

積雪都市における道路交通流特性に関する統計分析

Study on Statistical Analysis of Characteristics of Road Traffic Flow
in Snowy Cities

堀 井 雅 史*

By Masafumi Horii

Road traffic flow in snowy cities is frequently paralyzed in the snow season. Therefore, it is necessary to examine the characteristics of road traffic flow and take measures to prevent paralyzation of traffic flow. In this paper, a model for prediction of travel speed in snowy cities was proposed by applying the Multiple Regression Analysis. Furthermore, by using classification of road and road surface conditions, the statistical model was examined in each group.

1. はじめに

一般道路における交通流は、高速道路と異なり、様々な要因が影響を及ぼすためにその特性を明確にすることには困難が伴う。特に積雪都市においては、さらに降・積雪が交通流に大きな影響を及ぼしているため、現象を複雑にしている。一般道路の交通流に関しては、過去にいくつかの研究¹⁾²⁾³⁾⁴⁾がなされ、旅行速度と交通量、信号密度などとの関係が示されている。冬期交通については、旅行速度に関する文献はあまり見当たらないようである。しかしながら、道路交通のサービス水準低下は大きな問題であり、特に都市内道路においては、その大部分を占める2車線道路の交通流に対する障害度合およびそ

の影響要因を解明することは、今後の積雪都市の交通管理計画上重要な課題である。

そこで本研究は、積雪都市内の一般道路において調査を実施し、その資料を基に2車線道路における冬期交通流、特に旅行速度に関する統計分析を行い、積雪都市における旅行速度の予測モデルについて検討を行ったものである。

2. 資料および分析方法

調査対象地区は豪雪地帯で知られる米沢市、会津若松市および長岡市中心部道路網⁵⁾である。これらの道路網に対して走行ルートを設定し、試験車走行法によって旅行時間の測定を行った。測定はピーク時、オフピーク時を含む4時間帯とし、1時間当たり6回を目標に測定車を走らせた。同時にそれぞれの区間の交通量、有効幅員、路面状態、天候および信号制御に関するデータを収集した。これらに対してデータの見直しおよび数量化I類、重回帰分析を

キーワード：旅行速度、重回帰分析、積雪都市

* 正会員 工博 日本大学講師 工学部土木工学科
(〒963 郡山市田村町徳定字中河原1)

適用して、旅行速度予測式の設定を試みた。

図-1は、調査期間別の平均交通量の変動と積雪深の関係を示したものである。なお気象のデータは調査日に関する各県の気象月報⁷⁾によった。また図中の米沢1とは米沢市での第1回目の測定時期を示す。都市によって異なっているが、概して積雪量が増大すると交通量が減少しているのがわかる。

図-2は平均旅行速度の変動と最低気温の関係を示す。これによると、最低気温が低下すると旅行速度およびその標準偏差も減少する傾向にある。無雪期と積雪期との関係では、積雪期の旅行速度の方が無雪期を上回っている時期がみられ、注目に値する。

図-3は各区間の無雪期と積雪期の交通量の関係を図示したものであり、ほぼ一直線上に分布している。

図-4には旅行速度について示した。交通量と比較すると旅行速度のばらつきが目立ち、特に図の上半分に位置する区間は積雪期の旅行速度の方が高いことを示している。

図-5は走行速度に関するものであり、旅行速度ほどばらついていない。したがって、このばらつきは停止時間の変動によるものと考えられる。

3. 旅行速度予測モデルに関する分析結果

次に旅行速度と各区間の道路・交通条件および気象条件との関係を検討するために数量化I類による分析を行い、2車線道路における旅行速度の予測モデルの設定について検討を行った。

目的変量は各区間の旅行速度とし、説明変量は交通量、混雑度、沿道状況、道路種別、信号密度、路面状態、有効幅員、天候、消雪施設の有無、測定時間帯、区間長、信号サイクル長、青時間比とし、相関関係を考慮して決定した。さらに上述のとおり、無雪期よりも積雪期の旅行速度が高い区間は、積雪期の方が走りやすいという点でそれ以外の区間と特性が異なると考え、無雪期と積雪期の旅行速度を比較し、旅行速度分類という一つの変量を取り上げた。なお積雪期の交通容量は路面状態によって減少することが考えられ、その影響について定量的に示すことができなかったため、過去の文献^{7) 8)}を参考にして交差点交通容量に補正率を乗じて求めている。

