

通勤鉄道の日時間短縮が衛星 人口に及ぼす影響の研究

A study for an effect of commutation time shortening by railroad
transportation on the population in satellite cities

柴 垣 寛**

By Hiroshi Shibagaki

ABSTRACT (英文要旨)

The commutation traffic using the railroad system has very high share in all the commutation in Tokyo Metropolitan Area. Population density of satellite cities within the area are closely related to the trip time from the satellite cities to the business center of Tokyo. The population densities of the cities are depicted by using the exponential distribution curve. The commutation time is one of the most important factors which governs the population distribution curve. However, the other factors such as the size in area of the cities and the number of the railroad at each city also affect the curve. This study is to analyze the governing factors using the regression analysis method to conclude that the shortening of the commutation time can contribute to the population increase of the satellite cities.

1. はじめに

大都市の都心における業務機能の集積は著しく、都心に通う通勤通学者の数は増加をしている。職住接近を望みながらも、現実には諸々の制約によって各種交通機関を利用し相当の時間を通勤、通学に使わざるをえない実情である。なかでも大都市通勤鉄道が近郊からの通勤・通学輸送に多大な効用を発揮している。

この大都市通勤鉄道は都心への到達時間と沿線衛星都市の定住人口に高い相関を持っていることは理論的に既に解明されている。この研究は首都圏を例にして、都心への到達時間の変更が沿線都市の定住人口に及ぼす影響を重回帰分析を用いて解析し、実

証的な数値を求め、数量的に把握しようとするものである。

更に次の段階として大都市通勤鉄道の運行速度の向上が沿線人口の増加に寄与し、輸送量を増加させ、ひいては鉄道の採算性にどのような影響を与えるかを目的とする。

2. 研究方法と用いるデータ

年度毎の市区町村の人口統計は昭和39年から住民登録人口統計¹⁾が公表されるようになり、信頼度も高いものとなっている。また市区町村の面積等も全国市町村要覧²⁾によって入手が可能である。通勤鉄道の都心への到達時間は過去の国鉄で監修した時刻表³⁾によって、線区によっては詳しいデータが求められる。

これらを用いて沿線の人口密度の年度毎の変遷を求める。人口密度は都心への到達時間によって指数曲線で表わされることは、青山、富井等⁴⁾によって

*キーワード：通勤鉄道、人口密度と鉄道表定速度、需要予測の重回帰分析

**正会員：(株)復建エンジニアリング常務取締役
(〒104 東京都中央区銀座1-2-1)

理論が解明されて、又事例も示されている。しかし実際には単純な指数曲線で表わすには変動が多く、都心への到達時間以外の要素を考慮することにし、これらについて重回帰分析を用いて解析した。これによると単純に指数曲線を適用するより実態に近い数値が得られる。

期間としては、土地の高騰や新幹線通勤といった人口分布や通勤事情に極端な変化が表面化していない、しかも首都圏の経済的な成長が比較的穏やかに進んでいた昭和39年からの約20年間を対象とする。それ以後については通勤、通学輸送に大きな変化が有り、ある程度の時間の経過を見ないと傾向を表わす数値の変化が大き過ぎるので、扱うには慎重な検証を必要とし、今後の課題としたい。

大都市通勤鉄道の特性を研究するに際して首都圏を何処までと定めたら適当であるか議論のあるところである。東京駅や東京都庁を中心に円弧を描き半径50kmとするものもあるが、ここでは交通関係の情報が揃っている「都市交通年報」⁵⁾で首都交通圏範囲図に示される都市区町村を対象とした。

事例としては比較的過去のデータを集めやすく、また攪乱要素が少なく、比較が容易な線区を選んで検討をした。そこで、都心への到達時間の変動が少ない線区として旧国鉄の中央本線を選び、また逆に都心への到達時間の短縮が著しい線区として旧国鉄の常磐線を選んで、詳細な検討を行った。

