

第6回IATSSトーク

(2005年5月17日、大手町ファーストスクエア)

マシュー・バース氏(カリフォルニア大学リバーサイド校教授、同大学環境研究技術センター所長)

米国カリフォルニア大学教授で同大学環境研究技術センター所長のバース氏が研究休暇で来日されました。同センターでは将来の優れた交通サービスとして注目されるカーシェアリングの研究・社会実験を本格的に行っており、今回その最新の研究成果ならびに米国のカーシェアリング事情についてご講演いただきました。

マシュー・バース

米国カーシェアリング事情と CE-CERTの研究活動



リバーサイド校環境研究技術センターでの研究

ご紹介ありがとうございました。皆様の前でお話できることを大変光栄に思います。

本日は我々の研究所とそこで行っているさまざまな研究をご紹介しますとともに、北米のカーシェアリング事情や、我々が大学のキャンパスで実施しているカーシェアリング「インテリシェア」についてお話しします。

カリフォルニア大学には有名なバークレー校、ロサンゼルス校をはじめ、全部で十のキャンパスがあります。バークレー校、デービス校、アーバイン校は交通に関する研究が非常に盛んなことで有名ですが、私が所属しているのはリバーサイド校です。リバーサイド校における交通研究は土木工学分野に限定されたものではなく、電気工学、機械工学、コンピュータサイエンスなどとも関連しています。リバーサイド校の工学部は1989年に創設され、今年17年目を迎える比較的新しい学部です。州内で最も新しい工学部の一つで、急速に成長し、当初少数だった教職員数も現在では70名から80名を数えるまでになりました。コンピュータサイエンス、電気工学、機械工学、化学環境工学といった一般的な学科の他に、まもなくバイオエンジニアリングプログラムも開始

されます。学科の他に大規模な研究センターがいくつかあり、私は環境研究技術センターに所属しています。

我々の研究センターの正式名称は工学部環境研究技術センターで、通称はCE-CERTです。CE-CERTは工学部創設の数年後、1992年に発足したきわめて新しい組織で、学術研究のほか、政府機関や産業界と連携した共同研究などを行っています。環境規制に関しては数多くの議論がありますが、CE-CERTの目的は適切な規制を導入するための科学的知見および技術を提供することにあります。常勤の教職員とスタッフが約40名、加えて学部と大学院の学生約40名が在席しています。

CE-CERTには全部で五つの研究室があります。一つは高度道路交通システムと車両技術の研究室で、私はここに所属しています。この研究室の主たる目的はITSですが、交通モデリングや電気自動車、ハイブリッド電気自動車、燃料電池など先進的な車両技術に関する研究も行っていきます。ほかの四つは、自動車排気ガスの測定と特定を専門に行う研究室、大気プロセス研究室、再生可能エネルギーの研究室、環境のモデル化に取り組む研究室です。

カーシェアリングとは

CE-CERTのご紹介はこれくらいにして、カーシェアリングとは何か、アメリカにおけるカーシェアリングの歴史的経緯、さらに我々の研究について詳しくお話ししたいと思います。

ここにお集まりの皆様は、カーシェアリングがどのようなものなのか、すでにご存じのことと思います。一般的には自動車の短期レンタルということですが、車を個人で所有するよりも他の人々と共有し、それにより多数の人がフリート車両を共同で利用できるようなするというのがその考え方です。共同利用を実施するシステムとしては、さまざまなものが考えられます。カーシェアリングもその一つですし、ステーションカーというシステムもあります。さまざまなシステムを包括して「車両共同利用システム」と呼んでいます。

さて、我々はなぜカーシェアリングを行うのでしょうか。それにはいろいろ理由があります。まずは輸送効率を高めるといことがあります。少ない車両総数で交通需要を満たせるのです。日本には飛行機、鉄道、地下鉄、バス、タクシー等さまざまな種類の交通手段があり、相互にうまく組み合わせられているので人々はよく利用しています。しかし交通手段の大部分を自動車に負っているアメリカでは、交通手段の総合的な改善が望まれており、その一つの方法としてカーシェアリングがあるわけです。カーシェアリングが適切に行われれば、利用者の負担も

軽減することができます。車の購入、駐車料金の支払、その他さまざまなコストを負担する代わりに、カーシェアリングがうまくいけば、これらのコストを大幅に減らすことができます。とすれば、車の所有者にとっても魅力的なシステムではないでしょうか。

また、カーシェアリングには環境上さまざまなメリットがあります。まず、一般的に最新型の車両、例えば電気自動車やハイブリッド車などを使用します。一般のガソリン車ではなく、低公害の車で移動することになれば、おのずと大気汚染を減少させることとなります。さらに、車両共同利用システムの場合、自家用車を利用する場合に比べて、実際の自動車総走行量(VKT)が10%程度減少することがわかっています。VKTの減少は、CO₂などの排出物や消費燃料の減少につながります。もう一つメリットをあげれば、同じ車の利用頻度が上がりますから、長時間駐車した車を翌朝始動すると排出物が大量に発生するという現象、つまり自家用車のコールドスタートが減ります。このように、環境に対して少なくとも三つのメリットがあるのです。

もう一つのメリットは、土地利用の効率化です。カーシェアリングを実施すれば、必要な駐車スペースは少なくてすみますから、空いた土地を有効利用することができます。最後に、自宅から駅まで、駅から職場までといった公共交通機関へのアクセスを主眼とした短い距離の車両共同利用システムをあげることができます。日本では自転車や徒歩で交通機

