

利用率を考慮したIPv4アドレス 空間の枯渇予測

研究指導 菊池浩明 教授
東海大学 電子情報学部 情報メディア学科
5ADM1206 石川理明
5ADM1217 鈴木隼人

目次

第1章 はじめに

第2章 利用率

2.1 利用率

2.2 ping

2.3 利用率の求め方

第3章 Internet の解析

3.1 IPv4

3.2 IPv4割り当て

3.3 国ごとによるIPv4アドレス割り当て

3.3.1 国別IPアドレス数

3.3.2 IPアドレス割り当て数上位10カ国

3.3.3 IPアドレス割り当て数下位10カ国

3.3.4 人口に対するIPアドレスの割り当て数上位10カ国

3.3.5 一年間のIPアドレスの割り当て数増加率上位10カ国

3.4 ブラウザのIPアドレス分布

第4章 LAN の解析

4.1 G 棟利用率

4.2 東海大学利用率

第5章 予測

5.1 割り当て予測

第6章 結論

参考文献

謝辞

第1章 はじめに

近年のインターネットの急速な普及により、IP アドレス(v4)の枯渇が問題になっている。[1]では、IP アドレスの割り当て数を多項式モデルで近似して 2011 年 2 月 5 日にIPアドレスが枯渇すると見積もっている。しかし、これは/8 のサブネットの割り当て数からの予測で、/8 の 1650 万個のアドレスの内割り当てられてから利用するまでの時間がかかり、また割り当てだけして未使用なものもある。

そこで本研究では、割り当てられた IP アドレスの内実際に利用されているアドレスを観測しその増加数の変化を元にアドレス空間の枯渇予測を修正する。

第2章 利用率

2.1 利用率

IPアドレスはIPNICやJPNICが管理を行い、全世界の各団体へと割り当てられている。しかし、その団体全てが割り当てられたIPアドレス全てを使っているわけではなく、使われているIPアドレスと使われていないIPとが存在する。そこで、割り当てられているIPアドレスのうち、利用されているIPアドレスの割合を利用率と呼ぶ。

2.2 ping

本研究で利用率を求めるためにpingと呼ばれるICMPプロトコルを用いたソフトウェアを使用した。これは、対象に対しpingを送ることで、その相手から返答が返ってくるもので、これにより相手がネットワーク上に存在しているかいないかの判別できる。しかし、pingの返答をしないPCが存在する。windows vistaのようにOSの仕様であったり、そのパソコンの持ち主がpingを返さないように設定をしていたりするものが理由である。

2.3 利用率の求め方

2.2から利用されているIPアドレスにはpingを返すものと返さないものの2種類が存在することが分かる。pingを打ち、返答を返すものをA、返さないものをBとする。また、Cは割り当てられた全IPアドレスとする。図1は利用率を図示したものである。これらを踏まえて利用率Dを求めると、以下のような式が完成する。

$$\text{利用率 } D = (A + B) / C$$

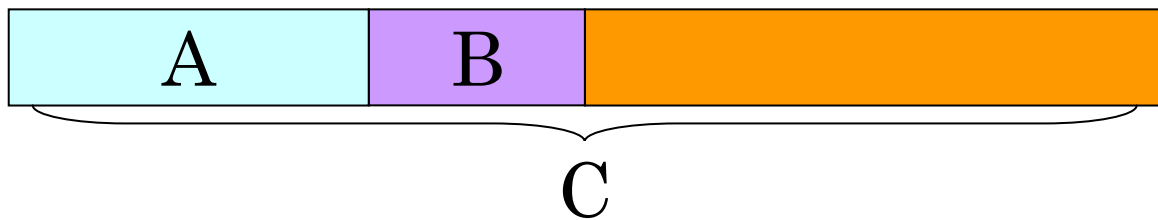


図1 利用率定義

第3章 Internet の解析

3.1 IPv4

IPv4(Internet Protocol version4)とは現在使われているインターネットプロトコルでアドレス資源を32ビットで管理し、0.0.0.0~255.255.255.255でその数42億9496万7296である。

3.2 IPv4割り当て

IPアドレスを管理する組織IANAが公開しているIPv4の割り当て済みアドレスを元に、第一オクテット別に割り当てられたIPアドレスの割合を図2に示す、また年度別のIPアドレスの割り当て増加数を図3に示す。

