

[研究論文]

# 通信トラフィック解析及びその転換点の検出について

## Analysis of Network Traffic and Detection of the Change Point between Busy and Low Periods

譚 康融<sup>†</sup>

Kangrong Tan<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 久留米大学 経済学部

<sup>†</sup> Faculty of Economics, Kurume Univ.

### 要旨:

本研究論文は、実際のネットワーク通信データを用いて、ネットワーク利用状況の解析を行い、各施設間の通信量の変化を計算し、その通信トラフィックの時系列データの統計特性を捉えることができた一方、繁忙期(Busy Season)と閑散期(Low Season)の分岐点の推定をも行われ、提案した数理的な手法による各期の転換点(Change Point)を検出することができた。

### Abstract:

This research is focused upon the analysis of the network traffic. Through our research, we have obtained the statistical properties of the network traffic data, which have been collected at Mii Campus. Furthermore, it has been confirmed that our proposed Bayesian algorithm can efficiently find the change points between the busy and low periods in the time series of the real network traffic.

## 1. はじめに

本論文は去年1年間分(2017年4月1日~2018年3月31日)の御井キャンパスネットワーク通信データを解析し、その結果をまとめたものである。主に各建屋の通信トラフィックの解析結果をまとめたものである。また、インターネットの出口、及び入り口の通信量変動を注視し、ネットワークの繁忙期及び閑散期の転換点(Change Point)を数理的解析方法に基づき、転出点の検出を試み、良い結果が得られて提案手法の有効性が確認できた。

## 2. データの構造について

今回、御井キャンパスの情報教育センターのご協力を頂き、御井キャンパスの各建屋間のネットワークトラフィックデータを入手した。これらのデータを用いて、ネットワーク通信の統計的特性を調べてみた。

データの期間は2017年4月1日から2018年5月31日までであり、毎日24時間の1時間ごとの通信トラフィックの記録である。通信トラフィックの内訳は、送受信通信トラフィック、送受信速度、およびそれらの合計などとなる。

現在の御井キャンパスにおいては、学外回線3本を設けており、それぞれA、B、C回線と呼ぶ。また、旭町との間は学内ネットワークD回線が運用されている。各建屋(御井本館、500号館、600号館、700号館、800号館、900号館、学生会館、御井学館、御井アリーナ、御井図書館)は、主に1000号館のコアスイッチを通じて、学外、或いは学内の旭町と交信している。

ここで、学外回線 A を例にして、データの構造を説明する。

生のデータセットから計 18 個の列、そのうち、時間単位で 2017 年 4 月 1 日から 2018 年 3 月 31 日まで丁度 365 日分のデータレコード 8760 件を整理した。

表 1 に示されているように、種々のデータ列がデータレコードに含まれている。なかには、RAW データと言った正式なトラフィック記録データなどに変換されていなかった原始データが含まれていたが、それらを除いて、トラフィックの送受信合計量、および各々の送信・受信量、また送受信合計速度や、送信・受信速度などの列を抽出し、それらの記録を主に解析に利用した。また、生データでは、トラフィックの単位は KB、通信速度の単位 Kbps だったが、解析の結果はそれぞれ GB、および Mbps に直した。

表 1 レコードデータ列

[1]	DateTime	[10]	rec_traffic_speed_raw
[2]	RAW_KB	[11]	send_traffic
[3]	sum_traffic	[12]	send_traffic_raw
[4]	sum_RAW	[13]	send_traffic_speed
[5]	sum_speed	[14]	send_traffic_speed_raw
[6]	sum_speed_raw	[15]	stoptime
[7]	rec_traffic	[16]	stoptime_raw
[8]	rec_traffic_raw	[17]	app_rate
[9]	rec_traffic_speed	[18]	app_rate_raw

### 3. 通信量解析の概略

学外に接続している回線 A の 1 年間分のデータ(単位: GB)を用いて、毎日の通信量の変化の様子を図 1 に描かれている。

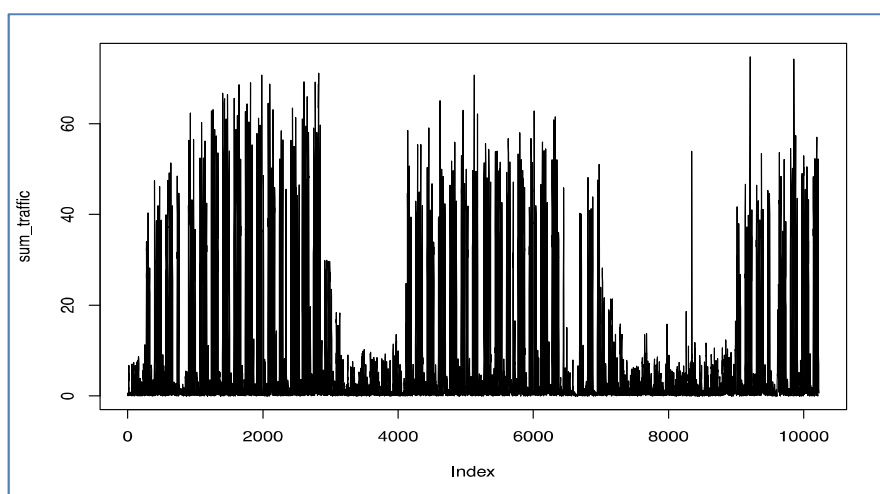


図 1 2017 年 4 月 1 日-2018 年 5 月 31 日の時間単位の通信量の変化(回線 A の場合)

図 1 に示されたトラフィックの変化を眺めると、4 月上旬から学期が始まり、トラフィックは次第に増えていき、五月連休までに一旦減少したが、連休が終わると、夏休みまで、増えて

いる様子が確認できよう。また、夏休み明け、後期が始まってから、冬休みまでの間に、また高い通信量が記録されている一方、冬休みや春休みの期間中に通信量が減少したが、2018年4月から再び、通信量が上昇したことは、手に取るほど分かるだろう。

同じく上記期間中の時間単位の通信トラフィックの変化については、図2では2017年4月1日から5月31日まで61日の1,464時間の時間毎の通信速度を示している。夜間や早朝など、トラフィックが少ない時間帯において、相対的に時間単位の通信速度も低くなっていることが読み取れよう。