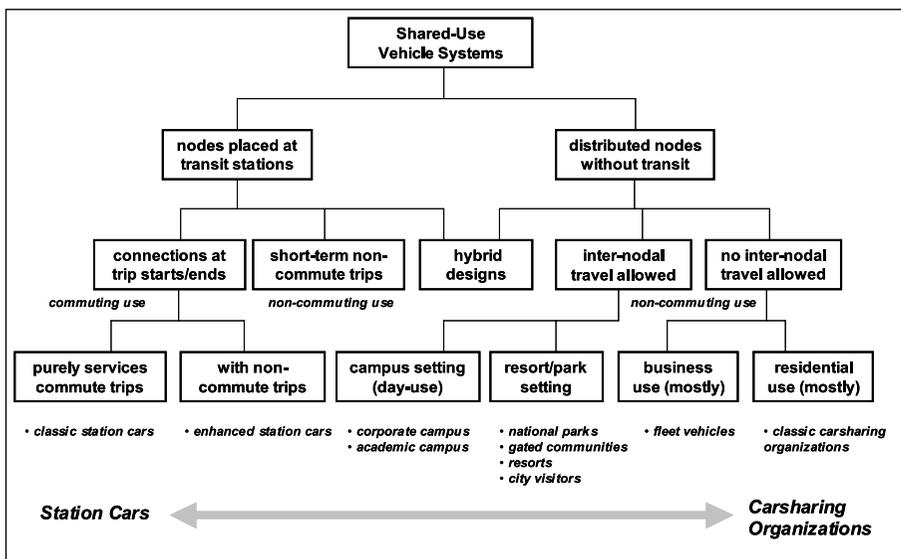


Fig.1 Shared-Use Vehicle System Typology

関にアクセスするのが一般的です。

ここで、カーシェアリングの主要なタイプをもう一度見ておきたいと思います。はじめに古典的なカーシェアリングの形態ですが、ある都市に駐車場を用意して車を置き、人々が利用できるようにします。利用者は数時間その車を利用して別の場所に返すことができます。市内にはそのような利用に供する駐車場がいくつか用意されているでしょう。ステーションカーの形態もあります。自宅から駅まで車を利用し、そこから、より長い距離を別の駅まで電車に揺られて行きます。駅で下りたら、職場まで、やはりカーシェアリングを利用するといったケースです。この場合、車両共同利用の役割は交通機関へのアクセス手段の提供ということになります。最後はマルチポートモデルで、人々はある場所から他の場所へ移動し、そこで車を乗り捨てることができます。ステーションカーとの違いは、マルチポートモデルの場合は一般に片道移動であるのに対して、ステーションカーの場合は往復移動であるという点です。したがって、マルチポートモデルは、大学のキャンパスや企業の広い敷地、国立公園といった場所に適しています。このタイプのシステムに関しては、後ほどもう少し詳しくお話ししたいと思います。

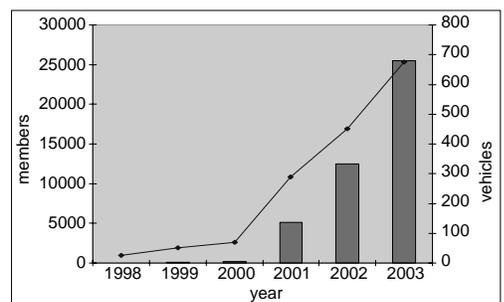
2年ほど前、私はパークレー校の研究者とともに、違うタイプの車両共同利用システムを組織してみることにしました。Fig.1は類型(typology)の図です。車両共同利用システムは、主に公共交通機関を利用するための場合と、公共交通機関とは無関係に使われる場合とがあります。図の下の矢印を右に見ていくと、これはまさに古典的なカーシェアリング組織です。主に地域住民が利用しますが、企業による利用もあります。左側の矢印の公共交通機関を利用する側には、古典的なステーションカーモデルがあります。主に通勤手段として利用されます。これまで見たところ、最も成功したカーシェアリングはこれらが混在しているシステム、つまりハイブリッドデザインといえます。ですから、ハイブリッドデザインの場合、より多くの人々の利用を見込むことができるので成功する可能性も高いと言えるでしょう。

アメリカのカーシェアリング普及事情

20世紀初頭に世界の各地で共同利用の概念が現れました。多くの人々が車の共同利用について似通った考えを持っていたのです。アメリカでは、1983年にパデュー大学で始まったモビリティ・エンター

プライズ・プログラム(Mobility Enterprise Program)というシステムが最も初期のものの一つと考えられます。カーシェアリングシステムの歩みをFig.2にまとめました。モビリティ・エンタープライズ・プログラムとSTARプログラムはいずれも1、2年で消滅してしまいましたが、失敗の原因の一つに財政問題がありました。当時はITS技術があまり普及していなかったのです。ここで私は、ITSとカーシェアリングは非常に相性がよく、この結びつきによってカーシェアリングの成功の可能性が非常に高まるという点を強調しておきたいと思います。グラフにあるように1980年代にはカーシェアリングの活動はさほど活発ではありませんでしたが、ITS技術が進歩した1990年代末から活発になってきました。1998年に始まった初の持続的な商用カーシェアリングシステムが、アメリカにおける最初の大規模プログラムでした。その後、フレックスカー、ジップカー、シティ・カーシェアのビッグスリーに加えて、小規模で所有台数も会員数も少ない数多くのシステムが参入しています。2003年にはアメリカでは25,000人がこれらのシステムを利用しています。

さて、これらのシステムは大陸によってどのように異なるのでしょうか。ヨーロッパ、北米、そしてアジアを比較します。ヨーロッパには車両数と会員数の両方で最大規模のシステムがあり、中でもモビリティ・スイツァランドは世界最大の組織です。成功の要因の一つにカーシェアリングと公共交通機関との連携を挙げることができます。スイスには非



- 1983-1986 : Mobility Enterprise program (Purdue University)
- 1983-1985 : Short-Term Auto Rental Service (STAR) in San Francisco
- major growth in Switzerland (1987) and later Germany (1988)
- 1988 : CarSharing Portland : first large scale U.S. program
- 2001 : rapid growth of three major carsharing organizations :
 - FiexCar
 - ZipCar
 - City CarShare