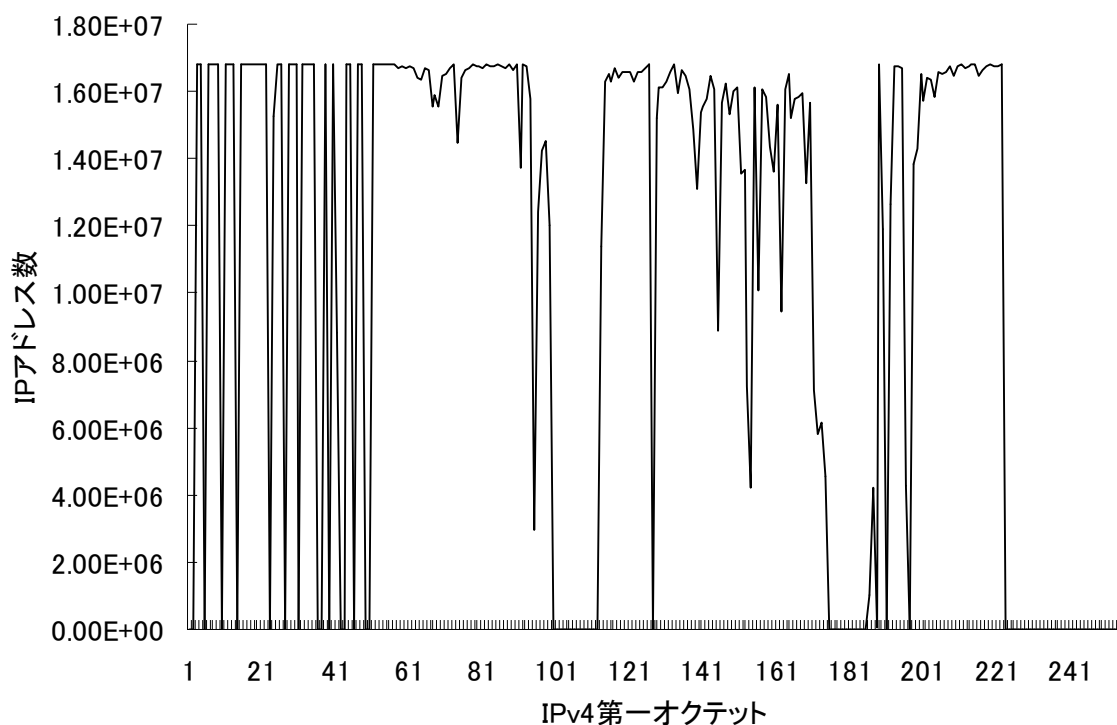


図2 IPv4第一オクテットにおける割り当て数

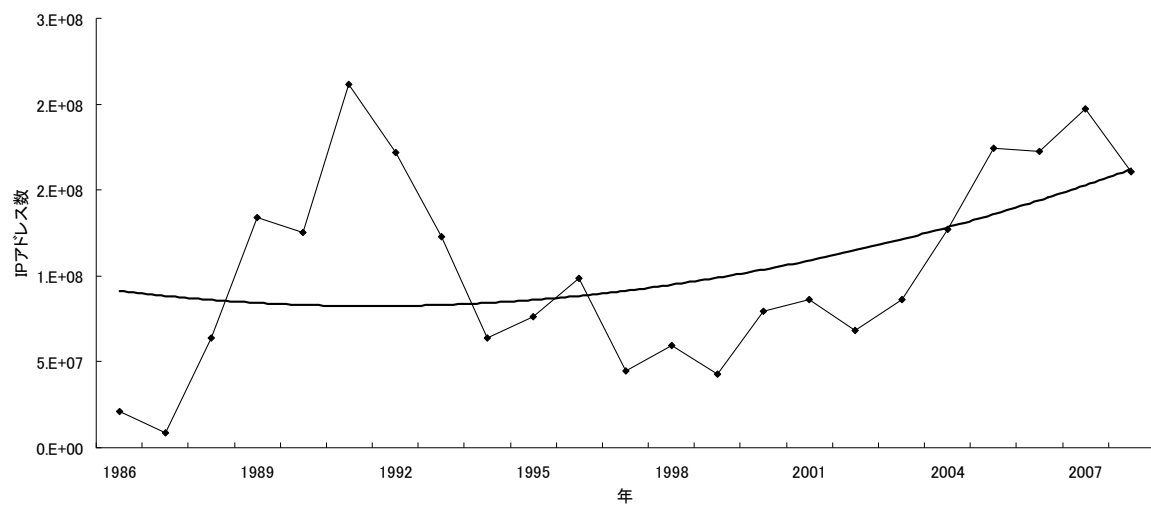


図3 年度別IPアドレス割り当て増加数

3.3 国ごとによるIPv4アドレス割り当て

世界地図の画像とペイントツールは[2]から使用している。

3.3.1 国別 IP アドレス数

2008 年 8 月までに [3] で公開しているデータをカントリーコードごとに割り当てられた IP アドレスを集計している。

国別の IP アドレス割り当て数を図 4 に示す、色分けは以下の通りである。

IP アドレス数	一億以上	赤色
	一千万以上、一億未満	青色
	百万以上、一千万未満	緑色
	十万以上、百万未満	黄色
	十万未満	灰色

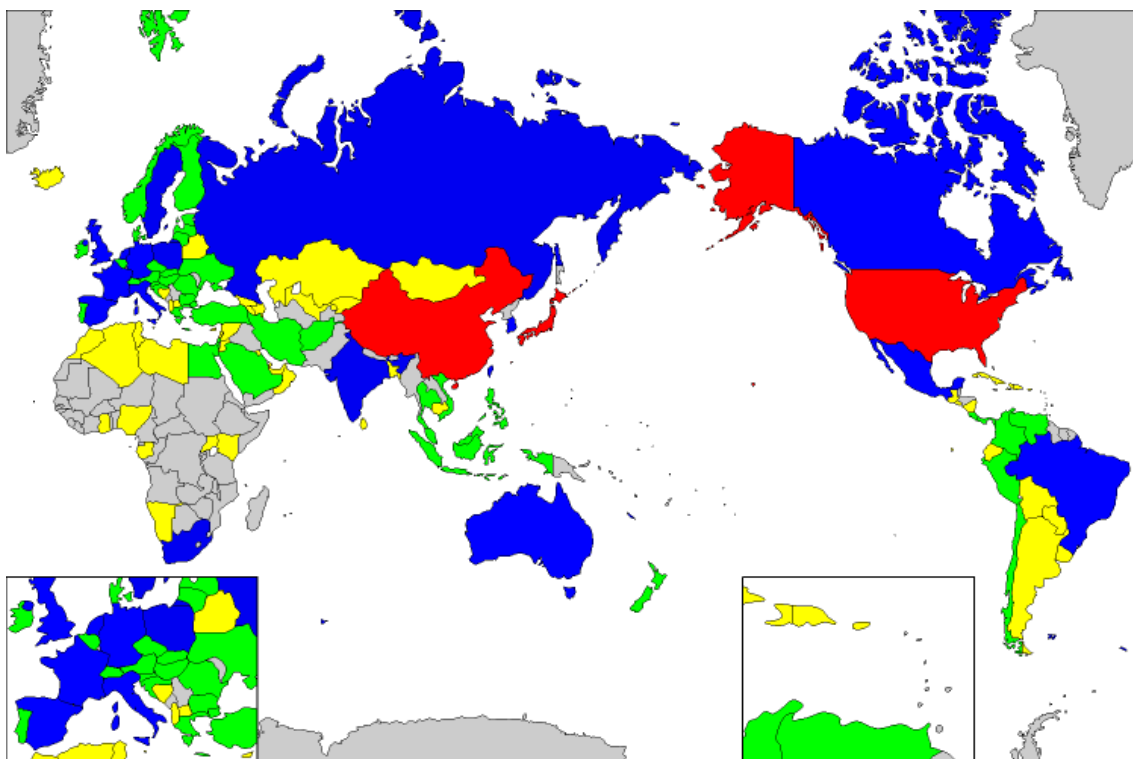


図 4 国別 IP アドレス割り当て数の可視化

3.3.2 IP アドレス割り当て数上位 10 ヶ国

IP アドレス割り当て数上位 10 カ国を表1に示す、また世界地図で可視化した図を図 5 に示す。

表 1 IP アドレス数 Top10

順位	国	IP アドレス数
1	アメリカ合衆国	1441234321
2	中華人民共和国	161925888
3	日本	148379136
4	イギリス	85509464
5	ドイツ連邦共和国	78525232
6	カナダ	73586944
7	フランス共和国	68225984
8	大韓民国	66108928
9	オーストラリア連邦	35859200
10	イタリア共和国	29520320

