

フランスにおける地下環状高速道路計画

小林 健*

本論文は現在フランスで計画されている世界初の地下高速道路網について報告するものである。本道路網はパリ市とその近郊を連絡する総延長約50kmの乗用車等専用道路であり、その完成により当該地域の地上交通量の約10数%を軽減させる効果があると推定されている。本論文では本道路網の計画の概要、安全面の対策、効果、採算性等について報告している。

Planning of Underground Expressway Network in France

Takeshi KOBAYASHI*

This paper reports the first underground expressway network in the world which is presently planned in France. This expressway system connects the city of Paris with its suburb whose total length is about 50 kms. This is used only by private cars and small utility vehicles.

By the completion of this expressway surface traffic volume will be reduced by more than 10% in the region. This paper describes the outline of this project, measure for safety, its effect and its financial profitability.

1. イル・ド・フランス地方の交通現況

フランスのパリ、およびその近郊で計画されている、乗用車等専用地下高速道路網であるレーザー道路網 (LASER; Liaison Automobile Souterraine Expresse Regionale) について述べる前に、本計画の対象地域であるイル・ド・フランス地方の交通現況について概説することとする。

1-1 旅客輸送の現況と現在までの変遷

イル・ド・フランス地方はフランスの首都であるパリ市とその周辺の小環状をなす3県および、そのさらに外側の大環状をなす4県から成っている。面積は約1万2千km²、人口はおよそ1千万人であり、名実共にフランスの中心的存在とも言える地方である。

イル・ド・フランス地方においては1976年および1983年から翌年にかけて道路および鉄道についての交通情勢調査が実施されており、この調査等に基づき当地方の人口等の指標の動向や交通状況の説明を行うこととする。

イル・ド・フランス地方の人口は、1983年時点で約1千万人であり、そのうち87%がパリとその近郊に居住している。1975年と1982年の調査の間での当地方の人口増加は年0.3%程度と非常に低い値となっている (Table 1 参照)。また当地方の自動車保有台数は1976年から1983年にかけて25%の増加を示しており、パリ市内では、10%増加しているのに対し、小環状県では25%、大環状県では35%と大きな伸びを示している。Table 2 に当地方の駐車台数について示す。1976年から1983年の間に有料駐車台数は倍増している。また、平日の旅客交通の利用交通手段はTable 3 に示すとおりであり、公共交通機関が $\frac{1}{3}$ 、自動車が $\frac{2}{3}$ という割合となっている。全モードにつ

*建設省道路局高速国道課長補佐
Assistant Director, National Expressway Division,
Road Bureau, Ministry of Construction
原稿受理 1990年2月20日

Table 1 イル・ド・フランス地方の世帯、人口等 (1983)

	パリ	小環状圏	大環状圏	全 体
世帯数 (千世帯)	1101	1505	1374	3980
(%)	27.7	37.8	34.5	100
人口 (千人)	2122	3780	3912	9814
(%)	21.6	38.5	39.9	100
(人/世帯)	1.93	2.51	2.85	2.47
労働人口 (千人)	1035	1790	1745	4570
(%)	22.6	39.2	38.2	100
雇用 (%)	36.5	41.8	21.7	100
自家用車台数(千台)	580	1317	1541	3438
(%)	16.9	38.3	44.8	100
(台/世帯)	0.53	0.88	1.12	0.86

出所) 参考文献2)。

Table 2 イル・ド・フランス地方の平日駐車台数 (1983)

	道路上		路 外		計	
	千台	%	千台	%	千台	%
無 料	616	66.0	340	68.4	956	66.8
有 料	318	34.0	157	31.6	475	33.2
計	934	100	497	100	1431	100