Fig.2 U.S. Shared-Use Vehicle Program History

常によく組織された鉄道網があり、これと連携することによりスイス国内の数多くの駅でカーシェアリングが可能になっています。成功の秘訣をもう一つあげるならば、多くの個別システムを併存させるのではなく、一つの大きな組織にまとめ上げたということです。これにより、スマートカード1枚で国内のあらゆるシステムを利用することが可能になり、スイスにおけるカーシェアリングの急速な成長を可能にしました。ITS技術は当初はさほどでもありませんでしたが、現在ではヨーロッパ域内で次第に使われ始めています。

北米では公共交通機関はさほど重視されません。そこで古典的なカーシェアリングに力点が置かれるわけですが、これは主に地域内でのカーシェアリングであり、特にその活動は2台目の車を所有する世帯を基本にしています。つまり、2台目を所有する代わりに、必要な場合にはカーシェアリング組織を利用するという具合です。やはり会員数は増加中で、現時点で25,000人が参加、主に、ボストン、ワシントン、シアトル、シカゴ、サンフランシスコ、フィラデルフィアといった人口の密集する都市部で成功をおさめています。最近、カーシェアリングについて個々の特徴を調査する国家プロジェクトがおかれ、交通調査委員会が調査にあたっています。

最後にアジアですが、私は日本におけるカーシェアリングの最新事情の調査を目的の一つとして研究休暇で日本にきました。すでにいくつかのカーシェアリング会社を訪問する機会にも恵まれ、日本で実にさまざまなタイプの組織が機能している様子を興味深く観察しました。すぐにわかったことは、日本のカーシェアリングではより高度な技術が使われているということです。スマートカードによる車両へのアクセスコントロール、GPSシステムによる車両の追跡、ナビゲーションシステムといった技術です。日本では、一般にカーシェアリング活動に高度な技術が活用されており、これはとてもよいことだと思います。なぜなら、ITSが人々のカーシェアリング組織への参加を促すことにつながると思うからです。アジアの他の地域でもカーシェアリングが始まっています。シンガポールには本田技研工業(株)が始めた強固な組織があり、複数の駅でカーシェアリングが可能になっています。アジアでは、その他の巨大都市でも、カーシェアリングの実施が今後、注目を集めるでしょう。特に中国の上海や北京では現在、自動車台数の増加が顕著であり、カーシェアリングの

システムを今から導入するほうが賢明と言えるでしょう。さもなければ、CO₂の排出が大問題となります。

アメリカでは、こうした活動はほとんど西海岸が東海岸に限定されています。西海岸ではカリフォルニア州にいくつかのシステムがあり、サンフランシスコにはシティ・カーシェアがあり、ロサンゼルス、サンディエゴ、ワシントン州、オレゴン州などにはフレックスカー社という大手カーシェアリング会社が運営するシステムがあります。東海岸では、ボストン、ニューヨーク、フィラデルフィア、ワシントンDCでかなり早くからスタートしており、これらは主にジップカー社が運営しています。フィラデルフィアでは別システムであるフリー・カーシェアもあります。この他にも先ほど触れたように、アメリカ各地で小規模のカーシェアリング組織が活動しています。カナダにおける活動も重要です。カナダだけでも数多くのカーシェアリングや車両共同利用システムがあり、バンクーバー、カルガリー、モントリオールといった大都市で運用されています。

先ほど、環境上のメリットという観点から見た自動車についてお話ししましたが、アメリカのほとんどのカーシェアリングシステムは、環境に優しい車を使っています。電気自動車を使用しているシステムもいくつかあり、また、ほとんどのシステムはハイブリッド電気自動車を使用しています。通常のガソリン車を使用している場合であっても、SULEV(極超低排出ガス車)などの低公害車が普通です。したがって、これらのシステムの多くは環境に優しいと言えるでしょう。

カーシェアリングの成功の秘訣は、一つの車種に依存せず、多彩な車種を揃えることです。トラックが必要な場合もあれば、乗用車が必要な場合もあります。バラエティあふれる車種が提供されれば、システムの利用を促すことにつながります。我々のシステムでは電気自動車を導入していますが、電気自動車はカーシェアリングに最適だと思います。というのは、たいていの場合、移動距離があまり長くないからです。ご存じのように電気自動車は短距離の移動に適しているので、通勤にはあまり向きませんが、共同利用の車としては最適であると思います。

アメリカでの料金モデルは？

アメリカにおけるカーシェアリングの料金モデルですが、多くの場合月単位の管理費があり通常約10ドルです。標準料金は時間単位で請求され、一般に

1時間あたり4~5ドルです。利用距離による料金は1マイルあたり40セント程度。この他に、返却が遅れた場合の割増料金、オフピーク時の割引、1日当たりの最大料金といった料金体系が考えられます。もう一つ大事なことは、活動の運営資金をいかに調達するかということです。驚くべきことに、アメリカ政府はカーシェアリングをよいアイデアであると認めながらも、これまでのところ運輸省も他の省庁も補助金をあまり出していません。したがって、我々は運輸調査委員会内で米国内閣に対してもっと補助金を出すよう強く働きかけています。環境保護局がサンフランシスコのプログラムを始めるために少額の補助金を出したことがあります。それ以外には政府がこうしたプログラムを財政的に援助したことはありません。これらのシステムの多くは、初期投資を民間資金でまかなわなければならない、たいへんでしたが、現在では、フレックスカー、ジップカーなどの組織は自力で活動を続けています。つまり、利用者の支払う料金で十分にまかなえるということです。とは言っても、高収益を上げているわけではなく、収支とんとんというところ。カーシェアリングに投資している自動車メーカーと言えば、トヨタのクレヨン・システム、ホンダのもてぎプロジェクトなどが知られています。ホンダは、我々のカーシェアリングシステムやサンフランシスコ地区のシステムなど米国でもかなりの資金を提供し、さらにフレックスカー社のパートナーとしてフレックスカーにも出資するなど、カーシェアリングの支援者として大きな役割を果たしています。

