

## 交通研究における官民パートナーシップに関する ドイツの事例：ダルムシュタット工科大学 総合交通輸送システム研究所(ZIV)

マンフレッド・ボルツ\*

1998年に、ドイツ中央部のフランクフルト・ラインマインにおいて、交通当局および交通事業者がヘッセン州政府の支援を受け、産業界やコンサルタント業界のパートナーとも提携し、交通研究に携わる新しいパートナーシップを誕生させた。これがZIVである。ZIVは、ダルムシュタット工科大学の研究所として、研究現場と実践現場間の交流の向上に取り組んでいる。本稿では、この官民パートナーシップについて詳説する。ZIVの研究分野は、交通インフラと交通管理、交通工学と交通制御、公共交通とITS、交通管理・モビリティサービスの組織概念、鉄道システムと鉄道工学、ナビゲーションシステムと位置確認システムを網羅する。各分野の研究の基本趣旨とプロジェクト例を幾つか紹介することで、ドイツにおける交通研究の現状も概観できる。

### **A German Example for Public Private Partnership in Transport Research : ZIV Institute for Integrated Traffic and Transport Systems at Darmstadt University of Technology**

Manfred BOLTZE\*

In 1998, a new partnership for transport research was founded in Germany's central region Frankfurt RheinMain by major transport authorities and operators, involving partners from industry and consultancy, and supported by the Hessen State Government. This ZIV is an institute at Darmstadt University of Technology, and improves the exchange between research and practice. The article provides organisational details of this public private partnership. The ZIV working areas cover Transport Infrastructure and Traffic Management, Traffic Engineering and Traffic Control, Public Transport and ITS, Organisational Concepts for Traffic Management and Mobility Services, Railway Systems and Railway Engineering, and Navigation and Positioning Systems. For each of these areas, basic intentions in research and some project examples are presented. This may also allow some view on the current status of transport research in Germany.

#### 1. はじめに

モビリティは人々や経済にとって、節約を可能にし、生活の質を向上させるための重要な要因とな

る。しかし継続的な交通需要の増加は環境への影響において限界に達しており、輸送システムのための資金調達も我々の社会の大きな問題になっている。こうした状況から、最適化された交通制御と総合的で信頼性が高く、リアルタイムで得られる交通情報を活用して、既存および計画中の交通インフラを効率的で高度に利用する必要性が生まれている。しばしばITS(高度道路交通システム)として注目される

\*ダルムシュタット工科大学教授  
Professor, Transport Planning and Traffic Engineering,  
Darmstadt University of Technology  
原稿受理 2002年3月1日

情報通信や情報科学における近代的な技術は、個人交通とともに公共交通の計画、制御、組織を改善する新しい機会を生み出している。しかし多様な交通システムの利用を最適化するには、総合化された技術的解決策のみならず、機能、組織、制度的な面での総合化も必要である。

このような一般論はダルムシュタット工科大学があるドイツにも当てはまる。ダルムシュタットはフランクフルト・ラインマイン地方の都市で、人口約380万人の大都市圏に位置する。この都市圏は多元的構造を持ち、経済的繁栄に恵まれ、欧州ならびにドイツの中心に位置し、さらに通過交通量も非常に多いため、モビリティへの需要が非常に高い。

将来の開発ニーズを考慮して、フランクフルト・ラインマイン地方の交通・輸送関係者は利用可能な能力をダルムシュタット工科大学およびその地域に集約し、総合的な交通・輸送システムのための革新的で持続可能なコンセプトの開発を支援することを目指した。

大学にとってもこの計画は、ドイツで行われる研究の枠組み条件が急速に変化しつつある中で、非常に適切なものであった。過去20年の間に、研究業務は複雑さを増し、より学際的なアプローチが必要になっている。こうした事情のため、プロジェクトが一つの大学研究所だけで取り扱うことが困難な大規模なものになる明らかな傾向があり、さらに大学が通常抱えている若い研究スタッフより資格が高く、経験も豊富な研究者の必要性が高まってきた。

加えて、現在の交通・輸送方式には多くの欠陥があり、その原因の多くは新しい技術の開発が進まないことにあるのではなく、有益で幅広い応用のための新しい技術を生み出す、適切な方法が欠けていることにある。そのため応用分野を担当する責任者や組織の協力がなければ、大学の研究者だけでは解決できない応用指向の研究が求められるようになった。

教育の分野でも、交通・輸送関係者との協力関係が改善され、有益な成果が得られるようになった。学生たちは教室で現在進行中のプロジェクトについて学び、実際のプロジェクトで働く機会を与えられた。若手の研究者もそれぞれの環境の中で活動分野を広げ、研究活動のためのデータをより得やすくなり、他の経験を積み機会を持てるようになった。

このような状況の中で、ヘッセン州政府(ドイツ連邦の16州の一つ)、交通・輸送関係機関、ダルムシュタット工科大学のハイレベル代表者の非公式会議

で、公共・民間両部門の協力による新しい応用指向の研究機関を設けるアイデアが生まれ、1998年9月、総合交通・輸送システム研究所(ZIV: Zentrum für integrierte Verkehrssysteme)がダルムシュタット工科大学に設立された。

## 2. 組織構成

### 1) 経営形態

ZIVはドイツ法の下でGmbH(有限会社)として設立された。ZIVの株主はラインマン公共輸送公社(RMV: Rhein Main Verkehrsverbund)、フランクフルト空港公社(Fraport AG)、ドイツ鉄道(DB Regio AG)、総合交通・輸送システム促進協会(FIV: Förderverein für integrierte Verkehrssysteme e. V.)で、各自が25%の株式を保有している。

ヘッセン州政府は経済交通都市地域開発省からZIVの資金を拠出し、副大臣がZIV経営委員会に加わっている。ダルムシュタット工科大学は州立大学として、株主にはなっていないが、ZIVと詳細な協力方法について協議している。学長はZIV経営委員会に加わっている。さらに、ZIV株主からは土木工学測量学科の輸送計画・交通工学を担当する教授がZIVの運営管理を担当するように要請されている。現在は筆者がその任にある。しかしもちろん、大学の教授は大学とZIVの両方における教育と研究とに時間を割かなければならないため、その役割は学問研究の分野に限定されている。ZIVの「ダルムシュタット工科大学の研究所」としてのステータスは、公式な契約より、全ての関係者の熱意によるところが大きいと言えるだろう。

ZIVでは現在、3人の学術および経営担当責任管理者の下で、約25人の研究スタッフが交通・輸送最適化のための革新的コンセプトの研究を進めている。これまでのところ、研究者らは輸送計画、交通工学、地域・都市計画、エレクトロニクス、物理学、機械工学および情報科学などの経験を生かして研究を進めている。彼らは少数の技術外のスタッフ、約15人のパートタイム契約学生のサポートを受けている。

ZIVは明確な資金基盤を持っていないが、応用指向の研究開発を重点とする計画およびコンサルティングの受注によって資金を調達している。ZIVの初年度において、全受注の約60%は株主からのものであったが、3年目にはその比率は約30%に低下した。その他の発注者は産業界、輸送事業者、都市や郡、ヘッセン交通道路局、ドイツ交通建設住宅省、ドイ

