特集　バスと新交通システム

安全性から見た新交通システム

長谷川　利治

人間社会の発展とともに，社会を構成している人々のモビリティの向上に対する欲求は増大しつづけてきた．その結果，地球が小さくなったという実感を，多くの人々が持てるようになった．一方，より自由なモビリティへの欲求は，自動車交通への過度の依存という事態をひきおこした．このような過大な自動車交通がひきおこした種々の現象に対処するものの1つとして，種々の新交通システムが提案され，開発され，またある種のものは実用化されるにいたっている．このような新交通システムについて議論するとき，多くの立場が考えられるが[1]，ここでは，安全性，信頼性，稼動性などを中心として述べることにする．

新交通システムに対する定義としては，多くのものが提案されているが，ここでは，従来にはない新しい車両などのハードウェアを採用している交通システムのみならず，在来形のハードウェアを使用するが，運行などソフトウェアが新しいシステムも，新交通システムと定義する．このような新交通システムについて，安全性，RAS (Reliability, Availability, Serviceability) を中心にして，また自動運転について考え，新交通システムのとるべき形式について提案する．

1.　新交通システムの安全性に対する考え方

安全性に対する考え方は，立場によって非常に異なったものになる．公的に定められたある安全基準を満たせば安全であるとする考え方がある．まったく新しいシステムに対して安全基準を設定することは，清水の舞台から飛びおりるほうがましだと言えるほどである．

だれもこのような安全基準に責任を持つことはできない．安全基準は，安全を保証するものではない．われわれは，「安全を保証することはできない」という前提に立てなくてはならないものと考える．したがって，システムはかならず故障するという前提に立ち，事前に，考え得るすべての故障を想定し，それの対策を十分立てておかなければならない．もちろん，まったく完全な対策を立てることはできないし，もしできたとしても，考え得たすべての故障が生起し得るすべての故障と一致することはない．したがって，故障はおこらないものとしてシステム計画・設計を行なわなくてはならない．

わが国においても，多くの新交通システムが提案され，大阪府能勢町におけるデマンドバスをはじめとし，いくつかのものは実現されている．新しいハードウェアを持つものも，沖縄における海洋博において，2つのシステムが多くの入場者を運んだ．デマンドバスは運行方法が新しいシステムであり，安全性，信頼性，稼動性などについてはあまり問題はなく，実績が示すようにServiceabilityは明らかに向上している．ところが，新しいハードウェアを持つシステムにおいては，そんなに問題は簡単ではない．これらの新交通システムの，ある意味でのセールスポイントである無人

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

運転について考えてみる．

新交通システムを提案する理由の1つとして省力化があり，無人運転が提案されている．無人運転によって省力化ができる，という考え方は非現実的であるが[2]，安全性の観点からも非現実的であろう．すなわち，現在，運転者あるいは車掌の役割をすべて機械化することはできない．もっとも機械化が困難であると思われる役割の1つは，故障時における乗客に対する案内・誘導である．モニターテレビ，インターフォンなどによって案内・誘導ができると思うことは楽観的すぎる．

現在でも，直接話しかけられないかぎり，自分に何かが伝えられていることがわからない多くの人々が存在する．提案されている新交通システムが重要なものであればあるほど，故障時にこのような利用者がいる可能性が大きい．このような利用者でなく，なれた人々でも，パニック時に対処できるのはよく訓練された乗務員だけであろう．

故障時の対策に関連して，車両のガイドウェイの構造がある．現在提案されている新交通システムに採用されているガイドウェイは，万一の場合ガイドウェイを乗客が歩くことができる構造になっているか否かで大別することができる．このことは，在来型の交通機関においても，いまだに種々議論がある点ではあるが，最後の手段として，ガイドウェイを歩いて避難できることは，きわめて重要なことである．ガイドウェイを歩くことができないシステムにおいては，キャットウォークをガイドウェイに並列に設置し，車両から安全にキャットウォークへ，路線のどの位置で停止しても，移動できるようにしておかなくてはならない．これは在来システムにおいても当然で，跨座式あるいは懸垂式モノレールにおいても同様で，任意の地点で安全に車外に脱出できないようなシステムは採用してはならない．