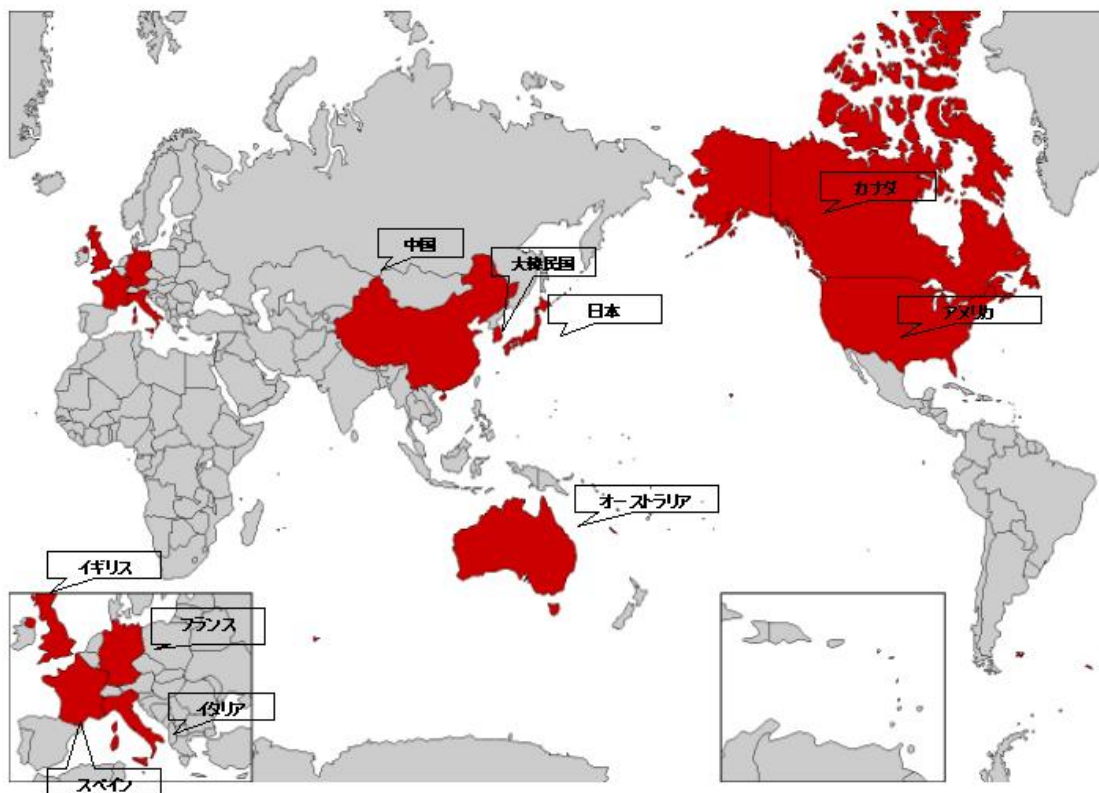


図 5 IP アドレス数 Top10

3.3.3 IP アドレス割り当て数上位 10 ヶ国

IP アドレス割り当て数下位 10 カ国を表 2 に示す

表 2 IP アドレス数 Worst10

順位	国	IP アドレス数
1	セントルシア	256
1	グレナダ	256
3	イギリス領ヴァージン諸島	1024
3	ニュージーランド自治領ニウエ	1024
3	ギニアビサウ共和国	1024
6	イギリス領モントセラト	1280
7	オーストラリア領ノーフォーク島	1536
8	フランス領ウオリス・フトゥナ諸島	2048
8	セントビンセント及びグレディーン諸島	2048
8	マーシャル諸島共和国	2048

3.3.4 人口に対する IP アドレスの割り当て数上位10ヶ国

人口に対する IP アドレス割り当て数上位 10 カ国を表 3 に示す、また世界地図で可視化した図を図 6 に示す。人口のデータはWikipediaから参照しています。

表 3 人口に対する IP アドレス数 Top10

順位	国	IP アドレス数	人口	IP/人口
1	バチカン市国	8192	1000	8.192
2	アメリカ合衆国	1441234321	305826000	4.712595793
3	カナダ	73586944	32876000	2.238318044
4	イギリス領ジブラルタル	57344	29000	1.97737931
5	モナコ公国	64832	33000	1.964606061
6	スウェーデン王国	16947104	9119000	1.858438864
7	アイスランド共和国	543232	301000	1.804757475
8	オーストラリア連邦	35859200	20743000	1.728737405
9	デンマーク共和国	9149792	5442000	1.681328923
10	フィンランド共和国	8812672	5277000	1.670015539