出所) 参考文献2)。

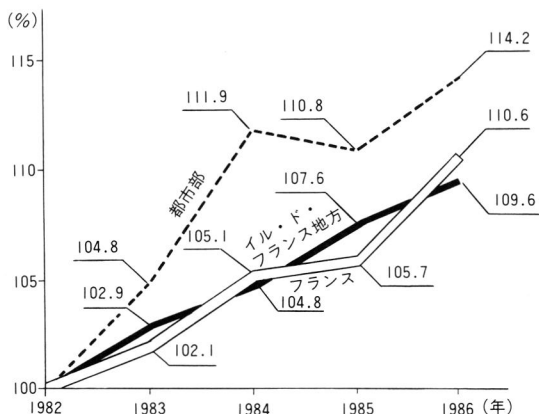
いて見ると、パリ市内およびパリと郊外の交通は1976年から1983年の間にほぼ一定であるのに対し、郊外間の交通は12%の伸びを示している。総旅客輸送量の増加率は1985年までは年平均2%であったが、近年伸びが低下している。道路交通量はFig. 1に示すように、イル・ド・フランス地方全体では年約2.5%の増加率であり、フランス全体の伸び率とほぼ同じである。またフランスにおける近年の都市部での道路交通量の増加率は年約3%となっている。パリにおける道路交通量自体は道路網の交通混雑から、近年頭打ちとなっている (Table 4)。Table 5はイル・ド・フランス地方における旅行速度の平均を示しているが、その値は低いものとなっている。これは鉄道については駅までのアクセス、列車待ちおよび乗り換え時間のためであり、道路については渋滞によるものであり、バスについてはその両方のためである。特に市中心部では平均速度は約10km/hにまで低下している。

Table 3 平日におけるイル・ド・フランス地方の旅客トリップ数 (1983)

	パリ市内		パリ市内と郊外		郊外間		地方全体	
	千トリップ	%	千トリップ	%	千トリップ	%	千トリップ	%
公共交通機関	1949	61.0	2261	59.9	1731	14.4	5941	31.2
乗用車等	1039	32.5	1357	35.7	8981	74.6	11367	59.8
その他(2輪車等)	209	6.5	169	4.4	1334	11.0	1712	9.0
計	3197	100	3777	100	12046	100	19020	100

注) 「乗用車等」の欄には乗用車および小型の商用車を含む。

出所) 参考文献2)。



出所) 参考文献1)。

Fig. 1 1982年から1986年までの道路交通量の変遷

1-2 イル・ド・フランス地方の今後の交通動向

現在までの交通の動向から判断すると

①今後パリ市内、パリ市内と郊外との間の交通は12年間で約8%増加する。

②郊外では同時期に22%増加する。

と推計されている。Table 6、7に過去から現在までのパリ市内、パリとリヨン間の旅行速度を示すが、これによると遠距離交通は50倍も速くなっているのに、パリ市内の速度はわずかに2倍になったにすぎない。イル・ド・フランス地方における今後の交通量の増加を考えると、今後の対策として交通管理をさらに充実し、既存の道路の活用を十分に図る他、今後増大する実需要さらには潜在需要に対応するための対策として新たな道路の整備が必要となっている状況であると言えよう。

2. ラゼー道路網計画

2-1 ラゼー道路網計画の誕生

ヨーロッパにおけるイル・ド・フランス地方の地位を確固なものとするためには、本地方の経済、社会の様々な面での強化が必要となっている。特に交

Table 4 イル・ド・フランス地方における日交通量(平日)(1983)

	面積 (km ²)	交通量(100万人・km)			交通密度(1,000人・km/km ²)		
		鉄道	道路	計	鉄道	道路	計
パリ(ペリフェリック環状道路を含む)	85	23	20	43	270	235	505
ペリフェリック環状道路とA86の間の地域	315	10	20	30	32	64	96
その他のイル・ド・フランス地方	11,600	20	90	110	2	8	10
計	12,000	53	130	183	4	11	15

注) 道路交通量は軽車両、バス、タクシー、二輪車を含む。

出所) 参考文献1)。

通条件の改善は重要な施策であり、このため国鉄・地下鉄の延伸計画も検討されている。道路についてはパリ環状道路の交通状況を改善することが必要となっており、GTM社(フランスの建設会社)はパリ市とその近郊における地下高速道路網計画であるレーザー(LASER)道路網計画の提案を行った。1988年にはパリ市、パリ警視庁、GTM社とそのコンサルタント会社であるSEEE社、さらには交通関係の政府研究機関CETUR、INRETS及び地方建設局の専門家からなる詳細検討が開始されている。この他にBOUYGUES社とSPIE-Batignolles社の共同提案によるもう一つの地下高速道路網計画が1988年11月に提案されているが、この計画はA4高速道路とA14高速道路を連絡する東西ルートとA1高速道路とN118高速道路、A3高速道路とA6高速道路を連絡する2本の南北ルートから成っている。以下本稿においてはレーザー道路網計画について述べることにする。