ツ教育研究省、欧州委員会などである。ZIVのマーケティング戦略はすぐれた評価、出版物、個人的なつながりによっている。

ZIVの重要な問題は大学との密接な関係である。ZIVと大学の輸送計画・交通工学セクションの間にはすでに密接な関係が確立されている。両組織の責任者としての筆者の役割に加えて、同学科の全ての研究スタッフはZIVのプロジェクトに貢献している。一方で、大学の研究プロジェクトと教育はZIVのスタッフからのサポートを受けている。輸送計画交通工学部門は1966年にハンス・ゲオルグ・レツコ博士によって設立され、これまで日本の研究機関とも密接な関係を持ってきた。筆者としてはこの伝統を続けたいと考えており、ダルムシュタット大学では日本の研究者を温かく歓迎している。これまでに多くの日本の研究者がダルムシュタット大学およびZIVの研究活動に参加している。

## 2) ZIV科学諮問委員会

ZIVと大学との関係を強化し、交通研究センターを確立するための、もう一つの重要な要素は、ZIV科学諮問委員会の設立である。この委員会は現在交通・輸送分野に関係する12人の教授で構成されており、分野としては、環境計画、道路工学、輸送計画・交通工学、飛行システムと管制、人間工学、双方向グラフィック・システム、マルチメディア通信、物理的測地学および衛星測地学、経営管理、技術およびマーケティング管理、数学的推計学およびオペレーションズ・リサーチなどにわたっている。教授らは半年ごとにZIVの科学的交流やコンサルティングのために開催される会議に参加する。さらに具体的知識や経験を生かして多くのZIVのプロジェクトに参加し、支援している。

## 3) FIV - 総合交通・輸送システム促進協会

FIVは、イニシアチブに対するより多くのパートナーの公式参加を可能にするため、ZIVとともに1998年に設立された登録組織である。FIVは地域交通管理におけるプロジェクトとパートナーの調整をサポートし、産官学の協力を促進している。FIVはZIV株主をはじめ、産業界やコンサルティング業界の13社によって構成されている。多くの公共機関にとって会費が負担になるため、2001年には会費無料の準会員制度が導入された。これまでに地域の5都市、2地域計画機関、2大学が準会員となった。FIV会員は半年ごとの総会、作業グループの会議に出席する。特定の議題についての会議も2年ごとに

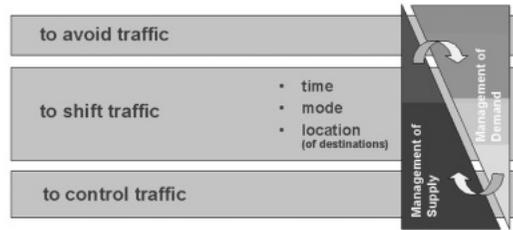


Fig. 1 交通管理の各種対策の概念図

開催される。FIVの運営はZIVが担当している。

## 4) 交通専門家のネットワーク

研究、開発、実施の担当機関の間における知識、情報、技術の移転をサポートするため、ZIVは交通・輸送分野におけるさまざまな研究者、実務家のネットワークに対して、研究、開発、実務面での重要な貢献を行っている。FIVにおける地域的な活動に加えて、ZIVメンバーは多くの国および国際的な交通専門家の委員会に参加している。たとえば「世界道路協会都市間道路委員会」(C4)、ドイツ道路交通研究協会の多くの作業グループ(都市交通規制作業グループおよび交通・輸送の最適化および決定支援作業グループなどの座長を含む)が挙げられる。

## 5) 事務所

ZIVの事務所(約800m<sup>2</sup>)はダルムシュタット本駅に近い交通の要所に立地している。大学の外にあるが、技術革新センター(TIZ: Technology and Innovation Centre)のすぐ近くである。TIZは大学から分離独立した企業のインキュベータである。ZIVを創設する時、この場所を選んだことで、ダルムシュタット市から感謝された。新しい都市開発地域で、刺激が必要だったからである。

## 3. 現在の研究活動

### 3-1 概要

ZIVでは現在、約60のプロジェクトが進行中である。本論では現行の活動の概要といくつかのプロジェクトの例に焦点を当てて紹介する。またドイツにおける現在の交通研究における課題についても紹介する。

ZIVの主要な目的は交通・輸送分野における応用面の研究であり、特に交通管理の分野で新たな開発を促進することに重点を置いている。交通管理とは、交通の需要と交通システムの関係に最適なバランスをもたらす各種の対策をまとめて交通・輸送に影響を及ぼすことを意味する。Fig.1に示すように、それには交通を回避する対策、交通を転換させる対策

(時間、方法、行き先など) 交通を規制する対策などが含まれる。近代的技術、とりわけ通信技術と情報科学を利用する輸送テレマチックあるいはITSの利用によって、ZIVは合理的な交通・輸送コンセプトの確立のための、すぐれたパートナーとなっている。しかし、ZIVのメンバーは技術の利用自体には終わりがなく、交通管理の目標に向けた努力が必要なことをよく心得ている<sup>1,2)</sup>。ZIVの個別交通の全ての手段と同様に公共交通に対しても対応でき、特にマルチモーダルの推進に努力している。

ZIVはまた、地域交通管理のさまざまなパートナー間のより良い交流通信・情報交換のプラットフォームにもなっており、研究プログラムのためのコンセプト開発によって研究の管理サービスを提供し、その実現をサポートしている。

現在、ZIVの活動は以下のようなプロジェクトおよび研究領域で展開されている。

- ・交通インフラと交通管理
- ・交通工学と交通管制
- ・公共交通とITS
- ・交通管理と交通サービスのための組織的コンセプト
- ・鉄道システムと鉄道工学
- ・ナビゲーションとポジショニング・システム

これらのプロジェクト、研究領域は全てお互いに深い関係を持っている。必要な知識の交換を促進し、プロジェクトへのスタッフ配置配分を弾力的に行うため、各ZIVメンバーの特定グループとの関係は明確に決められていない。それでも全てのZIVメンバーはこれらの領域のいくつかを明確な重点領域としている。

### 3 - 2 輸送インフラと交通管理

ZIVは高度な調査方法のコンサルティングと導入によって、多くのインフラ開発に貢献している。全てのインフラ・プロジェクトにおいて、ZIVはできるだけ早い時期に、輸送ネットワークの運用ニーズを統合し、高度な方法や手順、たとえば交通フローの微視的シミュレーション、地理情報システム(GIS: Geographic Information System)または高度最適化・評価方式などを利用することを目標にしている。このようなプロジェクトにおける重要な作業は、インフラ、交通需要、規制対策などのモデリングに与えるための、データの入手と処理である。さらに、異なる輸送モードのモデルをさまざまな細かさのレベル(交通フローの巨視的および微視的シミュレーシ

ョンなど)でリンクさせることにも関心が向けられている。

地域インフラ・プロジェクトに対するもう一つの重要なZIVの貢献は、交通および輸送問題における地域の多様な関係者との協議のプロセスをサポートすることである。このサポートの前提になるのは、関連組織の中心的人々との良好な関係である。プロジェクトの始めの段階で、全ての関係機関の代表者との運営グループ(メンバー約30人)が設けられるのが普通である。プロジェクトの全ての段階で定期的な会合が開かれ、作業プログラムについての早い段階からの検討、合意、調査方法、使用するデータベースなども検討される。また会議からは中間および最終的な結果についての共通の理解と結論が得られる。