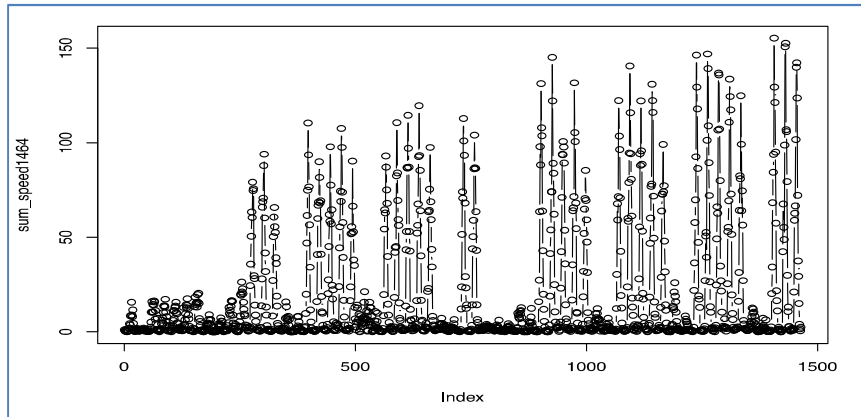


図2 2017年4月1日から5月31日まで61日の1,464時間の通信速度変化

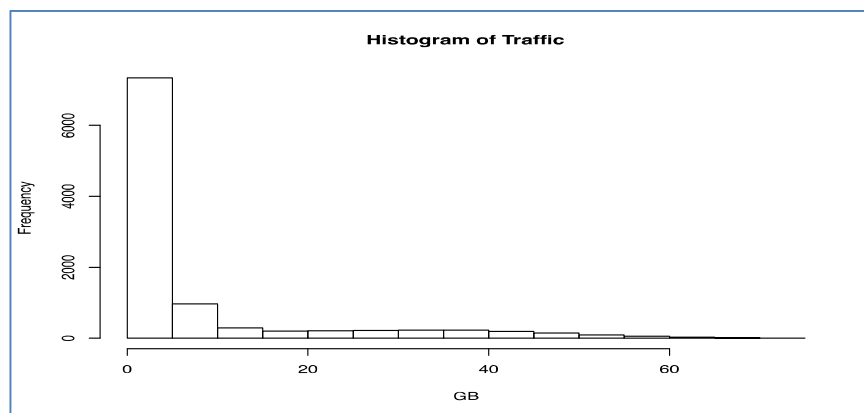


図3 2017年4月1日-2018年5月31日の時間毎のトラフィックのヒストグラム(回線Aの場合)

図3では、2017年4月1日-2018年5月31日の時間毎のトラフィックのヒストグラムを示している。上述したように深夜や、早朝や、休日などにおいて、通信量の少ない状況を示唆している。その為、0GBあたりの頻度が高いことは一目瞭然だろう。

従って、このようなデータの周期的変動は、主に深夜から早朝までの時間帯や、週末、連休や、学期の始まり、学校休みなどの期間によるものだと考えられる。

### 3.1 解析にあたってデータの処理

上記のトラフィックレコードのアイテムを踏まえて、元のデータを加工して、以下のデータセットを作成した。

- (1) 日次データセット

(2) 曜日毎のデータセット

上記のデータセットから、365日の時系列データ、および曜日毎のデータの統計特性の解析を行った。

### 3.2 回線A

上記365日の整理データセットから、それらの時系列データの統計性質を解析し、以下のようまとめた。ここから `sum_traffic`、`sum_rec`、`sum_send` は、それぞれ日次送受信量、日次受信量、日次送信量を指す。

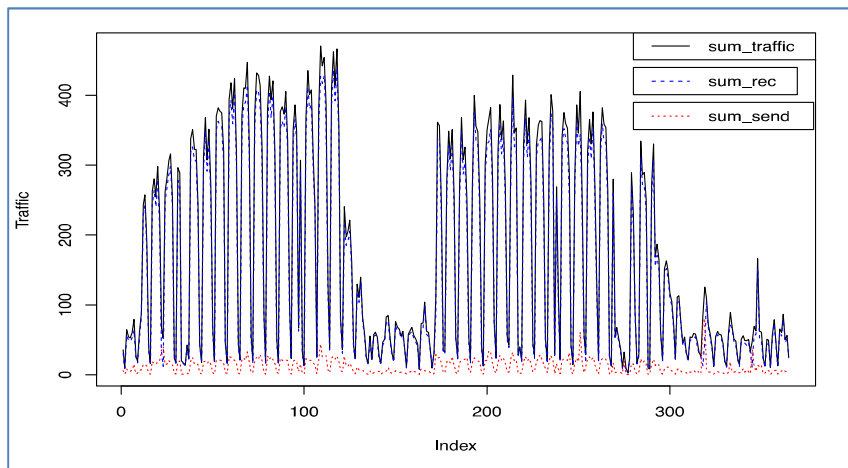


図4 365日のトラフィックの変化

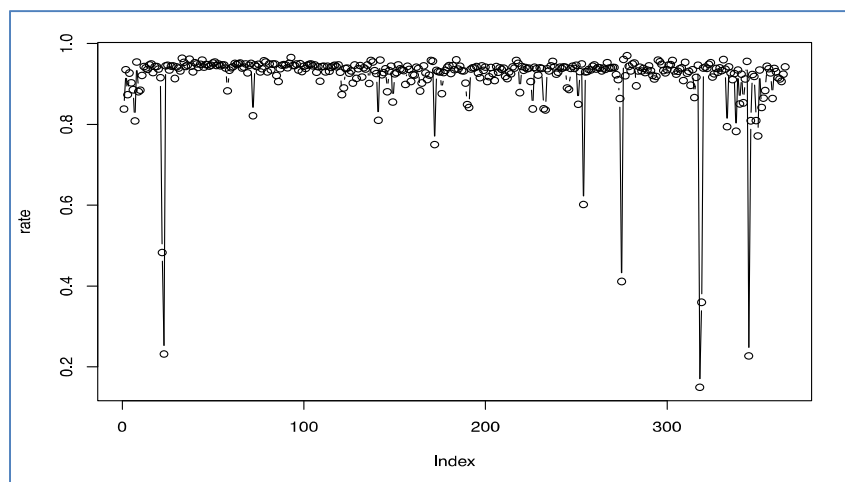


図5 受信量が全通信量に占めた比率

図4、5からは全トラフィックのうち、受信トラフィックは大半を占めていることは明らかであろう。図5から伺えるように受信量は全通信量の約90%以上を占めている。

表2 A回線の各トラフィック間の相関係数および共分散行列

Cor	sum_traffic	rec_traffic	send_traffic
sum_traffic	1	0.999	0.773
rec_traffic	0.999	1	0.741
send_traffic	0.773	0.741	1
Cov	sum_traffic	rec_traffic	send_traffic
sum_traffic	22,061.436	20,823.660	1,237.776
rec_traffic	20,823.660	19,702.050	1,121.612
send_traffic	1,237.776	1,121.612	116.164