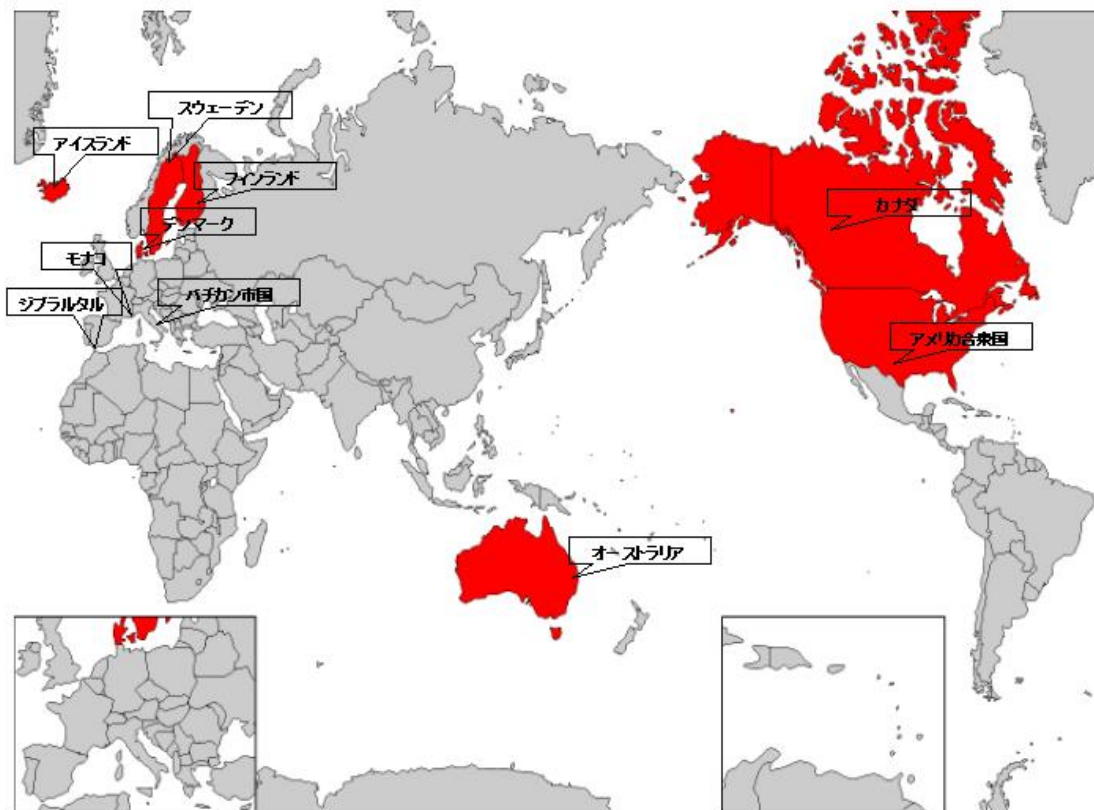


図 6 人口に対する IP アドレス数 Top10

3.3.5 一年間の IP アドレスの割り当て数増加率上位10ヶ国

2007 年から 2008 年にかけての IP アドレス割り当ての増加数上位 10 カ国を表 4 に示す、また世界地図で可視化した図を図 7 に示す。

表 4 一年間の IP アドレスの増加率 Top10

順位	国	2008	2007	2008/2007
1	イギリス領モントセラト	1280	256	5
2	ガボン共和国	164352	33280	4.938
3	コンゴ共和国	4096	1024	4
4	セントクリストファー・ネイビス	4096	1024	4
5	イギリス領ジャージー島	6400	2048	3.125
6	ナミビア共和国	114688	39936	2.871
7	ベナン共和国	16384	6144	2.666
8	イギリス領マン島	16384	6144	2.666
9	インドネシア共和国	6885376	2802176	2.45
10	マラウイ共和国	19968	8704	2.294

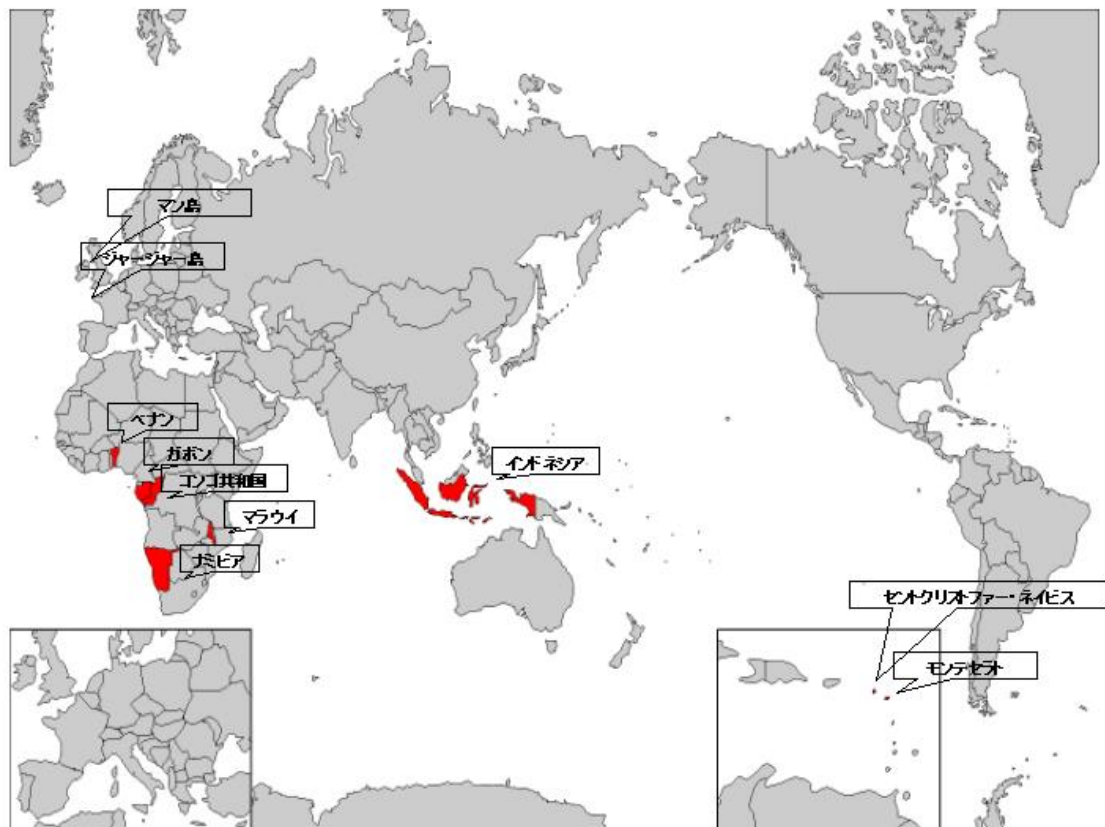


図 7 一年間の IP アドレスの増加率 Top10

3.4ブラウザのIPアドレス分布

研究室サーバ(150.7.64.23)に対してのWebアクセスログを第一オクテットごとに対するパケット量グラフを以下に示す。アクセスログにはIPアドレス、アクセス日時、アクセスユーザからのリクエスト内容などが記述されている。総データ数は278,685個、観測期間は2008年9月28日から10月28日までの1ヶ月である。

