

貨物輸送統計の信頼性の検討

A Study on the Reliability of Freight Transportation Statistics

鹿島 茂* 儀間 潔** 森 健二***

By Shigeru KASHIMA, Kiyoshi GIMA, Kenji MORI

There are basically two ways of gathering freight statistics in Japan : one way measures the amount of freight handled by freight facilities ; the second way measures the amount of freight transported in a certain geographical area. Many studies to execute the latter have been carried out by various government agencies, both local and central, with there being much overlapping. Accordingly, this paper tries to assess and raise the reliability of freight statistics by analyzing overlapping data (i.e., data gathered by different government agencies on freight transported in the same geographical areas).

1. はじめに

我国の貨物のデータ収集方法には、①貨物を発生・集中させている施設（一般には事業所）を対象に、そこである一定期間に取り扱われた全ての貨物の移動を調査する、②貨物を運んでいる交通機関を対象に、ある一定期間に輸送された貨物の移動を調査する、という二つの方法がある。

各交通機関運営者や施設運営者が、その運営上必要な統計として貨物量を調査しているため、後者の考え方に基づいた貨物統計には、多くのものがあり、いくつかの交通機関については、複数の統計が利用できる。しかし、現在までの所同じ対象をとらえて

いると考えられる複数の統計が充分比較検討された例はほとんどない。一方、前者の考え方は、一定地域の貨物の移動をとらえるという目的から考えれば、調査対象は貨物を取り扱っている施設ではなく、貨物そのものでなくてはならないが、貨物そのものの母集団を知ることが非常に困難なために、便宜的に行っている考え方であり、この考え方に基づいて作られた統計にも、いわゆる集落化の問題などが発生する。

このように、現在の貨物統計の信頼性の検討は不十分なところが残されている。本研究では、現在の貨物統計をより信頼性の高いものにしていくための次の2つの検討を試みる。

①前者の考え方に基づいて貨物の移動をとらえる時、サンプリングの方法と調査精度、抽出率と調査精度、集落効果の3点について最新の都市圏物流調査を用いて検討する。

②後者の考え方に基づいて、貨物自動車によって

* 正会員 工博 中央大学理工学部 教授

** 学生員 中央大学大学院理工学研究科

(〒112 東京都文京区春日 1-13-27)

*** 正会員 工修 警察庁科学警察研究所

運ばれている貨物をとらえていると考えられる2つの統計——自動車輸送統計（運輸省）、道路交通センサス（建設省）——を用いて、都道府県ベースの貨物量の分布パターンを比較する。

2. 流動調査の精度

2-1 分析方法

分析は、以下の3点について行う。

(1) 層別抽出による精度への影響分析

拡大法は、標本抽出を層別に行うと精度が良くなると言われている¹⁾。物資流動調査においても、事業所の抽出は層別ネイマン抽出法に準じている²⁾。しかし、物流量の精度からみて、それが妥当か否かが検討した例がほとんどない。そこで、標本調査で用いられることの多い単純ランダム抽出、層別比例抽出との比較を行う。

(2) 抽出率の影響分析

(1)で物流量把握にとって最も妥当と考えられる抽出方法に対して、抽出率が変化した場合の物流量の精度への影響を考慮する。

(3) 標本の集落化の影響分析

物流量は事業所により集落化されとらえられている。これに対して、フレートを抽出単位とした場合、精度にどう影響するかを考察する。

2-2 精度の算出方法

精度を実証的に試算するために、再標本抽出のシミュレーションを行う。その概要を表-1に示す。精度は偶然誤差で評価する。そのため、標本抽出の度に物流量の相対誤差を求め、その標準偏差を精度指標とする。抽出繰り返し回数は200回とする。この繰り返し回数は、偶然誤差が収束するためには十分な精度を保てる回数である。

