

○佐藤吉彦 (早大商学)

1. はじめに

日本において超高速を実現する浮上式鉄道の開発は、超電導によるものとして進められ、山梨実験線の成果に基づいて、平成 12 年 3 月運輸省に設けられた超電導磁気浮上式鉄道実用技術評価委員会により「長期耐久性、経済性の一部に引続き検討する課題はあるものの、超高速大量輸送システムとして実用化に向けた実用上のめどは立ったものと考えられる。」とされ<sup>1)</sup>、引続き平成 12 年から 5 年間を目処に試験が続けられている。

この浮上式鉄道に関する鉄道技術研究所 (以下「鉄道技研」と略称する) における系統的な研究は、昭和 44 年 (1969) U (超高速) 研究会を設けたときに始まる<sup>2)</sup>。筆者は、この研究会において事務局を勤め、以後昭和 62 年 (1987) JR に移行するまでの間、ガイドウェイの開発のほかシステム評価の業務に従事してきた。以下にこの間の経緯とナレッジ生産の状況を報告する。

この浮上式鉄道の研究は、当初は「超高速鉄道」に関する研究としてより広範な対象を取り上げてスタートした。この際の定義は次の通りであった。

「超高速鉄道とは、おおよそ 300km/h 以上の速度を実現する新形式のガイドされた高速陸上輸送機関である。」

2. 形式選択と完成時期の予測

このような超高速鉄道に関しては、昭和 39 年 10 月 1 日の東海道新幹線の実現に触発されたアメリカが 1965 年に制定した「高速陸上輸送機関開発法」の成果も含め、当時多くの提案がなされていた。これらの構成要素をレベル 2 まで系統的に示したのが図 1 である。

これらをシステム開発の際の価値を表す 5 要素—性能、費用、時間、信頼性及び柔軟性—の面から検討して具体的な数字を与えてみると、鉄道という枠の中では大部分は自ずと範囲が定まってしまう、性能の中の「速度」と「時間に関連した実現時期」だけが大きくクローズアップされてくる。そこで、図 1 のサブシステムの中で速度に関係する項目を検討すると、支持および駆動のサブシステムの影響が圧倒的に大きい。そこで、この支持および駆動のために当時提案されている方式を検討し、日本の超高速鉄道として実現を検討すべき常識的予測結果を示し

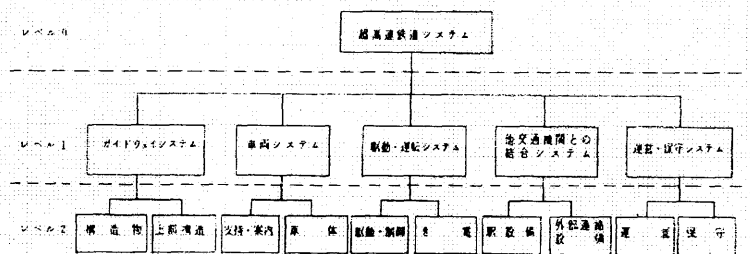


図 1 超高速鉄道システムの構成

たのが表 1 である。

これらの中で実現の可能性大と考えられた方式に関して、所内の超高速鉄道に深い認識を持つ中堅研究者 6 名を選びデルファイ法のルールに従い、実現の予測を行った結果を 0.35 の場合について示したのが図 2 である。この結果を現時点で見ると、粘着の改良を含め、粘着方式が 300~350km/h の範囲で実現し、車輪地上 1 次リニアモータが遙かに低速ではあるが地下鉄で実現し、磁気浮上方式が、ドイツのトランスラピッドとして 400km/h で上海に建設中であり、日本では超電導磁気浮上方式として実物大で試験が進んでいる。

磁気浮上に関しては、数ある方式の中で 500km/h を超える速度を実現するためには、超電導方式がもっとも有力であることが示されていたが、この方式の開発には、当時明らかにされているだけでも多くの大規模な開発要素が含まれていた。

### 3. 開発の進行、資金、難易度

以上は、在来の車輪方式の鉄道と磁気浮上方式が並列して検討された時期であるが、昭和 49 年度以降は浮上式を主体に進行することとなった。

このようなシステムの開発は、研究・試作・原型・営業用と目標とする段階に応じて規模が異なり、またその許容経費も大幅に異なってくる。このシステムの開発において重要なことは、各進行の段階において暗黙知・形式知各種形態のナレッジの蓄積が行われ、これが絶えず参照されつつ進行することである。一方、これを支える費用に関しては、H. Chestnut が示している比率<sup>3)</sup>を、東海道で当時許容建設費とみなされた 2 兆 2000 億円に対して割り振ったのが表 2 である。