3. 都心への到達時間と人口密度の変遷

3. 1 都心範囲の策定

首都圏における通勤・通学人口は都心に向かって流動しているが、極端に一ヶ所に集中しているわけではなくJ R東京駅及び旧東京都庁周辺付近から相当広い範囲にわたっている。そこで昭和55年国勢調査による「東京都の昼間人口」⁶⁾によって、東京都23区の夜間人口と昼間人口とを比較すると、次の11区は昼間人口が夜間人口を上回っている。

千代田区、中央区、港区、新宿区、文京区、台東区、墨田区、江東区、品川区、渋谷区、豊島区

これは昭和45年、昭和50年の同じ統計でも傾向はおなじである。

昼間人口が夜間人口を上回っている各区については業務機関及び教育機関が多く存在し、これらに通

ってくる人達が圧倒的に多く、都心業務機能を果たしていると考えられる。これらの各区を通勤、通学人口の集中する都心範囲と考える。

そこでこれらの11区をほぼ囲むJ R山手環状線の各駅と、東側の浅草、押上、錦糸町、及び東陽町の各駅を都心の入口と考え、都心入口駅と名付ける。これらの各駅はターミナル機能を持ち、通勤用列車の快速や急行等の停車駅となっており、通勤・通学者はこれらの各駅から直通で都心へ向かったり、またほかの交通機関に乘換えてそれぞれの目的地に向かっている。

3-2. 都心への到達時間の調査

都心を形勢している山手環状線各駅と浅草、押上、錦糸町及び東陽町の各駅の外側に位置する区市町村を衛星都市と見做し、その中心駅から都心入口駅までの通勤時間帯の到達時間によって、衛星都市の人口及び人口密度の分布状況がどのように変化しているかを調べる。このため鉄道沿線の衛星都市から都心入口駅までの到達時間を入手できる過去の列車運転時刻と昭和59年の列車運転時刻とで求め比較検討する。

都心入口駅までの到達時間は昭和39年10月及び昭和59年10月の日本国有鉄道監修の「時刻表」及び昭和59年の国鉄及び私鉄の列車運行ダイヤグラム（通称ダイヤといわれる）によって調べる。衛星都市から都市入口駅までの到達時間を求めるに際し、衛星都市の各自治体の庁舎の最寄駅又は急行や快速等の停車駅を衛星都市の中心となる代表駅と名付ける。この衛星都市代表駅と都心入口駅との所要時間を到達時間とする。到達時間を調べるには、都心入口駅に8時30分前後につく代表的な列車の所要時間を基準とする。8時30分前後の列車を基準にしたのは、首都圏の出勤時刻は8時から9時の間が多く、都心入口駅から目的地までの所要時間を15分程度みる必要があることと、8時30分前後に都心入口駅に到着する列車は通勤・通学に便利な列車が多く設定されていることから基準とした。

通勤時間帯の衛星都市から都心入口駅までの到達時間は詳しい資料の入手はすこぶる困難で断片的な資料に頼らざるをえなかった。しかし、当時の国鉄の状況から、列車の運転時刻をもとめるに際して用いられた基準運転時刻は電車性能の向上と通勤通学

客の増加による客扱い時間の増が相拮抗し、変更が殆ど行われなかった。この仮定のもとにいわゆる国電の近距離電車の運転時間については同じと考え、京浜東北、中央、総武、常磐の各線については到達時間は変らないものとした。又、住居から衛星都市代表駅迄と都心入口駅から目的地までの時間をあわせて30分と仮定すると、通勤・通学にはほぼ片道1時間30分が限度と考え、都心入口駅から衛星都市代表駅まで到達時間おおむね1時間の都市までを対象にした。

3-3. 衛星都市の人口密度と都心までの到達時間
昭和39年と昭和59年の20年の経過を経た首都圏の通勤鉄道沿線の衛星都市の人口密度と都心までの到達時間との関係を表にすると 表-1 である。更に衛星都市の人口密度の対数を縦軸に取り、都心入口駅までの到達時間を分単位で横軸に取り、代表的な都市を図に示すと 図-1 である。