レーザー道路網計画は前述したような交通状況を踏まえて提案された地下高速道路網計画であり、次の2つの目的を持っている。

(1)イル・ド・フランス地方の中心部に500万人km/日規模の地下高速道路網を提供する。

(2)地上交通の一部を吸収することにより、本道路網利用者のみならず、地上道路を含む全ての道路利用者の利用条件を改善する。

このような目的を達成するため提案されたレーザー道路網の技術的、経済的可能性、効果等について以下に述べることにする。

2-2 道路網の必要条件

構造、建設費、交通量、採算性、地上道路網との関係、道路および交通管理等の諸条件を総合的に考慮すると、地下道路網は次の条件が必要となる。

(1)小型車専用である。

(2)地盤条件から平均深度40mの地下トンネル構造となる。

Table 5 移動の平均速度(km/hr)(1983)

自家用車	16.9
国鉄	16.3
国電	14.4
二輪車	9.7
地下鉄	8.2
郊外バス	7.7
都市バス	5.4
総平均	13.9

注) 1983年データによるドアツードアの移動における速度。

出所) 参考文献1)。

Table 6 パリにおける平均旅行速度(右側車線、ドアツードア)

	普通の旅行者の速度(km/hr)	急ぎの旅行者の速度(km/hr)
中世	5	8
1938年	8	12
1988年	10	15
進歩 (1988年/中世)	2	1.9

出所) 参考文献1)。

Table 7 パリ〜リヨン間の平均旅行速度(ドアツードア)

	普通の旅行者の速度(km/hr)	急ぎの旅行者の速度(km/hr)
中世	1~2	3~4
1938年	50	80
1988年	100	160
進歩 (1988年/中世)	50~100	50

出所) 参考文献1)。

(3)交通流の円滑さを保つため、入口料金所での流入制限、出口でのアクセス道路の分散が必要である。

(4)平均トリップ長が10km弱の比較的長トリップ交通を処理し、地上道路網の渋滞を軽減する。

2-3 路線配置の考え方

1) 路線配置の条件とその概要

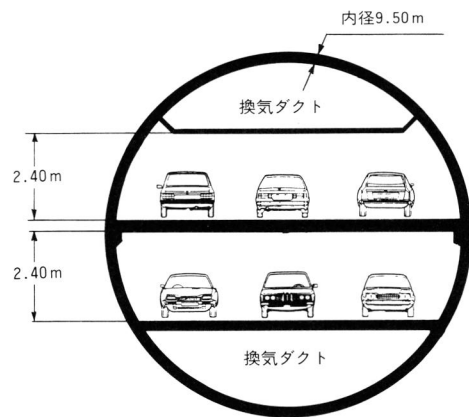
地下道路網の路線配置は次の各条件を考慮して検討された。

(1)建設費と環境上の理由から、パリ近郊では高速道路のネットワークが未完成である。特に第二環状道路であるA86の西側区間については未完成のため交通上支障となっている。