これによれば、原型を形成する総合実験線を主体とした第 2 規模の場合の総額は 100~4000 億円で、総額を 2000 億円とすれば研究 200 億円 (10%)、試作 600 億円 (30%)、原型 1200 億円 (60%) となる。営業線を実現する完全規模の場合には、当時想定されていた東海道の許容投資額 2 兆 2000 億円を考えると、研究

表 1 超高速鉄道としての実現性

方式	実現性					
	在来粘着	改良粘着	車輪地上 1次リニア	車輪地上 1次リニア	磁気浮上 ドイツ	超電導 磁気浮上
在来車輪		◎	○	○		
車輪地上 1次リニア	○	○	◎	◎	○	○
磁気浮上	×	×	○	◎	○	○
超電導 磁気浮上	×	×	○	◎	◎	
新方式						○

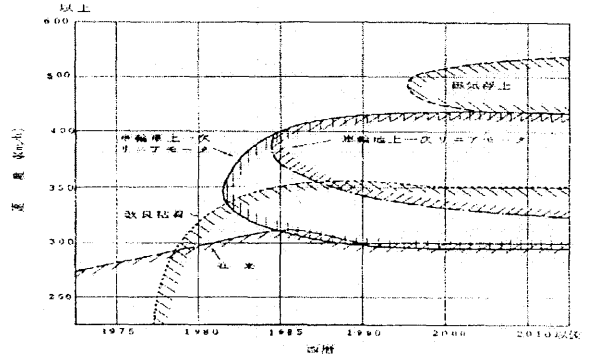


図 2 各方式超高速鉄道の実現範囲

表 2 研究開発費の割り振り

	第 1 規模	第 2 規模	完全規模
総 額	2.2 ~ 22 (2.2)*	110 ~ 4,400 (2,200)*	22,000
研 究	6.6	220	660
試 作	15.4	660	1,340
原 型		1,320	6,600
営 業 用			13,200

\* 形振りを変えた場合の合計金額

660 億円（3%）、試作 1540 億円（7%）、原型 6600 億円（30%）、営業用 1 兆 3200 億円（60%）となる。これらを、浮上式鉄道の現在までの支出、宮崎実験線の約 500 億円、山梨実験線の約 2500 億円と比較すると興味深い。なお、当時の許容建設費 2 兆 2000 億円は、現在の実質価格では 5 兆 9000 億円に相当する。

東海道新幹線の場合は、建設費 3800 億円の中でモデル線の費用 365 億円（9.6%）、研究試作費 60 億円（1.6%）で、Chestnut の完全規模の研究開発費に比べ  $11.2/40=1/3.57$  であった。このことは、浮上式鉄道の場合東海道新幹線に較べて、開発要素の数とその難易度を掛け合わせた開発規模の推定が  $78/356=1/4.56$  と推定されていたことを考えると納得のいくものである。

#### 4. 中間評価<sup>4)</sup>

宮崎実験線が試験を開始して 6 年を経、昭和 54 年に 517km/h の最高速度を達成し、U 型ガイドウェイへの改築が終了し新たな実験が始まった昭和 56 年度に筆者を班長とする 17 名（開発関係者 12、無関係者 5 名）で以後の開発の方向に関して中間評価を行った。

この評価は 3 段階で行われ、第 1 段階では内外の技術開発状況を把握し、詳細検討の設定を行い、第 2 段階では構成要素の相互関連性と構成要素別技術開発ステージの検討（2240 組合せ）およびシステムの調査分析を行い、第 3 段階ではそれらのまとめとして以後の研究開発事項を整理し、システムを技術的に展望した。

この当時の状況は、「すでに西ドイツの常電導方式が 30km 実験線を建設中であり、日本の超伝導方式が基本メカニズムの技術的可能性を実証した段階で、営業システムを構成する上で技術的検討を要する事項が多く残されている。その不確定要素は、速度・走行安定性といった物理的要求の達成よりも、経営的・社会的に見た実用レベルへの到達可能性により多い」といったものであった。

第 2 段階の解析の結果は、(1) 多くの装置要素に強く関係する機能と制約条件（建設コスト、推進機能、制動機能、運営コスト）の検討を早めに行う。(2) システム性能、他装置に関連大の装置要素（超伝導コイル、推進案内コイル、車両質量）は性能仕様を他に先駆けて設定する。(3) トンネル形状、曲線勾配は機能・装置に関連が深く最適化が重要である。(4) 各サブシステムは強い連携の下に進められる必要がある、というものであった。さらに、走行エネルギー、超電導磁石と極低温冷凍技術の現状、輸送需要の速度関連性も追求した。