このような会議の準備のためには関係者との頻繁な接触が必要で、効果的な運営グループ会議の成功はそうした準備から生まれる。またプロジェクトの結果を明確でわかりやすい形で会議に提出することが、たとえば微視的シミュレーションを使って非常に大切である。もし協力体制が確立され、関係機関の対立を避けることができれば、こうした努力は十分に報われる。

ZIVが設立されてから、すでに幅広い分野のプロジェクトが実施された。その中には小規模なプロジェクト(駐車場の設計、交差点の最適なレイアウトなど)から、進行中の大規模プロジェクト(たとえば、フランクフルト空港拡張のためのランドサイドの交通インフラの計画など)までが含まれる。

ハンブルグ市のために、都市道路網における軽量軌道システム導入性に関する検討が、交通フローの微視的シミュレーションを使って行われた。欧州委員会によって行われたプロジェクトでは、道路、鉄道、空路などで欧州横断ネットワーク(TEN: Trans European Networks)へアクセスする地域の重要な要件が練られた。地域的な問題については、ドイツ鉄道、ダルムシュタット市、その他の地域関係者のために、ダルムシュタットを新しい駅で、フランクフルト・ラインマイン・マンハイム・ラインネッカー高速鉄道と結んだ場合の効果の調査が行われた(鉄道システムと鉄道工学の項を参照)。

世界博覧会のような特別なイベントのためにもZIVの総合的で具体的な専門知識が役立っている<sup>3,4)</sup>。ZIVは現在、2012年にオリンピックをフランクフルトで開催するための申請に関連して、交通および輸送のコンセプトを作成している。この領域では、日

本の計量計画研究所( IBS : Institute of Behavioural Studies )から、都市の交通と輸送インフラの国際的比較のため、ドイツ都市のデータを求められ、協力している。

#### プロジェクト事例：フランクフルト空港拡張計画 ランドサイド交通インフラ

フランクフルト国際空港では現在、4本目の滑走路および3番目のターミナルによる拡張が計画されており、フランクフルト空港公社のために、2000年から第3ターミナルの建設予定地および必要な道路、鉄道輸送インフラに関する各種の代替案が作成され、評価が行われている。

ZIVは地域の関係機関の協体制作りを支援し、正式な法的計画作成のプロセスのために文書を作成した。交通需要に関する地域データベースに基づいて、空港およびその周辺地域の詳細な交通モデルが作成された。大規模ネットワークにおける巨視的な配分と交通フローの微視的なシミュレーションの統合は計画プロセスを支援する可能な方法の一つである。このモデリングによって、インフラに関する対策だけでなく、空港周辺の土地利用の変化や、総合的な交通管理上の対策を想定できる。この土地利用、交通インフラ、そして運用に対する統合的で総合的な見方によって、交通の需要と供給の適正なバランスを得ることができ、個別に対応する計画から、土地利用だけでなく、個別の建物の利用や勤務時間、店舗の営業時間などの詳細にまで影響を及ぼす交通計画を得ることができる。

空港の大規模な拡張に加えて、ZIVはランドサイド設備(たとえば駐車場、レンタカー、タクシースタンドなど)の詳細設計および詳細運用コンセプトに貢献した。新しい通信、情報技術も統合され、それによって輸送インフラのより円滑な、信頼性の高い、効率的な運用に貢献している。これらの空港をめぐる全ての活動は大学に新設された航空輸送計画および空港設計の講座との密接な関連において実施されている。

この機会に強調しておきたいことは、ZIVのほぼ全ての活動はダルムシュタット工科大学で筆者が担当する交通・輸送関連の講座に役立っており、学生たちは研究や実際の工学プロジェクトについて知識を得ていることである。

### 3 - 3 交通工学と交通制御

交通インフラ( Fig.1 )を拡大して能力を拡大する際には、総合的な交通管理と知的な交通制御によっ

て、利用可能な資源を上手に利用し、安全性を高め、経済コストを引き下げ、環境への影響を減らすことが必要である。ZIVは革新的な研究の成果と技術を使って必要な開発に貢献している。ZIV作業グループのメンバーはさまざまなドイツの研究委員会で多くの補足的な活動を推進しており、交通規制に関するドイツの技術的ガイドラインの作成にも関与している。一方、ZIVで開発されたアプローチはそれらの研究委員会で検討され、開発プロセスへの貴重なインプットを提供している。

この領域におけるプロジェクトの範囲は、新しい交通センサー技術の実行可能性に関するテスト、道路交通センサーの最適配置個所、そして詳細な制御アルゴリズムの開発から総合的な交通制御の戦略開発に及んでいる。

エキスパート・システムの開発と応用は革新的なアプローチの一つと見なされている。これらのシステムによって、複雑で広範囲に得られた大量のデータが交通制御のために分析、検討できるようになった。知識ベースのシステム、ファジー理論、ニューラルネットワークなども各種の問題に適用されている。

交通信号の品質管理も、過去2年の間に特殊な専門分野として確立された。ZIVは信号を設置した交差点の、交通安全および最低の労力でのサービスレベルの両面を点検するための方法を開発した。コンピュータ・ベースのツールがこの作業を支援するために開発された。

各種の組織が運用している交通制御および情報システムの統合は、ZIVが高い能力を見せている分野の一つである。交通ネットワークに問題が発生した場合に、直ちに対策を取るためには、事前に戦略(行動コンセプト)を決めておく必要があり、それによっていくつかの対策(別ルートを指示するなど)が、各種のシステム(可変方向信号、ラジオ放送など)を使って実現できる。

動的交通管理の戦略開発には、総合的な方法論的な背景が必要であり、それはドイツ輸送建設住宅省

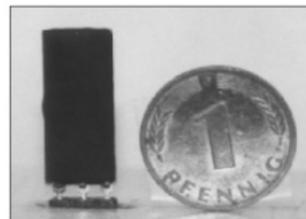


Fig. 2 TrafficSensor

のための研究プロジェクトの中で作成された<sup>5,6)</sup>。「ナビゲーションおよび位置確認システム」などのような他のZIV活動との共同作業も強調しておく必要がある。一例を挙げれば、救急車または公共輸送車を高速で走らせるには、高性能の位置確認技術で交通信号を制御する必要がある。

プロジェクト事例：TrafficSensor

TrafficSensor( Fig.2 )は基礎研究と産業界の協力の産物である。これはザール大学(ザールブリュッケン)のユーベ・ハルトマン教授の磁場センサー技術による先端技術開発の一例である。磁場センサーは磁場内で金属物体、たとえば自動車、自転車、鉄道車両、航空機などがひき起こす微小な変化を記録する。このセンサーは非常に小型で低価格であり、エネルギー消費量も非常に少ないため、最低の維持費、長い寿命という長所がある。さらに、その感度が高いことと帯域幅が広いことが特徴的である。暗闇、悪天候、汚染といった条件の中でも検知できる。車両は底部、天井、側面のどこでも感知される。また鉄筋コンクリート橋、防護壁などにも応用できる。

ZIVはこのセンサー技術を交通・輸送の分野で有効に活用する研究開発を進めている。センサーの基本的機能および特定のアプリケーションに関する最初のフィールドテストが行われ、有益な成果が得られた。応用が可能な分野は多岐にわたる。主な分野としては自動車道路や交差点を走る自動車を検出できる。また、たとえば駐車場の壁に近づく自動車の探知、または一台分のスペースに入っている車の探知などが挙げられる。