また、母集団としては、分析において十分なサンプルを確保するために、貨物を発生している事業所が多い業種を選定する。

2-3 結果と考察

(1) 抽出方法別精度の比較分析

まず、全発生量とゾーン別発生・集中量の精度比較結果を表-2に示す。これより、全発生量でみるとネイマン法による精度が最も良いことがわかる。

ゾーン別発生・集中量は、500トン未満とそれ以

表-1 再標本抽出シミュレーションの概要

使用データ	昭和62年度仙台都市圏物資流動調査(抽出率10.7%)
・母集団 ・抽出率 ・抽出の層区分	<抽出方法別精度の比較分析> 軽・雑工業系製造業、原材料系卸売業、サービス業 2875事業所から10%の標本抽出を行う。層別抽出の層区分はを3業種・2地域別の6層とする。
抽出回数	200回
精度の検討 対象物流量	<抽出方法別精度の比較分析> 全発生量、13ゾーン別発生・集中量、13ゾーン間OD量(13ゾーン区分は再抽出OD量が実調査の44大ゾーン間OD量に相当する区分) <抽出率別精度の比較分析、集落化の影響分析> 全発生量、4ゾーン別発生・集中量(4ゾーン区分は再抽出物流量が実調査の44大ゾーン別物流量に相当する区分) <母数が少くばらつく影響の分析> 13ゾーン間OD量

表-2 拡大法別精度の比較

		偶然誤差 %		
		ランダム	比例	ネイマン
全発生量 11,176 t		43.8	38.9	26.4
ゾーン別発生量	0~500 t (7件)	87.7	85.3	84.3
	500 t ~ (6件)	82.5	77.3	58.6
ゾーン別集中量	0~500 t (8件)	98.1	98.0	155.7
	500 t ~ (5件)	111.3	102.3	51.5

ゾーン別発生・集中量の偶然誤差は各ケースの平均値

上の物流量に分けて比較を行った。その結果、物流量の多いゾーンに対しては、発生・集中量ともにネイマン法による精度が良くなっている。それに対して物流量の少ないゾーンにおいては、ネイマン法の精度は他と比べて特に良いことはなく、集中量については逆に低くなっている。

次に、OD量の精度比較結果を図-1に示す。これを見ても、他の方法に比べてネイマン法は流動量の多いODに対しては精度がよい。しかし、流動量の少ないODに対してはネイマン法では精度は低下する傾向がある。一方、相関係数で比較するとネイマン法が最も良い精度を示した。

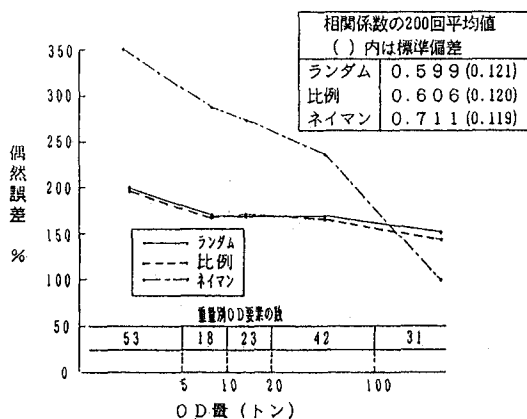


図-1 拡大法別精度の比較

以上より、これら3方法の中では、物流量を把握する上ではネイマン法が最も適していると言える。なぜなら、全発生量及び流動量の多い部分の物流量の精度が高いことは、物流現象の把握にとって望ましいと考えられるからである。この結果を踏まえ、以下の分析では拡大法としてネイマン法を用いる。その標本抽出方法を表-3に示す。抽出率は、ネイマン割当に準じている。

表-3 再標本抽出方法

母集団	一般地区に立地する軽・雑工業系製造業、製品系卸売業の1263事業所
抽出層区分	2業種別、2従業員規模（従業員1～99人、100人～）別の4層
抽出率	・従業員1～99人 …… 10% ・従業員100人～ …… 33% 抽出率別精度の比較においては、この半分と2倍の都合3ケースの比較を行う。

(2) 抽出率別精度の比較分析

図-2に検討結果を示す。実線で4ゾーン別の物流量を、点線で全地域発生量を示す。これを見ると、全ての物流量にとって抽出率が高いと精度も良くなることがわかる。特に抽出率が低い場合には、精度の抽出率に対する感度は大きいと言える。