カーシェアリング普及の要因

次に、高度道路交通技術というITSの中で重要な役割を果たしている技術についてお話しします。ヨーロッパでもアメリカでも、初期のカーシェアリングにはITSがありませんでした。その代わりにロックボックスがあり、利用者はこれを開けてキーを取り出し、車に向かったわけです。そして、はじめと終りの走行距離を書き留め、最後に利用記録をつける、月末には係員が各人の利用距離を表にして、料金を請求するという非常にローテクなシステムでした。このようなシステムでは急速な成長は望めません。この点で、カーシェアリングにとってITSは画期的でした。車両の確保・予約システム、アクセスコントロールのためのスマートカード技術、インテリジェントな通信システム、追跡システム、カーナビゲーション、

交通情報などにより、システムの利用が容易になったのです。我々は2002年に、先端技術を組み込んだカーシェアリング・プログラムの割合を調査しました。その結果、米国内の全プログラムのうち39%が先端技術を導入しており、17%が部分的に導入していましたが、44%は依然として手作業でした。手作業による運営は、主に小さな会社でした。

アメリカにおけるカーシェアリングの市場規模ですが、カーシェアリングに参加している人はまだに人口の1%にも満たない数です。しかも、先にご説明したように、セカンドカー・システムとして主に利用されています。カーシェアリングのさまざまな利用形態を考察すると、世帯で所有する1台の車に加えてセカンドカーとして利用するというケースが多いことがわかります。非常に人口密度の高い都市では、車の所有を諦め、共同利用の車のみ利用する人もいます。年間走行距離がかなり少ない人の場合には、これが当たり前になっています。外出の目的はさまざまですが、通勤にカーシェアリングを利用している人は少なく、主に買い物などのちょっとした用事で外出する場合に利用しています。最近我々が行った調査によると、利用者1人あたり月平均で3.34回の利用という結果が出ています。つまり、毎日カーシェアリングを利用しているわけではなく、時々セカンドカーが必要になった時に利用しています。

さて、成功の要因ですが、少なくともアメリカでは交通渋滞、駐車場不足、公共交通機関の不足といった交通の問題がすでに存在している地域で成功する可能性があります。このような問題が存在する地域では、カーシェアリングは非常に有用です。また、人口密集地域である必要があります。人口密度が低い地域では、人々は自分の車を所有しているからです。私は上海のような人口密集地域と、郊外に向かって広がるロサンゼルスとをよく比較します。一人ひとりが車を持たざるを得ないロサンゼルスではカーシェアリングはあまりうまく機能しません。それから車種を揃えることも成功の秘訣です。トラック、乗用車だけでなく、自転車やスクーターを用意するところまでできています。セグウェイ・システムという電動の立ち乗り二輪車を揃えてはどうかという最近の研究もあります。最も成功しているのはハイブリッド車です。純粋にカーシェアリングのみに利用を限定する代わりに、夜間利用、昼間利用、乗り換えのための利用など、さまざまな利用方法を可能にすれば車両の利用頻度が向上し成功の可能性が高

まります。

ここで、運輸調査委員会についてご説明します。交通に関わる組織としてはおそらくアメリカで最大です。運輸調査委員会の中に高度公共交通システムについて研究している委員会があります。その部会として我々の小委員会があり、カーシェアリングシステムとステーションカーシステムについて研究しています。小委員会は、多くの個人の支援に支えられて1999年に発足しました。現在は私が委員長をしています。組織自体も非常に大きくなり、会議は各回25人のメンバーに限っていますが、メンバー以外の人々も数多く参加します。アメリカではカーシェアリング連合とでも言うべきものが組織化されつつあります。この組織では、さまざまなグループが協力しあって相互運用が可能になるような標準を策定しようとしています。たとえば、相互運用によってボストンの利用者がサンフランシスコを訪れた場合にも、ボストンのスマートカードを使って現地のシステムを利用できるようになります。

繰り返しになりますが、カーシェアリングは、うまくいく場所といかない場所があります。カーシェアリングの概念を普及させるには、住民が自家用車の所有について根強い観念をもたない都市を対象にするのが最適です。アメリカでは誰もが自分の車を持ちたがるので、こうしたシステムにとっては最適

の国ではないのかもしれませんが。たとえば中国のような発展途上の地域のほうが成功する可能性は高いと言えます。今このようなシステムを導入する計画を立てれば、モビリティを総合的に改善することができるでしょう。それにはもちろん、政府や各レベルの自治体が積極的な役割を果たすことが求められます。

マルチポート・システムとは？

リバーサイド校のキャンパスには、ここ数年研究を続けてきたマルチポート・システムというカーシェアリングシステムがあります。マルチポート・システムでは、どのようにシステムを管理するか、いかに利用者にとって便利なものにするか、どうしたら費用効果を高めることができるか、ということが重要です。このようなタイプのシステムでは配車の問題が出てきます。この点について我々の研究をもう少し詳しくご説明します。

我々は1996年にホンダと共同研究をスタートしました。さまざまなタイプのカーシェアリング活動を考察するための新たな交通シミュレーション・モデルを開発することが主な目的でした。ホンダはこのシステムのことを新地域交通システム(Intelligent Community Vehicle System:ICVS)と呼んでいます。我々はいろいろな局面を想定し、このシステムには