表-1には旅行速度に関する分析結果を示す。こ

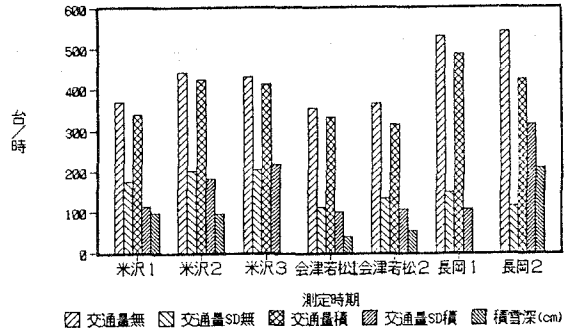


図-1 交通量の変動と積雪深

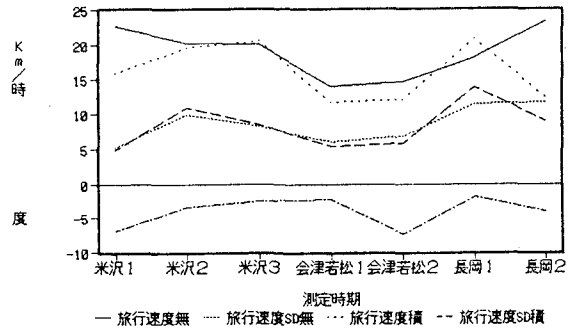


図-2 旅行速度の変動と最低気温

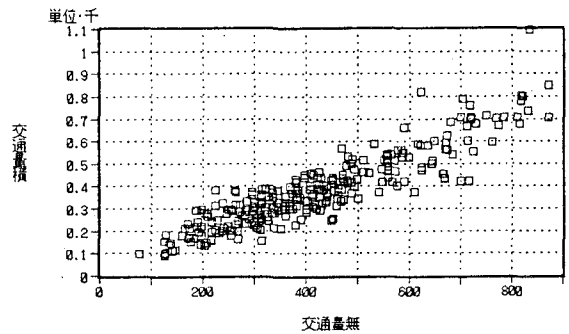


図-3 無雪期と積雪期の交通量の関係

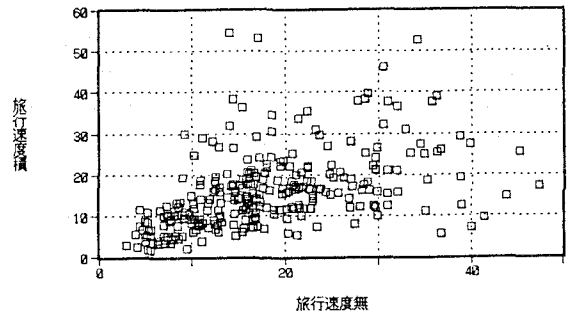


図-4 無雪期と積雪期の旅行速度の関係

れによると、6変量で重相関係数が0.782であり、比較的良好な結果が得られた。カテゴリーウェイトの分布は全般的に良好であり、妥当な分析結果となった。目的変量に及ぼす影響が大きい変量は、沿道状況、路面状態、混雑度などである。図-6には計算値と観測値の関係を図示した。ほぼ直線にのっているが、速度が高い範囲において計算値と観測値との隔たりがみられる。これは分析で取り上げた変量では説明できないか、あるいは線形式では十分に予測できないことなどによると考えられる。今回は後者の理由であるとし、変量変換を試みた。このために取扱いが簡単で、比較的分かりやすい重回帰分析を適用した。カテゴリーデータである沿道状況と路面状態については、各カテゴリーウェイトをそのカテゴリーの変量値として採用した。また旅行速度分類はダミー変量として用いている。表-1と同じ変量で通常の重回帰分析を実施した結果、重相関係数0.774となった。

変量変換にあたっては、旅行速度と各説明変量間の散布図を描き、その分布図より変換する関数形をいくつか選定し、目的変量との相関係数を目安に決定した。表-2には5変量によって分析した結果を示す。ここでLNとは対数変換を意味する。重相関係数は0.786となり、各説明変量はt検定の結果1%で有意である。図-7に示した計算値と測定値との関係によれば図-6と比較して速度の高い範囲での若干の改善がみられる。