(3) 標本集落化の影響分析

集落抽出を行った場合、集落内の要素が等質的で集落間のばらつきが大きいほど精度は低下する。ここで、抽出単位が事業所の場合とフレートの場合と

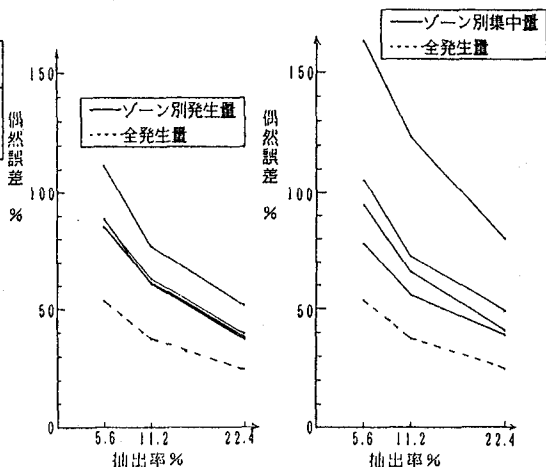


図-2 抽出率と精度の関係

で物流量の精度を比較した。結果を表-4に示す。これを見ると、事業所を抽出単位とするとフレートのそれに比べて全発生量で精度が62%低下する。一方、パーソントリップ調査でのトリップの集落化を考察した過去の研究で、人と世帯による集落化を比較した例がある³⁾。それによると、世帯抽出による精度低下は同様の試算で10%程度であった。この結果と比べても、事業所の集落化による物流量精度の低下は大きいと言える。これは事業所毎に貨物発生量のばらつきが大きいことが影響しているためと考えられる。

表-4 抽出単位が精度に与える影響

抽出単位		偶然誤差 %		偶然誤差比 事業所/フレート
		事業所	フレート	
全発生量		37.5	23.2	1.62
4ゾーン別 発生量	ゾーンA	63.0	36.6	1.72
	ゾーンB	61.4	50.8	1.21
	ゾーンC	77.3	50.4	1.34
	ゾーンD	60.7	45.2	1.34
4ゾーン別 集中量	ゾーンA	55.9	31.5	1.77
	ゾーンB	65.7	51.7	1.27
	ゾーンC	72.4	50.8	1.42
	ゾーンD	123.5	54.9	2.25

3. 複数統計の比較

3-1 比較方法

同じ対象をとらえていると考えられる複数の統計を比較する目的は、各々の統計の特性を生かしつつ複数の統計を組み合わせて、より信頼度の高い統計

表-5 使用統計における重量及び件数

(1) 重量(トン)

統計	年次	農水産品	林産品	鉱産品	金属機械工業品	化学工業品	軽工業品	雑工業品	特殊品
自動車輸送統計	1984年	53,353	36,144	368,320	134,394	206,430	75,735	49,074	240,957
	1985年	53,630	37,204	323,331	127,252	177,055	77,198	48,982	199,037
	1986年	44,923	35,565	331,824	120,303	160,722	74,051	50,732	163,955
	1987年	49,997	34,569	279,645	112,971	146,543	72,585	50,644	172,671
	1988年	49,513	34,308	310,582	118,314	150,235	79,090	54,168	190,766
道路交通センサス	1980年	47,329	38,158	394,326	132,507	186,175	85,279	61,390	275,601
	1985年	889,367	273,899	2,178,601	948,181	1,096,384	695,993	691,652	723,195
	1985年	873,980	245,629	1,887,930	1,118,322	1,294,879	675,815	650,573	827,236

(2) 件数(件)

統計	年次	農水産品	林産品	鉱産品	金属機械工業品	化学工業品	軽工業品	雑工業品	特殊品
自動車輸送統計	1984年	15,034	8,248	13,235	37,572	30,848	26,950	25,483	29,029
	1985年	16,009	8,238	12,445	37,785	30,254	28,102	25,447	29,723
	1986年	15,496	8,114	12,417	37,227	28,491	27,896	26,307	28,202
	1987年	17,670	8,024	93,144	38,158	28,357	31,204	30,050	40,252
	1988年	17,229	8,400	99,638	40,618	29,492	33,674	32,640	39,941
道路交通センサス	1980年	16,289	9,085	103,281	44,420	35,289	37,167	38,282	45,613
	1980年	46,284	17,214	15,637	54,302	33,397	49,372	50,692	18,816
	1985年	48,971	16,167	15,057	58,257	35,555	52,051	56,596	21,369