表2には各トラフィック間の相関係数および共分散行列を示している。送信量が少ない為、分散は小さくなっていることが確認できよう。

### 3.3 回線B

図6、7はから、全トラフィックのうち、受信トラフィックは大半を占めていることは明らかであろう。図7から伺えるように受信量は全通信量の約90%以上を占めている。

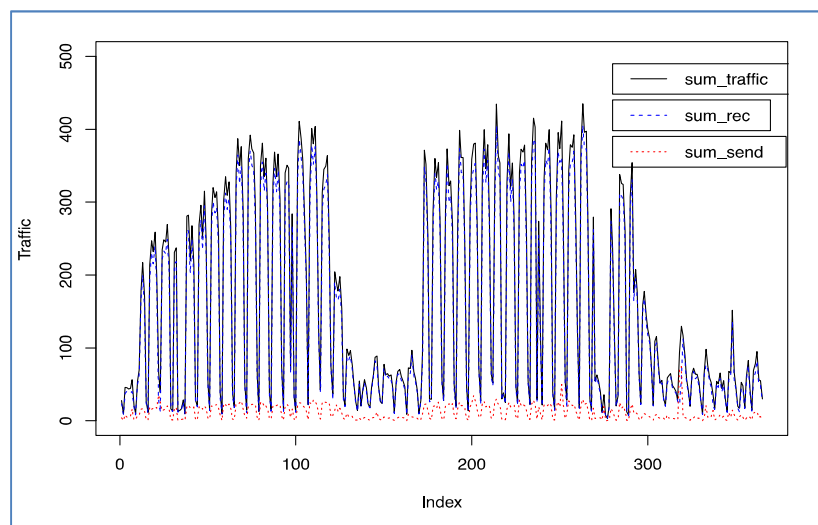


図6 365日のトラフィックの変化

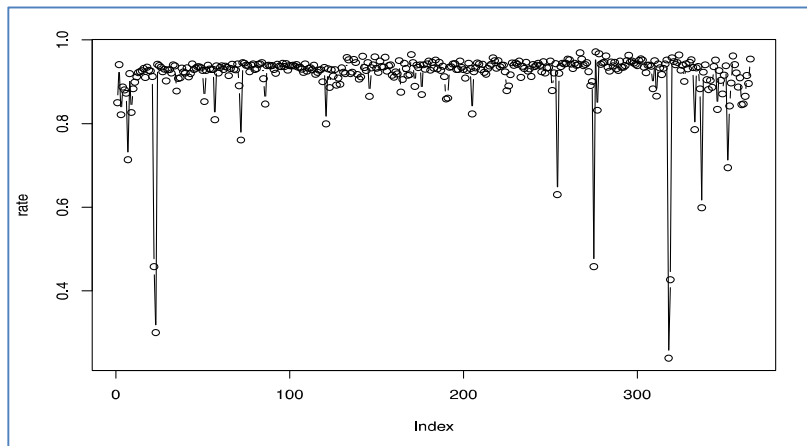


図7 受信量が全通信量に占めた比率

表3 B回線の各トラフィック間の相関係数および共分散行列

cor	sum_traffic	rec_traffic	send_traffic
sum_traffic	1	0.999	0.817
rec_traffic	0.999	1	0.790
send_traffic	0.817	0.790	1
cov	sum_traffic	rec_traffic	send_traffic
sum_traffic	19,613.185	18,430.509	1,182.676
rec_traffic	18,430.509	17,354.623	1,075.886
send_traffic	1,182.676	1,075.886	106.790

同様に表3には各トラフィック間の相関係数および共分散行列を示している。送信量が少ない為、分散は小さくなっていることが確認できよう。

### 3.4 回線C

図8、9からは全トラフィックのうち、受信トラフィックは大半を占めていることは明らかであろう。図9から伺えるように受信量は全通信量の約90%以上を占めている。

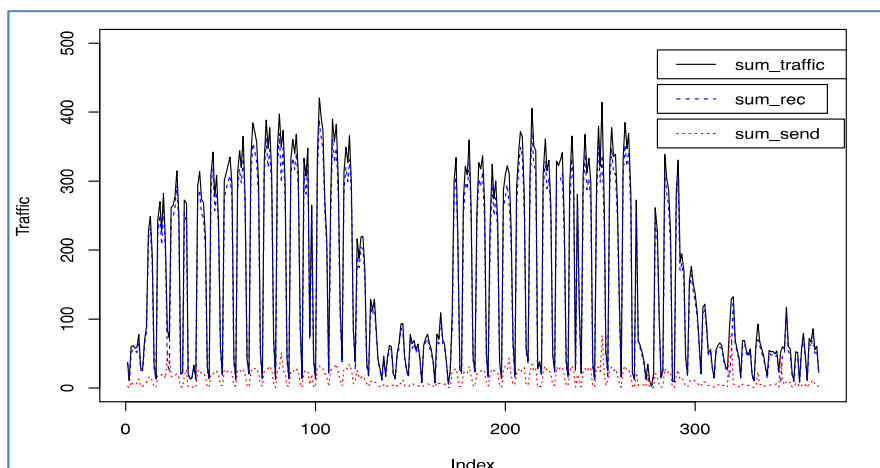


図8 365日のトラフィックの変化

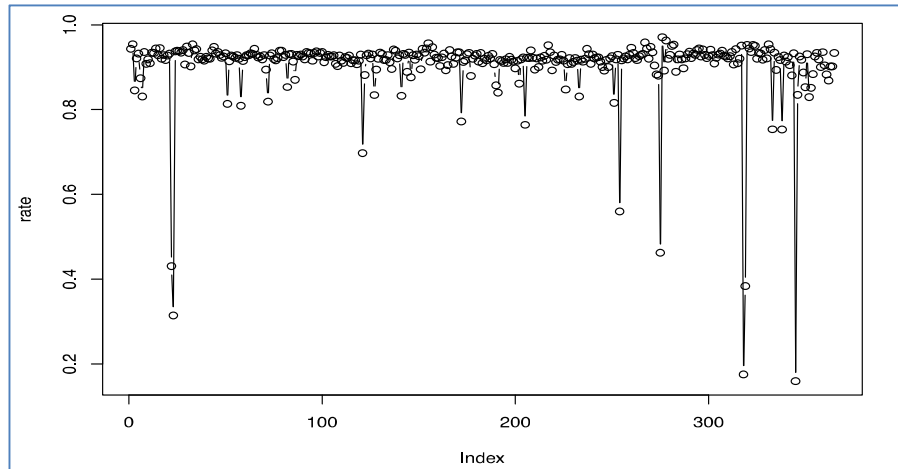


図9 受信量が全通信量に占めた比率

表4 C回線の各トラフィック間の相関係数および共分散行列

cor	sum_traffic	rec_traffic	send_traffic
sum_traffic	1	0.998	0.817
rec_traffic	0.998	1	0.782
send_traffic	0.817	0.782	1
cov	sum_traffic	rec_traffic	send_traffic
sum_traffic	17,953.214	16,582.409	1,370.805
rec_traffic	16,582.409	15,368.549	1,213.861
send_traffic	1,370.805	1,213.861	156.944

