＝ 技 術 ノ ー ト ＝ TECHNICAL NOTE

リニア・モータ・カーと航空機の輸送効率の比較^{*1} Comparison of Transport Efficiency between Linear-Motor-Car and Airplanes

安 東 茂 典^{*2}
Shigenori ANDO

Key Words: Transport Efficiency, Linear-Motor-Car, Airplane

Abstract

Recently, expectation to linear-motor-cars grows up considerably in several countries. However its energy efficiency has scarcely been discussed, until two recent papers appeared in Asahi-shinbun. This paper improves the logic of comparison. According to the present author's opinion, the transportation-efficiency of the linear-motor-cars considered now to be used between Tokyo and Osaka is very close to that of airplanes.

1. 序 論

近頃、リニア新幹線の建設が、数カ国で熱心に研究されつつある。ごく最近に到り、一鉄道専門家が「リニアはエネルギーを消費するから再考せよ」という提案を行い¹⁾、それに対して別の鉄道専門家が「それは誤解だ」と反論した²⁾。

各種の乗り物の輸送効率に多大の関心をもっていた私にとり、鉄道専門家が批判データの一部を提供してくれたことは、願ってもない好機到来である。すぐさまリニアで代表される近代鉄道と、在来型航空機の輸送効率を比較することにした。

文献1, 2では、経済効率の尺度に、“乗客1人当りのキロワット数”というきわめて簡単なものが選ばれた。これは一般大衆新聞としては納得できる。そればかりか、「運賃」つまり切符代よりもはるかにましだろう——たとえば新幹線が在来線の赤字を大幅にカバーしているように、運賃とか切符代は、しばしば政策的に決定されるからである。

だからといって、「キロワット/人」が適当な輸送効率指標である、というわけではない。パワーとは、単位時間になす仕事であるから、

$$(\text{速度}) \times (\text{輸送されるものの重さ}) = VW \quad (1)$$

に関係している。したがって

$$VW/(\text{エンジンパワー}) \quad (2)$$

という指標が正しい。旅客輸送用なら W を乗客人数でおきかえてもよい。よって

$$V \div (\text{パワー/人}) \quad (3)$$

としてもよい。あるいは、文献1, 2で用いられた指標を速度で割るべきである。

(註1) 私は鉄道以外のものでは、 W として有用荷重、つまり
(ペイロード)+(燃料重量)

を用いるべきだと、主張する。しかし、鉄道をも含めて比較するには、 W として

ペイロード(あるいは乗客数)

のみを用いざるをえない。

(註2) 本論は終始、走行時エネルギー問題だけに限定される。つまり施設建造費、ビークル購入・整備費、その他のコスト項目は考えない。

2. 比較に選ばれた航空機

第1, 2表を参照されたい。まず固定翼飛行機として、YS-11, ショート 330, ホーカーシドレー 748 の3機種を選んだ—エンジンが推力表示型ではなくして馬力表示型であることと、速度が近代鉄道のそれに近いからである。

第2表には、VTOL 可能の航空機を選んだ。滑走路不要の代償として、輸送効率がどれだけ下るかを示すためである。最近話題のハイブリッド LTA を加えてある。

3. パワー P , 速度 V のレベルの選択方針

3.1 パワーレベル これは、川端¹⁾、尾関²⁾ 両氏の論争のキーポイントに関連している。尾関の川端に対する反論のキーポイントは、

宮崎の実験線はコースが短いから、500 km/h の速度に達するのに大きい加速度が必要である。そ

^{*1} 平成元年9月14日原稿受理

^{*2} 名古屋大学工学部航空学教室

第1表 近代鉄道とプロペラ飛行機の輸送効率比較

ビークル ①		パワー	速度 (km/h)		ペイロード		輸送効率	出典	
		最大 ②	最大巡航③	巡航 ④	乗客数⑤	ton ⑥	⑤×③/②		
YS-11 -100		2,660 ehp×2 5,320 ehp	258 kt (3,050 m) 477.8	253 kt (6,100 m) 468.6	60～64	5,635	5.75	平均 約 5.0	文献 4)
ショート 330		1,174 ehp×2 2,348 ehp	367 (3,050 m)	296 (3,050 m)	30	2,694	4.69		
ホーカースドレー 748		2,280 ehp×2 4,560 ehp	242 kt 459		40～58	5,350	5.84		
新幹線		9 kw/人 12.24 hp/人	220				17.973 (5×3.59*)		文献 1,2)
フランスの TGV		17 kw/人 23.12 hp/人	270				11.678 (5×2.34*)		文献 2)
日本の リニア・ モーター・ カー	宮崎の実験線	8,000 kW (182 kW/人=247 hp/人)	504 517 420		44				文献 1) 文献 2) 文献 3)
	これから実験 入るもの	15,000 kW 375 kW/人=510 hp/人	500		40				文献 1)
	東京・大阪間 システム設計	60 kW/人= <u>81.6</u> hp/人 90 kW/人=122.4 hp/人	<u>500</u>				6.127 (=5×1.23*)		文献 2)