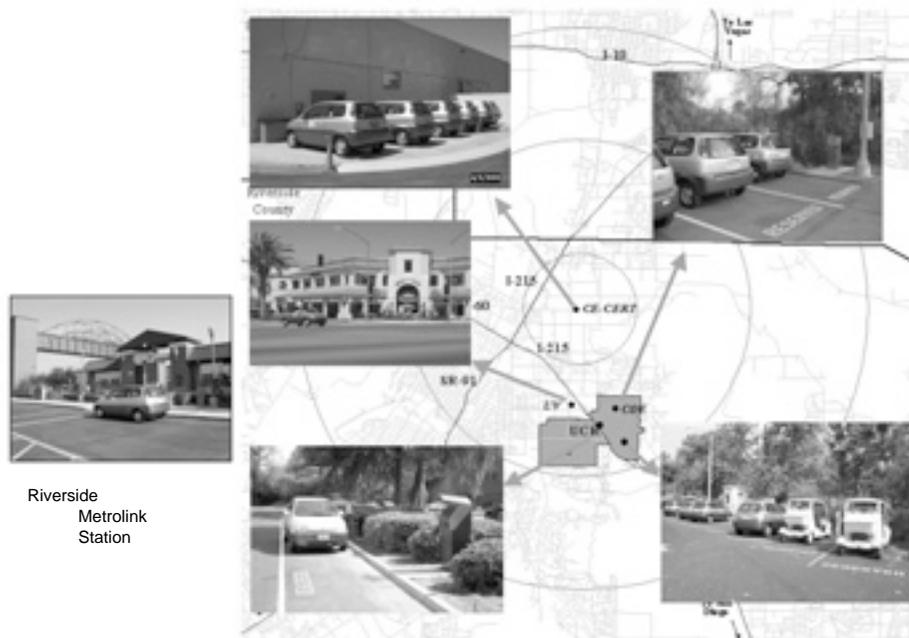
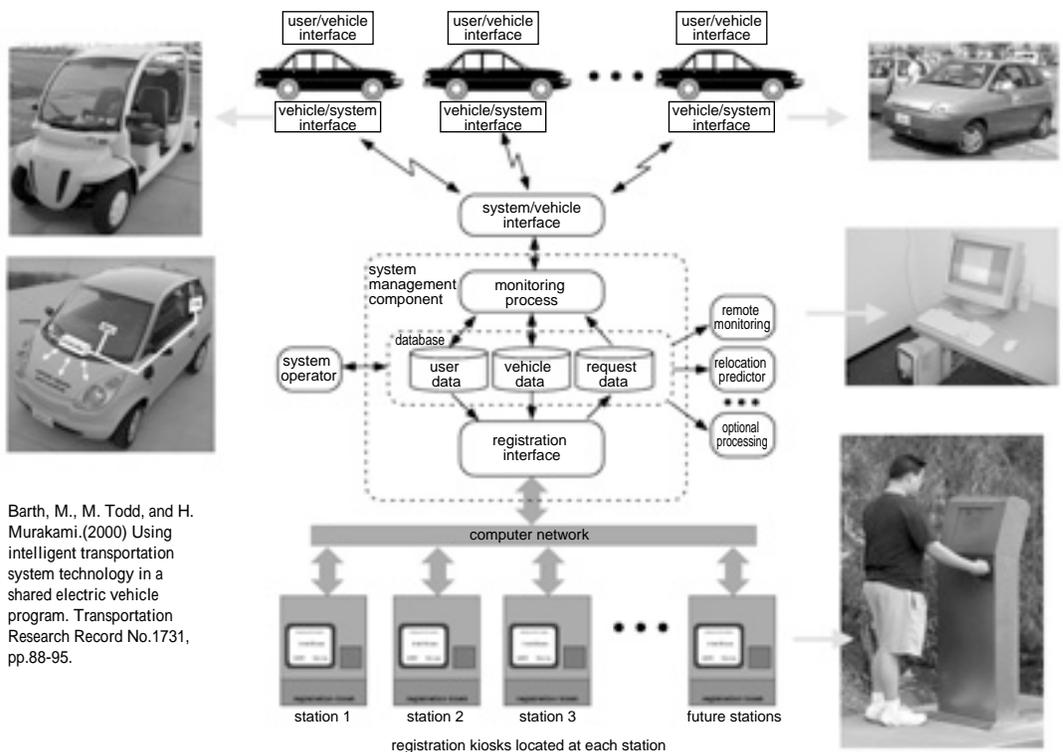


Fig.3 UCR IntelliShare stations

何台の車が最適か、どれだけの利用者が必要かを分析しました。数年間にわたってシミュレーションを行った結果、大学のキャンパス内で実際にシステムを運用し、このシステムに対する反応を検証してやることにしました。短期間でシステムを作り上げ、1999年にわずか15台の車でこのプログラムをスタート、その後規模を拡大し、現在ではホンダから電気自動車35台、グローバル・エレクトリック・モーターカーから10台、フォード社から10台というところまで来ました。開始当初からITS技術に重点を置いていましたが、これは利用者の利便性だけではなく、データを分析すればシステムがどの程度機能しているかを知ることができるからです。CE-CERTはキャンパスから約3km離れたところにあります(Fig.3)。ステーションは、当初、CE-CERT、工学部、ユニバーシティヴィレッジの3カ所に設置、数年後、さらに2カ所増設しました。最近では7kmほど離れた鉄道のメトロリンク駅にステーションを設置したので、利用者は大学の地域内移動だけでなく、鉄道との接続を得ることができ、ロサンゼルスやオレンジ郡など外部の地域へ出やすくなりました。現在6カ所のステーションを運営し、35台のホンダEVPlus車ならびに

近距離移動用の小型電気自動車を保有しています。この近距離移動用の電気自動車は低速でスピードはせいぜい時速35kmです。ですから利用はキャンパスの中心地域にほぼ限定しています。2003年には公共交通機関と接続、昨年は会員をさらに増やし、他学部の教員や学生もサービスを利用できるようにしました。

Fig.4はシステムの仕組みを示すブロック図です。これはオンデマンド・システムと我々が呼んでいる方式でスタートしました。最初は予約システムがなかったもので、利用者はスマートカードを持ってタッチスクリーン・キオスクまで出向き、利用の手続きを開始しました。キオスクは各ステーションに設置してあります。次に利用者は車を借り出すわけですが、情報はデータベースに送られ、そこでさまざまなプロセスを経てデータベースが分析され、希望する車が提供されるという仕組みです。無線信号が指定の車に送信され、利用者がその車に乗り込み、一定期間利用することを可能にします。基本的にシステムはすべてパーソナルコンピュータ1台で稼働しています。小型のパソコン1台で、1,000台の車の管理と、さらには多数のステーションを管理できます。これ



Barth, M., M. Todd, and H. Murakami.(2000) Using intelligent transportation system technology in a shared electric vehicle program. Transportation Research Record No.1731, pp.88-95.