同じく表4には各トラフィック間の相関係数および共分散行列を示している。送信量が少ない為、分散は小さくなっていることが確認できよう。

### 3.5 回線D

回線Dは学内ネットワークで御井キャンパスと旭町キャンパスと繋いでいる。しかし回線A、B、Cに比べると、全体の通信量は約前者の半分ぐらいになることが明らかであろう。

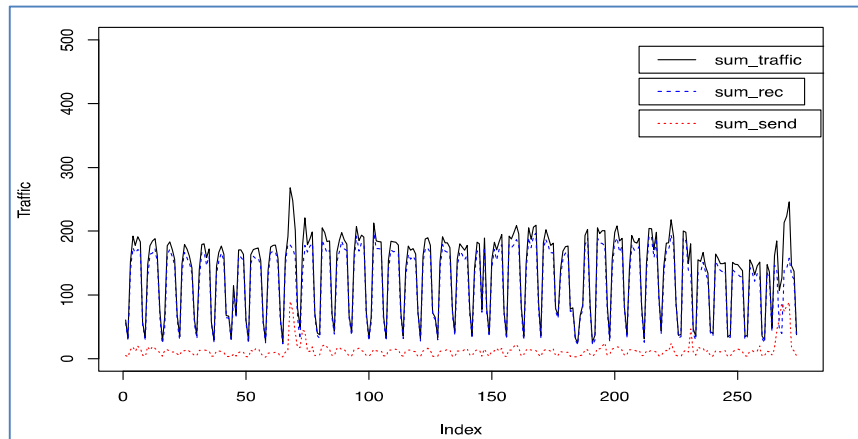


図 10 365 日のトラフィックの変化

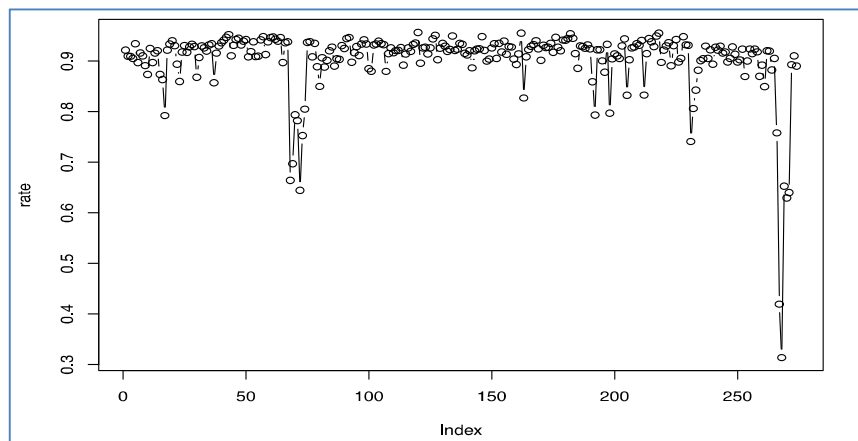


図 11 受信量が全通信量に占めた比率

図 10、11 から、全トラフィックのうち、受信トラフィックは大半を占めていることは明らかであろう。図から伺えるように受信量は全通信量の約 90%以上を占めている。

表 5 D 回線の各トラフィック間の相関係数および共分散行列

cor	sum_traffic	rec_traffic	send_traffic
sum_traffic	1	0.981	0.519
rec_traffic	0.981	1	0.344
send_traffic	0.519	0.344	1
cov	sum_traffic	rec_traffic	send_traffic
sum_traffic	3,861.152	3,447.716	413.436
rec_traffic	3,447.716	3,198.482	249.235
send_traffic	413.436	249.235	164.201

表 5 には、上述した回線と同じように、各トラフィック間の相関係数および共分散行列を示している。送信量が少ない為、分散は小さくなっていることが確認できよう。



### 3.6 曜日毎の解析結果

御井キャンパスから回線 A、B、C で外部のインターネットと交信しており、それぞれの回線に関する各々の集計は以下のようになる。

#### 1) A 回線の曜日毎の基本統計量

表 6 送受信量の曜日毎の統計

	Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Min.	9.606	7.561	8.647	2.701	10.44	16.61	13.68
1st	31.98	14.88	65.15	72.71	81.21	60.57	59.09
Median	43.42	19.89	272.1	332.4	307	293.9	244.4
Mean	52.7	20.96	219.7	252.3	239	236.3	188.5
3rd	57.27	24	331	386.1	360.3	364.3	270.5
Max.	245	52.29	410.2	470.8	442.1	466.3	387.5
Var	1,407.433	90.211	17,982.358	24,595.113	19,898.512	24,249.124	13,059.660

表 7 受信量の曜日毎の統計

	Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Min.	8.637	7.094	8.307	2.485	9.848	15.84	12.91
1st	29.53	12.09	55.77	62.44	76.02	53.98	53.8
Median	39.41	16.72	256	310	286.9	276.2	226.5
Mean	48.43	17.46	204.2	234.3	224.6	220.6	176
3rd	51.89	21.02	312	362.8	335.1	341.7	254.3
Max.	232.1	39.43	386.2	436.2	416.9	439.5	360.2
Var	1,277.328	44.957	16,478.955	22,383.904	17,714.163	21,404.936	11,667.281

表 8 送信量の曜日毎の統計

	Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Min.	0.6904	0.4036	0.3397	0.2161	0.5873	0.7709	0.7699
1st	2.016	0.7936	6.967	6.946	5.992	4.504	4.38
Median	2.965	1.061	17.66	20.48	16.3	17.01	14.59
Mean	4.263	3.5	15.52	18.04	14.46	15.74	12.49
3rd	4.765	2.53	20.09	23.92	20.73	21.52	16.88
Max.	34.54	40.18	71.48	80.45	34.6	60.96	31.41
Var	23.716	58.323	121.614	172.301	71.340	123.015	51.424