20年の経過を比べてみると、一般的にいて輸送改善により到達時間の短くなった都市ほど人口密度の伸びが大きい。また人口密度の小さい都市ほど同様である。しかし都心に近い都市は人口の流出がみられる。図から判断すると、衛星都市の人口密度は到達時間の関数として表わされると予想できる。しかし変数一個の指数関数で表わすには、ばらつきが大きく、一考を要する。

20年間の衛星都市の発展のなかで、海岸に面した都市は埋立により面積の増加があり、横浜、川崎の両市は埋立による面積増と共に分区と区制の導入によって都市のデータとしては扱いにくい面がある。総武本線沿線は埋立による面積の増加が著しくこれも同じ様に扱いにくい。

これに比較し中央本線の沿線衛星都市は面積の変動が少なく、都心への到達時間の変化が少ない。東北本線と高崎線と常磐線とは沿線衛星都市の面積の変動は少なく、都心への到達時間の短縮が著しい。常磐線はなかでも到達時間の短縮が顕著で人口密度の増加も急激である。一方中央本線の沿線は後半の10年を調べると人口の変動も少ない。ある条件のもとで人口密度の飽和に近付いているものと予測される。

そこで中央本線の沿線衛星都市群と常磐線の沿線

	昭和39年		昭和49年		昭和59年	
	人口	密度	時間	人口	密度	時間
取手市	658	49	1293	2103	40	
藤代町	421	56	589	912	46	
川口市	4552	16	5887	7110	16	
浦和市	3435	27	4435	5189	25	
大宮市	2269	35	3545	4100	30	
上尾市	1039	56	3015	3813	41	
与野市	5737	31	8201	8585	31	
蕨市	12351	21	14840	13579	21	
桶川市	998	62	1796	2324	45	
蓮田市	829	52	1349	1904	44	
千葉市	1451	51	2305	2842	38	
市川市	3621	15	5295	6786	12	
船橋市	2492	27	4789	5813	20	
松戸市	2252	24	5133	6801	17	
習志野市	3976	32	7339	6341	24	
柏市	1109	40	2521	3600	27	
我孫子市	721	43	1546	2482	34	
中野区	22485	5	22434	20574	5	
杉並区	15351	10	15816	15413	10	
北区	21303	5	20233	17848	5	
荒川区	26023	3	20847	18006	3	
足立区	8756	9	11225	11615	8	
江戸川区	8157	9	10327	10451	6	
八王子市	1103	56	1545	2158	56	
立川市	4234	43	5574	5946	43	
武蔵野市	11731	18	12239	12127	18	
三鷹市	7258	21	9282	9520	21	
小金井市	5921	30	8478	8790	30	
日野市	2126	48	4336	5508	48	
国分寺市	4737	33	7178	7945	33	
国立市	5548	39	7850	7885	39	
鎌倉市	2804	52	4037	4475	50	
藤沢市	2193	28	3676	4579	26	
茅ヶ崎市	2248	58	4006	5075	55	
逗子市	2405	57	3055	3249	54	

表-1 都心への到達時間（分）と人口密度（人／km²）

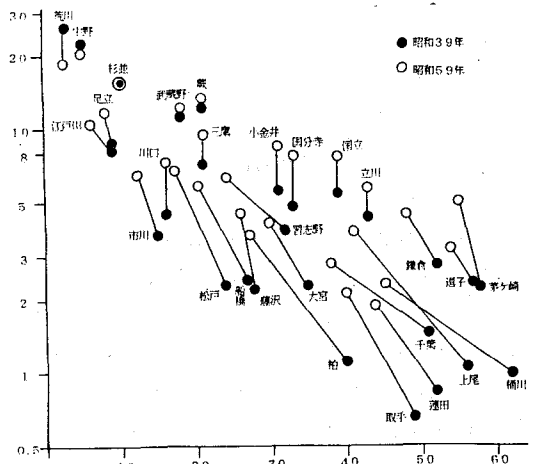


図-1 都心への到達時間と人口密度
縦軸 千人／km² 横軸 分

衛星都市群との比較をすることによって、衛星都市の人口密度と到達時間との関係の数量化を思考する。

3-4. 人口密度と到達時間の数量化

縦軸に対数、横軸に自然数をとった 図-1 から一応指数関数と仮定し、中央本線と常磐線の2線区について傾向線を求めてみる。

今ここに次のように変数、定数を定め、指数関数式を求める。

- Y : 衛星都市の人口密度 (人 / km²)
- A : 定数 (都心人口駅所在都市の人口密度)
- B : 定数
- t : 都心への到達時間 (分)
- $Y = A \exp (B t) \cdots \cdots \cdots (1)$