4. 各変量別の検討

ここでは上記の結果で採用された変量別に旅行速度との関係について検討を行った。

まず旅行速度分類については、無雪期の旅行速度が大きい場合と積雪期の旅行速度が大きい場合に分類して、それぞれについて変数増減法による重回帰分析を行った。表-3にその結果を示す。これによると無雪期の旅行速度が大きい場合（通常は無雪期の旅行速度が大きい）と、積雪期の方が大きい場合

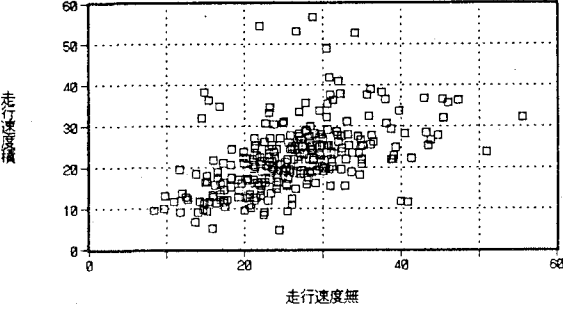


図-5 無雪期と積雪期の走行速度の関係

表-1 数量化I類による分析結果

【分析結果と係数】	
決定係数	0.61143
自由度調整済み決定係数	0.58800
重相関係数	0.78194
線形重回帰式の定数項	
	16.8973

アイテム	カテゴリー	z	係数とレンジ		度数	yの平均
			係数	レンジ		
x 22 旅速分類	z 1	無雪期大	-4.69988	4.69985	139	11.4186
		積雪期大	(0)		73	17.1601
x 54 C 混雑度積	z 2	~0.39	4.76081	4.76081	67	16.7444
		~0.59	3.19732		72	13.1343
		~2.16	(0)		73	10.5798
x 60 C 沿道状況	z 4	商業系	-4.6603	5.74304	135	11.6629
		住居系	1.08272		43	17.3272
		その他	(0)		34	15.3032
x 81 C 区間長	z 6	~0.149	-5.3660	5.36607	58	9.70293
		~0.249	-0.1268		61	14.4081
		~0.407	(0)		93	15.0345
x 85 C 青時間積	z 8	~0.39	-2.9714	3.81116	80	10.0237
		~0.49	0.83972		63	14.9098
		~0.740	(0)		69	15.9226
x 88 路面状態	z 10	乾燥	5.34328	5.34328	36	18.0644
		水べた雪	1.69778		147	12.7322
		圧雪	0.32481		19	11.5210
		アイス	(0)		10	9.902

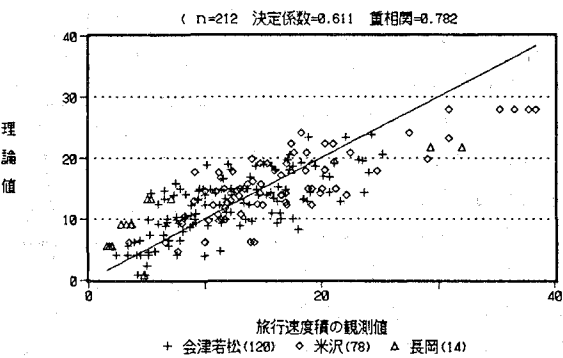


図-6 計算値と観測値（数量化I類）

とも3変量で重相関係数がそれぞれ0.763と0.798と良好な値を示しており、この分類による旅行速度予測式の設定は可能であると考えられる。次に沿道状況について検討する。表-1のカテゴリ

リーウエイトの分布より、沿道が商業系とそれ以外に分類し、それぞれについて同様の分析を行った。表-4はその結果を示す。沿道が住居系とその他の分類においては、3変量で重相関係数が0.751と比較的高いが、商業系においては重相関係数があまり高くない結果が得られた。したがって沿道が商業系においてはその他の影響を考慮する必要がある。

表-2 重回帰分析による分析結果

【分析結果】			【標準化偏回帰係数】	
決定係数	0.61754			値
自由度調整済み決定係数	0.60826		b 5 旅速分類	-0.3304
重相関係数	0.78584		b 30 LN混雑度	-0.4420
誤差分散の推定値	19.1804		b 32 LN区間長	0.33745
誤差項標準偏差の推定値	4.37955		b 40 沿道状況	0.31746
			b 41 路面状態	0.17912