2) B 回線曜日毎の基本統計量

表9 送受信量の統計

	Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Min.	12.62	7.489	7.815	3.392	13.06	14.12	16.46
1st	30.07	13.51	67.21	72.11	84.77	63.27	55.4
Median	40.34	18.01	266.3	289	248.2	268.5	228.3
Mean	50.23	19.85	208.6	240.8	227.7	225.3	178.4
3rd	57.09	23.76	325.5	379.1	352.8	360.6	271.7
Max.	205.9	52.03	372.7	435.1	402.9	411.1	311.5
Var	1,162.534	86.186	15,728.686	22,035.538	18,309.112	20,775.181	10,931.735

表10 受信量の統計

	Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Min.	11.38	6.942	7.591	2.821	12.27	13.25	14.45
1st	26	11.96	57.91	64.91	79.99	57.57	49.74
Median	37.88	16.01	248.1	268.2	232.1	249.2	212.6
Mean	45.73	17.23	192.5	223	213	210	165.9
3rd	51.76	20.59	300.5	354.5	330.6	338.5	254.8
Max.	192.4	47.99	351.1	405.3	381.4	376.3	290.6
Var	1,040.940	61.134	14,220.472	19,911.770	16,230.570	18,205.730	9,631.420

表11 送信量の統計

	Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Min.	0.8769	0.3494	0.2244	0.5709	0.6692	0.8771	1.288
1st	2.032	0.7919	7.972	6.619	5.838	4.668	4.818
Median	3.456	1.266	17.2	20.57	16.97	18.6	14.98
Mean	4.502	2.619	16.13	17.71	14.7	15.39	12.49
3rd	5.007	2.136	21.47	24.34	21.01	22.32	17.66
Max.	35.52	27.25	71.59	74.38	34.74	49.85	24.65
Var	27.062	21.469	126.900	146.030	71.060	100.139	50.270

## 3) C回線曜日毎の基本統計量

表12 送受信量の統計

	Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Min.	10.03	5.61	9.495	2.941	8.96	12.78	15.08
1st	29.74	13.45	69.28	71.47	88.46	61.47	59.2
Median	39.82	16.27	264.1	308.5	275.7	275.4	226.9
Mean	50.04	19.82	204.3	234	220.9	220.3	180.1
3rd	52.29	22.5	308.2	351.8	324.2	342.1	271.3
Max.	216.1	72.66	347.1	420.7	390.7	413.9	312.4
Var	1,302.563	137.091	14,025.429	19,061.926	15,437.201	19,059.298	10,897.205

表13 受信量の統計

	Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Min.	9.234	5.245	9.218	2.623	8.291	12.01	14.22
1st	27.64	12.13	62.65	65.09	81.08	57.23	54.15
Median	35.81	14.18	242.9	279.6	255	254.5	207.2
Mean	45.44	15.71	186.5	213.6	203.8	201.7	166.1
3rd	45.35	18.69	284.9	322.4	298.2	314	249.1
Max.	200.6	38.04	320.7	388.5	363.1	348	287.1
Var	1,117.642	41.573	12,309.932	16,737.999	13,067.518	15,860.630	9,326.392

表14 送信量の統計

	Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Min.	0.7962	0.3644	0.2764	0.3183	0.6694	0.7704	0.8647
1st	2.087	0.8698	7.541	7.411	6.13	5.24	5.74
Median	2.875	1.385	21.13	24.41	20.19	20.77	16.05
Mean	4.594	4.108	17.82	20.39	17.03	18.66	14.04
3rd	4.725	2.803	24.51	28.12	25.05	27.62	20.41
Max.	47.67	49.83	71.35	79.4	51.28	76.2	29.62
Var	43.879	84.610	145.777	184.640	116.308	195.341	68.811

A,B,C回線の各曜日の統計量から分かるように、最大通信量は全て火曜日に発生しており、詳しくは回線A、B、Cにおいては、最大送受信量はそれぞれ470GB、435GB、420GBとなっている。また受信量はそれぞれ436GB、405GB、388GBとなり、送信量はそれぞれ80GB、74GB、79GBとなっている。また最小通信量も火曜日になっていることが興味深い。

一方、いずれの回線においては、ほぼ送信量は受信量よりだいぶ少ない。毎週の火、水、木曜は比較的に通信量が多く、やや混んでいる様子が見取れよう。

D 回線は学内ネットワークで旭町と繋いでいるが、曜日毎の統計量は以下ようになる。

表 15 送受信量の統計

	Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Min.	34.02	25.2	24.48	67.47	47.99	77.16	67.76
1st	60.57	31.48	141.1	173.2	172	162.8	154.8
Median	71.81	35.06	148.7	182.9	181.5	177.9	179.7
Mean	69.38	37.74	138.2	178.8	178.2	175.4	168.1
3rd	79.53	38.34	157.1	199.4	190.1	187.1	190.1
Max.	106.6	126.3	213.5	223.5	268	248.1	209.1
Var	260.400	266.243	1,937.778	1,072.864	1,233.509	717.256	1,176.434

表 16 受信量の統計

	Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Min.	30.21	21.65	21.68	62.75	42.35	73.19	64.17
1st	56.04	27.83	129	159.6	157.4	151.7	138.9
Median	64.05	29.69	135.9	168.6	167.3	166	160.9
Mean	62.8	31.28	124.1	163.3	161	160.3	153.2
3rd	72.9	33.24	143.6	179.4	173.7	172.3	175.6
Max.	92.36	63.14	178.6	198.5	191.4	194	196.7
Var	221.103	47.614	1,557.417	858.998	775.696	474.256	977.572

表 17 送信量の統計

	Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Min.	2.992	2.377	2.797	3.91	5.642	3.969	3.581
1st	3.678	3.353	11.25	11.76	11.57	11.52	10.5
Median	4.532	3.828	12.13	13.05	13.42	12.79	12.78
Mean	6.574	6.46	14.1	15.48	17.26	15.13	14.92
3rd	5.316	4.78	13.61	14.75	15.78	15.44	15.16
Max.	61.87	86.7	74.19	82.8	89.98	75.12	46.7
Var	88.976	179.411	135.198	154.510	298.206	110.914	89.694