別の応用分野としては、空港における車両および航空機の移動のモニタリングがある。空の交通量増加に伴って、航空機の移動エリアの容量ボトルネックが主要な空港で問題になっており、安全面にも大きな影響を与えている。誘導路( Fig.3 )およびゲートポジションの監視は航空機移動モニタリングの一

例である。さらにこのモニタリングを発展させて、航空機の総合的な誘導システム、地上取り扱いサービスのモニタリングおよびプランニングのサポート・システムを作ることも可能であろう。

プロジェクトの事例：フランクフルト国際空港の交通管理政策

フランクフルト・ラインマイン地域のWAYflowプロジェクト<sup>7)</sup>の中で、ZIVはフランクフルト国際空港の交通ネットワークを改善するための交通管理手段を検討した。空港地域では、可変方向信号やダイナミック駐車案内システムなど、いくつかの管制システムがすでに使用されている( Fig.4 )。

このプロジェクトの目的は全ての車両、民間の交通、公共輸送などが、空港においてどのような状況下でも到着、出発が障害なく、行われるようにすることである。この目的を達成するには、地域、地方の道路事業機関、空港会社の調整が円滑に行われることが基本的な前提条件になる。このプロジェクトの一部として、増加する乗客がランドサイドの交通ネットワークに及ぼす影響の調査が行われた。交通インフラの容量評価も今後実施され、既存ネットワークを改善する方策や規制戦略も立案されることになっている。詳細な規制戦略を持つ各種のシナリオが、AIMSUN2の微視的シミュレーションによって提示され、視覚化されている<sup>8)</sup>。

### 3 - 4 公共交通とITS

個々の交通に比べて、公共交通システムの技術水準とサービス基準は今なお低いままである。その理由は次の点にある。

- (1)政治経済的な欠陥(特に公共交通事業者間でいまだに完全な競争が行われていない)
- (2)求められる交通関係および輸送プロセスについてのオンライン・データセットがない(正確な計画立案と指針のための)
- (3)他の交通システムとの弾力的な連携がない(モー



Fig. 3 TrafficSensorを用いた誘導路監視テスト



Fig. 4 フランクフルト国際空港における駐車案内システム

ド間輸送のコンセプト)

- (4) プロジェクトの規模が大きいため、公共機関の決定が遅い  
 (5) 技術革新の実現が困難で、総合的な輸送システムの統合が進まず、顧客にとって参入障壁が残っている

公共交通とITSの範囲の中で、ZIVは他の分野における活動との統合によって、これらの問題の持続可能な解決策を開発している。

このグループの任務は、コンセプトの開発、詳細なシステムのレイアウト、計画中およびすでに実施されたシステムの評価である。それには運用管理システム、交通情報、電子チケット処理、革新的な運用コンセプト、その他多くの側面が含まれている。多くの場合、このグループからの重要な貢献は、インフラ開発、交通管理、交通サービスなどのプロジェクトに組み込まれている。

プロジェクト事例：FreeFloat

欧州の鉄道事業者間の競争促進を求める欧州連合内の政治的要求に基づいて、全ての事業者はどのような時でも、差別を受けずに鉄道ネットワークへの制約のないアクセスを持つことになっている。このような状況の下で、プロジェクト「FreeFloat」は、高度な位置確認、通信、情報処理などの技術を使った鉄道ネットワーク上の弾力的な計画立案(オフライン)および弾力的な運用スケジュール(オンライン)を実現することを目的としている。FreeFloatは、ネットワーク内の各地の鉄道事業者が毎日の運用スケジュールの中で、ルートを探し出す可能性を維持

しながら、最適の鉄道ネットワーク利用を可能にするものである。このプロセスにおいて、事業者が混雑する鉄道の路線部分へのアクセスを同時に要求した場合、最適化および優先化の基準が特に必要になる。

このプロジェクトにおいて、ドイツ鉄道事業者のためのZIVの重要な任務は、同社が鉄道ネットワークのオペレータとして透明な決定を下すことができるように、鉄道プロセスに関係する全ての当事者のために、適切で総合的なパラメータを定義することである。加えて、FreeFloatの顧客にとってのメリット、デメリットも分析し、全体的な輸送プロセス(計画、発注、取引、管理)の中で評価する必要がある。

プロジェクト事例：ÖDiBus / 農山村地域の公共交通管理システム

現在では経済上の必要性から、行政機関は公共交通サービスでさえも縮小することを迫られている。特に比較的に必要な少ない農山村地域における固定路線のサービスは縮小されることが多い。公共交通サービスを維持する一つの解決策は、要求があった場合にだけ輸送機関を動かすことである。1980年代の始めに、最初の計画方法および最初の需要(予定または非予定)対応サービス管理システムがドイツで開発され、テストされた。しかしそれらの方法は農山村の公共交通に適用されたことはなかった。もともと、それらのシステムは高度な高コストの管理システムで、大都市の公共交通に利用するものだったからである。従って、農山村地域に需要対応スキ

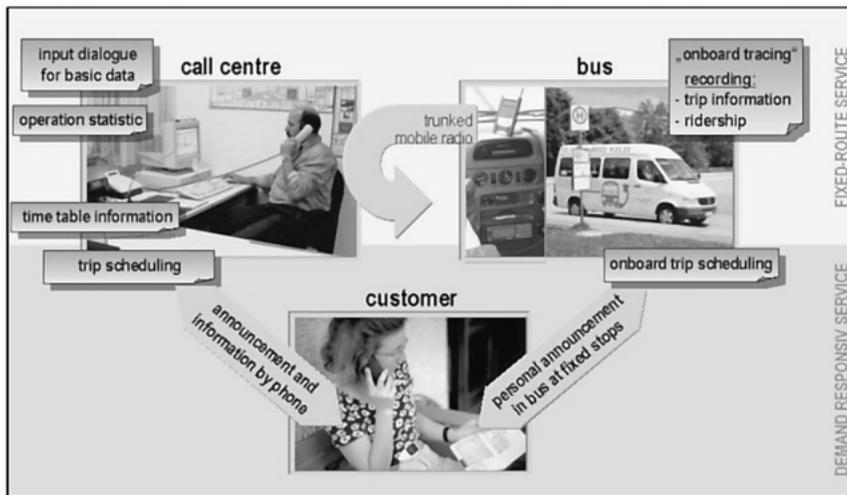


Fig. 5 各種サービスコンセプトのためのODiBusモジュールの説明図

ームをうまく適用するためには、需要対応サービスに利用でき得るだけでなく、固定ルート・サービスにも適用でき、人件費や資材費を節減する、オンライン制御システムが必要になる。このようなシステムには乗車要請の集中管理、バス群の監視、標準的な低コスト機材の利用、すでに使用中の通信システムの利用などの要件がある。

ÖDiBus(ÖV Disposition in ländlichen Busnetzen)研究プロジェクトの中では、これらの要件に厳密に適合する管理システムの開発が主要な目的となった。ÖDiBusシステム(Fig.5)は1999年以降、エルディング(ミュンヘン空港に近い農山村地域)の研究プロジェクトで利用、テストされている。現在は5本の可変ルートサービスの管理が行われている。これらのシステムのコストは5本のルートの総費用の1.9%に過ぎない。