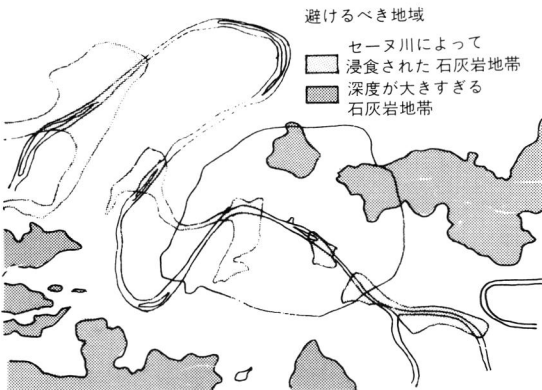
出所) 参考文献2)。

Fig.2 2000年におけるレーザー道路網



出所) 参考文献1)。

Fig.3 トンネルの標準断面図



出所) 参考文献1)。

Fig.4 路線に対する地質的制約条件

(2)特に交通密度の高いパリ市内の交通を軽減することが可能となる配置であることが必要である。

(3)地上道路網との出入り用ランプは地上交通量の多い地区に、環境と地上交通への影響を考慮しながら配置されるべきである。

(4)パリ郊外の5つの新都市(ラ・デファンス、オルリー、ロワシー、マルヌ・ラ・バレ、サン・カンタン・アン・イブリン)とパリ市内を他の高速道路を介して連絡することが必要である。

(5)中央環状線は国鉄駅との連絡に配慮した配置とするべきである。

これに基づき提案された路線はFig.2のとおりである。路線は各新都市方向に伸びる都市間高速道路と連絡する5本の放射状の路線と中央部の環状線から成っている。

現在の計画案ではこれらのうち、まずラ・デファンス地区とA6とを連絡するB、E線を1995年頃に開通させ、さらにイル・ド・フランス地方東部とシャルル・ド・ゴール空港との連絡を満たすためのD路線の全線あるいは最低でも一部区間の整備が優先される計画となっている。

提案されている構造諸元は次のとおりである。

- 延長 49km
- トンネル内径 9.75m
- 車線数 各方向3車線(2層式)
- 車線幅 2.80m
- 建設限界高 2.40m
- 車高 1.85m
- 速度 60~70km/h
- 容量 4,000台/時間、3車線

小型車専用であるため、非常にコンパクトな断面の中に6車線の道路を収容した合理的な設計となっているのが特徴である (Fig.3)。

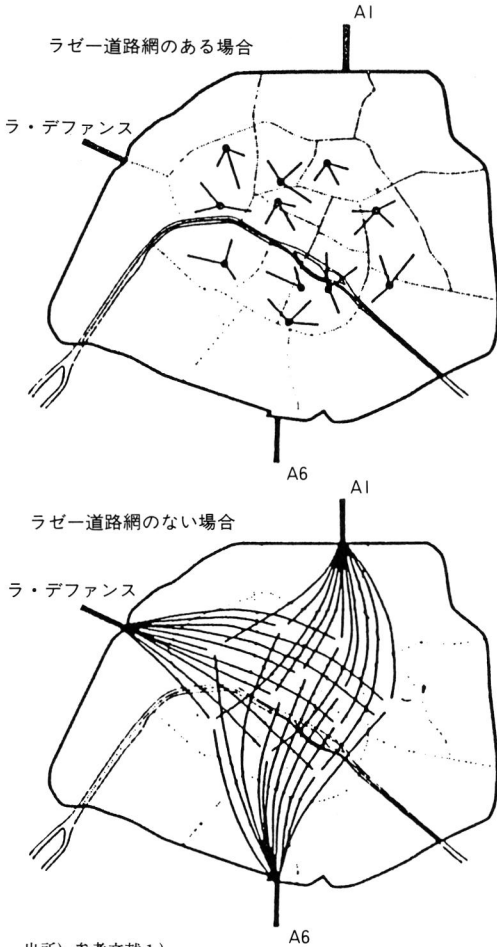
2) 地質上の制約

地中構造物の建設費および施工の難易は、地質条件により大幅に異なるものとなる。一般的には石灰岩等の安定した性格をもつ地質からなる地域を浅い所で通過することが望ましい。本道路網は比較的安定した石灰岩層を通過しているが、セーヌ川により侵食され石灰岩層が非常に深い所に位置する地域、あるいは石灰岩層の深度が大きい地域については原則とし避けた配置としている (Fig.4 参照)。またランプ、換気施設、防災用連絡坑等地上と連絡する構造となる施設は事業費が高く、地質的に良好でかつ十分な厚さをもつ地層からなる地域に配置すること

が必要である。

3) ランプの配置と構造

ランプの配置は地上交通状況の面から判断して、設置により地上交通条件が大幅に改善すると考えられる地点に計画されている。結果としてランプの多くは地上の主要幹線道路上に配置される形となつて