作成の可能性を検討することである。

ここでは、現在自動車輸送による全国ベースの貨物輸送に関する統計として利用可能な自動車輸送統計(建設省)、道路交通センサス(運輸省)を取り上げ、両統計を用いて品目別(農水産品、林産品、鉱産品、金属機械工業品、化学工業品、軽工業品、雑工業品、特殊品)の都道府県間分布量について比較検討する。検討は以下の2点について行う。

(1) データ数(件数)から見た比較

自動車輸送統計、道路交通センサスから8品目別の都道府県間貨物量を構成するデータ数を求め、データ数がゼロ、又は、1~2件という輸送量を求めるためには信頼度が高いとは言えない都道府県ペア数から両統計の信頼性を検討する。

(2) 重量から見た比較

都道府県間分布貨物量の分布パターンが、自動車輸送統計と道路交通センサスでどの程度類似しているのかを、発都道府県ごとに分布パターンの相関係数を求めて検討する。

検討対象とした統計の期間は、自動車輸送統計については、1984年から1989年までの6時点、道路交通センサスは、1980年、85年の2時点である。用いた両統計の重量、データ件数を表-5に示す。

3-2 結果と考察

(1) データ件数からみた比較

① 道路交通センサス

道路交通センサスから求めた都道府県間輸送量を構成するデータ数の分布を示したのが表-6である。

データ数の分布状態は、全ての品目で1980年、85年とも非常に類似している。データ数ゼロの都道府県ペアの割合は両時点とも約5割である。両時点の統計を比較すると、林産品を除き1985年統計の方が若干であるが、データ数ゼロの都道府県ペアが少ない。データ数ゼロの都道府県ペアの割合が最も高い品目は両時点とも鉱産品であり、最も低い品目は金属機械工業品である。

表-6 件数別のデータ構成

年次	件数	農水産品	林産品	鉱産品	金属機械工業品
1980	0	1,001	1,295	1,484	886
	1~2	495	444	316	479
1985	0	950	1,335	1,415	864
	1~2	525	400	357	431

年次	件数	化学工業品	軽工業品	雑工業品	特殊品
1980	0	1,125	1,006	924	1,396
	1~2	433	423	474	385
1985	0	1,088	934	877	1,284
	1~2	404	438	443	393

② 自動車輸送統計

自動車輸送統計から求めたデータ数の分布を示したのが表-7である。データ数の分布状況は6時点とも類似している。データ数がゼロの都道府県ペアの割合は約3/4(73%~75%)を占めている。データ数ゼロの割合は全ての品目で、道路交通センサスで最もこの割合が高い鉱産品よりも高くなっている。この割合が高い品目は6時点とも共通して林産品、鉱産品、特殊品であり、低い品目は金属機械工業品、軽工業品、雑工業品である。

この様に自動車輸送統計は、道路交通センサスに比べデータ数ゼロの都道府県ペア割合が高いが、こ

のデータ数ゼロの都道府県ペアが6時点で共通しているのか否かを示したのが表-8である。

6時系列ともデータ数ゼロの都道府県ペアの割合は、各時点のそれより低くなり、ほぼ道路交通センサスの割合と等しく、また、6時点ともデータが存在する都道府県ペアの割合(約11%)は、道路交通センサスではデータ数が20件程度の都道府県ペアの割合にほぼ等しい。

表-7 件数別のデータ構成

年次	件数	農水産品	林産品	鉱産品	金属機械工業品
1984	0	1,585	1,808	1,922	1,379
	1~2	342	219	137	375
1985	0	1,589	1,842	1,925	1,391
	1~2	323	204	138	375
1986	0	1,577	1,825	1,935	1,370
	1~2	347	212	110	355
1987	0	1,556	1,791	1,755	1,360
	1~2	374	247	180	364
1988	0	1,585	1,786	1,740	1,327
	1~2	323	233	139	413
1989	0	1,596	1,813	1,743	1,317
	1~2	294	229	189	402