ÖDiBusは2001年から商業段階に入り、非予定ダイヤルライド式のタクシー派遣システムも加えられている。ZIVはその後のある研究プロジェクトにおいて、一つの地域内で計画プロセスといくつかの需要対応サービスの管理を最適化することを試みている。運用コストをできるだけ引き下げるため、求められるシステムはラインマイン公共輸送会社の全地域について、一つのサービスセンターに統合されるべきである。

### 3 - 5 交通管理と交通サービスの体系的コンセプト

#### 1) 交通管理の体系的コンセプト

交通関連の問題の多くは一つの輸送モード、一つのシステム、または一つの制度の中だけでは解決できないため、総合的な交通管理の実現が必要である。そのためには各種の対策やシステムの調整が必要であり、従って各種の機関の協力が欠かせない。そのため適切な体系的枠組みを提供することが重要になってくる。

過去数十年にわたって、交通管理の個々の関係機関はそれぞれの責任および任務についてすぐれた機能を育ててきた。それにもかかわらず、調整や協力は多くの場合、時折しか実現せず、それも任意の形で行われてきた。さらに都市と地域のシステムは関連性を欠き、そのために受けられるべき利益が失われる結果となっている。

交通管理の体系的コンセプトを開発する作業に大きな部分を占めるのは、共通の任務を明確に特定し、各任務について適切な協力方法を選ぶことである。

さらに、個々のパートナーの責任を明確にし、詳細な内容(たとえばデータの特定とプーリング、情報のフロー、資金)を確定しなければならない。政治的および法律的な要件も常に考慮する必要がある。一般的に言って、各種の輸送システムの協力を常に促進するべきだが、既存の行政管轄を克服しようとする努力は合理的で、予想される利益によって正当化されるべきである。目的は地方、地域、国レベルでの問題指向型、解決策指向型の活動のための、体系的な枠組みを作り上げることにある。

フランクフルト・ラインマイン地域では、交通管理のコンセプトは1990年代の始めから開発が進められてきた。最初の注目されるプロジェクトは、欧州委員会の資金によるものであった(FRUIT<sup>9)</sup>、RHAPIT<sup>10)</sup>およびENTERPRICE)。これらのプロジェクトでは、交通管理の共通の目的および多様な地域関係機関の任務が決められ、それが現在に至るまで地域開発の基礎となっている。この経験に基づいて、交通管理の解決策指向型で、段階的、体系的コンセプトの開発が、今日におけるZIVの中核的機能となっている。

理論的なアプローチを実際の経験と結びつけ、さらに関係機関との協力を維持することで、ZIVはフランクフルト・ラインマイン地域およびその他の地域における体系的コンセプトを開発してきた。

プロジェクトの事例: WAYflow - 地域交通管理の体系的コンセプト

WAYflow<sup>7)</sup>は現在、フランクフルト・ラインマイン地域での最も顕著な交通管理プロジェクトとなっている。その主要な目的は、データの転載およびプーリングの新しいアイデアと技術を使い、さらにアクセスが容易な情報システムを実現することによって、地域内の移動性を促進することにある。WAYflowの作業パッケージの一つは、全ての交通モードを考慮しながら、「総合地域交通管理」のコンセプトを開発し、段階的にそれを実現する、組織的な条件を設定しようとしている。これは関係機関全てにとって非常に微妙な作業だが、ZIVは地域における交通管理の将来的な組織のために、各種の代替コンセプトを開発、評価することを通じて貢献を果たすことができる。この作業は1998年以降、RMVとの契約に基づいて行われ、資金面ではドイツ連邦教育研究省の支援を受けている。

体系的コンセプトについての現在の考え方は、公共・民間の提携とは別に、移動と交通管理の両面で

公共、民間両部門がそれぞれ別個の任務を持つ、というものである。現在、地域交通管理組織の必要性は、フランクフルト・ラインマイン地域の法律によってすでに決められており、フランクフルト・ラインマイン地域総合交通管理機関(IVM: Integrated Traffic Management Region Frankfurt Rhine Main)の設立準備が進められている。この機関には地域内の8都市と8郡が参加し、交通情報および交通規制の具体的措置を調整する。運営レベルでは地域の既存の交通規制センターとリンクされる。

同時にIVMに対応する組織として、交通サービスの民間プロバイダー(MDL)が設立される。MDLには電気通信、交通・観光、金融サービス、情報技術などの企業が参加し、任務は電子チケット、電子商取引などである。

## 2) モビリティサービス

ドイツでは現在、多くのモビリティサービスが実現に向けて動き出している。モビリティサービスは通常、交通条件に関する情報(たとえば交通ルートに関する情報、交通速度の予想、出発・到着時刻の情報など)、さらに補足的サービス(予約や支払い)を取り扱う。

一方で、公共機関もモビリティサービスを提供している。この場合のサービスは普通、交通管理手段の一部であり、その目的は交通の状況に影響を及ぼすこと(つまり予測される交通状況の情報によってピークを分散するなど)にある。

またモビリティサービスはさまざまな民間組織、たとえば輸送会社、空港、航空会社、旅行代理店、テレビやラジオ局、自動車クラブ、自動車産業、電気通信会社などからも提供されている。これらのプロバイダーの目的はデータおよび情報を販売して収入を得る(電気通信会社は交通情報サービスを提供して課金する)あるいはモビリティサービスをマーケティングの手段とする(自動車メーカーからの情報サービス)、またはプロセスを効率化する(鉄道会社や航空会社の情報・支払いサービス)ことである。

ZIVではモビリティサービスの製品アイデアやコンセプトを開発し、内容を作成している。従って、各顧客、その具体的な需要、応用の具体的範囲などを考慮しなければならない。ユーザーのニーズ、需要を技術的特性または実現可能性と結びつけることが非常に重要である。これを基礎にしてアプリケーションを開発することができ、さらに需要を生み出し、技術開発を刺激することになる(Fig.6)。最後

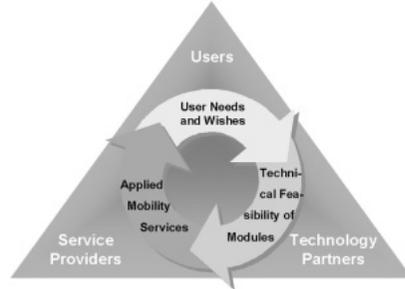


Fig. 6 モビリティサービスの開発コンセプト図

に、開発されたモビリティサービスは制度的な要件、経済的条件に合致しなければならない。投資および運営コストを経済的利益でカバーしなければならないためである。

モビリティサービスのために製品アイデアを開発するには、クリエイティブで体系的な活動が必要である。こうしたプロセスを技術的能力(道路や鉄道交通の規制技術、位置確認およびナビゲーション技術)と結びつけることで、ZIVは市場の状況に適合し、実際の必要性に即したモビリティサービスを開発することができる。

プロジェクト事例：フランクフルト空港の複合モード・サービス

フランクフルト空港では、航空、鉄道などの複数の輸送システムをリンクする複合モード・サービスを実施している。その目的は旅行者に「シームレスな旅行」を提供すること、すなわち旅行の行程全体を通じて各種の旅行サービス(乗客の輸送、荷物の輸送、チェックイン・チェックアウト、チケット販売、情報、案内、セキュリティ・サービスなど)を結びつけたモビリティサービスを作り出すことにある。