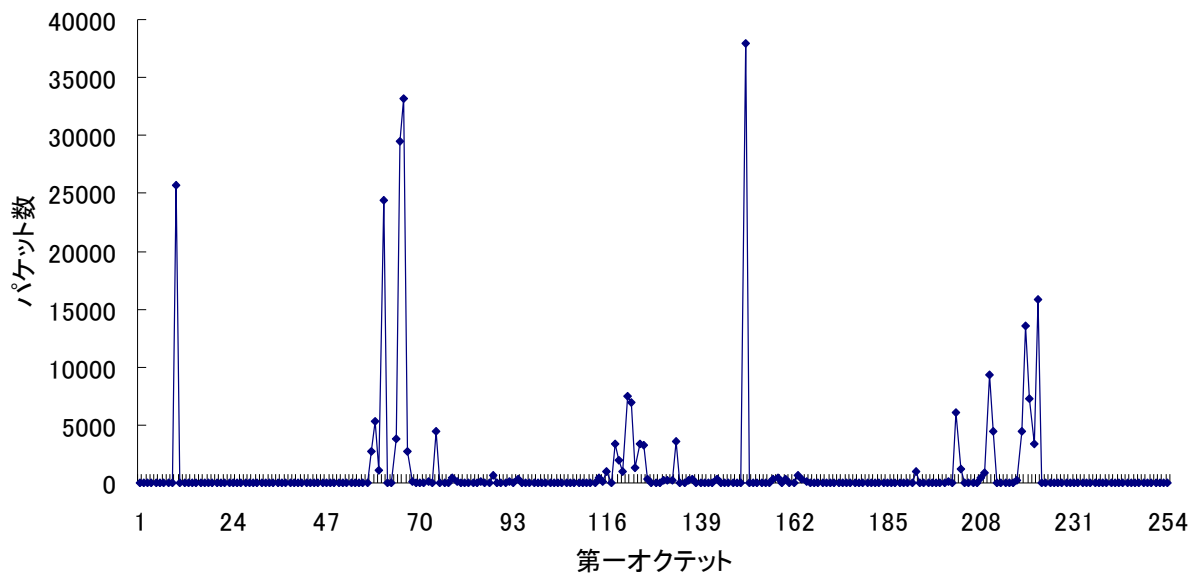


図8 第一オクテットにおけるIPアドレス数

第4章 LANの解析

4.1 G棟(150.7.64.0/8)利用率

研究室に割り振られている150.7.64.140を使用しG棟のサブネットへ接続し、[4]を用いてG棟に流れているパケットの流れの観測を行った。割り当てられているIPアドレスのうち実際に利用しているIPアドレスを割り出し、結果を以下の表に示す。解析したプロトコルはARPである。パケットが観測されたものには○と記述してある。

表5 G棟における利用しているIPアドレス (2008/7/19~22)

1		31		61	○	91	○	121		151		181		211		241	
2	○	32		62	○	92	○	122		152		182		212		242	
3	○	33	○	63	○	93	○	123	○	153	○	183		213		243	
4		34	○	64	○	94	○	124		154		184		214		244	
5	○	35		65		95	○	125	○	155	○	185		215		245	
6	○	36		66		96	○	126	○	156		186		216		246	
7		37		67	○	97		127	○	157		187		217		247	
8	○	38	○	68	○	98		128	○	158		188		218		248	
9		39		69	○	99	○	129		159		189		219		249	
10		40	○	70	○	100	○	130	○	160		190		220		250	
11	○	41	○	71	○	101		131	○	161		191		221		251	
12	○	42		72	○	102		132		162		192		222		252	
13		43		73		103	○	133	○	163		193		223		253	○
14		44	○	74	○	104	○	134	○	164		194		224		254	○
15		45		75	○	105	○	135	○	165		195		225			
16		46		76		106	○	136		166		196		226			
17		47		77		107		137		167		197		227			
18		48		78		108	○	138	○	168		198		228			
19		49	○	79		109	○	139		169		199		229			
20		50	○	80		110	○	140	○	170		200		230			
21		51	○	81		111		141		171		201		231			
22		52		82	○	112		142		172		202		232			
23	○	53		83	○	113		143		173		203		233			
24		54	○	84		114		144		174		204		234			
25		55	○	85	○	115	○	145	○	175		205		235			
26		56		86	○	116		146		176		206		236			
27		57		87	○	117		147	○	177		207		237			
28		58		88		118		148		178		208		238			
29	○	59	○	89	○	119		149	○	179		209		239			
30	○	60	○	90	○	120		150	○	180		210		240			

表6 G棟における利用しているIPアドレス (2008/11/12~16)

1		31		61	○	91	○	121		151	○	181		211		241	
2	○	32	○	62	○	92	○	122		152		182		212		242	
3	○	33	○	63	○	93	○	123	○	153	○	183		213		243	
4		34	○	64	○	94	○	124	○	154		184		214		244	
5	○	35		65		95	○	125	○	155	○	185		215		245	
6	○	36		66		96	○	126	○	156	○	186		216		246	
7		37		67	○	97	○	127	○	157	○	187		217		247	
8	○	38	○	68	○	98	○	128	○	158		188		218		248	
9		39		69	○	99	○	129	○	159		189		219		249	
10		40	○	70	○	100	○	130	○	160		190		220		250	
11	○	41	○	71	○	101		131	○	161		191		221		251	
12	○	42		72	○	102		132	○	162		192		222		252	
13		43		73		103	○	133	○	163		193		223		253	○
14		44	○	74	○	104	○	134	○	164		194		224		254	○
15		45		75	○	105	○	135	○	165		195		225			
16		46		76		106	○	136		166		196		226			
17		47	○	77		107		137		167		197		227			
18		48		78		108	○	138	○	168		198		228			
19		49	○	79		109	○	139		169		199		229			
20		50	○	80		110	○	140	○	170		200		230			
21		51	○	81		111		141		171		201		231			
22		52		82	○	112		142		172		202		232			
23	○	53		83	○	113		143		173		203		233			
24	○	54	○	84		114		144		174		204		234			
25		55	○	85	○	115	○	145	○	175		205		235			
26		56		86	○	116		146	○	176		206		236			
27		57		87	○	117		147	○	177		207		237			
28		58		88		118		148		178		208		238			
29	○	59	○	89	○	119		149	○	179		209		239			
30	○	60	○	90	○	120		150	○	180		210		240			