年次	件数	化学工業品	軽工業品	雑工業品	特殊品
1984	0	1,521	1,492	1,508	1,638
	1~2	318	359	367	283
1985	0	1,492	1,508	1,471	1,594
	1~2	339	331	368	319
1986	0	1,534	1,489	1,460	1,620
	1~2	305	346	373	300
1987	0	1,515	1,496	1,400	1,596
	1~2	328	341	426	319
1988	0	1,489	1,463	1,428	1,606
	1~2	326	346	402	290
1989	0	1,508	1,455	1,420	1,571
	1~2	320	341	400	316

表-8 6時点におけるデータの有無

	農水産品	林産品	鉱産品	金属機械工業品
6年間なし	963	1,364	1,450	784
1年間あり	406	327	261	333
2年間あり	206	140	133	212
3年間あり	156	91	89	174
4年間あり	143	67	77	139
5年間あり	102	79	62	127
6年間あり	233	141	137	440

	化学工業品	軽工業品	雑工業品	特殊品
6年間なし	1,002	942	857	1,081
1年間あり	321	335	343	345
2年間あり	180	201	220	181
3年間あり	133	129	184	123
4年間あり	105	124	159	114
5年間あり	113	137	140	93
6年間あり	355	341	326	272

③ 2統計の比較

1985年の道路交通センサスと自動車輸送統計について、各都道府県ペアが両統計ともデータが存在する道路交通センサスではデータがあるが自動車輸送統計ではデータがない都道府県ペア数は、逆の道路交通センサスではデータがないが自動車輸送統計ではデータがある都道府県ペア数の約10倍と非常に多い。

るのか否かを示したのが表-9である。

また、1985年の道路交通センサスと1984年から1989年までの6時点の値を合計した自動車輸送統計を用いて、データの存在の有無を求めた結果を、表-10に示す。

自動車輸送統計を6時点合計したものでは、一方の統計には存在するが他方の統計には存在しない都道府県ペアの数は、ほぼ同数となり、1時点の自動車輸送統計と比較した場合とは大きく異なる。しかし、6時点合計しても、自動車輸送統計と道路交通センサスの2統計でデータが存在しない都道府県ペア数と一致せず、その割合が約2割程度もあることは、両統計を考える上で注意すべきことと言えよう。

表-9 2統計のデータの有無(1985年)

輸送統計	センサス	農水産品	林産品	鉱産品	金属機械工業品
なし	なし	888	1,278	1,380	800
あり	なし	62	57	35	64
なし	あり	701	564	545	591
あり	あり	558	310	249	754

輸送統計	センサス	化学工業品	軽工業品	雑工業品	特殊品
なし	なし	1,804	874	826	1,165
あり	なし	84	60	51	119
なし	あり	488	634	645	429
あり	あり	633	641	687	496

表-10 2統計のデータの有無(1984~89年)

輸送統計	センサス	農水産品	林産品	鉱産品	金属機械工業品
なし	なし	700	1,109	1,218	603
あり	なし	250	226	197	261
なし	あり	263	255	232	181
あり	あり	996	619	562	1,164

輸送統計	センサス	化学工業品	軽工業品	雑工業品	特殊品
なし	なし	831	714	654	928
あり	なし	257	220	223	356
なし	あり	171	228	203	153
あり	あり	950	1,047	1,129	772

(2) 重量から見た比較

品目別に見た1985年の道路交通センサスと1984年から1989年までの自動車輸送統計の分布パターンの相関係数を表-11に示す。

全ての品目について、また比較した全ての時点について、道路交通センサスと自動車輸送統計の貨物量で見た分布パターンは類似していると言えるが、一方で、同じ時点(1985年)の2統計の類似性が、他の時点のそれに比べて特に高いという訳ではない。類似性の違いは比較の時点の違いよりは、品目の違いによる方が大きい。

鉱産品、林産品というデータ数ゼロの都道府県ペアの割合が高い品類の相関係数が、前者が高く、後者

表-11 分布パターンによる相関係数

年次	農水産品	林産品	鉱産品	金属機械工業品
1984	0.946	0.943	0.989	0.971
1985	0.939	0.933	0.980	0.962
1986	0.932	0.945	0.982	0.977
1987	0.926	0.939	0.982	0.964
1988	0.934	0.951	0.987	0.976
1989	0.949	0.957	0.981	0.975