Fig.4 UC Riverside IntelliShare System Block Diagram

は何年もかけて我々が開発したのですが、現在では似たようなシステムが他にもあります。日本でこれまでに私が見たいくつかのシステムも、オペレーションの点で非常に似ていました。料金体系ですが、最初は時間に応じて幾何級数的に課金するシステムでした。しかし、2004年に簡素化して、1分あたり10セントという料金体系にしました。典型的な利用時間は20分程度なので、その場合このシステムの利用料は2ドルになります。我々はテレマティクスを用いて車両の位置と状態をモニターしていますが、これも日本のシステムとよく似ています。さらにマルチポート・システムは片道移動も可能にするので、車両を追跡して位置を把握することが非常に重要です。これにより、時々車両の移動を行うことが可能になります。車両移動とは、あるステーションから別のステーションに何台かの車両を移動することです。

統計では、利用者は約1,200人で、全員カリフォルニア大学の教職員です。平均して1日当たり100~200回の利用があります。これまでの利用総数は82,000回。乗車人数はいつも1人だけというわけではなく、平均して1回に1.45人が乗車している計算です。1回あたりの移動距離は8~9km程度で、移動時間は平均して20分。特にご紹介したい統計データは、車の稼働時間です。自家用車の所有者は、24時間のうちたった5%の時間しか車に乗っていません。朝起きて、職場まで車で行き、車を駐車し、夕方また車に乗って帰宅するという具合です。これに比べると、我々の車は稼働時間が30%、駐車時間が70%です。個人的に所有している車と比べて効率よく使われていることがおわかりになるとと思います。

長年にわたって我々は自動車のエレクトロニクス化と車とユーザ間のインターフェイスについても研究してきました。コントローラ、GPSシステム、ワイヤレス通信、地域内無線トランシーバなども導入しました。ユーザ・インターフェイスについては、現在ではタッチスクリーン・パッドを利用しています。これを通じて入力することにより、システムとメッセージの送受信が可能になります。通信システムはすべてインターネットベースで構築されています。したがって利用者は、インターネットに接続されたコンピュータ上で名前とパスワードを入力してログインし、車両の予約とチェックアウトを行うことができます。インターネット上の管理は全てサーバが行います。通信としては、車とのワイヤレス広

域通信がありますが、これとは別に狭域通信(DSRC)と呼ばれるローカルな通信手段があると大変便利であることもわかりました。これは車がステーションから100m以内の場所にいる場合、高い確率で通信が行えるだけでなく高い信頼性も備えています。外出時にワイヤレスシステムを利用する場合、データロスや待ち時間が発生したり、メッセージに遅れが生じたりしますが、広域と狭域を組み合わせたシステムを提供することにより通信上の問題の多くを解決することができます。我々はこの技術に関する論文を発表しましたので、関心をお持ちの方はそちらをご覧ください。

我々はオンデマンド機能だけで出発しましたが、2年前に予約機能を追加してより利用しやすくしました。そのため、予約とオンデマンド利用とのバランス配分という興味深い新たな研究課題が生まれました。飛行機や新幹線を利用する場合と同じで、予約したいこともあるし、好きなときに直接出向いて利用したいこともあるわけです。コストを最適化し、利用を全体的に最適化する方法はいろいろあり、したがってバランスを取るための運用管理モデルもいろいろ考えられます。何台の車を予約対象にして、何台をオンデマンドの対象にしておくかといったバランスの管理手法を研究している学生がおり、これはなかなか興味深い研究です。

ステーション間の配車バランスの問題

ここで車両移動についてご説明します。1日あたり100~200回の利用があると先ほど申し上げましたが、システムのバランスを維持するために、ほぼこの利用回数の10%にあたる回数の移動を行います。車両の移動に一番よい方法とはどのようなものでしょうか。牽引という非常に単純で力ずくの方法がまず考えられます。ホンダのEVPlus車は前後に牽引装置があって、互いに機械的に連結して一方が他方を牽引することが可能になっています。スタッフは日中、各ステーションの車両配置状況をモニターし、バランスが崩れた場合には、出向いて車両を別のステーションに移動することになります。この方法ですと、平均して20分ほどで1台の車両を移動することができます。これも移動の一つの方法ではありません。しかし長年運用するうちに、もう少し簡単な方法をいくつか考案しました。日本のホンダ・もてぎシステムは機械システムではなく、電子牽引システム(「自動プラトゥーン走行」に類する技術)で車両の

移動を行っているのを思い出された方もいらっしゃるでしょう。この方法では、車両は機械的に連結されていなくても互いの車の後を自動的に追跡できます。フランスでも、この電子牽引技術を使った研究が行われています。

車両を移動する簡単な方法の一つに、我々が相乗りと呼んでいる方法があります。1台の車に2、3人が乗り込み、帰りも一緒に戻るといった方法です。この方法の場合、1台の車でより多くの人を運べる上に、目的地で下りたら、他の車を動かして戻することもできます。これは一番簡単な方法ですが、多くの人手を要します。最近我々が行った研究の一つに、利用者ベースの車両移動と呼ぶ方法があります。利用者が相乗りをしようとするようなインセンティブを提供するというやり方です。同じ目的地に行きたい利用者が複数いる場合、料金設定を低くすることで相乗りを誘導するのです。複数の利用者が車両過少(車両が少ない)ステーションから車両過多(車両が余っている)ステーションへ移動する場合、相乗りで目的地のステーションまで移動してくださいと言います。このようなやり方を「乗車の結合」と呼びます。システム側が認識して、「相乗りしていただけませんか」とお願いすることで、当然、車両過少ステーションに