指数分布を対数で変換して相関関係を求めることには厳密性を欠くという指摘もあるが、一応傾向を見る為に(1)式の両辺の対数をとって

$$\log Y = \log A + B \times t$$

とし、さらに

$$U = \log Y, K = \log A \quad \text{とおくと}$$
$$U = K + B t \cdots \cdots \cdots (2)$$

となり、tを変数とする1次式となり最小二乗法によりK、Bが求まり、もとの(1)式の定数を定めることができる。⁷⁾

実際に昭和39年と昭和59年で計算をしてみると、中央本線は

$$A = 27722 \text{ (昭39)}, \quad 22536 \text{ (昭59)}$$
$$B = -0.050891 \text{ (昭39)}, -0.031996 \text{ (昭59)}$$

常磐線は

$$A = 15071 \text{ (昭39)}, \quad 21885 \text{ (昭59)}$$
$$B = -0.061054 \text{ (昭39)}, -0.065385 \text{ (昭59)}$$

となっている。途中の年度について計算をしてみると、Aについては中央本線は減衰曲線である値に近ずき、常磐線は成長曲線に似た形である値に近ずき、両社の値は両線での接近が予想される。しかしBについては差異がある。詳しく毎年の変化をみてみると、中央本線は一年ごとにBは減衰曲線的にある値に近づいている。一方常磐線は昭和46年4月複複線増工事の完成によりダイヤ改正が行われ、都心への到達時間が大幅に短縮された。これによりBは一旦-0.07713になり、その後は再び急速にある値に近づいてきている。

この点に着目して、通勤鉄道の都心への到達時間

の変化が無ければ、A及びBはある値に収斂するという仮説をたてて検証を試みる。

4. 衛星都市の人口密度の飽和度の想定

衛星都市の人口密度は都心への到達時間が変わらなければ、ある値に収斂すると予想される。これを将来の飽和人口密度と定義をする。例えば国立市は昭和49年から昭和59年の10年間の人口密度をみると、7700~8000人 / km²の間で増加と減少の間で波を打っている。このように首都圏において人口密度の昭和49年/昭和59年の比率が10%以内に収まって大きく変動していない衛星都市が国立市の他にもいくつかある。この人口密度が大きく変動しない衛星都市は昭和59年当時の都心への到達時間によって人口密度が飽和された衛星都市と考える。この範囲にある衛星都市は中野区ほか28市区があるが、そのうち都心を形成する渋谷区と江東区を除くとつぎの26市区である。

与野市、蕨市、上福岡市、目黒区、世田谷区、中野区、杉並区、板橋区、練馬区、足立区、葛飾区、江戸川区、立川市、武蔵野市、三鷹市、調布市、小金井市、小平市、国分寺市、国立市、田無市、保谷市、狛江市、清瀬市、鎌倉市、逗子市

これらの衛星都市について(1)式を想定しA及びBを求め、回帰式を定める。この回帰式のあてはまりがよいかどうかは、回帰式を使って計算したYの値と、本来のデータのYの値とで重相関係数R⁸⁾を求める。

$$R = 0.848029$$

である程度の信頼性は持てる。しかしデータを良くみると面積の小さい衛星都市ほど本来のデータより計算値が小さめにでる。

そこで衛星都市の面積を考慮することにし、(1)式に

- M : 衛星都市の面積 (km²)
- C : 定数

を加味して

$$Y = A \exp (B t) M^C \cdots \cdots \cdots (3)$$

とし、両辺の対数をとって

$$\log Y = \log A + B t + C \log M$$

とし、さらに

$$U = \log Y, K = \log A, L = \log M \quad \text{とおくと}$$

$$U = K + Bt + LC \cdots \cdots (4)$$

となり、 t 及び C を変数とする回帰式となる。

(4) 式について重回帰分析⁹⁾を行い、 K 、 B 、 L を求めて元に戻し、 A 、 B 、 C を求める。求めた計算値と実際の数値とから前と同様にして重相関係数 R を求めると