表7 G棟における利用しているIPアドレスまとめ

観測期間	IP アドレス利用数	割合	平均
2008/7/19~22	78/254	30.70%	33.15%
2008/11/12~16	91/254	35.60%	

4.2 東海大学利用率

東海大学(150.7.0.0/16)に割り当てられているすべてのIPアドレスにpingでICMPを送り利用しているIPアドレスを割り出しその結果を以下に示す。表にはpingを送ったアドレスブロックとpingを返してきた個数が表されている。また、pingの返答があったものをカウントするためにPscan.javaとping.javaを使用し、その合計値を出すためにadd_ping.javaを使用した。カウントプログラムが2つあるのはwindowsの標準で備わっているpingを使用したものと、[5]を使用したものと2種類あるためである。

表 8-1 7月の東海大学(150.7.0.0/16)におけるIPアドレス利用率

アドレス	個数	アドレス	個数	アドレス	個数	アドレス	個数	アドレス	個数
150.7.1.x	4	150.7.31.x	18	150.7.61.x	3	150.7.91.x	0	150.7.121.x	0
150.7.2.x	51	150.7.32.x	39	150.7.62.x	12	150.7.92.x	0	150.7.122.x	5
150.7.3.x	18	150.7.33.x	24	150.7.63.x	14	150.7.93.x	17	150.7.123.x	0
150.7.4.x	0	150.7.34.x	11	150.7.64.x	25	150.7.94.x	105	150.7.124.x	0
150.7.5.x	0	150.7.35.x	20	150.7.65.x	11	150.7.95.x	7	150.7.125.x	0
150.7.6.x	32	150.7.36.x	27	150.7.66.x	5	150.7.96.x	13	150.7.126.x	0
150.7.7.x	21	150.7.37.x	17	150.7.67.x	8	150.7.97.x	13	150.7.127.x	0
150.7.8.x	36	150.7.38.x	0	150.7.68.x	18	150.7.98.x	4	150.7.128.x	0
150.7.9.x	15	150.7.39.x	11	150.7.69.x	2	150.7.99.x	15	150.7.129.x	9
150.7.10.x	16	150.7.40.x	12	150.7.70.x	2	150.7.100.x	0	150.7.130.x	0
150.7.11.x	0	150.7.41.x	0	150.7.71.x	2	150.7.101.x	0	150.7.131.x	112
150.7.12.x	16	150.7.42.x	0	150.7.72.x	2	150.7.102.x	0	150.7.132.x	93
150.7.13.x	52	150.7.43.x	19	150.7.73.x	0	150.7.103.x	0	150.7.133.x	0
150.7.14.x	0	150.7.44.x	8	150.7.74.x	25	150.7.104.x	0	150.7.134.x	0
150.7.15.x	0	150.7.45.x	7	150.7.75.x	0	150.7.105.x	0	150.7.135.x	0
150.7.16.x	0	150.7.46.x	20	150.7.76.x	8	150.7.106.x	0	150.7.136.x	0
150.7.17.x	3	150.7.47.x	10	150.7.77.x	7	150.7.107.x	0	150.7.137.x	0
150.7.18.x	11	150.7.48.x	15	150.7.78.x	0	150.7.108.x	0	150.7.138.x	0
150.7.19.x	9	150.7.49.x	18	150.7.79.x	0	150.7.109.x	0	150.7.139.x	0
150.7.20.x	0	150.7.50.x	16	150.7.80.x	4	150.7.110.x	0	150.7.140.x	9
150.7.21.x	22	150.7.51.x	21	150.7.81.x	0	150.7.111.x	0	150.7.141.x	9
150.7.22.x	52	150.7.52.x	6	150.7.82.x	0	150.7.112.x	0	150.7.142.x	10
150.7.23.x	18	150.7.53.x	17	150.7.83.x	2	150.7.113.x	0	150.7.143.x	0
150.7.24.x	3	150.7.54.x	9	150.7.84.x	9	150.7.114.x	0	150.7.144.x	0
150.7.25.x	19	150.7.55.x	6	150.7.85.x	0	150.7.115.x	0	150.7.145.x	0
150.7.26.x	23	150.7.56.x	5	150.7.86.x	9	150.7.116.x	0	150.7.146.x	2
150.7.27.x	15	150.7.57.x	18	150.7.87.x	7	150.7.117.x	0	150.7.147.x	12
150.7.28.x	2	150.7.58.x	13	150.7.88.x	0	150.7.118.x	0	150.7.148.x	18
150.7.29.x	20	150.7.59.x	1	150.7.89.x	0	150.7.119.x	0	150.7.149.x	0
150.7.30.x	29	150.7.60.x	11	150.7.90.x	7	150.7.120.x	5	150.7.150.x	16