故障車両の救援活動は，可能なかぎり迅速に行なわなければならないが，このためにも，ガイドウェイの構造を十分考えておかなければならないし，また省人化に対する制限をしておかなければならない．

交通システムの提案に際して，完全な安全の確保を考えるなら，どのような交通システムをも提案できなくなる．安全であるという保証をすることはできないのであるから，どの程度までの安全を考えれば，そのシステムがどのような便益を利用者，社会に対して与えることができるのかを，できるかぎり明確にすることが必要である．危険のないシステムはあり得ず，いかに注意しようとかならず事故はおこるものと考えなければならない．このことは，提案するシステムが，利用者や社会に与えうる便益，あるいは損失がどのようなもので，どの程度のものであるかを事前に可能なかぎり評価しておかなければならない．

2. 新交通システムにおける車両運転の無人化

安全性とR（信頼性）はかならずしも一致しない．危険でない故障の生起はあまり安全性を低下させないが，Rは低下する．また，安全性の向上をねらったことが，あるときはA(稼動性)またはS(サービス性)を低下させることになる．交通システムに対する要求は，高い安全性，R，Sを持ち，しかもAも高いことである．社会・経済的に損失以上の便益を与えないようなシステムは存在価値がない．このことは，安全性，RASが独立なものではなく，相互に密接にかつ複雑に依存していることを示している．故障がおこればとにかく車両を停止してしまえばよいといういわゆるフェイルセイフの考え方は，システム利用者が人間であるため，かならずしもフェイルセイフではない．事故の種類によって対策も異なるのが当然であることは，北陸トンネル内の事故からも判断できる．100年をこえる実績を持つ鉄道においてさえ，この種の問題はきわめて解決しにくいものである．航空機においては比較的容認されること，たとえば「遅れ」は鉄道においては，たとえ安全

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

のためであっても，なかなか利用者が認めないということもある．新交通システムに対して，いわゆる定時性を人々が要求しないとは考えられない．したがって，車両をとめさえすればよいということにはならない．もし，故障の際，かならず停止させるとすれば，無人化はますます困難となる．乗客に対する対応を無人化することは，この場合きわめて困難である．

新交通システムの安全性を考えるとき，車両等に関しては，自動車，鉄道などの技術が応用され，基本的な部分にはかなり完成した技術が採用されていることから，比較的安心できるものになると思われる．したがって，もっとも重要なのは，乗客の安全に対する対策であると思われる．

RASに関しても同様なことが言える．すなわち，ハードウェアについては，従来すでに開発され実績のあるものが中心となっており，やはり乗客への対策が中心となり，無人化するのか否かによって問題が大きく変わる．

以上のように，無人化を行なうか否かが，新交通システムのもっとも重要な点となる．乗客対策のみならず，障害物の発見など，無人化がきわめて困難な問題がある．機械化により，ある程度の安全性，RASの向上は見られるが，あくまでも人間の補助としてであり，無人化にふみきることは，かなり遠い将来までを考えても，可能ではない．

以上のような考え方に対する反論として，わが国をはじめ全世界の都市において，無人化されたエレベーターが，きわめて多数運転されており，それらの利用者は，無人運転にほとんど不安を感ずることなしに利用しているのに，なぜ，水平に動くエレベーターとも言うべき新交通システムにおける車両の無人運転に反対するのか，というものがある．これに対しては，エレベーターと新交通システムとして提案されているものとを同様に考えることができるかを検討すればよい．これらの本質的な相異点をつぎにあげる．

(i) エレベーター・シャフトとガイドウェイ

○エレベーター・シャフトのほうが，他からの隔離性がよく，安全の確保がはるかに容易である．

○エレベーターにおいては，各階に出入口があるのが基本的であり，安全への避難口あるいは救助口が手近にある．

(ii) エレベーターと車両

○エレベーターは受動的であり，エレベーター自体の構造，動作は簡単である．一方，新交通システムの車両は，動力を持ち，したがってかなり複雑な制御系，通信系を持っている．このことは，故障時に乗客が手助けできるという期待を否定するものである．