$$R = 0.908891$$

となる。

しかしさらに衛星都市を調べると通勤鉄道の線路数が多い都市ほど人口密度が大きい。次の研究の段階で衛星都市への通勤鉄道の新設が行われたり、線路増設が行われた場合の人口密度の変遷を考慮することを前提にして、そこで (3) 式に通勤鉄道の都市内線路数を考慮し

$$n = \text{衛星都市内通勤鉄道線路数 (都市内を通過するものを 1、起点または終点となるもの 0.5 線とする。)}$$

とし

$$Y = A \exp(Bt) (M/n)^c \cdots \cdots (5)$$

として同様の計算を行い重相関係数 R を求めると

$$R = 0.922589$$

となる。

一歩進んで衛星都市内の線路数が多く、又面積の小さい都市程人口密度が大きい。そこで

$$m = 26 \text{ 都市全体の面積を都市内線路数 } n \text{ の合計値で割った鉄道 1 線あたりの平均面積 (8.25km}^2\text{)}$$

とし

$$Y = A \exp(Bt) (M/n/m)^c \cdots \cdots (6)$$

として同様の計算を行い重相関係数 R を求めると

$$R = 0.926248$$

である。

$$A = 16631$$

$$B = -0.024836$$

$$C = -0.19321$$

重相関係数が 1 に近くなったので、一応の信頼性がおけるものとし、これらの数値を用いて、常磐線の荒川区から牛久市までの将来の飽和人口密度を想定し、衛星都市の将来人口を推定する。

5. 飽和人口密度への接近の予測

衛星都市の将来の飽和人口密度が予測されるとし

て、どのような形である時点から接近していくのであろうか、一般的にはロジスティック曲線が適用される例が多い。しかしロジスティック曲線はその性質上、極限值が定まっている場合その曲線の形が定まってしまう。過去の衛星都市の人口密度の変遷をみるとロジスティック曲線とみなすよりも、都心到達時間の変化が起きたり、新線が開通したというようなある大きな変化が表われると、多少の時間差が見られるが突然人口密度の増加が表われ、徐々にその増加率が小さくなりながら、ある極限值に近づいていく。

そこで成長曲線¹⁰⁾

$$Y = b \{1 - \exp(-ax)\} \cdots \cdots (7)$$

を考へて、衛星都市にある変化が起きた時を起点にして事例について当てはめてみると衛星都市によって a 、 b の値は異なるが比較的あてはまる。

さらに常磐線のように都心への到達時間の短縮が行われた都市の人口密度の変遷をみても、到達時間の短縮が行われて、直ちに人口の集積が始まらずにタイムラグが見られる。このタイムラグは昭和 40 年代に線増が完成し、都心への到達時間が短縮された東北本線、常磐線および高崎線の沿線衛星都市のうち異常置を示すものを除いて近似式を求めた。

$$T = -4.499 + 0.263t \cdots \cdots (8)$$

ただし T : 人口密度が突然大きくなるまでのタイムラグ (年)

t = 都心入口駅迄の到達時間 (分)

である。

(6)、(7)、(8) を用いて、常磐線と中央本線の衛星都市の人口密度を逆算し、人口を求めると、求めた計算値と実際の人口数とのあいだにほぼ近い人口数が得られる。

6. 都心への到達時間の短縮が人口密度に与える影響

衛星都市から都心への到達時間と都市の面積、人口密度、通過している線路数等が与えられ、将来の人口密度を予測することが可能となる。そこで実行するには多くの障害があって問題があまりにも多いが、今仮にさかのぼって常磐線を線増したときに標準軌間で線増が出来た、と仮定する。乗換設備の工事費に多少の金額を要するが、地上設備と車輛の