以上の結果から最大送受信量は水曜日に、最大送信量も水曜日に、最大受信量は火曜日 198GB だが、水曜日にもそれに近い 191GB を観測されている。また、送信量よりも受信量の方が多く見受けられる。水曜日は学内の会議日になっていることから、学内連絡が多いと推測されよう。

また図 12 は D 回線の 2017 年 7 月から 8 月までの送受信合計スピードを示している。

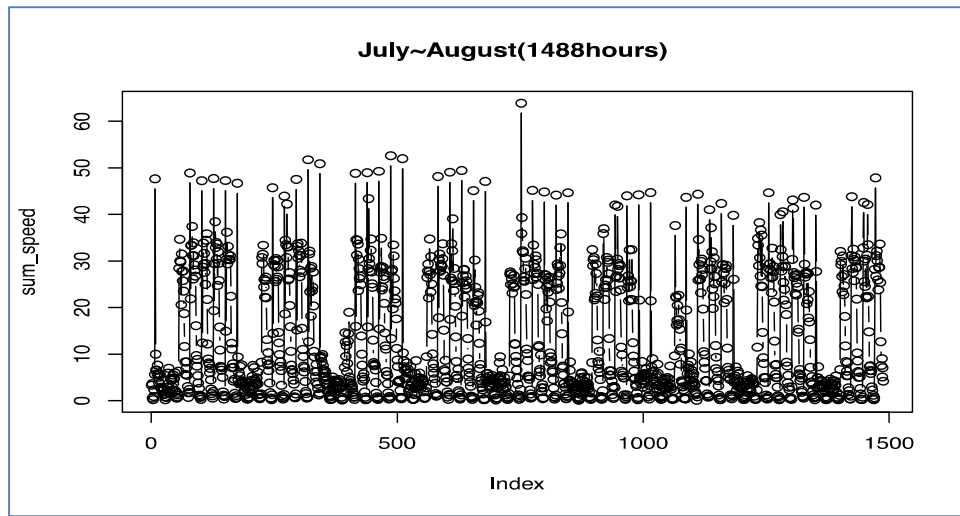


図 12 2017年7月から8月までの62日間1,488時間の時間毎の送受信スピード(MB/s)

図 12 から通信トラフィックの少ない深夜や、早朝などにおいては、時間単位の送受信スピードは非常に低くなっていることが読み取れよう。

### 3.7 各建屋状況の集計

#### 1) 御井本館

表 18 送受信量の統計

	Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Min.	1.084	1.083	1.088	1.099	1.071	1.309	0.7914
1st	1.532	1.165	2.778	6.496	3.652	3.38	4.265
Median	2.801	1.241	15.07	16.23	17.87	17.91	16.93
Mean	3.684	1.936	13.18	15.4	14.88	15.14	14.9
3rd	3.702	1.677	20.93	22.45	22.78	24.32	21.72
Max.	18.71	17.65	30.34	32.27	33.1	34.7	35.92
Var	11.281	5.911	83.047	78.428	97.603	106.191	97.599

表 19 受信量の統計

	Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Min.	0.132	0.1323	0.1432	0.1507	0.141	0.1562	0.1054
1st	0.1888	0.1399	0.2708	0.7071	0.3836	0.3448	0.4532
Median	0.2719	0.1595	1.206	1.56	1.35	1.593	1.389
Mean	0.4685	0.2564	1.069	1.533	1.247	1.439	1.37
3rd	0.4185	0.21	1.554	2.054	1.743	1.97	1.821
Max.	5.115	2.806	2.971	5.231	3.952	4.478	6.07
Var	0.5609	0.1480	0.5308	1.0051	0.6871	1.0723	1.1085

表 20 送信量の統計

	Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Min.	0.9368	0.9329	0.9451	0.9481	0.9305	1.153	0.686
1st	1.336	1.027	2.548	5.668	3.285	3.064	3.879
Median	2.445	1.076	13.95	14.6	16.23	16.4	15.53
Mean	3.216	1.68	12.11	13.86	13.64	13.7	13.53
3rd	3.354	1.469	19.06	19.83	21.12	21.35	20.21
Max.	17.52	14.84	28.5	29.92	30.74	32.18	33.59
Var	9.212	4.270	71.224	65.833	84.207	87.600	84.245

2) 図書館

表 21 送受信量の統計

	Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Min.	0.9826	0.9874	0.9929	0.9952	0.9739	1.079	0.9947
1st	7.935	15.71	37.71	32.14	27.93	17.06	19.34
Median	13.1	19.06	86.15	110.8	98.67	84.38	68.47
Mean	18.55	27.52	79.13	92.43	79.5	76.19	62.13
3rd	23.31	26.19	108.8	140.3	116.6	123.1	87.66
Max.	80.91	335.5	187.7	188.4	174.6	172.3	135
Var	286.534	2,046.535	2,090.271	3,202.617	2,419.542	2,806.640	1,623.082

表 22 受信量の統計

	Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Min.	0.1701	0.164	0.169	0.1636	0.1606	0.1593	0.1601
1st	0.7227	1.165	1.981	2.016	1.822	1.423	1.304
Median	0.9876	1.427	4.424	5.096	4.964	4.797	3.646
Mean	1.244	2.3	4.639	4.663	4.382	4.388	3.813
3rd	1.639	2.268	5.743	6.604	6.158	6.52	4.582
Max.	4.76	9.777	18.14	9.567	10.51	10.96	22.32
Var	0.7724	5.7646	11.13747	6.8131	6.9153	7.9675	11.0467

表 23 送信量の統計

	Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Min.	0.8125	0.8233	0.822	0.8244	0.8071	0.899	0.8223
1st	7.41	13.47	36.02	29.52	26.31	15.64	17.78
Median	12.17	16.88	77.65	105.4	92.44	79.7	64.03
Mean	17.31	25.22	74.49	87.77	75.11	71.8	58.32
3rd	21.59	24.53	102	132.2	111.3	117.2	81.98
Max.	77.06	333.1	186.1	182.8	165.1	162.3	127.6
Var	261.448	2,015.251	1,917.018	2,948.581	2,181.043	2,528.795	1,450.174

## 3) 500号館の送受信量の統計

表 24 500号館の送受信量の統計

	Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Min.	1.713	1.34	3.685	4.583	9.469	5.188	3.236
1st	3.359	1.984	8.093	13.65	20.35	13.65	8.244
Median	5.504	2.719	47.01	67.02	52.73	52.13	24.65
Mean	7.83	3.369	51.87	54.43	47.62	44.8	23.95
3rd	8.449	4.436	93.48	85.57	65.32	71.08	35.62
Max.	42.12	9.606	130.5	116.7	105.2	96.53	53.82
Var	53.869	3.484	1,867.261	1,276.138	715.928	914.738	235.607