第 3 段階では、その実現のキーポイント技術として浮上式鉄道固有の技術（超電導技術、電磁力、電力変換）と、高速走行に起因する問題（走行エネルギー、空力現象等、走行安定性）があることを確認した。この時期のシステムの開発段階は、基本メカニズムの試験を中心とした宮崎実験線は試作システムから原型システムに至るパーツ実験線で、原型システム（総合実験線つまり現在の山梨実験線）に移行できる直前の段階にあるとされた。この原型システムは営業システムの 80~90% の性能が実現されることが期待されているものである。

最後に、この浮上式鉄道は次の理由でさらに開発を続けるべきものとされた。

(1) 在来鉄道と航空機の速度の中間にあって経済的に大量輸送システムを実現できる可能性がある。

- (2) 大都市周辺で、少ない用地でニーズに応じた交通体系を無理なく実現できる。
- (3) 日本における超電導技術の確立は、計り知れない波及効果をもたらす。

### 5. ナレッジの生産

研究開発は、ナレッジの生産を行うもので、このナレッジは共同化、表出化、連結化そして内面化の過程を経て、暗黙知から形式知に形式知から暗黙知となつて行動に移される<sup>5)</sup>。この生産されたナレッジは、暗黙知としては測定不能であるが、仕様書、特許、報告書の形で形式知化され測定可能となる。ここでは、報告書について整理する。鉄道技研においては「超高速（後に浮上式）鉄道に関する研究」の論文数を、鉄道総合技術研究所（以下「鉄道総研」と略称する）においては鉄道総研報告の論文数をイベントとともに図3に示した。

これによれば、新線の建設、最高速度到達が高揚期をもたらすように見える。

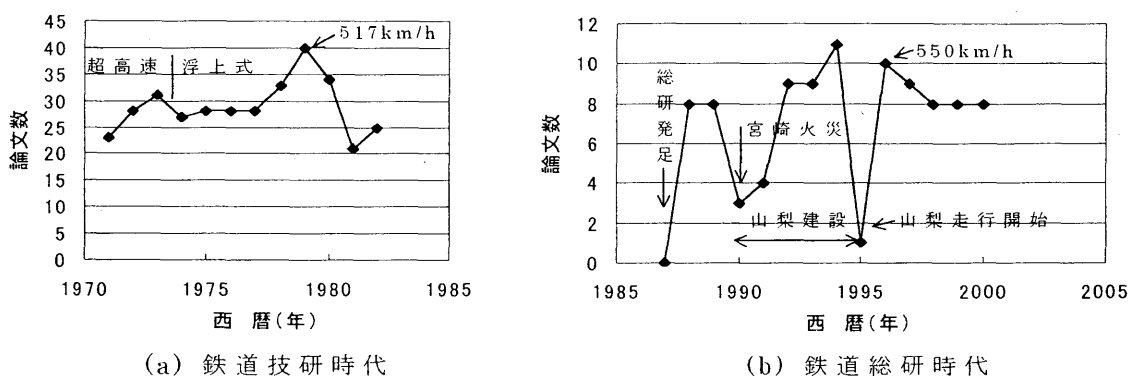


図4 論文数の推移

### 5. むすび

以上は、浮上式鉄道システム開発の経緯とそれに伴う、ナレッジ生産の状況に関して追跡し、その特性を明らかにしたものである。

浮上式鉄道は現在原型システムの開発を終了し、サイエンスからエンジニアリングに入った段階にあり、これからさらに営業システムのためのさらに多くの開発が必要な段階にあるものと考えられる。

#### 参考文献

- 1) 超電導磁気浮上式鉄道実用技術評価委員会：“超電導磁気浮上式鉄道実用技術評価（概要）” 2000.3.9。
- 2) U（超高速）研究会：“超高速鉄道に関する研究の現状と今後の研究計画” 鉄道技術研究報告 1146（1971）。
- 3) Chestnut, K.H.：“Systemes Engineering Methods” John Wiley & Sons（1967）。（翻訳、H.チェスナット：“システム工学の方法”（糸川英夫簡約）、日本経営出版会（1969））
- 4) 佐藤吉彦、長谷川豊：“浮上式鉄道における期-ポイント技術の展望” 鉄道技術研究資料 40-1（1983）。
- 5) 紺野登、野中郁次郎：“知力経営” 日本経済新聞社（1995）。
- 6) 佐藤吉彦：“組織の革新的活動のためのナレッジマネジメント” 早稲田大学商学研究科紀要 53（2001）。