航空と鉄道を結びつけることは、複合モード・サービスのパートナーにとっては非常に重要なことである。ドイツの航空会社ルフトハンザおよびドイツ鉄道は覚書に調印し、それによって両パートナーが短距離飛行と鉄道の乗り継ぎに関する共通の目的を表明した。フランクフルト空港には1999年、エアレール駅が開設され、空港と高速鉄道網が結ばれた。2000年にはドイツ鉄道、ルフトハンザ、フランクフルト空港公社がエアレールの提携に参加した。2001年3月からは協力事業として「列車から空へ」のサービス提供が始まった。

これによって、シュツットガルト中央駅からフランクフルト空港への列車・飛行機の乗り継ぎは、空路間の乗り継ぎと同様に行えるようになった。ルフ

トハンザの乗客はシュツットガルト中央駅でチェックインし、ボーディングパスと荷物の預かり証を受け取る。乗客と荷物は高速鉄道でフランクフルト空港に運ばれる。

ZIVは2000年春にフランクフルト空港公社、ドイツ鉄道(DB Reise & Touristik AG)、ルフトハンザおよびRMVとの契約に基づいて調査を実施しており、現在および将来拡張される空路と鉄道のリンクによる製品アイデアの開発に当たっている。そのために空港以外での乗客、荷物のチェックインの可能性を分析している。その目的はチェックイン施設を空港外の場所に移し、同時に高度に快適なサービスを乗客に提供することである。最後に、開発されたサービスは具体的な基準、すなわち乗客のための利益の向上、ロジスティックおよび技術的な実現可能性、各複合モード・サービスのパートナーの事業目的との適合性などに照らして評価される。調査の結果は特定のドイツの鉄道路線についての方針提言として提出される。

### 3 - 6 鉄道システムと鉄道工学

ZIVの鉄道システムと鉄道工学グループは、応用研究、工学、計画を鉄道交通・輸送システムに拡大し、総合的な輸送システムの全ての鉄道関連問題をカバーするため、2001年に設置された。グループはダルムシュタット工科大学の鉄道システムおよび鉄道工学セクションと密接な関係を保っている。

ZIVの専門家が得意とする専門分野は鉄道インフラ施設の計画、設計、建設、運用、鉄道運行の容量調査、鉄道事業者のための技術的および経済的実現可能性調査、電子データ処理、マーケティングおよび料率、調査とデータの入手、プロジェクトの計画と管理、鉄道工学の統計と数学的方法、作業および情報フローを含む組織調査と運用調査などである。

2001年には、ドイツ鉄道(Deutsche Bahn AG)、RMV、ラインネッカー公共輸送機関(VRN)などの

ためのプロジェクトが成功裡に終了した。これらのプロジェクトには、ヘッセン州北部のボーゲルズベルグバーンのような、二次的鉄道網の運用および路線配置に関する調査が含まれている。このプロジェクトは現在、ドイツにおいて二次的鉄道網が関心を集めていることを反映している。ドイツでは過去10年、鉄道システムの民営化、制度的および組織的改革が進められた結果、鉄道網のこの部分の保守、再建、収益性などが非常に問題になっている。それにもかかわらず、地域の輸送コンセプトでは二次的鉄道路線を、環境上の理由で推進している。

プロジェクト事例：フランクフルト・ラインマイン・マンハイム・ラインネッカー高速鉄道

ドイツの高速鉄道網を延長し、全体的なネットワークの容量を増やすために、フランクフルトとマンハイム間に新しい高速鉄道路線が計画されている。ダルムシュタット市および周辺の地域は高速鉄道にダルムシュタット中央駅を経由させ、同市と周辺地域が高速鉄道にアクセスできるようになることを希望している。一方、新しい路線の投資家であるドイツ鉄道は、ダルムシュタットに停車させることを歓迎していない。30km圏内にフランクフルト空港駅、フランクフルト中央駅という二つの駅があるからである。

このようにドイツ鉄道とダルムシュタット周辺地域との間に意見の違いがあるため、ZIVは正式な計画立案に先立って、ダルムシュタットに高速鉄道を止めることのメリット、デメリットについての科学的調査を行うように要請された。この調査は2000年、2001年にドイツ鉄道、ダルムシュタット市、周辺の郡、ラインマイン公共輸送公社、ダルムシュタット商工会議所、その他の地域機関のため、建築、都市計画、経済開発の専門家とともに実施された。

これをもとに、新しい鉄道の路線およびレイアウトについての代替案が作成、評価された(Fig.7)。

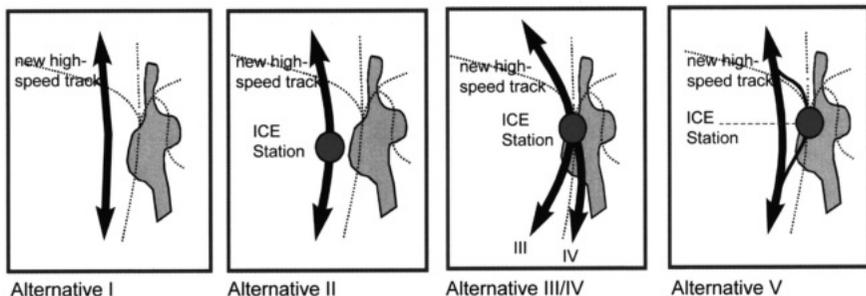


Fig. 7 新高速鉄道のダルムシュタット市への接続案の説明図

新駅をダルムシュタット中央駅に置く、または同市外にするなどの案もあった。さらに乗客の需要や分布もモデル化された。駅の設計が行われ、新しい高速鉄道の運行コンセプトが作成され、地域の公共交通システムとの統合も検討された。これらの調査活動における重要な作業の一つは、結果についての関係者全ての同意を得るための調整会議であった。最終的に、各種の案が持つ全ての主要な影響についての関係者の合意が得られたが、それでも基本的な利害の対立は解消できなかった。しかし、ドイツ鉄道および地域関係機関は法的な計画立案の作業が始まった現在、現実にして意見を交換する基礎を確立している。

プロジェクト事例：マンハイム中央駅のシミュレーションと最適化

2001年に行われたこのプロジェクトでは、マンハイム中央駅、全ての周辺の駅および路線のネットワーク設計と鉄道インフラ施設を最適化するための、シミュレーション・モデルが作成された。2010年の最適化運用コンセプトのための提案が、地域および都市間の乗客輸送、貨物輸送、車両の動きなどに関連して、作成された。この調査はインフラおよび時間表管理プログラムRailSys<sup>11)</sup>によって実施された。

RailSysはZIVがあらゆる規模の鉄道輸送ネットワークの運用手順および施設の分析、計画、最適化に使用しているシミュレーション・ツールである。運用手順はデスクトップ・コンピュータ上で実際と同じように表示される。システム全体の調査が特定の地域的な問題と同じように容易に実施できる。RailSysのような弾力的で総合的なシミュレーション・ツールを使って、ZIVは反復的な計画プロセスを実行している。このシステムは原データ、中間的および最終的結果の出力や表示、妥当性チェックの実行、結果に基づく仕様および原データのアップデート、改訂などを行うことができる。

### 3 - 7 ナビゲーションおよび位置確認システム

現在の位置を正確に、高い信頼性をもって確認する機能は、安全および/またはビジネス上のセンシティブな環境における、ITSアプリケーションの重要な要件の一つである。従って、適切なナビゲーション装置の設計は個別のアプリケーションのニーズに適用しなければならない。ナビゲーションおよび位置確認システムの開発は、独立のプロセスではなく、総合的な交通・輸送システムに組み込まれるべきものである。