出所) 参考文献1)。

Fig. 5 地上交通の軽減効果

Table 8 道路の安全性 (1,000万台・km当たり)

		負傷者	死亡者
パリ	一般道路	100	1.8
	ペリフェリック環状道路	52	0.6
国道		54	5
高速道路		17	1
トンネル		25	0.3

出所) 参考文献1)。

いる。ランプはパリ市内の各区の10万台/日の発生集中交通の約10%、すなわち1万台/日进行处理することを目的としており、パリ市内の中央部の各区に12ヶ所、またパリ市周辺には5ヶ所配置される計画である。この結果①中央部各区の連絡の強化、②地上交通の軽減が可能となる (Fig. 5 参照)。

ランプの構造はFig. 6に示すような構造であり、パリ市内における地上、地中構造物の輻輳にもかかわらず、小型車の通行に適合する構造を確保することが可能である。ランプの高さは2m、縦断勾配は10%、最小平面曲線半径は15mである。ランプは地上取付道路の交通混雑をできるだけ増大させないように出入口の両方を備えている。

2-4 ラゼー道路網の安全性

1) 本道路網の持つ安全面での特徴

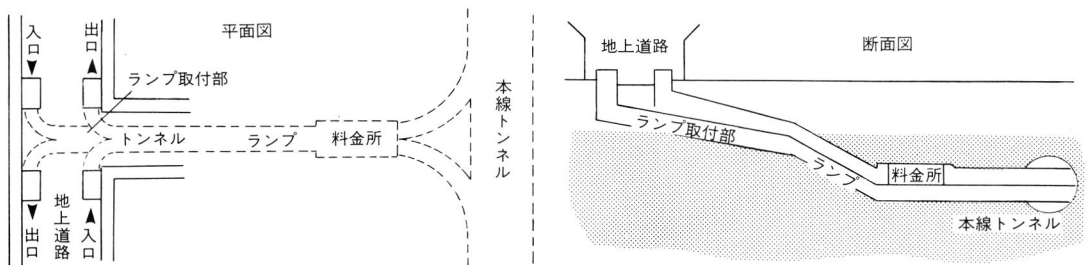
レーザー道路網は初の本格的地下道路網であり、安全上の配慮が非常に重要である。まず最初に本道路網の持つ安全面での特徴について述べる。

(1) 設計速度

本道路網はトンネル内ではあるが、走行速度が低くかつ出入制限されている。Table 8からわかるように、このような条件下では事故率等は一般道路よりかなり低いと考えられる。

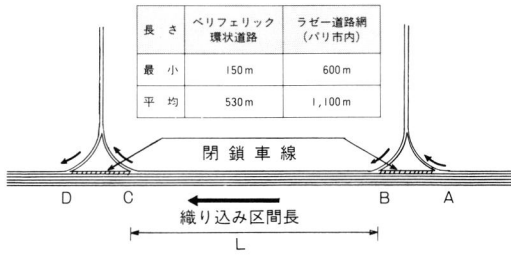
(2) トンネル延長

トンネル延長は約50kmであり、英仏海峡トンネルに匹敵する。この延長はアルプスの長大トンネルの4~5倍程度であるが、本道路網には多くの出入用



出所) 参考文献1)。

Fig. 6 ランプ構造



出所) 参考文献1)。

Fig.7 ランプ付近の道路構造

のランプがあり、実質上の延長はずっと短いものとなる。このため安全上はこれら長大トンネルに比べ条件上有利である。

(3)建築限界

車道の計画高は2.4mであり、利用車両も乗用車等に限定されるため、交通特性は比較的均質であり、大型車による重大事故の恐れもない。さらに走行速度は、建築限界が小さいことから、それほど高くないと推定される。

(4)深度

約40mの深度をもつレーザー道路網はパリで最も深い所を通過する交通網である。しかしながら防災用連絡路が800mおきに整備される計画であり、これによる地上との連絡が可能となり、救急隊の進入、利用者の地上への避難が円滑に実施できる。

(5)アクセス制限

料金徴収は入口で実施されるため、流入制限が可能である。流入制限することによって、円滑な交通の確保による安全性の向上、重大事故発生時のアクセス閉鎖による対応が可能となる。