【偏回帰係数】					
	値	標準誤差	t 値	検定	95%信頼区間
B 0 定数項	20.9968	1.43658	14.6158	1%有意	18.1645 ~ 23.8291
B 5 旅速分類	-4.8549	0.64547	-7.5219	1%有意	-6.1275 ~ -3.5823
B 30 LN混雑度	-5.9587	0.58934	-10.110	1%有意	-7.1206 ~ -4.7968
B 32 LN区間長	5.05559	0.64970	7.78140	1%有意	3.77467 ~ 6.33650
B 40 沿道状況	0.86816	0.11833	7.33617	1%有意	0.63485 ~ 1.10147
B 41 路面状態	0.80905	0.19851	4.07558	1%有意	0.41767 ~ 1.20042

測定結果に及ぼす区間長の影響は興味のあるところだが、区間長については、表-1のカテゴリーウエイトの分布および図-8の旅行速度と区間長との関係より、区間長が0.23 Km付近で異なった分布をしていると考えられるため、この値で分類し、重回帰分析を行った。表-5に示すとおり区間長が比較的に長い区間においては、2変量で重相関係数が0.764と良好な結果であるのに対して、区間長が短くなると3変量で重相関係数が0.740と若干低下する。これは区間長が短いため、少しの変動でも旅行速度に及ぼす影響が大きいであろう。

最後に路面状態について検討を行った。路面状態によってはサンプル数が少ない場合があるが、傾向を把握するためそれぞれについて重回帰分析を行った。表-6にその結果をまとめて示す。なお、圧雪とアイスバーンについてはカテゴリーウエイトが比較的近い値を示しており、またサンプル数との関係からも1つのグループとして考えた。これによると路面状態が乾燥、圧雪・アイスバーンの場合はサンプル数の関係があるが、少ない変量で高い値を示しており、予測式としては適当であろう。しかし、湿潤・水べた雪に関しては説明力が低く、今後の検討

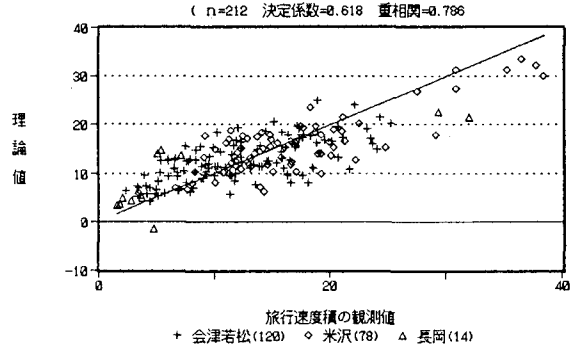


図-7 計算値と観測値(重回帰分析)

表-3 旅行速度分類に関する分析結果

a) 無雪期大

【分析結果】			【標準化偏回帰係数】	
決定係数	0.58262			値
自由度調整済み決定係数	0.57335		b 16 11km長積	-0.4106
重相関係数	0.76330		b 30 LN混雑度	-0.4141
誤差分散の推定値	13.2714		b 32 LN区間長	0.35051
誤差項標準偏差の推定値	3.64300			

【偏回帰係数】					
	値	標準誤差	t 値	検定	95%信頼区間
B 0 定数項	31.3928	2.44090	12.8611	1%有意	26.5655 ~ 36.2201
B 16 11km長積	-0.1486	0.02072	-7.1735	1%有意	-0.1896 ~ -0.1077
B 30 LN混雑度	-4.4831	0.60782	-7.3756	1%有意	-5.6851 ~ -3.2810
B 32 LN区間長	4.24042	0.68684	6.17373	1%有意	2.88205 ~ 5.59879

b) 積雪期大

【分析結果】			【標準化偏回帰係数】	
決定係数	0.63720			値
自由度調整済み決定係数	0.62142		b 30 LN混雑度	-0.4765
重相関係数	0.79824		b 32 LN区間長	0.39619
誤差分散の推定値	23.4537		b 40 沿道状況	0.51238
誤差項標準偏差の推定値	4.84290			

【偏回帰係数】					
	値	標準誤差	t 値	検定	95%信頼区間
B 0 定数項	26.1438	2.42776	10.7687	1%有意	21.3006 ~ 30.9871
B 30 LN混雑度	-7.2928	1.15300	-6.2730	1%有意	-9.5930 ~ -4.9327
B 32 LN区間長	6.51318	1.22375	5.32228	1%有意	4.07186 ~ 8.95451
B 40 沿道状況	1.53593	0.22821	6.73011	1%有意	1.08065 ~ 1.99121