## 4) 600号館の送受信量の曜日毎の統計

表 25 600号館の送受信量の曜日毎の統計

	Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Min.	0.9611	0.9044	0.9845	0.982	0.9463	1.025	0.9747
1st	1.032	1.014	1.199	1.584	1.215	1.262	1.194
Median	1.079	1.034	10.38	18.1	14.46	7.87	16.31
Mean	1.915	1.092	9.317	15.27	11.73	10.4	13.47
3rd	1.444	1.079	14.97	25.88	20.72	19.23	22.19
Max.	16.95	1.757	25.47	40.53	27.21	34.88	31.84
Var	7.245	0.031	55.099	152.357	89.596	111.729	123.080

5) 700号館の送受信量の曜日毎の統計

表 26 700号館の送受信量の曜日毎の統計

	Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Min.	0.9847	0.8779	0.9828	0.9827	0.9577	1.039	1.019
1st	1.051	1.014	1.193	1.2	1.209	1.227	1.19
Median	1.087	1.037	5.117	16.59	24.67	25.24	12.61
Mean	2.496	1.156	5.42	18.78	19.59	26.12	10.83
3rd	1.444	1.073	7.974	30.69	34.53	48.23	17.68
Max.	24.13	6.3	18.89	60.21	48.2	80.73	33.91
Var	18.796	0.548	19.617	352.157	288.535	606.320	79.511

6) 800号館の送受信量の曜日毎の統計

表 27 800号館の送受信量の曜日毎の統計

	Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Min.	2.739	1.946	1.926	1.944	2.684	2.625	1.554
1st	5.414	2.503	24.95	18.15	23.23	23.21	17.45
Median	8.443	3.089	189.1	185.3	191.4	226.4	119
Mean	17.01	4.473	135.3	140.6	142.9	158.8	92.68
3rd	14.97	4.724	216.6	234	224.6	269.1	147.8
Max.	135.7	30.81	262.1	283.1	267.7	312.5	170.4
Var	523.921	19.928	9314.14	10,409.952	9,578.069	14,709.796	3,954.880

7) 900号館の送受信量の曜日毎の統計

表 28 900号館の送受信量の曜日毎の統計

	Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Min.	2.074	3.125	4.698	2.968	7.015	6.441	5.011
1st	6.034	4.417	9.445	9.999	10.7	10.59	10.06
Median	8.654	6.613	13.97	12.35	13.43	12.71	11.65
Mean	8.916	7.078	13.75	13.07	14	13	11.76
3rd	10.54	8.625	18	15.13	16.38	15.02	13.56
Max.	19.43	17.24	26.86	39.94	25.72	26.02	17.17
Var	16.201	10.917	26.092	27.865	18.715	17.951	7.188



## 8) Mii Arena 号館の送受信量の曜日毎の統計

表 29 Mii Arena 号館の送受信量の曜日毎の統計

	Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Min.	0.7354	0.7203	0.7707	0.7209	0.7044	1.13	0.5542
1st	1.257	0.9944	2.166	2.389	2.676	2.285	1.637
Median	1.786	1.709	3.413	3.357	4.208	2.791	2.634
Mean	2.341	2.261	4.243	3.451	4.364	3.162	2.76
3rd	2.953	2.252	5.701	4.226	5.731	3.717	3.596
Max.	12.56	12.91	12.53	7.158	10.36	9.539	9.394
Var	3.535	4.997	7.380	2.126	5.658	2.445	2.176

## 9) 学生会館の送受信量の曜日毎の統計

表 30 学生会館の送受信量の曜日毎の統計

	Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Min.	0.8941	0.8983	0.8996	0.9081	0.8846	1.17	0.7033
1st	1.612	1.059	4.976	7.865	5.931	3.428	3.326
Median	2.991	1.312	23.1	32.35	28.65	28.03	22.67
Mean	4.264	3.077	19.07	25.96	22.8	22.78	19.05
3rd	4.472	2.994	29.58	38.28	34.72	36.44	30.46
Max.	34.74	37.02	50.11	53.18	48.33	51.6	42.63
Var	30.016	30.419	168.569	294.596	236.321	270.933	186.38

以上の各建屋は、通信量は回線 A、B、C、D に比べると、たいぶ少なくなっている。しかし、そのなかでも図書館、500 号館、800 号館の通信量は比較的に大きい。その理由として考えられるのは、図書館では資料調べや、データベースの利用が多く、3 階にもパソコン教室が 3 室設置されている。500 号館、800 号館については教室および教員の研究室が同一建物にあることや、800 号館に LL 教室もあることが要因の 1 つであろう。

## 4. 転換点の検出

一般的には学期が始まってから、教職員、学生の利用によって、ネットワークの通信量が増え、繁忙期に入り、夏休み、春休み、冬休み、連休などは、閑散期になり、通信量が大幅に減ると考えられる。

そこで、我々は数理的手法を用いて、繁忙期と閑散期との分水嶺を検出してみた。ここで一例として挙げているのは、C 回線の通信トラフィックの時系列データの転換点の解析である。

まず、前述した日次データ(365 日分)から毎日受信量の時系列データを取り出して解析を行った。図 13(上)から分かるように、週末などの利用が少ない為、季節変動の要因が含まれている。

そこで、元の時系列データから季節変動、不規則変動の要因を取り除き、トレンドを対象に転換点(Change Point)の検出を行った。トレンドは図 13(下)に示されている。