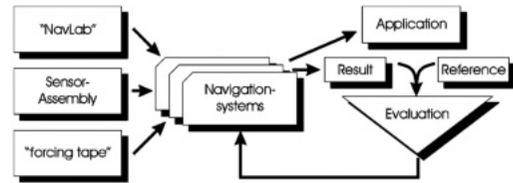


Fig. 8 ナビゲーションシステムの開発と検証のための環境

ここで言うナビゲーション装置とは、行動の全ての関連する状態およびその派生的状態を三次元の6段階の自由度で確認する機能を持つものである。各種のガイダンスおよび管理機能は、データベース、人と機械のインターフェイスおよび通信と組み合わせで実現される。これらの機能自体はこの論文の範囲外である。

#### 1) 開発と分析環境

継続的で正確な位置推定は車両上の安全と効率を改善するために不可欠である。車両が多くなればコストが増えるため、車両搭載システムは低コストのユニットから高性能のバージョンまで、拡張可能に設計される。そしてナビゲーション・モジュールはシステム全体の性能を高め、コストを引き上げるための重要なユニットになる。ナビゲーション装置はシステム全体の性能/コスト比率の中心的な要素であるため、このような装置の開発と検証のための完全な環境が確立されている(Fig.8)。

最初の段階で、シミュレーション・パッケージ「NavLab」<sup>12)</sup>を使って、所定の軌跡についての理想的なセンサーデータを作成する。理想的な測定結果を使って、ナビゲーションの結果は、シミュレーションだけで知ることができる真の軌跡とマッチングされなければならない。それによって、プログラム化されたコードを分析し、アルゴリズムのエラーを除去できる。次の段階では、設計されたナビゲーション装置の現実的な性能値を得るために、実際のセンサーデータが検証されたソフトウェアに入力される。実施されたテスト・トライアルからの結果を評価するため、本当の軌道または少なくとも非常に正確で、信頼性の高い推定値を知る必要がある。従って、高性能の慣性ナビゲーション・ユニット(INU: Inertial Navigation Unit)と二周波GPS受信機との組み合わせが使用される。

測定値はデータ取得システムからの他のセンサー出力と平行して記録される。基準軌跡の処理はオフライン・モードで行われる。実際のセンサー測定値の経験を使って、NavLabのエラーモデルを改善す

Table 1 既存および計画中のセンサー技術

| Position        | Height       | Attitude                 | Distance      |
|-----------------|--------------|--------------------------|---------------|
| GPS             | GPS          | GPS (VNorth,VEast)       | Accelerometer |
| LORAN-C         | Barometer    | Fluxgate                 | Odometer      |
| Map-Matching    | Map-Matching | Map-Matching             | Optical Corr. |
| Cell-Phone-EOTD |              | Wheel-Shaft-Encoder      | Doppler Radar |
| Galileo         |              | Vibrating-Structure-Gyro |               |
|                 |              | Ring-Laser-Gyro          |               |
|                 |              | Differential Odometers   |               |
|                 |              | MEMS-Gyro                |               |

る。このようにして、シミュレーションは現実的なセンサーの原データも生み出す機能を持っている。可能なノイズ効果の範囲には、ホワイトおよびカラー相関関数を持つ付加的な確率的ノイズ、ランダムウォーク、確率定数、スケールファクターのエラーおよび不整合などが含まれる。数年にわたってシミュレーションを継続的に改善した結果、NavLabのソフトウェアは現在、ナビゲーション・システムの性能を広い範囲で予想できるようになった。検証のためにテスト・トライアルが行われ、すでに得られたシミュレーションの結果が確認された。入手可能なセンサー・プールをTable 1に示した。ここでは現在利用できる、または計画中のセンサー技術が四つの種類に区分されている。このツール・チェストから、適切なセンサーの組み合わせを選び、個々の目的のために最適化することができる。

## 2) 最適のナビゲーション・フィルター

あらゆるハイブリッド・ナビゲーション・システムの中核はセンサー融合アルゴリズムで、それは結果として得られるナビゲーション・パラメータの品質に影響する。非線形システムおよびセンサー・モデルに基づく、反復的で拡張されたカルマン・フィルターの同一化をはじめ、フィルターの構造は正しい実施のために不可欠である。フィルター・プロセスはセンサー・アセンブリから独立し、全てのセンサー情報は平等にランクされる(Fig.9)。このアーキテクチャーは「数学的ナビゲーション・モニター」(MNM: Mathematical Navigation Monitor)<sup>13,14)</sup>と呼ばれている。このMNMはナビゲーション・アプリケーションの最適のフィルター構造である。MNMはアップデート・ステップを通じて全てのセンサー情報を入手するので、フィルター伝播の設計もそれに適合させる必要がある。これは予測相関コンセプトによって実現される。

最適センサー融合アルゴリズムとともに、確立さ

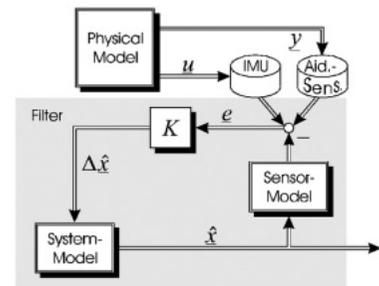


Fig. 9 MNM (数学的ナビゲーション・モニター)

れた開発環境によって、MNMはナビゲーション・システムの実現のために迅速なプロトタイプ・コンセプトを提供する。このコンセプトはナビゲーション・アレイの戦略によって高度化される。異なるセンサー構成が提案され、比較テストにおける成績に基づいて評価された。十分な位置の精度、信頼性、適用可能性は、センサーの組み合わせの選択次第で達成できる。さまざまな情報源を使用することで、単独の装置への依存を最低限に抑えることができる。これでセンサーの故障や不具合にも対応できる。ナビゲーション・アレイはアプリケーション需要に合わせたセンサーの組み合わせで構成される。

プロジェクト事例：GLORIA - 道路および鉄道アプリケーションにおけるGNSSおよびLoran C

欧州委員会( EC )は「情報社会技術( IST )プログラム」の下でGLORIAプロジェクトの資金を提供した。GLORIAのアプローチは地上Loran C位置確認システムと非天測位置推測法( DR )コンポーネントなどその他のシステムを統合することによって、GNSSサービスの市場普及率を著しく改善することができる。この組み合わせは位置確認の信頼性を改善し、新しいアプリケーションへの道を開き、また既存の道路および鉄道アプリケーションの設計変更による大幅な改善を可能にする。

衛星ナビゲーション・システムを唯一の手段とし

て使用することで、有意な市場シェアを獲得していないアプリケーションには、主要ハイウェイの道路料金設定、駐車料金の電子的支払い、公共交通の電子チケット発行、高度地上移動ガイダンスおよびコントロール・システム( A SMGCS: advanced Surface Movement Guidance and Control System )、公共交通の交通流制御、農山村地域の公共交通、危険製品の監視、自動列車制御( ATC: Automatic Train Control )のサポートなどがある。GLORIAはLoran Cとガリレオ地上ネットワークの統合を評価する進行中の研究活動にも貢献している。GLORIAプロジェクトは2002年末までに完了する予定である。