が必要である。

表-4 沿道状況に関する分析結果

a) 住居系・その他

5. まとめ

本研究は積雪都市内における一般道路について交通流特性、特に旅行速度について分析を行ったものである。得られた結果を以下にまとめて示す。

1) 積雪都市内における道路交通流は様々な要因が影響を及ぼしあっているため説明することがむずかしいが、変量変換を考慮した重回帰分析を適用することによって旅行速度をある程度説明できることを示した。

2) 個々の変量別に検討した結果、旅行速度分類、非商業系の沿道区間、区間長の比較的に長い区間、サンプル数の問題があるが乾燥、圧雪・アイスバーンの路面状態については説明力が比較的高く、旅行速度予測式として適当と考えられる。

予測式が設定できれば、降・積雪によるサービス水準の低下や積雪都市特有の交通流特性の評価、あるいは除排雪計画策定の際の情報提供にも適用できるであろう。

今後の課題として、旅行速度分類の定量的把握、説明力が低いグループに対する再検討および予測式の適用問題について研究することが必要であると考えらる。

参考文献

1) 藤田・山川・浦本・浦野：一般道路における旅行速度，土木技術資料，23-2，1981。

2) 大蔵・北川・森田：一般道路における区間速度の特性，高

【分析結果】

決定係数	0.56417
自由度調整済み決定係数	0.54626
重相関係数	0.75111
誤差分散の推定値	33.7804
誤差項標準偏差の推定値	5.81209

【標準化偏回帰係数】

	値
b 16 β 17km長積	-0.2854
b 30 LN混雑度	-0.5663
b 41 路面状態	0.25039

【偏回帰係数】

	値	標準誤差	t 値	検定	95%信頼区間
β 0 定数項	22.2239	4.09896	5.42184	1%有意	14.0547 ~ 30.3931
β 16 β 17km長積	-0.1414	0.03878	-3.6467	1%有意	-0.2187 ~ -0.0641
β 30 LN混雑度	-7.0554	1.00413	-7.0264	1%有意	-9.0566 ~ -5.0542
β 41 路面状態	1.25147	0.40097	3.12109	1%有意	0.45233 ~ 2.05061

b) 商業系

【分析結果】

決定係数	0.39601
自由度調整済み決定係数	0.38218
重相関係数	0.62929
誤差分散の推定値	16.4003
誤差項標準偏差の推定値	4.04973

【標準化偏回帰係数】

	値
b 16 β 17km長積	-0.2999
b 30 LN混雑度	-0.3923
b 32 LN区間長	0.44312

【偏回帰係数】

	値	標準誤差	t 値	検定	95%信頼区間
β 0 定数項	28.9360	3.00774	9.62050	1%有意	22.9860 ~ 34.8860
β 16 β 17km長積	-0.1111	0.02570	-4.3245	1%有意	-0.1619 ~ -0.0603
β 30 LN混雑度	-5.2145	0.94546	-5.5153	1%有意	-7.0848 ~ -3.3441
β 32 LN区間長	5.30345	0.86651	6.12042	1%有意	3.58928 ~ 7.01762

表-5 区間長に関する分析結果

a) 区間長 ≥ 0.23 Km

【分析結果】

決定係数	0.58322
自由度調整済み決定係数	0.57571
重相関係数	0.76369
誤差分散の推定値	20.3929
誤差項標準偏差の推定値	4.51585

【標準化偏回帰係数】

	値
b 31 I/混雑度	0.66728
b 40 沿道状況	0.21620

【偏回帰係数】

	値	標準誤差	t 値	検定	95%信頼区間
β 0 定数項	10.3370	0.98904	10.4515	1%有意	8.37717 ~ 12.2968
β 31 I/混雑度	2.57905	0.24962	10.3315	1%有意	2.08439 ~ 3.07370
β 40 沿道状況	0.58971	0.17616	3.34749	1%有意	0.24063 ~ 0.93880

b) 区間長 < 0.23 Km

【分析結果】

決定係数	0.54726
自由度調整済み決定係数	0.53281
重相関係数	0.73977
誤差分散の推定値	20.2718
誤差項標準偏差の推定値	4.50243

【標準化偏回帰係数】

	値
b 16 β 17km長積	-0.3664
b 37 LN青時間	0.57912
b 41 路面状態	0.26965

【偏回帰係数】

	値	標準誤差	t 値	検定	95%信頼区間
β 0 定数項	32.5283	2.79366	11.6435	1%有意	26.9814 ~ 38.0752
β 16 β 17km長積	-0.1270	0.02460	-5.1645	1%有意	-0.1759 ~ -0.0782
β 37 LN青時間	10.9128	1.38462	7.88146	1%有意	8.16365 ~ 13.6620
β 41 路面状態	1.11146	0.29698	3.74251	1%有意	0.52179 ~ 1.70112

速道路と自動車，第24巻2号，
1981.