より多くの車が残ることになります。一方、相乗りの逆のやり方を我々は「乗車の分割」と呼びます。複数の利用者が車両過多ステーションから車両過少ステーションに移動を希望している場合、利用者には相乗りせず、1人1台の車を使うよう勧めます。このとき、奨励方法として、システムの提案に従うと低料金が適用されることにします。このように、利用者ベースの車両移動には乗車の結合と乗車の分割という二つのメカニズムがあります。

Fig.5はボックスをいくつか追加して、利用者ベースの車両移動を行う仕組みを示したものです。*1はオンデマンドの場合で、利用者が複数であれば乗車の分割を求めます。目的地直行の移動で車両移動が必要になります。*2は乗車の結合になります。*3は予約の場合に利用者に乗車の分割を要望し、*4は乗車の結合を要望するメカニズムです。*5は同じ予約が同時に入った場合に、「相乗りを希望しますか」と尋ねる仕組みです。これらはすべて我々のウェブシステムに組み込まれており、利用者が車両をチェックアウトする際にこのような質問をします。このような新しいアイデアを試すことのできるシミュレーションモデルを作り、データからシステム全体がいかに効率的に利用者の要望を満たしてい

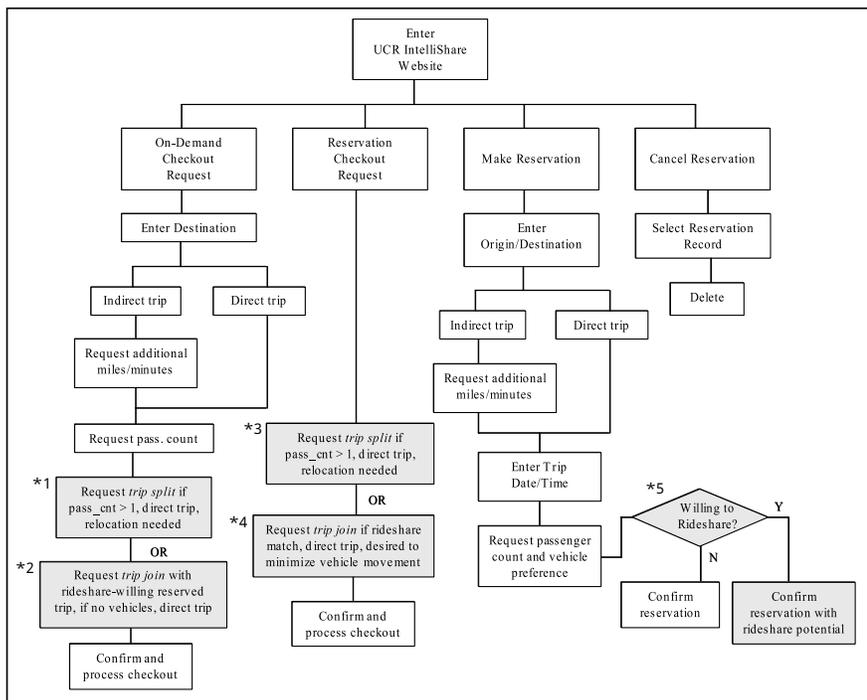


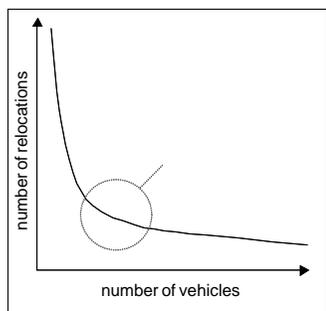
Fig.5 Revised operational flowchart

るかを調べました。具体的にはFig.6をご覧ください。システム内の車両数が多ければ、車両移動の必要がなくなることがわかります。利用回数が増えても必要な台数があるからです。一方、車両数が不足している場合は、車両移動の回数が増大します。車両の導入には大きなコストがかかるため、あまり多くの車両を所有したくはありません。逆に少なすぎると、1日中車両の移動に追われることになります。ちょうど破線で囲んだあたりが、交通需要を満たし、かつカーシェアリングの効率の点からも最適であることがわかりました。

シミュレーションでは乗車の結合と乗車の分割を個別に見てきましたが、これら二つのやり方を使わないオペレーションと比較してみました。その結果、乗車の結合だけの場合は車両移動が11%減少し、乗車の分割だけの場合は、車両移動が26%減少し、この両方を同時に行くと、車両移動の回数は平均して42%減少するという結果が得られました。この分析は、すべての利用者が乗車の分割と乗車の結合を行うことを前提にしているため、車両移動が42%減少するというのはあくまでも楽観的な数値です。そこで我々は最近、乗車の分割と乗車の結合を行うシステムの利用者を選び、実際のシステム上で実験を行っています。残念ながらごく最近スタートしたばかりなので、成否を判断するほどのデータは集まっていますが、42%を下回することは確実と思われます。このような方法の場合、車両移動の回数はおそらく10%から15%程度減少するものと考えています。

システムの効率

次にシステムの効率についてお話しします。Fig.7をごらんください。バランス・メジャーとは、さま



- travel demand is kept consistent between scenarios
- trip-joining, trip-splitting evaluated separately, then together
- multiple simulation runs made, average response is reported
- general response of relocations to number of vehicles :