表 8-2 7月の東海大学(150.7.0.0/16)における IP アドレス利用率

アドレス	個数	アドレス	個数	アドレス	個数	アドレス	個数
150.7.151.x	1	150.7.181.x	0	150.7.211.x	12	150.7.241.x	2
150.7.152.x	2	150.7.182.x	0	150.7.212.x	13	150.7.242.x	18
150.7.153.x	0	150.7.183.x	0	150.7.213.x	25	150.7.243.x	4
150.7.154.x	0	150.7.184.x	0	150.7.214.x	14	150.7.244.x	13
150.7.155.x	4	150.7.185.x	3	150.7.215.x	5	150.7.245.x	0
150.7.156.x	4	150.7.186.x	254	150.7.216.x	243	150.7.246.x	0
150.7.157.x	7	150.7.187.x	253	150.7.217.x	8	150.7.247.x	0
150.7.158.x	6	150.7.188.x	10	150.7.218.x	18	150.7.248.x	0
150.7.159.x	38	150.7.189.x	24	150.7.219.x	6	150.7.249.x	0
150.7.160.x	0	150.7.190.x	3	150.7.220.x	40	150.7.250.x	0
150.7.161.x	0	150.7.191.x	8	150.7.221.x	12	150.7.251.x	3
150.7.162.x	0	150.7.192.x	0	150.7.222.x	3	150.7.252.x	5
150.7.163.x	0	150.7.193.x	8	150.7.223.x	8	150.7.253.x	0
150.7.164.x	5	150.7.194.x	7	150.7.224.x	0	150.7.254.x	0
150.7.165.x	14	150.7.195.x	3	150.7.225.x	0		
150.7.166.x	11	150.7.196.x	0	150.7.226.x	0		
150.7.167.x	13	150.7.197.x	3	150.7.227.x	0		
150.7.168.x	16	150.7.198.x	0	150.7.228.x	16		
150.7.169.x	12	150.7.199.x	6	150.7.229.x	18		
150.7.170.x	17	150.7.200.x	252	150.7.230.x	13		
150.7.171.x	11	150.7.201.x	8	150.7.231.x	12		
150.7.172.x	6	150.7.202.x	3	150.7.232.x	6		
150.7.173.x	0	150.7.203.x	253	150.7.233.x	10		
150.7.174.x	0	150.7.204.x	5	150.7.234.x	19		
150.7.175.x	0	150.7.205.x	42	150.7.235.x	12		
150.7.176.x	0	150.7.206.x	0	150.7.236.x	24		
150.7.177.x	0	150.7.207.x	10	150.7.237.x	20		
150.7.178.x	0	150.7.208.x	19	150.7.238.x	0		
150.7.179.x	0	150.7.209.x	18	150.7.239.x	0		
150.7.180.x	0	150.7.210.x	17	150.7.240.x	6		

表 9-1 11 月の東海大学(150.7.0.0/16)における IP アドレス利用率

アドレス	個数	アドレス	個数	アドレス	個数	アドレス	個数	アドレス	個数
150.7.1.x	4	150.7.31.x	20	150.7.61.x	13	150.7.91.x	0	150.7.121.x	0
150.7.2.x	51	150.7.32.x	180	150.7.62.x	17	150.7.92.x	0	150.7.122.x	5
150.7.3.x	19	150.7.33.x	138	150.7.63.x	21	150.7.93.x	38	150.7.123.x	0
150.7.4.x	0	150.7.34.x	51	150.7.64.x	40	150.7.94.x	130	150.7.124.x	0
150.7.5.x	0	150.7.35.x	20	150.7.65.x	14	150.7.95.x	12	150.7.125.x	0
150.7.6.x	55	150.7.36.x	41	150.7.66.x	6	150.7.96.x	32	150.7.126.x	0
150.7.7.x	103	150.7.37.x	21	150.7.67.x	17	150.7.97.x	16	150.7.127.x	0
150.7.8.x	157	150.7.38.x	0	150.7.68.x	23	150.7.98.x	5	150.7.128.x	0
150.7.9.x	107	150.7.39.x	22	150.7.69.x	2	150.7.99.x	22	150.7.129.x	12
150.7.10.x	109	150.7.40.x	12	150.7.70.x	2	150.7.100.x	0	150.7.130.x	0
150.7.11.x	0	150.7.41.x	0	150.7.71.x	2	150.7.101.x	0	150.7.131.x	136
150.7.12.x	16	150.7.42.x	0	150.7.72.x	2	150.7.102.x	0	150.7.132.x	158
150.7.13.x	52	150.7.43.x	24	150.7.73.x	0	150.7.103.x	0	150.7.133.x	0
150.7.14.x	0	150.7.44.x	8	150.7.74.x	34	150.7.104.x	0	150.7.134.x	0
150.7.15.x	0	150.7.45.x	19	150.7.75.x	0	150.7.105.x	0	150.7.135.x	0
150.7.16.x	0	150.7.46.x	34	150.7.76.x	15	150.7.106.x	0	150.7.136.x	0
150.7.17.x	8	150.7.47.x	13	150.7.77.x	44	150.7.107.x	0	150.7.137.x	0
150.7.18.x	120	150.7.48.x	35	150.7.78.x	3	150.7.108.x	0	150.7.138.x	0
150.7.19.x	152	150.7.49.x	19	150.7.79.x	0	150.7.109.x	0	150.7.139.x	0
150.7.20.x	0	150.7.50.x	36	150.7.80.x	6	150.7.110.x	0	150.7.140.x	9
150.7.21.x	37	150.7.51.x	39	150.7.81.x	0	150.7.111.x	0	150.7.141.x	9
150.7.22.x	76	150.7.52.x	11	150.7.82.x	0	150.7.112.x	0	150.7.142.x	10
150.7.23.x	24	150.7.53.x	53	150.7.83.x	2	150.7.113.x	0	150.7.143.x	0
150.7.24.x	3	150.7.54.x	16	150.7.84.x	9	150.7.114.x	0	150.7.144.x	0
150.7.25.x	32	150.7.55.x	9	150.7.85.x	0	150.7.115.x	0	150.7.145.x	0
150.7.26.x	34	150.7.56.x	11	150.7.86.x	105	150.7.116.x	0	150.7.146.x	6
150.7.27.x	21	150.7.57.x	40	150.7.87.x	109	150.7.117.x	0	150.7.147.x	33
150.7.28.x	2	150.7.58.x	21	150.7.88.x	0	150.7.118.x	0	150.7.148.x	43
150.7.29.x	67	150.7.59.x	2	150.7.89.x	0	150.7.119.x	0	150.7.149.x	0
150.7.30.x	124	150.7.60.x	19	150.7.90.x	44	150.7.120.x	7	150.7.150.x	16