年次	化学工業品	軽工業品	雑工業品	特殊品
1984	0.995	0.930	0.956	0.986
1985	0.991	0.941	0.937	0.986
1986	0.992	0.933	0.946	0.993
1987	0.992	0.957	0.959	0.993
1988	0.991	0.964	0.960	0.993
1989	0.994	0.952	0.946	0.996

が低くなっているのは興味深い。

こうした類似性を相関が比較的低い軽工業品について発都道府県ごとに示したのが図-3、及び図-4である。図-3は、1985年の2統計を用いて発都道府県ごとの相関係数と発重量の関係を、図-4は、相関係数と発重量を構成するデータ数の関係を示したものである。これらの図より、発重量やデータ数の少ない都道府県ほど両統計間の分布パターンの類似性が低くなることが解る。この傾向は全ての品目

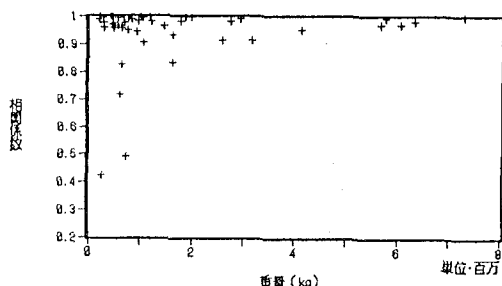


図-3 重量と相関係数との関係

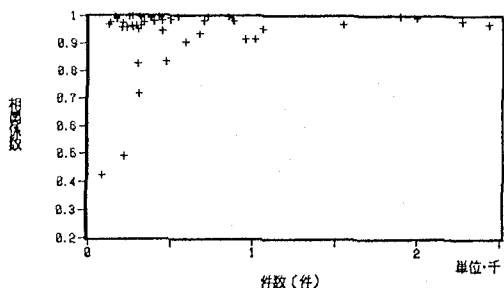


図-4 件数と相関係数との関係

に見られる。全都道府県でみて相関係数の高い品目では、発都道府県ごとに相関係数を見てもほとんど全ての都道府県で高いのに対し、農水産品、林産品という相対的には低い品目では、全ての都道府県が一樣に低いと言うわけではなく高い相関を有する都

道府県が多い一方で、かなり相関係数が低い都道府県が存在するという形態となっている。

4. おわりに

本研究では、以下の点が示せた。

①これまで検討されることの少なかった物資流動調査の標本誤差に基づく物流量精度の考察を行い、ネイマン法による標本抽出が物流量を把握する上で妥当であることを実証的に示した。そして、標本誤差要因の影響分析を行い、抽出率、事業所による標本集落化、という2つの影響を定量的に示した。

②道路交通センサス及び、自動車輸送統計を用いて新しい統計を作るに可能性について、次の事が指摘できた。

- ・道路交通センサスと自動車輸送統計を組み合わせる利用していくためには、さらに詳細な検討が必要であり、現状ではそれぞれ個別に用いる事が適当と考えられる。
- ・自動車輸送統計を単年度で利用するのは、データ数ゼロの都道府県ペアが多く信頼性に欠けるが、分布パターンの時系列変化は少ないことから、指数平滑などして複数時点の統計を同時に用いることが適当と考えられる。

これらの成果を通して、これまで全くと言ってよい程行われてこなかったこうした検討の必要性は示せたのではないかと考えている。

今後は、さらに多くの貨物輸送統計について検討を進めていきたいと考えている。

【参考文献】

- 1)コ克蘭著 鈴木達三・高橋宏一・脇本和昌 訳、「サンプリングの理論と方法」第5章、層別ランダムサンプリング、東京図書、1972.
- 2)例えば、昭和62年度仙台都市圏物資流動調査報告書、企画設計編
- 3)山形耕一、「パーソントリップ調査の調査精度に対する抽出単位の影響について」、第5回土木計画学研究発表会講演集、pp.366-370、1983.
- 4)鹿島 茂、「OD調査の現状と動向」、交通工学 Vol.23 増刊号、1988