* 飛行機の値のおおよその倍数を示す。

第2表 ヘリコプタ、ティルトロータ、LTA の輸送効率

ビークル ①	パワー	速度 (km/h)		ペイロード		輸送効率	出典	
	最大 ②	最大巡航③	巡航 ④	乗客数⑤	ton ⑥	⑤×③/②		
川崎/MBB BK 117	650 shp×2 Ⅱ <u>1,300</u>	275	250	8		1.692	平均 約 1.7	文献 4)
バートル コマーシャル チヌーク	4,075 shp×2 Ⅱ <u>8,150</u>	<u>278</u>	269	<u>47</u>		1.603		文献 5)
ベル XV-15 テルトローター	1,760 shp×2 Ⅱ <u>3,520</u>	338 kt Ⅱ <u>626</u>	313 kt	15 兵員 (<u>12 座席</u>)		2.13		
C II $\gamma_s=0$ ヘリシップ =0.5 =0.7	} 4,000 shp	<u>278</u>	<u>194.5</u>	<u>45</u>		<u>3.12</u> (2.19)		文献 7)
		<u>189</u>	<u>131.8</u>	<u>90</u>		<u>4.25</u> (2.965)		
		<u>167</u>	<u>116</u>	<u>150</u>		<u>6.25</u> (4.36)		
C III $\gamma_s=0.8$	881×4= <u>3,525</u>	<u>192</u>	<u>120</u>	<u>83</u>		<u>4.52</u> (2.83)		文献 8)
スカイシップ 500	204×2= <u>408</u>	<u>93</u>	65	<u>7</u>		1.596		文献 6)
600	255×2= <u>510</u>	<u>93</u>	56	<u>12</u>		2.188		

のために、“搭載パワー”(kW/人)が大きくなっている。東京・大阪間という長距離で用いれば、加速度が小さくてよいから、“搭載パワー”が下がる。

ということだと思う。これはちょうど、

宮崎実験線リニア $\longleftrightarrow$ STOL 航空機

東京・大阪リニア $\longleftrightarrow$ CTOL 航空機

に対比しうる。よってリニアの代表としては、東京・大阪リニアを選ぶことにした。

ただし、それだからといって、「エンジンやモーターというものは最大能力が表示されるものである」ということを忘れるべきではない。たとえばYS-11の

場合に、2,660 hp $\times$ 2は離陸というごく短時間に用いられるだけであり、最大巡航速度で用いるものよりはるかに大きい。全ての乗り物はスタート加速のとき最大パワーを要し、搭載原動機のパワー表示はこのときに必要なものである、という点で共通している。したがって、パワーレベルとしては一貫して“搭載パワー”を用いることにした。

3.2 速度レベル 鉄道の場合は、たぶん最大速度に近い速度が日常運航に用いられるであろう。航空機の場合には、日常運航で用いられるのは、せいぜい最大巡航速度である。よってこれが表示されているときはこれを用いることにした。VTOL 航空機では最大

第1図 輸送効率 vs. 速度；航空と近代鉄道の比較

巡航は表示されてなく、最大速度が表示されている。やや整合性を欠くが、後者を用いることにした。要するに、輸送効率計算のために表中の一重下線つきの量を用いた。

4. 結果と考察

結果を第1, 2表および第1図に示す。次のことがわかる。

(1) 近代鉄道の輸送効率は、速度とともに急激に下がっている。下がること自体は自然であり予想通りである。たとえば、在来船はここに示されていないが、20~40ノット当りで急激に落ちる。500 km/hのリニアでも飛行機の20~30%増しなので十分な存在価値はある。しかし、尾関のいうごとく「航空機の倍もよい(パワーが半分ですむ)」とは私には思えない。私としては、むしろ、リニアが飛行機にこれほど接近するとは予想外の大発見であった。

(2) ヘリコプタが飛行機の約1/3しかないことは、妥当であり、むしろ周知といってよい。

(3) ティルト・ロータおよび飛行船は新知見であり、面白いと思う。いずれもヘリコプタよりは、やや上にある。飛行船の場合に注意すべきことは、旅客輸送しながら広告飛行しうる——つまり副収入があること*。ただし、離着陸のために地上クルーが要るので幾分相殺するが。

(4) ハイブリッドLTA: これらは筆者の性能計算結果に基づく。直ちにわかることは $\gamma_s=0$ は純ヘリ

* 小型の飛行船では、現在、これだけでも採算がとれているらしい。したがって、輸送用としても決して無視できるような収入額ではなさそうである。

コプタであり、チヌークに近くなければならない。したがってハイブリッドLTAの全曲線を約1.5下方へ移動し、“アミカケ”とした。それでも $\gamma_s=0 \rightarrow 0.5 \rightarrow 0.7$ による効率の向上は定性的には正しいと思う。純飛行船にくらべると地上クルーは不要で、しかも広告副収入は残る。なお

$$\gamma_s = \text{ガス浮力} / \text{全備重量}$$

(5) エネルギー変換問題を考慮した補正の必要性: 航空機は、石油エネルギーを運動エネルギーに変える。一方鉄道では、その間に電気エネルギーを挟む; つまりエネルギー変換プロセスが一つ余分に要る。これは全過程としてのエネルギー効率を下げるだろう。すなわち上述の計算では

$$1 \text{ kW} = 1,360 \text{ hp}$$

という、公式的換算を行ったが、上記エネルギー変換プロセスの違いは、第1図の鉄道のカーブをより下げるだろう。ただし、これを具体化することは控えておく。発電には火力ばかりでなく水力もあるし、火力発電に限っても、発電用燃料と航空用燃料のカロリー当り価格は異なるからである。

参考文献

- 1) 川端俊夫: 電力浪費の「リニア」再考を, 朝日新聞, 論壇, 1989年8月24日, 朝刊。
- 2) 尾関雅則: リニアの電力浪費論は誤解, 朝日新聞, 論壇, 1989年9月4日, 朝刊。
- 3) ひとつ走り“未来の旅”, 朝日新聞, 1987年12月12日。
- 4) 世間の民間機, 航空ジャーナル社, 1978。
- 5) 世界航空機年鑑, 耐燈社, 1983。
- 6) 日本飛行船事業KK, パンフレット, 1989。
- 7) 安東茂典: コミュータ輸送用としての新しいハイブリッド飛行船(“Heli-Ship”), 日本航空宇宙学会誌, 37(1989), pp.344-351。
- 8) 安東茂典: 未発表資料。