Fig.6 Results

ざまなステーション間の車両のバランスを示す値で、ピークル・イン・ユース・メジャーとは車両の使用頻度を示す値です。この二つを掛け合わせると、トータル・メジャーを得ることができます。我々がやろうとしているのは、この掛け合わせた値を最小にし、点線以下に抑えることです。点線以上は車両の移動が必要になったことを示唆しています。つまりグラフの線が点線を超えた場合は、システムのバランスが崩れたということです。これはすべて、シミュレーション実験および現実の計測結果に基づいたものです。図で*の左側はすべて過去で、右側は未来です。今後、20分間に生じる需要の予測をいくつかのモデルを持っています。必要が生じてから車両移動をするよりも、あらかじめ予測して移動しておく方がずっとよいわけです。バランスが崩れる20分から30分前に予測ができれば、あらかじめ手を打ってシステムの効率的な運営を継続することができます。これはある大学院生が膨大な時間をかけて、システムのバランスを予測するモデルを考案し、得られた成果です。

以上、我々が行っているカーシェアリングについての最近の研究についてお話ししましたが、この他にもいくつか別のシステムが存在することも指摘しておきたいと思います。シンガポールでは、ホンダ・シンガポールのシステムがシンガポール国内に非常に多くのステーションを設置し、ステーション間を片道移動できるようになっています。もてぎのプロジェクトは終了しましたが、やはり片道移動が可能でした。他にも、ジョージア州アトランタやいくつかの空軍基地で行われているシステムがあります。軍事基地のように敷地が広く活動エリアが分散しているところでは、マルチポート・モデルが非常にうまく機能すると思います。そこで我々は現在、このシステムをカリフォルニア州の中央に位置するヴァンデンバーグ空軍基地で試しているところです。

最後に

それでは、最後に、重要なポイントをまとめて終わりにしたいと思います。マルチポート・カーシェアリングは、片道移動を可能にするという点で便利ですが、配車の問題が発生するため、運営は大変困難です。ITS技術はこのような共同利用モデルを促進するための重要な要素です。そこで、マルチポート・モデルにおいては、配車問題に対処するために、車両をモニターすることが非常に重要になります。

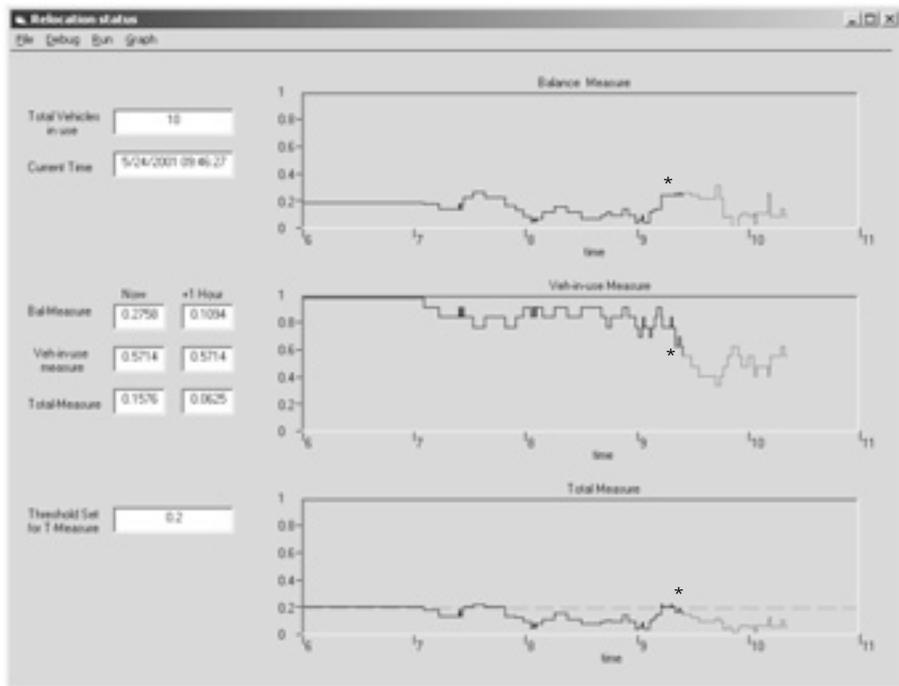


Fig.7 System Balance Measurement and Prediction Techniques

往復移動だけならば、これはさほど重要ではありませんが、片道移動もできるようにする場合には、車両をしっかりとモニターしなければなりません。

需要を満たすには何台の車が必要でしょうか。これまで研究してきたシステムやシミュレーションの結果から言えるのは、10~20回の利用に対して1台の車両が必要になるということです。システムを運営可能なものにするには、車両移動の回数を全利用回数の10%以下に押さえたいところです。人手を介した車両移動は時間がかかりコストが高つくので、自動化された方法のほうがよいでしょう。しかし、自動化も時には高価で、より多くの人手を必要とすることもあります。プロセスを自動化しようとすれば、多額のコストが必要となるだけでなく、安全性の問題も生じるかもしれません。ですから、車両移動の一番よい方法は、先に触れた利用者ベースの方法を活用することであると思います。どのようなタイプのカーシェアリングであっても、もう一つの成

功の秘訣は、運転するのが楽しい車を提供することです。それで、カーシェアリングと電気自動車結びついたので。電気自動車に乗ってみたいから、カーシェアリングを試してみたという人が多いのです。この二つが結びついて、カーシェアリングシステムの利用拡大が望めます。

我々は現在キャンパスで行っているシステムを、より実用的なものにするために、オペレート自体は他に頼もうと思っています。もう一つ最近の行動をあげると、ホンダが電気自動車を引き揚げるので、その代わりにCNG車(圧縮天然ガス車)を我々のシステムに取り入れようと考えています。

ご清聴ありがとうございました。最後に、私の同僚ならびに輸送調査委員会に感謝します。資金面では、カリフォルニア州運輸省、カリフォルニア大学、ホンダ、ITSプログラムの一部分としてのカリフォルニアPATHプログラムに感謝いたします。