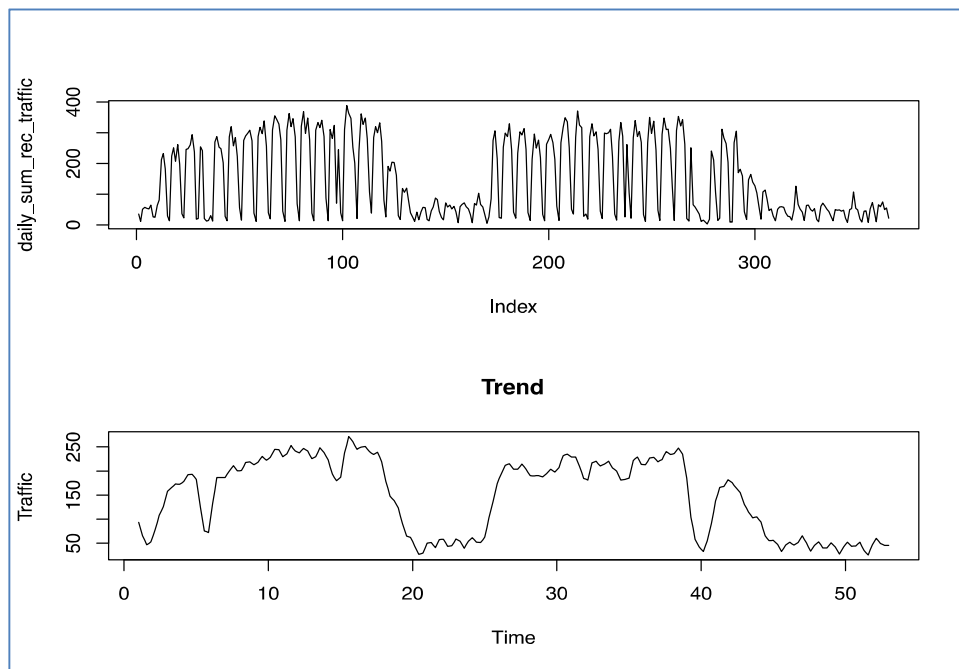


図 13 受信量の時系列データ(上)およびトレンド(下)

参考文献で提案したベイジアンアルゴリズムを用いて転換点の検出を試みた[1][2][3]。検出された転換点は 91 日目、182 日目、273 日目となり、それぞれ 6 月 30 日、9 月 29 日、12 月 29 日に対応している。

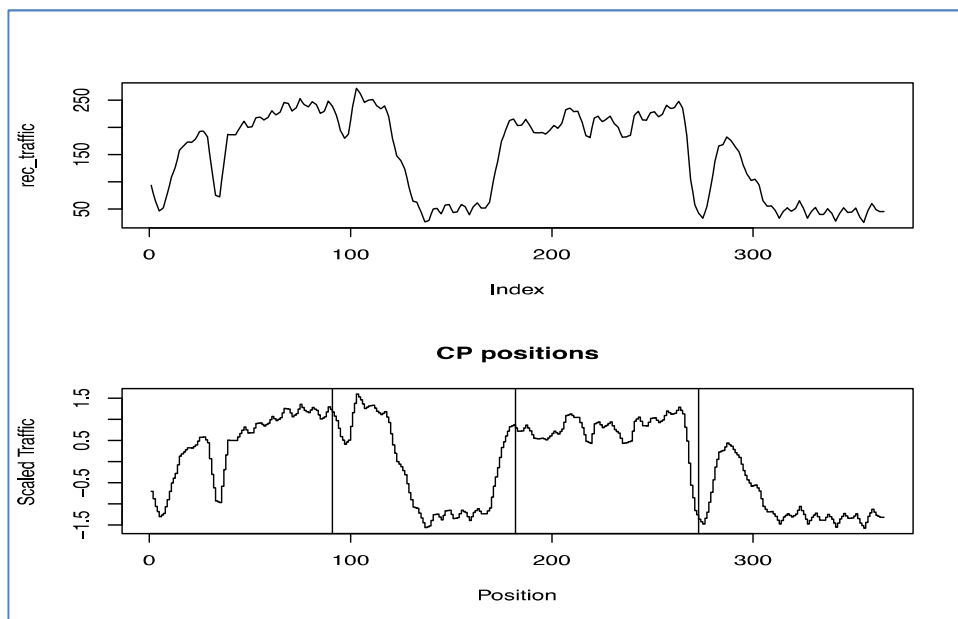


図 14 転換点の検出の例

一番目の転換点は、ほぼ一定の通信量はその後、急減しているのを示しているが、二番目の

転換点は後期の始まりによって、トラフィックは急激な上昇を見せている。三番目の転換点は年末による急激なトラフィック減少を示唆している。

## 5. まとめ

本論文は御井キャパスのネットワークトラフィックデータを用いて、各建屋と情報教育センター1000号館との交信の状況を解析した。特に学外のインターネットに接続しているA、B、Cの3回線について、詳しく調べることができた。また旭町キャンパスとの学内交信を担うD回線についても詳しく解析できた。

さらにトラフィックの転換点の検出について、実例の1つとして挙げたのはC回線受信時系列データにおける転換点の実証分析であった。具体的には上で引用した参考論文で提案したベイジアン手法に基づいて、トラフィックの時系列データの転換点の検出を試み、その有効性は実証分析によって確認された。すなわち、提案手法は確率微分方程式(SDE: Stochastic Differential Equation)の構造変化(Structural Change)の検出や、株価変動の転換点の検出などに有効のみならず、ネットワークトラフィックのシミュレーション・実証分析における転換点の検出にも大きな役割を果たせることが確認できた。

一方、曜日毎の解析結果は各建屋の利用状況を反映しているものであり、特に1000号館の場合は、A、B、Cの3回線においては、受信量は送信量より遙かに多く、約全通信量の90%以上を占めている。受講者数の多い授業、インターネットより頻繁にデータの収集を行う授業は、適切に各曜日に分散配置し、ある特定の曜日に集中させない配慮も時には必要であろう。また数年後、次期システムの勘案・構築に際して、このような通信量解析による現場の利用状況を把握し、それを踏まえて、各建屋のPC台数の増減の調整や、ネットワークの通信能力の設定などが求められよう。今回の解析で得られたすべての結果を本論文に載せるのは長すぎる為、ここでは一部を割愛し、別の論文にまとめたい。

## 6. 謝辞

本研究の実行にあたっては、情報教育センターからのデータの提供等、また日頃から教育・研究に多大なサポートを頂いた。この場を借りて、情報教育センター長である福永文美夫先生をはじめ、情報システム室職員、ならびに細く見識のあるコメントを頂いたレフェリーの両先生方に感謝致します。

本研究の一部は科研費基盤研究(C)18K04626の助成を受けたものであり、ここで、JSPSに感謝の意を表したい。

## 参考文献

- [1] 譚康融, “通信トラフィックの転換点検出による不正アクセスの検知”, コンピュータジャーナル, Vol 32, pp.3-10, 2018.
- [2] K.R., Tan, Detecting change points and structural changes in stock price time series based upon a Bayesian approach, Journal of Institute of Industrial economics research, Volume 57, 1-2, 2017.
- [3] K.R., Tan, Detecting Structural Changes in Stochastic Differential Equation System Based Upon a Bayesian Approach, Volume 58, 51-67, 2018.