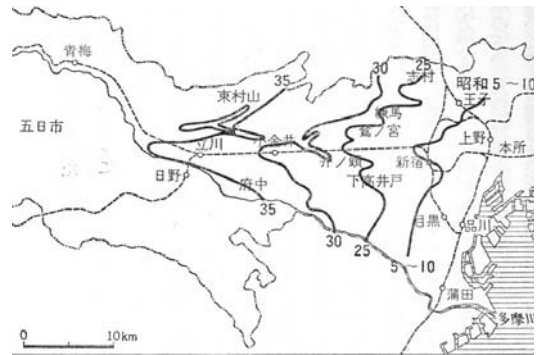
私が学生の頃、もともとドイツ語の「ビオトープ」という言葉が非常に有名になりまして、単に公園とかジャングルジムとかをつくるのではなくて、緑の中の一つの要素として生き物が住むような空間、生息地をつくらうというようなことが言われるようになります。

その後、そういった空間をつないでいくことによって生き物をもっと使えるようにしなきゃいけないというふうになってきます。これを「エコロジカルネットワーク」と言うのですが、ヨーロッパでも北米でも、理論的には80年代後半に出てきて、実際に行われるのは90年代くらいです。

現在ではそれらも含めて、さらに大きな範囲で考える、「ランドスケープエコロジー」という専門分野があります。エコロジー（生態学）の一つなんですけど、空間的な広がり（ランドスケープ）に加え、応用的な側面も考えるような生態学です。

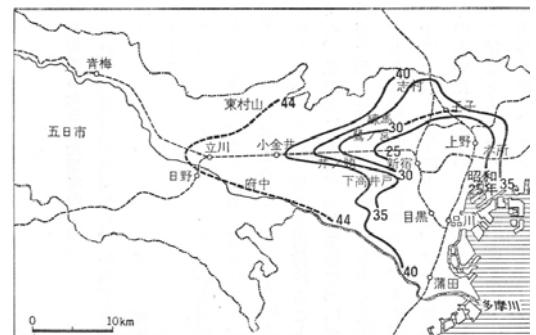
ランドスケープエコロジーではスケールというのが非常に大事になってきます。

例えば、私は前任地が淡路島だったのですが、淡路島を取り巻く大阪湾といった広い範囲から、島全体となると50キロくらいの幅、さらに寄っていくと農地が見える、家が見える、道路が見える、森があります。これらの組み合わせり方を「空間パターン」と呼びます。それに生き物がどのようにかかっているか、「生態のプロセス」と言いますが、生き物のライフサイクルとか、そういったものがどんなふ



出典) 品田(1974)。

Fig. 1 ホタルの遷行前線図



出典) 品田(1974)。

Fig. 2 トノサマバタの遷行前線図



出典) 品田(1974)。

Fig. 3 東京の緑地率50%以下の地域の変化図



出典) Google。

Fig. 4 コペンハーゲン市街地

うにかかわってくるのかというようなものを扱う学問です。

ランドスケープの構成要素を「ランドスケープエレメント」と言うのですが、それがどんなふうに配置されているのか。ここにはどちらかという地理学のほうからの分析の手法が入ってきています。それにどうやって生き物が反応するのか。これは生態学のほうの範疇ですね。さらにもっとおもしろいのは、この空間パターンも変化していく。すごく単純に言えば土地利用が変わったりもするわけです。あるいはもっと細かいレベルで言えば、例えば水田とか考えていただければ水があるときもあればないときもあり、稲があるときもあればないときもあったりする。そういった変化にどんなふうに生き物が反応するのかというようなことを扱うのが「ランドスケープエコロジー」です。

#### 都市のパッチ、コリドーのあり方

では特に都市部での生き物に対して、どのようなことがなされているのでしょうか。

Fig.4 はコペンハーゲンの真ん中なんですが、まとまりのある空間が生き物の棲処(すみか)になっています。そういうところを「パッチ」と言います。黒くかたまっているところですね。それから、通路みたいになっているところ、これが「コリドー」、回廊です。コリドーがパッチとパッチをつなぐ要素になります。そしてそれ以外の空間を「マトリックス」と言っています。「マトリックス」という言葉の使い方もちょっと独特な、この分野ならではの。こういう空間で生き物がどんな挙動を示すのかを調べるのが、シンプルなランドスケープエコロジーで、このアプローチ自体はアメリカのスタイルなんです

が、純粋に生き物とそういった空間の関係を分析していったりします。

このパッチの議論というのは実はランドスケープエコロジーがメジャーになる以前からあったのですが、例えば、自然保護地をつくらうというときに、それをどんなふうにしたらいいか。多分大きいほうがいいだろうとだれでも思うわけですが、同じ面積だったら分けてつくるのと、まとめてつくるのとどちらがいいか。あるいは同じ面積でバラバラだったらどうなるか、離れているとどうなるか。そんなことがずいぶん長い間議論されていました。Fig.5に、1975年にDiamondという人が提唱したモデルをご紹介します。Aはパッチが小さいより大きいほうがよい、Bは同じ面積なら分かれているより一つにまとまっていたほうがよい、Cは分かれているのなら、かたまっていたほうがよい、D、E、Fもそれぞれ優劣を示しています。ただ、実際に野外でデータを得て、本当にそうだなということもあるのですが、そう簡単にいかないことも多いのです。