○走行運動はエレベーターの場合短い直線運動のみであるのに対して，新交通システムの車両は多様な運転を，しかも長距離しなければならない．

これら以外にも有意義な相違が数多く存在し，システムの制御，操作など，安全性，RASにかかわる諸点に大きな差を生じている．以上は，利用者が無人運転に対してどのように反応するか，という観点からではなく，システムの計画・設計・建設・運用および管理にあたって考慮すべき点から示したものである．一方，利用者に対するサービスとしては，エレベーターの場合も，ほとんどの点で有人のほうがよい．ではなぜ，エレベーターの場合は無人でもよいとされているか，と言えば，前述のように，ある程度の安全性が確保され，経済を考えると無人化の意味が出てくるからである．

新交通システムにおける車両運転の自動化は，安全性，RASの観点のみならず，経済的になり立ち得るか，という観点からも疑問がある．理由の1つとして，無人運転によってシステム全体の運用において省力化ができないと考えざるを得ない諸問題が存在することである[1]．また，かなり省力化ができたと仮定しても，要求される労働はきわめて高度なものとなり，経済的には省力化し

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

たことにならず，しかも安全性，RASなどは低下することになる．

新交通システムにおける無人運転は，すでに述べたように，技術的にはある程度のことが可能であり，一見実現できるように思われるが，技術以外の要素を考えるとき，かなり遠い将来までを考えても，むしろ実現してはならないことのように結論できる．

3. 新交通システムの運転形式

すでに述べたように，無人運転を採用すべきでないとすれば，どのような新交通システムを採用すべきであろうか．基本的には，各車両に乗務員を配置すべきである．この乗務員の仕事は，緊急時以外はたいした用務がないようにしてはならない．もちろん，現在の道路上をバスを運転するような緊張が連続しないようにしなければならないが，少なくとも，運転しているという充実感を乗務員が持てる程度でなければならないと思われる．したがって，在来の交通システムと比較して，楽に運転できること，専用ガイドウェイの採用，機械系による運転のさらに完全なバックアップ，より高密度の運転を安全に行なえる閉塞法，制御法の採用，などによるシステムの開発を期待すべきである．

このことは，運転について述べたものであるが，需要によっても運行方法ははかなり変わってくる．そのために各種の新交通システムが，交通需要の状況によって開発されてきたわけである[2]．多くの人々がPRT(Personal Rapid Transit)型の個別交通システムが，広い需要範囲に対応できるとの希望を持ったが，きわめて多数の車両と実時間で複雑なガイドウェイ網上で制御することの非現実性はまったく明白である[3]．

イギリスにおけるCAB TRACK計画の放棄に見られるように，完全に自動化され無人運転される個別輸送システムによって，たとえばタクシーの代替をさせようとすることに無理があることは自明である．ネットワークを密にすれば高密度で車両を運転できず，高密度にするためには，非常に簡単なネットワークにしなければならない．あらゆる需要形態はもちろん，広い範囲の需要量に能率よく対処できる交通システムは新交通システムにおいてもないと言える．

新交通システムを採用するとき，以上に述べたように需要交通量によって異なったものとなる．最少交通需要量の場合は，本号に発表されているデマンドバスが有効であることが，阪急バスの能勢町，間谷団地などの例によって示されている．

自動車による個別交通をデマンドバス交通に転換させたとは言えないが，いわゆるトランスポーテーション・プアといえる人々にとっては，モビリティを向上させる手段として有効に働いている．

一般に，バス交通は，鉄道交通からタクシー交通の一部までに対処できるような広い適合性がある[2]．道路状況などによって，バス運行の定時性の低下など利用者の減少を見ているが，その運行管理の近代化によって，デマンドバスの例に見られるように[4]，新しい車両を持った新交通システムに対抗できる能力を持つことができると信じられる．