費用は大差ないものと仮定する。しかし、線路の形はすでに増設されたものと同一であっても、曲線通過速度の制限は大きくなり、直線の数も車輛の能力一杯の制限となり、都心への到達時間が短縮される。これについては、大沢健氏¹¹⁾の開発したプログラムによって列車のスピードカーブを書いて貰った結果によると、例えば、日暮里、土浦間で昭和59年の所要時間63分にたいして51分となり大幅な時間短縮である。

この短縮された都心への到達時間を用いて、常磐沿線の衛星都市の人口密度の変遷を逐次計算し、まとめてみると、表-2 及び 図-2 になる。

昭和年度	住民登録数	予想人口
39	1,625,160	1,625,160
40	1,709,382	1,691,977
41	1,769,565	1,758,792
42	1,818,336	1,825,613
43	1,855,457	1,892,433
44	1,910,762	1,959,249
45	1,974,487	2,010,139
46	2,033,072	2,051,265
47	2,088,436	2,094,946
48	2,138,037	2,156,804
49	2,192,733	2,209,420
50	2,244,539	2,263,484
51	2,302,227	2,317,250
52	2,345,056	2,366,065
53	2,391,694	2,416,783
54	2,430,021	2,427,003
55	2,460,580	2,516,546
56	2,487,120	2,564,478
57	2,520,516	2,610,408
58	2,552,141	2,654,528
59	2,576,943	2,692,618

表-2 常磐線衛星都市の住民登録数と
速度向上の場合の予想人口 (単位人)

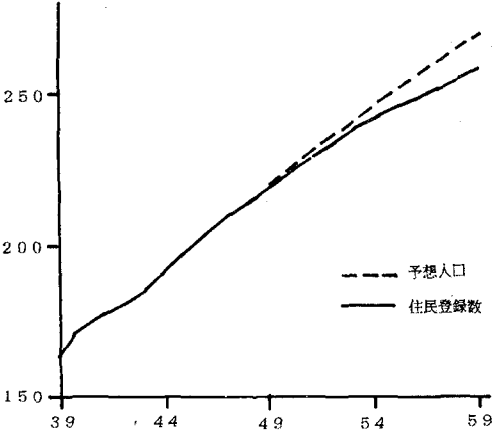


図-2 常磐線衛星都市の住民登録数と
速度向上の場合の予想人口 (単位万人)

通勤時間の短縮効果としては、昭和59年の時点でおおよそ沿線総人口で5%の増加となる。人口の増加は通勤鉄道の利用客の増をもたらし、鉄道の経営の改善に効果をもたらすものと考えられる。

7. 今後の課題

通勤鉄道の速度向上によって、都心への通勤時間の短縮をはかれば、衛星都市の人口の増をもたらし、また通勤範囲の拡大をもたらし、ひいては利用客の増加をもたらし、通勤鉄道の経営の改善に効果をもたらすものと期待される。今後は未確定の部分の数値の検討を深度化し、経営改善の効果の数量的把握に努めたい。

参考文献

- 1) 住民登録に基づく全国人口世帯数表 法務省民事局編 昭和39~42年
住民基本台帳に基づく全国人口・世帯数表 人口動態表 自治省行政局編 昭和43年以降
- 2) 全国市町村要覧 自治省行政局振興課編集 昭和39年以降
- 3) 時刻表 日本国有鉄道監修、昭和39年以降
- 4) 学位請求論文 富井義郎 都市鉄道施設配置と列車運行の最適化に関する方法論的研究、1975
- 5) 都市交通常報 運輸省大臣官房監修 昭和39年以降
- 6) 東京都の昼間人口東京都総務局統計部人口統計課編 昭和55, 50, 40年
- 7) 小林 龍一：数量化理論入門，日科技連，1983
- 8) 小林 龍一：相関・回帰分析法入門，日科技連，pp.104, 1983
- 9) 同上，pp.100~132.
- 10) 蓑谷 千鳳彦：回帰分析のはなし，東京図書，1988
- 11) 日本鉄道建設公団大沢健氏開発のプログラムにより好意により直接計算結果を入手