表 9-2 11 月の東海大学(150.7.0.0/16)における IP アドレス利用率

アドレス	個数	アドレス	個数	アドレス	個数	アドレス	個数
150.7.151.x	3	150.7.181.x	0	150.7.211.x	12	150.7.241.x	13
150.7.152.x	5	150.7.182.x	0	150.7.212.x	13	150.7.242.x	18
150.7.153.x	0	150.7.183.x	0	150.7.213.x	25	150.7.243.x	4
150.7.154.x	0	150.7.184.x	0	150.7.214.x	14	150.7.244.x	13
150.7.155.x	8	150.7.185.x	3	150.7.215.x	5	150.7.245.x	0
150.7.156.x	4	150.7.186.x	254	150.7.216.x	246	150.7.246.x	0
150.7.157.x	10	150.7.187.x	253	150.7.217.x	8	150.7.247.x	0
150.7.158.x	8	150.7.188.x	16	150.7.218.x	18	150.7.248.x	0
150.7.159.x	38	150.7.189.x	41	150.7.219.x	6	150.7.249.x	0
150.7.160.x	0	150.7.190.x	4	150.7.220.x	40	150.7.250.x	0
150.7.161.x	0	150.7.191.x	9	150.7.221.x	12	150.7.251.x	4
150.7.162.x	0	150.7.192.x	0	150.7.222.x	3	150.7.252.x	5
150.7.163.x	0	150.7.193.x	9	150.7.223.x	8	150.7.253.x	0
150.7.164.x	24	150.7.194.x	8	150.7.224.x	0	150.7.254.x	0
150.7.165.x	40	150.7.195.x	4	150.7.225.x	0		
150.7.166.x	39	150.7.196.x	0	150.7.226.x	0		
150.7.167.x	26	150.7.197.x	3	150.7.227.x	0		
150.7.168.x	37	150.7.198.x	0	150.7.228.x	28		
150.7.169.x	46	150.7.199.x	10	150.7.229.x	24		
150.7.170.x	87	150.7.200.x	253	150.7.230.x	21		
150.7.171.x	24	150.7.201.x	34	150.7.231.x	15		
150.7.172.x	6	150.7.202.x	3	150.7.232.x	8		
150.7.173.x	0	150.7.203.x	253	150.7.233.x	15		
150.7.174.x	0	150.7.204.x	6	150.7.234.x	24		
150.7.175.x	0	150.7.205.x	42	150.7.235.x	23		
150.7.176.x	0	150.7.206.x	0	150.7.236.x	120		
150.7.177.x	0	150.7.207.x	10	150.7.237.x	58		
150.7.178.x	0	150.7.208.x	19	150.7.238.x	0		
150.7.179.x	0	150.7.209.x	18	150.7.239.x	0		
150.7.180.x	0	150.7.210.x	17	150.7.240.x	9		

表 10 東海大学 IP アドレス利用数と増加数

観測期間	IP アドレス利用数	割合	IP アドレス利用数(補正)	割合
①2008/7/19~22	3526/64516	5.50%	7814/64516	12.10%
②2008/11/12~16	6002/64516	9.30%	10599/64516	16.40%
増加数②-①	2476/64516	3.80%	2785/64516	4.30%

表 10 の IP アドレス利用数は実際に Ping が返ってきた数で、IP アドレス利用数(補正)は OS によって Ping を返さない IP アドレスもあるので、その Ping を返さないけど実際には利用している IP アドレスを足した数である。求め方は以下の例を参照

例)

G 棟についてはパケットをキャプチャしているので正確な値と言える、よって 150.7.64.x に対して比べるとパケットのキャプチャで求めた利用数が①の期間では 78 に対して、Ping で求めた利用数は 25 であり 3.12 倍の誤差がある。これを利用し 150.7.1~255 の値に 3.14 倍した結果が IP アドレス利用数(補正)である。

第5章 予測

5.1 割り当て予測

図3のグラフを予測式として使いたいが、グラフデータにはばらつきがあり、そのまま使用することはできない。そこで、近似式を作成し予測式を作成する。近似式を求める際には最少二乗法という手法を使う。この方法は散布的なデータ全体に対し直線を引き、ある点から垂直におろした距離を求め、それらの自乗の和を最小にする手法である。この手法を元に予測式をたてると①となる。

$$d(x) = 28 \cdot 10^4 x^2 + 9 \cdot 10^7 x + 2 \cdot 10^8 \cdots \textcircled{1}$$

図2の結果から2009年現在で利用できる残りアドレス数が $39 \cdot 2^{24}$ [個]と分かり、この値を①へ代入すると $x=35$ と求められる。①から求めた x は1985年を0とした数値である。1985に35を加算した値2020年が枯渇する時期であると言える。しかし、この値は割り当てのみを元に算出した値なので正確ではない。そこで、表7で求めた2回の利用率の平均の33%を考慮し再度計算を行うと②のようになる。

$$d(x') = 28 \cdot 10^4 x'^2 + 9 \cdot 10^7 x' + 2 \cdot 10^8 = 39 \cdot 2^{24} \cdot 100/33 \cdots \textcircled{2}$$

$$\therefore x' = 181 \text{ (2166年)}$$

この予測には以下の前提条件が存在する。

- ・全世界が東海大学と同じ利用率である。
- ・使用していないアドレスは上層へ返還する。
- ・返還したアドレスは別団体へ渡すこと、使用することができる。

第 6 章 結論

割り当てからではなく利用率からIPv4の枯渇を予測することができた。

今後の課題として、今回は東海大学をモデルケースとしているので観測する対象をもっと広めていけばさらに正確な予測を行うことができる。

参考文献

[1] Geoff Huston, IPv4 Address Report
(<http://www.potaroo.net/tools/ipv4/index.html>, 2009 年 1 月参照)

[2] 世界地図
http://www.freemap.jp/auto/world_a/

[3] RIR が管理している IPv4 割当一覧
<ftp://ftp.arin.net/pub/stats/arin/delegated-arin-latest>
<ftp://ftp.ripe.net/pub/stats/ripencc/delegated-ripencc-latest>
<ftp://ftp.apnic.net/pub/stats/apnic/delegated-apnic-latest>
<ftp://ftp.lacnic.net/pub/stats/lacnic/delegated-lacnic-latest>
<ftp://ftp.afrinic.net/pub/stats/afrinic/delegated-afrinic-latest>

[4] パケットキャプチャソフト WireShark
<http://www.wireshark.org/>

[5] ping 一斉送信ソフト PingScan
<http://7ujm.net/>

謝辞

本研究を行うにあたり,暖かいご指導を受け賜りました東海大学電子情報学部情報メディア学科菊池 浩明教授に深甚なる感謝を申し上げます.

また,常に貴重な助言をして頂いた菊池研究室大学院生の磯崎 邦隆氏に厚く感謝を申し上げます.