Fig.6 は私の学生時代、まだ院生の最初の頃にやった調査結果です。狭山丘陵のあたりで鳥を調べています。対数をとっているので直線になっていますが、面積が大きいほど鳥の種数が多くなる。海外でいろんな研究で言っているように日本でもほぼ同じような関係性が見られて、パッチの面積が非常に重要だということがわかりました。

Fig.7 はイギリスのマンチェスター郊外です。「ヘッジロー」と言ったりするのですが、日本語に訳すと生け垣ですね。ちょっと雰囲気は違いますが、防風林だったり境界木だったり、あとは土が流れないように止めていたりとかいろいろな目的があるのですが、こんなふうに木の帯が農耕地にいっぱいあったりします。どうやらこういうところを生き物が頻繁に使っているということが、大体70年代後半ぐらいからわかってきました。例えばネズミとかが鳥に捕まったりしないようにこういうところを歩いているらしいです。

ただ、日本にはあんまりこんなところはなく、北海道にしろうじて似たような防風林があったりする程度ですか。日本で一番樹木なり緑が列になっている場所というと、実は道路植栽だろうと思います。Fig.8 は西宮市の夙川沿いの緑地です。夙川は厳密に言えば道路緑化というよりは川沿いに非常にきれいに緑化をされていて、幅広い緑があります。この川沿いにコゲラという鳥が見られていて、どうやら

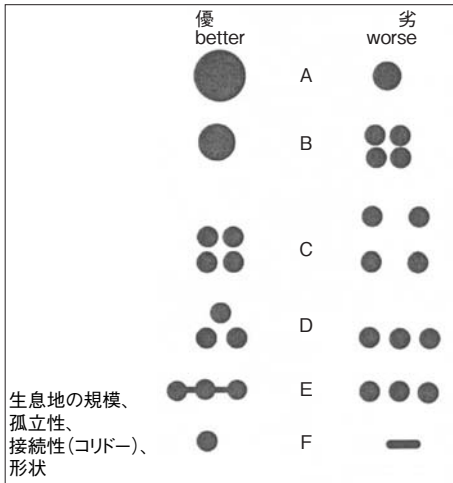
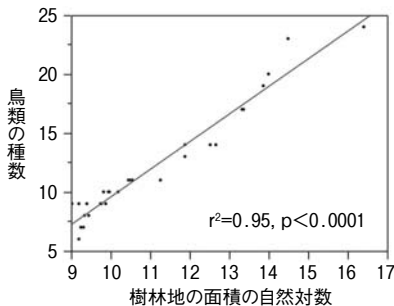


Fig. 5 保護地の空間配置：1975年Diamondが提唱



狭山丘陵一帯の1ha未満の孤立林から1,000haを超える樹林(29か所)において繁殖期の鳥類の種数を調査分析

注) 種数 =  $-13.9 + 2.34 \ln(\text{樹林地面積m}^2)$ 。

Fig. 6 パッチの大きさと鳥類の種数

夙川沿いに行き来して使っているらしいということがわかってきました。こういうのを列状植生と私は言っているのですが、Fig.7のイギリスのコリドーとはずいぶん違います。

では、もっと都市部ではどうかということで、Fig.9は大阪の真ん中の御堂筋です。ここの道路植栽は3列になっていますがイチョウの大木が植わっていて、生き物の保護というよりは緑地計画という意味で、非常に有名な場所です。都心部にこんな道路植栽を用意することというのは、多分これからは相当難しいでしょう。今あるのも、ここと仙台ぐらいだと思います。大阪市は非常に計画的に道路の街路樹をつくっているのですが、1本細い道に行くと植栽スペースも狭くなって、Fig.10のように冬にはこんな感じになっちゃっているわけですね。

じゃあ大阪の鳥はどうしているのか。Fig.9のような御堂筋の樹木がいいはずじゃないか。それで鳥



Fig. 7 マンチェスター郊外



出典) Google。

Fig. 8 夙川沿いの植栽

を追いかけてつくった図がFig.11です。結果は全然、予想どおりにはなりません。冬の間歩いて、たしか3羽ぐらいしか御堂筋には鳥がいませんでした。それもスズメです。もちろんドバトもいるのですが、ドバトはこのときはカウントしていません。そうすると、どうやら道路の植栽がよければいいわけじゃないらしいということがわかってきました。