(6)一方通行

一方通行であるため対面通行の場合に比べ安全性は高い。

(7)夜間閉鎖

夜間には、地上交通量が減少することから、本道路網は閉鎖される。このことにより夜間の交通量が少ない場合における高速での走行を防ぐことが可能であり、かつ維持管理も夜間に安全かつ十分に行うことができる。

2) 本道路網における安全への配慮

(1)ランプ付近における構造

第一走行車線は本線からの流出ランプの前および流入ランプの先においては流出入車線として使用され、流出入ランプ間では交通に利用されない。また織り込み区間長は車線移行が円滑に使えるよう、ペ

リフェリック環状道路における値の2倍の長さを確保している (Fig. 7)。

(2)換気

換気は2km毎に設けられた地下換気設備により行われる。換気方式は横流式である。

(3)防災用連絡施設

防災用連絡坑は800m毎に設けられ、地上へのドライバーの避難、救急隊の進入等に使用される。また、非常駐車帯は200m毎に、上下線連絡用道路は400mごとに設けられている。さらに、ランプ間距離が大きすぎる場合には上下線連絡用の自動車用連絡路が設けられ、非常時の車両排除を行えるよう配慮している。

(4)その他の道路交通管理のためのシステム

本道路網においては次のような各種システムを採用して、安全性の向上を図るよう計画している。

- ①事故および事象自動検知システム
- ②非常電話網
- ③ITVカメラによる監視システム
- ④警察の管制センターとの情報交換システム
- ⑤信号機 (自動事象検知システムあるいは非常電話による情報をもとに、一車線を路肩に指定する。)
- ⑥トンネル内拡声放送設備
- ⑦消火設備 (消火器、給水栓)
- ⑧故障あるいは事故車の排出施設
- ⑨排煙設備
- ⑩地上道路網との交通量調整システム
- ⑪非常電源設備

3. レザー道路網の効果

3-1 交通面での効果

レーザー道路網の交通量推計によれば、その結果は次のとおりである。

料金25F / 1回 (1988年価格)

利用台数 25,000台/時

主要ルートでは

平均トリップ長 11km

本線交通量 900台/時

交通量のうち誘発交通量は約12%と推計されている。交通量は概ね道路網の容量と合致しているが、ピーク時には区間によっては料金を上げることで必要を抑制することが必要と考えられる。

ピーク時の本道路網の交通は30万台km/時と推計されている。このうち約80%つまり約25万台km/時がパリ市内及び近郊の地上交通からの転換であると

推計されている。この内訳はパリ市内が15万台km/時、パリ近郊が10万台km/時である。これはパリ市内およびその近郊の地上交通量の各々15%、10%の軽減を意味する。

本道路網における平日交通の利用目的別の内訳は業務75%、通勤等15%、私用10%と推定されている。また本道路網利用OD内訳はパリ市内16%、パリ市内と郊外72%、郊外間12%と推定されている。

将来の交通条件の改善には、レーザー道路網により負荷が軽減された地上道路の有効活用方策の同時実施が必要である。施策としてはバス、タクシーのための専用レーンの設置によるその利用促進、駐車場の増設（有料地下駐車場の活用）による駐車状況の改善、歩行者交通条件の改善のための諸方策（歩道拡幅、緑地の拡大等）が有効であると考えられている。

3-2 本道路網の採算性

試算によると本道路網の採算性は次のように推定されている²⁾。

推計交通量による料金収入は25億から30億Fである（1988年価格）。一方建設費は利息込みで240億F、管理費は2億Fと推定される。従って収益率は10から12%程度と非常に良好であると考えられる。

参考文献

- 1) F. Lemperiere, A. Broto, P. Gravost and I de Maublanc: Pour traiter la circulation parisienne, le LASER remède miracle ou gadget 7, Revue Générale des routes et aérodromes, n°654, July, August, 1988
- 2) Roger Marche, Francis Papon: Economic evaluation of an urban toll high speed road network, Example of the LASER project for the Paris conurbation, WCTR, July, 1987