4. バス交通の近代化

新しいハードウェアを持つ新交通システムの提案の多くが，無人運転による省力化とサービスの向上を目標としているが，この目標が達成されることは，かなり遠い将来を考えても可能性が低く，無人運転をめざすことの反省が見られるようになってきた．しかし，現在の交通状況をなんとか打破しなければならないことは，いまだに明白なことである．

このような状況下にあっては，われわれはバス交通の再評価を行なわなければならない．新しいハードウェアを持つ新交通システムの開発は，一見きわめて魅力的であるため，かなり人々に知られているが，より多くの人々がバスを含む在来型

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

の交通システムの近代化をめざし，努力がつづけられている．その1つとして，バスレーンなどではなく，バス専用のガイドウェイを持つシステムであるBUSWAYがある[2]．安全性，RAS，経済性などを考えたとき，もっとも有望な新交通システムであると思われる．

一般道路を使用するバス交通システムの近代化としては，タクシー的な性格を持つBUSTAXIシステムが提案されており[5]，ロンドンにおいては，バス監視および制御システムが一部で実現している[6]．前に言及したデマンドバスシステムも在来型のバスを使用し，かつ一般道路を使用しながら，運行を近代化しているものの1つである．

わが国の場合は，建設省が中心となり開発をしているものにデュアルバスシステムがある．これも将来性があるものの1つであるが，ガイドウェイ上を走行する際に無人運転を考えている点で，前に述べたような問題が生ずる．

かなり遠い将来も考慮に入れて，新交通システムを考えるとき，以上に述べてきたように，バス交通の近代化を中心に考えるべきものと思われる．すなわち，在来型の地下鉄，鉄道などによって大量・高速かつ中・遠距離輸送を行ない，個別輸送は自動車交通で，その間をバス輸送で行なうことが，もっとも現実的である．このために，バス専用のガイドウェイを持ち，一般道路も走行することができ，かつシステム中のすべてのバスの位置，走行状況などが監視でき，中央制御できるようなシステムの開発が望まれる．

むすび

人々のモビリティを向上させる問題に対処するため，種々の新交通システムが提案・開発され，一部では実施されてきたが，小文では，安全性，RASなどの観点から，新しいハードウェアを開発する場合は，フランスのARAMISのようにかなり遠い将来に目標をあわせたものにすべきであって，現在なすべきことは在来型の交通システムの管理・運行システムなどの合理化，近代化によってのみ問題に対処できるという考え方を示した．

現在，わが国においても，新しいハードウェアを持った種々の新交通システムが提案されているが，在来のバス交通を再検討し，再評価することにより，十分需要にこたえられることは明らかである．大阪市バスのような，幹線バスと支線バスの分割も1つの有効な手段であり，バス優先車線，バス優先信号現示などからさらに進めて，バス運行の効率化をはかることが，もっとも現実的であり，社会をトータルシステムとしてとらえたとき，より進歩したものと言えるであろう．

交通システムの研究に，また本文の準備に際しご指導，ご援助をくださっている京都大学の佐佐木綱，大野豊両教授に深い感謝の意を表す．

参考文献

1) 長谷川「新交通システムに対する考え方」運輸経済センター18，昭50—1．9p.
2) たとえば，D. MacKinnon; "United States Department of Transportation: personal rapid transit system development" Traffic Control and Transportation Systems, AFCET, ed., North-Holland/American Elsevier, 1974.
3) 長谷川「交通におけるネットワーク問題」電子通信学会誌58巻4号，昭50—4，357p.
4) K. K. Rebibo; "A computer controlled dial-a-ride system," Traffic Control and Transportation Systems, AFCET, ed., North-Holland/American Elsevier, 1974.
5) M. W. K. A. Breur, et al.; "The Bustaxi, a study of different algorithms for allotting passenger to vehicles," ibid.
6) M. H. Wheat, et al.; "Bus monitoring and control experiment and the assessment of its effects on bus operation." ibid.

はせがわ・としはる　1934年生　京都大学　工学部　数理工学教室
1959年　大阪大学　工学部　通信工学科卒
専攻　論理システム，情報伝送および処理

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．