それから、実は大阪の中心部というのはそんなに緑がないところなんですね。これは東京と違う点です。その中でも大坂城には非常に大きな緑があります。それ以外にも、中の島の公園と、右下はたしか社寺だったと思います。そうすると、当たり前といえば当たり前なんですが、どうやらそういうところに近いところには鳥が集まっていて、その街路樹を伝わってあちこちに少し動いているということがわかってきました。これを統計的に分析すると、大体その大きいところから300メートル以内ぐらいじゃないと使ってくれないようです。逆に言えば、御堂筋はどっち側にも大きな緑がなくて、どこにもつながってない。線だけがあるようなところに



Fig. 9 御堂筋の街路樹

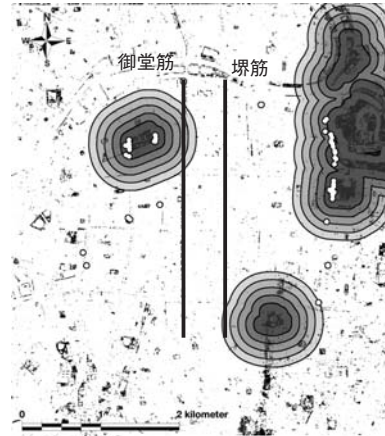


Fig. 10 強度に剪定された街路樹

なっていて、そういうところはコリドーとしてはどうやら使われていないらしいということがわかってきました。

生き物がつながって移動できるようになれば、個別の場所だけを守るよりも生き物がより生息しやすくなるのではないかとというのが、何回か申し上げますけどもエコロジカルネットワークというものです。基本的には生き物を使って、かつ移動できることが大事。このネットワークというのが大事らしいということがわかってきて、現在、いろいろところで取り組まれています。日本でも2000年以降、事例が出てきております。

さらに、先ほど、パッチとコリドー以外のところはマトリックスと呼ぶと言いましたが、今までは生き物のほうから見るとあまり意味がないのではないかとというふうに、悪く言えば無視されてきたような空間がマトリックスだったのですが、意外に無視できないのではないかとということを最近やっています。これは海外でもあまりやられていなくて一応先進的な研究になりつつあると思っているのですが、マトリックスの中には住宅地とか工業地とか商業地とか



大阪市中心部の街路樹では規模の大きな緑地(2ha以上)から300m以内の範囲でよく鳥類が利用していた。○は鳥類の出現場所。緑地からのバッファーを100m毎に表す。

Fig. 11 大阪都心部の鳥類の分布

があって、人間にとって大事なところですが、しかしそこは全部、生き物にとってあまりよくないということになってしまっています。ところが、例えば植生図という地図がありまして、その中には普通の住宅地とちょっと違って緑の多い住宅地なんていう区分があったりするのです。公園に比べたら小さい緑ですが、ある程度緑があったりするとそこに生き物が住んでいけるのではないかとというようなことを考えています。

#### 住宅地などのマトリックスを見直す

ヨーロッパの住宅地では、道路から家がほとんど見えないほど、前庭に緑を植えたりしています。高級住宅街にいくほどそうなっている。非常に高い木が植わっていて、日本と違って台風とか来ませんし、それにあまり日当たりって言わないそうなんです。なので、日本よりは住宅地の緑が非常に豊かなんです。

2004年にマンチェスターで、住宅地だけを対象にして調査したところでは、緑が24%以上ある場所には樹林性の鳥が出現しています。具体的にいうとカラの仲間とか、ヨーロッパゴジュウカラとか、そういうのも出てきます。本来の彼らの繁殖する場所ではない場所なのなんです。まあ、緑が24%以上というのは相当な比率なんです。日本ではなかなかそういう住宅地はありません。別荘地くらいでしょうか。

一方、緑が24%以下で建ぺい率が31%以上のところでは都市鳥、つまり街の中にしかないような種

類だけになっています。日本で言うとスズメとかカラスとかですね。

今まであまり着目されなかった、マトリックスですが、マトリックスの中にもどうやらいろいろな様相があるのではないかとということがわかってきています。

最近では学生さんと一緒に、緑の少ない工業地帯の中小工場に、小さな場所にでも低木を植えてもらう活動をしたりしました。また、工場を建て直すときにプランの段階から1本でも2本でも木を植えてもらうように交渉したりしています。地域の緑の保全の団体の皆さんともコラボしながら、いろいろなことをやっています。

本当に駆け足で申し訳ありませんでしたが、パッ

チとコリドーとマトリックスなどという話をさせていただきました。そういったものをうまく使って、生き物が移動できて棲めるような空間をつくらうというのがエコロジカルネットワークと言われるものです。

実は少しマイナスのほうの話もさせていただいたのですが、例えば、最近生き物で問題になっているのが外来種と言われるものですね。さらに人間がつくったもの、園芸品種とか。そういったものを広げないということももう一方で大切なのです。ご興味がおありでしたら、資料などを読んでみてください。

ご清聴、ありがとうございました。