#### 4. 結論と展望

1998年以降のZIV活動は、この研究所の得意とする分野がZIVの幅広い機能、大学内の優れた専門知識へのアクセス、交通・輸送関係の多くの公共・民間パートナーとの協力関係に支えられていることを示している。このことによって交通・輸送問題の総合的な解決策が開発され、各種の輸送モード、アプリケーション分野間の知識の移転を促進している。

3年半の有益な成果は、すでにZIVの設立を支えた公共・民間の提携関係の有効さを物語っている。地域社会は交通計画および交通工学の分野で高い機能を持つ強力な研究機関から恩恵を得ており、ZIVは各種の交通モード、地域の各種機関の活動を統合するアクターとしての地位を確立している。大学も多くのメリットを得ている。大学の若い研究スタッフは豊富な研究テーマに恵まれ、アプリケーション指向のプロジェクトで働くことができる。学生も多くの研究プロジェクトで学ぶ多くの機会と、最新の研究成果を講義で得ることができる。

大学の各学部の教授たちは交通関連のテーマについて、意志疎通のプラットフォームを見出している。実際のエンジニアリングのコンサルティングも行われているが、ZIVは主要な活動として研究に高い優先度を置いている。

もちろん、いくつかの問題も残されている。一例を挙げると、ZIVの若い研究者たちは自分の博士論文を書く時間をひねり出すのに苦労している。彼らが資金を得ているプロジェクトは、科学研究には経済的に十分ではなく、あるいは科学的必要性がなく、またはチームワークを重点としていて、個人的な資格獲得には不向きな場合もあるからである。また別の問題としては、地域内の交通・輸送に関連す

る非営利的な活動(教育や会議の開催など)をサポートするには、ZIVのプロジェクト収入だけでは十分ではないことが挙げられる。もちろん、ZIVと関連性の深い大学研究所が異なる場所にあることも最適とは言いがたい。

現在、3年半の経験でZIVの発展が終わったと考えることはできない。ZIVのコンセプトの基本的アイデアをさらに発展させるための、多くのアイデアがある。短期的な目標は、ZIVの既存の活動分野を強化することである。中期的な目標は活動分野をさらに広げ、国際的な分野も視野に入れることである。将来は大学のために新しい資金調達ツールを導入し、ZIVと大学の交通輸送研究所を統合することができれば、有益だと思われる。同じビル内のオフィス内で仕事ができれば、両組織のスタッフを統合し、機能を強化し、相乗効果を高めることができるだろう(図書館やその他の支援サービスも)。

またダルムシュタット工科大学ではZIVに関連する改革が進められている。大学院生のための新しい学際的研究プログラム「交通・輸送理学修士」制度が土木測量、機械工学、経済学の3学部を導入されることになっている。この研究プログラムはZIVで利用できる能力を活用することができる。またZIVに研修生プログラムを設け、ZIVの株主、交通・輸送関係の他のパートナー、大学などの交通・輸送の専門家を訓練することも検討されている。

最後に、ダルムシュタット工科大学のZIVで実現された公共・民間の活動は、大学研究所の機能を強化する、優れた方法であり、現在の研究と教育を一つの制度にまとめて社会に有益な貢献を行う方式であることを、結論として強調したいと思う。

[謝辞]

ZIVのメンバーであるDr. Ing. Hans Joachim Hallborn, Dr. Ing. Wolfgang Kieslich, Dr. Ing. Jorg Pfister, Dipl. Ing. Susanne ScherzおよびDipl. Ing. Uli Vietorの諸氏に本論文に対する貢献を深謝する。

#### 参考文献

- 1) Boltze, Manfred: General Requirements on ITS Applications in Conurbation Areas. Symposium "State of the Art of Research, Development, and Application of Intelligent Transport Systems (ITS) in Urban Areas", JGCB (Japanese German Centre at Berlin, Berlin),

27. April 2001. Veröffentlichung des Fachgebiets Verkehrsplanung und Verkehrstechnik der Technischen Universität Darmstadt, Darmstadt 2001
- 2) Boltze, Manfred: Using Technologies in Traffic Management. German Japanese Workshop on "Sustainable Mobility and Urban Development", hosted by the German Federal Ministry of Education and Research, Dresden, 23. Oktober 2001
  - 3) Boltze, Manfred: EXPO 2000 Hannover A Challenge for Intelligent Transport Systems. In: Proceedings of the 4th World Congress on Intelligent Transport Systems, Berlin (Germany), 21. 24. Oktober 1997
  - 4) Boltze, Manfred: Transport Planning and ITS Implementations for EXPO 2000 in Hannover. Presentation given at Wonkwang University (South Korea), Nihon University (Tokyo), University of Tokyo, University of Kyoto, and at the 9th ITS Aichi Seminar in Nagoya in September 2000
  - 5) Andree, Rolf; Boltze, Manfred; Jentsch, Heiko: Entwicklung von Strategien für ein dynamisches Verkehrsmanagement (Development of Strategies for Dynamic Traffic Management.) In: Straßenverkehrstechnik 45, No. 12, Bonn (Germany) 2001, pp. 610 620
  - 6) Boltze, Manfred: Frankfurt am Main toshiken ni okeru sougou koutsuu kanri to ITS no tekiyou (Comprehensive Transport Management and ITS Applications in the Frankfurt Rhein/Main Urban Area.) In: Unyu Seisaku Kenkyuu. Transport Policy Studies Review, No. 010, Vol. 3, No. 3, 2000 Autumn, pp. 88 92
  - 7) Boltze, Manfred; Ohler, Robert: WAYflow Mobility in the Rhein Main Region. In: Proceedings of the 6th World Congress on Intelligent Transport Systems, Toronto (Canada), 8. 12. November, 1999
  - 8) TSS Transport Simulation Systems: Aimsun Version 4.0 Users Manual. Barcelona, Nov. 2000; <http://www.tssbcn.com>
  - 9) Boltze, Manfred; Dinter, Michael; Schottler, Ulrich: The Project FRUIT A Goal Oriented Approach to Traffic Management in Frankfurt am Main and the Rhein Main Region. In: Traffic Engineering + Control 35, Heft 7/8, London 1994, S. 437 444
  - 10) Boltze, Manfred; Dinter, Michael: Perspectives of Traffic Management in the Region Rhein Main. Report to the European Commission within the Research Project RHAPIT (Rhein Main Area Project for Integrated Traffic Management), Frankfurt am Main, 1994
  - 11) rmconsultants: Planungs und Simulationssystem RailSys. Hannover, 2001; <http://www.rmcon.de>
  - 12) Beyer, Jürgen: Nichtlineare Schätzung inertialer Navigationsgrößen durch die fehlertolerante Verarbeitung zusätzlicher Stützinformation. (Non linear Estimation of Inertial Navigation Parameters Through a Fault Tolerant Filtering with Additional Information from Aiding Sensors). Ph. D. thesis at Darmstadt University of Technology, 1993
  - 13) Beyer, Jürgen; von der Hardt, H. J.; Pfister, Jörg: Electronic Taxiway Navigation Array ETNA. In: Proceedings of the 2nd European Symposium: Global Navigation Satellite Systems; Toulouse, France; October 1998
  - 14) Pfister, Jörg: Sicherheitsrelevante Navigation für ein neues Rollführungssystem am Flughafen Frankfurt/Main. (Safety Relevant Navigation for an Advanced Surface Movement Guidance and Control System at Frankfurt International Airport). Ph. D. thesis at Darmstadt University of Technology, 1999