3) 北川・太田：配分手法で用いるQ-V式に関する考察，交通工学，VOL.19，NO.3，1984.

4) 阿部・萩野：北海道における信号交差点のある2車線道路の旅行速度，交通工学，VOL.21，NO.5，1986.

5) 堀井雅史：積雪都市における2車線道路の速度特性に関する基礎的研究，年次学術講演会概要集，1990，pp.680～681

6) 日本気象協会：山形県・福島県・新潟県気象月報

7) 石井・斉藤：冬期積雪時における信号交差点の交通容量解析に関する研究，土木計画学研究論文集1，1984.

8) 外井・河野・柴田：信号交差点の交差点容量に関する研究，交通工学，VOL.24，NO.2，1989.

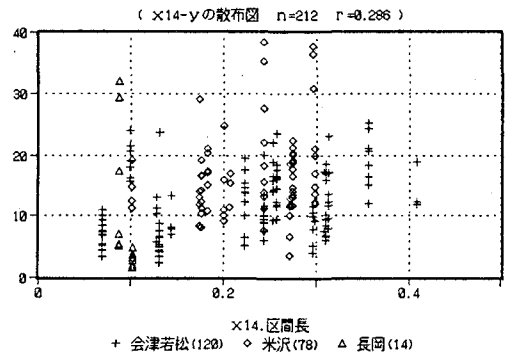


図-8 旅行速度と区間長

表-6 路面状態に関する分析結果

a) 乾燥

【分析結果】				【標準化偏回帰係数】	
決定係数	0.85353				値
自由度調整済み決定係数	0.84922				
重相関係数	0.92387			b 30	LN混雑度
誤差分散の推定値	15.9824				-0.9238
誤差項標準偏差の推定値	3.99780				

【偏回帰係数】					
	値	標準誤差	t 値	検定	95%信頼区間
β 0 定数項	7.66371	0.99494	7.70267	1%有意	5.64175 ～ 9.68567
β 30 LN混雑度	-11.589	0.82337	-14.076	1%有意	-13.263 ～ -9.9166

b) 湿潤・水べた雪

【分析結果】				【標準化偏回帰係数】	
決定係数	0.41028				値
自由度調整済み決定係数	0.39791				
重相関係数	0.64053			b 7	混雑度積
誤差分散の推定値	20.6707			b 16	1/信号長積
誤差項標準偏差の推定値	4.54650			b 32	LN区間長

【偏回帰係数】					
	値	標準誤差	t 値	検定	95%信頼区間
β 0 定数項	40.1148	2.80564	14.2978	1%有意	34.5689 ～ 45.6606
β 7 混雑度積	-6.1711	1.48935	-4.1435	1%有意	-9.1151 ～ -3.2271
β 16 1/信号長積	-0.1651	0.02164	-7.6285	1%有意	-0.2078 ～ -0.1223
β 32 LN区間長	3.79078	0.79154	4.78910	1%有意	2.22615 ～ 5.35541

c) 圧雪・アイスバーン

【分析結果】				【標準化偏回帰係数】	
決定係数	0.68295				値
自由度調整済み決定係数	0.64490				
重相関係数	0.82640			b 7	混雑度積
誤差分散の推定値	7.45022			b 16	1/信号長積
誤差項標準偏差の推定値	2.72951			b 25	1/信号密度

【偏回帰係数】					
	値	標準誤差	t 値	検定	95%信頼区間
β 0 定数項	31.5466	4.68918	6.72752	1%有意	21.8890 ～ 41.2041
β 7 混雑度積	-12.425	3.00962	-4.1288	1%有意	-18.624 ～ -6.2277
β 16 1/信号長積	-0.1707	0.03492	-4.8894	1%有意	-0.2427 ～ -0.0988
β 25 1/信号密度	24.2056	5.53436	4.37369	1%有意	12.8074 ～ 35.6038